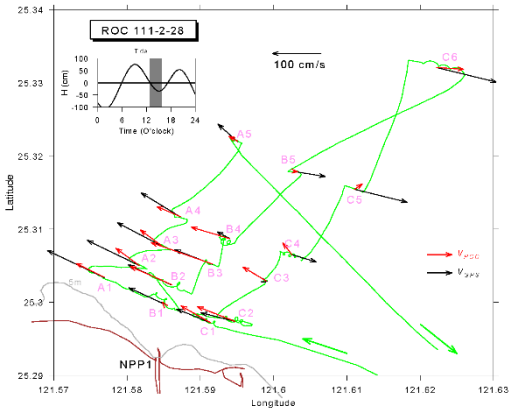
各子計畫精簡之研究結果如下:

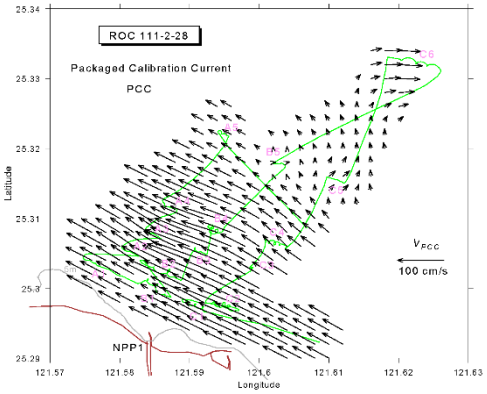
（1）海潮流

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。

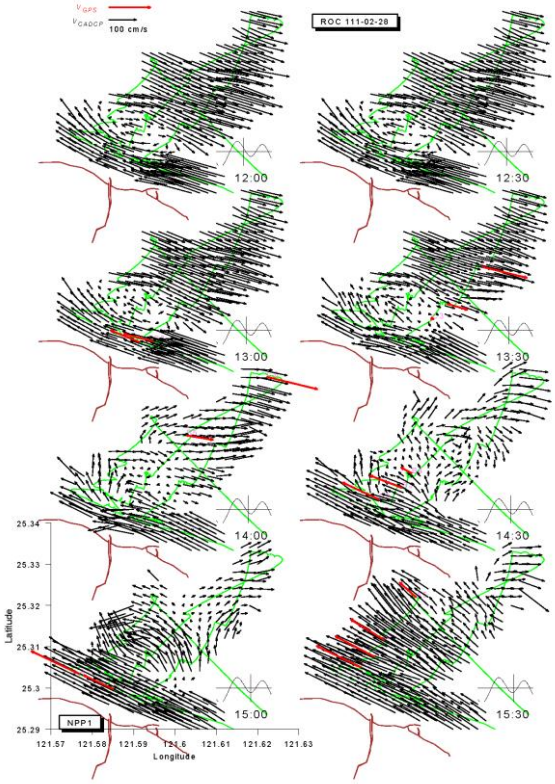
以漁船追蹤 GPS 定位浮標來觀測各測站海流狀況（如圖摘-1 之黑矢向量），檢視過去長期以研究船 ADCP 掃測的海流資料庫相對潮汐坡度所推算的潮流，兩者差異即視為潮汐分量以外多項影響機制的包裹修正淨流（如圖 1 之紅矢向量及圖摘-2 網格向量）。去年同月份調查的流場，經由溫、鹽水文場佐證，曾意外看見是攻入台灣海岸的中國沿岸流，今年則回歸常態，應是黑潮入侵東海之套流的結果。進而全面修正 ADCP 資料庫計算的流場時序，獲致對應當日潮汐的網格化流場向量時序圖（如圖摘-3 之網格向量）。今年夏季則初次看見遠方颱風的環流亦推出類似東北季風下黑潮的入侵現象，影響了北部海域的流場及水文狀況。



圖摘-1 以漁船追蹤 GPS 定位浮標來觀測各測站



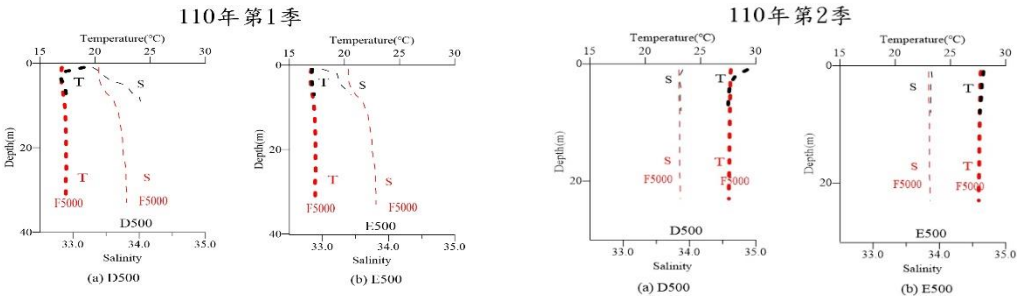
圖摘-2 溫、鹽水文場佐證大陸沿岸流

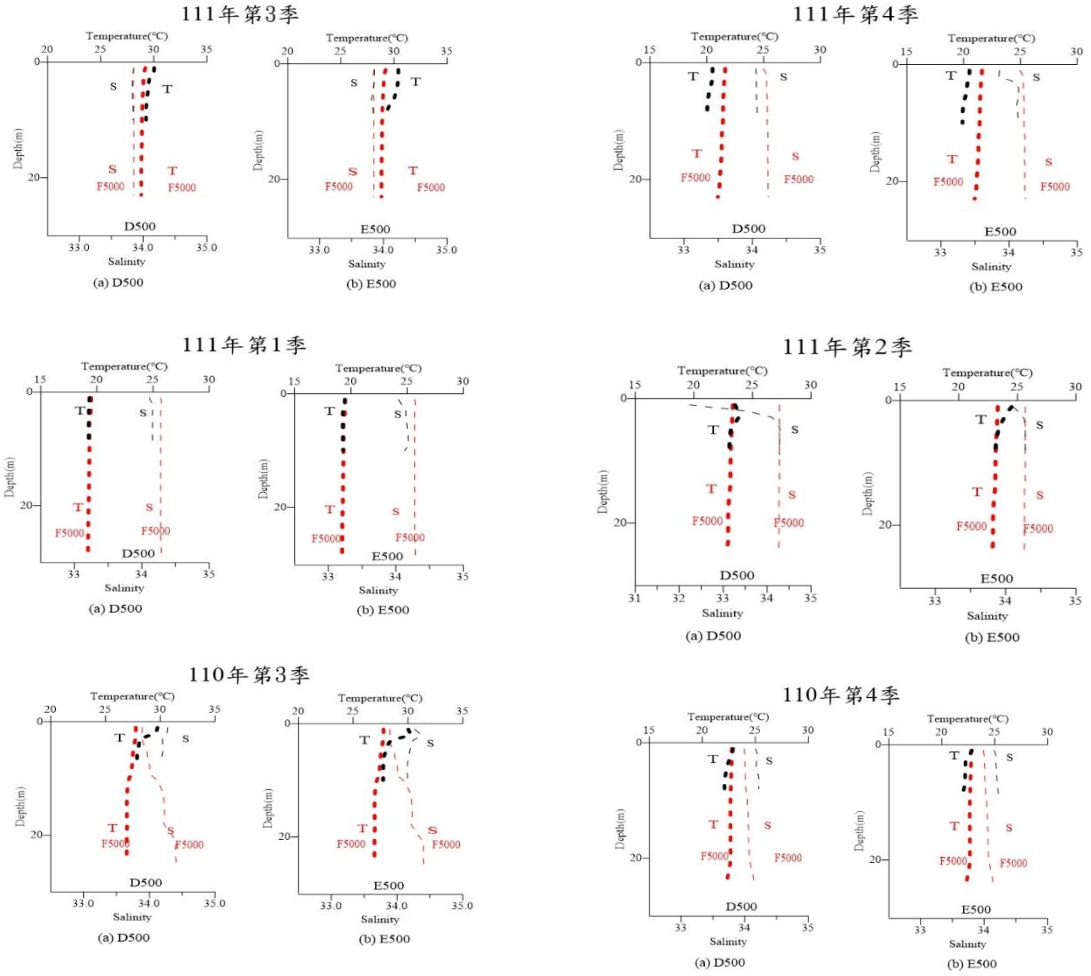


圖摘-3 潮汐的網格化流場向量時序圖

（2）水文水質

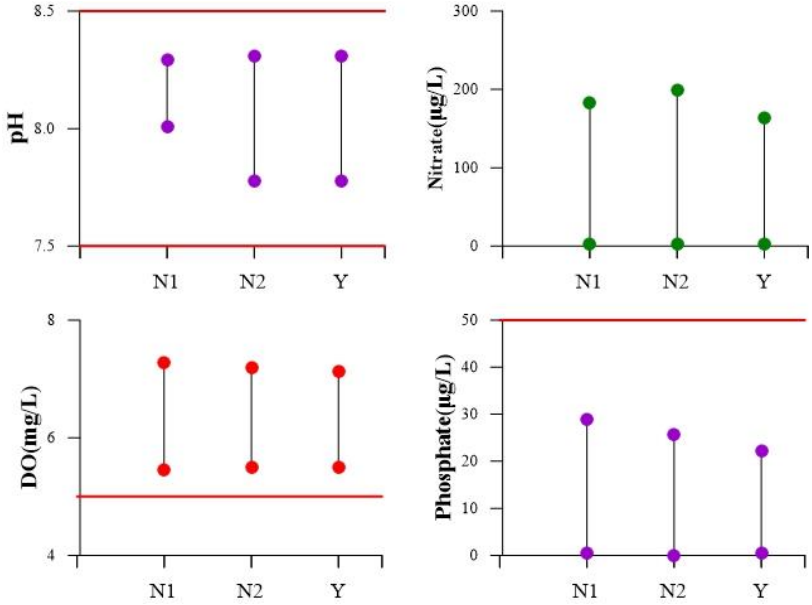
1、110 年-111 年近岸測站受溫排水影響，以下為 D500 與 E500 溫鹽圖(圖摘-4)。





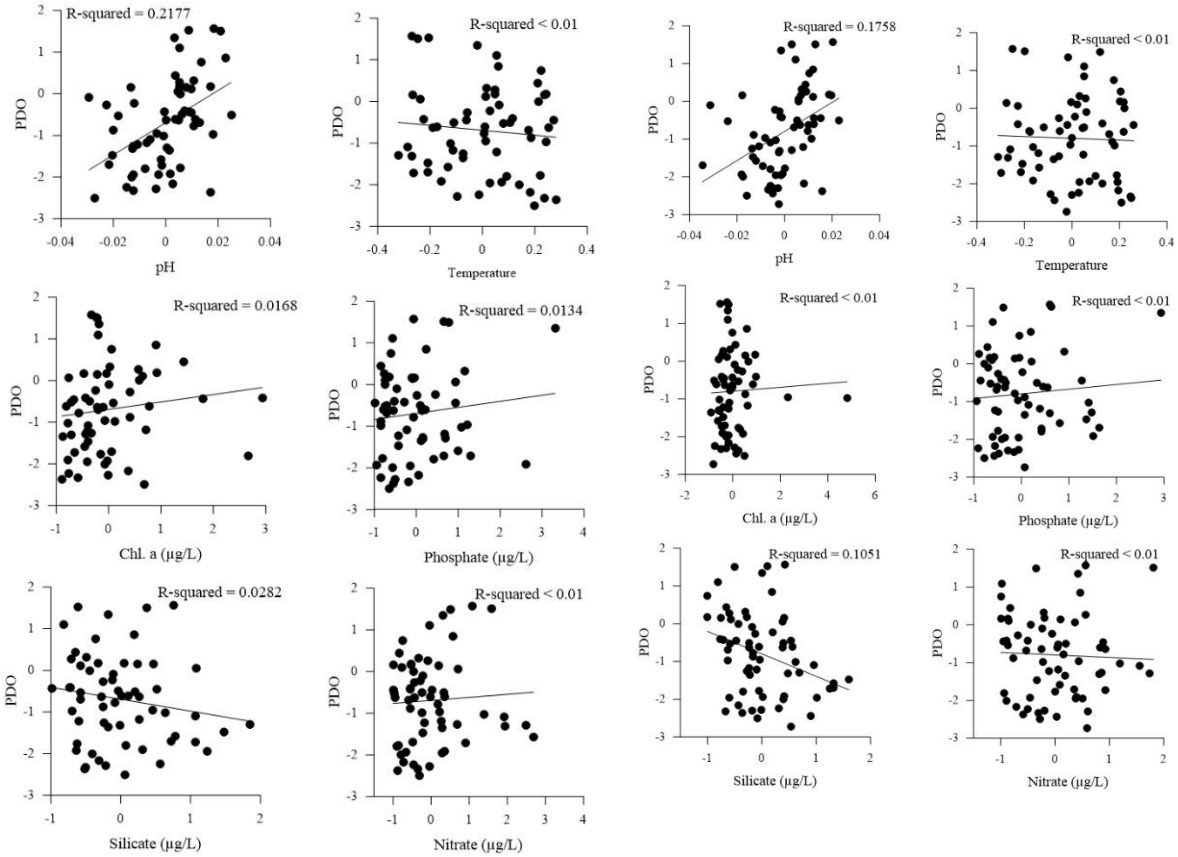
圖摘-4　D500 與 E500 溫鹽資料

2、110 年-111 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(圖摘-5)皆符合行政院環保署所規範之甲類海域海洋環境品質標準。



圖摘-5　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)

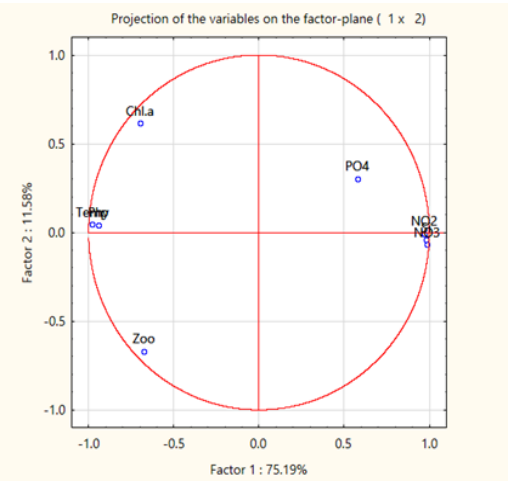
3、96-111 年北部核一廠及核二廠外海海域水質與太平洋十年震盪周期(PDO)相關性不佳(圖摘-6)，即水文水質不受氣候變遷因素影響。



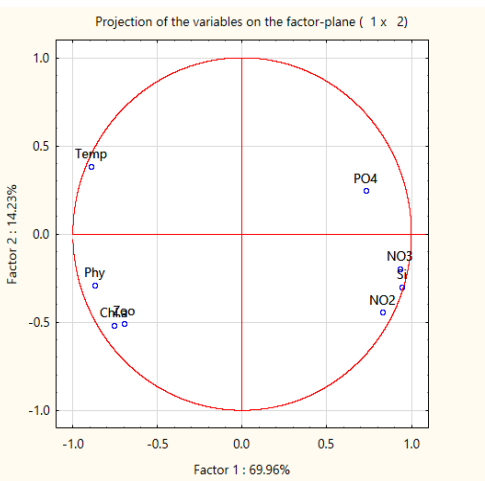
圖摘-6. 核一廠及核二廠外海海域水質與太平洋十年震盪周期(PDO)相關性

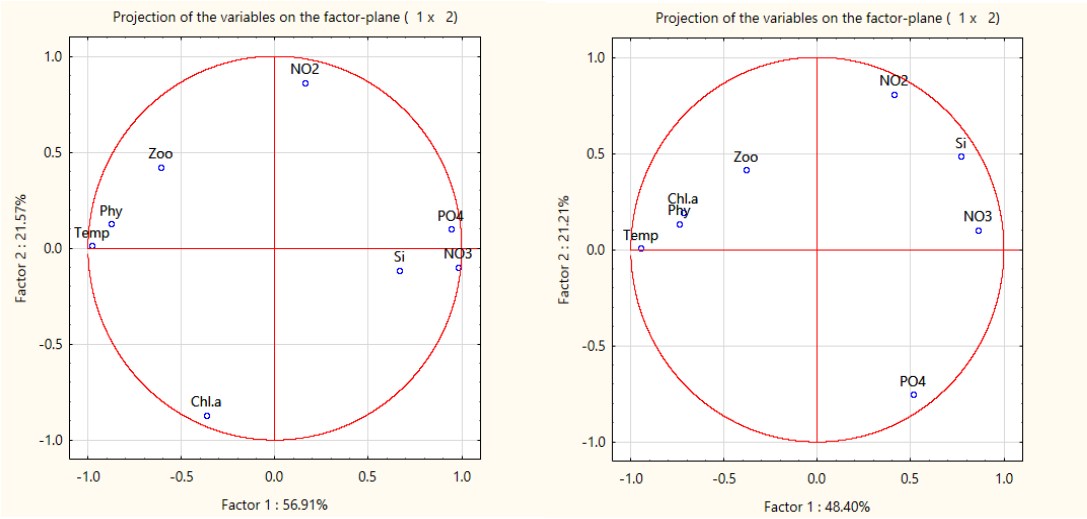
4、110-111 年核一廠與核二廠附近海域生態，統計結果顯示核一廠與核二廠浮游植物與葉綠素及溫度具有良好的相關性(圖摘-7)。

110 年核一廠



110 年核二廠

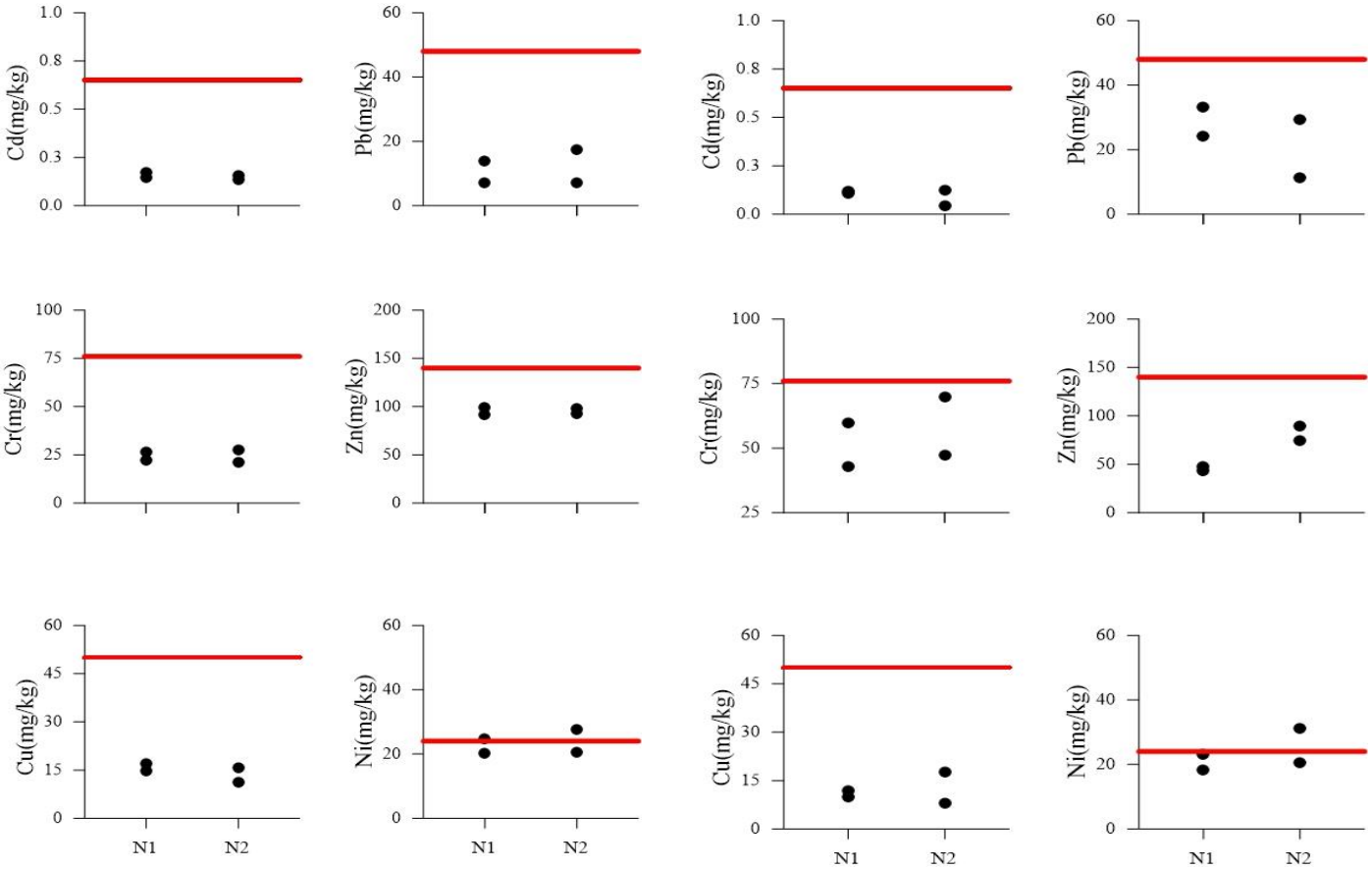




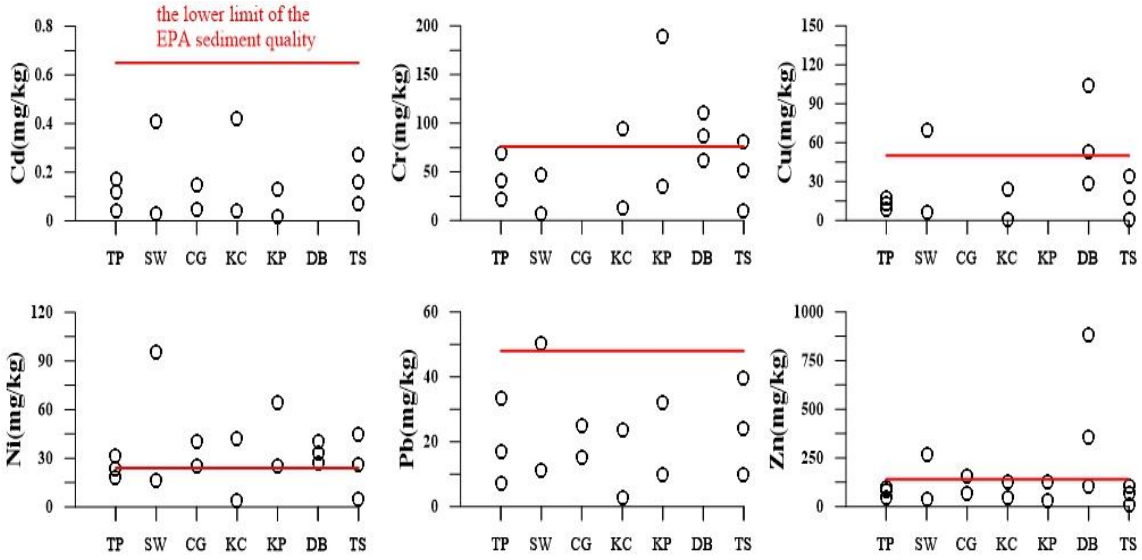
111 年核一廠　　111 年核二廠

圖摘-7 110 年至 111 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。

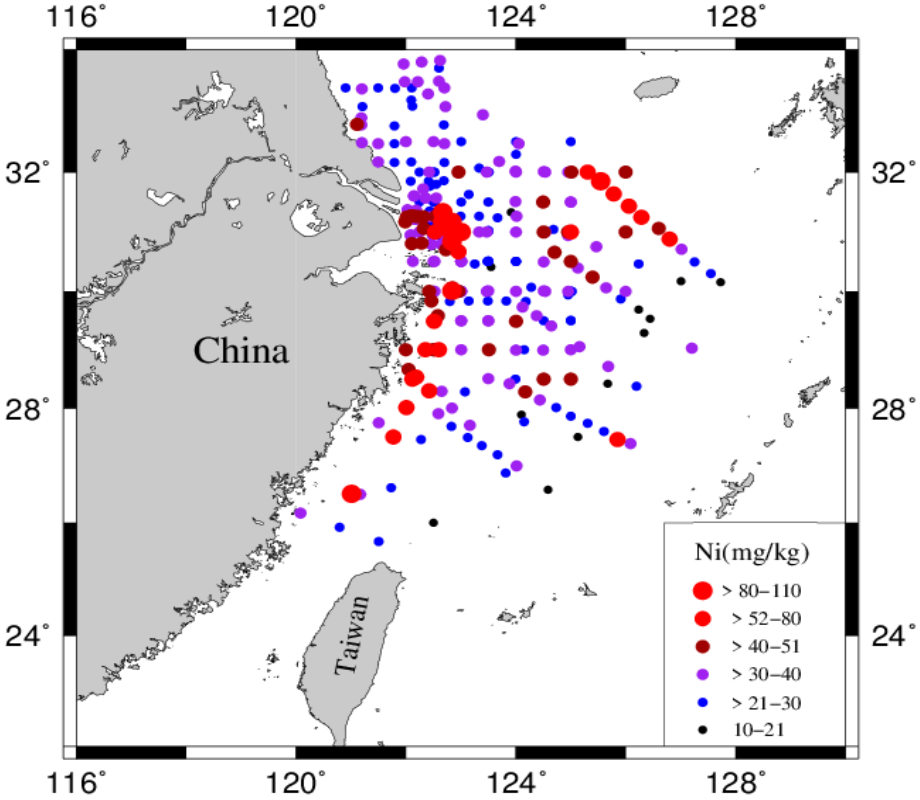
5、110-111 年度沈積物重金屬元素總濃度大多小於環保署底泥品質指標下限值，少數測站鎳濃度超標(圖摘-8)。另台灣週遭海域表層沉積物重金屬元素鎳濃度分佈圖詳如圖摘-9。



110 年　　111 年



圖摘-8 台電(上圖)與文獻發表台灣週遭海域(下圖)沉積物重金屬元素濃度範圍。

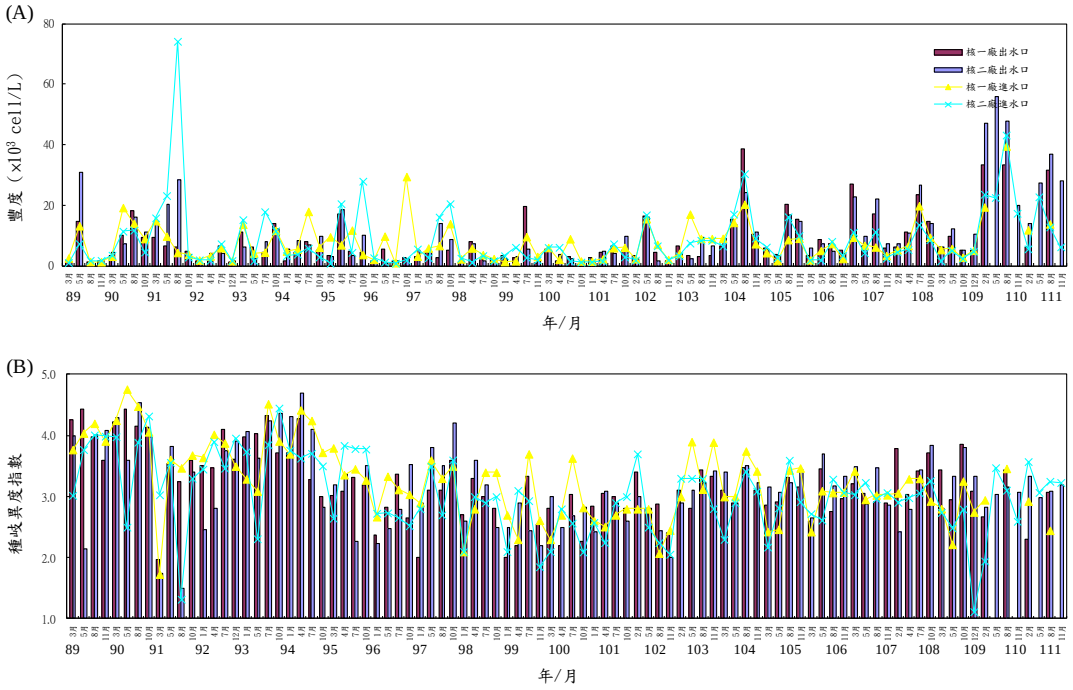


圖摘-9 台灣週遭海域表層沉積物重金屬元素鎳濃度分佈圖

（3）浮游植物

一、 自開始接辦至 111 年期末報告之精簡研究結果：

（自 89 年 1 月 1 日至 111 年 12 月 31 日）



圖摘-10　89 年 3 月至 111 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~111 年共 23 年的豐度以及種歧異度指數長期變化來看(圖摘-10)，本研究近幾年（89~111 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. nitzschioiades*）以及 88 年 7 月在磺溪河口附近海域出現高量的旋鏈角刺藻（*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 110 年 1 月~111 年 12 月之精簡研究結果：

表摘-1　110 年和 111 年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

浮游植物	平均豐度(×10^3cells/l)	種類數目	種歧異度
110 年 第 1 季	M:15.8 ± 1.0 P1:33.3, P2:47.0	T:38, M:15 ± 1 P1:18, P2:19	M:2.7 ± 0.1 P1:2.7, P2:2.8
110 年 第 2 季	M:22.0 ± 1.5 P1:-, P2:55.7	T:69, M:19 ± 1 P1:-, P2:25	M:3.2 ± 0.1 P1:-, P2:3.0
110 年 第 3 季	M:37.2 ± 1.3 P1:33.4, P2:47.6	T:104, M:25 ± 1 P1:22, P2:27	M:3.2 ± 0.1 P1:3.4, P2:3.1
110 年 第 4 季	M:12.0 ± 0.5 P1:-, P2:19.9	T:65, M:15 ± 1 P1:-, P2:18	M:2.9 ± 0.1 P1:-, P2:3.1
111 年 第 1 季	M:6.4 ± 0.4 P1:6.1, P2:13.5	T:56, M:11 ± 1 P1:9, P2:16	M:3.0 ± 0.1 **P1:2.3**, P2:3.3
111 年 第 2 季	M:17.3 ± 0.7 P1:-, P2:27.2	T:65, M:19 ± 1 P1:-, P2:25	M:3.2 ± 0.1 P1:-, P2:3.0
111 年 第 3 季	M:19.5 ± 0.8 P1:31.6, P2:36.7	T:76, M:16 ± 1 P1:19, P2:20	M:3.0 ± 0.1 P1:3.1, P2:3.1
111 年 第 4 季	M:9.8 ± 0.7 P1:-, P2:27.9	T:73, M:12 ± 1 P1:-, P2:17	M:2.9 ± 0.1 P1:-, P2:3.2
平均(M)或總和(T)	M:17.5 ± 0.8 M1:26.1, M2:34.5	T:192, M:17 ± 1 M1:17, M2:21	M:3.0 ± 0.1 M1:2.9, M2:3.1

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。

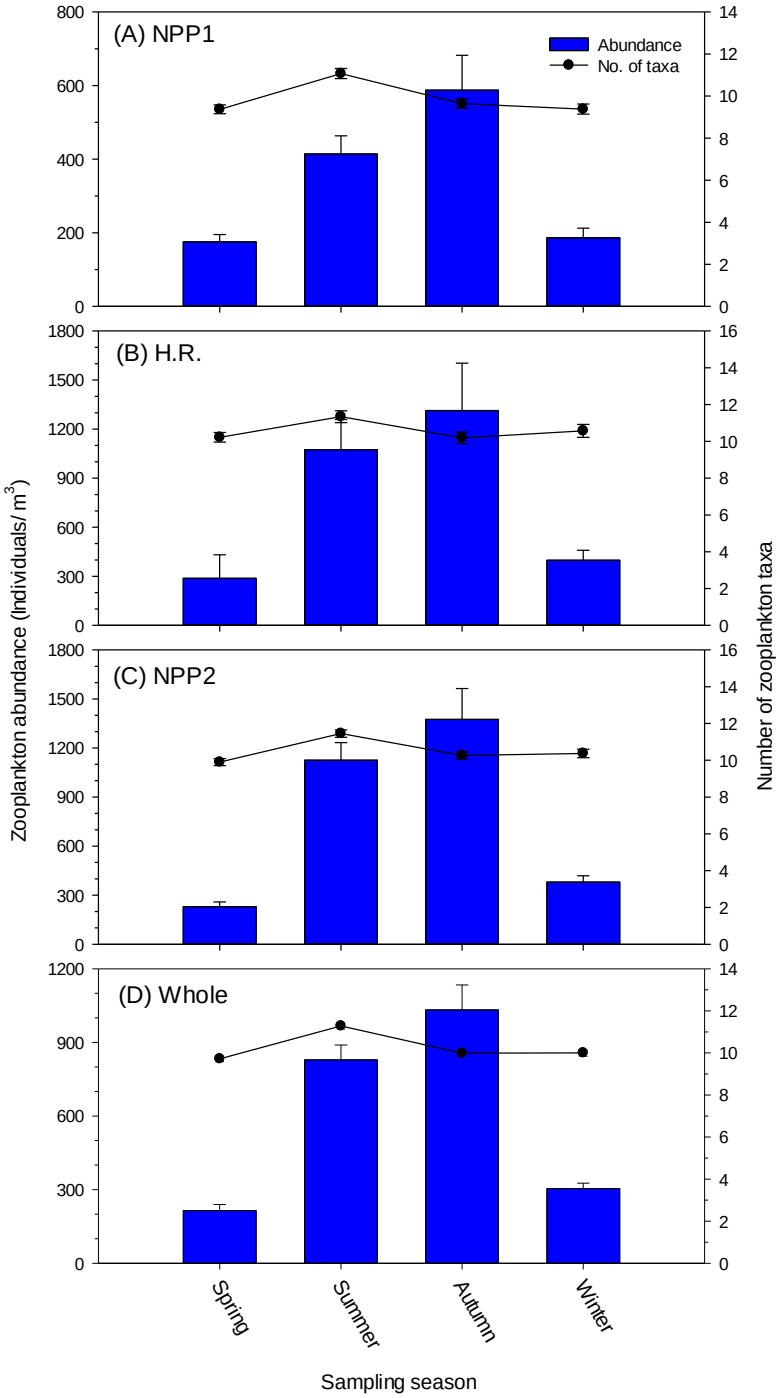
－如由與生物多樣性關係最高的種歧異度指數值來看，兩年來的數值都在 2.3 以上，最高可達 3.4，顯示此海域的生物多樣性頗高，屬於良好的環境。

（4）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。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(圖摘-11)。



圖摘-11、從 89 年第 1 季至 111 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)。

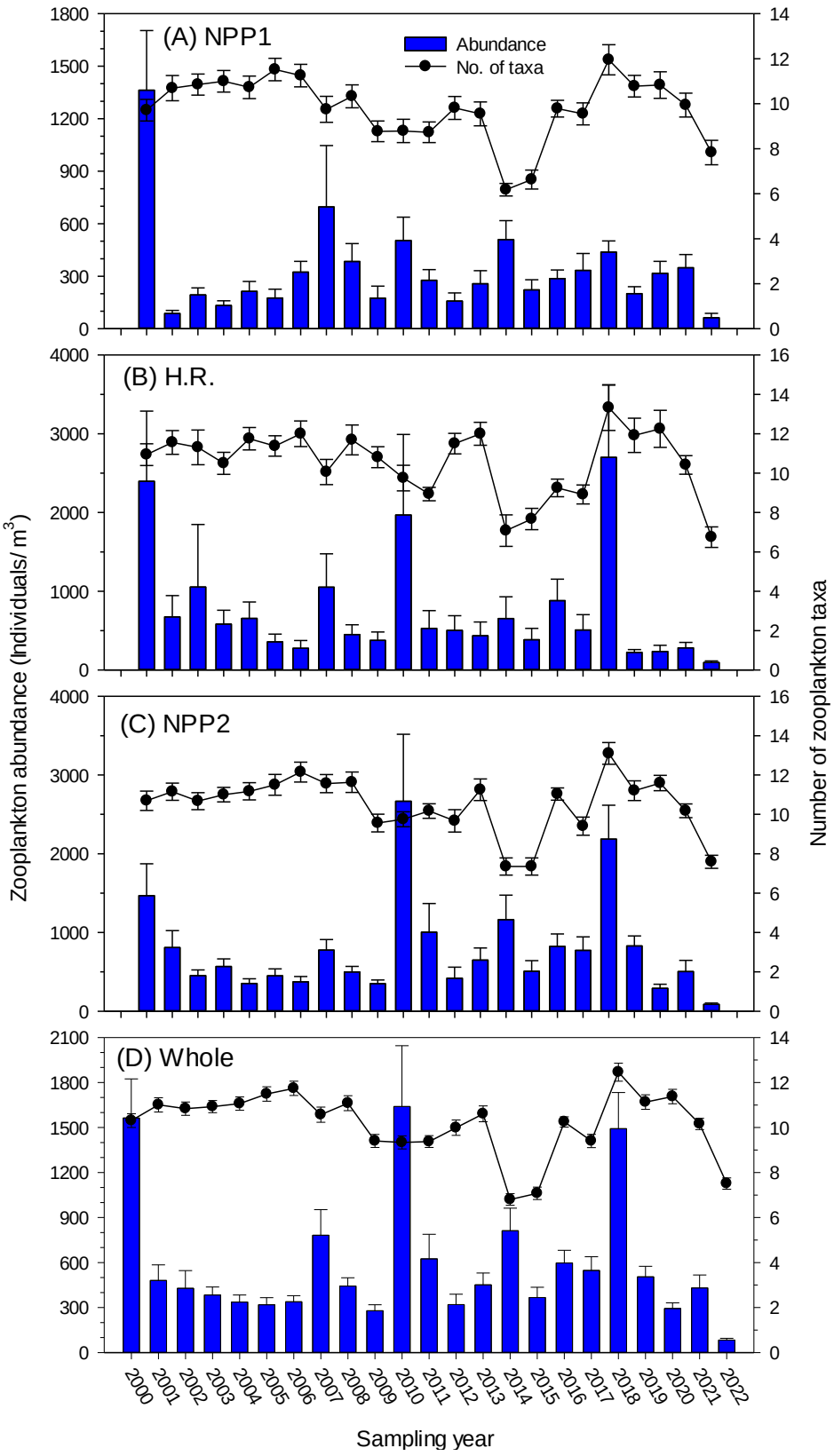
本研究發現執行監測台電海域浮游動物數年以來，浮游動物的數量通常在第 4 季 (Oct-Dec) 或第 1 季 (Jan-Mar) 東北季風盛行時呈現出下降的趨勢 ，除了

中國沿岸流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，將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。從 89 年第 1 季至 111 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則如圖摘-12 所示。

二、近兩年調查結果

從最近的時間刻度 110-111 年度的調查分析資料切入。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，浮游動物與橈足類之組成、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兩年間戲劇性演變的程度。

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 110 年至 111 年期間浮游動物組成與數量呈現清楚下降的變化趨勢，將在後續的監測調查中持續關注浮游動物豐度與浮游動物大類出現數是否逐漸回升。這是 2021-2022 兩年於北部核能電廠外海域浮游動物監測報告中最重要的結論。



圖摘-12、從 89 年第 1 季至 111 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)。

（5）底棲動物

一、　自民國 111 年第 1 季到 111 年第 4 季間之精簡結果：

核一廠分析顯示：

生物方面數據分析顯示(1)物種豐度上(2)物種密度上主要受到出、入水口間之差異所影響，但(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。

沉積環境方面數據分析顯示 (1)總有機質、(4)細泥含量；主要受到季節變化所影響。(2)平均粒徑、(3)篩選度；主要受到出、入水口間之差異所影響；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，有逐年下降的趨勢，由於平均粒徑會受到細量的影響，且物種豐度會受到平均粒徑所影響，所以物種豐度的變化是受到沉積環境之改變所影響。

上述數據若將 89 年到 90 年第 4 季的數據放入整體分析時，長時間的變化並不顯著，只有在考慮 91 年第 1 季到 111 年第 4 季，才會出現顯著的遞減趨勢。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。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。

核二廠在生物方面(1)物種豐度、(2)物種密度上，統計分析後發現，主要受到季節差異所影響，但 (3)物種總量上，統計分析後發現，該因子在出、入水口及季節上均無顯著的變化。在沉積環境方面(1)總有機質、(3)篩選度、(4)細泥含量上，統計分析後發現，主要受到季節變化之影響。在(2)平均粒徑上，統計分析後發現，主要受到出、入水口間的差異所影響。

綜合分析後發現，核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。

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。

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 111 年期末報告之精簡研究結果：

自 87 年第 3 季開始調查至 111 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。另外，發現核一廠的細泥含量及核二廠的總有機值與細泥含量在 93 年發生大量減少，並且核一廠的物種豐度及沉積物之細泥含量從 91 年起，皆有下降的趨勢(如圖摘-13)，由於物種豐度會受到此兩環境因子所影響，且沉積物之總有機質會受到細泥含量所影響，所以物種豐度的變化是受到沉積環境之改變所影響。

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。

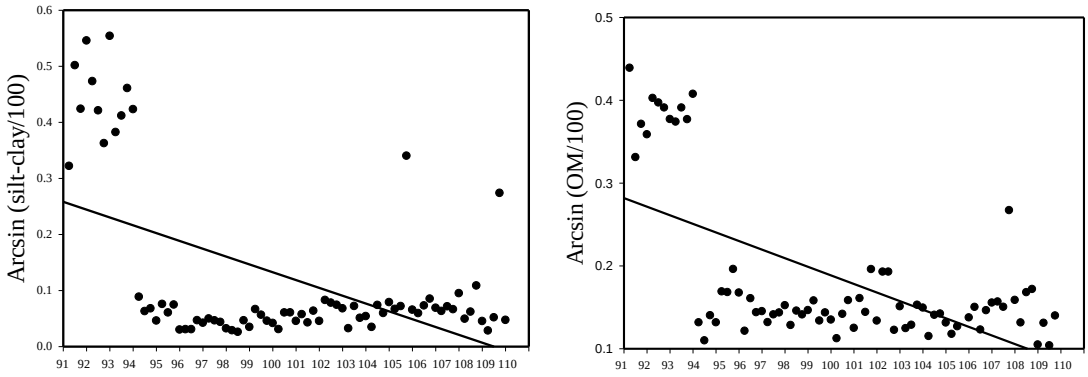
三、　核一廠除役後的影響

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。這點和浮游動物及魚類之反應是不同的；後者因直接受到溫度快速變化的衝擊，自然會在很短時間內出現明顯的變化，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。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。有人認為底棲性魚類會因攝食而改變底棲動物的結構，但底棲動物多生活在底棲性魚類能攝食的深度以下，所以影響不大。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影響的。

四、　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。



圖摘-13、核一廠物種豐度、沉積物之細泥含量變化統計圖

表摘-2、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%

（6）魚類

※**礁岩**魚類群聚：

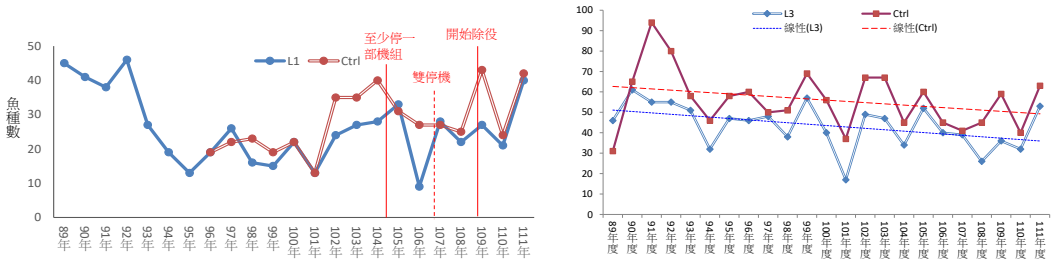
1.核一廠

核一廠自 110 年開始依續合約由 1 年 4 季作業改為 1 年 2 季，分別完成 110~111 年共 4(季)次潛水礁岩魚類調查作業，以年度來統計核一廠海域的實驗站 A(L1)110 年調查到 21 種 557 尾魚，最優勢種是稻氏天竺鯛(*Apogon doederleini*)，對照站 110 年調查到 24 種 383 尾，最優勢種是霓紅雀鯛(*Pomacentrus coelestis*)。實驗站 A(L1)111 年調查到 40 種 396 尾，最優勢種是霓紅雀鯛，對照站 111 年調查到 42 種 797 尾，最優勢種也是霓紅雀鯛。多年來兩測站的優勢種仍以幼魚為主，魚類數量與過去相比較大致居中，兩測站的魚種相似度(Sorensen coefficient =0.46~0.55)。核一廠海域近 20 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)，魚種與尾數與往年比較 110 年居中略少的年度，但 111 年則屬居中略多，111 年兩測站的魚種都微幅增加。長期來看，核一廠的種數與尾數呈現緩慢減少的趨勢。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：0.04, p=0.33)，以 ANOVA 比較魚種數與尾數的差異，其結果亦皆不顯著，也就是說，目前以 5 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。

2.核二廠

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。依年度方式來比較，110 年度核二廠位於出水口左側的實驗測站(L3) 共調查到 15 科 32 種 1169 尾，111 年 24 科 53 種 2429 尾，位於明光碼頭旁的對照站(Ctrl)則共調查到 17 科 43 種 1445 尾，111 年 27 科 63 種 1365 尾，新增的白米甕站 L2 站 110 年調查到 22 科 57 種 2,300 尾，111 年 22 科 52 種 2752 尾，新增的 L4 站 110 年調查到 16 科 37 種 832 尾，111 年 20 科 47 種 1564 尾。110 年實驗站最優勢種是四帶雞魚(*Pomadasys quadrilineatus*)，對照站(Ctrl)最優勢種是布氏長鰭天竺鯛(*Archamia bleekeri*)，白米甕站(L2)則是藍黑新雀鯛(*Neopomacentrus cyanomus*)與燕尾光鰓雀鯛(*Chromis fumeus*)，右堤(L4)則是布氏長鰭天竺鯛。111 年實驗站最優勢種是四帶雞魚，對照站(Ctrl)是霓虹雀鯛，

白米甕站(L2)則是藍黑新雀鯛，右堤(L4)則是布氏長鰭天竺鯛。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，110 年度的魚種與魚尾數與往年比較大致居中(圖摘-14)，111 年魚種數大幅增加，但尾數則與 110 年相當。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。以目前的資料分析溫排水目前並不影響礁岩魚類群聚，但有幾種魚可能較易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)。此外，核二廠近岸自 96 年開始有常有人為放流多種魚類在本海域舉行，長期下來懷疑放流活動造成對照站(Ctrl)四帶雞魚族群迅速減少，部分放生魚類也擴散至出水口附近。至於停機(105 年 4 月~107 年 6 月停機期)是否影響魚類群聚，以群聚角度的 ANOSIM 與尾數 ANOVA 分析停機前後都無顯著差異。若以 110 年 7 月 1 號機提前停機待除役來比較，魚種數、尾數亦皆無顯著差異，但長期是否有影響，目前尚未可知。

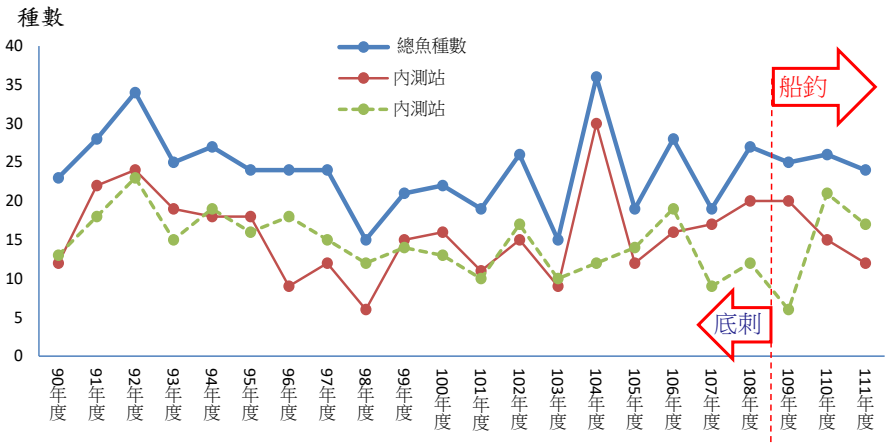


圖摘-14.核一廠(左圖)與核二廠(右圖)海域 礁岩魚類群聚調查實驗測站(出水口 1)與對照站(Ctrl)以潛水方式調查各年度的魚種數量變化圖

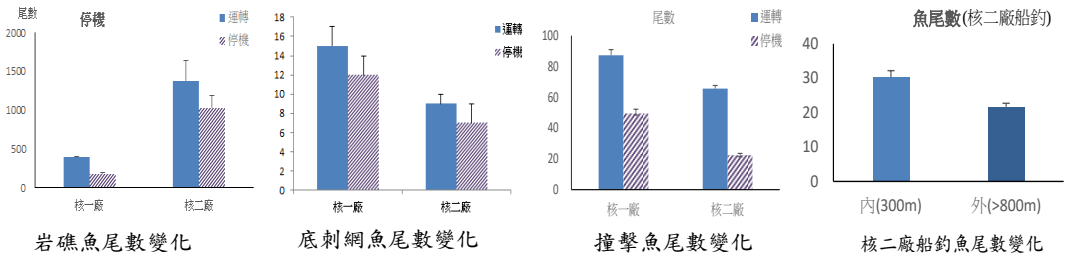
※洄游與底棲性魚類：

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，測站則仍維持原來底刺網站，110 年度靠近出水口的內測站，捕獲 15 種 109 尾 10750 克，而離岸較遠的外測站則捕獲 21 種 109 尾 11895 克，111 年內測站捕獲 12 種 127 尾 11895 克，外測站捕獲 17 種 109 尾 14101 克(圖摘-15)。110 年內測站優勢種排名依序為三線雞魚(41 尾)、橫紋九刺鮨(28 尾)、白頸赤尾冬(16 尾)，外測站 110 年度的魚尾數優勢排名依序為三線雞魚(23 尾)、橫紋九刺鮨(22 尾)、白頸赤尾冬(17 尾)。111 年內測站優勢種排名為三線雞魚(63 尾)、白頸赤尾冬(23 尾)、橫紋九刺鮨(22 尾)，外測站 111 年優勢排名為橫紋九刺鮨(45 尾)、寒鯛(10 尾)、白頸赤尾冬(10 尾)、日本擬隆頭魚(10

尾)。內外測站優勢魚種排名略有些微不相同，內外站的魚種相似度(Sorensen coefficient=0.29~0.47)，綜合 110~111 年調查內外測站都捕獲相同的魚種有斑海鯰、三線雞魚、寒鯛、日本擬隆頭魚、新月錦魚、奧氏笛鯛、白星笛鯛、雙帶鱗鰭烏尾鮗、白頸赤尾冬、橫紋九刺鮨、玳瑁石斑魚、大頭花桿狗母共 12 種，110 年度內、外測站皆無每季都捕獲的魚類，但 111 年度內、外測站每季都捕獲的魚類有 2 種(橫紋九刺鮨、白頸赤尾冬)，可見季節與年度間魚種變化不定。白頸赤尾冬、橫紋九刺鮨是此海域被捕獲最多站次的魚類，也是往年以底刺網調查時常被捕獲的魚種。3 年的船釣資料以 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)。若以 one-way ANOSIM 的方法比較核二廠 3 年船釣方式調查的內外測站群聚差異 Global test R：0.13 (p=0.08)，此結果與過去以底刺網調查方式的結果相似，顯示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(圖摘-16)。



圖摘-15.核二廠海域各年度以底刺網與 109~111 年船釣調查之魚類種數年度變化圖



圖摘-16. 以潛水觀測岩礁魚類(左圖)、底刺網魚類(左二圖)、撞擊魚類(右二圖)與船釣(右圖)方式，比較核一、核二廠停機前後魚類尾數之差異圖(撞擊魚類分析則去除大量撞擊之離群值)

※撞擊魚類：

1.核一廠

核一廠依照合約於110年開始改為每半年採樣1次。110年2次採集共6科6種29尾，共1.02公斤，年度優勢種為細紋鰟(*Leiognathus berbis*)(12尾)、褐藍子魚(7尾)、六斑二齒魨(6尾)。111年2次採集共5科5種10尾，共1.05公斤，年度優勢種為六斑二齒魨(4尾)、條紋豆娘魚(2尾)、鋸尾鯛(2尾。110~111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。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(2017~2021)相比較，核一廠在20年間魚類共減少了113種，消失的共同魚科有鱗魨、鮃、土魟、白鯧、鬚鯛、金線魚、鰨及角鑣魚科。綜合各年調查資料，進行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。至於停機期間撞擊魚類是否會減少，以目前的統計檢定結果，核一廠在停機期與除役後都與運轉期無顯著差異。

在漁業經濟損失估算方面，110年度的漁業經濟損失是0.3~0.62萬元/年，111年是0.32~0.65萬元/年(過去下雜魚價~111年下雜魚平均價)，與過去的損失金額相比較可發現近6年來的損失金額都大幅減少(不到1萬元/年)。

2.核二廠

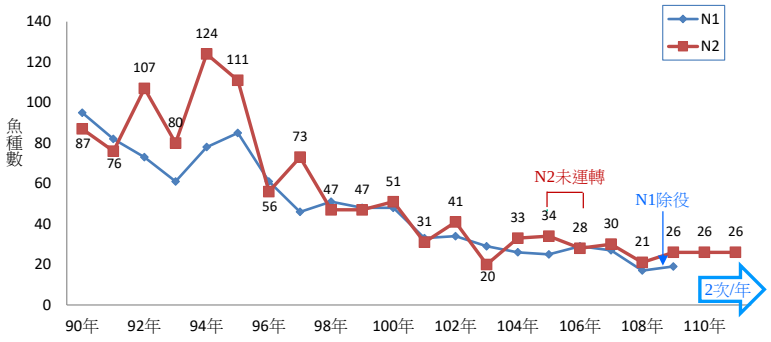
核二廠仍延續以往每月1次採樣頻度，110年度12次(月)採集共21科26種500尾魚類，37.758公斤重，111年共17科26種108尾，26.744公斤重，110~111年都完全無沙丁魚撞擊核二廠，未發生大量撞擊事件。

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， 103年核二廠魚種類降至歷年來最低點，往後的7年雖略為增加，但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。在尾數變化上，過往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，與97年以前動輒上千、萬尾/年，差別甚大。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(2017~2021)相比較，核二廠減少了117種，兩廠消失的共同魚科有鱗魨、鮃、土魟、白鯧、鬚鯛、金線魚、鰨及角鑣魚科，魚類的消失與減少，可能與海洋變遷有較大的關係(圖摘-17)。

綜合兩電廠各年調查資料，進行年度間魚類群聚分析，結果顯示96、97年前後具有明顯的差別。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

類群聚具有明顯的分群，即可分為90-96年間、97-108年間、107~109年間與110~111年間共4個不同類群(時期)，且4類群(時期)間都具有顯著差別(Global R：0.82，p=0.001)，107~109年間與110~111年間跳脫在整個大類群外的最可能原因為這5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，107~109年與110~111年分群是因近2年都記錄到人為放流的日本真鱸。至於停機期間撞擊魚類是否會減少，以目前的統計檢定結果，核二廠在停機期間無顯著差異。

在漁業經濟損失估算方面，110年度的漁業經濟損失是2.76~5.72萬元/年，111年是1.95~4.05萬元/年(過去下雜魚價~111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(到6萬元/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6年度與過去其他年度漁業經濟損失的比較其損失大幅減少。

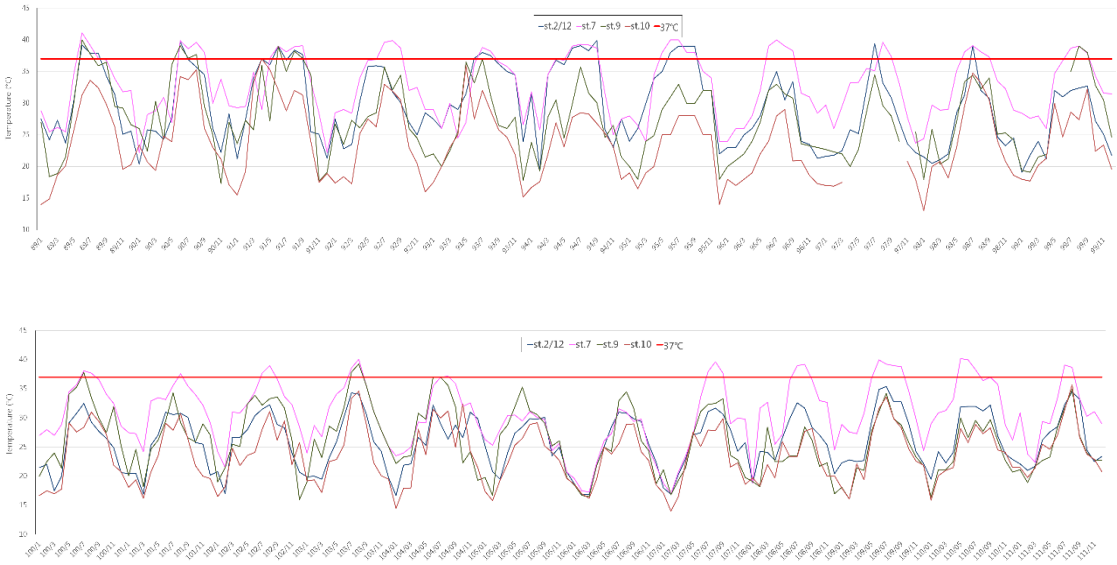


圖摘-17.核一、核二廠撞擊魚類種類數之年間(年度)變化圖

※畸形魚之生態調查：

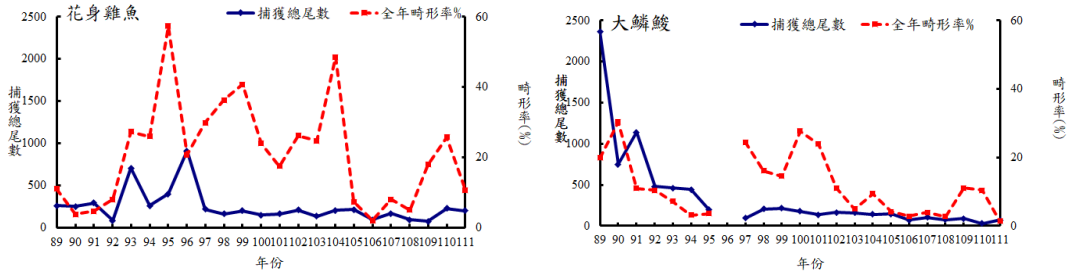
(1) 89 年至 108 年核二廠四個測站水溫呈現明顯的季節性變化，水溫自每年的 4-5 月開始攀升，於 6 月出現超過 37℃的高溫，並持續高溫至 9-10 月後才開始下降。過去出水口內部 st.7 於夏季之水溫幾乎每年皆有超過紅色橫線代表的發生畸形魚之水溫底限 37℃。然而核二廠 2 號發電機組於 105 年 4 月起開始停機後，105 年與 106 年間夏季所記錄的水溫值明顯較往年同期低，且皆無量測到超過 37℃的高溫。但在 107 年 6 月核二廠 2 號發電機組恢復運轉後，107 年夏季再度於出水口測到超過 37℃的高溫。往後 108 年至 109 年 4 月核二廠周圍的水溫趨勢與 107 年類似，呈現夏高冬低。109 年度發現出水口超過 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 年至 9 月前調查發現今年 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。此低溫的狀態持續維持至 111 年 5 月，出水口出現的水溫比過去兩年明顯低，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℃(圖摘-18)。



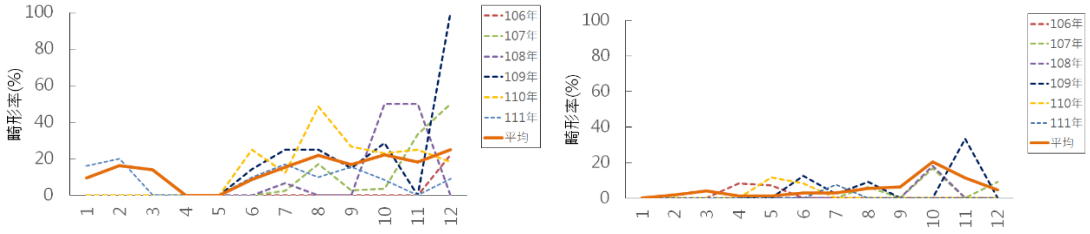
圖摘-18. 89 年至 111 年核二廠出水口之各測站水溫圖

(2) 本研究自 89 年至今，共採獲魚體總計 14610 尾，其中畸形尾數 2533 尾，平均畸形率為 17.33%，共計有 68 個物種被採獲。除了花身雞魚(*Terapon jarbua*) 、大鱗鮻(*Chelon macrolepis*)還有極少量的鯔 (*Mugil cephalus*)以外，其他魚種皆未發現畸形。105 至 106 年度間畸形率明顯較往年來得少。主要原因可能和核二廠在 105 年 4 月後停機有關，此期間水溫未超過 37℃。花身雞魚的畸形率為畸形率為 2.11%；大鱗鮻畸形率為 2.78%，明顯比往年的畸形率低。然而 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鮻的畸形率再度提升。108 年度花身雞魚與大鱗鮻的畸形率分別為 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鮻的畸形率分別為 17.95%與 11.11%。110 年共採獲花身雞魚捕獲 229 尾(畸形率 25.8%)，大鱗鮻捕獲 29 尾(畸形率 10.3%)。111 年度共採獲花身雞魚捕獲 205 尾(畸形率 10.6%)，大鱗鮻捕獲 72 尾(畸形率 1.2%)，整體而言 111 年度畸形率明顯比 110 年低(圖摘-19)。



圖摘-19. 89 年至 111 年度花身雞魚及大鱗鮻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趨勢，約在夏季 7-10 月出現高峰，隔年 1-3 月則有另一個高峰。而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，花身雞魚和大鱗鮻的畸形率再度升高，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)，造成畸形率又再度提升至 11-26%。而在 110 年 8 月後至 111 年水溫偏低，水溫皆持續維持在 37℃以下，造成 111 年畸形率再度降低(圖摘-20)。

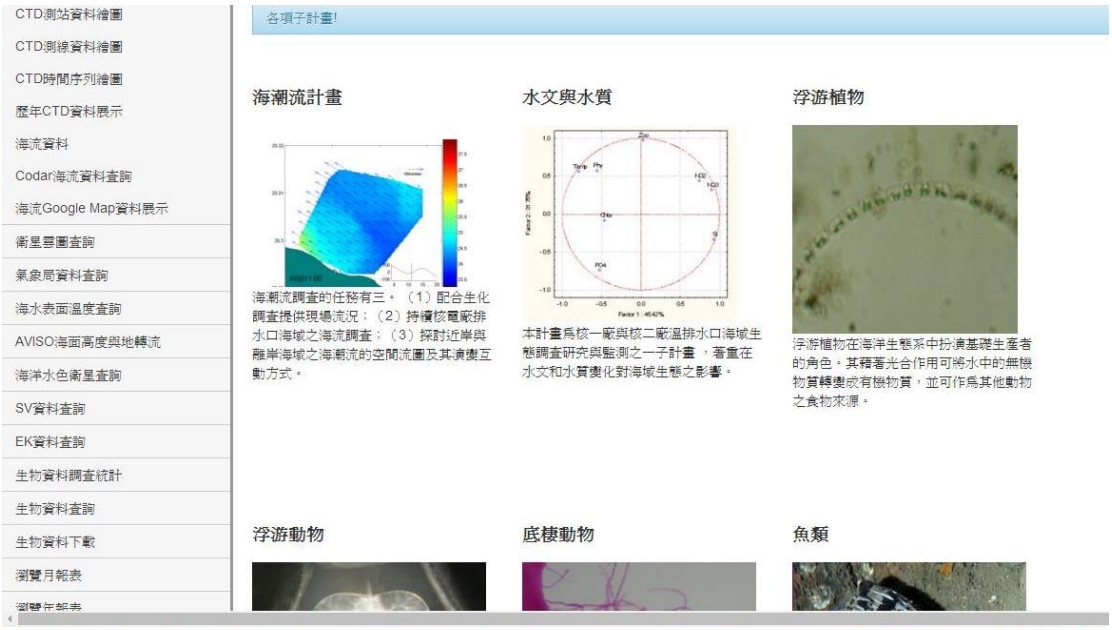


圖摘-20. 近 6 年(106-111 年)花身雞魚(左)及大鱗鮻(右)各月畸形率變化圖

（7）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 110 年第 1 季至 111 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：http://taipower.ntou.edu.tw (圖摘-21)


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
衛星雲圖查詢
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
各項子計畫!
海潮流計畫
海潮流調查的任務有三。（1）配合生化調查提供現場流況；（2）持續核電廠排水口海域之海流調查；（3）探討近岸與離岸海域之海潮流的空間流圖及其演變互動方式。
水文與水質
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，著重在水文和水質變化對海域生態之影響。
浮游植物
浮游植物在海洋生態系中扮演基礎生產者的角色。其藉著光合作用可將水中的無機物質轉變成有機物質，並可作為其他動物之食物來源。
浮游動物
底棲動物
魚類

圖摘-21 資料庫網頁