北部各核能發電廠附近海域之生態調查

契約編號：061130002101

期中報告

定稿本

本次報告執行期間：中華民國 114 年 1 月 1 日至 114 年 12 月 31 日

委託單位：台灣電力股份有限公司

承辦單位：國立臺灣海洋大學

中 華 民 國 115 年 3 月

北部各核能發電廠附近海域之生態調查　期中報告　定稿本

本次報告執行期間：中華民國114年1月1日至114年12月31日

中華民國115年3月

計畫參與人員

計畫項目	主持人	協同計畫人員及助理
子計畫一 海潮流	胡健驊　博士 國立臺灣海洋大學 海洋環境資訊系	陳賢瑛
子計畫二 水文水質	方天熹　博士 國立臺灣海洋大學 海洋環境資訊系	戴仕彥
子計畫三 植物性浮游生物	羅文增　博士 國立中山大學 海洋生物科技暨資源學系	協同主持人張桂祥 徐培凱
子計畫四 動物性浮游生物	黃將修　博士 國立臺灣海洋大學 海洋生物研究所	曾立鈞、林志銘、蕭世輝
子計畫五 底棲動物	程一駿　博士 國立臺灣海洋大學 海洋生物研究所	謝文宜
子計畫六 魚類	邵廣昭　博士 中央研究院 生物多樣性研究中心	陳靜怡、蔡正一、何林泰
子計畫七 計畫彙整、網站建置與綜合討論	各子計畫主持人	楊穎堅教授、羅心宜、李致廷、各子計畫協同人員及助理

目　　錄

表目錄……..……i
圖目錄……..……..…….. v
中文摘要……..……xiv
英文摘要……..……xx
計畫緣起與精簡成果…..……..……xxviii

第一章　海潮流

第一節　監測執行之意義與目的……..……..…..…. 1-1
第二節　調查方法……..……..…..…….…… 1-2
第三節　目前研究結果……..……..…….. 1-10
第四節　歷年監測資料統計分析……..…… 1-31
第五節　總結…….. 1-44
圖　…….. 1-47

第二章　水文水質

第一節　監測執行之意義與目的……..……..…..…. 2-1
第二節　調查方法……..……..…..…….…… 2-2
第三節　目前研究結果……..……..…….. 2-5
第四節　歷年監測資料統計分析…… 2-10
第五節　總結…….. 2-14
表　…….. 2-15
圖　…….. 2-22

第三章　浮游植物

第一節　監測執行之意義與目的……..……..…..…. 3-1
第二節　調查方法……..……..…..…….…… 3-3

第三節　目前研究結果……..……..…….. 3-4
第四節　歷年監測資料統計分析…….. 3-13
第五節　總結…….. 3-14
表　…….. 3-15
圖　…….. 3-36

第四章　浮游動物

第一節　監測執行之意義與目的……..……..…..… 4-1
第二節　調查方法……..……..…..……. 4-2
第三節　目前研究結果……..……..…….. 4-4
第四節　歷年監測資料統計分析…….. 4-9
第五節　總結…….. 4-14
表　…….. 4-17
圖　…….. 4-31

第五章　底棲動物

第一節　監測執行之意義與目的……..……..…..… 5-1
第二節　調查方法……..……..…..……. 5-2
第三節　目前研究結果……..……..…….. 5-8
第四節　歷年監測資料統計分析…….. 5-13
第五節　總結…….. 5-24
表　…….. 5-25
圖　…….. 5-60

第六章　魚類

第一節　監測執行之意義與目的……..……..…..… 6-1
第二節　調查方法……..……..…..……. 6-2
第三節　目前研究結果……..……..…….. 6-4
第四節　歷年監測資料統計分析…….. 6-18
第五節　總結…….. 6-26
表　…….. 6-30

圖 …….. 6-62
照片 …….. 6-82

第七章　綜合討論

第一節　監測執行之意義與目的……..……..…..… 7-1
第二節　各子計畫關連性之探討…..…….....…… 7-1
第三節　溫排水影響……..…….…….…….. 7-3
第四節　停機影響…….. 7-4
第五節　國家級安全標準比較…….. 7-9
第六節　總結…….. 7-10
第七節　網站建置…….. 7-10

核能設施附近海域生態放射性物質調查計畫（國立陽明交通大學提供）

參考文獻

附錄目錄

附錄一　核一廠、核二廠及磺溪附近海域水質資料濃度範圍……..…附錄1-1
附錄二　114年第1季至112年第4季於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度與深度之關係圖……..……..….附錄2-1
附錄三　核一廠、核二廠附近海域沉積物重金屬資料濃度範圍. ……附錄 3-1
附錄四　114 年第 1 季~112 年第 4 季核一廠、核二廠及磺溪附近海域之浮游動物數據統計表……..……..……....附錄 4-1

表目錄

表2-1 114年第1季至第4季於核一廠與核二廠進、出水口及磺溪附近海域之各項水質資料濃度範圍..... 2-15
表2-2 114年第1季至第4季核一廠與核二廠溫排水附近海域各項水質參數、浮游植物與浮游動物之相關性統計..... 2-16
表2-3 110 至 114 年核一廠、核二廠及磺溪海域水質濃度範圍與環境部甲類海域水體水質標準比較..... 2-17
表2-4 核一廠及核二廠附近海域沉積物重金屬元素各採樣站的經緯度及深度..... 2-18
表2-5 114 年核一廠及核二廠附近海域表層沉積物之重金屬元素非結晶相濃度(以 1N HCl 萃取)，濃度單位為 mg/kg，但鐵為%..... 2-19
表2-6 114 年核一廠及核二廠附近海域表層沉積物之重金屬元素總濃度(王水-氫氟酸消化)。濃度單位為 mg/kg，但鐵為%..... 2-20
表2-7 114 年核一及核二廠溫排水進出水口附近海域與台灣周遭近岸海域沉積物重金屬濃度之比較..... 2-21
表3-1 113 年和 114 年四季於核一及核二廠出水口及附近海域浮游植物之平均豐度、種類數目、種歧異度比較表..... 3-15
表3-2 113年及114年四季於核一及核二廠附近海域浮游植物前5個最優勢種之平均豐度及相對豐度..... 3-16
表3-3 114年2月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表.... 3-18
表3-4 114年5月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表.... 3-22
表3-5 114年8月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表..... 3-26
表3-6 114年11月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表... 3-30
表3-7 114年四季北部核能電廠附近海域浮游植物群聚主成分分析表... 3-34
表3-8 89～114年核一核二廠出入水口PC1值之迴歸分析..... 3-35
表3-9 89～114年核一核二廠出入水口PC1值與環境因子之迴歸分析.... 3-35
表4-1 北部核電廠海域浮游動物調查測站位置、名稱及其說明..... 4-17
表4-2 114年第1季，核一廠附近海域的浮游動物之平均個體量、相對豐度及其測站出現頻率..... 4-18
表4-3 114年第1季，磺溪附近海域的浮游動物之平均個體量、相對豐度 及其測站出現頻率..... 4-19
表4-4 114年第1季，核二廠附近海域的浮游動物之平均個體量、相對豐度及其測站出現頻率..... 4-20
表4-5 114年第2季，磺溪附近海域的浮游動物之平均個體量、相對豐度 及其測站出現頻率..... 4-21
表4-6 114年第2季，核二廠附近海域的浮游動物之平均個體量、相對豐度及其測站出現頻率..... 4-22
表4-7 114年第3季，核一廠附近海域的浮游動物之平均個體量、相對豐度及其測站出現頻率..... 4-23
表4-8 112年第3季，磺溪附近海域的浮游動物之平均個體量、相對豐

	度 及其測站出現頻率……..	4-24
表4-9	114年第3季，核二廠附近海域的浮游動物之平均個體量、相對豐度及其測站出現頻率..…….……....	4-25
表4-10	114年第4季，磺溪附近海域的浮游動物之平均個體量、相對豐度 及其測站出現頻率……..	4-26
表4-11	114年第4季，核二廠附近海域的浮游動物之平均個體量、相對豐度及其測站出現頻率..…….……....	4-27
表4-12	浮游動物與浮游植物、溫度與鹽度的關連性分析結果表……..…	4-28
表4-13	以相似度百分比 (Similarity Percentage, SIMPER) 分析四個季節之浮游動物組成差異結果表……..…	4-29
表5-1	北部核一及核二廠附近海域底棲生態調查-移動性低或是非移動性之底棲動物，之各採樣站的經緯度及深度……	5-25
表5-2	北部各核能電廠附近海域生態之調查-底棲動物……..……..	5-26
表5-3	114年北部核一廠附近海域生態之調查-底棲動物,各站之物種豐度、密度與總量……	5-27
表5-4	北部各核能電廠附近海域生態之調查-移動性高的表層底棲動物	5-29
表5-5	北部各核能電廠附近海域生態之調查-底棲動物……..……..	5-30
表5-6	114年北部核二廠附近海域生態之調查-底棲動物,各站之物種豐度、密度與總量……..…..……..……	5-31
表5-7	北部各核能電廠附近海域生態之調查-移動性高的表層底棲動物	5-32
表5-8	北部各核能電廠附近海域生態之調查-底棲動物……..……..	5-33
表5-9	北部各核能電廠附近海域生態之調查-移動性高的表層底棲動物	5-36
表5-10	北部各核能電廠附近海域生態之調查-底棲動物……...……..…..	5-37
表5-11	北部各核能電廠附近海域生態之調查-移動性高的表層底棲動物	5-39
表5-12	北部各核能電廠附近海域生態之調查-底棲動物……..……..	5-40
表5-13	北部各核能電廠附近海域生態之調查-移動性高的表層底棲動物.	5-43
表5-14	北部各核能電廠附近海域生態之調查-底棲動物……..……..	5-44
表5-15	北部各核能電廠附近海域生態之調查-移動性高的表層底棲動物	5-45
表5-16	114年北部核一廠附近海域生態之調查--底棲動物,各站之總有機質含量(%)……..	5-46
表5-17	114年北部核一廠附近海域生態之調查--底棲動物,各站沈積物之顆粒特性，(a)平均顆粒大小(Mz; μm)及細泥含量(%)……..	5-46
表5-18	114年北部核一廠附近海域生態之調查--底棲動物,各站沈積物之顆粒特性，(b)顆粒大小分佈(σ1)……	5-47
表5-19	114年北部核二廠附近海域生態之調查--底棲動物,各測站之總有機質含量(%)……...……	5-47
表5-20	114年北部核二廠附近海域生態之調查--底棲動物,各站沈積物之顆粒特性，(a)平均顆粒大小(Mz; μm)及細泥含量(%)……..….	5-48
表5-21	114年北部核二廠附近海域生態之調查--底棲動物,各站沈積物之顆粒特性，(b)顆粒大小分佈(σ1)……	5-48
表5-22	北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物(新站)…….	5-49
表5-23	114年北部核二廠(新站)附近海域生態之調查-底棲動物,各站之物種豐度、密度與總量……	5-50

表5-24 北部各核能電廠附近海域生態之調查-底棲動物(新站)…… 5-51
表5-25 北部各核能電廠附近海域生態之調查-底棲動物(新站)…..…….. 5-53
表5-26 北部各核能電廠附近海域生態之調查-底棲動物(新站)…… 5-54
表5-27 114年北部核二廠(新站)附近海域生態之調查--底棲動物,各測站之總有機質含量(%)…… 5-55
表5-28 114年北部核二廠(新站)附近海域生態調查--底棲動物,各站沈積物之顆粒特性(a)平均顆粒大小(Mz;μm)及細泥含量(%)…… 5-55
表5-29 114年北部核二廠(新站)附近海域生態之調查--底棲動物,各站沈積物之顆粒特性，(b)顆粒大小分佈(σ1)…… 5-56
表5-30 核一廠 2-way ANOVA 分析各測站間之物種豐度，密度，總量以及沈積物之總有機值(TOM)，顆粒特性和泥沙含量在不同的季節及出入水口位置上之差異性……..…… 5-57
表5-31 核二廠2-way ANOVA分析各測站間之物種豐度、密度、總量以及沈積物之總有機值(TOM)，顆粒特性和沙泥含量在不同的季節及出入水口位置上之差異性……..…….. 5-58
表5-32 核一與核二電廠合併討論; 3-way ANOVA分析各測站間之物種豐度、密度、總量以及沈積物之總有機值(TOM)，顆粒特性和沙泥含量在不同之電廠, 季節及出入水口位置上之差異…..…….. 5-59
表6-1 114年核一廠出水口附近海域二個潛水調查線之魚類相…… 6-30
表6-2 新北市歷年由漁業署所放流魚類種類與數量表……..… 6-31
表6-3 核一廠附近海域102~114年每年度實驗站(L1)與對照站(Ctrl)之前五名優勢科…… 6-31
表6-4 核二廠出水口的二個調查線(實驗站、對照站)調查到之魚類相… 6-32
表6-5 核二廠二個調查線(白米甕L2、出水口右堤L4)的調查魚類相..... 6-34
表6-6 90~114年度核二廠附近海域潛水目視調查的優勢魚科排名……. 6-36
表6-7 核二廠出水口 114 年度以船釣方式所捕獲之魚種……..... 6-37
表6-8 核二廠109~114年以船釣方式所捕獲之魚類棲性比較表……..… 6-38
表6-9 114年度於核一、二廠進水口撞擊方式所採樣之魚種組成…...… 6-39
表6-10 114年度於核一、二廠進水口撞擊方式所所採樣之魚種重量…… 6-40
表6-11 89年至114年每月每測站的水溫(℃)測值原始資料…….…… 6-41
表6-12 89年至114年核二廠各測站捕獲畸形魚之種類及數量總表……. 6-42
表6-13 89年至114年核二廠各測站捕獲魚類種類及數量總表…… 6-51
表6-14 89年至114年各月捕獲物種及數量表，括弧內為畸形魚之數量…. 6-60
表6-15 89年至114年各年核二廠出水口花身雞魚及大鱗鮻之總捕獲數量及畸形率總表…….. 6-61
附錄1 表1 台電核一、核二廠冷卻水進水口和出水口及磺溪附近海域水質資料濃度範圍(採樣時間114年02月12日)……..……..... 附 1-1
附錄1 表2 台電核一、核二廠冷卻水進水口和出水口及磺溪附近海域水質資料濃度範圍(採樣時間114年05月09日)……..……..... 附 1-9
附錄1 表3 台電核一、核二廠冷卻水進水口和出水口及磺溪附近海域水質資料濃度範圍(採樣時間114年08月10日)……..……..... 附 1-14
附錄1 表4 台電核一、核二廠冷卻水進水口和出水口及磺溪附近海域水質資料濃度範圍(採樣時間114年11月02日)……..…..……..... 附 1-22

附錄3表1 台電核一、核二廠冷卻水進水口和出水口及磺溪附近海域水質資料濃度範圍(採樣時間114年8月10日)…… 附3-1
附錄3表2 台電核一、核二廠冷卻水進水口和出水口及磺溪附近海域水質資料濃度範圍(採樣時間114年8月10日)…… 附3-3
附錄4表1-1 核一廠附近海域於114年第1季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值…… 附4-1
附錄4表1-2 磺溪附近海域於114年第1季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值…… 附4-2
附錄4表1-3 核二廠附近海域於114年第1季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值…… 附4-3
附錄4表2 114年第1季北部核能電廠外海域各大類浮游動物之組成種名鑑定結果表…… 附4-4
附錄4表3-1 磺溪附近海域於114年第2季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值…… 附4-7
附錄4表3-2 核二廠附近海域於114年第2季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值…… 附4-8
附錄4表4 114年第2季北部核能電廠外海域各大類浮游動物之組成種名鑑定結果表…… 附4-9
附錄4表5-1 核一廠附近海域於114年第3季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值…… 附4-12
附錄3表5-2 磺溪附近海域於114年第3季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值…… 附4-13
附錄4表5-3 核二廠附近海域於114年第3季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值…… 附4-14
附錄4表6 114年第3季北部核能電廠外海域各大類浮游動物之組成種名鑑定結果表…… 附4-15
附錄4表7-1 磺溪附近海域於114年第4季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值…… 附4-18
附錄4表7-2 核二廠附近海域於114年第4季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值…… 附4-19
附錄4表8 114年第4季北部核能電廠外海域各大類浮游動物之組成種名鑑定結果表…… 附4-20

圖目錄

圖1-1 台灣北部沿岸漲、退潮流概況及核一廠、核二廠、核四廠（▲）及基隆港與鱗山鼻潮位站位置..... 1-47

圖1-2 核一廠（▲）海域五次GPS浮標觀測的海流相對漲、退潮（左下角潮汐圖中兩條垂直虛線間的範圍）之軌跡及流速時序，灰階區為5 m淺灘。..... 1-47

圖1-3 核一廠外海等深線，展示排水口西側的淺灘，是乾華溪潛在海面下V型山谷的西側山脊..... 1-48

圖1-4 GPS測流浮標的設計圖..... 1-49

圖1-5a 潮波從右（東）向左（西）傳播，在P、Q兩地點造成水位上升、下降的漲、退潮汐，而水沿著海面斜坡從高潮點向低潮點滑動，形成漲、退潮流，其流速快、慢和潮坡陡、緩顯然有關，平潮時海面應呈靜止..... 1-50

圖1-5b 右側嵌圖中之灰色海岸線顯示的核一廠海域X點網格上，歷年ADCP探測的潮流速度u、v分量資料（符號+）相對潮坡率的分佈圖。正值潮坡率是漲潮狀態，負值是退潮，紅線0值是平潮狀態。實線是每5個潮坡率單位的平均值趨勢，提供該網格點在某潮坡率的海流推算之依據。紅、藍色大箭矢提示漲、退潮流之u、v分量的正、負值概念..... 1-50

圖1-6 114年2月12日海域調查時，(a) 前兩週的金山氣象：氣溫、氣壓、雨量及風場，(b) 當日的潮汐，從基隆與鱗山鼻潮汐推估而得，灰階範圍是探測時段，核二廠海域包括磺溪口（R）調查。嵌入基隆二月潮汐，紅框為探測日，助判是大潮日、中潮日或小潮日..... 1-51

圖1-7 114年2月12日使用GPS浮標，追蹤調查核一廠海域各站的海流向量V_{GPS}及數據。圖中箭矢起始點為放、收浮標的中央位置，綠線為航行軌跡，左上小圖為探測時段的潮汐..... 1-52

圖1-8 114年2月12日使用GPS浮標，追蹤調查核一廠海域各站的海流向量V_{GPS}及數據..... 1-53

圖1-9a 114年2月12日核一廠海域調查時的每半小時V_{HDB}流場..... 1-54

圖1-9b （上圖）GPS浮標觀測的海流V_{GPS}減去圖1-8a的HDB潮流V_{HDB}，得到包裹式修正海流PCC的流場V_{PCC}。（下圖）客觀分析法展延上圖至網格分布，得到PCC流場..... 1-55

圖1-9b 113年8月7日的4石門風場、核一廠潮汐及淨流場..... 1-56

圖1-9c 圖1-9a的HDB潮流時序V_{HDB}與圖1-9b的包裹修正海流V_{PCC}的合向量V_{CHDB}，顯示與對應GPS浮標觀測海流V_{GPS}的吻合性..... 1-57

圖1-10 114年2月12日核一廠海域執行16站CTD探測的溫度、鹽度的每1m資料..... 1-58

圖1-11 114年2月12日核一廠海域CTD測站海面的溫度T_{sfc}、鹽度S_{sfc}等值圖..... 1-59

圖1-12 取15站CTD水文探測分離岸A、B、C及順岸1、2、3、4、5共八個截面的溫、鹽分布相對潮流的結構…… 1-60
圖1-13 114年2月12日使用GPS浮標，追蹤調查核二廠海域各站的海流向量V_{GPS}及數據…… 1-61
圖1-14a 114年2月12日核二廠海域調查時的每半小時V_{HDB}流場…… 1-62
圖1-14b （上圖）GPS浮標觀測的海流V_{GPS}（黑箭矢）減去圖1-14a的HDB潮流V_{HDB}，得到包裹式修正海流PCC（紅箭矢）V_{PCC}。（下圖）客觀分析法展延上圖至網格分布，得到PCC流場…… 1-63
圖1-14c 圖1-14a的HDB潮流時序V_{HDB}與圖1-14b的包裹修正海流V_{PCC}的合向量V_{CHDB}…… 1-64
圖1-15a 114年2月12日核二廠海域調查時，野柳灣內各CTD站的溫度、鹽度的每1m資料…… 1-65
圖1-15b 如圖1-15a，但為磺溪口（左）、野柳灣外（右上）及灣口（右下）各站…… 1-66
圖1-16 114年2月12日核二廠海域CTD測站海面的溫度T_{sfc}、鹽度S_{sfc}等值圖…… 1-67
圖1-17a 取24站CTD水文探測分離岸R、D、E、F及順岸1、2、3、4、5共九個截面的溫、鹽分布相對潮流的結構…… 1-68
圖1-17b 續圖1-17a，截面E的垂直虛線是灣口位置…… 1-69
圖1-18 114年5月9日海域調查時（灰階線範圍），前兩週七個觀測站的氣象：氣溫、氣壓、雨量及風場…… 1-70
圖1-19 114年5月9日海域調查時，(a) 當日的潮汐(實線)，從基隆(點線)與鱗山鼻(虛線)潮汐推估而得，灰階範圍是探測時段，核二廠海域包括磺溪口(R)調查。(b) 基隆與鱗山鼻的五月潮汐，紅框標示探測日，助判當日是大潮日、中潮日或小潮日…… 1-71
圖1-20 114年5月9日使用GPS浮標，追蹤調查核二廠海域各站的海流向量V_{GPS}及數據…… 1-72
圖1-21a 114年5月9日核二廠海域調查時的每半小時V_{HDB}流場…… 1-73
圖1-21b （上圖）GPS浮標觀測的海流V_{GPS}（黑箭矢）減去圖1-21a的HDB潮流V_{HDB}，得到包裹式修正海流PCC（紅箭矢）V_{PCC}。（下圖）客觀分析法展延上圖至網格分布，得到PCC流場…… 1-74
圖1-21c 圖1-21a的HDB潮流時序V_{HDB}與圖1-21b的包裹修正海流V_{PCC}的合向量V_{CHDB}，顯示與對應GPS浮標觀測海流V_{GPS}的吻合性…… 1-75
圖1-22a 114年5月9日核二廠海域調查時，野柳灣內各CTD站的溫度、鹽度的每1m資料…… 1-76
圖1-22b 如圖1-22a，但為磺溪口(左)、野柳灣外(右上)及灣口(右下)各站.. 1-77
圖1-23 114年5月9日核二廠海域CTD測站海面的溫度T_{sfc}、鹽度S_{sfc}等值圖 1-78
圖1-24a 取24站CTD水文探測分離岸R、D、E、F及順岸1、2、3、4、5共九個截面的溫、鹽分布相對潮流的結構，左上圖標示每截面觀測所用時間…… 1-79
圖1-24b 續圖1-24a，截面E的垂直虛線是灣口位置…… 1-80
圖1-25 114年8月10日海域調查時（灰階線範圍），前兩週七個觀測站的氣象：氣溫、氣壓、雨量及風場…… 1-81
圖1-26 114年8月10日海域調查時，(a) 當日的潮汐（實線），從基隆（點

線）與鱗山鼻(虛線)潮汐推估而得，灰階範圍是探測時段，核二廠海域包括磺溪口®調查。(b) 基隆的八月潮汐，紅框標示探測日，助判當日是大潮日、中潮日或小潮日…… 1-82
圖1-27 114年8月10日使用GPS浮標，追蹤調查核一廠海域各站的海流向量V_{GPS}及數據…… 1-83
圖1-28a 114年8月10日核一廠海域調查時的每半小時V_{HDB}流場…… 1-84
圖1-28b （上圖）GPS浮標觀測的海流V_{GPS}（黑箭矢）減去圖1-25a的HDB潮流V_{HDB}，得到包裹式修正海流PCC（紅箭矢）的流場V_{PCC}。（下圖）客觀分析法展延上圖至網格分布，得到PCC流場…… 1-85
圖1-28c 圖1-28a的HDB潮流時序V_{ADCP}與圖1-28b的包裹修正海流V_{PCC}的合向量V_{CHDB}，顯示與對應GPS浮標觀測海流V_{GPS}(紅箭矢)的吻合性 1-86
圖1-29 114年8月10日核一廠海域執行16站CTD探測的溫度、鹽度的每1m資料…… 1-87
圖1-30 114 年 8 月 10 日核一廠海域 CTD 測站海面的溫度 T_{sfc}、鹽度 S_{sfc} 等值圖…… 1-88
圖1-31 取15站CTD水文探測分離岸A、B、C及順岸1、2、3、4、5共八個截面的溫、鹽分布相對潮流的結構，左下圖標示每截面觀測所用時間…… 1-89
圖1-32 114年8月10日使用GPS浮標，追蹤調查核二廠海域各站的海流向量V_{GPS}及數據…… 1-90
圖1-33a 114年8月10日核二廠海域調查時的每半小時V_{HDB}流場，右下角潮汐簡圖指出該流場的潮時…… 1-91
圖1-33b (上圖)GPS浮標觀測的海流V_{GPS}(黑箭矢)減去圖1-33a的HDB潮流V_{HDB}，得到包裹式修正海流PCC(紅箭矢)V_{PCC}。(下圖)客觀分析法展延上圖至網格分布，得到PCC流場…… 1-92
圖1-33c 圖1-33a的HDB潮流時序V_{HDB}與圖1-33b的包裹修正海流V_{PCC}的合向量V_{CHDB}，顯示與對應GPS浮標觀測海流V_{GPS}的吻合性…… 1-93
圖1-34a 114年8月10日核二廠海域調查時，野柳灣內各CTD站的溫度、鹽度的每1m資料…… 1-94
圖1-34b 如圖1-34a，但為磺溪口（左）、野柳灣外（右上）及灣口（右下）各站…… 1-95
圖1-35 114年8月10日核二廠海域CTD測站海面的溫度T_{sfc}、鹽度S_{sfc}等值圖…… 1-96
圖1-36a 取24站CTD水文探測分離岸R、D、E、F及順岸1、2、3、4、5共九個截面的溫、鹽分布相對潮流的結構，左上圖標示每截面觀測所用時間…… 1-97
圖1-36b 續圖1-36a，截面E的垂直虛線是灣口位置…… 1-98
圖1-37 114年11月2日海域調查時（灰階線範圍），前兩週七個觀測站的氣象：氣溫、氣壓、雨量及風場…… 1-99
圖1-38 114年11月2日海域調查時，(a) 當日的潮汐（實線），從基隆（點線）與鱗山鼻（虛線）潮汐推估而得，灰階範圍是探測時段，核二廠海域包括磺溪口（R）調查。(b) 基隆的十一月潮汐，紅框標示探測日，助判當日是大潮日、中潮日或小潮日…… 1-100

圖1-39 114年11月2日使用GPS浮標，追蹤調查核二廠海域各站的海流向量V_{GPS}及數據…… 1-101
圖1-40a 114年11月2日核二廠海域調查時的每一小時V_{HDB}流場，右下角潮汐簡圖指出該流場的潮時…… 1-102
圖1-40b （上圖）GPS浮標觀測的海流V_{GPS}減去圖1-40a的HDB潮流V_{HDB}，得到包裹式修正海流PCC的流場V_{PCC}。（下圖）客觀分析法展延上圖至網格分布，得到PCC流場…… 1-103
圖1-40c 圖1-40a的HDB潮流時序V_{ADCP}與圖1-40b的包裹修正海流V_{PCC}的合向量V_{CHDB}，顯示與對應GPS浮標觀測海流V_{GPS}的吻合性…… 1-104
圖1-41a 114年11月2日核二廠海域調查時，野柳灣內各CTD站的溫度、鹽度的每1m資料…… 1-105
圖1-41b 如圖1-41a，但為磺溪口（左）、野柳灣外（右上）及灣口（右下）各站…… 1-106
圖1-42 114年11月2日核二廠海域CTD測站海面的溫度T_{sfc}、鹽度S_{sfc}等值圖…… 1-107
圖1-43a 取24站CTD水文探測分離岸R、D、E、F及順岸1、2、3、4、5共九個截面的溫、鹽分布相對潮流的結構，左上圖標示每截面觀測所用時間…… 1-108
圖1-43b 續圖1-43a，截面E的垂直虛線是灣口位置…… 1-109
圖1-44 核一廠海域、核二廠海域及磺溪海域測站分區編號…… 1-110
圖1-45a 91年至今，核一廠海域82季的HDB溫、鹽水文資料分五區三個水層的統計，以易於地理辨識的方式列繪在地圖上…… 1-111
圖1-45b 91年至今，核二廠海域93季的HDB溫、鹽水文資料分七區三個水層的統計，以易於地理辨識的方式列繪在地圖上…… 1-112
圖1-46a 91年至今，核一廠海域以排水口區RGN2為基準共82季的分區表層水差異時序…… 1-113
圖1-46b 圖1-46a之時序以12個月系集圖展示…… 1-114
圖1-46c 91年至今，核二廠海域以排水口區RGN1為基準共93季的分區表層水差異時序…… 1-115
圖1-46d 圖1-46c之時序以12個月系集圖展示…… 1-116
圖1-47a 核一廠C6背景站90~109年溫、鹽結構時序演變的霍夫默勒圖…… 1-117
圖1-47b 核二廠F6背景站90~109年溫、鹽結構時序演變的霍夫默勒圖…… 1-118
圖1-47c (a) 接續圖1-47a核一廠C6背景站於109~115年溫、鹽結構時序演變的霍夫默勒圖…… 1-119
圖1-48a 核一廠C6背景站溫、鹽垂直結構長期資料的EOFs分析…… 1-120
圖1-48b 核二廠F6背景站溫、鹽垂直結構長期資料的EOFs分析…… 1-121
圖1-48c 核一廠C6站及核二廠F6站之平均溫度與鹽度及其標準差的比較… 1-122
圖2-1 114 年第 1 季至第 4 季核一廠、核二廠及磺溪海域水質和浮游植物採樣站示意圖…… 2-22
圖2-2 113年至114年核一廠進出水口海域之各項水質參數分布範圍…… 2-23
圖2-3 114年核二廠進出水口海域之各項水質參數分布範圍…… 2-24
圖2-4 114年磺溪海域之各項水質參數分布範圍…… 2-25
圖2-5 114年第1季至第4季(a)核一廠及(b)核二廠進、出水口海域水質參 2-26

數之主成份(component 1& 2) 分佈圖.....
圖2-6 99年至114年核一廠海域之各項水質參數分布範圍……..... 2-27
圖2-7 99年至114年核二廠海域之各項水質參數分布範圍……..…… 2-29
圖2-8 99年至114年磺溪海域之各項水質參數分布範圍……..…… 2-31
圖2-9 99年至114年期間海水PDO指數及基隆降雨量變化圖…… 2-33
圖2-10 核一廠C5000 公尺背景測站(0-15m)99年至114年pH值、溫度及葉綠素濃度與十六年(99-114年)平均濃度差之分佈變化圖……..... 2-34
圖2-11 核一廠C5000 公尺背景測站(0-15m) 99年至114年磷酸鹽、矽酸鹽及硝酸鹽與十六年(99-114年)平均濃度差之分佈變化圖……..... 2-35
圖2-12 核二廠F5000 公尺背景測站(0-15m) 99年至114年pH值、溫度及葉綠素濃度與十六年(99-114年)平均濃度差之分佈變化圖……..... 2-36
圖2-13 核二廠F5000 公尺背景測站(0-15m) 99年至114年磷酸鹽、矽酸鹽及硝酸鹽與十六年(99-114年)平均濃度差之分佈變化圖……... 2-37
圖2-14 99-114年PDO指數與核一廠C5000 公尺背景測站pH值、溫度、葉綠素、磷酸鹽、矽酸鹽及硝酸鹽之相關系數變化……..…….. 2-38
圖2-15 99-114年PDO指數與核二廠F5000 公尺背景測站pH值、溫度、葉綠素、磷酸鹽、矽酸鹽及硝酸鹽之相關系數變化……..…..... 2-39
圖2-16a 核一廠附近海域沉積物重金屬的測站圖……..…..... 2-40
圖2-16b 核二廠附近海域沉積物重金屬的測站圖……... 2-40
圖2-17 沉積物重金屬分析流程……..... 2-41
圖2-18 核一廠113及114年進、出水口沉積物重金屬總濃度(王水與氫氟酸總消化)分佈……..... 2-42
圖2-19 核二廠113及114年進、出水口沉積物重金屬總濃度(王水與氫氟酸總　消化)分佈……..... 2-43
圖2-20 核一廠113及114年進、出水口沉積物重金屬1N HCl萃取濃度(生物可利用相)分佈……..…..... 2-44
圖2-21 核二廠113及114年進、出水口沉積物重金屬1N HCl萃取濃度(生物可利用相)分佈……..…..... 2-45
圖2-22 台電與文獻發表台灣週遭海域沉積物重金屬元素濃度範圍…….... 2-46
圖2-23 台灣週遭海域表層沉積物重金屬元素鎳濃度分佈圖……..……... 2-47
圖2-24 核一廠近岸出水口(B500)、進水口(C500)測站溫鹽圖，(a)108年7月2日(b)108年10月17日……..……..…….... 2-48
圖2-25 核二廠近岸出水口(E500)、進水口(F500)測站溫鹽圖，(a)112年2月18日(b)112年5月21日……..... 2-49
圖2-26 99年至114年核一廠出水口測站B500(O,紅線)；B1000(□,藍線)表層水之各項水質參數分布範圍……..... 2-50
圖2-27 99年至114年核二廠出水口測站E500(O,紅線)；E1000(□,藍線)表層水之各項水質參數分布範圍……..... 2-52
圖2-28 99年至114年核二廠入水口測站F500(O,紅線)；F1000(□,藍線)表層水之各項水質參數分布範圍……..... 2-54
圖2-29 99年至114年核一廠出水口測站B500水深0m (O,紅線)；5m (□,藍線)；10m (Δ,粉線)；15m (∇,黃線)之各項水質參數分布範圍…….... 2-56
圖2-30 99年至114年核二廠出水口測站E500水深0m (O,紅線)；5m (□,藍 2-58

線)；10m (Δ,粉線)；15m (∇,黃線)之各項水質參數分布範圍……...
圖2-31 99年至114年核二廠入水口測站F500水深0m (O,紅線)；5m (□,藍線)；10m (Δ,粉線)；15m (∇,黃線)之各項水質參數分布範圍……... 2-60
圖3-1 核一廠及核二廠海域水質和浮游植物採樣站示意圖…… 3-36
圖3-2 114年第1季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物豐度分布圖..... 3-37
圖3-3 114年第1季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種類數分布圖..... 3-38
圖3-4 114年第1季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種歧異度指數分布圖..... 3-39
圖3-5 114年第1季(2月)於核一廠及核二廠附近海域前4個主要優勢種浮游植物在各測站表層之豐度分布圖……..……..……..…… 3-40
圖3-6 114年第2季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物豐度分布圖……..……..... 3-41
圖3-7 114年第2季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種類數分布圖……..……..…… 3-42
圖3-8 114年第2季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種歧異度指數分布圖……..…… 3-43
圖3-9 114年第2季(5月)於核一廠及核二廠附近海域前4個主要優勢種浮游植物在各測站表層之豐度分布圖……..……..…… 3-44
圖3-10 114年第3季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物豐度分布圖……..…… 3-45
圖3-11 114年第3季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種類數分布圖……..…… 3-46
圖3-12 114年第3季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種歧異度指數分布圖……..…... 3-47
圖3-13 114年第3季(8月)於核一廠及核二廠附近海域前4個主要優勢種浮游植物在各測站表層之豐度分布圖……..…… 3-48
圖3-14 114年第4季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物豐度分布圖……..…… 3-49
圖3-15 114年第4季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種類數分布圖……..…… 3-50
圖3-16 114年第4季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種歧異度指數分布圖……..…... 3-51
圖3-17 114年第4季(11月)於核一廠及核二廠附近海域前4個主要優勢種浮游植物在各測站表層之豐度分布圖……..…... 3-52
圖3-18 114年於核一廠及核二廠附近海域各測站及不同水層之浮游植物群聚分析圖……..…….. 3-53
圖3-19 89年至114年期間於北部核能電廠核一廠及核二廠出進水口浮游植物之（A）豐度及（B）種歧異度指數季節分布……..…... 3-54
圖3-20 89年至114年於北部核能電廠出進水口附近海域前4個主要優勢種浮游植物之豐度分布……..…... 3-55
圖3-21 114年核一廠及核二廠附近海域之浮游植物豐度與溫度、鹽度、 3-57

磷酸鹽、硝酸鹽、矽酸鹽、葉綠素*a*及浮游動物豐度之相關係數圖……..
圖3-22 89年至114年期間海水PDO指數、基隆地區降雨量及浮游植物平均豐度變化圖……..…….. 3-59
圖3-23 核一廠除役前後進出水口浮游植物之（A）豐度及（B）種歧異度指數變化圖……..…….. 3-60
圖3-24 核一廠除役前後進出水口主要優勢種浮游植物之豐度變化圖…... 3-61
圖4-1 北部核電廠海域浮游動物調查測站示意圖……..….. 4-31
圖4-2 114年第1季各測站浮游動物密度與大類種數比較圖…….....…. 4-32
圖4-3 114年第1季各監測水域浮游動物組成比例比較圖……..…..…… 4-33
圖4-4 114年第2季各測站浮游動物密度與大類種數比較圖…….……..…. 4-34
圖4-5 114年第2季各監測水域浮游動物組成比例比較圖……...……. 4-35
圖4-6 114年第3季各測站浮游動物密度與大類種數比較圖…….……..…. 4-36
圖4-7 114年第3季各監測水域浮游動物組成比例比較圖……...……. 4-37
圖4-8 114年第4季各測站浮游動物密度與大類種數比較圖…….……..…. 4-38
圖4-9 114年第4季各監測水域浮游動物組成比例比較圖……...……. 4-39
圖4-10 從89年第1季至114年第4季，核一廠與核二廠外海域浮游動物監測計畫執行期間各測站平均數量與大類出現平均數之變化情形… 4-40
圖4-11 從 89 年至114年，北部核能電廠外海域各年度浮游動物平均密度與大類出現數之變化比較圖…… 4-41
圖4-12 從89年第1季至114年第4季，北部核能電廠外海域各季節浮游動物平均密度與大類出現數之變化比較圖……..…..…… 4-42
圖4-13 從89年第1季至114年第4季，北部核電廠外海域各季節浮游動物平均密度與大類出現數之變化比較圖…… 4-43
圖4-14 北部核電廠外海域浮游動物與各子計畫結果之關聯性分析圖…… 4-44
圖4-15 114 年 4 季調查，北部核電廠外海域各季節浮游動物之非度量多維度分析結果…… 4-45
圖4-16 114 年 4 季調查，北部核電廠外海域各季節浮游動物之聚類分析 (Cluster analysis) 結果……..…… 4-46
圖5-1 核一廠底棲動物測站圖……...……..……..….. 5-60
圖5-2 核二廠底棲動物測站圖……..….. 5-60
圖5-3 沉積顆粒分布的對應表，表左藍框內是計算出的σ_i值，而右欄是沉積物篩選度良好程度的判定……..…….. 5-6
圖5-4 Wentworth沉積物粒徑類型判定表，將計算出的Ø值(沒有單位)相對應的粒徑大小(有單位)及粒徑類型(沒有單位)表示出來…….. 5-7
圖5-5 核一廠歷年各站底棲動物之豐度從89年到114年第4季之變化圖… 5-61
圖5-6 核一廠歷年各站底棲動物之密度從89年到114年第4季之變化圖… 5-61
圖5-7 核一廠歷年各站底棲動物之物種總量從89年到114年第4季之變化圖…… 5-62
圖5-8 核一廠歷年各站沈積環境總有機質從89年到114年第4季之變化圖. 5-62
圖5-9 核一廠歷年各站平均顆粒從89年到114年第4季之變化圖……..….. 5-63
圖5-10 核一廠歷年各站細泥含量從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖…….. 5-63
圖5-11 核二廠歷年各站底棲動物之豐度從 89 年到 114 年第 4 季之變化 5-63

圖……
圖5-12 核二廠歷年各站底棲動物之密度從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖…… 5-64
圖5-13 核二廠歷年各站底棲動物之物種總量從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖…… 5-64
圖5-14 核二廠歷年各站沈積環境總有機質從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖…… 5-65
圖5-15 核二廠歷年各站平均粒徑從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖……… 5-65
圖5-16 核二廠歷年各測站之細泥含量從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖 5-66
照片 底棲生物圖片…… 5-67
圖6-1 核一出水口與草里港潛水調查測線位置圖…… 6-62
圖6-2 核二廠出水口4條潛水調查測線及底刺網位置圖…… 6-62
圖6-3 核二廠出水口魚類族群量調查之各測站位置圖…… 6-63
圖6-4 89~114年核一海域潛水調查2測站的魚種數(a)、魚尾數(四次方根)之年間變化…… 6-64
圖6-5 89~114年核一海域潛水調查2測站的魚種數(a)、魚尾數(二次方根)變化圖…… 6-65
圖6-6 89~114年核二海域潛水調查2測站的魚種數(a)、魚尾數之年間變化 6-66
圖6-7 89~114年核二海域潛水調查2測站的四帶雞魚與放流魚類之年間尾數變化…… 6-67
圖6-8 核二海域90~108年度底刺網與109年~114年度船釣調查之魚類種數年度變化圖…… 6-68
圖6-9 核二海域109~113年以船釣調查之內外測站魚類種數、尾數、漁獲重之比較圖…… 6-68
圖6-10 90至114年期間核一、核二廠撞擊魚類種類數之年間變化…… 6-69
圖6-11 90至114年期間核一、核二廠撞擊魚類尾數之年間變化…… 6-69
圖6-12 歷年北部兩核電廠撞擊魚類(六斑二齒魨)尾數之月別變化圖…… 6-70
圖6-13 歷年北部兩核電廠撞擊魚類(褐籃子魚)長期尾數之變化圖…… 6-70
圖6-14 台灣北部核能發電廠各年度撞擊魚類(漁業損失)估算比較圖…… 6-71
圖6-15 89年至114年各測站之水溫變化圖…… 6-72
圖6-16 89年至114年各年花身雞魚(a)及大鱗鯵(b)之各年捕獲尾數及畸形率曲線圖…… 6-73
圖6-17 近六年花身雞魚(a)及大鱗鯵(b)之各月畸形率變化曲線圖…… 6-74
圖6-18a 核一海域89~114年度潛水礁岩魚類群聚年度變化之空間排序圖.. 6-75
圖6-18b 核一海域年度潛水礁岩魚類群聚測站變化之空間排序圖…… 6-75
圖6-19 核一海域96~114年實驗站(L1)與對照站(草里港)水表海溫比較圖... 6-76
圖6-20a 核二廠海域92~114年實驗測站(L3)水溫之比較圖…… 6-76
圖6-20b 核二海域92~114年實驗站(L3)與對照站水下1.5公尺水溫之比較圖. 6-76
圖6-21a 核二海域89~114年礁岩魚類群聚在不同測站之空間排序圖…… 6-77
圖6-21b 核二海域89~114年度L3礁岩魚類群聚年度變化之空間排序圖…… 6-77
圖6-22 核二海域109~114年以船釣方式調查之每年度內外測站魚類尾數、漁獲重之比較圖…… 6-78

圖6-23 核二海域90~108年度以底刺網取樣魚類群聚之年度變化空間排序圖…… 6-78
圖6-24 核二海域109~114年以船釣調查之內測站魚類尾數、漁獲重再雙機運轉、停一部機組、除役期之比較圖……..…….... 6-78
圖6-25a 90年至114年間核一、核二廠撞擊魚類歧異度指數 H'之月別變化. 6-79
圖6-25b 90至114年間核一、核二廠撞擊魚類均勻度指數 J' 之月別變化… 6-79
圖6-26a 歷年(89~109年)北部核電廠（包含核一、二廠）撞擊魚類種群聚之年間變化……... 6-80
圖6-26b 歷年核二廠撞擊魚類種群聚之年間變化……... 6-80
圖6-27 核一、二廠海域以撞擊魚類調查不同運轉時期的平均魚尾數比較與變異數分析……... 6-81
照片1 大鱗鮻幼魚在不同溫度下飼養兩週及四週的形變比率…… 6-82
照片2 高溫引發畸形後之大鱗鮻幼魚在26℃或36℃飼養八週的形變比率 6-83
照片3 (A)畸形魚體改由26℃飼養八週後及(B)畸形魚體持續以36℃飼養八週後的側面X光照片…… 6-84
照片4 核一廠海域出現的魚種與底質狀況…… 6-85
照片5 核二廠海域出現的魚種與底質狀況…… 6-86
圖7-1 網站首頁展示……..……..…… 7-12
圖7-2 資料庫主要功能……..……..…… 7-12
附錄2圖1 114年02月12日於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖……...……..……..... 附 2-1
附錄2圖2 114年05月09日於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖……..……..…….... 附 2-6
附錄2圖3 114年08月10日於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖……...……..……..... 附 2-9
附錄2圖4 114年11月02日於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖……...……..……..... 附 2-14

中文摘要

第一章　海潮流

北部核電廠海域之海流調查的主要目的，在配合其他各子計畫提供現場流況，以利分析討論其調查結果時，觀察生化因子在時空變化上受海洋的動力環境的影響。為此，以漁船追蹤 GPS 定位浮標來觀測各測站的瞬間海流狀況，檢視本案過去長期以研究船 ADCP 掃測的海流資料相對潮汐水面坡度所推算的潮流，兩者差異即視為潮汐分量以外多項影響機制的包裹修正淨流，從而獲致對應當日潮汐的網格化流場向量時序圖。

海洋的溫、鹽水文狀態是生態因子時空分布的重要條件，故針對各測站的水文結構，探討海流與其之互動關係。惟水文背景本身即有大環境的影響因素，故亦蒐集整理氣象資料，進行大氣海洋的整體認識，例如降雨量從幾條溪流排水即對鹽度有所作用，而風場則關乎大環境的背景淨流。當然，過去溫排水如何在海域因海流而展開是本案首要關切之事，停機之後的環境變化更形重要。

本報告為 114 年四季的調查成果，依合約規定，核一廠海域僅執行一、三兩季，也就是冬、夏兩季，維持長期設定的 3 條離岸測線共 16 個測站；核二廠及磺溪口海域則執行四季，但強調故延長中央 E 測線而增加 4 個測站，共 25 站。

展現的流圖概念與多年來所知不一樣的是，從有限的測站海流取樣，即可察知淨流的結構與意義，也就是東海大環境的動態如何加乘兩個核電廠海域的往復潮流。研判的依據是從水文場的輔助，看見黑潮秋冬季入侵東海形成的套流，把高溫高鹽水帶到兩廠海域，東海大範圍的水則為低溫低鹽。春夏時，黑潮主軸東移，兩廠海域被台灣海峽北上的水取代，都是重要的環境背景條件。本報告季季細看分析所有相關資料，提供各子計畫所需海流動態可能作用的資訊。本次報告意外確定基隆嶼的風場觀測比金山氣象站更具影響淨流場的作用。

從系集圖繪製 26 年的長期水文資料分析得知，黑潮進出東海對電廠海域水文場影響的量化值為：溫度約 0.5℃，鹽度最大約 0.2‰。另外採用「霍夫默勒圖（Hovmöller Diagram）」展現溫、鹽場垂直結構的時空分布，兩者似乎有反應季節的延遲特性，也就是溫度場比鹽度場快約一個月先因季節而變化，並偶有低鹽水跨年橫行北部海域。再以經驗正交函數 EOFs 分析兩廠海域背景站的溫、鹽資料，量化闡釋了典型結構（約貢獻 70%）及混合層-斜溫鹽層（約貢獻 15%）的兩個主分量的機制，在強度係數的時間序列上，未見全球如聖嬰事件的關聯性。

第二章 水文水質

本計畫為核一廠與核二廠溫排水口海域生態調查研究與監測之一子計畫，114 年第 1 季至 114 年第 4 季調查報告，著重在水文和水質資料及其對海域生態影響。核一廠及核二廠溫排水口海域的各項水質化學濃度範圍為: 水溫，17.86-29.90 ℃；溶氧量，5.60-7.30 mg/L；酸鹼度，7.76-8.26；磷酸鹽，0.30-45.86 μg/L；亞硝酸鹽，0.01-18.31 μg/L；硝酸鹽，13.23-185.48 μg/L；矽酸鹽，13.54-2788.25 μg/L；葉綠素甲，0.01-1.09 μg/L。所調查的水質資料參數符合行政院環境部所規範之甲類海域環境品質標準值。相關性分析統計顯示核一廠與核二廠之浮游生物生態受水溫影響較明顯。99-114 年水質參數資料除了受颱風、暖冬及反聖嬰現象影響外，皆呈現規律季節性變化，大致上水溫第一季與第四季較第二季-第三季為低，而營養鹽則第一季與第四季較高，而葉綠素濃度在季節變化上則與營養鹽呈消長情形。

114 年核一廠與核二廠溫排水進、出水口沈積物重金屬元素總濃度範圍如下: 鎘，0.08-0.13 mg/kg；鈷，7.08-14.52 mg/kg； 鉻，16.74-36.39 mg/kg；銅，2.71-26.18 mg/kg；錳，149.37-362.58 mg/kg；鎳，12.53-28.70 mg/kg；鉛，10.60-15.90 mg/kg； 鐵，2.23-3.16 %和鋅，70.41-119.91 mg/kg，114 年沉積物重金屬元素濃度大致低於環境部底泥品質指標下限值，但少數測站鎳濃度逾越底泥品質指標下限值。

第三章 浮游植物

今年（114年）分析浮游植物樣品206瓶，並鑑出131種浮游植物，平均豐度為$13.21 \pm 0.49 \times 10^3$ cells/L，較去年低。今年浮游植物種類數目及豐度的季節變化明顯，其中以第3季(8月)時之豐度較高。前五個主要優勢種類為環紋勞德藻(*Lauderia borealis*)、丹麥細柱藻（*Leptocylindrus danicus*）、菱形海線藻(*Thalassionema nitzschioides*)、旋鏈角毛藻(*Chaetoceros curvisetus*)及柔弱擬菱形藻(*Pseudonitzschia delicatissima*)，合佔總豐度的64%。由四季之主成分分析法分析結果發現，今年1、4季各測站重疊的部分較高，顯示這兩季之浮游植物種類組成及數量較相近。不同季節之浮游植物種類數目及種歧異度指數在各測站及不同水層間的變化趨向則不甚一致。以整年度調查結果來看，核一及核二廠出水口測站之浮游植物種類數經常有高於季平均值，且兩個核電廠出水口測站所發現的種類數目分別佔總種類數目的22%及28%，顯示核電廠之溫排水對附近海域浮游植物種類之多樣性並無明顯的影響。

第四章 浮游動物

為了解核電廠長期運轉過程中大量海水的吸取與冷卻水的釋放對附近海域中的浮游動物產生什麼影響，以及了解海中浮游動物之分佈、含量之變化情形。本調查於民國 114 年 2 月 12 日、5 月 9 日、8 月 10 日與 11 月 2 日於核電廠外海域進行季節性的採樣分析。綜合 114 年 2 月的採樣結果，監測海域共發現 15 大類之浮游動物，平均豐度為 65.81 ± 85.32 inds./ m^3；平均個體量以哲水蚤的 44.96 inds./ m^3 最多 (68.32 %)，其次為夜光蟲 11.26 inds./ m^3 (17.12 %)，第三則是介形類 4.11 inds./ m^3 (6.25 %)。114 年 5 月的採樣結果共發現 20 大類之浮游動物，平均豐度為 201.21 ± 128.19 inds./ m^3；平均個體量以夜光蟲的 147.91 inds./ m^3 最多 (73.51 %)，其次為哲水蚤 16.05 inds./ m^3 (7.98 %)，第三則是其他幼生 10.08 inds./ m^3 (5.01 %)。114 年 8 月的採樣結果，監測海域共發現 21 大類之浮游動物，平均豐度為 3143.83 ± 2246.06 inds./ m^3；平均個體量以哲水蚤的 2248.14 inds./ m^3 最多 (71.51%)，其次為其他十足類 220.49 inds./ m^3 (7.01% %)，第三則是其他幼生 189.22 inds./ m^3 (6.02%)。114 年 11 月的採樣結果共發現 18 大類之浮游動物，平均豐度為 10.22 ± 8.71 inds./ m^3；平均個體量以哲水蚤的 3.10 inds./ m^3 最多 (30.33%)，其次為其他十足類 2.57 inds./ m^3 (25.17%)，第三則是夜光蟲 1.79 inds./ m^3 (17.53%)。綜觀季節性的調查研究顯示，本年度核電廠附近海域之浮游動物豐度與大類出現數相較過去的歷史數據沒有顯著差異，將持續注意觀察變化的發展。

第五章　底棲動物

從 89 年第 4 季到 114 年第 4 季的調查分析顯示，核一廠在出、入水口與季節的交互作用主要受到季節變化所影響，這與該廠近海為一相對開放的水域有關。主要是因為當季節變換使沉積物結構改變，而沈積物之特性為決定物種分佈及聚集的主要因子。

就核二廠而言，因為一較封閉式海域，故出入水口的影響會比季節的變化更明顯；調查發現，沉積環境的特性，像是平均粒徑、細泥含量、篩選度等，是決定底棲群聚的豐度及密度之主要因子。入水口處因平均粒徑較粗，但細泥含量較高，顯現出粒徑分布較不平均，但也使底棲生物可使用之棲地的多樣性增加了，食物可能也增加了，所以這個沉積環境較佳，因此吸引較多的物種在此聚集。

綜合而論，核一及核二外海的底棲群聚的豐度、密度及總量，均會受到沉積環境所影響;當該地點平均粒徑變粗、顆粒大小分布較不平均及總有機質含量增加時，棲地的複雜性增加會讓更多的底棲動物在此聚集。至於核電廠溫排水水溫影響的部分，調查結果發現，所有的生物因子在出、入水口間均無顯著的差異，這代表各廠出、入水口間個生物因子及非生物因子的減少，均與溫排水水溫無關。

自 89 年第 4 季至 114 年第 4 季間，核一廠的物種豐度及細泥含量從 91 年起，均有下降的趨勢。由於核一廠及核二廠在調查期間並沒有發生重大的工安事件，而且其他的生物及環境參數，並沒有出現顯著變化的趨勢，沉積物之細泥含量及總有機質含量的減少也跟溫排水無關，因此這個變化應該和兩核電廠以外其他人為措施影響，減少細泥的補充量有關。此外，核一廠 106 年秋季出水口之細泥含量因暴雨而大增及 103 年間核一廠的短暫停機，因為影響時間短暫，均不會對調查海域的底棲生態產生顯著的影響;核一廠除役影響的部分因 108 年中始完成 2 號機組除役，由於時間較短或停機後水流減少量尚未到達臨界值，故還無法觀測到明顯變化。

第六章　魚類

一、礁岩魚類

核一廠自 110 年開始依合約由 1 年 4 季作業改為 1 年 2 季，114 年度核一廠海域的實驗站 A(L1)共調查到 27 種 342 尾，對照站調查到 27 種 157 尾。魚類數量與過去相比較為減少，兩測站的魚種相似度(Sorensen coefficient =0.31~0.54)。多年來兩測站的優勢種仍以幼魚為主，長期來看，核一廠的種數與尾數呈現緩慢減少的趨勢，尤其今年減少較多，但實驗與對照站同步減少。以 one-way ANOSIM 的方法比較核一實驗站 A(L1)停機期間的群聚差異(以 106 年 7 月為運轉與停機之分界，核一廠亦已於 108 年 7 月正式除役)，其結果顯示在停機前後礁岩魚類群聚並無顯著差異(R：0.10, p=0.03)，以 ANOVA 比較魚種數與尾數的差異，其結果亦皆不顯著

核二廠海域自 108 年開始應環保承諾要求新增 2 個潛水測站，因此目前本海域共有 4 個礁岩魚類調查測站。114 年度核二廠位於出水口左側的實驗站(L3) 共調查到 23 科 48 種 1475 尾，位於明光碼頭旁的對照站(Ctrl)114 年共調查到 23 科 54 種 659 尾，白米甕站(L2)114 年 24 科 56 種 2249 尾，L4 站 112 年調查到 16 科 31 種 328 尾。以有長期資料的實驗測站(L3)與對照站(Ctrl)來做比較與分析，多年來兩測站的優勢種差別不大，114 年度的魚種與魚尾數與往年比較大致居中，

作為對照站(Ctrl)與實驗站略呈一致性的趨勢，長期來看核二廠兩測站魚類種數皆呈現逐年緩慢減少的趨勢，以隆頭魚科、蝴蝶魚科減少最多。至於除役是否影響魚類群聚(核二廠於 112 年 3 月 14 日正式除役)，以群聚角度的 ANOSIM 與種數、尾數 ANOVA 分析停機前後都無顯著差異。

二、洄游及沙泥底棲魚類

因原測站位置為底刺網禁漁區，因此於 109 年改採船釣方式調查，114 年度近出水口的內測站(A)捕獲 16 種 80 尾 9236 克，離岸較遠的外測站(B)有 22 種 136 尾 12785 克，測站魚種相似度(Sorensen coefficient=0.13~0.22)。114 年調查橫紋九刺鮨、三線雞鱸是此海域被捕獲最多次的魚類，也是內外測站都能捕獲的魚種。以 pair t-test 檢定 6 年的船釣資料，不論在魚種數、尾數與漁獲重方面都無測站的顯著差異(p>0.01)。若以 one-way ANOSIM 的方法比較內外測站群聚差異 Global test R：0.14 (p=0.001)，顯示略有群聚區別，但不到顯著，此結果與過去以底刺網調查方式的結果相似，亦即核二廠出水口對沙泥底棲與洄游性魚類並未造成明顯的影響。至於除役前後的 ANOVA 分析，亦顯示不管在魚種數、尾數、漁獲重，都無顯著差異。

三、 撞擊魚類

110 年度核一廠依合約改為每半年採樣 1 次，114 年度 2 次共採獲 5 科 7 種 16 尾，0.772 公斤重。11 年都無沙丁魚撞擊核一廠，也未發生大量撞擊事件。因改為半年採樣 1 次已無法與過去每年採樣 12 次的資料作整體年度性的比較。採獲魚類種類與近幾年所做的調查相似，仍以體型較小、非經濟性之中表層及底棲魚類為主要類群。

核二廠仍延續過去每月採樣 1 次，114 年度共採獲 12 科 17 種 80 尾 4.463 公斤，114 年無沙丁魚撞擊核二廠，也未發生大量撞擊事件。採獲魚類仍以體型較小、非經濟性中表層及底棲魚類為主要類群，長期來看，核二廠種類數與魚尾數呈現逐年下降趨勢。

將電廠 20 年間的資料比較，核一廠減少了 113 種，核二廠在 20 年間魚類共則減少了 117 種，兩廠消失的共同魚科有鱗鮄丶鮜丶土魠丶白鯧丶鬚鯛丶金線魚、鰯及角鑌魚科。聚類分析結果顯示，群聚結構受到優勢種影響具年間差異，且可分為 101 年前後兩個具明顯差異的時期，種類數逐年下降趨勢，可能與沿近海漁業資源枯竭或環境變遷等有關。至於除役的影響，目前兩電廠的除役前後魚尾數都有顯著差異，電廠除役後撞擊尾數減少甚多。

四、畸形魚之生態調查

花身雞魚(*Terapon jarbua*)和大鱗鯻(*Chelon macrolepis*)畸形魚自民國 82 年起每年皆常在核二廠排水口被發現。由操作研究結果已證實當水溫超過 37℃時，魚苗會因體內維生素 C 受到破壞，而造成畸形。本計畫係延續自民國 83 年起於核二廠溫排水口堤防內外所設置的四個測站進行畸形魚調查與水溫測量。20 年間水溫呈現明顯的季節性變化，每年 4-5 月開始攀升，於 6-8 月出現超過 37℃的高溫，並持續至 9-10 月後才開始降溫。本計畫紀錄 72 種魚類中，有發現畸形的物種至今僅有花身雞魚、大鱗鯻及鯔 3 種。畸形魚出現的頻率大致上出水口的水溫變化吻合，高溫持續時間越久，往後幾個月所發生的畸形率也較高。在 105 年 4 月至 107 年 6 月之間、以及 108 年夏季期間核二廠停機時夏季所紀錄的水溫明顯較往年低，皆無量測到超過 37℃的高溫，該年畸形率也較往年低(<10%)。反之，在水溫較高的時段，如 109 年至 110 年度平均水溫較高，其中 109 年超過 37℃水溫的月份高達 4 個月，也因此這兩年間花身雞魚和大鱗鯻的畸形率提升至 11-26%，此結果再度證明高水溫應是魚類畸形的唯一原因。111 年後紀錄水溫較低，在出水口超過 37℃水溫的月份僅有兩個月， 112 年 3 月 14 日核二廠停機之後，該年夏天便不再有超過臨界溫度的紀錄，112 年花身雞魚(6.9%)與大鱗鯻(1.6%)的畸形率偏低。114 年未發現任何魚類有畸形的狀況，年平均水溫 25.5℃，為 107 年以來最低溫的紀錄。

Abstract

Chapter 1
Coastal Tidal Currents

The main purpose for surveying the coastal tidal currents near the nuclear power plants, NPP1 and NPP2 at northern Taiwan, is to provide the current background for other ecosystem subprojects to discuss if the dynamic environment affects the time and spatial variations of those biochemical indices. For that, to track a GPS drifter from a fishing boat to observe instant flow was done at stations to examine tidal currents learned from the data set of past many years with the research vessel's ADCP survey according to the relation with respect to the sea surface slope of local tide. The difference between the GPS and ADCP observations is acknowledged as the packaged calibrated currents, namely the net flow, of several mechanisms other than the tidal components. From this, the time series of current field in grids with respect to tide of certain date can be thus derived.

Since the hydrography in water temperature and salinity relates to the time and spatial variations of biochemical indices, its structure must be inspected how currents interact with. Because such a hydrographic background also has a factor of atmospheric influence, local meteorological data were collected for checking the air-sea interaction. For instance, the discharge of few creeks after precipitation might influence the salinity field as well. Of course, it is the main concern of this project to know how the thermal plume had spread under currents in the regions before, and what the environment alternation might be after the termination of the power plants.

This report focuses results of the four seasons' surveys in 2025. According to the contract, only the first and third seasons (i.e., winter and summer) are required to maintain the three offshore survey lines with 16 stations in total for the NPP1. While for the NPP2 and the creek Hwan, four seasons are still requested but with the intensive middle E-line of 4 more stations, turning out 25 stations in total.

The achievement of flow charts different from what done before is that, from such limited current observation at stations, it is surprising to see the structure and the meaning of the net flows. Namely, the dynamics of the big environment of the East China Sea (ECS) embedded the to-and-fro tidal currents at seas of the two NPPs was disclosed. With the aid of hydrographic survey, it was seen that the boundary eddy along with the fall-winter intrusion of Kuroshio's loop current carried high temperature and salinity water to the seas, while the big ECS was characterized by low temperature and

salinity. In spring-summer, the main stream of Kuroshio shifted eastward, the NPP sea water was then replaced by that of Taiwan Strait. These are important background to keep in mind. In this report, all related data of each seasons were analyzed in details to support necessary information about current dynamic for all other subprojects. Occasionally, it is found to assure that the wind observations at Keelunyu Islet are more influential than Meteorology Station in Kingsan Town to the background currents.

Via the ensemble plot of the long-term historical data, it was the first time to quantify the influence of the intrusion and retreat of Kuroshio to/from the ECS upon the NPP regions being about 0.5 ℃ in temperature and a maximum of 0.2 ‰ in salinity. In addition, the Hovmöller Diagram was applied to test the time-spatial display of the vertical profiles of temperature and salinity. Tentatively, it seemed to see the relaxation time of the two fields in season. Namely, temperature reacted about one month earlier than salinity. Besides, low salinity water could occasionally spread over the northern Taiwan across a year. Furthermore, to apply the empirical orthogonal functions (EOFs) method to analyze the hydrographic data quantitatively accounts for the two major components of mechanisms as the typical structure (about 70% contribution) and the mixed layer vs thermoclines of temperature and salinity (about 15% contribution). It is not seen that the intensity of them in time domain could be related to any events of global scale such as the El Niño.

Chapter 2
Water Quality And Hydrography

This study is one of the sub-projects which concern the ecological impact by the effluents of the cooling water discharged from the Taiwan Nuclear Power Plant I and II. This study which focuses on the investigation of the water quality of inshore seawater adjacent the Taiwan Nuclear Power Plant I (NPP1) and II (NPPII) is the four- season survey report in 2025. The survey results of water quality adjacent the NPW1 and NPWII were in the range: temperature, 17.86-29.90℃; dissolved oxygen, 5.60-7.30 mg/L ; pH, 7.76-8.26; phosphate, 0.30-45.86 μg/L ; nitrite, 0.01-18.31 μg/L; nitrate, 13.23-185.48 μg/L; silicate, 13.54-2788.25 μg/L and chlorophyll a, 0.01-1.09 μg/L. The water quality data of pH and dissolved oxygen in the study area completely obeyed the “A level” seawater standard of EPA regulation. The correlation analysis, a statistical method, was employed to speculate the ecological system among water temperature, nutrients, the abundances of phytoplankton and zooplankton. The statistical results

indicate that the abundances of phytoplankton and zooplankton were influenced by the water temperature more significant than the nutrient in the NPP I and the NPP II areas. The data of seawater temperature and nutrients generally exhibit seasonal variation during the study period of 2010-2025, except the typhoon and La Niña event. The chlorophyll a data showed the opposite variation with nutrients.

Sediment samples were collected from the in and out entry of cooling water of the Taiwan Nuclear Power Plant I and II to analyze trace metals. Total concentrations of trace metals in the sediment samples ranged within: Cd, 0.08-0.13 mg/kg; Co, 7.08-14.52 mg/kg; Cr, 16.74-36.39 mg/kg; Cu, 2.71-26.18 mg/kg; Mn, 149.37-362.58 mg/kg; Ni, 12.53-28.70 mg/kg; Pb, 10.60-15.90 mg/kg; Fe, 2.23-3.16 %; and Zn, 70.41-119.91 mg/kg. With the exception of Ni, total concentrations of trace metals were generally lower than the lower value of the EPA sediment standard regulation and the effects range-low value of incidence of adverse biological effects (Long et al., 1995). However, total concentrations of Ni generally exceed the lower value of EPA sediment standard regulation.

Chapter 3
Phytoplankton

Two hundred and six phytoplankton samples were analyzed in the coastal waters off the first and second nuclear power plants (NPP1, NPP2) in 2025. In all, 131 species of phytoplankton were recognized, with the mean abundance of $13.21 \pm 0.49 \times 10^3$ cells/L which is lower than last year. Phytoplankton assemblages exhibited apparent seasonal changes, higher species diversity and abundance in August than other. *Lauderia borealis, Leptocylindrus danicus, Thalassionema nitzschioides, Chaetoceros curvisetus,* and *Pseudonitzschia delicatissima* were the five predominant species, and together they comprised 64% of the total phytoplankton number. Result of principal component analysis also showed clear seasonal variation in the community structure and abundance of phytoplankton. The abundance, species number and diversity index of phytoplankton also showed different spatial distribution patterns in both seasons. Generally, the stations nearby the outlets of NPP1 and NPP2 usually showed higher phytoplankton abundance and species number if compared with that of the seasonal average, and occupied 22% and 28% of the total species number, respectively, implied that the biodiversity of phytoplankton nearby the outlet areas was not influenced by the thermal drainage of the nuclear power plants.

Chapter 4
Zooplankton

In order to investigate the distribution of zooplankton, its quantity, and species composition in the waters adjacent to inlet and outlet of the nuclear power plants I and II, zooplankton was collected in the cruises of February 12, May 9, August 10, and November 2 in 2025. The sampling stations located in the transect lines of inlet and outlet of the nuclear power plants I, II, and background site of near shore and offshore of Hwang's River. In February 12, 2025; 15 taxa of zooplankton taxa were observed in the sampling waters, the average abundance for total zooplankton was 65.81 ± 85.32 inds./ m^3. Among them, Calanoida copepods (44.96 ind./m^3, 68.32 %) had the most abundance. The second and third largest taxa of zooplankton were Noctiluca (11.26 ind./m^3, 17.12 %) and Ostracoda (4.11 ind./m^3, 6.25 %). In May 9; totally 20 taxa of zooplankton taxa were recorded in the investigation waters, the average abundance for total zooplankton was 201.21 ± 128.19 inds./ m^3. Taxon Noctiluca (147.91 ind./m^3, 73.51 %) was the most abundant. The second and third largest taxa of zooplankton were Calanoida copepods (16.05 ind./m^3, 7.98 %) and Other larva (10.08 ind./m^3, 5.01 %). In August 10; 21 taxa of zooplankton taxa were observed in the sampling waters, the average abundance for total zooplankton was 3143.83 ± 2246.06 inds./ m^3. Among them, Calanoida copepods (2248.14 ind./m^3, 71.51%) had the most abundance. The second and third largest taxa of zooplankton were Other Decapoda (220.49 ind./m^3, 7.01% %) and Other larva (189.22 ind./m^3, 6.02%). In November 2; totally 18 taxa of zooplankton taxa were recorded in the investigation waters, the average abundance for total zooplankton was 10.22 ± 8.71 inds./ m^3. Taxon Calanoida copepods (3.10 ind./m^3, 30.33%) was the most abundant. The second and third largest taxa of zooplankton were Other Decapoda (2.57 ind./m^3, 25.17% %) and Noctiluca (1.79 ind./m^3, 17.53%). The pattern of seasonal change in abundance and species compositions of zooplankton seemed to be driven by seasonal variability, indicating species succession. The number of taxa and abundance of zooplankton in the waters near the nuclear power plants this year showed no significant difference compared to historical data, the survey team will continue to monitor the changes in the future.

Chapter 5
Macrobenthos

The surveys from the winter of 2000 till autumn of 2025 winter that, for the Nuclear Power Plant #1, the interaction of intake/drainage and season was mainly influenced by the seasonal change. This result may due to relative open system off NP1. Analyses also showed that, the sediment characters are the major factor that determine the spatial distribution of macrobenthos.

For the Nuclear Power Plant #2, the sediment in the inlet site was coarser while contained more silt-clay, the particle distribution is more heterogeneity. In addition, the total organic content was higher. This resulted in the sediment environment is better in the inlet site. The increase in habitat diversity combined with the increase of food available, attract more species in the inlet site. Analysis showed that the sediment characters, such as mean grain size, silt-clay content, sediment sorting, are the major factors that determine the richness and density of the microbenthic communities.

The synoptic discussion of Nuclear Power Plants # 1 and # 2 showed that, the major macrobenthic communities (i.e. species richness, density and biomass) were all influenced by the sediment environments. When grain size becomes coarser and more heterogenetic in particle size distribution and increase in total organic content, the increase in habitat complexity resulted in more macrobenthos inhabits there. All have nothing to do with drainage water temperature.

Based on this study, it is found that from the winter 2000 till the winter of 2025, the species richness and silt-clay content of Nuclear Power Plant #1 showed decreasing trends during the study period.

There is no major public safety occurred during the study period for both power plants, and there were no long-term trends in the other biological and non-biological parameters. Thus, the changes in species richness of both plants should be related to the decrease in silt-clay supply from surrounding environment.In addition, the sudden increase of silt-clay content in the discharge site due to the storm in the fall of 2016 no major influence to the microbenthic environments of the study sites, and cease operation of Nuclear Power Plant #1and #2 exerted no major influence to the microbenthic environments of the study sites. It may be that the time is short or the water flow reduction after cease operation has not yet reached the critical value of

sediment change, no obvious changes can be observed.

Chapter 6
Fish

I. Coral Reef (Rock), Pelagic and Demersal fishes in the sandy muddy bottom

According to the contract, the impingement sampling at Nuclear Power Plant I. (NPPI) has changed to only once every six months in 2021. From 2025, 27 species with a total of 342 individuals of reef fishes were observed by SCUBA diving along experimental (outlet) station(A) L1 at the NPPI, 27 species with a total of 157 individuals were observed at the control station. The number of fish has decreased compared with the past. Fish species similarity between the two stations was 0.31~0.54 (Sorensen coefficient). The fish mostly were juveniles. According to the long-term data, the fish population of the NPPI was decreasing year by year, The number of stations decreased significantly in 2025, but both experimental and control stations decreased simultaneously. The one-way ANOSIM test has no significant difference between operating and shutdown period of NPPI. (R：0.10, p=0.03) (Using July 2019 as the boundary between operation and shutdown, NPPI was officially decommissioned in July 2017). Using ANOVA to compare the difference between the number of fish species and the individual number, the results are not significant.

Since 2019, the NPPII has added 2 new diving stations in response to environmental protection commitments. Therefore, there are currently 4 reef fish survey stations in this area. A total of 48 species of 23 families with a total of 1,475 individuals were observed along experimental station L3 on the left side of thermal plume of NPPII in 2025. A total of 54 species of 23 families with a total of 659 individuals were observed at the control station of waste port (Ctrl) in 2025. A total of 56 species of 24 families with a total of 2,249 individuals were observed at the L2 station of waste port in 2025. A total of 31 species of 16 families with a total of 328 individuals were observed at the L4 station of waste port in 2025. There was little difference in the dominant species of the two stations (L3 vs. Ctrl). Compared with previous years, the number of fish species and individuals in 2025 was roughly in the middle. As the control station and the experimental station showed a slightly consistent trend. According to the long-term data, the fish population of the NPPII was decreasing year by year, the most decreasing was wrasses and butterflyfishes. If compared with the shutdown period (May 14, 2023 to be decommissioned), there was no significant difference before and after in the number of fish species and the number (ANOSIM and ANOVA).

II. The demersal and pelagic fish in the sandy muddy bottom

Because the original bottom gillnet fishing method was located inside the enclosure gillnet fishing area, the survey was changed to hand-line fishing in 2020. From 2025, 16 species of 80 individuals 9.236kg were caught of inside outlet (A) in NPPII. The 22 species of 136 individuals 12.785kg were caught of outside station far from the shore (B). Fish species similarity between the two stations is 0.13~0.22 (Sorensen coefficient). *Cephalopholis boenak*、*Parapristipoma trilineatum* were the the fish species that have been caught the most in this sea area in NPPII in 2025, and they are also fish species that can be caught at both internal and external stations. Using pair t-test to test the 5-year boat fishing data, there was no significant difference between the measuring stations in terms of the number of fish species, individuals and catch weight ($p>0.01$). If the one-way ANOSIM method is used to compare the clustering differences between internal and external stations, Global test R: 0.18 ($p=0.002$), showing a slight clustering difference, but not significant. This result is similar to the results of the bottom gillnet survey in the past. Therefore the effect of thermal plume is not significant for determine the demersal and pelagic assemblage of fish in the sandy muddy bottom. As for the ANOVA analysis before and after decommissioning, it also showed that there was no significant difference in the number of fish species, tail number, and catch weight.

III. Impingement

According to the contract, the impingement sampling at NPPI has changed to only once every six months in 2021~2024. Totally, only 16 individuals from 5 families and 7 species, with total weight of 0.772 kg were collected in 2025. From 2014~2025, there were no large-scale impingement events in the NPPI. The NPPI has only two data and cannot be compared with the past year (12 times). Most of them were small pelagic and benthic species with low economical value.

The sampling time at NPPII still maintain once per month. Totally 80 individuals with total weight of 4.463 kg of 17 species in 12 families were collected in 2025. There were no large-scale impingement events in the NPPII from 2025. Most of them were small, and low economical value pelagic and benthic species. In the long term, the number of species and fish individuals at NPPII has shown a downward trend year by year.

Comparing the data of the power plant in 20 years, the NPPI has reduced a total of 113 species of fish in 20 years, while the NPPII has reduced 117 species. The common fish families that have disappeared from the two plants were Balistidae, Bothidae, Dasyatidae, Ephippidae, Mullidae, Nemipteridae, Soleidae, Zanclidae. This result indicated that the fish species composition could be influenced by the surface temperature and the dominant species of the year. In addition, the fish assemblages could be prominently grouped into periods of before and after year 2012. However, the

trend and variation of the species number by years were decreasing in the NPPII. The number of species has been declining year by year, and this year has declined more, which may be related to the depletion of marine resources or environmental changes in the nearshore. As for the impact of shutdown, there is significant difference in the number of fish individuals before and after shutdown in both power plants, The number of impact individuals decreased significantly after the power plants were decommissioned.

IV. Malformed fishes.

Numbers of deformed *Terapon jarbua* and *Chelon macrolepis* are found every summer in the thermal effluent outlet of the NPPII since 1993. It has been demonstrated that when the water temperature of the outlet area exceeded 37℃, the juvenile fish of *T. jarbua* would become deformed because of malfunction of vitamin C. However, these deformed fish would recover when kept in normal water temperature for several months. The similar result was also shown in *C. macrolepis* for the past six months' experiment. We began to investigate the deformed fish in four stations around thermal effluent outlet of the NPPII from 1994, and measure *in situ* water temperature from 1997. 20 years' temperature results show obvious seasonal cycling. Water temperature usually increased from April or May and exceeding over 37℃ during from July to September, then decreased after October. Among 72 fish species we had been collected since 2000, only 3 species (*T. jarbua*, *C. macrolepis* and *Mugil cephalus*) showed deformed individuals in our survey. Generally, fish deformed rates were correlated with water temperature around the NPPII outlet. The longer water temperature (>37℃) duration would cause higher deformed rates in several following months. For example, significant lower deformed rates (<10%) were detected from 2016 to 2017, and 2019 because of the cooler water temperature (<37℃) during these periods. In contract, higher deformed rates (11-26%) were shown during 2020 to early 2021 since the higher water temperature (>37℃) around thermal effluent outlet. After 2022, water temperature showed relative low around outlet of the NPPII. No >37℃ water temperature was recorded since NPPII decommissioned (2023/3/14). As the result, the deformed rates of *T. jarbua* and *C. macrolepis*. were also decreased to 6.9% and 1.6% respectively. No deformity in any fish has been found in 2025 years, annual average water temperature is 25.5°C, the lowest temperature in 2008 years.

北部各核能發電廠附近海域之生態調查

壹. 緣起

由於核能電廠發電機運轉時需要抽取大量的海水作為冷卻水，而有溫排水的排放，所以對電廠周遭海域的生態可能會有不同程度的衝擊。行政院原子能委員會(與台電公司贊助)自 63 年起即對北部核能電廠附近海域展開長期的生態調查作業（85 年 7 月起由台電公司承辦)，北部的核一廠及核二廠雖然從運轉前開始調查迄今已 40 餘年，但由於影響海域生態變遷的自然與人為因素甚多，且錯綜複雜，故需要長期的監測與資料分析才能做出客觀正確的結論，並研擬預防及改善之道，供未來興建新機組之參考。

貳. 辦理內容及方式

本計畫 63 年起由開始委託中央研究院國際環境科學委員會中國委員會（環科會）進行長期調查與研究工作，87 年 9 月改由國立臺灣海洋大學承辦，其項目包括：

1. 本計畫 63 年起的調查項目涵括了海潮流、水文化學、植物性浮游生物、動物性浮游生物、底棲動物、魚類、放射性物質、漁場經濟。
2. 68 年起至 87 年內容有些許之變化如下：
   (1) 68 年起即增加核四廠預定廠址之調查。
   (2) 70 年起漁場經濟暫告一段落，72 年再作漁場經濟統計與評估，73 年改為利用熱排水養殖魚蝦。
   (3) 74 年再增加珊瑚、生物體及沉積物重金屬分析 2 項。
   (4) 75 年再增加進水口對仔稚魚之汲取及魚類撞擊影響之調查。
   (5) 76 年再增加漁場經濟效益。
   (6) 80 年進水口對仔稚魚之汲取及魚類撞擊影響之調查、利用熱排水養殖魚蝦 2 項結束研究。
   (7) 82 年珊瑚及漁場經濟效益 2 項結束研究。
   (8) 85 年台電公司承辦後即維持海潮流、水文化學、植物性浮游生物、動物性浮游生物、底棲動物、魚類、放射性物質、沉積物重金屬分析等 8 項調查。

(9)87 年增加核二廠畸形魚試驗研究、群聚變遷與生態系模式建構及總整合 3 項且沉積物重金屬分析併入底棲動物研究。

(10) 89 年核二廠畸形魚試驗研究及群聚變遷與生態系模式建構另案由研究發展經費編列 4 年研究。

3. 89 年起迄今維持海潮流、水文水質、植物性浮游生物、動物性浮游生物、底棲動物、魚類（98 年起將畸形魚調查併入）、放射核種監測及計畫彙整與網站建置等 8 項子計畫研究。
4. 102 年起龍門廠監測及放射核種監測則改由台電公司提供。

參. 成效

1. 此調查的結果及背景可以作為核一、二廠附近海域生態環境影響之評估。
2. 由於核能發電可能產生的環境風險問題，向來受到社會極大的關切，包括溫排水、廢料處理、畸形魚與放射性核種外洩等問題。為了消除民眾疑慮，台電公司得隨時掌握核能電廠周遭的生態環境，藉由學者專家的研究整理分析，將結果定期的在台電公司網站向大眾公佈(https://taipower.ntou.edu.tw)，有助於減低大眾的疑慮。
3. 已完成相當多的研究報告。迄今已累計 40 餘年的資料，此一資料庫陸陸續續的記錄了過去 40 餘年來的浮游生物、底棲動物、魚類、水文水質與漁業環境變遷，過去 40 餘年，北部海域除了曾於 68 年發生過布拉格油輪、97 年晨曦輪、100 年瑞興貨輪、105 年德祥台北貨輪的漏油事件之外，並無其他的重大生態事件，或其他重要的污染源出現。因此，北部海域的整個生態系統，應該是處在一般性的人為干擾情形下(例如：漁業行為、遊憩行為)。
4. 研究成果在每年期末報告說明會時邀請行政院原子能委員會、行政院環境保護署等有關單位參與討論、釋疑，以達到雙向溝通及降低與漁民對北部核能電廠運轉後之疑慮。
5. 協助台電公司不定期的將研究成果答覆立法委員對北部核能電廠及漁業調查的相關諮詢。
6. 溫排水所造成的畸形魚或偶發性死魚、管制廢水不慎外洩等事件，

造成民眾對核電廠有所疑懼，所以核能電廠附近海域生態環境的長期監測是有其必要性的。

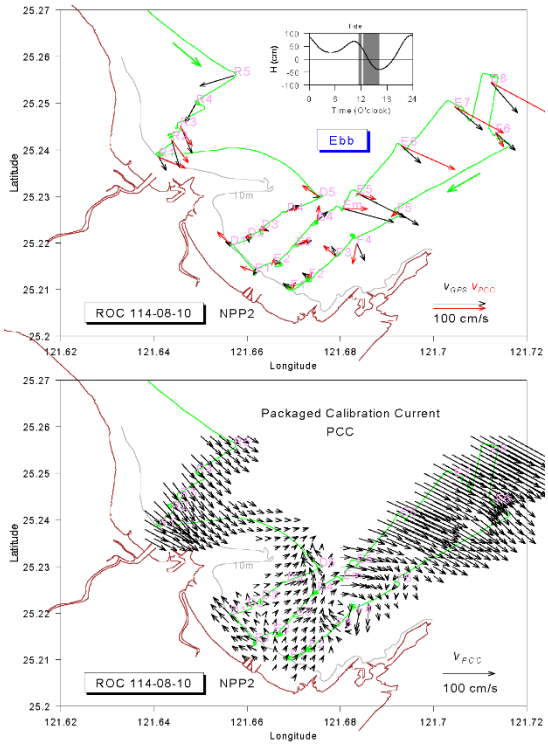
7. 電廠之監測，目前最重要的是監測與分析結果的整合，研究水準的提升，以及研究結果公信力的建立。為了達成上述目標，我們已逐步的將所監測之結果，發表於具公信力之學術期刊(如台電工程月刊、海洋學刊)，以達成監測與分析之結果公開化，此監測與分析的結果除了增加對海域生態之瞭解外，對學術界亦有貢獻。

肆. 各子計畫精簡之研究結果

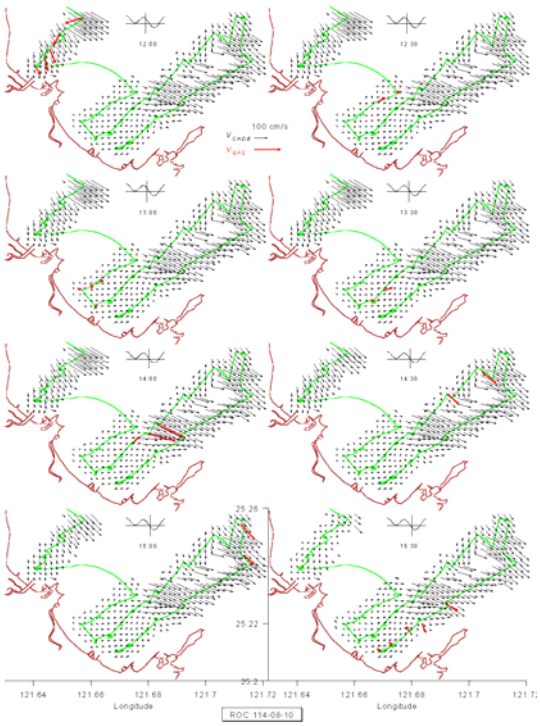
一、 海潮流

核一廠及核二廠皆位於台灣北部海域，那裡的海流以潮流為主要成分，在離岸一些距離以外，順著北部海岸走向而有漲潮流自東南向西北、退潮流反之的簡單往復運動概念。另外還有季節性淨流（net flow）的存在，春、夏西南季風時，北南海的水從台灣海峽北上，同時台灣東岸的黑潮向東偏移，將海峽水吸引繞過富貴角後沿西北–東南走向的北部海岸往三貂角流去。反之，秋、冬的東北季風時，黑潮主軸迫近台灣東岸，在東北海域形成繞過彭佳嶼入侵東海的套流（loop current），此一動作導致台灣北岸的淨流循反向從三貂角往富貴角流去。

以漁船追蹤 GPS 定位浮標來觀測各測站海流狀況（如圖摘-1 上子圖之黑矢向量），檢視過去長期以研究船 ADCP 掃測的海流資料庫相對潮汐坡度所推算的潮流，兩者差異即視為潮汐分量以外多項影響機制的包裹修正淨流（如圖 1 之紅矢向量及客觀分析的下子圖網格向量，看見夏季黑潮東移的動作）。進而全面修正 ADCP 資料庫計算的流場時序，獲致對應當日潮汐的網格化流場向量時序圖（如圖摘-2 之網格向量）。今年夏季則因納入基隆嶼氣象資料看見地區風場如何影響北部海域的流場及水文狀況，並從 26 年長期資料庫的經驗正交函數 EOFs 分析出典型結構（約貢獻 70%）及混合層-斜溫鹽層（約貢獻 15%）的兩個主分量的機制，在強度係數的時間序列上，未見全球如聖嬰事件的關聯性。



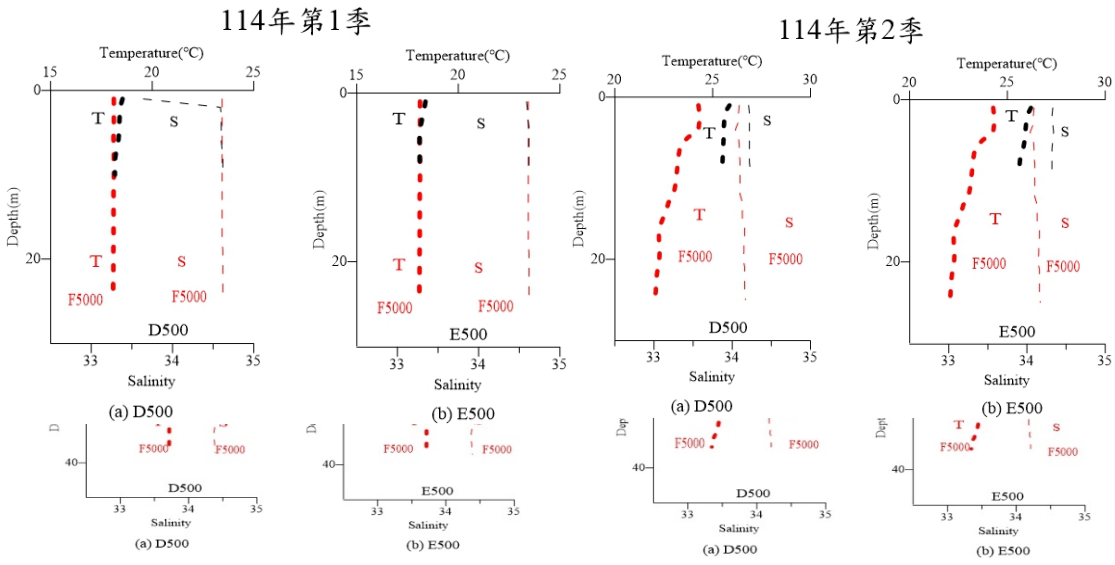
圖摘-1. 各測站海流狀況

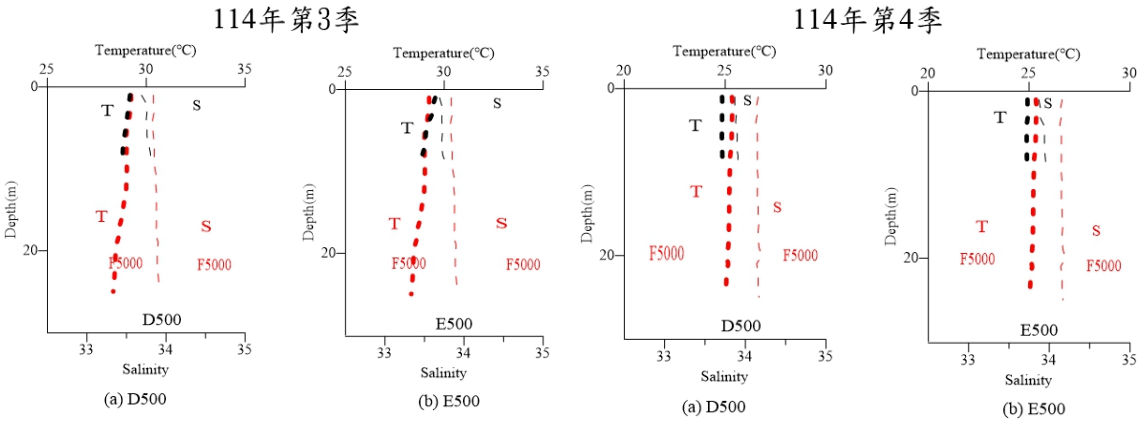


圖摘-2. 潮汐的網格化流場向量時序圖

二、 水文水質

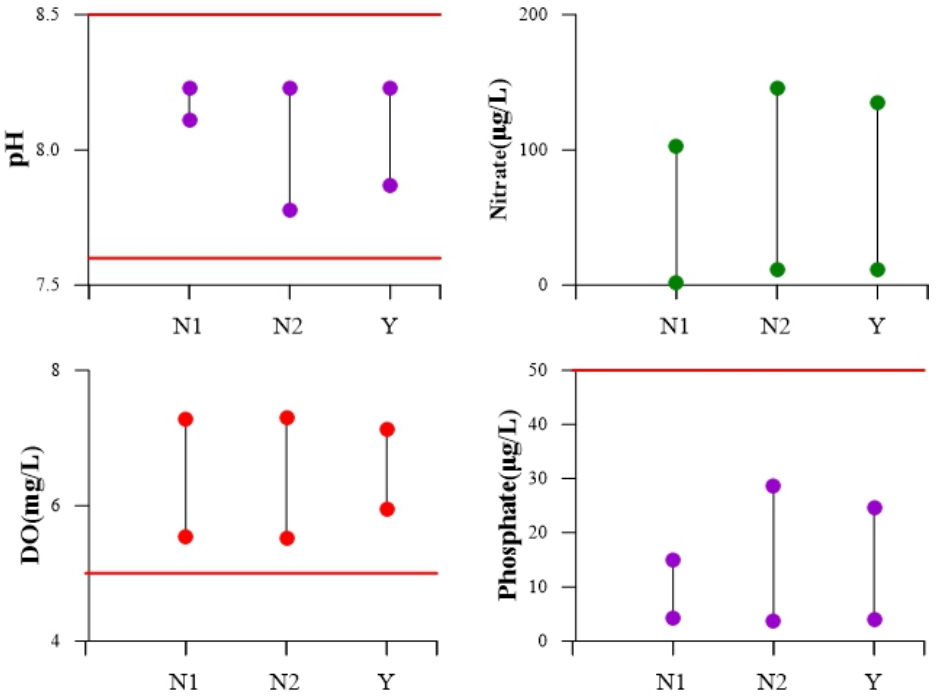
(一) 114 年近岸測站受溫排水影響，以下為 D500 與 E500 溫鹽圖(圖摘-3)。





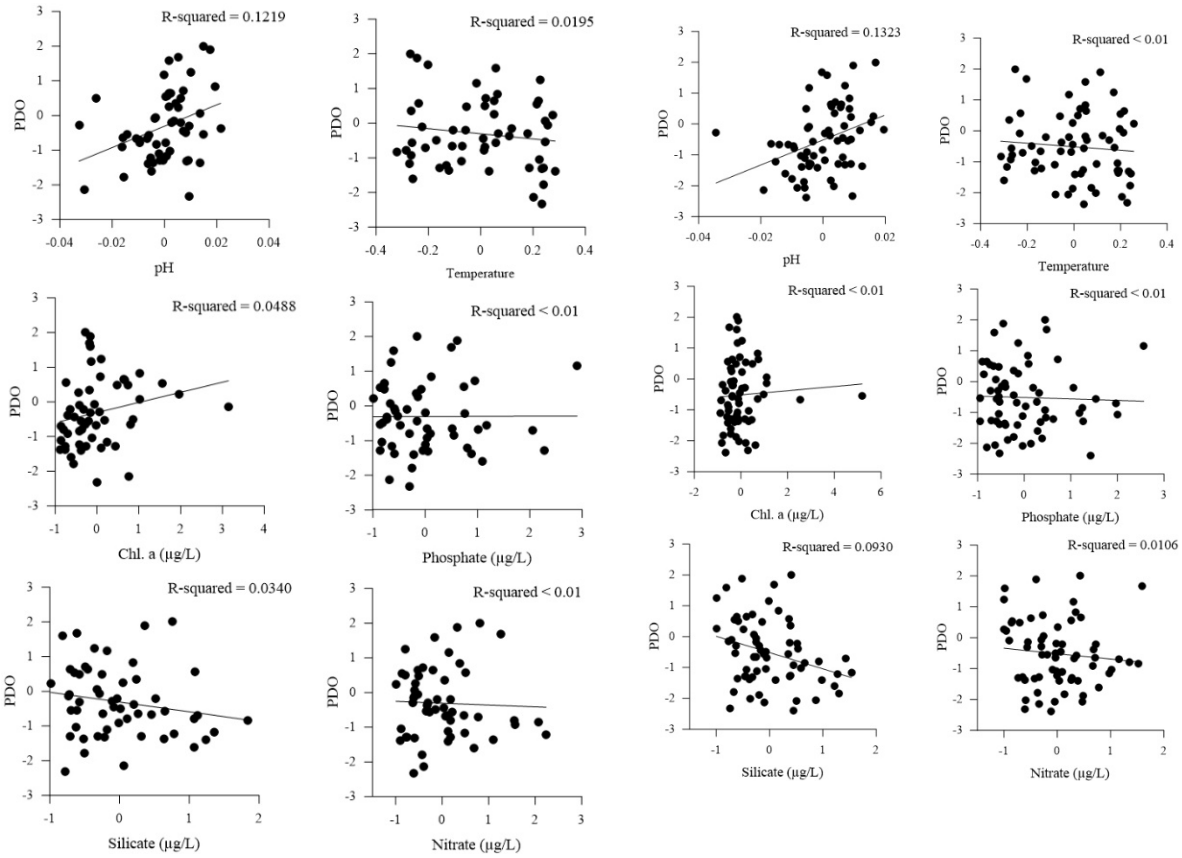
圖摘-3. D500 與 E500 溫鹽資料

(二) 114 年水質調查資料顯示核一廠與核二廠附近海域之水質如酸鹼度(pH)、溶氧量、硝酸鹽與磷酸鹽濃度皆符合行政院環境部所規範之甲類海域海洋環境品質標準(圖摘-4)。



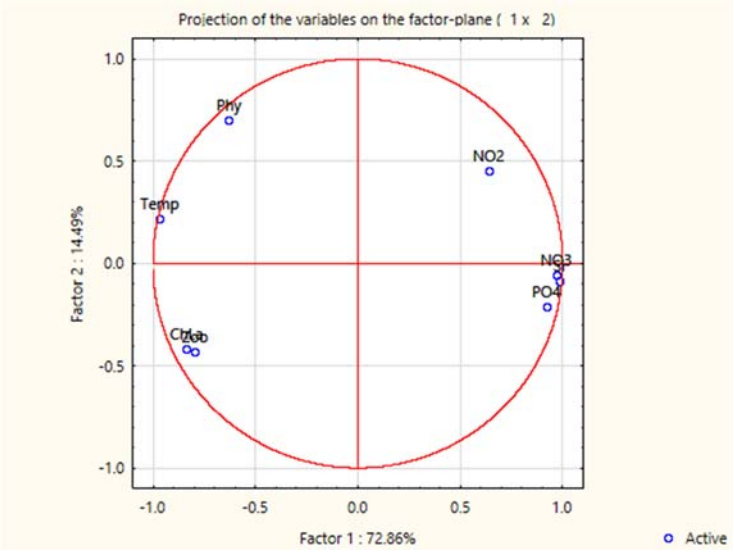
圖摘-4. 核一廠與核二廠附近海域之水質如酸鹼度(pH)、溶氧量、硝酸鹽與磷酸鹽濃度。(N1: 核一廠；N2 核二廠；Y:磺溪口海域；紅色橫線:法規標準)

(三) 99-114 年北部核一廠及核二廠外海海域水質與太平洋十年震盪周期(PDO)相關性不佳，即水文水質不受氣候變遷因素影響(圖摘-5)。

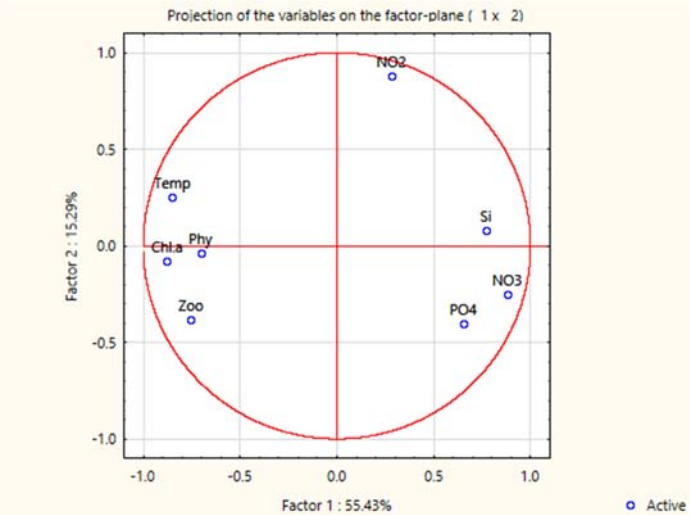


圖摘-5. 核一廠及核二廠外海海域水質與太平洋十年震盪周期(PDO)相關性

(四) 114 年核一廠與核二廠附近海域生態主成分分析圖(圖摘-6)。



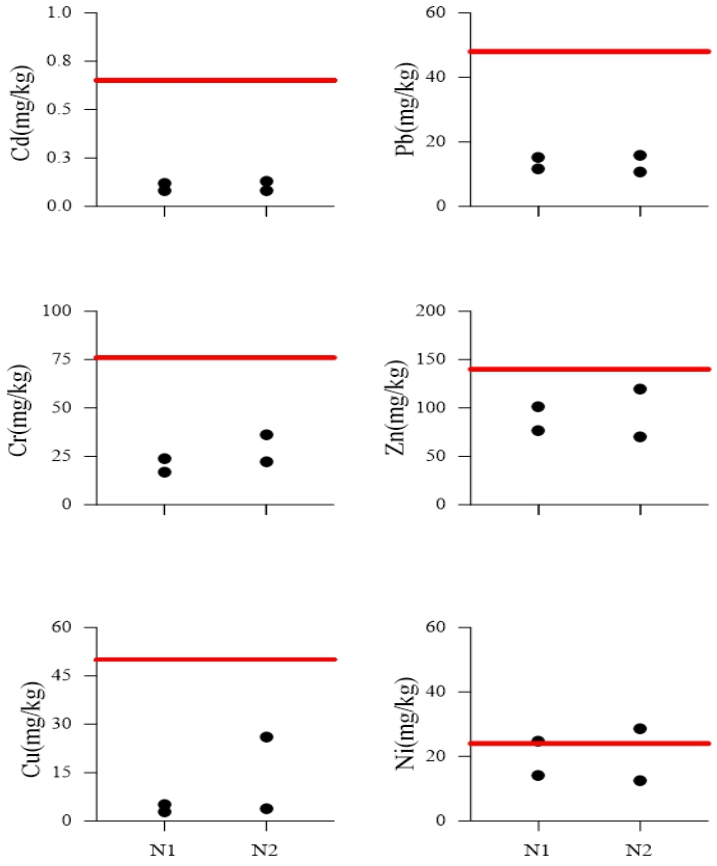
114 年核一廠



114 年核二廠

圖摘-6. 114 年(a)核一廠及(b)核二廠進、出水口海域水質參數之主成份(component 1& 2) 分佈圖。

(五) 114 年度沈積物重金屬元素總濃度大多小於環境部底泥品質指標下限值 (圖摘-7)。



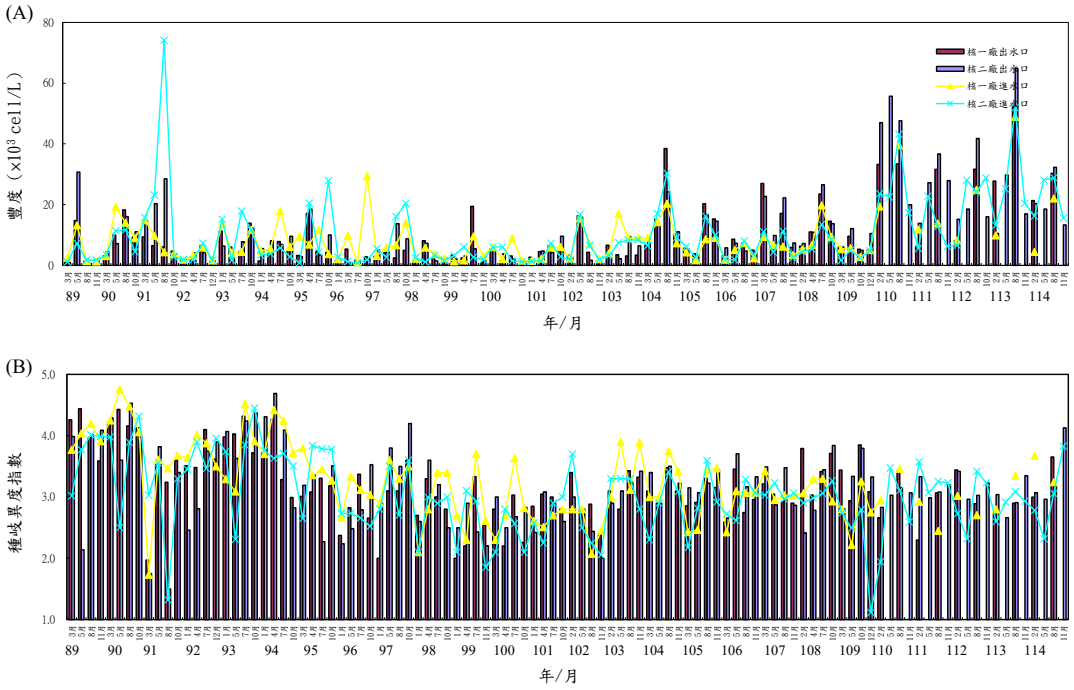
114 年

圖摘-7. 114 年度沈積物重金屬元素總濃度。

三、 浮游植物

(一) 自開始接辦至 114 年期末報告之精簡研究結果：

（自 89 年 1 月 1 日至 114 年 12 月 31 日）



圖摘-8. 89 年 1 月至 114 年 12 月期間於北部核能電廠核一廠及核二廠出進水口浮游植物之（A）豐度及（B）種歧異度指數季節分布

－由北部核能電廠海域 89 年~114 年共 25 年的豐度以及種歧異度指數長期變化來看，本研究近幾年（89~114 年）的調查結果相較以往低了一些，這主要是因為在往年經常在某個季節有某種藻類於近岸海域大量繁生的現象，例如在 87 年 11 月時在核二廠出水口附近海域出現大量的菱形海線藻（*T. nitzschioides*）以及 88 年 7 月在磺溪河口附近海域出現高量的旋鏈角毛藻（*C. curvisetus*）所致。

－近幾年來，許多優勢的藻種在數量雖然偶爾會有稍多的情形，不過已不像以往佔有絕對的優勢量，因此近幾年各個季節的平均豐度普遍較低，不過核一、二廠附近海域浮游植物豐度仍有明顯的季節循環，經常於 5 月~10 月之間出現較高數量。

－此海域所發現的浮游植物種類頗為多樣，每年所發現的種類多介於 140~200 種之間。此外，我們也發現當浮游植物大量繁生時，核二廠出水口附近海域的數量一般均較核一廠出水口為高。在離岸遠近的變化上則有近岸海域浮游植物豐度較遠岸高的情形。

－長期來看浮游植物豐度與環境因子的相關性並不大，在較高溫鹽度或在較低營養鹽及橈足類豐度時，浮游植物豐度通常較高，但變化幅度亦較大。

(二) 自 113 年 1 月~114 年 12 月之精簡研究結果：

表摘-1

浮游植物	平均豐度(×10^3cells/l)	種類數目	種歧異度
113 年 第 1 季	M:13.7 ± 0.7 P1:27.8, P2:10.5	T:95, M:15 ± 1 P1:24, P2:16	M:2.9 ± 0.1 P1:2.7, P2:3.0
113 年 第 2 季	M:14.8 ± 0.8 P1:-, P2:29.8	T:72, M:19 ± 1 P1:-, P2:22	M:3.2 ± 0.1 P1:-, P2:2.7
113 年 第 3 季	M:39.9 ± 1.3 P1:52.4, P2:64.9	T:80, M:23 ± 1 P1:27, P2:32	M:3.2 ± 0.1 P1:2.9, P2:2.9
113 年 第 4 季	M:11.0 ± 0.5 P1:-, P2:17.0	T:44, M:15 ± 1 P1:-, P2:15	M:3.2 ± 0.1 P1:-, P2:3.3
114 年 第 1 季	M:7.2 ± 0.5 P1:21.4, P2:20.4	T:33, M:12 ± 1 P1:19, P2:18	M:2.7 ± 0.1 P1:3.0, P2:3.1
114 年 第 2 季	M:18.9 ± 0.9 P1:-, P2:14.1	T:56, M:17 ± 1 P1:-, P2:21	M:2.9 ± 0.1 P1:-, P2:3.3
114 年 第 3 季	M:20.0 ± 0.9 P1:30.2, P2:32.3	T:67, M:18 ± 1 P1:31, P2:21	M:3.1 ± 0.1 P1:3.7, P2:3.2
114 年 第 4 季	M:12.0 ± 0.6 P1:-, P2:13.3	T:65, M:21 ± 1 P1:-, P2:25	M:3.6 ± 0.1 P1:-, P2:4.1
平均(M)或總和(T)	M:17.0± 0.7 M1:32.9, M2:25.8	T:176, M:17 ± 1 M1:25M2:21	M:3.1 ± 0.1 M1:3.1 M2:3.2

註：M:平均值　T:總合　P1:核一廠出水口　P2:核二廠出水口　紅字代表高於季或年平均值

－我們長期的調查結果顯示核電廠出水口測站(不論是核一廠或是核二廠)所發現的種類數目及數量通常高於或相當於季或年平均值，近兩年的調查結果看來，這現象仍然沒有改變，不過優勢種則有些許不同。

－此外，浮游植物的豐度以及種類數多呈現由近岸向遠岸減少的現象，顯見核電廠之溫排水對附近海域浮游植物種類之多樣性並無明顯的負面影響。

－如由與生物多樣性關係最高的種歧異度指數值來看，兩年來的數值都在 2.7 以上，最高可達 4.1 此海域的生物多樣性頗高，屬於良好的環境。

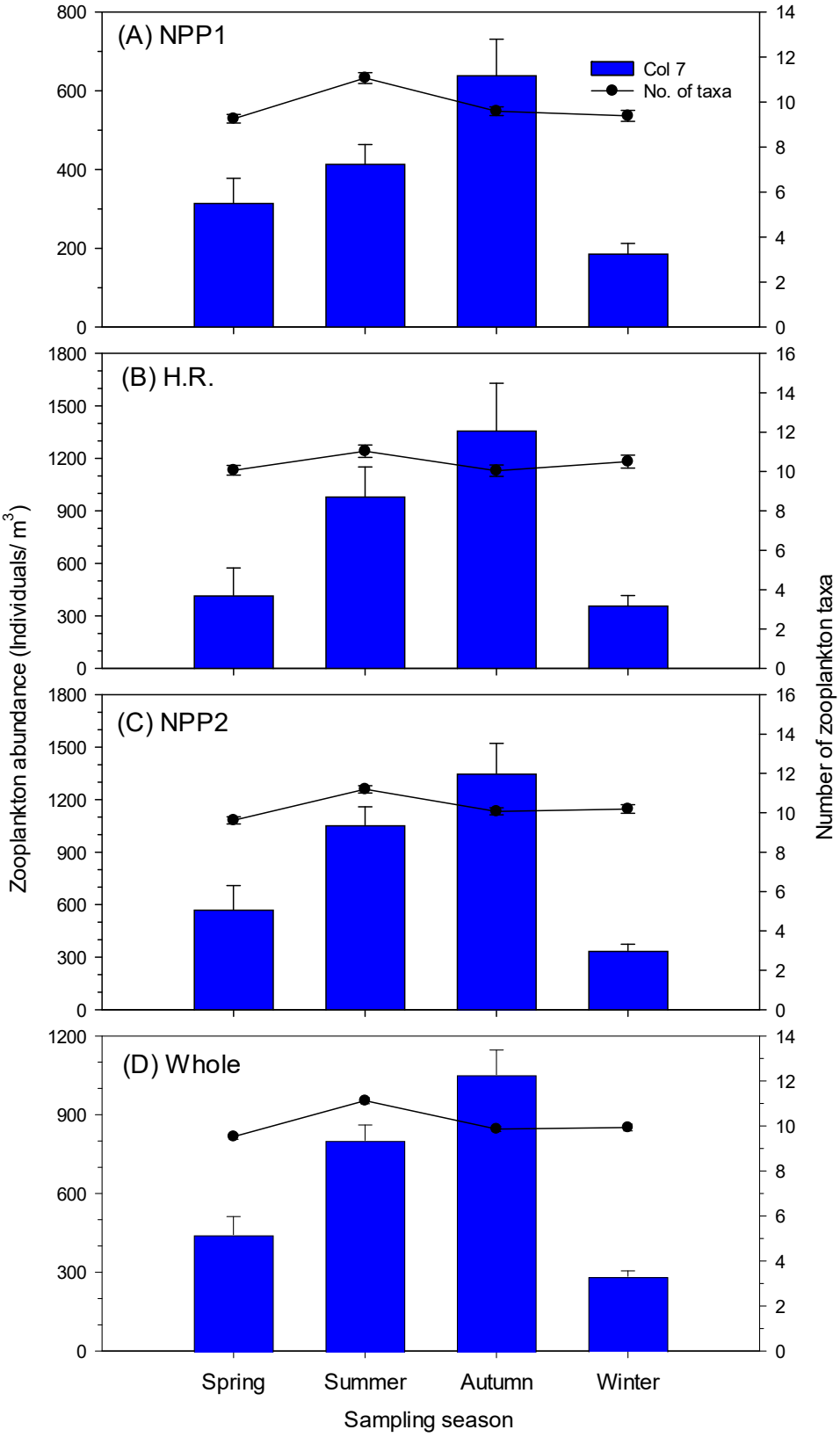
四、 浮游動物

(一) 計畫承接迄今

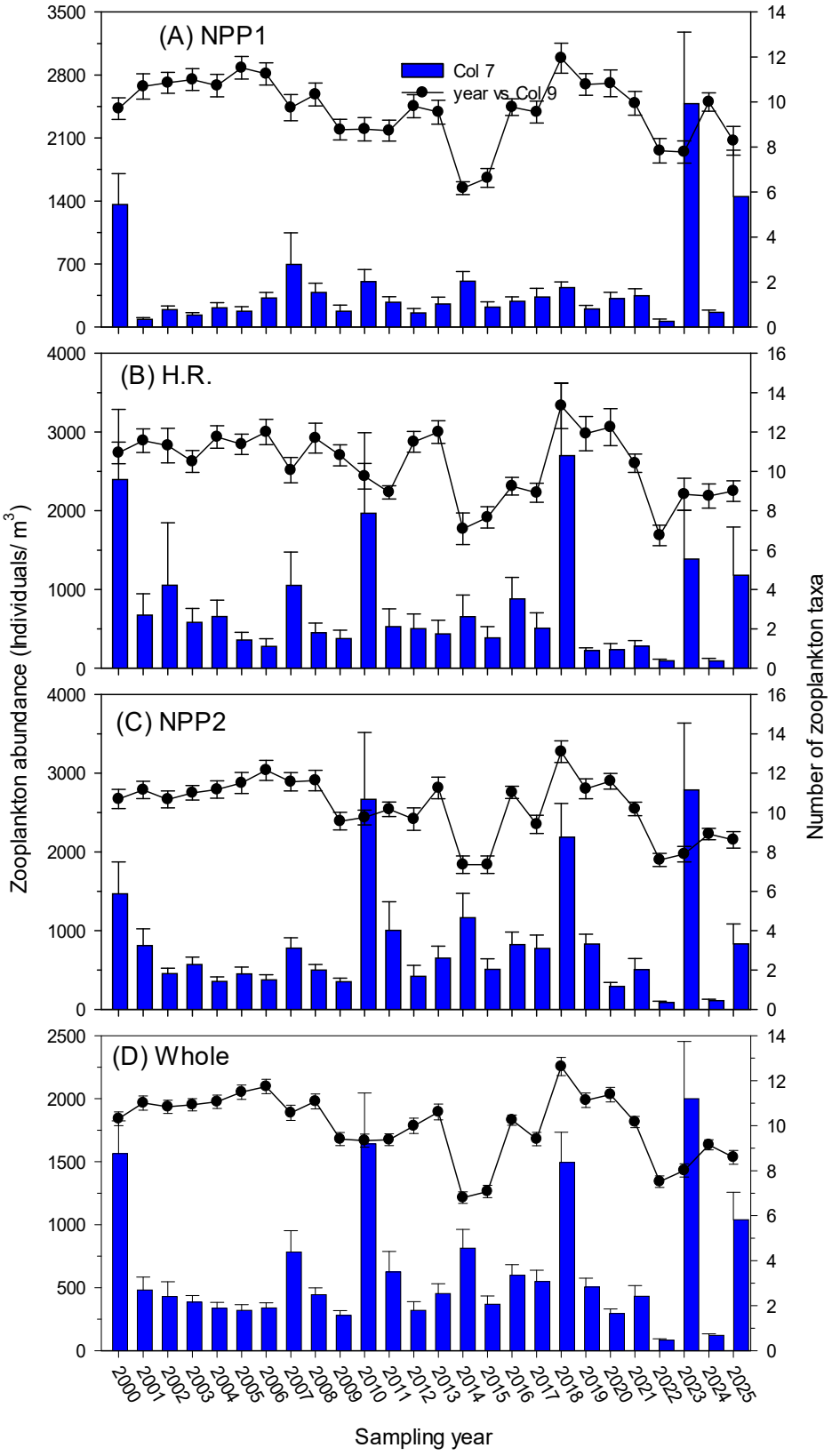
在累計多年對於北部核能電廠外海域的採樣結果後，本報告中將過去數年的累積的豐富調查結果進行了廣泛的回顧與分析，從結果中確實找到許多

核一廠與核二廠外海域特殊的生態特性。從最近的時間刻度 114 年四季的調查分析資料切入可以發現季節因素對核電廠外海域浮游動物的數量有顯著的影響，組成結構與數量改變明顯可見，浮游動物之組成、數量以及優勢種類的變化也反映出了浮游動物對生態環境改變的敏感性，可以充分表現核電廠外海域環境在季節間清楚的演變的程度(圖摘-9)。

過去二十餘年的觀察裡發現，橈足類 (含哲水蚤、劍水蚤、猛水蚤與歧口水蚤) 為最優勢的大類動物，其次為夜光蟲，其餘二十幾個大類浮游動物的優勢度在各季並不固定，隨季節的改變，組成與結構上在每季都會有變化發生。本實驗室發現執行監測台電海域浮游動物二十餘年之紀錄，浮游動物的數量通常在第四季 (Oct-Dec) 或第一季 (Jan-Mar) 東北季風盛行時呈現出下降的趨勢，除了中國沿岸水與東海水團南移靠近台灣北方海域的影響外，溫度下降也讓溫帶種類的橈足類數量減少。過去水文、水質子計畫曾經提供統計分析結果證明水溫的變化是影響浮游植物與浮游動物數量的重要因素，在水溫較低時浮游植物與浮游動物的數量會下降。經由歷史紀錄的回顧可以知道季節因素對核電廠外海域浮游動物的數量有顯著的影響。除了平均數量的顯著差異外，大類出現數也顯示相同的變化，監測海域浮游動物的組成結構改變明顯可見，顯現出清楚的季節性消長現象。這樣的變化也反映出了浮游動物對生態環境改變的敏感性，可以充分表現核電廠外海域環境在一年四季間戲劇性演變的程度。台灣季節變化最明顯的影響因子就是因不同季風更替造成的氣候改變，夏、秋兩季西南季風盛行，台灣東部的黑潮水以及台灣海峽南端的黑潮洋流支流沿台灣西岸帶向北台灣，屬於溫暖的水團。到了冬、春兩季，東北季風盛行，帶來中國沿岸流與北方的東海低溫水團，造成環境中浮游動物組成結構的顯著改變。西南季風改變下北部海域的浮游動物數量顯著上升，東北季風的效應恰巧相反呈現。



圖摘-9. 從 89 年第 1 季至 114 年第 4 季監測調查期間，核一廠 (A)、磺溪 (B)、核二廠 (C) 與整體監測 (D) 海域各季節浮游動物平均密度與大類出現數之變化比較圖，圖中的 error bar 為標準誤差 (standard error)。



圖摘-10. 從 89 年第 1 季至 114 年第 4 季，核一廠與核二廠外海域浮游動物監測計畫執行期間各測站平均數量與大類出現平均數之變化情形，圖中的 error bar 為標準誤差 (standard error)。

(二) 近兩年調查結果

經由兩座核電廠外海域與對照海域之分析數據相比較，加上回顧過去二十餘年所累積的調查數據與分析結果(圖摘-10)，推論調查水域在 114 年第三季 (八月/2025，3143.83 inds./ m^3) 記錄到浮游動物數量聚集 (> 2000 inds./ m^3) 的現象，可能的原因為下：

1. 過去的調查中浮游動物在第 3 季記錄到許多大量聚集的現象，如 99 年 (July/2010，5164.43 inds./ m^3) 與 89 年 (Aug/2000，2430.71 inds./ m^3) 皆記錄到調查海域有浮游動物聚集的現象。顯示浮游動物的聚集現象在調查海域為自然的演替現象，拘限於一年僅有四季的採樣頻度，所以遭遇到大量聚集的紀錄不多。
2. 兩座核能電廠接續除役，過去運轉期間對調查水域的溫排水輸出量減少。原來運轉期間的浮游動物生物相 (Biota) 組成的改變是因為環境的改變而波動，目前的變化可能需要幾年的時間來達到穩定，所以觀察到年度間浮游動物有顯著降低與大量群聚的現象。

由於 2025 年整體調查水域的優勢大類組成為橈足類、夜光蟲、其他十足類、其他幼生與歧口水蚤，這些浮游動物大類過去在調查水域皆為常見與數量豐富的類群，顯示相對的優勢的大類浮游動物組成結構並沒有改變。以空間分布來看，三個調查的水域 (核一廠、磺溪、核二廠) 之浮游動物豐度均呈現同步增加的現象，可以知道浮游動物大量聚集的現象並非在特定的水域空間發生，乃共同的變化。由於聚集的現象在本年度僅於第三季出現，這個單季出現的紀錄，將在後續的監測調查中持續關注。浮游動物年度間的豐度波動現象是否更常出現，還需要更多年的數據來推論。目前觀察到的浮游動物聚集現象，尚無法以統計的方法與兩座核電廠停機的改變作確切的分析與推論。

五、 底棲動物

一、 自民國 114 年第 1 季到 114 年第 4 季間之精簡結果：

核一廠分析顯示，在生物方面數據分析顯示各生物因子均會受到環境因子之影響，其中物種豐度，主要受到細泥含量所影響，再來受到篩選度影響，也就是，

主要在沉積環境中之細泥含量較高，但是篩選度差所以大小沉積顆粒都有組成的沙層，較多的物種會因棲地的複雜度增加棲地多樣性，且細泥含量高可能有食物，而在此居住生長。同時，在分析中發現，核一廠的總有機值及細泥含量從 91 年起，有下降的趨勢，但是調查期間核電廠本身沒有發生重大事件，而且電廠出入水口區域也沒有發生重大改變，所以推測可能是附近補充泥沙的來源減少（包含上游水土保持工程或河川再造工程等都可能產生影響）所導致。

核二廠在生物方面，分析發現所有的生物因子均會受到各環境因子所影響，主要的影響因子為篩選度及細泥含量，進一步分析後得知，主要的影響因子為平均粒徑。這代表當沉積物中之顆粒愈粗或可能顆粒分布愈不平均時，可能因棲地多樣性增加了，所以物種豐度及單位面積中的個體數量就增加了，且可能因居住的空間變大了，生物可以長得更大，物種總量就增加。在沉積環境方面，有可能核二廠外是一個較封閉的海灣，因此出、入水口間的水流差異對沉積物結構之影響，就會大於季節的變化。對核二廠而言，沉積環境的特性，像是平均粒徑、細泥含量、篩選度等，是決定底棲群聚的豐度及密度之主要因子。在比較近海原測站及增加測站的底棲群聚及沉積環境後發現，除細泥含量外，近海測站(原來測站)之值會大於外海測站(新採樣站)，可能和新採樣站較深且細泥含量較高有關，因為生物生長需要空間，當沙層細泥含量高的時候反而可能沒有空間提共生物生長。

核一廠與核二廠比較

物種豐度、密度及總量均在 95 年第 1 季達到最低值，可能與該季採不到任何動物有關。核一廠在物種豐度及沉積物中之總有機質比核二廠來的高，而核二廠沉積物中的平均粒徑、篩選度及細泥含量比核一來的高。多數因子在電廠、出、入水口及季節的交互作用上主要受到電廠和出、入水口之交互作用所影響，這代表在北台灣沿海，地區性的影響會大於季節的變化。

二、　自 87 年第 3 季至 114 年期中報告之精簡研究結果：

自 87 年第 3 季開始調查至 114 年第 4 季，研究發現核一廠主要受到季節變化影響。而核二廠主要受到出、入水口之差異影響。

核一及核二外海的底棲群聚之主要因子(即豐度及總量)，均會受到不同地方

沉積環境不同所影響看見差異，或因為季節改變沉積物特性時；若粒徑變粗、顆粒大小分布較不平均時，棲地的複雜性增加會讓更多的底棲動物在此聚集。

自 91 年起細泥減少致影響物種豐度，由於核一廠及核二廠在調查期間並沒有發生重大的工安事件，且其他的環境參數，並沒有出現顯著變化的趨勢，因此這個變化應該和核電廠環境改變無關，我們合理的推估，可能和當年他處人為的改變環境，減少細泥的補充有關。至於為何無法從調查初期的資料獲得變化的理由是 87 年至 89 年間為達到正確的分析，實驗採樣方法有所修正，因此選擇穩定收集數據的採樣時間之後的數據做大數據分析；而在 89 年以前因無採樣數據故無法得知其沉積物之細泥含量及總有機質含量高的原因

三、 103 年停機後的影響

由於底棲群聚結構是反應出長期生態的變化，而且從本計畫的調查可知，核電廠外圍的底棲群聚主要是受到電廠出、入水口的水流所影響，溫排水之影響不大。而兩核電廠在停機期間，並未停止海水的抽送，因此停機並未影響兩電廠的底棲群聚之結構，所以在底棲生物上沒有關查到顯著變化。

四、 核一廠除役後的影響

核一廠 106 年停機後除了平均粒徑變粗及顆粒大小變的較不均外，底棲物種的豐度、密度及總量，並未出現明顯的變化，這其中的原因是我們採集的物種是生活在沙泥中，多數的動物分布在 1 公分以下的沉積物中。溫排水所造成的溫度變化，因會被表層的沙泥快速的稀釋掉(因為矽是很好的熱傳導物質)，底棲動物基本上是感受不到多少溫度的變化。反倒是出、入水口的水流，因不斷的沖刷沉積物，會改變沉積物的結構(將細沙泥帶出環境)；動物生活的環境改變了，進而改變底棲動物的組成。所以只要不停止出、入水口的水流，底棲動物的結構是不會受到明顯影響的。一個可能性是，調查的時間不夠長，所以看不出明顯的變化；除了調查時間還不夠長外，另一個可能性是，停機後水流量減少的時間不夠長或水流量減少的不夠多，所以看不出明顯的變化，為了確認這件事情，透過台電公司所提共的「重大點源放流水自動連續監測資訊公開查詢系統」取得排水量資料進行分析，發現從 104 到 114 年核一廠排水量有明顯減少的趨勢($p < 0.001$)。但底棲群聚及各環境因子在調查期間均無明顯變異。所以，104 到 114 年間核一廠排水量的減少，尚未對底棲群聚及環境產生影響。這可能是因為還有基礎的除役

運行排水量在，而此排水量仍未降到沙泥開始沉積的臨界值，所以底棲生態在這樣的水流下環境還沒觀測到有變化，底棲低移動性生物族群也還沒出現變化。

五、 若核一、二廠完全停止運轉，最終的變化

首先，當電廠不再排出水流時，近海沉積中的細泥將不被排水沖刷走，會逐漸堆積下來，這便是改變沉積環境使細泥含量增加，但同時，該海域的沿岸流會因電廠排出水流消失，而成為該海域主要的水流，因此增加的細泥也有會被沿岸流帶走的部分，此區的沉積環境會漸漸地變得和附近沒有受核電廠排水影響的海域類似。

底棲群聚結構的消長變化則會從現在的適應細泥含量少的環節動物及節肢動物轉變或增加能在細泥中生活的多毛及寡毛蟲。但原電廠排水影響區域外的底棲動物也會因環境變成接近其生活環境，而擴張其領域到原本受電廠水流影響的區域內；最終在沒有其他影響以及夠長期的時間，此區的底棲生物群聚，理論上會漸漸和其他北海岸類似空間的群聚結構相似。

六、 魚類

※礁岩魚類群聚：

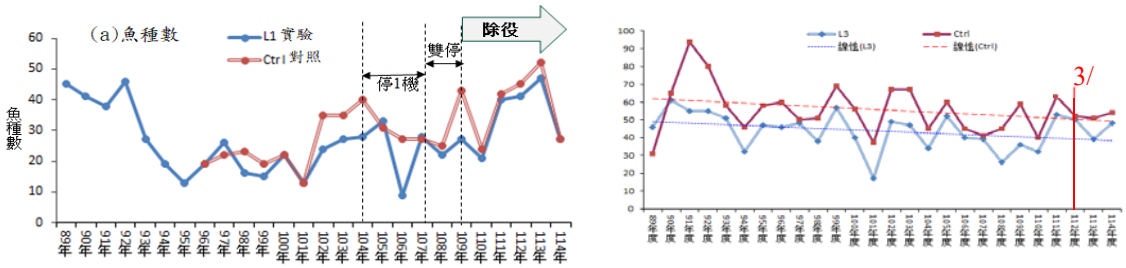
核一廠自 110 年開始依序合約由 1 年 4 季作業改為 1 年 2 季，本計畫自 114 年底完成 2(季)次潛水礁岩魚類調查作業，核一廠海域 114 年實驗測站 L1 調查到 27 種 342 尾，對照站調查到 27 種 157 尾，兩測站的最優勢種略不相同，實驗站的最優勢種是稻氏天竺鯛(*Apogon doederleini*)，對照站為霓虹雀鯛，但稻氏天竺鯛仍常排名在前三名內，兩測站的優勢種都以幼魚為主，兩年度魚種相似度(Sorensen coefficient =0.31~0.54)。長期來看，核一廠的種數與尾數呈現緩慢減少的趨勢，尤其今年(114 年)減少較多，但實驗與對照站同步減少(圖摘-11)。核一廠海域 23 年來魚種有逐年緩慢減少的趨勢 (減少魚種：雀鯛科、魚尉科、蝴蝶魚科)，對照站與實驗站的魚類種數、尾數的同步增減，較可能之因為受到海洋大環境的影響所致。以 one-way ANOSIM 的方法比較核一海域出水口實驗測站停機期間的群聚差異(以 106 年 7 月為運轉與停機之分界，核一廠亦已於 108 年 7 月正式除役)，其結果顯示在停機前後礁岩性魚類群聚並無顯著的差異(R：0.10, p=0.03)，以 ANOVA 比較魚種數、魚尾數的差異，其結果亦不顯著(圖摘-12)，也

就是說，目前以 6 年多的停機資料，尚看不出停機影響礁岩性魚類的群聚組成，但長期是否有影響，目前尚未可知。

核二廠海域自 108 年開始應環保承諾要求新增 2 個潛水測站，因此目前本海域共有 4 個礁岩調查測站。114 年度核二廠位於出水口左側的實驗測站(L3)調查到 48 種 1475 尾，對照站(Ctrl)則調查到 54 種 659 尾，新增的白米甕 L2 測站則共調查到 56 種 2249 尾，新增的出水口右堤 L4 測站則共調查到 31 種 328 尾 114 年 4 測站的優勢種都不同，實驗站最優勢是四帶雞魚、金梭魚，對照站是伍氏下銀漢魚、稻氏天竺鯛。每年各測站優勢種常不相同，本海域每年優勢魚種變化大，受到各不同魚種是否來游、交配、幼魚沉降的影響。以有長期資料的實驗測站(L3)與對照站(Ctrl)來做比較與分析，多年來兩測站的優勢種差別不大，114 年度的魚種數與魚尾數與往年比較大致居中，對照站與實驗站略呈一致性的趨勢，長期來看核二廠兩測站魚類種數皆呈現逐年緩慢減少的趨勢(圖摘-11)。其中以隆頭魚科、天竺鯛科、蝴蝶魚科減少最多。核二廠已於 112 年 3 月 14 日進入除役，以目前的實驗站資料分析溫排水目前並不影響礁岩魚類群聚(Global R：0.25, p=0.19)，以 ANOVA 分析魚種數、魚尾數都無除役前後的顯著差異(圖摘-12)。此外，過去有幾種魚可能受到溫水效應的影響(如：三線雞魚與四帶雞魚在溫排水口顯著多於明光碼頭，斷線紫胸魚則是明光碼頭顯著多於溫排水口)，但現今除役近 3 年，以上 3 種魚類都未顯現出受到溫排水影響，兩測站比較都無顯著差異。至於放生魚類今年調查到的數量極少，且也未見核二廠海域有放生活動。

※洄游與底棲性魚類：

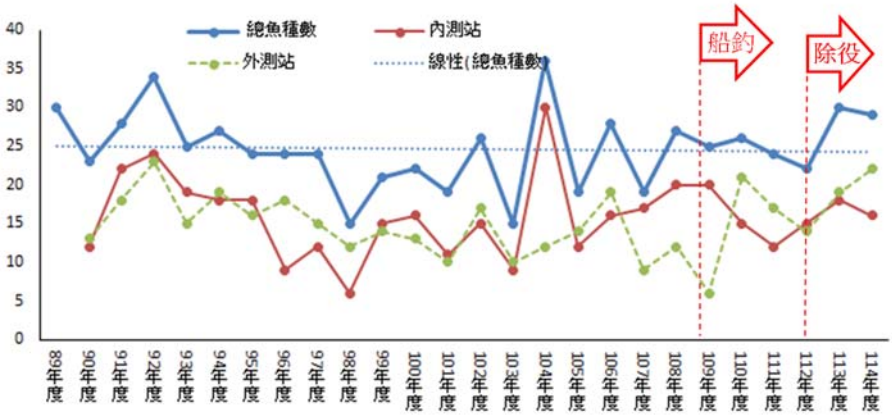
核二廠因原測站位置為新北市政府公告之底刺網禁漁區，因此於 109 年因應新北市之建議改採船釣方式調查，測站則仍維持原來相同的底刺網測站，114 年度核二廠海域調查，靠近出水口的內測站捕獲 16 種 80 尾 9236 克，離岸較遠的外測站則捕獲 22 種 136 尾 12785 克，內測站 114 年度的優勢種排名依序為三線雞魚、橫紋九刺鮨、斑柄鸚天竺鯛，外測站的優勢排名依序為橫紋九刺鮨、白頸赤尾冬、三線雞魚。內外測站優勢魚種排名略有些微不相同。



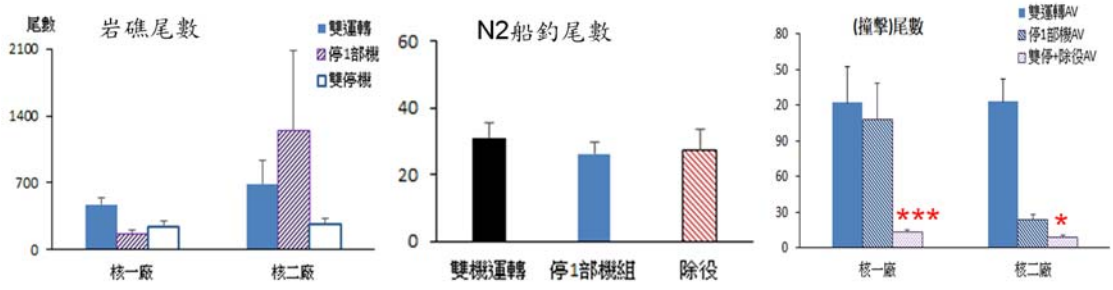
圖摘-11.核一廠(左圖)與核二廠(右圖)海域 礁岩魚類群聚調查實驗測站(出水口)與對照站(Ctrl)以潛水方式調查各年度的魚種數量變化圖

兩年度內外站的魚種相似度(Sorensen coefficient=0.13~0.22)。綜合 114 年度調查內外測站都捕獲相同的魚種有斑柄鸚天竺鯛、三線雞魚、寒鯛、新月錦魚、胸斑錦魚、正笛鯛、縱帶笛鯛、雙帶鱗鰭烏尾鮗、橫紋九刺鮨共 9 種，兩測站本年度每季兩測站都捕獲的魚種為橫紋九刺鮨，也是此海域被捕獲最多站次的魚類。

船釣方式調查目前已累積 6 年的資料，比較出水口內外測站，在魚尾數似乎以內測站都略多，但魚種數則互有增減(圖摘-12)，不過差別都不大。以 pair t-test 方式檢定船釣內外測站資料，不論在魚種數、尾數與漁獲重方面都無內外測站的顯著差異(p>0.01) (圖摘-13)，此結果與過去底刺網的調查相同。以 one-way ANOSIM 的方法比較核二廠 5 年船釣方式調查的內外測站群聚差異 Global test R：0.14 (p=0.001)，顯示略有群聚區別，但不達顯著水準，內測站捕獲較外測站更多的三線雞魚，外測站有略多的斑海鯰。目前顯示核二廠出水口對以船釣方式採樣的魚類內外測站並無顯著差異。



圖摘-12.核二廠海域各年度以底刺網與船釣(109~114 年)調查之魚類種數年度變化圖



圖摘-13. 以潛水觀測岩礁魚類(左圖)、船釣魚類(中圖)與撞擊魚類(右圖)方式，比較核一、核二廠雙運轉。停一部機組、雙停機間魚類尾數之差異圖(撞擊魚類分析則去除大量撞擊之離群值)

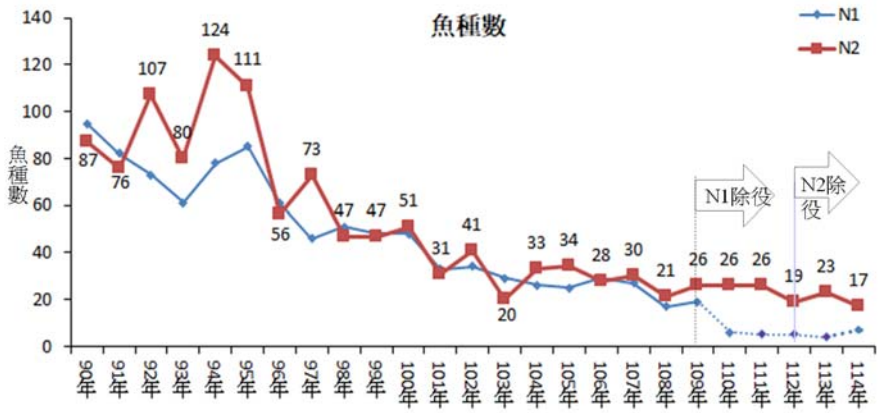
※撞擊魚類：

核一廠依照合約於 110 年開始改為每半年採樣 1 次， 114 年 2 次採集共 5 科 7 種 16 尾，0.772 公斤重，優勢種依序為六斑二齒魨(5 尾)、褐籃子魚(4 尾)，114 年完全無沙丁魚撞擊核一廠，也未發生大量撞擊事件。核二廠仍延續以往每月 1 次採樣頻度，114 年度共 12 次的採集共 17 科 17 種 80 尾 4.463 公斤，優勢種依序為六斑二齒魨(共 20 尾)、伍氏下銀漢魚(共 16 尾)，採獲魚類種類與過去幾年所做的調查相似，114 年也完全無沙丁魚撞擊核二廠，未發生大量撞擊事件。兩電廠採獲魚類種類與過去幾年所做的調查相似，仍以體型較小、非經濟性之中表層及底棲魚類為主要類群。

因核一廠的採樣變更為每半年 1 次，而核二廠仍延續以往之採樣頻度，因此以下的比較以核二廠為主要敘述重點。多年來已發現核一、核二廠所記錄的魚種類數約從 96 年開始就開始明顯逐年遞減(圖摘-14)，且種類數變化不大，每年魚種數都不超過 35 種，與 95 年以前每年撞擊魚種數都在 70 種以上實難相比擬，114 年更降至 17 種，是最少的一年。在尾數變化上，兩核電廠也皆略呈一致性的變化趨勢，除了少數月份撞擊數量偶爾略多外(5~6 月或 9~10 月)，105 年開始每年總魚尾數核二廠都在 300 尾以下(核一廠在 500 尾以下)，與 97 年以前動輒上千、萬尾/年，差別甚大，不管在魚種數或魚尾數兩電廠都呈現相似的下降趨勢，若將電廠過去 20 年內的前五年(2001~2005)與近五年(2016~2020)相比較，核一廠在 20 年間魚類共減少了 113 種，核二廠則減少了 117 種，兩廠消失的共同魚科有鱗魨、鮃、土魠、白鯧、鬚鯛、金線魚、鰨及角鏟魚科。

藉由聚類分析結果顯示 96、97 年前後於群聚具有明顯的差別。但如單純檢視核二廠歷年資料由聚類分析樹狀圖可顯示魚類群聚也具明顯的分群，即可分為 90-96 年間與 97-106 年間兩個不同類群(時期)，而 107~114 年又在整個大類群之外，經 ANOSIM 分析顯示兩時期具有顯著差別(Global R：0.86，p=0.001)，107~114 年跳脫在整個大類群外的最可能原因為這些年都無沙丁魚的撞擊(在過去都是排名前三名優勢種)，且整年的魚種數與尾數又都很少之故，種類數逐年下降趨勢，可能與近岸之海洋資源枯竭或環境變遷有關。至於停機的影響，以 ANOVA 分析，核一廠、核二廠都具顯著差異，兩電廠的顯著差異是受大環境所影響，抑或是除役停機影響，尚待更多資料以釐清。

在漁業經濟損失估算方面，以當年度的數據估算漁業經濟損失， 114 年核一廠是 0.23 萬元/年；核二廠是 0.22 萬元/年(109~114 年下雜魚平均價)。與過去的損失金額相比較可發現近 6 年來的損失金額都極少(兩廠各不到 3 萬元/年)，除去 96 年、102 年 104 年有略多量的撞擊(沙丁魚、褐籃子魚與六斑二齒魨)，近 10 年度的漁業經濟損失約 1.4±0.6 萬元/年與過去其他年度的比較其損失大幅減少。

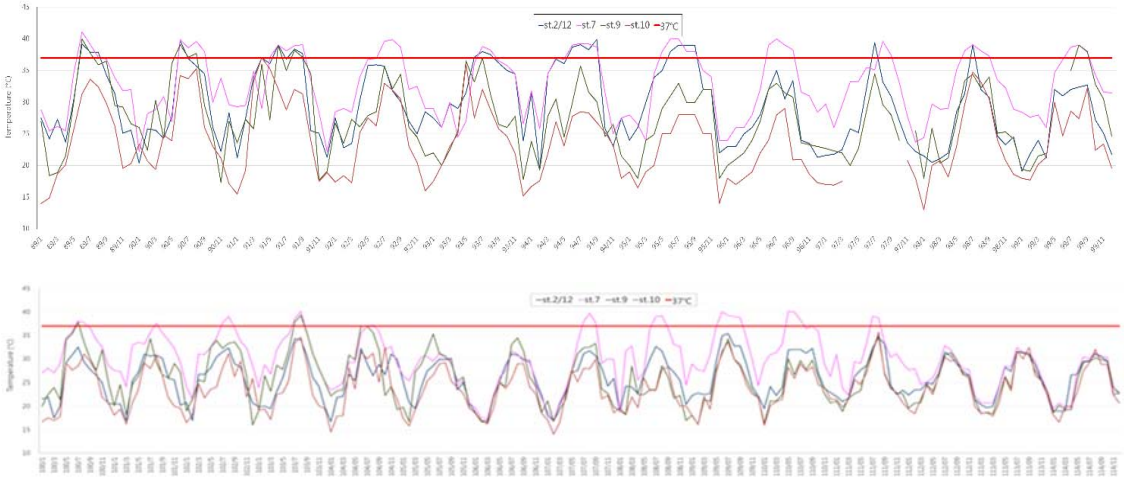


圖摘-14.核一、核二廠撞擊魚類種類數之年間(年度)變化圖

※畸形魚之生態調查：

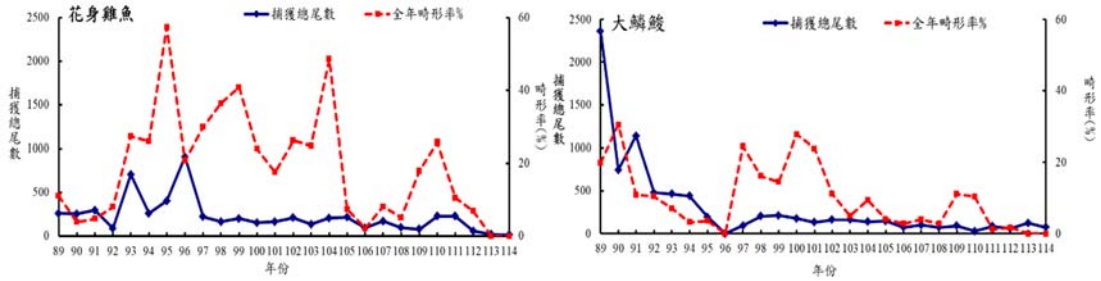
(1) 民國 89 年至 108 年核二廠四個測站水溫呈現明顯的季節性變化，水溫自每年的 4-5 月開始攀升，於 6 月出現超過 37℃的高溫，並持續高溫至 9-10 月後才開始下降。過去出水口內部 st.7 於夏季之水溫幾乎每年皆超過紅色橫線代表的發生畸形魚之水溫底限 37℃。然而核二廠 2 號發電機組於 105 年 4 月起開始停機後，105~106 年間夏季所記錄的水溫值明顯較往年同期低，且皆無量測到超過 37℃的高溫。但 107 年 6 月核二廠 2 號發電機組恢復運轉後，107 年夏季出水口再度測到超過 37℃的高溫。往後 108~109 年核二廠周圍的水溫趨勢與 107 年類似，呈現夏高冬低。109 年度出水口超過 37℃的維持時間為歷年最長(維持 4 個月)，

此趨勢也使當年度出水口的年均溫高達 33.1℃(過去年均溫 30-31℃)。110 年至 9 月前調查發現 5 月即有高達 40 度的高溫，可能跟該年氣溫較早升高有關，但至 8 月後的水溫隨即下降至 37℃以下，比起過去年間能持續高溫至 9 月還提早結束。111 年只有 7~8 月出現超過 37℃的水溫之情形，高溫期較短，也造成 111 年平均水溫比往年平均水溫低約 2-3℃。而 112 年 3 月 14 日核二廠停機除役之後，112~114 年全年在出水口水溫便不再超過臨界溫度(37℃)，114 年平均水溫 25.5℃，為自 107 年以來最低溫紀錄。



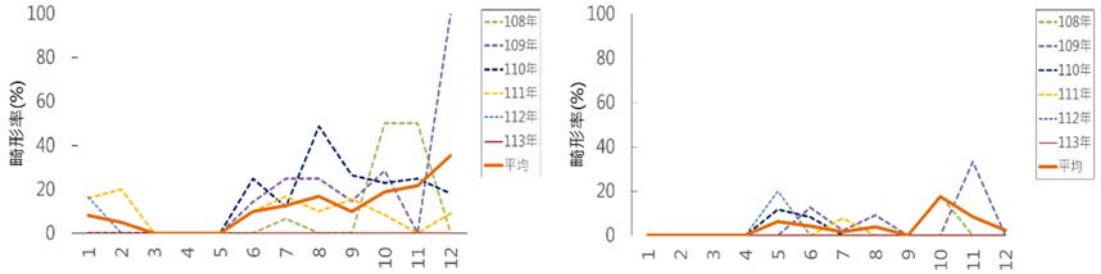
圖摘-15.89 年至 114 年核二廠溫排水口之各測站水溫圖

(2) 本研究自 89 年至今(114 年 12 月)，共採獲魚體總計 15,319 尾，其中畸形尾數 2,538 尾，平均畸形率為 16.82%，共計有 72 個物種被採獲。整體而言在水溫開始升高之 6 月在核二廠附近魚類的數量較為密集，直到 10 月才開始下降。除花身雞魚(*Terapon jarbua*)、大鱗鯧(*Chelon macrolepis*)還有極少量的鯔(*Mugil cephalus*)以外，其他魚種皆未發現畸形(圖摘-16)。105~106 年度間畸形率較往年來得少，主要原因可能和核二廠在 105 年 4 月後停機有關，此期間水溫未超過 37℃。花身雞魚的畸形率為畸形率為 2.11%；大鱗鯧畸形率為 2.78%，明顯比往年的畸形率低。但 107 年 6 月核二廠重啟發電之後，出水口的水溫在六月再度超過 37℃，因此 107 年後花身雞魚和大鱗鯧的畸形率再度提升。108~111 年度花身雞魚與大鱗鯧都有較高的畸形率(2.74%~17.95%)。112 年後因核二廠除役使水溫降低，僅發現 4 隻花身雞魚(畸形率 6.9%)和 1 隻大鱗鯧的畸形魚(畸形率 1.6%)，但主要受到其採樣個體數減少的緣故，其畸形個體數量並無顯著增加。113~114 年全年均未發現任何魚類有畸形的狀況，即畸形率為 0。



圖摘-16. 89 年至 114 年度花身雞魚及大鱗鯧之捕獲尾數與畸形率。

(3) 雖然年畸形率沒有明顯規律，但兩魚種的月畸形率有一定規律，約在夏季 7-10 月出現高峰，隔年 1-3 月為另一個高峰，且近年隨出水口水溫的變化，也產生畸型率高低的差異。在停機水溫較低的 105-106 年兩魚種畸形率皆明顯下降，而 107 年後核二廠重啟發電之後，花身雞魚和大鱗鯧的畸形率再度升高，約維持在 2-8%的畸形率(圖摘-17)。109 年時核二廠出水口的年均溫突破新高且高溫維持時間比過去來得更長(4 個月)，所以畸形率提升至 11-26%。112 年 3 月核二廠除役後，該年夏天便不再有超過臨界溫度的紀錄，花身雞魚與大鱗鯧的畸形率偏低。113~114 年在出水口的水溫亦未超過臨界溫度，也均未發現任何魚類有畸形的狀況，114 年的平均水溫 25.5℃，為自 107 年以來最低溫紀錄。



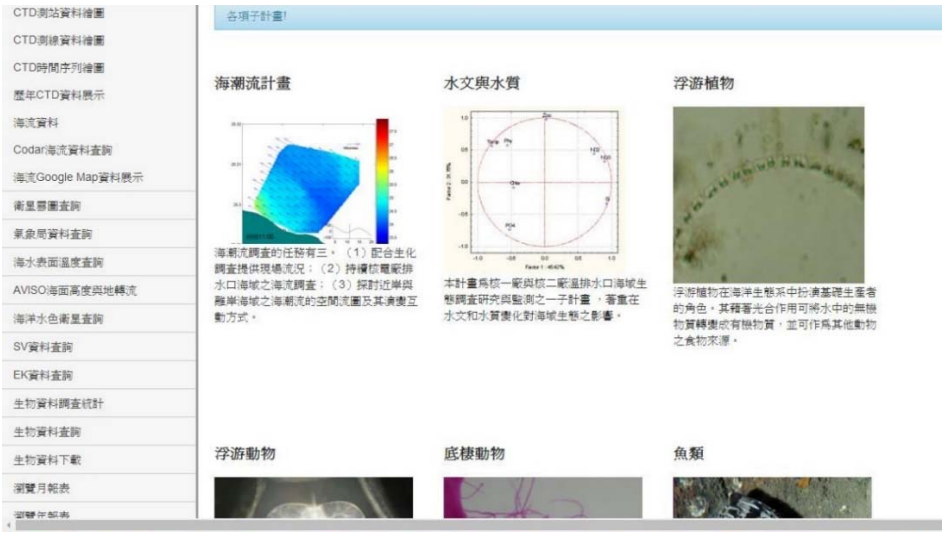
圖摘-17. 近 6 年(108-114 年)花身雞魚(左)及大鱗鯧(右)各月畸形率變化圖

七、 綜合討論

綜合討論目的主要為瞭解各子計畫間監測結果的相互關係，讓監測的結果關連性更為完整。統合各子計畫對於現行調查結果需特別持續注意觀察之處，以協助提高台電對於海域生態變動之即時敏感性。綜觀北核各子計畫於 114 年第 1 季至 114 年第 4 季之監測結果之關聯性分析結果可以得知，監測海域無發現重大之改變，水域的生物與生態於近幾年維持一穩定狀態。

北部各核能電廠附近海域之生態調查資料庫網站：https://taipower.ntou.edu.tw (圖

摘-18)



圖摘-18. 資料庫網頁

第一章

海 潮 流

第一節 監測執行之意義與目的

本子計畫自 87 年 9 月起曾以「溫排水舌之動態演變」為調查研究主題（胡健驊及方天熹，2000），從 90 年開始，則專注「海潮流」之觀測研究（黃將修等，2001），內容分兩大部分：（1）提供生、化之水文水質、浮游生物等子計畫於採樣調查時之海流資料和（2）定點海流儀及浮標追蹤觀測以研討排水口外之海潮流。其中第二項觀測延續已久，所得結果是溫排水流與近岸海流的合向量，在難以確定溫排水流向量之下，等於不知排水口原應有的海流狀況。於是從 92 年開始，第二項任務改為海流掃測，俾能對核電廠海域之海流有較完整的認識，最重要者已發表於海洋學刊的「The Coastal Currents offshore the Nuclear Power Plants at Northern Taiwan」一文（Hu, 2005），清楚展現台灣北部沿岸潮流在貼岸的海灣與海岬地形下產生順時鐘或逆時鐘渦轉，並伴隨潮流的發展向灣外移出，是灣內潮流常與灣外反相位的原因。從 94 年度起，在兼顧上述的兩項任務外，更針對區域的特定問題進行深入探討。例如核二廠外海的東南退潮流是否必然因撞擊野柳半島而發生冷水湧升現象。

台灣北部海域順海岸地形的海流以潮流為主要成分，而有漲潮流自東南向西北、退潮流反之的簡單往復運動概念（圖 1-1），其他成分被認為有季節性淨流（net flow）的存在，甚至可以壓過潮流應有的方向（Hu *et al*., 1997；李逸環及胡健驊，1998；林正平，1996；林佳興，1999；胡健驊共 4 篇，2001）。此淨流之特性已被大致認知，在春夏的西南季風時，北南海的水進入台灣海峽北上，同時台灣東岸的黑潮向東偏移，將海峽水吸引繞過富貴角後沿西北–東南走向的北部海岸往三貂角流去，甚而再繞行至宜蘭沿岸海域，遇蘇澳海脊後，轉向東去沒入黑潮，這就是颱風暴雨在西岸沖刷入海峽的大量浮木會集結到宜蘭的海流作用。反之，秋冬的東北季風時，向西吹的分量將黑潮主軸迫近台灣東岸，在東北海域甚至形成繞過彭佳嶼而入侵東海的套流（loop current），再轉東北往日本流去，此一動作便導致台灣北海岸的淨流，循反方向從三貂角往富貴角流去。

地理上，核一廠座落在陽明山北麓起源的乾華溪（出海前的一段稱阿里磅溪）旁，溫排水即順溪出海。這條山溪的溪谷一直延伸入海，其西側谷臂在石門外海展開成一片淺灘（Bank），如圖 1-3，探測結果在下一章另行介紹，對核一廠出水口海域的潮流方式影響甚大。核二廠在野柳灣內（圖 1-1），東側是野柳半島，西側是金山岬，其南端在灣內有員潭溪出口，溪水在潮流動作下，也多少影響野柳灣內的水文；岬的西側則有磺溪出口，又形成一個小海灣，水很淺。本計畫也在磺溪口執行生化採樣，據以分辨兩廠海域的海洋狀況是否與磺溪的水有關。

近岸海流調查多以錨碇流速儀為之，但欲以一、兩組錨碇流速儀資料即代表若干範圍之近岸海域流場乃不可能之事，因為近岸海流不論是何分量，必受遠、近的地形影響而或簡單、或複雜，傳統的有限錨碇觀測難以一窺其貌。因此本子計畫 109 年以前皆以船攜式聲波流剖儀 ADCP 進行相關海域範圍的海流掃測，藉以掌握三度空間流場的演變特質。雖然如此，最直接且忠實反應海流的觀測方法仍是浮標追蹤，如圖 1-2 就是很好的例子，只是其資料量有限，圖中只有兩隻 GPS 浮標的軌跡數據。在近岸海域中，一般適宜用在一些特性的檢驗或特殊海域的觀測，例如排水口的擴散狀態，或水深太淺的沙灘或礁石水域，船隻無法進行安全的海流掃測，都是改用浮標測流的理由。

惟多年來以海洋大學海研二號研究船進行 ADCP 掃測，因更換新船而被迫終止續用，為配合各生化子計畫改用漁船調查，達成提供所需的海流動態背景，而再啓用浮標測流，並依長期觀測的歷史資料進行全海域流場的時空展現。

第二節 調查方法

核一廠已於 108 年除役，環評會裁定本案仍需維持一年冬夏兩季如前之調查。核二廠亦於 112 年 3 月完全除役，裁定維持如前的一年調查四季。

本海流子計畫的目標，在配合核一廠（NPP1：Nuclear Power Plant 1）及核二廠（NPP2）的水文水質及浮游生物等採樣作業，同步進行作業海域之海流調查。探測結果之分析項目要點則為：（1）各海域之海流與當地潮汐之關係；（2）提供探討海流與水文水質及浮游生物等分布之相關性所需的流場認識；（3）近

岸海流與外海海流的互動方式及「東海－黑潮－台灣海峽」三者交互作用的物理環境概念。提出的作業及資料分析方法說明如下：

一、海岸環境

探討近岸海流，必牽涉海岸、甚至海底的地形分布，圖 1-3 顯示的核一廠淺灘需特別付予留意，本子計畫曾以小艇仔細測繪那裡水深，得如圖中之等深線。那裡的海岸線呈凸出弧形，而海底實際是陸上乾華溪（圖 1-1）的山谷向海的延伸，谷的兩側在水下自然水淺，西側好像是從石門延伸的一大片海域，早期台電調查案時曾被學者取名「淺灘」（bank），本報告以 5 m 等深線加繪在所有圖中，提醒核一廠海域其實仍是個 V 型「潛式海灣」（張俊鋐，2002），或稱「潛谷」。核二廠在野柳海灣，是個較接近 C 字型的海灣，比核一廠海域封閉性高（圖 1-1），東側野柳半島凸出海域達 2 公里，對潮流動作影響很大。

二、氣象與潮汐

海流與水文的溫、鹽場有互動的高度相關性，故觀測海流之時，必同步探測海域的溫、鹽水文結構，成為結果分析討論的重點，再被其他生態觀測者加以引用闡釋分別的現象。然而，第一節所述的海洋大環境背景必為所需概念之外，還有來自大氣的影響，例如水溫高低可能受氣溫影響，鹽度大小則可能跟前幾天的降雨量從陸上河川集水排放有關，而流場除了潮汐推動及季節性風系的機制之外，區域性的風場也能扮演重要角色，是故應擷取前兩週的相關氣象資料。由於大氣背景範圍大於海域現象，過去長久以來只選擇氣象局的金山觀測站資料以為即可，且核一廠與核二廠多在同一天探測，故其氣象資料可共用於兩海域。惟 2023 年八月發生難以解釋的「夏季」平均流場，即查詢基隆嶼風場，竟豁然開朗何以致之。故自本年度計畫開始，凡風場即擷取東側基隆嶼、核二金山及核一石門三站資料，降雨狀況即擷取雨水排放核二的金山、大屯山及核一的石門三站資料。其他大範圍風場可參考者包括離岸 70 公里遠的彭佳嶼、附近海邊或山上的氣象觀測如白沙灣、野柳等，亦列入特殊需求時查閱對象。這七個氣象站的位置，標示於圖 1-3 下圖。本節調查方法之範例介紹皆以第一季為例，如圖 1-6a，包含金山的氣溫（紅線）、氣壓（藍線）、雨量（直方線；大屯山虛線、石門點線）及風場（箭矢；基隆嶼灰色上列、石門下列），圖中灰階範圍即該季海上探測時段。

另外，為了佐證彭佳嶼風場具備了包圍台灣全島在內大環境風場的代表性，亦取用三貂角、龜山島及澎湖東吉島的氣象觀測資料檢驗，但不納入本報告圖示。

近岸海流以潮流分量為主，潮汐狀況則依據氣象局發佈全省近三十個港區的潮汐預報，我們曾經進行核一廠現場實測潮汐與之比較，堪稱準確（胡健驊，2018）。核一廠海域的潮相（tide phase）較接近石門的鱗山鼻測站（圖 1-1）所得，野柳灣則靠近基隆站的潮相。從地圖上可知，兩個核電廠大約分在基隆港與鱗山鼻之間各三分之一的距離，因此取兩站對應的高/低潮點之時差與潮高差的 1/3 去修正鱗山鼻潮汐，視為核一廠海域每天兩次的高、低潮汐共四個資料，再執行三次方曲線擬合（Cubic Spine Fitting），即得如圖 1-6b 所示的一例。同理修正基隆潮，視為核二廠海域的潮汐。為了免於偶然的「長潮」而出現一日中少了一或二次高低潮數字的推算困擾，自 2025 年起，改用氣象局發佈的 6 分潮資料。

三、核一廠及核二廠海域之流場

280 噸的海研二號於 108 年底榮退，811 噸的「新海研二號」取而代之，其船體太大且裝置了 75 KHz 低頻 ADCP 設備，不適合本案淺水海域作業，團隊只好改用漁船。本子計畫即配合改用 GPS 浮標，設計如圖 1-4，所用 GPS 為 GARMIN 公司的產品 GPSMAP 64st。每到一個測站，即拋浮標入海，隨流漂走，漁船隨即進行其他子計畫採樣。完成後，再操船取回浮標，下載資料，便可計算該站的海流向量，繪製如圖 1-7，稱為 GPS 浮標流場，以 V_{GPS} 表示。

然而，各站單點的一個海流向量，距離整個海域流場相對潮汐動作的認識，相差太遠，故需採用過去長期 ADCP 觀測的歷史數據，基本概念來自近岸海流主因潮汐推力產生。惟目視多年來的成果，主流區之流向多半吻合漲、退潮的認識，甚至包含交替間之平潮時的停滯混沌，卻難以肯定流速強弱與大小潮日的關係，何況貼岸區或野柳灣內的複雜流場究竟跟潮汐怎麼推論，一直難以定調。

潮汐是一地點水位隨時間的高低變化，其實是潮「波」（tidal wave）沿岸傳播的結果。台灣海域的高潮波峰起於東岸，分成向南的繞過鵝鑾鼻後進入台灣海峽北上，向北的則繞過富貴角轉進海峽，兩者會師台中附近，堆起 4 m 高的潮差。台灣沿岸屬半日混合潮型態，一天約有兩個波，每個潮波有兩、三百公里波長才

換下一個。以基隆港為例，最大潮差只略大於 1 m（就是波高），岸邊望海，波高相對波長，海面幾近水平，絕對看不出有波形的水面傾斜，但實際是斜的。

圖 1-5a 以示意繪出潮波運行概念。當一潮波從右（東）向左（西）傳播，在 P、Q 兩地點分別造成水位上升、下降，稱為漲、退潮汐。高潮點（H）和低潮點（L）的海面呈絕對水平，故又稱平潮，水面暫時停滯不動。其前方和後方的水，則沿著海面斜坡從高潮點向低潮點滑動，形成漲、退潮流。不難想像潮流從停滯啓動，必然要「花時間」加速，然後減速到下一個平潮點停止。正確說，是各地流速隨潮波在那裡的「坡度 Slp」（tidal slope）成正比，以

Slp = dH / dt

的「坡面傾斜率」來表達，dt 試取 5 分鐘時距，其正負值則依 dH 上升（漲潮 flood）為正，下降（退潮 ebb）為負。也就是說，Slp 越大，代表海面上升/下降快速，不是波高大（有大、小潮日），就是週期短（潮汐轉變得快），潮流即較快。然而其間該是什麼關係？線性還是曲線？若呈現離散，只是雜訊？還是另有成因？例如風場影響，如大尺度季風或小尺度海陸風；季節性大環境流場，如黑潮入侵或東移而伴隨的台灣海峽暖流和中國沿岸冷流的交叉動作；海域地理條件，如海岸線走向或海底地形作用等等。目前暫時難以全面解析，但可視為「高頻率」潮汐機制之外的另一些多項「低頻率」機制的統合，稱為「包裹機制」。也就是說，包裹機制裡的各項因素，在幾小時潮汐週期內，應是不變的。

為此，轉化歷年各季 ADCP 流場掃測為網格數據，並有當日兩廠海域潮汐的適切推算，便可獲得每一個具備有效（至少 10 筆）資料量的「流速 vs 坡度」之網格的統計分布圖。數值計算時，流體力學捨流速與流向，採 u、v 分量，而得圖 1-5b 的範例，確實符合漲、退潮流（正、負 Slp）該有的正、負 u、v 值分布，甚至 Slp=0 的平潮也可看見 u、v 大約是 0。目前暫取每 5 個潮坡率單位的平均值趨勢，提供該網格點在某潮坡率的海流推算之依據。然而縱使要求資料量必需充足，仍有難以密布−45 ~ +45 的 Slp 可用，必需期待更多的海流觀測資料。

這樣的資料庫推算法效果驚人，而且不再只是展現一幅沿航線掃測流場的海流圖，卻是「同時性每 dt 時間流場」（如每半小時）的電影式流圖播放，並可標示各採樣站的 GPS 海流箭矢在對應的時序流圖中，如圖 1-8a；又為強化辨識，繪以紅色向量，且比例尺放大 2 倍，來佐證 ADCP 資料庫推估的網格時序流場，

稱為 ADCP 流場，過去數年的研討以 V_{ADCP} 表示。若欲知量化可信度，可以採用胡健驊（2001 污水案）提出的「虛擬缺陣法」VVM（Virtual Vacancy Method）來計算，也就是假定某次歷史探測不存在，來獲得計算結果跟那次實際資料的差值，然後進行全部歷史資料的統計，即得兩海域潮坡率計算海流的誤差範圍之分布狀況。惟這樣做，仍有少數近岸網格對很大的潮坡率缺少足夠的 ADCP 歷史資料可用，故自本 2025 年度起，加入年年增加的 GPS 浮標測流之沿航線網格內插資料，開始顯著改善資料缺少的問題。據此，改稱 ADCP+GPS 的資料庫為 HDB（Historical DataBase），計算的流場即稱為 V_{HDB}。

然而，畢竟現場即時觀測的 V_{GPS} 流場，總會跟只有潮汐機制的 V_{ADCP} 有若干來自包裹機制的差異。故針對每一測站的浮標速度，計算附近 3x3 個網格的 ADCP 流速平均值，求兩者向量差，視為該日該水域必須修正的流場數值。因為此一差值來自於包裹機制，故稱為「包裹修正流場 PCC」（Packaged Calibration Current），以 V_{PCC} 表示（110 年 2 月 21 日為中國沿岸流 CCC 特例而稱 V_{CCC}），如圖 1-8b。再將 V_{ADCP} 以向量法減去 V_{PCC}，即得修正的 HDB 流場，以 V_{CHDB} 表示，如圖 1-8c，才是提供給各子計畫之用的海流環境概況。V_{GPS} 是 1 m 表層流，V_{ADCP} 是 8~12 m 的第一層可靠資料，兩者可以相容是根據主持人早年的研究心得，如 Hu *et al.*,（1995），及許多近岸淺水域測流的經歷，上下層海流差異甚微。

四、水下 CTD 溫、鹽水文場

鹽溫深儀 CTD（Conductivity, Temperature, Depth）的溫度及鹽度觀測與海流觀測同步執行，可直接反應海流對水文結構演變的動態影響。一般開放性大洋海域有強大的斜溫層，代表是在強流之下，也就是地轉效應，或稱地衡效果（geostrophic effect）。在淺水海域則未必如此，強流的混合效應可以造成整個水層上、下近似的溫度和鹽度。因此，出現斜溫層或斜鹽層的測站，必須查看海流及環境條件，探討可能有不同溫、鹽的水在不同的水深被帶來或移去。如今改用漁船探測，以手動下放、回收 CTD，不可能操作太長的繩索，設計繩長只有 40 m，復以海流漂移船隻或 CTD 常造成繩索傾斜而致探測深度不過 30 餘公尺，較少有機會觀察斜溫層提供的深水層動作，殊為遺憾。任何討論若訴諸深水效應，都是依據本案十多年來的認識。

長久以來，生化任務旨在執行每一電廠海域各三條離岸測線的採樣，從西向東稱之核一廠的 A、B、C 及核二廠的 D、E、F 測線，線上設定五個離岸測站：

500 m、1000 m、1500 m、2000 m、3000 m，分別配合 A~F 編號 1、2、3、4、5 來命名，如核一廠 B 測線上 2000 m 測站稱為 B4 站。兩個海域的 C 和 F 測線上再延伸一個 5000 m 外的「背景站」（編號 C6 和 F6），顧名思義，被認為應不受溫排水影響、又能代表核電廠海域本該有的環境及生態特性，故每個海域各有 16 個測站的生化採樣及 CTD 水下探測的「垂直」水文資料。

核一廠 108 年 7 月除役停機後，僅供燃料棒暫存之用，環境部評議委員建議只執行冬、夏兩季即可，測站不變。但核二廠的中央 E 測線則增加 Em（2500 m）、E6（4000 m）、E7（5000 m）及 E8（6000 m）的「遠海站」共四站，希望確定溫排水對野柳灣口外海有無影響。為使這條主要測線在灣內建置每 500 m 一站，增加的 Em 站介於多年來沿用的 E4（2000 m）和 E5（3000 m）之間，且正好是全線九站的中央站，內有 1、2、3、4 站，外有 5、6、7、8 站，距離上也接近中央，故取名編加 m 字，middle 的意思，不必放棄 E5 站的命名。故核二廠測站增為 20 個。

此外，自始至今，本子計畫不曾被要求對磺溪口的生化測線進行海流分析，因河水 River 而稱為 R 測線，共有 R1（500 m）、R2（1000 m）、R3（1500 m）、R4（2000 m）及 R5（3000 m）五站。基於海流與水文資料都一併俱全了，因此也全部納入核二廠海域的分析討論，以盡觀測之功，故共有 25 站之多。

操作CTD下水，需先浸沒水面下一、兩分鐘，以利各探針「習慣」現場環境，故水面下約1 m內的資料甚多，資料處理時可以放棄起頭約80%的部分。然後下放CTD到海圖告之的安全水深或繩索最長的限度，再回收且直接離開水面而有接近水面幾公分的有效資料。本大計畫的CTD探測由化學子計畫執行，儀器介紹及每次實驗室如何精密校正鹽度（S）與溫度（T）的資料，均請參閱該子計畫報告。

水中擾動常使電子感應的溫、鹽數據呈高頻振盪，稱為針凸（spikes），學界多將之平均成每1 m一筆T和S的平滑資料，以利進行如截面等值圖的分析。方法是針對每一測站每1 m水深 Z，在該站的CTD資料中讀取該水深 Z±1 m內（也就是共2 m）的所有數據，計算平均值。意謂每個 Z 的平均溫、鹽，都與上、下鄰近的 Z 之平均值共用了1 m的數據，建立平均值的連續性。CTD下水必須在水面下1 m內浸泡一、兩分鐘適應時間，故棄置開始下放之前的所有資料。但回收時直接提出水面，提供了1 m以淺的連續資料，有利10~20 cm表面溫排水之觀測。

水文資料需巧於集體展示，仍應先檢視原始資料。為了利於交叉比較，特將CTD的T、S數據分兩個海域全部繪在一頁圖中，如圖1-9之排列。但因核二廠包含R測線的5站，共達25站，若保持原每站資料圖的尺寸，便不得不分成兩頁。第一頁如圖1-14a，是「灣內」的D、E、F三條測線共16站，排成1~5編號對應的陣

列，其中Em站過去沒有，故無左、右測線上對應的編號，所以單獨居間。圖1-14b則分成左欄五個圖框為R測線的五站，右兩欄上方則以野柳灣的「灣外」（Bay outside）測站為主，即E6、E7、E8及F6。為了連結比較灣內的水文場，故於下方亦再一次繪出「灣口」（Bay mouth）的E5、F5及Em站。每個T、S曲線則以不同顏色區分CTD下放及上收的每1 m平均資料來觀察水文場的穩定性：若放、收兩色曲線靠近相似，意謂水文穩定；若兩曲線分離，意謂CTD下放到上收才短短幾分鐘內即見水文改變，當然指出該站在海流動力（含船隻漂移）或河水環境條件下，正處於高度變化中。

如圖1-9，紅色溫度尺標在圖的上方，並標示紅線是上收資料，相伴的黑線就是下放資料；藍色鹽度尺標在下方，標示藍點線是下放資料，相伴的褐點線就是上收資料。綠色直線顯示船隻航行的測站順序，綠箭矢指出來、去方向，並標示全程起迄時間。每站圖的左下角以褐色線繪示當天的潮汐漲落曲線，以垂直短線指出該站探測的時間點，即知是在漲潮、退潮或平潮之時，查驗強流是否配搭斜溫層或斜鹽層等現象。此外，各站鄰近位置之相互影響（空間的延展）及探測順序指出潮流變化之輸送（時間的延續），皆是重要線索，因此將圖1-7的每站海流以灰色箭矢向量繪在圖1-9中，便於討論。當然，海底跟海岸地形都對海流產生擾動，必需銘記上述兩個海域的地形地貌，以利推想：水文結構之分布及變動，何以致之。當然，在近岸站尋找表層溫排水或多雨日子河川排出淡水的影子，探討其受潮流推挪的概況，皆是關聯生化因子分布的重要動力因素。

五、海面溫、鹽水文場

回收 CTD 出水面，皆採連續動作，故最後幾筆有效溫、鹽資料之水深常在10~30 cm 左右，可視為海面水文場。也就是說，欲知極薄表層的溫、鹽場，即可擷取運用，並配合測站位置，以水面等值圖展現，如圖 1-10，稱為 T_{sfc} 和 S_{sfc}（下標 *sfc* 代表英文字 surface），做為 3D 水文場檢視流場作用的第一步。

六、從流場看溫、鹽水文場的垂直截面

除背景站之外，所有站可主觀裁定最適當的八個垂直截面（section）之線位，如圖1-11左下圖，分別標示「離岸」方向如A、B、C及「順岸」方向的1、2、3、4、5截面，並以×號在截線上繪出離岸方向的9個網格點和順岸方向6個網格點。每個截面兩端測站的時間差標示在線位的一端，例如該圖中截面A僅用了0.590 hr完成，截面4用了2.248 hr，用以檢視該截面的水文概念，是否受潮汐僅約6小時同相位變化的影響。C6背景站單獨遠離C1~C5，納入C截面的連續意義較差，故捨棄不用。於是，依客觀分析法獲得八個截面的溫、鹽等值圖（T_{sec} 和S_{sec}），分

離岸A、B、C三套圖及集合排列的順岸五個截面圖，全部縮小盡量擠入一頁，便於交叉比對的討論。順岸截面1~4距離均為500 m，但截面5與4間隔1000 m，故這兩個截面圖故意加大一些距離，提醒留意。

流場向量及對應潮汐圖亦植入水文截面圖下方，便於討論水文場與流場互動的認識。需知這樣安排的截面等值圖也是動態的涵意，A、B、C截面或1~5截面，需視航行軌跡方向是從外海向近岸漸變，或相反，就是上述標示「每截面觀測所用時間」的用意。測線上的測站位置標示在每截面圖上方，不必困擾去數網格點來翻讀追查如圖1-9的測站資料。CTD使用固定繩長，能達到的水深稱為CTD深度，十多年的海研二號EK測深稱為實際深度，均標示在截面圖中。

核二廠的測線及測站有所改變，水文截面圖需兩頁，如圖1-14a及圖1-14b。E測線特別長，E5站對應了D5及F5，代表在「灣口線」上，故於截面圖中以垂直虛線標示，提醒左側是灣內，右側是灣外。所有離岸截面儘可能採同一色棒尺標，以利比較。但E截面範圍太大，只好另擇色棒尺度，避免全截面只有一個色調。又因網格點多達21點，為儘量運用紙寬展現，只好將等值色棒尺標疊在截面圖內。

七、關於海流與生化因子的關係

凡現代科技，均走向跨領域探討，成為高難度課題。海洋研究傳統以來即分野為物理、化學、生物及地質四大支門，雖不到門禁森嚴、難以跨越的地步，卻實在少有通門之士。不過，學界均知四者交融海洋之中，當然有交互作用，而有經典著書，如Mann and Lazier（1991）。惟場域研究時，有甲門受另外哪門影響或作用時，則由那門提供材料，甲門據以分析探討。例如本主持人三十多年前受邀參加南極蝦生態動力研究計畫（RACER）而前往南極三次，二十多名研究人員中物理背景者有三人，就是聚焦海流環境的探討（Zhou, Niller and Hu, 2002），不懂南極蝦的生態，所以不曾為文研究。生物學者則仰賴海流動態，觀察複雜的水團如何交鋒出有利的生態環境。

本子計畫的海流觀測屬於物理支門，學理上海流幾乎不會被生、化兩者影響。反之，生化因子的佈局或時空變化，則應多少被潮流往復或季節特性而消長，如何研討，則需生化專業的背景。本子計畫則僅就海流引動化學的溫、鹽水文狀態，仔細分析如上述，以利生態調查所見，再從水文接續研討之，就是海流與生化因子之關係的探討方式。【討論觀測結果時，學界口吻常用「高、低」溫、鹽或「冷、暖、鹹、淡」等形容詞，是探討範圍下，數值大小的相對用語，無誇張之意。另外，海流速度單位除了cm/s，也俗用「節」，1節約等於每秒半公尺。】

第三節 目前研究結果

討論研究結果，每季先概述探測日兩週前的氣象，然後分核一廠、核二廠（含磺溪口）海域，每廠再分：（1）當日潮汐、（2）海域流場、（3）溫度、鹽度水文場等三項討論之。第3項又細分（3-1）各站垂直分布、（3-2）海面分布及（3-3）測線垂直截面，來審視流場對水文場的作用。最後子節再研討長期累積的流場及水文資料，有無年份出現特殊現象的遺漏之珠。

本報告包括114年共四季調查的成果如后。

一、114 年第 1 季觀測

查詢氣象局網站，1 月 29 日至 2 月 14 日七個氣象站的資料如圖 1-6，海域調查日前兩週氣壓（藍色曲線）的高低差超過 10 hPa，且在兩週前累積下了約 150 mm 的雨（直方曲線），包括（灰色棒指示的）海上調查日也有 20 mm，海上鹽度應注意累積雨水的影響。典型的東北季風天氣一直到一股冷高壓臨境，氣壓驟升到 2 月 8 日，（紅色曲線）氣溫驟降 5℃，4 天後氣壓回降，氣溫回升了 15℃，準備出海。

金山鎮裡（編號 3）的風場皆微弱，在氣壓驟升的幾天時間，北風亦明顯增強一些，似乎呼應不錯。但檢驗彭佳嶼（編號 1）、東側基隆嶼（編號 2）、西側石門（編號 4）皆一致呈現兩週來強勁的東北季風，特別是澎湖（編號 7）的大環境風場，加上中央山脈南北走向阻擋了偶然的東風，因此完全都是順著臺灣海峽的強勁東北季風，而龜山島（編號 6）則成北風與南風每幾天輪換。依過去的經驗，對探測海域的流場而言，石門（編號 4）與基隆嶼（編號 2）的風場重要性最大。仔細觀察探測日前幾天的風向，除了澎湖（編號 7）之外，全都一起順時鐘方向旋轉，在探測日當天，石門（編號 4）剛好轉成西南風，基隆嶼（編號 2）則為北風，兩者幾乎反向，何者是流場淨流的主力，最需要留意。

（一） 核一廠海域調查（114年2月12日）

（1）當日潮汐

當日基隆港的潮汐如圖 1-7a 之點線，虛線是鱗山鼻的潮汐，據之推估核一廠海域之潮汐（上子圖）則為粗**黑色實線**。其高、低潮點的時間分別為 L(04:33,

-104 cm)、H(10:53, +82 cm)、L(17:32, -38cm) 及 H(22:30, +63 cm)。一般基隆的最大潮差約為 1.1 m，當日基隆潮差約 105 cm，或從圖 1-7b 基隆二月潮汐資料可知，當日屬於該月的大潮日，核一廠海域潮差高達近 1.9 m。灰階區 NPP1 是當日現場探測時段，開始於大漲潮（一天之內潮差最大階段）的中央時間，剛好到高潮點結束了探測。

（2）海域流場

圖 1-8 展示當天下午於各生化測站作業時，同步執行 GPS 浮標觀測海流 V_{GPS} 的結果。綠色線條是航行軌跡，綠色箭矢指出本季調查從 C1 站開始，如嵌入的潮汐圖指出，是在大潮日的大漲潮中央時間，在潛谷右臂的阻礙下，C1 站仍有向西的一節流速（一節大約等於 50 cm/s），相當快了。C2 站果然立刻增速到兩節多，C4、C5、C6 都超過三節，可見大潮的力量。轉入到 B5 站時，漲潮逐漸勢微，還有接近三節的流速，到 B4 時已降到兩節，B3 則突降至半節，B2 不止幾近停止，甚至反向回流，但時間上尚未達到高潮點，而 B1 不只回流，甚至加速到幾乎一節。A1 時，回流也不弱，但流向似乎來自海峽而偏東北，不過西北漲潮流常被潛谷西側阻礙而形成逆時鐘渦轉，特別是當漲潮流強勁的時候。反向海流在 A2、A3 時再快速增強，但不及兩節，而轉潮點應在 A3 站，潮流轉向居然提早在 B2 時間，也未必不是當天石門突然轉成西南風造成的結果。A4 以後開始退潮，反而減速，且流向偏北一些，A5 時不及一節，幾乎是北流離岸了，顯然就是接近高潮點本該隨著潮汐緩慢向西的海流，卻因西南風而提早推動出反向流場，甚至外海形成離岸流，十幾二十年來已經見過好幾次這種現象。

圖 1-9a 展示從 HDB 資料庫依「潮坡」推算的網格流場每半小時 dt 的時序 V_{HDB}，並依時間 t 嵌入 ±0.5 dt 內對應的 V_{GPS} 箭矢（圖 1-8）。提醒：為強化注視，V_{GPS} 的向量繪以紅色，且比例尺放大 2 倍。08:00 開始，是大漲潮中央時間，預期應有很強的漲潮流，V_{HDB} 卻沒有這麼強的「潮坡率」海流觀測紀錄可資推算應有的潮流！但圖 1-5 所示的「線性擬合」關係，可以據以「外插」計算獲得對應的海流，而改以「灰色箭矢」製圖，提醒那是極高流速的推算流場。明顯可見強流止於近岸潛谷東臂，但在大漲潮中還有不弱的西北流。08:30~10:00 時，V_{HDB} 與 V_{GPS} 兩者非常和諧一致。10:30 時，快到高潮點時間，全域流場理應趨緩如 V_{HDB} 的網點箭矢，可是當天觀測的 V_{GPS} 卻已轉向，而且流速不小。到 11:00 時，更變本加厲，其中必有緣故。

依第二節之三敘述的「包裹修正流場 PCC」（Packaged Calibration Current）之計算方法，也就是向量 V_{HDB} 被 V_{GPS} 減去，以 V_{PCC} 表示，得如圖 1-9b 上子圖。圖中黑色箭矢是圖 1-8 的 V_{GPS}，紅色箭矢便是 V_{PCC}。由於 V_{PCC} 就是推算的淨流，

沒有各站時間延遲的問題，故可將紅色箭矢的 V_{PCC} 淨流場以客觀分析處理，得如圖 1-9b 下子圖。二月是冬季，想當然爾是東北季風環境，圖 1-6 的大域概念確實如此（3 金山站在鎮上，不具風場代表性），但除了澎湖有完全的東北風，其他各站都夾雜東風的日子，卻在 6 龜山島冒出不少南風，特別在（包括）觀測日的前三天，而出奇的就是觀測日當天在 4 石門站吹的是西南風，且「只有一天」。4 石門站並非座落在海邊的石門區街上，而是在大屯山、陽明山的北麓山下 154m 高，如圖 1-3 所示，卻無比奇怪只有 4 石門站冒出一天的異常風場（查詢富貴角西側海邊的 9 白沙灣站仍然是大環境概念的微弱東風），很難叫人聯想是這個一日風推出了圖 1-9b(下圖)潛谷近岸的局部東南淨流，而冬季黑潮套流入侵東海，推出外海西北淨流，乃理所當然。於是有兩者交會的逆時鐘渦轉，非常自然。

若認為這個「一日京兆」的風流事件過於湊巧，居然回查到不可思議的雷同，如圖 1-9b（往例），在 113 年 8 月 7 日出現完全相同的 4 石門站一日突變風場、都在漲潮後半時段實測海流、推算的平均流場幾乎一模一樣。雖然這兩年一個在大潮日、另一個在小潮日，而且一個在冬季，一個在夏季，只要各站的 V_{GPS} 近似相同（指海流方向），資料庫提供相同的「潮坡流」關係，便會推演獲得同樣的淨流概念，是這樣嗎？也就是說，單獨石門的一日風場就能代表台灣北端富貴角外海的風力作用嗎？而且勝過黑潮-東海-臺灣海峽三者大環境交互動作會產生的季節性平均海流？如果不同意石門站比較像是山區地形造成的反向一日風場足以造成核一廠潛谷的反向平均流，那就是本該全面往西北的平均流被潛谷阻擋產生的效果。值得再提一次，石門的一日風場巧合，誠然不可思議。

再將 V_{ADCP} 以向量法減去 V_{PCC}，即得如圖 1-9c 的修正 HDB 流場 V_{CHDB}，細查每一測站的紅箭矢 V_{GPS}，吻合度大幅提高，值得細看「一日風場」搞的怪，特別在 10:30~11:30 之間，提供給各子計畫需求之用。

（3）溫度、鹽度水文場

化學子計畫執行 CTD 探測提供的資料，本計畫從 3D 分布研討如下列三項。

（3-1）各站垂直分布

A、B、C 三條測線共 16 站的溫度、鹽度資料繪如圖 1-10，以不同顏色區別 CTD 下放與上收的曲線，凡兩者緊密靠近者，表示在幾分鐘之內，那裡的水文結構穩定。但有若干測站則顯著分散，其中必有緣故，本季的 A4 站水文顯然很不穩定，必須注意。

二月各站水溫普遍偏低，約在 18℃左右，乃理所當然。近岸高溫，離岸逐漸降溫，是冬天的典型分布，是東海水被東北季風（圖 1-6）把北方的冷水南送過來造成的。鹽度大致略高於 34.6‰，近岸低鹽，離岸逐漸增高，跟前兩週充沛的雨量從陸岸排水的影響有關；外海較高鹽的來源，也應該是冬天黑潮入侵東海的套流（loop current）帶來的水。強流的時候（灰色箭矢），上下垂直的混合層結構強勁，明確者可達 40 m 深。茲沿航線一一檢視，當日從 C1 站開始調查：

C1 站在潛谷東臂的西側，水淺，強勁漲潮流時段仍然翻越谷臂，帶來東南邊磺溪的雨水而呈現高溫低鹽。在強勁漲潮流中，C2~C4 站穩定地混合出逐站降溫增鹽的演變。可是到了 C5 站，溫度突降，並出現不穩定的微弱斜溫層，這個狀態在西邊的 B5、A5 站都是如此，應該是黑潮入侵套流的「前緣」在東海冷水域的表現－下層冷而上層暖，故 C6 站更見黑潮的溫暖結構。

B5 到 B4 的演變跟 C5 到 C4 一模一樣，同理可說。B3 到 B1 溫、鹽數值的高、低演變跟 C3 到 C1 的意義也相同，但 B3 的溫度結構卻來自 A3 站，或者說下層是 B4 的水溫而上層是 B2 的過渡地方，跟海流正在轉向必有關係，那個小區域正在近乎停滯的搖晃當中。至於 B1 站在潛谷中央位置，卻比東、西兩側有較高的鹽度，應該是弱漲潮流時的 B2、C2 水仍保留在谷內。

到了 A1 站，竟然冒出驚人的低鹽水，雖然接近高潮點時間，海流已經轉向，應該帶來北台灣海峽貼岸的水，為何如此低鹽？想當然爾是兩週來顯著雨量從淡水河排出的淡水，被潮流沿河口兩側海岸傳送出去，向北的順富貴角繞了過來。A2 站之後，溫度、鹽度的數值增、減，仍不外是東海水域環境在黑潮套流入侵之下，其交界面被退潮流推移頂撞的水文結構，而正面衝擊點似乎在 A4 站，呈現多個階梯狀且不穩定的分岔溫、鹽結構，也就是「分層混合」非常激烈的狀態！A5 站海流外偏，即無退潮流的強大對衝性，所以保留了 B5、C5 站的相似水文狀態。

至於本季的平均流場（圖 1-9b），在冬季東北季風盛行之下，隨黑潮向西入侵的套流而有全面西流的概念，卻在西南角呈現「相當強勁」的局部反向淨流，就是上述的「一日風場」造成的流場，當然具備了送來淡水河低鹽水的威力，而且提醒留意，連 A1 站的水溫都明顯比 A2、B1、C1 低。

（3-2）海面分布

表水的溫度、鹽度等值圖 T_{sfc} 及 S_{sfc}，展示如圖 1-11，需銘記本季包含了漲、退潮區，故以白色虛線標示其區隔。研讀此圖時，本應盡量納入潮區及其潮流概貌的可能作用，但因最後執行的 A3、A4、A5 站是在高潮點之後，而且反向海流

早在 B2 站開始，上述討論又已關注 A1 站是「一日風場」帶來淡水河的水，S_{sfc} 明顯看見西南角淡而暖的水，鹽度往東北外海逐漸加鹽，T_{sfc} 溫度則降低。不過，順岸方向的 A4~C4 之強、弱流邊界線也是水平溫度梯度大的內、外海分界線，那裡到 C6 站之間，水面的水文一致性較穩定。

（3-3）測線垂直截面

圖 1-12 左下子圖展示了 15 個測站規劃的八個水文截面，各截面資料跨越的時間，離岸測線皆在 0.5~1.2 小時之內，順岸截面因跨越三條測線而拉長時間，也都約在 2.8 小時以內，遠小於一個同相位潮汐的概念時間 6 小時，本不必太為潮相顧慮，但仍把高潮時間點以白虛線標繪在 A 截面圖中。然而上述了受「一日風場」淨流作用的重要性，本季宜採用海流圖來配合研讀水文截面。

依探測時間先後，先探討左下方之 C 截面套圖。其下方海流圖（取自圖 1-8 縮小）顯示，5 個測站的漲潮流全部向西，而且強勁，導致水文結構垂直的一致性很高，外海冷而鹹，近岸暖而淡，有趣的是，溫度梯度大的鋒面在外海第 6~7 網格之間，鹽度的鋒面則在近岸，也配搭了一點溫度鋒面，應該是淨流帶來淡水河的水，在強力漲潮流中還剩下的一點餘溫。

轉進右上套圖的 B 測線截面，強流下的水文垂直一致性仍然高，卻把外海的冷水向岸逼進，可是 B1~B2 已是反向海流，帶來淡水河暖而淡的水，漂浮在水深 10 m 以上。再轉進左上套圖的 A 測線截面，看得更是清楚明白，那股海水甚至被海流飄送至 A4 以北的第 6 網格之處，反而靠近潛谷西臂的 A1 站水溫稍低，大概是前一段強力漲潮流將外海冷水從谷底擠進近岸留下的影響，也就是說，淡水河來的暖水被 A1 站東北方向海流推往 A2 站那裡了，也是 B 截面看見 B2 海面有最高水溫的來源。

再一一檢視五道順岸水文截面圖（圖 1-12 右下套圖），值得從近岸第 1 截面看起，的確展現向東邊傳遞的淡水河淡水，卻有上述較低一點的水溫。高溫的水則從第 2 截面進入，也有一點淡水，東半邊的低溫高鹽則是漲潮流時段的水。第 3 截面明顯呈現中央潛谷的局部湧升，那是強勁漲潮流下層動作引起的。第 4 截面則是強勁漲潮流在 30 m 的水層推擠 A 截面轉潮流「不同潮時」的錯覺，不必延伸意義。第 5 截面應該也是這樣，不必過多討論，只單純顯示外海冬季低溫高鹽水的大環境水文。

（二）核二廠海域調查（114 年 2 月 12 日）

（1）當日潮汐

圖 1-7a 下子圖推估核二廠海域之潮汐如黑色實線，高、低潮點的時間約為 L(03:32, -77 cm)、H(10:51, +58cm)、L(16:38, -10 cm) 及 H(22:02, +37 cm)，上文分析當日是大潮日。灰階區是磺溪口 R 及野柳灣 NPP2 的探測時段，指出當日全程是在退潮中，完成最後一站剛好是低潮點時間，但因為是混合潮中的小退潮狀態，意謂潮流加速或減速的潮位高差都不大，退潮流的流速應該不強。

（2）海域流場

圖 1-13 展示於各生化測站作業時，同步執行浮標測流 V_{GPS} 的結果。本季先執行核一廠海域調查，回程入核二廠，途經磺溪口，故先探測 R 測線。那時是在退潮開始後不久，從 R5 站往 R1 站的東南退潮流逐漸加速，便可穿越金山岬及向東延伸的 10 m 潛礁，衝進核一廠海域。

然後轉入野柳灣探測，在 D5 站看見退潮流居然向東北「漂」過潛礁，加入灣口外的東南退潮流的行列，而 D4 站則呈停滯狀態。D3 站就是 R 測線越來越強的退潮流穿越潛礁過來的部分，就是這股海流貼著潛礁擠到 D5 站的。D2 略同，D1 灣底即近乎停滯，至 E1 站亦如是。E2~E3 的海流雖然微弱，看得出是 D2~D3 流過來的餘力，甚至影響到 E4，連 E1 及 D1 極弱的順時鐘渦轉也是作用之一。Em 站至外海各站，直到 F5 站，全部一致的退潮流，但最高流速在 E7 站，只及 91 cm/s，是小退潮的極限。F5 站的海流已見「彎」進野柳海灣，必形成順時鐘渦轉，就是 F4~F1 的情形，剛好到低潮點時間。

圖 1-14a 展示 V_{HDB} 流場 dt 為每半小時之時序，並依時間 t 嵌入 ±0.5 dt 內對應圖 1-13 的 V_{GPS} 浮標觀測海流箭矢。為強化注視，V_{GPS} 向量繪以紅色，且比例尺放大 2 倍。12:30 時，R 測線的浮標 V_{GPS} 尚未達到 V_{HDB} 預期的磺溪口渦轉，不過野柳灣口上的 D5 站在 13:00 所見浮標是反向流出灣外退潮流之中，而灣內其他諸站多符合渦轉的演變。灣外亦應同理，卻在 15:00 的 E8 站差異頗大，那裡的歷史資料較少，並在退潮中呈現一個逆時鐘渦轉，值得存疑，要靠未來增加觀測資料再來檢驗。

於是計算兩兩種資料的差異，得到包裹修正的淨流 V_{PCC}，繪如圖 1-14b 之上圖中各站的紅色箭矢，再網格化得到圖 1-14b 下圖的 V_{PCC} 流場，跟圖 1-9b 核一廠海域向西去的 V_{PCC} 不搭調。揣測的是，更外海才是那股冬季黑潮入侵東海的淨流場，被台灣西北端突出的富貴角阻擋，在金山岬外逆時鐘轉向野柳灣，形成的區域淨流場樣貌。

依此淨流，反向修正 V_{HDB}，便獲得調查當日海域的同時性網格化海流，如圖 1-14c，提供其他子計畫參用。

（3）溫度、鹽度水文場

由水文水質的化學子計畫執行 CTD 探測提供的資料，本計畫從 3D 分布研討如下列三項。

（3-1）各站垂直分布

D、E、F、R 四條測線共 25 站的溫度、鹽度資料繪圖展現，依第一章第二節之四所述，拆成圖 1-15a 及圖 1-15b。放、收 CTD 的兩線緊密靠近者，表示在幾分鐘之內，水文結構穩定。不穩定的幾站，順航線介紹時再談。溫、鹽尺度範圍是為了適當展現結構的空間分布，極端超出的幾個數值則以數字標示。

先看圖 1-15b 的 R 測線，雖然前兩週頻頻下雨（圖 1-6），磺溪細水長流的排放，竟只導致 R1~R3 上層水微淡，卻都搭配了表水高溫，尤其是 R3，呼應了上述外海黑潮入侵東海轉入的淨流（圖 1-14b），把降雨的河川淡水推離了 R 測線，當然會穿過金山岬延伸海下的淺礁區進入海灣。至於 R4、R5 都是強勁的垂直混合高鹽度結構，跟遠海的 E6~E8 和 F6 站一樣，那是黑潮入侵的淨流水，溫度越遠海越升高也證明是如此。

然後轉進野柳灣，圖 1-15a 看見 D5 站呈現不穩定的溫度結構，那是擠出海灣的海流衝撞淺礁造成的擾動。D4 站水深變淺，應該是略大於 10 m 淺礁的海床延伸到此站下方，便看見鹽度很低的表面水，就是從 R 測線被退潮流擠過淺礁來的，能漂浮在水面上，就是靠表層的高溫水浮力，而高溫水來自灣內遍布的溫排水。有趣的是，穿越淺礁的海流動作中，保留了一股「清流」，從 D2 與 D4 站之間較深的 D3 站發起了 D3→E3→E2→E1 的串連海流，一路傳送的是原來海灣裡不太淡的海水、或者把下層鹹水湧上來升高了鹽度－沒有極低鹽的表面水－而 D2~D1 不只這樣低鹽，甚至出現溫暖的 10 m 厚混合層之上再一個很薄的高溫表面水。D3 的溫度結構還呈現了最低溫的次表層水，在上收時即「碰到」周遭的溫水，可見那裡的環境尚未均勻。

E 測線上，直到 E4 站又見到很淡的表面水，顯然是 D4 站擴展過來的，而 E4 站上層逐漸脫離灣內暖水，一直降溫到灣外的 E6 站（應該是強勁退潮流帶來東海冷水的影響），再逐站增溫到外海的 E8 站，鹽度則保持整個海域大約一致的 34.6‰餘，那是黑潮的水，F5 站亦同。退潮流轉進灣內 F 測線上，雖然全面順時鐘渦轉彈回灣內，卻還來不及改變原來灣內典型的水文：表層高溫低鹽水的結構，甚至在 F1、F2 站堆積了最高溫的海水。

（3-2）海面分布

表水的平均溫度、鹽度等值圖 T_{sfc} 及 S_{sfc} 如圖 1-16 所示，展現了上文各站研討的部分水文所得到的認識。溫排水被潮流推擠在灣內，最高溫在東側 F1 角落。員潭溪排放兩週來的降雨淡水，完全被退潮流推離 R 測線，穿越金山岬從海灣西側擴展開來，而外海全部都是黑潮入侵東海的高鹽水。E5~E7 之間的冷水，上述應該是強勁退潮流帶來東海冷水的影響。

（3-3）測線垂直截面

圖 1-17a 左上子圖展示 25 個測站規劃的九個水文截面，各截面資料跨越的時間，離岸測線除了加長的 E 測線近 1.7 小時，餘皆小於 1 小時，但順岸截面因跨越三條測線而拉長時間，也都不到 3.2 小時，皆遠小於一個同相位潮汐的概念時間 6 小時，不必太為潮相顧慮。雖然如此，凡測線跨越了高或低潮點，討論截面時仍應納入有所區隔。提醒：等值線太密集或太均勻而無區別之處，加用綠色等值線並標繪特定值來增加認識。

右上方套圖的 R 測線截面上，高溫水在磺溪口上層，延展至 R3 站，二月排出高溫河水誠非可能，所以那應是外海黑潮水被海流送過來的，而鹽度稍微偏低，仍然是雨多河川排水的環境。在 R4 站看見冷而鹹的水湧升，揣測是外海下層水流被海底地形逼迫造成的。

圖 1-17b 左上角 D 截面套圖顯示的就是灣內溫暖表水及退潮流推送磺溪雨水穿越金山岬淺礁的低鹽表水－當然，員潭溪也有若干貢獻。更搶眼的是 D3 站看見海底地形協助湧升了下層低溫高鹽水，然後推動出上述的跨灣「清流」，原來如此。圖 1-17b 右上角 F 截面套圖顯示的是，退潮流把溫排暖水堆積在灣的東側，表水也稍淡，縱使擠進灣內的退潮流已被野柳半島反彈，可能更增擠壓堆積的效果。

最長的 E 測線截面（圖 1-17b），時間上被探測在先，以垂直虛線區分左邊的灣內和右邊的灣外，也就是 E5 站大約在灣口線上。灣內是溫排暖水的世界，最高溫當然在排水口那裡。跨灣的海面淡水，主力通過 E4 站，表層以下全部是均勻的高鹽水，當然是灣外送進來的。灣外 E5~E7 站之間，在強流之下，水文結構混合良好，低溫高鹽。再往外海，溫度略增，說是更靠近黑潮。

回顧順岸截面（圖 1-17a 下方套圖），重溫所有敘述的場景之外，值得注意的是第 2 截面，強調在灣的中央有局部湧升，那是外海下層冷而鹹的水從海底爬進灣內來的，在其他截面上也都約略可見。

二、114 年第 2 季觀測

查詢氣象局網站，4 月 25 日至 5 月 11 日七個氣象站的氣象資料如圖 1-18，海域調查日前兩週氣壓略為下降，氣溫略為上升，風場正值東北季風與西南季風的更迭期，金山氣象站大多日子微風徐徐，卻多為北風，僅兩天前的 5 月 7 日，氣壓略升、氣溫驟降，那天突然轉南風且風速最強，並發生大雨，除了澎湖（編號 7），其他各站都如此吹風降雨。雨勢旋即轉弱到出海調查日，該雨量有可能因河川延遲排水而造成海域鹽度變化。

其餘氣象站風勢均較強，但因季風轉換而日日風向凌亂，唯獨東側基隆嶼（編號 2）吹了長達十天多的偏東風，需注意是否造成野柳海域向西的平均流場。

（一）核一廠海域調查（114年5月9日）

本季依合約只執行*核二廠*海域調查。

（二）核二廠海域調查（114年5月9日）

（1）當日潮汐

當日基隆港的潮汐如圖 1-19a 之點線，虛線是鱗山鼻的潮汐，據之推估核二廠海域之潮汐為粗**黑色實線**。其高、低潮點的時間約為 L(02:17, -19 cm)、H(08:21, +47 cm)、L(14:33, -32 cm) 及 H(21:06, +50 cm)。基隆的最大潮差約為 1.1 m，當日基隆潮差約只 53 cm，或從圖 1-19b 基隆五月潮汐資料可知，當日正值小潮日。灰階區 NPP2 是當日灣內現場探測時段，開始於小漲潮的末尾時間，到高潮點後，即全時間退潮，直到 R 測線探測完畢。

（2）海域流場

圖 1-20 展示當天上午於各生化測站作業時，同步執行 GPS 浮標觀測海流的結果，稱為 V_{GPS}。探測從 F1 站開始，漲潮快結束，海流不強，卻像是退潮流的態勢，而且往野柳半島尖端去本來是高潮點的停滯狀態，卻有海流逐漸加強的現象，應該是前段漲潮流時彎進灣內的反時鐘渦轉的殘餘動作。F6~E8~E7 看見的海流就是前段漲潮流的殘餘動作。E6 開始終於看見退潮流的現象，入灣以後變成極微弱的海流，而且是一個順時鐘的渦轉，一直到 D1 站。D4 站仍然符合灣外退潮流繞進來的海流概念，卻出乎意外的見到 D2、D3 站海流直衝海灣中央的突

兀，時間上大約就是退潮的中央點，雖然流速不強，仍是力道最大的時候，也就是說，D4 站環繞 10 m 潛礁的海流應該貼岸形成了一個小規模的反時鐘渦轉，推擠出 D3~D2 的海流樣子，再推出 E2~E1~D1 的順時鐘渦轉，很有趣。

再往 R 測線去，一開始就是大於 1.5 節的強退潮流，在潮汐圖上看見，那裡確實正是通過退潮時段的中央點，流速很強應該理所當然，只是當下是個小退潮，居然有這麼大的威力，況且只發生在 R5 站，R4 站立刻落入近乎沒有海流的狀態，過於突兀。而 R3~R1 的 3 站都是微弱向西北的海流，猜想是 R5 外海那股強大退潮流右邊的「一小部分」撞擊 10 m 潛礁區而順時鐘渦轉反彈形成，「主體部分」則像是打水漂一般呈現出 D5、E5 的灣口海流，並且流速快速衰減，應該就是潛礁的阻礙摩擦。而 Em、E5 流速較慢，是因為退潮動作才開始不久，必須銘記跟著航線時間來配合潮汐圖的動力條件，解釋海流的狀況。若如是，則要追問為何在漲潮末了會有 F5~F1 的「退潮流」樣子？更不可思議的是，F6~E8~E7 那裡是退潮起步，怎麼會是漲潮流啟動的模樣？直到 E6 才有合理的退潮流，其中必有內情。

圖 1-21a 展示從 HDB 資料庫依「潮坡」推算的網格流場每一小時之時序 V_{HDB}，並依時間 t 嵌入 ±0.5 dt 內對應的圖 1-20 之 GPS 浮標觀測海流箭矢 V_{GPS}，並為了提高注意力而以放大兩倍的紅色箭矢繪製 V_{GPS}，明顯看見與 V_{HDB} 出現很多不符合的地方，必須繼續追查原因。

V_{GPS} 是當下真切的觀測，V_{HDB} 是歷史資料庫對「潮流」的推算，必須調整的當然是 V_{HDB}。經由求取每個測站附近兩種流場在對應時間的向量差，並認定可適用到 V_{HDB} 每個時序去修正航線附近全部網格點的資料，得到吻合度令人滿意的結果。如第二節之三所述，計算「包裹式修正海流 PCC」（Packaged Calibration Current），流場以 V_{PCC} 表示，得圖 1-21b（上圖）的紅色箭矢結果，再展開成網格流圖如圖 1-21b（下圖），可視為本季核二廠海域的淨流結構，就是冬季東北季風結束後（圖 1-18），黑潮開始東移引出的流場，非常引人注目其如何以較長時間發展出灌入灣內再擠出灣外的圖騰，非常合理地解釋了上述許多令人困惑的疑點，例如 R5 站的平均流強力撞擊野柳半島，擠壓彈出灣外，扭動之後，在 F6~E8~E7 那裡往東北方繼續遠海的黑潮東移。再將 V_{ADCP} 以向量法減去 V_{PCC}，即得如圖 1-21c 的修正 ADCP 流場 V_{CADCP}，細查每一測站的紅箭矢 V_{GPS}，吻合度近乎 100%，提供給各子計畫需求之用。

（3）溫度、鹽度水文場

由水文水質的化學子計畫執行 CTD 探測提供的資料，本計畫從 3D 分布研討如下列三項。

（3-1）各站垂直分布

D、E、F、R 四條測線共 25 站的溫度、鹽度資料繪如圖 1-22。整體看來，E2 及 E1 站有明顯的整層水體鹽度不穩定狀態，以及 F4 站出現令人驚訝的 10 m 深「爆發性」低鹽水，而 CTD 上升時即不復見，如此短暫，誠不可思議。姑且先沿航線，每站研讀一遍。

探測從 F1 站開始，是在小退潮的低潮點，有 10 m 深的高溫混合層，當然是微弱的海流把溫排水堆積在那裡，但值得注意的是鹽度，比附近幾站都偏低，而且有不穩定現象。往北去到 F2 站，溫度略降，次表層鹽度略升，但上層水明顯是淡水，要問從哪裡來，想當然跟 E2 的鹽度不穩定有關，海流動作支持了這個觀點。

F3 站再降溫，鹽度則上升，但方式怪異，表層淡，中層有 10 m 厚的鹹水攻入，當然是 E3 站那裡送過來的，結構那麼相似。F4 站必被懷疑是否儀器有誤？但細看不是一兩個奇怪的數字，而是一連串穩定改變的觀測數值，應該追問的是如此淡的水從何而來？怎麼來？F2 站已經看見表層淡水，D1 還有更多低鹽的淡水，當然跟圖 1-18 已經告知前 2 天的下雨有關，圖 1-21b 也指出平均流場已經佈放了那些排水，何況還有磺溪更多的溪水排放。只不過 F4 站只瞬間看見 CTD 下放碰到的河川淡水，應該是海流撞擊野柳半島（圖 1-22 中淡灰色箭矢）產生亂流擾動的結果。

前段漲潮流在灣內渦轉的餘勢，把少量柴電溫排水及昨天以前下雨（圖 1-18）從員潭溪排出的淡水，在漂浮中一起推到了 F1 站。那股淡水只擴及 D2、D1、E1 及 F1，當然是灣內順灣底海岸的海流所致。可是，D4、D5 也這樣，D3 卻沒有（以前常見 D3 的獨特性），等一下再說。F2 的結構有 F1 來的影響，而 F3 的溫水只剩表層一些，5 m 以下之冷水應該是海流撞擊半島的湧升底水。從 F1 起逐漸升高的鹽度，來源只有如 D5 站（還有 F6）看見的外海下層高鹽水，一路在底層推進灣內再湧升造成的（F3 與 D5 時間上相差 2 小時餘，推動者當然不是潮流，而是 V_{PCC} 淨流（圖 1-21b）。到 F4 站，下層水又被增溫，應是 F5 灣口外的暖水在平潮狀態中如前述繞了進來的作用。而灣外 F6 背景站（圖 1-21b）亦是前期漲潮流在平潮後向遠海轉出，居然保有很強的西北流，可見那裡出現**一堆力量擠壓**的結果，呈現了驚奇的溫、鹽結構：堅實的斜溫和斜鹽概念，卻又那麼強烈的擾動變化，反而是非常不穩定的水下世界。那裡 20 m 以下的高鹽直覺是黑潮的水（黑潮次表層以下當然也低溫），那 10 m 以上的高溫只是季節性氣溫的作

用嗎？若如此，應該所有測站都有蛛絲馬跡才是。所以仍應歸因於東邊黑潮隨前期漲潮流送來的結果。

E8 站因海流而承襲 F6 所見，但因地理偏西北而水溫略降，鹽度則差不多。到 E7 站即融合了灣內來的調和（出現北流），把 10 m 以下 15 m 厚的水混合均勻。這個混合層在 E6 站更明顯，幾乎伸展到海面，而且比 F6 更高溫，卻相對低鹽，那是灣內水的特性，雨水的結果。到 E5 站，結構相似，但降溫一些。Em 把混合層加大，E4 也是，卻增溫降鹽，都是灣內溫排水和溪水的作用。E3 則出現下層低溫高鹽的轉變，就是外海底層水被淨流帶進灣內的事情。E2 和 E1 都這樣，搭配表層溫排水和溪水被流場推動而更強化表層高溫低鹽的演變。

D1 和 D2 跟 E1、E2 意思完全相同，D3 全層混合良好，在流場往東南輸送的方式下，完全不受溫排水影響，卻是員潭溪排出淡水最直接擴展到的地方，鹽度最低。D4 下層湧現外海來的高鹽水，上層有溪水送達，看流場方式，可能不是員潭溪的水，而是磺溪的水跨過金山岬淺礁過來的，包括 D5 站那麼強烈的表層淡水，而 R 線各站居然沒有表層淡水，當下瞬時潮流也好，長時間淨流（圖 1-21b）也好，都支持了這個動力條件。D5 承接了 F6、E8 的外海結構，前後相差 2 小時的時間，與其說是都在退潮中海流推來的（前後海流剛好反向！），不如說是外海本來的典型水文結構，差在 D5 接到了磺溪漂來的淡水。

R 測線全線看見混合一致的低鹽水，毫無疑義是磺溪的雨水，卻難推測是什麼機制能做到二十多公尺的混合動作？而且 R2~R4 的溫度結構也有十多公尺厚的混合效應，難道是長時間淨流加上潮流渦轉的來回攪和而成的？只是 R3~R5（甚至 R1）都呈現表層的暖水，一致推向在前期漲潮時段 F6、E8 的結構是全面性的狀態－除了野柳灣以外。

（3-2）海面分布

表面水的溫度、鹽度等值圖 T_{sfc} 及 S_{sfc}（圖 1-23），展示上文細看各站的水文結構，卻得不到表面分布的概況。外海大環境表水基本上是高溫高鹽，黑潮水的特質。低溫水沿野柳半島擴展，就是海流衝撞島陸湧升而成。其配搭了高鹽，流場不支援是從外海繞過半島入灣的，則亦是外海下層更高鹽的水湧升而出。磺溪的淡水完全不在金山岬西側，十分搶眼，卻在流場下去強化了員潭溪的雨水，把灣內西角給淡化了。

（3-3）測線垂直截面

圖 1-24a 左上子圖展示了 25 個測站規劃的九個水文截面，D 測線的航行較偏離設定的直線，應該是 D4、D5 的強流令船隻在調查時，為安全而避離金山岬淺礁區。各截面資料跨越的時間，離岸測線除了加長的 E 線耗了 1.55 小時，餘皆小於 1 小時，而順岸截面因跨越三條測線而拉長時間，也都約在 3.2 小時以內，遠小於一個同相位潮汐的概念時間 6 小時，不必太為潮相顧慮。

右上套圖的 R 測線截面上，鹽度非常均勻，溫度則在 R4 站有微弱的湧升，重要性不顯。

D 測線截面（圖 1-24b 左上套圖）看見 D1、D2 的表層溫排水及雨後員潭溪水造成的表層低鹽。灣口上 D5 站也是表層高溫低鹽，則是來自外海高溫和磺溪排水。D5 底層的冷水很醒目，那是 E 測線展現的外海底層水。但 D5 站更凸出的居然是本年度報告開始加繪實際水深和 CTD 最大水深提醒的事，只要漁船測深儀告之安全，30 m 多的繩長完全投放都可獲得 25 m 左右的 CTD 水深（因為繩索在水中一定傾斜），可是到 D4 站卻突然不到 20 m 的 CTD 水深，前一季也是這樣（圖 1-17b），絕不是海底地形逼迫的 CTD 操作限制，那就是「下層強勁海流」更拉斜了繩索，難怪常把（包括隔壁的 D3 站）水文場（圖 1-22a）強力混合成南北分立的世界，從 D 截面即看見了這道牆。那股下層強勁海流顯然是在東南流場的時候才發生，應是穿越金山岬淺礁區逼出的暗流，欲現場探測確認，是很危險的動作，有待深思。

F 截面（圖 1-24b 右上套圖）在灣的東側，灣底表面的高溫低鹽水態勢不強，因為溫排水量大減，又被海流衝撞半島產生 F3 的湧升冷水組阻擋，並把截面的鹽度完全均勻地提高，所以畫不出等值線。

最長的 E 截面看見灣內（E5 垂直虛線的左側）必有排水口高溫表水，配搭員潭溪淡水，態勢也不強。外海看到底層冷水，在 E7、E8 因轉潮迫使向外海擠出的前期漲潮流，把底層冷又鹹的水強勁拱上去，其實上下層都是黑潮水。在 E5、Em 站另一股轉潮擠出的海流進入灣內，力道小，也造成一點溫、鹽上拱的現象。

五條順岸截面（圖 1-24a 下套圖）完全支援了以上所有討論。值得特別指出的是 2000 m 第 4 截面，西側就是上述被跨越金山岬淺礁區下層強流隔開南、北水文場的 D4 站，這股臆測的次表層流就被 23.7℃等溫線標示了出來，還把截面中央的高溫水均勻打混到下層，壁壘分明地區隔了右側沿半島湧升的世界。

三、114 年第 3 季觀測

查詢氣象局網站，夏季 7 月 27 日至 8 月 12 日七個氣象站的資料如圖 1-25，海域調查日前兩週氣溫大致平穩，但有一波低氣壓，伴隨許多天下下停停的雨，台灣西北部的雨較大，累積後可能影響海域的水文場，金山（編號 3）、石門（編號 4）及大屯山（編號 5）虛線直方圖資料均看到陽明山區的雨勢可觀，必然加大磺溪的排水。

夏季本應盛行南風，如遠方彭佳嶼（編號 1）、龜山島（編號 6）及澎湖東吉島（編號 7）的風場。金山（編號 3）的風場微弱，不必關心。惟受中央山脈靠背阻擋，西邊陸上的石門南風減弱，而東邊海上的基隆嶼（編號 2）則多繞三貂角過來的東風，值得注意是否影響平均流的動作。

（一）核一廠海域調查（114年8月10日）

（1）當日潮汐

當日基隆港的潮汐如圖 1-26a 之點線，虛線是鱗山鼻的潮汐，據之推估核一廠海域之潮汐則為粗**黑色實線**。其高、低潮點的時間約為 L(05:54, -4 cm)、H(10:51, +95 cm)、L(17:02, -68cm) 及 H(23:42, +120 cm)。基隆的最大潮差約為 1.1 m，當日基隆潮差約 100 cm，從圖 1-26b 基隆八月潮汐資料亦可見，紅框標示當日是大潮日。灰階區 NPP1 是當日現場探測時段，全程漲潮，且跨過潮段的中央點時間，漲潮流應該不弱。

（2）海域流場

圖 1-27 展示當天下午於各生化測站作業時，同步執行 GPS 浮標觀測海流的結果，果然見到在外海有很強的退潮流，茲沿航線逐站討論。

從 C1 站開始，已經開始漲潮一陣子，海流呈現明顯的西偏北流，而且越往外海越強，一直到繞回 B 測線的 B2 站，尚在漲潮中，卻幾近停滯。至 B1 站即已反向往東，也甚微弱，以為是潛谷效應，卻見 A1 更強的反向流，根據前例，當然聯想是南風推來海峽的水，繞過富貴角而來的貼岸流。到 A2~A3 那裡，這股繞行的南風流威力大減，A4 即仍保持一節多的西偏北漲潮流。到 A5 站，已達高潮點，流速明顯降低。

圖 1-28a 展示從 HDB 資料庫依「潮坡」推算的網格流場每半小時之時序 V_{HDB}，並依時間嵌入對應的 GPS 浮標觀測海流箭矢 V_{GPS}，且繪以紅色，其比例尺放大

2 倍。逐一檢視 V_{HDB} 與 V_{GPS} 兩者的吻合度，居然在流向與流速上有不錯的默契，僅 10:00 時反向。依前述方法，求兩者向量差量，視為當天潮流之外各種機制的影響分量之總和，即包裹修正流場 V_{PCC}，繪如圖 1-28b 上圖的紅色箭矢，再客觀分析計算成圖 1-28b 下圖。夏季本該黑潮東移，淨流應該往東，見到的卻是微弱西流，當然要歸因基隆嶼氣象資料（圖 1-25）看見的繞行東風，而台灣海峽強勁南風吹出繞行富貴角的東流，則加乘了黑潮東移展現甚強的貼岸東流，與圖 1-9b 的冬季一日風吹流呼應，令人印象深刻。

再將圖 1-28a 的 V_{HDB} 流場加上 V_{PCC}，即得修正的 V_{CHDB} 流場，繪如圖 1-28c，並疊繪紅色箭矢的 V_{GPS}，即見兩者更高度吻合，包括 10:00 的套圖，完全一致，即提供本整合計畫各子計畫爰用的流場資料。

（3）溫度、鹽度、溶氧水文場

由水文水質的化學子計畫執行 CTD 探測提供的資料，本計畫從 3D 分布研討如下列三項。

（3-1）各站垂直分布

A、B、C 三條測線共 16 站的溫度、鹽度、溶氧資料繪如圖 1-29，不同顏色區別 CTD 下放與上收的曲線，若緊密靠近，表示在幾分鐘之內，該站的水文結構穩定；若散開，則處在高度變化之下。整體看來，水文較不穩定的測站是 A4 站，又是圖 1-28b 不論 VGPS 或 VPCC 的流場都在那裡發生「撞擊」，跟圖 1-10 的 A4 站水文結構之造成因果完全相同，太不可思議的巧合。

再沿航線閱讀各站水文。C1、C2 兩站的表層是高溫低鹽水，顯示近 20 m 深的混合層，以下則是典型的斜溫、鹽層，C2 站明顯看見上層水遠比下層低鹽甚多，上層淡水當然是前兩週下雨的結果（圖 1-25）。C3 站混合層加深超過 30 m 深，從 C1 至 C3 鹽度稍減，可見近岸的水有深海湧入上升混合的現象。C4~C6 至 B5 三站大約相似，但 B4 的溫度混合層縮減至 25 m，而鹽度變成「上層次斜鹽」現象，是 A 測線各站的典型結構，那是夏季南海水北送造成的高鹽大環境，上層被降雨的淡水從東邊被海流帶來因高溫而向海面滑行，下層則非常高鹽。所以 B4 突然異於 B5，且 25 m 呈現驚人的「夾板式」溫、鹽水平跳躍，跟 A4 站一模一樣，在 B4 又冒出下方不穩定的溫、鹽震盪，又是圖 1-28b 下子圖 V_{PCC} 看見臺灣海峽平均流的「撞擊」地點，再一次獲得看見如此海洋大觀的機會，又再次令人不可思議了。

B3 站混合層深度更縮減至 10 m 餘，斜溫、斜鹽層則常態化。B2 卻再度深化混合層深度，那是 C2 站的概念，從海流箭矢也看出就是那股水「拒止」於此的結果。A2 就不同了，更薄的混合層，又見 25 m 一刀橫切分隔的跳躍層，強烈標註了夏季南風碰撞大潮日強勁漲潮流的水文世界。

（3-2）海面分布

表面水的溫度、鹽度等值圖 T_{sfc} 及 S_{sfc} 如圖 1-30，似乎展示了兩大區塊的分野，低溫高鹽在強勁漲潮流的東南海域，外海本應高溫低鹽，欲在鹽度上強烈呈現強勁漲潮流帶來顯著降雨從河川排出的淡水。

（3-3）測線垂直截面

本季航行測站提供圖 1-31 左下子圖展示的 15 個測站如何規劃出八個水文截面，各截面資料跨越的時間約在 2.8 小時以內，小於一個同相位潮汐的概念時間 6 小時，可不必為潮相顧慮。

左上套圖為 A 測線截面，其實難以解讀出上述逐站水文結構審視的認識，B 截面則顯示「A 截面上下水層的事」止於 B4~B5 之間。C 截面幾乎整層全面是同一種水—雨水淡化的威力。

圖 1-31 右下套圖展示五道順岸的水文截面，一樣的展示了臺灣海峽南風海流繞進核一廠海域的水文圖騰，真難得一見。

（二）核二廠海域調查（114 年 8 月 10 日）

（1）當日潮汐

圖 1-26a 下子圖推估核二廠海域之潮汐如黑色實線，高、低潮點的時間約為 L(02:17, -19 cm)、H(08:21, +47 cm) 、L(14:33, -32 cm) 及 H(21:06, +50 cm)，上文分析當日是大潮日。灰階區 NPP2 指出，當日探測時段從磺溪 R 開始已是退潮，並達低潮點，所以全程是在退潮中。

（2）海域流場

圖 1-32 展示於各生化測站作業時，同步執行浮標測流 V_{GPS} 的結果。當天大潮日先執行 R 測線各站，從 R5 開始，退潮剛啟動，要扭轉前段的漲潮流，呈現出整條測線的反時鐘方向渦轉，流速不弱。然後轉進 D 測線，居然全線海流微弱，一直到 E2 站，似乎在抵抗消化灣內的前段漲潮流。E3 之後，已過退潮中點，

灣口 Em、E5 站的退潮流已達 2 節流速，顯然吸出了 E3、E4 的水。E6 之後的外海各站都是該有的東南退潮流，只是流速不強，頗為意外。倒是 F4 站看見灣外退潮流衝進灣內，並撞擊野柳半島而成 F3~F1 三站的反彈流。

依例先計算歷來 HDB 資料的潮流時序 V_{HDB}，並把 V_{GPS} 疊繪如圖 1-33a。仔細判讀，居然不吻合之處很少，特別是 11:30~12:00 時 R 測線上紅、黑箭矢完全一致，實在美妙！於是計算各站兩者向量差，得圖 1-33b 上圖，紅色箭矢即為應該處理的包裹修正流 PCC，果然差異很小。於是以客觀分析計算，即得圖 1-33b 下圖的 V_{PCC} 網格流圖，外海背景站那徨裡相當符合八月夏季黑潮東移吸引了台灣北部水往三貂角去的大環境平均海流，是一股從東向西流去的淨流，頗有退潮流「餘勢」的樣子，但在磺溪口逆時鐘渦轉回來進灣的流場圖，不難想象是溪口以北拱出的海岸地形，令外海東南平均流順時鐘渦轉、再反時鐘渦轉的結果，而灣內的淨流雖然微弱，卻一致的被吸出灣外。不過這股灣外黑潮東移淨流的規模可能止於核一廠海域，因為圖 1-28b 下圖沒有這些現象，而是在盛行南風之下呈現的臺灣海峽北流繞過富貴角湧進北部海域的動作。

再把 V_{HDB} 加上 V_{PCC}，即得修正過的 V_{CHDB}，並疊繪 V_{GPS}，如圖 1-33c，更增兩者高度吻合，提供各子計畫爰用。

（3）溫度、鹽度、溶氧水文場

由水文水質的化學子計畫執行 CTD 探測提供的資料，本計畫從 3D 分布研討如下列三項。

（3-1）各站垂直分布

D、E、F、R 四條測線共 25 站的溫度、鹽度資料展現如圖 1-34a 及圖 1-34b。先觀察下放、上收 CTD 呈現水文結構的穩定性，除了海流強勁帶動的 R5、R4 及 D4 站略顯不穩之外，整個海域的水文非常穩定。茲沿綠色航線方向逐一檢視。

從 R5 站開始，在 30 m 以下主斜溫、斜鹽層之上，居然是「強流」引出的「次斜溫、斜鹽層」。到 R4~R3 站才穩定形成典型的大洋水文結構：20 m 以上是「混合層」，並延伸到溪口，而且向岸方向逐漸增溫減鹽，跟前兩週下了不少雨有關（圖 1-25），溪水排放出更溫暖而淡的水。

然後轉進 D 測線（圖 1-34a），從 D5~D1，過程居然與 R 測線相似，只是最低的鹽度發生在 D3~D2，因為員潭溪口在那裡，而海流向灣內展開擴散出去。但高溫還是 E1 看見的溫排水展開的影響，反之 E1 的低鹽水則是 D3 那裡來的。

灣內 E 測線向外海的水文發展，仍然是降溫增鹽，而且隨著海流加強，直到 E8 站，再轉入 F6~F5 站，混合層越來越厚。可是進入灣內的 F 各站，如 F2，有

底層水結構上浮的樣子，就是野柳半島反彈流造成的局部湧升。那裡的表層及在灣底角落的 F1，仍堆積了 D3 來的淡水。

R 測線上，從 R5 至 R1，非常合於外海水文結構隨海流逆時鐘渦轉向岸的逐漸變化，多日下雨的淡水居然在溪口的 R1 站並不突顯，可見平均流場 V_{PCC} 的威力有多強，把淡水貼岸擠過金山岬潛礁，注入到野柳灣內。

D4 站探測水深忽然減少到十幾米，海流顯示是離開潛礁區，應該安全。也許現場看到風場、流場造成潛礁海面碎波而覺靠近了危險，遂臨時決定提早拉回 CTD，希望不太影響水文截面圖的製作。

（3-2）海面分布

表面水的溫度、鹽度等值圖 T_{sfc} 及 S_{sfc} 如圖 1-35，明顯呈現高溫低鹽水堆積在野柳灣核二廠進水口的角落，而磺溪外海居然相對高鹽，因為流場把淡水穿越金山岬淺礁送來了野柳灣。相對的，把低溫高鹽水排擠在灣口線外，卻留了一條「高溫低鹽水道」，剛好是強流帶，只是跟環境的溫差與鹽差其實不大。

（3-3）測線垂直截面

圖 1-36a 左上子圖展示 25 個測站規劃的九個水文截面，各截面資料跨越的時間低於 4 小時，不必太顧慮潮相的影響。

R 截面的溪水作用非常顯著，全面上下分層，界面在 20 m 深。不過，R4 站在渦轉中心，看見微弱的湧升動作。D 截面在 D4 站也這樣，但似乎跟淺礁底部微隆有關。F 截面套圖明顯看見灣內 F1~F4 站的溫、鹽梯度較強，灣口的 F4~F5 有一股 5~25 m 厚的溫、鹽同質性中層水推擠表水和底水穿越而過，強勁的海流箭矢支持了這個想像，包括了 Em 及 E5 站早一點的海流。最長的 E 截面上也看見那裡切開了海灣內外兩個世界，甚至引出微弱的湧升動作，而且在海底爬進了灣內。灣外的水文截面則相形簡單，強流之故。

圖 1-36a 的順岸 5 道截面，協助推想灣內的水文 3D 結構。第 5 截面肯定了灣口線上的湧升局限在中央地方，且從淺礁在灣口的前緣底部爬進第 4 截面，到達第 3 截面。第 2 截面展示 D2、3 站的水向東擴展的動作，卻在東側遭遇野柳半島反彈流的對衝。再從 E1 站擠向排水口，也被東側反彈流推擠，西側則擠向 D1 站，而有第 1 截面所見的水文結構。

四、114 年第 4 季觀測

查詢氣象局網站，10 月 19 日至 11 月 4 日七個氣象站的資料如圖 1-37，這兩週東北季風強勁，氣壓和氣溫的變化亦呈振盪狀態，除了澎湖（編號 7）以外，其他各站都量到降雨，尤其金山氣象站（編號 3）和大屯山（編號 5）的雨量非常顯著，必對海域的水文結構有重大影響，必須銘記在心。難得 11 月 2 日一天海象大約平穩，立刻搶行出海探測。

（一）核一廠海域調查（114年11月2日）

本季依合約只執行核二廠海域調查。

（二）核二廠海域調查（114年11月2日）

（1）當日潮汐

當日基隆港的潮汐如圖 1-38a 之點線，虛線是鱗山鼻的潮汐，據之推估核二廠海域之潮汐為粗**黑色實線**。其高、低潮點的時間約為 L(01:15, -23 cm)、H(07:17, +42cm)、L(13:00, -39 cm) 及 H(19:45, +59cm)。基隆的最大潮差約為 1.1 m，當日基隆潮差約 69 cm，從圖 1-38b 基隆十一月潮汐資料可知，當日雖是小潮日，卻在混合潮交錯中，屬於較大的小潮日潮差。灰階區 NPP2 是當日灣內現場探測時段，開始於高潮點，然後全時間退潮，直到 R 測線探測完畢，剛過低潮點。

（2）海域流場

圖 1-39 展示當天上午於各生化測站作業時，同步執行 GPS 浮標觀測海流的結果，稱為 V_{GPS}。探測從 F1 站開始，在小漲潮結束的高潮點，海流當然不強。隨後逐漸退潮，F2~F4 站的水被灣口外 F5 的退潮流吸引出去。令人驚訝的是，遠海的 F6、E8~E6 各站居然仍在漲潮流從從停滯轉向退潮流的動作！而 E5 站已經達到約 2 節的退潮流。但灣的內、外流場界面分明，Em 站降速不足 1 節，E4 以內更是一片緩慢流場，而且仍是被吸出灣外的狀態。直到 D2 站以後，吸出灣外的海流才逐漸加強，卻在 D4 站的海流往淺礁衝去，似乎不曾見過！可是 D5 站看見的，好像是向西去的海流撞到淺礁反彈回來的樣子！一連串的驚訝，又在退潮末了看見 R5~R3 站出現強勁的漲潮流！怎麼回事？磺溪 R 測線應該是在低潮點的時間，卻提早出現很強的漲潮流，並在 R2~R1 呈現海岸地形逼迫減速的反時鐘渦轉，其中必有緣故吧？

圖 1-40a 展示從 HDB 資料庫依「潮坡」推算的網格流場每半小時時序 V_{HDB}，並依時間 t 嵌入 ±0.5 dt 內對應的圖 1-39 之 GPS 浮標觀測海流箭矢 V_{GPS}。仔細

查閱，有吻合之處，更有荒謬的抵觸。最令人驚訝的，又是 R 測線在 12:30 呈現的 R4~R2 間兩者的高度吻合！若非這次時間巧妙的低潮點觀測，哪會去留意那裡隨潮汐變化的流場動作時程，所以根本是常態！切記，這是東北季風時間，日以繼夜的向岸「風壓」，產生潮汐之外的淨流豈非高度期待。

於是計算 V_{GPS} 及 V_{HDB} 的兩者向量差，也就是第二節之三所述的「包裹式修正海流 PCC」（Packaged Calibration Current），流場以 V_{PCC} 表示，得圖 1-40b（上圖）的紅色箭矢結果，再展開成網格流圖如圖 1-40b（下圖），正是想看見的淨流結構－完美的東北季風淨流場圖騰！

再將 V_{HDB} 以向量法減去 V_{PCC}，即得如圖 1-40c 的修正 HDBP 流場 V_{CHDB}，細查每一測站的紅箭矢 V_{GPS}，吻合度近乎 100%，提供給各子計畫需求之用。

（3）溫度、鹽度水文場

由水文水質的化學子計畫執行 CTD 探測提供的資料，本計畫從 3D 分布研討如下列三項。

（3-1）各站垂直分布

D、E、F、R 四條測線共 25 站的溫度、鹽度資料繪如圖 1-41。整體看去，真是花樣繁多，必須先逐站查訪一趟。

從高潮點開始，F1 站果然有表層強勁的淡水，而且低溫，當然好奇低溫水哪裡來的？CTD 放收之間，即見溫、鹽剖線略有分岔的不穩定性。F2 站也大約如此，表層水的低溫低鹽較緩和，10 m 以下有約 10 m 厚的混合層，以下「似乎」要碰到下層不一樣的水。F3 站再加大演變，表層水的低溫低鹽更緩和，混合層更加厚到 20 m，一樣「似乎」要碰到下層另一種水。到 F4 站就不得了了，沒又了表層低溫低鹽水，30 m 以下極強大的低溫高鹽水赫然呈現，弔詭的是 30 m 深那裡高度的不穩定，CTD 下放至此時見到的是低鹽水，才轉眼上收時卻穿越了猛然高鹽的水，誠可信乎？請注意溫度剖線在那裡的分岔，好像不大，實則驚人，不能視其「垂直」上下間的差距，而是畫一條「水平」線交點的分立，太不可思議的兩種水正好交界在那裡！地理上，F4 站的位置並不很靠近野柳岬，不像是陸岸反彈流的擾動（事實上沒有看見反彈流），而是灣口線上的 F5 站居然已有不弱的退潮流壓擠過來，甚至一點時間之後的 E5 及 Em 站更見強勁退潮流的樣子，它們都在對抗東北季風布局的向西平均流給的水文環境，是以致之？

F5 站的水文結構已然強力混合，到灣外的 F6 站（圖 1-41b）則見全層高鹽而 20 m 以上高溫，那必須是東北季風下黑潮入侵東海的套流帶來的黑潮水，

E8~E6 三站更清楚驗證此事。進入灣口線外的 E5 站，即見黑潮水跟灣內水在狹窄而強勁的退潮流中撞擊交錯的後果，溫、鹽剖線高度扭曲，而且高度不穩定，30 m 以下的低溫高鹽水好像 F4 站那樣，「急欲」湧現，因為在鄰近的 Em 站卻寂靜無息，又是不可思議！Em 有 F5 的概念，卻是低溫，想像是 E5 站下層低溫水湧了上來。E4 站再保有灣內溫排水的高溫，那是順時鐘渦轉的海流箭矢沿著 D1~D3~E4 帶來的，這一路撇開了 D4，所以 D4 沒有高溫。更有趣的是，這一股灣內環流還把員潭溪排出前兩週大雨的大量淡水灑遍海灣西半邊及東南角的表層，F3 以北到灣外就沒有了。在東北季風強壓之下，又被淺礁封口一半，灣內的水在環流動作下找到 D4 站出口鑽進磺溪口海灣，果然造成那裡的水文結構又是稀奇古怪，10 m 以上冷、暖、淡、鹹，天下大亂，不是沒有道理！

D5 站規規矩矩，東北季風下，淡水送不到這裡，外海深層冷水湧現的環境低溫，也影響到 D4 站。轉進到 R 測線，這股低溫水早已從 D4 站那裡送來，而且 R5、R4 站更低溫，那裡偏北的強勁西流不可能逼迫外海深水向岸爬升。R3~R1 略見淡水，溫度拉高，應該是向北之流把大降雨的大量溪水貼岸北送，而 D4 那裡忽暖忽冷的野柳灣內溫排水也持續送來這裡，被溪口緩慢的海流給留了下來，成為環境條件。

又是一次精彩的海流與水文的相關作為，在海象嚴峻的冬季捕捉看見，何等珍貴。

（3-2）海面分布

表面水的溫度、鹽度等值圖 T_{sfc} 及 S_{sfc}（圖 1-42），展示上文細看各站的水文結構，卻得不到表面分布的概況。冬季外海大環境表水基本上高溫高鹽，是黑潮水的特質，符合這個季節盛行風場的結果。但是 R 測線外海有高鹽，卻出現低溫，因為 R4 與 R5 站之間是個渦轉的芯，可能有湧升動作，需下節討論水文截面時再檢驗。不過員潭溪的雨後淡水排放則十分明顯，把野柳灣完全霸占了。磺溪卻沒了排放作用？應該是溪口海流將之壓往兩側海岸，再被貼岸推送去了核一廠海域，可惜本季不探測那裡，無法證實。另外也可能被擠壓通過淺礁區，漏往野柳灣內去強化整個海灣的低鹽狀態，雖然 D 線測站的海流觀測沒有偵測到這樣的海流證據。

（3-3）測線垂直截面

圖 1-43a 左上套圖展示了 25 個測站規劃的九個水文截面，各截面資料跨越的時間，都約在 4.5 小時以內，小於一個同相位潮汐的概念時間 6 小時，可不必太為潮相顧慮。

上文的 T_{sfc} 及 S_{sfc} 看不出磺溪的 R 測線有什麼雨後淡水排放現象，右上套圖的 R 截面則清楚看見「略高」溫的「略低」鹽「水杓」在上層向外海推送出去，但止於 R3~R4 站之間，那裡是 R4 強流與 R3 海流突然變弱的界面，也就是流體力學上講的剪力區域，從白努力方程（Bernoulli equation）認知，R4 高速區壓力低，R3 高壓的水即被吸靠過去，同理深層的水也被吸了上來，而有湧升的動作，如額外穿插的綠色等值線所示，就是那股深海上來的冷而鹹的水，混合造就了整體鹽度偏高的環境條件。至於溫度分布，外海部分理應遍布黑潮入侵的溫暖水，卻是滿腹冷水，當然又是那股湧升水的功能。而溪口區「略高」溫的截面，又不符合冬季陸水應比海水低溫的道理，回顧上文已討論，就是 D4 站穿越淺礁的海流送來野柳灣溫排水，造就出溪口溫度的環境條件，處處呼應得理了。如此的水下世界，從圖 1-41b 的 R 測線各站水文資料是難以看透的。但要釐清，都是海流驅動的結果，不是潮汐，因為此時此刻正是低潮點啦，本不該有這樣的流場。

D 截面（圖 1-43b 左上套圖）的重點當然是內灣來自多日降雨的溪流表層淡水，而灣口擠壓進來的黑潮高鹽水（低溫是深海的事）把相對較高溫的水堆在海灣角落的 D1~D3 處，甚至堆到海底，不是只在表層有較高溫的水。

野柳灣東側的 F 截面居然也有 R 截面的海流快慢剪力的現象，灣口的 F5 站高流速，灣內 F4 站驟減，流向也呈現被吸引出去，導致中間湧升界面，只是這裡的外海明顯是黑潮的高溫高鹽水，灣內上層則是降雨溪排的淡水。

最長的 E 截面揭示了上述完整的動作畫面，E5 灣口線底下流場剪力的湧升界面，分開了灣內與灣外兩個各有所斯的世界。

圖 1-43a 的順岸截面套圖再提供一次灣內水文世界的東西方向之認知，整體概念是高溫高鹽的黑潮水從東側推送過來，不就是圖 1-40b 看見的東北季風下黑潮入侵套流帶動的淨流場作用，灣口比灣內鼎盛，理所當然。外海下層冷而鹹的水如常地爬進灣內，在灣的第 3、2、1 截面中央湧升，而大降雨的低密度淡水排放，主力在第 3 截面表層，就是 D3 那裡淡水供應源在順時鐘渦轉下的結果。

第四節 歷年監測資料統計分析

本計畫已執行 26 年，各子計畫的調查資料非常豐富，不僅對北部核電廠海域環境的了解提供深入認識，對海洋科學也提供了難得可貴的研究素材。本子計

畫的主題是海流，故應對大量的海流資料進行長期分析探討，可是本案是一年分四季調查，每一季節調查一次，每一次各海域只調查 3 個多小時，必須考慮這樣的流場時間序列資料應如何研究討論，不是傳統海流儀長時間連續觀測資料可以靠波譜分析。由於溫度場和鹽度場的水文場密切與流場互動，是本子計畫二十多年來的研討重心，而水文場是純量，較適於被時間序列方法加以研討，故先行處理，作為流場認知的呼應，墊基爾後發展本計畫向量流場應該如何長期分析。

一、流場之長期觀測分析方法

流場無法根據調查資料繪製長期時序來研討，因為單次調查不過數小時，又是潮流概念，必受大小潮日、漲退時段、內外海域等等因素糾纏，甚至局部風場、季節性大環境流場結構，都是探測海域內流場的影響因子。雖然溫排水流滾滾而出，其規模相去幾公里海域，實是不足為道，遑論產生什麼流場作用。早期十年以上的報告，均把海研二號每季ADCP掃測的大批3D海流資料繪成玫瑰分布圖（Rose Diagram），等於從統計上獲得當季的主要海流概念，均一致呈現夏季東南流勝於西北流，冬季反之，就是黑潮主軸在台灣東側季節性擺盪的結果：夏季把台灣北部的海水向東吸去一點，冬季則向西多推去一點，形成入侵套流。

然而，本報告第二節第三項已經陳述了運用早期海研2號研究船十幾年的ADCP海流掃測資料，配合氣象局提供的潮汐資料，琢磨出潮差與潮時如何與潮流準確相關，便可濾除當下觀測的「海流」中之該有的「潮流」，從而獲得當日海域中大環境附予的平均流場－是黑潮（赤道水）、東海（大陸沿岸流南下的江河之水）及台灣海峽（北上的南海水）三大機制大會合的特質。2019年之後，本案改用GPS浮標測流，在可接受的相容性認知下（10 m的ADCP與1 m的GPS流場不會有嚴重的誤差），串連兩者所有的海流資料形成更大規模的HDB歷史資料庫，已明顯大幅增加推算潮流的潮坡率之可靠度，就是本計畫長期海流觀測的重要成果之一。並且因此從現在的GPS浮標觀測的海流，推算出調查當日的平均流場來自何種機制，因而帶來何種大環境的水，提供生態調查結果的研判，應是學界首創，意義深遠。甚至假以時間處理，還可以回溯過去二十多年的平均流場。

二、溫度、鹽度場之長期觀測分析方法

欲知海域長期的溫、鹽時序如何演變，過去選擇各海域近岸（coastal）內12站的表水T_c（1~3 m）數據及背景（background）站T_b（C6和F6站）數據進行交叉統計研討，目的在監測溫排水的影響作用；而鹽度與溫排水無關，近岸卻常被雨

水排放攪局，沒有人為因素，故僅追查分析兩廠海域的背景值。如今累積了二十多年數十個測站的CTD資料，當採更具統計意義的時空交叉探究。

這些年來，七條探測線不變，但測站數及採樣季數有異，復以測站數甚多，海上作業又不可能精準定置船位，欲知海域水文結構的時空演變概念，每個測站單獨研討不只繁雜－目前達41站之多，最後還是要靠統計整理找出「主幹現象」。因此根據多年來對兩海域的深刻體認，又為了能從測站位置的經緯度快速分辨所屬何在，故將兩個海域以平行及垂直線分成五區、磺溪兩區，如圖1-44。

核一廠海域的第1區常受台灣海峽海流帶來南海或淡水河的水或大陸沿岸流帶來東海的水之影響；第2區則與遠在璜溪口排水受近岸潮流而互為影響；第3區是不受海岸干擾的正規潮流疊加黑潮入侵與東海水進退拉扯的強流區；第4區則是與外海東海水交錯的強流邊界區；第5區遠離而呈現隔離的東海背景環境。

核二廠海域的第1區是深受溫排水影響的地方；第2區在野柳灣的左側常與璜溪口排水互相穿越10 m淺礁互動；第3區在野柳灣的右側深受半島反彈退潮流而湧升底層水的影響；第4區在野柳灣口線上是海流進出灣內外的通道；第5區遠離而呈現黑潮水入侵套流進出的背景環境。

磺溪口測線海域因與野柳灣有交流動作而納入核二廠海域一起的分析計算，編成深受溪水影響的第6區；及與核一廠海域或黑潮入侵套流常在強流動作下因大彎型（bight）海岸線地形（海灣是bay）而渦轉推移陽明山雨水的第7區。

於是，每次探測的許多CTD資料皆依測站位置所屬分區（RGN：region）而分成三個深度全部相加平均之，分別是5 m以上的「表水」，10~30 m的「中層水」（混合層主體）及40 m以下的「底層水」－犧牲掉5~10 m及30~40 m的資料是為了「斷絕」層與層之間的曖昧－但貼岸測站或近岸區則無深層可探談。

因此，20多年龐大的HDB水文資料即濃縮到12區三層概念，甚至可以擴及所有生態數據，然後進行長期的時序數理統計分析，觀念上希望看見大尺度空間結構的低頻時間變化，獲知彼此如何交互作用，才有機會濾出每次觀測的「現場」內哪些才是「當下」的作用產生的局部高頻後果。於是，過去執行近岸站與背景站差異的探究即應廣被至各區的觀察與計算，例如「各區各層」的最大最小值（T_{max}、T_{min}、S_{max}、S_{min}），平均值（$\bar{T}$、$\bar{S}$）及搭配的標準差，過去的報告統計了與平均值相差的正、負或零的次數及百分比，仍有簡單意義。兩廠海域溫、鹽分別的背景差也能反映各種水團的地理分布概念，故應巧妙安排改成列印在地圖上，可一目瞭然，值得看看。時間序列上，除了數值分析外，配以12個月的「系集圖」（ensemble plot）－不論年份、只看月日的疊聚點陣圖，來觀察季節性的統計變化及擬合驗證，均應繪圖來審視討論之。

在此之前，肉眼觀察原始資料常是第一步認識，藉以進一步分析時留意是否呼應了科學印證，一如每季研討必一一走訪理解數十個水文場資料，等於先行認識一下。於是過去幾年皆試行了背景站（C6和F6站）溫、鹽數據的霍夫默勒圖（Hovmöller Diagram，簡稱H.D.圖）觀察之，也就是繪製時空展開的溫度、鹽度等值圖，橫軸是時間，縱軸是水深。由於海上探測日並非固定日期，故宜先把長期資料以客觀分析法內插成等時距，例如每半個月，再進行等值圖計算。遺憾的是，早年海研二號的電纜抗壓CTD可直達90 m海底，2020年以後漁船作業的人力放收迷你CTD只敢到達30 m水深，只能接續審察上層水文場的H.D.圖了。由於H.D.圖予人低頻的視覺感知，故根據美國國家海洋大氣總署（NOAA）公佈的「海洋尼紐指標」（Oceanic Niño Index：ONI），以粗紅曲線疊繪圖中，顯著大於0者為聖嬰年，顯著小於0為反聖嬰年，提供比對閱判有無「聖嬰/反聖嬰事件」的關聯。至於是否繪列12個區大量的H.D.圖，端視彼此有無特殊異樣再議。

數理分析上，「單一」參數的時間序列分析（time series analysis），一般皆採傅利葉轉換（Fourier Transform）方式來獲得波譜，以展現重要的訊號是何頻率，從而得知可能應是些什麼機制主控了時序資料的變化。但欲量化分析「時空」分布的資料，也就是包含空間結構的資料，學理上多以「經驗正交函數EOFs」（Empirical Orthogonal Functions）靠「交相關」矩陣計算，拆解「總變化量」（total variance）VAR為 n個主成分（principal components），稱為 n 個模態（mode），理論上 n=1~∞。以1D的時間序列資料而言，例如特定測站上長期的溫度$T(t)$ 之剖線L水深結構，

$$T(t) = \bar{T} + \sum_{n=1}^{\infty}(p_n \cdot f_n(t) \cdot T_n)$$

$$1 = \sum_{n=1}^{\infty} p_n \qquad \text{及} \qquad \text{VAR} = (\text{標準差})^2$$

$\bar{T}$為平均溫度之剖線結構；T_n為第n模態的特徵向量（eigen vector），也就是空間分布的結構；f_n為第n模態的特徵強度係數（eigen coefficient），也就是各時間該空間結構的強度；p_n則為第n模態所闡述的百分比成分。

交相關計算則視機制之訊號為一正弦波動，取空間尺度L之0.5n倍來處理，例如n=1就是抓出相對平均場的空間分布振盪（fluctuations）完全正相關變動的部分，n=2則為一半正相關、另一半負相關，n=3即一正、一負、一正，等等。詳細文獻如 Emery and Thomson (1998)、Preisendorfer (1998)及Hu and Chang (1992)。

三、長期觀測之分析結果

核一廠與核二廠海域共 12 區各三層水的溫、鹽基本統計值，不列成視之茫然的表格呈現，改以圍繞「平均值」方式，靠大小字及顏色區別，列印在海域地圖上的各區之內，以利結合長期以來研討數十季探測成果的認知概念，如圖 1-45 中黃色襯底方塊註釋的布陣：包含區號 RGN、極大值 max、極小值 min、大於平均值的次數 N>、小於平均值的次數 N<、標準差±σ、約 70%資料落在平均值+σ與−σ之間（故該區的溫、鹽差範圍七成在 2±σ，極值是「max−min」）。

（1）核一廠海域長期水溫之統計

自 91 年至今，核一廠海域共累計 82 季 HDB 水文資料，圖 1-45*a* 展示三層水的統計，左側溫度、右側鹽度，茲分層研討如下。

（a） 表層 *sfc*：[1] 溫度上，平均值$\bar{T}$呈近岸冷、外海暖，相差約 0.5℃餘，差額不大。最低溫在 RGN1 及 RGN2，難以聯想是台灣陸地四季影響的結果，恐怕還是東海水溫大環境的背景，而越往外海水溫上升，則是黑潮西側邊緣入侵套流進進出出提供的烘托餘溫。溫差範圍 70%在 2±σ約 8℃左右，應是季節性的統計，而極值可達 14℃餘，偶有特殊事件。七成的$\bar{T}$±σ也呼應越外海越增不穩定，平均值+σ與−σ一樣是「外暖近涼」。Tmax 似乎也配合，RGN1 稍反對，略比 RGN2 暖一點，有台灣海峽水的影子。可是 Tmin 竟然大致相反，有「外涼近暖」之勢，指出越外海越有機會被超冷的東海水偶然造訪；而 RGN2 及 RGN1 又降低，或許跟大陸沿岸流偶爾入侵的路徑有關，或是潛谷內經常有外海深層冷水貼著谷底爬進來湧升造成的特殊事件。至於 N>、N<的多寡，則考量彼此差額，N>顯著大於 N<時，表示高水溫到訪次數較多且多數與$\bar{T}$的溫差較小，低水溫時相反，意味「暖者多溫和、冷客常兇悍」。

[2] 鹽度上，平均值$\bar{S}$呈現全海域近乎均勻－如果相差 0.02‰（千分比）不必在乎，否則各區一致表達近岸必受陸山聚雨、溪水長流的淡化影響，而且被強流區 RGN3 限制，跟 RGN4 一刀切，連±σ也是在那界線上一個跳躍（相差 0.03‰，其他都是 0.01‰）的「外大於近」，推測原因跟溫度場

一樣，在東海低鹽大環境之內，外海是黑潮套流高鹽水的天下，岸區則是陸岸影響的潮流勢力範圍，前者「攪水」的力道大於後者。各區本身鹽差範圍 70%在 2±σ 約 0.8‰左右，遠大於全海域$\bar{S}$彼此相差的 0.02‰，當然是季節性的更迭，而極值約可達 2‰，也必有特殊事件。五區的 N> 一致「略大」於 N<，顯示黑潮高鹽水到訪次數較多一點而緩和，大陸沿岸流低鹽水壓境稍少而無味，意味「鹹者多溫和、冷客常酷淡」。

（b） 中層 *mid*：一般屬於混合層狀態，統計上應該趨近於表層現象，故著眼於跟表層對比的差異性。[1] 溫度上，平均值$\bar{T}_{mid}$ 比$\bar{T}_{sfc}$ 低了約 0.3~0.4℃，內外海分布概念則相同，所以差額就是氣溫對表水影響的份量。±σ 約比表水降低 0.2℃，各區差不多，也就是中層水較穩定一些，因此 70%的高低溫差也略低 0.5℃，但極值溫差則降至 13℃餘。N>、N<的差量顯著減少，揭露那裡的混合機制常能把攻入撤退的特殊事件均勻化解。

[2] 鹽度上，平均值$\bar{S}_{mid}$ 比$\bar{S}_{sfc}$ 顯著鹹了 0.05‰，說明表層水受降雨影響大或中層水受底層大洋性高鹽水影響大。±σ 約比表水降低可達 0.05‰，也說明中層水是較穩定一些。但是各區相差很多，RGN1 的兩層水只差了 0.01‰，變化度相似；強流區的兩層水差 0.03‰，外海兩區則躍至 0.05‰，再強調外海表鹽的鹹淡交替最強。N>、N<幾乎一樣，表示特殊事件較難分化混合的中層水鹽度。

（c） 底層 *btm*：[1] 溫度上，視各區水深而有明顯影響，因為取用 40 m 以下的資料統計之，當然較淺區沒有深區那麼深的水文特性，所以只宜單獨觀察自區的深海狀況。另外，需留意 RGN1 太淺而只有 A2 站偶爾有海研二號超過 40 m 的 CTD 觀測，致 82 季探測只有 18 次資料，統計結果之可信度偏低，僅作參考之用。其他四區之平均值$\bar{T}_{btm}$ 當然都比$\bar{T}_{mid}$ 低了若干，約 1℃餘（RGN5 達 2.6℃是因為早期海研二號探測達 90 m 深）。越往外海底層水溫越低，理所當然。趣味在 RGN2 比 RGN3 低溫，就是前述潛谷內常有外海深層冷水貼谷底爬進來的事。±σ 都全面降低，深海穩定，又理所當然。也因此，除 RGN5 以外，N>皆比 N<多一些，爬升比較厲害。

[2] 鹽度上，平均值$\bar{S}_{btm}$ 比$\bar{S}_{mid}$ 再鹹若干，RGN2~5 分別為 0.07、0.09、0.14、0.21‰，還是水深的事。±σ 全面降低和 N>、N<多寡之事，跟溫度同理。

（2）核二廠及磺溪海域長期水溫之統計

（a） 表層 *sfc*：[1] 溫度上，平均值$\bar{T}$明顯看見排水口 RGN1 最高溫，RGN2 次高－雖然只低 0.01℃，而 RGN3 溫度劇降 0.3℃餘，表示 RGN1 和 RGN2 這兩區才是溫排水主要匯聚的地方。RGN3 則常被退潮流攻入灣內反彈而順時鐘渦轉流去 RGN1 及 RGN2，且因野柳半島西側陡峭而生深水湧升，助長此區低溫特性。（另外插曲是，這裡海岸陡峭而多岩無沙灘，鄰近 RGN1 在排水口兩側便是沙灘，不論漲、退潮多盛行西流是重要漂沙機制。）灣口的 RGN4 是外海強流區，流場常跟磺溪外的 RGN7 關聯，結果兩區的$\bar{T}$居然一樣，都是低溫，而且 RGN7 跟溪口的 RGN6 低溫蠻接近－RGN6 稍高溫一點，應該是溫排水可略微穿越 10 m 淺礁區送到那裡的緣故。灣外更遠海的 RGN5 又再增溫，雖比不上溫排水囤積的 RGN1 及 RGN2，但仍呼應了那裡是黑潮套流之地（鹽度也同意），而且是經常性海流渦轉，不是想像的該有外海直線流徑的強勁潮流－那股強流常彎過 RGN7、再旋過 RGN4、然後擺過野柳半島岬、直衝基隆嶼……或反向而行，入灣者有限。溫差範圍 70%在 2±σ 略小於核一廠海域的 8℃左右，意味核二廠海域的穩定度略高一點。Tmax、Tmin 相差亦約 14℃餘，跟核一廠海域相似，偶有突發特殊事件造成極值。N>明顯全區多於 N<，也是「暖者多溫和、冷客常兇悍」，灣外有大環境衝突，灣內如核一廠海域的潛谷，每每灣外潮流想逛進蹓躂，即可能帶動外海深層冷水爬底溜進灣內，冷勁十足。[2] 鹽度上，平均值$\bar{S}$呈現外海鹹、向岸漸淡，磺溪口最淡，理所當然。磺溪外的 RGN6 及 RGN7 之±σ 最小，令人意外，其實長年來看見低鹽溪水很少跨越 R2 站，因為外海退潮流多半直衝向岸，然後旋進 RGN4 或順時鐘渦轉過 RGN6，把溪水貼岸送去核一廠海域，漲潮流則繞穿 10 m 淺礁，直接把溪水貼岸北送，是故。2±σ 告知 70%的鹽度範圍約 0.8‰，跟核一廠海域近似，但全海域$\bar{S}$彼此相差達 0.07‰，比核一廠海域的 0.02‰大，當然是磺溪的緣故。各區極值相差亦可達 2‰，跟核一廠海域等量齊觀。N>、N<多半相近，只在 RGN4、RGN5 差異大，易受外海特殊事件影響。

（b） 中層 *mid*：[1] 溫度上，平均值$\bar{T}$的分區佈局跟$\bar{T}_{sfc}$幾近相同，但排水口 RGN1 的溫度明顯的沒有$\bar{T}_{sfc}$那樣相對強勢，令高溫落在 RGN2，可見在 10 m 以下水深，浮於表層的溫排水「直噴」到灣內中央的規模不如被潮流「橫推」

到 RGN2 那裡。也因這個動作，致使 RGN1 的±σ為全區之冠，不穩定的溫排水到訪、外海底層水爬進來、野柳半島反彈流渦轉或迫使湧升冷水注入…，交相輪打此區，當然紊亂不穩。不過，中層水的穩定度一定都比表層大一些，理所當然。溫差範圍 70%在 2±σ略小於 8℃左右，連極值 Tmax、Tmin 數值及相差亦約 14℃，都跟核一廠海域相似，非常意外。N>、N<的多寡差異仍在，但磺溪外的 RGN6、RGN7 則縮小差值，意味那裡如果有事，增溫、減溫的威力大約差不多。

[2] 鹽度上，平均值$\bar{S}$的分區佈局也跟$\bar{S}_{sfc}$相同，只是全區都一致增鹽一些，因為淡水會上浮海面。鹽度不受溫排水影響，所以相對表層，沒有 RGN1 的溫度場引動，這裡鹽度的±σ跟其他區都差不多。但全區的±σ都比表層低一些，較穩定，理所當然。2±σ告知 70%的鹽度範圍皆小於 0.8‰，全海域$\bar{S}$彼此相差小於 0.02‰，跟表層差不多。各區自己極值相差不到 2‰，比表層低。RGN1~RGN4 的 N>、N<都接近，表示特殊事件難攻進灣內；灣外三區則差異較大，尤其 RGN5，更容易有突發狀況，且是 N>比 N<顯著較大，意味黑潮鹹水較溫和來去，而東海淡水隨退潮流旋入或引動深海高鹽水上湧，常是來去較烈。

（c） 下層 *btm*：海灣內水淺，沒有深層水可言。[1] 溫度上，平均值$\bar{T}$在 RGN4~RGN7 溫度均下降，理所當然。RGN7 比 RGN6 更低溫，沒有如中層水那樣相對全區拉高了溫度，又是更外海更深層更冷的水帶來了此區，而且較為常態，所以跟著全區±σ全部下降，表示比較穩定。溫差範圍 70%落在 2±σ的 7℃左右，極值 Tmax、Tmin 數值及相差亦略小於 13℃，都跟核一廠海域接近，意味兩廠距離相對離岸的深層海域而言，如同一體。但是兩廠海域各區觀測幾乎都是 N>大於 N<，卻在 RGN7 顯著相反，縱使發生過，也如 RGN6 非常接近，意味磺溪口外的下層世界居然是「暖者多兇悍、冷客常溫和」，若暖是黑潮動作，那要看鹽度的統計是否支持。

[2] 鹽度上，平均值$\bar{S}$的四區分布是外海較鹹，那是黑潮入侵的大洋深水；近灣較淡，有長期溪水注入的環境影響，但都比$\bar{S}_{mid}$高一點，仍是黑潮深層水的背景。全區±σ比$\bar{S}_{mid}$全部下降，表示更穩定。2±σ告知 70%的鹽度範圍皆約 0.7‰，而各區自己的極值相差僅約 1‰，比中層更低。RGN4 與 RGN5 的 N>、N<都接近，表示增鹽、減鹽的力道相當。可是 RGN7 則顯著差異，且兩倍於 RGN6，又跟溫度$\bar{T}_{btm}$的方式相反，若那仍是黑潮水

的進出，如何想像怎麼動作？也就是說：較少次的「高溫低鹽」水足以平衡掉較多次的「低溫高鹽」水，這樣敘述便指向前者是夏季的東海水，在下層「偶爾」發威，後者才是黑潮的深層水，柔和地「頻頻」推拿。

（3）溫、鹽場之離岸差異

電廠冷卻水排水口的水溫被法規管制，因此本計畫在核一廠與核二廠離岸 5 公里處均設有環境背景站，分別編號命名為 C6 站及 F6 站，那裡被認為不再被溫排水影響。因此長期以來，曾把近岸各站的「表層」最高水溫（被認定會受溫排水影響），拿來與背景站的表層資料比較，並分析兩廠海域鹽度平均值的長期時序，印證背景水的推測。今年度起，既已根據長期研討認知而將二十多年的水文資料統計成數區，那就以「排水口區」為基準，探討各區與基準區差異的時序統計（目前專注表層，是為了定睛溫排水的影響，以後可延伸中層）。結果如下：

（a） 核一廠海域

核一廠海域規劃第 2 區 RGN2 是排水口範圍（圖 1-44），圖 1-46*a* 即繪製了 RGN2−RGN1 至 RGN2−RGN5 共四種溫、鹽差的時序套圖。果然看見越離岸、溫差越大，卻是反向的高低態勢，也就是排水口 RGN2 居然低於 RGN5 或 RGN4，展示了長期以來分季討論常見的認識。會這樣，一是因出口的引水道平行海岸，在 108 年停機以前，溫排水向西北方排水，所以不大影響 RGN2；二是 RGN2 主體在潛谷區，受外海深層冷水爬進來湧升給的影響。不過，值得未來特別留意的是，在 110 年之後，似乎 RGN2−RGN4 及 RGN2−RGN5 正在趨向「相似」的 0 差概念，意涵過去是向西的溫排水「吸」出了潛谷內的谷底冷水－非常驚人的想像，再觀察幾年即可辨證，很期待。

鹽度的離岸差異（圖 1-46*a* 下半套圖）除了看見差異時序的振幅有離岸加大的現象，沒有其他訊號。故嘗試以 12 個月系集圖來研判有無季節動作，如圖 1-46*b*，並疊繪三個月的移動平均曲線，展示季節趨勢，再列印大於 0（+）及小於 0（−）的次數做移平狀態的參考。於是看見：溫度上，除了 RGN2、1 難分你我，其他各區都是溫度的夏秋差異達顛峰，也就是排水口的 RGN2 相對最涼（潛谷湧升最盛嗎？），冬春趨平（潛谷湧升弱化或外海本身季節性降溫）；鹽度上，

雖不是為溫排水考量，卻大約看見跟溫差的季節方式相反，冬春的外海多高鹽，不就是黑潮來了嘛。

（b） **核二廠海域**

核二廠海域規劃第 1 區 RGN1 是排水口範圍（圖 1-44），圖 1-46*c* 即繪製了 RGN1–RGN2 至 RGN1–RGN5 共四種溫、鹽差的時序套圖，期望看見溫排水造成海灣內、外的影響（圖中亦納入磺溪口外的 RGN6–RGN7 來觀察溪水區的離岸差異，以紅色及褐色曲線繪製來視覺區別）。由是隱約可見，RGN1–RGN2 似乎兩者伯仲之間，兩區都是溫排水之家嘛。RGN1–RGN3 及 RGN1–RGN4 則看見排水口的溫度優勢－正值大於負值，RGN3 是牆壁湧升作用，RGN4 是灣口強流動作；而 RGN1–RGN5 竟似乎又是伯仲之爭，只是戰況強烈，RGN5 那裡是外海強流區之北，經常渦轉旋入更遠的黑潮溫水，不輸溫排水，難怪了。鹽度上，似乎乏善可陳，不易看出顯著的現象。而有來往交流的磺溪口區域，視覺上難以分辨紅、褐曲線有何重要訊息，只有鹽差幅度極大，溪水攪和嘛。

圖 1-46*d* 以系集圖整理時序的直覺感，溫度上除了強化上述 RGN1>RGN3（綠點）及 RGN1>RGN4（藍點）的概念（N+及 N–數字亦量化旁證），看見了量化的移平溫差大約為 0.4℃。此外，RGN1–RGN2 仍是排水口區略勝一籌，54+比 37–。RGN1–RGN5 也是這樣，56+比 35–，移平溫差也小於 0.4℃。肉眼難辨之事，數字說話了。最下方套圖之磺溪口區域的 RGN6–RGN7 則確實內、外區難分伯仲，50+對 43–，很接近；移平溫差大多微小，只在夏、秋季之間略顯差異振幅，一時難以論斷穿越淺礁的溫排水關係，或許該懷疑九月沒有觀測資料之下的移平可能誤導了計算結果。

鹽差傾向河口或陸岸區較淡，理所當然，除了 RGN1–RGN2 例外，所有移平都是負值，N+及 N–數字亦都量化旁證，可見灣裡如皮囊，經常「存著」溪水。例外者，是因 RGN1 跟 RGN2 本屬同命區，但那是講溫度，卻看見 RGN2 常保更淡的水，莫非是員潭溪的水雖微弱卻經年輸入淡水，更不能輕忽隔了金山岬西側的磺溪，規模大且聚集陽明山雨量而來，其溪水與野柳灣溫水透過潮流穿越淺礁，已不在話下了。所以 RGN1–RGN2 的鹽度表現，已然理解。

（4）溫度、鹽度垂直結構之主分量分析

（4-1）霍夫默勒圖 H.D.分析

海水溫度、鹽度場的垂直結構是水文背景重要的參數，因此它們的長期演變狀況亦被關切，特別是風吹草動的異常事件。本計畫共有 41 個測站，如何全面整體一起探討是項困難的工作。我們先嚐試一、兩個具有代表性的測站，例如兩廠海域的背景站 C6 和 F6，並選用海研二號 90~109 年滿足 90 m 水深的 CTD 資料，依第二之七節所述方法繪製成「霍夫默勒圖（H.D.：Hovmöller Diagram）」，如圖 1-47a 及圖 1-47b。每站每 5 年一共四批套圖，每批套圖分上下兩個圖框，上圖框為紅藍色階溫度，下圖框為黃褐色階鹽度，橫軸的時間上以垂直點線標示探測日期之時間位置，由此清楚看見四季高、低值演變乃理所當然。自 109 年之後，改用漁船人工操作 CTD，下放深度受到限制，H.D.圖的水深減半，如圖 1-47c。而且核一廠開始每年只執行冬夏兩季，研讀水文結構隨時間如何展延時，需列入認知分析的考量。例如圖 1-47c (a) 之 111 年下半年出現長時間的低鹽水，未必可靠，因為核二廠沒有此事。

溫度的季節更迭穩定性較高，但 97 年和 102 年前後在兩廠海域皆出現低鹽跨年大幅延展的事件，而 104 年夏季低鹽則幾乎消失。根據美國國家海洋大氣總署（NOAA）公佈的「海洋尼紐指標」（Oceanic Niño Index：ONI），以粗紅曲線疊繪在圖 1-47 每 5 年套圖下方，數值 0 等同鹽度圖框的橫軸，顯著大於 0 為聖嬰年，顯著小於 0 為反聖嬰年。不論如何認定聖嬰年份，如果 97 年前後兩個海域的擴大淡水規模是 ONI 強勁負值的反聖嬰事件，那 102 年前後更強的淡水環境竟非明顯反聖嬰的負值 ONI 又如何解釋？需提醒，那般淡水只有東海水可以貢獻得出。同理，圖 1-47c 也很難看出 113 年強勁聖嬰 ONI 有什麼特殊的 H.D. 指示。直言之，僅從 H.D.圖對應 ONI 曲線，是難以看出有明顯的相關性。

另外，紅色區域顯示海域水溫上升之時，大約海水同步降鹽（黃色區域），也就是溫、鹽呈現反相位變化，夏天高溫低鹽，冬季反之。概念上，季節性水溫演變，是冬夏日照的差異。鹽度則是夏季黑潮東移拉走了高鹽水，東海淡水取代之；冬季黑潮入侵東海，則帶來高鹽水。但實際觀測必夾雜許多其他事件，必須採用量化的數值分析。

（4-2）經驗正交函數 EOFs 分析

計算第二節之七所述的經驗正交函數 EOFs，先試用環境背景站 C6 和 F6 的 CTD 資料，得如圖 1-48 之 a 及 b 兩頁。兩站均取前 4 個模態的結果，C6 分別拆出總變化量的 p_n 值為 72%、15%、6%及 3%，合計已共 96%，F6 則分別有 65%、15%、10.7%及 3.4%，合計已共 94%，確定了更高階模態應已無討論價值。

圖中(a)套圖為平均場及標準差，將之合繪在圖 1-48c 以資比較。左圖平均溫度看出核二廠海域 F6（黑虛線）的 30 m 上層水與核一廠海域 C6（黑實線）同溫暖，但 F6 上層較厚，約 60 m，而 C6 約 40 m，因此 F6 下層比 C6 高溫得多，核二廠比較靠近黑潮，理所當然。紅線的標準差（即總變化量）之溫度垂直分布跟黑線平均場走勢相同，意謂上層高溫，變化也大。但兩廠海域的總變化量，不論深淺，居然相似。挑剔看，40 m 上、下略有千秋之別，也跟地點有關，C6 那裡的上層「水溫」受東海、台灣海峽及黑潮水交迭輪替的程度應比 F6 那裡高，所以 C6 變化量大一點，下層則因 F6 較多受黑潮水進退的影響而變化度大一些。

圖 1-48c 右圖是鹽度的平均場，兩廠主結構都是上層淡、下層鹹，典型的大洋現象。也是 F6 上層比 C6 較鹹，也一樣較厚，意謂 C6 有較多東海低鹽水的機會；但下層相反，C6 反而較鹹，推測黑潮高鹽水應該會在 F6 更深的地方，到 C6 時因為海底陸棚地形變淺而抬升所致。鹽度的標準差則大約隨水深遞減，也就是越深、變化越小。但 F6 站幾乎全層高於 C6，意謂東海水和黑潮水在 F6 交會造成的「鹽度環境更迭」比 C6 明顯。值得再強調一次，一種水帶來送去時，不必其溫度跟鹽度一起跟著跑，前者包含物理的傳導作用，後者必須是化學的溶解物質交換，是不一樣的機制。

回顧圖 1-48 前兩頁之(b)套圖，為 EOFs 分析出的特徵向量之前四個模態主分量，它們必須搭配時間的強度係數（簡稱時間係數）及所佔總能量的百分比才有原質的意義，故將兩廠的解析值繪在一圖之內比較，是沒有什麼價值，故需翻閱圖 1-48a 及圖 1-48b 的兩頁圖來交叉觀察研討。

第 1 模態是「典型主體」的事，也就是兩廠溫度的 T1 及鹽度的 S1 特徵向量都是混合層轉折至斜溫層、斜鹽層之典型結構的「一致性」季節變動，都在 60 m 深度轉折，但上述有 C6 的 40 m 與 F6 的 60 m「平均」混合層厚度之差異，那是第 2 模態 T2 結構的功能，等一下再討論。

鹽度上，F6 站的 S1 垂直結構比 C6 站明確挺直，其 p_n 值亦顯示為 82%，高過 C6 的 65%。第 2 模態在 C6 站的 T2 與 S2 都強調了 40 m 厚的混合層「增減」溫度的動作，端視特徵強度係數 $T2_f$ 在某一時日的正負值而定；F6 站約在 50 m 處也有 S2 的轉折，但遠不如 C6 有那麼轉折明顯的混合層作用。40 m 或 50 m 下方的第 2 模態特徵向量上呈現了斜溫層、斜鹽層對平均場消長作用的概念，其最大值分別在 70m 與 80 m 深，F6 比 C6 深了約 10 m，也許還是因為海底水深的差異。第 3 模態與第 4 模態之特徵向量則闡釋混合層、斜溫/斜鹽層及底層一起「扭動」改變的方式，在海洋科學知識上實在難以消化那是什麼事情，其伴隨的百分比成分除了 C6 的 S3 達 10.7%，其他都很低，沒有追探的必要性，故(c)套圖只繪製到第 3 模態。

事實上，連第 3 模態都不易闡釋，其百分比成分已不高，故對各模態強度的時間係數（圖 1-48a,b 之(c)套圖）也就只需要定睛第 1、2 模態。掃眼 C6 與 F6 的(c)套圖，從每年以點線區分可立刻感覺的必是季節性正負值振盪，溫度場 $T1_f$ 嚴格這樣的交替，鹽度場 $S1_f$ 則出現若干次超越一年的同相位振幅，而且那時的 $S1_f$ 都是負值，且特徵向量 S1 全是正值，兩者乘積為負，p_1 的百分比又高，便把(a)套圖的平均鹽度降低，就是那段長期日子海水變淡的意思，就是圖 1-47 之 H.D. 圖見到的事件，不過那段時日 $S1_f$ 仍然包含了季節性的小振盪。與聖嬰訊號的 ONI 資料（藍色曲線）比較，一樣看不到相關性，不必費心了。

再者，饒有趣者是溫、鹽的振盪幾乎一致成「反相位」演變，回味上文曾提及兩者乃不同機制及作用，不必你動我必同時變。事實上細看它們兩者的波動，確有「相位延遲」的現象。於是繪製計算成一年的系集圖，亦只取有科學解釋意義的第 1、2 模態，得圖 1-48 的(d)套圖，從系集平均曲線即看見溫度、鹽度在統計上確呈反相位關係。第 1 模態的溫度相位轉換約在五月及十一月，推論之，一般四月轉換西南季風，水溫要晚一個月才開始增加，表示克服冬天的冷水環境要花時間；同理十月東北季風起，也要晚一個月消化掉暖水環境才開始降溫。鹽度相位轉換則約在一月及七月，所以第 1 模態的溫、鹽場彼此大約有兩個月的延遲。推論之，台灣北部大環境鹽度變動仍應歸因黑潮與東海水的推移為主，那是季風轉換的結果，確需要更長的時間來調整更換，從四月推到七月，十月推到一月，花了三個月呢。這事 C6 和 F6 都一樣，可見不是小海域的事。

不過，量化計算 $T1_f$ 和 $S1_f$ 的交相關函數，僅得−0.25 的最大交相關係數，且落在零時間延遲，也就是兩者反相位變化為完全同步的成分較多。可能因為有不少次鹽度場出現跨年長時間低鹽事件，縱使其間仍有對應的鹽度回升，卻不超過長期平均值而降低了交相關係數。故先執行 1 年的移動平均濾波，得到必定突出季節性的正負值變化，不再有跨年長時間低鹽事件，然後計算兩者之交相關函數，也只提高至−0.4 的交相關係數，一樣沒有時間延遲。上述系集圖的平均曲線所見之溫、鹽場時間延遲的討論，在交相關函數計算裡並未看見，說明了相關係數不高應該也有溫、鹽場常有延遲事件的因素。另外，必須提醒的是，圖 1-48a、b 中之（d）套圖的 S1 均有很大的標準差（即資料 x 點呈現大範圍離散），降低了平均值曲線意義的肯定性。

第 2 模態是「混合層-斜溫層、斜鹽層」的事。混合層是「大氣-海洋」垂直交互作用產生的「攪和」機制，是風場帶動波浪、海流的動力效果。當混合層加溫的時候（即 $T2_f$ 為正值時），必在夏季，黑潮東移，故也減少混合層的鹽度（$S2_f$ 為負值）；而夏季的斜溫層若說是受東海較冷環境的影響而減溫，鹽度卻不該增加（斜鹽層負負得正）才是，故應該來自深層更高鹽水的「上湧」動作，在許多

季的水文探討都論及湧升的事。由是，斜溫層減溫應當臆測是湧升的結果，而湧升現象可能來自海流從水底向岸邊爬升，更常來自海流的地轉動力效應，引發密度面傾斜的動作。

溫度相位轉換約在四月和十月，比第 1 模態早一個月，第 2 模態的鹽度約在五月及十一月，所以第 2 模態的溫、鹽大約只有一個月的延遲，但增溫、降鹽的加強期間都在夏季，冬季反向，只是強度時序的振幅及影響水文變化的百分比都遠不如第 1 模態的機制，已然從 $T2_f$ 和 $S2_f$ 量化揭櫫。如上再進行計算 $T2_f$ 和 $S2_f$ 的交相關函數，即得−0.81 很高的反相位之交相關係數值，從圖 1-48 的（c）套圖即可看見兩者高度的反向關係。

第 3 模態本不擬討論，但因 C6 測站的 S3 有 10.7%的闡釋比率，值得檢視一下。從上層正負值轉換的深度約為 30 m 可見，表層數值小，可以忽略不理，但下層又是斜鹽層的事，並被「底層」的高數值反向牽引，也許才是關鍵意義。T3 也大約如此，指出斜溫層與底層的交互動作，闡釋了 6%的總變化量。

至於納入更多測站的資料如何計算分析，例如以截面處理，或分層水平空間展現，皆將引人入勝，卻是驚人的博士論文工作量，將在本計畫第二年期程開始逐步進行。而海流部分，受限探測取樣的模式，沒有「季間」連續變化可言，應無 EOFs 分析內容可以期待。早期海研二號的 ADCP 長期觀測資料，配合「潮坡率」演算而竟從現在的 GPS 浮標測流獲得了淨流概念，就是因「長期」而累積的成果。也許還可能進行的是每廠海域分「內外左右中」5 個海域位置，分別把長期資料展現成玫瑰圖表達，那是很大的工作量，要下年度開發了。

第五節 總 結

本案新計畫配合核一廠與核二廠海域之生化採樣，改用漁船追蹤 GPS 定位浮標來觀測各測站海流狀況，據以檢視過去長期以研究船進行 ADCP 掃測的海流資料庫相對潮汐海面坡度所推算的潮流，兩者差異即視為潮汐分量以外多項難以釐清的影響機制形成的包裹修正淨流，從而獲致對應當日潮汐的網格化流場向

量時序圖。兩廠海域的潮汐，則從基隆港與鱗山鼻的氣象局預報潮以加權法計算可得，過去長久經驗，與海上潮流轉向的高潮/低潮時間，堪稱準確對應。

由於海流的動力直接帶動並解釋了水文場的分布方式，故細予追蹤探究解釋溫度、鹽度場的結構，包括各別站的垂直分布、兩廠海域的水面等值圖分布及串連測站形成的每一道截面之水文分布圖。一如過去，獲得應該看見的許多認識，都跟流場有密切的關聯，當然也有區域氣象的作用，例如降雨的淡水影響，甚至曾於 110 年第一季 2 月 21 日居然有幸「看見」包裹修正淨流，就是大陸沿岸流轉向入侵了台灣北部近岸海域，這是長久以來最被好奇的事，北部核電廠海域會不會出現大陸沿岸海域才有的特殊物種？至今各季的淨流，都呼應了黑潮在季風下向東偏移或向西入侵東海的作用。更甚者，112 年 8 月 20 日得到無法配合夏季應有的大環境流場概念，遂轉求北部海域金山以外的氣象站風場資料，證實了局部海域數天持續風力對淨流場的作用，從而影響潮流而合成現場海流的形態。

長期水文分析，十幾年以來，皆簡單檢取近岸測站跟背景站的溫、鹽資料繪製時序圖來研討，結論平庸，應該跟近岸小尺度範圍的水文受陸岸的作用，遠大過大尺度直接給的影響有關。於是縮影專注這些數據彼此間差異的統計，量化指出核一廠海域超過六成機率是近岸水溫低於 5 公里外的背景站；核二廠那裡則達九成是灣內水溫高過灣外的背景站。也就是說，核一廠海域屬性偏向開放海岸，以前電廠運轉時，那裡尚且因易於擴散而少見溫排水，如今停機，更是只展現陸岸及溪水的影響。反之，核二廠座落在野柳灣內，溫排水較易於積存而烘暖海域，故比灣外海域高溫若干。鹽度上，發生過幾次低於 32 ppt 的超低鹽度，都是探測前幾天發生強降雨，是本期計畫報告繪製氣象局金山氣象站的氣溫和雨量數據的原因；冬季多高鹽、夏季反之，推測乃前者跟黑潮入侵東海有關，後者則跟夏季多大雨有關。

數值上，本期開始嘗試採用「霍夫默勒圖」展現兩廠海域的 C6、F6 背景站之溫度、鹽度場垂直結構的時空分布，看見兩者有反應季節的延遲特性，也有若干年份的上層高溫高鹽水會擴張到較大的深度或夏季低鹽水竟跨年佈展，於是引用經驗正交函數 EOFs 的時空分析方法，拆解出主分量模態的特徵向量和配搭的強度的時間係數及它們貢獻到平均場之總變化量的百分比成份，獲致令人滿意的量化解釋本案長達二十年水文觀測豐富的海域認識，奠定其他各生化子計畫監測探討核一、二廠海域環境許多因子的動力背景概念。本子計畫下半期時間，將擴展這種分析方法至七個探測截面，達成全海域水文場的 3D 結構性特徵闡釋。至於流場資料，因其不具備季與季有限探測之間的演變連續性而恐無有意義的主分量分析結果，亦留待下半期計畫再繼續探索。

關於流場的長期分析，在潮流為主體的認知下，本計畫發展的「潮坡」方法，從長期的海研二號 ADCP 海流掃測資料，獲致兩廠海域內任意地點的潮流判定，是本計畫長期海流觀測的重大成果，並從現在的 GPS 浮標觀測的海流，推算出調查當日的平均流場來自何種機制，因而帶來何種大環境的水，提供生態調查結果的研判，應是學界首創，意義深遠。

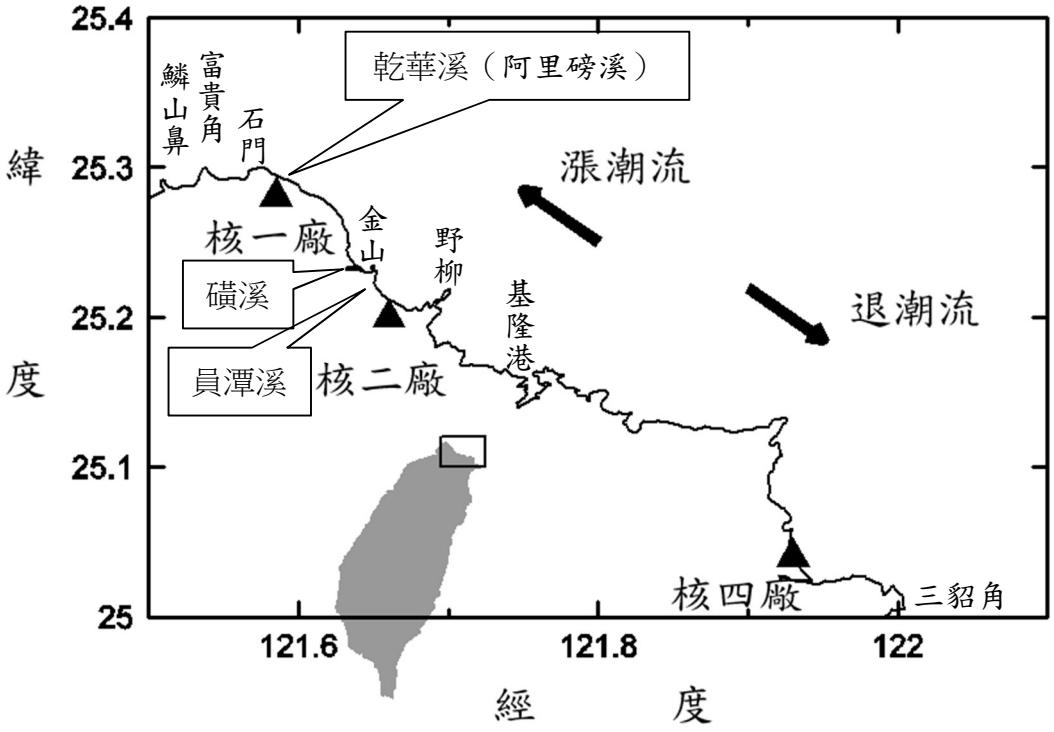


圖 1-1、台灣北部沿岸漲、退潮流概況及核一廠、核二廠、核四廠（▲）及基隆港與鱗山鼻潮位站位置。

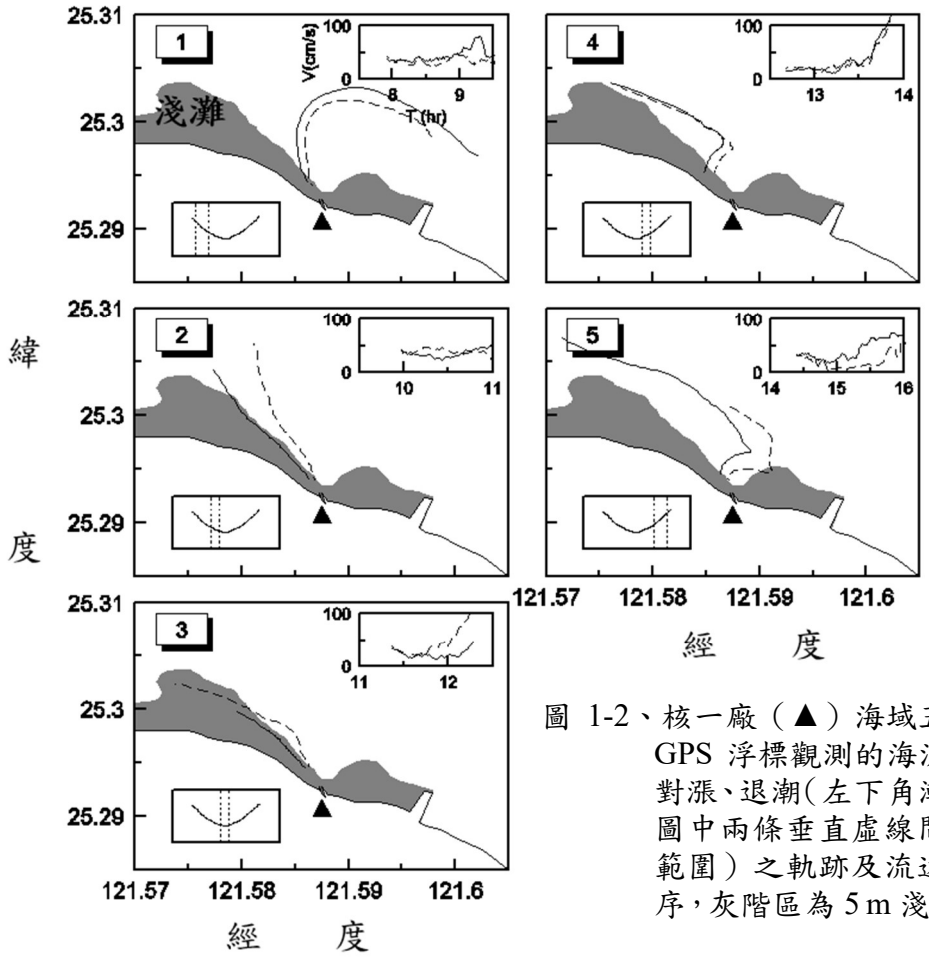


圖 1-2、核一廠（▲）海域五次 GPS 浮標觀測的海流相對漲、退潮（左下角潮汐圖中兩條垂直虛線間的範圍）之軌跡及流速時序，灰階區為 5 m 淺灘。

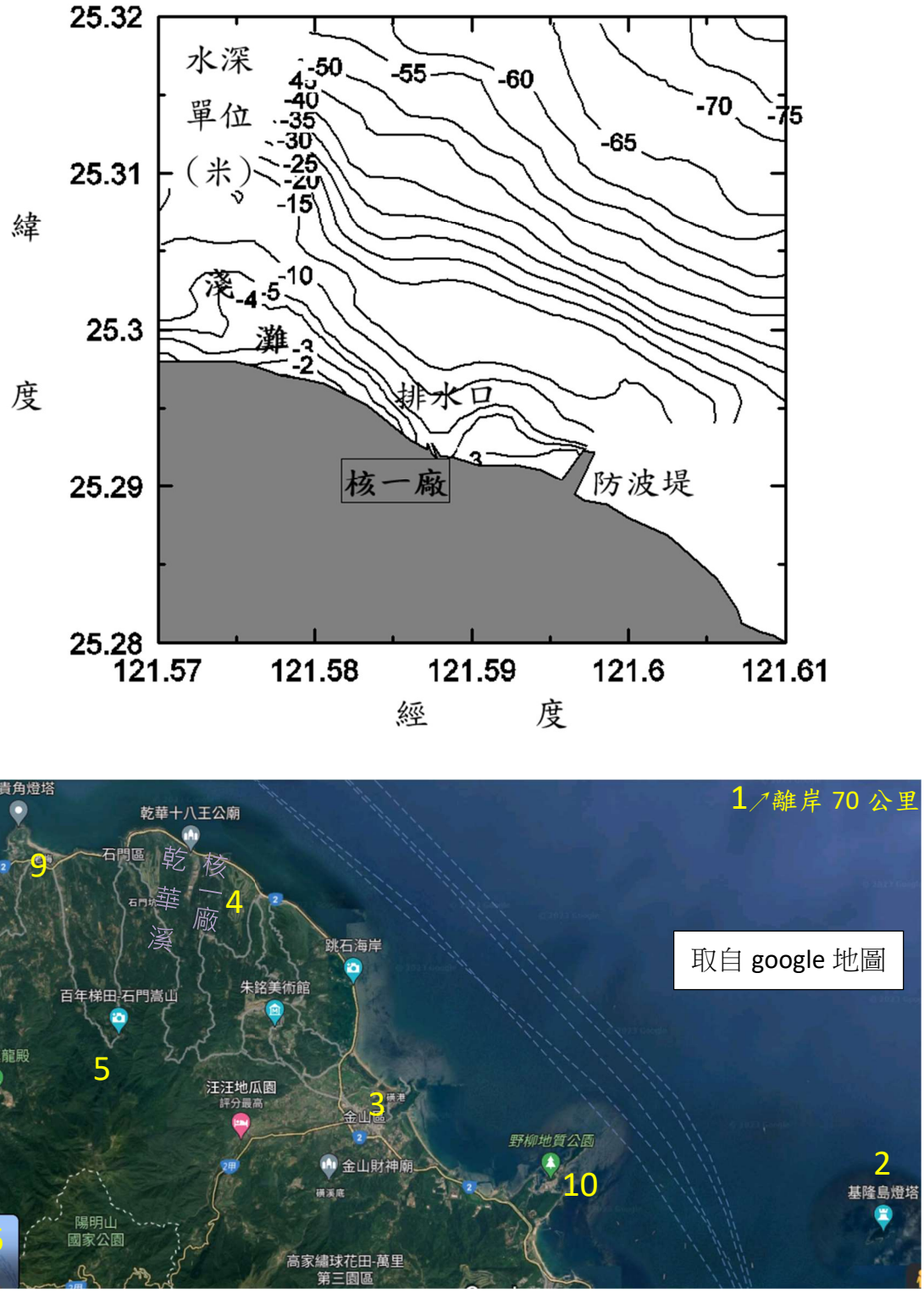


圖 1-3、（上圖）核一廠外海等深線，展示排水口西側的淺灘，是乾華溪潛在海面下 V 型山谷的西側山脊。（下圖）氣象局氣象站：1 彭佳嶼、2 基隆嶼、3 金山、4 石門、5 大屯山、6 龜山島、7 澎湖、8 三貂角、9 白沙灣、10 野柳。

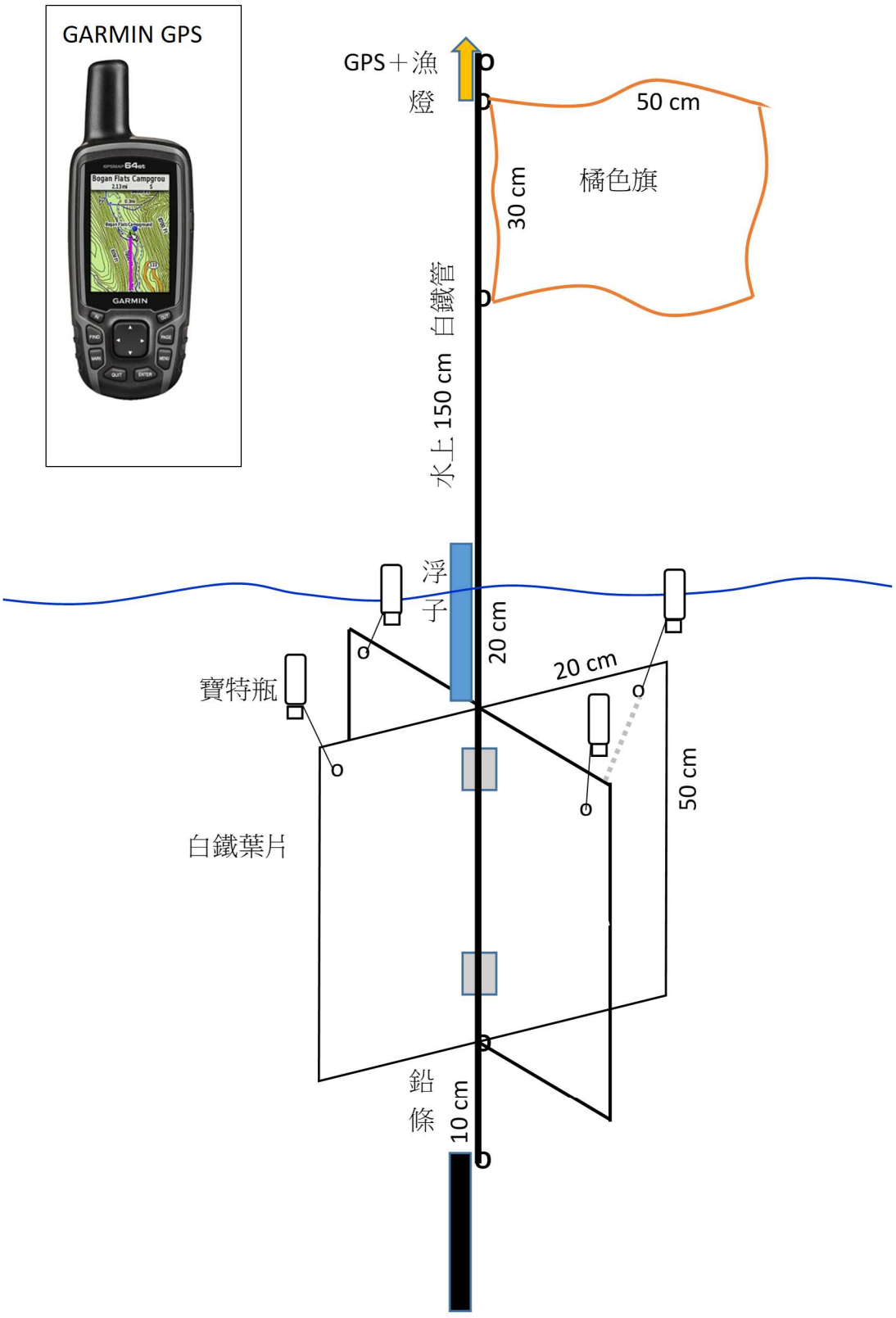


圖 1-4、GPS 測流浮標的設計圖。

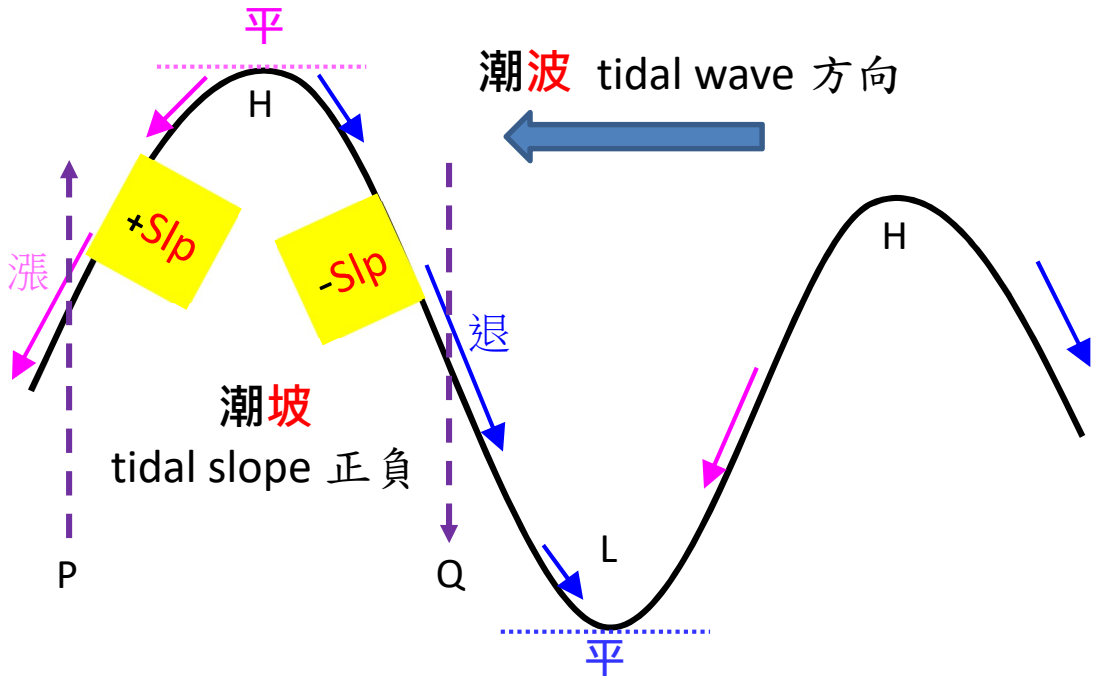


圖 1-5a、潮波從右（東）向左（西）傳播，在 P、Q 兩地點造成水位上升、下降的漲、退潮汐，而水沿著海面斜坡從高潮點向低潮點滑動，形成漲、退潮流，其流速快、慢和潮坡陡、緩顯然有關，平潮時海面應呈靜止。

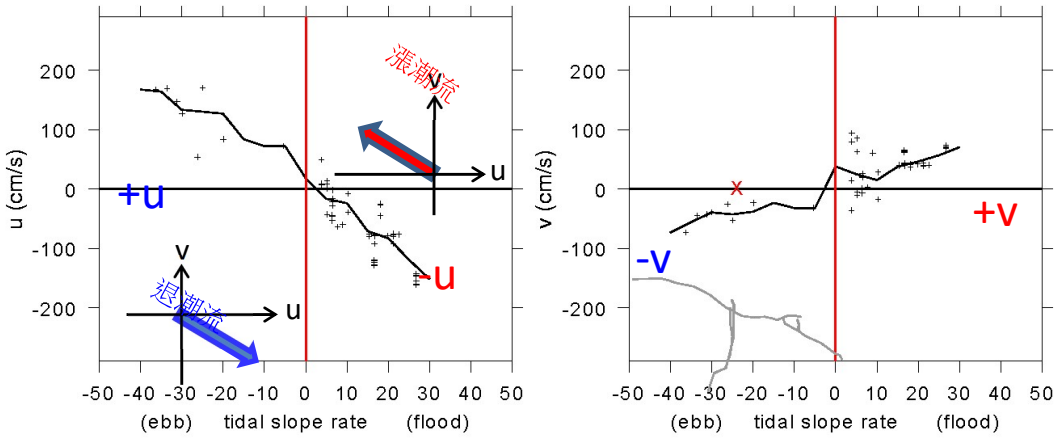


圖 1-5b、右側嵌圖中之灰色海岸線顯示的核一廠海域 X 點網格上，歷年 ADCP 探測的潮流速度 u、v 分量資料（符號+）相對潮坡率的分佈圖。正值潮坡率是漲潮狀態，負值是退潮，紅線 0 值是平潮狀態。實線是每 5 個潮坡率單位的平均值趨勢，提供該網格點在某潮坡率的海流推算之依據。紅、藍色大箭矢提示漲、退潮流之 u、v 分量的正、負值概念。

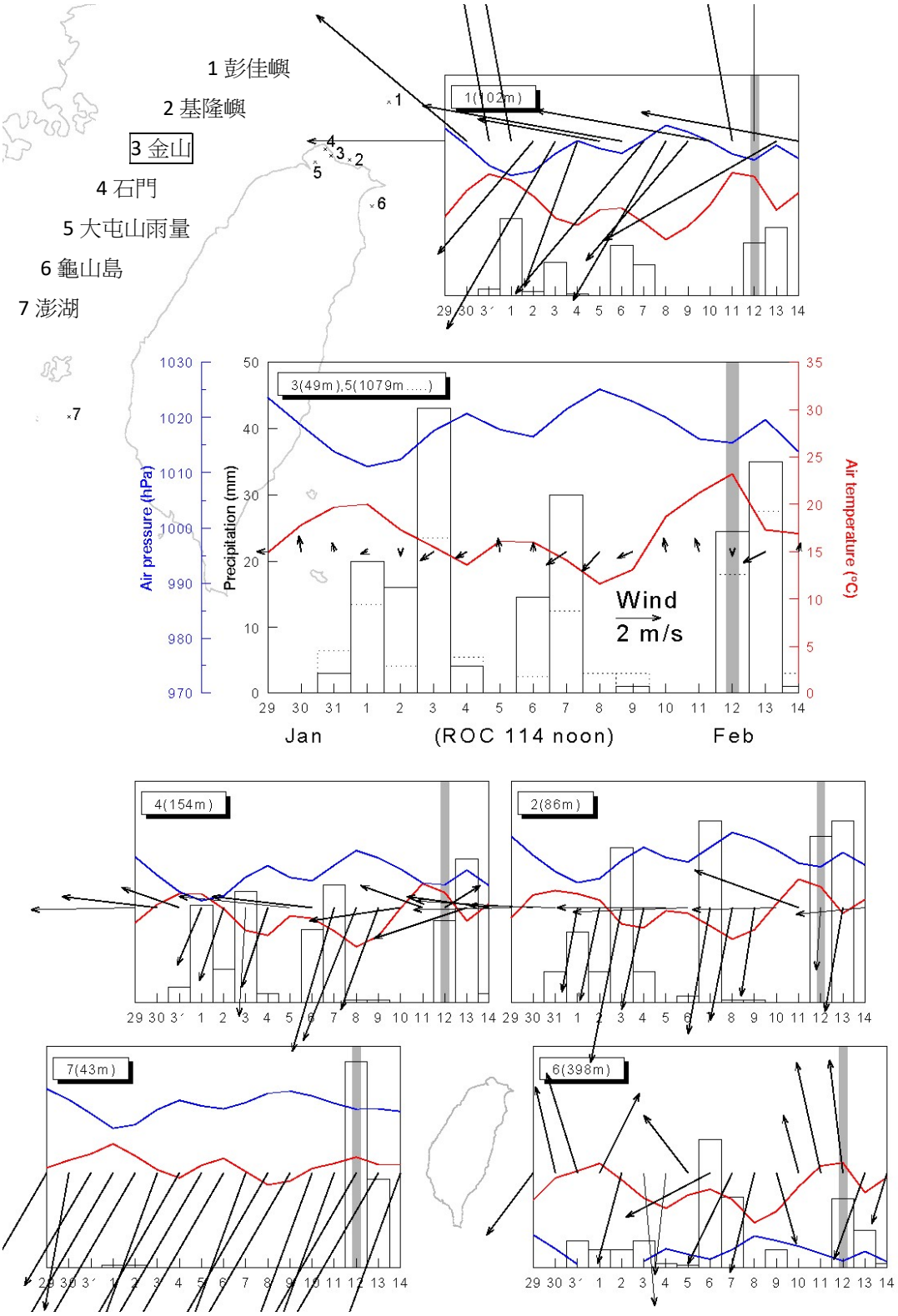


圖 1-6、114 年 2 月 12 日海域調查時（灰階線範圍），前兩週七個觀測站的氣象：氣溫（紅線）、氣壓（藍線）、雨量（直方線）及風場（箭矢）。編號 3 的金山氣象站最靠近核一廠與核二廠海域，編號 5 的大屯山僅使用雨量（虛線），雨量超過 50mm 以數字標示，氣象站編號之括號內為海拔高度。

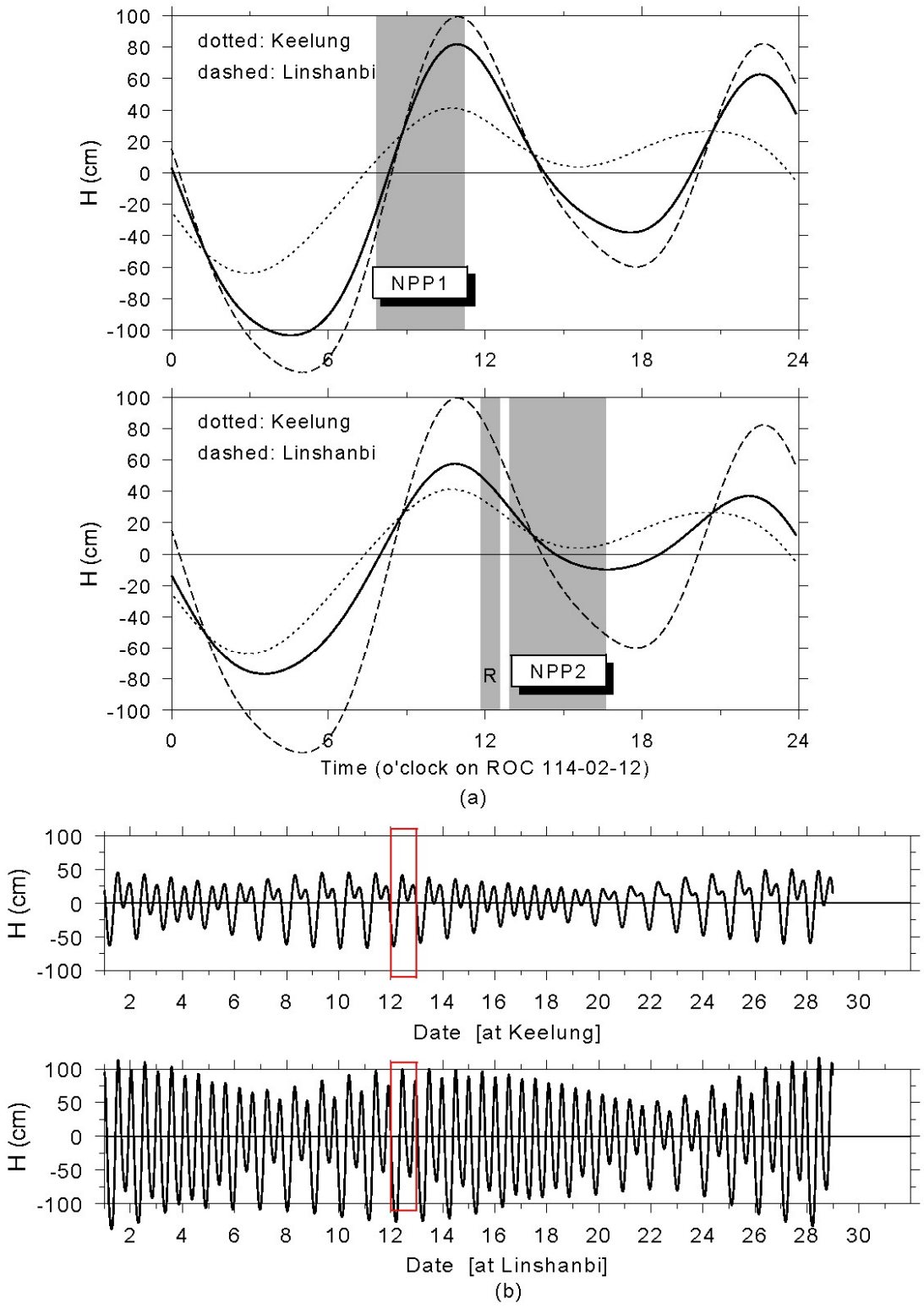
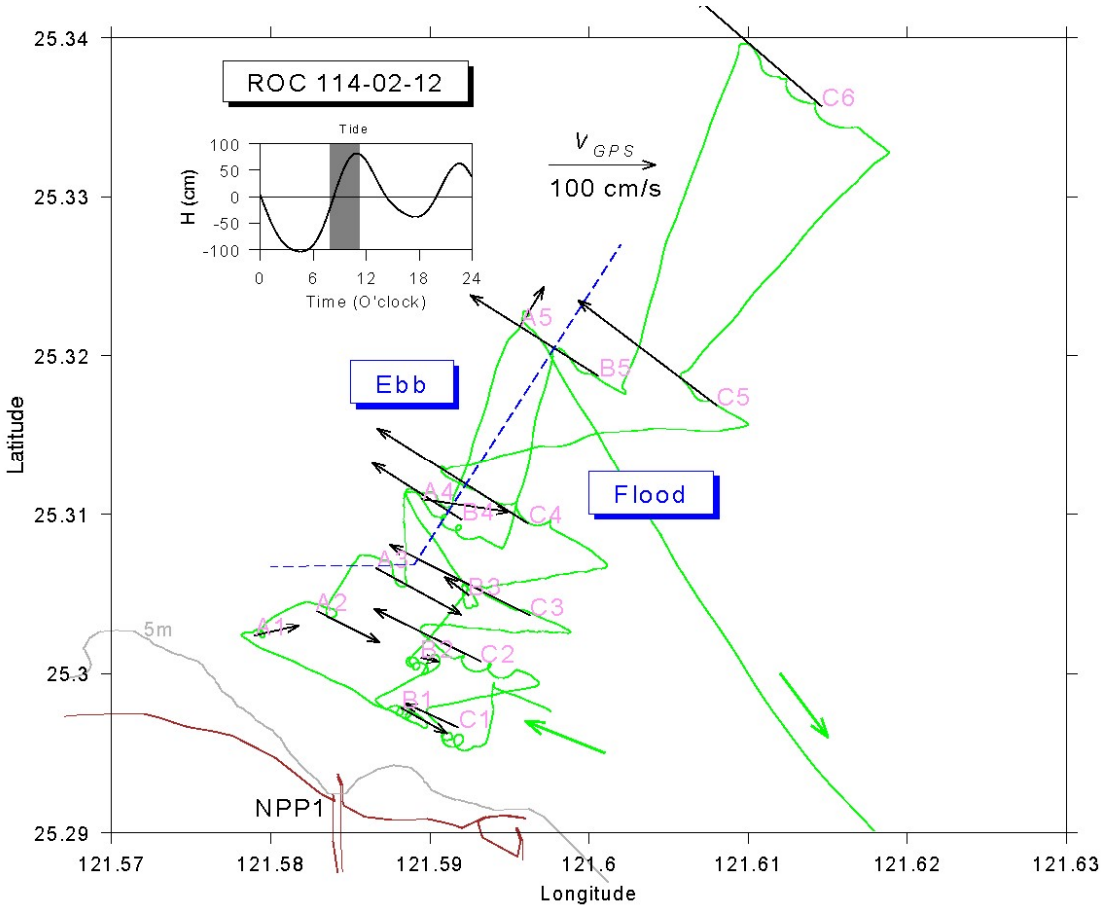


圖 1-7、114 年 2 月 12 日海域調查時，(a) 當日的潮汐（實線），從基隆（點線）與鱗山鼻（虛線）潮汐推估而得，灰階範圍是探測時段，核二廠海域包括磺溪口（R）調查。(b) 基隆與鱗山鼻的二月潮汐，紅框標示探測日，助判當日是大潮日、中潮日或小潮日。



站	時間	經度	緯度	u (cm/s)	v	流速
C1	7:50	121.5918	25.2966	-50.3	23.0	55.3
C2	8: 6	121.5932	25.3007	-101.1	49.7	112.6
C3	8:20	121.5963	25.3036	-132.3	66.7	148.2
C4	8:34	121.5962	25.3094	-142.2	90.4	168.5
C5	8:54	121.6080	25.3169	-130.7	99.0	163.9
C6	9:11	121.6146	25.3357	-121.0	104.7	160.1
B5	9:33	121.6006	25.3187	-120.9	76.4	143.0
B4	9:48	121.5920	25.3096	-84.4	53.9	100.1
B3	10: 1	121.5924	25.3049	-22.9	17.1	28.6
B2	10:12	121.5894	25.3010	17.0	-3.8	17.5
B1	10:25	121.5882	25.2978	43.7	-24.2	49.9
A1	10:39	121.5790	25.3024	42.7	9.8	43.8
A2	10:46	121.5828	25.3039	60.1	-30.2	67.3
A3	10:53	121.5866	25.3066	80.5	-44.0	91.8
A4	11: 1	121.5895	25.3109	82.9	-12.0	83.8
A5	11:11	121.5957	25.3219	22.1	36.2	42.4

圖 1-8、114 年 2 月 12 日使用 GPS 浮標，追蹤調查核一廠海域各站的海流向量 V_{GPS} 及數據。圖中箭矢起始點為放、收浮標的中央位置，綠線為航行軌跡，藍虛線區隔漲、退潮時區，左上小圖為探測時段的潮汐。

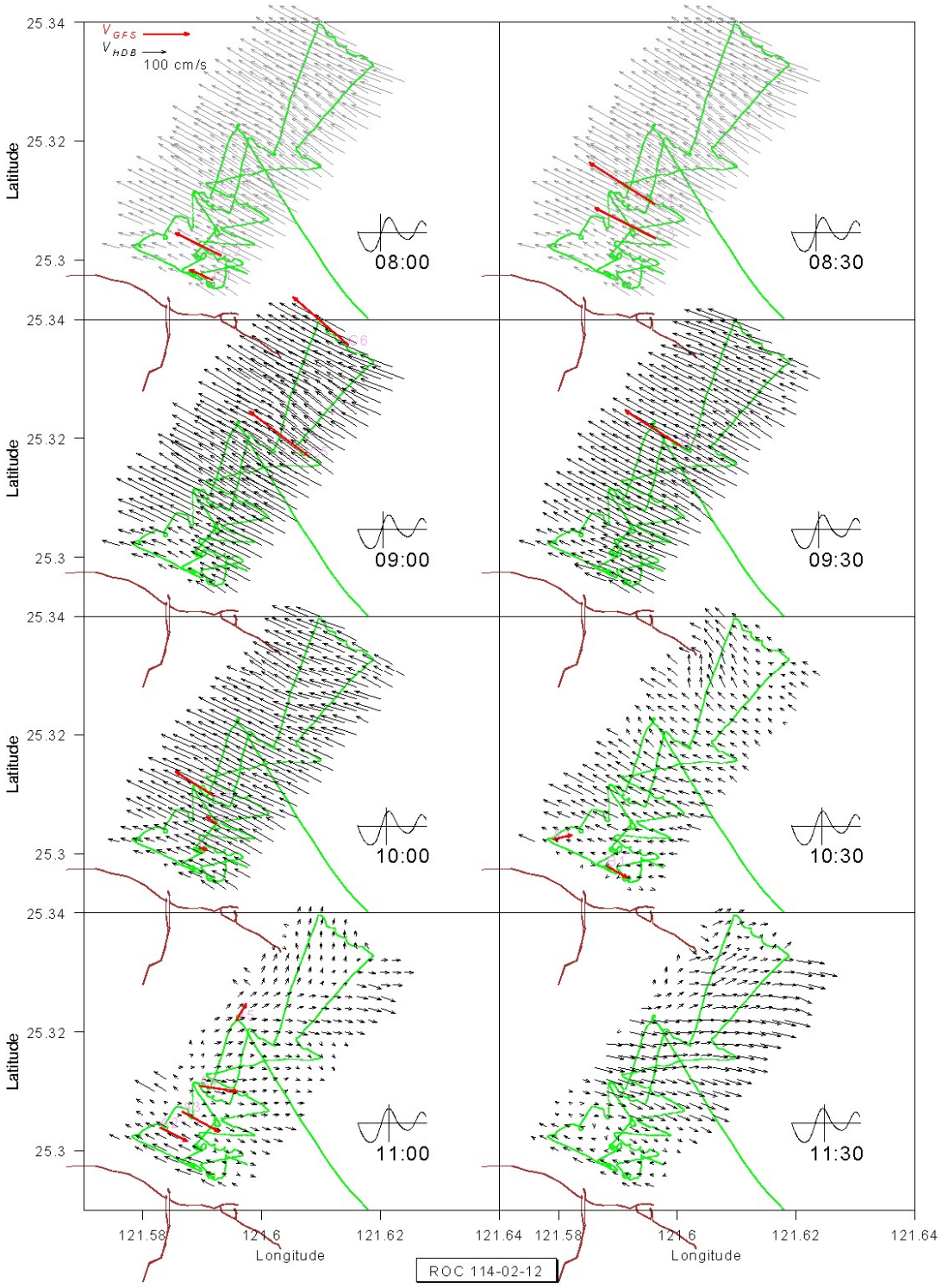


圖 1-9a、114 年 2 月 12 日核一廠海域調查時的每半小時 V_{HDB} 流場（灰箭矢是歷史資料缺乏該潮坡斜率之觀測而以外插計算的流場），右下角潮汐簡圖指出該流場的潮時。綠色線是航跡，淡紅字編號是該半小時中進行的水文生化調查測站。為了在流場中凸顯，以紅色箭矢繪出對應時段的 GPS 浮標觀測之海流向量 V_{GPS}，並放大如 100 cm/s 尺標所示。

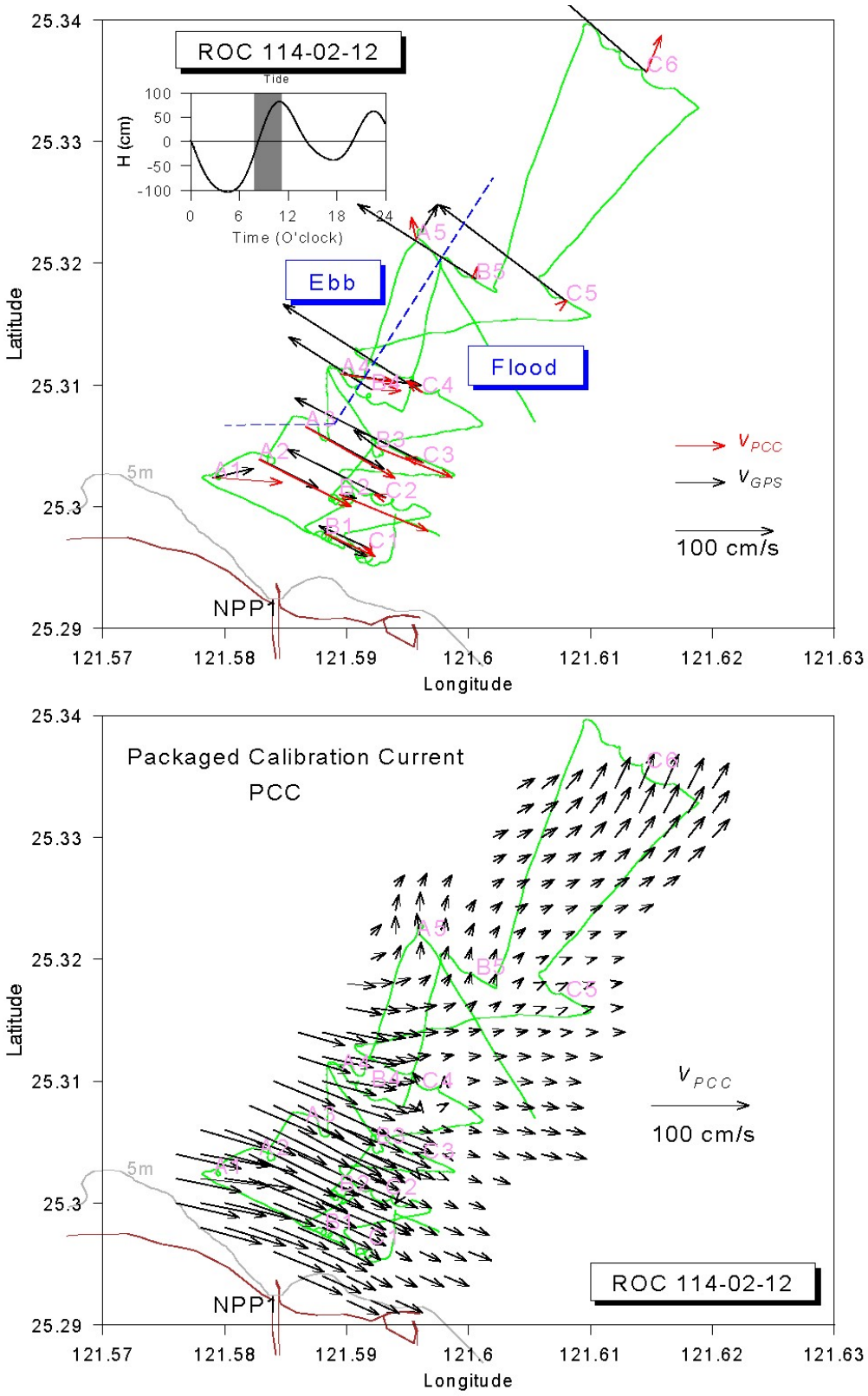


圖 1-9b、（上圖）GPS 浮標觀測的海流 V_{GPS}（黑箭矢）減去圖 1-8a 的 HDB 潮流 V_{HDB}，得到包裹式修正海流 PCC（紅箭矢）的流場 V_{PCC}。（下圖）客觀分析法展延上圖至網格分布，得到 PCC 流場。

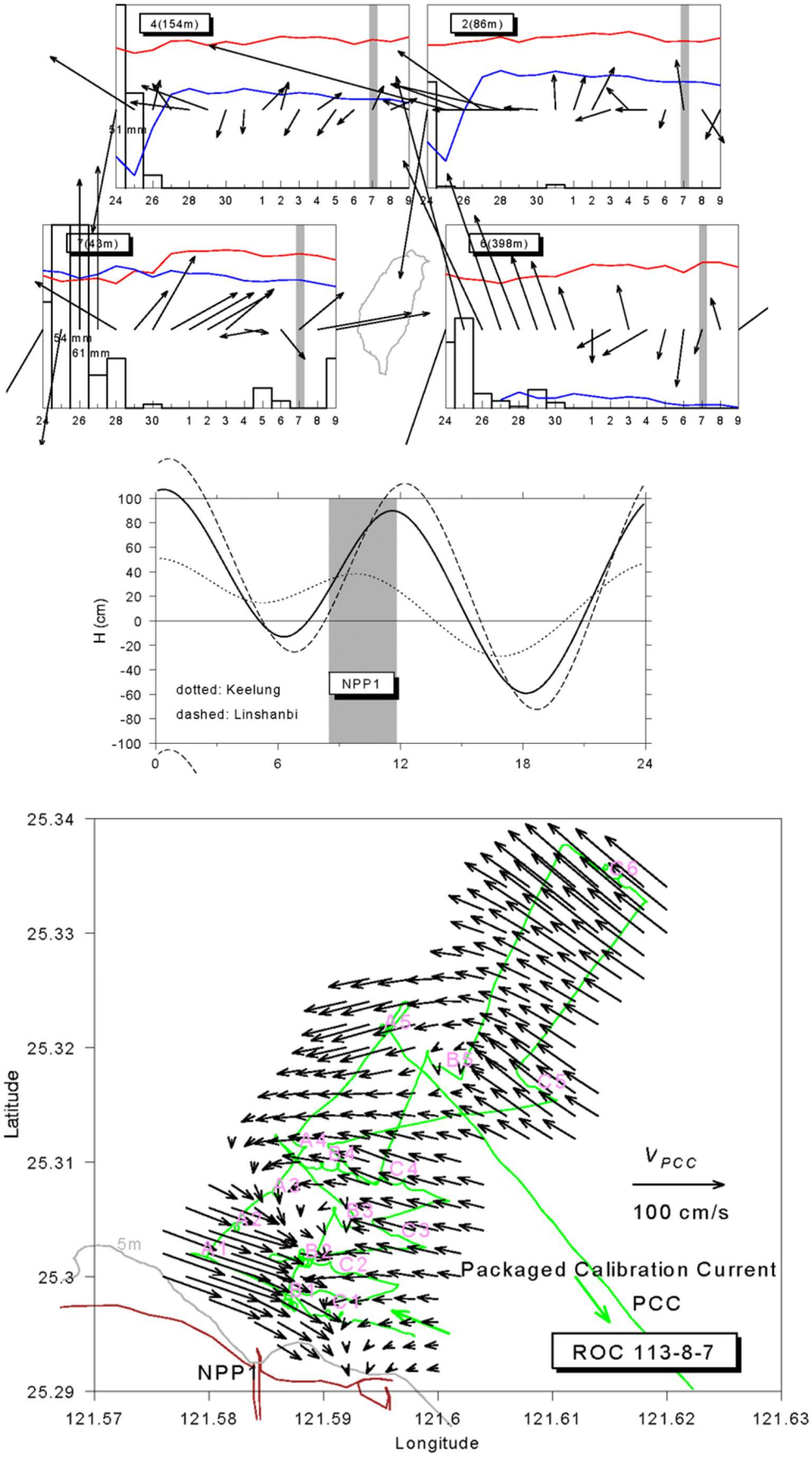


圖 1-9b（往例）、113 年 8 月 7 日的 4 石門風場、核一廠潮汐及淨流場。

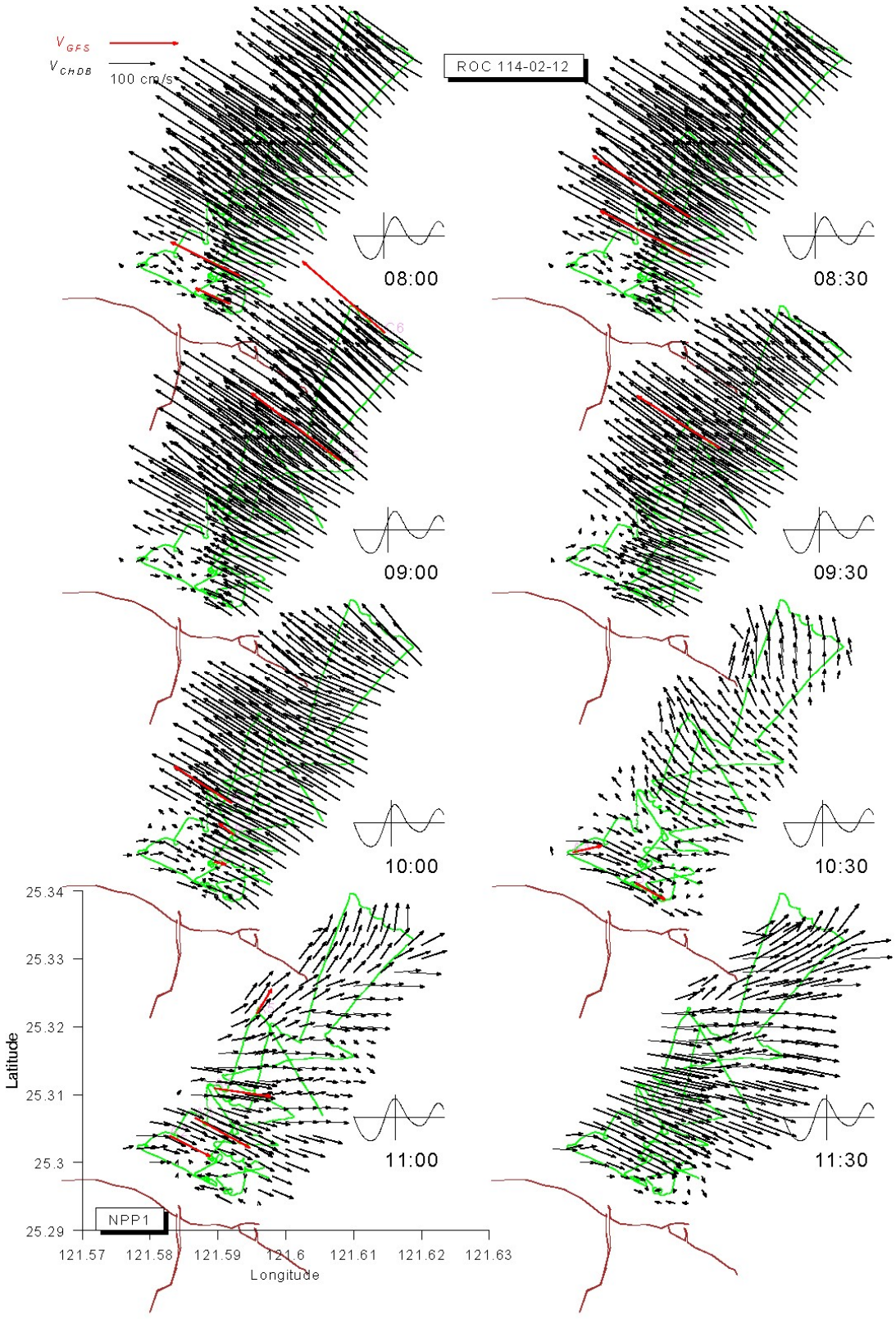


圖 1-9c、圖 1-9a 的 HDB 潮流時序 V_{HDB} 與圖 1-9b 的包裹修正海流 V_{PCC} 的合向量 V_{CHDB}，顯示與對應 GPS 浮標觀測海流 V_{GPS}（紅箭矢）的吻合性（去除每一時序圖框，是為了盡量放大，以利檢視）。

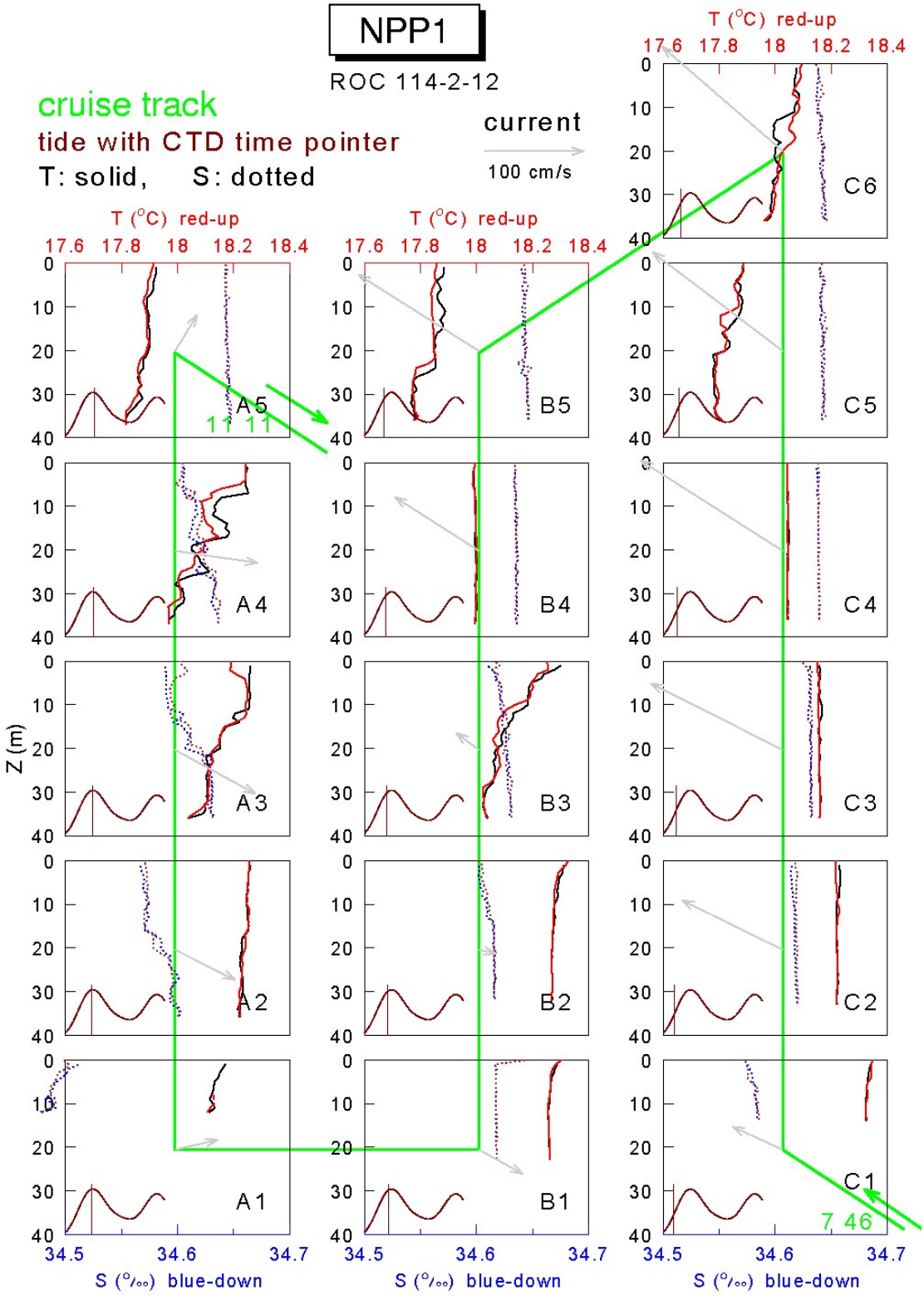


圖 1-10、114 年 2 月 12 日核一廠海域執行 16 站 CTD 探測的溫度（實線，下放黑線、上收紅線）、鹽度（點線，下放藍線、上收褐線）的每 1m 資料。綠線為航行各站的探測順序，灰色箭矢為當時的海流，每站左下角為當日潮汐，並標示執行 CTD 的時間棒。

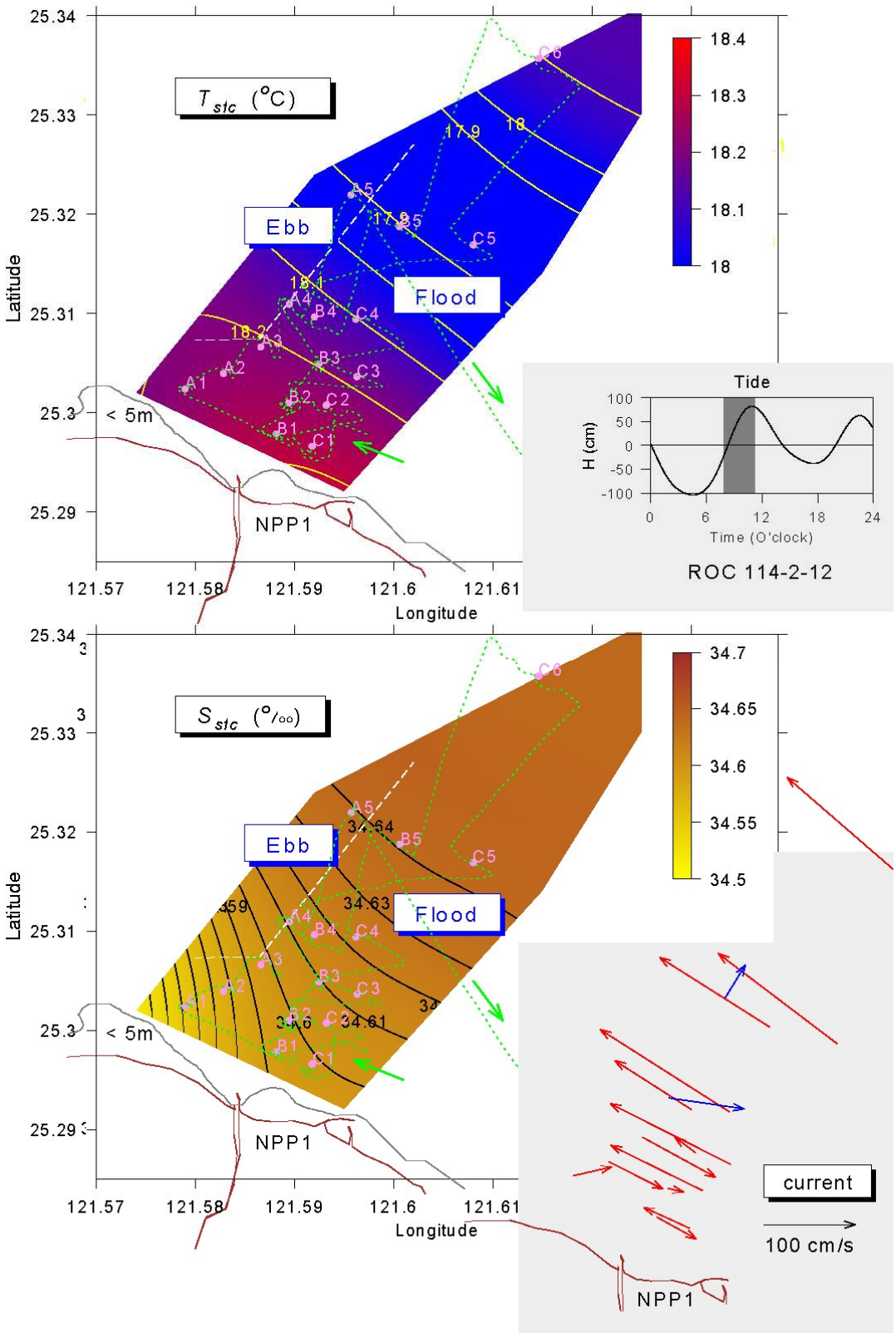


圖 1-11、114 年 2 月 12 日核一廠海域 CTD 測站海面的溫度 T_{sfc}、鹽度 S_{sfc} 等值圖，綠色虛線為航行軌跡，漲、退潮區以直虛線分隔。右上嵌圖為探測時段的潮汐，右下為各站海流向量，漲潮流紅箭矢，退潮流藍箭矢。

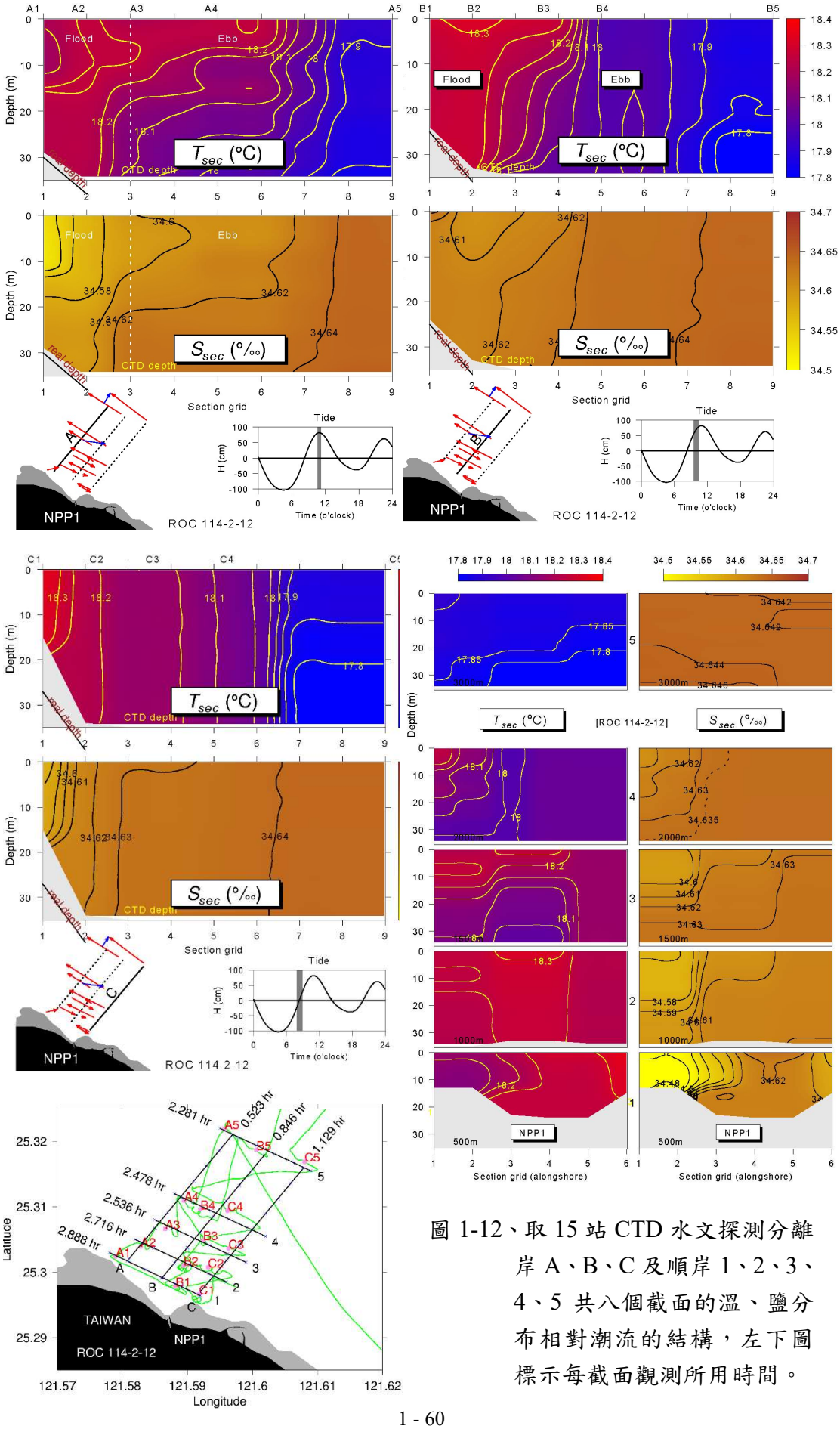
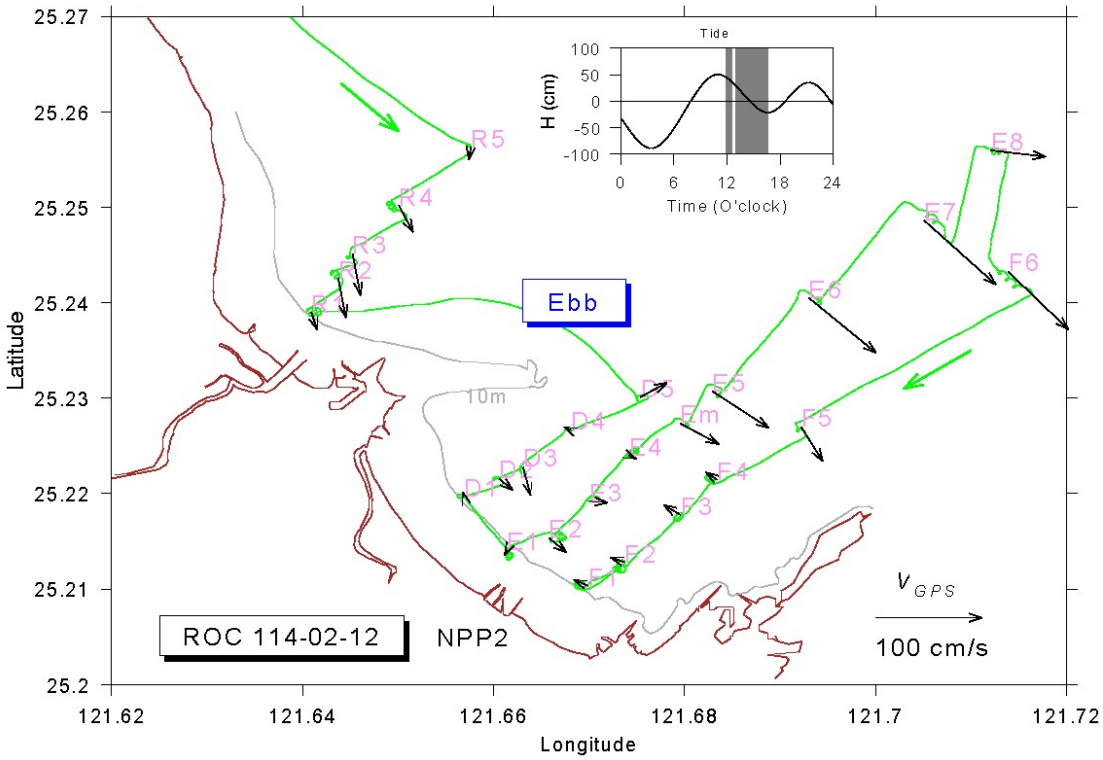


圖 1-12、取 15 站 CTD 水文探測分離岸 A、B、C 及順岸 1、2、3、4、5 共八個截面的溫、鹽分布相對潮流的結構，左下圖標示每截面觀測所用時間。



站	時間	經度	緯度	u (cm/s)	v	流速
R5	11:50	121.6576	25.2563	-1.9	-11.9	12.1
R4	12: 2	121.6501	25.2502	13.3	-25.1	28.4
R3	12:13	121.6452	25.2452	7.5	-39.2	39.9
R2	12:22	121.6437	25.2425	7.1	-36.8	37.5
R1	12:33	121.6409	25.2390	5.5	-16.4	17.3
D5	12:54	121.6754	25.2301	25.0	13.4	28.3
D4	13: 3	121.6681	25.2267	-6.8	3.0	7.5
D3	13:10	121.6631	25.2228	7.1	-26.6	27.5
D2	13:16	121.6606	25.2216	12.8	-10.8	16.7
D1	13:23	121.6569	25.2197	-1.4	4.4	4.6
E1	13:33	121.6614	25.2141	-2.3	-4.4	5.0
E2	13:45	121.6658	25.2154	16.5	-13.8	21.5
E3	13:58	121.6700	25.2192	16.9	-1.4	16.9
E4	14:10	121.6742	25.2240	6.9	-3.1	7.6
Em	14:22	121.6795	25.2274	36.7	-19.6	41.6
E5	14:29	121.6829	25.2307	52.9	-34.4	63.1
E6	14:41	121.6930	25.2405	63.5	-51.9	82.0
E7	14:56	121.7051	25.2486	67.7	-60.6	90.9
E8	15:12	121.7121	25.2560	51.8	-5.9	52.2
F6	15:28	121.7139	25.2433	56.7	-54.6	78.7
F5	15:48	121.6922	25.2270	20.4	-32.6	38.4
F4	16: 0	121.6834	25.2214	-10.6	7.0	12.7
F3	16:11	121.6796	25.2178	-15.9	9.5	18.5
F2	16:23	121.6737	25.2128	-13.4	4.7	14.2
F1	16:36	121.6699	25.2103	-13.1	5.8	14.3

圖 1-13、114 年 2 月 12 日使用 GPS 浮標，追蹤調查核二廠海域各站的海流向量 V_{GPS} 及數據。圖中箭矢起始點為放、收浮標的中央位置，綠線為航行軌跡，藍虛線區隔漲、退潮時區，上方小圖為探測時段的潮汐。

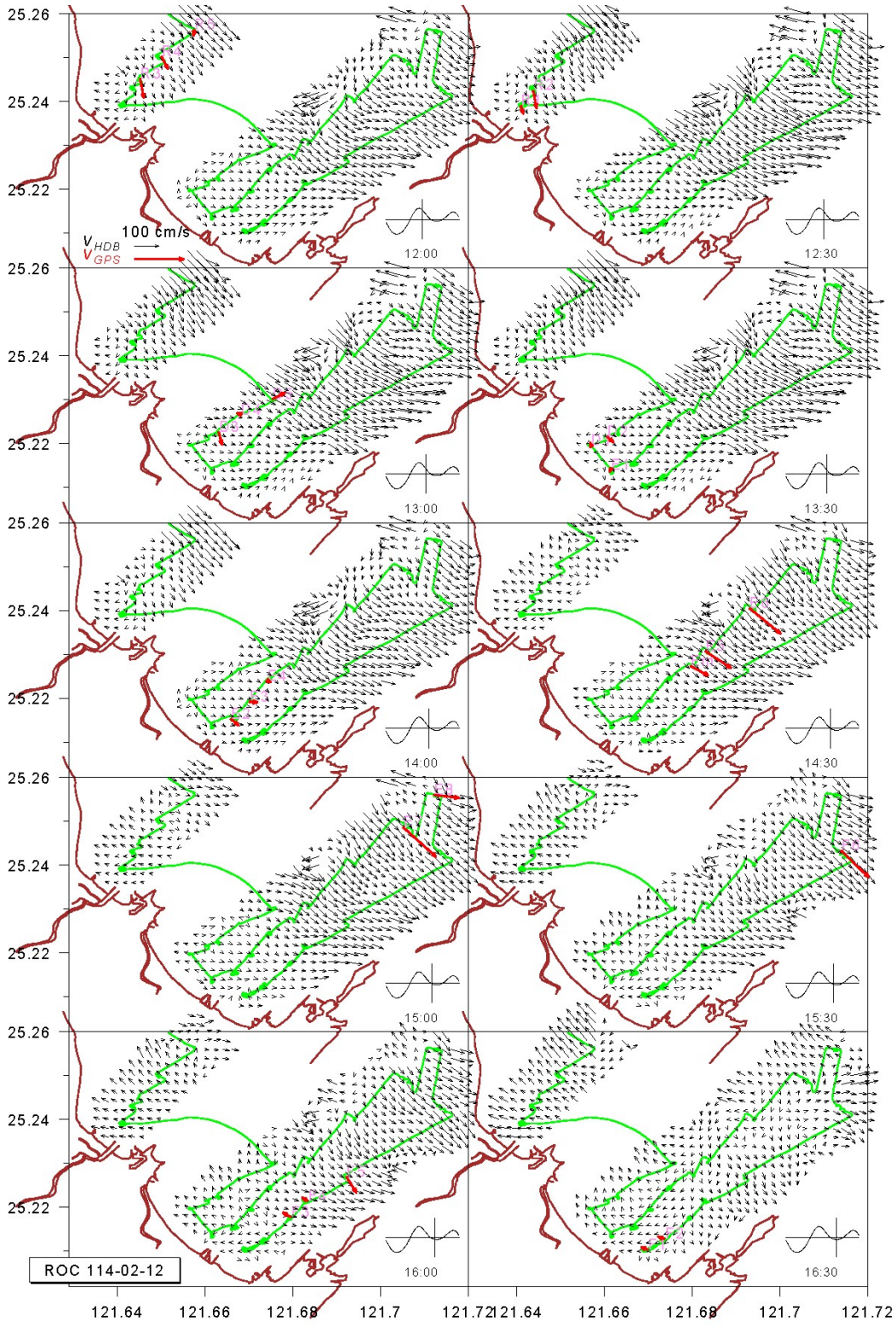


圖 1-14a、114 年 2 月 12 日核二廠海域調查時的每半小時 V_{HDB} 流場（灰箭矢是缺乏歷史資料的鄰近時間之流場），右下角潮汐簡圖指出該流場的潮時。綠色線是航跡，淡紅字編號是該半小時中進行的水文生化調查測站。為了在流場中凸顯，以紅色箭矢繪出對應時段的 GPS 浮標觀測之海流向量 V_{GPS}，並放大如 100 cm/s 尺標所示。

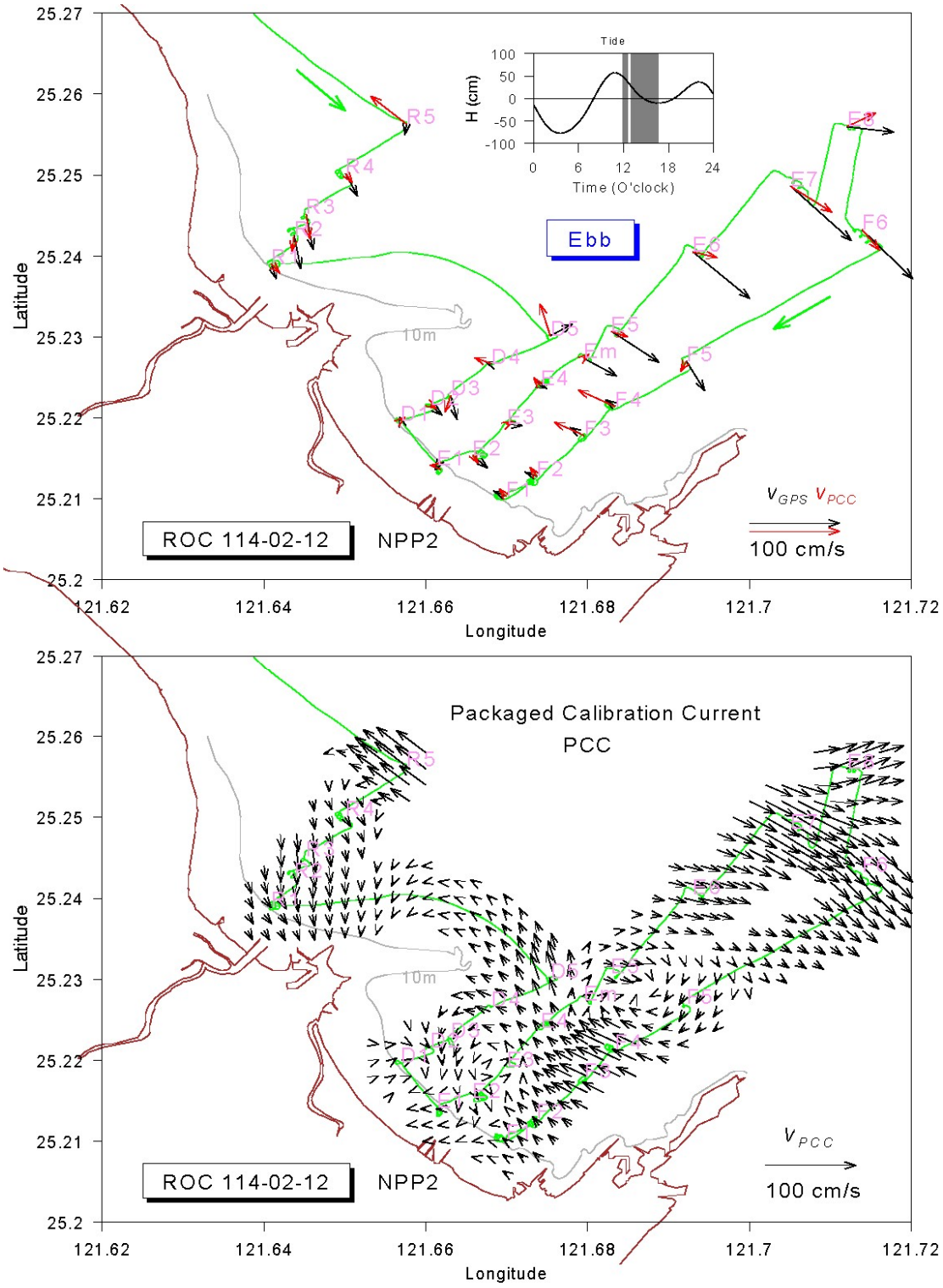


圖 1-14b、（上圖）GPS 浮標觀測的海流 V_{GPS}（黑箭矢）減去圖 1-14a 的 HDB 潮流 V_{HDB}，得到包裹式修正海流 PCC（紅箭矢）的流場 V_{PCC}。（下圖）客觀分析法展延上圖至網格分布，得到 PCC 流場。

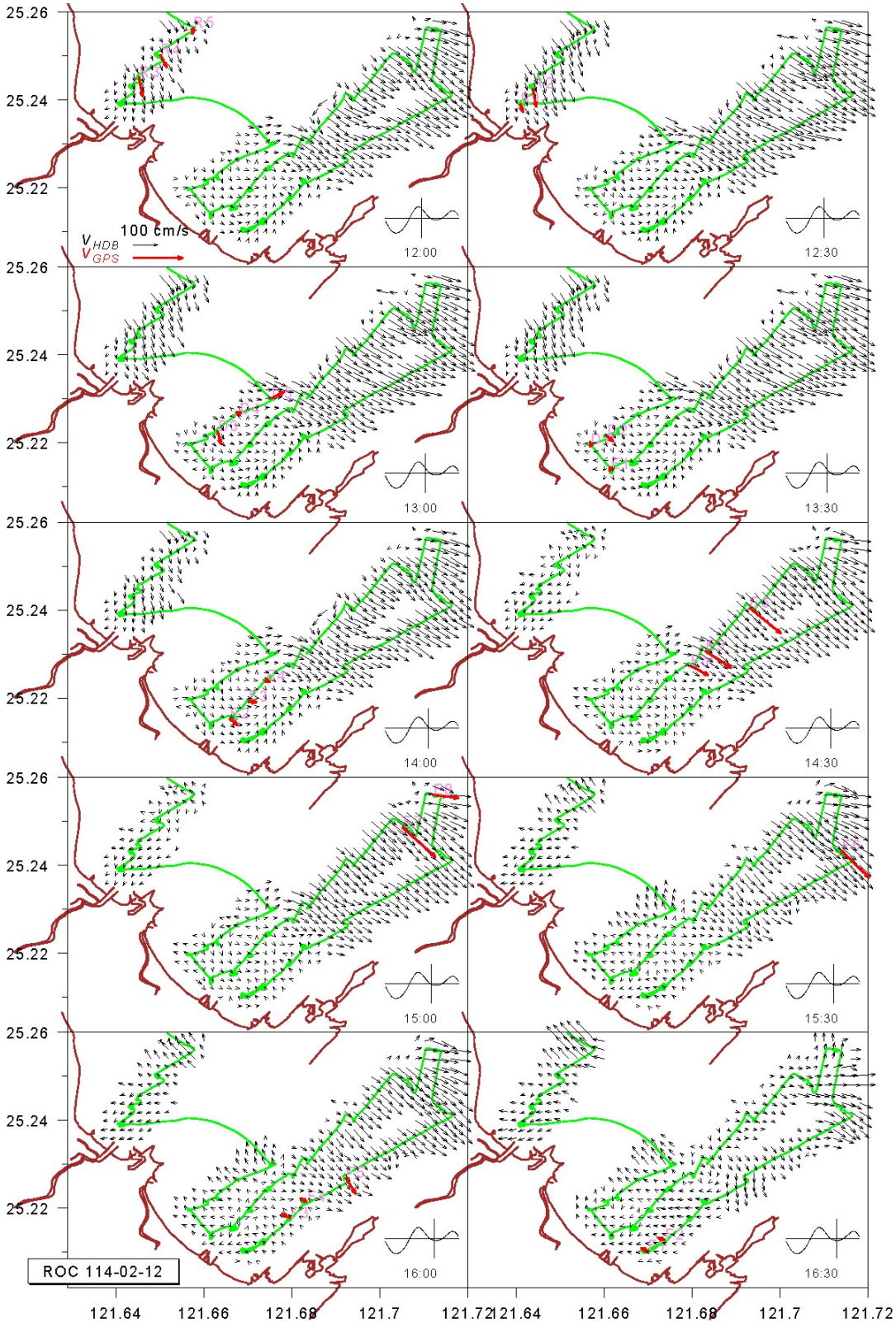


圖 1-14c、圖 1-14a 的 HDB 潮流時序 V_{HDB} 與圖 1-14b 的包裹修正海流 V_{PCC} 的合向量 V_{CHDB}，顯示與對應 GPS 浮標觀測海流 V_{GPS}（紅箭矢）的吻合性（去除每一時序圖框，是為了盡量放大，以利檢視）。

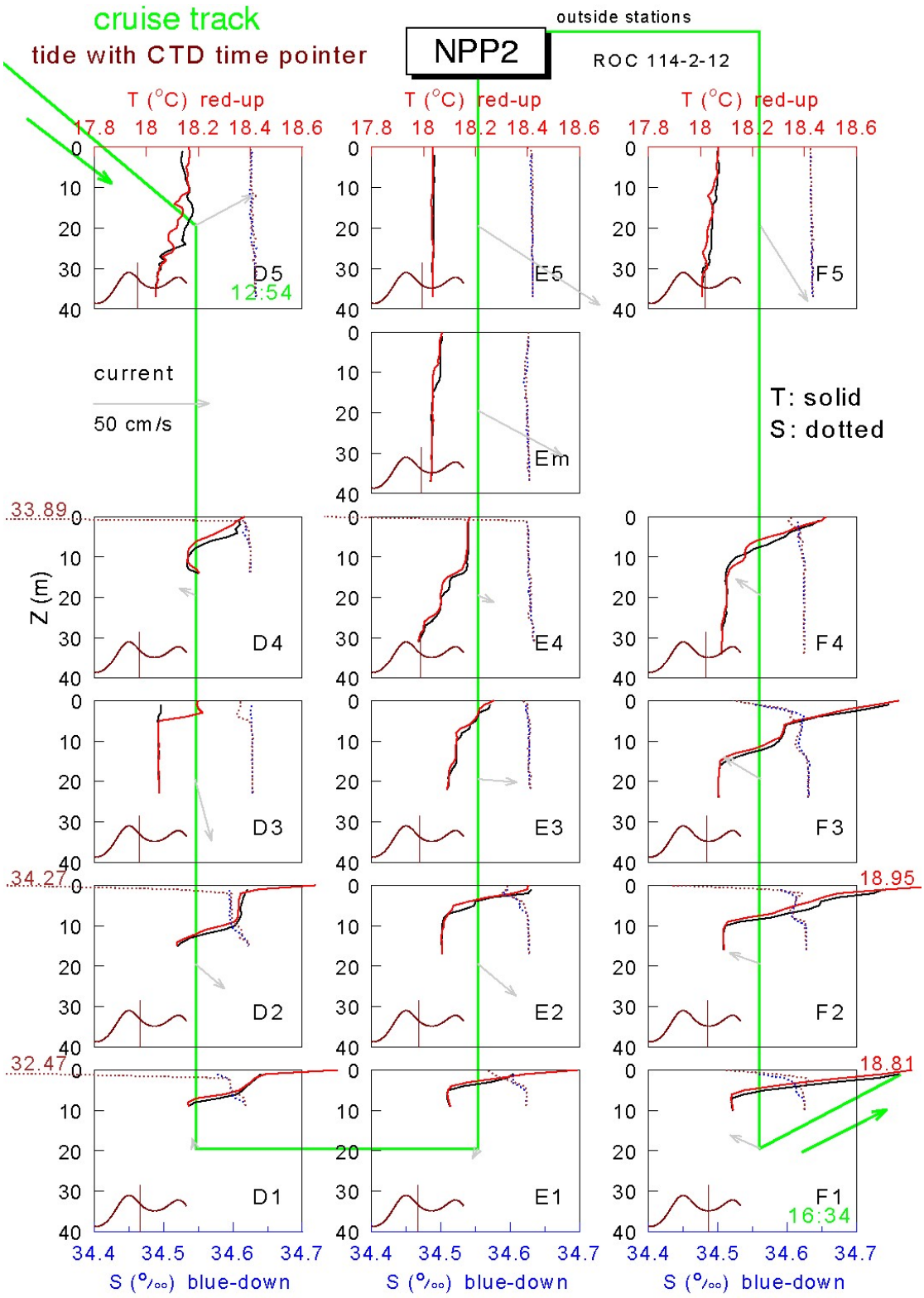


圖 1-15a、114 年 2 月 12 日核二廠海域調查時，野柳灣內各 CTD 站的溫度（實線，下放黑線、上收紅線）、鹽度（點線，下放藍線、上收褐線）的每 1m 資料。綠線為航行各站的探測順序，灰色箭矢為當時的海流，每站左下角為當日潮汐，並標示執行 CTD 的時間棒。

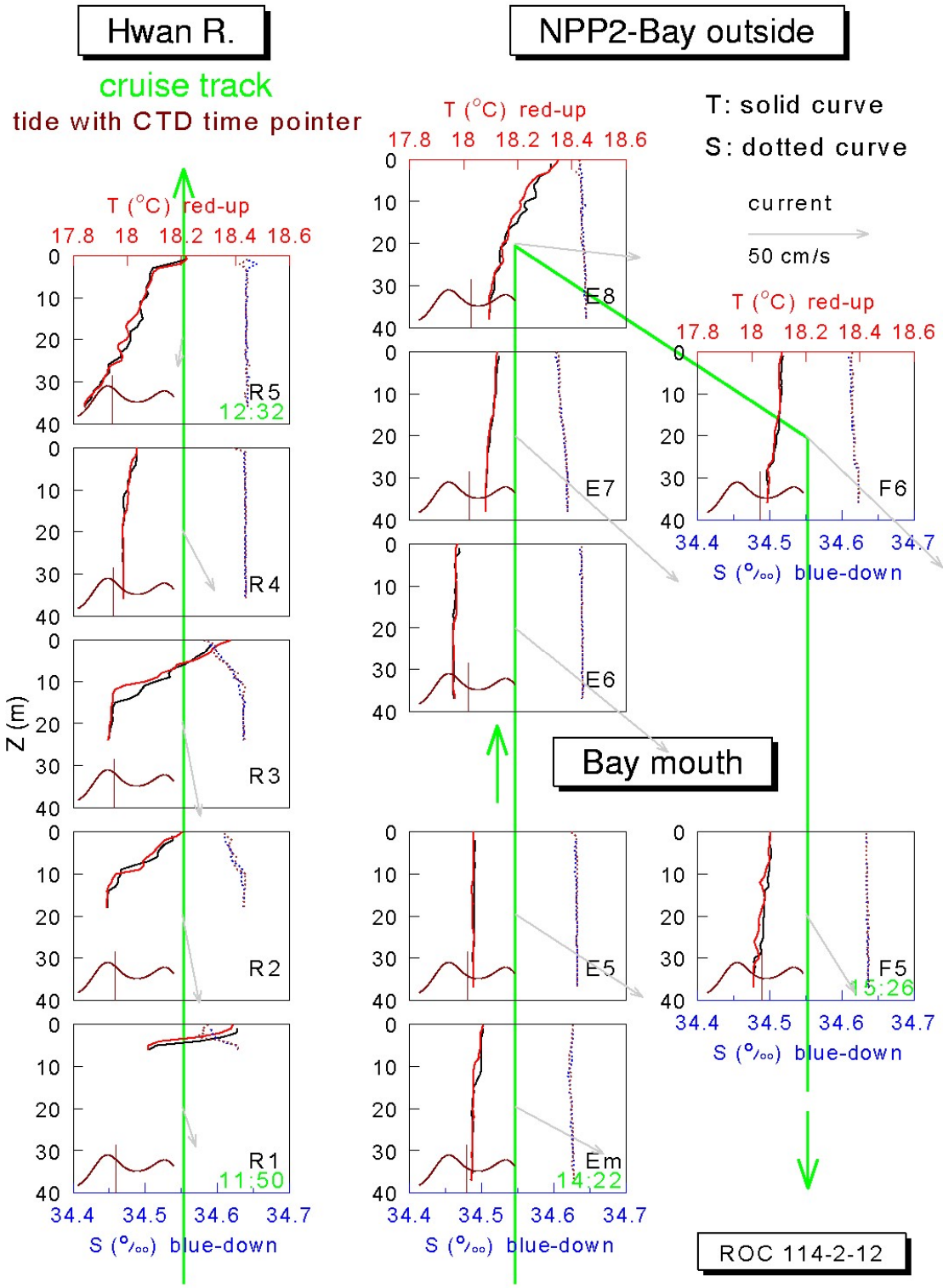


圖 1-15b、如圖 1-15a，但為<u>磺溪</u>口（左）、<u>野柳</u>灣外（右上）及灣口（右下）各站。

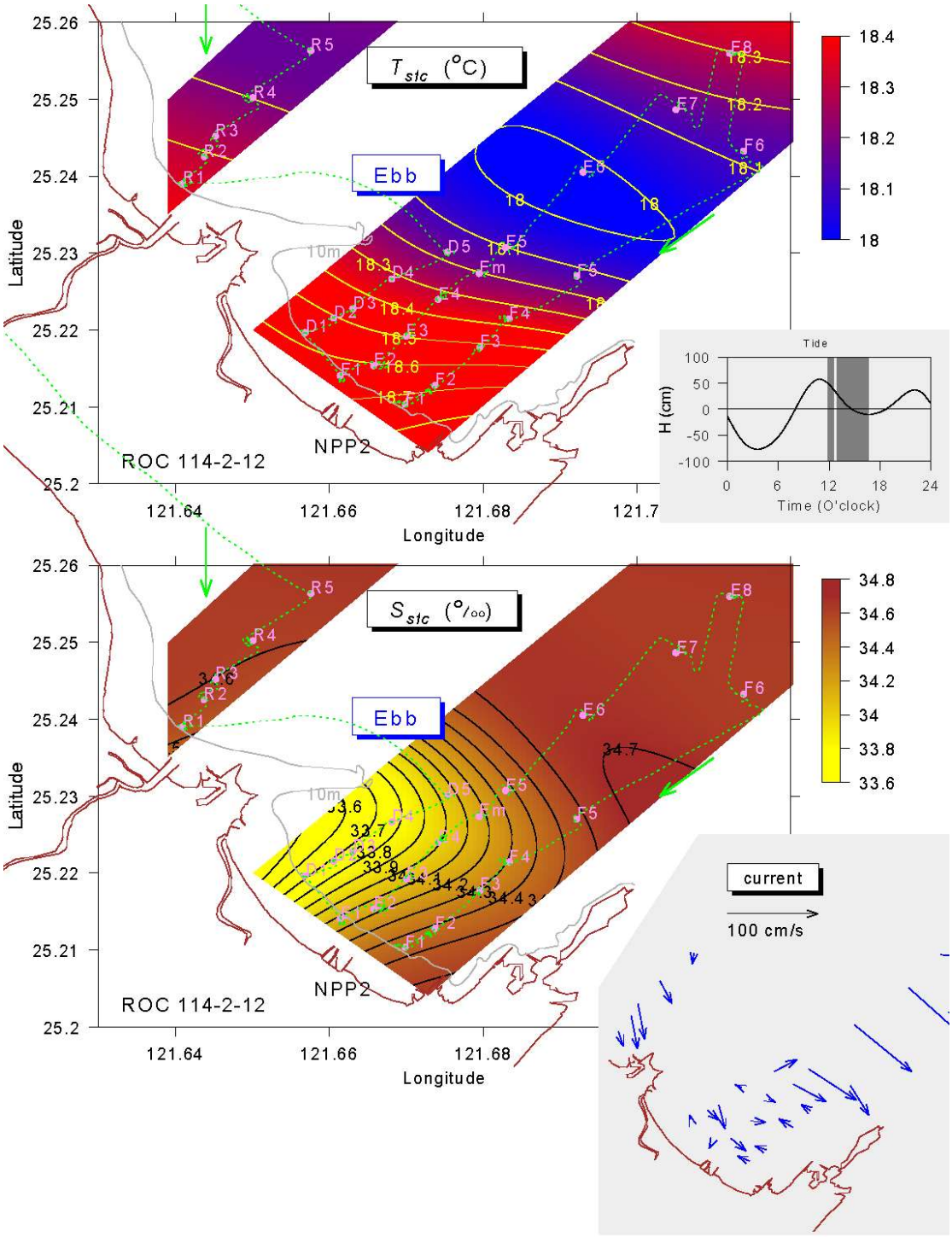


圖 1-16、114 年 2 月 12 日核二廠海域 CTD 測站海面的溫度 T_{sfc}、鹽度 S_{sfc} 等值圖，綠色虛線為航行軌跡，漲、退潮區以直虛線分隔。右上嵌圖為探測時段的潮汐，右下為各站海流向量，漲潮流紅箭矢，退潮流藍箭矢。

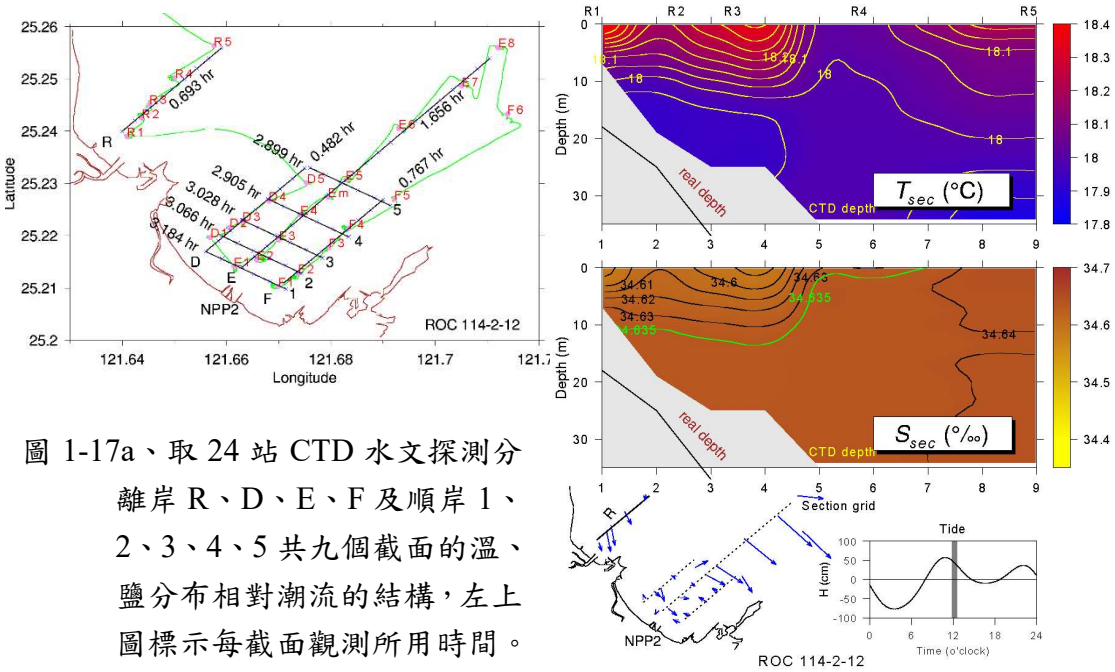
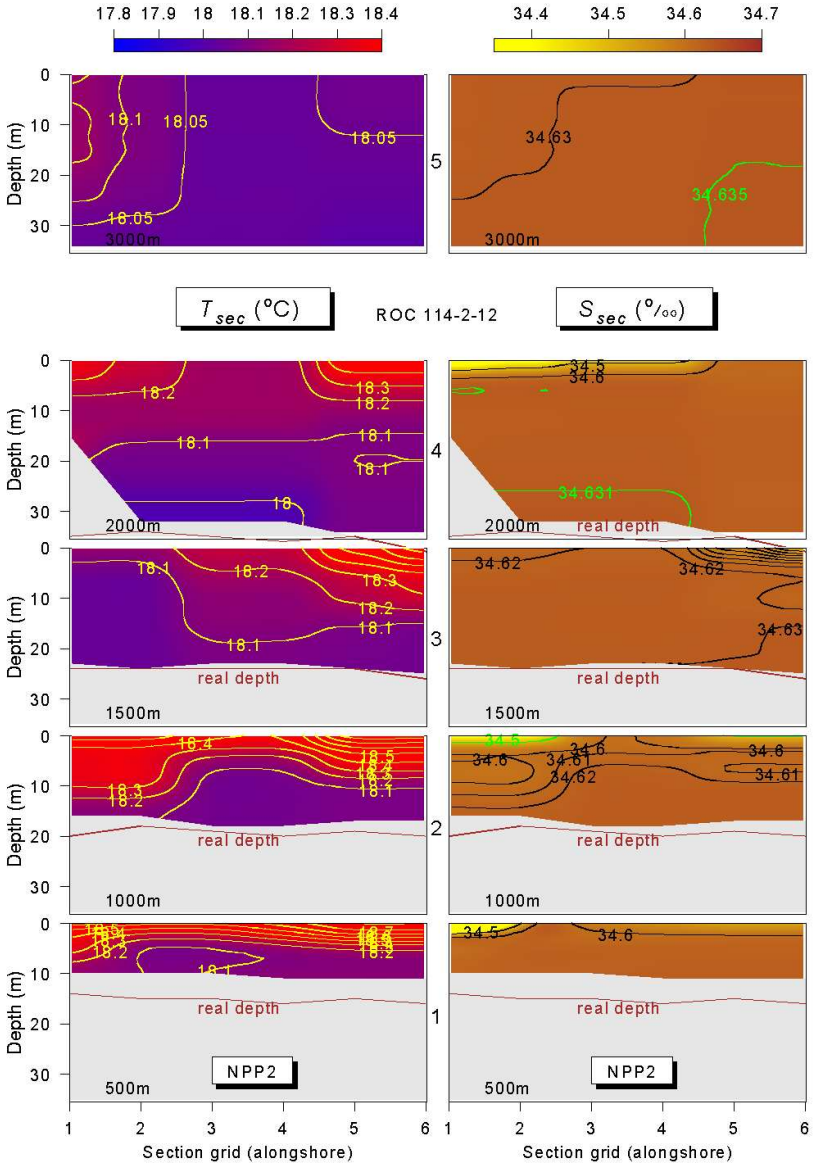


圖 1-17a、取 24 站 CTD 水文探測分離岸 R、D、E、F 及順岸 1、2、3、4、5 共九個截面的溫、鹽分布相對潮流的結構，左上圖標示每截面觀測所用時間。



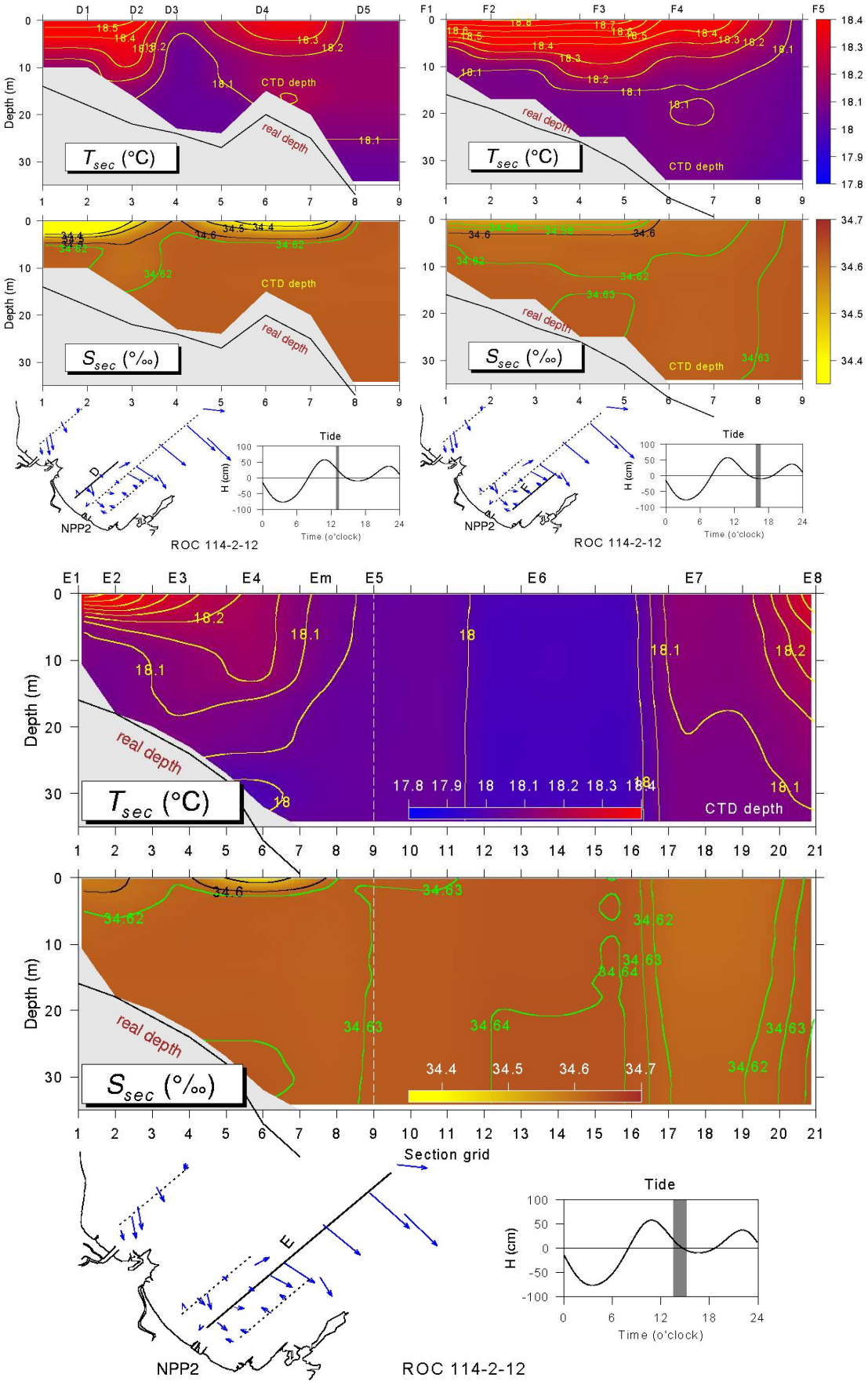


圖 1-17b、續圖 1-17a，截面 E 的垂直虛線是灣口位置。

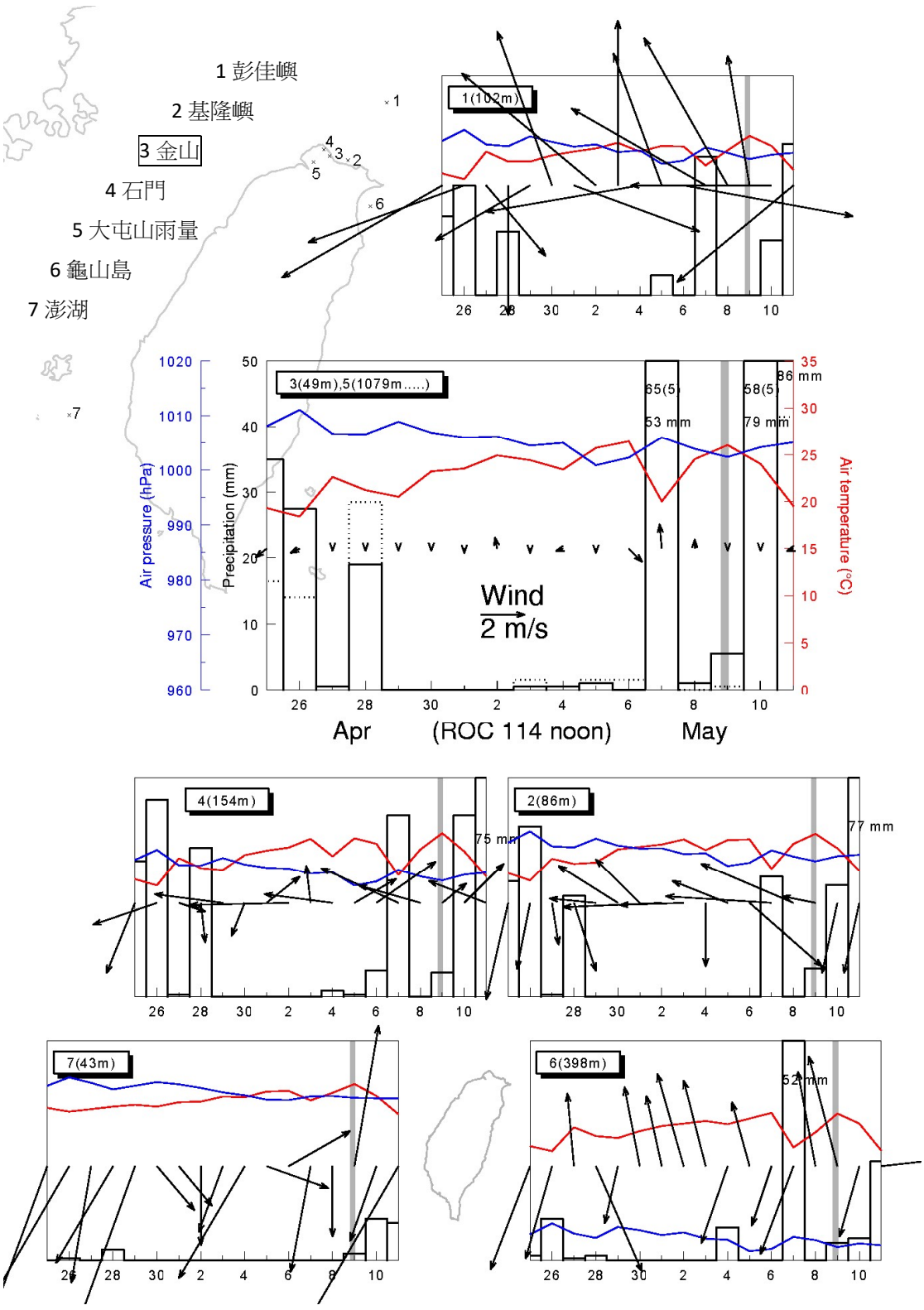


圖 1-18、114 年 5 月 9 日海域調查時（灰階線範圍），前兩週七個觀測站的氣象：氣溫（紅線）、氣壓（藍線）、雨量（直方線）及風場（箭矢）。編號 3 的金山氣象站最靠近核一廠與核二廠海域，編號 5 的大屯山僅使用雨量（虛線），雨量超過 50mm 以數字標示，氣象站編號之括號內為海拔高度。

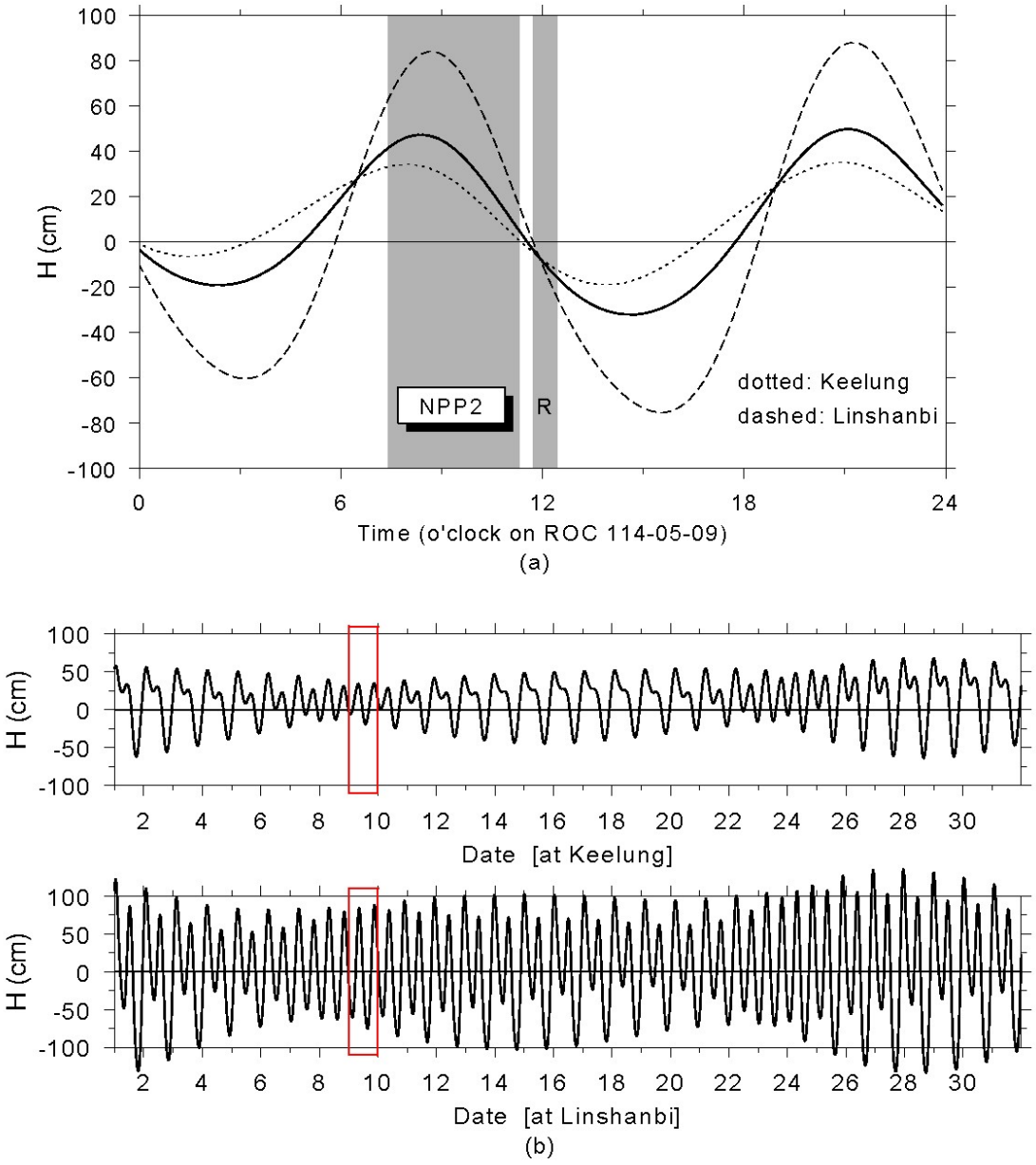
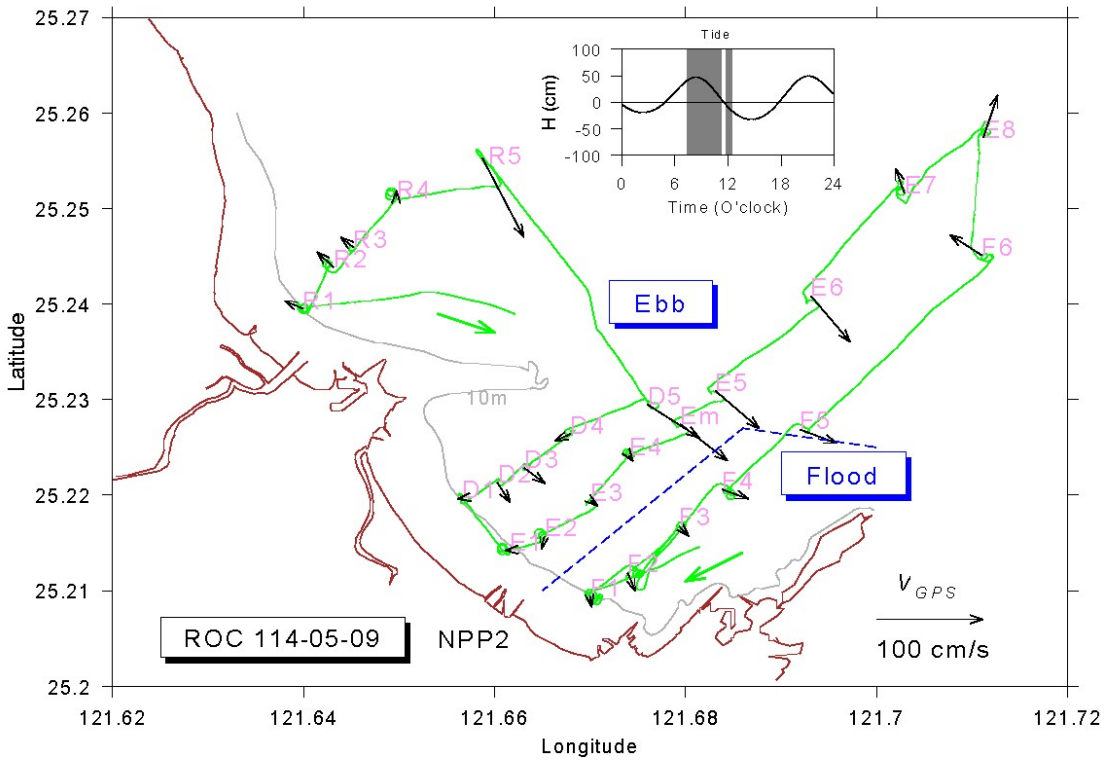


圖 1-19、114 年 5 月 9 日海域調查時，(a) 當日的潮汐（實線），從基隆（點線）與鱗山鼻（虛線）潮汐推估而得，灰階範圍是探測時段，核二廠海域包括磺溪口（R）調查。(b) 基隆與鱗山鼻的五月潮汐，紅框標示探測日，助判當日是大潮日、中潮日或小潮日。



站	時間	經度	緯度	u (cm/s)	v	流速
F1	7:23	121.6700	25.2094	1.6	-10.2	10.4
F2	7:39	121.6739	25.2119	7.6	-17.4	19.0
F3	7:51	121.6793	25.2168	9.2	-9.7	13.4
F4	8: 9	121.6838	25.2206	25.1	-9.0	26.7
F5	8:24	121.6919	25.2269	35.2	-13.1	37.5
F6	8:44	121.7110	25.2451	-30.0	19.2	35.6
E8	8:59	121.7112	25.2574	13.6	40.2	42.5
E7	9:17	121.7029	25.2516	-8.2	23.1	24.5
E6	9:34	121.6931	25.2409	37.1	-43.5	57.2
E5	9:45	121.6831	25.2309	41.6	-35.6	54.7
Em	9:53	121.6794	25.2274	44.7	-34.6	56.5
E4	10: 3	121.6741	25.2242	3.8	-5.4	6.6
E3	10:14	121.6700	25.2194	6.4	-4.9	8.1
E2	10:24	121.6652	25.2157	-2.8	-12.3	12.7
E1	10:36	121.6616	25.2142	-4.1	-.2	4.1
D1	10:47	121.6566	25.2197	-4.0	-.6	4.0
D2	10:54	121.6603	25.2213	12.2	-18.9	22.5
D3	11: 0	121.6631	25.2228	19.4	-14.5	24.2
D4	11: 9	121.6679	25.2264	-14.6	-6.8	16.1
D5	11:18	121.6760	25.2295	48.8	-31.1	57.9
R5	11:41	121.6587	25.2554	39.3	-75.0	84.6
R4	11:54	121.6497	25.2511	.3	6.7	6.7
R3	12: 5	121.6452	25.2459	-12.0	9.6	15.4
R2	12:13	121.6431	25.2438	-15.3	14.4	21.0
R1	12:26	121.6399	25.2395	-17.5	7.5	19.0

圖 1-20、114 年 5 月 9 日使用 GPS 浮標，追蹤調查核二廠海域各站的海流向量 V_{GPS} 及數據。圖中箭矢起始點為放、收浮標的中央位置，綠線為航行軌跡，上方小圖為探測時段的潮汐。

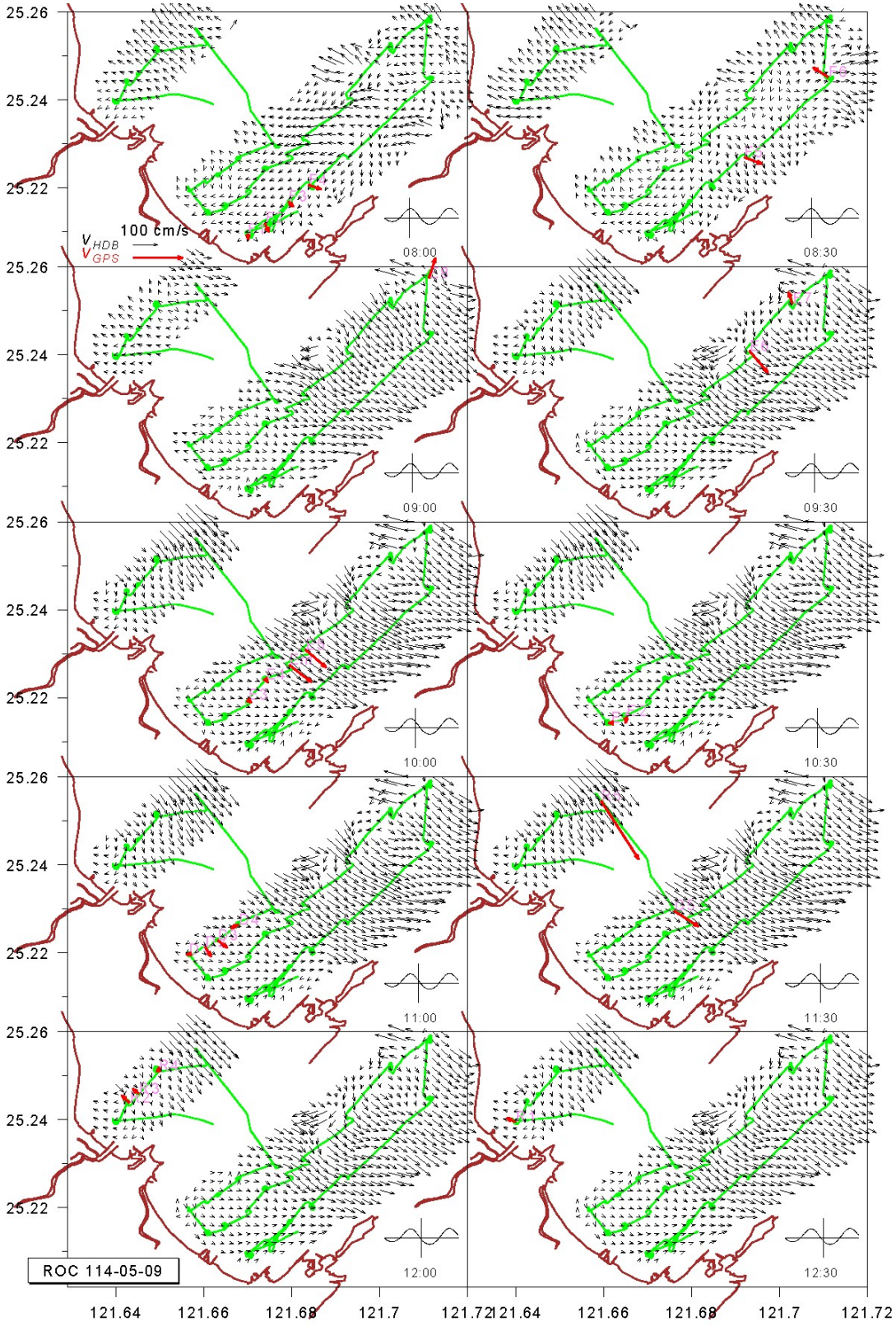


圖 1-21a、114 年 5 月 9 日核二廠海域調查時的每半小時 V_{HDB} 流場（灰箭矢是缺乏歷史資料的鄰近時間之流場），右下角潮汐簡圖指出該流場的潮時。綠色線是航跡，淡紅字編號是該半小時中進行的水文生化調查測站。為了在流場中凸顯，以紅色箭矢繪出對應時段的 GPS 浮標觀測之海流向量 V_{GPS}，並放大如 100 cm/s 尺標所示。

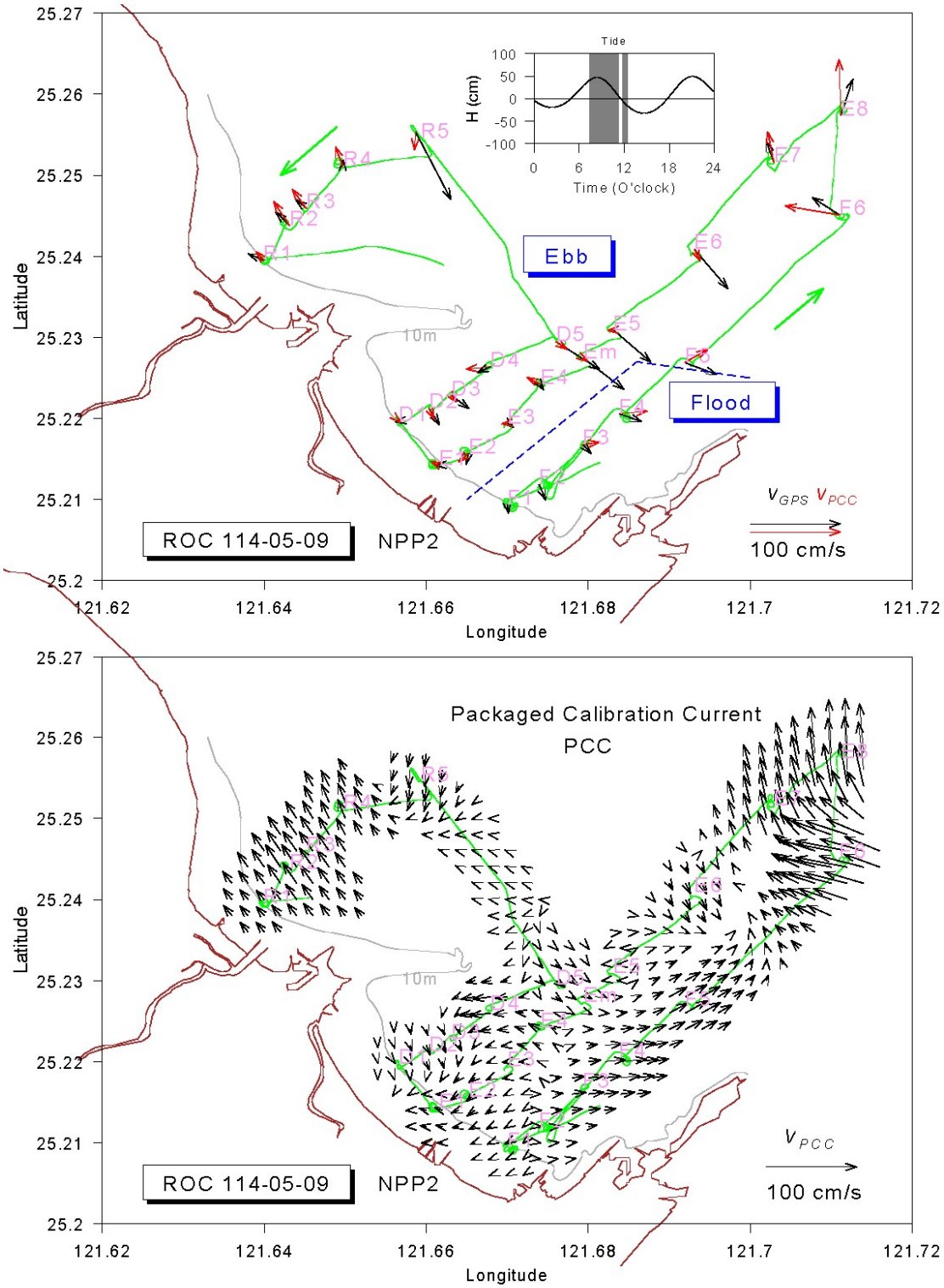


圖 1-21b、（上圖）GPS 浮標觀測的海流 V_{GPS}（黑箭矢）減去圖 1-21a 的 HDB 潮流 V_{HDB}，得到包裹式修正海流 PCC（紅箭矢）V_{PCC}。（下圖）客觀分析法展延上圖至網格分布，得到 PCC 流場。

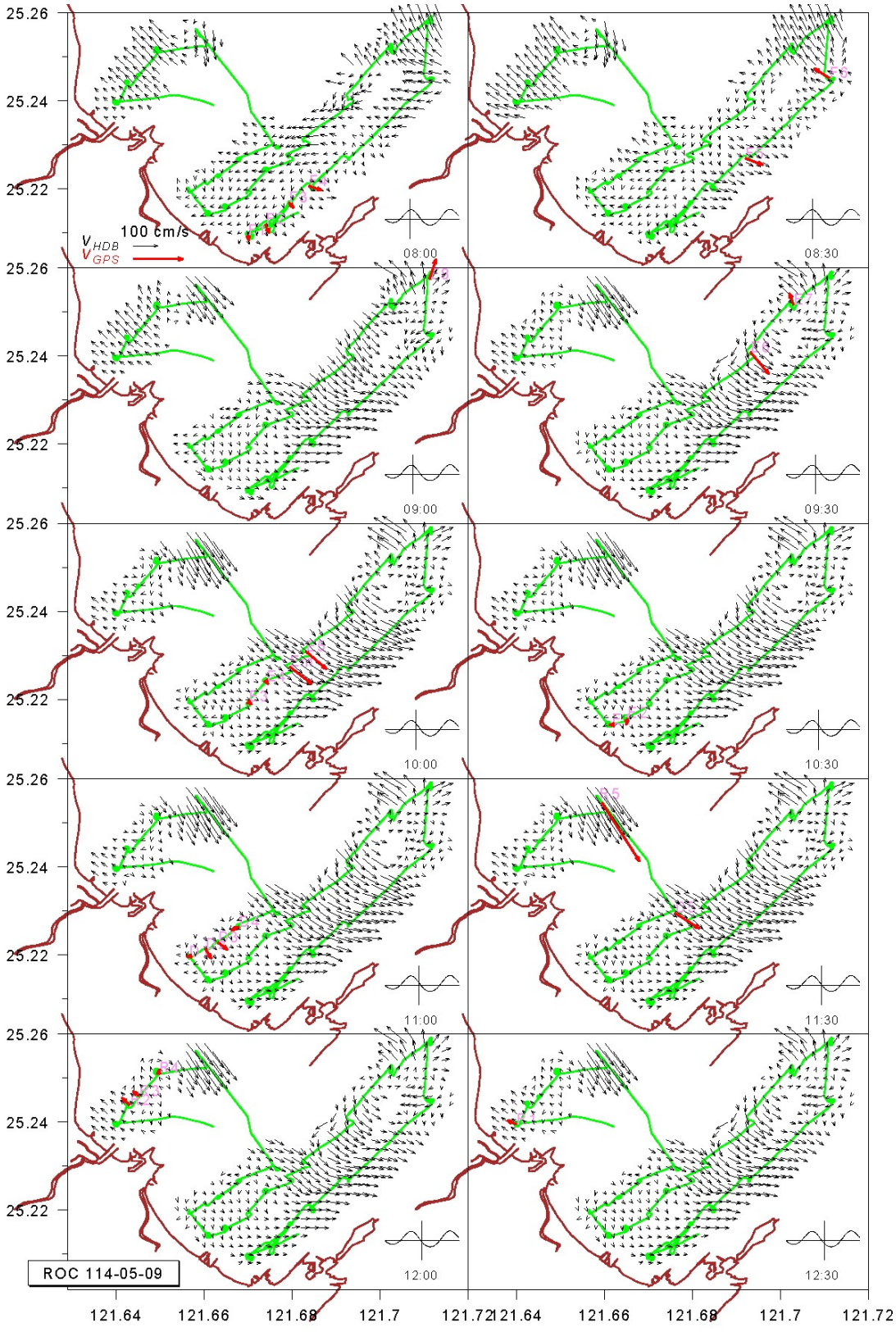


圖 1-21c、圖 1-21a 的 HDB 潮流時序 V_{HDB} 與圖 1-21b 的包裹修正海流 V_{PCC} 的合向量 V_{CHDB}，顯示與對應 GPS 浮標觀測海流 V_{GPS}（紅箭矢）的吻合性（去除每一時序圖框，是為了盡量放大，以利檢視）。

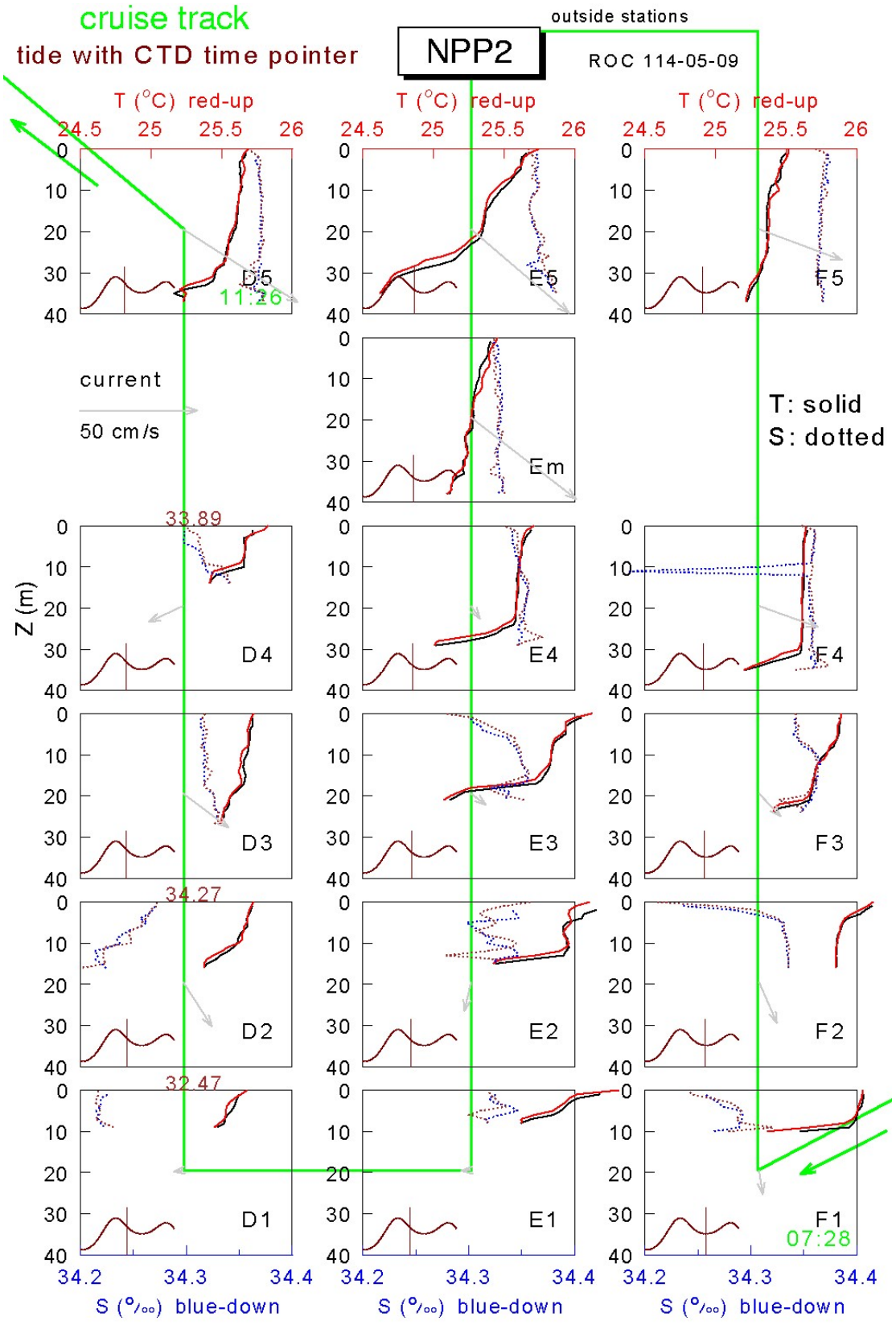


圖 1-22a、114 年 5 月 9 日核二廠海域調查時，野柳灣內各 CTD 站的溫度（實線，下放黑線、上收紅線）、鹽度（點線，下放藍線、上收褐線）的每 1m 資料。綠線為航行各站的探測順序，灰色箭矢為當時的海流，每站左下角為當日潮汐，並標示執行 CTD 的時間棒。

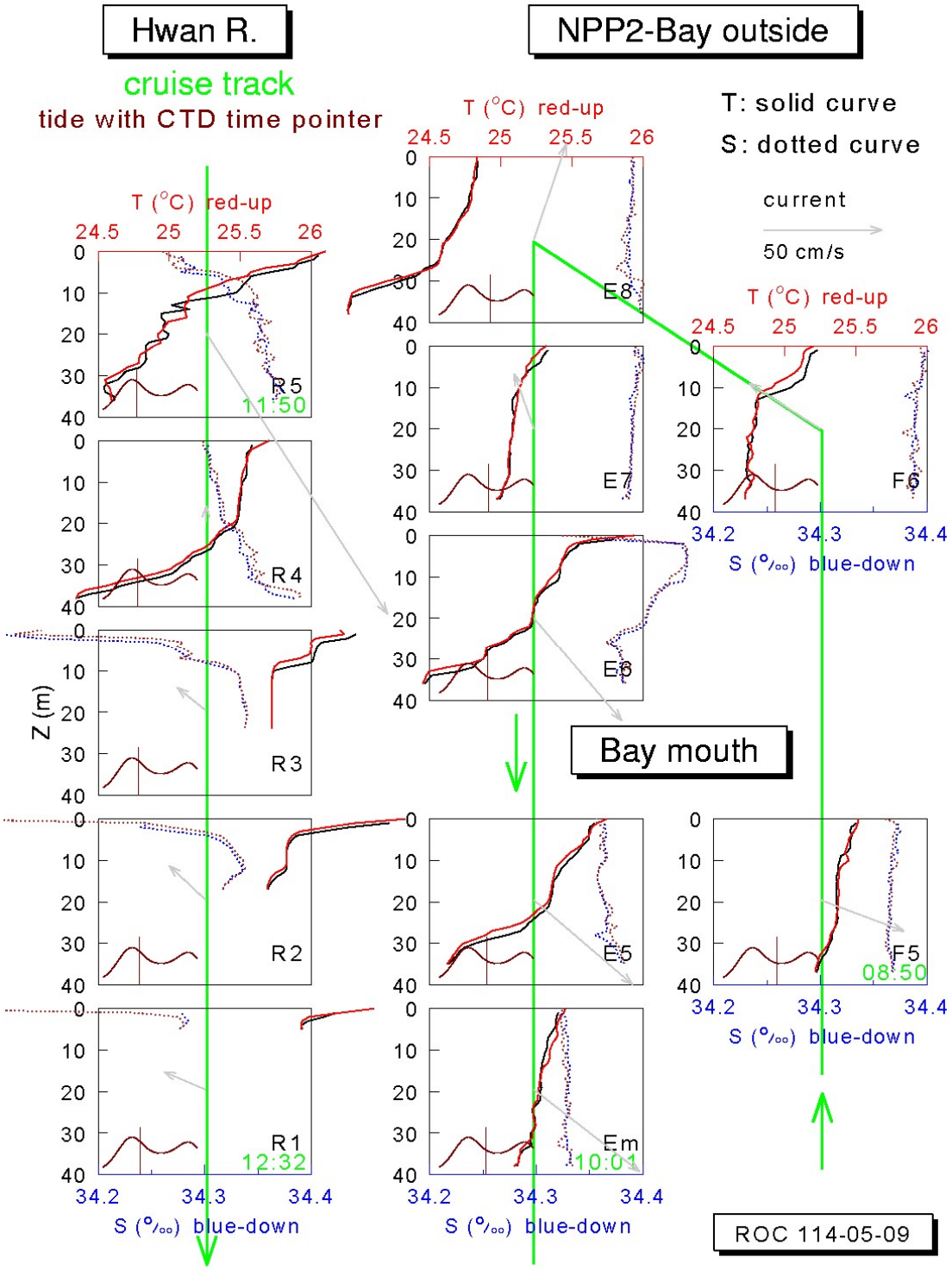


圖 1-22b、如圖 1-22a，但為<u>磺溪</u>口（左）、<u>野柳</u>灣外（右上）及灣口（右下）各站。

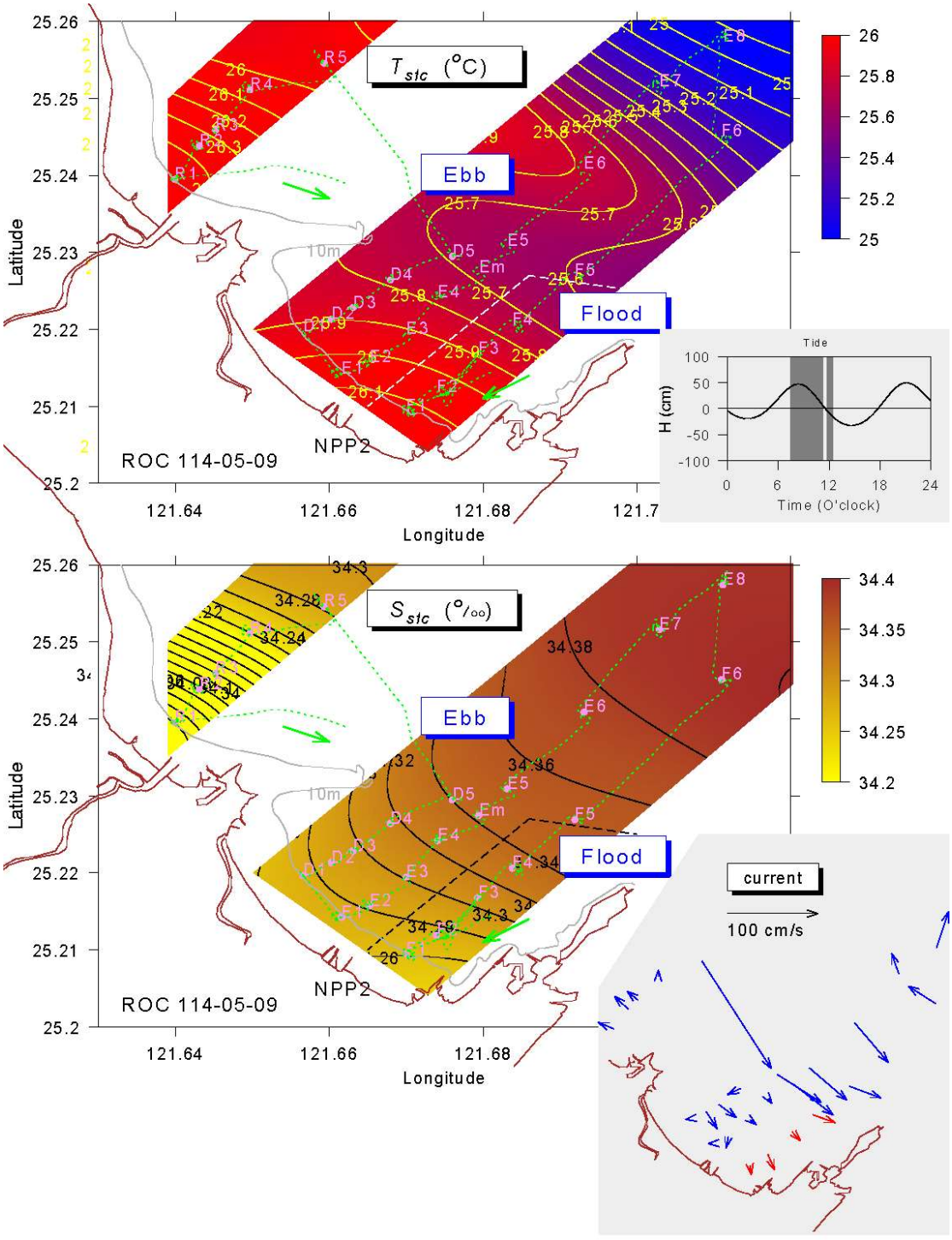


圖 1-23、114 年 5 月 9 日核二廠海域 CTD 測站海面的溫度 T_{sfc}、鹽度 S_{sfc} 等值圖，綠色虛線為航行軌跡，漲、退潮區以直虛線分隔。右上嵌圖為探測時段的潮汐，右下為各站海流向量，漲潮流紅箭矢，退潮流藍箭矢。

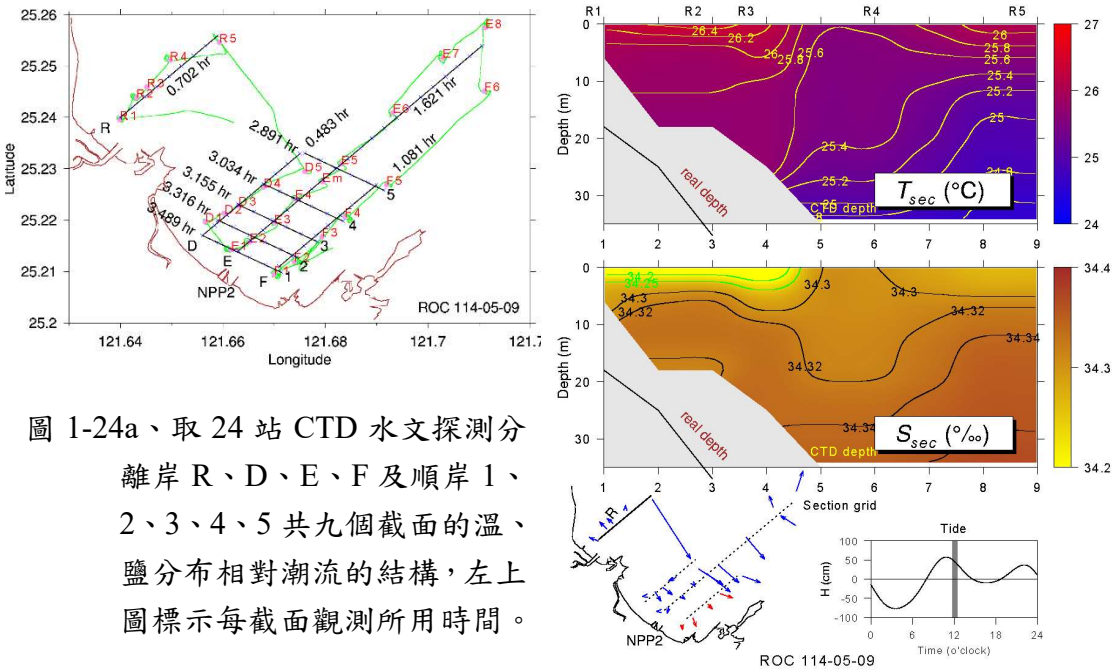
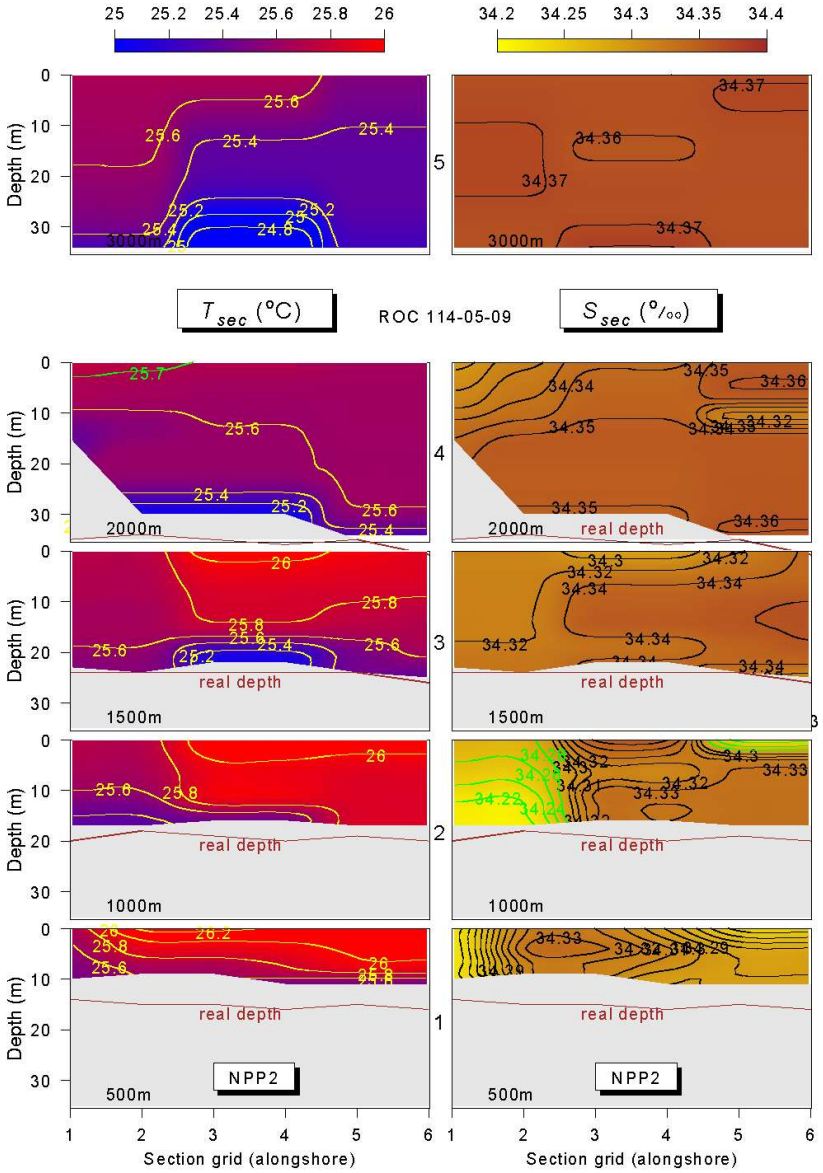


圖 1-24a、取 24 站 CTD 水文探測分離岸 R、D、E、F 及順岸 1、2、3、4、5 共九個截面的溫、鹽分布相對潮流的結構，左上圖標示每截面觀測所用時間。



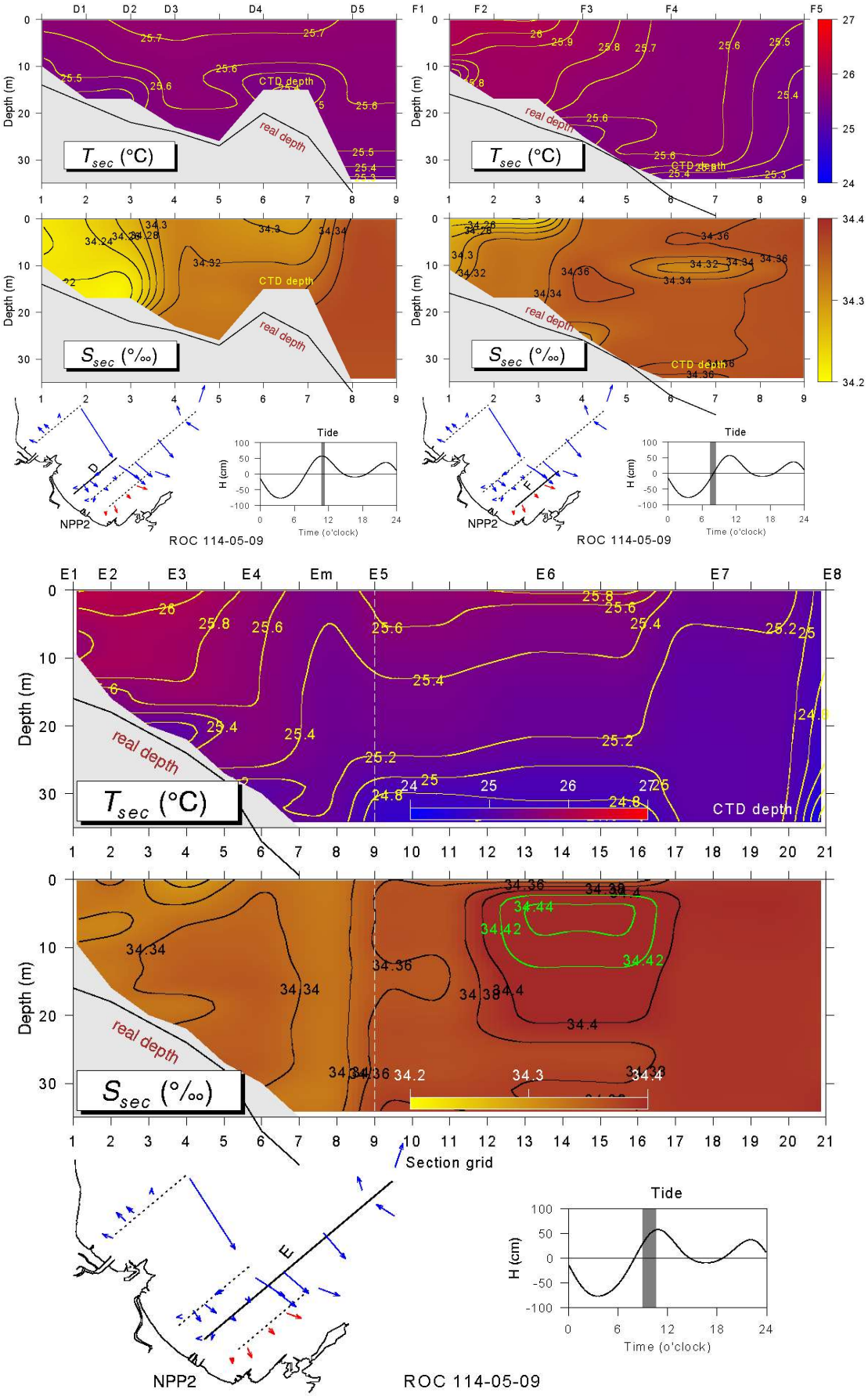


圖 1-24b、續圖 1-24a，截面 E 的垂直虛線是灣口位置。

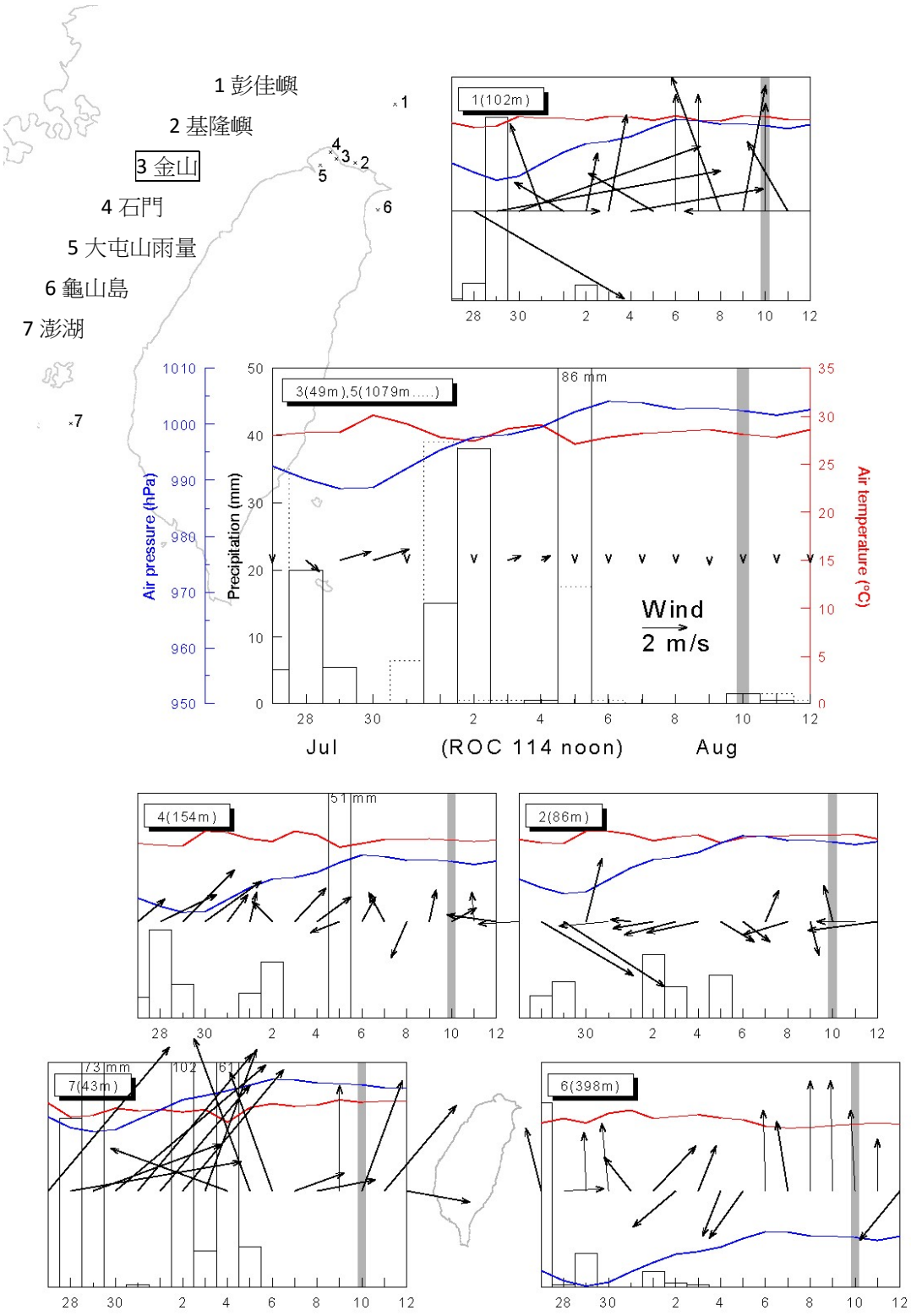


圖 1-25、114 年 8 月 10 日海域調查時（灰階線範圍），前兩週七個觀測站的氣象：氣溫（紅線）、氣壓（藍線）、雨量（直方線）及風場（箭矢）。編號 3 的金山氣象站最靠近核一廠與核二廠海域，編號 5 的大屯山僅使用雨量（虛線），雨量超過 50mm 以數字標示，氣象站編號之括號內為海拔高度。

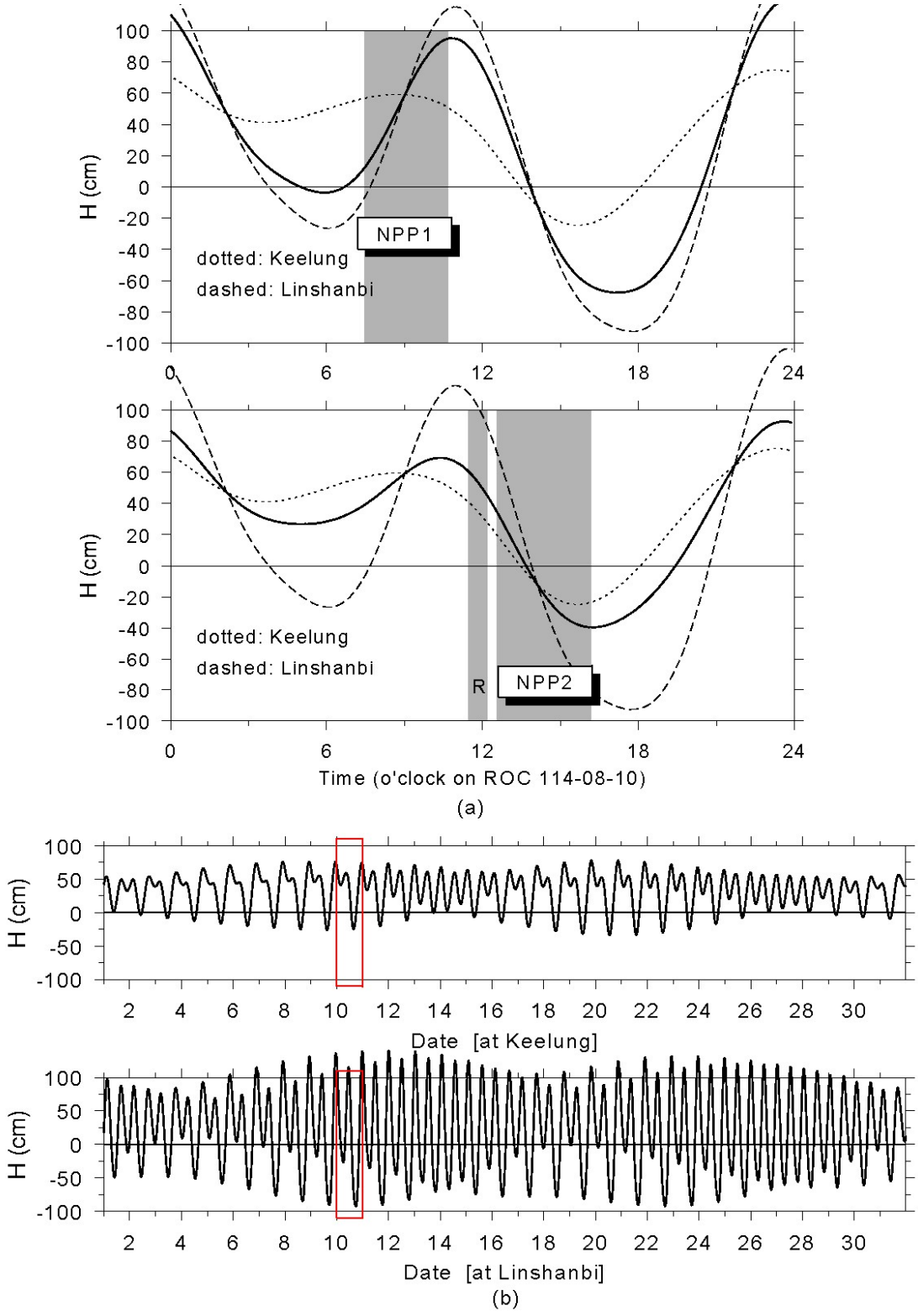
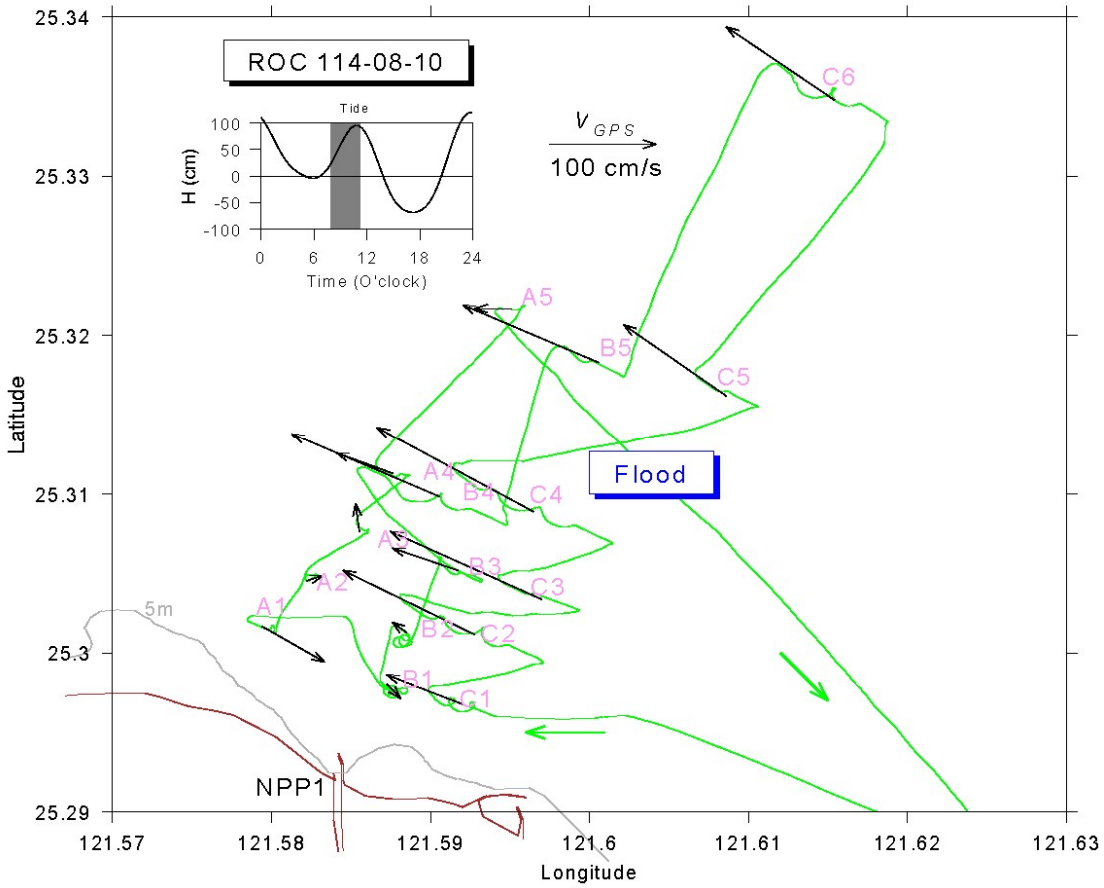


圖 1-26、114 年 8 月 10 日海域調查時，(a) 當日的潮汐（實線），從基隆（點線）與鱗山鼻（虛線）潮汐推估而得，灰階範圍是探測時段，核二廠海域包括磺溪口（R）調查。(b) 基隆的八月潮汐，紅框標示探測日，助判當日是大潮日、中潮日或小潮日。



站	時間	經度	緯度	u (cm/s)	v	流速
C1	7:28	121.5921	25.2968	-72.1	27.9	77.3
C2	7:42	121.5928	25.3011	-124.5	60.7	138.5
C3	7:57	121.5970	25.3034	-143.0	64.2	156.8
C4	8:10	121.5965	25.3089	-147.6	79.8	167.8
C5	8:29	121.6086	25.3162	-97.0	67.2	118.0
C6	8:46	121.6154	25.3348	-102.5	69.2	123.6
B5	9: 4	121.6006	25.3183	-128.2	54.3	139.2
B4	9:18	121.5906	25.3098	-139.7	59.7	152.0
B3	9:32	121.5918	25.3052	-62.5	21.4	66.1
B2	9:43	121.5885	25.3013	-13.6	9.7	16.7
B1	9:55	121.5872	25.2981	12.9	-13.8	18.9
A1	10: 8	121.5794	25.3017	59.0	-33.7	68.0
A2	10:15	121.5822	25.3045	16.2	5.5	17.1
A3	10:22	121.5855	25.3076	-3.6	26.6	26.9
A4	10:29	121.5876	25.3113	-53.6	19.6	57.0
A5	10:41	121.5951	25.3217	-34.8	.8	34.8

圖 1-27、114 年 8 月 10 日使用 GPS 浮標，追蹤調查核一廠海域各站的海流向量 V_{GPS} 及數據。圖中箭矢起始點為放、收浮標的中央位置，綠線為航行軌跡，左上小圖為探測時段的潮汐。

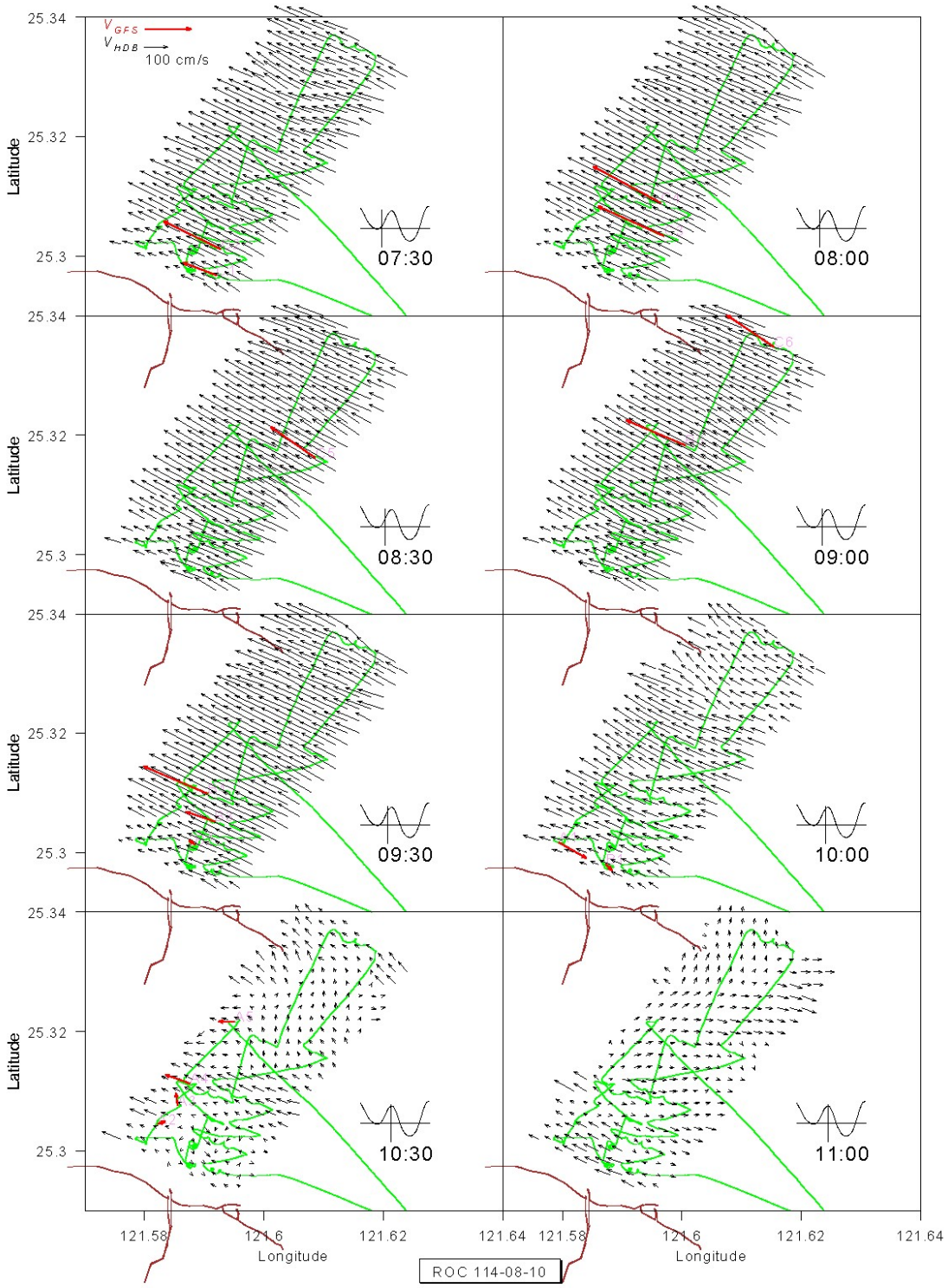


圖 1-28a、114 年 8 月 10 日核一廠海域調查時的每半小時 V_{HDB} 流場（灰箭矢是缺乏歷史資料的鄰近時間之流場），右下角潮汐簡圖指出該流場的潮時。綠色線是航跡，淡紅字編號是該半小時中進行的水文生化調查測站。為了在流場中凸顯，以紅色箭矢繪出對應時段的 GPS 浮標觀測之海流向量 V_{GPS}，並放大如 100 cm/s 尺標所示。

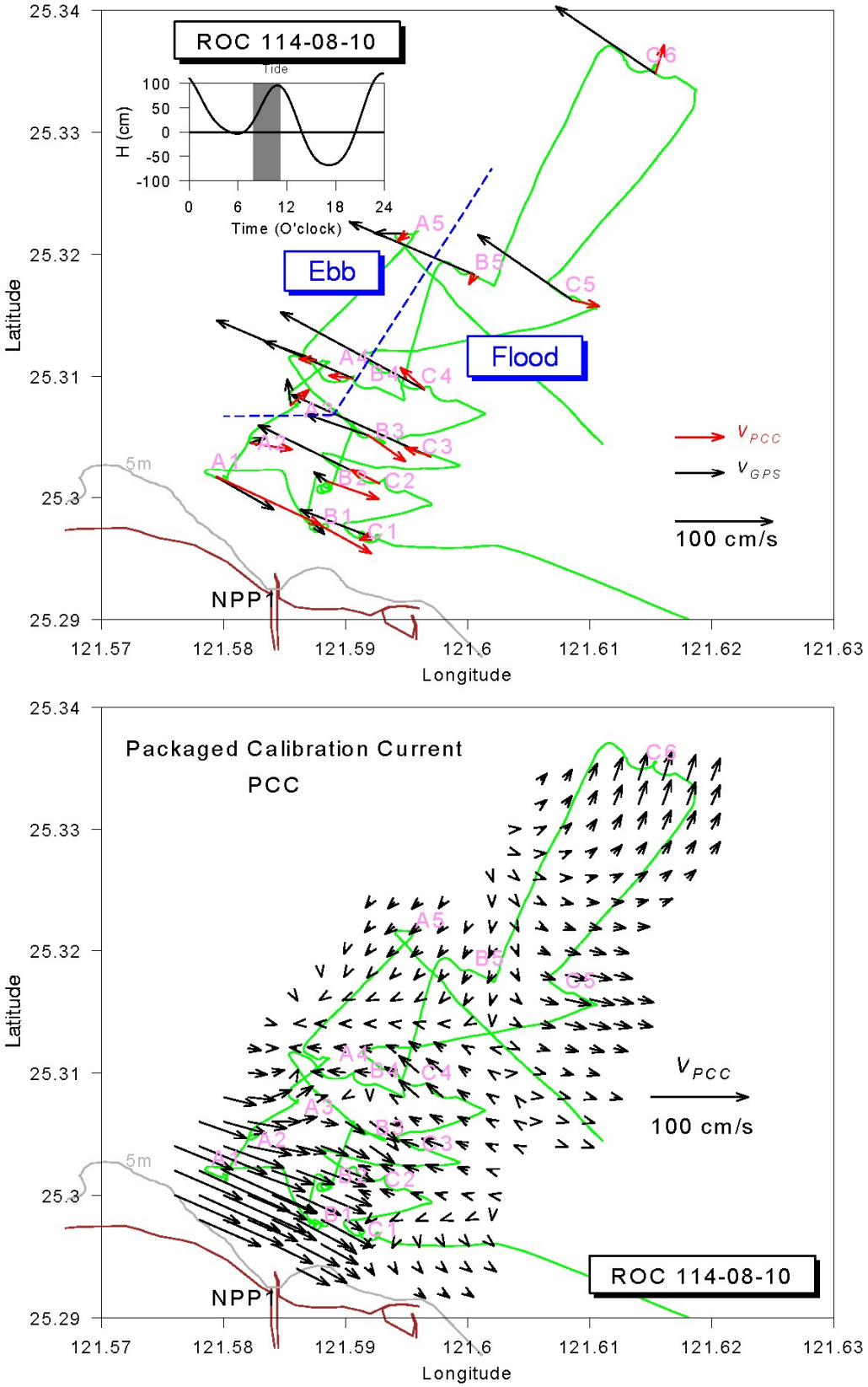


圖 1-28b、（上圖）GPS 浮標觀測的海流 V_{GPS}（黑箭矢）減去圖 1-25a 的 HDB 潮流 V_{HDB}，得到包裹式修正海流 PCC（紅箭矢）的流場 V_{PCC}。（下圖）客觀分析法展延上圖至網格分布，得到 PCC 流場。

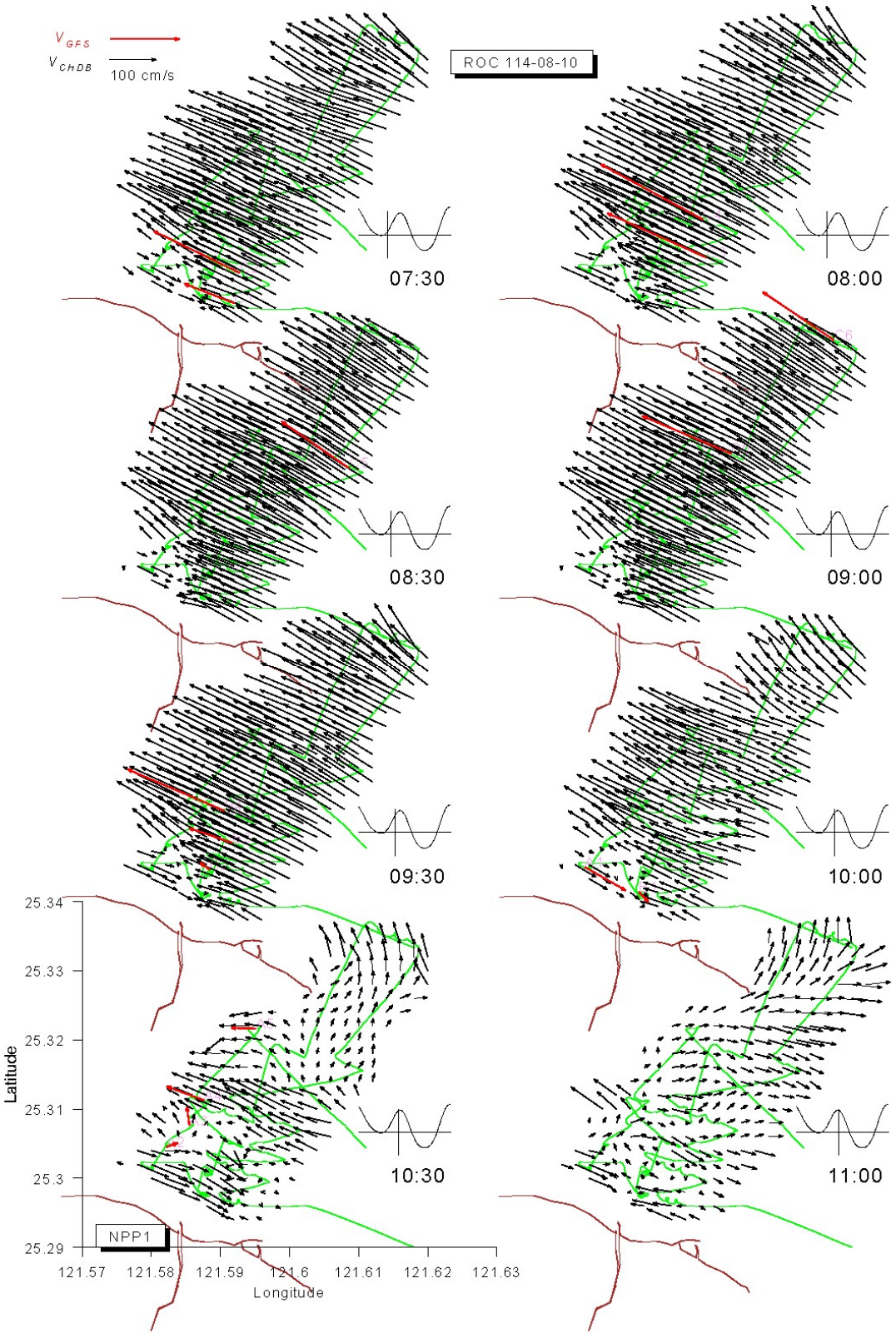


圖 1-28c、圖 1-28a 的 HDB 潮流時序 V_{ADCP} 與圖 1-28b 的包裹修正海流 V_{PCC} 的合向量 V_{CHDB}，顯示與對應 GPS 浮標觀測海流 V_{GPS}（紅箭矢）的吻合性（去除每一時序圖框，是為了盡量放大，以利檢視）。

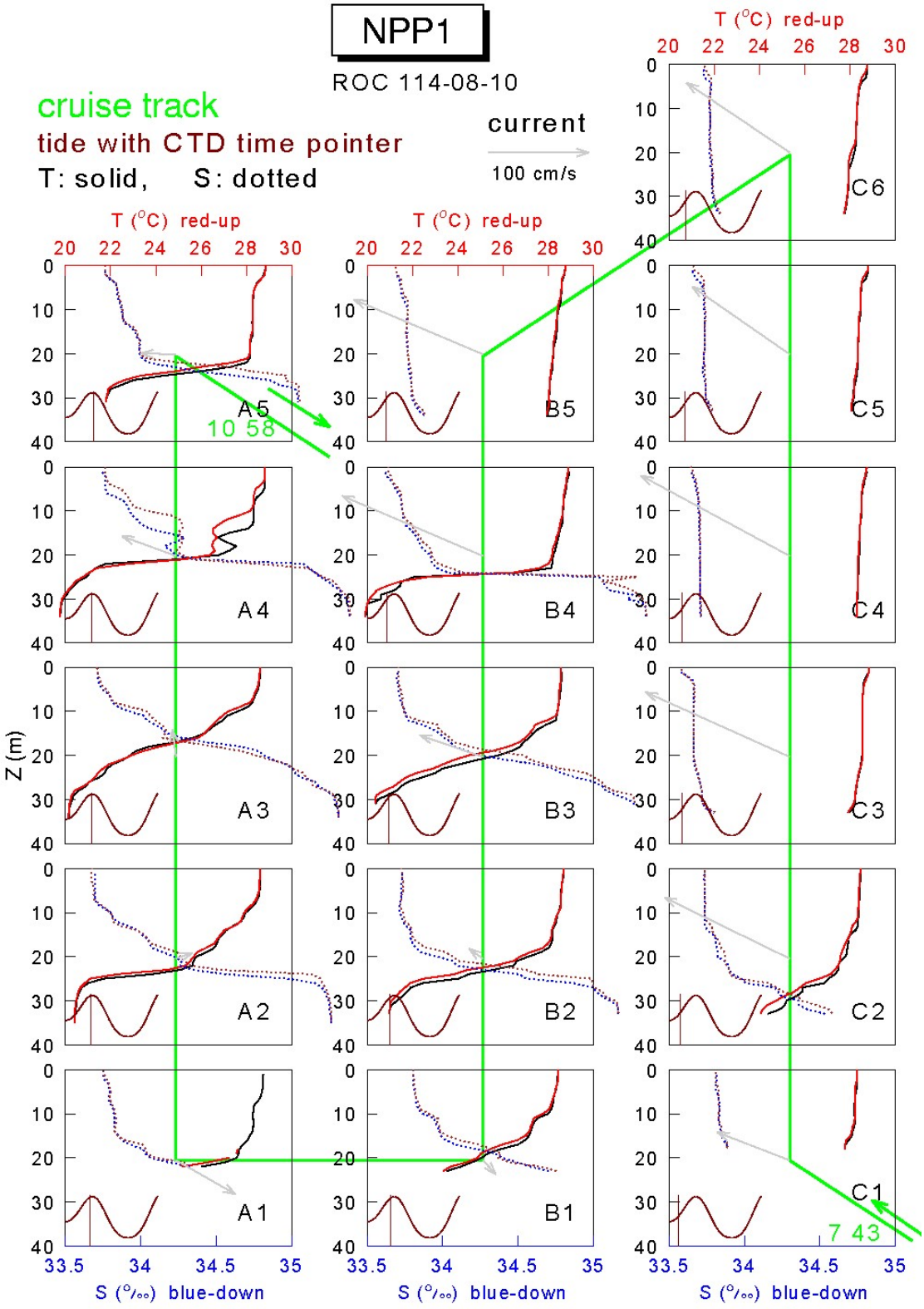


圖 1-29、114 年 8 月 10 日核一廠海域執行 16 站 CTD 探測的溫度（實線，下放為黑線、上收紅線）、鹽度（點線，下放為藍線、上收為褐線）的每 1m 資料。綠線為航行各站的探測順序，灰色箭矢為當時的海流，每站左下角為當日潮汐，並標示執行 CTD 的時間棒。

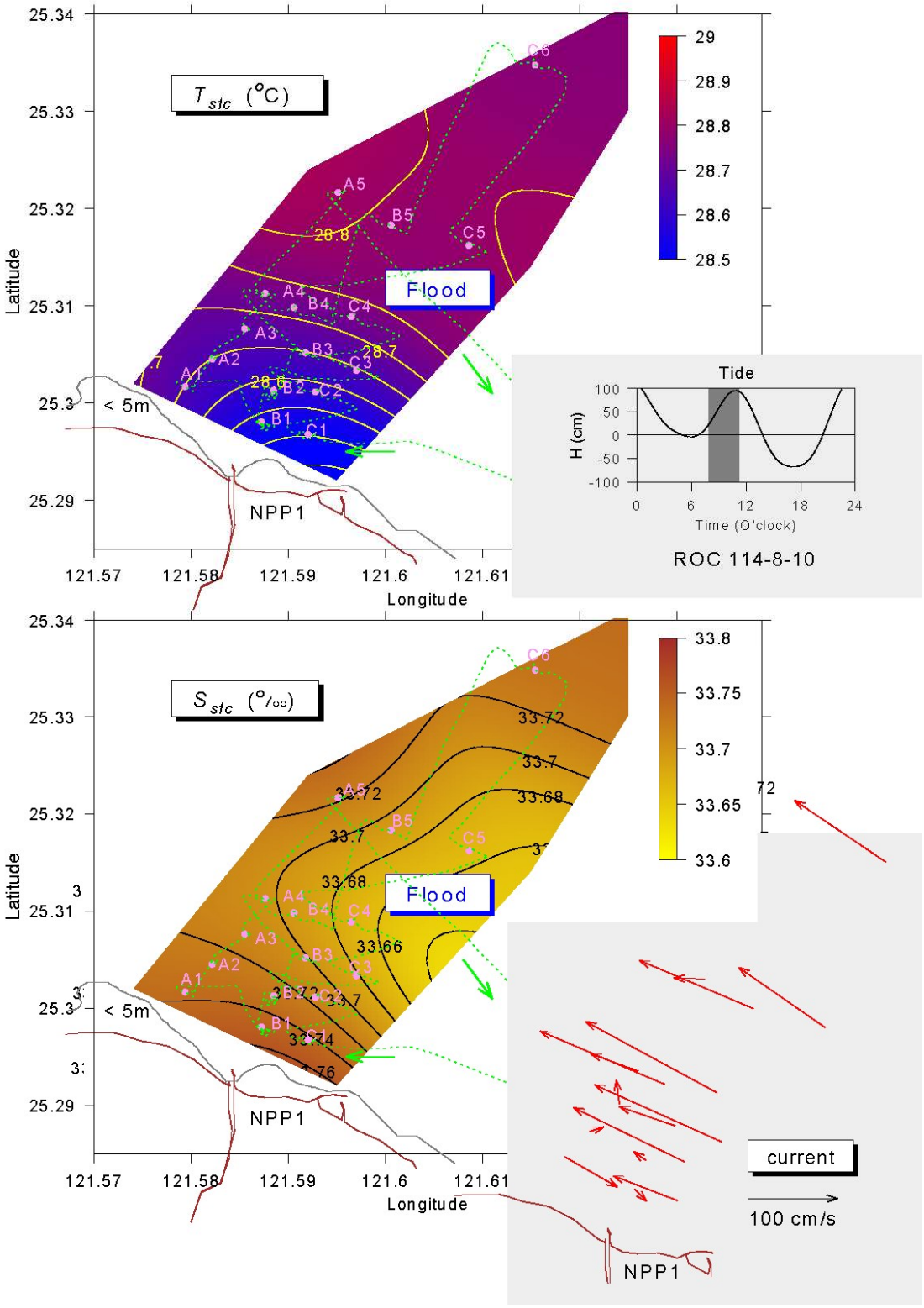


圖 1-30、114 年 8 月 10 日核一廠海域 CTD 測站海面的溫度 T_{sfc}、鹽度 S_{sfc} 等值圖，綠色虛線為航行軌跡，漲、退潮區以直虛線分隔。右上嵌圖為探測時段的潮汐，右下為各站海流向量，漲潮流紅箭矢，退潮流藍箭矢。

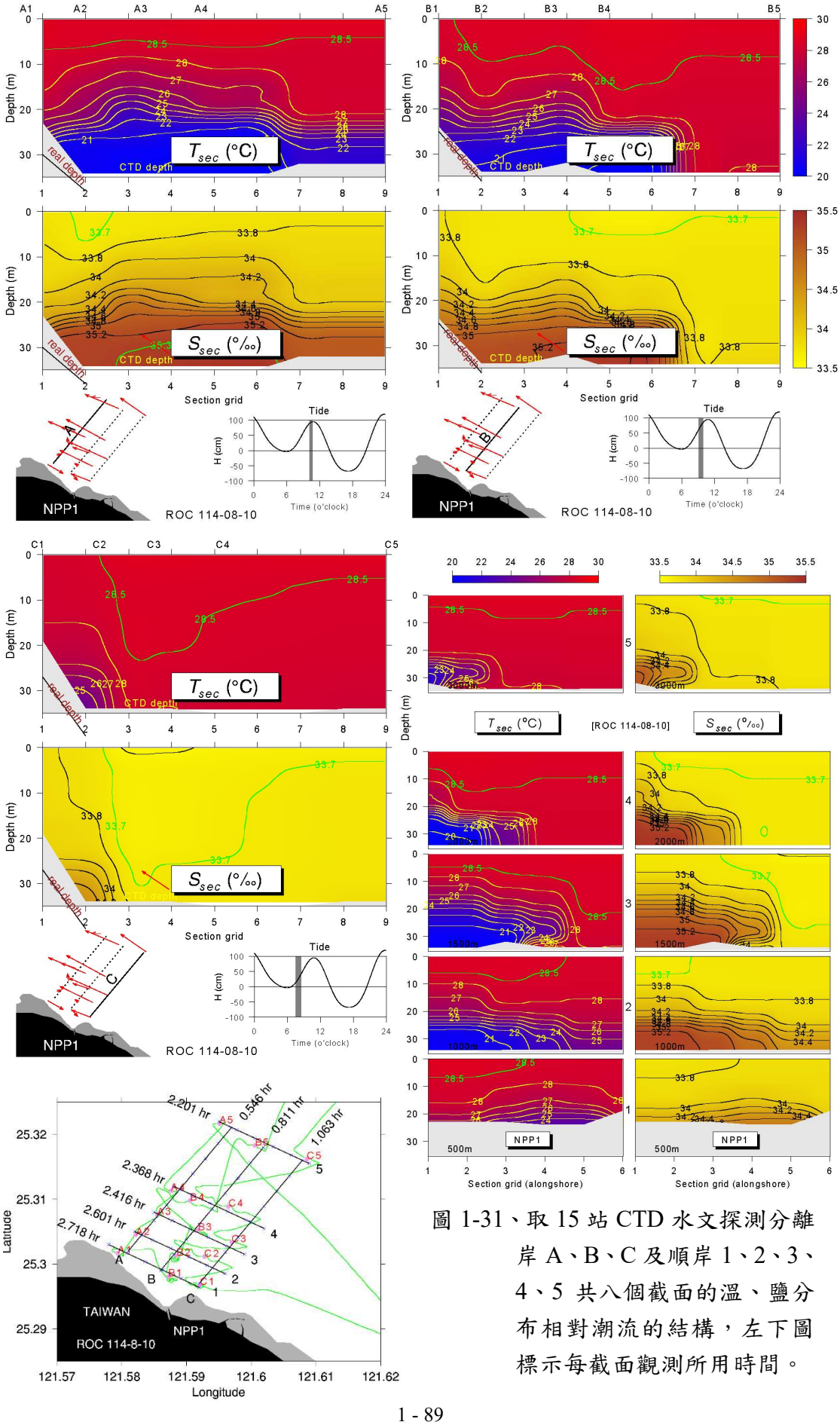
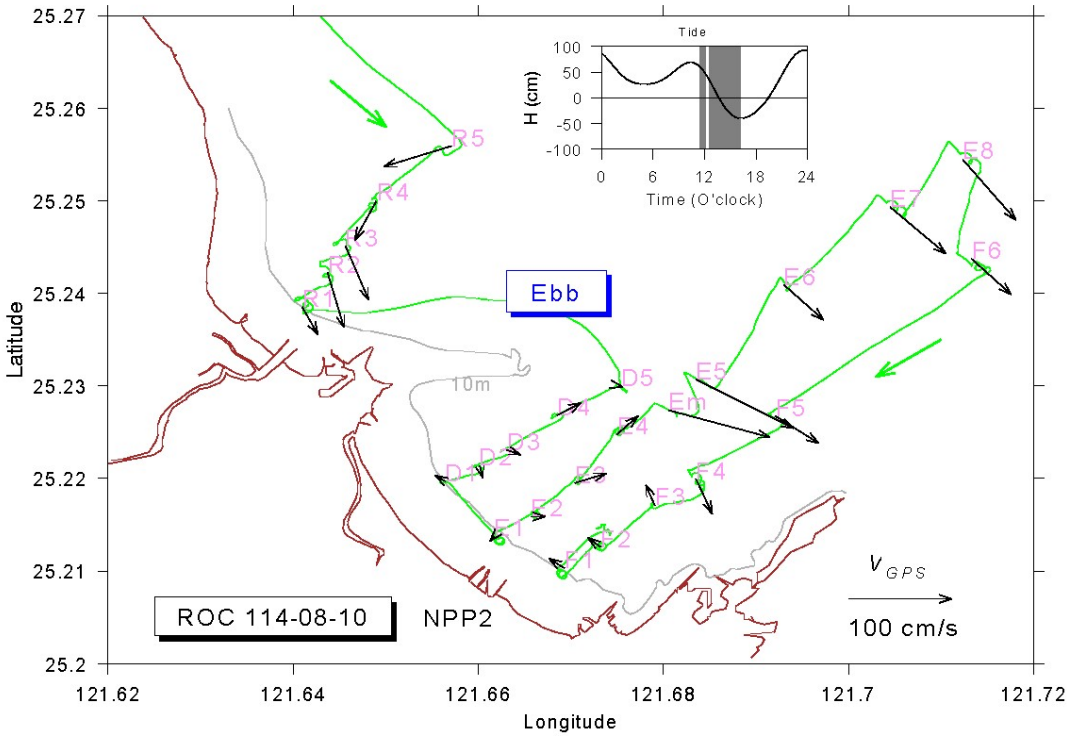


圖 1-31、取 15 站 CTD 水文探測分離岸 A、B、C 及順岸 1、2、3、4、5 共八個截面的溫、鹽分布相對潮流的結構，左下圖標示每截面觀測所用時間。



站	時間	經度	緯度	u (cm/s)	v	流速
R5	11:27	121.6571	25.2559	-65.8	-20.1	68.8
R4	11:38	121.6490	25.2500	-21.0	-37.8	43.2
R3	11:50	121.6456	25.2451	22.7	-52.6	57.3
R2	11:58	121.6437	25.2422	15.9	-53.4	55.7
R1	12:10	121.6410	25.2385	15.2	-26.6	30.6
D5	12:32	121.6754	25.2300	1.5	-.3	1.5
D4	12:40	121.6685	25.2268	23.5	12.0	26.4
D3	12:48	121.6631	25.2231	13.7	-5.0	14.6
D2	12:55	121.6601	25.2214	3.4	-12.4	12.9
D1	13: 1	121.6564	25.2197	-9.6	5.4	11.0
E1	13:11	121.6617	25.2138	-4.0	-4.5	6.0
E2	13:24	121.6657	25.2159	13.8	.0	13.8
E3	13:35	121.6704	25.2195	30.4	9.3	31.8
E4	13:47	121.6750	25.2248	20.4	17.7	27.0
Em	13:57	121.6805	25.2274	98.5	-26.3	101.9
E5	14: 6	121.6835	25.2307	94.8	-47.5	106.1
E6	14:17	121.6930	25.2409	38.6	-34.2	51.5
E7	14:31	121.7045	25.2493	54.1	-45.2	70.5
E8	14:46	121.7123	25.2545	51.7	-58.9	78.3
F6	15: 1	121.7133	25.2437	38.7	-34.7	52.0
F5	15:23	121.6921	25.2267	41.9	-26.3	49.5
F4	15:35	121.6835	25.2199	15.8	-33.8	37.3
F3	15:47	121.6791	25.2171	-9.0	20.0	21.9
F2	15:58	121.6732	25.2126	-12.4	8.8	15.2
F1	16:11	121.6693	25.2103	-15.0	9.3	17.7

圖 1-32、114 年 8 月 10 日使用 GPS 浮標，追蹤調查核二廠海域各站的海流向量 V_{GPS} 及數據。圖中箭矢起始點為放、收浮標的中央位置，綠線為航行軌跡，上方小圖為探測時段的潮汐。

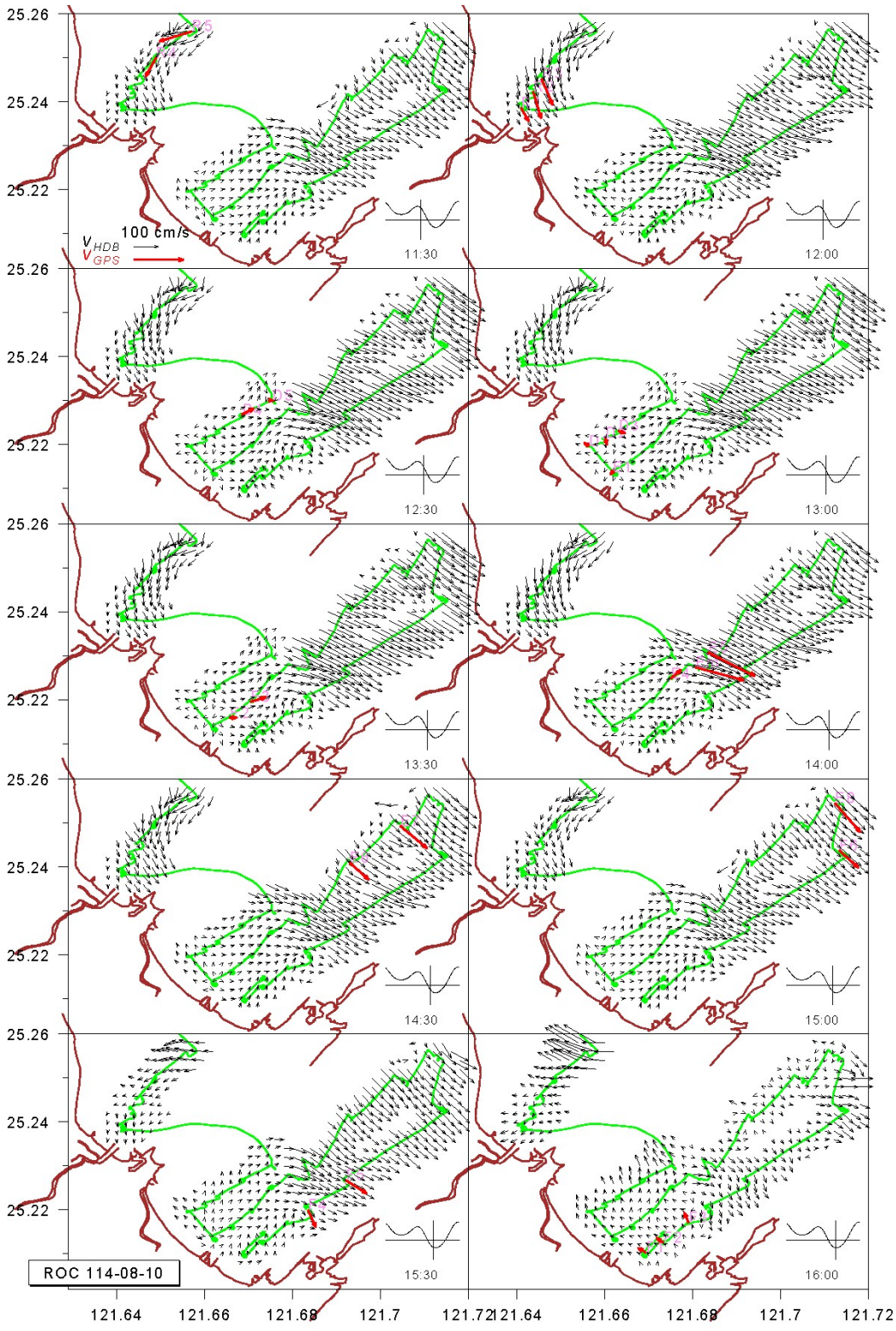


圖 1-33a、114 年 8 月 10 日核二廠海域調查時的每半小時 V_{HDB} 流場（灰箭矢是缺乏歷史資料的鄰近時間之流場），右下角潮汐簡圖指出該流場的潮時。綠色線是航跡，淡紅字編號是該半小時中進行的水文生化調查測站。為了在流場中凸顯，以紅色箭矢繪出對應時段的 GPS 浮標觀測之海流向量 V_{GPS}，並放大如 100 cm/s 尺標所示。

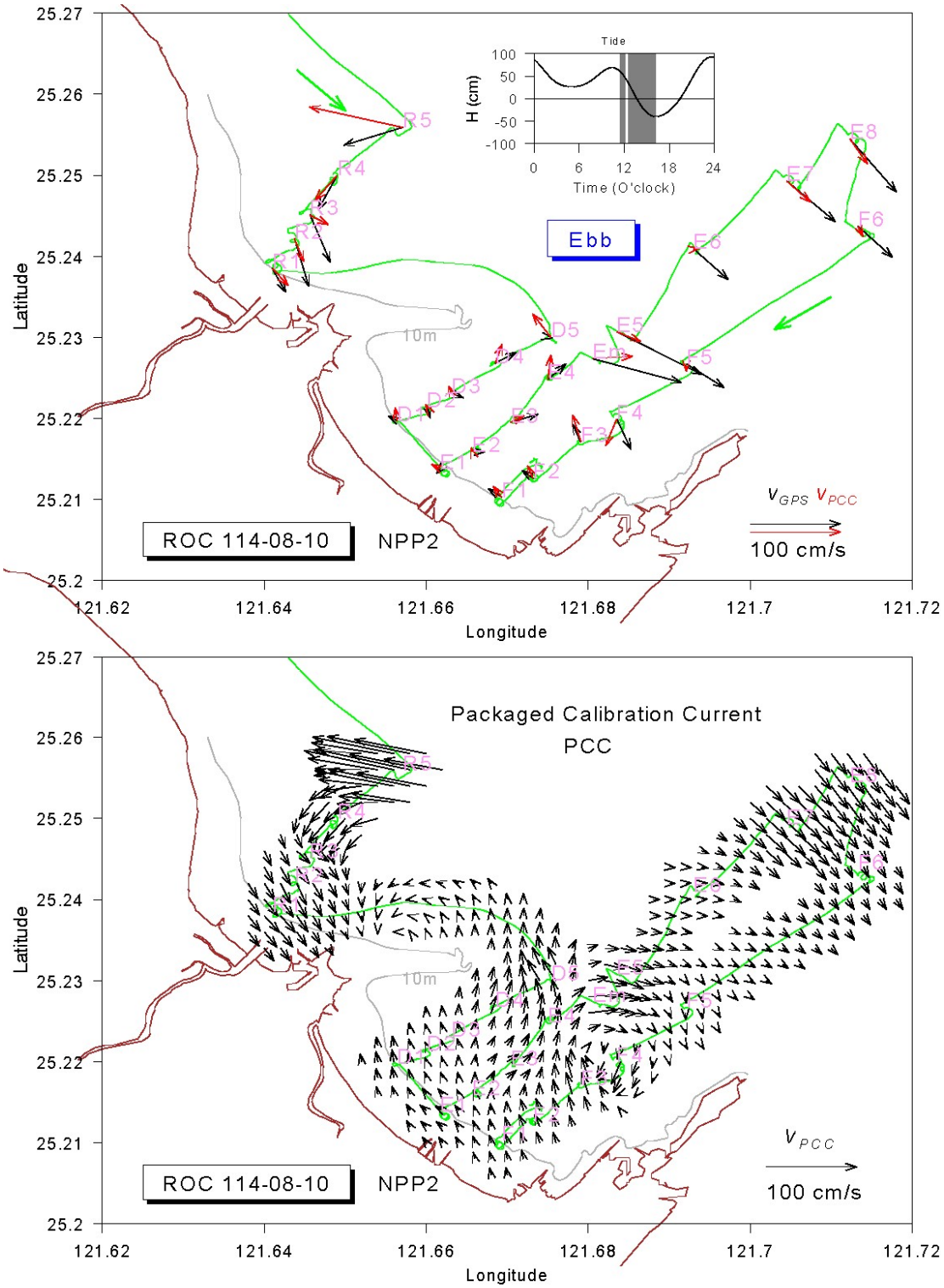


圖 1-33b、（上圖）GPS 浮標觀測的海流 V_{GPS}（黑箭矢）減去圖 1-33a 的 HDB 潮流 V_{HDB}，得到包裹式修正海流 PCC（紅箭矢）V_{PCC}。（下圖）客觀分析法展延上圖至網格分布，得到 PCC 流場。

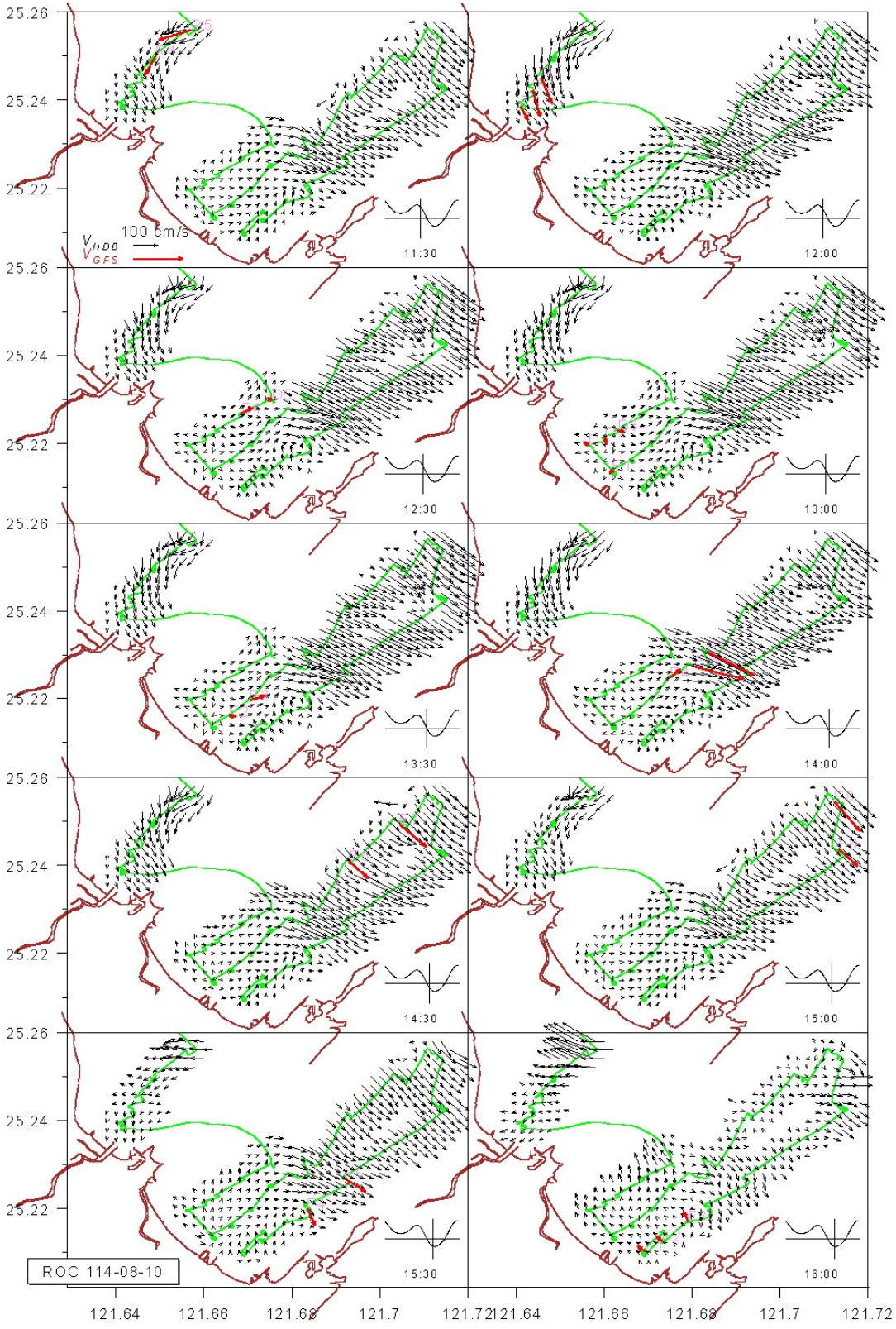


圖 1-33c、圖 1-33a 的 HDB 潮流時序 V_{HDB} 與圖 1-33b 的包裹修正海流 V_{PCC} 的合向量 V_{CHDB}，顯示與對應 GPS 浮標觀測海流 V_{GPS}（紅箭矢）的吻合性（去除每一時序圖框，是為了盡量放大，以利檢視）。

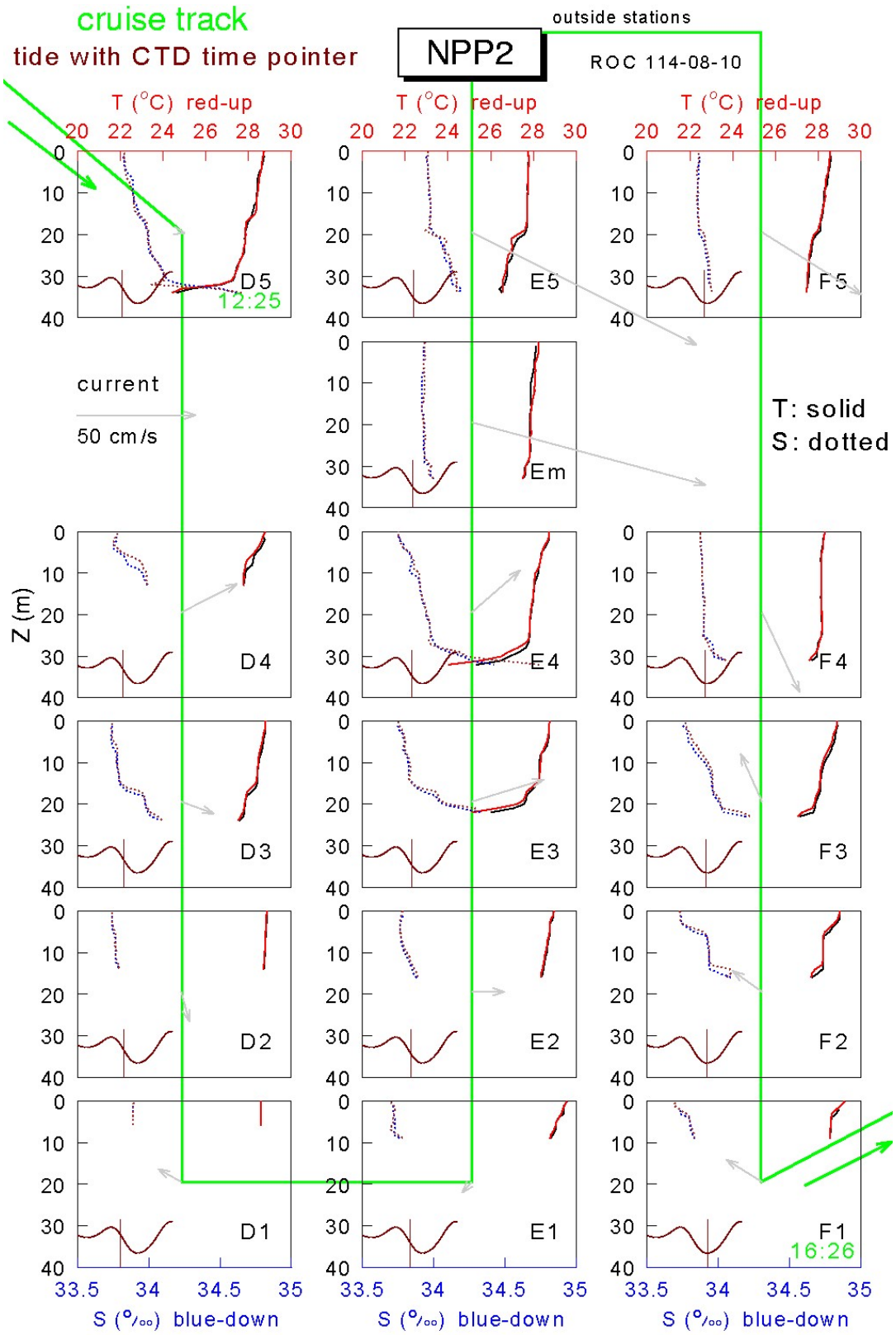


圖 1-34a、114 年 8 月 10 日核二廠海域調查時，野柳灣內各 CTD 站的溫度（實線，下放黑線、上收紅線）、鹽度（點線，下放藍線、上收褐線）的每 1m 資料。綠線為航行各站的探測順序，灰色箭矢為當時的海流，每站左下角為當日潮汐，並標示執行 CTD 的時間棒。

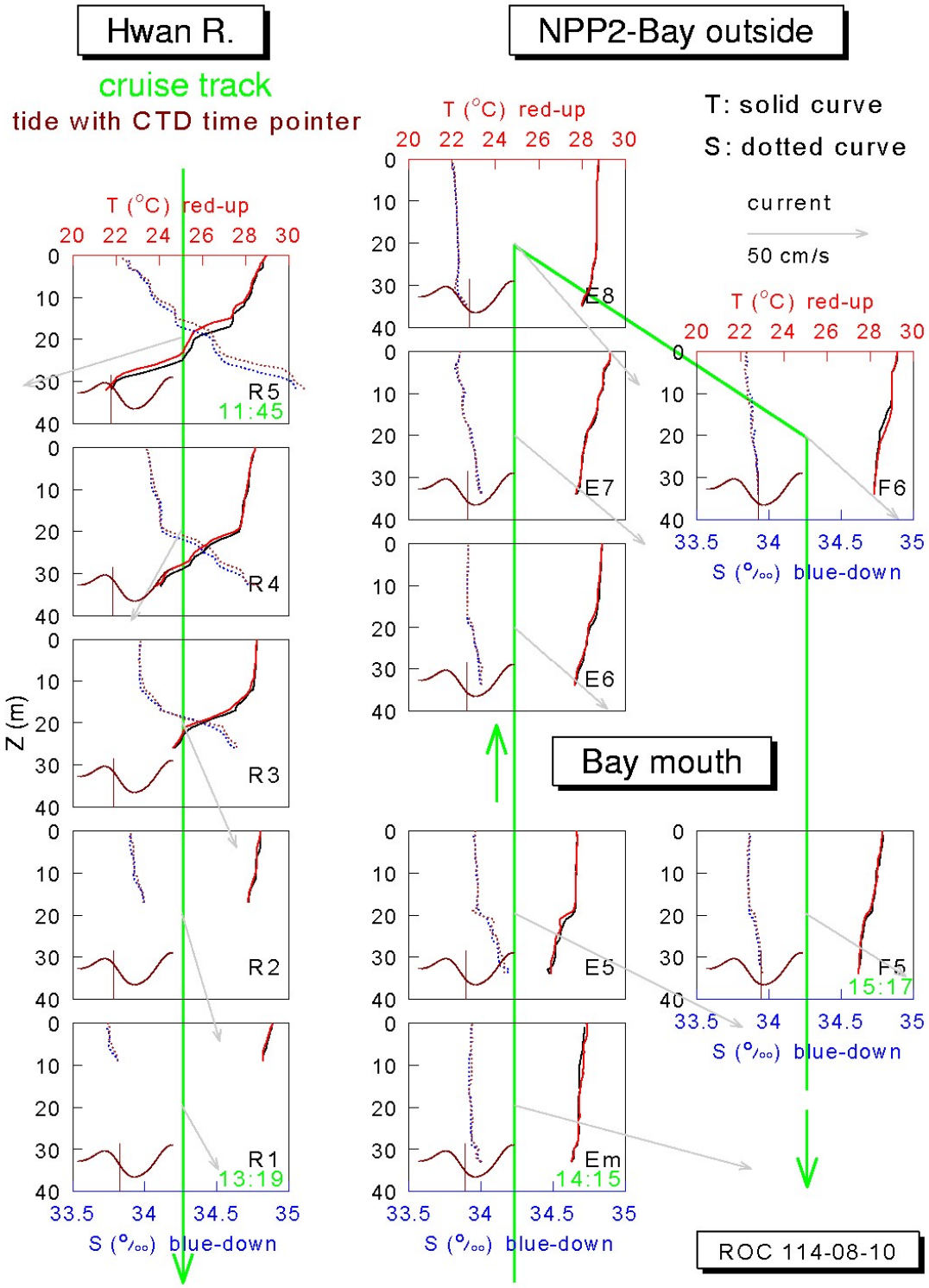


圖 1-34b、如圖 1-34a，但為磺溪口（左）、野柳灣外（右上）及灣口（右下）各站。

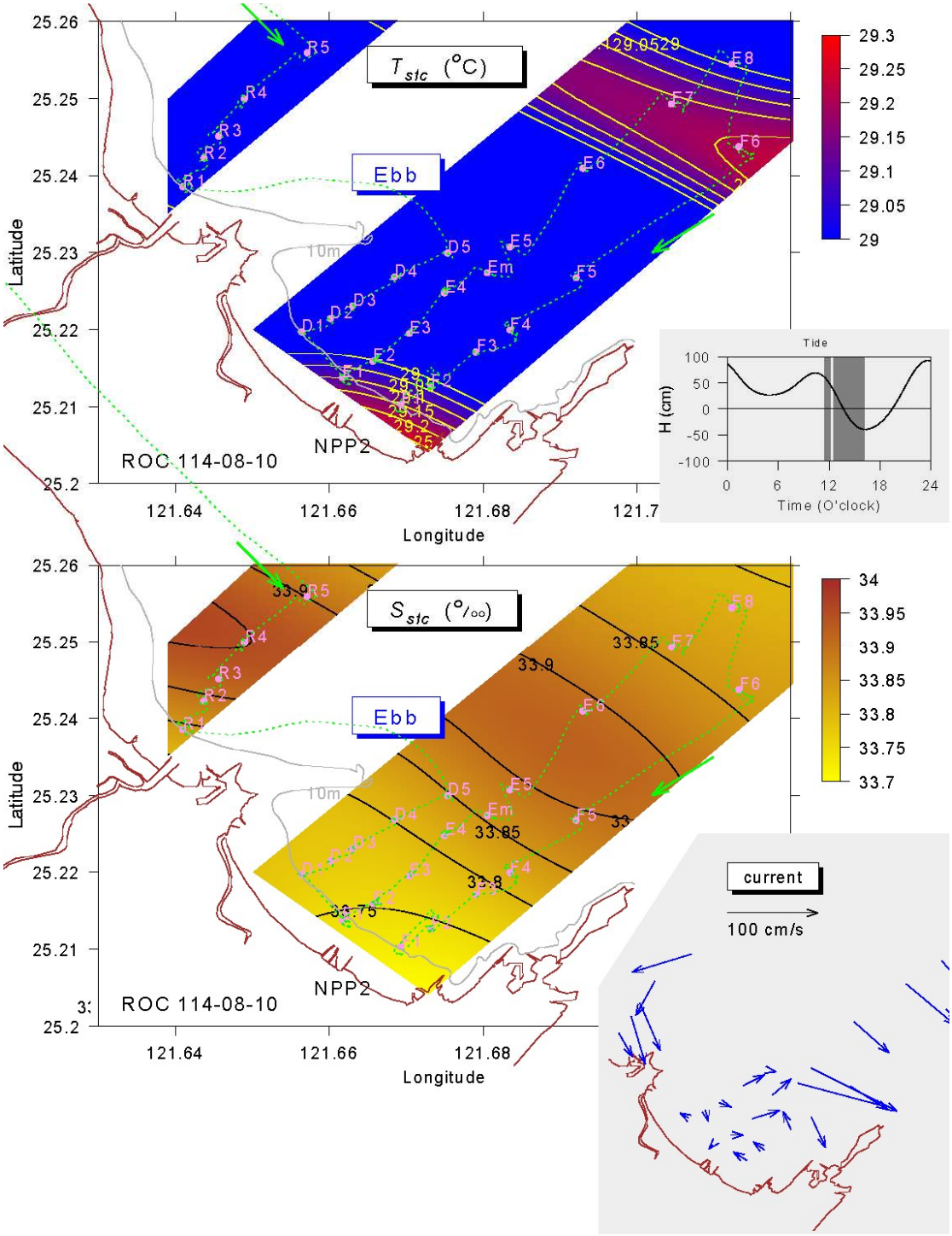


圖 1-35、114 年 8 月 10 日核二廠海域 CTD 測站海面的溫度 T_{sfc}、鹽度 S_{sfc} 等值圖，綠色虛線為航行軌跡，漲、退潮區以直虛線分隔。右上嵌圖為探測時段的潮汐，右下為各站海流向量，漲潮流紅箭矢，退潮流藍箭矢。

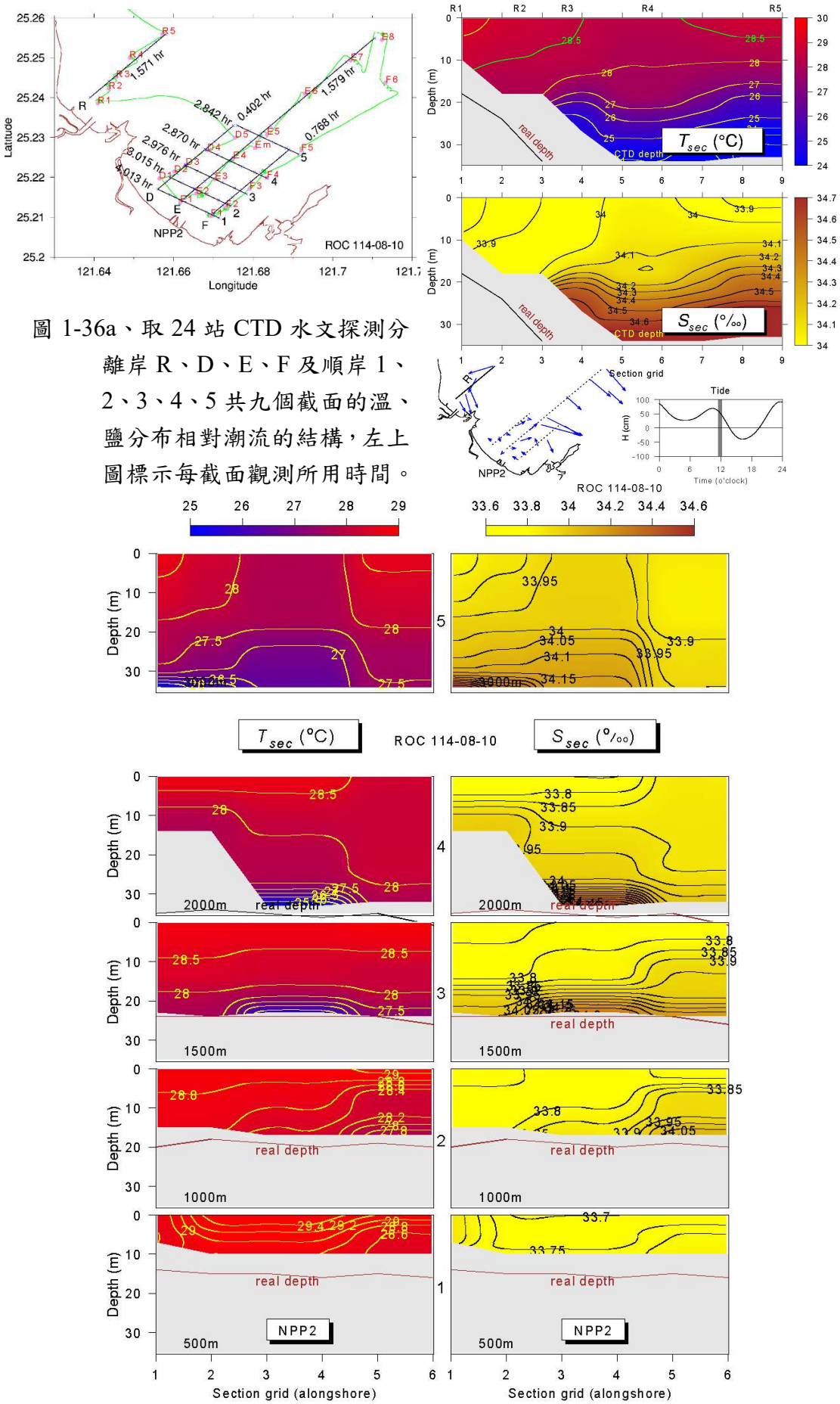


圖 1-36a、取 24 站 CTD 水文探測分離岸 R、D、E、F 及順岸 1、2、3、4、5 共九個截面的溫、鹽分布相對潮流的結構，左上圖標示每截面觀測所用時間。

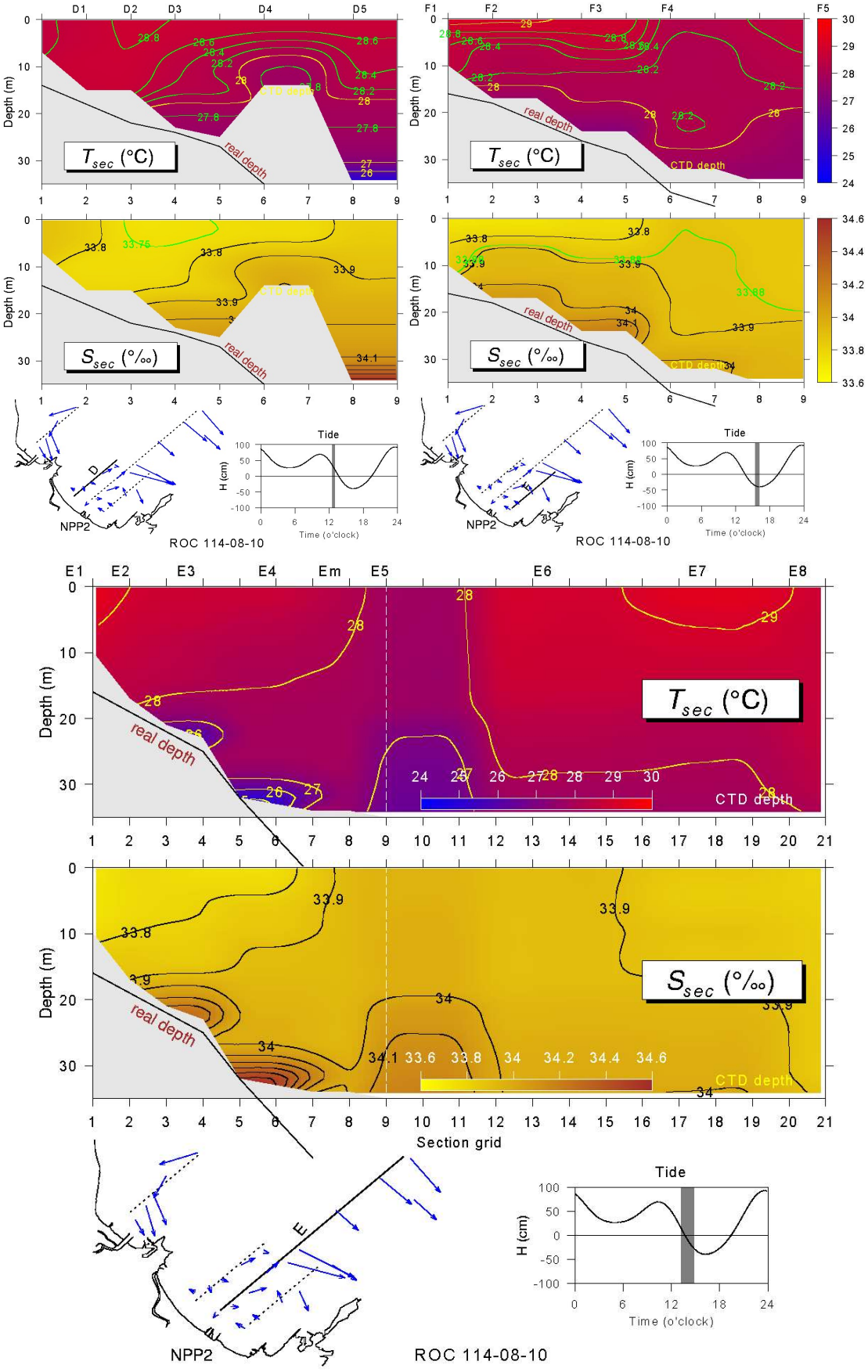


圖 1-36b、續圖 1-36a，截面 E 的垂直虛線是灣口位置。

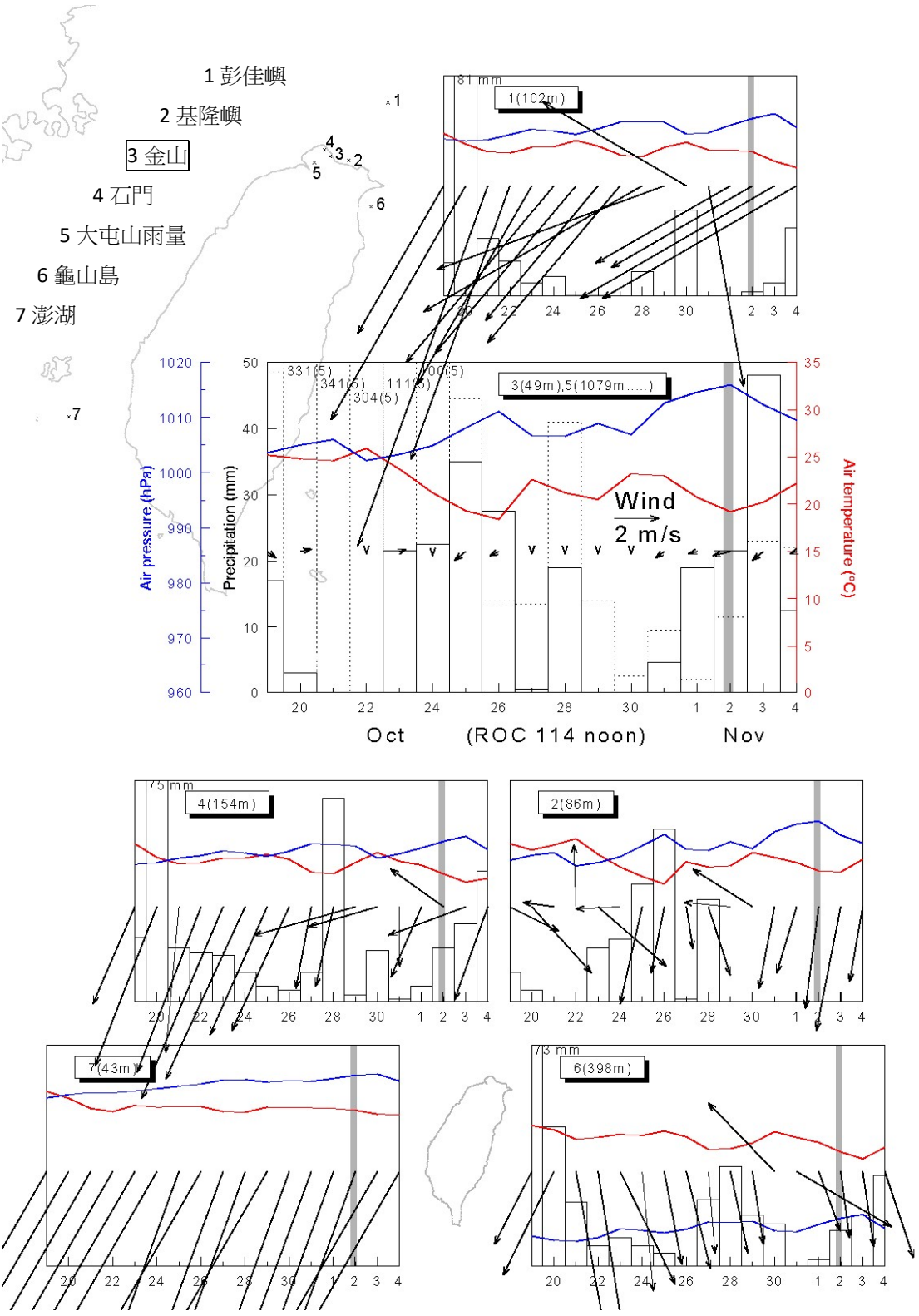


圖 1-37、114 年 11 月 2 日海域調查時（灰階線範圍），前兩週七個觀測站的氣象：氣溫（紅線）、氣壓（藍線）、雨量（直方線）及風場（箭矢）。編號 3 的金山氣象站最靠近核一廠與核二廠海域，編號 5 的大屯山僅使用雨量（虛線），雨量超過 50mm 以數字標示，氣象站編號之括號內為海拔高度。

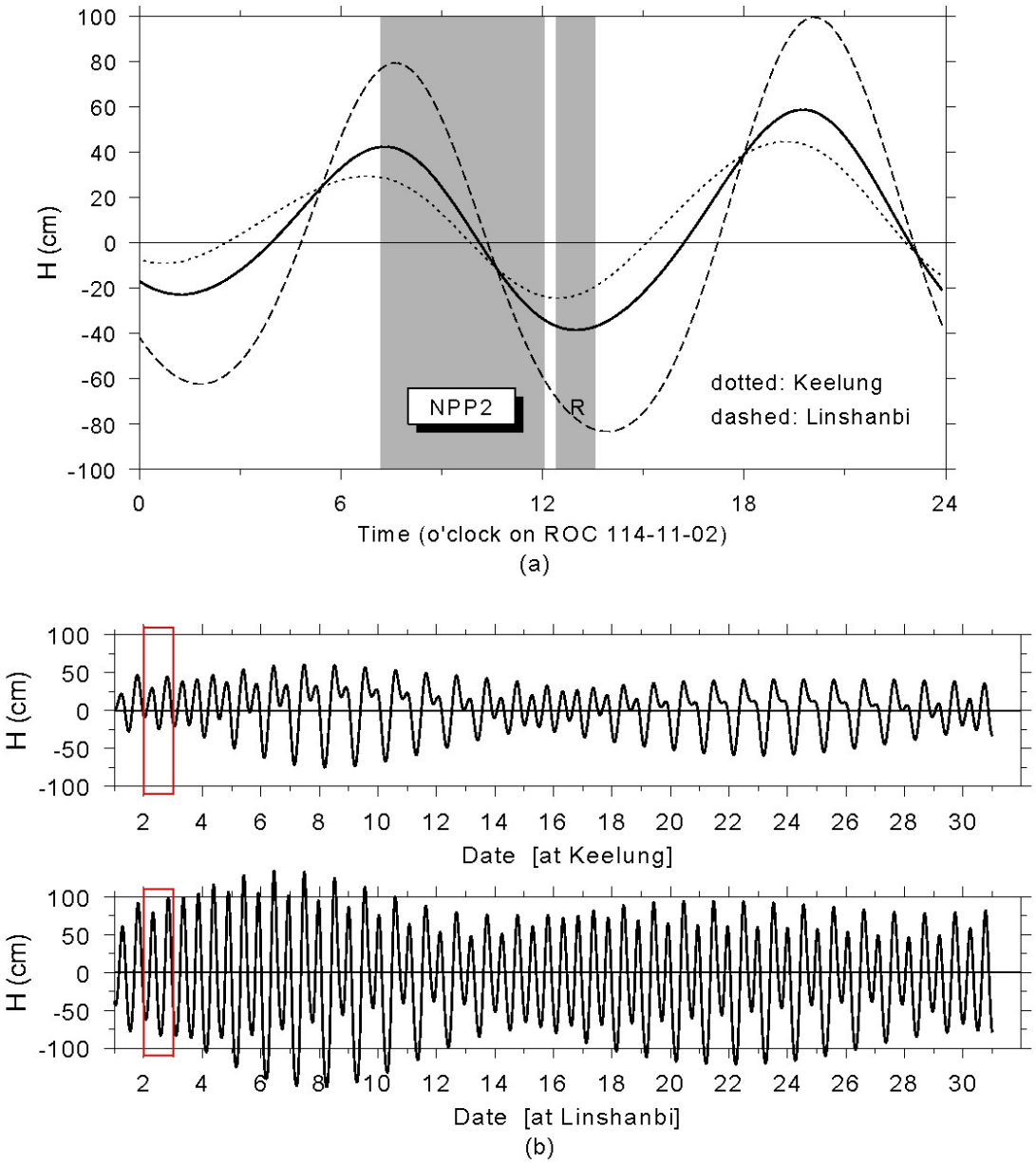
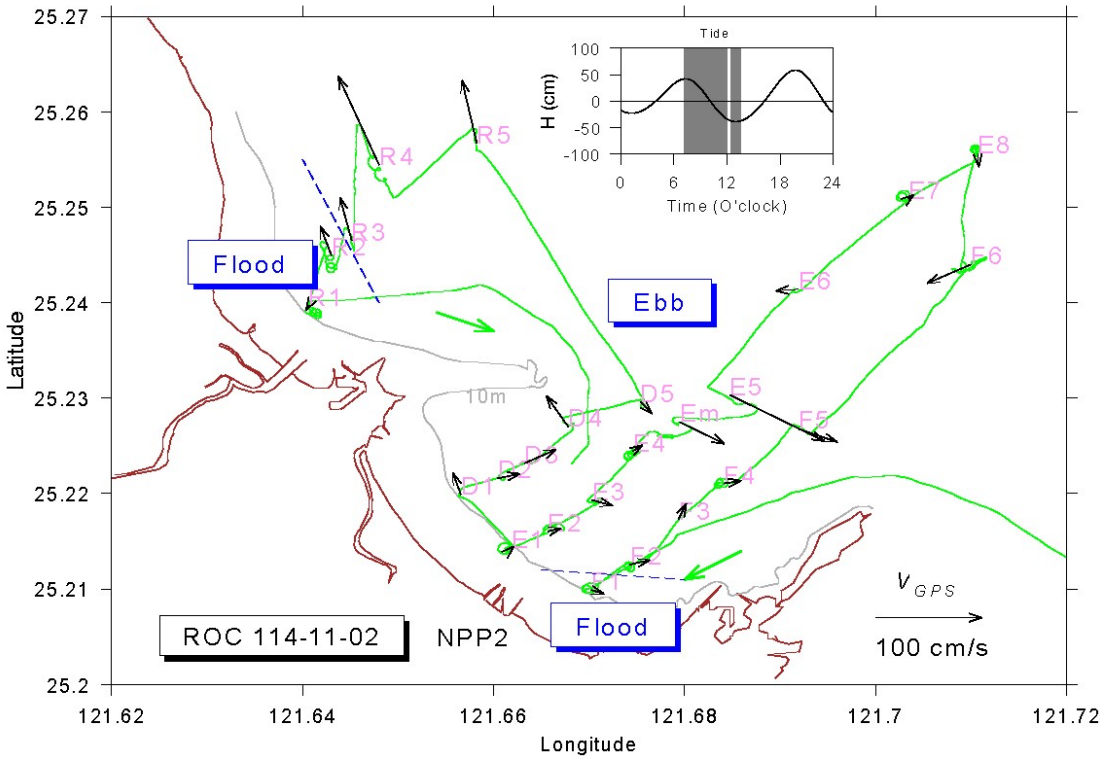


圖 1-38、114 年 11 月 2 日海域調查時，(a) 當日的潮汐（實線），從基隆（點線）與鱗山鼻（虛線）潮汐推估而得，灰階範圍是探測時段，核二廠海域包括磺溪口（R）調查。(b) 基隆的十一月潮汐，紅框標示探測日，助判當日是大潮日、中潮日或小潮日。



站	時間	經度	緯度	u (cm/s)	v	流速
F1	7:10	121.6702	25.2099	11.9	-3.5	12.4
F2	7:25	121.6743	25.2126	18.9	4.3	19.4
F3	7:39	121.6794	25.2173	7.4	14.4	16.1
F4	7:53	121.6841	25.2210	16.2	2.6	16.4
F5	8: 8	121.6919	25.2268	36.7	-12.4	38.8
F6	8:31	121.7100	25.2440	-41.2	-17.8	44.9
E8	8:53	121.7107	25.2556	1.2	-12.2	12.3
E7	9:10	121.7034	25.2509	5.0	3.8	6.3
E6	9:26	121.6919	25.2414	-21.2	-1.6	21.3
E5	9:41	121.6847	25.2303	89.3	-43.6	99.4
Em	9:54	121.6795	25.2275	42.0	-20.4	46.7
E4	10:38	121.6746	25.2244	9.0	5.6	10.6
E3	10:51	121.6703	25.2193	19.5	-5.4	20.2
E2	11: 5	121.6657	25.2160	12.4	3.1	12.8
E1	11:21	121.6619	25.2143	1.9	1.8	2.6
D1	11:33	121.6566	25.2199	-7.7	20.6	22.0
D2	11:40	121.6604	25.2216	21.3	4.3	21.7
D3	11:46	121.6632	25.2232	29.9	13.1	32.6
D4	11:54	121.6678	25.2270	-20.8	29.4	36.0
D5	12: 3	121.6753	25.2296	11.3	-11.3	16.0
R5	12:23	121.6582	25.2567	-14.0	59.7	61.4
R4	12:39	121.6480	25.2544	-38.6	83.5	92.0
R3	12:59	121.6451	25.2465	-11.2	40.6	42.1
R2	13:15	121.6430	25.2449	-10.6	27.9	29.9
R1	13:33	121.6406	25.2397	-2.3	-4.0	4.6

圖 1-39、114 年 11 月 2 日使用 GPS 浮標，追蹤調查核二廠海域各站的海流向量 V_{GPS} 及數據。圖中箭矢起始點為放、收浮標的中央位置，綠線為航行軌跡，左上小圖為探測時段的潮汐。

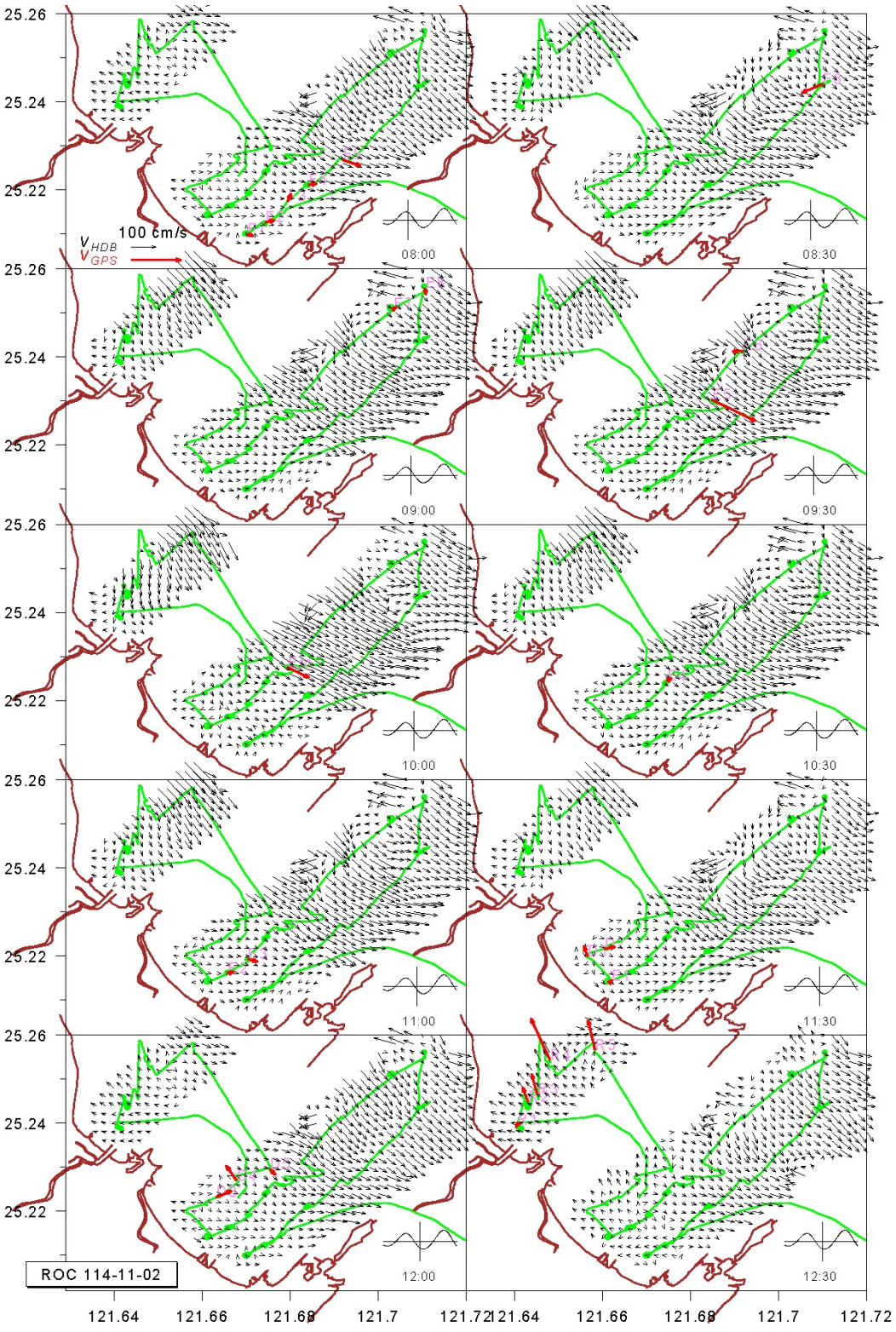


圖 1-40a、114 年 11 月 2 日核二廠海域調查時的每一小時 V_{HDB} 流場（灰箭矢是缺乏歷史資料的鄰近時間之流場），右下角潮汐簡圖指出該流場的潮時。綠色線是航跡，淡紅字編號是該半小時中進行的水文生化調查測站。為了在流場中凸顯，以紅色箭矢繪出對應時段的 GPS 浮標觀測之海流向量 V_{GPS}，並放大如 100 cm/s 尺標所示。

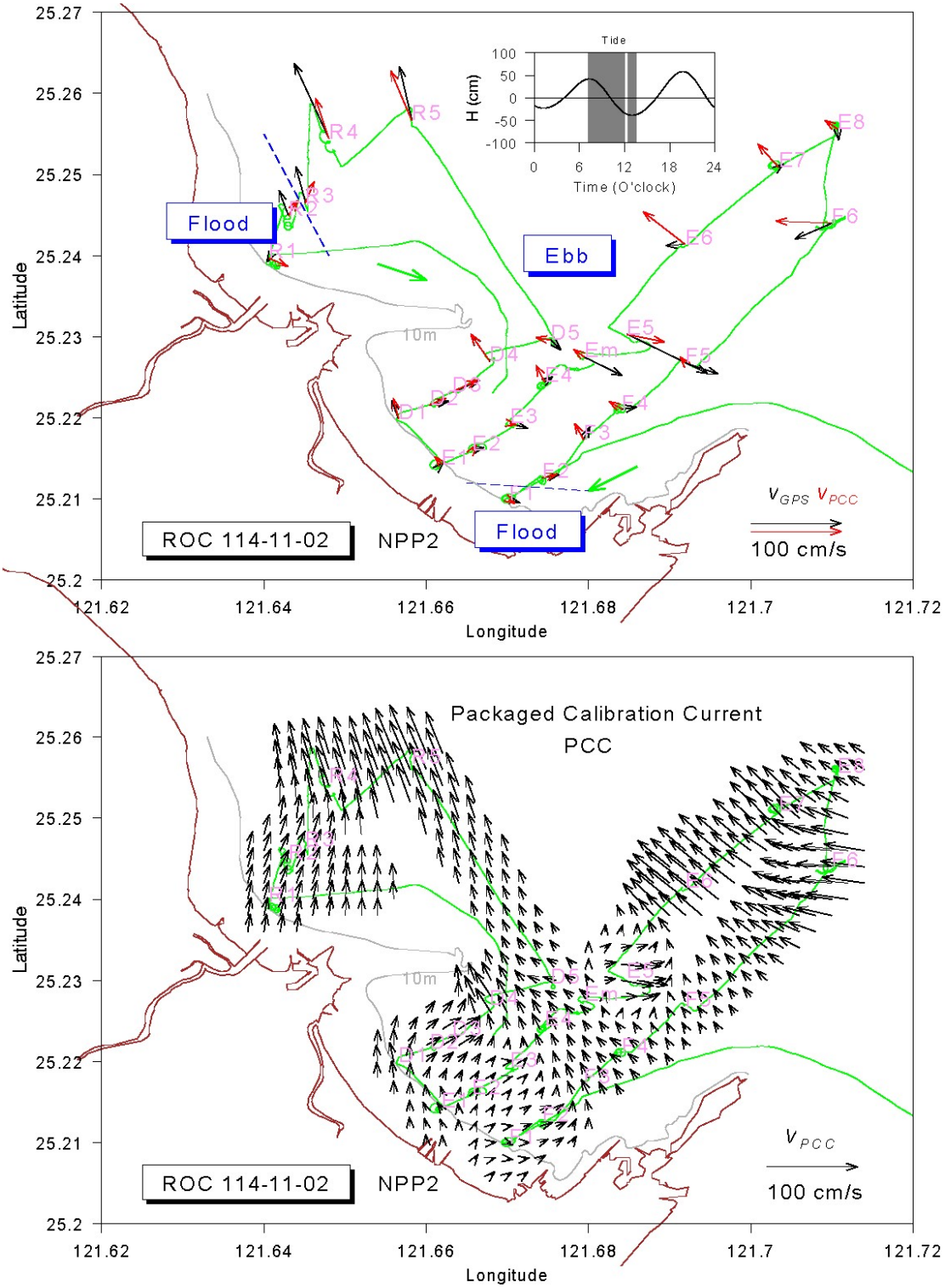


圖 1-40b、（上圖）GPS 浮標觀測的海流 V_{GPS}（黑箭矢）減去圖 1-40a 的 HDB 潮流 V_{HDB}，得到包裹式修正海流 PCC（紅箭矢）的流場 V_{PCC}。（下圖）客觀分析法展延上圖至網格分布，得到 PCC 流場。

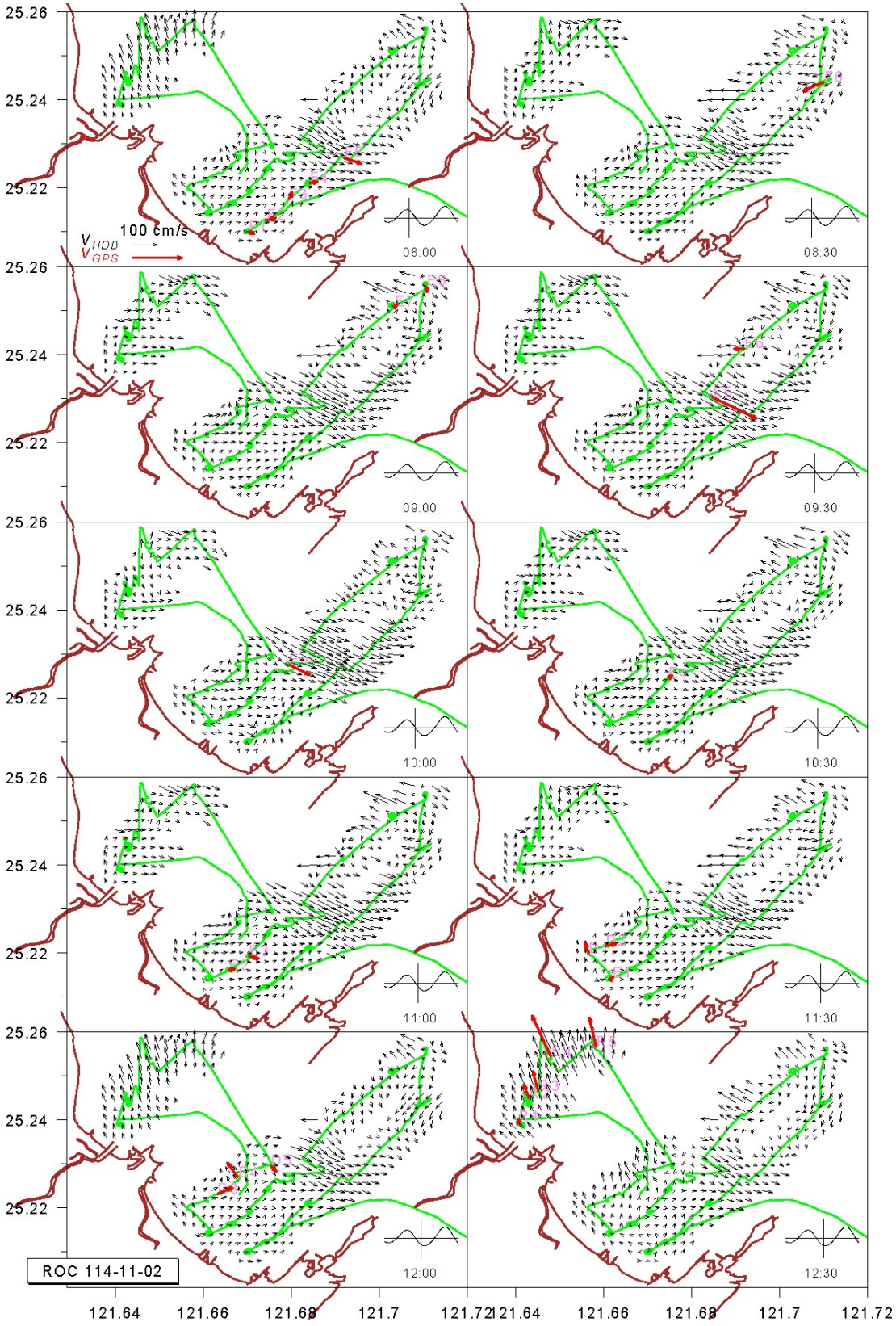


圖 1-40c、圖 1-40a 的 HDB 潮流時序 V_{ADCP} 與圖 1-40b 的包裹修正海流 V_{PCC} 的合向量 V_{CHDB}，顯示與對應 GPS 浮標觀測海流 V_{GPS}（紅箭矢）的吻合性（去除每一時序圖框，是為了盡量放大，以利檢視）。

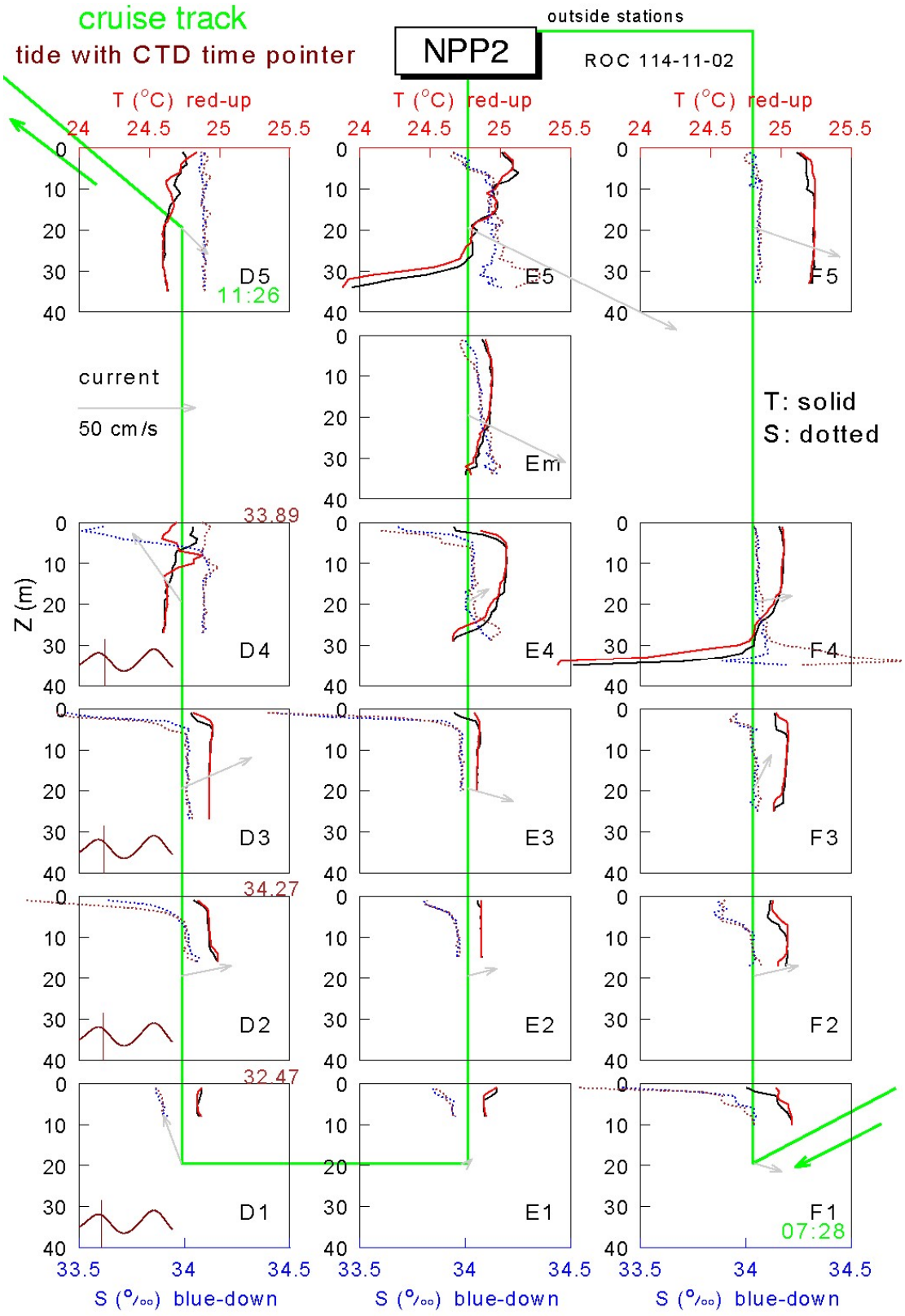


圖 1-41a、114 年 11 月 2 日核二廠海域調查時，野柳灣內各 CTD 站的溫度（實線，下放黑線、上收紅線）、鹽度（點線，下放藍線、上收褐線）的每 1m 資料。綠線為航行各站的探測順序，灰色箭矢為當時的海流，每站左下角為當日潮汐，並標示執行 CTD 的時間棒。

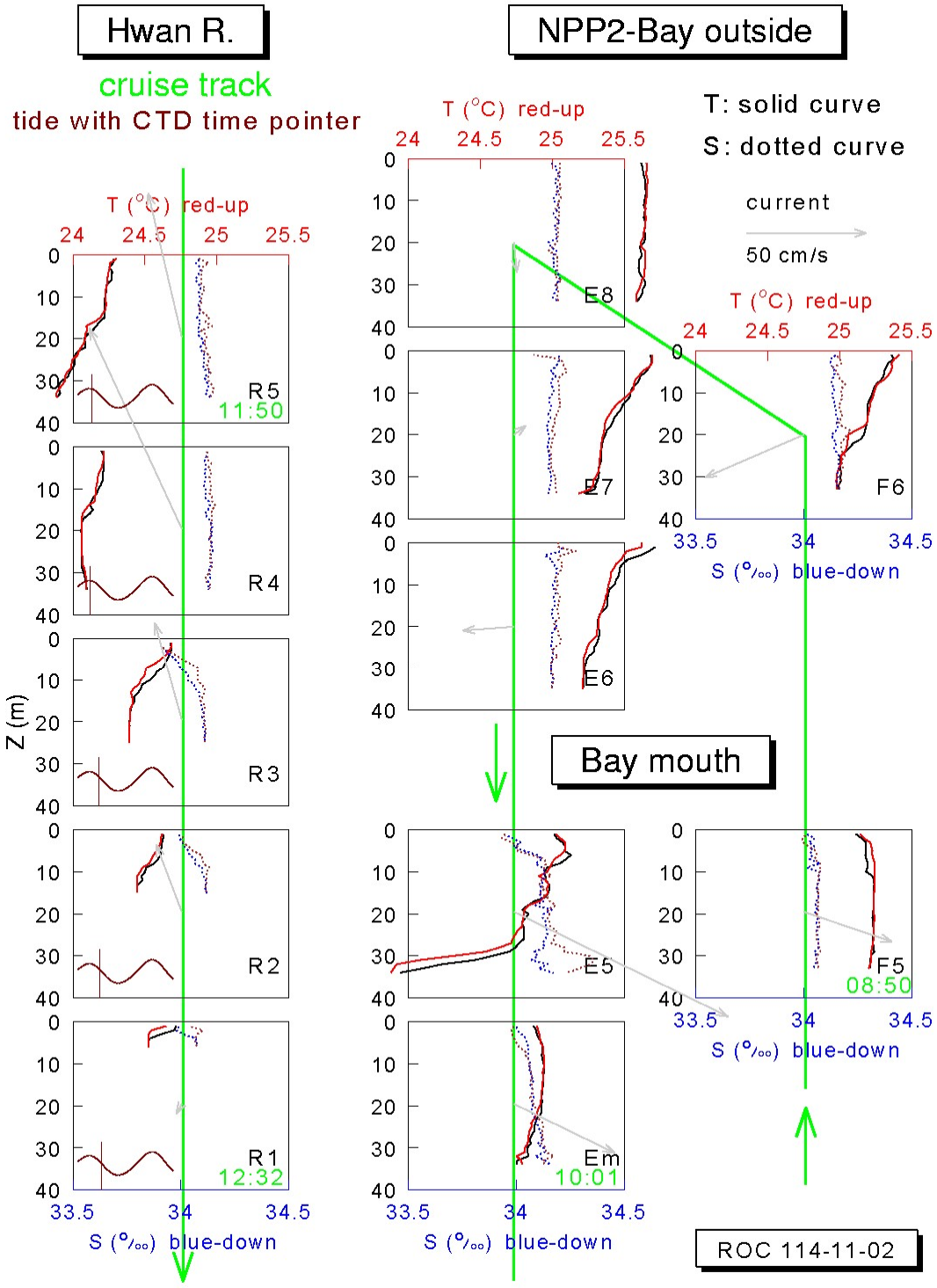


圖 1-41b、如圖 1-41a，但為<u>磺溪</u>口（左）、<u>野柳</u>灣外（右上）及灣口（右下）各站。

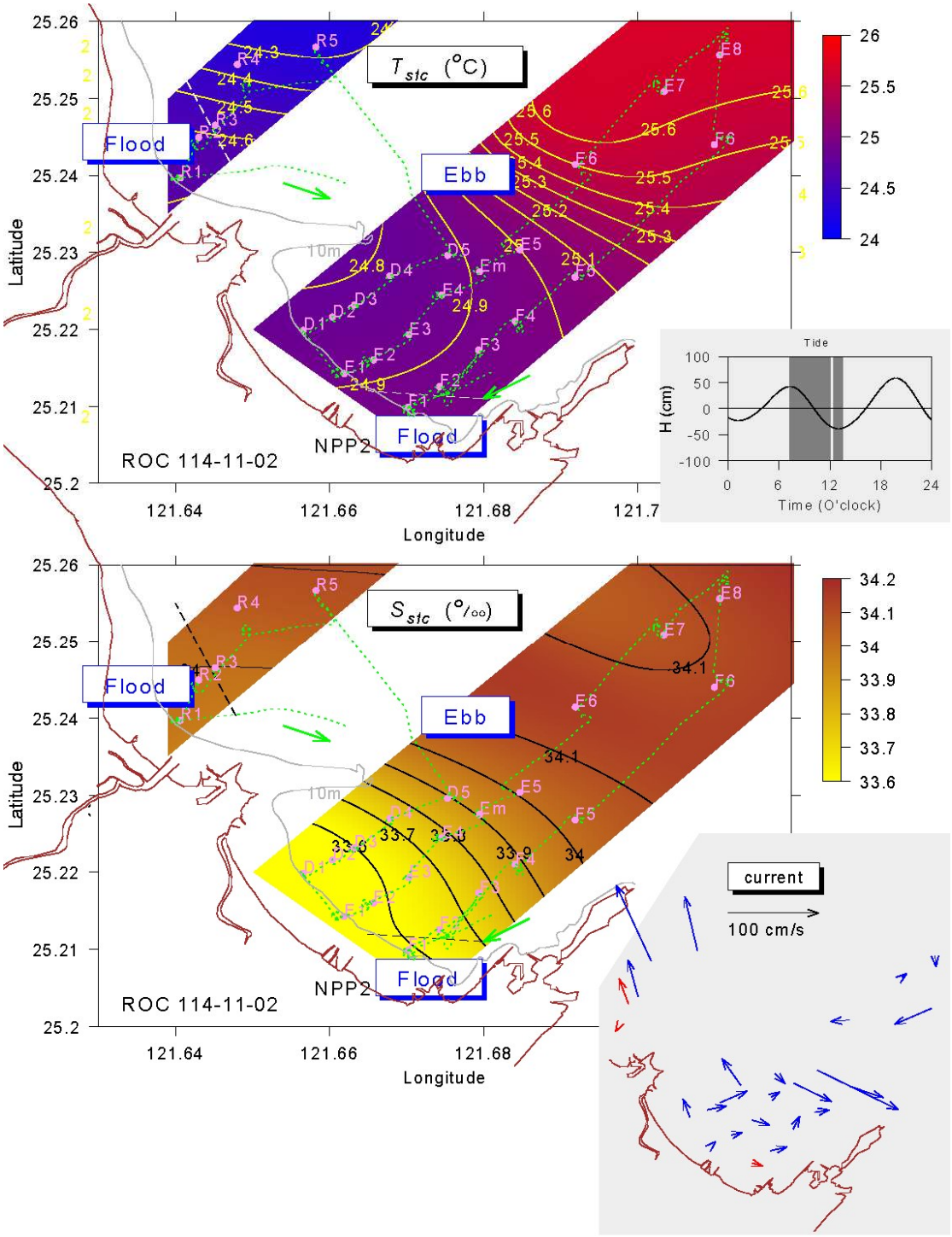


圖 1-42、114 年 11 月 2 日核二廠海域 CTD 測站海面的溫度 T_{sfc}、鹽度 S_{sfc} 等值圖，綠色虛線為航行軌跡，漲、退潮區以直虛線分隔。右上嵌圖為探測時段的潮汐，右下為各站海流向量，漲潮流紅箭矢，退潮流藍箭矢。

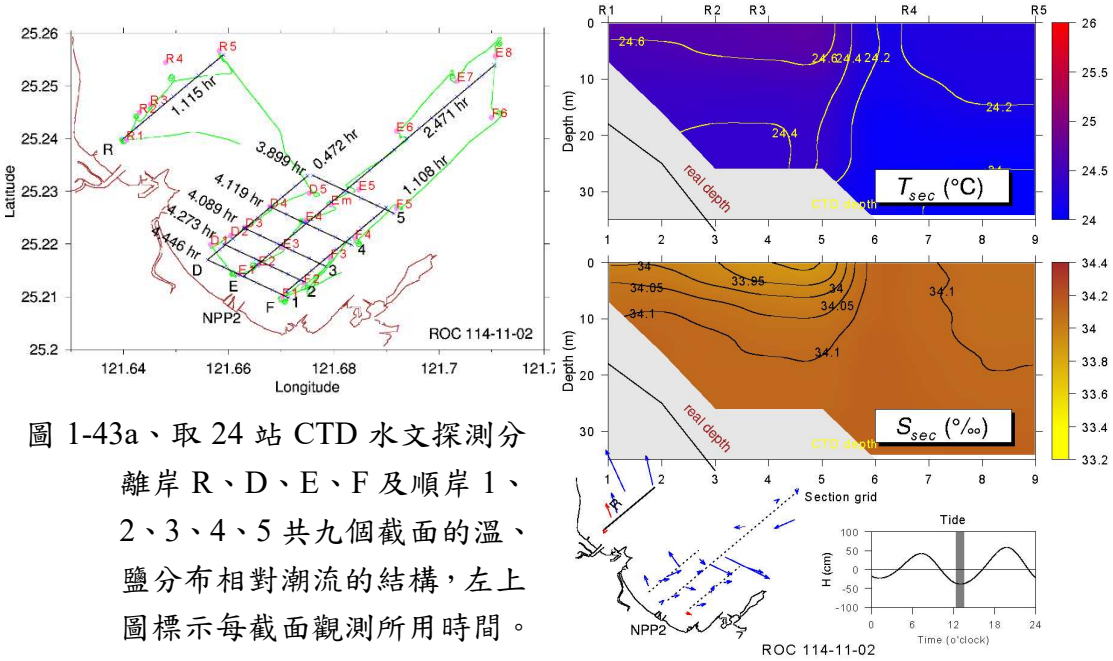
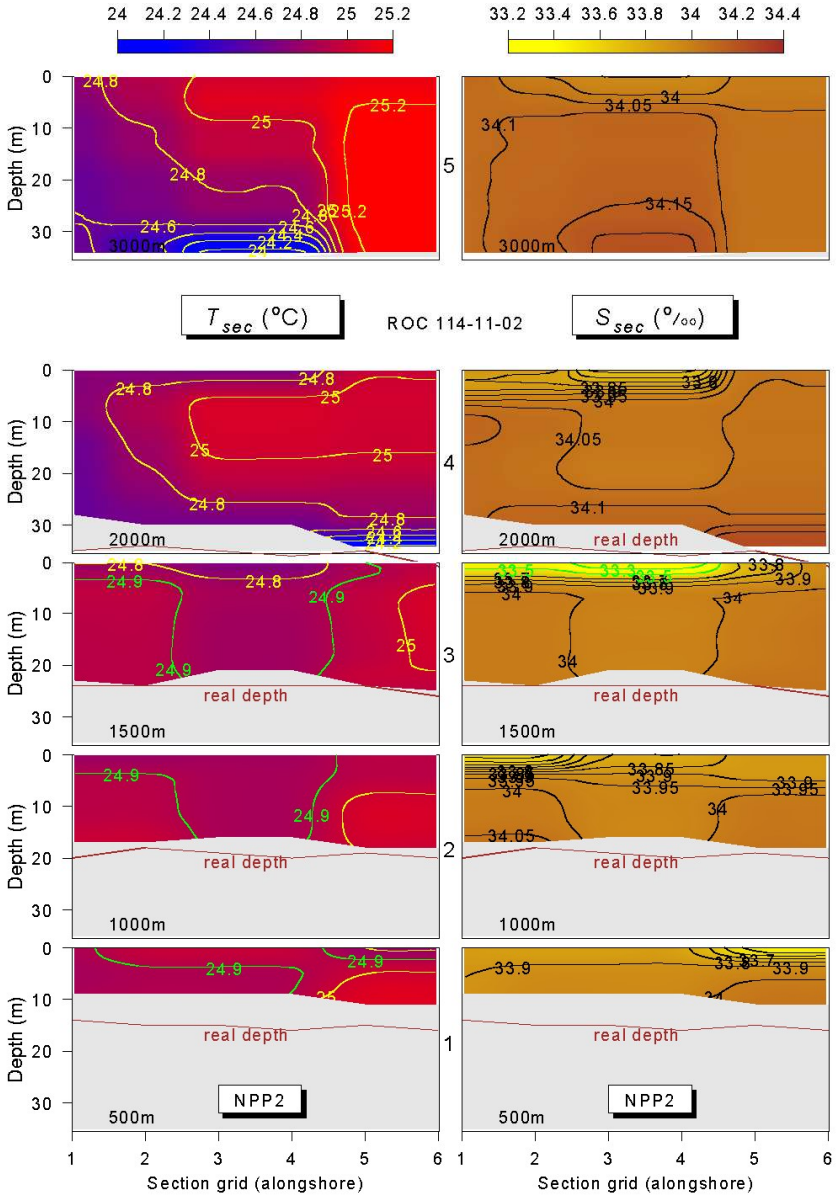
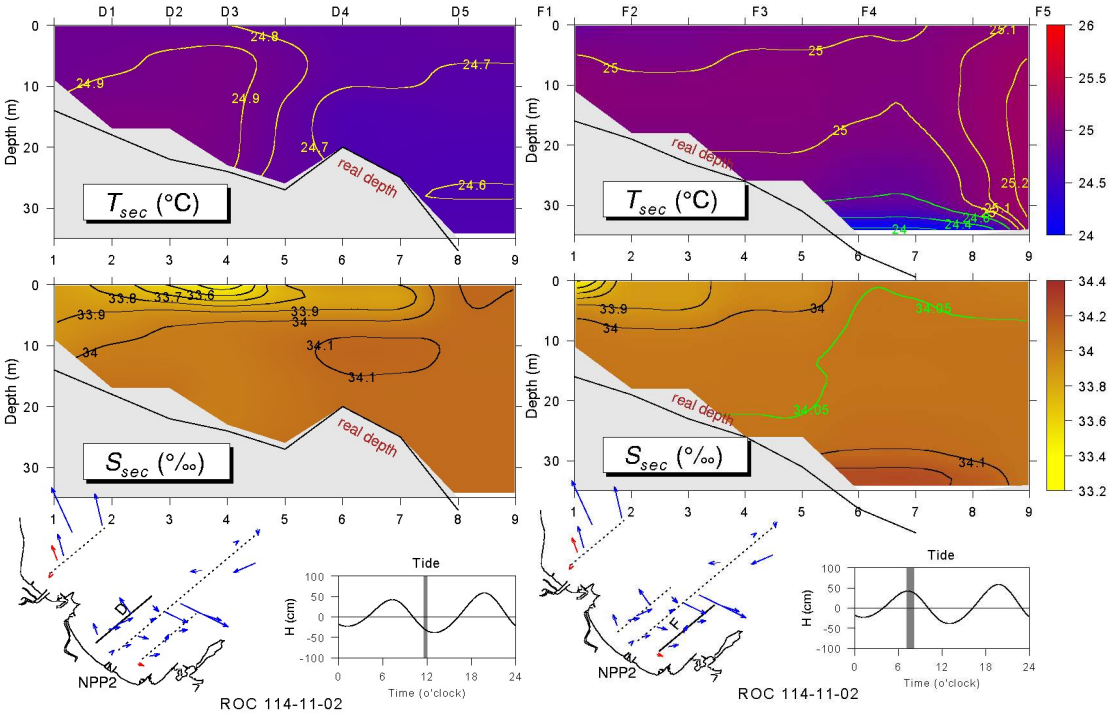


圖 1-43a、取 24 站 CTD 水文探測分離岸 R、D、E、F 及順岸 1、2、3、4、5 共九個截面的溫、鹽分布相對潮流的結構，左上圖標示每截面觀測所用時間。





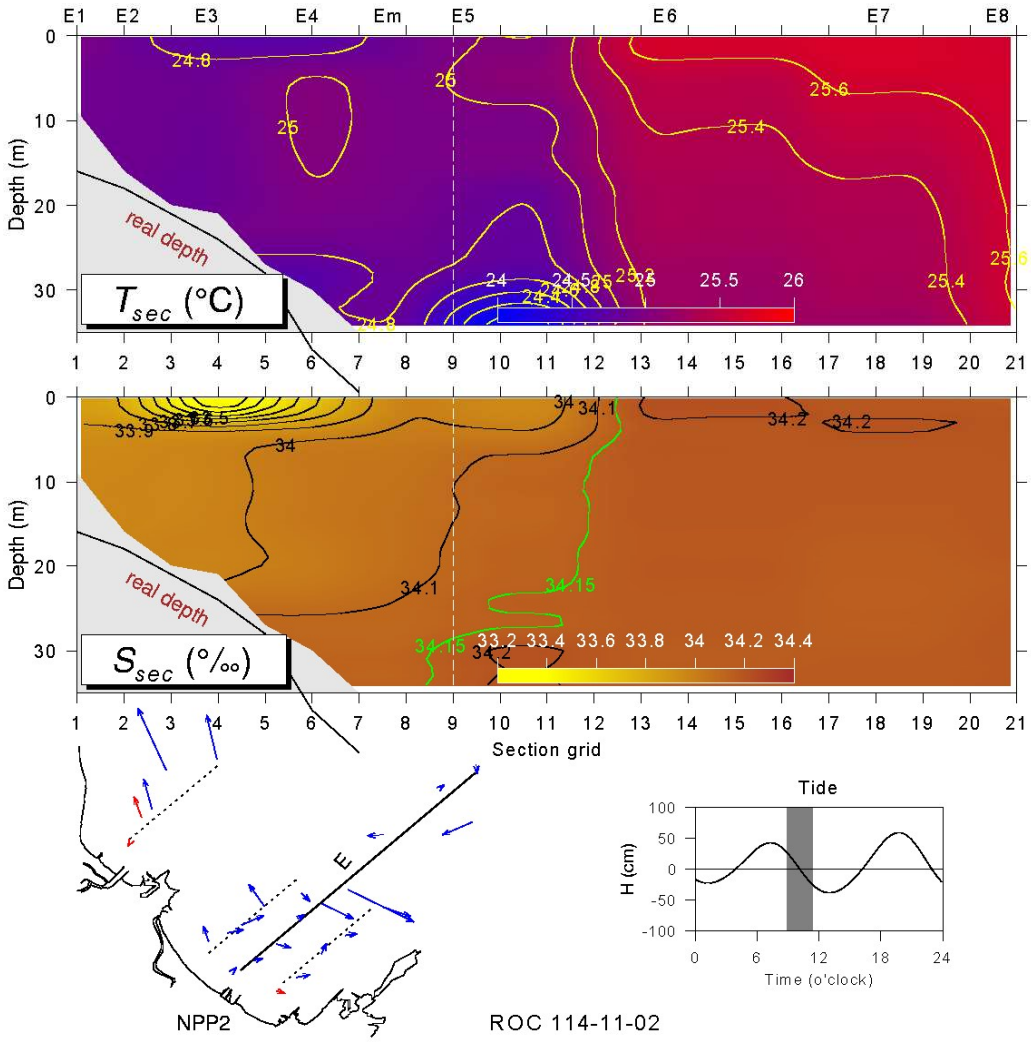


圖 1-43b、續圖 1-43a，截面 E 的垂直虛線是灣口位置。

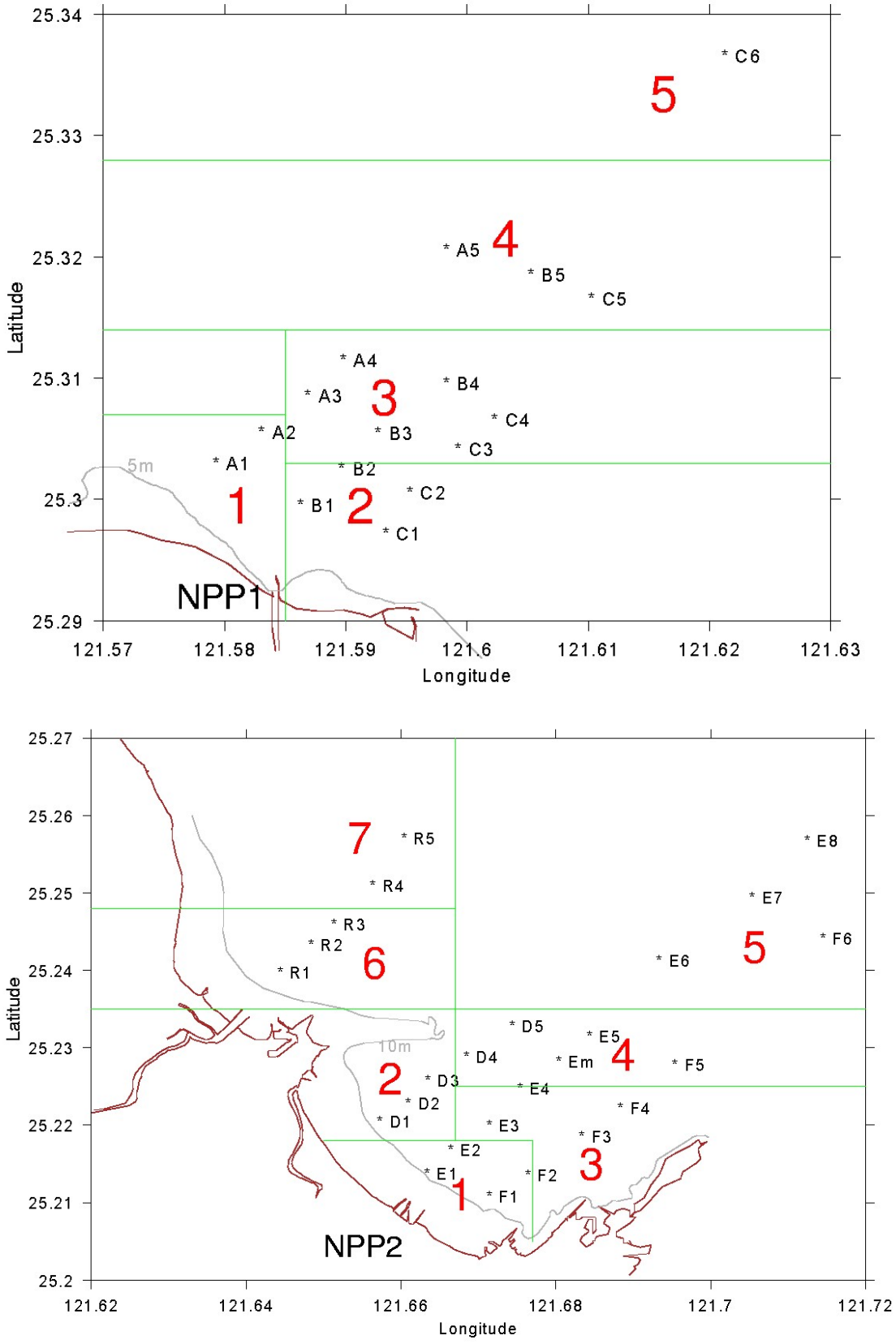


圖 1-44、核一廠海域、核二廠海域及<u>璜溪</u>海域測站分區編號。

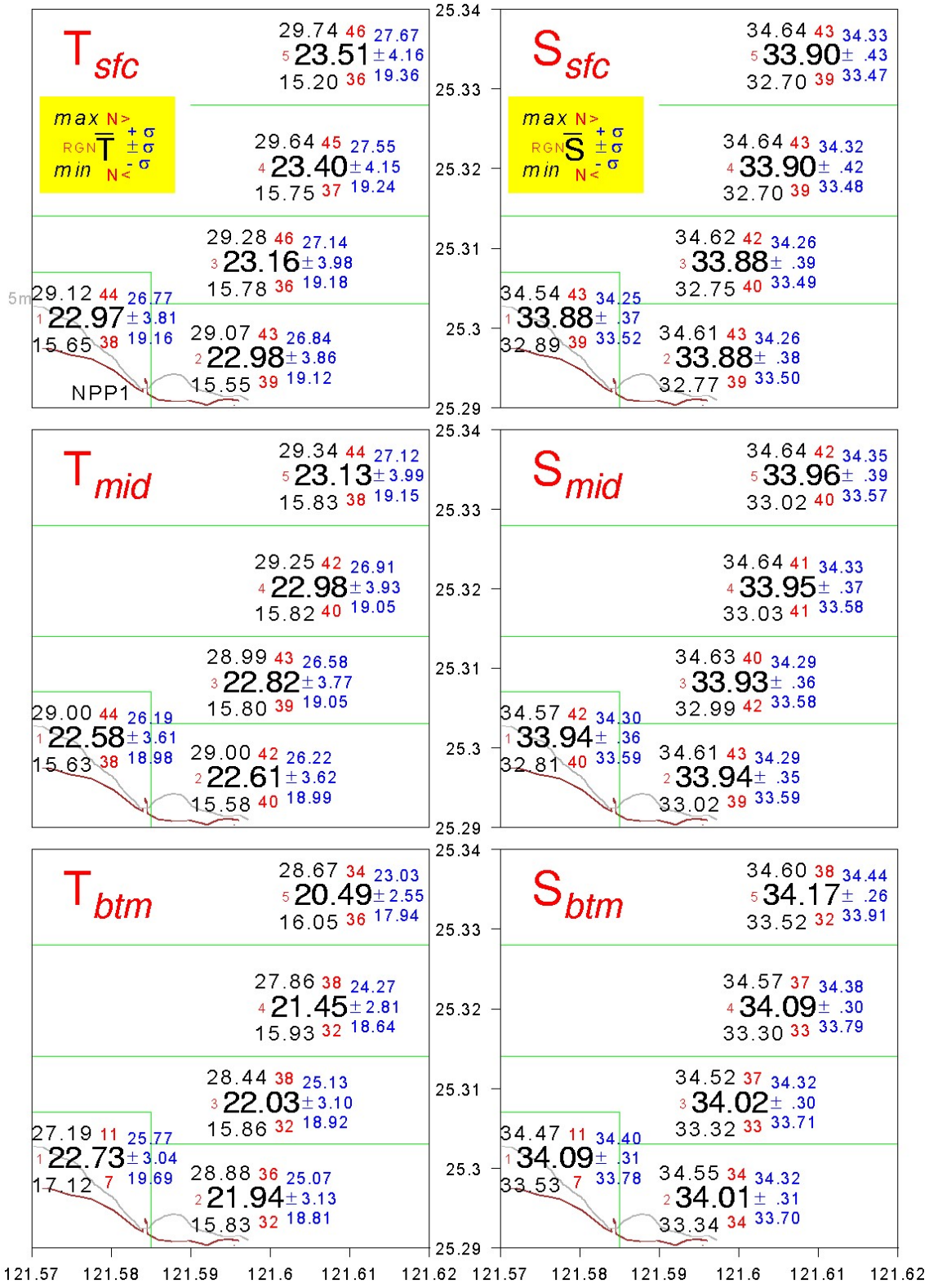


圖 1-45a、91 年至今，核一廠海域 82 季的 HDB 溫、鹽水文資料分五區三個水層的統計，以易於地理辨識的方式列繪在地圖上。需留意下方底層水左下角第 1 區圖框的總資料量只有 18 季，可信度偏低。

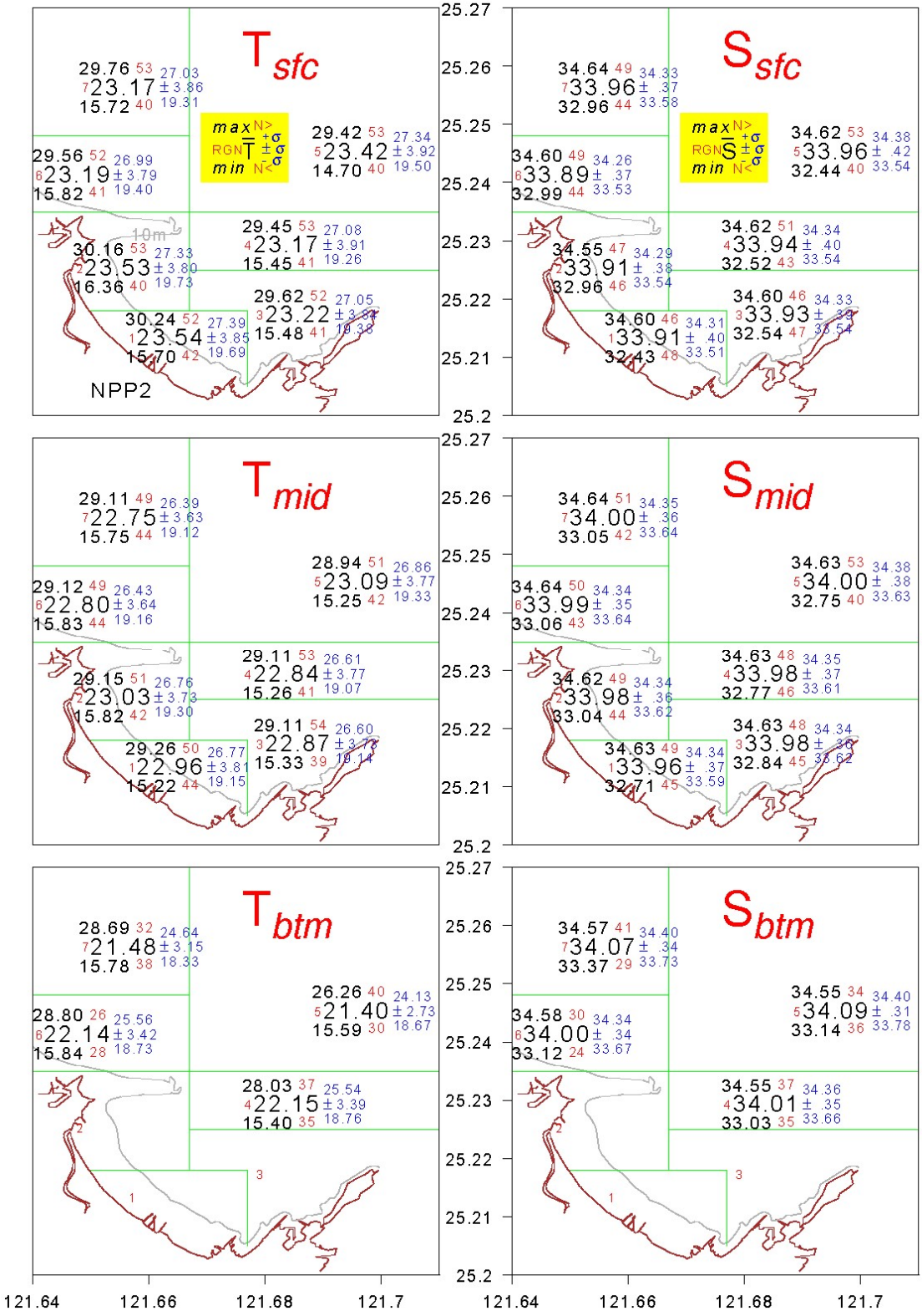


圖 1-45b、91 年至今，核二廠海域 93 季的 HDB 溫、鹽水文資料分七區三個水層的統計，以易於地理辨識的方式列繪在地圖上。需留意下方底層水因野柳灣內水淺，以致第 1、2、3 區無 30 m 以下探測資料。

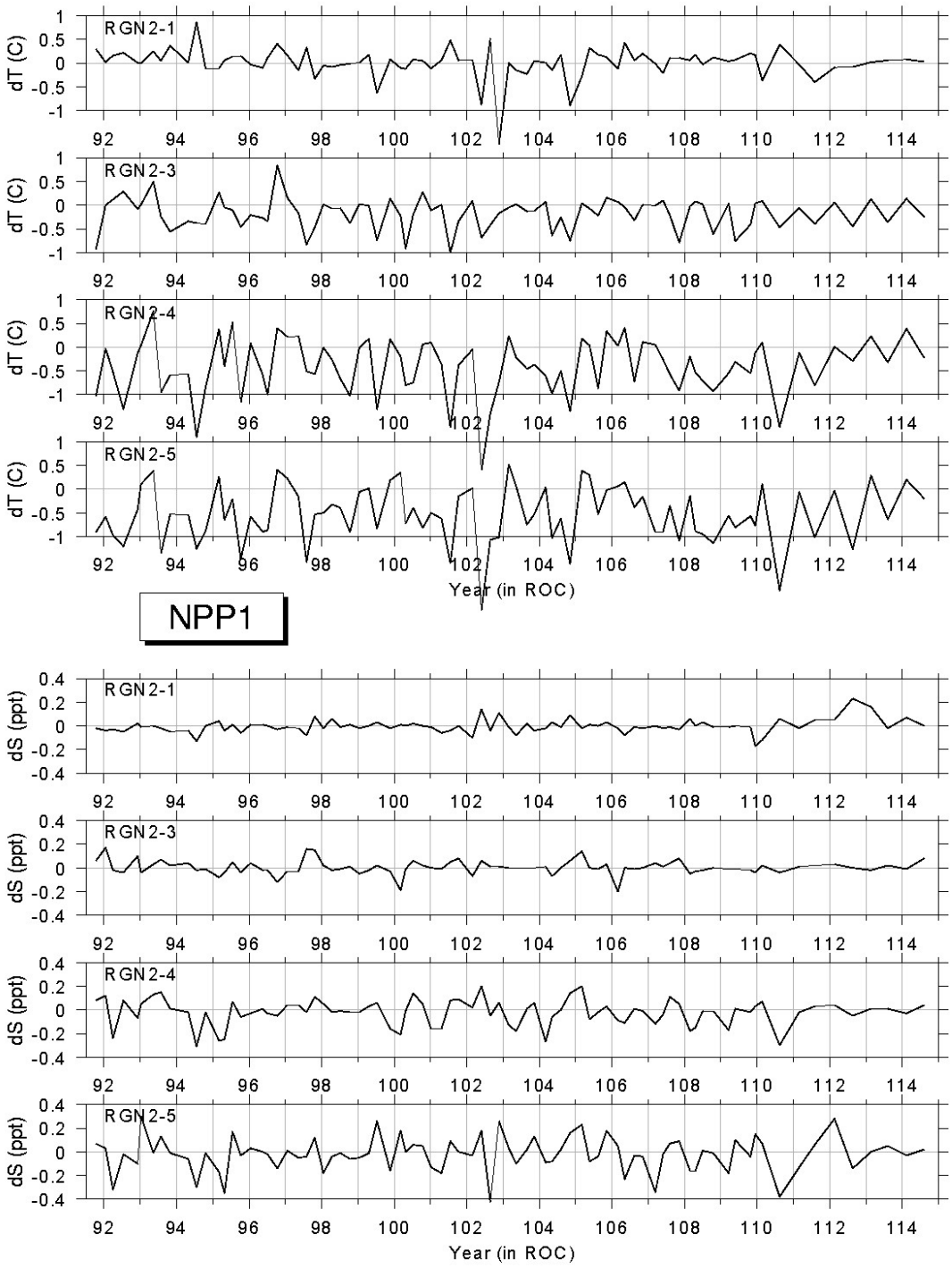


圖 1-46a、91 年至今，核一廠海域以排水口區 RGN2 為基準共 82 季的分區表層水差異時序。上半套圖是溫度，下半套圖是鹽度。

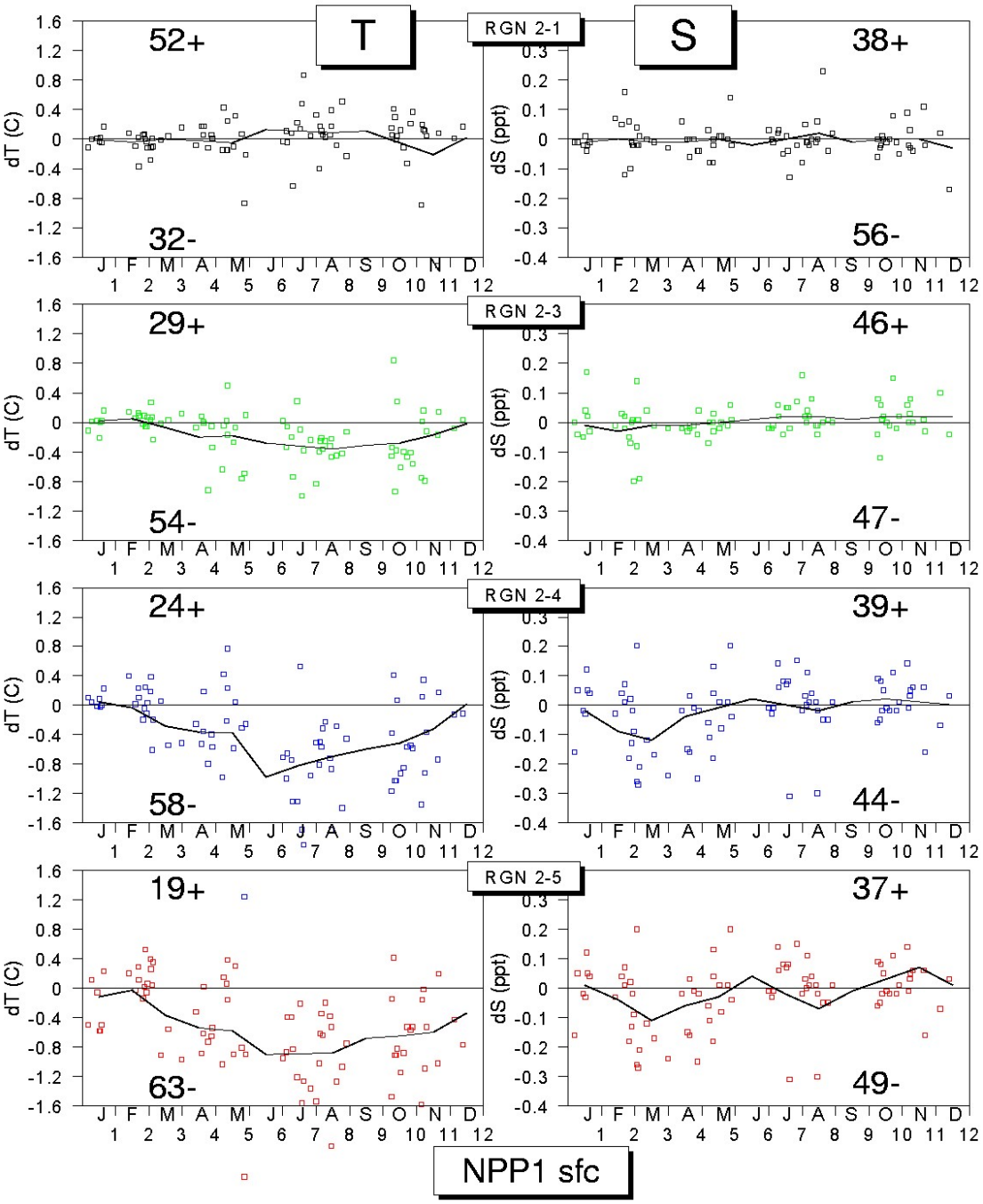


圖 1-46b、圖 1-46a 之時序以 12 個月系集圖展示，並以三個月移動平均曲線提示低頻變化，且列印排水口基準區 RGN2 高於（+）及低於（-）各區的數量。以四種顏色點繪資料，避免極值落入它圖框中而誤認。

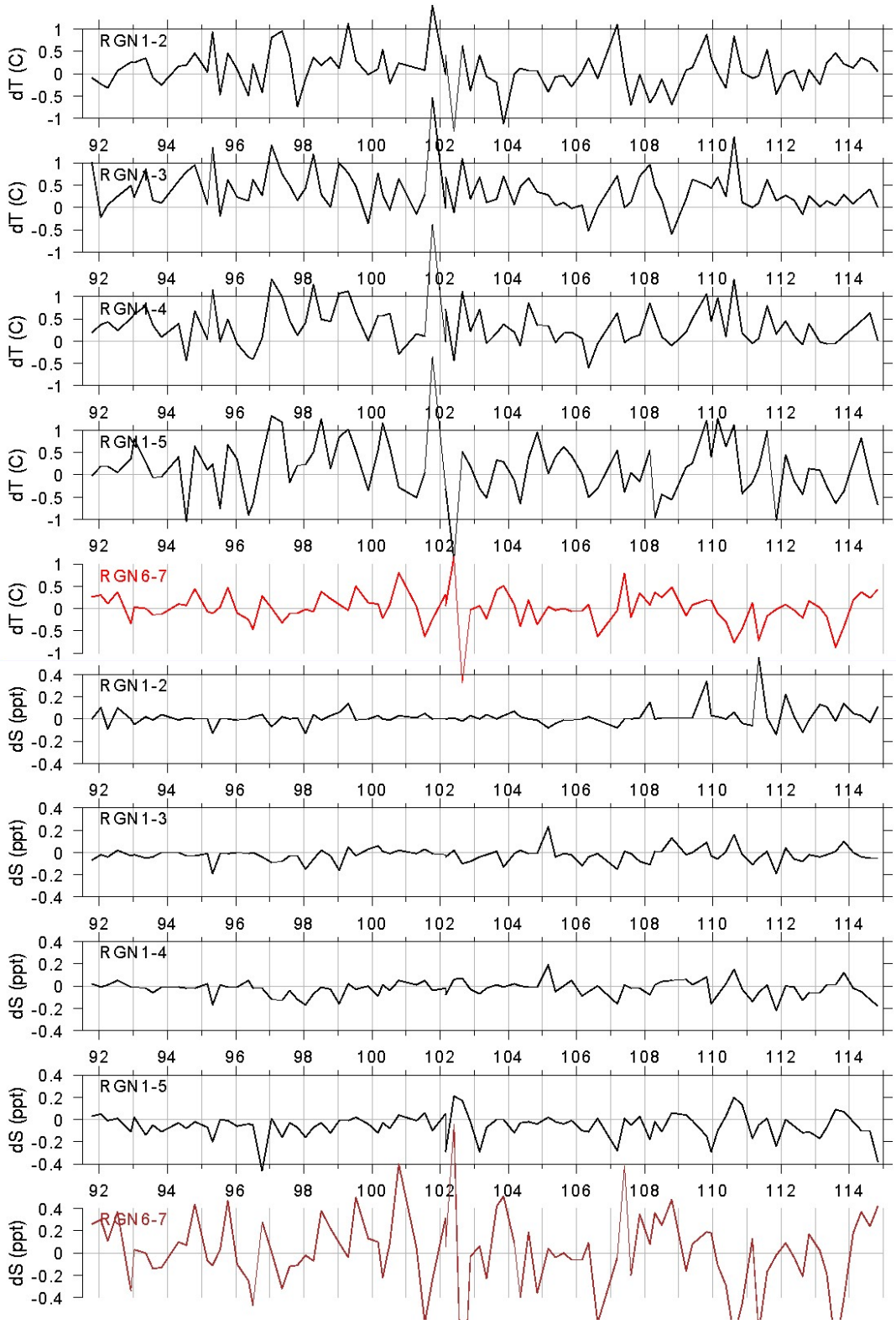


圖 1-46*c*、91 年至今，核二廠海域以排水口區 RGN1 為基準共 93 季的分區表層水差異時序。上半套圖是溫度，下半套圖是鹽度。磺溪海域則以溪水口區 RGN6 為基準，以紅色及褐色曲線繪製。

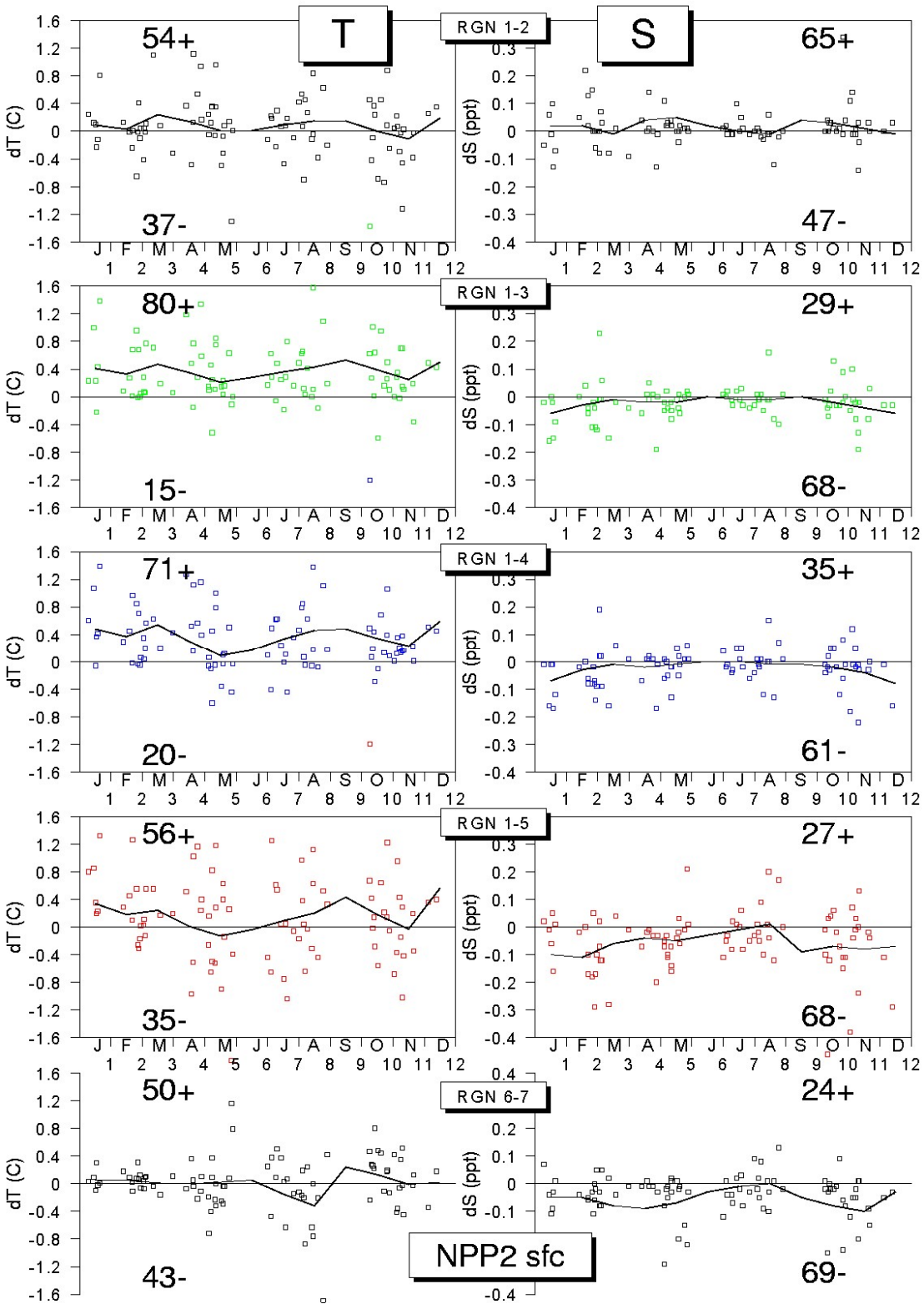


圖 1-46d、圖 1-46c 之時序以 12 個月系集圖展示，並以三個月移動平均曲線提示低頻變化，且列印排水口基準區 RGN1 高於（+）及低於（-）各區的數量。以四種顏色點繪資料，避免極值落入它圖框中而誤認。

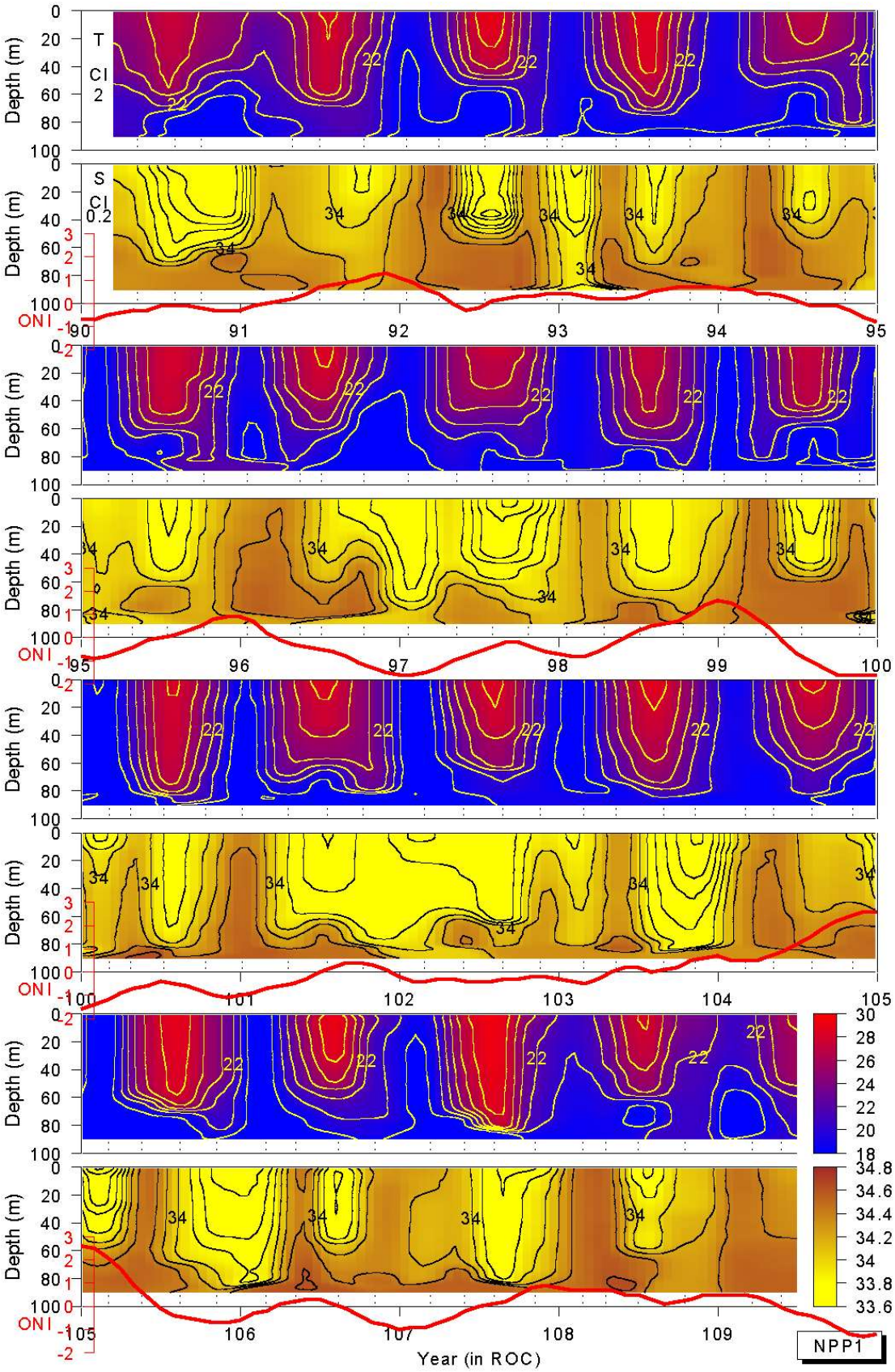


圖 1-47a、核一廠 C6 背景站 90~109 年溫、鹽結構時序演變的霍夫默勒圖。每 5 年套圖下方的粗紅曲線為海洋聖嬰指標 ONI，尺標範圍為 -2~+3。

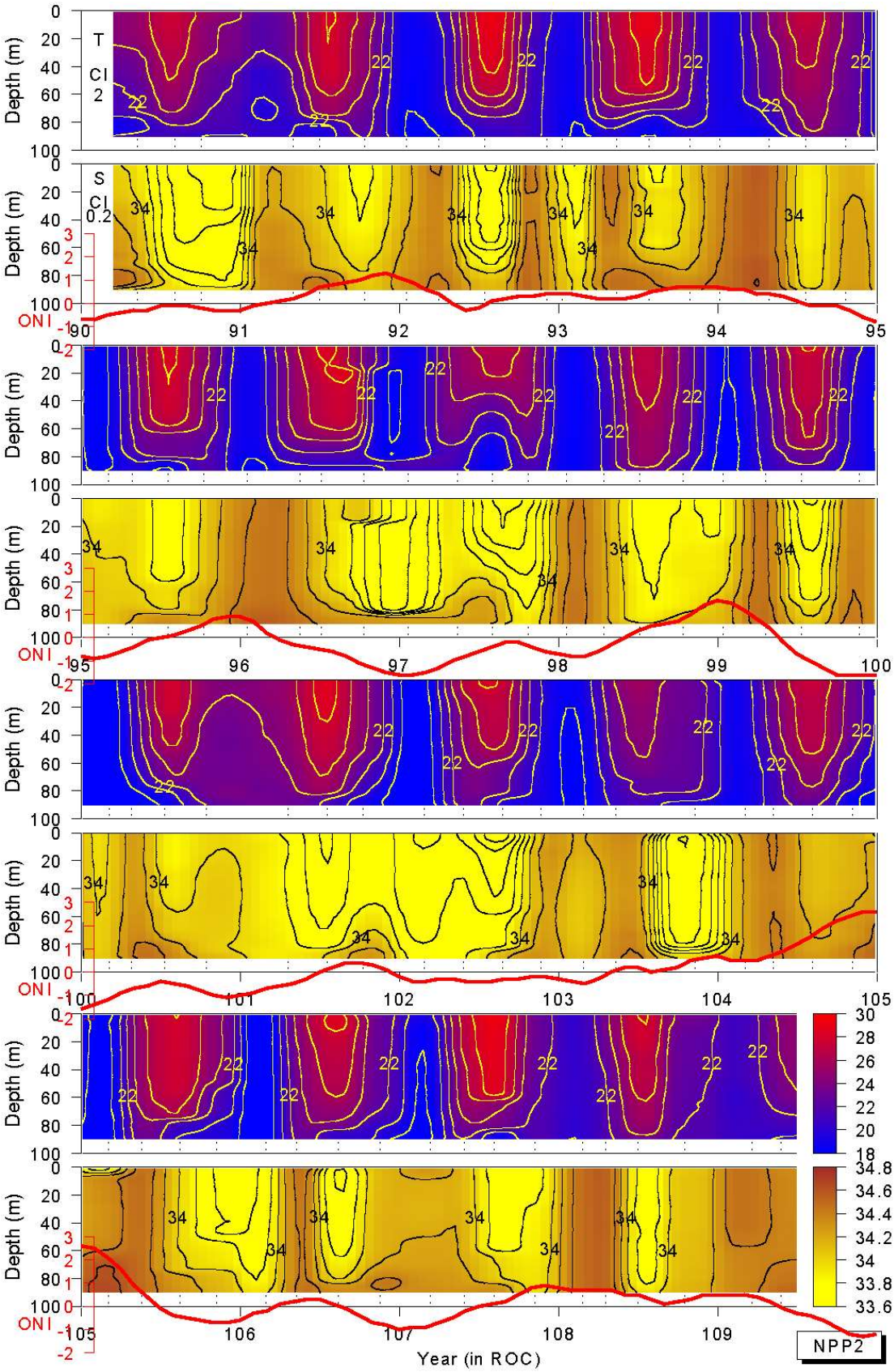
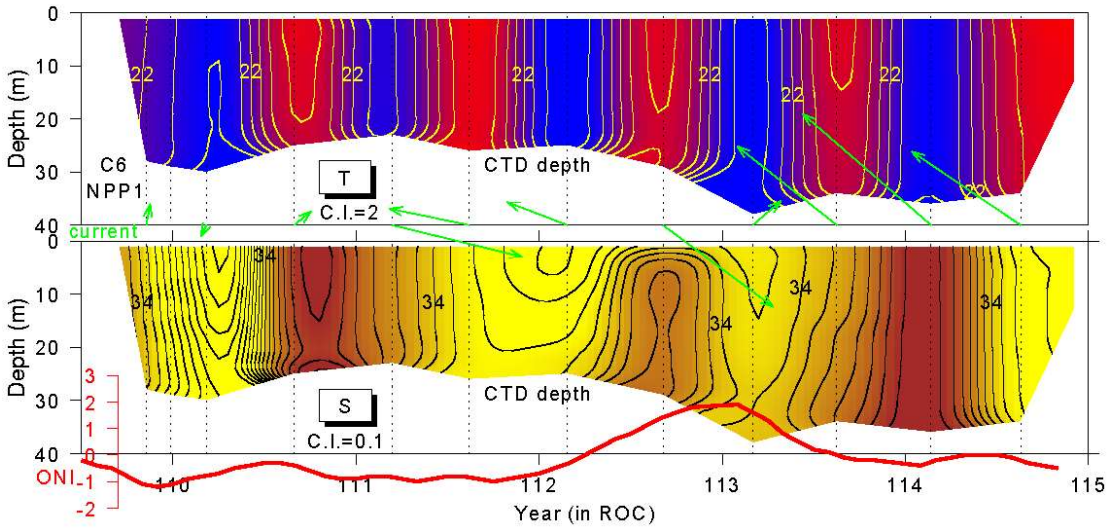


圖 1-47b、核二廠 F6 背景站 90~109 年溫、鹽結構時序演變的霍夫默勒圖。每 5 年套圖下方的粗紅曲線為海洋聖嬰指標 ONI，尺標範圍為 -2~+3。

(a)



(b)

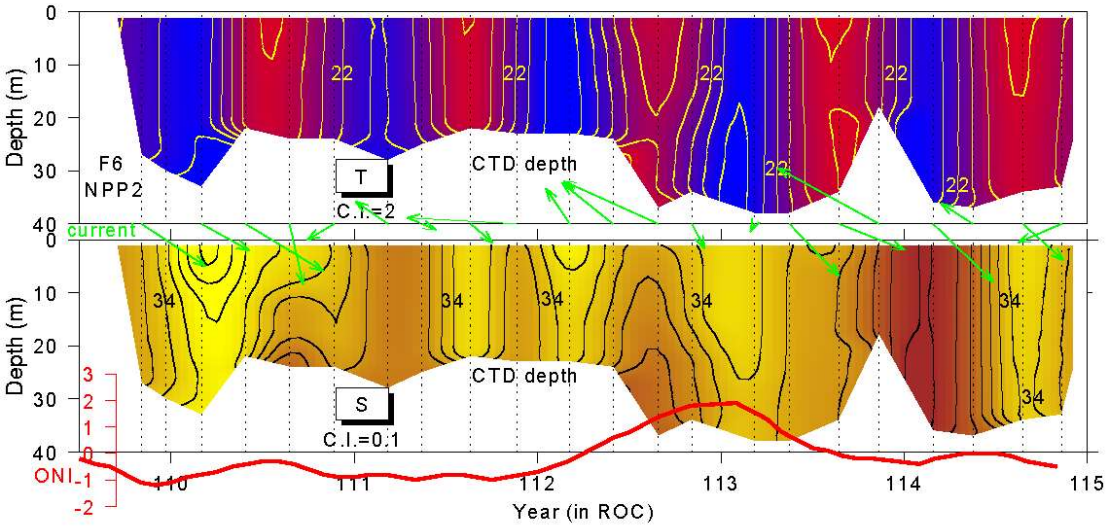


圖 1-47c、(a) 接續圖 1-47a 核一廠 C6 背景站於 109~115 年溫、鹽結構時序演變的霍夫默勒圖，垂直點線標示觀測日期，110 年之後每年只執行冬夏兩季；(b) 接續圖 1-47b 核二廠 F6 背景站，每年執行四季。圖中粗紅曲線為海洋聖嬰指標 ONI，尺標範圍為 -2~+3。綠色箭矢為該次探測時，該測站的海流。

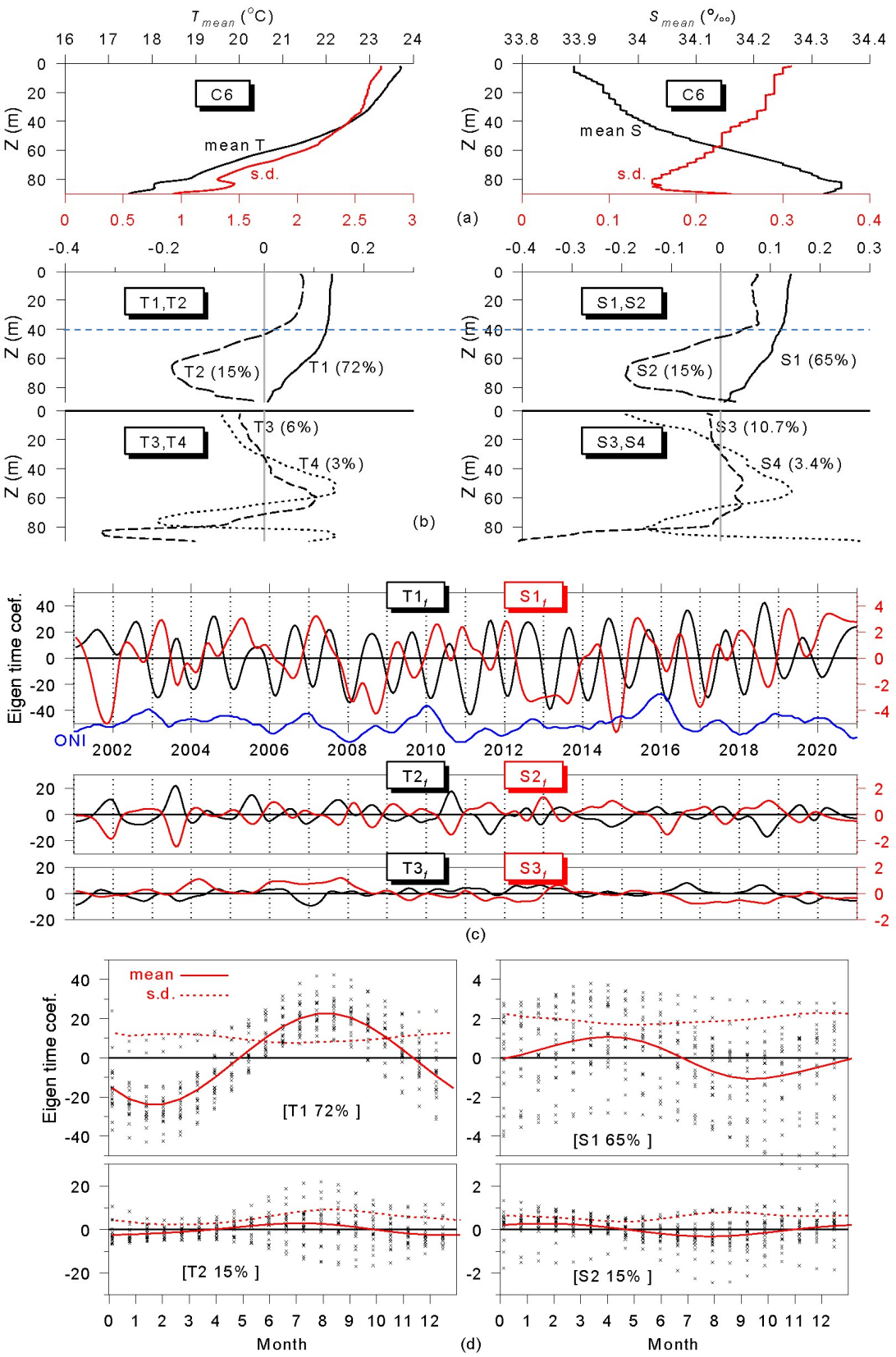


圖 1-48a、核一廠 C6 背景站溫、鹽垂直結構長期資料的 EOFs 分析。(a)平均場及標準差，(b)為 4 個模態的特徵向量，(c)為 1~3 模態的時間係數 f_n，內含藍色 ONI 曲線以比對聖嬰訊號，(d)為時間係數之系集統計圖。

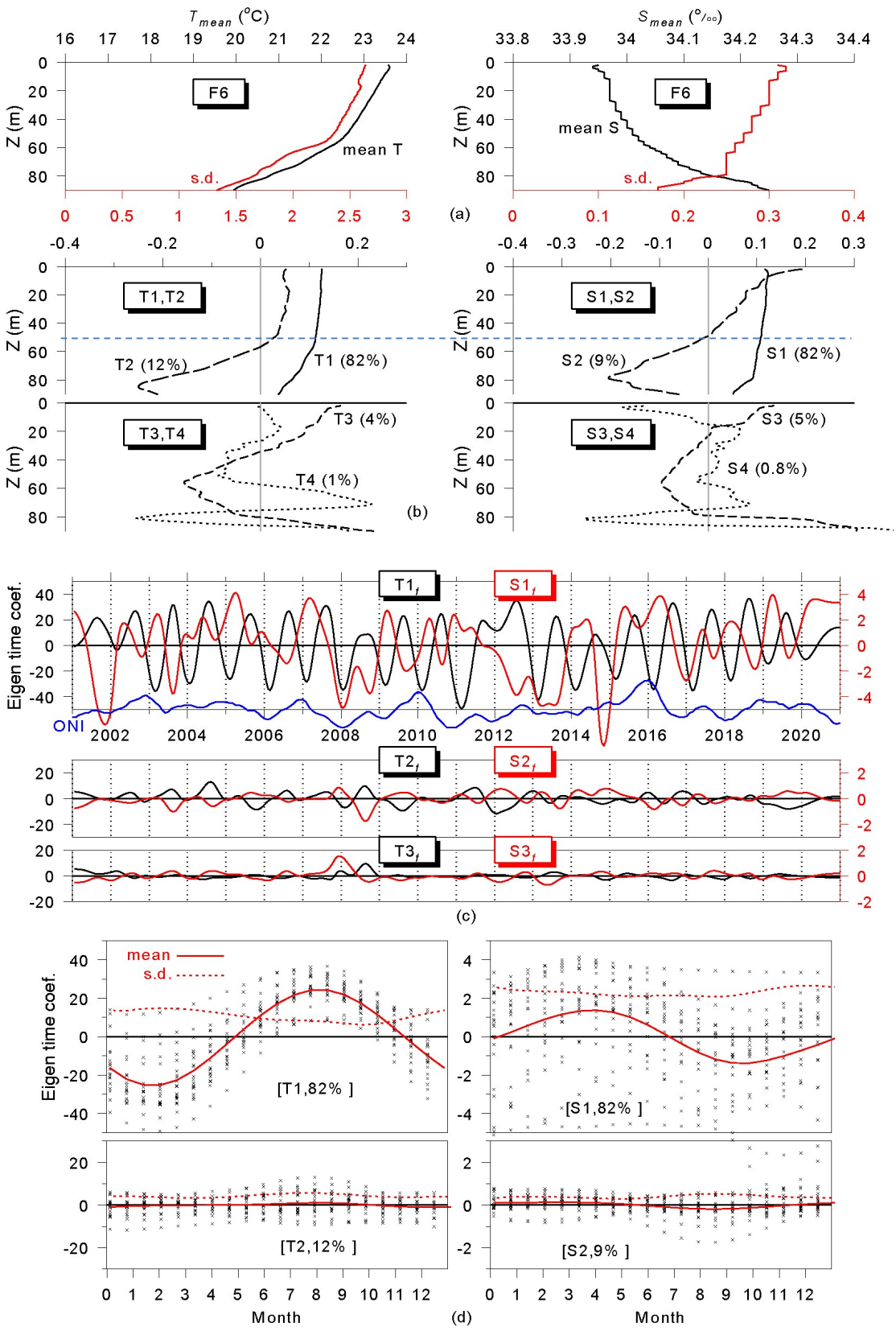


圖 1-48b、核二廠 F6 背景站溫、鹽垂直結構長期資料的 EOFs 分析。(a)平均場及標準差，(b)為 4 個模態的特徵向量，(c)為 1~3 模態的時間係數 f_n，內含藍色 ONI 曲線以比對聖嬰訊號，(d)為時間係數之系集統計圖。

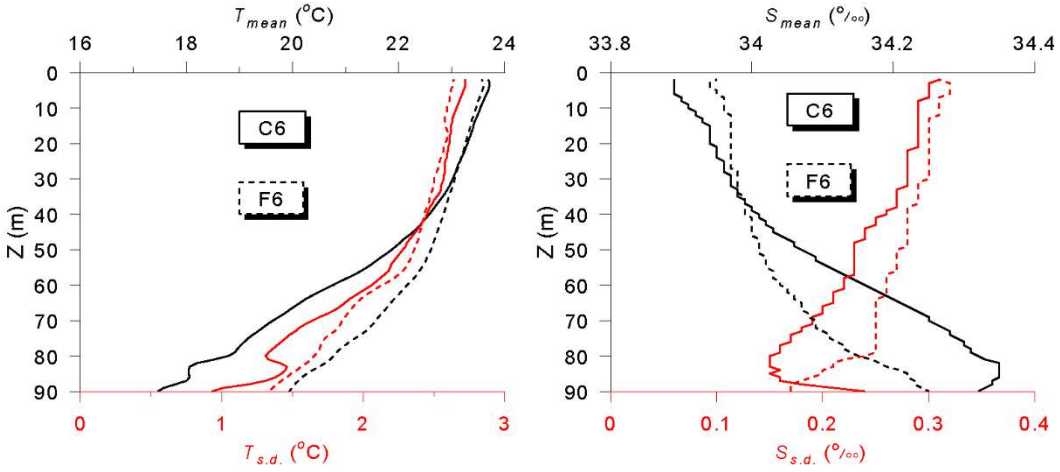


圖 1-48c、核一廠 C6 站（實線）及核二廠 F6 站（虛線）之平均（黑線）溫度與鹽度及其標準差（紅線）的比較。

第二章

水文水質

第一節　監測執行之意義與目的

台灣電力公司於 60 年初分別於新北市石門及萬里建造核能一廠及二廠，兩廠於 66 年左右先後開始運轉至今已逾四十餘年，反應爐運轉會產出高溫需使用冷水冷卻其發電系統，因此電廠利用設於海邊之便抽取大量海水作為冷卻循環用水，再將冷卻用水排入海域中，由於溫排水溫度較一般海水溫度高出 5-10℃左右，為了瞭解溫排水對其附近海域生態的影響，台灣電力公司從核能廠運轉至今，每年皆聘請學界人士為其執行海域生態調查監測及研究，以瞭解溫排水是否對核能一廠及二廠附近海域生態有所影響。

本計畫的執行乃延續過去四十幾年來海域生態調查研究及監測的連續。本計畫著重在水文(水溫、鹽度、溶氧量)和水質（包括酸鹼度、營養鹽、葉綠素甲等）變化對海域生態之影響。眾所皆知水文與水質化學的調查研究大多為海域生態調查研究中最基本的部份，因為水文資料（溫度、鹽度、溶氧量）及水質化學（包括酸鹼度、營養鹽、懸浮物濃度等）會直接或間接影響海域生態的平衡，近有許多文獻(e.g. Conley et al., 1993; Turner and Rabalais, 1994)指出由於人為因素，如土地過度開發及築水壩等等，致使河流提供的營養鹽過剩或不足而造成河口海域的生物物種，尤其是基礎生產者，改變進而影響其海域生態系統。因此欲瞭解海域生態系統的改變，長期調查水文與水質化學在海域間的濃度分佈及變化情形乃是最基礎的研究。本報告乃 114 年第 1 季至 114 年第 4 季所執行核能一廠及二廠附近海域生態調查監測，及研究水文及水質化學調查的結果報告。

第二節 材料與方法

一、採樣方法

114 年出海採樣時間分別如下： 114 年 2 月 12 日(第 1 季)；114 年 5 月 9 日(第 2 季)；114 年 8 月 10 日(第 3 季)；114 年 11 月 2 日(第 4 季)，調查測站為各測線測站離岸 500 公尺、1000 公尺、1500 公尺、2000 公尺及 3000 公尺，而 C 測線及 F 測線各增加一個 5000 公尺之背景測站及 E 測線增加三個 2500 公尺、4000 公尺、5000 公尺、6000 公尺之背景測站(圖 2-1)，各測站的採樣深度分別為表層 0 公尺、5 公尺、10 公尺和 15 公尺。

海水採樣作業使用漁船進行海水採樣作業，使用手拉式 Go-flo 採水瓶及手拉式溫鹽深(CTD)儀，採水時可同時偵測現場海水之溫鹽資料。採水器採取不同深度之海水至船上後，使用 60ml 溶氧瓶、500ml 營養鹽瓶、及 500ml PP 浮游植物瓶（內含福馬林 50ml）分裝樣水。溶氧瓶立即加入氯化亞錳($MnCl_2$)試劑及碘化鈉(NaI)和氫氧化鈉(NaOH)之混合試劑進行固氧工作，營養鹽樣水使用 Advantech GA-55 濾紙立即進行過濾，過濾後樣水放至冰庫冷凍，以待回實驗室進行各項營養鹽分析工作，而濾紙則放至褐色盤子貯於冰庫中，以待回實驗室進行葉綠素甲分析。近岸作業船船上無電力提供，營養鹽樣水貯於攜帶式冷藏箱中，待回實驗室再進行過濾工作。

二、分析方法

本計畫水質化學分析項目計有溫度、鹽度、酸鹼度(pH)、溶氧、磷酸鹽、矽酸鹽、亞硝酸鹽、硝酸鹽和葉綠素甲等項目其分析方法簡述如下：

【溫度和鹽度】

手拉式溫鹽深(CTD)儀直接測得。

【酸鹼度(pH)】

使用 Sartorius pH meter（PB-10）測定樣水中之酸鹼度值。

【溶氧測定】

使用 Winkler(1888) 溶氧滴定法測定，在船上樣水採集後，添加鹼性之錳試劑行固氧步驟，樣品攜回實驗室，加酸解離後再使用分光光度計進行總碘量的測量，請參考環境部疊氮化物修正法(NIEA W 422.53B) 。

【葉綠素甲測定】

葉綠素甲是採用(NIEA E509.02C)水中葉綠素甲檢測方法-丙酮萃取法檢測水中之葉綠素甲，其分析方法簡述如下，取定量海水(500ml)在船上使用濾紙（Advantech GA-55 47 mm）過濾，過濾完後濾紙以錫箔紙包裝起來，保存於冰庫中，攜回實驗室進行分析。葉綠素甲樣品以 10ml 之丙酮（90% Acetone）萃取 24 小時（靜置於 5℃的冰箱中，並用黑布遮蓋避免光線照射）後，使用離心機在 4000rpm 離心 5 分鐘，離心後取上層液使用螢光光度計(Perkin Elmer LS50B) 在 excitation 波長 431nm 和 emission 波長 671nm 測強度值，並由標準曲線之值經由公式換算求出樣品中葉綠素甲之濃度。

(一)營養鹽測定

1、磷酸鹽

溶解無機磷酸鹽的分析是使用最被廣為接受(亦可說是磷酸鹽的標準分析方法)的磷鉬酸分光光度計/維生素丙法(NIEA W427.53B)。其分析原理是正磷酸鹽(orthophosphate)在酸性溶液中與鉬酸銨(ammonium molybdate) 溶液反應形成淡黃色磷鉬酸化合物(phosphomolybdate compound)，此化合物再與還原劑維生素丙(ascorbic acid)反應形成藍色的磷鉬酸化合物(phosphomolybdate blue compound)，再用分光光度計(spectrophotometer)在 880nm 波長定量其吸收值而換算出樣水中之無機磷酸鹽濃度。

2、亞硝酸鹽

亞硝酸鹽的分析係採用 Pink Azo Dye 分光光度計法(NIEA W436.52C)，亞硝酸在酸性環境中與磺氨（sulfanilamide）及 NED 試劑（N-1-Naphthyl-ethylenediamine dihyelcochloride）反應，形成粉紅色之 Pink Azo Dye 化合物，以分光光度計在

543nm 波長測其吸光值，由標準曲線換算出樣水中之亞硝酸鹽濃度。

3、硝酸鹽

硝酸鹽的分析採用水中硝酸鹽氮及亞硝酸鹽氮檢測方法-鎘還原流動分析法(NIEA W436.52C)，係將水樣通過流動注入分析儀(Flow Injection Analysis, FIA)，流經已銅化之鎘金屬管柱，可將水中之硝酸鹽還原成亞硝酸鹽，之後再分析其亞硝酸鹽的濃度。此方法所得到的值係硝酸鹽與亞硝酸鹽總和之濃度，此值減掉亞硝酸鹽的濃度，即是水樣中硝酸鹽之濃度。

4、矽酸鹽

溶解無機矽酸鹽的分析是使用最被廣為接受的鉬矽酸鹽比色法（NIEA W450.50B）。其分析原理是矽酸鹽在酸性溶液中與鉬酸銨（ammonium molybdate）溶液反應形成淡黃色矽鉬酸化合物，之後加入草酸以破壞磷砷等鉬酸化合物以避免其造成干擾，最後再與還原劑維生素丙（ascorbic acid）反應形成藍色的矽鉬酸化合物，再用分光光度計在 810nm 波長測定其吸收值，由標準曲線換算出樣水中之矽酸鹽濃度，本實驗室分析營養鹽的精確度偏差率(三次分析)分別為磷酸鹽濃度為 0.0062mg/l 時為±6.3%，亞硝酸鹽濃度為 0.014mg/l 時為±2.8%，硝酸鹽濃度為 0.07mg/l 時為(8.5%)，矽酸鹽濃度為 0.0843mg/l 時為(2.3%)。

第三節 目前研究結果

114 年第 1 季至 114 年第 4 季所調查水文與水質化學濃度範圍資料，分別列於表 2-1 並顯示於圖 2-2 至 2-8。因所得資料相當龐大，各季各測站所得的鹽度、溶氧量、酸鹼度、磷酸鹽、亞硝酸鹽、硝酸鹽、矽酸鹽及葉綠素甲等濃度詳列於附錄一，而各航次各測站所得的溫鹽深資料圖則顯示於附錄二。

一、水文資料

(一)溫度

核一廠、核二廠及磺溪海域在 114 年第 1 季至 114 年第 4 季各季溫度範圍分別為 17.86-19.40 ℃ (114Q1)、24.30-26.68 ℃ (114Q2)、27.29-29.90 ℃ (114Q3)、23.80-25.68 ℃ (114Q4)，海水溫度隨季節變化只有第 1 季溫度低於 20 ℃。

(二)鹽度

溫鹽深(CTD)儀所得資料結果顯示核一廠、核二廠及磺溪海域 114 年第 1 季至 114 年第 4 季鹽度範圍分別為千分之 33.64-34.64、33.99-34.11、33.57-34.07、33.35-34.23。114 年鹽度大多落於千分之 33 到 34.5 之間，橫溪各測站與核一廠、核二廠海域差異不大。

(三)溶氧

由表 2-1 資料顯示各航次核一廠、核二廠及磺溪海域之溶氧量分別介於 5.60-7.30 mg/L、5.60-7.30 mg/L 和 6.62-7.14 mg/L 之間，溶氧飽和度範圍為 90-100%，溶氧飽和度季節性變化不明顯，所有樣水之溶氧濃度均符合環境部甲類海域水體水質標準(≧5.00 mg/L)。

二、水質化學資料

(一)酸鹼度(pH)

核一廠、核二廠及磺溪海域在 114 年第 1 季至第 4 季各測站之酸鹼度範圍分別為 8.04-8.26、7.76-8.26 和 8.06-8.25，核二廠海域近岸測站測得較低酸鹼值，過往資料偶爾會有此現象，主因磺溪水其流域礦物造成低酸鹼值並輸出到電廠海域，而核二廠海域地形致水團擴散不易，如有降雨量較大使磺溪輸出增加即有機率發生，但測得數值尚符合環境部甲類海域水體水質標準(7.6-8.5)。

(二)葉綠素甲

114 年第 1 季至第 4 季核一廠、核二廠及磺溪海域葉綠素甲濃度範圍分別為 0.01-0.99 μg/L、0.02-1.09 μg/L 和 0.05-0.95 μg/L。葉綠素甲濃度於 114 年第 2、3 季濃度較高海域之間差異不大。

(三)營養鹽

1、磷酸鹽

核一廠、核二廠及磺溪海域各測站磷酸鹽之濃度範圍介於 1.22-29.32 μg/L、0.30-34.94 μg/L 和 0.61-45.86 μg/L。114 年磷酸鹽濃度呈季節性變化，第 1、2 季海水溫度較低，海洋中浮游生物生長繁殖緩慢，營養鹽消耗減少磷酸鹽濃度較高，第 3 季海水表層溫度上升使浮游植物大量增生，海水中營養鹽消耗速度加快磷酸鹽濃度較低。

2、矽酸鹽

核一廠、核二廠及磺溪海域各測站矽酸鹽之濃度範圍介於 13.54-524.19 μg/L、18.96-2788.25 μg/L 和 23.02-887.09 μg/L。114 年矽酸鹽濃度呈季節性變化，第 1 季海水溫度較低，海洋中浮游生物生長繁殖緩慢，營養鹽消耗減少濃度較高，第 3 季海水表層溫度上升使浮游植物大量增生，海水中營養鹽消耗速度加快濃度較低。

3、亞硝酸鹽

核一廠、核二廠及磺溪及磺溪海域各測站亞硝酸鹽之濃度範圍介於 0.86-

13.44 μg/L、0.01-18.31 μg/L 和 0.57-9.24 μg/L，114 年亞硝酸鹽濃度時、空間分佈無明顯差異。

4、硝酸鹽

核一廠、核二廠及磺溪海域各測站硝酸鹽之濃度範圍介於 19.36-133.67 μg/L、13.23-163.61 μg/L 和 18.40-138.15 μg/L，硝酸鹽濃度呈季節性變化，第 1、2 季海水溫度較低，海洋中浮游生物生長繁殖緩慢，營養鹽消耗減少濃度較高，第 3 季海水表層溫度上升使浮游植物大量增生，海水中營養鹽消耗速度加快濃度較低。

本計畫共調查了四種營養鹽（磷酸鹽、硝酸鹽、亞硝酸鹽和矽酸鹽），提供海洋浮游生物所需的營養鹽主要為磷酸鹽、硝酸鹽及矽酸鹽。海洋中磷酸鹽及矽酸鹽的主要來源為陸上岩石礦物風化經由河流輸入至海域，而硝酸鹽的主要來源為細菌的固氮作用(Millero, 1996)，矽酸鹽的主要來源為陸上矽鋁礦物的風化經由河流的輸送流入海裡(Edwards and Liss, 1973)，因為矽酸鹽在環境中的污染源極少，因此海水中矽酸鹽濃度的多寡完全取決於河水及海水的混合。由於海洋中的營養鹽會被浮游植物利用和與懸浮物質產生吸附及脫附作用，因此在未遭受污染的自然海域其海水中所含的營養鹽濃度範圍如下: 磷酸鹽 0.0 - 3.0 μM (0-0.093 mg/L)，矽酸鹽 0.0 - 200 μM (0-5.6 mg/L)，硝酸鹽 0.0 - 40 μM (0-0.56 mg/L)(Millero, 1996)。近三、四十年來由於農業、家庭及工業廢水的輸入，這些人為所產生營養鹽之通量不亞於自然界所輸入之通量，造成近岸海域營養鹽之主要來源係從污染而來。水體中營養鹽過高將產生優養化現象，產生赤潮危害海洋生態。本計畫調查核一廠、核二廠及磺溪海域之水質其營養鹽濃度範圍與上述未遭受污染海域之濃度相似，顯示核一廠與核二廠周遭海域並未遭受氮磷元素之污染。

三、沉積物重金屬元素資料

海委會 113 年公告海域環境監測及監測站設置辦法，海洋污染防治法第九條第五項規定海域環境底泥檢測頻率為每年一次，北部海域大都為岩石海底，沉積物採集不易，每航次出海使用船上沉積物採集器（graber）採取水質測站表層沉積物，但均告失敗。為完成本計劃沉積物重金屬元素分析工作，因此向另一子計劃底棲生物索取樣品分析。底棲生物子計劃聘請潛水夫至核一、核二廠進出水口

海域海底採取沉積物樣品，其採樣站之經緯度、深度及示意圖分別顯示於表 2-4 及圖 2-16。

沉積物重金屬的分析方法很多，而其最大的問題即是缺乏一個國際認可的標準方法 (Martin et al., 1987)。分析沉積物重金屬常採用的技術有三種 (1)樣品總消化測總量， (2)多相萃取法，分析不同相中沉積物重金屬的濃度，(3)單相萃取法，分析活性(labile)及不活性(non-labile)， 或生物可利用及生物不可利用的沉積物重金屬濃度(Luoma, 1990)。以往本研究使用 1N 鹽酸萃取沉積物重金屬此方法可萃取較活性或生物可利用部分之重金屬，但因非總量重金屬，因此無法與環保法規相比較，94 年度開始將兩種方法:1N 鹽酸萃取法與王水氫氟酸總消化方法同時使用，總消化方法亦符合海委會公告港口環境底泥採樣及檢測技術指引中分析方法，分析流程詳見圖 2-17，期望對沉積物重金屬的資料有更多瞭解。

沉積物樣品置於乾淨玻璃燒杯中並放於烘箱烘乾(80℃, 48 小時)，用瑪瑙研磨器將樣品磨細，其中稱取樣品 0.5g 置入 30ml PP 離心試管，加入 20ml 1N 鹽酸溶液，試管置於振盪器搖晃 24 小時後，使用離心機分離萃取液及沉積物。離心後之沉積物，置入酸洗乾淨之鐵氟龍燒杯加 9ml 王水（鹽酸 6ml，硝酸 3ml）及 6ml 氫氟酸，將鐵氟龍燒杯置於加熱板加熱至 150℃ 4-8 小時，至沉積物顆粒溶解後再以 MQ 水將樣品定容製 20ml，使用離心機分離萃取液及沉積物，此倆部份消化溶液皆使用火焰式原子吸收光譜儀(PE Analyst 800)分析萃取液中重金屬元素濃度。

114 年沉積物重金屬分析，我們使用 1N HCl 萃取與總消化法分析各站沉積物重金屬元素濃度，分析結果列於於表 2-5、2-6。114 年核一廠與核二廠進、出水口以總消化測得各元素總濃度範圍如:鎘，0.08-0.13 mg/kg；鈷，7.08-14.52 mg/kg；鉻，16.74-36.39 mg/kg；銅，2.71-26.18 mg/kg；錳，149.37-362.58 mg/kg；鎳，12.53-28.70 mg/kg；鉛，10.60-15.90 mg/kg；鐵，2.23-3.16 %和鋅，70.41-119.91 mg/kg。而各元素 1N 鹽酸萃取之濃度佔其總濃度百分比範圍為 20.00-88.00 %，各元素其中以錳、鉛濃度佔比較高，其濃度平均百分比分別可達總濃度之 81 %，鎘、鋅、銅、鎳、鐵佔總濃度 50 %-70 %，鈷、鉻約佔總濃度之 30-40 %。114 年核一廠與核二廠進出水口重金屬濃度範圍資料顯示於圖 2-18 至圖 2-21，環境部於 99 年修正土壤及地下水污染整治法時納入底泥品質指標及管理等相關規定，依土壤及地下水污染整治法第六條第六項授權規定，並於 101 年 1 月 4 日環署土字第 1000116349 號令訂定發布底泥品質指標之分類管理及用途限制辦法。此法所列水體之目的事業主管機關，應定期檢測底泥品質狀況，與底泥品質指標比對評估後送中央主管機關備查，並公布底泥品質狀況，其水體區域係指河川、灌溉渠道、湖泊、水庫等，本計畫監測之區域非屬列管區域，但為能有效掌握環境背景資料，本計畫將參採底泥品質指標做為調查資料比對之參考，沉積物重金屬元

素總濃度除少數測站之鎳元素稍微逾越底泥品質指標之下限值外，其餘元素總濃度皆低於底泥品質指標下限值。有許多研究調查台灣週遭海域沉積物重金屬元素之空間分佈、污染狀況與影響機制，這些研究包括西南海域(Lee et al., 1998; 2000)、七股潟湖(Chen et al., 2007)、高雄沿海海域(Lin et al., 2013a)、高屏海域(Hung et al., 2009)、大鵬灣海域(Chung et al., 2011)與台灣海峽海域(Gao et al., 2016)，本研究整理比較北部核電廠周遭海域與上述文獻所調查沉積物重金屬元素濃度範圍，比較結果顯示於表 2-7 與圖 2-22，北部核電廠海域重金屬濃度相對於這些海域濃度低甚多，與未受到重金屬嚴重污染的海域如曾文溪海域和台灣中部外海海域，其濃度類似或較低，顯示北部核能廠附近海域未受重金屬元素污染。台灣周遭海域之重金屬元素濃度常超過環境部所定之底泥品質指標下限值，其中鎳元素最為嚴重，甚至在較為廣闊的台灣海峽海域鎳濃度亦逾越指標下限值，顯示海域環境中之鎳元素較易逾越指標下限值，其次為鉻元素。此外本研究亦整理文獻研究東海海域表層沉積物重金屬元素分佈與污染狀況，圖 2-23 顯示東海海域表層沉積物鎳等最容易超過美國環境部，所訂對生物產生毒性影響之最低值(ERL-Incidence of adverse biological effect range-low, Long et al., 1995)，尤其是鎳元素超過 ERL 值高於 96% (樣品數 564)，造成鎳容易超過 ERL 值得原因，可能是其值接近地殼礦物的濃度，如鎳地殼礦物的濃度約為 18 mg/kg，而 ERL 值為 20.9 mg/kg，因此易超標，不只是環境遭受污染與否的問題。

第四節 歷年監測資料統計分析

一、統計分析方法

本計畫多年來調查各項水質水文資料，為能更好解釋龐大複雜的資料所代表現象，研究中利用多種方法整理資料並繪成圖表。相關係數在統計學上的意義是兩個變數之間的關係，使用統計分析軟體 STATISTICA 可得出各項資料之間相關係數(表 2-2)用來觀察各數據間的消長關係，但當有多項資料要同時進行比對分析就需要更進階的統計分析方法。

數據種類及數量越多越能了解研究區域環境，但要同時分析多項變數的資料並不容易，各項數據間往往會有各自之間的相關性，若只考慮某些相關程度較高之數據，不能完全利用數據中可能帶來的信息，主成分分析（Principal Component Analysis）在各領域的研究中常被用來對多變量數據進行分析，其概念為減少需要分析的變數同時盡量減少原變數在替代後帶來的信息損失，以達到對所收集數據進行全面分析的目的，本研究中得到各項資料之間相關係數後，繼續使用統計分析軟體 STATISTICA 主成分分析功能繪出統計圖(圖 2-5)。

本計畫主要目的為調查環境是否在核電廠運作下產生影響，而海洋環境變化大多是長久且緩慢的，因此多年的連續調查並整理歷年資料做比對分析非常重要。使用繪圖軟體 Grapher 畫出各項數據的時間序列(圖 2-6~2-8)可觀察數據長時間的變化，數據標準化後再次作圖(圖 2-10~2-13)能明確比較數據變化程度。區域海洋環境變化往往也與全球環境變化是連動的，太平洋十年振盪(Pacific Decadal Oscillation) 是一種約以 10 年為週期尺度的太平洋氣候變化現象，研究中使用繪圖軟體 Grapher 將歷年背景測站各項數據與每年的 PDO 指數繪出相關性分析圖(圖 2-14、2-15)，用於觀察全球環境變化與本研究區域各項數據相關程度。

二、水質與動植浮之探討

其他子計劃有浮游植物及浮游動物之調查，此兩子計劃與本計劃同時採樣，其採樣站亦相同，114 年浮游動物的採樣站為 B、C、E 及 F 測線，離岸距離皆為 500、1000、2000 公尺的測站，和 C、F 測線離岸距離 5000 公尺的測站，以及 E

測線離岸 5000 及 6000 公尺的測站，因此可做彼此相關性之探討。將 114 第 1 季至第 4 季各項營養鹽參數對浮游植物及浮游動物資料，統計彼此之相關性，其結果列於表 2-2。由表中相關係數觀察到 114 年核一廠與核二廠附近海域生態浮游植物與溫度為正相關，表示海水升溫有助於浮游植物生長，浮游植物生長過程中大量消耗營養鹽浮游植物與營養鹽呈負相關。

本計畫用主成份分析統計方法，來計算 114 年第 1 季至第 4 季核一和核二廠溫排水附近海域之水質資料與動、植浮生物間之相互影響關係。結果顯示 114 年在核一廠和核二廠溫排水附近海域之第一主成份約佔所有成份分別是 72.86 %、55.43 %，而第二主成份分別約佔 14.49 %、15.29 %，其中百分比代表各項變數在經過主成分分析變數降維後所得第一、第二主成分含有原變數特性的比例，經過主成分分析的資料前兩項主成分相加必須大於 80%才表示分析具有意義，將統計參數依其第一與第二主成分之係數數值畫於座標上(圖 2-5)，各項數據點於圖中越接近表示其在整體資料中相關程度越好。

三、水質與環境部法規比較

114 年第 1 季至第 4 季在核一廠、核二廠及磺溪海域所測得水質資料完全符合行政院環境部所規範之甲類海域海洋環境品質標準，見表 2-3。在營養鹽方面，甲類海域海洋環境品質之管制氨氮及總磷，對於硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽及矽酸鹽等則未加以規範，但所測得水質營養鹽濃度範圍跟未受污染的海域濃度相近。

四、過去十六年水質探討

將 99 年至 114 年水質資料彙整，比較其變化，核一廠、核二廠溫排水出入口海域及磺溪海域結果分別圖示於圖 2-2 至圖 2-4。酸鹼度大都在 7.7 至 8.3 之間，符合環境部甲類海域海洋環境品質標準(7.6-8.5)；溶氧都大於 5 mg/L(法規標準)溶氧飽和度皆處於飽和狀態；海水溫度介於 15-30℃之間；葉綠素濃度 101 年、105 年第 4 季受到暖冬影響濃度略高，102 年第 2 季與 110 年第三季採樣時海水高溫，使浮游植物大量繁殖，葉綠素濃度較歷年高出 1-1.5 倍，其餘則為典型季節性變化，與營養鹽呈現消長關係；在營養鹽方面，亞硝酸鹽及磷酸鹽濃度季節性變化不如硝酸鹽、矽酸鹽顯著，平均濃度大都小於 18 μg/L 以內，硝酸鹽及矽

酸鹽濃度季節性變化明顯，第 1 季、第 4 季(秋、冬季)濃度較第 2 季、第 3 季(春、夏季)高，而 99 年第四季和 100 年第 1 季硝酸鹽濃度比歷年高 1 倍左右，濃度達 300μg/L，可能是受到反聖嬰現象，西太平洋海溫更高而氣壓降得更低，西太平洋下更多雨，赤道東風因而更強，把更多溫暖海水吹向西太平洋，為了補充流失的表層海水，湧升流變得更強(許晃雄，1998)，造成硝酸鹽濃度較高，此現象在核一廠較為顯著，其餘水質參數變化屬於規律季節性變化；105-114 年營養鹽各項資料顯示與往年比較無明顯變化。

近年來聖嬰現象(El Niño)與反聖嬰現象(La Niña)所造成氣候變化引起重視，將 99 年至 114 年核一廠 C5000 公尺與核二廠 F5000 公尺背景測站之各年度水文水質資料與各水質資料歷年平均濃度差值,和浮游植物子計畫所提供 99 年至 114 年「太平洋十年間的擺動」指數(Pacific Decadal Oscillation，PDO)，與基隆地區降雨量(圖 2-9)進行統計，以了解北部核電廠附近海域之水質是否受到此氣候變化影響。由結果顯示(圖 2-10 至圖 2-13)核一廠及核二廠水文水質參數則都呈現規律性季節變化。將 99 年到 114 年 PDO 指數與核一廠及核二廠之 pH 值、溫度、葉綠素、磷酸鹽、矽酸鹽及硝酸鹽進行回歸分析法測試並繪製相關係數圖(圖 2-14 及圖 2-15)，結果顯示相關係數值大都小於 0.2 以下，顯示北部核能廠背景海域水質資料與太平洋十年震盪周期(PDO)，相關性不佳，與以往觀察結果類似，顯示北部核能廠附近之水質受聖嬰現象及反聖嬰現象影響不明顯。

五、核電廠停運環境水質影響

本研究主要調查核電廠溫排水排入海域對水文(水溫、鹽度、溶氧量)和水質（包括酸鹼度、營養鹽、葉綠素甲等）是否產生變化進而影響海域生態。根據核能安全委員會公布核電廠停機時間，核一廠一號機 107 年 12 月 5 日、二號機 108 年 7 月 15 日停止運轉；核二廠一號機 110 年 12 月 27 日、二號機 112 年 3 月 14 日停止運轉。圖 2-24 為核一廠距出水口 500 公尺測站(B500)與距入水口 500 公尺測站(C500)兩次採樣溫鹽圖，採樣時間分別在核一廠完全停機前後，圖中並無觀察到溫排水影響，主要原因為核一廠地形開放(圖 2-1)當較高溫度海水進入核一廠海域即迅速擴散均勻混合，核一廠近岸距離出水口 500 公尺測站於停機前後皆受溫排水影響很小。圖 2-25 為核二廠距出水口 500 公尺測站(E500)與距入水口 500 公尺測站(F500)兩次採樣溫鹽圖，採樣時間分別在核二廠完全停機前後，核二廠進出水口地形較核一廠封閉(圖 2-1)，圖 2-25 中可見核二廠運轉時近岸距

離出水口 500 公尺測站(E500)表層水溫至底層波動受溫排水影響較大，在核二廠停止運轉後溫鹽圖表層水溫至底層波動消失顯示該區域受溫排水影響減少許多。圖 2-6、2-7 為核一廠、核二廠 99 年至 114 年各項水質平均與範圍的時間序列，在核電廠單機組停止運行或完全停止運轉的時間點後水質資料無明顯改變，海域水質變化隨季節更替起伏，由此可見除核二廠出水口測站水溫在核二廠運行時受溫排水影響外，以整體核電廠海域為觀點於停機前後基本水質差異微乎其微。

核電廠溫排水水量遠小於海域水體積且水溫較高有其擴散特性，理論上離放流口越近海域淺水層受影響應較嚴重，故獨立討論距離核電廠出水口較近測站避免海域所有資料平均後無法辨別溫排水影響，將歷年(過去十六年)資料整理成圖 2-26 到 2-31。圖 2-26 為核一廠距出水口 500 公尺(B500)與 1000 公尺(B1000)測站歷年各季各項水質表層水資料之時間序列，圖 2-27 為核二廠距出水口 500 公尺(E500)與 1000 公尺(E1000)測站歷年各季各項水質表層水資料之時間序列，圖 2-28 為核二廠距入水口 500 公尺(F500)與 1000 公尺(F1000)測站歷年各季各項水質表層水資料之時間序列，由上述三圖觀察各項水質在遠近站點間變化趨勢相似濃度差異極小，水質資料隨著季節變動，推論本研究中核電廠溫排水對海域水質影響在較近或較遠測站影響差異並不明顯。圖 2-29 為核一廠距出水口 500 公尺(B500) 測站各水層歷年各季各項水質資料之時間序列，圖 2-30 為核二廠距出水口 500 公尺(E500) 測站各水層歷年各季各項水質資料之時間序列，圖 2-31 為核二廠距入水口 500 公尺(F500) 測站各水層歷年各季各項水質資料之時間序列，由上述三圖觀察各項水質在離出水口最近測站各水層間變化趨勢相似濃度差異比起測站遠近之差異較大，但實際濃度範圍區別在海水水層間屬於合理變動依然無需特別討論，主要水質濃度變化皆隨季節變動，可見本研究中核電廠溫排水對海域水質的影響在最近出水口測站各水層之間影響差異並不明顯。

以上述幾段討論總結核電廠溫排水於本研究中僅在距離出水口較近之測站並因海岸地形封閉海水擴散緩慢對水溫有較大影響，在核電廠於正常運行時期除水溫外各項水質影響已不明顯，在核電廠停止運作溫排水排放大量減少放流水與海水溫度差異變小後，核電廠進出水口海域水質受溫排水影響更是微乎其微。

第五節 總結

本計畫調查結果可歸納以下幾點:

1. 114 年核一廠與核二廠附近海域生態，統計結果顯示浮游植物與溫度具有良好的正相關性，浮游植物與營養鹽為負相關。

2. 114 年第 1 季至 1 第 4 季所測得水文及水質資料濃度範圍符合行政院環境部所規範之甲類海域環境品質標準。

3. 過去十六年來水質數據除受颱風與暖冬影響之外，其餘水文水質成規律性季節變化，北部核能廠背景海域水質資料與太平洋十年震盪周期(PDO)，相關性不佳。

4. 114 年沉積物重金屬元素總濃度除部分測站鎳元素大多低於環境部底泥品質指標下限值，顯示本研究區域未受重金屬汙染，而鎳元素超標與法規標準本就接近區域地殼礦物含量有關。

5. 根據核能安全委員會公布核電廠停機時間比較停機前後基本水質資料，除核二廠出水口測站水溫在核二廠運轉停止後受溫排水影響消失，核電廠停機後兩核電廠海域基本水質皆無明顯改變。

表 2-1. 114 年第 1 季至第 4 季於核一廠與核二廠進、出水口及磺溪附近海域之各項水質資料濃度範圍

採樣時間	鹽 度	酸鹼度	溶氧量 (mg/L)	磷酸鹽 (μg/L)	亞硝酸鹽 (μg/L)	硝酸鹽 (μg/L)	矽酸鹽 (μg/L)	葉綠素甲 (μg/L)
核一廠								
114 年 2 月 (第 1 季)	34.49-34.64	8.04-8.12	6.91-7.30	8.62-29.32	2.13-13.44	77.12-133.67	280.60-524.19	0.01-0.13
114 年 5 月 (第 2 季)								
114 年 8 月 (第 3 季)	33.57-33.98	8.19-8.26	5.60-5.89	1.22-12.76	0.86-2.86	19.36-27.91	13.54-59.59	0.14-0.99
114 年 11 月 (第 4 季)								
核二廠								
114 年 2 月 (第 1 季)	33.64-34.64	7.76-8.22	6.90-7.30	7.64-34.49	2.29-18.31	62.75-148.32	192.08-2788.25	0.03-0.18
114 年 5 月 (第 2 季)	34.21-34.44	8.12-8.24	6.01-6.19	10.68-34.94	2.54-12.19	25.45-163.61	59.56-131.80	0.33-0.62
114 年 8 月 (第 3 季)	33.60-33.97	8.17-8.26	5.60-5.87	0.30-10.64	0.01-8.01	13.23-29.80	18.96-77.19	0.33-1.09
114 年 11 月 (第 4 季)	33.35-34.23	8.16-8.19	6.05-6.21	2.69-17.51	4.20-11.49	40.77-87.78	132.32-551.57	0.02-0.33
磺溪								
114 年 2 月 (第 1 季)	34.59-34.64	8.06-8.09	6.69-7.14	12.57-24.15	3.15-7.15	105.80-134.67	303.61-318.48	0.05-0.07
114 年 5 月 (第 2 季)	33.99-34.35	8.17-8.23	6.01-6.16	22.32-45.86	3.81-8.38	37.64-138.15	77.30-887.09	0.34-0.62
114 年 8 月 (第 3 季)	33.87-34.07	8.23-8.25	5.62-5.89	0.61-11.55	0.57-3.15	18.40-23.95	23.02-56.88	0.29-0.95
114 年 11 月 (第 4 季)	33.90-34.14	8.17-8.19	6.06-6.20	5.66-11.32	7.56-9.24	64.04-82.81	303.64-391.39	0.12-0.33

表 2-2. 114 年第 1 季至第 4 季核一廠與核二廠溫排水附近海域各項水質參數、浮游植物與浮游動物之相關性統計

核一廠

	浮游植物	磷酸	亞硝酸	硝酸	矽酸	葉綠素	溫度
浮游動物	0.21	-0.61	-0.54	-0.71	-0.76	0.85	0.68
浮游植物		-0.64	-0.18	-0.66	-0.64	0.24	0.73
磷酸			0.47	0.89	0.94	-0.66	-0.95
亞硝酸				0.65	0.54	-0.60	-0.49
硝酸					0.94	-0.76	-0.93
矽酸						-0.79	-0.98
葉綠素							0.72

核二廠

	浮游植物	磷酸	亞硝酸	硝酸	矽酸	葉綠素	溫度
浮游動物	0.45	-0.43	-0.47	-0.53	-0.50	0.65	0.52
浮游植物		-0.28	-0.19	-0.48	-0.48	0.50	0.71
磷酸			0.00	0.70	0.23	-0.50	-0.57
亞硝酸				0.07	0.19	-0.28	-0.04
硝酸					0.70	-0.76	-0.71
矽酸						-0.69	-0.59
葉綠素							0.65

Marked correlations are significant at $p < 0.05$

表 2-3. 110 至 114 年核一廠、核二廠及磺溪海域水質濃度範圍與環境部甲類海域水體水質標準比較

年度		110 年			111 年			112 年			113 年			114 年		
項目		核一廠	核二廠	磺溪	核一廠	核二廠	磺溪	核一廠	核二廠	磺溪	核一廠	核二廠	磺溪	核一廠	核二廠	磺溪
pH	7.6-8.5	8.02-8.29	7.89-8.24	8.05-8.30	8.10-8.29	7.78-8.31	7.78-8.31	8.12-8.24	7.94-8.25	8.09-8.22	8.11-8.23	7.78-8.23	7.87-8.23	8.04-8.26	7.76-8.26	8.06-8.25
DO	≧5.00	5.80-7.27	5.69-7.08	5.87-7.14	5.46-6.92	5.49-6.93	5.49-6.93	5.66-7.30	5.66-7.25	6.16-7.14	5.54-7.28	5.52-7.30	5.94-7.14	5.60-7.30	5.60-7.30	6.62-7.14
硝酸鹽		34.79-183.35	39.47-141.20	24.89-163.14	3.08-80.52	2.34-152.80	1.95-159.19	7.15-139.69	9.63-158.48	5.74-112.37	1.67-102.83	11.82-145.55	11.62-134.70	19.36-133.67	13.23-163.61	18.40-138.15
亞硝酸鹽		0.28-19.40	0.84-14.27	0.28-24.08	1.00-6.98	0.28-10.25	1.81-10.25	0.30-14.88	2.07-11.68	0.59-12.21	3.70-15.64	3.13-15.70	3.64-14.32	0.86-13.44	0.01-18.31	0.57-9.24
磷酸鹽		0.38-14.68	0.36-11.78	0.36-22.14	1.06-28.99	0.01-21.65	0.36-20.26	0.32-18.97	0.32-15.18	0.32-17.71	4.17-15.03	3.58-28.53	4.08-24.53	1.22-29.32	0.30-34.94	0.61-45.86

註一、所有參數單位為（μg/L）；pH，無單位。

註二、甲類海域海洋環境品質標準資料來源為行政院環境部海域環境分類及海洋環境品質標準

表 2-4. 核一廠及核二廠附近海域沉積物重金屬元素各採樣站的經緯度及深度

站別	緯度	經度	深度(m)
		核一廠	
進 1	25º 17.597	121º 35.465	7
進 2	25º 17.534	121º 35.567	4
進 3	25º 17.531	121º 35.661	7
出 1	25º 17.933	121º 34.536	7
出 2	25º 17.751	121º 34.908	8
出 3	25º 17.752	121º 34.833	8
背景	25º 17.194	121º 36.007	12
		核二廠	
進 1	25º 12.405	121º 40.241	11
進 2	25º 12.327	121º 40.295	12
進 3	25º 12.411	121º 40.364	13
進 4	25º 13.408	121º 39.855	24
進 5	25º 13.408	121º 39.855	24
進 6	25º 12.691	121º 41.074	8
出 1	25º 12.809	121º 39.289	7
出 2	25º 12.732	121º 39.375	6
出 3	25º 12.675	121º 39.601	9
出 5	25º 13.036	121º 40.731	28
出 6	25º 13.036	121º 40.731	28
出 7	25º 13.036	121º 40.731	28
背景	25º 13.857	121º 40.988	50

表 2-5. 114 年核一廠及核二廠附近海域表層沉積物之重金屬元素非結晶相濃度(以 1N HCl 萃取)，濃度單位為 mg/kg，但鐵為%。

	樣品地點	鎘	鈷	鉻	銅	鉛	鋅	錳	鎳	鐵
					1N HCl 萃取					
核一廠	進水口 1	0.06	3.31	7.18	2.37	9.42	54.87	117.89	6.76	1.31
	進水口 2	0.05	4.70	8.20	2.26	10.01	49.70	116.40	7.42	1.24
	進水口 3	0.09	5.12	7.00	2.71	9.42	62.58	153.71	6.93	1.50
	背景值	0.06	4.19	6.15	1.47	10.60	51.47	110.82	8.74	1.29
	出水口 1	0.07	4.76	4.44	2.82	11.78	61.19	148.26	12.86	1.54
	出水口 2	0.08	5.22	4.95	2.71	11.19	67.05	170.82	12.53	1.45
	出水口 3	0.07	5.32	3.59	3.16	12.37	65.05	163.88	13.36	1.23
核二廠	進水口 1	0.08	6.25	10.42	2.14	10.60	78.39	279.90	15.01	1.29
	進水口 2	0.08	5.43	11.79	2.37	11.19	75.73	260.69	15.50	1.43
	進水口 3	0.08	6.82	13.84	14.11	12.96	81.86	308.29	15.17	1.58
	進水口 4	0.09	4.03	15.03	15.91	13.55	68.82	244.45	15.67	1.64
	進水口 5	0.09	3.31	14.35	15.01	9.42	59.73	218.67	16.00	1.53
	進水口 6	0.10	3.05	15.55	10.27	10.60	63.31	228.83	9.90	1.35
	背景值	0.07	5.74	8.20	3.50	11.19	73.10	194.49	10.72	1.27
	出水口 1	0.06	3.72	7.00	6.09	10.01	60.84	200.94	10.06	1.41
	出水口 2	0.06	3.98	5.98	6.32	11.19	57.33	190.53	10.23	1.20
	出水口 3	0.05	4.34	6.49	6.43	10.60	60.84	197.34	10.56	1.11
	出水口 5	0.07	4.91	7.18	6.88	9.42	57.37	174.91	7.42	1.09
	出水口 6	0.08	4.08	7.69	7.11	8.25	50.01	164.37	6.76	1.23
	出水口 7	0.06	4.19	6.66	6.66	8.84	51.74	161.27	7.59	1.35

表 2-6. 114 年核一廠及核二廠附近海域表層沉積物之重金屬元素總濃度(王水-氫氟酸消化)。濃度單位為 mg/kg，但鐵為%。

	樣品地點	鎘	鈷	鉻	銅	鉛	鋅	錳	鎳	鐵
					王水-氫氟酸消化					
核一廠	進水口 1	0.09	7.81	22.21	3.72	11.78	83.36	153.71	14.35	2.48
	進水口 2	0.08	8.74	23.92	3.39	11.78	76.54	155.32	14.18	2.34
	進水口 3	0.12	10.39	23.92	4.18	12.96	93.85	201.68	15.34	2.66
	背景值	0.09	9.30	22.21	2.71	13.55	81.86	149.37	15.83	2.50
	出水口 1	0.10	10.49	16.74	4.51	14.73	93.15	199.33	23.75	2.64
	出水口 2	0.12	11.48	20.50	4.06	13.55	100.90	220.65	23.09	2.43
	出水口 3	0.09	11.63	17.94	5.19	15.32	90.42	206.64	24.74	2.24
核二廠	進水口 1	0.11	13.44	29.38	3.84	12.96	113.90	341.63	26.39	2.51
	進水口 2	0.12	11.53	29.21	3.95	14.14	108.23	319.45	27.21	2.67
	進水口 3	0.11	14.52	33.48	23.36	14.73	119.91	362.58	26.88	2.94
	進水口 4	0.12	8.63	36.39	26.18	15.90	95.97	283.12	28.70	3.16
	進水口 5	0.12	8.17	34.34	23.81	11.19	83.71	262.67	28.20	3.06
	進水口 6	0.13	7.08	34.85	15.35	12.37	86.95	264.41	17.98	2.73
	背景值	0.10	11.89	25.63	5.64	14.49	100.67	247.18	19.13	2.40
	出水口 1	0.10	8.84	23.92	9.71	14.14	85.94	231.81	19.13	2.86
	出水口 2	0.10	8.74	23.40	9.37	12.96	84.25	227.84	18.64	2.46
	出水口 3	0.09	8.22	22.38	10.16	13.55	83.17	231.93	17.65	2.32
	出水口 5	0.08	10.65	24.43	10.38	12.96	80.82	202.43	12.70	2.23
	出水口 6	0.10	8.89	26.14	10.83	10.60	70.41	194.25	12.53	2.44
	出水口 7	0.11	9.25	24.09	9.37	11.78	74.42	188.42	12.70	2.57

表 2-7. 114 年核一及核二廠溫排水進出水口附近海域與台灣周遭近岸海域沉積物重金屬濃度之比較。

(重金屬濃度為 mg/kg，但鐵為%)

研究區域	沉積物樣品	消化方法	鎘	鈷	鉻	銅	錳	鎳	鉛	鐵	鋅
核一廠[1]	100mesh	1N HCl	0.05-0.09	3.31-5.32	3.59-8.20	2.26-3.16	116.40-170.82	6.76-13.36	9.42-12.37	1.24-1.54	49.70-67.05
核二廠[1]	100mesh	1N HCl	0.05-0.10	3.05-6.82	5.98-15.55	2.14-15.91	161.27-308.29	6.76-16.00	9.42-13.55	1.09-1.64	50.01-81.86
核一廠[1]	100mesh	王水/氫氟酸	0.08-0.12	7.81-11.63	16.74-23.92	3.39-5.19	153.71-220.65	14.18-24.74	11.78-15.32	2.24-2.66	76.54-100.90
核二廠[1]	100mesh	王水/氫氟酸	0.08-0.13	7.08-14.52	22.38-36.39	3.84-26.18	188.42-362.58	12.53-28.70	10.60-15.90	2.23-3.16	70.41-119.91
淡水河[2]	所有樣品	HNO_3/HF		N.D.		8.1-12.1	362-1175	19-31	18-21	2.7-3.5	69-96
大肚溪[3]	所有樣品	HNO_3/H_2O_2/HF		N.D.		8.7-25.2	N.D.	22-63	17-30	1.5-2.8	59-113
曾文溪[4]	所有樣品	1N HCl		4.6-18.2		0.4-16.7	186-625	2.1-10.2	0.7-21.8	0.4-1.5	3.6-56.4
台南沿海[3]	所有樣品	HNO_3/H_2O_2/HF		N.D.		6.3-23.8	N.D.	16-56	11-28	1.4-2.6	41-92
王仁溪[5]	所有樣品	HNO_3/HF		N.D.		15.7-55.5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	67-97
高雄港[6]	<63 μm	HNO_3/HCl		N.D.		343-505	N.D.	N.D.	92-140	N.D.	N.D.
*環境部底泥法規標準(下限值)[7]			0.65	未定	76	50	未定	24	48	未定	140
*環境部底泥法規標準(上限值)[7]			2.49	未定	233	157	未定	80	161	未定	384
海域沉積物重金屬對生物毒性影響最小參考值（ERL）[8]			1.2	未定	81	34	未定	20.9	46	未定	150
海域沉積物重金屬對生物毒性影響中間參考值（ERM）[8]			9.6	未定	370	270	未定	51.6	218	未定	410

ND: not determined ; ERL: effects range – low ; ERM： effects range – mediam

1本研究，2Tseng (1990)，3 Lee et. al. (1998)，4 Fang & Hong (1999)，5 Hung et. al. (1993)，6 Chen & Wu (1995)，7環境部底泥法規，8 Long et.al,(1995)

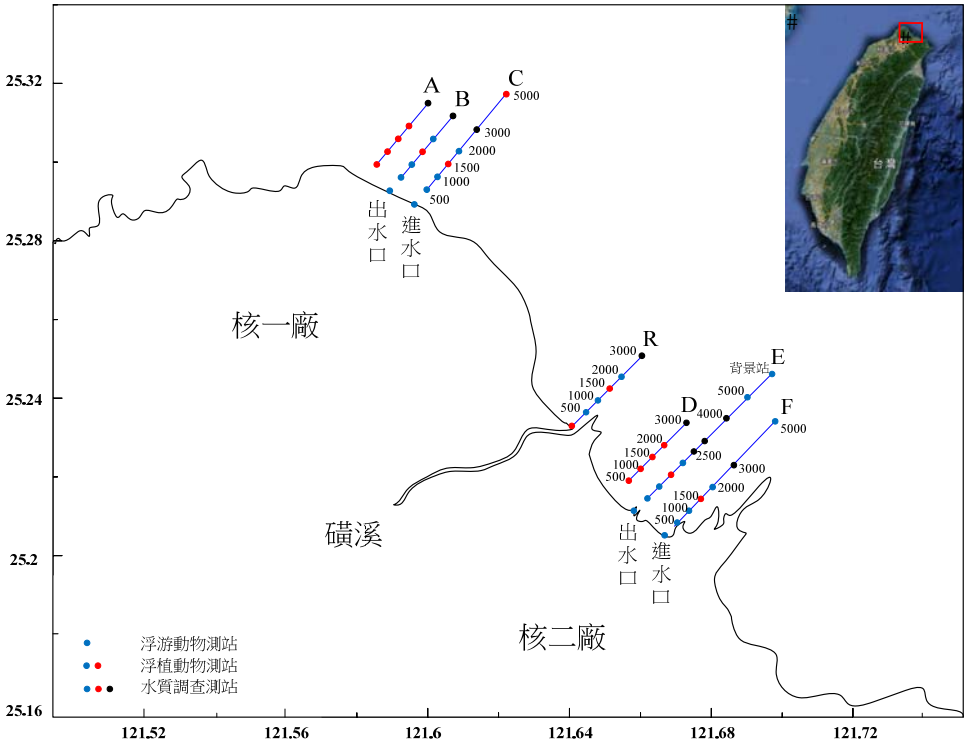


圖 2-1. 114 年第 1 季至第 4 季核一廠、核二廠及磺溪海域水質和浮游植物採樣站示意圖

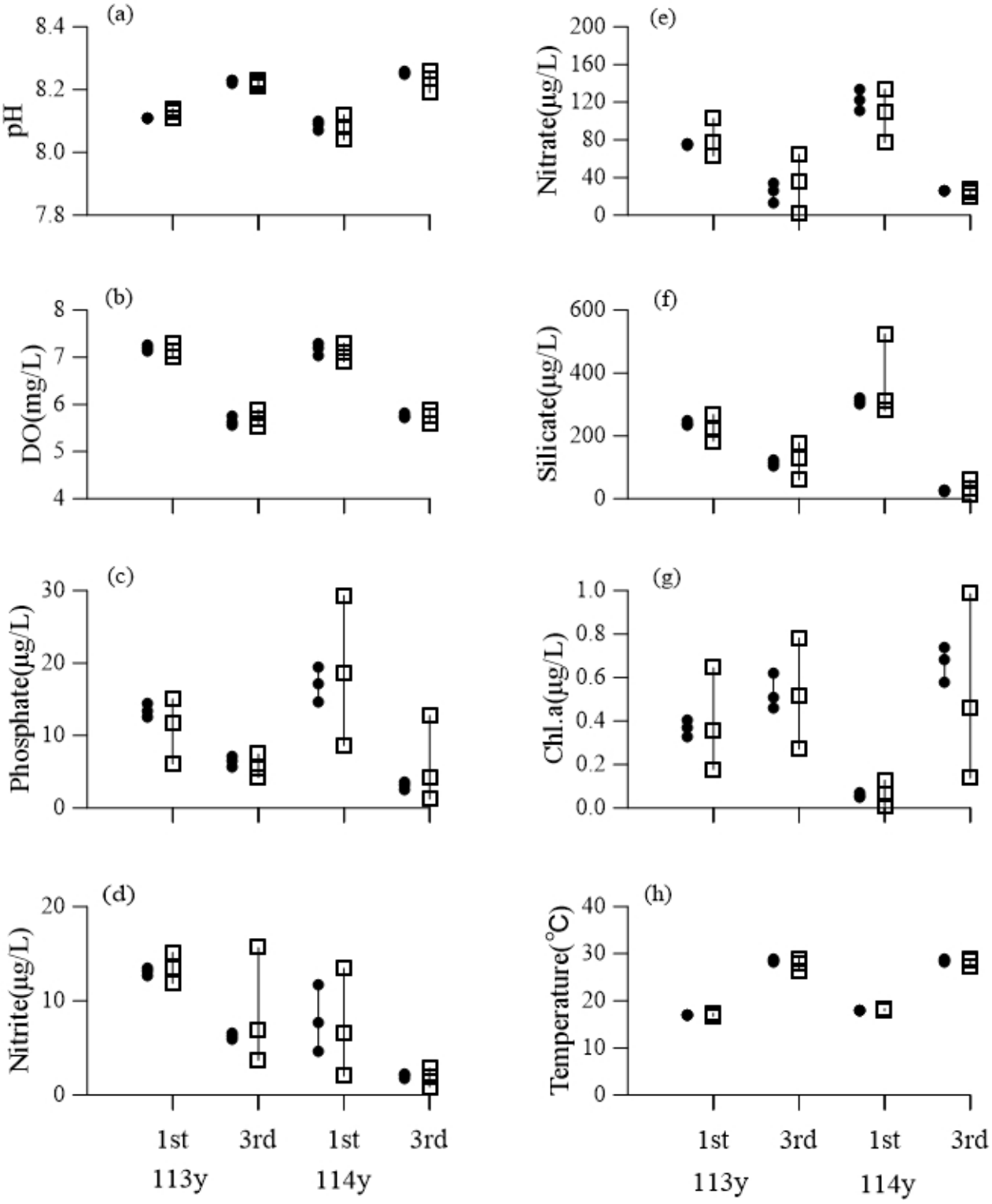


圖 2-2. 113 年至 114 年核一廠進出水口海域之各項水質參數分布範圍(中間數值為平均值) (a)酸鹼度(b)溶氧(c)磷酸鹽(d)亞硝酸鹽(e)硝酸鹽(f)矽酸鹽(g)葉綠素甲濃度及(h)溫度 □核一廠 A500 至 C3000 全部資料 ●C5000 背景值資料

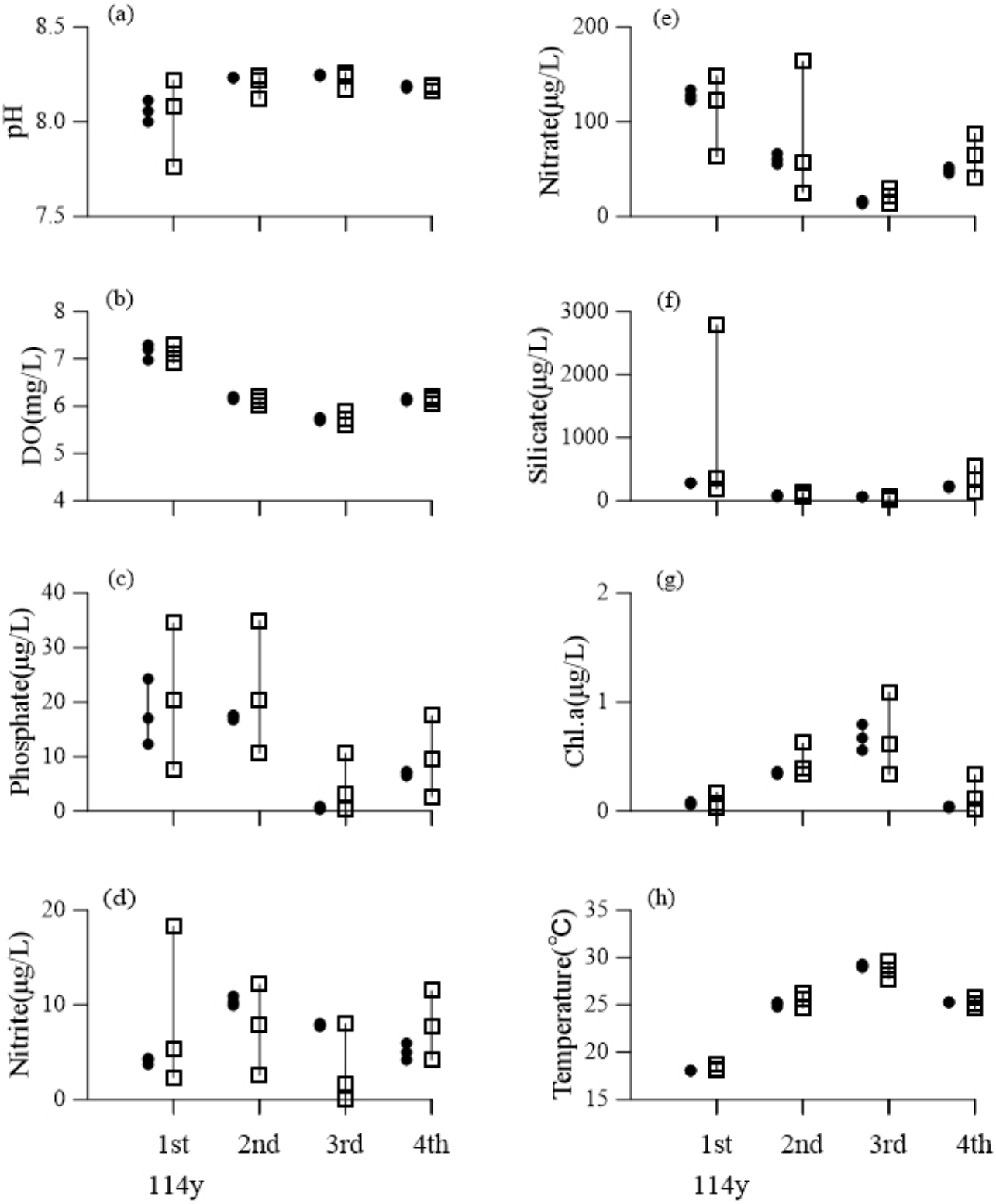


圖 2-3. 114 年核二廠進出水口海域之各項水質參數分布範圍(中間數值為平均值)(a)酸鹼度(b)溶氧(c)磷酸鹽(d)亞硝酸鹽(e)硝酸鹽(f)矽酸鹽(g)葉綠素甲濃度及(h)溫度 □核二廠 D500 至 F3000 全部資料 ●F5000 背景值資料

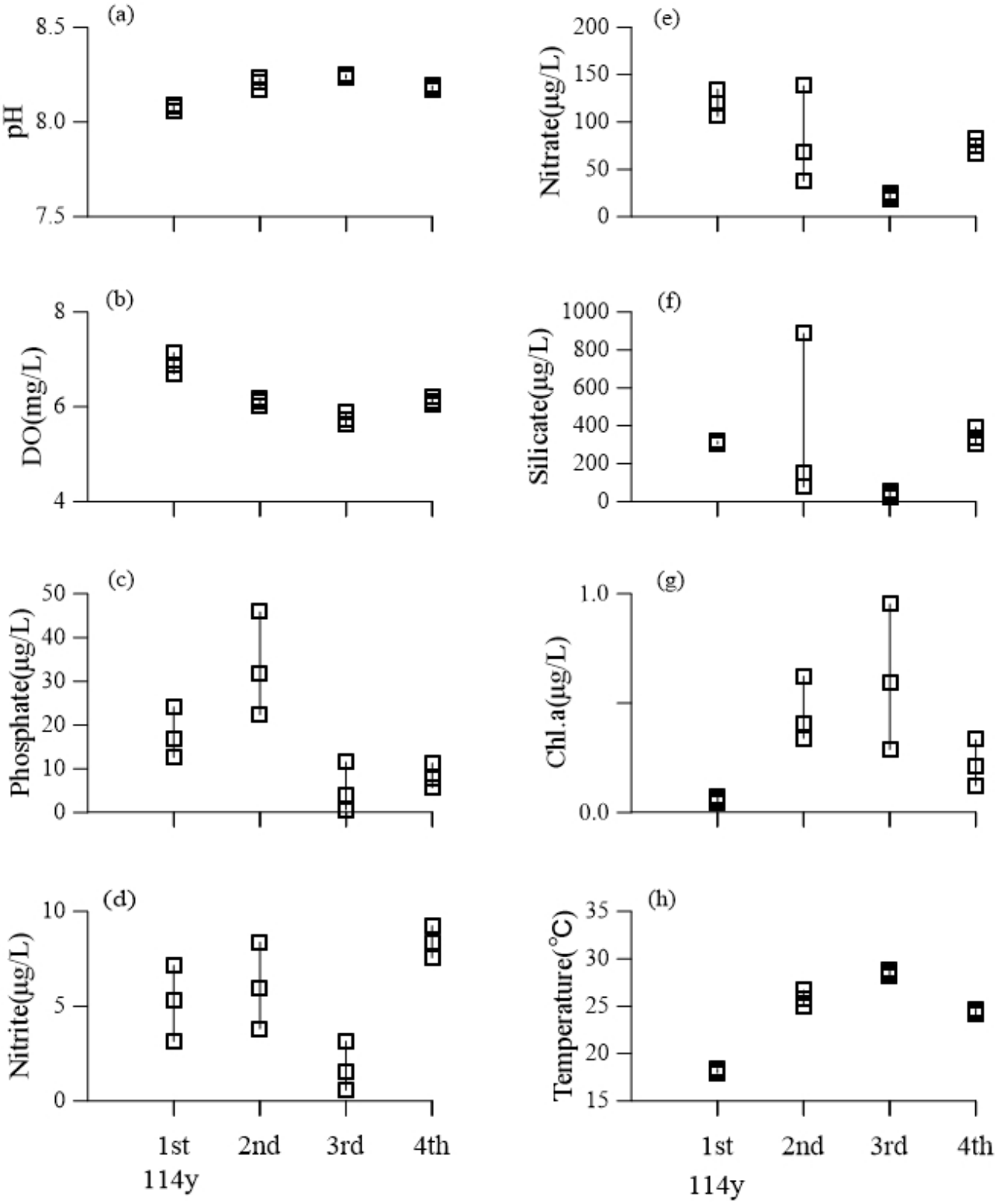
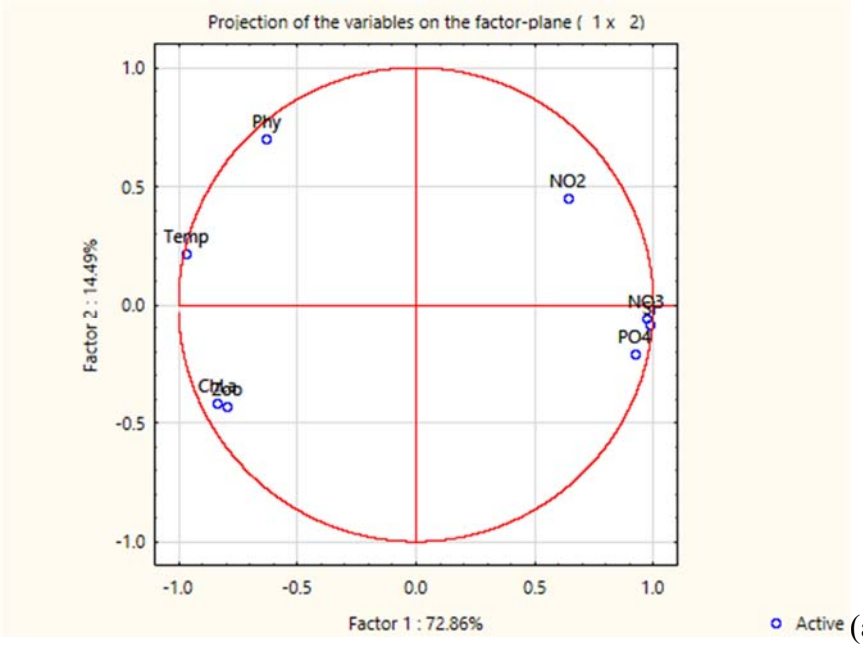
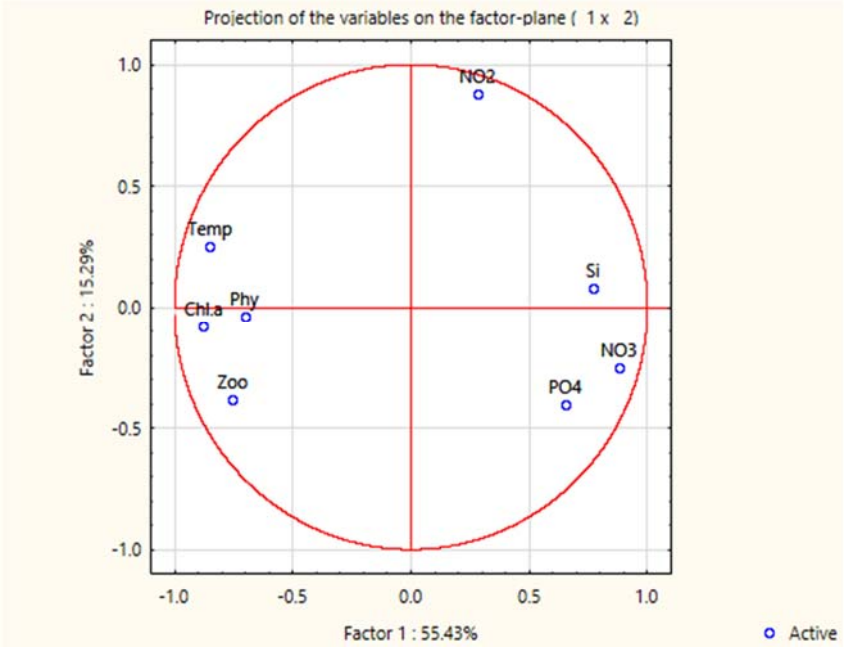


圖 2-4. 114 年磺溪海域之各項水質參數分布範圍(中間數值為平均值)(a)酸鹼度(b)溶氧(c)磷酸鹽(d)亞硝酸鹽(e)硝酸鹽(f)矽酸鹽及(g)葉綠素甲濃度及(h)溫度 □磺溪 R500 至 R3000 全部資料



(a)



(b)

圖 2-5. 114 年第 1 季至第 4 季(a)核一廠及(b)核二廠進、出水口海域水質參數之主成份 (component 1& 2) 分佈圖。PO4(磷酸鹽); NO2(亞硝酸鹽); NO3(硝酸鹽); Si(矽酸鹽); chl(葉綠素甲); Temp(溫度); phyto(植浮豐度); 與 zooplank(動浮豐度)

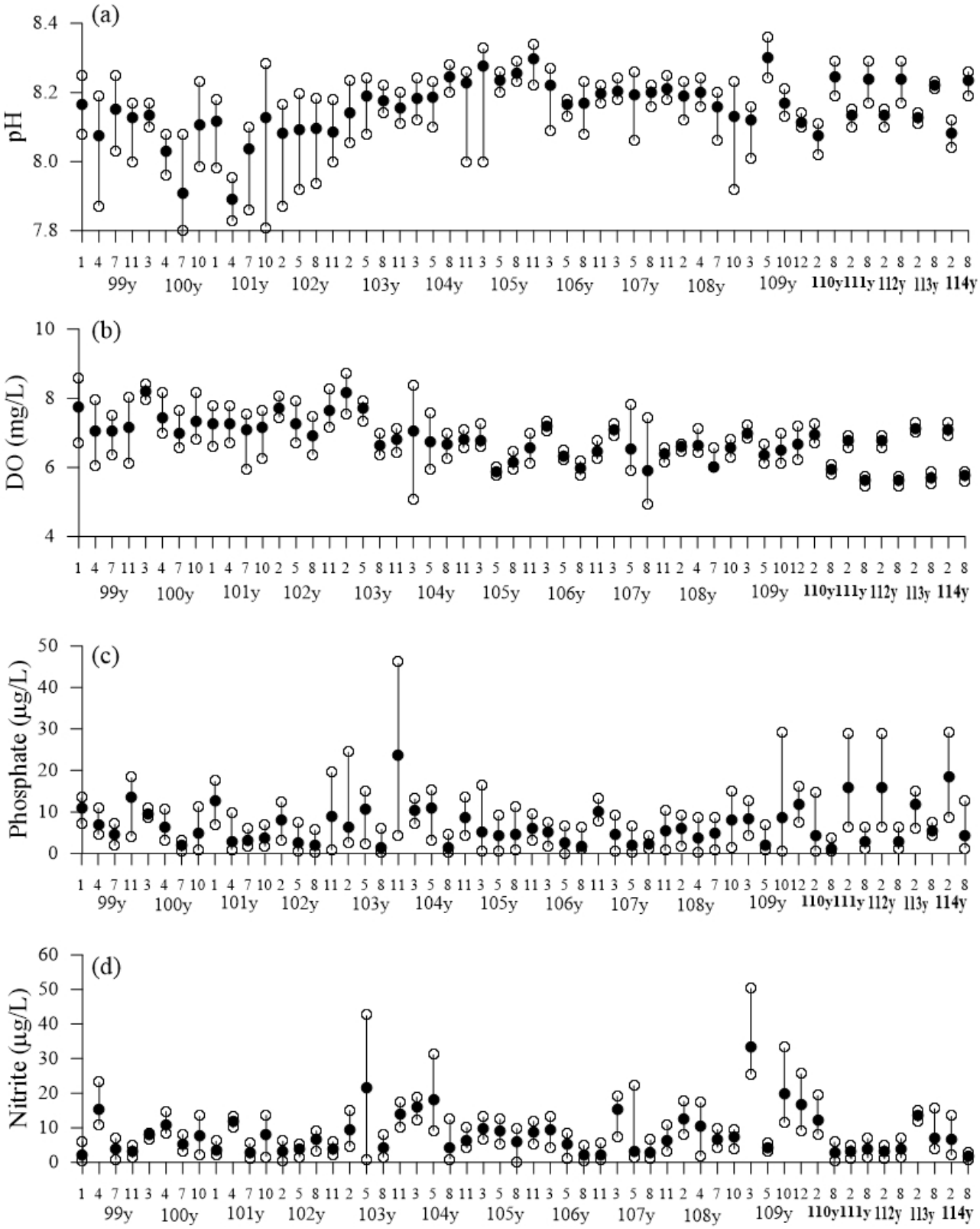


圖 2-6. 99 年至 114 年核一廠海域之各項水質參數分布範圍

(a)酸鹼度(b)溶氧(c)磷酸鹽(d)亞硝酸鹽 (中間數值為平均值)(1/2)續

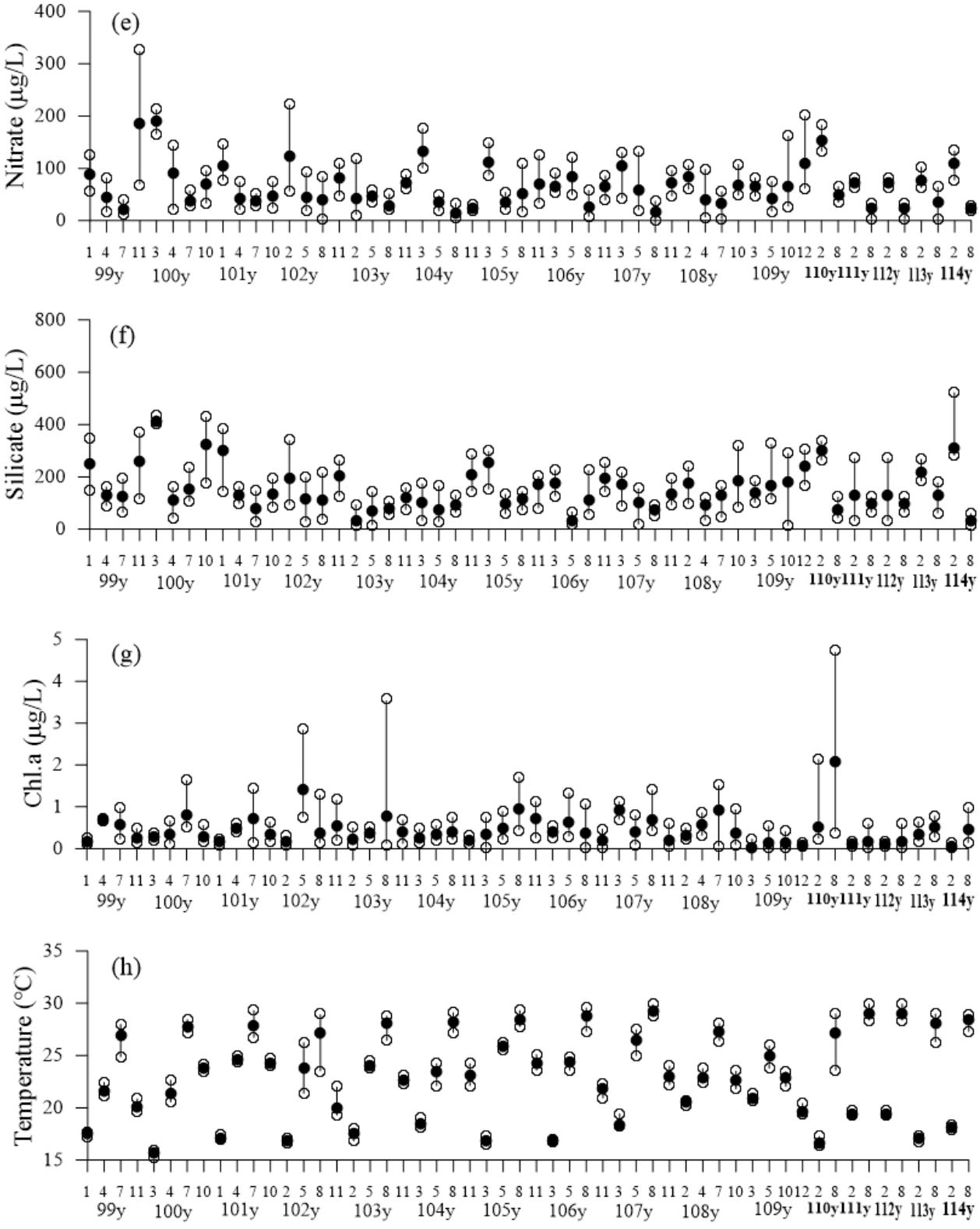


圖 2-6. 99 年至 114 年核一廠海域之各項水質參數分布範圍

(e)硝酸鹽(f)矽酸鹽(g)葉綠素甲濃度及(h)溫度 (中間數值為平均值)(2/2)

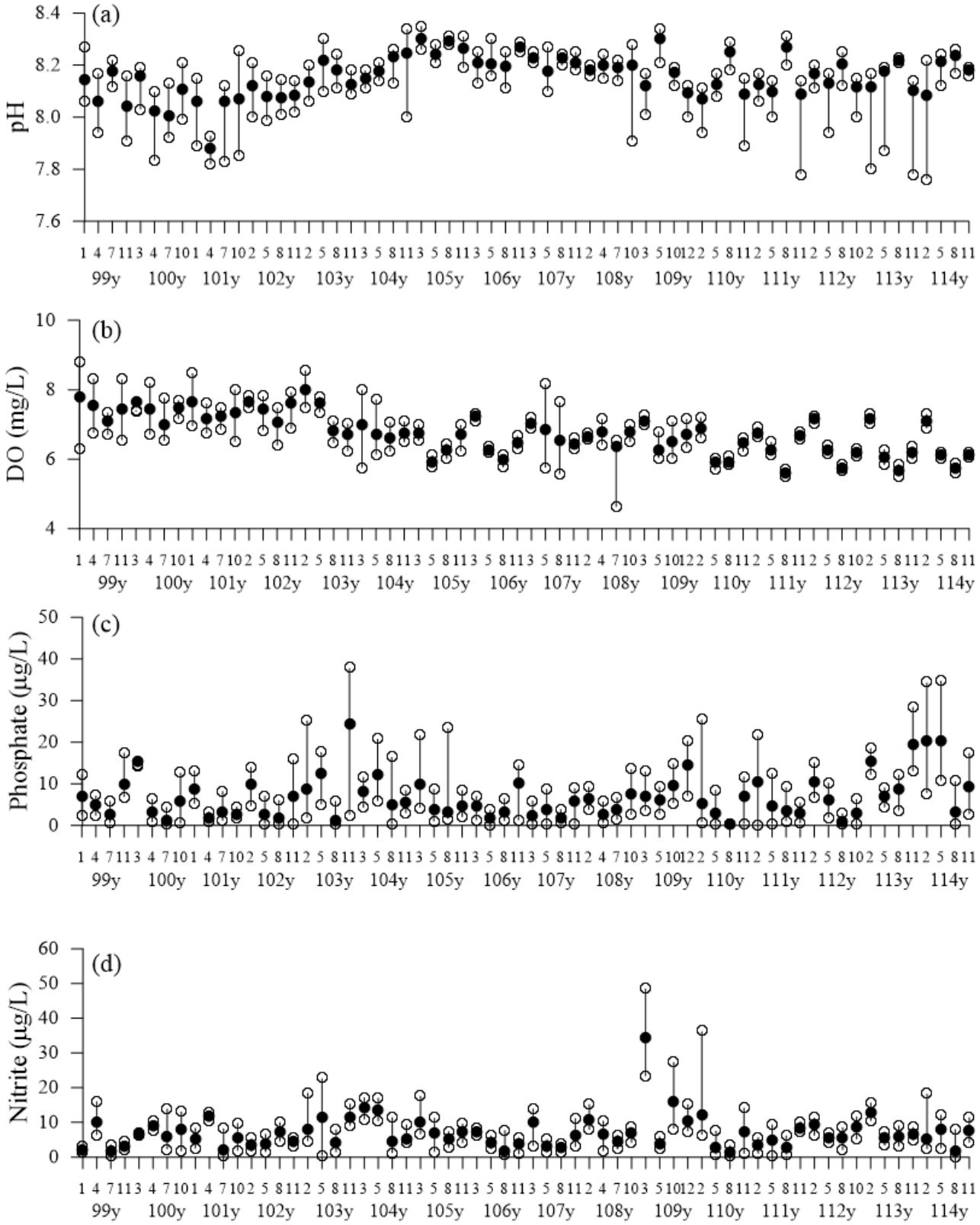


圖 2-7. 99 年至 114 年核二廠海域之各項水質參數分布範圍

(a)酸鹼度(b)溶氧(c)磷酸鹽(d)亞硝酸鹽(中間數值為平均值)(1/2)續

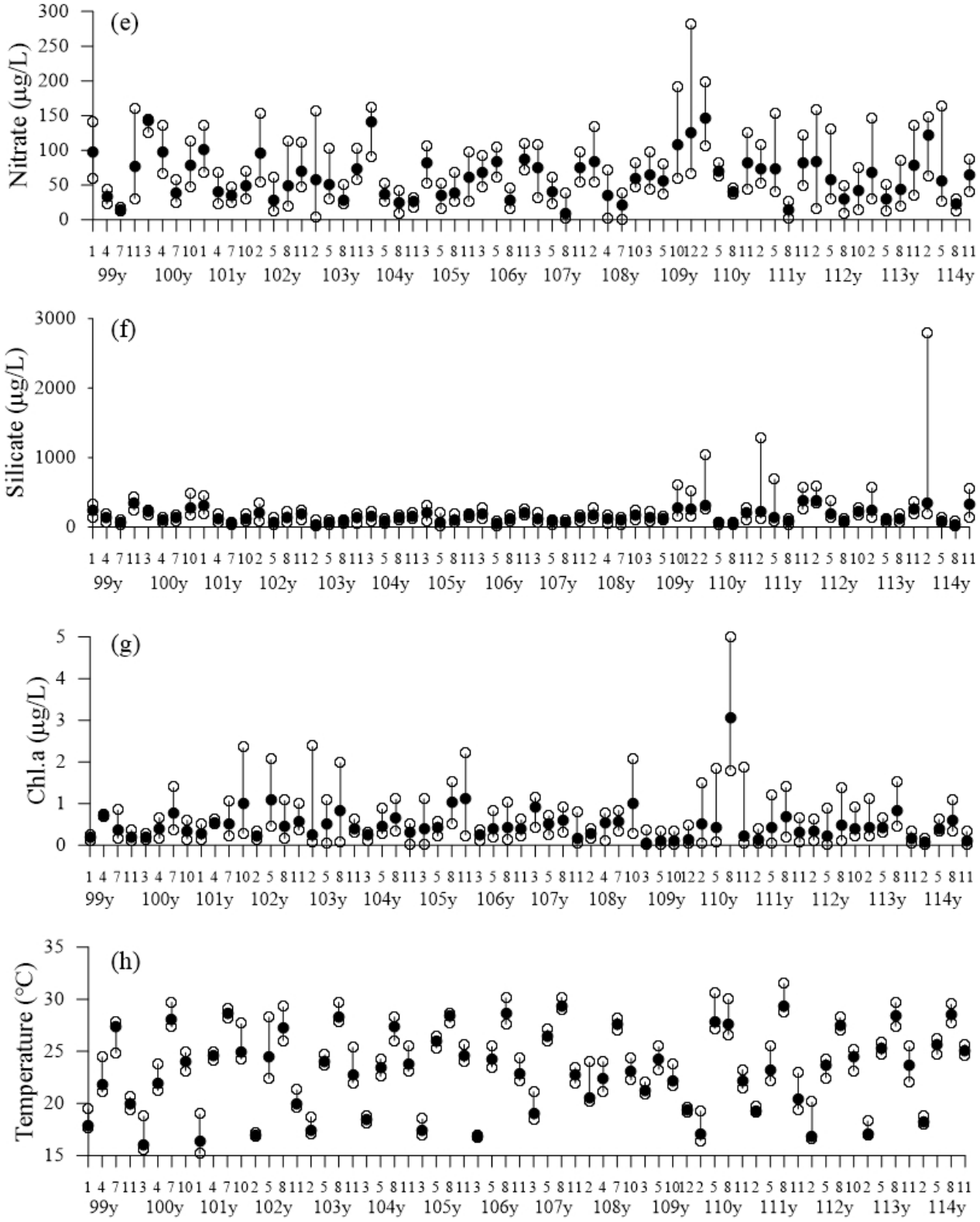


圖 2-7. 99 年至 114 年核二廠海域之各項水質參數分布範圍

(e)硝酸鹽(f)矽酸鹽(g)葉綠素甲濃度及(h)溫度(中間數值為平均值)(2/2)

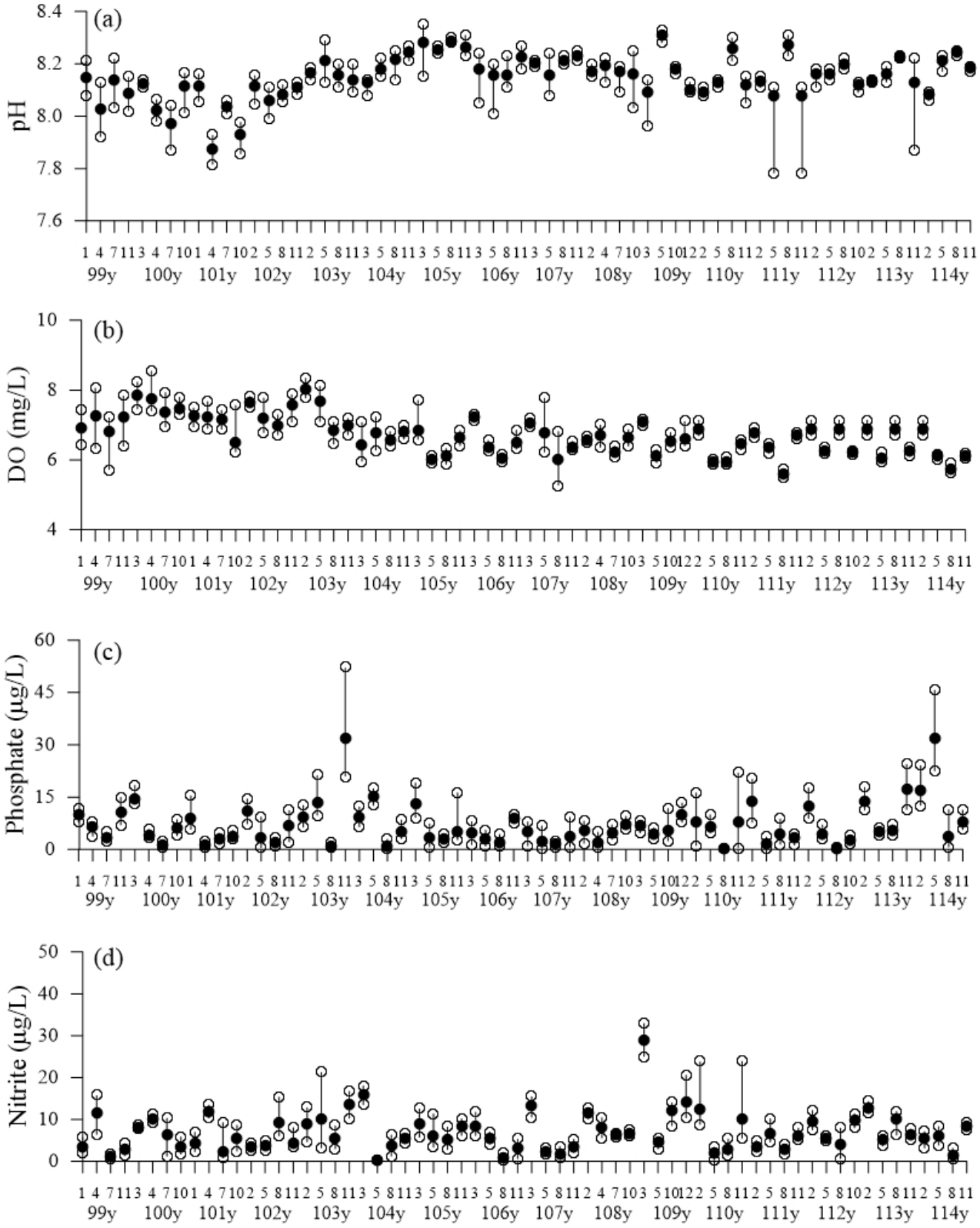


圖 2-8. 99 年至 114 年磺溪海域之各項水質參數分布範圍

(a)酸鹼度(b)溶氧(c)磷酸鹽(d)亞硝酸鹽 (中間數值為平均值)(1/2)續

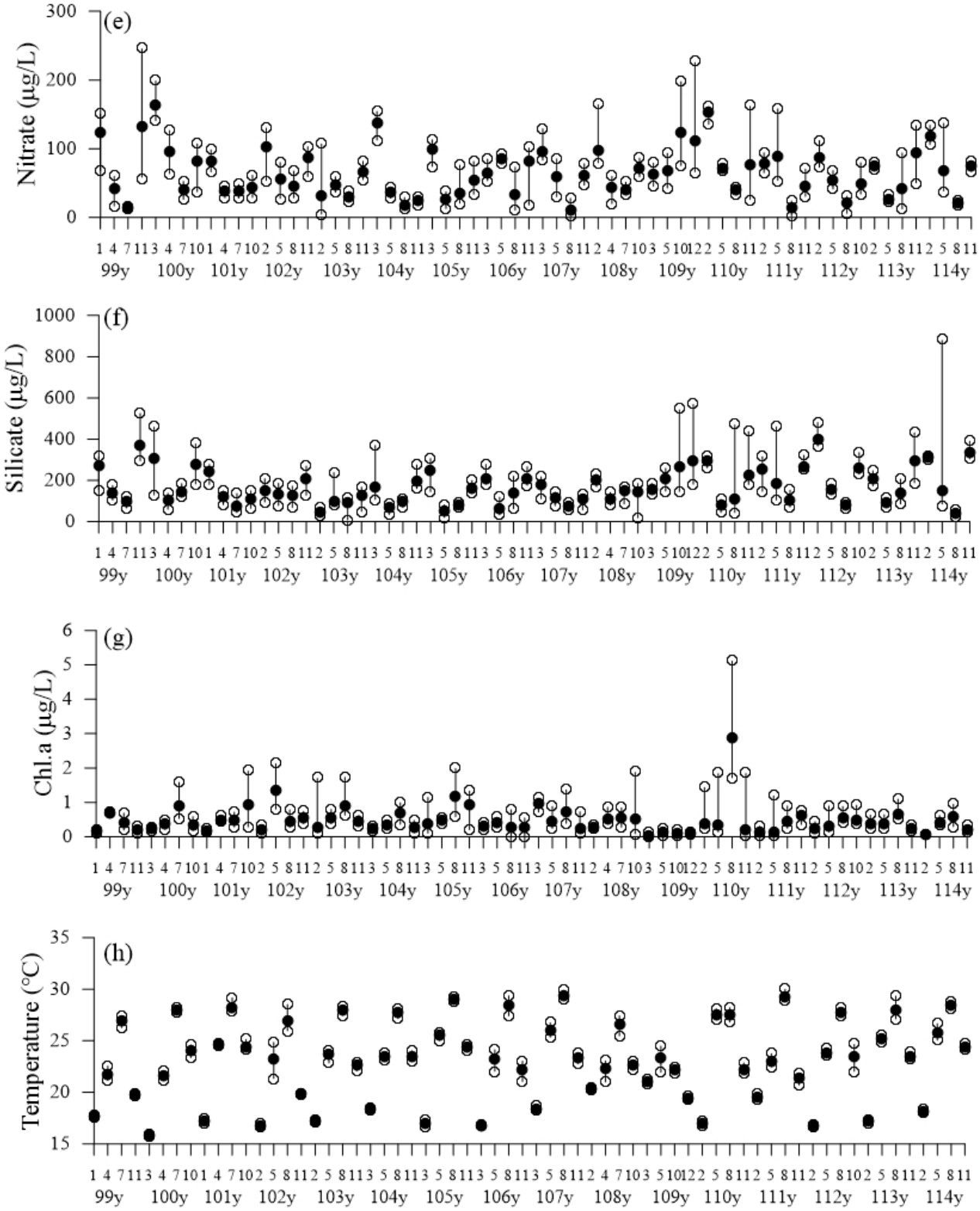
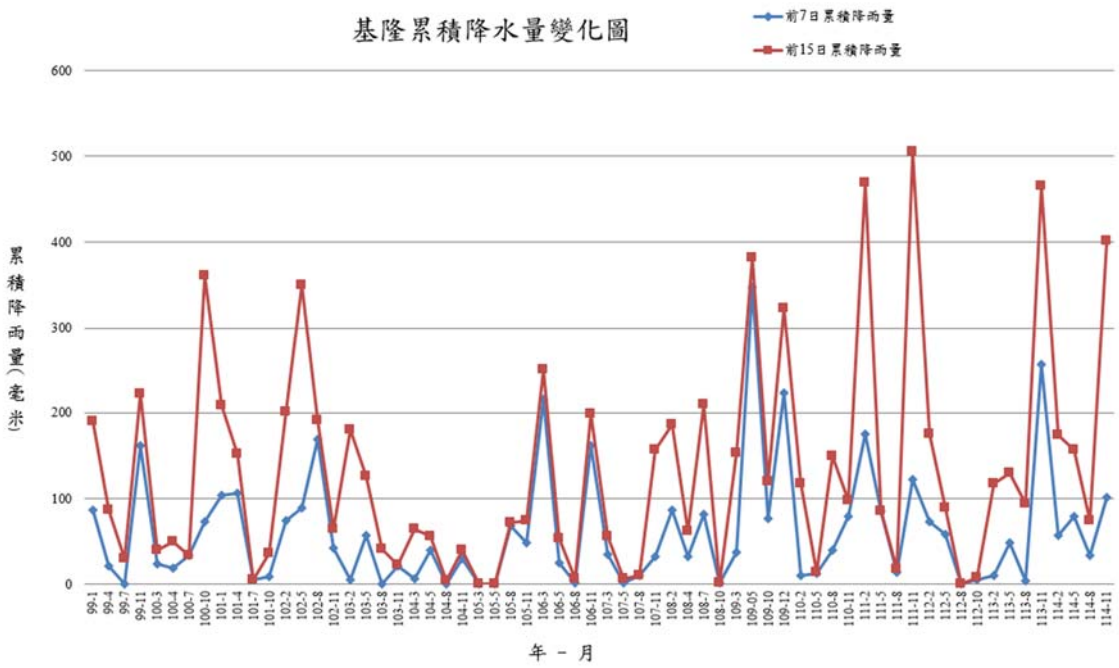


圖 2-8. 99 年至 114 年磺溪海域之各項水質參數分布範圍

(e)硝酸鹽(f)矽酸鹽(g)葉綠素甲濃度及(h)溫度(中間數值為平均值)(2/2)



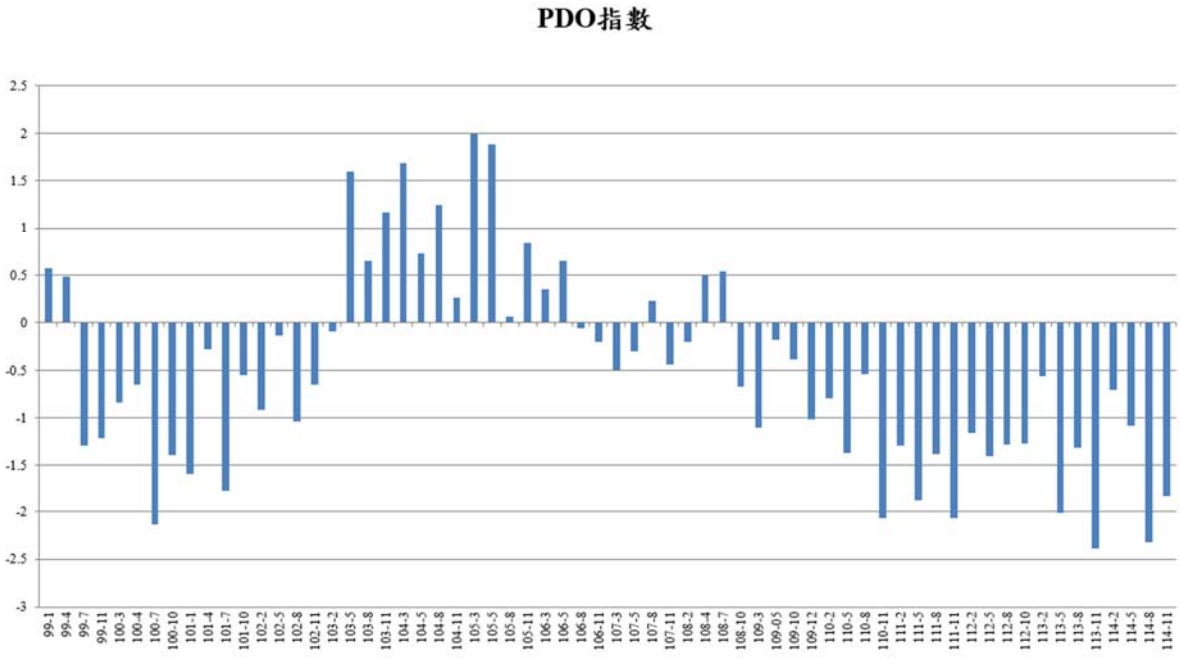


圖 2-9. 99 年至 114 年期間海水 PDO 指數及基隆降雨量變化圖

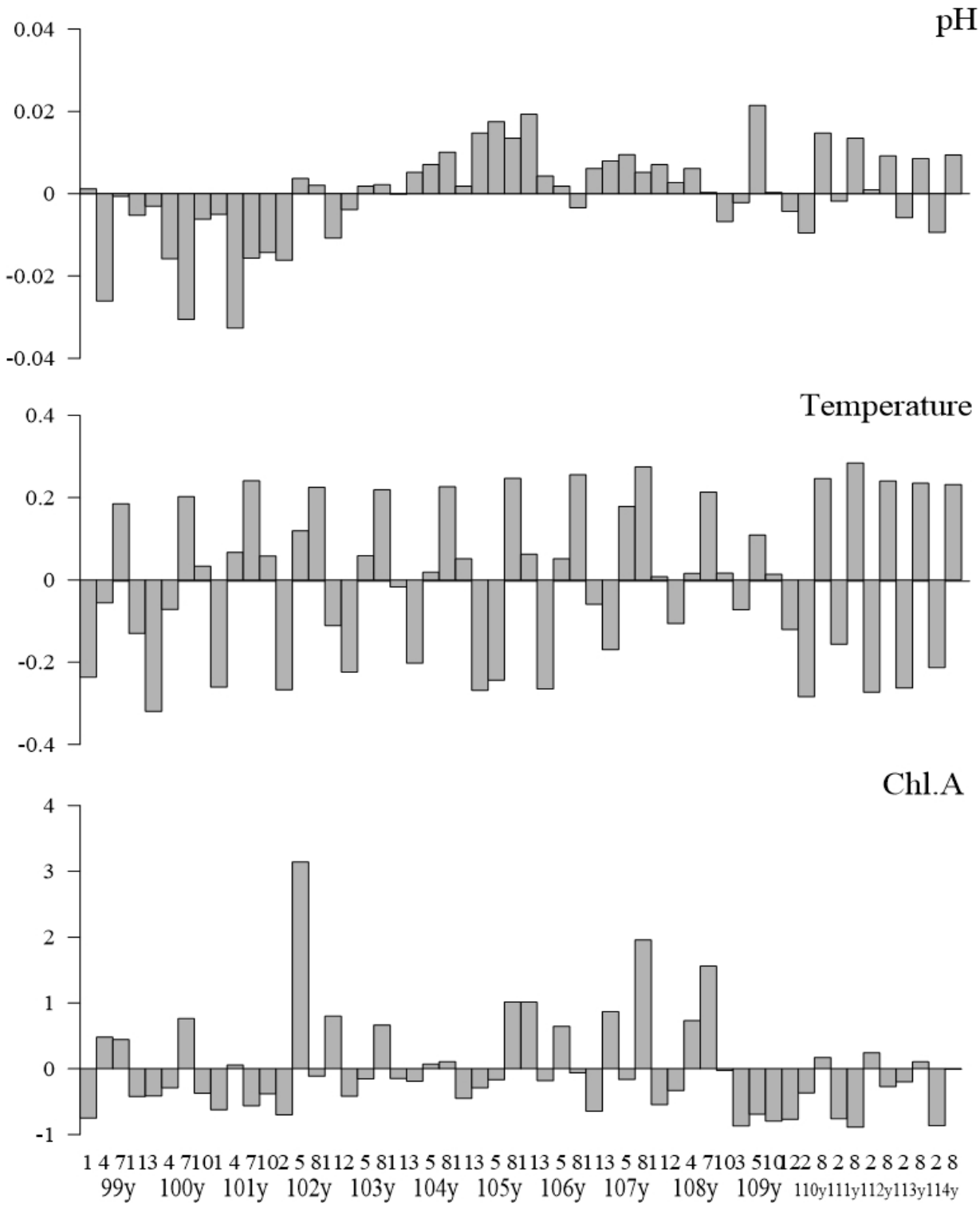


圖 2-10. 核一廠 C5000 公尺背景測站(0-15m)99 年至 114 年 pH 值、溫度及葉綠素濃度與十六年(99-114 年)平均濃度差之分佈變化圖

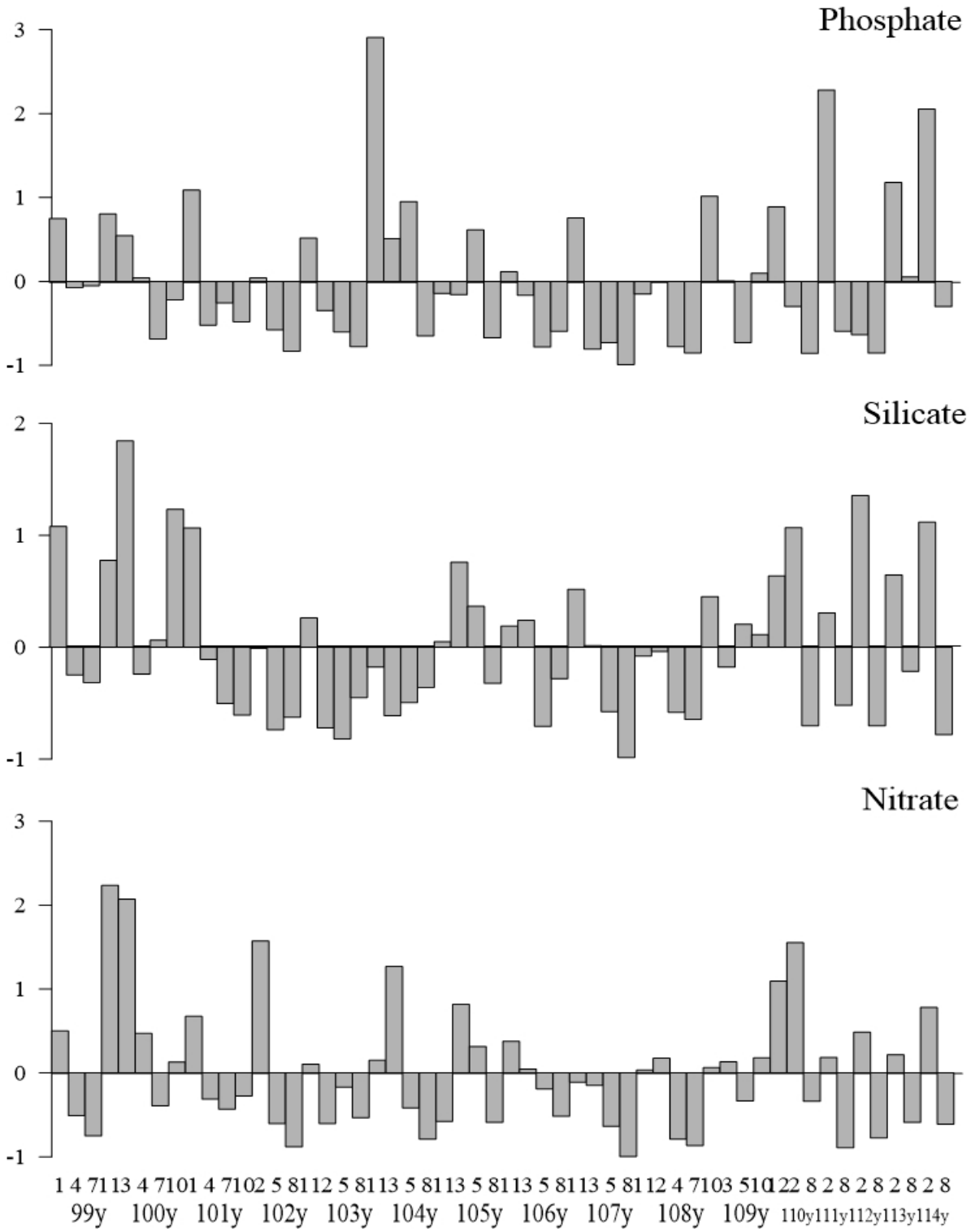


圖 2-11. 核一廠 C5000 公尺背景測站(0-15m) 99 年至 114 年磷酸鹽、矽酸鹽及硝酸鹽與十六年(99-114 年)平均濃度差之分佈變化圖

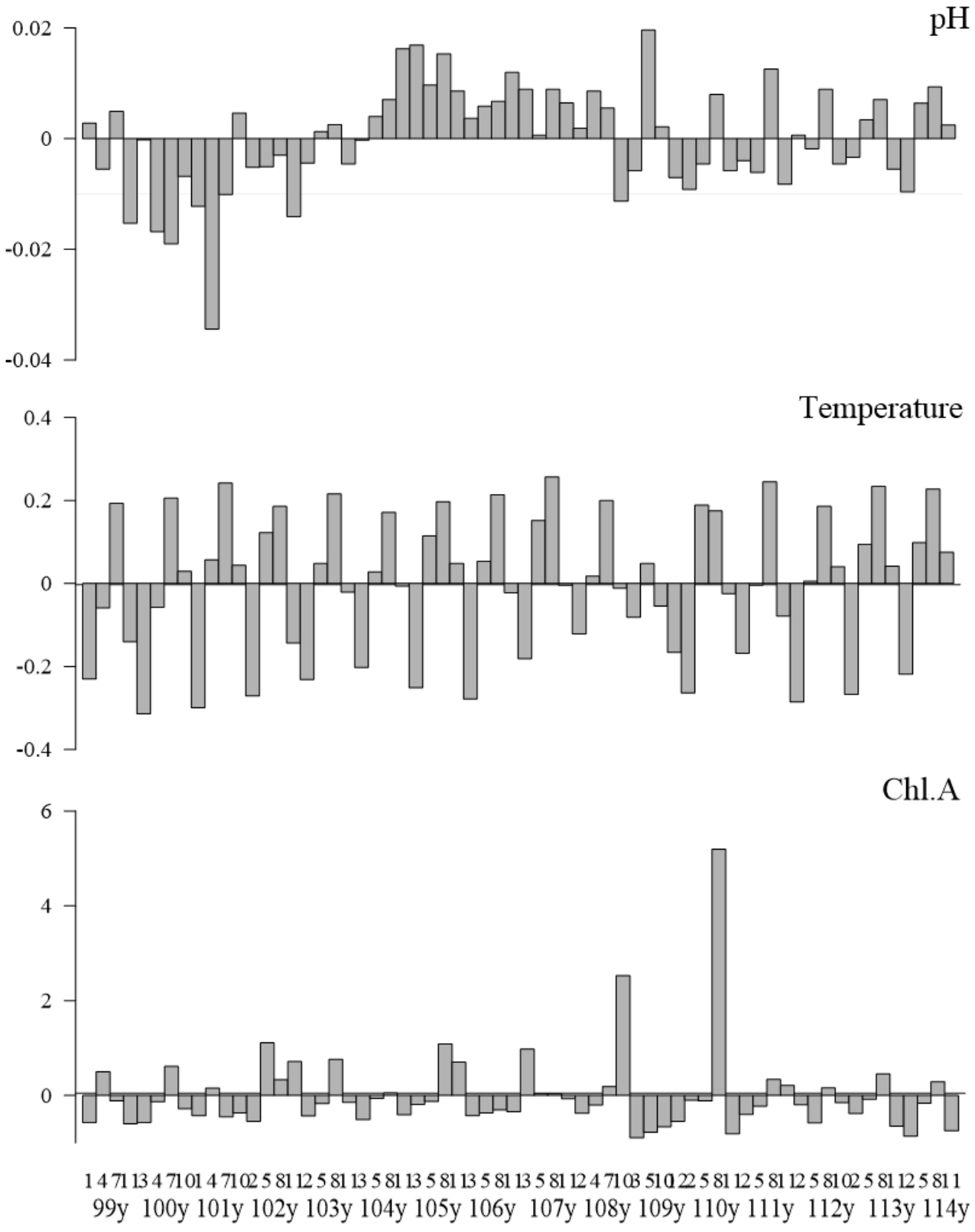


圖 2-12. 核二廠 F5000 公尺背景測站(0-15m) 99 年至 114 年 pH 值、溫度及葉綠素濃度與十六年(99-114 年)平均濃度差之分佈變化圖

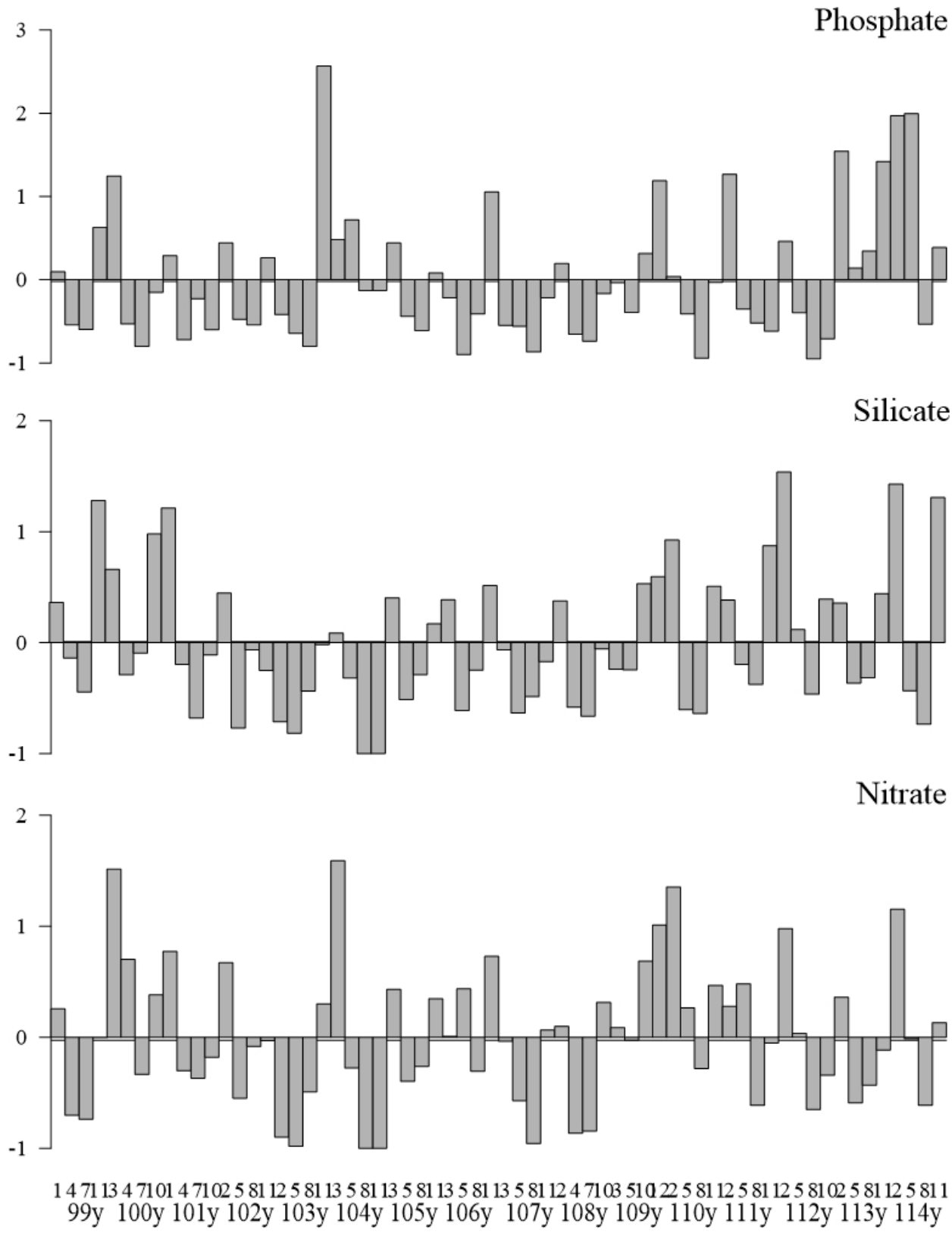


圖 2-13. 核二廠 F5000 公尺背景測站(0-15m) 99 年至 114 年磷酸鹽、矽酸鹽及硝酸鹽與十六年(99-114 年)平均濃度差之分佈變化圖

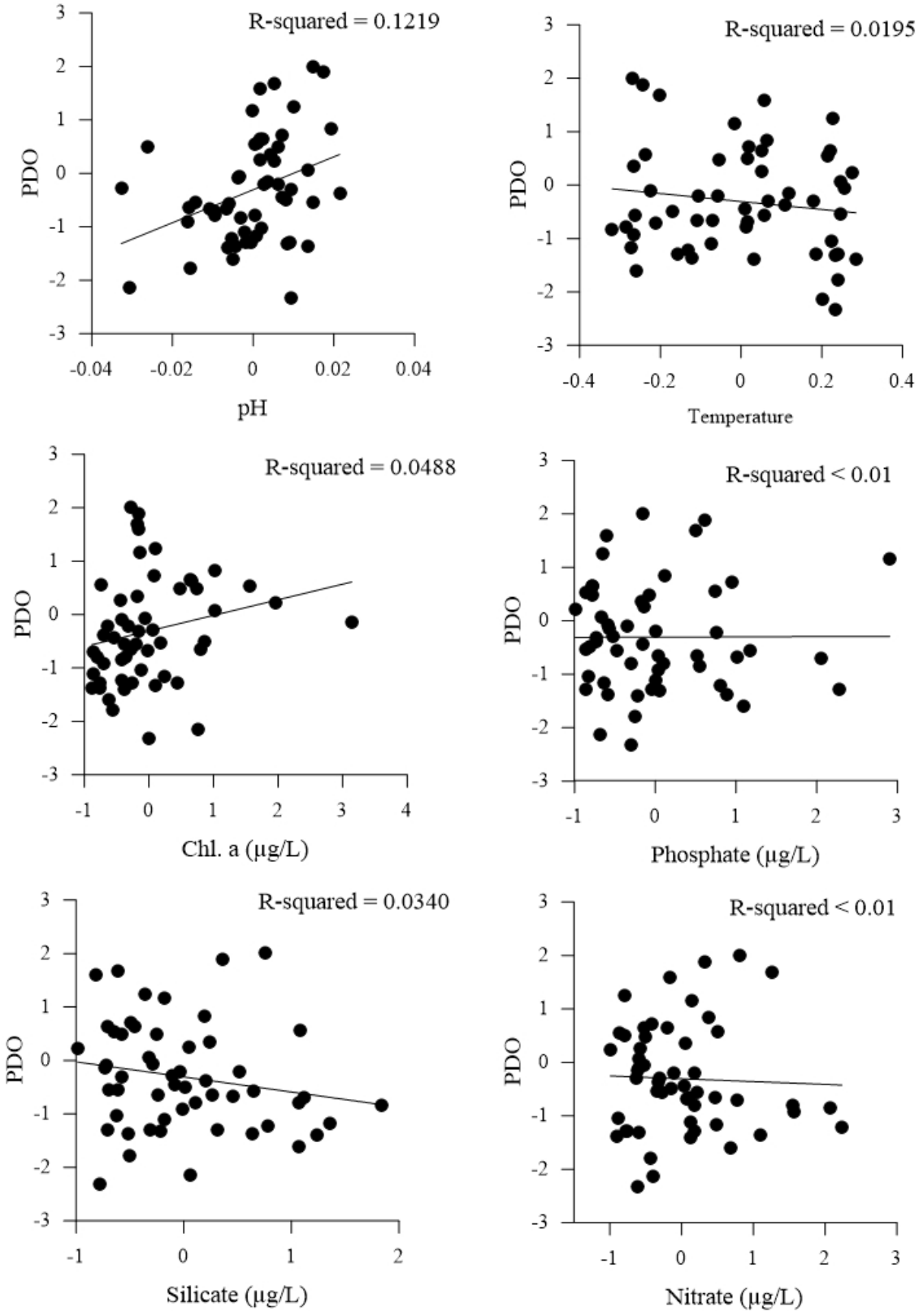


圖 2-14. 99-114 年 PDO 指數與核一廠 C5000 公尺背景測站 pH 值、溫度、葉綠素、磷酸鹽、矽酸鹽及硝酸鹽之相關系數變化

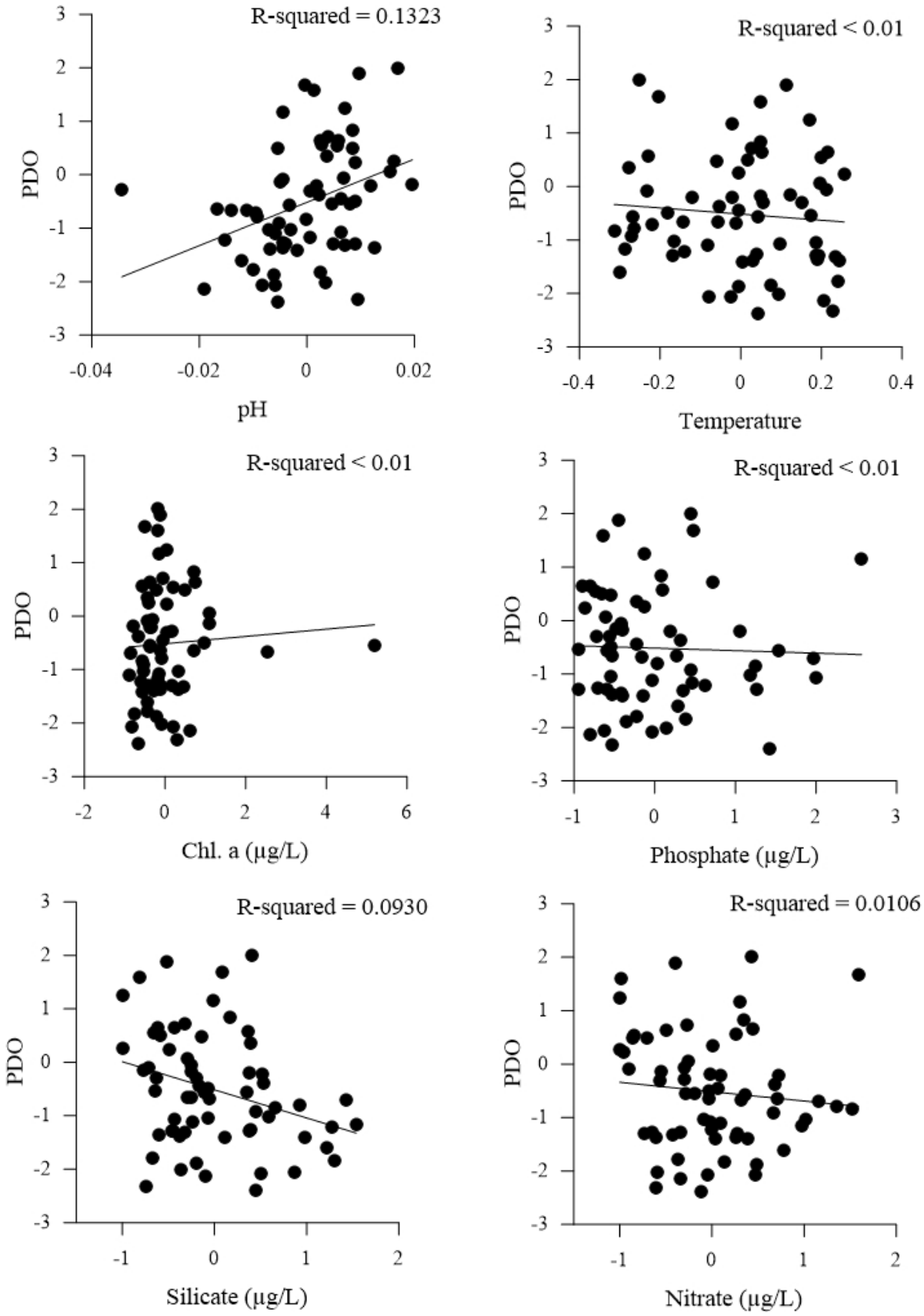


圖 2-15. 99-114 年 PDO 指數與核二廠 F5000 公尺背景測站 pH 值、溫度、葉綠素、磷酸鹽、矽酸鹽及硝酸鹽之相關系數變化

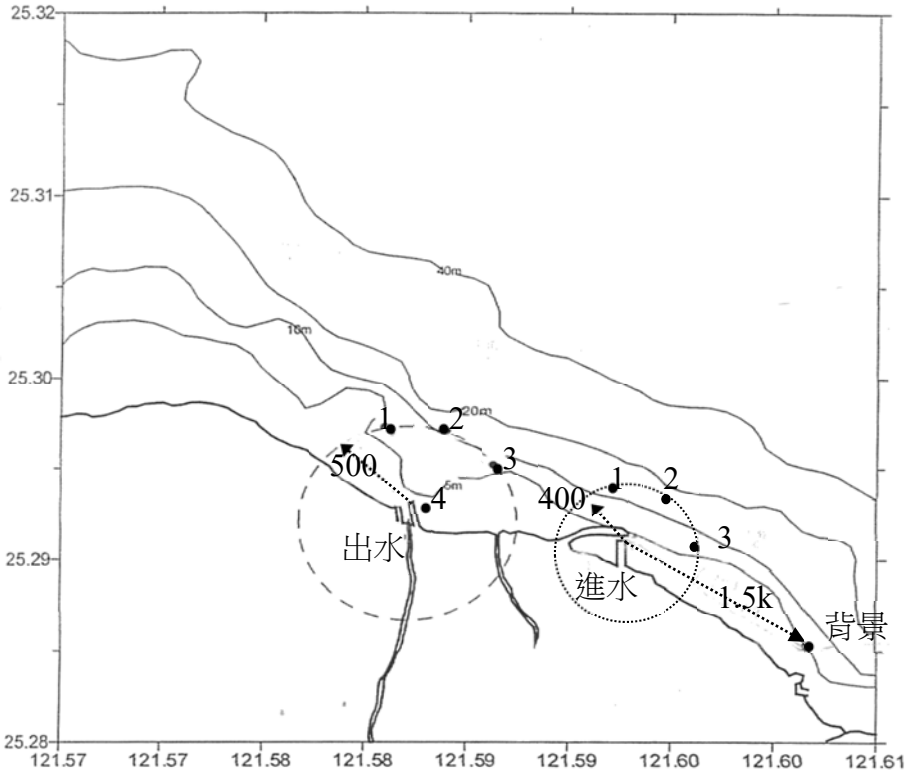


圖 2-16a、核一廠附近海域沉積物重金屬的測站圖

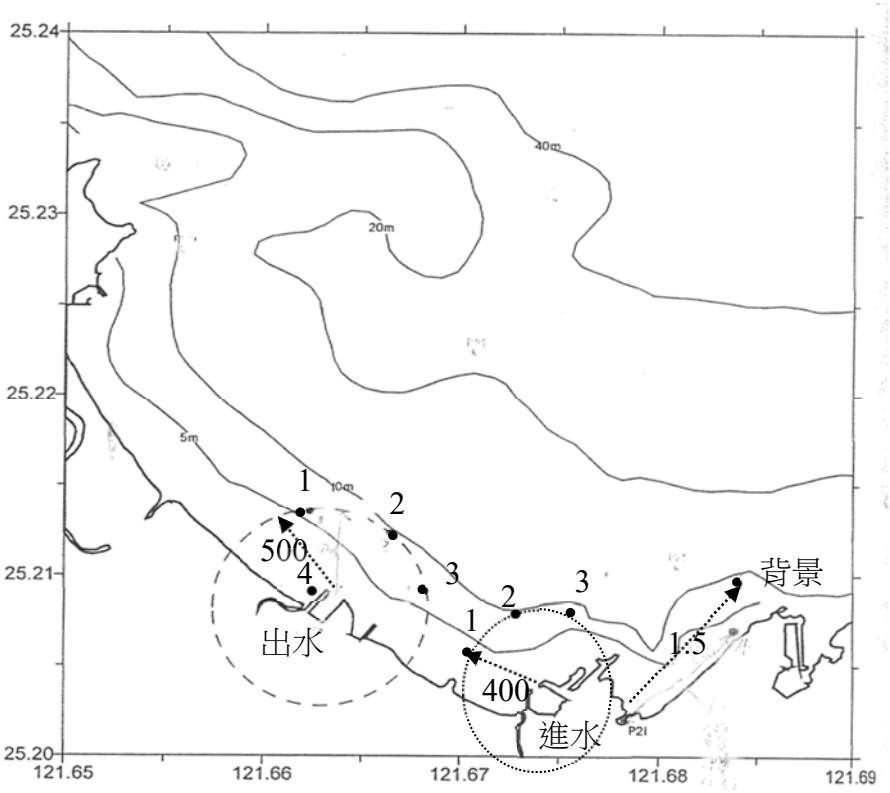


圖 2-16b. 核二廠附近海域沉積物重金屬的測站圖

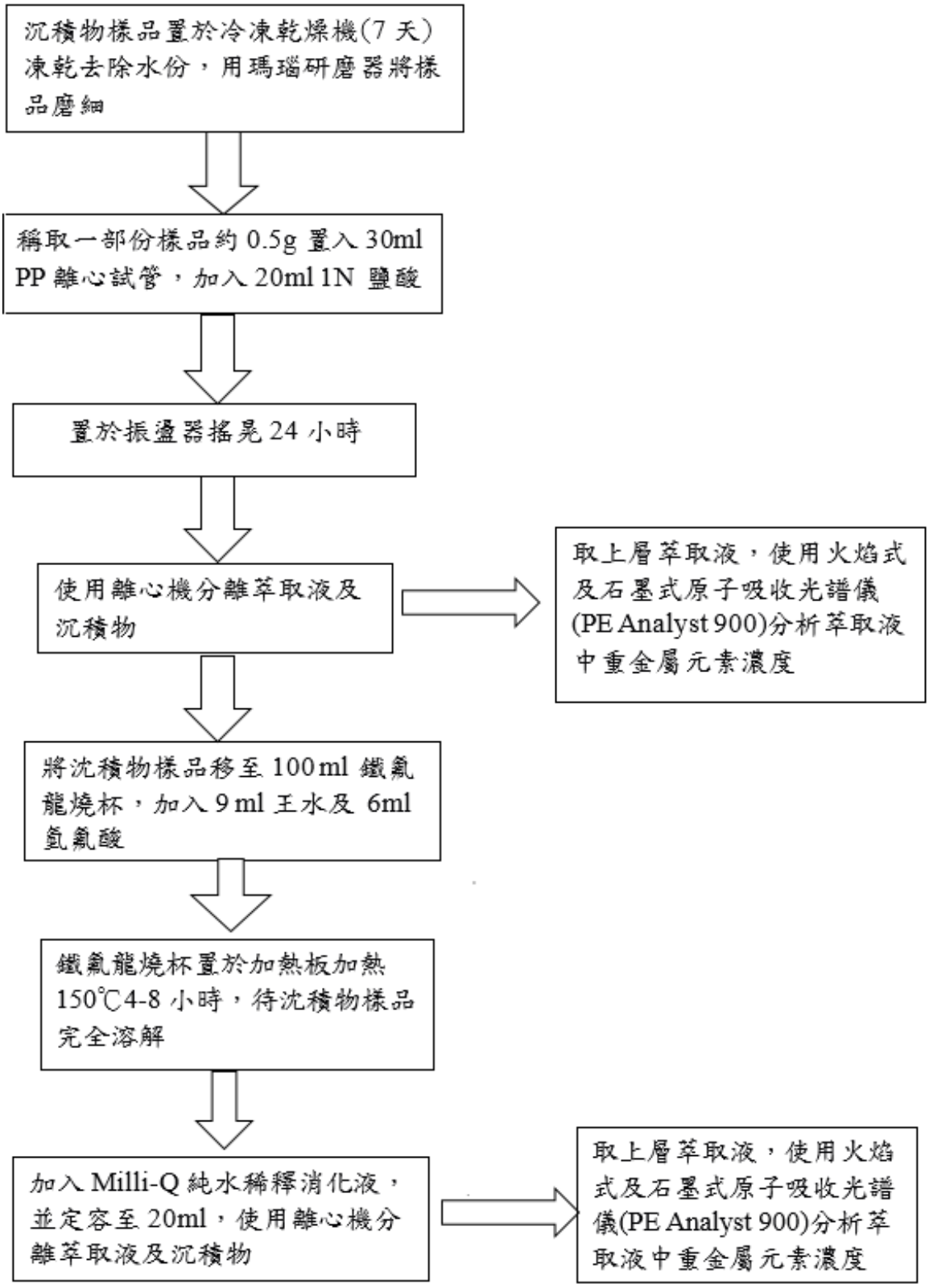


圖 2-17. 沉積物重金屬分析流程

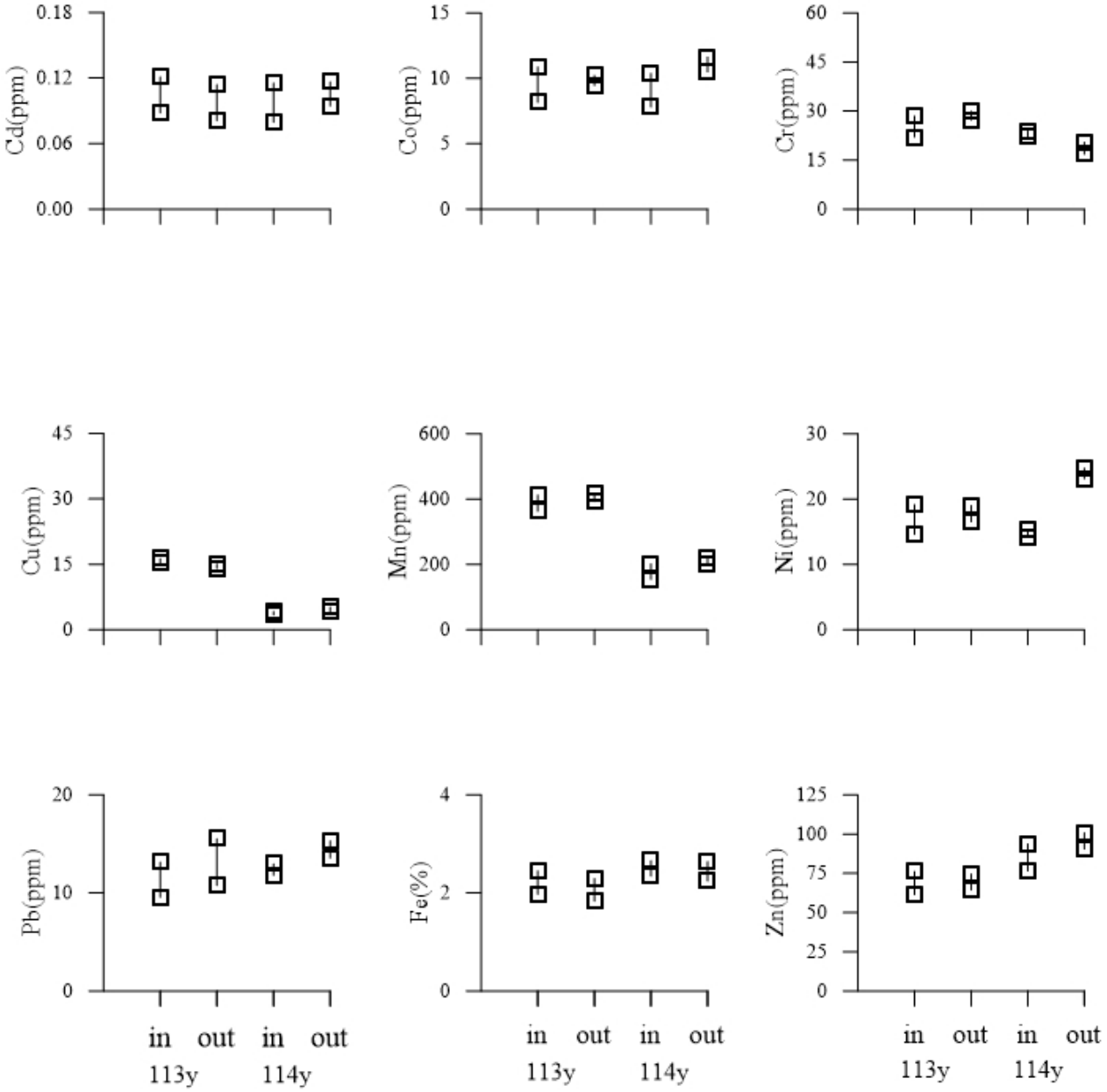


圖 2-18.核一廠 113 及 114 年進、出水口沉積物重金屬總濃度(王水與氫氟酸總消化)分佈

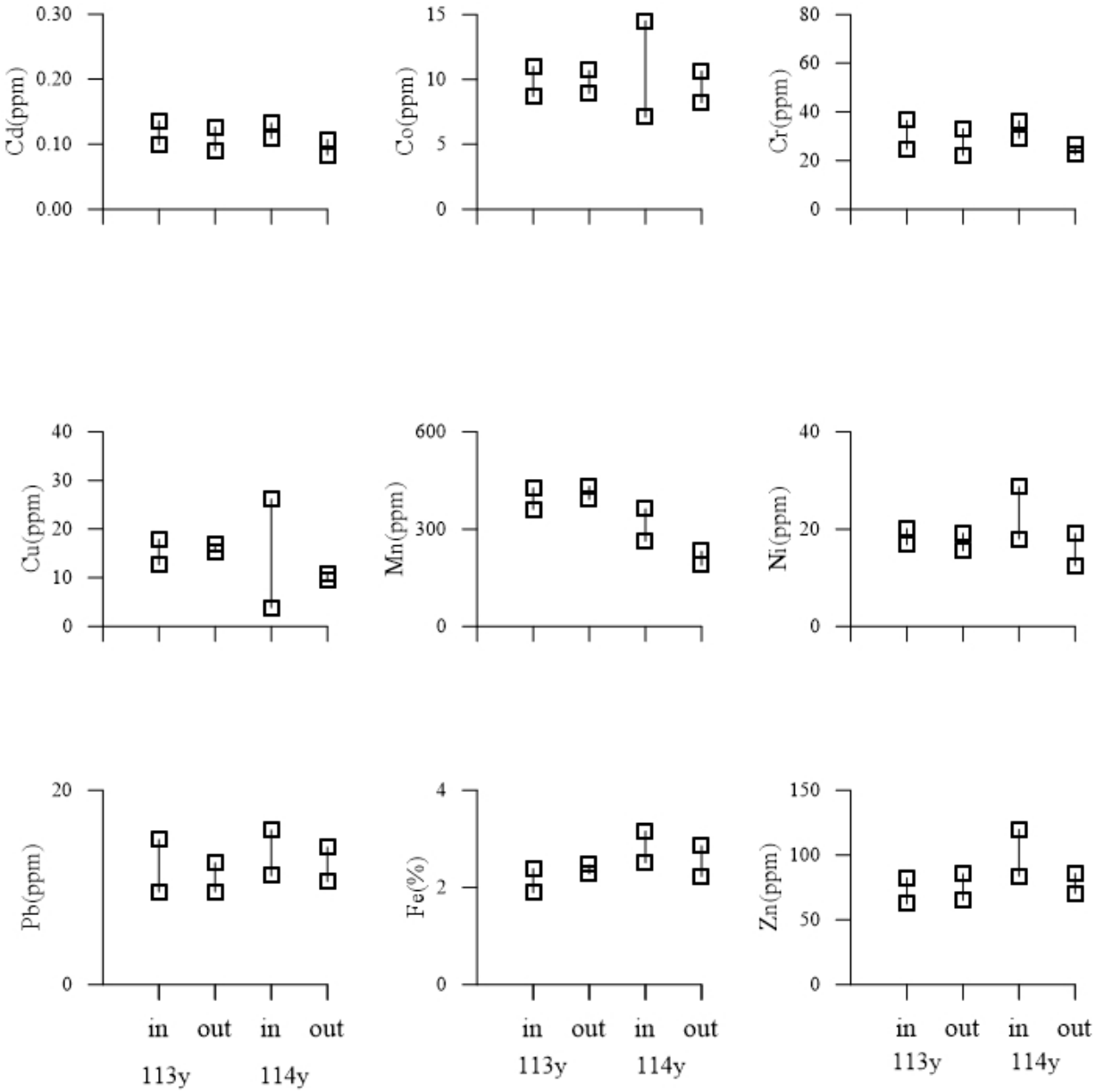


圖 2-19. 核二廠 113 及 114 年進、出水口沉積物重金屬總濃度(王水與氫氟酸總消化)分佈

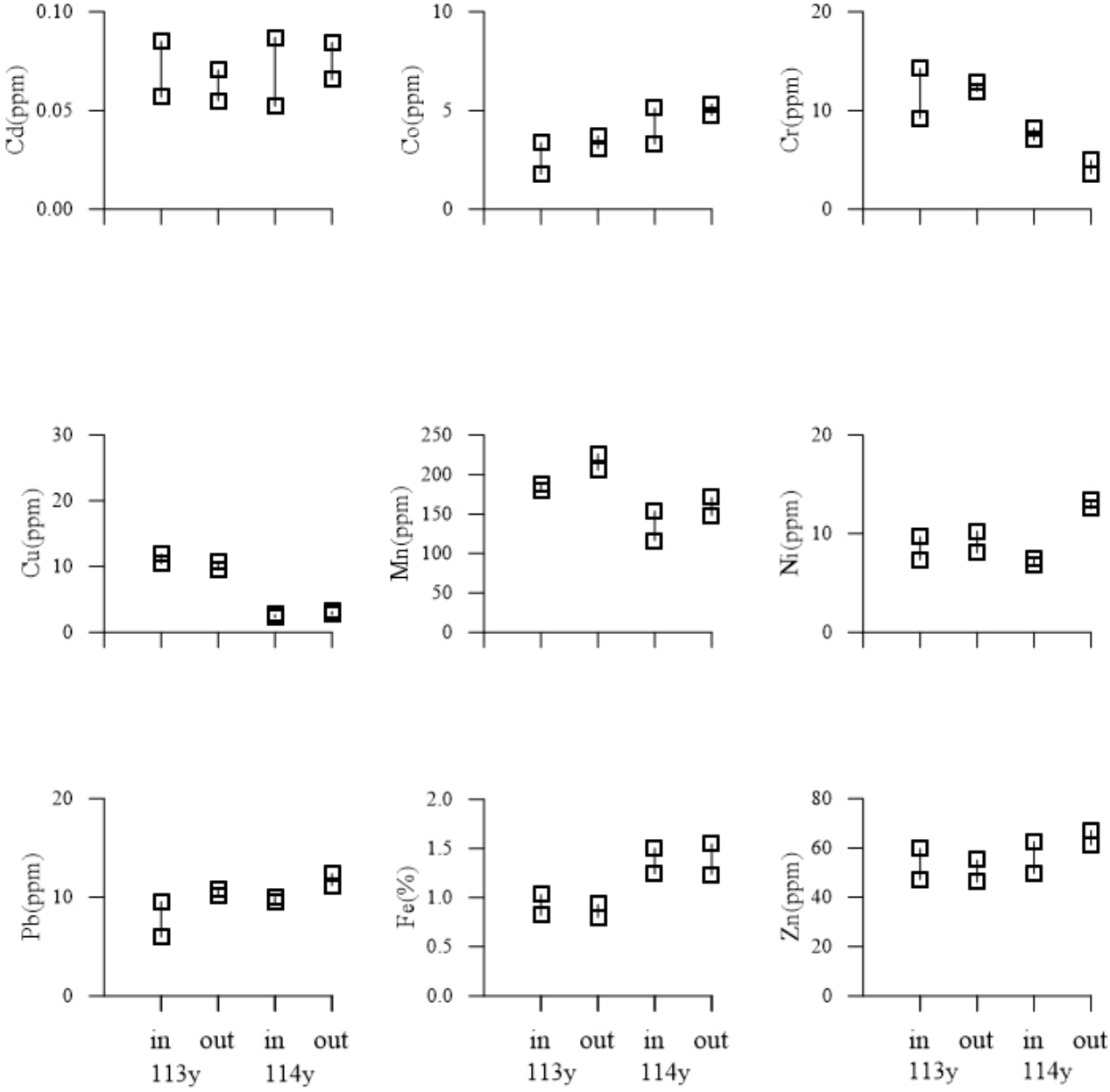


圖 2-20. 核一廠 113 及 114 年進、出水口沉積物重金屬 1N HCl 萃取濃度(生物可利用相)分佈

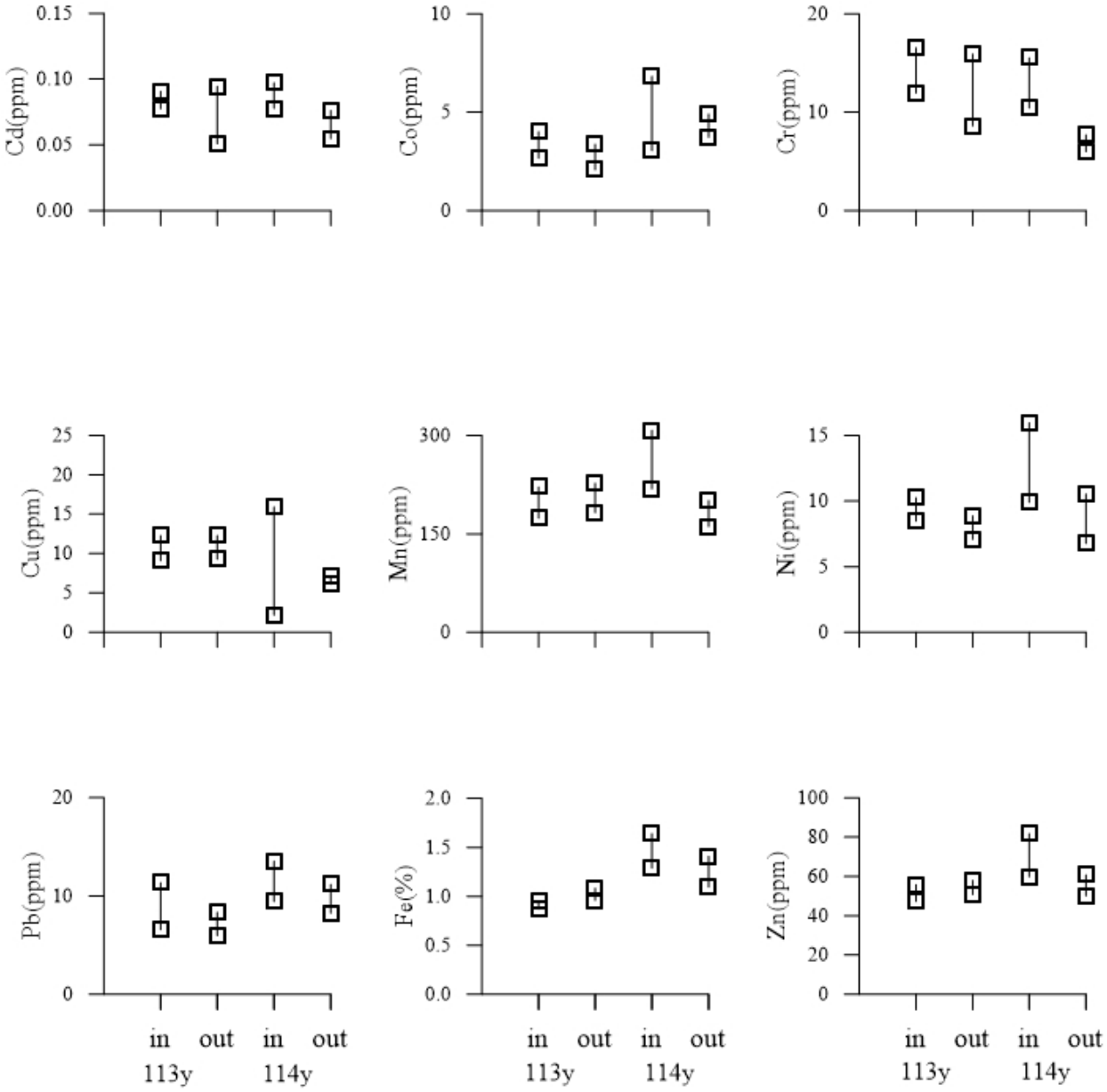


圖 2-21. 核二廠 113 及 114 年進、出水口沉積物重金屬 1N HCl 萃取濃度(生物可利用相)分佈

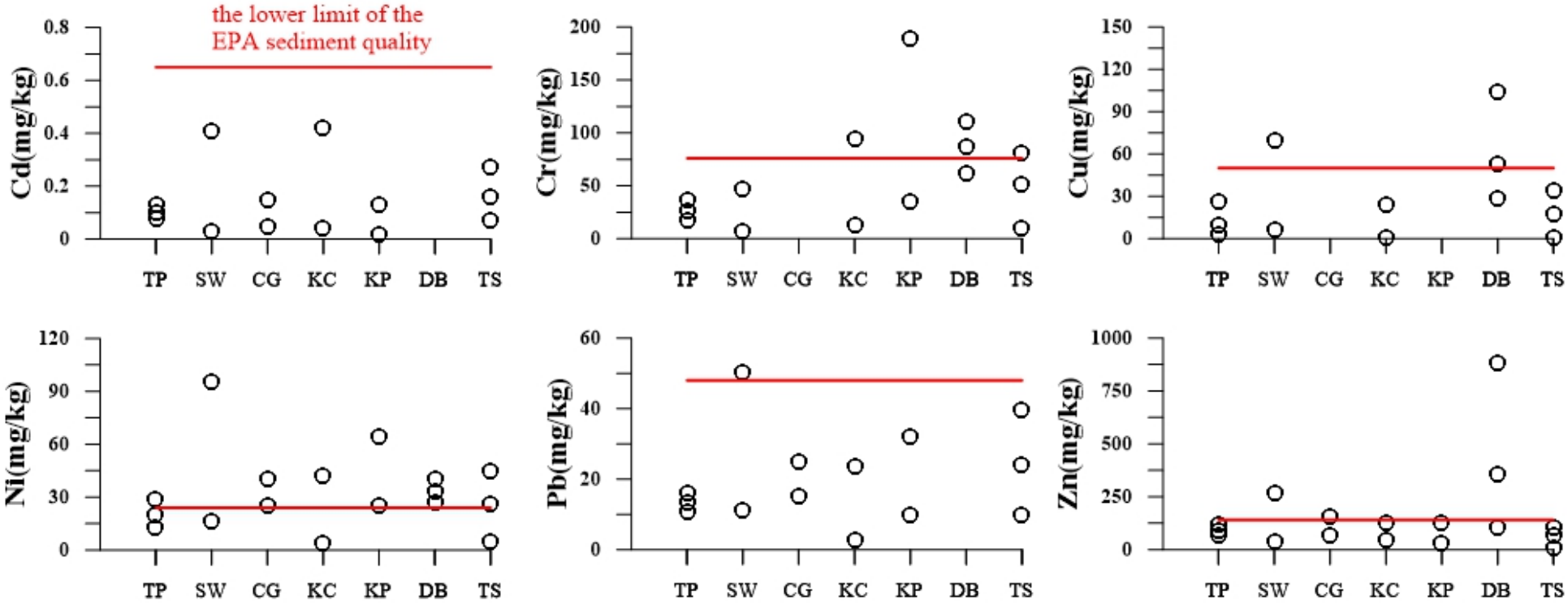


圖 2-22.台電與文獻發表台灣週遭海域沉積物重金屬元素濃度範圍。TP(核一核二週遭海域，本研究)、SW(西南海域，Lee et al., 1998; 2000)、CG(七股潟湖，Chen et al., 2007)、KC(高雄沿海海域，Lin et al., 2013)、KP(高屏海域，Hung et al., 2009)、DB(大鵬灣海域，Chung et al., 2011)與 TS(台灣海峽海域，Gao et al., 2016)。(上下值表濃度範圍，中間值表平均濃度) (紅色線為環境部所訂定底泥品質指標下限值)

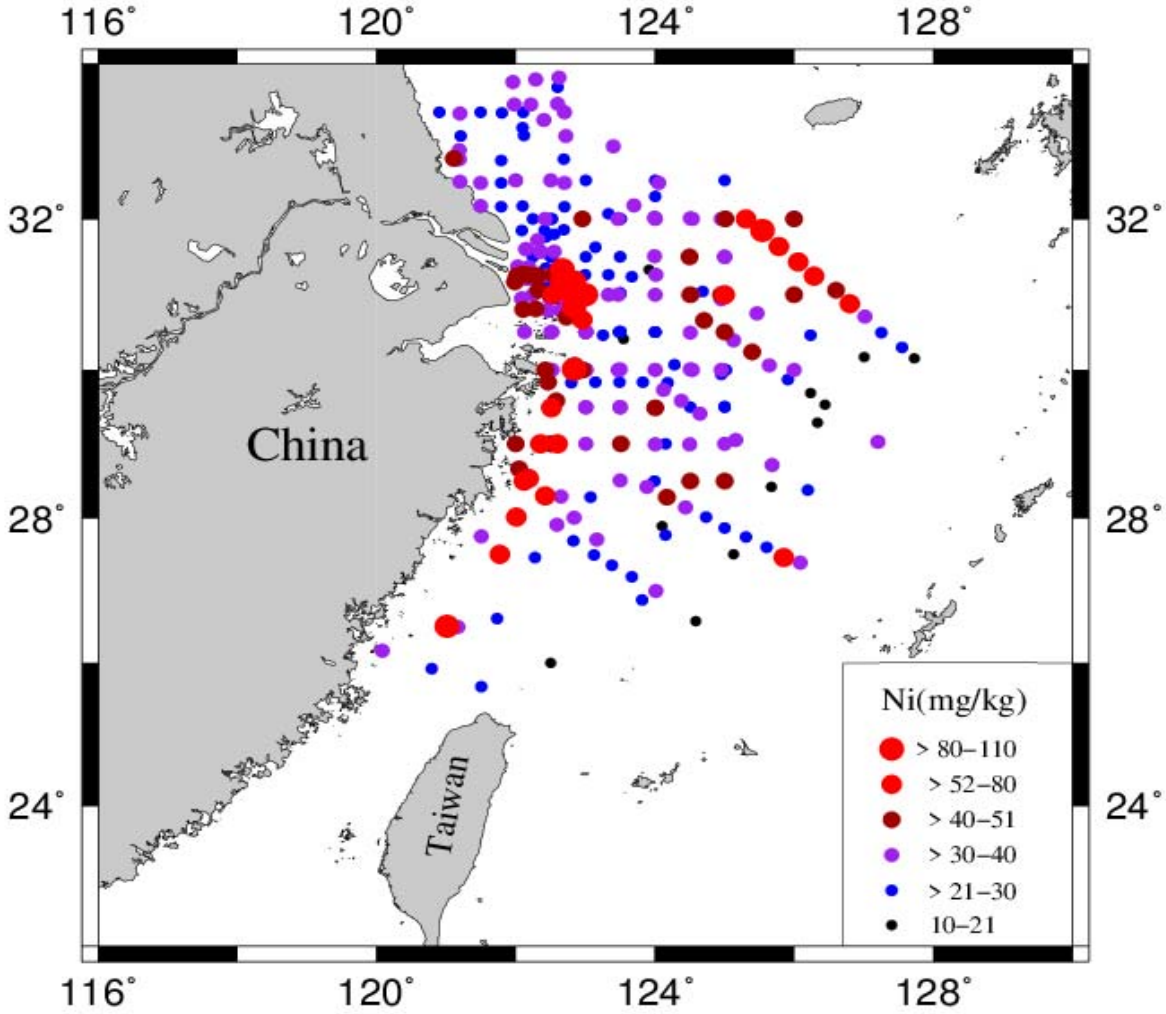
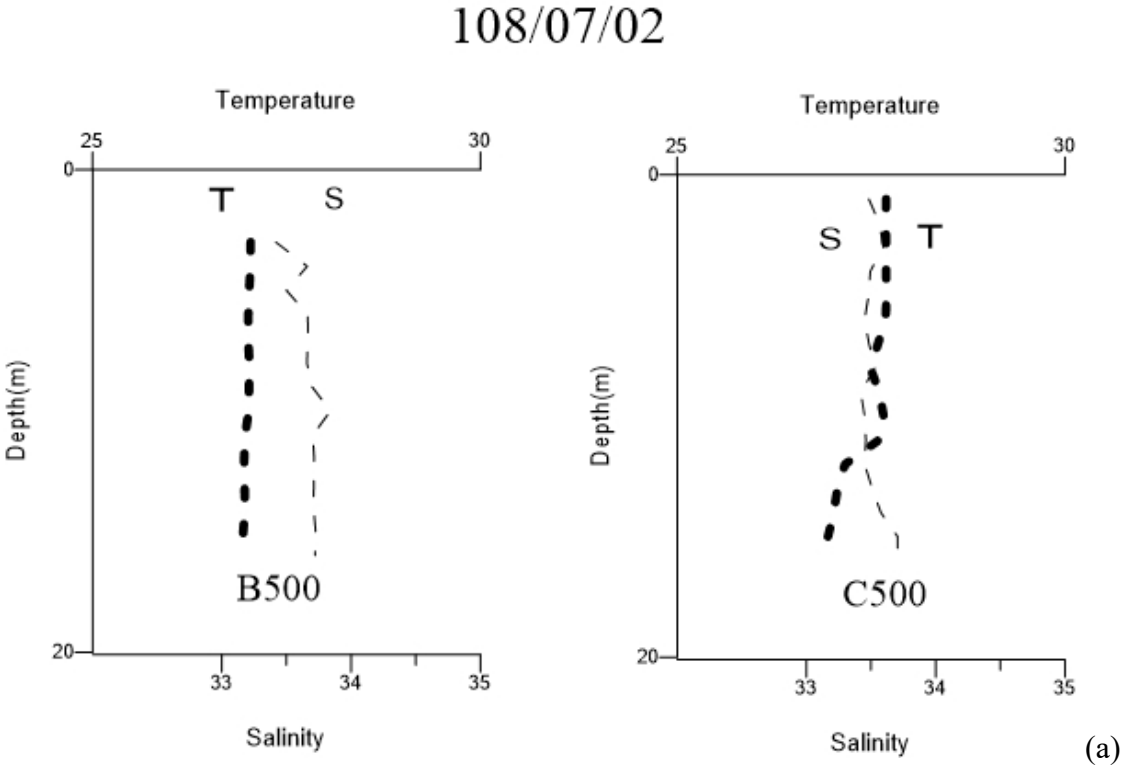
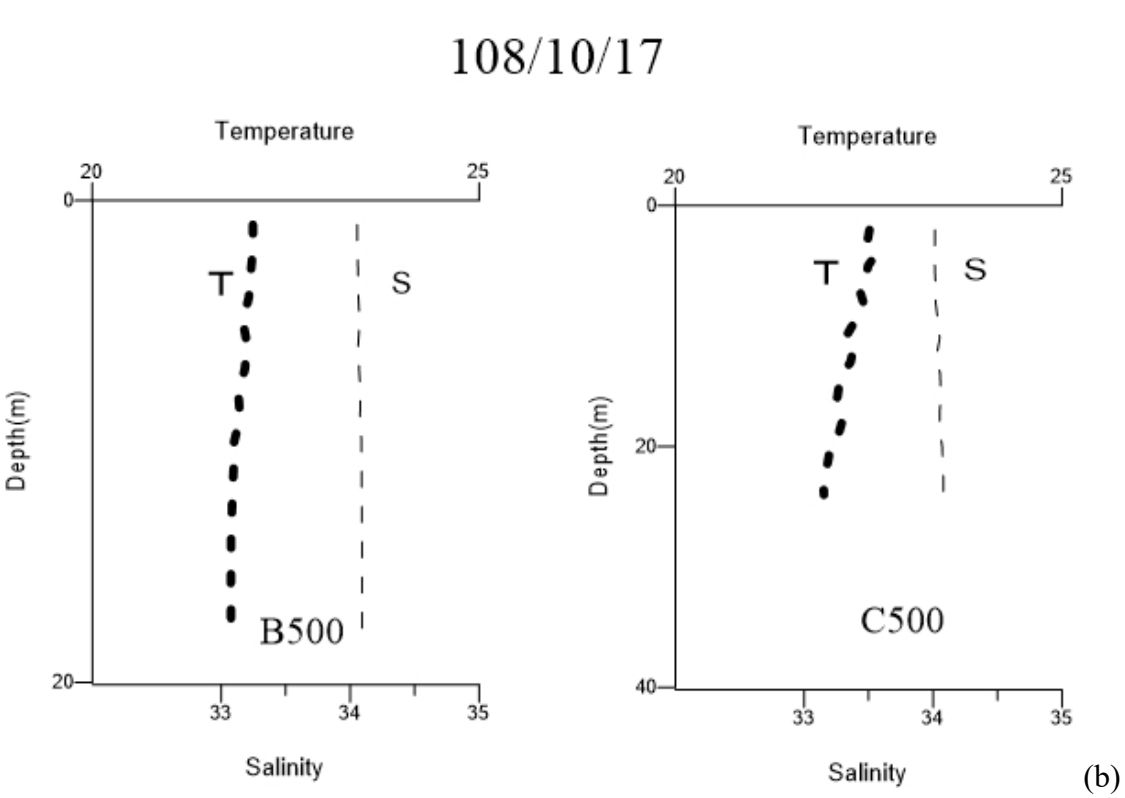


圖 2-23.台灣週遭海域表層沉積物重金屬元素鎳濃度分佈圖



(a)



(b)

圖 2-24 核一廠近岸出水口(B500)、進水口(C500)測站溫鹽圖，(a)108 年 7 月 2 日 (b)108 年 10 月 17 日。

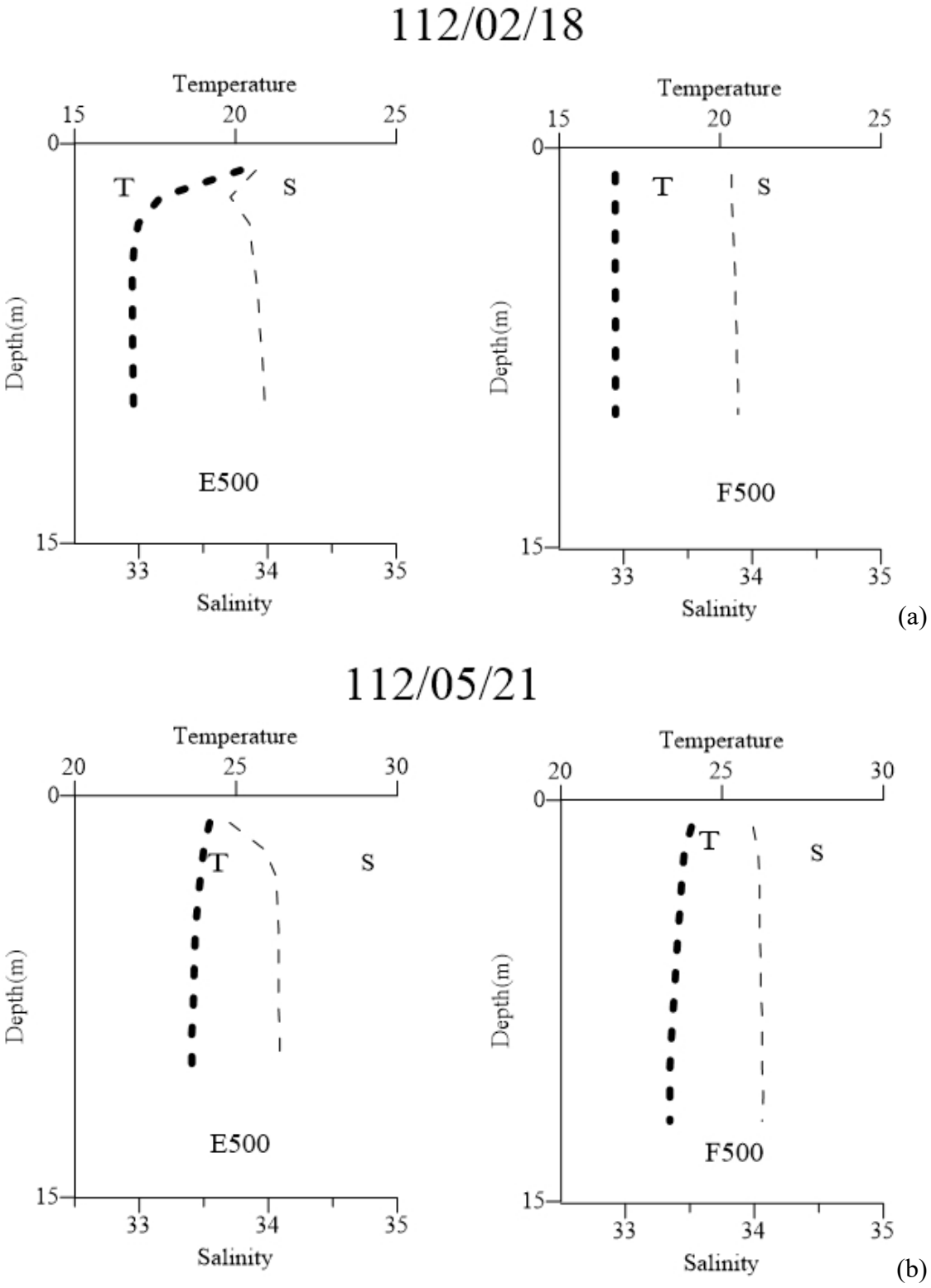


圖 2-25 核二廠近岸出水口(E500)、進水口(F500)測站溫鹽圖，(a)112 年 2 月 18 日(b)112 年 5 月 21 日。

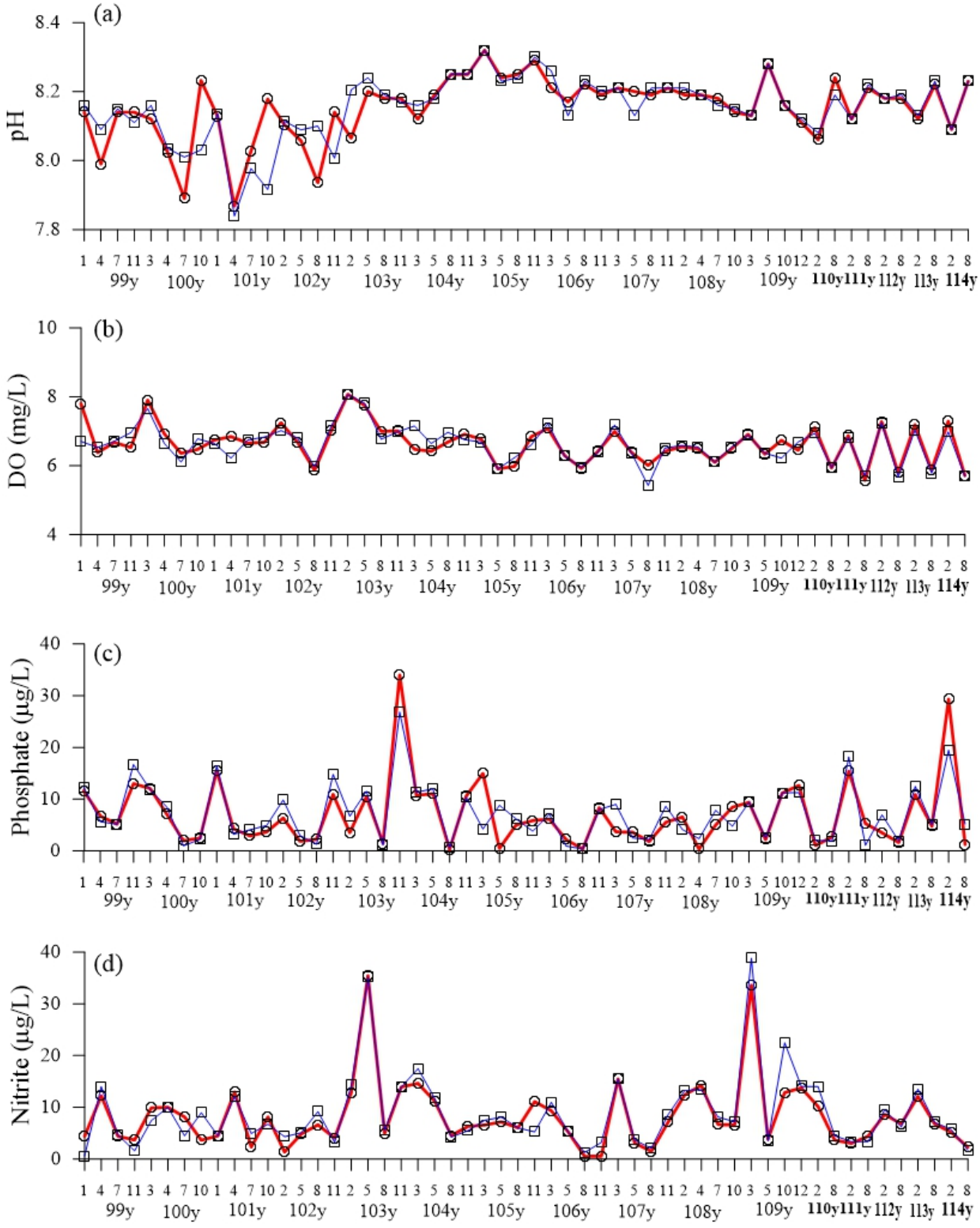


圖 2-26. 99 年至 114 年核一廠出水口測站 B500(O,紅線)；B1000(□,藍線)表層水之各項水質參數分布範圍 (a)酸鹼度(b)溶氧(c)磷酸鹽(d)亞硝酸鹽 (1/2)續

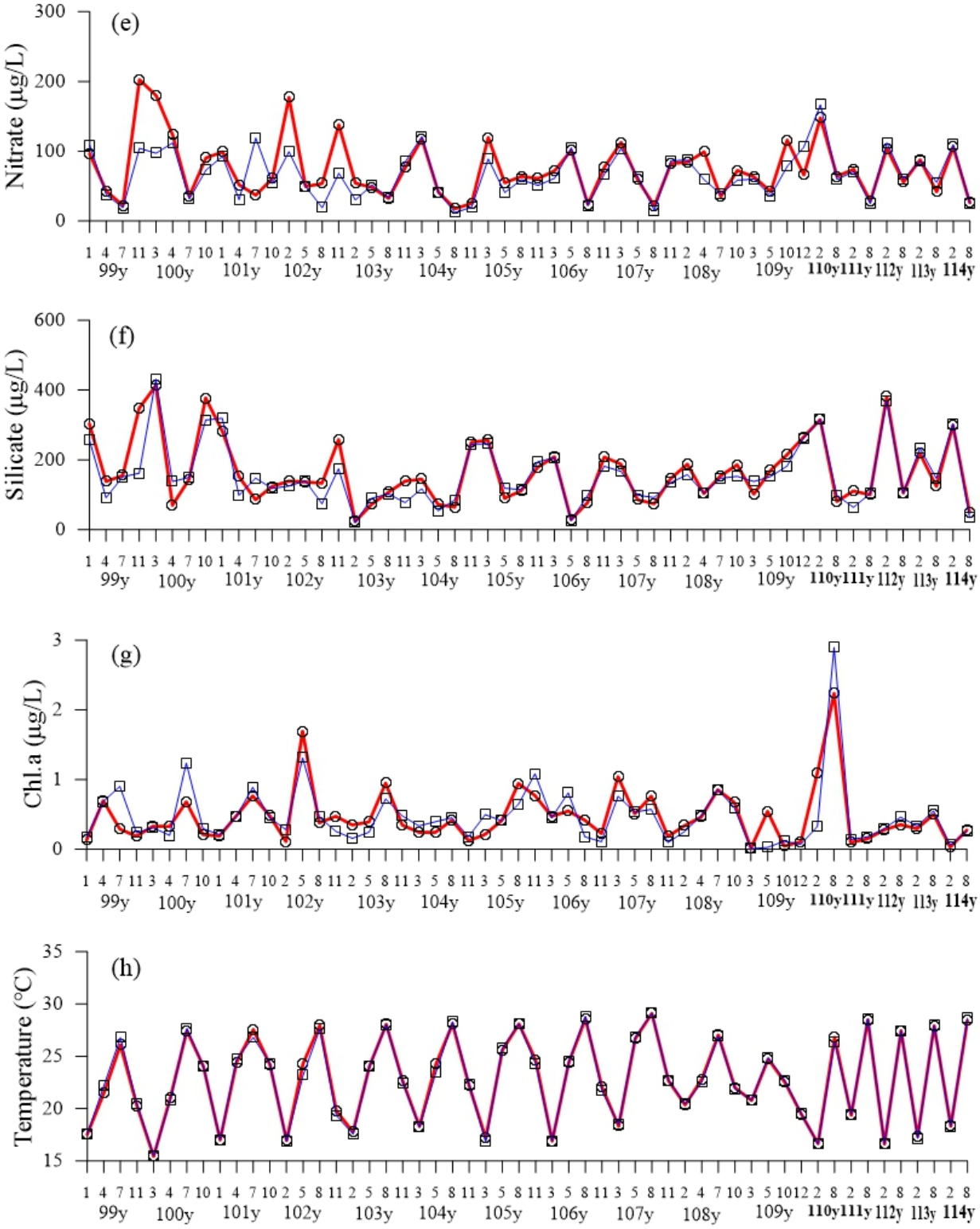


圖 2-26. 99 年至 114 年核一廠出水口測站 B500(O,紅線)；B1000(□,藍線)表層水之各項水質參數分布範圍 (e)硝酸鹽(f)矽酸鹽(g)葉綠素甲濃度及(h)溫度 (2/2)

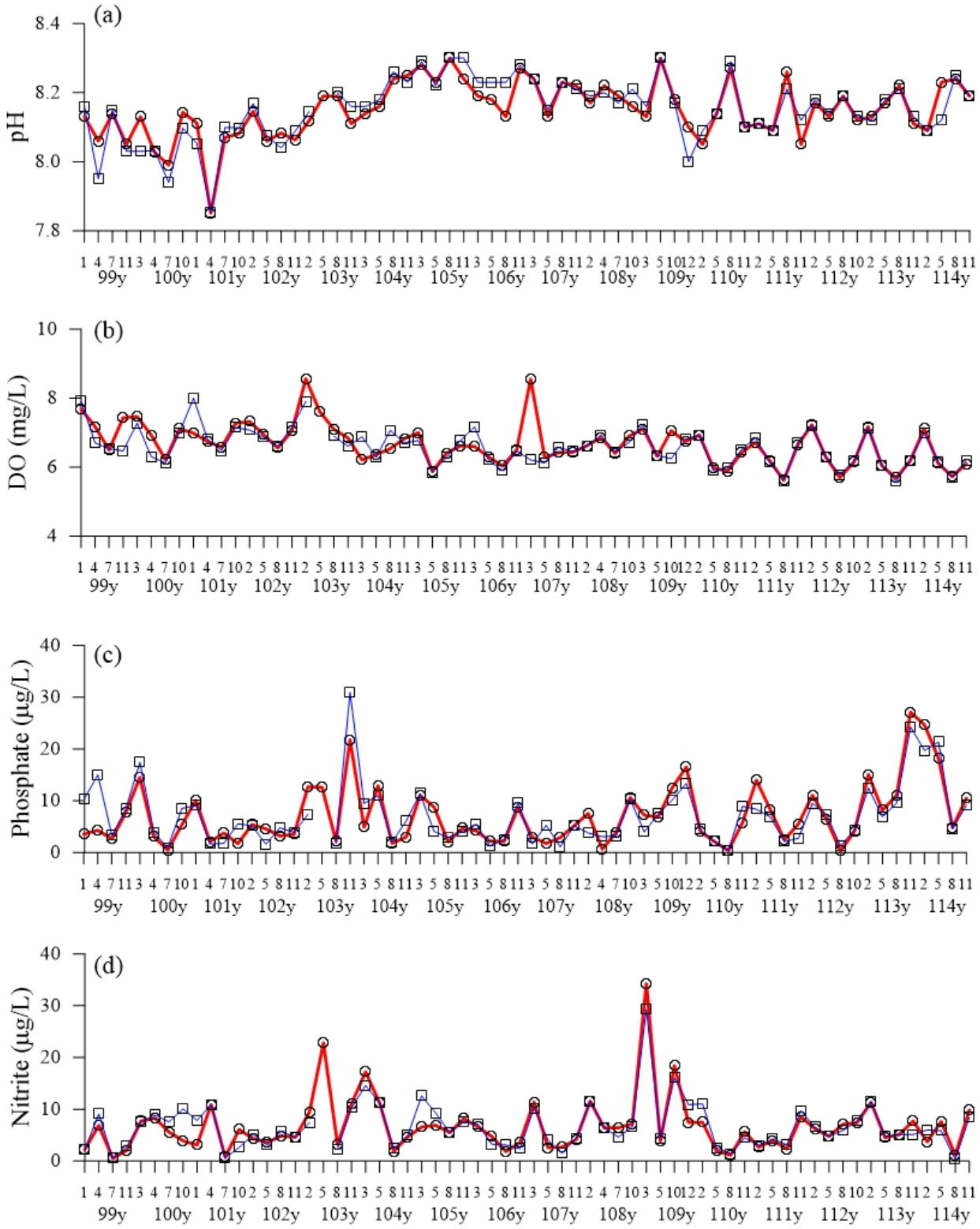


圖 2-27. 99 年至 114 年核二廠出水口測站 E500(O,紅線)；E1000(□,藍線)表層水之各項水質參數分布範圍 (a)酸鹼度(b)溶氧(c)磷酸鹽(d)亞硝酸鹽 (1/2)續

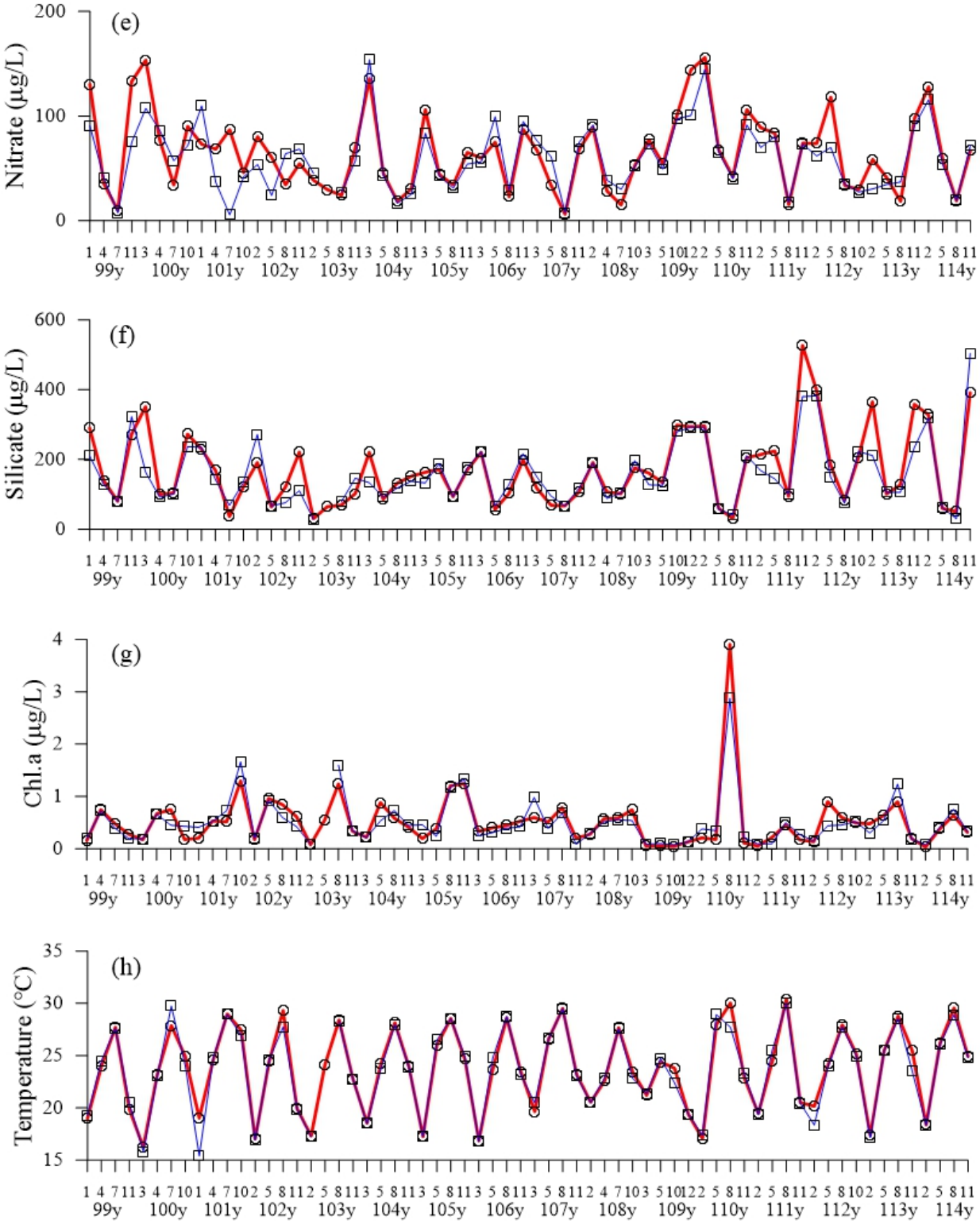


圖 2-27. 99 年至 114 年核二廠出水口測站 E500(O,紅線)；E1000(□,藍線)表層水之各項水質參數分布範圍 (e)硝酸鹽(f)矽酸鹽(g)葉綠素甲濃度及(h)溫度 (2/2)

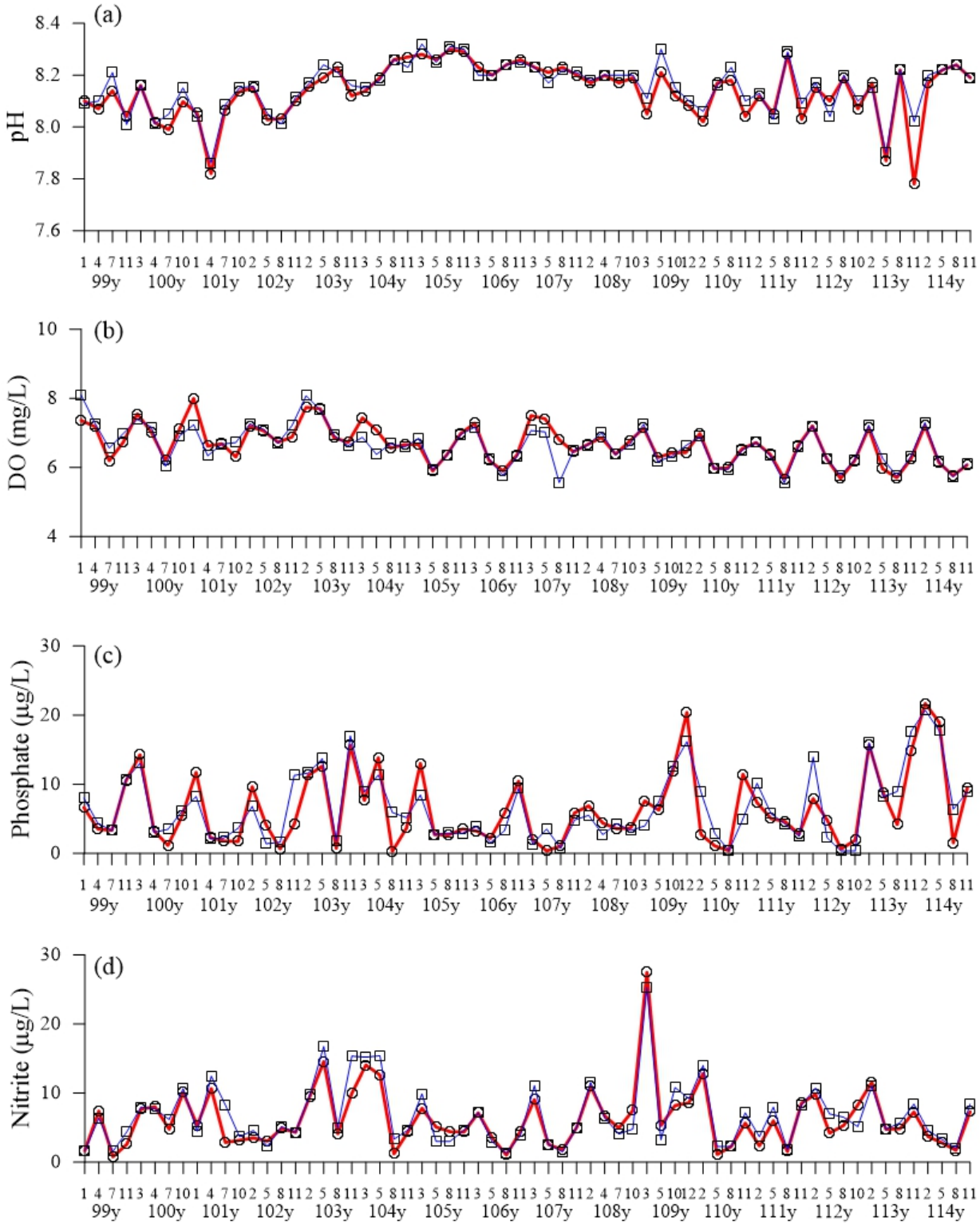


圖 2-28. 99 年至 114 年核二廠入水口測站 F500(O,紅線)；F1000(□,藍線)表層水之各項水質參數分布範圍 (a)酸鹼度(b)溶氧(c)磷酸鹽(d)亞硝酸鹽 (1/2)續

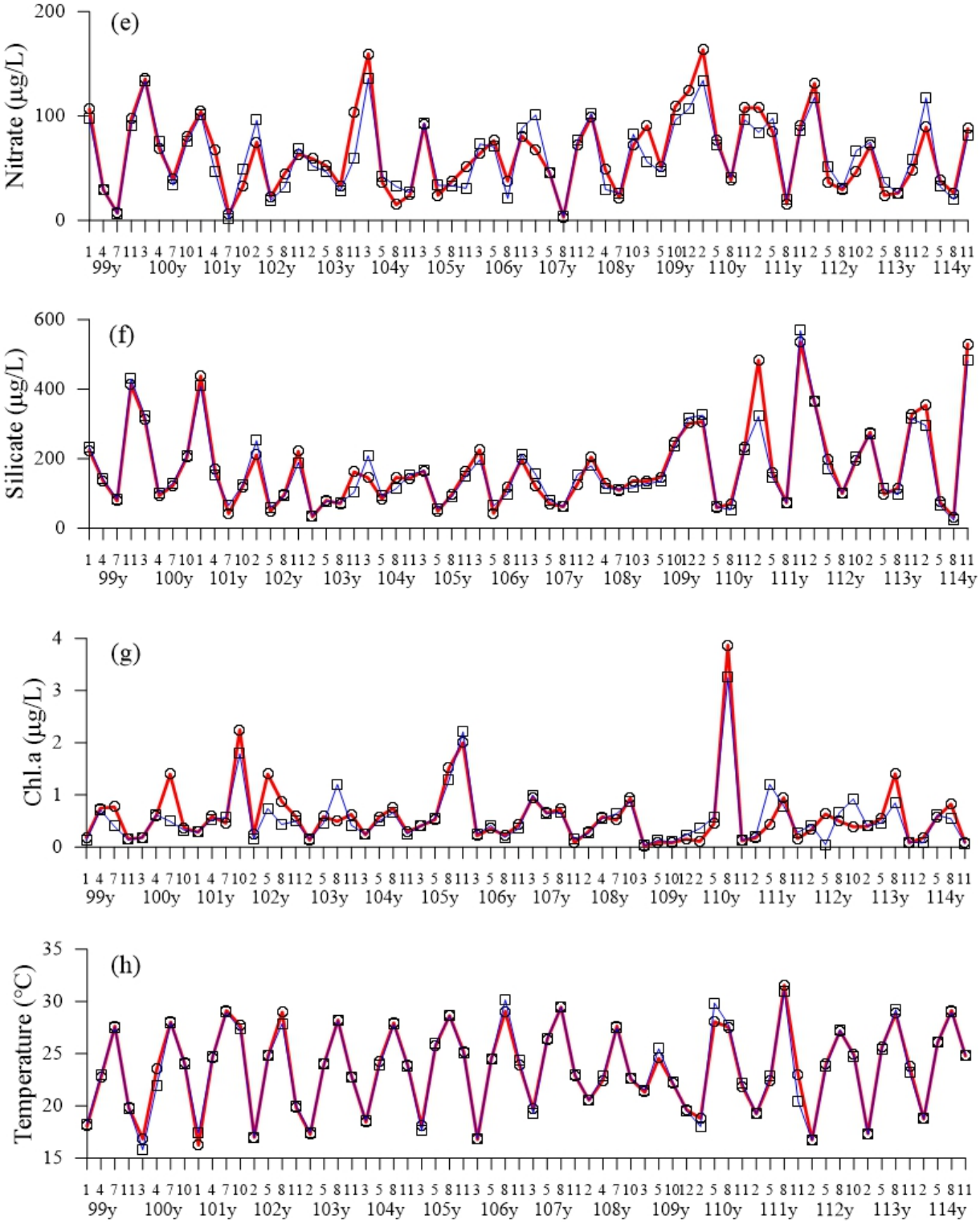


圖 2-28. 99 年至 114 年核二廠入水口測站 F500(O,紅線)；F1000(□,藍線)表層水之各項水質參數分布範圍 (e)硝酸鹽(f)矽酸鹽(g)葉綠素甲濃度及(h)溫度 (2/2)

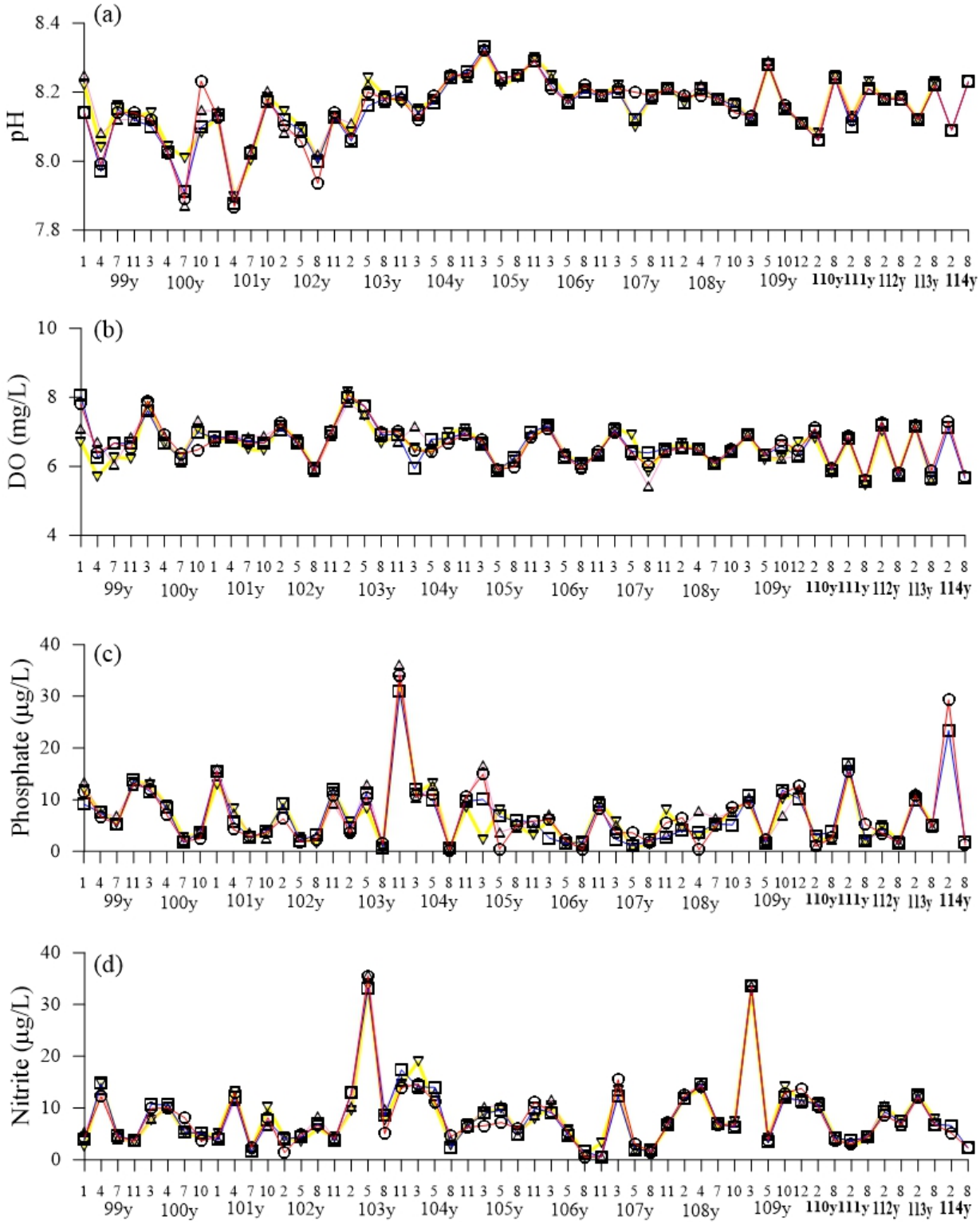


圖 2-29. 99 年至 114 年核一廠出水口測站 B500 水深 0m (O,紅線)；5m (□,藍線)；10m (Δ,粉線)；15m (∇,黃線)之各項水質參數分布範圍 (a)酸鹼度(b)溶氧(c)磷酸鹽(d)亞硝酸鹽 (1/2)續

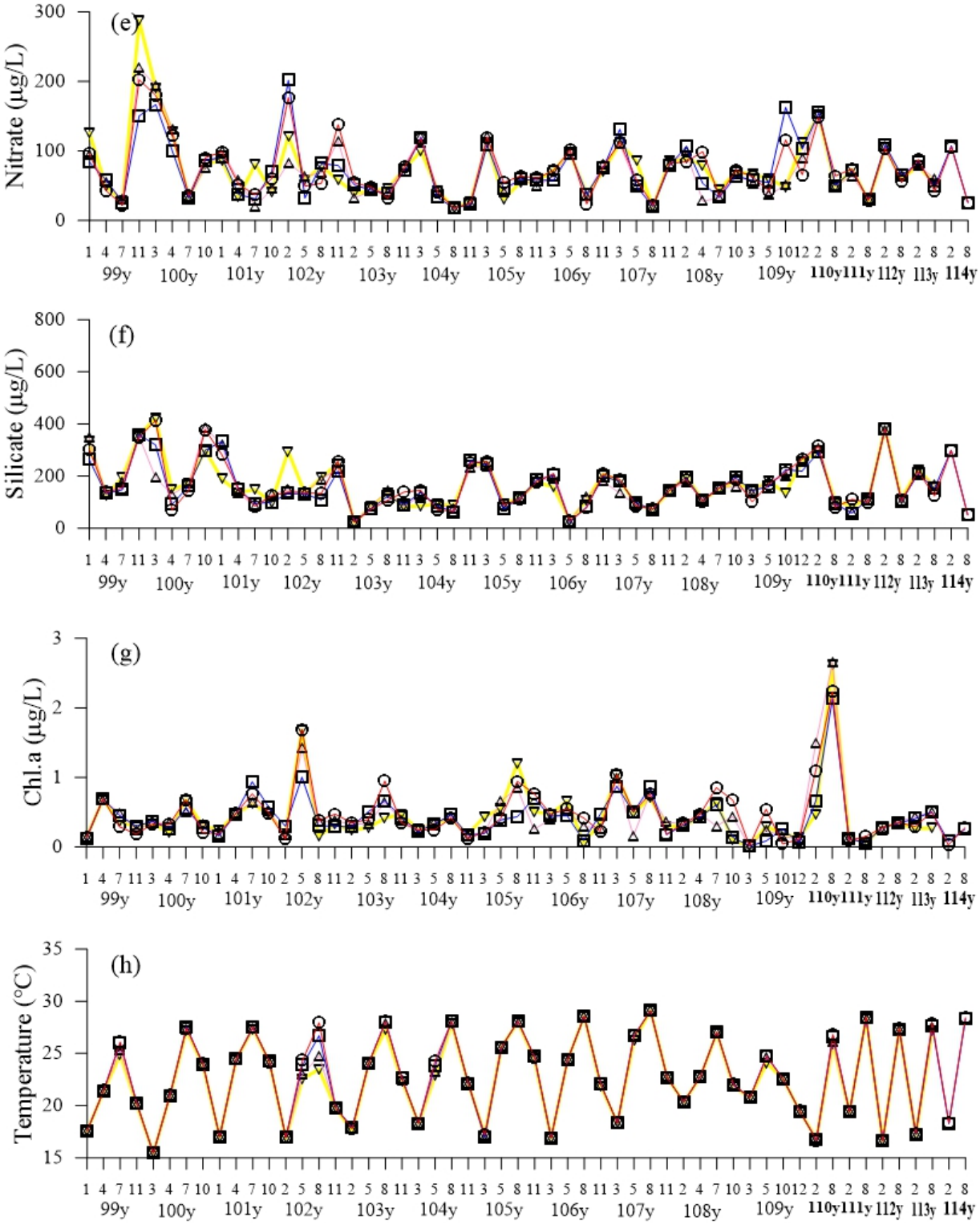


圖 2-29. 99 年至 114 年核一廠出水口測站 B500 水深 0m (O,紅線)；5m (□,藍線)；10m (Δ,粉線)；15m (∇,黃線)之各項水質參數分布範圍(e)硝酸鹽(f)矽酸鹽(g)葉綠素甲濃度及(h)溫度 (2/2)

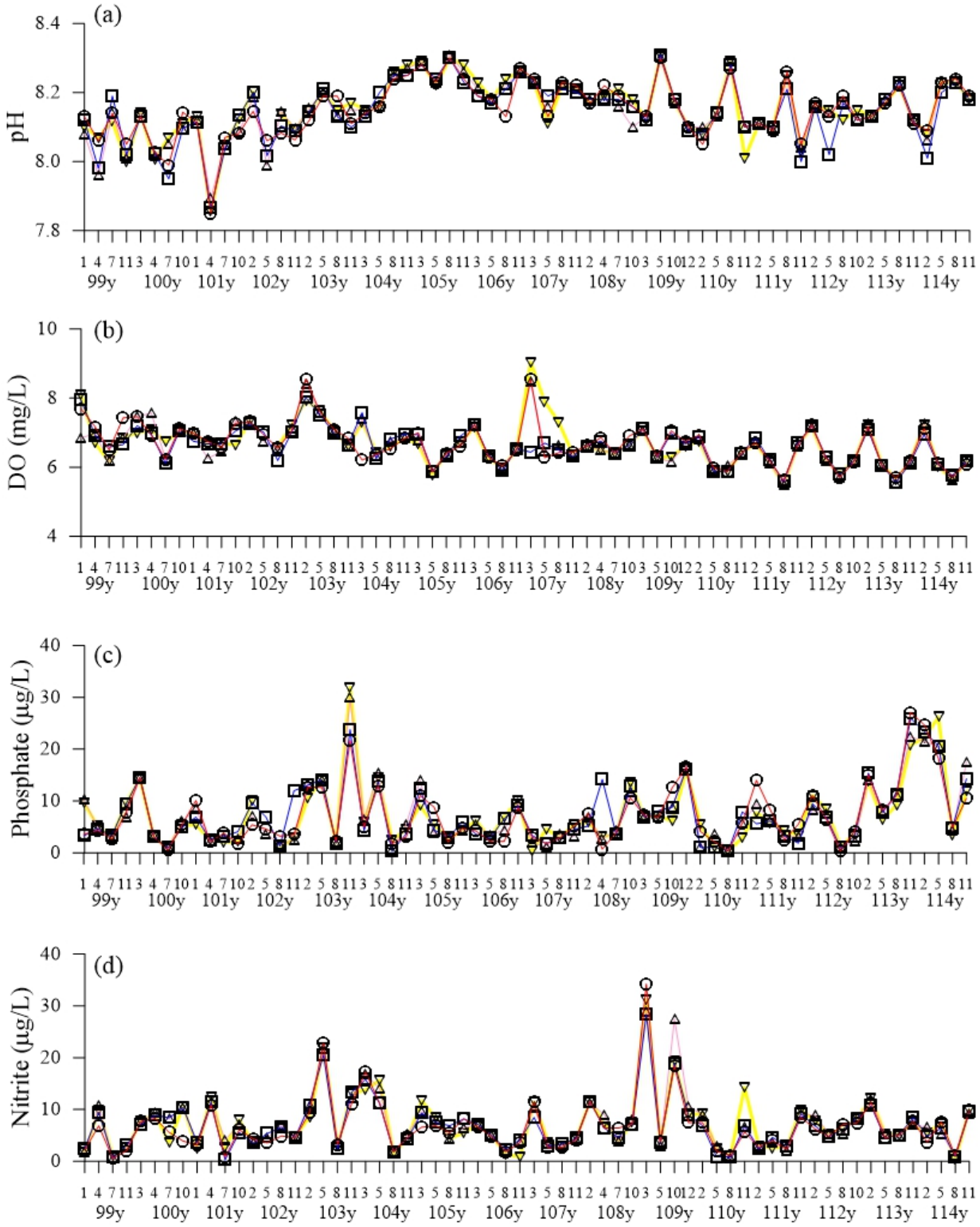


圖 2-30. 99 年至 114 年核二廠出水口測站 E500 水深 0m (O,紅線)；5m (□,藍線)；10m (Δ,粉線)；15m (∇,黃線)之各項水質參數分布範圍 (a)酸鹼度(b)溶氧(c)磷酸鹽(d)亞硝酸鹽 (1/2)續

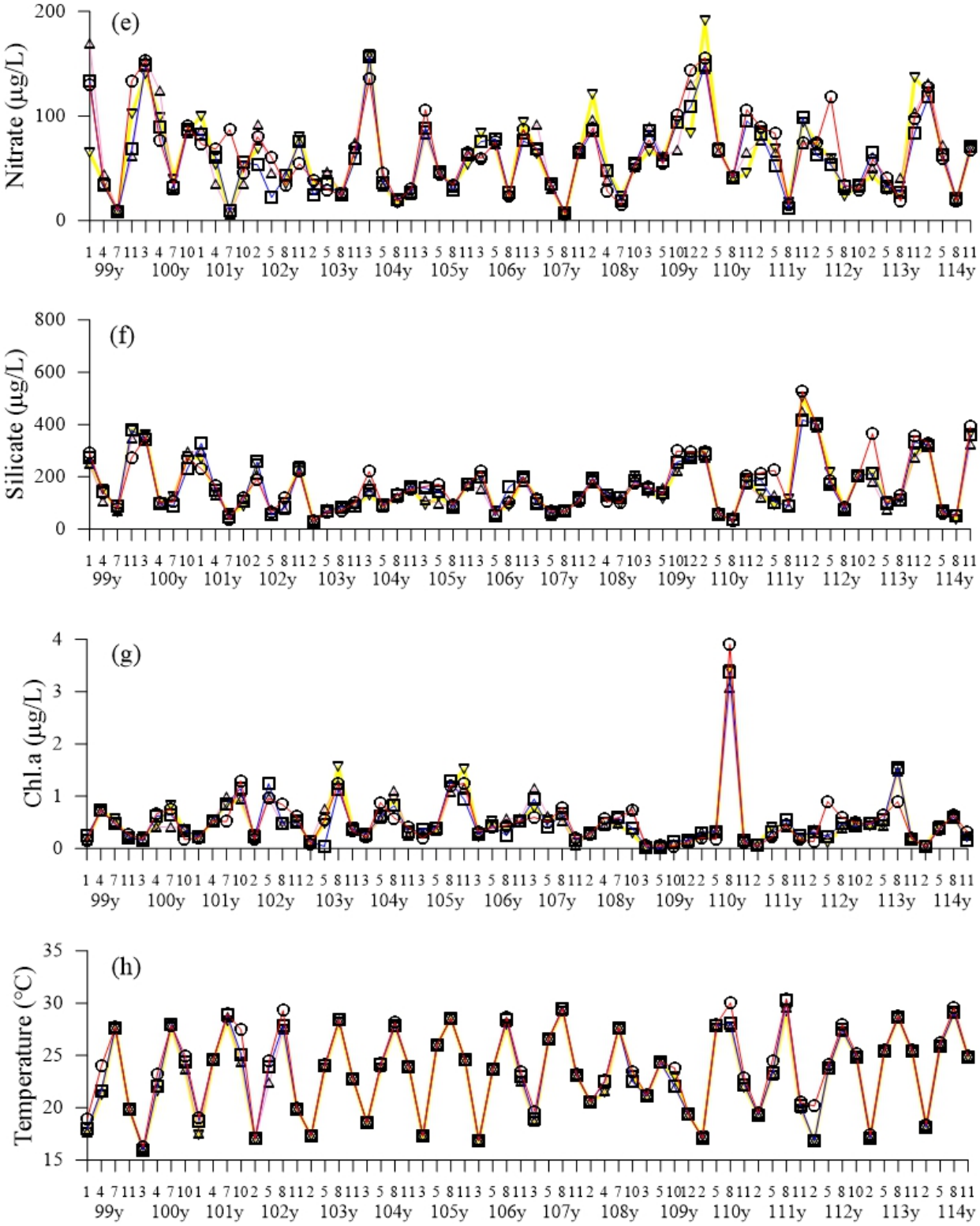


圖 2-30. 99 年至 114 年核二廠出水口測站 E500 水深 0m (O,紅線)；5m (□,藍線)；10m (Δ,粉線)；15m (∇,黃線)之各項水質參數分布範圍(e)硝酸鹽(f)矽酸鹽(g)葉綠素甲濃度及(h)溫度 (2/2)

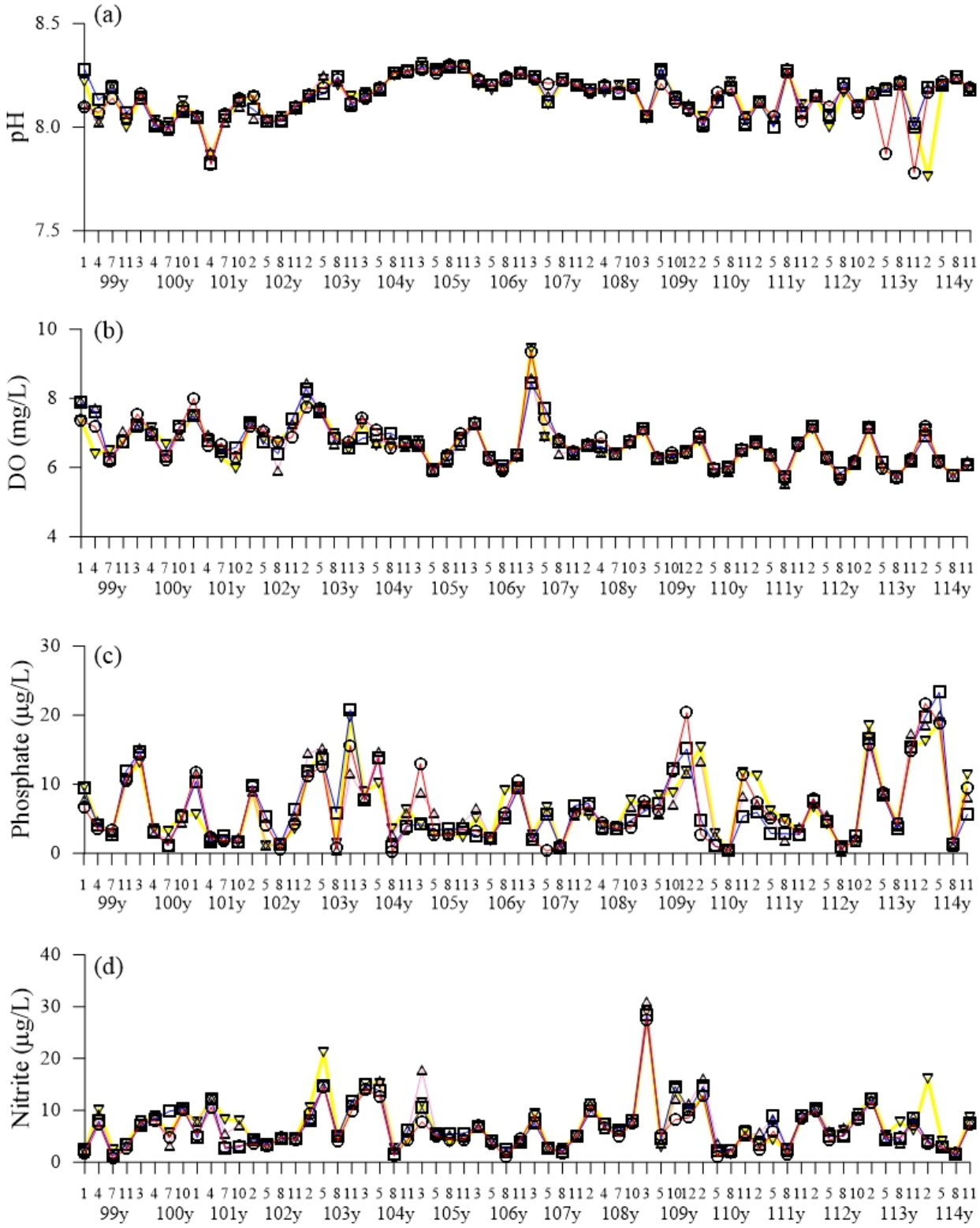


圖 2-31. 99 年至 114 年核二廠入水口測站 F500 水深 0m (O,紅線)；5m (□,藍線)；10m (Δ,粉線)；15m (∇,黃線)之各項水質參數分布範圍 (a)酸鹼度(b)溶氧(c)磷酸鹽(d)亞硝酸鹽 (1/2)續

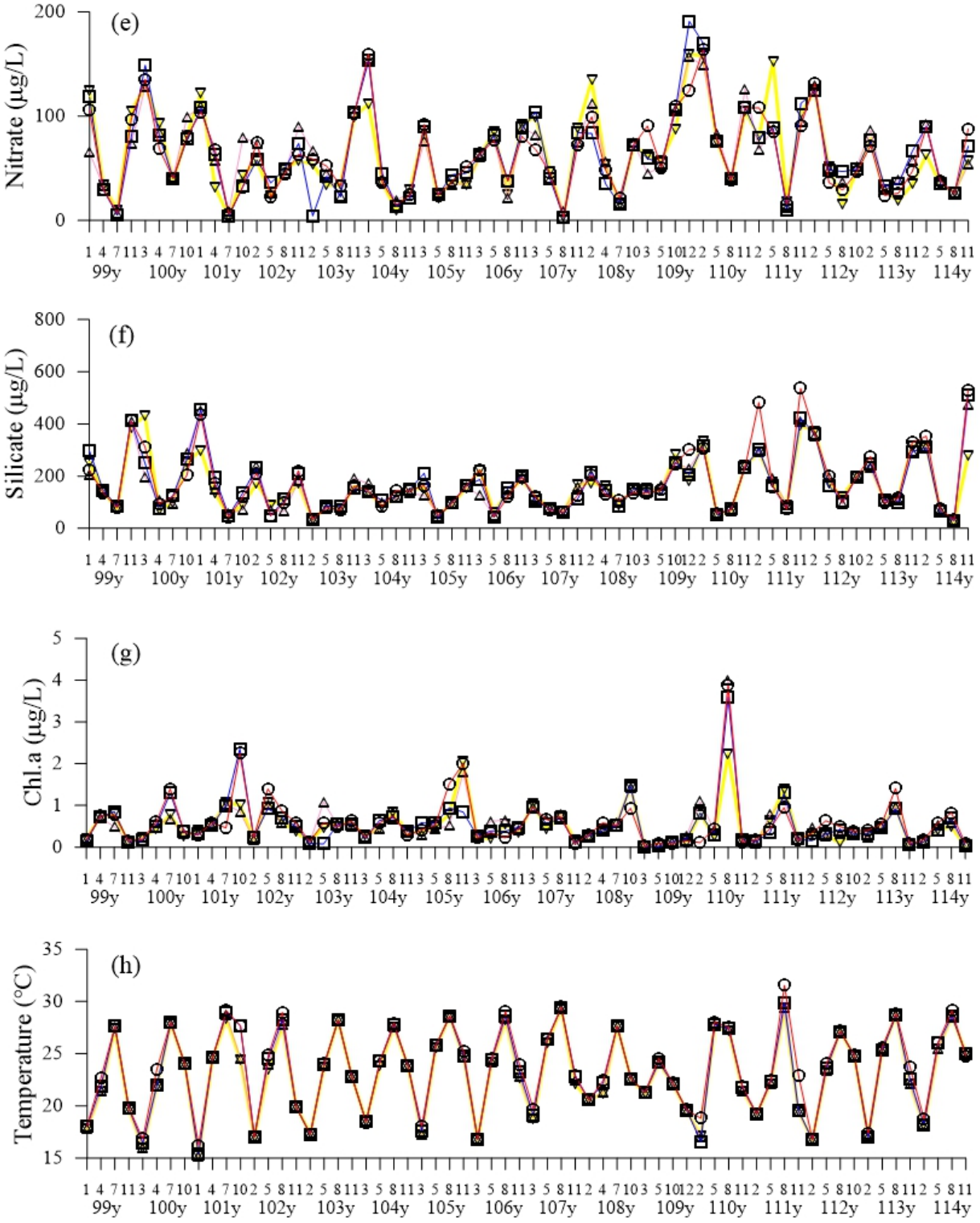


圖 2-31. 99 年至 114 年核二廠入水口測站 F500 水深 0m (O,紅線)；5m (□,藍線)；10m (Δ,粉線)；15m (∇,黃線)之各項水質參數分布範圍(e)硝酸鹽(f)矽酸鹽(g)葉綠素甲濃度及(h)溫度 (2/2)

第三章

浮游植物

第一節 監測執行之意義與目的

浮游植物在海洋生態系中扮演基礎生產者的角色;其藉著光合作用將水中的無機物質轉變成有機物質,這些有機物質可以作為其他高營養階層動物之餌料食物來源,所以當浮游植物群聚因環境或其它因素產生變化時,整個生態系及其它生物均可能會受到影響而產生變化。此外,浮游植物對水域環境(如溫度、鹽度等)的變化甚為敏感,當水域環境受到人為或自然天候改變時,浮游植物群聚亦會產生明顯的變化;浮游植物亦常被用做為水團及環境狀況之指標生物,因而在研究生態環境衝擊評估上是不可或缺的調查項目。

一般在評估浮游植物是否因環境變化而產生變化時,是藉由調查其種類組成與細胞密度(現存量)來著手,因為不同環境因子變化均會使浮游植物數量與組成產生不同變化,例如海水溫度上昇,可能會促使某些浮游植物族群成長,但可能也會抑制其他浮游植物種類成長;因此造成海域浮游植物種類組成與數量產生時空上的消長變化,並進而影響其它高階動物群聚之變動。

我們回顧一些文獻發現,許多國家對於核電廠或其他種發電廠的環境衝擊評估調查研究均十分重視,除長期持續性地進行外,亦將相關結果在網路上公諸於世。例如位於中歐的匈牙利就針對其國內之核電廠或其他種發電廠進行一系列的環評調查,調查均包括水文水質、浮游植物、浮游動物及其他相關的環境參數,由於電廠大多位於河川流域,他們較重視溫排放水污染的問題。不過在不同國家及海域調查的結果發現,影響水域生態的情形各有不同;Mercado and Gomez (1999)在 Parana River 下游的核能電廠河域調查結果顯示,即使是建在河流域的核能電廠,只要防治得宜,其溫排放水對河域浮游植物豐度、生產力及生態歧異度指數的影響應是不明顯的。有些報告則發現電廠的溫排放水會使周遭水域浮游植物明顯增加,並連帶造成以其為食的固著性貝類(如綠貽貝)大量繁生,這些固著性貝類有時會嚴重堵塞排放管線。芬蘭亦對其國內之核電廠(位於芬蘭灣沿

岸)附近海域進行了 20 年的環評調查(Ilus et al., 1987; Ilus et al., 1992; Ikäheimonen et al., 1995; Keskitalo and Ilus, 1987)，他們檢測海域放射性物質的衝擊並不顯著，核電廠與灣內海域優養化的情況並無直接及明顯的關係，但對於出水口潮間帶及小範圍海域的生物則有顯著的影響，冬季時溫排放水則可能影響核電廠附近海冰的狀況及捕魚的困難度；Török L. （2012）在羅馬尼亞 Danube River 岸核電廠的研究發現，浮游植物葉綠素濃度之增減與自然季節變化的關聯較核電廠溫排水的影響大，認為水溫的變化沒有影響到藻類的組成變化。中國大陸亦進行了近 20 年的核電廠附近海域環評調查，Wang et al.（2006）於 1999-2002 期間調查 Daya Bay Nuclear Power Plant（DNPP）及 Lingao Nuclear Power Plant（LNPP）兩個核電廠附近海域水文環境變化與浮游植物的相關研究發現，溫排水可能是直接影響 Daya Bay 內浮游植物數量的一個因素，Li et al.（2011）述明，當核電廠溫排水影響海域水溫超過 35 度 C，或溫差 3.7 度 C，浮游植物群聚會明顯由矽藻優勢轉變至渦鞭毛藻優勢的消長趨向，其在 Zhanjiang Bay 測線研究發現，浮游植物群聚多樣性及豐度離溫排水越遠會越高，差異程度則隨季節而異(Li et al. 2014)，Wei et al. (2014)及 Lin et al. （2018）亦敘述在開放水域電廠溫排水對浮游植物群聚組成影響有限，但海水升溫造成分層現象，影響營養鹽垂直傳輸就可能影響到不同水層的浮游生物群聚組成及豐度，Ye et al.（2018）則認為核電廠溫排水對浮游生物的影響因季節而有所不同，在熱季時溫排水可能讓影響海域水溫過高而使得浮游植物數量及多樣性降低，但在冷季時適當的升溫反而有增加浮游生物豐度的趨向。台灣歷年來亦累積了多年的核電廠附近海域調查，初步歸納結果認為，核電廠水質及浮游生物呈現明顯的季節及空間變化，溫排水對水質及浮游植物的影響大多侷限於出水口有限的區域（Shiah et al. 2006；Lo et al. 2016），核電廠溫排水口附近海域葉綠素濃度顯著低於入水口，無論溫度有提升或無，海水 0.2ppm 餘氯濃度就會明顯抑制浮游植物生產力（Chuang et al. 2009）。Choi et al. （2012）在韓國西部海岸的調查結果，電廠入出水口海域浮游植物及橈足類纖毛蟲豐度並無明顯差異，他認為這是由於電廠溫排水出口屬於開放性海域，溫排水排出很快就被海水混合所致。所以，核能電廠或一般電廠溫排水對其周遭水域生態環境的影響，會因時因區域及所在地形等多項因素而有不同的結果及看法。

因此，在國際普遍的重視下，對於核能電廠附近海域進行長期性的監測與評估實有其必要性及重要性。核能電廠機組的運作需要大量的海水作為冷卻用水，然後再將之排出，此一處理方式是否會對沿岸海域生態有所影響需要進行長期監控與評估才可下結論。本研究計劃所進行北部核一及核二電廠附近海域浮游植物生態調查，主要是希望能持續累積核能電廠附近海域浮游植物之長期生態基礎資料，探討浮游植物群聚及數量在測站間及季節性的變動頻度，及其受核能電廠排出的溫排水或其他環境因子可能之影響，以作為該海域生態背景及環境影響評估之參

考。

第二節 調查方法

1.採樣方法:

浮游植物採樣地點及頻率是配合水質及浮游動物同時進行,過去一年四個季節的採樣時間分別為 114 年 2 月、5 月、8 月和 11 月。七條測線共設定 37 個測站（圖 3-1)，其中核二出水口及進水口各一條測線(13 站)之測站採表層、5m 及 15m 水深樣品(出水口及進水口 2 站因深度不足僅採表層樣品)，其餘 24 測站採表層樣品，樣品總數 59 個，其中核一廠佔 15 個，核二廠佔 39 個，磺溪外海佔 5 個,核一每半年執行 1 次,核二及磺溪每季執行 1 次,因此共分析樣品數如下：

季節 (年/月)	第 1 季 114 年 2 月	第 2 季 114 年 5 月	第 3 季 114 年 8 月	第 4 季 114 年 11 月	總和
浮游植物 樣品數	核一廠：15 核二廠：39 磺溪：5 共計：59	核一廠：0 核二廠：39 磺溪：5 共計：44	核一廠：15 核二廠：39 磺溪：5 共計：59	核一廠：0 核二廠：39 磺溪：5 共計：44	核一廠：30 核二廠：156 磺溪 20 共計：206

2.浮游植物之鑑定及計數：

將福馬林保存之海水樣品先攪拌均勻後，視量取 50 ml 至 500 ml 之水樣，放至沈澱管座上靜置 24 小時俾便充分沉澱，再以倒立光學顯微鏡（Nikon, model A300） 進行浮游植物種類之鑑定及計數。浮游植物鑒種主要參考之圖鑑包括 Chihara and Murano（1997）及 Yamaji（1991）等。

3.資料統計分析：

我們除了將這八季之基礎資料標準量化,並依調查目的進行分析及繪製成各式圖表外，亦將浮游植物豐度轉換成指數值（log(n+1)）後以主成分分析方法來判斷浮游植物群聚在季節間及時空的變異情形,另亦將浮游植物豐度與水質組所提供當地之海水溫鹽度和其他環境因子資料,及浮游動物組所提供的浮游動物豐度進行複迴歸分析,以瞭解浮游植物群聚數量分布與環境因子和生物因子之相關

性。此外，亦進行此海域各測站浮游植物種歧異度指數（Index of species diversity, H'）之估算，以便瞭解浮游植物群聚種類之豐富程度（species richness）及個體數在種間分配是否均勻。其公式如下:

$$H'=-\sum_{i=1}^{n} P_i \log_2 P_i$$

Pi:為第 i 種生物之個體數和總個體數的比值

第三節 目前研究結果

一、114 年第 1 季

114 年第 1 季我們共分析浮游植物樣品 59 瓶，並發現 33 種浮游植物。其中核一廠出水口測站（B0）及核二廠出水口測站（E0）所發現的種類數（分別為 19 種和 18 種）均較該季平均數目（12 種）高。本季之平均豐度為 7.20 ± 0.53×10^3 cells/l，核一廠出水口測站（B0）之豐度值（21.36×10^3 cells/l）高於該季平均豐度值，而核二廠出水口測站（E0）之豐度值（20.36×10^3 cells/l）亦高於該季平均豐度。種歧異度方面，核一廠出水口測站歧異度指數(3.0)與核二廠出水口測站之指數值（3.1）均較季平均值(2.7 ± 0.1)高（表 3-1）。在優勢種組成方面，第一優勢種為扁面角毛藻（*Chaetoceros compressus*），平均豐度為 1662 ± 293 cells/l，並佔季總豐度的 23.1%，旋鏈角毛藻（*Chaetoceros curvisetus*）居第二優勢量，平均豐度為 1291 ± 249 cells/l（17.9%）；丹麥細柱藻（*Leptocylindrus danicus*）為第三優勢種，平均豐度為 1109 ± 146 cells/l，佔總豐度的 15.4%，環紋勞德藻（*Lauderia borealis*）是第四優勢種，平均豐度為 629 ± 136 cells/l（8.7%）；而第五優勢種則是柔弱擬菱形藻（*Pseudonitzschia delicatissima*），平均豐度 447 ± 60 cells/l（6.2%）（表 3-2）。

在各測站間豐度的變化方面，本季核一廠及核二廠海域浮游植物的豐度變化有由近岸向遠岸減少的情形，各測站中以 B0 測站豐度最高，為 21.36×10^3 cells/l，豐度次高的測站為 E0 測站，為 20.36×10^3 cells/l；至於垂直分布方面，由圖 3-2 下圖可知，核二廠出水口測線（測線 E）各測站 0m、5m 及 15m 不同

水層之浮游植物豐度變化趨勢不同，多以深層數量較多（表 3-3，圖 3-2）。本季各測站之浮游植物種類數介於 8～19 種之間，略有由近岸向遠岸減少的情形，其中以 B0 測站種類數最多；而不同水層間（0m，5m 及 15m）之種類數變化一般來說有表層（0m）種類數略高於深層（5m 及 15m）的現象（圖 3-3）。在種歧異度方面，並無一致性趨勢；表層（0m）、5m 及 15m 水層之浮游植物種歧異度指數值差異不算大，多以表、中層的歧異度指數較高（圖 3-4）。

主要優勢種豐度在測站間的分布情形如圖 3-5 所示。第一優勢種扁面角毛藻出現頻率頗高，許多測站的豐度達 50×10^2 cells/l 以上。第二優勢種旋鏈角毛藻出現的測站數亦不少，各測站變化頗大，部份測站的豐度可超過 50×10^2 以上。丹麥細柱藻（第三優勢種）出現的頻率算高，但變化相對較小，較高豐度出現在 E1000 測站，超過 50×10^2 cells/l。環紋勞德藻（第四優勢種）的出現頻率與前幾優勢種相比較低，且豐度變化較小，多在 20×10^2 cells/l 以下。

二、114 年第 2 季

114 年第 2 季我們共分析浮游植物樣品 44 瓶，並發現發現 56 種浮游植物。核二廠出水口測站（E0）所發現的種類數（21 種），則較該季平均數目（17 種）高。本季之平均豐度為 $18.86\pm0.86\times10^3$ cells/l，核二廠出水口測站之豐度為 14.08×10^3 cells/l，略較季平均值低。種歧異度方面，核二廠出水口測站之指數值（3.3），較季平均值(2.8±0.1)高（表 3-1）。在優勢種組成方面，第一優勢種為丹麥細柱藻（*Leptocylindrus danicus*），平均豐度為 5273 ± 489 cells/l，並佔季總豐度的 28.0%，扁面角毛藻（*Chaetoceros compressus*）居第二優勢量，平均豐度為 4300±479 cells/l(22.8%)；菱形海線藻(*Thalassionema nitzschioides*) 為第三優勢種，平均豐度為 1954 ± 203 cells/l，佔總豐度的 10.4%，旋鏈角毛藻(*Chaetoceros curvisetus*)是第四優勢種，平均豐度為 1826±224 cells/l（9.7%）；而第五優勢種則是柔弱擬菱形藻(*Pseudonitzschia delicatissima*)，平均豐度 1235 ± 132 cells/l（6.6%）（表 3-2）。

在各測站間豐度的變化方面，本季核二廠附近海域各測站豐度近、遠岸變化無一致性趨勢；其中入水口的測站 F0 有最高豐度，為 28.24×10^3 cells/l，這主要是由於丹麥細柱藻在此測站的數量較多所造成；至於垂直分布方面，由圖 3-6 下圖可知，核二廠出水口測線之浮游植物豐度垂直變化可以發現多數測站以表層豐度較高（表 3-4，圖 3-6）。種類數在本季介於 11～24 種之間，略有由近岸向遠岸減少的情形，其中 F0 測站所發現到的種類數最多；而不同水層間（0m，5m 及 15m）之種類數變化一般來說有表層（0m）種類數略高於深層

（5m 及 15m）的現象（圖 3-7）。在種歧異度方面，各測站種歧異度指數值相差不大，趨勢亦不一致；表層（0m）、5m 及 15m 水層之浮游植物種歧異度指數值差異亦不大，而一般來說有深層（5m 及 15m）種類數略高於表層（0m）的現象（圖 3-8）。

主要優勢種豐度在測站間的分布情形如圖 3-9 所示。第一優勢種丹麥細柱藻的豐度變化無一致性趨勢，且各測站的豐度變化頗大，E1000 測站豐度在 100×10^2 cells/l 以上。第二優勢種扁面角毛藻於核二廠海域出現頻率頗高，且各站的豐度差異亦大。菱形海線藻為該季的第三優勢種，近岸豐度略較遠岸高；柔弱擬菱形藻為該季的第四優勢種，各測站的豐度變化相對較小，雖出現的測站數較前幾優勢種少，不過少數測站豐度可超過 30×10^2 cells/l。

三、114 年第 3 季

114 年第 3 季我們共分析浮游植物樣品 59 瓶，並發現發現 67 種浮游植物。其中核一廠水口測站（B0）所發現的種類數（31 種），和核二廠出水口測站（E0）所發現的種類數（為 21 種），均較該季平均數目（18 種）高。本季之平均豐度為 19.97 ± 0.86×10^3 cells/l，核一廠出水口測站（B0）之豐度值（30.24×10^3 cells/l），而核二廠出水口測站（E0）之豐度值（32.32×10^3 cells/l）均高於該季平均豐度值。種歧異度方面，核一廠出水口測站歧異度指數值(3.7)和核二廠出水口測站之歧異度指數值（3.2），均高於季平均值 (3.1 ± 0.1)（表 3-1）。在優勢種組成方面，第一優勢種為丹麥細柱藻（*Leptocylindrus danicus*），平均豐度為 4391 ± 318 cells/l，並佔季總豐度的 22.0%，菱形海線藻（*Thalassionema nitzschioides*）居第二優勢量，平均豐度為 4216 ± 281 cells/l（21.1%）；環紋勞德藻（*Lauderia borealis*）為第三優勢種，平均豐度為 2723 ± 195 cells/l，佔總豐度的 13.6%；柔弱擬菱形藻（*Pseudonitzschia delicatissima*）是第四優勢種，平均豐度為 2412 ± 197 cells/l （12.1%）；而第五優勢種則是斯拖根管藻（*Rhizosolenia stolterfothii*），平均豐度 1715 ± 240 cells/l（8.6%）（表 3-2）。

在各測站間豐度的變化方面，本季核一廠及核二廠海域浮游植物的豐度似乎有由近岸向遠岸減少的情形，各測站中以核二廠近岸測站（A500）豐度最高，為 37.24×10^3 cells/l，豐度次高的測站為 F500，為 34.80×10^3 cells/l；至於垂直分布方面，由圖 3-10 下圖可知，核二廠出水口測線（測線 E）各測站 0m、5m 及 15m 不同水層之浮游植物豐度變化多以表層（0m）數量較高（表 3-5，圖 3-10）。本季各測站之浮游植物種類數介於 14～31 種之間，且有由近岸向遠岸減少的

情形，其中以 B0 測站種類數最多；而不同水層間（0m，5m 及 15m）之種類數變化一般來說有表層（0m）種類數略高於深層（5m 及 15m）的現象（圖 3-11）。在種歧異度方面，有由近岸向遠岸高的情形；表層（0m）、5m 及 15m 水層之浮游植物種歧異度指數值差異亦不大，變化的趨向也不甚一致（圖 3-12）。

主要優勢種豐度在測站間的分布情形如圖 3-13 所示。第一優勢種丹麥細柱藻出現頻率頗高，許多測站的豐度皆可在 50×10^2 cells/l 以上。第二優勢種菱形海線藻出現的測站亦不少，部份測站的豐度可接近 100×10^2 cells/l。環紋勞德藻（第三優勢種）出現的頻率亦高，不過各測站變化相對較小，較高豐度出現在 E2000 測站，超過 50×10^2 cells/l。柔弱擬菱形藻（第四優勢種）的出現頻率亦高，豐度變化則屬較小，多數測站豐度在 50×10^2 cells/l 以下。

四、114 年第 4 季

114 年第 4 季我們共分析浮游植物樣品 44 瓶，並發現 65 種浮游植物。核二廠出水口測站（E0）所發現的種類數（25 種），則較該季平均數目（21 種）高。本季之平均豐度為 12.04 ± 0.61×10^3 cells/l，核二廠出水口測站之豐度為 13.32×10^3 cells/l，高於季平均值。種歧異度方面，核二廠出水口測站之指數值（4.1），較季平均值(3.6 ± 0.1)高（表 3-1）。在優勢種組成方面，第一優勢種為旋鏈角毛藻（*Chaetoceros curvisetus*），平均豐度為 1994 ± 188 cells/l，並佔季總豐度的 16.6%，菱形海線藻（*Thalassionema nitzschioides*）居第二優勢量，平均豐度為 1817 ± 199 cells/l(15.1%)；為第三優勢種柔弱擬菱形藻（*Pseudonitzschia delicatissima*），平均豐度為 1025 ± 91 cells/l，佔總豐度的 8.5%，扁面角毛藻（*Chaetoceros compressus*）是第四優勢種，平均豐度為 968 ± 152 cells/l（8.0%）；而第五優勢種則是丹麥細柱藻（*Leptocylindrus danicus*），平均豐度 843 ± 93 cells/l（7.0%）（表 3-2）。

在各測站間豐度的變化方面，本季核二廠海域浮游植物的豐度變化並無一致性的情形，各測站中以 F1000 測站豐度最高，為 18.76×10^3 cells/l，豐度次高的測站為測站 E3000，為 16.52×10^3 cells/l；至於垂直分布方面，由圖 3-14 下圖可知，核二廠出水口測線（測線 E）各測站 0m、5m 及 15m 不同水層之浮游植物豐度變化趨勢不同，多以中、深層數量較多（表 3-6，圖 3-14）。本季各測站之浮游植物種類數介於 14～26 種之間，且有由近岸向遠岸減少的情形，其中以 F0 測站種類數最多；而不同水層間（0m，5m 及 15m）之種類數變化一般來說有中、深層種類數略高於表層（0m）的現象（圖 3-15）。在種歧異度方面，並無一致性的情形；表層（0m）、5m 及 15m 水層之浮游植物種歧異度指數值

差異不算大，多以中、深層的歧異度指數較高（圖 3-16）。

主要優勢種豐度在測站間的分布情形如圖 3-17 所示。第一優勢種旋鏈角毛藻出現頻率頗高，部分測站的豐度可達 30×10^2 cells/l 以上。第二優勢種菱形海線藻出現的測站數亦不少，不過各測站變化較小，許測站的豐度可超過 30×10^2 以上。柔弱擬菱形藻（第三優勢種）出現的頻率算高，不過變化相對較小，較高豐度出現在 D1500 測站，超過 15×10^2 cells/l。扁面角毛藻（第四優勢種）的出現頻率亦高，且豐度變化較小，多在 20×10^2 cells/l 以下。

五、群聚分析

由主成分分析法分析 114 年四季浮游植物種類組成及數量在不同測站及不同水層間的變異情形（圖 3-18）可知，各季節重疊部分不算高，顯示各季之浮游植物種類組成及豐度有一定程度的不同；進一步分別觀察不同季節季各測站的變異情形則可發現，114 年第 4 季各測站之變異範圍較其他季來的小，由此可見，114 年第 4 季各測站之浮游植物種類組成及豐度的差異較小。此外，由同季之核一及核二廠海域各測站變異情形亦可發現，114 年第 1 季核一廠及核二廠各測站的重疊較高，反觀第 3 季核一廠及核二廠各測站彼此相互重疊的範圍相對較小；由此可見 114 年第 1 季核一廠及核二廠海域各測站之浮游植物種類組成及豐度相對較第 3 季相似。此外，本次主成分分析所選用的浮游植物種類有 20 種，為相對豐度大於 0.5%的種類，由表 3-7 之結果可知，前兩個主成分軸所代表的變異程度為 26%左右；由表可看出影響主成分軸 1 變異較大的種類為斯拖根管藻，而影響主成分軸 2 變異較大的種類則為柔弱菱形藻。

六、討論

綜合 113~114 年度的調查結果（表 3-1），今年與去年各季的季平均豐度變化差異頗大，介於 7~40 $\times10^3$cells/L 之間，這兩年都是第 3 季的豐度最高。此外，我們回顧了歷年來的調查結果發現，與 87~88 年之平均豐度（$7.1\pm14.1\times10^4$ cells/L）及 85~86 年在同區所採得的平均豐度（$3.9\pm7.2\times10^4$ cells/L，請參考 86 年度期末報告）相較之下，這兩年的平均豐度（$1.5\pm0.1\times10^4$ cells/L）呈現較低的情形。除此之外，根據洪等（1997，1998）於過去 24 年間在北部核一廠及二廠附近海域的調查分析結果，浮游植物的平均豐度大多在 5.0×10^4 cells/L 以內；如以 72 年~87 年近 15 年期間的調查結果顯示來看，年平均值亦介於 3.0~4.0$\times10^4$cells/L 之間。然而，本研究近幾年（89~114 年）的調查結果相較以

往低了許多，這主要是因為在往年經常在某個季節有某種藻類於近岸海域大量繁生的現象，例如在 87 年 11 月時在核二廠出水口附近海域出現大量的菱形海線藻（*T. nitzschioides*）以及 88 年 7 月在磺溪河口附近海域出現高量的旋鏈角毛藻（*C. curvisetus*）所致；但是近幾年來，這些種類雖亦有偶爾數量稍多的情形，不過已不若以往佔有絕對的優勢量，因此造成近幾年各個季節的平均豐度普遍較低，不過仍有明顯的季節循環，每年的第 2 和第 3 季浮游植物豐度往往較高。

如果將本研究資料與台灣西南海域的浮游植物相關研究調查結果相比較，雖然往年在北部核一廠及二廠的浮游植物年平均豐度略較澎湖海域（2.5 ± 2.4×10^4 cells/L）（羅，1998a）高，但這幾年來則一反往年，豐度明顯較低，並遠低於高雄（5.8 ± 2.2×10^5 cells/L）及台南（5.8 ± 8.5×10^4 cells/L）附近海域（羅，1998b；莫及羅，1999）。澎湖海域是位於台灣海峽中的島嶼，屬於較低污染海域，經年受南海水團、黑潮支流等之影響，因此海水較清澈，又因其屬於珊瑚礁島，故生物量仍高，浮游植物豐度在一年變化的幅度介於 8~122×10^3 cells/L 之間；而高雄海域則因屬於工業城市，經年有工業及家庭廢水之污染，因而經常造成附近海域優養化，而使得藻類大量繁生的現象。根據羅（1998b）調查結果所述，在其調查期間正值中油長運油輪爆炸漏油事件，造成藻類明顯的消長，及骨條藻（*S. costatum*）大量繁生的現象，該海域浮游植物豐度變化的範圍是介於 1~1509×10^3 cells/L，變化幅度非常大。北部核一及核二廠海域，由於居處於台灣東北部人口較稀疏地區，因此相對高雄海域有較少的家庭廢水排放，而核能電廠的溫排放影響又十分有限，且附近海流（如貧營養鹽的黑潮水）影響又大，因而浮游植物豐度的變化範圍和澎湖海域較為相近。

在浮游植物種類數方面，根據洪等（1998）在金山沿岸測站之 6 次採樣及鑑定結果，共發現 57 屬 112 種的浮游植物，而本計畫在 87 年 9 月至 89 年 5 月期間所採得的樣品則鑑定出 88 屬 235 種。近幾年的分析種類數目也多在 150 種以上，多於洪等（1998）之調查結果之原因可能是樣品處理及鑑種分析設備和以往不同所致。以往採得的浮游植物樣品，一般是經福馬林固定後取適量水樣，以 0.45μm 濾膜真空過濾，再以 60℃烘乾 24 小時後製成玻片，直接以普通光學顯微鏡鑑種計數；此種方法可一次處理全部的水樣，速度雖快，但因樣品經真空過濾及烘乾的過程，部份較小或較柔軟的種類個體會流失及變色、變形，因而不易辨認。而本計畫所使用方法則是將福馬林固定的水樣（1000ml）先行搖均勻後，取適量水樣（100~500ml）倒入特製的沉澱管座（HydroBios，光學倒立顯微鏡專用）沉澱 24 小時，直接以螢光及光學倒立顯微鏡（Nikon, model F300）觀察鑑種及計數；這種方法由於沉澱管座數量的不足及沉澱所須要的時間（24 小時）之限制，樣品處理及分析所須要的時間較長，但是所要鑑定的標

本不會流失掉，也較不會變形、變色，加上使用高解析度之螢光及偏光光學倒立顯微鏡，因而在辨認種類的能力上及數量上遠較以往提升許多。

這兩年之主要優勢種部分，今年和去年常見的前 5 個優勢種大多相同，其中環紋勞德藻（*Lauderia borealis*）、菱形海線藻（*Thalassionema nitzschioides*）和旋鏈角毛藻（*Chaetoceros curvisetus*）更是此海域常見的種類。至於本研究在過去兩年所計算出浮游植物種歧異度指數之平均值（為 3.1 ± 0.1），與 88 年（2.8±0.1）及 85~87 年所調查的結果（2.4±0.2）相差不多。普遍來說，近幾年來核一廠及核二廠出水口附近海域之浮游植物種類數多高於各季的平均值，由此可見，核電廠之溫排水對附近海域浮游植物種類之多樣性應無明顯的影響，浮游植物種類仍是屬於豐富多樣性的現象。

綜合 89~114 年於核一廠及核二廠出、進水口所調查浮游植物豐度之季節變化可知（圖 3-19），每當浮游植物大量繁生時，核二廠附近海域的浮游植物豐度一般均較核一廠為高；但是在浮游植物沒有大量繁生的時候，例如 90 年 5 月和 8 月、93 年 1 月、96 年 5 月、103 年 2 月、5 月、104 年 5 月以及 106 年 5 月時，則反而是以核一廠出水口有豐度略高於核二廠出水口的情形；此外我們也發現近幾年來，此海域的浮游植物每兩年都會有一、兩季豐度特別高的情形。由 89 年～114 年的結果顯示，核一廠及核二廠的 4 個主要優勢種類皆有明顯的季節性變化，且每隔一段時間均會有豐度較高的情形（圖 3-20）。至於種歧異度指數方面（圖 3-19），各月份的指數值均維持在 1.5 以上，且在出、進水口及兩個核電廠間並無明顯或一致性的差異。本計畫近幾年來採樣的結果，種歧異度大多高於以往研究報告的數值，這可能是由於本計畫鑑出的種類數目明顯增加所致，而種歧異度值在季節間的差異並不大。此外，核一及核二廠出水口之種歧異度指數差異並不一致，但進水口處一般以核一廠較高，而出水口測站近年來則以核二廠較高。

七、與其他子計劃的合併分析

海域環境之變動原因是十分地複雜而難以捉摸，因此不易顯現出浮游植物豐度變化和單一環境因子的相關性，所以，我們亦將今年的調查數據，分別與水質組（溫度、鹽度、磷酸鹽、硝酸鹽、矽酸鹽、葉綠素 *a*）及浮游動物組（浮游動物豐度）所提供的相關調查資料以線性迴歸分析法進行分析，以探討浮游植物豐度與各種環境因子之間的相關性。結果顯示，浮游植物豐度與上述幾個環境因子之相關係數值分別為 0.4892、-0.3834、-0.1127、-0.4694、-0.1587、0.3373 及 0.2724（圖 3-21），且浮游植物豐度與溫度、硝酸鹽及葉綠素 *a* 濃度有顯著

相關性。除此之外，經過多年的調查研究結果，我們認為天候及海流等物理性作用對於浮游植物之分布亦可能是十分地重要。

核能電廠附近海域處於黑潮水和東海陸棚水交互作用的範圍，經常因物理的作用產生所謂的冷水圈或湧升流，而使得此區海域的浮游植物群聚組成顯得較為複雜。綜合這幾年來（89~114 年）的調查，我們亦得到相似的論証，我們發現，幾個遠岸的測站偶爾出現甚高的浮游植物數量；根據胡健驊 教授於同時期在同海域調查海流及水文資料顯示，遠岸的測站海域偶爾會因海洋內波或其他物理作用產生湧升之現象，這種現象會將較深層富營鹽之冷水團往水表湧升，可能是造成部份遠岸海域浮游植物數量偶爾明顯增加的原因。綜合 91~94 年調查結果顯示（請參考 91、92 及 93 年之期中及期末報告），部份遠岸測站偶爾可發現一些"冷水性"的浮游植物種類，如 *Chaetoceros concavicornis*、密連角毛藻（*Chaetoceros densus*）、並基角毛藻（*Chaetoceros decipiens*）及離心列圓篩藻（*Coscinodiscus excentricus*）等，不過今年則未發現此類似的情形。在近岸的測站部分，除了受到人為及陸源物質的影響外，亦可能受到海流及地形的影響，因為核二廠出水口附近之海域屬於內灣型，當海流較不流暢且環境條件良好時，便容易營造浮游植物大量繁生的機會，這也是為何核二廠海域浮游植物豐度在繁生的季節經常大於核一廠海域之可能原因，例如在 85 年 9 月至 87 年 4 月期間 6 次在核一及核二廠採樣調查分析顯示，由於核二廠在 86 年 5 月時出現超大量的浮游植物豐度，使得核二廠之總平均豐度（$1.23 \pm 2.76 \times 10^5$ cells/L）明顯高出核一廠（$1.1 \pm 0.3 \times 10^4$ cells/L）許多（請參考民國 89 年年報，表 3-7）。海洋的包容力是很大的，由我們在 90~114 年之調查分析的結果顯示，核電廠溫排水對海域浮游植物群聚組成及數量上應沒有明顯的影響。

綜合一些已發表的相關研究資料發現，核能電廠溫排水對其周遭海域的生態環境的影響，目前仍無一致性的看法。如 Mercado and Gomez（1999）認為，即使是建在河流域的核能電廠，只要防治得宜，其溫排放水對河域浮游植物豐度、生產力及生態歧異度指數的影響是不明顯的；Ilus et al.（1992）及 Ikäheimonen et al.（1995）對於芬蘭國內之核電廠（位於芬蘭灣沿岸）附近海域進行調查，認為核電廠與灣內海域優養化的情況並無直接及明顯的關係，但對於出水口潮間帶及小範圍海域的生物則有顯著的影響；Chuang et al. (2009) 則指出亞熱帶海域沿海地區的核能電廠所排放的溫排水並不是主要影響該海域浮游植物生物量變化的主要原因；而 Wang et al.（2006）於 1999-2002 期間於中國大陸沿岸的 Daya Bay，進行關於 Daya Bay Nuclear Power Plant（DNPP）及 Lingao Nuclear Power Plant（LNPP）兩個核電廠附近海域水文環境變化與浮游植物的相關研究卻發現，溫排水可能是直接影響 Daya Bay 內浮游植物數量的一個因素；Jiang et al. (2008)亦提出，亞熱帶海域沿海地區核電廠的溫排水，可能會使浮游橈足類族群的多樣性

降低。近年來大尺度的氣候變化亦逐漸受到重視，如我們所熟知的聖嬰（El Niño）與反聖嬰（La Niña）現象，以及所謂「太平洋十年間的擺動」（Pacific Decadal Oscillation，PDO）的氣候現象，此為週期約 15-20 年類似聖嬰現象的海溫變動。科學家指出，除了聖嬰與反聖嬰現象是比較短暫的影響區內的天氣外，這「太平洋十年間的擺動」的現象亦可能是導致較長期氣候變遷的主要因素之一。因此，當我們在觀察核一及核二廠附近海域小尺度的海水溫度變化對於浮游植物豐度及種類組成變化影響的同時，全球性大尺度氣候及海洋環境變化所帶來的影響，也是我們目前及未來的調查研究中必須探討的重點。由我們過去幾年所累積的調查結果顯示（圖 3-22），雖然近幾年的浮游植物平均豐度較過去的調查結果為低，但核一廠及核二廠附近海域的浮游植物種類數仍維持相當的數量，核一廠及核二廠出水口測站的浮游植物種類相亦頗具多樣性；此外，我們亦發現，過去二十幾年來（89~114 年）來浮游植物豐度呈現一高一低交替消長的現象，且似乎於反聖嬰年（西太平洋氣候較溫暖），雨量較多時有豐度增加的趨向。

八、核一廠除役前後的變化

隨替代能源技術不斷研發精進，年代久遠的核能電廠終將有除役的一天；在國際普遍的重視下，對於核能電廠附近海域進行長期性的監測與評估行之有年，而除役後核能電廠四周海域的生態環境需要花多久的時間才會回復原本樣貌，亦或演進成另一種不同的生態環境，也是我們想知道的議題。由我們在北部核能一廠附近海域累積調查超過 20 年的浮游植物資料可以發現除役前後不管是浮游植物豐度或種歧異度指數在統計上均無顯著差異(圖 3-23)；而 20 幾年來此海域的優勢種浮游植物僅發現旋鏈角毛藻（*C. curvisetus*）在除役後的某一、兩季有出現較高豐度外，其他物種的豐度變化並未發現有顯著不同；而我們也會持續的觀察，看看旋鏈角毛藻（*C. curvisetus*）豐度較高的頻率是否有增高的情形(圖 3-24)。

第四節 歷年監測資料統計分析

群聚分析可以用來判斷浮游植物在季節間及時空的變異情形，由圖 3-18 可以發現各季節重疊部分較少，顯示此海域浮游植物種類組成及豐度受到季節性影響較大，而不論是在進出水口遠近或是不同深度的差異上，反而都不明顯。而今年和去年這兩年之主要優勢種大多相同，其中環紋勞德藻

（*Lauderia borealis*）、菱形海線藻（*Thalassionema nitzschioides*）和旋鏈角毛藻（*Chaetoceros curvisetus*）更是此海域常見的種類，顯示此海域的浮游植物種類趨於穩定，與 5000 公尺的對照站相比，亦無顯著差異。此外，我們也發現長期以來，核一廠及核二廠出水口附近海域之浮游植物種類數多高於各季的平均值，由此可見，核電廠之溫排水對附近海域浮游植物種類之多樣性無明顯的影響，浮游植物種類仍屬豐富且多樣性(表 3-1、表 3-2)。

核能電廠監測計畫已超過 20 年，累積了龐大的資料數據，為了釐清電廠運轉對於周圍海域浮游植物群聚是否有影響，需藉由統計軟體的協助，我們利用主成分分析（Principal Component Analysis）方法來判斷影響本海域浮游植物群聚較主要的物種，並分析此海域浮游植物群聚在季節間及時空的變異情形，由表 3-8 可以發現同一電廠的出入水口相關性較高，不同電廠間則無顯著相關。此外，亦將浮游植物豐度與水質組所提供當地之海水溫鹽度和其他環境因子資料，及浮游動物組所提供的浮游動物豐度進行複迴歸分析，以瞭解浮游植物群聚數量分布與環境因子和生物因子間長期變動趨勢的相關性，我們發現浮游植物群聚分布的變動與溫度和葉綠素 *a* 濃度的關係較顯著(表 3-9)。最後，利用 ANOVA 來檢定北部核能一廠附近海域累積調查超過 20 年的浮游植物資料可以發現除役前後不管是浮游植物豐度或種歧異度指數在統計上均無顯著差異，且主要優勢種浮游植物的豐度亦無顯著差異(圖 3-23、圖 3-24)。

第五節 總結

1.114 年浮游植物平均豐度較 113 年低，主要優勢種大多相同。

2.核能電廠溫排水對海域浮游植物群聚組成及數量上沒有明顯的影響。

3.同一電廠的出入水口相關性較高，不同電廠間則無顯著相關(表 3-8)。

4.由出入水口浮游植物群聚與水文因子間長期變動趨勢的相關性分析則發現，浮游植物群聚分布的變動與溫度和葉綠素 *a* 濃度的關係較顯著(表 3-9)。

5.核一廠除役前後浮游植物豐度或種歧異度指數均無顯著差異(圖 3-23)。

全球氣候的變化可能是造成大環境區域浮游植物豐度長期變動的主要原因之一，然而，在複雜的海洋生態環境中，唯有長期且持續一致的調查及監測工作，方能有進一步的瞭解與確認。

表 3-1、113 年和 114 年四季於核一及核二廠出水口及附近海域浮游植物之平均豐度、種類數目、種歧異度比較表

年/月	第 1 季(113 年 2 月)	第 2 季(113 年 5 月)	第 3 季(113 年 8 月)	第 4 季(113 年 11 月)	年平均(M)或總和(T)
樣品數	59	44	59	44	T: 206
浮游植物 平均豐度 ($\times 10^3$cells/l)	M: 13.65 ± 0.68 P1: 27.80 P2: 10.52	M: 14.82 ± 0.76 P1: - P2: 29.76	M:39.92 ± 1.27 P1: 52.36 P2:64.88	M: 10.99 ± 0.48 P1: - P2: 16.96	M: 20.86 ± 0.96 M1: 40.08 M2: 30.53
浮游植物 種類數目	T:95 M: 15 ± 1 P1: 24 P2: 16	T: 72 M: 19 ± 1 P1: - P2: 22	T: 80 M: 23 ± 1 P1:27 P2: 32	T: 44 M: 15 ± 1 P1: - P2: 15	T: 157 M: 18 ± 1 T1:33 T2: 46
浮游植物 種歧異度	M: 2.9 ± 0.1 P1: 2.7 P2: 3.0	M: 3.2 ± 0.1 P1: - P2: 2.7	M: 3.2 ± 0.1 P1: 2.9 P2: 2.9	M: 3.2 ± 0.1 P1: - P2: 3.3	M: 3.1 ± 0.1 M1: 2.8 M2: 3.0

年/月	第 1 季(114 年 2 月)	第 2 季(114 年 5 月)	第 3 季(114 年 8 月)	第 4 季(114 年 11 月)	年平均(M)或總和(T)
樣品數	59	44	59	44	T: 206
浮游植物 平均豐度 ($\times 10^3$cells/l)	M: 7.20 ± 0.53 P1: 21.36 P2: 20.36	M: 18.86 ± 0.86 P1: - P2: 14.08	M:19.97 ± 0.86 P1: 30.24 P2: 32.32	M: 12.04 ± 0.61 P1: - P2: 13.32	M: 13.21 ± 0.49 M1: 25.80 M2: 21.14
浮游植物 種類數目	T:33 M: 12 ± 1 P1: 19 P2: 18	T: 56 M: 17 ± 1 P1: - P2: 21	T: 67 M: 18 ± 1 P1: 31 P2: 21	T: 65 M:21 ± 1 P1: - P2: 25	T: 131 M: 16 ± 1 T1: 29 T2: 36
浮游植物 種歧異度	M: 2.7 ± 0.1 P1: 3.0 P2: 3.1	M: 2.9 ± 0.1 P1: - P2: 3.3	M: 3.1 ± 0.1 P1: 3.7 P2: 3.2	M: 3.6 ± 0.1 P1: - P2: 4.1	M: 3.1 ± 0.1 M1: 3.4 M2: 3.4

註：M：平均值　T：總合 P1：核一廠出水口 P2：核二廠出水口

表 3-2、113 年及 114 年四季於核一及核二廠附近海域浮游植物前 5 個最優勢種之平均豐度及相對豐度 (1/2)續

113 年 2 月（第 1 季）	**113 年 5 月（第 2 季）**
Thalassionema nitzschioides (菱形海線藻, 27.4%, 3738±364cells/L) *Lauderia borealis* (環紋勞德藻, 11.8%, 1612±187 cells/L) *Leptocylindrus danicus* (丹麥細柱藻, 11.6%, 1582±194 cells/L) *Chaetoceros compressus* (扁面角毛藻, 10.1%, 1378±261 cells/L) *Pseudonitzschia delicatissima* (柔弱擬菱形藻, 9.3%, 1275±177 cells/L)	*Melosira sulcata* (具槽直鏈藻, 30.9%, 4575±521 cells/L) *Thalassionema nitzschioides* (菱形海線藻, 9.1%, 1342±157cells/L) *Rhizosolenia stolterfothii* (斯拖根管藻, 8.5%, 1266±166 cells/L) *Chaetoceros curvisetus* (旋鏈角毛藻, 7.8%, 1161±238cells/L) *Leptocylindrus minimus* (小細柱藻, 7.2%, 1065±126 cells/L)
113 年 8 月（第 3 季）	**113 年 11 月（第 4 季）**
Rhizosolenia stolterfothii (斯拖根管藻, 23.2%, 9292±686 cells/L) *Chaetoceros curvisetus* (旋鏈角毛藻, 19.8%, 7892±651 cells/L) *Chaetoceros compressus* (扁面角毛藻, 11.2%, 4466±418 cells/L) *Lauderia borealis* (環紋勞德藻, 10.9%, 4360±358 cells/L) *Prorocentrum micans* (閃光原甲藻, 7.7%, 3064±244 cells/L)	*Leptocylindrus danicus* (丹麥細柱藻, 19.2%, 2111±171 cells/L) *Pseudonitzschia delicatissima* (柔弱擬菱形藻, 14.4%, 1585±151 cells/L) *Thalassionema nitzschioides* (菱形海線藻, 13.3%, 1465±141 cells/L) *Chaetoceros curvisetus* (旋鏈角毛藻, 10.6%, 1165±160 cells/L) *Chaetoceros compressus* (扁面角毛藻, 7.9%, 865±118 cells/L)
113 年四季	
Rhizosolenia stolterfothii (斯拖根管藻, 14.8%, 3086±341 cells/L) *Chaetoceros curvisetus* (旋鏈角毛藻, 13.7%, 2862±297 cells/L) *Thalassionema nitzschioides* (菱形海線藻, 10.4%, 2174±140 cells/L) *Chaetoceros compressus* (扁面角毛藻, 9.1%, 1904±185 cells/L) *Lauderia borealis* (環紋勞德藻, 9.0%, 1887±164 cells/L)	

表 3-2、113 年及 114 年四季於核一及核二廠附近海域浮游植物前 5 個最優勢種之平均豐度及相對豐度 (2/2)

114 年 2 月（第 1 季）	**114 年 5 月（第 2 季）**
Chaetoceros compressus (扁面角毛藻, 23.1%, 1662±293cells/L) *Chaetoceros curvisetus* (旋鏈角毛藻, 17.9%, 1291±249 cells/L) *Leptocylindrus danicus* (丹麥細柱藻, 15.4%, 1109±146 cells/L) *Lauderia borealis* (環紋勞德藻, 8.7%, 629±136 cells/L) *Pseudonitzschia delicatissima* (柔弱擬菱形藻, 6.2%, 447±60 cells/L)	*Leptocylindrus danicus* (丹麥細柱藻, 28.0%, 5273±489 cells/L) *Chaetoceros compressus* (扁面角毛藻, 22.8%, 4300±479cells/L) *Thalassionema nitzschioides* (菱形海線藻, 10.4%, 1954±203 cells/L) *Chaetoceros curvisetus* (旋鏈角毛藻, 9.7%, 1826±224cells/L) *Pseudonitzschia delicatissima* (柔弱擬菱形藻, 6.6%, 1235±132 cells/L)
114 年 8 月（第 3 季）	**114 年 11 月（第 4 季）**
Leptocylindrus danicus (丹麥細柱藻, 22.0%, 4391±318 cells/L) *Thalassionema nitzschioides* (菱形海線藻, 21.1%, 4216±281 cells/L) *Lauderia borealis* (環紋勞德藻, 13.6%, 2723±195 cells/L) *Pseudonitzschia delicatissima* (柔弱擬菱形藻, 12.1%, 2412±197 cells/L) *Rhizosolenia stolterfothii* (斯拖根管藻, 8.6%, 1715±240 cells/L)	*Chaetoceros curvisetus* (旋鏈角毛藻, 16.6%, 1994±188 cells/L) *Thalassionema nitzschioides* (菱形海線藻, 15.1%, 1817±199 cells/L) *Pseudonitzschia delicatissima* (柔弱擬菱形藻, 8.5%, 1025±91 cells/L) *Chaetoceros compressus* (扁面角毛藻, 8.0%, 968±152 cells/L) *Leptocylindrus danicus* (丹麥細柱藻, 7.0%, 843±93 cells/L)
114 年四季	
Leptocylindrus danicus (丹麥細柱藻, 17.5%, 2314±196 cells/L) *Thalassionema nitzschioides* (菱形海線藻, 15.1%, 1999±152 cells/L) *Chaetoceros curvisetus* (旋鏈角毛藻, 13.7%, 1804±147 cells/L) *Pseudonitzschia delicatissima* (柔弱擬菱形藻, 8.6%, 1137±99 cells/L) *Lauderia borealis* (環紋勞德藻, 8.6%, 1133±88 cells/L)	

表 3-3、114 年 2 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (1/4)續

Name (1L) / Station	A500	A1000	A1500	A2000	B0	B500	B1000	B1500	B2000	C0	C500	C1000	C1500	C2000	C5000
CHRISOPHYTA（金黃藻門）															
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）															
Melosira monilifonnis（串珠直鏈藻）	0	80	0	1320	640	0	0	0	160	0	0	40	200	80	0
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	160	0	120	80	40	40	0	200	120	240	0	0	0	0	360
Melosira sp.	0	80	0	0	0	0	120	0	0	40	160	0	0	0	0
Skeletonema costatum（骨條藻）	120	0	0	240	200	480	0	0	120	280	0	0	0	80	0
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	0	280	200	0	0	160	0	0	520	200	200	0	0	0	0
Thalassiosira sp.	160	0	0	0	240	0	80	40	0	0	0	120	80	0	0
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	80	120	200	280	480	120	240	160	80	600	360	560	120	320	200
Coscinodiscus lineatus（線形圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus kutzingi（庫氏圓篩藻）	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	0	0	0	0	240	80	120	200	120	160	0	0	0	0	0
Coscinodiscus sp.	0	120	0	0	280	200	360	0	0	0	0	0	200	120	0
Asteromphalus heptactis（橢圓星臍藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	640	1800	120	80	3840	280	440	560	120	320	480	600	360	1040	840
Leptocylindrus danicus（丹麥細柱藻）	1160	840	1360	680	360	1120	280	2200	1640	360	880	720	280	1360	360
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	0	0	0	200	160	0	320	440	120	520	240	0	0	0	240
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯魯變種）	120	240	440	320	160	0	280	0	0	0	0	0	80	520	0
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	0	160	120	0	200	0	0	0	0	0	0	0	240	0
Rhizosolenia setigera（刚毛根管藻）	0	0	0	0	0	0	80	0	120	0	0	160	40	0	0
Rhizosolenia sp.	0	0	0	0	120	80	0	0	40	40	0	0	0	0	0
Chaetoceros densus	0	80	160	0	0	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	600	0	520	4960	7120	5560	600	1320	1080	720	0	480	0	640	1080
Chaetoceros subsecundus（冕孢角毛藻）	0	200	0	0	320	120	0	0	0	280	0	120	0	0	480
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角刺藻）	1920	1240	1040	760	3840	0	760	960	520	0	760	6000	320	0	0
Chaetoceros socialis(聚生角刺藻)	0	0	320	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0
Chaetoceros sp.	0	0	0	0	240	440	0	0	0	240	0	0	280	320	400
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	0	0	680	760	1000	1240	0	0	880	240	720	0	0	0	920
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	0	280	0	0	0	0	160	600	0	0	0	120	0	0	0
Pleurosigma sp.	0	0	0	80	0	160	0	0	0	80	0	0	0	120	0
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	760	0	0	520	1840	680	760	520	200	0	1160	720	0	0	0
CYANOPHYTA（藍綠藻門）															
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）															
Trichodesmium thiedauti（鐵氏束毛藻）	240	0	0	600	240	0	0	120	0	0	0	0	0	0	280
PYRROPHYTA（甲藻門）															
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	0	0	0	0	0	0	80	200	0	0	720	0	0	0	0
Ceratium furca（叉角藻）	0	0	0	120	0	0	480	80	320	120	0	0	0	0	0
Ceratium sp.	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	0	0
Total（總豐度）	5960	5360	5560	11720	21360	11200	5160	7600	6160	4440	5680	9640	2200	4960	5160
Species no.（總類數目）	11	12	14	17	19	17	16	14	16	16	10	11	11	12	10
H'（種歧異度）	2.8	2.8	3.3	3.0	3.0	2.7	3.7	3.1	3.3	3.7	3.1	2.1	3.2	3.0	3.1

表 3-3、114 年 2 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (2/4)續

Name (1L) / Station	D500	D1000	D1500	D2000	E0	E500	E500-5	E500-15	E1000	E1000-5	E1000-15	E1500	E1500-5	E1500-15	E2000	E2000-5	E2000-15
CHRISOPHYTA（金黃藻門）																	
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）																	
Melosira monilifonnis（串珠直鏈藻）	0	0	0	80	240	280	120	120	480	0	0	0	240	40	200	0	0
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	440	480	120	0	0	0	0	0	200	280	0	160	0	0	0	0	240
Melosira sp.	0	0	0	0	360	80	200	0	0	0	120	0	0	0	0	280	0
Skeletonema costatum（骨條藻）	320	120	0	0	240	360	120	80	80	0	0	0	0	0	0	0	0
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	0	360	0	120	0	0	0	0	0	200	280	0	0	0	360	560	0
Thalassiosira sp.	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	200	160	120	120	80
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	160	480	120	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus lineatus（線形圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus kutzingi（庫氏圓篩藻）	0	0	80	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus sp.	160	0	80	0	480	0	0	0	40	160	0	0	0	80	120	40	0
Asteromphalus heptactis (輻圍星臍藻)	0	0	120	200	0	0	80	0	0	40	40	0	160	0	0	0	0
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	120	1320	160	320	600	840	240	360	600	280	160	240	1120	0	320	600	0
Leptocylindrus danicus（丹麥細柱藻）	760	1040	2840	320	960	2440	320	320	6000	120	280	560	840	2360	640	120	1080
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	720	0	0	0	1040	600	120	960	360	680	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯魯變種）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	360	600	160	120	120	240	0
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	80	120	0	0
Rhizosolenia setigera (刚毛根管藻)	0	0	0	0	0	240	200	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia sp.	0	40	80	120	240	0	0	160	80	0	0	0	0	0	0	0	160
Chaetoceros densus	120	0	560	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	1640	520	0	0	6880	1040	1320	5760	600	0	680	0	920	760	1640	0	1080
Chaetoceros subsecundus（篤孢角毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	360	640	0	0	0
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角刺藻）	0	0	0	0	4120	920	640	1280	760	1080	7320	760	400	0	0	520	600
Chaetoceros socialis(聚生角刺藻)	0	320	400	360	0	0	0	0	0	0	0	0	280	480	0	0	0
Chaetoceros sp.	0	0	0	0	440	0	120	600	240	0	0	560	0	0	720	0	0
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	160	0	0	0	1960	0	0	0	0	0	1160	1680	320	280	1040	0	0
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	0	0	0	240	0	0	0	240	680	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma sp.	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	80	120	0	0
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	320	760	80	0	1960	1480	0	0	0	0	0	0	560	240	880	600	320
CYANOPHYTA（藍綠藻門）																	
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）																	
Trichodesmium thiedauti（鐵氏束毛藻）	440	0	0	0	360	480	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PYRROPHYTA（甲藻門）																	
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	120	0	0	0	0	0	0	0	0	240	480	320	0	0	0	0	0
Ceratium furca（叉角藻）	0	0	0	0	200	240	0	0	0	0	0	0	0	320	40	40	0
Ceratium sp.	200	0	0	0	0	0	0	0	0	120	80	120	120	0	0	0	0
Total（總豐度）	5520	4960	4520	1760	20360	9080	3600	10120	10600	3320	10960	5000	5880	5640	6440	3320	3560
Species no.（總類數目）	13	9	10	8	18	13	12	12	13	11	11	9	14	13	14	11	7
H'（種歧異度）	3.2	2.8	2.0	2.8	3.1	3.2	2.9	2.2	2.4	2.9	1.9	2.8	3.5	2.8	3.2	3.1	2.4

表 3-3、114 年 2 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (3/4)續

Name (1L) / Station	E3000	E3000-5	E3000-15	F0	F500	F500-5	F500-15	F1000	F1000-5	F1000-15	F1500	F1500-5	F1500-15	F2000	F2000-5	F2000-15
CHRISOPHYTA（金黃藻門）																
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）																
Melosira monilifonnis（串珠直鏈藻）	160	120	120	0	0	0	0	0	0	0	0	40	320	280	480	120
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	120	80	0	240	200	480	120	0	0	360	320	0	0	0	160	240
Melosira sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	80	160	0	0	40	0	0	0
Skeletonema costatum（骨條藻）	0	160	0	80	40	280	200	200	0	0	0	0	200	520	240	0
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	0	120	0	120	0	0	0	0	0	0	160	200	0	0	0	0
Thalassiosira sp.	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	40	120
Coscinodiscus lineatus（線形圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
Coscinodiscus kutzingi（庫氏圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus sp.	40	40	0	160	0	0	0	80	40	120	80	80	0	0	0	120
Asteromphalus heptactis（輻圍星臍藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	80	0	160
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	0	0	0	2760	3880	5760	1040	1080	880	760	120	280	0	0	0	80
Leptocylindrus danicus（丹麥細柱藻）	360	600	3440	1880	2200	1360	480	200	320	120	3640	640	320	280	760	840
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	0	240	360	440	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯魯變種）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	280
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	0	0	0	0	160	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia setigera（刚毛根管藻）	0	120	40	80	0	0	0	0	0	40	40	0	80	200	0	0
Rhizosolenia sp.	0	0	0	120	0	0	80	0	0	0	0	0	0	120	40	80
Chaetoceros densus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	600	880	2600	7080	1120	960	2560	7400	1080	1240	0	560	0	1040	7520	1480
Chaetoceros subsecundus（葛袍角毛藻）	120	560	200	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	560
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角刺藻）	880	4760	640	1080	760	960	1520	640	0	0	1080	720	1400	960	760	0
Chaetoceros socialis(聚生角刺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320	640	120	280	600	240	360
Chaetoceros sp.	0	0	0	0	240	440	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	0	0	0	0	0	0	0	240	1440	1560	320	680	0	0	0	0
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	0	0	120	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	600	160
Pleurosigma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	120	440	1120	280	1080	640	200	600	360	960	240	1040	240	520	560	0
CYANOPHYTA（藍綠藻門）																
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）																
Trichodesmium thiedauti（纖氏束毛藻）	0	280	560	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	720	0	0
PYRROPHYTA（甲藻門）																
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	0	0	360	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	280	0
Ceratium furca（叉角藻）	0	0	0	480	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0
Ceratium sp.	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0
Total（總豐度）	2400	8400	9560	16240	9640	11040	6560	10600	4320	5640	6640	4440	3240	5400	12000	4680
Species no.（總類數目）	8	13	11	17	9	9	9	9	8	10	10	11	11	12	14	14
H'（種歧異度）	2.4	2.3	2.6	2.8	2.4	2.3	2.4	1.7	2.4	2.7	2.2	3.0	2.7	3.2	2.2	3.1

表 3-3、114 年 2 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (4/4)續

Name (1L) / Station	F3000	F3000-5	F3000-15	F5000	F5000-5	F5000-15	R0	R500	R1000	R1500	R2000	Mean	SE	RA
CHRISOPHYTA（金黃藻門）														
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）														
Melosira monilifonnis (串珠直鏈藻)	360	640	80	160	320	80	120	360	360	0	0	143	29	1.99
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	0	0	0	320	0	0	0	0	0	0	0	100	18	1.39
Melosira sp.	80	40	0	0	0	0	0	0	0	120	80	35	9	0.48
Skeletonema costatum（骨條藻）	0	0	0	280	160	80	0	0	0	0	0	89	17	1.24
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	0	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	17	1.01
Thalassiosira sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	8	0.41
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	320	480	120	240	360	440	320	280	480	120	80	138	23	1.92
Coscinodiscus lineatus（線形圓篩藻）	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0.05
Coscinodiscus kutzingi（庫氏圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0.05
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	6	0.22
Coscinodiscus sp.	200	160	80	80	0	0	0	0	120	240	0	69	13	0.96
Asteromphalus heptactis (橢圓星臍藻)	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	80	18	6	0.25
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	240	120	0	80	0	0	480	160	280	0	320	629	136	8.74
Leptocylindrus danicus（丹麥細柱藻）	120	3480	560	2760	240	520	1920	440	760	2080	520	1109	146	15.41
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134	32	1.86
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯魯變種）	320	0	0	600	0	0	160	200	0	80	0	93	21	1.29
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	30	10	0.41
Rhizosolenia setigera (刚毛根管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	7	0.36
Rhizosolenia sp.	0	0	0	160	200	0	0	0	0	200	280	41	9	0.57
Chaetoceros densus	0	0	80	120	0	0	200	0	0	0	0	31	12	0.43
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	1080	1040	7680	0	1520	1680	0	1160	240	0	0	1662	293	23.09
Chaetoceros subsecundus（窄抱角毛藻）	120	0	0	0	0	0	0	0	200	80	80	85	21	1.18
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角刺藻）	0	0	1640	1120	6120	0	0	8320	5320	0	960	1291	249	17.94
Chaetoceros socialis(聚生角刺藻)	440	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	24	1.38
Chaetoceros sp.	0	0	0	0	0	0	0	80	280	120	0	100	23	1.38
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	0	0	0	760	960	320	0	0	0	0	0	327	67	4.55
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	20	0.83
Pleurosigma sp.	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5	0.23
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	0	280	720	880	360	640	120	0	80	320	240	447	60	6.22
CYANOPHYTA（藍綠藻門）														
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）														
Trichodesmium thiedauti（鐵氏束毛藻）	160	480	0	0	120	320	0	280	480	240	360	120	25	1.67
PYRROPHYTA（甲藻門）														
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	0	440	0	0	0	560	320	760	240	80	480	106	26	1.48
Ceratium furca（叉角藻）	0	0	0	0	0	0	320	160	0	0	0	52	15	0.72
Ceratium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	7	0.28
Total（總豐度）	3560	7400	11120	7560	10480	4640	3960	12280	8840	3680	3480	7197	525	100.00
Species no.（總類數目）	12	11	9	13	11	9	9	12	12	11	11	12	1	
H'（種歧異度）	3.2	2.6	1.6	2.9	2.1	2.7	2.5	1.9	2.3	2.4	3.0	2.7	0.1	

表 3-4、114 年 5 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (1/4)續

Name (1L) / Station	D500	D1000	D1500	D2000	E0	E500	E500-5	E500-15	E1000	E1000-5	E1000-15
CHRISOPHYTA（金黃藻門）											
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）											
Melosira monilifonnis (串珠直鏈藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	160	480	0
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	1960	2080	520	320	880	320	760	0	440	1640	1280
Skeletonema costatum（骨條藻）	0	0	0	0	480	0	0	80	0	0	0
Thalassiosira decipiens（并基海鏈藻）	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	360	480	120	0	0	240	0	280	40	440	200
Thalassiosira sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	0	0	0	160	120	200	0	0	0	0	0
Coscinodiscus lineatus（線形圓篩藻）	0	0	0	0	0	240	160	0	40	0	0
Coscinodiscus angstii（安氏圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus radiatus（輻射列圓篩藻）	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	80
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus sp.	0	0	160	120	120	0	0	0	0	80	200
Asteromphalus heptactis (櫛圓星臍藻)	280	120	280	0	0	0	200	160	0	0	0
Corethron hystrix (小環毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	0	720	760	2160	120	1080	0	2360	2480	440	560
Leptocylindrus danicus（丹參細柱藻）	4200	4640	7440	8320	1320	3840	9360	6360	12160	7080	3440
Leptocylindrus minimus（小細柱藻）	0	200	0	0	0	280	440	0	0	0	0
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	600	1400	1320	280	0	0	0	0	0	600	640
Rhizosolenia delicatula（柔弱根管藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia stolterfothii（斯拖根管藻）	0	0	0	0	0	600	120	0	280	480	0
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯魯變種）	0	0	0	0	0	0	0	200	280	0	0
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0
Rhizosolenia sp.	0	0	0	0	0	200	0	0	160	0	0
Chaetoceros densus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros decipiens (并基角刺藻)	0	0	240	0	120	0	0	160	80	0	0
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	4240	9280	5400	8960	2360	1080	520	1080	2840	3640	4320
Chaetoceros didymus（雙突角毛藻）	0	0	0	0	0	240	80	0	0	0	520
Chaetoceros didymus f. protuberans（雙突角毛藻隆起變型）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros constricus（縊縮角毛藻）	0	0	0	0	280	80	0	0	0	0	0
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角刺藻）	1760	3640	1720	2720	3280	4120	3040	3320	2560	1120	2600
Eucampia cornuta（長角彎角藻）	0	0	0	0	0	280	0	0	0	0	0
Streptotheca yamesis（扭鞘藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biddulphia sinensis（中華盒形藻）	0	0	0	280	480	0	0	0	0	120	0
Biddulphia mobiliensis（活動盒形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biddulphia aurita（長耳盒形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerataulina bergoni (柏古角管藻)	0	360	320	120	0	200	0	0	0	0	0
Synedra formosa（華麗針杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	960	1320	360	1160	2720	4040	2560	600	3320	1040	1560
Thalassinthrix frauenfeldii (优思海毛藻)	0	0	240	440	0	120	0	0	280	0	80
Thalassinthrix mediterranea（地中海海毛藻）	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	200	0	0	0	120	0	0	0	200	80	0
Pleurosigma elongatum（長斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma sp.	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0
Tropidoneis lepidoptera（鱗翅龍骨藻）	0	80	160	120	120	120	80	0	0	0	40
Nitzschia closterium (新月菱形藻)	0	0	0	80	0	0	0	0	160	80	0
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	2480	2320	600	1240	760	240	1040	1520	2840	1000	760
Nitzschia sigma（彎菱形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CYANOPHYTA（藍綠藻門）											
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）											
Trichodesmium thiedauti（纖氏束毛藻）	280	680	0	120	320	480	240	0	0	760	80
Trichodesmium erythraeum（紅海束毛藻）	0	0	120	80	0	0	0	160	200	80	120
PYRROPHYTA（甲藻門）											
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	0	0	0	560	200	120	320	0	0	0	840
Ceratium macroceros（大角角藻）	0	0	120	160	0	0	0	0	0	0	0
Protoperidinium oblongum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
Protoperidinium granii（格氏多甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyrocystis fusiformis（梭梨甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protoperidinium depressum（扁平多甲藻）	0	0	0	0	80	0	0	0	80	200	0
Protoperidinium overm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total（總豐度）	17320	27400	19880	27400	14080	18120	18920	16280	28680	19360	17480
Species no.（總類數目）	11	15	17	19	21	21	14	12	20	18	19
H'（種歧異度）	2.9	3.0	2.8	2.8	3.3	3.2	2.4	2.6	2.8	3.1	3.2

表 3-4、114 年 5 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (2/4)續

Name (1L) / Station	E1500	E1500-5	E1500-15	E2000	E2000-5	E2000-15	E3000	E3000-5	E3000-15	F0	F500	F500-5	F500-15
CHRISOPHYTA（金黃藻門）													
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）													
Melosira monilifonnis (串珠直鏈藻)	0	120	200	0	0	0	0	0	360	0	0	0	0
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	120	160	640	2360	80	1760	40	0	520	1120	600	320	640
Skeletonema costatum（骨條藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0
Thalassiosira decipiens（并基海鏈藻）	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	320	520	360	240	160	480	120	120	200	680	240	0	0
Thalassiosira sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	0	320	80	240	0	0	440	120	280	600	0	200	80
Coscinodiscus lineatus（線形圓篩藻）	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus angstii（安氏圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus radiatus（輻射列圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus sp.	0	0	0	0	120	0	0	0	0	200	80	0	0
Asteromphalus heptactis (輻圓星臍藻)	120	440	240	0	0	80	320	0	120	200	200	0	0
Corethron hystrix (小環毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	160	0
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	0	1520	640	1160	2960	0	200	1920	240	1080	1560	0	1640
Leptocylindrus danicus（丹麥細柱藻）	2920	5400	8160	7040	8240	4440	3440	1880	1320	760	1360	6560	8320
Leptocylindrus minimus（小細柱藻）	240	320	0	0	0	280	440	120	200	320	0	160	280
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320	1080	120	680
Rhizosolenia delicatula（柔弱根管藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia stolterfothii（斯拖根管藻）	0	0	240	640	360	320	560	120	280	360	840	240	80
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯魯變種）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia sp.	0	120	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros densus	200	80	200	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0
Chaetoceros decipiens (并基角刺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	9520	3960	4840	8200	1720	1080	3560	2840	1160	12560	6480	3520	1680
Chaetoceros didymus（雙突角毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0
Chaetoceros didymus f. protuberans（雙突角毛藻隆起變型）	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros constricus（縊縮角毛藻）	0	0	0	0	0	120	80	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角刺藻）	3320	1680	760	1520	2560	3000	3560	5240	2600	3520	5240	1040	2680
Eucampia cornuta（長角彎角藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Streptotheca yamesis（扭鞘藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	280	120	0
Biddulphia sinensis（中華盒形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biddulphia mobiliensis（活動盒形藻）	160	440	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	360
Biddulphia aurita（長耳盒形藻）	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0
Cerataulina bergoni (柏古角管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Synedra formosa（華麗針杆藻）	80	40	0	0	0	0	0	0	0	120	40	0	80
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	240	640	1640	3800	6480	880	3000	600	1560	3720	3440	2840	2560
Thalassinthrix frauenfeldii (优恩海毛藻)	0	120	0	0	0	280	440	240	360	80	0	0	320
Thalassinthrix mediterranea（地中海海毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	0	240	240	0	0	40	360	440	0	0	0	0	0
Pleurosigma elongatum（長斜紋藻）	0	0	0	120	80	0	0	0	0	0	0	160	0
Pleurosigma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	80	80	0	0	0
Tropidoneis lepidoptera（鱗翅龍骨藻）	160	240	0	0	80	120	0	0	160	80	280	80	200
Nitzschia closterium (新月菱形藻)	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	120	80	0
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	3320	3080	1840	1160	1640	1320	2080	720	1480	1120	2480	560	720
Nitzschia sigma（彎菱形藻）	80	120	120	0	0	0	0	0	0	160	80	0	0
CYANOPHYTA（藍綠藻門）													
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）													
Trichodesmium thiedauti（鐵氏束毛藻）	240	0	120	0	0	160	280	480	0	0	0	0	0
Trichodesmium erythraeum（紅海束毛藻）	320	0	0	0	240	240	120	80	0	160	80	40	0
PYRROPHYTA（甲藻門）													
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	760	120	320	440	280	680	0	240	480	360	160	120	320
Ceratium macroceros（大角角藻）	200	80	0	0	0	0	0	0	0	0	240	200	0
Protoperidinium oblongum	120	0	0	0	0	160	80	40	0	0	0	0	0
Protoperidinium granii（格氏多甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	80	0
Pyrocystis fusiformis（梭梨甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	160	280	0	0	0
Protoperidinium depressum（扁平多甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protoperidinium overm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.0	0.0
Total（總豐度）	22560	19760	20680	27040	25000	15440	19360	15320	11560	28240	25240	16880	20640
Species no.（總類數目）	20	22	18	14	14	18	20	17	18	24	23	21	16
H'（種歧異度）	2.7	3.2	2.8	2.8	2.6	3.2	3.3	2.9	3.5	3.0	3.3	2.8	2.9

表 3-4、114 年 5 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (3/4)續

Name (1L) / Station	F1000	F1000-5	F1000-15	F1500	F1500-5	F1500-15	F2000	F2000-5	F2000-15	F3000	F3000-5	F3000-15
CHRISOPHYTA（金黃藻門）												
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）												
Melosira monilifonnis (串珠直鏈藻)	0	0	0	240	0	0	0	0	0	0	0	0
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	1000	760	1720	2840	40	40	640	2360	120	160	640	1160
Skeletonema costatum（骨條藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thalassiosira decipiens（并基海鏈藻）	0	0	0	0	0	0	0	120	80	0	0	0
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	120	0	960	360	560	80	0	520	880	0	200	280
Thalassiosira sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	0	0	40	160	160	120	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus lineatus（線形圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus angstii（安氏圓篩藻）	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus radiatus（輻射列圓篩藻）	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus sp.	0	40	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asteromphalus heptactis (橢圓星臍藻)	160	0	0	0	0	0	120	240	0	80	0	0
Corethron hystrix (小環毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	2360	2920	1160	0	1480	1840	1000	720	360	1000	0	280
Leptocylindrus danicus（丹麥細柱藻）	6760	5280	6160	8280	5760	12640	7320	10480	5520	6600	10840	4760
Leptocylindrus minimus（小細柱藻）	120	440	600	0	0	0	0	280	80	280	0	120
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	0	0	200	280	0	0	0	0	0	0	120	80
Rhizosolenia delicatula（柔弱根管藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia stolterfothii（斯拖根管藻）	240	680	0	0	0	920	200	560	280	280	720	240
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯魯變種）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia sp.	0	0	0	80	160	120	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros densus	0	0	0	0	0	40	240	160	0	0	0	0
Chaetoceros decipiens (并基角刺藻)	200	120	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	2360	1040	1520	5360	8280	6480	3000	3800	5400	3560	6320	13040
Chaetoceros didymus（雙突角毛藻）	0	0	0	0	360	0	0	0	0	0	0	40
Chaetoceros didymus f. protuberans（雙突角毛藻隆起變型）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros constricus（縊縮角毛藻）	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角刺藻）	360	640	1400	280	0	640	0	1080	1640	0	320	1160
Eucampia cornuta（長角彎角藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Streptotheca yamesis（扭鞘藻）	200	280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biddulphia sinensis（中華盒形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biddulphia mobiliensis（活動盒形藻）	80	0	0	120	120	280	0	0	0	0	0	0
Biddulphia aurita（長耳盒形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerataulina bergoni (柏古角管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	240	80	80	0
Synedra formosa（華麗針杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	1400	2640	1120	3320	1640	640	1000	280	1080	1400	4320	1000
Thalassinthrix frauenfeldii (优思海毛藻)	320	120	160	40	200	360	440	120	0	0	0	0
Thalassinthrix mediterranea（地中海海毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	0	80	320	120	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma elongatum（長斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tropidoneis lepidoptera（鱗翅龍骨藻）	0	0	160	120	120	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia closterium (新月菱形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	760	1000	1720	880	1240	280	760	2760	1120	2840	1360	360
Nitzschia sigma（彎菱形藻）	40	0	0	120	0	0	0	0	80	80	0	0
CYANOPHYTA（藍綠藻門）												
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）												
Trichodesmium thiedauti（纖氏束毛藻）	0	0	360	360	640	0	120	320	0	0	0	0
Trichodesmium erythraeum（紅海束毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PYRROPHYTA（甲藻門）												
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	0	160	600	120	120	240	0	0	960	760	1320	640
Ceratium macroceros（大角角藻）	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protoperidinium oblongum	0	0	0	0	80	120	0	80	80	160	0	0
Protoperidinium granii（格氏多甲藻）	0	0	0	0	0	0	160	40	80	80	80	80
Pyrocystis fusiformis（梭梨甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protoperidinium depressum（扁平多甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protoperidinium overm	120.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total（總豐度）	16600	16280	18480	23120	21000	24920	15000	23920	18000	17360	26320	23240
Species no.（總類數目）	17	16	18	19	17	17	12	17	16	14	12	14
H'（種歧異度）	2.8	3.0	3.3	2.7	2.6	2.2	2.4	2.7	2.8	2.6	2.4	2.1

表 3-4、114 年 5 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (4/4)續

Name (1L) / Station	F5000	F5000-5	F5000-15	R0	R500	R1000	R1500	R2000	Mean	SE	RA
CHRISOPHYTA（金黃藻門）											
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）											
Melosira monilifonnis (串珠直鏈藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	35	15	0.19
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	1400	80	520	2160	1840	880	120	1400	874	117	4.63
Skeletonema costatum（骨條藻）	0	0	0	0	0	0	0	80	17	11	0.09
Thalassiosira decipiens（并基海鏈藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4	0.04
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	440	240	0	320	0	80	320	0	249	36	1.32
Thalassiosira sp.	80	0	0	120	120	0	0	0	9	4	0.05
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	0	0	0	0	160	80	0	80	83	20	0.44
Coscinodiscus lineatus（線形圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	11	7	0.06
Coscinodiscus angstii（安氏圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.00
Coscinodiscus radiatus（輻射列圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	0.02
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	80	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0.01
Coscinodiscus sp.	0	0	160	0	0	0	80	120	37	10	0.20
Asteromphalus heptactis (橢圓星臍藻)	0	160	280	280	0	0	80	200	99	18	0.53
Corethron hystrix (小環毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0.03
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	720	2880	1520	320	0	80	200	320	972	137	5.15
Leptocylindrus danicus（丹參細柱藻）	3840	2960	1280	720	360	1080	1840	1520	5273	489	27.95
Leptocylindrus minimus（小細柱藻）	0	0	0	200	40	280	0	0	130	24	0.69
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	175	54	0.93
Rhizosolenia delicatula（柔弱根管藻）	0	0	0	0	0	200	0	0	5	5	0.02
Rhizosolenia stolterfothii（斯拖根管藻）	1280	200	320	0	0	0	0	0	260	46	1.38
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯魯變種）	0	0	0	0	0	0	0	0	11	8	0.06
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0.01
Rhizosolenia sp.	0	0	0	80	80	80	0	0	26	8	0.14
Chaetoceros densus	0	0	0	0	0	0	0	0	24	9	0.13
Chaetoceros decipiens (并基角刺藻)	0	160	40	0	0	0	0	0	28	9	0.15
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	5320	3440	1160	2280	8160	3240	600	0	4300	479	22.80
Chaetoceros didymus（雙突角毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	32	15	0.17
Chaetoceros didymus f. protuberans（雙突角毛藻隆起變型）	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0.01
Chaetoceros constricus（縊縮角毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	15	7	0.08
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角刺藻）	1320	0	680	3800	240	200	0	0	1826	224	9.68
Eucampia cornuta（長角彎角藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0.03
Streptotheca yamesis（扭鞘藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	25	11	0.13
Biddulphia sinensis（中華盒形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	20	13	0.11
Biddulphia mobiliensis（活動盒形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	40	15	0.21
Biddulphia aurita（長耳盒形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0.02
Cerataulina bergoni (柏古角管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	32	13	0.17
Synedra formosa（華麗針杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	0.04
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	3640	1760	720	2520	2840	1840	760	1000	1954	203	10.36
Thalassinthrix frauenfeldii (优思海毛藻)	0	0	0	0	120	0	0	0	111	22	0.59
Thalassinthrix mediterranea（地中海海毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0.01
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	55	17	0.29
Pleurosigma elongatum（長斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	8	5	0.04
Pleurosigma sp.	0	0	0	80	0	0	0	0	7	4	0.04
Tropidoneis lepidoptera（鱗翅龍骨藻）	0	0	0	80	80	40	0	0	62	11	0.33
Nitzschia closterium (新月菱形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	13	5	0.07
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	680	240	600	80	680	120	320	240	1235	132	6.55
Nitzschia sigma（彎菱形藻）	120	0	0	0	0	0	0	0	23	7	0.12
CYANOPHYTA（藍綠藻門）											
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）											
Trichodesmium thiedauti（鐵氏束毛藻）	0	0	0	320	480	360	480	120	177	33	0.94
Trichodesmium erythraeum（紅海束毛藻）	0	0	0	0	0	240	80	0	54	13	0.28
PYRROPHYTA（甲藻門）											
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	320	2840	1040	360	720	920	280	840	422	76	2.24
Ceratium macroceros（大角角藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	25	9	0.13
Protoperidinium oblongum	80	0	0	0	0	0	0	0	25	7	0.13
Protoperidinium granii（格氏多甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	16	6	0.09
Pyrocystis fusiformis（梭梨甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	10	7	0.05
Protoperidinium depressum（扁平多甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	8	5	0.04
Protoperidinium overm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	3.2	0.02
Total（總豐度）	19320	14960	8320	13720	15920	9720	5160	5920	18862	862	100.00
Species no.（總類數目）	14	11	12	16	14	16	12	11	17	1	
H'（種歧異度）	2.9	2.7	3.3	3.0	2.3	3.0	2.9	2.8	2.9	0.1	

表 3-5、114 年 8 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (1/4)續

Name (1L) / Station	A500	A1000	A1500	A2000	B0	B500	B1000	B1500	B2000	C0	C500	C1000	C1500	C2000	C5000
CHRISOPHYTA（金黃藻門）															
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）															
Melosira monilifonnis（串珠直鏈藻）	2200	880	2720	2200	480	0	120	160	0	160	0	680	200	1000	80
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	520	0	440	200	840	1000	0	0	80	480	720	0	0	0	0
Melosira sp.	1040	320	0	0	0	120	480	80	0	120	0	120	0	80	0
Skeletonema costatum（骨條藻）	0	0	0	0	120	80	0	0	120	0	0	120	0	0	0
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	840	280	0	120	480	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thalassiosira sp.	0	200	0	0	240	80	0	0	0	0	0	0	0	160	40
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	160	0	320	0	0	0	0	0	160	440	960	360	440	0	0
Coscinodiscus anguste-lineatus（狹線形圓篩藻）	120	0	80	120	0	0	200	120	0	0	80	120	0	160	1000
Coscinodiscus angstii（安氏圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	240	0	0	0	0	0	0	0	80
Coscinodiscus marginatus(寬邊圓篩藻)	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	0	80	0	0	0	80	0	80	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus jonesianus v. commutata（瓊氏圓篩藻小形變種）	280	0	0	80	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus sp.	0	0	0	0	0	80	0	0	80	0	0	160	0	40	80
Asteromphalus heptactis(輻圍星臍藻)	0	120	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	3640	3400	4640	3800	1120	2440	1360	1960	2920	4520	2720	1160	1400	3560	2480
Leptocylindrus danicus（丹麥細柱藻）	4480	5800	3960	2240	5320	2720	3960	3120	1160	3920	2680	2760	4040	3840	3240
Leptocylindrus minimus（小細柱藻）	1400	480	1400	520	0	120	0	480	0	880	520	240	480	0	0
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	80	0	600	0	0	480	0	80	120	0	0	0	0	0	1320
Rhizosolenia delicatula（柔弱根管藻）	0	520	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia stolterfothii（斯拖根管藻）	6760	3160	1280	1640	1040	720	1080	720	0	1000	3040	2760	4480	2520	960
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯魯變種）	0	80	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia setigera(刚毛根管藻)	120	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia alata f. gracillima（翼根管藻纖細變型）	0	0	0	0	600	120	0	80	120	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia sp.	80	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	80	80	80	0
Bacteriastrum delicatulum（優美輻杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bacteriastrum sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros densus	0	80	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros lorenzianus（洛氏角刺藻）	0	0	0	0	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	960	240	440	0	0	600	1520	1000	1480	1360	1040	0	280	0	0
Chaetoceros didymus（雙突角毛藻）	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros subsecundus（罩孢角毛藻）	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角刺藻）	600	0	480	0	0	0	320	0	1960	0	680	0	0	320	200
Chaetoceros socialis(聚生角刺藻)	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros sp.	280	0	0	240	440	120	0	320	0	0	240	0	280	360	0
Streptotheca yamesis（扭鞘藻）	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ditylum brightwellii（布氏雙尾藻）	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
Biddulphia sinensis（中華盒形藻）	0	0	0	0	640	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biddulphia sp.	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fragilaria cylindrus（柱狀脆杆藻）	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	80	0	0
Synedra formosa（華麗針杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	8080	4640	3520	3840	8600	5560	6080	3680	3040	4360	4560	6640	2480	1720	760
Thalassinthrix frauenfeldii(佛恩海毛藻)	840	0	1040	600	920	0	360	520	0	0	880	0	240	0	240
Thalassiothrix sp.	0	400	120	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asterionella japonica（日本星杆藻）	0	0	0	0	760	0	280	0	0	0	0	0	0	0	0
Achnanthes logipes（長柄曲壺藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	0	0	120	0	0	0	160	0	0	80	0	0	0	160	0
Pleurosigma elongatum（長斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	120	80	120	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma normanii（諾馬斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma angulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0
Pleurosigma sp.	0	0	0	0	120	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0
Navicula membranacea（膜狀舟形藻）	0	240	0	0	400	0	200	160	0	0	200	0	0	80	0
Tropidoneis lepidoptera（鱗翅龍骨藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia seriata（成列菱形藻）	0	0	80	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	3800	4440	2680	3840	4200	2440	3000	1720	880	2480	1080	680	1160	1760	520
Nitzschia sigma（彎菱形藻）	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia sp.	0	0	0	0	440	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CYANOPHYTA（藍綠藻門）															
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）															
Trichodesmium thiedauti（鐵氏束毛藻）	0	0	0	0	360	0	120	80	0	160	0	0	240	0	0
Trichodesmium erythraeum（紅海束毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	200
PYRROPHYTA（甲藻門）															
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	960	520	360	0	1040	600	280	0	0	1400	1120	1240	600	0	0
Ceratium macroceros（大角角藻）	0	0	0	0	400	240	200	0	120	160	200	0	0	0	80
Protoperidinium granii（格氏多甲藻）	0	80	0	0	120	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0
Ceratium furca（叉角藻）	0	80	80	0	0	0	0	120	0	280	0	0	0	0	0
Protoperidinium depressum（扁平多甲藻）	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	120	0	240	240	0
Pyrocystis fusiformis（梭梨甲藻）	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protoperidinium thorianum（方格多甲藻）	0	0	0	0	80	0	320	160	0	40	200	0	0	0	0
Prorocentrum sp.	0	0	0	0	200	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0
Total（總豐度）	37240	26120	24440	19720	30240	18160	20680	14720	12440	22040	21040	17120	16920	16200	11360
Species no.（總類數目）	21	22	20	16	31	24	23	20	15	19	18	14	17	17	16
H'（種歧異度）	3.5	3.2	3.4	3.1	3.7	3.2	3.3	3.2	2.9	3.2	3.5	2.7	3.1	3.0	3.0

表 3-5、114 年 8 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (2/4)續

Name (1L) / Station	D500	D1000	D1500	D2000	E0	E500	E500-5	E500-15	E1000	E1000-5	E1000-15	E1500	E1500-5	E1500-15	E2000	E2000-5	E2000-15
CHRISOPHYTA（金黃藻門）																	
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）																	
Melosira monilifonnis（串珠直鏈藻）	2880	920	2640	760	600	1680	360	1320	960	720	960	120	560	360	1280	720	1640
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	520	200	0	0	720	80	0	0	80	0	0	80	0	0	0	200	0
Melosira sp.	0	0	280	0	360	0	120	200	0	0	0	0	0	40	200	0	80
Skeletonema costatum（骨條藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	320	200	560	320	1320	240	360	600	0	120	160	240	200	0	0	280	440
Thalassiosira sp.	0	0	80	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	160	720	120	120	80	0	80	0	40	80	0	0	0	0	0	0	80
Coscinodiscus anguste-lineatus（狹線形圓篩藻）	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	120	0	0	200	80
Coscinodiscus angstii（安氏圓篩藻）	120	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus marginatus(寬邊圓篩藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus jonesianus v. commutata（瓊氏圓篩藻小形變種）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus sp.	80	80	0	160	200	120	80	0	160	240	0	0	240	80	120	160	160
Asteromphalus heptactis(輻圓星臍藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	4720	2720	1320	2080	3680	3160	2360	1360	4240	4760	5400	2760	2480	4280	5640	2600	1280
Leptocylindrus danicus（丹麥細柱藻）	3960	2840	2320	2480	9320	8240	7800	8080	4680	2360	7320	1320	2480	4560	5000	4760	4920
Leptocylindrus minimus（小細柱藻）	0	0	0	280	920	760	1000	720	120	0	960	240	320	200	0	0	120
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	280	200	0	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia delicatula（柔弱根管藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia stolterfothii（斯拖根管藻）	1680	1000	640	480	0	1960	240	1080	5560	4200	3440	3760	4520	8160	3480	4960	2760
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯賓變種）	120	0	0	0	0	200	120	0	0	240	360	0	200	0	480	120	0
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	200	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia setigera（刚毛根管藻）	0	0	80	80	0	0	0	80	0	0	0	0	160	80	0	0	0
Rhizosolenia alata f. gracillima（翼根管藻纖細變型）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia sp.	160	0	0	0	0	160	40	80	120	0	0	160	160	0	200	0	0
Bacteriastrum delicatulum（優美輻杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bacteriastrum sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros densus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros lorenzianus（洛氏角刺藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	360	640	1000	120	960	920	360	440	0	0	360	720	960	120	320	280	0
Chaetoceros didymus（雙突角毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros subsecundus（異孤角毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角刺藻）	1120	520	240	360	0	440	200	320	320	0	480	240	200	120	0	0	560
Chaetoceros socialis(聚生角刺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros sp.	0	280	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Streptotheca yamesis（扭鞘藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ditylum brightwellii（布氏雙尾藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biddulphia sinensis（中華盒形藻）	0	0	0	0	0	80	0	0	0	120	80	0	0	0	80	0	0
Biddulphia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fragilaria cylindrus（柱狀脆杆藻）	0	0	0	0	0	80	200	0	0	0	160	320	0	0	0	200	120
Synedra formosa（華麗針杆藻）	0	0	0	0	80	0	80	80	120	0	0	0	0	80	80	0	0
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	4320	9320	2760	3680	4720	6120	2640	3640	1520	4840	8160	4520	3840	4200	3040	2560	920
Thalassinthrix frauenfeldii(佛恩海毛藻)	0	600	0	0	600	920	0	0	160	120	0	0	0	0	640	0	0
Thalassiothrix sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asterionella japonica（日本星杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	120	160	0	0	240
Achnanthes logipes（長柄曲壺藻）	0	0	0	0	0	160	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	240	480	0	0	120	80	0	0	80	0	0	0	240	200	120	0	0
Pleurosigma elongatum（長斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma normanii（諾馬斜紋藻）	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma angulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma sp.	0	0	120	200	0	80	0	0	0	0	0	120	0	0	80	0	0
Navicula membranacea（膜狀舟形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tropidoneis lepidoptera（鱗翅龍骨藻）	0	0	0	0	0	80	0	0	0	120	160	0	0	0	0	0	0
Nitzschia seriata（成列菱形藻）	0	0	0	0	160	80	0	0	160	120	0	200	0	0	80	0	0
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	2960	2240	960	2480	5360	4320	4440	3320	1880	920	640	3640	1760	720	2480	1360	1160
Nitzschia sigma（彎菱形藻）	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CYANOPHYTA（藍綠藻門）																	
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）																	
Trichodesmium thiedauti（鐵氏束毛藻）	0	200	0	0	0	200	120	0	0	120	0	0	0	80	0	0	160
Trichodesmium erythraeum（紅海束毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PYRROPHYTA（甲藻門）																	
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	0	120	480	200	2600	960	520	1120	1320	760	200	120	1040	280	1640	720	240
Ceratium macroceros（大角角藻）	0	0	0	0	0	80	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	120
Protoperidinium granii（格氏多甲藻）	0	0	0	0	80	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratium furca（叉角藻）	0	0	0	0	160	80	120	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0
Protoperidinium depressum（扁平多甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyrocystis fusiformis（綾梨甲藻）	0	0	0	0	120	80	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0
Protoperidinium thorianum（方格多甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prorocentrum sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total（總豐度）	24080	23480	13800	14400	32320	31360	21400	22520	21640	20080	28840	18600	19600	23760	24960	19120	15080
Species no.（總類數目）	18	19	16	18	21	27	22	16	19	18	15	17	18	18	18	14	18
H'（種歧異度）	3.2	3.1	3.3	3.2	3.2	3.3	2.9	2.9	3.0	2.9	2.7	3.0	3.3	2.6	3.1	2.9	3.1

表 3-5、114 年 8 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (3/4)續

Name (1L) / Station	E3000	E3000-5	E3000-15	F0	F500	F500-5	F500-15	F1000	F1000-5	F1000-15	F1500	F1500-5	F1500-15	F2000	F2000-5	F2000-15
CHRISOPHYTA（金黃藻門）																
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）																
Melosira monilifonnis（串珠直鏈藻）	920	80	600	0	0	0	320	480	0	0	0	1040	1240	0	0	200
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	0	0	0	1000	1360	80	0	0	1360	280	240	360	0	480	120	0
Melosira sp.	0	0	0	0	80	0	200	0	0	0	0	120	40	0	0	80
Skeletonema costatum（骨條藻）	0	0	0	0	80	0	0	240	680	0	0	320	0	0	0	120
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	240	200	320	720	200	160	760	120	0	0	0	840	960	0	200	720
Thalassiosira sp.	0	0	0	0	160	160	120	0	80	240	80	0	0	160	120	0
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	120	0	0	280	0	160	0	480	0	0	200	120	0	0	0	80
Coscinodiscus anguste-lineatus（狹線形圓篩藻）	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus angstii（安氏圓篩藻）	0	0	0	160	80	40	0	0	0	200	160	120	0	0	0	0
Coscinodiscus marginatus(寬邊圓篩藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus jonesianus v. commutata（瓊氏圓篩藻小形變種）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus sp.	200	0	0	80	80	80	320	280	160	0	0	0	80	80	280	120
Asteromphalus heptactis（橢圓星臍藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	960	600	1120	2720	840	4200	2920	2360	3080	360	2760	3240	5240	2280	2360	4120
Leptocylindrus danicus（丹麥細柱藻）	3840	2920	2640	4760	12800	9800	7560	6520	4760	8080	6600	5880	1760	3840	2680	1520
Leptocylindrus minimus（小細柱藻）	0	560	320	2320	1680	0	0	1560	640	80	0	0	0	1640	240	1120
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	0	0	0	0	0	120	320	0	0	0	0	560	0	280	0	0
Rhizosolenia delicatula（柔弱根管藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia stolterfothii（斯拖根管藻）	3520	0	0	1680	0	2040	1960	120	0	0	0	1880	0	0	200	0
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯魯變種）	80	0	0	360	200	0	0	0	240	120	480	280	0	0	0	200
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	0	0	0	0	0	120	120	0	0	0	0	160	0	0	0
Rhizosolenia setigera（刚毛根管藻）	160	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia alata f. gracillima（翼根管藻纖細變型）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia sp.	120	80	0	0	0	160	120	80	0	0	0	0	40	80	80	0
Bacteriastrum delicatulum（優美輻杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0
Bacteriastrum sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	40	0	0	120	160	0
Chaetoceros densus	0	0	0	0	80	160	0	0	240	0	0	0	120	120	0	0
Chaetoceros lorenzianus（洛氏角刺藻）	0	0	0	400	240	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	0	240	240	0	0	480	520	680	200	360	320	0	0	0	440	400
Chaetoceros didymus（雙突角毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros subsecundus（葛孢角毛藻）	0	0	0	0	0	120	160	120	0	0	0	80	240	360	0	160
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角刺藻）	0	0	600	0	120	240	0	0	680	240	960	720	1160	1360	0	0
Chaetoceros socialis(聚生角刺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros sp.	0	0	0	0	0	0	80	0	0	320	320	0	0	0	0	560
Streptotheca yamesis（扭鞘藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ditylum brightwellii（布氏雙尾藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biddulphia sinensis（中華盒形藻）	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biddulphia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fragilaria cylindrus（柱狀脆杆藻）	80	0	200	0	0	80	0	0	0	0	200	160	0	0	0	0
Synedra formosa（華麗針杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	3760	2200	3280	9480	8560	7880	6480	6160	5520	6360	3760	3280	3440	2360	3040	3080
Thalassinthrix frauenfeldii(佛恩海毛藻)	0	0	0	600	0	240	440	0	0	320	960	0	0	360	560	0
Thalassiothrix sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asterionella japonica（日本星杆藻）	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Achnanthes logipes（長柄曲壺藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	0	120	0	0	0	0	0	0	0	120	120	0	0	0	480	0
Pleurosigma elongatum（長斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	160	0	0	240	0	240	0	0	0	0
Pleurosigma normanii（諾馬斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma angulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma sp.	0	80	0	200	360	480	0	120	120	0	160	0	0	0	0	200
Navicula membranacea（膜狀舟形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tropidoneis lepidoptera（鱗翅龍骨藻）	80	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia seriata（成列菱形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	280	880	600	3520	7640	1400	3640	2880	1800	2640	3440	2560	2960	1400	3440	4960
Nitzschia sigma（彎菱形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia sp.	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	480	0	0	120
CYANOPHYTA（藍綠藻門）																
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）																
Trichodesmium thiedauti（纖氏束毛藻）	120	0	0	0	0	160	480	0	0	0	120	0	0	200	320	0
Trichodesmium erythraeum（紅海束毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PYRROPHYTA（甲藻門）																
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	120	120	360	600	0	320	520	0	200	280	560	160	0	320	720	0
Ceratium macroceros（大角角藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protoperidinium granii（格氏多甲藻）	0	0	0	0	80	200	0	0	0	0	80	0	160	120	0	0
Ceratium furca（叉角藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protoperidinium depressum（扁平多甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyrocystis fusiformis（梭梨甲藻）	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protoperidinium thorianum（方格多甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prorocentrum sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total（總豐度）	14800	8160	10680	28880	34800	28960	27200	22320	19760	20400	21560	22040	18080	15560	15440	17760
Species no.（總類數目）	17	13	15	16	19	24	20	16	15	17	20	20	15	18	17	17
H'（種歧異度）	2.8	2.7	3.0	3.1	2.5	2.8	3.1	2.8	2.9	2.5	3.1	3.3	2.9	3.3	3.2	3.0

表 3-5、114 年 8 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (4/4)續

Name (1L) / Station	F3000	F3000-5	F3000-15	F5000	F5000-5	F5000-15	R0	R500	R1000	R1500	R2000	Mean	SE	RA
CHRISOPHYTA（金黃藻門）														
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）														
Melosira monilifonnis (串珠直鏈藻)	720	120	200	0	240	240	0	280	360	120	80	620	96	3.11
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	0	320	120	720	0	560	0	80	120	0	0	226	45	1.13
Melosira sp.	0	0	0	0	0	0	80	80	0	80	0	75	21	0.37
Skeletonema costatum（骨條藻）	440	0	120	0	200	160	0	0	0	0	0	47	16	0.24
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	240	120	200	280	440	0	240	480	0	200	0	249	38	1.25
Thalassiosira sp.	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	37	9	0.18
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	0	0	120	280	80	120	120	80	0	0	80	113	24	0.56
Coscinodiscus anguste-lineatus（狹線形圓篩藻）	0	120	80	0	0	0	0	0	80	40	80	51	18	0.25
Coscinodiscus angstii（安氏圓篩藻）	0	0	360	240	80	200	0	0	0	0	0	38	10	0.19
Coscinodiscus marginatus(寬邊圓篩藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.01
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0.02
Coscinodiscus jonesianus v. commutata（瓊氏圓篩藻小形變種）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	5	0.04
Coscinodiscus sp.	0	0	80	160	240	0	160	280	0	80	0	86	12	0.43
Asteromphalus heptactis (轡圓星臍藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0.02
Lauderia borealis（環紋帶德藻）	880	1880	7320	4200	2760	2840	520	1000	2640	360	1120	2723	195	13.63
Leptocylindrus danicus（丹麥細柱藻）	8080	5880	1360	3840	4200	2720	2840	1000	1320	2760	3440	4391	318	21.99
Leptocylindrus minimus（小細柱藻）	0	0	0	760	200	0	0	80	120	0	560	407	70	2.04
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	520	80	240	0	840	0	0	0	0	960	0	126	35	0.63
Rhizosolenia delicatula（柔弱根管藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	0.04
Rhizosolenia stolterfothii（斯拖根管藻）	920	2480	600	2960	1320	0	720	960	0	120	640	1715	240	8.59
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯魯變種）	320	0	0	0	0	240	0	0	80	120	0	80	17	0.40
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	15	6	0.07
Rhizosolenia setigera (剛毛根管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5	0.08
Rhizosolenia alata f. gracillima（翼根管藻纖細變型）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	11	0.08
Rhizosolenia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	8	0.20
Bacteriastrum delicatulum（優美輻杆藻）	160	120	120	0	0	0	200	120	80	80	0	16	6	0.08
Bacteriastrum sp.	0	0	0	0	80	80	0	0	0	0	80	12	5	0.06
Chaetoceros densus	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	6	0.08
Chaetoceros lorenzianus（洛氏角刺藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	10	0.10
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	240	200	320	0	0	0	160	680	240	760	80	391	53	1.96
Chaetoceros didymus（雙突角毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.01
Chaetoceros subsecundus（冕孢角毛藻）	0	0	120	0	0	120	200	0	0	0	0	30	9	0.15
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角刺藻）	360	560	280	720	240	360	0	0	0	0	0	310	52	1.55
Chaetoceros socialis(聚生角刺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	0.03
Chaetoceros sp.	200	0	0	0	0	0	0	360	120	600	360	96	21	0.48
Streptotheca yamesis（扭鞘藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.01
Ditylum brightwellii（布氏雙尾藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0.01
Biddulphia sinensis（中華盒形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	11	0.10
Biddulphia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0.01
Fragilaria cylindrus（柱狀脆杆藻）	0	120	0	0	120	0	0	0	0	0	0	38	10	0.19
Synedra formosa（華麗針杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3	0.04
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	3760	3440	4920	4320	2760	960	720	1320	2480	3640	3440	4216	281	21.11
Thalassinthrix frauenfeldii(佛恩海毛藻)	120	120	0	0	560	0	0	200	0	0	0	223	41	1.12
Thalassiothrix sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	7	0.05
Asterionella japonica（日本星杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	14	0.15
Achnanthes logipes（長柄曲壺藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0.02
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	560	280	0	0	0	0	0	80	240	720	120	83	20	0.42
Pleurosigma elongatum（長斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	7	0.08
Pleurosigma normanii（諾馬斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0.01
Pleurosigma angulatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0.02
Pleurosigma sp.	160	120	0	0	0	0	0	0	0	120	0	49	12	0.25
Navicula membranacea（膜狀舟形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	9	0.11
Tropidoneis lepidoptera（鱗翅龍骨藻）	0	0	0	0	0	0	80	200	120	0	0	16	6	0.08
Nitzschia seriata（成列菱形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	6	0.08
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	3960	3440	4120	3840	960	320	760	960	720	2480	1400	2412	197	12.08
Nitzschia sigma（彎菱形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0.02
Nitzschia sp.	0	0	0	0	280	0	0	0	0	0	0	25	12	0.13
CYANOPHYTA（藍綠藻門）														
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）														
Trichodesmium thiedauti（纖氏束毛藻）	0	0	0	0	0	0	240	0	0	0	320	64	14	0.32
Trichodesmium erythraeum（紅海束毛藻）	0	0	0	0	0	0	480	0	0	120	0	16	9	0.08
PYRROPHYTA（甲藻門）														
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	200	0	0	720	120	0	2480	1640	520	320	1160	540	77	2.71
Ceratium macroceros（大角角藻）	0	0	0	0	0	0	360	0	120	160	0	39	11	0.20
Protoperidinium granii（格氏多甲藻）	0	160	320	240	0	0	200	240	0	0	0	37	10	0.19
Ceratium furca（叉角藻）	0	0	0	0	0	0	280	480	0	0	0	29	11	0.15
Protoperidinium depressum（扁平多甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	6	0.06
Pyrocystis fusiformis（梭梨甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	5	0.06
Protoperidinium thorianum（方格多甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	7	0.07
Prorocentrum sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0.03
Total（總豐度）	21960	19560	21160	23280	15720	9000	10840	10600	9360	13840	12960	19969	849	100.00
Species no.（總類數目）	19	18	20	14	19	14	19	21	16	20	15	18	1	
H'（種歧異度）	3.0	2.9	2.8	3.1	3.2	2.8	3.4	3.8	3.0	3.2	3.0	3.1	0.1	

表 3-6、114 年 11 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (1/4)續

Name (1L) / Station	D500	D1000	D1500	D2000	E0	E500	E500-5	E500-15	E1000	E1000-5	E1000-15
CHRISOPHYTA（金黃藻門）											
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）											
Melosira monilifonnis (串珠直鏈藻)	0	0	0	320	480	0	160	200	0	360	0
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	0	320	680	360	1040	120	1640	720	0	280	440
Melosira sp.	840	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Skeletonema costatum（骨條藻）	0	1160	520	320	160	0	680	360	840	120	1000
Thalassiosira gravida（鼓脹海鏈藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	0	0	0	0	400	200	360	0	840	520	320
Thalassiosira sp.	0	0	160	120	0	0	0	120	0	0	0
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	80	0	0	0	360	200	120	0	280	480	240
Coscinodiscus anguste-lineatus（狹線形圓篩藻）	120	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	120	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus jonesianus v. commutata（瓊氏圓篩藻小形變種）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus sp.	0	0	0	0	0	0	40	80	0	0	0
Asteromphalus heptactis (橢圓星臍藻)	0	0	560	0	880	0	0	0	0	0	0
Corethron hystrix (小環毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	200	320	0
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	2600	1720	3280	640	920	560	3640	1040	1320	280	600
Leptocylindrus danicus（丹麥細柱藻）	360	880	520	1080	1640	600	1160	1280	680	480	360
Leptocylindrus minimus（小細柱藻）	0	0	0	80	0	0	80	80	0	0	0
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	1000	1360	0	0	240	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia delicatula（柔弱根管藻）	360	80	0	520	840	1040	0	1400	1760	680	1160
Rhizosolenia stolterfothii（斯拖根管藻）	1000	0	0	0	320	360	0	0	0	0	0
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯魯變種）	0	0	0	0	0	0	0	240	160	0	0
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	0	0	0	120	200	0	0	0	0	0
Rhizosolenia setigera (剛毛根管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia alata f. gracillima（翼根管藻纖細變型）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0
Rhizosolenia sp.	0	0	120	80	0	0	80	0	40	0	0
Bacteriastrum delicatulum（優美輻杆藻）	0	0	0	0	120	120	80	0	0	0	0
Bacteriastrum sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros densus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros decipiens (并基角刺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
Chaetoceros lorenzianus（洛氏角刺藻）	0	120	200	0	0	0	0	280	0	0	0
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	1160	320	720	1440	1040	1240	280	1080	560	5680	3400
Chaetoceros subsecundus（冕孢角毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros seiracanthus（鏈刺角毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角刺藻）	1040	3800	440	960	1480	720	1680	2440	3000	2600	3640
Chaetoceros sp.	0	0	200	0	0	0	200	240	0	0	0
Ditylum brightwellii（布氏雙尾藻）	0	0	0	280	160	120	0	0	0	360	600
Biddulphia aurita（長耳盒形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biddulphia sp.	0	0	0	0	80	0	0	120	120	0	160
Fragilaria cylindrus（柱狀脆杆藻）	0	0	0	0	0	0	120	360	200	480	120
Fragilaria oceanica (海洋脆杆藻)	0	0	0	280	240	200	0	0	0	0	160
Synedra formosa（華麗針杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	1000	1360	760	320	1440	3080	4080	3800	1720	1120	4560
Thalassinthrix frauenfeldii (优恩海毛藻)	0	0	120	200	0	280	440	0	120	200	0
Asterionella japonica（日本星杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1040
Rhicosphenia curvata（彎楔藻）	0	0	0	160	0	280	480	120	0	0	0
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	0	360	600	0	200	120	320	0	0	160	360
Pleurosigma elongatum（長斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	80	200	120	0	0
Pleurosigma normanii（諾馬斜紋藻）	0	160	0	320	280	240	0	0	0	0	0
Pleurosigma sp.	0	0	0	0	0	0	200	160	80	80	0
Navicula membranacea（膜狀舟形藻）	0	0	0	80	120	200	240	0	0	0	0
Navicula directa（直舟形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tropidoneis lepidoptera（鱗翅龍骨藻）	0	0	0	0	0	0	0	320	0	0	160
Nitzschia closterium (新月菱形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	1160	1640	520	640	320	1560	1880	1000	1240	1640	200
Nitzschia sigma（彎菱形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200
CYANOPHYTA（藍綠藻門）											
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）											
Trichodesmium thiedauti（鐵氏束毛藻）	0	0	0	0	80	120	200	0	0	0	280
Trichodesmium erythraeum（紅海束毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	40	80	280
PYRROPHYTA（甲藻門）											
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	0	0	160	200	0	0	280	440	240	360	80
Ceratium macroceros（大角角藻）	0	0	0	0	360	0	0	240	480	120	600
Protoperidinium depressum（扁平多甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratium furca（叉角藻）	0	80	0	160	0	0	0	0	0	0	0
Pyrocystis fusiformis（梭梨甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protoperidinium sp.	0	0	0	0	0	240	0	0	0	0	0
Protoperidinium overm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total（總豐度）	11000	14080	9560	8560	13320	11800	18520	16320	14040	16560	20360
Species no.（總類數目）	14	17	16	21	25	22	25	24	21	22	25
H'（種歧異度）	3.3	3.3	3.3	3.9	4.1	3.7	3.6	3.8	3.6	3.4	3.6

表 3-6、114 年 11 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (2/4)續

Name (1L) / Station	E1500	E1500-5	E1500-15	E2000	E2000-5	E2000-15	E3000	E3000-5	E3000-15	F0	F500	F500-5	F500-15
CHRISOPHYTA（金黃藻門）													
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）													
Melosira monilifonnis (串珠直鏈藻)	440	280	0	0	0	0	240	240	0	0	0	0	0
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	240	0	200	160	0	0	120	480	320	160	0	120	360
Melosira sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Skeletonema costatum（骨條藻）	320	640	1360	0	0	280	1120	760	360	1040	0	1720	200
Thalassiosira gravida（鼓脹海鏈藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	0	0	280	600	360	0	0	0	0	0	240	280	0
Thalassiosira sp.	0	0	0	0	0	0	0	200	160	0	0	0	0
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	120	160	120	320	0	0	240	0	0	440	600	160	120
Coscinodiscus anguste-lineatus（狹線形圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus jonesianus v. commutata（環氏圓篩藻小形變種）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	320	0	0
Coscinodiscus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	0
Asteromphalus heptactis (輻圓星臍藻)	0	120	0	0	160	0	0	160	200	0	160	120	440
Corethron hystrix (小環毛藻)	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	240	0
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	1120	1480	1840	2200	1720	280	1040	360	1040	1480	3360	0	0
Leptocylindrus danicus（丹麥細柱藻）	1080	1320	320	960	2440	280	480	360	1040	1320	1720	640	360
Leptocylindrus minimus（小細柱藻）	0	160	120	440	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	0	0	0	0	0	120	160	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia delicatula（柔弱根管藻）	0	0	1440	0	1680	200	760	320	960	0	0	1840	0
Rhizosolenia stolterfothii（斯拖根管藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯魯變種）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	480	0	0	280
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	0	240	280	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia setigera (剛毛根管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	280	240	600	320
Rhizosolenia alata f. gracillima（翼根管藻纖細變型）	0	0	0	120	80	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia sp.	0	80	120	0	0	0	0	0	0	0	0	240	0
Bacteriastrum delicatulum（優美輻杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bacteriastrum sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros densus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	80	120
Chaetoceros decipiens (并基角刺藻)	240	0	0	280	440	360	0	520	80	320	120	120	0
Chaetoceros lorenzianus（洛氏角刺藻）	0	0	160	120	0	0	0	0	0	0	0	0	80
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	1480	240	640	280	360	200	600	1760	240	1160	1400	720	1040
Chaetoceros subsecundus（冕孢角毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	120	200	0	0	160
Chaetoceros seiracanthus（緘刺角毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros curvisetus（旋緘角刺藻）	3960	1800	680	1520	1920	2480	4080	2480	4440	1280	2960	3800	1400
Chaetoceros sp.	120	0	0	0	0	360	440	0	0	240	0	0	240
Ditylum brightwellii（布氏雙尾藻）	120	240	0	0	280	320	360	440	1040	120	0	0	0
Biddulphia aurita（長耳盒形藻）	0	0	0	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biddulphia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	240
Fragilaria cylindrus（柱狀脆杆藻）	120	0	0	240	160	480	280	360	200	0	0	320	560
Fragilaria oceanica (海洋脆杆藻)	200	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Synedra formosa（華麗針杆藻）	160	120	200	80	0	0	0	0	0	240	160	120	0
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	960	1040	5400	3000	2360	720	1720	880	2840	4040	2600	3560	1040
Thalassinthrix frauenfeldii (优恩海毛藻)	360	240	160	0	0	0	0	0	120	80	0	0	280
Asterionella japonica（日本星杆藻）	600	120	0	1360	0	0	640	200	1120	0	0	0	360
Rhicosphenia curvata（彎楔藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	480	240	0	440	1000	1840	920	320	560	1040	360	480	240
Pleurosigma elongatum（長斜紋藻）	0	0	80	0	160	120	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma normanii（諾馬斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	120	200	0	0	0	0
Pleurosigma sp.	120	240	0	0	0	0	360	200	0	0	0	160	80
Navicula membranacea（膜狀舟形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	160	120	200	0	0
Navicula directa（直舟形藻）	0	0	0	160	280	0	480	200	0	0	0	0	640
Tropidoneis lepidoptera（鱗翅龍骨藻）	120	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	240
Nitzschia closterium (新月菱形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	280	120	200	0	0
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	1040	1320	240	360	560	1880	1280	240	720	240	880	440	2960
Nitzschia sigma（彎菱形藻）	0	0	280	360	480	0	0	0	0	0	0	0	0
CYANOPHYTA（藍綠藻門）													
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）													
Trichodesmium thiedauti（鐵氏束毛藻）	160	0	0	480	600	0	0	0	120	120	0	0	0
Trichodesmium erythraeum（紅海束毛藻）	0	0	0	0	0	320	360	80	0	0	0	0	0
PYRROPHYTA（甲藻門）													
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	0	0	160	240	0	320	480	0	360	440	0	0	120
Ceratium macroceros（大角角藻）	0	160	0	0	0	0	280	360	80	0	120	160	720
Protoperidinium depressum（扁平多甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratium furca（叉角藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyrocystis fusiformis（梭梨甲藻）	0	0	0	0	280	0	80	120	0	0	0	0	0
Protoperidinium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0
Protoperidinium overm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	120	120	0
Total（總豐度）	13680	10200	14160	14400	15320	10560	16520	11160	16760	15560	16120	16520	12600
Species no.（總類數目）	23	20	21	24	19	17	23	23	24	26	20	24	25
H'（種歧異度）	3.7	3.6	3.2	3.9	3.7	3.4	3.9	3.9	3.7	3.8	3.4	3.6	4.0

表 3-6、114 年 11 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (3/4)續

Name (1L) / Station	F1000	F1000-5	F1000-15	F1500	F1500-5	F1500-15	F2000	F2000-5	F2000-15	F3000	F3000-5	F3000-15
CHRISOPHYTA（金黃藻門）												
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）												
Melosira monilifonnis (串珠直鏈藻)	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	440	280	160	200	0	0	160	80	480	320	0	360
Melosira sp.	0	0	0	200	240	120	0	0	0	0	0	0
Skeletonema costatum（骨條藻）	0	0	0	760	200	480	120	0	0	160	680	440
Thalassiosira gravida（鼓脹海鏈藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	0	200	560	120	0	0	360	960	0	520	640	240
Thalassiosira sp.	0	80	120	0	80	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	120	0	0	0	0	0	0	0	280	160	80	0
Coscinodiscus anguste-lineatus（狹線形圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	0	0	0	200	240	0	0	0	0	0	0	0
Coscinodiscus jonesianus v. commutata（瓊氏圓篩藻小形變種）	0	0	0	0	0	0	80	80	0	0	0	0
Coscinodiscus sp.	0	120	0	0	0	80	0	0	0	0	80	160
Asteromphalus heptactis (橢圓星臍藻)	640	360	0	280	560	120	120	0	360	640	320	0
Corethron hystrix (小環毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	760	0	0	240	0	80	520	280	0	0	160	0
Leptocylindrus danicus（丹麥細柱藻）	3040	1400	720	1080	1640	240	640	320	1360	960	440	360
Leptocylindrus minimus（小細柱藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	120
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	0	0	200	440	0	120	480	0	0	0	0	240
Rhizosolenia delicatula（柔弱根管藻）	1320	280	600	320	1040	0	0	240	1720	1400	360	680
Rhizosolenia stolterfothii（斯拖根管藻）	0	0	120	0	0	720	360	0	0	0	0	0
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯魯變種）	320	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia setigera (刚毛根管藻)	960	120	720	80	80	0	0	360	0	0	0	80
Rhizosolenia alata f. gracillima（翼根管藻纖細變型）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhizosolenia sp.	0	160	80	80	0	0	0	0	0	0	0	0
Bacteriastrum delicatulum（優美輻杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bacteriastrum sp.	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	120	0
Chaetoceros densus	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	160
Chaetoceros decipiens (并基角刺藻)	0	0	360	440	0	280	600	0	0	0	0	0
Chaetoceros lorenzianus（洛氏角刺藻）	160	240	0	640	760	720	0	0	0	80	200	160
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	2840	200	760	1720	240	1400	680	1320	1240	360	760	280
Chaetoceros subsecundus（冕孢角毛藻）	80	0	0	0	0	0	0	120	280	200	0	0
Chaetoceros seiracanthus（緻刺角毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角刺藻）	2960	4160	2600	1920	4240	2880	1040	1280	1800	680	1160	480
Chaetoceros sp.	0	0	0	280	720	240	0	0	600	440	0	120
Ditylum brightwellii（布氏雙尾藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biddulphia aurita（長耳盒形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biddulphia sp.	0	0	0	0	160	80	80	0	0	0	0	0
Fragilaria cylindrus（柱狀脆杆藻）	0	0	120	200	240	360	0	0	0	280	160	0
Fragilaria oceanica (海洋脆杆藻)	0	0	0	0	0	0	240	200	0	0	0	0
Synedra formosa（華麗針杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	160	160	0	0
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	1760	720	1000	1360	1640	1800	2920	1040	3360	920	360	1040
Thalassinthrix frauenfeldii (优恩海毛藻)	40	560	480	240	0	0	160	200	240	0	0	0
Asterionella japonica（日本星杆藻）	600	120	120	0	0	280	560	0	0	0	1040	120
Rhicosphenia curvata（彎楔藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	0	320	720	240	240	0	0	0	280	240	0	0
Pleurosigma elongatum（長斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma normanii（諾馬斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma sp.	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula membranacea（膜狀舟形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula directa（直舟形藻）	480	240	240	560	120	200	440	320	480	200	0	0
Tropidoneis lepidoptera（鱗翅龍骨藻）	0	0	0	0	0	280	120	0	0	0	0	0
Nitzschia closterium (新月菱形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	1320	560	2080	720	1360	840	360	440	960	240	1520	1640
Nitzschia sigma（彎菱形藻）	0	0	0	0	120	120	0	0	0	0	0	0
CYANOPHYTA（藍綠藻門）												
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）												
Trichodesmium thiedauti（鐵氏束毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	200	0	80	0	0
Trichodesmium erythraeum（紅海束毛藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PYRROPHYTA（甲藻門）												
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	280	200	360	360	0	0	240	120	0	0	0	280
Ceratium macroceros（大角角藻）	360	480	0	280	0	0	80	120	0	0	0	0
Protoperidinium depressum（扁平多甲藻）	0	160	120	0	0	0	240	80	0	0	0	0
Ceratium furca（叉角藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyrocystis fusiformis（梭梨甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	160	0	80	0	0
Protoperidinium sp.	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protoperidinium overm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total（總豐度）	18760	11320	12240	12960	13920	11520	10600	8000	13600	8120	8240	6960
Species no.（總類數目）	21	23	21	25	19	22	23	21	15	20	17	18
H'（種歧異度）	3.7	3.5	3.7	4.1	3.4	3.6	3.8	3.8	3.4	3.9	3.6	3.6

表 3-6、114 年 11 月於北部核能電廠附近海域之浮游植物豐度(cells/L)表 (4/4)續

Name (1L) / Station	F5000	F5000-5	F5000-15	R0	R500	R1000	R1500	R2000	Mean	SE	RA
CHRISOPHYTA（金黃藻門）											
BACILLARIOPHYCEAE（矽藻綱）											
Melosira monilifonnis (串珠直鏈藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	65	20	0.54
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	280	0	200	200	0	0	120	0	251	47	2.08
Melosira sp.	0	320	80	80	0	120	160	40	58	22	0.48
Skeletonema costatum（骨條藻）	240	320	360	0	240	120	0	80	390	64	3.24
Thalassiosira gravida（鼓脹海鏈藻）	240	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0.05
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	0	0	120	320	240	0	0	0	197	38	1.64
Thalassiosira sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	24	8	0.20
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	106	23	0.88
Coscinodiscus anguste-lineatus（狹線形圓篩藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	6	4	0.05
Coscinodiscus granii（格氏圓篩藻）	0	240	0	0	0	0	0	0	26	10	0.22
Coscinodiscus jonesianus v. commutata（瓊氏圓篩藻小形變種）	0	0	160	280	0	0	80	120	29	11	0.24
Coscinodiscus sp.	120	0	0	0	280	160	0	200	35	11	0.29
Asteromphalus heptactis (橢圓星臍藻)	280	120	0	0	80	0	160	280	162	33	1.34
Corethron hystrix (小環毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	25	11	0.21
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	1040	760	200	0	240	240	0	0	842	147	7.00
Leptocylindrus danicus（丹麥細柱藻）	1040	120	120	960	240	360	200	480	843	93	7.00
Leptocylindrus minimus（小細柱藻）	80	0	0	0	0	0	0	0	30	12	0.25
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	240	0	0	0	0	0	0	0	105	40	0.87
Rhizosolenia delicatula（柔弱根管藻）	1040	120	0	0	320	600	0	0	570	90	4.74
Rhizosolenia stolterfothii（斯拖根管藻）	280	600	320	160	0	0	0	360	105	33	0.87
Rhizosolenia imbricata v. shrubsolei（覆瓦根管藻斯魯變種）	0	0	0	0	0	0	0	0	39	16	0.32
Rhizosolenia styliformis（筆尖形根管藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	19	10	0.16
Rhizosolenia setigera (剛毛根管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	87	31	0.73
Rhizosolenia alata f. gracillima（翼根管藻纖細變型）	0	0	0	0	0	0	0	0	8	5	0.07
Rhizosolenia sp.	0	0	120	80	160	0	0	0	33	9	0.27
Bacteriastrum delicatulum（優美輻杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	7	4	0.06
Bacteriastrum sp.	160	160	0	0	0	0	80	0	14	6	0.11
Chaetoceros densus	0	0	0	0	0	0	0	0	12	5	0.10
Chaetoceros decipiens (并基角刺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	96	25	0.80
Chaetoceros lorenzianus（洛氏角刺藻）	0	0	0	360	0	0	0	0	97	29	0.81
Chaetoceros compressus（扁面角刺藻）	240	1040	1360	320	320	160	120	200	968	152	8.05
Chaetoceros subsecundus（冕孢角毛藻）	0	0	0	0	0	240	360	0	40	13	0.33
Chaetoceros seiracanthus（鏈刺角毛藻）	0	0	80	120	0	0	0	0	5	3	0.04
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角刺藻）	1000	240	2960	600	320	1000	760	1040	1994	188	16.57
Chaetoceros sp.	80	0	0	0	80	160	0	0	108	27	0.90
Ditylum brightwellii（布氏雙尾藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	101	31	0.84
Biddulphia aurita（長耳盒形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0.05
Biddulphia sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	28	9	0.23
Fragilaria cylindrus（柱狀脆杆藻）	40	200	80	0	0	0	0	0	129	24	1.07
Fragilaria oceanica (海洋脆杆藻)	0	0	0	0	0	120	80	0	42	13	0.35
Synedra formosa（華麗針杆藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	39	12	0.32
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	280	560	3800	720	960	240	760	1320	1817	199	15.10
Thalassinthrix frauenfeldii (优恩海毛藻)	160	200	240	0	0	0	0	80	118	22	0.98
Asterionella japonica（日本星杆藻）	120	480	760	0	0	0	0	0	219	55	1.82
Rhicosphenia curvata（彎楔藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	24	13	0.20
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	275	56	2.28
Pleurosigma elongatum（長斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	17	7	0.14
Pleurosigma normanii（諾馬斜紋藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	30	12	0.25
Pleurosigma sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	43	13	0.36
Navicula membranacea（膜狀舟形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	25	9	0.21
Navicula directa（直舟形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	115	28	0.95
Tropidoneis lepidoptera（鱗翅龍骨藻）	0	0	0	0	80	160	240	0	49	14	0.41
Nitzschia closterium (新月菱形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	14	8	0.11
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	1480	880	1640	960	1000	1280	720	1160	1025	91	8.52
Nitzschia sigma（彎菱形藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	35	15	0.29
CYANOPHYTA（藍綠藻門）											
CYANOPHYCAE（藍綠藻綱）											
Trichodesmium thiedauti（鐵氏束毛藻）	0	0	120	0	0	0	0	0	58	19	0.48
Trichodesmium erythraeum（紅海束毛藻）	0	0	40	40	80	0	0	160	34	13	0.28
PYRROPHYTA（甲藻門）											
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	40	360	240	320	440	200	120	640	184	26	1.53
Ceratium macroceros（大角角藻）	0	0	0	40	80	160	0	80	122	28	1.01
Protoperidinium depressum（扁平多甲藻）	360	160	80	0	0	0	0	0	27	11	0.23
Ceratium furca（叉角藻）	0	0	0	120	0	240	200	0	18	8	0.15
Pyrocystis fusiformis（梭梨甲藻）	0	0	0	0	0	0	0	0	16	8	0.14
Protoperidinium sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	10	6	0.08
Protoperidinium overm	0	0	0	0	0	0	0	0	9	5	0.08
Total（總豐度）	8840	6880	13080	5680	5160	5560	4160	6240	12035	605	100.00
Species no.（總類數目）	22	18	21	17	17	17	15	15	21	1	
H'（種歧異度）	3.8	3.8	3.2	3.6	3.6	3.6	3.4	3.3	3.6	0.1	

表 3-7、114 年四季北部核能電廠附近海域浮游植物群聚主成分分析表

	Component Axes	
Species	**PC-1**	**PC-2**
Lauderia borealis（環紋勞德藻）	0.503	-0.308
Leptocylindrus danicus（丹麥細柱藻）	0.481	0.398
Thalassionema nitzschioides（菱形海線藻）	0.627	0.196
Chaetoceros curvisetus（旋鏈角毛藻）	-0.373	0.172
Nitzschia delicatissima（柔弱菱形藻）	0.348	0.631
Chaetoceros compressus（扁面角毛藻）	-0.255	0.577
Rhizosolenia stolterfothii（斯拖根管藻）	0.705	-0.248
Thalassiosira rotula（圓海鏈藻）	0.348	-0.415
Prorocentrum micans（閃光原甲藻）	0.541	-0.16
Melosira monilifonnis (串珠直鏈藻)	0.327	0.221
Melosira sulcata（具槽直鏈藻）	0.045	0.137
Skeletonema costatum（骨條藻）	-0.379	0.153
Rhizosolenia delicatula（柔弱根管藻）	-0.18	0.185
Leptocylindrus minimus（小細柱藻）	0.617	0.085
Chaetoceros sp.	-0.078	-0.011
Coscinodiscus excentricus（離心列圓篩藻）	-0.003	0.269
Guinardia flaccida（幾內亞藻）	-0.062	0.177
Pleurosigma intermedium（中型斜紋藻）	0.011	0.538
Thalassinthrix frauenfeldii(优恩海毛藻)	0.455	0.44
Trichodesmium thiedauti（鐵氏束毛藻）	0.009	0.383
VARIANCE(%)	**14.989**	**10.891**

表 3-8、民國 89～114 年核一核二廠出入水口 PC1 值之迴歸分析

	核一廠出水口	核一廠入水口	核二廠出水口
核一廠出水口			
核一廠入水口	**1.547***		
核二廠出水口	0.299	-0.529	
核二廠入水口	0.315	-0.634	**1.465***

表 3-9、民國 89～114 年核一核二廠出入水口 PC1 值與環境因子之迴歸分析

	溫度	鹽度	磷酸鹽	硝酸鹽	矽酸鹽	葉綠素 *a*	浮游動物豐度	PDO 指數	降雨量
核一廠出水口	0.047	0.232	-0.409	0.473	-0.107	0.201	0.246	0.406	0.366
核一廠入水口	0.371	-0.411	0.524	-0.293	-0.251	-0.337	0.315	0.272	0.504
核二廠出水口	**1.466***	0.192	-0.673	-0.207	-0.532	0.382	0.278	0.369	0.431
核二廠入水口	0.185	-0.107	0.249	0.318	-0.373	**1.593***	-0.308	0.417	0.222

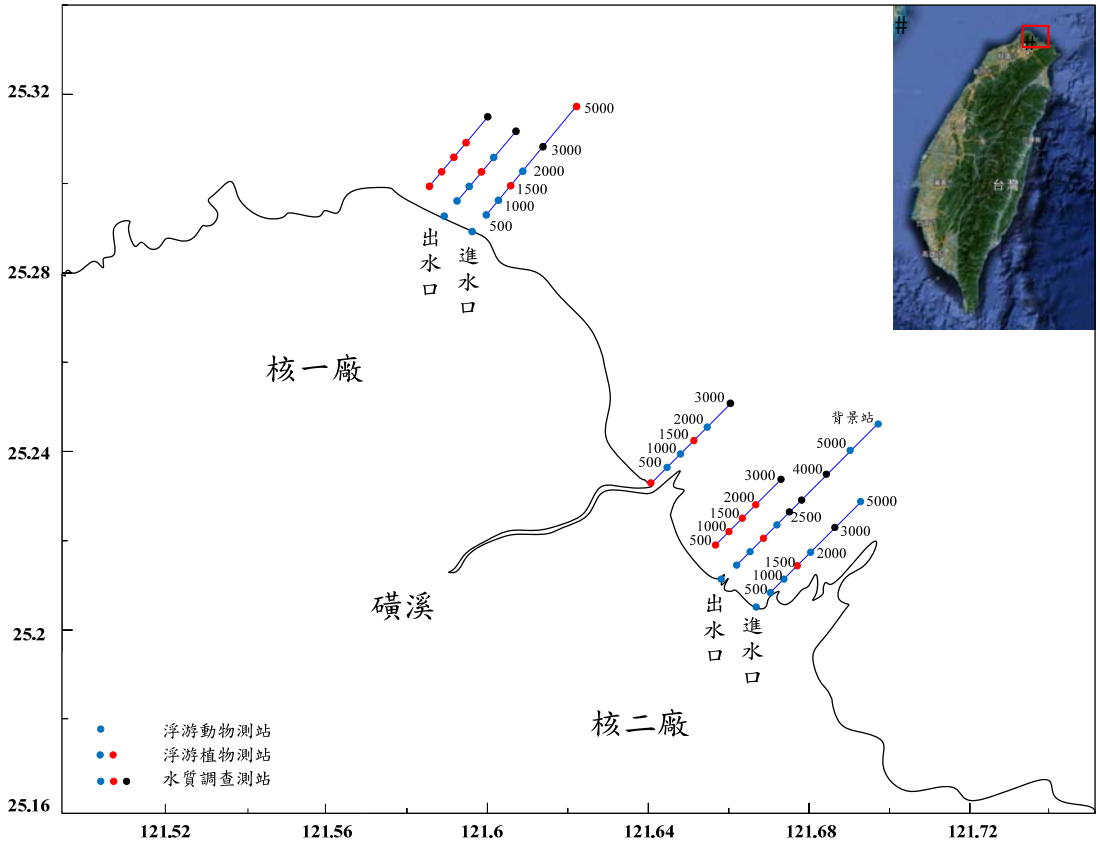


圖3-1、核一廠及核二廠海域水質和浮游植物採樣站示意圖

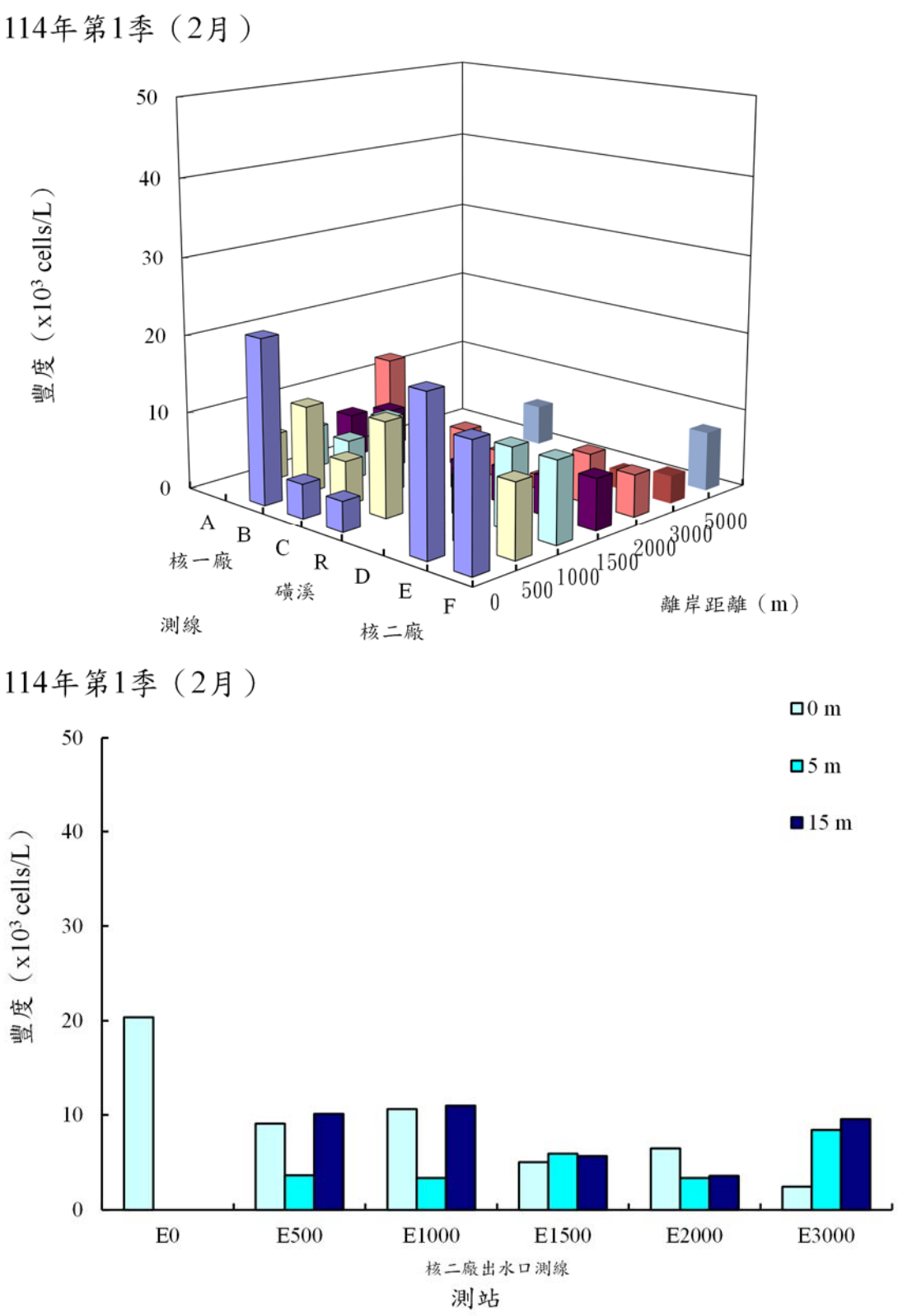
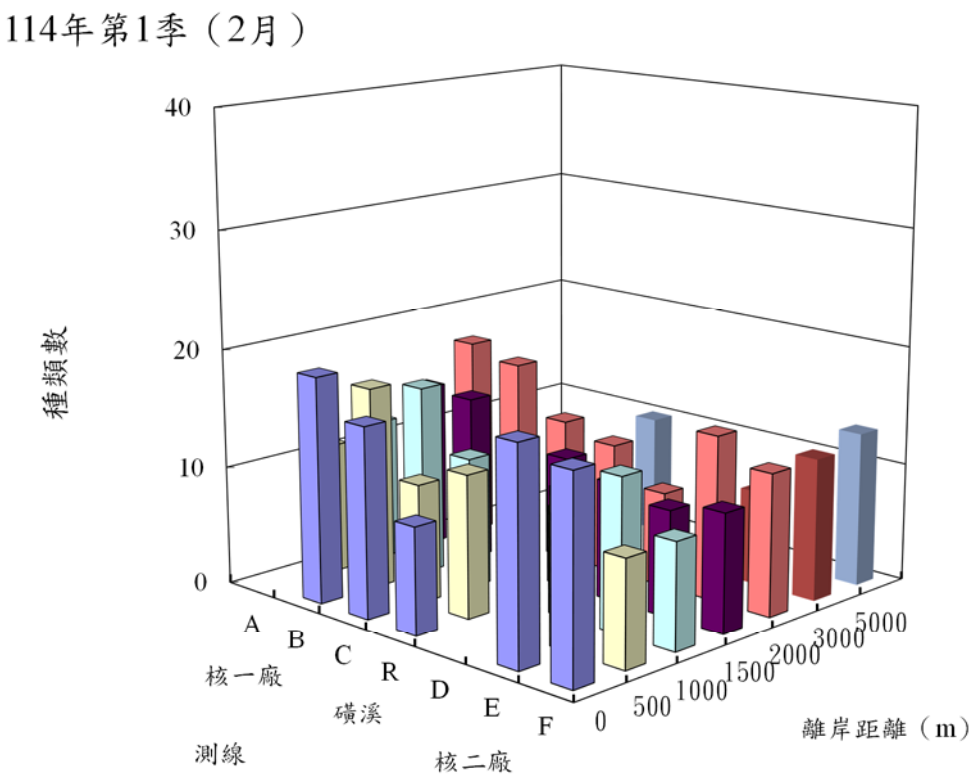


圖3-2、114年第1季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物豐度分布圖



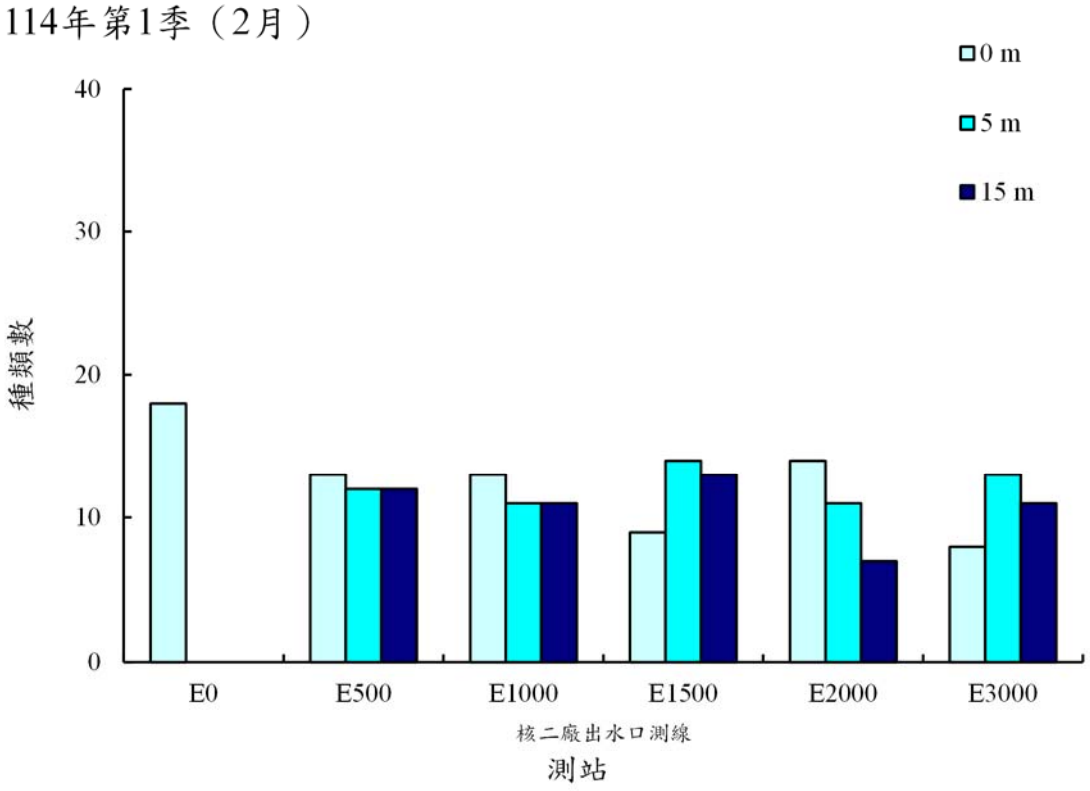


圖3-3、114年第1季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種類數分布圖

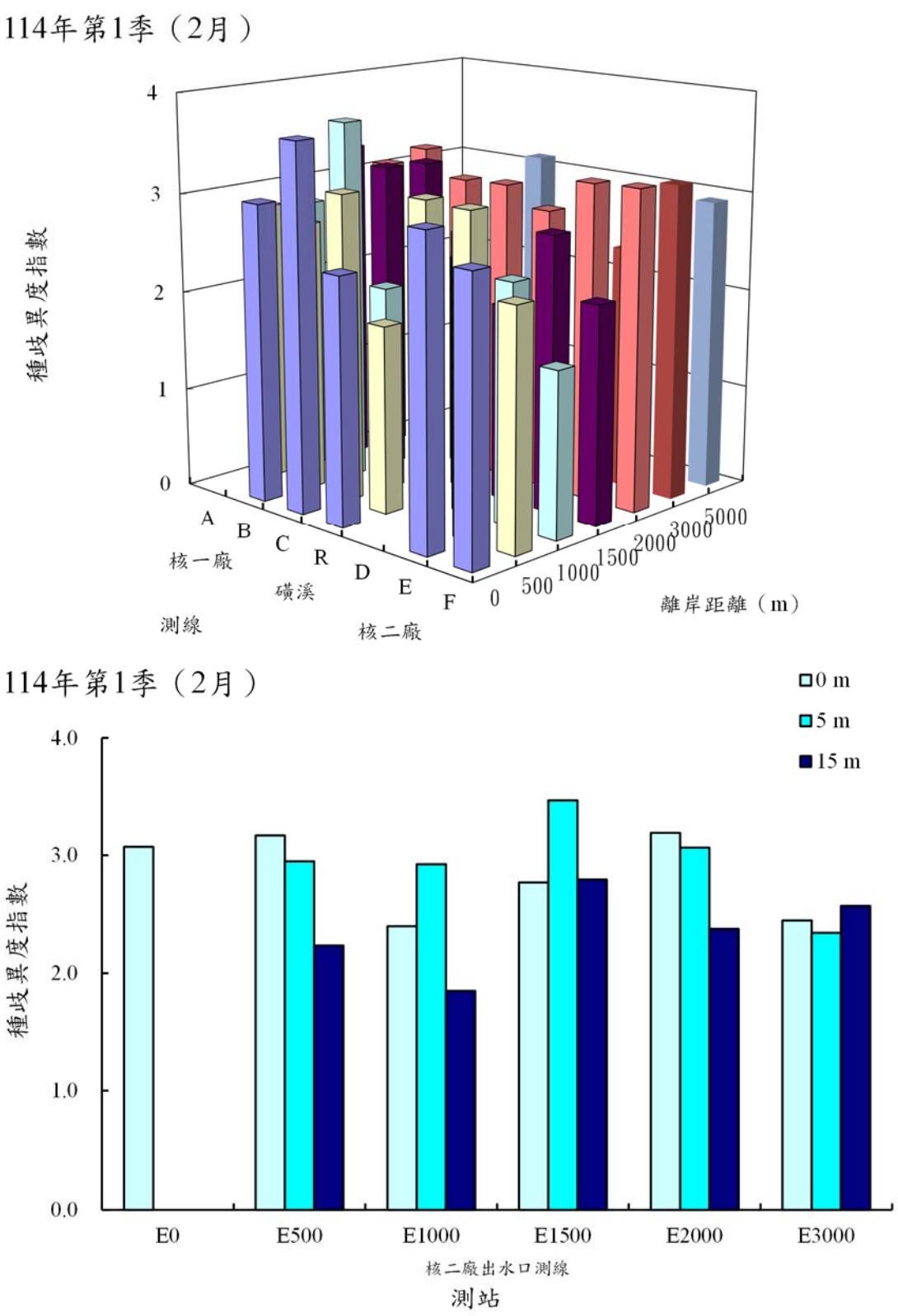


圖3-4、114年第1季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種歧異度指數分布圖

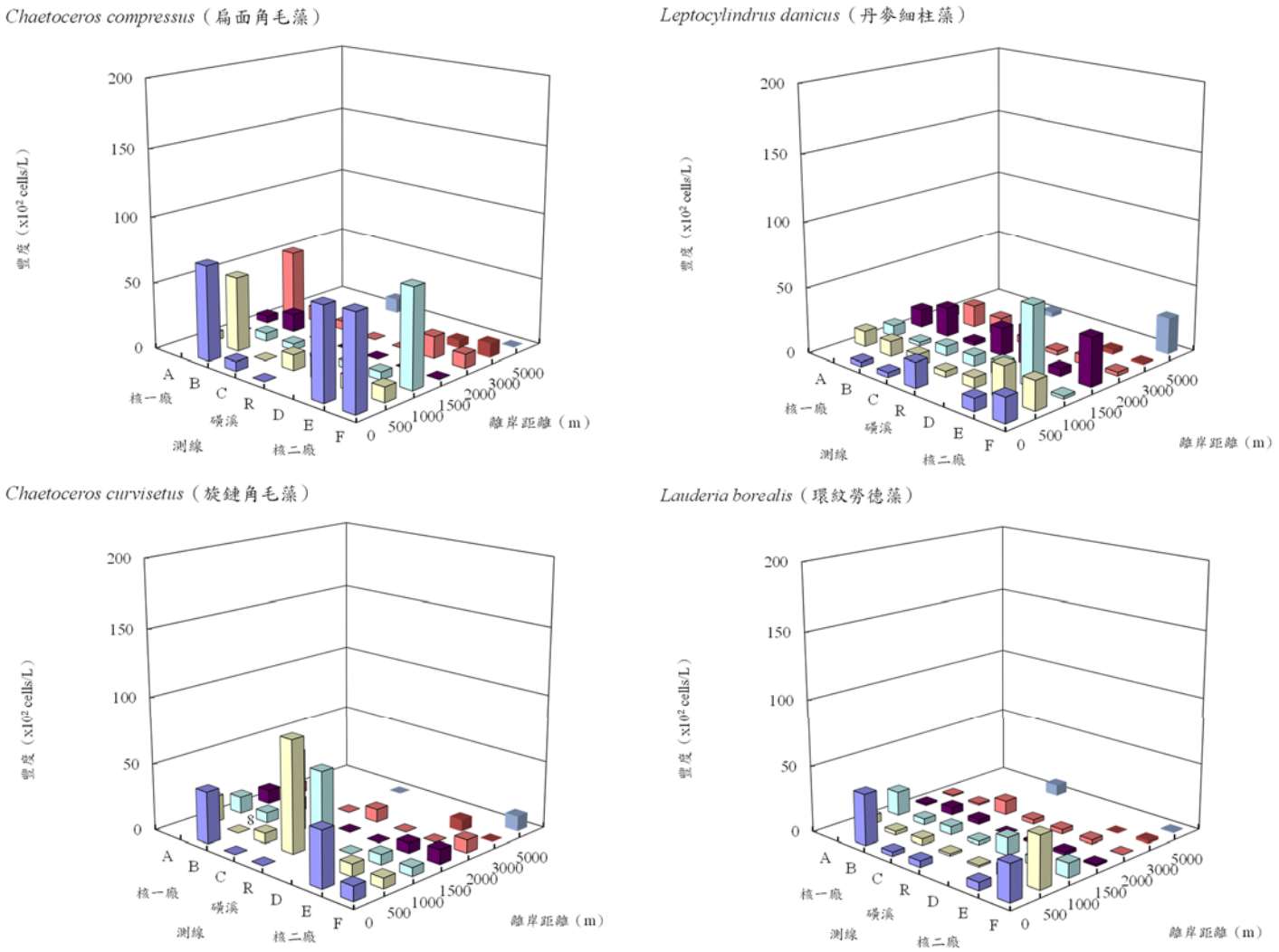
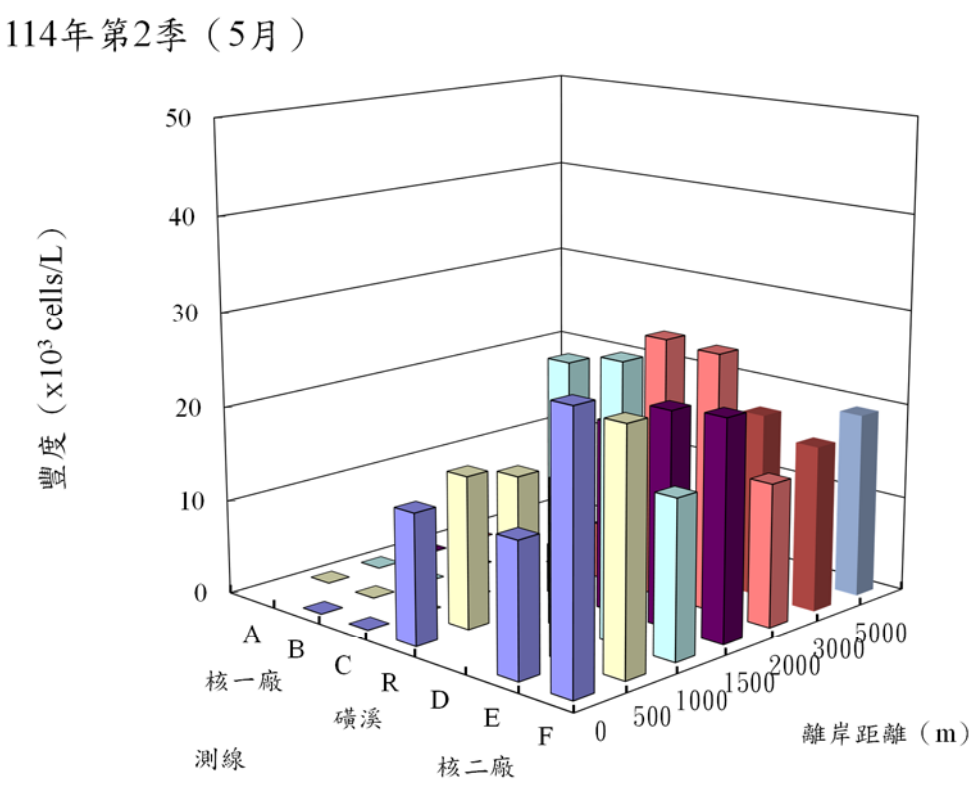


圖3-5、114年第1季(2月)於核一廠及核二廠附近海域前4個主要優勢種浮游植物在各測站表層之豐度分布圖



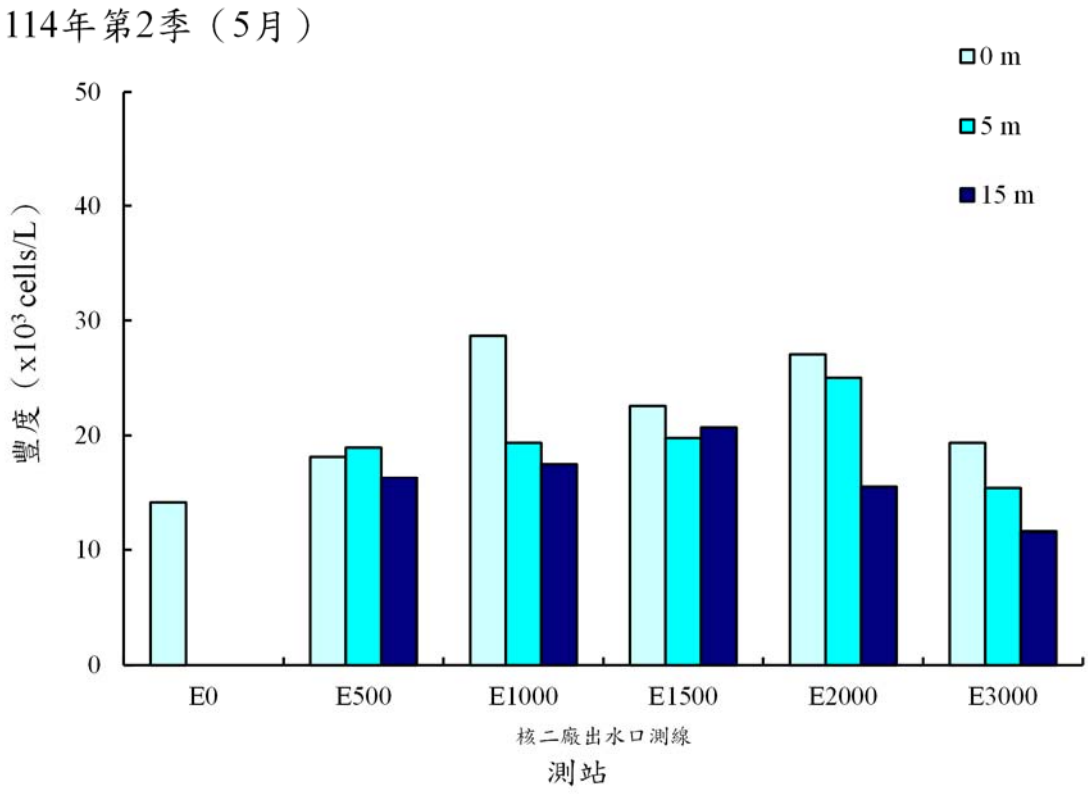
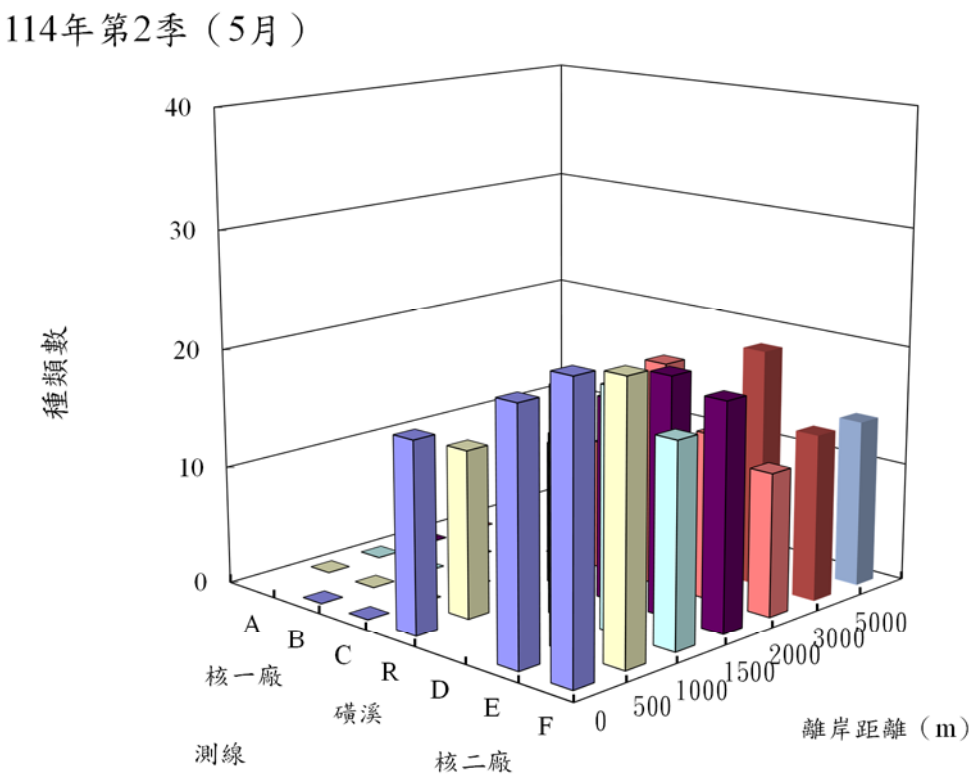


圖3-6、114年第2季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物豐度分布圖



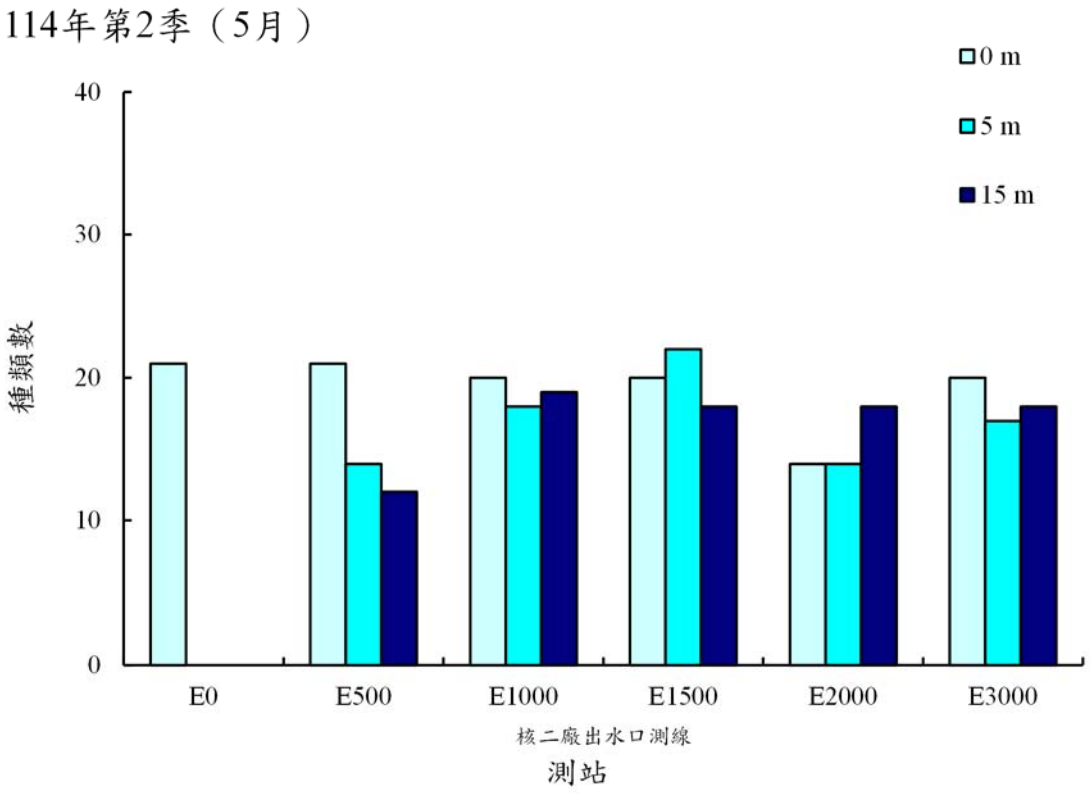


圖3-7、114年第2季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種類數分布圖

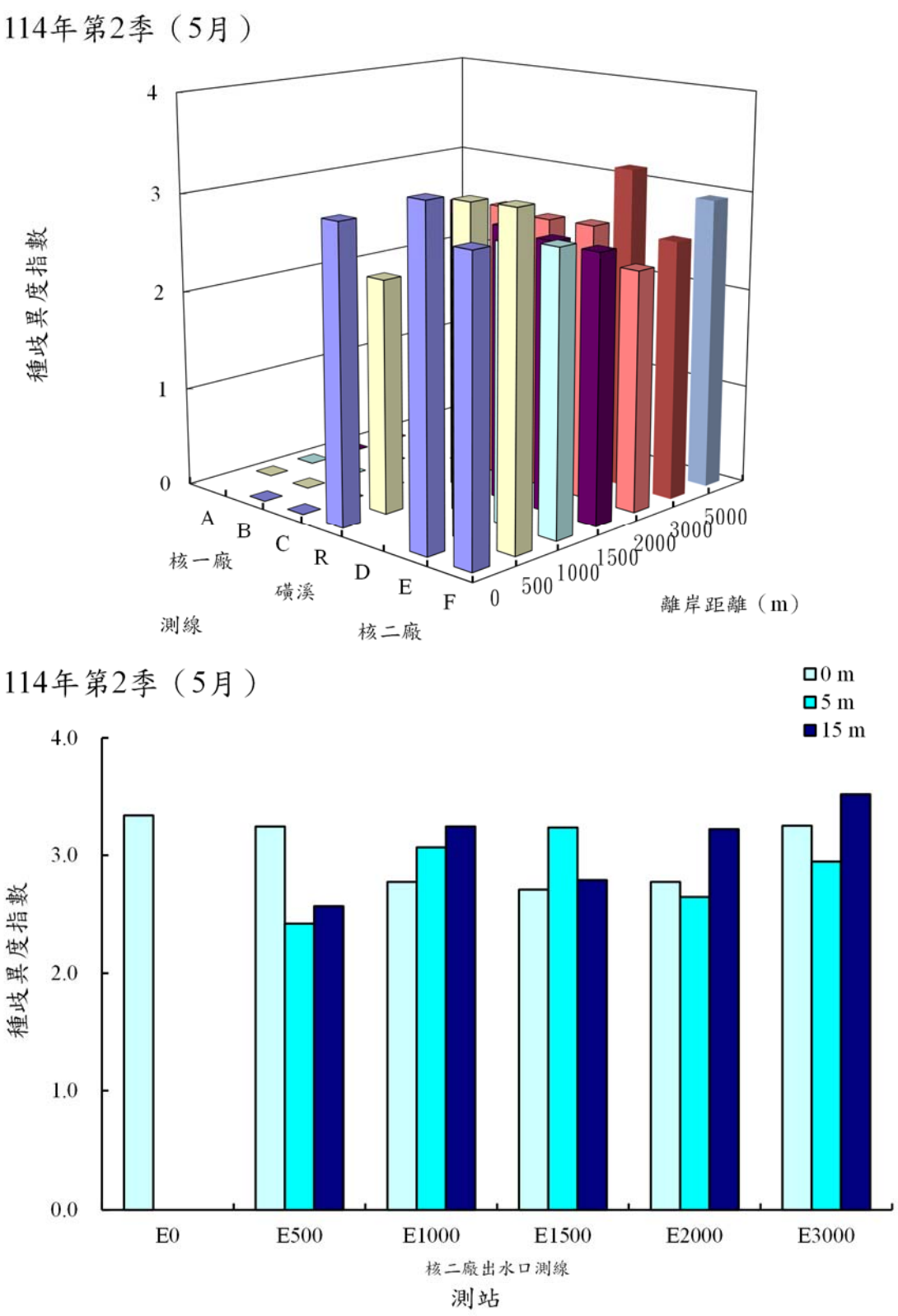


圖3-8、114年第2季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種歧異度指數分布圖

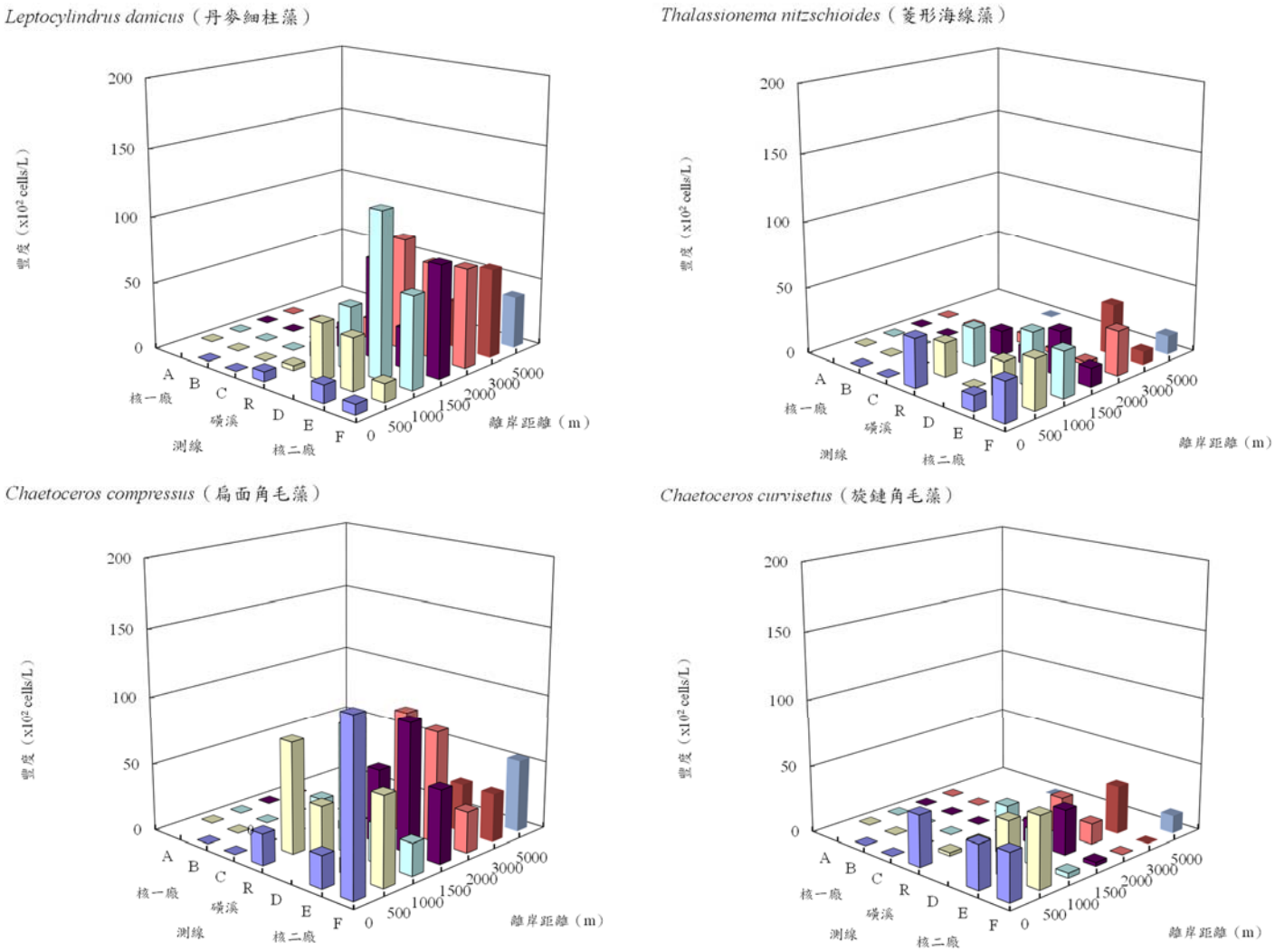
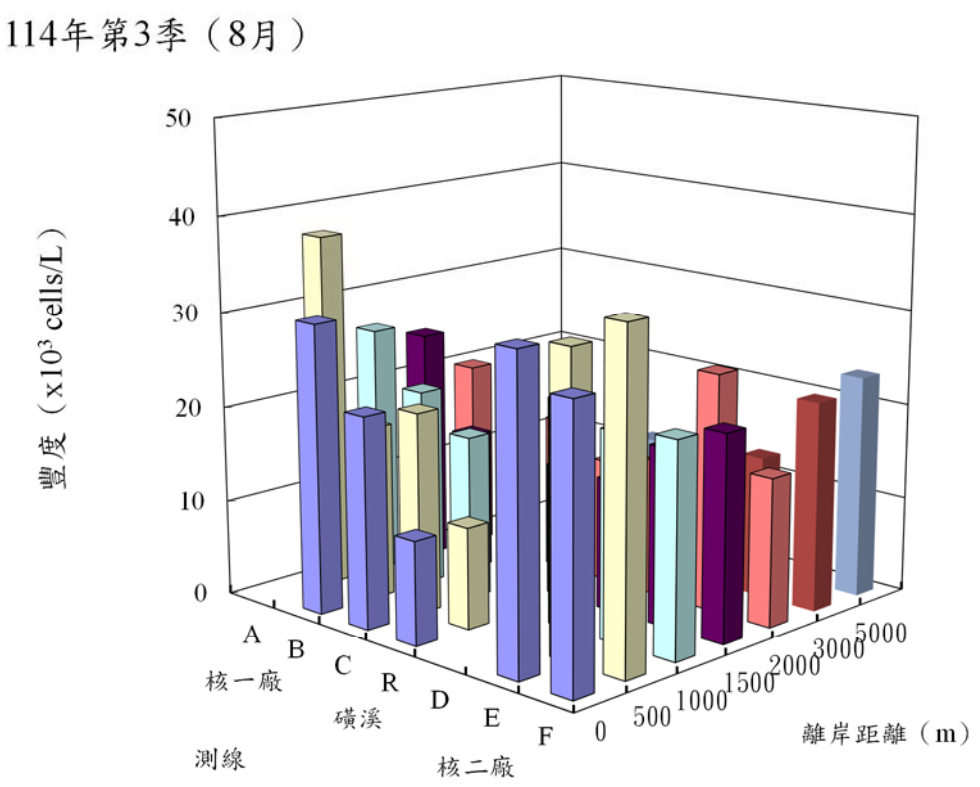


圖3-9、114年第2季(5月)於核一廠及核二廠附近海域前4個主要優勢種浮游植物在各測站表層之豐度分布圖



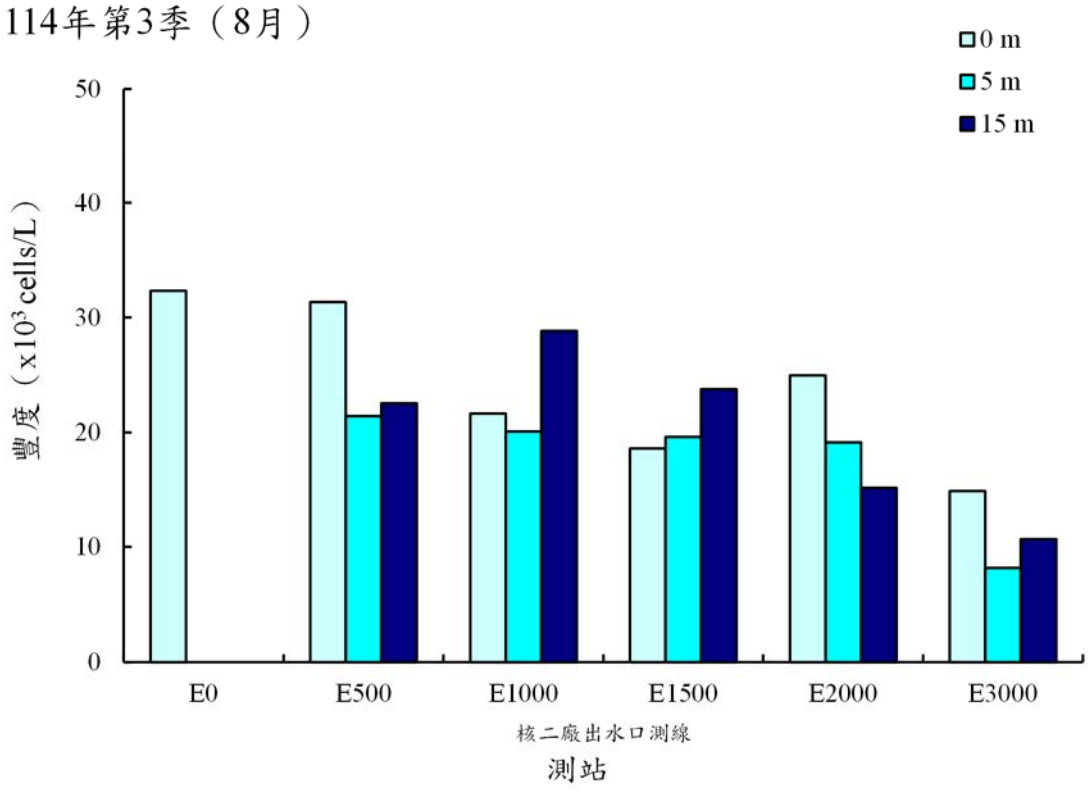
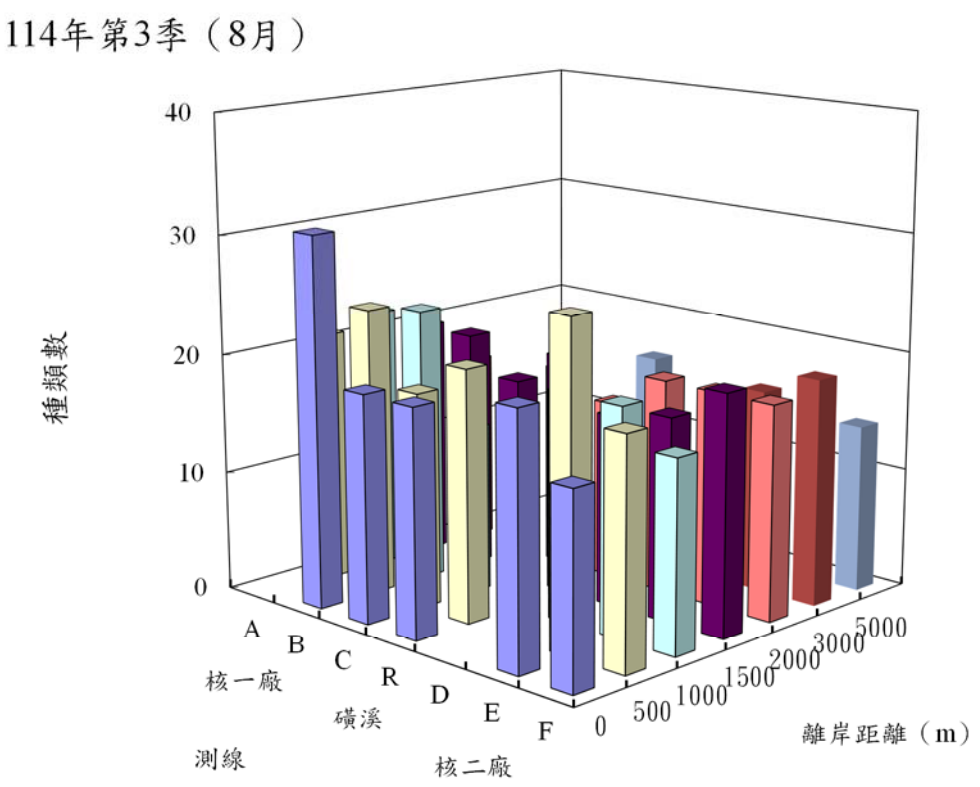


圖3-10、114年第3季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物豐度分布圖



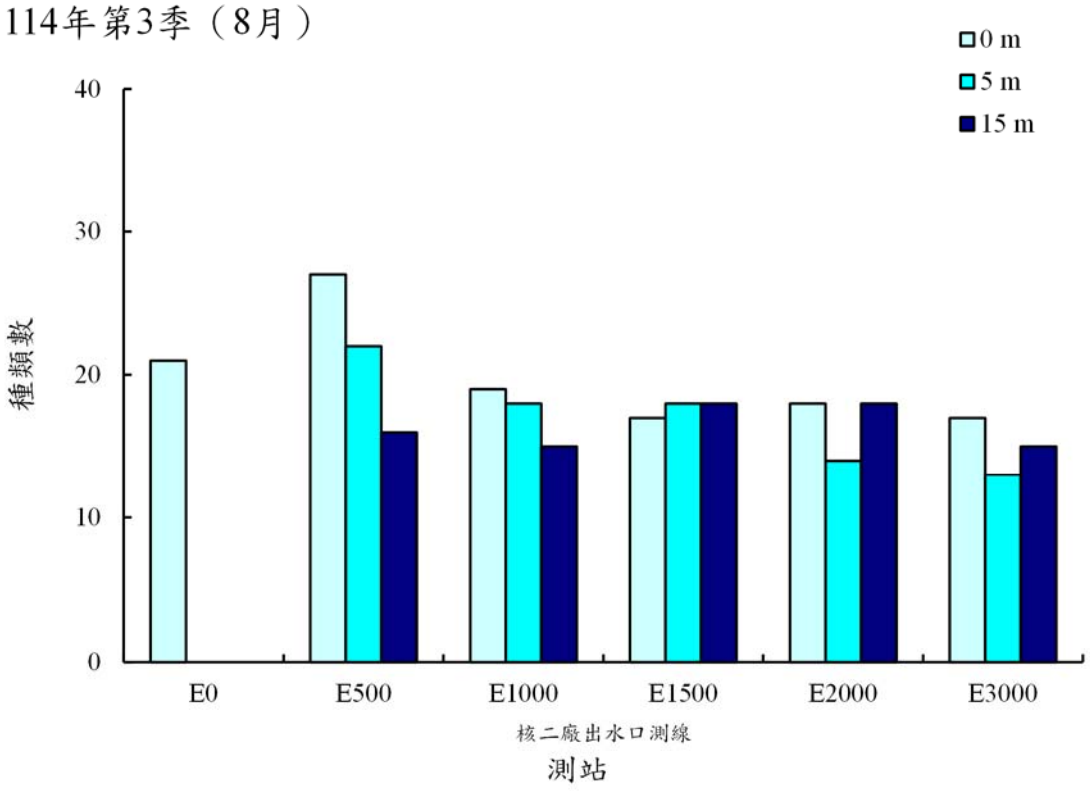
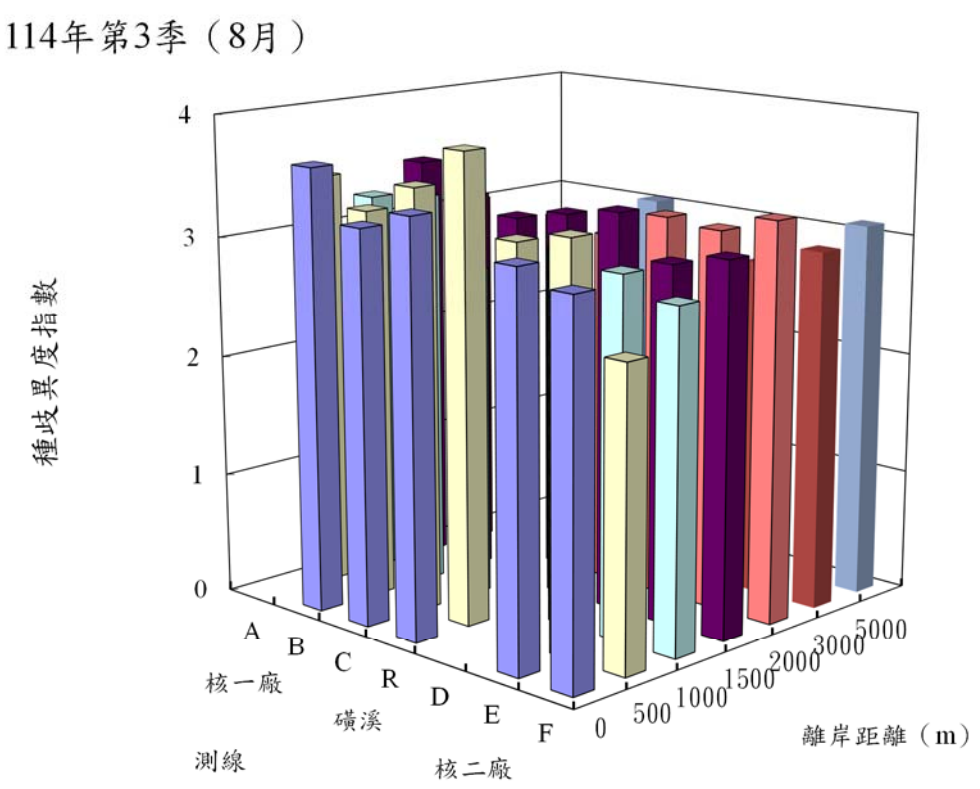
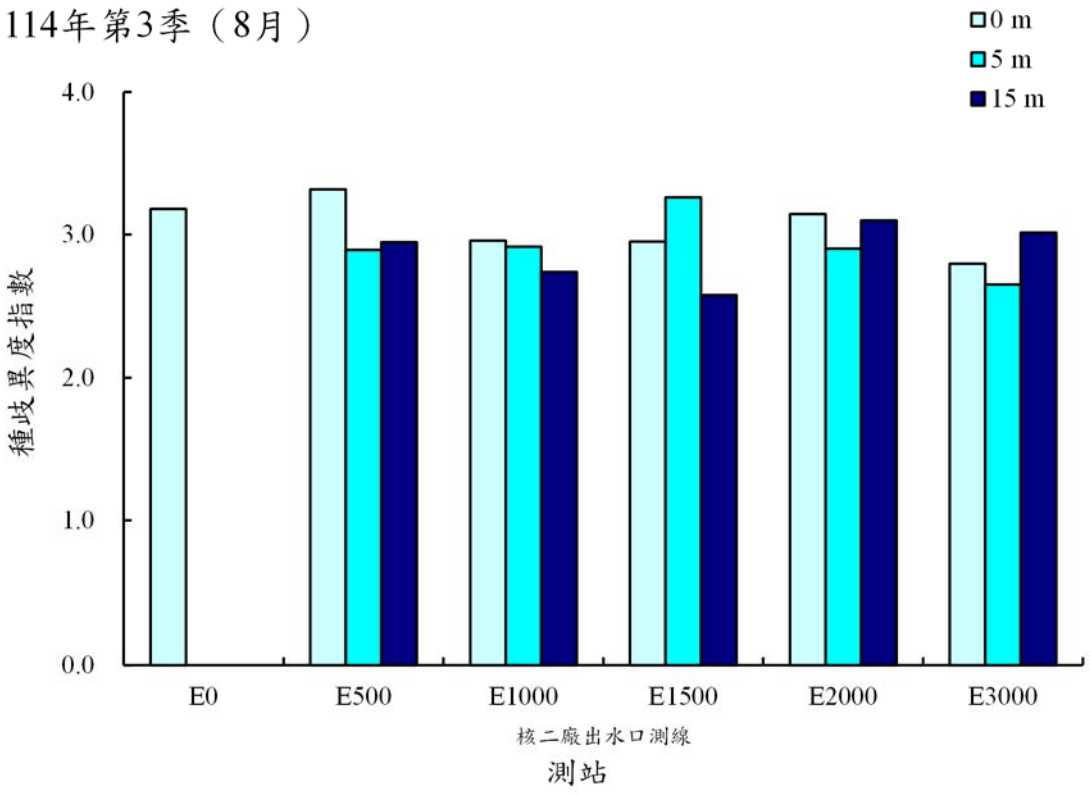


圖3-11、114年第3季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種類數分布圖





3-12、114年第3季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種歧異度指數分布圖

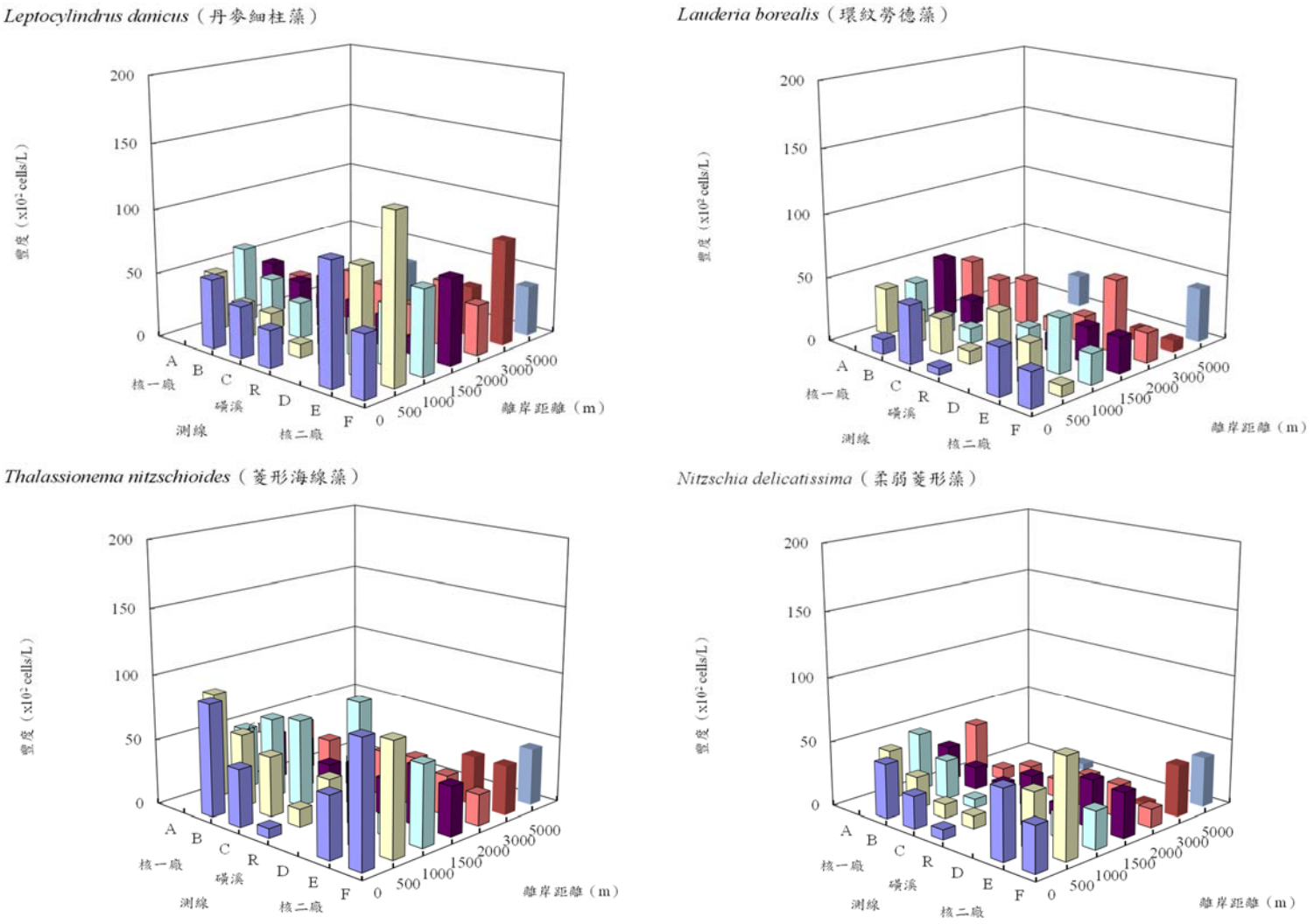
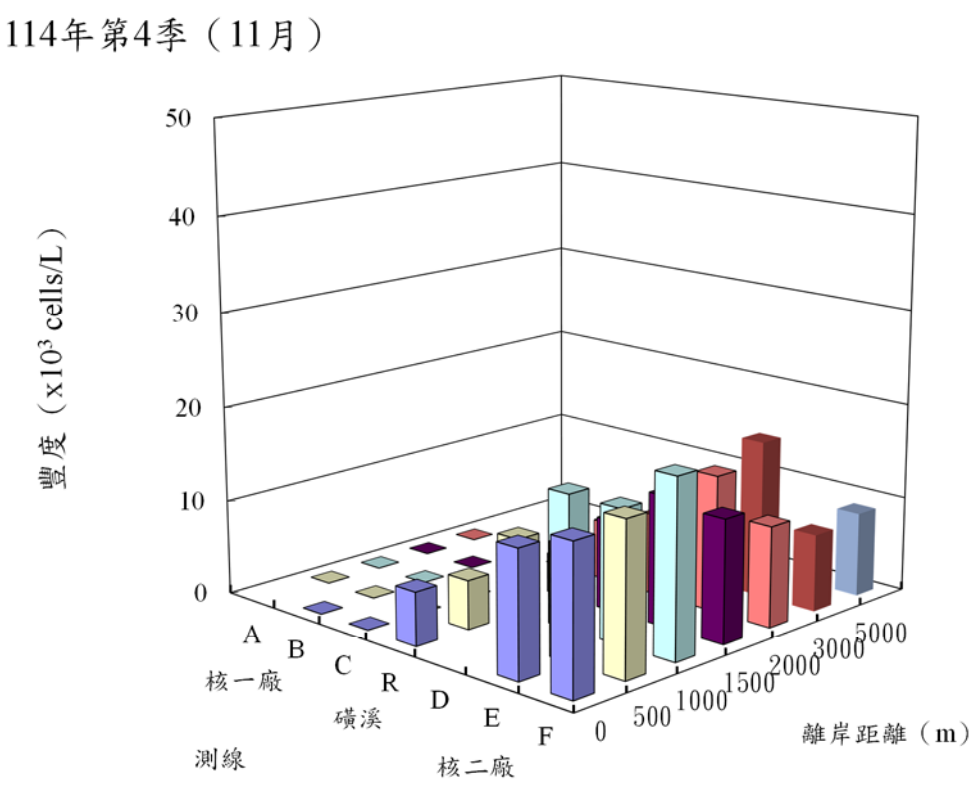


圖3-13、114年第3季(8月)於核一廠及核二廠附近海域前4個主要優勢種浮游植物在各測站表層之豐度分布圖



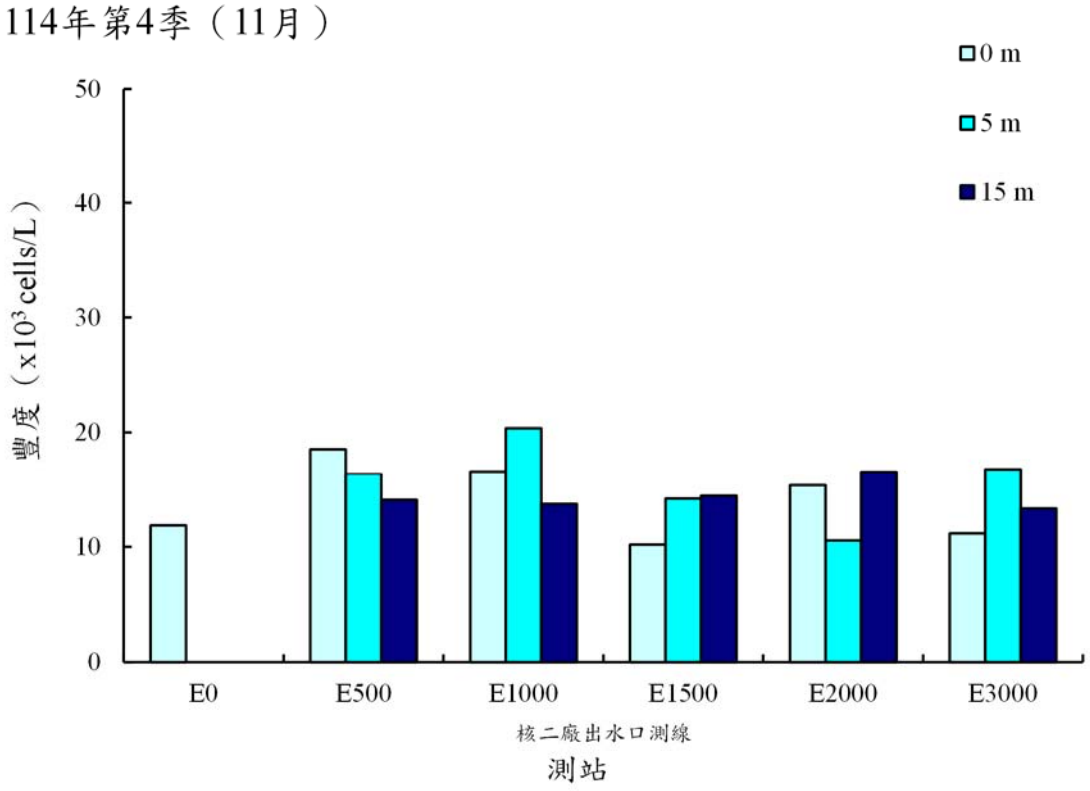
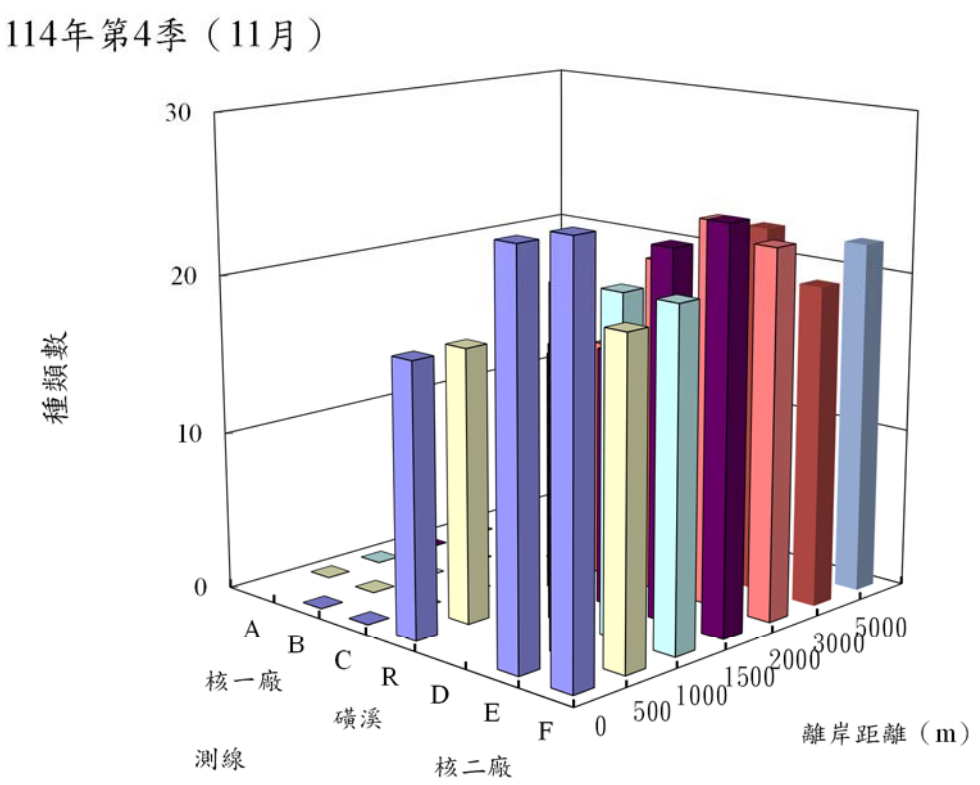
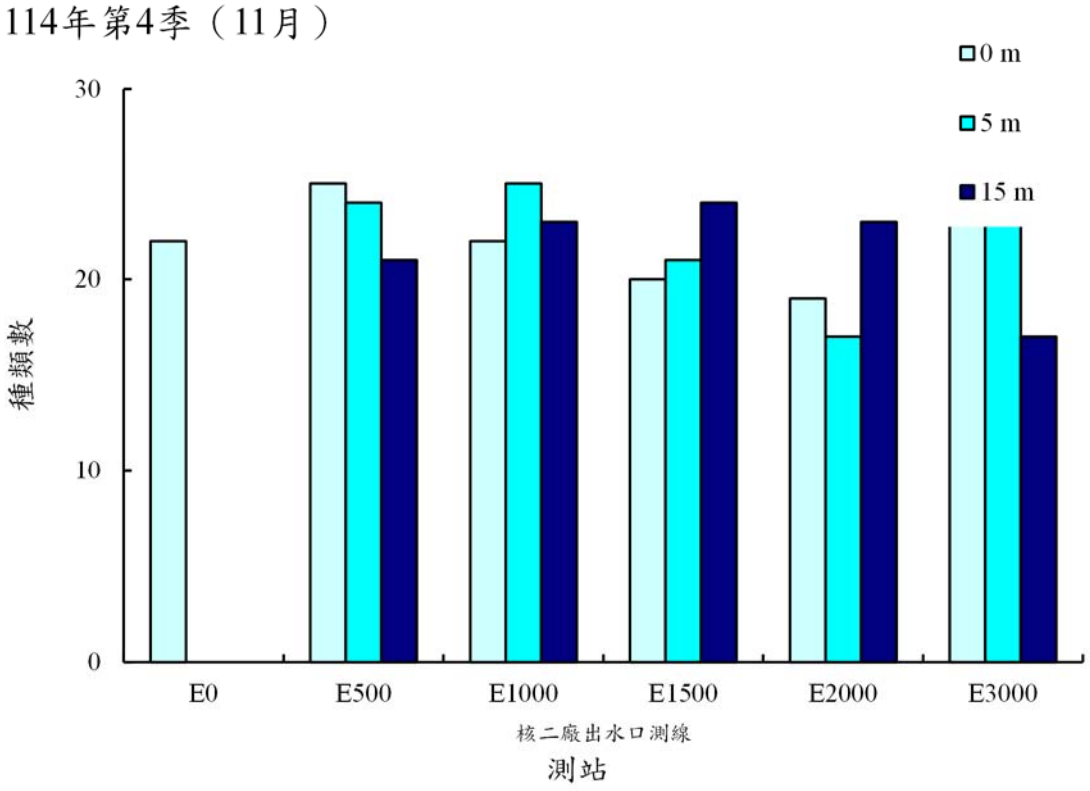


圖3-14、114年第4季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物豐度分布圖





3-15、114年第4季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種類數分布圖

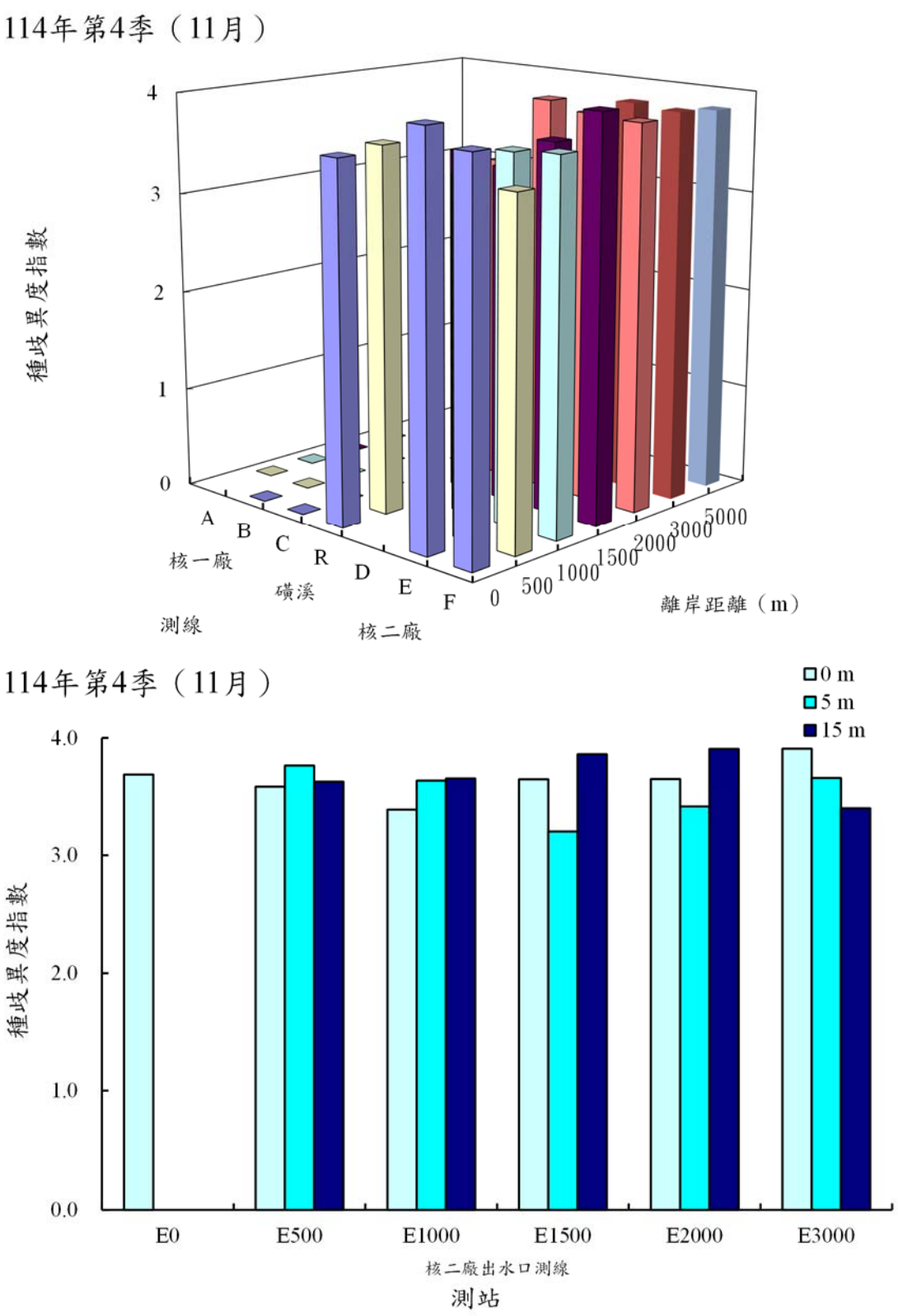


圖3-16、114年第4季於核一廠及核二廠附近海域各測站之浮游植物種歧異度指數分布圖

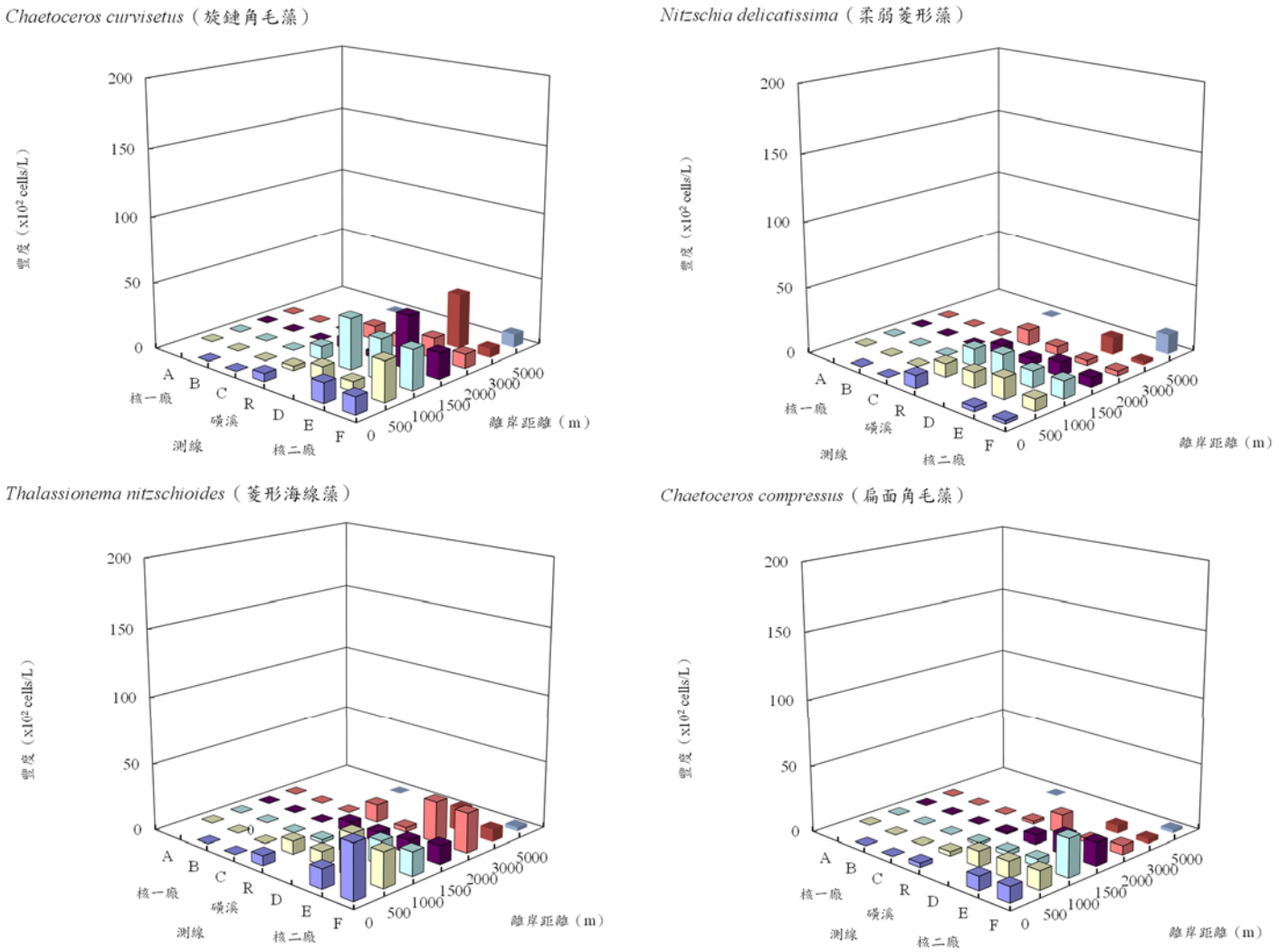


圖3-17、114年第4季(11月)於核一廠及核二廠附近海域前4個主要優勢種浮游植物在各測站表層之豐度分布圖

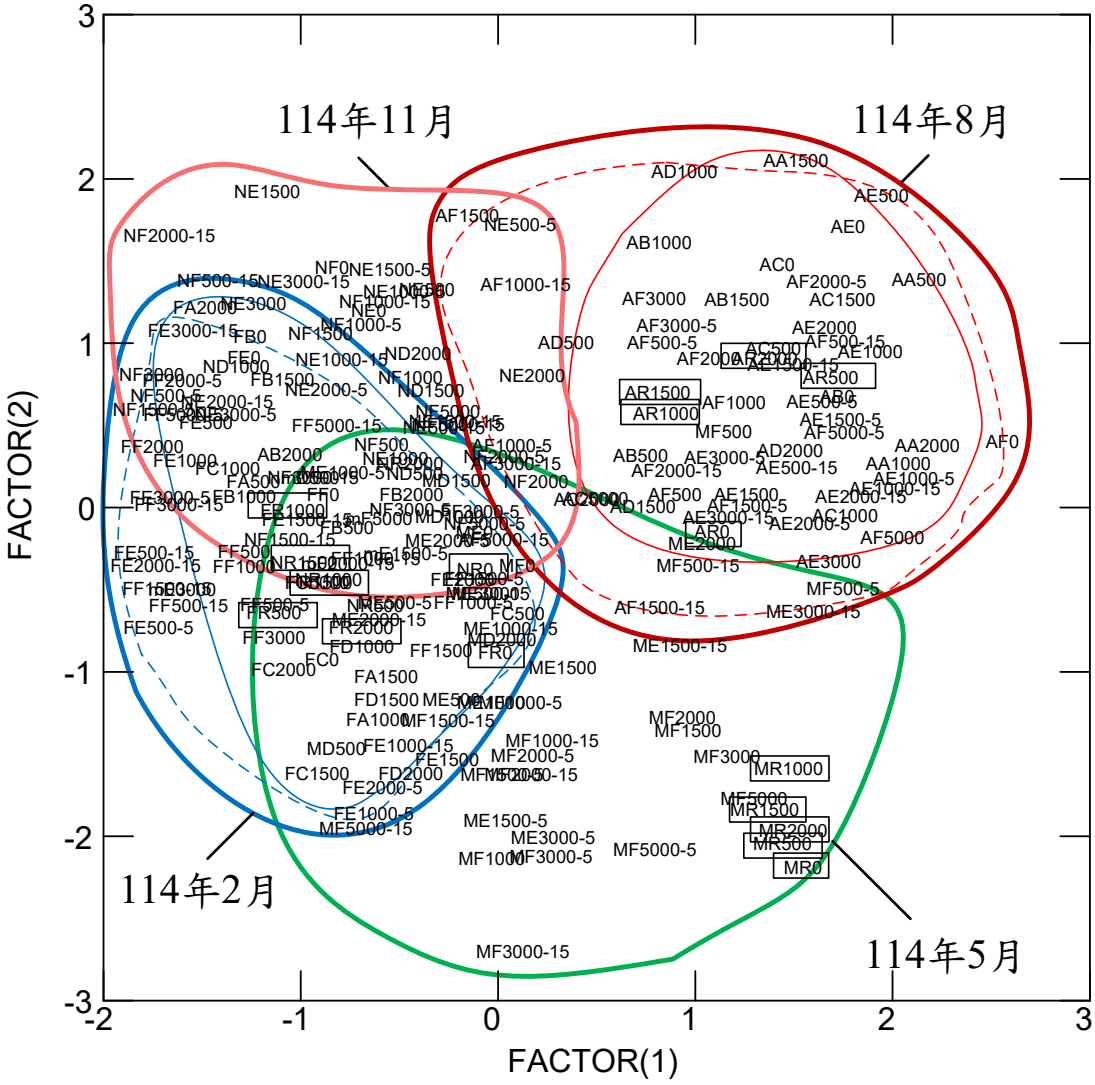


圖 3-18、114 年於核一廠及核二廠附近海域各測站及不同水層之浮游植物群聚分析圖

圖中代號第一個字母 F 代表 2 月 M 代表 5 月 A 代表 8 月 N 代表 11 月，第二個字母代表各測線，第三個數字代表近遠岸各測站之編號(0 公尺、500 公尺、1000 公尺、1500 公尺、2000 公尺、3000 公尺、5000 公尺)，第四個數字分別代表 5 米及 15 米水層，□為磺溪河口測站。實線代表核一廠，虛線代表核二廠。

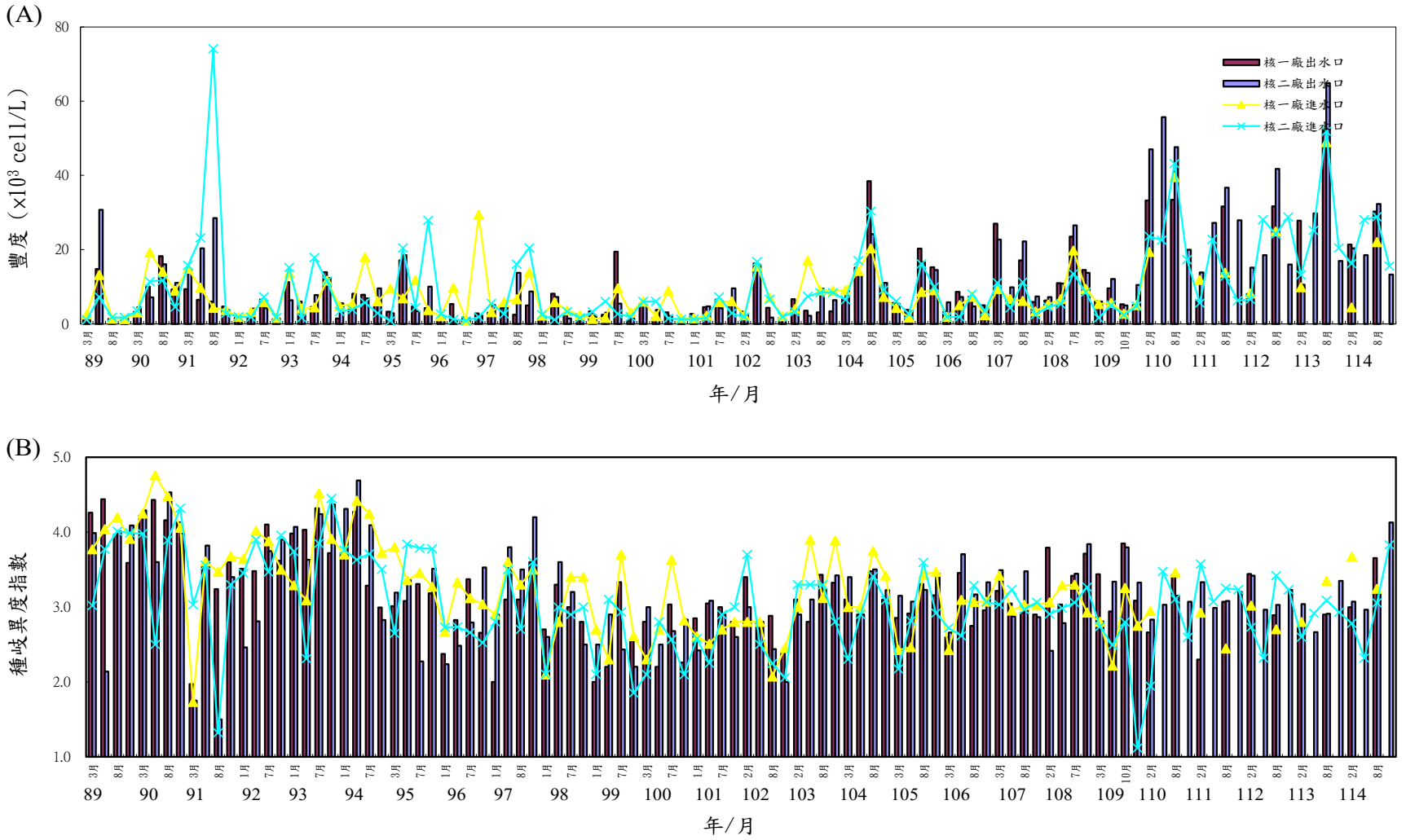


圖3-19、89年至114年期間於北部核能電廠核一廠及核二廠出進水口浮游植物之（A）豐度及（B）種歧異度指數季節分布

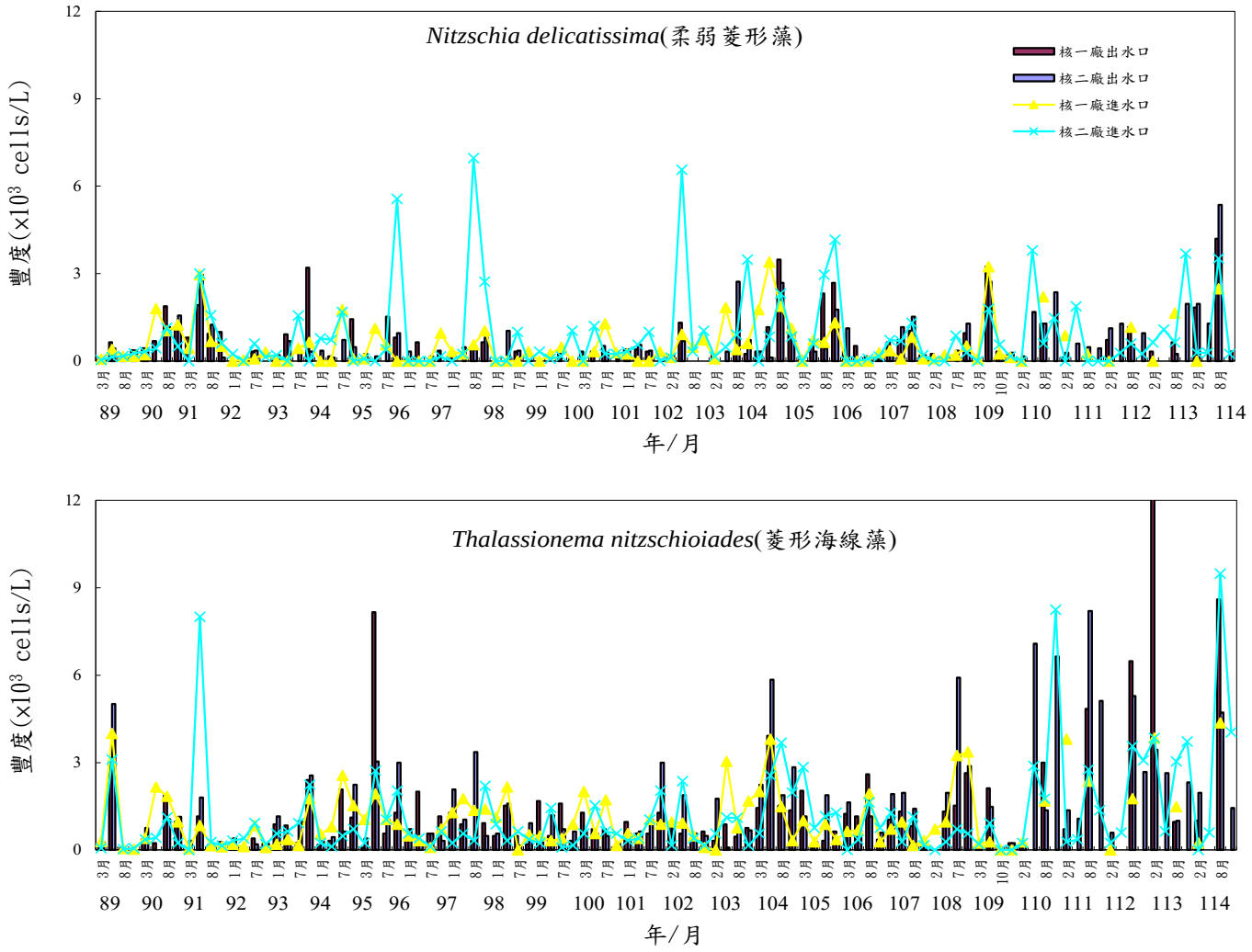


圖3-20、89年至114年於北部核能電廠出進水口附近海域前4個主要優勢種浮游植物之豐度分布 (1/2)續

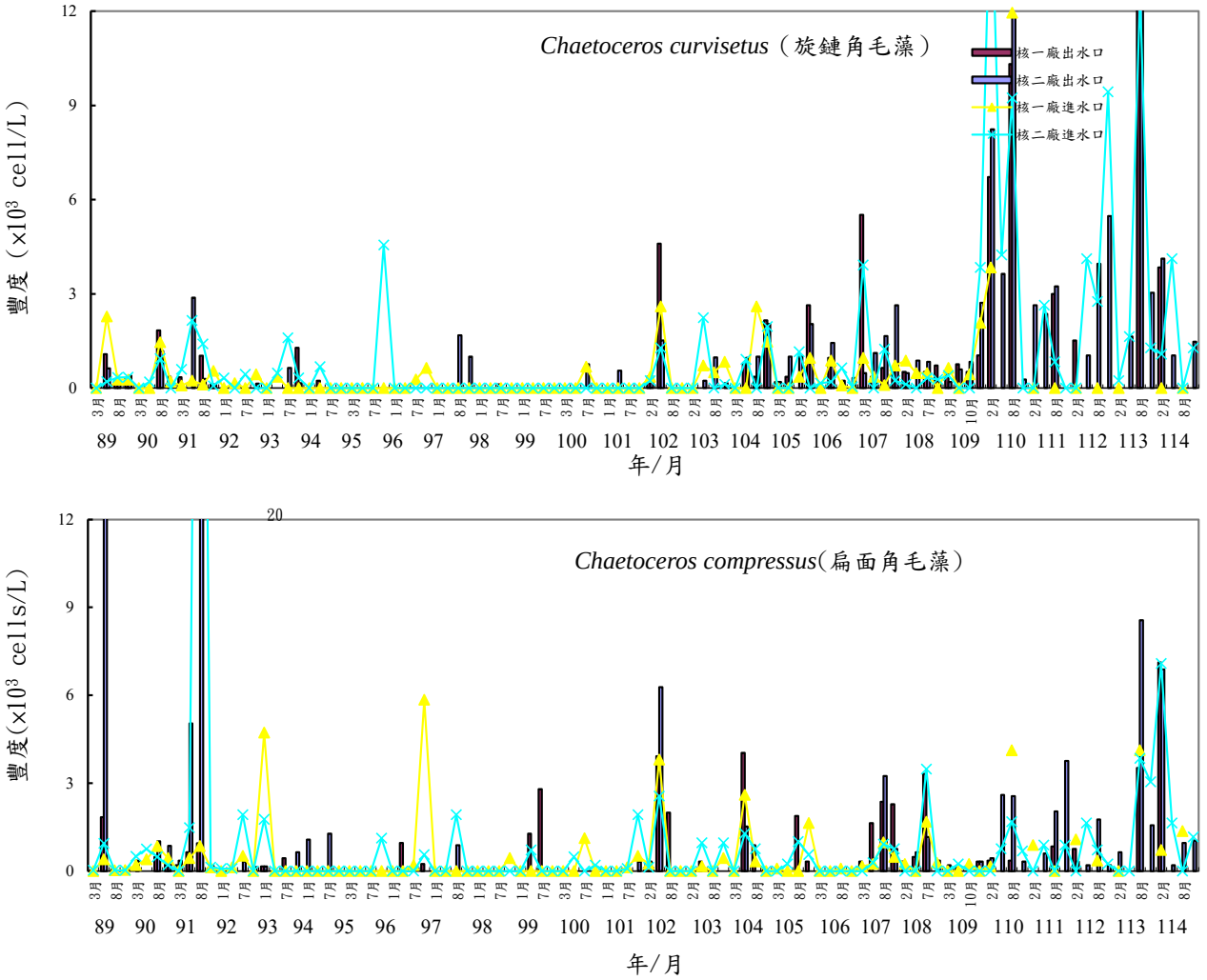


圖3-20、89年至114年於北部核能電廠出進水口附近海域前4個主要優勢種浮游植物之豐度分布 (2/2)

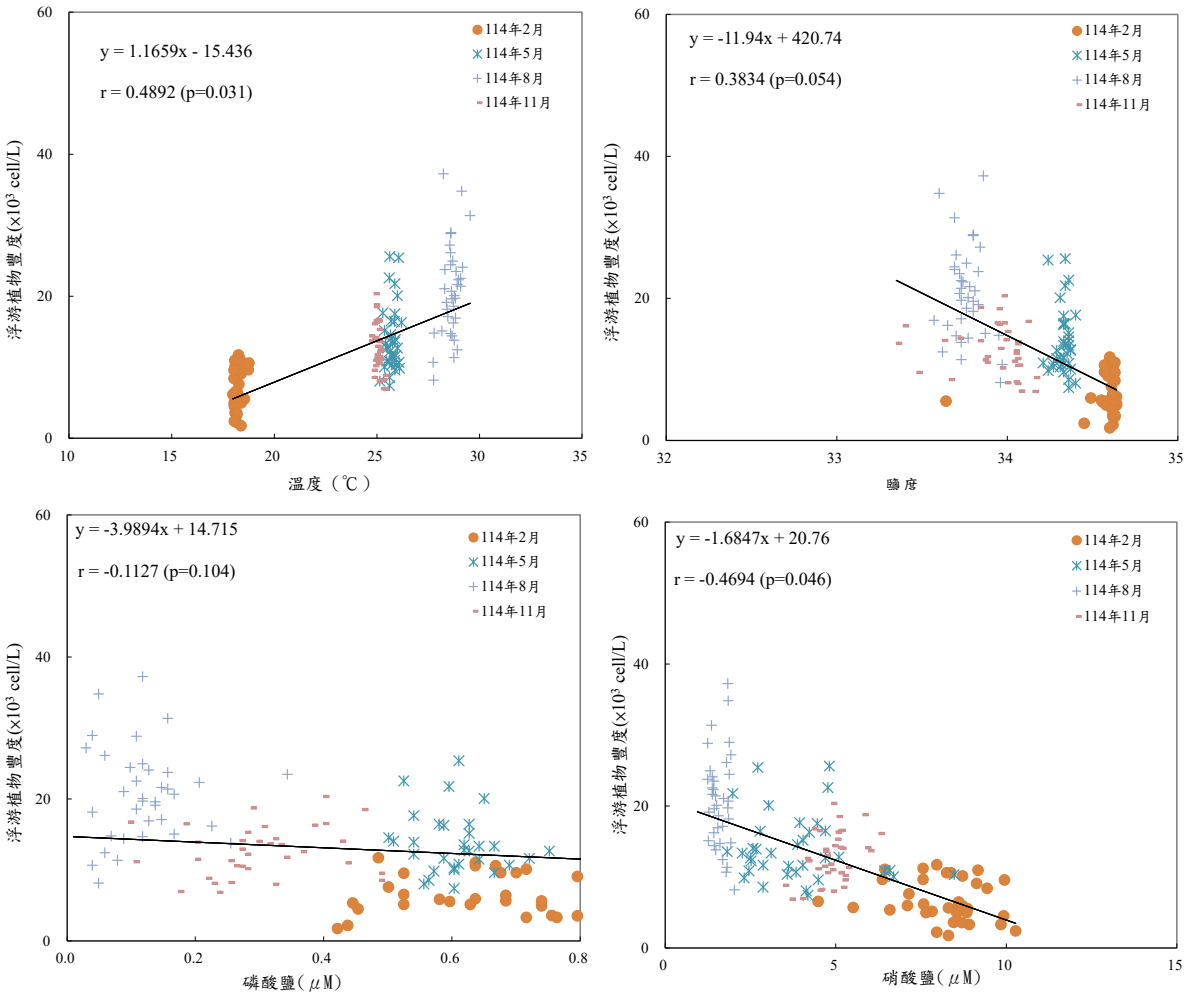


圖3-21、114年核一廠及核二廠附近海域之浮游植物豐度與溫度、鹽度、磷酸鹽、硝酸鹽、矽酸鹽、葉綠素*a*及浮游動物豐度之相關係數圖 (1/2)續

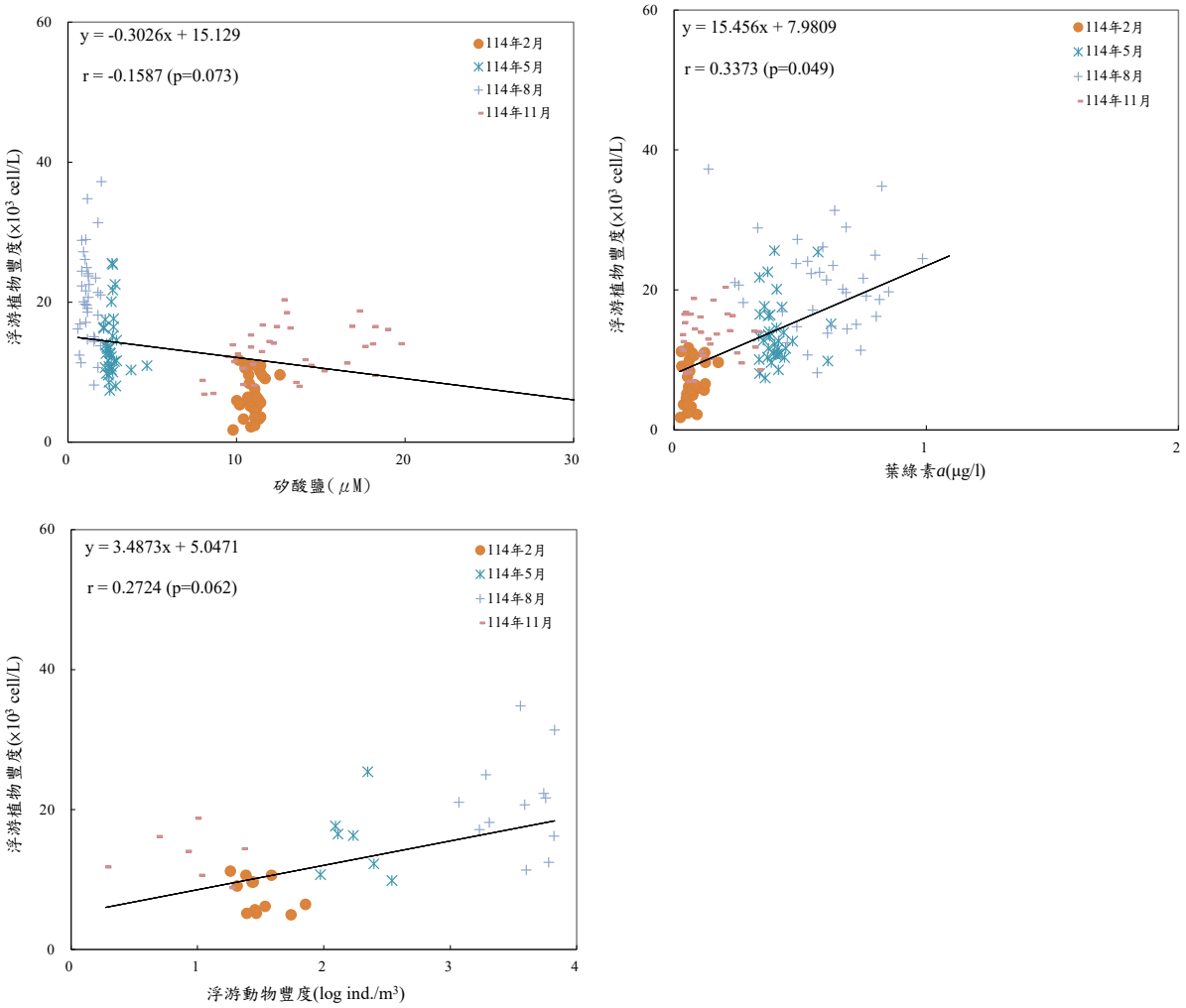


圖3-21、114年核一廠及核二廠附近海域之浮游植物豐度與溫度、鹽度、磷酸鹽、硝酸鹽、矽酸鹽、葉綠素*a*及浮游動物豐度之相關係數圖 (2/2)

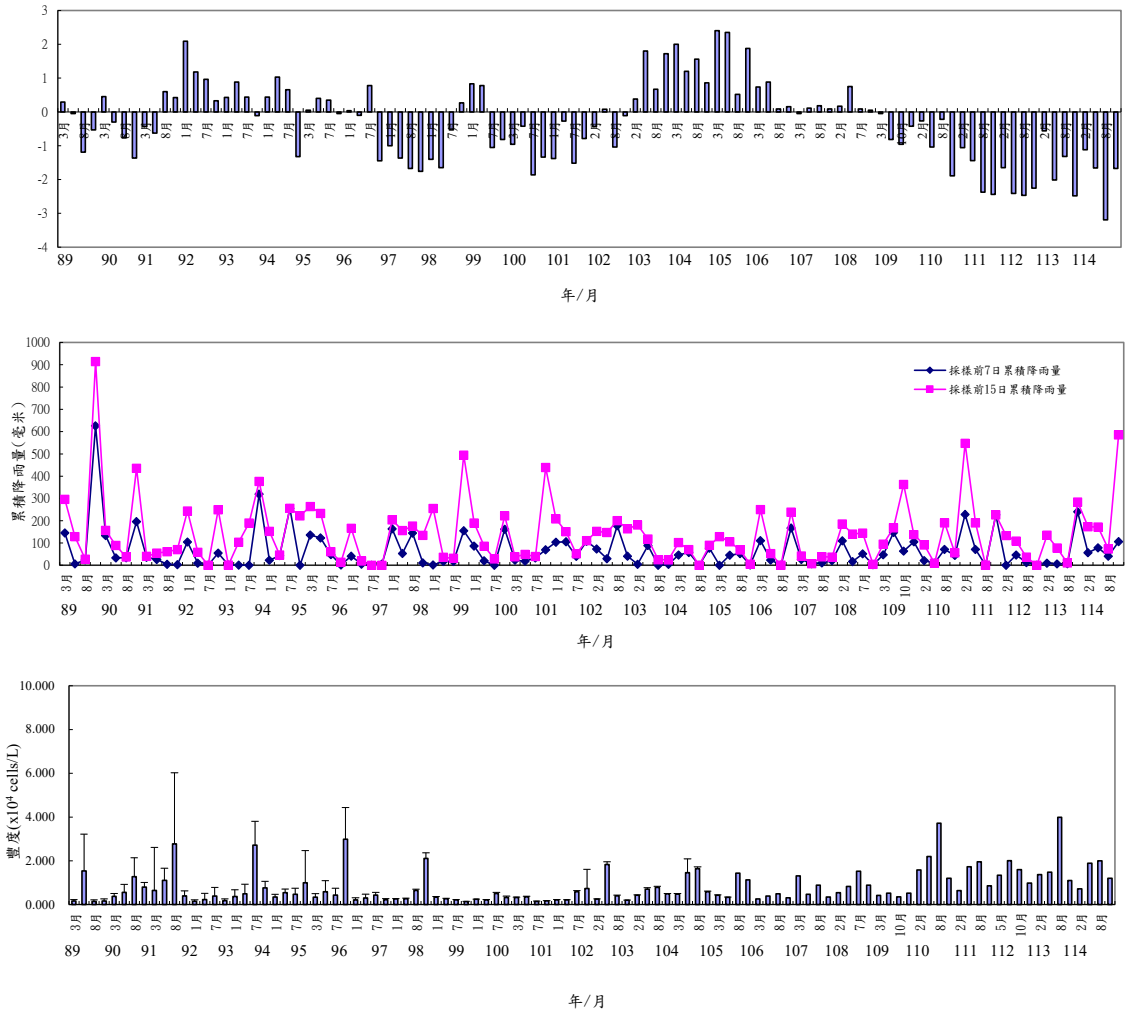


圖3-22、89年至114年期間海水PDO指數、基隆地區降雨量及浮游植物平均豐度變化圖

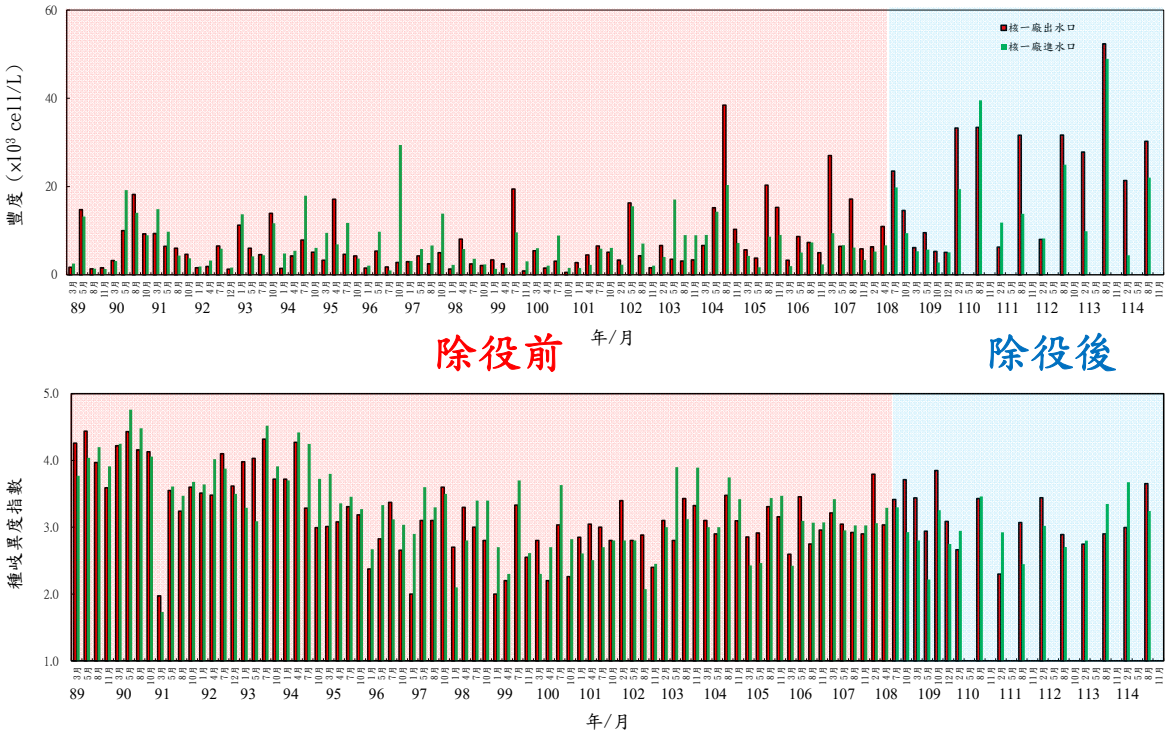


圖 3-23、核一廠除役前後進出水口浮游植物之（A）豐度及（B）種歧異度指數變化圖

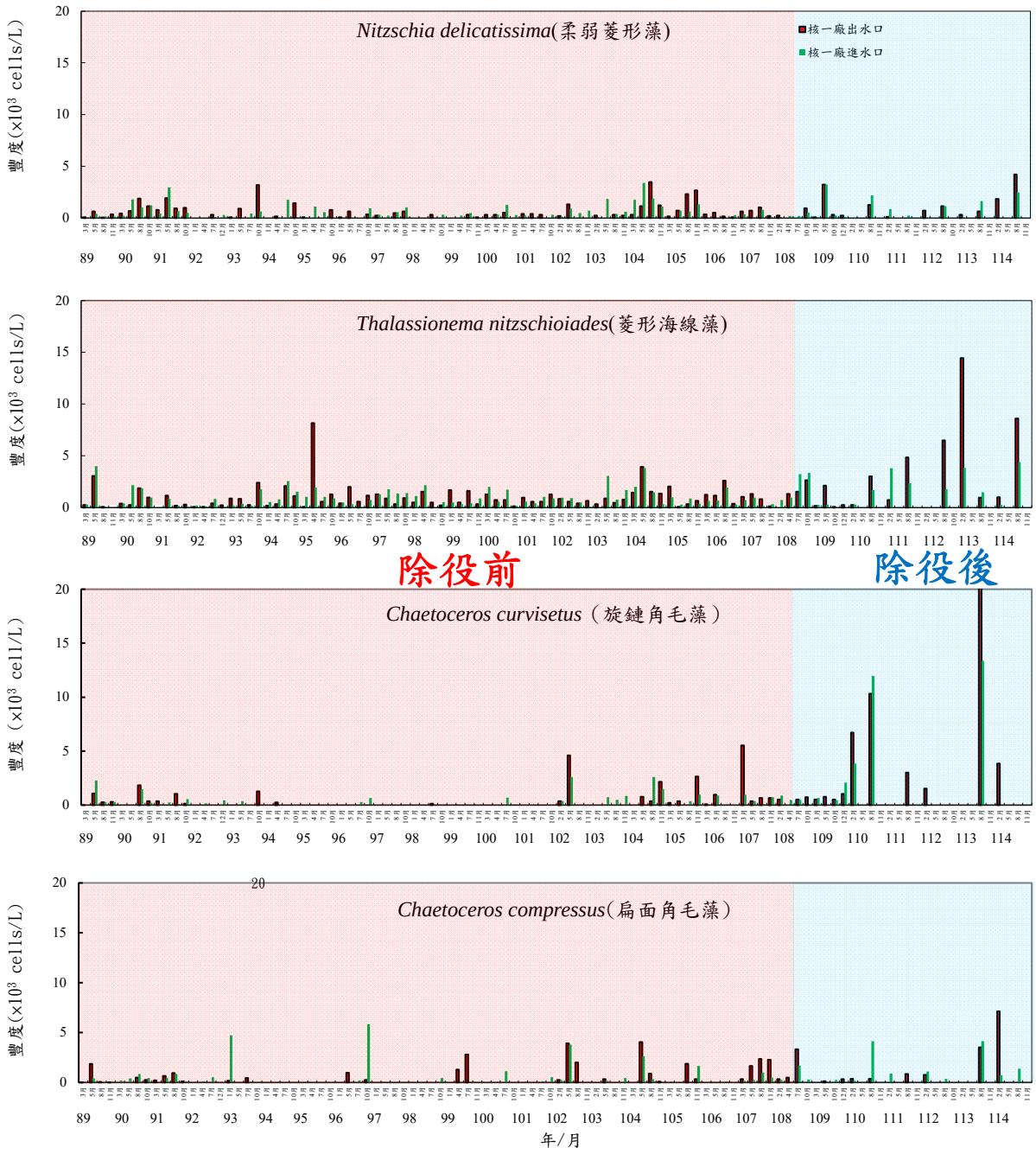


圖 3-24、核一廠除役前後進出水口主要優勢種浮游植物之豐度變化圖

第四章

浮游動物

第一節　監測執行之意義與目的

台灣自從民國 67 年 12 月 10 日在新北市石門區海濱啟用了第一座核能發電廠開始商業運轉，至今已有 47 年餘的核能電廠運轉歷史，至目前為止台灣已經有三座運轉中的核能電廠，分別位於新北市石門區 (核一廠)、新北市萬里區 (核二廠) 與屏東縣恆春鎮 (核三廠)。核能一廠與核能二廠所使用的發電裝置為沸水式反應爐 (Boiling Water Reactor, BWR) 發電機組；核能三廠使用的則是較為新型的壓水式反應爐 (Pressurize Water Reactor, PWR) 發電機組。不論核能電廠的機組差異，因冷卻需求所產生的溫排水伴隨著反應爐運轉而不間斷向鄰近海域釋出。核能一廠的除役年限分別為一號機民國 107 年 12 月與二號機民國 108 年 7 月；核能二廠的除役年限分別為一號機民國 110 年 12 月與二號機民國 112 年 3 月。以上兩座核能電廠都已經進入無發電運轉的除役階段。最後，龍門電廠 (第四座核能電廠) 位於新北市貢寮區，在民國 88 年 (1999 年) 3 月 17 日正式動工，民國 103 年 (2014 年) 4 月 24 日由行政院長江宜樺宣布龍門電廠封存。

海洋生態系中基礎生產力的主要貢獻者為單細胞的浮游植物，浮游動物攝食浮游植物之行為在海洋生態系中扮演極重要的角色，除了可將能量與物質傳遞至更高階的食物鏈中，在攝食過程中直接或間接影響到浮游植物之含量及分佈。浮游動物在食物網中又是魚類及經濟水產類極重要之餌料，因此浮游動物在海洋能量傳遞過程與元素循環上扮演著極關鍵性之角色。海洋中浮游生物之種類多樣性與豐度的變動直接影響整個海洋生態系的結構，因此浮游生物受自然或人為環境改變而導致其數量及種類組成改變時，會造成海洋生態系能量流動機轉之改變，所以了解海中浮游生物之分佈、含量、歧異度、能量轉移及指標種等之特性可進

一步幫助我們了解海洋環境。此監測報告之目的即在探討核電廠運轉過程中因冷卻所產生的溫排水對沿岸海域浮游動物可能產生的影響，以及幫助瞭解核電廠長期運轉下沿岸海域浮游動物的變動是否受到影響。

第二節　調查方法

監測計畫自 114 年第一季開始，過去四個調查季節的採樣時間分別為 114 年 2 月 12 日、5 月 9 日、8 月 10 日與 11 月 2 日，浮游動物監測分別於核一、二廠的進、出水口外水域向外延伸一條觀測線，此外在核一與核二廠間的磺溪出口往外延伸一條測線 (圖 4-1)。採樣點位置分別位於核一廠的出水口處與向外延伸的 B 測線之 500 公尺、1 公里、2 公里處各設一個採樣站進行表層拖網採樣；核二廠的出水口處與向外延伸的 E 測線之 500 公尺、1 公里、2 公里、5 公里、6 公里處各設一個採樣站進行表層拖網採樣；核一、二廠的進水口處與向外延伸的 C 與 F 測線中於 500 公尺、1 公里、2 公里及 5 公里處各設一個採樣站進行表層拖網採樣，以瞭解遠岸水體中的動浮組成；位於核一、二廠中間過渡的磺溪口外水域設立之觀測線 500 公尺、1 公里及 2 公里處各設一個採樣站進行表層拖網採樣，說明詳見表 4-1 及圖 4-1。依照合約的要求，本研究團隊在 114 年 2 月 12 日與 114 年 8 月 10 日的採樣航次進行了核一廠、磺溪與核二廠等三個鄰近水域的採樣；114 年 5 月 9 日 與 114 年 11 月 2 日的採樣航次進行了磺溪與核二廠等兩個鄰近水域的採樣。

海上浮游動物的採樣方法：114 年第一季至第四季利用租借的民間漁船前往調查水域。以標準北太平洋浮游動物網 (North Pacific Zooplankton standard net, NORPAC net) 進行浮游動物樣品的收集，北太平洋浮游動物網的規格為：網口直徑 45cm，網身長度 180cm，網目大小 333μm 的浮游動物網。於網口中間加掛單向式流速流量計 (德國 HydroBios 製)，以船速 2 海浬拖網 10 分鐘採集。兩個核電廠出、進水口處的樣品則於陸地上將採集網繫於繩索上，直接拋入渠道中，採樣時間 10 分鐘，以人工方式將採集網收回陸地上。採集所得的樣品立即以 5 - 10% 福馬林溶液固定，以防止樣品腐壞與利於日後海水中浮游動物數量的估算。

分析方法：

將浮游動物樣品置於解剖顯微鏡下進行大類分析。由於海洋浮游動物種類繁多，需要相當完整的相關檢索資料才能完整呈現其中生物的訊息，本實驗室對於浮游動物鑑定分析時主要參考依據為數份的海洋浮游動物專業分類書籍以及網站資料：

(1) 鄭重所著之海洋浮游動物學 (鄭等 1965)。

(2) 山路勇所著之日本海洋浮游動物生物圖鑑 (Yamaji 1991；山路勇 1996)。

(3) 千原光雄與村野正昭之日本海產浮游動物檢索圖說 (千原光雄與村野正昭 1997)。

(4) 鄭重等合著之中國海洋浮游橈足類上卷 (鄭等 1982)。

(5) 鄭重等合著之中國海洋浮游橈足類中卷 (鄭等 1991)。

(6) 中國科學院海洋研究所編輯之海洋科學集刊 (Chen and Zhang 1965；科學集刊 1974； Chen et al. 1974；Chen 1992)。

(7) 中國海洋浮游橈足類多樣性 (上下冊) (連等 2018a, 2018b)。

(8) 中國沿岸海域哲水蚤的分類資料庫 (Shih et al. 2019)。

浮游動物的計量則由各站流速流量計的讀數換算為每次採樣總共過濾的海水量，將此兩項數據結合換算為海水中浮游動物的數量 (inds./m^3) 估算。而浮游動物調查範圍包括原生動物的夜光蟲、有孔蟲及多細胞的軟體動物、甲殼類生物、仔稚魚.... 到大型浮游生物水母等共分成二十八大類，另外針對海洋中數量最豐富的橈足類進行分類與種名鑑定。

為了瞭解核電廠出水口冷卻水排放是否會對週遭海域的浮游動物造成衝擊，我們也特別將核一廠、核二廠的進、出水口及磺溪的資料，依離岸距離的測站結果作一比較。針對浮游動物的季節性群聚結構，將依照 Box and Cox (1964) 之方法檢定浮游動物豐度轉換的方式，再以 Bray-Curtis 相似度分析計算樣品組成間的相同性。進一步利用相似度百分比 (Similarity Percentage, SIMPER) 分析、非度量多維度(Non-metric Multidimensional Scaling, NMDS) 分析與聚類分析 (Cluster analysis) 確認季節性的組成差異與主要的變化浮游動物大類為何。

第三節　目前研究結果

過去四季調查季節測站採樣結果,經換算為浮游動物之平均個體數與數量百分比，分別列於附錄 4 表 1 與 2 (114 年第 1 季)、附錄 4 表 3 與 4 (114 年第 2 季)、附錄 4 表 5 與 6 (114 年第 3 季) 與附錄 4 表 7 與 8 (114 年第 4 季)。

一、 114 年第 1 季

(A) 核一廠水域分佈與組成

114 年度第 1 季核一廠水域各測站的浮游動物密度與大類出現數可見圖 4-2(A, B)。測站浮游動物密度以進水口測線 2000 公尺測站的樣品為最高，浮游動物密度為 54.06 inds./ m^3，次高紀錄值出現在出水口測線 2000 公尺測站的樣品 (33.25 inds./ m^3)，浮游動物密度最低的測站為進水口處測站，浮游動物的密度為 0.89 inds./ m^3。第 1 季核一廠水域浮游動物豐度在出水口測線呈現近岸低、遠岸高的相似分佈趨勢。本季調查核一廠海域測站浮游動物大類出現數介於 4 – 10 大類之間，大類數最低的測站為進水口處測站，記錄到 4 大類浮游動物，浮游動物大類出現數最高的位置在出水口處測站與出水口測線 2000 公尺測站的樣品中，共發現了 10 大類的浮游動物。本季測站中浮游動物大類出現數與浮游動物豐度的變化趨勢不一致。

114 年第 1 季核一廠附近海域總共發現 14 大類之浮游動物 (表 4-2)，數量優勢度前五名的比重變化可見圖 4-3(A)。浮游動物平均個體量以哲水蚤的 11.45 inds./ m^3 最多 (48.21%)，其次是夜光蟲 7.10 inds./ m^3 (29.89%)，第三則是歧口水蚤 1.92 inds./ m^3 (8.08%)，其中哲水蚤佔全數的 48.21 % 具有相對優勢，除了前五名的優勢大類外，其他大類浮游動物的數量比重都沒有超過 3 %。

(B) 磺溪水域分佈與組成

磺溪各測站 114 年度第 1 季的浮游動物密度與大類出現數可見圖 4-2(C)，測站浮游動物密度在測站間差異明顯，以測線 500 公尺測站為最高，浮游動物

密度為 91.98 inds./ m^3，浮游動物密度最低的測站為 1000 公尺處測站，浮游動物的密度為 75.27 inds./ m^3，浮游動物的密度沒有清楚的變化趨勢。測站浮游動物大類出現數在 1000 公尺處測站最高有 11 大類，最低在 500 公尺與 2000 公尺處測站，紀錄到 7 大類，變化的趨勢與浮游動物密度變化相反。

114 年第 1 季磺溪附近海域共發現 11 大類之浮游動物 (表 4-3)，數量優勢度前五名的比重變化可見圖 4-3(B)。浮游動物平均個體量以哲水蚤的 43.91 inds./ m^3 最多 (51.97%)，其次為夜光蟲 17.97 inds./ m^3 (21.27%)，第三則是介形類 13.49 inds./ m^3 (15.97%)。其中哲水蚤佔全數的 51.97 % 具有絕對優勢，除了前四名的優勢大類浮游動物外，其餘大類浮游動物比重都沒有超過 3 %。

(C) 核二廠水域分佈與組成

114 年度第 1 季核二廠各測站的浮游動物密度與大類出現數可見圖 4-2(D, E)。測站浮游動物密度以出水口測線 5000 公尺處測站的樣品為最高，浮游動物密度為 305.85 inds./ m^3，次高值為出水口測線 6000 公尺處測站的樣品，浮游動物的密度為 298.72 inds./ m^3，浮游動物密度最低的紀錄為進水口處測站，浮游動物的密度為 13.05 inds./ m^3，整體而言浮游動物的密度變化在本季分佈大致上呈現近岸低、遠岸高的變化趨勢。測站浮游動物大類出現數介於 3 – 10 大類之間，大類數最低的測站為出水口測線 6000 公尺處測站，大類數為 3 大類，最高紀錄出現在進水口測線 2000 公尺處測站樣品，有 10 大類浮游動物出現。整體而言，浮游動物大類出現數的變化趨勢與浮游動物密度之變化性不一致，亦無顯著的關聯性存在。

114 年第 1 季核二廠附近海域共發現 14 大類之浮游動物 (表 4-4)，數量優勢度前五名的比重變化可見圖 4-3(C)。浮游動物平均個體量以哲水蚤的 72.67 inds./ m^3 最多 (76.40 %)，其次為螢光蟲 12.84 inds./ m^3 (13.50 %)，第三則是介形類 3.34 inds./ m^3 (3.51 %)。其中夜哲水蚤光蟲佔全數的 76.40 % 具有絕對優勢，除了前三名的優勢大類浮游動物外，其餘大類浮游動物比重都沒有超過 3 %。

二、 114 年第 2 季

(A) 磺溪水域分佈與組成

磺溪 114 年第 2 季各測站的浮游動物密度與大類出現數可見圖 4-4(A)。測站浮游動物密度以測線 1000 公尺測站為最高，浮游動物密度為 452.72 inds./ m^3，浮游動物密度最低的測站為離岸 2000 公尺處測站，浮游動物的密度為 223.43 inds./ m^3，浮游動物的密度在測站間沒有清楚的變化趨勢。測站浮游動物大類介於 6 - 9 大類之間，大類數最低的測站為離岸 2000 公尺處測站，紀錄到 6 大類的浮游動物，最多浮游動物大類的紀錄為測線 2000 公尺測站的樣品，有 9 個大類的浮游動物出現。整體而言，浮游動物大類出現數的變化與浮游動物密度的變化趨勢沒有明顯相關。

114 年第 2 季，磺溪附近海域共發現 11 大類之浮游動物 (表 4-5)，數量優勢度前五名的比重變化可見圖 4-5(A)。浮游動物平均個體量以夜光蟲的 286.83 inds./ m^3 最多 (79.16 %)，其次為其他幼生 26.24 inds./ m^3 (7.24 %)，第三則是哲水蚤 19.25 inds./ m^3 (5.31 %)。其中夜光蟲佔全數的 79.16 % 具有絕對優勢，本季浮游動物組成除了前三名的優勢大類外，其餘種類則都沒有超過 3 %。

(B) 核二廠水域分佈與組成

114 年第 2 季核二廠各測站的浮游動物密度與大類出現數可見圖 4-4(B, C)，測站浮游動物密度以進水口測線 1000 公尺處測站的樣品為最高，浮游動物密度為 344.60 inds./ m^3，浮游動物密度最低的測站為出水口處測站的樣品，浮游動物的密度為 13.14 inds./ m^3。本季浮游動物的密度分佈在採樣海域沒有清楚的分佈趨勢。測站浮游動物大類出現數介於 6 – 15 大類之間，大類數最低的測站為出水口測線 1000 公尺與進水口處測站的樣品，發現了 6 大類的浮游動物；出水口測線 2000 公尺測站的浮游動物大類出現數為最高，有 15 大類的浮游動物。整體而言，浮游動物大類數變化的趨勢與浮游動物密度不一致。

114 年第 2 季核二廠附近海域共發現 19 大類之浮游動物 (表 4-6)，數量優勢度前五名的比重變化可見圖 4-5(B)。浮游動物平均個體量以夜光蟲的 110.02 inds./ m^3 最多 (69.96 %)，其次為哲水蚤 15.18 inds./ m^3 (9.65 %)，第三則是其他十足類 7.66 inds./ m^3 (4.87 %)。其中夜光蟲佔全數的 69.96 % 具有絕對優勢，本季浮游動物組成除了前五名的優勢大類外，其餘大類則都沒有超過 3 %。

三、 114 年第 3 季

(A) 核一廠水域分佈與組成

114 年度第 3 季核一廠水域各測站的浮游動物密度與大類出現數可見圖 4-6(A, B)。測站浮游動物密度以進水口測線 2000 公尺測站的樣品為最高，浮游動物密度為 6599.10 inds./ m^3，次高紀錄值出現在出水口測線 2000 公尺處測站的樣品 (6011.56 inds./ m^3)，浮游動物密度最低的測站為進水口處測站，浮游動物的密度為 124.60 inds./ m^3。第 3 季核一廠水域浮游動物豐度在進、出水口兩條測線大致上呈現近岸低、遠岸高的分佈趨勢。本季調查核一廠海域測站浮游動物大類出現數介於 6 – 16 大類之間，大類數最低的測站為進水口測線 2000 公尺處測站，紀錄到 6 大類浮游動物；浮游動物大類出現數最高的位置在進水口處測站，共鑑定了 16 大類的浮游動物。本季測站中浮游動物大類出現數與浮游動物豐度的分布變化趨勢不一致。

近海 114 年第 3 季核一廠附域總共發現 18 大類之浮游動物 (表 4-7)，數量優勢度前五名的比重變化可見圖 4-7(A)。浮游動物平均個體量以哲水蚤的 2155.85 inds./ m^3 最多 (74.96 %)，其次是其他十足類 256.40 inds./ m^3 (8.92 %)，第三則是其他幼生 133.59 inds./ m^3 (4.65 %)，其中哲水蚤佔全數的 74.96 % 具有絕對優勢，除了前五名的優勢大類外，其他大類浮游動物的數量比重都沒有超過 3 %。

(B) 磺溪水域分佈與組成

磺溪各測站 114 年度第 3 季的浮游動物密度與大類出現數可見圖 4-6(C)，測站浮游動物密度在測站間差異明顯，以離岸 1000 公尺測站為最高，浮游動物密度為 6098.81 inds./ m^3，浮游動物密度最低的測站為離岸 2000 公尺處測站，浮游動物的密度為 1578.96 inds./ m^3，浮游動物的密度在測站呈現近岸高、遠岸較低的變化趨勢。測站浮游動物大類出現數在離岸 500 公尺測站與 2000 公尺測站處最高有 10 大類，最低在離岸 1000 公尺處測站，紀錄到 8 大類，變化的趨勢與浮游動物密度變化沒有清楚的變化模式。

114 年第 3 季磺溪附近海域共發現 14 大類之浮游動物 (表 4-8)，數量優勢度前五名的比重變化可見圖 4-7(B)。浮游動物平均個體量以哲水蚤的 3206.56 inds./ m^3 最多 (75.14 %)，其次為其他十足類 315.60 inds./ m^3 (7.40 %)，第三則是

翼足類 189.04 inds./ m^3 (4.43 %)。其中哲水蚤佔全數的 75.14 % 具有絕對優勢，除了前三名的優勢大類浮游動物外，其餘大類浮游動物比重都沒有超過 3 %。

(C) 核二廠水域分佈與組成

11 年度第 3 季核二廠各測站的浮游動物密度與大類出現數可見圖 4-6(D, E)。測站浮游動物密度在測站間差異很明顯，以出水口測線 500 公尺測站為最高，浮游動物密度為 6690.01 inds./ m^3，浮游動物密度最低的測站為進水口處測站，浮游動物的密度為 8.58 inds./ m^3，浮游動物的密度在近岸與離岸測站間沒有清楚的變化趨勢。測站浮游動物大類出現數在出水口處測站與出水口測線 2000 公尺測站，紀錄到最高有 14 大類；最低為進水口處測站，僅紀錄到 5 大類，變化的趨勢與浮游動物密度變化並不相似。

114 年第 3 季核二廠附近海域共發現 19 大類之浮游動物 (表 4-9)，數量優勢度前五名的比重變化可見圖 4-7(C)。浮游動物平均個體量以哲水蚤的 2062.27 inds./ m^3 最多 (67.47 %)，其次為其他幼生 262.18 inds./ m^3 (8.58 %)，第三則是其他十足類 165.18 inds./ m^3 (5.40 %)。其中哲水蚤佔全數的 67.47 % 具有絕對優勢，除了前五名的優勢大類浮游動物外，其餘大類浮游動物比重都沒有超過 3 %。

四、 114 年第 4 季

(A) 磺溪水域分佈與組成

磺溪 114 年第 4 季各測站的浮游動物密度與大類出現數可見圖 4-8(A)。測站浮游動物密度以測線 1000 公尺測站為最高，浮游動物密度為 9.53 inds./ m^3，浮游動物密度最低的測站為離岸 2000 公尺處測站，浮游動物的密度為 5.84 inds./ m^3，浮游動物的密度在測站間沒有清楚的變化趨勢。測站浮游動物大類介於 10 - 12 大類之間，大類數最低值為測線 1000 公尺與 2000 公尺處測站，紀錄到 10 大類的浮游動物，最高浮游動物大類的紀錄為 500 公尺處測站的樣品，有 12 個大類的浮游動物出現。整體而言，浮游動物大類出現數的變化與浮游動物密度沒有一致的變化趨勢。

114 年第 4 季，磺溪附近海域共發現 14 大類之浮游動物 (表 4-10)，數量

優勢度前五名的比重變化可見圖 4-9(A)。浮游動物平均個體量以其他十足類的 2.83 inds./ m^3 最多 (39.47 %)，其次為哲水蚤 1.30 inds./ m^3 (18.13 %)，第三則是毛顎類 0.88 inds./ m^3 (12.27 %)。其中其他十足類佔全數的 39.47 % 具有相對優勢，本季浮游動物組成除了前五名的優勢大類外，其餘種類則都沒有超過 3 %。

(B) 核二廠水域分佈與組成

114 年第 4 季核二廠各測站的浮游動物密度與大類出現數可見圖 4-8(B, C)，測站浮游動物密度以出水口測線 5000 公尺處測站的樣品為最高，浮游動物密度為 26.45 inds./ m^3，浮游動物密度最低的測站為進水口處測站的樣品，浮游動物的密度為 0.21 inds./ m^3。浮游動物的密度與分佈在採樣海域內大致上呈現近岸低、遠岸高的趨勢。測站浮游動物大類出現數介於 3 – 12 大類之間，大類數最低的測站為進水口處測站的樣品，發現了 3 大類的浮游動物；出水口測線 2000 公尺與進水口 2000 公尺處測站的浮游動物大類出現數為最高，有 12 大類的浮游動物。整體而言，浮游動物大類數變化的趨勢與浮游動物豐度不一致。

114 年第 4 季核二廠附近海域共發現 16 大類之浮游動物 (表 4-11)，數量優勢度前五名的比重變化可見圖 4-9(B)。浮游動物平均個體量以哲水蚤的 3.59 inds./ m^3 最多 (32.49 %)，其次為其他十足類 2.50 inds./ m^3 (22.62 %)，第三則是夜光蟲 2.23 inds./ m^3 (20.18 %)。其中哲水蚤佔全數的 32.49 % 具有相對優勢，本季浮游動物組成除了前五名的優勢大類外，其餘種類則都沒有超過 3 %。

第四節　歷年監測資料統計分析

一、 歷史性的分析記錄回顧

本監測計畫執行至今已有數年的豐富資料，因此藉由比對過去所獲得的資料來比較 114 年 4 季期間的分析結果是相當客觀且具公信力的。圖 4-10 為 89 年第 1 季至 114 年第 4 季期間，核一廠 (A)、磺溪 (B)、核二廠 (C) 與整體監測 (D) 海域浮游動物監測計畫執行期間各季調查平均數量與大類出現平均數之變化情形。整體而言，三個調查水域的浮游動物豐度與浮游動物大類出現數之高低變化並不一致，但是整體的異動趨勢是相似的。經 Pearson's correlation 分

析發現，三個水域的浮游動物豐度變動關係密切，核一廠與核二廠 ($r = 0.72, p < 0.001$)、核一廠與磺溪 ($r = 0.71, p < 0.001$)、核二廠與磺溪 ($r = 0.78, p < 0.001$) 的連動顯著相關。此外，三個水域的浮游動物大類出現數變動亦顯著密切，核一廠與核二廠 ($r = 0.78, p < 0.001$)、核一廠與磺溪 ($r = 0.70, p < 0.001$)、核二廠與磺溪 ($r = 0.74, p < 0.001$) 皆具有顯著的正相關連動變化。

回顧過去全水域的調查紀錄 (圖 4-10D)，可以發現 102 年第 1 季 (Feb./2023，7040.44 inds./ m^3) 之記錄值為過去以來的最高值，在 99 年度第 3 季 (Jul./2010，5164.43 inds./ m^3) 記錄到浮游動物聚集的現象，為過去歷年以來的次高值。89 年的第 2 季 (May/2000，3313.41 inds./ m^3) 為浮游動物的數量密度為第三高紀錄。相反的，113 年第 4 季 (Nov./2024) 過去以來浮游動物平均豐度的最低值 (9.04 inds./ m^3)，114 年第 4 季 (Nov./2025) 過去以來浮游動物平均豐度的次低值 (10.22 inds./ m^3)，第三低值出現在 99 年度第 1 季 (Jan./2010)，浮游動物平均豐度為 15.65 inds./ m^3。浮游動物大類的平均出現數在 107 年第 2 季 (May/2018)，記錄到 14.74 (大類/測站)，次高記錄在 95 年第 2 季 (Apr/2006) 為 13.82 (大類/測站)，第三高記錄在 107 年第 4 季 (Nov./2018)，記錄到 13.70 (大類/測站)。相反的，最低紀錄出現在 104 年第 1 季 (Mar./2015) 為 5.00 (大類/測站)，次低記錄在 103 年第 4 季 (Nov./2014) 為 5.13 (大類/測站)，第三低記錄在 111 年第 4 季 (Nov./2022)，記錄到 5.43 (大類/測站)。浮游動物大類的平均出現數有幾個時間轉折，民國 89 - 95 (2000-2006) 年間呈現出緩慢增加的趨勢，浮游動物大類的平均出現數在 2006-2009 年間呈現出逐漸下降的趨勢。之後，2010 年至 2013 年間呈現上升的趨勢，2014 年至 2015 年的記錄值為低谷期，之後緩慢回升到 2000 年至 2009 年期間的記錄值，最後在 2018 年來到最高值。2019 年至 2023 年期間採樣浮游動物大類出現數呈現下降趨勢，之後轉折為上升的趨勢。2024-2025 年間之變動為季節性的消長。

過去以來，監測水域浮游動物的數量出現上升的變化時，該季浮游動物的大類出現數並不會發生相對上升之變化，浮游動物的數量與浮游動物的大類出現數兩者之間的變化趨勢不相同。由於 114 年第三季各測站間浮游動物密度記錄到大量聚集的現象，推測與過去在 2000、2010 與 2023 年期間觀察到的偶發性大量聚集現象類似，合理推測 114 年四季間監測海域浮游動物的豐度變化為正常的自然演替現象。這個變化的趨勢將在之後的調查中持續關注是否出現的頻度有增加的趨勢。

二、 監測海域分析結果的年度變化

監測海域於 2000 - 2025 年期間核一廠 (A)、磺溪 (B)、核二廠 (C) 與整體監測 (D) 海域的年度平均浮游動物與大類數變化波動顯著 (圖 4-11)。三個水域的變化趨勢呈現高度的相關性，與逐季採樣調查的結果一致。

回顧過去全水域的調查紀錄 (圖 4-11D)，從圖中可以發現的浮游動物平均豐度紀錄中最高的三個年度依序分別是民國 112 (2023) 年 (平均 2485.68 inds./ m^3)、民國 99 (2010) 年 (平均 1639.92 inds./ m^3) 與民國 89 (2000) 年 (平均 1563.08 inds./ m^3)。相對的，最低紀錄的三個年度分別是民國 111 (2022) 年 (平均 82.97 inds./ m^3)、民國 114 (2025) 年 (平均 119.95 inds./ m^3) 與民國 98 (2009) 年 (平均 278.93 inds./ m^3)。從三個最高的紀錄之後的變化來看，浮游動物的年度變化呈現出突然的升高後，後續的幾年維持在 300-600 (inds./ m^3) 之間波動 (圖 4-11D)。2022 年的浮游動物紀錄為歷年平均值的最低，是 2018 年浮游動物數量增加之後下降期的最低值；2023 年下降的趨勢不再延續，在 2024 年顯著的降低後，於 2025 年又出現大量聚集的現象。浮游動物的平均豐度在 2022-2025 年期間呈現清楚的波動變化。浮游動物大類的平均出現數在民國 107 (2018) 年為最高 (12.63 大類/測站)，次高與三高紀錄分別為民國 95 (2006) 年 (11.74 大類/測站) 與民國 94 (2005) 年 (11.49 大類/測站)。最低紀錄的三個年度依序為民國 103 (2014) 年 (6.80 大類/測站)、民國 104 (2015) 年 (7.08 大類/測站) 與民國 111 (2022) 年 (7.51 大類/測站)。調查期間於 2013 年 (10.61 大類/測站) 與 2014 年 (6.8 大類/測站) 間有個大幅下降的變化 (圖 4-19D)，之後於 2015 年開始上升，到了 2018 年 (12.63 大類/測站) 為調查紀錄的最高點。2018-2023 年期間浮游動物大類的平均出現數呈現下降的趨勢。2024-2025 年的平均大類出現數 回升到 8.60-9.151 (大類/測站)。

經 general linear model (with Tukey's test) 檢測的結果發現民國 89 (2000)、99 (2010)、107 (2018)、112 (2023) 與 114 (2025) 年之浮游動物平均數量顯著高於其他數個年度的採樣結果 ($p < 0.05$)。浮游動物大類的平均出現數分析發現，民國 103 (2014) 與 104 (2015) 年的平均浮游動物大類出現數顯著低於長期的大多數年度調查結果 ($p < 0.05$)。

三、 監測海域分析結果的季節變化

過去 26 年監測調查期間，核一廠 (A)、磺溪 (B)、核二廠 (C) 與整體監測 (D) 海域的浮游動物與浮游大類出現數在各季節的平均數量變化可見圖 4-12。綜合三個水域浮游動物豐度與浮游大類出現數的變化相似，浮游動物在第三季之調查數量最高，其次第二季，最低為第四季；浮游動物的大類出現數最高為第三季，最低為第一季。三個調查水域的季節性變化與過去歷年逐季採樣調查的結果一致。

回顧過去全水域的調查紀錄 (圖 4-12D)，從圖中可以發現第三季 (Jul-Sep) 的浮游動物數量最高 (平均 1052.19 inds./ m^3)，第二季 (Apr-Jun) 次之 (平均 802.24 inds./ m^3)，第三高為第一季 (Jan-Mar) (平均 443.29 inds./ m^3)，最低的為第四季 (Oct-Dec) (平均 284.33 inds./ m^3)。浮游動物的大類出現數以第二季最為豐富 (平均 11.12 大類/ 測站)，第 1 季的紀錄最低 (平均 9.53 大類/ 測站)。

經 general linear model (with Tukey's test) 檢測的結果發現第三季浮游動物的平均數量顯著高於第一季 ($p < 0.001$)、第一季 ($p = 0.045$) 與第四季 ($p < 0.001$)；第二季的浮游動物平均密度亦明顯高於第一季 ($p = 0.001$) 與第四季 ($p < 0.001$)，顯示出夏、秋兩季浮游動物數量顯著高於春、冬兩季的現象。浮游動物大類出現數的分析結果發現第二季的出現數明顯高於第一季 ($p < 0.001$)、第三季 ($p < 0.001$) 與第四季 ($p < 0.001$)。可以知道監測海域的浮游動物結構與組成在季節間有清楚的演替消長現象。

四、 監測海域分析結果的浮游動物區域分佈變化

過去 26 年監測海域的浮游動物與大類出現數分佈比較可見圖 4-13。圖中可以清楚發現浮游動物在核二廠外海域的數量最為豐富 (平均 829.53 inds./ m^3)，磺溪海域次之 (平均 781.74 inds./ m^3)，核一廠外海域為最低者 (平均 396.21 inds./ m^3)。浮游動物的大類出現數呈現出類似的變化趨勢，磺溪外海域測站為最高 (平均 10.41 大類)，核二廠海域次之 (平均 10.27 大類)，核一廠外海域為最低 (平均 9.79 大類)，浮游動物大類出現數的差異在各監測海域間顯得較不明顯。

經 One-way ANOVA (with Tukey's test) 檢測的結果發現浮游動物的數量在

磺溪測線海域顯著高於核一廠 ($p = 0.001$)，核二廠也比核一廠外海域明顯豐富 ($p < 0.001$)。經過長期的監測，發現浮游動物的大類出現數在核一廠外海域顯著低於核二廠 ($p < 0.001$) 與磺溪外海域 ($p = 0.003$)。由結果可知從核一廠到核二廠外的範圍海域裡，浮游動物大類的出現數有分佈上的顯著差異存在，並且顯示浮游動物的分佈在監測海域裡並不均勻，暗示海域的環境特質導致三個監測區域的浮游動物有顯著數量與密度上的差異存在。

五、 與其他子計畫的合併分析

與浮游動物生存有密切關連的生物與物理因子有許多，在整個監測團隊中與浮游動物有最緊密的關連的為子計畫為浮游植物與水質水文分析結果。因為浮游植物提供給浮游動物食物，而水質水文的監測結果顯示出浮游動物所處的水團環境與限制壓力。表 4-12 顯示了自 93 年第一季至 114 年第四季以各季節採樣與分析之平均結果值所做的關連性分析結果。統計分析的結果顯示出浮游動物的數量與海水溫度呈現出不顯著正相關 ($r = 0.15$, $p = 0.15$, Pearson's correlation) 的變化趨勢 (圖 4-14A)。海水鹽度是個穩定的環境因子，季節間的變化本來差異就不顯著，採樣海域雖然有磺溪注入少量的淡水進入監測水域，但是對整體採樣海域的海水鹽度沒有產生顯著的稀釋現象，所以鹽度的變化與浮游動物數量在季節間的強烈波動之關聯性分析沒有顯著的負相關存在 ($r = -0.13$, $p = 0.23$, Pearson's correlation) (圖 4-14B)。由於季節間的波動變化不一致，浮游植物的豐度與浮游動物的豐度變化呈現不顯著的正相關變化趨勢 ($r = 0.03$, $p = 0.80$, Pearson's correlation) (圖 4-14C)。浮游動物大類出現數與溫度呈現顯著的正關聯性 ($r = 0.21$, $p = 0.05$, Pearson's correlation) (圖 4-14D)。

六、 浮游動物的季節性群聚分析

調查水域之浮游動物大類組成與水團之分布有密切的關連，前文之結果揭露了豐度與優勢大類在不同月份與不同水域中的豐度與數量比重，由於測線與測站的數量眾多，整體的季節性差異不易看出。因此進一步以相似度百分比分析 (Similarity Percentage, SIMPER) 分析探討民國 114 年 4 季浮游動物組成差異的主要大類。表 4-13 顯示了在 114 年的調查中，在季節中有顯著更替的大類

浮游動物為：Calanoida (哲水蚤, 49.91%)、Noctiluca (夜光蟲, 22.35%)、Other Decapoda (其他十足類, 6.89%)、Other larva (其他幼生, 5.56%)、Poecilostomatoida (歧口水蚤, 3.04%) 與 Ostracoda (介形類, 2.55%)，累積貢獻了 90.3 % 的群聚差異 (overall average dissimilarity: 79.26)。進一步以非度量多維度(Non-metric Multidimensional Scaling, NMDS) 分析觀察各採樣季節之各樣品組成相似度 (圖 4-15)，可以發現季節間組成的差異有清楚的演替現象，2 月核一廠入水口與 11 月核二廠入水口處測站的樣品與該季的其他樣品組成有顯著的不同。聚類分析 (Cluster analysis) 的結果確認了浮游動物的季節性演替 (圖 4-16)，第四季 (十一月) 的樣品最出被分離成一個類群，因為四個季節的調查中，這個月份的浮游動物平均豐度最低；這個群聚中，第一季 (二月) 的兩個電廠入出水口處的四個樣品與 11 月的樣品比較相似，原因為樣品的豐度較低。其餘的三個季節，由於第三季 (八月) 的樣品為年度中最豐富，組成了一個類群；第一季 (二月) 與第二季 (五月) 的浮游動物組成較為相似，成為一個大的群聚。其中 Calanoida (哲水蚤)、Other Decapoda (其他十足類)、Other larva (其他幼生)、Noctiluca (夜光蟲) 與 Poecilostomatoida (歧口水蚤) 在第三季 (八月) 的採樣有很高的豐度。整體而言，Calanoida (哲水蚤)、Noctiluca (夜光蟲)與 Other Decapoda (其他十足類) 在年度的調查中皆呈現豐度優勢的記錄。以上分析確認了季節性的優勢大類浮游動物在數量與結構組成上的消長。

第五節　總結

在累計多年對於北部核能電廠外海域的採樣結果後，本報告中將過去數年的累積的豐富調查結果進行了廣泛的回顧與分析，從結果中確實找到許多核一廠與核二廠外海域特殊的生態特性。從最近的時間刻度 114 年四季的調查分析資料切入可以發現季節因素對核電廠外海域浮游動物的數量有顯著的影響，組成結構與數量改變明顯可見，浮游動物之組成、數量以及優勢種類的變化也反映出了浮游動物對生態環境改變的敏感性，可以充分表現核電廠外海域環境在季節間清楚的演變的程度。

114 年四季浮游動物豐度改變的現象，是調查水域海水水團改變所帶來的影

響 (圖 4-14)，與過去數年的觀察相同，監測水域中海水溫度隨季節更替變化是造成改變的重要的原因。氣候的變遷是亞熱帶地區季節變換的明顯指標，在台灣，東北季風與西南季風的交替，為影響核電廠外海域浮游動物數量與組成的重要的影響原因。根據過去數年的監測結果可以清楚瞭解浮游動物的數量與組成會因為季節、水質的狀態改變而有顯著的變化，尤其顯著的是季風效應，在過去的調查裡可以發現當冬季的東北季風效應作用時，浮游動物的數量會有明顯下降的趨勢；相對的在西南季風盛行的季節裡，浮游動物的數量會上升 (圖 4-12)。調查水域採樣的第一季與第四季是東北季風盛行的時期，過去多年的觀察裡，游動物的數量相對低於西南季風盛行時期的採樣 (圖 4-12)。由於調查水域表層海水溫度的改變，因此浮游動物群聚結構也跟著轉變。過去二十餘年的觀察裡發現，橈足類 (含哲水蚤、劍水蚤、猛水蚤與歧口水蚤) 為最優勢的大類動物，其次為夜光蟲，其餘二十幾個大類浮游動物的優勢度在各季並不固定 (附錄 4 表 2、4、6 與 8)，隨季節的改變，組成與結構上在每季都會有變化發生。本實驗室發現執行監測台電海域浮游動物二十餘年之紀錄，浮游動物的數量通常在第四季 (Oct-Dec) 或第一季 (Jan-Mar) 東北季風盛行時呈現出下降的趨勢 (圖 4-12)，除了中國沿岸水與東海水團南移靠近台灣北方海域的影響外，溫度下降也讓溫帶種類的橈足類數量減少。過去水文、水質子計畫曾經提供統計分析結果證明水溫的變化是影響浮游植物與浮游動物數量的重要因素，在水溫較低時浮游植物與浮游動物的數量會下降。經由歷史紀錄的回顧可以知道季節因素對核電廠外海域浮游動物的數量有顯著的影響 (圖 4-12)。除了平均數量的顯著差異外，大類出現數也顯示相同的變化，監測海域浮游動物的組成結構改變明顯可見，顯現出清楚的季節性消長現象。這樣的變化也反映出了浮游動物對生態環境改變的敏感性，可以充分表現核電廠外海域環境在一年四季間戲劇性演變的程度。台灣季節變化最明顯的影響因子就是因不同季風更替造成的氣候改變，夏、秋兩季西南季風盛行，台灣東部的黑潮水以及台灣海峽南端的黑潮洋流支流沿台灣西岸帶向北台灣，屬於溫暖的水團。到了冬、春兩季，東北季風盛行，帶來中國沿岸流與北方的東海低溫水團，造成環境中浮游動物組成結構的顯著改變。西南季風改變下北部海域的浮游動物數量顯著上升，東北季風的效應恰巧相反呈現 (圖 4-12)。

在回顧過去的歷史分析中可以發現，不管是歷次的、年度的、季節甚或是區域的分析裡，浮游動物的平均數量與大類出現數分析結果都有著相當大的標準差存在 (圖 4-10～ 圖 4-13)。其主要的原因來自於測站分佈的範圍遼闊，橫向的區

域涵蓋了核一廠到核二廠的區間海域,縱向的範圍從陸地的採樣測站一直延伸到離岸六公里處的測站,這麼大的面積裡所獲得的點狀數據,配合著浮游動物不規則的斑塊狀 (patchiness) 分佈特質,所獲得的資料變化很大,所以標準差的刻度很大。其次是時間上的差異,本監測海域採樣的時間經歷了二十餘年,清楚的發現年度季節性循環中,台灣北部海岸受水溫較低的中國沿岸水 (China Coastal Water) 與東海 (East China Sea) 水團,以及水溫較高的黑潮洋流支流 (Kuroshio Current branch) 與台灣海峽海流 (Taiwan Strait Current) 的交互作用,浮游動物組成變化甚大,也因此造成了所有的分析結果都有著顯著的標準偏差存在。

經由兩座核電廠外海域與對照海域之分析數據相比較,加上回顧過去二十餘年所累積的調查數據與分析結果,推論調查水域在 114 年第三季 (八月/2025,3143.83 inds./ m^3) 記錄到浮游動物數量聚集 (> 2000 inds./ m^3) 的現象,可能的原因為下:

(一) 過去的調查中浮游動物在第 3 季記錄到許多大量聚集的現象,如 99 年 (July/2010,5164.43 inds./ m^3) 與 89 年 (Aug/2000,2430.71 inds./ m^3) 皆記錄到調查海域有浮游動物聚集的現象。顯示浮游動物的聚集現象在調查海域為自然的演替現象,拘限於一年僅有四季的採樣頻度,所以遭遇到大量聚集的紀錄不多。

(二) 兩座核能電廠接續除役,過去運轉期間對調查水域的溫排水輸出量減少。原來運轉期間的浮游動物生物相 (Biota) 組成的改變是因為環境的改變而波動,目前的變化可能需要幾年的時間來達到穩定,所以觀察到年度間浮游動物有顯著降低與大量群聚的現象。

由於 2025 年整體調查水域的優勢大類組成為橈足類、夜光蟲、其他十足類、其他幼生與歧口水蚤,這些浮游動物大類過去在調查水域皆為常見與數量豐富的類群,顯示相對的優勢的大類浮游動物組成結構並沒有改變。以空間分布來看,三個調查的水域 (核一廠、磺溪、核二廠) 之浮游動物豐度均呈現同步增加的現象,可以知道浮游動物大量聚集的現象並非在特定的水域空間發生,乃共同的變化。由於聚集的現象在本年度僅於第三季出現,這個單季出現的紀錄,將在後續的監測調查中持續關注。浮游動物年度間的豐度波動現象是否更常出現,還需要更多年的數據來推論。目前觀察到的浮游動物聚集現象,尚無法以統計的方法與兩座核電廠停機的改變作確切的分析與推論。

表 4-1、北部核電廠海域浮游動物調查測站位置、名稱及其說明。

測站與名稱		位置與說明	
測線 B	N1-Out	核一廠出水口處	在陸地下網於水道採集
	B-500	核一廠出水口前方 500 公尺	表層拖網
	B-1000	核一廠出水口前方 1000 公尺	表層拖網
	B-2000	核一廠出水口前方 2000 公尺	表層拖網
測線 C	N1-In	核一廠進水口處	在陸地下網於水道採集
	C-500	核一廠進水口前方 500 公尺	表層拖網
	C-1000	核一廠進水口前方 1000 公尺	表層拖網
	C-2000	核一廠進水口前方 2000 公尺	表層拖網
	C-5000	核一廠進水口前方 5000 公尺	表層拖網
測線 E	N2-Out	核二廠出水口處	在陸地下網於水道採集
	E-500	核二廠出水口前方 500 公尺	表層拖網
	E-1000	核二廠出水口前方 1000 公尺	表層拖網
	E-2000	核二廠出水口前方 2000 公尺	表層拖網
	E-5000	核二廠出水口前方 5000 公尺	表層拖網
	E-6000	核二廠出水口前方 6000 公尺	表層拖網
測線 F	N2-In	核二廠進水口處	在陸地下網於水道採集
	F-500	核二廠進水口前方 500 公尺	表層拖網
	F-1000	核二廠進水口前方 1000 公尺	表層拖網
	F-2000	核二廠進水口前方 2000 公尺	表層拖網
	F-5000	核二廠進水口前方 5000 公尺	表層拖網
測線 R	R-500	磺溪出水口前方 500 公尺	表層拖網
	R-1000	磺溪出水口前方 1000 公尺	表層拖網
	R-2000	磺溪出水口前方 2000 公尺	表層拖網

表 4-2、114 年第 1 季，核一廠附近海域的浮游動物之平均個體量 (inds./m^3)、相對豐度 (%) 及其測站出現頻率 (%)。

大類	核一廠		
	平均個體量	相對豐度	出現頻率
夜光蟲	7.10	29.89%	100%
有孔蟲	0	0%	0%
放射蟲	0	0%	0%
水母類	0.24	1.01%	44.4%
櫛水母	0	0%	0%
多毛類	0	0%	0%
翼足類	0	0%	0%
異足類	0	0%	0%
端足類	0.07	0.29%	11.1%
瑩蝦	0	0%	0%
櫻蝦	0	0%	0%
其他十足類	0.31	1.31%	77.8%
枝角類	0	0%	0%
介形類	1.92	8.08%	77.8%
橈足類無節幼蟲	0	0%	0%
哲水蚤	11.45	48.21%	100%
劍水蚤	0.52	2.19%	77.8%
猛水蚤	0.09	0.38%	22.2%
岐口水蚤	1.00	4.21%	66.7%
糠蝦類	0	0%	0%
磷蝦類	0	0%	0%
棘皮幼生	0	0%	0%
毛顎類	0.73	3.07%	55.6%
有尾類	0.12	0.51%	33.3%
海樽類	0.08	0.34%	22.2%
魚卵	0.11	0.46%	44.4%
仔稚魚	0	0%	0%
其他(幼生)	0.01	0.04%	11.1%
總計	23.75	100%	---

表 4-3、114 年第 1 季，磺溪附近海域的浮游動物之平均個體量 (inds./m^3)、相對豐度 (%) 及其測站出現頻率 (%)。

大類	磺溪		
	平均個體量	相對豐度	出現頻率
夜光蟲	17.97	21.27%	100%
有孔蟲	0	0%	0%
放射蟲	0	0%	0%
水母類	0.98	1.16%	100%
櫛水母	0	0%	0%
多毛類	0.19	0.22%	33.3%
翼足類	0	0%	0%
異足類	0	0%	0%
端足類	0	0%	0%
瑩蝦	0	0%	0%
櫻蝦	0	0%	0%
其他十足類	0.39	0.46%	33.3%
枝角類	0	0%	0%
介形類	13.49	15.97%	100%
橈足類無節幼蟲	0	0%	0%
哲水蚤	43.91	51.97%	100%
劍水蚤	1.15	1.36%	66.7%
猛水蚤	0	0%	0%
岐口水蚤	1.95	2.31%	66.7%
糠蝦類	0	0%	0%
磷蝦類	0	0%	0%
棘皮幼生	0	0%	0%
毛顎類	3.28	3.88%	100%
有尾類	0.58	0.69%	66.7%
海樽類	0	0%	0%
魚卵	0.60	0.71%	66.7%
仔稚魚	0	0%	0%
其他(幼生)	0	0%	0%
總計	84.49	100%	---

表 4-4、114 年第 1 季，核二廠附近海域的浮游動物之平均個體量 (inds./m^3)、相對豐度 (%) 及其測站出現頻率 (%)。

大類	核二廠		
	平均個體量	相對豐度	出現頻率
夜光蟲	12.84	13.50%	90.9%
有孔蟲	0	0%	0%
放射蟲	0	0%	0%
水母類	0.12	0.13%	27.3%
櫛水母	0	0%	0%
多毛類	0.44	0.46%	27.3%
翼足類	0	0%	0%
異足類	0	0%	0%
端足類	0.05	0.05%	18.2%
瑩蝦	0	0%	0%
櫻蝦	0	0%	0%
其他十足類	1.07	1.12%	63.6%
枝角類	0	0%	0%
介形類	3.34	3.51%	90.9%
橈足類無節幼蟲	0	0%	0%
哲水蚤	72.67	76.40%	100%
劍水蚤	0.18	0.19%	18.2%
猛水蚤	1.11	1.17%	18.2%
岐口水蚤	1.65	1.73%	72.7%
糠蝦類	0	0%	0%
磷蝦類	0	0%	0%
棘皮幼生	0	0%	0%
毛顎類	0.92	0.97%	45.5%
有尾類	0.61	0.64%	45.5%
海樽類	0	0%	0%
魚卵	0.03	0.03%	9.1%
仔稚魚	0	0%	0%
其他(幼生)	0.09	0.09%	9.1%
總計	95.12	100%	---

表 4-5、114 年第 2 季磺溪附近海域的浮游動物之平均個體量 (inds./m^3)、相對豐度 (%) 及其測站出現頻率 (%)。

大類	磺溪		
	平均個體量	相對豐度	出現頻率
夜光蟲	286.83	79.16%	100%
有孔蟲	0	0%	0%
放射蟲	0	0%	0%
水母類	1.26	0.35%	33.3%
櫛水母	0	0%	0%
多毛類	4.34	1.20%	100%
翼足類	0	0%	0%
異足類	0	0%	0%
端足類	0.72	0.20%	33.3%
瑩蝦	0	0%	0%
櫻蝦	0	0%	0%
其他十足類	7.55	2.08%	66.7%
枝角類	0	0%	0%
介形類	9.96	2.75%	66.7%
橈足類無節幼蟲	0	0%	0%
哲水蚤	19.25	5.31%	100%
劍水蚤	0	0%	0%
猛水蚤	0	0%	0%
岐口水蚤	4.21	1.16%	100%
糠蝦類	0	0%	0%
磷蝦類	0	0%	0%
棘皮幼生	0	0%	0%
毛顎類	0	0%	0%
有尾類	0	0%	0%
海樽類	0	0%	0%
魚卵	0.72	0.20%	33.3%
仔稚魚	1.26	0.35%	33.3%
其他(幼生)	26.24	7.24%	100%
總計	362.35	100%	100%

表 4-6、114 年第 2 季，核二廠附近海域的浮游動物之平均個體量 (inds./m^3)、相對豐度 (%) 及其測站出現頻率 (%)。

大類	核二廠		
	平均個體量	相對豐度	出現頻率
夜光蟲	110.02	69.96%	100%
有孔蟲	0	0%	0%
放射蟲	0	0%	0%
水母類	1.14	0.72%	54.5%
櫛水母	0.29	0.18%	9.1%
多毛類	1.76	1.12%	54.5%
翼足類	0.52	0.33%	18.2%
異足類	0	0%	0%
端足類	0.93	0.59%	36.4%
瑩蝦	0.13	0.08%	9.1%
櫻蝦	0	0%	0%
其他十足類	7.66	4.87%	90.9%
枝角類	0	0%	0%
介形類	4.21	2.68%	54.5%
橈足類無節幼蟲	0.40	0.25%	18.2%
哲水蚤	15.18	9.65%	100%
劍水蚤	0.49	0.31%	36.4%
猛水蚤	0.03	0.02%	9.1%
岐口水蚤	5.70	3.62%	81.8%
糠蝦類	0	0%	0%
磷蝦類	0	0%	0%
棘皮幼生	0.89	0.57%	27.3%
毛顎類	0.93	0.59%	45.5%
有尾類	0.76	0.48%	36.4%
海樽類	0	0%	0%
魚卵	0.56	0.36%	27.3%
仔稚魚	0	0%	0%
其他(幼生)	5.67	3.61%	72.7%
總計	157.27	100%	---

表 4-7、114 年第 3 季，核一廠附近海域的浮游動物之平均個體量 (inds./m^3)、相對豐度 (%) 及其測站出現頻率 (%)。

大類	核一廠		
	平均個體量	相對豐度	出現頻率
夜光蟲	49.52	1.72%	77.8%
有孔蟲	0	0%	0%
放射蟲	0	0%	0%
水母類	11.99	0.42%	55.6%
櫛水母	0.05	0%	11.1%
多毛類	2.98	0.10%	22.2%
翼足類	30.01	1.04%	88.9%
異足類	0	0%	0%
端足類	2.80	0.10%	22.2%
瑩蝦	0	0%	0%
櫻蝦	0	0%	0%
其他十足類	256.40	8.92%	100%
枝角類	16.69	0.58%	44.4%
介形類	0.31	0.01%	11.1%
橈足類無節幼蟲	1.25	0.04%	11.1%
哲水蚤	2155.85	74.96%	100%
劍水蚤	0	0%	0%
猛水蚤	0.10	0%	11.1%
岐口水蚤	95.64	3.33%	100%
糠蝦類	0	0%	0%
磷蝦類	0	0%	0%
棘皮幼生	0	0%	0%
毛顎類	15.32	0.53%	44.4%
有尾類	92.63	3.22%	77.8%
海樽類	2.82	0.10%	11.1%
魚卵	8.00	0.28%	22.2%
仔稚魚	0	0%	0%
其他(幼生)	133.59	4.65%	100%
總計	2875.93	100%	100%

表 4-8、114 年第 3 季磺溪附近海域的浮游動物之平均個體量 (inds./m^3)、相對豐度 (%) 及其測站出現頻率 (%)。

大類	磺溪		
	平均個體量	相對豐度	出現頻率
夜光蟲	91.03	2.13%	66.7%
有孔蟲	14.00	0.33%	33.3%
放射蟲	0	0%	0%
水母類	7.52	0.18%	33.3%
櫛水母	0	0%	0%
多毛類	14.00	0.33%	33.3%
翼足類	189.04	4.43%	100%
異足類	0	0%	0%
端足類	0	0%	0%
瑩蝦	0	0%	0%
櫻蝦	0	0%	0%
其他十足類	315.60	7.40%	100%
枝角類	28.00	0.66%	33.3%
介形類	0	0%	0%
橈足類無節幼蟲	26.52	0.62%	66.7%
哲水蚤	3206.56	75.14%	100%
劍水蚤	0	0%	0%
猛水蚤	0	0%	0%
岐口水蚤	91.53	2.14%	66.7%
糠蝦類	0	0%	0%
磷蝦類	0	0%	0%
棘皮幼生	0	0%	0%
毛顎類	71.00	1.66%	66.7%
有尾類	116.56	2.73%	100%
海樽類	0	0%	0%
魚卵	7.52	0.18%	33.3%
仔稚魚	0	0%	0%
其他(幼生)	88.56	2.08%	100%
總計	4267.45	100%	100%

表 4-9、114 年第 3 季，核二廠附近海域的浮游動物之平均個體量 (inds./m^3)、相對豐度 (%) 及其測站出現頻率 (%)。

大類	核二廠		
	平均個體量	相對豐度	出現頻率
夜光蟲	148.65	4.86%	100%
有孔蟲	1.54	0.05%	9.1%
放射蟲	0	0%	0%
水母類	21.00	0.69%	36.4%
櫛水母	0	0%	0%
多毛類	13.30	0.44%	45.5%
翼足類	100.62	3.29%	90.9%
異足類	0	0%	0%
端足類	2.92	0.10%	27.3%
瑩蝦	6.76	0.22%	9.1%
櫻蝦	0	0%	0%
其他十足類	165.18	5.40%	100%
枝角類	45.76	1.50%	63.6%
介形類	6.33	0.21%	18.2%
橈足類無節幼蟲	2.01	0.07%	18.2%
哲水蚤	2062.27	67.47%	100%
劍水蚤	0.23	0.01%	9.1%
猛水蚤	0	0%	0%
岐口水蚤	87.67	2.87%	90.9%
糠蝦類	0	0%	0%
磷蝦類	0	0%	0%
棘皮幼生	0	0%	0%
毛顎類	40.01	1.31%	63.6%
有尾類	71.02	2.32%	90.9%
海樽類	3.83	0.13%	18.2%
魚卵	15.29	0.50%	27.3%
仔稚魚	0	0%	0%
其他(幼生)	262.18	8.58%	90.9%
總計	3056.57	100%	100%

表 4-10、114 年第 4 季磺溪附近海域的浮游動物之平均個體量 (inds./m^3)、相對豐度 (%) 及其測站出現頻率 (%)。

大類	磺溪		
	平均個體量	相對豐度	出現頻率
夜光蟲	0.18	2.51%	66.7%
有孔蟲	0.04	0.56%	33.3%
放射蟲	0	0%	0%
水母類	0.12	1.67%	33.3%
櫛水母	0	0%	0%
多毛類	0	0%	0%
翼足類	0	0%	0%
異足類	0.12	1.67%	66.7%
端足類	0	0%	0%
瑩蝦	0	0%	0%
櫻蝦	0	0%	0%
其他十足類	2.83	39.47%	100%
枝角類	0	0%	0%
介形類	0.13	1.81%	100%
橈足類無節幼蟲	0	0%	0%
哲水蚤	1.30	18.13%	100%
劍水蚤	0.10	1.39%	100%
猛水蚤	0	0%	0%
岐口水蚤	0.19	2.65%	66.7%
糠蝦類	0	0%	0%
磷蝦類	0	0%	0%
棘皮幼生	0	0%	0%
毛顎類	0.88	12.27%	100%
有尾類	0.08	1.12%	33.3%
海樽類	0	0%	0%
魚卵	0.83	11.58%	100%
仔稚魚	0.08	1.12%	66.7%
其他(幼生)	0.31	4.32%	100%
總計	7.17	100%	---

表 4-11、114 年第 4 季，核二廠附近海域的浮游動物之平均個體量 (inds./m^3)、相對豐度 (%) 及其測站出現頻率 (%)。

大類	核二廠		
	平均個體量	相對豐度	出現頻率
夜光蟲	2.23	20.18%	90.9%
有孔蟲	0	0%	0%
放射蟲	0	0%	0%
水母類	0.13	1.18%	54.5%
櫛水母	0	0%	0%
多毛類	0.03	0.27%	18.2%
翼足類	0	0%	0%
異足類	0.31	2.81%	63.6%
端足類	0.05	0.45%	27.3%
瑩蝦	0.03	0.27%	9.1%
櫻蝦	0	0%	0%
其他十足類	2.50	22.62%	90.9%
枝角類	0	0%	0%
介形類	0	0%	9.1%
橈足類無節幼蟲	0	0%	0%
哲水蚤	3.59	32.49%	100%
劍水蚤	0.06	0.54%	36.4%
猛水蚤	0	0%	0%
岐口水蚤	0.69	6.24%	81.8%
糠蝦類	0	0%	0%
磷蝦類	0	0%	0%
棘皮幼生	0	0%	0%
毛顎類	0.24	2.17%	72.7%
有尾類	0.43	3.89%	45.5%
海樽類	0.21	1.90%	54.5%
魚卵	0.23	2.08%	72.7%
仔稚魚	0.03	0.27%	18.2%
其他(幼生)	0.29	2.62%	72.7%
總計	11.05	100%	---

表 4-12、浮游動物與浮游植物、溫度與鹽度的關連性分析結果表。表中上方數字為 r 值，下方括弧內為 p 值。

Pearson's correlation				
	浮游動物豐度	浮游動物大類出現數	浮游植物密度	海水溫度
浮游動物大類出現數	−0.01 (0.92)			
浮游植物密度	0.03 (0.80)	−0.08 (0.49)		
海水溫度	0.15 (0.15)	0.21 (0.05*)	0.39 (< 0.001**)	
鹽度	−0.13 (0.23)	−0.14 (0.20)	0.01 (0.90)	−0.07 (0.54)

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

表 4-13、以相似度百分比 (Similarity Percentage, SIMPER) 分析四個季節之浮游動物組成差異結果表。表中上方 Av. Dissim = 平均不相似度，Contrib. (%) = 貢獻度，Cumulative (%) = 累積貢獻度。

浮游動物大類	Av. dissim	Contrib. (%)	Cumulative (%)	Mean 二月	Mean 五月	Mean 八月	Mean 十一月
Calanoida (哲水蚤)	44.07	49.91	49.91	45.00	16.10	< 0.01	3.10
Noctiluca (夜光蟲)	19.73	22.35	72.26	11.30	148.00	102.00	1.79
Other Decapoda (其他十足類)	6.09	6.89	79.16	0.69	7.63	220	2.57
Other larva (其他幼生)	4.91	5.56	84.72	0.04	10.10	189.00	0.29
Poecilostomatoida (歧口水蚤)	2.68	3.04	87.76	1.44	5.38	91.30	0.58
Ostracoda (介形類)	2.25	2.55	90.3	4.11	5.45	3.15	0.03
Appendicularia (有尾類)	1.69	1.92	92.22	0.42	0.60	85.40	0.36
Pteropoda (翼足類)	1.39	1.57	93.79	0	0.41	84.50	0
Chaetognatha (毛顎類)	1.08	1.22	95.02	1.15	0.73	34.40	0.38
Medusa (水母類)	0.65	0.74	95.75	0.28	1.17	15.70	0.13
Harpacticoida (猛水蚤)	0.65	0.74	96.49	0.57	0.02	0.04	0
Cladocera (枝角類)	0.52	0.59	97.07	0	0	32.10	0
Fish egg (魚卵)	0.51	0.58	97.66	0.14	0.59	11.40	0.36
Polychaeta (多毛類)	0.49	0.55	98.21	0.24	2.32	9.35	0.02
Amphipoda (端足類)	0.37	0.42	98.63	0.05	0.88	2.49	0.04
Cyclopoida (劍水蚤)	0.29	0.33	98.96	0.44	0.39	0.11	0.07
Copepoda nauplius (橈足類幼生)	0.25	0.28	99.24	0	0.31	4.91	0
Thaliacea (海樽類)	0.20	0.22	99.46	0.03	0	2.94	0.16
Heteropoda (異足類)	0.12	0.14	99.6	0	0	0	0.27

浮游動物大類	Av. dissim	Contrib. (%)	Cumulative (%)	Mean 二月	Mean 五月	Mean 八月	Mean 十一月
Echinodermata larva (棘皮幼生)	0.11	0.13	99.73	0	0.70	0	0
Lucifera (螢蝦)	0.08	0.09	99.82	0	0.11	3.23	0.02
Ctenophora (櫛水母)	0.06	0.07	99.89	0	0.22	0.02	0
Fish larva (仔稚魚)	0.05	0.06	99.95	0	0.27	0	0.04
Foraminifera (有孔蟲)	0.05	0.05	100	0	0	2.56	0.01

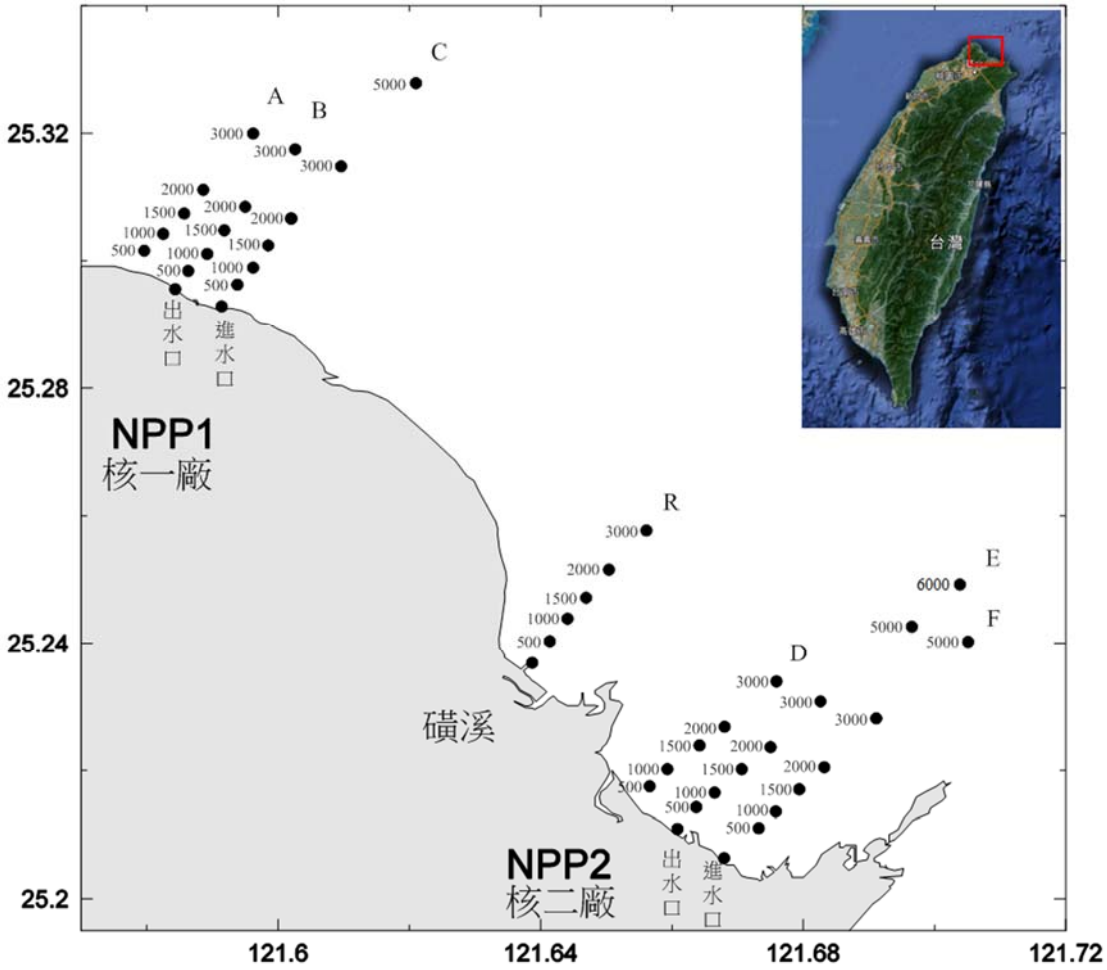


圖 4-1、北部核電廠海域浮游動物調查測站示意圖。圖中的測線規劃為浮游動物、植物採樣的共同路徑，經過進一步的規劃，B、C、R、E 與 F 測線上的黑點為當季的採樣點。

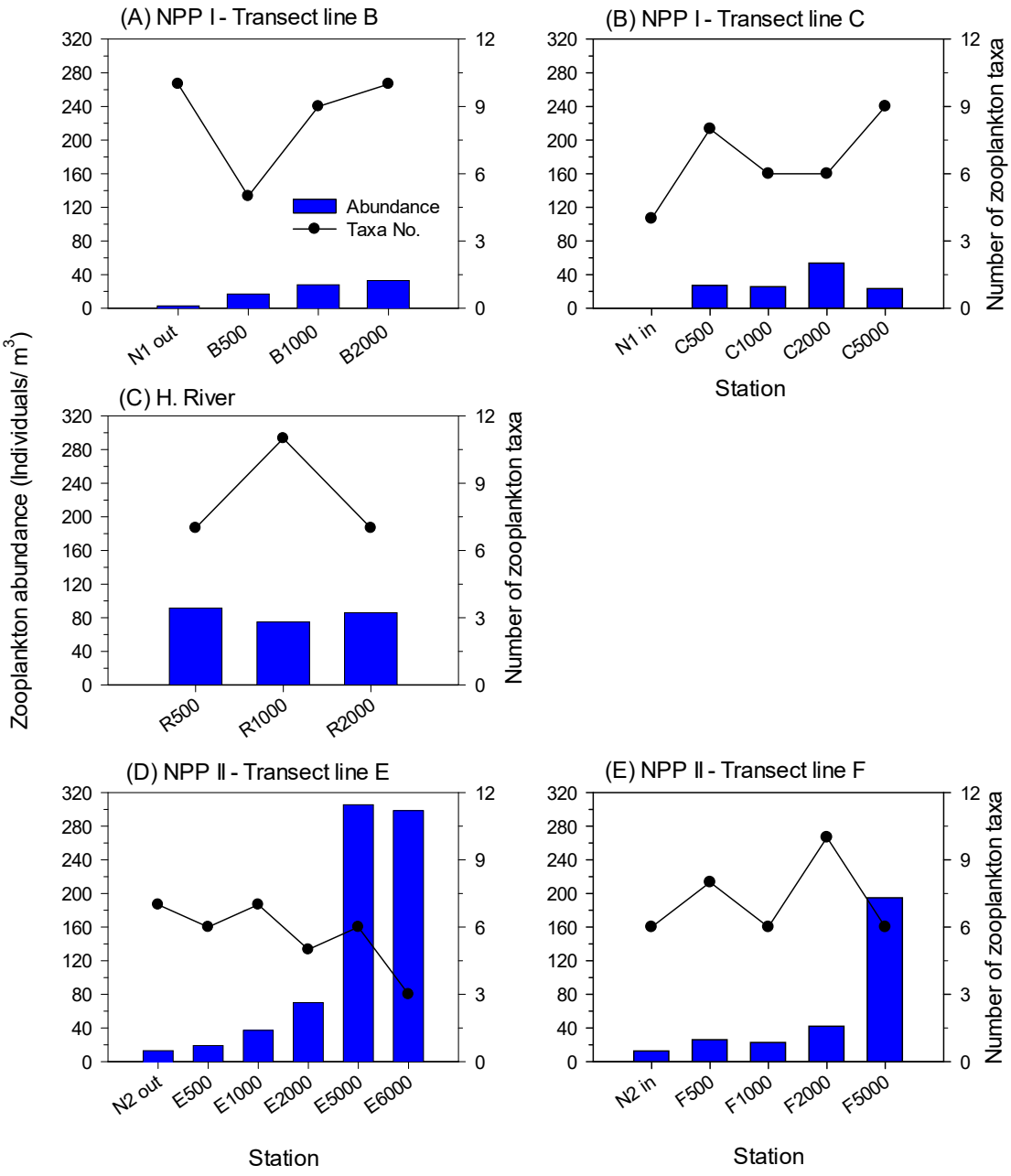


圖 4-2、114 年第 1 季各測站浮游動物密度與大類種數比較圖。(A) NPP I- Transect line B 為核電一廠出水口測線、(B) NPP I- Transect line C 為核電一廠出進水口測線、(C) H. River 為磺溪外海域、(D) NPP II- Transect line E 為核電二廠出水口測線與 (E) NPP II- Transect line F 為核電二廠進水口測線。

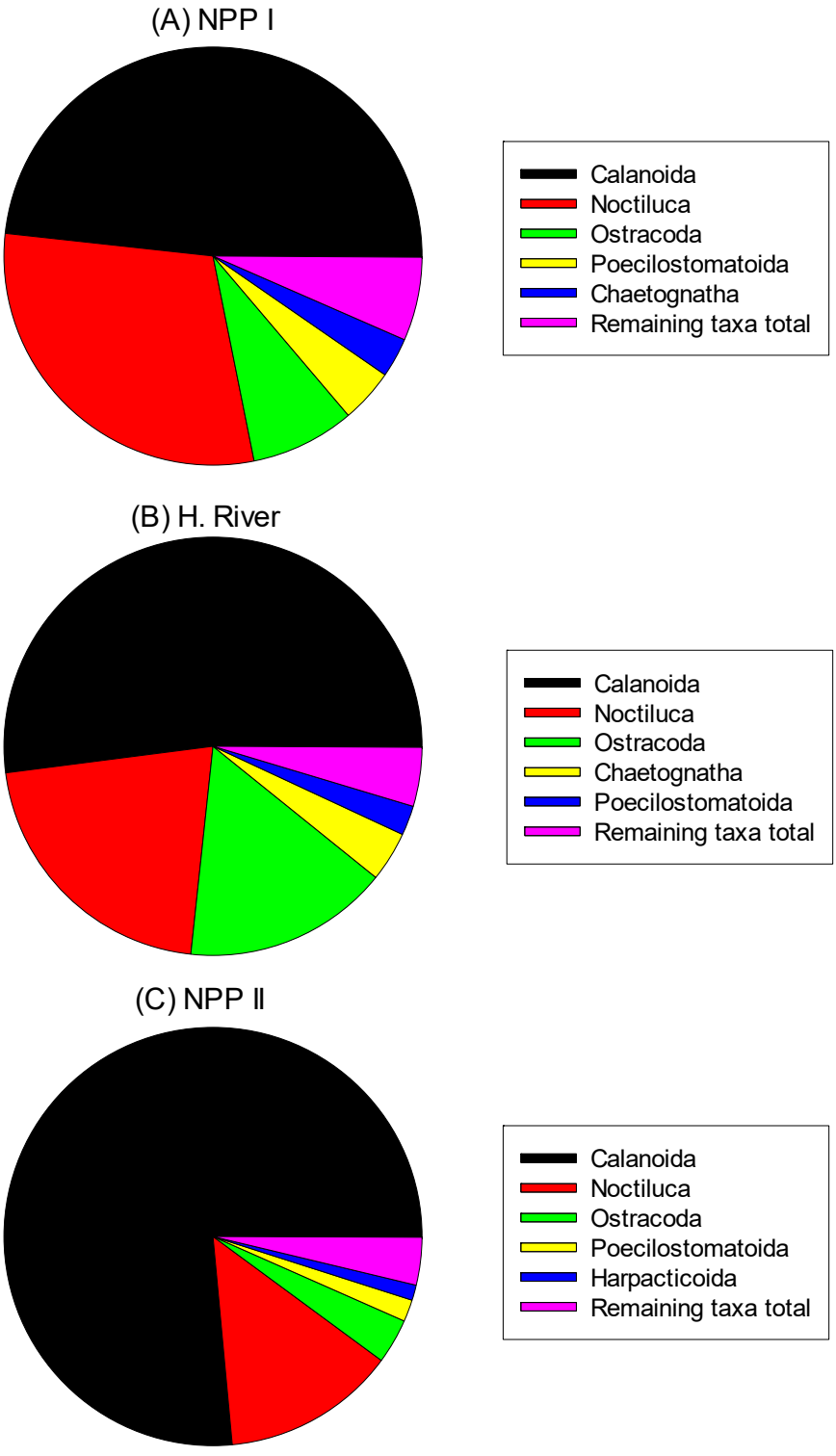


圖 4-3、114 年第 1 季各監測水域浮游動物組成比例比較圖。(A) NPP I 為核電一廠、(B) H. River 為磺溪外海域與 (C) NPP II 為核電二廠。本季的優勢大類有：Calanoida (哲水蚤)、Chaetognatha (毛顎類)、Cyclopoida (劍水蚤)、Harpacticoida (猛水蚤)、Noctiluca (螢光蟲)、Ostracoda (介形類)、Other Decapoda (其他十足類) 與 Poecilostomatoida (歧口水蚤)。

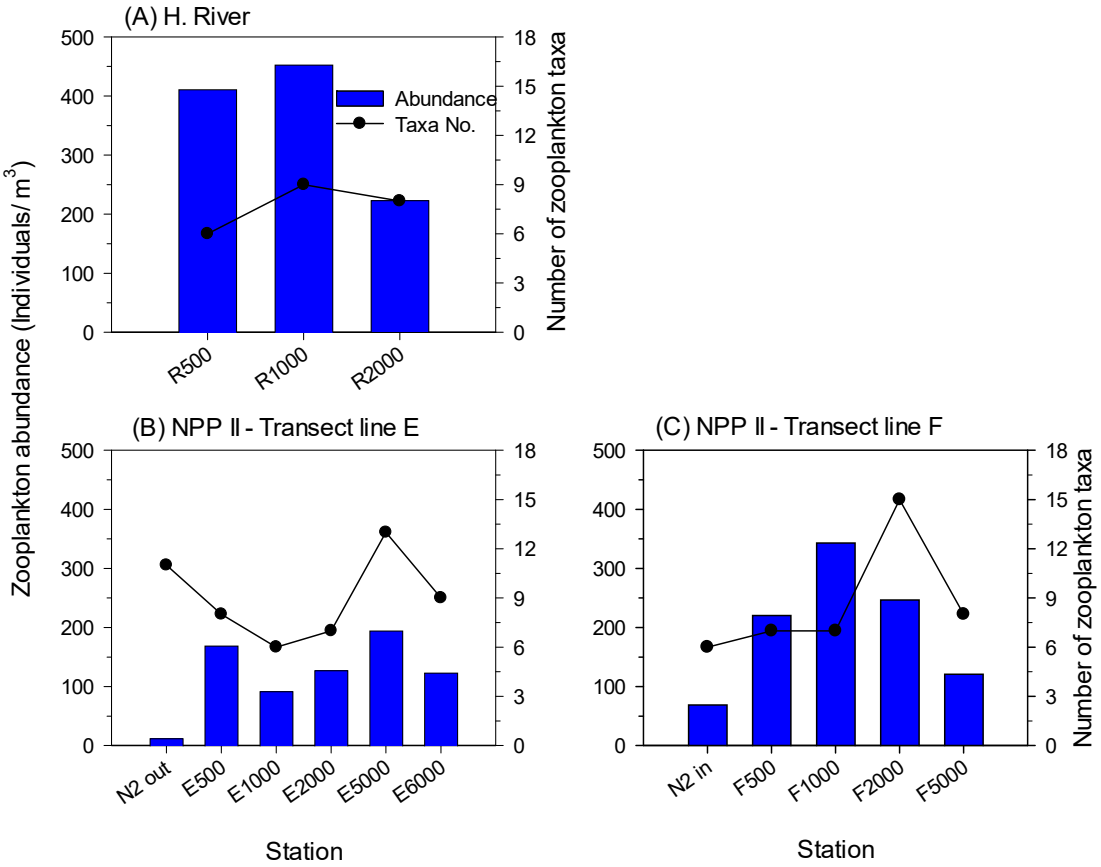


圖 4-4、114 年第 2 季各測站浮游動物密度與大類種數比較圖。 (A) H. River 為磺溪外海域、(B) NPP II- Transect line E 為核電二廠出水口測線與 (C) NPP II- Transect line F 為核電二廠進水口測線。

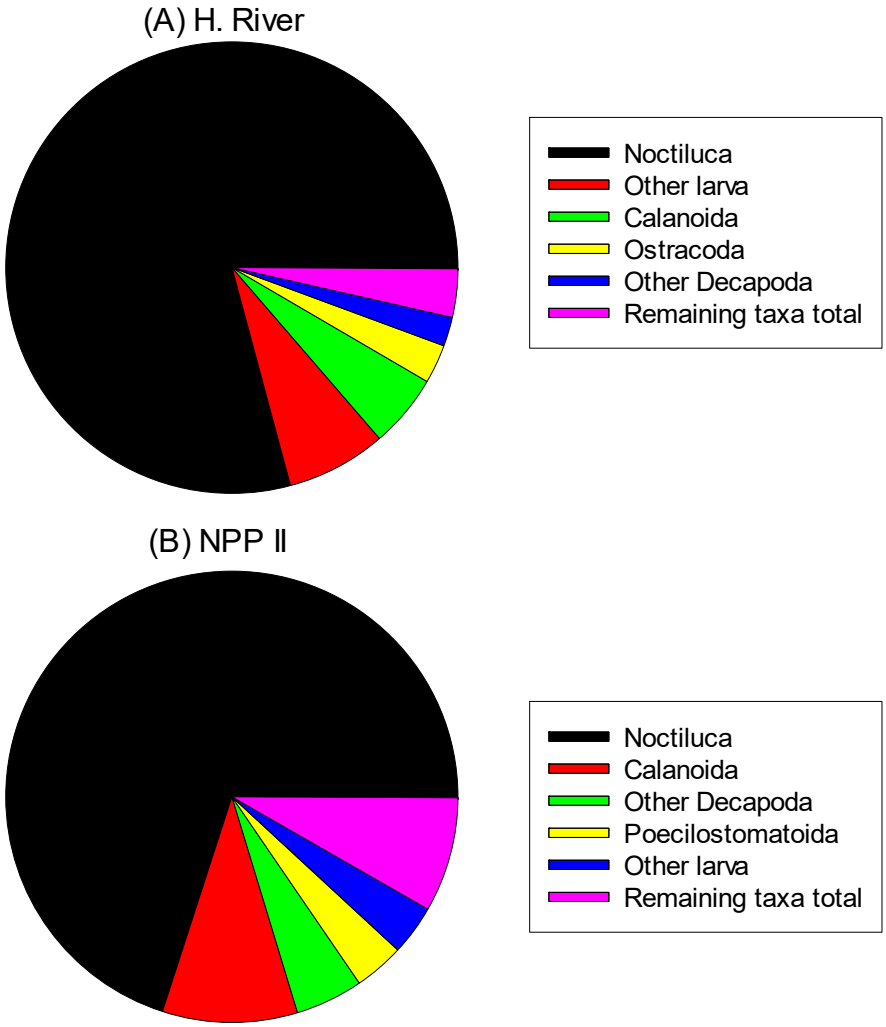


圖 4-5、114 年第 2 季各監測水域浮游動物組成比例比較圖。 (A) H. River 為磺溪外海域與 (B) NPP II 為核電二廠。本季的優勢大類有：Calanoida (哲水蚤)、Noctiluca (螢光蟲)、Ostracoda (介形類)、Other Decapoda (其他十足類)、Other larva (其他幼生) 與 Poecilostomatoida (歧口水蚤)。

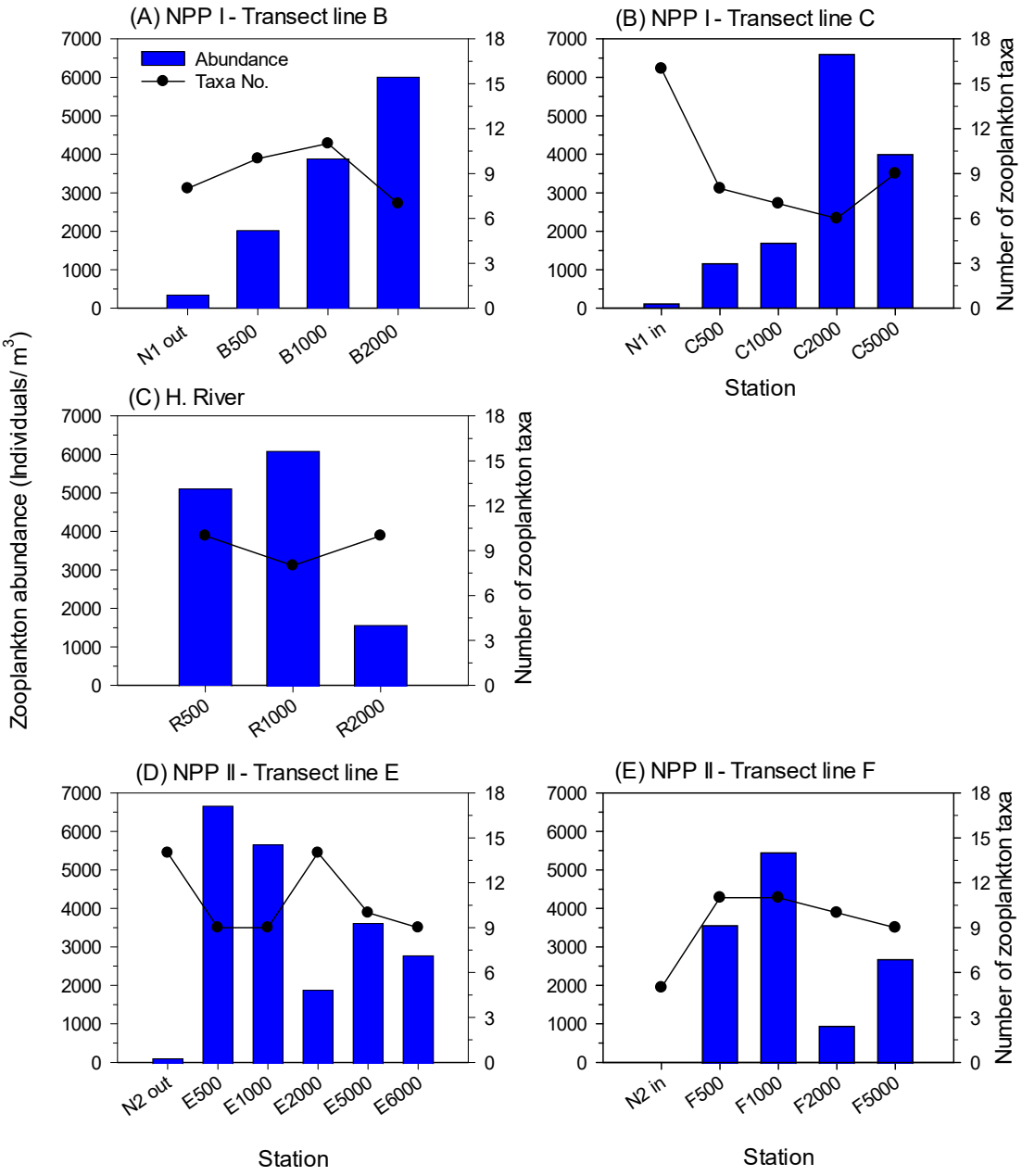


圖 4-6、114 年第 3 季各測站浮游動物密度與大類種數比較圖。(A) NPP I- Transect line B 為核電一廠出水口測線、(B) NPP I- Transect line C 為核電一廠出進水口測線、(C) H. River 為磺溪外海域、(D) NPP II- Transect line E 為核電二廠出水口測線與 (E) NPP II- Transect line F 為核電二廠進水口測線。

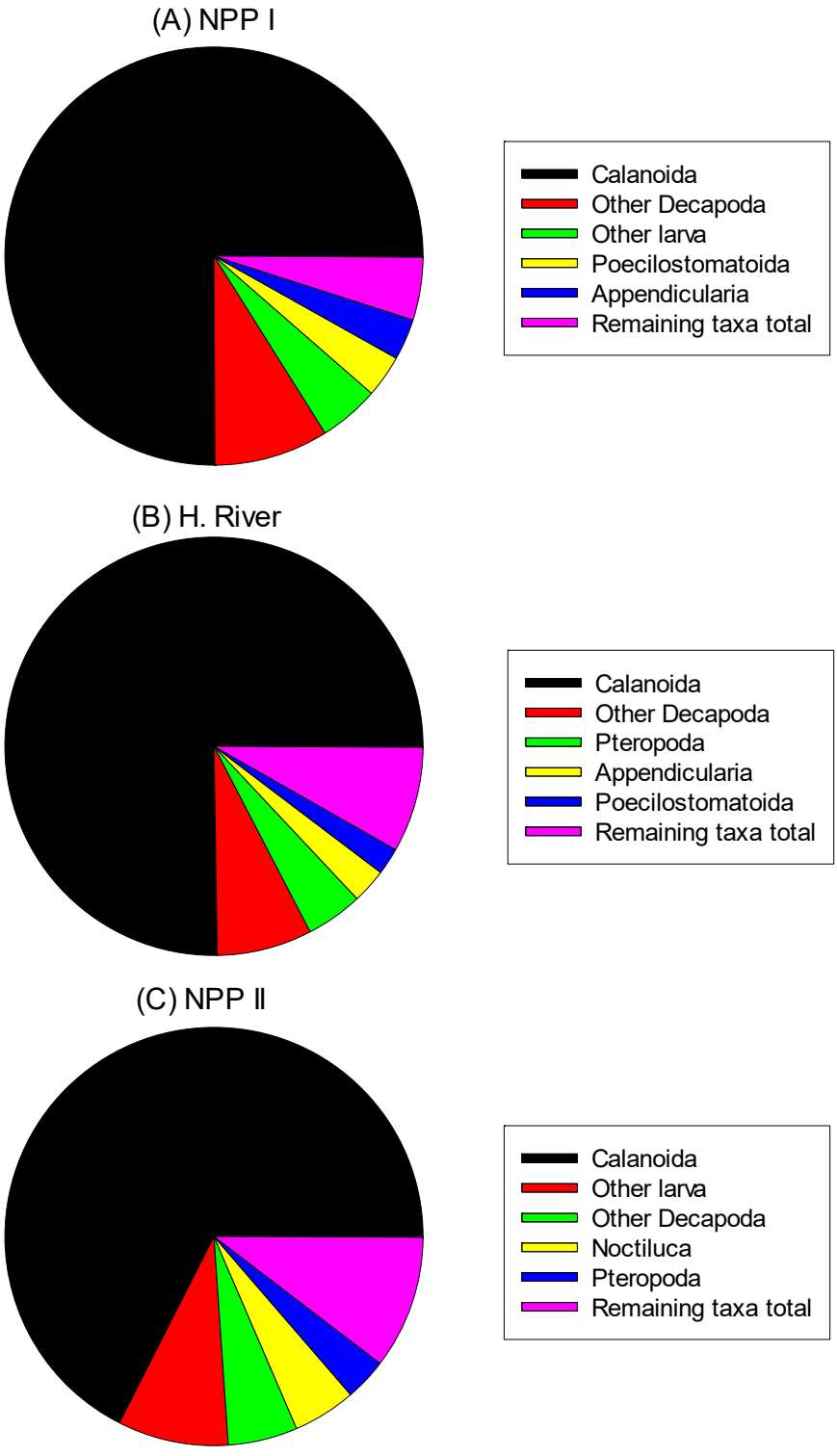


圖 4-7、114 年第 3 季各監測水域浮游動物組成比例比較圖。(A) NPP I 為核電一廠、(B) H. River 為磺溪外海域與 (C) NPP II 為核電二廠。本季的優勢大類有：Appendicularia (有尾類)、Calanoida (哲水蚤)、Noctiluca (螢光蟲)、Other Decapoda (其他十足類)、Other larva (其他幼生)、Poecilostomatoida (歧口水蚤) 與 Pteropoda (翼足類)。

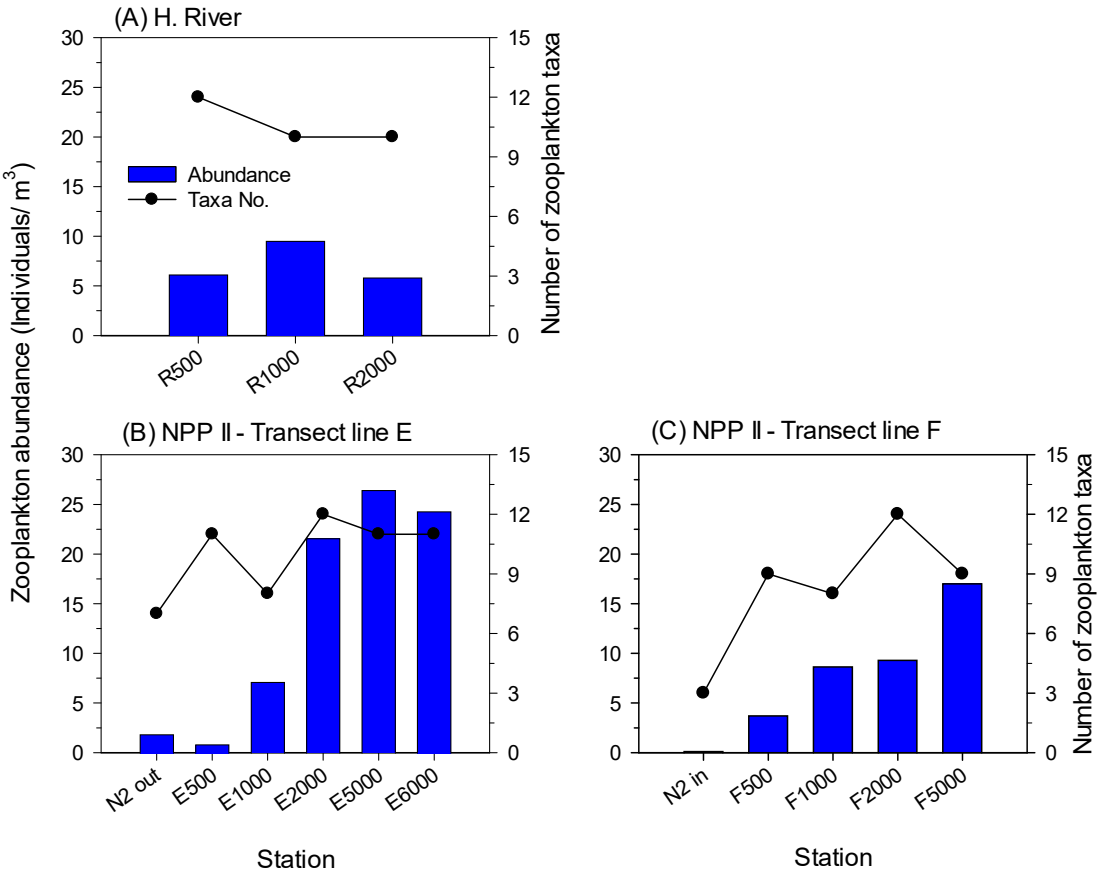


圖 4-8、114 年第 4 季各測站浮游動物密度與大類種數比較圖。(A) H. River 為磺溪外海域、(B) NPP II- Transect line E 為核電二廠出水口測線與 (C) NPP II- Transect line F 為核電二廠進水口測線。

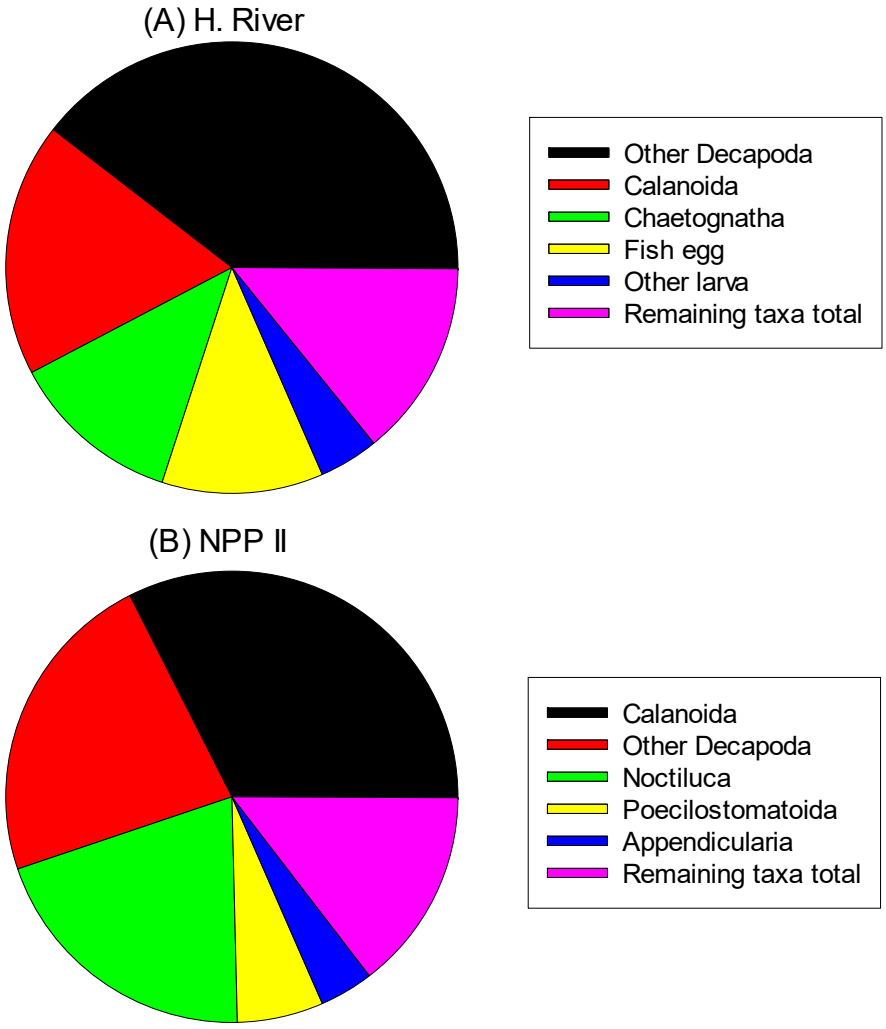


圖 4-9、114 年第 4 季各監測水域浮游動物組成比例比較圖。(A) H. River 為磺溪外海域與 (B) NPP II 為核電二廠。本季的優勢大類有：Appendicularia (有尾類)、Calanoida (哲水蚤)、Chaetognatha (毛顎類)、Fish egg (魚卵)、Noctiluca (螢光蟲)、Other Decapoda (其他十足類)、Other larva (其他幼生) 與 Poecilostomatoida (歧口水蚤)。

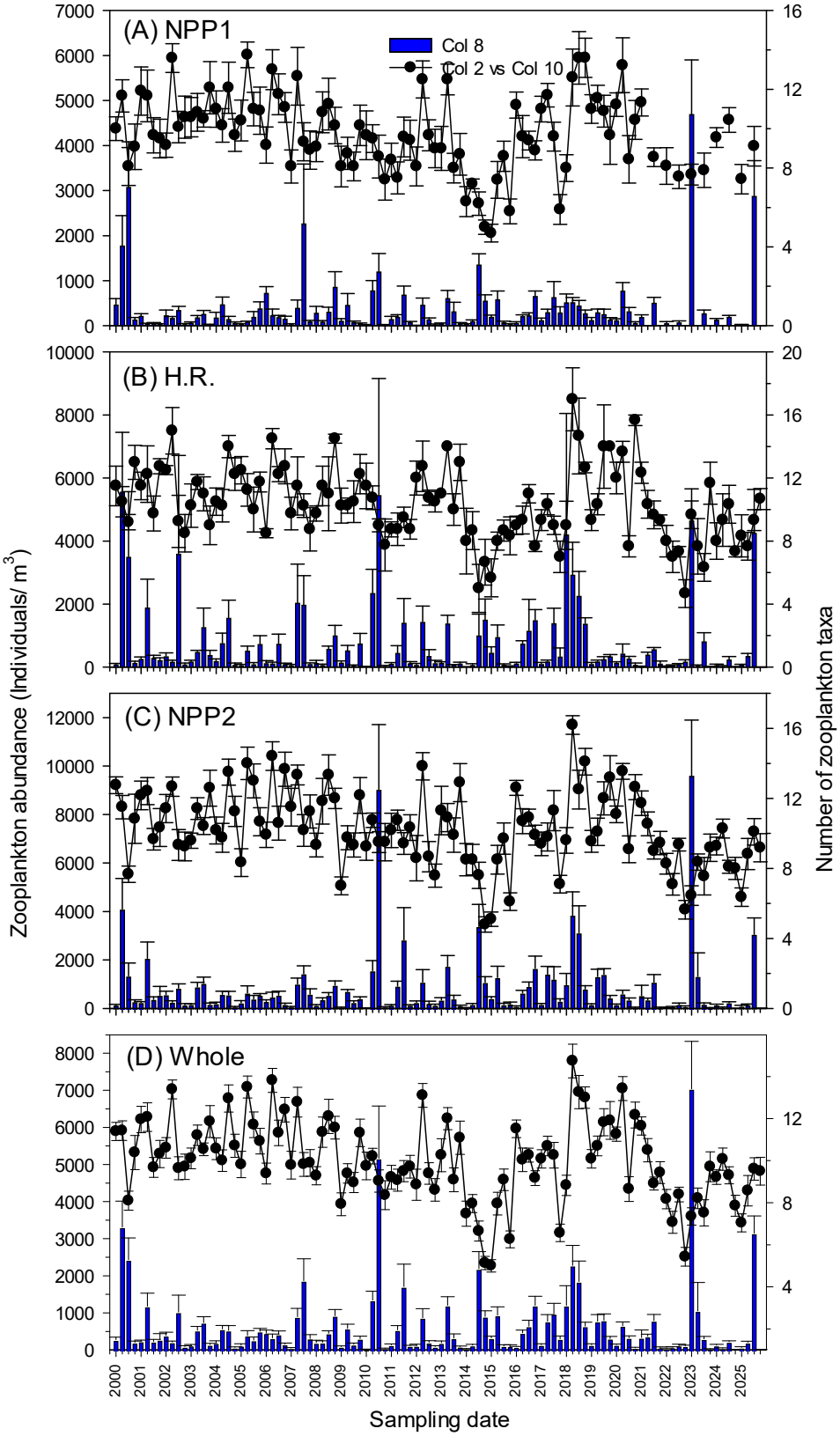


圖 4-10、從 89 年第 1 季至 114 年第 4 季監測調查期間，核一廠 (A)、磺溪 (B)、核二廠 (C) 與整體監測 (D) 海域各次採樣浮游動物平均數量與大類出現平均數之變化情形，圖中的 error bar 為標準誤差 (standard error)。

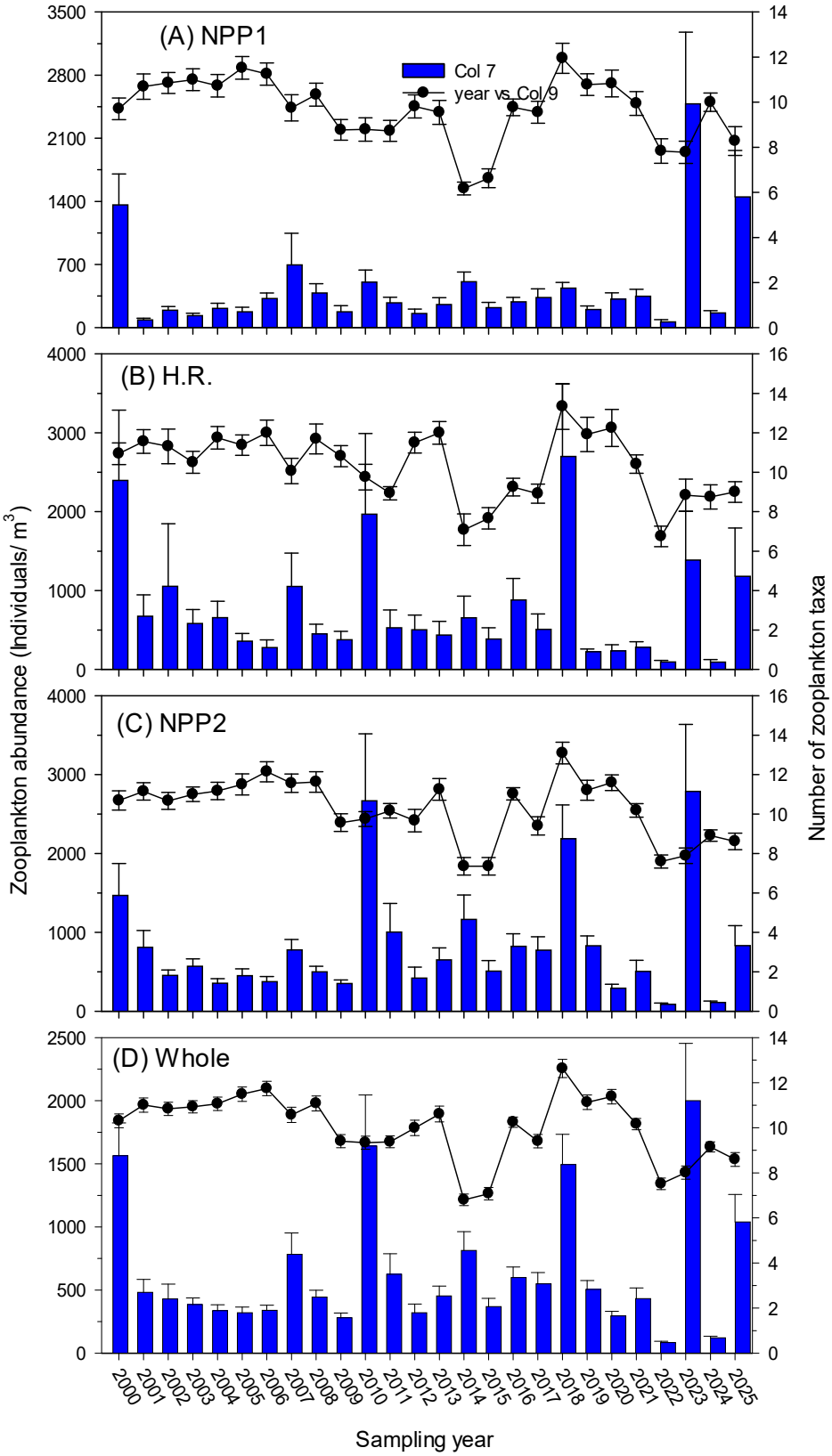


圖 4-11、從 89 年至 114 年，核一廠 (A)、磺溪 (B)、核二廠 (C) 與整體監測 (D) 海域各年度浮游動物平均密度與大類出現數之變化比較圖，圖中的 error bar 為標準誤差 (standard error)。

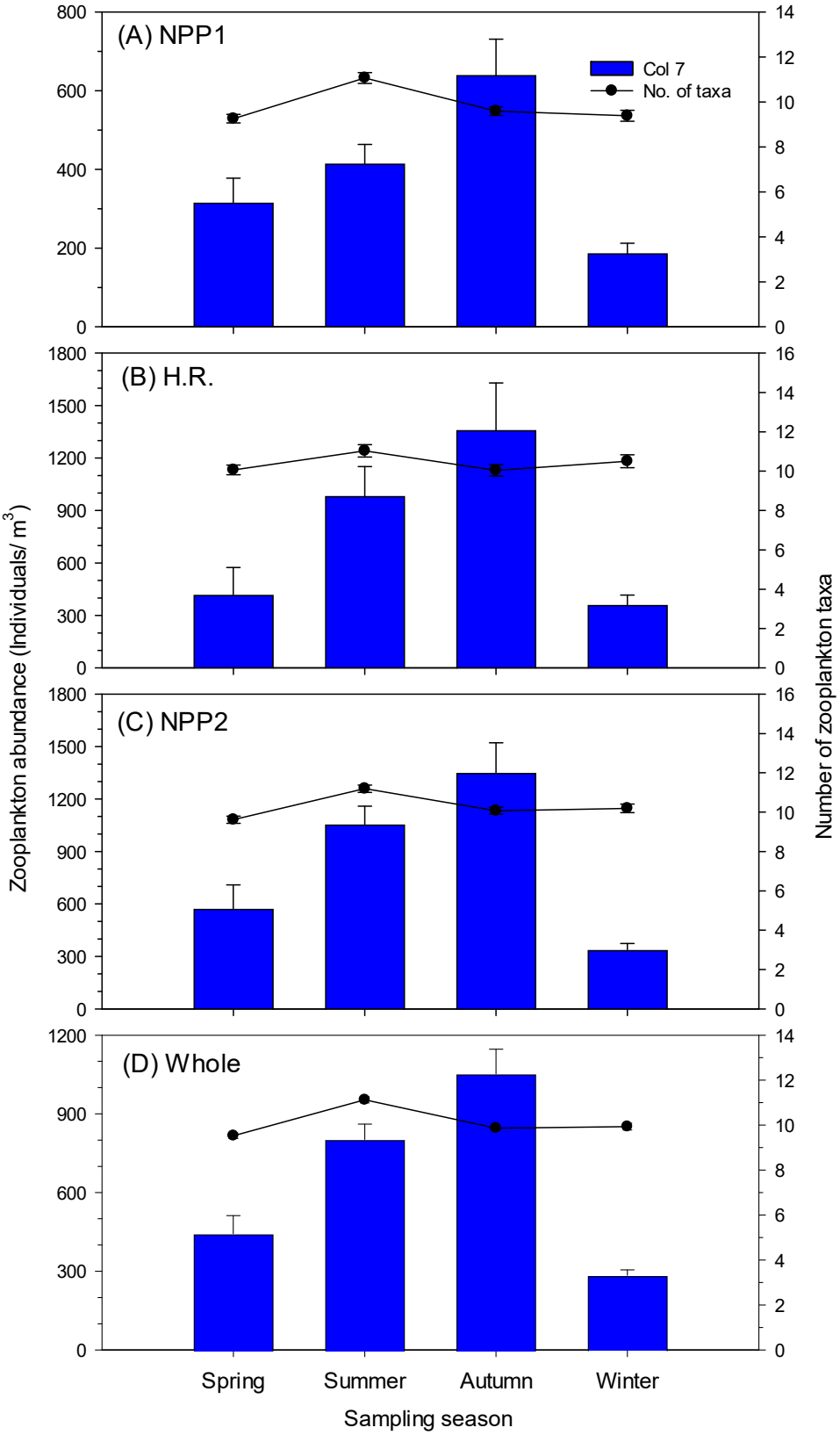


圖 4-12、從 89 年第 1 季至 114 年第 4 季監測調查期間，核一廠 (A)、磺溪 (B)、核二廠 (C) 與整體監測 (D) 海域各季節浮游動物平均密度與大類出現數之變化比較圖，圖中的 error bar 為標準誤差 (standard error)。

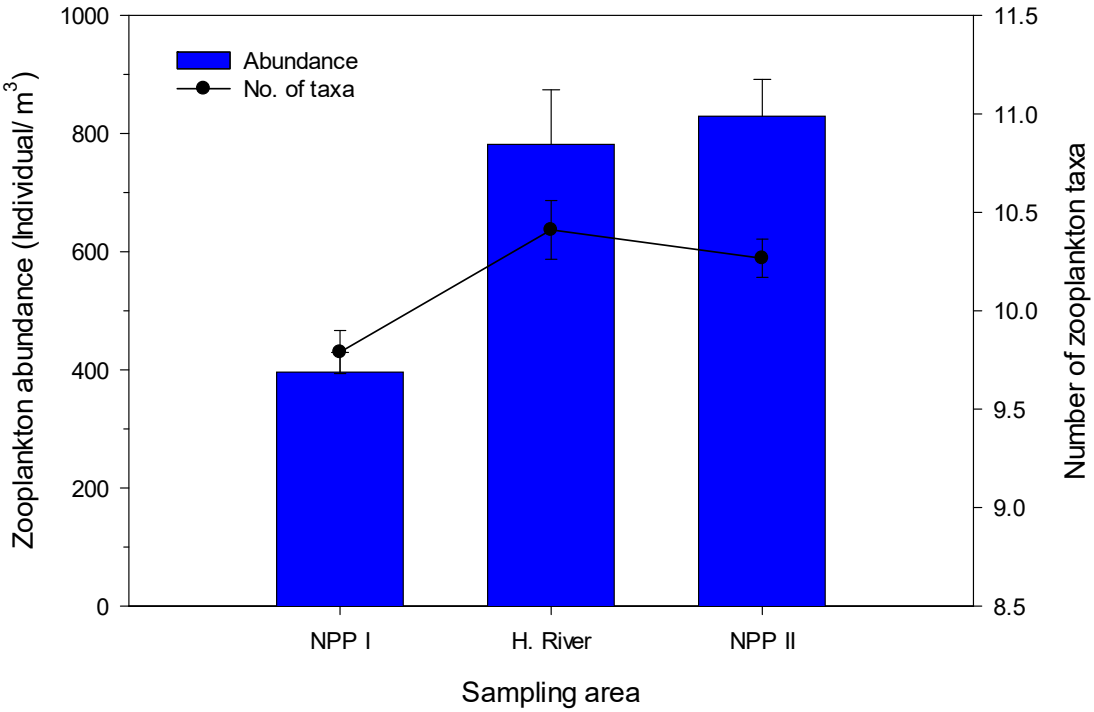


圖 4-13、從 89 年第 1 季至 114 年第 4 季，北部核電廠外海域各季節浮游動物平均密度與大類出現數之變化比較圖，NPP I 為核一廠外海域、H. River 為磺溪測線海域、NPP II 為核二廠外海域。圖中的 error bar 為標準誤差 (standard error)。

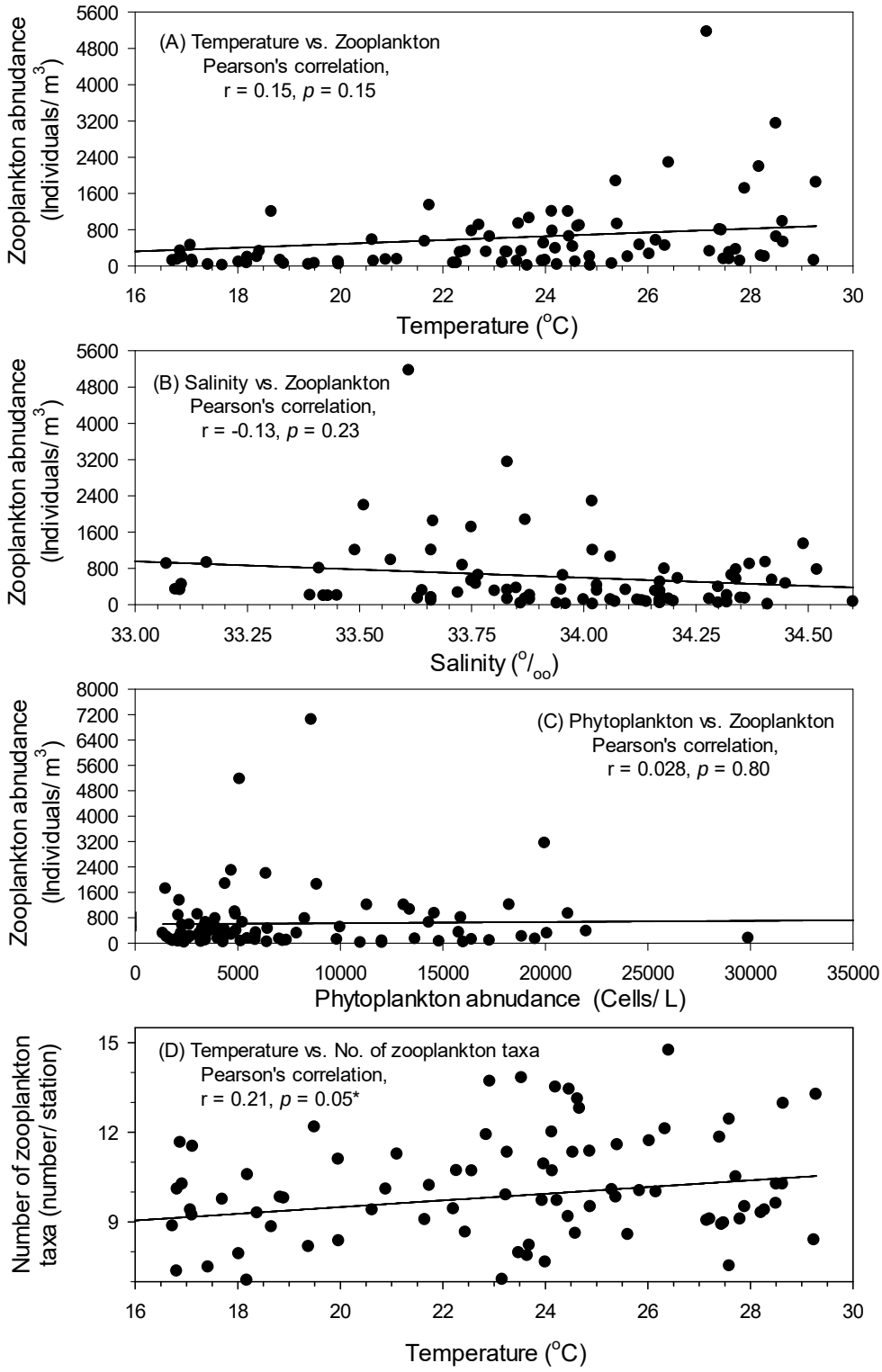


圖 4-14、北部核電廠外海域浮游動物與各子計畫結果之關聯性分析圖。浮游動物數量與溫度 (A)，浮游動物數量與鹽度 (B)，浮游動物數量與浮游植物數量 (C)，以及浮游動物大類數與溫度 (D)。

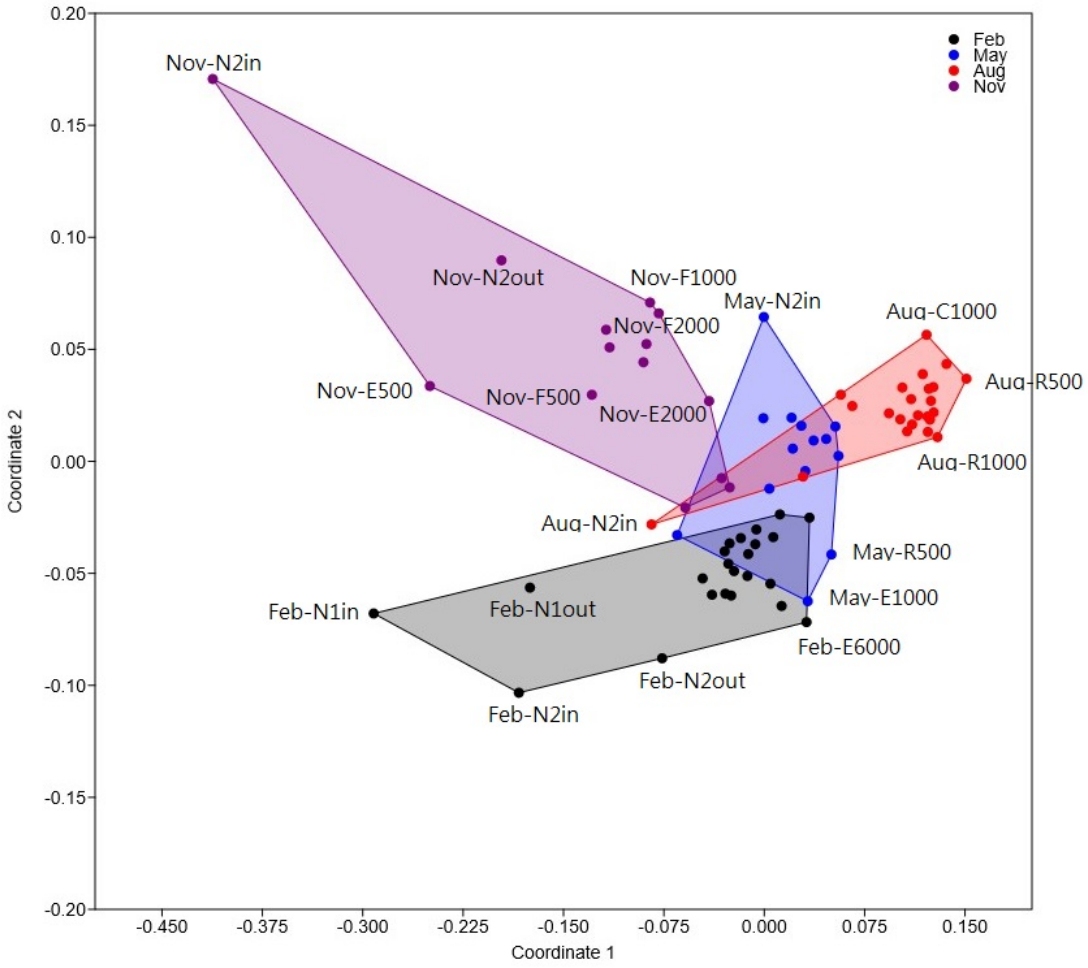


圖 4-15、114 年 4 季調查，北部核電廠外海域各季節浮游動物之非度量多維度 (Non-metric Multidimensional Scaling, NMDS) 分析結果，呈現出季節性的群聚結構演替現象。

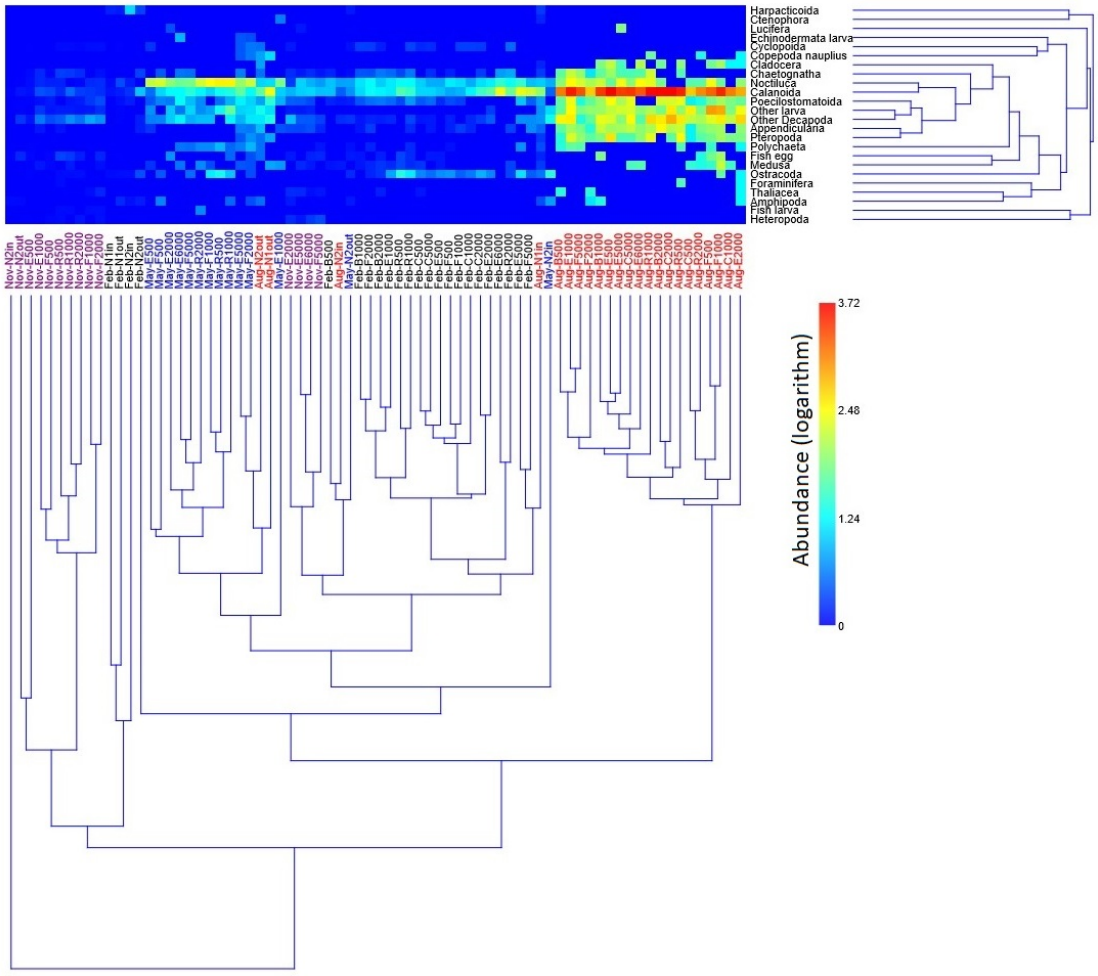


圖 4-16、114 年 4 季調查，北部核電廠外海域各季節浮游動物之聚類分析 (Cluster analysis) 結果。

第五章

底棲動物

第一節 監測執行之意義與目的

核電廠在設立運轉以來，已有了數十年的歷史，其對附近海域最大的影響，恐怕還是來自溫排水和入水口局部性的物理衝擊（入水的衝擊）。放射性的影響，會因核電廠本身的安全設施而降至最低的程度。其他的污染如有機污染等，則因不是核電廠的主要廢棄物，其產生量亦小，對附近海域環境的影響程度甚微，因此不在此考慮。僅以熱污染為主要之生態環境衝擊因子來考慮其對海洋底棲環境影響。

溫排水排放對底棲動物之影響有兩方面，一方面是物理水流之衝擊，另一方面則是溫度對動物生理以至於群落組成之影響。在物理方面，由於核電廠的出水口所排出的溫水會形成一股強大的水流，因此在出水口附近之沈積物顆粒會較粗，尤其在水流必經的道路上，會特別的明顯。然而，因水流的速度和排放的溫水量有限，因此，這種因水流改變而造成的沈積物之結構變化範圍不會很大。在溫度方面，因為溫度會改變動物的生理狀況，進而影響新陳代謝速度(Bayne & Newell, 1983 ; Burner, 1980 ; Duineveld et al., 1983 ; Grant et al., 1991 ; Gray, 1981 ; Dristensen, 1993 ; Valiela, 1984)，因此影響的層面會涉及兩方面，一方面是有些生物會因溫度的改變超過其適應的範圍而死亡或離開（遷出）。另外，有些生物會因條件的合適而遷入或大量的增加，進而改變群聚（community）的成分。另一方面生物的新陳代謝速度會因溫度上升而增加，這會加速沈積物中氧氣的消耗量，增加缺氧的機率，進而降低當地底棲群落的歧異度。

沈積物的顆粒結構，會影響底棲動物的棲息環境(Atkinson et al., 1978 ; Basford et al., 1993 ; Brinkhurst, 1991 ; Cammen, 1982 ; Duineveld et al., 1991 ; Etter & Grassle, 1992 ; Graf, 1992 ; Gray, 1981 ; Kunitzer et al., 1992 ; Lopez & Levinton, 1987 ; Marques & Bellan-Santini, 1993 ; Seimle, 1990 ; Valiela, 1984)，較粗的顆粒會因間隙空間增大及水流通量增加而引來大量的底棲生物，而大顆粒亦會排除較多鑽洞型的食底泥動物，而改變合適於

濾食性的多毛蟲來此居住。而溫度的增加對沈積物表層的底棲動物影響較大，會合適於一些移動性較快，廣溫及廣鹽性的動物在此居住，但對一些居住在沈積物中之動物，因有沈積物的隔絕作用，影響的程度則較小，變化的程度亦會較小(Aller, 1982 ; Burner, 1980)。

本研究之目的在於了解核一、核二附近海域之底棲動物之群聚體在時、空上之變化情形。

第二節 調查方法

一、調查方法

1. 移動性高的表層底棲動物（如蝦、蟹等）

我們分別在核一、核二廠的出水口及入水口附近，拉一條 30m 的穿越線，由潛水伕潛水採樣這條測線上的底棲無脊椎動物，如此將能克服核一因沙層太薄，無法拖網的問題。並於每次採樣時用潛水攝影的方式攝取底棲動物以及於實驗室中拍攝底棲動物之照片以供參考，圖片置於附件，潛水攝影則提供實體 DVD。

2. 移動性低或是非移動性的底棲動物（如環節動物等）

因為核一底質幾乎無沈積物之堆積，而核二底質之沙層太薄，這兩區均無法使用挖泥器採集，採用船潛並以手提式 GPS 定位，以 35cm*15cm 的方框，取定面積且三重覆採樣採集約 1~2 公分厚度的沈積物。

2. 由於部分站點水深超過 10 米，為考量人員安全採用採樣船以採泥器採樣，因沙層較薄，也是三重複採樣。

二、採樣時間

核一廠	核二廠
民國 114 年第 1 季 02 月 12 日	民國 114 年第 1 季 02 月 13 日
民國 114 年第 2 季　無採樣	民國 114 年第 2 季 05 月 09 日
民國 114 年第 3 季 08 月 03 日	民國 114 年第 3 季 08 月 10 日

民國 114 年第 4 季　無採樣　　民國 114 年第 4 季 11 月 02 日

三、採樣位置

1. 核一、核二廠於 89 年第 4 季開始之採樣站，如圖 5-1（核一廠）及圖 5-2（核二廠）。因考量長期監測以及採樣人員安全(船潛安全深度水深不超過 10 米，距岸 50 米內)，89 年第 4 季後至本季之採樣位置皆無改動。

本子計畫並未更動採樣位置的理由是；在野外生態調查中，由於氣候的變化很大(如四季、寒流等)，如要知道調查地點是否有真正的改變出現，少數幾年的調查，會因變化度比季節的變化小，所以無法反應出真實的情形，只有進行長期性的調查(至少 10 年以上)，環境變化才會大於氣候的影響。

在這種情形下，採樣站的選定是很重要的，因為同一地點的長期生態觀測，才能正確的反應出這個調查站在數十年內的變化。這在底棲生態的調查中尤其重要，因為絕大部分的底棲動物，其體型都很小，移動範圍也很小(<0.8 m^2)，所以在小距離裡，動物群聚(就是一群動物生活在一起的意思)間的變化會很大。

換採樣站，就會因採到不同的群聚，而無法反應出原先群聚的長期變化，而是反應出新的環境變化。這樣一來，長期生態調查的意義就會消失掉。所以，在調查計畫開始執行時，採樣站的選定是很重要的，在測試可用後，就不要改變，才能正確的反應出該海域的長期變化，在沒有足夠的理由下，任意變更採樣點，只會讓十數年的努力付之東流。

在本子計畫中，透過前期的調查發現沙層較薄，所以我們必須採用船潛的方式採樣，在考慮人身安全及有效採樣的條件下，選擇了目前水深 10 米內的採樣站點，十幾年的計畫執行下，証明了 89 年選定的採樣站能符合所有的要求，也能替台電完成調查及環評的任務，因此沒有改變採樣點的必要性。

但因應需求新增之站點為紅色標示，其分析獨立於其它站點點位。

2. 核一、核二廠之移動性低，或非移動性底棲動物採集站之經緯度如表 5-1 所示，且於非溫排水影響區域作為背景樣本採集站。

四、樣本分析方法

1. 底棲動物之組成：

對於高移動性的物種，我們採用穿越線的調查法，因此會紀錄沿線所遇到的物種，由於體型大且數量不多，所以正確的物種密度表示法為物種數(動物隻數)/每條穿越線。

而針對移動性低或是非移動性的大型底棲動物，由於其體型對整個海底而言相對小，又多生活在沙泥中，移動範圍小(<0.8 m2)，所以在整個調查範圍裡，群聚(就是一群動物生活在一起的意思)間的變化很大；有的群聚物種數量及動物隻數很多，其他的群聚物種數量及動物隻數會很少，若採用穿越線的做法，為了要取得所有的動物的物種數及動物隻數，就要將整層的沙泥挖走，這不但人力上辦不到，而且會破壞底棲環境，違背了環境調查的宗旨。所以透過每一測站取三重複，再計算每單位面積的動物隻數，才能表示出物種的密度，因此會出現高移動性的物種的密度表示法和移動性低或是非移動性的底棲動物不一樣的情形。

至於超過 10 米水深的測站，考量人員安全採用採樣船採樣，配合其它子計畫採樣站點同距離的站點進行採樣。

將上述所採集到之沈積物標本於海水中，取走沉積物分析要用的沙樣後，用 0.5mm 之金屬篩網篩選，將存留在網內的的動物及大於 0.5mm 的物質，置於放大鏡（3～5 倍）及解剖顯微鏡下，加以分類，得出每個測站有幾種生物(也就是物種豐度)並計數這三種主要表層底棲動物之數量，最後算出其之平均值，並換算成每平方公尺之底棲動物密度(density)，單位為動物數量．m-2。

2. 動物總有機量的測定：

在食底泥動物族群中，以隨機選擇的取樣方式，取出大、小體長皆有之動物，烘乾(100℃)稱乾重後，再用高溫灰化(500℃)的方法秤其灰化重，並由兩者間之差異，計算出動物之總有機量單位為 mgC。

3. 物種豐度(richness)、密度(density)及總量(biomass)的計算

底棲動物的群聚結構(community structure)可用豐度、密度及總量等 3 種量化參數表示之，並可進行統計分析，以確定是否有長期性的變化出現。而生物多樣性僅為物種現況的表示，無法進行統計分析，對長期生態調查沒有幫助。

物種豐度表示方法為每一測站有多少物種，單位是:物種數/測站(# species/station)，物種密度是每單位面積中有多少個體數，單位是:個體數量/單位面積(# animal/unit area)，而總量為每單位面積中有多少物種的總有機重量，單位是總有機值量/單位面積(mg C/unit area)。

4. 總有機質(TOM)的測定：

採用高溫灰化法(ash-free dry weight；AFDW)量測，以預先測重的濾紙(GF／A i.d. 2.4cm)上過濾少量的沈積物，放入烘箱中(100℃)中至少烘乾 12 小時後稱重，再放入灰化爐(500℃)中灰化 12 小時，使沉積物中的有機質完全灰化，再滴入少許蒸餾水補足灰化過程中所喪失的結晶水，再置於烘箱中烘乾 3 小時，乾燥後再稱灰化重，由此推算出有機沈積物的總有機質，並以百分比表示。公式一如下：

$$\text{TOM}(\%) = \frac{\text{（乾重－灰重）}}{\text{乾　重}} * 100\% \quad \text{(公式一)}$$

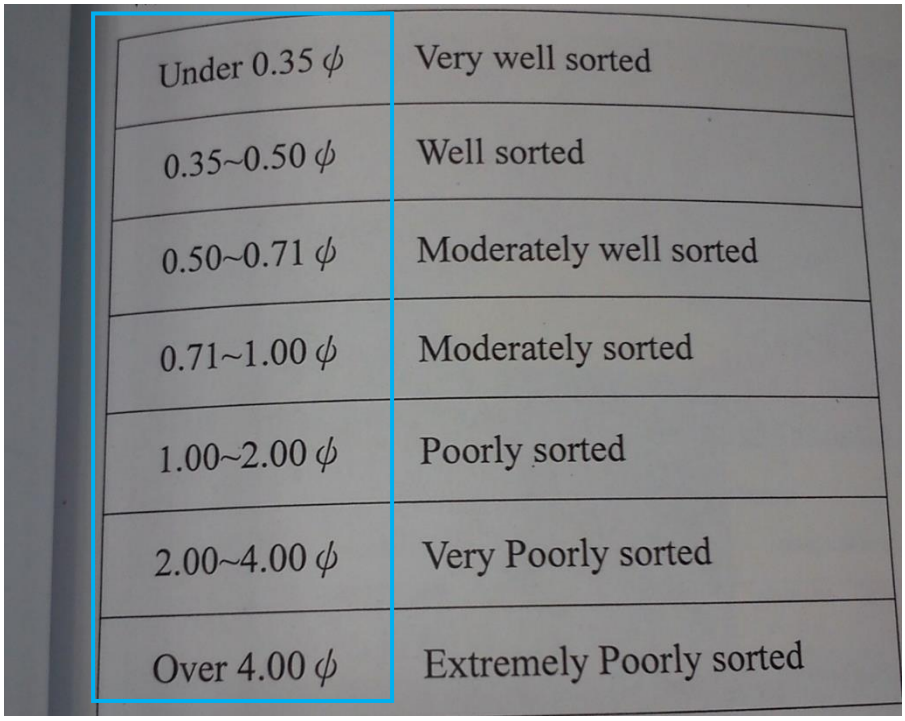
5. 顆粒分析：

在實驗室中，將採集到的沈積物在淡水中分別以 4.00、2.00、1.41、1.00、0.50、0.21、0.105、0.063mm 的網目之篩網進行篩選並秤其乾重，求出其相對累進百分比曲線。再從重量累進百分比相對於網目之 Ø 值的曲線中求出累進百分比 5%、16%、50%、84%及 95%的相對 Ø 值，然後以下列公式一求出篩選度係數(Sorting coefficient, σi) 及顆粒平均粒徑(Mz)(Folk 1974)，其中，Ø 值是沒有單位的，所以篩選係數也沒有單位(Folk 1974)。

其中篩選度是(σi)由公式二算出，再經由下圖判定沉積顆粒的分布情形。

$$\sigma i = (Ø\,95 - Ø\,5)／6.6 + (Ø\,84 - Ø\,16)／4 \quad \text{(公式二)}$$

σi 低代表顆粒篩選度良好，所以沉積物顆粒分布集中在少數幾種的粒徑內，否則篩選度越差，也就是是越不對沉積物進行顆粒大小篩選，代表顆粒大小及分布越多元。



Under 0.35 ϕ	Very well sorted
0.35~0.50 ϕ	Well sorted
0.50~0.71 ϕ	Moderately well sorted
0.71~1.00 ϕ	Moderately sorted
1.00~2.00 ϕ	Poorly sorted
2.00~4.00 ϕ	Very Poorly sorted
Over 4.00 ϕ	Extremely Poorly sorted

圖 5-3、沉積顆粒分布的對應表，表左藍框內是計算出的 σ_i 值，而右攔是沉積物篩選度良好程度的判定。

而平均粒徑是由公式三算出

$$M_z = (Ø_{16} + Ø_{50} + Ø_{84}) / 3 \qquad \text{(公式三)}$$

算出的 Mz 值再經由 Ø (phi)= -log2(mm) 的公式換算成為平均粒徑，單位為 mm，如果 Ø 值有單位，平均粒徑大小就不會只是 mm，而是某值除以 mm。為了讓管理者了解平均粒徑的意義，下圖將 Ø 值對應的粒徑值列於左側，而將相對的顆粒類型列於右側。

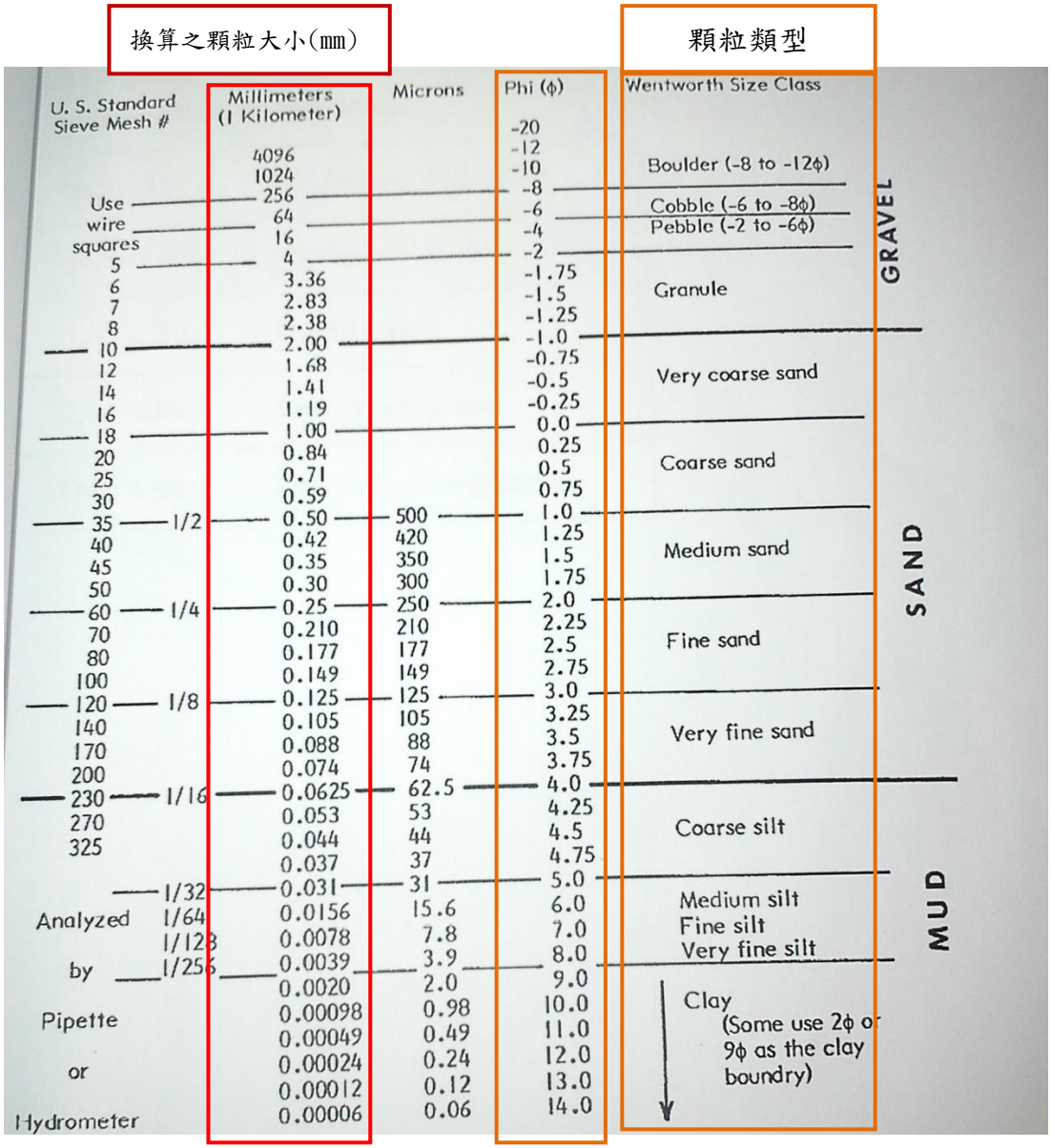


圖 5-4、Wentworth 沉積物粒徑類型判定表，將計算出的 Ø 值(沒有單位)相對應的粒徑大小(有單位)及粒徑類型(沒有單位)表示出來。

6. 統計分析

同一生物及非生物參數的長期變化中若是兩兩比對，需要用 T 檢定分析，一個參數比較不同廠的變化會用單因子變異數分析(One-way ANOVA)進行，涉及兩參數的長期變化之分析(如核一及核二同一參數的變化分析)，則將進行雙因子變異數分析(Two-way ANOVA)甚至三因子分析(Three-way ANOVA)，此外分析前會先進行 equal variation 及 normality (Sokal and Rholf, 1982)，檢定判定是否為常態分布是否需要標準化。兩相關參數間的從屬關係由線性回歸(linear regression)決定，若是一個參數會受到兩個以上的相

關參數所影響，則由多重線性回歸(multiple linear regressionrm)決定，並分析來決定主要及次要的影響因子;分析原則上以連續數據為主,避免有空缺會導致分析結果產生誤差。

分析工具

本計畫使用 SigmaPlot 軟體提供的分析工具，從基本的統計到高等的數學計算都有，內建 100 組方程式可以使用做迴歸分析，並可結合 Excel 的分析功能，也能使用或轉錄 Excel，因為不需要轉換檔案也避免轉換檔案後資料遺失的風險，並且可以在系統內建立分析圖。

第三節 目前研究結果

報告內容包括 114 年第 1 季至 114 年第 4 季動物及環境調查之結果,和從第一次確定採樣:民國 89 年到 114 年第 4 季間的生物及環境因子在各季上之圖表，以便於了解該區海域之底棲群聚及環境在時間、空間上的變化。

一、動物種類分析

1. 114（2025）年-第 1 季

a. 核一廠

(1)移動性低或是非移動性的底棲動物

在本次調查中，船潛採樣共獲 2 門 3 綱 4 目 3 科 4 種底棲動物（表 5-2），其中以節肢動物門，甲殼綱，等足目，紡錐水蚤科的道式紡錐水蚤(*Aega dofleini)*，為主要優勢種。每個測站之物種種類數介於 1 到 4 個物種間，測站之物種密度介於 44 到 126 animals · m^{-2} 之間，生物總量則介於 1 到 14 mgC · m^{-2} 之間（表 5-3）。

(2)移動性高的表層底棲動物

在本季共發現 3 門 3 綱 5 目 7 科 9 種移動性高的表層底棲動物（表 5-4），其中以軟體動物門，腹足綱，新腹足目，骨螺科的 *Morula borealis*〈紫口棘結螺〉為主要優

勢種。

b. 核二廠

(1)移動性低或是非移動性的底棲動物

在本次調查中，船潛採樣共 5 門 6 綱 8 目 8 科 12 種底棲動物（表 5-5），其中以線蟲動物門，的線蟲為主要優勢種。每個測站之物種種類數介於 3 到 4 物種間，測站之物種密度介於 30 到 133 animals · m^{-2} 之間，生物總量則介於 5 到 13mgC · m^{-2} 之間（表 5-6）。

(2)移動性高的表層底棲動物

在本季共發現 2 門 3 綱 4 目 6 科 7 種移動性高的表層底棲動物（表 5-7），其中以軟體動物門，雙殼綱，鶯蛤目，鶯蛤科的 *Pinctada margaritifera* (黑蝶真珠蛤)為主要優勢種。

2. 114（2025）年-第 2 季

a. 核二廠

(1)移動性低或是非移動性的底棲動物

在本次調查中，船潛採樣中共獲得 7 門 10 綱 14 目 16 科 22 種底棲動物（表 5-8），其中以線蟲動物門的線蟲為主要優勢種。每個測站之物種種類數介於 3 到 6 個物種間，測站之物種密度介於 59 到 993 animals · m^{-2} 之間，生物總量則介於 3 到 13mgC · m^{-2} 之間（表 5-6）。

(2)移動性高的表層底棲動物

在本季共發現 2 門 3 綱 3 目 3 科 3 種移動性高的表層底棲動物（表 5-9），其中以節肢動物門，甲殼綱，十足目，活額寄居蟹科的 *Calcinus vachoni*(瓦氏硬殼寄居蟹)為主要優勢種。

3. 114（2025）年-第 3 季

a. 核一廠

(1)移動性低或是非移動性的底棲動物

在本次調查中，船潛採樣共獲 5 門 9 綱 9 目 7 科 13 種底棲動物（表 5-10），其中以環節動物門，多毛綱，磯沙蠶目，歐努菲蟲科的貝單鰓蟲(*Nothria conchylega)*為主要優勢種。每個測站之物種種類數介於 0 到 5 個物種間，測站之物種密度介於 0 到 89 animals·m^{-2} 之間，生物總量則介於 0 到 124 mgC·m^{-2} 之間（表 5-3）。

(2)移動性高的表層底棲動物

在本季共發現 2 門 3 綱 4 目 6 科 11 種移動性高的表層底棲動物（表 5-11），其中以節肢動物門，甲殼綱，十足目，活額寄居蟹科的 *Diogenes nitidimanus* (閃光活額寄居蟹)為主要優勢種。

b. 核二廠

(1)移動性低或是非移動性的底棲動物

在本次調查中，船潛採樣中共獲得 7 門 11 綱 14 目 13 科 22 種底棲動物（表 5-12），其中以節肢動物門，甲殼綱，端腳目，馬爾他鈎蝦科的日本片鈎蝦(*Elasmopus japonicas)* 為主要優勢種。每個測站之物種種類數介於 4 到 16 個物種間，測站之物種密度介於 30 到 844 animals·m^{-2} 之間，生物總量則介於 6 到 226mgC·m^{-2} 之間（表 5-6）。

(2)移動性高的表層底棲動物

在本季共發現 2 門 3 綱 4 目 7 科 7 種移動性高的表層底棲動物（表 5-13），其中節肢動物門，甲殼綱，十足目，活額寄居蟹科的 *Calcinus vachoni*(瓦氏硬殼寄居蟹)及軟體動物門，雙殼綱，鶯蛤目，鶯蛤科的 *Pinctada margaritifera* (黑蝶真珠蛤)為主要優勢種。

4. 114（2025）年-第 4 季

b. 核二廠

(1)移動性低或是非移動性的底棲動物

在本次調查中，船潛採樣中共獲得 5 門 6 綱 6 目 6 科 9 種底棲動物（表 5-14），其中以線蟲動物門的線蟲為主要優勢種。每個測站之物種種類數介於 4 到 8 個物種間，測

站之物種密度介於 37 到 133 animals・m^{-2} 之間，生物總量則介於 2 到 16mgC・m^{-2} 之間（表 5-6）。

(2)移動性高的表層底棲動物

在本季共發現 2 門 3 綱 4 目 4 科 5 種移動性高的表層底棲動物（表 5-15），其中以軟體動物門，雙殼綱，鶯蛤目，鶯蛤科的 *Pinctada margaritifera* (黑蝶真珠蛤)為主要優勢種。

二、沈積物環境因子分析

1. 114 年(2025)

a. 核一廠：

(1) 總有機質(TOM, W/W ％)

核一廠在 114 年第 1 季至 114 年第 4 季間之各測站之總有機質平均為 1～13%（表 5-16）。

(2) 沈積物顆粒分析

核一廠各測站之平均顆粒大小為介於非常粗沙到卵石，篩選度為 Moderately sorted 到 Extremely Poorly sorted 之間（表 5-17 及 5-18）。

在細泥含量方面，114 年第 1 季至 114 年第 4 季各測站之值為小於 1~2%(表 5-17)。

b. 核二廠：

(1) 總有機質(TOM, W/W ％)

核二廠在 114 年第 1 季至 114 年第 4 季間之各測站之總有機質介於 1～10%之間(表 5-19)，變化亦不大。

(2) 沈積物顆粒分析

在核二廠附近海域的沈積物之平均顆粒大小介於細砂到卵石之間，篩選度為 Moderately sorted 到 Very Poorly sorted 之間（表 5-20 及 5-21）。

在細泥含量方面，114 年第 1 季至 114 年第 4 季各測站之值為小於 1%~5%(表 5-19)。

三、114 年水深大於 10 米站點調查結果

1. 動物種類分析

a. 114（2025）年-第 1 季

移動性低或是非移動性的底棲動物

在本次調查中，船潛採樣共 2 門 3 綱 2 目 1 科 4 種底棲動物（表 5-22），無特別優勢種。每個測站之物種種類數介於 0 到 2 個物種間，測站之物種密度介於 0 到 15 animals · m^{-2} 之間，生物總量則介於 0 到 0.48 mgC · m^{-2} 之間（表 5-23）。

b. 114（2025）年-第 2 季

移動性低或是非移動性的底棲動物

在本次調查中，船潛採樣共 4 門 5 綱 5 目 5 科 7 種底棲動物（表 5-24），無特別優勢種。每個測站之物種種類數介於 1 到 6 個物種間，測站之物種密度介於 37 到 156 animals · m^{-2} 之間，生物總量則介於 23 到 85mgC · m^{-2} 之間（表 5-23）。

c. 114（2025）年-第 3 季

移動性低或是非移動性的底棲動物

在本次調查中，船潛採樣中共獲得 4 門 4 綱 2 目 2 科 4 種底棲動物（表 5-25），其中以軟體動物門的小雙枚貝為主要優勢種。每個測站之物種種類數介於 0 到 3 個物種間，測站之物種密度介於 0 到 133animals · m^{-2} 之間，生物總量則介於 0 到 21mgC · m^{-2} 之間（表 5-23）。

d. 114（2025）年-第 4 季

移動性低或是非移動性的底棲動物

在本次調查中，船潛採樣共 5 門 6 綱 5 目 5 科 8 種底棲動物（表 5-26），軟體動物

門，雙殼綱的小雙枚貝為主要優勢種。每個測站之物種種類數介於 1 到 5 個物種間，測站之物種密度介於 7 到 37 animals · m^{-2} 之間，生物總量則介於 1 到 3mgC · m^{-2} 之間（表 5-23）。

2. 沈積物環境因子分析

a. 114 年(2025)

(1)總有機質(TOM, W/W ％)

核二廠在 114 年第 1 季至 114 年第 4 季間之各測站之總有機質介於 0～3％之間（表 5-27）

(2) 沈積物顆粒分析

在核二廠附近海域的沈積物之平均顆粒大小介於細沙到粗砂之間，篩選度為 Very Well sorted 到 Poorly sorted 之間（表 5-28 及 5-29）

在細泥含量方面，114 年第 1 季至 114 年第 4 季間之各測站之值為小於 1%~1%(表 5-28)。

第四節 歷年監測資料統計分析

統計分析-分析研究方法

同一生物及非生物參數的長期變化中若是兩兩比對，需要用 T 檢定分析，一個參數比較不同廠的變化會用單因子變異數分析(One-way ANOVA)進行，涉及兩參數的長期變化之分析(如核一及核二同一參數的變化分析)，則將進行雙因子變異數分析(Two-way ANOVA)甚至三因子分析(Three-way ANOVA)，此外分析前會先進行 equal variation 及 normality (Sokal and Rholf, 1982)，檢定判定是否為常態分布是否需要標準化。兩相關參數間的從屬關係由線性回歸(linear regression)決定，若是一個參數會受到兩個以上的相

關參數所影響，則由多重線性回歸(multiple linear regressionrm)決定，並分析來決定主要及次要的影響因子;分析原則上以連續數據為主,避免有空缺會導致分析結果產生誤差。

統計分析-分析工具

本計畫使用 SigmaPlot 軟體提供的分析工具，從基本的統計到高等的數學計算都有，內建 100 組方程式可以使用做迴歸分析，並可結合 Excel 的分析功能，也能使用或轉錄 Excel，因為不需要轉換檔案也避免轉換檔案後資料遺失的風險，並且可以在系統內建立分析圖。

核一、核二廠及兩廠間從 89 年第 4 季到 114 年第 4 季之間的底棲動物之物種豐度（richness）、密度（density）、總量（biomass）及沉積物之環境因子包括總有機質(OM)、平均粒徑（size）、篩選度（phi）及細泥含量，在時、空上變化的分析、生物和非生物各參數間及生物和非生物參數間的關係。

統計分析-分析結果

1. 核一廠

a. 在生物方面:

核一廠從 89 年第 4 季到 114 年第 4 季間之物種豐度變化顯示於圖 5-5 中，物種密度顯示於圖 5-6 中，物種總量顯示於圖 5-7 中。由於這種長年性的大數據變化，屬於長時間的序列分析(time series analysis)，因為變異很大，無法用目視的方式加以判斷，所以需進行相關的統計分析，才能找出詳細的變化的現象及趨勢。所以本報告除了用圖形表示外，也進行統計分析，結果列於表 5-30 中。數據分析顯示(1)物種豐度上，統計分析後發現，該因子在出、入水口及季節上有顯著的變化；出、入水口及季節的交互作用主要受到出、入水口間之差異所影響。

(2)物種密度上，統計分析後發現該因子在出、入水口及季節上有顯著的變化。

季節分析顯示：出、入水口及季節的交互作用主要受到出水口間之差異所影響。

(3)物種總量上，統計分析後發現該因子僅在季節上有顯著的變化。

且各生物因子均會受到環境因子之影響，其中各測站之物種豐度（richness）之變化會受到平均粒徑、總有機質、篩選度及細泥含量變化之所影響，

物種豐度，主要受到細泥含量所影響，在來受到篩選度影響，也就是，主要在沉

積環境中之細泥含量較高，但是篩選度差所以大小沉積顆粒都有組成的沙層，較多的物種會因棲地的複雜度增加棲地多樣性，且細泥含量高可能有食物，而在此居住生長。

b. 在沉積環境方面

核一廠從 89 年第 4 季到 114 年第 4 季間之總有機質的變化顯示於圖 5-8 中，沉積物的平均粒徑顯示於圖 5-9 中，沉積物的細泥含量顯示於圖 5-10 中。統計分析結果列於表 5-30 中。數據分析顯示：

(1)總有機質上，統計分析後發現，該因子在季節及出、入水口均有顯著的變化。

季節變化分析後顯示：出、入水口及季節的交互作用主要受到季節變化所影響。

(2)平均粒徑上，統計分析後發現，該因子在出、入水口及季節上均有所變化。

季節變化分析顯示：出、入水口及季節的交互作用主要受到出、入水口間之差異所影響。

(3)篩選度上，統計分析發現，該因子在出、入水口及季節上均有所變化。

季節變化顯示：出、入水口及季節的交互作用主要受到出、入水口間之差異所影響。

(4)細泥含量上，統計分析後發現: 在出、入水口上有變化。

季節變化顯示：季節與出、入水口的交互作用主要是受到季節間之差異所影響。

若將這些分析結果歸納起來，則可以得到一個結論；就是主要當沉積物中之平均粒徑較粗，且顆粒大小分布較不平均時，因棲地多樣性的增加，而導致較多種類的底棲動物便會在此聚集。

物種豐度及密度及沉積物的平均粒徑及篩選度均受到出、入水口間的差異所影響，這顯示，生物參數會受到環境因子所影響，因此核一廠的底棲動物群聚，會受到環境所影響。

c. 核一廠除役後的影響

核一廠 106 年停機後除了平均粒徑變粗及顆粒大小變的較不均外，底棲物種的豐度、密度及總量，並未出現明顯的變化；因為底棲生物主要是受到排水量大，物理性沖走沉積物而產生生存環境變化，至於溫排水所造成的溫度變化，則大多因會被表層的沙泥快速

的稀釋掉(因為矽是很好的熱傳導物質)，在沙層下 1 公分以下的底棲動物基本上是感受不到多少溫度的變化，除非是整個區域水體溫度上升的量非常多而且持續很長時間。這點和浮游動物及魚類之反應是不同的；浮游動物及魚類因為是直接生活在水體中，會直接的受到水層溫度快速變化的衝擊，並且魚類移動距離也相對較明顯，因此自然會出現明顯的變化，所以底棲動物的反應和魚類及浮游動、植物自然會有所不同，但當底棲生物產生變化則象徵長期的影響，短時間急遽變化則象徵遭遇事件（例如致災性暴雨）。反倒是由於出、入水口的水流，不斷的沖刷堆疊沉積物，改變沉積物的結構(將細沙泥帶出環境)使得底棲動物生活的環境改變了，有些生物存活有些消失，進而改變底棲動物的組成；所以只要出、入水口的水流不停止，底棲動物的生活環境結構沒有獲得影響改變所以群聚也不會顯著改變。

另一個可能性是，停機後水流量減少的時間不夠長或水流量減少的不夠多，所以看不出明顯的變化，為了確認這件事情，透過台電公司所提共的「重大點源放流水自動連續監測資訊公開查詢系統」取得排水量資料進行分析，發現從 104 到 114 年核一廠排水量有明顯減少的趨勢($p < 0.001$)。

但底棲群聚及各環境因子在調查期間均無民顯的變化:Richness: 沒有明顯變異($p > 0.05$)，density: 沒有明顯變異($p > 0.05$)，biomass: 沒有明顯變異($p > 0.05$)，總有機值: 沒有明顯變異($p > 0.05$)，平均粒徑: 沒有明顯變異($p > 0.05$)，篩選度: 沒有明顯變異($p > 0.05$)，細泥含量: 沒有明顯變異($p > 0.05$)。所以，104 到 114 年間核一廠排水量的減少，尚未對底棲群聚及環境產生影響。

這可能是因為還有基礎的除役運行排水量在，而此排水量仍未降到沙泥開始沉積的臨界值，所以底棲生態在這樣的水流下環境還沒觀測到有變化，底棲低移動性生物族群也還沒出現變化。

d. 核一廠總結

A. 因為核一廠外海是一個開放性的海域，因此季節的影響會較大，且出水口因沿岸海流較強，核電廠所排出的水流會被沿岸流沖散，所以影響度會低於入水口及背景站。

B. 當沉積物中之平均粒徑較粗、顆粒大小分布較不平均及細泥含量減少時，且食物含量增加時，因棲地多樣性及食物的增加，而導致較多大型底棲動物便會在此聚

集；這和核一外海是開放海域有關，也就是在沉積顆粒分佈不均的底棲環境中，食物增加時，就會吸引大型動物來此居住。。

C. 核一廠的細泥含量從 91 年起，有下降但由於核一廠在調查期間並沒有發生重大的工安事件，台灣北海岸也沒有重大的地形改變，因此評估很可能是該區從 91 年起，沿海社區的人為活動增加了，因此減少了沙泥流入近海，進而改變了底棲群聚的結構。

D. 核一廠 106 年停機後除了平均粒徑變粗及顆粒大小變的較不均外，底棲物種的豐度、密度及總量，並未出現明顯的變化。

E. 在完全停機後，核電廠排水量減少了 1/3，因粒徑變大及顆粒分布變的較不平均，棲地變得較不合適居住，雖然物種多樣性沒有改變，但每單位面積的動物總數卻會減少。但底棲群聚及各環境因子在調查期間均無明顯的變化。

F. 核一廠排水量的減少，尚未對底棲群聚及環境產生影響。

2. 核二廠

a. 在生物方面

核二廠從 89 年第 4 季到 114 年第 4 季間之物種豐度變化顯示於圖 5-11 中，物種密度顯示於圖 5-12 中，物種生物總量顯示於圖 5-13 中。而統計分析結果列於表 5-31 中。數據分析顯示:

(1) 物種豐度上，統計分析後發現，季節及出、入水口上皆有顯著的差異；季節與出、入水口的交互作用主要受到出、入水口差異所影響。

(2) 物種密度上，統計分析後發現，在季節及出、入水口上皆有顯著的差異；季節與出、入水口的交互作用主要受到出、入水口差異所影響。

(3) 物種總量上，統計分析後發現，在出、入水口及季節上均有顯著的變化。

分析發現所有的生物因子均會受到各環境因子所影響，其中物種豐度會與總有機值成反比，但與篩選度及細泥含量呈正比，也就是篩選度越大為沙層顆粒組成越不均勻而細泥含量增加；進一步分析後得知，主要的影響因子為篩選度及細泥含量，這代表沈積

物中之顆粒分佈愈不均勻及細泥含量越高的測站中，因為顆粒分佈不均勻棲地的多樣性增加了，所以反而會吸引愈多的物種在此聚集。

物種密度、物種之總量也會受平均粒徑及篩選度之影響，進一步分析後得知，主要的影響因子為平均粒徑。這代表當沉積物中之顆粒愈粗或可能顆粒分布愈不平均時，可能因棲地多樣性增加了，所以物種豐度及單位面積中的個體數量就增加了，且可能因居住的空間變大了，生物可以長得更大，物種總量就增加。

b. 在沉積環境方面

核二廠從 89 年第 4 季到 114 年第 4 季間之總有機質的變化顯示於圖 5-14 中，沉積物的平均粒徑顯示於圖 5-15 中，沉積物的細泥含量顯示於圖 5-16 中。統計分析結果列於表 5-31 中。數據分析顯示

(1) 總有機質上，統計分析後發現，該因子在季節及出、入水口上皆有顯著的差異。
在季節比較上發現；出、入水口及季節的交互作用主要受到季節變化之影響。

(2) 平均粒徑上，統計分析後發現，在該因子在季節及出、入水口上皆有顯著的差異。
季節分析顯示；季節與出、入水口的交互作用主要受到出、入水口間的差異所影響。

(3) 篩選度上，統計分析後發現，該因子在季節及出、入水口上皆有顯著的差異。
在季節比較上發現；季節與出、入水口的交互作用主要受到出、入水口間的差異所影響。

(4) 細泥含量上，統計分析後發現，該因子在該因子在季節及出、入水口上皆有顯著的差異。
在季節比較上發現；季節與出、入水口的交互作用主要受到季節的變化所影響。

在各非生物因子相關性的分析上，總有機質會受到細泥含量所影響，亦即當沉積物之細泥含量增加，有機質含量就會增加；而沉積物中之粒徑亦受到篩選度變化之影

響，亦即沉積物中之顆粒分布愈不均勻時，其平均粒徑就會愈粗。

總有機質及細泥含量在季節與出、入水口的交互作用主要受到季節變化所影響。然而，平均粒徑及篩選度在季節與出、入水口的交互作用主要受到出、入水口之差異所影響，這代表此兩因子在調查期間，小區域(出、入水口)的變化比季節的影響來的大，有可能核二廠外是一個較封閉的海灣，因此出、入水口間的水流差異對沉積物結構之影響，就會大於季節的變化。

因此，對核二廠而言，沉積環境的特性，像是平均粒徑、細泥含量、篩選度等，是決定底棲群聚的豐度及密度之主要因子。

外海測站站點接離岸較遠，水深較深因此安全考量上以船採採樣，在108到114年間，除細泥含量外，近海測站(原來測站)之值會大於外海測站(新採樣站)，可能和新採樣站較深且細泥含量較高有關，因為生物生長需要空間，當沙層細泥含量高的時候反而可能沒有空間提共生物生長，所以雖然細泥含量高卻沒有更豐富的生物。

c. 核二總結

1. 二廠為一較封閉之海域，因此海灣內不同的位置之環境影響會大於季節變化之影響，而凸顯出對生物的影響。
2. 入水口處因平均粒徑較粗，但細泥含量較高，以至於粒徑分布較不平均，加上總有機質含量較高，造成入水口處的沉積物環境較好，所以較多的不同物種及數量可在此居住。
3. 在比較近海原測站及增加測站的底棲群聚及沉積環境後發現，108 到 114 年間，除細泥含量外，近海測站(原來測站)之值會大於外海測站(新採樣站)，可能和新採樣站較深且細泥含量較高有關。

3. 核一與核二廠綜合討論

核一及核二廠同屬北海岸地區，為了瞭解兩電廠間的差距，我們進行核一及核二廠的合併分析討論。同時，由綜合兩廠在季節的變化分析中，也讓我們能從大範圍(北海岸地區)的角度，來了解底棲群聚及沉積環境在該區之時、空上的長期變化，但隨著核一廠採樣不連續，許多分析將調正或無法分析。

a. 在生物方面:

核一及二廠從 89 年第 4 季到 114 年第 4 季間比較的統計分析，結果列於表 5-32 中。數據分析顯示:

(1)物種豐度上，統計分析後發現，該因子在出、入水口及季節上皆有顯著差異存在。在季節方面顯示；季節及和電廠的交互作用主要受到季節變化的影響，出、入水口和電廠及季節的交互作用及主要受到出、入水口間之差異所影響。

(2)物種密度上，統計分析後發現，在電廠間、出、入水口及季節上皆有顯著差異存在。在季節方面，分析發現；電廠和季節的交互作用主要受到兩電廠間之差異所影響，季節及電廠的交互作用主要受到出、入水口之差異所影響，電廠和出、入水口的交互作用主要受到兩電廠間之差異所影響。

(3) 物種總量上，統計分析後發現該因子僅在季節上有顯著差異存在，分析顯示；電廠和季節交互作用主要受到季節變化所影響。

物種豐度、密度及總量均在 95 年第 1 季達到最低值，可能與該季採不到任何動物有關。

各生物因子均會受到環境因子之影響，其中各測站之物種豐度之變化會受到總有機質、平均粒徑、篩選度及細泥含量變化之所響，進一步分析中得知，細泥含量、平均粒徑及篩選度的影響度最大，總有機質次之。

亦即，主要在沉積環境中之大小沉積顆粒都有及平均粒徑較粗及細泥含量較高，及總有機質增加的情況下，因此較多的物種會因棲地的複雜度及食物的增加，而在此居住。

而每測站之物種總量會受到篩選度及平均粒徑所影響，亦即，主要當沈積物中分佈較不平均及較粗時，較大型的底棲動物便會在此居住，所以物種的總量也會變得較高。

若將這些分析結果歸納起來，則可以得到一個結論；核一及核二外海的底棲群聚

之主要因子(即豐度及總量)，均會受到不同地方沉積環境不同所影響看見差異，或因為季節改變沉積物特性時；若粒徑變粗、顆粒大小分布較不平均時，棲地的複雜性增加會讓更多的底棲動物在此聚集。

b. 在沉積環境方面：

核一及二廠從 89 年第 4 季到 114 年第 4 季間比較的統計分析結果列於表 5-54 中。；數據分析顯示

(1)總有機質上，統計分析後發現，該因子在該因子在電廠、出、入水口及季節上皆有顯著差異存在。在季節分析顯示；季節和電廠及與出、入水口的交互作用主要受到季節變化所影響，電廠和出、入水口的交互作用主要受到出、入水口差異所影響，

電廠及出、入水口三因子的交互作用主要受到電廠和出、入水口間的交互作用所影響。

(2)平均粒徑上，統計分析後發現，該因子在該因子在電廠及季節上皆有顯著差異存在。在季節方面，季節和電廠的交互作用主要受到不同電廠間之差異所影響。

(3)篩選度上，統計分析後發現，該因子在該因子在電廠及季節上皆有顯著差異存在。季節比較上雖有差異存在，但兩兩相比下卻無顯著差異存在。季節和電廠的交互作用主要受到電廠間之差異所影響。

(4)細泥含量上，統計分析後發現，該因子在該因子在電廠及季節上皆有顯著差異存在。在季節方面，分析顯示；季節和電廠與出、入水口的交互作用主要受到季節變化所影響，電廠和出、入水口的交互作用主要受到電廠所影響，電廠、季節及出、入水口三因子的交互作用主要受到電廠和出、入水口的交互作用所影響。

由分析得知，核一廠在物種豐度及沉積物中之總有機質比核二廠來的高，而核二廠沉積物中的平均粒徑、篩選度及細泥含量比核一來的高，所以核一廠發現到的種類比較多但是核二廠的沉積物環境是比較多元性的。

此外，物種密度、平均粒徑及篩選度在季節與電廠的交互作用主要受到電廠的影響，而物種豐度、總量、總有機質及細泥含量主要受到季節變化所影響；代表兩個電

廠的環境有明顯的不同而有不同的結果，而在電廠水域內的底棲生物主要受到季節變化影響環境。

除了物種的總量及篩選度外，電廠和出、入水口及電廠、出、入水口及季節等三因子的交互作用主要受到電廠及出、入水口的交互作用之影響。這代表兩電廠的環境對沉積物結構的影響較大。

此外，多數因子在電廠、出、入水口及季節的交互作用上主要受到電廠和出、入水口之交互作用所影響，這代表在北台灣沿海，地區性的影響會大於季節的變化。

在各非生物因子相關性的分析上，總有機質僅受細泥含量所影響，亦即當沉積物之細泥含量增加時有機質含量就會增加。

此外，沉積物中之粒徑會受到篩選度及細泥含量變化所影響，進一步分析後得知，以篩選度的影響為主，細泥含量次之，亦即沉積物中之顆粒分布愈不均勻及細泥含量越少時，其平均粒徑就會愈粗。

至於溫排水是否會對底棲群聚產生負面的影響，本研究在比較各廠出入水口間的

物種豐度、密度及總量後發現，所有的生物因子在出、入水口間均無顯著的差異(所有的 p 值均> 0.05)，這代表各廠出、入水口間之細泥含量及總有機質含量的減少，均與是否有溫排水無關。水溫比較沒影響，但水流的物理影響比較會有，若未來能利用水流量的資料可以看有無差異，但因流量減少非劇烈的改變(除非是從全開直接到全關好幾年)因此可以預計尚需要數年資料進行分析。

c. 103 年停機後的影響

由於底棲群聚結構是反應出長期生態的變化，而且從本計畫的調查可知，核電廠外圍的底棲群聚主要是受到電廠出、入水口的水流所影響，溫排水之影響不大。而兩核電廠在停機期間，並未停止海水的抽送，因此本次的停機並未影響兩電廠的底棲群聚之結構。後續討論預計以正式公告停止商業運轉時間同步進行分析。

d. 106 年 6 月暴雨的影響

106 年 6 月暴雨帶來大量泥沙沖入海，由兩核電廠底棲環境調查結果顯示，僅發現核一廠沉積物之細泥含量大量上升，而在物種密度、豐度、總量及沉積物之總有機質皆無影響；核二廠則是在各項中無顯著影響。在下一季後核一廠已無發現大量細泥含量，故暴雨事件影響底棲環境的時間短暫且不是持續的，因此在底棲生物上沒有關查到顯著變化。

e. 推測若核一與二廠完全停止運轉，底棲生態會發生何種變化?

假定核一、二廠完全停止運轉且核電廠拆除後，完全無任何人為建築與外力影響下討論底棲生態之變化情形；由過去的研究成果得知，僅考慮電廠(包括核電廠及非核能發電廠)所產生的影響時，發現兩電廠底棲群聚結構差異的主要因素，是水流量而不是溫排水導致水溫高低的變化，因此當電廠永久性的停機後，影響電廠外面的近海底棲動物群聚結構之主要因素也會隨之改變。

改變的順序為先影響底棲棲息環境，再接著影響動物的組成結構。

首先，當電廠不再排出水流時，近海沉積中的細泥將不被排水沖刷走，會逐漸堆積下來，這便是改變沉積環境使細泥含量增加而改變底棲生物的環境，但同時，該海域的沿岸流會因電廠排出水流消失，而成為該海域主要的水流，因此增加的細泥也會被這些沿岸流帶走的部分，此區的沉積環境會漸漸地變得和附近其他沒有受核電廠排水影響的海域類似，但如果持續有排水，且排水量沒有減少到讓沉積物沉積的水量則會減少預期水流減少帶來的影響的幅度，甚至可能沒有顯著性差異。

若沉積物組成產生變化，則底棲群聚結構的消長變化很可能會從現在的適應細泥含量少的環節動物及節肢動物轉變或增加一些能在細泥中生活的多毛及寡毛蟲。

但電廠排水影響區域外的底棲動物也會因電廠區的環境變成接近其生活環境，而擴張其領域到原本受電廠水流影響的區域內；最終在沒有其他影響以及夠長期的時間，此區的底棲生物群聚，理論上會漸漸和其他北海岸類似空間的群聚結構相似。

目前停機前後水流量差異的數值後，在核一廠尚未到達產生沉積物結構影響的臨界值水量，而核二廠時間尚短還無法比較差異。

第五節總結

1. 核一廠外海為一開放型的海灣，所以季節的影響會比空間(出、入水口)要來的大。
2. 核一廠的物種豐度及細泥含量從 91 年起，均有下降，由於物種豐度會受到總有機質含量的影響，而總有機值會受到細泥含量所影響。因此，受到細泥含量減少之影響，91 到 114 年間核一廠的物種豐度減少。
3. 核二廠為較封閉的海域，所以季節及不同位置之影響就會變的顯著。入水口處的沉積物環境比出水口處好，所以較多的不同物種及數量可在此居住。
4. 核二廠近海測站之值會大於外海測站，可能和新採樣站水深較深且細泥含量較高有關。
5. 核一及核二外海的底棲群聚之主要因子(即豐度、密度及總量)，均會受到沉積環境所影響;當平均粒徑變粗、顆粒大小分布較不平均及總有機質含量增加時，棲地的複雜性增加會讓更多的底棲動物在此聚集。
6. 本研究在比較各廠出入水口間的物種豐度、密度及總量後發現，所有的因子在出、入水口間均無顯著的差異(所有的 p 值均> 0.05)，這代表各廠出、入水口間之細泥含量及總有機質含量的減少，均與是否有溫排水無關。
7. 短時間大量暴雨並不會對底棲生物造成影響。
8. 目前核一廠排水量有顯著下降，但尚未到達沉積物改變的臨界值。

表5-1、 北部核一及核二廠附近海域底棲生態調查—移動性低或是非移動性之底棲動物，之各採樣站的經緯度及深度

I、核一廠

站別	緯度	經度	深度(m)
入 1	25º 17.525	121º35.910	8
入 2	25º 17.487	121º36.038	8
入 3	25º 17.361	121º36.103	7
出 1	25º 17.779	121º 35.141	7
出 2	25º 17.720	121º 35.261	9
出 3	25º 17.653	121º 35.412	6
背景	25º 17.282	121º 36.273	10

II、核二廠

站別	緯度	經度	深度(m)
入 1	25º 12.292	121º 40.700	7
入 2	25º 12.252	121º 40.750	7
入 3	25º 12.229	121º 40.803	8
出 1	25º 12.863	121º 39.707	6
出 2	25º 12.641	121º 39.981	9
出 3	25º 12.506	121º 40.184	8
入 6 (舊背景)	25º 12.327	121º 41.885	7
出 5	25 º 13.387	121 º 39.797	22
出 6	25 º 13.387	121 º 39.797	22
出 7	25 º 13.387	121 º 39.797	22
入 4	25 º 13.239	121 º 40.272	26
入 5	25 º 13.017	121 º 40.837	28
新背景站	25 º 13.978	121 º 40.536	65

(以下空白)

表5-2、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物

核一廠〈114 年第 1 季〉

學名	中文種名
Phylum Annelida	環節動物門
Class Oligochaeta	寡毛綱
Order Haplotaxida	單向蚓目
Family Naididae	居蚓科
Paranais litoralis	濱近蚓
Phylum Arthropoda	節肢動物門
Class Crustacea	甲殼綱
Order Isopoda	等足目
Family Aegaidae	紡錘水蚤科
Aega *dofleini*	道式紡錘水蚤
Order Decapoda	十足目 （寄居蟹）
Class Osteacoda	介形綱
Order Cypridinifomes	海螢亞目
Family Cypridinidae	海螢科
Philomedes japonica	日本喜螢

(以下空白)

表5-3、 114 年北部核一廠附近海域生態之調查--底棲動物,各站之物種豐度(species richness; species・stn.-1)、密度(density;animals・m-2)與總量(biomass; mgC・m-2)

測站	114 年											
	第 1 季			第 2 季			第 3 季			第 4 季		
	豐度	密度	總量	豐度	密度	總量	豐度	密度	總量	豐度	密度	總量
入 1	2	74	14				3	37	48			
入 2	2	52	11				2	81	119			
入 3	4	126	6				5	81	124			
出 1	3	81	11				5	59	16			
出 2	1	96	1				0	0	0			
出 3	2	126	7				4	30	7			
背景	2	44	9				4	89	35			

表5-4、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—移動性高的表層底棲動物

核一廠〈114 年第 1 季〉(1/2)

學名	中文種名	隻數
Phylum Echinodermata	棘皮動物門	
Class Asteroidea	海星綱	
Order Phanerozonia	顯帶目	
Family Ophidiasteridae	蛇海星科	
Ophidiaster granifer	顆粒蛇海星	2
Phylum Arthropoda	節肢動物門	
Class Crustacea	甲殼綱	
Order Decapoda	十足目	
Family Diogenidae	活額寄居蟹科	
Calcinus vachoni	瓦氏硬殼寄居蟹	3
Calcinus morgani	摩氏硬殼寄居蟹	2
Phylum Mollusca	軟體動物門	
Class Gastropoda	腹足綱	
Order Archaeogastropoda	原始腹足目	
Family Trochidae	鐘螺科科	
Trochus stellatus	血斑馬蹄螺	1
Order Neogastropoda	新腹足目	
Family Muricidae	骨螺科	
Drupella cornus	白結螺	3
Morula borealis	紫口棘結螺	5
Drupa ricina	黃斑核果螺	1
Family Coralliophilidae	珊瑚螺科	
Coralliophila neritoidea	紫口珊瑚螺	3
Family Columbellidae	麥螺科	
Anachis liocyma	桃色牙螺	3
Family Conidae	芋螺科	
Conus balteatus	瘤肩芋螺	1

（以下空白）

表5-5、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物

核二廠〈114 年第 1 季〉(1/2)

學名	中文種名
Phylum Nematoda	線蟲動物門
	線蟲
Phylum Annelida	環節動物門
Class Polychaeta	多毛綱
Order Eunicida	磯沙蠶目
Family Onuphidae	歐努菲蟲科
Nothria conchylega	貝單鰓蟲
Order Phyllodocida	葉鬚蟲目
Family Syllidae	裂蟲科
Syllis sclerolaemas	海綿裂蟲
Order Phyllodocida	葉鬚蟲目
Family Phyllodocidae	葉鬚蟲科
Eteone longa	長雙鬚蟲
Class Oligochaeta	寡毛綱
Order Haplotaxida	單向蚓目
Family Naididae	居蚓科
Paranais litoralis	濱近蚓
Phylum Mollusca	軟體動物門
Class Bivalvia	雙殼綱
Bivalvia sp.	(小雙枚貝)
Class Gastropoda	腹足綱
	(小海螺)
Phylum Sipuncula	星蟲動物門
Class Phascolosomatidea	革囊星蟲綱
Order Phascolosomaliformes	革囊星蟲目
Family Phascolosomatidae	革囊星蟲科
Phascolosomao nomichianm	安島反體星蟲

表 5-5、北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物

核二廠〈114 年第 1 季〉(2/2)

學名	中文種名
Phylum Arthropoda	節肢動物門
Class Crustacea	甲殼綱
Order Decapoda	十足目
	（螃蟹幼生）
Order Isopoda	等足目
Family Aegaidae	紡錘水蚤科
Aega *dofleini*	道式紡錘水蚤
Order Amphipoda	端腳目
Family Melitidae	馬爾他鉤蝦科
Elasmopus japonicas	日本片鉤蝦
Family Urothoidae	尾鉤蝦科
Pontoporeia femorata	

(以下空白)

表5-6、 114 年北部核二廠附近海域生態之調查--底棲動物,各站之物種豐度(species richness; species・stn.-1)、密度(density;animals・m-2)與總量(biomass; mgC・m-2)

測站	114 年						114 年					
	第 1 季			第 2 季			第 3 季			第 4 季		
	豐度	密度	總量	豐度	密度	總量	豐度	密度	總量	豐度	密度	總量
入 1	4	37	5	6	341	145	10	281	34	8	111	16
入 2	4	89	8	5	59	114	16	585	54	4	59	2
入 3	3	44	9	6	993	234	7	156	7	8	133	9
出 1	4	96	9	3	96	48	4	30	6	4	37	2
出 2	3	133	13	4	148	112	6	67	6	5	59	3
出 3	4	111	7	5	133	111	9	844	226	6	74	3
背景	4	30	3	3	341	84	13	533	36	7	111	5

表5-7、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—移動性高的表層底棲動物

核二廠〈114 年第 1 季〉

學名	中文種名	隻數
Phylum Mollusca	軟體動物門	
Class Gastropoda	腹足綱	
Order Neogastropoda	新腹足目	
Family Muricidae	骨螺科	
Chicoreus brunneus	黑千手螺	1
Class Bivalvia	雙殼綱	
Order Pterioida	鶯蛤目	
Family Pteriidae	鶯蛤科	
Pinctada margaritifera	黑蝶真珠蛤	3

（以下空白）

表5-8、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物

核二廠〈114 年第 2 季〉(1/3)

學名	中文種名
Phylum Nematoda	線蟲動物門
Nematoda	線蟲
Phylum Annelida	環節動物門
Class Polychaeta	多毛綱
Order Phyllodocida	葉鬚蟲目
Family Syllidae	裂蟲科
Syllis ramosa	
Order Eunicida	磯沙蠶目
Family Onuphidae	歐努菲蟲科
Nothria conchylega	貝單鰓蟲
Order Phyllodocida	葉鬚蟲目
Family Phyllodocidae	葉鬚蟲科
Eteone longa	長雙鬚蟲
Order Orbiniida	錐頭蟲目
Family Glyceridae	吻沙蠶科
Glycera capitata	頭吻沙蠶
Phylum Sipuncula	星蟲動物門
Class Phascolosomatidea	革囊星蟲綱
Order Phascolosomaliformes	革囊星蟲目
Family Phascolosomatidae	革囊星蟲科
Phascolosomao nomichianm	安島反體星蟲
Phylum Arthropoda	節肢動物門
Class Crustacea	甲殼綱
Order Isopoda	等足目
Family Aegaidae	紡錐水蚤科
Aega dofleini	道式紡錐水蚤
Order Amphipoda	端腳目
Family Melitidae	馬爾他鉤蝦科
Elasmopus japonicus	日本片鉤蝦
Family Urothoidae	尾鉤蝦科
Pontoporeia femorata	
Family Phoxocephalidae	尖頭鉤蝦科
Harpinia miharaensis	

表5-8、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物

核二廠〈114 年第 2 季〉(2/3)

學名	中文種名
Phylum Arthropoda	節肢動物門
Class Crustacea	甲殼綱
Order Amphipoda	端腳目
Family Corophiidae	蜾蠃蜚科
Corophium triangulapedarum	三角柄蜾蠃蜚
Order Cumacea	涟蟲目
Diastylis tricincta	三葉真尾涟蟲
Order Tanaidacea	原足目
Family Paratanaidae	仿原足科
Leptochelia dubia	細螯原足蟲
Order Decapoda	十足目
	（螃蟹幼生）
	（寄居蟹）
Class Pycnogonida	海蜘蛛綱
Order Pantopoda	海蜘蛛目
Family Ammotheidae	沙海蜘蛛科
Ammothella biunguiculata	活結節海蜘蛛
Class Ostracoda	介形鋼
Order Myodocopida	麗足界目
Family Cypridinidae	海螢科
Philomedes japonica	日本喜螢
Phylum Mollusca	軟體動物門
Class Bivalvia	雙殼綱
Bivalvia sp.	(小雙枚貝）
Class Gastropoda	腹足綱
	螺
Order Cephalaspidea	頭楯目
Family Haminoeidae	長葡萄螺科
Aliculastrum cylindricum	長葡萄螺
Phylum Echinodermata	棘皮動物門
Class Ophiuroidea	蛇尾綱
	（小陽燧足）

表5-8、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物

核二廠〈114 年第 2 季〉(3/3)

學名	中文種名
Phylum Chordata	脊索動物門
Class Amphioxi	文昌魚綱
Order Amphioxiformes	文昌魚目
Family Amphioxidae	文昌魚科
Branchiostoma belcherii	廈門文昌魚

(以下空白)

表5-9、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—移動性高的表層底棲動物

核二廠〈114 年第 2 季〉

學名	中文種名	隻數
Phylum Arthropoda	節肢動物門	
Class Crustacea	甲殼綱	
Order Decapoda	十足目	
Family Palaemonidae	長臂蝦科	
Conchodytes nipponensis	躲藏隱蝦	1
Family Diogenidae	活額寄居蟹科	
Calcinus vachoni	瓦氏硬殼寄居蟹	4
Phylum Mollusca	軟體動物門	
Class Gastropoda	腹足綱	
Order Neogastropoda	新腹足目	
Family Muricidae	骨螺科	
Chicoreus brunneus	黑千手螺	1
Order Littorinimorpha		
Family Cypraeidae	寶貝科	
Cypraea arabica	阿拉伯寶螺	2
Class Bivalvia	雙殼綱	
Order Pterioida	鶯蛤目	
Family Pteriidae	鶯蛤科	
Pinctada margaritifera	黑蝶真珠蛤	3

(以下空白)

表5-10、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物

核一廠〈114 年第 3 季〉(1/2)

學名	中文種名
Phylum Nematoda	線蟲動物門
	線蟲
Phylum Annelida	環節動物門
Class Oligochaeta	寡毛綱
Order Haplotaxida	單向蚓目
Family Naididae	居蚓科
Paranais litoralis	濱近蚓
Class Polychaeta	多毛綱
Order Eunicida	磯沙蠶目
Family Onuphidae	歐努菲蟲科
Nothria conchylega	貝單鰓蟲
Order Phyllodocida	葉鬚蟲目
Family Phyllodocidae	葉鬚蟲科
Eteone longa	長雙鬚蟲
Order Orbiniida	錐頭蟲目
Family Glyceridae	吻沙蠶科
Glycera capitata	頭吻沙蠶
Phylum Sipuncula	星蟲動物門
Class Phascolosomatidea	革囊星蟲綱
Order Phascolosomaliformes	革囊星蟲目
Family Phascolosomatidae	革囊星蟲科
Phascolosomao nomichianm	安島反體星蟲
Phylum Mollusca	軟體動物門
Class Gastropoda	腹足綱
	螺
Class Bivalvia	雙殼綱
Bivalvia sp.	(小雙枚貝)
Phylum Arthropoda	節肢動物門
Class Crustacea	甲殼綱
Order Amphipoda	端腳目
Family Urothoidae	尾鉤蝦科
Pontoporeia femorata	

表5-10、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物

核一廠〈114 年第 3 季〉(2/2)

學名	中文種名
Phylum Arthropoda	節肢動物門
Class Crustacea	甲殼綱
Order Decapoda	十足目
	（螃蟹幼生）
	蔓足綱
	藤壺
Class Osteacoda	介形綱
Order Cypridinifomes	海螢亞目
Family Cypridinidae	海螢科
Philomedes japonica	日本喜螢
Class Copepoda	橈足亞綱
Order Calanoida	哲水蚤目
	哲水蚤

(以下空白)

表5-11、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—移動性高的表層底棲動物

核一廠〈114 年第 3 季〉

學名	中文種名	隻數
Phylum Arthropoda	節肢動物門	
Class Crustacea	甲殼綱	
Order Decapoda	十足目	
Family Diogenidae	活額寄居蟹科	
Calcinus gaimardii	精緻硬殼寄居蟹	2
Calcinus vachoni	瓦氏硬殼寄居蟹	5
Calcinus morgani	摩氏硬殼寄居蟹	7
Diogenes nitidimanus	閃光活額寄居蟹	16
Phylum Mollusca	軟體動物門	
Class Gastropoda	腹足綱	
Order Archaeogastropoda	原始腹足目	
Family Trochidae	鐘螺科科	
Trochus hanleyanus	細紋馬蹄螺	
Trochus stellatus	血斑馬蹄螺	1
Trochus sacellus rota	齒輪馬蹄螺	1
Family Turbinidae	蠑螺科	
Astralium haematragum	紅底星螺	1
Order Neogastropoda	新腹足目	
Family Muricidae	骨螺科	
Drupella cornus	白結螺	4
Morula borealis	紫口棘結螺	14
Family Columbellidae	麥螺科	
Pictocolumbella ocellata	黑麥螺	5
Class Bivalvia	雙殼綱	
Order Pterioida	鶯蛤目	
Family Pteriidae	鶯蛤科	
Pinctada margaritifera	黑蝶真珠蛤	1

(以下空白)

表5-12、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物

核二廠〈114 年第 3 季〉(1/3)

學名	中文種名
Phylum Nematoda	線蟲動物門
	線蟲
Phylum Annelida	環節動物門
Class Polychaeta	多毛綱
Order Eunicida	磯沙蠶目
Family Onuphidae	歐努菲蟲科
Nothria conchylega	貝單鰓蟲
Order Phyllodocida	葉鬚蟲目
Family Syllidae	裂蟲科
Syllis sclerolaemas	海綿裂蟲
Order Phyllodocida	葉鬚蟲目
Family Phyllodocidae	葉鬚蟲科
Eteone longa	長雙鬚蟲
Order Orbiniida	錐頭蟲目
Family Glyceridae	吻沙蠶科
Glycera capitata	頭吻沙蠶
Class Oligochaeta	寡毛綱
Order Haplotaxida	單向蚓目
Family Naididae	居蚓科
Paranais litoralis	濱近蚓
Phylum Mollusca	軟體動物門
Class Bivalvia	雙殼綱
Bivalvia sp.	(小雙枚貝）
Class Gastropoda	腹足綱
	螺
Order Cephalaspidea	頭楯目
Family Haminoeidae	長葡萄螺科
Aliculastrum cylindricum	長葡萄螺
Phylum Sipuncula	星蟲動物門
Class Phascolosomatidea	革囊星蟲綱
Order Phascolosomaliformes	革囊星蟲目
Family Phascolosomatidae	革囊星蟲科
Phascolosomao nomichianm	安島反體星蟲

表 5-12、北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物

核二廠〈114 年第 3 季〉(2/3)

學名	中文種名
Phylum Arthropoda	節肢動物門
Class Crustacea	甲殼綱
Order Isopoda	等足目
Family Aegaidae	紡錘水蚤科
Aega dofleini	道式紡錘水蚤
Family Sphaeromidae	團水虱科
Gnorimosphaeroma oregonensis	俄勒岡外團水虱
Family Joeropsididae	
Jaeropsis lobata	
Order Amphipoda	端腳目
Family Melitidae	馬爾他鉤蝦科
Elasmopus japonicas	日本片鉤蝦
Order Decapoda	十足目
	（寄居蟹）
	（螃蟹幼生）
	(蝦幼生)
Class Osteacoda	介形綱
Order Cypridinifomes	海螢亞目
Family Cypridinidae	海螢科
Philomedes japonica	日本喜螢
Cypridina hilgedor	(藍色眼淚.海螢)
Class Pycnogonida	海蜘蛛綱
Order Pantopoda	海蜘蛛目
Family Ammotheidae	沙海蜘蛛科
Ammothella biunguiculata	活結節海蜘蛛
Class Copepoda	橈足綱
Order Calanoida	哲水蚤目
	哲水蚤
Phylum Echinodermata	棘皮動物門
	海膽綱
	海膽

表 5-12、北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物

核二廠〈114 年第 3 季〉(3/3)

學名	中文種名
Phylum Chordata	脊索動物門
Class Amphioxi	文昌魚綱
Order Amphioxiformes	文昌魚目
Family Amphioxidae	文昌魚科
Branchiostoma belcherii	廈門文昌魚

(以下空白)

表5-13、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—移動性高的表層底棲動物

核二廠〈114 年第 3 季〉

學名	中文種名	隻數
Phylum Arthropoda	節肢動物門	
Class Crustacea	甲殼綱	
Order Decapoda	十足目	
Family Diogenidae	活額寄居蟹科	
Calcinus vachoni	瓦氏硬殼寄居蟹	4
Family Palaemonidae	長臂蝦科	
Conchodytes nipponensis	躲藏隱蝦	1
Phylum Mollusca	軟體動物門	
Class Gastropoda	腹足綱	
Order Neogastropoda	新腹足目	
Family Muricidae	骨螺科	
Drupella cornus	白結螺	
Chicoreus brunneus	黑千手螺	1
Morula borealis	紫口棘結螺	3
Family Fasciolariidae	旋螺科	
Latirus polygonus	多稜旋螺	
Class Bivalvia	雙殼綱	
Order Pterioida	鶯蛤目	
Family Pteriidae	鶯蛤科	
Pinctada margaritifera	黑蝶真珠蛤	4
Order Ostreida	珍珠貝目	
Family Pteriidae	珍珠貝科	
Pinctada maculata	白斑珍珠蛤	3
Family Pinnidae	江珧蛤科	
Atrina pectinata	牛角江珧蛤	2

(以下空白)

表5-14、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物

核二廠〈114 年第 4 季〉

學名	中文種名
Phylum Nematoda	線蟲動物門
Nematoda sp.	線蟲
Phylum Annelida	環節動物門
Class Polychaeta	多毛綱
Order Eunicida	磯沙蠶目
Family Onuphidae	歐努菲蟲科
Nothria conchylega	貝單鰓蟲
Class Oligochaeta	寡毛綱
Order Haplotaxida	單向蚓目
Family Naididae	居蚓科
Paranais litoralis	濱近蚓
Phylum Sipuncula	星蟲動物門
Class Phascolosomatidea	革囊星蟲綱
Order Phascolosomaliformes	革囊星蟲目
Family Phascolosomatidae	革囊星蟲科
Phascolosomao nomichianm	安島反體星蟲
Phylum Arthropoda	節肢動物門
Class Crustacea	甲殼綱
Order Isopoda	等足目
Family Sphaeromidae	團水虱科
Gnorimosphaeroma oregonensis	俄勒岡外團水虱
Family Aegaidae	紡錐水蚤科
Aega dofleini	道式紡錐水蚤
Order Amphipoda	端腳目
Family Melitidae	馬爾他鉤蝦科
Elasmopus japonicus	日本片鉤蝦
Class Copepoda	橈足綱
Order Calanoida	哲水蚤目
Calanoida sp.	哲水蚤
Phylum Mollusca	軟體動物門
Class Bivalvia	雙殼綱
Bivalvia sp.	(小雙枚貝)

表5-15、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—移動性高的表層底棲動物

核二廠〈114 年第 4 季〉

學名	中文種名	隻數
Phylum Arthropoda	節肢動物門	
Class Crustacea	甲殼綱	
Order Decapoda	十足目	
Family Diogenidae	活額寄居蟹科	
Calcinus vachoni	瓦氏硬殼寄居蟹	1
Phylum Mollusca	軟體動物門	
Class Gastropoda	腹足綱	
Order Littorinimorpha		
Family Cypraeidae	寶貝科	
Cypraea arabica	阿拉伯寶螺	2
Order Mesogastropoda	中腹足目	
Family Ovulidae	海兔螺科	
Ovula ovum	卵梭螺	1
Class Bivalvia	雙殼綱	
Order Pterioida	鶯蛤目	
Family Pteriidae	鶯蛤科	
Pinctada margaritifera	黑蝶真珠蛤	3
Pteria brevialata	朱紅鶯蛤	1

表5-16、 114 年北部核一廠附近海域生態之調查--底棲動物,各站之總有機質含量(%)

測站	114 年						114 年					
	第 1 季			第 2 季			第 3 季			第 4 季		
	平均值	標準偏差	重複組	平均值	標準偏差	重複組	平均值	標準偏差	重複組	平均值	標準偏差	重複組
入 1	5	4.15	8				1	0.35	8			
入 2	2	0.83	8				1	0.50	8			
入 3	2	0.41	8	無採樣			1	0.46	8	無採樣		
出 1	13	29.21	8				2	0.32	8			
出 2	4	1.13	8				3	1.00	8			
出 3	3	0.81	8				3	1.55	8			
背景	4	2.24	8				2	0.98	8			

表5-17、 114 年北部核一廠附近海域生態之調查--底棲動物,各站沈積物之顆粒特性，(a)平均顆粒大小(Mz; μm)及細泥含量(%)

測站	114 年						114 年					
	第 1 季			第 2 季			第 3 季			第 4 季		
	Mz	屬性	細泥含量	Mz	屬性	細泥含量	Mz	屬性	細泥含量	Mz	屬性	細泥含量
入1	1176	非常粗砂	<1				1023	非常粗砂	1			
入2	7639	卵石	<1				1000	非常粗砂	<1			
入3	12996	卵石	<1	無採樣			1047	非常粗砂	1	無採樣		
出1	3647	顆粒	<1				2297	顆粒	<1			
出2	1149	非常粗砂	1				2000	顆粒	<1			
出3	5789	卵石	<1				2144	顆粒	2			
背景	3325	顆粒	<1				1072	非常粗砂	1			

表5-18、 114 年北部核一廠附近海域生態之調查--底棲動物,各站沈積物之顆粒特性，(b)顆粒大小分佈(σ1)

測站	114 年				114 年			
	第 1 季		第 2 季		第 3 季		第 4 季	
	σ_1	屬性	σ_1	屬性	σ_1	屬性	σ_1	屬性
入 1	0.78	Moderately sorted	無採樣		0.93	Moderately sorted	無採樣	
入 2	5.07	Extremely Poorly sorted			0.72	Moderately sorted		
入 3	5.76	Extremely Poorly sorted			0.83	Moderately sorted		
出 1	2.84	Very Poorly sorted			3.43	Very Poorly sorted		
出 2	0.82	Moderately sorted			4.79	Very Poorly sorted		
出 3	2.81	Very Poorly sorted			2.89	Very Poorly sorted		
背景	2.75	Very Poorly sorted			0.99	Moderately sorted		

表5-19、 114 年北部核二廠附近海域生態之調查--底棲動物,各測站之總有機質含量(%)

測站	114 年						114 年					
	第 1 季			第 2 季			第 3 季			第 4 季		
	平均值	標準偏差	重複組	平均值	標準偏差	重複組	平均值	標準偏差	重複組	平均值	標準偏差	重複組
入 1	6	1.98	8	10	4.98	8	3	0.78	8	3	0.6	8
入 2	4	0.48	8	8	0.95	8	3	0.98	8	2	0.3	8
入 3	10	2.81	8	7	0.69	8	8	0.92	8	2	0.5	8
出 1	2	0.30	8	3	0.44	8	2	0.28	8	1	0.2	8
出 2	2	0.36	8	3	0.14	8	2	0.22	8	1	0.1	8
出 3	2	0.31	8	3	0.42	8	2	0.53	8	1	0.3	8
背景	4	1.34	8	4	0.30	8	7	0.93	8	3	0.5	8

表5-20、 114 年北部核二廠附近海域生態之調查--底棲動物,各站沈積物之顆粒特性，(a)平均顆粒大小(Mz; μm)及細泥含量(%)

測站	114 年						114 年					
	第 1 季			第 2 季			第 3 季			第 4 季		
	Mz	屬性	細泥含量	Mz	屬性	細泥含量	Mz	屬性	細泥含量	Mz	屬性	細泥含量
入 1	512	粗砂	2	456	中砂	<1	213	細砂	<1	630	粗砂	1
入 2	194	細沙	1	489	中砂	<1	1741	非常粗砂	2	322	中沙	2
入 3	379	中沙	5	548	粗砂	<1	1122	非常粗砂	<1	871	粗砂	2
出 1	294	中沙	<1	477	中砂	2	281	中砂	1	228	細沙	1
出 2	256	中沙	<1	301	中砂	1	362	中砂	<1	362	中沙	<1
出 3	250	中沙	<1	489	中砂	1	208	細砂	1	213	細沙	1
背景	5278	卵石	1	512	粗砂	<1	218	細砂	2	223	細沙	1

表5-21、 114 年北部核二廠附近海域生態之調查--底棲動物,各站沈積物之顆粒特性，(b)顆粒大小分佈(σ1)

測站	114 年				114 年			
	第 1 季		第 2 季		第 3 季		第 4 季	
	σ1	屬性	σ1	屬性	σ1	屬性	σ1	屬性
入 1	0.96	Moderately sorted	1.17	Poorly sorted	0.51	Moderately Well sorted	1.06	Poorly sorted
入 2	0.52	Moderately Well sorted	0.68	Moderately Well sorted	2.40	Very Poorly sorted	0.96	Moderately sorted
入 3	1.27	Poorly sorted	1.00	Moderately sorted	0.93	Moderately sorted	1.61	Poorly sorted
出 1	0.65	Moderately Well sorted	1.74	Poorly sorted	0.98	Moderately sorted	0.61	Moderately Well sorted
出 2	0.56	Moderately Well sorted	1.00	Moderately sorted	0.65	Moderately Well sorted	0.68	Moderately Well sorted
出 3	0.56	Moderately Well sorted	2.21	Poorly sorted	0.42	Well sorted	0.45	Well sorted
背景	2.29	Very Poorly sorted	0.84	Moderately sorted	0.75	Moderately sorted	0.75	Moderately sorted

表5-22、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物(新站)

核二廠〈114 年第 1 季〉

學名	中文種名
Phylum Mollusca	軟體動物門
Class Gastropoda	腹足綱
	(小海螺)
Phylum Arthropoda	節肢動物門
Class Crustacea	甲殼綱
Order Isopoda	等足目
Family Aegaidae	紡錐水蚤科
Aega dofleini	道式紡錐水蚤
Order Decapoda	十足目
	（螃蟹幼生）

(以下空白)

表5-23、 114 年北部核二廠(新站)附近海域生態之調查--底棲動物,各站之物種豐度(species richness; species・stn.-1)、密度(density;animals・m-2)與總量(biomass; mgC・m-2)

測站	114 年						114 年					
	第 1 季			第 2 季			第 3 季			第 4 季		
	豐度	密度	總量	豐度	密度	總量	豐度	密度	總量	豐度	密度	總量
入 4	2	15	0	6	111	60	3	89	21	5	37	3
入 5	0	0	0	2	37	23	1	133	21	3	30	2
出 5	0	0	0	6	126	72	1	15	2	1	7	1
出 6	2	15	0	4	156	85	3	30	9	1	7	1
出 7	0	0	0	1	141	77	0	0	0	3	22	2
背景	2	15	0	2	52	36	3	30	16	2	22	1

表5-24、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物(新站)

核二廠〈114 年第 2 季〉(1/2)

學名	中文種名
Phylum Annelida	環節動物門
Class Polychaeta	多毛綱
Order Phyllodocida	葉鬚蟲目
Family Syllidae	裂蟲科
Syllis ramosa	
Order Eunicida	磯沙蠶目
Family Onuphidae	歐努菲蟲科
Nothria conchylega	貝單鰓蟲
Order Orbiniida	錐頭蟲目
Family Glyceridae	吻沙蠶科
Glycera capitata	頭吻沙蠶
Phylum Sipuncula	星蟲動物門
Class Phascolosomatidea	革囊星蟲綱
Order Phascolosomaliformes	革囊星蟲目
Family Phascolosomatidae	革囊星蟲科
Phascolosomao nomichianm	安島反體星蟲
Phylum Arthropoda	節肢動物門
Class Crustacea	甲殼綱
Order Amphipoda	端腳目
Family Urothoidae	尾鉤蝦科
Pontoporeia femorata	
Order Tanaidacea	原足目
Family Paratanaidae	仿原足科
Leptochelia dubia	細螯原足蟲
Order Decapoda	十足目
	（螃蟹幼生）
Phylum Mollusca	軟體動物門
Class Bivalvia	雙殼綱
	(小雙枚貝）
Class Gastropoda	腹足綱
	螺

表5-24、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物(新站)

核二廠〈114 年第 2 季〉(2/2)

學名	中文種名
Phylum Mollusca	軟體動物門
Class Gastropoda	腹足綱
Order Cephalaspidea	頭楯目
Family Haminoeidae	長葡萄螺科
Aliculastrum cylindricum	長葡萄螺

(以下空白)

表5-25、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物(新站)

核二廠〈114 年第 3 季〉

學名	中文種名
Phylum Nematoda	線蟲動物門
	線蟲
Phylum Annelida	環節動物門
Class Polychaeta	多毛綱
Order Eunicida	磯沙蠶目
Family Onuphidae	歐努菲蟲科
Nothria conchylega	貝單鰓蟲
Phylum Mollusca	軟體動物門
Class Bivalvia	雙殼綱
Bivalvia sp.	**(小雙枚貝)**
Phylum Arthropoda	節肢動物門
Class Copepoda	橈足綱
Order Calanoida	哲水蚤目
Family Pontellidae	角水蚤科
Calanopia elliptica	橢形長足水蚤
(以下空白)	

表5-26、 北部各核能電廠附近海域生態之調查—底棲動物(新站)

核二廠〈114 年第 4 季〉

學名	中文種名
Phylum Nematoda	線蟲動物門
Nematoda sp.	線蟲
Phylum Annelida	環節動物門
Class Polychaeta	多毛綱
Order Eunicida	磯沙蠶目
Family Onuphidae	歐努菲蟲科
Nothria conchylega	貝單鰓蟲
Class Oligochaeta	寡毛綱
Order Haplotaxida	單向蚓目
Family Naididae	居蚓科
Paranais litoralis	濱近蚓
Phylum Sipuncula	星蟲動物門
Class Phascolosomatidea	革囊星蟲綱
Order Phascolosomaliformes	革囊星蟲目
Family Phascolosomatidae	革囊星蟲科
Phascolosomao nomichianm	安島反體星蟲
Phylum Arthropoda	節肢動物門
Class Crustacea	甲殼綱
Order Isopoda	等足目
Family Aegaidae	紡錐水蚤科
Aega dofleini	道式紡錐水蚤
Family Sphaeromidae	團水虱科
Gnorimosphaeroma oregonensis	俄勒岡外團水虱
Class Copepoda	橈足綱
Order Calanoida	哲水蚤目
Calanoida sp.	哲水蚤
Phylum Mollusca	軟體動物門
Class Bivalvia	雙殼綱
Bivalvia sp.	(小雙枚貝)

(以下空白)

表5-27、 114 年北部核二廠(新站)附近海域生態之調查--底棲動物,各測站之總有機質含量(%)

測站	114 年						114 年					
	第 1 季			第 2 季			第 3 季			第 4 季		
	平均值	標準偏差	重複組	平均值	標準偏差	重複組	平均值	標準偏差	重複組	平均值	標準偏差	重複組
入 4	1	0.35	8	2	0.14	8	3	6.03	8	0	0.2	8
入 5	1	0.28	8	2	0.16	8	2	1.26	8	0	0.2	8
出 5	1	0.33	8	2	1.31	8	1	0.35	8	1	0.4	8
出 6	1	0.45	8	2	0.31	8	1	0.29	8	1	0.3	8
出 7	1	0.39	8	2	0.59	8	1	0.87	8	0	0.2	8
背景	1	0.34	8	2	0.59	8	1	0.18	8	3	0.6	8

表5-28、 114 年北部核二廠(新站)附近海域生態調查--底棲動物,各站沈積物之顆粒特性(a)平均顆粒大小(Mz;μm)及細泥含量(%)

測站	114 年						114 年					
	第 1 季			第 2 季			第 3 季			第 4 季		
	Mz	屬性	細泥含量	Mz	屬性	細泥含量	Mz	屬性	細泥含量	Mz	屬性	細泥含量
入 4	218	細沙	<1	215	細砂	<1	233	細砂	1	239	細沙	<1
入 5	218	細沙	<1	268	中砂	<1	524	粗砂	1	362	中沙	1
出 5	354	中沙	<1	268	中砂	<1	189	細砂	<1	294	中沙	1
出 6	322	中沙	<1	287	中砂	<1	228	細砂	<1	223	細沙	1
出 7	274	中沙	<1	322	中砂	<1	256	中砂	1	294	中沙	1
背景	322	中沙	<1	256	粗砂	<1	250	細砂	<1	425	中沙	1

表5-29、 114 年北部核二廠(新站)附近海域生態之調查--底棲動物,各站沈積物之顆粒特性，(b)顆粒大小分佈(σ1)

測站	114 年				114 年			
	第 1 季		第 2 季		第 3 季		第 4 季	
	σ1	屬性	σ1	屬性	σ1	屬性	σ1	屬性
入 4	0.38	Well sorted	0.33	Very Well sorted	0.55	Moderately Well sorted	0.54	Moderately Well sorted
入 5	0.37	Well sorted	0.63	Moderately Well sorted	0.55	Moderately Well sorted	0.65	Moderately Well sorted
出 5	1.32	Poorly sorted	0.64	Moderately Well sorted	0.51	Moderately Well sorted	0.88	Moderately sorted
出 6	1.23	Poorly sorted	0.72	Moderately sorted	0.57	Moderately Well sorted	0.64	Moderately Well sorted
出 7	1.06	Poorly sorted	0.71	Moderately Well sorted	0.86	Moderately sorted	0.68	Moderately Well sorted
背景	0.97	Moderately sorted	0.64	Moderately Well sorted	0.61	Moderately Well sorted	1.31	Poorly sorted

表5-30、 核一廠 2-way ANOVA 分析各測站間之物種豐度，密度，總量以及沈積物之總有機值(TOM)，顆粒特性和泥沙含量在不同的季節及出入水口位置上之差異性

因　子	出,入水口	季　節	出,入水口 x 季節
物種豐度	***	***	***
物種密度	***	***	***
物種總量	ns	***	ns
總有機質	***	***	***
粒徑大小	***	***	***
篩選度	***	***	***
沙泥含量	***	***	***

ns　：not significant

*　　：$p<0.05$　顯著，表示兩組數據的重疊性小於 5%

**　：$p<0.01$　非常顯著，表示兩組數據的重疊性小於 1%

***　：$p<0.001$　極端顯著，表示兩組數據的重疊性小於 0.1%

表5-31、 核二廠 2-way ANOVA 分析各測站間之物種豐度、密度、總量以及沈積物之總有機值(TOM)，顆粒特性和沙泥含量在不同的季節及出入水口位置上之差異性

因　子	出,入水口	季　節	出,入水口 x 季節
物種豐度	ns	***	***
物種密度	ns	***	***
物種總量	ns	ns	ns
總有機質	***	***	***
粒徑大小	***	***	***
篩選度	***	***	***
細泥含量	***	***	***

ns　：not significant

*　：$p<0.05$　顯著，表示兩組數據的重疊性小於 5%

**　：$p<0.01$　非常顯著，表示兩組數據的重疊性小於 1%

***　：$p<0.001$　極端顯著，表示兩組數據的重疊性小於 0.1%

表5-32、 核一與核二電廠合併討論; 3-way ANOVA 分析各測站間之物種豐度、密度、總量以及沈積物之總有機值(TOM)，顆粒特性和沙泥含量在不同之電廠, 季節及出入水口位置上之差異

因　子	出,入水口	季　節	電　廠	出,入水口 x 季節	出,入水口 x 電廠	季節 x 電廠	出,入水口 x 季節 x 電廠
物種豐度	***	***	ns	***	***	***	***
物種密度	***	***	***	***	***	***	***
物種總量	ns	***	ns	ns	ns	**	ns
總有機質	**	***	ns	**	***	***	***
粒徑大小	ns	***	***	ns	ns	***	*
篩選度	ns	**	***	ns	ns	***	ns
沙泥含量	ns	***	***	***	***	***	***

ns　：not significant

*　　：$p<0.05$　顯著，表示兩組數據的重疊性小於 5%

**　：$p<0.01$　非常顯著，表示兩組數據的重疊性小於 1%

***　：$p<0.001$　極端顯著，表示兩組數據的重疊性小於 0.1%

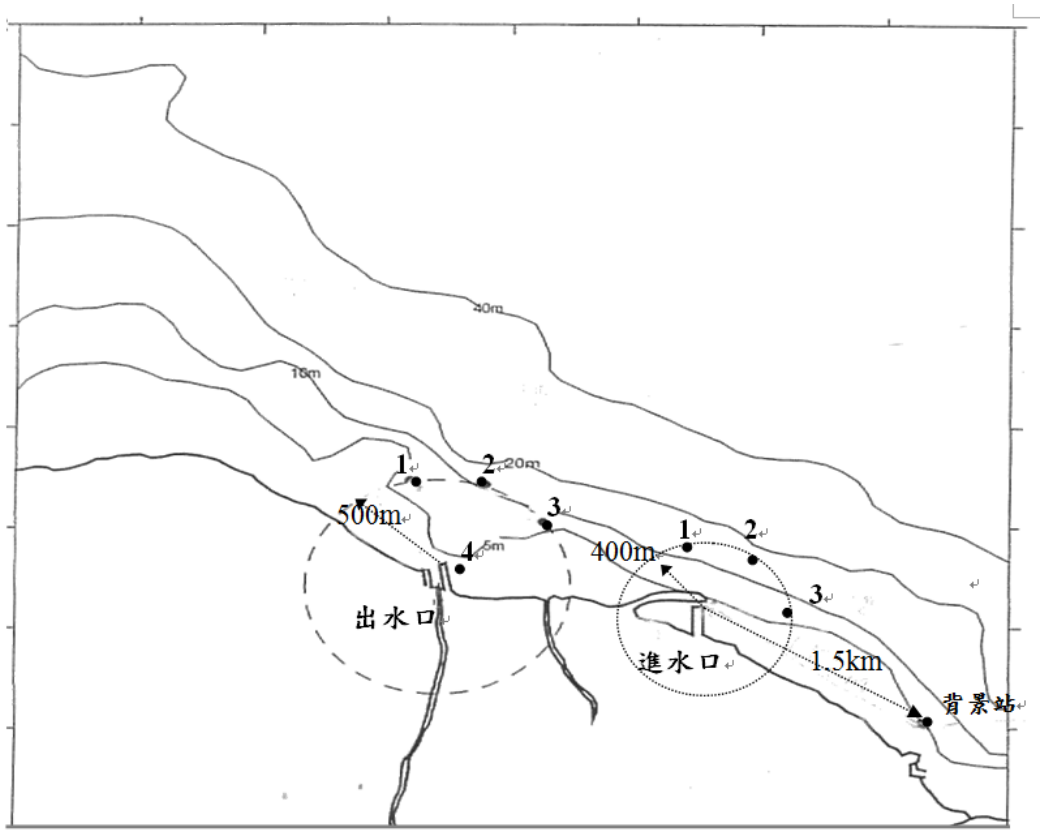


圖5-1、 核一廠底棲動物測站圖

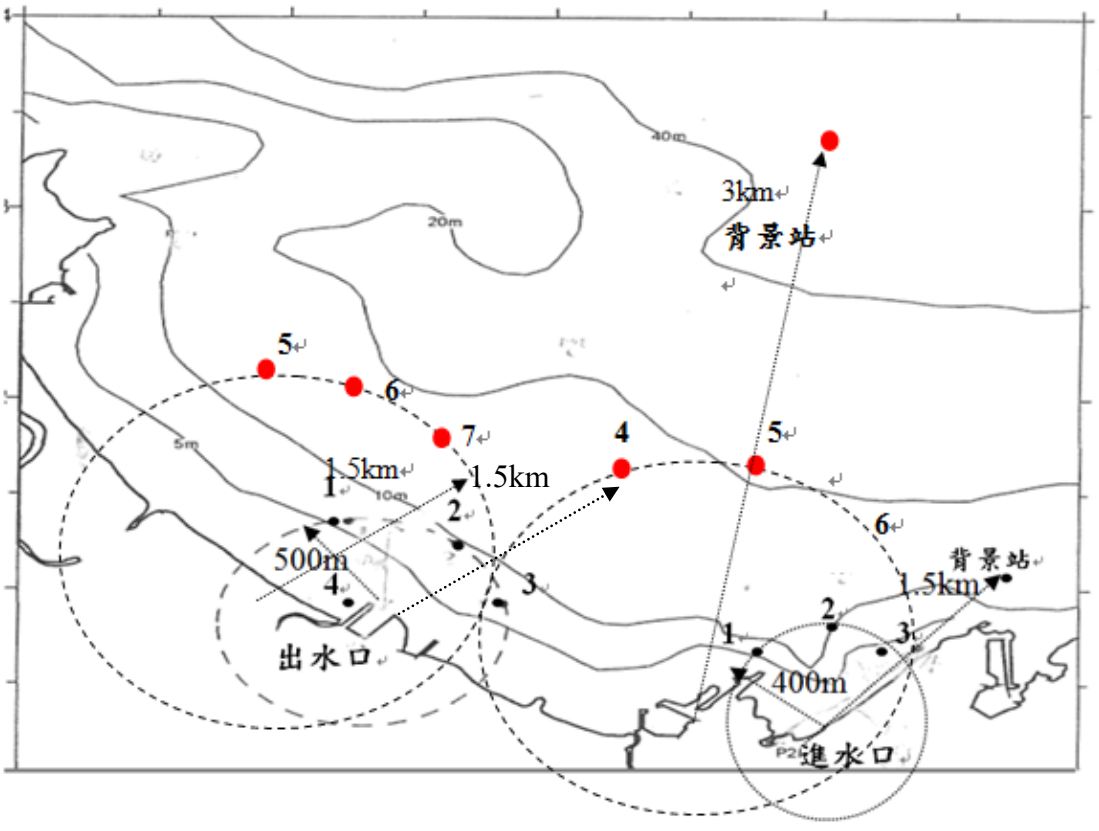


圖5-2、 核二廠底棲動物測站圖

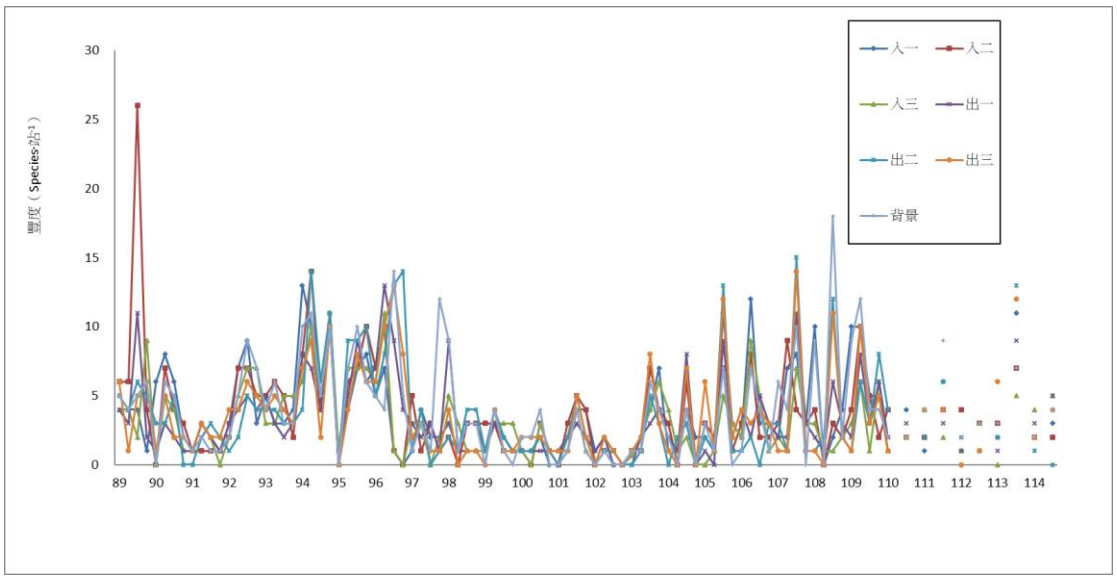


圖5-5、 核一廠歷年各站底棲動物之豐度從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖

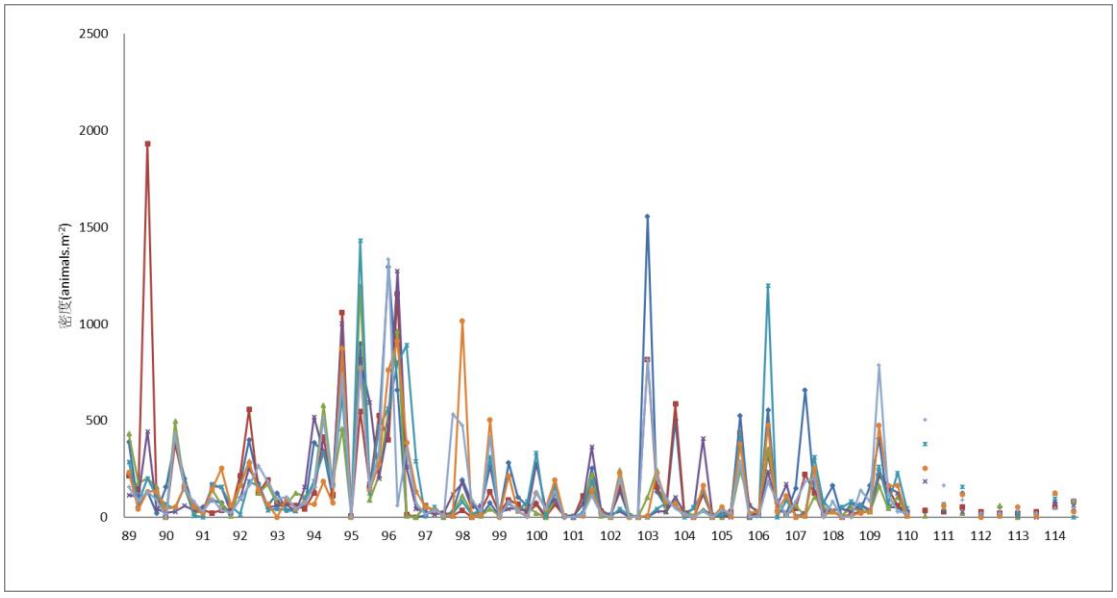


圖5-6、 核一廠歷年各站底棲動物之密度從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖

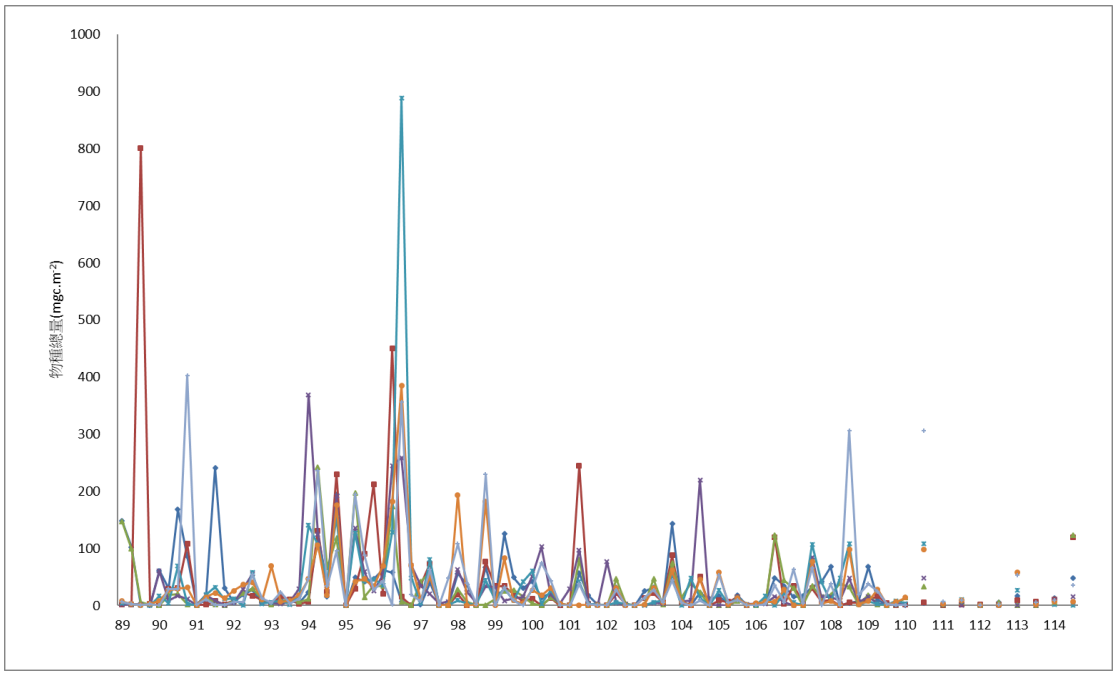


圖5-7、 核一廠歷年各站底棲動物之物種總量從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖

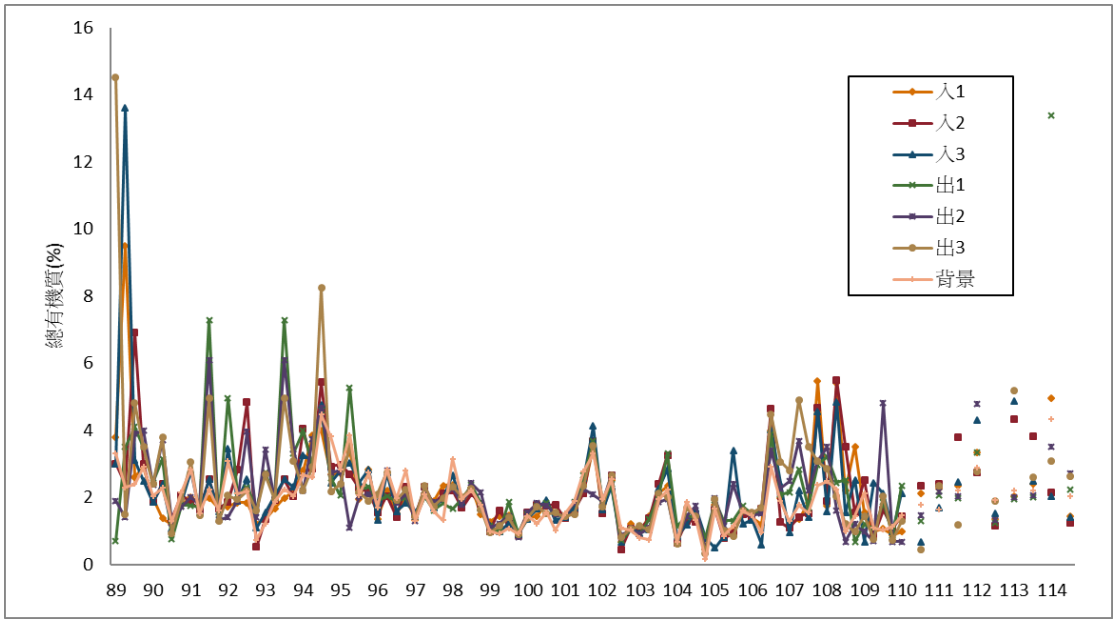


圖5-8、 核一廠歷年各站沈積環境總有機質從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖

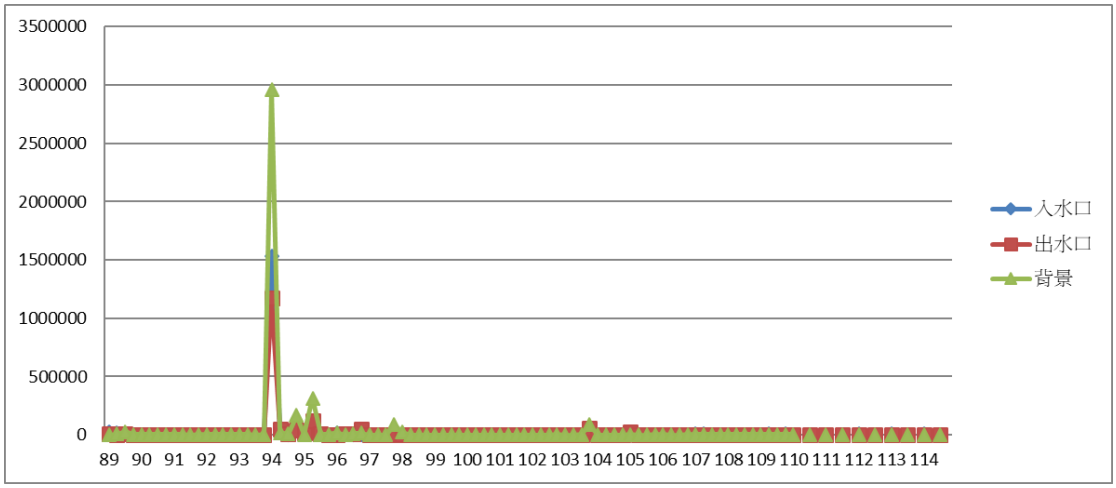


圖5-9、 核一廠歷年各站平均顆粒從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖

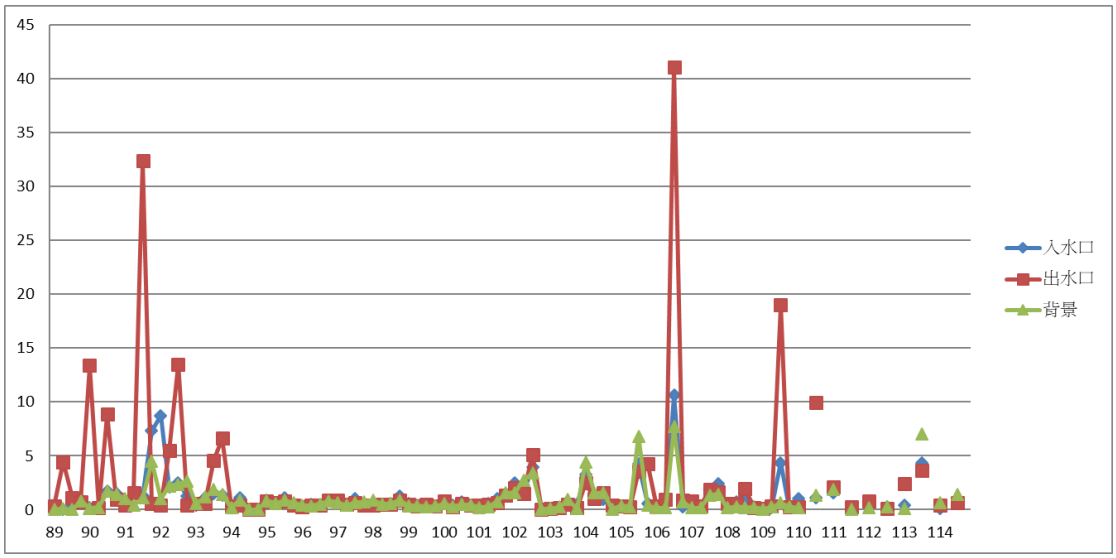


圖5-10、核一廠歷年各站細泥含量從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖

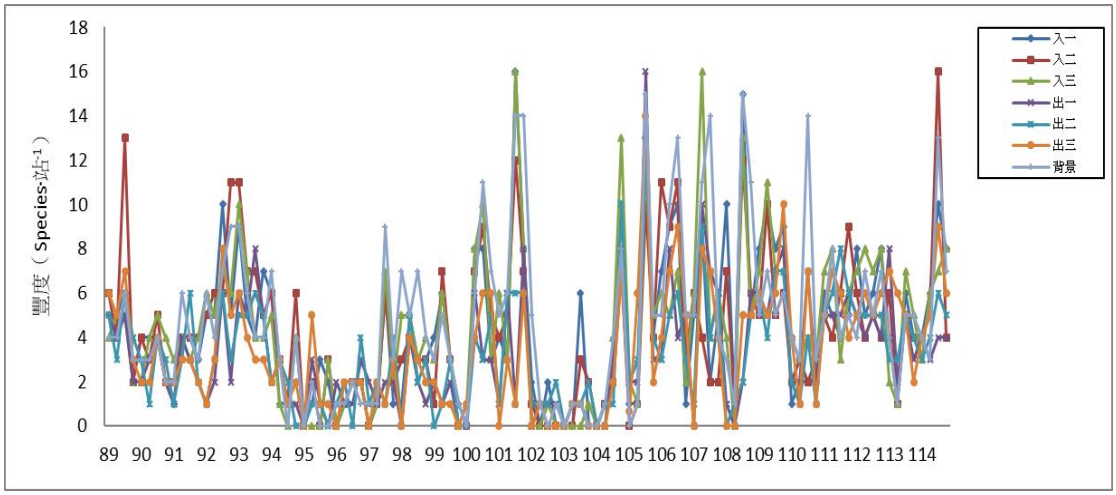


圖5-11、核二廠歷年各站底棲動物之豐度從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖

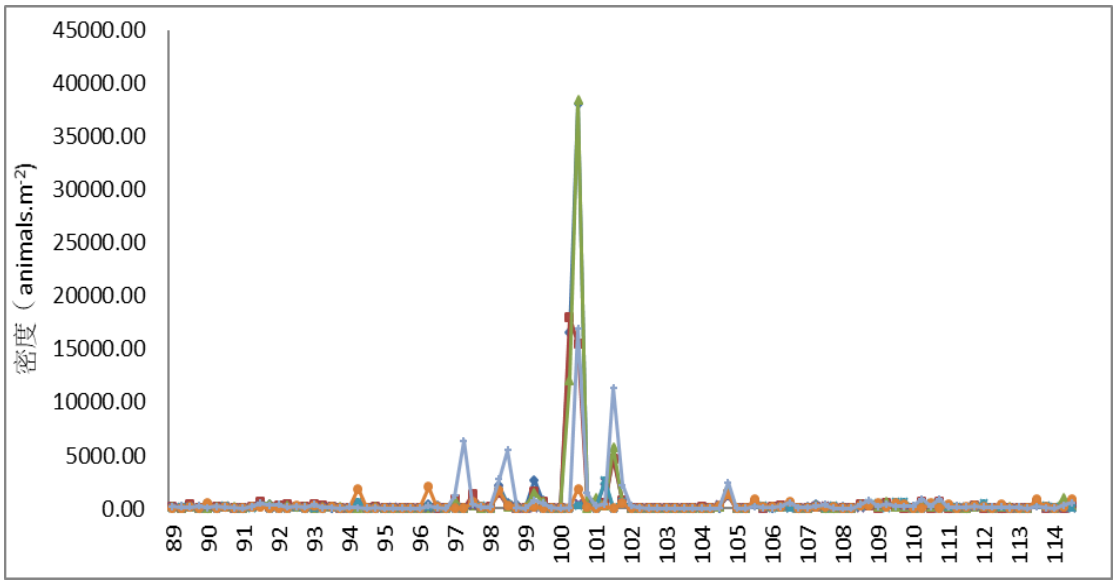


圖5-12、核二廠歷年各站底棲動物之密度從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖。

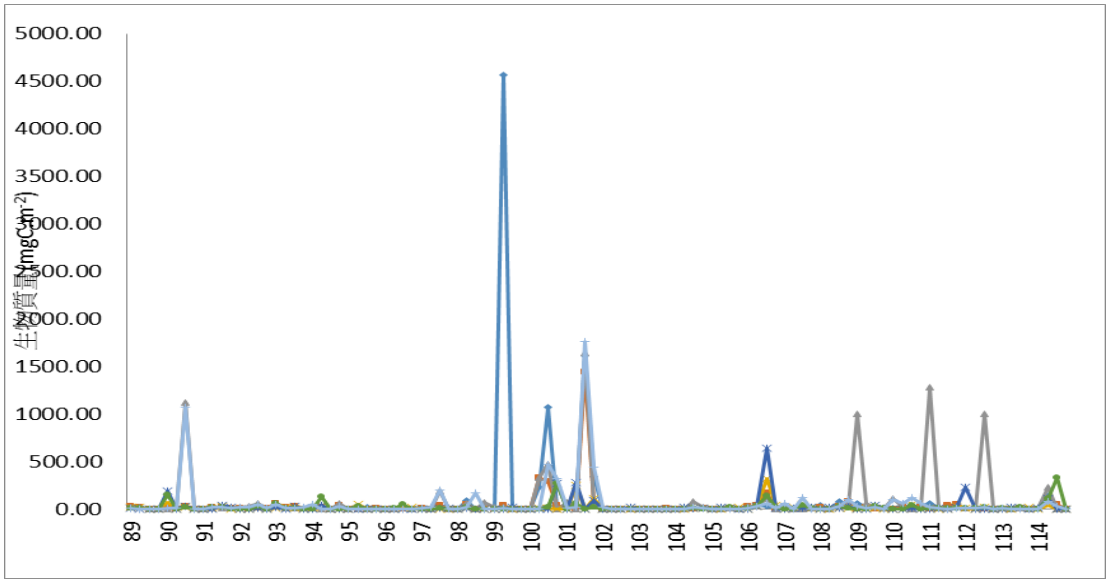


圖5-13、核二廠歷年各站底棲動物之物種總量從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖

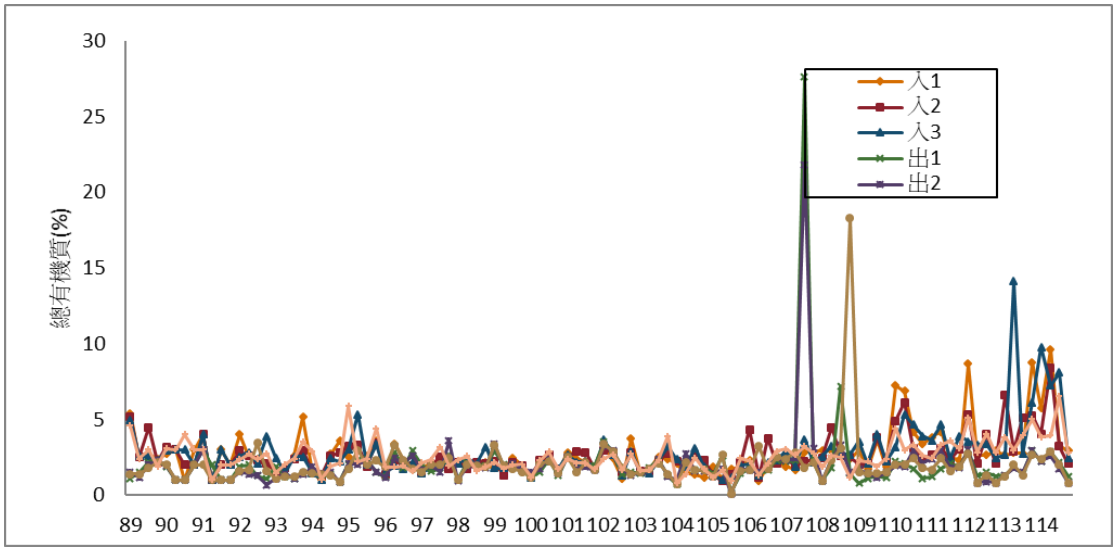


圖5-14、 核二廠歷年各站沈積環境總有機質從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖

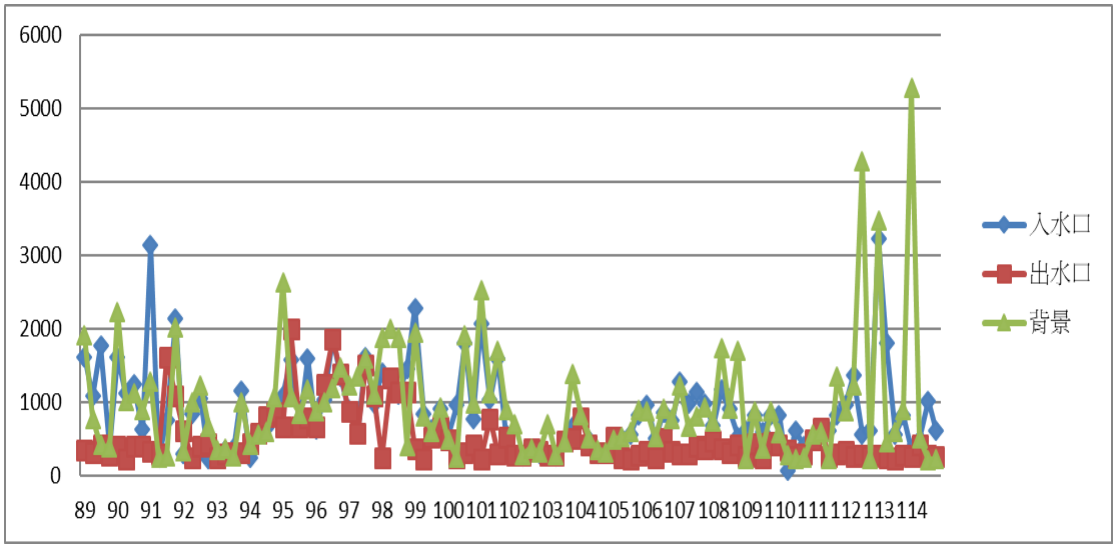


圖5-15、 核二廠歷年各站平均粒徑從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖

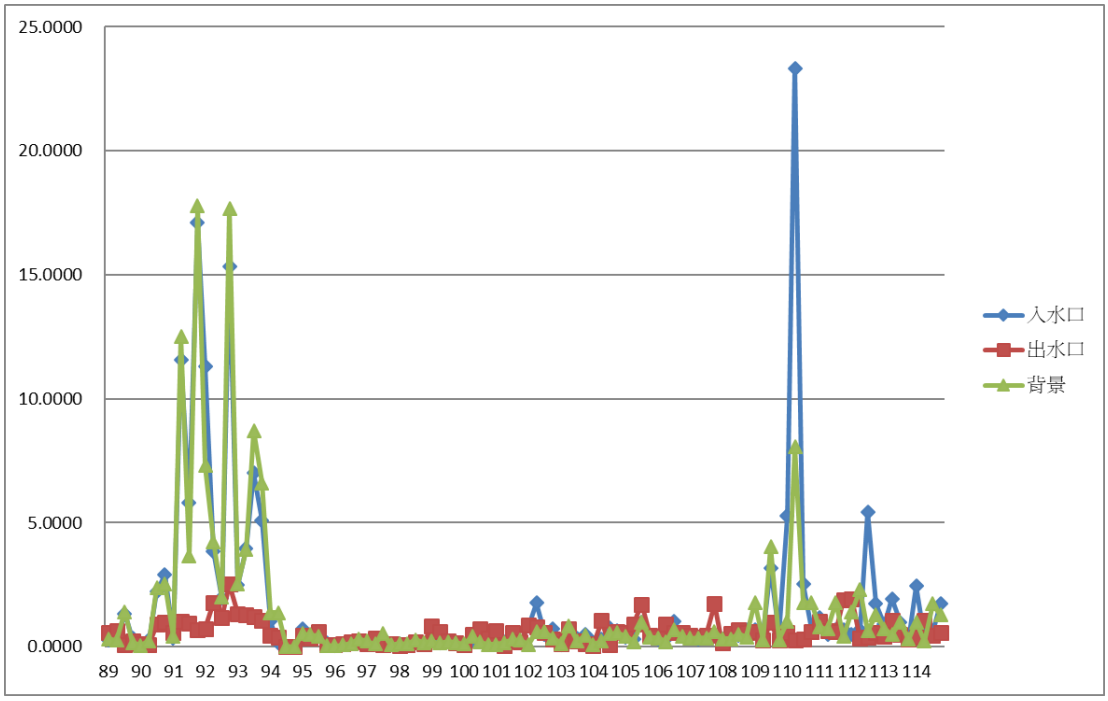
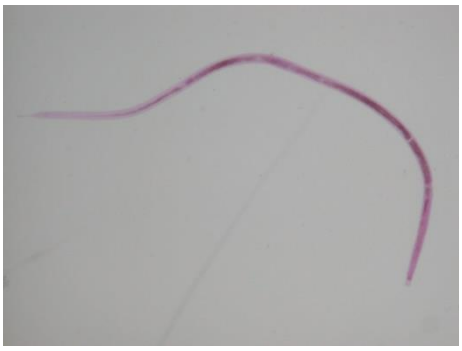


圖5-16、 核二廠歷年各測站之細泥含量從 89 年到 114 年第 4 季之變化圖

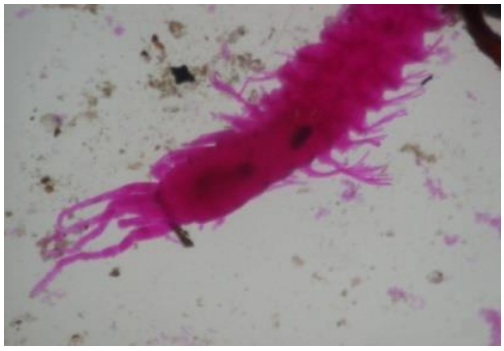
照片、

底棲生物圖片-移動性低（114 第 1 季～114 年第 4 季）



線蟲

Paranais litoralis
濱近蚓



Nothria conchylega
貝單鰓蟲

Aega dofleini
道式紡錐水蚤

底棲生物圖片-移動性高（114 年第 1 季～114 年第 4 季）

Calcinus vachoni
瓦氏硬殼寄居蟹

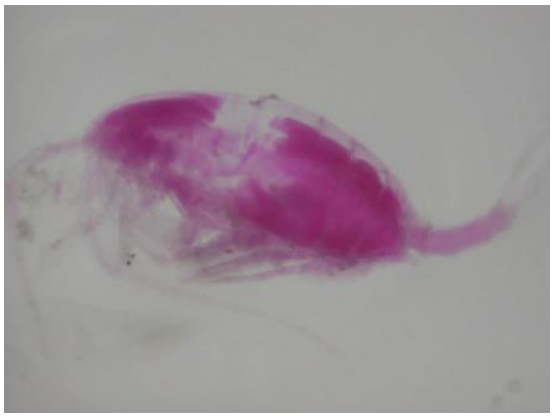
Pinctada margaritifera
黑蝶真珠蛤

Calcinus gaimardii
精緻硬殼寄居蟹

Morula borealis
〈紫口棘結螺〉

底棲生物圖片-移動性低-新站點（114 年第 1 季～114 年第 4 季）

小雙枚貝



哲水蚤
Calanoida

第六章

魚類

第一節　監測執行之意義與目的

台灣電力公司為配合國家經濟建設與工業發展以及維護國民生活水準，在台灣北部已經興建兩座核能發電廠，第一核能發電廠於67年12月及68年10月開始運轉發電；第二核能發電廠也於70年12月及72年3月開始運轉，由於核能電廠開始運轉後，即有大量冷卻水之吸進與溫排水之排出，難免使該海域之非生物環境遭受變化(如沿岸流之改變，海水溫度之增高)，致使原來的生態系中的生物相逐漸發生變動，這些變動可能影響人類的生活，因此溫排水也成為大眾關注的焦點(邵等,2000)。本子計劃使用潛水觀察及船釣漁撈作業，針對核一廠及核二廠出水口附近魚類群聚的組成結構與變動進行長時間的監測，可對電廠出水口對當地魚類群聚影響作初步的探討。爾後核一廠於108年7月16日開始正式除役，核二廠也於112年3月14日正式除役，對於兩電廠除役後溫排水減少魚相是否改變，也進行結構探討，以評估溫排水減少是否對兩核電廠海域魚類造成影響。

核二廠之溫排水口於民國82年7月下旬發現數量甚多之畸形花身雞魚 (花身鯬，*Terapon jarbua*）及少量之大鱗鯻（大鱗龜鯻，*Chelon macrolepis*），反核人士懷疑其與輻射污染有關，且經媒體之大幅報導，畸形魚 （俗稱「秘雕魚」）事件引起社會大眾的嚴重關切。由於花身雞魚與大鱗鯻之仔稚魚性喜高水溫及淡水，故易受到核二廠排出之溫排水及淡水涵管和小溪流出之淡水吸引，再隨著潮流的推送進入溫排水口內或小溪口內滯留，棲居其內之高溫水域，當水溫超過37℃時，魚體會因體內維生素C受到破壞或不足，以致膠原蛋白中的羥基脯胺酸(hydroxyproline）含量不足，造成魚的骨骼與肌肉成長二者之間不協調，而使魚體畸形（Hung et al 1998, Hwang et al 1998）。但已由室內實驗得知，若畸形之魚體再次生活於正常水溫之下，少數魚種已發生畸形之魚體亦有回復之可能性(邵及黃，1995)。現今核二廠已於112年3月14日正式除役，因此溫排水亦開始隨之減少，是否因溫排水減少而使「秘雕魚」的狀況逐漸減少而消失，則有待累積調查資料來證實，因此持續進行畸形魚之長期監測仍具有其必要性。

第二節　調查方法

一、北部各核能電廠附近海域之魚類群聚調查

(一）潛水調查線調查

以往本地的魚類群聚調查大多在出水口500 公尺以內之海域進行研究 (洪等1998;黃等2000)。調查方法則以水肺潛水方式，於核一廠、核二廠出水口調查線向外潛游，調查此兩座核電廠之魚類群聚。每次作業係由2～3個研究人員沿一調查線從事拍照及記錄所發現之魚種、數量等(沈等,1993)。每次作業之調查線長約100公尺，作業時間約30～40分鐘。在核一廠、核二廠出水口的左右兩岸平行線及正前方各設一條調查線。自96年1月新計劃執行開始，核一廠留下原本的調查線L1(出水口右側)，另新增加一對照組調查線於草里港碼頭西側堤處 (圖6-1)，因該測站底質、地形與水深都與原本的調查線L1較為相似可作為對照組，來進行魚類相的分析與監測，因此核一廠有2條潛水礁岩魚類調查線。核二廠舊測站則留下調查線3(L3)，90年6月開始新增加一對照組調查線於廢料運送的明光碼頭西側水泥堤處(Ctrl) (圖6-2)。而原本於90年6月增加於出水口正前方約300公尺左右的獨立礁測站 (俗名白米甕仔)，因底質地形與水深和近岸的出水口調查測站差異甚大，導致魚種組成也較為不同，不適合做相對的比較，因此於90年底暫停此處的珊瑚礁魚類調查，而保留底質與地形都較為相似的明光碼頭測站作為對照組，來進行魚類相的分析與監測之比較。但自108年因應業主要求開始續增加出水口正前方約300公尺左右的獨立礁測站 (俗名白米甕仔)(L2)與出水口右堤測站(L4)2測站，因此核二廠目前共有4個潛水礁岩測站。核一廠作業頻度為半年1次，核二廠為每季1次。

核一廠及核二廠各測站之生態環境約略描述於下：

核一廠：共2條調查線 (圖6-1)，調查線1(L1)為實驗站A，GPS位置N25°17'34"，E2121°35'16"(WGS84)；草里港西堤(Ctrl)為對照站，GPS位置N25°17'1"，E121°36'23"(WGS84)。調查線(L1)位於出水口之右側約與海岸平行，對照站(Ctrl)位於草里港西堤的外側，約與海岸平行，兩測站的海底地形景觀大部分為直徑1公尺以下大小不一的圓形或橢圓形岩石，間或有略為大型之礁岩，水深皆約在4～8公尺之間。

核二廠：共計4條調查線（圖6-2），調查線L3為延續以往的舊站及站名，經緯度N25°12'33"，E121°35'16"(WGS84)，為自岸邊沿出水口左側護堤調查，水深為3～6公尺。明光碼頭調查線(Ctrl1)位廢料運送碼頭之東側護堤左側，地形與調查線3相近，經緯度N25°12'10"，E121°40'22"(WGS84)。獨立礁站(L2)位於出水口前方約500~550公尺，此獨立礁自海底聳立高約8~10公尺，海底水深為14~16公尺，

礁頂水深為8~9.8公尺，礁石長度約60~70公尺，寬約30~40公尺，經緯度N25°12'48"，E121°40'04"(WGS84)，出水口右堤測站(L4)經緯度N25°12'28"，E121°39'52"(WGS84)，為自岸邊沿出水口右側護堤調查，水深約3～6公尺。

(二）砂泥底棲性及洄游性魚類調查

核二廠於民國108年度接獲新北市通知，禁止研究人員利用漁船在核二廠海域的3海浬內執行本計畫中之底刺網採樣，並建議改為較友善的「一支釣」漁法，在岸巡人員嚴格執法無法進行底刺網任務下，改以新北市政府建議之一支釣為採樣方式，雖然底刺網資料無法再繼續累積，固然可惜。但為了配合政府推動海洋保育的政策，是不得不去面對的問題。因此，自民國109年度開始以船釣(一支釣)為採樣方式，作業頻度仍維持每季1次(4次/年)，測站位置仍維持核二廠距出水口平行海岸之300~500及800~1000公尺附近海域之2測線(圖6-2)，每次船釣以2人為單位(2支釣竿)，每支釣竿各有2勾(12~13號)，參考過去刺網所捕獲魚類幾乎皆為底棲肉食性魚類，因此使用切條小卷肉與南極蝦為釣餌，每測站各調查6竿時(釣竿數*時間)，每季調查1次，收集釣獲物，進行鑑定、計數、秤重等測量工作。

(三）撞擊魚類部分

仍延續過去30年來之調查，定期至核一、二廠的入水口進行24小時的撞擊魚類採樣，並鑑定所收集到的魚種、計數尾數、測量體長、秤重、攝影等，核一廠109年底以前為每月採樣1次，自110年開始依照合約改為每半年採樣1次，核二廠則仍延續過去之頻度，每個月採樣1次，收集魚類樣本，進行鑑定、計數、秤重等測量工作。

(四) 畸形魚之生態調查

自民國83年1月於核能二廠出水口堤防內、外共設置4個測站，分別是st. 2、7、9、10，其中st.2 因作業安全考量於97年11月時移到st. 12（圖6-3）進行調查。採樣頻度為每個月一次，6～9月若水溫超過37度，為畸形魚發生期則每月採集2次，否則仍為每月1次，核二廠於112年3月14日除役，仍照合約規定採集，每次調查時間則依據中央氣象局公布的金山地區潮汐時間表，選擇滿潮時間進行採樣。採樣方法於83年至95年之間，為了大量採集樣本乃利用手撈網及拋網並搭配竿釣來進行採樣，拋網雖漁獲量較多但卻有刮除海床的風險。96年後改為例行性之監測，故均利用竿釣、陷籠與手撈網的方式進行採樣，86年起每次採樣均同時以溫度計量測各測站之水溫。採獲之樣本皆攜回實驗室以x-ray判定有無畸形，並計算

各魚種之畸形率。本調查報告分析及資料呈現範圍為自民國89年起至今所累積之數據。

第三節　目前研究結果

一、潛水調查

（一）、核一廠

潛水觀察計數沿岸礁岩魚類則於114年5、7月共出海2次完成完整資料的收集(照片4)。因年度的魚類調查自110年度開始，由原本1年4次改為1年2次，因此以下之各比較皆以往年相同季節調查的2季資料作為比較基準。

1、 年度魚種數變化及組成

114年第1次5月6日潛水作業，實驗測站(L1)調查到16種183尾(表6-1)，對照站(Ctrl)則共調查到16種43尾。實驗測站(L1)以稻氏天竺鯛(*Apogon doederleini*)最優勢種(100尾)，對照站(Ctrl)以孟加拉豆娘魚最多(6尾)，2測站的魚種相似度(Sorensen coefficient =0.31)。海底礫石、岩礁露出，表面覆蓋薄薄的細泥，藻類不多。

114年第2次7月10日潛水作業，實驗測站(L1)調查到16種159尾(表6-1)，對照站(Ctrl)則共調查到21種114尾。實驗測站(L1)以鯡科魚類(Clupidae *gen.* sp.)最優勢種(100尾)，而對照站(Ctrl)則以霓虹雀鯛(*Pomacentrus coelestis*)最多(40尾)，兩測站當季的魚種相似度(Sorensen coefficient =0.54)。

114年度2次(季)作業，位於出水口左側的實驗測站A(L1)共調查到15科27種342尾(表6-1)，本年度優勢種為稻氏天竺鯛、鯡科魚類、布氏長鰭天竺鯛、霓虹雀鯛，佔本年度實驗站(L1)總尾數的75%。而位於草里港旁的對照站(Ctrl)共調查到13科27種157尾，本年度優勢種為霓虹雀鯛、太平洋真雀鯛、斷線紫胸魚、孟加拉豆娘魚，佔本年度對照站(Ctrl)總尾數的64%。兩測站114年度的魚種相似度(Sorensen coefficient =0.31~0.54)。

以優勢種相較，兩測站的年度優勢種不太相同，唯一相同的是霓虹雀鯛，此魚種常是台灣北部海域的優勢魚類，而稻氏天竺鯛、布氏長鰭天竺鯛、、太平洋真雀鯛、斷線紫胸魚、孟加拉豆娘魚也是北部的常見或優勢魚類，在往年也常出現於兩測站，本年度兩測站優勢種雖不太相同，但整體排名與往年差別不大。在魚種方面，114年對照站較實驗站都是27種，與往年對照站長多出實驗站略不相同，今年度與往年度相比兩測站的魚種數與總尾數都較少，但兩測站趨勢相同，

當年度都是呈略少的趨勢，因兩測站的變化幾乎同步，大致可判斷核一廠海域的變化受大環境影響甚大，而核一是否運轉的影響微乎其微，尤其除役後的差別更小，多年來的資料顯示對照站的魚種大多較實驗站略多，兩測站每年多出或減少的魚種年度差別很大，種類也不固定。魚尾數方面，兩測站的魚尾數多寡並不穩定，大致來看，對照站的尾數略多於實驗測站，兩測站也皆有某些魚類相互未被紀錄到。至於89年度北部海域褐籃子魚(俗稱臭肚)成魚大量出現，且體內有寄生蟲，在近20年來皆未發現有寄生蟲與死亡暴斃的狀況發生，近幾年度都未有褐籃子魚大量發生的情形。

從過去多年的資料可得知每年6月是此海域魚類入添的季節，若無突發性干擾事件(暴雨、土石流等)，6月的調查都可明顯見到魚種數與尾數明顯較4月前的調查更多，因此當計畫更改為1年調查2季(次)，即以6月魚類入添的前後作為調查分界，110年7月底調查歷經2颱(彩雲、烟花)陸續經過台灣北部，帶來海洋強烈擾動，因此2測站魚類驟減，111年因無重大颱風等事件，所以7月調查較5月多，112年、113年都以7月調查到的魚種、尾數都多於5月，114年度7月逢丹娜絲颱風過境，可能因此影響觀測能見度等，而年度魚類增減的循環與颱風有無、海洋環境常有密不可分的影響，由114年度7月對照站的觀測資料亦增添不多，可見大環境的影響甚鉅。尾數方面，實驗站A(L1)與對照站(Ctrl)一樣，兩測站魚尾數的增減與入添魚類是否來游有極大關係。10多年來在本海域潛水觀察到經濟魚類數量均不多，也未在本海域發現漁業署所放流的魚種(表6-2)，屬於礁區巡游性的雙帶烏尾鮗幼魚過去偶爾會不定期被觀察到，也常發現與天竺鯛或雀鯛的幼魚成群混游，但近年來極少見，只在112年實驗測站紀錄到2尾。此外，多年來本海域以記錄到體全長小於10公分的幼魚為大宗，其中多以2～5公分的幼魚為主，甚少紀錄到大於15公分以上的中大型魚類，除役前在105年記錄到大於18公分的玳瑁石斑2尾與成群20公分左右的黃尾金梭魚，但除役後108年實驗測站出現1尾體長18公分的橫紋九刺鮨(*Cephalopholis boenak*)、對照站4月出現1尾30公分的花尾帶魚翁(*Cheilodactylus zonatus*)、109年兩測站4月出現數尾15~18公分的鋸尾鯛，除此之外，110年2次調查實驗測站與對照站的魚類大都在15公分以下，111年實驗站無15公分以上魚類，對照站調查到10尾(杜氏刺尾鯛、鋸尾鯛、藍豬齒魚、橫紋九刺鮨)，但112年5月實驗站5尾25~30公分的鋸尾鯛、7月成群20公分左右的黃尾金梭魚、5月對照站的石狗公、2尾22~25公分左右的黑星笛鯛、4尾新月錦魚，113年5月實驗站出現15尾25~30公分的鋸尾鯛，3尾15~20的條紋石鯛，實屬少見，114年5月實驗站出現1尾15公分的藍豬齒魚，對照站調查到1尾20公分的邵氏豬齒魚，數量均少，這兩區相同的現象是人為獵捕、或過漁、或棲地不適合，目前尚無法釐清，但核一廠海域位於新北市的金山禁漁區內，依據法令是不應有漁撈活動，但實際出海調查仍能見到少數的刺網布放於核一廠附近海域沿岸3海浬內，違規

的漁撈是否讓沿海較大型魚類無法長久棲息、生存，以致實驗站與對照站有相同的結果，因此除役後>15公分以上的魚類是否有逐漸增加的趨勢，仍待進一步觀察。

回顧過去調查，106年實驗測站A(L1)因6月初的暴雨也影響調查紀錄種數與尾數，使得當年魚類數量降至10多年來最少的一年(圖6-4)，所幸107年後逐漸回復往年水準，整體而言，112年魚種數與111年及90~92年相當，113年更是近10多年實驗站最多的一年，對照站與實驗站的種數同步增加，114年同步減少，較可能之因為受到海洋大環境的影響所致，因此實驗站是否受到除役效應的影響仍有待商榷，但尾數方面的變化並無太大差異。多年來的年度間魚類波動與近年來氣候波動較往年劇烈可能有關，但目前尚未找出其確切的顯著相關性。

2、 魚類棲性

本海域以礁區魚類之幼魚為構成群聚生態的主要分子，多年來調查到的魚種中，種數排名前七名之科均屬礁區魚類，實驗站與對照站的隆頭魚科(Labridae)與雀鯛科(Pomacentridae)都是每年度排名一、二名的優勢魚科(表6-3)，實驗站在94~100年度期間，隆頭魚科魚種數震盪劇烈(5~14種)，100年度以後大概維持在10種以內(平均5.5±0.6種/年)，對照站平均約此8.0±0.6種/年，114年度實驗站與對照站的隆頭魚科種類皆約略在平均內，且兩測站都同步增減，其增減可能受到當年周遭海洋環境的影響，未來持續關注其變動。兩測站排名第二的都是雀鯛科，過去10多年來實驗站大多維持在4~8種，對照站大多維持在5~9種，且每年出現的種類不定，可見與當年各魚種仔稚魚是否沉降來游的機率有極大關係，106年因突降驟雨事件實驗與對照站驟減為1~6種，112、113年度皆分別在7~9種，114年度降為2種，雀鯛科魚類大多為生活在礁岩淺水處，對海浪干擾波動較為敏感，會因不穩定的浪況波動增減其種類與數量(不穩定浪況可能逃離躲避至略深水處(>10M))，兩測站的魚科排名大致類似。具觀賞價值的蝴蝶魚科(Chaetodontidae)魚類種數自94年開始略減，實驗站與對照站近年來約紀錄到1~2種，最常見出現的蝴蝶魚是為對棲地與環境適應性最強的耳帶蝴蝶魚(*Chaetodon auripes*)，其他種蝴蝶魚則極少或偶而零星出現在本海域。反倒是俗稱石斑魚的鮨科(Serranidae)89年以前無觀察記錄，但自90年開始陸續記錄到，出現的大多是北部海域的常見種橫紋九刺鮨與玳瑁石斑，100、112年出現較少見的花斑刺鰓鮨(*Plectropomus leopardus*)，113年實驗測站紀錄到2種石斑魚類，對照站有5種，為極少見之狀況，114年度與除役後108~111年度大致相當。此外，並特別留意雀鯛科(Pomacentridae)與天竺鯛科的變化，因這兩科魚類在食物鏈上大多屬於餌料食物階級，也較有機會吸引其他食魚性的經濟性魚類來游。綜合來看，對照測站的魚科排名目前與實驗測站略同，整體而言，除106年外，近年來在種數與尾數上的變化並無太大差

異。

3、 除役後的趨勢變化

核一廠於103年5月1部機組停機，106年8月兩部機組都停止運轉，於108年8月正式進入除役階段。種數、尾數在停機前後、雙停機、除役的波動如圖6-5a、b，尤其在106年8月兩部機組雙停機後實驗組與對照組呈現一致性波動，113年2次觀測的魚種數實驗站與對照站都同步增加，但尾數都未呈現增幅的狀況，114年種數、尾數則同步下滑，可見魚類的增減應是受到大環境的影響所致，而非電廠停機、除役的影響，否則作為對照站不受電廠溫排水影響的草里港(距離2.5公里)不會亦同步增減其數量。目前資料看來實驗站未受除役效應影響，但仍待後續累積資料進一步觀察。

（二）、核二廠

潛水觀察計數沿岸礁岩魚類，分別於114年3、6、8、10月共出海8趟次完成資料收集(照片5)。

1、 魚種數目與變化及魚種組成

114年第1季3月26、27日潛水作業，實驗測站A(L3)調查到7種62尾(表6-4)，對照站(Ctrl)則調查到10種42尾，白米甕(L2)測站調查到18種417尾(表6-5)，出水口右堤(L4)調查到6種42尾。實驗測站A(L3)以斷紋紫胸魚(*Stethojulis terina*)為最優勢種(35尾)，對照站(Ctrl)以條紋豆娘魚(Abudefduf vaigiensis)幼魚為最優勢(20尾)，白米甕(L2)測站以藍黑新雀鯛為最優勢(170尾)，出水口右堤(L4)以孟加拉豆娘魚(*Abudefduf bengalensis*)為最優勢(15尾)。實驗站(L3)與對照站(Ctrl)的魚種相似度(Sorensen coefficient =0.75)。

114年第2季6月3、4日潛水作業，實驗測站A(L3)調查到23種742尾(表6-4)，對照站(Ctrl)則調查到4種33尾，白米甕(L2)測站調查到25種290尾(表6-5)，出水口右堤(L4)調查到4種43尾。實驗測站A(L3)以四帶雞魚為最優勢種(600尾)，對照站(Ctrl)以稻氏天竺鯛(*Apogon doederleini*)最優勢(25尾)，白米甕(L2)測站以三線雞魚最優勢(80尾)，出水口右堤(L4)以稻氏天竺鯛、孟加拉豆娘魚(*Abudefduf bengalensis*)最優勢(20尾)，實驗站(L3)與對照站(Ctrl)的魚種相似度(Sorensen coefficient =0.15)。

114年第3次8月6、7日潛水作業，實驗測站A(L3)調查到19種206尾(表6-4)，對照站(Ctr3)則調查到32種238尾，白米甕測站(L2)調查到35種815尾(表6-5)，出水口右堤(L4)調查到18種44尾。實驗測站A(L3)以金梭魚(Sphyraena)為最優勢種(150尾)，對照站(Ctrl)以稻氏天竺鯛為最優勢(50尾)，白米甕(L2)測站以藍黑新雀鯛最優勢(200尾)，出水口右堤(L4)以稻氏天竺鯛最優勢(8尾)，實驗站(L3)與對照站

(Ctrl)的魚種相似度(Sorensen coefficient =0.43)。

114年第4次10月2、14日潛水作業，實驗測站A(L3)調查到27種465尾(表6-4)，對照站(Ctr3)則調查到37種352尾，白米甕測站(L2)調查到39種727尾(表6-5)，出水口右堤(L4)調查到26種199尾。實驗測站A(L3)以四帶雞魚為最優勢種(250尾)，對照站(Ctrl)以伍氏下銀漢魚為最優勢(200尾)，白米甕(L2)測站以藍黑新雀鯛最優勢(200尾)，出水口右堤(L4)以條紋豆娘魚(*Abudefduf vaigiensis*)最優勢(100尾)，實驗站(L3)與對照站(Ctrl)的魚種相似度(Sorensen coefficient =0.63)。

114年度位於出水口右側的實驗站A(L3)4次共調查到23科48種1475尾，而位於明光碼頭旁的對照站(Ctrl)則共調查到23科54種659尾(表6-4)，白米甕(L2)測站共調查到24科56種2249尾，出水口右堤(L4)共調查到16科31種328尾(表6-5)。四個測站以白米甕(L2)的魚種數與魚尾數都最多，出水口右堤(L4)的魚種數與魚尾數都最少。實驗站與對照站114年度的魚種相似度(Sorensen coefficient =0.30~0.75)。114年度實驗測站(L3)紀錄到最多的是四帶雞魚共851尾，為體長在4~12公分左右的幼魚與亞成魚，本年4次調查有3次調查紀錄到，排名第二的是金梭魚，除3月未記錄外，其餘月別都有紀錄，為體長6~18公分的幼魚。俗稱臭肚的褐籃子魚常是此區海域的優勢種，但本年度族群數量不多，只在6月記錄到9尾2~18公分左右的幼魚。對照站(Ctrl)114年度的最優勢種與實驗站略不同，排名依序是伍氏下銀漢魚(200尾)、稻氏天竺鯛(76尾)，伍氏下銀漢魚為偶發性的洄游魚類，只在10月大量紀錄，往年也偶有被大量記錄到，稻氏天竺鯛為台灣北海岸的常見魚類，4次紀錄有3次被錄到。俗稱邦頭的平鯛記錄到1尾，體長約18公分，屬亞成魚~成魚期，懷疑可能為養殖放生魚類，但詢問附近漁民都未見到8月前在附近海域舉行放生活動，依據以往資料與此魚種之習性，放生的平鯛極難渡過低溫且風浪不佳的台灣北部淺水沿岸海域，但不排除因北部其他地區放流，而逐漸散布至實驗站(出水口)附近。此外，113年陸續在實驗站與對照站都有2~4隻小龍蝦的紀錄，是過去數年來不曾有的現象，實驗站與對照站的消波塊的確是龍蝦的棲所之一，但114年4次觀測都未記錄到，未來持續觀察動向中。

114年度各測站的優勢種略不相同，其因為受到當年各不同魚類來游、沉降數量所影響。由近20年來的資料，2測站(實驗站、對照站)魚種數量每年變化極大(圖6-6)，且整體來說兩測站都呈現逐年緩慢減少的狀態，魚種數的多寡變化尚呈一致性，同一年度的總魚種對照站大多比實驗站多。108年實驗站種數驟減甚多，其原因懷疑與測站地形變化有關，對照站地形、水深仍維持不變，但實驗站4月發現積沙甚多浪況極不穩定，迫使部分魚類無法棲息於此，因此魚種數量驟減，109年地形回復平緩向海漸深，魚種數迅速回復，此與棲地改變或水土保持、海洋環境變遷等綜合因素較有關係，而非單純核電廠的影響。魚尾數方面則因偶爾出現季節性的優勢種而使數量變化很大(圖6-6)，尤其季節性的鰮科魚類、伍氏下

銀漢魚若大量出現即造成數量暴增，反觀對照站年度魚類數量則較為穩定。112年因無颱風過境北部海域，因此魚類種數尚維持在年度平均值之上，但尾數則少於年度平均值甚多，113年受到數個颱風過境影響，魚種、尾數更較去年減少，114年颱風幾乎都從南部經過，因此北部海況尚稱平穩，魚種數、尾數也略增，若與長期20年相比，112~113年的尾數低於往年甚多，且113年可能因海床受到較劇烈的干擾，114年增加但仍屬較低水平，此外，112年發現的數尾棲息於實驗站的小龍蝦，但113~114年都消失無蹤。

2、 魚類棲性

往年6月偶發且季節性大量出現的鯷科魚類，112~114年都未調查到，此魚種偶爾於4~6月間短期大量出現，推斷只是短暫停留的過客，亦或是被鯵科、金梭魚科等食魚性魚類追捕而逃進沿岸消波塊區躲藏，因此當出現大量鯷科幼魚時，也常會伴隨記錄到鯵科或金梭魚科魚類。往年數量都很多的三線雞魚112年對照站無紀錄，113年6月記錄到少量後即消失無蹤，實驗站在112年與113年分別在4~6月、8月都記錄到1~5公分剛沉降不久的幼魚，114年只在6月記錄到2~3公分的幼魚30尾，其餘月別都無紀錄，對照站則114年度都未記錄到，過去三線雞魚為此區海域的常駐魚類，往年6月的數量都很多(>200尾)，近8年來數量漸減，近3年(112~114年)更降至100尾以下，兩測站都同步有相同趨勢，但出水口前的白米甕(L2)站每次都記錄到不少三線雞魚的成魚與亞成魚，此魚種喜愛在潮流通暢且沙地上的獨立礁或魚礁區出現，因此出水口前的獨立礁(L2)成為聚集之棲所，沉降的幼魚可能因季節、沿岸潮流等因素而靠近出水口附近的消波塊區而不定期被記錄到，待觀察其來游變化。近年來天竺鯛科魚類都有記錄，但是數量並不穩定，此科魚類常在春夏季節以沿岸消波塊或礁石區為繁殖場所，幼、成魚期是許多經濟魚食性魚類的獵物，因而吸引石斑類、石狗公等高經濟魚類進駐。過去89年、91~92年、96~97年、102年數量曾暴增的褐籃子魚，近10年來數量都不多(無~260尾)，108年是近10年來較多的一年，但與之前大發生年度相比相差甚多，109~114年(6年)數量都不多，回溯過去紀錄發現褐籃子魚約有3~5年的周期消長現象，但現今規律的周期消長似乎已不復存在，懷疑極可能受大環境改變影響，未來春末夏初仍會持續密切注意，累積資料以確認。兩測站間皆有某些魚類相互未被紀錄到，如三線雞魚較常大量出現於出水口區(但96年度相反)，四線雞魚也經常是出水口區多於對照站，且20年來(90~114年度)對照站記錄到的隆頭魚皆多於出水口測站(112年度相反9種vs.7種)(表6-6)，斷紋紫胸魚(*Stethojulis terina*)則較常發現於對照站。多年來發現每年的4或5月魚種數大多很少，6月開始增加，而增加的也以當年幼魚為主，可見6月為當年孵化的幼魚開始沉降尋找棲地的時期，若7~9月間無颱風干擾，都能維持在較多的數量，兩測站都有相同的情形，這與大環境的

變化或水溫也許有較密切的關聯，多年來的調查也發現魚種數與季節更迭的水溫具正相關，除非受到颱風來襲的干擾，此海域調查到最多魚種的月份大多在6~10月，114年亦顯示相類似的波動情形，114年因北部海域較無颱風干擾(直接侵襲)，因此至10月仍維持較高的魚類數量。

3、 除役後的趨勢變化

核二廠於105年4月1部機組停止運轉，106年4~7月期間曾雙機短暫停機爾後其中一部機組又重新運轉，至107年6月7日才又恢復併聯發電，110年8月其中一部機組因年限到期停止運轉，於112年3月電廠正式進入除役階段。種數、尾數的波動如圖6-6，除役至今約滿3年，但近岸的礁岩魚種種數、尾數兩測站前2年都承略減的狀態，不因電廠溫排水減少而增加魚種與尾數，114年略回升，但與過往年度相比，魚種數處於中上階段，魚尾數卻屬於較少水平，除役後1~2年間魚類數量微幅減少的情況也發生在核一廠，除役3年後雖連年回升，但仍受海洋大環境的影響甚巨，今年核一廠魚種數、尾數都驟減，但核二廠魚種數、尾數反而都微增，目前仍待持續觀察中，不過作為對照站的明光碼頭(Ctrl)與實驗站略呈一致性的同步增減(種類、尾數)，但減少幅度較溫排水的實驗暫緩和，核一廠與核二廠雖同位於台灣北海，但仍現不同的增減趨勢，亦顯現不同海域有不同的發展，無法相提並論。往後續觀察兩測站的魚類增減是否呈現一致性的波動為其要點，以釐清魚類種數的增減是受到大環境的影響或電廠停機、除役的影響。

4、 放生對監測的影響

核二廠海域過去曾成為團體放流的熱門場所，96年開始記錄到放生的黑毛，接著黑鯛、黃鰭棘鯛、瑪拉巴石斑魚、尖吻鱸、黑毛、海雞母笛鯛---等，甚至人工雜交的龍虎斑也曾被調查到，與當地居民及釣客訪談了解，以上魚種都都經人為放流，尤以明光碼頭放流次數最多，許多魚種放流體型較大(>20公分)，魚體多處潰爛與傷痕，當然也吸引不少釣客至此垂釣，且98~107年放生魚類似乎對四帶雞魚產生衝擊(圖6-7)，放生魚類(黃鰭棘鯛)也許因食物競爭的關係，以至於對照站的四帶雞魚數量較實驗測站為少，放生的魚種每年皆不相同，但大多屬於食底棲動物魚類較多，而與四帶雞魚食性大略相似，過去明光碼頭最常出現放流活動，因此四帶雞魚也減少最多，不排除極可能為食性上產生競爭所致。108年電廠在團隊的提醒下，電廠周圍海域減少核准放生活動，因此108~109年度間的確紀錄到較少的放生魚類。112~114年度都未發現放生活動在本海域進行，但實驗站與對照站仍發現少數的白星笛鯛、平鯛、瓜子鱲(俗稱黑毛)，雖無法證實為人為放流，且此兩測站亦為以上魚類的棲地，未來仍持續觀察其數量變化，以確認是否為人工放流抑或自然遷移至本海域。

二、砂泥底棲性及洄游性魚類調查(核二廠)

（一）、魚種數與魚種組成

114年第1季3月21日船釣作業，靠近出水口的內測站調查到2種6尾1385克(表6-7)，離岸較遠的外測站則調查到7種13尾2065克，內測站捕獲最多為斑海鯰(*Arius maculatus*)5尾，外測站最多為寒鯛(Choerodon azurio) 3尾，兩測站的魚種相似度(Sorensen coefficient =0.22)。

114年第2季5月2日船釣作業，靠近出水口的內測站調查到4種9尾1241克(表6-7)，離岸較遠的外測站則調查到9種57尾4255克，內測站捕獲最多為橫紋九刺鮨6尾，外測站最多也是橫紋九刺鮨32尾，兩測站的魚種相似度(Sorensen coefficient =0.15)。

114年第3季7月9日船釣作業，靠近出水口的內測站調查到9種42尾4260克(表6-7)，離岸較遠的外測站則調查到10種43尾3710克，內測站捕獲最多為三線雞魚18尾，外測站最多為橫紋九刺鮨32尾，兩測站的魚種相似度(Sorensen coefficient =0.21)。

114年第4季10月3日船釣作業，靠近出水口的內測站調查到7種23尾2350克(表6-7)，離岸較遠的外測站則調查到9種23尾2755克，內測站捕獲最多為三線雞魚7尾，外測站最多的是橫紋九刺鮨10尾，兩測站的魚種相似度(Sorensen coefficient =0.13)。

114年度4季船釣作業，共捕獲15科29種216尾22021克(表6-7，圖6-8)，靠近出水口的內測站，共捕獲到16種80尾9236克，而離岸較遠的外測站共捕獲到22種136尾12785克。內測站114年度的優勢種排名依序為三線雞魚(25尾)、橫紋九刺鮨(23尾)、斑柄鸚天竺鯛(Ostorhinchus fleurieu)(6尾)，而外測站114年度的魚尾數優勢排名依序為橫紋九刺鮨(77尾)、白頸赤尾冬(10尾)、三線雞魚(8尾)，若依漁獲重排名內測站依序為三線雞魚、橫紋九刺鮨、斑海鯰，外測站依序為橫紋九刺鮨、白頸赤尾冬、寒鯛，內外測站優勢魚種排名略不相同。綜合114年度調查內外測站都捕獲相同的魚種有斑柄鸚天竺鯛、三線雞魚、寒鯛、新月錦魚、胸斑錦魚、正笛鯛、縱帶笛鯛、雙帶鱗鰭烏尾鮗、橫紋九刺鮨共9種，兩測站每季每測站都捕獲的魚種為橫紋九刺鮨，也是此海域被捕獲最多站次的魚類。

今年度與6年船釣資料相比，內側站魚種數居中，外側站則略多(圖6-8)。與6年平均值比較，今年度(114年)內測站捕獲的魚種數、魚尾數與漁獲重方面都略少於6年平均，但外側站都略多於6年平均(圖6-9)，但差別都不大。

（二）、魚類棲性

以魚類棲性分析，114年度內測站捕獲沙泥棲性有1種(佔尾數6%)、中表水層魚類1種(佔尾數1%)、礁岩棲性有14種(佔尾數93%)，外測站114年度未捕獲沙泥棲性魚類、中表水層魚類2種(佔尾數3%)、礁岩棲性有20種(佔尾數97%) (表6-8)。可見以船釣方式來調查，礁岩魚類的比例佔極多，中表層巡游的魚類因為季節機會性經過，因此被捕獲的數量與種類不高，而沙泥底棲性魚類大致居次，可見核二廠海域為沙礁混合之底質，因此以船釣方式也能捕獲些許沙泥棲性魚類。

至於人為放生的魚類截至今年度為止，尚未以船釣方式捕獲。往年斑海鯰是以底刺網調查時最常被捕獲的魚種，今年度只在3月於內測站捕獲5尾，110年內外測站都有捕獲共14尾，111年11月內測站捕獲4尾，113年度在5月於外測站捕獲1尾，斑海鯰在核二廠海域分布十分廣泛，數量也不少，但若以船釣方式似乎捕獲率不若刺網穩定，尾數顯然也比刺網較少。

（三）、放生的影響

近年來常有放生團體利用明光碼頭堤岸放生，因此也陸續被底刺網捕獲到體長約在10~30公分左右的放生魚類，與潛水調查的資料相似，不過自109年開始改以船釣方式採樣，目前尚未捕獲到放生的魚類。被放生的魚類以鯛科為最大宗，許多魚體都受傷或有爛鰭的狀況發生，此科魚類為底棲肉食性魚類，在明光碼頭被放生後，隨著漲退潮水與覓食之需要逐漸擴展而曾在出水口300M的內測站被捕獲，放生魚類的存活率與拓殖能力在核二廠海域似乎不佳，難以度過寒冷與東北季風浪況較差的核二海域，雖然109年11月中旬曾有放生活動在核二廠海域舉行，沙灘亦散布死亡的石斑魚，但自109年採用船釣方式採樣至今，都未捕獲到放生魚類。比對104年(2015年)至110年(2021年)政府在新北市有公布紀錄的放流魚類資料(表6-2)，也亦都未出現於船釣採樣中。

三、撞擊魚類部分

(一)、優勢種與魚種組成

本計畫研究時間自89年9月開始，每月於核一、核二廠入水口處採樣24小時之所有樣本一次，核一廠則依合約自110年改為每半年採樣1次，其採樣法與過去相同，皆採樣24小時之所有樣本，核二廠仍為每月採集1次，114年核一廠完成2次採樣，核二廠完成12次採樣。

1、核一廠

114年各2次採集的魚種與重量於表6-9、表6-10 ，共採獲5科7種16尾，0.772公斤重，114年度優勢種依序為六斑二齒魨(共5尾)、褐籃子魚(*Siganus fuscescens*)(共4尾)。

核一廠因改為半年採樣1次已無法與過去每年採樣12次的資料作整體年度性的比較。採獲魚類種類與近幾年所做的調查相似，仍以體型較小、非經濟性之中表層及底棲魚類為主要類群，114年皆完全無沙丁魚撞擊核一廠，也未發生大量撞擊事件。

2、核二廠

綜合114年度12次採集，共12科17種80尾，4.463公斤重表6-9、表6-10 ，採獲魚類種類與過去近幾年所做的調查相似，仍以體型較小、非經濟性之中表層及底棲魚類為主要類群。114年度優勢種依序為六斑二齒魨(共20尾)、伍氏下銀漢魚(*Hypoatherina woodwardi*) (共16尾)、條紋豆娘魚(*Abudefduf vaigiensis*) (共13尾)，114年完全無沙丁魚撞擊核二廠，也未發生大量撞擊事件，114年紀錄之種類與過去20年相比較是最少的一年(圖6-10)，魚尾數與往年度相比是倒數第三少的一年(圖6-11)。採獲魚類種類與近幾年所做的調查相似，仍以體型較小、非經濟性之中表層及底棲魚類為主要類群。

因核一廠的採樣變更為每半年1次，而核二廠仍延續以往之採樣頻度，因此以下的比較以核二廠為主要續敘述重點。過去多年來核二廠的採獲種數之月別變化結果顯示，在種數略呈一致性的季節性變動趨勢，即在春秋兩季採獲種類較多，主要原因是春、秋兩季剛好是許多洄游性魚類出現的季節，因此時餌料生物豐富，吸引許多魚類覓食，因此種類之多樣性較高，而冬季時採獲種類數較少，冬季海況不佳、溫度較低、食物較少，較多魚類遷移至較深海域，導致多樣性較低。但約從96年開始發現核一、核二廠所記錄的種類數就明顯逐年遞減，近10年來都維持較低的種類記錄(17~34種)，103年核二廠魚種類降至低點(圖6-10)，往後的8年雖略為增加，但每年魚種數都不超過35種，與民國95年以前每年撞擊魚種數都在70種以上實難相比擬，114年更降至只有17種，為25年來最少，近5年來平均約22種，而且過往春秋種類略多的現象也在近5年來消失，近年每月採獲種數都不超過5種。過去多年來在尾數變化上，兩核電廠皆略呈一致性的變化趨勢(圖6-11)，除了少數月份撞擊數量略多外(5~6月或9~10月)，105年開始每年總魚尾數核二廠都在300尾以下(核一廠在500尾以下)，但與97年以前動輒上千、萬尾/年，差別甚大，不管在魚種數或魚尾數兩電廠都呈現相似的下降趨勢，若將電廠過去20年內的前五年(2001~2005)與近五年(2019~2023)相比較，核一廠在20年間魚類共減少了113種，核二廠則減少了117種，兩廠消失的共同魚科有鱗魨、鮁、土魠、白鯧、鬚鯛、金線魚、鰨及角鏢魚科。另外，108~110年的資料顯示出人為放生魚種有增加的趨勢，但112~114年放生在兩電廠海域似乎有停止的現象。

(二)、曾發生大量撞擊事件魚種之後續追蹤

歷年來的大量撞擊事件主要魚種有六斑二齒魨、褐籃子魚、鯷鯡科(沙丁類)魚類等。

1、六斑二齒魨

六斑二齒魨大多集中出現於春季之 3~4 月之間，且核二廠記錄次數及數量皆大於核一廠，可能與當地海域地形環境及其生態習性等因素有關；六斑二齒魨在 114 全年度核二廠共出現 20 尾，2~7 月(3 月最多 9 尾)，因生活史特徵往年於 3~4 月間大量出現於北部海域，但近年來紀錄卻發現除數量越來越少外，也有漸向後延遲及出現的時間較為分散的現象(圖 6-12)，而且六斑二齒撞擊的數量也越來越少，近 10 年來採獲尾數也極少，3~4 月數量較多的現象也越來越模糊，此魚種出現時間向後推延及出現月份較分散的原因與聖嬰與反聖嬰交替並不相關，亦無一致性，過去大量出現與驟減及延遲之原因仍不清楚。

2、褐籃子魚

褐籃子魚過去曾於 91~92 年、96~97 年、101~102 年夏季均發生過大量撞擊情形(>1000 尾/年)，中間間隔 3 年都未有大量撞擊，過去週期時間約為 4~5 年(圖 6-13)，但自 103 年北部海域之褐籃子魚數量就明顯減少，近 11 年都無大量出現，褐籃子魚大發生是否延遲，或不再發生仍待觀察，其大量出現與驟減及延遲之原因亦不明確。

3、沙丁魚類

俗稱沙丁魚包含鯷、鯡科的許多種類，曾在過去(91 年與 97 年)大量撞擊造成核電廠被迫停機，近年已少見此科魚類進入電廠海域，此兩科魚類大約在 3~7 月洄游至台灣沿岸海域，近年來的沙丁數量與 91 年與 97 年數十萬尾的大量撞擊事件幾乎無法相比，108 年則只有核一廠記錄到 4 尾，核二廠則無，109 年核一廠記錄到 18 尾，核二廠 6 尾，其數量均極少，近 3 年都未記錄到，可見近年沙丁魚群較遠離台灣沿岸海域，抑或族群量變少，整體而言，108~114 年間都未發生大量撞擊事件。歷年來魚類尾數變化除了少數月份因大量撞擊造成較大值之外，其他大多與洄游性魚類之季節性遷移出現、颱風過後等氣候因素或過漁、人為放生行為等因素有關，但是部分變化尚無法判別導致原因。

(三)、漁業經濟損失

估算兩電廠漁業經濟損失，114年核一廠是0.23萬元/年，核二廠是0.22萬元/年(過去下雜魚價~114年下雜魚平均價(全球漁產品資訊網))。與過去的損失金額相比較可發現近9年來的損失金額都極少(兩廠各不到5萬元/年)，除去96年、102年104年有略多量的撞擊(沙丁魚、褐籃子魚與六斑二齒魨)，近10年與過去其他年度

漁業經濟損失的比較其損失大幅減少(圖6-14)，近年來每年每電廠損失只剩下1~5萬元左右。探討其原因可能來自於下列三方面：(1)北部海域中表水層的經濟性魚類資源大幅減少，其原因不外乎是過度捕撈、棲地破壞或污染等人為因素所造成，(2)近幾年都沒有發生大量撞擊的現象，如發生就會使當年的估算損失額外增加（如96年核一廠、104年與102年核二廠）。至於是否因停機進水量減少而使魚類損失減少，檢視核一廠雙停機為106年初開始，但2機組雙運轉的100~103年核一廠損失金額也只有1.74~5萬元/年與104年後的損失0.11~2.23萬元/年，其差異不大。核二廠雙停機的損失金額為0.16~0.42萬元/年(平均0.3±0.1萬元/年)，其未停機前的損失為0.21~14.5萬元/年(平均3.1±1.7萬元/年)，近10年平均2.1±1.3萬元/年，停機前後年損差約1.8萬元，其差別不大。

四、畸形魚之生態調查

(一)、核二廠出水口水溫之監測資料

表 6-11 及圖 6-15 為民國 89 年 1 月至 114 年 12 月於 st.2 (12)、7、9、10 共計四個測站之水溫(℃)測值資料及變化趨勢，其中 st.2 由於調查安全性之考量已於民國 96 年 11 月遷移至 st.12 繼續進行量測之工作。由圖表可以看出，核二廠水溫無論是溫排水口堤防內測站(st.7)或是溫排水口周邊測站(st.2/12, 9, 10)皆有明顯之季節性變化。水溫多自每年的 4～5 月開始攀升，於 6~7 月出現超過 37℃的高溫，並持續高溫至 9~10 月後才開始下降。民國 96 年以前 st.2、7、9 於夏季之水溫幾乎每年皆有超過紅色橫線代表的發生畸形魚之水溫底限 37℃，此高溫情況多維持至 9 月或 10 月才會下降至 37℃以下。民國 96 年後高溫 37℃多集中在 st.7，主要是因為 st.7 緊鄰溫排水管道出口，加上水深較淺，溫排水排出後，受到日照的加溫，在表層的海水會持續升溫，水溫甚至可高達到 40℃以上，其餘測站因受溫排水影響較小，或受到較低溫淡水注入影響(如 st.10)，出現 37℃以上的年份及月份相對較少。

此外，各年度除了民國 91 年、94 年及 95 年，於 6 月前即量測到超過 37℃的水溫以外，其餘年間皆為 6 月後開始才量測到超過 37℃的水溫。100 年至 104 年則多在 6 月至 8 月量測到超過 37℃的水溫值，其餘月份皆無。而在 105 年起，個站所測得的水溫較往年偏低，其中出水口測站 st.7 最明顯，且至 107 年 3 月為止，水溫雖與過去有一樣的的季節升降，但水溫為近五年之間的最低溫(29-31℃)。然而在 107 年 6 月之後，107 年夏季 7 月後至今，出水口 st.7 又再度回到夏季水溫超過 37℃的的規律，直到 10 月水溫才開始下降至 37℃以下。108 年水溫依然維持夏高冬低，出水口高溫月份為 3 個月，年均溫為 31.5℃。109 年度依然維持夏高冬低，但發現出水口超過 37℃的維持時間為歷年最高，超過 37℃的水溫維

持 4 個月。此趨勢也使本年度出水口的年均溫高達 33.4℃，明顯較過去年均溫 30-31℃還要高。110 年調查發現在春季 5 月即有高達 40℃的高溫，可能跟今年氣溫較早升高有關。但至 8 月後的水溫隨即下降至 37℃以下，比起過去年間能持續高溫至 9 月還提早結束。此低溫的狀態持續維持至 111 年 5 月，出水口出現的水溫反而比過去兩年明顯低，甚至在 111 年只有 7 月與 8 月出現超過 37℃的水溫之情形。如此較短的高溫期，也造成 111 年的平均水溫比往年的平均水溫低約 2-3℃。而在今年 112 年 3 月核二廠停機除役之後，112 年的全年在出水口的水溫便不再有超過臨界溫度(37℃)的紀錄，年平均水溫為 27.6℃。113 年未發現任何魚類有畸形的狀況，年平均水溫 26.4℃；114 年未發現任何魚類有畸形的狀況，年平均水溫 25.5℃為 107 年以來最低溫的紀錄。

(二)、野外採集調查

民國 89 年至 109 年間於核二廠溫排水口內、外各測站進行採集調查，捕獲具有畸形現象之魚種及數量統計表如表 6-12 所示。20 年來主要的畸形魚種皆為花身雞魚及大鱗鯔(92 年 8 月與 100 年 7 月有發現少數鯔(*Mugil cephalus*)之畸形個體)。歷年入夏後首次發現畸形魚的月份也多以每年的 6、7 月為主，符合水溫上升的波動。108 年度共採獲花身雞魚 98 尾(畸形率 5.1%)，大鱗鯔 73 尾(畸形率 2.7%)；109 年度共採獲花身雞魚捕獲 78 尾(畸形率 17.9%)，大鱗鯔捕獲 90 尾(畸形率 11.1%)。110 年與 111 年發現的畸形魚也僅有花身雞魚及大鱗鯔兩種，110 年共採獲花身雞魚捕獲 229 尾(畸形率 25.8%)，大鱗鯔捕獲 29 尾(畸形率 10.3%)。111 年度共採獲花身雞魚捕獲 227 尾(畸形率 10.6%)，大鱗鯔捕獲 85 尾(畸形率 1.2%)，整體而言畸形率明顯比 110 年低。112 年 3 月後因出水口的水溫開始下降，除了花身雞魚及大鱗鯔外，我們也發現有各種淺海魚類開始頻繁進入出水口活動的情形，包含豆娘魚屬(*Abudefduf* spp.)、布氏鯧鰺(*Trachinotus blochii*)、吳氏下銀漢魚(*Hypoatherina woodwardi*)等魚數量皆逐漸增加，113 年首度紀錄到隆頭魚科的斷紋紫胸魚(*Stethojulis terina*)；114 年再首度紀錄隆頭魚科的珠光海豬魚(*Halichoeres argus*)及龍占魚科(Lethrinidae) 的 青 嘴 龍 占 魚 (*Lethrinus nebulosus*)，珠光海豬魚為觀賞性魚種，青嘴龍占魚則為高經濟性魚種。顯示除了耐熱的花身雞魚及大鱗鯔外，有更多樣的魚種也進入出水口活動(表 6-13)。

本研究自 89 年至今，共採獲魚體總計 15,318 尾，其中畸形尾數 2,538 尾，平均畸形率為 16.57%，共計有 74 個物種被採獲(表 6-14)。整體而言在水溫開始升高之 6 月在核二廠附近魚類的數量較為密集，直到 10 月才開始下降。

(三)、花身雞魚及大鱗鯔於不同時間及測站之畸形率

比較

表 6-15 及圖 6-16 整理了民國 89 年 1 月至 114 年 12 月間所捕獲的花身雞魚及大鱗鯰每年之數量及年畸形率。由圖表可知，兩魚種的捕獲量在民國 96 年以前較不平均，主要是因為使用的採集工具較為多元(手拋網、撈網及一支釣)；而 97 年後，皆以一支釣的方式進行統一採集，故捕獲量每年皆很平均。畸形率方面，兩魚種歷年的畸形率年間變異很大。比較近六年度(109-114 年)花身雞魚和大鱗鯰於各月份採樣的畸形率變化(圖 6-17)。花身雞魚的畸形率的高峰大致分成兩段，第一個為每年的 1-3 月，此時畸形的魚體的體型較大(100-120 mm)，主要為前一年受到高水溫影響而畸形的魚苗，滯留於出水口內成長後的成魚。第二個高峰區塊為 7-11 月，此時的魚體較小(40-70 mm)，主要為當年生的魚苗受到高溫影響而畸形。大鱗鯰部分，主要集中在 7-11 月，主要為當年入添進入出水口的小魚。

個別物種畸形率方面，花身雞魚畸形率最高的年份為民國 95 年的 57.32%，大鱗鯰則是民國 90 年的 30.39%。97 年後，花身雞魚的畸形率有兩個高峰，分別是 99 年的 40.80%及 104 年的 48.56%；大鱗鯰則是於 97 年(24.47%)、100 年(27.68%)及 101 年(23.88%)為高峰(表 6-15)。近年較特別的變化是 105 至 106 年度之間畸形魚數明顯較往年來得少。主要原因可能和核二廠在 105 年 4 月後停機有關，在 105 至 106 年期間核二廠排放水體所測得的水溫未超過 37℃，較往年低溫。在此期間花身雞魚和大鱗鯰的畸形率較低。而根據林(1995)與邵(2018)之研究，畸形魚放回正常水溫可隨成長慢慢恢復正常，因此可能是畸形率減少之原因。然而 107 年 6 月核二廠重啟發電後，出水口的水溫在六月再度超過 37℃，因此 107 年後花身雞魚和大鱗鯰的畸形率再度提升。108 年度花身雞魚與大鱗鯰的畸形率分別為 5.10%與 2.74%，較 107 年低，但仍高於停機時期的畸形率。109 年度花身雞魚與大鱗鯰的畸形率分別為 17.95%與 11.11%；110 年度花身雞魚與大鱗鯰的畸形率分別為 25.76%與 10.34%，皆較 108 年提升了數倍。原因可能和高溫維持時間較長，造成能在出水口存活的魚隻數量變少，也造成畸形的個體增加，造成畸形率又再度提升至 10%以上。而進入水溫較低的 110 年後半至 111 年時，由於水溫偏低，除了 7 月與 8 月外出水口的水溫皆持續維持在 37℃以下，因此畸形率偏低，因此花身雞魚(10.6%)與大鱗鯰(1.2%)的畸形率比起過去兩年又下降了許多。112 年後因核二廠除役停機使水溫降低，僅發現 4 隻花身雞魚和 1 隻大鱗鯰的畸形魚。花身雞魚整體的畸形率進一步減少至 6.9%，而大鱗鯰的畸形率雖變為 1.6%，但主要受到其採樣個體數減少的緣故，其畸形個體數量並無顯著增加。113 及 114 年未發現任何魚類有畸形的狀況，即畸形率為 0。

第四節　歷年監測資料統計分析

一、 統計分析方法

資料分析時，將比較各海域各測站每次作業優勢魚科、魚種數、尾數、歧異度(H')、均勻度值(J')、魚種相似度(Sorensen coefficient)之估算，以比較各測站或季節間的相似程度，並使用Primer 6 (Clarke and Gorley, 2004) 的Bray-Curtis Similarity從事群聚聚類分析(nMDS or Cluster)，探討其中的群聚結構關係與年度間的變化，使用Primer 6軟體分析時，其魚類豐度將轉換成(log(n+1))，以降低單一魚種成群出現的重要比例，並以ANOVA或 Primer 6 的(ANOSIM program)分析檢驗兩核電廠除役後是否對魚類群聚造成顯著影響。其各公式如下：

(一)、多樣性指數：

1、種歧異度指數(Shannon Diversity Index, H')：

反映一群聚內生物種類之豐度及個體數在種間之豐度分配是否均勻。若H'值愈大，則表示群聚間種數愈多或種間分配較均勻。

$$H' = -\sum_{i=1}^{n} \left(N_i / N\right)^2 \log\left(N_i / N\right)$$

Ni：為第 i 種生物之個體數，N：所有種類之個體數

2、均勻度指數(Evenness Index, J')：

J'值愈大，則個體數在種間分配愈均勻。

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad \text{and} \quad H'_{\max} = \log S$$

$$\therefore J' = \frac{H'}{\log S}$$ ，S即所出現種數

3、相似性指數(Sorensen coefficient)：

以定性方式求出兩群落間的相似程度。

$$s = \frac{2n_t}{n_x + n_y}$$

nx：為x群落的物種數，

ny：為y群落的物種數，

nt：為x與y群落相同的物種數

(二)、群聚分析(單變值與多變值分析)：

1、 變異數分析(ANOVA)：

比較至少兩個組的均值之間是否存在顯著差異，可用來判斷電廠停機前後是否存在差異。

2、 Bray-Curtis Similarity：

以多變值統計方法中將每次採樣各種魚類的個體數以log(1+x)將尾數予以轉換為連續性狀(continuous data)資料，該指數以多變質的方式，同時考慮魚種數量與尾數，求出兩兩群落間的相似程度關係。其公式如下:

$$B=\Sigma|Y_{ij}-Y_{ik}|/\Sigma(Y_{ij}+Y_{ik})$$

3、 Cluster(樹狀圖)與nMDS(空間分布圖)：

依據Bray-Curtis Similarity及UPGMA求取樹狀圖(phenograms)得出該海域魚類之聚類分析(clustering)與變化趨勢(空間排序MDS程式(non-metric multi-dimensional scaling)，由此分析各核電廠魚類群聚之種類組成在各測站間、年度間之關係，其群聚是否隨時間或空間有所變化。

4、 ANOSIM：

依據Bray-Curtis所計算之各測站間種類組成之相似性，以模擬分布法(permutation test)檢測群聚之種類組成差異是否受停機影響而具顯著變化。

二、統計分析結果

（一）潛水調查

1、核一廠

(1)、群聚分析

本海域114年度兩測站整體的魚種相似度(Sorensen coefficient=0.31~0.54)，實驗測站A(L1)的歧異度為1.47~1.47(往年0.23~3.02)，均勻度為0.53~0.53(表6-1)(往年0.1~1)；草里港對照測站(Ctrl)歧異度值為2.25~2.2.44(往年0.04~2.53)，均勻度為0.74~0.88(往年0.02~0.97)，歧異度有時較低的原因常是出現大量單一優勢種且當

次調查時的總尾數與種數也不多所造成的結果。

多年來的群聚分析，其結果顯示在核一廠海域測站間並無顯著的差異(R：0.09, p=0.01)，反而是各年度間魚群聚略具有年間變化(圖6-18a、b)，89~91年的年間群聚變化都在0.5以內，但92年開始群聚變化開始變大，主要是受到臭肚魚大量暴增的影響，從此之後每年群聚都有差異，逐年改變下使得年度間群聚變化明顯，由pairwise test的結果顯示兩兩年度間與間隔一年的群聚差異(Global R)約在0.05~0.5之間，但間隔兩年的差異度則為0.6~1，也就是說核一廠海域的魚類群聚已經略微改變，而96年度的群聚又與97、98、99、100年近4年都極為類似，亦即這4年來群聚變化較小，114年的群聚與過去近20年相比與96~97、100、103、106、112、113年較類似(Global R：0.1~-0.1)，而群聚改變是否是由大環境變動、過漁、汙染、土石流等所引起，目前並無法了解確切原因，整體而言，核一廠的魚類類群聚除役前與後仍都以礁區魚類相為主。

(2)、停機前後的分析

除役前實驗站A(L1)的水表層溫度約在25.5±0.3℃，水下1.5公尺的溫度約在24.6±0.3℃間，而對照站的水表層溫度約在24.7±0.6℃之間，水下1.5公尺的溫度約在24.7±0.6℃間，實驗站與對照站的水下1.5公尺的溫度十分接近，一般來說實驗站水表層溫度都較對照站來的略微高些，但偶爾也會發現因漲退潮流向的關係而有相反的情形出現，例如99年5月、108年4月。若自103年12月10日停一部機組重新計算，103年12月底以前出水口實驗站的上下溫差平均約1.1℃，停一部機組的103年12月底後上下溫差平均約0.3℃，而除役開始(108年8月)至今上下溫差平均約0.1℃，的確實驗站(L1)除役後溫排水減少甚多，與對照測站相比，對照站上下溫差平均約0.1℃，可見核一廠除役後兩測站的上下水層差異逐年變小，甚至兩測站水溫已趨於相同(圖6-19)。

核一廠其中一機組自103年12月10日停機大修後一直未恢復運轉，一號機於107年12月5日屆滿運轉年限，二號機於106年6月因電塔倒塌而停機，爾後108年7月15日年限到期，核一電廠開始進入除役階段，檢視103年5月~106年6月為單部機組發電時期，雙停機的時間自106年6月開始至迄今，因此以106年7月開始雙停機的時間作為除役之分界，但去除103年5月~106年只運轉1部機組時期之資料。以t-test分別檢視雙停機前後(106年6月)是否具顯著差異，結果魚種數、魚尾數皆無顯著差異(p>0.05)，亦即目前看不出除役有改變核一廠海域的礁岩魚類的魚種數、尾數的數量。若以群聚角度one-way ANOSIM的方法比較核一海域出水口的實驗站雙停機前後的群聚差異(103年5月~106年6月只運轉1部機組)，其結果顯示在停機前後礁岩性魚類群聚並無顯著的差異(Global R：0.10, p=0.03)，停1部機組、除役、雙運轉間都無顯著的差異，也就是說，目前除役近8年時間，尚看不出除

役影響礁岩性魚類的群聚組成，但更長期是否有影響，目前尚未可知。

2、核二廠

(1)、群聚分析

本海域114年度兩測站整體的魚種相似度(Sorensen coefficient=0.30~0.75)，核二廠實驗站(L3)的魚類群聚之歧異度值0.96~1.68(往年0~2.7)，均勻度0.31~0.57(表6-4)(往年0~0.87)。對照站(Ctrl)之歧異度0.77~2.78(往年0~2.8)，均勻度為0.56~0.80(表6-4)(往年0~0.95)，白米甕L2之歧異度2.05~2.60，均勻度為0.68~0.76(表6-5)，出水口右堤L4之歧異度0.94~2.04，均勻度為0.63~0.93(表6-5)。在以往若出現較低數值的歧異度時，都可發現由某一種大量出現的魚類所導致，而101年4月因只有1種魚類11尾的紀錄，所以在歧異度的計算上會產生0的現象，均勻度就完全無法計算，只紀錄到1種魚的原因除了當月魚種真的很少之外，調查時的低能見度可能是主要原因。比較核二廠自89年~112年在實驗站(L3)與較遠的對照組站(Ctrl)之調查結果，對照站(Ctrl)的魚種數幾乎皆略多於實驗站(L3)，但魚尾數大致上而言卻以實驗站(L3)略多於對照站(Ctrl)，以Paired T test分析，發現多年來魚種數常具顯著差異($p<0.01$)，但魚尾數則不一定具顯著差異，探究其原因發現魚尾數常受某些因素所影響，例如當洄游性的魚類(鰮科、鯵科、鯷鯡科、銀漢魚科)不定期進入核二廠沿岸海域時，機會性的大量偶遇易出現統計上的差異或誤判，此結果顯現，各測站群聚量的多寡和離出水口的遠近可能無絕對的相關，但對某些魚種來說，水溫可能有直接或間接的影響。

近20年來的水溫記錄亦發現出水口測站的水表層與水下1.5公尺的溫差約在1.7±0.1℃之間(圖6-20a)，而對照站的溫差則約在0.8±0.1℃之間，較實驗測站溫差小，而同一季節兩不同測站的水下1.5公尺水溫差異只有0.4±0.1℃(圖6-20b)，一般而言實驗測站水表層溫度都較對照站來的略高，但偶爾也會發現因漲退潮流向的關係而有相反的情形出現，不過自停一部機組後實驗站上下水層溫差越來越小，112年3月除役後，上下水層溫差已趨於相同。多年來除役前的資料與統計都顯示水表層或中上表層魚類並不受到出水口影響，因為表層活動的魚類以洄游性居多，來游被記錄到的次數很零星，且一旦被記錄數量都極大，因此在統計上無法顯示出是否具顯著差異；反而發現屬於較中下水層活動的斷紋紫胸魚在對照站數量較多，除役前以Paired T test分析，斷紋紫胸魚在兩測站具顯著差異($p<0.01$)，但活動於中下水層三線雞魚與四帶雞魚的情形卻相反，以實驗測站數量較多，可能某些魚種較易受溫水吸引，但某些魚種卻較排斥溫水，或是這些魚種的喜好是否還受到食物或其他因素的影響，我們並不清楚，除役後再次檢視(3年資料)，斷紋紫胸魚、三線雞魚、四帶雞魚的數量在實驗與對照站都無顯著差異，也許此3種魚類的確對產生溫排水做出吸引、逃避的行為，當然以目前3年共12次的觀測資料，

也許尚顯不足，待後續更多資料後做客觀之評斷。而核二廠海域由ANOSIM 的方法比較89年至114年之間4測站間的差異，Global test R：0.48 (p<0.01)，顯示4測站具明顯不同，其中以L2(白米甕)、右堤L4測站與其他測站群聚差別最大，但其餘2測站(實驗站L3、對照站Ctrl)間群聚並無明顯差別(圖6-21a)，也就是說以統計測定來判斷，核二廠出水口並不顯著影響沿岸區的整體魚類群聚，而L2測站與其他2測站有群聚的差異，是因L2為獨立礁測站，與其他沿岸三測站為消波塊與沙地交界的底質、地形完全不同，因此L2站與其他3站群聚有明顯不同，右堤L4站又與實驗站及對照站群聚不同，則是因右堤L4站的波浪效應更大，浪況極不穩定，可能因此難讓魚類駐留，使得L4站記錄到的魚種、尾數都不多，導致魚類群聚與實驗站、對照站分群。此外，在年度群聚變化方面，實驗測站各年度間的群聚大都混雜一起(圖6-21b)，只有在少數臭肚魚大爆發年度才會較為離群，顯示在核二廠域魚類群聚若除卻臭肚魚大爆發年並無明顯大變動，而其臭肚魚大爆發為全台南北周遭水域都發生之現象(甚至遠至馬祖~南灣)，非單獨核二廠海域才發生。

(2)、除役前後的分析

核二廠自105年4月就陸續有一部機組停止運轉，至107年6月7日才又恢復併聯發電，因此也讓出水口排出的水溫產生落差，由過去多年的結果了解，略高的水溫幾乎只漂浮在水層表面，但105年至106年陸續有機組停機的時段與過去兩部機組都運轉的時期，上下水層溫差比較的確在近年差別較小(圖6-20a、**b**)，也顯示出水口排出的溫度不若過去高溫，爾後110年7月1日1號機因燃料池爆滿，因此1號機提前停機等待除役，2號機仍續運轉發電，但因表層與水下1.5公尺的溫差實在很小(<1℃)，112年3月14日除役後，表層與水下1.5公尺的上下幾乎無溫差，且由多年來的資料亦發現，水下1.5公尺的溫度幾乎不受到溫排水的影響，因此在魚類群聚是否受到停機的影響，以目前的觀測資料(112年3月14日除役為界)，不管停1部機組，或除役都看不出對魚類群聚的改變(Global test R：0.25，p=0.19)。另以ANOVA分析，為避免魚類波動受久遠年度的影響，因此取用103~114年5~10月魚類較穩定的觀測資料，檢視出水口區103年至今雙停機與機組運轉時期的差異(雙停機14筆、雙運轉22筆，停一部機組12筆)，實驗站的魚種數、尾數均無顯著差異。魚種變化受到海洋環境的改變、魚類來游、沉降、陸地土石流、放生(流)、過漁或其他未知的因素等綜合影響，也許比單一溫排水因素來的更重要。

(3)、放生對監測的影響

至於放生活動是否影響測站的群聚，以長期的資料比較，最常放生的明光碼頭群聚結構的確自95年開始略為改變，但尚未達顯著差異，此因每年陸續放生的魚種眾多(8種)，因此從群聚角度來分析難以判別，不過的確發現95年以前的群

聚較穩定，而96年開始放生後群聚差異較大，魚類群聚是否因放生而改變，仍續追蹤中。

（二）砂泥底棲性及洄游性魚類調查(核二廠)

1、 群聚分析

(1)、船釣

114年內測站的魚類歧異度(H')值為0.45~1.79(往年0~2.27)，均勻度值為0.65~0.92 (往年無法計算~1) (表6-7)，外測站歧異度值為1.0~1.84(往年0~2.24)，均勻度值為0.49~0.95(往年無法計算~1)。當出現較低數值的歧異度時，常可發現由某一種大量出現的魚種所導致，114年內外測站各季的魚種相似度(Sorensen coefficient)約在0.13~0.22之間，顯示同季節內外測站釣獲相同魚種的機率為低~中低。

6年的船釣資料比較出水口內、外測站，在魚種數、魚尾數方面每年度互有增減(圖6-22)，以pair t-test 方式檢定船釣內外測站資料，不論在魚種數、尾數與漁獲重方面都無內、外測站的顯著差異(p>0.05)，此結果與過去底刺網的調查相同。若以one-way ANOSIM 的方法比較核二廠5年船釣方式調查的內外測站群聚差異Global test R：0.14 (p=0.001)，顯示略有群聚區別，但未達顯著水準，內測站捕獲較外測站更多的三線雞魚，外測站有略多的斑海鯰。但目前顯示核二廠出水口對以船釣方式採樣的魚類內外測站並無顯著差異。

(2)、底刺網

在過去十多年來以底刺網的調查(108年底以前)，內外測站間的魚種、魚尾數方面並未呈現一定的規律性，以Paired T test分析，發現魚種、魚尾數在內外測站無顯著差異。多年來的資料亦發現不但近年魚種數變化大，就連各魚科的種數變化也很大，可見核二廠海域的魚相並不穩定，此結果與長年監測的核一廠海域結果類似。若以one-way ANOSIM 的方法比較核二廠底刺網方式調查的內外測站群聚差異Global test R：-0.13 (p=0.98)(圖6-23)，顯示核二廠的出水口對沙泥底棲與洄游性魚類並未造成明顯的影響。不過底刺網調查在種數上自98年開始，每年捕獲的種數開始下降到20種左右，尾數也減少到60上下，但在歧異度指數則無下降的趨勢($H' \fallingdotseq 2.5$)，其原因並無法確認，目前5年的船釣調查尚未看到魚種逐年漸減的現象，造成魚類消失或資源銳減的原因很多，包括過漁、棲地破壞、汙染、環境賀爾蒙、外來入侵種等人為因子，以及「氣候變遷」，特別是2008年後種數和尾數的變異減少，也可能與2006長江大壩截流、2007-2008反聖嬰、2008中國雪災等有關，實不易釐清(2015, zoskt)。

2、停機前後的統計分析(1號機110/7/1正式停機，兩機組112/3/14除役)

經由實地觀察與當地沿岸釣客的訪談，發現核二廠出水口極近岸區是夏季北台灣著名的虱目魚與烏魚釣場，不過自105年4月核二廠機組降載後(停2號機組)，釣客人數明顯變少，107年6月開始運轉後，釣客人數明顯增加，112年3月14日除役至今，釣客再度大幅減少，為客觀釐清機組運轉是否影響核二廠海域魚類數量，以下將船釣與底刺網之調查分開比較:

(1).船釣

船釣自109年1月開始作業，電廠正式除役為112年3月14日，以除役為分界分析，目前雙機運轉有6筆資料，只停1部機組有7筆，雙停機(除役後)有11筆資料，圖6-24為目前3種不同情況的尾數、漁獲量的比較，可看出差別都不大，若進行ANOVA分析，雙機運轉、只停一部機組、除役後，以上3期間不管在魚種數、尾數、漁獲重，都無顯著差異。

(2).底刺網

底刺網資料收集至108年度為止，以群聚角度ANOSIM分析魚尾數差異來看底刺網的資料，內外測站是否受到停機的影響，其Global test R：0.08 (P=0.09)，以共9筆停機觀測資料，看不出因停機而有群聚的改變。

（三）撞擊魚類

1、群聚指數之比較

累計過去核一廠、核二廠在均勻度J'及歧異度指~數H'之月別變化上皆顯示略呈一致的變化趨勢，易受優勢種出現影響（圖6-25a、圖6-25b）。比較自90~110年的採樣結果由聚類分析顯示，兩電廠的魚類群聚略有些微差別，核一廠的魚類群聚中有較多的小沙丁、褐藍子魚與白帶魚；而相較之下，核二廠則是的六斑二齒魨、鱷型叉尾鶴鱵與條紋豆娘魚的生物量較多。主要原因可能和底質有關。雖兩核電廠沿岸的底質皆為岩礁外有沙底的環境，但兩區的粒徑略有不同。相較於底質為細沙和礫石為主的核一廠，核二廠周圍沿岸地形有較多硬底質的岩礁，形成底棲動物較豐富的岩礁生態，因此在群聚中的魨形目、雀鯛科、隆頭魚科等岩礁性的魚隻較為優勢，物種數也較多；相較之下，在核一廠則較缺乏岩礁性的魚種，且優勢魚種大多為水層活動的魚種為主。此外，水文可能也會造成影響。在核一廠周圍有較多河溪水的注入，因此也吸引更多的河口魚類，特別是會受到淡海水混合區與浮游生物吸引的鯡型目魚類吸引，因此在核一廠周圍的小沙丁生物量也比核二廠多出許多。

2、年度比較

過去綜合兩電廠各年調查資料，在不同年間之魚類群聚分析，結果顯示96、97年前後具有明顯的差別(圖6-26a)。因110年後核一廠採樣次數大減，因此已無法與核二廠再合併比較。以下單純檢視核二廠歷年資料，由聚類分析樹狀圖可顯示年度間的魚類群聚可分為三大群， 90-97年間與98-106年間兩個不同類群(時期)，107~113年又在整個大類群之外(圖6-26b)，經ANOSIM分析顯示三時期具顯著差別(Global R：0.68，p=0.001)，107~112年跳脫在整個大類群外的最可能原因為這幾年幾乎都無或極少沙丁魚的撞擊(在過去都是排名前三名優勢種)，且整年的魚種數與尾數又都很少之故。

此外，撞擊研究發現自從 97 年開始魚類種數與尾數開始有逐年下降趨勢(圖 6-10、11)，此結果與過去核二電廠的底刺網結果類似(圖 6-8)，將多年的數據與台灣海域的漁業資源減少(過度捕撈)、海洋環境變遷(氣候變遷)兩因素做關聯分析，仍然無法清楚釐清與找出電廠魚類種類逐年減少的原因。未來則設法探討其他可能的原因。藉由累積核電廠入水口撞擊魚類更長期的資料觀測結果，可以做為探討海域生態資源變化的重要指標。

3、停機前後的分析

(1)、核一廠

核一廠一號機組自 103 年 12 月 10 日停機大修迄今未運轉，不過電廠仍需持續汲水以冷卻系統，爾後核一廠於 106 年 6 月又因電塔倒塌 2 號機開始停機，其後 108 年 7 月 16 開始正式進入除役階段，因此嘗試以電廠給的停機資訊，將其分為雙運轉期、停一部機組期、雙停機期(106 年 7 月開始雙停機)，並去除 10 筆大量撞擊所造成離群值過大的問題，雙機運轉期每月(天)的撞擊尾數平均約為 122±2.0 尾/天，停一部機組的撞擊尾數平均約為 108±8 尾/天，雙停機期與除役期尾數平均為 12.8±2.1 尾/天。以變異數分析(ANOVA)分析，則發現除雙運轉期與停一部機組期無顯著差異外，其餘各期間皆有顯著差異(圖 6-27)。也就是汲入水流的多寡的確對核一廠海域魚類造成影響，當然目前無法去除年度魚類漸減的干擾因子，因多年來大環境海域漁獲亦不斷的在減少中，因此在此無法確切釐清是大環境海域的影響亦或是核電廠的影響。

(2)、核二廠

核二廠機組自105年4月12日停機大修至107年6月7日開始運轉並聯，1號機組又於110年7月因燃料池已滿因而停止運轉等待除役，爾後核二廠於112年3月14開始正式進入除役階段，因此嘗試以電廠給的停機資訊，將其分為雙運轉期、停一

部機組期、雙停機期與除役期，並去除10筆大量撞擊所造成離群值過大的問題，雙機運轉期每月(天)的撞擊尾數平均約為123±3.2尾/天，停一部機組的撞擊尾數平均約為24±1.4尾/天，雙停機期尾數平均為9±0.4尾/天，除役期尾數平均為6.1±0.6尾/天，似乎運轉期的魚類數量多過停機間，以變異數分析(ANOVA)分析，發現雙運轉期與雙停機(含除役)有顯著差異外，其他各期間魚類的尾數多寡皆無顯著差異(圖6-27)。另以群聚的角度來看，以ANOSIM分析，亦不顯著(Global R : 0.022，p=0.08)，因此以目前之結果，核二廠除役至目前為止，的確可能因汲入水流多寡影響核二廠海域的撞擊魚類群聚，但與核一廠一樣，目前都無法去除年度魚類漸減的干擾因子，因多年來大環境海域漁獲亦不斷的在減少中，因此在此無法確切釐清大環境海域的影響亦或是核電廠的影響誰較大。

第五節　總結

一、 潛水調查

（一）核一廠

核一廠近八年的優勢種組成並沒有太大的變化，核一廠112年度潛水觀察仍以霓紅雀鯛、天竺鯛、光鰓雀鯛、為主要常見魚類，電廠沿岸海域以礁區魚類之幼魚為構成群聚生態的主要分子。112年度核一廠的魚類數量與往年同期相比屬於較多的水準，但114年驟減屬居中狀態，檢視多年來核一廠實驗站減少的魚類以隆頭魚科最為明顯，但種數變化劇烈，105~108年間種數減少，也有部分常見種數量變少的現象，但實驗與對照測站變化趨勢相同，112~113年魚種數漸增，114年都同步減少，目前實驗與對照站都有相類似的變化趨勢，尤其近2年趨勢幾乎完全相同，整體魚種的增減與部分魚種數量的下滑，與海洋大環境的變動或近年來氣候變化劇烈(強降雨)、汙染(塑膠微粒)或環境賀爾蒙的改變、或是多年來的過度捕撈影響到整體海洋的食物鏈有較密切的關係。至於停機方面的影響，核一廠已進入除役階段，以較穩定的雙停機時間107年起算，統計檢測結果並未顯著，可見目前除役階段與運轉時期的魚類群聚並無顯著改變。

(二) 核二廠

核二廠近五年的優勢種組成並沒有太大的變化，實驗測站以四帶雞魚、天竺鯛、條紋鰺等為主，與核一廠類似，都以礁區魚類之幼魚為構成本廠沿岸群聚生

態的主要分子，不過優勢種類與核一廠並不相同，108年度核二廠實驗站(L3)的魚類數量可能因地形改變(積沙變淺)，使魚類棲地縮減，所以當年度魚種、數量急遽減少，110年度後地形回復往年狀態，魚種數量也逐漸回升，但長期來看仍屬緩慢減少的狀態。對照站(Ctrl)的魚種與尾數增減大致與實驗站呈現一致性。多年來觀察到核二廠海域常有人為放流多種魚類，四帶雞魚可能是目前觀測最受影響的魚類，放流長期對沿岸的礁岩魚類相的影響仍待評估中。檢視多年來核二廠減少的魚類以隆頭魚科與蝴蝶魚科魚類最為明顯，不但有種數減少的情形，也有部分常見種數量變少的現象，雖然目前實驗與對照站都有相同的變化趨勢，但以實驗站減少的較為明顯，整體魚種的減少與部分魚種數量的下滑，與地形改變(實驗站積沙變淺)、海洋大環境的變動或近年來氣候變化劇烈、汙染(塑膠微粒)或環境賀爾蒙的改變、或長期過度捕撈影響到整體海洋的食物鏈等綜合影響下有較密切的關係。至於停機方面，目前累積3年停機(除役)資料，在魚種數、尾數都無差異(ANOVA)，可見溫排水對極沿岸海域(<100m內)礁岩魚類相並未造成顯著影響。

二、 砂泥底棲性及洄游性魚類調查(核二廠)

核二廠108年底以前本試驗以底刺網做為採樣方式，延續共19年的調查資料，以底刺網調查方式主要穩定優勢種為六斑二齒魨與斑海鯰，也是本海域的常見魚類，除此之外其他魚種的變化每年都很劇烈，底刺網捕獲的魚類種類數有逐年略減的趨勢。爾後因新北市政府不同意在核二廠海域施放底刺網進行調查研究，因此109年開始更改為新北市政府建議的船釣方式調查，目前船釣已累積6年資料。

船釣調查的採獲魚種數與底刺網差別不大，但船釣優勢種、種類與過去底刺網並不相同。過去底刺網優勢的斑海鯰、六班二齒魨雖然也在船釣方式採獲，但數量不若底刺網多，以上2種魚類在北台灣市場幾乎無經濟價值，而其他船釣魚種與底刺網捕獲種類差別也較大，由過去的許多文獻與研究了解不同漁法於同一海區所採樣的魚類相會差異很大，因每種漁法都有其優缺點與限制，在本海區也顯現相類似的結果，因此未來的比較以109年後船釣調查為主。

以目前109~114年共6年的船釣資料並未看到停1部、除役對核二廠魚類造成改變。根據數年來的調查以及與當地漁民的訪談，亦了解核二廠海域並非本地漁民的主要漁場，只有在秋、冬季時才會有少數漁民在此核電廠的出水口海域作業(籠具)。過去出水口長堤在電廠除役前是夏季北台灣著名的虱目魚與烏魚釣場，電廠運轉時期出水口長堤每日站滿釣客，不過105年~107年春季期間核二廠機組降載，釣客人數明顯變少，107年夏季運轉後釣客人數又劇增，112年3月正式除役後至今，釣客不但寥寥無幾，甚至趨近於零，詢問釣友，其因為無溫排水後烏魚、虱目魚已不再聚集於出水口處，釣獲率驟降，因此釣客散去，但因本調查(淇水、刺網、船釣)都無法再溫排水口處，其烏魚、虱目魚的捕獲率也極低與零星，

因此無法由本調查的項目中看到除役後的顯著影響。

由長期累積的資料所呈現的結果顯示，無論是透過潛水調查或是底刺網調查，魚類種類數皆有逐漸減少的趨勢。這樣的現象與核電廠的出水口並非主要相關，較可能是因多年的過度捕撈、汙染、環境賀爾蒙、棲地破壞及氣候變遷造成的交互影響所致。

三、撞擊魚類部分

由二十年間的連續變化中可看出，兩電廠物種數和生物量有逐年減少的趨勢。從前五年與近五年的變化皆發現兩電廠皆有 100 多種魚類不再出現，其中包含岩礁區重要的草食性魚類(刺尾鯛科、藍子魚科)、珊瑚礁健康指標性魚類(蝴蝶魚科)、高經濟魚種(鯵科、鮨科、帶魚科)、高階掠食性魚類(鮨科、土魠科)等生態功能非常重要的物種，顯示核二附近海域的生態系極不穩定。許多魚種數和生物量皆有下降，甚至有數科的魚種在近幾年的調查中完全無採獲，各種優勢魚類的生物量也在近年持續下滑，並在近五年幾乎沒有出現大量撞擊的現象。比對各電廠歷年各年度漁業經濟損失金額估算更可發現在 104 年以前兩核電廠常出現超過 50 萬元/年的金額，近期卻常低於 1 萬元/年，種種跡象顯示北部海域的魚類多樣性與資源量皆在減少。魚類減少的原因非常複雜，可能牽涉到非常多影響魚類有效繁殖數量、集體產卵、幼魚發育、成長入添等生活史環節，初步推測資源減少的原因可能因氣候變遷造成降雨減少或暴增、高溫時間延長、水質改變，都有可能影響魚類的生活史與族群量。此外，北部海域也是全台漁船最密集之處，魚類產值高達全台 48%。本區海域過去也是各漁業發達之區域，經過數十年的過度捕撈，也很有可能造成魚類資源減少，尤其魩鱙漁業可能造成幼魚資源大量減少，因而無法順利補充成魚族群數量。以 ANOVA 的分析，核一廠魚尾數 2 部機組都運轉 vs.雙停機(除役)、停一部機組 vs.雙停機(除役)都有顯著差異。核二廠 2 部機組都運轉 vs.雙停機(除役)、停一部機組 vs.雙停機(除役)皆具差別，但 2 部機組都運轉 vs.停一部機組則無顯著差異。

四、 畸形魚之生態調查

歷年來於核二廠堤防內外四個測站點所量測的水溫皆呈現穩定的季節性變化，高水溫(>37℃)大多出現於夏季的 7-9 月，此時，也是主要捕獲最多畸形花身雞魚和大鱗鯵的時候。在核二廠海域活動的 74 魚種中，會發生畸形的種類主要還是以花身雞魚及大鱗鯵為主。105 年度 4 月核電廠停機至 107 年 6 月重啟期間，因出水口的水溫較往年偏低，未超過 37℃。因此該時段花身雞魚和大鱗鯵畸形率明顯較低。然而至 107 年 6 月重啟後，夏季水溫再度超過 37℃，同時也造

成 107 至 108 年的畸形率再度升高，約維持在 2-8%的畸形率。而在 109 年時核二廠出水口的年均溫突破新高且高溫維持時間比過去來得更長(4 個月)，造成 109 年與 110 年畸形率又再度提升至 11-26%。111 年後紀錄水溫較低，在 111 年出水口超過 37℃水溫的月份僅有兩個月；112 年 3 月 14 日核二廠停機之後，該年夏天便不再有超過臨界溫度的紀錄，花身雞魚與大鱗鯵的畸形率偏低。113 及 114 年全年均未發現任何魚類有畸形的狀況，114 年的平均水溫 25.5℃，為 107 年以來最低溫的紀錄。

表 6-1、114 年核一廠海域潛水調查測線之魚類相(TL:全長 (cm); NO:個體數)

科名 / 學名	中文種名	實驗站A(L1)					對照站(草里港Ctrl)				
		114.05.06		114.07.10		**114年**	114.05.06		114.07.10		**114年**
		TL	No.	TL	No.	**Total**	TL	No.	TL	No.	**Total**
Acanthuridae											
Acanthurus dussumieri	杜氏刺尾鯛	4	1			**1**					
Acanthurus xanthopterus	黃鰭刺尾鯛			12~15	3	**3**			6	1	**1**
Apogonidae											
Apogon aureus	黃天竺鯛										
Apogon doederleini	稻氏天竺鯛	1~2	100	1~2	3	**103**			1~2	2	**2**
Apogon nitidus(=A.	褐尾天竺鯛	1~2	20			**20**					
Archamia bleekeri	布氏長鰭天竺鯛	1~2	30			**30**					
Balistidae											
Sufflamen chrysopterum	金鰭鼓氣鱗鮁	2	1			**1**					
Blenniidae											
Petroscirtes breviceps	短頭跳岩魚尉								4	1	**1**
Chaetodontidae											
Chaetodon auripes	耳帶蝴蝶魚			12	1	**1**	6~8	2	4~10	3	**5**
Chaetodon speculum	鏡斑蝴蝶魚								12	1	**1**
Clupidae											
Clupidae *gen*. sp	鯡魚			1~2	100	**100**					
Gobiidae											
Istigobius campbelli	康培氏銜鯊			2~3	5	**5**			6~7	3	**3**
Haemulidae											
Parapristipoma trilineatum	三線雞魚	2~3	20			**20**					
Labridae											
Choerodon azurio	藍豬齒魚	15	1	18	1	**2**					
Choerodon shoenleinii	邵氏豬齒魚						20	1			**1**
Coris dorsomacula	背斑盔魚						10~12	2	5~12	2	**4**
Halichoeres melanochir	黑腕海豬魚	12	1	2~4	2	**3**	10	1	4~5	7	**8**
Halichoeres nebulosus	雲紋海豬魚						4	1	2	1	**2**
Parajul poecilopterus	花鰭海豬魚			1~2	5	**5**			2~5	10	**10**
Pseudolabrus japonicus	日本擬隆頭魚	10	1			**1**	8~10	3	12	1	**4**
Stethojulis terina	斷線紫胸魚	6~8	2	3~6	2	**4**	8~12	4	4~15	16	**20**
Thalassoma lunare	新月錦魚						15	1			**1**
Lethrinidae											
Lethrinus nebulosus	青嘴龍占						10	1			**1**
Lutjanidae											
Lutjanus fulviflamma	火斑笛鯛	2	1			**1**					
Lutjanus monostigma	單斑笛鯛	15	1			**1**					
Lutjanus ophuysenii	奧氏笛鯛	6	1			**1**					
Mullidae											
Parupeneus barberinus	單帶海緋鯉								6	1	**1**
Parupeneus ciliatus	短鬚海緋鯉			12~15	3	**3**					
Parupeneus indicus	印度海緋鯉			3~14	3	**3**			4~5	2	**2**
Upeneus tragula	黑斑緋鯉			3~4	5	**5**					
Muraenidae											
Gymnothorax favagineus	大斑裸胸鯙			30	1	**1**					
Nemipteridae											
Scolopsis vosmeri	白頸赤尾冬	2	1			**1**					
Pinguipedidae											
Parapercis xanthozona	紅帶擬鱸			4	1	**1**					
Pomacentridae											
Abudefduf bengalensis	孟加拉豆娘魚						10~12	6	10~12	6	**12**
Abudefduf vaigiensis	條紋豆娘魚								12	1	**1**
Chromis notatus	斑鰭光鰓雀鯛						10	1			**1**
Neopomacentrus cyanomos	新雀鯛						4	1			**1**
Pomacentrus coelestis	霓虹雀鯛	5	1	1~2	23	**24**	4~6	8	5~6	40	**48**
Stegastes fasciatus	太平洋真雀鯛	10	1			**1**	8~10	8	12~13	13	**21**
Scaridae											
Scaridae	鸚哥魚								4	1	**1**
Scorpaenidae											
Sebastiscus marmoratus	石狗公										
Scorpaenopsis diabolus	駝背石狗公								18	1	**1**
Serranidae											
Cephalopholis boenak	橫紋九刺鮨			12	1	**1**	8~12	2	12	1	**3**
Siganidae											
Siganus fuscescens	褐籃子魚						12	1			**1**
	總計魚尾數		183		159	**342**		43		114	**157**
	種數		16		16	**27**		16		21	**27**
	歧異度(H')		1.47		1.47			2.44		2.25	
	均勻度(J')		0.53		0.53			0.88		0.74	

表 6-2、新北市歷年由漁業署所放流魚類種類與數量表(尾)

	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
四指馬拔	100000		1057710			1098170	1437600
布氏鯧鯵	15000	18500	6750		50000	131000	43800
黑鯛	391917	164200	371686	417931	160493	195000	352305
黃錫鯛	15000	18500	428492			137400	184000
黃鰭鯛	24800	281300	447250	819687			356500
銀紋笛鯛	256084	117000	100000		3900		476984

資料來源:漁業署計畫-111 年度<種苗放流效益評估>(財團法人台灣海洋保育與漁業永續基金會-廠商:海洋大學)

表 6-3、核一廠附近海域 102~114 年每年度實驗站(L1)與對照站(Ctrl)之前五名優勢科

	102年	102年	103年	103年	104年	104年	105年	105年	106年	106年	107年	107年	108年	108年	109年	109年	110年	110年	111年	111年	112年	112年	113年	113年	114年	114年
	L1	Ctrl	L1	Ctrl	L1	Ctrl	L1	Ctrl	L1	Ctrl	L1	Ctrl	L1	Ctrl	L1	Ctrl	L1	Ctrl	L1	Ctrl	L1	Ctrl	L1	Ctrl	L1	Ctrl
隆頭魚科 (Labridae)	4	8	3	7	7	9	6	6	3	9	3	6	5	8	8	10	4	9	8	10	6	8	10	13	5	8
雀鯛科 (Pomacentridae)	4	7	5	10	5	8	4	6	1	6	5	7	4	5	6	8	4	6	8	9	9	8	7	8	2	6
魚尉科 (Blenniidae)	1	1	--	1	1	2	--	--	--	3	1	--	--	2	1	3	1	1	1	3	1	3	1	3	0	1
蝶魚科 (Chaetodontidae)	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	--	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	2
蝦虎科 (Gobiidae)	--	1	2	1	1	1	2	1	1	1	--	--	1	1	2	2	1	--	3	3	3	3	2	1	0	1
天竺鯛科 (Apogoniidae)	--	1	4	4	2	3	3	2	--	1	3	3	1	1	2	4	4	1	4	4	2	3	4	5	3	1
鬚鯛科 (Mllidae)	2	1	3	1	1	1	3	1	--	--	2	--	3	1	1	--	1	1	2	2	3	3	3	1	3	1
刺尾鯛科 (Acanthuridae)	2	3	1	2	3	3	1	1	--	1	2	1	2	--	3	1	1	1	2	2	2	3	3	1	2	1
笛鯛科 (Lutjanidae)	2	3	1	1	1	2	4	2	--	1	3	3	1	1	3	1	1	--	3	1	3	1	4	3	3	--
鮨科 (Serranidae)	2	3	--	1	2	5	2	2	--	2	1	2	1	1	1	2	1	--	1	1	3	4	2	6	1	1
舵魚科 (Kyphosidae)	1	--	1	--	1	--	--	--	--	--	2	--	--	--	1	--	--	--	1	--	--	--	--	--	--	--
石鱸科 (Haemulidae)	--	--	1	--	--	--	--	--	--	--	1	1	--	--	--	1	--	--	--	--	--	--	--	--	1	--
魚參科 (Carangidae)	--	--	--	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
總計魚尾數	1132	1483	270	710	586	553	582	1483	31	153	300	444	591	850	839	1393	557	383	396	797	760	1292	1412	1032	342	157
種數	24	35	27	35	28	40	33	31	9	27	28	27	22	25	32	39	21	24	40	42	41	45	47	52	27	27

表 6-4、114 年核二廠出水口的二個調查線(實驗站、對照站)調查到之魚類相(TL: 全長(cm); No:個數) (1/2)續

			實驗測站A(L3)									對照站(Ctrl)								
科名 / 學名			114.03.26		114.06.03		114.08.06		114.10.02		114年	114.03.26		114.06.03		114.08.06		114.10.02		114年
			TL	No.	TL	No.	TL	No.	TL	No.	Total	TL	No.	TL	No.	TL	No.	TL	No.	Total
Acanthuridae																				
Acanthurus dussumieri 杜氏刺尾鯛	中下					4	1			**1**								20	1	**1**
Acanthurus xanthopterus 黃鰭刺尾鯛	中下							20	1	**1**								15~18	2	**2**
Prionurus scalprus 鋸尾鯛	中下			6	1					**1**						8	5			**5**
Apogonidae																				
Apogon cookii 庫氏天竺鯛	中下															5~6	18			**18**
Apogon doederleini 稻氏天竺鯛	中下			3~4	16					**16**				3~4	25	2~6	50	8	1	**76**
Apogon moluccensis 摩鹿加天竺鯛				3~4	23					**23**						5~6	2			**2**
Apogon holotaenia 褐尾天竺鯛	中下															5~6	31	6~7	13	**44**
Archamia bleekeri 布氏長鰭天竺鯛	中下			4~5	5	5~6	10			**15**										
Atherinidae																				
Hypoatherina woodwardi 伍氏下銀漢魚	表																	2	200	**200**
Blenniidae																				
Petroscirtes breviceps 短頭跳岩魚尉	底			4~5	2					**2**						8	1			**1**
Callionymidae																				
Dactylopus dactylopus 指鰭鼸																		10	1	**1**
Carangidae																				
Selaroides leptolepis 細魚參	中上							10~12	2	**2**										
Chaetodontidae																				
Chaetodon adiergastos *烏頂蝴蝶魚*																		8	1	**1**
Chaetodon auriga 揚旗蝴蝶魚	中下					5	1			**1**										
Chaetodon auripes 耳帶蝴蝶魚	中下					6	1	12	1	**2**						5~8	10	5	1	**11**
Chaetodon vagabundus 飄浮蝴蝶魚	中下																	4	1	**1**
Chaetodon wiebeli 魏氏蝴蝶魚	中下															6~7	2			**2**
Heniochus acuminatus 白吻雙帶立旗鯛	中下			3	1					**1**						6	1			**1**
Cheilodactylidae																				
Cheilodactylus zonatus 花尾帶魚翁	中下			10	1					**1**										
Diodontidae																				
Diodon holocanthus 六斑二齒鈍	中下	15~18	2	12	1			12~18	4	**7**	13~15	2				13~15	19	13~15	7	**28**
Gerreidae																				
Gerreidae gen sp. 鑽嘴魚								8~10	4	**4**								6~10	5	**5**
Gobiidae																				
Istigobius campbelli 康培氏銜蝦虎	底					4	1	7~9	10	**11**						4~6	3	4~8	2	**5**
Amblyeleotris sp. 蝦虎魚	底			3	1					**1**										
Haemulidae																				
2 *Parapristipoma trilineatum* 三線雞魚	中			2~3	20					**20**										
Plectorhinchus pictum 細鱗石鱸	中下															20	1	18	1	**2**
Pomadasys quadrilineatus 四帶雞魚	中下			4~6	600	8	1	10~12	250	**851**						10	1			**1**
Kyphosidae																				
Girella mezina 黃帶瓜子鰶	中															18	1			**1**
Microcanthus strigatus 柴魚	中下			4~5	6	6	1			**7**						8~9	3			**3**
Labridae																				
Choerodon schoenleinii *邵氏豬齒魚*								6~15	3	**3**								2	2	**2**
Coris dorsomacula 背斑盔魚	中下	5	1	10~12	3	4~8	2	12~20	2	**8**	5~10	2				6~8	4	8~12	4	**10**
Halichoeres scapularis 頭帶海豬魚	中下															6	1			**1**
Halichoeres poecilopterus 花鰭海豬魚	中下					4	1	10	1	**2**						2	2	4~5	2	**4**
Labroides dimidiatus 裂唇魚	中下																	4~6	2	**2**
Pseudolabrus eoethinus 日本擬隆頭魚	中下																	4~10	2	**2**
Stethojulis terina 斷紋紫胸魚	中下	6~10	35	6~8	2	2	5	4~8	3	**45**	6~8	2				4~6	11	6~12	6	**19**
Lethrinidae																				
Lethrinus genivittatu 絲棘龍占	中下			3	1			10	1	**2**						12	1			**1**
Lethrinus ornatus 黃帶龍占魚								10~12	4	**4**								5	1	**1**
Lutjanidae																				
Lutjanus decussatus 交叉笛鯛	中下			3	1					**1**										
Lutjanus fulviflamma 火斑笛鯛	中下	8	1			2	1	12~15	8	**10**	10	1				4~12	3	4~6	3	**7**
Lutjanus fulvus 黃足笛鯛	中下							10	1	**1**								10	1	**1**
Lutjanus monostigma 單斑笛鯛	中下			15~18	2	25	1			**3**										
Lutjanus ophuysenii 奧氏笛鯛								8	1	**1**								10~12	4	**4**
Lutjanus quiquelineatus 五線笛鯛	中下			5	1					**1**										
Lutjanus russellii 黑星笛鯛	中下																	13~15	3	**3**
Lutjanus stellatus 白星笛鯛	中下			4~5	5					**5**										
Ptereleotridae																				
Ptereleotris evides 黑尾凹尾塘鱧	中下																	4~5	3	**3**
Ptereleotris hanae 絲尾鰭塘鯉	中下															1~2	20			**20**
Mugilidae																				
Liza sp. 鯔						18~20	12			**12**										
Mullidae																				
Parupeneus ciliatus 短鬚海緋鯉	中下															15~18	3			**3**
Parupeneus indicus 印度海緋鯉	中下			4~5	5	6~8	8	12~15	3	**16**				4~5	2	5~6	5	10~12	5	**12**
Upeneus tragula 黑斑緋鯉	中下							10~12	5	**5**						4~	11	10~12	2	**13**
Nemipteridae																				
Scolopsis vosmeri 白頭赤尾冬	中下							12	1	**1**										
Pempheridae																				
Pempheris oualensis 烏伊蘭擬金眼鯛	中下																	10	1	**1**
Plotosidae																				
Plotosus lineatus 鰻鯰	中下	18~20	20							**20**										

表 6-4、114 年核二廠出水口的二個調查線(實驗站、對照站)調查到之魚類相(TL: 全長(cm); No:個數) (2/2)

		實驗測站A(L3)									對照站(Ctrl)								
科名 / 學名		114.03.26		114.06.03		114.08.06		114.10.02		**114年**	114.03.26		114.06.03		114.08.06		114.10.02		**114年**
		TL	No.	TL	No.	TL	No.	TL	No.	**Total**	TL	No.	TL	No.	TL	No.	TL	No.	**Total**
Pomacentridae																			
Abudefduf bengalensis 孟加拉豆娘魚	中上	6~8	2	10~15	6	6~10	3	6~8	8	**19**	8~10	2	10	1	10~12	2			**5**
Abudefduf sexfasciatus 六線豆娘魚	中上	8	1					4~6	5	**6**	8	1					6~7	30	**31**
Abudefduf sordidus 梭地豆娘魚	中上					5~12	4			**4**									
Abudefduf vaigiensis 條紋豆娘魚	中上					8~9	2	6~8	18	**20**	6~8	20			8~10	9			**29**
Chrysiptera sp. 刻齒雀鯛								6~8	2	**2**					4~5	2	4~5	7	**9**
Neopomacentrus cyanomus 藍黑新雀鯛	中下					4	1			**1**									
Pomacentrus coelestis 霓虹雀鯛	中下														5~6	13	5~6	13	**26**
Stegastes altus 羽高身雀鯛	中下							12	1	**1**	8	1			8	1	10~12	2	**4**
Scaridae																			
Scarus spp. 鸚哥魚幼魚	中下							8~10	25	**25**							8~10	6	
Scorpaenidae																			
Dendrochirus zebra 斑馬紋多臂鮋	底																4	1	**1**
Serranidae																			
Epinephelus quoyanus 玳瑁石斑	中下																10~18	2	**2**
Siganidae																			
Siganus fuscescens 褐籃子魚	中下			2~18	9					**9**	6~8	8	3~4	5	8	1			**14**
Siganus guttatus 點籃子魚	中下										22~25	3							**3**
Sparidae																			
Rhabdosargus sarba 平鯛	中下							18	1	**1**									
Sphyraenidae																			
Sphyraena spp. 金梭魚				6~8	30	12~13	150	15~18	100	**280**							8~10	10	**10**
Sphyraena barracuda 巴拉金梭魚																	80~90	4	**4**
Synodontidae																			
花狗母															15	1			**1**
魚種數			**7**		**23**		**19**		27	**48**		**10**		**4**		**32**		**37**	**54**
魚尾數			**62**		**742**		**206**		465	**1475**		**42**		**33**		**238**		**352**	**659**
歧異度(H')			1.11		0.96		1.25		1.68			1.70		0.77		2.78		2.01	
均勻度(J')			0.57		0.31		0.42		0.51			0.74		0.56		0.8		0.56	

表 6-5、114 年核二廠二個調查線(白米甕 L2、出水口右堤 L4)的調查魚類相(TL: 全長 (cm); No:個體數) (1/2)續

科名 / 學名		白米甕(L2)									出水口右堤(L4)								
		114.03.27		114.06.03		114.08.06		114.10.14		**114年**	114.03.27		114.06.03		114.08.06		114.10.14		**114年**
		TL	No.	TL	No.	TL	No.	TL	No.	**Total**	TL	No.	TL	No.	TL	No.	TL	No.	**Total**
Acanthuridae																			
Acanthurus dussumieri 杜氏刺尾鯛	中下					20~23	2			**2**									
Acanthurus xanthopterus 黃鰭刺尾鯛	中下																10	1	**1**
Prionurus scalprus 鋸尾鯛	中下					35	1	20~25	4	**5**					15~16	2	12~15	3	**5**
Apogonidae																			
Apogon doederleini 稻氏天竺鯛	中下					4~6	8			**8**			2~3	20	1~2	8			**28**
Apogon fleurieu 黃身天竺鯛	中下					2~8	50			**50**									
Balistidae																			
Balistoides conspicillum *花斑擬鱗魨*	中下							32	1	**1**									
Balistoides viridescens 褐擬鱗魨	中下																		
Sufflamen chrysopterum 金鰭鼓氣鱗魨						18	1	25	1	**2**									
Carangidae																			
Scomberoides spp 逆勾魚參	表	50	1							**1**									
Chaetodontidae																			
Chaetodon auripes 耳帶蝴蝶魚	中下	10~12	2	12~18	6	5	3	8~15	7	**18**									
Coradion altivelis 褐帶少女魚	中下			12~15	2	10~12	3			**5**									
Heniochus 三帶立旗鯛	中下																		
Heniochus acuminatus 白吻雙帶立旗鯛	中下	10~13	7			12~13	18	12~13	30	**55**									
Cheilodactylidae																			
Cheilodactylus zonatus 花尾帶魚翁	中下			15	1					**1**							25	1	**1**
Diodontidae																			
Diodon holocanthus 六斑二齒魨	中下	13~15	3	13~15	2	13~15	5	15~18	5	**15**					13~15	3	15~18	2	**5**
Ephippidae																			
Platax orbicularis 圓眼燕魚	中下																		
Platax teira 尖翅燕魚	中下	20	1							**1**									
Gerreidae																			
Gerreidae gen sp. 鑽嘴魚																2	6~8	2	**4**
Gobiidae																			
Istigobius campbelli 康培氏銜蝦虎	底														6	1	6	1	**2**
Haemulidae																			
Parapristipoma trilineatum 三線雞魚	中	15~16	25	18~22	80	20~25	100	18~25	80	**285**									
Pomadasys quadrilineatus 四帶雞魚	中下														8~10	5	10~12	8	**13**
Kyphosidae																			
Girella punctata 瓜子鰶	中										8~10	5	10	1			15	1	**7**
Kyphosus bigibbus 南方舵魚																	35	1	**1**
Kyphosus cinerascens 天竺舵魚	中										12~15	4							**4**
Microcanthus strigatus 柴魚	中下														8~		8	1	**1**
Labridae																			
Bodianus diana 對斑狐鯛	中下							6	1	**1**									
Cheilinus chlorourus 綠尾唇魚	中下			13	1					**1**									
Choerodon azurio 藍豬齒魚	中下					30	1			**1**									
Choerodon schoenleinii 邵氏豬齒魚																	8	1	**1**
Coris dorsomacula 背斑盔魚	中下														5	1	10~12	3	**4**
Halichoeres melanochir 黑腕海豬魚	中下					10~11	2			**2**									
Halichoeres miniatus 小海豬魚						4	1			**1**									
Halichoeres poecilopterus 花鰭海豬魚	中下														12~13	2	10	1	**3**
Labroides dimidiatus 裂唇魚	中下	6~8	2	2~8	4	2~10	5	4~6	4	**15**									
Pseudolabrus eoethinus 日本擬隆頭魚	中下			15	1	10	1	18	1	**3**									
Pteragogus enneacantus 九棘高體盔魚	中下			10~15	2			15~18	2	**4**									
Stethojulis terina 斷紋紫胸魚	中下					4~12	11	6~8	10	**21**					4~6	3	6~10	2	**5**
Thalassoma lunare 新月錦魚	中下	13~15	6	6~12	9	5~20	5	6~18	28	**48**									
Thalassoma lutescens 黃衣錦魚	中下					4~13	3	6~10	9	**12**									
Leiognathidae																			
Secutor spp 魚畐	中							5~6	50	**50**									
Lutjanidae																			
Caesio caerulaurea 烏尾鮗								15~20	4	**4**									
Lutjanus fulviflamma 火斑笛鯛	中下										6~8	4	6~8	2	12	1	5~10	5	**12**
Lutjanus monostigma 單斑笛鯛	中下			22~25	7			30	1	**8**									
Lutjanus ophuysenii 奧氏笛鯛															12~15	2	8	1	**3**
Lutjanus russellii 黑星笛鯛	中下																10	1	**1**
Lutjanus vitta 縱帶笛鯛	中下							10~12	3	**3**									
Pterocaesio diagramma 雙帶烏尾冬	中上	18~20	50	10~15	15	20~25	100	18~25	80	**245**									
Monacanthidae																			
Stephanolepis cirrhifer 冠鱗單棘魨	中下			15~18	2	15	1			**3**									
Mugilidae																			
Mugil cephalus 鯔	中下										18~20	8							**8**
Mullidae																			
Parupeneus indicus 印度海緋鯉	中下					25	1	18~20	2	**3**					4	1	6~12	11	**12**
Parupeneus multifasciatus 多帶海緋鯉	中下							16	1	**1**									
Upeneus tragula 黑斑緋鯉	中下														4~5	3	6~8	3	**6**
Nemipteridae																			
Scolopsis affinis 烏面眶棘鱲	中下							18	1	**1**									
Scolopsis vosmeri 白頭赤尾冬	中下			10~13	7	5	8	15~20	8	**23**									
Oplegnathidae																			
Oplegnathus punctatus 斑石鯛	中下			12	1					**1**					20~21	3			**3**
Ostraciidae																			
Ostracion cubicus 粒突箱魨	中下							30	1	**1**									

表 6-5、114 年核二廠二個調查線(白米甕 L2、出水口右堤 L4)的調查魚類相(TL: 全長 (cm); No:個體數) (2/2)

科名 / 學名		白米甕(L2)									出水口右堤(L4)								
		114.03.27		114.06.03		114.08.06		114.10.14		**114年**	114.03.27		114.06.03		114.08.06		114.10.14		**114年**
		TL	No.	TL	No.	TL	No.	TL	No.	**Total**	TL	No.	TL	No.	TL	No.	TL	No.	**Total**
Pempheridae																			
Pempheris oualensis 烏伊蘭擬金眼鯛	中下	13~15	10	18~20	10	12~13	50	10~12	10	**80**									
Pinguipedidae																			
Parapercis xanthozona 紅帶擬鱸	底							22	1	**1**									
Pomacentridae																			
Abudefduf bengalensis 孟加拉豆娘魚	中上	13~15	6	10~12	5	10~12	6	10~12	5	**22**	6~10	15	6~10	20	8	1	5~12	19	**55**
Abudefduf sexfasciatus 六線豆娘魚	中上																9~8	10	**10**
Abudefduf sordidus 梭地豆娘魚	中上					10~12	5			**5**							15~18	3	**3**
Abudefduf vaigiensis 條紋豆娘魚	中上					8~12	5			**5**					56~	4	5~8	100	**104**
Amphiprion clarkii 克氏海葵魚	中下																		
Chromis fumeus 燕尾光鰓雀鯛	中上	6~8	48	8~10	30	8~10	120	8~12	80	**278**									
Chromis notatus 斑鰭光鰓雀鯛	中上	12~15	30	12~15	10					**40**									
Chromis cinerascens 灰光鰓雀鯛	中上							4~5	6	**6**									
Neopomacentrus cyanomus 藍黑新雀鯛	中下	6~8	170	5~8	50	2~10	200	4~6	200	**620**									
Pomacentrus coelestis 寬紅雀鯛	中下	4~5	30	2~6	19	56~6	70	5~6	30	**149**					5	1			**1**
Stegastes fasciatus 太平洋高身雀鯛	中下	10~11	9	8~10	3	8~10	4	12~15	2	**18**									
Scaridae																			
Scarus forsteni 福氏鸚哥魚	中下							8~10	2	**2**									
Scarus ghobban 藍點鸚哥魚	中下			35	1			12~15	8	**9**							10	1	**1**
Scarus spp. 鸚哥魚幼魚	中下							8~10	20	**20**							8~10	13	**13**
Scorpaenidae																			
Dendrochirus zebra 斑馬紋多臂簑	底					18	1			**1**									
Serranidae																			
Cephalopholis boenak 橫紋九刺鮨	中下	8~15	6	10~12	20	10~20	19	8~22	21	**66**									
Diploprion bifasciatum 雙帶鱸	中下					15~18	3	12~16	2	**5**									
Epinephelus quoyanus 玳瑁石斑	中下			15~30	2	15	1	10~18	2	**5**									
Siganidae																			
Siganus fuscescens 褐籃子魚	中下	11~12	11			20	1	22~25	4	**16**	6~8	6			20	1	10~18	4	**11**
魚種數			18		25		35		39	**56**		6		4		18		26	**31**
魚尾數			417		290		815		727	**2249**		42		43		44		199	**328**
歧異度(H')			2.05		2.45		2.43		2.6			1.66		0.94		2.67		2.04	
均勻度(J')			0.71		0.76		0.68		0.71			0.93		0.68		0.92		0.63	

表 6-6、90~114 年度核二廠附近海域潛水目視調查的優勢魚科排名

科名	90年度		91年度		92年度		93年度		94年度		95年度		96年度		97年度		98年度		99年度		100年度		101年度	
	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl
Labridae 隆頭魚科	7	9	9	19	9	17	7	10	3	11	4	10	5	6	5	8	4	10	6	12	4	12	1	6
Pomacentridae 雀鯛科	7	7	7	9	6	9	7	7	3	7	6	8	8	10	5	6	7	10	7	8	6	8	1	4
Apogonidae 天竺鯛科	5	4	4	6	3	6	7	4	3	4	6	4	5	5	5	5	5	3	5	4	4	3	2	3
Chaetodontidae 蝴蝶魚科	4	6	3	7	3	7	2	3	1	2	1	3	2	2	3	2	--	2	2	5	1	3	--	2
Haemulidae 石鱸科	3	1	2	6	5	4	4	3	4	4	3	4	3	5	4	4	2	3	3	2	6	4	2	2
Lutjanidae 笛鯛科	4	4	6	6	6	2	5	4	4	5	5	3	4	3	5	3	2	2	7	4	4	1	1	3
Mullidae 海鯡鯉科	2	3	4	7	5	6	3	4	2	5	3	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	4	--	3
Acathuridae 刺尾鯛科	1	3	3	3	3	3	1	5	2	3	1	3	2	3	3	4	2	3	4	4	1	1	--	--
Carangidae 魚參科	3	--	1	2	2	2	2	1	1	3	2	2	1	2	1	1	1	1	2	3	1	1	2	1

科名	102年度		103年度		104年度		105年度		106年度		107年度		108年度		109年度		110年度		111年度		112年度		113年度		114年度	
	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl	L3	Ctrl
Labridae 隆頭魚科	4	8	2	11	2	7	10	10	4	5	4	3	2	5	5	10	2	4	5	8	9	7	5	8	4	7
Pomacentridae 雀鯛科	8	9	5	8	5	8	7	10	5	6	4	5	4	6	6	7	6	8	8	8	7	7	4	6	7	6
Apogonidae 天竺鯛科	3	8	4	5	2	3	3	2	3	2	4	3	1	5	2	6	2	4	5	4	4	3	3	5	3	4
Chaetodontidae 蝴蝶魚科	2	3	2	3	1	1	2	3	2	2	1	3	--	3	2	2	1	1	3	4	2	1	2	4	3	5
Haemulidae 石鱸科	3	3	5	2	2	1	2	4	3	2	3	3	2	3	3	3	1	2	6	3	2	1	2	2	2	2
Lutjanidae 笛鯛科	10	10	5	5	5	4	5	4	5	2	4	4	6	4	5	5	6	4	4	5	4	5	8	6	7	6
Mullidae 海鯡鯉科	2	3	3	4	3	2	3	3	2	3	4	3	--	3	1	3	1	2	2	4	3	3	2	2	2	3
Acathuridae 刺尾鯛科	2	2	3	3	1	3	1	3	--	3	1	2	--	2	--	4	2	2	--	3	1	3	1	2	3	3
Carangidae 魚參科	2	1	2	1	2	1	1	--	1	1	--	1	1	1	1	1	1	--	--	--	--	--	--	--	1	--
總魚種	49	67	47	67	34	45	52	60	40	45	39	41	26	45	36	59	32	40	53	63	50	52	39	51	48	54
總尾數	3531	3434	9757	1120	####	569	10722	1204	1671	1474	1246	1395	3331	3574	3984	1204	1169	1444	2429	1365	704	1080	273	908	1475	659

表 6-7、核二廠出水口 114 年度以船釣方式所捕獲之魚種.(L: 全長, W: 總重量與 N: 尾數(公分 x 克)) (1/2) 續

		114.03.21						114.05.02						114.07.09						114.10.03						114年Total	
		內	內	內	外	外	外	內	內	內	外	外	外	內	內	內	外	外	外	內	內	內	外	外	外		
科名	棲地	L	W	N	L	W	N	L	W	N	L	W	N	L	W	N	L	W	N	L	W	N	L	W	N	W	N
Apogonidae																											
Ostorhinchus fleurieu 斑柄鸚天竺鯛	礁										10~11	510	4	10~11	140	3				9~10	135	3				785	10
Ariidae																											
Arius maculatus 斑海鯰	沙	26~31	1330	5																						1330	5
Balistidae																											
Balistoides conspicillum 花斑擬鱗魨	礁																			28	780	1				780	1
Chaetodontidae																											
Heniochus acuminatus 白吻雙帶立旗鯛	礁													14	140	1										140	1
Diodontidae																											
Diodon holocanthus 六斑二齒魨	礁										13	170	1													170	1
Echeneidae																											
Echeneis naucrates 長印魚	表																28	100	1							100	1
Haemulidae																											
Parapristipoma trilineatum 三線雜魚	礁										18~21	820	8	22~25	2630	18				15~27	860	7				4310	33
Kyphosidae																											
Microcanthus strigatus 柴魚	礁													15	140	1										140	1
Labridae																											
Bodianus mesothorax 中胸狐鯛	礁																						21	160	1	160	1
Choerodon azurio 寒鯛	礁				14~30	720	3	27	510	1							24	205	1							1435	5
Pteragogus aurigariu 長鰭鸚鯛	礁										8	45	1										11	50	1	95	2
Pseudolabrus eoethinus 日本擬隆頭魚	礁				18~22	250	2										15~16	175	2				20	100	1	525	5
Thalassoma jansenii 詹氏錦魚	礁																						22	90	1	90	1
Thalassoma lunare 新月錦魚	礁							20	90	1							23	105	1				22	85	1	280	3
Thalassoma lutescens 胸斑錦魚	礁				23	130	1	25	190	1																320	2
Lutjanidae																											
Lutjanus lutjanus 正笛鯛	礁										12	50	1	14~15	140	2										190	3
Lutjanus quinquelineatus 五線笛鯛	礁																			10~15	255	5				255	5
Lutjanus stellatus 白星笛鯛	礁																25	260	1				25	320	1	580	2
Lutjanus vitta 縱帶笛鯛	礁				19	75	1													10~18	100	2				175	3
Pterocaesio digramma 雙帶鱗鰭烏尾鮗	中層				22~23	430	2							20	110	1	26	200	1							740	4
Monacanthidae																											
Stephanolepis cirrhifer 冠鱗單棘魨	礁																						21~23	350	2	350	2
Mullidae																											
Parupeneus multifasciatus 多帶海緋鯉	礁																23	155	1							155	1
Nemipteridae																											
Scolopsis vosmeri 白頸赤尾冬	礁				19	140	1				15~18	370	3				18	160	1				20~22	780	5	1450	10
Pomacentridae																											
Abudefduf sexfasciatus 六線豆娘魚	礁										11~16	530	6													530	6
Chromis cinerascens 灰光鰓雀鯛	礁																10~11	100	2							100	2
Chromis fumeus 燕尾光鰓雀鯛	礁													10	45	1										45	1
Neopomacentrus cyanomos 藍黑新雀鯛	礁							40	1					10~11	75	2				10~11	75	2				151	4
Stegastes fasciolatus 藍紋高身雀鯛	礁										12	130	1													130	1

表 6-7. 核二廠出水口 114 年 1 月~12 月以船釣方式所捕獲之魚種.(L: 全長, W: 總重量與 N: 尾數(公分 x 克)) (2/2)

		114.03.21						114.05.02						114.07.09						114.10.03						114年Total	
		內	內	內	外	外	外	內	內	內	外	外	外	內	內	內	外	外	外	內	內	內	外	外	外		
科名	棲性	L	W	N	L	W	N	L	W	N	L	W	N	L	W	N	L	W	N	L	W	N	L	W	N	W	N
Serranidae																											
Cephalopholis boenak 橫紋九刺鮨	礁	10	55	1	12~20	320	3	9~22	450	6	8~20	1630	32	9~22	840	13	9~20	2250	32	8~19	145	3	12~22	820	10	6510	100
尾數				6			13			9			57			42			43			23			23		216
種數				2			7			4			9			9			10			7			9		29
重量			1385			2065			1241			4255			4260			3710			2350			2755		22021	
歧異度(H')				0.45			1.84			1			1.46			1.56			1.12			1.79			1.7		
均勻度(J')				0.65			0.95			0.72			0.67			0.71			0.49			0.92			0.8		

表 6-8. 核二廠 109~114 年以船釣方式所捕獲之魚類棲性比較表(魚種數)

	砂泥底棲		中表水層		礁岩棲性	
年度/魚種數	內	外	內	外	內	外
109年	2	3	4	2	14	1
110年	2	3	0	1	13	18
111年	1	2	1	1	10	14
112年	2	1	1	1	12	12
113年	1	0	1	1	16	18
114年	1	0	1	2	14	20

表 6-9、114 年度於核一、二廠進水口撞擊方式所採樣之魚種組成(尾數)

		核電廠	N1			N2												
Family	*Species*	中名/ 月別	1月	8月	Total	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	Total
Acanthuridae	*Prionurus scalprum*	鋸尾鯛					1											1
Atherinidae	*Hypoatherina woodwardi*	伍氏下銀漢魚					8					3	3				2	16
Chaetodontidae	*Chaetodon auripes*	耳帶蝴蝶魚					1											1
Diodontidae	*Diodon holocanthus*	六斑二齒魨	5		5	1	1	9	3	1	2			2		1		20
Kyphosidae	*Microcanthus strigatus*	柴魚											1		1			2
Labridae	*Thalassoma lunare*	新月錦魚										1						1
Lutjanidae	*Lutjanus fulviflammus*	火斑笛鯛	1	1	2										1			1
Monacanthidae	*Aluterus monoceros*	單角革單棘魨										1						1
Mugilidae	*Liza macrolepis*	大鱗鯔								1						1		2
	Mugil cephalus	鯔				1												1
Nemipteridae	*Scolopsis vosmeri*	伏氏眶棘鱗		1	1													
Pempheridae	*Pempheris oualensis*	烏伊蘭擬金眼鯛									2							2
Pomacentridae	*Abudefduf bengalensis*	孟加拉豆娘魚		1	1										4		5	9
	Abudefduf sexfasciatus	六線豆娘魚		2	2											1		1
	Abudefduf sordidus	梭地豆娘魚												1				1
	Abudefduf vaigiensis	條紋豆娘魚		1	1	3	2	3		2			2			1		13
	Pomacentrus coelestis	霓虹雀鯛									1							1
Siganidae	*Siganus fuscescens*	褐籃子魚	4		4	2		2		1			1			1		7
總計		尾數	10	6	16	7	13	14	3	5	5	5	7	3	6	5	7	80
		種數	3	5	7	4	5	3	1	4	3	3	4	2	3	5	2	17
		歧異度(H')	0.94	1.56		1.28	1.18	0.89	0.00	1.33	1.05	0.95	1.28	0.64	0.87	1.61	0.60	
		均勻度(J')	0.86	0.97		0.92	0.73	0.81	-	0.96	0.96	0.86	0.92	0.92	0.79	1.00	0.86	

表 6-10、114 年度於核一、二廠進水口撞擊方式所所採樣之魚種重量(gw)

		核電廠	N1			N2												
Family	*Species*	中名/ 月別	1月	8月	Total	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	Total
Acanthuridae	*Prionurus scalprum*	鋸尾鯛					400											400
Atherinidae	*Hypoatherina woodwardi*	伍氏下銀漢魚					55					31	35				25	146
Chaetodontidae	*Chaetodon auripes*	耳帶蝴蝶魚					45											45
Diodontidae	*Diodon holocanthus*	六斑二齒魨	580		580	110	120	1150	340	120	225			210		110		2385
Kyphosidae	*Microcanthus strigatus*	柴魚											35		45			80
Labridae	*Thalassoma lunare*	新月錦魚										30						30
Lutjanidae	*Lutjanus fulviflammus*	火斑笛鯛	20	25	45										30			30
Monacanthidae	*Aluterus monoceros*	單角革單棘魨										50						50
Mugilidae	*Liza macrolepis*	大鱗鯔								30						55		85
	Mugil cephalus	鯔				350												350
Nemipteridae	*Scolopsis vosmeri*	伏氏眶棘鱸		15	15													
Pempheridae	*Pempheris oualensis*	烏伊蘭擬金眼鯛									25							25
Pomacentridae	*Abudefduf bengalensis*	孟加拉豆娘魚		30	30										130		85	215
	Abudefduf sexfasciatus	六線豆娘魚		31	31											25		25
	Abudefduf sordidus	梭地豆娘魚												45				45
	Abudefduf vaigiensis	條紋豆娘魚		19	19	38	30	85		60			90			20		323
	Pomacentrus coelestis	霓虹雀鯛									10							10
Siganidae	*Siganus fuscescens*	褐籃子魚	52		52	29		70		55			35			30		219
總計		重量	652	120	772	527	650	1305	340	265	260	111	195	255	205	240	110	4463
		種數	3	5	7	4	5	3	1	4	3	3	4	2	3	5	2	17

表 6-11、89 年至 114 年每月每測站的水溫(℃)測值原始資料 (1/3)續。黑框為水溫超過 37℃之測值，斜線為該年入夏後首次發現畸形魚苗之月份測站。

測站	89/1	89/2	89/3	89/4	89/5	89/6	89/7	89/8	89/9	89/10	89/11	89/12
st.2	27.5	24.2	27.3	23.7	30.4	**39.2**	**37.9**	**37.9**	34.3	31.4	25.1	25.6
st.7	28.8	25.5	26.2	25.5	34.6	**41.1**	**39.1**	**37.1**	36.8	33.9	31.8	32.0
st.9	27.0	18.4	18.9	21.5	30.0	**40.0**	**37.8**	35.9	36.5	29.5	29.2	26.6
st.10	14.0	14.9	18.7	20.1	25.7	31.3	33.6	32.4	29.8	26.3	19.6	20.3
測站	**90/01**	**90/02**	**90/03**	**90/4**	**90/5**	**90/6**	**90/7**	**90/8**	**90/9**	**90/10**	**90/11**	**90/12**
st.2	20.4	25.8	25.6	24.3	27.7	**39.8**	36.9	35.7	34.5	26.0	22.2	28.3
st.7	22.2	28.2	28.8	30.9	36.1	**39.9**	**38.6**	**39.6**	**38.0**	30.0	33.8	29.6
st.9	26.0	22.4	30.3	24.4	26.9	**39.1**	**37.1**	**37.7**	29.5	25.0	17.3	27.0
st.10	23.4	20.7	19.4	24.8	23.9	34.2	33.7	35.3	26.0	23.0	21.2	17.1
測站	**91/01**	**91/02**	**91/03**	**91/04**	**91/05**	**91/06**	**91/07**	**91/08**	**91/09**	**91/10**	**91/11**	**91/12**
st.2	21.2	27.4	34.0	**37.0**	36.1	**39.0**	36.8	**38.4**	**37.7**	25.5	25.1	21.3
st.7	29.3	29.5	34.9	29.0	**37.1**	**39.0**	**38.1**	**38.9**	**39.1**	33.4	28.4	22.2
st.9	23.6	27.3	25.8	36.0	27.2	**39.0**	35.0	**38.2**	**37.1**	34.5	17.7	19.1
st.10	15.5	19.2	33.3	**37.0**	35.3	32.1	28.8	32.0	31.3	23.9	17.5	18.9
測站	**92/1**	**92/2**	**92/3**	**92/4**	**92/5**	**92/6**	**92/7**	**92/8**	**92/9**	**92/10**	**92/11**	**92/12**
st.2	27.5	22.8	23.5	30.3	35.8	35.9	35.7	31.8	30.1	27.0	25.0	28.5
st.7	28.5	29.0	28.4	34.0	36.8	36.9	**39.6**	**39.9**	**38.7**	32.0	32.5	29.0
st.9	26.7	23.5	27.3	26.1	27.9	28.5	35.7	32.1	34.4	26.0	24.5	21.5
st.10	17.4	18.4	17.3	25.2	27.5	26.3	33.0	31.9	30.5	23.0	20.5	16.0
測站	**93/1**	**93/2**	**93/3**	**93/4**	**93/5**	**93/6**	**93/7**	**93/8**	**93/09**	**93/10**	**93/11**	**93/12**
st.2	27.5	26.0	29.8	29.0	36.5	**37.1**	**38.0**	**37.5**	36.2	35.0	34.5	23.9
st.7	29.0	26.0	30.0	24.5	36.0	36.2	**38.8**	**38.2**	36.5	35.8	34.5	26.6
st.9	22.0	20.0	22.5	25.5	31.5	33.2	**37.0**	31.2	26.5	26.0	27.8	17.8
st.10	17.5	20.0	23.0	25.0	27.0	27.5	32.0	28.8	25.8	24.6	21.9	15.2
測站	**94/1**	**94/2**	**94/3**	**94/4**	**94/5**	**94/6**	**94/7**	**94/8**	**94/9**	**94/10**	**94/11**	**94/12**
st.2	31.4	19.4	34.5	36.8	36.1	**38.7**	**39.1**	**38.3**	**39.9**	25.8	23.0	26.3
st.7	31.8	25.8	34.5	**37.0**	36.8	**39.0**	**39.3**	**39.2**	**38.7**	31.5	25.0	28.3
st.9	23.8	19.3	27.8	30.5	24.5	29.9	35.7	31.6	30.1	24.6	26.5	22.3
st.10	16.7	17.6	21.9	26.9	23.1	27.8	28.5	28.3	26.8	25.2	23.2	18.0
測站	**95/01**	**95/02**	**95/03**	**95/04**	**95/05**	**95/06**	**95/07**	**95/08**	**95/09**	**95/10**	**95/11**	**95/12**
st.2	24.0	26.0	30.0	33.9	35.0	**38.0**	**39.0**	**39.0**	**39.0**	32.0	32.0	22.0
st.7	28.0	26.5	24.0	34.5	**38.0**	**40.0**	**40.0**	**38.0**	**38.0**	35.0	34.0	24.0
st.9	20.0	18.0	24.0	24.9	29.0	31.0	33.0	30.0	30.0	32.0	32.0	18.0
st.10	19.0	16.5	19.0	20.0	25.0	25.0	28.0	28.0	28.0	25.0	25.0	14.0
員潭溪							33.0	30.0	28.0	32.0	28.0	18.0
測站	**96/01**	**96/02**	**96/03**	**96/04**	**96/05**	**96/06**	**96/07**	**96/08**	**96/09**	**96/10**	**96/11**	**96/12**
st.2/12	23.0	23.0	25.0	26.0	28.0	32.0	35.0	30.5	33.4	24.0	23.5	21.3
st.7	24.0	26.0	26.0	28.0	32.0	**39.0**	**40.0**	**39.0**	**38.3**	31.6	31.0	28.4
st.9	20.0	21.0	22.0	24.0	27.0	32.0	33.0	31.5	30.8	23.6	-	-
st.10	18.0	17.0	18.0	19.0	22.0	24.0	28.0	29.0	20.9	21.0	18.6	17.3
員潭溪					21.6	24.0	28.4	29.0	26.4	21.2	22.1	19.0
測站	**97/01**	**97/02**	**97/03**	**97/04**	**97/05**	**97/06**	**97/07**	**97/08**	**97/09**	**97/10**	**97/11**	**97/12**
st.12	22.7	21.8	22.5	25.8	25.2	32.3	**39.4**	33.2	30.9	27.1	23.6	22.2
st.7	29.7	26.0	29.5	33.2	33.3	35.5	35.1	**39.6**	**37.4**	33.1	27.8	23.7
st.9	21.6	-	22.0	20.0	22.7	28.7	34.5	29.6	28.0	24.0	-	25.5
st.10	-	16.9	-	-	-	-	-	-	-	-	20.8	18.0
員潭溪	17.9	16.9	17.5	21.0	20.0	26.6	30.7	30.0	26.1			
測站	**98/01**	**98/02**	**98/03**	**98/04**	**98/05**	**98/06**	**98/07**	**98/08**	**98/09**	**98/10**	**98/11**	**98/12**
st.12	21.5	20.5	21.1	22.0	28.5	31.3	**39.1**	32.0	30.8	24.7	23.3	24.5
st.7	24.4	29.7	28.9	29.0	35.1	**38.1**	**39.1**	**38.1**	**37.3**	33.5	32.3	28.9
st.9	18.0	25.9	20.4	21.2	27.1	33.4	34.4	32.2	34.0	25.1	25.3	24.2
st.10	13.0	20.0	20.8	18.2	23.0	29.6	34.8	33.2	30.5	24.1	20.8	18.6

表 6-11、89 年至 114 年每月每測站的水溫(℃)測值原始資料(2/3)續。黑框為水溫超過 37℃之測值，斜線為該年入夏後首次發現畸形魚苗之月份測站。

測站	99/01	99/02	99/03	99/04	99/05	99/06	99/07	99/08	99/09	99/10	99/11	99/12
st.12	19.1	21.8	24.0	21.2	32.0	31.0	32.0	32.4	32.7	27.2	25.1	21.8
st.7	28.4	27.6	28.0	26.0	34.7	36.7	**38.7**	**39.0**	**37.9**	34.3	31.6	31.5
st.9	19.4	19.1	21.5	21.9	-	-	35.0	**39.0**	**38.0**	32.8	30.5	24.7
st.10	18.0	17.7	20.2	21.3	30.0	24.7	28.6	27.4	32.2	22.4	23.4	19.6
測站	**100/01**	**100/02**	**100/03**	**100/04**	**100/05**	**100/06**	**100/07**	**100/08**	**100/09**	**100/10**	**100/11**	**100/12**
st.12	21.5	22.0	17.5	20.0	29.2	30.8	32.5	29.3	27.7	26.5	24.9	20.6
st.7	27.0	28.0	27.0	28.9	34.5	35.7	38.1	**37.7**	36.6	34.1	32.5	28.6
st.9	20.0	22.5	24.0	21.4	34.1	35.3	**37.8**	33.5	30.0	27.5	31.9	25.2
st.10	16.7	17.5	17.0	17.8	29.1	27.6	28.4	31.0	29.4	27.2	21.9	20.8
測站	**101/01**	**101/02**	**101/03**	**101/04**	**101/05**	**101/06**	**101/07**	**101/08**	**101/09**	**101/10**	**101/11**	**101/12**
st.12	20.5	20.5	16.9	25.3	27.1	31.0	30.6	30.8	30.1	25.8	25.5	20.2
st.7	27.5	27.3	24.2	32.9	33.5	33.2	35.2	**37.6**	35.5	34.0	32.2	29.2
st.9	20.1	24.6	18.2	24.6	26.2	29.5	34.3	29.2	26.4	25.9	29.0	27.1
st.10	18.1	19.4	16.2	20.7	23.5	29.1	27.9	30.7	26.4	21.8	20.0	19.6
測站	**102/01**	**102/02**	**102/03**	**102/04**	**102/05**	**102/06**	**102/07**	**102/08**	**102/09**	**102/10**	**102/11**	**102/12**
st.12	20.8	17.0	26.7	26.7	28.0	30.4	31.5	32.3	28.9	28.3	24	20.7
st.7	24.2	21.5	31.0	30.9	32.4	34.5	**37.7**	**39.0**	36.7	33.7	32.3	28.5
st.9	19.0	21.5	25.5	25.1	32.4	33.9	32.2	33.3	33.6	31.7	26.2	16
st.10	16.5	18.2	24.8	21.8	23.6	24.1	28.1	31.1	26.2	29.5	22	25.8
測站	**103/01**	**103/02**	**103/03**	**103/04**	**103/05**	**103/06**	**103/07**	**103/08**	**103/09**	**103/10**	**103/11**	**103/12**
st.12	19.9	20.0	19.5	23.2	25.9	30.2	34.3	34.1	30.7	25.9	24.3	19.8
st.7	24.0	28.7	26.8	31.9	34.1	35.2	**38.6**	**40.1**	35.6	31.1	27.9	25.1
st.9	19.0	26.4	23.2	28.6	27.7	31.8	**37.9**	**39.3**	35.6	31.1	27.9	25.1
st.10	19.2	19.4	17.2	22.5	22.9	25.4	33.4	34.6	29	22.3	20.1	19.5
測站	**104/01**	**104/02**	**104/03**	**104/04**	**104/05**	**104/06**	**104/07**	**104/08**	**104/09**	**104/10**	**104/11**	**104/12**
st.12	16.7	21.9	22.1	26.7	25.3	32.2	29.0	26.4	28.8	26.6	31.0	29.9
st.7	23.5	24.0	25.0	29.3	29.2	35.5	**37.0**	**37.2**	35.9	32	32.6	28.9
st.9	22.2	23.3	23.5	30.8	29.8	**37.0**	**37.0**	35.6	31.9	22.3	24.2	19.3
st.10	14.5	17.9	18.0	28.1	23.7	31.5	30.0	31.2	25	32.4	24.3	21.5
測站	**105/01**	**105/02**	**105/03**	**105/04**	**105/05**	**105/06**	**105/07**	**105/08**	**105/09**	**105/10**	**105/11**	**105/12**
st.12	25.2	20.8	19.5	24	27.4	29.4	29.9	29.8	30.1	23.5	25	20.7
st.7	26.3	25.3	28.0	30.4	30.5	29.9	31.1	30.1	29.7	24.4	25.6	20.7
st.9	19.8	16.7	27.2	28.8	31.9	35.3	31.2	30.6	29.1	25.2	26.1	19.7
st.10	17.4	15.8	19.3	22.1	25.3	25.9	28.9	29.2	25.2	24.1	22.7	19.6
測站	**106/01**	**106/02**	**106/03**	**106/04**	**106/05**	**106/06**	**106/07**	**106/08**	**106/09**	**106/10**	**106/11**	**106/12**
st.12	18.7	16.9	16.9	21.9	25.1	28.5	31.0	30.8	29.9	29.4	25.5	22.4
st.7	19.6	17.5	17.3	22.3	26.1	27.3	31.6	31.0	29.4	29.8	24.8	21.8
st.9	18.5	16.7	16.5	21.8	25.0	24.3	33.0	34.5	31.7	26.1	24.4	18.7
st.10	18.6	17.0	16.2	19.5	25.0	23.8	25.6	28.9	29.0	24.2	22.7	18.5
測站	**107/01**	**107/02**	**107/03**	**107/04**	**107/05**	**107/06**	**107/07**	**107/08**	**107/09**	**107/10**	**107/11**	**107/12**
st.12	18.0	16.9	20.3	23	27.1	27.5	31.1	31.7	30.65	28	24.3	25.8
st.7	18.8	17.0	20.7	23.5	27.2	33.6	38.0	39.7	37.7	29.0	30.0	29.8
st.9	21.1	16.8	19.3	21.5	27.2	31.1	32.35	32.5	33.3	23.6	22.8	19.8
st.10	17.1	14.0	16.5	22.4	27.6	25.1	28.0	27.9	29.9	21.6	22.3	18.6
測站	**108/01**	**108/02**	**108/03**	**108/04**	**108/05**	**108/06**	**108/07**	**108/08**	**108/09**	**108/10**	**108/11**	**108/12**
st.12	18.8	24.3	24.1	22.7	26.6	29.9	32.6	31.7	28.4	27.1	25.4	20.4
st.7	18.8	31.7	32.7	25.5	27.2	36.5	39.0	39.2	36.6	33	32.7	24.5
st.9	19.1	18.2	28.4	22.5	22.5	23.5	23.5	28.5	26.2	21.7	22.3	17
st.10	19.7	18.3	22.0	19.7	25.9	23.4	23.4	27.7	28.2	22.7	20	20.1
測站	**109/01**	**109/02**	**109/03**	**109/04**	**109/05**	**109/06**	**109/07**	**109/08**	**109/09**	**109/10**	**109/11**	**109/12**
st.12	22.3	22.8	22.5	22.7	29.3	34.9	35.4	32.75	32.75	29	24.2	22.2
st.7	28.9	27.6	27.3	30.8	36.8	40.0	39.3	39.0	38.8	34.6	29.8	24.4
st.9	18.1	16.1	21.4	21	27.7	31.15	34.25	29.9	28.8	25.8	23.3	21.8
st.10	18	16.1	22.1	19.4	27.1	31.65	33.6	29.9	28.3	24.7	22.6	21.9

表 6-11、89 年至 114 年每月每測站的水溫(℃)測值原始資料(3/3)。黑框為水溫超過 37℃之測值，斜線為該年入夏後首次發現畸形魚苗之月份測站。

測站	110/01	110/02	110/03	110/04	110/05	110/06	110/07	110/08	110/09	110/10	110/11	110/12
st.12	19.5	24.2	22.3	24.1	31.9	32	32	31.2	32.2	26.9	23.8	22.9
st.7	29	30.9	31.3	33.2	40.2	40.0	38.3	36.4	37	35.8	28.8	26.2
st.9	16.4	21.1	21.1	22.5	30	26.6	29.6	27.7	29.7	26.1	22.7	20.7
st.10	15.9	20.1	21	21.5	28.2	25.8	28.9	27.3	28.3	24.5	24.1	21.5
測站	**111/01**	**111/02**	**111/03**	**111/04**	**111/05**	**111/06**	**111/07**	**111/08**	**111/09**	**111/10**	**111/11**	**111/12**
st.12	22.1	21	21.7	26.2	27.6	28.5	32.3	34.5	33.2	24.5	22.5	23.4
st.7	30.9	23.8	22.4	29.4	29	33.3	39.1	38.7	33.3	30.3	31.1	29
st.9	21.1	18.9	21.7	22.7	23.3	28.3	31.7	34.9	26.9	24	22.8	22.7
st.10	21.5	19.8	21.4	25.5	24.6	27	31.4	35.7	26.7	23.8	22.9	20.8
測站	**112/01**	**112/02**	**112/03**	**112/04**	**112/05**	**112/06**	**112/07**	**112/08**	**112/09**	**112/10**	**112/11**	**112/12**
st.12	22.4	23.5	23.5	24.9	24.7	26.9	31.4	30.6	28.9	27.3	26.5	21.5
st.7	27.6	27.9	24.6	25	25.9	28.6	32.8	31.9	29.6	27.9	27.7	22.2
st.9	19.6	20.7	20.8	24.7	23.2	26.3	30.8	31.3	29.7	26.6	26.4	21.4
st.10	19.3	18.4	21.5	24.4	22.5	26.6	30.3	29.5	29.8	26.9	25.8	19.9
測站	**113/01**	**113/02**	**113/03**	**113/04**	**113/05**	**113/06**	**113/07**	**113/08**	**113/09**	**113/10**	**113/11**	**113/12**
st.12	20.3	19.7	20	24	28.2	27.3	31.6	31.3	31.1	28.7	25.6	23.3
st.7	20.8	20.7	20.7	24.2	28.4	28.3	32.4	31.4	31.2	29.5	26.2	23.4
st.9	18.4	18.7	18.4	22.3	26.2	23.9	31.5	31.2	30.8	27.4	25.4	23.2
st.10	18.5	18.6	17.9	20.7	26	23.3	31.6	30	32.4	26.5	25.4	22.4
測站	**114/01**	**114/02**	**114/03**	**114/04**	**114/05**	**114/06**	**114/07**	**114/08**	**114/09**	**114/10**	**114/11**	**114/12**
st.12	19	19	19	26.6	26.6	29.5	29.6	31	30.4	29.5	22.5	22.8
st.7	19.5	20.7	19.8	19.8	27.2	30.4	30.1	31.3	30.6	30.3	23.2	23.2
st.9	18.6	20.2	19.3	19.3	25.5	29.2	29.4	30.2	29.8	29.5	24.1	22.7
st.10	18.2	16.6	20	20	23	27.4	29.1	32	28.8	28.8	22.4	20.7

表 6-12、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲畸形魚之種類及數量總表(1/7)續。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。

日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
89.03.06	st.5,6,7	花身雞魚	23	1	55	50~85
89.06.28	st.5,6,7	花身雞魚	16	8	23~108	105~118
		大鱗鍰	653	189	22~53	20~63
	st.10	大鱗鍰	51	1	31	14~41
89.07.04	st.5,6,7	花身雞魚	4	2	21	13~21
		大鱗鍰	23	4	33~35	24~50
89.07.11	st.5,6,7	花身雞魚	7	1	122	24~109
		大鱗鍰	7	6	33~50	31~41
89.07.17	st.5,6,7	花身雞魚	27	7	43~120	20~122
		大鱗鍰	558	53	28~53	26~49
89.07.24	st.5,6,7	花身雞魚	7	3	44~60	34~110
		大鱗鍰	183	60	31~44	35~55
89.08.01	st.10	大鱗鍰	42	1	51	31~130
	st.5,6,7	花身雞魚	10	4	38~88	45~132
		大鱗鍰	76	10	39~67	42~80
89.08.07	st.5,6,7	大鱗鍰	126	44	38~64	46~96
89.08.16	st.5,6,7	花身雞魚	1	1	81	120
		大鱗鍰	251	57	47~75	44~84
89.08.25	st.5,6,7	花身雞魚	2	1	45	45,90
		大鱗鍰	76	35	43~79	43~80
89.09.13	st.5,6,7	大鱗鍰	8	8	44~57	
89.10.20	st.5,6,7	花身雞魚	1	1	85	
		大鱗鍰	1	1	65	
89.11.20	st.5,6,7	大鱗鍰	4	1	35	45~50
90.04.19	st.7	大鱗鍰	2	1	111	105
90.06.21	st.7	大鱗鍰	38	1	35	23~58
90.06.26	st.7	大鱗鍰	109	15	13-34	20~58
90.07.05	st.7	大鱗鍰	2	2	30,32	
		大鱗鍰	1	1	34	
90.07.11	st.7	大鱗鍰	36	22	23-29	24~56
		花身雞魚	29	1	77	45~82
90.07.27	st.7	大鱗鍰	24	3	27~28	25~48
		花身雞魚	10	2	39,48	29~77
	st.10	大鱗鍰	24	13	23-42	23~55
		花身雞魚	32	2	29,43	29~52
90.08.09	st.7	大鱗鍰	23	15	36~46	34~51
90.08.17	st.7	大鱗鍰	79	54	35~44	31~52
90.08.24	st.7	大鱗鍰	36	32	28~46	28~52
		花身雞魚	5	1	60	54~75
90.08.31	st.7	花身雞魚	14	4	62-73	55-79
		大鱗鍰	80	47	30-49	39-60
90.09.05	st.7	大鱗鍰	11	4	36~53	32~65
90.09.12	st.7	大鱗鍰	23	17	36~53	36~64
91.01.30	st.7	花身雞魚	19	1	59	61-82
91.02.21	st.7	花身雞魚	13	1	72	72-85
91.03.28	st.7	花身雞魚	17	1	65	78-87
91.05.16	st.7	大鱗鍰	12	1	38	16-17
91.06.21	st.10	花身雞魚	17	2	61,83	17
91.06.28	st.10	大鱗鍰	26	3	37-56	25-39
91.07.05	st.7	大鱗鍰	191	31	40-120	27-120
	st.10	大鱗鍰	53	17	24-96	22-60
91.07.09	st.7	大鱗鍰	77	18	37-88	26-110
		花身雞魚	12	1	35	48-69
	st.10	花身雞魚	11	2	41,49	43-53
91.07.19	st.7	大鱗鍰	135	5	38-52	42-133
	st.10	花身雞魚	14	1	57	58-68
91.07.25	st.7	大鱗鍰	107	11	49-62	45-142

表 6-12、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲畸形魚之種類及數量總表(2/7)續。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。

日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
91.08.07	st.7	花身雞魚	21	3	51-70	51-65
91.08.14	st.7	大鱗鍰	16	1	42	35-61
	st.10	大鱗鍰	20	4	43-89	29-36
91.08.23	st.7	大鱗鍰	60	7	56-98	55-92
91.08.30	st.7	大鱗鍰	6	5	50-77	60
91.09.09	st.7	大鱗鍰	27	15	50-77	55-83
	st.10	大鱗鍰	6	1	55	44-72
91.09.16	st.7	大鱗鍰	5	3	63-72	72,80
	st.10	大鱗鍰	6	1	59	42-72
91.10.28	st.7	大鱗鍰	1	1	57	
92.07.11	st.7	大鱗鍰	74	9	38-74	40-70
		花身雞魚	17	2	21,71	72-75
92.07.17	st.7	大鱗鍰	93	11	31-52	46-91
		花身雞魚	15	1	47	26-51
	st.10	大鱗鍰	19	4	37-42	21-58
92.07.25	st.7	大鱗鍰	112	13	25-41	38-69
92.07.31	st.7	大鱗鍰	26	3	32-45	29-78
		花身雞魚	16	3	38-49	33-79
	st.10	大鱗鍰	11	2	51,47	41-71
92.08.07	st.7	大鱗鍰	13	1	51	38-84
	st.10	大鱗鍰	21	4	33-67	41-81
		花身雞魚	18	1	49	36-46
92.08.15	st.7	鯔	1	1	78	
		大鱗鍰	23	3	38-41	46-61
93.01.07	st.7	花身雞魚	10	5	75-143	104-147
93.02.13	st.7	花身雞魚	1	1	144	
93.04.20	st.7	大鱗鍰	161	31	26-63	24-70
93.07.22	st.7	花身雞魚	7	2	22-23	13-21
	st.10	花身雞魚	13	1	23	15-52
93.08.13	st.7	花身雞魚	210	109	32-125	31-114
		大鱗鍰	47	1	32	30-67
93.08.13	st.10	花身雞魚	42	7	28-36	16-34,40,52,57
93.08.20	st.10	花身雞魚	50	4	32-42	24-70
93.09.17	st.7	花身雞魚	96	32	23-65	16-75
	st.7	大鱗鍰	5	1	54	35-50
93.10.01	st.7	花身雞魚	12	11	27-43	34
	st.10	花身雞魚	52	21	27-86	26-63
94.01.19	st.7	花身雞魚	18	2	85,103	72-127
94.05.31	st.7	花身雞魚	13	4	48-54	42-75
	st.10	大鱗鍰	38	5	26-38	24-40
94.06.30	st.7	大鱗鍰	33	2	70,82	42-64
94.07.07	st.7	花身雞魚	5	1	88	59-103
	st.7	大鱗鍰	131	2	48,62	48-119
94.07.11	st.7	花身雞魚	52	42	16-27	18-71
	st.10	花身雞魚	36	1	18	18-75
94.07.21	st.10	花身雞魚	31	1	24	12-26
94.07.26	st.10	花身雞魚	22	1	24.0	12-40
94.08.19	st.10	大鱗鍰	46	1		
94.09.27	st.7	大鱗鍰	57	2	73-76	62-93
		花身雞魚	8	5	47-75	49-88
94.10.21	st.7	花身雞魚	6	3	43-76	40-92
94.10.31	st.4	花身雞魚	10	3	41-64	49-85
94.11.28	st.4	花身雞魚	4	2	63-79	63-82
94.12.20	st.4	花身雞魚	12	2	67,84	65-83
		大鱗鍰	4	2	56,78	84,86
	st.9	花身雞魚	3	1	73	72,78

表 6-12、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲畸形魚之種類及數量總表(3/7)續。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。

日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
95.1.12	st.4	花身雞魚	23	6	69-89	70-97
		大鱗鯧	16	1	78	70-100
95.2.10	st.4	大鱗鯧	10	3	78,84,100	75-100
	st.9	花身雞魚	9	1	72	62-78
95.3.17	st.4	花身雞魚	3	1	87	83,76
95.4.19	st.4	大鱗鯧	6	1	100	103-126
95.4.20	st.4	大鱗鯧	5	1	10.5	100-107
95.5.23	st.5.6.7	花身雞魚	20	7	17-22	13-21
95.6.19	st.5.6.7	花身雞魚	15	6	20-25	15-32
95.7.21	st.5.6	花身雞魚	41	38	33-81	58-98
95.7.28	st.5.6	花身雞魚	8	1	54	4-69
95.8.11	st.5.6	花身雞魚	18	14	30-48	25-82
	st.10	花身雞魚	15	3	48,58,63	44-88
95.8.22	st.5.6.7	花身雞魚	26	23	31-70	42,44,48
95.8.25	st.5.6.7	花身雞魚	25	12	31-66	36-82
		大鱗鯧	1	1	86	
95.9.27	st.5.6.7	花身雞魚	34	32	80-39	75,53
95.9.29	st.5.6.7	花身雞魚	16	15	38-80	45
95.10.18	st.5.6.7	花身雞魚	37	17	28-63	30-75
95.11.08	st.5.6.7	花身雞魚	31	29	35-94	35-57
95.12.01	st.5.6.7	花身雞魚	27	14	48-95	46-95
95.12.19	st.5.6.7	花身雞魚	5	3	46,90,95	44,46
	st.4	花身雞魚	21	9	54-105	52-100
96.6.15	st.5.6.7	花身雞魚	156	25	23-46	38-66
96.7.06	st.5.6.7	花身雞魚	88	35	31-48	34-78
96.7.19	st.5.6.7	花身雞魚	115	24	33-72	38-80
96.8.10	st.5.6.7	花身雞魚	16	8	53-103	55-105
96.8.15	st.5.6.7	花身雞魚	61	34	41-98	39-110
96.8.24	st.5.6.7	花身雞魚	24	13	37-91	48-112
96.9.10	st.5.6.7	花身雞魚	30	20	43-101	51-105
96.9.12	st.5.6.7	花身雞魚	73	22	39-99	41-109
96.10.16	st.5.6.7	花身雞魚	45	4	32-59	28-55
96.11.29	st.5.6.7	花身雞魚	13	4	61-77	50-76
97.6.18	st.5.6.7	大鱗鯧	20	1	138	19-39
97.7.25	st.5.6.7	花身雞魚	39	15	68-104	61-107
		大鱗鯧	3	1	59	60
97.8.15	st.5.6.7	花身雞魚	4	2	100-109	70-96
		大鱗鯧	10	5	39-69	32-61
	st.10	花身雞魚	20	1	51	50-80
97.8.22	st.5.6.7	花身雞魚	16	12	31-100	60-115
		大鱗鯧	14	7	47-119	42-88
97.9.18	st.5.6.7	花身雞魚	24	19	48-104	66-114
97.10.02	st.5.6.7	花身雞魚	8	6	71-109	54
		大鱗鯧	24	4	81-104	64-125
97.11.24	st.5.6.7	花身雞魚	3	1	66	91-96
		大鱗鯧	15	4	83-96	81-161
97.12.11	st.5.6.7	花身雞魚	13	10	63-127	73-110
		大鱗鯧	8	1	99	77-110
98.1.13	st.5.6.7	花身雞魚	4	1	109	76-120
		大鱗鯧	18	3	84-106	79-147
98.2.09	st.4	花身雞魚	4	2	95, 139	100,107
		大鱗鯧	16	1	93	104-142
98.5.11	st.5.6.7	大鱗鯧	5	1	146	152-166
98.6.19	st.5.6.7	大鱗鯧	16	2	139, 161	40-162
98.7.15	st.5.6.7	花身雞魚	7	4	34-55	60-166
98.7.24	st.5.6.7	花身雞魚	11	5	37-119	54-109
		大鱗鯧	23	4	47-65	47-66

表 6-12、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲畸形魚之種類及數量總表(4/7)續。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。

日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
98.8.10	st.5.6.7	花身雞魚	11	3	50-69	46-117
		大鱗鯵	15	5	61-70	52-86
98.8.26	st.5.6.7	花身雞魚	12	6	32-72	42-82
		大鱗鯵	16	3	62-74	55-86
98.9.8	st.5.6.7	花身雞魚	16	7	31-56	39-81
		大鱗鯵	13	2	74, 79	70-90
98.9.25	st.5.6.7	花身雞魚	38	24	38-106	30-107
		大鱗鯵	17	4	84-89	82-96
98.10.8	st.5.6.7	花身雞魚	7	3	52-84	44-120
		大鱗鯵	6	3	87-99	90-96
98.11.24	st.5.6.7	花身雞魚	16	4	61-76	60-96
		大鱗鯵	15	3	89-110	84-113
	st.9	花身雞魚	1	1	123	
98.12.25	st.5.6.7	大鱗鯵	15	2	73,111	94-134
99.1.27	st.5.6.7	花身雞魚	10	4	67-96	67-121
		大鱗鯵	24	2	89,100	86-124
99.2.23	st.5.6.7	大鱗鯵	19	3	97-103	89-126
99.4.26	st.5.6.7	大鱗鯵	7	2	117, 139	109-153
99.5.21	st.5.6.7	花身雞魚	3	2	123, 133	137
		大鱗鯵	13	4	121-149	110-146
99.6.1	st.5.6.7	大鱗鯵	17	3	127-137	100-160
99.7.26	st.5.6.7	花身雞魚	5	1	74	55-94
		大鱗鯵	15	1	51	58-164
99.7.27	st.5.6.7	花身雞魚	6	1	90	21-94
		大鱗鯵	22	2	52, 78	59-95
99.8.18	st.5.6.7	花身雞魚	10	5	68-90	75-129
		大鱗鯵	11	1	129	66-110
99.8.20	st.5.6.7	花身雞魚	37	29	37-88	54-102
		大鱗鯵	15	4	61-76	68-86
99.9.9	st.5.6.7	花身雞魚	5	1	59	78-106
		大鱗鯵	2	1	69	72
99.9.15	st.5.6.7	花身雞魚	21	18		
		大鱗鯵	18	2	69-75	68-89
	st.10	花身雞魚	7	1	51-99	83-90
99.10.6	st.5.6.7	花身雞魚	20	18	50-88	54-60
		大鱗鯵	17	4	69-88	78-115
99.11.11	st.5.6.7	花身雞魚	15	1	49	34-80
		大鱗鯵	8	2	80-94	82-129
	st.10	花身雞魚	19	1	105	80-116
100.1.19	st.5.6.7	花身雞魚	2	1	8	7.9
		大鱗鯵	10	2	107-116	97-136
100.2.9	st.5.6.7	大鱗鯵	10	3	90-147	96-145
100.7.4	st.5.6.7	花身雞魚	12	1	74	49-79
		鰕	18	7	42-50	41-57
100.7.18	st.5.6.7	花身雞魚	7	1	51	59-91
100.8.3	st.5.6.7	花身雞魚	4	1	64	46-63
100.8.17	st.5.6.7	花身雞魚	15	3	50-60	44-117
		大鱗鯵	16	3	60-160	51-68
100.9.13	st.5.6.7	花身雞魚	18	6	46-75	51-111
		大鱗鯵	23	14	55-81	63-86
100.9.28	st.5.6.7	花身雞魚	12	9	56-89	49-60
		大鱗鯵	15	10	48-171	63-81
100.10.13	st.5.6.7	花身雞魚	7	4	54-128	52-93
		大鱗鯵	8	1	66	77-126

表 6-12、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲畸形魚之種類及數量總表(5/7)續。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。

日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
100.11.18	st.5.6.7	花身雞魚	6	4	71-76	60-63
		大鱗鯵	16	11	57-102	74-111
100.12.28	st.5.6.7	花身雞魚	23	7	52-116	52-86
		大鱗鯵	6	5	56-100	61
101.01.10	st.5.6.7	花身雞魚	19	9	70-110	71-121
		大鱗鯵	10	5	75-90	75-86
101.02.06	st.5.6.7	花身雞魚	22	2	84-90	62-122
		大鱗鯵	9	4	75-79	79-90
		大鱗鯵	10	2	88-130	99-117
101.07.23	st.5.6.7	花身雞魚	8	2	72-85	63-121
		大鱗鯵	15	1	151	58-95
101.08.08	st.5.6.7	大鱗鯵	15	3	61-77	55-106
101.08.31	st.5.6.7	花身雞魚	5	5	46-57	
		大鱗鯵	16	4	59-89	80-115
101.09.14	st.5.6.7	花身雞魚	3	1	52	50-131
		大鱗鯵	20	6	71-95	67-101
101.10.01	st.5.6.7	花身雞魚	4	4	46-75	
		大鱗鯵	11	3	78-86	81-100
101.11.13	st.5.6.7	花身雞魚	10	3	58-76	56-75
		大鱗鯵	4	2	85-100	92-94
101.12.14	st.5.6.7	花身雞魚	12	2	66-76	68-96
	st.12	花身雞魚	1	1	107	
102.01.10	st.5.6.7	花身雞魚	13	2	72-86	65-90
		大鱗鯵	6	2	90-97	87-109
102.02.25	st.5.6.7	大鱗鯵	4	2	91-92	76-108
102.03.20	st.5.6.7	大鱗鯵	3	1	106	97-105
102.04.16	st.5.6.7	大鱗鯵	2	1	102	111
102.05.10	st.10	花身雞魚	2	1	70	82
102.06.21	st.5.6.7	花身雞魚	12	1	60	49-68
102.07.08	st.5.6.7	花身雞魚	41	6	45-81	43-89
		大鱗鯵	22	3	45-51	43-70
102.07.25	st.5.6.7	花身雞魚	9	1	94	71-105
		大鱗鯵	18	1	78	41-81
102.08.08	st.5.6.7	花身雞魚	33	14	71-100	52-114
		大鱗鯵	22	2	52-63	50-89
102.08.20	st.5.6.7	花身雞魚	22	14	46-107	52-101
		大鱗鯵	14	2	79-81	60-84
102.09.06	st.5.6.7	花身雞魚	4	4	75-102	
		大鱗鯵	10	2	74	60-101
102.09.24	st.5.6.7	花身雞魚	6	5	66-112	92
102.10.18	st.5.6.7	花身雞魚	12	5	60-97	46-107
		大鱗鯵	11	1	90	82-174
102.11.15	st.5.6.7	花身雞魚	6	1	76	56-105
102.12.02	st.5.6.7	花身雞魚	7	1	107	63-117
		大鱗鯵	11	1	104	93-144
103.02.17	st.5.6.7	花身雞魚	7	3	97-140	99-124
103.03.12	st.5.6.7	大鱗鯵	18	3	111-131	83-159
103.06.05	st.5.6.7	大鱗鯵	14	1	148	141-184
103.06.19	st.5.6.7	花身雞魚	3	1	58	50-65
		大鱗鯵	10	1	133	149-201

表 6-12、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲畸形魚之種類及數量總表(6/7)續。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。

日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
103.07.03	st.5.6.7	花身雞魚	4	1	71	43-88
	st.9	花身雞魚	4	3	50-63	54
103.07.25	st.5.6.7	花身雞魚	8	1	65	58-106
	st.9	花身雞魚	6	1	79	58-77
103.08.04	st.5.6.7	花身雞魚	37	7	46-91	61-104
		大鱗鯵	15	1	53	41-72
103.08.18	st.5.6.7	花身雞魚	16	7	55-71	64-116
103.09.09	st.5.6.7	花身雞魚	17	10	53-116	70-116
		大鱗鯵	11	1	82	70-88
103.09.24	st.5.6.7	大鱗鯵	10	1	90	78-106
104.06.08	st.5.6.7	花身雞魚	14	1	43	33-69
104.06.30	st.5.6.7	花身雞魚	27	4	55-63	64-98
	st.9	花身雞魚	5	2	35-39	36-61
104.07.14	st.5.6.7	花身雞魚	10	3	35-72	55-101
		大鱗鯵	10	3	57-69	61-92
	st.9	花身雞魚	8	2	45-55	45-71
104.07.28	st.5.6.7	花身雞魚	21	13	47-86	50-88
		大鱗鯵	30	3	67-72	63-77
104.08.12	st.5.6.7	花身雞魚	17	9	42-61	44-98
		大鱗鯵	11	1	69	59-73
	st.9	花身雞魚	2	2	61-67	44-47
104.08.28	st.5.6.7	花身雞魚	30	25	41-70	45-70
		大鱗鯵	10	1	83	51-95
104.09.11	st.5.6.7	花身雞魚	15	13	50-79	73-136
		大鱗鯵	7	1	86	81-106
104.09.30	st.5.6.7	花身雞魚	29	16	44-85	54-98
104.10.14	st.5.6.7	花身雞魚	15	13	44-97	84-108
		大鱗鯵	3	2	56-91	70
104.11.04	st.5.6.7	大鱗鯵	6	1	71	82-122
104.12.09	st.5.6.7	大鱗鯵	9	1	108	99-139
105.01.12	st.5.6.7	花身雞魚	2	1	75	105
105.02.23	st.5.6.7	花身雞魚	2	1	126	139
		大鱗鯵	11	1	142	137-166
105.03.08	st.5.6.7	花身雞魚	20	14	84-124	89-127
105.08.23	st.5.6.7	大鱗鯵	9	1	90	90-108
105.09.02	st.5.6.7	大鱗鯵	3	1	88	111-121
105.09.20	st.5.6.7	大鱗鯵	10	1	85	85-116
105.11.14	st.5.6.7	大鱗鯵	15	1	96	77-107
105.12.01	st.5.6.7	大鱗鯵	14	1	96	88-118
106.04.07	st.5.6.7	大鱗鯵	12	1	104	97-131
106.05.12	st.5.6.7	大鱗鯵	14	1	126	93-139
106.12.20	st.5.6.7	花身雞魚	9	2	83-89	66-118

表 6-12、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲畸形魚之種類及數量總表(7/7)。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。

日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
107.07.13	st.5.6.7	花身雞魚	19	4	41-54	44-81
107.07.26	st.5.6.7	花身雞魚	15	5	51-59	57-87
107.08.08	st.5.6.7	花身雞魚	17	1	59	62-102
107.08.22	st.5.6.7	大鱗鯵	20	2	66-76	66-93
		花身雞魚	18	6	46-75	54-89
107.09.04	st.5.6.7	花身雞魚	18	3	60-80	61-109
107.09.20	st.5.6.7	花身雞魚	18	10	55-85	63-117
107.10.24	st.5.6.7	大鱗鯵	6	1	89	72-102
107.10.24	st.5.6.7	花身雞魚	25	11	54-106	55-97
107.11.07	st.5.6.7	花身雞魚	3	2	70-107	125
107.12.07	st.5.6.7	大鱗鯵	11	1	125	103-140
		花身雞魚	4	2	114-149	84-85
108.07.01	st.5.6.7	花身雞魚	15	1	8	7-9
108.10.16	st.5.6.7	花身雞魚	4	2	74-75	71-73
	st.5.6.7	大鱗鯵	11	2	97-100	100-145
108.11.11	st.5.6.7	花身雞魚	4	2	79-119	89-115
109.06.17	st.5.6.7	大鱗鯵	17	2	40-163	39-196
109.06.29	st.5.6.7	大鱗鯵	4	1	186	175-198
	st.9	花身雞魚	3	1	31	44-50
109.07.06	st.5.6.7	大鱗鯵	21	2	21-54	25-201
		大鱗鯵	9	1	25	28-55
109.07.27	st.5.6.7	大鱗鯵	14	1	47	37-64
		花身雞魚	3	1	39	21-31
109.08.18	st.5.6.7	花身雞魚	1	1	52	52
		大鱗鯵	11	1	62	69-205
109.09.14	st.5.6.7	花身雞魚	10	5	25-59	23-39
109.10.15	st.5.6.7	花身雞魚	5	4	51-64	64
109.11.13	st.5.6.7	大鱗鯵	6	2	112-130	110-116
109.12.07	st.5.6.7	花身雞魚	2	2	73-80	
110.05.24	st.5.6.7	大鱗鯵	17	2	161-166	54-194
110.06.07	st.5.6.7	大鱗鯵	12	1	107	34-193
110.06.22	st.5.6.7	花身雞魚	20	5	39-90	37-111
110.07.07	st.5.6.7	花身雞魚	16	1	66	51-88
110.07.20	st.5.6.7	花身雞魚	17	3	46-102	46-102
110.08.03	st.5.6.7	花身雞魚	21	12	48-102	48-102
110.08.20	st.5.6.7	花身雞魚	16	6	61-93	6-99
111.06.24	st.5.6.7	花身雞魚	20	2	69-70	48-82
111.07.11	st.5.6.7	大鱗鯵	13	1	62	56-94
		花身雞魚	22	3	50-77	48-117
111.07.25	st.5.6.7	花身雞魚	15	3	40-52	46-82
111.08.05	st.5.6.7	花身雞魚	20	2	61-65	55-156
111.09.12	st.5.6.7	花身雞魚	7	1	106	91-127
111.09.26	st.5.6.7	花身雞魚	18	3	75-89	71-141
111.10.24	st.5.6.7	花身雞魚	24	2	58-83	55-115
111.12.06	st.5.6.7	花身雞魚	22	2	93-100	66-160
112.01.07	st.5.6.7	花身雞魚	24	4	81-131	77-139
112.05.09	st.5.6.7	大鱗鯵	5	1	225	103-196
110.09.3	st.5.6.7	花身雞魚	16	5	64-85	56-105
110.09.17	st.5.6.7	花身雞魚	18	4	62-86	40-86
110.10.19	st.5.6.7	花身雞魚	26	6	57-113	57-113
110.11.11	st.5.6.7	花身雞魚	20	5	58-117	28-122
110.12.06	st.5.6.7	花身雞魚	22	4	60-111	44-156
111.01.05	st.5.6.7	花身雞魚	25	4	63-81	63-120
111.02.15	st.5.6.7	花身雞魚	10	2	77-48	76-143
113年		無任何畸形魚類				

表 6-13、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲魚類種類及數量總表。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。(1/9)續

日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
106.01.12	st.5.6.7	孟加拉豆娘魚	1	0		97
		條紋豆娘魚	10	0		86-117
		大鱗鯵	3	0		82-97
		花身雞魚	13	0		93-139
106.02.08	st.5.6.7	條紋豆娘魚	1	0		109
		黃鰭	1	0		116
		大鱗鯵	10	0		87-116
		火斑笛鯛	3	0		72-87
		花身雞魚	3	0		94-119
106.03.10	st.5.6.7	梭地豆娘魚	1	0		108
		大棘鑽嘴魚	1	0		125
		大鱗鯵	16	0		89-129
		火斑笛鯛	1	0		90
106.04.07	st.5.6.7	黃鰭棘鯛	6	0		58-86
		黑棘鯛	2	0		145-148
		大鱗鯵	12	1	104	97-131
106.05.12	st.5.6.7	黃鰭棘鯛	6	0		69-81
		大鱗鯵	14	1	126	93-139
106.06.07	st.5.6.7	黃鰭棘鯛	4	0		66-85
		黑棘鯛	1	0		78
		大鱗鯵	12	0		112-139
		鰭	2	0		87-99
		雙帶縞鰕虎	3	0		54-72
106.07.06	st.12	亞洲沙鯵	1	0		67
		準大頭狗母魚	1	0		104
	st.5.6.7	黃鰭	1	0		108
		黑棘鯛	15	0		66-115
		花身雞魚	16	0		38-88
106.08.07	st.12	亞洲沙鯵	2	0		61-69
	st.5.6.7	黃鰭	1	0		145
		黑棘鯛	2	0		88-95
		花身雞魚	19	0		55-78
	st.9	六帶鯵	1	0		77
		花身雞魚	8	0		41-66
		星雞魚	2	0		72-80
106.09.08	st.12	黑棘鯛	2	0		96-106
		花身雞魚	2	0		61
	st.5.6.7	黃鰭棘鯛	1	0		82
		黑棘鯛	7	0		94-106
		花身雞魚	15	0		57-90
		四帶牙鯻	1	0		109
	st.9	火斑笛鯛	1	0		99
		布氏鯧鯵	1	0		118
		亞洲沙鯵	2	0		92-104
		黑棘鯛	3	0		79-104
		花身雞魚	2	0		70-74
106.10.18	st.5.6.7	孟加拉豆娘魚	6	0		64-89
		條紋豆娘魚	3	0		74-80
		黑棘鯛	4	0		105-125
		花身雞魚	7	0		53-139
		柴魚	1	0		77
	st.9	花身雞魚	1	0		53
106.11.08	st.5.6.7	孟加拉豆娘魚	3	0		74-96
		條紋豆娘魚	2	0		76-85
		梭地豆娘魚	1	0		72
		黑棘鯛	1	0		129
		柴魚	1	0		75
106.12.20	st.5.6.7	條紋豆娘魚	1	0		78
		奧奈鑽嘴魚	1	0		82
		花身雞魚	9	2	83-89	66-118
		大鱗鯵	5	0		65-90
	st.9	斐氏鯧鯵	1	0		136

表 6-13、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲魚類種類及數量總表。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。(2/9)續

日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
107.01.15	st.5.6.7	大鱗鯵	12	0		75-102
	st.9	條紋豆娘魚	2	0		72-84
		奧奈鑽嘴魚	1	0		86
		柴魚	1	0		79
		點帶叉舌鰕虎	1	0		70
107.02.06	st.5.6.7	孟加拉豆娘魚	1	0		68
		條紋豆娘魚	2	0		83-89
107.03.13	st.5.6.7	孟加拉豆娘魚	2	0		83-91
		條紋豆娘魚	1	0		84
		花身雞魚	1	0		113
	st.9	大棘鑽嘴魚	1	0		100
107.04.02	st.5.6.7	條紋豆娘魚	3	0		90-103
		六線豆娘魚	1	0		90
		大鱗鯵	3	0		89-101
107.05.15	st.5.6.7	孟加拉豆娘魚	4	0		70-93
		條紋豆娘魚	12	0		9-112
		大鱗鯵	1	0		132
	st.9	亞洲沙鯵	1	0		146
		曳絲鑽嘴魚	1	0		146
107.06.12	st.9	花身雞魚	6	0		51-85
	st.5.6.7	孟加拉豆娘魚	2	0		80-93
		條紋豆娘魚	2	0		94-122
		六線豆娘魚	2	0		97-104
		大鱗鯵	1	0		43
	st.12	圓頜北梭魚	1	0		109
107.07.13	st.5.6.7	花身雞魚	19	4	41-54	44-81
	st.12	亞洲沙鯵	1	0		75
107.07.26	st.9	花身雞魚	6	0		55-86
	st.5.6.7	大鱗鯵	11	0		69-90
		花身雞魚	15	5	51-59	57-87
	st.12	亞洲沙鯵	2	0		60-77
107.08.08	st.9	花身雞魚	5	0		66-95
	st.5.6.7	大鱗鯵	12	0		66-86
		花身雞魚	17	1	59	62-102
	st.12	亞洲沙鯵	1	0		81
107.08.22	st.9	花身雞魚	1	0		64
	st.5.6.7	大鱗鯵	20	2	66-76	66-93
		花身雞魚	18	6	46-75	54-89
	st.12	虱目魚	1	0		113
107.09.04	st.5.6.7	大鱗鯵	13	0		69-91
		花身雞魚	18	3	60-80	61-109
107.09.20	st.9	亞洲沙鯵	2	0		84-96
		花身雞魚	3	0		76-98
		布氏鯧鯵	1	0		107
	st.5.6.7	大鱗鯵	11	0		76-122
		花身雞魚	18	10	55-85	63-117
	st.12	圓頜北梭魚	1	0		194
107.10.24	st.9	花身雞魚	3	0		47-80
	st.5.6.7	大鱗鯵	6	1	89	72-102
		花身雞魚	25	11	54-106	55-97
107.11.07	st.9	花身雞魚	3	0		74-79
	st.5.6.7	花身雞魚	3	2	70-107	125
	st.12	斐氏鯧鯵	1	0		120
107.12.07	st.5.6.7	大鱗鯵	11	1	125	103-140
		花身雞魚	4	2	114-149	84-85

表 6-13、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲魚類種類及數量總表。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。(3/9)續

日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
108.04.17	st.12	亞洲沙鮻	2	0		142-147
108.05.15	st.5.6.7	花身雞魚	15	0		29-35
	st.5.6.7	點帶叉舌鰕虎	1	0		103
	st.9	亞洲沙鮻	2	0		67-99
	st.12	亞洲沙鮻	1	0		62
108.06.04	st.5.6.7	大鱗鮻	13	0		33-52
	st.5.6.7	花身雞魚	2	0		48-71
	st.12	亞洲沙鮻	2	0		69-75
108.07.01	st.5.6.7	大鱗鮻	10	0		53-65
	st.5.6.7	花身雞魚	15	1	8	73-91
	st.9	亞洲沙鮻	8	0		72-92
	st.12	亞洲沙鮻	2	0		68-71
	st.12	花身雞魚	3	0		49-83
108.07.15	st.5.6.7	花身雞魚	12	0		79-106
	st.5.6.7	大鱗鮻	14	0		59-71
	st.12	花身雞魚	1	0		95
108.08.01	st.5.6.7	花身雞魚	9	0		57-123
	st.5.6.7	大鱗鮻	9	0		62-215
	st.9	布氏鯧鯵	3	0		73-90
	st.9	花身雞魚	7	0		61-72
	st.12	亞洲沙鮻	1	0		77
108.08.14	st.5.6.7	花身雞魚	4	0		67-114
	st.5.6.7	大鱗鮻	8	0		67-138
	st.9	花身雞魚	9	0		63-95
	st.12	花身雞魚	2	0		74-83
	st.12	亞洲沙鮻	1	0		122
108.09.05	st.5.6.7	花身雞魚	2	0		96
	st.5.6.7	大鱗鮻	3	0		77-99
	st.9	花身雞魚	4	0		61-80
	st.9	布氏鯧鯵	2	0		70-78
108.09.27	st.5.6.7	花身雞魚	1	0		93
	st.5.6.7	大鱗鮻	4	0		105-110
108.10.16	st.5.6.7	花身雞魚	4	2	74-75	71-73
	st.5.6.7	大鱗鮻	11	2	97-100	100-145
	st.12	花身雞魚	1	0		117
108.11.11	st.5.6.7	花身雞魚	4	2	79-119	89-115
108.12.12	st.5.6.7	花身雞魚	1	0		107
	st.5.6.7	大鱗鮻	1	0		156
	st.9	花身雞魚	2	0		93
	st.9	亞洲沙鮻	6	0		101-110
109.01.08	st.5.6.7	大鱗鮻	4	0		124-160
	st.9	花身雞魚	1	0		75
109.02.05	st.5.6.7	花身雞魚	6	0		133-165
109.03.09	st.5.6.7	花身雞魚	1	0		128
109.04.08						
109.05.06						
109.06.17	st.5.6.7	大鱗鮻	17	2	40-163	39-196
	st.12	亞洲沙鮻	1	0		67
	st.9	花身雞魚	4	0		40-51
109.06.29	st.5.6.7	大鱗鮻	4	1	186	175-198
	st.12	亞洲沙鮻	5	0		67-77
		大頭狗母	1	0		90
	st.9	花身雞魚	3	1	31	44-50
		亞洲沙鮻	2	0		72-73
		狐鰮	1	0		154
		大鱗鮻	4	0		32-39

表 6-13、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲魚類種類及數量總表。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。(4/9)續

日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
109.07.06	st.5.6.7	大鱗鯵	21	2	21-54	25-201
	st.12	亞洲沙鯵	5			64-69
		大棘鑽嘴魚	1			60
	st.9	羅氏笛鯛	1			76
		亞洲沙鯵	1			72
		大鱗鯵	9	1	25	28-55
109.07.27	st.5.6.7	大鱗鯵	14	1	47	37-64
		花身雞魚	3	1	39	21-31
	st.12	大棘鑽嘴魚	2			83-91
	st.9	亞洲沙鯵	1			70
		花身雞魚	1			48
109.08.03						
109.08.18	st.5.6.7	花身雞魚	1	1	52	52
		虱目魚	3			86-169
		大鱗鯵	11	1	62	69-205
	st.12	亞洲沙鯵	2			56-63
	st.9	花身雞魚	3			45-96
109.09.01	st.5.6.7	花身雞魚	7			20-21
		虱目魚	12			110-135
	st.9	花身雞魚	10			52-80
109.09.14	st.5.6.7	花身雞魚	10	5	25-59	23-39
		虱目魚	10			88-145
	st.9	花身雞魚	7			41-86
109.10.15	st.5.6.7	花身雞魚	5	4	51-64	64
	st.9	花身雞魚	9			72-115
		布氏鯧鯵	4			64-74
109.11.13	st.5.6.7	大鱗鯵	6	2	112-130	110-116
		虱目魚	6			165-201
	st.9	花身雞魚	1			125
		布氏鯧鯵	3			79-93
109.12.07	st.5.6.7	花身雞魚	2	2	73-80	
110.03.11	st.7	虱目魚	1			280
	st.7	大鱗鯵	6			160-180
110.04.07	st.7	大鱗鯵	7			26-146
110.05.10	st.7	大鱗鯵	9			35-230
	st.9	亞洲沙鯵	1			120
	st.9	黃鰭鯛	1			98
	st.9	曳絲鑽嘴魚	1			109
110.05.24	st.7	大鱗鯵	17	2	161-166	54-194
	st.7	花身雞魚	3			26-27
	st.7	鰡	3			85-135
	st.12	斐氏鯧鯵	1			201
	st.9	黑鯛	1			76
110.06.07	st.7	大鱗鯵	12	1	107	34-193
	st.7	花身雞魚	5			31-82
110.06.22	st.7	花身雞魚	20	5	39-90	37-111
	st.7	大鱗鯵	9			51-116
110.07.07	st.7	花身雞魚	16	1	66	51-88
	st.7	大鱗鯵	8			47-91
	st.9	黃鰭鯛	1			111
110.07.20	st.7	花身雞魚	17	3	46-102	46-102

表 6-13、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲魚類種類及數量總表。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。(5/9)續

日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
110.09.3	st.7	花身雞魚	16	5	64-85	56-105
		虱目魚	10			188-276
	st.9	花身雞魚	3			60-82
	st.12	亞洲沙鮻	1			126
110.09.17	st.7	花身雞魚	18	4	62-86	40-86
		虱目魚	1			214
110.10.19	st.7	花身雞魚	26	6	57-113	57-113
		虱目魚	2			250-271
	st.9	花身雞魚	4			56-95
110.11.11	st.7	花身雞魚	20	5	58-117	28-122
	st.9	花身雞魚	1			102
	st.12	花身雞魚	1			77
110.12.06	st.7	花身雞魚	22	4	60-111	44-156
		鰡	1			152
111.01.05	st.7	花身雞魚	25	4	63-81	63-120
	st.9	亞洲沙鮻	1			116
	st.12	亞洲沙鮻	1			116
111.02.15	st.7	花身雞魚	10	2	77-48	76-143
		孟加拉豆娘魚	3			91-106
111.03.04						
111.04.14						
111.05.09	st.7	大鱗鮻	2			21-31
		鰡	1			230
		孟加拉豆娘魚	2			86-100
111.06.13	st.7	鰡	1			307
		花身雞魚	18			47-83
111.06.24	st.7	大鱗鮻	2			60-63
		花身雞魚	20	2	69-70	48-82
111.07.11	st.7	黑鯛	4			65-79
		大鱗鮻	13	1	62	56-94
		花身雞魚	22	3	50-77	48-117
111.07.25	st.7	大鱗鮻	12			48-99
		花身雞魚	15	3	40-52	46-82
	st.12	大頭狗母	1			94
		花身雞魚	3			74-79
111.08.05	st.7	黑鯛	1			6
		花身雞魚	20	2	61-65	55-156
111.08.25	st.7	梭地豆娘魚	1			8
		黃鰭鯛	3			80-90
		黑鯛	5			79-99
		大鱗鮻	9			73-188
		黃足笛鯛	1			82
		花身雞魚	2			59-117
	st.9	花身雞魚	3			39-104
	st.12	亞洲沙鮻	1			105
111.09.12	st.7	梭地豆娘魚	1			116
		大鱗鮻	3			173-209
		花身雞魚	7	1	106	91-127
111.09.26	st.7	大鱗鮻	17			83-161
		花身雞魚	18	3	75-89	71-141

表 6-13、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲魚類種類及數量總表。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。(6/9) 續

日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
111.10.24	st.7	花身雞魚	24	2	58-83	55-115
	st.9	花身雞魚	1			66
111.11.07	st.7	大鱗鮻	14			85-130
		鰡	5			129-200
		花身雞魚	16			53-125
	st.9	花身雞魚	1			12
111.12.06	st.7	大鱗鮻	13			70-170
		花身雞魚	22	2	93-100	66-160
112.01.07	st.7	大鱗鮻	13			70-170
		花身雞魚	22	2	93-100	66-160
112.01.07	st.5.6.7	大鱗鮻	5			97-121
		花身雞魚	24	4	81-131	77-139
112.02.03	st.5.6.7	大鱗鮻	12			99-131
		鰡	8			147-1186
		花身雞魚	5			116-141
112.03.20	st.5.6.7	大鱗鮻	1			138
		花身雞魚	9			68-179
112.04.19	st.5.6.7	大鱗鮻	3			131-152
		鰡	5			176-206
112.05.09	st.5.6.7	大鱗鮻	5	1	225	103-196
		鰡	1			70
		花身雞魚	1			179
		條紋豆娘魚	1			105
112.06.05	st.5.6.7	孟加拉豆娘魚	4			96-124
		梭地豆娘魚	3			95-124
		條紋豆娘魚	1			108
		斑鰭高身雀鯛	1			79
112.07.14	st.5.6.7	大鱗鮻	7			121-136
		薛氏棘鯛	4			91-132
		柴魚	8			74-90
	st.12	亞洲沙鮻	1			110
112.08.15	st.5.6.7	孟加拉豆娘魚	1			120
		柴魚	3			88-92
		鰡	19			96-197
		花身雞魚	3			50-70
	st.9	花身雞魚	3			71-76
112.09.06	st.5.6.7	大鱗鮻	2			158-159
		鰡	12			125-161
		花身雞魚	3			55-77
		六線雞魚	4			66-96
		布氏鯧鯵	1			160
		虱目魚	4			198-217
112.10.06	st.5.6.7	花身雞魚	7			63-97
		條紋豆娘魚	8			83-100
		伍氏下銀漢魚	7			78-101
		火斑笛鯛	1			87
		六線雞魚	5			88-101
	st.12	花身雞魚	1			100

表 6-13、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲魚類種類及數量總表。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。(7/9)續

日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
112.11.10	st.5.6.7	大鱗鯵	15			60-85
		花身雞魚	6			52-89
		六線雞魚	2			104-115
		布氏鯧鯵	10			60-87
	st.12	亞洲沙鯵	1			100
112.12.01	st.5.6.7	大鱗鯵	10			55-100
		鰛	4			115-129
		六線雞魚	2			119-129
		布氏鯧鯵	15			75-100
113.01.08	st.5.6.7	大鱗鯵	15			55-81
		布氏鯧鯵	4			89-120
113.02.06	st.5.6.7	大鱗鯵	14			57-118
		布氏鯧鯵	6			89-118
	st.9	斷線紫胸魚	1			115
113.03.08	st.5.6.7	大鱗鯵	14			62-96
		布氏鯧鯵	1			91
		吳氏下銀漢魚	8			84-105
113.04.09	st.5.6.7	大鱗鯵	16			62-109
		鰛	1			111
		布氏鯧鯵	5			111-130
113.05.06	st.5.6.7	大鱗鯵	17			74-109
		花身雞魚	2			70-105
		布氏鯧鯵	7			122-141
		條紋豆娘魚	1			87
	st.12	亞洲沙鯵	1			85
113.06.03	st.5.6.7	大鱗鯵	14			91-126
		鰛	1			123
		花身雞魚	3			103-114
		布氏鯧鯵	10			63-81
		條紋豆娘魚	3			107-136
		六線豆娘魚	1			85
	st.12	亞洲沙鯵	2			90-92
113.07.03	st.5.6.7	大鱗鯵	19			77-125
	st.12	圓頜狐鯛	1			129
113.08.19	st.5.6.7	大鱗鯵	11			106-161
		鰛	1			189
		花身雞魚	2			85-101
		布氏鯧鯵	6			96-151
		條紋豆娘魚	1			69
		孟加拉豆娘魚	6			65-79
		褐臭肚魚	2			97-151
		柴魚	1			104
	st.12	亞洲沙鯵	2			64-86
113.09.05	st.5.6.7	大鱗鯵	3			116-120
		黃鰛	1			79
		花身雞魚	9			49-104
		布氏鯧鯵	4			127-131
		孟加拉豆娘魚	1			88
		火斑笛鯛	2			61-89
	st.9	布氏鯧鯵	4			85-116
		亞洲沙鯵	2			65-83
	st.12	亞洲沙鯵	2			74-85

表 6-13、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲魚類種類及數量總表。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。(8/9)續

日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
113.10.01	st.5.6.7	大鱗鯵	1			138
		花身雞魚	3			45-61
		布氏鯧鯵	2			86-120
		條紋豆娘魚	10			73-81
		孟加拉豆娘魚	5			65-86
		吳氏下銀漢魚	10			73-91
113.11.15	st.5.6.7	布氏鯧鯵	33			86-100
		條紋豆娘魚	6			77-82
		孟加拉豆娘魚	12			61-99
		吳氏下銀漢魚	10			83-127
113.12.02	st.5.6.7	花身雞魚	1			100
		布氏鯧鯵	36			72-107
		孟加拉豆娘魚	1			66
		吳氏下銀漢魚	7			71-110
114.1.13	st.5.6.7	大鱗鯵	2			130-146
		褐臭肚魚	13			80-126
		火斑笛鯛	2			86-114
		條紋豆娘魚	10			64-119
		布氏鯧鯵	3			67-85
		吳氏下銀漢魚	7			96-116
114.2.10	st.5.6.7	大鱗鯵	7			63-116
		吳氏下銀漢魚	5			89-117
		褐臭肚魚	1			91
		條紋豆娘魚	2			97-99
		花身雞魚	1			112
114.3.10	st.5.6.7	大鱗鯵	7			65-94
		花身雞魚	2			75-80
		布氏鯧鯵	1			83
		吳氏下銀漢魚	8			89-115
114.4.24	st.5.6.7	大鱗鯵	19			78-155
		花身雞魚	2			98-100
		條紋豆娘魚	3			96-129
114.5.8	st.5.6.7	大鱗鯵	17			96-198
		花身雞魚	1			83
		布氏鯧鯵	1			106
		褐臭肚魚	1			157
		條紋豆娘魚	2			101-110
		孟加拉豆娘魚	1			88
		梭地豆娘魚	1			132
114.6.18	st.5.6.7	大鱗鯵	17			99-142
		亞洲沙鯵	2			76-91
		黃鰭	1			91
114.7.23	st.5.6.7	條紋豆娘魚	3			124-137
		孟加拉豆娘魚	5			102-113
		褐臭肚魚	2			12-130
	st.12	亞洲沙鯵	5			71-86
		圓頜狐鯛	2			123-151
114.8.5	st.5.6.7	大鱗鯵	3			126-135
		條紋豆娘魚	4			106-122
		柴魚	8			92-110
		虱目魚	2			230-250
	st.12	亞洲沙鯵	2			76-77

表 6-13、89 年至 114 年核二廠各測站捕獲魚類種類及數量總表。黑框為每年入夏後首次發現有畸形魚苗之日期及測站別。(9/9)

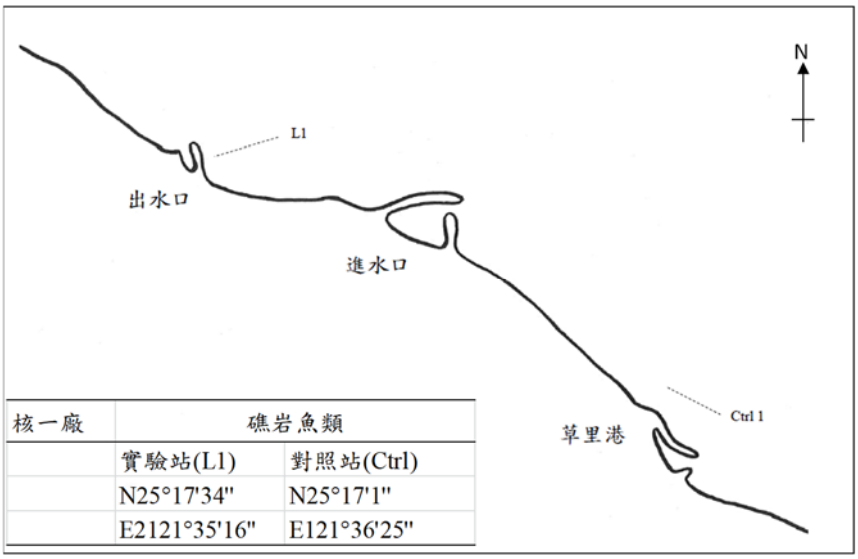
日期	地點	魚種	捕獲數量	畸形尾數	畸形魚標準體長(mm)	正常魚標準體長(mm)
114.9.19	st.5.6.7	布氏鯣鯵	7			59-171
		花身雞魚	1			66
		火斑笛鯛	1			93
		珠光海豬魚	1			154
		小海豬魚	1			127
		柴魚	3			104-118
		條紋豆娘魚	2			62-136
		六線豆娘魚	1			69
		孟加拉豆娘魚	10			75-112
	st.12	圓頜狐鰮	1			250
	st.9	布氏鯣鯵	8			76-88
		花身雞魚	3			57-77
114.10.17	st.5.6.7	花身雞魚	3			70-87
		黃鰭	2			73-84
		小海豬魚	1			99
		青嘴龍占魚	1			127
		條紋豆娘魚	4			64-75
		孟加拉豆娘魚	11			73-121
		火斑笛鯛	1			86
		布氏鯣鯵	24			83-94
	st.9	布氏鯣鯵	3			96-100
114.11.17	st.5.6.7	條紋豆娘魚	19			70-87
		孟加拉豆娘魚	13			50-90
		吳氏下銀漢魚	2			89-90
		火斑笛鯛	1			87
		布氏鯣鯵	4			67-108
114.12.3	st.5.6.7	條紋豆娘魚	3			75-80
		孟加拉豆娘魚	4			65-75
		火斑笛鯛	3			79-125
		布氏鯣鯵	6			74-111

表 6-14. 89 年至 114 年各月捕獲物種及數量表，括弧內為畸形魚之數量

學 名	中文名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	Total
Chelon macrolepis	大鱗鯔	154(15)	143(17)	9891(6)	449(38)	292(15)	1475(223)	2647(314)	1716(369)	486(98)	228(23)	148(29)	143(16)	7926(1163)
Terapon jarbua	花身雞魚	203(40)	109(13)	81(17)	39(0)	258(16)	637(58)	1393(258)	1385(413)	789(291)	413(138)	230(61)	284(62)	5808(1367)
Mugil cephalus	鯔	2	8	1	7	21	13	44(7)	40(1)	21	3	9	5	174(8)
Abudefduf bengalensis	孟加拉豆娘魚	1	4	2		7	6	5	7	11	22	28	9	102
Abudefduf septemfasciatus	七帶豆娘魚												1	1
Abudefduf sexfasciatus	六線豆娘魚				1		2			1				4
Abudefduf sordidus	梭地豆娘魚			1		1	7	8	22	1	7	2	4	53
Abudefduf vaigiensis	條紋豆娘魚	22	5	1	6	16	3	4	6	7	25	27	4	126
Acanthopagrus berda	灰鰭棘鯛										1			1
Acanthopagrus latus	黃鰭棘鯛	1			6	6	4		3	1				21
Acanthopagrus schlegelii	薛氏棘鯛				2		1	26	16	13	4	2		64
Albula glossodonta	圓頜狐鱲					4	22	18		2				46
Ambassis buruensis	布魯雙邊魚											1		1
Ambassis miops	小眼雙邊魚								4					4
Ambassis urotaenia	尾紋雙邊魚									8				8
Anguilla japonica	日本鰻					1			1					2
Arius maculatus	斑海鯰												7	7
Awaous melanocephalus	黑頭阿胡鰕虎								3					3
Butis melanostigma	黑斑脊塘鱧					3								3
Caranx papuensis	巴布亞鯵												1	1
Caranx sexfasciatus	六帶鯵					1	1	15	2	2	1			22
Chanos chanos	虱目魚							19	19	55	15	7	2	117
Diodon holocanthus	六斑二齒魨					1								1
Eleotris melanosoma	黑體塘鱧		1			3			8		1			13
Eleutherochir opercularis	雙鰭喉褶魚銜						1	1						2
Ellochelon vaigiensis	黃鯔		1				1	1	4	10	3	1		21
Eubleekeria splendens	黑邊布氏鯧								3	5				8
Family Ambassidae	雙邊魚科						7		4	1				12
Family Eleotridae	塘鱧科								1					1
Family Gerreidae	鑽嘴魚科	3					1		1	4				9
Family Mugilidae	鯔科					2								2
Family Siganidae	臭肚魚科							1	2					3
Genus *Sillago*	沙鮻屬				2	4	11	20	2	4		3	1	47
Gerres filamentosus	曳絲鑽嘴魚				1	1	4	1				1	1	9
Gerres japonicus	日本鑽嘴魚								3	3				6
Gerres macracanthus	大棘鑽嘴魚			2				3	2	5	22	3		37
Gerres oblongus	長身鑽嘴魚						3		6					9
Gerres oyena	奧奈鑽嘴魚	1						4	1	3			1	10
Glossogobius olivaceus	點帶叉舌鰕虎	1												1
Halichoeres argus	珠光海豬魚									1				1
Halichoeres margaritaceus	斑點海豬魚											1		1
Halichoeres miniatus	小海豬魚								1	1	1	1		4
Stethojulis terina	斷紋紫胸魚		1											1
Hypoatherina woodwardi	吳氏下銀漢魚	7	5	16							17	12	7	64
Kuhlia rupestris	大口湯鯉	1				4			13					18
Lateolabrax japonicus	日本真鱸					3								3
Lethrinus nebulosus	青嘴龍占魚										1			1
Lutjanus argentimaculatus	銀紋笛鯛						1	5		1	1			8
Lutjanus fulviflamma	火斑笛鯛	2	3	1			3	3	2	7	5	3	5	34
Lutjanus fulvus	黃足笛鯛						1		1					2
Lutjanus rivulatus	雜紋笛鯛										1			1
Lutjanus russellii	羅氏笛鯛	2	2					1	3	2		1		11
Megalops cyprinoides	大眼海鯉									1	1			2
Microcanthus strigatus	柴魚	1						8	12	3	1	1		26
Moolgarda cunnesius	長鰭莫鯔					25	10		9	1				45
Oligolepis acutipennis	尖鰭寡鱗鰕虎						1							1
Oreochromis mossambicus	莫三鼻口孵非鯽			1						1				2
Pampus argenteus	銀鯧									1				1
Pelates quadrilineatus	四帶牙鯻									5	5	2	2	14
Polydactylus plebeius	五絲多指馬鮁								1	1				2
Pomadasys argenteus	銀雞魚							1		3				4
Pomadasys kaakan	星雞魚								2					2
Saurida elongata	長體蛇鯔						1							1
Sicyopterus japonicus	日本瓢鰭鰕虎							10	1					11
Siganus fuscescens	褐臭肚魚	13	1			1		3	3		1		2	24
Sillago asiatica	亞洲沙鮻	2				3	20	45	50	49			8	177
Stegastes obreptus	斑鰭高身雀鯛						1							1
Takifugu niphobles	黑點多紀魨						2	1	5		3		1	12
Takifugu poecilonotus	斑點多紀魨											1		1
Trachinocephalus myops	大頭花桿狗母						7	5	1	3				16
Trachinotus baillonii	斐氏鯧鰺			2	2		2	4		1	6	2	5	24
Trachinotus blochii	布氏鯧鰺	11	11	2	6	8	14	5	22	39	37	50	57	262
Tridentiger bifasciatus	雙帶縞鰕虎						3							3
Upeneus tragula	黑斑緋鯉										1			1
Total number of fish	總捕獲魚數	410	272	192	483	628	2230	4292	3370	1538	819	536	549	15319
Total number of deformed fish	總畸形魚數	55	30	23	38	31	281	579	783	389	161	90	78	2538
Percentage of deformed fisl	總畸形率(%)	13.41	11.03	11.98	7.87	4.94	12.60	13.49	23.23	25.29	19.66	16.79	14.21	16.57

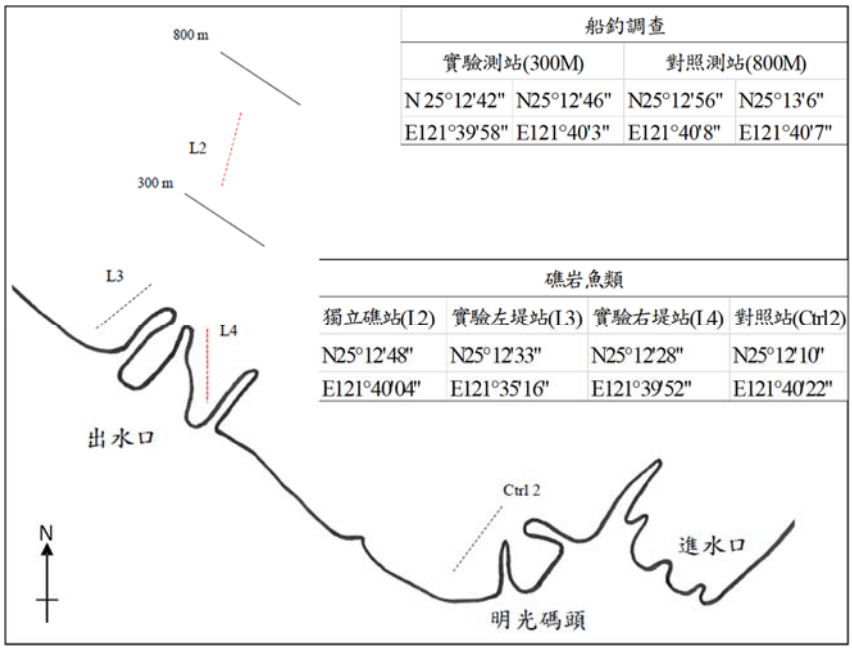
表 6-15、89 年至 114 年各年核二廠出水口花身雞魚及大鱗鯵之總捕獲數量及畸形率總表。黑框為畸形率最高之年代。

魚種	採集狀況	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114
	捕獲總尾數	262	256	295	87	707	262	403	910	221	165	201	154	165	210	137	208	216	95	172	98	78	229	227	58	20	13
	採集次數	22	19	20	12	16	15	18	15	14	16	16	16	16	18	16	16	16	12	16	14	16	16	16	12	12	12
花身雞魚	每次採集平均捕獲尾數	11.9	13.5	14.8	7.3	44.2	17.5	22.4	60.7	15.8	10.3	12.6	9.6	10.3	11.7	8.6	13.0	13.5	7.9	10.8	7.0	4.9	14.3	14.2	4.8	1.7	1.1
	捕獲畸形魚之總尾數	29	10	14	7	193	68	231	189	66	60	82	37	29	55	34	101	16	2	14	5	14	59	24	4	0	0
	全年畸形率%	11.07	3.91	4.75	8.05	27.30	25.95	57.32	20.77	29.86	36.36	40.80	24.03	17.58	26.19	24.82	48.56	7.41	2.11	8.14	5.10	17.95	25.76	10.57	6.90	0.00	0.00
	捕獲總尾數	2360	747	1138	480	463	440	195		94	205	213	177	134	162	161	139	146	72	101	73	90	29	85	60	124	72
	採集次數	22	19	20	12	16	15	18		14	16	16	16	16	18	16	16	16	12	16	14	16	16	16	12	12	12
大鱗鯵	每次採集平均捕獲尾數	107.3	39.3	56.9	40.0	28.9	29.3	10.8		6.7	12.8	13.3	11.1	8.4	9.0	10.1	8.7	9.1	6.0	6.3	5.2	5.6	1.8	5.3	5.0	10.3	6.0
	捕獲畸形魚之總尾數	470	227	124	50	33	14	7		23	33	31	49	32	18	8	13	6	2	4	2	10	3	1	1	0	0
	全年畸形率%	19.92	30.39	10.90	10.42	7.13	3.18	3.59		24.47	16.10	14.55	27.68	23.88	11.11	4.97	9.35	4.11	2.78	3.96	2.74	11.11	10.34	1.18	1.67	0.00	0.00



核一廠	礁岩魚類	
	實驗站(L1)	對照站(Ctrl)
	N25°17'34"	N25°17'1"
	E2121°35'16"	E121°36'25"

圖 6-1、核一出水口與草里港潛水調查測線位置圖(---礁岩魚類潛水測站)



船釣調查			
實驗測站(300M)		對照測站(800M)	
N 25°12'42"	N25°12'46"	N25°12'56"	N25°13'6"
E121°39'58"	E121°40'3"	E121°40'8"	E121°40'7"

礁岩魚類			
獨立礁站(I2)	實驗左堤站(I3)	實驗右堤站(I4)	對照站(Ctrl2)
N25°12'48"	N25°12'33"	N25°12'28"	N25°12'10"
E121°40'04"	E121°35'16"	E121°39'52"	E121°40'22"

圖 6-2、核二廠出水口 4 條潛水調查測線(L2,3,4,Ctrl2)及船釣(300M,800M)位置圖
(---礁岩魚類潛水測站，——船釣調查測站)

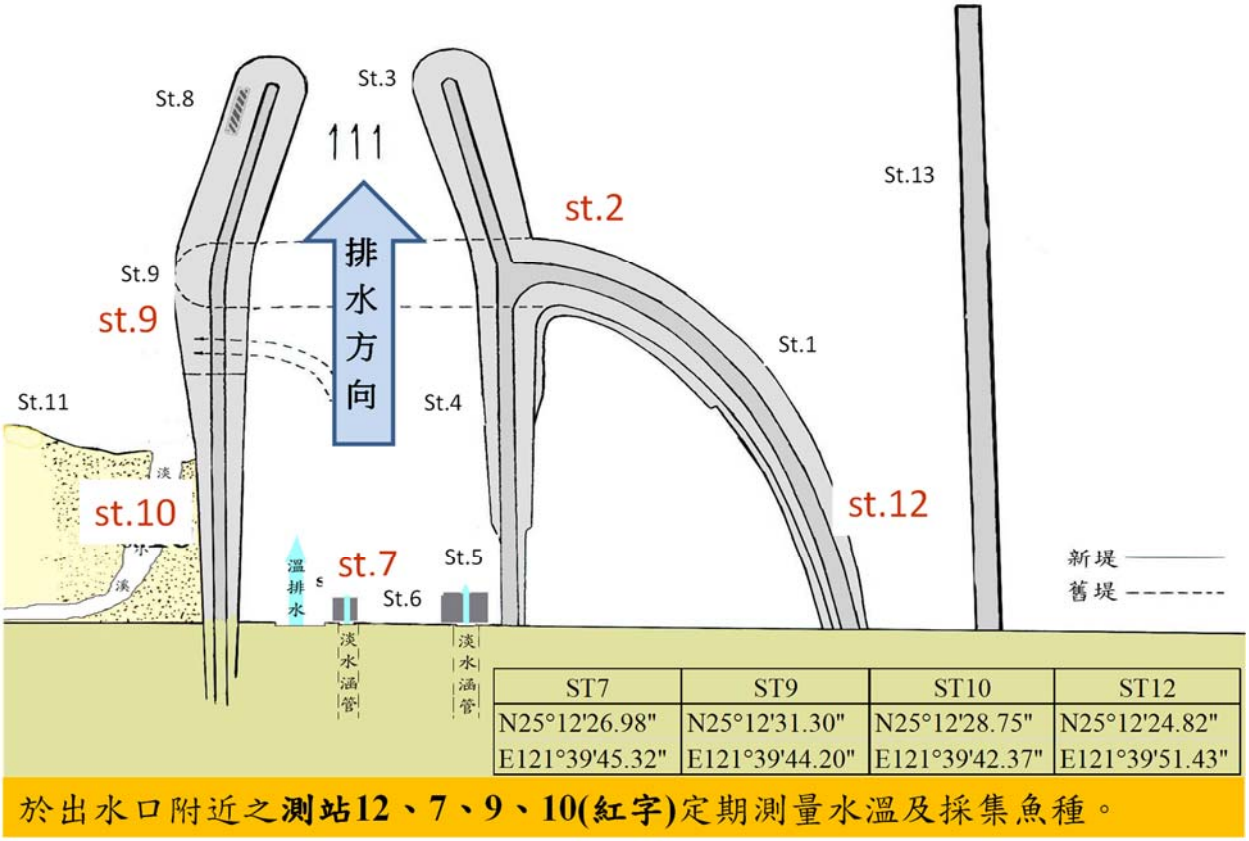


圖 6-3、核二廠出水口魚類族群量調查之各測站位置圖 (st.12、7、9、10 為主要測站)。

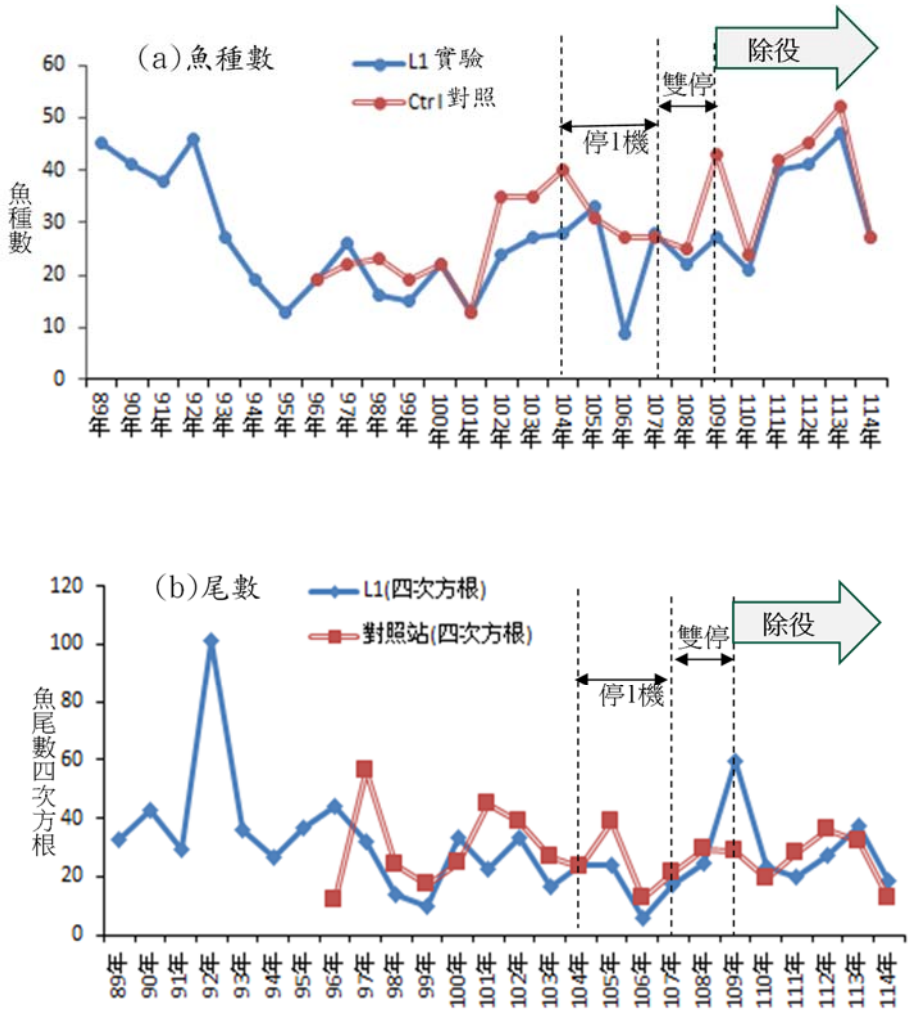


圖 6-4、89~114 年核一海域潛水調查 2 測站的魚種數(a)、魚尾數(四次方根)之年間變化

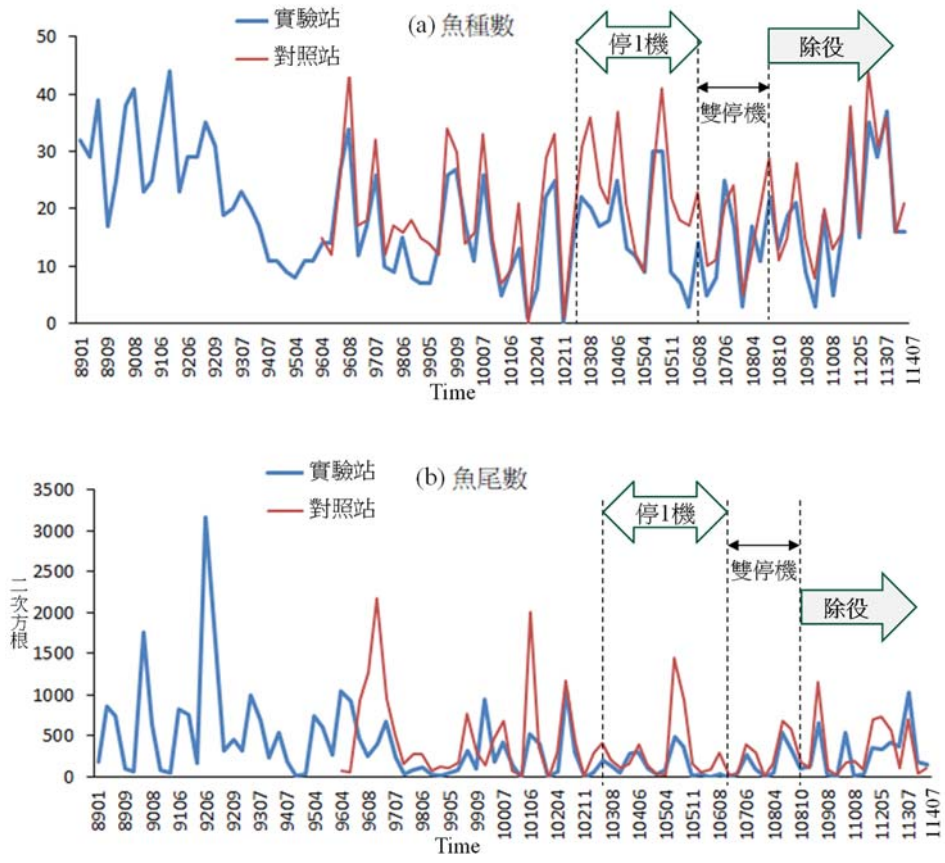


圖 6-5、89~114 年核一海域潛水調查 2 測站的魚種數(a)、魚尾數(二次方根) 變化圖

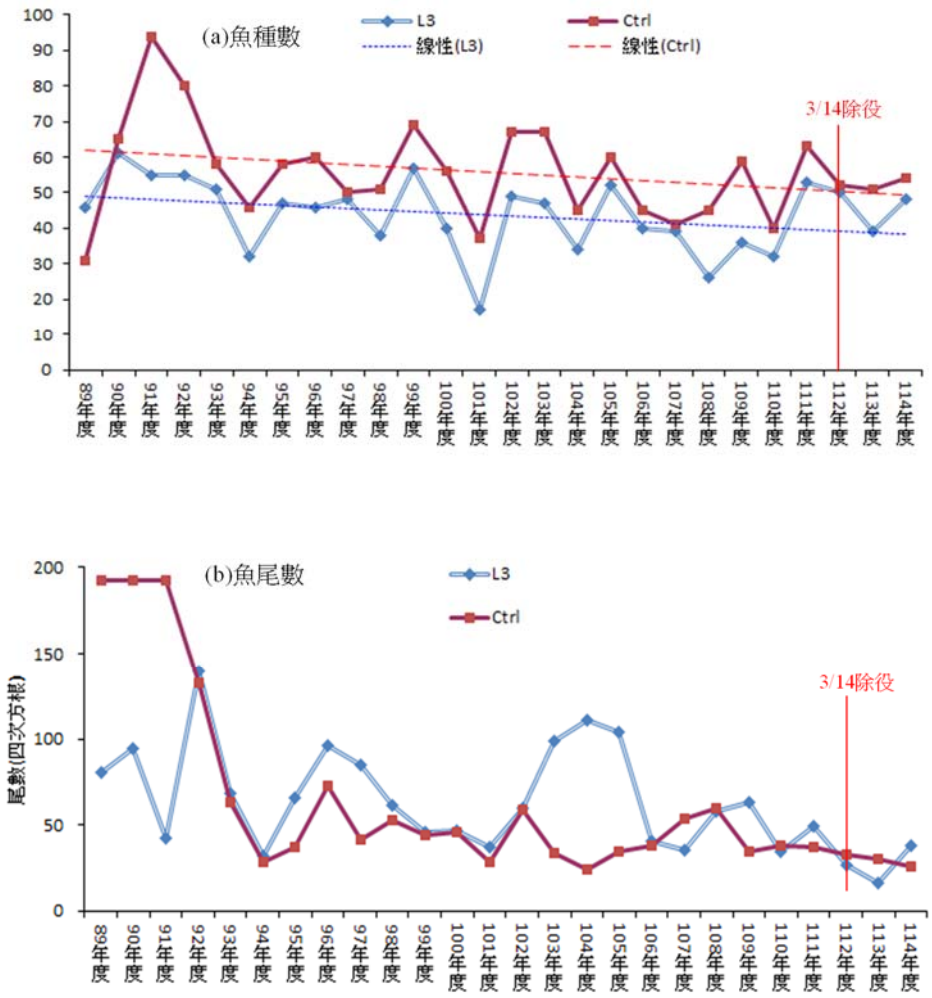


圖 6-6、89~114 年核二海域潛水調查 2 測站的魚種數(a)、魚尾數之年間變化

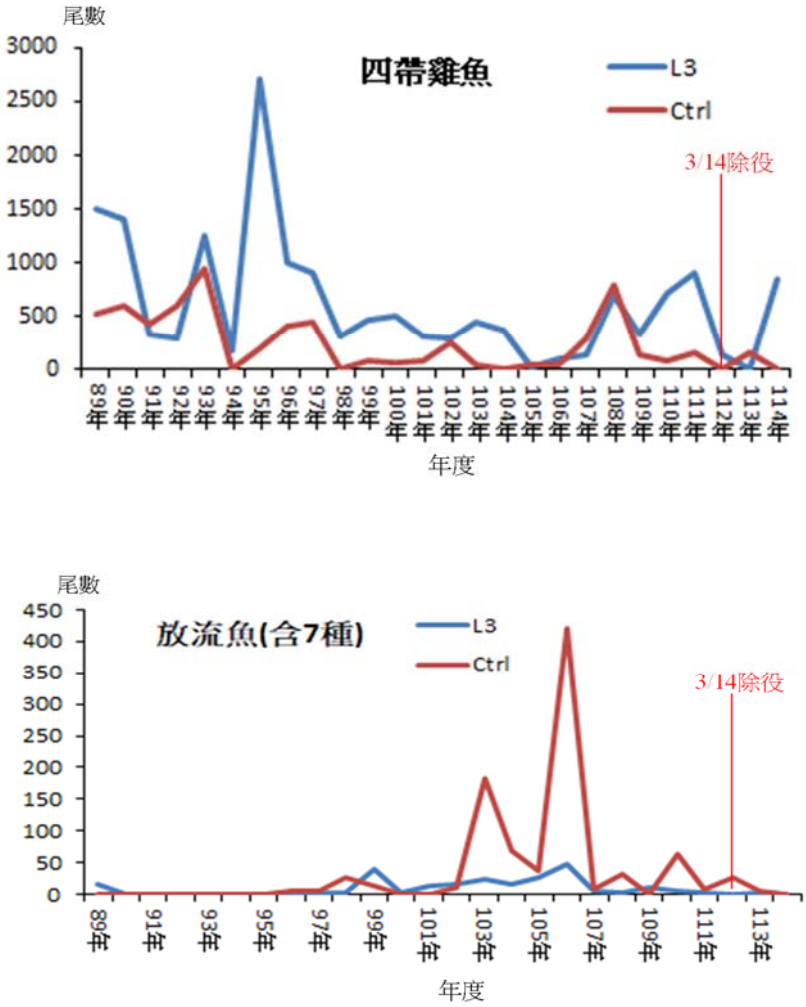


圖 6-7、89~114 年核二海域潛水調查 2 測站的四帶雞魚與放流魚類之年間尾數變化

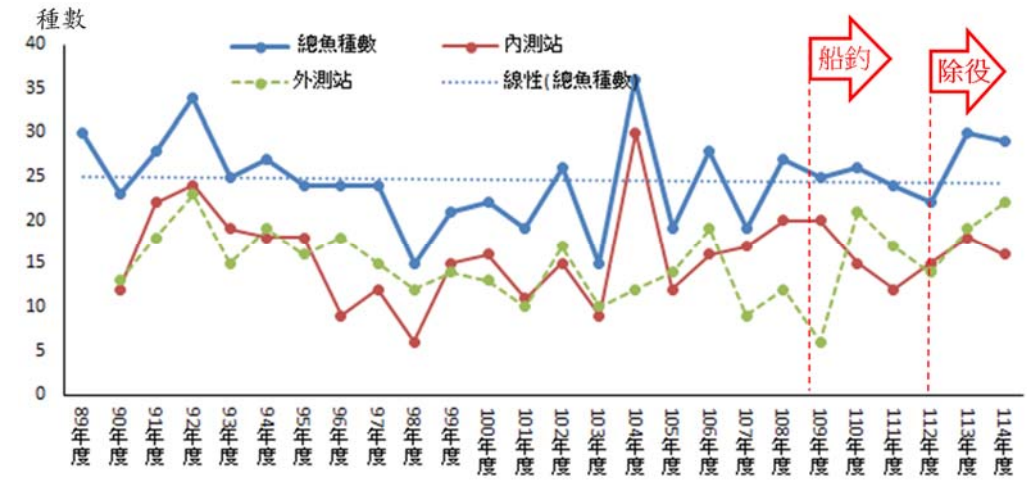


圖 6-8、.核二海域 90~108 年度底刺網與 109 年~114 年度船釣調查之魚類種數年度變化圖

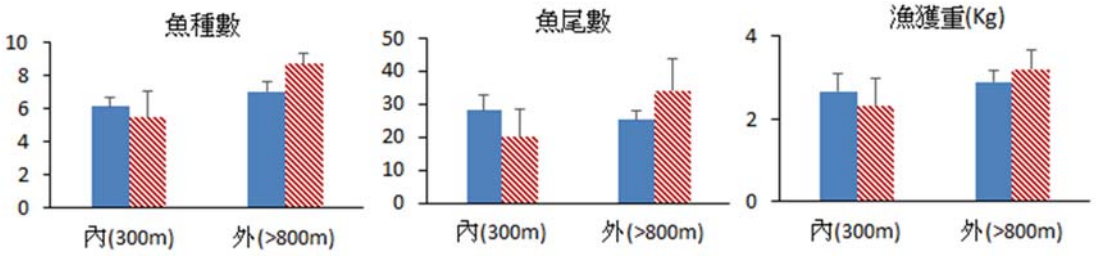


圖 6-9 .核二海域 109~113 年以船釣調查之內外測站魚類種數、尾數、漁獲重之比較圖(Mean±SE)(實心為 109~113 年綜合資料，柱狀斜線為 114 年資料)

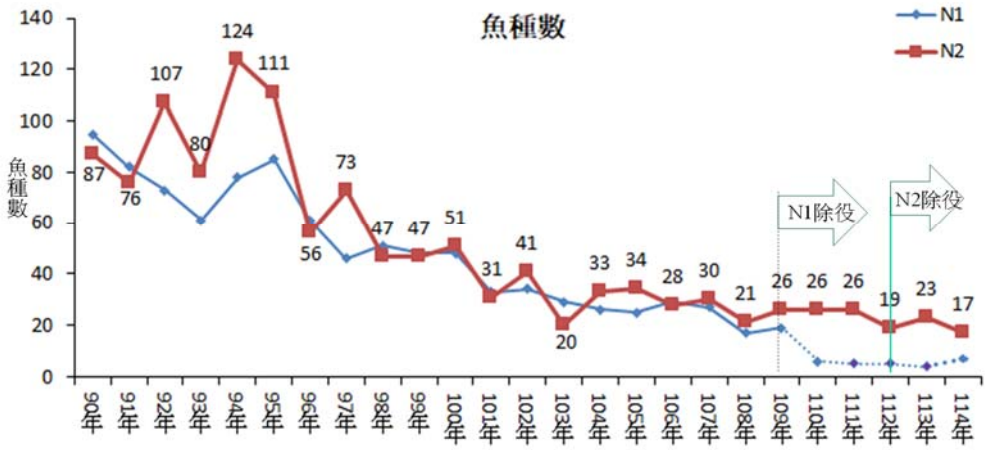


圖 6-10、90 至 114 年期間核一、核二廠撞擊魚類種類數之年間變化

(核一廠於 110 年後改為半年採樣 1 次，因此以虛線標示)

(撞擊從 89 年 9 月開始每月採樣，89 年無整年紀錄因此不列入比較)

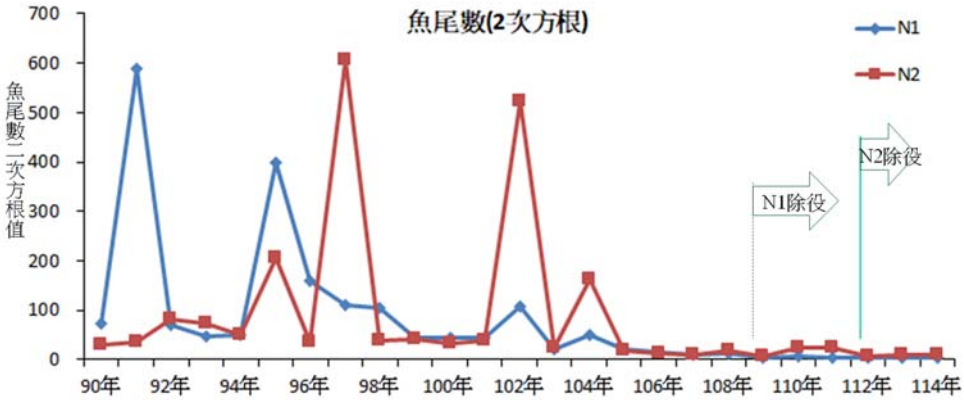


圖 6-11、 90 至 114 年期間核一、核二廠撞擊魚類尾數之年間變化

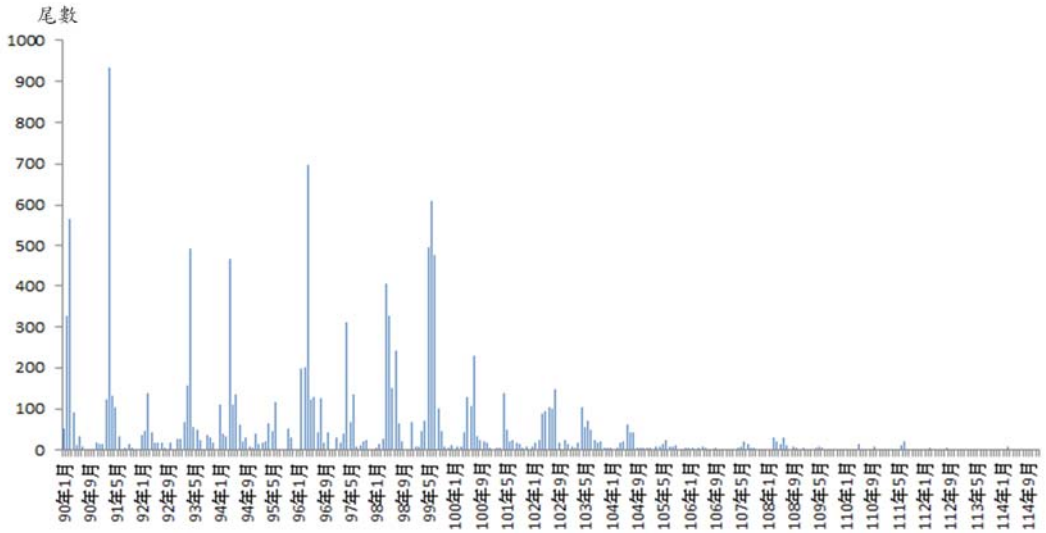


圖 6-12、歷年北部兩核電廠撞擊魚類(六斑二齒魨)尾數之月別變化圖

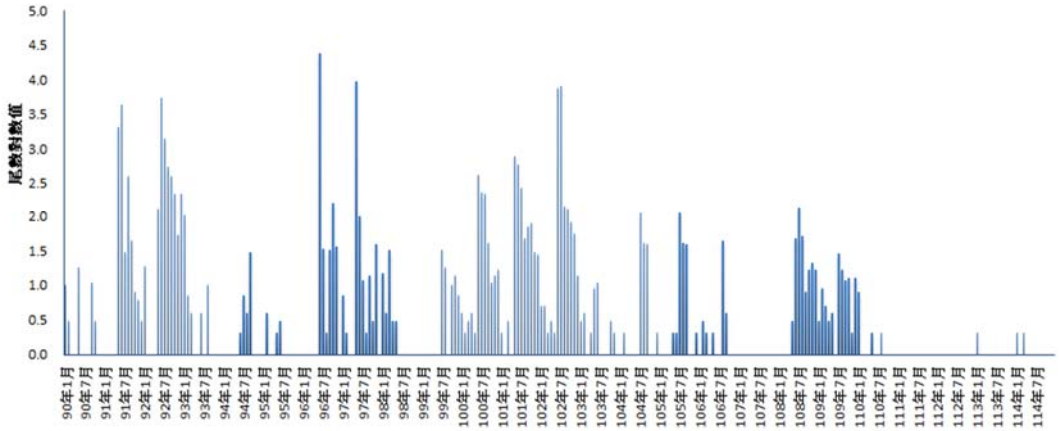


圖 6-13、歷年北部兩核電廠撞擊魚類(褐籃子魚)長期尾數之變化圖

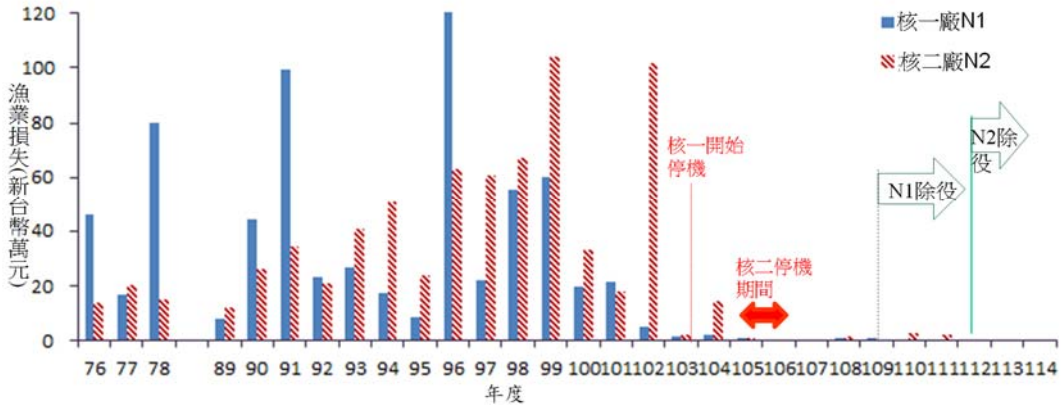


圖 14、台灣北部核能發電廠各年度撞擊魚類(漁業損失)估算比較圖
(以 NT16 元/Kg 計算比較)

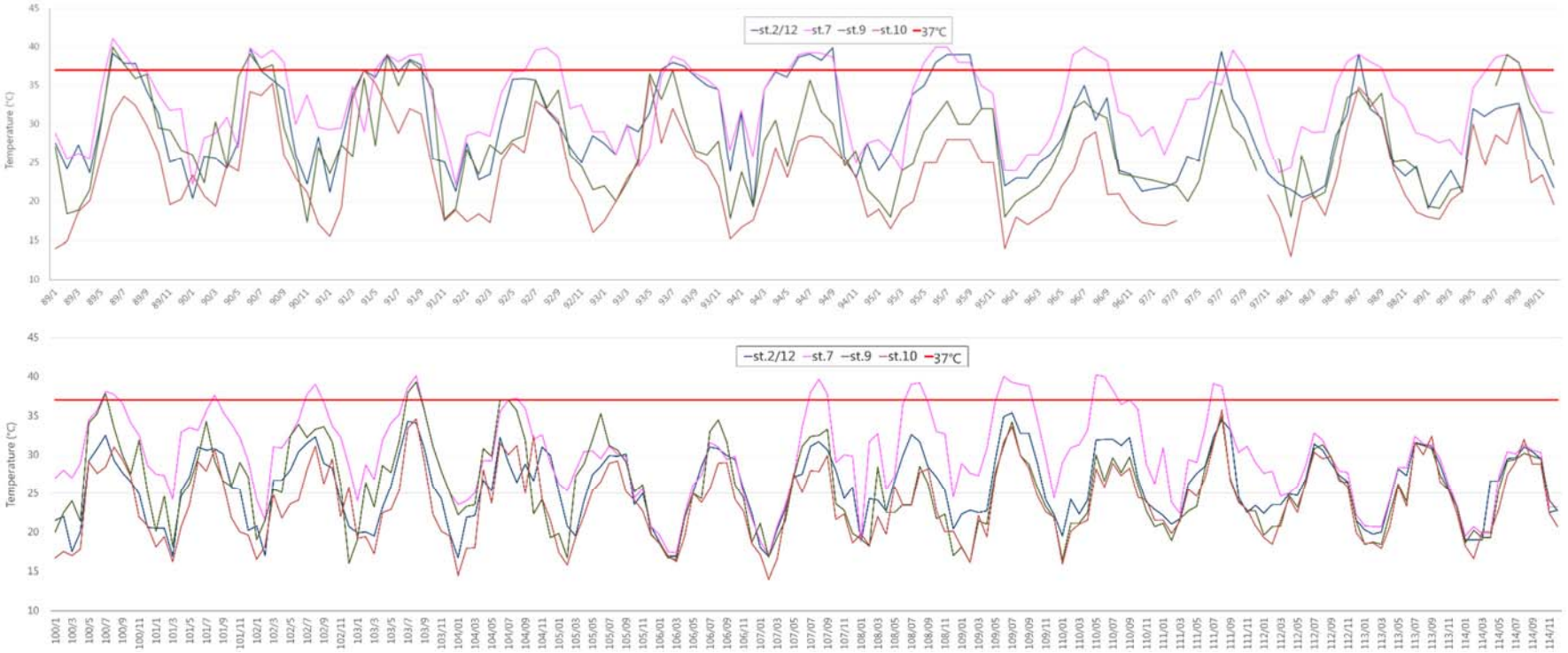
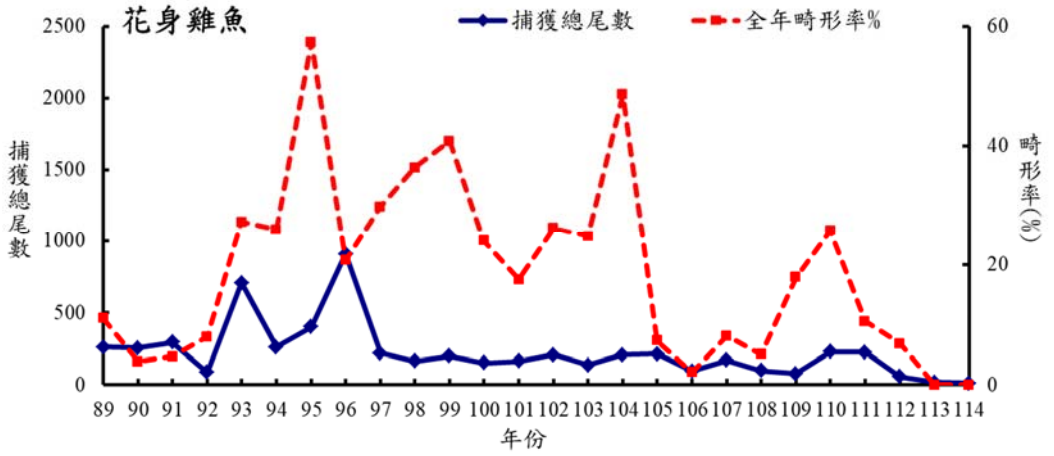


圖 6-15、89 年至 114 年各測站之水溫變化圖。藍：st.12（右沙灘）、粉紅：st.7（出水口）、深綠：st.9（小溪口）、褐：st.10（小溪內）。紅色橫線為水溫 37℃之界線。

(a) 花身雞魚



(b) 大鱗鮻

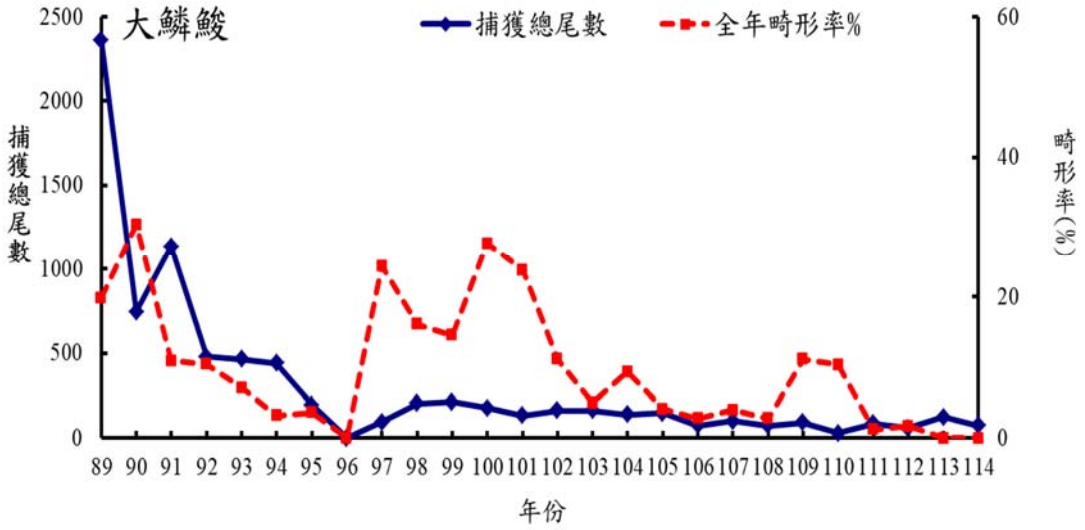
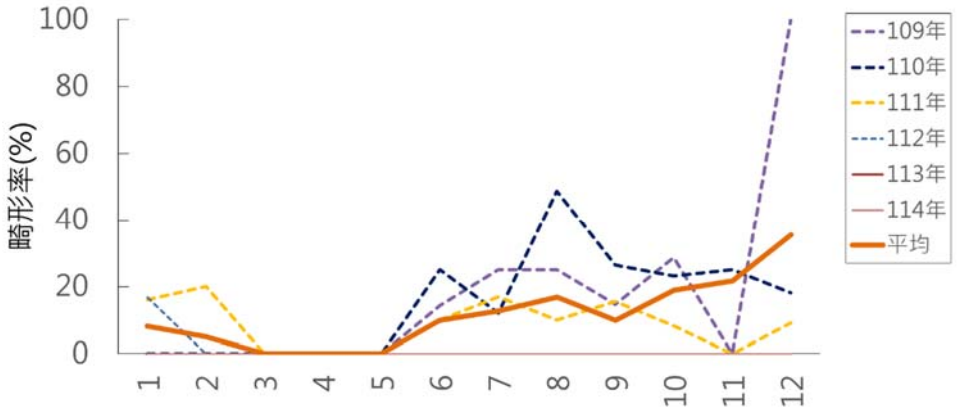


圖 6-16、89 年至 114 年各年花身雞魚(a)及大鱗鮻(b)之各年捕獲尾數及畸形率曲線圖

(a) 花身雞魚



(b) 大鱗鮻

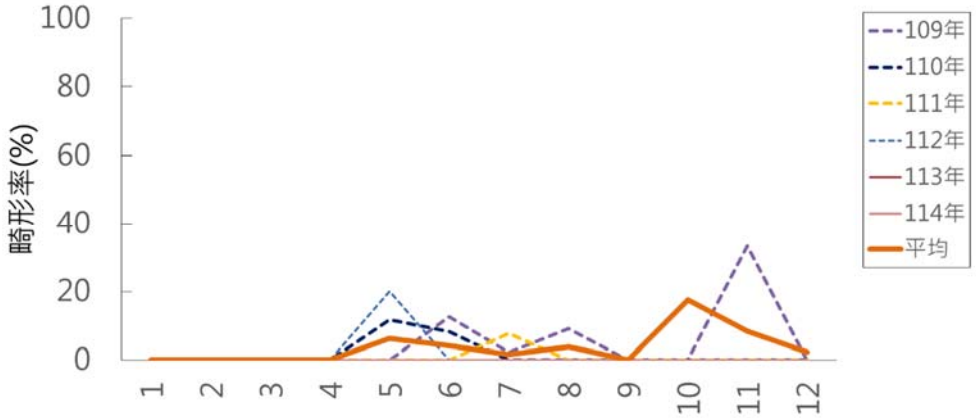


圖 6-17、近六年花身雞魚(a)及大鱗鮻(b)之各月畸形率變化曲線圖

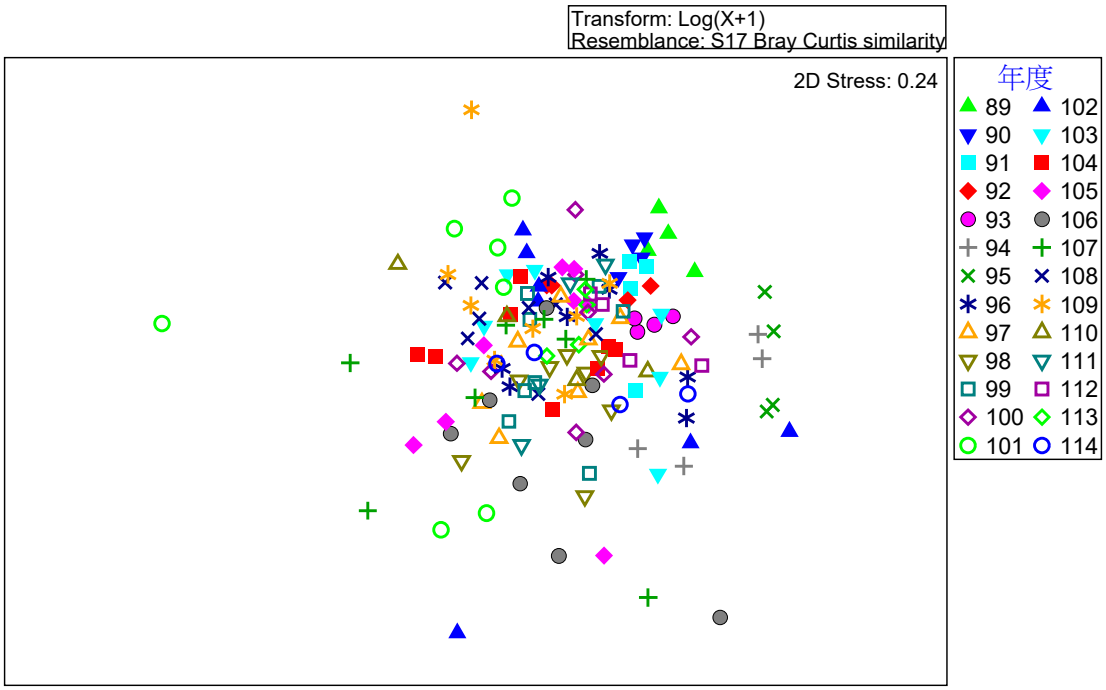


圖 6-18a、核一海域 89~114 年度潛水礁岩魚類群聚年度變化之空間排序圖

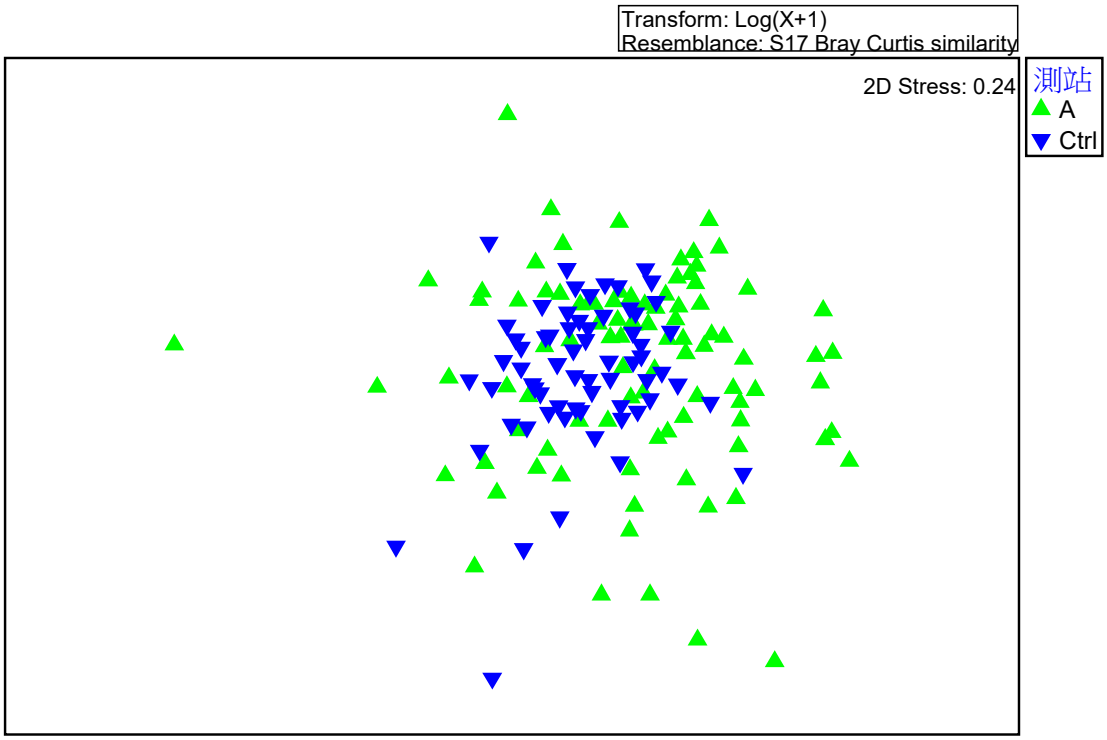


圖 6-18b、核一海域年度潛水礁岩魚類群聚測站變化之空間排序圖

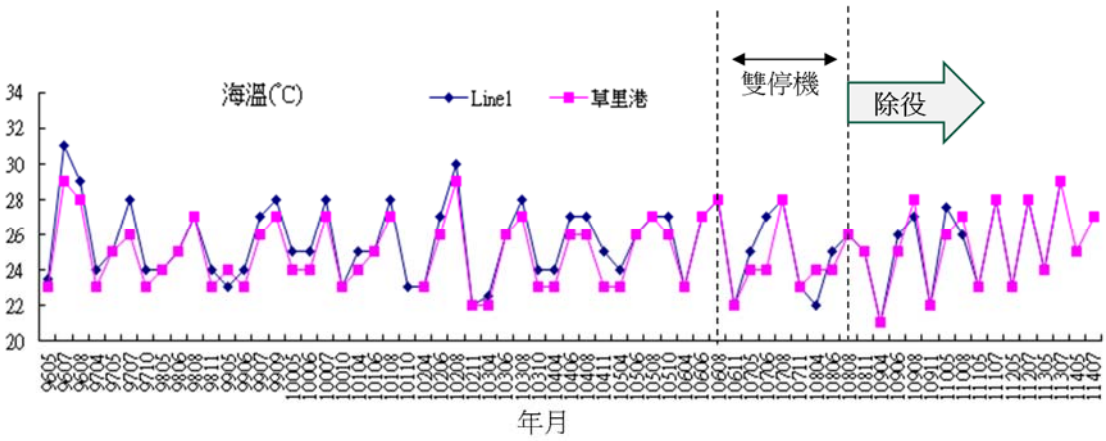


圖 6-19、核一海域 96~114 年實驗站(L1)與對照站(草里港)水表海溫比較圖

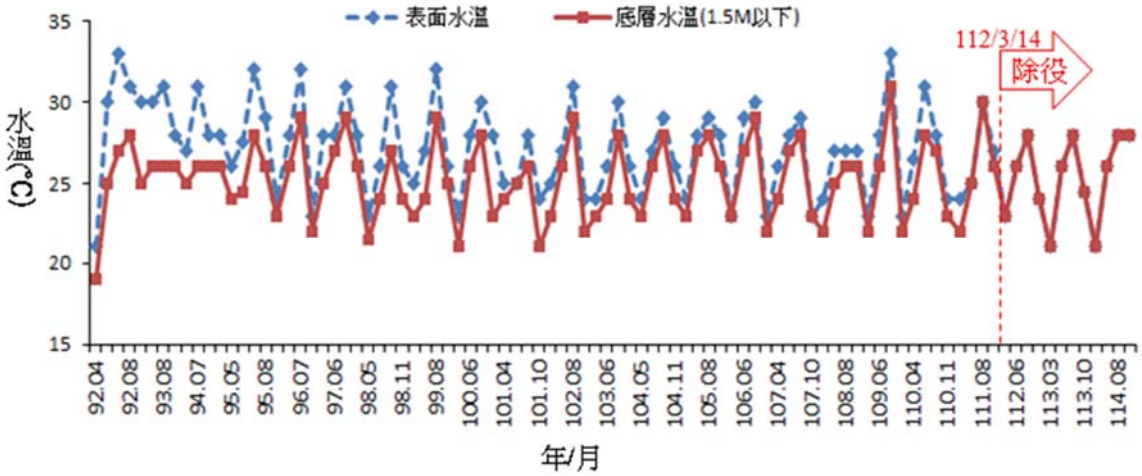


圖 6-20a、核二廠海域 92~114 年實驗測站(L3)水溫之比較圖

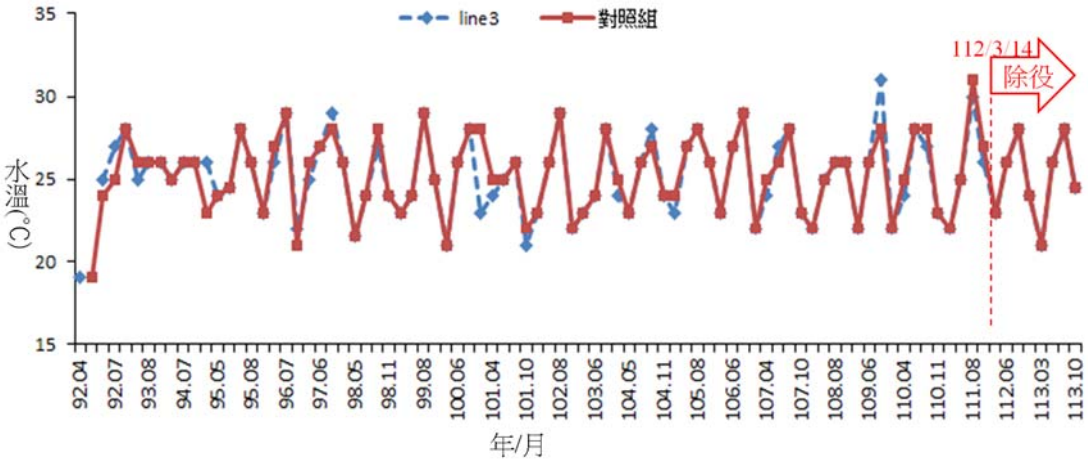


圖 6-20b、核二海域 92~114 年實驗站(L3)與對照站水下 1.5 公尺水溫之比較圖

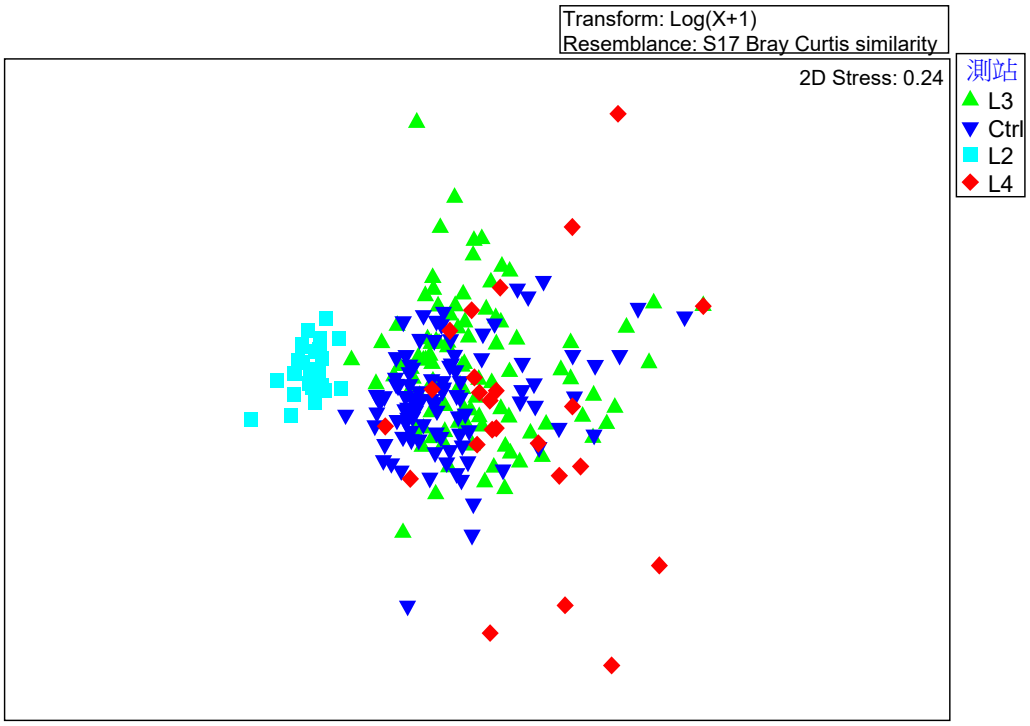


圖 6-21a、核二海域 89~114 年礁岩魚類群聚在不同測站之空間排序圖

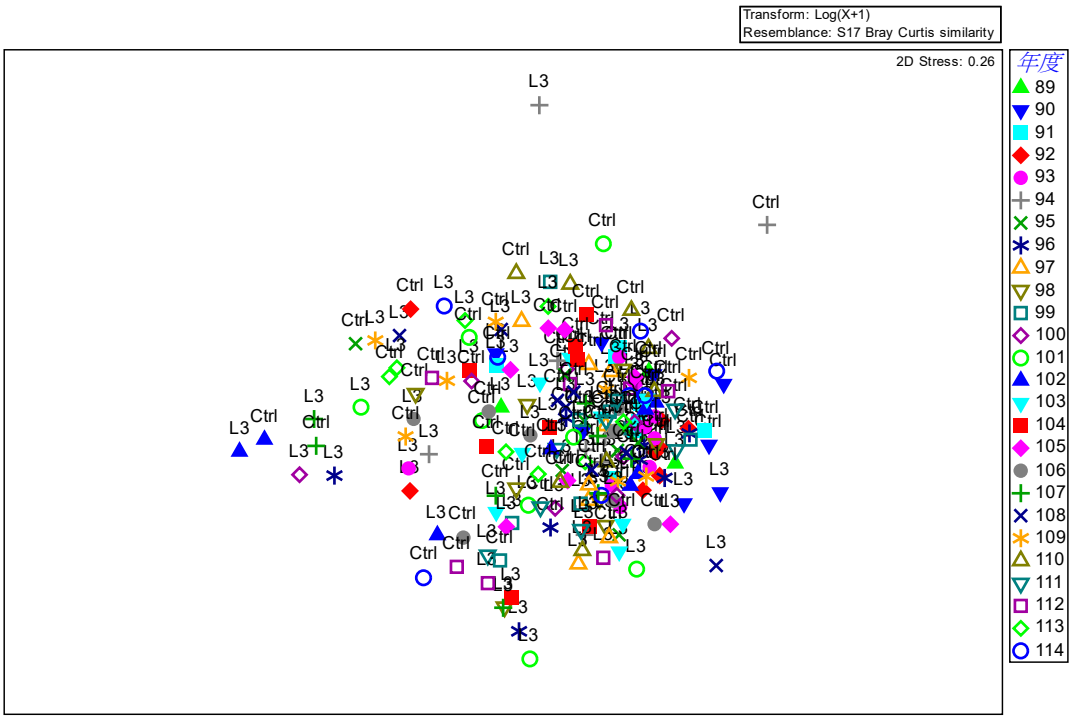


圖 6-21b、核二海域 89~114 年度 L3(實驗站)礁岩魚類群聚年度變化之空間排序圖

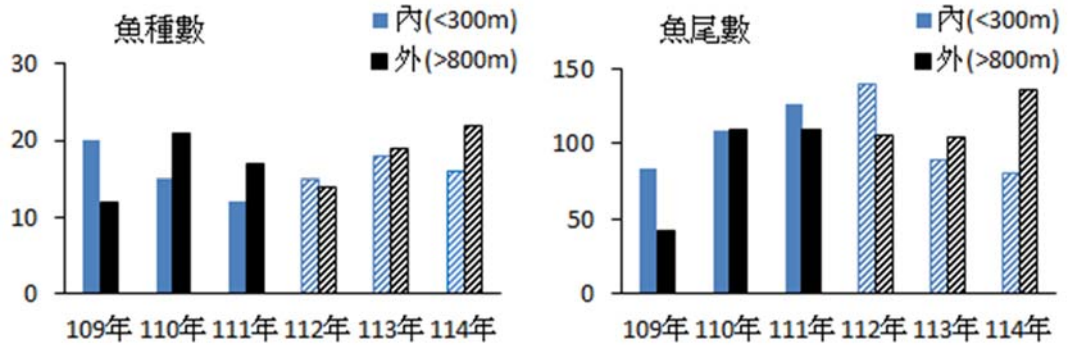


圖 6-22、核二海域 109~114 年以船釣方式調查之每年度內外測站魚類尾數、漁獲重之比較圖(實心為電廠營運，斜線為除役)

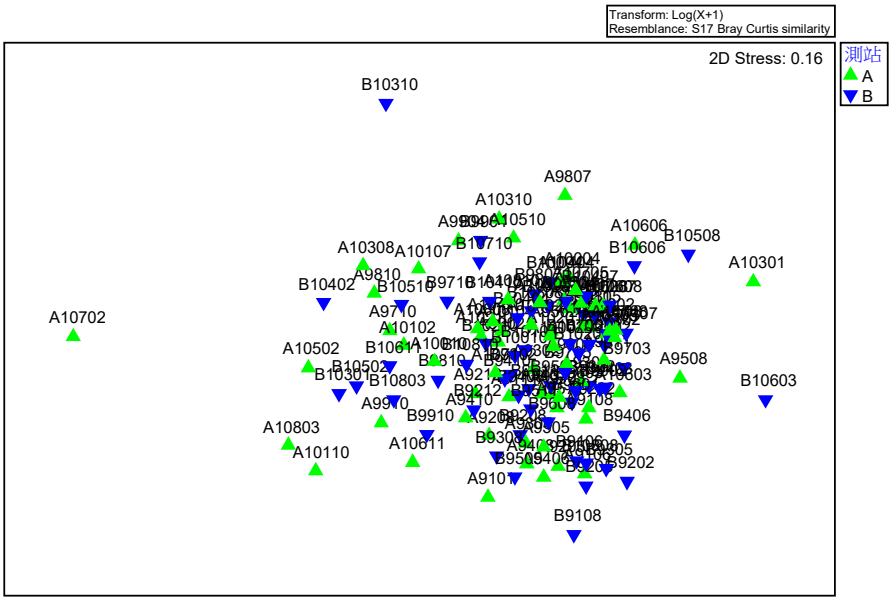


圖 6-23、核二海域 90~108 年度以底刺網取樣魚類群聚之年度變化空間排序圖

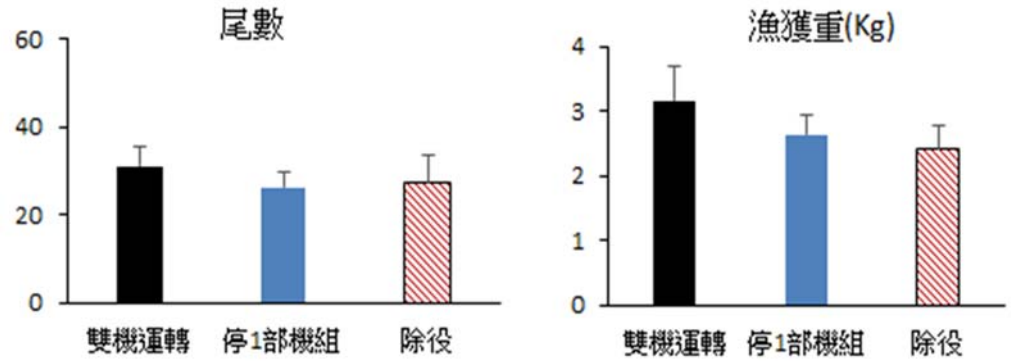


圖 6-24、核二海域 109~114 年以船釣調查之內測站魚類尾數、漁獲重再雙機運轉、停一部機組、除役期之比較圖(Mean±SE)

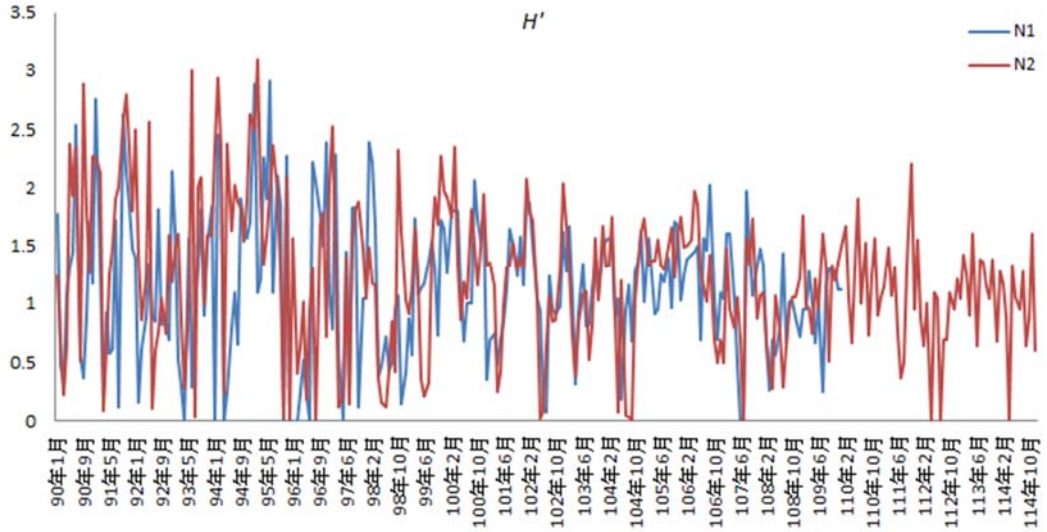


圖 6-25a、90 年至 114 年間核一、核二廠撞擊魚類歧異度指數 **H'**之月別變化

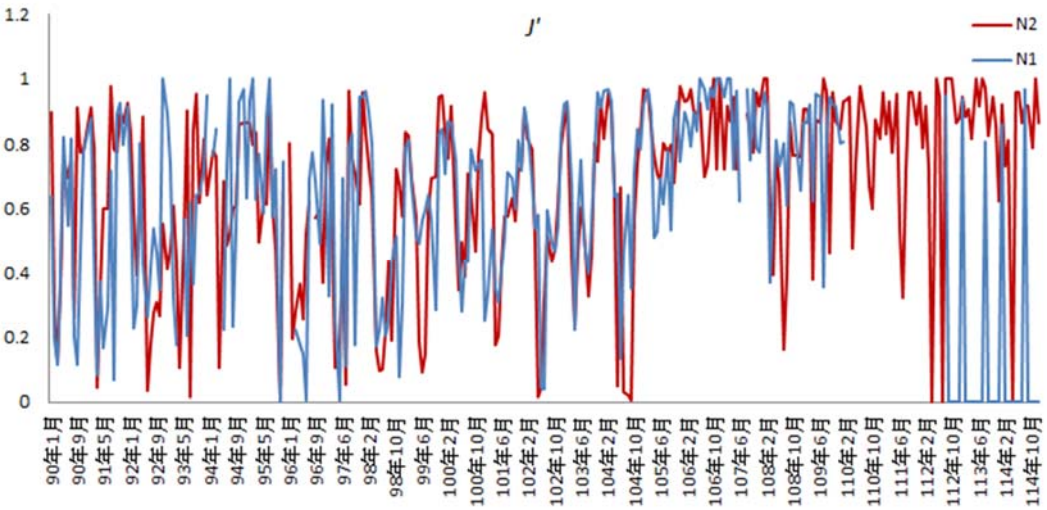


圖 6-25b、90 至 114 年間核一、核二廠撞擊魚類均勻度指數 **J'**之月別變化

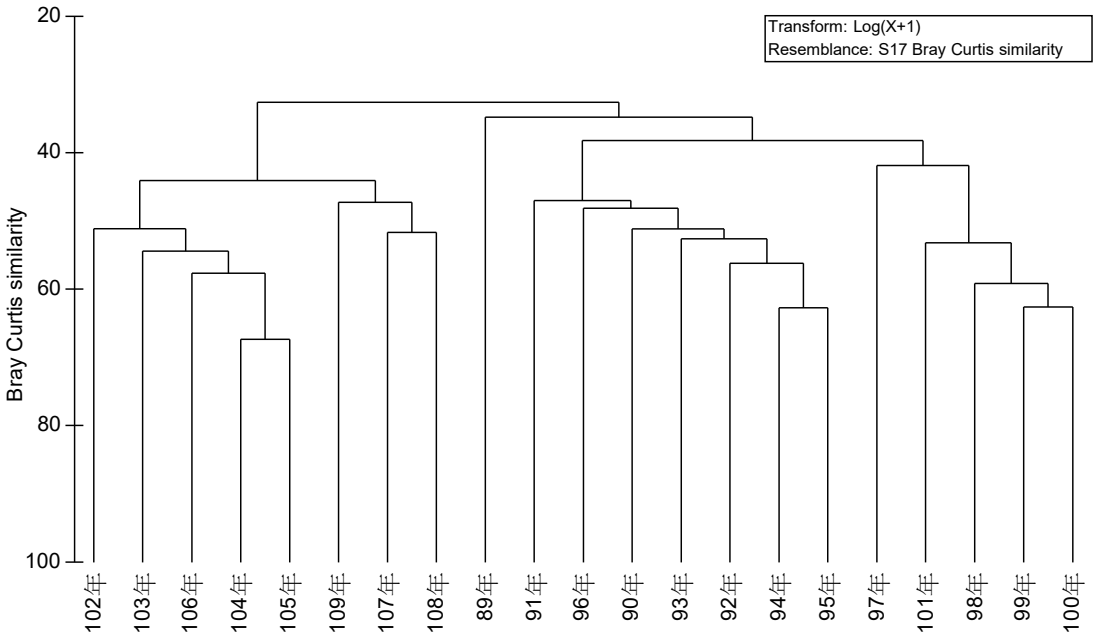


圖 6-26a、歷年(89~109 年)北部核電廠（包含核一、二廠）撞擊魚類種群聚之年間變化

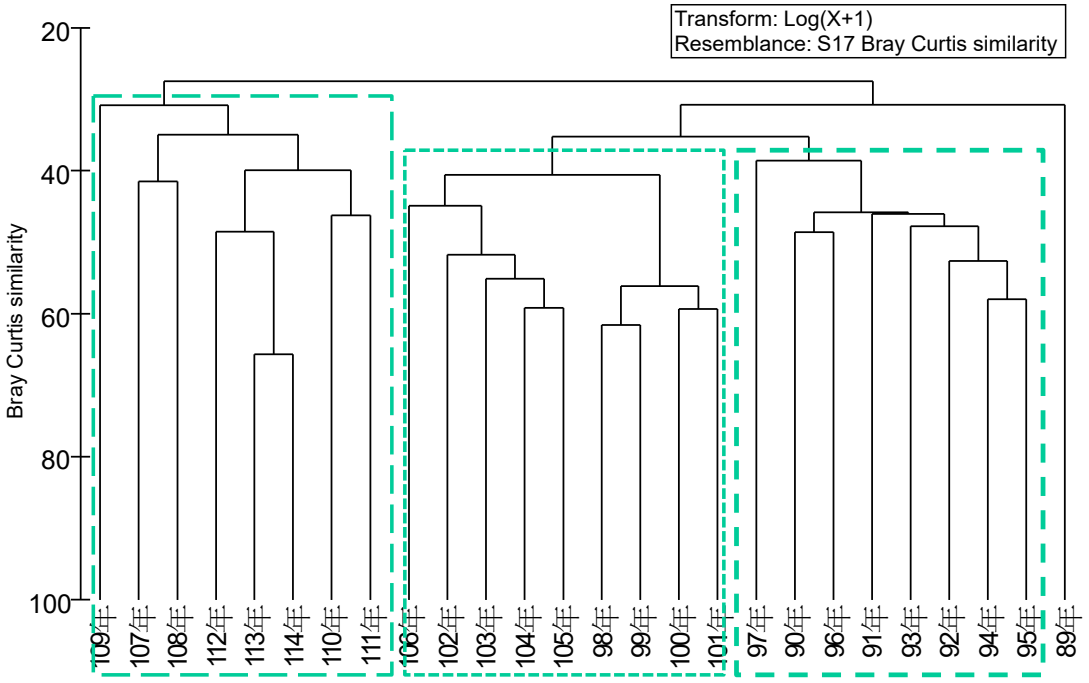
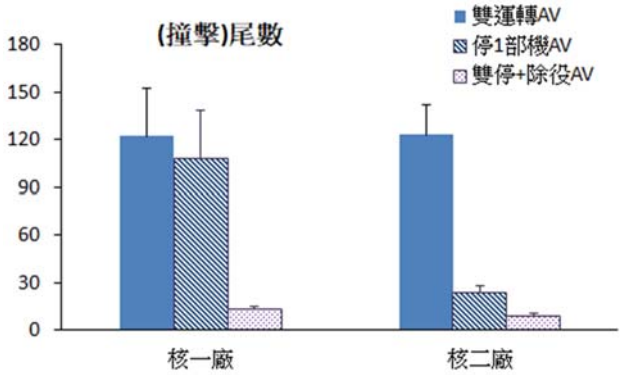


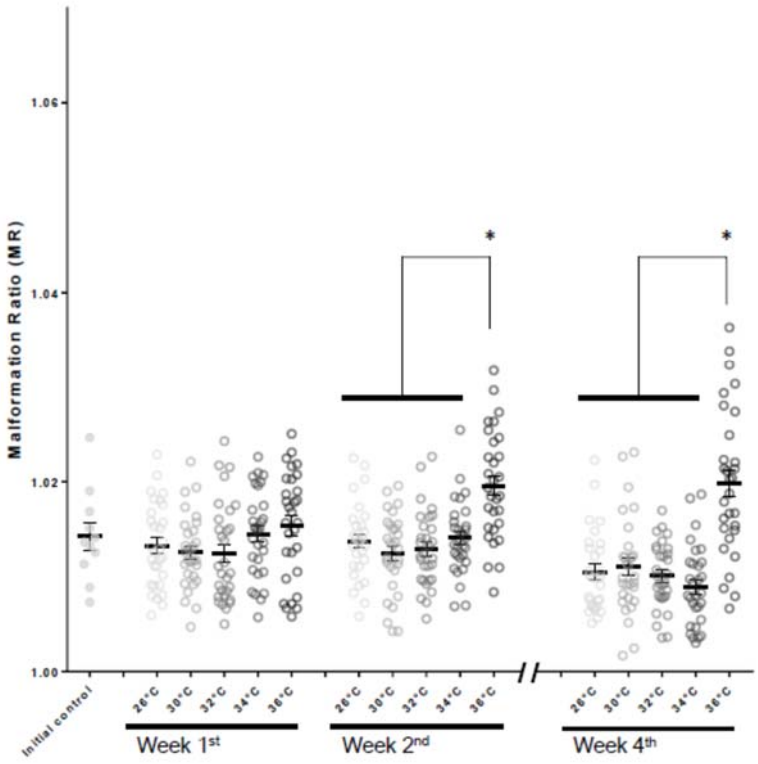
圖 6-26b、歷年核二廠撞擊魚類種群聚之年間變化



核一廠	雙運轉	停1部機	雙停+除役
雙運轉	1		
停1部機	ns.	1	
雙停+除役	0.001	0.01	1

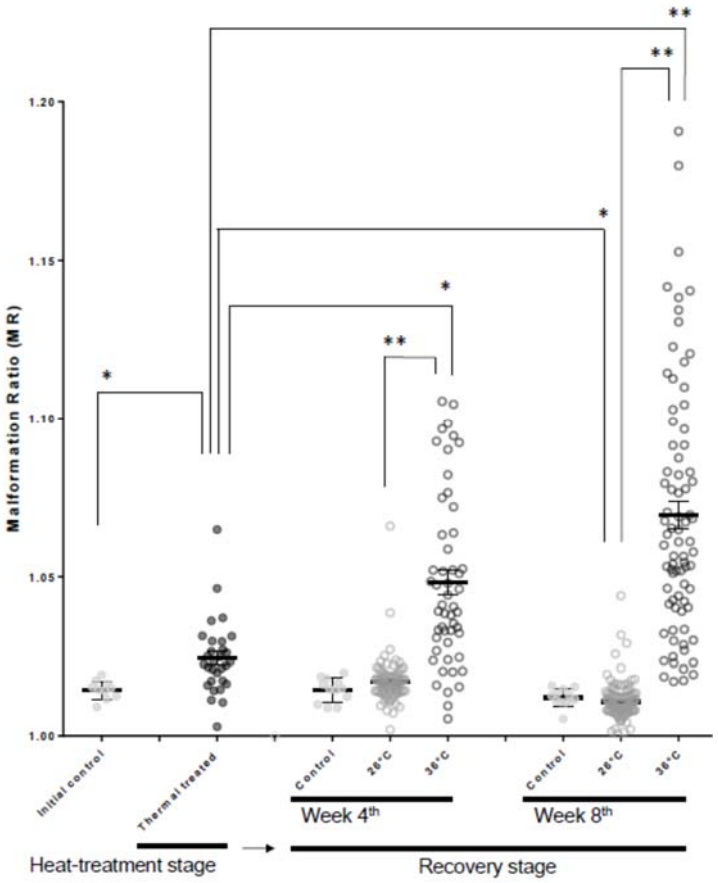
核二廠	雙運轉	停1部機	雙停+除役
雙運轉	1		
停1部機	ns.	1	
雙停+除役	0.02	ns.	1

圖 6-27、核一、二廠海域以撞擊魚類調查不同運轉時期的平均魚尾數比較與變異數分析



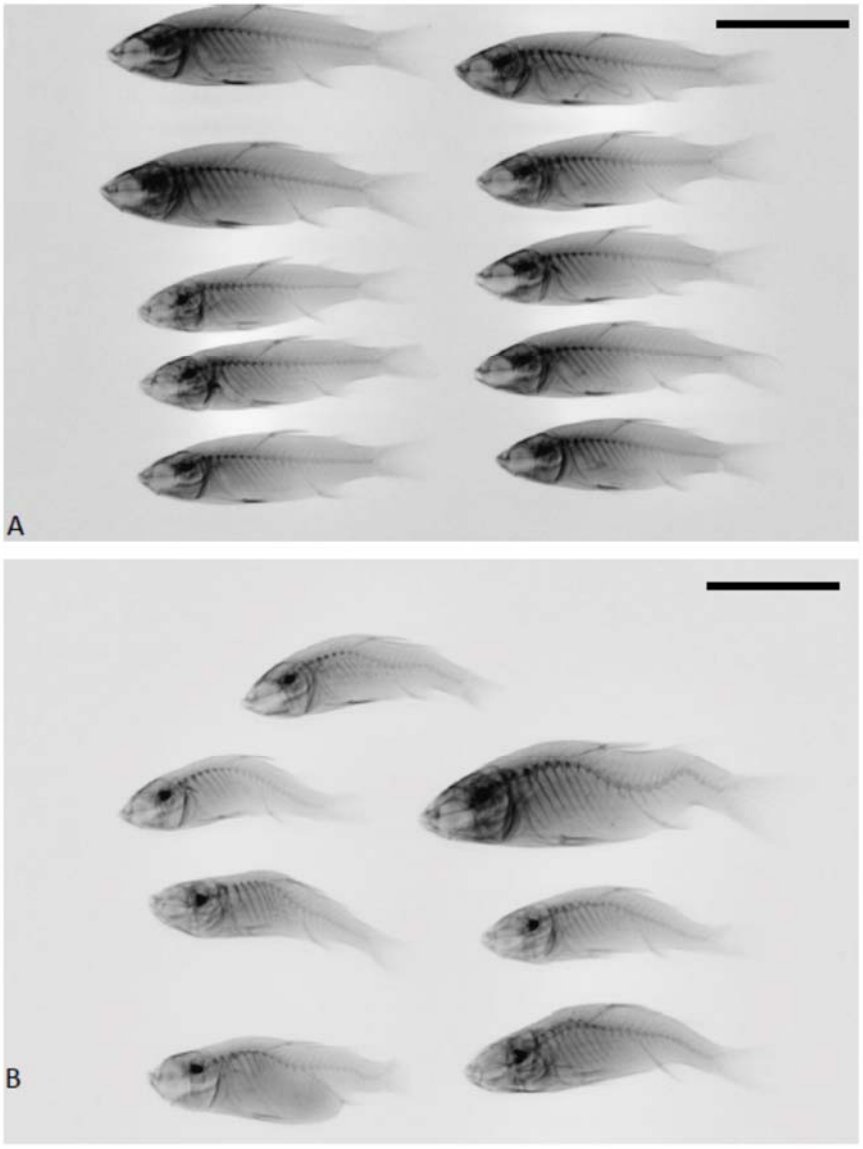
照片 1. 大鱗鮫幼魚在不同溫度下飼養兩週及四週的形變比率(Malformation ratio, MR)。形變比率：脊椎骨長度/第一塊脊骨至尾桿骨的直線距離。

Malformation ratio (MR) in the fish kept under different temperature for (A) two weeks and (B) four weeks. Means ± SEM, Values with different letters differ from each other ($p < 0.05$). The dotted line indicates the MR levels of the initial control. The malformation ratio (MR): curve length of vertebral column / linear distance between the first vertebrae and urostyle.



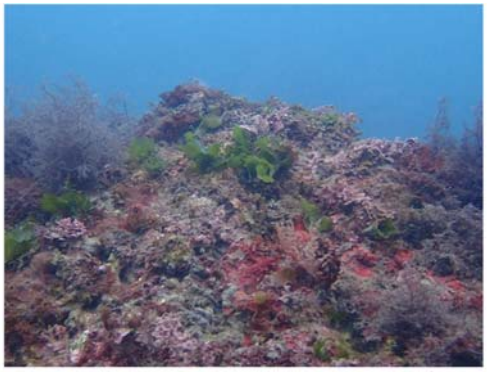
照片 2. 高溫引發畸形後之大鱗鯵幼魚在 26℃ 或 36℃ 飼養八週的形變比率。

Malformation ratio in the thermal-induced malformed fish kept under (A) 26℃ or (B) 36℃ for eight week. Means ± SEM, (* $p < 0.05$). The dotted line indicates the mean MR level of the 26℃ control group and the solid line indicates the mean MR level of initial control (six week thermal treatment without recovery stage.).

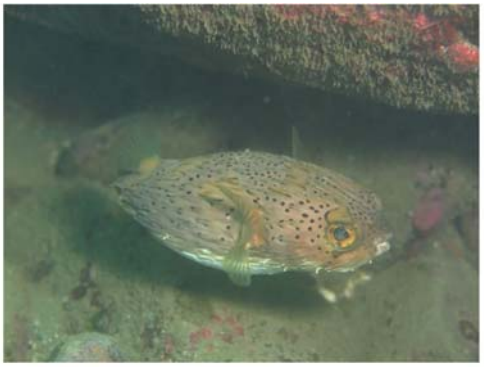


照片 3. (A)畸形魚體改由 26℃ 飼養八週後及(B)畸形魚體持續以 36℃ 飼養八週後的側面 X 光照片。

Lateral X-ray views of largescale mullets (A) the malformed fish kept under 26℃ for eight weeks (B) the fish continue exposed to 36℃ for another eight weeks. The scale bar indicates 10 mm.

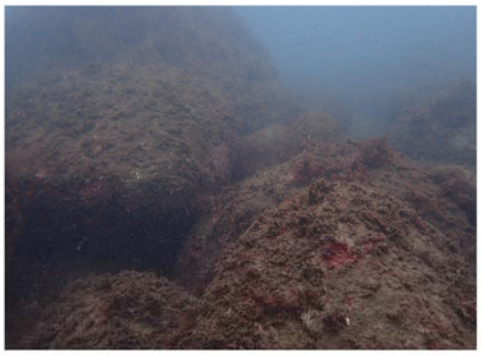


照片1-1. 核一海域5月礁石上長滿藻類，但魚類卻很少 (114/5月)



照片1-2. 對照站草里港記錄到的六斑二齒魨，但在實驗測站數量卻不多

照片1-3. 實驗站礁岩底質 (114/5月)



照片1-4. 往年魚類任多的草里港對照站7月漁類仍不多 (114/7)

照片1-5.北部海域最常見的蝴蝶魚科魚類 (金色蝴蝶魚)

照片1-6. 核一廠海域對照站 (114/7月)

照片 4、核一廠海域出現的魚種與底質狀況

照片2-1. 核二海域實驗測站記錄到的布氏天竺鯛 (114//8)

照片2-2. 核二實驗測站8月馬尾藻開始死亡腐爛(114/8/6)

照片2-3.白米甕L2測站為獨立礁岩魚種與其他3測站差別較大 (114/8/)

照片2-4. 草里港測站意外記錄到大型金梭魚(>50M)(114/10)

照片2-5. 實驗測站與對照站較有機會記錄到成群的四帶雞魚(114/8月)

照片2-6. L4測站底質與實驗站、對照站(Ctrl)較類似，都是消波塊與砂泥地

照片 5、核二廠海域出現的魚種與底質狀況

第七章

綜合討論

第一節 監測執行之意義與目的

瞭解各子計畫間監測結果的相互關係，讓監測的結果關連性更為完整。統合各子計畫對於現行調查結果需特別持續注意觀察之處，以協助提高台電對於海域生態變動之即時敏感性。

第二節 各子計畫關聯性之探討

水文水質：

其他子計劃有浮游植物及浮游動物之調查，此兩子計劃與本計劃同時採樣，其採樣站亦相同，114 年浮游動物的採樣站為 B、C、E 及 F 測線，離岸距離皆為 500、1000、2000 公尺的測站，和 C、F 測線離岸距離 5000 公尺的測站，以及 E 測線離岸 5000 及 6000 公尺的測站，因此可做彼此相關性之探討。將 114 第 1 季至第 4 季各項營養鹽參數對浮游植物及浮游動物資料，統計彼此之相關性，其結果列於表 2-2。由表中相關係數觀察到 114 年核一廠與核二廠附近海域生態浮游植物與溫度為正相關，表示海水升溫有助於浮游植物生長，浮游植物生長過程中大量消耗營養鹽浮游植物與營養鹽呈負相關。

本計畫用主成份分析統計方法，來計算 114 年第 1 季至第 4 季核一和核二廠溫排水附近海域之水質資料與動、植浮生物間之相互影響關係。結果顯示 114 年

在核一廠和核二廠溫排水附近海域之第一主成份約佔所有成份分別是 72.86 %、55.43 %，而第二主成份分別約佔 14.49 %、15.29 %，其中百分比代表各項變數在經過主成分分析變數降維後所得第一、第二主成分含有原變數特性的比例，經過主成分分析的資料前兩項主成分相加必須大於 80%才表示分析具有意義，將統計參數依其第一與第二主成分之係數數值畫於座標上，各項數據點於圖中越接近表示其在整體資料中相關程度越好。

浮游植物：

海域環境之變動原因是十分地複雜而難以捉摸，因此不易顯現出浮游植物豐度變化和單一環境因子的相關性，所以，我們亦將今年的調查數據，分別與水質組 (溫度、鹽度、磷酸鹽、硝酸鹽、矽酸鹽、葉綠素 *a*) 及浮游動物組 (浮游動物豐度) 所提供的相關調查資料以線性迴歸分析法進行分析，以探討浮游植物豐度與各種環境因子之間的相關性。結果顯示，浮游植物豐度與上述幾個環境因子之相關係數值分別為 0.4892、－0.3834、－0.1127、-0.4694、－0.1587、0.3373 及 0.2724，且浮游植物豐度與溫度、硝酸鹽及葉綠素 *a* 濃度有顯著相關性。除此之外，經過多年的調查研究結果，我們認為天候及海流等物理性作用對於浮游植物之分布亦可能是十分地重要。

浮游動物：

與浮游動物生存有密切關連的生物與物理因子有許多，在整個監測團隊中與浮游動物有最緊密的關連的為子計畫為浮游植物與水質水文分析結果。因為浮游植物提供給浮游動物食物，而水質水文的監測結果顯示出浮游動物所處的水團環境與限制壓力。本子計畫將自 93 年第一季至 114 年第四季以各季節採樣與分析之平均結果值做關連性分析。統計分析的結果顯示出浮游動物的數量與海水溫度呈現出不顯著正相關 ($r = 0.15$, $p = 0.15$, Pearson's correlation) 的變化趨勢。海水鹽度是個穩定的環境因子，季節間的變化本來差異就不顯著，採樣海域雖然有磺溪注入少量的淡水進入監測水域，但是對整體採樣海域的海水鹽度沒有產生顯

著的稀釋現象，所以鹽度的變化與浮游動物數量在季節間的強烈波動之關聯性分析沒有顯著的負相關存在 (r = －0.13, p = 0.23, Pearson's correlation)。由於季節間的波動變化不一致，浮游植物的豐度與浮游動物的豐度變化呈現不顯著的正相關變化趨勢 (r = 0.03, p = 0.80, Pearson's correlation)。浮游動物大類出現數與溫度呈現顯著的正關聯性 (r = 0.21, p = 0.05, Pearson's correlation)。

第三節 溫排水影響

水文水質：

近年來聖嬰現象 (E1 Niño) 與反聖嬰現象 (La Niña) 所造成氣候變化引起重視，將 99 年至 114 年核一廠 C5000 公尺與核二廠 F5000 公尺背景測站之各年度水文水質資料與各水質資料歷年平均濃度差值，和浮游植物子計畫所提供 99 年至 114 年「太平洋十年間的擺動」指數 (Pacific Decadal Oscillation, PDO)，與基隆地區降雨量進行統計，以了解北部核電廠附近海域之水質是否受到此氣候變化影響。結果顯示核一廠及核二廠水文水質參數則都呈現規律性季節變化。將 99 年到 114 年 PDO 指數與核一廠及核二廠之 pH 值、溫度、葉綠素、磷酸鹽、矽酸鹽及硝酸鹽進行回歸分析法測試並繪製相關係數圖，結果顯示相關係數值大都小於 0.2 以下，顯示北部核能廠背景海域水質資料與太平洋十年震盪周期 (PDO)，相關性不佳，與以往觀察結果類似，顯示北部核能廠附近之水質受聖嬰現象及反聖嬰現象影響不明顯。

浮游植物：

近年來大尺度的氣候變化亦逐漸受到重視，如我們所熟知的聖嬰 (El Niño) 與反聖嬰 (La Niña) 現象，以及所謂「太平洋十年間的擺動」 (Pacific Decadal Oscillation, PDO) 的氣候現象，此為週期約 15-20 年類似聖嬰現象的海溫變動。科學家指出，除了聖嬰與反聖嬰現象是比較短暫的影響區內的天氣外，這「太平洋十年間的擺動」的現象亦可能是導致較長期氣候變遷的主要因素之一。因此，

當我們在觀察核一及核二廠附近海域小尺度的海水溫度變化對於浮游植物豐度及種類組成變化影響的同時，全球性大尺度氣候及海洋環境變化所帶來的影響，也是我們目前及未來的調查研究中必須探討的重點。由我們過去幾年所累積的調查結果顯示，雖然近幾年的浮游植物平均豐度較過去的調查結果為低，但核一廠及核二廠附近海域的浮游植物種類數仍維持相當的數量，核一廠及核二廠出水口測站的浮游植物種類相亦頗具多樣性；此外，我們亦發現，過去二十幾年來(89~114 年) 來浮游植物豐度呈現一高一低交替消長的現象，且似乎於反聖嬰年(西太平洋氣候較溫暖)，雨量較多時有豐度增加的趨向。

底棲動物：

溫排水是否會對底棲群聚產生負面的影響，本研究在比較各廠出入水口間的物種豐度、密度及總量後發現，所有的生物因子在出、入水口間均無顯著的差異(所有的 p 值均 >0.05)，這代表各廠出、入水口間之細泥含量及總有機質含量的減少，均與是否有溫排水無關。水溫比較沒影響，但水流的物理影響比較會有，若未來能利用水流量的資料可以看有無差異，但因流量減少非劇烈的改變 (除非是從全開直接到全關好幾年) 因此可以預計尚需要數年資料進行分析。

第四節 停機影響

水文水質：

核電廠溫排水水量遠小於海域水體積且水溫較高有其擴散特性，理論上離放流口越近海域淺水層受影響應較嚴重，故獨立討論距離核電廠出水口較近測站避免海域所有資料平均後無法辨別溫排水影響，將歷年 (過去十六年) 資料做整理。分別為：核一廠距出水口 500 公尺 (B500) 與 1000 公尺 (B1000) 測站歷年各季各項水質表層水資料之時間序列，核二廠距出水口 500 公尺 (E500) 與 1000 公尺 (E1000) 測站歷年各季各項水質表層水資料之時間序列，核二廠距入水口 500

公尺 (F500) 與 1000 公尺 (F1000) 測站歷年各季各項水質表層水資料之時間序列，由上述資料觀察各項水質在遠近站點間變化趨勢相似濃度差異極小，水質資料隨著季節變動，推論本研究中核電廠溫排水對海域水質影響在較近或較遠測站影響差異並不明顯。進一步分析核一廠距出水口 500 公尺 (B500) 測站各水層歷年各季各項水質資料之時間序列，核二廠距出水口 500 公尺 (E500) 測站各水層歷年各季各項水質資料之時間序列，核二廠距入水口 500 公尺 (F500) 測站各水層歷年各季各項水質資料之時間序列。由上述三個歷年資料觀察各項水質在離出水口最近測站各水層間變化趨勢相似濃度差異比起測站遠近之差異較大，但實際濃度範圍區別在海水水層間屬於合理變動依然無需特別討論，主要水質濃度變化皆隨季節變動，可見本研究中核電廠溫排水對海域水質的影響在最近出水口測站各水層之間影響差異並不明顯。

以上述幾段討論總結核電廠溫排水於本研究中僅在距離出水口較近之測站並因海岸地形封閉海水擴散緩慢對水溫有較大影響，在核電廠於正常運行時期除水溫外各項水質影響已不明顯，在核電廠停止運作溫排水排放大量減少放流水與海水溫度差異變小後，核電廠進出水口海域水質受溫排水影響更是微乎其微。

浮游植物：

隨替代能源技術不斷研發精進，年代久遠的核能電廠終將有除役的一天；在國際普遍的重視下，對於核能電廠附近海域進行長期性的監測與評估行之有年，而除役後核能電廠四周海域的生態環境需要花多久的時間才會回復原本樣貌，亦或演進成另一種不同的生態環境，也是我們想知道的議題。由我們在北部核能一廠附近海域累積調查超過 20 年的浮游植物資料可以發現除役前後不管是浮游植物豐度或種歧異度指數在統計上均無顯著差異；而 20 幾年來此海域的優勢種浮游植物僅發現旋鏈角毛藻 (*C. curvisetus*) 在除役後的某一、兩季有出現較高豐度外，其他物種的豐度變化並未發現有顯著不同；而我們也會持續的觀察，看看旋鏈角毛藻 (*C. curvisetus*) 豐度較高的頻率是否有增高的情形。

底棲動物：

推測若核一與二廠完全停止運轉，底棲生態會發生何種變化? 假定核一、二廠完全停止運轉且核電廠拆除後，完全無任何人為建築與外力影響下討論底棲生態之變化情形；由過去的研究成果得知，僅考慮電廠 (包括核電廠及非核能發電廠) 所產生的影響時，發現兩電廠底棲群聚結構差異的主要因素，是水流量而不是溫排水導致水溫高低的變化，因此當電廠永久性的停機後，影響電廠外面的近海底棲動物群聚結構之主要因素也會隨之改變。

改變的順序為先影響底棲棲息環境，再接著影響動物的組成結構。首先，當電廠不再排出水流時，近海沉積中的細泥將不被排水沖刷走，會逐漸堆積下來，這便是改變沉積環境使細泥含量增加而改變底棲生物的環境，但同時，該海域的沿岸流會因電廠排出水流消失，而成為該海域主要的水流，因此增加的細泥也會被這些沿岸流帶走的部分，此區的沉積環境會漸漸地變得和附近其他沒有受核電廠排水影響的海域類似，但如果持續有排水，且排水量沒有減少到讓沉積物沉積的水量則會減少預期水流減少帶來的影響的幅度，甚至可能沒有顯著性差異。若沉積物組成產生變化，則底棲群聚結構的消長變化很可能會從現在的適應細泥含量少的環節動物及節肢動物轉變或增加一些能在細泥中生活的多毛及寡毛蟲。

但電廠排水影響區域外的底棲動物也會因電廠區的環境變成接近其生活環境，而擴張其領域到原本受電廠水流影響的區域內；最終在沒有其他影響以及夠長期的時間，此區的底棲生物群聚，理論上會漸漸和其他北海岸類似空間的群聚結構相似。目前停機前後水流量差異的數值後，在核一廠尚未到達產生沉積物結構影響的臨界值水量，而核二廠時間尚短還無法比較差異。

魚類：

(1) 核一廠停機前後的比較

除役前實驗站 A(L1) 的水表層溫度約在 25.5±0.3 ℃，水下 1.5 公尺的溫度約在 24.6±0.3 ℃ 間，而對照站的水表層溫度約在 24.7±0.6 ℃ 之間，水下 1.5 公尺的溫度約在 24.7±0.6 ℃ 間，實驗站與對照站的水下 1.5 公尺的溫度十分接

近，一般來說實驗站水表層溫度都較對照站來的略微高些，但偶爾也會發現因漲退潮流向的關係而有相反的情形出現，例如 99 年 5 月、108 年 4 月。若自 103 年 12 月 10 日停一部機組重新計算，103 年 12 月底以前出水口實驗站的上下溫差平均約 1.1 ℃，停一部機組的 103 年 12 月底後上下溫差平均約 0.3 ℃，而除役開始 (108 年 8 月) 至今上下溫差平均約 0.1 ℃，的確實驗站 (L1) 除役後溫排水減少甚多，與對照測站相比，對照站上下溫差平均約 0.1 ℃，可見核一廠除役後兩測站的上下水層差異逐年變小，甚至兩測站水溫已趨於相同。

核一廠其中一機組自 103 年 12 月 10 日停機大修後一直未恢復運轉，一號機於 107 年 12 月 5 日屆滿運轉年限，二號機於 106 年 6 月因電塔倒塌而停機，爾後 108 年 7 月 15 日年限到期，核一電廠開始進入除役階段，檢視 103 年 5 月~106 年 6 月為單部機組發電時期，雙停機的時間自 106 年 6 月開始至迄今，因此以 106 年 7 月開始雙停機的時間作為除役之分界，但去除 103 年 5 月~106 年只運轉 1 部機組時期之資料。以 t-test 分別檢視雙停機前後 (106 年 6 月) 是否具顯著差異，結果魚種數、魚尾數皆無顯著差異 (p>0.05)，亦即目前看不出除役有改變核一廠海域的礁岩魚類的魚種數、尾數的數量。若以群聚角度 one-way ANOSIM 的方法比較核一海域出水口的實驗站雙停機前後的群聚差異 (103 年 5 月~106 年 6 月只運轉 1 部機組)，其結果顯示在停機前後礁岩性魚類群聚並無顯著的差異 (Global R：0.10, p=0.03)，停 1 部機組、除役、雙運轉間都無顯著的差異，也就是說，目前除役近 8 年時間，尚看不出除役影響礁岩性魚類的群聚組成，但更長期是否有影響，目前尚未可知。

(2) 核二廠停機前後的比較

核二廠自 105 年 4 月就陸續有一部機組停止運轉，至 107 年 6 月 7 日才又恢復併聯發電，因此也讓出水口排出的水溫產生落差，由過去多年的結果了解，略高的水溫幾乎只漂浮在水層表面，但 105 年至 106 年陸續有機組停機的時段與過去兩部機組都運轉的時期，上下水層溫差比較的確在近年差別較小，也顯示出水口排出的溫度不若過去高溫，爾後 110 年 7 月 1 日 1 號機因燃料池爆滿，因此 1 號機提前停機等待除役，2 號機仍續運轉發電，但因表層與水下 1.5 公尺的溫差實在很小 (<1 ℃)，112 年 3 月 14 日除役後，表層與水下 1.5 公尺的上下幾乎

無溫差，且由多年來的資料亦發現，水下 1.5 公尺的溫度幾乎不受到溫排水的影響，因此在魚類群聚是否受到停機的影響，以目前的觀測資料 (112 年 3 月 14 日除役為界)，不管停 1 部機組，或除役都看不出對魚類群聚的改變 (Global test R：0.25，p=0.19)。另以 ANOVA 分析，為避免魚類波動受久遠年度的影響，因此取用 103~114 年 5~10 月魚類較穩定的觀測資料，檢視出水口區 103 年至今雙停機與機組運轉時期的差異 (雙停機 14 筆、雙運轉 22 筆，停一部機組 12 筆)，實驗站的魚種數、尾數均無顯著差異。魚種變化受到海洋環境的改變、魚類來游、沉降、陸地土石流、放生(流)、過漁或其他未知的因素等綜合影響，也許比單一溫排水因素來的更重要。

(3) 砂泥底棲性及洄游性魚類調查 (停機前後的比較)

經由實地觀察與當地沿岸釣客的訪談，發現核二廠出水口極近岸區是夏季北台灣著名的虱目魚與烏魚釣場，不過自 105 年 4 月核二廠機組降載後 (停 2 號機組)，釣客人數明顯變少，107 年 6 月開始運轉後，釣客人數明顯增加，112 年 3 月 14 日除役至今，釣客再度大幅減少，為客觀釐清機組運轉是否影響核二廠海域魚類數量，以下將船釣與底刺網之調查分開比較: (1) 船釣: 船釣自 109 年 1 月開始作業，電廠正式除役為 112 年 3 月 14 日，以除役為分界分析，目前雙機運轉有 6 筆資料，只停 1 部機組有 7 筆，雙停機 (除役後) 有 11 筆資料。目前 3 種不同情況的尾數、漁獲量的比較，可看出差別都不大，若進行 ANOVA 分析，雙機運轉、只停一部機組、除役後，以上 3 期間不管在魚種數、尾數、漁獲重，都無顯著差異。(2) 底刺網: 底刺網資料收集至 108 年度為止，以群聚角度 ANOSIM 分析魚尾數差異來看底刺網的資料，內外測站是否受到停機的影響，其 Global test, R：0.08 (p=0.09)，以共 9 筆停機觀測資料，看不出因停機而有群聚的改變。

(4) 撞擊魚類部分 (停機前後的比較)

核一廠一號機組自 103 年 12 月 10 日停機大修迄今未運轉，不過電廠仍需持續汲水以冷卻系統，爾後核一廠於 106 年 6 月又因電塔倒塌 2 號機開始停機，其後 108 年 7 月 16 開始正式進入除役階段，因此嘗試以電廠給的停機資訊，將其

分為雙運轉期、停一部機組期、雙停機期 (106 年 7 月開始雙停機)，並去除 10 筆大量撞擊所造成離群值過大的問題，雙機運轉期每月 (天) 的撞擊尾數平均約為 122±2.0 尾/天，停一部機組的撞擊尾數平均約為 108±8 尾/天，雙停機期與除役期尾數平均為 12.8±2.1 尾/天。以變異數分析 (ANOVA) 分析，則發現除雙運轉期與停一部機組期無顯著差異外，其餘各期間皆有顯著差異。也就是汲入水流的多寡的確對核一廠海域魚類造成影響，當然目前無法去除年度魚類漸減的干擾因子，因多年來大環境海域漁獲亦不斷的在減少中，因此在此無法確切釐清是大環境海域的影響亦或是核電廠的影響。

核二廠機組自 105 年 4 月 12 日停機大修至 107 年 6 月 7 日開始運轉並聯，1 號機組又於 110 年 7 月因燃料池已滿因而停止運轉等待除役，爾後核二廠於 112 年 3 月 14 開始正式進入除役階段，因此嘗試以電廠給的停機資訊，將其分為雙運轉期、停一部機組期、雙停機期與除役期，並去除 10 筆大量撞擊所造成離群值過大的問題，雙機運轉期每月 (天) 的撞擊尾數平均約為 123±3.2 尾/天，停一部機組的撞擊尾數平均約為 24±1.4 尾/天，雙停機期尾數平均為 9±0.4 尾/天，除役期尾數平均為 6.1±0.6 尾/天，似乎運轉期的魚類數量多過停機間，以變異數分析 (ANOVA) 分析，發現雙運轉期與雙停機 (含除役) 有顯著差異外，其他各期間魚類的尾數多寡皆無顯著差異。另以群聚的角度來看，以 ANOSIM 分析，亦不顯著 (Global R: 0.022，p=0.08)，因此以目前之結果，核二廠除役至目前為止，的確可能因汲入水流多寡影響核二廠海域的撞擊魚類群聚，但與核一廠一樣，目前都無法去除年度魚類漸減的干擾因子，因多年來大環境海域漁獲亦不斷的在減少中，因此在此無法確切釐清大環境海域的影響亦或是核電廠的影響誰較大。

第五節 國家級安全標準比較

水文水質方面：

114 年第 1 季至第 4 季在核一廠、核二廠及磺溪海域所測得水質資料完全符

合行政院環境部所規範之甲類海域海洋環境品質標準。在營養鹽方面，甲類海域海洋環境品質之管制氨氮及總磷，對於硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽及矽酸鹽等則未加以規範，但所測得水質營養鹽濃度範圍跟未受污染的海域濃度相近。

第六節 總結

整體而言，北核各子計畫於 114 年之監測結果並無發現重大之改變，水域的生物與生態於近幾年皆維持季節性演替的消長狀態。浮游動物於近兩年調查期間的變化趨勢，將在接下來的調查期間關注改變的情形。114 年監測計畫內所測得之相關海域監測項目數值，皆在政府所定法規之標準之內。

第七節 網站建置

本研究群日常即有相當密切的聯繫，共同合作執行台電公司北部各核能電廠附近海域之生態調查計畫後彼此聯繫更加頻繁，務求能將本計畫案能做的盡善盡美。根據過去數年合作之經驗，為配合目前網路系統之發展神速，我們已建置網站做為各子計畫資料上網、報告上網，做為各子計畫資料之交換或參考之用，此網站對各子計畫之協調、聯繫、整合甚有助益。

已完成之工作項目：

目前網站的整體建置部份均已完成且所有的架構都順利正常運作中，本計畫架設之網站是以獨立之主機 (Server) 架設於本校國立臺灣海洋大學並有專人負責主機系統之維護及專人負責網頁內容之更新與維護。由於我們是自己架設一台獨立的主機，所以目前空間相當足夠我們放入所需之資料更可不斷增加新的資料。

網域名稱 (Domain Name) 方面，由於主機架設在國立臺灣海洋大學的網際網路系統下所以我們申請的網域名稱為 taipower.ntou.edu.tw，網域名稱中包含了台電與海大正符合目前的合作關係，所以北核生態監測資訊網之網址為 https://taipower.ntou.edu.tw。資料庫主機之作業系統及程式架構為 Linux + Apache + MySQL + Php (LAMP)。

目前網頁首頁呈現方式如圖 7-1，目前網站的主要功能有 CTD 測站資料繪圖、CTD 測線資料繪圖、CTD 時間序列繪圖、歷年 CTD 資料展示、海流資料、Codar 海流資料查詢、海流 Google map 資料展示、衛星雲團查詢、氣象局資料查詢、海水表面溫度查詢、AVISO 海面高度與地轉流、海洋水色衛星查詢、SV 資料查詢、EK 資料查詢、生物資料調查統計、生物資料查詢、生物資料下載、瀏覽月報表、瀏覽年報表、檔案下載等功能詳如圖 7-2，以上功能及內容仍會持續更新。另亦製作通俗版網頁，為讓一般社會大眾瞭解核能電廠運轉對週邊海洋生態環境有無造成影響，特製作此一網頁介紹關於我們所有監測項目包括海流、水文水質、浮游植物、浮游動物、底棲動物、魚類等項目之執行方法、調查結果。因每年度的調查結果都會有些微的變動，我們亦將根據最新的調查結果提出新的結論與看法並將通俗版網頁的內容更新。

延續性之工作內容：

1.各子計畫之資料
2.期中報告與期末報告
3.後續收集及相關資料整理上傳
4.系統及網頁內容之更新維護
5.資料更新
6.安全維護
7.資料庫建置與強化

圖 7-1、網站首頁展示–資料庫

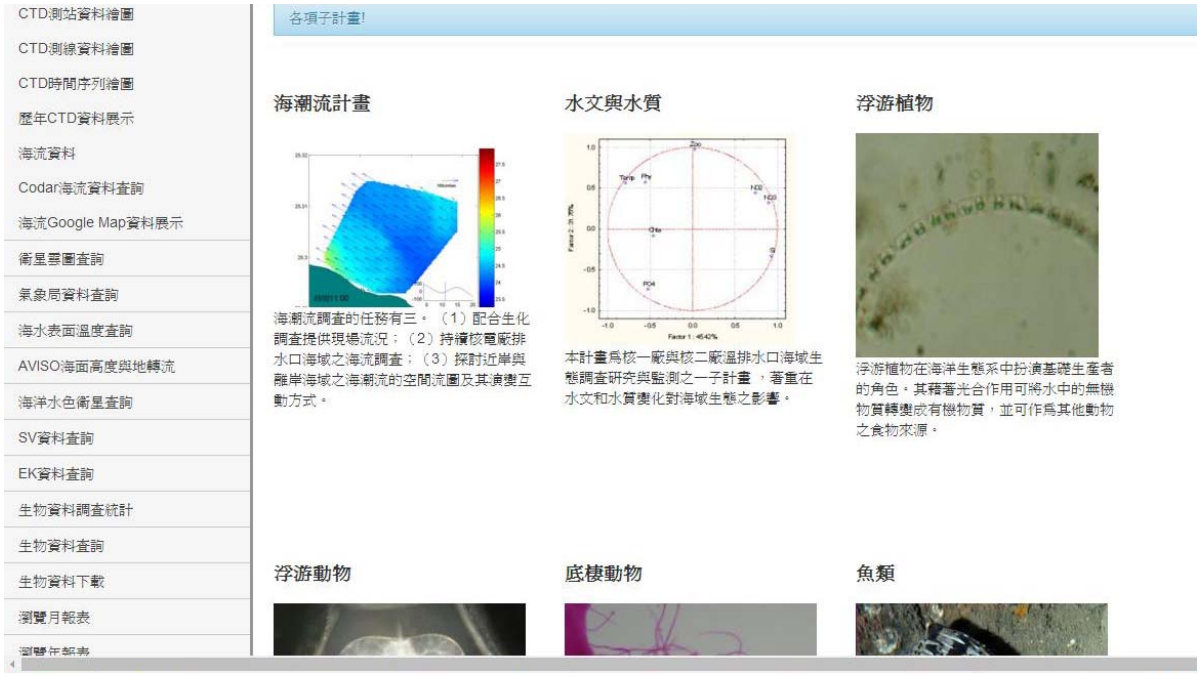


圖 7-2、資料庫主要功能

未來工作項目：

- 持續更新各項資料與查詢功能，之後將朝環境資料與生態資料相互整合。
- 各項觀測資料持續處理中。

- 生物資料庫建置已經近乎完成，目前針對各資料屬性，建立快速查詢及圖形統計功能。
- 持續開發各項資料展示功能，並將資料以資料視覺化方式呈現資料數據，將繁雜的數據簡化成為使用者易於瞭解的內容。

114-116 年度

核能設施附近海域生態放射性物質調查計畫

第二次期中報告

(契約編號：056139000101)

<北部核能設施>

委託單位：台灣電力股份有限公司

執行單位：國立陽明交通大學

中華民國 114 年 12 月

114-116 年度

核能設施附近海域生態放射性物質調查計畫

摘要

本計畫係為瞭解南北部核能電廠及低放貯存場附近海域之生態環境是否受到設施運轉及除役作業之影響，進行相關海域環境試樣之放射性物質調查作業，利用長期且連續性的監測工作，期盼減低核能發電營運及除役對周遭生態環境之影響。依南北核能電廠及低放貯存場之環境樣品類別規劃採樣頻次，預計每年共執行 230 件，合計 114 年至 116 年預計執行 690 件樣品檢測，所分析之環境樣品類別包括：海水、海魚、海藻、岸砂、海底沉積物、草樣等，透過加馬能譜分析，進行天然放射性核種 K-40、Be-7、鈾系以及釷系核種，以及人工放射性核種 Mn-54、Co-60、I-131、Cs-134、Cs-137 等核種之分析，以偵測核能設施所排放之放射性同位素，分析環境試樣中的放射性核種活度濃度是否符合核能安全委員會(前行政院原子能委員會，以下簡稱該為主管機關)所訂定環境輻射監測規範中「環境試樣放射性分析之預警措施基準」之要求，114 年 1 月至 114 年 12 月，本實驗室已完成北部核能設施岸砂 32 件、海水 32 件、海藻 12 件、海魚 16 件、海底沉積物 16 件樣品之量測，總計已完成 108 件。

目錄

頁碼

一、 計畫目的 1

二、 執行方法及進行步驟 2

2.1 調查時間 2

2.2 調查範圍 2

2.3 採樣地點與監測件次 2

2.4 分析項目與方法 2

2.5 環境試樣最小可測量值要求 5

2.6 法規依據 5

2.7 參考文獻 5

三、 調查結果 7

四、 綜合討論 24

4.1 天然放射性核種的探討 24

4.2 人工放射性核種的探討 26

4.3 結論 27

五、 附件 28

5.1 海域環境採樣地點及採樣時間 28

5.2 海域環境採樣地點圖 30

5.3 環境試樣加馬能譜計測最小可測量值 32

表目錄

頁碼

表一、北部核能設施海域試樣放射性核種監測頻率與件數.....3
表二、海域環境試樣放射性核種分析方法簡表.....3
表三、放射性核種加馬能譜核種分析資料.....4
表四、環境試樣放射性分析之預警措施基準.....6
表五、岸砂試樣加馬核種分析表(114 年第 1 季).....8
表六、岸砂試樣加馬核種分析表(114 年第 2 季).....9
表七、岸砂試樣加馬核種分析表(114 年第 3 季).....10
表八、岸砂試樣加馬核種分析表(114 年第 4 季).....11
表九、海水試樣加馬核種分析表(114 年第 1 季).....12
表十、海水試樣加馬核種分析表(114 年第 2 季).....13
表十一、海水試樣加馬核種分析表(114 年第 3 季).....14
表十二、海水試樣加馬核種分析表(114 年第 4 季).....15
表十三、海藻試樣加馬核種分析表(114 年上半年).....16
表十四、海藻試樣加馬核種分析表(114 年下半年).....17
表十五、海魚試樣加馬核種分析表(114 年第 1 季).....18
表十六、海魚試樣加馬核種分析表(114 年第 2 季).....19
表十七、海魚試樣加馬核種分析表(114 年第 3 季).....20
表十八、海魚試樣加馬核種分析表(114 年第 4 季).....21
表十九、海底沉積物試樣加馬核種分析表(114 年上半年).....22
表二十、海底沉積物試樣加馬核種分析表(114 年下半年).....23
表二十一、天然放射性核種於各類試樣中之分布表(114 年 1 月至 114 年 12 月).....25
表二十二、人工放射性核種於各類試樣中之分布表(114 年 1 月至 114 年 12 月).....26

一、計畫目的

我國核能電廠為臨海建置，大量使用海水作為冷卻液，進而產生溫排水之排放。依據台灣電力股份有限公司(以下簡稱台電公司)公告之計畫[1]需求，執行核能電廠附近海域長期生態調查作業，以瞭解南北部核能電廠及低放貯存場附近海域之生態環境是否受到設施運轉及除役之影響，並分析環境因子變動對生物之影響，經由長期且連續性的監測調查工作，期盼減低核能發電營運及除役對周遭生態環境之影響。有鑑於此，主管機關於民國85年7月起將核能一、二、三廠及低放貯存場附近海域之生態環境調查交由台電公司辦理。

「114-116年度核能設施附近海域生態放射性物質調查計畫」(以下簡稱本計畫)即是配合核能電廠附近海域長期的生態調查作業之調查計畫，進行相關海域環境試樣之放射性物質調查作業，目的為偵測核能設施所逸出放射性物質之種類，分析環境試樣中的放射性核種活度濃度是否符合主管機關所訂定環境輻射監測規範[2,3]中「環境試樣放射性分析之預警措施基準」之要求，若測得人工核種活度有異常上升時，將立即提報台電公司，以迅速尋找原因並謀求解決之道。

二、執行方法及進行步驟

2.1 調查時間

本報告的調查與取樣時間為114年1月至114年12月。

2.2 調查範圍

核一廠與核二廠之出水口與進水口周圍的監測，包括海水、岸砂、海底沉積物、海藻與魚類採樣，進行放射性核種加馬能譜分析。

2.3 採樣地點與監測件次

1. 北部核能設施海域環境採樣地點座標與採樣時間如附件 5.1。
2. 北部核能設施海域環境採樣位置圖如附件 5.2。
3. 北部核能設施海域試樣於 114 年 1 月至 114 年 12 月的監測頻率與件次彙整如表一。

2.4 分析項目與方法

各類海域環境試樣的分析項目與方法如表二。放射性核種分析的項目主要為加馬能譜核種分析，天然放射性核種(如 ^{40}K、^{238}U 系，與 ^{232}Th 系)與可能之人工放射性核種(如 ^{137}Cs、^{60}Co 等)於分析時使用之加馬能量列於表三。

表一、北部核能設施海域試樣放射性核種監測頻率與件數

試樣種類 / 核能設施	試樣(件次)					各設施件次
	岸砂	海底沉積物(海底泥或潮池底泥)	海水	海藻	海魚	
核一廠						
114_第一季	4	／	4	／	2	27
114_第二季	4	4	4	3	2	
114_第三季	4	／	4	／	2	27
114_第四季	4	4	4	3	2	
核二廠						
114_第一季	4	／	4	／	2	27
114_第二季	4	4	4	3	2	
114_第三季	4	／	4	／	2	27
114_第四季	4	4	4	3	2	
總件次	32	16	32	12	16	108

註 1：“／”表本次未規劃採樣。

表二、海域環境試樣放射性核種分析方法簡表

試樣類別	分析類別	分析方法簡介
岸砂	加馬核種	烘乾篩濾後裝罐，以純鍺加馬能譜分析系統計測。
海底沉積物	加馬核種	烘乾後裝罐，以純鍺加馬能譜分析系統計測。
海水	加馬核種	直接裝罐，以純鍺加馬能譜分析系統計測。
海藻	加馬核種	烘乾後裝罐，以純鍺加馬能譜分析系統計測。
海魚	加馬核種	烘乾灰化後裝罐，以純鍺加馬能譜分析系統計測。

表三、放射性核種加馬能譜核種分析資料

核種(系)	半化期	加馬能譜(keV)	豐度(%)	備註
天然放射性核種				
^{7}Be	53.12 d	477.6	10.5	
^{40}K	1.28×10^{9} y	1460.8	10.7	
^{238}U 系	4.47×10^{9} y			
^{214}Pb		351.9	37.6	
^{214}Bi		609.3	46.1	註 1
^{232}Th 系	1.4×10^{10} y			
^{228}Ac		911.2	29	註 2
^{212}Pb		238.6	43.3	
^{212}Bi		727.3	6.58	
^{208}Tl		583.2	86	
人工放射性核種				
^{137}Cs	30.2 y	662	85.1	分裂產物
^{131}I	8.04 d	364	81.2	分裂產物
^{54}Mn	312 d	835	100	活化產物
^{60}Co	5.27 y	1173 1332	99.9 1000	活化產物
^{58}Co	70.8 d	811	99.4	活化產物
^{59}Fe	44.6 d	1099 1292	56.5 43.2	活化產物
^{65}Zn	244 d	1116	50.7	活化產物
^{51}Cr	27.7 d	320	9.83	活化產物
^{110m}Ag	252 d	658 885	94.7 72.9	活化產物

註 1：自然環境中當 ^{238}U 系達成平衡時，依加馬能譜測量 ^{214}Bi 核種以代表該系列活度。

註 2：自然環境中當 ^{232}Th 系達成平衡時，依加馬能譜測量 ^{228}Ac 核種以代表該系列活度。

2.5 環境試樣最小可測量值要求

1. 環境試樣之放射性分析及能譜分析其最小可測量值評估方法如下式：

$$\mathrm{MDA} = \frac{4.65\times B^{1/2}+3}{60\times E\times R\times V\times T} \quad \text{(Bq/L or Bq/kg)} \qquad (1)$$

T：適當之空白試樣計數時間(分)。

B：適當之空白試樣計數值，適宜空白試樣含合適物質與雜質(或干擾物質)；化學處理程序、計測時間及幾何形狀均與待分析之試樣相同。

E：待測核種的計數效率。

R：化學回收率。

V：試樣量，以體積或質量為單位表示。

2. 各類試樣之最小可測量值(Minimum Detectable Activity, MDA)列於附件5.3。

2.6 法規依據

1. 試樣分析最小可測量值依「環境輻射監測規範」所訂之紀錄基準。
2. 試樣分析結果若超過「環境輻射監測規範」所訂之調查基準(表四)，則立即知會台電公司。

2.7 參考文獻

1. 台灣電力股份有限公司公告之 114-116 年度核能設施附近海域生態放射性物質調查計畫。
2. 輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則，民國 105 年 6 月 27 日主管機關修正。
3. 環境輻射監測規範，民國 98 年 11 月 11 日主管機關修正。

表四、環境試樣放射性分析之預警措施基準

試樣種類 核種 預警基準	水 (貝克/升)		空氣 (毫貝克/立方公尺)		農漁產品 (貝克/公斤・鮮重)		蔬菜(草樣) (貝克/公斤・鮮重)		牛奶 (貝克/升)		沉積物 (貝克/公斤・乾重)	
	紀	調	紀	調	紀	調	紀	調	紀	調	紀	調
總貝他	0.1	1.0	1.0	90.0	5.0		5.0		5.0		100	
氚(H)-3	10	1100										
錳(Mn)-54	0.4	40	0.6		0.3	110	0.5		0.4		3	110
鐵(Fe)-59	0.7	15	1.2		0.5	40	0.9		0.7		6	
鈷(Co)-58	0.4	40	0.6		0.3	110	0.5		0.4		3	110
鈷(Co)-60	0.4	10	0.6		0.3	40	0.5		0.4		3	110
鋅(Zn)-65	0.9	10	1.5		0.5	74	1.0		0.9		7	
鍶(Sr)-89	0.1		1.0		1.0		1.0					
鍶(Sr)-90	0.1		1.0		1.0		1.0		10		10	
鋯(Zr)-95/鈮(Nb)-95	0.7	15	1.0		0.5		0.9		0.7		6	
碘(I)-131	0.1	1	0.5	30			0.4	4	0.1	0.4	3	
銫(Cs)-134	0.4	2	0.6	370	0.3	8	0.5	37	0.4	3	3	74(20)
銫(Cs)-137	0.4	2	0.6	740	0.3	74	0.5	74	0.4	3	3	740(20)
鋇(Ba)-140/鑭(La)-140	0.4	10	2.0		1.0		1.0		1.0	10	10	
直接輻射(μSv/h)			0.01	1.0								

說明：

1.紀：紀錄基準；調：調查基準。

2.水樣不含雨水，雨水分析比照落塵規定。

3.沉積物包括土壤、底泥與岸砂。岸砂銫(Cs)-134 與銫(Cs)-137 的調查基準均為 20 貝克/公斤・乾重。

4.監測值與調查基準之比對，以計畫核定頻度內之平均測值為基準。

5.水的碘(I)-131 預警基準適用於飲用水。

6.調查基準由各核設施自行評估後，依核備之年度計畫執行。

三、調查結果

北部核能設施之各類試樣 114 年 1 月至 114 年 12 月分析結果如下：

1. 北部核能設施岸砂試樣核種分析結果列於表五至表八。主要測得天然放射性種 ^{7}Be、^{40}K、^{232}Th 系與 ^{238}U 系等，所有樣品均未測得人工放射性核種。

2. 北部核能設施海水試樣核種分析結果列於表九至表十二。主要測得天然放射性核種 ^{40}K，部分試樣測得微量之 ^{232}Th 系與 ^{238}U 系應源自於海水懸浮之泥砂，所有樣品均未測得人工放射性核種。

3. 北部核能設施海藻類試樣核種分析結果列於表十三至表十四。主要測得天然放射性核種 ^{7}Be 與 ^{40}K，測得之 ^{232}Th 系與 ^{238}U 系核種應源自於海藻中摻雜之泥砂，僅於 114 年下半年於核二廠出水口(西側)SP21 及核二廠出水口(東側)SP22 測得微量人工放射性核種 ^{60}Co，SP21 測得活度濃度為 1.0 貝克/公斤．鮮重，台電放射試驗室之複測結果為 2.5 貝克/公斤．鮮重；SP22 測得活度濃度為 0.6 貝克/公斤．鮮重，台電放射試驗室之複測結果為 0.5 貝克/公斤．鮮重。

4. 北部核能設施海魚試樣核種分析結果列於表十五至表十八。主要測得天然放射性核種 ^{40}K，僅於 114 年第二季核二廠東澳漁港(SF21)測得微量人工放射性核種 ^{137}Cs，測得之活度濃度為 0.2 貝克/公斤．鮮重，台電放射試驗室的複測結果為未測出，可能的原因為此活度濃度接近最小可測活度濃度，因測量儀器的統計波動而造成的差異。上述測值均低於環境輻射監測規範之調查基準 74 貝克/公斤．鮮重。

5. 北部核能設施海底沉積物試樣分析結果列於表十九至表二十。主要測得天然放射性核種 ^{7}Be、^{40}K、^{232}Th 系與 ^{238}U 系等，未測得人工放射性核種。

表五、岸砂試樣加馬核種分析表(114 年第 1 季)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公斤·乾重)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系 ^{228}Ac	^{238}U 系 ^{214}Bi
核一廠										
SS11	出水口(西側)	—	—	—	—	—	—	284±11	17±1.1	16±0.9
SS12	出水口(大門)	—	—	—	—	—	—	363±14	21±1.9	19±1.0
SS13	進水口	—	—	—	—	—	—	314±12	15±1.3	15±1.0
SS14	背景站(南寮)	—	—	—	—	—	—	423±15	26±1.9	16±1.0
核二廠										
SS21	出水口(西側)	—	—	—	—	—	6±1.7	253±10	13±1.1	10±0.8
SS22	出水口(東側)	—	—	—	—	—	12±2.2	329±13	15±1.2	14±0.9
SS23	進水口	—	—	—	—	—	—	193±8.9	16±1.2	19±1.1
SS24	背景站(新豐)	—	—	—	—	—	—	391±14	26±1.8	16±0.9

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

表六、岸砂試樣加馬核種分析表(114 年第 2 季)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公斤·乾重)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
									^{228}Ac	^{214}Bi
核一廠										
SS11	出水口(西側)	—	—	—	—	—	—	368±14	24±1.7	22±1.3
SS12	出水口(大門)	—	—	—	—	—	—	408±15	23±1.7	23±1.1
SS13	進水口	—	—	—	—	—	8.3±2.1	348±13	18±1.6	18±1.1
SS14	背景站(南寮)	—	—	—	—	—	—	397±14	23±1.7	14±0.8
核二廠										
SS21	出水口(西側)	—	—	—	—	—	—	238±11	14±1.2	9.9±1.0
SS22	出水口(東側)	—	—	—	—	—	8.9±2.1	319±12	14±1.3	15±0.9
SS23	進水口	—	—	—	—	—	8.0±2.2	193±8.7	15±1.4	15±1.0
SS24	背景站(新豐)	—	—	—	—	—	—	421±15	25±1.9	16±0.9

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

表七、岸砂試樣加馬核種分析表(114 年第 3 季)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公斤·乾重)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系 ^{228}Ac	^{238}U 系 ^{214}Bi
核一廠										
SS11	出水口(西側)	—	—	—	—	—	—	401±15	24±1.8	23±1.3
SS12	出水口(大門)	—	—	—	—	—	—	289±12	15±1.2	14±0.9
SS13	進水口	—	—	—	—	—	—	344±13	18±1.4	18±1.1
SS14	背景站(南寮)	—	—	—	—	—	—	397±14	27±1.6	14±0.9
核二廠										
SS21	出水口(西側)	—	—	—	—	—	15±2.2	255±11	15±1.5	11±1.0
SS22	出水口(東側)	—	—	—	—	—	34±3.5	452±17	25±1.7	16±1.0
SS23	進水口	—	—	—	—	—	—	191±9.3	15±1.4	14±1.0
SS24	背景站(新豐)	—	—	—	—	—	—	402±15	24±1.7	15±0.9

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

表八、岸砂試樣加馬核種分析表(114 年第 4 季)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公斤·乾重)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
									^{228}Ac	^{214}Bi
核一廠										
SS11	出水口(西側)	—	—	—	—	—	—	319±12	20±1.4	18±1.0
SS12	出水口(大門)	—	—	—	—	—	—	385±14	20±1.4	23±1.1
SS13	進水口	—	—	—	—	—	—	285±11	16±1.3	14±0.9
SS14	背景站(南寮)	—	—	—	—	—	—	448±17	25±2.0	17±1.0
核二廠										
SS21	出水口(西側)	—	—	—	—	—	—	225±9.7	11±0.9	11±0.8
SS22	出水口(東側)	—	—	—	—	—	—	317±13	15±1.5	14±0.9
SS23	進水口	—	—	—	—	—	—	201±9.3	14±1.3	15±1.0
SS24	背景站(新豐)	—	—	—	—	—	—	483±17	26±2.1	16±1.0

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

表九、海水試樣加馬核種分析表(114 年第 1 季)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公升)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
									^{228}Ac	^{214}Bi
核一廠										
SW11	出水口(西側)	—	—	—	—	—	—	11±0.6	—	0.6±0.1
SW12	出水口(抽水站)	—	—	—	—	—	—	13±0.8	—	—
SW13	出水口(大門)	—	—	—	—	—	—	10±1.1	—	—
SW14	進水口	—	—	—	—	—	—	16±1.0	—	—
核二廠										
SW21	出水口(西側)	—	—	—	—	—	—	13±1.2	0.4±0.1	—
SW22	出水口(抽水站)	—	—	—	—	—	—	12±1.1	—	—
SW23	出水口(東側)	—	—	—	—	—	—	15±1.2	—	0.6±0.1
SW24	進水口	—	—	—	—	—	—	9.9±1.0	—	—

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

表十、海水試樣加馬核種分析表(114 年第 2 季)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公升)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系 ^{228}Ac	^{238}U 系 ^{214}Bi
核一廠										
SW11	出水口(西側)	—	—	—	—	—	—	8.3±0.9	—	—
SW12	出水口(抽水站)	—	—	—	—	—	—	9.4±1.0	—	—
SW13	出水口(大門)	—	—	—	—	—	—	8.3±0.9	—	—
SW14	進水口	—	—	—	—	—	—	10±1.0	—	—
核二廠										
SW21	出水口(西側)	—	—	—	—	—	—	14±1.3	—	—
SW22	出水口(抽水站)	—	—	—	—	—	—	13±1.1	—	—
SW23	出水口(東側)	—	—	—	—	—	—	12±1.2	—	—
SW24	進水口	—	—	—	—	—	—	11±1.0	—	—

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

表十一、海水試樣加馬核種分析表(114 年第 3 季)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公升)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
									^{228}Ac	^{214}Bi
核一廠										
SW11	出水口(西側)	—	—	—	—	—	—	8.5±1.1	—	—
SW12	出水口(抽水站)	—	—	—	—	—	—	9.1±1.1	—	—
SW13	出水口(大門)	—	—	—	—	—	—	10±1.1	—	—
SW14	進水口	—	—	—	—	—	—	8.7±1.0	—	—
核二廠										
SW21	出水口(西側)	—	—	—	—	—	—	10±1.1	—	—
SW22	出水口(抽水站)	—	—	—	—	—	—	12±1.1	0.4±0.1	—
SW23	出水口(東側)	—	—	—	—	—	—	13±1.2	—	—
SW24	進水口	—	—	—	—	—	—	15±1.0	—	—

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

表十二、海水試樣加馬核種分析表(114 年第 4 季)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公升)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系 ^{228}Ac	^{238}U 系 ^{214}Bi
核一廠										
SW11	出水口(西側)	—	—	—	—	—	—	6.7±0.6	—	0.8±0.1
SW12	出水口(抽水站)	—	—	—	—	—	—	9.6±1.0	0.5±0.1	—
SW13	出水口(大門)	—	—	—	—	—	—	12±1.2	—	—
SW14	進水口	—	—	—	—	—	—	13±1.0	—	0.7±0.1
核二廠										
SW21	出水口(西側)	—	—	—	—	—	—	12±1.2	—	—
SW22	出水口(抽水站)	—	—	—	—	—	—	9.2±1.0	—	—
SW23	出水口(東側)	—	—	—	—	—	—	12±1.2	—	—
SW24	進水口	—	—	—	—	—	—	14±1.1	—	—

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

表十三、海藻試樣加馬核種分析表(114 年上半年)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公斤・鮮重)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
									^{228}Ac	^{214}Bi
核一廠										
SP11	出水口(西側)	—	—	—	—	—	7.8±1.2	89±5.1	—	3.1±0.3
SP12	出水口(大門)	—	—	—	—	—	—	237±9.5	12±1.1	11±0.7
SP13	進水口	—	—	—	—	—	—	107±5.3	1.7±0.5	—
核二廠										
SP21	出水口(西側)	—	—	—	—	—	9.2±1.1	63±4.3	2.2±0.1	—
SP22	出水口(東側)	—	—	—	—	—	—	161±6.3	—	1.4±0.3
SP23	進水口	—	—	—	—	—	—	81±5.9	—	3.6±0.5

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

表十四、海藻試樣加馬核種分析表(114 年下半年)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公斤・鮮重)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
									^{228}Ac	^{214}Bi
核一廠										
SP11	出水口(西側)	—	—	—	—	—	—	414±14	13±1.0	8.7±0.7
SP12	出水口(大門)	—	—	—	—	—	—	134±5.1	7.2±0.5	6.6±0.3
SP13	進水口	—	—	—	—	—	—	157±6.8	8.3±0.7	4.9±0.6
核二廠										
SP21	出水口(西側)	—	1.0±0.1	—	—	—	—	154±6.2	—	2.6±0.3
SP22	出水口(東側)	—	0.6±0.1	—	—	—	4.2±1.1	146±5.5	6.1±0.6	4.6±0.3
SP23	進水口	—	—	—	—	—	—	124±4.8	3.1±0.3	2.6±0.3

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

表十五、海魚試樣加馬核種分析表(114 年第 1 季)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公斤・鮮重)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系 ^{228}Ac	^{238}U 系 ^{214}Bi
核一廠										
SF11	富基漁港	—	—	—	—	—	—	109±3.8	—	1.9±0.2
SF12	富基漁港	—	—	—	—	—	—	115±4.0	—	1.8±0.2
核二廠										
SF21	東澳漁港	—	—	—	—	—	—	99±3.6	0.6±0.2	—
SF22	東澳漁港	—	—	—	—	—	—	101±3.3	—	1.2±0.1

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

表十六、海魚試樣加馬核種分析表(114 年第 2 季)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公斤・鮮重)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系 ^{228}Ac	^{238}U 系 ^{214}Bi
核一廠										
SF11	富基漁港	—	—	—	—	—	—	82±3.5	0.8±0.2	—
SF12	富基漁港	—	—	—	—	—	—	108±4.5	—	1.8±0.2
核二廠										
SF21	東澳漁港	—	—	—	—	0.2±0.1	—	93±3.2	0.5±0.1	—
SF22	東澳漁港	—	—	—	—	—	—	116±4.0	—	0.7±0.1

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

表十七、海魚試樣加馬核種分析表(114 年第 3 季)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公斤・鮮重)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系 ^{228}Ac	^{238}U 系 ^{214}Bi
核一廠										
SF11	富基漁港	—	—	—	—	—	—	71±4.2	—	—
SF12	富基漁港	—	—	—	—	—	—	113±4.5	—	1.1±0.2
核二廠										
SF21	東澳漁港	—	—	—	—	—	—	68±2.9	—	0.8±0.1
SF22	東澳漁港	—	—	—	—	—	—	64±2.6	—	0.5±0.1

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

表十八、海魚試樣加馬核種分析表(114 年第 4 季)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公斤・鮮重)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系 ^{228}Ac	^{238}U 系 ^{214}Bi
核一廠										
SF11	富基漁港	ー	ー	ー	ー	ー	ー	73±3.0	1.3±0.2	ー
SF12	富基漁港	ー	ー	ー	ー	ー	ー	102±4.2	ー	1.6±0.2
核二廠										
SF21	東澳漁港	ー	ー	ー	ー	ー	ー	84±3.4	0.9±0.2	0.8±0.1
SF22	東澳漁港	ー	ー	ー	ー	ー	ー	92±3.7	1.0±0.3	0.9±0.1

註：“ー”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

表十九、海底沉積物試樣加馬核種分析表(114 年上半年)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公斤・乾重)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
									^{228}Ac	^{214}Bi
核一廠										
SD11	出水口(左側)	—	—	—	—	—	—	134±6.9	11±1.1	5.6±0.7
SD12	出水口	—	—	—	—	—	7.7±1.8	184±8.5	13±1.4	7.5±0.7
SD13	出水口(右側)	—	—	—	—	—	6.0±1.5	137±7.3	11±1.0	5.6±0.7
SD14	進水口	—	—	—	—	—	9.3±2.6	180±8.5	12±1.0	7.8±0.6
核二廠										
SD21	出水口(左側)	—	—	—	—	—	—	318±12	21±1.4	14±0.9
SD22	出水口	—	—	—	—	—	—	362±13	18±1.5	14±0.8
SD23	出水口(右側)	—	—	—	—	—	—	317±12	19±1.4	13±0.9
SD24	進水口	—	—	—	—	—	—	399±14	15±1.3	12±0.8

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

表二十、海底沉積物試樣加馬核種分析表(114 年下半年)

試樣編號	地點	核種活度濃度(貝克/公斤・乾重)								
		人工放射性核種					天然放射性核種			
		^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
									^{228}Ac	^{214}Bi
核一廠										
SD11	出水口(左側)	—	—	—	—	—	—	349±13	18±1.4	13±0.9
SD12	出水口	—	—	—	—	—	—	208±9.3	10±0.9	7.8±0.8
SD13	出水口(右側)	—	—	—	—	—	—	269±10	14±1.2	11±0.8
SD14	進水口	—	—	—	—	—	—	150±8.0	8.7±1.1	6.0±0.8
核二廠										
SD21	出水口(左側)	—	—	—	—	—	—	180±8.4	13±1.2	7.0±0.8
SD22	出水口	—	—	—	—	—	—	165±7.8	11±0.8	7.2±0.7
SD23	出水口(右側)	—	—	—	—	—	—	168±8.0	14±1.2	6.9±0.7
SD24	進水口	—	—	—	—	—	—	170±8.2	12±1.1	8.3±0.8

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

四、綜合討論

4.1 天然放射性核種的探討

1. 114 年 1 月至 114 年 12 月調查期間之各類試樣分析結果均含天然放射性核種，如 ^{7}Be、^{40}K、^{232}Th 系與 ^{238}U 系核種，其活度分布如表二十一。
2. 岸砂與海底沉積物所含的天然放射性核種主要為 ^{40}K、^{232}Th 系與 ^{238}U 系，另有 ^{7}Be 其源自於大氣的沉降。
3. 海水中主要天然放射性核種為 ^{40}K，部分試樣(如 SW24)受海岸河流淡水稀釋影響，活度較低，若於乾潮時採樣，受淡水稀釋影響更大。
4. 海藻與海魚為生活於海水中的生物，主要天然放射性核種為 ^{40}K，其含量會隨種類與生長季節而變動。海藻試樣亦測得 ^{7}Be，其源於大氣的沉降。

表二十一、天然放射性核種於各類試樣中之分布表(114 年 1 月至 114 年 12 月)

核種 / 試樣項目	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
			^{228}Ac	^{214}Bi
岸砂 (貝克/公斤・乾重)	— ~ 34	191 ~ 483	11 ~ 27	9.9 ~ 23
海水 (貝克/公升)	—	6.7 ~ 16	— ~ 0.5	— ~ 0.8
海藻 (貝克/公斤・鮮重)	— ~ 9.2	63 ~ 414	— ~ 13	— ~ 11
海魚 (貝克/公斤・鮮重)	—	64 ~ 116	— ~ 1.3	— ~ 1.9
海底沉積物 (貝克/公斤・乾重)	— ~ 9.3	134~ 399	8.7 ~ 21	5.6 ~ 14

註：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

4.2 人工放射性核種的探討

茲將 114 年 1 月至 114 年 12 月各類試樣所測得之人工放射性核種的活度分布列於表二十二,各類試樣多未測得人工放射性核種,僅 114 年第二季核二廠東澳漁港(SF21)測得微量人工放射性核種 ^{137}Cs，測得之活度濃度為 0.2 貝克/公斤．鮮重，台電放射試驗室的複測結果為未測出，可能的原因為此活度濃度接近最小可測活度濃度，因測量儀器的統計波動而造成的差異。上述測值均低於環境輻射監測規範之調查基準 74 貝克/公斤．鮮重。另外，114 年下半年於核二廠出水口(西側)SP21 及出水口(東側)SP22 測得微量人工放射性核種 ^{60}Co，測得活度濃度為 1.0 貝克/公斤．鮮重及 0.6 貝克/公斤．鮮重，台電放射試驗室之複測結果為 2.5 貝克/公斤．鮮重及 0.5 貝克/公斤．鮮重。

表二十二、人工放射性核種於各類試樣中之分布表(114 年 1 月至 114 年 12 月)

核種 / 試樣項目	^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{137}Cs	調查基準	
					^{137}Cs	^{60}Co
岸砂 (貝克/公斤．乾重)	—	—	—	—	20	110
海水 (貝克/公升)	—	—	—	—	2	10
海藻 (貝克/公斤．鮮重)	—	— ~ 1.0	—	—	/	/
海魚 (貝克/公斤．鮮重)	—	—	—	— ~ 0.2	74	40
海底沉積物 (貝克/公斤．乾重)	—	—	—	—	740	110

註 1：“—”代表“＜MDA”(低於計測儀器最小可測量值)。

註 2：“/ ”代表無可參考之調查基準。

4.3 結論

1. 本次調查期間(114 年 1 月至 114 年 12 月)執行北部核能設施海域環境放射性物質調查，進行岸砂、海水、海藻、海底沉積物與海魚的採樣與核種分析，共 108 件次。

2. 各類試樣主要測得天然放射性核種，如 ^{7}Be、^{40}K、^{232}Th 系與 ^{238}U 系核種，僅 114 年第二季核二廠海魚試樣(SF21)測得微量之 ^{137}Cs，測得活度濃度為 0.2 貝克/公斤．鮮重，台電放射試驗室的複測結果為未測出，可能的原因為此活度濃度接近最小可測活度濃度，因測量儀器的統計波動而造成的差異。上述測值均低於環境輻射監測規範之調查基準 74 貝克/公斤．鮮重。另外，114 年下半年於核二廠海藻試樣(SP21、SP22)測得微量人工放射性核種 ^{60}Co，測得活度濃度為 1.0 貝克/公斤．鮮重和 0.6 貝克/公斤．鮮重，台電放射試驗室之複測結果為 2.5 貝克/公斤．鮮重和 0.5 貝克/公斤．鮮重。

3. 除役及運轉中的各核設施分析結果相較於背景試樣，新竹南寮與新豐的岸砂試樣(SS14 與 SS24)，未有明顯差異，表明海域生態未受影響。環境試樣中測得之微量核種 ^{137}Cs，其可能源自於過往全球核武試爆落塵與國外核設施意外事件外釋所致。

五、附件

5.1 海域環境採樣地點及採樣時間

1. 114 年核一廠海域環境採樣地點座標與採樣時間

試樣種類	試樣編號	地點	座標	採樣時間(第 1 季)	採樣時間(第 2 季)	採樣時間(第 3 季)	採樣時間(第 4 季)
岸砂 海水 海藻	SS11 SW11 SP11	出水口(西側)	N 25.298229 E 121.577462	114.01.08 114.01.08 --	114.04.22 114.04.22 114.04.22	114.07.09 114.07.09 --	114.10.15 114.10.15 114.10.15
海水	SW12	出水口(抽水站)	N 25.291606 E 121.587090	114.01.08	114.04.22	114.07.09	114.10.15
岸砂 海水 海藻	SS12 SW13 SP12	出水口(大門)	N 25.291298 E 121.591561	114.01.08 114.01.08 --	114.04.22 114.04.22 114.04.22	114.07.09 114.07.09 --	114.10.15 114.10.15 114.10.15
岸砂 海水 海藻	SS13 SW14 SP13	進水口	N 25.289440 E 121.597821	114.01.08 114.01.08 --	114.04.22 114.04.22 114.04.22	114.07.09 114.07.09 --	114.10.15 114.10.15 114.10.15
岸砂	SS14	背景站(新竹南寮)	N 24.850760 E 120.930630	114.01.08	114.04.22	114.07.09	114.10.20
海魚 海魚	SF11 SF12	富基漁港	N 25.292354 E 121.534238	114.01.08 114.01.08	114.04.22 114.04.22	114.07.09 114.07.09	114.10.15 114.10.15
海底沉積物	SD11	出水口(左側)	N 25.29653 E 121.58393	--	114.05.31	--	114.10.14
海底沉積物	SD12	出水口	N 25.294816 E 121.586416	--	114.05.31	--	114.10.14
海底沉積物	SD13	出水口(右側)	N 25.293716 E 121.58973	--	114.05.31	--	114.10.14
海底沉積物	SD14	進水口	N 25.290816 E 121.598916	--	114.05.31	--	114.10.14

註：“--”代表未執行採樣

2. 114 年核二廠海域環境採樣地點座標與採樣時間

試樣種類	採樣編號	地點	座標	採樣時間(第 1 季)	採樣時間(第 2 季)	採樣時間(第 3 季)	採樣時間(第 4 季)
岸砂 海水 海藻	SS21 SW21 SP21	出水口(西側)	N 25.207902 E 121.662228	114.01.08 114.01.08 --	114.04.22 114.04.22 114.04.22	114.07.09 114.07.09 --	114.10.15 114.10.15 114.10.15
海水	SW22	出水口(抽水站)	N 25.207540 E 121.662426	114.01.08	114.04.22	114.07.09	114.10.15
岸砂 海水 海藻	SS22 SW23 SP22	出水口(東側)	N 25.207540 E 121.662426	114.01.08 114.01.08 --	114.04.22 114.04.22 114.04.22	114.07.09 114.07.09 --	114.10.15 114.10.15 114.10.15
岸砂 海水 海藻	SS23 SW24 SP23	進水口	N 25.202037 E 121.679592	114.01.08 114.01.08 --	114.04.22 114.04.22 114.04.22	114.07.09 114.07.09 --	114.10.15 114.10.15 114.10.15
岸砂	SS24	背景站(新竹新豐)	N 24.911650 E 120.965980	114.01.08	114.04.22	114.07.09	114.10.15
海魚 海魚	SF21 SF22	東澳漁港	N 25.179831 E 121.68945	114.01.08 114.01.08	114.04.22 114.04.22	114.07.09 114.07.09	114.10.15 114.10.15
海底沉積物	SD21	出水口(左側)	N 25.21223 E 121.66063	--	114.05.31	--	114.10.14
海底沉積物	SD22	出水口	N 25.211083 E 121.664	--	114.05.31	--	114.10.14
海底沉積物	SD23	出水口(右側)	N 25.2088 E 121.66606	--	114.05.31	--	114.10.14
海底沉積物	SD24	進水口	N 25.20565 E 121.67960	--	114.05.31	--	114.10.14

註：“--”代表未執行採樣

5.2 海域環境採樣地點圖

1. 核一廠海域採樣位置圖

2. 核一廠海域海底沉積物採樣位置圖

3. 核二廠海域採樣位置圖

4. 核二廠海域海底沉積物採樣位置圖

5. 核一廠、核二廠背景站採樣位置圖

5.3 環境試樣加馬能譜計測最小可測量值

例行分析條件下之最小可測量值(MDA)

核種名稱	水 (貝克/升)		植物(草樣) (貝克/公斤・鮮重)		土壤／海底沉積物 (貝克/公斤・乾重)		農漁產品 (貝克/公斤・鮮重)	
	MDA	紀	MDA	紀	MDA	紀	MDA	紀
錳-54	0.07	0.4	0.3	0.5	0.4	3	0.09	0.3
鈷-58	0.05	0.4	0.1	0.5	0.3	3	0.1	0.3
鐵-59	0.1	0.7	0.3	0.9	0.5	6	0.3	0.5
鈷-60	0.05	0.4	0.2	0.5	0.3	3	0.09	0.3
鋅-65	0.1	0.9	0.4	1.0	1.0	7	0.2	0.5
碘-131	0.07	0.1	0.3	0.4	0.2	3	0.1	／
銫-134	0.03	0.4	0.2	0.5	0.3	3	0.1	0.3
銫-137	0.05	0.4	0.2	0.5	0.4	3	0.1	0.3

註 1：“/ ”代表未訂定紀錄基準。

114-116 年度

核能設施附近海域生態放射性物質調查計畫

海域環境放射性物質調查---歷年趨勢統計

(契約編號：056139000101)

委託單位：台灣電力股份有限公司

執行單位：國立陽明交通大學

中華民國 114 年 12 月

統計趨勢說明：

1. 茲將 104 年至 114 年 12 月各核能設施環境輻射偵測結果進行統計，所有試樣均未達調查基準。
2. 僅少數試樣測得微量人工放射性核種 ^{137}Cs 和 ^{60}Co，其值遠低於調查基準。圖 1~21 描繪人工放射性核種 ^{137}Cs 之歷年監測趨勢，而 ^{60}Co 之歷年趨勢則描述於圖 22~42 中。

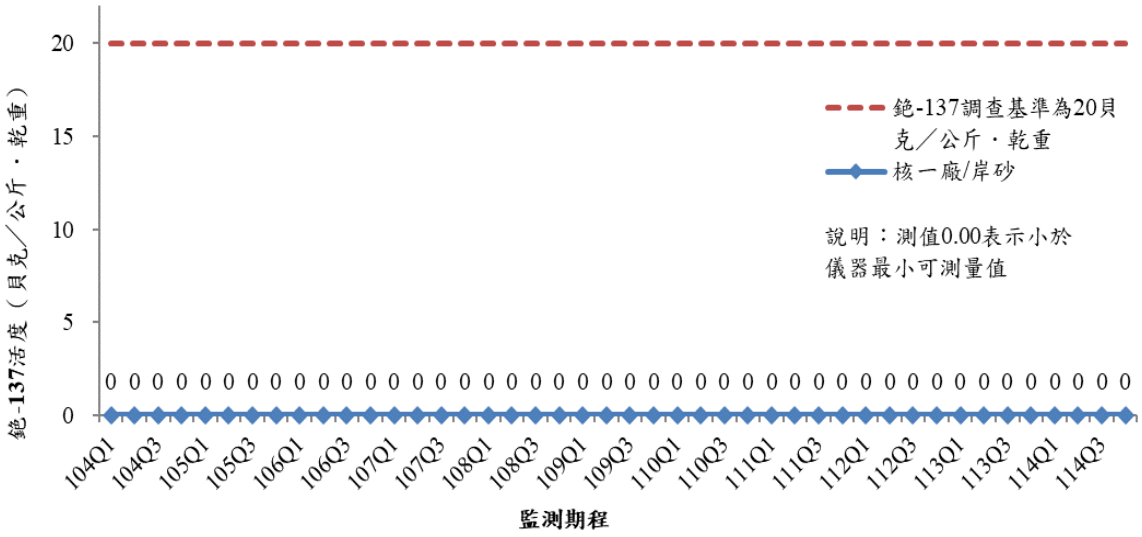


圖 1、核一廠海域之岸砂試樣中鉿-137 活度歷年監測分析結果

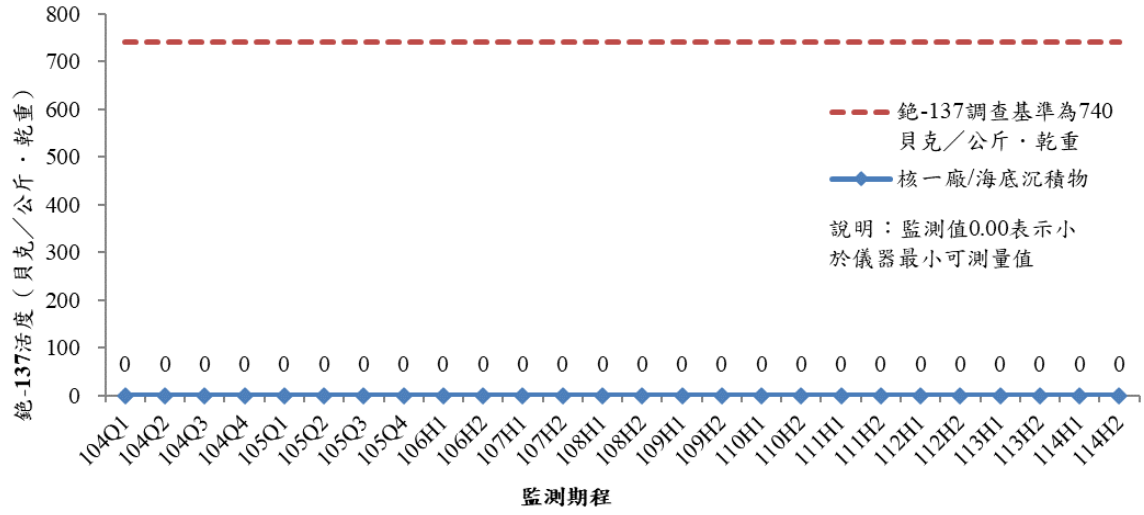


圖 2、核一廠海域之海底沉積物試樣中鉿-137 活度歷年監測分析結果

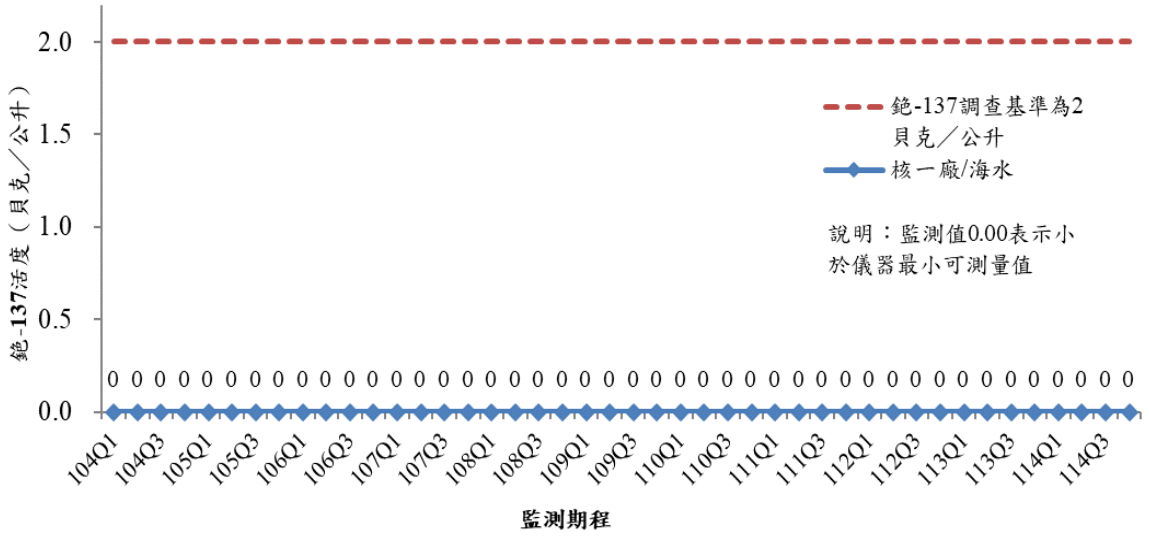


圖 3、核一廠海域之海水試樣中鉿-137 活度歷年監測分析結果

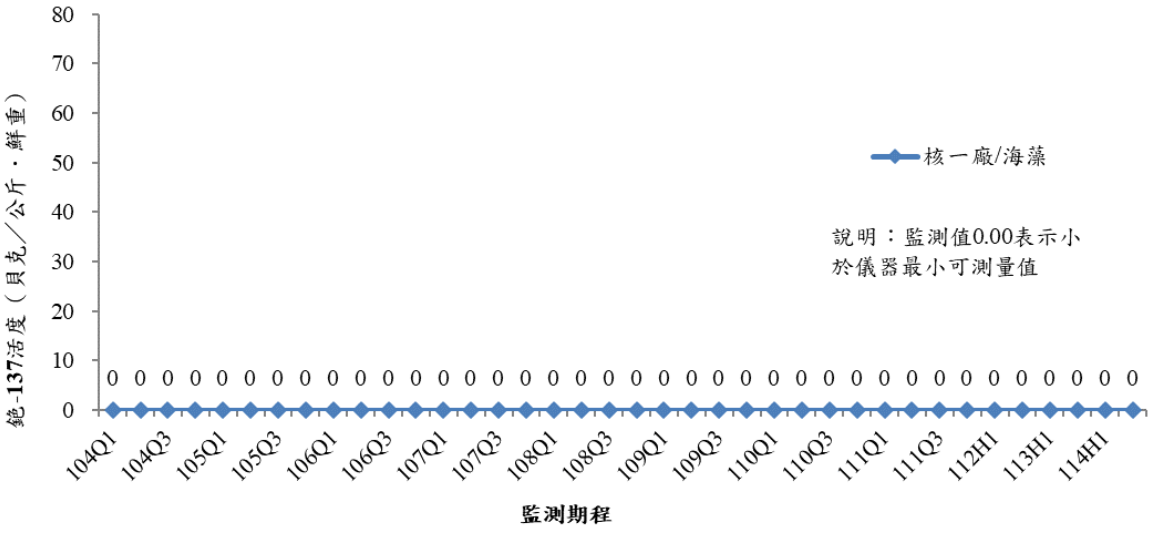


圖 4、核一廠海域之海藻試樣中鉿-137 活度歷年監測分析結果

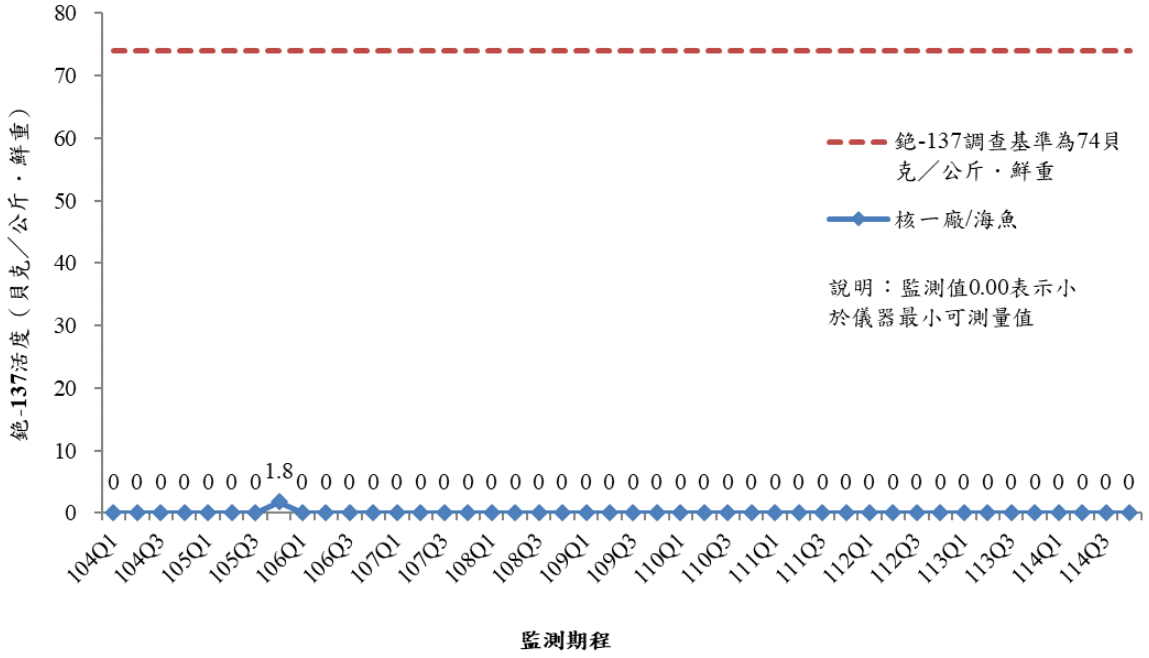


圖 5、核一廠海域之海魚試樣中鉈-137 活度歷年監測分析結果

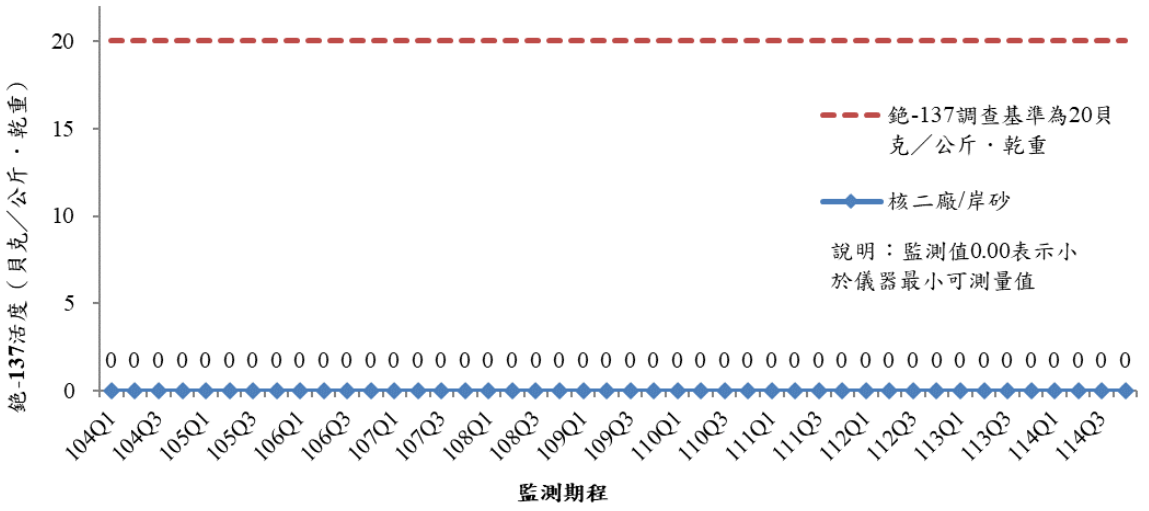


圖 6、核二廠海域之岸砂試樣中鉈-137 活度歷年監測分析結果

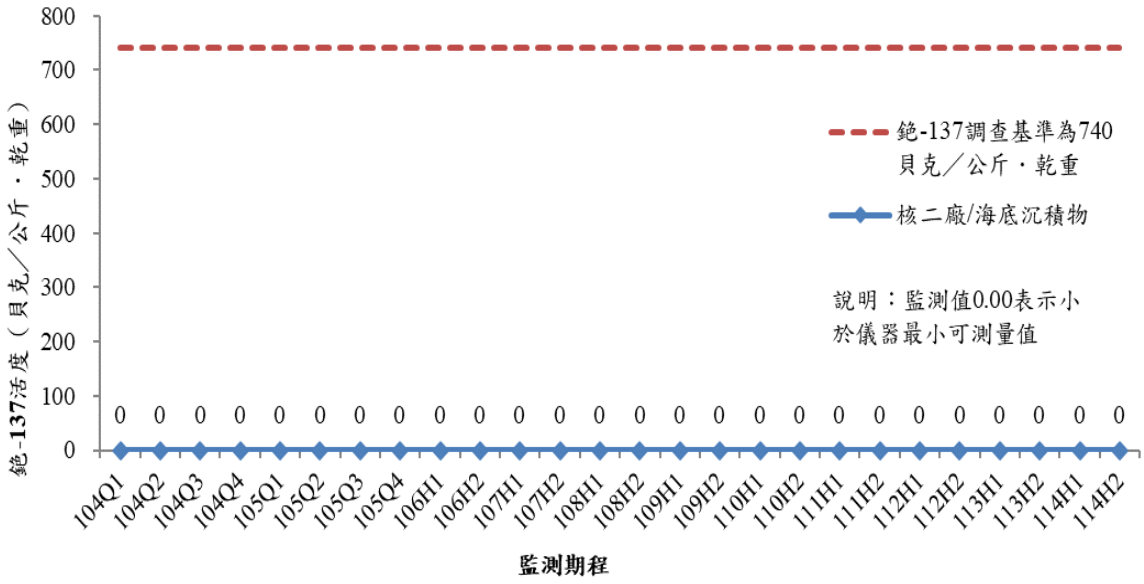
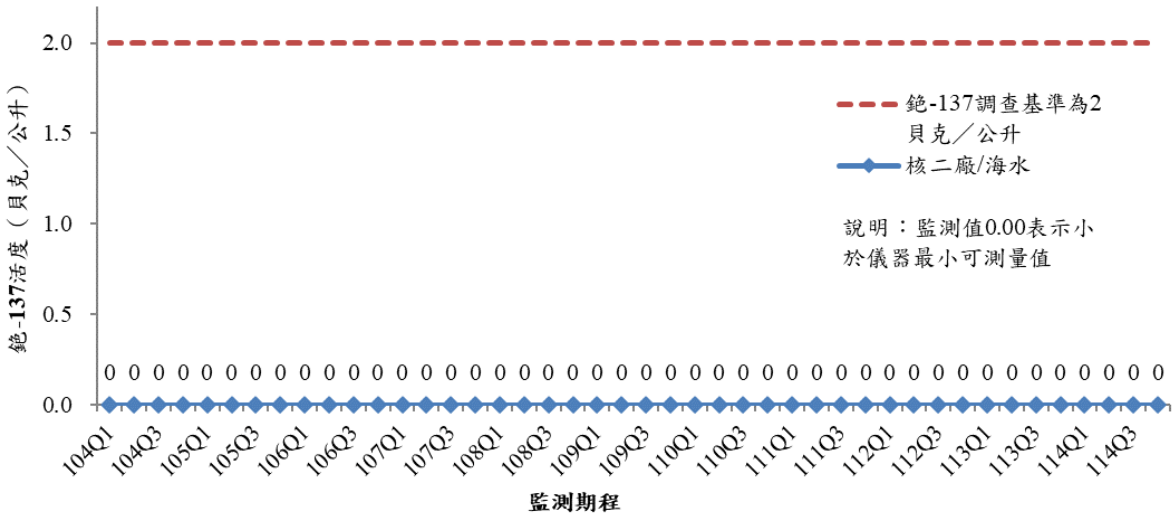


圖 7、核二廠海域之海底沉積物試樣中銫-137 活度歷年監測分析結果


2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
銫-137活度（貝克／公升）
銫-137調查基準為2
貝克／公升
核二廠/海水
說明：監測值0.00表示小
於儀器最小可測量值
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

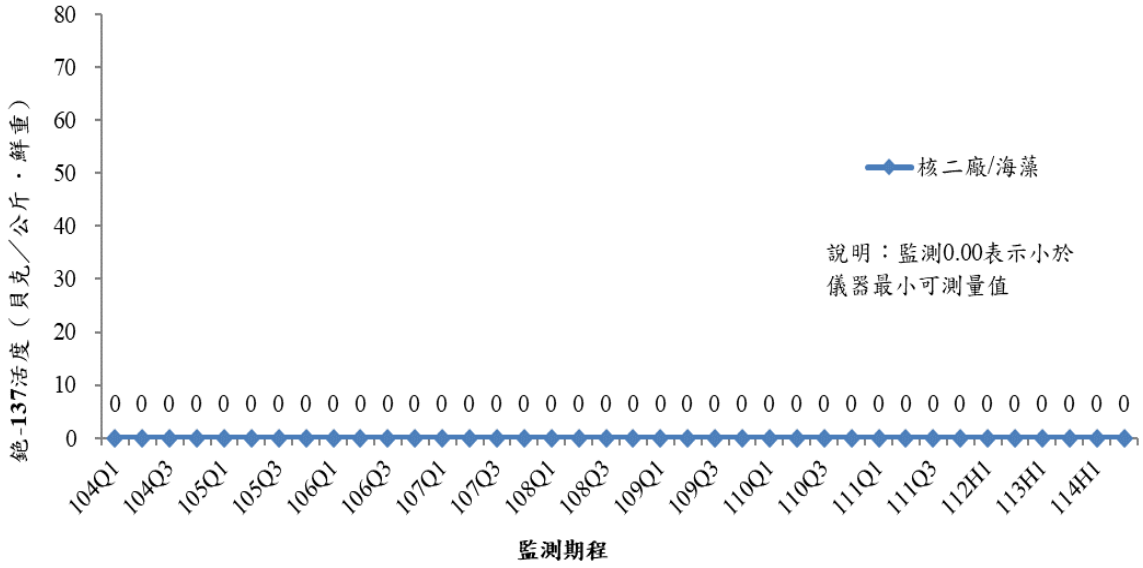


圖 9、核二廠海域之海藻試樣中鉿-137 活度歷年監測分析結果

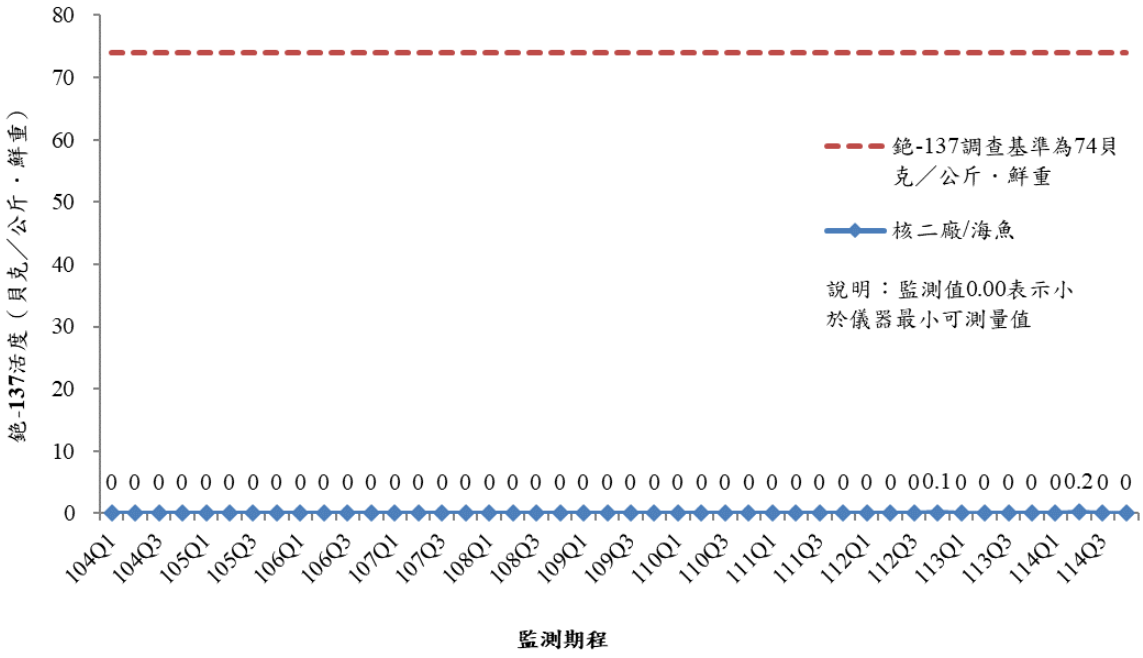


圖 10、核二廠海域之海魚試樣中鉿-137 活度歷年監測分析結果

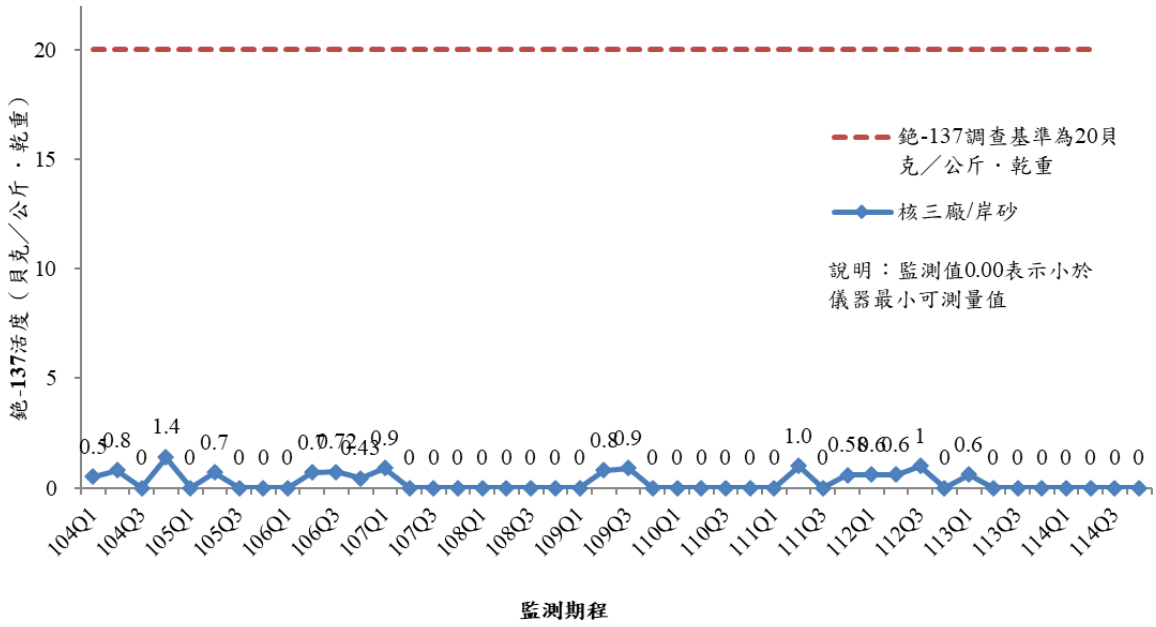


圖 11、核三廠海域之岸砂試樣中銫-137 活度歷年監測分析結果

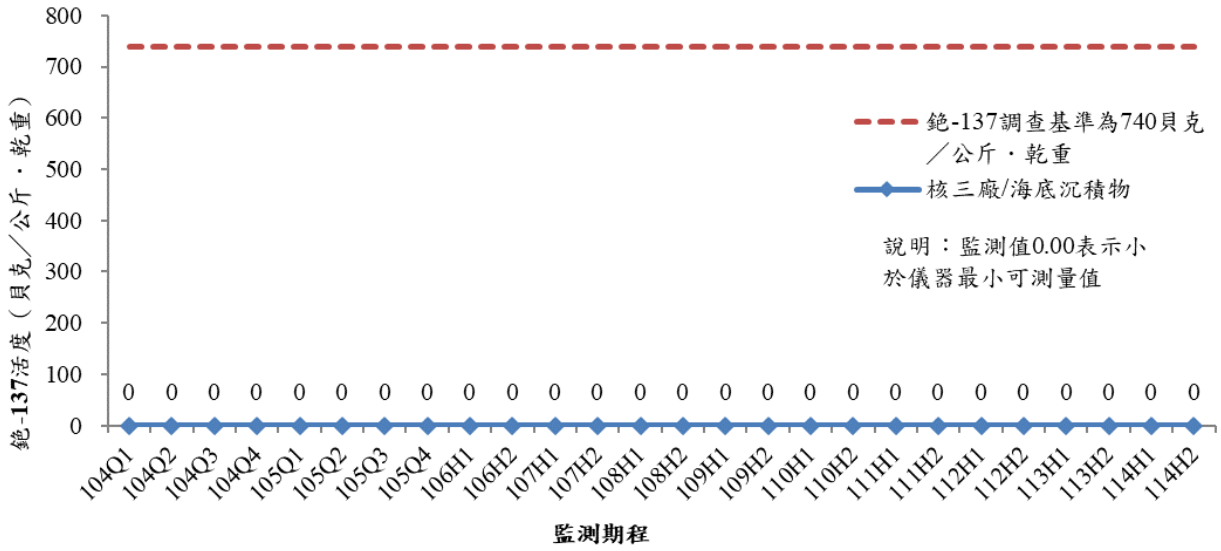


圖 12、核三廠海域之海底沉積物試樣中銫-137 活度歷年監測分析結果

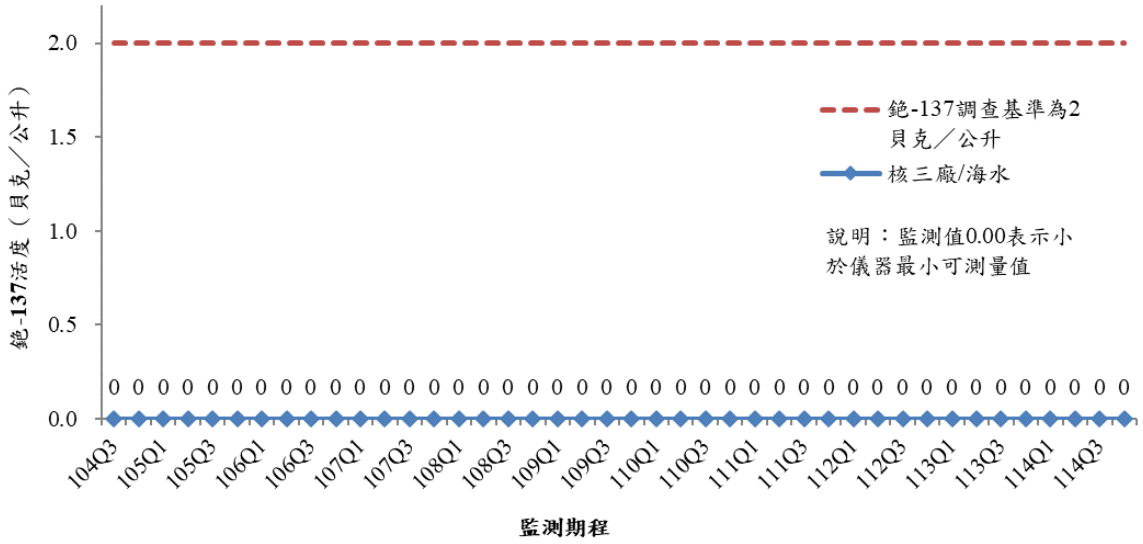


圖 13、核三廠海域之海水試樣中鉿-137 活度歷年監測分析結果

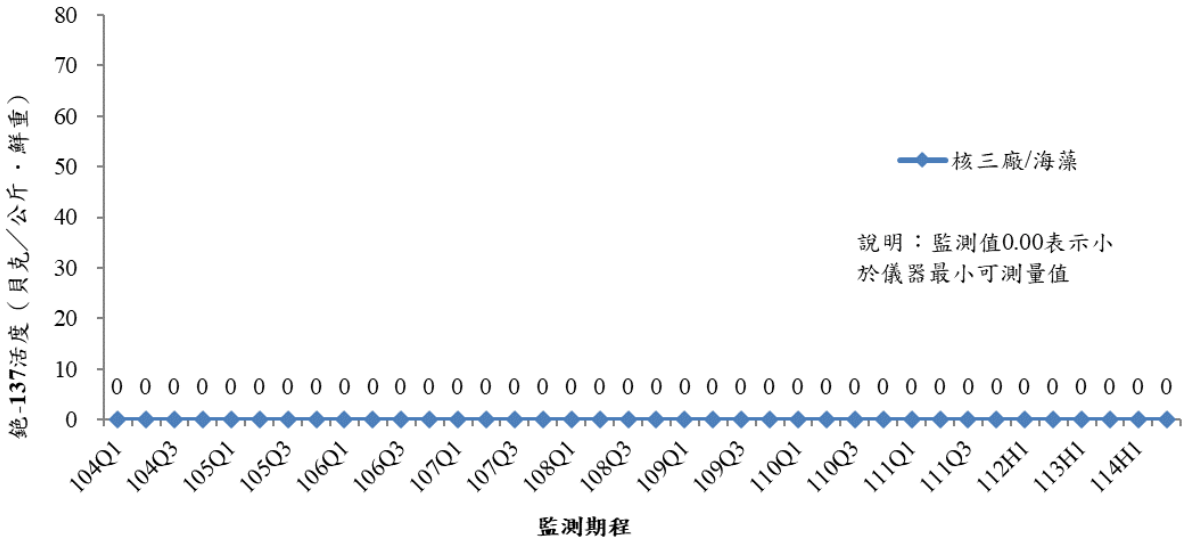


圖 14、核三廠海域之海藻試樣中鉿-137 活度歷年監測分析結果

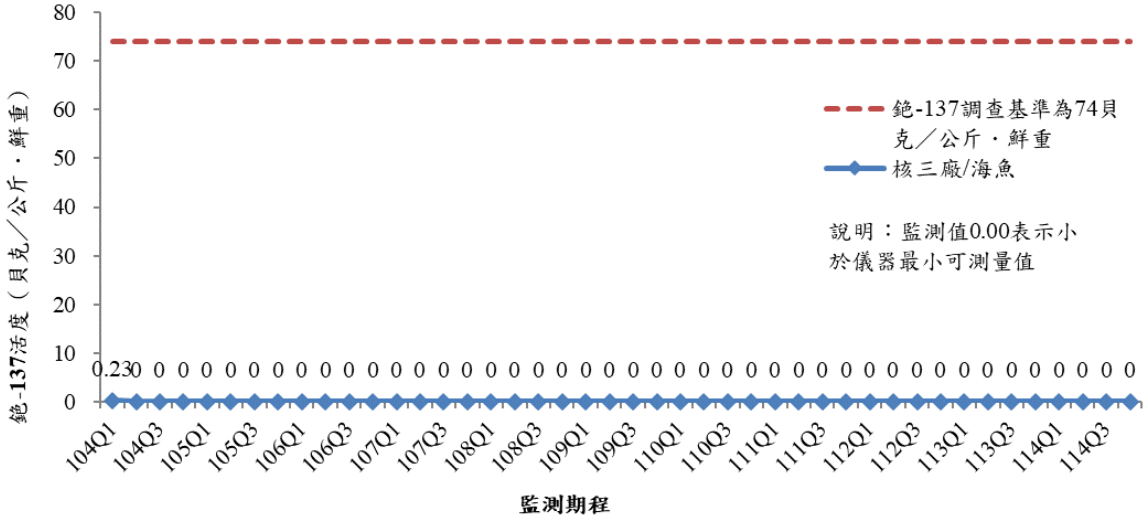


圖 15、核三廠海域之海魚試樣中銫-137 活度歷年監測分析結果

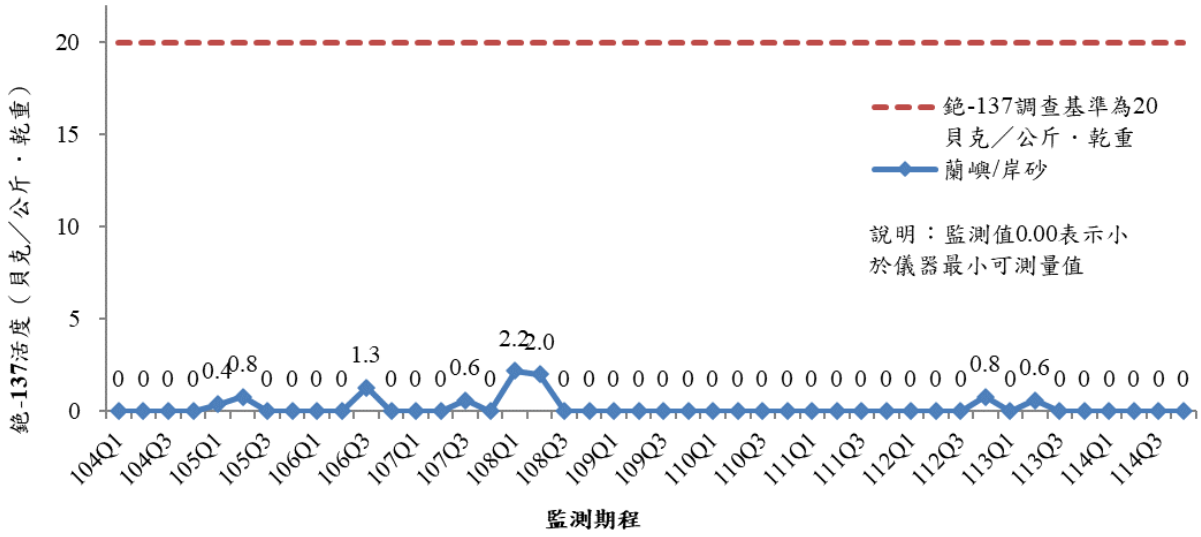


圖 16、低放貯存場海域之岸砂試樣中銫-137 活度歷年監測分析結果

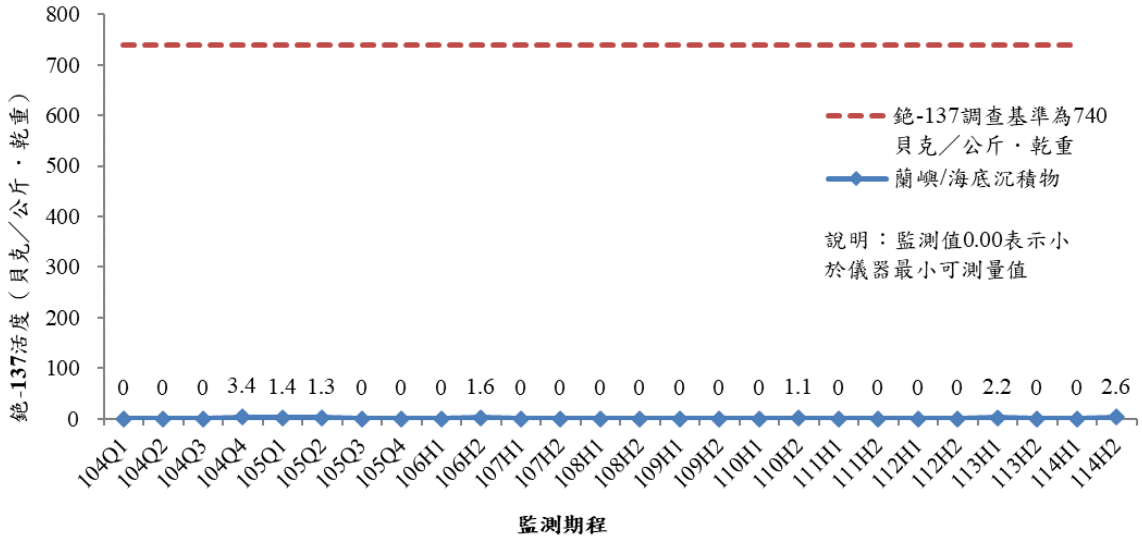
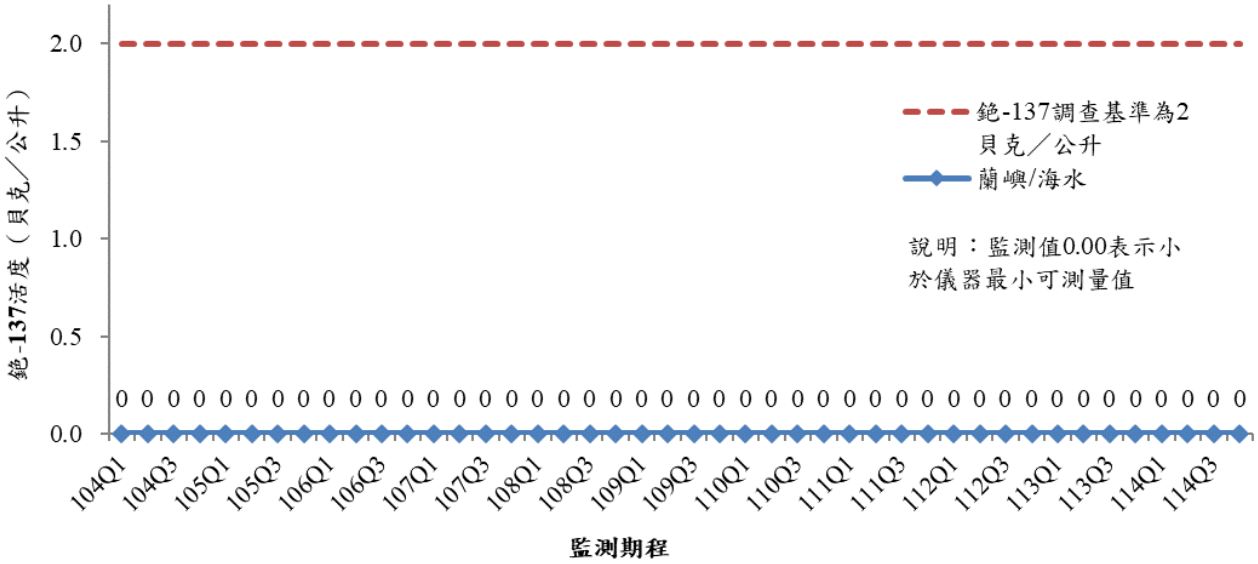


圖 17、低放貯存場海域之海底沉積物試樣中鈽-137 活度歷年監測分析結果


2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
鈽-137活度（貝克／公升）
鈽-137調查基準為2
貝克／公升
蘭嶼/海水
說明：監測值0.00表示小
於儀器最小可測量值
0 0 0 0 0 0 0

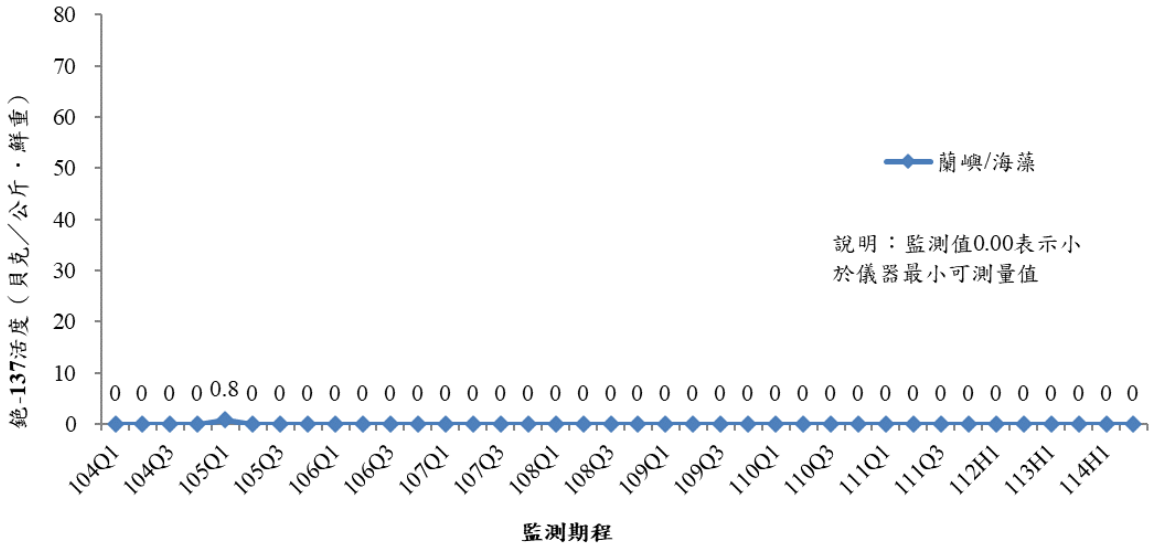


圖 19、低放貯存場海域之海藻試樣中鈽-137 活度歷年監測分析結果

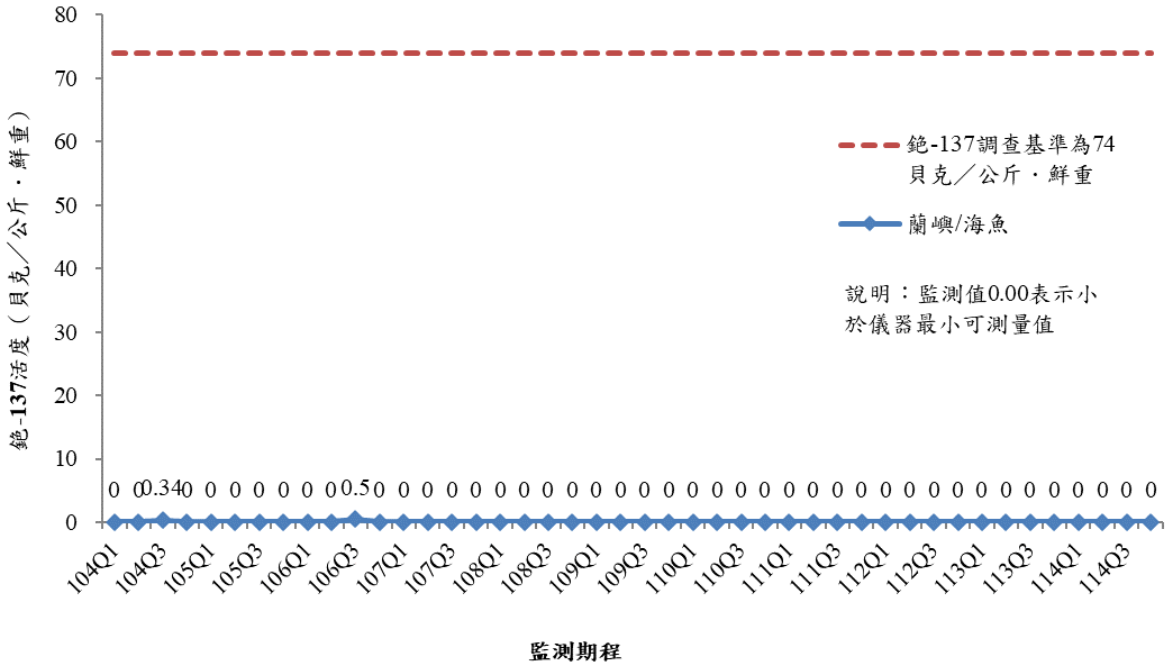
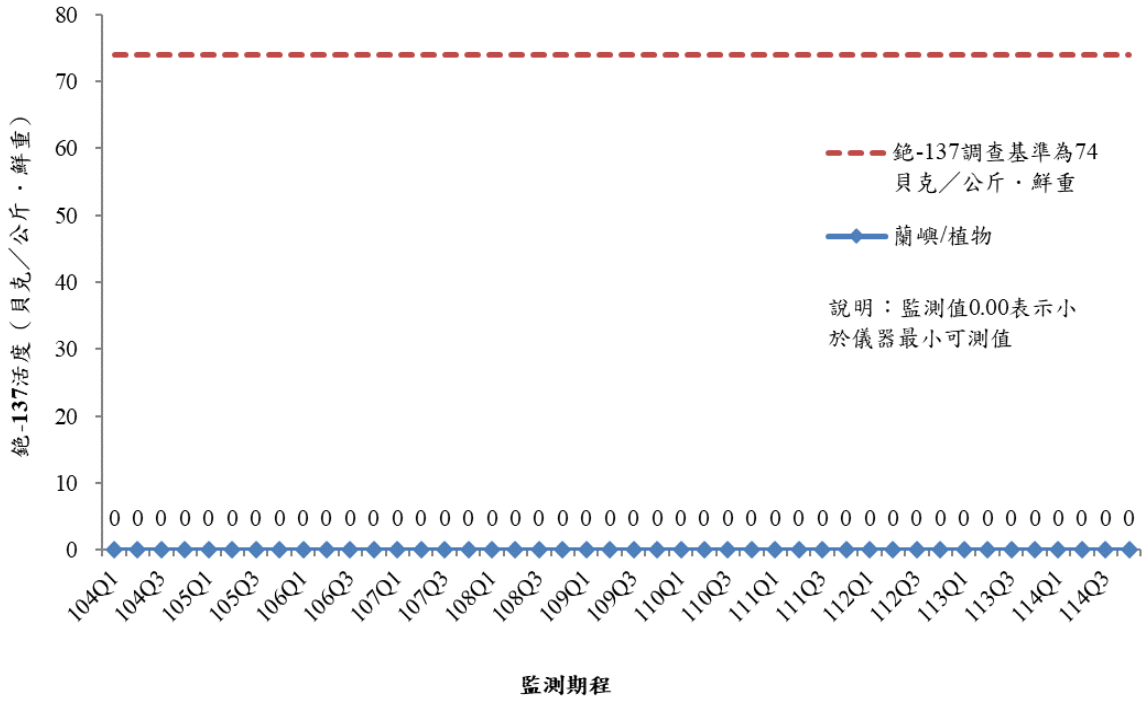


圖 20、低放貯存場海域之海魚試樣中鈽-137 活度歷年監測分析結果


80
70
60
50
40
30
20
10
0
銫-137活度（貝克／公斤・鮮重）
0 0 0

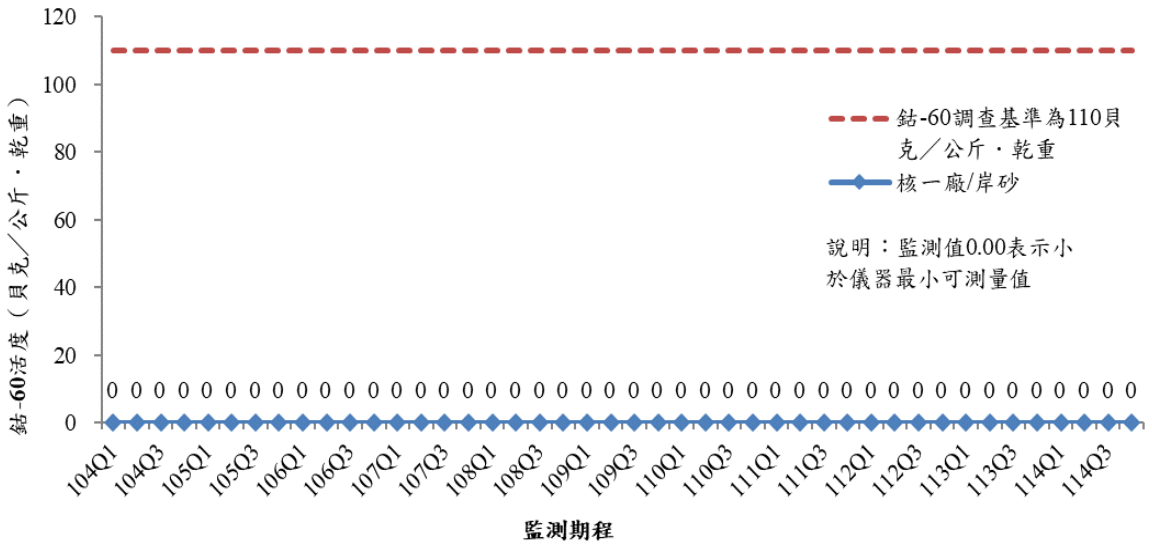


圖 22、核一廠海域之岸砂試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

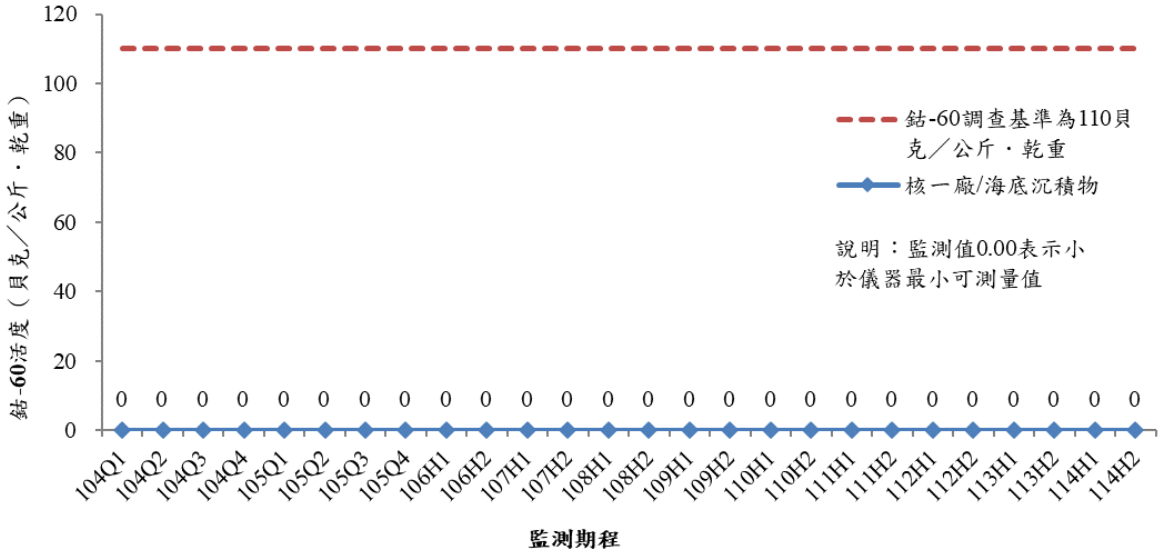


圖 23、核一廠海域之海底沉積物試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

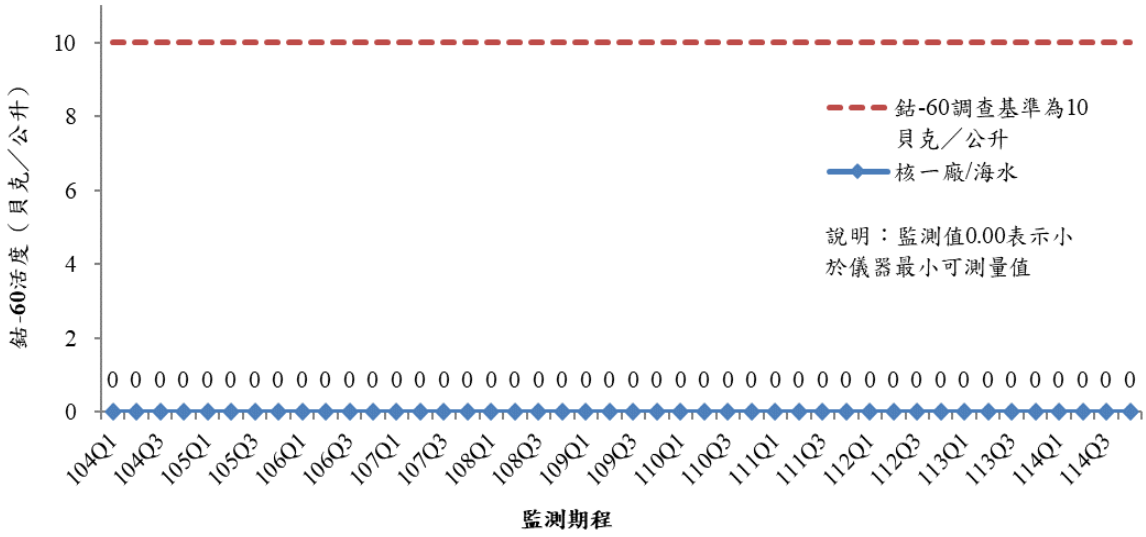


圖 24、核一廠海域之海水試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

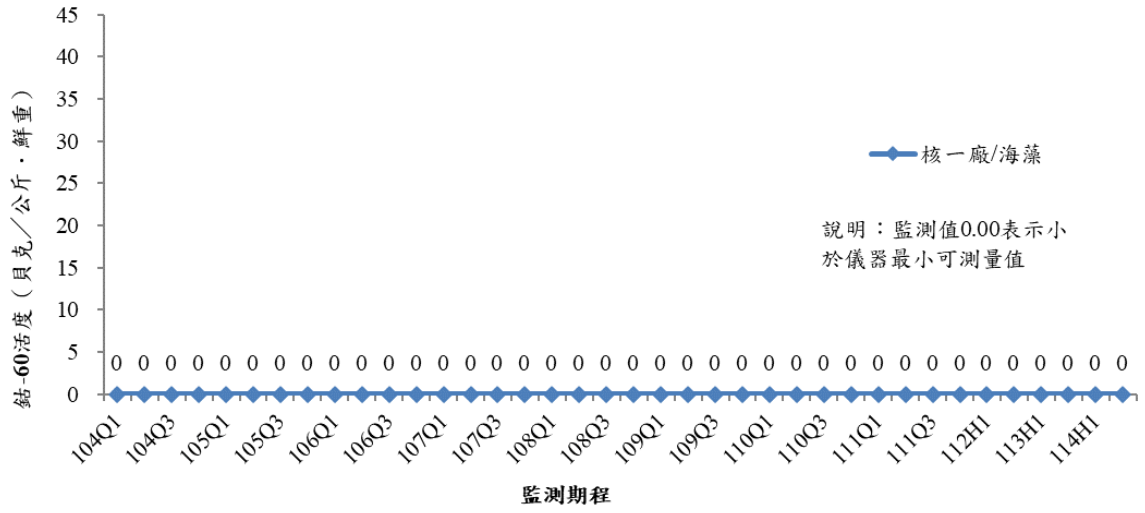


圖 25、核一廠海域之海藻試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

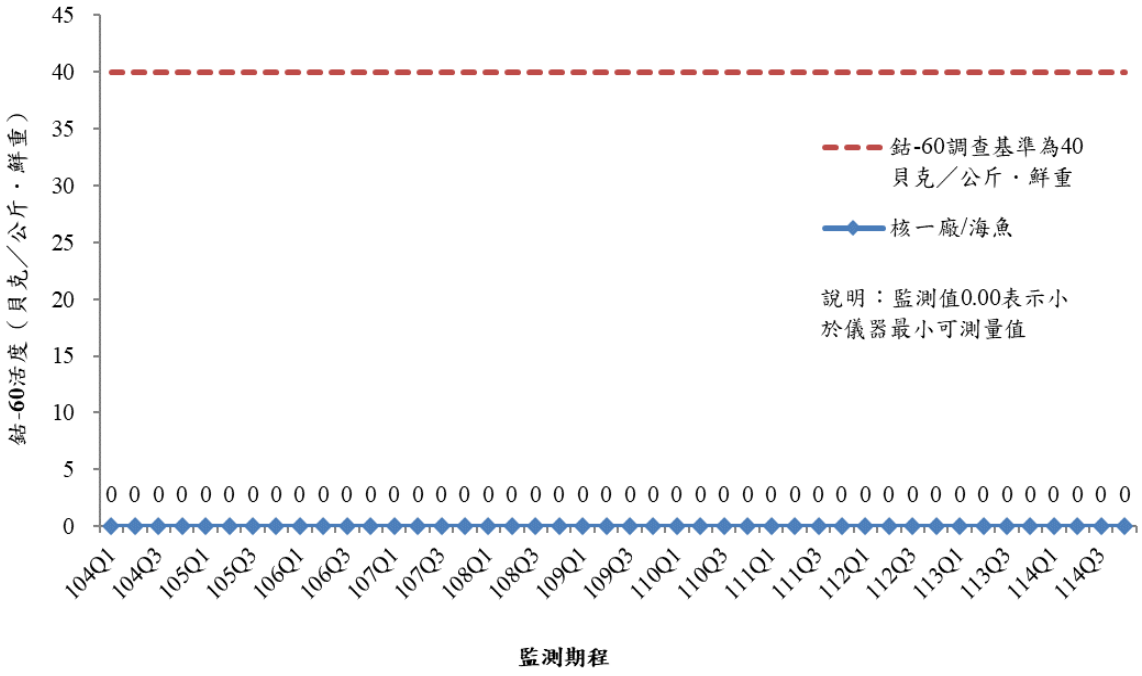


圖 26、核一廠海域之海魚試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

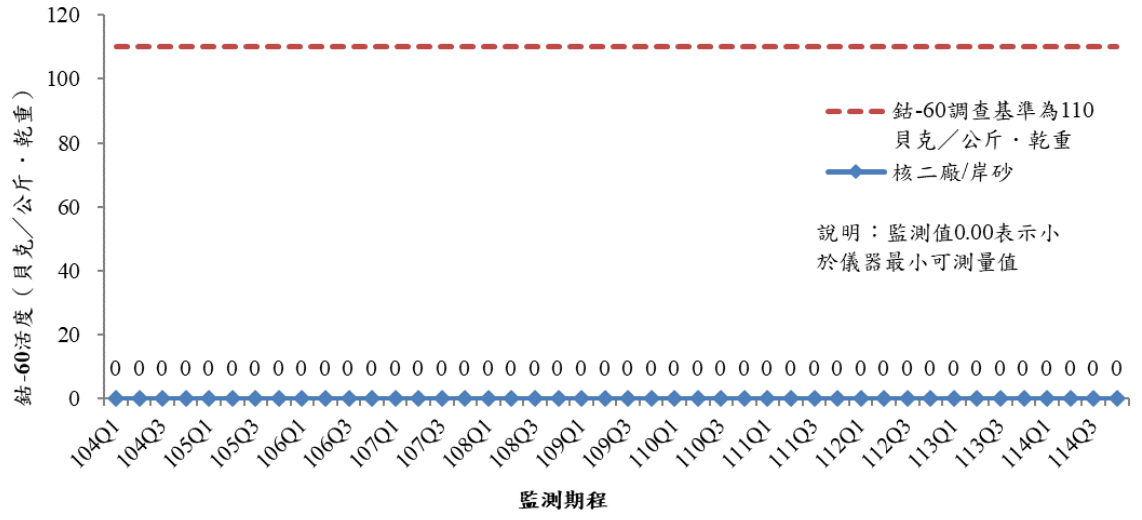


圖 27、核二廠海域之岸砂試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

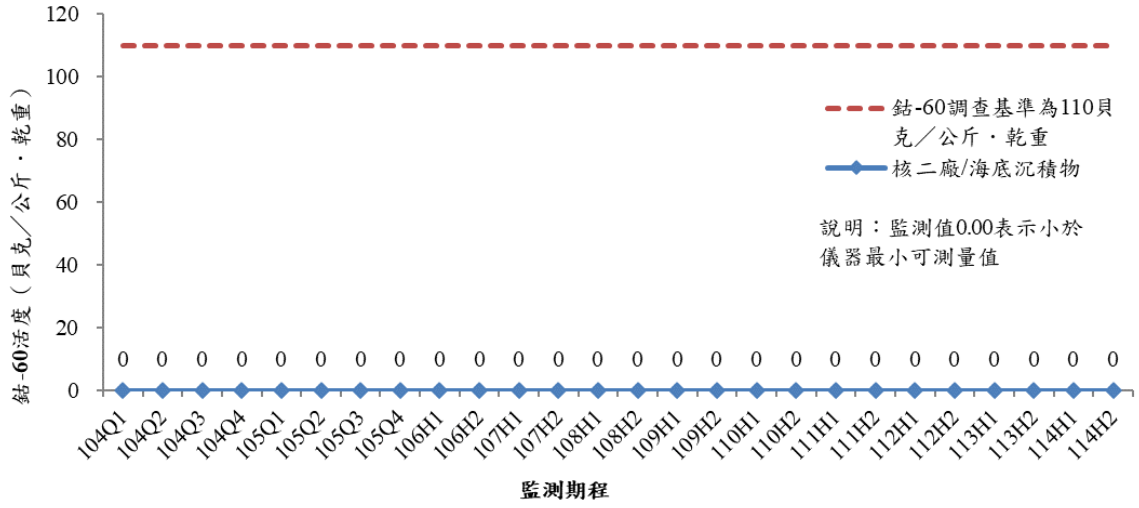


圖 28、核二廠海域之海底沉積物試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

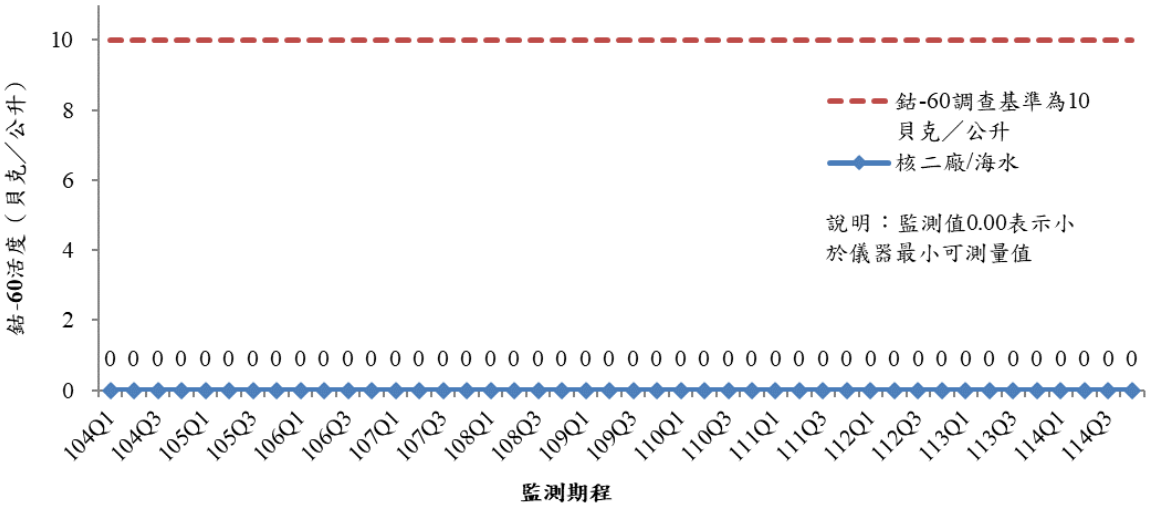


圖 29、核二廠海域之海水試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

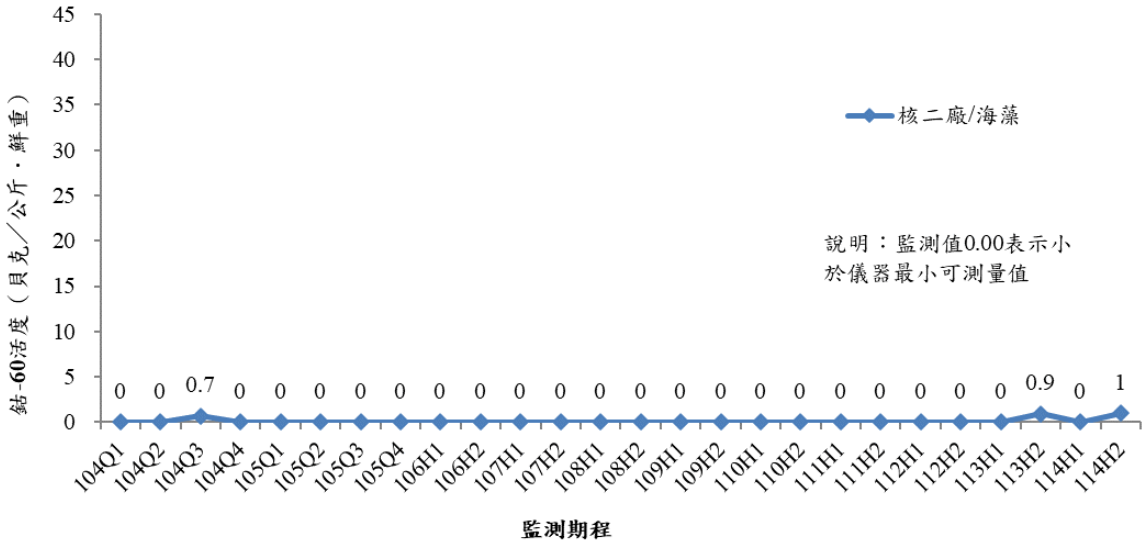


圖 30、核二廠海域之海藻試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

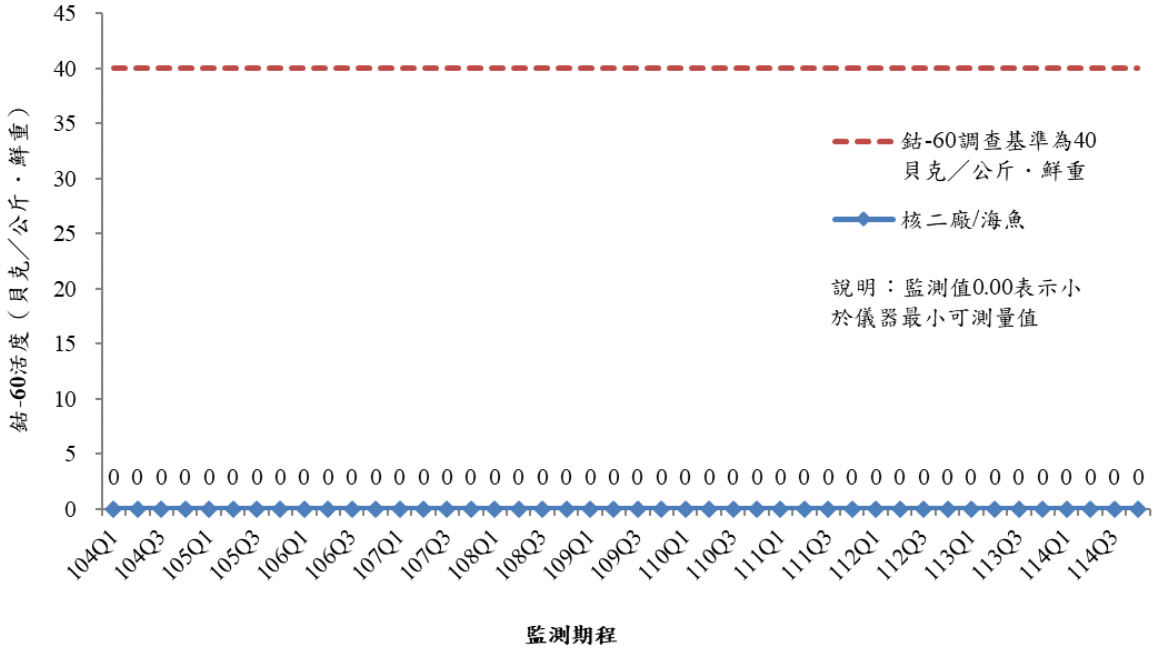


圖 31、核二廠海域之海魚試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

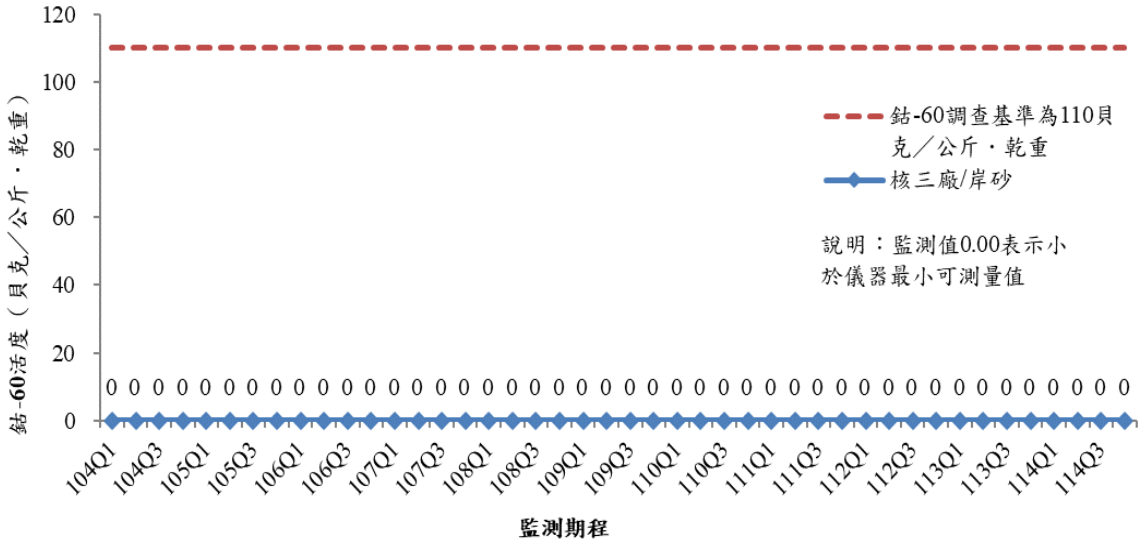


圖 32、核三廠海域之岸砂試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

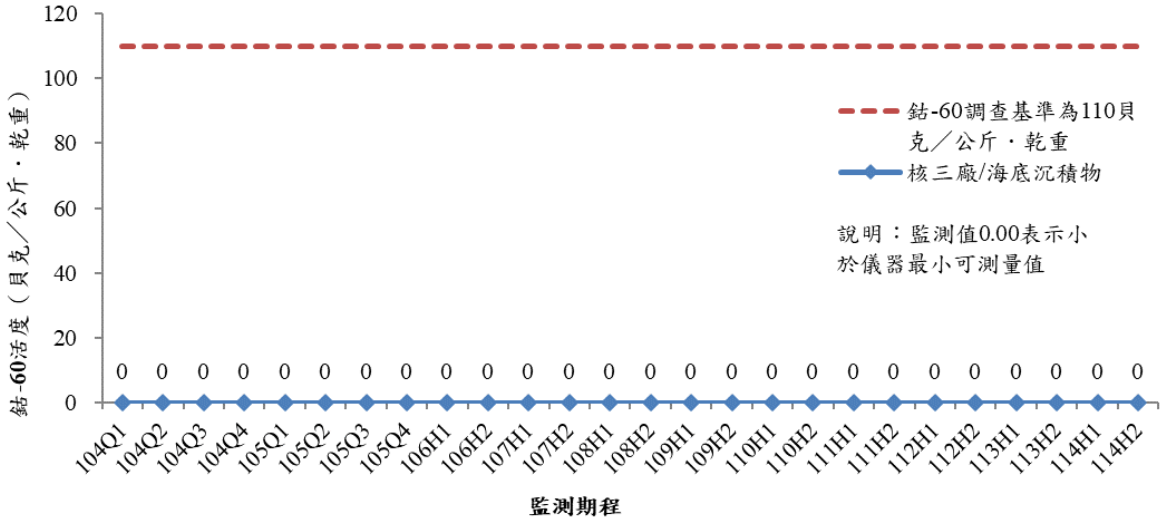


圖 33、核三廠海域之海底沉積物試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

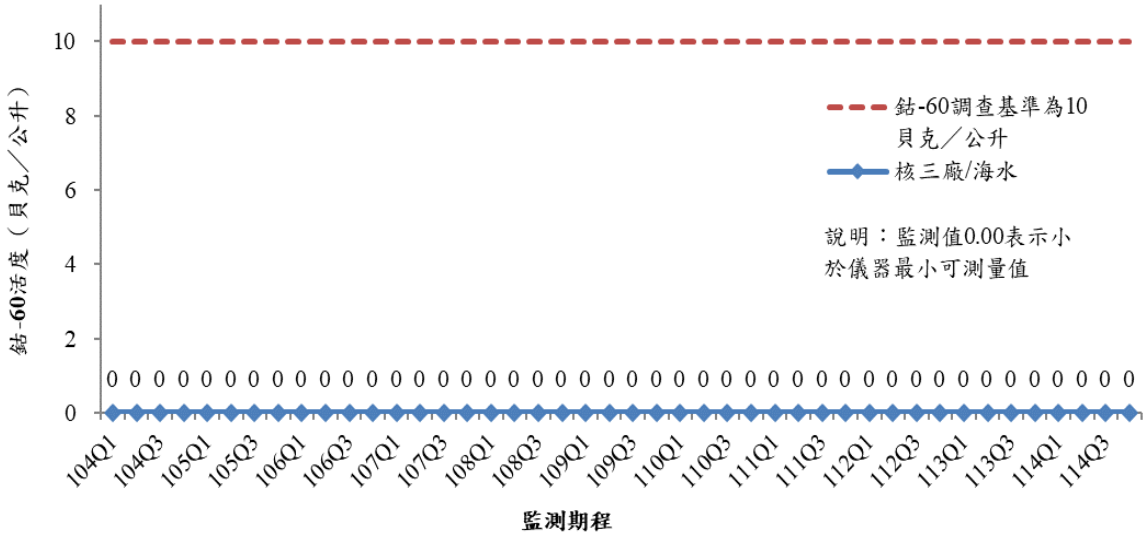


圖 34、核三廠海域之海水試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

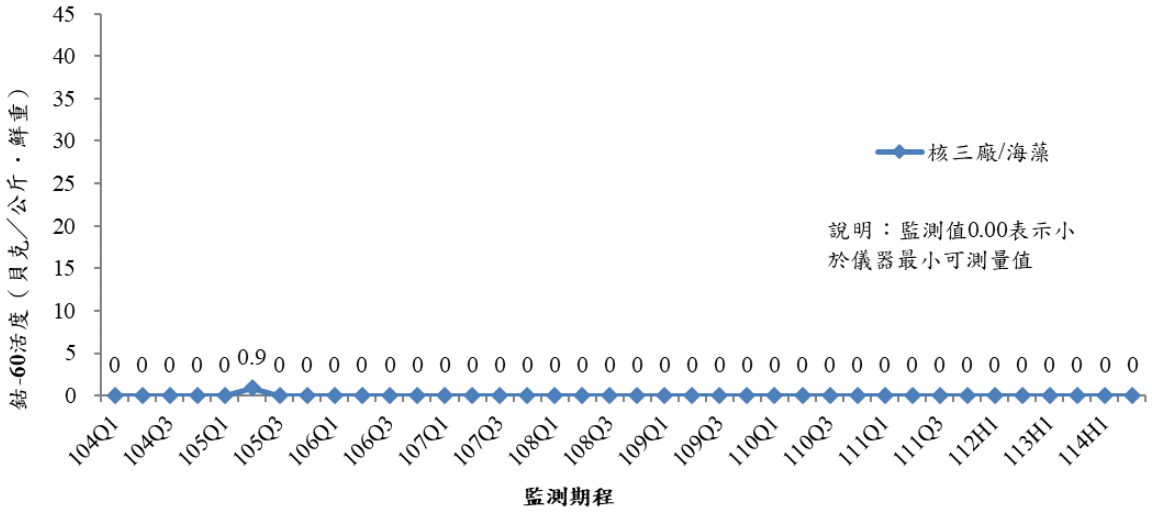


圖 35、核三廠海域之海藻試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

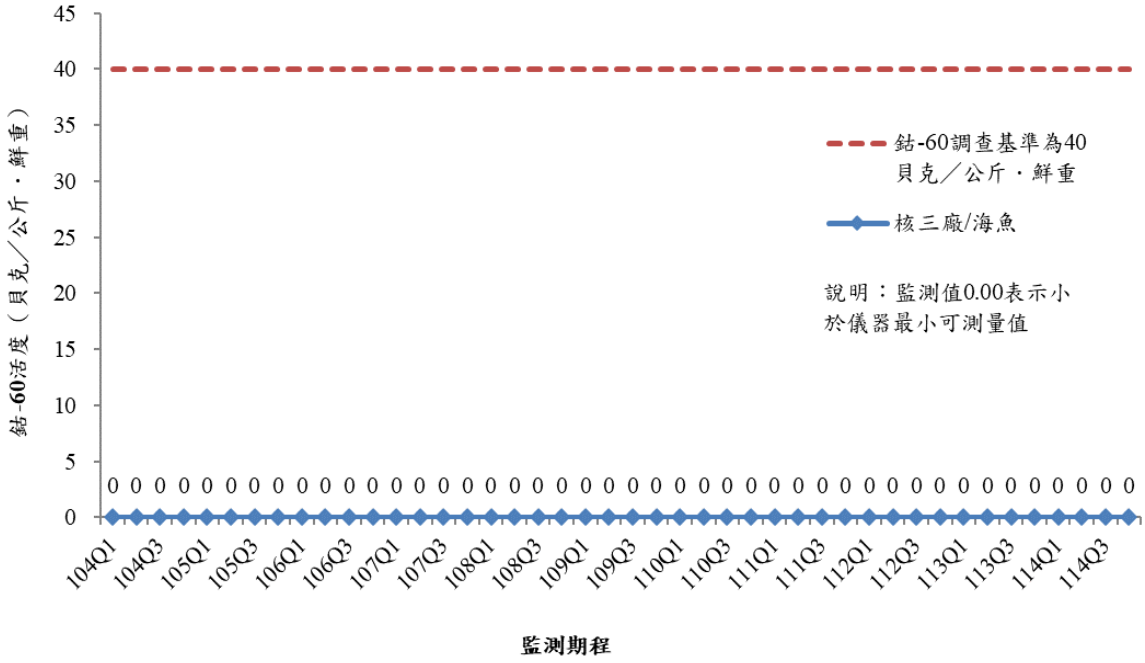


圖 36、核三廠海域之海魚試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

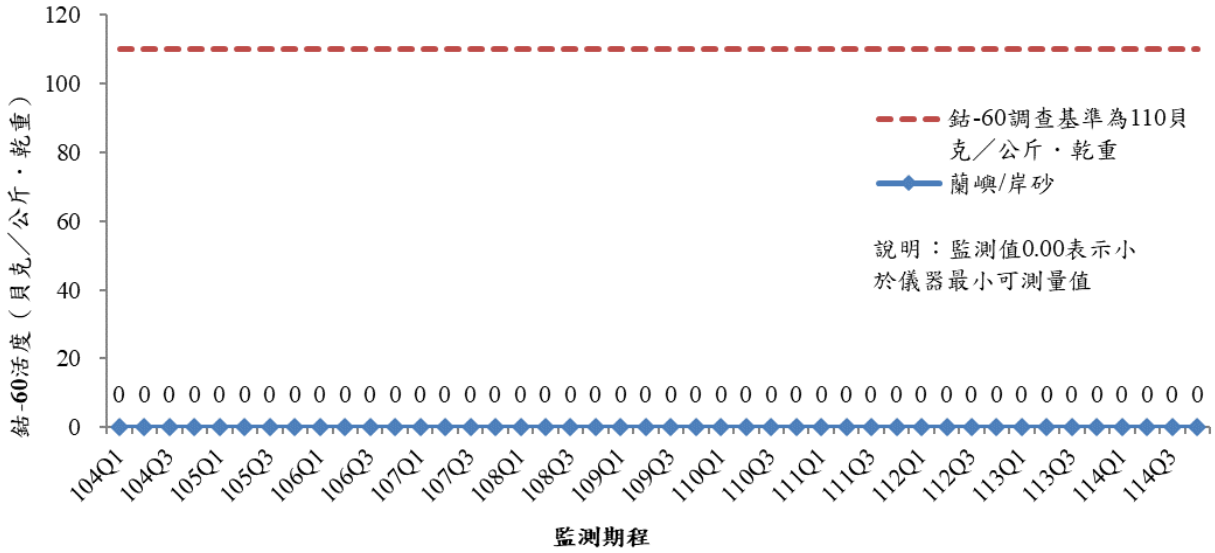


圖 37、低放貯存場海域之岸砂試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

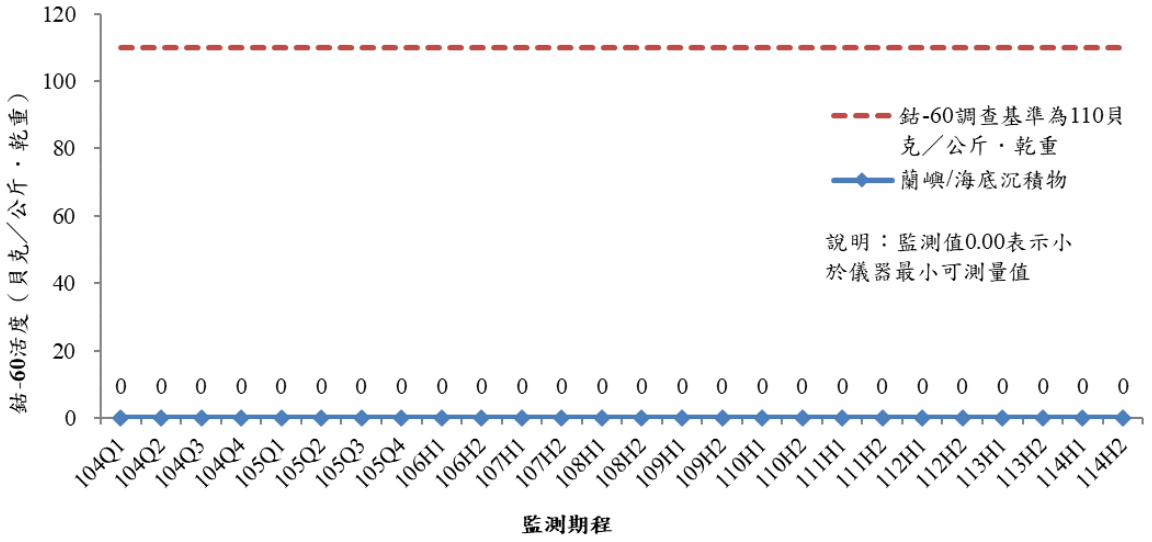


圖 38、低放貯存場海域之海底沉積物試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

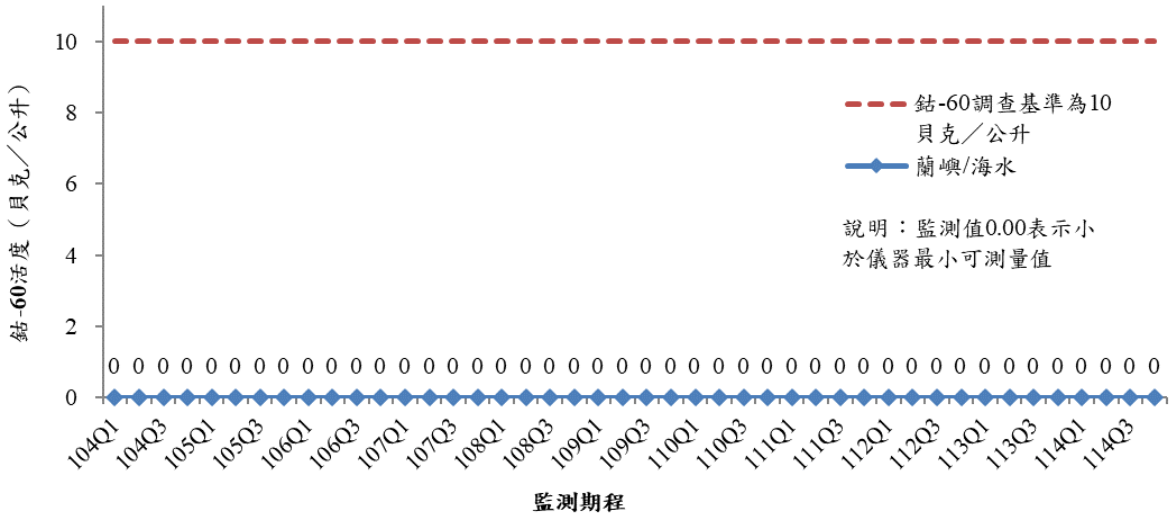


圖 39、低放貯存場海域之海水試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

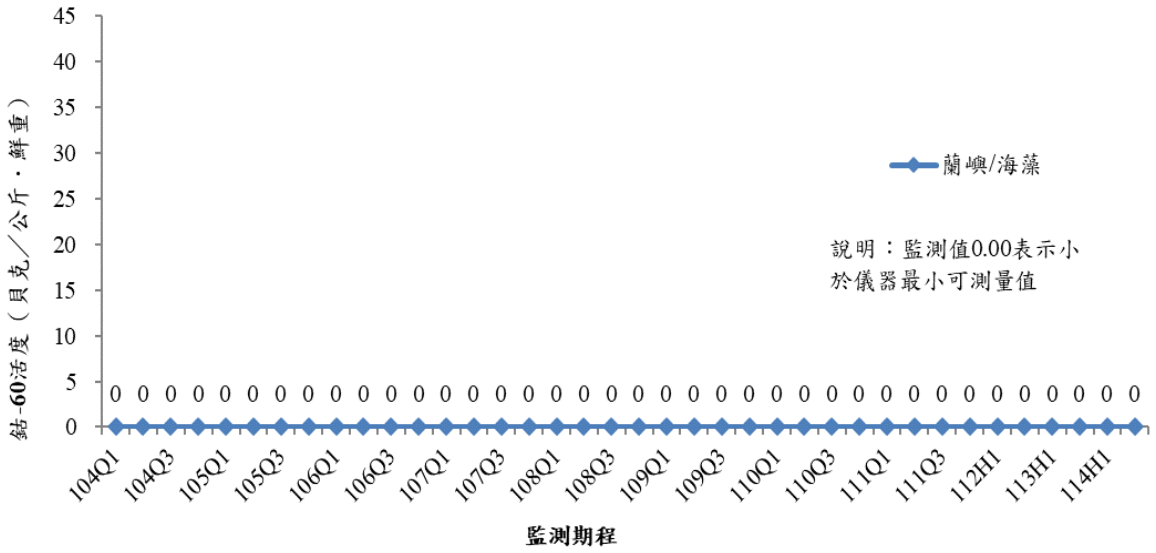


圖 40、低放貯存場海域之海藻試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

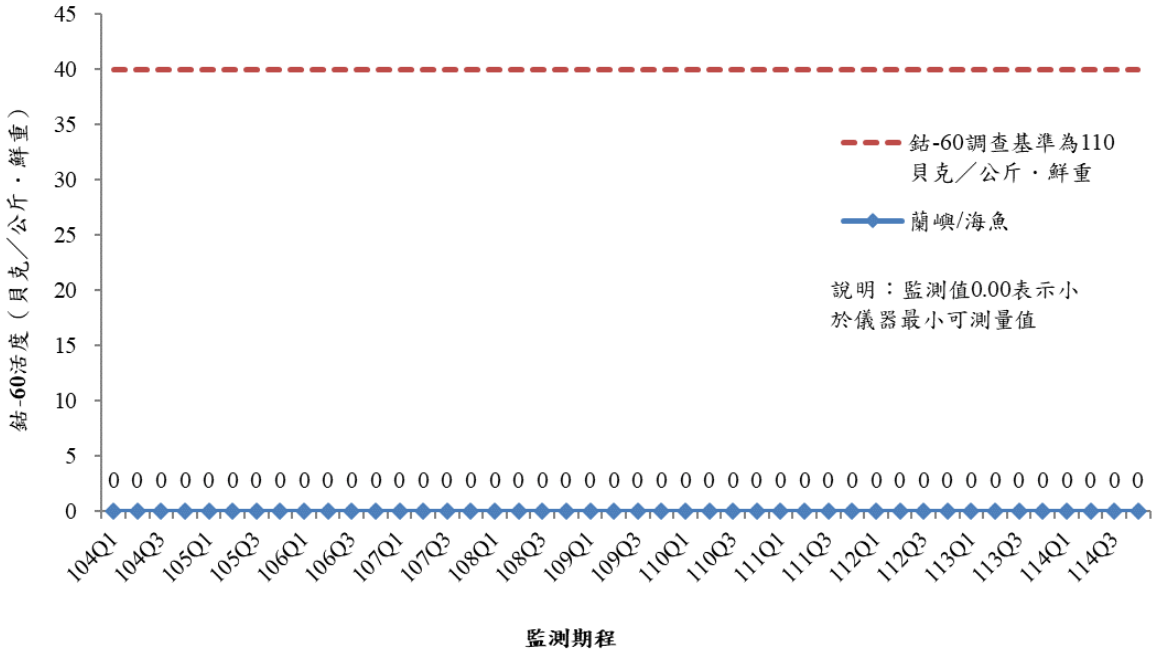


圖 41、低放貯存場海域之海魚試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

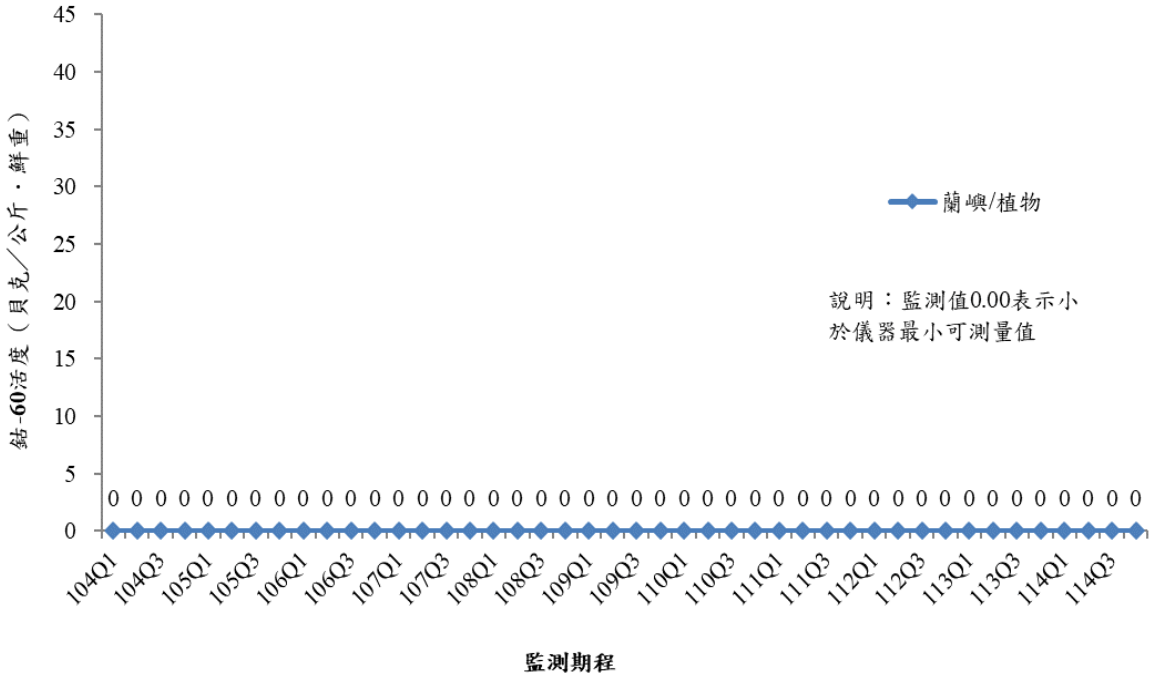


圖 42、低放貯存場海域之植物(草)試樣中鈷-60 活度歷年監測分析結果

參考文獻

Aller, R.C. (1982) The effects of macrobenthos on chemical properties of marine sediment and overlying water. In: Animal-Sediment Relationships. P.L. McCall and M.J.S. Tavesz (eds.). Plenum Publishing Corpor. London, 53-102.

Bayne, B.L., and R.C. Newell (1983) Physiological energetics of marine mollusks. In: The Mollusca, Vol. 4. Physiology. Part 1. A.S.M. Saleuddin and K.M. Milbur (eds.). Academic Press, London, 407-515.

Basford, D.J., A. Eleftheriou, I.M. Davis, G. Irion and T. Soltnedel (1993). The ICES North Sea benthic survey: the sedimentary environment. ICES J. Mar. Sci. 50: 71-80.

Brinkhurst, P.O. (1991) Benthic biology of the western Canadian continental shelf. Continental Shelf Res. 11: 737-745.

Burner, R.A. (1980) Early Diagenesis, A Theory Approach. Princeton University Press. Princeton, 256 pp.

Cammen, L.M. (1982) Effect of particle size on organic content and microbial abundance within four marine sediments. Mar. Ecol. Prog. Ser. 9: 155-170.

Chen Y. C., J. P. Chen and K. T. Shao (2003) Spatial and Temporal Variations of the Fish Assemblage in the Tapon-Bay Lagoon in the Southwest Taiwan. Journal of the Environmental Protection Society, R. O. C. 26(1):71-95 June, 2003

Chen H, Liao Y, Chen C, Tsai J, Chen L, Shao K, (2015) Long-term monitoring dataset of fish assemblages impinged at nuclear power plants in northern Taiwan. Scientific Data 2: 150071. http://dx.doi.org/10.1038/sdata.2015.71

Chen, M.H. and Wu, H.T. (1995) Copper, cadmium and lead in sediments from the Kaohsiung River and its harbour area, Taiwan. Marine Pollution Bulletin, 30, 879-884.

Chihara, M. and Murano, M. (1997). An Illustrated Guide to Marine Plankton in Japan，1574pp.

Chuang, Y.L., H.H. Yang and H.J. Lin. (2009). Effects of a thermal discharge from a nuclear power plant on phytoplankton and periphyton in subtropical coastal waters. Journal of Sea Resesrch, 61: 197-205.

Clarke, K.R. and Gorley. (2004) PRIMER v5: User Manual/Tutorial, UK. Pp.1-91.

Conley, D.J., Schelske, C.L. and Stoermer, E.F. (1993) Modification of thebiogeochemical cycle of silica with eutrophication. Marine Ecology Progress Series 101, Pp. 179-192.

Duineveld, G.C.A., A. Kunitzer, U. Niermann, P.A.W.J. DeWilde and J.S. Gray. (1991) The macrobenthos of the North Sea. Netherland J. Sea Res. 28: 53-65.

Edwards, A.M.C. and Liss, P.S. (1973) Evidence for buffering of dissolved silicon in fresh waters. Nature 243, Pp. 341-342.

Emery, W. J. and R. E. Thomson. (1998) Data Analysis Methods in Physical Oceanography, Pergamon, 634pp.

Etter, R.J. and J.F. Grassle (1992) Patterns of species diversity in the deep sea as a function of sediment particles size diversity. Nature 380: 576-578.

Fang, T.H. and Hong, E. (1999) Mechanisms influencing the spatial distribution of trace metals in surfacial sediments off the south-western Taiwan. Marine Pollution. Bulletin 38, Pp. 1026-1037.

Fang, T.H., Chen, J.F., Tu, Y.Y., Hwang, J.S. and Lo, W.T. (2004) Hydrographical studies of waters adjacent to nuclear plants I and II in northern Taiwan. Journal of Marine Science and Technology 12, 364-371.

Folk, R.L. (1974) Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Co. Texas.

Grant, J., C.W. Emerson, B.T. Hargrave and J.L. Shortle (1991) Benthic oxygen consuimption on continental shelves off Eastern Canada. Continental Shelf Res. 11: 1083-1097.

Grasshoff, K., Ehrhardt, M. and Kremling, K. (1983) Methods of Seawater Analysis. Verlag Chemie.

Gray, J.S. (1981) The Ecology of Marine Sediments. Cambridge Studies in Modern Biology 2, Cambridge University Press, Cambridge, 185 pp.

Historical El Nino/La Nina episodes (1950-present), Climate Prediction Center, NOAA,2013http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

Hu, J.-H. and J.-L. Chang, (1992) The Variability of Hydrographic Fields at Kuroshio's Turning on Northeast of Taiwan, *TAO,* Vol.3, No.3, 277-292.

Hu, J.-H., C.-S. Lin, J.-W. You, H.-H. Chen, S.-L. Tsai and C.-C. Liao, (1997) The comparison between the coastal HF radar scanning and the DGPS-tracked drifter measurements for ocean currents, Conference on Weather Analysis and Forecasting, Proceedings of Marine Meteorology and Seismology, 564-573, ROC-CWB.

Hu, J.-H., (1978) The Keweenaw current data analysis: by using an improved objective method for a vectorial field, M.S. thesis, University of Wisconsin-Madison, 134p.

Hu, J.-H., (1983) On the Keweenaw Current: visual and numerical studies of the mean and turbulent flows, Ph.D. dissertation, University of Wisconsin-Madison, 338p.

Hu, J.-H., (2005) The Coastal Currents Offshore the Nuclear Power Plants at Northern Taiwan, J. of Marine Sci. and Tech., (EI).

Hu, J.-H., J.-W. You, I.-H. Lee, C.-Y. Huang and C.-H. Ou, (1995): The development and application of GPS drifter for ocean current measurement, Proceedings of the IEEE Fifth Working Conference on Current Measurement, No. 95CH35734, p.169-176.

Huang, C.C., Hung, T.C. and Fan, K.L., (1993) Nonbiological Factors Associated with Coral Bleaching in Shallow Water Near the Outlet of the Third Nuclear Power Plant, Southern Taiwan. UNEP Reg. Seas Rep. and Stud., Vol. 147, pp. 205-224, Taipei, Taiwan.

Humborg, C., Ittekkot, V., Cociasu, A. and Bodungen, B.V., (1997) Effect of Donube River Dam on Black Sea Biochemistry and Ecosystem Structure", Nature, Vol. 386, pp. 385-388.

Hung, T.C., Chiang, Y.M., Tan, T.H., Shao, K.T., Huang, C.C., Chen, J.C., Chu, T.C. and Fan, K.L., (1994) An Ecological Survey on the Waters Adjacent to the Northern Taiwan Nuclear Power Plant Sites Including Yenliao Coastal Area. SCOPE/ Academic Sinica, Vol. 90, pp. 1-95, Taipei, Taiwan.

Hung, T.C., Huang, C.C. and Shao, K.T., (1998) Ecological Survey of Coastal Water Adjacent to Nuclear Power Plants in Taiwan," Chem. and Ecol., Vol. 15, pp 129-142.

Hung, T.C., Meng, P.J. and Wu, S.J., (1993) Species of copper and zinc in sediments collected from the Antarctic Ocean and the Taiwan Erhjin Chi coastal areas. *Environ. Pollut.*, 80, 223-230.

Hwang, J.S., Cheng, I.J., Shao, K.T., Hu, J.H., Huh, C.A., Fang, T.H. and Lo, W.T., (2001) The Ecological Survey of Coastal Seawater Adjacent to the Nuclear Power Plants in Northern Taiwan: 2000 Annual Report. National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan.

Hwang, J.S., Cheng, I.J., Shao, K.T., Hu, J.H., Huh, C.A., Fang, T.H. and Lo, W.T., (2002) The Ecological Survey of Coastal Seawater Adjacent to the Nuclear Power Plants in Northern Taiwan: 2001 Annual Report. National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan.

Hwang, J.S., Cheng, I.J., Shao, K.T., Hu, J.H., Huh, C.A., Fang, T.H. and Lo, W.T., (2003) The Ecological Survey of Coastal Seawater Adjacent to the Nuclear Power Plants in Northern Taiwan: 2002 Annual Report. National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan.

Hwang, J.S., Cheng, I.J., Shao, K.T., Hu, J.H., Huh, C.A., Fang, T.H. and Lo, W.T., (2004). The Ecological Survey of Coastal Seawater Adjacent to the Nuclear Power Plants in Northern Taiwan: 2003 Annual Report", National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan.

Hwang, D.F., L.T. Chien, K.T. Shao, and S.S. Jeng, (1998) Deficiency of Ascorbic acid as cause of deformed fish found in the waters near nuclear power plant. Fisheries Sciences 64(2): 291-294.

Ikäheimonen, T. K., Klemola, S., Ilus, E. and Sjöblom, K. L., (1995) Monitoring of radionuclides in the vicinities of Finnish nuclear power plants in 1991-1992, Report STUK-A-121, 1-96. Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, Helsinki.

Ilus, E., Sjöblom, K. L., Aaltonen, H., Klemola, S. and Arvela, H., (1987) Monitoring of

radioactivity in the environs of Finnish nuclear power stations in 1986, Report STUK-A67, 1-82. Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, Helsinki.

Ilus, E., Sjöblom, K. L., Klemola, S. and Arvela, H., (1992) Monitoring of radionuclides in the environs of Finnish nuclear power plants in 1989-1990, Report STUK-A102, 1-91. Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, Helsinki.

Jiang, Z.B., J.N. Zeng, Q.Z. Chen, Y.J. Huang, Y.B. Liao, X.Q. Xu and P. Zheng. (2008). Potential impact of rising seawater temperature on copepods due to coastal power plants in subtropical areas. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 368:196-201.

Keskitalo, J. and Ilus, E., (1987) Aquatic macrophytes outside the Olkiluoto nuclear power station, west coast of Finland, Ann.Bot. Fennici 24 (1-21).

Kunitzer, D., D.J. Basford, J.A. Craeymeersch, J.M. Dewammez, J. Dorjes, G.C.A. Dueneveld, A. Eleftheriou, C. Heip, P. Herman, P. Kingston, U. Nierrmann, E. Richor, H. Rumohr, and P.A.J. deWilde, (1992) The benthic infauna of the North Sea: species distribution and assemblages. ICES J. Mar. Sci. 49: 127-143.

Lee, C.H,.Fang, M.D. and Hsieh, M.T., (1998) Characterization and distribtion of metals in surficial sediments in southwestern Taiwan. Matrine Pollution. Bullrtin36, Pp.464-471

Long, E.R., Macdonald, D.D., Smith, S.L., & Calder, F.D., (1995) Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentration in marine and estuarine sediments. Environmental Management 19, Pp.81-97.

Lopez, G.R. and J.S. Levinton, (1987) Ecology of deposit-feeding animal in marine sediment. Quart. Rev. Biol. 82: 235-260.

Loring, D.H. and Rantala, R.T.T., (1988) An intercalibration exercise for trace metals in marine sediments. Marine Chemistry, 24, 13-28.

Luoma, S.N., (1990) Processes affection metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments. In Heavy Metals in the Marine Environment (R.W. Furness and P.S.Rainbow , eds.),Pp.51-66.CRC Press,Inc.

Marques, J.C. and D.B.Santini, (1993) Biodiversity in the ecosystem of the Portuguese continental shelf: distribution ecology and the role of benthic amphipods. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 115: 555-564.

Martin, J.M., Nirel, P. and Thomas, A.J., (1987) Sequential extraction techniques: promise. Marine chemistry 22, Pp.31.

Mercado, L.M. and Gomez, N., (1999) Effects of a Nuclear Power Plant on Phytoplankton Structure of the Lower Parana River. Interciencia, 24（1）:36-41.

Murphy, J. and Riley, J.P. (1962) A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. Anal. Chim. Acta. 27, pp .31-36.

Preisendorfer, R. W., (1998) Principal Component Analysis in Meteorology and Oceanography, Elsevier, Amsterdam, 425pp.

Steimle, F.W., (1990) Benthic macorfauna and habitat monitoring on the continental shelf of the Northeastern United States. I. biomass. NOAA Technical Report NMFS-86 28 pp.

Tessier, A., Campbell, P.G.C. and Bisson, M., (1979) Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. Analytical Chemistry, 51, 844-851.

Turner, R.E. and Rabalais, N.N., (1994) Coastal eutrophication near the Mississippi delta.

Nature 368, 619-621.

Valiela, I., (1984) Marine Ecological Processes. Springer-Verlag, New York.546 pp.

Wang, Y. S., Lou, Z. P., Sun, C. C., Wu, M. L. and Han, S. H., (2006). Multivariate statistical analysis of water quality and phytoplankton characteristics in Daya Bay, China, from 1999 to 2002. Oceanologia, 48 (2): 193-211.

Yamaji, I., (1991). Illustrations of the Marine Plankton of Japan，537pp.

台灣魚類資料庫 http://fishdb.sinica.edu.tw/

李啟禎，2002，核二廠出水口及其附近河口域畸形花身雞魚生態與分佈之研究，碩士論文，海洋生物研究國立台灣大學，i-iii,1-61 頁。

李逸環及胡健驊，1998，宜蘭灣水團與台灣北部陸棚水之關係，Acta Oceanographica Taiwanica, 37, No. 1, 89-103。

李瑞敏，2018，馬祖海域海洋潮與大氣潮之交互關係 – 東海中國沿岸流與黑潮入侵的影響，博士論文，國立台灣海洋大學海洋環境資訊系，PP.147。

沈世傑，1993，台灣魚類誌，國立台灣大學動物系。

邵廣昭、林幸助，2001，核能二廠附近海洋生態模式建構分析，台灣電力股份有限公司，台北。3-1-3-31。

邵廣昭、黃登福，1995，畸形魚原因鑑定專案計畫子計畫Ⅰ---物理組，行政院環境保護署，台北。113 頁。

邵廣昭、葉念慈、陳靜怡、林幸助，2007，鹽寮灣魚類結構群聚攝食功能群及生態系模式，國立台灣海洋大學海洋生物研究所。碩士論文。1-105 頁。

林正平，1996，三貂灣及其外海流況之初探，國立台灣海洋大學海洋科學系碩士論文，120 頁。

林佳興，1999，海岸雷達遙測臺灣東北海域之流況，國立台灣海洋大學海洋科學系碩士論文，100 頁。

林光宇，1997，中國動物志，科學出版社。

胡健驊，1999，台灣北部盛行之孤立波是否對近岸產生作用，第六屆水上警察學術研討會論文集。

胡健驊，1999，基隆市八斗子外海箱網養殖規劃區之水文環境調查及可行性初步評估，國立台灣海洋大學，80 頁。

胡健驊，2000，海洋科技博物館近岸海域之波浪與海、氣象及海底地形之關係，國立台灣海洋大學，64 頁。

胡健驊，2000，89 年度台灣北部海域水體環境品質監測計畫（89 年 4 月至 90 年 10 月）報告書，基隆市環境保護局委託，亞太環境科技股份有限公司執行，160 頁。(參與資料分析及報告撰寫)

胡健驊、方天熹，2000，北部核能電廠及核能四廠附近海域之生態調查（非生物因子），國立台灣海洋大學，500 頁。

胡健驊，2001，海洋科技博物館近岸海域之海潮流，國立台灣海洋大學。

胡健驊，2001，基隆市污水下水道系統第一期實施計畫和平島污水處理廠(第一期）新建工程代辦作業海洋放流影響研究海上調查研究工作，國立台灣海洋大學，98 頁。

胡健驊，2001，基隆河員山子分洪計畫環境影響評估，海域海潮流之調查與分析，國立台灣海洋大學。

胡健驊，2001，基隆發展箱網養殖之海流環境背景認識，促進產業升級提昇漁業競爭力研討會論文集，38-43 頁。

胡健驊，2018：核一廠西側淺灘如何影響擴散溫排水之潮流，台電工程月刊，第 835 期，107 年 3 月號，39~47 頁。

胡忠恆、陶錫珍，1994，澎湖群島彩色貝類圖鑑，澎湖縣立文化中心。

洪楚璋、黃襛、譚天錫、邵廣昭、黃哲崇、陳汝勒、朱鐵吉、范光龍，1997，台灣北部核能電廠及核四廠附近海域之生態調查(85.7~86.6)，中研院國際環境科學委員會專刊，第 101 號。

洪楚璋、黃襛、譚天錫、邵廣昭、黃哲崇、陳汝勒、朱鐵吉、范光龍，1998，台灣北部核能電廠及核四廠附近海域之生態調查(85.7~87.6)。中研院國際環境科學委員會專刊。

洪楚璋等，1998，台灣北部核能電廠及核四廠附近海域之生態調查。台灣大學。

洪國雄，2000，澎湖海邊常見的生物，澎湖縣文化局。

核能四廠鹽寮福隆沙灘變遷調查報告，專家調查小組，召集人楊文衡及王鑫等共十一人，民國九十二年二月十四日。

游祥平、符菊永，1991，台灣的寄居蟹，南天書局。

黃宗國主編，1994，中國海洋生物種類與分佈，海洋出版社。

黃將修、邵廣昭、程一駿、扈治安、胡健驊、方天熹、羅文增，2001，北部核能電廠及核能四廠附近海域之生態調查，89 年年報，國立台灣海洋大學，443 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、扈治安、胡健驊、方天熹、羅文增，2002，北部核能電廠及核能四廠附近海域之生態調查，90 年年報，國立台灣海洋大學，487 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、扈治安、胡健驊、方天熹、羅文增，2003，北部核能電廠及核能四廠附近海域之生態調查，91 年年報，國立台灣海洋大學，584 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、扈治安、胡健驊、方天熹、羅文增，2004，北部核能電廠及核能四廠附近海域之生態調查，92 年年報，國立台灣海洋大學，535 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、扈治安、胡健驊、方天熹、羅文增，2005，北部各核能電廠附近海域之生態調查，93 年年報，國立台灣海洋大學，513 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、扈治安、胡健驊、方天熹、羅文增，2006，北部各核能電廠附近海域之生態調查，94 年年報，國立台灣海洋大學，501 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、扈治安、胡健驊、方天熹、羅文增，2007，北部各核能電廠附近海域之生態調查，95 年年報，國立台灣海洋大學，565 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、扈治安、胡健驊、方天熹、羅文增，2008，北部各核能電廠附近海域之生態調查，96 年年報，國立台灣海洋大學，485 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、扈治安、胡健驊、方天熹、羅文增，2009，北部各核能電廠附近海域之生態調查，97 年年報，國立台灣海洋大學，540 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、扈治安、胡健驊、方天熹、羅文增，2010，北部各核能電廠附近海域之生態調查，98 年年報，國立台灣海洋大學，520 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、扈治安、胡健驊、方天熹、羅文增，2011，北部各核能電廠附近海域之生態調查，99 年年報，國立台灣海洋大學，530 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、扈治安、胡健驊、方天熹、羅文增，2012，北部各核能電廠附近海域之生態調查，100 年年報，國立台灣海洋大學，526 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、胡健驊、方天熹、羅文增，2013，北部各核能電廠附近海域之生態調查，101 年年報，國立台灣海洋大學，538 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、胡健驊、方天熹、羅文增，2014，北部各核能電廠附近海域之生態調查，102 年年報，國立台灣海洋大學，498 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、胡健驊、方天熹、羅文增，2015，北部各核能電廠附近海域之生態調查，103 年年報，國立台灣海洋大學，496 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、胡健驊、方天熹、羅文增，2016，北部各核能電廠附近海域之生態調查，104 年年報，國立台灣海洋大學，508 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、胡健驊、方天熹、羅文增，2017，北部各核能電廠附近海域之生態調查，105 年年報，國立台灣海洋大學，770 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、胡健驊、方天熹、羅文增，2018，北部各核能電廠附近海域之生態調查，106 年年報，國立台灣海洋大學，579 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、胡健驊、方天熹、羅文增，2019，北部各核能電廠附近海域之生態調查，107 年年報，國立台灣海洋大學，933 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、胡健驊、方天熹、羅文增，2020，北部各核能電廠附近海域之生態調查，108 年年報，國立台灣海洋大學，575 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、胡健驊、方天熹、羅文增，2021，北部各核能電廠附近海域之生態調查，109 年年報，國立台灣海洋大學，893 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、胡健驊、方天熹、羅文增，2022，北部各核能電廠附近海域之生態調查，110 年年報，國立台灣海洋大學，557 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、胡健驊、方天熹、羅文增，2023，北部各核能電廠附近海域之生態調查，111 年年報，國立台灣海洋大學，859 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、胡健驊、方天熹、羅文增，2024，北部各核能電廠附近海域之生態調查，112 年年報，國立台灣海洋大學，633 頁。

黃將修、邵廣昭、程一駿、胡健驊、方天熹、羅文增，2025，北部各核能電廠附近海域之生態調查，113 年年報，國立台灣海洋大學，907 頁。

基隆港區淤泥海拋環境影響評估報告書，1994，中鼎工程股份有限公司。

張俊鋐，2002，台灣北部近岸海流與海灣形狀之關係–核電廠溫排水動態之個案研究，國立台灣海洋大學海洋科學系碩士論文，130 頁。

陳先彧，2002，潮流演變的研究–基隆海域個案應用，國立台灣海洋大學海洋科學系碩士論文，110 頁。

陳正平、邵廣昭、詹榮桂、郭人維、陳靜怡。2010。墾丁國家公園海域魚類圖鑑(增修壹版)。墾丁國家公園管理處。650 頁。

莫顯蕎、羅文增，1999，台南海砂試採區海域生態調查第三年期末報告，工研院能資所，共 204 頁。

馮欣蓉，2002，核二廠溫排水對附近水域魚類之群聚結構、食性及死亡率之影響。國立台灣海洋大學海洋生物研究所。碩士論文。1-107 頁。

鹽寮海域溫鹽及浮標流跡調查報告，1995，臺灣電力公司電源勘測隊。

劉振鄉，1978，花身雞魚生態調查及試驗，臺灣省水試所研究報告，30：321-326。

劉振鄉，1978，花身雞魚生殖週期及性轉變之研究，中國水產，314：10-14。

羅文增，1998a，澎湖縣發展海上箱網養殖調查及規劃設計計畫期末報告-浮游生物及漁業資源調查，澎湖縣政府，242-249pp。

羅文增，1998b，高雄海域油污染對水質及生態環境影響監測計畫-浮游動物及浮游植物之調查研究，期末調查報告，中國石油股份有限公司，342-353 頁。

繆自昌，1999，臺灣北部淡水河口域花身雞魚生殖生物學之研究，碩士論文。國立台灣大學漁業科學系研究所。1-78 頁。

輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則，民國 93 年 10 月 20 日行政院原子能委員會修正。

環境輻射監測規範，民國 98 年 11 月 11 日行政院原子能委員會修正。

附錄一

核一廠、核二廠及磺溪附近海域

水質資料濃度範圍

附錄 1-表 1：台電核一廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(1/8)

(採樣時間 114 年 2 月 12 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (mg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
A500	0	18.15	34.49	8.10	6.96	19.71	10.58	99.46	281.30	0.10
	5	18.13	34.49	8.10	7.22	17.25	6.01	110.54	286.26	0.06
	10	18.13	34.49	8.09	7.03	17.25	6.87	108.46	283.78	0.06
	15	18.13	34.49	8.11	7.16	17.99	8.58	104.31	285.02	0.13
A1000	0	18.27	34.56	8.10	7.00	13.80	8.01	92.24	286.26	0.07
	5	18.25	34.57	8.09	7.00	13.55	3.15	130.92	286.26	0.09
	10	18.25	34.57	8.07	7.00	9.61	4.86	113.32	302.37	0.06
	15	18.25	34.57	8.12	7.30	17.49	6.58	102.43	280.06	0.07
A1500	0	18.25	34.59	8.05	6.95	18.48	2.86	119.85	286.26	0.07
	5	18.25	34.59	8.11	7.27	9.36	6.01	110.54	294.94	0.05
	10	18.25	34.59	8.10	7.10	13.30	7.15	102.73	293.70	0.04
	15	18.25	34.59	8.11	7.08	17.49	3.43	110.06	287.50	0.03
A2000	0	18.26	34.60	8.10	7.19	15.03	2.86	111.44	285.02	0.06
	5	18.23	34.60	8.10	7.04	8.62	8.01	95.61	286.26	0.05
	10	18.11	34.62	8.10	7.25	14.54	3.43	108.37	296.17	0.04
	15	18.11	34.62	8.10	6.95	13.80	5.15	117.67	291.22	0.04
A3000	0	17.93	34.64	8.09	7.03	18.23	3.15	110.75	316.00	0.05
	5	17.91	34.64	8.08	7.04	14.04	2.00	123.61	316.00	0.05
	10	17.89	34.64	8.08	7.21	11.83	2.86	123.21	316.00	0.05
	15	17.89	34.64	8.07	7.20	12.57	3.43	128.55	314.76	0.05

附錄 1-表 1：台電核一廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(2/8)

(採樣時間 114 年 2 月 12 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (mg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
一出	0	19.4	34.42	8.21	7.123	21.68	2.57	73.47	303.61	0.052
B500	0	18.32	34.60	8.09	7.29	29.32	5.15	105.90	298.65	0.03
	5	18.27	34.62	8.09	7.12	23.41	6.58	107.48	298.65	0.08
	10	18.26	34.62	8.08	7.14	23.41	5.43	110.25	297.41	0.04
	15	18.26	34.62	8.09	7.00	16.51	7.72	103.02	294.94	0.05
B1000	0	18.31	34.60	8.09	6.98	19.46	5.72	109.56	303.61	0.06
	5	18.29	34.60	8.09	7.22	21.19	6.87	103.42	303.61	0.07
	10	18.28	34.61	8.09	6.91	25.87	5.43	111.93	303.61	0.06
	15	18.28	34.61	8.09	7.27	19.46	2.57	117.18	298.65	0.05
B1500	0	18.28	34.61	8.09	6.94	15.52	6.87	100.06	311.05	0.05
	5	18.19	34.62	8.08	7.22	21.19	2.86	116.48	314.76	0.07
	10	18.16	34.62	8.07	6.98	21.93	2.86	118.17	323.44	0.05
	15	18.16	34.62	8.08	7.17	23.16	6.29	104.81	303.61	0.06
B2000	0	17.99	34.64	8.08	7.01	26.36	7.15	106.09	317.24	0.06
	5	17.99	34.63	8.06	7.03	18.73	8.87	123.79	319.72	0.06
	10	18.00	34.63	8.08	7.22	25.13	5.43	127.06	318.48	0.06
	15	18.00	34.63	8.08	6.91	18.73	5.15	126.07	307.33	0.07
B3000	0	17.88	34.64	8.09	7.27	21.93	4.00	122.12	322.20	0.04
	5	17.86	34.64	8.07	6.97	19.96	10.87	103.81	322.20	0.07
	10	17.86	34.64	8.10	7.23	21.68	13.44	99.25	320.96	0.06
	15	17.86	34.64	8.08	7.29	24.64	5.43	118.65	320.96	0.04

附錄 1-表 1：台電核一廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(3/8)

(採樣時間 114 年 2 月 12 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (mg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
一入	0	18.4	34.45	8.2	6.986	18.97	3.15	67.04	280.06	0.136
C500	0	18.34	34.55	8.07	6.98	21.19	3.15	77.12	320.96	0.12
	5	18.33	34.58	8.07	7.19	21.19	3.15	93.94	302.37	0.09
	10	18.32	34.58	8.07	7.26	11.33	3.72	95.91	524.19	0.01
	15	18.32	34.58	8.04	6.92	14.78	7.15	97.68	301.13	0.11
C1000	0	18.23	34.61	8.07	7.05	20.94	5.15	105.90	301.13	0.12
	5	18.23	34.62	8.04	7.02	17.49	4.86	115.00	307.33	0.07
	10	18.22	34.62	8.06	7.15	18.23	12.59	91.24	308.57	0.04
	15	18.22	34.62	8.07	7.11	18.48	9.15	106.28	304.85	0.03
C1500	0	18.16	34.62	8.07	6.91	13.55	7.72	111.43	304.85	0.09
	5	18.16	34.63	8.07	6.92	14.04	5.72	106.19	306.09	0.07
	10	18.16	34.63	8.07	7.12	25.38	13.16	106.67	303.61	0.06
	15	18.16	34.63	8.07	7.17	23.65	8.87	110.34	309.81	0.06
C2000	0	18.05	34.64	8.06	6.93	22.91	7.44	107.08	314.76	0.07
	5	18.04	34.64	8.06	6.92	22.67	9.73	106.58	313.52	0.07
	10	18.05	34.64	8.06	7.26	16.26	8.30	118.45	307.33	0.08
	15	18.05	34.64	8.07	7.21	23.41	9.44	114.00	320.96	0.09
C3000	0	17.89	34.58	8.07	6.99	21.93	8.30	103.32	318.48	0.06
	5	17.86	34.64	8.07	6.98	18.48	10.01	109.25	324.68	0.05
	10	17.87	34.64	8.06	6.93	22.17	12.30	102.02	324.68	0.06
	15	17.87	34.64	8.07	7.00	23.16	5.43	116.97	314.76	0.05
C5000	0	18.09	34.64	8.07	7.03	16.26	6.87	120.23	308.57	0.05
	5	18.07	34.64	8.10	7.26	14.54	11.73	133.67	306.09	0.06
	10	18.08	34.64	8.08	7.24	17.99	7.44	110.44	302.37	0.06
	15	18.08	34.64	8.10	7.28	19.46	4.58	122.41	320.96	0.07

附錄 1-表 1：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(4/8)

(採樣時間 114 年 2 月 12 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (μg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
D500	0	18.54	33.64	7.85	6.98	34.49	4.58	124.10	2788.25	0.07
	5	18.37	34.60	8.07	7.28	20.45	5.43	123.70	413.90	0.06
	10	18.16	34.61	8.08	7.07	21.93	5.15	124.39	349.46	0.06
	15	18.16	34.61	8.08	6.94	21.93	4.86	111.63	334.59	0.05
D1000	0	18.39	34.58	8.04	7.22	26.86	5.72	119.64	856.30	0.07
	5	18.36	34.60	8.08	7.06	20.94	5.43	123.70	327.15	0.07
	10	18.32	34.60	8.09	7.09	19.96	5.15	126.07	299.89	0.07
	15	18.32	34.60	8.09	7.29	17.74	4.58	125.78	323.44	0.08
D1500	0	18.06	34.61	8.10	6.96	14.04	4.00	138.93	311.05	0.05
	5	18.05	34.63	8.09	7.04	25.13	4.29	138.24	307.33	0.06
	10	18.05	34.63	8.08	6.94	19.22	4.58	125.78	314.76	0.06
	15	18.05	34.63	8.08	7.04	20.94	5.15	124.39	328.39	0.07
D2000	0	18.38	34.60	8.10	6.91	13.06	5.72	116.28	275.11	0.03
	5	18.28	34.62	8.10	7.12	17.00	5.43	125.38	288.74	0.03
	10	18.16	34.63	8.10	6.95	20.70	4.86	125.08	313.52	0.04
	15	18.16	34.63	8.10	7.08	17.99	6.01	139.12	309.81	0.05
D3000	0	18.18	34.62	8.09	7.17	24.15	7.44	125.57	294.94	0.04
	5	18.15	34.63	8.09	7.20	14.54	4.58	147.63	296.17	0.04
	10	18.16	34.63	8.09	7.03	19.96	3.72	129.54	303.61	0.04
	15	18.16	34.63	8.09	7.22	20.70	4.58	120.73	298.65	0.04

附錄 1-表 1：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(5/8)

(採樣時間 114 年 2 月 12 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (mg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
二出	0	18.9	34.29	8.2	7.016	19.22	2.29	80.88	339.55	0.034
E500	0	18.38	34.59	8.09	7.12	24.64	3.72	127.86	328.39	0.03
	5	18.09	34.62	8.01	6.95	23.41	4.86	118.36	320.96	0.04
	10	18.09	34.62	8.06	7.26	21.44	6.58	131.01	312.28	0.04
	15	18.09	34.62	8.08	7.23	22.17	5.43	122.02	319.72	0.06
E1000	0	18.35	34.60	8.09	6.99	19.71	6.01	115.59	318.48	0.07
	5	18.16	34.62	8.07	7.16	22.17	4.29	124.79	318.48	0.07
	10	18.07	34.63	8.07	7.22	26.12	4.00	135.57	322.20	0.06
	15	18.07	34.63	8.07	7.29	26.61	4.86	128.45	320.96	0.07
E1500	0	18.26	34.62	8.07	7.17	26.36	4.00	123.80	312.28	0.08
	5	18.20	34.63	8.06	6.98	17.99	7.44	122.21	304.85	0.07
	10	18.13	34.63	8.07	7.29	20.94	7.15	117.86	318.48	0.07
	15	18.13	34.63	8.07	7.02	22.91	5.72	116.28	319.72	0.07
E2000	0	18.21	34.62	8.10	7.05	21.19	4.00	120.44	299.89	0.08
	5	18.17	34.63	8.09	7.01	23.65	5.15	137.84	292.46	0.06
	10	18.17	34.63	8.08	7.18	22.67	4.58	115.69	313.52	0.06
	15	18.17	34.63	8.10	7.08	24.64	4.86	121.72	311.05	0.05

附錄 1-表 1：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(6/8)
(採樣時間 114 年 2 月 12 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (mg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
E2500	0	18.07	34.57	8.09	6.96	23.16	4.58	119.05	324.68	0.04
	5	18.06	34.62	8.08	7.13	21.19	4.86	128.45	323.44	0.04
	10	18.06	34.62	8.08	7.11	14.04	5.72	123.00	320.96	0.05
	15	18.06	34.62	8.09	7.27	26.36	4.29	133.19	309.81	0.04
E3000	0	18.06	34.45	8.09	6.94	25.62	5.43	143.87	311.05	0.05
	5	18.04	34.63	8.06	7.00	27.10	4.00	132.21	302.37	0.06
	10	18.04	34.63	8.07	6.92	13.55	4.00	135.57	303.61	0.06
	15	18.04	34.63	8.08	6.95	16.26	4.58	139.23	323.44	0.06
E4000	0	17.97	34.64	8.09	7.13	18.73	5.15	137.84	307.33	0.03
	5	17.97	34.64	8.09	7.26	13.80	4.00	135.57	297.41	0.04
	10	17.97	34.64	8.08	7.22	16.26	4.00	130.52	297.41	0.05
	15	17.97	34.64	8.09	7.16	16.26	6.01	120.63	287.50	0.05
E5000	0	18.13	34.58	8.09	7.12	24.39	4.86	121.72	280.06	0.06
	5	18.12	34.61	8.08	7.11	22.91	6.29	124.98	271.39	0.05
	10	18.12	34.61	8.08	7.25	19.71	15.73	103.80	299.89	0.05
	15	18.12	34.61	8.02	7.27	16.51	18.31	85.79	276.35	0.04
E6000	0	18.34	34.64	8.10	7.26	22.67	6.01	118.95	280.06	0.11
	5	18.27	34.64	8.09	6.99	24.39	3.72	148.03	296.17	0.08
	10	18.22	34.64	8.08	7.07	17.99	4.29	129.83	280.06	0.07
	15	18.22	34.64	8.09	6.95	13.30	4.29	134.88	283.78	0.05

附錄 1-表 1：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(7/8)

(採樣時間 114 年 2 月 12 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (μg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
二入	0	18.7	34.43	8.24	6.995	21.68	3.15	63.67	572.52	0.155
F500	0	18.74	34.57	8.17	7.20	21.68	3.72	89.19	353.18	0.18
	5	18.21	34.62	8.19	6.90	19.71	4.00	90.18	309.81	0.12
	10	18.12	34.62	8.19	7.04	18.48	3.72	92.55	311.05	0.12
	15	18.12	34.62	7.76	7.12	16.26	16.02	62.75	313.52	0.12
F1000	0	18.76	34.57	8.20	7.30	20.70	4.58	117.37	294.94	0.08
	5	18.42	34.61	8.20	6.91	22.91	4.29	102.93	296.17	0.12
	10	18.09	34.63	8.19	6.95	22.67	4.00	108.67	261.48	0.07
	15	18.09	34.63	7.78	7.02	7.64	2.29	82.57	276.35	0.08
F1500	0	18.71	34.54	8.20	7.02	22.17	4.00	105.31	607.22	0.11
	5	18.38	34.62	8.21	6.93	23.65	4.86	106.59	285.02	0.11
	10	18.29	34.62	8.22	7.02	13.30	4.29	123.11	283.78	0.11
	15	18.29	34.62	7.82	7.10	14.54	11.73	95.00	271.39	0.12
F2000	0	18.43	34.61	8.18	7.25	26.86	6.58	119.24	292.46	0.10
	5	18.30	34.62	8.18	7.01	25.62	4.58	119.05	302.37	0.10
	10	18.15	34.62	8.19	7.16	24.88	4.29	136.56	280.06	0.11
	15	18.15	34.62	7.89	7.09	10.59	5.43	110.25	192.08	0.08
F3000	0	18.06	34.63	8.14	7.27	7.88	4.00	123.80	278.83	0.05
	5	18.07	34.63	8.15	7.04	22.67	4.58	140.91	293.70	0.06
	10	18.06	34.63	8.16	6.94	15.03	4.29	148.32	293.70	0.06
	15	18.06	34.63	8.17	6.90	21.68	4.86	143.58	273.87	0.06
F5000	0	18.11	34.61	8.11	7.28	24.39	4.29	133.19	292.46	0.08
	5	18.10	34.61	8.07	7.28	18.97	4.29	124.79	281.30	0.07
	10	18.11	34.61	8.06	6.98	12.57	4.29	128.15	278.83	0.07
	15	18.11	34.61	8.00	7.28	12.32	3.72	122.81	282.54	0.06

附錄 1-表 1：台電磺溪冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(8/8)

(採樣時間 114 年 2 月 12 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (μg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
磺溪口	0	19	0.8	5.08	8.134	42.62	4.86	466.36	12218.74	1.823
R500	0	18.40	34.59	8.08	6.910	17.00	5.15	112.62	314.76	0.07
	5	18.10	34.63	8.09	6.855	17.25	4.58	127.46	309.81	0.06
	10	18.10	34.63	8.09	6.765	21.19	4.58	132.50	312.28	0.06
	15	18.10	34.63	8.09	6.741	24.15	5.15	124.39	314.76	0.06
R1000	0	18.17	34.61	8.08	7.040	21.68	6.58	105.80	313.52	0.05
	5	18.11	34.62	8.09	6.890	14.04	7.15	134.67	316.00	0.05
	10	17.97	34.64	8.07	6.784	17.25	7.15	119.54	313.52	0.05
	15	17.97	34.64	8.07	6.690	16.01	3.15	120.84	314.76	0.05
R1500	0	18.34	34.59	8.08	7.140	19.96	3.72	117.77	314.76	0.05
	5	18.24	34.61	8.08	7.020	21.44	4.29	114.70	307.33	0.05
	10	18.09	34.63	8.06	6.900	14.04	6.87	113.51	308.57	0.05
	15	18.09	34.63	8.08	6.800	15.28	5.43	132.10	312.28	0.06
R2000	0	18.03	34.64	8.09	7.090	17.74	6.87	110.15	309.81	0.06
	5	18.02	34.64	8.09	6.960	15.28	4.00	117.08	309.81	0.06
	10	18.00	34.64	8.08	6.870	15.28	6.01	118.95	318.48	0.06
	15	18.00	34.64	8.08	6.750	12.57	6.58	105.80	314.76	0.07
R3000	0	18.20	34.59	8.08	6.900	13.30	3.43	125.19	303.61	0.07
	5	18.09	34.64	8.08	6.790	15.28	5.43	115.29	314.76	0.07
	10	18.07	34.64	8.09	6.864	16.26	6.58	114.20	306.09	0.07
	15	18.07	34.64	8.09	6.759	13.30	3.72	122.81	303.61	0.07

附錄 1-表 2：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(1/5)

(採樣時間 114 年 5 月 9 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (μg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
D500	0	25.86	34.21	8.22	6.15	28.63	10.16	92.33	131.80	0.39
	5	25.56	34.22	8.22	6.11	24.26	9.65	76.25	120.39	0.38
	10	25.56	34.22	8.22	6.01	24.02	9.40	29.27	117.86	0.39
	15	25.56	34.22	8.22	6.01	23.29	8.38	49.34	110.25	0.38
D1000	0	25.72	34.27	8.23	6.16	18.68	11.17	118.58	105.18	0.44
	5	25.68	34.26	8.22	6.14	20.38	8.63	55.90	100.11	0.50
	10	25.61	34.24	8.22	6.15	23.78	9.40	34.20	106.45	0.49
	15	25.39	34.22	8.22	6.04	17.95	10.67	163.61	98.85	0.34
D1500	0	25.71	34.31	8.23	6.18	18.20	9.65	56.53	81.11	0.37
	5	25.69	34.32	8.23	6.05	16.50	9.40	51.94	79.84	0.40
	10	25.66	34.32	8.17	6.03	15.04	10.67	44.35	78.57	0.38
	15	25.66	34.32	8.20	6.03	15.77	8.89	52.61	77.30	0.36
D2000	0	25.78	34.29	8.19	6.14	19.90	8.89	50.64	77.30	0.41
	5	25.67	34.31	8.18	6.10	21.35	8.63	43.09	78.57	0.40
	10	25.61	34.33	8.19	6.03	21.35	7.62	53.30	78.57	0.33
	15	25.61	34.33	8.20	6.11	20.38	8.13	50.66	78.57	0.35
D3000	0	25.67	34.37	8.21	6.14	21.59	7.87	37.20	70.97	0.35
	5	25.65	34.37	8.21	6.12	26.69	7.87	91.41	74.77	0.34
	10	25.64	34.37	8.21	6.12	10.68	7.62	37.53	70.97	0.33
	15	25.61	34.37	8.22	6.11	24.75	8.38	77.92	82.37	0.34

附錄 1-表 2：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(2/5)

(採樣時間 114 年 5 月 9 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (mg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
二出	0	26	34.11	8.19	5.888	40.52	3.30	128.00	247.12	0.01
E500	0	26.20	34.33	8.23	6.11	18.20	7.62	59.22	59.56	0.37
	5	25.88	34.33	8.20	6.08	20.62	6.35	62.87	67.17	0.39
	10	25.88	34.33	8.23	6.04	20.62	5.33	72.09	63.36	0.41
	15	25.88	34.33	8.23	6.03	26.20	7.36	62.51	62.10	0.43
E1000	0	26.08	34.32	8.12	6.15	21.35	5.84	53.68	62.10	0.41
	5	25.96	34.31	8.12	6.11	26.45	5.59	50.07	72.23	0.37
	10	25.95	34.33	8.22	6.06	25.23	6.60	47.75	63.36	0.37
	15	25.43	34.33	8.23	6.05	20.62	6.86	43.47	68.43	0.34
E1500	0	26.00	34.31	8.22	6.14	20.14	6.86	42.48	72.23	0.41
	5	25.92	34.33	8.22	6.12	22.32	6.35	40.20	67.17	0.44
	10	25.83	34.35	8.23	6.13	21.11	8.89	34.87	65.90	0.36
	15	25.77	34.36	8.23	6.14	19.90	9.14	31.58	65.90	0.38
E2000	0	25.69	34.33	8.21	6.12	17.95	7.87	65.78	76.04	0.34
	5	25.63	34.34	8.19	6.09	24.99	9.65	67.38	73.50	0.40
	10	25.61	34.35	8.20	6.06	31.54	6.86	77.96	72.23	0.45
	15	25.60	34.36	8.21	6.05	34.94	8.13	90.09	72.23	0.41

附錄 1-表 2：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(3/5)
(採樣時間 114 年 5 月 9 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (mg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
E2500	0	25.40	34.33	8.20	6.18	23.78	9.40	93.34	95.05	0.40
	5	25.38	34.33	8.20	6.14	27.18	8.89	67.40	93.78	0.39
	10	25.33	34.33	8.19	6.10	25.23	8.89	73.31	95.05	0.43
	15	25.29	34.33	8.19	6.06	26.69	7.62	66.12	81.11	0.43
E3000	0	25.66	34.36	8.20	6.09	15.53	8.38	54.27	81.11	0.41
	5	25.60	34.36	8.20	6.10	16.26	7.87	66.77	78.57	0.37
	10	25.45	34.37	8.21	6.08	16.50	8.38	65.11	79.84	0.34
	15	25.37	34.36	8.21	6.10	19.41	8.13	56.58	74.77	0.62
E4000	0	25.70	34.42	8.23	6.13	20.62	9.14	46.36	95.05	0.42
	5	25.46	34.44	8.24	6.11	16.98	8.63	44.08	92.51	0.34
	10	25.39	34.43	8.24	6.11	15.04	8.38	45.40	78.57	0.34
	15	25.26	34.41	8.20	6.08	14.80	9.65	39.78	73.50	0.35
E5000	0	25.28	34.40	8.22	6.15	19.41	12.19	36.42	96.31	0.41
	5	25.20	34.40	8.23	6.11	20.38	11.17	54.52	97.58	0.35
	10	25.13	34.39	8.23	6.09	21.84	10.41	56.51	95.05	0.37
	15	25.09	34.39	8.23	6.12	23.05	11.94	49.57	97.58	0.37
E6000	0	24.83	34.39	8.22	6.18	21.84	11.17	64.38	107.72	0.40
	5	24.82	34.39	8.22	6.16	22.81	10.67	63.08	107.72	0.35
	10	24.78	34.39	8.23	6.14	21.11	11.43	65.03	107.72	0.33
	15	24.71	34.39	8.22	6.14	19.17	10.67	68.00	108.99	0.38

附錄 1-表 2：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(4/5)

(採樣時間 114 年 5 月 9 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (μg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
二入	0	24.3	34.02	8.23	5.848	43.43	3.81	185.48	430.87	0.05
F500	0	26.06	34.24	8.22	6.14	18.93	2.79	37.99	74.77	0.57
	5	26.00	34.29	8.20	6.17	23.29	2.79	35.04	63.36	0.42
	10	25.48	34.27	8.20	6.14	19.90	3.05	37.66	65.90	0.53
	15	25.48	34.27	8.22	6.15	18.93	4.06	34.35	68.43	0.42
F1000	0	26.11	34.24	8.22	6.16	17.71	3.30	32.40	64.63	0.61
	5	25.90	34.33	8.22	6.14	16.74	2.54	37.34	63.36	0.44
	10	25.86	34.33	8.21	6.14	20.14	2.54	38.33	62.10	0.45
	15	25.85	34.34	8.23	6.10	19.41	2.79	38.98	59.56	0.38
F1500	0	25.88	34.34	8.23	6.19	18.44	4.57	27.76	74.77	0.34
	5	25.87	34.34	8.23	6.12	19.17	4.83	25.45	64.63	0.37
	10	25.78	34.36	8.23	6.12	16.74	3.56	34.03	65.90	0.35
	15	25.70	34.36	8.23	6.11	15.77	4.32	35.98	64.63	0.38
F2000	0	25.65	34.35	8.23	6.19	16.74	7.87	35.23	72.23	0.40
	5	25.62	34.36	8.21	6.14	17.47	5.59	40.22	68.43	0.41
	10	25.63	34.32	8.22	6.11	16.74	6.10	35.60	68.43	0.40
	15	25.62	34.36	8.23	6.05	18.68	7.36	58.57	69.70	0.36
F3000	0	25.52	34.37	8.23	6.14	19.41	7.87	65.78	70.97	0.47
	5	25.46	34.37	8.23	6.16	19.17	7.36	71.38	69.70	0.35
	10	25.41	34.37	8.23	6.16	20.38	8.38	73.98	72.23	0.34
	15	25.37	34.37	8.23	6.14	18.68	6.86	93.73	74.77	0.34
F5000	0	25.29	34.40	8.23	6.18	16.74	9.90	55.21	76.04	0.36
	5	25.14	34.40	8.23	6.19	17.23	10.16	57.83	79.84	0.34
	10	24.99	34.39	8.23	6.16	17.71	10.16	61.78	89.98	0.35
	15	24.80	34.39	8.23	6.14	17.23	10.92	65.70	86.17	0.35

附錄 1-表 2：台電磺溪冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(5/5)

(採樣時間 114 年 5 月 9 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (μg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
磺溪口	0	21.6	0.1	6.08	6.287	439.17	5.33	561.93	75656.01	0.09
R500	0	26.29	34.05	8.17	6.12	45.86	4.57	138.15	887.09	0.38
	5	25.93	34.28	8.22	6.11	37.37	3.81	63.26	198.96	0.49
	10	25.93	34.28	8.22	6.13	35.18	4.06	43.22	87.44	0.41
	15	25.93	34.28	8.23	6.09	27.42	3.81	37.64	81.11	0.38
R1000	0	26.68	33.99	8.17	6.01	41.25	5.59	105.27	430.87	0.48
	5	25.86	34.32	8.17	6.11	30.81	5.08	99.04	110.25	0.40
	10	25.83	34.33	8.21	6.08	31.06	4.83	67.84	101.38	0.36
	15	25.72	34.32	8.22	6.11	33.97	4.32	64.56	81.11	0.34
R1500	0	26.01	34.26	8.22	6.14	33.24	6.35	60.89	87.44	0.36
	5	26.02	34.28	8.22	6.13	34.45	5.84	56.64	82.37	0.35
	10	25.73	34.33	8.22	6.11	32.03	5.08	58.63	83.64	0.45
	15	25.72	34.33	8.22	6.08	31.30	5.33	59.28	82.37	0.38
R2000	0	25.64	34.30	8.21	6.13	32.03	8.13	61.50	83.64	0.40
	5	25.55	34.30	8.21	6.14	31.06	7.87	91.41	91.24	0.35
	10	25.51	34.31	8.22	6.14	31.30	8.38	60.18	82.37	0.36
	15	25.49	34.32	8.21	6.08	32.51	6.86	63.18	87.44	0.34
R3000	0	26.13	34.26	8.22	6.16	23.54	5.84	54.67	82.37	0.52
	5	25.65	34.29	8.22	6.12	22.56	7.36	55.61	77.30	0.38
	10	25.36	34.33	8.22	6.10	24.99	8.13	55.59	83.64	0.35
	15	25.03	34.35	8.21	6.11	22.32	7.62	65.13	86.17	0.62

附錄 1-表 3：台電核一廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(1/8)

(採樣時間 114 年 8 月 10 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (mg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
A500	0	28.24	33.86	8.21	5.69	3.65	1.14	25.69	55.52	0.14
	5	28.16	33.87	8.22	5.75	3.34	1.14	24.58	56.88	0.16
	10	27.29	33.98	8.20	5.81	3.65	0.86	23.94	59.58	0.19
	15	27.29	33.98	8.23	5.64	2.74	1.14	25.69	55.52	0.19
A1000	0	28.59	33.70	8.22	5.77	1.82	1.43	25.22	28.44	0.59
	5	28.58	33.69	8.21	5.60	2.43	1.43	25.22	29.79	0.64
	10	27.93	33.80	8.20	5.88	2.13	1.43	24.11	33.85	0.69
	15	27.93	33.80	8.22	5.70	2.43	1.43	25.22	31.15	0.74
A1500	0	28.60	33.69	8.24	5.82	3.04	1.43	26.33	23.02	0.99
	5	28.48	33.76	8.23	5.66	3.95	1.14	27.91	27.08	0.68
	10	27.46	33.97	8.24	5.70	3.95	1.43	27.44	25.73	0.53
	15	27.46	33.97	8.23	5.82	4.56	1.14	27.91	23.02	0.42
A2000	0	28.82	33.73	8.23	5.81	3.65	1.14	25.69	28.44	0.85
	5	28.59	33.82	8.23	5.78	3.04	1.14	24.58	21.67	0.66
	10	28.25	33.98	8.23	5.70	3.34	0.86	27.27	24.38	0.46
	15	28.25	33.98	8.23	5.85	3.04	1.43	25.22	27.08	0.32
A3000	0	28.83	33.73	8.23	5.67	1.52	1.43	24.11	21.67	0.79
	5	28.37	33.84	8.22	5.73	2.74	1.14	23.47	31.15	0.65
	10	28.29	33.88	8.23	5.82	1.82	1.72	24.75	32.50	0.35
	15	28.29	33.88	8.23	5.81	3.04	1.14	24.58	32.50	0.24

附錄 1-表 3：台電核一廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(2/8)

(採樣時間 114 年 8 月 10 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (mg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
一出	0	28.5	33.91	8.21	5.818	3.95	9.44	40.82	90.73	0.097
B500	0	28.42	33.80	8.23	5.72	1.22	2.29	26.02	50.11	0.28
	5	28.30	33.81	8.23	5.65	1.82	2.29	26.02	52.81	0.25
	10	27.89	33.89	8.23	5.87	2.13	2.57	25.55	56.88	0.23
	15	27.89	33.89	8.23	5.89	5.17	2.00	26.49	58.23	0.22
B1000	0	28.64	33.72	8.23	5.69	5.17	1.72	25.85	33.85	0.26
	5	28.58	33.73	8.22	5.75	3.65	1.72	26.96	36.56	0.26
	10	28.43	33.72	8.23	5.80	4.25	1.72	26.96	35.21	0.26
	15	28.43	33.72	8.23	5.62	3.34	1.72	26.96	36.56	0.27
B1500	0	28.59	33.70	8.25	5.80	3.65	1.72	22.53	32.50	0.49
	5	28.53	33.71	8.25	5.81	3.95	1.72	21.42	37.92	0.46
	10	28.40	33.75	8.24	5.84	3.65	1.72	21.42	39.27	0.47
	15	28.40	33.75	8.24	5.84	4.86	1.72	20.31	43.33	0.48
B2000	0	28.92	33.62	8.19	5.80	1.82	1.72	23.64	18.96	0.45
	5	28.77	33.70	8.20	5.76	1.52	1.72	25.85	21.67	0.45
	10	28.65	33.74	8.20	5.64	1.52	1.72	24.75	24.38	0.47
	15	28.65	33.74	8.21	5.77	1.52	1.72	24.75	27.08	0.48
B3000	0	28.75	33.67	8.25	5.81	8.51	2.86	22.85	25.73	0.76
	5	28.58	33.73	8.25	5.82	7.90	2.57	22.22	23.02	0.57
	10	28.43	33.77	8.24	5.77	7.90	2.29	22.69	25.73	0.51
	15	28.43	33.77	8.24	5.62	3.34	2.86	22.85	25.73	0.52

附錄 1-表 3：台電核一廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(3/8)

(採樣時間 114 年 8 月 10 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (mg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
一入	0	28.9	33.96	8.17	5.8	3.95	2.57	48.85	104.27	0.270
C500	0	28.30	33.81	8.24	5.67	2.74	2.86	23.96	54.17	0.24
	5	28.23	33.82	8.23	5.83	2.74	2.29	23.80	51.46	0.26
	10	28.19	33.83	8.24	5.82	2.43	2.29	24.91	50.11	0.29
	15	28.19	33.83	8.23	5.76	2.74	2.57	23.33	54.17	0.32
C1000	0	28.46	33.73	8.24	5.77	4.56	1.72	23.64	29.79	0.55
	5	28.41	33.74	8.23	5.75	5.17	2.00	24.27	33.85	0.34
	10	28.37	33.74	8.23	5.86	4.86	2.29	22.69	37.92	0.35
	15	28.37	33.74	8.24	5.67	5.17	2.29	23.80	37.92	0.14
C1500	0	28.83	33.57	8.25	5.81	3.95	2.29	21.58	20.31	0.43
	5	28.59	33.67	8.25	5.69	5.17	1.72	20.31	17.60	0.48
	10	28.55	33.66	8.25	5.70	4.86	1.72	20.31	18.96	0.55
	15	28.55	33.66	8.25	5.74	5.77	1.72	21.42	16.25	0.68
C2000	0	28.73	33.65	8.26	5.68	6.99	2.57	20.00	16.25	0.80
	5	28.54	33.69	8.25	5.79	7.60	2.29	20.47	14.90	0.53
	10	28.50	33.70	8.26	5.75	7.29	2.29	19.36	13.54	0.37
	15	28.50	33.70	8.26	5.74	8.21	2.29	21.58	13.54	0.50
C3000	0	28.80	33.60	8.26	5.72	12.76	2.57	23.33	23.02	0.48
	5	28.49	33.73	8.25	5.80	12.46	2.29	22.69	20.31	0.33
	10	28.46	33.74	8.26	5.79	9.12	2.00	22.05	23.02	0.30
	15	28.46	33.74	8.24	5.74	7.90	2.29	22.69	24.38	0.19
C5000	0	28.75	33.73	8.26	5.73	2.43	2.00	25.38	21.67	0.74
	5	28.42	33.78	8.25	5.81	3.34	1.72	25.85	25.73	0.70
	10	28.31	33.77	8.25	5.75	3.65	2.29	26.02	27.08	0.71
	15	28.31	33.77	8.26	5.79	3.65	2.29	26.02	25.73	0.58

附錄 1-表 3：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(4/8)

(採樣時間 114 年 8 月 10 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (μg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
D500	0	29.18	33.69	8.26	5.69	3.95	0.29	19.34	33.85	0.53
	5	28.96	33.76	8.25	5.69	4.56	0.00	19.82	31.15	0.46
	10	28.96	33.76	8.24	5.62	4.25	0.29	20.45	25.73	0.41
	15	28.96	33.76	8.25	5.66	5.17	1.43	17.45	31.15	0.35
D1000	0	28.86	33.72	8.25	5.70	10.64	0.57	19.98	46.04	0.63
	5	28.81	33.76	8.24	5.75	9.73	0.29	20.45	40.63	0.51
	10	28.76	33.77	8.24	5.80	9.42	0.29	21.56	33.85	0.52
	15	28.76	33.77	8.24	5.81	4.56	0.57	18.87	28.44	0.47
D1500	0	28.77	33.73	8.17	5.71	7.90	1.43	20.78	54.17	0.61
	5	28.66	33.75	8.19	5.62	7.90	1.43	20.78	58.23	0.55
	10	28.47	33.77	8.20	5.60	7.90	1.43	19.67	62.29	0.49
	15	28.47	33.77	8.20	5.61	8.81	0.29	22.67	60.94	0.40
D2000	0	28.66	33.77	8.24	5.79	2.74	1.14	20.14	43.33	0.69
	5	28.33	33.80	8.24	5.70	3.04	1.14	22.36	47.40	0.57
	10	27.81	33.97	8.23	5.72	2.74	0.86	21.73	44.69	0.43
	15	27.81	33.97	8.23	5.80	2.74	1.43	24.11	50.11	0.35
D3000	0	28.71	33.82	8.25	5.76	2.13	2.29	21.58	46.04	0.51
	5	28.54	33.84	8.24	5.76	2.13	2.00	19.83	60.94	0.46
	10	28.40	33.89	8.24	5.80	1.52	2.00	22.05	71.77	0.38
	15	28.40	33.89	8.25	5.81	1.52	1.72	20.31	77.19	0.35

附錄 1-表 3：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(5/8)

(採樣時間 114 年 8 月 10 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (mg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
二出	0	29.3	33.79	8.2	5.785	4.56	4.86	40.62	93.44	0.108
E500	0	29.54	33.69	8.24	5.73	4.86	1.14	19.03	50.11	0.64
	5	29.08	33.73	8.23	5.76	4.86	0.86	20.62	50.11	0.61
	10	29.08	33.73	8.24	5.64	4.25	1.14	19.03	47.40	0.59
	15	29.08	33.73	8.23	5.64	3.34	0.29	19.34	35.21	0.58
E1000	0	28.91	33.78	8.25	5.71	4.56	0.29	19.34	29.79	0.75
	5	28.77	33.77	8.24	5.72	3.65	0.57	21.09	25.73	0.67
	10	28.60	33.80	8.23	5.69	4.25	0.29	20.45	23.02	0.47
	15	28.60	33.80	8.25	5.75	3.34	1.43	17.45	23.02	0.33
E1500	0	28.74	33.76	8.25	5.62	3.34	1.43	21.89	32.50	0.82
	5	28.66	33.80	8.24	5.68	4.25	1.14	20.14	31.15	0.68
	10	28.32	33.83	8.23	5.73	3.34	1.43	19.67	29.79	0.56
	15	28.32	33.83	8.24	5.72	4.86	1.43	17.45	33.85	0.48
E2000	0	28.70	33.76	8.25	5.72	3.65	2.86	18.41	31.15	0.80
	5	28.39	33.83	8.24	5.76	4.25	3.15	17.94	32.50	0.76
	10	28.17	33.87	8.24	5.72	3.34	2.29	18.25	36.56	0.73
	15	28.17	33.87	8.25	5.68	5.17	2.57	17.78	43.33	0.72

附錄 1-表 3：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(6/8)
(採樣時間 114 年 8 月 10 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (mg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
E2500	0	28.02	33.90	8.25	5.70	3.65	2.29	22.69	43.33	0.72
	5	28.07	33.93	8.24	5.67	3.34	2.57	24.44	41.98	0.63
	10	27.97	33.93	8.24	5.76	3.34	2.29	26.02	44.69	0.60
	15	27.97	33.93	8.23	5.84	3.04	2.00	23.16	48.75	0.56
E3000	0	27.79	33.95	8.25	5.71	2.13	1.72	26.96	44.69	0.62
	5	27.76	33.96	8.24	5.72	1.52	0.86	28.38	43.33	0.57
	10	27.74	33.97	8.23	5.72	1.82	1.14	27.91	47.40	0.60
	15	27.74	33.97	8.24	5.74	1.22	0.86	25.05	50.11	0.53
E4000	0	28.93	33.91	8.25	5.71	1.22	0.57	26.64	24.38	0.60
	5	28.87	33.91	8.24	5.74	1.22	0.57	27.75	21.67	0.60
	10	28.79	33.91	8.25	5.72	0.91	0.29	28.22	25.73	0.59
	15	28.79	33.91	8.24	5.79	1.22	0.57	28.86	24.38	0.62
E5000	0	29.30	33.84	8.24	5.69	0.61	0.00	29.80	25.73	0.55
	5	29.01	33.84	8.23	5.72	0.91	0.86	28.38	21.67	0.65
	10	28.84	33.89	8.24	5.67	0.61	1.14	27.91	20.31	0.66
	15	28.84	33.89	8.23	5.68	0.61	0.57	28.86	18.96	0.78
E6000	0	28.75	33.81	8.24	5.72	0.61	1.72	26.96	21.67	0.84
	5	28.71	33.82	8.24	5.81	0.61	1.43	27.44	23.02	0.74
	10	28.68	33.83	8.23	5.77	0.61	1.72	26.96	24.38	0.67
	15	28.68	33.83	8.24	5.62	0.61	2.00	24.27	23.02	0.85

附錄 1-表 3：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(7/8)

(採樣時間 114 年 8 月 10 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (μg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
二入	0	29.9	33.87	8.17	5.617	4.25	6.58	43.33	157.09	0.177
F500	0	29.13	33.60	8.24	5.76	1.52	1.72	25.85	32.50	0.82
	5	28.61	33.80	8.24	5.75	1.22	1.43	26.33	29.79	0.68
	10	28.55	33.84	8.23	5.72	0.91	1.72	25.85	27.08	0.57
	15	28.55	33.84	8.23	5.80	0.91	1.72	26.96	25.73	0.49
F1000	0	28.98	33.74	8.24	5.73	6.38	2.00	19.83	23.02	0.54
	5	28.43	33.86	8.24	5.76	4.56	1.72	19.20	29.79	0.62
	10	28.23	33.93	8.23	5.67	4.86	1.72	21.42	32.50	0.87
	15	28.23	33.93	8.23	5.70	4.25	1.43	23.00	33.85	1.09
F1500	0	28.85	33.78	8.24	5.73	3.34	1.43	19.67	35.21	0.65
	5	28.71	33.80	8.24	5.68	3.34	1.43	20.78	33.85	0.66
	10	28.26	33.92	8.25	5.78	3.65	1.14	23.47	32.50	0.70
	15	28.26	33.92	8.24	5.82	4.56	1.43	21.89	29.79	0.78
F2000	0	28.27	33.86	8.25	5.67	0.61	1.43	20.78	27.08	0.88
	5	28.15	33.88	8.24	5.80	1.82	1.14	20.14	32.50	0.72
	10	28.16	33.89	8.25	5.87	3.04	0.86	22.84	31.15	0.57
	15	28.16	33.89	8.24	5.68	3.34	1.14	19.03	35.21	0.48
F3000	0	28.58	33.86	8.25	5.79	1.22	1.14	23.47	25.73	0.68
	5	28.49	33.86	8.24	5.73	0.91	1.43	24.11	24.38	0.57
	10	28.31	33.86	8.25	5.81	1.22	1.14	22.36	29.79	0.47
	15	28.31	33.86	8.24	5.86	1.22	1.43	20.78	31.15	0.35
F5000	0	29.23	33.84	8.25	5.75	0.30	8.01	16.56	62.29	0.80
	5	29.02	33.83	8.24	5.70	0.91	8.01	13.23	60.94	0.69
	10	29.02	33.86	8.25	5.75	0.61	7.72	15.92	59.58	0.62
	15	29.02	33.86	8.25	5.75	0.91	8.01	14.34	66.36	0.55

附錄 1-表 3：台電磺溪冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(8/8)

(採樣時間 114 年 8 月 10 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (μg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
磺溪口	0	28.8	0.3	5.02	6.896	2.43	13.44	418.13	3182.35	0.550
R500	0	28.59	33.89	8.25	5.696	0.91	2.86	20.63	47.40	0.59
	5	28.57	33.89	8.24	5.637	1.22	2.86	21.74	56.88	0.50
	10	28.57	33.89	8.25	5.692	1.82	2.57	21.11	54.17	0.56
	15	28.57	33.89	8.23	5.650	3.04	3.15	21.27	55.52	0.29
R1000	0	28.67	33.90	8.24	5.893	0.61	1.14	21.25	36.56	0.81
	5	28.57	33.91	8.23	5.623	0.91	0.57	23.31	39.27	0.66
	10	28.46	33.93	8.24	5.747	0.61	0.86	22.84	43.33	0.59
	15	28.46	33.93	8.24	5.727	1.52	0.86	23.94	46.04	0.62
R1500	0	28.49	33.97	8.24	5.681	11.55	0.86	18.40	35.21	0.40
	5	28.47	33.96	8.24	5.673	10.94	1.43	18.56	33.85	0.43
	10	28.36	33.98	8.23	5.678	9.12	1.14	20.14	32.50	0.49
	15	28.36	33.98	8.24	5.627	2.74	0.86	21.73	32.50	0.53
R2000	0	28.40	34.02	8.25	5.756	5.77	1.72	19.20	27.08	0.71
	5	28.20	34.04	8.25	5.645	4.86	1.43	20.78	29.79	0.64
	10	28.09	34.06	8.25	5.763	4.86	1.72	19.20	33.85	0.62
	15	28.09	34.06	8.24	5.718	3.65	1.14	20.14	39.27	0.73
R3000	0	28.76	33.87	8.25	5.683	3.34	1.43	23.00	23.02	0.95
	5	28.46	33.97	8.25	5.753	2.74	1.14	22.36	32.50	0.79
	10	28.09	34.07	8.24	5.829	3.04	1.43	20.78	29.79	0.53
	15	28.09	34.07	8.25	5.866	2.13	1.43	21.89	33.85	0.41

附錄 1-表 4：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(1/5)

(採樣時間 114 年 11 月 2 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (μg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
D500	0	24.85	33.87	8.19	6.05	13.47	9.24	67.89	401.14	0.24
	5	24.84	33.90	8.18	6.10	14.28	8.12	70.45	388.61	0.21
	10	24.84	33.90	8.19	6.19	13.47	8.68	69.68	328.71	0.20
	15	24.84	33.90	8.17	6.18	15.36	9.80	70.15	366.32	0.21
D1000	0	24.81	33.62	8.19	6.09	13.20	7.56	82.34	551.57	0.31
	5	24.92	33.96	8.18	6.20	15.36	7.28	76.67	546.00	0.20
	10	24.93	34.01	8.18	6.10	15.63	7.56	71.23	523.71	0.20
	15	24.98	34.04	8.18	6.21	14.01	8.12	71.46	366.32	0.16
D1500	0	24.78	33.47	8.19	6.19	15.09	7.00	73.02	508.39	0.26
	5	24.95	33.97	8.19	6.08	13.47	7.28	68.59	491.68	0.18
	10	24.93	34.02	8.19	6.19	12.66	7.56	66.18	461.04	0.21
	15	24.93	34.01	8.18	6.19	13.47	7.00	63.93	313.39	0.21
D2000	0	24.77	33.66	8.17	6.06	15.09	8.12	72.47	376.07	0.33
	5	24.79	33.91	8.17	6.19	14.01	7.84	71.85	353.79	0.22
	10	24.73	34.11	8.18	6.07	14.82	8.40	76.13	331.50	0.22
	15	24.63	34.09	8.18	6.06	15.09	7.84	77.91	263.25	0.21
D3000	0	24.70	34.12	8.18	6.18	14.82	7.28	72.63	270.21	0.23
	5	24.72	34.08	8.19	6.18	15.09	7.56	70.22	291.11	0.18
	10	24.67	34.09	8.19	6.07	11.05	7.56	71.23	310.61	0.20
	15	24.64	34.09	8.17	6.16	13.47	7.84	68.82	300.86	0.25

附錄 1-表 4：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(2/5)

(採樣時間 114 年 11 月 2 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (mg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
二出	0	23.9	34.124	8.19	6.157	5.93	1.40	101.99	461.04	0.06
E500	0	24.92	33.87	8.19	6.10	10.51	9.80	67.12	391.39	0.31
	5	24.88	33.94	8.18	6.18	14.28	9.52	70.53	360.75	0.15
	10	24.88	33.94	8.19	6.19	17.51	9.24	69.91	323.14	0.24
	15	24.88	33.94	8.18	6.19	11.85	9.80	70.15	366.32	0.22
E1000	0	24.81	33.83	8.19	6.20	9.16	8.40	72.09	504.21	0.33
	5	24.86	33.93	8.18	6.16	12.39	7.84	71.85	469.39	0.20
	10	24.86	33.97	8.19	6.08	12.12	8.40	70.07	410.89	0.17
	15	24.87	33.97	8.17	6.11	12.39	8.96	68.28	356.57	0.19
E1500	0	24.64	33.35	8.16	6.16	9.70	8.12	83.59	491.68	0.16
	5	24.85	33.96	8.19	6.17	8.62	8.40	73.10	423.43	0.14
	10	24.84	33.98	8.18	6.18	8.35	8.12	79.55	381.64	0.23
	15	24.84	33.98	8.17	6.16	8.35	8.40	71.08	338.46	0.21
E2000	0	24.65	33.71	8.19	6.20	9.97	11.49	68.83	331.50	0.07
	5	25.02	33.99	8.19	6.18	8.62	10.65	69.99	300.86	0.04
	10	25.04	34.04	8.18	6.09	8.62	9.80	69.14	320.36	0.11
	15	25.01	34.05	8.17	6.19	8.35	8.96	71.31	288.32	0.11

附錄 1-表 4：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(3/5)
(採樣時間 114 年 11 月 2 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (mg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
E2500	0	24.84	34.02	8.18	6.07	8.35	8.96	70.30	295.29	0.03
	5	24.92	34.03	8.19	6.09	8.08	7.84	72.86	260.46	0.04
	10	24.94	34.07	8.18	6.09	9.70	8.12	71.46	245.14	0.06
	15	24.93	34.07	8.18	6.20	6.74	9.24	70.92	150.43	0.03
E3000	0	24.98	33.97	8.19	6.20	5.66	7.28	62.53	344.04	0.05
	5	25.09	34.03	8.18	6.06	3.23	7.00	61.91	303.64	0.10
	10	24.96	34.13	8.19	6.15	2.69	6.72	63.30	288.32	0.06
	15	24.97	34.11	8.17	6.16	2.96	7.28	60.51	320.36	0.04
E4000	0	25.68	34.23	8.18	6.19	4.58	4.76	40.77	178.29	0.03
	5	25.48	34.19	8.19	6.17	5.66	4.48	44.18	175.50	0.03
	10	25.42	34.18	8.17	6.06	4.85	4.76	41.78	172.71	0.10
	15	25.37	34.19	8.18	6.17	7.00	5.88	46.28	231.21	0.03
E5000	0	25.64	34.20	8.19	6.08	5.12	4.76	41.78	213.11	0.04
	5	25.64	34.20	8.18	6.09	5.12	4.76	43.80	207.54	0.07
	10	25.54	34.19	8.17	6.05	3.50	5.04	43.41	207.54	0.04
	15	25.44	34.16	8.19	6.06	6.74	5.32	44.03	203.36	0.04
E6000	0	25.58	34.22	8.19	6.07	6.74	5.88	41.23	213.11	0.05
	5	25.65	34.19	8.19	6.09	5.93	5.60	43.64	210.32	0.03
	10	25.65	34.18	8.18	6.11	5.93	5.32	45.04	156.00	0.06
	15	25.65	34.20	8.18	6.16	6.47	5.04	45.43	132.32	0.04

附錄 1-表 4：台電核二廠冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(4/5)

(採樣時間 114 年 11 月 2 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (μg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
二入	0	23.8	34.013	8.19	6.087	5.66	4.76	141.78	657.43	0.18
F500	0	24.78	33.39	8.19	6.07	9.43	7.28	87.78	529.29	0.09
	5	25.01	33.93	8.18	6.07	5.66	7.56	71.23	508.39	0.03
	10	25.08	34.04	8.19	6.18	8.08	7.84	53.67	473.57	0.07
	15	25.08	34.04	8.18	6.06	11.32	8.68	57.56	278.57	0.03
F1000	0	24.88	33.83	8.19	6.10	8.89	8.40	81.18	481.93	0.07
	5	24.90	33.86	8.19	6.15	7.81	8.12	74.50	461.04	0.03
	10	25.04	34.04	8.18	6.09	6.74	8.68	64.63	433.18	0.05
	15	25.04	34.04	8.19	6.11	8.62	8.96	58.18	263.25	0.13
F1500	0	24.95	33.95	8.17	6.17	8.35	8.68	65.64	318.96	0.13
	5	24.96	34.05	8.18	6.15	6.20	8.40	65.02	270.21	0.10
	10	25.04	34.04	8.19	6.06	8.62	8.68	64.63	285.54	0.02
	15	25.03	34.05	8.18	6.18	6.20	8.68	64.63	273.00	0.02
F2000	0	24.97	34.06	8.18	6.19	8.08	7.84	65.79	288.32	0.10
	5	25.02	34.05	8.18	6.11	9.97	7.56	68.20	381.64	0.04
	10	25.01	34.06	8.19	6.21	8.89	8.12	66.41	328.71	0.04
	15	25.00	34.05	8.17	6.21	10.24	9.80	65.10	300.86	0.03
F3000	0	25.08	33.99	8.18	6.08	7.00	7.84	62.76	306.43	0.04
	5	25.20	34.04	8.19	6.11	7.81	8.12	63.38	288.32	0.05
	10	25.21	34.07	8.19	6.08	6.47	7.28	60.51	266.04	0.03
	15	25.23	34.07	8.18	6.21	5.39	7.84	55.69	238.18	0.07
F5000	0	25.34	34.16	8.19	6.09	6.74	4.20	48.61	220.07	0.05
	5	25.33	34.15	8.19	6.10	7.27	4.48	51.26	222.86	0.05
	10	25.23	34.15	8.18	6.16	7.27	5.04	45.43	240.96	0.03
	15	25.20	34.16	8.19	6.17	6.47	5.88	50.33	220.07	0.04

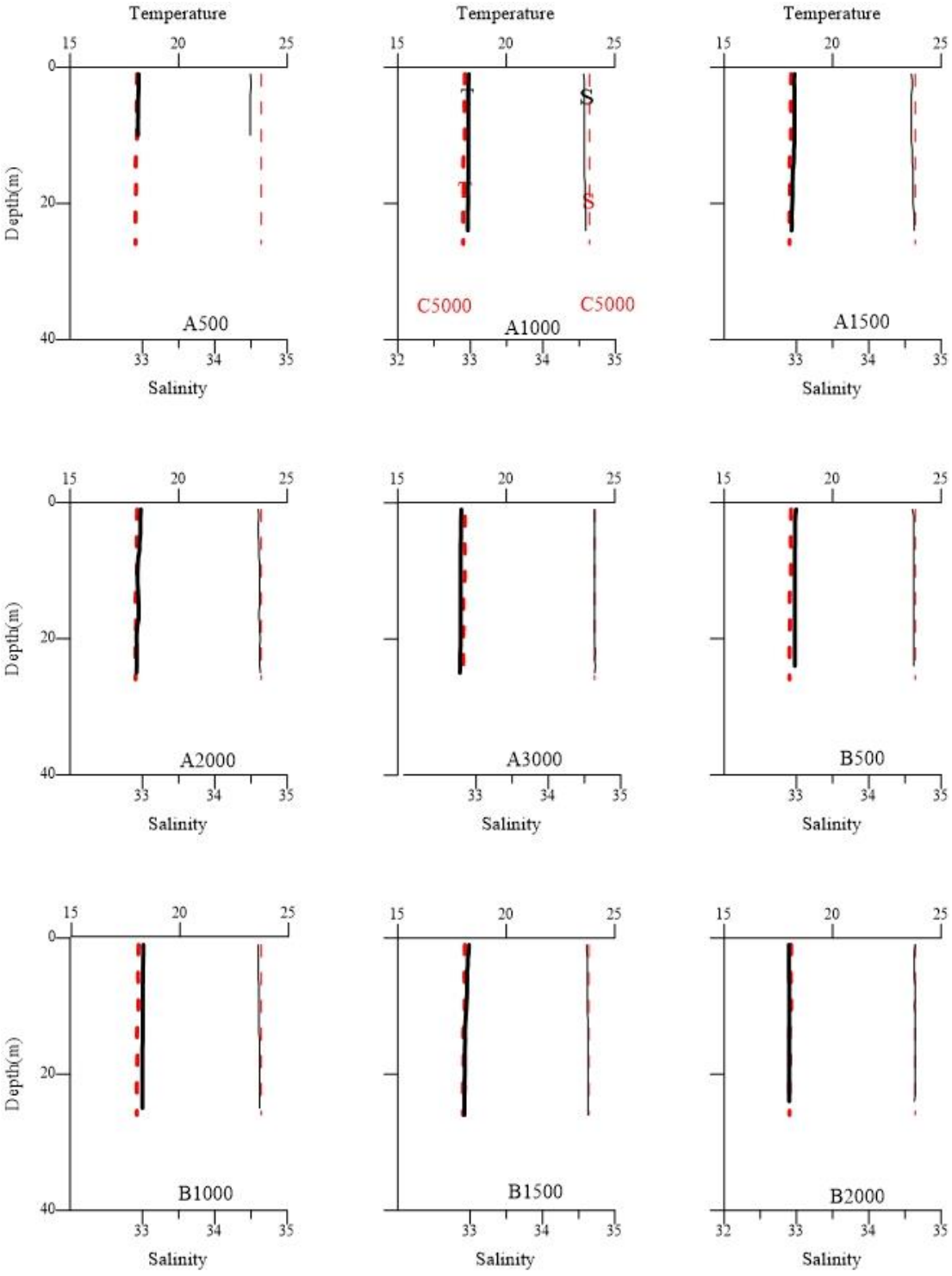
附錄 1-表 4：台電磺溪冷卻水入水口和出水口附近海域水質資料濃度範圍(5/5)

(採樣時間 114 年 11 月 2 日)

採樣站距離 (m)	深度 (m)	溫度 (℃)	鹽度	酸鹼度	溶氧量 (μg/l)	磷酸鹽 (μg/l)	亞硝酸鹽 (μg/l)	硝酸鹽 (μg/l)	矽酸鹽 (μg/l)	葉綠素甲 (μg/l)
磺溪口	0	20.3	0	5.57	7.962	2.16	6.72	781.20	25210.71	0.17
R500	0	24.68	34.01	8.18	6.10	7.27	8.40	67.04	356.57	0.28
	5	24.52	34.07	8.19	6.07	8.35	7.84	70.84	328.71	0.18
	10	24.52	34.07	8.17	6.06	7.81	8.12	75.51	318.96	0.23
	15	24.52	34.07	8.19	6.07	6.47	8.68	82.81	366.32	0.25
R1000	0	24.62	33.99	8.19	6.16	7.27	8.68	71.70	391.39	0.25
	5	24.60	34.04	8.17	6.11	7.00	8.40	71.08	360.75	0.23
	10	24.49	34.11	8.19	6.19	5.66	8.12	70.45	306.43	0.18
	15	24.44	34.12	8.18	6.08	6.47	8.96	70.30	344.04	0.12
R1500	0	24.66	33.90	8.17	6.10	6.20	7.84	73.87	376.07	0.29
	5	24.64	33.99	8.18	6.15	7.54	7.56	75.27	328.71	0.19
	10	24.52	34.05	8.19	6.16	7.00	8.68	72.71	303.64	0.19
	15	24.42	34.09	8.18	6.07	6.74	8.96	72.32	316.18	0.20
R2000	0	24.19	34.13	8.18	6.17	8.89	9.24	76.98	335.68	0.18
	5	24.21	34.12	8.19	6.15	9.43	8.12	78.54	318.96	0.20
	10	24.17	34.12	8.19	6.07	9.97	8.40	77.14	303.64	0.17
	15	24.11	34.14	8.18	6.20	9.43	8.68	78.77	331.50	0.22
R3000	0	24.28	34.09	8.18	6.20	11.32	8.40	77.14	306.43	0.18
	5	24.26	34.09	8.19	6.15	8.35	8.12	73.49	313.39	0.18
	10	24.23	34.09	8.18	6.09	7.54	7.84	77.91	328.71	0.20
	15	24.20	34.10	8.18	6.17	7.81	8.40	75.12	348.21	0.33

附錄二

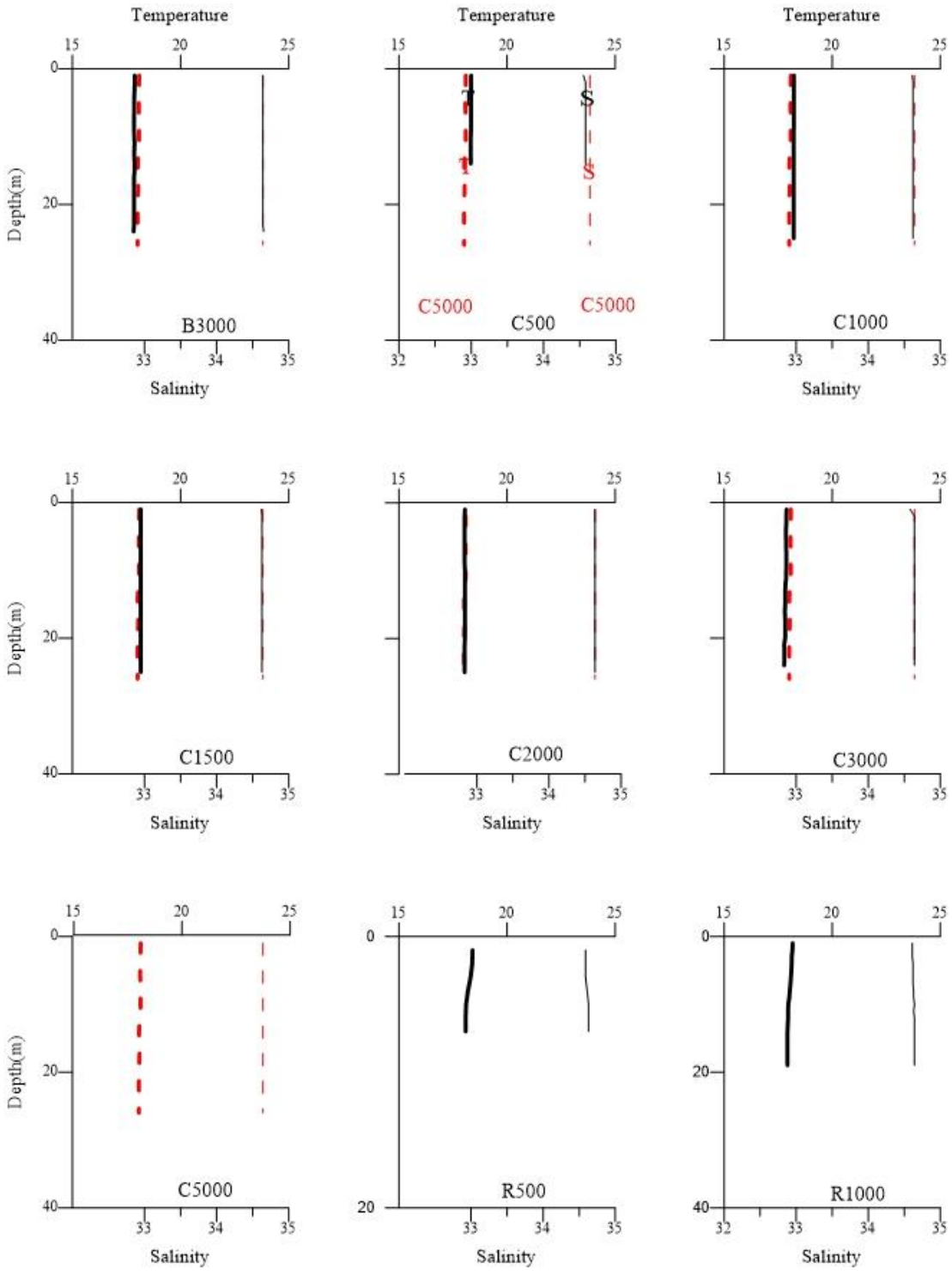
114 年第 1 季至 114 年第 4 季於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度與深度之關係圖



114/02/12(1)

附錄 2-圖 1. 114 年 2 月 12 日於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (1/5)續

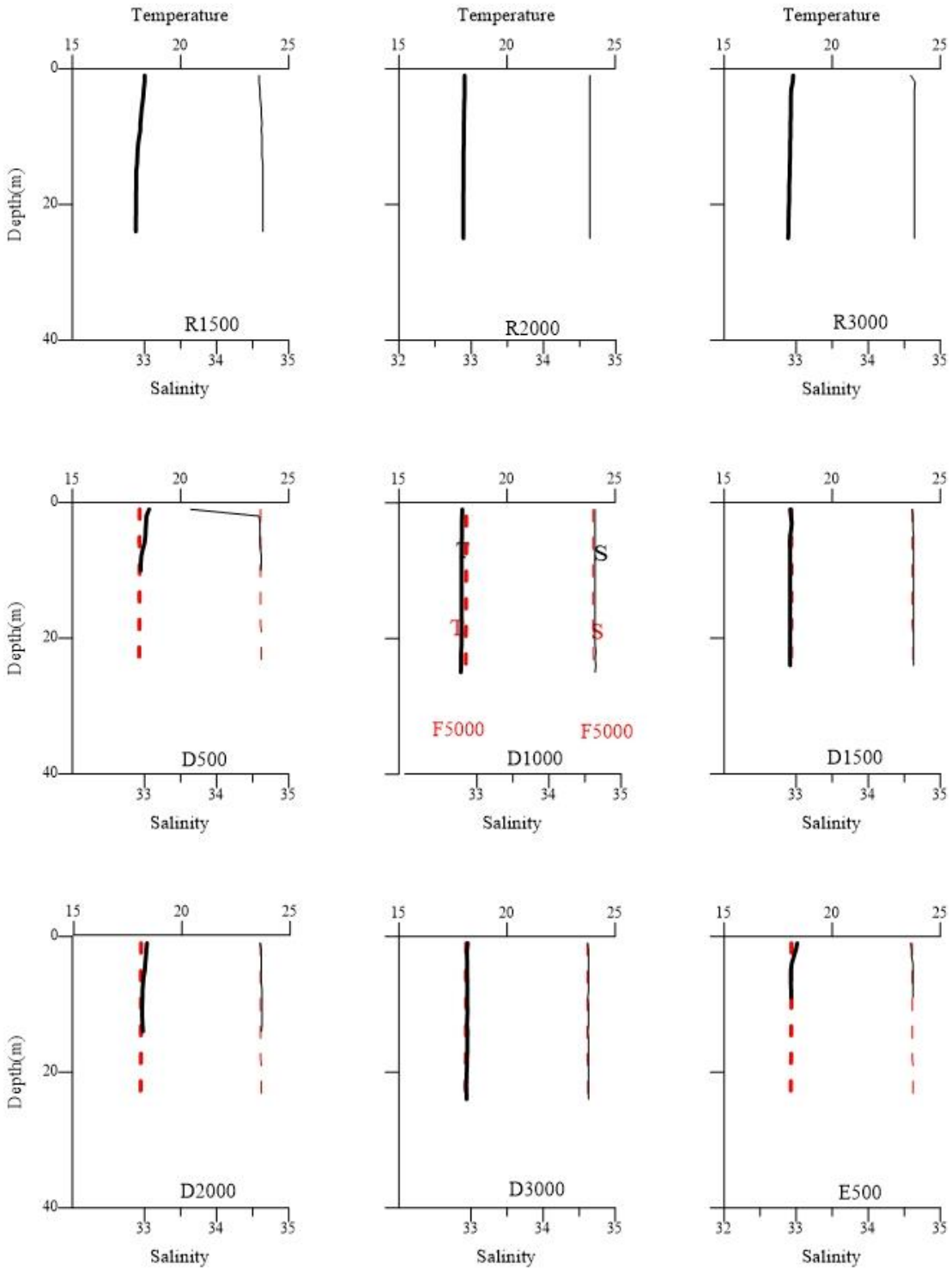
實線(黑色)：A500 至 B2000 站的值，虛線(紅色)：C5000 站的值



114/02/12(2)

附錄 2-圖 1. 114 年 2 月 12 日於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (2/5)續

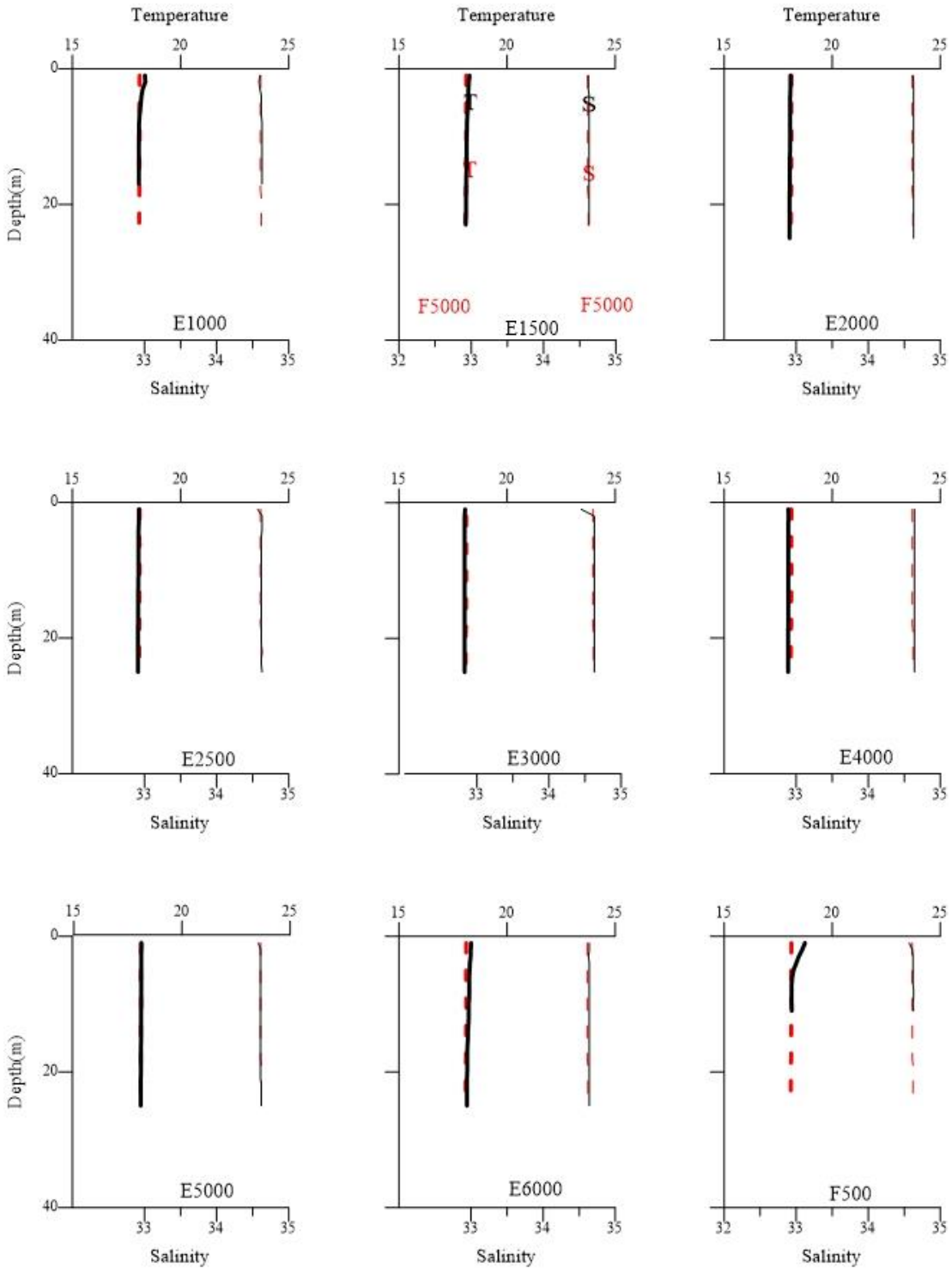
實線(黑色)：B3000 至 R1000 站的值，虛線(紅色)：C5000 站的值



114/02/12(3)

附錄 2-圖 1. 114 年 2 月 12 日於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (3/5)續

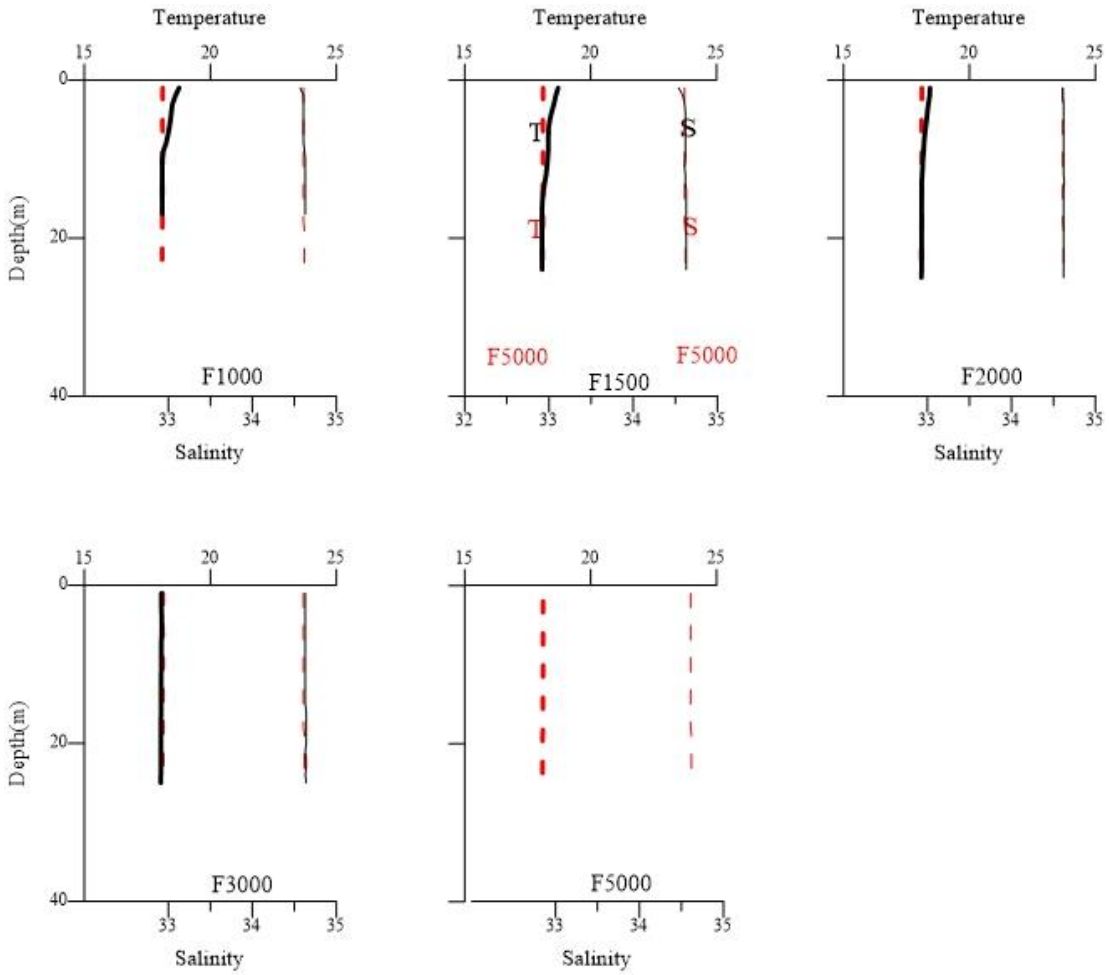
實線(黑色)：R1500 至 E500 站的值，虛線(紅色)：F5000 站的值



114/02/12(4)

附錄 2-圖 1. 114 年 2 月 12 日於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (4/5)續

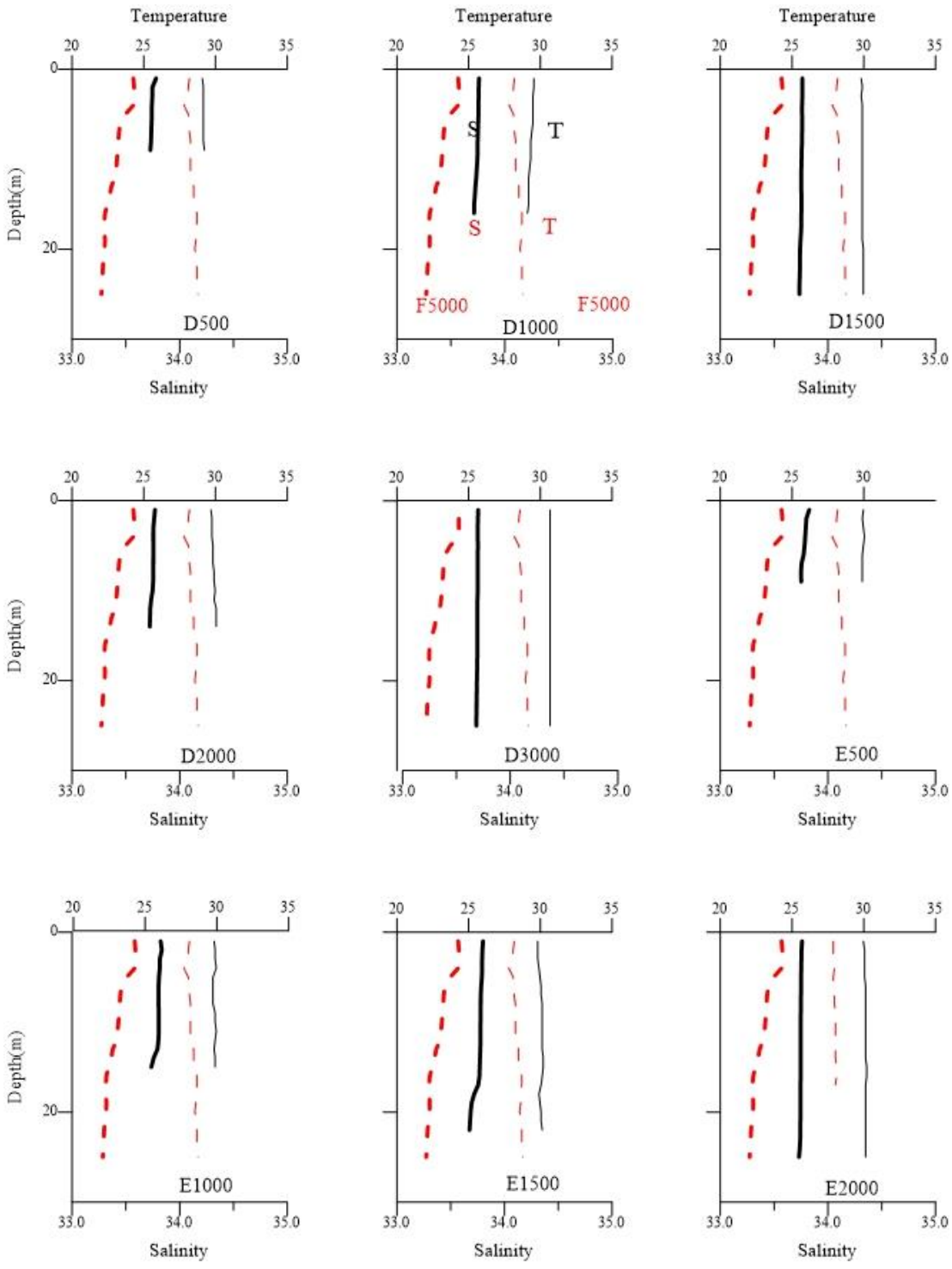
實線(黑色)：E1000 至 F500 站的值，虛線(紅色)：F5000 站的值



114/02/12(5)

附錄 2-圖 1. 114 年 2 月 12 日於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (5/5)

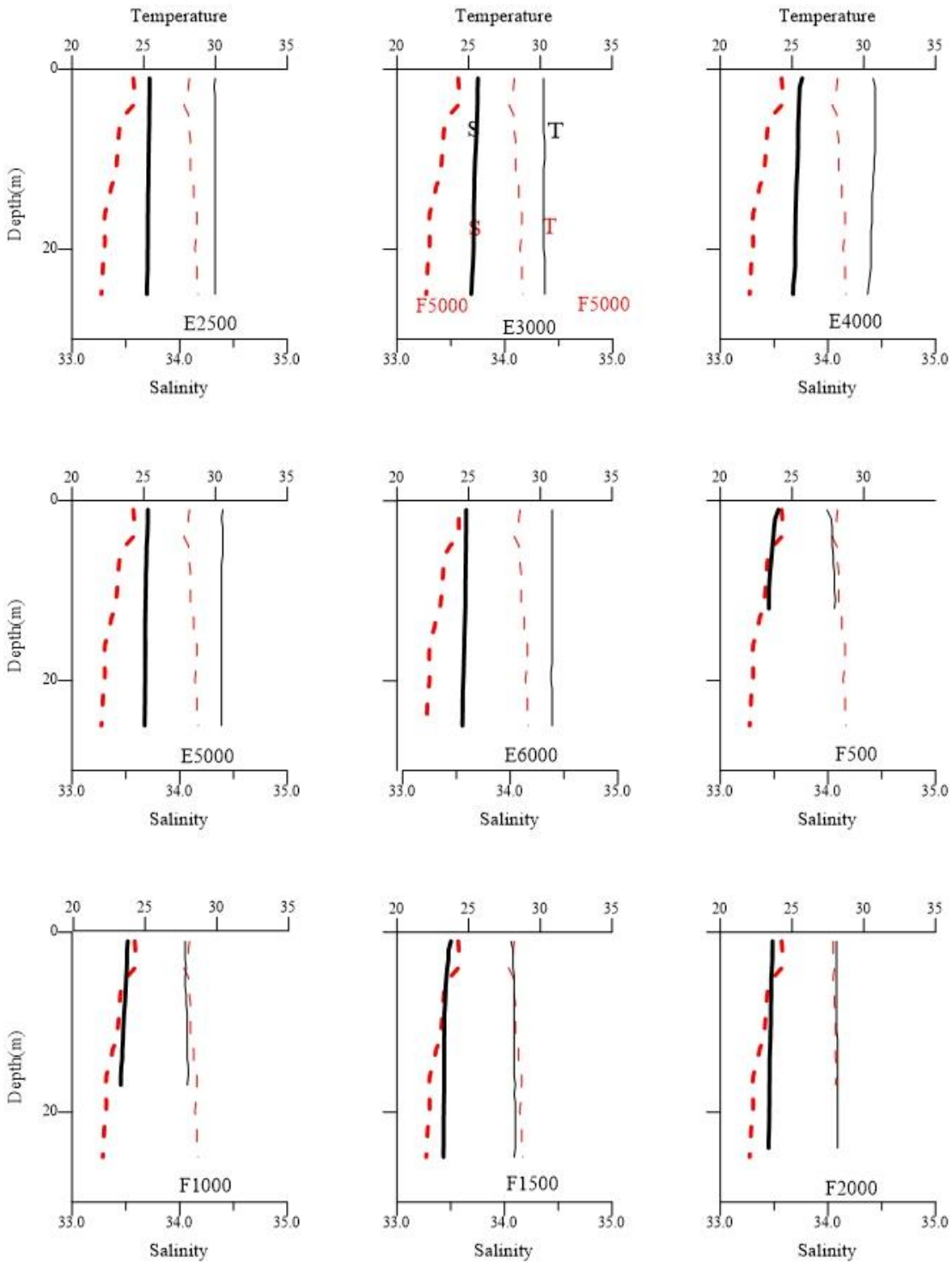
實線(黑色)：F1000 至 F3000 站的值，虛線(紅色)：F5000 站的值



114/05/09(1)

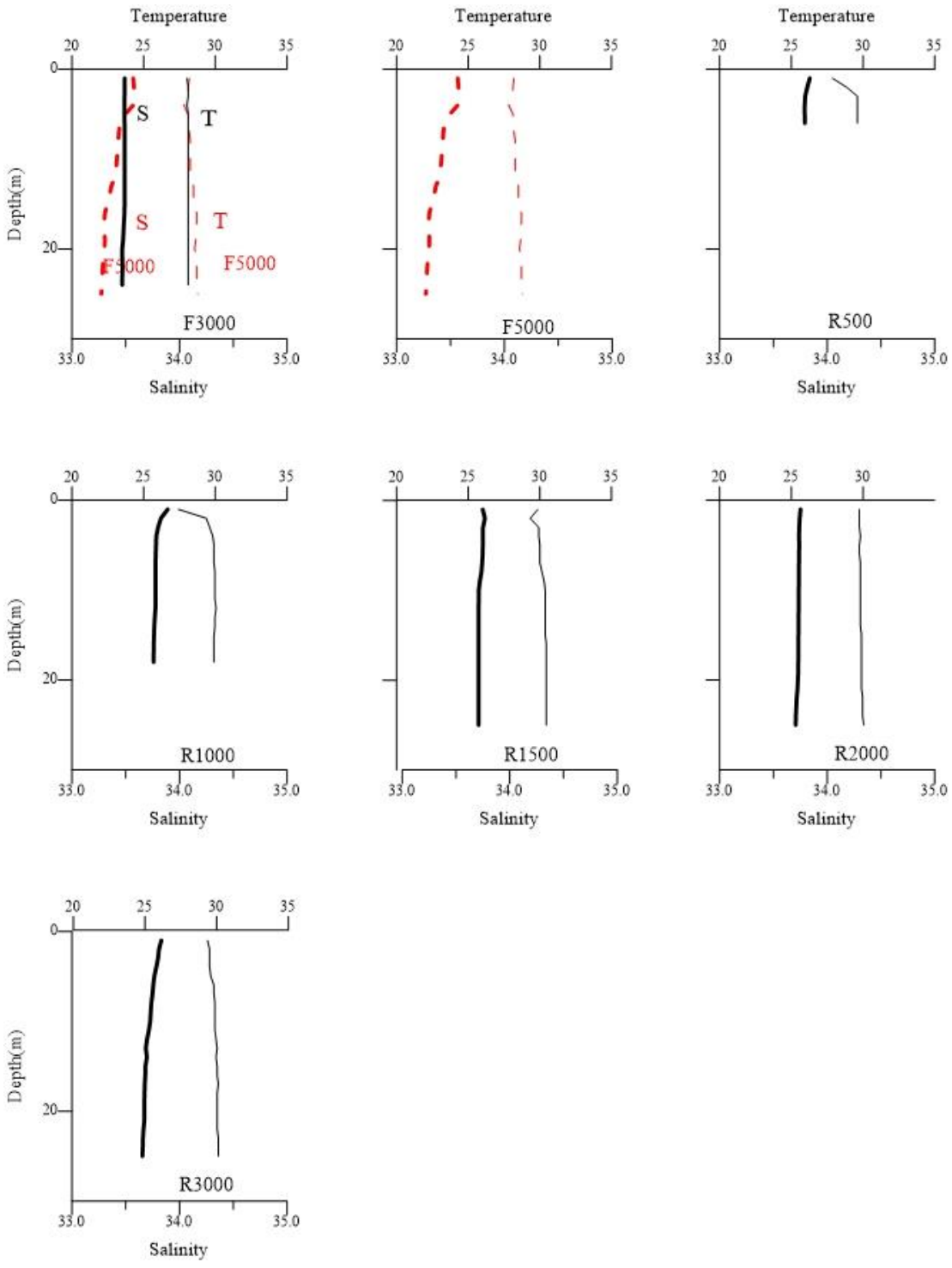
附錄 2-圖 2. 114 年 5 月 9 日於核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (1/3)續

實線(黑色)：D500 至 E2000 站的值，虛線(紅色)：F5000 站的值



附錄 2-圖 2. 114 年 5 月 9 日於核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (2/3)續

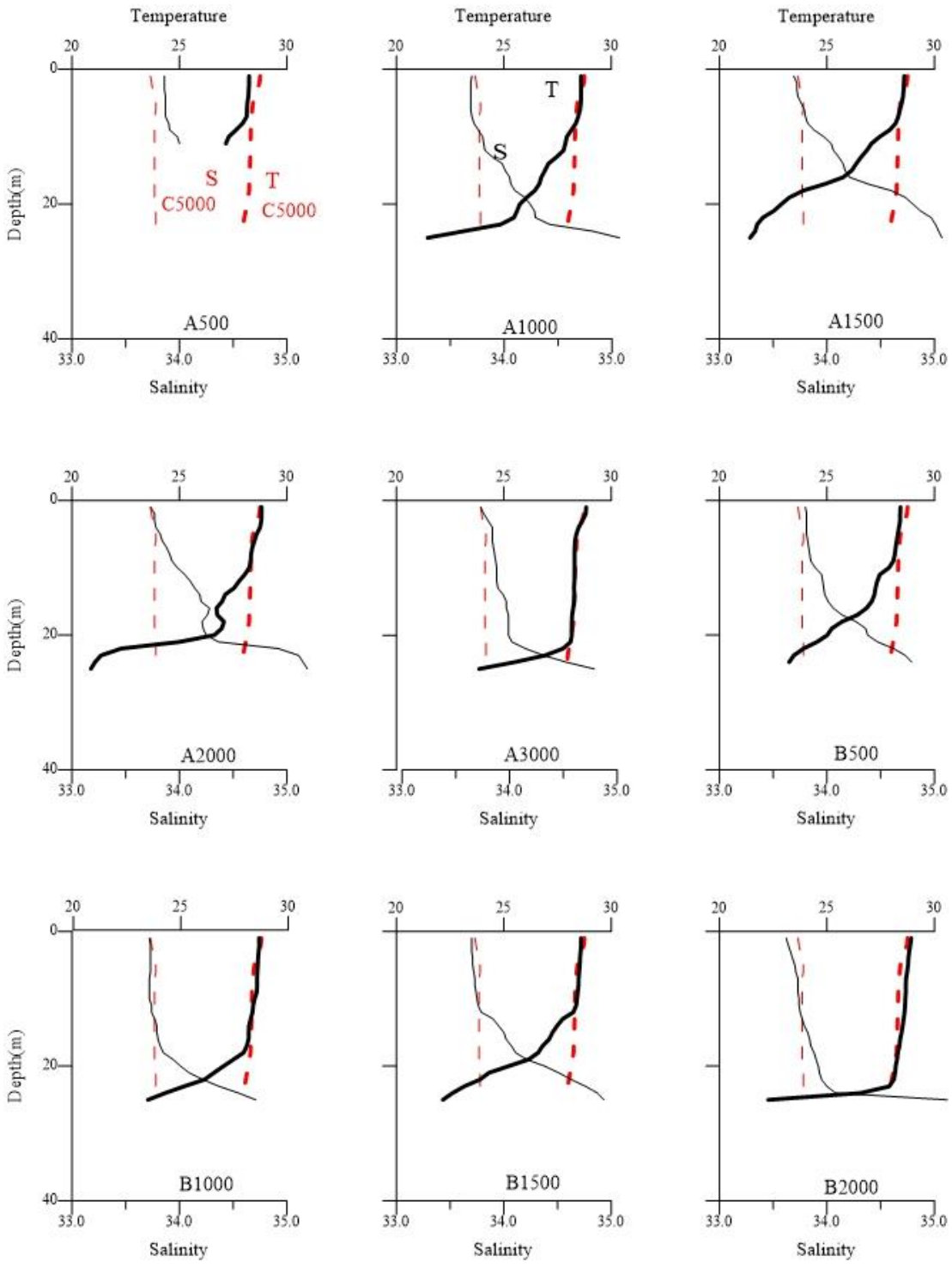
實線(黑色)：E2500 至 F2000 站的值，虛線(紅色)：F5000 站的值



114/05/09(3)

附錄 2-圖 2. 114 年 5 月 9 日於核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (3/3)續

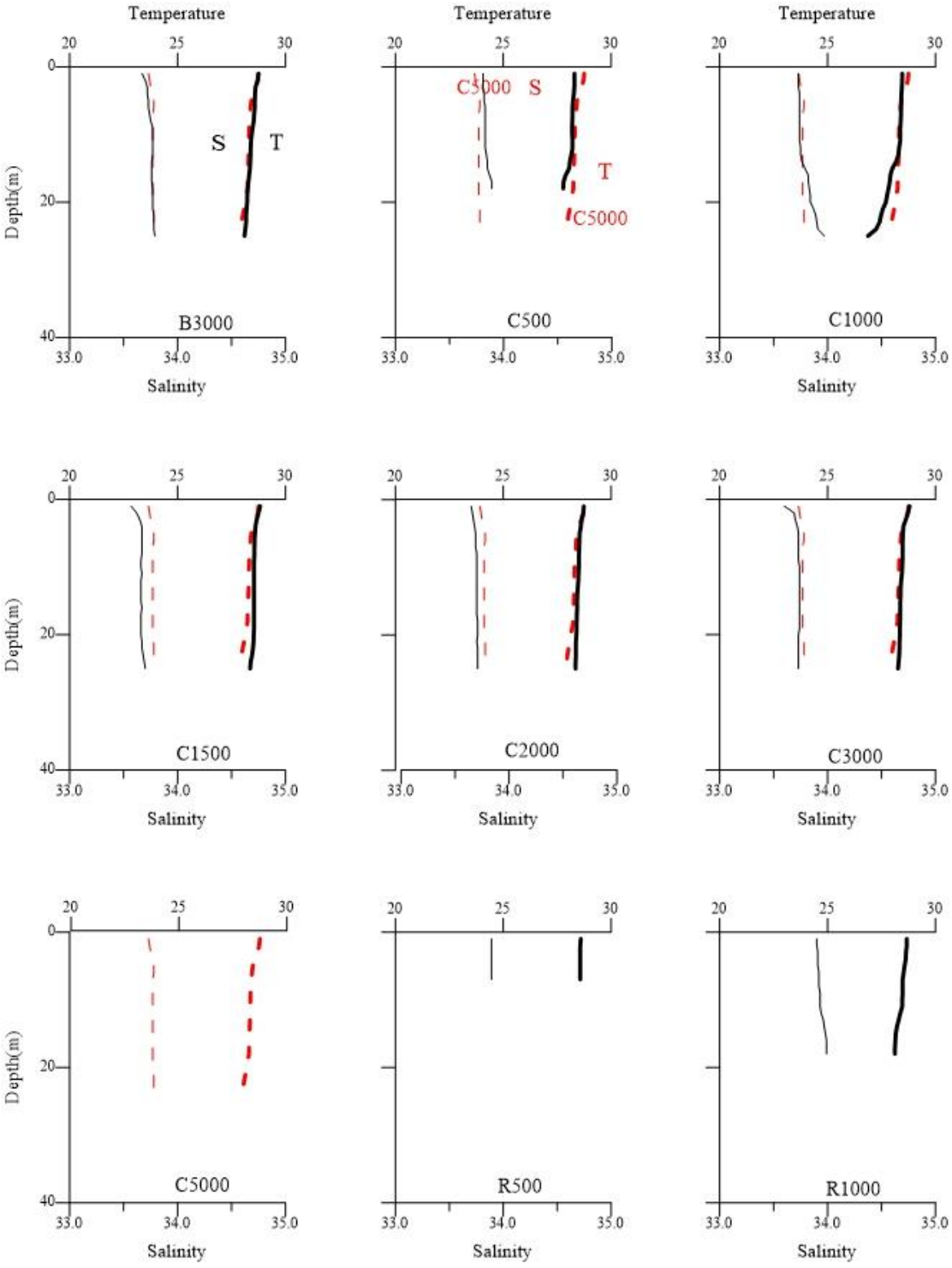
實線(黑色)：F3000 至 R3000 站的值，虛線(紅色)：F5000 站的值



114/08/10(1)

附錄 2-圖 3. 114 年 8 月 10 日於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (1/5)續

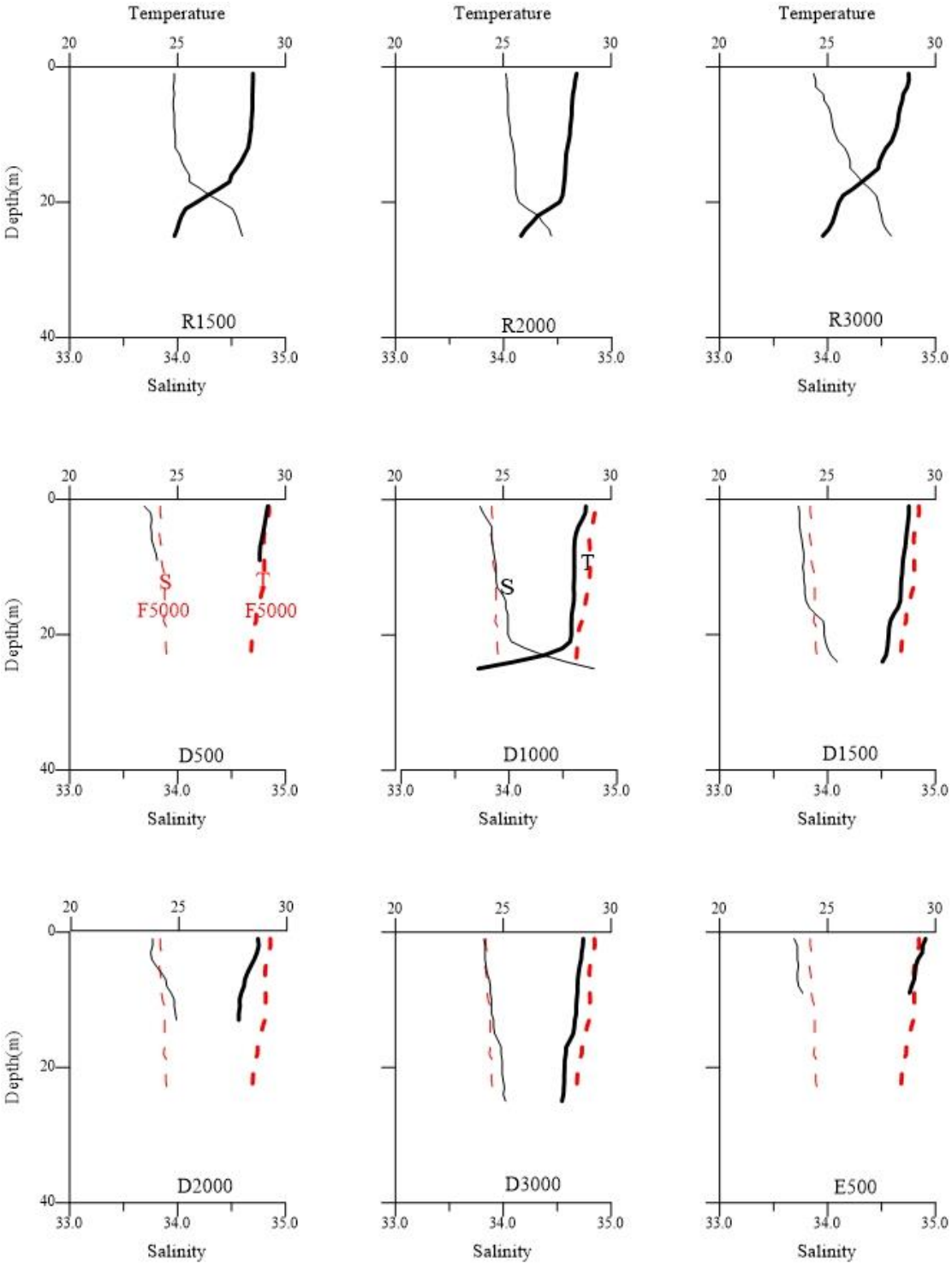
實線(黑色)：A500 至 B2000 站的值，虛線(紅色)：C5000 站的值



114/08/10(2)

附錄 2-圖 3. 114 年 8 月 10 日於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (2/5)續

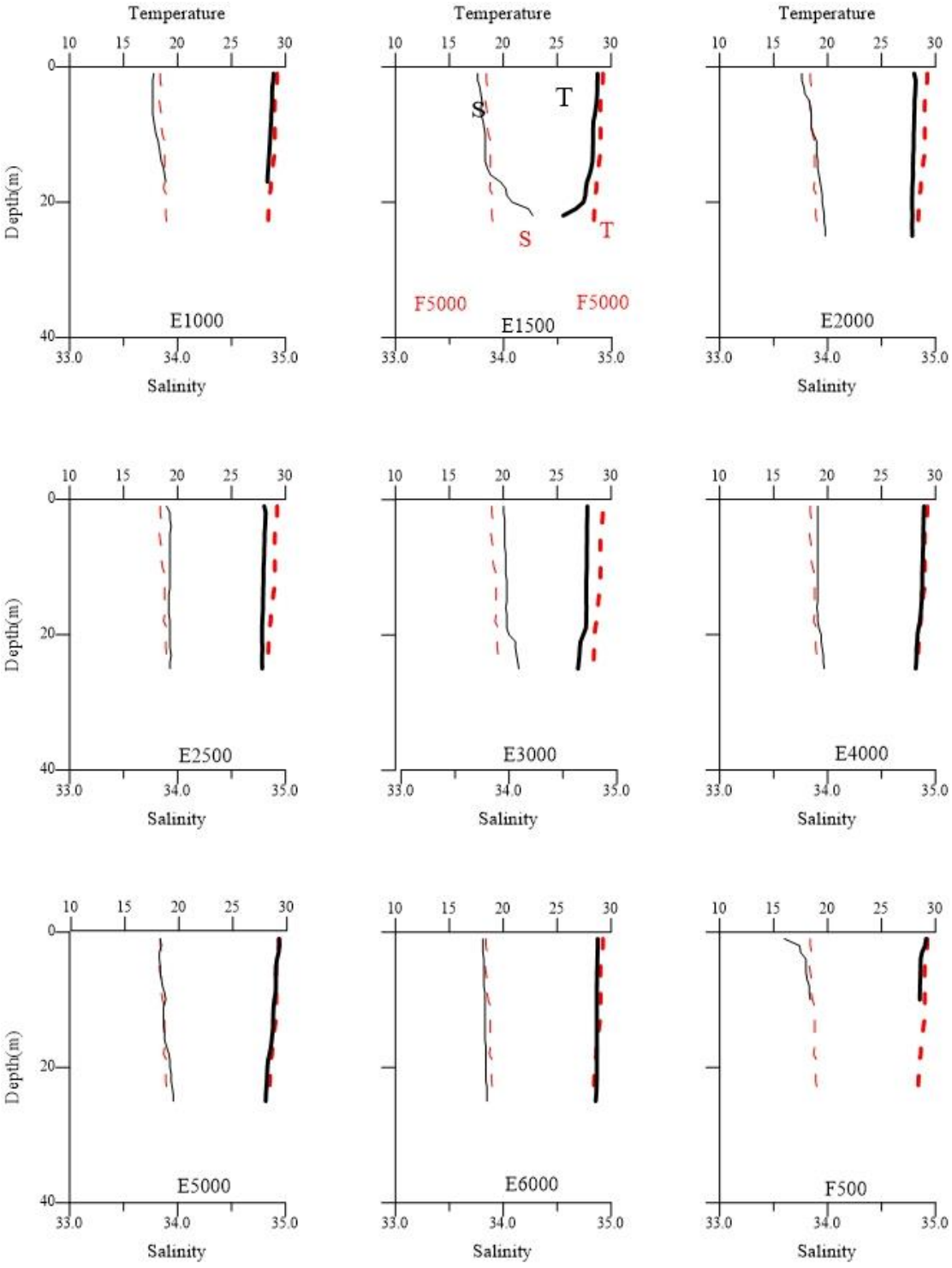
實線(黑色)：B3000 至 R1000 站的值，虛線(紅色)：C5000 站的值



114/08/10(3)

附錄 2-圖 3. 114 年 8 月 10 日於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (3/5)續

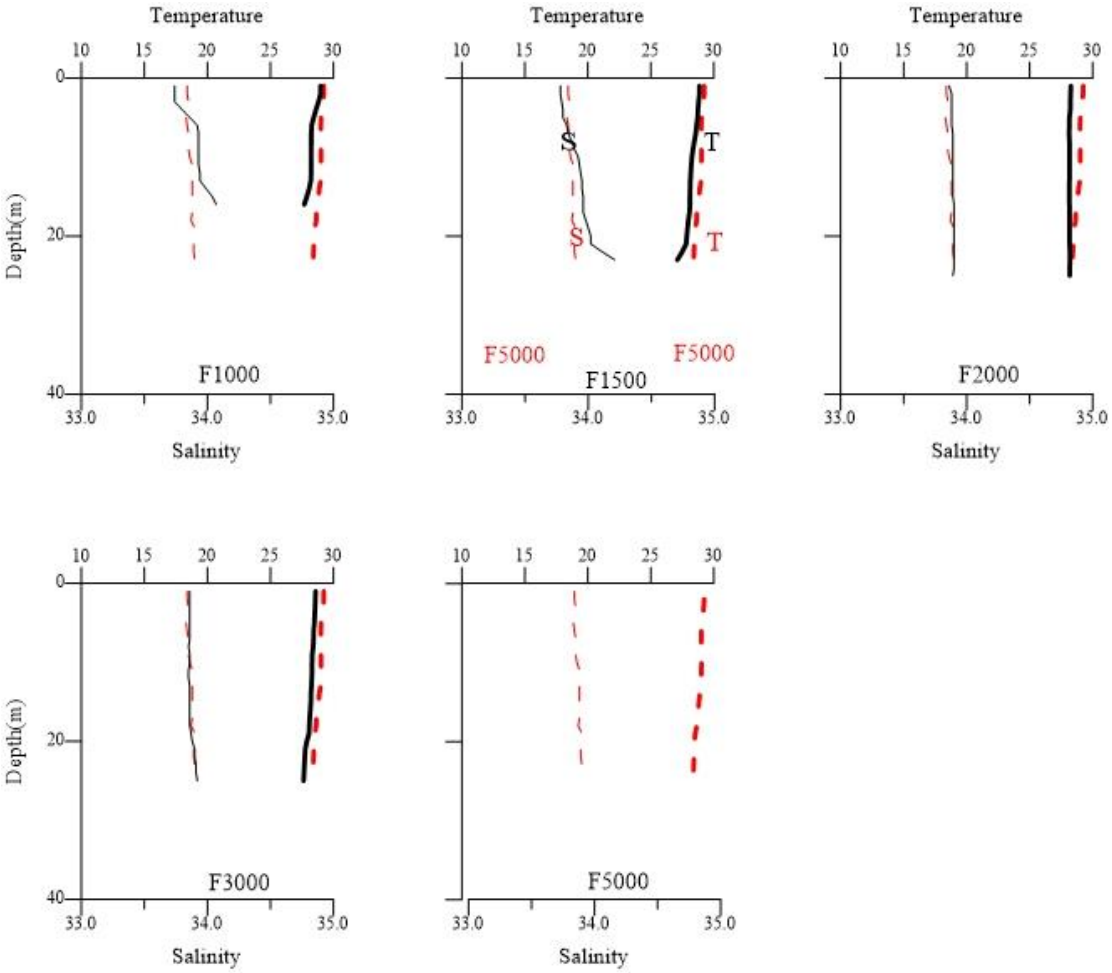
實線(黑色)：R1500 至 E500 站的值，虛線(紅色)：F5000 站的值



114/08/10(4)

附錄 2-圖 3. 114 年 8 月 10 日於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (4/5)續

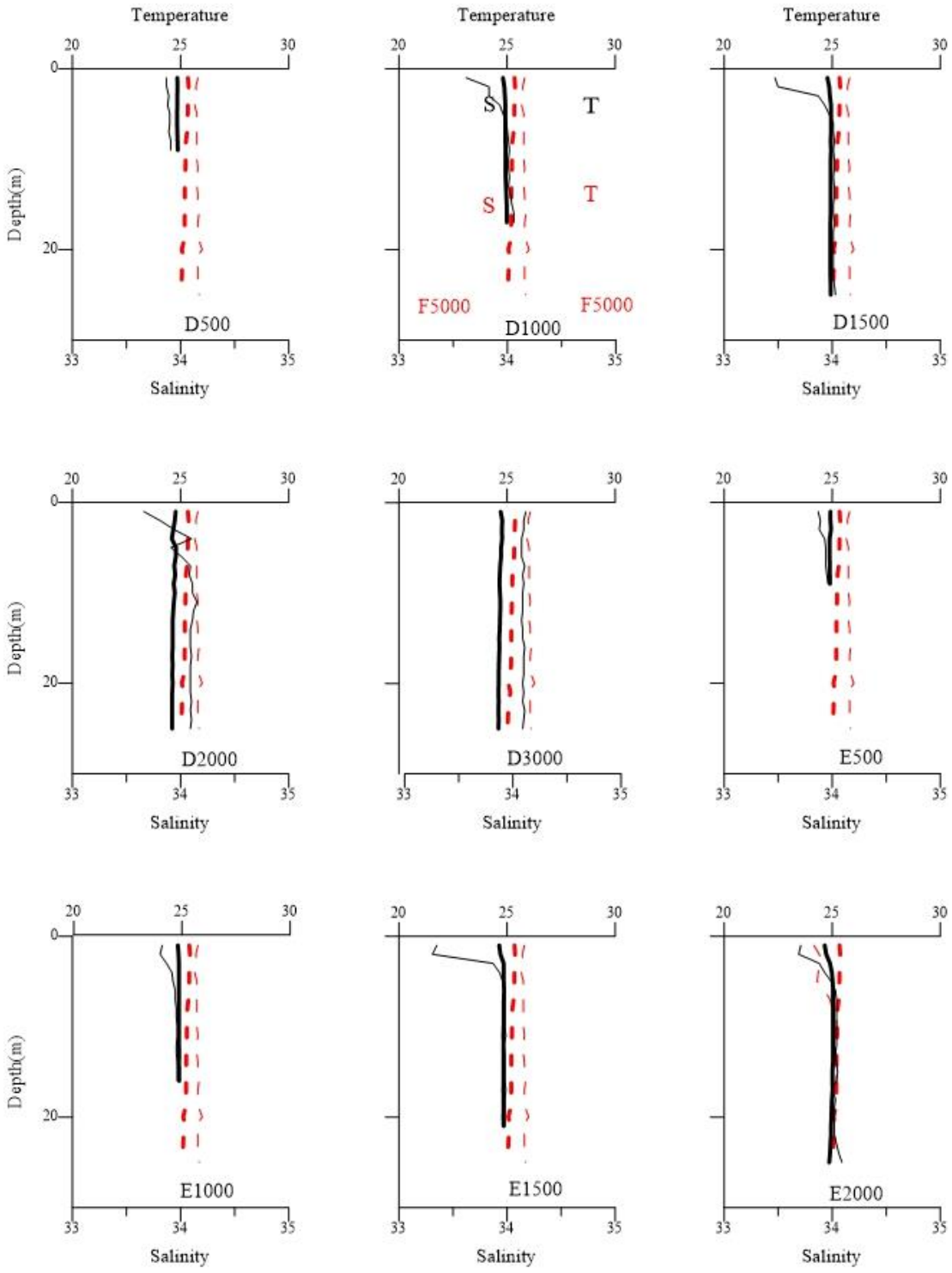
實線(黑色)：E1000 至 F500 站的值，虛線(紅色)：F5000 站的值



114/08/10(5)

附錄 2-圖 3. 114 年 8 月 10 日於核一廠、核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (5/5)

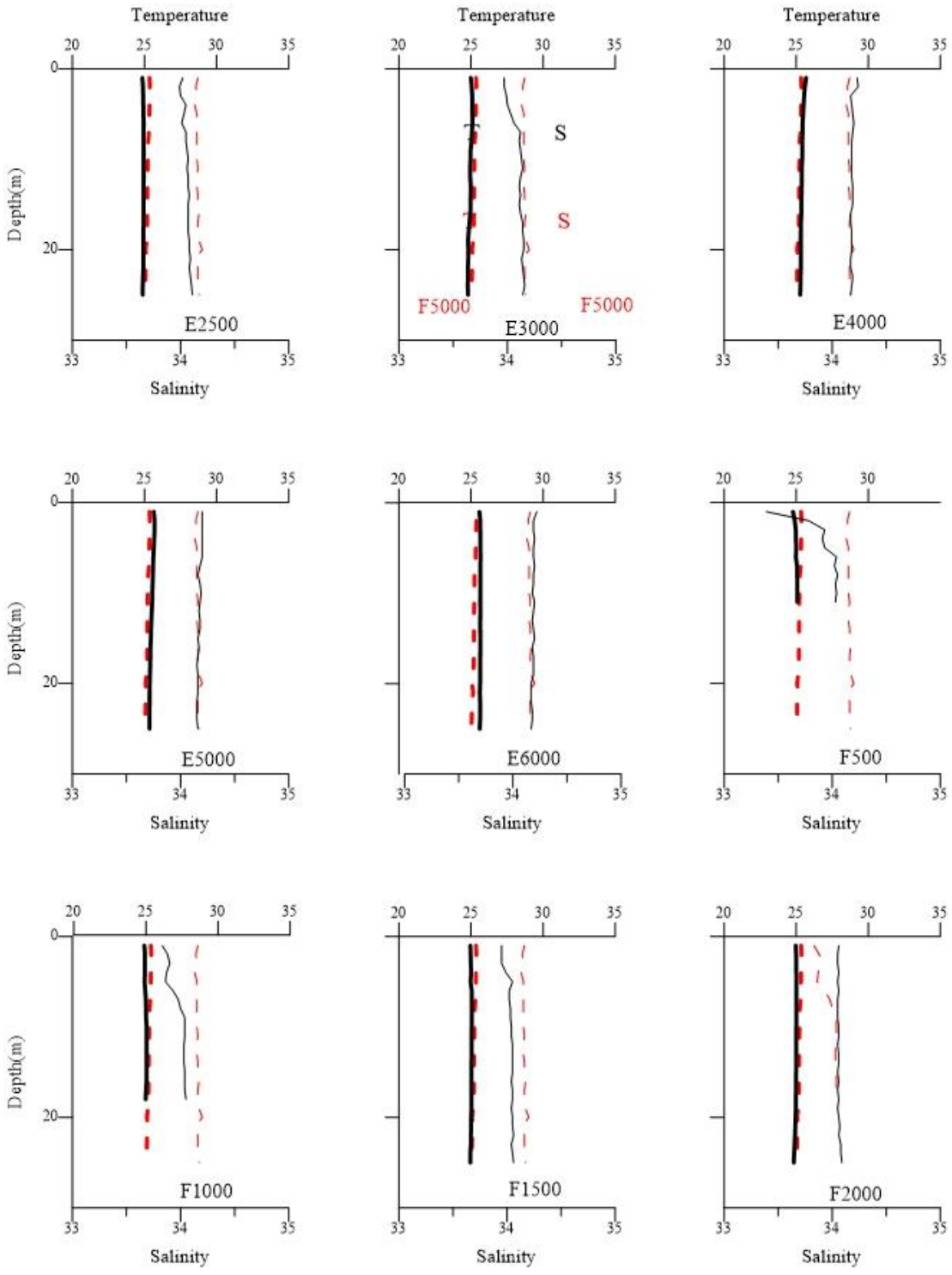
實線(黑色)：F1000 至 F3000 站的值，虛線(紅色)：F5000 站的值



114/11/02(1)

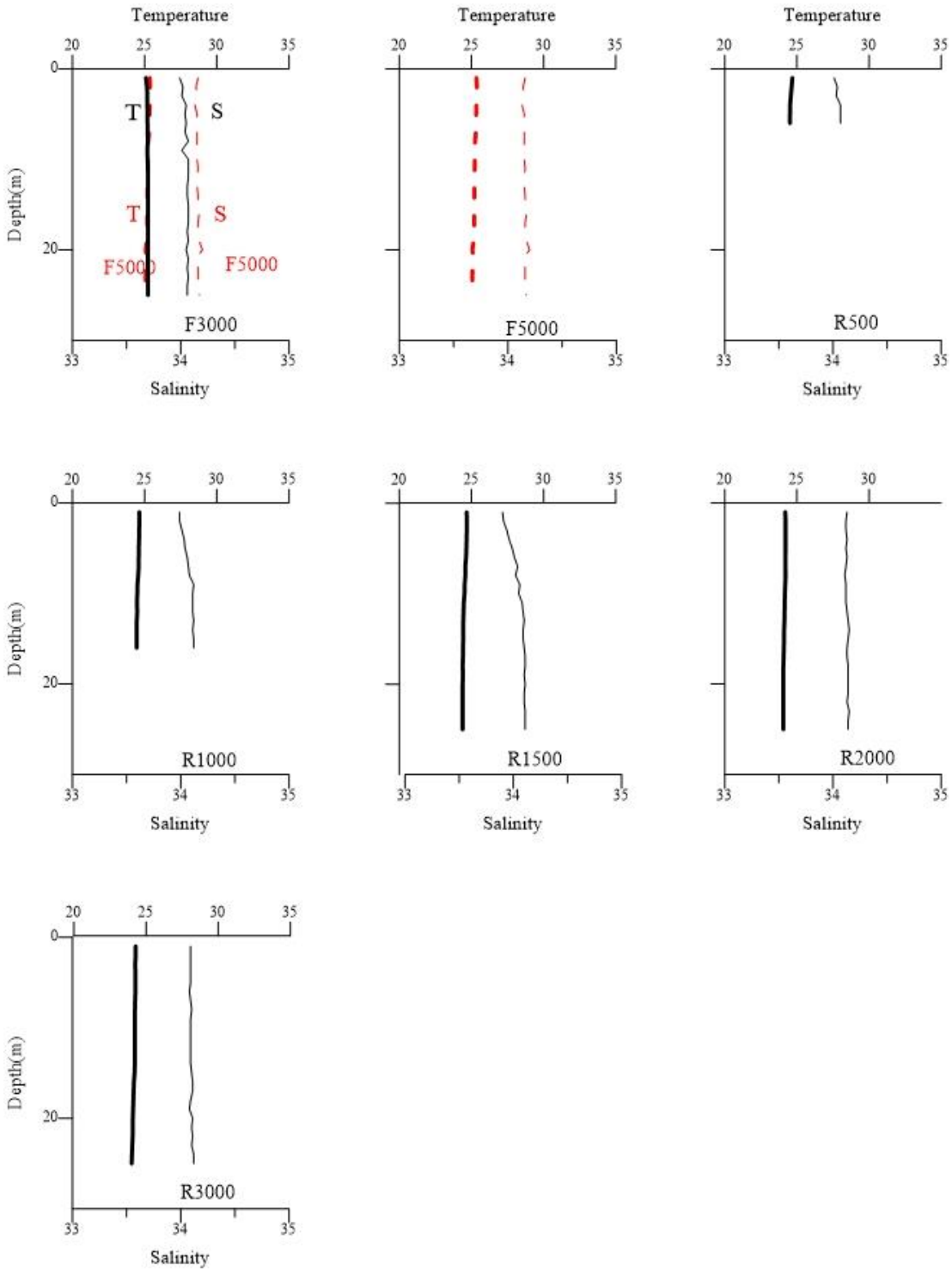
附錄 2-圖 4. 114 年 11 月 2 日於核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (1/3)續

實線(黑色)：D500 至 E2000 站的值，虛線(紅色)：F5000 站的值



附錄 2-圖 4. 114 年 11 月 2 日於核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (2/3)續

實線(黑色)：E2500 至 F2000 站的值，虛線(紅色)：F5000 站的值



114/11/02(3)

附錄 2-圖 4. 114 年 11 月 2 日於核二廠及磺溪附近海域各測站之溫度、鹽度及深度之關係圖 (3/3)續

實線(黑色)：F3000 至 R3000 站的值，虛線(紅色)：F5000 站的值

附錄三

核一廠、核二廠附近海域
沉積物重金屬資料濃度範圍

附錄 3-表 1：台電核一廠冷卻水入水口和出水口附近海域沉積物重金屬生物可利用項資料濃度範圍(1/2)(採樣時間 114 年 8 月 10 日)

採樣站點	鎘 (mg/kg)	鈷 (mg/kg)	鉻 (mg/kg)	銅 (mg/kg)	鐵(%)
N1 背景	0.06	4.19	6.15	1.47	1.29
N1 入水口 1	0.06	3.31	7.18	2.37	1.31
N1 入水口 2	0.05	4.70	8.20	2.26	1.24
N1 入水口 3	0.09	5.12	7.00	2.71	1.50
N1 出水口 1	0.07	4.76	4.44	2.82	1.54
N1 出水口 2	0.08	5.22	4.95	2.71	1.45
N1 出水口 3	0.07	5.32	3.59	3.16	1.23
N2 背景	0.07	5.74	8.20	3.50	1.27
N2 入水口 1	0.08	6.25	10.42	2.14	1.29
N2 入水口 2	0.08	5.43	11.79	2.37	1.43
N2 入水口 3	0.08	6.82	13.84	14.11	1.58
N2 入水口 4	0.09	4.03	15.03	15.91	1.64
N2 入水口 5	0.09	3.31	14.35	15.01	1.53
N2 入水口 6	0.10	3.05	15.55	10.27	1.35
N2 出水口 1	0.07	3.72	7.00	6.09	1.41
N2 出水口 2	0.06	3.98	5.98	6.32	1.20
N2 出水口 3	0.06	4.34	6.49	6.43	1.11
N2 出水口 5	0.05	4.91	7.18	6.88	1.09
N2 出水口 6	0.07	4.08	7.69	7.11	1.23
N2 出水口 7	0.08	4.19	6.66	6.66	1.35

附錄 3-表 1：台電核一廠冷卻水入水口和出水口附近海域沉積物重金屬生物可利用項資料濃度範圍(2/2)(採樣時間 114 年 8 月 10 日)

採樣站點	錳 (mg/kg)	鎳 (mg/kg)	鉛 (mg/kg)	鋅 (mg/kg)
N1 背景	110.82	8.74	10.60	51.47
N1 入水口 1	117.89	6.76	9.42	54.87
N1 入水口 2	116.40	7.42	10.01	49.70
N1 入水口 3	153.71	6.93	9.42	62.58
N1 出水口 1	148.26	12.86	11.78	61.19
N1 出水口 2	170.82	12.53	11.19	67.05
N1 出水口 3	163.88	13.36	12.37	65.05
N2 背景	194.49	10.72	11.19	73.10
N2 入水口 1	279.90	15.01	10.60	78.39
N2 入水口 2	260.69	15.50	11.19	75.73
N2 入水口 3	308.29	15.17	12.96	81.86
N2 入水口 4	244.45	15.67	13.55	68.82
N2 入水口 5	218.67	16.00	9.42	59.73
N2 入水口 6	228.83	9.90	10.60	63.31
N2 出水口 1	200.94	10.06	10.01	60.84
N2 出水口 2	190.53	10.23	11.19	57.33
N2 出水口 3	197.34	10.56	10.60	60.84
N2 出水口 5	174.91	7.42	9.42	57.37
N2 出水口 6	164.37	6.76	8.25	50.01
N2 出水口 7	161.27	7.59	8.84	51.74

附錄 3-表 2：台電核一廠冷卻水入水口和出水口附近海域沉積物重金屬資料濃度範圍(1/2)(採樣時間 114 年 8 月 10 日)

採樣站點	鎘 (mg/kg)	鈷 (mg/kg)	鉻 (mg/kg)	銅 (mg/kg)	鐵(%)
N1 背景	0.09	9.30	22.21	2.71	2.50
N1 入水口 1	0.09	7.81	22.21	3.72	2.48
N1 入水口 2	0.08	8.74	23.92	3.39	2.34
N1 入水口 3	0.12	10.39	23.92	4.18	2.66
N1 出水口 1	0.10	10.49	16.74	4.51	2.64
N1 出水口 2	0.12	11.48	20.50	4.06	2.43
N1 出水口 3	0.09	11.63	17.94	5.19	2.24
N2 背景	0.10	11.89	25.63	5.64	2.40
N2 入水口 1	0.11	13.44	29.38	3.84	2.51
N2 入水口 2	0.12	11.53	29.21	3.95	2.67
N2 入水口 3	0.11	14.52	33.48	23.36	2.94
N2 入水口 4	0.12	8.63	36.39	26.18	3.16
N2 入水口 5	0.12	8.17	34.34	23.81	3.06
N2 入水口 6	0.13	7.08	34.85	15.35	2.73
N2 出水口 1	0.10	8.84	23.92	9.71	2.86
N2 出水口 2	0.10	8.74	23.40	9.37	2.46
N2 出水口 3	0.09	8.22	22.38	10.16	2.32
N2 出水口 5	0.08	10.65	24.43	10.38	2.23
N2 出水口 6	0.10	8.89	26.14	10.83	2.44
N2 出水口 7	0.11	9.25	24.09	9.37	2.57

附錄 3-表 2：台電核一廠冷卻水入水口和出水口附近海域沉積物重金屬資料濃度範圍(2/2)(採樣時間 114 年 8 月 10 日)

採樣站點	錳 (mg/kg)	鎳 (mg/kg)	鉛 (mg/kg)	鋅 (mg/kg)
N1 背景	149.37	15.83	13.55	81.86
N1 入水口 1	153.71	14.35	11.78	83.36
N1 入水口 2	155.32	14.18	11.78	76.54
N1 入水口 3	201.68	15.34	12.96	93.85
N1 出水口 1	199.33	23.75	14.73	93.15
N1 出水口 2	220.65	23.09	13.55	100.90
N1 出水口 3	206.64	24.74	15.32	90.42
N2 背景	247.18	19.13	14.49	100.67
N2 入水口 1	341.63	26.39	12.96	113.90
N2 入水口 2	319.45	27.21	14.14	108.23
N2 入水口 3	362.58	26.88	14.73	119.91
N2 入水口 4	283.12	28.70	15.90	95.97
N2 入水口 5	262.67	28.20	11.19	83.71
N2 入水口 6	264.41	17.98	12.37	86.95
N2 出水口 1	231.81	19.13	14.14	85.94
N2 出水口 2	227.84	18.64	12.96	84.25
N2 出水口 3	231.93	17.65	13.55	83.17
N2 出水口 5	202.43	12.70	12.96	80.82
N2 出水口 6	194.25	12.53	10.60	70.41
N2 出水口 7	188.42	12.70	11.78	74.42

附錄四

114 年第 1 季~114 年第 4 季

核一廠、核二廠及磺溪附近海域

之浮游動物數據統計表

附錄 4 表 1-1、核一廠附近海域於 114 年第 1 季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值。(單位：inds./m^3)。N1 out 表示核一廠正出水口處之採樣，N1 in 表示核一廠正進水口處之採樣，B 表示出水口測線，C 表示進水口測線。

站別 / 生物種類	N1 out	B500	B1000	B2000	N1 in	C500	C1000	C2000	C5000
夜光蟲	1.33	7.90	12.11	9.14	0.11	9.52	6.11	11.58	6.14
有孔蟲	0	0	0	0	0	0	0	0	0
放射蟲	0	0	0	0	0	0	0	0	0
水母類	0	0.24	0.26	0.83	0	0.82	0	0	0
櫛水母	0	0	0	0	0	0	0	0	0
多毛類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
翼足類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
異足類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
端足類	0.60	0	0	0	0	0	0	0	0
瑩蝦	0	0	0	0	0	0	0	0	0
櫻蝦	0	0	0	0	0	0	0	0	0
其他十足類	0.05	0	0.26	0.42	0	0.27	0.51	0.97	0.32
枝角類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
介形類	0.16	0	0	0.83	0.11	3.81	3.06	6.76	2.59
橈足類無節幼蟲	0	0	0	0	0	0	0	0	0
哲水蚤	0.37	8.14	10.80	14.95	0.22	10.61	14.78	32.81	10.34
劍水蚤	0.05	0	1.05	0.42	0	0.54	1.02	0.97	0.65
猛水蚤	0.34	0	0	0	0.45	0	0	0	0
岐口水蚤	0.16	0.48	1.58	2.91	0	1.63	0	0	2.26
糠蝦類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
磷蝦類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
棘皮幼生	0	0	0	0	0	0	0	0	0
毛顎類	0	0.48	1.58	2.91	0	0	0	0.97	0.65
有尾類	0	0	0.26	0	0	0	0.51	0	0.32
海樽類	0	0	0	0.42	0	0.27	0	0	0
魚卵	0.03	0	0.26	0.42	0	0	0	0	0.32
仔稚魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0
其他(幼生)	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0

附錄 4 表 1-2、磺溪附近海域於民國 114 年第 1 季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值。(單位： inds./m^3)。R 表示磺溪測線。

站別 / 生物種類	R500	R1000	R2000
夜光蟲	18.15	17.37	18.39
有孔蟲	0	0	0
放射蟲	0	0	0
水母類	1.21	0.58	1.15
櫛水母	0	0	0
多毛類	0	0.58	0
翼足類	0	0	0
異足類	0	0	0
端足類	0	0	0
瑩蝦	0	0	0
櫻蝦	0	0	0
其他十足類	0	1.16	0
枝角類	0	0	0
介形類	25.42	13.90	1.15
橈足類無節幼蟲	0	0	0
哲水蚤	43.57	31.84	56.32
劍水蚤	0	1.16	2.30
猛水蚤	0	0	0
岐口水蚤	1.21	4.63	0
糠蝦類	0	0	0
磷蝦類	0	0	0
棘皮幼生	0	0	0
毛顎類	1.21	2.89	5.75
有尾類	0	0.58	1.15
海樽類	0	0	0
魚卵	1.21	0.58	0
仔稚魚	0	0	0
其他(幼生)	0	0	0

附錄 4 表 1-3、核二廠附近海域於民國 114 年第 1 季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值。(單位：inds./m^3)。N2 out 表示核二廠正出水口處之採樣，N2 in 表示核二廠正進水口處之採樣，E 表示出水口測線，F 表示進水口測線。

站別 / 生物種類	N2 out	E500	E1000	E2000	E5000	E6000	N2 in	F500	F1000	F2000	F5000
夜光蟲	0	6.14	13.27	14.31	28.93	28.91	0.39	13.43	11.26	16.79	7.81
有孔蟲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
放射蟲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
水母類	0	0.29	0.55	0	0	0	0	0	0	0.49	0
櫛水母	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
多毛類	0	0	0	0	4.13	0	0	0.21	0	0.49	0
翼足類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
異足類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
端足類	0.38	0	0	0	0	0	0.19	0	0	0	0
瑩蝦	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
櫻蝦	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
其他十足類	0.38	0	0.55	1.91	4.13	0	0	0.43	0	0.49	3.91
枝角類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
介形類	1.54	4.10	5.53	3.82	12.40	0	0.19	4.69	2.05	0.49	1.95
橈足類無節幼蟲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
哲水蚤	8.44	8.19	13.27	49.61	247.99	264.99	0.78	5.75	6.83	17.78	175.74
劍水蚤	0	0	0	0	0	0	0	0	1.02	0.99	0
猛水蚤	1.15	0	0	0	0	0	11.11	0	0	0	0
岐口水蚤	0	0.59	2.21	0	8.27	0	0.39	1.28	1.02	2.47	1.95
糠蝦類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
磷蝦類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
棘皮幼生	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
毛顎類	1.15	0	2.21	0	0	4.82	0	0.43	0	1.48	0
有尾類	0.38	0	0	0	0	0	0	0.43	1.02	0.99	3.91
海樽類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
魚卵	0	0.29	0	0	0	0	0	0	0	0	0
仔稚魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
其他(幼生)	0	0	0	0.95	0	0	0	0	0	0	0

附錄 4 表 2、114 年第 1 季北部核能電廠外海域各大類浮游動物之組成種名鑑定結果表。Mean 為平均每立方米海水中之數量值，SD 為標準偏差，OR 為該種類於該季的出現率 (%)。(Mean 與 SD 之單位：inds./m^3)。

Scientific classification	Mean	SD	OR
Noctiluca (螢光蟲)			
Noctiluca scintillans	11.26	7.94	95.65
Medusa (水母類)			
Abyla sp.	0.10	0.23	17.39
Lensia sp.	0.03	0.09	13.04
Muggiaea sp.	0.15	0.36	17.39
Polychaeta (多毛類)			
Polychaeta larva	0.24	0.86	17.39
Amphipoda (端足類)			
Lanceola sp.	< 0.01	0.02	4.35
Lestrigonus sp.	0.03	0.09	13.04
Scina sp.	0.02	0.10	4.35
Vibilia sp.	< 0.01	0.01	4.35
Other Decapoda (其他十足類)			
Brachyura larvae	0.14	0.28	30.43
Macrura larvae	0.55	1.18	39.13
Ostracoda (介形類)			
Cypridina nami	4.11	5.94	86.96
Calanoida (哲水蚤)			
Calanoida copepodite	3.90	7.07	86.96
Acartia danae	0.04	0.20	4.35
Acartia negligens	0.04	0.12	13.04
Acartia sp.	0.03	0.10	8.70
Acrocalanus gibber	0.06	0.24	8.70
Acrocalanus longicornis	0.19	0.43	30.43
Aetideus bradyi	0.02	0.09	4.35
Bestiolina similis	0.01	0.07	4.35
Calanus sinicus	37.38	71.89	82.61
Calanus sp.	0.23	0.58	17.39
Canthocalanus pauper	0.03	0.11	8.70
Clausocalanus mastigophorus	0.05	0.24	4.35
Clausocalanus sp.	1.13	1.40	65.22
Cosmocalanus darwinii	0.09	0.19	21.74
Eucalanus sp.	0.16	0.33	26.09
Eucalanus subcrassus	0.02	0.11	4.35
Euchaeta rimana	0.08	0.23	13.04
Euchaeta sp.	0.33	0.63	39.13

Scientific classification	Mean	SD	OR
Labidocera sp.	0.05	0.24	4.35
Lucicutia flavicornis	0.25	0.57	26.09
Paracalanus aculeatus	0.46	0.70	52.17
Paracandacia sp.	0.01	0.05	4.35
Pleuromamma gracilis	0.12	0.30	17.39
Pleuromamma sp.	0.04	0.20	4.35
Scolecithricella minor	0.01	0.07	4.35
Scolecithrix sp.	0.20	0.59	13.04
Temora discaudata	0.01	0.07	4.35
Cyclopoida (劍水蚤)			
Oithona plumifera	0.42	0.60	47.83
Oithona tenuis	0.02	0.11	4.35
Harpacticoida (猛水蚤)			
Harpacticoida copepodite	0.57	2.31	17.39
Poecilostomatoida (歧口水蚤)			
Copilia quadrata	0.02	0.10	4.35
Corycaeus agilis	0.02	0.11	4.35
Corycaeus andrewsi	0.03	0.11	8.70
Corycaeus asiaticus	0.02	0.06	8.70
Corycaeus clausi	0.04	0.10	13.04
Corycaeus crassiusculus	0.12	0.24	21.74
Corycaeus dahli	0.11	0.26	17.39
Corycaeus flaccus	0.02	0.09	4.35
Corycaeus furcifer	0.03	0.12	8.70
Corycaeus pacificus	0.28	0.91	13.04
Corycaeus sp.	0.12	0.41	21.74
Corycaeus speciosus	0.04	0.10	13.04
Corycaeus typicus	0.01	0.07	4.35
Lubbockia squillimana	0.02	0.09	4.35
Oncaea mediterranea	0.02	0.09	4.35
Oncaea venusta	0.53	0.99	43.48
Sapphirina auronitens	0.01	0.04	4.35
Chaetognatha (毛顎類)			
Flaccisagitta enflata	0.42	0.67	43.48
Sagitta sp.	0.74	1.26	47.83
Appendicularia (有尾類)			
Oikopleura fusiformis	0.36	0.85	34.78
Oikopleura sp.	0.05	0.14	13.04
Thaliacea (海樽類)			
Thalia sp.	0.03	0.10	8.70
Fish egg (魚卵)			

Scientific classification	Mean	SD	OR
Fish egg	0.14	0.29	30.43
Other larva (其他幼生)			
Barnacles larvae	< 0.01	0.01	4.35
Bivalve larva	0.04	0.20	4.35

附錄 4 表 3-1、磺溪附近海域於 114 年第 2 季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值。(單位： inds./m^3)。R 表示磺溪測線。

生物種類＼站別	R500	R1000	R2000
夜光蟲	342.42	336.30	181.76
有孔蟲	0	0	0
放射蟲	0	0	0
水母類	0	0	3.79
櫛水母	0	0	0
多毛類	7.08	2.16	3.79
翼足類	0	0	0
異足類	0	0	0
端足類	0	2.16	0
瑩蝦	0	0	0
櫻蝦	0	0	0
其他十足類	0	15.09	7.57
枝角類	0	0	0
介形類	21.25	8.62	0
橈足類無節幼蟲	0	0	0
哲水蚤	18.89	23.71	15.15
劍水蚤	0	0	0
猛水蚤	0	0	0
岐口水蚤	2.36	6.47	3.79
糠蝦類	0	0	0
磷蝦類	0	0	0
棘皮幼生	0	0	0
毛顎類	0	0	0
有尾類	0	0	0
海樽類	0	0	0
魚卵	0	2.16	0
仔稚魚	0	0	3.79
其他(幼生)	18.89	56.05	3.79

附錄 4 表 3-2、核二廠附近海域於 114 年第 2 季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值。(單位：inds./m^3)。N2 out 表示核二廠正出水口處之採樣，N2 in 表示核二廠正進水口處之採樣，E 表示出水口測線，F 表示進水口測線。

站別 / 生物種類	N2 out	E500	E1000	E2000	E5000	E6000	N2 in	F500	F1000	F2000	F5000
夜光蟲	5.43	156.16	67.59	85.39	94.51	58.62	6.01	197.13	302.06	171.83	65.50
有孔蟲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
放射蟲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
水母類	0	0.82	4.72	0	1.60	2.73	0	0	1.28	1.39	0
櫛水母	0	0	3.14	0	0	0	0	0	0	0	0
多毛類	0.21	0	0	0	3.20	2.73	0	0	3.84	6.93	2.47
翼足類	0	0	0	0	1.60	0	0	0	0	4.16	0
異足類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
端足類	0.31	0	0	0	0	0	5.01	3.49	0	1.39	0
瑩蝦	0	0	0	1.47	0	0	0	0	0	0	0
櫻蝦	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
其他十足類	0.83	3.29	0	8.83	6.41	14.99	20.04	3.49	7.68	12.47	6.18
枝角類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
介形類	0.63	0	0	0	0	0	26.05	1.74	14.08	1.39	2.47
橈足類無節幼蟲	0	0	0	0	1.60	0	0	0	0	2.77	0
哲水蚤	4.38	2.47	9.43	16.19	52.86	16.36	2.00	10.47	10.24	16.63	25.95
劍水蚤	0.21	0.82	0	0	1.60	0	0	0	0	2.77	0
猛水蚤	0.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岐口水蚤	0.42	1.64	6.29	2.94	14.42	16.36	0	3.49	0	9.70	7.42
糠蝦類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
磷蝦類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
棘皮幼生	0	0	0	0	1.60	6.82	0	0	0	1.39	0
毛顎類	0.10	0	0	0	3.20	2.73	0	1.74	0	0	2.47
有尾類	0	0.82	1.57	0	3.20	0	0	0	0	2.77	0
海樽類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
魚卵	0.31	0	0	4.42	0	0	0	0	0	1.39	0
仔稚魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
其他(幼生)	0	4.11	0	8.83	9.61	2.73	11.02	0	5.12	11.09	9.89

附錄 4 表 4、114 年第 2 季北部核能電廠外海域各大類浮游動物之組成種名鑑定結果表。Mean 為平均每立方米海水中之數量值，SD 為標準偏差，OR 為該種類於該季的出現率 (%)。(Mean 與 SD 之單位：inds./m^3)。

Scientific classification	Mean	SD	OR
Noctiluca (螢光蟲)			
Noctiluca scintillans	147.91	114.26	100.0
Medusa (水母類)			
Abyla sp.	0.80	1.28	35.71
Lensia sp.	0.31	0.81	14.29
liriope tetraphylla	0.06	0.22	7.14
Ctenophora (櫛水母)			
Pleurobrachia sp.	0.22	0.84	7.14
Polychaeta (多毛類)			
Polychaeta larva	2.32	2.49	64.29
Pteropoda (翼足類)			
Creseis virgula	0.41	1.16	14.29
Amphipoda (端足類)			
Lestrigonus sp.	0.40	1.06	14.29
Scina sp.	0.48	1.36	21.43
Lucifera (瑩蝦)			
Lucifer typus	0.11	0.39	7.14
Other Decapoda (其他十足類)			
Brachyura larvae	2.32	5.26	50.0
Macrura larvae	5.31	5.26	71.43
Ostracoda (介形類)			
Cypridina nami	5.45	8.77	57.14
Copepoda nauplius (橈足類幼生)			
Copepoda larva	0.31	0.83	14.29
Calanoida (哲水蚤)			
Calanoida copepodite	4.27	4.09	78.57
Acartia pacifica	0.10	0.36	7.14
Acartia negligens	0.27	0.69	14.29
Acartia sp.	0.09	0.33	7.14
Acrocalanus longicornis	0.12	0.47	7.14
Acrocalanus monachus	0.15	0.58	7.14
Acrocalanus gibber	0.51	1.19	21.43
Bestiolina similis	0.34	1.03	14.29
Calanopia sp.	0.13	0.38	14.29
Calanus sp.	0.12	0.47	7.14
Canthocalanus pauper	0.60	1.12	28.57
Centropages furcatus	0.17	0.63	7.14

Scientific classification	Mean	SD	OR
Centropages orsinii	0.06	0.22	7.14
Centropages tenuiremis	5.27	8.64	71.43
Centropages sp.	0.10	0.34	14.29
Clausocalanus sp.	0.91	1.97	28.57
Eucalanus sp.	0.77	1.14	35.71
Labidocera minuta	0.09	0.33	7.14
Labidocera sp.	1.06	1.38	50.0
Paracalanus aculeatus	0.26	0.52	21.43
Temora discaudata	0.36	0.73	21.43
Temora turbinata	0.30	0.60	21.43
Cyclopoida (劍水蚤)			
Cyclopoida copepodite	0.01	0.03	7.14
Oithona rigida	0.11	0.43	7.14
Oithona tenuis	0.10	0.37	7.14
Oithona sp.	0.17	0.41	21.43
Harpacticoida (猛水蚤)			
Harpacticoida copepodite	0.02	0.08	7.14
Poecilostomatoida (歧口水蚤)			
Corycaeus agilis	0.10	0.36	7.14
Corycaeus andrewsi	2.06	3.71	35.71
Corycaeus catus	0.14	0.43	14.29
Corycaeus crassiusculus	0.39	0.80	21.43
Corycaeus dahli	0.11	0.42	7.14
Corycaeus pacificus	0.21	0.53	14.29
Corycaeus speciosus	0.26	0.67	14.29
Corycaeus sp.	0.82	2.22	21.43
Farranula gibbula	0.27	0.69	14.29
Oncaea venusta	0.86	1.18	42.86
Oncaea sp.	0.17	0.46	14.29
Echinodermata larva (棘皮幼生)			
Echinodermata larva	0.70	1.84	21.43
Chaetognatha (毛顎類)			
Sagitta sp.	0.73	1.22	35.71
Appendicularia (有尾類)			
Fritillaria sp.	0.10	0.37	7.14
Oikopleura sp.	0.50	0.95	28.57
Fish egg (魚卵)			
Fish egg	0.59	1.28	28.57
Fish larva (仔稚魚)			
Fish larvus	0.27	1.01	7.14
Other larva (其他幼生)			

Scientific classification	Mean	SD	OR
Barnacles larvae	0.10	0.37	7.14
Bivalve larva	4.17	9.77	50.0
Gastropoda larva	5.72	5.31	78.57
Mantis shrimp larvae	0.09	0.33	7.14

附錄 4 表 5-1、核一廠附近海域於 114 年第 3，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值。(單位：inds./m^3)。N1 out 表示核一廠正出水口處之採樣，N1 in 表示核一廠正進水口處之採樣，B 表示出水口測線，C 表示進水口測線。

站別 / 生物種類	N1 out	B500	B1000	B2000	N1 in	C500	C1000	C2000	C5000
夜光蟲	11.22	76.21	166.87	61.34	9.26	43.80	0	0	76.94
有孔蟲	0	0	0	0	0	0	0	0	0
放射蟲	0	0	0	0	0	0	0	0	0
水母類	5.61	0	0	0	0.93	29.20	33.70	0	38.47
櫛水母	0	0	0	0	0.46	0	0	0	0
多毛類	0	25.40	0	0	1.39	0	0	0	0
翼足類	5.61	25.40	71.52	0	0.93	14.60	67.40	46.15	38.47
異足類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
端足類	0	0	23.84	0	1.39	0	0	0	0
瑩蝦	0	0	0	0	0	0	0	0	0
櫻蝦	0	0	0	0	0	0	0	0	0
其他十足類	22.43	330.26	238.39	368.06	4.63	146.01	151.66	738.36	307.77
枝角類	0	0	71.52	61.34	0.46	0	16.85	0	0
介形類	0	0	0	0	2.78	0	0	0	0
橈足類無節幼蟲	11.22	0	0	0	0	0	0	0	0
哲水蚤	263.56	1346.44	2836.87	4968.74	88.47	554.84	1297.54	5122.38	2923.80
劍水蚤	0	0	0	0	0	0	0	0	0
猛水蚤	0	0	0	0	0.93	0	0	0	0
岐口水蚤	28.04	50.81	95.36	184.03	5.09	14.60	67.40	184.59	230.83
糠蝦類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
磷蝦類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
棘皮幼生	0	0	0	0	0	0	0	0	0
毛顎類	0	50.81	47.68	0	0.93	0	0	0	38.47
有尾類	0	50.81	166.87	306.71	2.32	14.60	0	138.44	153.88
海樽類	0	25.40	0	0	0	0	0	0	0
魚卵	0	0	71.52	0	0.46	0	0	0	0
仔稚魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0
其他(幼生)	11.22	50.81	95.36	61.34	4.17	350.43	67.40	369.18	192.36

附錄 4 表 5-2、磺溪附近海域於 114 年第 3 季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值。(單位： inds./m^3)。R 表示磺溪測線。

站別 / 生物種類	R500	R1000	R2000
夜光蟲	0	227.99	45.11
有孔蟲	42.00	0	0
放射蟲	0	0	0
水母類	0	0	22.56
櫛水母	0	0	0
多毛類	42.00	0	0
翼足類	294.03	227.99	45.11
異足類	0	0	0
端足類	0	0	0
瑩蝦	0	0	0
櫻蝦	0	0	0
其他十足類	378.04	455.99	112.78
枝角類	84.01	0	0
介形類	0	0	0
橈足類無節幼蟲	0	57.00	22.56
哲水蚤	3738.44	4730.85	1150.38
劍水蚤	0	0	0
猛水蚤	0	0	0
岐口水蚤	252.03	0	22.56
糠蝦類	0	0	0
磷蝦類	0	0	0
棘皮幼生	0	0	0
毛顎類	42.00	170.99	0
有尾類	168.02	114.00	67.67
海樽類	0	0	0
魚卵	0	0	22.56
仔稚魚	0	0	0
其他(幼生)	84.01	114.00	67.67

附錄 4 表 5-3、核二廠附近海域於 114 年第 3 季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值。(單位：inds./m^3)。N2 out 表示核二廠正出水口處之採樣，N2 in 表示核二廠正進水口處之採樣，E 表示出水口測線，F 表示進水口測線。

站別 / 生物種類	N2 out	E500	E1000	E2000	E5000	E6000	N2 in	F500	F1000	F2000	F5000
夜光蟲	10.27	50.30	307.18	84.68	260.34	297.76	5.28	271.08	52.67	113.46	182.08
有孔蟲	0	0	0	16.94	0	0	0	0	0	0	0
放射蟲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
水母類	0	0	0	0	0	42.54	0.33	30.12	158.01	0	0
櫛水母	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
多毛類	2.57	0	51.20	16.94	0	0	0	30.12	0	0	45.52
翼足類	2.57	402.41	204.79	67.75	37.19	85.08	0	60.24	105.34	50.43	91.04
異足類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
端足類	2.57	0	0	16.94	0	0	0	0	0	12.61	0
瑩蝦	0	0	0	0	74.38	0	0	0	0	0	0
櫻蝦	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
其他十足類	12.84	201.20	358.38	474.22	74.38	42.54	0.66	210.84	368.70	50.43	22.76
枝角類	5.14	150.90	0	16.94	37.19	127.61	0	60.24	105.34	0	0
介形類	0	0	0	16.94	0	0	0	0	52.67	0	0
橈足類無節幼蟲	5.14	0	0	16.94	0	0	0	0	0	0	0
哲水蚤	51.35	5231.29	3942.15	779.07	2714.94	1999.27	1.98	1777.10	3528.96	542.09	2116.73
劍水蚤	2.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
猛水蚤	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岐口水蚤	5.14	301.81	255.98	50.81	111.57	0	0.33	60.24	105.34	50.43	22.76
糠蝦類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
磷蝦類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
棘皮幼生	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
毛顎類	2.57	100.60	153.59	0	37.19	42.54	0	0	0	12.61	91.04
有尾類	7.70	100.60	102.39	84.68	111.57	85.08	0	90.36	105.34	25.21	68.28
海樽類	0	0	0	16.94	0	0	0	0	0	25.21	0
魚卵	2.57	0	0	0	0	0	0	60.24	105.34	0	0
仔稚魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
其他(幼生)	20.54	150.90	307.18	254.04	185.96	85.08	0	933.73	790.07	88.25	68.28

附錄 4 表 6、114 年第 3 季北部核能電廠外海域各大類浮游動物之組成種名鑑定結果表。Mean 為平均每立方米海水中之數量值，SD 為標準偏差，OR 為該種類於該季的出現率 (%)。(Mean 與 SD 之單位：inds./m^3)。

Scientific classification	Mean	SD	OR
Noctiluca (螢光蟲)			
Noctiluca scintillans	102.34	104.77	86.96
Foraminifera (有孔蟲)			
Hastigerina spp.	2.56	9.29	8.70
Medusa (水母類)			
Abyla sp.	2.29	10.98	4.35
Muggiaea sp.	5.59	13.91	21.74
Lovenella sp.	7.83	15.75	30.43
Ctenophora (櫛水母)			
Pleurobrachia sp.	0.02	0.10	4.35
Polychaeta (多毛類)			
Polychaeta larva	9.35	16.91	34.78
Pteropoda (翼足類)			
Creseis acicula	0.02	0.10	4.35
Creseis virgula	84.50	102.92	91.30
Amphipoda (端足類)			
Lestrigonus sp.	2.49	6.32	21.74
Lucifera (瑩蝦)			
Lucifer typus	3.23	15.51	4.35
Other Decapoda (其他十足類)			
Brachyura larvae	56.63	83.57	82.61
Macrura larvae	163.87	183.92	86.96
Cladocera (枝角類)			
Evadne tergestina	32.07	46.73	52.17
Ostracoda (介形類)			
Cypridina nami	3.15	11.36	13.04
Copepoda nauplius (橈足類幼生)			
Copepoda larva	4.91	12.87	21.74
Calanoida (哲水蚤)			
Calanoida copepodite	101.17	154.01	86.96
Acartia danae	1.10	5.30	4.35
Acartia erythraea	0.17	0.60	8.70
Acartia negligens	10.32	25.68	26.09
Acartia pacifica	0.11	0.54	4.35
Acartia sp.	11.70	24.36	39.13
Acrocalanus gibber	677.10	782.51	86.96
Acrocalanus sp.	12.73	53.07	13.04

Scientific classification	Mean	SD	OR
Bestiolina similis	26.26	31.83	60.87
Calanopia elliptica	5.41	15.82	13.04
Canthocalanus pauper	486.90	449.15	91.30
Centropages furcatus	37.18	50.27	56.52
Centropages orsinii	147.76	163.41	82.61
Centropages tenuiremis	2.29	10.98	4.35
Clausocalanus farrani	3.02	11.38	8.70
Clausocalanus furcatus	1.04	4.97	4.35
Clausocalanus mastigophorus	2.96	11.09	8.70
Cosmocalanus darwinii	2.97	14.24	4.35
Eucalanus sp.	51.53	87.84	65.22
Eucalanus subtenuis	56.63	74.94	56.52
Labidocera acuta	15.36	30.56	26.09
Labidocera minuta	24.14	29.31	47.83
Labidocera sp.	51.54	58.06	73.91
Paracalanus aculeatus	4.01	11.45	17.39
Pontellopsis sp.	3.44	11.43	8.70
Rhincalanus sp.	1.83	8.76	4.35
Temora discaudata	81.76	111.40	73.91
Temora turbinata	407.11	516.37	91.30
Undinula vulgaris	20.59	33.03	34.78
Cyclopoida (劍水蚤)			
Oithona plumifera	0.11	0.54	4.35
Harpacticoida (猛水蚤)			
Macrosetella gracilis	0.04	0.19	4.35
Poecilostomatoida (歧口水蚤)			
Copilia mirabilis	1.83	8.76	4.35
Copilia sp.	2.23	10.68	4.35
Corycaeus agilis	1.62	7.75	4.35
Corycaeus andrewsi	0.48	1.55	13.04
Corycaeus asiaticus	8.70	17.57	26.09
Corycaeus sp.	4.72	21.32	13.04
Corycaeus speciosus	7.49	16.54	26.09
Farranula gibbula	4.97	12.20	17.39
Oncaea venusta	59.26	78.27	69.57
Chaetognatha (毛顎類)			
Flaccisagitta enflata	22.12	37.77	39.13
Sagitta sp.	12.27	19.90	34.78
Appendicularia (有尾類)			
Oikopleura dioica	13.42	28.73	26.09
Oikopleura fusiformis	31.62	59.47	39.13

Scientific classification	Mean	SD	OR
Oikopleura sp.	40.37	46.00	65.22
Thaliacea (海樽類)			
Thalia sp.	2.94	7.89	13.04
Fish egg (魚卵)			
Fish egg	11.42	28.09	26.09
Other larva (其他幼生)			
Barnacles larvae	169.29	222.99	95.65
Bivalve larva	2.29	7.67	8.70
Gastropoda larva	15.28	19.58	47.83
Mantis shrimp larvae	2.35	8.37	8.70

附錄 4 表 7-1、磺溪附近海域於 114 年第 4 季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值。(單位： inds./m^3)。R 表示磺溪測線。

站別 / 生物種類	R500	R1000	R2000
夜光蟲	0.46	0	0.08
有孔蟲	0.11	0	0
放射蟲	0	0	0
水母類	0	0.35	0
櫛水母	0	0	0
多毛類	0	0	0
翼足類	0	0	0
異足類	0.11	0	0.25
端足類	0	0	0
瑩蝦	0	0	0
櫻蝦	0	0	0
其他十足類	1.83	4.06	2.59
枝角類	0	0	0
介形類	0.11	0.12	0.17
橈足類無節幼蟲	0	0	0
哲水蚤	0.57	2.32	1.00
劍水蚤	0.11	0.12	0.08
猛水蚤	0	0	0
岐口水蚤	0	0.23	0.33
糠蝦類	0	0	0
磷蝦類	0	0	0
棘皮幼生	0	0	0
毛顎類	1.03	0.93	0.67
有尾類	0.23	0	0
海樽類	0	0	0
魚卵	1.14	0.93	0.42
仔稚魚	0.11	0.12	0
其他(幼生)	0.34	0.35	0.25

附錄 4 表 7-2、核二廠附近海域於 114 年第 4 季，各測站每立方米海水中浮游動物大類數量值。(單位：inds./m^3)。N2 out 表示核二廠正出水口處之採樣，N2 in 表示核二廠正進水口處之採樣，E 表示出水口測線，F 表示進水口測線。

站別 / 生物種類	N2 out	E500	E1000	E2000	E5000	E6000	N2 in	F500	F1000	F2000	F5000
夜光蟲	0.03	0.14	0.55	0.93	10	6.43	0	0.41	0.57	0.67	4.80
有孔蟲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
放射蟲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
水母類	0	0.03	0.28	0	0.59	0.31	0	0.07	0	0.17	0
櫛水母	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
多毛類	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0.27
翼足類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
異足類	0	0.01	0	0.62	0.29	0.92	0	0.07	0	0.17	1.33
端足類	0.10	0	0	0.31	0	0	0.13	0	0	0	0
瑩蝦	0	0	0	0	0.29	0	0	0	0	0	0
櫻蝦	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
其他十足類	0.87	0.22	3.03	7.72	1.76	1.68	0	1.28	5.72	4.18	1.07
枝角類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
介形類	0	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0
橈足類無節幼蟲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
哲水蚤	0.25	0.18	1.51	6.79	9.41	10.56	0.04	1.22	0.86	0.67	8.00
劍水蚤	0	0.02	0	0.31	0	0	0	0	0.14	0.17	0
猛水蚤	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岐口水蚤	0.01	0.05	0.14	1.85	1.76	1.22	0	0.34	0.86	1.34	0
糠蝦類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
磷蝦類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
棘皮幼生	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
毛顎類	0	0.10	0.55	0.62	0.29	0.61	0	0.07	0	0.17	0.27
有尾類	0	0	0.28	1.23	1.18	1.53	0	0	0	0	0.53
海樽類	0	0	0	0.62	0.59	0.15	0	0	0.14	0.50	0.27
魚卵	0.59	0.08	0	0.31	0	0.46	0.04	0.07	0	0.50	0.53
仔稚魚	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14	0.17	0
其他(幼生)	0.04	0	0.83	0.31	0.29	0.46	0	0.27	0.29	0.67	0

附錄 4 表 8、114 年第 4 季北部核能電廠外海域各大類浮游動物之組成種名鑑定結果表。Mean 為平均每立方米海水中之數量值，SD 為標準偏差，OR 為該種類於該季的出現率 (%)。(Mean 與 SD 之單位：inds./m^3)。

Scientific classification	Mean	SD	OR
Noctiluca (螢光蟲)			
Noctiluca scintillans	1.79	3.06	85.71
Foraminifera (有孔蟲)			
Hastigerina spp.	0.01	0.03	7.14
Medusa (水母類)			
Abyla sp.	0.03	0.08	21.43
Lensia sp.	0.02	0.06	21.43
Lovenella sp.	0.01	0.02	7.14
Muggiaea sp.	0.07	0.13	21.43
Polychaeta (多毛類)			
Polychaeta larva	0.02	0.07	14.29
Pteropoda (翼足類)			
Creseis acicula	0.05	0.14	14.29
Creseis virgula	0.22	0.32	57.14
Amphipoda (端足類)			
Lestrigonus sp.	0.02	0.08	7.14
Scina sp.	0.02	0.04	14.29
Lucifera (瑩蝦)			
Lucifer hanseni	0.02	0.08	7.14
Other Decapoda (其他十足類)			
Brachyura larvae	2.01	1.93	92.86
Macrura larvae	0.56	0.45	92.86
Ostracoda (介形類)			
Cypridina nami	0.03	0.06	28.57
Calanoida (哲水蚤)			
Acartia negligens	0.02	0.04	14.29
Acartia pacifica	0.04	0.06	42.86
Acrocalanus gibber	1.09	1.57	85.71
Acrocalanus longicornis	0.07	0.17	21.43
Calanoida copepodite	0.09	0.14	50.0
Calanopia elliptica	0.01	0.04	7.14
Calocalanus pavo	0.01	0.04	7.14
Candacia sp.	0.04	0.11	14.29
Canthocalanus pauper	0.54	0.72	78.57
Centropages furcatus	0.01	0.02	14.29
Centropages orsinii	0.15	0.24	42.86
Centropages sp.	0.02	0.08	7.14

Scientific classification	Mean	SD	OR
Clausocalanus mastigophorus	0.01	0.04	7.14
Clausocalanus minor	0.07	0.11	35.71
Clausocalanus sp.	0.02	0.05	21.43
Cosmocalanus darwinii	0.03	0.08	14.29
Eucalanus sp.	0.06	0.14	35.71
Eucalanus subcrassus	0.05	0.16	14.29
Euchaeta rimana	0.06	0.21	14.29
Euchaeta sp.	0.04	0.06	28.57
Labidocera detruncata	0.02	0.07	7.14
Labidocera kroyeri	0.03	0.09	14.29
Labidocera sp.	0.05	0.14	14.29
Paracalanus aculeatus	0.11	0.21	42.86
Paracandacia truncata	0.02	0.07	7.14
Temora discaudata	0.18	0.34	28.57
Temora turbinata	0.06	0.11	35.71
Undinula vulgaris	0.19	0.34	50.0
Cyclopoida (劍水蚤)			
Oithona plumifera	0.07	0.09	50.0
Poecilostomatoida (歧口水蚤)			
Corycaeus agilis	< 0.01	< 0.01	7.14
Corycaeus andrewsi	0.03	0.08	14.29
Corycaeus asiaticus	0.13	0.27	28.57
Corycaeus catus	0.02	0.08	7.14
Corycaeus crassiusculus	0.02	0.08	7.14
Corycaeus dahli	< 0.01	0.01	7.14
Corycaeus longistylis	0.01	0.04	7.14
Corycaeus sp.	0.01	0.04	7.14
Corycaeus speciosus	0.11	0.21	28.57
Farranula gibbula	0.01	0.04	7.14
Oncaea venusta	0.25	0.31	64.29
Chaetognatha (毛顎類)			
Flaccisagitta enflata	0.22	0.25	57.14
Sagitta sp.	0.16	0.20	50.0
Appendicularia (有尾類)			
Oikopleura albicans	0.02	0.08	7.14
Oikopleura dioica	0.03	0.12	7.14
Oikopleura fusiformis	0.14	0.28	28.57
Oikopleura labradoriensis	0.02	0.08	7.14
Oikopleura longicauda	0.04	0.17	7.14
Oikopleura sp.	0.10	0.21	28.57
Thaliacea (海樽類)			

Scientific classification	Mean	SD	OR
Doliolum sp.	0.02	0.05	14.29
Thalia sp.	0.14	0.24	28.57
Fish egg (魚卵)			
Fish egg	0.36	0.36	78.57
Fish larva (仔稚魚)			
Fish larvus	0.04	0.06	28.57
Other larva (其他幼生)			
Barnacles larvae	0.12	0.18	42.86
Bivalve larva	0.04	0.07	28.57
Gastropoda larva	0.13	0.16	64.29