第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查

契約編號：061050002201

106年第1次期中報告

定稿本

(本次報告執行期間：中華民國106年1月1日至106年6月30日)

委託單位：台灣電力股份有限公司

執行單位：國立中山大學

中華民國106年11月

中文摘要（簡要版）

一、中文計畫名稱：第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查

二、英文計畫名稱：An ecological survey on the waters adjacent to the nuclear power plant in South Taiwan and the Lanyu Repository

三、契約編號：061050002201

四、契約期間：106 年 1 月 1 日至 106 年 6 月 30 日

五、執行單位：國立中山大學

六、計畫主持人：陳鎮東教授

七、協同主持人：詹　森教授、陳孟仙教授、劉莉蓮教授、黃榮富教授、楊穎堅副教授

八、本次報告書名稱：106年第1次期中報告定稿本
(執行期間：中華民國106年1月1日至106年6月30日)

九、本次報告書完成日期：中華民國106年11月

十、使用語言：中文

十一、中文摘要關鍵詞：核三廠、蘭嶼貯存場、海域生態

十二、英文摘要關鍵詞：The Third Nuclear Power Plant,
The Radwaste Repository Site,
Ecology of coastal area

十三、中文摘要：詳內文

印製年月：中華民國 106 年 11 月

致　謝

本項調查承台灣電力股份有限公司第三核能發電廠、蘭嶼貯存場於採樣時提供協助。

行政院原子能委員會、行政院環境保護署，台灣電力股份有限公司綜合研究所、公眾服務處、核能發電處、核能技術處、核能後端營運處、第一核能發電廠、第二核能發電廠、第三核能發電廠、龍門施工處、龍門核能發電廠（原為第四核能發電廠）、放射試驗室、環境保護處（原為工安環保處）於歷年報告審查時，提供寶貴意見，使本報告書內容漸趨完整，特此致謝。

計畫分工一覽

計 畫 名 稱 ：第三核能發電廠及蘭嶼貯存場
附近海域之生態調查

計 畫 主 持 人 ：陳鎮東教授
國立中山大學海洋科學系

協同主持人：

(一) 海潮流： 詹 森教授
國立臺灣大學海洋研究所

(二) 水文水質： 陳鎮東教授
國立中山大學海洋科學系

(三) 植物性及 陳孟仙教授
動物性浮游 國立中山大學海洋科學系
生物調查：

(四) 底棲動物 劉莉蓮教授
調查： 國立中山大學海洋科學系

(五) 魚類調查： 黃榮富教授
國立高雄海洋科技大學水產養殖系

(六) 網站架構與 楊穎堅副教授
綜合討論 國立臺灣大學海洋研究所

目　錄

表目錄---------- A-1
圖目錄---------- B-1
甲、工作背景
壹. 緣起---------- I
貳. 辦理內容及方式---------- I
參. 成效---------- II
(一) 各子計畫精簡研究結果---------- III
(二) 說帖---------- XVI
肆. 摘要---------- XIX
乙、工作報告
壹、海潮流
一、計畫目的與緣起---------- 1-1
二、文獻回顧 ---------- 1-2
三、研究方法與進度說明---------- 1-6
四、調查研究結果---------- 1-9
五、結論---------- 1-21
六、附表與附圖---------- 1-23
貳、水文水質
(貳-甲)、第三核能發電廠附近海域水文與水質化學
一、計畫目的與緣起---------- 2-1
二、文獻回顧---------- 2-4
三、研究方法與進度說明---------- 2-9
四、目前研究成果---------- 2-16
五、結論---------- 2-24
六、附表與附圖---------- 2-25
(貳-乙)、蘭嶼貯存場附近海域之水文及水質化學
一、計畫目的與緣起---------- 2-39
二、文獻回顧---------- 2-39
三、研究方法與進度說明---------- 2-40
四、目前研究結果---------- 2-40
五、結論---------- 2-43
六、附表與附圖---------- 2-43

參、植物性及動物性浮游生物調查

一、計畫目的與緣起---------- 3-1

二、文獻回顧---------- 3-1

三、研究方法與進度說明---------- 3-3

四、目前研究成果---------- 3-5

五、結論---------- 3-17

六、附表與附圖---------- 3-17

肆、底棲動物

一、計畫目的與緣起---------- 4-1

二、文獻回顧---------- 4-2

三、研究方法與進度說明---------- 4-4

四、目前研究成果---------- 4-6

五、討論---------- 4-21

六、附表與附圖---------- 4-27

伍、魚類調查

一、計畫目的與緣起---------- 5-1

二、文獻回顧---------- 5-1

三、研究方法與進度說明---------- 5-3

四、目前調查研究成果---------- 5-4

五、結論---------- 5-11

六、附表與附圖---------- 5-13

陸、網站架構與綜合討論

一、計畫目的與緣起---------- 6-1

二、研究方法與進度說明---------- 6-1

三、目前研究成果---------- 6-2

四、結論---------- 6-30

五、附表與附圖---------- 6-31

柒、參考資料 ---------- 7-1

捌、附錄

附錄A：「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」記事 附錄A

附錄B：期中、期末工作檢討會之回覆意見對照表

附錄B-1：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」100年期中工作檢討會之回覆意見對照表 (會議日期：100年8月31日)------ 附錄B-1

附錄B-2：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」100年期末工作檢討會之回覆意見對照表 (會議日期：101年3月2日)------- 附錄B-2

附錄B-3：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」101年期中工作檢討會之回覆意見對照表 (會議日期：101年9月5日)------- 附錄B-3

附錄B-4：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」101年期末工作檢討會暨102年度新委辦工作開案會議紀錄之回覆意見對照表 (會議日期：102年3月8日)---------- 附錄B-4

附錄B-5：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」102年期中工作檢討會之回覆意見對照表 (會議日期：102年9月10日)----- 附錄B-5

附錄B-6：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」102年期末工作檢討會之回覆意見對照表 (會議日期：103年3月14日)----- 附錄B-6

附錄B-7：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」103年期中工作檢討會之回覆意見對照表 (會議日期：103年9月10日)----- 附錄B-7

附錄B-8：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」103年期末工作檢討會之回覆意見對照表 (會議日期：104年3月12日)----- 附錄B-8

附錄B-9：「第三核能發廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」104年期中工作檢討會之回覆意見對照表 (會議日期：104年8月27日)---------- 附錄B-9

附錄B-10：「第三核能發廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」104年期末工作檢討會之回覆意見對照表 (會議日期：105年3月4日)---------- 附錄B-10

附錄B-11A：「第三核能發廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」105年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：105年9月20日)---------- 附錄B-11A

附錄B-11B：「第三核能發廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」105年期中工作檢討會之回覆意見對照表 (會議日期：105年9月20日)---------- 附錄B-11B

附錄B-12A：「第三核能發廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」105年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：106年3月7日)---------- 附錄B-12A

附錄B-12B：「第三核能發廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」105年期末工作檢討會之回覆意見對照表 (會議日期：106年3月7日)---------- 附錄B-12B

(續) 捌、附錄

附錄B-13A：「第三核能發廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
106年期中工作檢討會會議紀錄
(會議日期：106年10月20日)---------- 附錄B-13A

附錄B-13B：「第三核能發廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
106年期中工作檢討會之回覆意見對照表
(會議日期：106年10月20日)---------- 附錄B-13B

附錄C：核能電廠及蘭嶼附近海域生態調查計畫之放射性物質調查 附錄C

(106年期中報告定稿本) (契約編號：0560500007)

(1) 委託單位：台灣電力股份有限公司

執行單位：國立清華大學

(2) 依台電公司102年3月8日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，

101年期末工作檢討會暨102年度新委辦工作開案會議紀錄辦理。

『(十一) 自102年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』

表 目 錄

頁次

表 1-1 第三核能發電廠附近海域民國 106 年第 1 次漂流浮標追蹤調查成果表(民國 106 年 2 月 22 日)---------- 光碟

表 1-2 第三核能發電廠附近海域民國 106 年第 2 次漂流浮標追蹤調查成果表(民國 106 年 5 月 14 日)---------- 光碟

表 1-3 第三核能發電廠附近海域 (民國 105 年 12 月 13 日～106 年 1 月 19 日)定點海流觀測調和分析表---------- 光碟

表 1-4 第三核能發電廠附近海域 ((民國 106 年 1 月 19 日～106 年 3 月 14 日)定點海流觀測調和分析表---------- 光碟

表 1-5 第三核能發電廠附近海域 (民國 106 年 3 月 14 日～106 年 5 月 10 日)定點海流觀測調和分析表---------- 光碟

表 1-6 第三核能發電廠附近海域 (民國 106 年 5 月 10 日～106 年 7 月 6 日)定點海流觀測調和分析表---------- 光碟

表 1-7 第三核能發電廠附近海域 87～106 年度漂流浮標追蹤調查結果--------- 光碟

表 1-8 第三核能發電廠附近海域長期海流測站平均流速、流向及絕對流速表 光碟

表 1-9 第三核能發電廠附近海域歷年 CTD 調查水團屬性---------- 光碟

表 1-10 第三核能發電廠附近海域海潮流歷年調查結果摘要整理---------- 光碟

表 1-11 民國 92 至 104 年水溫基本統計表---------- 光碟

表 2-1 民國 106 年第 1 次～106 年第 2 次水文暨水質化學資料---------- 2-26

表 2-2 聖嬰年及反聖嬰年開始及結束時間---------- 2-28

表 2-3 WOCE PR-20, PR-21測線上海研一號 (OR-I)、海研三號及KEEP-MASS測站之水質資料---------- 2-29

表 2-4 蘭嶼貯存場附近海域民國 106 年第 1 次～106 年第 2 次水文暨水質化學資料---------- 2-44

表 3-1 民國 106 年 3 月 10 日第三核能發電廠附近海域監測站之植物性浮游生物之密度(cells/l)及種類組成-環保署公告之沈澱法---------- 3-18

表 3-2 民國 106 年 5 月 24 日第三核能發電廠附近海域監測站之植物性浮游生物之密度(cells/l)及種類組成-環保署公告之沈澱法---------- 3-19

表 3-3 民國 106 年 3 月 10 日第三核能發電廠附近海域監測站之植物性浮游生物之密度(cells/l)及種類組成-原過濾濃縮法---------- 3-20

表 3-4　民國 106 年 5 月 24 日第三核能發電廠附近海域監測站之植物性浮游生物之密度(cells/l)及種類組成-原過濾濃縮法---------- 3-21

表 3-5　民國 106 年 3 月 10 日第三核能發電廠附近海域監測站表層動物性浮游生物各大類之豐度(ind./1000m^3)及生物量---------- 3-22

表 3-6　民國 106 年 3 月 10 日第三核能發電廠附近海域監測站垂直動物性浮游生物各大類之豐度(ind./1000m^3)及生物量---------- 3-23

表 3-7　民國 106 年 5 月 24 日第三核能發電廠附近海域監測站表層動物性浮游生物各大類之豐度(ind./1000m^3)及生物量---------- 3-24

表 3-8　民國 106 年 5 月 24 日第三核能發電廠附近海域監測站垂直動物性浮游生物各大類之豐度(ind./1000m^3)及生物量---------- 3-25

表 3-9　民國 106 年 3 月 10 日和 5 月 24 日第三核能發電廠附近海域對照與監測測站植物性浮游生物之平均密度比較(cells/l)---------- 3-26

表 3-10　民國 106 年 3 月 10 日和 5 月 24 日第三核能發電廠附近海域對照與監測測站動物性浮游生物之平均豐度比較(ind./m^3)---------- 3-27

表 3-11　民國 106 年 3 月 10 日和 5 月 24 日第三核能發電廠附近海域對照與監測測站蝦蟹幼生、魚卵及仔魚之平均豐度比較(ind./m^3)---------- 3-28

表 3-12　One-way ANOVA 統計分析動物性浮游生物物(ZP)、植物性浮游生物(PP)、魚卵(F-egg)、仔魚(F-lar)、蟹幼生(C-lar)及蝦幼生(S-lar)在各季節之不同年間差異---------- 3-29

表 3-13　Duncan's 多變距統計分析動物性浮游生物(ZP)、植物性浮游生物(PP)、魚卵(F-egg)、仔魚(F-lar)、蟹幼生(C-lar)及蝦幼生(S-lar)在第 1 次(冬季)與第 2 次(春季)之不同年份間的差異---------- 3-30

表 3-14　Duncan's 多變距統計分析動物性浮游生物(ZP)、植物性浮游生物(PP)、魚卵(F-egg)、仔魚(F-lar)、蟹幼生(C-lar)及蝦幼生(S-lar)在第 3 次(夏季)與第 4 次(秋季)之不同年份間的差異---------- 3-31

表 3-15　民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域浮游生物於各季之總平均豐/密度---------- 3-32

表 4-1　軸孔珊瑚在入水口右側 (Influ-2) 與出水口水深 8 公尺處 (Efflu) 之成長情形 (mean±sd)---------- 4-28

表 4-2　98-106 年入、出水口底棲動物著生量之非颱風季與颱風季之比較表--- 4-29

表 4-3　85-106 年 Niño3.4 index 與底棲動物著生量之相關表---------- 4-30

表 4-4　85-106 年 Niño4 index 與底棲動物著生量之相關表---------- 4-31

表 4-5　85-106 年 PDO index 與底棲動物著生量之相關表---------- 4-32

表 4-6　94 年第 3 次固定橫截線調查入水口及出水口南側之底棲生物種類及覆蓋率---------- 4-33

表 4-7　98-105 年入及出水口沉積物之粒徑組成及比較---------- 4-34

表 4-8　98-105 年入及出水口颱風季及非颱風季沉積物之粒徑比較表---------- 4-35

表 4-9　94-106 年 Niño3.4 index 與各測站水溫之相關表---------- 4-36

表 4-10　94-106 年 Niño4 index 與各測站水溫之相關表---------- 4-37

表 4-11　94-106 年 PDO index 與各測站水溫之相關表---------- 4-38

表 4-12　93-106 年各次(季)測站間的溫度與底棲動物著生量之相關性---------- 4-39

表 4-13　93-106 年各次(季)測站間的溫度與後 1 次(季)底棲動物著生量之相關性---------- 4-40

表 4-14　93-106 年各次(季)測站間的溫度與後 2 次(季)底棲動物著生量之相關性---------- 4-41

表 5-1　第三核能發電廠附近海域各測站魚類相及魚類豐度之調查 (調查日期：106 年 2 月)---------- 5-14

表 5-2　第三核能發電廠附近海域漁獲魚類相之調查 (調查日期：106 年 2 月、5 月)---------- 5-17

表 5-3　第三核能發電廠附近海域各測站魚類相及魚類豐度之調查 (調查日期：106 年 5 月)---------- 5-19

表 5-4　第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相及後壁湖魚類相一覽表 (民國 106 年 2 次調查)---------- 5-22

表 5-5　民國 106 年第三核能發電廠附近海域各測站魚類相之調查(調查日期：106 年 2 月及 5 月)---------- 5-28

表 5-6　第三核能發電廠附近海域民國 106 年 2 月各測站魚類相之相似度------- 5-33

表 5-7　第三核能發電廠附近海域民國 106 年 5 月各測站魚類相之相似度------- 5-33

表 5-8　第三核能發電廠附近海域民國 106 年 2 次調查調查各測站魚類相之相似度---------- 5-33

表 5-9　民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查-------- 5-34

表 6-3-1　第三核能發電廠附近海域的浮游生物豐度與水質因子間之相關性分析 6-32

表 6-3-2　第三核能發電廠附近海域的浮游生物豐度與氣候指數間之相關性分析 6-33

表 6-4-1 Station 22 及 Station 24 之營養鹽相對於入水口灣內及出水口南側小灣固定橫截線之底棲生物覆蓋率迴歸關係表---------- 6-34

表 6-4-2 102-103 年年間 N3C1 測站水溫變化與入水口（Influ-5）不一致的天數 6-35

表 6-4-3 入水口 (Influ-2) 樽海鞘出現之季別與歷年 (92-106 年) 相關次別之底棲動物著生量、水溫和測站 22 的水文水質及動物性浮游生物相之觀測項目差異比較表---------- 6-36

表 6-5-1 各測站主要魚種及出現頻率百分比---------- 6-37

表 6-5-2 第三核能發電廠附近海域環境因素分析---------- 6-39

圖 目 錄

頁次

圖 1-1 第三核能發電廠附近海域 CTD 及定點海流觀測作業位置圖---------- 光碟

圖 1-2 民國 106 年 2 月 22 日漂流浮標暨溫度追蹤調查結果---------- 光碟

圖 1-3 民國 106 年 5 月 14 日漂流浮標暨溫度追蹤調查結果---------- 光碟

圖 1-4 民國 105 年 12 月 13 日～106 年 7 月 6 日定點海流觀測結果---------- 光碟

圖 1-5 民國 105 年 12 月 14 日～106 年 7 月 5 日定點海流低通過濾結果---------- 光碟

圖 1-6 定點海流調查海流玫瑰圖 (民國 105 年 12 月 13 日～106 年 7 月 6 日)------ 光碟

圖 1-7 定點海流調查流速流向散佈圖 (民國 105 年 12 月 13 日～106 年 7 月 6 日)---- 光碟

圖 1-8 民國 105 年 12 月 13 日～106 年 7 月 6 日定點海流調查流速向量進行圖--- 光碟

圖 1-9 民國 105 年 12 月 13 日～106 年 7 月 6 日定點海流調查各分潮潮流橢圓圖 光碟

圖 1-10 第三核能發電廠附近海域民國 106 年 2 月 23 日、5 月 22 日 CTD 調查深溫鹽分布---------- 光碟

圖 1-11 第三核能發電廠附近海域民國 106 年 2 月 23 日、5 月 22 日出水口附近溫鹽剖面圖---------- 光碟

圖 1-12 第三核能發電廠附近海域民國 106 年 2 月 23 日水溫與鹽度分佈---------- 光碟

圖 1-13 第三核能發電廠附近海域民國 106 年 5 月 22 日水溫與鹽度分佈---------- 光碟

圖 1-14 民國 92 至 94 年逐時水溫曲線 (上)、同期後壁湖逐時水位曲線 (中) 與蘭嶼每日平均風速、風向棍棒圖 (下)---------- 光碟

圖 1-15 民國 97 至 98 年颱風季節期間海流儀水溫紀錄變化與颱風發生時間關係圖---------- 光碟

圖2-1 研究區域暨採樣位置圖---------- 2-30

圖2-2 106年第1次~106年第2次採樣時衛星資料取得之海水表面溫度分佈圖------ 2-31

圖2-3 75年7月~106年6月第三核能發電廠附近海域溫度距平值 (當月測值-歷年月平均值)與ONI, PDO之變化圖---------- 2-32

圖2-4 106年第1次～106年第2次第三核能發電廠附近海域溫度隨深度之變化圖 2-33

圖2-5 長時間溫度記錄與預報潮高記錄圖---------- 2-34

圖2-6　106年第2次第三核能發電廠附近海域表水溫度、鹽度、pH以及溶氧飽和度等值圖---------- 2-36

圖2-7　89年至106年6月共70次調查之N/P比值圖---------- 2-37

圖2-8　106年第2次第三核能發電廠附近海域表水硝酸鹽、磷酸鹽、矽酸鹽以及葉綠素甲等值圖---------- 2-38

圖2-9　研究區域暨採樣點位置圖---------- 2-45

圖2-10　海研一號a) CHIPS-1, b) 257, c) 287, d) 316 航次在蘭嶼附近 200 公尺以淺之地轉流分佈斷面圖---------- 2-46

圖2-11　106年第1次~第2次於蘭嶼貯存場附近海域採樣時之衛星海表水溫分佈圖 2-47

圖2-12　蘭嶼貯存場附近海域72年7月~106年6月硝酸鹽、磷酸鹽及矽酸鹽分別對鹽度作圖---------- 2-48

圖2-13　蘭嶼貯存場附近海域72年7月~106年6月N/P比值圖---------- 2-49

圖3-1　第三核能電廠附近海域監測站之位置圖---------- 3-33

圖3-2　民國 106 年 3 月 10 日和 5 月 24 日第三核能發電廠附近海域各測站之植物性浮游生物組成圖(以沉澱法之數據分析)---------- 3-34

圖3-3　民國 106 年 3 月 10 日和 5 月 24 日第三核能發電廠附近海域各測站之植物性浮游生物組成圖(以濃縮法之數據分析)---------- 3-35

圖3-4　民國 106 年 3 月 10 日和 5 月 24 日第三核能發電廠動物性浮游生物豐度於入出水口及其擴散情形---------- 3-36

圖3-5　民國 106 年 3 月 10 日至 5 月 24 日第三核能發電廠附近海域各測站中植物性浮游生物之群聚分析 (以沉澱法之數據分析)---------- 3-37

圖3-6　民國 106 年 3 月 10 日至 5 月 24 日第三核能發電廠附近海域各測站中植物性浮游生物之群聚分析 (以濃縮法之數據分析) ---------- 3-38

圖3-7　民國 106 年 3 月 10 日至 5 月 24 日第三核能發電廠附近海域各測站中動物性浮游生物之群聚分析---------- 3-39

圖3-8　民國 106 年 3 月 10 日第三核能發電廠附近海域各測站動物性浮游生物之出現百分率---------- 3-40

圖3-9　民國 106 年 5 月 24 日第三核能發電廠附近海域各測站中動物性浮游生物之出現百分率---------- 3-41

圖3-10　民國 106 年 3 月 10 日第三核能發電廠附近海域蝦蟹幼生、魚卵及仔魚之豐度於入出水口及其擴散情形---------- 3-42

圖3-11 民國 106 年 5 月 24 日第三核能發電廠附近海域蝦蟹幼生、魚卵及仔魚之豐度於入出水口及其擴散情形---------- 3-43
圖3-12 民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域植物性浮游生物(濃縮法和沉澱法分析)之密度---------- 3-44
圖3-13 民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域動物性浮游生物豐度---------- 3-45
圖3-14 民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域蝦幼生之豐度------- 3-46
圖3-15 民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域蟹幼生之豐度------- 3-47
圖3-16 民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域魚卵之豐度---------- 3-48
圖3-17 民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域仔魚之豐度---------- 3-49
圖 4-1 68 年至 82 年底棲動物調查之測站---------- 4-42
圖 4-2 68-80 年第三核能發電廠附近海域藻類及底棲動物之消長情形---------- 4-43
圖 4-3 各類底棲動物之幼生型態---------- 4-44
圖 4-4 底棲動物調查之測站---------- 4-45
圖 4-5 軸孔珊瑚在入水口右側(Influ-2)與出水口南堤外側小灣水深 8 公尺(Efflu)之成長情形---------- 4-46
圖 4-6 軸孔珊瑚在入水口右側(Influ-2)各次(季)平均日成長率與颱風影響天數之變化---------- 4-47
圖 4-7 97 年至 106 年各次(季)入水口珊瑚平均日成長率與颱風之迴歸相關圖----- 4-48
圖 4-8 珊瑚在 85-106 年各次(季)各測站附著板之著生情形（空白組為該站尚未設置或流失）---------- 4-49
圖 4-9 軟體動物 85-106 年各次(季)各測站附著板之著生情形（空白組為該站尚未設置或流失）---------- 4-50
圖 4-10 多毛類在 85-106 年各次(季)各測站附著板之著生情形（空白組為該站尚未設置或流失）---------- 4-51
圖 4-11 苔蘚蟲在 85-106 年各次(季)各測站附著板之著生情形（空白組為該站尚未設置或流失）---------- 4-52
圖 4-12 海鞘在 85-106 年各次(季)各測站附著板之著生情形（空白組為該站尚未設置或流失）---------- 4-53

圖 4-13　藤壺在 85-106 年各次(季)各測站附著板之著生情形（空白組為該站尚未設置或流失）---------- 4-54
圖 4-14　珊瑚在 87-106 年間各測站附著板之著生情形（空白組為該站流失）------- 4-55
圖 4-15　軟體動物在 87-106 年間各測站附著板之著生情形（空白組為該站流失）- 4-56
圖 4-16　多毛類在 87-106 年間各測站附著板之著生情形（空白組為該站流失）---- 4-57
圖 4-17　苔蘚蟲在 87-106 年間各測站附著板之著生情形（空白組為該站流失）---- 4-58
圖 4-18　海鞘在 87-106 年間各測站附著板之著生情形（空白組為該站流失）------- 4-59
圖 4-19　藤壺在 87-106 年間各測站附著板之著生情形（空白組為該站流失）------- 4-60
圖 4-20　90-106 年第 1 次（冬）各測站 6 大類底棲動物著生量群聚分析---------- 4-61
圖 4-21　90-106 年第 2 次（春）各測站 6 大類底棲動物著生量群聚分析---------- 4-62
圖 4-22　90-105 年第 3 次（夏）各測站 6 大類底棲動物著生量群聚分析---------- 4-63
圖 4-23　90-105 年第 4 次（秋）各測站 6 大類底棲動物著生量群聚分析---------- 4-64
圖 4-24　珊瑚 87-106 年各測站著生量之相似度群聚分析---------- 4-65
圖 4-25　軟體動物 87-106 年各測站著生量之相似度群聚分析---------- 4-66
圖 4-26　多毛蟲 87-106 年各測站著生量之相似度群聚分析---------- 4-67
圖 4-27　苔蘚蟲 87-106 年各測站著生量之相似度群聚分析---------- 4-68
圖 4-28　海鞘 87-106 年各測站著生量之相似度群聚分析---------- 4-69
圖 4-29　藤壺 87-106 年各測站著生量之相似度群聚分析---------- 4-70
圖 4-30　出水口南側小灣測站之多毛蟲著生量在停機及非停機時期的比較---------- 4-71
圖 4-31　固定橫截線調查入水口各測線底棲生物覆蓋率---------- 4-72
圖 4-32　固定橫截線調查出水口南側各測線底棲生物覆蓋率---------- 4-73
圖 4-33　固定橫截線調查入水口及出水口南側各測線白化珊瑚覆蓋率之主成份分析---------- 4-74
圖 4-34　固定橫截線調查入水口及出水口南側各測線底棲生物之群聚分析---------- 4-75
圖 4-35　歷年 4 次(季)入、出水口各測站的沉積物沉積量---------- 4-76

圖 4-36　各次(季)颱風數量及累計警報天數與入、出水口的沉積物沉積量之迴歸相關圖---------- 4-77

圖 4-37　入、出水口各測站之日沉積量與各類底棲動物著生量之迴歸相關圖------- 4-78

圖 4-38　104-106 年出水口南側及入水口各測站之水溫變化圖---------- 4-79

圖 4-39　94-106 年出水口南側及入水口各測站之各月水溫、Nino3.4 及 PDO index 變化圖---------- 4-80

圖 4-40　出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）與出水口水深 3 公尺處（Efflu-3）的珊瑚著生量比較---------- 4-81

圖 4-41　出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）與出水口水深 3 公尺處（Efflu-3）的軟體動物著生量比較---------- 4-81

圖 4-42　出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）與出水口水深 3 公尺處（Efflu-3）的多毛蟲著生量比較---------- 4-82

圖 4-43　出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）與出水口水深 3 公尺處（Efflu-3）的苔蘚蟲著生量比較---------- 4-82

圖 4-44　出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）與出水口水深 3 公尺處（Efflu-3）的海鞘著生量比較---------- 4-83

圖 4-45　出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）與出水口水深 3 公尺處（Efflu-3）的藤壺著生量比較---------- 4-83

圖 5-1　82 年度第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相觀測地點---------- 5-69

圖 5-2　83 及 84 年度第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相觀測地點---------- 5-70

圖 5-3　85 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相觀測地點---- 5-71

圖 5-4　第三核能發電廠附近海域民國 106 年 2 次調查珊瑚礁魚類相組成百分比-- 5-72

圖 5-5　第三核能發電廠附近海域民國 106 年 2 次調查魚類相頻度圖---------- 5-73

圖 5-6　第三核能發電廠附近海域民國 106 年 2 次調查各測站珊瑚礁魚類相組成百分比---------- 5-74

圖 5-7　第三核能發電廠附近海域民國 106 年 2 次調查各測站珊瑚礁魚類相頻度圖---------- 5-75

圖 5-8　第三核能發電廠附近海域民國 89 年至 106 年第 2 次調查各測站珊瑚礁魚類數量變動情形---------- 5-76

圖 5-9 第三核能發電廠附近海域民國 89 年至 106 年第 2 次調查珊瑚礁魚類種類數的變動情形---------- 5-77
圖 5-10 第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類種類數的變動趨勢---------- 5-78
圖 5-11 聖嬰現象對第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類種類數的季別影響------- 5-78
圖 5-12 第三核能發電廠附近海域歷年各季刺尾鯛科、蝴蝶魚科、雀鯛科及隆頭魚科珊瑚礁魚類相組成百分比---------- 5-79
圖 5-13 三核能發電廠附近海域歷年各季珊瑚礁魚類刺尾鯛科、蝴蝶魚科、隆頭魚科及雀鯛科之魚種數變動情形---------- 5-80
圖 5-14 第三核能發電廠附近海域歷年各測站刺尾鯛科、蝴蝶魚科、隆頭魚科及雀鯛科珊瑚礁魚類相組成百分比---------- 5-81
圖 5-15 各測站珊瑚礁魚類群聚之 MDS 二度空間排序---------- 5-82
圖 5-16 後壁湖魚市場販售魚種數年度變動情形---------- 5-83
圖 5-17 後壁湖魚市場販售魚種數之季節變動情形---------- 5-83
圖 6-2-1 103年8月珠江口至台灣海峽 (a) 衛星葉綠素甲與 (b) 透明度之圖像--------- 6-40
圖 6-2-2 75年7月~106年6月第三核能發電廠附近海域鹽度距平值 (當月測值-歷年月平均值之a)逐年變化圖以及b)不同季節與PDO之相關性。---------- 6-41
圖 6-2-3 本海域於92~96年、103~106年PDO暖相以及99~102年PDO冷相之溫鹽變化圖---------- 6-42
圖 6-2-4 本海域於92~96年、103~106年PDO暖相以及99~102年PDO冷相之pH變化圖---------- 6-43
圖 6-2-5 本海域於92~96年、103~106年PDO暖相以及99~102年PDO冷相之硝酸鹽變化圖---------- 6-44
圖 6-2-6 營養鹽 (實線) 與表層植浮 (虛線) 隨著時間之變化圖---------- 6-45
圖 6-2-7 表層植浮與營養鹽之相關圖---------- 6-46
圖 6-3-1 民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域實驗和對照測站動物性浮游生物各大類之豐度---------- 6-47
圖 6-3-2 民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域實驗和對照測站植物性浮游生物(>55μm)各大類之密度---------- 6-48
圖 6-3-3 民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域實驗和對照測站蝦蟹幼生之豐度---------- 6-49

圖 6-3-4　民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域實驗和對照測站魚卵及仔魚之豐度---------- 6-50

圖 6-3-5　民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域束毛藻百分比之變化---------- 6-51

圖 6-4-1　Station 20 (SNS：石牛溪)
A. 水溫變化與多毛類幼生在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。
B.多毛類在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。
C. 多毛類在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。---------- 6-52

圖 6-4-2　Station 20 (SNS：石牛溪)
A. 水溫變化與藤壺幼生在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。
B. 藤壺在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。
C.藤壺在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。---------- 6-53

圖 6-4-3　Station 20 (SNS：石牛溪)
A. 水溫變化與軟體動物幼生在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。
B. 軟體動物在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。
C. 軟體動物在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。---------- 6-54

圖 6-4-4　Station 22 (Influ-10：入水口南堤外側)
A. 水溫變化與多毛類幼生在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。
B. 多毛類在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。
C. 多毛類在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。---------- 6-55

圖 6-4-5　Station 22 (Influ-10：入水口南堤外側)
A. 水溫變化與藤壺幼生在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。
B. 藤壺在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。
C.藤壺在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。---------- 6-56

圖 6-4-6　Station 22 (Influ-10：入水口南堤外側)
A. 水溫變化與軟體動物幼生在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。
B. 軟體動物在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。
C. 軟體動物在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。---------- 6-57

圖 6-4-7 Station 24 (Efflu：出水口南堤外側小灣水深 8 公尺)
A. 水溫變化與多毛類幼生在附著板著生情形之回歸關係 ($p>0.05$)。
B. 多毛類在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 ($p>0.05$)。
C. 多毛類在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 ($p<0.05$)。---------- 6-58

圖 6-4-8 Station 24 (Efflu：出水口南堤外側小灣水深 8 公尺)
A. 水溫變化與藤壺幼生在附著板著生情形之回歸關係 ($p>0.05$)。
B. 藤壺在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 ($p>0.05$)。
C. 藤壺在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 ($p<0.05$)。---------- 6-59

圖 6-4-9 Station 24 (Efflu：出水口南堤外側小灣水深 8 公尺)
A. 水溫變化與軟體動物幼生在附著板著生情形之回歸關係($p<0.05$)。
B. 軟體動物在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 ($p>0.05$)。
C. 軟體動物在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係 ($p>0.05$)。---------- 6-60

圖 6-4-10 Station 22 (Influ：入水口灣內固定橫截線)
A. 水深0 m 之PO_4與藻類覆蓋率之回歸關係 ($p>0.05$)。
B. 水深3 m 之PO_4與藻類覆蓋率之回歸關係 ($p>0.05$)。
C. 水深10 m 之PO_4與藻類覆蓋率之回歸關係 ($p>0.05$)。---------- 6-61

圖 6-4-11 Station 22 (Influ：入水口灣內固定橫截線)
A. 水深0 m 之SiO_2與藻類覆蓋率之回歸關係 ($p>0.05$)。
B. 水深3 m 之SiO_2與藻類覆蓋率之回歸關係 ($p>0.05$)。
C. 水深10 m 之SiO_2與藻類覆蓋率之回歸關係 ($p>0.05$)。---------- 6-62

圖 6-4-12 Station 22 (Influ：入水口灣內固定橫截線)
A. 水深0 m 之NO_3與藻類覆蓋率之回歸關係 ($p>0.05$)。
B. 水深3 m 之NO_3與藻類覆蓋率之回歸關係($p<0.05$)。
C. 水深10 m 之NO_3與藻類覆蓋率之回歸關係($p<0.05$)。---------- 6-63

圖 6-4-13 Station 24 (Efflu：出水口南側小灣固定橫截線)
A. 水深0 m 之PO_4與藻類覆蓋率之回歸關係 ($p>0.05$)。
B. 水深3 m 之PO_4與藻類覆蓋率之回歸關係 ($p>0.05$)。
C. 水深10 m 之PO_4與藻類覆蓋率之回歸關係 ($p>0.05$)。---------- 6-64

圖 6-4-14 Station 24 (Efflu：出水口南側小灣固定橫截線)
A. 水深0 m 之SiO_2與藻類覆蓋率之回歸關係 ($p>0.05$)。
B. 水深3 m 之SiO_2與藻類覆蓋率之回歸關係($p<0.05$)。
C. 水深10 m 之SiO_2與藻類覆蓋率之回歸關係 ($p>0.05$)。---------- 6-65

圖 6-4-15 Station 24 (Efflu：出水口南側小灣固定橫截線)
A. 水深0 m 之NO_3與藻類覆蓋率之回歸關係 ($p>0.05$)。
B. 水深3 m 之NO_3與藻類覆蓋率之回歸關係 ($p>0.05$)。
C. 水深10 m 之NO_3與藻類覆蓋率之回歸關係 ($p>0.05$)。---------- 6-66

圖 6-4-16 105、106年各測站水溫與子計畫一海潮流測站N3C1的水溫變化。
(A) 105年；(B) 106年---------- 6-67

圖 6-4-17 潭美颱風影響期及102年8月25日樽海鞘大量出現期的水溫變化圖---------- 6-68

圖 6-4-18 103年5月22日樽海鞘大量出現前後期的水溫變化圖---------- 6-69

圖 6-5-1 第三核能發電廠附近海域生態系之概念模式---------- 6-70

圖 6-5-2 第三核能發電廠附近海域表層生態系之實證模式---------- 6-71

圖 6-5-3 第三核能發電廠附近海域生態系之實證模式---------- 6-72

第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查

甲、工作背景

壹. 緣起

第三核能發電廠有兩部發電機組，分別於 73 年 5 月與 74 年 5 月商轉發電。為瞭解電廠運轉後，對該地區附近海域生態及海洋資源的影響程度，行政院原子能委員會與台電公司於 68 年 7 月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。目的在於瞭解第三核能發電廠附近海域，及核能發電廠運轉前與開始運轉後之生態系的平衡狀況：包括非生物環境因子（如海水之溫度、餘氯等物理與化學性質，以及海洋生物含放射性物質之調查），生物環境因子（如基礎生產力，浮游植物與浮游動物、海藻、無脊椎動物及魚類之種間關係），海潮流調查，漁場經濟效益調查、統計及評估，以及利用珊瑚骨骼同位素回推水溫等，以求取得核能發電廠對該海域影響的基礎資料。

貳. 辦理內容及方式

1. 68~82 年委託中央研究院國際環境科學委員會中國委員會進行長期調查與研究工作，經費則由台電經原能會撥付。
2. 82 年起轉委託國立中山大學執行。
3. 85 年起則改由台電公司接續委託國立中山大學執行。
4. 本計畫就每一單項子計畫，分別邀請國內學者專家主持，其項目包括海潮流、水文與水質化學、動物及植物性浮游生物、底棲動物、魚類、漁業經濟、放射性物質調查及綜合討論。
5. 87~89 年調查目有些微變動如下：
   (1) 珊瑚同位素部份已於 87 年 6 月完成，自該年 7 月起改為南灣海域增溫調查。
   (2) 89 年本計畫已提出各項證據，顯示第三核能發電廠附近海域並未因第三核能發電廠運轉而增溫，因此該年 7 月起增溫調查亦不再進行，而併入水文與水質化學中。
6. 在臺灣陸地有限，人口密集的情形下，行政院原子能委員會經過數年的調查研究，慎重地選擇人口稀少，地質結構良好，且具有天然屏障的離島蘭嶼設立低放射性待處理物料貯存場。這些放射性待處理物料在搬運與貯存期間，對附近海域環境與生態的平衡，生物群聚的消長關係，以及因這些生物群聚可能累積放射性

物質，而對該地區環境造成何種影響，必須加以調查、研究、瞭解。行政院原子能委員會放射性待處理物料管理處（85 年改制為放射性物料管理局）有鑑於此，於 73 年 7 月開始，委託環科會進行長期調查研究。研究項目包括水文與水質化學，沈積物化學，植物性與動物性浮游生物，潮間帶底棲生物以及海水與生物體含放射性物質等。

7. 82 年 7 月開始，改委國立中山大學進行調查，並刪除大部份項目，僅留水文與水質化學及放射性物質兩大部份，但自 102 年起停止執行「放射性物質調查」。
8. 100 年起魚類調查與漁業經濟效益調查已合併為魚類與漁業經濟調查，並於 102 年起改為魚類調查。

參. 成效

1. 此調查的結果可以作為核三廠附近海域生態環境影響評估之追蹤，也可作為核四廠施工以及運轉後生態環境影響評估的參考。多年來之調查結果，均符合環保法規之要求。
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、珊瑚白化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，定期將結果於台電公司網站向大眾公佈(http://www.taipower.com.tw/)，有助於減低大眾的疑慮。
3. 迄今已完成 30 餘年的研究報告，此一資料庫陸陸續續的記錄了過去 30 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 30 餘年，南部海域除了曾於 90 年發生過阿瑪斯號漏油事件之外，並無其他的重大生態事件，或其他重要的污染源出現。因此，南灣海域的整個生態系統，應該是處在大環境之變動（例如：颱風、聖嬰、反聖嬰、太平洋十年震盪等）及一般性的人為干擾情形下(例如：沿岸排污及漁業、遊憩行為)。
4. 將研究成果在每年期中、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當地漁民對核三廠運轉後之疑慮，並協助及指導漁民解決有關之捕撈、養殖問題，已深獲當地區漁會及漁民之肯定。
5. 近年來不斷加強各子計畫間關聯性之探討，已知南灣之湧升不但帶來營養鹽，增進浮游植物生長，而且湧升之冷水，有助於降低南灣內之水溫，並有助於南灣內外海水之交換。
6. 協助本公司不定期的將研究成果用以答覆外界對核三廠生態調查的相關諮詢。

(一) 各子計畫精簡研究結果

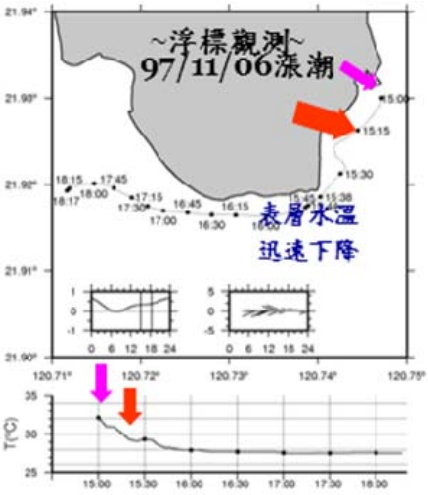
子計畫 1--海潮流	詹　森教授 國立臺灣大學海洋研究所
子計畫 2--水文水質	陳鎮東教授 國立中山大學海洋科學系
子計畫 3--植物性及動物性浮游生物調查	陳孟仙教授 國立中山大學海洋科學系
子計畫 4--底棲動物調查	劉莉蓮教授 國立中山大學海洋科學系
子計畫 5--魚類調查	黃榮富教授 國立高雄海洋科技大學水產養殖系
子計畫 6--網站架構與綜合討論	楊穎堅副教授 國立臺灣大學海洋研究所

各子計畫精簡研究結果如下：

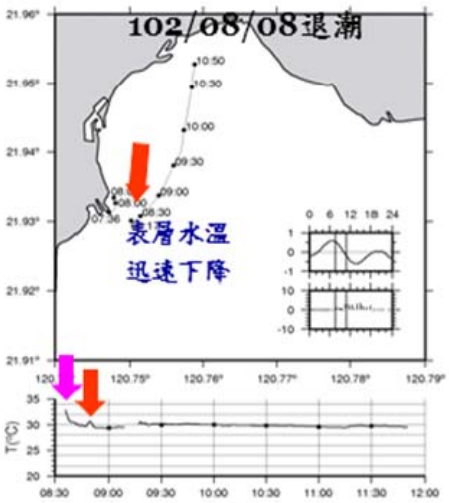
子計畫 1--海潮流

一、　自民國 92 年 1 月 1 日起，由詹森負責，精簡之研究結果如下：

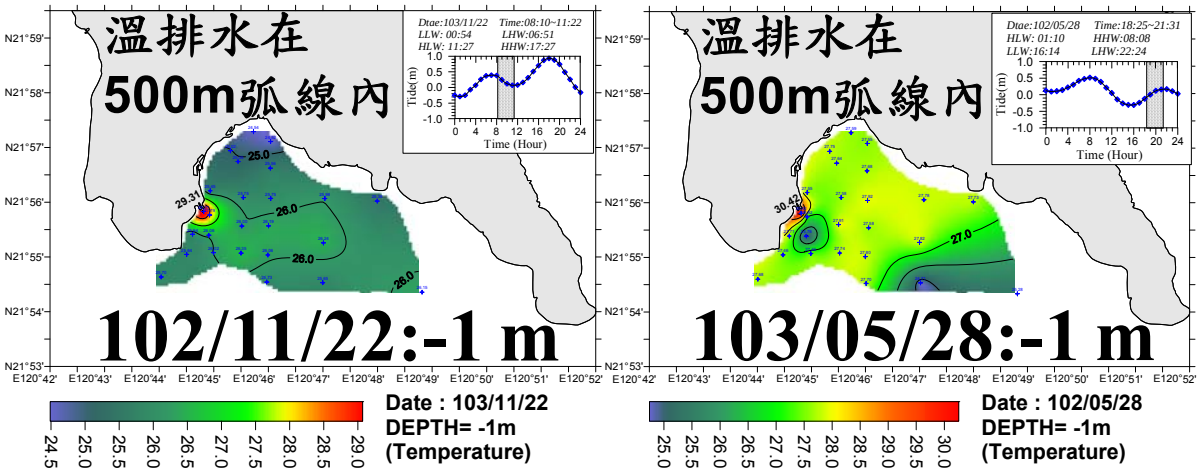
－漂流浮標資料顯示民國 92～105 年漲潮流從出水口流向西南或往正南流，大約與貓鼻頭沿岸地形相平行，繞過貓鼻頭，往西再沿海岸往西北走，或繞過貓鼻頭後，繼續偏南或西南走，若能進入第三核能發電廠附近海域外緣海域，則順退潮水轉往東流動。漲潮流時釋放，浮標若隨漲潮流漂向南或東南，則將轉往南-東南向流動，若於灣內，則流速不大，若離海岸影響範圍則流速增大可達 2 節 (1 m/s) 以上。漲潮時，溫度迅速下降，此一特性顯示溫排水對於海灣內的影響不大。



－漂流浮標退潮時往東流或東北流再回流至出水口岸邊或到達後壁湖港口東方，過後壁湖港口東方之後則沿著港口附近的潮間帶地形再轉往西北方流動，最後會到達後壁湖漁港東北方淺灘區；退潮時段往東流或往東北流後若再轉往東南方流動，則有往鵝鑾鼻直流之趨勢；退潮時段若往西南或東南方向流後則有轉往南方流動之趨勢。

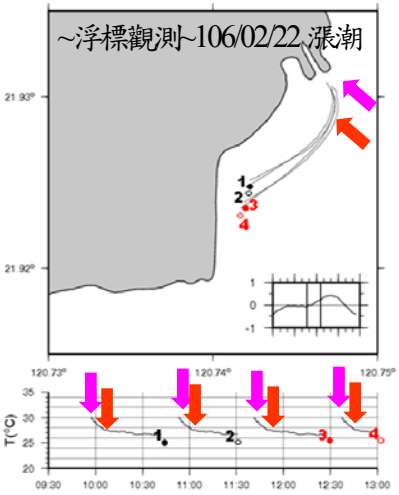


－核三廠海域溫排水擴散區域大部份限於排水口附近海域西側，隨潮汐漲潮時往西南約 500～1000 m，退潮時往東-東南約 200～500 m，大部份分佈於海面至水深 3~5 m 以內，範圍約在距排水口 1000 m 圓弧線內。

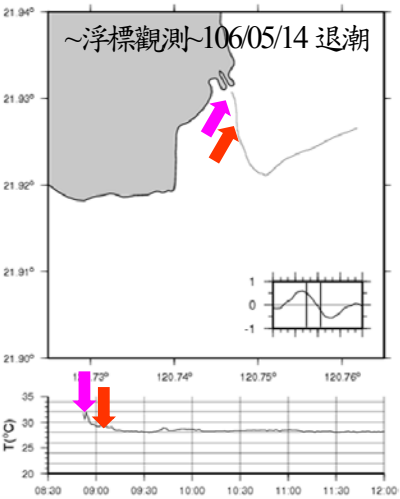


二、106 年第 1 次~ 106 年第 2 次(106 年第 1 次期中報告)之精簡研究報告結果:

－民國 106 年 2 月 22 日漲潮漂流浮標觀測,共分四段次佈放,漂流軌跡相近似，浮標於漲潮時段離開出水口後先往南南東方漂流，以順時針方向逐漸轉往南方、再轉西南，後擱淺於礁石區，四段次淨流流速分別為 0.30 m/s、0.37 m/s、0.34 m/s 及 0.40 m/s，流向為 219°、220°、217°及 217°。溫排水影響範圍於小潮漲潮時段漂流距離 200m 後水溫即降至 28°C 以下，與背景水溫溫差 3°C 以內。

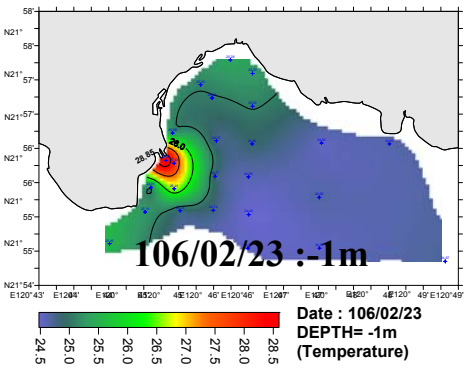


－民國 106 年 5 月 23 日小潮退潮段,其淨流流速為 0.134 m/s (對應流向 107 度),在出水口附近即往南南東方漂移、流速約 0.20~0.30 m/s，離出水口後流向依逆時鐘方向偏轉，漂流軌跡呈 L 型，後轉東北東向，往船帆石方向流動、流速介於 0.20~0.30 m/s。溫降率自排水口往外至 300 m 內約為 1°C /100 m，浮標離出水口 350m 後水溫即降至 28.5°C 以下，與背景水溫溫差 2°C 以內。

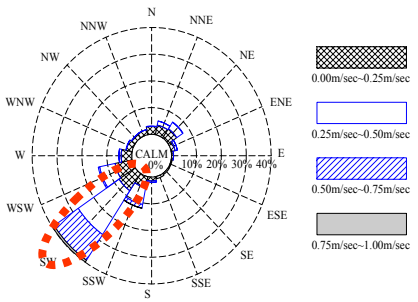


－核三廠海域溫排水擴散區域大部份於排水口附近海域西側,漲潮時往西南約 500～1000 m,退潮時往東-東南約 200～500 m,大部份分佈於海面至水深 5 m 內,距排水口 1000 m 圓弧線內。

－第三核能發電廠附近海域排水口外長期海流觀測結果顯示，海流主流向以西南向為主，106 年上半年資料佔 30.4~39.9%以上，西南西次之，約佔 13.9~19.2%。潮流仍為西南及東北方向流動的漲退潮流現象，漲潮流速明顯大於退潮流速，海流以往復之潮流運動及西南向淨流為主。



－流經呂宋海峽之黑潮的強弱與北赤道洋流在菲賓律東部海岸的分支點位置關係密切，也跟海洋中尺度渦旋碰上黑潮有關。黑潮流速的強或弱影響黑潮水進南海的寡或多，進一步影響核三廠海域水團的特徵。



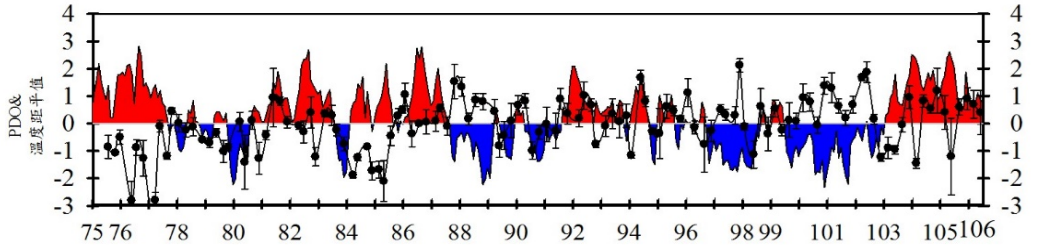
施測期間：106/03/14/0700~106/05/10/0700
最大流速：0.92m/s (對應流向225.5度)

子計畫 2--水文水質

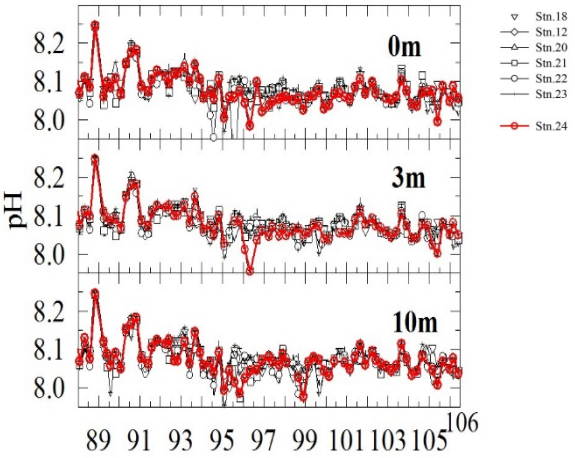
一、自民國 82 年 1 月 1 日起，由陳鎮東負責，精簡之研究結果如下：

－本海域夏、秋季之溫度較春、冬季來得高，溫度變化大致呈此規律性；天候、季節性以及大尺度海洋事件如颱風、聖嬰、反聖嬰，以及太平洋十年期振盪為影響此區溫度變化的主要因子，而並非溫排水。溫排水只影響至 24 站表水，深度 5 公尺以下則沒有受到影響。

－由 75 年 7 月至 106 年 6 月本海域長達 32 年溫度距平值(當月測值-歷年月平均值)與 ONI、PDO 之變化可以看見，本海域的溫度距平值早期大都偏低，而於 87 年之後則大都偏高，似乎顯示了海洋暖化的現象；75~78 年的聖嬰/正 PDO 對應的是距平低值，而 99~103 年的反聖嬰/負 PDO 則對應了溫度距平高值，然而並非所有的大尺度海洋溫度距平高低都對應著本海域應有的溫度變化(下圖)。

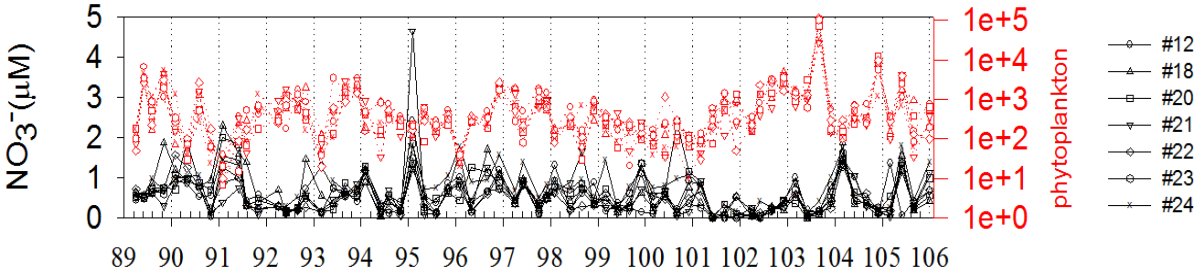


－本海域 pH 值資料皆符合環保署所公佈的甲類海域的水體標準「甲類海域之水質標準，氫離子濃度指數應在 7.5~8.5 之間」。比較 88 年至今，pH 值隨著時間有漸漸變低的現象(右圖)，似乎反應著全球海洋因二氧化碳含量增加而趨向酸化之現象，而與電廠之運轉無關。



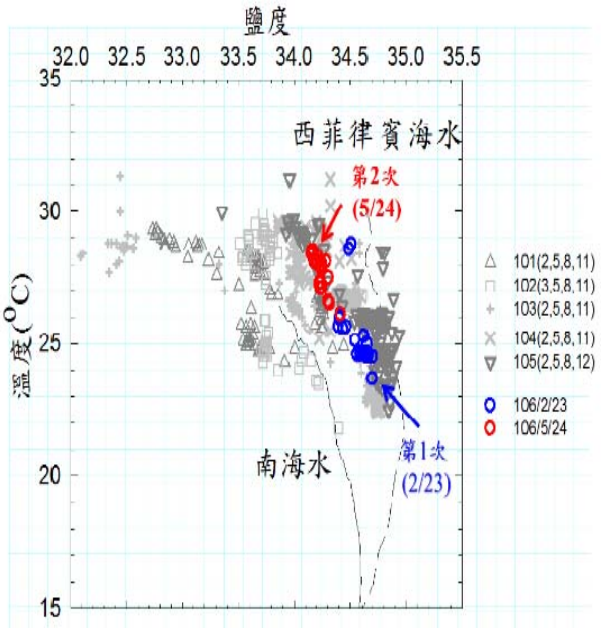
－溶氧量以及總殘餘氧化劑濃度值均符合環保署「甲類海域之水質標準，溶氧量應在 5.0 mg/l 以上」以及「殘餘氯量 1 mg/l 以下」之規定。

－營養鹽資料顯示，此海域目前並沒有受到有機質的污染。而水體中營養鹽含量的變化似乎受控於植浮的利用或是釋出，兩者之間呈現負相關(下圖)。



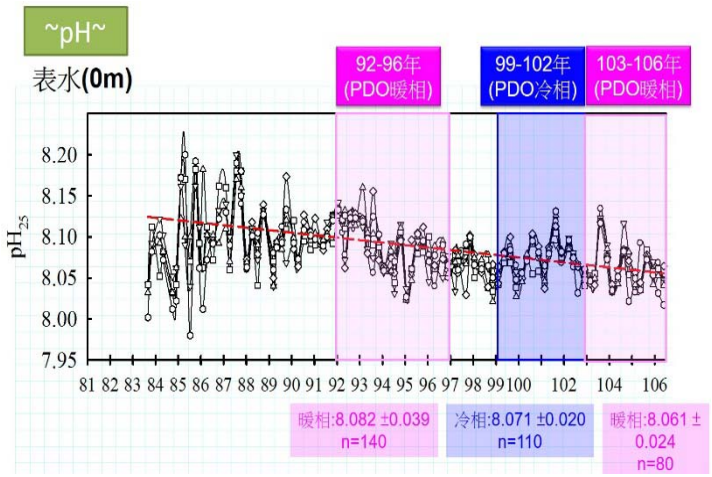
二、106 年第 1 次~106 第 2 次 (106 年第 1 次期中報告) 之精簡研究報告結果：

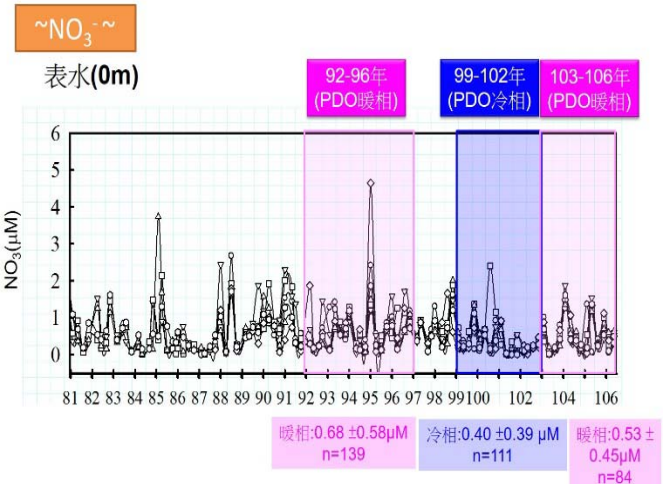
－106 年第 1~2 次，核三廠附近海水的溫、鹽值較歷年略高，仍屬於西菲律賓海水以及南海水的混合水，季節性的變化並不大。



－由過去的水文調查指出，台灣西南海域以及南海北部之上層海水，在夏季時係高溫、低鹽之南海表層水，入秋後逐漸為高溫、高鹽的黑潮水所取代。

－92~96年、103~106年PDO年暖相時，溫鹽訊號較集中在南海水以及黑潮水之間，而99-102年冷相時，溫鹽訊號明顯偏向南海水。暖相時pH、硝酸鹽較高，冷相則反之。





－蘭嶼貯存場附近海域水溫距平值(當月測值-歷年月平均值)為 0.4±1.3°C 及 2.5±1.3°C，並未觀察到 PDO 為暖相時，本海域水溫偏低之現象，推測此區水溫之距平高低值與 PDO 冷暖相之關係較不明顯，或因水樣取得自岸邊淺水，因此受氣溫的影響較大。漁人村測站，不僅鹽度較其他測站為低，在重覆採樣時往往差異極大，顯示該海灣水質受到陸源水之影響而極度不均勻。

－蘭嶼貯存場排水口在此 2 次的調查中均無排水。

子計畫 3--植物性及動物性浮游生物調查

一、自民國 85 年 7 月 1 日起，由陳孟仙負責，精簡之研究結果如下：

－歷年來植物性浮游生物的密度是兩者間無顯著差異；動物性浮游生物的豐度則多以實驗測站(溫排水影響範圍)高於對照測站，由此可見溫排水對南灣海域之浮游生物的豐(密)度並無明顯的影響。本海域的浮游生物變動，除自然的四季更迭外，亦與大尺度的氣候變遷有關 (圖 1-(A&B))。

－南灣海域植物性浮游生物中的束毛藻多為每年第 2 次(春季)的優勢種，可佔植物性浮游生物密度高達 50%以上，為黑潮入侵南灣的指標(圖 1-(C))。

－歷年本海域與浮游生物同步調查的水質和水文資料與經對數轉換後的動物性浮游生物、植物性浮游生物、蟹幼生、蝦幼生、魚卵和仔魚等重要生物因子進行 Pearson correlation coefficients，分析得知溫度除浮游動物和蝦幼生外，皆與其他浮游生物皆有正相關係；而營養鹽類(NO_3^-, NO_2^-, PO_4^{3-}, SiO_2,)則與各項浮游生物測值有顯著負相關；溶氧(DO)與浮游植物、蟹幼生、魚卵及仔魚則有負相關(表 1)。

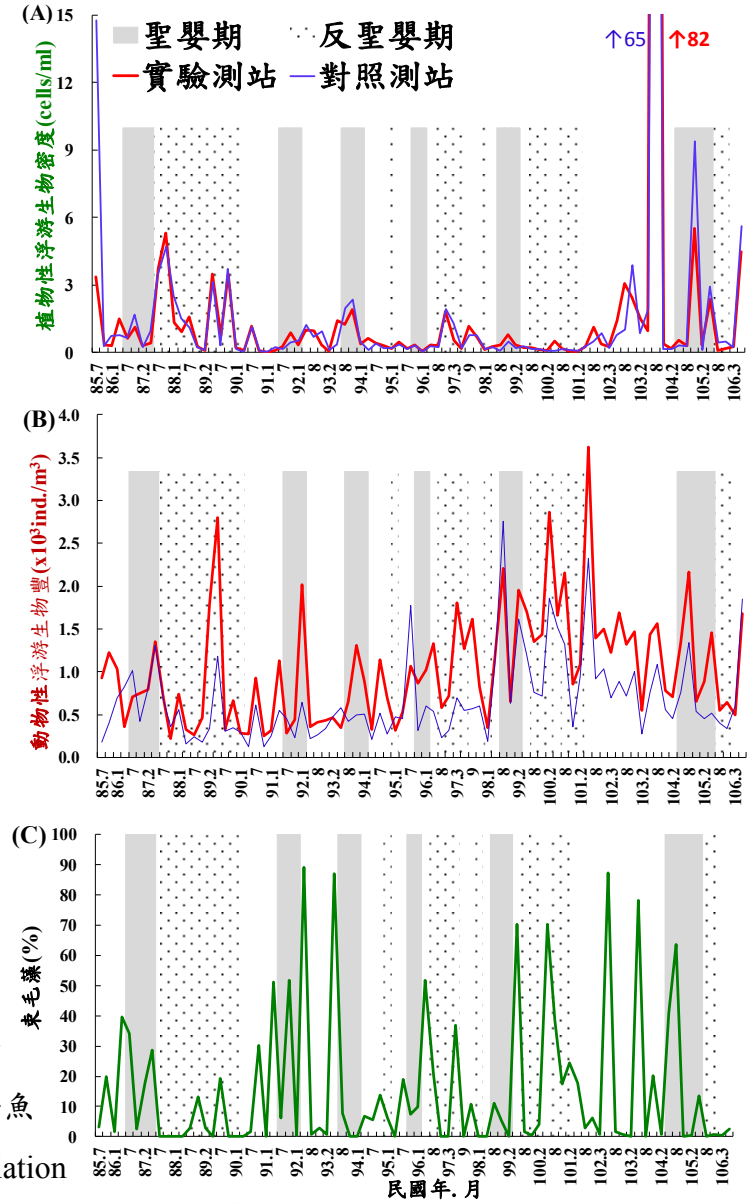


圖 1. 歷年第三核能發電廠附近海域實驗和對照測站的(A)植物性浮游生物豐度、(B) 動物性浮游生物密度和(C)束毛藻百分比

表 1. 歷年第三核能發電廠附近海域的浮游生物豐度與水質因子間之相關性分析

	正相關 (p<0.05)	負相關(p<0.05)
浮游動物		Sal, pH, PO_4^{3-}, NO_3^-
浮游植物	Temp, pH, Chl.a	Sal, DO,透明度, NO_3^-
蟹幼生	Temp, Chl.a	Sal, DO, 透明度
蝦幼生		pH, NO_3^-, PO_4^{3-}, SiO_2
魚卵	Temp, 透明度	Sal, DO, NO_3^-, NO_2^-
仔魚	Temp	DO, NO_3^-, PO_4^{3-}, SiO_2

二、106 年第 1 次~106 第 2 次 (106 年第 1 次期中報告) 之精簡研究報告結果：

－106 年第 1 次採樣的所有測值皆較歷年同次總平均值為低或相近，反觀第 2 次採樣的各類測值均高於或相近於歷年同次平均值，其中植物性浮游生物和魚卵及仔魚均為歷年同次的最高值，且動物性浮游生物更為歷年最高值(表 2)。

表 2. 歷年第三核能發電廠附近海域一年四次各項浮游生物測值之總平均值

年份	動物性浮游生物(ind./m^3)				蝦蟹幼生 (ind./m^3)				魚卵及仔魚 (ind./m^3)				植物性浮游生物 (cells/l) 濃縮法				沈澱法			
季別	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
85			**952**	**1,395**			**91**	**35**			16	**26**			**9,874**	291				
86	**1,489**	643	738	505	11	16	12	8	**93**	10	23	**9**	**539**	**1,077**	646	**1,447**				
87	767	**1,142**	730	368	**30**	16	16	7	**17**	**26**	9	3	251	711	**5,393**	**5,880**				
88	**914**	363	230	298	15	10	3	4	5	**23**	21	8	**1,820**	**1,120**	1,222	236				
89	**1,063**	**2,161**	311	460	**21**	**53**	11	7	4	21	15	**13**	123	**4,101**	624	**3,213**				
90	260	182	806	176	6	8	19	4	6	11	25	3	339	61	1,061	84				
91	273	760	352	311	6	**28**	**30**	8	4	7	9	3	25	168	168	670				
92	**1,120**	299	343	346	**26**	4	8	13	6	14	**27**	3	**466**	**1,090**	896	604				
93	427	450	492	**833**	9	13	4	**18**	3	13	7	**14**	69	730	1,941	**2,245**				
94	714	248	826	481	9	9	12	14	4	18	**45**	3	358	337	456	248				
95	663	510	**1,317**	600	7	12	9	15	9	11	23	**9**	198	377	186	348				
96	888	935	383	523	15	23	10	**17**	3	12	**27**	7	34	301	314	**1,870**	10	23	213	264
97	**1,143**	869	**975**	**665**	**33**	**63**	**48**	**22**	**14**	**37**	17	**14**	**1,028**	223	1,051	814	**269**	40	524	80
98	289	**1,201**	**2,487**	616	14	18	**58**	14	10	17	**49**	5	151	290	170	713	30	194	65	165
99	**1,771**	**1,374**	**1,022**	**1,024**	17	16	**41**	15	8	7	**44**	2	253	219	194	166	115	28	84	34
100	**2,372**	**1,444**	**1,634**	584	**44**	18	21	14	6	14	23	**7**	106	249	183	83	20	23	48	86
101	**1,044**	**2,473**	**1,141**	**1,116**	**30**	**108**	**35**	**33**	4	**22**	8	4	73	334	815	667	81	397	166	187
102	855	**2,137**	**1,145**	**1,246**	**47**	17	**43**	**32**	9	**45**	**32**	2	206	**1,036**	1,926	**3,136**	**253**	**1,089**	3,201	**2,945**
103	594	1,039	**1,270**	616	**30**	24	**49**	**17**	**12**	10	**31**	5	**1,176**	**1,341**	**77,163**	316	**674**	**1,048**	**78,925**	285
104	603	**1,118**	**2,146**	601	5	16	**50**	8	2	**45**	**36**	8	161	443	368	**6,636**	**178**	268	366	**699**
105	584	952	659	442	8	**28**	10	15	3	**26**	**35**	**16**	235	**2,299**	244	377	131	**2,288**	161	80
106	492	**2,610**			16	**41**			5	**55**			252	**4,930**			110	**2,463**		
Mean	**873**	**1,091**	**950**	**629**	**19**	**26**	**28**	**15**	**11**	**21**	**25**	**8**	**374**	**1,021**	**4,995**	**1,431**	**170**	**715**	**8,375**	**482**
S.D	518	725	590	323	13	24	23	9	19	14	12	6	446	1,284	16,690	1,863	188	908	24,807	886

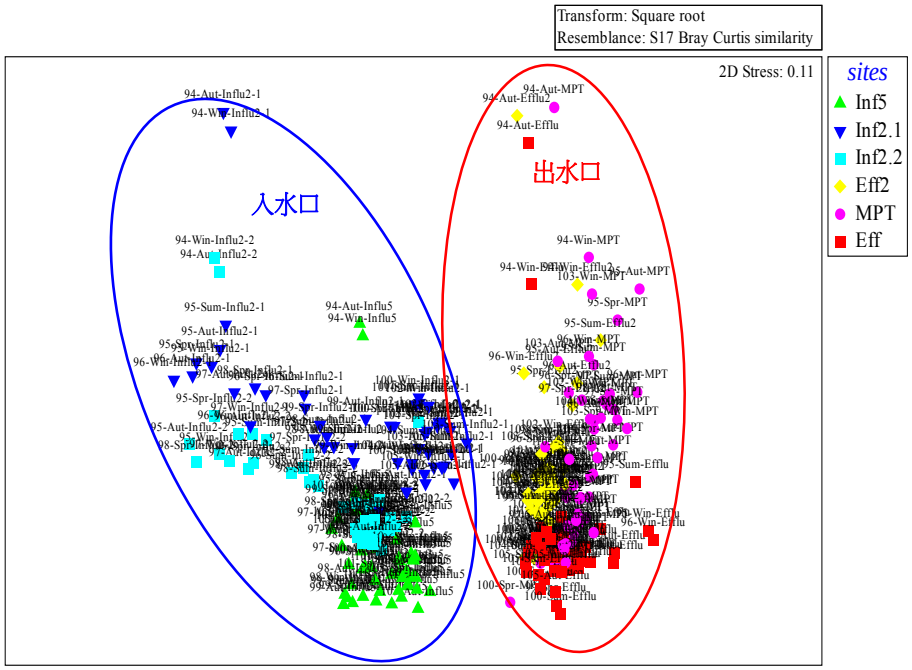
－106 年兩次採樣種類組成，動物性浮游生物與過去相似，皆以橈足類中的哲水蚤為優勢大類。濃縮法採樣之植物性浮游生物在今年的第 1 次與過去相似，均為角刺藻屬(*Chaetoceros* spp.)為優勢藻屬(佔 54.3%)，而第 2 次為角刺藻屬(*Chaetoceros* spp.) (86.3%)，與過去第 2 次多為束毛藻屬(*Trichodesmium* spp.)不同。今年兩次沉澱法採樣之植物性浮游生物優勢藻屬與濃縮法相同，第 1 和 2 次均為角刺藻屬(27.3 和 32.1%)，顯示今年植物性浮游生物的組成由角刺藻屬獨佔。

子計畫 4--底棲動物

一、 自民國 82 年 1 月 1 日起，由劉莉蓮負責，精簡之研究結果如下：

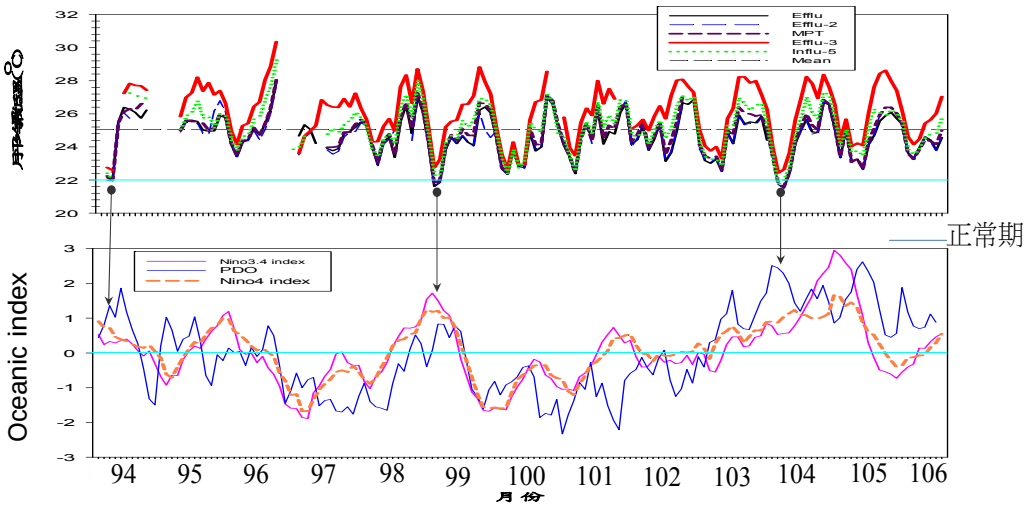
一底棲生物覆蓋率：

入、出水口區域底棲動物群聚分為入水口及出水口南側兩群，入水口主要底棲生物為藻類、石珊瑚及海葵；出水口為藻類、石珊瑚及軟珊瑚，可能和二地之地形、沉積物分布差異與溫水排放所引起之其他環境因子改變有關，且出水口南側為遊客遊憩的熱門景點，人為干擾亦有影響。



固定橫截線調查入水口及出水口南側各測線底棲生物之群聚分析。

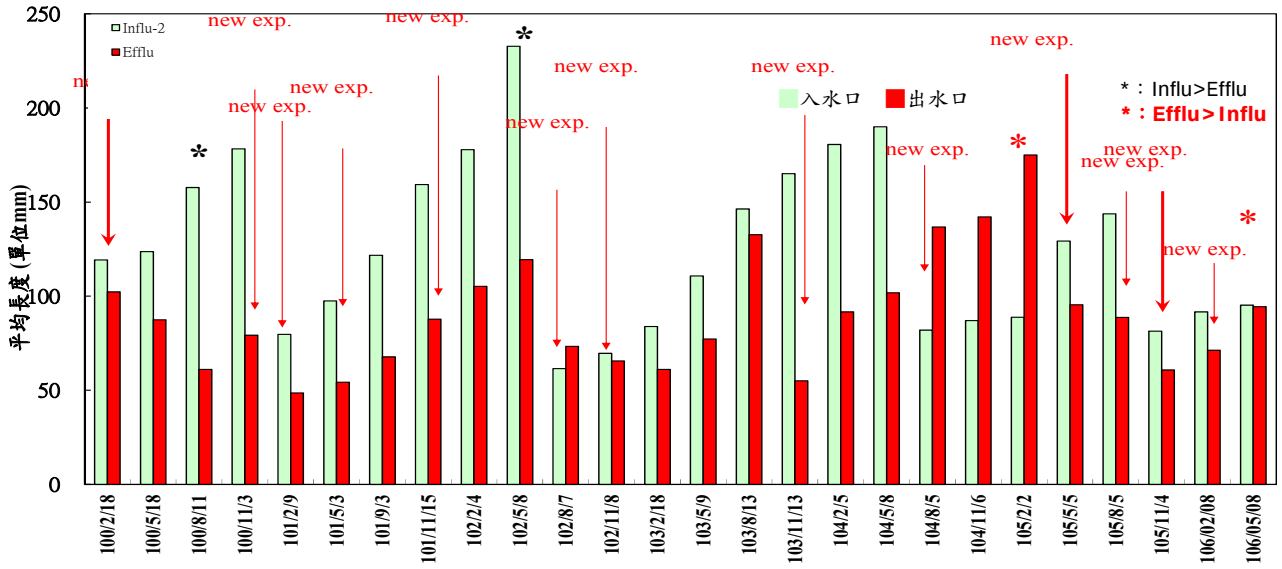
一除出水口南側測站 3 公尺深（Efflu-3）的水溫較其他測站高外，其餘出水口各測站與入水口各測站之水溫沒有差異，顯示溫排水不影響出水口南側地區 6 公尺以深的水溫。而水溫變化與 PDO 指數有延遲 1-2 季的正相關，反映大環境氣候變遷之影響，呈現測站水溫之低溫現象出現於 94、99 及 104 年，都為聖嬰及北太平洋暖相重疊期，大約相隔 5 年。



94-106 年出水口南側及入水口各測站之水溫，以及 Nino3.4、PDO index 變化圖。

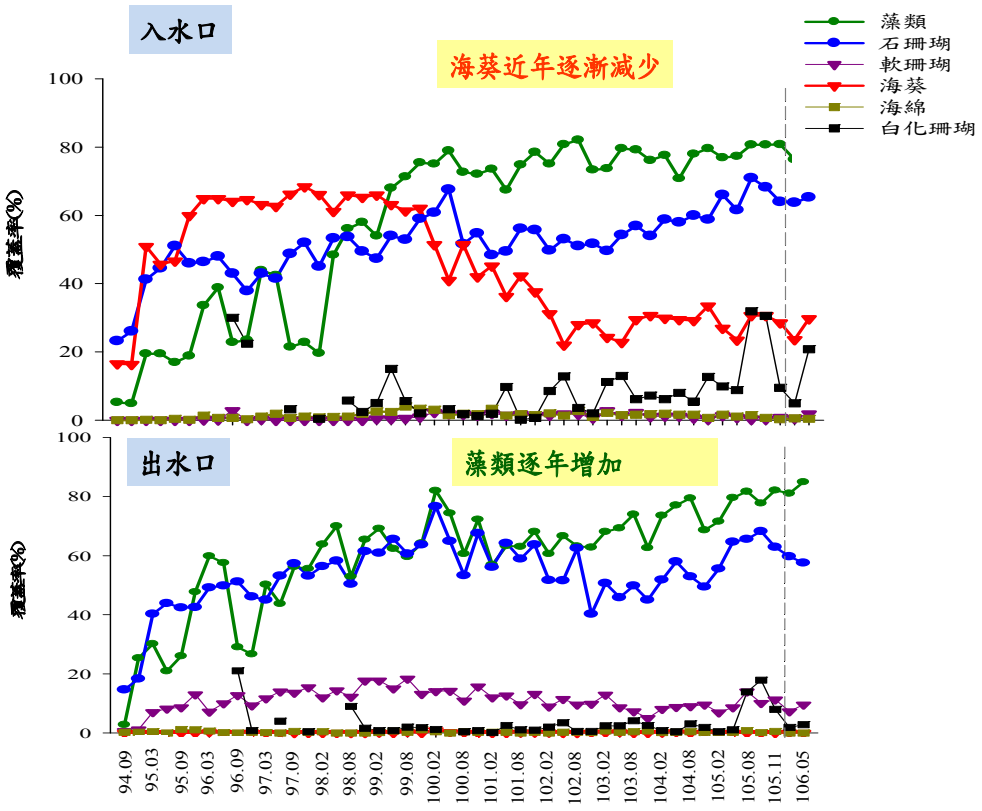
二、106 年第 1 次~106 第 2 次 (106 年第 1 次期中報告) 之精簡研究報告結果:

一軸孔珊瑚之存活及成長通常為入水口區域高於出水口南側區域,可能與出水口區域有較大的人為干擾:如遊客遊憩,及自然干擾:如颱風及沉積物有關。近年出水口珊瑚礁石上的軸孔珊瑚在 105 年第 1 次及 106 年第 2 次之成長量顯著較入水口佳 ($p<0.05$),此結果顯示在溫度較低的季節溫排水可能有助於珊瑚成長。



軸孔珊瑚在入水口右側與出水口南堤外側小灣之成長情形。*: $p<0.05$ 表二地點珊瑚成長有顯著差異。

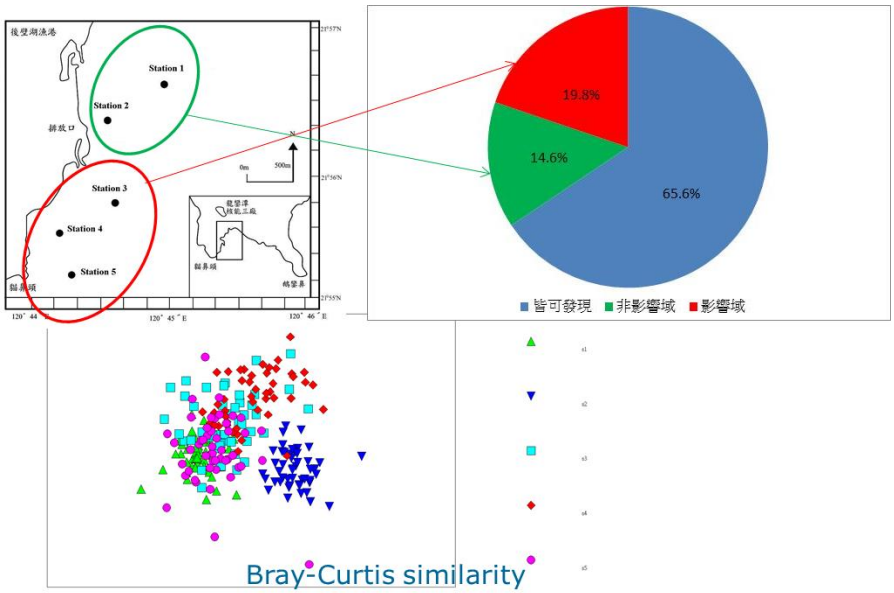
一底棲生物相歷年來入水口之海葵覆蓋率逐年減少,入、出水口之藻類逐年增加。2 次調查皆有發現珊瑚白化,且入水口灣內的珊瑚白化率與 Niño3.4 及 PDO index 有相關,當指數高時,白化率也增高,此與大環境氣候變遷有關,非小範圍溫水排放之影響。



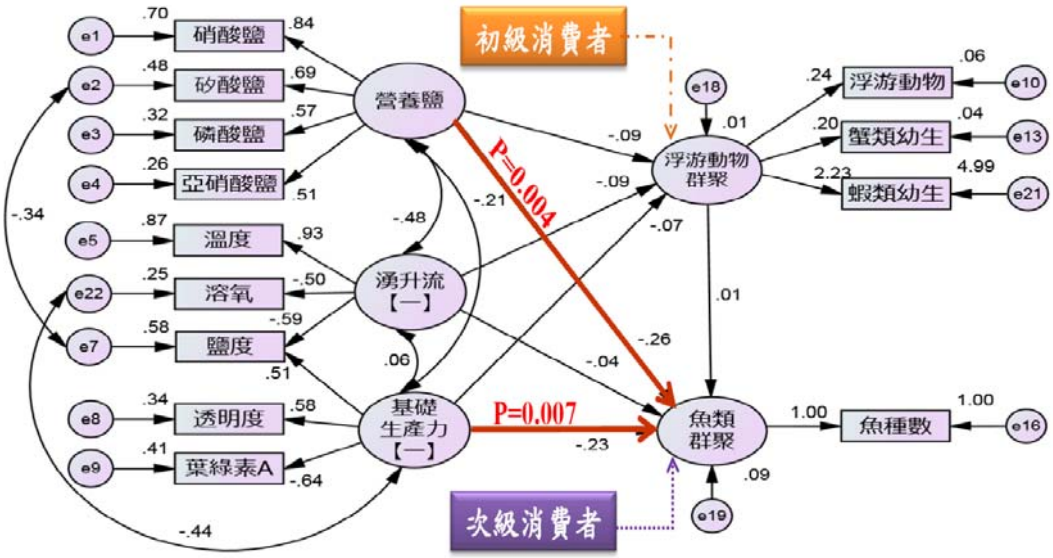
子計畫 5--魚類調查

一、自民國 85 年 7 月 1 日起，由黃榮富負責，精簡之研究結果如下：

一本研究藉由調查 5 個測站的魚類的群聚組成，探討受溫排水影響區(測站 3、4、5)與未影響區之間(測站 1、2)魚類群聚組成差異性，發現雖然第 2 測站呈現為獨立分群，然並不顯著，係因本海域大多數的魚種在影響域及非影響域間皆可發現，顯示溫排放水並未對本海域的魚類群聚組成造成影響，測站間魚類群聚組成的差異主要受到礁石、底質及水深之影響。

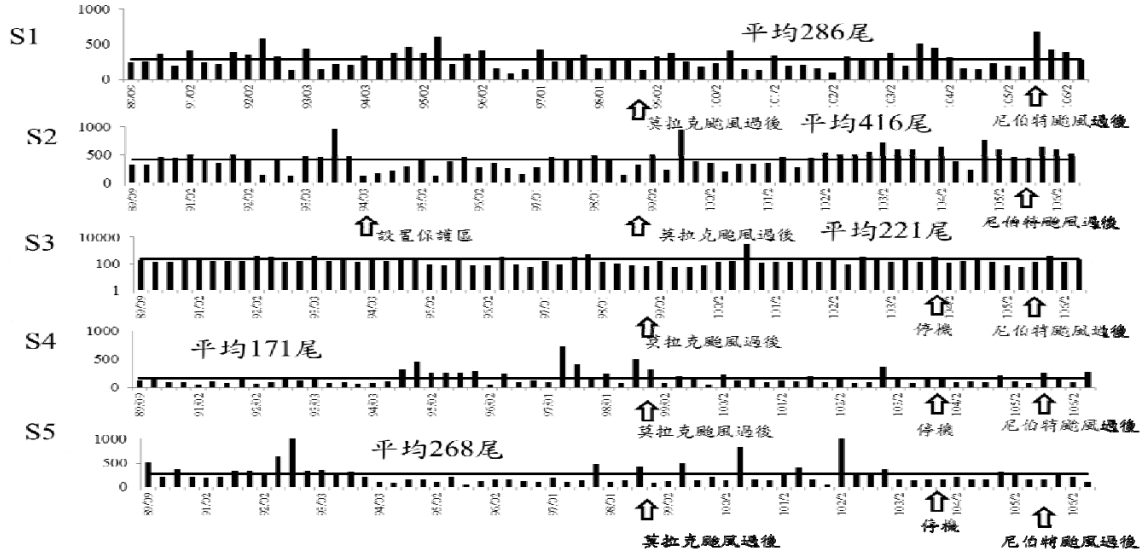


一本研究利用結構方程式建構第三核能發電廠附近海域生態變動模式，發現計畫區附近海域的營養鹽多寡及基礎生產力的高低與魚類群聚呈現顯著線性關係，與溫度相關的湧升流與魚類群聚的相關性不顯著，係因影響域內有低溫水湧升時，並未觀察到魚類來游率的增加或減少。

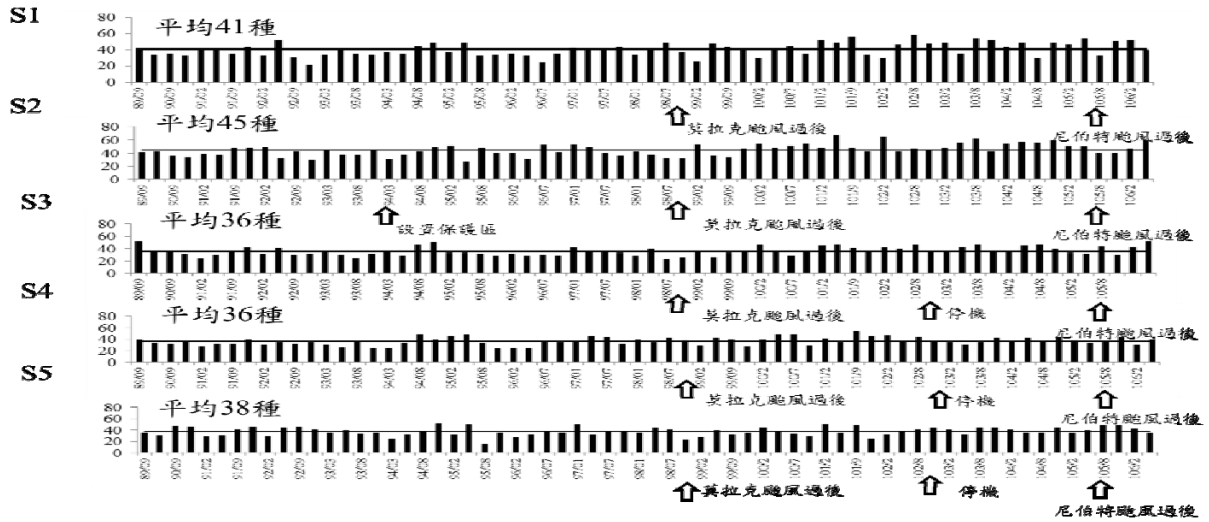


二、106 年第 1 次~106 第 2 次 (106 年第 1 次期中報告) 之精簡研究報告結果：

－不同測站魚尾數平均值介於 171 尾(St.4)~416 尾(St.2)之間($p<0.05$)，測站 2 的魚尾數及魚種數較多，與保育區的設立有關，墾丁國家公園委託調查之「後壁湖海洋資源保護區資源調查」報告內容(詹等, 2009)也顯示「後壁湖海洋資源保護示範區」為整個海域內魚種及數量最豐富的地方。



－不同測站魚種數平均值介於 36 種(S3、S4)~45 種(S2)之間($p<0.05$)，歷次調查並未發現溫排水域魚種數有偏低的現象。



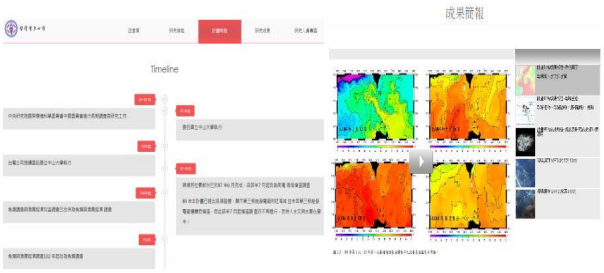
－歷年資料顯示第三核能發電廠附近海域的珊瑚礁魚類的群聚組成受到測站-礁石環境; 年度-大環境變化(颱風、聖嬰及反聖嬰)、政策(設置保護區-94 年)影響呈現時空變動現象。

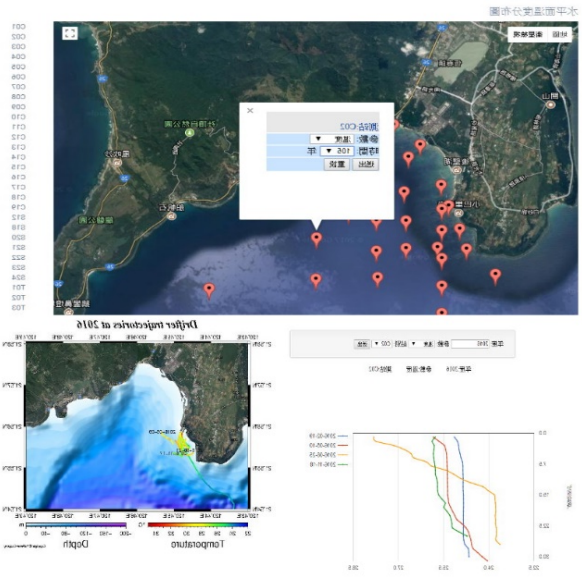
－溫排水對第三核能發電廠附近海域的魚類群聚組成影響小。

子計畫 6--網站架構與綜合討論

一、自民國 102 年 1 月 1 日起，由楊穎堅教授負責，精簡之研究結果如下：

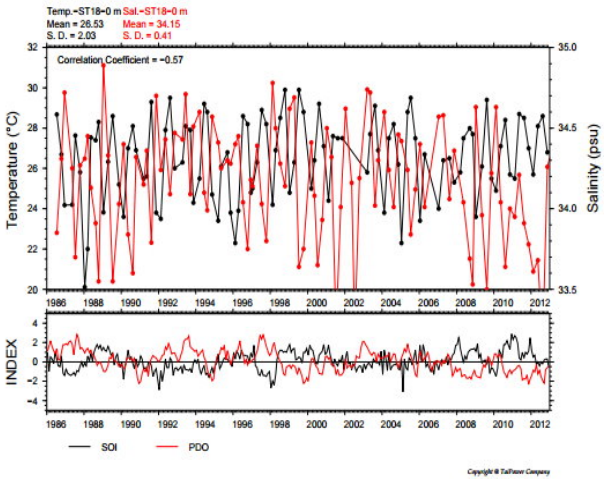






－由於各子計畫多年來已累積了相當成果，且各子計畫之間的作業互有關聯，因此聯繫平台愈顯得重要，為求有效將各子計畫的成果與其他子計畫的研究人員分享，以期展現更完整的成果，本子計畫由楊穎堅教授實際執行作業平台之運作，設置一個網站(http://npp3.nsysu.edu.tw/)，將歷年的調查與研究成果公佈網路，提供參與研究人員、業主參考及查詢，並將各子計畫各季的實驗結果與調查資料製成資料庫，使相關研究人員可立即查詢並相互比對，快速而有效地連接各個子計畫，呈現本計畫整體的成效。

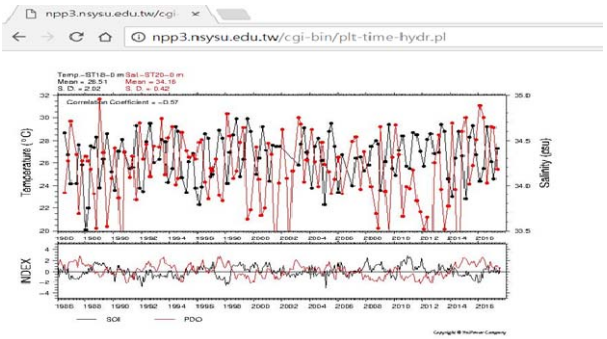
－研究人員首頁架構主要分為觀測資料查詢及線上繪圖兩大部份，觀測資料查詢將海流資料、水文資料等，建立快速查詢與數據列表。線上繪圖部份則將各項調查資料圖形化展示，各項資料繪圖有水文時間序列圖、散射圖、水平面溫度分佈圖、海流時間序列圖、流場統計圖形、漂流浮標軌跡及 Google Map 展示 CTD 調查資料成果。



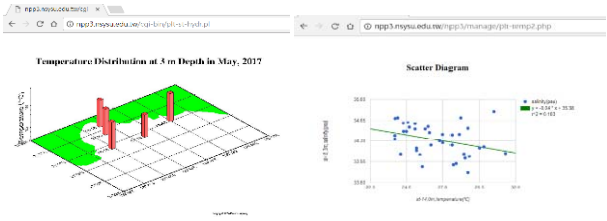
－網站所架構的資料庫，除了彙整本計畫的觀測資料外，為了能橫向整合以及研究南灣海域與外海環境之關聯，亦將建立呂宋海峽及北南海附近海域衛星遙測海表面溫度、氣象雲圖、PDO、SOI 等資料庫，供各個子計畫運用。

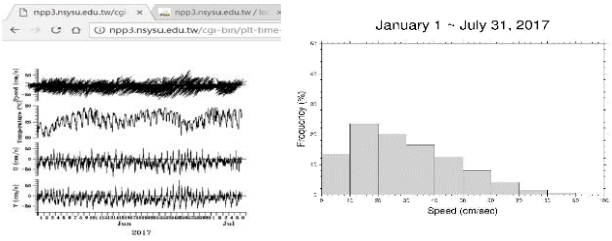
二、106 年第 1 次~106 第 2 次 (106 年第 1 次期中報告) 之精簡研究報告結果：

－水文資料更新至106年第2季



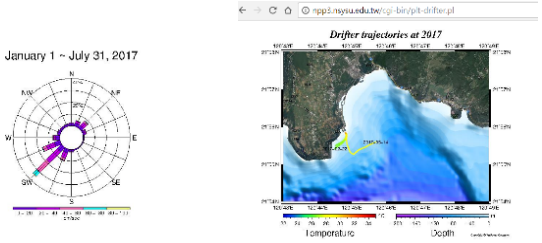
水文參數涵蓋溫度、溫度、鹽度、pH、溶氧、溶氧飽和度、硝酸鹽、亞硝酸鹽、矽酸鹽、磷酸鹽、葉綠素甲等環境資訊，水文資料的調查觀測資料目前已更新至106年第2季，藉由觀測數據繪圖，可檢視與了解核三廠周邊海域之環境時空變化。資料展示以時間序列圖、散射圖以及水平面溫度分布圖，可呈現各參數時間與空間的分佈概況，與各參數間之相關性。





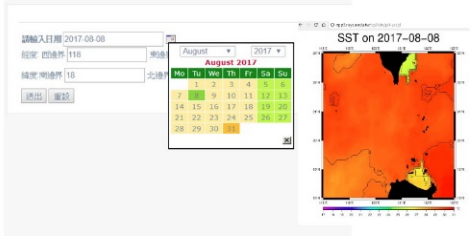
－海流資料更新至 106 年第 2 季

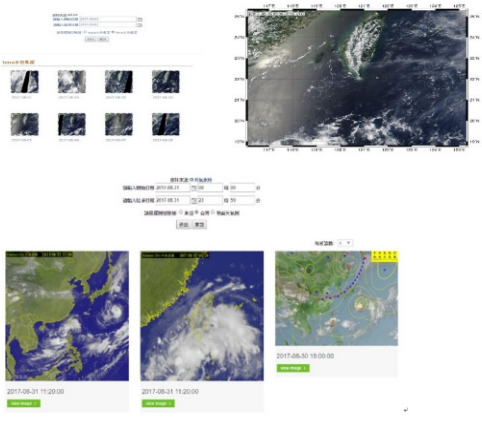
海流資料庫，資料呈現以時間序列圖、流場統計圖形與漂流浮標軌跡展示各項數據。時間序列圖有流矢圖、溫度圖、東西向流速圖、南北向流速圖、流速圖、流向圖，以了解不同季節與時段海流變化概況。



－海水表溫及氣象等資料更新至 106 年第 2 季

颱風對本地區影響甚為重要，故持續彙整各式氣象與衛星資料，建置氣象與衛星資料庫，氣象資料有衛星雲圖及風浪資料，衛星資料庫則有遙測海表面溫度(SST)資料庫及海洋水色衛星(MODIS)資料庫，讓使用者可以藉由查詢介面，了解該區不同季節與年度的氣象資訊，供現場調查人員參考。





(二) 說　　帖

位於台灣最南的第三核能發電廠有兩部發電機組，分別於民國 73 年 7 月與 74 年 5 月運轉發電。為瞭解電廠運轉後，對該地區海域生態及海洋資源的影響程度，行政院原子能委員會與台灣電力股份有限公司，於 68 年至 82 年之間委託中央研究院環科會進行調查，在 82 年之後則改委託國立中山大學持續研究，為國內時間最長 (68-105 年) 的海洋調查計畫。

核電廠之發電機組運轉期間，每天會汲取大約一千餘萬噸海水做為冷卻之用，該海水再度出廠排入大海後，溫度會略微上升，稱之為「溫排水」。經多年的調查發現，溫排水擴散區域大部份限於排水口附近海域西側，其擴散範圍，就水平面來看約在距排水口 200～1000 公尺不等的範圍之內 (下圖 1)，而垂直影響範圍則在海面下 3~5 公尺以淺的表層海水內；離開這範圍，水溫即與原海域背景水溫一致了。海域的酸鹼值 (pH；下圖 2) 及溶氧量皆符合環保署甲類海域之水質標準，而總殘餘氧化劑濃度值也都低於環保署所公布海洋放流水標準。pH 值之逐年下降，研判為大氣二氧化碳增加所造成之海水酸化。其他物理、化學參數之變化，亦反應出大環境之影響。

本海域屬於半開放型，因此大洋的變化會直接影響到本海域的生態環境。以南灣海域 102 年 11 月觀察到鹽度低值為例，可能即是 11 月 8 日的海燕颱風，在菲律賓中部造成嚴重水災與土石流的暴雨，造成了南海北部海域鹽度下降。而 104 年 4 次鹽度之季節性變化幅度縮小，過去 3 年在夏季觀測到的低鹽現象也不復見。

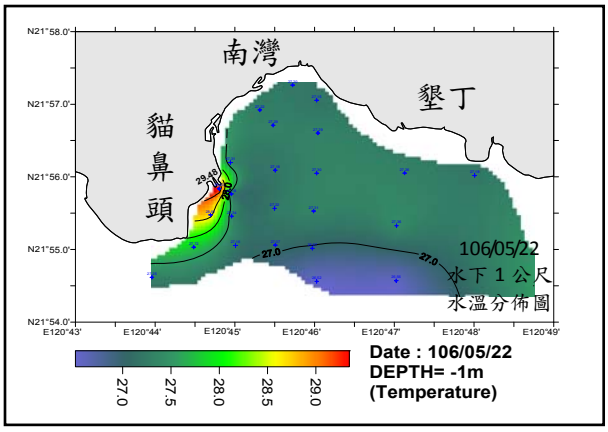


圖1 水溫分佈圖

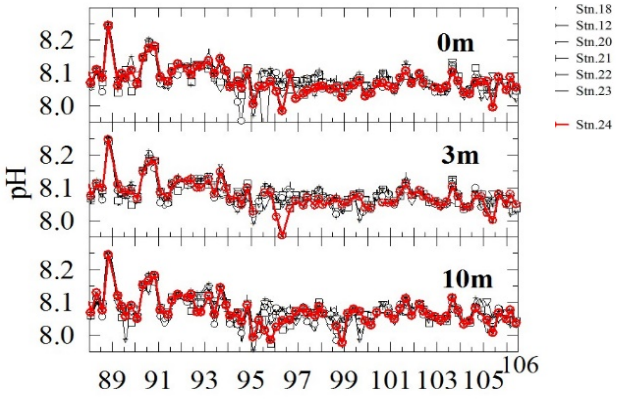


圖2 pH變化圖

動物性浮游生物豐度歷年來多以實驗測站 (溫排水影響範圍) 的測值高於對照測站；而植物性浮游生物密度則是兩者間並無顯著差異，由此可知溫排水對南灣海域之浮游生物的豐 (密) 度並無明顯的影響 (下圖3)。

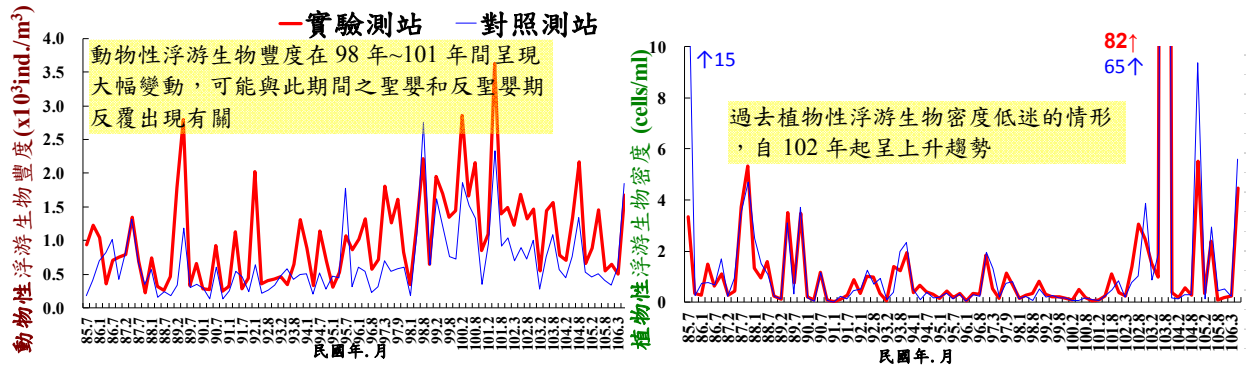


圖3 豐 (密) 度變化圖

長期監測結果顯示溫排水之水溫不影響出水口南側小灣5公尺以深的底棲動物群聚相。歷年來底棲生物相入水口之海葵覆蓋率逐年減少，入、出水口之藻類逐年增加；106年之2次調查入、出水口皆有發現珊瑚白化，入水口白化率較出水口為高是因珊瑚物種組成不同，入水口以軸孔珊瑚為主，軸孔珊瑚對溫度變化敏感，易白化且死亡率較高；出水口以團塊狀珊瑚為主，團塊狀珊瑚較慢白化且維持時間較久，死亡率較入水口之枝狀珊瑚低。入水口灣內的珊瑚白化率與大環境之氣候變遷聖嬰現象指數(Niño3.4及PDO index)有相關性，當指數高時，白化率也增高。

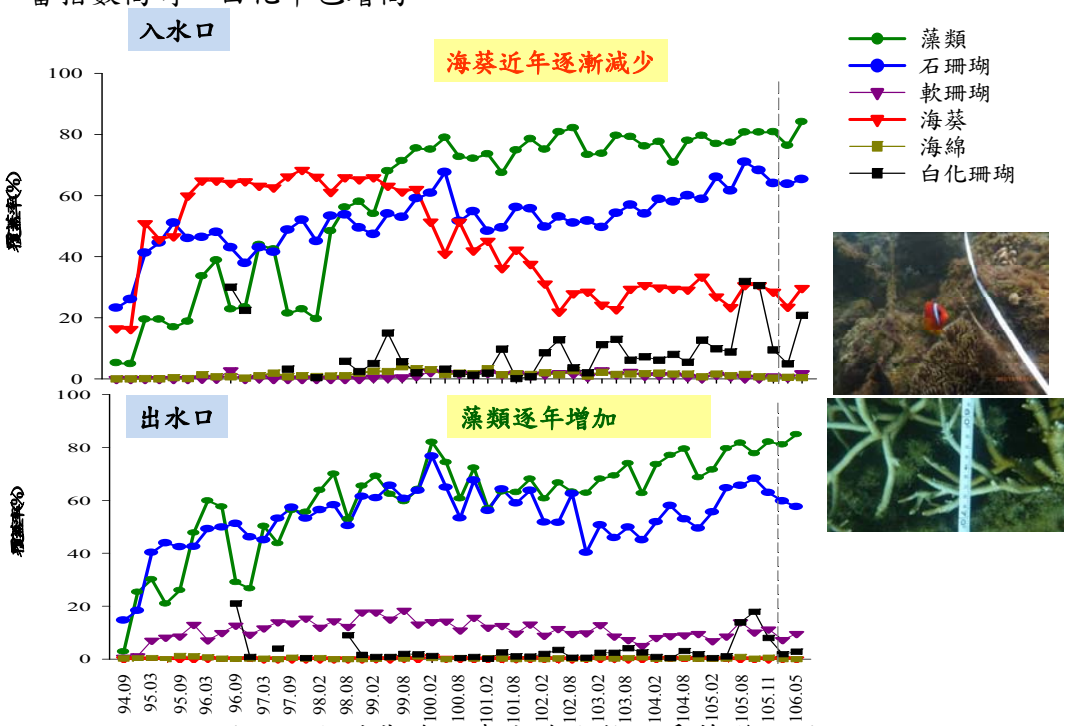
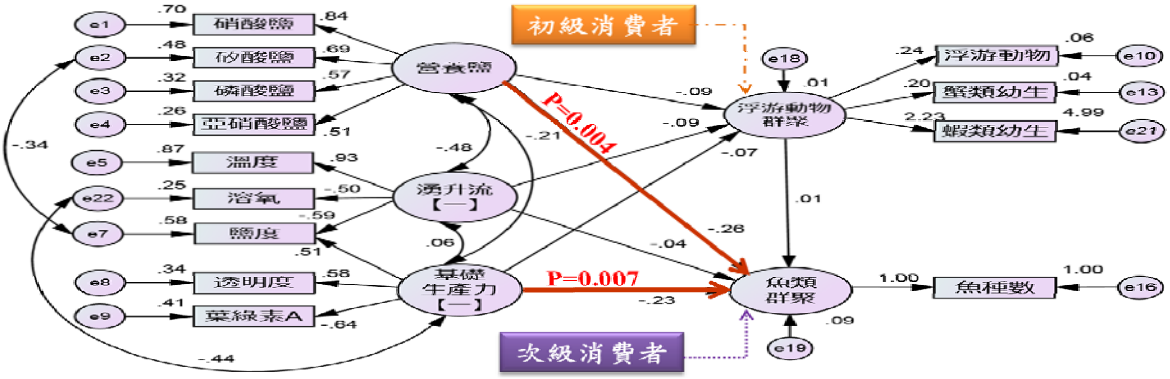


圖4 固定橫截線調查底棲生物的季節變化圖

本研究利用結構方程式 (下圖 5) 建構第三核能發電廠附近海域生態變動模式，發現計畫區附近海域的營養鹽對魚類群聚有負向的影響，而基礎生產力則對魚群聚有正向影響；而與溫度有關的湧升流則與魚類群聚的相關性不顯著，即近 16 年來本海域溫度、溶氧及鹽度的變化，對魚類種類及數量沒有明顯的影響。



指標類型	本研究實證	建議標準	參考文獻
RMSEA(配適度)	0.057	<0.05(良好配適) 0.05~0.08(不錯的配適) 0.08~0.1(中度配適) >0.1(不良配適)	Hair et al. (2006)
卡方/自由度(比值)	1.722	<2 or3 (嚴謹標準) <5 (寬鬆標準)	Carmines & Mclver (1981) Chin & Todd (1995) Hair et al. (1998)
GFI(配適度指標)	0.941	>0.9	Baumgartner & Homburg(1996) Gefen et al. (2000) Schumacker & Lomax (2004)
AGFI(修正後配適度指標)	0.899	>0.9；>0.8為可接受	

圖 5 第三核能發電廠附近海域生態變動模式

本計畫自 82 年接辦迄今之歷年的調查、觀測數據與研究成果，以各種專業圖形展示於網頁，供一般民眾與研究人員查詢與瀏覽。並且將各子計畫各季的實驗結果與調查資料製成資料庫，供相關研究人員立即查詢並相互比對，快速而有效地連接各個子計畫，呈現本計畫整體的成效。資料庫新增各項功能簡述如下：

1、漂流浮標查詢系統，整合Google Map地圖與自行開發繪圖展示漂流浮標之溫度變化及水深變化，使研究人員可以不同年份與季節之浮標資料查詢，了解當年度漂流浮標溫度的變化及水深分佈狀況。(下圖6-1)

2、CTD水平面分佈圖查詢系統亦結合Google Map地圖，讓使用者可藉由不同深度、年份與季節查詢，可一目瞭然南灣海域不同時間及不同深度的溫度變化，排水口周邊的溫度亦清晰可見溫度較高於周邊海域。(下圖6-2)

3、利用Google Chart展示各種水文參數，並依不同深度、測站、參數統計分析資料作條狀圖、圓餅圖、時間序列圖，顯示資料統計分析結果。(下圖6-3)

4、建立海洋水色衛星歷年查詢系統，區分為Aqua及Terra兩種水色衛星，讓研究人員可比對南灣海域不同時間海洋水色的變化。(下圖6-4)

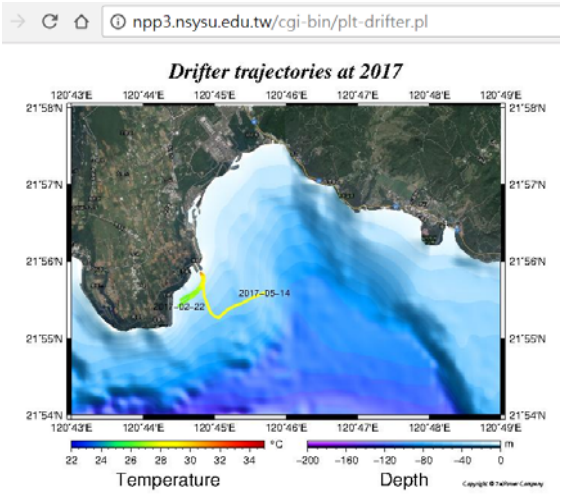


圖 6-1 漂流浮標查詢結果

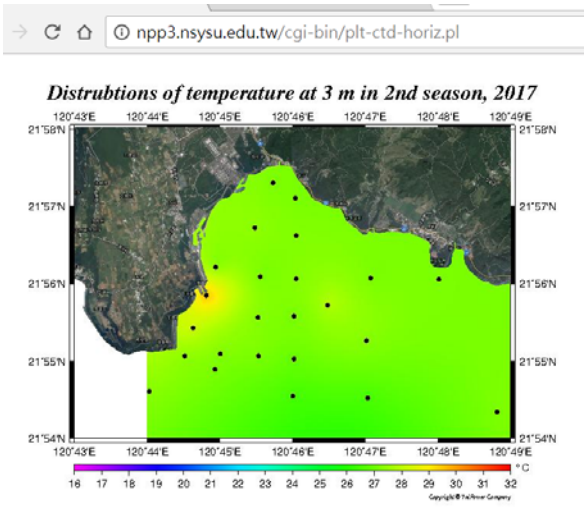


圖 6-2 CTD 3m 溫度分佈圖

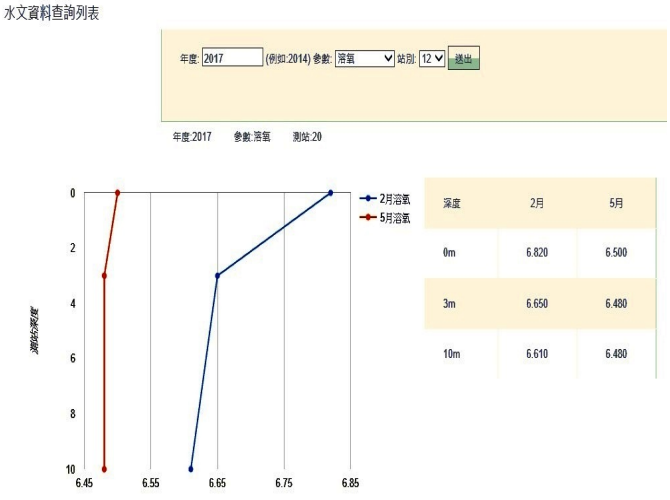


圖 6-3 Google Chart 展示各項水文參數



圖 6-4 海洋水色衛星查詢結果

肆. 摘要

第三核能發電廠有兩部發電機組，分別於民國 73 年 7 月與 74 年 5 月進行商業運轉發電。為瞭解電廠運轉後，對該地區海域生態及海洋資源的影響程度，故行政院原子能委員會與台灣電力股份有限公司，於 68 年 7 月開始資助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。目的在於瞭解第三核能發電廠附近海域，在核能發電廠開始運轉前與運轉時之生態系的平衡狀況：包括非生物環境因子（如海水之溫度、餘氯等物理與化學性質，以及海洋生物含放射性物質之調查），生物環境因子（如基礎生產力，浮游植物與浮游動物、海藻、無脊椎動物及魚類之種間關係），海潮流調查，漁場經濟效益調查、統計及評估，以及利用珊瑚骨骼同位素回推水溫等，以求取得核能發電廠對該海域影響的基礎資料。82 年 7 月起改委國立中山大學執行，85 年 7 月起改台灣電力股份有限公司資助。本計畫就每一項目，分別邀請國內學者專家主持。其中珊瑚同位素部份已於 87 年 6 月完成，自該年 7 月起改為南灣海域增溫調查。89 年本計畫提出各項證據，顯示第三核能發電廠附近海域並未因第三核能發電廠運轉而增溫，因此 89 年 7 月起增溫調查亦不再進行，而併入子計畫（二），但加列綜合討論專章。從 100 年起魚類調查與漁業經濟效益調查已合併為魚類與漁業經濟調查，並於 102 年起改為魚類調查。

在第三核能發電廠之前，也就是民國 67 年，在第 1 座核能發電廠第 1 部發電機組開始運轉發電後，臺灣業已正式進入核能時代；核能發電廠運轉發電，必然會產生放射性待處理物料；然而在臺灣陸地有限，人口密集的情形下，行政院原子能委員會經過數年的調查研究，慎重地選擇人口稀少，地質結構良好，且具有天然屏障的離島蘭嶼設立低放射性待處理物料貯存場。這些放射性待處理物料在搬運與貯存期間，對附近海域環境與生態的平衡，生物群聚的消長關係，以及因這些生物群聚可能累積放射性物質，而對該地區環境造成何種影響，必須加以調查、研究、瞭解。行政院原子能委員會放射性待處理物料管理處（85 年改制為放射性物料管理局）有鑑於此，於 73 年 7 月開始，委託環科會進行長期調查研究。研究項目包括水文與水質化學，沈積物化學，植物性與動物性浮游生物，潮間帶底棲生物以及海水與生物體含放射性物質等。82 年 7 月開始，改委託國立中山大學進行調查，並刪除大部份項目，僅留水文與水質化學及放射性物質兩大部份，但自 102 年起停止執行「放射性物質調查」。

調查結果如下：

一、海潮流

民國106年上半年度第三核能發電廠附近海域排水口外長期海流觀測結果和歷年同時期調查結果相近，觀測結果顯示，海流以往復之潮流運動及西南向淨流為主，全日與半日潮流振幅均約為0.05 m/s～0.15 m/s。

106年第1段觀測期 (民國105年12月13日至106年1月19日) 之平均流流速為0.11 m/s，流向229°；第2段 (民國106年1月19日至106年3月14日) 之平均流流速為0.16 m/s，流向233°；第3段 (民國106年3月14日至106年5月10日) 之平均流流速為0.21 m/s，流向228°；第4段 (民國106年5月10日至106年7月6日) 之平均流流速為0.20 m/s，流向233°。海流觀測結果和歷年同時期調查結果相近。

漂流浮標及溫度調查結果，民國106年2月22日第1次漂流浮標觀測時段為小潮漲潮段，共分四段次佈放，漂流軌跡相近似，浮標於漲潮時段離開出水口後先往南南東方漂流，以順時針方向逐漸轉往南方、再轉西南，後擱淺於礁石區，四段次淨流流速分別為0.30 m/s、0.37 m/s、0.34 m/s及0.40 m/s，流向為219°、220°、217°及217°。溫排水影響範圍於小潮漲潮時段漂流距離200m後水溫即降至28°C以下，與背景水溫溫差3°C以內。

民國106年5月23日第2季次施測為小潮退潮段，其淨流流速為0.134 m/s (對應流向107度)，在出水口附近即往南南東方漂移、流速約0.20~0.30 m/s，離出水口後流向依逆時鐘方向偏轉，漂流軌跡呈L型，後轉東北東向，往船帆石方向流動、流速介於0.20~0.30 m/s。溫降率自排水口往外至300 m內約為1°C /100 m，浮標離出水口350m後水溫即降至28.5°C以下，與背景水溫溫差2°C以內。

溫鹽調查結果，106年第1次觀測 (民國106年2月23日) 水溫介於23.5°C～28.9°C之間，鹽度介於34.35～34.83之間；106年第2次觀測 (民國106年5月22日) 水溫24.7°C～29.7°C，鹽度介於34.20～34.61。

溫排水擴散舌在漲潮時段多往西南擴散，退潮時段往東南-東方向擴散，受西南向淨流的作用，漲潮時溫水舌的擴散範圍較退潮時溫水舌大。湧升帶來的冷水，有助於南灣之珊瑚避免海水暖化之衝擊；冷水所含之營養鹽，亦有助於藻類生長，但因南灣海水內外交換甚快，藻類來不及長大即被送至灣外，因此營養鹽利用率不高。

二、水文水質

(二-甲)、第三核能發電廠附近海域水文與水質化學

第三核能發電廠附近海域水溫的變化，主要受天候、季節性以及大尺度海洋事件如颱風、聖嬰、反聖嬰，以及太平洋十年期振盪的影響。106 年第 1、2 次海水的溫、鹽值較歷年略高，仍屬於西菲律賓海水以及南海水的混合水，季節性的變化並不大。

回顧本海域溫、鹽之變化與 ONI/PDO 指數之間，在早期時，大致呈現 PDO 暖相時，水溫偏低，然而後期反而呈現水溫偏高；本海域水溫的變化似乎主要反應海溫上升的趨勢，而與 PDO 相關性較為多變。

鹽度介於 34.152 至 34.700 之間，主要是黑潮水、南海中鹽水及低鹽沿岸水之混合水團。海域的 pH 值介於 8.017 至 8.086 間，符合環保署所公佈海域環境分類及海洋環境品質標準第 5 條「甲類海域之水質標準，氫離子濃度指數應在 7.5~8.5 之間」之規定。溶氧量亦符合環保署「甲類海域之水質標準，溶氧量應在 5.0 mg/l 以上」之規定。總殘餘氧化劑濃度值平均低於環保署所公布海洋放流水標準第 4 條「殘餘氯量 1 mg/l 以下」之規定。

營養鹽資料顯示，此海域目前並沒有受到有機質的污染。由 N/P 比值顯示，此海域浮游植物之生長限制因子為 N，因此對 N 的污染途徑應該特別注意。此海域之葉綠素甲測值偏低，屬於低生產力之海域。整體而言，第三核能發電廠附近海域之水文與水質化學受溫排水的影響並不明顯，海域之水文與水質皆符合我國甲類海域的水質標準。

(二-乙)、蘭嶼貯存場附近海域水文與水質化學

調查結果顯示，海域之水溫主要受天候及季節性變化的影響。鹽度無季節性變化，反而是各站的變異較大，顯示陸源水對近岸海域的鹽度有某種程度的影響，其中漁人村的鹽度偏低，此乃陸源水大量流入海域所致。pH 及溶氧量都符合環保署 90 年 12 月 26 日所公佈「海域環境分類及海洋環境品質標準」所規範甲類 (適用於一級水產用水、游泳) 海域水體之標準。較高 pH 的測站，往往伴隨較高的溶氧量，顯示本海域有較旺盛的光合作用。各測站的營養鹽 (硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽、矽酸鹽)均較外海來得高，此乃近岸海水長期受到含有高量營養鹽陸源水流入之故。

三、植物性及動物性浮游生物調查

106 年度第 1 和 2 次採樣之測值，大致分別較歷年同次平均值為低和高。106 年第 1 次採樣除仔魚高於歷年同次平均值外，植物性和動物性浮游生物、蝦蟹幼生和魚卵及仔魚均低於歷年同次平均值，反觀第 2 次採樣所有大類均高於或相近於歷年同次平均值，且植物性和動物性浮游生物及魚卵均為歷年同次最高值，當中動物性浮游生物更為歷年最高值。對照與監測測站之差別，於今年兩次的採樣中，利用沉澱法所得之植物性浮游生物平均密度為對照測站較高，濃縮法互有高低；動物性浮游生物和經濟性幼生則是對照測站略高於監測測站。整體而言，本海域從 90 年以來，濃縮法和沉澱法植物性浮游生物密度偏低之現象已於近四年來回復。近八年來，動物性浮游生物和蝦蟹幼生的豐度有大幅震盪增加的趨勢，魚卵和仔魚則呈現明顯平穩的季節更迭。束毛藻在春季 (第 2 次) 經常為本海域的優勢藻種，但今年並未出現。

四、底棲動物調查

本研究的目的在了解溫排水對墾丁地區底棲動物群聚是否有影響。以第三核能發電廠附近海域 (入水口、出水口南堤外側小灣 (以下簡稱為出水口南側)及石牛溪等海域) 之(1)軸孔珊瑚成長變化；(2)底棲動物著生量及消長情形；(3)固定橫截線底棲生物覆蓋率變化；(4)入、出水口微環境沉積物沉積量之變化；(5)入、出水口附近水溫變化，為監測項目。出水口南側區域軸孔珊瑚於 106 年第 2 次之生長量高於入水口區域，推測在水溫較低之季節溫排水有助珊瑚成長，但 106 年 2 季橫截線調查二樣點都有觀察到珊瑚白化現象，雖然入水口底棲生物相群聚與出水口不同，但入、出水口皆以夏季白化率最高，入水口的白化率與 Niño3.4 及 PDO index 有相關，當指數高時，白化率也高，其他海域如澳洲大堡礁、太平洋島礁之珊瑚都有大範圍白化報導，可見此非小範圍溫水排放所致，應與大環境氣候變遷有關。影響入水口之軸孔珊瑚生長的因子尚有颱風和其他生物啃食等，而颱風季（夏秋）的沉積物沉積量明顯高於非颱風季（冬春），故此可能為珊瑚平均日成長率及覆蓋率變化的影響因子之一。底棲動物著生量以入水口區域高於出水口南側區域，在年度消長方面亦呈現相似的趨勢，造成這些現象的原因可能有：1、溫排水的效應；2、非入水口區域有較大的人為或自然干擾；3、入水口區域因冷卻

機組抽水，導致總水體量與幼生量大於非入水口區域；4、出水口區域沉積量較入水口區域高且粒徑較大。南灣之水溫、底棲動物著生量及氣候變遷之 PDO index 三者間有相關，當 PDO 越高，相對後 1-2 季南灣的水溫也高（正相關），以及後 1-2 季的底棲動物著生量較低（負相關），此與大環境氣候變遷有關。水溫變化僅出水口南側 3 公尺水深的測站 (Efflu-3) 較其他測站平均高 0.8-1.1°C，其餘各測站之水溫變化無差異，顯示溫排水不影響出水口南側區域 6 公尺以深的水溫變化。

五、魚類調查

民國106年2次調查結果，第三核能發電廠附近海域記錄之珊瑚礁魚類相共有37科83屬188種，2次皆可發現的魚種有69種，上述資料顯示本海域棲息之魚種季節更迭頻繁。後壁湖魚市場106年2次的調查記錄到24科33屬64種魚類相，顯示後壁湖魚市場販售多樣性的魚類。整合珊瑚礁魚類相及後壁湖魚類相2種調查方式所記錄到的魚種，本年度2次調查共記錄44科97屬226種，利用相似度指數探討漁業行為與珊瑚礁魚類的關係，106年2次調查魚種相似度依序為7.2%(106年2月)及7.9%(106年5月)，顯示後壁湖販售的魚類相與第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相種類間之相似度小，由於珊瑚礁區棲息的魚種體型差異大，漁撈行為捕撈的多為體型較大的魚類，故本研究持續分析當地販售之魚種及數量，藉此分析當地沿近海漁撈壓力對珊瑚礁魚類的影響。

由於珊瑚礁魚類相調查的沿近海域是多數魚類幼生棲息的場所，故本計畫亦於調查海域觀測到許多珊瑚礁魚類相補充群(幼魚)的加入。歷年第三核能發電廠附近海域之魚類相調查共分二部份進行，珊瑚礁魚類相的部份從82年開始，後壁湖魚市場漁獲種類的調查自民國87年開始，二項調查至目前為止共記錄第三核能發電廠附近海域的魚類相有112科303屬823種，隨著調查次數的增加，本海域記錄到的魚種數亦呈現上升趨勢，係因墾丁海域擁有多樣性的魚類相所致。本研究分析5個測站珊瑚礁魚類的群聚組成，探討受溫排水影響區(測站3、4、5)與未影響區之間(測站1、2)魚類群聚組成變化，以MDS 二度空間排序後發現，未受溫排水影響區(測站1)與受溫排水影響區(測站3 及5)的重疊性較高，顯示魚類群聚組成受溫排放水影響小。

歷年第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類種類數及尾數的變動情形顯示珊瑚礁魚類之魚尾數及魚種數在測站及年間呈現差異，5個測站魚種數平均值介於36種(St.3)~45種(St.2)之間，5個測站魚尾數平均值介於171尾(St.4)~416尾(St.2)之間，測站2的魚尾數及魚種數有增加情形，由於後壁湖海洋資源保護示範區(94年3月成立)，其劃設地點係位於本計畫測站2的區域，推論測站2魚種數及魚尾數的增加與保護示範區的設置有關。歷年資料顯示機組歲修保養期間，影響域(測站3~測站5)的魚種數及魚尾數也和運轉期間相仿。如：民國98年8月份的莫拉克颱風及105年7月的尼伯特颱風過後，當年度採樣時魚種數及魚尾數有偏低的現象。上述資料顯示本海域珊瑚礁魚類的分佈可能受到水深、地貌、水文、水質、大環境變動及漁業行為的影響，呈現測站間群聚組成的差異。

六、網站架構與綜合討論

海流調查結果顯示，排水口附近海流以往復之潮流運動及西南向淨流為主，造成海水經常往西南繞過貓鼻頭往西輸送之趨勢。溫排水擴散區域大部份限於排水口附近海域西南側，其擴散範圍在漲潮時段往西南約 500～1000 m，退潮時段往東-東南約 200～800 m，溫排水大部份分佈於海表層以下水深 3 m 以內，擴散影響範圍多侷限在距排水口 1000 m 弧內，空間溫降率自排水口往外至 500 m 弧內約 1°C/100 m。除此以外，核三廠海域近岸海底海溫陡降現象，除了是因為大潮潮流在南灣內引起的湧升流將次表層冷水帶上來所造成外，在呂宋海峽產生的巨大內潮、內波傳入海灣內亦有相當程度的貢獻。湧升帶來的冷水，可能有助於南灣之珊瑚免於海水暖化之衝擊；冷水所含之營養鹽，亦有助於藻類生長，但因南灣海水內外交換甚快，藻類來不及長大即被送至灣外，因此營養鹽利用率不高(Chen et al., 2004a, 2004b, 2005；Jan and Chen, 2009)。水溫長期觀測資料顯示發現颱風季期間某些颱風經過台灣附近後會造成 1～4 週長的水溫下降與回升變化，其間動力因素複雜，值得進一步分析。

本海域水文、水質的改變與聖嬰/反聖嬰現象、太平洋十年期振盪指數等之大尺度海洋事件相關係頗高，例如 92~96 年、103~106 年 PDO 暖相時，溫鹽訊號較集中在南海水以及黑潮水之間，而 99-102 年冷相時，溫鹽訊號明顯偏向南海水。pH 值與硝酸鹽濃度在暖相時較高、冷相較低。但 pH 值在冷暖相之差異，研判為

大氣二氧化碳增加所造成之海水酸化，與 PDO 相關性不大。以上結果顯示，本海域之水文變化與大尺度的海洋事件相關性頗高。多年的資料顯示，水體中營養鹽含量的變化似乎受控於植浮的利用或是釋出，兩者之間呈現負相關。

整體而言，核三廠附近海域浮游生物的豐度變動與溫排水的關聯並不顯著，反而，與多項延遲季節的氣候指數有顯著相關性。因此本調查海域浮游生物的豐度變化與大尺度的氣候變遷有較密切的關連。

水溫、底棲動物幼生豐度與底棲動物著生量多無迴歸相關，可能因為無論是水溫測量，或是浮游幼生的撈取，皆為定點即時紀錄，而底棲動物著生是 2-3 個月的累進結果，二者之時間尺度有差別。固定橫截線調查藻類的覆蓋率在入、出水口皆有逐年增加之趨勢，而海葵有逐年減少的現象，經分析顯示營養鹽低時，藻類覆蓋率增加、海葵及海綿覆蓋率降低，需持續注意其變化情形。與子計畫一海潮流提供的水深 28 公尺水溫資料比較，出水口南側地區除 3 公尺水深的測站(Efflu-3)外，其餘各測站之水溫與子計畫一的水溫變化無異，顯示溫排水不影響出水口南側地區 8 公尺以深的水溫變化。南灣 102/8/25（第 3-4 次期間）及 103/05/22（第 2-3 次期間）入水口樽海鞘大量出現前後雖有入水口及灣外水溫變動不一致的現象，但水文水質、動物性浮游生物相、底棲動物著生量及季水溫變化與樽海鞘出現無明確相關，本部分將持續監測探討。

珊瑚礁魚類的分佈可能受到水深、地貌、水文、水質及漁業行為的影響，呈現測站間群聚組成的差異。本研究參照水質因子、浮游生物及本計畫的調查結果，利用結構方程模式預設出 3 個環境變動的潛在變項(營養鹽、湧升流及基礎生產力)及 2 個生物變動的潛在變項(浮游動物群聚及魚類群聚)，建構第三核能發電廠附近海域之珊瑚礁生態系之概念模式。結構方程式的分析的實證模式顯示營養鹽流對浮游動物群聚的變動呈負相關；營養鹽對魚類群聚為負相關，基礎生產力對魚類群聚則呈現正相關。整體而言，溫排水對第三核能發電廠附近海域魚類相影響小。

在網頁方面，則是彙整歷年的調查報告與成果以及其他相關研究報告，有系統的展示於網頁中，提供業主與相關研究人員參考。

網頁網址為http:// npp3.nsysu.edu.tw/。

壹、海潮流

一、計畫目的與緣起

海流、溫鹽度與潮汐是海洋物理水文資料中，最基本且最重要的參數，這些資料因帶有海水運動及水團衍變的訊息，所以通常為物理海洋暨生地化研究採用為海洋水文、水質、動物性浮游生物、植物性浮游生物、魚類生態、漁場經濟效益、放射性元素分佈等觀測資料現象解釋之參考。在海洋工程應用方面，全面的物理水文資料可供規劃設計溫排水導流堤位置及開口方向參考，除此以外，電廠冷卻水的抽取和經發電機組加溫後排放至海洋後的擴散過程等，亦都深受背景海洋環境裡的海流、溫鹽度與潮汐所影響。因此不論由建立海域環境背景資料、發電機組營運管理、或環境生態保護等議題來考量，流場調查均有其必要與重要性。

本計畫調查海域位處台灣最南端，為一半封閉型海灣，面向呂宋海峽，東為太平洋，西為南海，第三核能發電廠附近海域恰位於南海環流與黑潮邊緣之一端，黑潮之高溫高鹽水、南海中鹽水及近岸混合水交匯於此，水團衍變呈複雜的季節變化。第三核能發電廠建廠於此，並將電廠排水口設於近貓鼻頭角，經發電機組增溫後的冷卻水之排放，是否對海域生態及珍貴的珊瑚造成影響，應進行長期之物理水文調查，以了解溫排水影響範圍，另一方面亦可以釐清人為排放水和第三核能發電廠附近海域複雜的自然環境水團，對生態的影響程度之異同。與其他子計畫之關聯方面，流場資料尚可提供給其他各子計畫分析生地化參數、生態與海況、水文條件之相關性。綜言之，海流水文探測的目的主要在界定溫水舌擴張範圍，提供物理水文參數，予其他有關生地化及生態研究的子計畫參考，追蹤聖嬰南方振盪 ENSO 現象 (El Nino Southern Oscillation)、探討冷水湧升現象以及分析南海水、黑潮水與近岸水團衍替之時序。

二、文獻回顧

第三核能發電廠附近海域第一項受注意的問題為溫排水的擴散範圍，歸納分析本研究歷年的水文調查資料，以及輔以成功大學水工試驗所民國 87 年以來，在距排放口 1000 m 弧線以內的高頻率高測點密度的溫排水調查與分析結果 (余進利等，1998，1999，2001；黃煌輝等，2002)，溫水舌的型態受當地潮流往復運動的作用，而有由南向東北及由東北向南擺動的現象，其中又以向南擴張的趨勢佔調查次數的多數，主要仍受淨流為沿貓鼻頭東岸向南南西流動所導引。溫排水的空間擴散率方面，大約在距排放口 500 m～700 m 之間即已降溫至與週遭環境水溫相近 (溫差<1°C)，溫排水通常不影響至距排放口 1000 m 以外水溫，因此第三核能發電廠溫排水舌屬小尺度的水舌動力，不影響第三核能發電廠附近海域其它中大尺度的海洋現象，如冷水湧升、水團季節變化等。

其二是水團的區分及季節性替換的問題，Shaw (1989) 指出，台灣西南海域的水團計有沿岸水、南海水及黑潮水 3 種，其中沿岸混合水可分為 3 股，其一為長江和閩浙諸江之沿岸流，因其來自較高緯度，故具備低溫、低鹽特性；其二為廣東和閩南之沿岸水，因來自較低緯度，故水溫較高；其三為台灣沿岸水，因台灣之河川流量夏盛冬衰，不如前 2 者豐沛，故影響範圍僅在鄰貼台灣岸邊之水域。黑潮水為北赤道洋流之延續，可分為上下兩層，上層為高溫高鹽之水團，下層則溫鹽終年不變。南海水則具備高溫及中等鹽度之特色，由於其受到沿岸低鹽水和大洋高鹽水混合影響，其鹽度介於兩者之間。第三核能發電廠附近海域可能受廣東沿岸水，以及後 2 種水團作用影響。王胄及陳慶生 (1987) 分析南海北部的水文資料認為，黑潮水於冬季東北季風強盛時會偏入巴士海峽而於南海北部形成一暖心渦流，因此第三核能發電廠附近海域水與黑潮近似者，至少有季節性的替換過程。Shaw (1989) 更進一步推論沿岸水於春季

時只出現於台灣西南隅，夏季時西南風將廣東沿岸水吹來，覆蓋整個西南海域表面，水溫可達 27°C 以上；黑潮水在冬季時出現於靠近台灣之大陸坡上；南海水在春季時開始與黑潮水團互為消長，夏季時則佔據西南海域，因此在春季後，第三核能發電廠附近海域亦可見南海水的蹤影。

第三核能發電廠附近海域的流場及水文特性，依據范光龍教授自民國 68 年至 82 年在第三核能發電廠附近海域所進行的海流調查結果，漲潮時海域外海流向西南流動，退潮時轉向東流動。第三核能發電廠出水口之溫排水不易迴流至入水口，至少須以每秒 0.2 m/s 連續流動 4 小時以上才會流到入水口，但在此過程中會遇到後壁湖漁港外側淺灘阻擋海流轉向東流動，而擴散到第三核能發電廠附近海域中央。另一方面溫排水因密度小，浮於海水上層，容易散熱，在此 4 小時以上之流程中其熱量已散失許多，而且其只存在於表層 3 m 深，甚至只有 1 m 深之海表面，而入水口卻在海下 6 m 處抽取海水冷卻，因此受溫排水迴流之影響有限。由於排水口附近淨流向西南，而夏季海水水溫本身就常高達 28～29 °C 甚至 30 °C 以上，加上溫排水之增溫效果常達 3～4 °C，南風、西南風、東南風之吹拂，常使溫排水停滯於出水口西側之小灣淺海珊瑚礁區。海域內可能受由菲律賓海域傳來的內波振盪所影響，常造成第三核能發電廠附近海域下層低溫海水抬升，使水溫驟降，於民國 80 年 5 月 22 日 19:30 記錄到下層低溫海水曾自水深 19 m 上升至 8 m 即為一例。另，據陳鎮東教授與王冰潔於民國 88 年所發表之南部核能電廠附近海域之增溫調查結果，溫排水之影響主要只在出水口附近，並未明顯擴散至第三核能發電廠附近海域東端，溫排水排入海域雖造成表層溫度升高，但不擴及底層 (10 m 以下)，整個第三核能發電廠附近海域水溫並沒有比貓鼻頭南方較屬於外洋海水水溫來得高。

Lee et al. (1997, 1999a, 1999b) 的研究，解釋第三核能發電廠附近海域冷水湧升造

成短期溫度陡降現象的動力機制，據其研究結果在大潮時之退潮流將導致一氣旋式 (逆時旋轉) 渦旋二次環流 (Secondary eddy) 盤據著南灣海域，此一渦旋環流將導致附近海域持續幾小時之溫度突降。另一反氣旋 (順時旋轉) 規模較小之二次漩渦則在漲潮流時發生於南灣海域東側。造成漲、退潮時渦旋環流不等之原因為地形上之特徵，如環繞第三核能發電廠附近海域東端之海底山脊，另外則是在第三核能發電廠附近海域半封閉入口處之蜿蜒海山，此地形特徵迫使潮流轉向成反氣旋方向，若潮流方向為向灣內時此二次渦旋將消失，相反的，若潮流方向為向海時，將使渦旋加強，此 2 地形特徵之結合，在退潮流時將加強二次渦流，尤其是在離開第三核能發電廠附近海域之潮流十分強勁時。經過動力分析，這兩類渦旋因為都是以離心力和海表面壓力梯度力的平衡為主，地轉科氏力相對地不重要，所以不論順時或逆時旋轉，都會在渦流中心產生湧升過程，造成第三核能發電廠附近海域之中冷水湧升的現象。

民國 92～93 年第三核能發電廠附近海域海流與水文量測，是以更深入了解溫排水在空間及時間上的變化為主要目的。根據調查與分析結果所撰寫的論文 (Jan et al., 2004)，第三核能發電廠附近海域的主要潮型為全日潮及半日潮的混合潮，其中全日潮比半日潮稍大一些，主要分潮包括 O_1、P_1、K_1、N_2、M_2、S_2。從海流觀測可以觀察到沿岸流主要影響因子為潮汐，漲潮時主要流向為西南向，退潮則約為東北向，其潮流振幅為 0.2～0.4 m/s。潮流調和分析結果顯示，第三核能發電廠附近海域近岸的潮流主要是由混合潮及高頻的倍潮組成，漲潮時西南向的潮流相對較弱 (約 0.15 m/s)。平均流在每段觀測時期幾乎都向西南流，平均流速介於 0.15 和 0.18 m/s 之間。沿岸流的流速可經由即時潮位觀測 [η(t)] 套用以下經驗公式估計：

$$v(t) = 0.1830 \times \eta(t-1) + 0.1858 \times \eta(t-4) - 0.3371,$$

亦即以前 1 和 4 小時於後壁湖測得的潮位，可推估沿岸流速分量的大小的方向。

上式估算值與觀測值間的平方根誤差為 0.18 m/s。

Jan et al. (2004) 的分析結果也指出，第三核能發電廠的冷卻水經由出水口排放到外海形成溫排水舌，及在出水口外海 200 公尺的海域觀察到水溫的急遽下降，是出水口附近沿岸的主要水溫變化特徵。溫排水出海後溫度高於一般海水，較輕且浮在海面，厚度約為 5～7 公尺，愈往外海與海水混合後，厚度漸漸變薄，到了距出水口約 1000 公尺處就幾乎與外海水一致了；溫排水出海的水平分佈型態幾乎由潮流掌控，漲潮時，溫排水向西南沿著海岸往外海延伸約 600 公尺，退潮時，溫排水則往東北方向擴展，像一個鼓脹的氣球。從密集的鹽溫深量測 (CTD) 及浮標溫度計軌跡觀察，兩項觀測都顯示了溫排水出海後，在距離出水口 500～800 m 處，每公尺的水溫下降率為–0.008°C/m～–0.01°C/m，即 300 公尺的距離，水溫的下降幅度約為 2.4°C～3°C。從水溫空間變化分析，出水口的溫排水並不會回流至進水口。

第三核能發電廠海域的週期性水溫陡降現象，除了 Lee et al. (1997, 1999a, 1999b) 說明是因潮汐渦流所造成的之外，Jan and Chen (2009)進一步研究指出，這種潮週的水溫陡降和臨近呂宋海峽中因潮流通過海脊引發的內潮傳入南灣，亦有密切關係。該研究亦指出，每回內潮傳入南灣所造成冷水湧升，也會將富含營養鹽的次表層水帶到表層，可能有利珊瑚的生長。

三、研究方法與進度說明

3.1 調查研究方法

本計畫海潮流調查包含 3 項，除往年採用之漂流浮標調查及鹽溫深儀 (CTD) 調查外，民國 86 年秋季起，以一具自記式海流儀在出水口東北方約 1 km、水深 18 m 處進行定點海流觀測。自民國 89 年第 3 次開始再將此定點海流測站移往出水口東南東方約 300 m、水深 20 m 處，進行每季 1 個月之長期海流觀測。民國 92 年在浮標上加設一溫度計量取表層水溫。定點海流觀測於民國 94 年開始改採都普勒式流剖儀長期連續觀測。

3.1.1 漂流浮標調查

漂流浮標調查預定每年進行 4 次，每季進行 1 次，其方法乃以一個包含十字型導流板之漂流浮標，上為浮球、下置重錘，並於水深 1 公尺處繫一自記式溫度計，浮球中並放置衛星定位儀及 GSM 通訊設備，以漁船攜至第三核能發電廠出水口外 50 m 處，將浮標投入海中，由浮標自行每分鐘記錄本身之經緯度位置 (也可由陸上透過 GSM 通訊系統即時收錄浮標之位置)，觀測 3 小時後取回返航。漂流浮標施放點位如圖 1-1 所示。浮標溫度計的軌跡記錄採用 Garmin 公司製造的 GPS (衛星定位儀)，其接收儀共有 8 個頻道可同時追蹤所有衛星資料。

自記式溫度計(Pace Scientific Ins., 型號 XR5-T) 之規格如下：

數據	範圍	準確度	解析度
溫度 (°C)	0~40	0.15	0.02

3.1.2 定點海流觀測

民國 94 年起海流調查改用都普勒式流剖儀連續觀測，測站位置請參視圖 1-1。本項工作採用挪威 NorTek AS 公司製造型號 Aquadopp 之水下都普勒音波式剖面海流儀 (簡稱 ADP)，儀器測量規格如下：

數據	範圍	準確度	解析度
速度 (m/s)	±10	1% of measured value ±0.5 cm/s	0.0001
方向 (°)	0~360	2	0.1
溫度 (°C)	-4 ~40	0.1	0.01
壓力 (m)	0~100	0.25% of full scale	0.005% of full scale

3.1.3 溫鹽深調查方法

本項工作仍租用漁船使用 SeaBird SBE19 溫鹽深儀 (CTD) 及 GPS 定位系統，航行到預定測站將 CTD 緩慢下放入海中，量取海水之溫度、導電度及壓力剖面，同時抄錄船位之 GPS 經緯度，返航後再將 CTD 記錄的資料以電腦讀出。CTD 測站位置請參見圖 1-1。以下為美國 Sea Bird 公司生產之 SBE19 型攜帶式溫鹽深儀之特性及規格：

儀器數據	範圍	準確度	解析度
導電度(S/m)	0～9	0.0005	0.00005
溫度(℃)	-5～+35	0.005	0.0001
深度(m)	0~100	0.1% of full scale	0.002% of full scale

3.1.4 歷年來實測資料之整理分析

本項工作蒐集歷年來之 CTD 及漂流資料，並與第三核能發電廠附近海域實測潮汐，或中央氣象局後壁湖潮汐測站當時之實測潮位記錄加以比對，期更進一步了解第三核能發電廠附近海域水團的季節性變化。此外亦統計歷年海流、水溫觀測成果，期了解流場與水文狀況是否異常，也供他項子計畫資料分析之參考。

3.2 調查日期

民國 106 年已完成兩次浮標調查時間分別在民國 106 年 2 月 22 日及 106 年 5 月 14 日。

定點長期海流調查在 106 年上半年已完成四次調查，民國 105 年 12 月 13 日至 106 年 1 月 19 日間進行 106 年第 1 次調查，民國 106 年 1 月 19 日至 106 年 3 月 14 日間進行第 2 次調查，民國 106 年 3 月 14 日至 106 年 5 月 10 日進行第 3 次調查，民國 106 年 5 月 10 日至 106 年 7 月 6 日進行第 4 次調查，目前儀器持續施放中。

大範圍的鹽溫深調查於民國 106 年已完成兩次調查，於民國 106 年 2 月 23 日及 106 年 5 月 22 日。

四、調查研究結果

4.1 漂流浮標調查結果

民國 106 年 2 月 22 日第 1 次漂流浮標調查結果如報告書光碟表 1-1 及圖 1-2 所示(圖 1-2 亦附於報告內文中當做範例)。觀測時間為 09:58～13:18，觀測時段為小潮漲潮段，共分四段次佈放，四段次漂流軌跡相近似，浮標於漲潮時段離開出水口後先往南南東方漂流，以順時針方向逐漸轉往南方、再轉西南，後擱淺於礁石區；第一段次漂流浮標共移動 0.89 km，淨移動 0.78 km，最大流速為 0.40 m/s，對應流向為 150°，淨流流速為 0.30 m/s，流向為 219°；第二段次漂流浮標共移動 0.87 km，淨移動 0.81 km，最大流速為 0.48 m/s，對應流向為 167°，淨流流速為 0.37 m/s，流向為 220°；第三段次漂流浮標共移動 1.04 km，淨移動 0.95 km，最大流速為 0.45 m/s，對應流向為 235°，淨流流速為 0.34 m/s，流向為 217°；第四段次漂流浮標共移動 0.99km，淨移動 0.94 km，最大流速為 0.46 m/s，對應流向為 228，淨流流速為 0.40 m/s，流向為 217°。溫排水影響範圍於小潮漲潮時段漂流距離 200m 後水溫即降至 28℃以下 (與背景水溫溫差 3℃以內)。

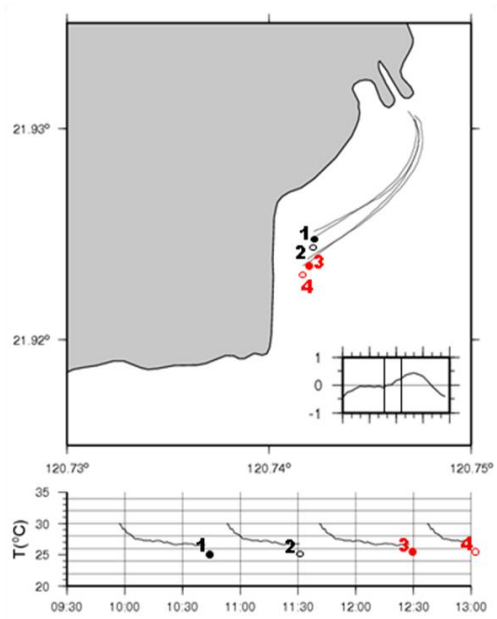


圖 1-2 民國 106 年 2 月 23 日漂流浮標暨溫度追蹤調查結果

民國 106 年 5 月 14 日第 2 次漂流浮標調查結果如報告書光碟表 1-2 及圖 1-3 所示，觀測時間為 08:52～12:12，觀測時段為小潮退潮段。浮標在出水口附近即往南南東方漂移、流速約 0.20~0.30 m/s，離出水口後流向依逆時鐘方向偏轉，漂流軌跡呈 L 型，後轉東北東向，往船帆石方向流動、流速介於 0.20~0.30 m/s；漂流浮標共移動 2.49 km，淨移動 1.61 km，最大流速為 0.36 m/s，對應流向為 160°，淨流流速為 0.13 m/s，流向為 107°；由溫度計紀錄可知，溫降率自排水口往外至 300 m 內約為 1°C /100 m，浮標離出水口 350m 後水溫即降至 28.5℃以下，明顯影響範圍侷限於出水口東南方 400 m 內 (與背景水溫溫差 2℃以上)。

4.2 定點海流連續調查結果

106 年度第 1 次調查於民國 105 年 12 月 13 日開始，研究人員將水下超音波式海流安置於出水口東南方約 200 m 處海底，該處水深 28 m，儀器錨碇於底床，民國 106 年 1 月 19 日收回；第 2 次調查自民國 106 年 1 月 19 日起至 106 年 3 月 14 日止；第 3 次調查自民國 106 年 3 月 14 日起至 106 年 5 月 10 日止；第 4 次調查自民國 106 年 5 月 10 日起至 106 年 7 月 6 日止；民國 106 年上半年度共進行 4 次調查。民國 106 年 7 月 6 日重新設置儀器，目前儀器持續施測中。

106 年第 1 次定點海流調查分析結果定點海流調查結果如圖 1-4、1-5、1-6、1-7、1-8、1-9，詳見報告書光碟。調查結果顯示漲潮時海流往西南-西南西流動，退潮時則朝東北-北北東流動，漲潮流速明顯大於退潮流速，因此漲退潮後將產生西南向之淨流，圖 1-7 流速流向散佈及圖 1-8 流速向量進行圖亦顯示恆流向西南。平均流流速為 0.11 m/s，平均流向為 229°，施測時段最大流速為 1.07 m/s、流向為 055°朝東北退潮段。圖 1-6 海流玫瑰圖顯示，流向以西南 (SW) 佔 33.03%最多，其次為東北 (NE) 佔

16.36%，西南西 (WSW) 佔 10.89%、南南西 (SSW) 佔 7.32%居第 4、東北東 (ENE) 佔 6.59%居第 5、北北東 (NNE) 佔 5.42%居第 6，其餘方向皆在 5%以下。連續水溫變化附於圖 1-4，調查期間溫度介於 16.1°C 至 25.3°C 之間，平均溫度約為 23.5°C。潮流部分之調和分析結果如表 1-3 及圖 1-9，主要分潮以 M_2 分潮最大 (半長軸 0.26 m/s)，K_1 分潮次之 (半長軸 0.20 m/s)，O_1 潮再次之第 3 (半長軸 0.10 m/s) ，S_2 潮再次之第 4 (半長軸 0.07 m/s)，潮流變化屬混合潮型。

106 年第 2 次定點海流調查分析結果定點海流調查結果如圖 1-4、1-5、1-6、1-7、1-8、1-9，詳見報告書光碟。調查結果與第 1 次結果相似，漲潮時海流往西南-西南西流動，退潮時則朝東北-北北東流動，漲潮流速明顯大於退潮流速，形成西南向之淨流，平均流流速為 0.16 m/s，平均流向為 233°，最大流速為 1.17 m/s、流向為 047°朝東北退潮段。圖 1-6 海流玫瑰圖顯示(亦附於本文)，流向以西南 (SW) 佔 35.54%最多，西南西 (WSW)佔 18.15%其次，再依其次為東北 (NE) 佔 8.69%居第 3、南南西 (SSW) 佔 8.00%居第 4、西 (W) 佔 5.62%居第 5、北北東 (NNE) 佔 5.47%居第 6，其餘方向皆在 5%以下。連續水溫變化附於圖 1-4，調查期間溫度介於 21.4°C 至 25.7°C 之間，平均溫度約為 24.1°C。潮流部分之調和分析結果如報告書光碟表 1-4 及圖 1-9，主要分潮以 M_2 分潮最大 (半長軸 0.23 m/s)，K_1 潮次之 (半長軸 0.13 m/s)，O_1 潮再次之第 3 (半長軸 0.08 m/s) ，S_2 潮再次之第 4 (半長軸 0.08 m/s)，潮流變化屬偏半日潮之混合潮型。

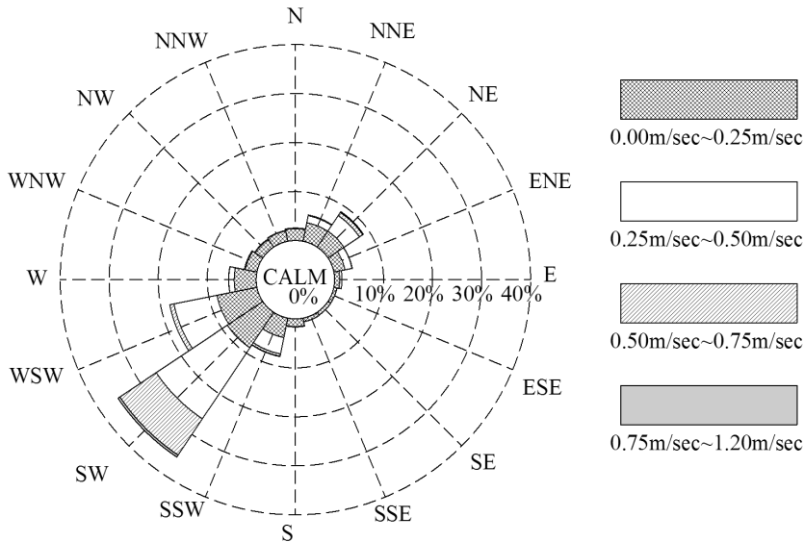


圖 1-6　定點海流調查海流玫瑰圖 (民國 106 年 1 月 19 日～106 年 3 月 14 日)

106 年第 3 次定點海流調查分析結果定點海流調查結果如圖 1-4、1-5、1-6、1-7、1-8、1-9，詳見報告書光碟。漲潮時海流往西南-西南西流動，退潮時則朝東北-北北東流動，漲潮流速明顯大於退潮流速，因此漲退潮後將產生西南向之淨流，平均流流速為 0.21 m/s，平均流向為 228°，最大流速為 0.92 m/s、流向為 226°朝西南漲潮段。圖 1-6 海流玫瑰圖顯示，流向以西南 (SW) 佔 39.92%最多，西南西 (WSW) 佔 13.86%其次，再依其次為南南西 (SSW) 佔 12.06%居第 3、東北 (NE) 佔 7.18%居第 4、北北東 (NNE) 佔 5.24%居第 5、西 (W) 佔 5.15%居第 6，其餘方向皆在 5%以下。連續水溫變化附於圖 1-4，調查期間溫度介於 22.2°C 至 27.7°C 之間，平均溫度約為 25.1°C。潮流部分之調和分析結果如表 1-5 及圖 1-9，主要分潮以 M_2 分潮最大 (半長軸 0.24 m/s)，S_2 潮次之 (半長軸 0.11 m/s)，O_1 潮再次之第 3 (半長軸 0.10 m/s) ，K_1 分潮再次之第 4 (半長軸 0.06 m/s)，潮流變化屬偏半日潮之混合潮型，南灣潮流相較於半日為主或全日為主的型態複雜許多。

106 年第 4 次定點海流調查分析結果定點海流調查結果如圖 1-4、1-5、1-6、1-7、1-8、1-9，詳見報告書光碟。調查結果顯示漲潮時海流往西南-西南西流動，退潮時則朝東北-北北東流動，漲潮流速明顯大於退潮流速，因此漲退潮後將產生西南向之淨流，圖 1-7 流速流向散佈及圖 1-8 流速向量進行圖亦顯示恆流向西南。平均流流速為 0.20 m/s，平均流向為 233°，最大流速為 1.01 m/s、流向為 224°朝西南潮段。圖 1-6 海流玫瑰圖顯示，流向以西南 (SW) 佔 30.38%最多，西南西 (WSW) 佔 19.21%，再依其次為南南西 (SSW) 13.57%居第 3、西 (W) 佔 7.67%居第 4、東北 (NE) 佔 5.60%居第 5，其餘方向皆在 5%以下。連續水溫變化附於圖 1-4，調查期間溫度介於 20.1°C 至 29.5°C 之間，平均溫度約為 25.6°C。潮流部分之調和分析結果如表 1-6 及圖 1-9，主要分潮以 K_1 分潮最大 (半長軸 0.14 m/s)，M_2 潮次之 (半長軸 0.12 m/s)，O_1 分潮再次之第 3 (半長軸 0.11 m/s) ，S_2 潮再次之第 4 (半長軸 0.06 m/s)，潮流變化屬全日潮型。

4.3 水文調查結果

4.3.1 溫鹽度分佈

106 年結果之溫鹽分佈如圖 1-10~圖 1-13 所示，詳見報告書光碟。圖 1-12 顯示民國 106 年第一次溫鹽調查結果 (民國 106 年 2 月 23 日) 整體水溫介於 23.5°C～28.8°C 之間，鹽度介於 34.35～34.83 之間；表層 1m 水溫為 24.5°C～28.8°C，鹽度介於 34.35～34.62，水深 1 m 之表層溫度在距排放口 300 m 內大於 27.0°C，表層 5m 內水溫為 24.3°C～28.8°C，鹽度介於 34.35～34.83；整體鹽度值僅水深 5 m 水層以上於出水口附近小於 34.51，其餘水深水層平面變化不大；至水深 10 m 水層，溫度分佈則不見溫排水訊息。

106 年 5 月時，氣溫逐漸升高，圖 1-13(亦附於本文中)顯示 106 年第二次調查結

果 (民國 106 年 5 月 22 日) 整體水溫為 24.7°C～29.7°C，鹽度介於 34.10～34.61，表層 1m 水溫為 26.5°C～29.5°C，鹽度介於 34.12～34.38，表層 1 m 水溫較 106 年 2 月略有上昇，排水口附近水溫亦相對地上升至 28°C 以上，表層 5m 內水溫則上昇至 26.4°C～29.5°C，鹽度介於 34.10～34.41；水深 5 m 以下水層溫度分佈即不見溫排水訊息，即溫排水之影響在垂直方向上，仍侷限於表層水深 1～5 m 以內。

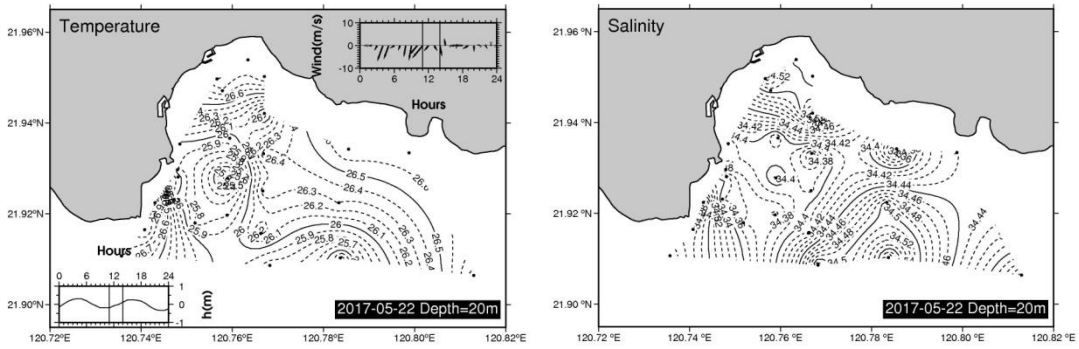


圖 1-13 第三核能發電廠附近海域民國 106 年 5 月 22 日水深 20 m 水溫與鹽度分佈

4.3.2 水團分析

據前人調查研究，南灣海域水團可能受 3 種以上不同水團影響，然而應不脫離以黑潮水和南海水為主的交換。簡言之，1 月的溫鹽值所代表的水團比較偏黑潮典型水 (黑潮南海分支水)；2 月時海水鹽度降低，由此以後溫度則逐漸上升，水團性質漸趨南海水。這種水團衍變的趨勢，以及發生 ENSO 時第三核能發電廠附近海域水團性質的變異，在子計畫 2 中有更詳細的分析。

4.4 歷年調查結果探討

4.4.1 漂流浮標

本報告將第三核能發電廠附近海域民國 87～106 年度漂流浮標追蹤調查結果 (整理如表 1-7 詳見報告書光碟)，由表中漂流軌跡顯示漲潮流從出水口流向西南或往

正南流，大約與貓鼻頭沿岸地形相平行，繞過貓鼻頭，往西再沿海岸往西北走，或繞過貓鼻頭後，繼續偏南或西南走，若能進入第三核能發電廠附近海域外緣海域，則順退潮水轉往東流動。漲潮流時釋放，浮標若隨漲潮流漂向南或東南，則將轉往南-東南向流動，若於灣內，則流速不大，若離海岸影響範圍則流速增大可達 2 節 (1 m/s) 以上。

退潮時往東流或東北流再回流至出水口岸邊或到達後壁湖港口東方，過後壁湖港口東方之後則沿著港口附近的潮間帶地形再轉往西北方流動，最後會到達後壁湖漁港東北方淺灘區；退潮時段往東流或往東北流後若再轉往東南方流動，則有往鵝鑾鼻直流之趨勢；退潮時段若往西南或東南方向流後則有轉往南方流動之趨勢。

4.4.2 定點海流

由民國 86 年 10 月至 106 年 7 月共 116 次之海流觀測，其中自民國 89 年 9 月 17 日開始將海流測站由進出水口中間東側往南移到出水口東南方約 300 公尺處。所得到之平均流速與流向結果如報告書光碟表 1-8 所示；由前 11 次觀測結果顯示，在出入水口中間位置之測站，其中層海流淨流流向除第 3 及第 5 次外皆有朝北之分量；將測站往南移到出水口東南方 300 公尺處，如第 12 次至第 116 次海流觀測，海流即變成以流向南南西方或西南方為主要流向之海流，由此判斷溫排水可順著淨流往西南方及正東方向輸送，不致於迴流至入水口。

4.4.3 水文分佈

報告書光碟表 1-9 歷年來針對 CTD 所作之 92 次調查研究，將歷年來調查結果以 4 季 (春、夏、秋、冬) 及 3 種水團屬性 (南海中鹽水團、混合水團及黑潮水團) 區分。其中歷年來在春季共調查 29 次，夏季 19 次，秋季 24 次，冬季 20 次，4 季共調查 92 次，在其中以混合水團共出現 81 次 (較多) 及 9 次 (稀疏) 為最多；其次為南海中鹽

水團，共出現 15 次 (較多) 及 29 次 (稀疏) 次之，而以黑潮水團 8 次 (較多) 及 12 次 (稀疏) 較少。可見本區海域受南海中鹽水入侵而與沿岸低鹽水及黑潮水團混合而成獨立之混合水團為主要之水團型式。

綜言之，本區海域以南海水團混合當地沿岸低鹽水及局部黑潮水所形成之混合水團為主 (全年皆有)，南海水團次之 (春末、夏季為強)，而黑潮水團，只在春、夏兩季入侵，秋季甚少入侵，冬季則偶然有機會入侵本海域或沉降於本區海域較下層。但依據范光龍教授之調查分析，本區外海之海水於約 50 m 處有分層現象，且常以內波方式使其密度界面上升至 20 公尺以上而入侵第三核能發電廠附近海域，或形成湧升流，更增加本海域溫鹽性質之複雜性。

4.4.4 流場綜合分析

報告書光碟表 1-10 第三核能發電廠附近海域海潮流歷年調查結果摘要整理結果。根據吳重坤教授民國 82 年至 86 年的調查結果，第三核能發電廠附近海域水團特性的季節變化非常明顯，整體來說混合水團 1 年 4 季都存在。秋季第三核能發電廠附近海域的水團鹽度較低而溫度較高，冬季及春初，第三核能發電廠附近海域的水團鹽度較高而溫度較低。漂流軌跡顯示漲潮流從出水口流向西南，大約與貓鼻頭沿岸地形相平行。此種往外流的軌跡可初分為兩大類。第 1 類是從出水口沿著海岸地形一路往西南，繞過貓鼻頭，往西再往西北，指向白沙海域。第 2 類是從出水口沿著海岸地形一路往西南，過了貓鼻頭後，繼續偏南或西南走，到了 21.9°N 附近，接上第三核能發電廠附近海域外緣海域的退潮水往東，漂流軌跡呈 L 型。退潮流比較單純，從出水口處開始往東北流，到了後壁湖港口東方，則沿著港口附近的潮間帶地形，轉向北再轉向西北。

沈建全教授民國 86 年至 91 年調查結果顯示，第三核能發電廠附近海域漂流浮

標調查顯示各季在漲潮時海流往西南流，或往正南流，有繞過貓鼻頭之勢；退潮時往東流或東北流，夏季退潮有往鵝鑾鼻直流之趨勢，部份測次如民國 86 年冬季 2 月 28 日則在退潮時有回流至出水口岸邊之情形發生。海流流速在各季大體皆以漲潮流速大於退潮流速，亦即整體水質量有往西南繞過貓鼻頭往南灣外輸送之趨勢。定點海流觀測於民國 89 年下半前施放於出水口東北方 1.5 km 處，其漲退潮時之流向頗不規則，且與漂流浮標所測得結果並不一致，之後定點長期海流移至出水口東南 300 m 處，長期海流觀測結果皆往西南或南南西流動，有利溫排水往海域外擴散，溫水舌亦大多往東及正南、西南擴散。

民國 92～106 年海流調查結果均顯示漂流浮標在漲潮時從出水口流向西南或往正南流，大約與貓鼻頭沿岸地形相平行，繞過貓鼻頭，往西流動；漲潮流時釋放，浮標若隨漲潮流漂向南或東南，則將轉往南-東南向流動，若於灣內，則流速不大，若離海岸影響範圍則流速增大可達 2 節 (1 m/s) 以上。漂流浮標退潮時段若往東南方向轉往西南流，若超出海灣範圍，若退潮段流速仍強，則轉為向東流動；退潮時往東流或東北流再回流至出水口岸邊或到達後壁湖港口東方後沿著港口附近的潮間帶地形再轉往西北方流動，到達後壁湖漁港東北方淺灘區；退潮時段往東流或往東北流後若再轉往東南方流動，則有往鵝鑾鼻直流之趨勢；退潮時段若往西南或東南方向流後則有轉往南方流動之趨勢；退潮時段若往東南方向轉往西南流，若無法出海灣，則將依逆時針方向流動後轉往東北向石牛溪方向流動;退潮時段若往東南方向轉往西南流，若超出海灣範圍，若退潮段流速仍強，則轉為向東流動，若退潮段流速已弱，則留滯或轉往西北向流動。

民國 92～106 年定點海流調查結果顯示出水口附近長期海流特性季節變化不大，淨流皆往西南流動，流速介於 0.10 m/s～0.20 m/s，有利溫排水往西南方灣外擴散。

潮流調和分析結果顯示主要分潮以 M_2 分潮、O_1 分潮、K_1 分潮及 S_2 分潮為主，潮型則為半日潮型至偏全日潮的混合潮型。潮流主宰溫排水的擴散方向，漲潮時段溫水舌多往西南擴散，退潮時段往北北東-東方向擴散，受西南向淨流的作用，漲潮時溫水舌的擴張範圍較退潮時溫水舌大，溫排水擴散影響範圍約在距排水口 1000 m 弧內。

4.5 核三廠溫排水口附近長期水溫分析

為監測南灣水溫變化，受國科會計畫資助自民國 87 年開始在核三廠溫排水口南方約 1500 公尺、水深約 20 公尺之海底 (坐標：120.741°E，21.926°N) 置放了一個自記式溫度計 (Pace Scientific Ins., 型號 XR5-T)，長期記錄水溫變化，此溫度計的準確度與解析度分別為 0.1 和 0.01℃，足以鑑別本海域每日動輒 1～2℃ 以上的水溫變化。本期計畫取得民國 92 至 94 年逐時連續資料，另本計畫自 95 年以來在海流儀 CUR 點位亦同時記錄水溫變化，所有水溫資料進行統計分析，此外並向中央氣象局申購得後壁湖水位與蘭嶼風速、風向資料，以分析核三廠水溫變化和潮汐、風場及颱風的關係。

報告書光碟圖 1-14(亦附於本文中)民國 92 至 94 年逐時水溫曲線、同期後壁湖逐時水位曲線與蘭嶼每日平均風速、風向棍棒圖，其中水溫原始資料顯示本地點海溫變化複雜，較顯著的特徵包括：每日有一或兩次明顯的海溫變化，熱季 (5～10 月) 海溫日變化比冷季 (11～4 月) 大，年間每日最高溫約 30℃、最低溫約 19℃。由於溫排水比較輕，多半浮在海洋上層大約 5 m 以淺的表層，因此本溫度站反應的應該是不受溫排水影響的自然水溫變化。統計分析 92 至 104 年海溫資料如報告書光碟表 1-11 特別注意處為 92~94 年與 95 年後為不同點位的水溫紀錄，兩站間水溫有系統性差異，此系統性差異未去除前，需分別討論。92～94 年期間之年均溫介於 26.00～26.41℃，每年夏均溫(5-10 月) 介於 27.61～28.05℃，每年冬均溫 (11-4 月) 介於 24.38～25.54℃，每年日平均溫降介於 1.86～2.08℃，期間的最高溫紀錄為 31.67℃，發生在

民國 92 年 7 月 19 日，最低溫紀錄為 18.60℃，發生在民國 94 年 2 月 10 日，單日最大溫差達 9.11℃，發生在民國 92 年 6 月 29 日。95～104 年期間之年均溫介於 25.04～25.88℃，年夏均溫 (5-10 月) 介於 26.25～27.46℃，年冬均溫 (11-4 月) 介於 23.75～25.31℃，期間日平均溫降介於 3.15～3.81℃，期間的最高溫紀錄為 30.69℃，發生在民國 96 年 8 月 5 日，最低溫紀錄為 15.66℃，發生在民國 98 年 12 月 31 日，單日最大溫差達 10.58℃，發生在民國 101 年 6 月 20 日。

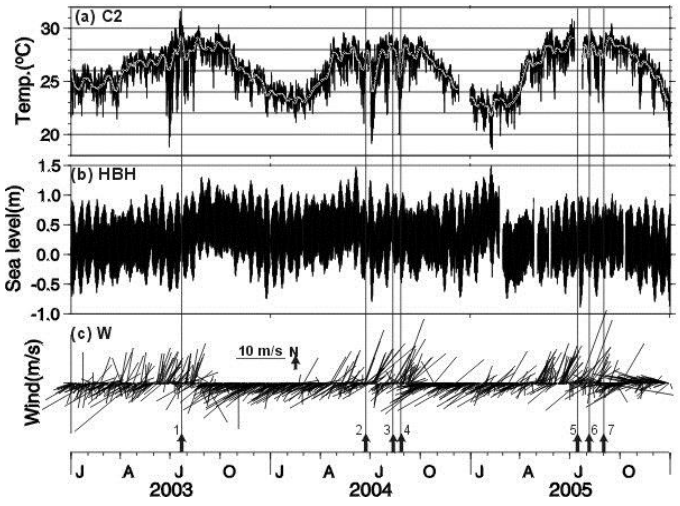


圖 1-14 民國 92 至 94 年逐時水溫曲線(上)、同期後壁湖逐時水位曲線(中)與蘭嶼每日平均風速、風向棍棒圖(下)

每日的水溫變化和潮汐有密切關係，近年國內海洋學界亦發現呂宋 (巴士) 海峽以至南海北部有很大的海洋內潮、內波，這些內潮、波造成的等溫面垂直起伏可高達 150 m (Yang et al., 2004)。根據 Jan and Chen (2009) 的研究指出，這種潮週的水溫陡降和臨近呂宋海峽中因潮流通過海脊引發的內潮傳入南灣，有密切關係。該研究亦指出，每回內潮傳入南灣所造成冷水湧升，也會將富含營養鹽的次表層水帶到表層，可能有利珊瑚的生長。

對水溫原始資料進行 3 天 (72 小時) 週期的低通過濾處理以濾除和潮汐週期相

關的海溫震盪，報告書光碟圖 1-14(a) 中白色歷線即為低通過濾後的海溫變化，這部分的變化亦為夏季大於冬季，變動週期在 1～4 週間，其原因可能和某些路徑類型的颱風經過台灣附近造成的海溫垂直變化與水平流場變動有關，例如民國 93 年 6 月底由南而北的敏督利颱風 (報告書光碟圖 1-14 中 2) 過後，即可能造成大幅的降溫事件，其餘尹布都 (報告書光碟圖 1-14 中 1)、蘭寧 (報告書光碟圖 1-14 中 3)、艾莉 (報告書光碟圖 1-14 中 4)、海棠 (報告書光碟圖 1-14 中 5)、瑪莎 (報告書光碟圖 1-14 中 6) 和泰利 (報告書光碟圖 1-14 中 7) 颱風，是這三年中幾個可能和核三廠海域溫降有關的颱風，其原因可能和颱風經過期間或過後引起的西南氣流在南灣西邊海岸造成冷水湧升現象有關。核三廠海域的水溫變化受颱風的影響狀況，由 97 年 9、10 月間及 99 年 8 月間水溫紀錄變化和颱風的關係 (報告書光碟圖 1-15 可窺知一二，97 年間辛樂克、哈克比及薔蜜三個颱風來襲期間皆有造成大幅的降溫事件，而 98 年 8 月上旬莫拉克颱風來襲更有明顯的大幅的降溫事件，其前後水溫差異可達 9℃。其實颱風在核三廠海域造成的溫降過程可能非常複雜，包括表水冷卻、近岸泠水湧升、黑潮與南海北部環流的互動等等，細節擬於本期計畫進一步探討。

五、結論

綜合 106 年度漂流浮標及溫度調查結果，民國 106 年 2 月 23 日第 1 次漂流浮標調查觀測時段為小潮漲潮段，共分四段次佈放，漂流軌跡相近似，漂流浮標於漲潮時段離開出水口後先往南南東方漂流，以順時針方向逐漸轉往南方、再轉西南，後擱淺於礁石區；四段次淨流流速分別為 0.30 m/s、0.37 m/s、0.34 m/s 及 0.40 m/s，流向為 219°、220°、217°及 217°。民國 106 年 5 月 23 日第 2 次漂流浮標調查觀測時段為小潮退潮段，浮標在出水口附近即往南南東方漂移、流速約 0.20~0.30 m/s，離出水口後流向依逆時鐘方向偏轉，漂流軌跡呈 L 型，後轉東北東向，往船帆石方向流動、流速介於 0.20~0.30 m/s，漂流浮標最大流速為 0.36 m/s，對應流向為 160°，淨流流速為 0.13 m/s，流向為 107°。

由溫度計紀錄可知，溫排水影響範圍於小潮漲潮時段漂流距離 200m 後水溫即降至 28℃以下，與背景水溫溫差 3℃以內，明顯影響範圍侷限於出水口東南方 250 m 內；小潮退潮段，溫降率自排水口往外至 300 m 內約為 1°C /100 m，浮標離出水口 350m 後水溫即降至 28.5℃以下，與背景水溫溫差 2℃以內，溫排水影響範圍小潮退潮時段侷限於出水口東南方 400 m 內。

排放口東南方之定點海流長期觀測結果，106 年第 1 段觀測期 (民國 105 年 12 月 13 日至 106 年 1 月 19 日) 之平均流流速為 0.11 m/s，流向 229°；第 2 段 (民國 106 年 1 月 19 日至 106 年 3 月 14 日) 之平均流流速為 0.16 m/s，流向 233°；第 3 段 (民國 106 年 3 月 14 日至 106 年 5 月 10 日) 之平均流流速為 0.21 m/s，流向 228°；第 4 段 (民國 106 年 5 月 10 日至 106 年 7 月 6 日) 之平均流流速為 0.20 /s，流向 233°。

106 年度海流流速流向玫瑰圖顯示，海流主流向以西南向為主，佔 30.4~39.9% 以上，西南西佔第 2，約佔 10.9~19.2%，南南西或東北佔第 3，約佔 5.6~16.4%。潮

流仍為西南及東北方向流動的漲退潮流現象，漲潮流速明顯大於退潮流速，即有西南向淨流存在。半日 M_2 潮流分量振幅大小約為 0.12m/s～0.26 m/s、S_2 潮流分量與 N_2 潮流分量之振幅大小約為 0.02m/s～0.11 m/s。全日 O_1 潮流分量與 K_1 潮流分量之振幅大小約為 0.06m/s～0.20m/s。

溫鹽調查結果，106年第一次觀測 (民國106年2月23日) 水溫介於23.5°C～28.9°C之間，鹽度介於34.35～34.83之間；106年第二次觀測 (民國106年5月22日) 水溫24.7°C～29.7°C，鹽度介於34.20～34.61。溫排水擴散舌在漲潮時段多往西南擴散，退潮時段往東南-東方向擴散，受西南向淨流的作用，漲潮時溫水舌的擴散範圍較退潮時溫水舌大。湧升帶來的冷水，有助於南灣之珊瑚避免海水暖化之衝擊；冷水所含之營養鹽，亦有助於藻類生長，但因南灣海水內外交換甚快，藻類來不及長大即被送至灣外，因此營養鹽利用率不高。

根據 106 年兩次調查結果，溫排水訊息僅見於表層，至水深 10 m 甚至 5 m 水層溫度分佈則不見溫排水訊息。106 年 2 月整體水溫介於 23.5°C～28.8°C 之間，表層 1m 水溫為 24.5°C～28.8°C，水深 1 m 之表層溫度在距排放口 300 m 內大於 27.0°C，表層 5m 內水溫為 24.3°C～28.8°，至水深 10 m 水層，溫度分佈則不見溫排水訊息。106 年 5 月，氣溫逐漸升高、整體水溫為 24.7°C～29.7°C，表層 1m 水溫為 26.5°C～29.5°C，表層 5m 內水溫則上昇至 26.4°C～29.5°C，水深 5 m 以下水層溫度分佈即不見溫排水訊息，即溫排水之影響在垂直方向上，仍侷限於表層水深 1～5 m 以內。

分析民國 92 年至 94 年溫排水口南方接近海底的逐時水溫變化和潮汐、風場和颱風的關係，水溫資料經 72 小時低頻過濾處理並與蘭嶼風速風向資料比較後，發現颱風季期間某些颱風經過台灣附近後會造成 1～4 週長的水溫變化，值得進一步探討。

綜合而言，各項海流觀測結果和歷年調查結果一致，在統計上未有顯著差異。排水口附近之西南向淨流造成溫排水大部份往西南擴散之趨勢，溫排水影響所及亦多限於排水口附近海域西側，其擴散範圍在漲潮時段往西南伸展約 800 m，退潮時段往東-東南約 200～800 m，在垂直方向上，溫排水大部份分佈於海表層以下水深 3 m 以內，溫降率自排水口往外至 500 m 弧內約 1°C /100 m。南灣海域集中作業漁場在溫排水擴散影響範圍之外。

六、附表與附圖

詳報告書光碟。

貳、水文水質

(貳-甲)、第三核能發電廠附近海域水文與水質化學

一、計畫目的與緣起

核能發電廠為海中放射性的微量來源，每一座每年隨廢水釋出大約 3.7×10^{11} Bq 的放射性物質(氚除外)，與原子塵比起來，可說是少之又少。由於人類食物中只有 1 %是取自海洋，而海產食物只增加約 3×10^{-8} Sv 的人類放射性劑量，縱使放射性可經由多種途徑進入人體，人體中來自核能發電廠的放射性劑量(就核燃料整體循環而言)，也只是來自自然界的 0.01 %。

在核能發電廠的冷卻系統中加入足量的氯，可以殺死阻礙水管的生物體。在淡水中，氯的毒性可以很快消散；但在海水中，因每公升海水中含有 65 mg 的溴離子的緣故，氯存在時間會較長。持久而毒性低的排放性副產物，主要是來自使用氯的污水處理廠，一般認為它是在封閉水體中，傷害海洋生物的主要兇手；在開闊水域中，氯則隨水擴散、影響較小。

台灣電力股份有限公司為配合南部突飛猛進之經濟建設與工業開發，在台灣最南端(馬鞍山附近)興建第三核能發電廠，該廠之第 1 部及第 2 部發電機組已分別於 73 年 5 月及 74 年 2 月順利併聯發電，並於 73 年 7 月及 74 年 5 月商業運轉。由於上述兩部發電機組運轉期間，每天會汲取及排出大約一千餘萬噸冷卻用海水，使該海域之非生物環境遭受變化(如沿岸流之改變、海水混濁度，氯及溫度之增高等)。這些非生物因子的變化，可能使原來的生態系中的生物相(諸如基礎生產力、浮游植物及動物、魚類、底棲動物、珊瑚等)發生變化。由於第三核能發電廠附近海域為台灣重要的珊瑚密生地區，適合於海洋公園之建立，改變原有的生態環境，對於該地海洋資源的影響究竟如何，也必須加以研究(林，1988; 洪，2011; USEPA, 1989, 1991; Wei and Wong, 1993)。

行政院原子能委員會與台灣電力股份有限公司，於 68 年 7 月開始委託環科會執行第三核能發電廠附近海域生態環境調查研究，82 年 7 月改委中山大學進行調查。環科會及中山大學已分別逐年完成工作報告(蘇等，1980~1991; 洪等，1992~1993; 陳等，1994~2008)；第三核能發電廠運轉前之生態環境背景資料也於 73 年 6 月完成(蘇等，1984)。76 年 7 月上旬在第三核能發電廠出水口西側內凹淺灣區近岸水深 0 至 5 m

處，發生珊瑚大量白化事件，雖然至 77 年底白化珊瑚業已大部份恢復生機，但依據行政院原子能委員會、台灣電力股份有限公司、衛生署環境保護局與墾丁國家公園管理處等機構，於 76 年 7 月 14 日舉行之「核三廠溫排水對南灣珊瑚影響之防治措施討論會」，決議將該出水口西側內凹淺灣區作為「南灣珊瑚生態保護之預警區」； 因此從 77 年度除按 76 年 4 月 25 日針對「76 年度本計劃執行結果檢討會議」之建議，配合行政院衛生署於 76 年 5 月 5 日公告之「放流水標準」及同年 2 月 4 日公告之「台灣地區沿海水區範圍，水體分類及水質標準」，適當調整水質化學與物理調查項目外，並增加出水口西側內凹淺灣作為珊瑚生態預警區之調查部份。83 年度因經費問題，並尊重莊文思教授等人(1993)之建議，刪除浮游生物及珊瑚調查，84 年度短暫恢復珊瑚研究，但僅進行碳氧穩定同位素之分析。86 年度恢復浮游生物部份，87 年度審查委員建議刪除餘氯及基礎生產力，且由於有若干學者聲稱，第三核能發電廠之運轉已使第三核能發電廠附近海域之水溫全面上昇，因此第三核能發電廠附近海域背景測站所測得之水溫，已無法作為背景值。本研究已證實此一說法不實，並取消原 16 站，但由第 24 站向南方拉出 1 條測線共有 5 點(含 24 站及 12 站)，以有助於研判溫排水之影響範圍。

由於核能發電廠發電機運轉期間，會汲取及排出大量冷卻用海水，使該海域之非生物環境遭受變化(如沿岸流之改變、海水混濁度，氯及溫度之增高等)。這些非生物因子的變化，可能使原來的生態系中的生物相(諸如基礎生產力、浮游植物及動物、魚類、底棲動物、珊瑚等)發生變化，因此對於該地區之非生物因子與生物因子有長期研究之必要。

浮游植物在最適宜的非生物條件下，利用二氧化碳及營養鹽(亞硝酸鹽、硝酸鹽、磷酸鹽及矽酸鹽等)，進行光合作用而合成有機體，同時釋出溶氧。浮游植物得以繁衍生長後，為浮游動物捕獲，使得浮游動物得以繁衍生長。浮游動、植物同為底棲生物與魚蝦等海洋生物生長繁殖時所須時之必須食物。最後，死亡之浮游生物體、底棲生物以及魚蝦等有機體，經海水微生物等消化分解後，再次釋出為無機營養鹽及二氧化碳，並消耗溶氧，而形成一個生態循環的食物鏈。因此非生物因子是所有生態調查之最基本資料。

根據多年來的調查研究結果顯示，第三核能發電廠附近海域水溫的變化，除了溫排水口附近測站(#24)比其他測站之平均表水溫度高約 0.2~2.0 °C 之外，其餘測站的水溫主要受天候、季節性及全球暖化的影響，其中全球暖化之長期趨勢易與溫排水所成之長期累積效應重疊、不容忽視。以南灣附近海域為例，1870 至 2007 年間，每

年水溫上升約 0.006 - 0.008 °C 之間 (Jin and Wang, 2011)。此外，本海域常出現湧升現象，甚至有湧至表水的情形。湧升流出現時，海域的溫度下降、鹽度升高、溶氧飽和度偏低、營養鹽升高。

湧升的水不僅將下層溫度低、鹽度高的水往上帶，同時也帶來高營養鹽的水；89 年 10 月的湧升現象甚至達到表水。這些原本在深層的高濃度營養鹽湧至光合作用區或是表水時，便對浮游植物提供了額外的營養鹽來源。因此第三核能發電廠附近海域湧升流的強度以及頻率，對此處生態系統扮演了重要的角色。整體而言，第三核能發電廠附近海域之水文與水質化學受溫排水的影響並不明顯，海域之水文與水質目前皆符合我國甲類海域的水質標準。

本子題針對海洋生態中大部份的非生物性因子及少部份的生物性因子做調查。其中非生物性因子包括海水之水溫、鹽度、pH、溶氧量、營養鹽、透明度、濁度，生物性因子為葉綠素甲與基礎生產力。

目標：

1.了解此海域的水文以及水質在時、空上的變化情形；

2.了解此海域受到溫排水影響的範圍有多大；

3.提供植浮及動浮之生態調查的基本資料；

4.建立從民國 68 年至今之水文、水質化學資料檔案；

5.將過去資料作對比，以研判長期之變化趨勢及其受湧升流、颱風、南海水及黑潮水之消長，以及聖嬰現象之影響；

預期成效：

1.經由各測點的調查，了解此海域水文及水質在空間上的變化情形；

2.經由 1 年 4 次的調查，了解此海域水文及水質在時間上的變化情形；

3.溫鹽資料可與本計畫子題 1 海潮流調查相呼應；

4.將溫度、鹽度、pH、溶氧量、營養鹽以及葉綠素甲資料提供給植浮及動浮子計畫參考，有助於調查數據之解釋；

5. 從民國 68 年至今出、入水口及背景站之溫差加以量化並作對比，以研判長期之變化趨勢，並與黑潮及南海北部水溫對比。初步成果顯示南灣似有反應全球性之增溫，並可能受颱風、聖嬰現象、湧昇流、及南海或黑潮水之消長影響。本研究將加強

分析數據，以分辨第三核能發電廠溫排水及聖嬰等其它現象之影響。

二、文獻回顧

根據美國能源部專家 C. L. Osterberg 的說法，經由核能發電廠的運作，可能造成的污染為：廢熱、放射性元素及氯，這 3 種污染物排到海洋中；汲取大量冷卻水，則可能造成對生態之衝擊，並改變近海流場。因為熱不同於一般的污染物，並不會集中於海洋食物鏈中，因此熱污染只會造成少許的影響，但可能會在海洋中局部地區積聚。由於水的高熱容特性，所以它是自然界中最好的冷卻劑之一。由於自然界中有 99.4 %的液態水存在於海洋中，也因為核能發電廠需使用大量冷卻水，所以有很多核能發電廠建在濱海地區。

所有使用蒸汽的核能發電廠都需要有 3 種條件：熱源；純水，以產生蒸汽來推動渦輪機發電；以及冷卻水，用來冷凝蒸汽，減少渦輪機產生的回壓，而海水最能滿足作為冷卻水的條件(何與陳，1993)。核能發電廠比起使用其它燃料的發電廠來，需要更多的冷卻水。平均而言，核能發電廠比使用化石燃料的電廠要大，且在較低的溫度下操作。由於核能發電廠的發電效率決定於冷卻水的溫度差；因此冷卻水較小的溫差值，降低了核能發電廠的發電效率。

就使用化石燃料的電廠而言，燃料與氧結合而燃燒，結果就會有數以百萬噸計的廢氣、顆粒性物質以及廢熱，經由煙囪的排放，而散佈到空氣中。另一方面，由於鈾-235 分裂只需由內部提供中子，因此核能發電廠燃料與大氣隔離；此系統不僅具有封閉的特性，且只有極小部份的熱會直接釋入空氣中，廢熱大多利用冷卻水移走，而流入海中。由於河流和湖泊所含的水量相當少，也因淡水另有其它較迫切的用途，如飲水、工業、灌溉等，所以未來核能發電廠不可能以淡水取代海水來當冷卻水使用。相較之下，海水的量約有 14 億立方公里，可以近乎無限制地提供冷卻用水(陳，1993)。

2.1熱污染

海洋污染科學專家聯合小組對海洋污染定義如下：「直接或間接的經由人為方式進入海洋環境(包括河口灣)的物質或能量，造成傷害生物資源或危害人體健康，阻礙海洋活動如漁業，或破壞海水水質致使景觀惡化」。在能量的規定中指出，熱是 1 種能量，也是 1 種污染物。自 61 年美國聯邦水污染控制修正法中提到廢熱以來，廢熱即被認為是污染物的 1 種。正如我們所要了解的，熱在許多方面並不同於其它的污染物，因為它並不會累積在生物體內，而傳送到較高等的食物循環鏈上。

不幸的，核能發電廠不可能在沒有釋熱的情況下使用蒸汽來發電。正如熱力學第 2 定律所述，任何燃料燃燒，只有部份的能量可轉換成電力，剩餘的大部份能量是以熱的型式釋入環境中；轉換成電的熱量愈多，則釋入環境中的熱就愈少。因為核能發電廠採保守性策略，故效率較化石燃料電廠略低 1~2 %，但對於熱污染之防範，核能發電廠均訂定相關程序書因應。

有些人擔憂假如人類製造熱的速率繼續增加，將來是否會嚴重的影響到氣候。由於人類經由核能或化石燃料轉換成熱量的速率，只是太陽輸送熱速率的極小一部份，所以此一顧慮尚不足為憂。同時，熱終究會散入外太空中，海洋只不過是其中短暫的停留站(Osterberg, 1985)。

溫度是控制生物生命現象和行為最重要的因子。生物出現在一定的溫度範圍之內，且只能於某特定溫度範圍內才能茂盛生長。哺乳類和鳥類的溫度由體內控制，勉強來說比起其他動物要較不受環境溫度的影響。在 1 大氣壓下，水由攝氏 0~100 °C 均以液態存在，但大部份的水中生物僅能在 50 °C 的溫度範圍內生存。

在高溫下，許多化學反應可以加速進行，生物系統內對於溫度增加的反應更是敏感。溫度增加 10 °C，則生物體內的某些反應可加倍進行。而這種加倍反應的現象，只會在特定的溫度範圍內增加，假若溫度太高，由於熱的作用便會導致化學活動的停止、生物體的死亡及生理觸媒性質的改變。規定核能發電廠放流水的出口溫度，目的是要將此種災變降至最低程度。海濱核電廠全功率運轉時，冷凝器會在比周圍高出 10~22 °C 的溫度下操作，平均最大的增加值為 13 °C。迅速增溫可能使浮游動植物致命。

增加溫度同時會降低水中保留溶解性氣體的能力。在 1 大氣壓下，0 °C 的淡水中所含的氧、氮量分別是 30 °C 時的 1.9 及 1.7 倍。就海洋表面而言，0 °C 和 24 °C 下平衡時之氧濃度分別是 8.8 和 5.5 cm^3/l，氮濃度分別是 14 和 9 cm^3/l 。結果，當水體變暖、氮氣溶解度減少時，魚體就會遭受氣泡病(氮栓塞)之害。

前面曾提過熱最後會逸至外太空中。雖然這是熱能的最終命運，但其中的過程並非是一蹴即成的。讓我們在ΔT 為 10 °C 的狀況下，追蹤自核能發電廠釋出的熱之行徑過程。溫暖水柱由於比冷水輕，所以會上升至表面。此水柱因與鄰近海水的混合，所以會立即冷卻，但其熱量仍能一直保留在水中，直到它上升至表水面為止。一旦它到達海水表面，熱就會以三種方式逸散：(1)直接輻射入空中；(2)傳導和對

流：(3)蒸發(> 540 cal/g)。

在任何狀況下，要確定主要的散熱型式是那 1 種，並不簡單。在天空晴朗和缺乏水蒸汽，及會吸收紅外線的物質時，輻射的散失率會較快；當上覆的空氣較熱水柱冷時，經由傳導和對流所流失的熱是最大的；而當水溫高而空氣乾燥時，蒸發則成為主要的散熱方式。輻射散熱率與絕對溫度的四次方成正比。

在一般的環境溫度範圍，水溫增加 10 °C，蒸汽壓就會加倍。在濕度小於或等於 90%的狀況下，溫度每上升 10 °C，蒸發約可增加 50 %。由於風速亦可增加蒸發量，所以自然界中表面溫度上升 10 °C，蒸發率很快地就可加倍。風亦可使得底部溫暖的海水，取代受冷卻的較低溫表水，以保持高度的蒸發率。

傳導和對流亦與水柱和其上通過的空氣間的溫差，息息相關。也就是說散入空氣的熱量與水柱的溫差成正比。當溫差增加時可使用較少量的冷卻水；美國聯邦法規要求公共事業降低它們的溫差值，這造成冷卻水及擴散器之用量增加。一般能降溫最快且效果最好的是使用擴散器，來混合溫水柱和較冷的承受水體。此種狀況下，溫差的降低並非是因為熱量散入太空中，而是被較大水體稀釋所致。

因 3 種散熱方法(輻射、對流及傳導和蒸發)均受溫差所控制，因此加熱至高溫的水量愈少，則散熱愈快。另一方面看來，使用擴散器將水柱與周圍較冷的水體混合，可以將熱保持在水中，卻降低熱散入空中的速率。至少最近的兩項研究結論顯示，降低冷卻水用量，使得通過冷凝器的水溫上升，反而可以減少對環境造成的傷害(Osterberg, 1985)。依據美國之經驗，濱海核能發電廠以 1 次完全冷卻系統所產生的熱放流水，對海岸生物的影響量可小至難以偵測。這些結論經整理概要如下(Osterberg, 1985)：

(1)在浮游性植物方面：海洋中原有的浮游性植物群，並未受不良影響；且未見有任何因廢熱而引起物種異常演化的傾向，亦未見任何群體結構變異的現象。

(2)在浮游性動物方面：有些種類有局部性的改變，如橈腳類的某些種類在族群上有增減的現象發生；然而這些改變在魚類或貝類族群上並未發現。

(3)在貝類或較大的無脊椎動物方面：並沒有因熱放流水所引起的明顯退化現象的研究報告。

(4)在魚類方面：並未發現有因熱水柱影響而致死的魚類。但麻薩諸塞州的核能發電廠地區，曾有報告指出 4 種次要魚類的死亡，而被懷疑與因熱力所致的氣泡病或

其他原因有關。

(5)大型動物方面：大型動物較能忍受短暫之高溫。例如與第三核能發電廠緯度相仿之美國佛羅里達州火雞角 (Turkey Point) 核能發電廠，其溫排水排入比斯開灣(Biscayne Bay)後，可使水體溫度上昇至 42 °C (Schmidt and Davis, 1978)。然而鱷魚不但能夠忍受，還甚至進入溫排水道(Mazzoti, 1983)。

台灣的情形，除了核二廠之溫排水曾造成祕雕魚之外，大體類似。然而，中國大亞灣海域之植物性浮游生物過去十年來之多樣性減少了 25%，種類組成亦有大幅改變(Wang et al., 2011）。

2.2餘氯

海水的化學性質非常複雜；它至少包含了 75 種化學元素，濃度範圍從每升 19 克的氯到 6×10^{-19} g 的氡氣。假使氡不具放射性的話，這麼低的濃度我們根本就無法偵測到它。正常說來，放射性物質偵測的下限濃度，可比非放射性物質小約 1000 到 10000 倍。除了元素態和無機化合物外，海水中尚有無數的有機化合物，有些雖已被辨明，但仍有許多尚未鑑定出來。再者，懸浮粒子的大小差異極大，從膠質體的無機礦物、單細胞生物大小，到大型哺乳動物都有。

因此海水中氯的化學特性，因其他成份而顯得非常複雜。自本世紀以來，氯被用於純化淡水及於污水中殺菌之用；然而，因存有其他成份，使氯存於淡水與海水中的反應完全不同。雖然，氯在海中的變化，我們了解不多，但因它在淡水中的殺菌效果極佳，因此濱海區核電廠亦廣泛的使用氯。

氯在冷卻系統中的作用，是要殺死冷卻管中的生物，尤其是藻類和細菌；但使用時之濃度，須考慮對人類、哺乳類和魚類是否安全。氯亦可防止生物體的附著，如蛤的幼蟲可能會附著在冷卻系統的表面，阻礙水流的循環，進而降低冷卻系統的效率。每公升 0.003 至 0.005 毫克的氯，可造成許多淡水魚和無脊椎動物有逃避的行為，並且無法再繁殖。

由於如此，與美國比較起來，英國使用較低氯濃度的連續排放系統，所釋放的氯總量並不需減少，已足以使通過冷卻系統的軟體動物不會固著下來。美國則以間歇性的方式加入氯，來去除前次處理後固著下來的生物體，以取代連續加入低濃度氯的傳統方式。雖各國規定並不相同，但核能發電廠中加入殺菌劑用的氯量，一般均約每公升 0.5 毫克。

在經氯化的淡水中，氯的主要化學物種，除了 Cl^-外，還有 Cl_2、HOCl、OCl^-。在 pH=7 時，會有 90%的 HOCl，9.9%的 OCl^-及 0.1 %的 Cl_2 存在，這三種氯的形式組成了自由氯。如果有氨存在，則會形成氯化銨；其他的化學物種則視溫度、濃度和其他因子的不同而有所變化。自由氯和其他化合物的存在，使得氯化的水有殺菌特性；同時，亦是我們測到的殘餘氯主要成份。

海水中每公升含 65 毫克的溴，並且主要是以 Br^-存在，所以氯在海水中的反應完全不同。在氯化的海水中，HOBr 及 OBr^-亦可形成；因此若有氨的存在，溴化銨及氯化氨都會存在。因為氯會殺死核能發電廠中的惡臭性生物，及污水渠道中的病原菌，因此它是良好的殺菌劑，假若使用適當，並不會對人類造成傷害。因氯會與其他的水中組成反應，且其在環境中的濃度會隨時間而降低，乃至消失。這種現象稱為氯需求量，是承受水體的特性之一。

在海洋系統中，因氯化所產生毒性較低的溴基化合物，比起氯化合物來，有較長的時間停留在水中，因此可能對下游生物造成傷害。但溴基化合物毒性較低。如果釋入海中的氯，不為環境所分解而降低其毒性的話，它將會使海洋變成不毛之地；然而，氯藉著轉換成低毒性化合物而持久存在，而這些化合物可使水中生物，在種類和數量上造成緩慢的變化。

雖然核能發電廠使用氯來處理冷卻水的次數持續增加，但為此目的而使用的氯總量並未增加。近年來開始使用海水電解法製氯，不再直接添加氯氣，海水中留存量應當更為下降。然而氯氣仍然作為消毒劑及防毒劑使用，而污水處理廠是主要的使用者。因為氯在海水中能持久存在，所以可能引起未知的影響。我們預期牡蠣會比魚受到更大的影響。因為牡蠣的幼蟲，在海洋生物體中是屬於對氯較敏感的生物，它只能忍受約每噸 10-120 微克的自由氯，和氯化產生的氯化物。其他浮游動植物亦可能受到傷害。

由於第三核能發電廠第 1 號發電機組不幸於 74 年 7 月 7 日發生火災，幾乎終年檢修，停止發電；第 2 號機組亦因第 1 號機組事故，經常停機檢查；迄至 76 年元旦止，兩部機組完成檢修工作，始正常運轉發電；因此 76 年 1 月以後的調查研究結果，將作為核能發電廠運轉對附近海域生態環境影響的重要評估資料。本研究實施的目的在於瞭解第三核能發電廠附近海域，在核能發電廠開始發電前及發電期間之生態系之平衡狀況(非生物環境包括海水之化學及物理性質；生物環境包括基礎生產力、無脊椎動物及魚類之種間關係)與該海域之漁業生物資源。由海流、溫排水擴散

及生物群社(Community)之消長關係，可獲得核能發電廠影響生物生活環境情形之基礎資料；由漁獲變動曲線，可估計核能發電廠發電對該海域之漁場經濟效益之可能影響。

三、研究方法與進度說明

3.1現場取樣

歷年來第三核能發電廠附近海域生態調查資料(蘇仲卿等，1980~1991；洪楚璋等，1992, 1993；陳鎮東等，1994~2011)顯示，溫排水對海域生態影響範圍僅局限於近岸測站，故本調查在第三核能發電廠附近海域共設立 7 個採樣站，包括海域內測站 14、16、18、20 等 4 個測站，第三核能發電廠進水口(#22)、出水口(#24) 2 個測站，及後壁湖漁港港口(#23)。87 年 7 月開始，去除 14、16 站，改設 12、21 站，並由測站 24 往南拉出 1 條測線共 5 個測點(含 24 及 12 站) (圖 2-1)，此 5 站以 CTD 測定水層的海水水溫、鹽度，以了解溫鹽的變化情形。採樣位置之定位是以 GPS(全球衛星定位系統)取得。

自 106 年 1 月起，每 3 個月進行現場偵測一次，採樣日期分別是 2 月 23 日及 5 月 24 日，共計 2 次，符合進度要求。

測量營養鹽用之塑膠瓶(100 ml)取用新購之瓶子，以蒸餾水浸泡刷洗 2~3 次後陰乾備用。溶氧瓶(60 ml)，先以 10% HCl 浸泡 24 小時以上，再以自來水徹底沖洗，並以去離子蒸餾水潤濕後，陰乾備用。鹽度瓶以自來水刷洗後，再以去離子蒸餾水潤濕後，陰乾備用。採樣時依各站水深不同，分別採取不同深度 0、3、10、25 公尺的海水 5000 ml(89 年 3 月 10 日之後恢復 18 站 50 公尺之採樣)，分別裝入水瓶中。採水的方式則以 Niskin 採水器取得。採水器上綁的繩索事先標定長度，採樣時，以繩索垂入海面，直到到達要採樣的深度為止。若繩索與海面有夾角出現，則要求船長駛船調整角度，或以下式估算繩索須下降之深度：

$$\text{繩索須下降深度} = \frac{\text{原預定深度}}{\cos\theta}$$

基礎生產力選擇測站 24 站進行，在黎明時分採取表水水樣約 20 公升，經打氣後分別裝入 300 ml 明瓶 2 支及暗瓶 2 支。將瓶子分別蓋上蓋子後，分 7 個深度投入原測站光合作用層中(~可見深度的 2 倍距離)，此 7 個深度分別是 1、2、4、7、11、16、20 公尺。培養至傍晚時分，將明暗瓶取出，分裝至 60 ml 溶氧瓶中，馬上以試劑將溶解氧固定。首先將溶氧瓶緩緩裝滿水樣，勿讓氣泡介入，取 0.5 ml 氯化錳($MnCl_2$)伸

進瓶底後才加入，再取 0.5 ml 鹼性的碘化鈉(NaOH+NaI)伸進瓶底後加入，加蓋，上下充分混合，而後靜置。此時水樣中的溶解氧會與錳離子發生反應而沉澱，待沉澱完全後，再上下混合 1 次。當晚運回實驗室，隔天進行比色測定溶氧量(Pai *et al*., 1993)。

採得之水樣，當場測量溫度、溶氧量及溶氧飽和度。另外過濾水樣 1000 ml，取得葉綠素甲樣本後，攜回實驗室分析。

3.2 現場分析方法如下：

3.2.1 溫度：

以事先用水銀溫度計校正之 HACH HQ40d 溫鹽溶氧儀現場測量之。

3.2.2 溶氧及溶氧飽和度：

將水樣出水管伸入溶氧瓶底部，緩緩裝滿水樣，勿讓氣泡介入，取 0.5 ml 氯化錳($MnCl_2$)伸進瓶底後才加入，再取 0.5 ml 鹼性的碘化鈉(NaOH+NaI)伸進瓶底後加入，加蓋，上下充分混合，而後靜置。此時水樣中的溶解氧會與錳離子發生反應而沉澱，待沉澱完全後，再上下混合 1 次。之後在水中用臘膜將水封入瓶蓋上方空間再蓋上塑膠蓋。現場輔以 HACH HQ40D 溶氧儀測量。

3.2.3 透明度 (沙奇盤深度)：

現場以沙奇盤(Secchi Disk)測量之(EPA, 1998)。透明度，亦稱「可見度」，是指光線能夠穿透水之程度。本方法係利用直徑 20~30 cm 之白色圓盤，又稱沙奇盤(Secchi Disk)，沉入水中，量測其可見距離，即為水體之透明度，又稱沙奇透明度(Secchi transparency)。(NIEA E220.50C)

3.2.4 葉綠素甲：

定量 1000 ml 水樣，加入 5 至 6 滴飽和碳酸鎂溶液，以防葉綠素甲(chlorophyll a)分解成脫鎂葉綠素(pheophytin)，以 47mm 網格濾紙(Millipore)過濾之。將濾紙向內折疊整齊置入封口袋中，再放入有乾冰之冰筒保存。

3.2.5 溫鹽記錄器(CTD)

以 SBE 19plus 多功能水質監測器（記錄溫度、鹽度、溶氧、葉綠素甲）施放，

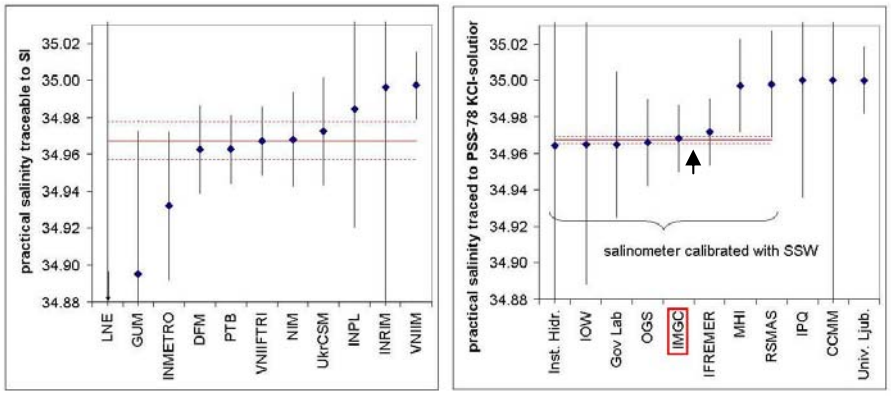
在施放前，讓儀器與表水平衡約 5 分鐘的時間，於測站 12、18、20、21、22、23、24、T1、T2、T3 以每下 1 公尺平衡至少 1 秒的速度放入海中，此時儀器會自動記錄溫、鹽等值，返航後再從監測器將資料下載出來。

3.3 實驗室分析

3.3.1 鹽度：

以廠牌 Autosal 8400B 之鹽度儀測量海水與 I.A.P.S.O.標準海水導電度之比值，回歸求得鹽度(鹽度計事先以標準海水校正)。

本實驗室於 97 年 4 月參加物質質量委員會(CCQM-P111)之鹽度互校實驗，使用上述鹽度儀測量該會提供之 2 瓶盲樣鹽度，測量結果為 34.9684±0.004，之後該會公佈標準值為 34.9672±0.0021(下圖箭頭所指實線即為該數，而 IMGC 即為 Institute of Marine Geology and Chemistry 為本實驗室代碼），本實驗室的結果在國際 22 間實驗室之中為精、準確度最高之單位(下圖)。



3.3.2 pH：

以比色法測量之，使用 Varian Cary 50 比色槽具有恆溫功能之分光光度計，波長設為 434、578、730nm 量測海水吸光值，再加入 60μL *m*-cresol purple 指示劑使之顯色後，再量測吸光值，並代入以下公式得到 pH 值。

$$A_1/A_2 = \frac{A_{578}(D+S) - A_{578}(S) - [A_{730}(D+S) - A_{730}(S)]}{A_{434}(D+S) - A_{434}(S) - [A_{730}(D+S) - A_{730}(S)]}$$

$$(A_1/A_2)_{corr} = A_1/A_2 - V[0.125 - 0.147(A_1/A_2)]$$

$$pH = pK_2 + \log\left[\frac{(A_1/A_2)_{corr} - 0.00691}{2.222 - (A_1/A_2)_{corr} \times 0.1331}\right]$$

3.3.3 溶氧及溶氧飽和度

將上述固氧後的溶氧瓶先放入恆溫槽恆溫至 25 °C，再加入硫酸(H_2SO_4)溶液，此時沉澱物溶解，樣水呈黃棕色，再以分光光度計波長 466 nm 測定其吸光值(Pai *et al.*, 1993; Labasque *et al*, 2004)。以碘酸鉀(KIO_3)配製 0.1 mN，0.2mN，0.4 mN，0.6 mN，0.8 mN 5 種濃度做為標準曲線，換算樣本溶氧量。

以下列式子計算飽和溶氧量(Chen, 1981)：

$$\ln DO(mg/l)=(-1268.9782+36063.19/(°K)+220.1832\times\ln(°K)-0.351299\times(°K)+S\times(6.229\times10^{-3}-3.5912/(°K))+3.44\times10^{-6}\times S^2)\times1.43$$

再以溶氧量除以飽和溶氧量即為溶氧飽和度。

3.3.4 營養鹽：

水樣攜回實驗室後，以孔徑 0.45 μm(Whatman，Nylon membrane Filters)濾紙過濾後，分析下列項目：

3.3.4.1 硝酸鹽(NO_3^-)：

Cadmium reduction method+azo dye colorimetric method。水樣先與氯化銨混合，然後通過一活化鎘管，將水中 NO_3^- 還原成 NO_2^-，通過分析儀器 O·I·Analytical FS3100，自動上機比色。分析儀器於波長 543 nm 處槽測其吸收值。扣除 NO_2^- 濃度後，即可得 NO_3^- 濃度。

3.3.4.2 亞硝酸鹽(NO_2^-)：

azo dye colorimetric method。水樣先加入酸性磺銨試劑，使 NO_2^- 與酸性磺銨試劑生成對重磺銨離子。再與鹽酸奈乙二銨試劑反應，生成粉紅色之偶氮染料，以 O·I·Analytical FS3100 分光光度計於波長 543 nm 處，以 1 cm 長之比色槽測其吸收值，再由莫耳吸光係數求得濃度。

3.3.4.3 磷酸鹽(PO_4^{-3})：

Ascorbic acid reduction-colorimetric method。水樣加入酸性銻鉬試劑，使 PO_4^{-3} 與鉬酸銨反應，生成黃色磷鉬複合物。再加入抗壞血酸，藉由酸性銻鉬中的銻離子催化，使之還原成藍色磷銻鉬複合物。於波長 880 nm 處，以 5 cm 長之比色槽測其吸收值，

再由莫耳吸光係數求得濃度。

3.3.4.4 矽酸鹽(SiO_2)：

Ascorbic acid/oxalate reduction-colorimetric method。水樣加入酸性鉬酸銨試劑，生成黃色矽鉬複合物，再加入抗壞血酸還原成藍色矽鉬複合物，整個呈色反應於恆溫槽 35℃ 中進行。於波長 810 nm 處，以 1 cm 長之流動比色槽測其吸收值，再由莫耳吸光係數求得濃度。

上述 NO_3^- 以 O・I・Analytical FS3100 進行自動分析，另外為取得 PO_4^{-3} 較低的偵測下限濃度，因此在 PO_4^{-3} 顯色後，改以手動方式用 5 cm 比色槽比色之，SiO_2 則以 trident-223 型流程板自動上機比色，該系統由台灣大學海洋所白書禎教授所研發。硝酸鹽的精確度約為±0.035 μmol/kg，亞硝酸鹽約為±0.02μmol/kg，磷酸鹽約為±0.01 μmol/kg，矽酸鹽約為±0.1 μmol/kg。

3.3.5 葉綠素甲(NIEA E509.00C)：

回到實驗室後，於黑暗的室內將濾紙置入包上鋁箔紙的離心管，加 90%的丙酮 10 ml 於離心管內，然後利用震盪器震盪 20 分鐘後，放入冷藏櫃內冷藏 1 小時，再取出離心管放在試管混合攪拌器上，攪拌 2 分鐘後，放入冷藏櫃內冷藏 24 小時，次日取出離心管放置離心機內，以 3000 rpm 速度離心 15 分鐘後，取出離心管，將離心管上層澄清液放入螢光儀內(Varian)測量，記錄其螢光值。以葉綠素甲配製標準品濃度之標準曲線，根據公式換算樣品的葉綠素甲濃度。

3.3.6 濁度：

以 Nephelometric method 濁度計測定之。

3.3.7 基礎生產力(溶氧法)之測定：

於岸邊完成固氧之樣本，當晚運回實驗室，隔天進行比色測定溶氧量。實驗步驟如下: 上述固氧後的溶氧瓶先放入恆溫槽恆溫至 25 °C，再加入硫酸(H_2SO_4)溶液，此時沉澱物溶解，樣水呈黃棕色，再以分光光度計波長 466nm 測定其吸光值(Pai *et al*., 1993; Labasque *et al*., 2004)。以碘酸鉀(KIO_3)配製 0.1 mN，0.2 mN，0.4 mN，0.6mN，0.8mN 5 種濃度做為標準曲線，換算樣本溶氧量。並以下列方式計算基礎生產力(primary productivity)：

(明瓶溶氧量－暗瓶溶氧量)÷138×106　　單位：mmolC/m^3/day

3.3.8 總殘餘氧化劑濃度

將水樣出水管伸入溶氧瓶底部，緩緩裝滿水樣，勿讓氣泡介入，取 0.5 ml 緩衝試劑($CH_3COOH+CH_3COONa$)伸進瓶底後才加入，再取 0.5 ml 鹼性的碘化鉀(NaOH+KI)伸進瓶底後加入，加蓋，上下充分混合，而後靜置。此時水樣中的殘餘氧化劑會將碘離子(I^-)氧化為溶解碘分子(I_2)及三碘錯離子(I_3^-)。之後以塑膠蓋裝滿水後再行封蓋。

將此溶氧瓶攜回實驗室，以恆溫槽恆溫至 25 °C，再以分光光度計波長 353nm 測定其吸光值(Pai *et al*., 2002)，換算為總殘餘氧化劑濃度相對於海水餘氯濃度(mg/L as Cl_2)。

3.4 品保及品管

品管措施是實驗室維持分析品管的重要工作，其目的在於監測分析過程的可靠性，發覺及控制實驗中可能產生之誤差。為求加強品保及品管，本計畫資深研究人員王冰潔於 87 年參加 ISO14001 之訓練，順利取得環境管理顧問師之資格，有助於提升本計畫之品管及品保。

評估誤差大小及分析過程之可信度，可利用精密度及準確度兩個參數。精密度係指重覆分析一均勻樣品時，分析結果之再現性(reproducibility)，通常以標準偏差表示之；準確度係指分析結果與真實值接近之程度，通常以相對誤差表示之。

3.4.1 重覆分析(Duplicate Analysis)

重覆分析的目的在監測實驗室分析的再現性，建立分析數據的準確度，對於相同基質或相同濃度的樣品，通常每分析 10 個樣品，至少應有 1 個樣品執行重覆分析。

$$PRD(\%) = \frac{|D_1 - D_2|}{(D_1 + D_2)/2} \times 100$$

D_1=第 1 次測值； D_2=第 2 次測值

對同一樣品重覆分析 2 次，分別得到 D_1 和 D_2 二測量值，依下式計算相對百分偏差 RPD (Relative percent difference)：

實驗室應每年建立可接受極限，若重覆分析差異落在極限以外，則此分析值視為不可靠，應立即採取修正措施，並重新分析該批次所有樣品，一般對於濃度比偵測下限大 5 倍的樣品而言，其允許差異範圍為±20 %。

3.4.2 標準添加分析(Standard addition analysis)

標準添加之目的，在於獲知樣品中基質對於待測物質，或分析方法可能造成之干擾，建立分析數據的準確性。通常將樣品分為 2 份，一份直接依步驟分析，另一份則添加適當已知量濃度(添加量為樣品濃度的 50~150 %)之標準品後再分析，由回收率來管制基質的干擾。對相同基質或同一濃度範圍內的樣品，通常每 20 個樣品應同時分析添加標準品之樣品。若每月分析之樣品少於 20 個，則每月至少應做 1 次添加分析。

$$\text{回收率}(\%) = \frac{\text{SSR} - \text{SR}}{\text{SA}} \times 100$$

SSR=添加標準品後之測定濃度；SR=樣品之濃度；SA=添加於樣品中之濃度回收率須落於 75~125 %之範圍內方可接受，否則應重新分析。若樣品濃度低於儀器偵測下限，則計算回收率時，SR 以 0 表示。

3.4.3 標準參考樣品分析

參考樣品係指從製造標準品之單位(如 NBS, ERA)購進之標準參考樣品(不同於製備檢量線之標準樣品)，其組成均經世界許多一流實驗室之分析比對，可視為相當可信之標準參考值(Certified value)。標準參考樣品的基質應與欲分析樣品者相似，如此可比較基質效應所造成的影響。實驗室內至少每個月應分析一參考樣品，並將其分析日期、結果、回收率記載於記錄簿內。

$$\text{回收率}(\%) = \frac{\text{測量值}}{\text{真實值}} \times 100$$

回收率應落於 80~120 %之範圍內，否則當日分析之結果皆視為不可靠，應重新分析。

3.4.4 方法偵測極限

準備試劑水，試劑水中不得有待測物或其他物之干擾，於試劑水中加入待測物，並重覆分析 7 次。計算 7 次之標準偏差，取 3 倍之標準偏差即為分析方法之偵測極限。

所有採樣及處理過程並依海科中心水質分析品保/品管手冊(陳等，1991a; 陳，1998)之要求，防範各種可能的污染，以確保分析之準確度。本計畫所得之海水分析數據，較相同海域水質監測計畫之鹽度、pH 及溶氧量均多出小數點以下 1 位(李等，1995)。

四、目前研究成果

國科會於執行「全球環流研究」時，在貓鼻頭南方有一南北向測線(PR-21,沿著120° 43' E)，此測線離台灣南岸最近之測站所取得之水文及水質資料(劉和白，1992; 劉等，1992; 陳等，1993a~c, 1995a, 1996, 1997)，可作為第三核能發電廠附近海域諸測站遠方之最佳背景值。

水文與水質化學分析部份為「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」整體計畫中最基礎的一部份，因其中所涵蓋之水文(包括溫度及鹽度)與水質化學(包括 pH 值、溶氧量、營養鹽、濁度及透明度)兩大部份中之各項因子，均直接或間接影響著海域之生態組成與平衡。因此，分析水文及水質化學在時間和空間之分佈情形，並與過去的調查相比較，可供瞭解第三核能發電廠運轉前後，第三核能發電廠附近海域水文與水質化學因子的變化傾向，及其對環境的影響。本調查除了接續前 34 年(從 68 年開始)之定期調查工作，將歷年來之各項資料做一初步的整合之外，並分析葉綠素甲與基礎生產力，將之與水文及水質化學因子做相關性分析，藉以瞭解該海域水文、水質化學因子間，及其與葉綠素甲之互動情形。

為了要瞭解第三核能發電廠運轉對附近海域所造成的影響，本研究將 7 個測站分為兩大類，一為離第三核能發電廠較遠的測站(測站 14、16、18、20；87 年 7 月以後為測站 12、18、20、21)，稱之為對照測線；另一為接近第三核能發電廠進出水口的測站(測站 22、23、24)，稱之為實驗測線，此兩類之水文與水質資料可加以比較。

4.1 106年1月~106年6月的結果

從 106 年 1 月開始，採樣日期是 106 年 2 月 23 日(106 年第 1 次，因當天風浪過大，12 站及 24 站無法取樣，改於 3 月 5 日補取得)、5 月 24 日(106 年第 2 次)，表 2-1 為此 2 次水樣現場及實驗室分析之結果。

4.1.1 水溫

測站 24 距離溫排水口最近，可以監測溫排水排入海洋後之溫度狀況。現場量測水溫資料顯示，106 年第 1 次表水的水溫 28.3 °C，較對照測站(測站 12)表水 26.0 °C，高了 2.3 °C；第 2 次測站 24 的水溫(28.3°C)高出對照測站 12、18、20、21(27.8°C)0.5°C。

而扣除可能受溫排水影響的第 24 站後，106 年第 1 次調查的表水水溫平均為 24.8 ±0.3 ℃，略高於歷年同月之水溫平均 24.1±1.0 ℃(P<0.01)；第 2 次調查表水水溫平均

為 27.8±0.5°C，亦略高於歷年同月之水溫平均 27.5±1.2。從衛星資料來看，本海域 2 月 23 日的水溫落在 25℃等溫線之內，而 5 月 24 日則落在 28℃之內，顯示本現場調查資料與衛星資料相吻合(圖 2-2)。

由美國國家氣候預報中心(NOAA)發佈的聖嬰/反聖嬰現象發生時間表(表 2-2)來看，海洋聖嬰指數(ONI)於 103 年 9 月開始轉正至今；而大氣和海洋研究聯合研究所(JISAO)所公佈的太平洋十年期振盪指數(PDO)則於 103 年初就開始轉正，一路增高至 103 年年底，104 年開始下降但仍然為正值，105 年則又轉強至 4 月達到最高值，而後數值慢慢下降，PDO 為正值已 3 年又 7 個月(103 年 1 月至 106 年 7 月)。Wu(2013)的文章指出，聖嬰的影響在西北太平洋是不固定的，端視它是在 PDO 的暖相或是冷相：在 PDO 暖相時，聖嬰與季風強弱的年際關係不明顯，而 PDO 冷相時，聖嬰現象與冬天的季風的強弱關係明顯。106 年 2 次調查期間 PDO 皆為暖相(西北太平洋為水溫變低)，2 月 23 日以及 5 月 24 日水溫距平值(當月測值-歷年月平均值)為 0.74±0.54 及 0.37±0.81℃，並不符合 PDO 為暖相時，西北太平洋海域水溫偏低之預估。由 75 年 7 月至 106 年 5 月本海域長達 32 年溫度距平值(當月測值-歷年月平均值)與 ONI、PDO 之變化(圖 2-3)可以看見，本海域的溫度距平值早期大都偏低，而於 87 年之後則大都偏高，似乎呼應了海洋暖化的現象；79~84 年的聖嬰/正 PDO 對應的是距平低值，而 99~103 年的反聖嬰/負 PDO 則對應了溫度距平高值，然而並非所有的大尺度海洋溫度距平高低值都對應著本海域應有的溫度變化，因此本海域溫度的變化不僅反應了全球海溫上升的趨勢，可能也受到海洋大尺度事件如 ONI、PDO 振盪的影響，變化因子較為複雜。

4.1.1.1 CTD 資料

溫度隨深度之變化見圖 2-4。106 年第 1 次除了測站 24 之外，各測站整個水層的水溫變化不大，但站與站之間，在水深 10 公尺以下相差約有 1℃；第 2 次亦有相似的現象，此時斜溫層尚未出現。

沿測線 24-T1-12-T2-T3 觀察，24 站的表水溫度大多較其他測站高了 2~3 °C，並未有高溫聚集現象，顯示溫排水熱度的擴散約及於 T1 站，溫排水之擴散效果良好，溫排水影響的深度大約在 3~5 公尺。

溫排水擴散的範圍不大，大都在出水口 24 站附近及南灣之西南側。與南灣緯度相近之大亞灣核電站，受溫排水影響之地區亦為核電站附近、大亞灣之西南側；2002 年受影響面積為大亞灣之 3%，2003 年則為 7% (Wang et al., 2011)。就深度來看，3 m 深的水層幾乎就看不到溫排水的影響。長期水溫記錄顯示本海域

常有湧升現象。由 82 年統計至今各季的水質資料，發現 1-3 月的發生湧升的情形最少見，也可能是因為冬季時，在厚達 70-80 公尺的整個水層中都是性質上下如一的混合層，因此即使有下層水湧升現象也與上層水質相似而無法偵測到。今年 4 次調查皆未觀察到湧升現象。

海洋靠近陸棚邊緣的地區常有海水湧升的現象。除了洋流撞上大陸斜坡及陸棚引起湧升流之外，在陸棚東側較深海水湧升到表層的現象，通常是風沿著東海岸朝北吹拂一段時間後，在表層海水之艾克曼傳輸(Ekman transport)，因而在該海域表面形成幅散區，導致較深海水湧升到近岸表層。在陸棚西側則北風會引起湧升流。

除了上述時間、空間尺度較大的例子之外，原能會委託中研院所進行歷年海潮流調查顯示(蘇等，1980~1991)，第三核能發電廠附近海域內海流之流況極為複雜，可以說隨日、隨時都在改變。台大范光龍教授也指出第三核能發電廠附近海域具有相當強的海水湧升現象，而且當大潮時期前後幾天，海域內沿岸會發生海水水溫短期突降現象：當第三核能發電廠附近海域大潮時期大退潮末至小漲潮間，西半部海域會形成逆時針氣旋式渦漩(cyclonic eddy)。氣旋式渦旋會導致湧升流，使第三核能發電廠附近西半部海域產生海水水溫突降 4~5 ℃，而其東半部海域海水水溫的影響則端視潮汐鋒面(tidal front)及氣旋式渦漩所抬升冷水的強弱決定。理論上，范教授認為第三核能發電廠附近海域海水水溫下降，應以西半部靠近反氣旋渦漩中心海域最為顯著，而第三核能發電廠附近海域的東半部具有較寬廣、且較淺的大陸棚區域，冷水入侵的強度應被減弱。但事實上由范教授歷年來資料顯示，水溫的下降卻是東半部海域之降幅最大，這種現象經由多年收集的現象資料以及潮流模式驗證，發現順時針反氣旋式渦漩及半日潮潮波和全日潮潮波傳遞方向的不一致性，造成第三核能發電廠附近海域東半部大陸棚海水水溫突降，而其中以反氣旋式渦漩扮演的角色最為重要(Lee *et al.*, 1998)。本計畫子 1 則認為此處的冷水湧升與內潮有極大關係，該內潮由恆春海脊處所引發。本計畫早期雖未作連續觀測，但也或多或少觀測到了冷水湧升現象。設置在排水口外的溫度長時間的記錄器時有記錄到冷水入侵情形，詳細資料見下節。

4.1.1.2 長期水溫觀測

將溫度記錄器分別綁在出水口右側離岸約10~20公尺，水深3、9公尺以及貓鼻頭水深9公尺之珊瑚處，記錄時間為105年11月3日至106年2月8日、106年2月8日至5月7

日，共2段，水溫在水深3、9公尺之振盪現象仍持續發生(圖2-5)；第1段時間記錄到的3公尺平均水溫為25.7±1.2 ℃，較9公尺深的平均水溫24.9±1.3 ℃，高約0.8 ℃；第2段3公尺平均水溫為26.4±1.1 ℃，較9公尺深的平均水溫25.1±0.8 ℃，高了1.3 ℃。這兩段之水溫記錄期間並無颱風發生，水溫並無較大的振盪幅度，僅105年12月13~16日有較低溫之振盪，該溫度變低似乎與大潮有關。

第三核能發電廠附近海域底層水有冷水入侵的現象在本研究子計畫1、洪(2011)、Lee *et al.* (1999) 及Jan and Chen (2009) 均有所發現，然而該研究顯示冷水出現的頻率幾乎是一天一次，與本研究觀測結果不盡相同。可能原因在於Lee *et al.* 所設置的觀測點在第三核能發電廠附近海域的東側，深度在45公尺。由於漲潮及退潮的水位變化，使得冷水可能每天可湧升至45公尺；本研究設置的點近排水口，但較淺，約在10公尺，推測冷水入侵無法到達10公尺，或是發生的頻率較低，大約是在大潮前後才會發生。但也有非大潮時觀測到冷水湧升的現象，冷水湧升的機制不僅只是單純的潮汐漲退所引起，內潮、渦漩、黑潮擺盪，甚至浮力效應皆可能引發冷水湧升。

4.1.2 鹽度

由過去的水文調查指出，台灣西南海域以及南海北部之上層海水，在夏季時係高溫、低鹽之南海表層水，入秋後逐漸為高溫、高鹽的黑潮水所取代(朱，1963; Fan and Yu, 1981; Fan, 1982; Wang, 1986)，而第三核能發電廠附近海域主要是黑潮水、南海的中鹽水及低鹽沿岸水之混合水團。106年第1次鹽度介於34.397~34.700之間，平均34.574±0.096，略高於歷年平均鹽度34.474±0.374；第2次鹽度介於34.152~34.466之間，平均34.249±0.087，亦是略高與歷年平均34.152±0.252。

Durack 等人(2012)研究指出，全球暖化將造成水圈循環加強，從過去50年(1950-2000)的資料顯示，蒸發大於降雨的海域，鹽度變高，降雨大於蒸發的海域，海水鹽度變得較低，而南海海域在過去50年即屬於後者之變化。本海域在99~102年PDO冷相頻頻觀察到低於歷史記錄的鹽度，而在104年第1次、105年第1～4次以及106年1~4次調查，PDO暖相則觀察到高於歷史的鹽度記錄，顯示本海域的鹽度變化與PDO變化有明顯的正相關。

一般而言，海流在往北流經台灣東南海域時，會有一支流進入南海北域，此支流向西流入南海北域之後再繞回台灣墾丁南部海域，才沿著台灣東部往北繼續流動；在聖嬰時期，此支流繞入南海北部並不深(梁，2002)；又聖嬰時期，南海湧升現象減弱，與外界交換變弱(Chao *et al.* 1996)，導致黑潮水流入南海的規模變小，黑

潮水與南海水交換也變少，推論此時核三海域能保有較明顯黑潮水的性質，而反聖嬰年時則相反，可能量測到較低鹽水 (Chen et al., 2010)；換言之，在第三核能發電廠附近海域的鹽度訊號，正可以反應此處南海水與西菲律賓海水(黑潮水)交換規模的大小。對照往年鹽度資料，當鹽度訊號偏高，顯示西菲律賓海水性質較高，除季節因素之外，大多適逢聖嬰現象時間。第三核能發電廠附近海域附近受台灣本地複雜的氣候、海底地形因素以及近年來全球氣溫日漸升高影響，對於此海域的衝擊，必須詳細且全面的探討，才能更確認此處水文性質變動的真正原因。

4.1.3 pH

106年第1次調查結果顯示，pH介於8.019~8.086之間，平均8.058±0.018；第2次介於8.017~8.064之間，平均8.040±0.011。pH值均符合環保署90年12月26日所公佈的海域環境分類及海洋品質標準第5條規定「甲類海域的水體標準：氫離子濃度指數應在7.5~8.5之間」。由平均值來看，此區pH比WOCE的pH資料8.27±0.05 (表2-3)略低。

4.1.4 溶氧量及溶氧飽和度

106 年第 1 次調查結果顯示，溶氧量介於 6.39~6.96 mg/l 之間，平均 6.69±0.15 mg/l；第 2 次介於 6.16~6.59 mg/l 之間，平均 6.42±0.11 mg/l；此 2 次調查結果，均符合環保署 90 年 12 月 26 日所公佈的海域環境分類及海洋品質標準第 5 條「甲類海域之水質標準，溶氧量應在 5.0 mg/l 以上」之規定。

106 年第 1 次溶氧飽和度介於 93.6~108%之間，平均 99.2±2.9%；第 2 次介於 94.7~103%之間，平均 99.0±2.1%，兩次結果皆接近飽和值。

由 106 年第 2 次之溫度、鹽度、pH 以及溶氧飽和度 4 個參數在表水等值圖(圖 2-6)來看，整個海灣的表水性質並非呈現均一性；位於東南方測站 21 的溫度最高、鹽度最低，相對其 pH 以及溶氧飽和度則是最高，並且往岸上後壁湖的方向變低。(本年度第 1 次採樣因分 2 個時間取得，不宜繪製等值圖)。

4.1.5 營養鹽

海水中之營養鹽主要有硝酸鹽、磷酸鹽和矽酸鹽，這些營養鹽是水中植物生長所不能或缺的化學物質。在一般大洋中，營養鹽主要來源為有機質之分解。在沿岸地區，營養鹽除了來自有機質分解之外，亦可能受溪流輸入帶有家庭、農業及工業廢水的影響。

4.1.5.1 硝酸鹽

海水中的無機氮，除氮氣之外一般以 NO_3^- 佔較大的比例，其為氮化物氧化之最

終產物。NO_3^-的來源主要為生物代謝物質之分解、氧化及陸源逕流之補給。其濃度隨著浮游植物及生物群落的活動狀況而變化，NO_3^-的分佈情形不僅可以反映海洋生物活動的規律性，而且有助於瞭解水文及水系的混合情形。若海水中的NO_3^-過量聚積，將促使水體優養化，影響生物正常生長。海水中的NO_2^-來自河水的輸入，及海水中含氮物質氧化還原過程的中間產物，如NO_3^-的還原、有機物與氨的氧化等。這些過程常需要微生物參與反應。

106年第1次NO_3^-含量介於0.02~1.21 μM之間，平均0.51±0.41 μM；第2次NO_3^-含量介於0.27~1.03 μM之間，平均0.60±0.24 μM。

此一海域所含的硝酸鹽並不是很高，但仍稍高於WOCE測站的硝酸鹽含量(表2-3)。由過去的資料可知，在24站表水常出現硝酸鹽高值，該高值甚至比其來源水22站10m還要高，因此推測該高值並非單純由22站10m而來，由102年第2次資料顯示，高值乃下層水湧升所致。

4.1.5.2 亞硝酸鹽

通常海水中NO_2^-的自然濃度很低，是為海洋植物的營養鹽之一。當濃度過高、異常或變化過劇時，常為海洋生態環境惡化之表徵。106年第1次NO_2^-含量介於0.10~0.17 μM之間，平均0.13±0.02 μM；第2次NO_2^-含量介於0.07~0.13 μM之間，平均0.10±0.01 μM。

4.1.5.3 磷酸鹽

近岸海水中PO_4^{-3}多來自河川陸水所輸入，因此，河口及沿岸水域常有含磷量過高的現象。磷為浮游植物生長繁殖不可或缺的必要元素，但水中含磷量過高，則常導致赤潮的發生。張(1991)認為，海水中的活性磷在0.15 μM以下，才能避免於赤潮的發生。顯然，磷酸鹽可以作為水體優養化的指標之一。據研究指出，大陸大部份海區的活性磷含量，春、夏兩季小於0.11 μM，秋冬兩季則介於0.03至0.22 μM之間。在各別河口和海灣，活性磷含量有時可達0.64 μM (張，1991)。

106年第1次調查PO_4^{-3}含量介於0.01~0.25 μM之間，平均0.08±0.04 μM；第2次調查PO_4^{-3}含量介於0.02~0.14 μM之間，平均0.06±0.04 μM。調查結果顯示此海域的磷酸鹽含量較WOCE測站為高(表2-3)，可能是湧升水將下層高磷酸鹽的水往上帶。另外，陳等人(1991b)之研究曾指出，在墾丁國家公園內各聚落之污水排水道含有高量的營養鹽，污水並且直接排入海域，也可能是第三核能發電廠附近海域營養鹽略高原因之一。但88年之後墾丁地區已設置了污水處理場，營養鹽的陸上來源理應降

低。

浮游植物死亡後，其有機體經由氧化可釋出營養鹽氮及磷於水中，在海水中兩者並以16：1的關係存在(Redfield *et al.*, 1963)。反過來說，水中之營養鹽若有16份的氮及1份的磷，最適合浮游植物生長，當氮與磷的比值高於16時，顯示水體的氮太多，因此磷成為浮游植物生長之限制因子。反之，則氮成為浮游植物生長之限制因子。圖2-7為89年至今70次調查資料之氮與磷比值圖，圖上顯示，氮與磷的比值大都落在斜率小於16之下，由此可知，此一海域浮游植物的限制因子為氮，與南海北部相同 (Lui and Chen, 2011)。既然此一海域對氮較為敏感，因此對氮污染的途徑應該特別注意。氮進入海洋之主要來源有四種，分別是雨水、海鳥糞便、大氣固氮作用以及肥料，其中僅肥料的流入可由人為來控制，因此對於陸上是否有肥料流入此海岸應特別注意。與大亞灣相比，該處原亦為氮限制，但近年來已變成磷限制 (Wang et al., 2011)。

4.1.5.4 矽酸鹽

SiO_2在自然界中分佈極為廣泛，是多數岩石、土壤和灰塵的主要成份。岩石的風化和土壤的流失等，使幾乎所有的天然水中，都含有溶解性SiO_2，但SiO_2在海水中的濃度要比河水中低得多。SiO_2為矽藻生長所必需之重要元素之一，而矽藻又是牡礪的主要食物。據黃(1988)指出，牡礪以濾食海水中之浮游植物為生，其消化管內90%以上，是由35種矽藻所組成的，因此，海水中SiO_2的含量可能間接影響牡礪之生長。

天然水中的矽，主要來自矽酸鹽與鋁矽酸鹽礦物的水解，絕大多數正常天然水中SiO_2的含量，高於與石英平衡時的含量，而低於與無定形SiO_2平衡時的含量，大部份是介於16至500 μM 之間。表層海水遠低於此值，則與生物的吸收作用有關(陳，1992)。

106年第1次SiO_2介於1.49~2.45 μM之間，平均1.78±0.25 μM；第2次SiO_2介於1.80~3.31 μM之間，平均2.19±0.47 μM。

4.1.6葉綠素甲與基礎生產力

浮游植物為海洋中最重要之初級生產者。其藉由光合作用，將無機碳轉化為有機碳，許多浮游動物及濾食性生物便是賴其為生。由於浮游植物均含有葉綠素甲，因此，經由海水中葉綠素甲含量之分析，可供瞭解海域之浮游植物量。而浮游植物量之變化，可直接反應出該海域生態環境是否受到污染而惡化。

106 年第 1 次葉綠素甲介於 0.01~0.12 μg/l 之間，平均 0.06±0.03 μg/l；第 2 次葉綠素甲介於 0.05~0.45 μg/l 之間，平均 0.19±0.10 μg/l。此海域葉綠素甲含量較台西外海 (經濟部工業局，1996a) 及台南外海 (經濟部工業局，1996b)為低。

由 106 年第 2 次硝酸鹽、磷酸鹽、矽酸鹽以及葉綠素甲 4 個參數在表水之等值圖(圖 2-8)來看，矽酸鹽的高值出現在接近墾丁的測站 20，似乎暗示著有些微的陸源輸入，但此陸源輸入並不伴隨其他營養鹽的高值。葉綠素甲在測站 21 的濃度最低，並且往岸邊後壁湖方向變高，與水文的分佈型態相似。

海洋中之基礎生產力，通常指在一定水域內，某一段時間植物性浮游生物利用無機溶解性鹽類，製造有機化合物的產量。因此，基礎生產力可視為日光、水溫、海洋化學組成等條件控制下，「光合作用」進行之程度；亦可視為植物性浮游生物的生產量。影響浮游植物的分佈之控制因素極為複雜，如溫度、光線、水流速度、營養鹽之供應等，皆會影響浮游植物的生長。基礎生產力之測量方法有許多種，大多數係基於光合作用公式。此外，測量水中所含葉綠素濃度，或根據某段時間內，水中溶氧量之增減，亦可作為有機化合物生產量之估計。

106 年第 1 次基礎生產力介於<1.0～2.76 mmolC/m^3/day 之間；第 2 次為<1.0～2.52 mmolC/m^3/day。此區的基礎生產力較台灣東北角黑潮水來得高些(大都小於 1 mmolC/m^3/day，呂朝城，1995)，但與陸棚水(≒1～12mmolC/m^3/day)、湧升黑潮水(≒0.5～8 mmolC/m^3/day)大致相當。

4.1.7 濁度及透明度

濁度表示海水的混濁程度，亦表示海水的透光性質。水中的濁度是由懸浮物質如黏土、粉砂、微生物及浮游動植物所造成的。在暴風雨過後，近岸海水之濁度會大幅增加，而在近岸施工亦會對附近海水的濁度造成相當程度的影響。第三核能發電廠附近海域海水的濁度低且變化小，顯示海水中的懸浮顆粒或有機質含量少，而使得此一海域，海水常年清徹見底，水層的透明度都在8公尺以上。

4.1.8 總殘餘氧化劑濃度

工業上為了達到管線中用水的消毒殺菌之目的，常添加氧化劑，其中以氯氣(Cl_2)/次氯酸(HClO)較廣泛使用；日常民生用水，也常使用氯氣等氧化劑來達到除臭消毒之目的，但這些殘餘氧化劑排放之後，對環境將造成衝擊，故需加以監測。

傳統上認為檢測殘餘氯出來即為殘餘氯含量，但根據台大海研所白書禎教授(Pai

et al., 2002)等調查研究顯示，餘氯進入海水後，會衍生複雜的物種，如 Cl_2、ClO^-、Br_2、BrO^-、NH_2Cl、NH_2Br…等，檢測難以區分這些物種，故不宜以殘餘氯稱之，應以總殘餘氧化劑(total residual oxidant，TRO)統稱，表示海水的殘餘氧化能力。但為了便於瞭解，檢測出的數據再將以換算成相等於餘氯濃度(mg/l as Cl_2)(表 2-1)。

106 年第 1 次總殘餘氧化劑濃度介於小於 0.01~0.57 mg/l 之間，平均為 0.13±0.14mg/l；第 2 次介於 0.05~0.74 mg/l 之間，平均為 0.19±0.18 mg/l。根據墾丁國家公園管理處提供的資料，在南灣及石牛溪附近設有南灣污水處理廠及墾丁污水處理廠；南灣污水處理廠將污水處理之後，注入第三核能發電廠的廠區用水排放道，再一併入海，而墾丁污水處理廠則是排入石牛溪；由於處理後污水之入海處分別接近 22 站與 20 站，總殘餘氧化劑含量可能受到處理過後之民生用水排放影響而偏高，但結果顯示此 2 站並無特別高值，而且整體海域總殘餘氧化劑濃度，均低於環保署海洋放流水標準甲類海域「殘餘氯量 1 mg/l 以下」之規定，而第三核能發電廠排水口之濃度亦是遠低於規定值。

五、結論

第三核能發電廠附近海域水溫的變化，主要受天候、季節性以及大尺度海洋事件如颱風、聖嬰、反聖嬰，以及太平洋十年期振盪的影響。106 年第 1、2 次海水的溫、鹽值較歷年略高，仍屬於西菲律賓海水以及南海水的混合水，季節性的變化並不大。

回顧本海域溫、鹽之變化與 ONI/PDO 指數之間，在早期時，大致呈現 PDO 暖相時，水溫偏低，然而後期反而呈現水溫偏高；本海域水溫的變化似乎主要反應海溫上升的趨勢，而與 PDO 相關性較為多變。

鹽度介於34.152至34.700之間，主要是黑潮水、南海中鹽水及低鹽沿岸水之混合水團。海域的 pH 值介於8.017至8.086間，符合環保署所公佈海域環境分類及海洋環境品質標準第5條「甲類海域之水質標準，氫離子濃度指數應在7.5~8.5之間」之規定。溶氧量亦符合環保署「甲類海域之水質標準，溶氧量應在5.0 mg/l以上」之規定。總殘餘氧化劑濃度值平均低於環保署所公布海洋放流水標準第4條「殘餘氯量 1 mg/l 以下」之規定。

營養鹽資料顯示，此海域目前並沒有受到有機質的污染。由 N/P 比值顯示，此海域浮游植物之生長限制因子為 N，因此對 N 的污染途徑應該特別注意。此海域之葉綠素甲測值偏低，屬於低生產力之海域。整體而言，第三核能發電廠附近海域之水文

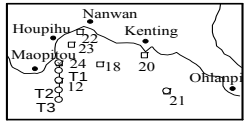
與水質化學受溫排水的影響並不明顯，海域之水文與水質皆符合我國甲類海域的水質標準。

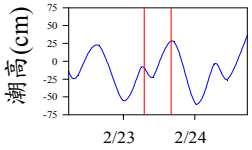
六、附表與附圖

表2- 1　民國106年第1次～106年第2次水文暨水質化學資料

106年第1次(106年2月23日採樣), (12, 24站採樣日期3/5)

測站	深度	採樣時間	溫度 ℃	鹽度 (autosal)	pH total ion	DO mg/l	DO %	透明度 m	NO_3 μmol/l	NO_2 μmol/l	PO_4 μmol/l	SiO_2 μmol/l	chl.a μg/l	TRO mg/l	濁度 NTU
12	0	14:49	26.0	34.41	8.069	6.60	98.8		0.05	0.12	0.04	1.66	0.08	0.06	0.36
	3	14:45	26.0	34.41	8.071	6.60	98.8	20	0.07	0.10	0.04	1.61	0.05	0.05	0.29
	10	14:35	25.7	34.40	8.071	6.61	98.5		0.05	0.10	0.05	1.61	0.07	0.06	0.32
	25	14:29	25.6	34.44	8.078	6.55	97.6		0.80	0.11	0.12	1.92	0.06	0.07	0.78
18	0	08:05	24.6	34.59	8.061	6.89	101		0.51	0.13	0.01	1.65	0.08	0.14	0.50
	3	08:02	24.6	34.63	8.047	6.95	102		1.21	0.16	0.03	1.76	0.09	0.03	0.41
	10	07:57	24.6	34.57	8.065	-	-	20	0.96	0.13	0.07	1.65	0.07	0.05	0.43
	25	07:52	-	34.57	8.058	6.80	99.6		1.03	0.12	0.08	1.71	0.05	0.04	0.43
	50	07:45	-	-	8.056	6.87	100		0.71	0.17	0.08	1.71	0.02	0.06	0.49
20	0	06:46	24.6	34.64	8.061	6.82	100		0.27	0.17	0.04	1.65	0.04	0.13	0.44
	3	06:42	24.6	34.63	8.065	6.65	97.4	14	0.10	0.12	0.08	1.65	-	0.11	0.25
	10	06:37	24.6	34.64	8.065	6.61	96.8		0.58	0.17	0.01	1.71	-	0.05	0.20
21	0	06:04	24.7	34.61	-	6.63	97.2		0.38	0.16	0.06	1.76	0.08	0.12	0.54
	3	06:20	24.7	34.65	8.052	6.54	96.0	19	1.21	0.17	0.08	2.08	0.04	0.06	0.54
	10	06:14	24.6	34.66	-	6.65	97.4		0.37	0.14	0.10	2.18	0.03	0.04	0.47
	25	06:02	23.7	34.70	8.034	6.39	93.6		1.14	0.14	0.09	2.45	0.01	0.06	1.02
22	0	08:33	25.3	34.63	8.053	6.81	101		0.60	0.14	0.11	1.65	0.04	0.21	0.21
	3	08:27	25.1	34.55	8.067	6.96	103	8	0.14	0.11	0.06	1.49	0.07	0.20	0.33
	10	08:22	24.5	34.70	8.037	6.49	96.0		1.10	0.12	0.10	2.40	0.08	0.09	0.78
23	0	08:50	25.0	-	8.032	6.64	98.0		0.10	0.13	0.10	1.81	0.12	0.52	-
	3	08:45	25.0	34.65	8.019	6.73	99.2	12	0.48	0.11	0.10	1.92	0.06	0.24	0.21
	10	08:39	24.5	34.65	8.029	6.73	98.4		0.56	0.11	0.10	1.81	0.10	0.57	0.31
24	0	15:10	28.8	34.51	8.086	6.90	108		0.30	0.13	0.08	1.61	0.02	0.08	0.40
	3	15:07	28.6	34.49	8.080	6.55	102	15	0.09	0.14	0.06	1.51	0.05	0.07	0.69
	10	15:01	25.6	34.47	8.076	6.70	99.8		0.02	0.10	0.05	1.56	0.07	0.07	0.30
最小值			23.7	34.397	8.019	6.39	93.6	8	0.02	0.10	0.01	1.49	0.01	<0.01	0.20
最大值			28.8	34.700	8.086	6.96	108	20	1.21	0.17	0.12	2.45	0.12	0.57	1.02
平均值			25.2	34.574	8.058	6.69	99.2	15.4	0.51	0.13	0.07	1.78	0.06	0.13	0.45
偏差值			1.2	0.096	0.018	0.15	2.9	4.5	0.41	0.02	0.03	0.25	0.03	0.14	0.20
環保署甲類海域水質標準值			-		7.5~8.5	5.0以上	-	-	-	-	-	-	-	-	-
後壁湖排水道		12:57	32.6	34.69	8.066	7.02	117	-	0.53	0.13	0.10	1.81	0.03	0.26	1.00
後壁湖排水道(重複)		13:05	33.2	34.68	8.073	6.92	117	-	0.46	0.14	0.10	1.60	0.05	0.09	1.06





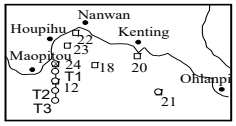
106/2/23(四)後壁湖
(農曆1月26日)

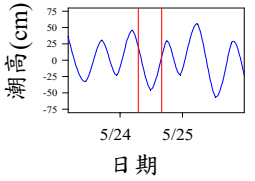
潮時	潮高(cm)
5:59	-8
10:01	-22
16:56	28

續表2- 1　民國106年第1次～106年第2次水文暨水質化學資料

106年第2次(106年5月24日)

測站	深度	採樣時間	溫度 ℃	鹽度 (autosal)	pH total ion	DO mg/l	DO %	透明度 m	NO_3 μmol/l	NO_2 μmol/l	PO_4 μmol/l	SiO_2 μmol/l	chl.a μg/l	TRO mg/l	濁度 NTU
12	0	07:55	27.3	34.242	8.047	6.53	99.8	15	0.27	0.10	0.10	2.16	0.22	0.10	0.48
	3	07:50	27.1	34.251	8.047	6.46	98.5		0.29	0.09	0.05	2.11	0.21	0.59	0.46
	10	07:45	26.5	34.318	8.046	6.46	97.6		0.28	0.09	0.07	2.48	0.17	0.46	0.20
	25	07:37	-	34.448	8.024	6.29	95.8		0.74	0.10	0.13	3.15	0.21	0.40	0.22
18	0	09:05	27.3	34.226	8.047	6.48	99.2	17	0.60	0.07	0.05	2.06	0.22	0.07	0.33
	3	09:03	27.1	34.231	8.036	6.44	98.2		1.03	0.08	0.04	2.06	0.11	0.06	0.19
	10	08:59	26.6	34.304	8.043	6.33	95.8		0.83	0.11	0.07	2.42	0.33	0.06	0.22
	25	08:52	26.1	34.416	8.024	6.31	94.7		0.88	0.10	0.14	2.79	0.31	0.10	0.25
	50	08:44	-	34.466	8.022	6.16	96.1		0.70	0.11	0.14	3.31	0.45	0.10	0.19
20	0	10:22	28.1	34.176	8.043	6.50	100.8	13	0.41	0.13	0.04	3.31	0.14	0.21	0.22
	3	10:19	28.4	34.153	8.048	6.48	101.0		0.29	0.11	0.03	1.90	0.05	0.12	0.25
	10	10:15	28.5	34.173	8.031	6.48	101.1		0.61	0.12	0.04	1.90	0.09	0.14	0.28
21	0	09:48	28.5	34.157	8.064	6.59	102.8	18	0.50	0.11	0.04	1.80	0.09	0.05	0.25
	3	09:47	28.4	34.152	8.050	6.46	100.6		1.02	0.10	0.02	1.80	0.09	0.06	0.26
	10	09:40	28.4	34.161	8.045	6.55	102.0		0.49	0.10	0.02	1.80	0.08	0.34	0.23
	25	09:36	28.0	34.249	8.048	6.55	101.4		0.98	0.08	0.04	1.96	0.26	0.15	0.21
22	0	11:00	28.0	34.207	8.041	6.48	100	10	0.62	0.10	0.03	1.85	0.23	0.29	0.21
	3	10:58	28.1	34.190	8.042	6.33	98.1		0.33	0.09	0.03	1.85	0.19	0.09	0.28
	10	10:51	28.1	34.286	8.039	6.46	100.2		0.93	0.09	0.07	2.16	0.23	0.07	0.30
23	0	11:21	27.8	34.247	8.017	6.33	97.7	12	0.32	0.10	0.05	1.96	0.25	0.24	0.26
	3	11:19	27.9	34.236	8.025	6.42	99.2		0.53	0.10	0.08	1.85	0.13	0.06	0.23
	10	11:14	27.5	34.308	8.041	6.48	99.6		0.57	0.11	0.06	2.27	0.30	0.06	0.19
24	0	07:05	28.3	34.208	8.056	6.44	100	17	0.50	0.11	0.07	1.90	0.10	0.09	0.31
	3	07:13	28.1	34.203	8.048	6.37	98.8		0.56	0.08	<0.02	1.90	0.11	0.74	0.22
	10	07:15	-	34.230	8.036	6.20	96.9		0.68	0.09	0.06	1.96	0.23	0.13	0.38
最小值			26.1	34.152	8.017	6.16	94.7	10	0.27	0.07	0.02	1.80	0.05	0.05	0.19
最大值			28.5	34.466	8.064	6.59	103	18	1.03	0.13	0.14	3.31	0.45	0.74	0.48
平均值			27.7	34.249	8.040	6.42	99.0	14.6	0.60	0.10	0.06	2.19	0.19	0.19	0.26
偏差值			0.7	0.087	0.011	0.11	2.1	3.0	0.24	0.01	0.04	0.47	0.10	0.18	0.08
環保署甲類海域水質標準值			-		7.5~8.5	5.0以上	-	-	-	-	-	-	-	-	-
後壁湖排水道		12:52	32.1	34.32	8.060	6.53	108	-	0.58	0.10	0.08	2.16	0.15	0.151	0.4
後壁湖排水道(重複)		12:55	32.4	34.30	8.054	6.48	108	-	0.54	0.10	0.07	2.16	0.24	0.193	0.5



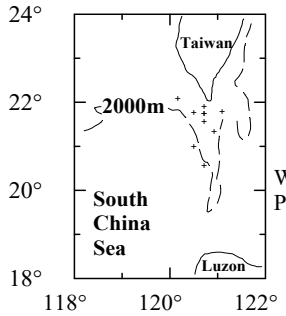


106/5/24(三)後壁湖
(農曆4月29日)

潮時	潮高(cm)
4:50	46
11:44	-45
17:58	30
23:12	-22

表2-2 聖嬰年及反聖嬰年開始及結束時間(上網時間: 106年8月23日止)
民國68年至104年於Niño3.4區域(5°N-5°S, 120°-170°W)海水表面溫度對比表；
若該移動平均月水溫比多個30年中值(multiple centered 30-year)的海水表面平均溫度，高於0.5℃且連續5次，則此期間為聖嬰現象年，以紅字標示；若低於0.5℃連續5次，為反聖嬰現象年，以藍字註記。

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
68	0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6
69	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.2	0	0.1	0.1	0
70	-0.2	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0
71	0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1.5	1.9	2.1	2.1
72	2.1	1.8	1.5	1.2	1	0.7	0.3	0	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8
73	-0.5	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.6	-0.9	-1.1
74	-0.9	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3
75	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.2	0.4	0.7	0.9	1	1.1
76	1.1	1.2	1.1	1	0.9	1.1	1.4	1.6	1.6	1.4	1.2	1.1
77	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.8	-1.2	-1.2	-1.1	-1.2	-1.4	-1.7	-1.8
78	-1.6	-1.4	-1.1	-0.9	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
79	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4
80	0.4	0.3	0.2	0.2	0.4	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	1.2	1.4
81	1.6	1.5	1.4	1.2	1	0.8	0.5	0.2	0	-0.1	-0.1	0
82	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.6	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
83	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.9	1
84	0.9	0.7	0.5	0.3	0.2	0	-0.2	-0.5	-0.7	-0.9	-1	-0.9
85	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.5
86	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.6	1	1.4	1.7	2	2.2	2.3	2.3
87	2.1	1.8	1.4	1	0.5	-0.1	-0.7	-1	-1.2	-1.2	-1.3	-1.4
88	-1.4	-1.2	-1	-0.9	-0.9	-1	-1	-1	-1.1	-1.2	-1.4	-1.6
89	-1.6	-1.4	-1.1	-0.9	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8
90	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3
91	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1	1.2	1.3	1.1
92	0.9	0.6	0.4	0	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4
93	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
94	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.2	0.1	0	0	-0.1	-0.4	-0.7
95	-0.7	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	0.9	1
96	0.7	0.3	0	-0.1	-0.2	-0.2	-0.3	-0.6	-0.8	-1.1	-1.2	-1.3
97	-1.4	-1.3	-1.1	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.5	-0.7
98	-0.8	-0.7	-0.4	-0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.7	1	1.2	1.3
99	1.3	1.1	0.8	0.5	0	-0.4	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.3	-1.4
100	-1.3	-1.1	-0.8	-0.6	-0.3	-0.2	-0.3	-0.5	-0.7	-0.9	-0.9	-0.8
101	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.2
102	-0.4	-0.5	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.3
103	-0.5	-0.6	-0.4	-0.2	0	0	0	0	0.2	0.4	0.6	0.6
104	0.5	0.4	0.5	0.7	0.9	1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.2	2.3
105	2.2	2	1.6	1.1	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7
106	-0.4	-0.1	0.2	0.4	0.4	0.3						



WOCE PR-20,
PR-21 stations

表2-3 WOCE PR-20, PR-21 測線上海研一號(OR-I)、海研三號及KEEP-MASS 測站之水質資料
(資料按月份排列)

	日期	位置	T ℃	S	pH	DO mg/l	NO_3^-	NO_2^-	PO_4^{3-}	SiO_2
							----------	μM	----------	
ORIII-1347-Stn.1	2009/3/2	21°48.043'N, 120°51.088'E	26.2	34.45	8.10	-	-	0.05	0.06	0.02
OR204-Stn.18	1989/4/10	21°58'N, 120°41'E	26.8	34.04	8.42	6.89	<0.1	-	<0.3	<1
OR204-Stn.19	1989/4/10	21°56'N, 120°32'E	26.7	34.00	8.40	7.12	<0.1	-	<0.3	<1
OR316-Stn.4	1992/5/8	21°45'36"N, 120°30'00"E	28.6	34.11	8.26	-	-	-	-	-
OR387-Stn.3	1994/5/21	21°53'05"N, 121°00'10"E	27.5	34.47	8.26	-	0.08	<1	0.12	<1
OR287-Stn.102	1991/7/11	21°44'06"N, 120°43'12" E	29.4	34.14	8.25	-	-	-	-	-
OR287-Stn.103	1991/7/11	21°34'06"N, 120°43'12"E	29.5	34.17	8.26	-	-	-	-	-
KEEP-MASS-Stn.3	1992/7/12	21°54'12"N, 121°09'24"E	28.8	34.10	8.25	-	-	-	-	-
OR462-Stn.707	1996/9/12	21°33'01"N, 119°57'50"E	29.0	34.08	8.25	6.51	<0.05	0.04	<0.05	1.7
OR403-Stn.101	1994/10/5	21°53'49"N, 120°43'14"E	28.4	34.04	8.27	6.12	0.05	0.02	0.1	1.5
OR403-Stn.102	1994/10/5	21°44'09"N, 120°43'05"E	28.4	34.05	8.26	6.07	0.05	0.03	-	1.5
OR369-Stn.108	1993/10/9	20°44'N, 120°42'E	27.2	34.64	8.27	-	<0.1	0.04	<0.1	3
OR434-Stn.21G	1995/10/26	22°04'50"N, 120°10'13"E	27.9	-	-	-	<0.05	<0.05	-	-
OR508-Stn.b3	1997/11/15	21°45'31"N, 120°07'06" E	27.4	34.57	8.28	-	<0.07	<0.04	<0.05	1.4
OR262-Stn.10	1990/11/20	21°20'00"N, 120°56'00"E	27.0	34.36	8.26	6.56	<0.1	<0.1	<0.1	1
OR262-Stn.11	1990/11/20	21°44'00"N, 120°41'00"E	27.4	34.40	8.27	-	<0.1	<0.1	<0.1	0.4
平均值			27.9±1.0	34.24±0.22	8.27±0.07	6.55±0.41	0.06±0.02	0.04±0.01	0.09±0.03	1.32±0.90

WOCE: World Ocean Circulation Experiment 全球環流實驗, 為國科會執行計畫之一.
KEEP-MASS: Kuroshio Edge Exchange Processes-Marginal Sea Studies Cruise

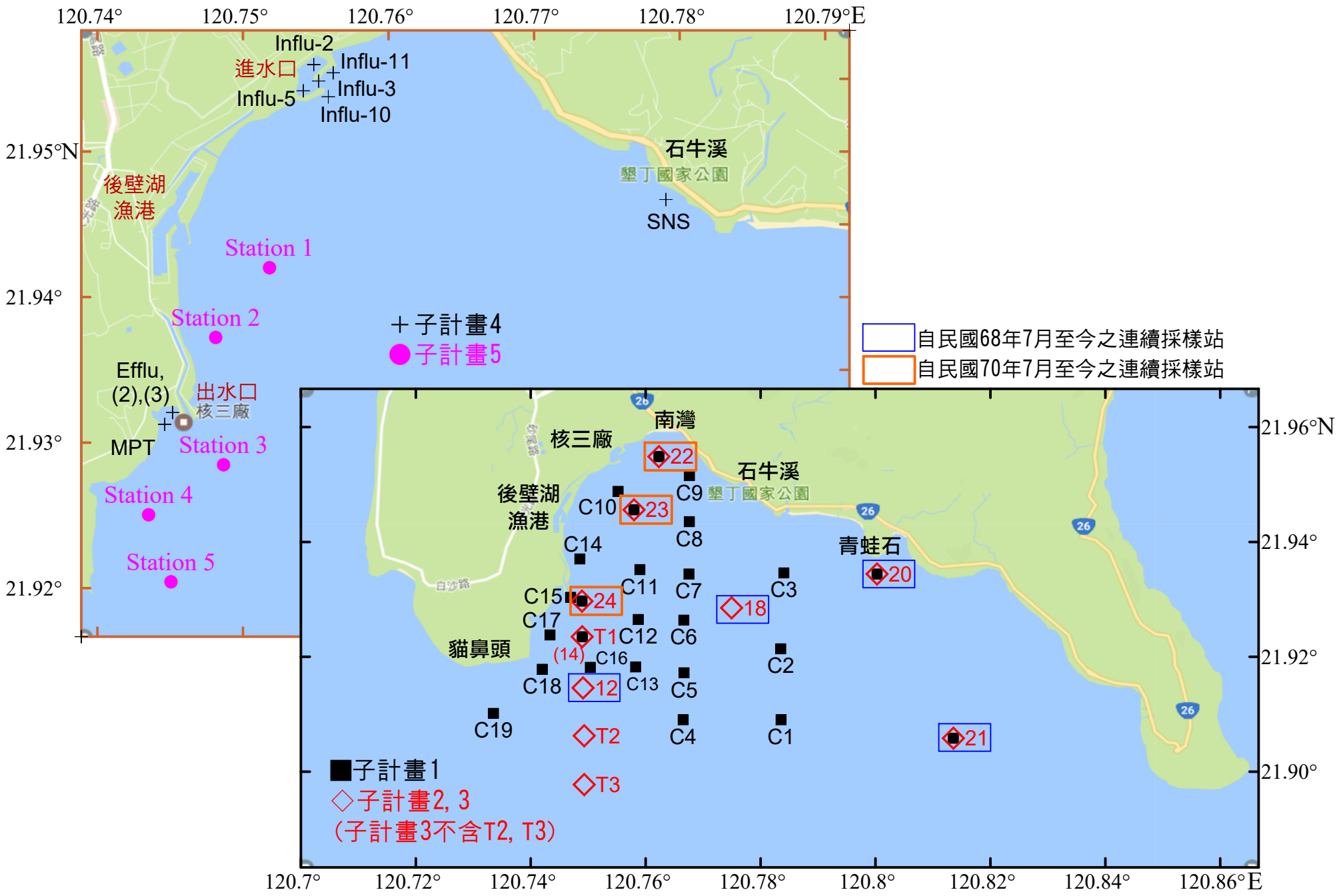


圖 2-1　研究區域暨採樣位置圖。

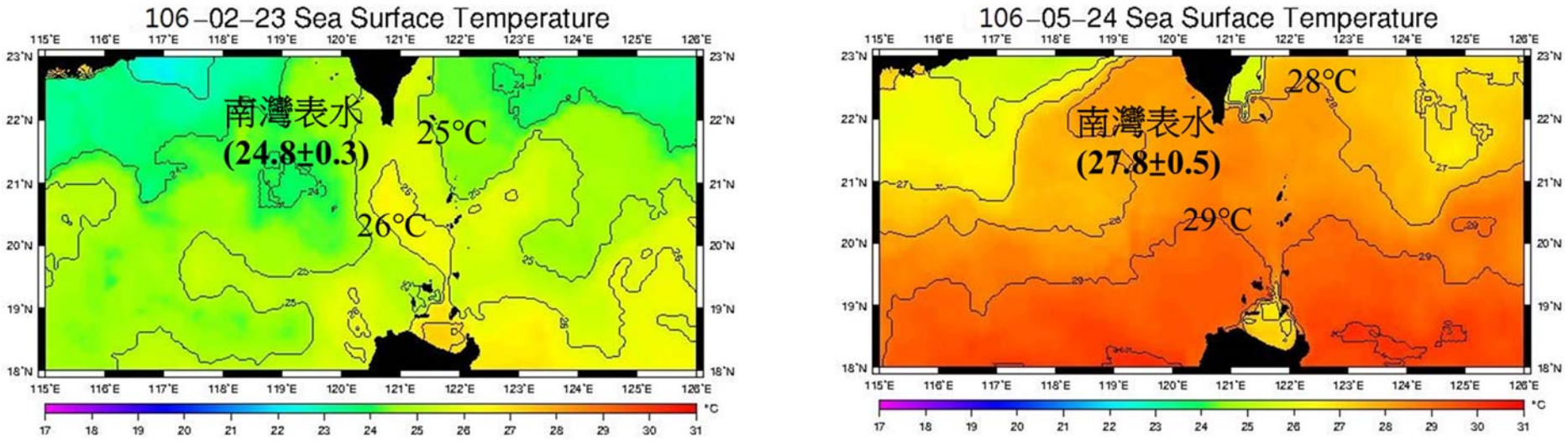


圖 2-2　106 年第 1 次~第 2 次採樣時衛星資料取得之海水表面溫度分佈圖。

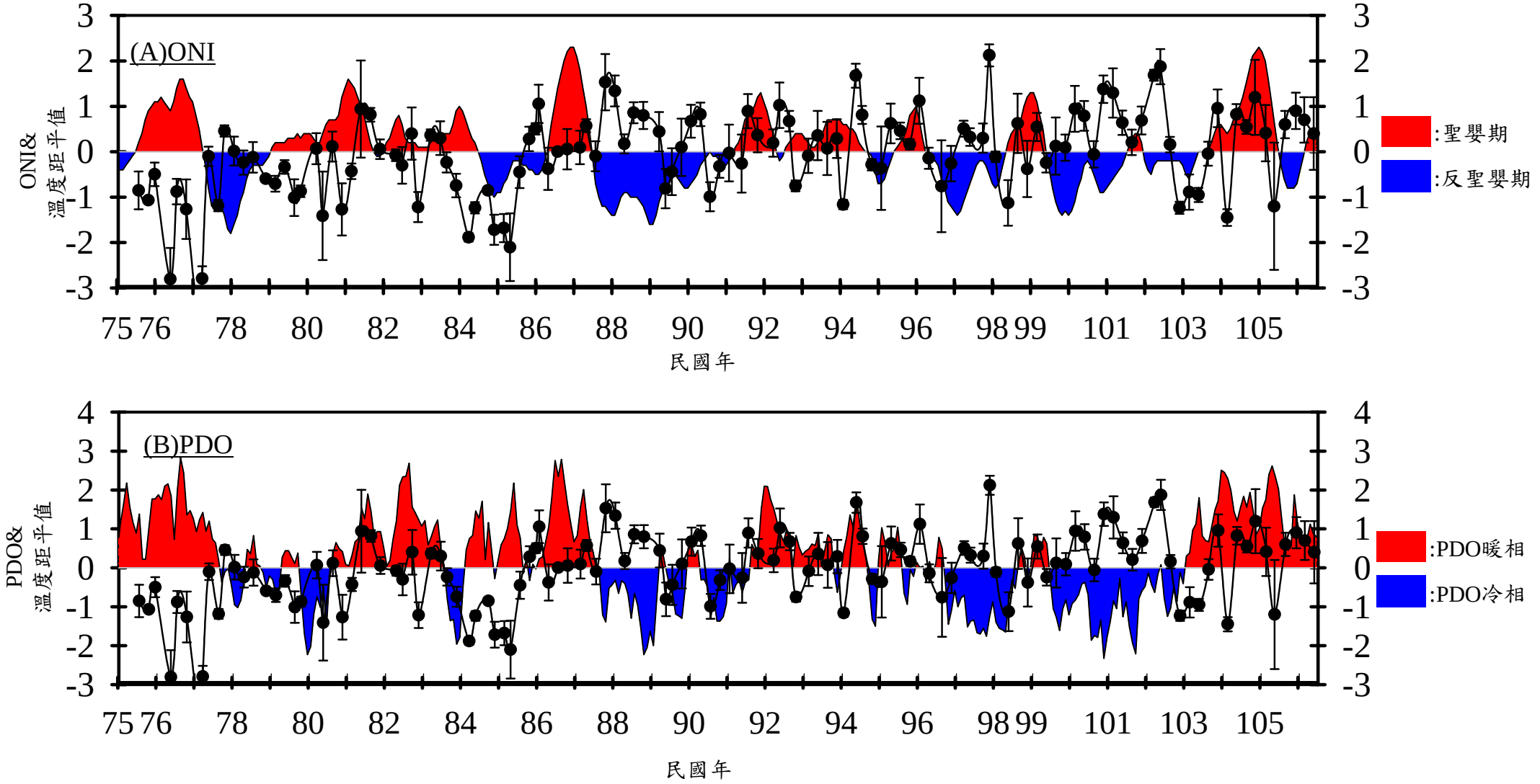


圖2-3 75年7月~106年6月第三核能發電廠附近海域溫度異常值(當月測值-歷年月平均值)與ONI, PDO之變化圖

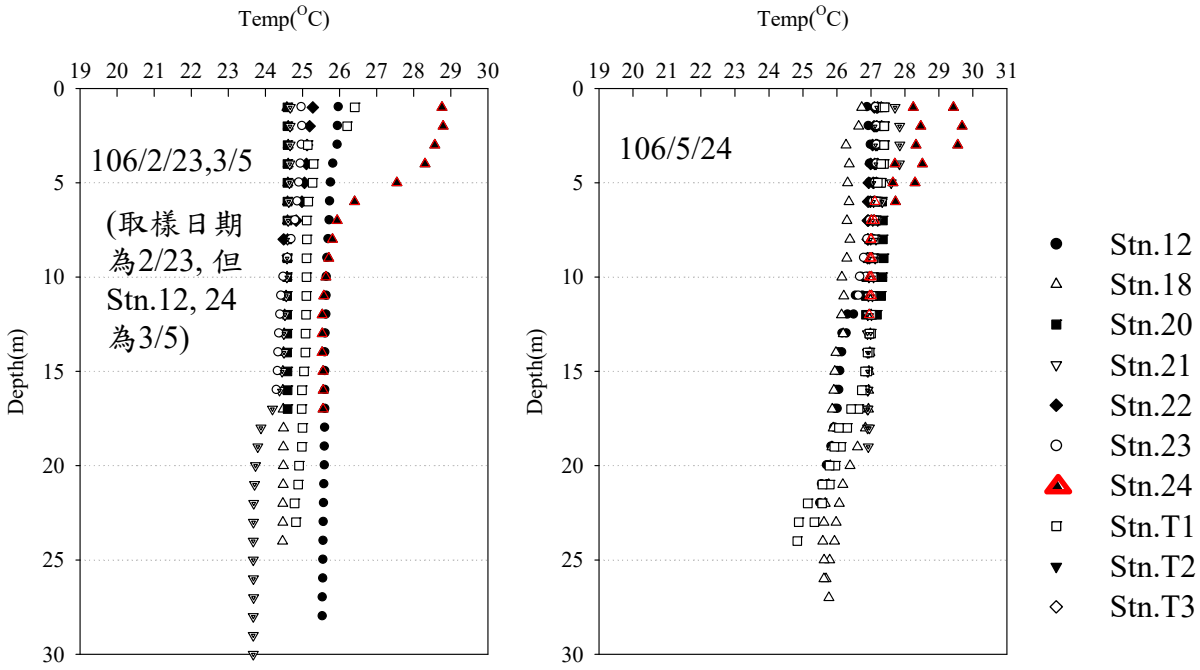


圖2-4 106 第1次~第2次第三核能發電廠附近海域溫度隨深度之變化圖

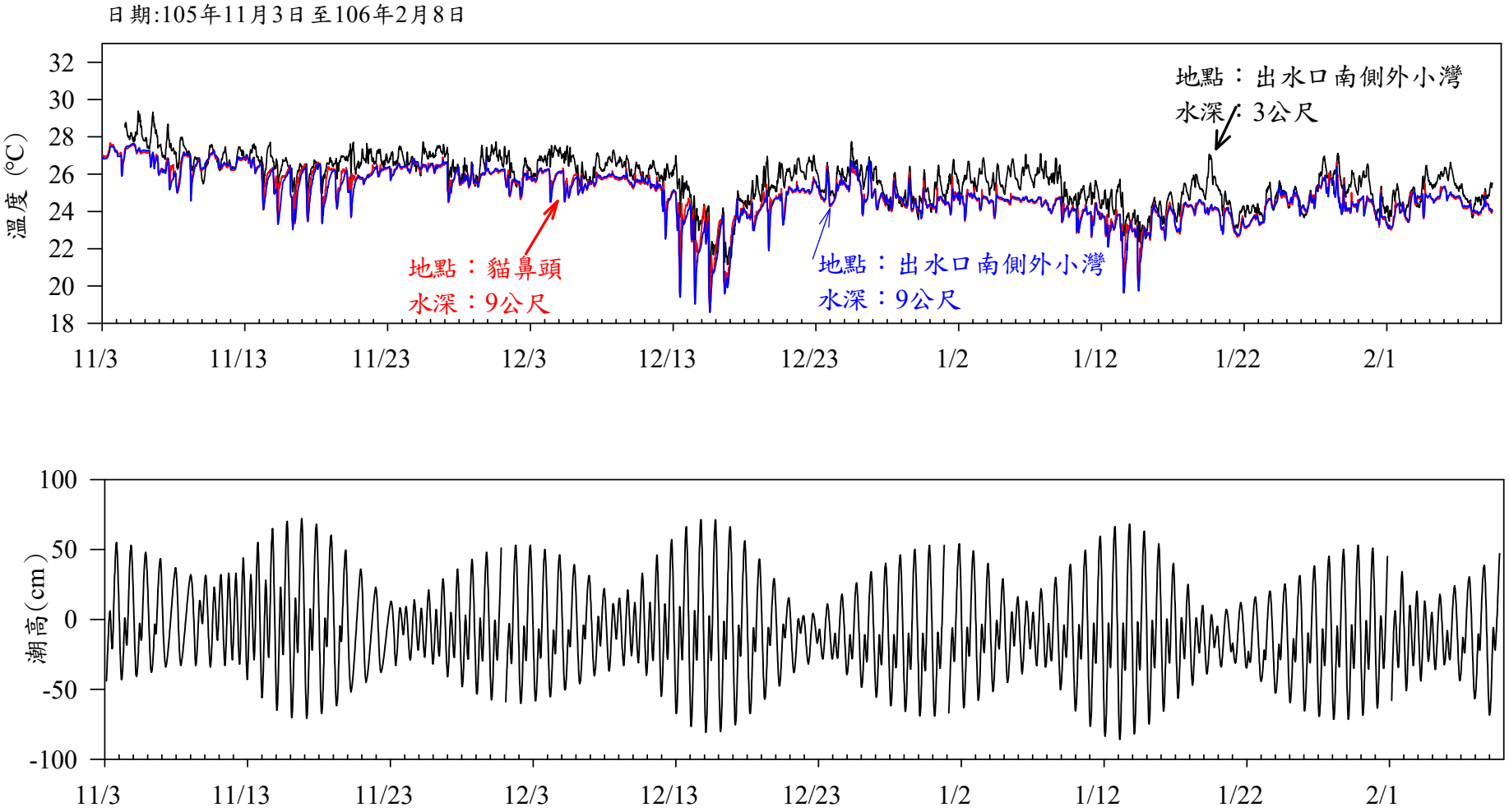
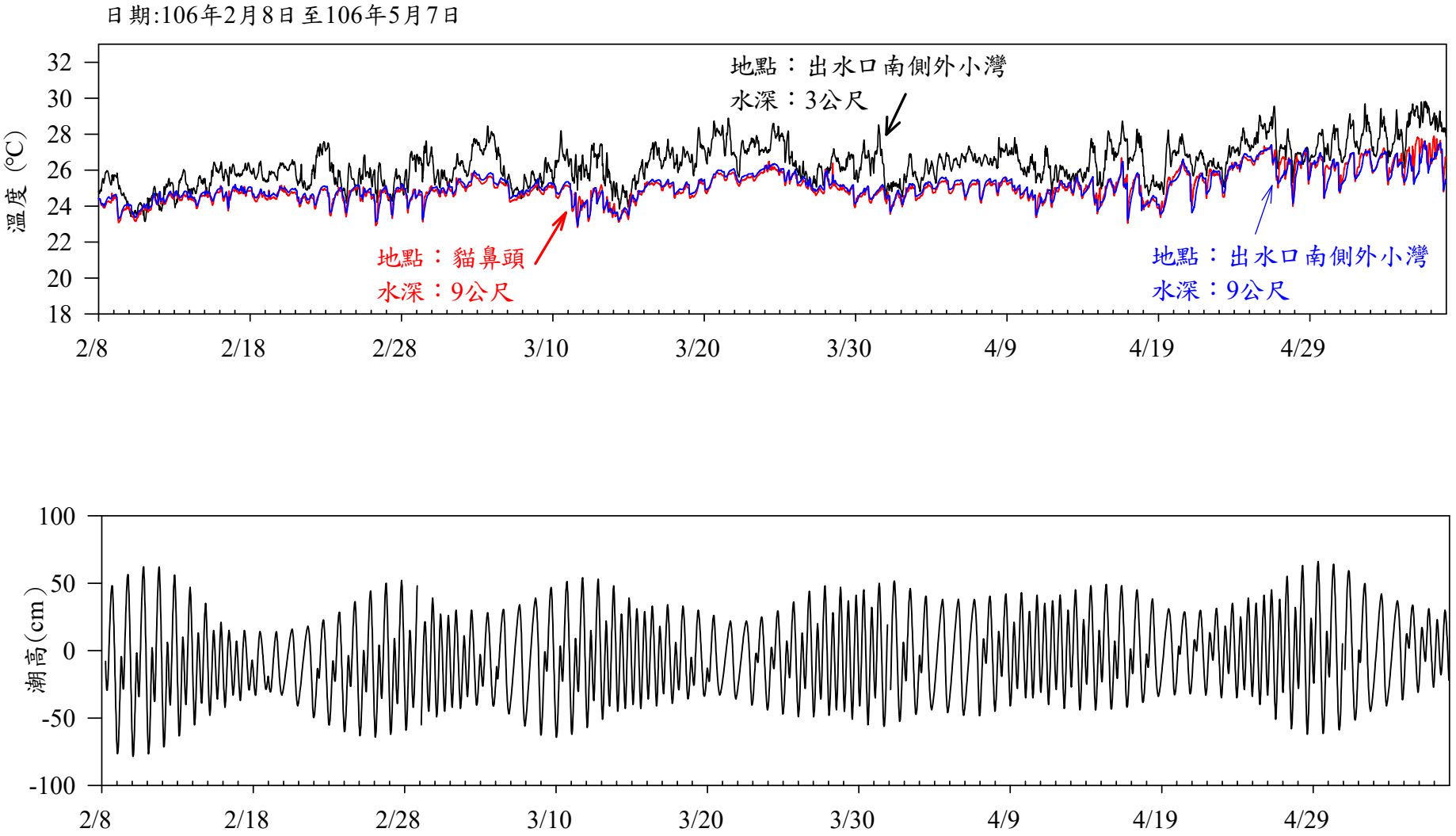


圖2-5 長時間溫度記錄與預報潮高記錄圖



續圖2-5 長時間溫度記錄與預報潮高記錄圖

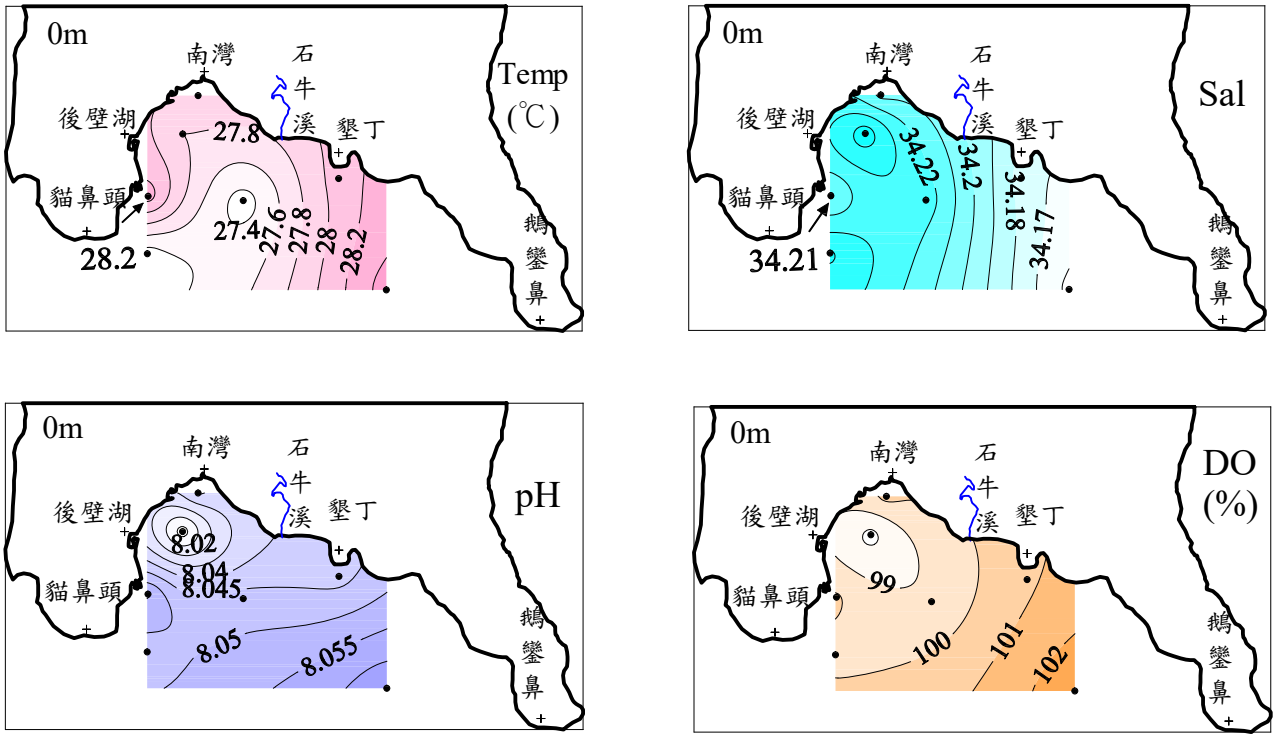


圖2-6 106年第2次第三核能發電廠附近海域表水溫度、鹽度、pH以及溶氧飽和度等值圖

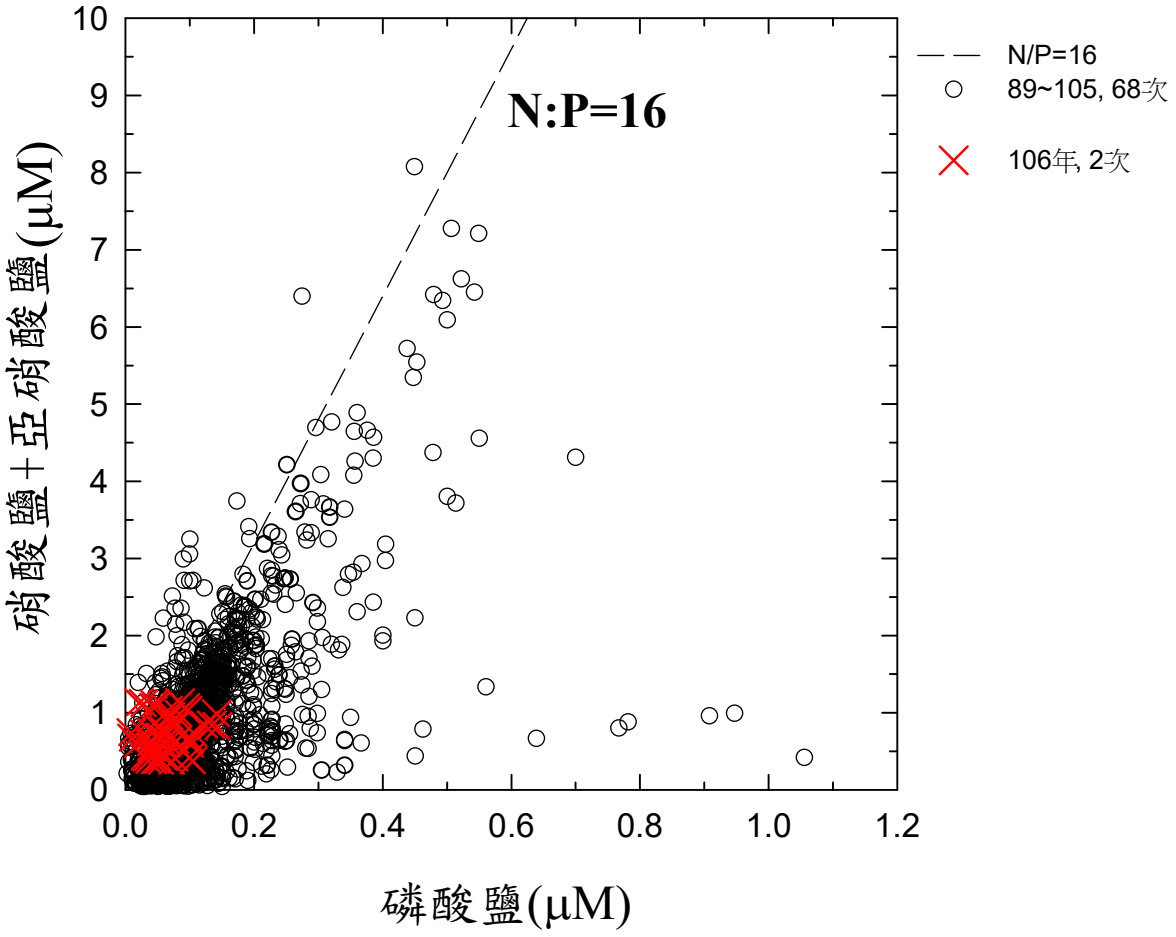


圖2-7 89年至106年6月共70次調查之N/P比值圖

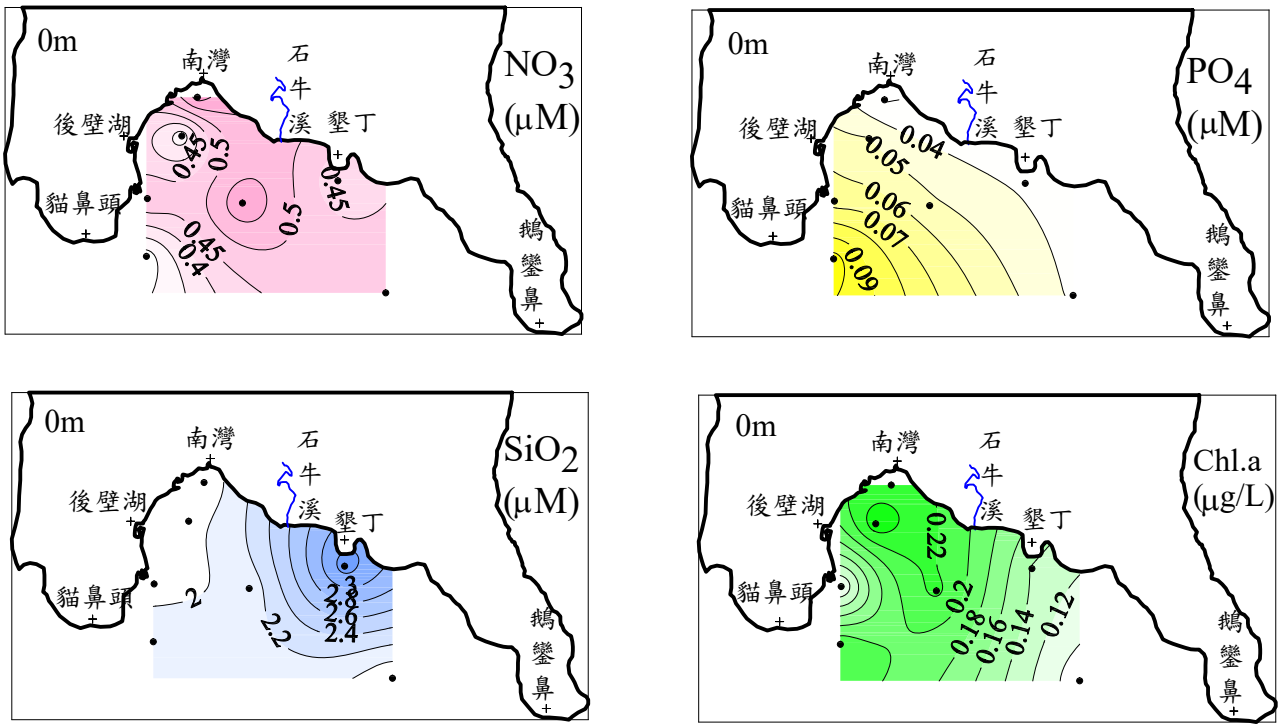


圖2-8 106年第2次第三核能發電廠附近海域表水硝酸鹽、磷酸鹽、矽酸鹽以及葉綠素甲等值圖

(貳-乙)、蘭嶼貯存場附近海域之水文及水質化學

一、計畫目的與緣起

近年來，由於我國人口增加，工業突飛猛進，致使都市與工業消耗電量日趨增加。台灣電力股份有限公司為配合國家之經濟建設，工業開發以及維護國民生活水準，業已在台灣北部及南部興建核能發電廠。在核能發電廠正常運轉期間，必然有少量放射性廢棄物產生。行政院原子能委員會在台灣本島陸地有限，人口密集的情形下，選擇人口稀少，地質結構良好，且具有天然屏障的離島〝蘭嶼〞，於 67 年動工興建， 70 年完成低放射性廢棄物貯存場。

行政院原子能委員會放射性待處理物料管理處(現已改名為放射性物料管理局)，為顧及放射性廢棄物在搬運及貯存期間對附近海域生態環境的影響，於 72 年 7 月開始委託環科會進行長期調查研究工作。該會也已先後完成第 1 年至第 10 年度調查研究報告。由這些調查研究報告，顯示到目前為止，蘭嶼貯存場運作對該地區附近海域生態未有明顯影響；該海域之生物體含放射性物質量也仍在環境背景變動範圍內，並未對附近居民構成威脅。但該會為顧及海域生態及放射性物質累積於生物體之調查必須長期研究瞭解；另鑑於蘭嶼貯存場附近海域生態環境多年來調查結果已趨相當穩定，為節省調查研究經費與人力，78 年度起將動物性浮游生物與潮間帶底棲生物調查合併；全年調查 3 航次(冬季受當地惡劣氣候影響故刪除)；目的除繼續瞭解該貯存場附近海域生態系之平衡狀況，及生物群社的消長關係及這些生物群社(包括沈積物)可能累積放射性物質對該環境之影響外，調查結果將繼續作為該貯存場運作對附近海域生態監測之基本資料。由於多年來發覺環境背景穩定，因此自 82 年 7 月起僅保留海水水質、水文及放射性物質之監測，委由國立中山大學每年進行 2 次調查研究。85 年 7 月起改由台灣電力股份有限公司資助，仍延續此項調查並變更為每年 4 次，日後若查覺放射性物質測量超出環境背景變動範圍時，將再行恢復全面性之調查。

二、文獻回顧

因為 1 公斤的鈾 -235 可產生相當於 260 萬公斤煤所產生的能量，因此就核燃料而言，單位能量所需的採礦和運輸成本是非常低的。鈾分裂所產生的廢棄物重量，僅佔煤燃燒所產生的廢棄物重量的 1×10^{-7}。在 89 年，即使世界上所需的能量均由核分裂來供應，它們所產生的廢棄物重量，也只有 3650 公噸，而且它們可以裝置於邊長小於 10 公尺的立方容器內。雖然，大量使用核能發電廠可以減少經由電力工業所

產生的廢棄物，但大眾最擔憂的還是放射性廢棄物處置的問題。

在生物圈中，各區域之生物相均在適應於各該環境因子之條件下生存。在其生態系中，各種生物間的能量流程(energy flow)或營養階(trophic level)，均維持恆定而構成自然平衡的現象，但這種平衡的現象受非生物環境之影響至鉅。非生物環境之變化，常可使原來的生態系的平衡破壞而形成另一種新的生態系。

在增進人類福祉之前題下，我們不但需要探查及開發，而且還要維護可供人類直接或間接利用的生物及非生物資源，換句話說就是要調查並維護最有利於人類生存的生態系。

本研究由蘇仲卿等(1984~1989)、洪楚璋等(1990~1993)、陳鎮東和鍾玉嘉(1994, 1995b, 1996)及陳等(1997~2015)至今已有 32 年的調查結果，大致的研究結論為：沿岸地區受陸源影響，鹽度偏低、營養鹽有偏高之勢，其餘如 pH、溶氧量大致符合甲類海域水質標準。

三、研究方法與進度說明

採樣點位置沿襲蘇仲卿等(1984~1989)、洪楚璋等(1990~1993)、陳鎮東和鍾玉嘉(1994, 1995b, 1996)及陳等(1997~2008)之調查研究，如圖 2-9 所示。於貯存場附近選取 3 個採樣站(由北向南依序為排水口 1、2、3)；專用碼頭內、外各設一測站(依序為測站 4、5)外；另於人口較多之漁人村岸邊設一採樣站(測站 6)，共設立 6 個採樣站，僅採取岸邊之表層海水。

採樣日期為 106 年 2 月 16 日(第 1 次)、106 年 5 月 13 日(第 2 次)，依照計畫書所規定每隔 2 至 4 個月採樣 1 次，符合進度要求。

現場分析方法及實驗室分析方法與第三核能發電廠之水文及水質化學相同。測量項目分別有溫度、鹽度、pH、DO(mg/l) 、DO(%)、葉綠素甲、NO_3^-、NO_2^-、PO_4^{-3}、SiO_2 等項。

四、目前研究結果

4.1水文及水質近況

圖 2-10 為國科會執行「全球環流研究」之計畫時，於蘭嶼南方 15 海浬處(21°45’N)有一東西向之流速(向北為正，向南為負)測定。研究結果顯示，由於黑潮之緣故，此處主要流向為朝北，因此蘭嶼之海洋污染物全朝北輸送。但因迴流及小環流之影響，蘭嶼附近亦有出現南向流之可能(Chen *et al.*, 1994, 1995)。因此由國

科會執行「全球環流研究」所取得之水文及水質資料(陳等人，1993a~c, 1995a, 1996, 1997)，可作為其下游蘭嶼諸測站之最佳背景值。

水文與水質化學調查部份為〝第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查〞計畫中最基礎的一部份，因其中所涵蓋之水文(溫度、鹽度及溶氧)與水質化學(pH 值及營養鹽)兩部份中之各項因子，均直接或間接影響著海域之生態組成與平衡。因此，分析水文及水質化學在時間和空間之分佈情形，並與過去的調查相比較，可供瞭解放射性待處理物料存放前後，蘭嶼貯存場附近海域水文與水質化學因子的變化傾向，及其對環境的影響。本年度之研究除了接續從 72 年來之定期調查工作之外，我們亦將歷年來之各項資料做進一初步的整合，藉以瞭解該海域水文、水質化學因子間之互動情形。調查結果如表 2-4。

106 年第 1 次水溫介於 23.4～25.8 °C 之間，平均 24.5±0.9 °C，略高於歷年同月之平均水溫 24.0±1.4 °C；第 2 次水溫介於 29.2～31.9 °C 之間，平均 30.4±0.9 °C，高於歷年同月之平均水溫 27.8±1.3 °C 甚多，對照衛星水溫線來看(圖 2-11)，等溫線 28°C 貼近在蘭嶼附近，與歷年平均值相當；但因為此次採樣時間在正中午，水溫高於衛星水溫資料之日平均值，亦高於歷年月均值。

海洋聖嬰指數(ONI)於去年(103 年)9 月開始轉正至今，而大氣和海洋研究聯合研究所(JISAO)所公佈的太平洋十年期振盪指數(PDO)則於 103 年初就開始轉正，最高值出現在 103 年年底，104 年初開始下降，但至今(106 年 7 月)仍然為正值，也就是 106 年 2 次採樣調查期間皆為 PDO 暖相(西北太平洋為水溫變低)。經統計結果發現此 2 次調查水溫異常值(當月測值-歷年月平均值)為 0.4±1.3 ℃及 2.5±1.3 ℃，並未觀察到 PDO 為暖相時，本海域水溫偏低之現象，推測此區水溫之異常與 PDO 冷暖相之關係較不明顯，或因水樣取得自岸邊淺水，因此受氣溫的影響較大。

106 年第 1 次鹽度介於 33.160~34.811 之間，平均 34.241±0.747，較歷年平均值 34.045±1.501 高了 0.196±1.460，其中漁人村較其他測站的鹽度低了 1 個多單位，顯示有極大的淡水輸入；第 2 次鹽度介於 30.792~34.348 之間，平均 33.496±1.246，較歷年平均值 33.714±1.302 低了-0.218±1.624。於蘭嶼漁人村之重複採樣，鹽度值分別為 33.819 以及 30.792 差異極大，顯示該海灣水質受到陸源水之影響而極度不均勻，兩樣水之間的差異性極大。

106 年第 1 次 pH 值介於 8.073~8.282 之間，平均 8.125±0.075，其中排水口 1 的 pH 值較其他測站來得高，而其溶氧飽和度亦較其他測站高，顯示此處旺盛的光合作

用將二氧化碳利用掉而釋出溶解氧氣，並提高了 pH。相對應於此現象，漁人村則 pH、溶氧飽和度偏低；第 2 次 pH 值介於 8.035~8.384 之間，平均 8.204±0.124，排水口 3 以及漁人村的 pH、溶氧飽和度都偏高。各測站的 pH 值皆符合環保署 90 年 12 月 26 日所公佈「海域環境分類及海洋環境品質標準」所規範甲類(適用於一級水產用水、游泳)海域水體之標準(pH 介於 7.5~8.5 之間)。

106 年第 1 次溶氧量介於 6.66~8.03 mg/l 之間，平均 7.18±0.48 mg/l；溶氧飽和度介於 94.8~119 %之間，平均 105±8.5 %；第 2 次溶氧量介於 6.14~9.00 mg/l 之間，平均 7.55±0.89 mg/l；溶氧飽和度介於 99.6~145 %之間，平均 121±14 %，高出飽和值許多。各測站的溶氧量皆符合環保署 90 年 12 月 26 日所公佈「海域環境分類及海洋環境品質標準」所規範甲類(適用於一級水產用水、游泳)海域水體之標準(溶氧量大於 5 mg/l)。

海水中營養鹽主要有硝酸鹽(NO_3^-)、磷酸鹽(PO_4^{-3})和矽酸鹽(SiO_2)，是水中植物生長所不能或缺的化學物質。在一般大洋中，營養鹽主要來源為有機質之分解。在沿岸地區，營養鹽除了來自有機質分解之外，亦可能受溪流輸入帶有家庭、農業及工業廢水的影響。

106 年 NO_3^- 、 NO_2^- 、 PO_4^{-3} 、SiO_2 第 1 次平均值分別為 1.52±1.03 μM、0.13±0.01 μM、0.18±0.15 μM、4.65±2.95 μM；第 2 次平均值分別為 1.88±1.33 μM、0.14±0.04 μM、0.25±0.23 μM、8.93±7.27 μM 。漁人村的營養鹽濃度皆大多較其他測站高。

106 年葉綠素甲第 1 次介於小於 0.01~0.21 μg/l 之間，平均 0.10±0.06 μg/l，於排水口 1 觀察到高 pH 及高溶氧量的現象，其葉綠素甲並未呈現高值，推測旺盛的光合作用可能並非由浮游植物所造成，而是其他較大型植物像是水草等；第 2 次介於 0.04~0.33μg/l 之間，平均 0.14±0.10 μg/l，漁人村(重複點)的葉綠素甲濃度最高，其磷酸鹽卻是最低，似乎反應了藻類生長利用掉了磷酸鹽，而剩餘在水體中的硝酸鹽濃度仍是各測站的最高值，反應此處受到陸源水帶入大量營養鹽之影響，造成葉綠素甲的濃度升高。

4.2營養鹽來源

將硝酸鹽及磷酸鹽對鹽度作圖，發現兩者約略有負相關(圖 2-12)，亦即鹽度低時，營養鹽含量較高，顯示淡水為此處營養鹽的主要輸入源。近岸海水長期受到陸水稀釋，因此鹽度偏低，而且營養鹽偏高。

天然水中的矽主要來自矽酸鹽與鋁矽酸鹽礦物的水解，絕大多數正常天然水中 SiO_2 的含量，均高於與石英平衡時的含量，而低於與無定形 SiO_2 平衡時的含量，大部份是介於 1~30 mg/l (16~500 μM)之間。表層海水遠低於這個值，則與生物的吸收作用有關(陳，1992)。蘭嶼貯存場附近海域 6 個測站 SiO_2 平均值為 18.5 μM，遠高於 WOCE-PR20 測線第 6 站附近的測值。由於此處表層 SiO_2 含量遠高於外海表水之值，因此我們假設此 6 個測站 SiO_2 的來源，大都是礦物風化而來的物質；生物之吸收、分解僅佔一小部份。將 SiO_2 對鹽度作圖，發現兩者有相當程度的負相關(圖 2-12)，因此 SiO_2 的含量多時，顯示陸源量多。浮游植物死亡後，其有機體經由氧化可釋出營養鹽氮及磷於水中，在海水中兩者並以 16：1 的關係存在(Redfield *et al.*, 1963)。也就是說，水中之營養鹽若有 16 份的氮及 1 份的磷，最適合浮游植物生長，當氮與磷的比值高於 16 時，顯示水體的氮太多，因此磷成為浮游植物生長之限制因子。反之，則氮成為浮游植物生長之限制因子。圖 2-13 為從 72 年 7 月至今調查資料之氮與磷比值圖，圖上顯示，氮與磷的比值相當零亂，顯示營養鹽的來源相當複雜。該比值以落在斜率小於 16 之下者居多，由此可知，此一海域浮游植物的限制因子為氮。既然此一海域對氮較為敏感，因此對氮污染的途逕應該特別注意。氮進入海洋之主要來源有 4 種，分別是雨水、海鳥糞便、大氣固氮作用以及肥料。此區年雨量 2656 公釐極高，因此由雨水將島上有機物質或是污染物質帶入近岸海水，可能是近岸海域營養物質之主要來源，應加以重視。

五、結論

調查結果顯示，海域之水溫主要受天候及季節性變化的影響。鹽度無季節性變化，反而是各站的變異較大，顯示陸源水對近岸海域的鹽度有某種程度的影響，其中漁人村的鹽度偏低，此乃陸源水大量流入海域所致。pH 及溶氧量都符合環保署 90 年 12 月 26 日所公佈「海域環境分類及海洋環境品質標準」所規範甲類(適用於一級水產用水、游泳)海域水體之標準。較高 pH 的測站，往往伴隨較高的溶氧量，顯示本海域有較旺盛的光合作用。各測站的營養鹽(硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽、矽酸鹽)均較外海來得高，此乃近岸海水長期受到含有高量營養鹽陸源水流入之故。

六、附表與附圖

表2-4　蘭嶼貯存場附近海域民國106年第1次~106年第2次水文暨水質化學資料

106年第1次(106年2月16日)

測站	採樣時間	溫度	鹽度	pH, 25℃	DO	DO	NO_3^-	NO_2^-	PO_4^{-3}	SiO_2	chl.a
		℃		total ion	mg/l	%	μM	μM	μM	μM	μg/l
排水口1	15:30	25.5	34.364	8.282	8.03	119	1.29	0.12	0.10	5.63	0.06
排水口2	15:55	25.8	34.811	8.163	7.15	107	1.03	0.14	0.09	1.92	0.08
排水口3	16:20	24.2	34.793	8.084	6.95	101	1.39	0.14	0.09	2.40	0.06
碼頭內	16:50	24.4	34.635	8.102	7.58	111	0.52	0.14	0.09	3.72	0.04
碼頭外	17:07	24.5	34.745	8.092	7.17	105	0.53	0.13	0.09	1.87	<0.01
漁人村	17:40	23.7	33.180	8.079	6.73	96.3	2.95	0.12	0.40	8.70	0.13
漁人村Repeat	17:53	23.4	33.160	8.073	6.66	94.8	2.95	0.12	0.38	8.33	0.21
最小值		23.4	33.160	8.073	6.66	94.8	0.52	0.12	0.09	1.87	<0.01
最大值		25.8	34.811	8.282	8.03	119	2.95	0.14	0.40	8.70	0.21
平均值		24.5	34.241	8.125	7.18	105	1.52	0.13	0.18	4.65	0.10
偏差值		0.9	0.747	0.075	0.48	8.5	1.03	0.01	0.15	2.95	0.06

106年第2次(106年5月13日)

測站	採樣時間	溫度	鹽度	pH, 25℃	DO	DO	NO_3^-	NO_2^-	PO_4^{-3}	SiO_2	chl.a
		℃		total ion	mg/l	%	μM	μM	μM	μM	μg/l
排水口1	10:52	29.2	34.348	8.183	7.19	114	1.78	0.11	0.55	1.59	0.06
排水口2	12:08	31.9	33.687	8.210	7.02	115	1.02	0.12	0.12	10.4	0.10
排水口3	11:37	30.8	33.348	8.384	9.00	145	1.62	0.13	0.11	12.6	0.21
碼頭內	12:43	30.9	34.156	8.035	6.14	100	1.91	0.12	0.09	5.70	0.04
碼頭外	13:08	29.4	34.323	8.065	7.62	121	1.13	0.13	0.56	3.46	0.11
漁人村	13:44	30.3	33.819	8.246	7.81	125	0.92	0.14	0.10	5.75	0.11
漁人村Repeat	13:55	30.2	30.792	8.304	8.04	127	4.76	0.22	<0.02	23.0	0.33
最小值		29.2	30.792	8.035	6.14	99.6	0.92	0.11	<0.02	1.59	0.04
最大值		31.9	34.348	8.384	9.00	145	4.76	0.22	0.56	23.0	0.33
平均值		30.4	33.496	8.204	7.55	121	1.88	0.14	0.25	8.93	0.14
偏差值		0.9	1.246	0.124	0.89	14.0	1.33	0.04	0.23	7.27	0.10

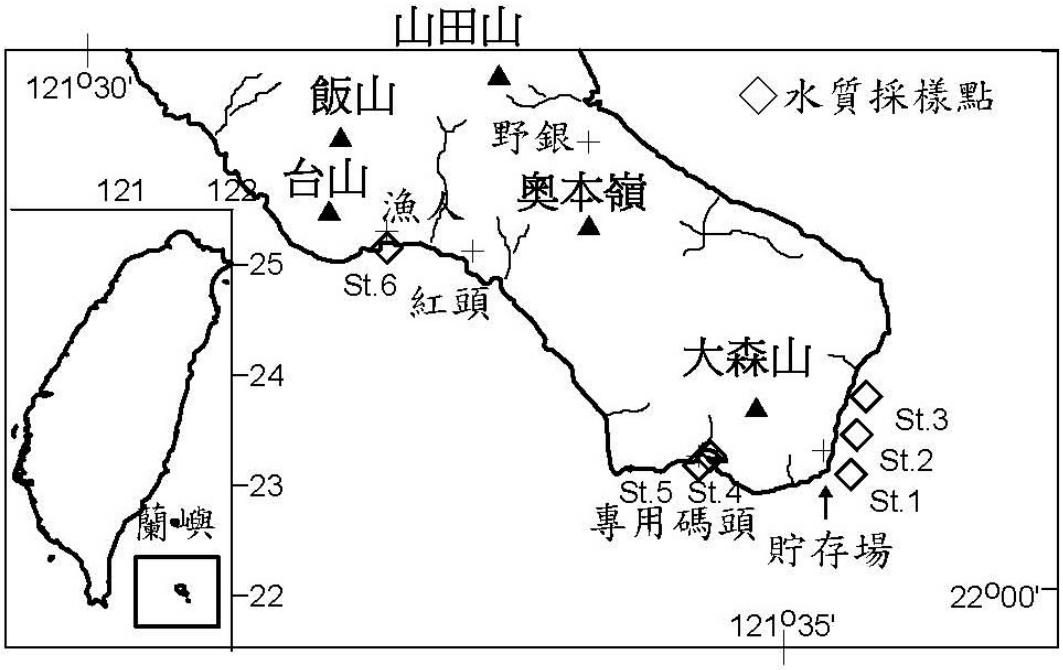


圖 2-9 研究區域暨採樣點位置圖

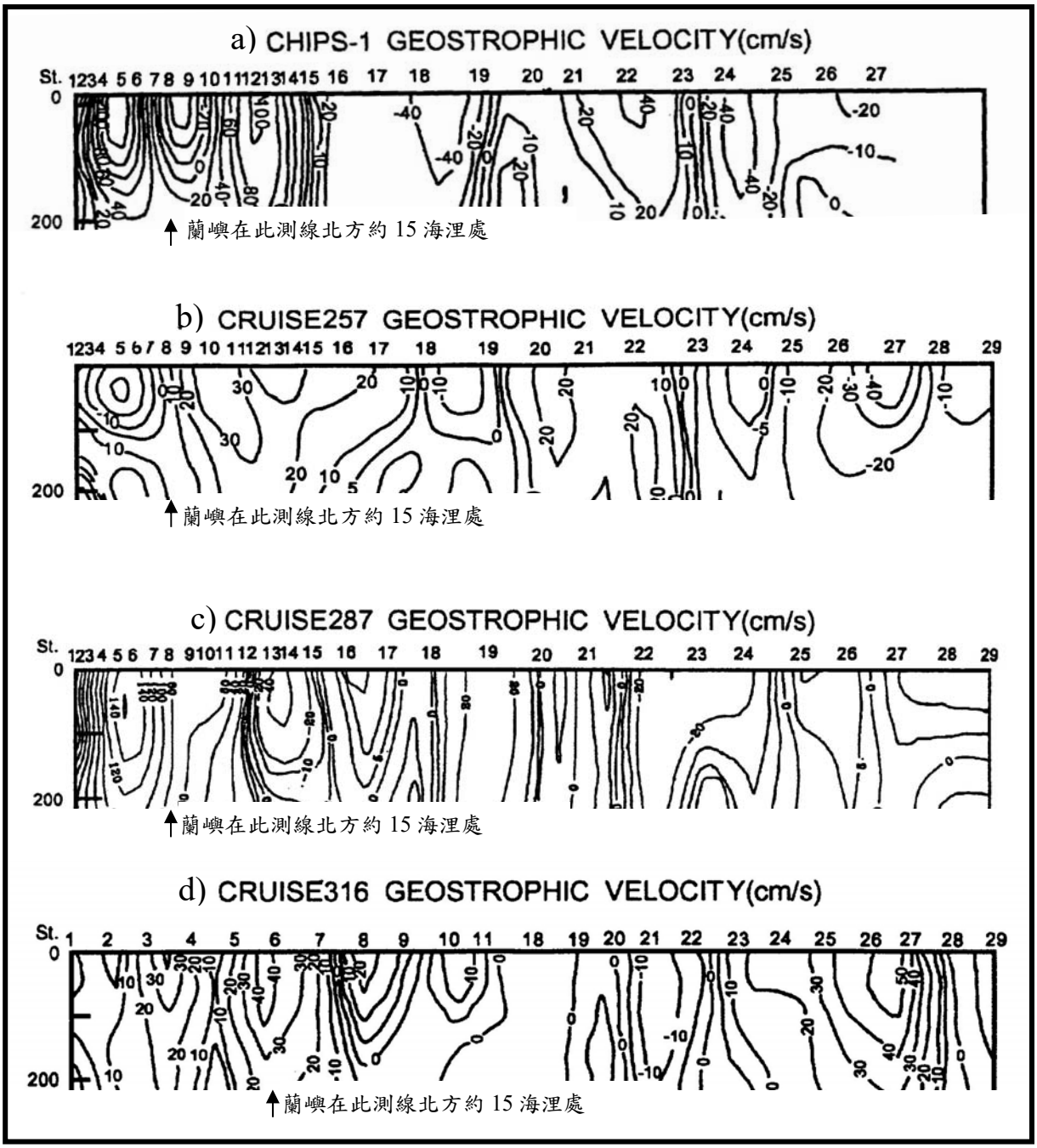


圖 2-10 海研一號 a)CHIPS-1, b)257, c)287, d)316 航次在蘭嶼附近 200 公尺以淺之地轉流分佈斷面圖。(引用 Chen *et al*., 1994, 1995)

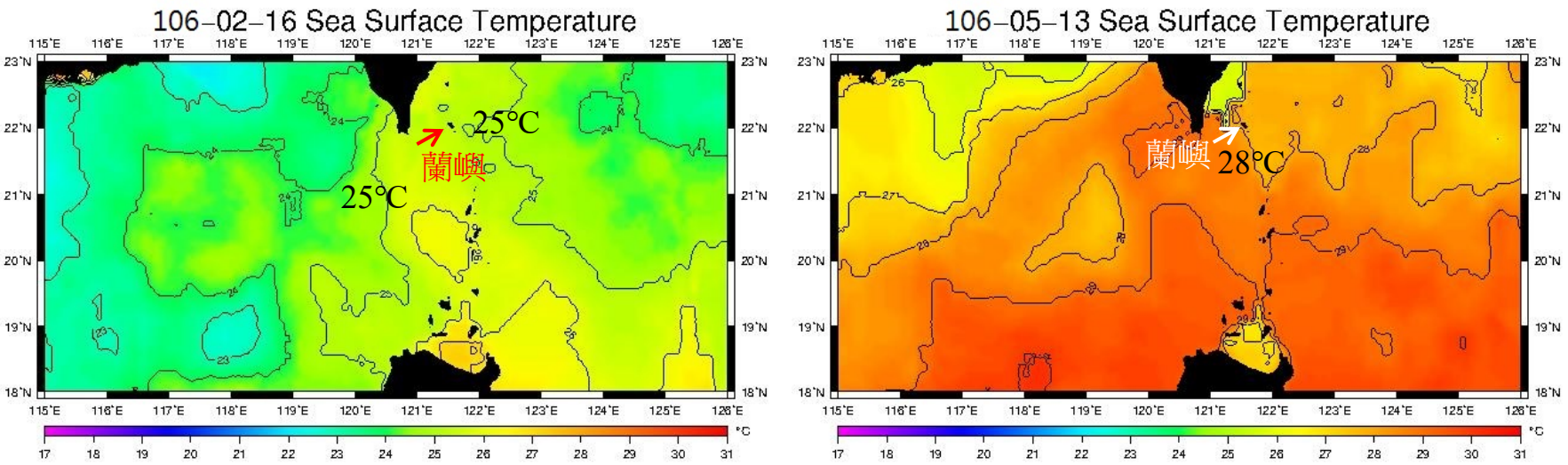


圖2-11 106年第1次~第2次於蘭嶼貯存場附近海域採樣時之衛星海表水溫分佈圖。

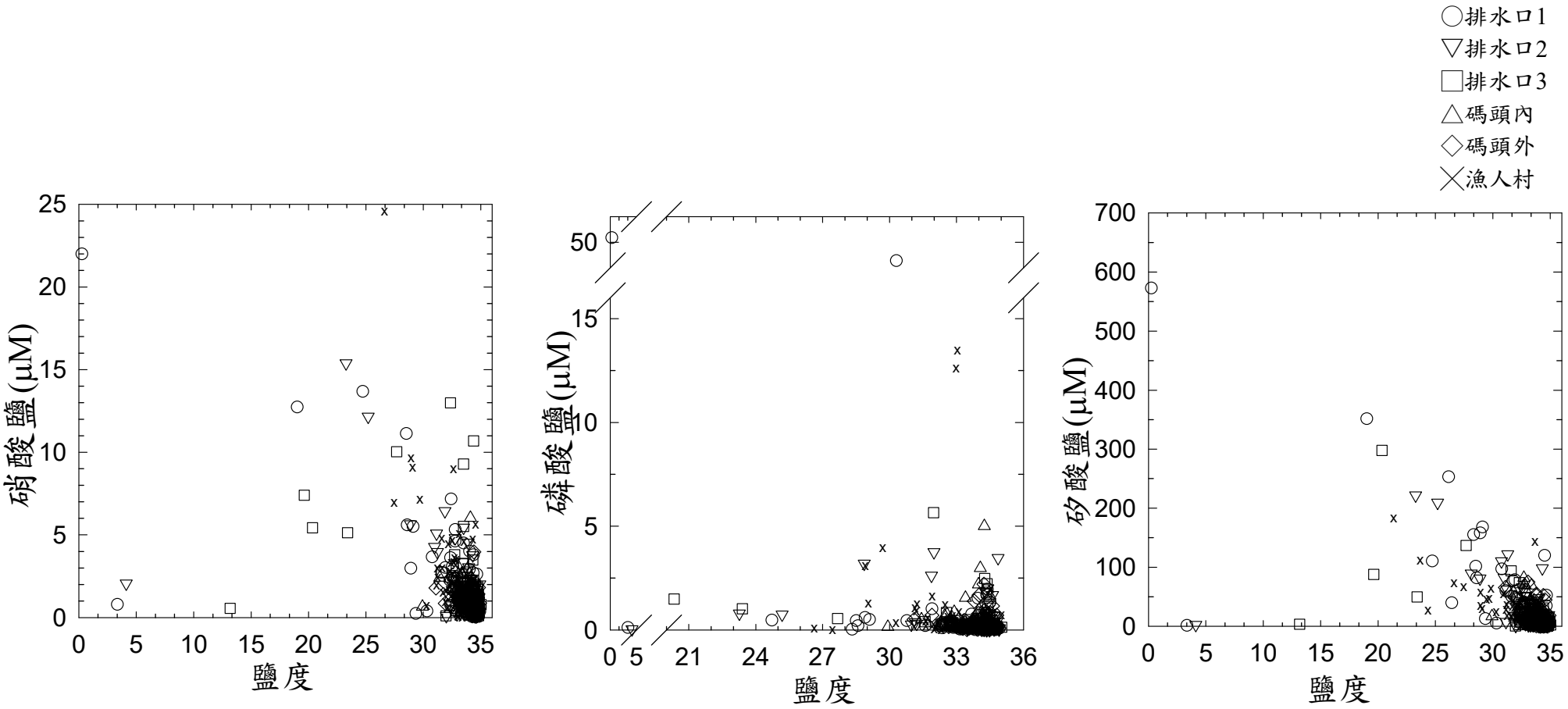


圖2-12 蘭嶼貯存場附近海域72年7月~106年6月硝酸鹽、磷酸鹽及矽酸鹽分別對鹽度作圖

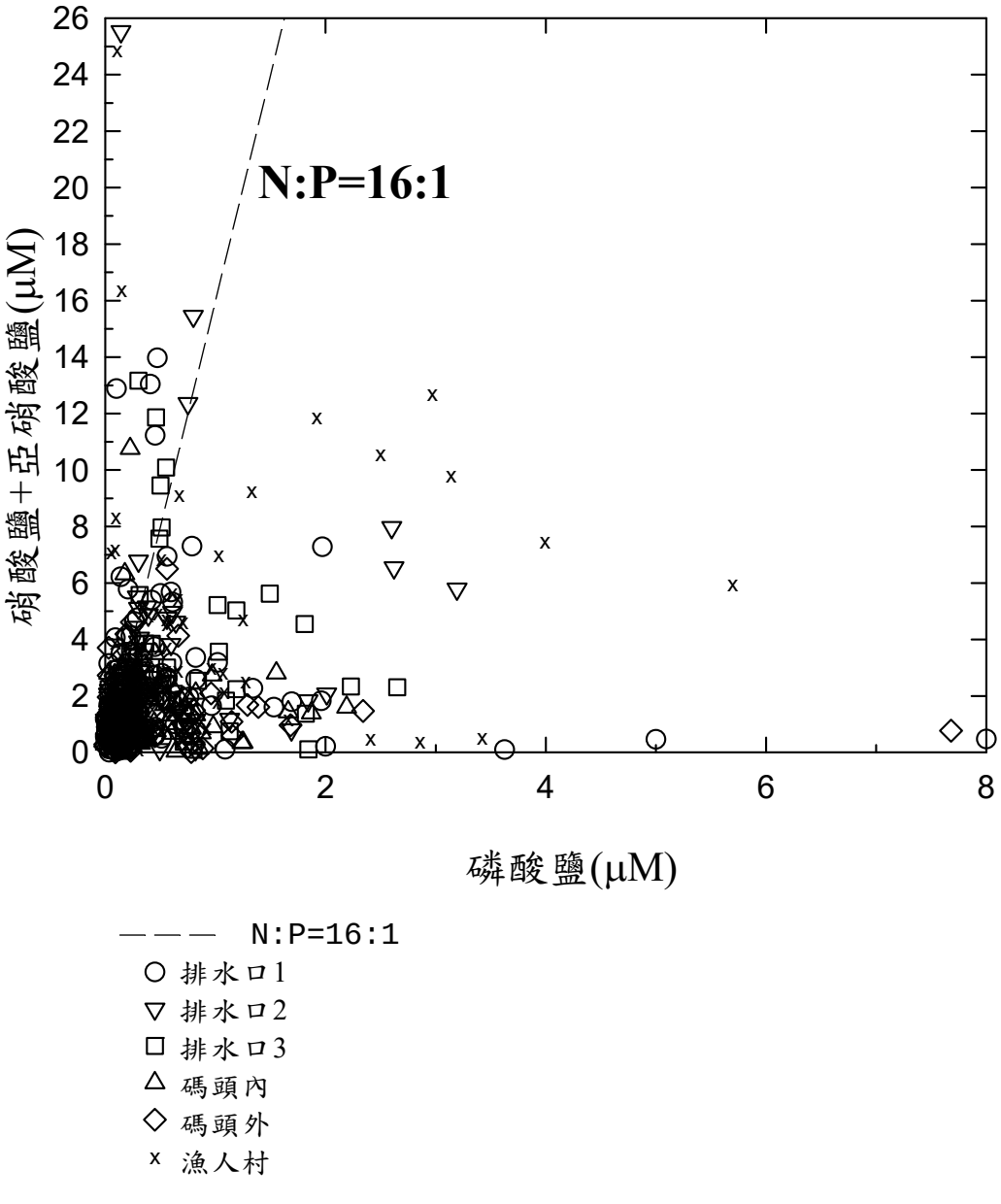


圖2-13 蘭嶼貯存場附近海域72年7月~106年6月N/P比值圖

參、植物性及動物性浮游生物調查

一、計畫目的與緣起

浮游生物在水域環境中是扮演著初級生產者，以及初級或次級消費者的角色，它們是海洋生態系中能量傳遞環的起始者。太陽能經由植物性浮游生物(浮游藻)的光合作用，捕捉來自宇宙的能量，轉為自身的能量並生長，然後再被動物性浮游生物捕食，將能量傳遞至高一階的營養階層。所以浮游藻的豐沛與否，會影響以它們為食之草食性浮游動物之出現和分佈；動物性浮游生物數量的變動亦會間接影響以它為食的高一階海洋生物的生長和活存。此外，動物性浮游生物本身不僅為許多魚蝦類的餌料，同時其組成中亦包含著魚蝦貝類的浮游幼生，因而由其數量的多寡亦可窺附近海域生物資源之榮枯。

本計畫仍延續過去在此海域設定之長期監測站，進行浮游生物之種類組成，豐度和密度的季節變化等海洋生態背景資料之收集及監測工作。此外，並配合同步採集之水質及水文資料，分析水溫與此海域浮游生物間的相關性。

二、文獻回顧

核電廠的運轉對浮游生物的影響，包括水溫的升高、強氧化劑(氯)的使用、法規許可下之放射性物質的排放及汲取的機械傷害等四方面。

溫度的昇高對植物性浮游生物的影響，根據Perissinotto 和Wooldridge (1989)的研究報告指出在核電廠附近水域會因溫排水排放造成植物性浮游生物的減少及葉綠素 a 的下降。Briand (1975)的研究報告亦指出在出水口的植物性浮游性生物密度較入水口少 41.7%，且當環境的溫度上升愈多，植物性浮游生物的死亡率也愈高，同時入出水口的溫度差(Δt)愈大，植物性浮游生物的死亡率也愈高。此外，藻類的死亡也因藻種而異，一般而言，矽藻的死亡率會高於甲藻。然而，在環境溫度較低的季節裡，溫排水有促使植物性浮游生物生長的功用。這些現象在 Reetz (1982, in 閻 1995)對美國密蘇里河上的 Cooper 和 Fort Calhoun 二座電廠電廠所作的研究中，亦發現在夏季普遍存在出水口處之葉綠素 a 較入水口

少 12~17%，而冬季則呈現增 7%的情形。此外，他亦發現出水口的水溫高於 32°C 時，植物性浮游生物的光合作用便受到抑制，當然植物性浮游生物在高溫停留的時間愈長，光合作用的抑制率便愈高。除了微藻密度的變化外，藻種組成亦會發生改變。廣東大亞灣核電廠附近海域在 1982~2005 年夏季的研究中，發現當水溫高於 35°C 或與對照測站的溫差達到 3.7°C 以上時，甲藻類有明顯的增加，此外，優勢藻種由營運前的角刺藻屬(矽藻類)轉變為海線藻屬(矽藻類)和角藻屬(甲藻類)(Li *et al.*, 2011)。

溫度對動物性浮游生物的影響，一般認為通過冷卻系統的動物性浮游生物會有很高的死亡率(Huh, 1980; Evan *et al*., 1986)。這些動物性浮游生物的死亡率不僅在不同的研究、不同的電廠變化很大(3~40%的死亡率)，即使是同一個核電廠在不同時間的研究亦有很大的變化，如韓國 Kori 電廠，研究者估計其動物性浮游生物的死亡率在 36~78%之間(Huh, 1980)。

餘氯對植物性浮游生物的生長及光合作用速率皆會有影響，造成出水口處之光合作用速率較進水口下降 7% (Hamilton *et al.*, 1976)，過去研究中亦指出在美國加州沿岸的 San Onofre 核電廠的研究中，水中餘氯含量在 24 小時內由 0.10 mol/L 下降至 0.005 mol/L，便會造成 14%光合作用速率的下降(Eppley *et al*., 1976)，而在美國明尼蘇達州 Allen S. King 電廠，餘氯達 320 μg/L，即會使光合作用速率下降 50% (Brook & Baker, 1972)。

水中餘氯同樣會使動物性浮游生物致死。Chardy (1989)研究美國馬里蘭州的 Chesapeake 海灣中的橈腳類，發現餘氯為 0.5 mol/L 時，即造成橈腳類的大量死亡。

汲取機械力對植物性浮游生物的影響小，反而因汲取造成水中營養鹽的充份混和，而有助於植物性浮游生物對營養鹽的利用，促進其生長(Reetz, 1982 in 閻 1995)。但是汲取機械力對動物性浮游生物而言，會造成極大的傷害。從 Carpenter 等人(1974)及 Evans 等人(1986)，分別對美國長島 Millstone Point 及 Donald C. Cook 核電廠所做的研究，發現這些機械應力對動物性浮游生物會造成高達 70%以上的死亡率。

至於放射性物質對浮游生物的影響，到目前為止尚未有文獻記載。

綜合以上文獻的回顧得知，核電廠的運轉對浮游生物而言，無論是溫度的昇高、餘氯的存在以及汲取的機械應力，大多具有負面的影響，然而在氣溫較低的季節裡，適當的溫排水以及機械應力是有助於浮游生物生長的。

三、研究方法與進度說明

在第三核能發電廠附近海域的 8 個監測站，如圖 3-1 所示的 12、14、18、20、21、22、23、24 等測站，除測站 14 外，本計劃皆與水質和水文調查同步進行動物性浮游生物及植物性浮游生物的採集調查工作，將測站 18、20、21 做為對照測站(距出水口分別約 3、6 和 8 公里)，與接近第三核能發電廠入出水口的測站(測站 22、23、24)做為監測測站進行分析比較，此外，測站 14 和 12(距出水口分別約 1 和 2 公里)則依海流調查計劃的結果，設定作為監測溫排水擴散之對照測站。其詳細的採集方法如下：

3.1 植物性浮游生物

自 96 年度起，植物性浮游生物亦修正以環保署公告之分析方法實施，然而為兼顧與歷史資料的比對及連貫性，同時採用新舊兩種方法進行分析，詳細步驟分述如下。

3.1.1 環保署公告之分析方法－沈澱法 (NIEA E505.50C)

在每一測站以塑膠廣口瓶採取表層 1 公升的海水，滴入 Lugol’s solution 數滴固定後，攜回實驗室經 24 小時充分沈澱後，抽取底部 100 毫升的沈澱液，再進行二次沈澱，之後以倒立顯微鏡進行鑑種，計數各種藻類單位水體積中之細胞數(密度，cells/l)以及其數量百分比等分析工作。

3.1.2 原分析方法－過濾濃縮法

在每一測站以採水器採取表層 20 公升的海水，經 55 μm 的濾網過濾後，濃縮成 70-100 毫升，並以 Lugol’s solution 數滴固定後，置於褐色塑膠瓶中，攜

回實驗室進行鑑種，並計數各種藻類單位水體積中之細胞數(密度，cells/l)以及其數量百分比等分析工作。

3.2 動物性浮游生物

本研究中動物性浮游生物檢測方法自民國 94 年起，依照環保署於民國 93 年 2 月 19 日公告之海洋浮游動物檢測法（NIEA E701.20C）修正進行。以北太平洋標準網(NORPAC，網口直徑 45 公分、網長 180 公分、網目 330 μm)在每一個監測站分別進行水平及垂直拖網各二次，網口裝置流量計以估算流經網口之實際水量。採得之樣品，以 5%中性福馬林溶液固定保存攜回實驗室中，再以分樣器(Plankton divider)取得適當的子樣品，進行濕重(Wet wt., g/1000 m^3)，乾重(Dry wt., g/1000 m^3)，排水容積量(Displacement vol., ml/1000 m^3)及沉澱量(Settling vol., ml/1000 m^3)等生物量(Biomass)以及雜質含量(Impurity)之測定。此外，並將樣品置於立體解剖顯微鏡下分類計數，在民國 93 年以前計數項目分為 24 大類，然而自民國 94 年起則依環保署公告之方法增列為 34 大類，分別為(1)夜光蟲(*Noctiluca*)，(2)有孔蟲(Foraminifera)，(3)放射蟲(Radiolaria)，(4)水母(Medusa)，(5)管水母(Siphonophore)，(6)櫛水母(Ctenophora)，(7)枝角類(Cladocera)，(8)橈足類幼生(Copepoda nauplius)，(9)哲水蚤(Calanoida)，(10)劍水蚤(Cyclopoida)，(11)猛水蚤(Harpacticoida)，(12)端腳類(Amphipoda)，(13)大眼幼生(Crab megalopa)，(14)蟹幼生(Crab larvae)，(15)蝦幼生(Shrimp larvae)，(16)糠蝦類(Mysidacea)，(17)磷蝦類(Euphausiacea)，(18)櫻蝦類(Sergestidae)，(19)螢蝦類(Luciferinae)，(20)其他十足類(Other Decapoda)，(21)介形類(Ostracoda)，(22)翼足類(Pteropoda)，(23)異足類(Heteropoda)，(24)頭足類幼生(Cephalopoda larvae)，(25)二枚貝(Bivalvia)，(26)毛顎類(Chaetognatha)，(27)有尾類(Appendicularia)，(28)海樽類(Thaliacae)，(29)多毛類(Polychaeta)，(30)藤壺幼生(Barnacle nauplius)，(31)棘皮動物幼生(Echinodermata larvae)，(32)魚卵(Fish eggs)，(33)仔魚(Fish larvae)以及(34)其他類(Others)等。為求得更準確的種類組成，計數個體數也由民國 93 年以前的至少 1,000 個，自民國 94 年起增加為至少計數 2,000 個，分類計數後，估算各大類及全部總合的豐度(Abundance, ind./ m^3)，以及各大類的出現百分率(Occurence, %)。

四、目前研究成果

此次報告包括民國 106 年度兩次採樣的調查結果，採樣日期分別為 106 年第 1 次(3 月 10 日) 和第 2 次(5 月 24 日)。表 3-1~4 為植物性浮游生物之種類組成，密度及數量百分比的分析結果，表 3-5~8 為動物性浮游生物之各大類豐度、出現百分率及生物量的調查分析結果。以 NORPAC 網拖網所得動的動物性浮游生物標本中的雜質含量在季節及測站間的變動範圍很大。106 年第 1 次為 6.2~65.5%，第 2 次介於 1.2~31.4%。由於雜質含量的多寡會造成其他量測動物性浮游生物生物量的方法，如乾重、濕重、沉澱量及排水容積量等測定的誤差，因此為求準確性，在歷年動物性浮游生物變化趨勢上皆採用豐度來作比較(表 3-5~8)。

4.1 入出水口及其擴散測站的豐度差異與多樣性分析

4.1.1 **植物性浮游生物-**環保署公告之沈澱法

民國 106 年第 1 次調查所記錄到植物性浮游生物的種類共有 26 屬 40 種，採樣密度為入水口高於出水口測站(130 比 40 cells/l)，且無離出水口愈遠密度遞減或增的現象(表 3-1，圖 3-2)。植物性浮游生物的均勻度指數(Evenness)和優勢度指數(Simpson's Dominance Index)皆為入水口略低於出水口測站(分別為 0.9366 比 1.000，0.1479 比 0.2500)，歧異度指數(Shannon-Weiner Index)則為入水口高於出水口測站(2.0579 比 1.3863)，擴散測站(離岸依序為 24、14、12 測站)亦無明顯趨勢，均勻度指數 24 和 14 測站較高，優勢度 12 測站最高，歧異度則以 14 測站較高(表 3-1)。

民國 106 年第 2 次調查所記錄到植物性浮游生物的種類共有 25 屬 40 種，採樣密度為入水口低於出水口測站(535 比 1,190 cells/l)，亦無離出水口愈遠豐度遞減或增之現象(表 3-2，圖 3-2)。植物性浮游生物的均勻度指數(Evenness)和歧異度指數(Shannon-Weiner Index)均為入水口略高於出水口測站(分別為 0.8723 比 0.8214，2.7352 比 2.6106)，優勢度指數(Simpson's Dominance Index)則為入水口低於出水口測站(0.0815 比 0.1103)，擴散測站(離岸依序為 24、14、12 測站)

之均勻度無明顯趨勢，優勢度呈遞增，歧異度呈遞減(表 3-2)。

4.1.2 **植物性浮游生物-**原過濾濃縮法分析

民國 106 年第 1 次調查所記錄到植物性浮游生物的種類共有 33 屬 63 種，採樣密度為入水口相近於出水口測站(255 比 235 cells/l)，且無離出水口愈遠豐度遞減或增的現象(表 3-3，圖 3-2)。植物性浮游生物的均勻度指數(Evenness)和歧異度指數(Shannon-Weiner Index)均為入水口略低於出水口測站(分別為 0.8367 比 0.9491，2.1460 比 3.0923)，優勢度指數(Simpson's Dominance Index)則為入水口略高於出水口測站(0.1588 比 0.0530)，擴散測站(離岸依序為 24、14、12 測站)之結果為出水口愈離岸時，均勻度指數愈低，優勢度愈高，歧異度則以 14 測站較高 (表 3-3)。

民國 106 年第 2 次調查所記錄到植物性浮游生物的種類共有 23 屬 46 種，採樣密度為入水口低於出水口測站(3,420 比 5,280 cells/l)，且無離出水口愈遠豐度遞減或增的現象(表 3-4，圖 3-3)。植物性浮游生物的均勻度指數(Evenness)和歧異度指數(Shannon-Weiner Index)均為入水口略高於出水口測站(分別為 0.7453 比 0.7285，2.4564 比 2.4010)，優勢度指數(Simpson's Dominance Index)則為入水口略低於出水口測站(0.1176 比 0.1238)，擴散測站(離岸依序為 24、14、12 測站) 之比較結果無明顯趨勢，均勻度和歧異度指數為 24 測站較高，優勢度則為 14 測站最高 (表 3-4)。

4.1.3 動物性浮游生物

民國 106 年第 1 次調查(3 月)測站間動物性浮游生物水平採樣豐度為入水口略低於出水口測站(152 比 198 個/m^3)，且有離出水口愈遠豐度遞減的現象；垂直採樣豐度則相反，為入水口豐度高於出水口測站(1,106 比 532 個/m^3)，無出水口豐度擴散的情形(圖 3-4)。34 大類動物性浮游生物水平採樣的均勻度指數(Evenness)和歧異度指數(Shannon-Weiner Index)均為入水口略低於出水口測站(分別為 0.5835 比 0.6143，1.9012 比 1.9773)，優勢度指數(Simpson's Dominance Index)則為入水口略高於出水口測站(0.2633 比 0.2615)，出水口愈向外其測站均勻度和歧異度指數無明顯趨勢，優勢度指數則呈現愈低的現象；垂直採樣之物

種均勻度、歧異度和優勢度指數均為入水口低於出水口測站(分別為 0.3422 比 0.5533，1.1280 比 1.7584，0.0559 比 0.2965)，出水口愈向外其測站均勻度、歧異度和優勢度指數則無明顯趨勢(表 3-5~6)。

民國 106 年第 2 次調查(5 月)測站間動物性浮游生物水平採樣豐度為入水口低於出水口測站(363 比 499 個/m^3)，並無離出水口愈遠豐度遞增或遞減的情形；垂直採樣豐度相似，為入水口豐度低於出水口測站(2,535 比 3,615 個/m^3)，且有離出水口愈遠豐度遞增的現象(圖 3-4)。34 大類動物性浮游生物水平採樣的物種均勻度指數(Evenness)和歧異度指數(Shannon-Weiner Index)均為入水口高於出水口測站(分別為 0.4857 比 0.3165，1.6357 比 1.0313)，優勢度指數(Simpson's Dominance Index)則為入水口低於出水口測站(0.3461 比 0.5740)，出水口愈向外其測站均勻度和歧異度指數愈高，優勢度指數則愈低；垂直採樣之物種均勻度、歧異度和優勢度指數均為入水口低於出水口測站(分別為 0.1586 比 0.4110，0.5226 比 1.3977，0.0107 比 0.4437)，出水口愈向外其測站均勻度、歧異度和優勢度指數則無明顯趨勢(表 3-7~8)。

4.2 對照與監測測站結果比較與群聚相似度分析

4.2.1 **植物性浮游生物-**環保署公告之沈澱法

民國 106 年第 1 次調查(3 月)植物性浮游生物的平均密度在對照和監測測站相近(137 比 113 個/m^3) (表 3-9)。進一步以 PRIMER 軟體進行群聚分析，且經由 ANOSIM 檢驗分群後(Global R= 0.979，$p<0.01$)，在種類組成上 20、22 和 23 測站的藻種數較多，獨有翼鼻狀藻(*Probosia alata*)、菱形藻(*Nitzschia* spp.)和大西洋角刺藻(*Chaetoceros atlanticus*)，形成入水口近岸群；14 和 21 測站的密度次多，獨有並基角刺藻(*Chaetoceros decipiens*)，故組成一群，其餘測站(12、18 和 24)的藻種數僅 4~5 種，並都出現獨有藻種，故形成多個子群，經由以上分析顯示入出水口的植物性浮游生物的種類組成有差異，其他測站間，如由出水口向外擴散以及監測與對照測站間的藻種組成並無明顯差異(圖 3-5)。

民國 106 年第 2 次調查(5 月)植物性浮游生物採樣平均密度為對照測站高於監測測站(2,432 比 1,760 個/m^3) (表 3-9)。進一步以 PRIMER 軟體進行群聚分

析，且經由 ANOSIM 檢驗分群後(Global R= 0.829，p<0.01)，發現各測站相似度高，以密度高低影響分群結果，22 測站密度明顯偏少，故集群分析樹狀圖最先被區分出，但分別與其餘兩群的統計均未達顯著(p>0.05)，再者 22 和 24 測站密度為次低，與其餘測站(14、18、20 和 23)相較下，因無輻桿藻(*Bacteriastum minus*)，故被區分出兩群。經由以上分析顯示除入出水口的植物性浮游生物的種類組成有差異外，其餘出水口向外擴散以及監測與對照測站間的藻種組成並無顯著差異(圖 3-5)。

4.2.2 **植物性浮游生物-**原過濾濃縮法分析

民國 106 年第 1 次調查(3 月)植物性浮游生物的平均密度為對照測站略低於監測測站(217 比 257 個/m^3) (表 3-9)。進一步以 PRIMER 軟體進行群聚分析，且經由 ANOSIM 檢驗分群後(Global R= 0.893，p<0.01)，在種類組成上 14 和 24 測站的藻種數較多，獨有羅氏角刺藻(*Chaetoceros lauderi* Ralfs)和霍克半管藻(*Hemiaulus hauckii*)，卻未有其他站均有的窄隙角刺藻(*Chaetoceros affine*)形成出水口近岸群，其餘測站(12、18、20、22 和 23)種類組成相似，顯著與出水口近岸群分離，21 測站密度和種類均最少，無法與前述兩群顯著分開(p>0.05)，顯示入出水口的植物性浮游生物的種類組成有明顯差異，並呈現由出水口向外擴散的情形，而監測測站與對照測站的藻種組成並無差異(圖 3-6)。

民國 106 年第 2 次調查(5 月)植物性浮游生物採樣平均密度為對照測站高於監測測站(5,600 比 4,470 個/m^3) (表 3-9)。進一步以 PRIMER 軟體進行群聚分析，且經由 ANOSIM 檢驗分群後(Global R= 0.696，p<0.01)，各測站相似度高，與同次採樣的沉澱法相同，在種類組成上，18 測站的密度雖不為最高，其藻種數卻明顯較其他測站(23~32 種)為高，多達 36 種，並獨有少量雙突角刺藻(*Chaetoceros didymus*)、旋鏈角刺藻(*Chaetoceros curvisetus*)和菱軟幾內亞藻(*Guinardia flaccida*)，故最先被區分出來；再者由 22、23 和 24 測站組成的監測測站群，因為有較多的束毛藻(*Trichodesmium* spp.)和平滑角刺藻(*Chaetoceros laevis*)故與其餘測站(12、14、20 和 21)有較多的丹麥細柱藻(*Leptocylindrus danicus*)顯著分群(p<0.05)，經由以上分析顯示入出水口以及向外擴散測站間的植物性浮游生物的藻種組成並無差異，但監測站與對照測站的藻種組成有顯著的差異(圖 3-6)。

4.2.3 動物性浮游生物

民國 106 年第 1 次調查(3 月)動物性浮游生物水平採樣的平均豐度為對照測站高於監測測站(309 比 259 個/m^3)，垂直採樣亦為對照測站的平均豐度較高(901 比 742 個/m^3)(表 3-10)。進一步以 PRIMER 軟體進行群聚分析，且經由 ANOSIM 檢驗分群後(Global R= 0.84，$p<0.01$)，在種類組成上因 21 測站的豐度最低，僅 25 個大類，最先被區分出來，18 和 20 測站則因豐度和大類數最多，且獨有磷蝦和頭足類幼生，故形成一群，其餘的南灣西側近岸測站則另成一群(12、14、22、23 和 24)。顯示入出水口以及出水口向外擴散測站的浮游動物的大類組成並無明顯差異，但監測站與對照測站的大類組成有明顯差異，形成南灣東西兩側的分群明顯(圖 3-7)。

民國 106 年第 2 次調查(5 月)動物性浮游生物水平採樣的平均豐度為對照測站高於監測測站(546 比 391 個/m^3)，垂直採樣同亦對照測站的平均豐度較高(3,160 比 576 個/m^3) (表 3-10)。進一步以 PRIMER 軟體進行群聚分析，且經由 ANOSIM 檢驗分群後(Global R= 0.932，$p<0.01$)，動物性浮游生物的 34 大類組成於測站間相似度高，此與同次採樣的植物性浮游生物雷同，故無明顯分群。顯示入出水口、出水口向外擴散測站以及監測與對照測站間的浮游動物種類組成皆無明顯差異 (圖 3-7)。

綜合上述，106 年兩次採樣中，水平和垂直採樣動物性浮游生物的總平均豐度值皆為對照測站明顯高於監測測站。各測站間種類組成的分群於第 1 次有顯著區分出南灣西側群，而第 2 次採樣因各站相似度高，故分群不明顯。

4.3 浮游生物的優勢大類

4.3.1 **植物性浮游生物-**環保署公告之沈澱法

優勢藻屬於民國 106 年第 1 次為矽藻類的角刺藻屬(*Chaetoceros* spp.) (佔 0~83%)，次優勢種為矽藻類的舟形藻屬(*Navicula* spp.) (佔 0~29%)，再其次為矽藻類的輻桿藻屬(*Bacteriastrum* spp.) (佔 0~24%) (表 3-1，圖 3-2)；第 2 次採樣的優勢種類與第 1 次採樣相同，最優勢為矽藻類的角刺藻屬(*Chaetoceros* spp.) (佔

19~53%)，次優勢種為矽藻類的根管藻屬(*Rhizosolenia* spp.) (佔 13~49%)，再其次優勢種為矽藻類的菱形藻屬(*Nitzschia* spp.) (佔 6~26%) (表 3-2，圖 3-2)。

4.3.2 **植物性浮游生物-**原過濾濃縮法分析

優勢藻屬於民國 106 年第 1 次為矽藻類的角刺藻屬(*Chaetoceros* spp.) (佔 26~71%)，次優勢種為矽藻類的輻桿藻屬(*Bacteriastrum* spp.) (佔 3~20%)，再其次為矽藻類的根管藻屬(*Rhizosolenia* spp.) (佔 0~17%) (表 3-3，圖 3-3)；第 2 次採樣的優勢種類與第 1 次採樣相同，最優勢為矽藻類的角刺藻屬(*Chaetoceros* spp.) (佔 76~91%)，次優勢種為矽藻類的根管藻屬(*Rhizosolenia* spp.) (佔 2~3%)，再其次優勢種為藍綠藻類的束毛藻(*Trichodesmium* spp.) (佔 0~12%) (表 3-4，圖 3-3)。

4.3.3 動物性浮游生物

種類組成上，民國 106 年的第 1 次調查以橈足類中的哲水蚤為最優勢大類(佔 35~72%)，其他出現較多的大類包括有尾類 (佔 2~29%)，橈足類中的劍水蚤(佔 5~13%)，夜光蟲(佔 2~13%) (圖 3-8) ；第 2 次調查的最優勢大類同樣是橈足類中的哲水蚤(佔 39~75%)，其次出現較多的大類尚包括橈足類中的劍水蚤(佔 7~18%)，夜光蟲(佔 3~20%) (圖 3-9)。

整體看來，兩次皆以橈足類中的哲水蚤為最優勢大類，次優勢大類則依季別而異，多為夜光蟲、劍水蚤和有尾類。

4.4 蝦幼生各測站豐度比較

106 年第 1 次調查結果顯示潛在經濟價值的蝦幼生(蝦幼生、磷蝦、櫻蝦及其他十足類豐度合併為蝦幼生)之水平採樣豐度為入水口高於出水口測站(7.6 比 3.5 個/m^3)，且有離出水口愈遠豐度遞減的結果；垂直採樣豐度趨勢相似，為入水口豐度高於出水口測站(53.9 比 10.1 個/m^3)，但無出水口豐度擴散的情形(圖 3-10)。另一方面，對照測站之水平採樣平均豐度相近於監測測站(11.7 比 8.5 個/m^3)，垂直採樣同為對照和監測測站平均豐度相近(23.5 比 26.1 個/m^3)(表 3-11)。

106 年第 2 次調查結果顯示潛在經濟價值的蝦幼生(蝦幼生、磷蝦、櫻蝦及其他十足類豐度合併為蝦幼生)之水平採樣豐度為入水口高於出水口測站(3.8 比 1.3 個/m^3)，但無出水口擴散的結果；垂直採樣為入出水口測站豐度相近(35.0 比 35.8 個/m^3)，亦無出水口豐度擴散的情形(圖 3-11)。另一方面，對照測站之水平採樣平均豐度高於監測測站(7.6 比 2.3 個/m^3)，垂直採樣同為對照高於監測測站平均豐度(54.2 比 33.8 個/m^3)(表 3-11)。

4.5 蟹幼生各測站豐度比較

106 年第 1 次調查結果顯示潛在經濟價值的蟹幼生(大眼幼生與蟹幼生合併為蟹幼生)之水平採樣豐度為入水口相似出水口測站(2.0 比 2.0 個/m^3)，且無明顯擴散趨勢；垂直採樣豐度為入水口豐度低於出水口測站(1.0 比 3.9 個/m^3)，有離出水口愈遠豐度遞減的結果(圖 3-10)。另一方面，對照測站之水平採樣平均豐度低於監測測站(0.8 比 2.0 個/m^3)，垂直採樣同為對照測站平均豐度低於監測測站 (1.7 比 4.0 個/m^3) (表 3-11)。

106 年第 2 次調查結果顯示水平採樣豐度為入水口低於出水口測站(0.9 比 2.2 個/m^3)，且無明顯擴散趨勢；垂直採樣豐度趨勢相似，為入水口豐度低於出水口測站(4.1 比 11.9 個/m^3)，但有離出水口愈遠豐度遞增的情形(圖 3-11)。另一方面，對照測站之水平採樣平均豐度相近於監測測站(2.0 比 1.3 個/m^3)，垂直採樣為對照測站平均豐度低於監測測站(15.0 比 6.3 個/m^3) (表 3-11)。

4.6 魚卵各測站豐度比較

另一類具有潛在經濟價值的魚卵，在民國 106 年第 1 次水平採樣豐度為入水口低於出水口測站(1.3 比 5.9 個/m^3)，有離出水口愈遠豐度遞減的現象；垂直採樣豐度亦為入水口豐度低於出水口測站(0.6 比 5.5 個/m^3)，亦有離出水口愈遠豐度遞減的結果(圖 3-10)。另一方面，對照測站之水平採樣平均豐度低於監測測站(1.3 比 3.8 個/m^3)，垂直採樣則為對照測站平均豐度略高於監測測站 (4.8 比 3.5 個/m^3)(表 3-11)。

在民國 106 年第 2 次水平採樣豐度為入水口高於出水口測站(7.6 比 4.4 個

/m^3)，有離出水口愈遠豐度遞增的結果；垂直採樣豐度亦為入水口豐度高於出水口測站(155.7 比 37.0 個/m^3)，亦有離出水口愈遠豐度遞增的結果(圖 3-11)。另一方面，對照測站之水平採樣平均豐度高於監測測站(31.5 比 5.7 個/m^3)，垂直採樣同為對照測站平均豐度略高於監測測站 (90.5 比 81.4 個/m^3) (表 3-11)。

4.7 仔魚各測站豐度比較

在民國 106 年第 1 次水平採樣豐度為入水口低於出水口測站(0.25 比 1.00 個/m^3)，有離出水口愈遠豐度遞減的結果；垂直採樣豐度則為入水口豐度高於出水口測站(4.51 比 1.98 個/m^3)，但無離出水口愈遠豐度遞減的結果(圖 3-10)。另一方面，對照測站之水平採樣平均豐度相近於監測測站(0.77 比 0.83 個/m^3)，垂直採樣則為對照測站平均豐度高於監測測站 (6.16 比 3.15 個/m^3) (表 3-11)。

在民國 106 年第 2 次水平採樣豐度為入水口高於出水口測站(0.27 比 0.00 個/m^3)，無出水口擴散之現象；垂直採樣豐度則為入水口豐度低於出水口測站(1.08 比 2.33 個/m^3)，有離出水口愈遠豐度遞增的結果(圖 3-11)。另一方面，對照測站之水平採樣平均豐度低於監測測站(0.70 比 0.14 個/m^3)，垂直採樣則為對照測站平均豐度略高於監測測站 (4.21 比 1.87 個/m^3) (表 3-11)。

綜合上述，106 年兩次採樣中，顯示第 2 次採樣總平均豐度較高，且垂直採樣平均豐度高於水平採樣，而各項經濟性幼生在入出水口測站豐度互有高低。整體而言，對照測站平均豐度高於監測測站，第 2 次採樣尤為明顯。

4.8 歷年浮游生物豐/密度的變化

將民國 85 年至 106 年，本海域歷年來浮游動物(ZP)、浮游植物(PP)、蟹幼生(C-lar)、蝦幼生(S-lar)、魚卵(F-egg)、和仔魚(F-lar)等 6 項主要浮游生物豐度值經對數轉換後，進行 One-way ANOVA 的檢定，用以比較各季之年間差異(表 3-12)。結果顯示所有的豐度值在各季別中皆呈現顯著的年間差異($p<0.05$)。將這些浮游生物豐度值再經由 Duncan's 多變距分析後，結果如表 3-13~14，本年度第 1 次採樣之各項測值中動物性浮游生物偏低，仔魚偏高，其他則落在中間，第 2 次採樣的動物性和植物性浮游生物及魚卵皆為歷年同次的最高值，其他蝦、蟹、魚

類幼生雖不是最高值，仍屬偏高值。

4.8.1 **植物性浮游生物-**沈澱法分析之歷年密度值 (96 至 106 年)變化

自民國 96 年的調查以來發現，以沉澱法分析之植物性浮游生物四季總平均密度值變動範圍在 170~8,375 cells/間，以第 3 次的密度值最高，第 1 季最低(表 3-15)。民國 106 年第 1 次的總平均密度值為 110 cells/l，低於歷年同次的平均值(170 cells/l)。第 2 次的總平均密度值為 2,463 cells/l，高於十年同次的平均值(714cells/l)，且 106 年為十一年同次最高值。目前就十年的數據看來，過濾濃縮法與沈澱法所觀察的植物性浮游生物之高峯季節皆在第 3 次採樣(表 3-15&圖 3-12)。

4.8.2 **植物性浮游生物-**原過濾濃縮法分析之密度值的歷年變化

歷年第三核能發電廠附近海域植物性浮游生物的調查中發現，其在第 3 次為密度較高的季節(平均密度值為 4,995cells/l)，而第 1 次為密度較低的季節(374 cells/l)。與歷年季節變動趨勢不同的年份及季節分別有民國 88 及 99 年的第 1 次及民國 89、92、95、100 及今年(105 年)的第 2 次，皆為該年度植物性浮游生物密度最高的季節。民國 90 年 1 月發生阿瑪斯號漏油事件後，可能加上聖嬰年的反覆出現，造成植物性浮游生物密度的季節變化較不明顯，且有持續偏低的情形。此情形持續至 101 年為止，僅有二次，分別在民國 93 及 96 年的第 4 季出現密度值高於或相近 2,000 cells/l 的高峯，然而自 102 年第 2 次至 103 年第 3 次則出現植物性浮游生物暴增的情形，其採樣密度均超過 1,000 cells/l，在 103 年第 3 次密度更高達到 77,163 cells/l，為歷年之最(表 3-13、14&圖 3-12)。

民國 106 年第 1 次的總平均密度為 252 cells/l，低於歷年同次平均值(374 cells/l)，但仍在變動範圍內。第 2 次的密度值為 4,930 cells/l，高於歷年同季平均值(1,021 cells/l)，且為歷年同次採樣最高值。綜合來說，106 年兩次採樣有明顯的密度高低起伏，且今年第 2 次為歷年 84 次採樣中的第 5 高值(表 3-15&圖 3-12)。

4.8.3 環保署公告之沈澱法與原過濾濃縮法分析結果的比較

以沉澱法和過濾法同步分析植物性浮游生物的十年以來，在前五年均呈現原過濾濃縮法所計數到的密度值較高，但自 100 年第 4 次採樣開始呈現沉澱法較高密度的情形，到了 101 和 102 年的上半年更呈現沉澱法所計數到的密度值明顯較高，其間觀察到的主要優勢種類並不完全相同，在 103~104 年則多為濃縮法較高，到了 105 年又回到均為濃縮法密度較高的結果。有鑑於兩種方法所得的密度值及種類數仍存有差異，為保持歷年數據比對的一致性，往後仍以原過濾濃縮法所得結果進行各項歷年的比較及統計，並同步與沈澱法的分析結果做交叉比對。

4.8.4 動物性浮游生物豐度的歷年變化

歷年第三核能發電廠附近海域的動物性浮游生物之四季總平均豐度值變動範圍在 629~1,091 個/m^3 間，以第 2 次的豐度值最高，第 4 季最低(表 3-15)。每年最高和最低豐度值的出現季別並不一致。在民國 86、87、90、97、100、104 及 105 年的第 4 季，民國 88、89、96 及 99 年的第 3 次，民國 91、93、98 年及 101 至 103 年的第 1 次，民國 92、94 及 95 年的第 2 次皆為該年的低峯期。歷年來，動物性浮游生物的豐度有約三年一次的高峯週期（民國 86、89、92、95 及 98 年），豐度值高於 1,000 個/m^3 的季別依年別而異，在民國 86、92 和 97 年為第 1 次，民國 87 和 89 年在第 2 次，民國 95 和 98 年則是出現在第 3 次，但自 98 年後年年出現高峯，且常在第 2 和 3 次出現高豐度值(均高於 1,000 個/m^3) (表 3-13、14&圖 3-13)。

民國 106 年第 1 次的總平均豐度值為 492 個/m^3，低於歷年同次的總平均豐度值 873 個/m^3。第 2 次的總平均豐度分別為 2,610 個/m^3，不僅高於歷年同次的總平均豐度值(1,091 個/m^3)，更是自監測以來的最高豐度。整體看來，延續 98 年來的豐度高峯 (表 3-15&圖 3-13)。

4.8.5 蝦幼生豐度的歷年變化

歷年第三核能發電廠附近海域經濟性蝦幼生的豐度之四季總平均豐度值變動範圍在 12.4~18.4 個/m^3 間，以第 2 和 3 次的豐度值較高，第 4 季最低(表 3-

15)。在民國 91 年以前有每兩年出現在一次採樣會有高豐度的週期變化，其後此高峯週期並未持續，轉為季節變化較不明顯的情形，至 97 年後才每年接連出現明顯的第 2 和 3 次高峯並有明顯的季節變化(表 3-13、14&圖 3-14)。

民國 106 年第 1 次的蝦幼生之總平均豐度為 14.2 個/m^3，略低於歷年同次總平均值 16.6 個/m^3。第 2 次總平均豐度值為 27.5 個/m^3，高於歷年同次的總平均值(18.4 個/m^3)。總而言之，今年的蝦幼生延續 97 年來出現年年有季節高值的情形，今年的高豐期時亦超過歷年總平均豐度值 16.3 個/m^3(表 3-15&圖 3-14)。

4.8.6 蟹幼生豐度的歷年變化

歷年第三核能發電廠附近海域經濟性蟹幼生的豐度之四季總平均豐度值變動範圍在 2.4~9.9 個/m^3 間，以第 3 次的豐度值最高，第 1 和 4 季較低(表 3-15)。在民國 97 年以前有每六年出現在第 3 次採樣會有高豐度的週期變化，其後此高峯頻率年年出現，但於 105 年季節變化較不明顯 (表 3-13、14&圖 3-15)。

民國 106 年第 1 次的蟹幼生之總平均豐度為 1.8 個/m^3，低於歷年同次總平均值 2.4 個/m^3。第 2 次總平均豐度值為 13.3 個/m^3，高於歷年同次的總平均值(7.4 個/m^3)。總而言之，106 年的蟹幼生延續 97 年出現明顯季節高值的情形，今年的高豐度時有超過歷年總平均豐度值(5.7 個/m^3) (表 3-15&圖 3-15)。

4.8.7 魚卵豐度的歷年變化

由歷年第三核能發電廠附近海域魚卵的豐度之四季總平均豐度值變動範圍在 7.3~23.4 個/m^3 間，以第 3 次最高，而第 4 次最低(表 3-15)。歷年來除 86 年第 1 次採樣有卵頭鸚哥魚魚卵所貢獻的高豐度值外，每年均呈現第 2 或 3 次採樣高值，第 1 和 4 次採樣低值的季節變動(表 3-13、14&圖 3-16)。

民國 106 年的第 1 次採樣魚卵總平均豐度值為 3.0 個/m^3，低於歷年同次的總平均值 9.6 個/m^3。而第 2 次總平均豐度值為 53.7 個/m^3，高於歷年同次總平均值 19.5 個/m^3，且為歷年同次最高值。綜合上述，多年來的季節變動仍維持在

相同的範圍內，並無明顯的異常，且幾乎每年的高峯期都能明顯超過歷年的總平均值 15.0 個/m^3(表 3-15&圖 3-16)。

4.8.8 仔魚豐度的歷年變化

由歷年第三核能發電廠附近海域仔魚的豐度之四季總平均豐度值變動範圍在 0.6~1.7 個/m^3 間，以第 2~3 次較高，而第 4 次最低(表 3-15)。在民國 88~91 年期間，魚卵高峰期並不明顯，但自 97 年後有明顯季節震盪(表 3-13、14&圖 3-17)。

民國 106 年的第 1 次採樣仔魚總平均豐度值為 2.3 個/m^3 高於歷年同次的總平均值 1.0 個/m^3，且為歷年同次次高值(最高值為 92 年的 2.6 個/m^3)。第 2 次總平均豐度值為 1.8 個/m^3，相近於歷年同次總平均值 1.7 個/m^3。綜合上述，多年來的季節變動仍維持在相同的範圍內，且幾乎每年的高峯期都高於歷年總平均值 1.2 個/m^3(表 3-15&圖 3-17)。

4.9 同季節浮游生物之年間變化

將民國 85 年至 101 年，本海域歷年來浮游動物(ZP)、浮游植物(PP)、蟹幼生(C-lar)、蝦幼生(S-lar)、魚卵(F-egg)、和仔魚(F-lar)等 6 項主要浮游生物豐度值經對數轉換後，進行 One-way ANOVA 的檢定，用以比較各季之年間差異(表 3-12)。結果顯示所有的豐度值在各季別中皆呈現顯著的年間差異($p<0.05$)。將這些浮游生物豐度值再經由 Duncan's 多變距分析後，結果如表 3-13~14。

歷年第 1 次(1-3 月)各大類的顯著高值在 86 年的魚卵(出現大量的卵頭鸚哥魚魚卵)及蟹幼生，88 年為植物性浮游生物，92 年為仔魚，100 年為動物性浮游生物和蝦幼生，至於 102 年則是蟹幼生出現顯著高值。第 1 次採樣出現顯著低值的生物項在 89 年為仔魚及蟹幼生，90 年為動物性浮游生物，91 年為植物性浮游生物及蝦幼生，104 年為魚卵和蝦幼生(表 3-13)。

歷年第 2 次(4-6 月)的年間差異，各大類顯著高值出現在民國 97 年的蟹幼生，101 年的仔魚及蝦幼生，以及今年(106 年)的動物性和植物性浮游生物及魚

卵。至於各大類第 2 次採樣顯著低值多發生在民國 90 及 92 年，90 年為動物性及植物性浮游生物與蟹幼生，92 年是仔魚及蝦幼生，近年唯一的顯著低值則是 99 年的魚卵(表 3-13)。

歷年第 3 次(7-9 月)的顯著高值出現在民國 85 年的蟹幼生，98 年的動物性浮游生物和蝦幼生，99 年的魚卵和 103 年的植物性浮游生物、仔魚。第 3 次的顯著低值出現在民國 88 年的動物性浮游生物、蟹幼生，95 年的仔魚，98 年的植物性浮游生物，101 年度為魚卵，105 年的蝦幼生(表 3-14)。

歷年第 4 次(10-12 月) 的顯著高值出現在 85 年的魚卵，95 年的蟹幼生，97 年的仔魚，102 年為動物性浮游生物和蝦幼生，104 年的植物性浮游生物。至於第 4 次有明顯偏低的情形多集中在民國 88 及 90 年，分別是仔魚及蟹幼生，以及動物性浮游生物及蝦幼生，近年第 4 次的低值則出現在 100 和 101 年的植物性浮游生物和 102 年的魚卵(表 3-14)。

總而言之，本海域的動物性及植物性浮游生物的豐度變化，除了有自然四季更迭的律動外，更有大尺度的年間變動。

五、結論

106 年第 1 次採樣除仔魚高於歷年同次平均值外，其餘植物性和動物性浮游生物、蝦蟹幼生和魚卵及仔魚均低於歷年同次平均值，反觀第 2 次採樣所有的監測類別均高於或相近於歷年同次平均值，且植物性和動物性浮游生物及魚卵皆為歷年同次的最高值，其中動物性浮游生物更為歷史高值。對照與監測測站之差別，於今年兩次的採樣中，沉澱法測得之植物性浮游生物平均密度皆以對照測站較高，濃縮法在兩次採樣中則是對照與監測測站互有高低。動物性浮游生物不論在水平還是垂直採樣，於今年兩次均為對照測站平均豐度略高於監測測站；在經濟性幼生方面亦多為對照測站較高，此現象在第 2 次採樣時最為明顯。

六、附表及附圖

表3-1 民國106年3月10日第三核能發電廠附近海域監測站之植物性浮游生物之密度(cells/1)及種類組成- 環保署公告之沈澱法

Station	18S	20S	21S				22S	23S	24S				14S	12S			
Species				Mean	S.D.	%				Mean	S.D.	%			Mean	S.D.	%
矽藻類																	
Amphora hyalina 透明雙眉藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	10	3.3	5.8	2.94	0	0	0.0	0.0	0.00
Bacteriastrum delicatulum 優美輻桿藻	0	10	0	3.3	5.8	2.44	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Bacteriastrum minus 小輻桿藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	20	0	6.7	11.5	5.88	0	0	0.0	0.0	0.00
Bacteriastrum spp. 輻桿藻	0	30	0	10.0	17.3	7.32	0	20	0	6.7	11.5	5.88	0	0	0.0	0.0	0.00
Bacteriastrum varians 變異輻桿藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	5.0	7.1	7.69
Bellerochea sp. 中鼓藻	0	10	0	3.3	5.8	2.44	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Biddulphia mobiliensis 活動盒形藻	0	10	0	3.3	5.8	2.44	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Cerataulina bergonii 古柏角管藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	10	5.0	7.1	7.69
Chaetoceros affine 窄隙角刺藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	10	5.0	7.1	7.69
Chaetoceros atlanticus 大西洋角刺藻	0	10	0	3.3	5.8	2.44	10	30	0	13.3	15.3	11.76	0	0	0.0	0.0	0.00
Chaetoceros costatus 中肋角刺藻	20	0	0	6.7	11.5	4.88	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Chaetoceros curvisetus 旋鏈角刺藻	10	0	0	3.3	5.8	2.44	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Chaetoceros decipiens 並基角刺藻	0	0	20	6.7	11.5	4.88	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	5.0	7.1	7.69
Chaetoceros lorenzianum 洛氏角刺藻	10	0	0	3.3	5.8	2.44	0	10	0	3.3	5.8	2.94	0	0	0.0	0.0	0.00
Chaetoceros messanense 短刺角刺藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	0	3.3	5.8	2.94	10	0	5.0	7.1	7.69
Chaetoceros pendulum 搖動角刺藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	5.0	7.1	7.69
Chaetoceros pseudocurvisetum 擬彎角刺藻	10	0	0	3.3	5.8	2.44	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Chaetoceros spp. 角刺藻	0	10	0	3.3	5.8	2.44	10	10	0	6.7	5.8	5.88	0	0	0.0	0.0	0.00
Chaetoceros tortissimus 扭曲角刺藻	0	20	0	6.7	11.5	4.88	0	10	0	3.3	5.8	2.94	0	0	0.0	0.0	0.00
Climacodium faruenfeldianum 佛朗梯形藻	10	0	0	3.3	5.8	2.44	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Coscinodiscus spp. 圓篩藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	10	6.7	5.8	5.88	0	0	0.0	0.0	0.00
Cyclotella meneghiniana 梅尼小環藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	20	10.0	14.1	15.38
Cyclotella sp. 小環藻	0	10	0	3.3	5.8	2.44	10	0	0	3.3	5.8	2.94	0	0	0.0	0.0	0.00
Cylindrotheca closterium 新月筒柱藻	0	0	10	3.3	5.8	2.44	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Detonula pumila 優美施羅藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	10	0	3.3	5.8	2.94	0	0	0.0	0.0	0.00
Eucampia zoodiacus 浮動彎角藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	5.0	7.1	7.69
Grammatophora sp. 斑條藻	0	20	0	6.7	11.5	4.88	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Guinardia delicatula 柔弱幾內亞藻(柔弱根	0	20	0	6.7	11.5	4.88	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Hemiaulus hauckii 霍克半管藻	0	10	0	3.3	5.8	2.44	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Leptocylindrus danicus 丹麥細柱藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	5.0	7.1	7.69
Navicula sp. 舟形藻	0	60	20	26.7	30.6	19.51	30	10	0	13.3	15.3	11.76	0	0	0.0	0.0	0.00
Nitzschia spp. 菱形藻	0	30	0	10.0	17.3	7.32	10	30	0	13.3	15.3	11.76	0	0	0.0	0.0	0.00
Pleurosigma normanii 中斜紋藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	5.0	7.1	7.69
Probosia alata 翼鼻狀藻(異根管藻)	0	20	0	6.7	11.5	4.88	30	20	0	16.7	15.3	14.71	0	0	0.0	0.0	0.00
Streptotheca thamensis 扭鞘藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	10	3.3	5.8	2.94	0	0	0.0	0.0	0.00
Synedra ulna 肘狀針桿藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	10	3.3	5.8	2.94	0	0	0.0	0.0	0.00
Thalassiothrix frauenfeldii 伏恩海毛藻	0	10	0	3.3	5.8	2.44	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
渦鞭毛藻類																	
Gymnodinium sp. 裸甲藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	5.0	7.1	7.69
藍綠藻類	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Trichodesmium erythraeum 紅海束毛藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	0	3.3	5.8	2.94	0	10	5.0	7.1	7.69
綠藻類																	
Chodatella sp. 頂棘藻	0	0	20	6.7	11.5	4.88	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
總　合	60	280	70	136.7	124.2	100	130	170	40	113.3	66.6	100	80	50	65.0	21.2	100
Species No. 種類數	5	15	4	23			9	10	4	17			8	4	12		
Simpson's Dominance Index 優勢種指數	0.2222	0.0995	0.2653	0.0732			0.1479	0.1211	0.2500	0.0848			0.1250	0.2800	0.0888		
Shannon-Weiner Index 歧異度指數	1.5607	2.5148	1.3518	2.9104			2.0579	2.2008	1.3863	2.6373			2.0794	1.3322	2.4583		
Evenness 均勻度指數	0.9697	0.9286	0.9751	0.9282			0.9366	0.9558	1.0000	0.9309			1.0000	0.9610	0.9893		

表3-2 民國106年5月24日第三核能發電廠附近海域監測站之植物性浮游生物之密度(cells/1)及種類組成-環保署公告之沈澱法

Station	18S	20S	21S				22S	23S	24S				14S	12S			
Species				Mean	S.D.	%				Mean	S.D.	%			Mean	S.D.	%
矽藻類																	
Asterionella japonica 日本星桿藻	15	0	0	5.0	8.7	0.21	5	5	0	3.3	2.9	0.19	15	0	7.5	10.6	0.21
Bacteriastrum delicatulum 優美輻桿藻	25	20	5	16.7	10.4	0.69	0	10	5	5.0	5.0	0.28	20	15	17.5	3.5	0.49
Bacteriastrum elongatum 長輻桿藻	10	0	0	3.3	5.8	0.14	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	10	5.0	7.1	0.14
Bacteriastum minus 輻桿藻	15	10	0	8.3	7.6	0.34	5	5	0	3.3	2.9	0.19	15	15	15.0	0.0	0.42
Bacteriastum sp. 輻桿藻	5	5	0	3.3	2.9	0.14	0	0	0	0.0	0.0	0.00	5	0	2.5	3.5	0.07
Bellerochea malleus 錘狀中鼓藻	55	10	5	23.3	27.5	0.96	10	5	0	5.0	5.0	0.28	30	0	15.0	21.2	0.42
Biddulphia mobiliensis 活動盒形藻	0	0	5	1.7	2.9	0.07	5	0	5	3.3	2.9	0.19	10	0	5.0	7.1	0.14
Chaetoceros affine 窄隙角刺藻	30	30	5	21.7	14.4	0.89	5	25	10	13.3	10.4	0.76	60	30	45.0	21.2	1.26
Chaetoceros atlanticum 大西洋角刺藻	180	120	155	151.7	30.1	6.24	40	180	40	86.7	80.8	4.92	150	145	147.5	3.5	4.14
Chaetoceros compress 扁面角刺藻	215	270	130	205.0	70.5	8.43	55	280	135	156.7	114.1	8.90	375	85	230.0	205.1	6.46
Chaetoceros decipiens 並基角刺藻	135	85	25	81.7	55.1	3.36	25	175	40	80.0	82.6	4.55	55	30	42.5	17.7	1.19
Chaetoceros lauderi 羅氏角刺藻	200	135	55	130.0	72.6	5.35	80	375	100	185.0	164.8	10.51	170	65	117.5	74.2	3.30
Chaetoceros lorenzianum 洛氏角刺藻	105	35	30	56.7	41.9	2.33	20	125	30	58.3	58.0	3.31	60	25	42.5	24.7	1.19
Chaetoceros pseudocurvisetum 擬彎角刺藻	60	155	125	113.3	48.6	4.66	55	425	75	185.0	208.1	10.51	80	165	122.5	60.1	3.44
Chaetoceros tortissimus gran 扭曲角刺藻	60	30	15	35.0	22.9	1.44	5	35	25	21.7	15.3	1.23	55	20	37.5	24.7	1.05
Corethron hystrix 小環毛藻	0	5	0	1.7	2.9	0.07	0	5	0	1.7	2.9	0.09	5	0	2.5	3.5	0.07
Coscinodiscus sp. 圓篩藻	0	0	10	3.3	5.8	0.14	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	5.0	7.1	0.14
Cylindrotheca closterium 新月菱形藻	55	150	30	78.3	63.3	3.22	10	90	20	40.0	43.6	2.27	105	0	52.5	74.2	1.47
Dactyliosolen fragilissima 脆指管藻	40	225	250	171.7	114.7	7.06	10	175	45	76.7	86.9	4.36	240	200	220.0	28.3	6.18
Eucampia zoodiacus 短角彎角藻	35	30	30	31.7	2.9	1.30	5	35	15	18.3	15.3	1.04	5	40	22.5	24.7	0.63
Grammatophora sp. 斑條藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	10	5	5.0	5.0	0.28	0	0	0.0	0.0	0.00
Guinardia delicatula 柔弱幾內亞藻	215	355	600	390.0	194.9	16.04	60	275	105	146.7	113.4	8.33	625	925	775.0	212.1	21.75
Hemiaulus indicus 印度半管藻	80	30	40	50.0	26.5	2.06	10	55	30	31.7	22.5	1.80	30	55	42.5	17.7	1.19
Hemiaulus sinensis 中華半管藻	0	10	0	3.3	5.8	0.14	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Leptocylindrus danicus 丹麥細柱藻	45	30	10	28.3	17.6	1.17	25	40	20	28.3	10.4	1.61	30	80	55.0	35.4	1.54
Licmophora sp. 契形藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	15	5.0	8.7	0.28	10	5	7.5	3.5	0.21
Navicula spp. 舟形藻	280	750	55	361.7	354.6	14.87	40	550	300	296.7	255.0	16.86	950	175	562.5	548.0	15.79
Nitzschia delicatissima 柔弱菱形藻	0	5	5	3.3	2.9	0.14	0	0	0	0.0	0.0	0.00	55	110	82.5	38.9	2.32
Nitzschia spp. 菱形藻	310	770	105	395.0	340.6	16.24	40	415	105	186.7	200.4	10.61	935	650	792.5	201.5	22.25
Pleurosigma spp. 斜紋藻	10	10	10	10.0	0.0	0.41	0	75	20	31.7	38.8	1.80	0	0	0.0	0.0	0.00
Proboscia alata 翼鼻狀藻=異根管藻	0	5	10	5.0	5.0	0.21	0	0	0	0.0	0.0	0.00	5	5	5.0	0.0	0.14
Rhizosolenia robusta 粗根管藻	0	10	0	3.3	5.8	0.14	0	20	0	6.7	11.5	0.38	0	0	0.0	0.0	0.00
Rhizosolenia stolefothii 斯托根管藻	40	15	5	20.0	18.0	0.82	15	80	25	40.0	35.0	2.27	25	80	52.5	38.9	1.47
Streptotheca thamensis 扭鞘藻	0	25	15	13.3	12.6	0.55	5	80	10	31.7	41.9	1.80	55	0	27.5	38.9	0.77
Thalassionema nitzschioides 菱形海線藻	0	5	0	1.7	2.9	0.07	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Thalassiothrix frauenfeldii 伏恩海毛藻	0	5	0	1.7	2.9	0.07	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
渦鞭毛藻類																	
Ceratium sp. 角藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00		5	0	2.5	3.5	0.09	10	0	5.0	7.1	0.14
Ornithocercus spp. 烏尾藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	5	0	0	1.7	2.9	0.09	0	0	0.0	0.0	0.00
Protoperidinium spp. 多甲藻	0	5	0	1.7	2.9	0.07	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
藍綠藻類																	
Trichodesmium spp. 束毛藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	10	3.3	5.8	0.19	0	0	0.0	0.0	0.00
總　合	2,220	3,345	1,730	2,431.7	828.0	100	535	3,555	1,190	1,760.0	1,588.6	100	4,195	2,930	3,562.5	894.5	100
Species No. 種類數	24	31	25	35			23	27	24	31			30	22	31		
Simpson's Dominance Index 優勢種指數	0.0805	0.1340	0.1677	0.0993			0.0815	0.0866	0.1103	0.0867			0.1397	0.1679	0.1358		
Shannon-Weiner Index 歧異度指數	2.7494	2.4254	2.2988	2.6374			2.7352	2.6884	2.6106	2.7232			2.3917	2.2643	2.4283		
Evenness 均勻度指數	0.8651	0.7063	0.7142	0.7418			0.8723	0.8157	0.8214	0.7930			0.7032	0.7325	0.7071		

表3-3 民國106年3月10日第三核能發電廠附近海域監測站之植物性浮游生物之密度(cells/1)及種類組成 - 原過濾濃縮法

Station	18S	20S	21S				22S	23S	24S				14S	12S			
Species				Mean	S.D.	%				Mean	S.D.	%			Mean	S.D.	%
矽藻類																	
Amphiprora gigantea 巨大鞘形藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	5	0	1.7	2.9	0.65	0	0	0.0	0.0	0.00
Asterionella japonica 日本星桿藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	10	3.3	5.8	1.30	0	0	0.0	0.0	0.00
Asterolampra marylandica 南方星紋藻	0	0	5	1.7	2.9	0.77	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Bacteriastrum comosum 平凡輻桿藻	20	10	0	10.0	10.0	4.62	15	10	0	8.3	7.6	3.25	5	5	5.0	0.0	1.68
Bacteriastrum delicatulum 優美輻桿藻	10	0	0	3.3	5.8	1.54	10	5	25	13.3	10.4	5.19	10	0	5.0	7.1	1.68
Bacteriastrum elongatum 長輻桿藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	10	3.3	5.8	1.30	15	0	7.5	10.6	2.52
Bacteriastrum hyalinum 透明輻桿藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	5	1.7	2.9	0.65	0	0	0.0	0.0	0.00
Bacteriastrum ssp. 輻桿藻	0	0	20	6.7	11.5	3.08	0	0	0	0.0	0.0	0.00	15	0	7.5	10.6	2.52
Bellerochea malleus 錘狀中鼓藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	5	0	2.5	3.5	0.84
Biddulphia mobiliensis 活動盒形藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	5.0	7.1	1.68
Cerataulina bergonii 古柏角管藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	15	15	0	10.0	8.7	3.90	0	0	0.0	0.0	0.00
Chaetoceros affine 窄隙角刺藻	40	50	35	41.7	7.6	19.23	45	100	0	48.3	50.1	18.83	0	35	17.5	24.7	5.88
Chaetoceros atlanticus 大西洋角刺藻	0	5	0	1.7	2.9	0.77	0	15	10	8.3	7.6	3.25	45	5	25.0	28.3	8.40
Chaetoceros compressum 扁面角刺藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	40	0	20.0	28.3	6.72
Chaetoceros decipiens 並基角刺藻	40	25	10	25.0	15.0	11.54	75	20	15	36.7	33.3	14.29	20	20	20.0	0.0	6.72
Chaetoceros dichaeta 雙叉角刺藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	5.0	7.1	1.68
Chaetoceros didymum 雙突角刺藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	5	0	1.7	2.9	0.65	0	0	0.0	0.0	0.00
Chaetoceros diversum 異角角刺藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	5	0	2.5	3.5	0.84
Chaetoceros laciniosus 垂緣角刺藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	5	0	2.5	3.5	0.84
Chaetoceros laevis 平滑角刺藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	5	0	2.5	3.5	0.84
Chaetoceros lauderi Ralfs 羅氏角刺藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	15	5.0	8.7	1.95	15	0	7.5	10.6	2.52
Chaetoceros lorenzianum 洛氏角刺藻	40	25	0	21.7	20.2	10.00	40	15	5	20.0	18.0	7.79	20	20	20.0	0.0	6.72
Chaetoceros messanense 短刺角刺藻	0	5	0	1.7	2.9	0.77	0	5	0	1.7	2.9	0.65	5	0	2.5	3.5	0.84
Chaetoceros pendulum 搖動角刺藻	0	5	0	1.7	2.9	0.77	5	5	5	5.0	0.0	1.95	5	10	7.5	3.5	2.52
Chaetoceros pseudocurvisetum 擬彎角刺藻	20	10	10	13.3	5.8	6.15	0	5	5	3.3	2.9	1.30	15	0	7.5	10.6	2.52
Chaetoceros ssp.角刺藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	0	3.3	5.8	1.30	15	0	7.5	10.6	2.52
Chaetoceros tortissimus 扭曲角刺藻	0	10	0	3.3	5.8	1.54	5	0	5	3.3	2.9	1.30	45	15	30.0	21.2	10.08
Climacodium frauenfeldianum 佛朗梯形藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	5.0	7.1	1.68
Coscinodiscus exceutricus 離心列圓篩藻	10	0	0	3.3	5.8	1.54	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	5	2.5	3.5	0.84
Coscinodiscus spp.圓篩藻	10	0	0	3.3	5.8	1.54	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	5.0	7.1	1.68
Cyclotella hystrix 小環毛藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	5	0	1.7	2.9	0.65	0	0	0.0	0.0	0.00
Cyclotella stelligera 具星小環藻	0	0	5	1.7	2.9	0.77	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Detonula pumila 優美施羅藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	5	1.7	2.9	0.65	0	5	2.5	3.5	0.84
Ditylum brightwelli 布氏雙尾藻	0	5	0	1.7	2.9	0.77	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Eucampia zodiacus 浮動彎角藻	0	5	0	1.7	2.9	0.77	0	0	10	3.3	5.8	1.30	0	0	0.0	0.0	0.00
Guinardia delicatula 柔弱幾內亞藻(柔弱根	30	15	0	15.0	15.0	6.92	0	5	0	1.7	2.9	0.65	0	0	0.0	0.0	0.00
Guinardia flaccida 新幾內亞藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	5	0	5	3.3	2.9	1.30	0	0	0.0	0.0	0.00
Hemiaulus hauckii 霍克半管藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	5	1.7	2.9	0.65	5	0	2.5	3.5	0.84
Hemiaulus indica 印度半管藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	5.0	7.1	1.68
Hemiaulus sinensis 中華半管藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	5	5	5.0	0.0	1.68
Leptocylindrus danicus 丹麥細柱藻	20	0	0	6.7	11.5	3.08	0	0	0	0.0	0.0	0.00	5	0	2.5	3.5	0.84
Licmophora sp.楔形藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	15	5.0	8.7	1.95	0	0	0.0	0.0	0.00
Melosira granulata 顆粒直鏈藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	5	2.5	3.5	0.84
Melosira sp.直鏈藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	15	0	7.5	10.6	2.52
Navicula spp.舟形藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	5	5	0	3.3	2.9	1.30	15	15	15.0	0.0	5.04
Nitzschia closterium 新月菱形藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	5.0	7.1	1.68
Nitzschia delicatissima 柔弱菱形藻	10	0	0	3.3	5.8	1.54	0	0	15	5.0	8.7	1.95	0	5	2.5	3.5	0.84
Nitzschia sp.菱形藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	5	0	5.0	5.0	1.95	20	0	10.0	14.1	3.36
Proboscia alata 翼鼻狀藻(異根管藻)	40	0	0	13.3	23.1	6.15	0	5	0	1.7	2.9	0.65	0	5	2.5	3.5	0.84
Rhizosolenia setigera 剛毛根管藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	15	5	6.7	7.6	2.60	0	5	2.5	3.5	0.84
Rhizosolenia stolefothii 斯托根管藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	15	5.0	8.7	1.95	0	5	2.5	3.5	0.84
Rhizosolenia styliformis 筆尖形根管藻	0	15	10	8.3	7.6	3.85	15	25	20	20.0	5.0	7.79	0	5	2.5	3.5	0.84
Synedra laevigata Grunow 平滑針桿藻	0	5	0	1.7	2.9	0.77	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Synedra sp.針桿藻	20	0	0	6.7	11.5	3.08	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Thalassiothrix frauenfeldii 伏恩海毛藻	20	5	5	10.0	8.7	4.62	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	10	5.0	7.1	1.68
渦鞭毛藻類																	
Ceratium macroceros 長角角藻	0	5	0	1.7	2.9	0.77	0	5	0	1.7	2.9	0.65	0	0	0.0	0.0	0.00
Noctiluca scintillans 夜光藻	10	0	0	3.3	5.8	1.54	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Prorocentrum compressum 扁平原甲藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	5	1.7	2.9	0.65	0	0	0.0	0.0	0.00
Prorocentrum gracile 細弱原甲藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	5	1.7	2.9	0.65	0	0	0.0	0.0	0.00
Protoperidinium conicum 圓錐多甲藻	10	0	0	3.3	5.8	1.54	0	0	5	1.7	2.9	0.65	0	0	0.0	0.0	0.00
藍綠藻類																	
Trichodesmium erythraeum 紅海束毛藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	5	5	3.3	2.9	1.30	0	0	0.0	0.0	0.00
綠藻類																	
Chodatella sp. 頂棘藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	5	1.7	2.9	0.65	0	0	0.0	0.0	0.00
裸藻門																	
Euglenophyta sp. 裸藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	5	1.7	2.9	0.65	0	0	0.0	0.0	0.00
總　合	350	200	100	217	126	100.0	255	280	235	257	23	100.0	415	180	298	166	100.0
Species No. 種類數	16	16	8	28			13	21	26	39			30	18	40		
Simpson's Dominance Index 優勢種指數	0.0808	0.1175	0.2000	0.0834			0.1588	0.1575	0.0530	0.0790			0.0544	0.0910	0.0463		
Shannon-Weiner Index 歧異度指數	2.6294	2.4421	1.8295	2.8416			2.1460	2.4526	3.0923	3.0520			3.1466	2.6370	3.3539		
Evenness 均勻度指數	0.9484	0.8808	0.8798	0.8528			0.8367	0.8056	0.9491	0.8331			0.9251	0.9123	0.9092		

表3-4 民國106年5月24日第三核能發電廠附近海域監測站之植物性浮游生物之密度(cells/1)及種類組成 - 原過濾濃縮法

Station	18S	20S	21S				22S	23S	24S				14S	12S			
Species				Mean	S.D.	%				Mean	S.D.	%			Mean	S.D.	%
矽藻類																	
Asterionella japonica 日本星桿藻	0	20	0	6.7	11.5	0.12	0	10	0	3.3	5.8	0.07	0	0	0.0	0.0	0.00
Bacteriastrum delicatulum 優美輻桿藻	20	60	40	40.0	20.0	0.71	20	30	60	36.7	20.8	0.82	10	30	20.0	14.1	0.43
Bacteriastrum elongatum 長輻杆藻	20	10	0	10.0	10.0	0.18	20	20	10	16.7	5.8	0.37	0	10	5.0	7.1	0.11
Bacteriastum minus 輻桿藻	30	40	20	30.0	10.0	0.54	40	50	30	40.0	10.0	0.89	20	0	10.0	14.1	0.22
Bacteriastum sp. 輻桿藻	10	0	0	3.3	5.8	0.06	10	20	0	10.0	10.0	0.22	0	0	0.0	0.0	0.00
Bellerochea malleus 錘狀中鼓藻	0	10	10	6.7	5.8	0.12	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Chaetoceros affine 窄隙角刺藻	60	130	170	120.0	55.7	2.14	80	60	20	53.3	30.6	1.19	100	170	135.0	49.5	2.93
Chaetoceros atlanticum 大西洋角刺藻	640	400	450	496.7	126.6	8.87	430	1,300	920	883.3	436.2	19.76	170	350	260.0	127.3	5.63
Chaetoceros compress 扁面角刺藻	830	1,140	1,270	1,080.0	226.1	19.29	590	420	1,170	726.7	393.2	16.26	800	700	750.0	70.7	16.25
Chaetoceros curvisetus 旋鏈角毛藻	10	0	0	3.3	5.8	0.06	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Chaetoceros decipiens 並基角刺藻	510	530	520	520.0	10.0	9.29	410	500	550	486.7	70.9	10.89	230	410	320.0	127.3	6.93
Chaetoceros didymus 雙突角刺藻	50	0	0	16.7	28.9	0.30	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Chaetoceros diversus 異角角刺藻	10	0	0	3.3	5.8	0.06	20	0	10	10.0	10.0	0.22	0	0	0.0	0.0	0.00
Chaetoceros laevis 平滑角刺藻	30	0	0	10.0	17.3	0.18	30	10	40	26.7	15.3	0.60	0	20	10.0	14.1	0.22
Chaetoceros lauderi 羅氏角刺藻	430	1,470	1,900	1,266.7	755.8	22.62	640	270	620	510.0	208.1	11.41	1,470	1,290	1,380.0	127.3	29.90
Chaetoceros lorenzianum 洛氏角刺藻	300	400	460	386.7	80.8	6.90	230	250	230	236.7	11.5	5.29	280	210	245.0	49.5	5.31
Chaetoceros pendulus 搖動角刺藻	10	20	0	10.0	10.0	0.18	0	30	0	10.0	17.3	0.22	0	30	15.0	21.2	0.33
Chaetoceros peruvianus 祕魯角刺藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	10	0	3.3	5.8	0.07	0	0	0.0	0.0	0.00
Chaetoceros pseudocurvisetum 擬彎角刺	400	840	1,370	870.0	485.7	15.54	410	540	530	493.3	72.3	11.04	340	1,340	840.0	707.1	18.20
Chaetoceros sp. 角刺藻	60	0	0	20.0	34.6	0.36	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	10	5.0	7.1	0.11
Chaetoceros tortissimus gran 扭曲角刺	150	80	200	143.3	60.3	2.56	110	200	310	206.7	100.2	4.62	50	270	160.0	155.6	3.47
Climacodium frauenfeldianum 佛朗梯形	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	10	3.3	5.8	0.07	0	0	0.0	0.0	0.00
Corethron hystrix 小環毛藻	10	10	0	6.7	5.8	0.12	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Coscinodiscus sp. 圓篩藻	10	10	0	6.7	5.8	0.12	0	0	0	0.0	0.0	0.00	10	0	5.0	7.1	0.11
Cylindrotheca closterium 新月菱形藻	0	20	30	16.7	15.3	0.30	40	10	0	16.7	20.8	0.37	20	30	25.0	7.1	0.54
Dactyliosolen fragilissima 脆指管藻	20	40	40	33.3	11.5	0.60	10	10	30	16.7	11.5	0.37	20	20	20.0	0.0	0.43
Detonula pumila 優美炮羅藻	0	10	0	3.3	5.8	0.06	10	0	10	6.7	5.8	0.15	10	10	10.0	0.0	0.22
Eucampia zoodiacus 短角彎角藻	30	60	20	36.7	20.8	0.65	10	20	10	13.3	5.8	0.30	0	30	15.0	21.2	0.33
Guinardia delicatula 柔弱幾內亞藻	90	130	160	126.7	35.1	2.26	60	100	80	80.0	20.0	1.79	60	130	95.0	49.5	2.06
Guinardia flaccida 萎軟幾內亞藻	10	0	0	3.3	5.8	0.06	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Hemiaulus hauckii 霍克半管藻	30	0	0	10.0	17.3	0.18	0	30	0	10.0	17.3	0.22	0	0	0.0	0.0	0.00
Hemiaulus indicus 印度半管藻	30	80	130	80.0	50.0	1.43	10	30	30	23.3	11.5	0.52	10	30	20.0	14.1	0.43
Hemiaulus sinensis 中華半管藻	10	10	0	6.7	5.8	0.12	0	10	0	3.3	5.8	0.07	0	10	5.0	7.1	0.11
Leptocylindrus danicus 丹麥細柱藻	0	60	10	23.3	32.1	0.42	20	0	0	6.7	11.5	0.15	40	30	35.0	7.1	0.76
Navicula spp. 舟形藻	10	10	10	10.0	0.0	0.18	10	10	10	10.0	0.0	0.22	50	10	30.0	28.3	0.65
Nitzschia delicatissima 柔弱菱形藻	10	0	0	3.3	5.8	0.06	0	10	0	3.3	5.8	0.07	0	20	10.0	14.1	0.22
Nitzschia spp. 菱形藻	60	60	50	56.7	5.8	1.01	110	80	110	100.0	17.3	2.24	60	50	55.0	7.1	1.19
Pleurosigma spp. 斜紋藻	10	0	0	3.3	5.8	0.06	0	0	30	10.0	17.3	0.22	0	0	0.0	0.0	0.00
Proboscia alata 翼鼻狀藻(異根管藻)	20	60	50	43.3	20.8	0.77	20	40	20	26.7	11.5	0.60	10	50	30.0	28.3	0.65
Rhizosolenia cylindrus 圓柱根管藻	0	10	0	3.3	5.8	0.06	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
Rhizosolenia stolefothii 斯托根管藻	10	20	30	20.0	10.0	0.36	10	0	10	6.7	5.8	0.15	30	20	25.0	7.1	0.54
Streptotheca thamensis 扭鞘藻	30	40	40	36.7	5.8	0.65	30	80	170	93.3	70.9	2.09	20	30	25.0	7.1	0.54
渦鞭毛藻類																	
Ceratium sp. 角藻	10	10	0	6.7	5.8	0.12	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	10	5.0	7.1	0.11
Noctiluca scientillans 夜光藻	40	0	10	16.7	20.8	0.30	0	0	10	3.3	5.8	0.07	0	0	0.0	0.0	0.00
Protoperidinium spp. 多甲藻	0	10	0	3.3	5.8	0.06	0	0	0	0.0	0.0	0.00	0	0	0.0	0.0	0.00
藍綠藻類																	
Trichodesmium spp. 束毛藻	0	0	0	0.0	0.0	0.00	40	560	250	283.3	261.6	6.34	20	80	50.0	42.4	1.08
總　合	4,010	5,800	6,990	5,600	1,500	100.0	3,420	4,710	5,280	4,470	953	100.0	3,830	5,400	4,615	1,110	100.0
Species No. 種類數	36	32	23	43			27	29	27	36			23	29	31		
Simpson's Dominance Index 優勢種指數	0.1149	0.1438	0.1619	0.1360			0.1176	0.1322	0.1238	0.1132			0.2116	0.1517	0.1628		
Shannon-Weiner Index 歧異度指數	2.5617	2.3507	2.1620	2.3887			2.4564	2.4318	2.4010	2.5046			2.0472	2.3044	2.2564		
Evenness 均勻度指數	0.7149	0.6783	0.6895	0.6351			0.7453	0.7222	0.7285	0.6989			0.6529	0.6843	0.6571		

表3-5 民國106年3月10日第三核能發電廠附近海域監測站表層動物性浮游生物各大類之豐度(ind./1000m^3)及生物量

Station	18S	20S	21S	Mean	S.D.	%	22S	23S	24S	Mean	S.D.	%	14S	12S	Mean	S.D.	%
Category																	
Noctiluca 夜光蟲	9,273	14,624	6,530	10,142	4,116	3.28	13,348	14,368	13,350	13,689	588	5.29	14,265	11,266	12,766	2,120	10.07
Foraminifera 有孔蟲	2,927	2,245	1,590	2,254	669	0.73	1,579	3,526	2,589	2,565	974	0.99	4,770	4,596	4,683	123	3.69
Radiolaria 放射蟲	62	79	22	55	29	0.02	66	0	0	22	38	0.01	36	157	96	85	0.08
Medusa 水母	10,259	3,148	545	4,651	5,028	1.51	2,273	3,484	3,827	3,194	816	1.23	2,898	2,062	2,480	591	1.96
Siphonophore 管水母	5,884	3,510	989	3,461	2,448	1.12	6,012	5,480	2,663	4,718	1,800	1.82	3,981	2,352	3,167	1,152	2.50
Ctenophora 櫛水母	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00
Cladocera 枝角類	606	603	126	445	276	0.14	765	2,482	237	1,161	1,174	0.45	1,188	199	694	699	0.55
Copepoda nauplius 橈足類幼生	5,033	2,401	852	2,762	2,114	0.89	1,458	6,178	4,265	3,967	2,374	1.53	1,963	2,585	2,274	440	1.79
Calanoida 哲水蚤	280,545	313,864	22,153	205,520	159,673	66.53	72,002	252,026	95,527	139,852	97,856	54.04	76,431	30,787	53,609	32,275	42.30
Cyclopoida 劍水蚤	35,400	21,724	5,657	20,927	14,887	6.77	20,101	45,978	19,800	28,626	15,028	11.06	15,261	9,109	12,185	4,350	9.61
Harpacticoida 猛水蚤	435	174	0	203	219	0.07	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00
Amphipoda 端腳類	1,333	3,025	68	1,475	1,483	0.48	236	1,670	342	749	799	0.29	261	50	156	150	0.12
Crab megalopa 大眼幼生	0	47	0	16	27	0.01	0	0	66	22	38	0.01	0	0	0	0	0.00
Crab larvae 蟹幼生	1,595	680	58	777	773	0.25	1,965	1,934	1,946	1,949	16	0.75	190	180	185	7	0.15
Shrimp larvae 蝦幼生	20,925	10,719	1,776	11,140	9,581	3.61	7,336	14,053	3,470	8,286	5,355	3.20	2,484	824	1,654	1,174	1.30
Mysidacea 糠蝦類	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00
Euphausiacea 磷蝦類	187	0	0	62	108	0.02	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00
Sergestidae 櫻蝦類	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00
Luciferinae 螢蝦類	60	1,366	22	483	765	0.16	22	303	217	181	144	0.07	0	25	12	18	0.01
Other Decapoda 其他十足類	360	1,139	12	503	577	0.16	269	375	26	223	179	0.09	0	0	0	0	0.00
Ostracoda 介形類	4,644	4,110	102	2,952	2,483	0.96	458	3,686	756	1,633	1,784	0.63	83	65	74	13	0.06
Pteropoda 翼足類	5,986	12,037	229	6,084	5,905	1.97	869	1,641	756	1,089	482	0.42	867	522	694	244	0.55
Heteropoda 異足類	4,724	2,654	514	2,631	2,105	0.85	1,187	1,429	3,102	1,906	1,043	0.74	1,685	996	1,340	488	1.06
Cephalopoda larvae 頭足類幼生	0	79	0	26	46	0.01	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00
Bivalvia 二枚貝幼生	184	79	46	103	72	0.03	41	0	0	14	24	0.01	28	31	29	2	0.02
Chaetognatha 毛顎類	4,866	13,760	242	6,289	6,870	2.04	1,626	11,860	9,351	7,612	5,334	2.94	2,440	1,086	1,763	957	1.39
Appendicularia 有尾類	12,867	10,271	4,192	9,110	4,452	2.95	14,705	35,669	14,701	21,692	12,105	8.38	19,312	15,709	17,510	2,548	13.82
Thaliacae 海樽類	26,629	10,201	3,668	13,499	11,830	4.37	3,906	11,658	13,086	9,550	4,940	3.69	14,195	4,525	9,360	6,837	7.38
Polychaeta 多毛類	2,217	886	116	1,073	1,063	0.35	425	1,530	887	947	555	0.37	645	226	435	296	0.34
Barnacle nauplius 藤壺幼生	371	79	0	150	195	0.05	104	962	296	454	450	0.18	36	55	46	14	0.04
Echinodermata larvae 棘皮動物幼生	122	0	46	56	62	0.02	44	0	0	15	25	0.01	71	105	88	24	0.07
Fish egg 魚卵	1,586	1,580	586	1,251	576	0.40	1,283	4,234	5,899	3,805	2,338	1.47	1,551	992	1,271	395	1.00
Fish larvae 仔稚魚	666	1,633	12	770	816	0.25	252	1,246	999	833	517	0.32	226	55	141	120	0.11
Other 其他	60	79	0	46	41	0.02	0	0	138	46	80	0.02	28	40	34	9	0.03
TOTAL	439,805	436,795	50,153	308,918	224,102	100.0	152,332	425,773	198,296	258,800	146,417	100.0	164,892	88,597	126,745	53,949	100.0
Biomass 生物量：																	
Wet wt. 濕重 (g/1000 m^3)	63.2	49.7	6.1	39.6	29.8		19.6	37.3	33.0	29.9	9.2		18.6	11.1	14.9	5.4	
Dry wt. 乾重 (g/1000 m^3)	5.0	5.4	0.3	3.6	2.8		0.9	2.6	2.2	1.9	0.9		0.9	0.7	0.8	0.1	
Displa. V. 排水容積量 (ml/1000 m^3)	99.1	81.4	31.5	70.7	35.0		38.6	57.6	70.7	55.6	16.1		8.1	108.0	58.1	70.6	
Settling V. 生物沉澱量 (ml/1000 m^3)	412.8	279.2	59.0	250.3	178.7		100.6	215.4	328.8	214.9	114.1		145.3	82.4	113.8	44.5	
Impurity 雜質 (%)	7.8	15.2	26.9	16.6	9.6		10.0	10.1	33.2	17.8	13.4		45.1	65.5	55.3	14.4	
Species No. 種類數	29	29	25	31			26	23	25	28			25	26	26		
Simpson's Dominance Index 優勢種指數	0.4221	0.5238	0.2405	0.4539			0.2633	0.3736	0.2615	0.3186			0.2546	0.1869	0.2262		
Shannon-Weiner Index 歧異度指數	1.5589	1.3330	1.9262	1.5055			1.9012	1.6463	1.9773	1.8088			1.9087	2.0789	1.9842		
Evenness 均勻度指數	0.4630	0.3959	0.5984	0.4384			0.5835	0.5251	0.6143	0.5428			0.5930	0.6381	0.6090		

表3-6 民國106年3月10日第三核能發電廠附近海域監測站垂直動物性浮游生物各大類之豐度(ind./1000m^3)及生物量

Station	18V	20V	21V				22V	23V	24V				14V	12V			
Category				Mean	S.D.	%				Mean	S.D.	%			Mean	S.D.	%
Noctiluca 夜光蟲	40,803	29,473	9,606	26,627	15,792	2.96	18,778	17,466	11,990	16,078	3,601	2.17	11,791	27,883	19,837	11,379	4.04
Foraminifera 有孔蟲	16,804	23,251	6,404	15,486	8,500	1.72	20,708	9,136	9,080	12,975	6,697	1.75	6,491	21,285	13,888	10,461	2.83
Radiolaria 放射蟲	0	0	0	0	0	0.00	0	269	361	210	188	0.03	0	388	194	274	0.04
Medusa 水母	37,192	16,374	3,144	18,903	17,165	2.10	33,469	23,377	4,234	20,360	14,849	2.74	20,423	16,053	18,238	3,090	3.72
Siphonophore 管水母	9,083	5,567	4,192	6,281	2,523	0.70	7,120	9,405	3,410	6,645	3,026	0.90	3,440	5,139	4,289	1,202	0.87
Ctenophora 櫛水母	0	1,310	0	437	756	0.05	476	269	0	248	239	0.03	776	776	776	0	0.16
Cladocera 枝角類	2,123	0	582	902	1,097	0.10	1,504	4,299	1,075	2,293	1,751	0.31	1,138	1,226	1,182	63	0.24
Copepoda nauplius 橈足類幼生	11,410	11,134	2,620	8,388	4,997	0.93	14,340	9,942	14,306	12,863	2,530	1.73	9,569	10,790	10,180	863	2.07
Calanoida 哲水蚤	881,280	682,794	127,149	563,741	390,907	62.60	571,826	238,338	257,480	355,881	187,258	47.98	155,825	213,872	184,848	41,045	37.66
Cyclopoida 劍水蚤	139,187	90,384	19,387	82,986	60,242	9.21	118,306	55,890	50,405	74,867	37,719	10.09	41,650	42,833	42,242	837	8.61
Harpacticoida 猛水蚤	793	327	0	373	398	0.04	0	537	0	179	310	0.02	0	0	0	0	0.00
Amphipoda 端腳類	9,798	1,965	0	3,921	5,183	0.44	2,056	269	4,503	2,276	2,126	0.31	1,138	419	778	508	0.16
Crab megalopa 大眼幼生	0	327	0	109	189	0.01	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00
Crab larvae 蟹幼生	4,017	327	349	1,565	2,124	0.17	1,028	6,986	3,873	3,962	2,980	0.53	1,499	1,164	1,332	237	0.27
Shrimp larvae 蝦幼生	35,305	28,163	4,308	22,592	16,232	2.51	52,271	13,704	9,544	25,173	23,560	3.39	6,852	8,306	7,579	1,028	1.54
Mysidacea 糠蝦類	0	327	0	109	189	0.01	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00
Euphausiacea 磷蝦類	0	327	0	109	189	0.01	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00
Sergestidae 櫻蝦類	1,612	0	0	537	931	0.06	476	0	0	159	275	0.02	0	0	0	0	0.00
Luciferinae 螢蝦類	5,374	327	0	1,900	3,013	0.21	476	537	0	338	294	0.05	0	0	0	0	0.00
Other Decapoda 其他十足類	0	655	0	218	378	0.02	1,103	537	537	726	327	0.10	0	0	0	0	0.00
Ostracoda 介形類	14,123	3,275	1,339	6,246	6,890	0.69	10,705	0	2,882	4,529	5,539	0.61	1,887	388	1,138	1,060	0.23
Pteropoda 翼足類	33,699	13,427	291	15,806	16,831	1.76	9,527	2,418	537	4,161	4,741	0.56	1,084	2,360	1,722	902	0.35
Heteropoda 異足類	6,626	6,550	1,630	4,935	2,863	0.55	11,106	4,837	2,344	6,096	4,515	0.82	4,417	5,263	4,840	598	0.99
Cephalopoda larvae 頭足類幼生	511	0	0	170	295	0.02	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00
Bivalvia 二枚貝幼生	0	0	0	0	0	0.00	0	269	0	90	155	0.01	0	419	210	296	0.04
Chaetognatha 毛顎類	40,325	14,409	291	18,342	20,305	2.04	21,385	8,867	10,090	13,447	6,901	1.81	23,435	10,340	16,887	9,260	3.44
Appendicularia 有尾類	120,843	54,034	17,407	64,095	52,447	7.12	162,229	159,608	119,248	147,028	24,095	19.82	125,699	144,770	135,234	13,486	27.55
Thaliacae 海樽類	40,063	17,684	640	19,462	19,771	2.16	24,494	8,598	12,119	15,070	8,348	2.03	14,146	21,502	17,824	5,201	3.63
Polychaeta 多毛類	7,648	2,620	873	3,714	3,517	0.41	12,510	2,150	4,762	6,474	5,388	0.87	2,329	2,391	2,360	44	0.48
Barnacle nauplius 藤壺幼生	1,586	655	0	747	797	0.08	1,429	806	1,260	1,165	322	0.16	388	388	388	0	0.08
Echinodermata larvae 棘皮動物幼生	511	982	0	498	491	0.06	2,933	806	630	1,456	1,282	0.20	0	419	210	296	0.04
Fish egg 魚卵	3,454	3,930	6,928	4,771	1,884	0.53	552	4,568	5,494	3,538	2,627	0.48	3,105	1,615	2,360	1,054	0.48
Fish larvae 仔稚魚	15,172	2,947	349	6,156	7,915	0.68	4,513	2,956	1,983	3,150	1,276	0.42	3,881	776	2,329	2,196	0.47
Other 其他	1,330	0	0	443	768	0.05	953	0	0	318	550	0.04	0	0	0	0	0.00
TOTAL	1,480,673	1,013,548	207,491	900,571	644,066	100.0	1,106,272	586,843	532,148	741,754	316,864	100.0	440,962	540,765	490,863	70,571	100.0
Biomass 生物量：																	
Wet wt. 濕重 (g/1000 m^3)	224.8	92.0	27.5	114.8	100.6		105.4	49.2	36.9	63.8	36.5		41.9	104.3	73.1	44.1	
Dry wt. 乾重 (g/1000 m^3)	18.7	8.5	6.8	11.3	6.4		6.3	2.7	2.9	4.0	2.1		3.1	2.8	2.9	0.2	
Displa. V. 排水容積量 (ml/1000 m^3)	181.5	491.2	832.5	501.8	325.6		1020.4	967.3	793.1	926.9	118.9		480.5	1389.5	935.0	642.8	
Settling V. 生物沉澱量 (ml/1000 m^3)	1591.2	884.2	128.1	867.8	731.7		1604.5	591.1	601.3	932.3	582.1		791.0	801.1	796.0	7.2	
Impurity 雜質 (%)	25.3	33.8	62.9	40.6	19.7		14.5	6.2	15.2	11.9	5.0		30.2	44.5	37.3	10.1	
Species No. 種類數	27	28	19	32			27	27	24	30			22	25	25		
Simpson's Dominance Index 優勢種指數	0.0936	0.4679	0.0621	0.3519			0.0559	0.2526	0.2965	0.2838			0.2231	0.2423	0.2324		
Shannon-Weiner Index 歧異度指數	1.1886	1.4176	0.9756	1.5482			1.1280	1.8774	1.7584	1.8356			1.9574	1.8837	1.9319		
Evenness 均勻度指數	0.3606	0.4254	0.3313	0.4467			0.3422	0.5696	0.5533	0.5397			0.6332	0.5852	0.6002		

表3-7 民國106年5月24日第三核能發電廠附近海域監測站表層動物性浮游生物各大類之豐度(ind./1000m^3)及生物量

Station	18S	20S	21S				22S	23S	24S				14S	12S			
Category				Mean	S.D.	%				Mean	S.D.	%			Mean	S.D.	%
Noctiluca 夜光蟲	53,707	37,284	36,354	42,448	9,761	7.77	44,031	39,733	25,077	36,280	9,938	9.27	31,382	64,055	47,718	23,103	8.48
Foraminifera 有孔蟲	2,625	7,357	3,172	4,385	2,588	0.80	8,627	5,778	2,637	5,681	2,997	1.45	3,456	4,202	3,829	527	0.68
Radiolaria 放射蟲	0	199	0	66	115	0.01	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00
Medusa 水母	3,135	2,690	780	2,202	1,251	0.40	995	297	424	572	372	0.15	1,023	820	921	143	0.16
Siphonophore 管水母	23,127	8,334	3,965	11,809	10,042	2.16	6,676	3,144	4,056	4,625	1,834	1.18	6,748	3,505	5,126	2,293	0.91
Ctenophora 櫛水母	721	523	68	437	334	0.08	122	216	22	120	97	0.03	103	0	51	73	0.01
Cladocera 枝角類	42,675	27,713	13,050	27,813	14,813	5.09	16,711	2,713	4,681	8,035	7,578	2.05	31,158	63,690	47,424	23,004	8.42
Copepoda nauplius 橈足類幼生	101	100	68	90	19	0.02	99	0	22	41	52	0.01	238	78	158	114	0.03
Calanoida 哲水蚤	413,105	481,759	87,649	327,504	210,538	59.98	202,588	216,784	372,319	263,897	94,164	67.44	450,990	240,676	345,833	148,714	61.44
Cyclopoida 劍水蚤	76,088	58,006	30,389	54,828	23,015	10.04	46,090	21,044	59,553	42,229	19,543	10.79	97,265	35,621	66,443	43,589	11.80
Harpacticoida 猛水蚤	0	100	0	33	58	0.01	23	20	0	14	13	0.00	0	0	0	0	0.00
Amphipoda 端腳類	565	299	756	540	230	0.10	198	284	492	325	151	0.08	869	117	493	531	0.09
Crab megalopa 大眼幼生	0	0	0	0	0	0.00	0	372	0	124	215	0.03	0	0	0	0	0.00
Crab larvae 蟹幼生	3,093	1,719	1,218	2,010	971	0.37	886	453	2,190	1,176	904	0.30	4,296	740	2,518	2,514	0.45
Shrimp larvae 蝦幼生	5,921	10,609	4,011	6,847	3,395	1.25	3,577	1,586	1,241	2,135	1,261	0.55	3,745	1,875	2,810	1,323	0.50
Mysidacea 糠蝦類	0	0	0	0	0	0.00	23	40	22	29	10	0.01	0	0	0	0	0.00
Euphausiacea 磷蝦類	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00
Sergestidae 櫻蝦類	0	1,376	45	474	782	0.09	69	100	22	64	39	0.02	154	117	136	26	0.02
Luciferinae 螢蝦類	202	1,321	229	584	638	0.11	466	284	235	328	122	0.08	51	235	143	130	0.03
Other Decapoda 其他十足類	514	100	230	281	212	0.05	198	0	0	66	115	0.02	0	0	0	0	0.00
Ostracoda 介形類	5,710	4,709	413	3,611	2,814	0.66	1,078	953	492	841	309	0.21	290	352	321	44	0.06
Pteropoda 翼足類	2,676	2,336	874	1,962	958	0.36	2,024	653	1,386	1,354	686	0.35	1,873	430	1,151	1,020	0.20
Heteropoda 異足類	6,072	4,628	1,580	4,093	2,294	0.75	3,911	1,911	5,978	3,934	2,034	1.01	5,076	1,674	3,375	2,406	0.60
Cephalopoda larvae 頭足類幼生	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00
Bivalvia 二枚貝幼生	206	106	0	104	103	0.02	99	40	22	54	40	0.01	290	235	262	39	0.05
Chaetognatha 毛顎類	5,407	8,216	1,331	4,985	3,462	0.91	4,955	2,371	10,658	5,995	4,240	1.53	14,355	5,550	9,953	6,226	1.77
Appendicularia 有尾類	19,334	9,606	4,064	11,001	7,730	2.01	7,940	5,886	1,508	5,111	3,285	1.31	3,951	7,595	5,773	2,577	1.03
Thaliacae 海樽類	7,830	2,747	1,584	4,054	3,321	0.74	2,225	681	961	1,289	822	0.33	2,078	1,558	1,818	368	0.32
Polychaeta 多毛類	1,492	423	574	830	578	0.15	1,223	236	514	658	509	0.17	476	312	394	116	0.07
Barnacle nauplius 藤壺幼生	257	206	92	185	84	0.03	46	88	212	116	86	0.03	51	117	84	47	0.01
Echinodermata larvae 棘皮動物幼生	826	517	391	578	224	0.11	588	412	22	341	290	0.09	341	273	307	48	0.05
Fish egg 魚卵	73,391	8,601	12,502	31,498	36,333	5.77	7,613	5,084	4,437	5,711	1,678	1.46	12,693	18,553	15,623	4,144	2.78
Fish larvae 仔稚魚	978	903	207	696	425	0.13	268	148	0	139	134	0.04	341	78	209	186	0.04
Other 其他	0	106	0	35	61	0.01	0	0	0	0	0	0.00	51	0	26	36	0.00
TOTAL	749,758	682,593	205,596	545,983	296,690	100.0	363,353	311,314	499,185	391,284	97,000	100.0	673,344	452,458	562,901	156,190	100.0
Biomass 生物量：																	
Wet wt. 濕重 (g/1000 m^3)	60.0	40.7	23.5	41.4	18.3		22.3	20.4	43.1	28.6	12.6		71.2	28.7	50.0	30.1	
Dry wt. 乾重 (g/1000 m^3)	4.1	3.4	1.1	2.9	1.6		1.7	1.7	3.9	2.4	1.3		5.8	1.9	3.9	2.8	
Displa. V. 排水容積量 (ml/1000 m^3)	70.8	63.8	51.5	62.0	9.8		36.4	32.1	55.6	41.3	12.5		106.5	48.8	77.6	40.9	
Settling V. 生物沉澱量 (ml/1000 m^3)	218.9	167.7	91.8	159.4	64.0		82.8	58.1	285.5	142.1	124.8		345.5	145.4	245.5	141.5	
Impurity 雜質 (%)	3.2	3.5	4.0	3.5	0.4		4.8	6.1	31.4	14.1	15.0		6.6	12.1	9.3	3.9	
Species No. 種類數	26	30	26	30			29	28	26	30			27	25	27		
Simpson's Dominance Index 優勢種指數	0.3339	0.5111	0.2442	0.3833			0.3461	0.5071	0.5740	0.4767			0.4749	0.3313	0.4071		
Shannon-Weiner Index 歧異度指數	1.6788	1.2904	1.8690	1.5833			1.6357	1.2079	1.0313	1.3009			1.2716	1.5472	1.4219		
Evenness 均勻度指數	0.5153	0.3794	0.5736	0.4655			0.4857	0.3625	0.3165	0.3825			0.3858	0.4807	0.4314		

表3-8 民國106年5月24日第三核能發電廠附近海域監測站垂直動物性浮游生物各大類之豐度(ind./1000m^3)及生物量

Station	18V	20V	21V				22V	23V	24V				14V	12V			
Category				**Mean**	**S.D.**	**%**				**Mean**	**S.D.**	**%**			**Mean**	**S.D.**	**%**
Noctiluca 夜光蟲	464,409	450,728	88,339	334,492	213,285	10.58	135,256	378,190	378,712	297,386	140,409	10.05	302,404	441,180	371,792	98,130	3.82
Foraminifera 有孔蟲	86,105	137,512	4,566	76,061	67,040	2.41	14,489	52,100	81,506	49,365	33,592	1.67	26,947	78,745	52,846	36,627	0.54
Radiolaria 放射蟲	1,048	1,164	1,747	1,320	374	0.04	0	806	582	463	416	0.02	0	0	0	0	0.00
Medusa 水母	24,277	40,054	5,638	23,323	17,228	0.74	17,586	26,771	32,020	25,459	7,306	0.86	26,947	41,169	34,058	10,056	0.35
Siphonophore 管水母	54,842	61,362	6,802	41,002	29,797	1.30	19,813	38,523	42,791	33,709	12,222	1.14	41,917	97,608	69,762	39,379	0.72
Ctenophora 櫛水母	1,921	1,164	0	1,029	968	0.03	806	0	1,164	657	596	0.02	0	0	0	0	0.00
Cladocera 枝角類	94,838	122,026	13,513	76,792	56,463	2.43	53,521	45,566	51,523	50,203	4,138	1.70	113,776	288,032	200,904	123,218	2.06
Copepoda nauplius 橈足類幼生	1,921	3,726	2,267	2,638	958	0.08	1,909	552	582	1,014	775	0.03	0	14,072	7,036	9,951	0.07
Calanoida 哲水蚤	3,302,039	2,001,903	171,867	1,825,270	1,572,544	57.76	1,589,614	1,464,095	2,343,005	1,798,905	475,366	60.81	4,464,198	9,230,350	6,847,274	3,370,179	70.33
Cyclopoida 劍水蚤	412,362	755,095	70,046	412,501	342,524	13.05	364,634	466,394	364,739	398,589	58,721	13.47	763,495	2,092,125	1,427,810	939,484	14.67
Harpacticoida 猛水蚤	0	1,048	552	533	524	0.02	276	552	3,493	1,440	1,783	0.05	0	7,186	3,593	5,081	0.04
Amphipoda 端腳類	4,366	20,609	0	8,325	10,860	0.26	552	552	4,949	2,017	2,539	0.07	5,988	17,515	11,752	8,151	0.12
Crab megalopa 大眼幼生	524	0	0	175	303	0.01	0	806	1,164	657	596	0.02	0	0	0	0	0.00
Crab larvae 蟹幼生	13,448	28,061	2,880	14,797	12,645	0.47	4,073	2,206	10,770	5,683	4,503	0.19	29,941	104,644	67,292	52,823	0.69
Shrimp larvae 蝦幼生	78,944	74,869	3,371	52,395	42,505	1.66	34,981	27,917	35,222	32,706	4,150	1.11	29,941	99,254	64,598	49,012	0.66
Mysidacea 糠蝦類	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00
Euphausiacea 磷蝦類	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0	0.00	0	0	0	0	0.00
Sergestidae 櫻蝦類	0	0	0	0	0	0.00	0	552	0	184	318	0.01	0	0	0	0	0.00
Luciferinae 螢蝦類	6,113	2,678	0	2,930	3,064	0.09	1,082	1,358	3,202	1,881	1,153	0.06	0	9,132	4,566	6,457	0.05
Other Decapoda 其他十足類	3,842	1,630	0	1,824	1,929	0.06	0	2,164	582	915	1,120	0.03	0	10,928	5,464	7,728	0.06
Ostracoda 介形類	43,489	10,712	1,164	18,455	22,199	0.58	22,380	8,952	8,151	13,161	7,994	0.44	2,994	14,821	8,907	8,363	0.09
Pteropoda 翼足類	13,623	30,507	3,462	15,864	13,661	0.50	11,667	20,322	11,644	14,544	5,004	0.49	17,965	28,893	23,429	7,728	0.24
Heteropoda 異足類	23,753	35,746	2,758	20,752	16,698	0.66	23,780	30,717	29,109	27,869	3,631	0.94	38,923	53,894	46,408	10,586	0.48
Cephalopoda larvae 頭足類幼生	524	0	0	175	303	0.01	276	552	582	470	169	0.02	2,994	0	1,497	2,117	0.02
Bivalvia 二枚貝幼生	0	0	582	194	336	0.01	827	1,358	0	728	684	0.02	0	0	0	0	0.00
Chaetognatha 毛顎類	21,657	34,815	4,566	20,346	15,167	0.64	25,604	17,692	15,719	19,672	5,232	0.66	137,728	386,987	262,358	176,252	2.69
Appendicularia 有尾類	89,948	114,225	20,989	75,054	48,369	2.37	26,262	55,112	121,677	67,684	48,934	2.29	11,976	117,668	64,822	74,735	0.67
Thaliacae 海樽類	17,116	37,027	5,607	19,917	15,896	0.63	17,522	15,104	17,466	16,697	1,380	0.56	20,959	27,396	24,177	4,552	0.25
Polychaeta 多毛類	13,448	20,027	2,267	11,914	8,979	0.38	5,940	6,831	9,897	7,556	2,076	0.26	20,959	31,438	26,198	7,410	0.27
Barnacle nauplius 藤壺幼生	4,366	1,164	0	1,844	2,261	0.06	552	1,655	873	1,026	567	0.03	5,988	749	3,368	3,705	0.03
Echinodermata larvae 棘皮動物幼生	4,541	7,452	4,535	5,509	1,682	0.17	5,155	3,861	3,202	4,073	993	0.14	0	3,743	1,871	2,646	0.02
Fish egg 魚卵	53,969	200,388	17,067	90,475	96,960	2.86	155,684	51,506	36,969	81,386	64,753	2.75	44,911	155,094	100,003	77,911	1.03
Fish larvae 仔稚魚	2,969	9,082	582	4,211	4,384	0.13	1,082	2,206	2,329	1,872	687	0.06	2,994	4,192	3,593	847	0.04
Other 其他	0	0	582	194	336	0.01	0	0	1,164	388	672	0.01	0	0	0	0	0.00
TOTAL	4,840,406	4,204,776	435,750	3,160,311	2,380,846	100.0	2,535,321	2,724,967	3,614,789	2,958,359	576,339	100.0	6,113,945	13,356,814	9,735,380	5,121,482	100.0
Biomass 生物量：																	
Wet wt. 濕重 (g/1000 m^3)	257.8	217.4	15.0	163.4	130.1		146.8	134.4	224.4	168.5	48.8		343.9	1231.9	787.9	627.9	
Dry wt. 乾重 (g/1000 m^3)	18.0	28.1	0.6	15.6	13.9		9.4	10.6	16.3	12.1	3.7		23.3	96.8	60.1	51.9	
Displa. V. 排水容積量 (ml/1000 m^3)	1222.6	524.0	291.1	679.2	484.8		477.3	477.3	727.7	560.8	144.6		1185.2	1422.2	1303.7	167.6	
Settling V. 生物沉澱量 (ml/1000 m^3)	1117.8	1234.2	226.7	859.6	551.1		594.0	678.8	1135.3	802.7	291.1		1571.9	5688.8	3630.3	2911.1	
Impurity 雜質 (%)	1.2	2.8	15.0	6.3	7.6		2.4	3.5	2.9	2.9	0.6		2.5	5.8	4.1	2.4	
Species No. 種類數	28	27	24	31			27	30	30	32			21	25	26		
Simpson's Dominance Index 優勢種指數	0.1209	0.2763	0.0424	0.0532			0.0107	0.3393	0.4437	0.4004			0.5523	0.5050	0.5192		
Shannon-Weiner Index 歧異度指數	1.0079	1.8415	1.2042	0.9851			0.5226	1.5949	1.3977	1.4974			1.0931	1.2018	1.1727		
Evenness 均勻度指數	0.3025	0.5587	0.3789	0.2869			0.1586	0.4689	0.4110	0.4320			0.3590	0.3733	0.3599		

表3-9 民國106年3月10日和5月24日第三核能發電廠附近海域對照與監測測站植物性浮游生物之平均密度比較(cells/l)

	環保署公告之沈澱法						原過濾濃縮法分析					
	對照測站		監測測站		所有測站		對照測站		監測測站		所有測站	
日期	Mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
106年3月10日	137	124	113	67	110	81	217	126	257	23	252	99
106年5月24日	2,432	828	1,760	1,589	2,463	1,261	5,600	1,500	4,470	953	4,930	1,179

註：對照測站為18、20和21，監測測站為22、23和24

表3-10 民國106年3月10日和5月24日第三核能發電廠附近海域對照與監測測站動物性浮游生物之平均豐度比較(ind./m^3)

	水平採樣				垂直採樣				所有測站	
	對照測站		監測測站		對照測站		監測測站			
日期	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
106年3月10日	309	224	259	146	901	644	742	317	492	400
106年5月24日	546	297	391	97	3,160	2,381	2,958	576	2,610	3,437

註：對照測站為18、20和21，監測測站為22、23和24

表3-11 民國106年3月10日和5月24日第三核能發電廠附近海域對照與監測測站蝦蟹幼生、魚卵及仔魚之平均豐度比較(ind./m^3)

	水平採樣				垂直採樣				所有測站	
	對照測站		監測測站		對照測站		監測測站			
日期	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD	mean	SD
A.蝦幼生										
106年3月10日	**11.7**	9.8	8.5	5.5	23.5	17.0	**26.1**	24.2	14.2	14.6
106年5月24日	**7.6**	4.0	2.3	1.4	**54.2**	44.1	33.8	2.8	27.5	34.0
B.蟹幼生										
106年3月10日	0.8	0.8	**2.0**	0.0	1.7	2.0	**4.0**	3.0	1.8	1.8
106年5月24日	2.0	1.0	1.3	0.8	**15.0**	12.6	6.3	4.9	13.3	26.1
C.魚卵										
106年3月10日	1.3	0.6	**3.8**	2.3	**4.8**	1.9	3.5	2.6	3.0	2.0
106年5月24日	**31.5**	36.3	5.7	1.7	**90.5**	97.0	81.4	64.8	53.7	62.1
D.仔魚										
106年3月10日	0.77	0.82	0.83	0.52	**6.16**	7.92	3.15	1.28	2.4	3.7
106年5月24日	**0.70**	0.43	0.14	0.13	**4.21**	4.38	1.87	0.69	1.8	2.3

註：對照測站為18、20和21，監測測站為22、23和24

表3-12 One-way ANOVA 統計分析動物性浮游生物(ZP)、植物性浮游生物(PP)、魚卵(F-egg)、仔魚(F-lar)、蟹幼生(C-lar) 及 蝦幼生(S-lar)在各季節之不同年間差異

	第1次(冬季)		第2次(春季)		第3次(夏季)		第4次(秋季)	
	F value	**Probability**	**F value**	**Probability**	**F value**	**Probability**	**F value**	**Probability**
Log(ZP)	5.37	< 0.0001***	11.18	< 0.0001***	8.66	< 0.0001***	4.48	< 0.0001***
Log(PP)	32.97	< 0.0001***	20.74	< 0.0001***	45.25	< 0.0001***	43.86	< 0.0001***
Log(F-egg)	4.85	< 0.0001***	3.79	0.0001***	2.70	0.0003***	2.35	0.0019**
Log(F-lar)	3.05	< 0.0001***	3.05	< 0.0001***	8.53	< 0.0001***	2.88	0.0001***
Log(C-lar)	5.00	< 0.0001***	5.43	< 0.0001***	5.20	< 0.0001***	2.36	0.0018**
Log(S-lar)	4.75	< 0.0001***	4.98	< 0.0001***	7.01	< 0.0001***	5.26	< 0.0001***

ns＝無顯著差異　*：p≦ 0.05　**：p≦ 0.01　***：p≦ 0.001

表3-13 Duncan's多變距統計分析動物性浮游生物(ZP)、植物性浮游生物(PP)、魚卵(F-egg)、仔魚(F-lar)、蟹幼生(C-lar)及蝦幼生(S-lar)在第1次(冬季)與第2次(春季)之不同年份間的差異

項目＼年	年代 (民國)																					
第1次(冬季)	High																				Low	
Log(ZP)	100	99	86	97	92	96	88	101	102	89	94	87	104	103	105	95	**106**	93	98	91	90	
Log(PP)	88	103	97	86	92	94	87	99	**106**	90	105	102	95	104	98	89	100	101	93	96	91	
Log(F-egg)	86	87	97	102	103	100	98	99	90	**106**	95	88	96	93	94	101	105	91	89	92	104	
Log(F-lar)	92	103	**106**	99	101	98	87	94	102	93	97	105	104	95	86	96	90	91	100	88	89	
Log(C-lar)	102	86	101	97	96	87	100	99	104	**106**	95	94	103	92	98	88	90	91	105	93	89	
Log(S-lar)	100	102	103	92	97	101	87	99	88	96	98	**106**	89	93	94	86	90	105	95	91	104	
第2次(春季)																						
Log(ZP)	**106**	101	89	102	100	99	98	87	103	104	105	96	97	91	86	95	93	88	92	94	90	
Log(PP)	**106**	89	105	103	88	92	102	86	87	104	93	95	96	101	98	94	97	99	100	91	90	
Log(F-egg)	**106**	102	97	104	105	89	87	98	94	88	92	100	101	93	96	95	90	86	103	91	99	
Log(F-lar)	101	93	103	97	102	**106**	86	100	87	105	96	104	91	89	99	98	88	95	94	90	92	
Log(C-lar)	97	101	**106**	91	86	103	96	99	105	100	98	94	93	87	95	88	102	89	104	92	90	
Log(S-lar)	101	89	97	**106**	105	96	103	100	104	99	98	87	91	95	102	93	86	88	90	94	92	

———— 表示年間沒有顯著差異，豐度由高至低排列

表3-14 Duncan's多變距統計分析動物性浮游生物(ZP)、植物性浮游生物(PP)、魚卵(F-egg)、仔魚(F-lar)、蟹幼生(C-lar)及蝦幼生(S-lar)在第3次(夏季)與第4次(秋季)之不同年份間的差異

項目＼年	年代 (民國)																					
第3次(夏季)	High																					Low
Log(ZP)	98	104	100	95	103	102	101	99	94	97	90	87	86	105	85	93	92	96	91	89	88	
Log(PP)	103	85	87	93	102	88	97	92	90	101	86	89	94	104	96	95	99	100	105	91	98	
Log(F-egg)	99	94	105	98	92	103	90	95	102	86	100	104	96	88	85	89	97	91	87	93	101	
Log(F-lar)	103	98	86	100	99	102	94	104	105	89	97	101	88	92	91	96	87	85	93	90	95	
Log(C-lar)	85	91	99	98	102	103	100	97	89	92	101	96	87	90	94	104	86	95	105	93	88	
Log(S-lar)	98	97	103	104	102	99	101	85	90	100	94	87	86	91	96	89	92	95	93	88	105	
第4次(秋季)																						
Log(ZP)	102	99	85	101	93	98	104	97	103	95	100	86	89	94	96	105	92	87	91	88	90	
Log(PP)	104	87	102	89	93	96	86	97	98	91	101	92	95	105	85	103	94	88	99	90	100	
Log(F-egg)	85	89	105	86	97	98	100	93	95	103	88	96	104	92	87	91	94	101	90	99	102	
Log(F-lar)	97	99	101	85	89	100	86	95	105	103	102	96	104	94	93	91	98	92	87	90	88	
Log(C-lar)	95	85	100	103	104	93	97	101	86	87	92	105	99	96	89	90	98	91	94	102	88	
Log(S-lar)	102	101	97	99	96	93	85	94	98	92	103	105	95	100	91	89	104	86	87	88	90	

———— 表示年間沒有顯著差異，豐度由高至低排列

表3-15 民國85年7月至106年5月第三核能發電廠附近海域浮游生物於各季之總平均豐/密度

		採樣趟次 (n)	植物性浮游生物-沉澱法* (cells/l)	植物性浮游生物-濃縮法 (cells/l)	動物性浮游生物 (ind./m^3)	蝦幼生 (ind./m^3)	蟹幼生 (ind./m^3)	魚卵 (ind./m^3)	仔魚 (ind./m^3)
第1次	Mean	21	170	374	873	16.6	2.4	9.6	1.0
(冬)	*SD*		*188*	*446*	*518*	*11.1*	*2.0*	*19.2*	*0.7*
第2次	Mean	21	714	1,021	**1,091**	**18.4**	7.4	19.5	**1.7**
(春)	*SD*		*907*	*1,284*	*725*	*17.1*	*8.9*	*13.5*	*1.5*
第3次	Mean	21	**8,375**	**4,995**	950	**17.8**	**9.9**	**23.4**	**1.5**
(夏)	*SD*		*24,807*	*16,690*	*590*	*14.3*	*11.5*	*11.5*	*1.4*
第4次	Mean	21	482	1,431	629	12.4	2.9	7.3	0.6
(秋)	*SD*		*886*	*1,863*	*323*	*8.6*	*1.6*	*5.8*	*0.4*
每次	Mean	84	2,341	1,955	886	16.3	5.7	15.0	1.2
	SD		*12,131*	*8,465*	*574*	*13.1*	*7.9*	*14.8*	*1.2*

*：數據為民國96年1月至今，沉澱法第1~4次採樣趟次依序為11、11、10和10次

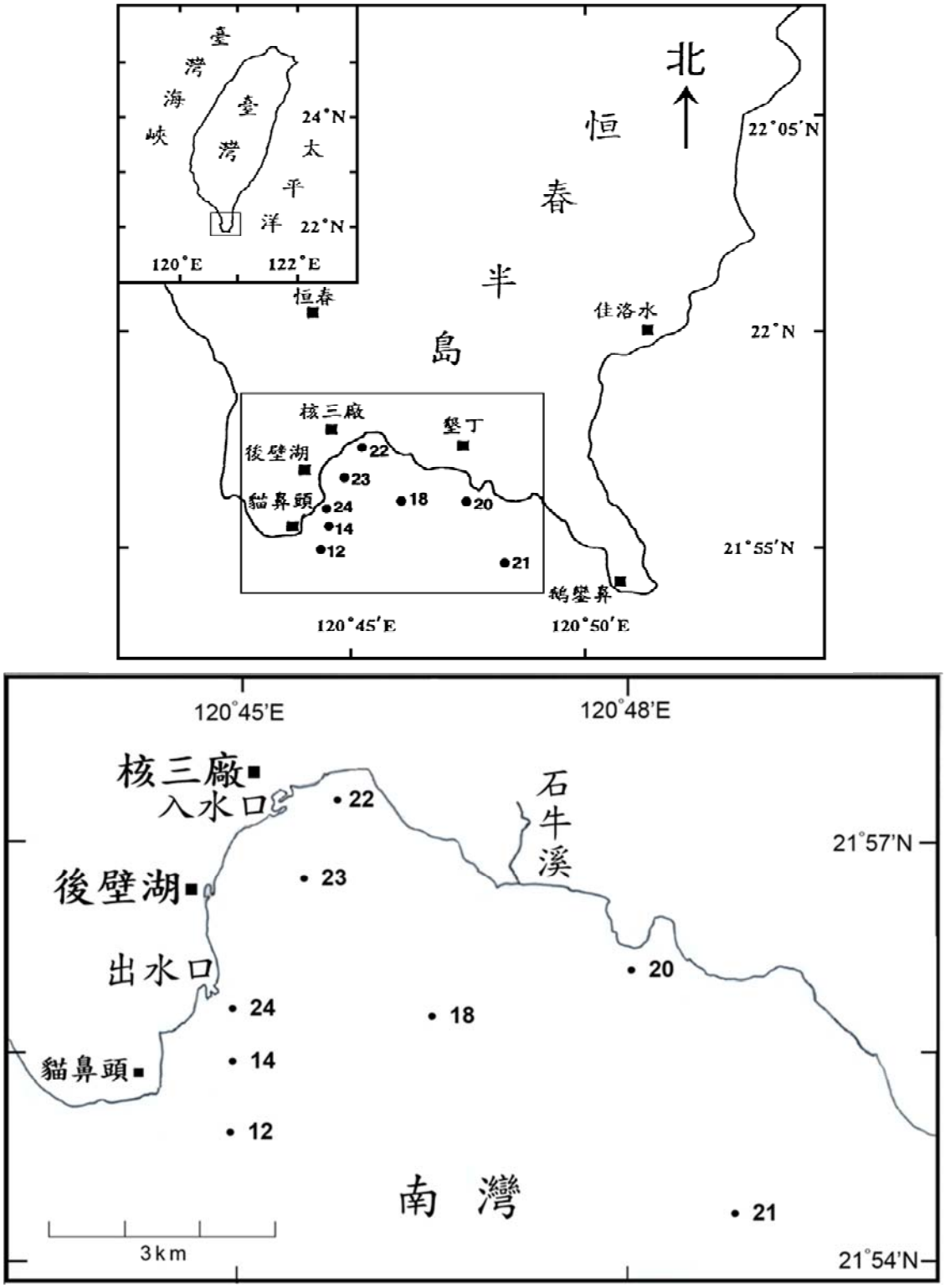


圖 3-1 第三核能發電廠附近海域監測站之位置圖

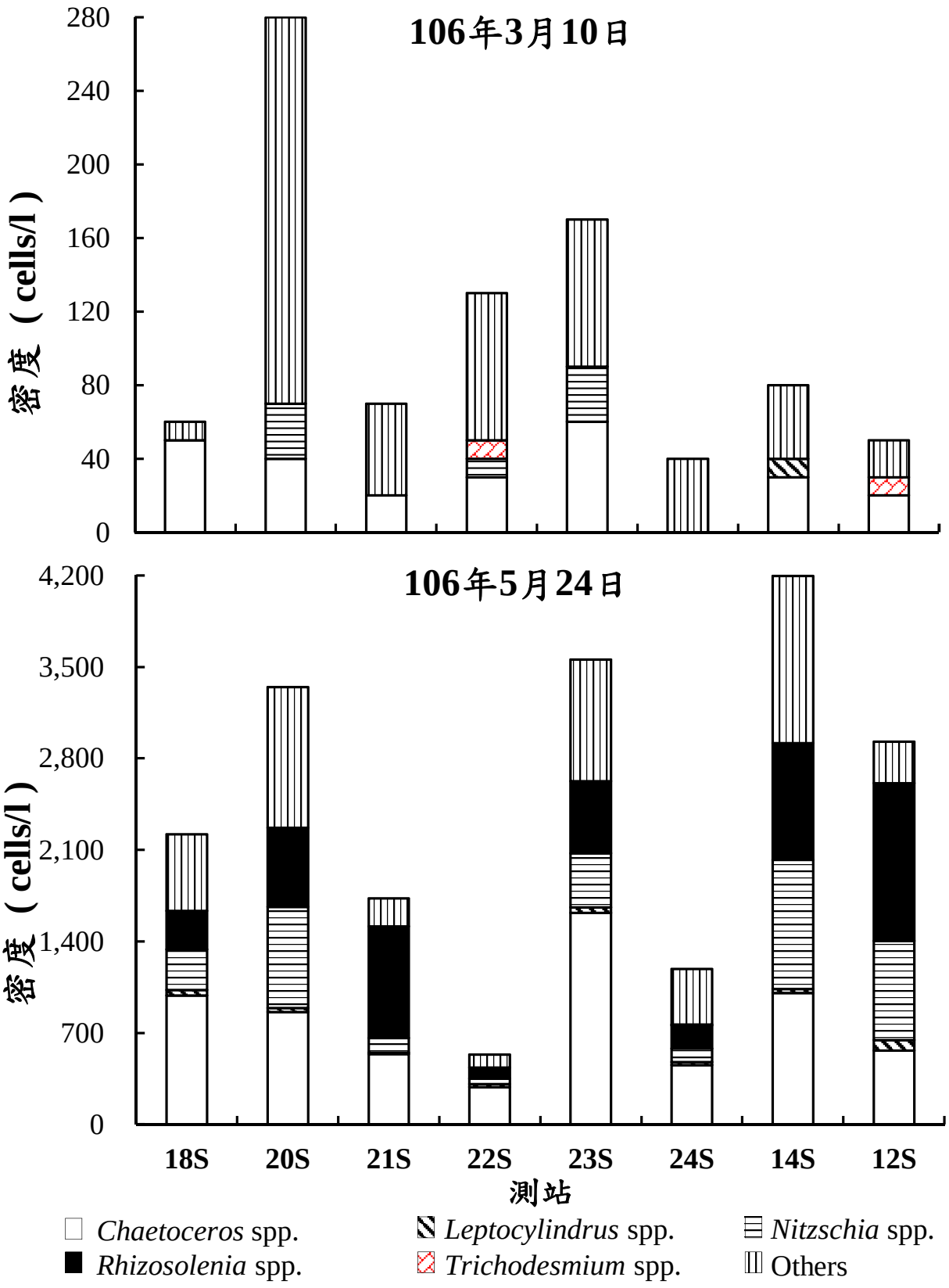


圖3-2　民國106年3月10日和5月24日第三核能發電廠附近海域各測站之植物性浮游生物組成圖(以沉澱法之數據分析)

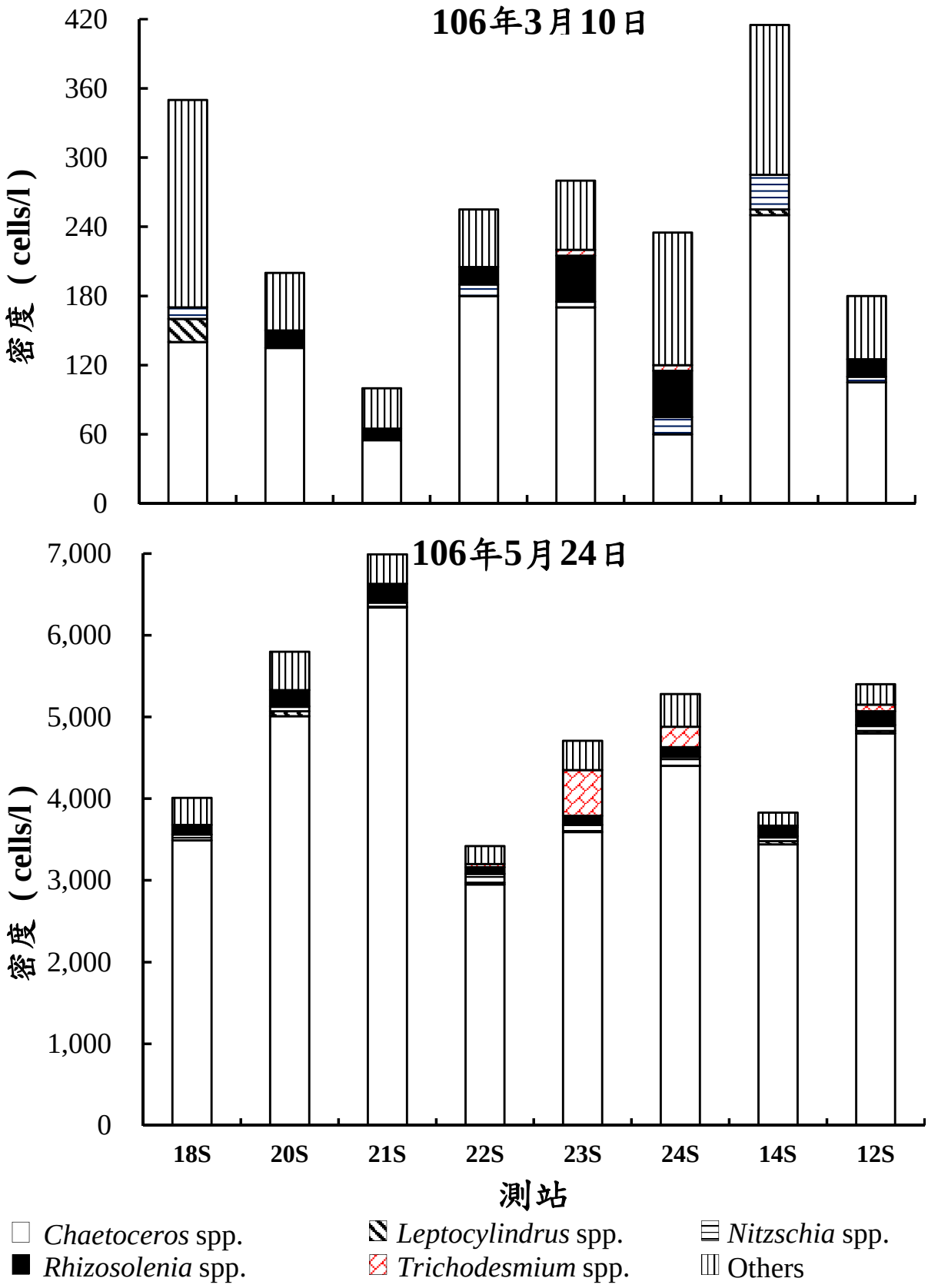


圖3-3　民國106年3月10日和5月24日第三核能發電廠附近海域各測站之植物性浮游生物組成圖(以濃縮法之數據分析)

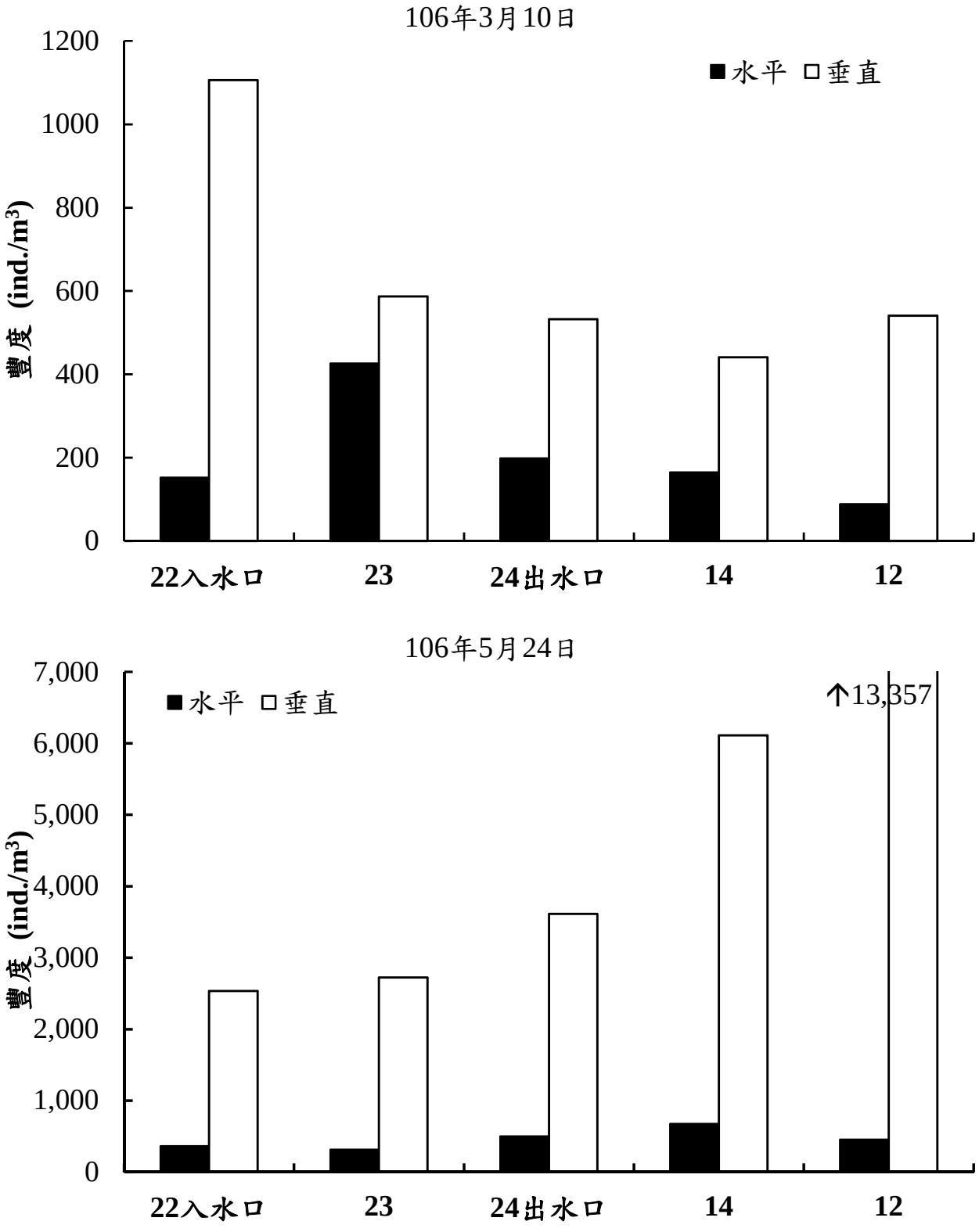


圖3-4　民國106年3月10日和5月24日第三核能發電廠動物性浮游生物豐度於入出水口及其擴散情形

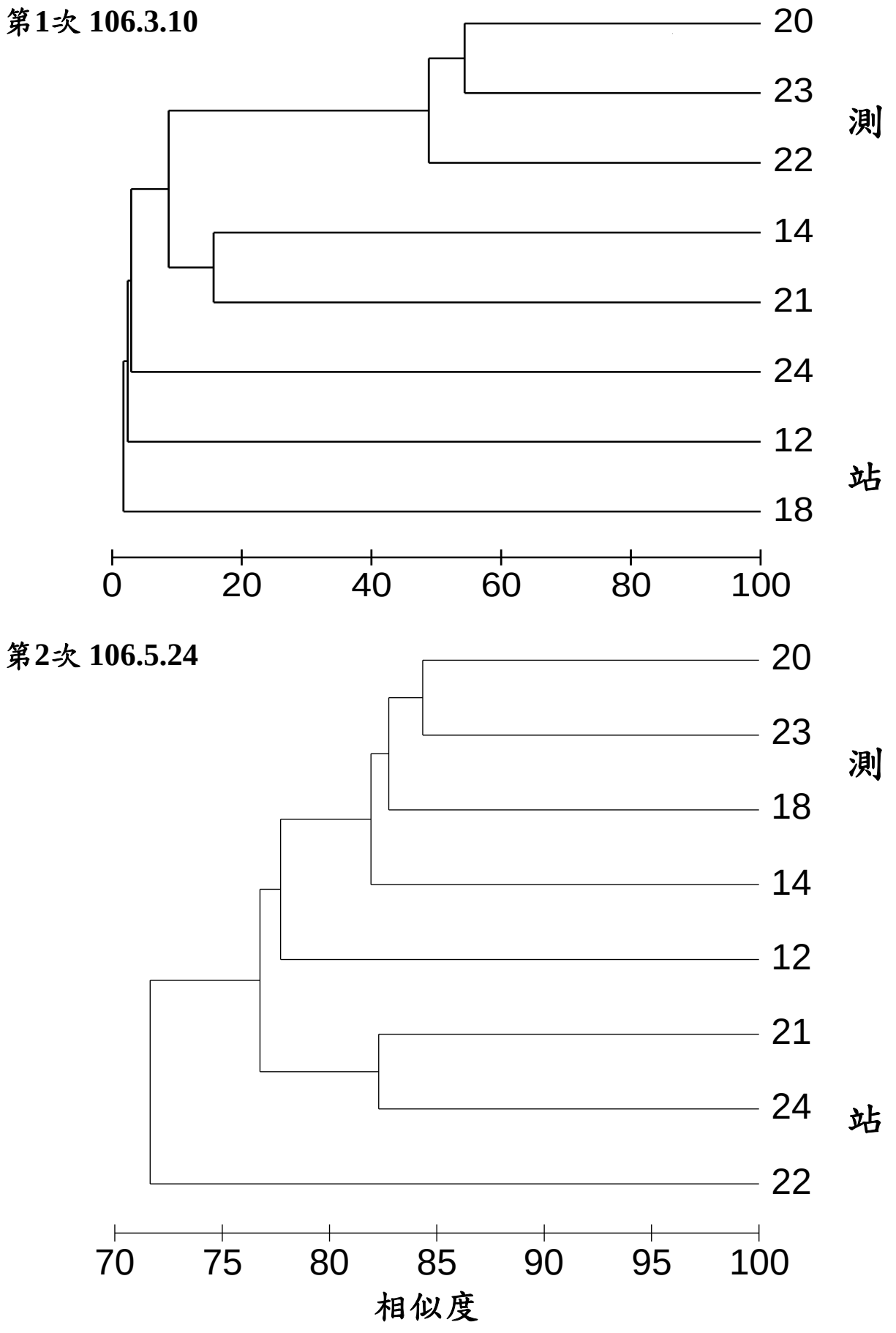


圖3-5　民國106年3月10日至5月24日第三核能發電廠附近海域各測站中植物性浮游生物之群聚分析(以沉澱法之數據分析)

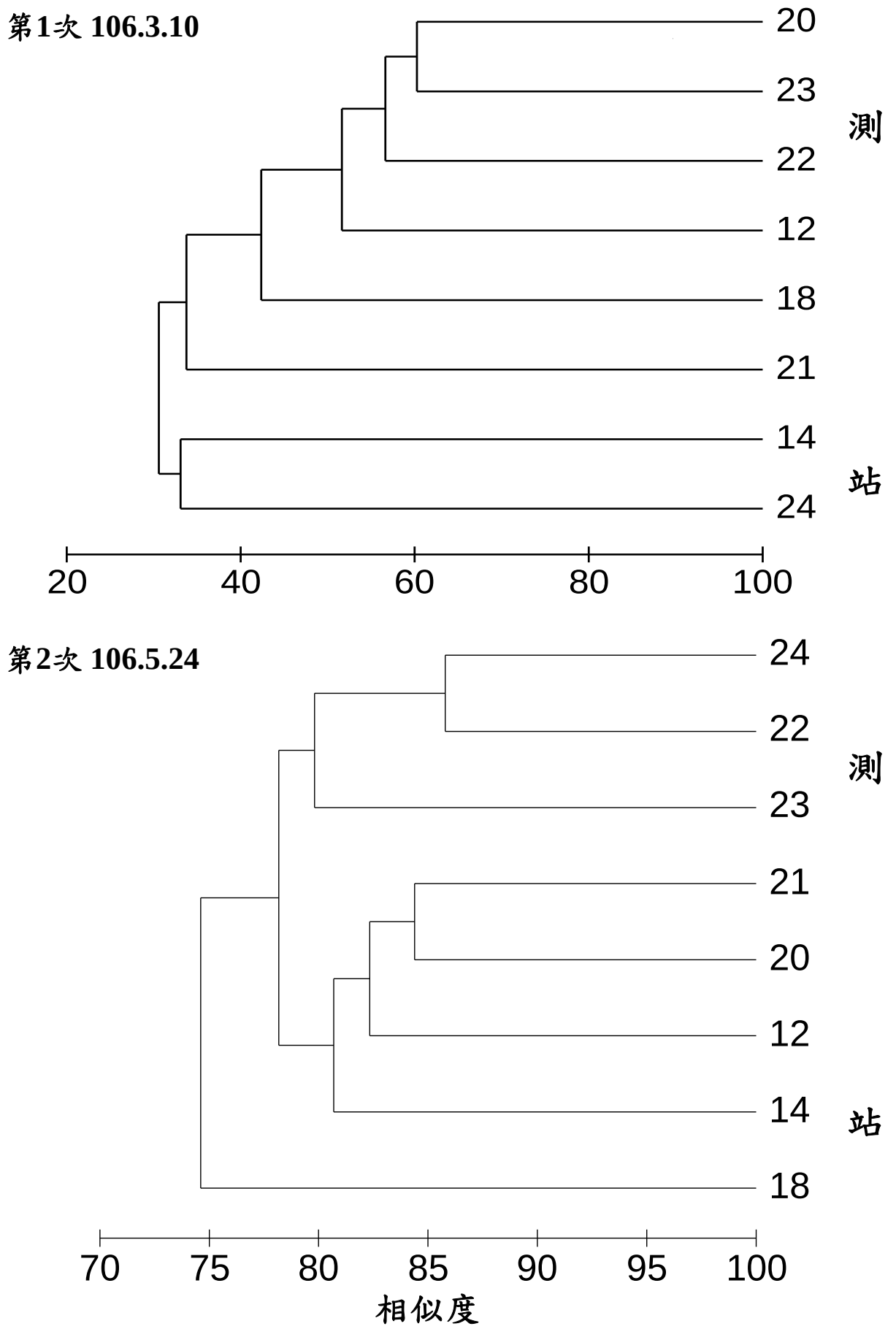


圖3-6　民國106年3月10日至5月24日第三核能發電廠附近海域各測站中植物性浮游生物之群聚分析(以濃縮法之數據分析)

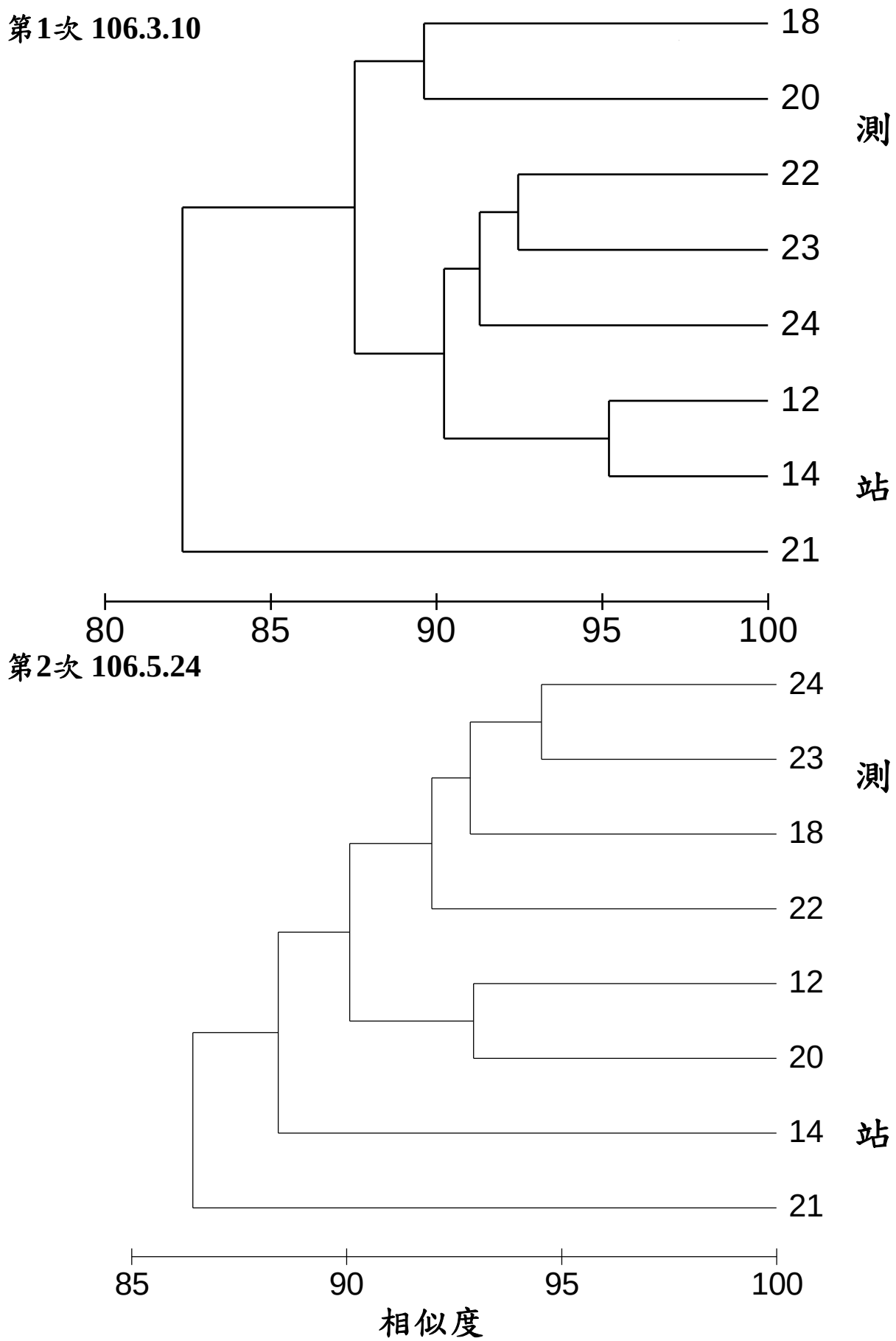


圖3-7　民國106年3月10日至5月24日第三核能發電廠附近海域各測站中動物性浮游生物之群聚分析

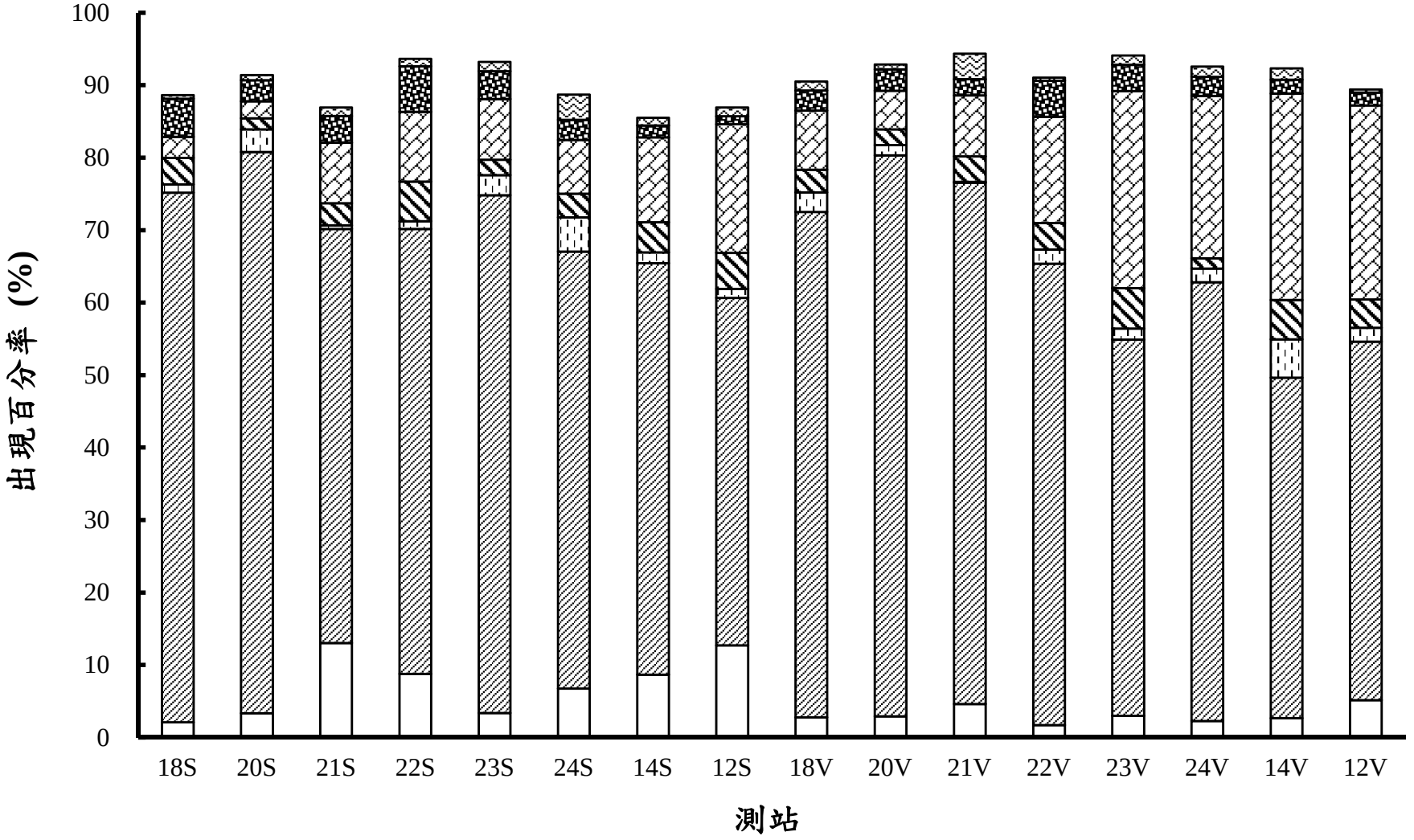


圖3-8 民國106年3月10日第三核能發電廠附近海域各測站動物性浮游生物之出現百分率

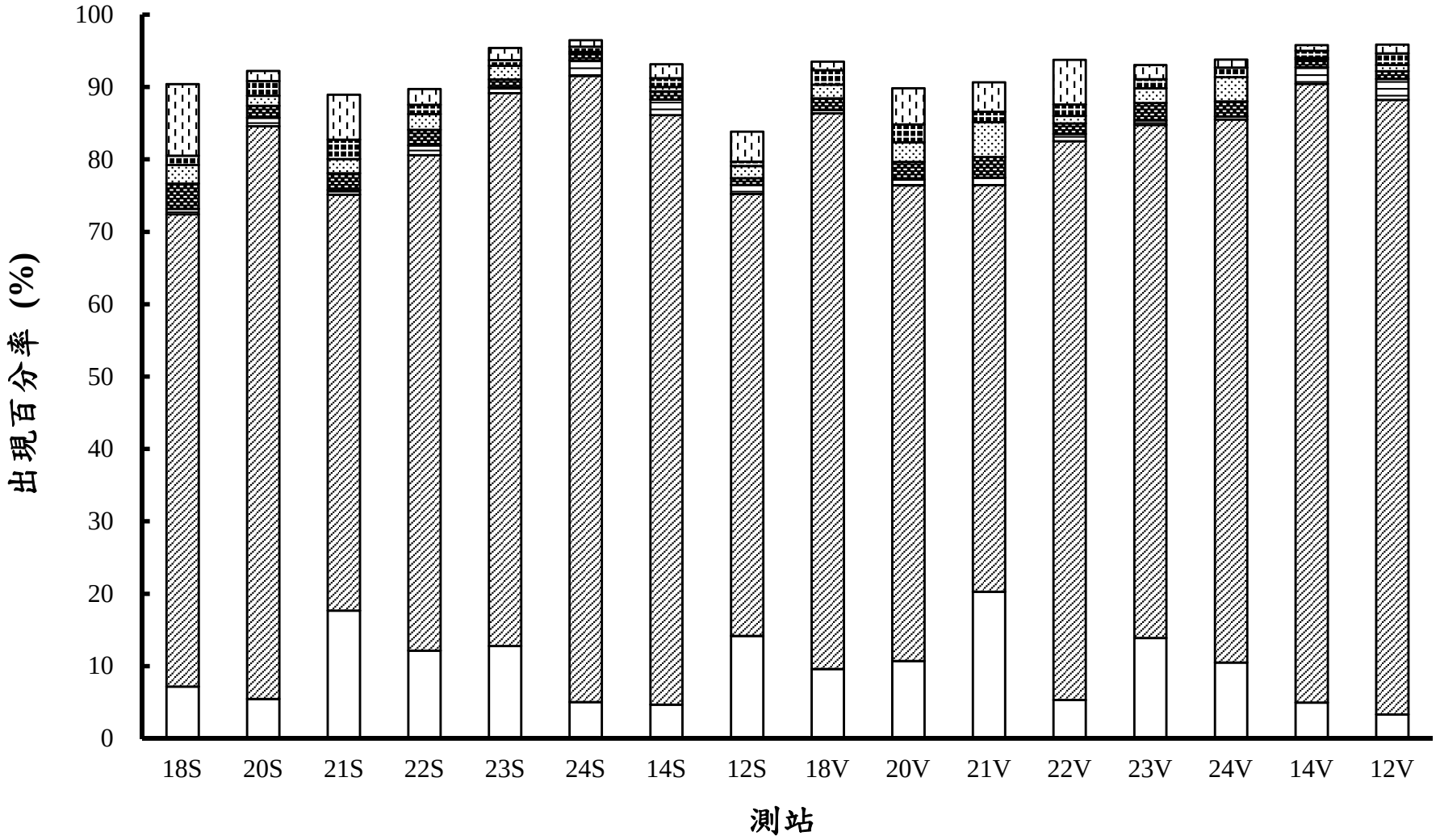


圖3-9 民國106年5月24日第三核能發電廠附近海域各測站動物性浮游生物之出現百分率

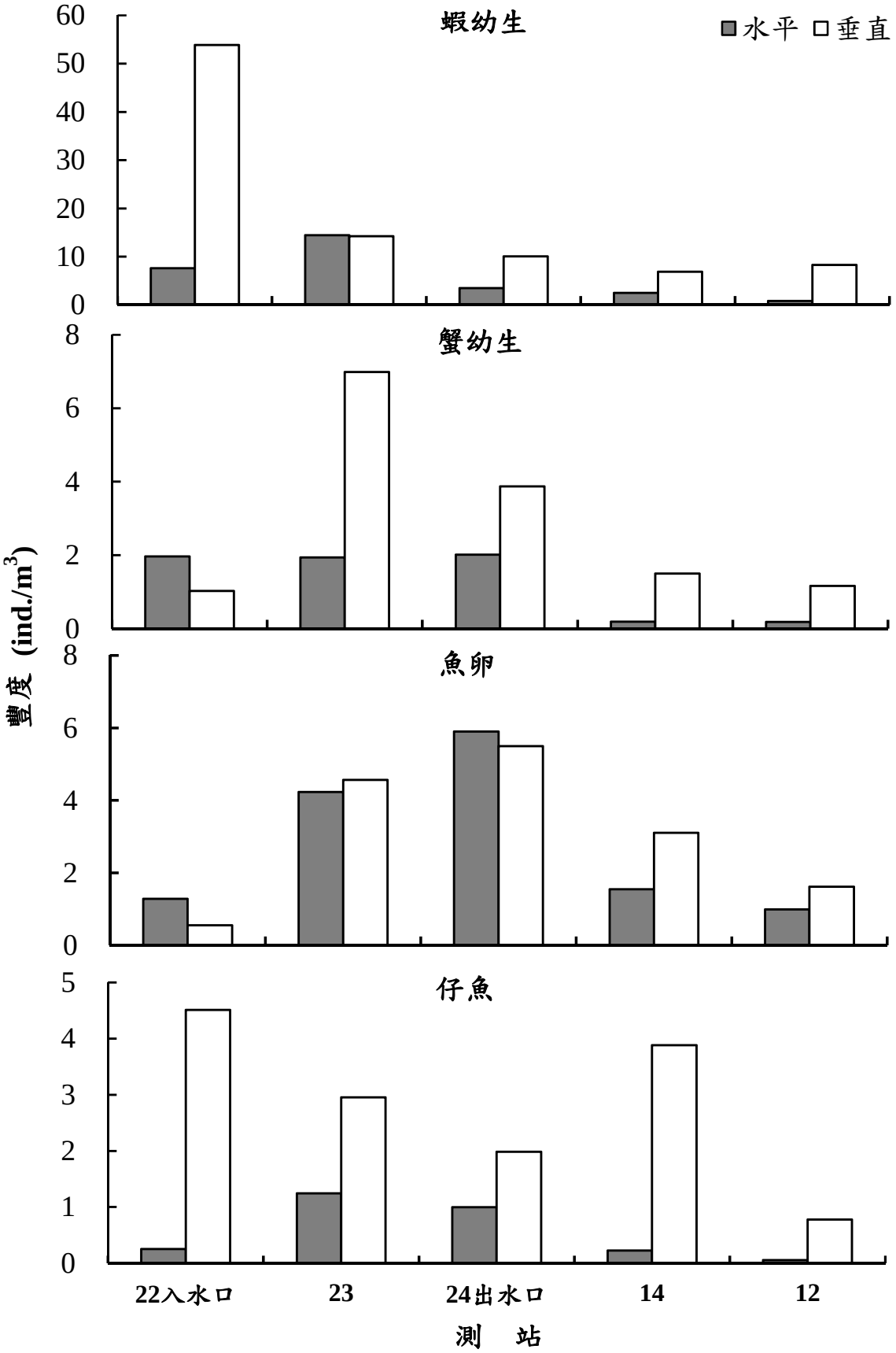


圖3-10 民國106年3月10日第三核能發電廠附近海域蝦蟹幼生、魚卵及仔魚之豐度於入出水口及其擴散情形

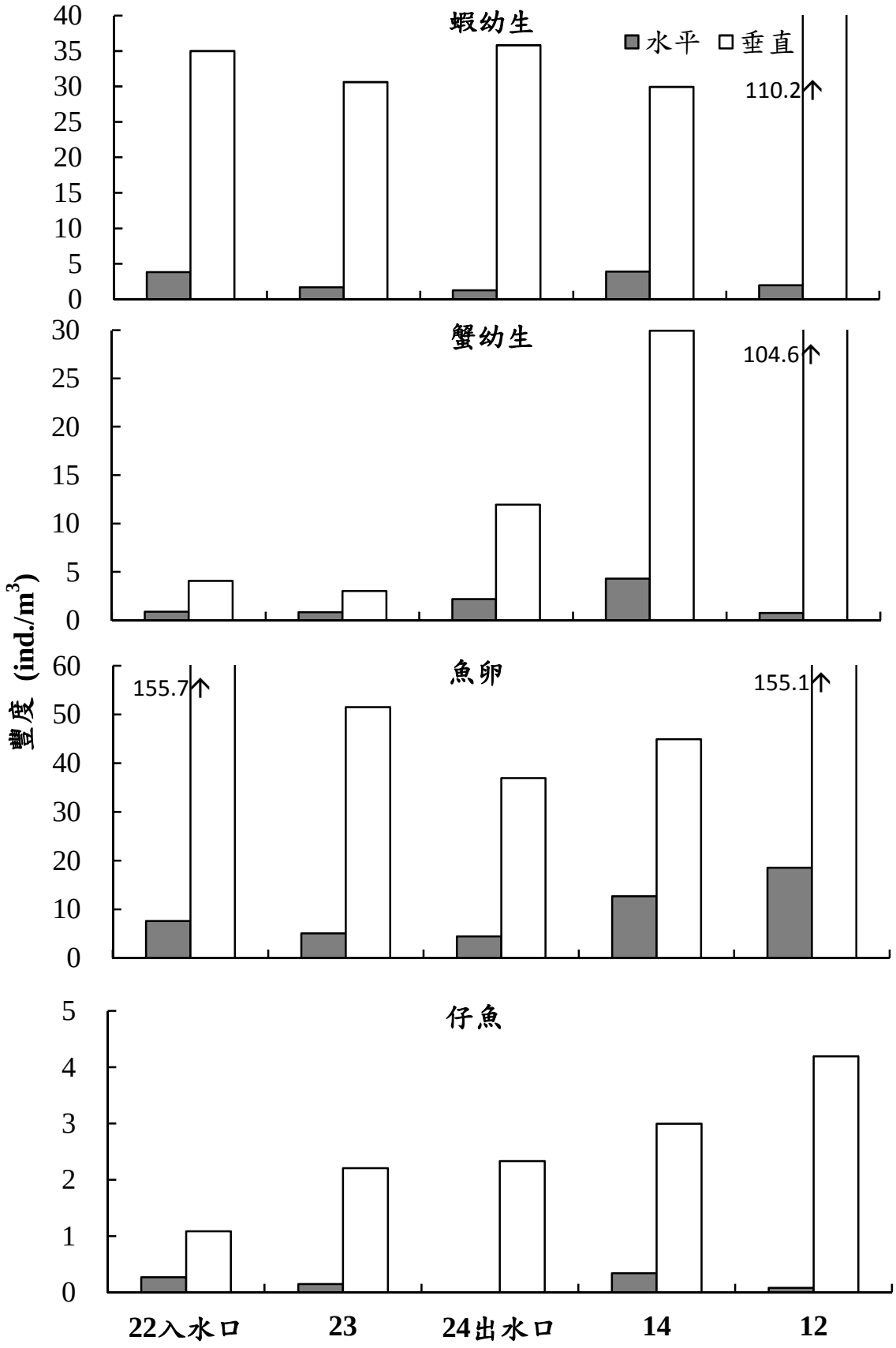


圖3-11　民國106年5月24日第三核能發電廠附近海域蝦蟹幼生、魚卵及仔魚之豐度於入出水口及其擴散情形

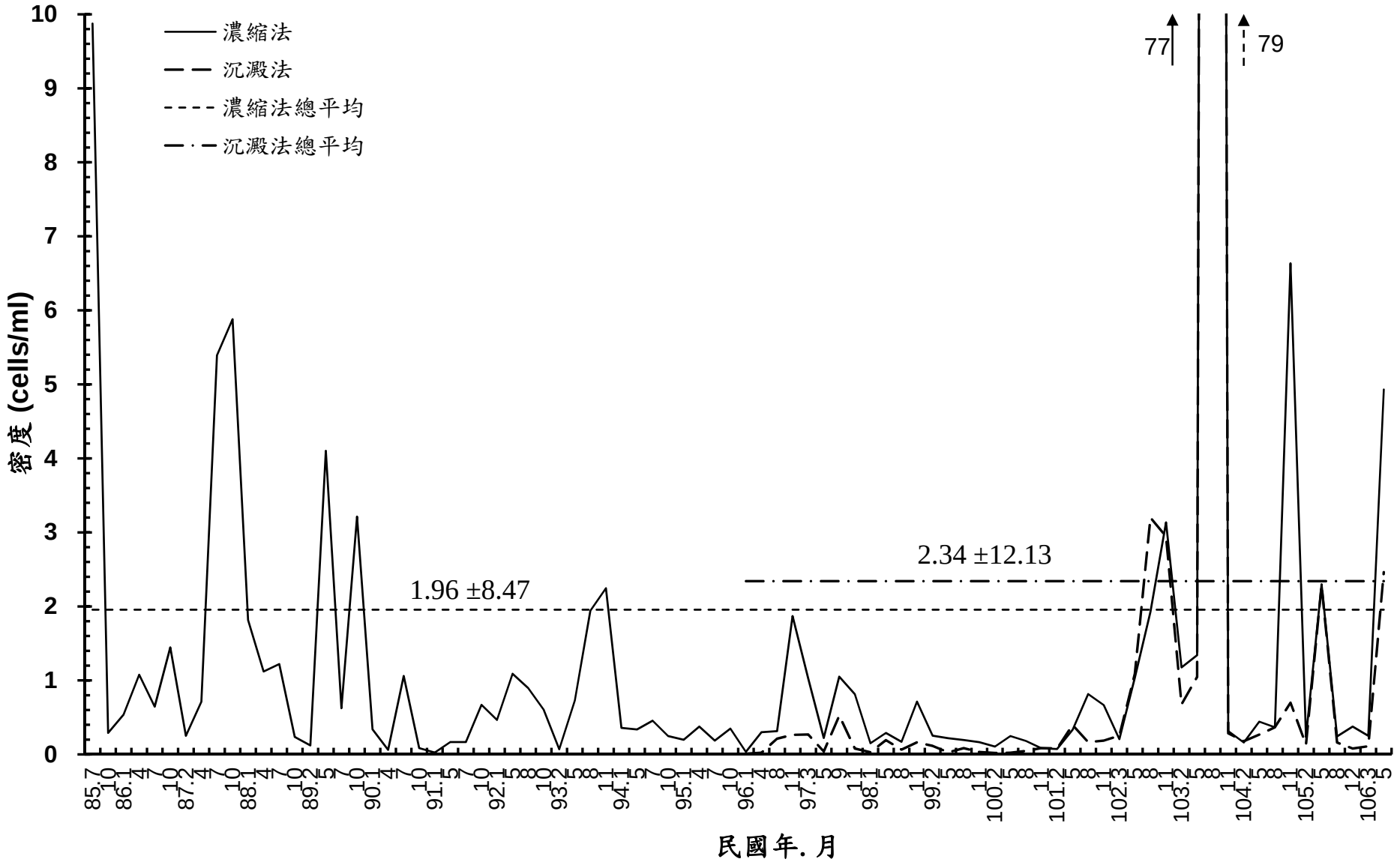


圖3-12 民國85年7月至106年5月第三核能發電廠附近海域植物性浮游生物(濃縮法和沉澱法分析)之密度

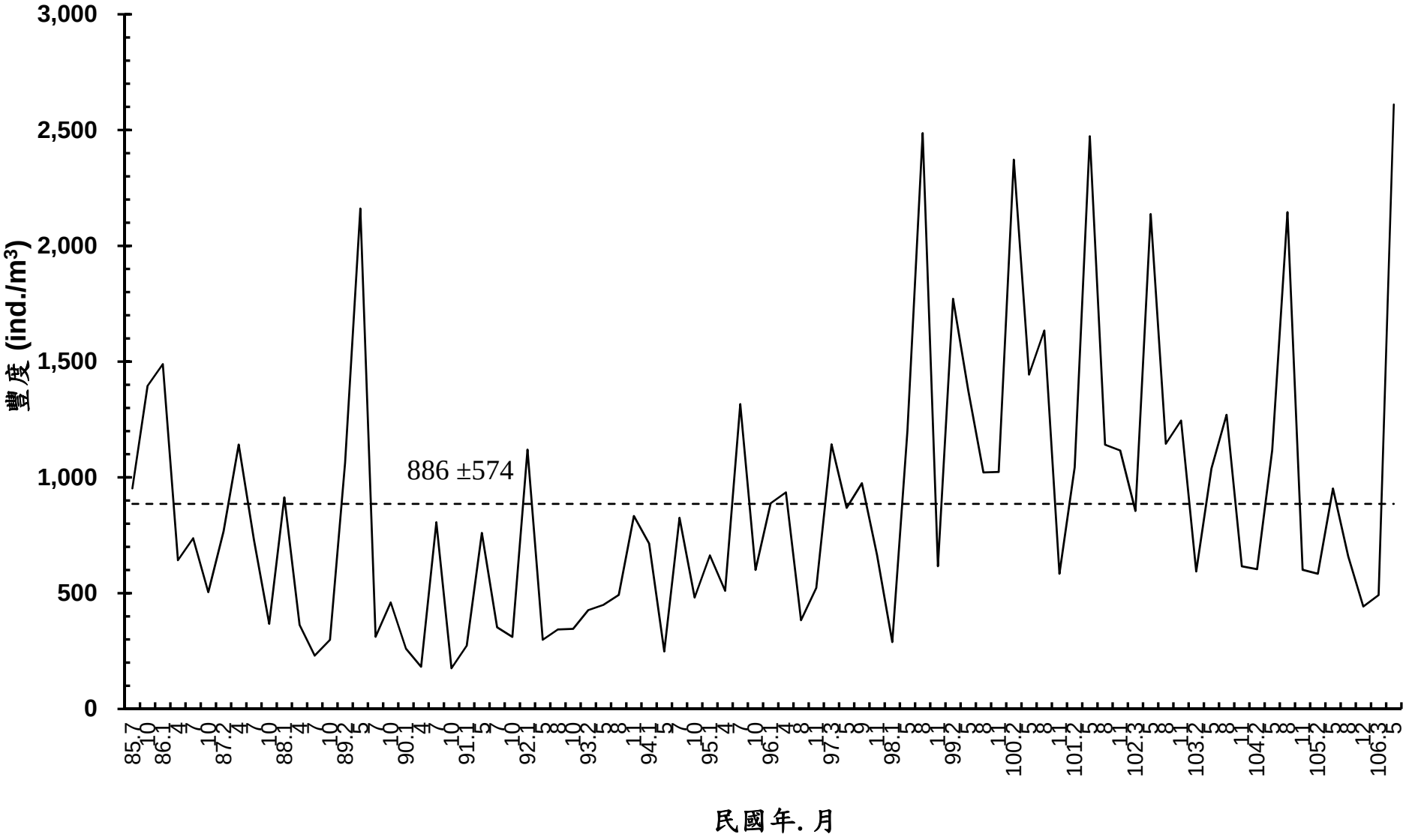


圖3-13 民國85年7月至106年5月第三核能發電廠附近海域動物性浮游生物豐度

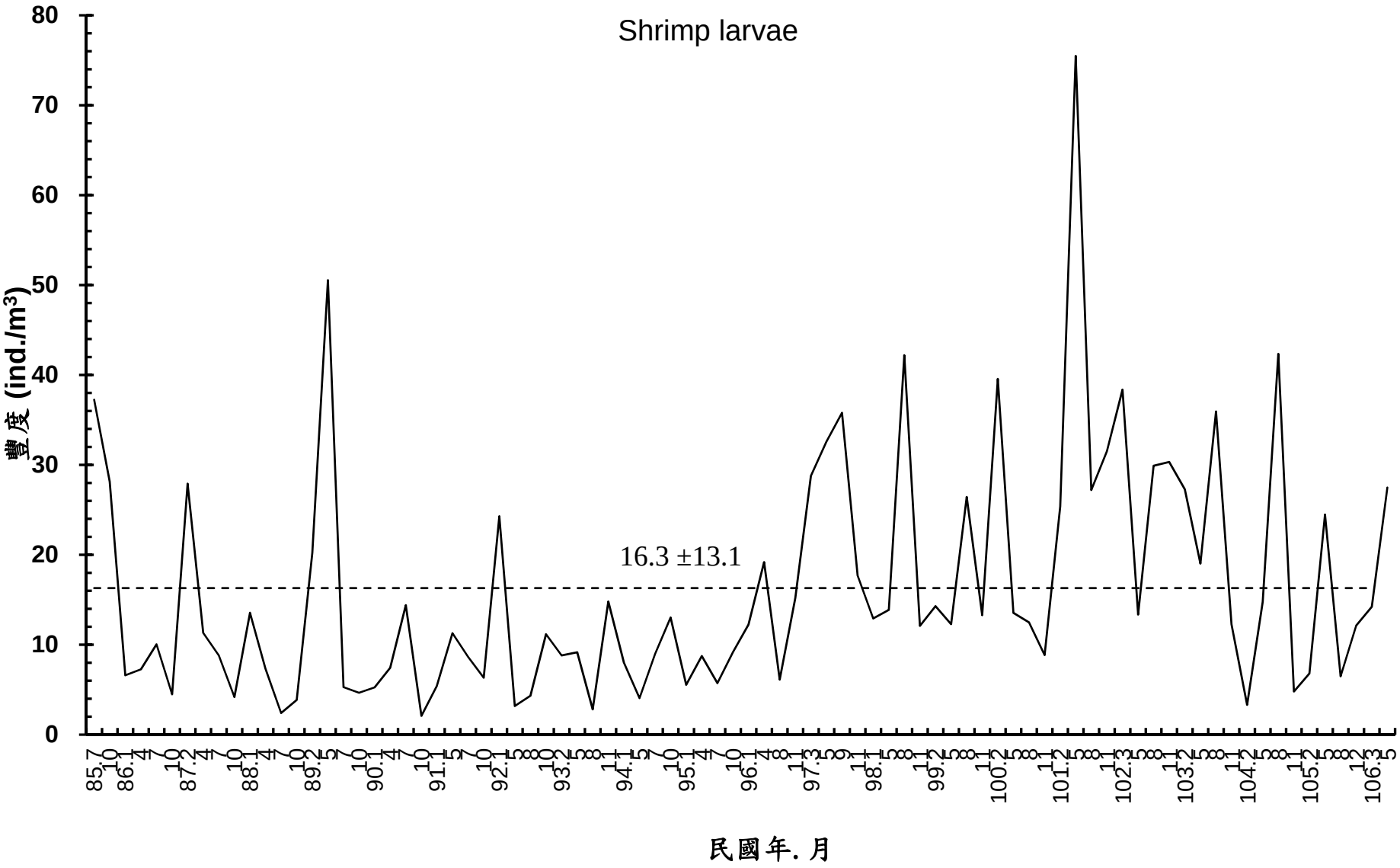


圖3-14　民國85年7月至106年5月第三核能發電廠附近海域蝦幼生之豐度

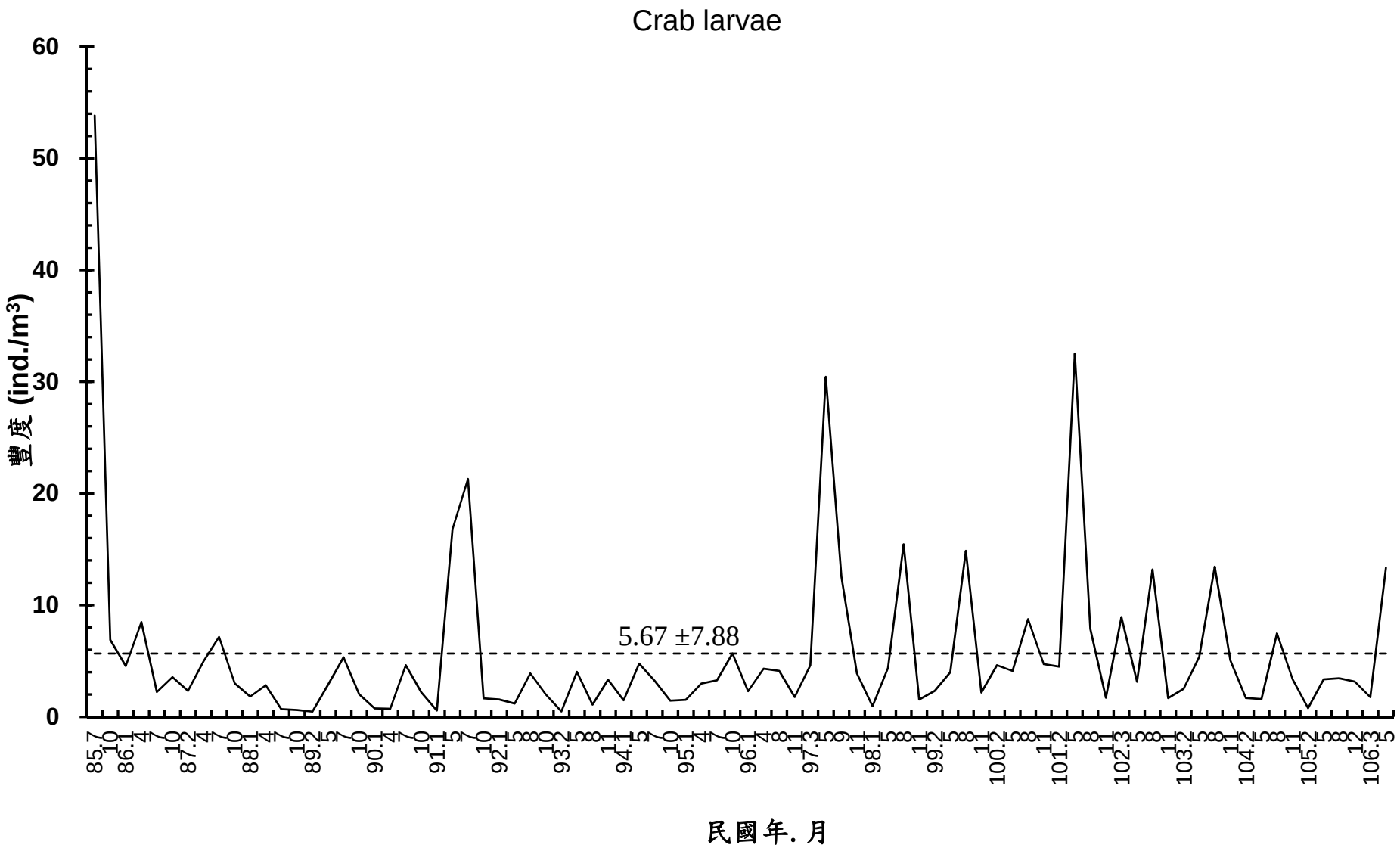


圖3-15　民國85年7月至106年5月第三核能發電廠附近海域蟹幼生之豐度

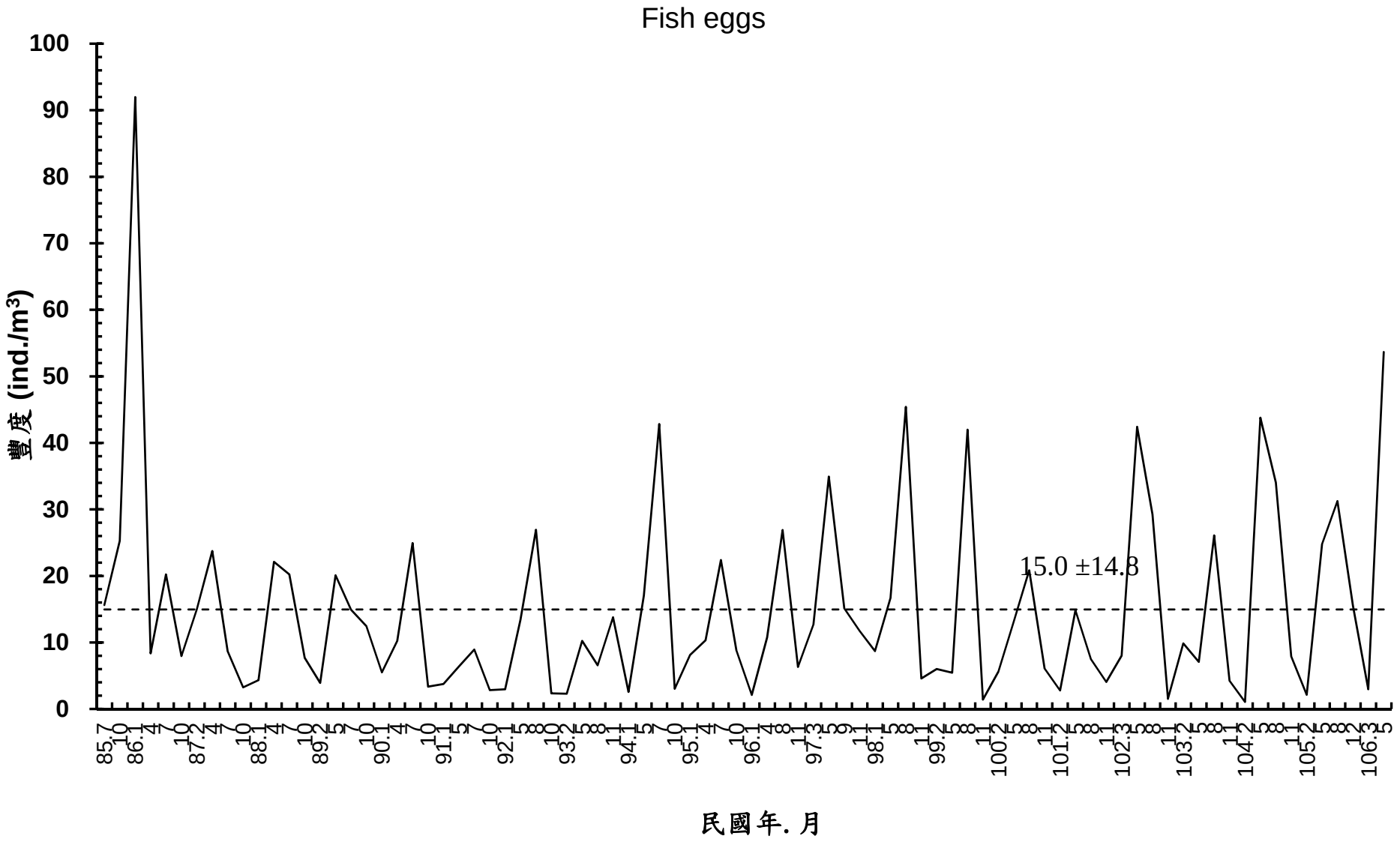


圖3-16　民國85年7月至106年5月第三核能發電廠附近海域魚卵之豐度

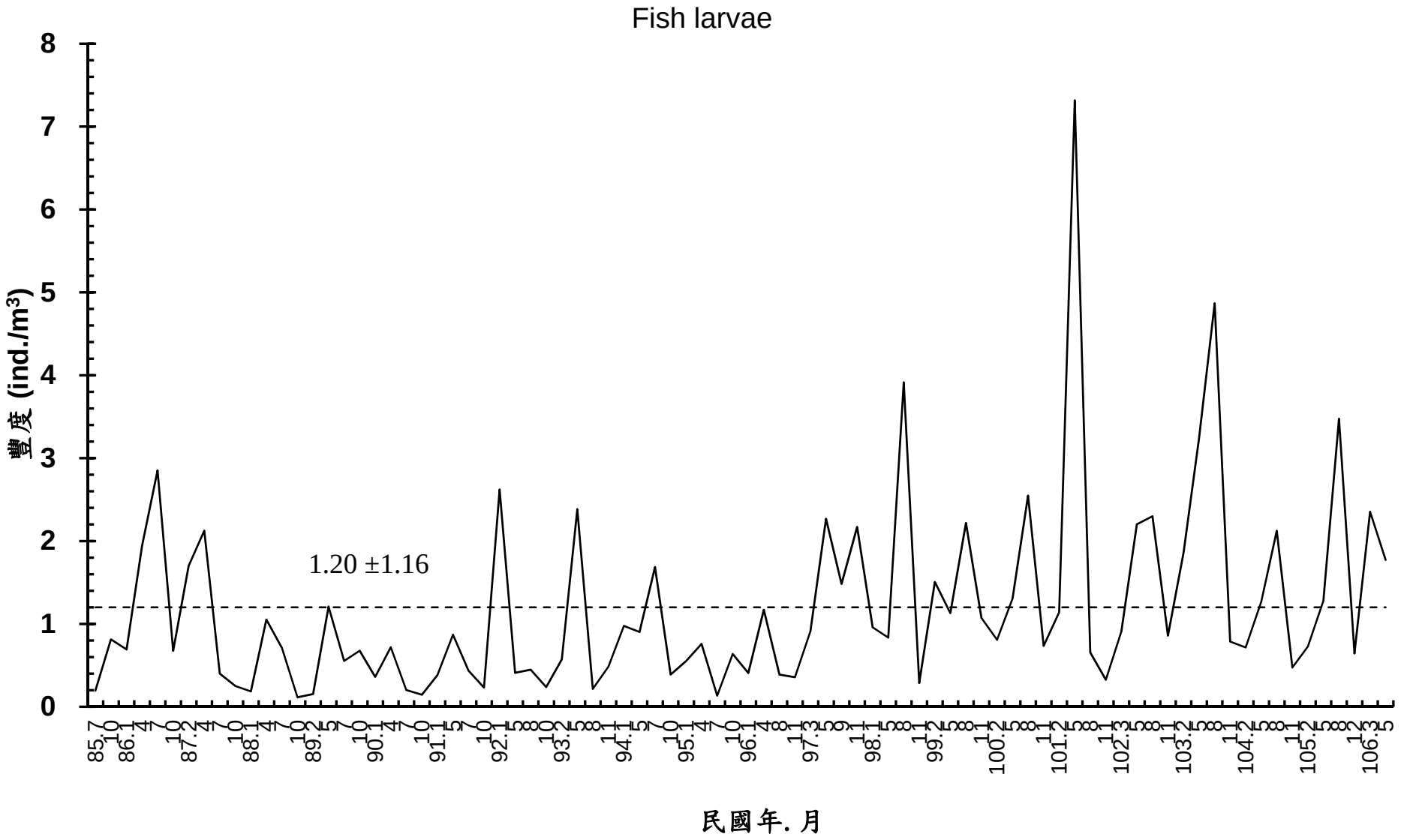


圖3-17　民國85年7月至106年6月第三核能發電廠附近海域仔魚之豐度

肆、底棲動物

一、計畫目的與緣起

本省有不少發電廠分佈於西海岸及澎湖，其對環境生態之影響也有長期之監測存在，其中第三核能發電廠附近海域之生態研究起於 68 年迄今（106 年），已監測 38 年。第三核能發電廠於 73 年起開始運轉發電，由於核能發電廠運轉後需吸入大量的冷卻用海水，使該區域之非生物環境發生變化，這些非生物因子的改變，可能使原來生態系中的生物相及生物的生理及生化組成發生變化，本計畫即針對此進行探討；其中底棲動物部分之生態研究已進行了 38 年，回顧過去之研究大致上可分為二階段。其一於 68 年 7 月至 82 年 6 月（蘇等，1979-1987；洪等，1988-1993），研究調查分（1）固定橫截線生物被覆調查；（2）固定區域特種生物密度及成長調查；及（3）生物相之調查三部分。測站前後共有 A、B、C、D、香蕉灣及萬里桐等六個。但是，68 年 10 月後壁湖漁港擴建工程將廢土傾倒在 C 站，因此，C 站在往後之研究已停止使用，而自 72 年 7 月起另增香蕉灣及萬里桐二測站做對照之用，各測站之相關位置見圖 4-1。

所使用之調查方法，在固定橫截線生物被覆調查方面，是以計數採樣橫截線上各類生物覆蓋之比例，來探討石珊瑚、軟珊瑚、藻類及其它底棲動物之空間分布及時間上之消長情形。在固定區域特種生物密度及成長調查方面，選取標定紫叢海膽（*Echinostrephus molaris*）、硨磲貝（*Tridaena maxima*）及大旋鰓蟲（*Spirobranchus giganteus*）定期測量體長，以追蹤成長狀況。生物相調查則以拍照或標本採集加以分類鑑定，以瞭解第三核能發電廠附近海域底棲動物之種類。

綜合第 1 階段歷年之研究結果如下：各種底棲動物覆蓋比例及總覆蓋率，並未受第三核能發電廠運轉溫水排放影響（圖 4-2）（Jan *et al.*, 1994）。固定區域特種生物密度及成長調查方面，發現尖枝列孔珊瑚、板葉千孔珊瑚、大管蛇螺、硨磲貝、紫叢海膽及梅氏長海膽較具有監測環境之潛力。在生物相調查方面，15 年來，共記錄底棲無脊椎動物 11 門 889 種生物。而長期在第三核能發電廠附近海域及出水口附近所進行的研究顯示，溫排水影響第三核能發電廠附近海域範圍只在出水口附近海域之小範圍內。因此，底棲動物方面之研究第 2 階段，在 82 年 7 月由本實驗室接手繼續執行後，就調整測站。

過去之研究主要以監測群聚變化為主，由於無法看出顯著差異，顯示溫排水影響可能在監測站涵蓋範圍之外或該監測方式不夠靈敏，以致無法看出差異。所以 82 年 7 月由本實驗室接手後，即縮小監測範圍，因為若溫排水的影響範圍不大，理論上太遠的監測站可能無法看出差異；此外並針對底棲動物幼生及補充群是否受溫排水之影響進行監測。底棲動物從受精卵發育成幼生後，會在水中行浮游性生活一段時間，再沈降至海底著苗變態發育成小個體，成為族群中的補充群。浮游期長短因生物而異，短則數小時長者可達數月之久，各類底棲動物之幼生見圖 4-3，若溫排水對補充群有影響，會反映在補充量上，因此，本計畫以浮游性幼生與補充群在各測站之變化為調查監測方向。雖然前研究顯示尖枝列孔珊瑚、板葉千孔珊瑚、大管蛇螺、硨磲貝、紫叢海膽及梅氏長海膽較具有監測環境之潛力，但在入水口及出水口附近無法同時找到適當之族群量，因此並未採用這些種類進行監測。

第 2 階段 82 年 7 月至今之研究結果概述如下，主要研究範圍在入水口及出水口南堤外側小灣（圖 4-4）。死亡率在入水口移至排水道之漁舟蚤螺較高，顯示生活在排水道之漁舟蚤螺族群有適應較高水溫之現象（陳等，1994-1996）。以生物成長率而言，則是軸孔珊瑚及江珧貝在入水口處之成長高於出水口南堤外側小灣。在幼生分布及補充群研究方面，發現甲殼類幼生在 9、10 月及 2-5 月出現較多，軟體動物則在 3-5 月出現較多，而藤壺、海葵及一些軟體動物（如蚤螺、寶螺、海兔及黑蝶貝等）對溫排水有較高之忍受能力。海綿、海葵、珊瑚、水螅、苔蘚蟲、多毛類、軟體動物、藤壺及海鞘等九大類底棲動物及卵塊均可在各測站之附著板著生，多毛類與苔蘚蟲著生量在測站間有顯著差異存在，呈現之趨勢為入水口區域高於非入水口區域，而底棲動物的補充量與該區浮游幼生數量無一致之關係。

二、文獻回顧

水生生物的生長常直接受溫度的影響，如 Florida red tilapia 在海水鹽度 18 ppt 和 36 ppt 時，隨著溫度昇高生長率及食物消耗率（food consumption）都逐漸增加，在溫度 32 °C 時達到最高（Watanabe *et al.*, 1993）。此外，發育中的海洋動物胚胎也會受到溫度的影響而有不同程度的異常現象，稚魚在發育中若溫度較高，則脊椎骨數較少（Coutant, 1976）。橈腳類受精卵的孵化速率受親體抱卵及孵化時環境的水溫影響很大，當孵化溫度在 10-15 °C 的範圍內，溫度愈高，孵化的時間愈短（Landry, 1975）。

另外，溫度對海洋生物的代謝及生化組成亦有直接的影響，有報告指出虹鱒魚鰭的不對稱波動（fluctuating asymmetry）和水溫有正相關（Clarke, 1993）；南加州浮游植物在天然海水培育時，當溫度升高 5 °C 則整個生長率和生物量會增加，但當溫度再增高時生物量便開始下降。但對美國麻薩諸塞州附近海域的藤壺 *Semibalanus balanoides* 幼生而言，突然由 4 °C 增高 3 °C 時，其幼生變態著苗的數量同時增加（Pineda *et al.*, 2002），所以水溫的變化亦可能是誘發幼生變態的環境因子之一。

Nevo *et al.*（1977）在研究 Haifa 發電廠出、入水口的藤壺時指出：溫度對藤壺同功腌多型性（allozyme polymorphisms）的等位基因頻率有天擇的作用；除了上述的影響之外，有些同功腌的等位基因出現頻率與溫度梯度有關；Buckley（1982）指出：在 2 °C 受精的 winter flounder 魚卵，分別置於 2、5、7 及 10 °C 培育，結果發現培育於 10 °C 下的幼魚有較低的 RNA-DNA ratio，且四個溫度之 RNA-DNA ratio 和生長有正相關。

高溫廢水主要由發電廠或其他工廠冷卻機件後排放產生，他們對於自然環境造成的衝擊雖較其他污染源低，如油污、重金屬、放射性物質等，但是熱廢水對生態環境的影響仍然是不容忽視的（陳和鐘，1989）。對水生環境而言，熱廢水最直接的影響就是提高水溫，間接的降低水中的溶氧、粘度、增加重金屬及其他離子的溶解度，進而生活於其中的生物自然也受到影響，而不會移動或移動緩慢的底棲動物是發電廠排放熱廢水受害最大的一群。以美國 Florida 電廠為例，該廠於 1968 年開始商業運轉，由發電機組所排出之熱廢水溫度升高 6.7 °C 排入 Biscayen 灣中，在次年 6 月，出水口 350-550 公尺範圍內的珊瑚全部死亡，其底棲動物相亦發生改變，在距離出水口 900 公尺範圍內發現大量死亡的槍蝦、藍蟹、石蟹、蜘蛛蟹、二枚貝，在距離出水口附近 1400 公尺範圍內的海底則發現一些死亡的動植物（Laws, 1981）。當熱廢水溫度達 38 °C 以上時，即使抵抗力最強的甲殼類和魚類在 3 小時內都會死亡。此外，熱廢水亦會改變生物相組成，如在印地安河邊的 Delmarva 電廠，其熱廢水使河口底棲動物的種類數降低，但污染指標生物的數量卻增加（Logan and Maurer, 1975）。另外，Jokiel and Coles（1974）在研究夏威夷 Kahe 發電廠外的珊瑚時發現，當電廠附近環境水溫升高 4 到 5 °C 時，珊瑚就會死亡，若水溫升高 2 至 4 °C 時則有珊瑚白化及死亡率增加的現象。

核三廠位於墾丁國家公園之南灣，其海域屬於珊瑚礁生態系，有許多遊客至此進

行水上遊憩及浮潛活動，Liu *et al.*（2012）調查 2001-2008 年之每月遊客量最高可達 8000 人次，而於核三廠排水口南側小灣進行水上活動（浮潛）的人數平均可達 3500 人次，並發現南灣污水排放增加海域的營養鹽及懸浮物，導致藻類繁生與珊瑚競爭空間、珊瑚被沉積物覆蓋致死和遊憩人數越高珊瑚覆蓋率越低等現象。Liu *et al.*（2015）的生態缸實驗發現當營養鹽及懸浮物增加時，會有海葵攻擊珊瑚，珊瑚死亡率增加的情形，這可能是營養鹽及懸浮物促進海葵過度生長，與珊瑚競爭空間導致。除此之外，近年來全球氣候變遷，海水暖化嚴重影響世界各地珊瑚礁生態系，南灣之珊瑚於 1998、2007 及 2016 年大量白化，顯示台灣海域珊瑚礁受到人為污染和氣候變遷的雙重衝擊，已呈現衰退和破壞的徵兆（Dai *et al.*, 2002; Kimura *et al.*, 2004; Eakin *et al.*, 2016）。

三、研究方法與進度說明

本計畫以第三核能發電廠附近海域（入水口、出水口南堤外側小灣（以下簡稱為出水口南側）及石牛溪等海域）之（1）軸孔珊瑚成長變化；（2）底棲動物著生量及消長情形和溫排水是否相關；（3）固定橫截線底棲生物覆蓋率變化；（4）入、出水口微環境沉積物沉積量變化；（5）入水口及出水口附近測站水溫變化，是否受溫排水影響為調查方向。每季調查一次，每年共 4 次調查，冬季為 11 月至翌年 1 月，春季為 2 月至 4 月，夏季為 5 月至 7 月，秋季為 8 月至 10 月，採樣時間為各季的第一個月內，作為前一季的調查，例如春季的第 1 個月是 2 月，為冬季之調查，亦為每年第 1 次的調查時間；依序為 5 月、8 月及 11 月，分別是春、夏及秋季之調查時間。

1. 軸孔珊瑚之成長變化：目的在比較入水口及出水口附近珊瑚成長之差異。實驗地點在出水口附近及入水口，選擇軸孔珊瑚（*Acropora* sp.）為實驗物種，從同一株軸孔珊瑚截取小段樣品（大約 10 公分）固定在鋼架上，每季測量主軸枝的長度，以計算其成長情形。

2. 底棲動物補充量之比較：目的在了解底棲動物補充量在不同地點和季節間是否有差異及其消長。在入水口灣內北側（Influ-2）、入水口北堤外側（Influ-3）、入水口南堤外側（Influ-10）、入水口卸貨碼頭堤防外側（Influ-11）、入水口灣內南側（Influ-5）、出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）、出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）、出水口南側水深 3 公尺處（Efflu-3）、貓鼻頭（MPT）及石牛溪（SNS）附近選定測站（圖 4-4），測站除 Efflu-3 水深 3 公尺，其餘測站水深皆大於 6 公尺。於

水深 3-10 公尺處，放置附著板（附著板面積 20×20 cm^2），收集固著性底棲動物，每季各收放一組附著板（每組三重覆），以每平方公分為單位計算各類固著性底棲動物出現的情形；每一至二個月潛水觀察有無流失或被人為破壞；每季收回鑑定及計數各類底棲動物，比較底棲動物在不同測站和季節間補充量是否有差異。消長部分則是在上述之測站放置一組附著板，一年後收回鑑定及計數各類底棲無脊椎動物，比較底棲動物在不同測站之消長情形。

3. 固定橫截線底棲生物覆蓋率變化：依據環保署公告之硬底質海域表棲生物採樣通則（NIEA E104.20C），採用固定橫截線調查法，於入水口灣內及出水口南側各設置 3 條 25 公尺長的固定橫截線，調查硬底質海域如珊瑚礁等之底棲生物，其橫截線以最近的測站為代號，故於入水口灣內有 3 條橫截線，分別為入水口灣內北側（Inf 2.1）水深 5 公尺處、最北側（Inf 2.2）水深 3 至 5 公尺處及入水口灣內南側水深 3 至 5 公尺處（Inf 5）各有 1 條橫截線；在出水口南側的 3 條橫截線則於水深 3 至 5 公尺處（Eff）、水深 9 公尺處（Eff 2）及近貓鼻頭水深 9 公尺處（MPT）等測站各設置 1 條橫截線；每隔 0.1 公尺計數該處之底質種類及底棲生物種類和豐度，並分析其群聚結構。

4. 入、出水口微環境沉積物沉積量變化：目的在了解底棲動物補充量多寡是否與出入水口微環境之差異有相關。測站在入水口灣內北側（Influ-2）、入水口灣內南側（Influ-5）、出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）、出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）及貓鼻頭（MPT）附近（圖 4-4），將沉積物收集器（6mm 厚的 PVC 圓筒內徑 10cm、高 30cm）置於各測站收集沉積物，每季各收放一重覆，計算各測站之每日沉積量，比較沉積量在不同測站和季節間是否有差異。將收回之沉積物置入烘箱，以 60°C 烘乾，取乾燥後的沉積物約 0.5 g，加入 2 ml 30% H_2O_2 去除有機物，再加入 2 ml 1 N HCl 去除碳酸鈣，經 30 分鐘後，再加入 10 ml 0.25% 六偏磷酸鈉中和沉積物顆粒表面之負電荷(防止絮聚作用產生)。樣本溶液均勻混合後，使用雷射粒徑分析儀(Coulter LS-230 型，Beckman)進行粒徑分析，儀器量測之粒徑範圍介於 0.4-2000 um。

5. 入水口及出水口附近測站水溫監測：目的在了解出水口附近測站水溫變化是否受溫排水影響，而與其他測站有差異，故於採樣地點入水口灣內南側（Influ-5）、出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）、出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）、出水

口南側水深 3 公尺處(Efflu-3)與貓鼻頭(MPT)放置長期水溫紀錄器(HOBO, Water Temp Pro v2; Tinytag, TG-4100），每 15 分鐘紀錄一次，比較其水溫變化。

四、目前研究成果

1.軸孔珊瑚之成長變化：

入水口監測之軸孔珊瑚於 105 年第 4 次調查（11 月 04 日）時重新放置，入水口的珊瑚平均放置長度為 81.4±18.6 mm（n=20），而出水口南側自 101 年第 4 次調查（11 月 15 日）起，將珊瑚架移至水深 5 公尺處的珊瑚礁石上固定，於 105 年第 4 次調查（11 月 04 日）時重新放置，珊瑚平均放置長度為 60.8±13.0 mm（n=20）（表 4-1）（圖 4-5）。持續監測至 106 年第 1 次調查，入水口有 19 株珊瑚存活，其死亡率為 1 株/季；而出水口之 20 株珊瑚，經過一季多數死亡。

106 年第 1 次調查（2 月 08 日），入水口之珊瑚經過 1 年仍有 19 株存活，平均長度為 91.6±24.8 mm，每日平均成長量為 0.19 mm；而出水口之 20 株珊瑚，僅 3 株存活，平均長度為 53.3±20.8 mm，重新移植 20 株軸孔珊瑚，平均長度為 71.3±11.9 mm，入水口與出水口之珊瑚成長差異不顯著。

106 年第 2 次調查（5 月 08 日），入水口之 19 株軸孔珊瑚皆存活，平均長度為 95.3±37.4 mm，每日平均成長量為 0.04 mm；而出水口之 20 株軸孔珊瑚，有 18 株存活，平均長度為 94.4±22.9 mm，每日平均成長量為 0.26 mm，入水口與出水口之珊瑚成長有顯著差異（T-test; $p<0.05$）。

由入水口各季的珊瑚平均日成長率（圖 4-6），可知從 102 年第 4 次調查放置至 106 年第 2 次調查，各季皆為正成長，僅 105 年第 4 次為零成長，103 年有 3 個颱風侵臺，分別為輕颱哈吉貝（6 月 14 日至 6 月 15 日）、中颱麥德姆（7 月 21 日至 7 月 23 日）及輕颱鳳凰（9 月 19 日至 9 月 22 日）;104 年有 6 個颱風侵臺，分別為強颱紅霞（5 月 10 日至 5 月 11 日）、輕颱蓮花（7 月 06 日至 7 月 09 日）、中颱昌鴻（7 月 09 日至 7 月 11 日）、中颱蘇迪勒（8 月 06 日至 8 月 09 日）、強颱天鵝（8 月 20 日至 8 月 23 日）及強颱杜鵑（9 月 27 日至 9 月 29 日），對應當年第 3、4 次調查之珊瑚無明顯影響；105 年有 5 個颱風侵臺，分別為強颱尼伯特（7 月 06 日至 7 月 09 日）、強颱莫蘭蒂（9 月 12 日至 9 月 15 日）、中颱馬勒卡（9 月 15 日至 9 月

18 日）、中颱梅姬（9 月 25 日至 9 月 28 日）及輕颱艾利（10 月 05 日至 10 月 06 日），對應當年第 3 次調查之珊瑚無明顯影響。入水口軸孔珊瑚於 98 年第 3 次及 99 年第 4 次調查時有明顯的負成長，98 年第 3 季（夏）有 3 個颱風經過（蓮花、莫拉菲及莫拉克），尤其中颱莫拉克帶來高雨量，珊瑚平均日成長率為 -0.37 mm/day；99 年第 3 至 4 次調查之間有 3 個颱風經過（萊羅克、凡那比及梅姬），第 4 季（秋）時珊瑚平均日成長率為-0.54 mm/day，這些監測數據顯示珊瑚平均日成長率可能受颱風影響。

將入水口的珊瑚平均日成長率與中央氣象局颱風資料庫（http://rdc28.cwb.gov.tw/）之各季颱風數量及累計警報天數做迴歸分析，結果為負相關，其簡單迴歸關係為珊瑚平均日成長率（y）=0.29– 0.08* 颱風數量（x）（n=35, R^2=0.16, p=0.02）及珊瑚平均日成長率（y）=0.29– 0.03* 累計警報天數（x）（n=35, R^2=0.18, p=0.01），表示颱風之數量或累計警報天數越多，珊瑚平均日成長率越低（圖 4-7），珊瑚平均日成長率與沉積物沉積量無明顯迴歸關係（p>0.05）。

2.底棲動物補充量之比較：

整體而言，106 年第 1 至 106 年第 2 次調查，入水口區域之測站的底棲動物季平均總著生量為 0.51 -0.87/cm^2，常高於出水口；106 年第 1 次調查（冬）出水口區域之底棲動物總著生量顯著少於入水口（T-test; p<0.05），為 0.02-0.13/cm^2；106 年第 2 次調查（春）出水口區域總著生量未顯著低於入水口（T-test; p>0.05），為 0.01-0.29/cm^2。2 次調查中，苔蘚蟲及多毛蟲之著生量皆為入水口顯著高於出水口（T-test; p<0.05），藤壺在 106 年第 1 次（冬），海鞘僅在 106 年第 2 次（春）有顯著入水口高於出水口（T-test; p<0.05），珊瑚則 2 次皆不顯著（T-test; p>0.05）（圖 4-8 至圖 4-13）。

各類底棲動物之著生量，有季節性差異（ANOVA; p<0.05），在入水口及出水口並不一致，入水口之貝類著生量 104 及 105 年都以秋季明顯較他季為多，出水口則無差異；出水口的多毛蟲以 104 及 105 年春季的著生量為多，在入水口則 104 年無季節差異，105 年以夏季為多；藤壺在入水口以 104 年冬季較他季多，105 年以夏季較冬季多，出水口無季節間差異；苔蘚蟲、海鞘及珊瑚 104 年在入、出水口無季節間差異，105 年入水口海鞘及珊瑚以春季著生量較它季為多，出水口苔蘚蟲及珊瑚以秋季著生量較多（圖 4-8 至圖 4-13）。6 大類底棲動物 106 年 2 季，入水口區之藤壺有顯著的

季節性著生量差異，第 1 次高於第 2 次，其餘的底棲動物無顯著；出水口區域的底棲動物則皆無顯著差異。

106 年各類底棲動物著生量以多毛蟲及苔蘚蟲最多，其次為海鞘、藤壺，而軟體動物及珊瑚的著生量最少。第 1 次調查（冬），苔蘚蟲最高著生量在入水口灣內北側（Influ-2）及北堤外側（Influ-3），分別為 0.69、0.40/cm^2，出水口區域之著生量為 0.00-0.01/cm^2；多毛蟲最高的著生量在入水口北堤外側（Influ-3）及灣內北側（Influ-2），為 0.31、0.27/cm^2，出水口區域之著生量為 0.00-0.08/cm^2；海鞘最高著生量在入水口卸貨碼頭堤防外側（Influ-11），為 0.11/cm^2，出水口之著生量為 0-0.02/cm^2；藤壺最高著生量於入水口灣內南側（Influ-5）為 0.15/cm^2；軟體動物最高著生量於出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）為 0.02/cm^2；珊瑚最高著生量於出水口水深 3 公尺處（Efflu-3）為 0.001/cm^2（圖 4-8 至圖 4-13）。

第 2 次調查（春），苔蘚蟲最高著生量在入水口卸貨碼頭堤防外側（Influ-11），為 0.43/cm^2，出水口區域之著生量為 0.00-0.08/cm^2；多毛蟲最高的著生量在入水口灣內南側（Influ-5）0. 37/cm^2，出水口區域之著生量為 0.00-0.17/cm^2；海鞘最高著生量在入水口卸貨碼頭堤防外側（Influ-11），為 0.20/cm^2，出水口之著生量為 0-0.03/cm^2；藤壺最高著生量於入水口灣內南側（Influ-5）及卸貨碼頭堤防外側（Influ-11）為 0.03/cm^2，出水口之著生量為 0-0.004/cm^2；軟體動物最高著生量於入水口北堤外側（Influ-3）及出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）為 0.003/cm^2；珊瑚最高著生量於出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）及水深 3 公尺處（Efflu-3）為 0.002/cm^2（圖 4-8 至圖 4-13）。

由圖 4-8 可知，歷年珊瑚著生量以入水口灣內南側（Influ-5）最多，第 1 次（冬）著生覆蓋率可達 0.09/cm^2，第 2 次（春）覆蓋率可達 0.10/cm^2，第 3 次（夏）以 101 年覆蓋率達 0.23/cm^2，第 4 次（秋）則以 93 年最多，覆蓋率可達 0.06/cm^2。出水口南側區域歷年各季以出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）及貓鼻頭（MPT）的覆蓋率最高，為 0.03/cm^2，除了 105 年第 4 次（秋）出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）著生量為 0.08/cm^2。各測站歷年平均以入水口之灣內南側（Influ-5）最多，覆蓋率為 0.01/cm^2，灣內北側（Influ-2）最少，覆蓋率為 0.001/cm^2；出水口之貓鼻頭（MPT）最多，覆蓋率為 0.006/cm^2，南側水深 8 公尺處（Efflu）最少，覆蓋率為 0.0004/cm^2。季節間整體平均來看，以第 3 次（夏）較多，平均覆蓋率為 0.004/cm^2；而第 1 次（冬）

最少，平均覆蓋率為 0.002/cm^2。

在軟體動物幼生方面，歷年第 1 次（冬）著生以 99 年入水口灣內北側（Influ-2）最多，覆蓋率可達 0.10/cm^2，第 2 次（春）以 96 年入水口灣內北側（Influ-2）最多，覆蓋率可達 0.06/cm^2，第 3 次（夏）以 88 年入水口北堤外側（Influ-3）最多，覆蓋率可達 0.15/cm^2，第 4 次（秋）以 98 年入水口灣內北側（Influ-2）最多，覆蓋率可達 0.22/cm^2（圖 4-9）。出水口南側區域以 94 年第 4 次（秋）出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）的覆蓋率最高將近 0.05/cm^2，其餘各季出水口測站覆蓋率皆低於 0.02/cm^2。各測站歷年平均入水口以灣內北側（Influ-2）最多，覆蓋率為 0.017/cm^2，南堤外側（Influ-10）最少，覆蓋率為 0.002/cm^2；出水口南側以水深 9 公尺處（Efflu-2）的覆蓋率最多，為 0.003/cm^2，水深 3 公尺處（Efflu-3）最少，覆蓋率為 0.0004/cm^2。季節間整體平均來看，以第 3 次（夏）較多，平均覆蓋率為 0.01/cm^2；而第 1 次（冬）最少，平均覆蓋率為 0.003/cm^2。

多毛類的著生歷年第 1 次（冬）以 93 年入水口灣內南側（Influ-5）最多，覆蓋率可達 0.94/cm^2，第 2 次（春）以 90 年入水口灣內南側（Influ-5）最多，覆蓋率可達 0.97/cm^2，第 3 次（夏）以 95 年入水口北堤外側（Influ-3）最多，覆蓋率可達 0.99/cm^2，第 4 次（秋）以 87 年入水口灣內南側（Influ-5）最多，覆蓋率可達 1.00/cm^2（圖 4-10）。出水口南側區域從 91 年至今，南側水深 8 公尺處（Efflu）、南側水深 9 公尺處（Efflu-2）及南側水深 3 公尺處（Efflu-3）三個測站的覆蓋率偶有高於 0.50/cm^2，而貓鼻頭（MPT）之覆蓋率皆低於 0.50/cm^2。各測站歷年平均入水口以灣內南側（Influ-5）最多，覆蓋率為 0.71/cm^2，南堤外側（Influ-10）最少，覆蓋率為 0.34/cm^2；出水口南側以水深 3 公尺處（Efflu-3）的覆蓋率最多，為 0.32/cm^2，以貓鼻頭（MPT）最少，覆蓋率為 0.12/cm^2。季節間整體平均來看，以第 3 次（夏）較多，平均覆蓋率為 0.42/cm^2，而其次為春、秋季，第 1 次（冬）最少，平均覆蓋率為 0.30/cm^2。

苔蘚蟲方面，入水口區域歷年第 1 次（冬）以 102 年入水口灣內北側（Influ-2）的覆蓋率最高，為 0.92/cm^2。第 2 次（春）以 98 年入水口北堤外側（Influ-3）的覆蓋率最高，為 0.90/cm^2，第 3 次（夏）以 98 年入水口灣內南側（Influ-5）的覆蓋率最高，為 0.94/cm^2，第 4 次（秋）則以 94 年入水口灣內北側（Influ-2）最高，為 0.97/cm^2（圖 4-11）。出水口區域以南側水深 9 公尺處（Efflu-2）92 年第 1 次的覆蓋率最高將近 100%，及 104 年第 3 次的覆蓋率為 0.59/cm^2，其餘出水口測站各季覆蓋率皆低

於 0.50/cm^2。各測站歷年平均入水口以灣內北側（Influ-2）、北堤外側（Influ-3）及灣內南側（Influ-5）最多，覆蓋率為 0.44-0.46/cm^2，南堤外側（Influ-10）最少，覆蓋率為 0.20/cm^2；出水口南側以水深 9 公尺處（Efflu-2）的覆蓋率最多，為 0.13/cm^2，以水深 3 公尺處（Efflu-3）最少，覆蓋率為 0.01/cm^2。季節間整體平均來看，以第 1 次（冬）較多，平均覆蓋率為 0.26/cm^2，而其次為春、夏季，第 4 次（秋）最少，平均覆蓋率為 0.20/cm^2。

在海鞘著生方面，歷年覆蓋率介於 0-0.64/cm^2 之間，第 1 次（冬）著生以 102 年入水口灣內南側（Influ-5）最多，覆蓋率可達 0.64/cm^2，第 2 次（春）以 102 年入水口北堤外側（Influ-3）最多，覆蓋率可達 0.61/cm^2，第 3 次（夏）以 100 年入水口卸貨碼頭堤防外側（Influ-11）最多，覆蓋率可達 0.29/cm^2，第 4 次（秋）以 101 年入水口灣內南側（Influ-5）最多，覆蓋率可達 0.52/cm^2 以上（圖 4-12）。出水口區域僅 90 年第 1 次、99 年第 3 次、101 年第 1 次貓鼻頭（MPT）及 100 年第 1 次、101 年第 4 次南側水深 9 公尺處（Efflu-2）覆蓋率達 0.20/cm^2 以上（0.21-0.39/cm^2），其餘各季出水口測站覆蓋率皆低於 0.15/cm^2。各測站歷年平均入水口以灣內南側（Influ-5）最多，覆蓋率為 0.10/cm^2，南堤外側（Influ-10）最少，覆蓋率為 0.03/cm^2；出水口南側以貓鼻頭（MPT）的覆蓋率最多，為 0.04/cm^2，以水深 8 公尺處（Efflu）最少，覆蓋率為 0.01/cm^2。季節間整體平均來看，以第 3 次（夏）較多，平均覆蓋率為 0.06/cm^2，而第 4 次（秋）最少，平均覆蓋率為 0.05/cm^2。

在藤壺著生方面，入水口歷年第 1 次（冬）以 104 年北堤外側（Influ-3）最多，覆蓋率可達 0.36/cm^2，第 2 次（春）以 105 年北堤外側（Influ-3）最多，覆蓋率可達 0.56/cm^2，第 3 次（夏）以 101 年在卸貨碼頭堤防外側（Influ-11）最多，覆蓋率可達 0.75/cm^2，第 4 次（秋）以 105 年卸貨碼頭堤防外側（Influ-11）最多，覆蓋率可達 0.66/cm^2（圖 4-13）。出水口區域 92 年第 1 次出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）覆蓋率為 0.11/cm^2，其餘各季出水口測站覆蓋率皆低於 0.07/cm^2。各測站歷年平均入水口以北堤外側（Influ-3）最多，覆蓋率為 0.12/cm^2，南堤外側（Influ-10）最少，覆蓋率為 0.01/cm^2；出水口南側以水深 9 公尺處（Efflu-2）的覆蓋率最多，為 0.01/cm^2，以水深 3 公尺處（Efflu-3）最少，覆蓋率為 0.0001/cm^2。季節間整體平均來看，以第 3 次（夏）較多，平均覆蓋率為 0.08/cm^2，而第 1 次（冬）最少，平均覆蓋率為 0.02/cm^2。

整體而言，底棲動物在出水口及入水口以多毛蟲及苔蘚蟲最多，其覆蓋率高時可

在 0.5/cm^2 以上，有時可達 100%，但各類底棲動物皆以入水口的著生量高於出水口，多以夏季著生量較高，僅苔蘚蟲在冬季為多。

探討颱風是否影響底棲動物著生量，故將各季分成受颱風影響的颱風季及不受影響的非颱風季，比較兩季各類底棲動物之著生量（表 4-2），出水口測站各底棲動物皆無顯著差異，僅入水口之藤壺、多毛蟲及貝類著生量颱風季明顯高於非颱風季（T-test, $p<0.05$），平均著生量分別為 0.18±0.02 vs. 0.06±0.01、0.69±0.04 vs. 0.56±0.04、0.02±0.003 vs. 0.01±0.003/cm^2，海鞘、苔蘚蟲及珊瑚則無顯著差異（T-test, $p>0.05$），由此推估颱風對底棲動物著生可能有影響。

3.底棲動物消長比較

106 年 5 月回收放置一年的附著板（105 年 5 月~106 年 5 月），多數測站都有收回，僅入水口卸貨碼頭堤防外側（Influ-11）、出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）及石牛溪(SNS)的附著板流失。入水口灣內南側(Influ-5)珊瑚覆蓋率最高，為 0.07/cm^2（圖 4-14）；軟體動物的覆蓋率在 0-0.08/cm^2 之間（圖 4-15），以入水口灣內北側（Influ-2）著生量最多；多毛類與苔蘚蟲在年度消長方面仍為數量最多的動物，多毛類最高覆蓋率在入水口灣內北側（Influ-2）的覆蓋率為 0.36/cm^2（圖 4-16），平均覆蓋率為 0.14/cm^2；苔蘚蟲在入水口灣內北側（Influ-2）的覆蓋率最高為 0.56/cm^2 ，平均覆蓋率為 0.22/cm^2（圖 4-17）；海鞘之覆蓋率在 0-0.17/cm^2 之間，最高著生量出現於入水口北堤外側（Influ-3）（圖 4-18）；藤壺的覆蓋率介於 0-0.57/cm^2 之間，最高著生量出現於入水口北堤外（Influ-3）（圖 4-19）。

整年的附著板經過一年 4 個季節（105 年的第 3、4 次及 106 年第 1、2 次）的消長，其生物相覆蓋率明顯與 4 季不同（MANOVA, $p<0.05$），入水口區的珊瑚較 4 季為多（平均覆蓋率 0.02 vs. 0-0.002/cm^2）（ANOVA, $p<0.05$）；出水口區的苔蘚蟲較 4 季為多，平均覆蓋率為 0.10 vs. 0.001-0.07/cm^2（ANOVA, $p<0.05$）。整體而言，雖然整年及各季的著生量都以多毛蟲及苔蘚蟲為多，但是整年與各季的著生量差異，入水口的珊瑚及出水口的苔蘚蟲年度著生量都比 4 季高，因此，整年在消長上最具競爭力的底棲動物，入水口為珊瑚，出水口為苔蘚蟲，呈現兩區域底棲動物消長現象不一致；另外，整年的消長和過去的結果也不一致，103-104 年兩區域以藤壺為最，104-105 年入水口為貝類，出水口為珊瑚。

同類底棲動物各年間相比，珊瑚著生以 92-93 年最多，覆蓋率達 0.42/cm^2（圖 4-14）；軟體動物著生則以 98-99 年較多，覆蓋率達 0.37/cm^2 以上（圖 4-15）；多毛類著生以 92-93 及 94-95 年最多，覆蓋率可達 0.91/cm^2 以上（圖 4-16）；苔蘚蟲著生由圖 4-17 可知，以 92-93 年最多，覆蓋率達 1.00/cm^2；由圖 4-18 可知，海鞘著生以 88-89、96-97、103-104 及 104-105 年最多，覆蓋率可達 0.50/cm^2 以上（0.5-0.62）；藤壺著生以 87-88 及 103-104 年最多，可達 0.60/cm^2 以上（0.66-0.72）（圖 4-19）。由圖 4-14 至圖 4-19 可知，各類底棲動物年間著生情形並無趨勢可言。

以非度量多維標度 Multi-Dimensional Scaling（MDS）方法分析各季底棲動物之生物群聚，第 3 及 4 次的群聚相分散度較大，第 1 次最為集中（圖 4-20 至圖 4-23）。基本上，四季之底棲動物群聚相可分為出水口南側以及入水口兩大群，石牛溪則介於其間。但 90 年第 2 及 3 次出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）的群聚與入水口的群聚聚集在同一群，而不是與出水口南側其他測站的群聚聚集，此特殊現象可能與第三核能發電廠於 90 年 3 月 18 日至 4 月 15 日間為期 29 天的停機有關（3A 事件），而此 2 次出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）的多毛蟲覆蓋率則較歷年高（圖 4-10）。95 年第 1、3 及 4 次出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）的群聚相與入水口的群聚聚集在同一群，而非與出水口南側其他測站的群聚聚集在同一群，此特殊現象可能與出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）的多毛蟲及苔蘚蟲覆蓋率較歷年高有關（圖 4-10 至圖 4-11）。

各類底棲動物歷年著生量變動在測站間的相似程度，以群聚分析 Clustering analysis 分析，珊瑚在各測站的著生量可分成兩群，一為入水口灣內測站 Influ-5、北堤測站 Influ-3 與出水口南側小灣測站 Efflu-2 及 MPT，另一群為入水口灣內測站 Influ-2，灣外之 Influ-10、Influ-11 與對照站 SNS，及出水口南側小灣測站 Efflu 、Efflu-3（圖 4-24）；軟體動物著生量變化，在出水口南側小灣測站 Efflu、Efflu-2、Efflu-3 及 MPT 皆與對照站 SNS 相似，入水口灣內測站與灣外之北堤測站 Influ-3 及 Influ-11 相似（圖 4-25）；多毛蟲在出水口南側小灣的著生量變化除了 MPT 之外的測站成一群，與對照站 SNS 及入水口南堤外側（Influ-10）相似，入水口灣內測站與北堤測站 Influ-3 成一群（圖 4-26）；苔蘚蟲以入水口灣內測站與北堤測站 Influ-3 的著生量相似，出水口南側小灣測站自成一群，但出水口南側小灣測站 Efflu-2 與入水口南堤外側（Influ-10）及對照站 SNS 較相似，介於出、入水口兩區之間（圖 4-27）；海鞘以

入水口灣內測站與北堤測站 Influ-3 及 Influ-11，還有對照站 SNS 及出水口之貓鼻頭（MPT）相似（圖 4-28）；藤壺以入水口灣內測站與北堤測站 Influ-3 及 Influ-11，還有對照站 SNS 相似（圖 4-29）。由此可知，除了珊瑚之外，各類底棲動物著生量相似度以入水口灣內測站與北堤測站 Influ-3 較為一致，其餘測站相似度依各底棲動物類別而有所不同。

例行性停機維修多在春秋冬三季進行，偶發之 3A 事件（90 年 07 月 12 日至 90 年 07 月 20 日）發生於夏季，由群聚分析推測停機可能會影響多毛蟲的著生量，106 年亦有停機大修 106 年 04 月 07 日至 106 年 06 月 15 日，還有 106 年 07 月 23 日凌晨 1 點 10 分二號機組因冷卻水泵故障跳機，至 106 年 07 月 24 日晚間 11 點 20 分機組再啟動，自 85 年來迄今共有 31 次停機記錄，將出水口南側各測站（水深 8 公尺處（Efflu）、水深 9 公尺處（Efflu-2）、水深 3 公尺處（Efflu-3）與貓鼻頭（MPT））歷年的資料分成停機及非停機時期的著生量比較（圖 4-30），用貓鼻頭（MPT）著生量為基準並排除季節之影響，結果顯示出水口區域南側水深 9 公尺處（Efflu-2）測站有顯著差異（T-test, p= 0.01），停機時期的平均著生量為 0.16/cm^2，高於非停機時期的平均著生量 0.005/cm^2，因此，溫排水可能影響出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）測站底棲生物的著生，但其他三測站：水深 8 公尺處（Efflu）、水深 3 公尺處（Efflu-3）及貓鼻頭（MPT）則無此現象（T-test, p=0.11, 0.75 及 0.35），換言之，溫排水影響南側小灣之範圍不大，此部分仍需繼續監測比較以評估影響範圍。

參考 85 至 105 年赤道太平洋區海面溫度指數 Niño3.4 index （北緯 5 度-南緯 5 度、西經 170 度-西經 120 度）、Niño4 index （北緯 5 度-南緯 5 度、東經 160 度-西經 150 度）（ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/data/indices/sstoi.indices）以及北太平洋年際震蕩 The Pacific Decadal Oscillation（PDO）於北緯 20 度海域（http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest），Niño3.4 index 連續五個月以上超過正常值±0.5，才認定聖嬰（+0.5）或反聖嬰（-0.5）現象，由於與台灣區域較為臨近 Niño4 區，故 Niño4 index 應更具代表性，也將之加入分析，兩指數之相關性為 0.89（p<0.001）；PDO 為北太平洋的海水溫度變化狀況，於 1990 年發現與鮭魚漁業產量有關，此事件的周期大約 20-30 年，PDO 及 Niño3.4 index 的溫度指數有 4-6 個月時間遲滯性的自我相關性（autocorrelation），相關性為 0.66（p<0.001）（圖 4-39），PDO 及 Niño4 index 之相關為 0.67（p<0.001），將之各別換算成季節平均值後與各季

底棲動物著生量做相關性分析，分析聖嬰及反聖嬰現象對底棲動物之影響，由於其效應可能影響當季之底棲動物著生量，亦可能延伸影響後一季或後兩季之著生量，因此以此 3 種時間對應來探討三指數與著生量之相關性，Niño3.4 index 之分析結果如表 4-2，珊瑚著生量與 Niño3.4 index 在 3 種時間對應多無相關性，僅於後兩季之出水口南側水深 9 公尺處(Efflu-2)著生量有正相關(0.27)，藤壺延後兩季之著生量與 Niño3.4 index 有負相關，以入水口南堤外側(Influ-10)海鞘著生量與 Niño3.4 index 相關為例，在 3 種時間對應下，與 Niño3.4 index 有負相關(-0.24～-0.29)，以後兩季的相關性較高，整體而言，後兩季的時間對應下有較多的相關性，但所有分析之相關性偏低（0.24-0.41）；Niño4 index 與著生量之相關性結果如表 4-3，趨勢與 Niño3.4 index 雷同，與珊瑚著生量在 3 種時間對應無相關性，與海鞘延後兩季之著生量有負相關(-0.30～-0.39），在 3 種時間對應下，以後兩季的相關性較高，且有較多的相關性；以 PDO 與底棲動物著生量之相關性相較 Niño3.4 index 與 Niño4 index 的為多，亦多為負相關（0.23-0.46），亦是以後兩季的時間對應下為最（表 4-4），表示當指數高時，之後 1-2 季的底棲生物著生量偏低。

4. 固定橫截線底棲生物覆蓋率變化

此部分調查始於 94 年第 3 次（9 月），入水口及出水口南側測站的底質主要以礁岩及沙質為主（表 4-6），但其比例在各橫截線中不同，入水口灣內南側（Inf 5）及出水口南側水深 3 至 5 公尺處（Eff）以礁岩為主（礁岩＞60%），而貓鼻頭（MPT）以沙質為主（礁岩＜30%），其餘則是礁岩及沙質各半。而底棲生物覆蓋率以入水口灣內南側(Inf 5)最高(表 4-3)，覆蓋率為 64.0%，其次為入水口灣內最北側(Inf 2.2)覆蓋率為 52.4%；而貓鼻頭（MPT）覆蓋率 14.0%最低，整體而言，入水口的底棲生物覆蓋率高於出水口南側各測站。底棲生物有珊瑚、海葵、軟體動物、多毛類、海綿動物、棘皮動物及海藻等大類，共記錄到珊瑚 23 屬，海葵 2 屬，軟體動物 2 屬，海藻 9 屬，各橫截線以珊瑚類的覆蓋率最高，但入水口灣內北側（Inf 2.1）除外，本測站海葵覆蓋率最高（10.0%），珊瑚次之（9.6%）。總覆蓋率皆以入水口灣內南側（Inf 5）最高（190-200%），其次為入水口灣內最北側（Inf 2.2）（144-165%）及出水口南側水深 3 至 5 公尺處（Eff）（121-178%）；而貓鼻頭（MPT）覆蓋率 82-86%最低，仍是入水口的底棲生物覆蓋率高於出水口南側各測站。

監測 94 年第 3 次至 106 年第 2 次的底棲生物覆蓋率之季節變化發現（圖 4-31 及 4-32），藻類覆蓋率逐年增加，由 94 年各測站皆低於 40%，至今（106 年）各站皆高於 50%，以入水口灣內南側（Inf 5）最高，其覆蓋率高達於 90%；石珊瑚以出水口南側水深 3 至 5 公尺處（Eff）覆蓋率最高（70-93%），入水口灣內北側（Inf 2.1）覆蓋率最低（23-48%），除了出水口貓鼻頭（MPT）在 102-104 年第 4 次明顯減少為 7.6-16.4%的覆蓋率，推測減少的現象是受到颱風影響；海葵在入水口的覆蓋率最多為 50-81%，無明顯的季節性變化，但於 100 年之後觀察到覆蓋率減低的現象，至今為 17-41%，而出水口區域之海葵較少，目前在貓鼻頭（MPT）記錄到覆蓋率最多為 2%；軟珊瑚主要出現於出水口南側，覆蓋率為 0.8-30%，而入水口覆蓋率為 0-5%；海綿、多毛類、棘皮動物、貝類等底棲動物覆蓋率極低，介於 0-10%。

珊瑚白化是環境變化的指標，影響之環境因素很多，例如水溫太高、水體混濁或光線不足時，會造成共生藻死亡或離開而白化，如果環境變好，共生藻會再回來。104 年第 1 次至 106 年第 2 次調查皆有發現珊瑚白化（圖 4-31 及 4-32），以 105 年第 3 次（7-8 月）較它次為高，範圍分別為 7-54%及 9-62%，多分布於水深 3-5 公尺處，入水口的白化比例較出水口為高，分別平均為 105 年 32%及 18%，但在出水口水深 8-10 公尺處白化率則較低（105 年 7-8%）。將各測站白化率與 Niño3.4、Niño4 及 PDO index 作相關性分析，僅有入水口灣內北側兩條穿越線（Inf 2.1 及 Inf 2.2）的白化率有正相關性存在，與 Niño3.4 index 的相關性為 0.31 及 0.32（$p<0.05$），與 Niño4 index 的相關性為 0.35 及 0.41（$p<0.01$），與 PDO index 的相關性為 0.56 及 0.61（$p<0.001$），出水口僅水深 3 至 5 公尺處（Eff）白化率與 PDO index 有正相關（$r=0.31, p<0.05$），推測與大環境氣候變遷聖嬰現象有關，當指數高時，白化率也增高；此外，在 99 年、101-103 年以第 1、2 次（冬、春）觀察到白化的比例較第 3、4 次（夏、秋）高，此現象原推測可能與冬季低溫（<20°C）有關，但是 102 年冬季水溫未有低於 20°C，均溫約為 25-26°C，仍有白化現象，可能與其他之因素，如溫差、營養鹽或南灣遊憩量有關。

105 年第 3 次之夏季白化率較 96 年第 3 次調查的珊瑚白化現象稍高， 96 年在出水口及入水口皆以水深 3 至 5 公尺處之測線白化較嚴重，白化珊瑚比例達 40-50%，水深較深的測線珊瑚白化比例為 0-7%，相對 105 年為 38-54%及 7-8%。96 及 105 年珊瑚在第 3 次（6~9 月）之白化，至第 4 次（11 月）皆漸恢復，出水口及入水口在水

深 3 至 5 公尺的白化珊瑚比例在第 4 次為 1-22%(96 年)及 2-20%(105 年)。在 103-106 年 14 次調查所見之白化珊瑚在入、出水口南側小灣之種類有所不同，入水口灣內多為枝狀，北側 Inf 2.1 及 Inf 2.2 主要是軸孔珊瑚，南側 Inf 5 為鹿角珊瑚、軸孔珊瑚及角星珊瑚，白化率為 0-54%，而出水口主要為團塊及平鋪狀珊瑚，有棘杯珊瑚、角星珊瑚、角菊珊瑚、腦紋珊瑚、細菊珊瑚及表孔珊瑚，枝狀的珊瑚有列孔珊瑚及鹿角珊瑚，白化率為 0-38%，以 MPT 測線之珊瑚覆蓋率 7.6-65.6%及白化率 0-7.2%最低（圖 4-33）。

入水口及出水口南側測站的底棲生物群聚相可分為入水口及出水口南側兩群的群聚相（圖 4-34），入水口內以入水口灣內北側（Inf 2.1）與入水口灣內最北側（Inf 2.2）的群聚相最為相似，其次為入水口灣內南側（Inf 5）；而出水口南側以出水口南側水深 9 公尺處（Eff 2）與貓鼻頭（MPT）最為相似，其次為出水口南側水深 3 至 5 公尺處（Eff）；而以相似性百分比分析 Similarity Percentages（SIMPER）得知入水口內有優勢底棲生物—球莖觸手海葵（*Entacmaea* sp.）（表 4-5），而出水口南側並無明顯的優勢生物。

5. 入、出水口微環境沉積物沉積量與底棲動物著生量之相關性

96 年至 97 年第 2 次調查間出水口有泥沙淤積於監測樣點之情況，且沉積厚度超過 30 公分，將其下之固著生物掩埋而致無法生存，故於 98 年第 2 次調查（2 月 09 日至 5 月 06 日）開始放置沉積物收集器，以監測沉積物沉積量，結果如圖 4-28，可知出水口南側區域各季沉積物沉積量常較入水口灣內區域高，並在第 3、4 次平均每日沉積量高於第 1、2 次。

106 年 2 次調查沉積物沉積量變化，第 1、2 次出水口區域沉積量未明顯較入水口灣內區域高(T-test; $p>0.05$)(圖 4-35)，出水口南側區域平均沉積量分別為 1.06±0.68 及 0.44±0.31mm/day，而入水口灣內區域分別為 0.08±0.03 及 0.04±0.02 mm/day。

出水口的沉積量有年間的差異，在第 1 次（冬），101、102 及 105 年的沉積量明顯較 100 及 103 年為高（ANOVA, Duncan）；在第 2 次（春），101 年的沉積量明顯較 98-100、103、105 及 106 年為高（ANOVA, Duncan），顯示在沒有颱風影響的季節（冬及春），可能與近岸海域的海流及潮流輸沙量有關；在第 3 次（夏），各年

間沒有顯著差異（ANOVA, Duncan）；在第 4 次（秋），98 及 101 年的沉積量明顯較 99 及 104 年為高（ANOVA, Duncan）（圖 4-35）。

沉積物之粒徑分析（表 4-7），分成黏土（clay: < 3.9 μm）、粉沙（silt: 3.9-31.3 及 31.3-62.5 μm）及沙（sand: 62.5-125、125-250、250-500、500-1000 及 1000-2000 μm），比較入及出水口組成之異同，入水口之組成以黏土及粉沙明顯較出水口為多（T-test; $p<0.05$），在入水口之平均百分比分別為 2.75%及 17.93%，而出水口者為 1.00%及 7.06%；出水口的沙含量顯著較入水口為多（T-test; $p<0.05$），在出水口之平均百分比為 91.92%，入水口為 79.34%，由此可見，粒徑組成上入水口的沉積物偏細，含較多的黏土及粉沙顆粒，而出水口的偏粗，含沙較多，但最粗的沙 1000-2000 μm 含量於入、出水口間無顯著差異（T-test; $p>0.05$）。

將出、入水口區域 98 年第 2 次至今之沉積量分別與中央氣象局颱風資料庫之各季颱風數量及累計警報天數做迴歸分析，僅有入水口沉積量與各季颱風數量及颱風累計警報天數成正相關，其相關性（R^2）達 0.44（$p<0.001$），其簡單迴歸關係為入水口平均日沉積量（y）=0.05＋0.05* 颱風數量（x）；入水口平均日沉積量（y）=0.04＋0.02* 颱風警報天數（x），表示颱風之數量及累計警報天數越多，入水口平均日沉積量越高，但是出水口或兩區域平均之沉積量與颱風之迴歸相關性不顯著（圖 4-36）。將沉積量分成颱風季與非颱風季比較，出、入水口區域皆以颱風季沉積量明顯高於非颱風季（T-test, $p<0.001$），颱風季沉積量分別為 1.72±0.98 及 0.19±0.21 mm/day,，非颱風季為 0.82±0.58 及 0.04±0.02 mm/day，由此可見颱風季時沉積量明顯較多。從粒徑區別颱風及非颱風季間之差異（表 4-8），入水口沉積的黏土及粉沙比例於颱風季明顯較非颱風季為高（T-test, $p<0.01$），颱風季為 3.75%及 23.16%，非颱風季為 1.79%及 13.04%，沙顆粒之比例則反之（T-test, $p<0.01$），颱風季為 73.09%，非颱風季為 85.17%，顯示颱風季沉積顆粒較細，非颱風季顆粒較粗；出水口區域以 31.3-62.5 μm 及 62.5-125 μm 之粒徑於颱風季明顯較非颱風季為低（T-test, $p<0.05$），颱風季為 2.39%及 7.06%，非颱風季為 4.46%及 10.88%，較大粒徑之 250-500 μm 及 500-1000 μm 明顯以颱風季高於非颱風季（T-test, $p<0.05$），颱風季為 32.23%及 24.46%，非颱風季為 27.70%及 19.91%，呈現出水口沉積之顆粒於颱風季較粗，非颱風季則較細，與入水口之沉積現象相反。

為瞭解沉積量與各類底棲動物著生量之相關性，故以各測站之沉積量與各類底棲

動物著生量作迴歸分析，迴歸關係多為顯著（$p<0.05$），分別與藤壺、海鞘、苔蘚蟲、多毛蟲及軟體動物有顯著的負相關（R^2=0.03-0.27; $P<0.05$），與珊瑚無迴歸相關，迴歸關係式分別為藤壺（y）= 0.08-0.04*沉積量（x）、海鞘（y）= 0.10-0.04*沉積量（x）、苔蘚蟲（y）= 0.42-0.19*沉積量（x）、多毛蟲（y）= 0.51-0.17*沉積量（x）及軟體動物（y）= 0.01-0.01*沉積量（x），呈現沉積量越多底棲動物的著生量就越少（圖4-36），此部分資料將持續累積以釐清沉積量與各類底棲動物之相關性。

6. 出水口南側各測站與入水口之水溫比較

104 年、105 年及 106 年第 1 次（103 年 11 月 12 日至 104 年 02 月 03 日及 104 年 11 月 05 日至 105 年 02 月 01 日及 105 年 11 月 03 日至 106 年 02 月 07 日）（圖4-38）， 104 年出水口南側水深 3 公尺處（Efflu-3）的平均水溫 24.8°C、最高水溫 29.9°C、最低水溫 21.2°C、平均溫差 1.66°C，平均水溫高於其餘測站（平均水溫介於 23.6～24.0°C、最高水溫為 27.4～27.6°C、最低水溫為 19.9～20.9°C 及平均溫差為 0.87 ~ 1.39°C）（ANOVA, Waller-Duncan; $p<0.05$）。 105 年出水口南側水深 3 公尺處（Efflu-3）的平均水溫 26.3°C、最高水溫 29.7°C、最低水溫 20.6°C、平均溫差 1.57°C，平均水溫高於其餘測站（平均水溫介於 25.4～25.6°C、最高水溫為 28.0～28.2°C、最低水溫為 18.7 ~ 22.1°C 及平均溫差為 0.90 ~ 1.70°C）（ANOVA, Waller-Duncan; $p<0.05$），低於 20°C 現象發生於 104 年 12 月 25-27 日，日溫差高達 6°C。106 年出水口南側水深 3 公尺處（Efflu-3）的平均水溫 25.7°C、最高水溫 29.4°C、最低水溫 20.3°C、平均溫差 1.80°C，平均水溫高於其餘測站（平均水溫介於 24.6～24.9°C、最高水溫為 27.6 ~ 27.7°C、最低水溫為 18.5 ~ 18.9°C 及平均溫差為 1.21 ~ 1.69°C）（ANOVA, Waller-Duncan; $p<0.05$），低於 20°C 現象發生於 105 年 12 月 13-16 日，日溫差高達 6°C，以及 106 年 01 月 13-14 日，日溫差高達 4°C。

104 年、105 年及 106 年第 2 次（104 年 02 月 04 日至 104 年 05 月 06 日、105 年 02 月 02 日至 105 年 05 月 04 日及 106 年 02 月 08 日至 106 年 05 月 07 日）（圖4-38）， 104 年出水口南側水深 3 公尺處（Efflu-3）的平均水溫 25.2°C、最高水溫 29.5°C、最低水溫 21.2°C、平均溫差 2.05°C，平均水溫明顯高於其餘測站（平均水溫介於 23.8～24.2°C、平均最高水溫為 27.6 ~27.9°C、平均最低水溫為 20.1～20.9°C 及平均溫差為 1.32 ~ 1.66°C）（ANOVA, Waller-Duncan; $p<0.05$）。104 年各測站的最

低水溫（20-21.2°C）範圍明顯較 100 至 103 年同期（21-23.8°C）為低。105 年出水口南側水深 3 公尺處（Efflu-3）的平均水溫 25.4°C、最高水溫 29.2°C、最低水溫 22.2°C、平均溫差 2.46°C，平均水溫明顯高於其餘測站（平均水溫介於 23.9～24.4°C、平均最高水溫為 26.7 ~27.0°C、平均最低水溫為 20.8～21.9°C 及平均溫差為 1.31～1.80°C）（ANOVA, Waller-Duncan; $p<0.05$）。106 年出水口南側水深 3 公尺處（Efflu-3）的平均水溫 26.4°C、最高水溫 29.8°C、最低水溫 23.1°C、平均溫差 1.92°C，平均水溫明顯高於其餘測站（平均水溫介於 25.0～25.3°C、平均最高水溫為 27.6 ~29.0°C、平均最低水溫為 22.3～22.9°C 及平均溫差為 1.18～1.21°C）（ANOVA, Waller-Duncan; $p<0.05$）。104-106 年出水口南側水深 3 公尺處（Efflu-3）的最高水溫 29.5、 29.2 及 29.8°C，並未如過去 100-102 年有高達 30°C。

104 及 105 年第 3 次（104 年 05 月 07 日至 104 年 08 月 03 日及 105 年 05 月 05 日至 105 年 08 月 03 日）（圖 4-38）， 104 年出水口南側水深 3 公尺處（Efflu-3）的平均水溫 29.1°C、最高水溫 32.7°C、最低水溫 24.1°C、平均溫差 2.8°C（範圍 0.97~5.73°C），平均水溫高於其餘測站（平均水溫介於 26.8 ～ 27.8°C、最高水溫為 30.5～31.1°C、最低水溫為 21.3～22.4°C 及平均溫差為 2.5～3.2°C，溫差範圍為 0.3～7.4°C）（ANOVA, Waller-Duncan; $p<0.05$），而出水口 9 公尺深之 MPT 測站水溫高於 30°C 共有 8 天，尤其於 07 月 05 日至 07 月 09 日連續 5 天的高溫，此時期為輕颱蓮花剛從菲律賓離開，6 日 17 時其中心在鵝鑾鼻南南西方海面，暴風圈進入巴士海峽，且移動緩慢，7 日後逐漸由北北東轉西北移動，9 日 5 時其中心在臺灣海峽南部向西移動，可能影響內波及湧昇流的強度，日溫差僅 1-2°C，10 日後則延續一星期多的大溫差 5-7°C；105 年出水口南側水深 3 公尺處（Efflu-3）的平均水溫 29.4°C、最高水溫 33.5°C、最低水溫 22.0°C、平均溫差 3.4°C（範圍 0.85~7.50°C），平均水溫高於其餘測站（平均水溫介於 26.6～28.1°C、最高水溫為 30.8～31.5°C、最低水溫為 20.4 ～ 22.2°C 及平均溫差為 2.7 ～ 3.8°C，溫差範圍為 0.55 ～ 9.22°C）（ANOVA, Waller-Duncan; $p<0.05$），而出水口 9 公尺深之 MPT 測站水溫從 06 月 28 日開始高於 30°C，共有 20 天，最高達 31.3°C（08 月 01 日），尤其於 07 月 03 日至 07 月 10 日連續 8 天的高溫，此時期有強颱尼伯特發展，於 07 月 08 日凌晨登陸臺灣台東，期間日溫差僅 1-3°C，07 月 15 日後則延續一星期多的大溫差 4-8°C。

104 及 105 年第 4 次（104 年 08 月 04 日至 104 年 11 月 04 日及 105 年 08 月 04

日至 105 年 11 月 02 日）（圖 4-38）， 104 年出水口南側水深 3 公尺處（Efflu-3）的平均水溫 28.8°C、最高水溫 32.6°C、最低水溫 22.8°C、平均溫差 2.24°C（範圍 0.79~5.36°C），平均水溫高於其餘測站之同期記錄（平均水溫介於 27.2～27.8°C、最高水溫為 26.2～30.3°C、最低水溫為 20.8～22.5°C 及平均溫差為 1.50～2.10°C，溫差範圍為 0.22～6.10°C）（ANOVA, Waller-Duncan; $p<0.05$）；105 年出水口南側水深 3 公尺處（Efflu-3）的平均水溫 29.1°C、最高水溫 32.9°C、最低水溫 24.3°C、平均溫差 2.05°C（範圍 0.68~4.24°C），平均水溫高於其餘測站之同期記錄（平均水溫介於 27.4～28.0°C、最高水溫為 30.3～30.6°C、最低水溫為 21.5～22.3°C 及平均溫差為 2.48～2.60°C，溫差範圍為 0.34～7.06°C）（ANOVA, Waller-Duncan; $p<0.05$）。

整體而言，106 年 2 次與過去的趨勢相同，除出水口南側 3 公尺水深測站（Efflu-3）的水溫較其他測站高約 0.8~1.1°C，其餘出水口各測站之水溫與入水口的水溫無異，顯示溫排水不影響出水口南側地區 6 公尺以深的水溫。94 年至 106 年各月的平均水溫、平均最高水溫、平均最低水溫及月平均溫差、Nino 3.4 、Nino 4 及 PDO index 變化如圖 4-39，測站間的平均水溫變化趨勢以入水口灣內南側（Influ-5）及貓鼻頭（MPT）相近，出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）與水深 9 公尺處（Efflu2）近似。

將各測站的月平均水溫、月平均最高水溫、月平均最低水溫及月平均溫差與 Nino 3.4 、Nino 4 及 PDO index（圖 4-39）作相關分析，各測站的月平均之水溫最高水溫、最低水溫及溫差之間有 0.21-0.99 的相關性（$p<0.01$），月平均水溫、月平均最高水溫、月平均最低水溫及月平均溫差分別與 Nino 3.4 index 無顯著相關，延後 4-6 月的月平均溫差資料與 Nino 3.4 index 亦無相關（表 4-9）；各測站水溫資料與 Nino 4 index 相關性雷同於 Nino 3.4 index 的分析結果，呈現無相關（表 4-10）；出水口南側小灣貓鼻頭（MPT）水溫資料之月平均溫及月平均最高溫與同月之 PDO index 有顯著負相關（$r=-0.17$, $p<0.05$），而延後 2-5 月的水溫資料，除了測站水深 9 公尺處（Efflu-2）無相關，其餘測站部分與 PDO index 有正相關（$r=0.17\sim0.25$）（表 4-11），又以延後 4 月的水溫相關性最高及數量最多，表示南灣的水溫變化與 PDO index 有某程度的相關。

將各測站監測的季平均溫度資料與底棲動物著生量作相關分析（表 4-12），於入水口灣內南側（Influ-5）藤壺與季最高日溫、季平均最高日溫、季平均日溫、季最大日溫差及季平均日溫差呈正相關（$r=0.29\sim0.41$）；出水口區域之南側水深 8 公尺處

（Efflu）之藤壺與季平均最低日溫呈負相關（r = -0.36）；而貓鼻頭（MPT）之藤壺與季最大日溫差及季平均日溫差有正相關（r =0.46），表示藤壺著生量各測站與溫度相關程度不一。將各測站監測的季平均溫度資料與後 1 季底棲動物著生量作相關分析（表 4-13），入水口灣內南側（Influ-5）苔蘚蟲與水溫資料(季最高日溫、季平均日溫、季平均最高日溫、季最大日溫及季平均日溫差，除了季最低日溫及季平均最低日溫之外)呈正相關（r = -0.35 ~ -0.43）；軟體動物與季最低日溫呈負相關（r = -0.32）。再將各測站監測的季平均溫度資料與後 2 季底棲動物著生量作相關分析（表 4-14），入水口區域之藤壺與季最低日溫有負相關（r = -0.34），出水口區域之貓鼻頭（MPT）之藤壺與季平均最高日溫及季平均日溫差呈負相關（r =-0.30），還有出水口南側 3 公尺水深測站（Efflu-3）之苔蘚蟲與水溫資料（季平均日溫、季平均最高日溫及季平均最低日溫）呈負相關（r = -0.31~ -0.32），表示水溫的變化當月、後 1 季及後 2 季與底棲生物之著生量存有某程度的相關性，以當季及後 2 季的時間對應下有最多相關，但各測站並無一致性。

出水口南側 3 公尺水深測站（Efflu-3）的水溫長期較其餘測站高，將出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）的底棲動物著生量與出水口水深 3 公尺測站（Efflu-3）相互比較（圖 4-40 至圖 4-45），兩測站的珊瑚、軟體動物著生量皆少，無顯著差異，3 公尺水深（Efflu-3）第 2 季多毛蟲著生量常高於水深 8 公尺處（Efflu），苔蘚蟲著生量水深 8 公尺處(Efflu)偶高於 3 公尺水深(Efflu-3)，海鞘著生量於 3 公尺水深(Efflu-3)偶高於水深 8 公尺處（Efflu），而 3 公尺水深（Efflu-3）少有藤壺著生。將兩測站之平均水溫與多毛蟲著生量作相關分析，3 公尺水深（Efflu-3）及水深 8 公尺處（Efflu）之多毛蟲著生量與平均水溫不具相關性（表 4-12），溫排水對這些底棲動物著生量之直接影響仍需繼續觀察及驗證。

五、討論

無論是軸孔珊瑚的存活或是成長情形，皆以入水口區域高於出水口南側區域，這可能與出水口南側區域是遊客潛水的熱門景點，有較大的人為干擾有關。但造成軸孔珊瑚呈現負成長的原因，可能有一、因為軸孔珊瑚對環境的變化比較敏感，在移植過程中造成成長緩慢或零成長；二、有些海水混濁的季節在測定過程中樣本未全數檢測到；三、人為或自然干擾造成，如出水口泥沙沉積量大。由於出水口沉積量明顯高於

入水口，為了避免沉積物影響，而將出水口珊瑚移至珊瑚礁石上，在 100 至 101 年珊瑚死亡率原為每季 6-10 株，移至珊瑚礁石後，102 至 103 年珊瑚死亡率減為平均每季 1.38 株，並且在 105 年第 1 次之成長量首次顯著較入水口佳（$p<0.05$），因而泥沙沉積量對珊瑚生存有明顯的影響。

經野外潛水觀察發現移植至出水口南側之軸孔珊瑚其尖端之生長點多有受損之痕跡，而入水口珊瑚死亡的主因可能為遭白結螺或雀鯛、鸚哥魚吃食，被啃食的現象在 105 年 8 月期間特別顯著，此次珊瑚長度為 68.4±10.1mm，在 8 月 10 日有觀察到被啃食的痕跡及長度變短，還有大量的雀鯛，至第 4 次（11 月）測量死亡珊瑚之骨骼長度為 39.7±13.3mm，明顯變短（T-test, $p<0.001$）。此外，入水口珊瑚平均日成長率季節性的變化，尤其於第 3、4 次（夏、秋）負成長的現象，可能與颱風影響有關，其迴歸相關係數（R^2）為 0.16-0.18。

出水口南側小灣 106 年之珊瑚株是於 02 月 08 日放置，於第 2 次（5 月 08 日）成長量明顯較入水口長，珊瑚架固定於水深 5 公尺處的珊瑚礁石上，近水深 3 公尺處（Efflu-3）測站，由於珊瑚株是放置在溫排水影響的深度範圍，所以推測溫排水有助於珊瑚成長，但 105 年第 3 次調查皆有觀察到所放置的軸孔珊瑚白化，可能與夏季高溫有關，105 年 08 月 05 日放置之軸孔珊瑚株於 08 月 10 日觀察時已有白化現象，這 5 天期間水深 3 公尺處（Efflu-3）平均水溫為 29.8°C（每日水溫範圍：28.2～31.0°C），並且 105 年 5-7 月入水口平均水溫高於 29.8°C 的天數有 3-6 天，在 102-104 年為 0 天；出水口水深 3 公尺處（Efflu-3）105 年 5-7 月平均水溫高於 29.8°C 的天數有 35-40 天，在 102-104 年為 28-34 天，顯示 105 年白化現象亦是受大環境氣候變遷的影響。

比較入水口、出水口南側之底棲動物補充量及底棲生物覆蓋率，整體來說，入水口區域底棲動物之著生量及底棲生物覆蓋率皆高於出水口南側區域，以目前的資料無法斷定這全是由溫排水造成的效應，因為造成這種現象的原因可能有：1、溫排水的效應；2、非入水口區域有較大的人為或自然干擾；3、入水口區域因冷卻機組抽水，導致總水體量與幼生量大於非入水口區域；4、出水口區域泥沙沉積量較入水口區域高。

底棲動物著生量多與沉積物沉積量有顯著迴歸負相關（R^2=0.03-0.27），僅珊瑚無迴歸關係，故沉積量多寡可能會影響底棲動物之著生。沉積物沉積量 104-106 年 10 次中有 4 次皆是出水口多於入水口，可能因入水口較封閉，海浪不易影響入水口灣

內，故沉積量少且粒徑較細。此外，沉積量可能因颱風經過而增加，但出水口沉積量與颱風之迴歸相關性不顯著，可能因沉積量過高，超出收集器的負荷或是容器傾倒及移位，因而無法看到相關性，僅入水口沉積量與颱風累計警報天數成迴歸正相關（R^2= 0.44），出、入水口颱風季的平均沉積量明顯比非颱風季高，因底棲動物著生量相對於沉積量呈迴歸負相關，故推測颱風對底棲動物之著生量為負相關，但是出水口無顯著差異，入水口之藤壺、多毛蟲及貝類著生量則是颱風季顯著高於颱風季（表 4-2），此結果與推測不符，可能因颱風季多發生於夏秋季，伴隨颱風之水溫降低是否有正向影響仍有待探討。

出水口南側小灣第 1 及 2 次調查的沉積量無颱風影響，沉積量卻有年間的差異，可能與近岸海域的海流及潮流輸沙量有關，另外，有研究指出南灣近岸海域沙泥沉積是由潮殘餘流由東向西的恒常運移作用所導致（莊，2002），而 105 年第 2 次出水口底質沙上覆有藻類，可能因輸沙量減少而致。

Niño3.4 index 是在北緯 5 度-南緯 5 度、西經 170 度-西經 120 度之範圍測得的海水溫度變化指數，而 Niño4 index 為北緯 5 度-南緯 5 度、東經 160 度-西經 150 度之範圍測得，較鄰近於台灣，Niño3.4 及 Niño4 index 效應可能影響當季之底棲動物著生量，亦可能延伸影響後一季或後兩季之著生量，目前皆以後兩季有負相關性之數量最多，但分析之相關性不高，Niño3.4 index 的相關性（r）介於 0.23 ~ 0.49，Niño4 index 的相關性介於 0.22 ~ 0.49，而 PDO index 為東北太平洋的海水溫度變化指數，周期長有 20-30 年，對底棲動物之相關性以後兩季最多，有相關性（r = 0.24 ~ 0.41）的底棲動物大類數量多於與 Niño3.4 index 相關數量。整體而言，PDO 及 Niño3.4 或 Niño4 index 與底棲動物有相關，說明大環境變化對底棲動物有影響，當 PDO 越高，東北太平洋水溫隨之越高，後一季或後兩季底棲動物之著生量則是越低，而臺灣位居西北太平洋水溫呈現為冷相，並且兩指標都是對後兩季之底棲動物有較多的相關，故大尺度環境變化現象對底棲動物著生量有延遲之相關。

林及吳（2013）的研究報告中指出在冬季且當 PDO 與 Nino 3.4 index 皆呈正相時，入侵東海的黑潮量有明顯減少的現象，可能因熱通量梯度的改變或中尺度反氣旋渦漩靠近黑潮所影響。聖嬰期（Nino 3.4 index >0.5）為 93 年 8 月至 94 年 1 月、95 年 9 月至 96 年 1 月、98 年 7 月至 99 年 4 月以及 103 年 11 月至 105 年 4 月，反聖嬰期（Nino 3.4 index <0.5）為 96 年 8 月至 97 年 5 月、99 年 6 月至 101 年 3 月及 105

年 8 月至 105 年 12 月；北太平洋冷相期（PDO index<0）為 96 年 9 月至 98 年 7 月，還有 99 年 6 月至 102 年 2 月，暖相期（PDO index>0）為 91 年 8 月至 95 年 7 月、98 年 9 月至 99 年 5 月，以及 103 年 1 月至本（106）年，故 104 年第 1 次至 105 年第 2 次調查正為聖嬰期及北太平洋暖相期，105 年第 3-4 次調查為反聖嬰期及北太平洋暖相期，104 年 1-2 月平均最低水溫可低於 22°C，此低溫現象可見於 94 年 3 月及 98 年 12 月，亦同為聖嬰期及北太平洋暖相期，而 96 年初為聖嬰期則無此現象，故推論低溫應是受湧昇流影響，而湧昇流的強度會同時在聖嬰期及北太平洋暖相期間增強（圖 4-39），出現的時間間距約為 5 年，此部分仍需深究成因。

從水溫的變化與 PDO 及底棲動物著生量三者間之相關分析，得知有某程度的相關性存在，PDO index 與後 2-5 月的水溫資料多數有顯著正相關（$r = 0.17 \sim 0.25$），PDO 與後 1-2 季底棲動物著生量之相關性亦多數為負相關，而水溫資料與當季底棲動物著生量之相關性較多，推測當 PDO 越高，相對後 1-2 季南灣的水溫高，以及後 1 及 2 季的底棲動物著生量較低。PDO index 自 103 年 1 月開始轉為正值，表示東北太平洋為暖相，而西北太平洋為冷相，但是 Nino 3.4 index 於 105 年 08 月至 12 月為反聖嬰期，在 106 年 03 月轉為正值+0.2，推測 106 年第 2-3 次著生量會偏高，106 年第 2 次之藤壺在入水口皆較第 1 次為少（T-test: $p<0.05$），其餘底棲動物無顯著差異，與預測不一致。而 PDO index 在 105 年 11 月值達 1.88，之後降低，至 106 年 06 月為 0.79，現仍為東北太平洋暖相，推測 106 年第 1-2 次的著生量相對於 105 年第 4 次（11 月）為低，實際數據分析 106 年第 1-2 次入水口之藤壺、多毛蟲及貝類，還有出水口之珊瑚著生量有顯著較 105 年年第 4 次少（T-test: $p<0.05$），其餘如海鞘及苔蘚蟲入、出水口皆不顯著（T-test: $p>0.05$），與預期有些不符。而水溫存有季節變化，應進一步將季節變化因子去除再進行比較分析，才更能判別三者間的相關。

湧昇流影響此區域的水溫及溫差，103 年第 1 次至第 2 次調查期間，出水口南側水深 3 公尺處（Efflu-3）的最高水溫 28.6°C 低於 100-102 年（30.0-30.3°C），但是恆春平均的氣溫（23°C）及日照時數（175 小時）並不低於 100 年（22°C 及 148 小時），101-102 年的為 24°C 及 154-196 小時；103 年的雨量 29 毫米略高於 100 年（21 毫米），101-102 年為 32-39 毫米；而水深 3 公尺處（Efflu-3）的最低水溫 22.2°C 低於 100-102 年（23.7-25.4°C），推測可能受湧昇流影響，帶來深海的低溫水，混合而降低水深 3 公尺處（Efflu-3）的高溫。而湧昇流強度又受大尺度的海流及颱風影響，如黑潮向東

(向西)擺動時，湧升流會變明顯(不明顯)，且在上層 30 公尺處最為明顯(Wu et al., 2008; 林及吳，2013)。從各測站監測的季溫度資料與底棲動物著生量之相關性可知（表 4-10 至 4-12），入、出水口區域底棲動物著生量與小尺度之低溫及溫差之變化有關（r =0.30-0.57），但測站間趨勢不同，並且又與 Nino 3.4、Nino 4 及 PDO index 多有後兩季之相關，表示底棲動物的著生量是受大尺度的環境變化影響，而非小尺度的溫排水效應，爾後監測湧昇流之變化，發展湧昇流指標，方能追蹤其對底棲動物著生之影響。

過去以往颱風經過，會有明顯的大幅度溫度下降，但是 104-105 年（為聖嬰期及北太平洋暖相期）卻不明顯，反而是高溫及溫差變小，比如 104 年蓮花颱風及 105 年尼伯特颱風經過之時，出水口水深 9 公尺處之貓鼻頭（MPT）測站連續數天高於 30°C，溫差僅 1-3°C，推測可能與海水熱含量有關，由於海溫高是颱風生成(由低壓轉變為熱帶性低壓再發展成輕颱)的必要條件之一，並且颱風的強度變化與海洋熱含量(OHC: ocean heat content)的分布有相關（吳，2016），熱含量越高，颱風強度越強；另一可能原因是黑潮向西擺動，湧升流會變不明顯 (Wu et al., 2008; 林及吳，2013)，黑潮系統的變動與北太平洋西風帶風場及 PDO index（海水表面水溫異常）是有相關的（Newman *et al.*, 2016），所以 PDO index 呈現大規模的海水溫-洋流-大氣風場系統變動過程。

102 年至 106 年各季調查皆有珊瑚白化的現象，尤其以 105 年第 3 次偏高，入、出水口水深 3-5 公尺處白化率為 38-54%，在 105 年，自尼伯特颱風經過後 5 日（7 月 14 日）進行觀察，但白化現象不限於南灣，連東沙海域亦有發生，而南半球澳洲大堡礁全長 2,300 公里範圍的最北部之蜥蜴島早在同年 3 月珊瑚就有大範圍白化，此為受整個大環境溫度異常所致，而 106 年的白化不亞於 105 年，南半球澳洲大堡礁是連續兩年的大範圍白化，但是今（106）年與去年的區域不同，以大堡礁中部之旅遊熱點地區湯斯維爾（Townsville）和凱恩斯（Cairns）之間的珊瑚最為嚴重，兩年共有三分之二的區域珊瑚嚴重白化，長達 1500 公里的範圍，死亡珊瑚超過該地一半以上。加上今（106）年的紀錄，大堡礁已經歷四次白化（87 年、91 年、105 年及 106 年）。印度洋地區的珊瑚也一樣，根據潛水勝地馬爾地夫的一份調查顯示，該地所有的珊瑚都受到影響，有 60%到 90%的珊瑚礁白化；太平洋的聖誕島及島礁賈維斯島也因此失去了大概 85%的珊瑚礁。南灣的夏季白化，過去在 87 年及 96 年亦有發生，二者均

相隔 9 年，但是只有 87 年及 105 年是在聖嬰期及北太平洋暖相重疊期之後，96 年是在聖嬰期之後，今（106）年是在反聖嬰期之後，與 105 年相隔僅一年，可能與海水熱含量有關，美國國家海洋及大氣總署（NOAA）的衛星影像指出，從 103 年開始海水就異常溫暖（Eakin *et al.*, 2016）。

入水口除夏季之外，歷年以第 2 次調查之白化比例較高（6.4-38.0%），與 101 年的現象相似，101 年推測此季白化可能因冬季低溫影響，或是核三廠內機組大修（101 年 4 月 22 日至 5 月 26 日），於入水口之排水管道排放污水而影響水質，106 年第 2 次調查（106 年 05 月 09 日）遇到大修停機（106 年 4 月 07 日至 6 月 15 日）的馬達開始啟動，排放管內排出的汙水影響調查區域的能見度約半小時，故推測大修工作的管線汙物清除與排放汙水可能短暫影響能見度、沉積物沉積量及水質，進而影響周遭小範圍之底棲動物；但是 102 年冬季並無低溫影響，而 103、104、105 及 106 年冬季有低溫之影響，推測其他如降雨造成懸浮物多、溫差大、營養鹽或是核三廠內機組大修（101 年 12 月 09 日至 102 年 01 月 10 日、102 年 10 月 16 日至 102 年 11 月 28 日、103 年 03 月 06 日至 05 月 09 日、104 年 03 月 24 日至 04 月 21 日及 104 年 11 月 09 日至 105 年 01 月 11 日）等因素都可能與此有關；出水口尚在 103 年第 3 次（夏）調查到白化比例較過去三年為高（2.8-9.6%），由於此季之平均水溫較高（最高水溫有達 31.2°C），且溫差小，有研究指出白化因素因季節而有不同，夏秋季珊瑚白化受持續高溫且溫差小影響所致，冬季是因溫差大，而春季無任何溫度相關因子（廖，2013）；入水口灣內北側兩條穿越線（Inf 2.1 及 Inf 2.2）的白化率與 Niño3.4 及 PDO index 有相關，指數高時，白化率也增高，推測與大環境氣候變遷聖嬰現象有關，此仍需繼續監測與驗證。

入水口灣內平均白化率皆較出水口為高，此與珊瑚種類組成有關，入水口灣內多為枝狀珊瑚，主要是軸孔珊瑚，而出水口主要為團塊及平鋪狀珊瑚，有棘杯珊瑚、角星珊瑚、角菊珊瑚、腦紋珊瑚，生長較快的枝狀珊瑚，如軸孔珊瑚及鹿角珊瑚，對溫度變化敏感，易白化且死亡率較高；團塊狀珊瑚如微孔珊瑚及菊珊瑚，較慢白化且維持時間較久，死亡率較入水口之枝狀珊瑚低（Baird and Marshall, 2002）。

整體而言入水口底棲動物之著生量及底棲生物覆蓋率皆高於出水口南側區域，並且，出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）測站，停機時期的多毛蟲平均著生量高於非停機時期的平均著生量（T-test, p= 0.01），據此推測出水口南側區域底棲動物著生量

低可能不是直接受溫排水影響造成。由 90 年第 2 次第三核能發電廠停機 3A 事件出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）的底棲動物著生量與入水口的相似之結果推測，出水口南側底棲動物著生量低可能與溫水排放所引起之其他環境因子改變有關，例如入水口區域因冷卻機組抽水，導致總水體量與幼生量大於非入水口區域，或溫水排放引起出水口南側區域海流流況發生變化，並且在 102 年第 3 次調查出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）的底棲動物著生量與 90 年第 3 次的著生量相似，在多毛蟲及苔蘚蟲著生量都相較他年為高，不同的是 102 年第 3 次（夏）無停機事件，推測可能與溫排水無關，而是當季水層中幼生多造成。而核三廠一號機組歲修（98 年 4 月 23 日至 5 月 26 日）為期 28 天，出水口排水量減少，這可能與出水口南側水深 9 公尺處（Efflu-2）及出水口南側水深 3 公尺處（Efflu-3）多毛蟲的覆蓋率在第 2 次偏高（0.52-0.73 / cm^2）有關。

水溫變化除出水口南側 3 公尺水深的測站(Efflu-3)外，其餘各測站之水溫變化無差異，顯示溫排水不影響出水口南側區域 6 公尺以深的水溫變化。比較本測站(Efflu-3)與出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）底棲動物著生情形，Efflu-3 第 2 次（春）多毛蟲著生量常高於 Efflu，且 Efflu-3 少有藤壺著生，此現象是否為常態仍需繼續觀察及驗證，以判定溫排水對這些底棲動物著生量之直接影響。

六、附表與附圖

表 4-1、 軸孔珊瑚在入水口右側（Influ-2）與出水口水深 8 公尺處（Efflu）之成長情形。（mean±sd）

	入水口右側		出水口	
日期	樣本數	長度（mm）	樣本數	長度（mm）
102 年 02 月 04 日	14	177.9±54.3	20	105.3±30.1
102 年 05 月 08 日	14	232.9±54.8	18	119.4±43.2
102 年 08 月 07 日	20 (新)	61.5±12.5	18	73.3±30.0
102 年 11 月 08 日	20 (新)	69.6±12.6	13	65.6±33.7
103 年 02 月 18 日	12	83.9±32.8	13	61.1±23.7
103 年 05 月 08 日	11	110.7±31.2	13	77.2±26.3
103 年 08 月 13 日	11	146.4±51.4	11	132.7±41.0
103 年 11 月 13 日	11	165.1±49.1	20 (新)	55.1±25.3
104 年 02 月 04 日	11	180.6±41.9	20 (新)	91.7±18.2
104 年 05 月 07 日	11	190.0±51.9	19	101.8±20.3
104 年 08 月 05 日	20 (新)	82.0±10.7	18	136.8±30.6
104 年 11 月 05 日	19	87.0±11.5	17	142.1±41.2
105 年 02 月 02 日	16	88.8±12.9	16	175.1±42.6
105 年 05 月 05 日	20 (新)	129.3±41.7	20 (新)	95.5±28.2
105 年 08 月 04 日	19	143.8±45.4	20(新)	88.8±14.6
105 年 11 月 03 日	20 (新)	81.4±18.6	20 (新)	60.8±13.0
106 年 02 月 08 日	19	91.6±24.8	20 (新)	71.3±11.9
106 年 05 月 08 日	19	95.3±37.4	18	94.4±22.9

表 4-2、 98-106 年入、出水口底棲動物著生量之非颱風季與颱風季之比較表。（mean±sem）(註：T-test or Mann-Whitney Rank Sum Test, -：無顯著; *: p<0.05; **: p<0.01；***: p<0.001)

底棲動物\區域		入水口	出水口	入 vs. 出 (p-value)
藤壺	非颱風季	0.06±0.01	0.002±0.01	**
	颱風季	**0.18±0.02**	0.004±0.01	***
	p-value	**	-	
海鞘	非颱風季	0.14±0.01	0.04±0.001	***
	颱風季	0.12±0.02	0.02±0.01	***
	p-value	-	-	
苔蘚蟲	非颱風季	0.56±0.02	0.05±0.02	***
	颱風季	0.55±0.03	0.07±0.02	***
	p-value	-	-	
多毛蟲	非颱風季	0.56±0.04	0.21±0.02	***
	颱風季	**0.69±0.04**	0.27±0.03	***
	p-value	*	-	
貝類	非颱風季	0.01±0.003	0.002±0.002	**
	颱風季	**0.02±0.003**	0.001±0.003	***
	p-value	*	-	
珊瑚	非颱風季	0.01±0.003	0.001±0.002	-
	颱風季	0.01±0.003	0.003±0.003	*
	p-value	-	-	

表 4-3、 85-106 年 Niño3.4 index 與底棲動物著生量之相關表。(註：x：無相關性；*：p<0.05； **： p<0.01)

	Niño3.4 vs. 當季著生量	Niño3.4 vs. 後一季著生量	Niño3.4 vs. 後兩季著生量
珊瑚			
Influ-2	x	x	x
Influ-3	x	x	x
Influ-5	x	x	x
Influ-10	x	x	x
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	x
Efflu-2	x	x	0.27 *
Efflu-3	x	x	x
MPT	x	x	x
SNS	x	x	x
軟體動物			
Influ-2	x	x	x
Influ-3	x	x	x
Influ-5	x	x	x
Influ-10	x	x	x
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	x
Efflu-2	x	x	x
Efflu-3	x	x	x
MPT	x	x	x
SNS	-0.26 *	-0.31 *	-0.34 **
多毛蟲			
Influ-2	x	x	x
Influ-3	-0.28 *	-0.33 **	-0.33 **
Influ-5	-0.25 *	-0.30 **	-0.33 **
Influ-10	x	x	x
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	x
Efflu-2	x	x	x
Efflu-3	-0.46 **	-0.41 **	x
MPT	x	x	x
SNS	-0.28 *	-0.33 **	-0.36 **
苔蘚蟲			
Influ-2	x	x	x
Influ-3	x	x	x
Influ-5	x	x	x
Influ-10	x	x	x
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	x
Efflu-2	0.30 *	0.27 *	0.26 *
Efflu-3	x	x	x
MPT	x	x	x
SNS	-0.31 *	-0.41 **	-0.41 **
海鞘			
Influ-2	x	x	x
Influ-3	x	x	x
Influ-5	x	x	x
Influ-10	-0.24 *	-0.27 *	-0.29 *
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	x
Efflu-2	x	x	x
Efflu-3	x	x	x
MPT	x	x	x
SNS	x	x	x
藤壺			
Influ-2	x	x	x
Influ-3	x	x	x
Influ-5	x	x	x
Influ-10	x	-0.25 *	-0.25 *
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	-0.24 *
Efflu-2	x	x	x
Efflu-3	x	x	x
MPT	x	x	x
SNS	x	x	x

表 4-4、 85-106 年 Niño4 index 與底棲動物著生量之相關表。(註：x：無相關性；*：p<0.05； **： p<0.01)

	Niño4 vs. 當季著生量	Niño4 vs. 後一季著生量	Niño4 vs. 後兩季著生量
珊瑚			
Influ-2	x	x	x
Influ-3	x	x	x
Influ-5	x	x	x
Influ-10	x	x	x
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	x
Efflu-2	x	x	x
Efflu-3	x	x	x
MPT	x	x	x
SNS	x	x	x
軟體動物			
Influ-2	x	x	x
Influ-3	x	x	x
Influ-5	x	x	x
Influ-10	x	x	x
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	x
Efflu-2	x	x	x
Efflu-3	x	x	x
MPT	x	x	x
SNS	-0.26 *	-0.35 **	-0.42 **
多毛蟲			
Influ-2	x	x	x
Influ-3	-0.28 *	-0.36 **	-0.34 **
Influ-5	x	x	-0.30 **
Influ-10	x	x	x
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	x
Efflu-2	x	x	x
Efflu-3	-0.46 **	-0.40 **	x
MPT	x	x	x
SNS	-0.35 **	-0.42 **	-0.48 ***
甘蘚蟲			
Influ-2	x	x	x
Influ-3	x	x	x
Influ-5	x	x	x
Influ-10	x	x	x
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	x
Efflu-2	0.28 *	0.33 *	0.29 *
Efflu-3	x	x	x
MPT	x	x	x
SNS	-0.38 **	-0.46 ***	-0.44 **
海鞘			
Influ-2	x	x	-0.30 **
Influ-3	x	x	x
Influ-5	x	x	x
Influ-10	-0.28 *	-0.32 **	-0.39 **
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	x
Efflu-2	x	x	x
Efflu-3	x	x	x
MPT	-0.24 *	x	x
SNS	x	x	x
藤壺			
Influ-2	x	x	x
Influ-3	x	x	x
Influ-5	x	x	x
Influ-10	-0.25 *	-0.31 **	-0.30 *
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	-0.27 *
Efflu-2	x	x	x
Efflu-3	x	x	x
MPT	x	x	x
SNS	x	x	x

表 4-5、 85-106 年 PDO index 與底棲動物著生量之相關表。(註：x：無相關性；*：p<0.05； **： p<0.01)

	PDO vs. 當季著生量	PDO vs. 後一季著生量	PDO vs. 後兩季著生量
珊瑚			
Influ-2	x	x	x
Influ-3	x	x	x
Influ-5	x	x	-0.23 *
Influ-10	x	x	x
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	x
Efflu-2	x	x	x
Efflu-3	x	x	x
MPT	x	x	x
SNS	x	x	x
軟體動物			
Influ-2	x	x	x
Influ-3	-0.23 *	x	x
Influ-5	x	x	x
Influ-10	x	x	x
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	x
Efflu-2	x	x	x
Efflu-3	x	x	x
MPT	x	x	-0.35 **
SNS	-0.40 **	-0.28 *	-0.32 *
多毛蟲			
Influ-2	-0.23 *	x	x
Influ-3	-0.32 **	x	-0.29 *
Influ-5	-0.46 **	-0.39 **	-0.38 **
Influ-10	x	x	x
Influ-11	x	0.29 *	x
Efflu	x	x	x
Efflu-2	x	x	x
Efflu-3	-0.44 **	-0.40 **	-0.41 **
MPT	-0.25 *	-0.26 *	-0.33 **
SNS	-0.33 **	-0.39 **	-0.42 **
苔蘚蟲			
Influ-2	x	x	x
Influ-3	x	x	x
Influ-5	x	-0.30 **	-0.35 **
Influ-10	x	x	x
Influ-11	x	0.32 **	x
Efflu	x	x	x
Efflu-2	0.36 **	0.37 **	0.30 *
Efflu-3	x	x	x
MPT	x	x	-0.34 *
SNS	-0.32 **	-0.45 ***	-0.42 **
海鞘			
Influ-2	-0.25 *	-0.30 **	-0.27 *
Influ-3	x	x	x
Influ-5	x	x	x
Influ-10	x	-0.25 *	-0.26 *
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	-0.27 *
Efflu-2	x	x	x
Efflu-3	x	x	x
MPT	-0.28 *	-0.31 **	-0.33 **
SNS	x	x	-0.37 **
藤壺			
Influ-2	x	x	x
Influ-3	x	x	x
Influ-5	x	x	x
Influ-10	x	x	x
Influ-11	x	x	x
Efflu	x	x	x
Efflu-2	x	x	x
Efflu-3	x	x	x
MPT	x	x	x
SNS	x	x	x

表 4-6、 94 年第 3 次固定橫截線調查入水口及出水口南側之底棲生物種類及覆蓋率。

			Inf 5	Inf 2.1	Inf 2.2	Eff 2	MPT	Eff
	深度(m)		3-5	5	3-5	9	9	3-5
sediments	底質(%)	礁石	78.8	42.8	48.8	49.6	28.0	62.4
		沙	21.2	57.2	51.2	45.2	72.0	37.6
		其他(鋼管、水泥)	0.0	0.0	0.0	5.2	0.0	0.0
	表棲動物種數		**18**	**9**	**9**	**13**	**17**	**19**
Coral	珊瑚(%)	軸孔珊瑚	0.8	5.2	18.8	0.0	0.0	4.4
		柱星珊瑚	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		細菊珊瑚	0.4	0.0	0.0	1.2	0.0	0.4
		真葉珊瑚	4.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0
		菊珊瑚	4.0	1.2	2.0	0.8	0.8	0.4
		角菊珊瑚	4.8	0.4	3.6	0.8	1.6	1.2
		棘杯珊瑚	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4
		角星珊瑚	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0	0.4
		萼柱珊瑚	0.0	0.4	0.0	0.4	0.4	0.8
		迷紋珊瑚	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0
		繩紋珊瑚	0.0	0.0	1.2	0.0	0.8	0.0
		千孔珊瑚	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4
		圓菊珊瑚	0.8	0.0	0.0	1.2	0.8	1.2
		表孔珊瑚	4.0	0.0	0.0	2.4	0.0	1.6
		耳紋珊瑚	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
		腦紋珊瑚	5.2	0.4	0.0	0.0	0.0	1.2
		鹿角珊瑚	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		微孔珊瑚	3.6	1.2	0.4	3.6	2.0	0.4
		沙珊瑚	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
		列孔珊瑚	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.8
		柱珊瑚	0.0	0.4	0.0	1.2	0.8	0.8
		管星珊瑚	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		笠珊瑚	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
		指形軟珊瑚	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
		肉質軟珊瑚	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
		指形軟珊瑚	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.8
sum of coral		sum of coral	31.2	9.6	28.8	12.4	10.4	23.2
	海葵(%)	星簇海葵	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		球莖觸手海葵	16.0	10.0	23.2	0.0	0.0	0.0
		sum of anemone	16.4	10.0	23.2	0.0	0.0	0.0
	軟體動物(%)	刺海牛	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
		硨磲貝	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
sum of mollusks		sum of mollusks	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0
	海綿動物(%)	海綿	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
	棘皮動物(%)	海百合	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	海藻(%)	紅羽凹頂藻	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0
		網地藻	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
		凹頂藻	0.0	0.0	0.0	2.4	1.2	0.0
		中葉藻	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0
		匍匐擬石花	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
		旋花藻	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
		寬珊藻	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
		其他藻類	15.6	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4
sum of algae		sum of algae	15.6	0.0	0.0	3.2	3.6	1.6
	表棲動物覆蓋率總計(%)		64.0	19.6	52.4	16.4	14.0	24.8

表 4-7、98-105 年入及出水口沉積物之粒徑組成及比較。(mean±SE)

(T-test or Mann-Whitney Rank Sum Test:*: p<0.05; **: p<0.01)

區域			入水口			出水口			入 vs. 出	
粒徑 \ 測站			INF2	INF5		EFF	EFF2	MPT	顯著性	
黏土(Clay),%(<3.9um)		2.74			1				**	
	<3.9 um		2.91±0.44	2.56±0.46		0.97±0.11	0.74±0.08	1.28±0.13		**
粉沙(Silt),%(3.9-62.5um)		17.93			7.06				**	
	3.9-31.3 um		10.34±1.49	8.53±1.39		3.25±0.44	2.54±0.35	4.72±0.64		**
	31.3-62.5 um		9.89±0.95	7.10±0.85		3.09±0.40	2.59±0.38	5.07±0.68		**
沙(Sand),%(>62.5um)		79.34			91.92				**	
	62.5-125 um		21.71±0.69	13.99±0.92		7.59±0.66	7.43±0.90	12.66±1.19		**
	125-250 um		32.04±1.56	27.12±1.30		22.17±0.73	22.22±1.81	28.95±1.17		**
	250-500 um		12.94±1.03	19.24±1.37		31.67±0.77	29.51±1.28	27.61±1.48		**
	500-1000 um		7.62±0.63	14.21±1.06		24.23±1.08	25.48±1.85	16.08±1.44		**
	1000-2000 um		2.55±0.32	7.24±0.96		7.03±0.69	9.50±1.85	3.63±0.64		

表 4-8、98-105 年入及出水口颱風季及非颱風季沉積物之粒徑比較表。（mean±SEM）

(T-test or Mann-Whitney Rank Sum Test:*: p<0.05; **: p<0.01; p<0.001: ***)

區域	粒徑	季別		顯著性
		颱風季	非颱風季	(颱風季 vs. 非颱風季)
入水口				
	黏土(Clay),%(<3.9um)	**3.75±0.29**	1.79±0.28	**
	粉沙(Silt),%(3.9-62.5um)	**23.16±1.62**	13.04±1.56	**
	3.9-31.3 um	**12.69±0.96**	6.39±0.93	***
	31.3-62.5 um	**10.47±0.69**	6.65±0.66	***
	沙(Sand),%(>62.5um)	73.09±1.89	**85.17±1.83**	**
	62.5-125 um	18.95±1.00	16.82±0.97	
	125-250 um	27.97±1.41	31.09±1.36	
	250-500 um	13.93±1.19	**18.12±1.15**	*
	500-1000um	8.83±1.31	**12.87±1.27**	*
	1000-2000um	3.42±1.01	**6.27±0.98**	*
出水口				
	黏土(Clay),%(<3.9um)	0.73±0.29	1.19±0.24	
	粉沙(Silt),%(3.9-62.5um)	4.77±1.62	8.78±1.32	
	3.9-31.3 um	2.38±0.96	4.31±0.79	
	31.3-62.5 um	2.39±0.69	**4.46±0.56**	*
	沙(Sand),%(>62.5um)	94.50±1.89	90.04±1.54	
	62.5-125 um	7.06±1.00	**10.88±0.82**	**
	125-250 um	23.49±1.41	25.35±1.15	
	250-500 um	**32.23±1.19**	27.70±0.97	**
	500-1000um	**24.46±1.31**	19.91±1.07	*
	1000-2000um	7.26±1.01	6.21±0.83	

表 4-9、 94-106 年 Niño3.4 index 與各測站水溫之相關表。

(註：x：無相關性; *: p<0.05; **: p<0.01)

水溫	測站	當月	後1月	後2月	後3月	後4月	後5月	後6月
月平均溫								
	Efflu	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-2	x	x	x	x	x	x	x
	MPT	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-3	x	x	x	x	x	x	x
	Influ-5	x	x	x	x	x	x	x
月平均溫差								
	Efflu	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-2	x	x	x	x	x	x	x
	MPT	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-3	x	x	x	x	x	x	x
	Influ-5	x	x	x	x	x	x	x
月平均最高溫								
	Efflu	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-2	x	x	x	x	x	x	x
	MPT	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-3	x	x	x	x	x	x	x
	Influ-5	x	x	x	x	x	x	x
月平均最低溫								
	Efflu	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-2	x	x	x	x	x	x	x
	MPT	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-3	x	x	x	x	x	x	x
	Influ-5	x	x	x	x	x	x	x

表 4-10、 94-106 年 Niño4 index 與各測站水溫之相關表。

(註：x：無相關性; *: p<0.05; **: p<0.01)

水溫	測站	當月	後1月	後2月	後3月	後4月	後5月	後6月
月平均溫								
	Efflu	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-2	x	x	x	x	x	x	x
	MPT	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-3	x	x	x	x	x	x	x
	Influ-5	x	x	x	x	x	x	x
月平均溫差								
	Efflu	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-2	x	x	x	x	x	x	x
	MPT	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-3	x	x	x	x	x	x	x
	Influ-5	x	x	x	x	x	x	x
月平均最高溫								
	Efflu	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-2	x	x	x	x	x	x	x
	MPT	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-3	x	x	x	x	x	x	x
	Influ-5	x	x	x	x	x	x	x
月平均最低溫								
	Efflu	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-2	x	x	x	x	x	x	x
	MPT	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-3	x	x	x	x	x	x	x
	Influ-5	x	x	x	x	x	x	x

表 4-11、 94-106 年 PDO 與各測站水溫之相關表。

(註：x：無相關性; *: p<0.05; **: p<0.01)

水溫	測站	當月	後1月	後2月	後3月	後4月	後5月	後6月
月平均溫								
	Efflu	x	x	x	x	0.19 (*)	x	x
	Efflu-2	x	x	x	x	x	x	x
	MPT	-0.17 (*)	x	x	x	0.18 (*)	x	x
	Efflu-3	x	x	x	0.21 (*)	0.25 (**)	0.19 (*)	x
	Influ-5	x	x	x	x	0.21 (*)	0.18 (*)	x
月平均溫差								
	Efflu	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-2	x	x	x	x	x	x	x
	MPT	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-3	x	x	0.18 (*)	0.17 (*)	x	x	x
	Influ-5	x	x	x	0.18 (*)	0.19 (*)	x	x
月平均最高溫								
	Efflu	x	x	x	x	0.21 (*)	0.18 (*)	x
	Efflu-2	x	x	x	x	x	x	x
	MPT	-0.17 (*)	x	x	x	0.19 (*)	x	x
	Efflu-3	x	x	0.18 (*)	0.23 (**)	0.24 (**)	0.19 (*)	x
	Influ-5	x	x	x	0.17 (*)	0.22 (**)	0.19 (*)	x
月平均最低溫								
	Efflu	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-2	x	x	x	x	x	x	x
	MPT	x	x	x	x	x	x	x
	Efflu-3	x	x	x	0.21 (*)	0.25 (**)	0.20 (*)	x
	Influ-5	x	x	x	x	0.18 (*)	x	x

表 4-12、 93-106 年各次 (季)測站間的溫度與底棲動物著生量之相關性。

(註：x：無相關性；*：p<0.05； **： p<0.01)

		季最高日溫	季最低日溫	季平均日溫	季平均最高日溫	季平均最低日溫	季最大日溫差	季平均日溫差
測站	底棲動物							
Influ-5								
	珊瑚	x	x	x	x	x	x	x
	軟體動物	x	x	x	x	x	x	x
	多毛蟲	x	x	x	x	x	x	x
	苔蘚蟲	x	x	x	x	x	x	x
	海鞘	x	x	x	x	x	x	x
	藤壺	0.38 **	x	0.29 *	0.32 *	x	0.31 *	0.41 **
Efflu								
	珊瑚	x	x	x	x	x	x	x
	軟體動物	x	x	x	x	x	x	x
	多毛蟲	x	x	x	x	x	x	x
	苔蘚蟲	x	x	x	x	x	x	x
	海鞘	x	x	x	x	x	-0.32 *	-0.29 *
	藤壺	x	x	x	x	-0.36 *	x	x
Efflu-2								
	珊瑚	x	x	x	x	x	x	x
	軟體動物	x	x	x	x	x	x	x
	多毛蟲	x	x	x	x	x	x	x
	苔蘚蟲	x	x	x	x	x	x	x
	海鞘	x	x	x	x	x	x	x
	藤壺	x	x	x	x	x	x	x
Efflu-3								
	珊瑚	x	x	x	x	x	x	x
	軟體動物	x	x	x	x	x	x	x
	多毛蟲	x	x	x	x	x	x	x
	苔蘚蟲	x	x	x	x	x	0.51 **	x
	海鞘	x	x	x	x	x	x	x
	藤壺	x	x	x	x	x	x	x
MPT								
	珊瑚	x	x	x	x	x	x	x
	軟體動物	x	x	x	x	x	x	x
	多毛蟲	x	x	x	x	x	x	x
	苔蘚蟲	x	x	x	x	x	x	x
	海鞘	x	x	x	x	x	x	x
	藤壺	x	x	x	x	x	0.46 **	0.46 **

表 4-13、93-106 年各次 (季)測站間的溫度與後 1 次 (季)底棲動物著生量之相關性。

(註：x：無相關性；*：p<0.05； **： p<0.01)

		季最高日溫	季最低日溫	季平均日溫	季平均最高日溫	季平均最低日溫	季最大日溫差	季平均日溫差
測站	底棲動物							
Influ-5								
	珊瑚	x	x	x	x	x	x	x
	軟體動物	x	-0.32 *	x	x	x	x	x
	多毛蟲	x	x	x	x	x	x	x
	苔蘚蟲	0.37 *	x	0.35 *	0.36 *	x	0.43 **	0.36 *
	海鞘	x	x	x	x	x	x	x
	藤壺	x	x	x	x	x	x	x
Efflu								
	珊瑚	x	x	x	x	x	x	x
	軟體動物	x	x	x	x	x	x	x
	多毛蟲	x	x	x	x	x	x	x
	苔蘚蟲	x	x	x	x	x	x	x
	海鞘	x	x	x	x	x	x	x
	藤壺	x	x	x	x	x	x	x
Efflu-2								
	珊瑚	x	x	x	x	x	x	x
	軟體動物	x	x	x	x	x	x	x
	多毛蟲	x	x	x	x	x	x	x
	苔蘚蟲	x	x	x	x	x	x	x
	海鞘	x	x	x	x	x	x	x
	藤壺	x	x	x	x	x	x	x
Efflu-3								
	珊瑚	x	x	x	x	x	x	x
	軟體動物	x	x	x	x	x	x	x
	多毛蟲	x	x	x	x	x	x	x
	苔蘚蟲	x	x	x	x	x	x	x
	海鞘	x	x	x	x	x	x	x
	藤壺	x	x	x	x	x	x	x
MPT								
	珊瑚	x	x	x	x	x	x	x
	軟體動物	x	x	x	x	x	x	x
	多毛蟲	x	x	x	x	x	x	x
	苔蘚蟲	x	x	x	x	x	x	x
	海鞘	x	x	x	x	x	x	x
	藤壺	x	x	x	x	x	x	x

表 4-14、93-106 年各次 (季)測站間的溫度與後 2 次 (季)底棲動物著生量之相關性。

(註：x：無相關性；*：p<0.05； **： p<0.01)

		季最高日溫	季最低日溫	季平均日溫	季平均最高日溫	季平均最低日溫	季最大日溫差	季平均日溫差
測站	底棲動物							
Influ-5								
	珊瑚	x	x	x	x	x	x	x
	軟體動物	x	x	x	x	x	-0.29 *	x
	多毛蟲	x	x	x	x	x	x	x
	苔蘚蟲	x	x	x	x	x	x	x
	海鞘	x	x	x	x	x	x	x
	藤壺	x	-0.34 *	x	x	x	x	x
Efflu								
	珊瑚	x	x	x	x	x	x	x
	軟體動物	x	x	x	x	x	x	x
	多毛蟲	x	x	x	x	x	-0.35 *	-0.35 *
	苔蘚蟲	x	x	x	x	x	x	x
	海鞘	x	x	x	x	x	x	x
	藤壺	x	x	x	x	x	x	x
Efflu-2								
	珊瑚	x	0.42 **	x	x	x	x	x
	軟體動物	x	x	x	x	x	x	x
	多毛蟲	x	x	x	x	x	x	x
	苔蘚蟲	x	x	x	x	x	x	x
	海鞘	x	x	x	x	x	x	x
	藤壺	x	x	x	x	x	x	x
Efflu-3								
	珊瑚	x	x	x	x	x	x	x
	軟體動物	x	x	x	x	x	x	x
	多毛蟲	-0.34 *	x	x	x	x	x	x
	苔蘚蟲	x	x	-0.32 *	-0.32 *	-0.31 *	x	x
	海鞘	x	x	x	x	x	x	x
	藤壺	x	x	x	x	x	x	x
MPT								
	珊瑚	x	x	x	x	x	x	x
	軟體動物	x	x	x	x	x	x	x
	多毛蟲	x	x	x	x	x	x	x
	苔蘚蟲	x	x	x	x	x	x	x
	海鞘	x	x	x	x	x	x	x
	藤壺	x	x	x	-0.30 *	x	x	-0.30 *

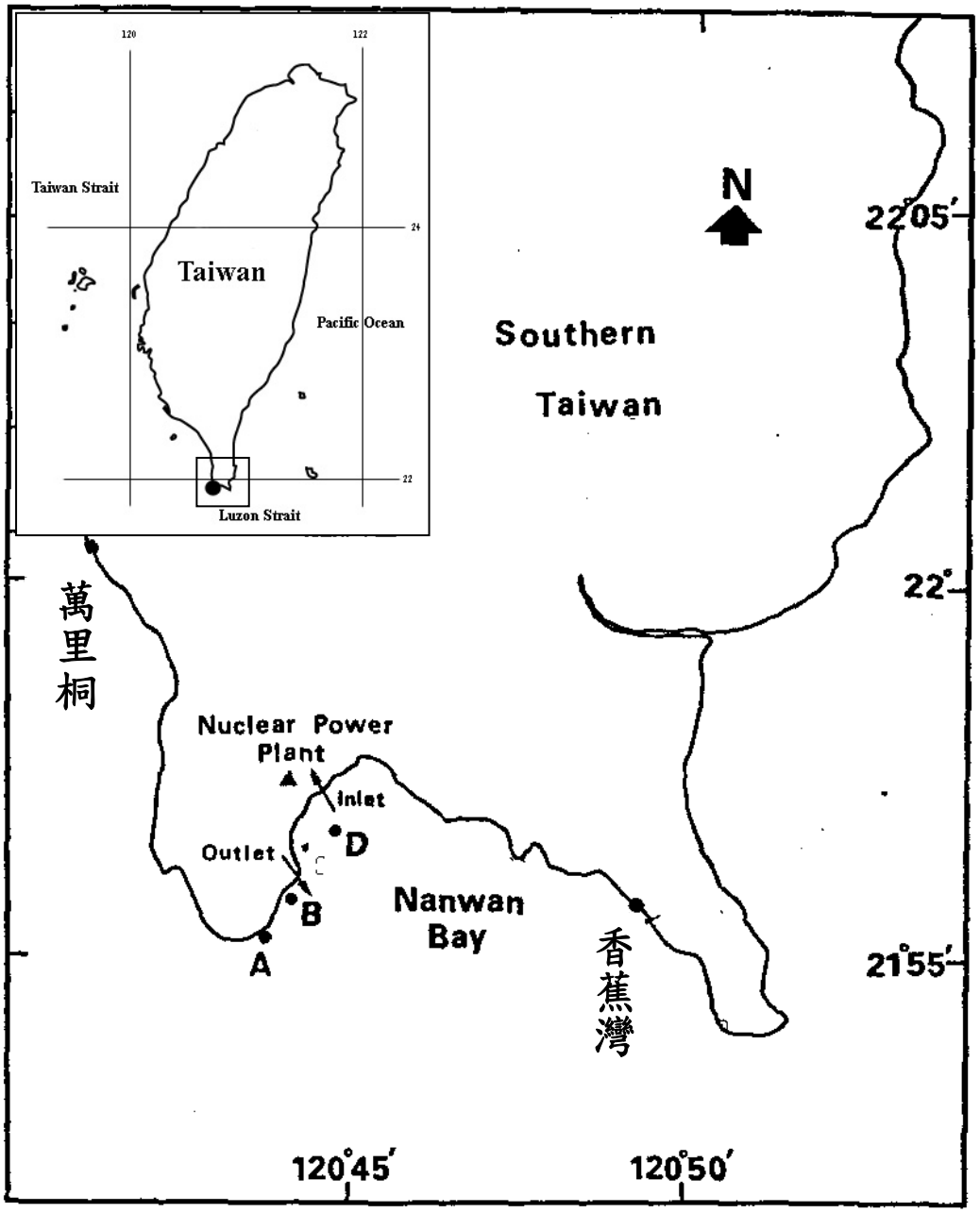
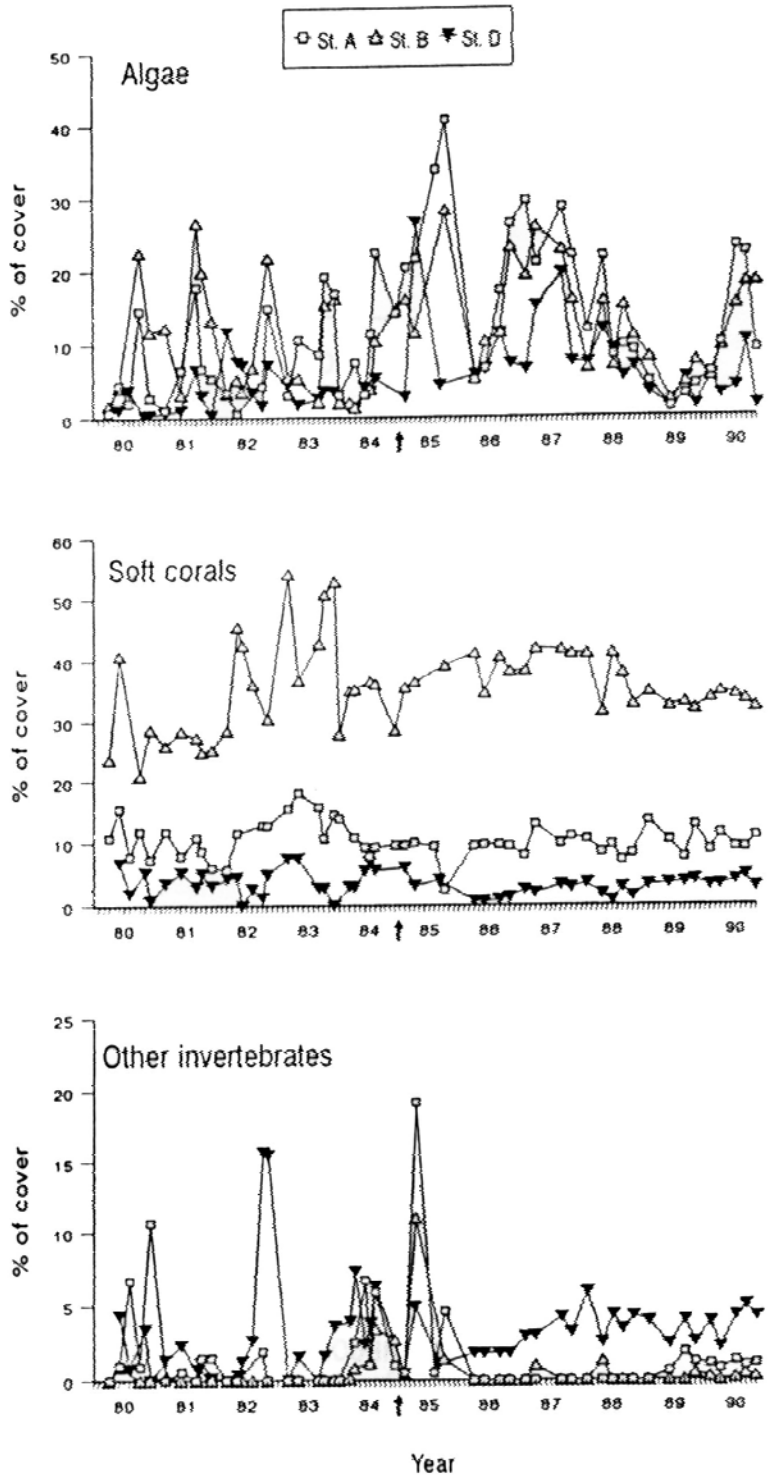


圖 4-1、 68 年至 82 年底棲動物調查之測站。



註：箭頭所指處為第三核能發電廠開始運轉之時間（Jan *et al.*, 1994）。

圖 4-2、 68-80 年第三核能發電廠附近海域藻類及底棲動物之消長情形。

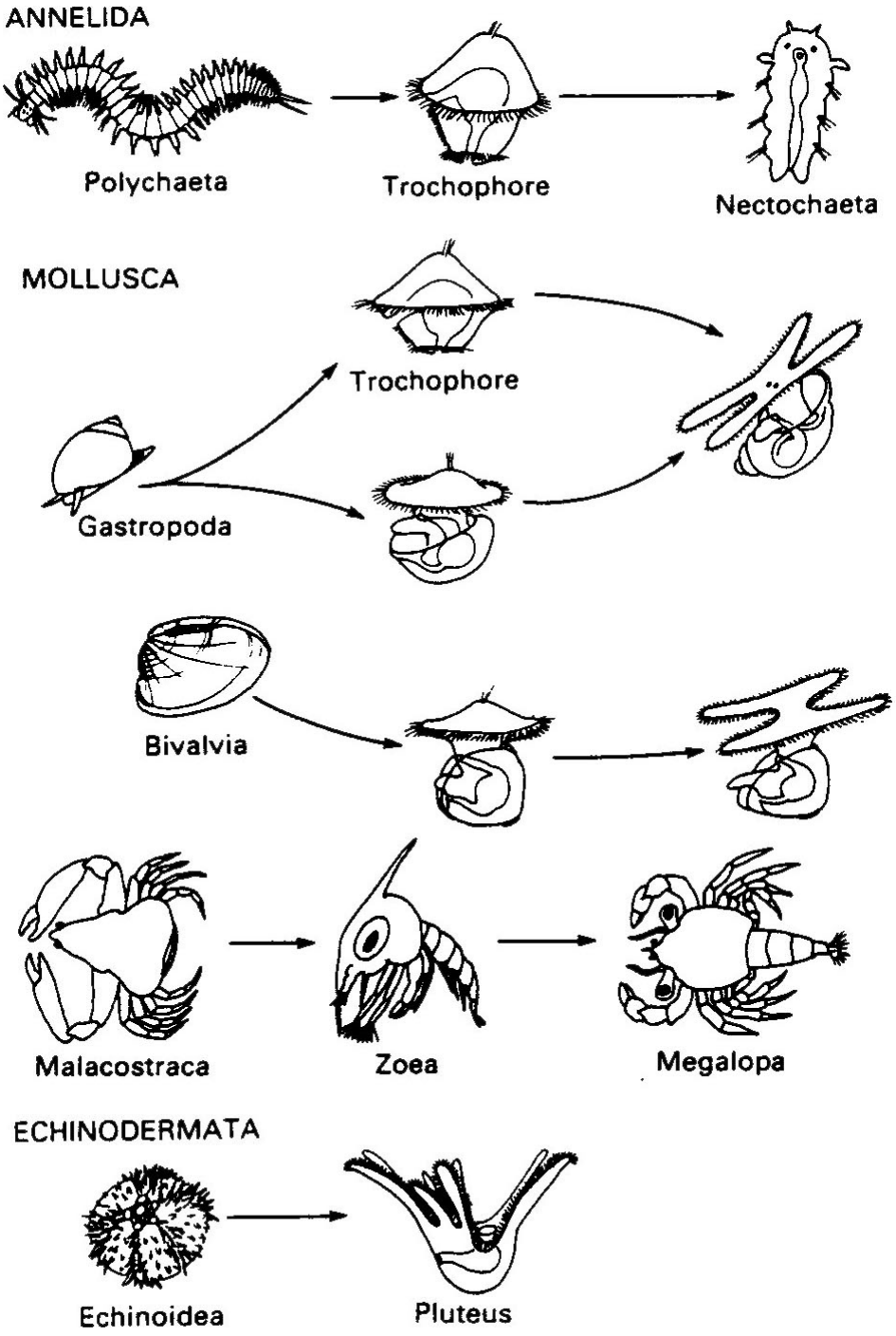
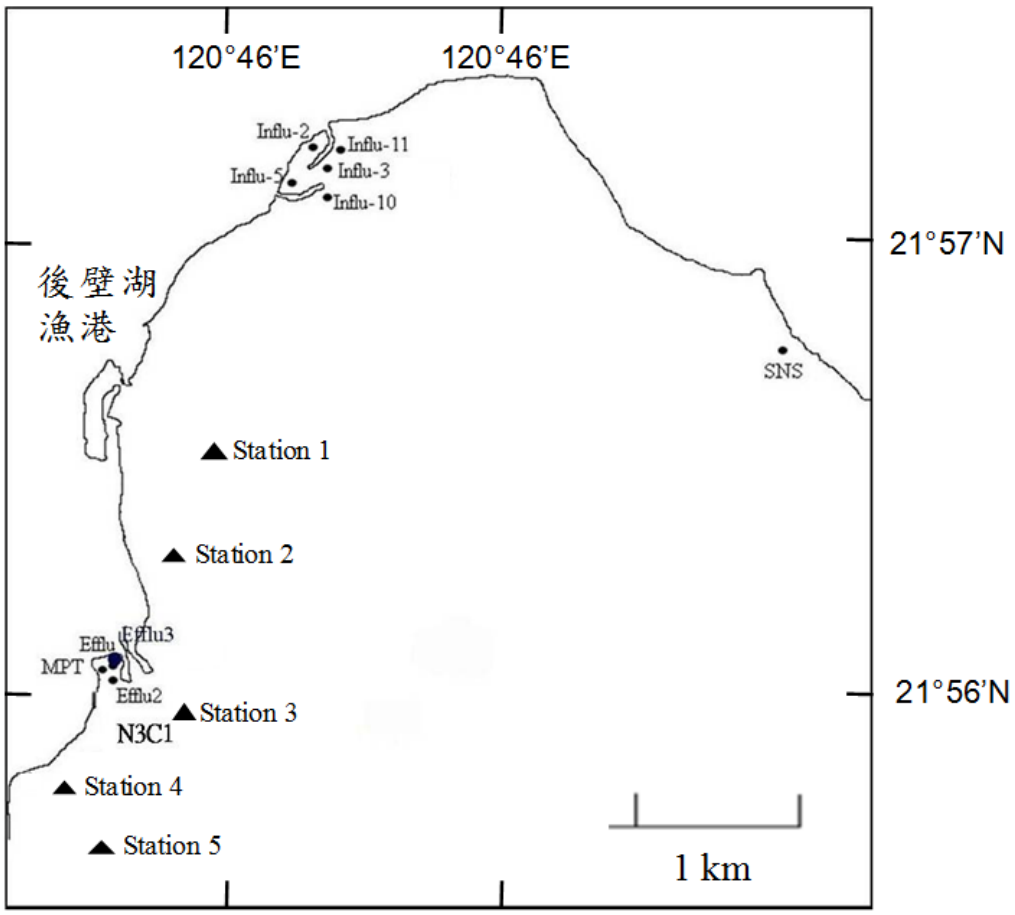
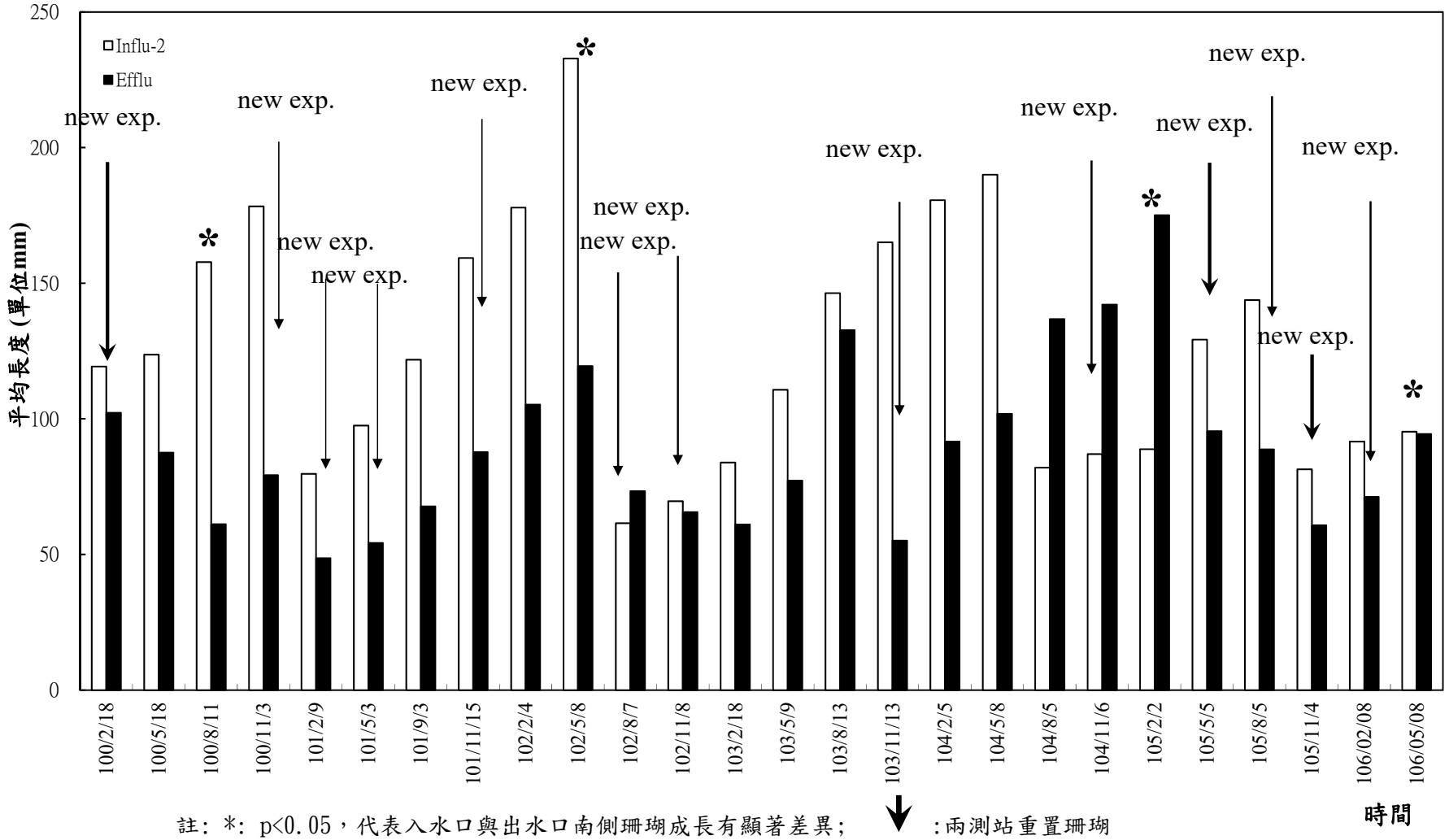


圖 4-3、 各類底棲動物之幼生型態。



註：Influ-2：入水口灣內北側、Influ-3：入水口北堤外、Influ-5：入水口灣內南側、Influ-10：入水口南堤外、 Influ-11：入水口卸貨碼頭堤防外側外、Efflu：出水口南堤外側小灣水深 8 公尺處、Efflu-2：出水口南堤外側小灣水深 9 公尺處、Efflu-3：出水口南堤外側小灣水深 3 公尺測站、MPT：貓鼻頭、SNS：石牛溪（ ▲ station 1, 2, 3, 4, 5：魚類調查測站；N3C1：海潮流水溫測站）。

圖 4-4、 底棲動物調查之測站。



註: *: $p<0.05$，代表入水口與出水口南側珊瑚成長有顯著差異; :兩測站重置珊瑚

圖4-5 軸孔珊瑚在入水口右側(Influ-2)與出水口南堤外側小灣水深8公尺(Efflu)之成長情形。

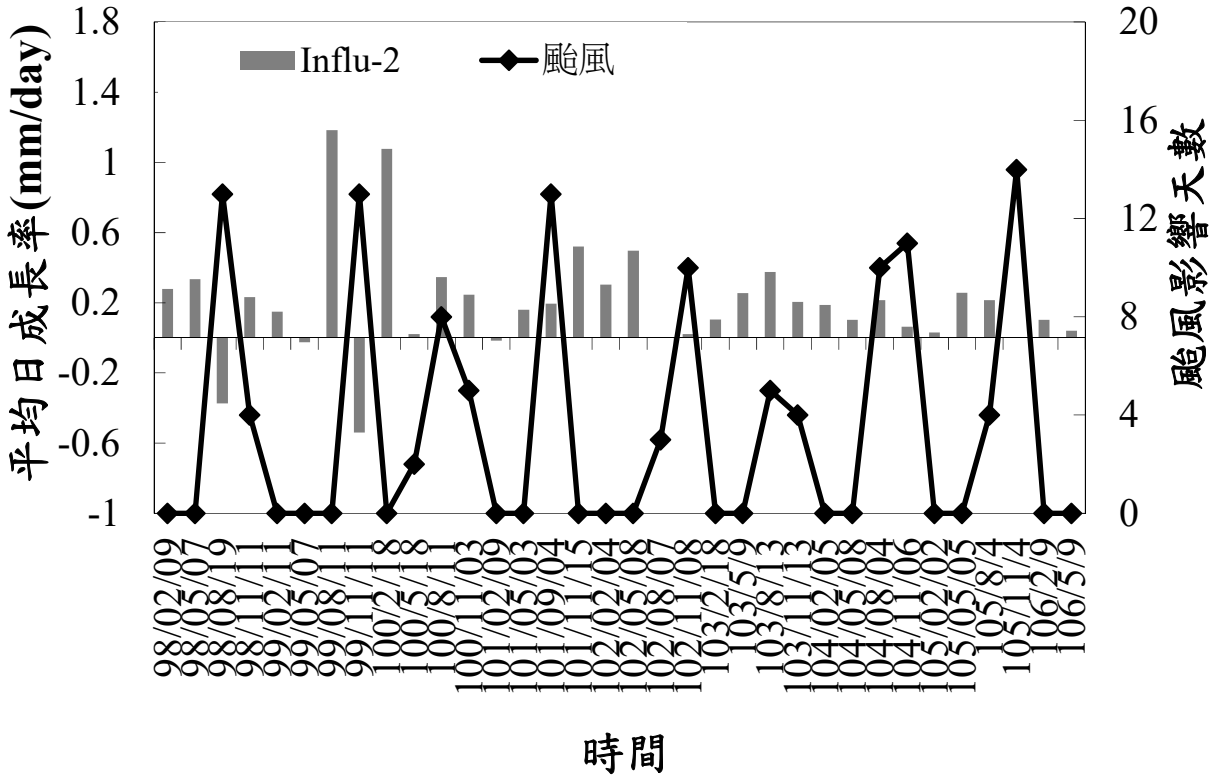


圖 4-6、軸孔珊瑚在入水口右側(Influ-2)各次(季)平均日成長率與颱風影響天數之變化。

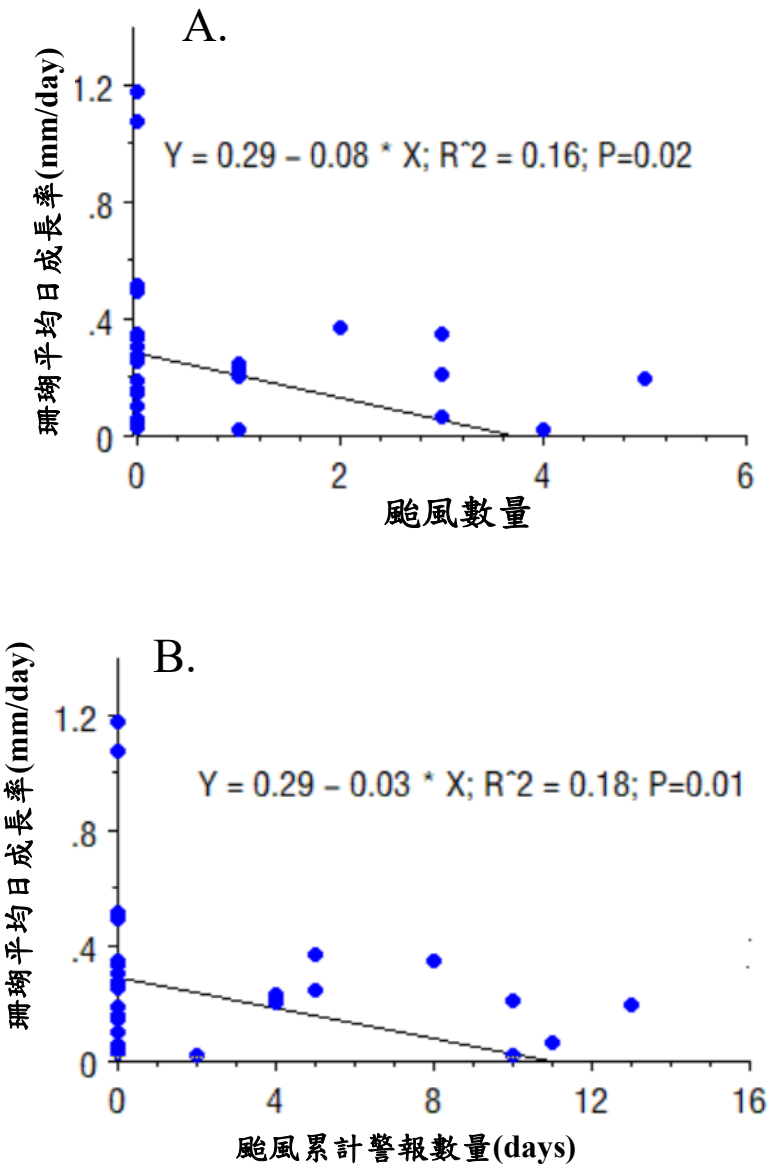


圖 4-7、97 年至 106 年各次(季)入水口珊瑚平均日成長率與颱風之迴歸相關圖。A. 珊瑚平均日成長率與颱風數量之相關圖；B. 珊瑚平均日成長率與颱風累計警報天數之相關圖。

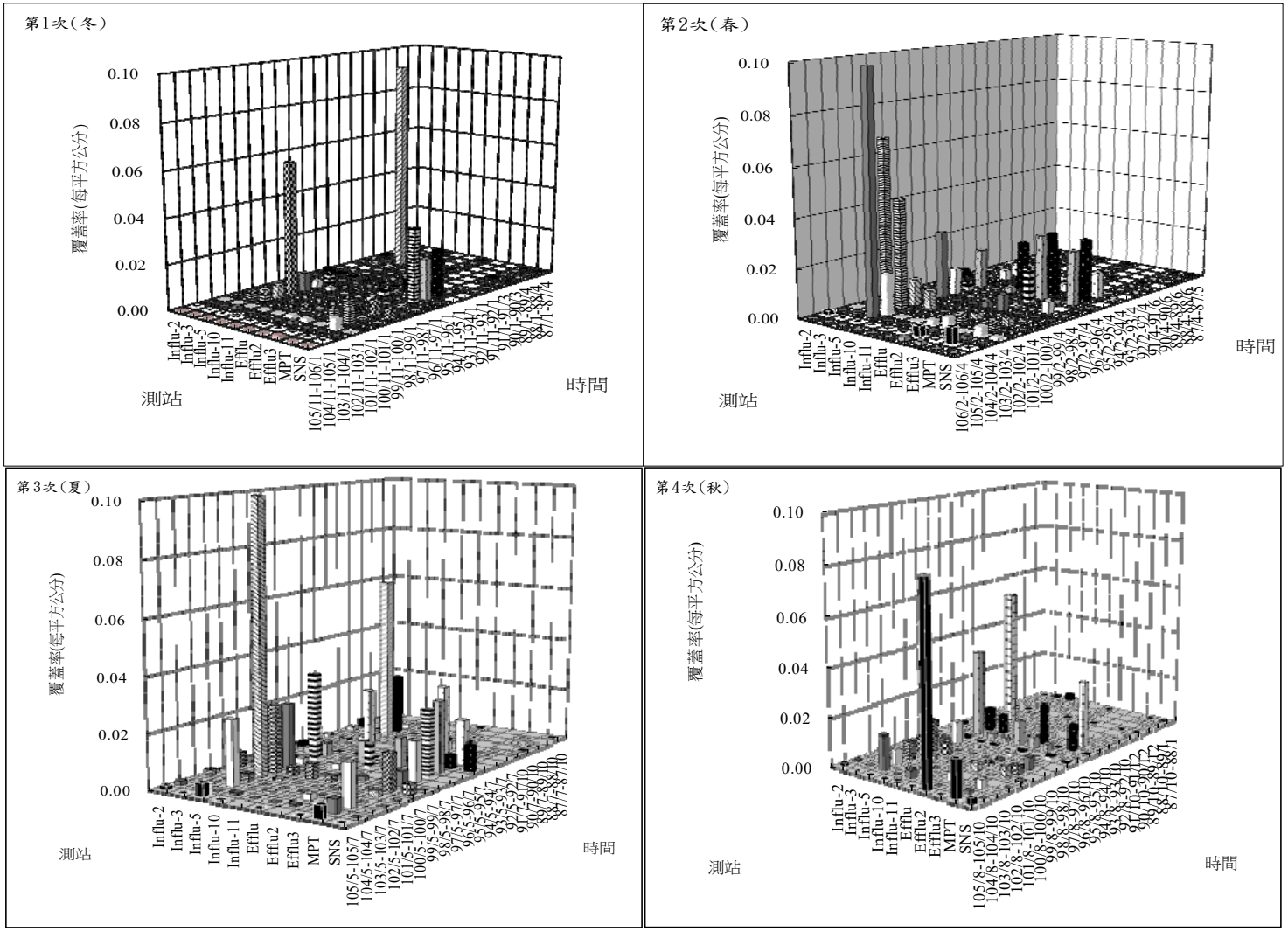


圖 4-8、珊瑚在 85-106 年各次(季)各測站附著板之著生情形（空白組為該站尚未設置或流失）。

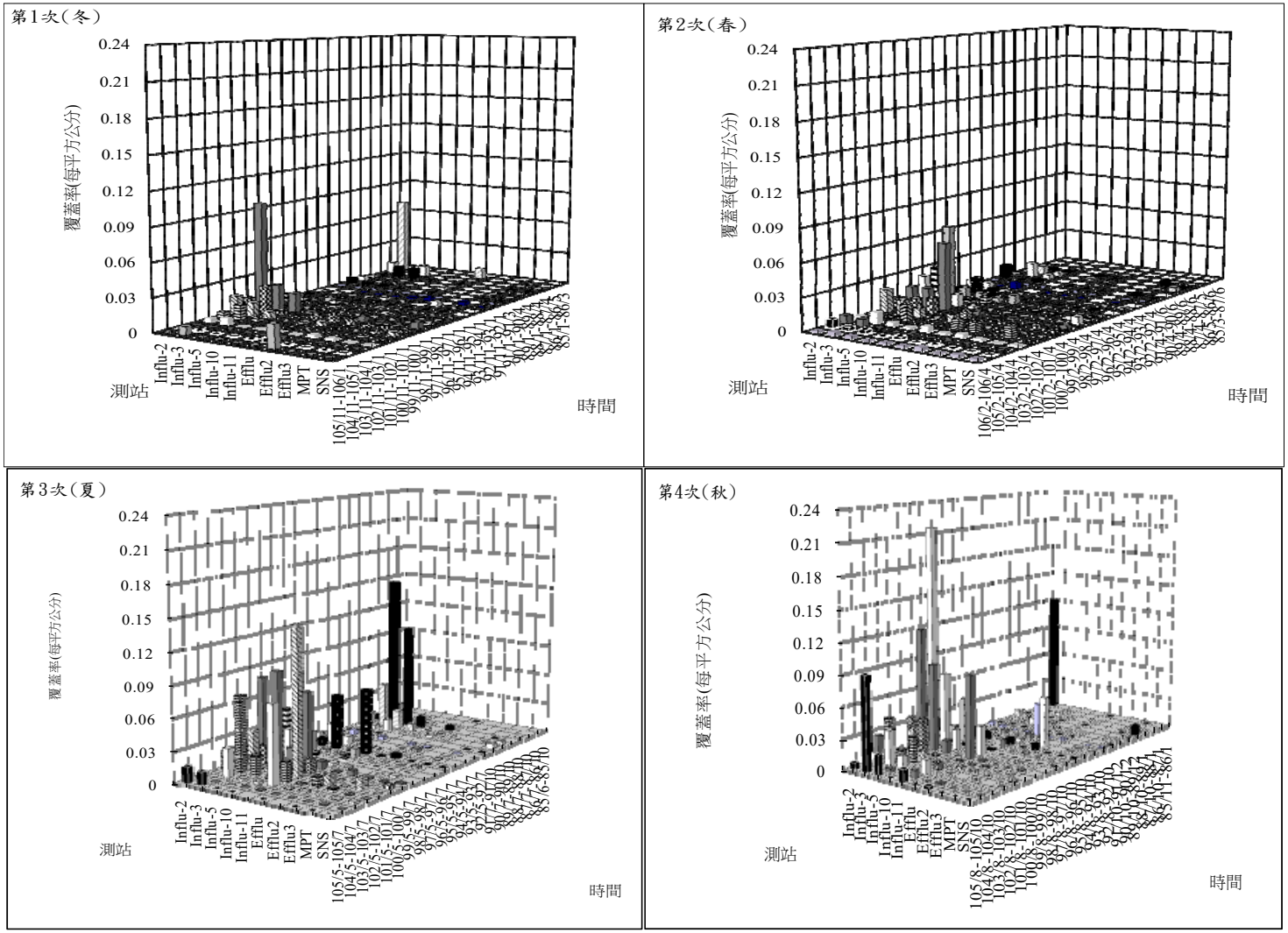


圖 4-9、軟體動物在 85-106 年各次(季)各測站附著板之著生情形（空白組為該站尚未設置或流失）。

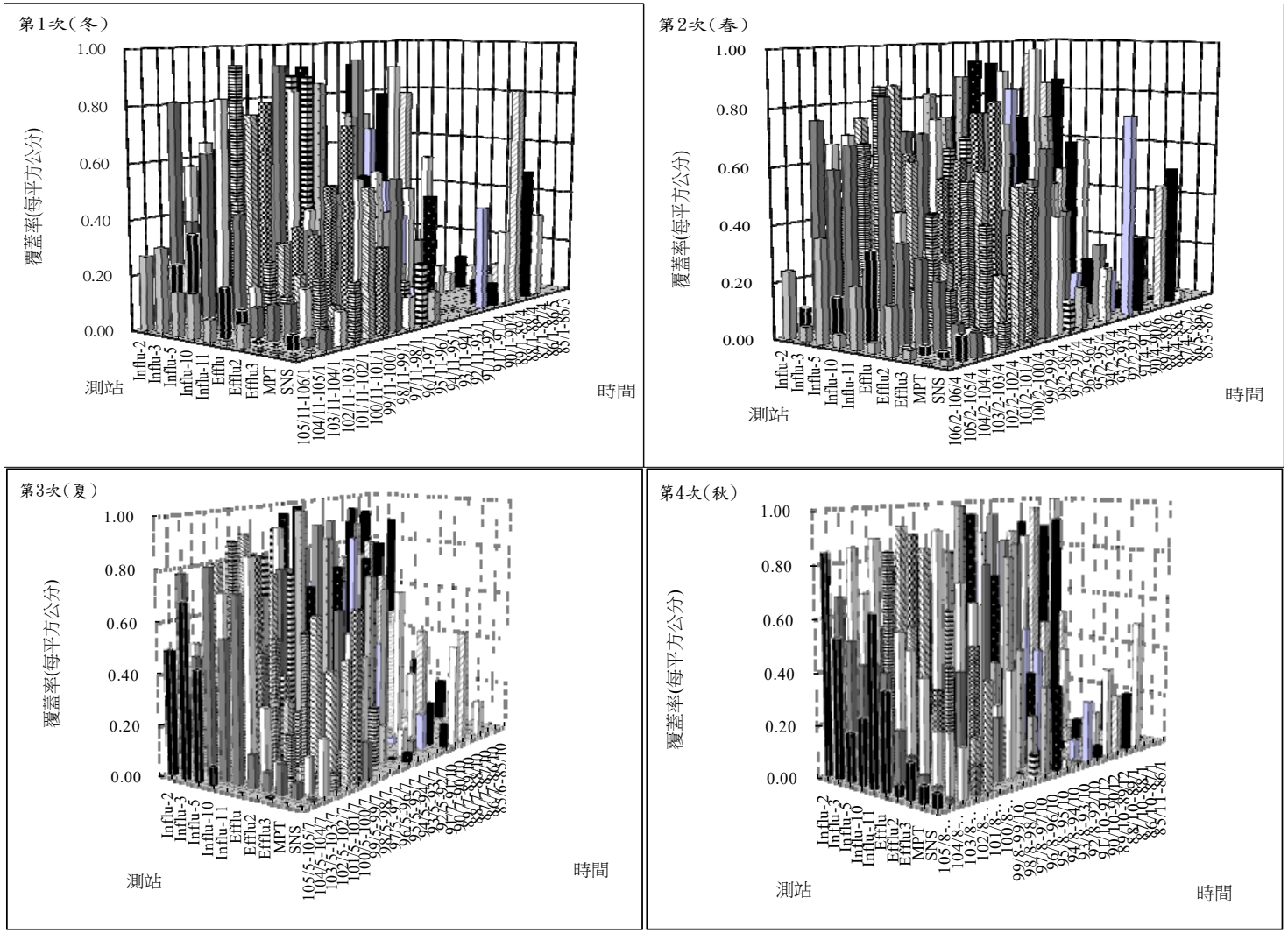


圖 4-10、多毛類在 85-106 年各次(季)各測站附著板之著生情形（空白組為該站尚未設置或流失）。

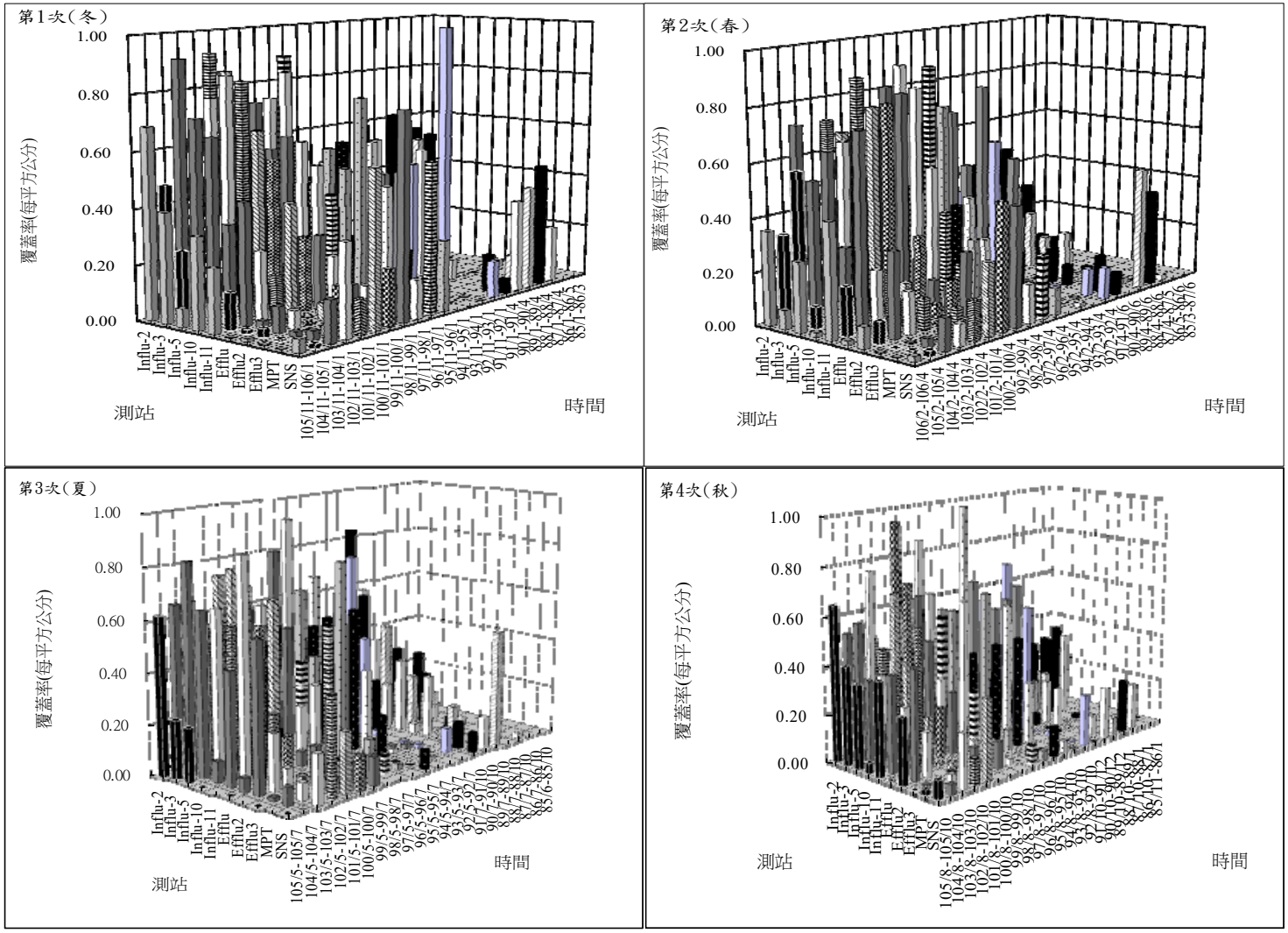


圖 4-11、苔蘚蟲在 85-106 年各次(季)各測站附著板之著生情形（空白組為該站尚未設置或流失）。

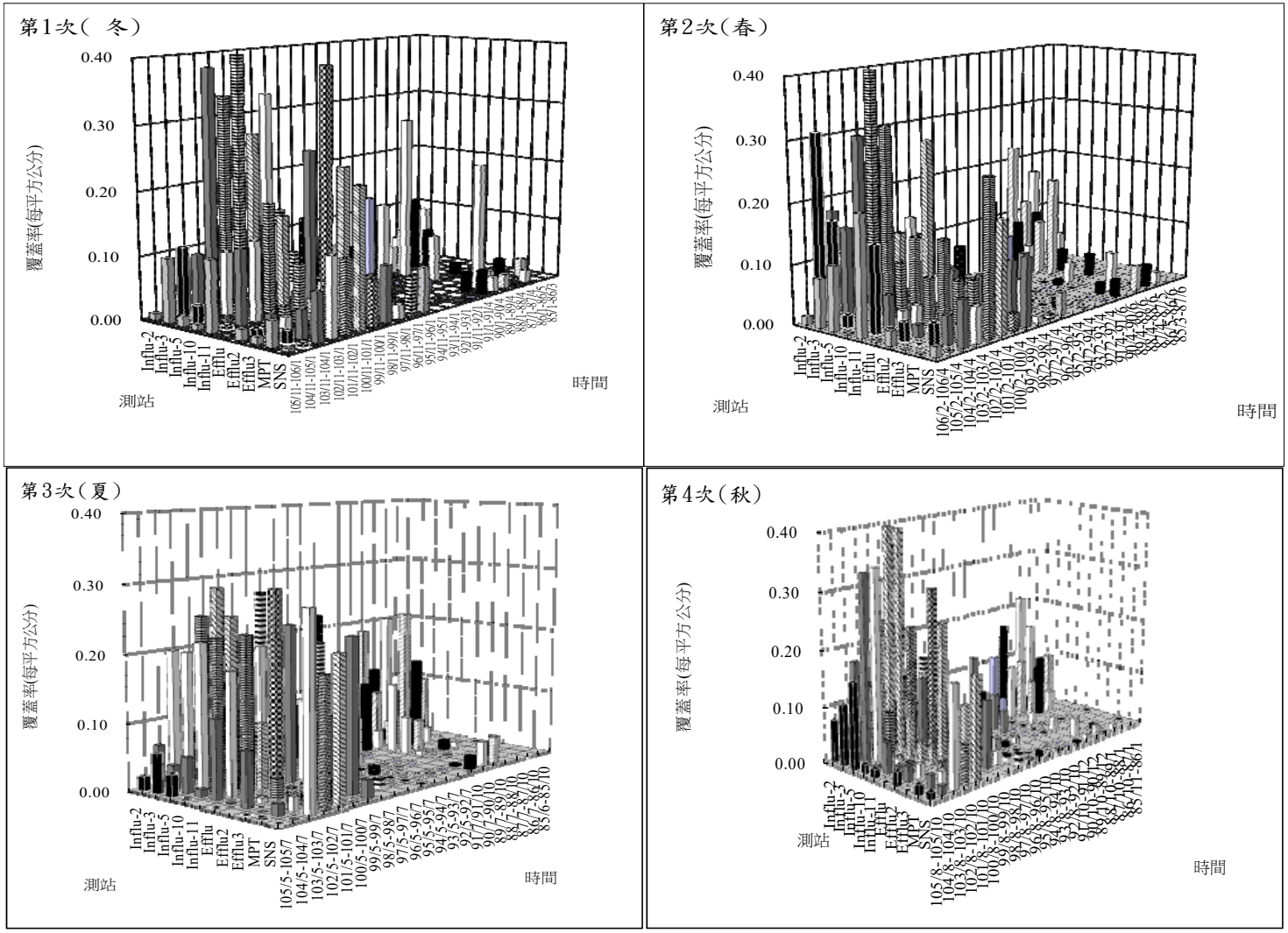


圖 4-12、海鞘在 85-106 年各次(季)各測站附著板之著生情形（空白組為該站尚未設置或流失）。

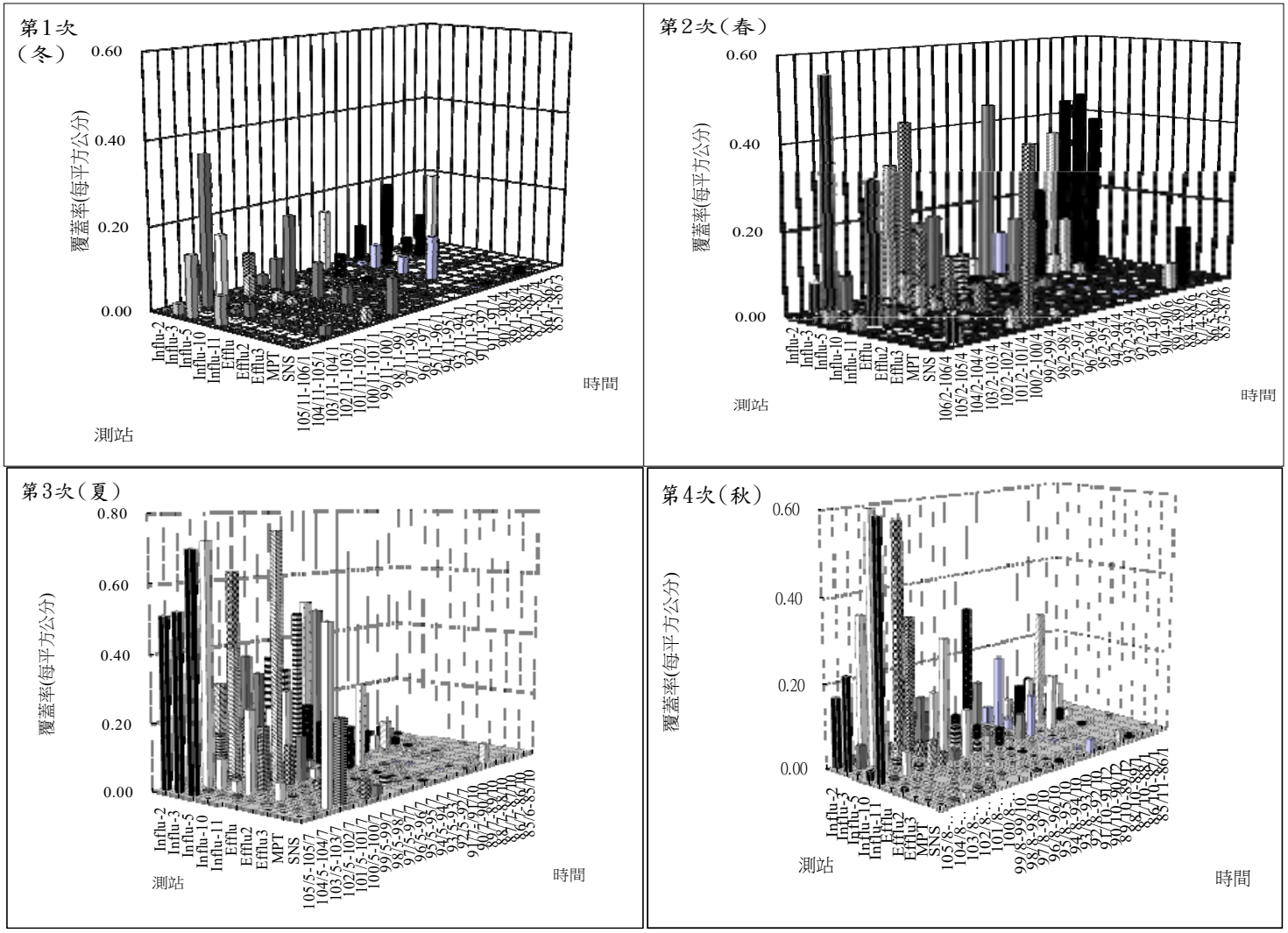


圖 4-13、藤壺在 85-106 年各次(季)各測站附著板之著生情形（空白組為該站尚未設置或流失）。

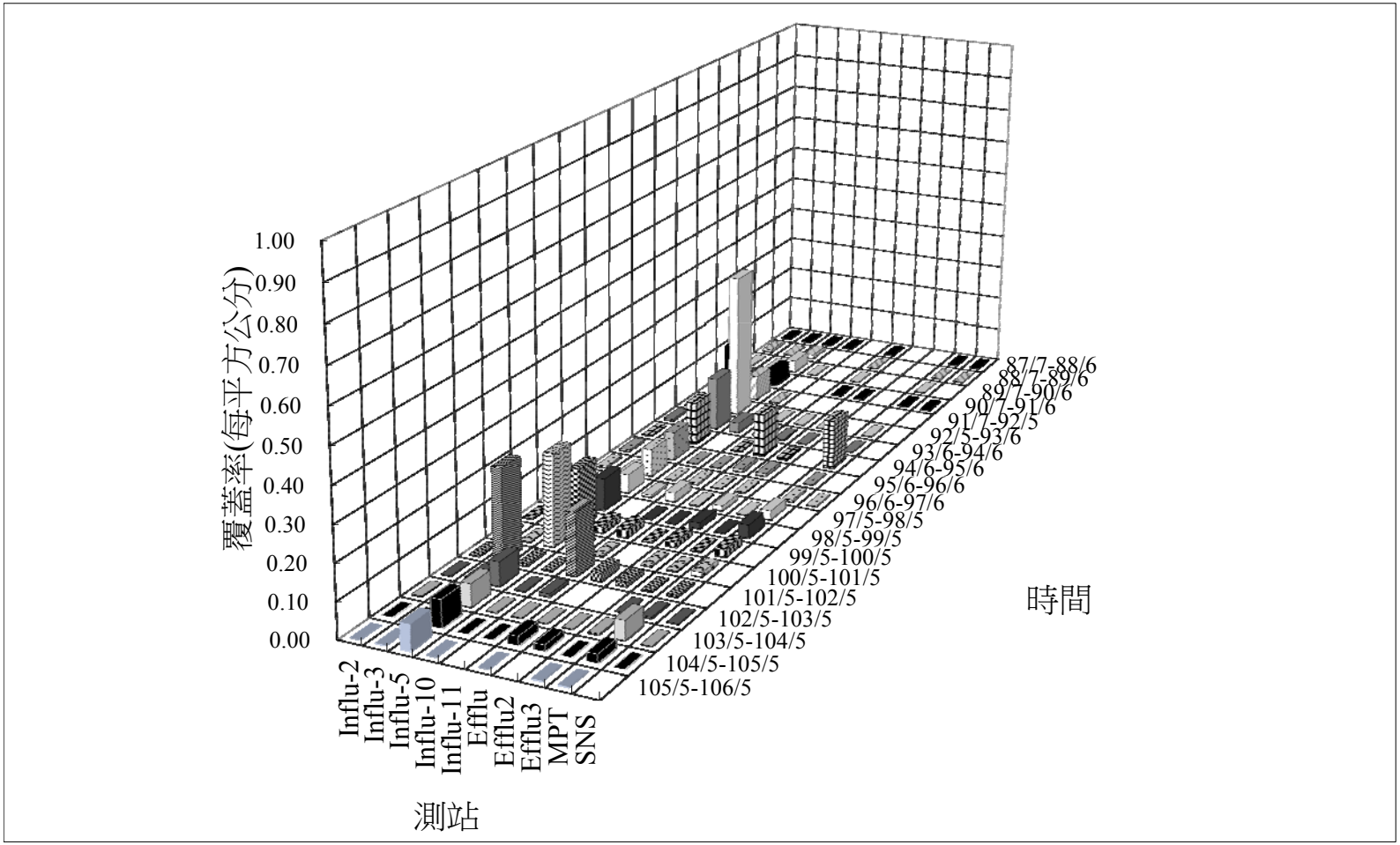


圖 4-14、珊瑚在 87-106 年間各測站附著板之著生情形（空白組為該站流失）。

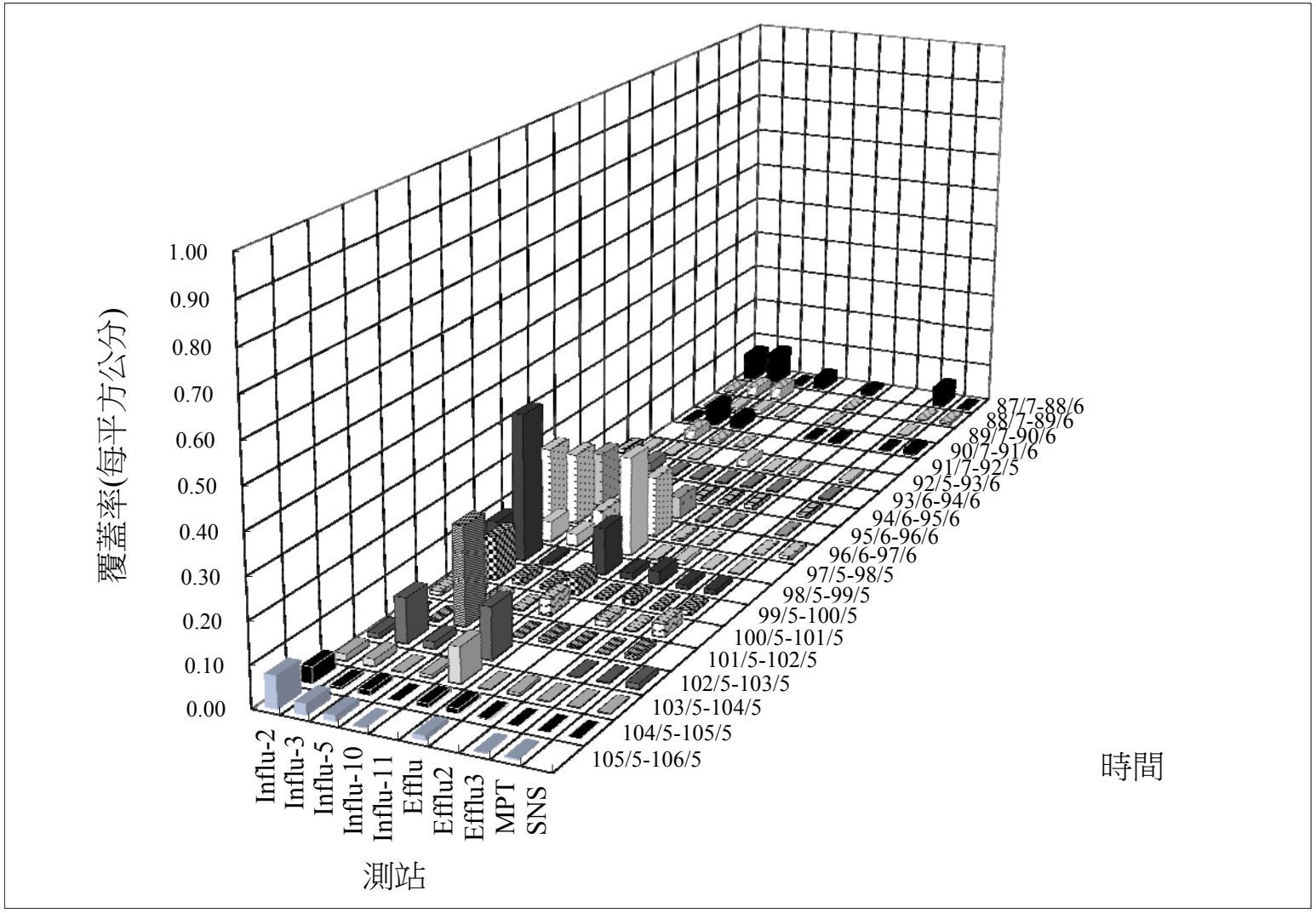


圖 4-15、軟體動物在 87-106 年間各測站附著板之著生情形（空白組為該站流失）。

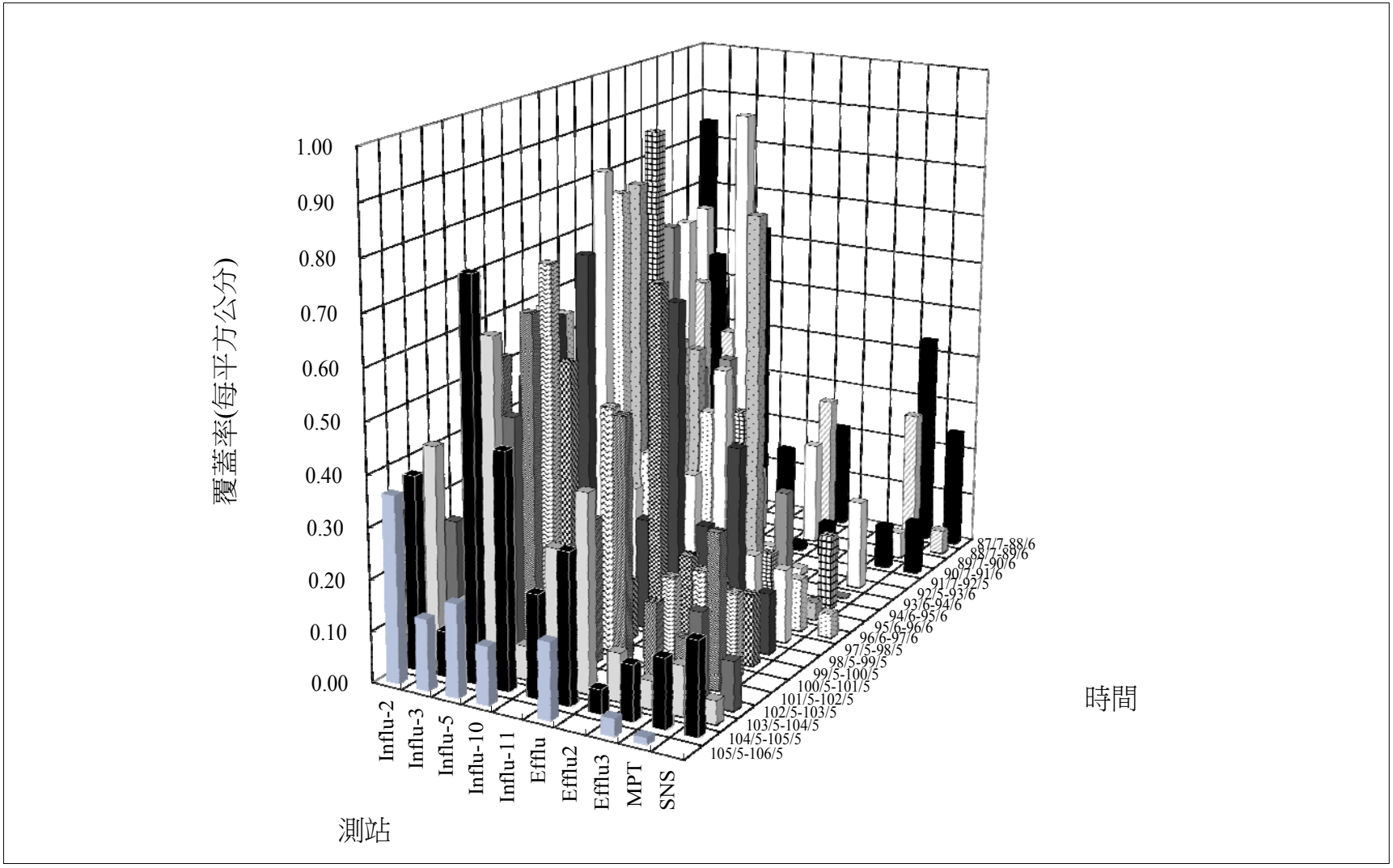


圖 4-16、多毛類在 87-106 年間各測站附著板之著生情形（空白組為該站流失）。

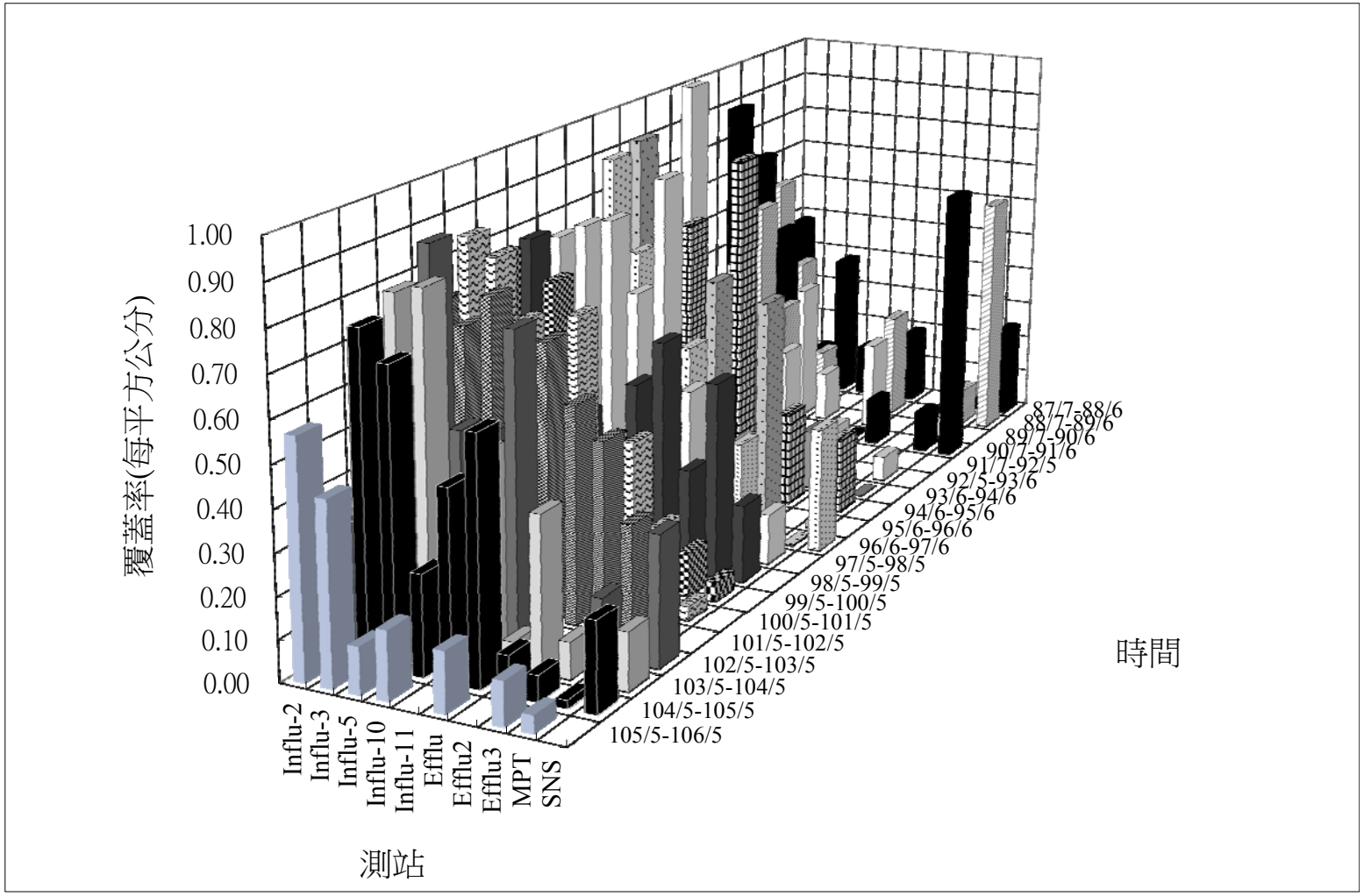


圖 4-17、苔蘚蟲在 87-106 年間各測站附著板之著生情形（空白組為該站流失）。

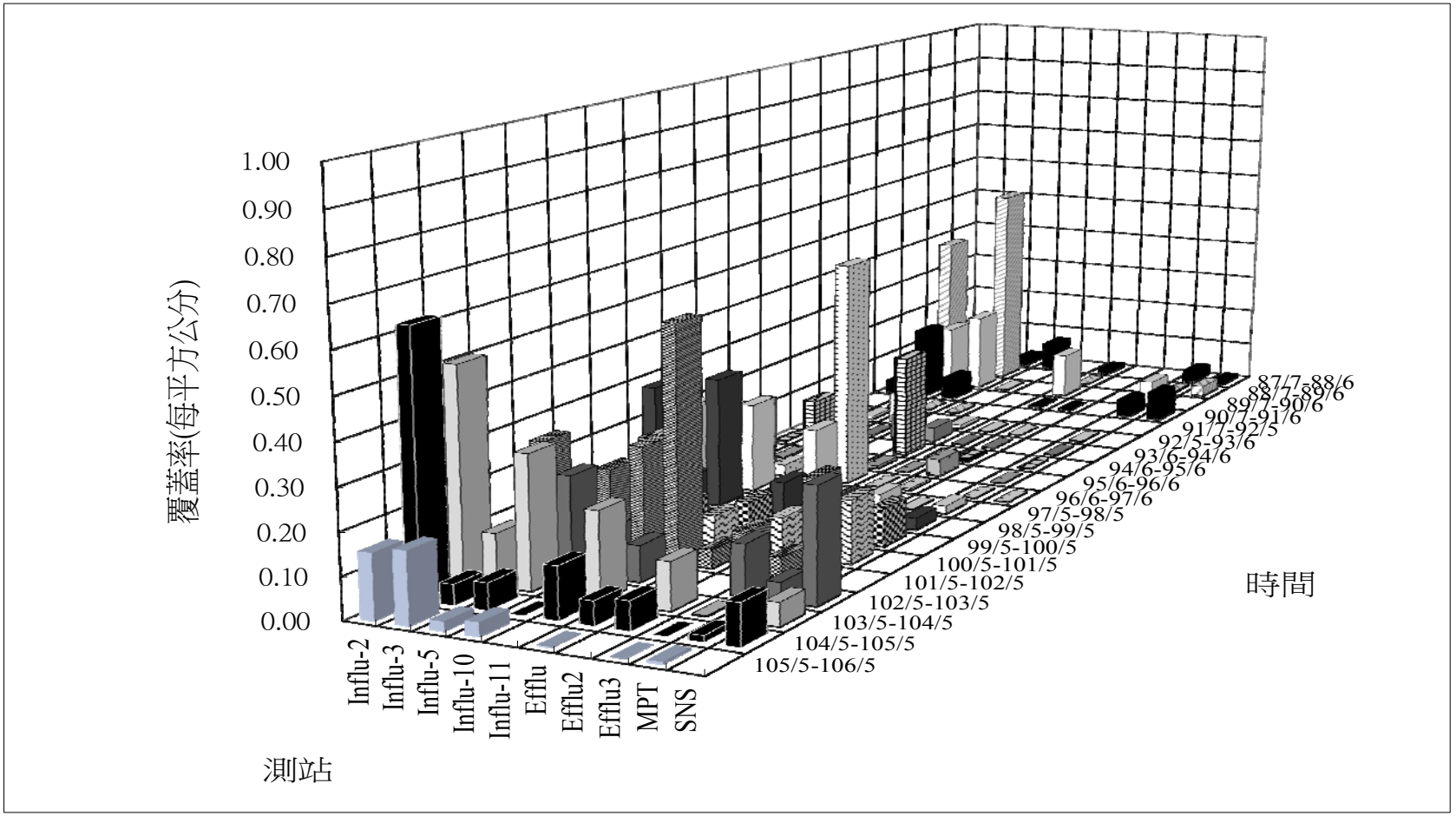


圖 4-18、海鞘在 87-106 年間各測站附著板之著生情形（空白組為該站流失）。

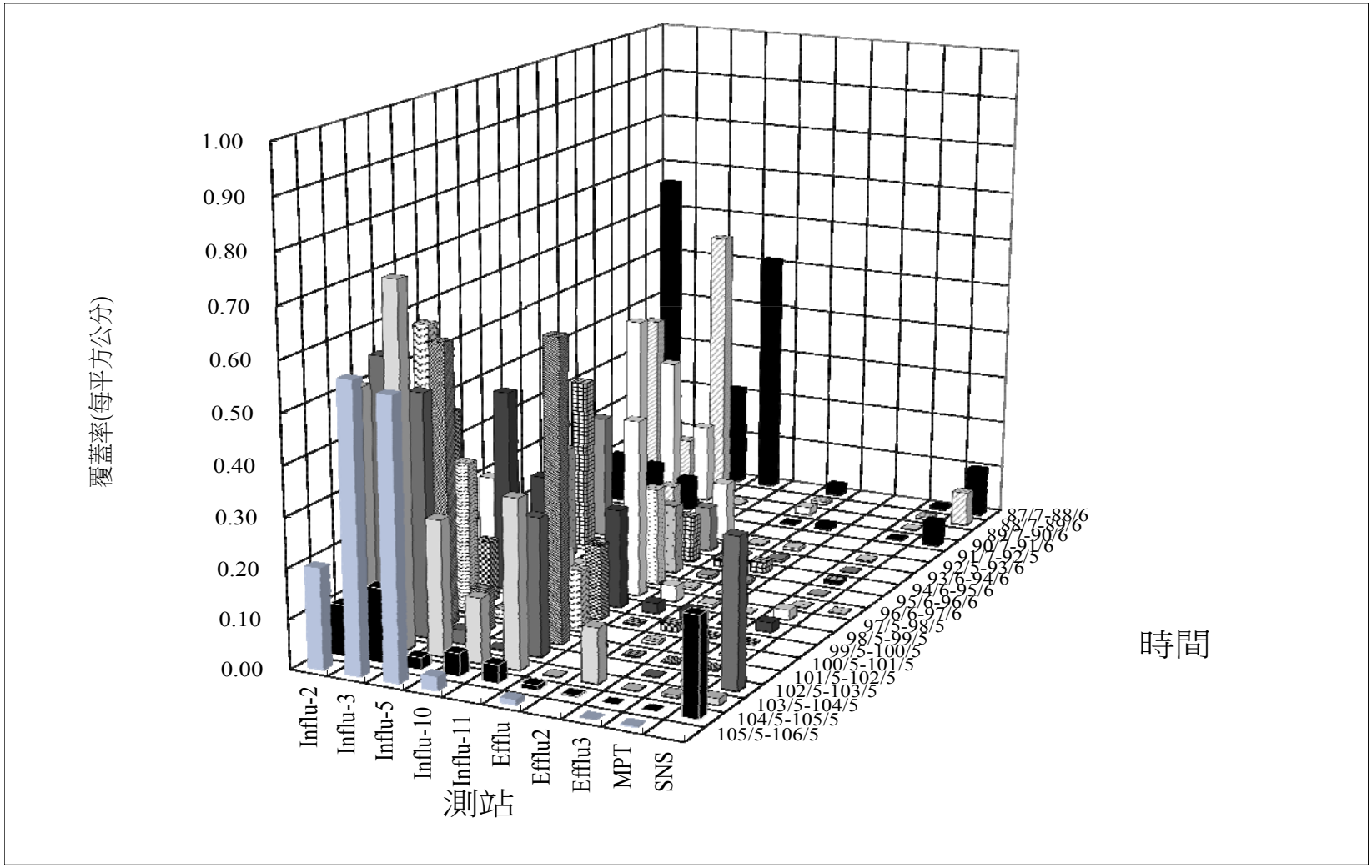


圖 4-19、藤壺在 87-106 年間各測站附著板之著生情形（空白組為該站流失）。

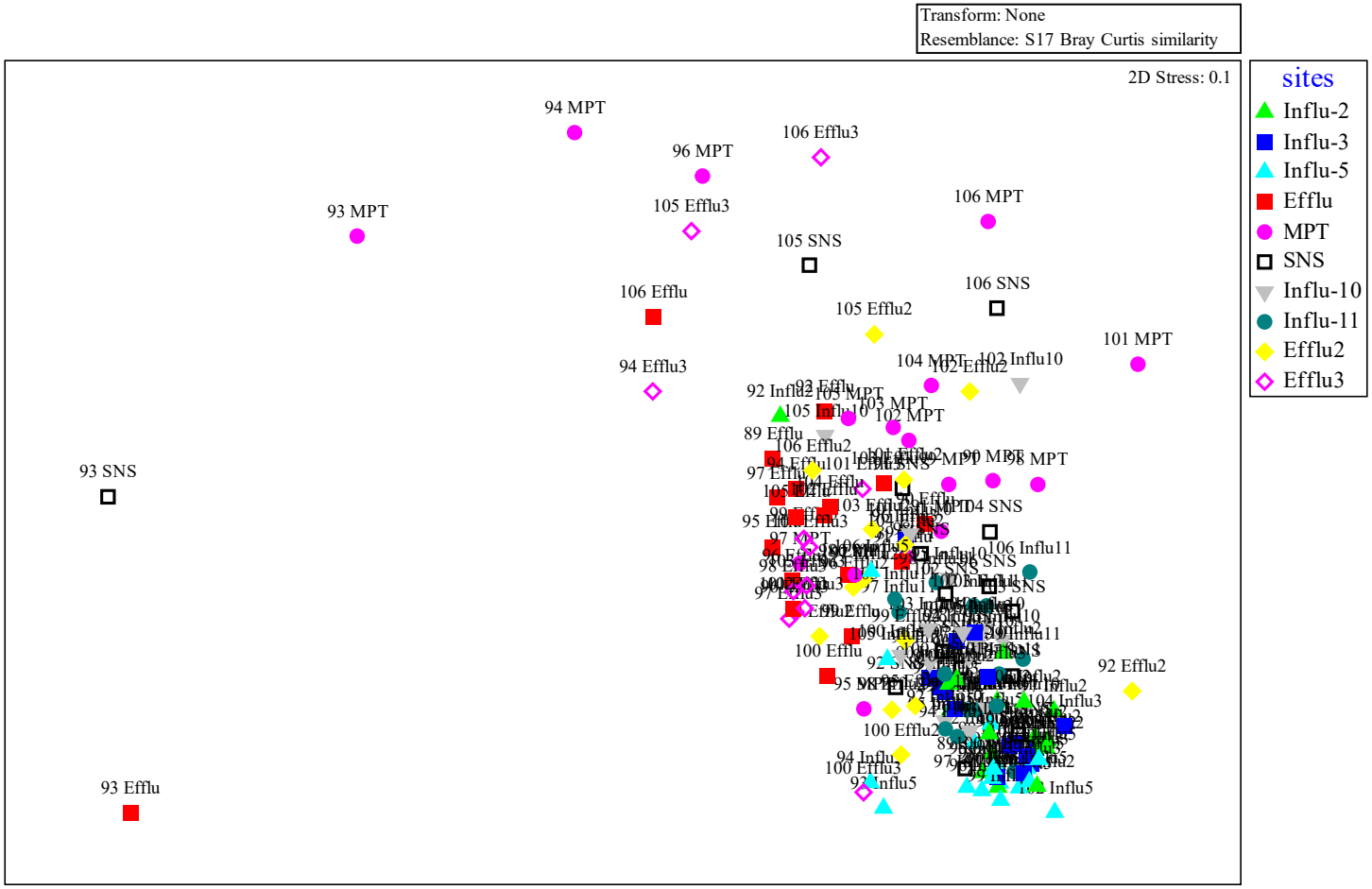


圖 4-20、90-106 年第 1 次（冬）各測站 6 大類底棲動物著生量群聚分析。

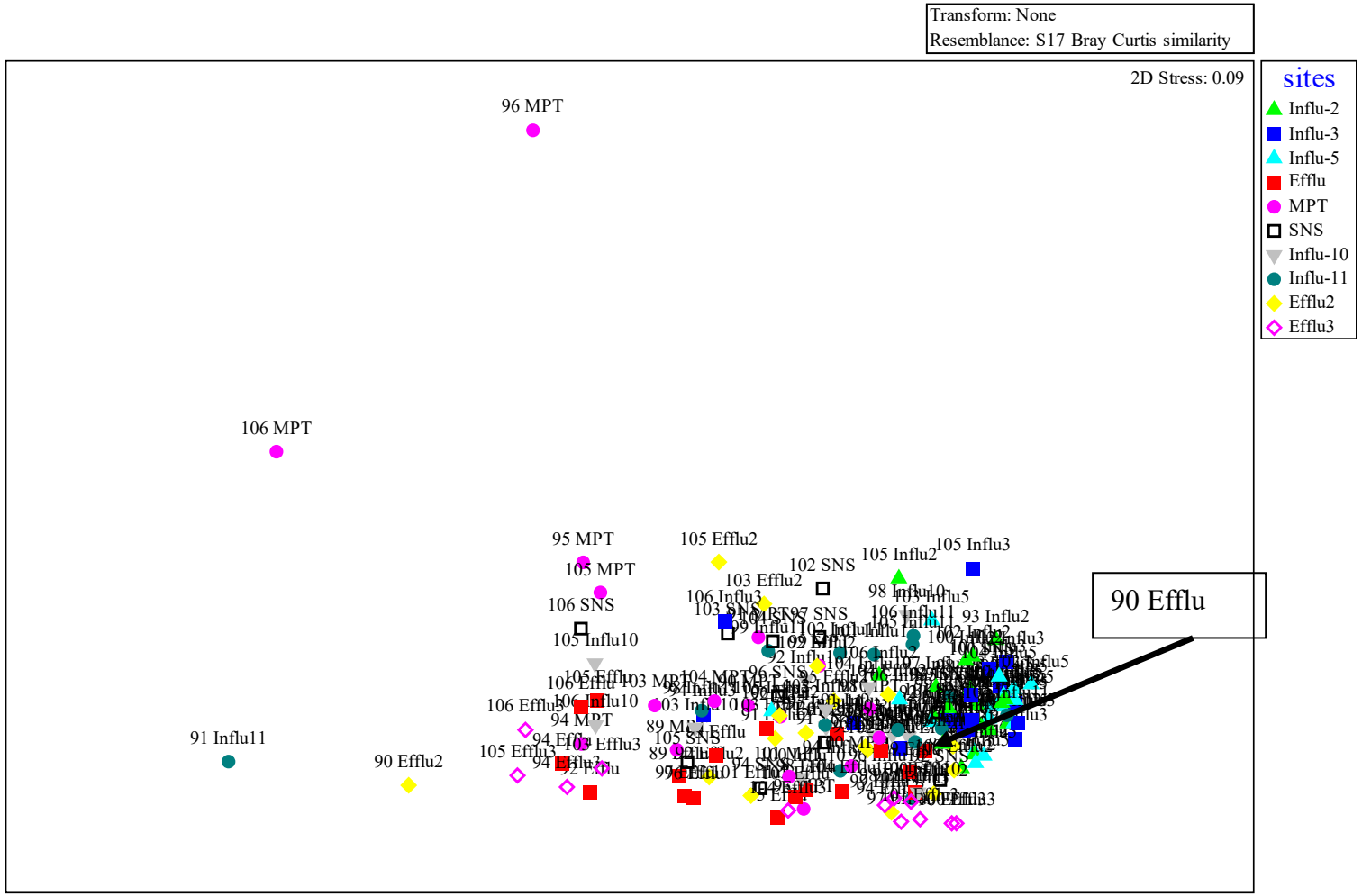


圖 4-21、90-106 年第 2 次（春）各測站 6 大類底棲動物著生量群聚分析。

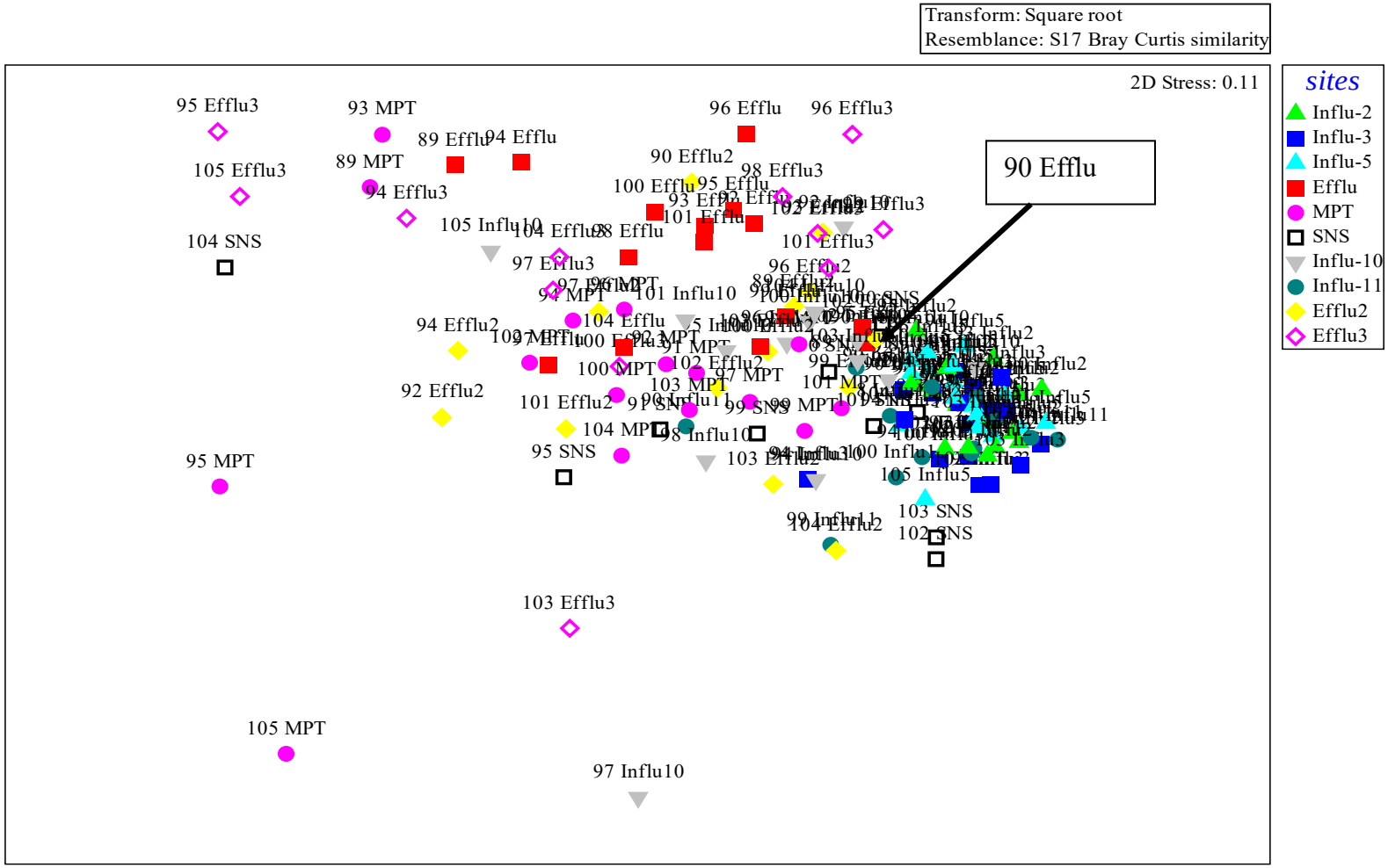


圖 4-22、90-105 年第 3 次（夏）各測站 6 大類底棲動物著生量群聚分析。

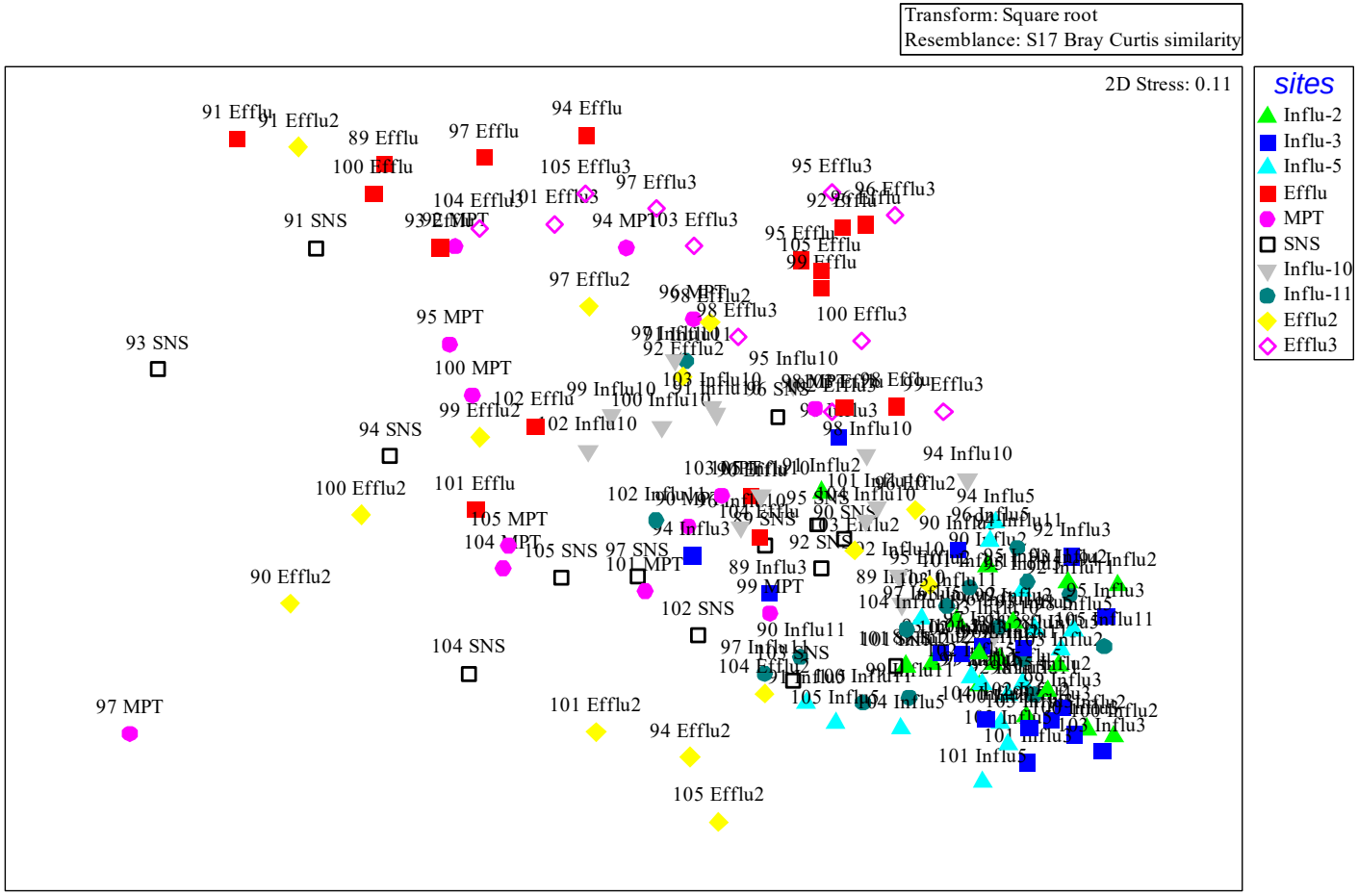


圖 4-23、90-105 年第 4 次（秋）各測站 6 大類底棲動物著生量群聚分析。

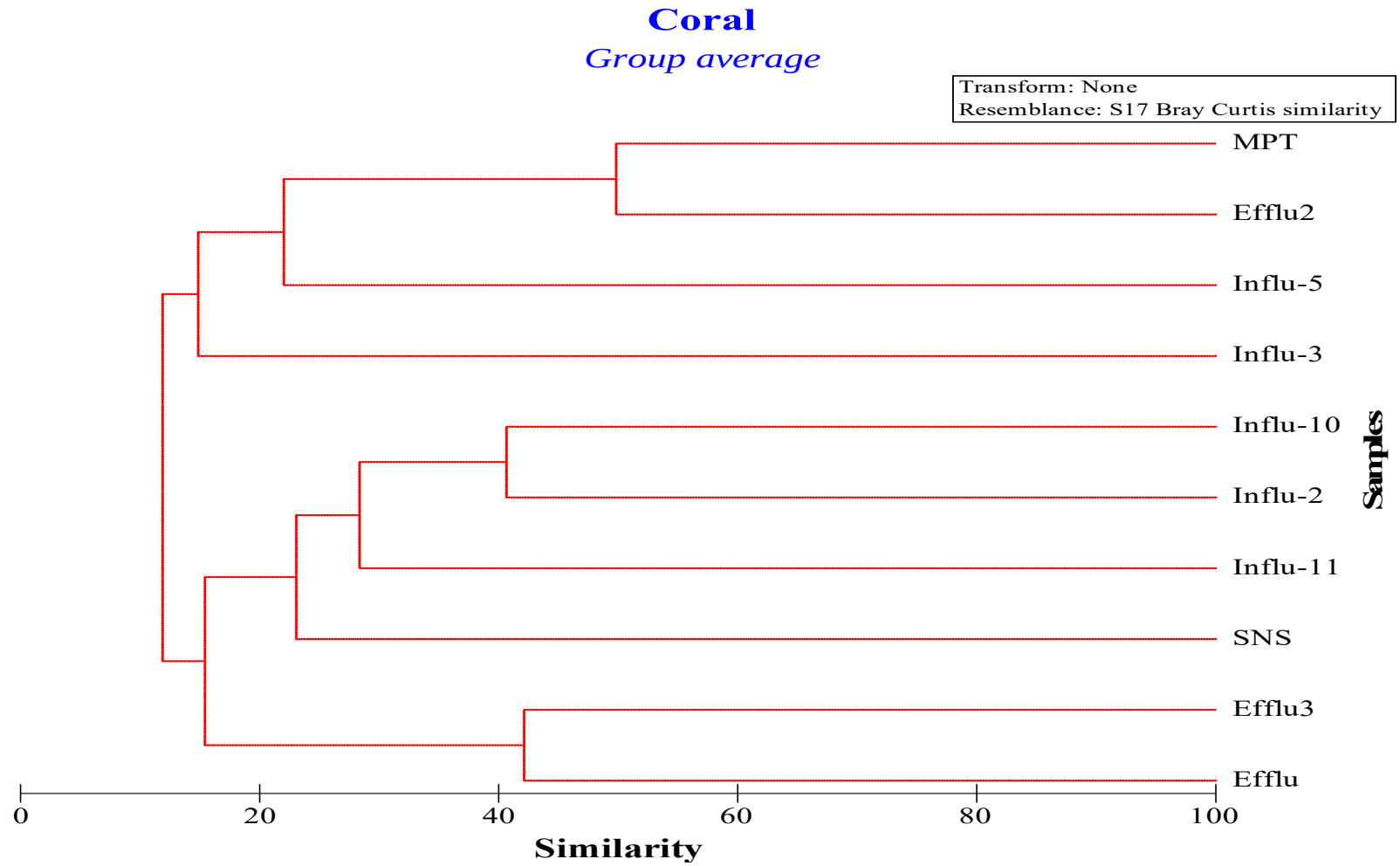


圖 4-24、珊瑚 87-106 年各測站著生量之相似度群聚分析。虛線：表測站間無顯著差異。

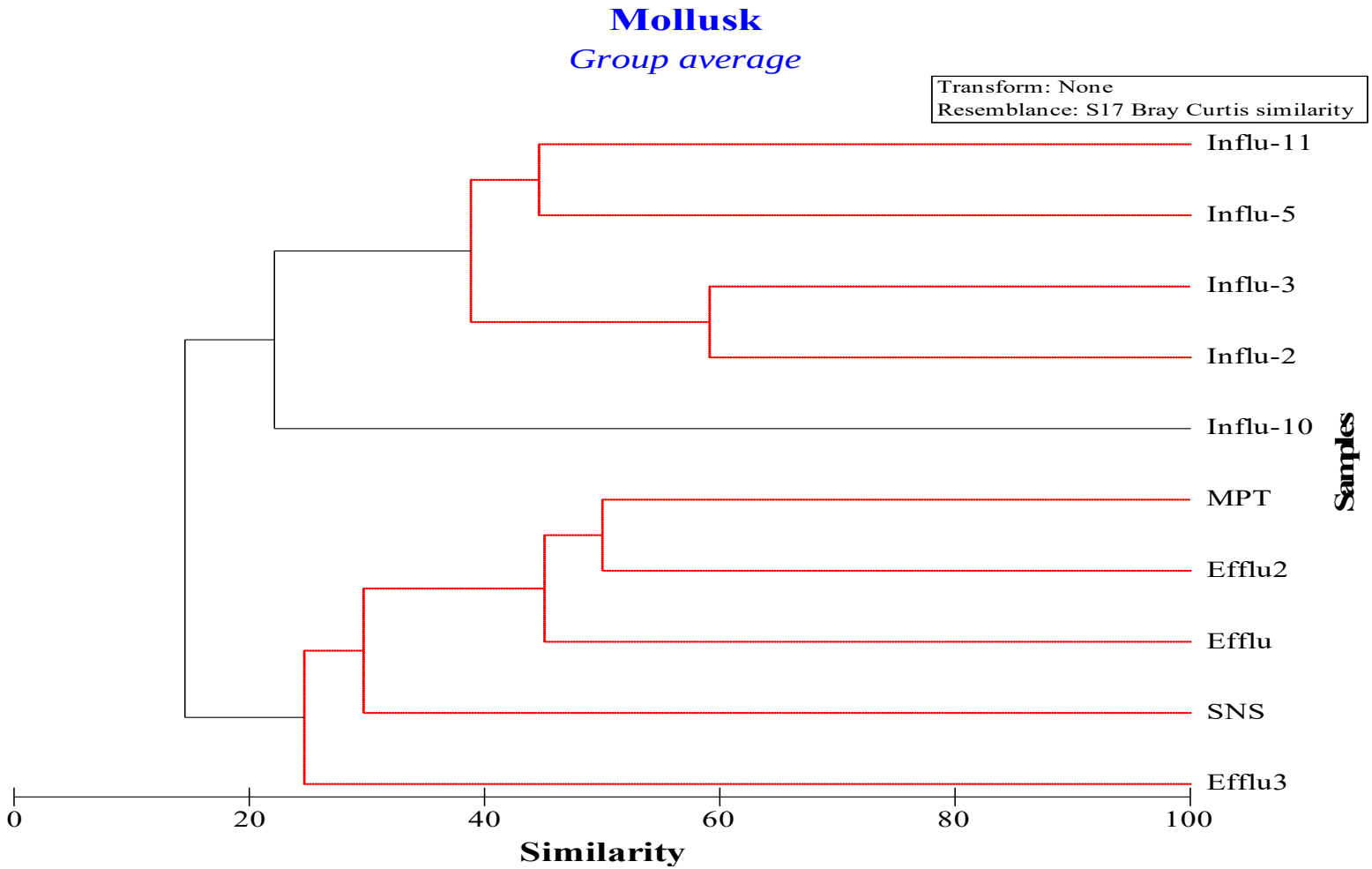


圖 4-25、軟體動物 87-106 年各測站著生量之相似度群聚分析。虛線：表測站間無顯著差異。

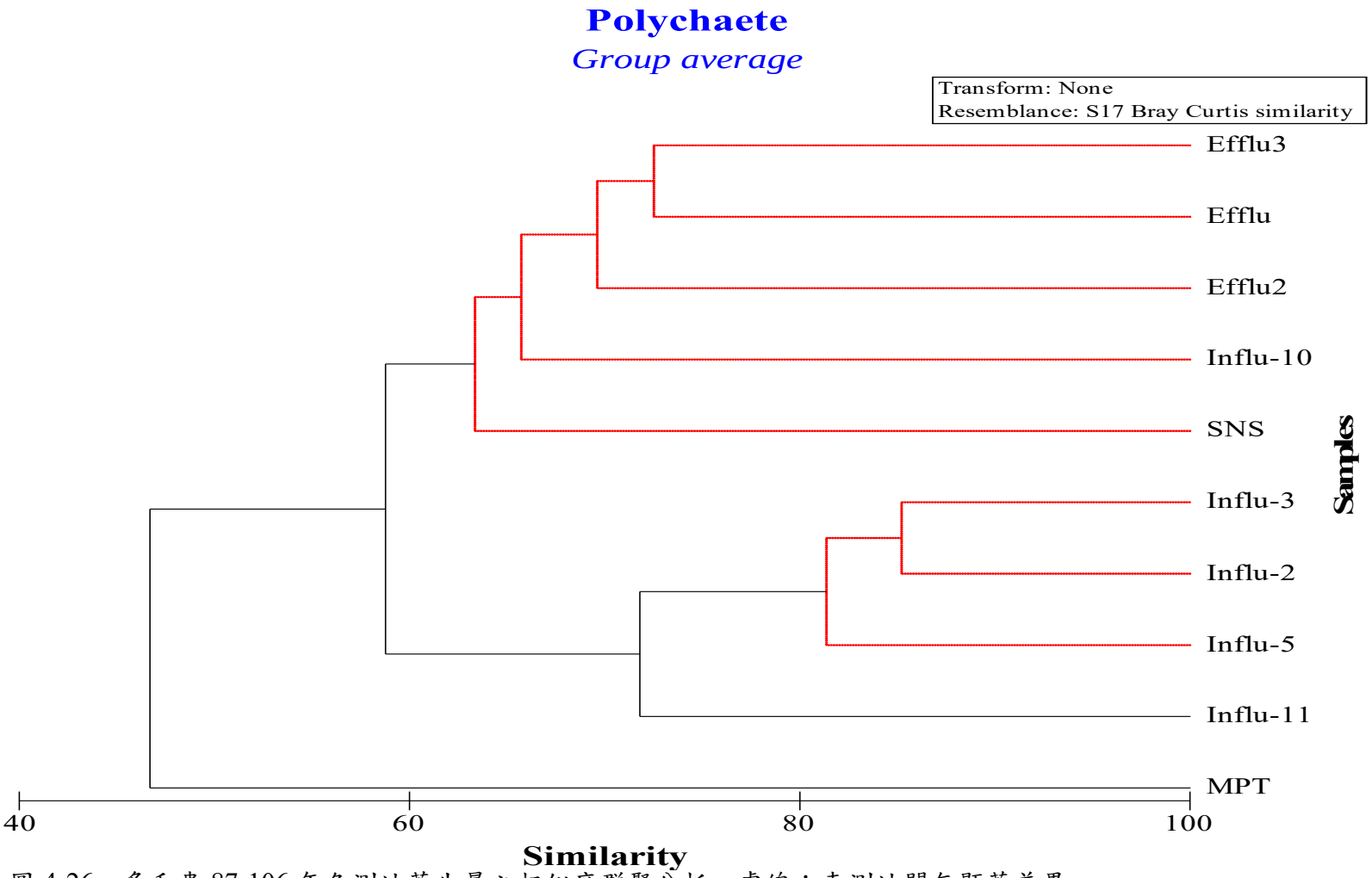


圖 4-26、多毛蟲 87-106 年各測站著生量之相似度群聚分析。虛線：表測站間無顯著差異。

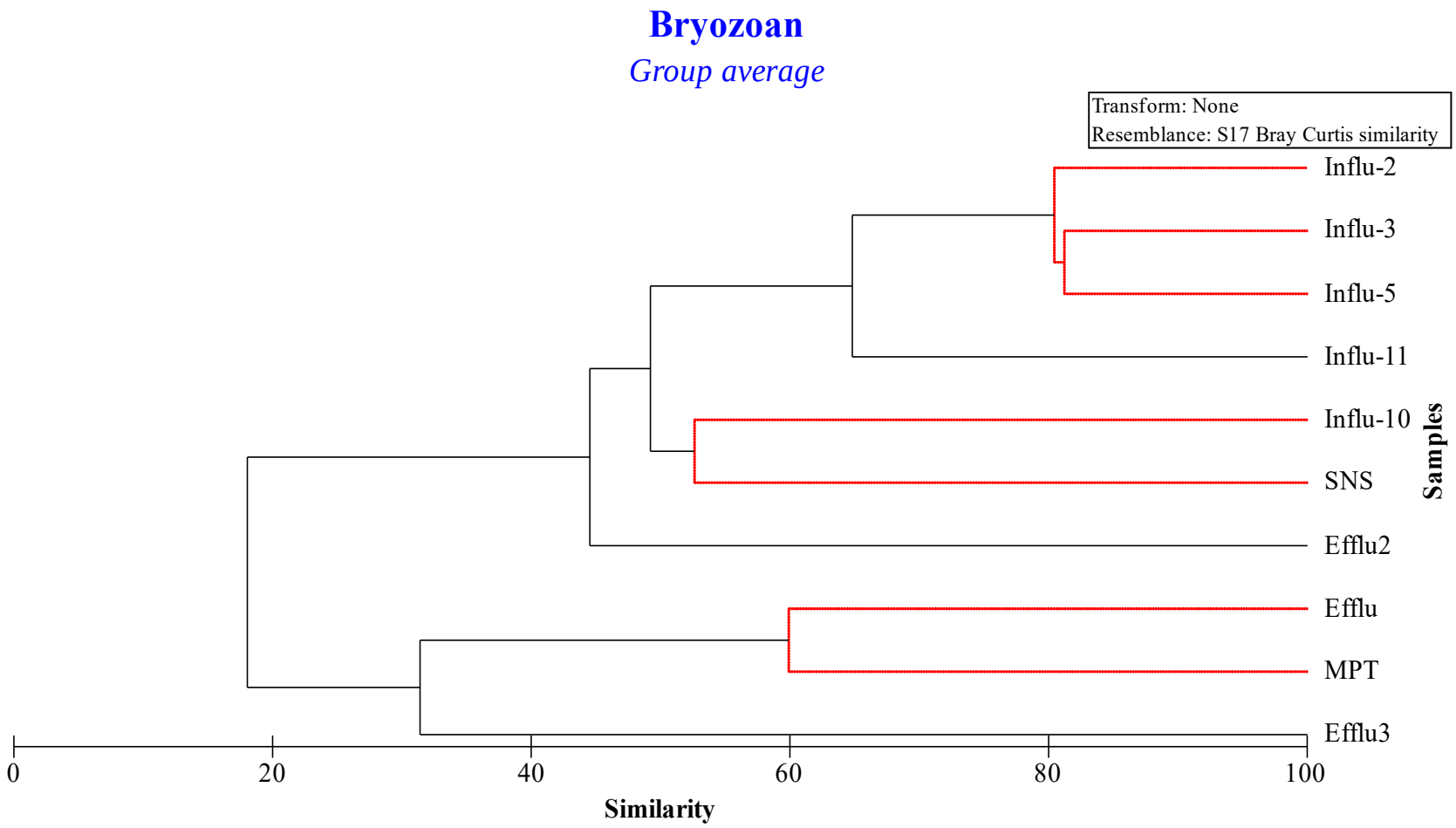


圖 4-27、苔蘚蟲 87-106 年各測站著生量之相似度群聚分析。虛線：表測站間無顯著差異。

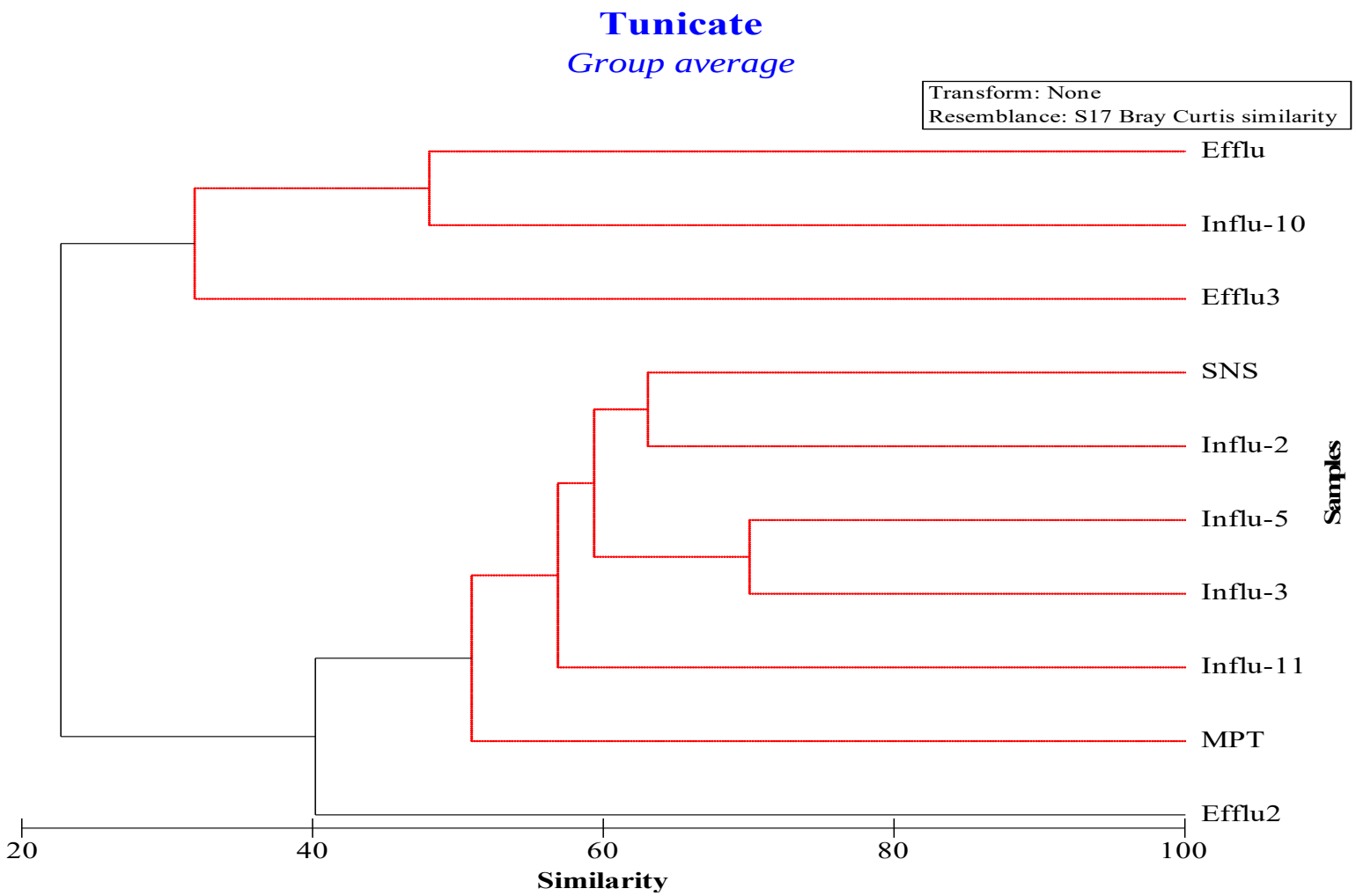


圖 4-28、海鞘 87-106 年各測站著生量之相似度群聚分析。虛線：表測站間無顯著差異。

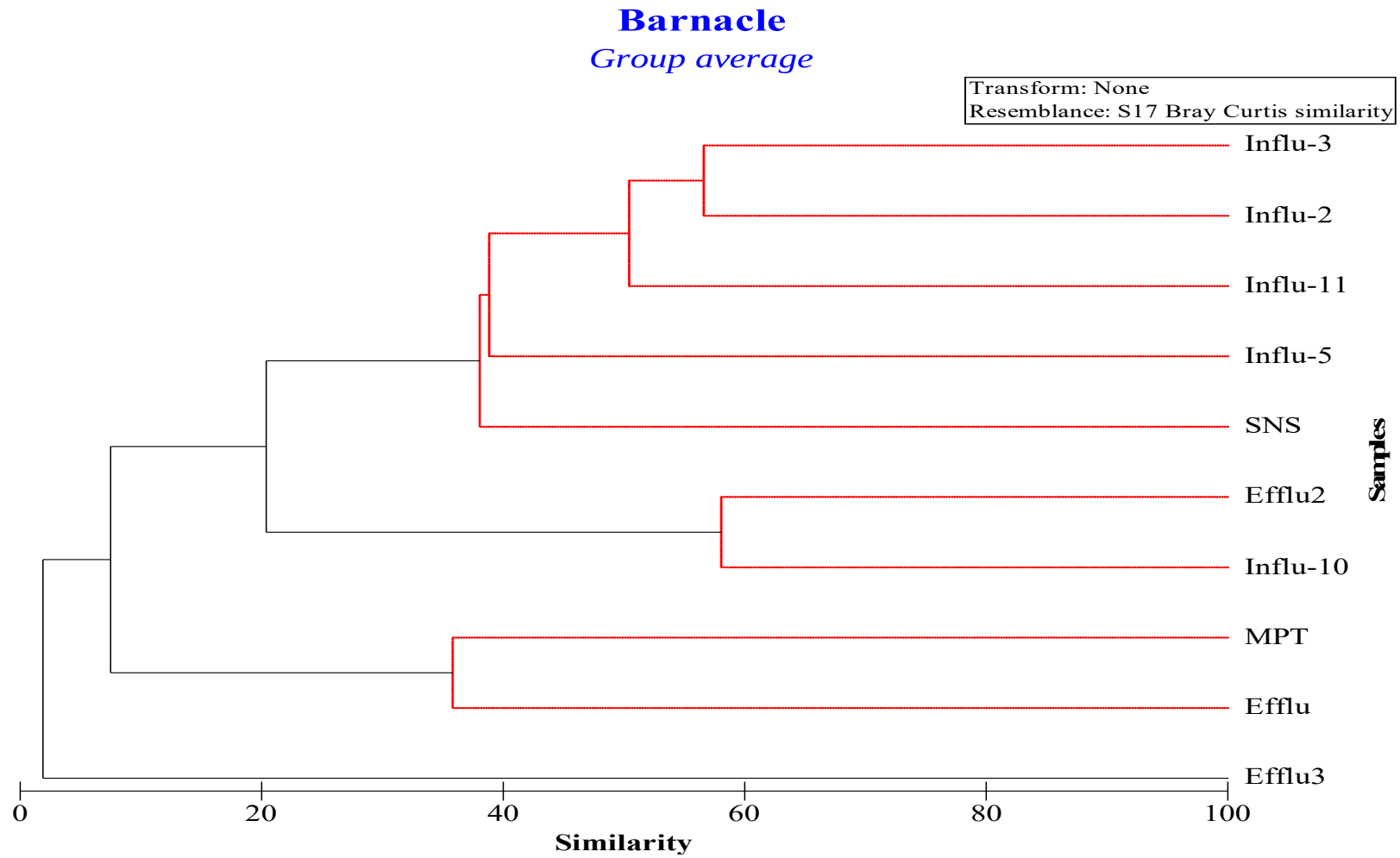


圖 4-29、藤壺 87-106 年各測站著生量之相似度群聚分析。虛線：表測站間無顯著差異。

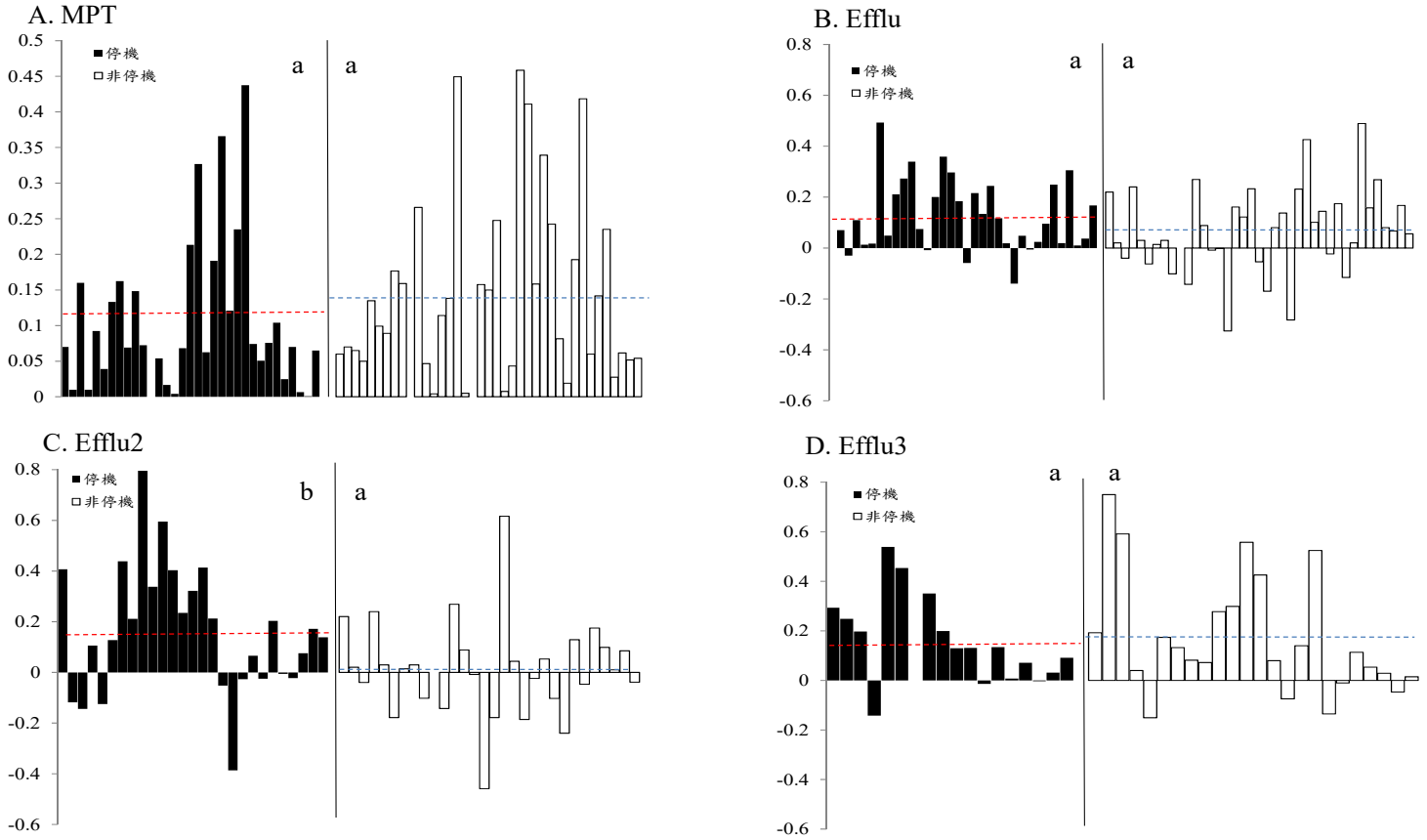
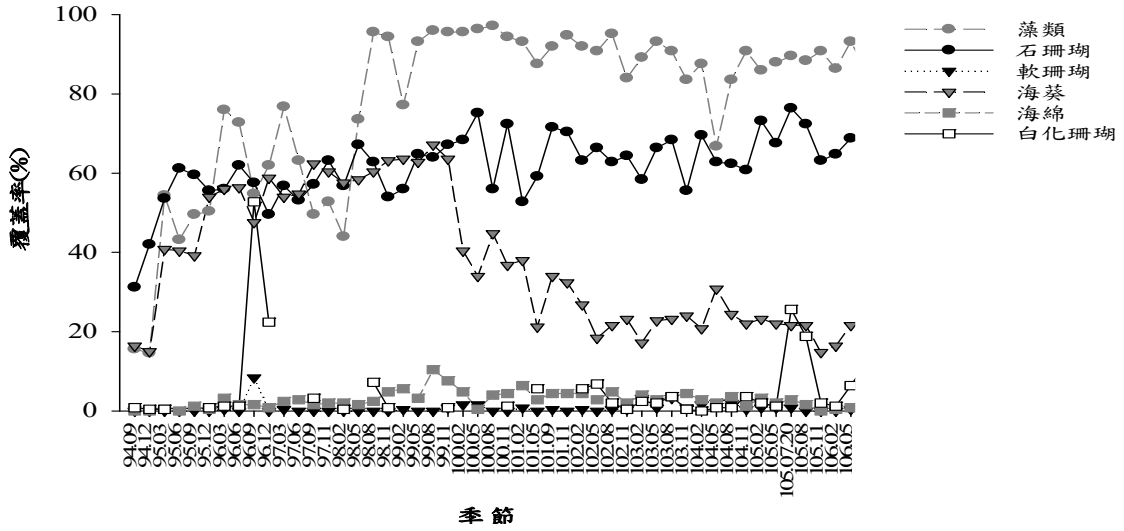
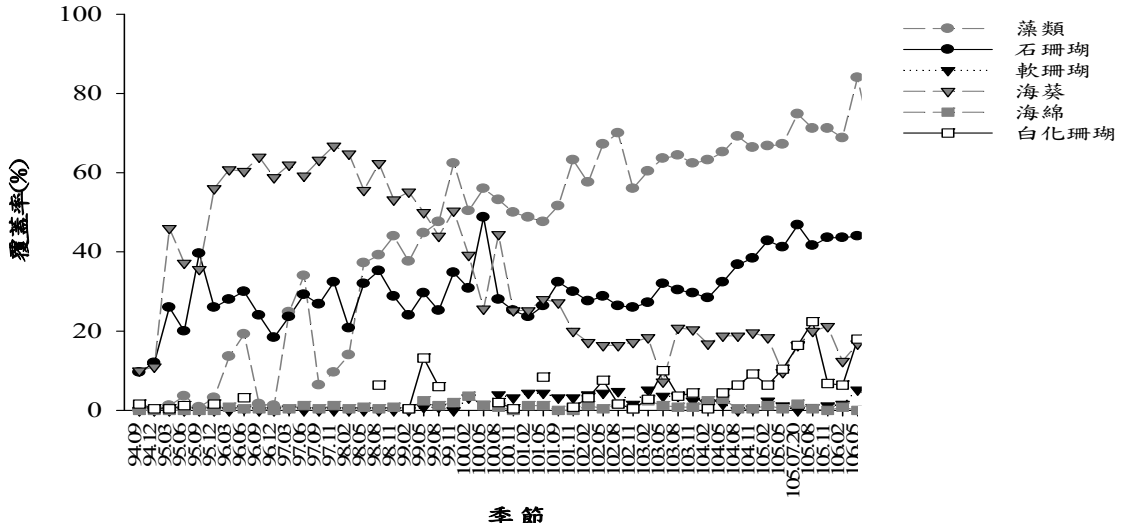


圖 4-30、出水口南側小灣測站之多毛蟲著生量在停機及非停機時期的比較。A. 貓鼻頭（MPT）之著生量為基準；B. 水深 8 公尺處（Efflu）；C. 水深 9 公尺處（Efflu-2）；D. 水深 3 公尺處（Efflu-3）；a,b：表示停機與非停機時期之著生量有顯著差異（T-test, $p<0.05$; b>a）；┅ ：平均值。

A. Inf 5 (3-5 m)



B. Inf 2.1 (5 m)



C. Inf 2.2 (3-5 m)

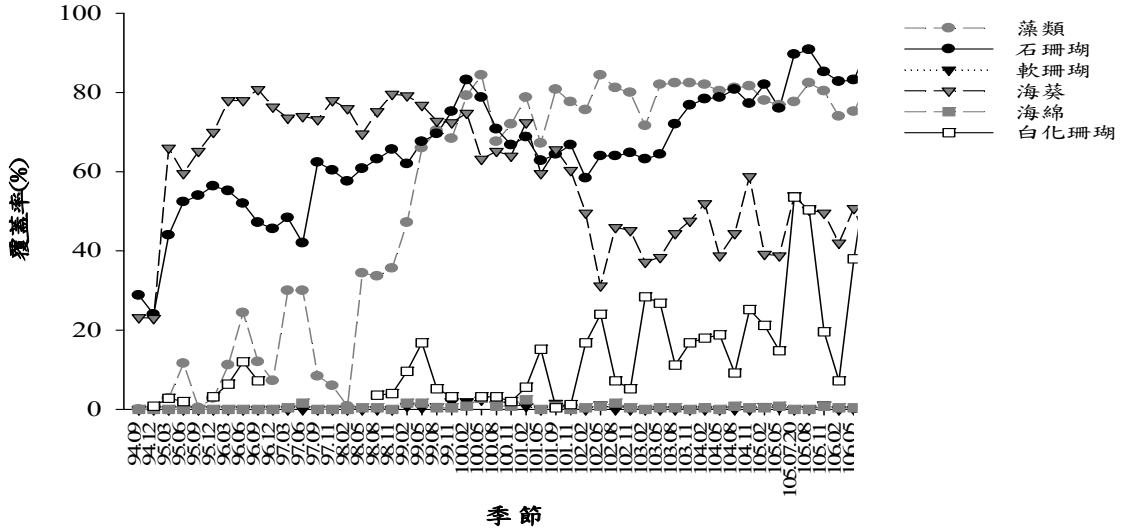
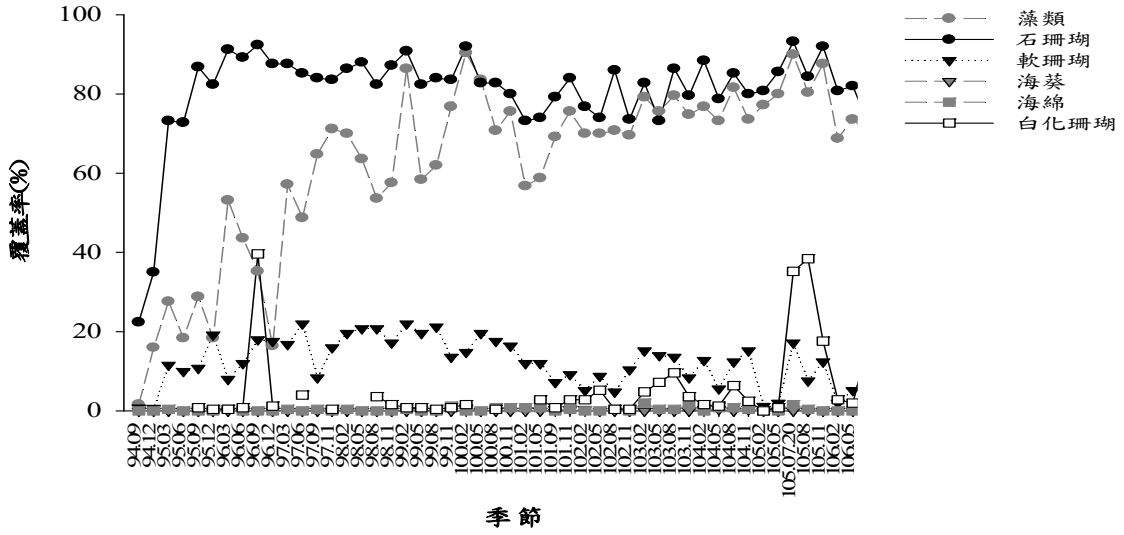
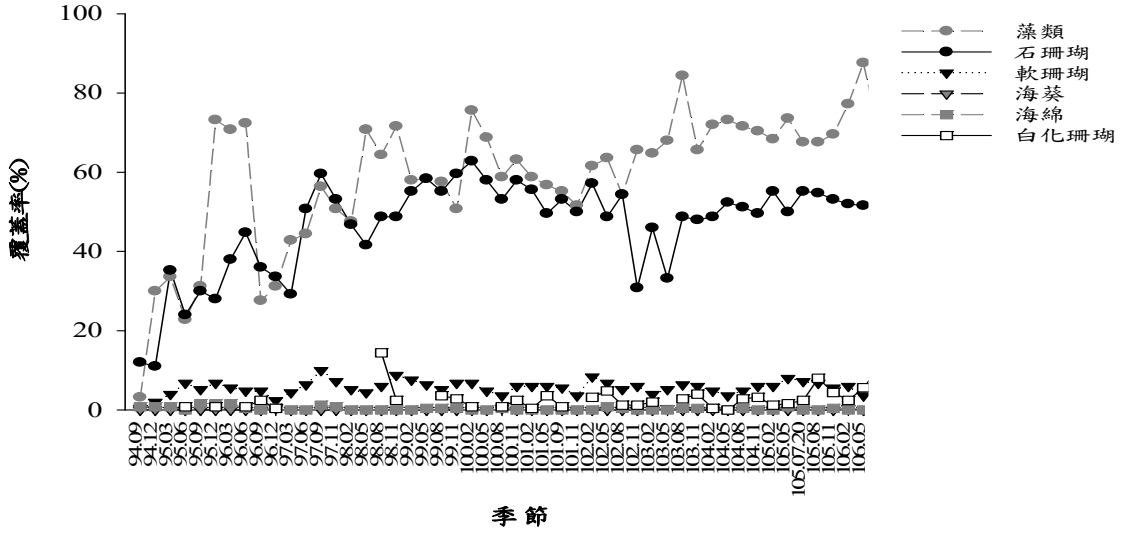


圖 4-31、固定橫截線調查入水口各測線底棲生物覆蓋率。

A. Eff (3-5 m)



B. Eff 2 (9 m)



C. MPT (9 m)

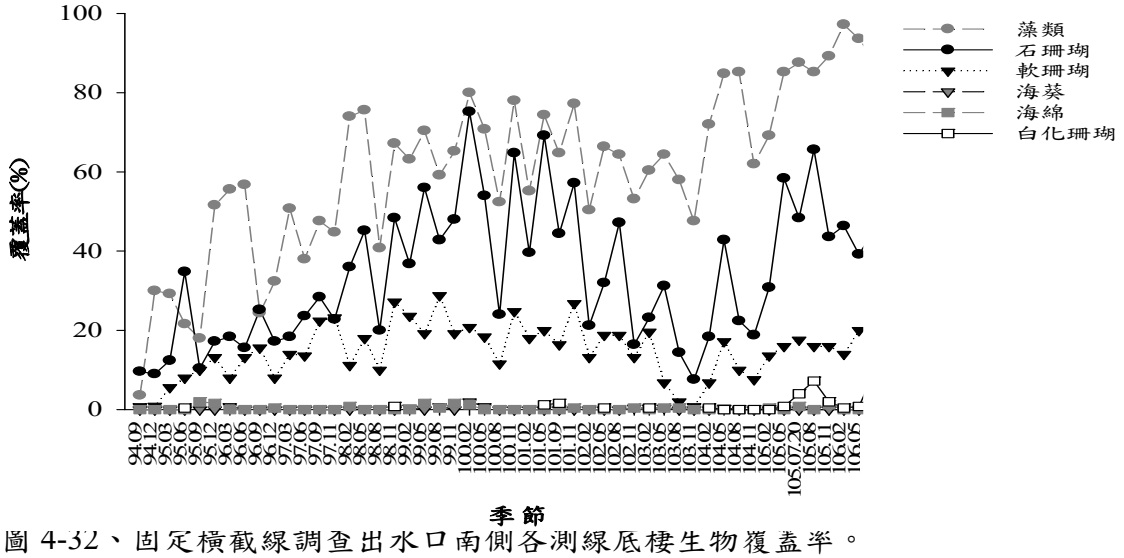


圖 4-32、固定橫截線調查出水口南側各測線底棲生物覆蓋率。

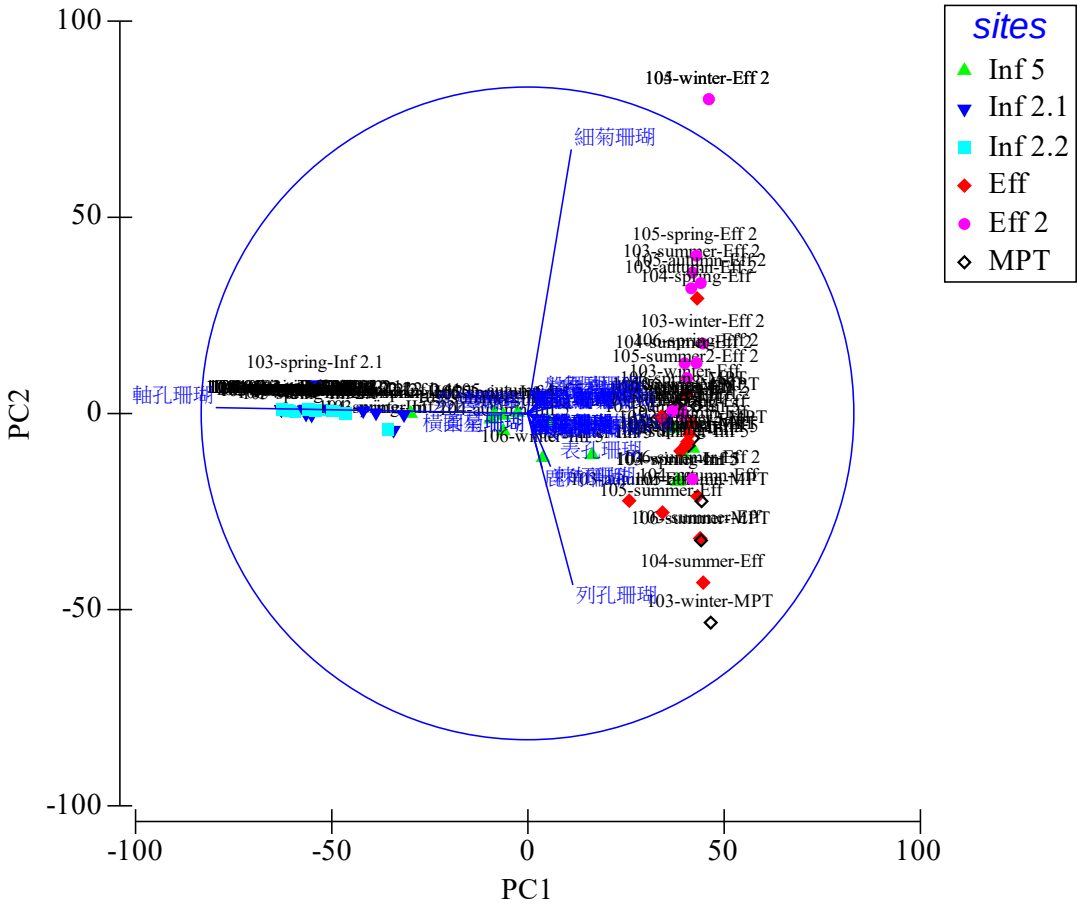


圖 4-33、固定橫截線調查入水口及出水口南側各測線白化珊瑚覆蓋率之主成份分析。

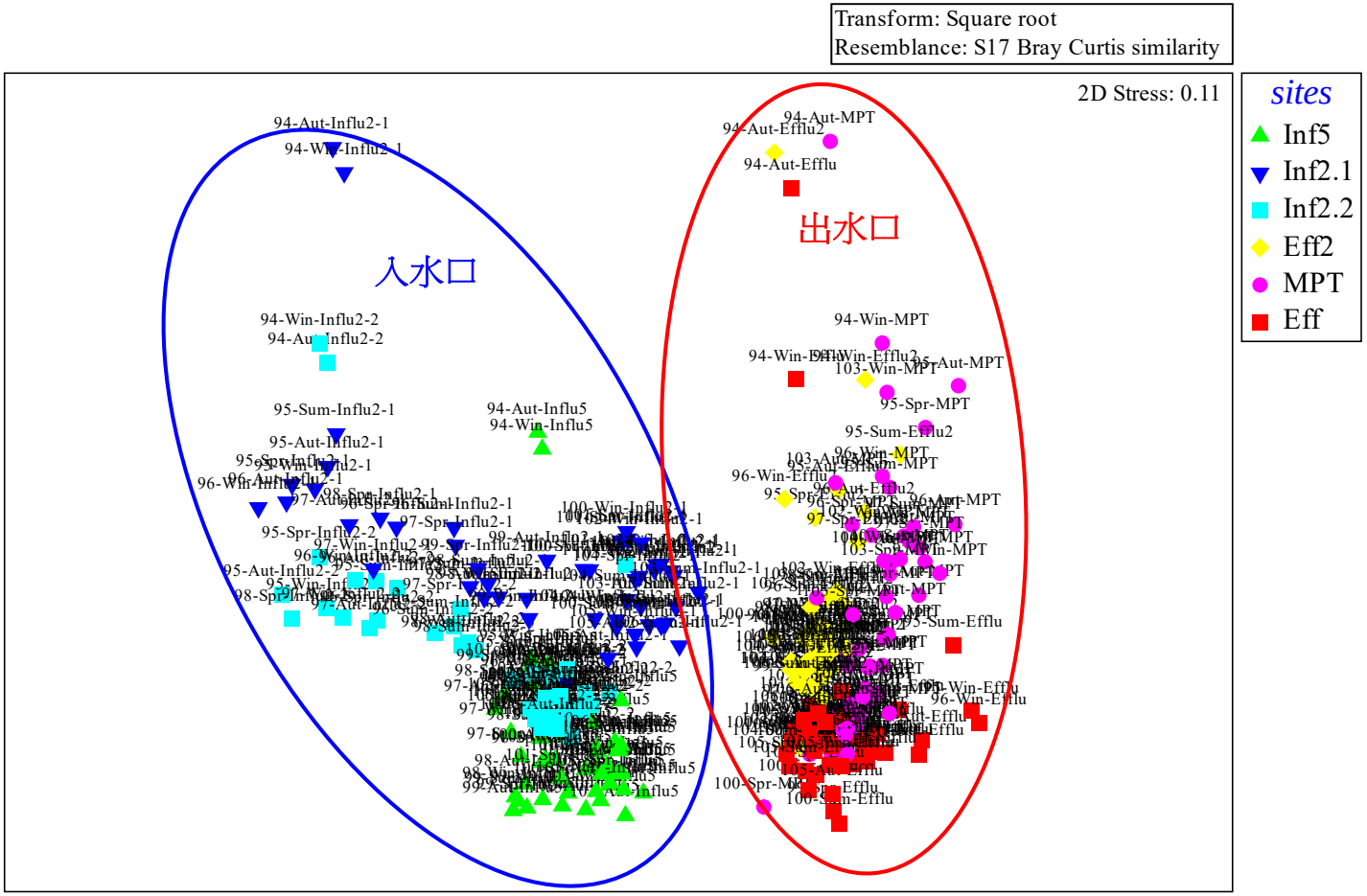
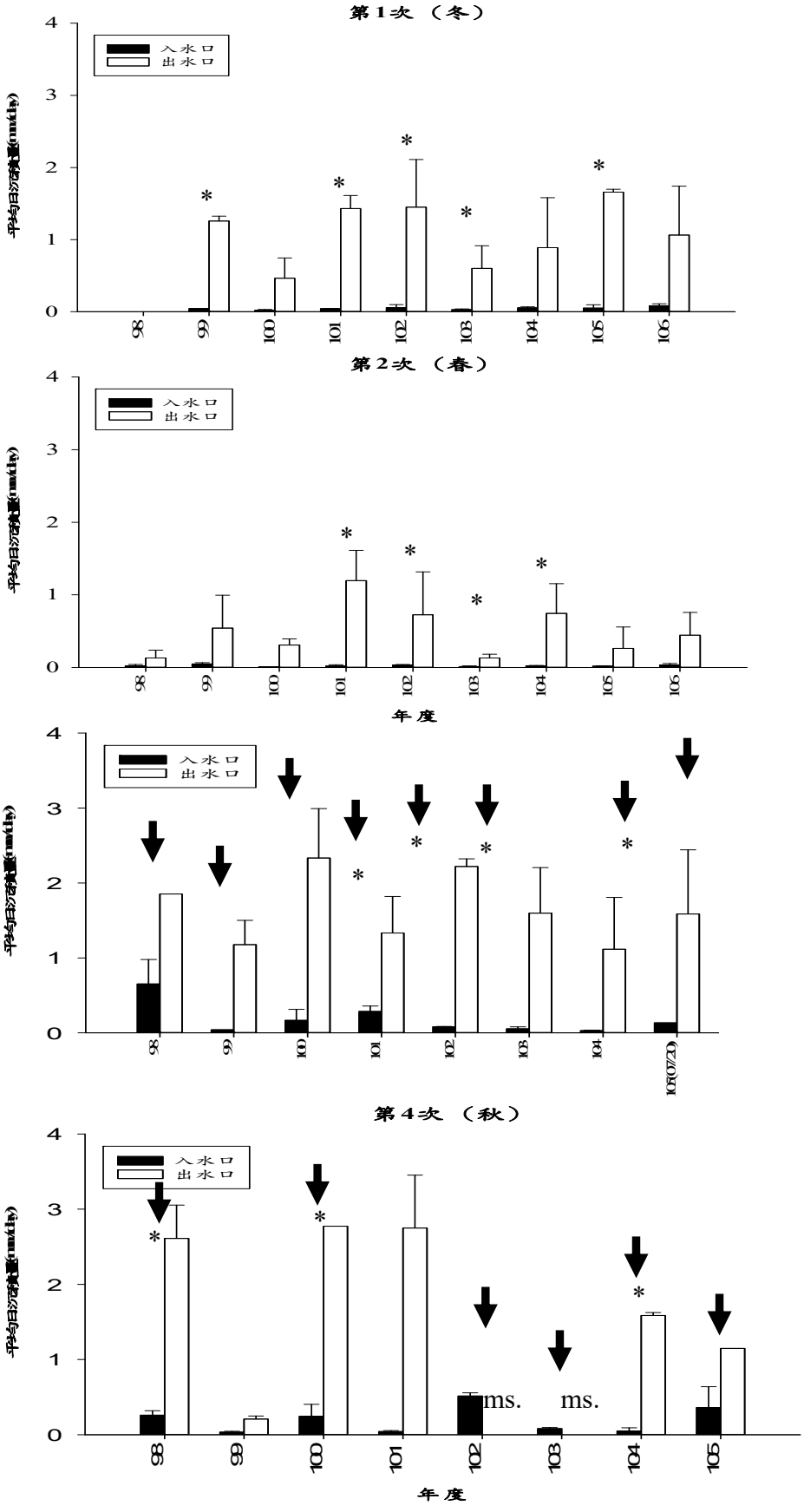


圖 4-34、固定橫截線調查入水口及出水口南側各測線底棲生物之群聚分析。



註: *:入水口與出水口有顯著差異(T-test, p<0.05); ⬇: 颱風影響; ms.:流失

圖 4-35、歷年 4 次(季)入、出水口各測站的沉積物沉積量。

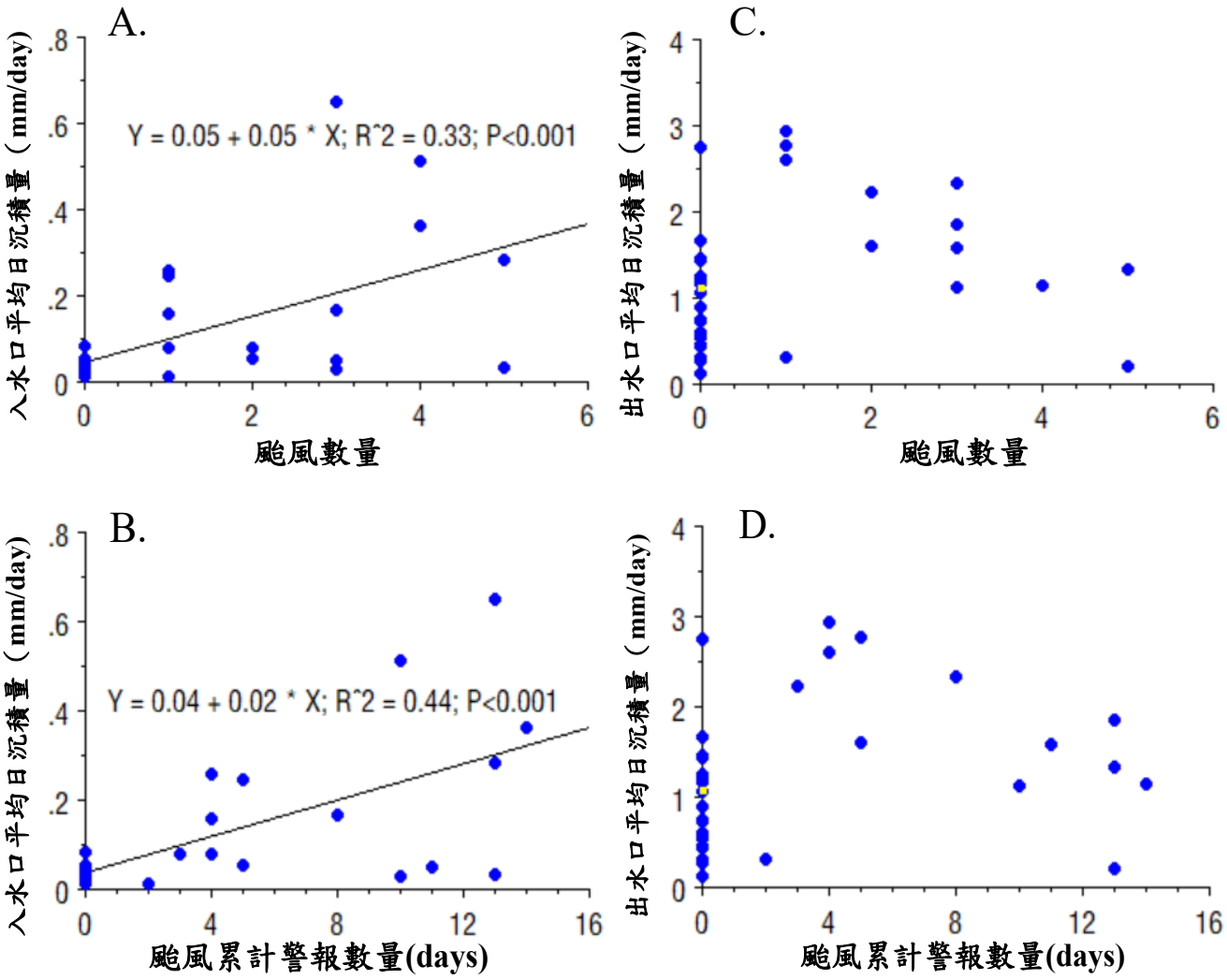


圖 4-36、各次(季)颱風數量及累計警報天數與入、出水口的沉積物沉積量之迴歸相關圖。A. 颱風數量對入水口沉積量；B. 颱風累計警報天數對入水口沉積量；C. 颱風數量對出水口沉積量；D. 颱風累計警報天數對出水口沉積量。

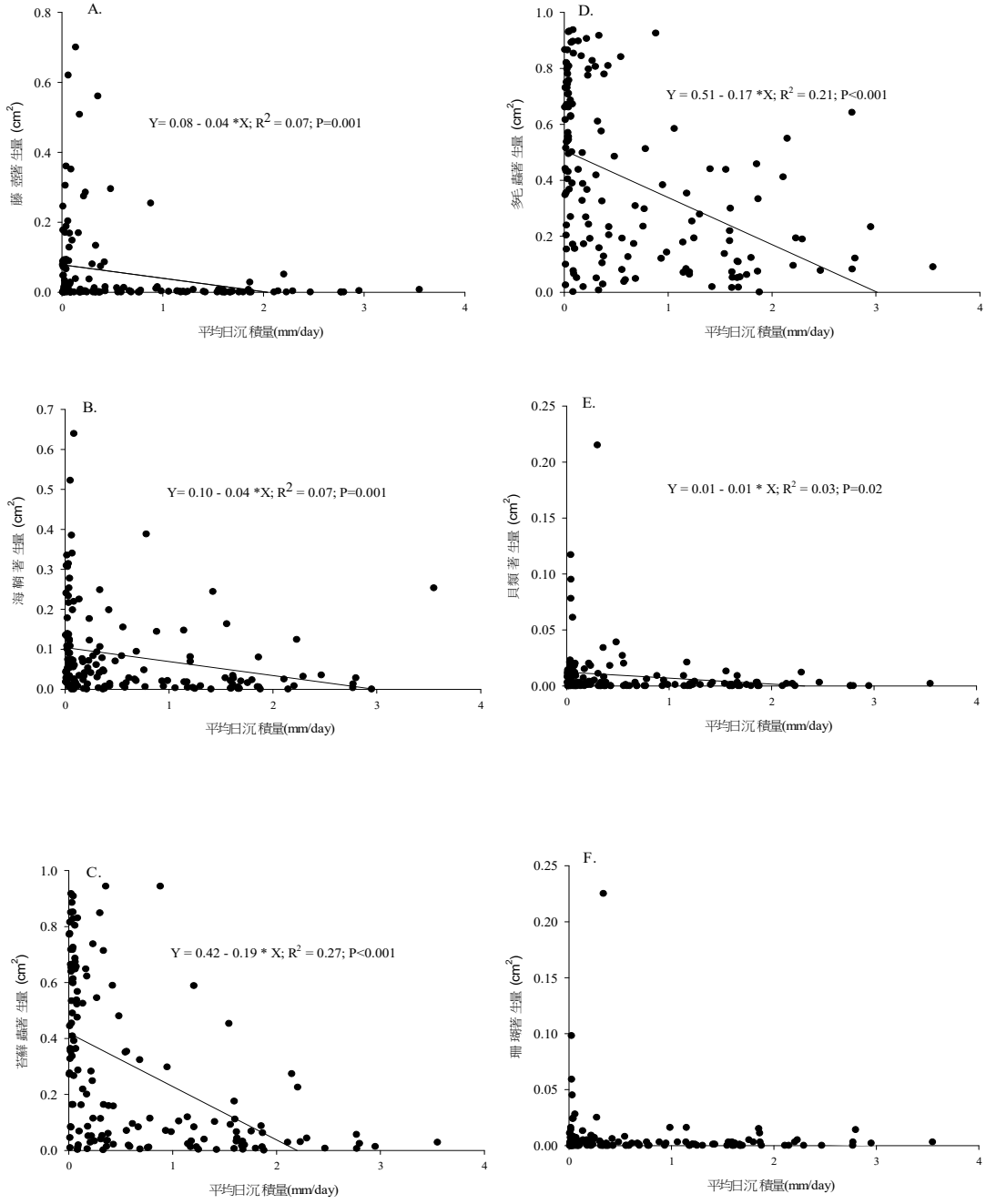
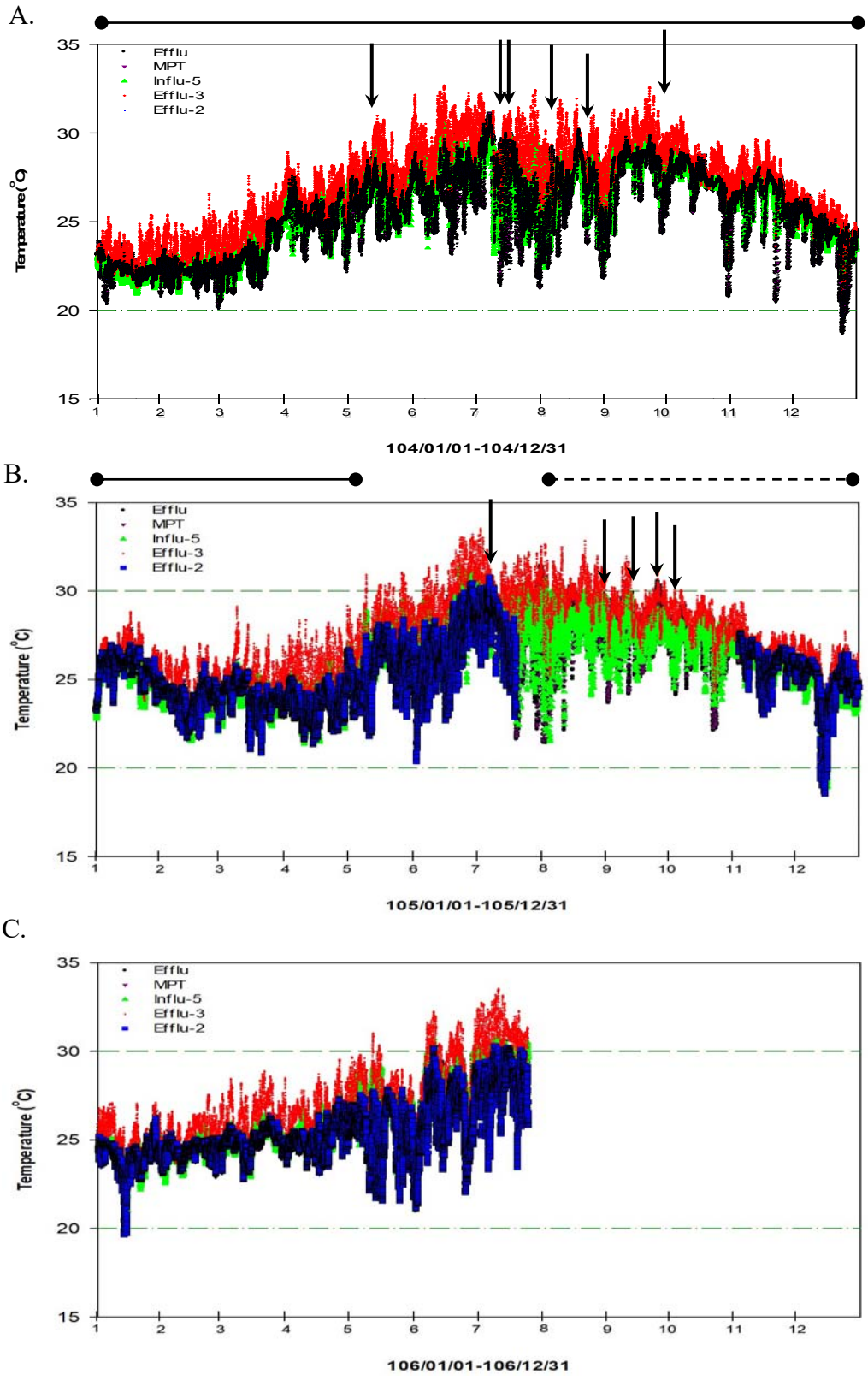


圖 4-37、入、出水口各測站之日沉積量與各類底棲動物著生量之迴歸相關圖。A. 藤壺；B.；海鞘 C. 苔蘚蟲；D. 多毛蟲；E. 軟體動物；F. 珊瑚。



註：↓：颱風期；●—●：聖嬰時期；●-●：反聖嬰時期
虛線：為水溫 30°C 及 20°C 之界線

圖 4-38、104-106 年出水口南側及入水口各測站之水溫變化圖。

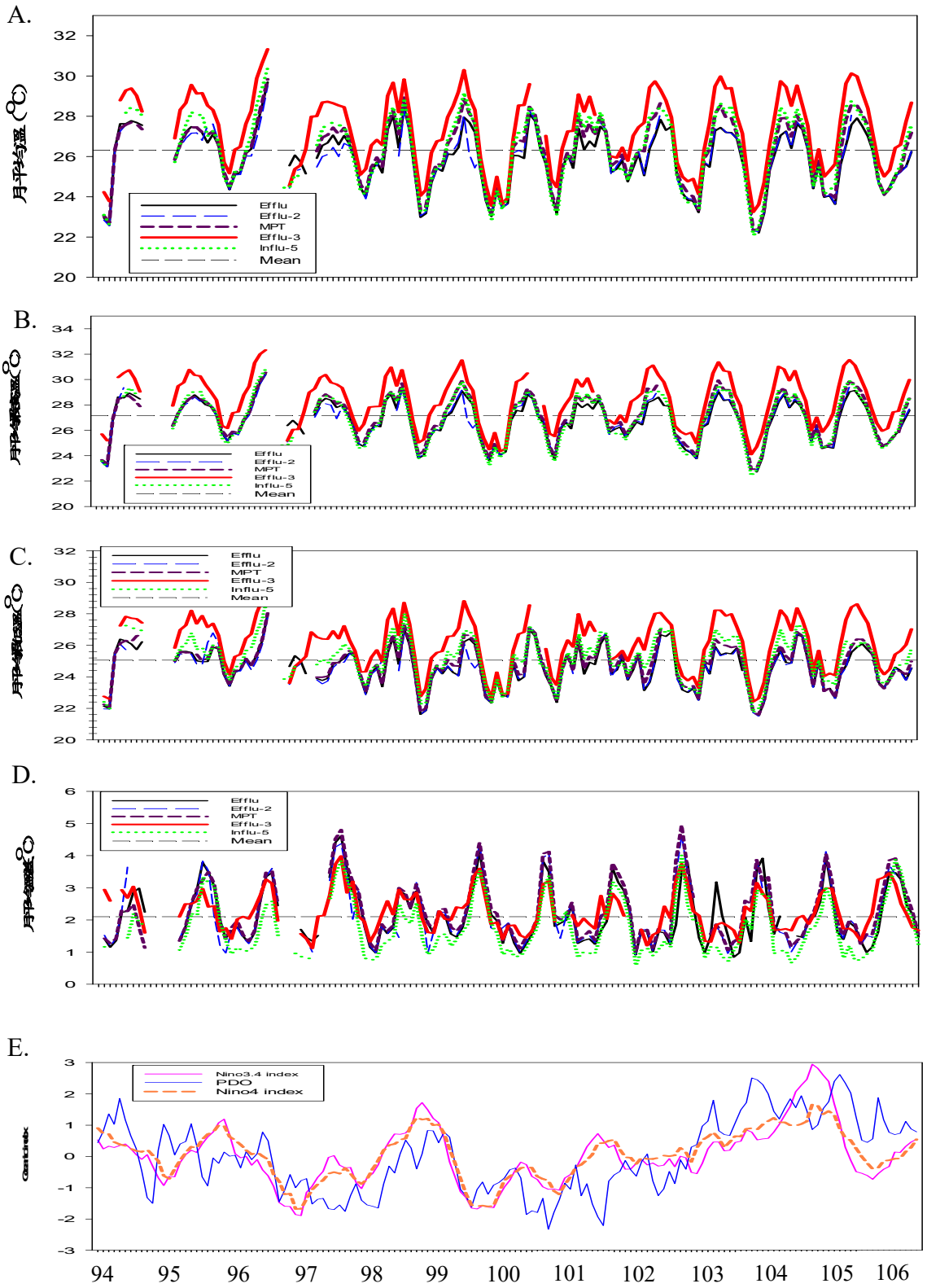
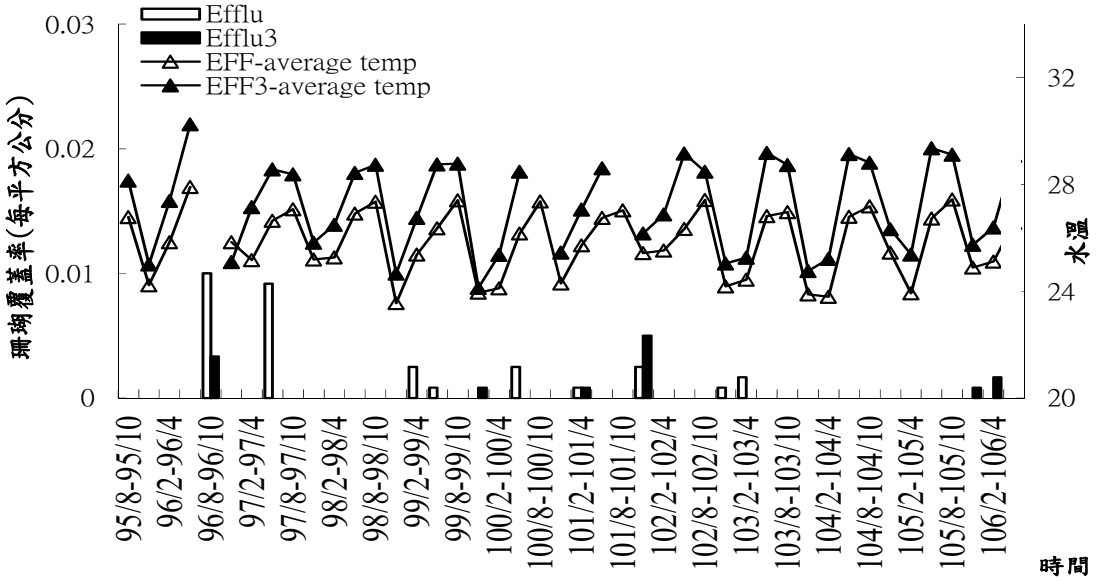
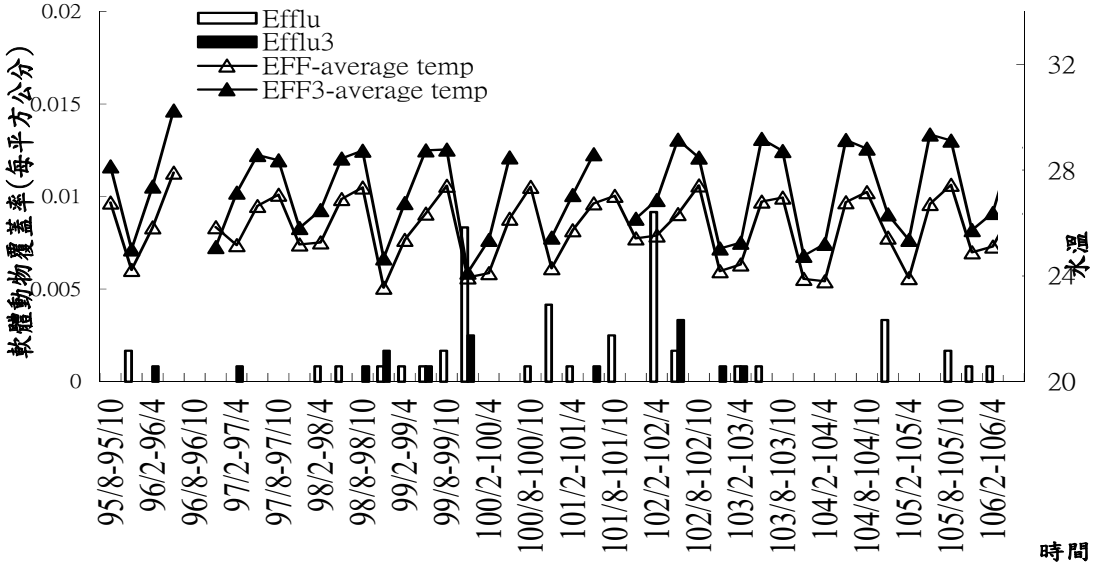


圖 4-39、94-106 年出水口南側及入水口各測站之各月水溫、Nino3.4、Nino4 及 PDO index 變化圖。A. 月平均溫；B. 月平均最高溫；C.月平均最低溫；D.月平均溫差；E. Nino3.4、Nino4 及 PDO index。



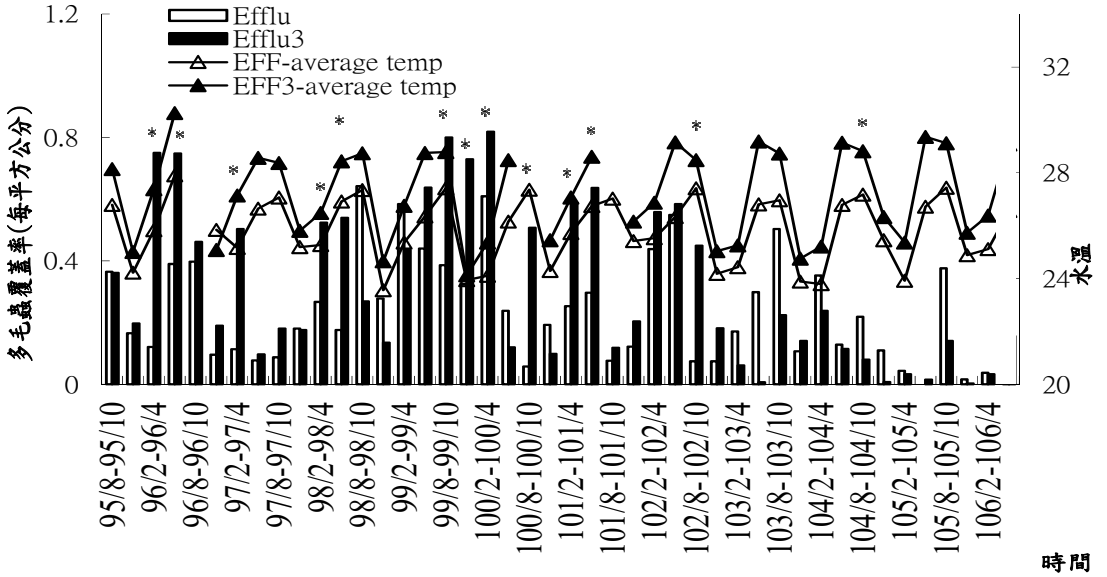
（註：*：T-test, $p<0.05$）

圖 4-40、出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）與水深 3 公尺處（Efflu-3）的珊瑚著生量比較。



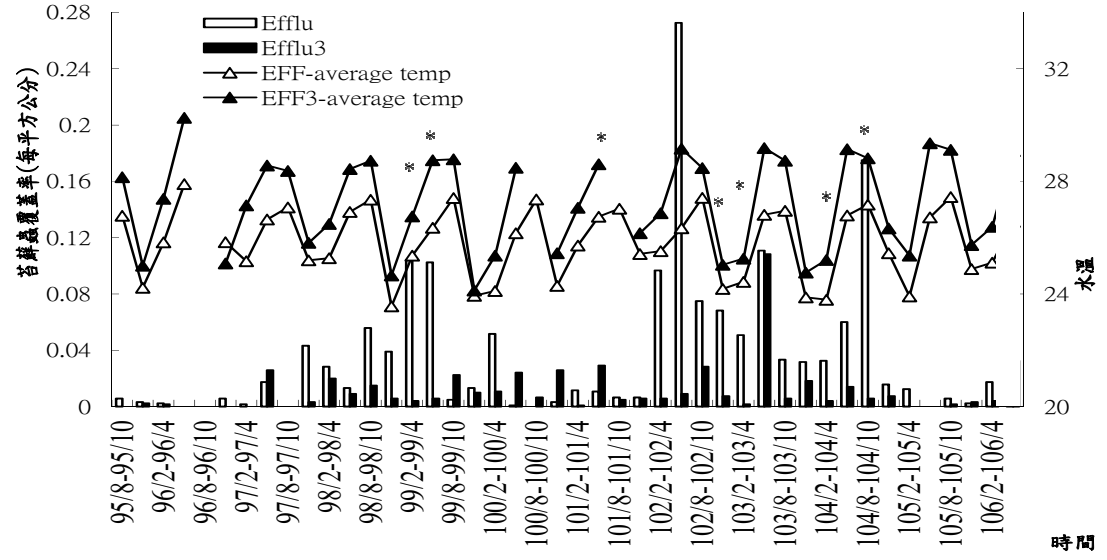
（註：*：T-test, $p<0.05$）

圖 4-41、出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）與水深 3 公尺處（Efflu-3）的軟體動物著生量比較。



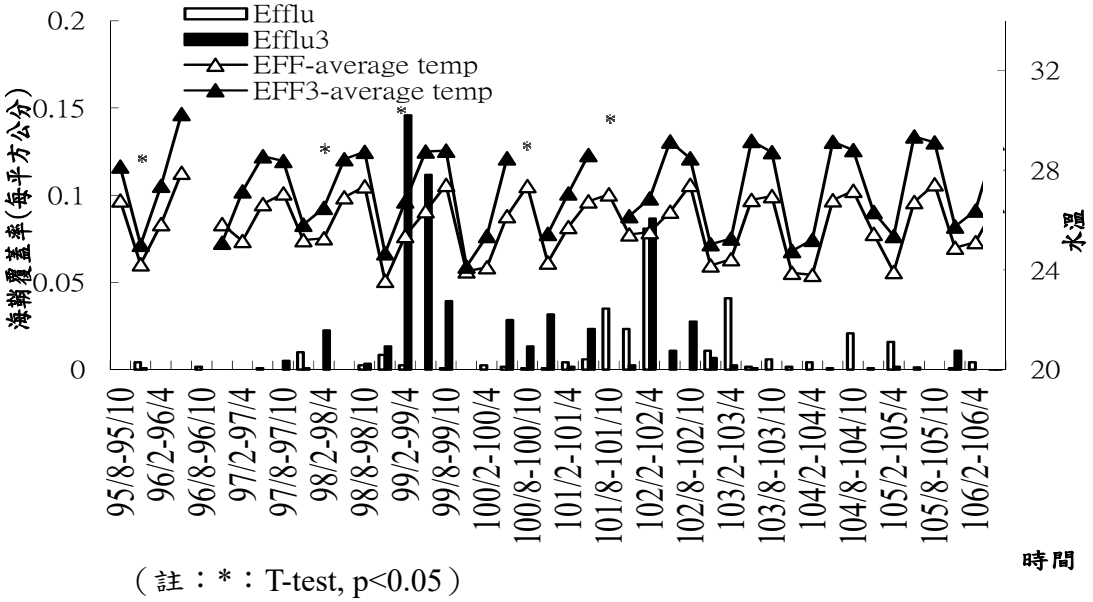
（註：*：T-test, $p<0.05$）

圖 4-42、出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）與水深 3 公尺處（Efflu-3）的多毛蟲著生量比較。



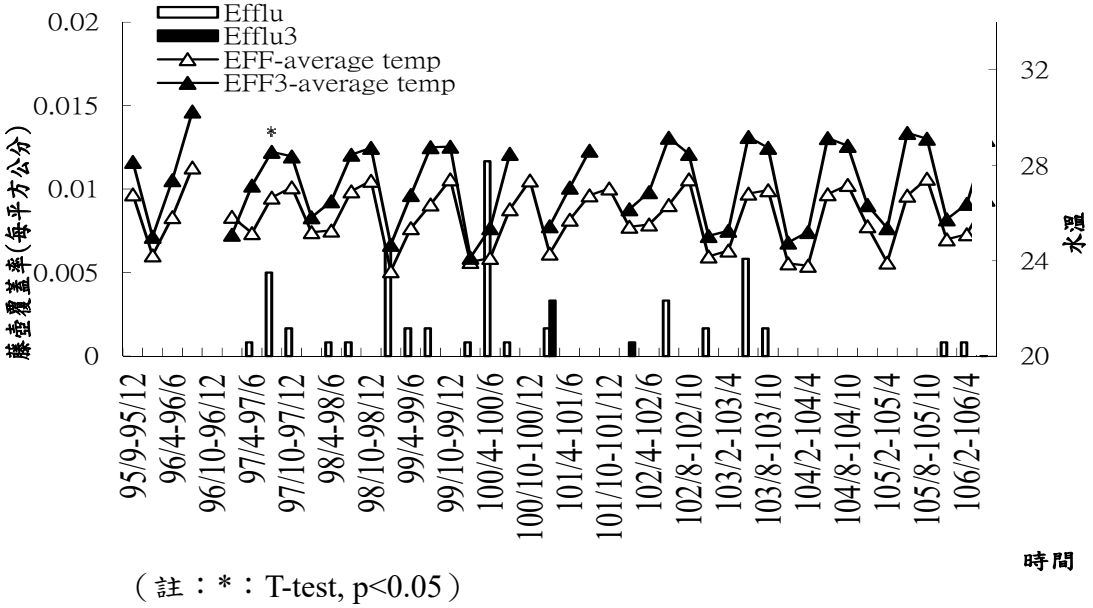
（註：*：T-test, $p<0.05$）

圖 4-43、出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）與水深 3 公尺處（Efflu-3）的苔蘚蟲著生量比較。



（註：*：T-test, p<0.05）

圖 4-44、出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）與水深 3 公尺處（Efflu-3）的海鞘著生量比較。



（註：*：T-test, p<0.05）

圖 4-45、出水口南側水深 8 公尺處（Efflu）與水深 3 公尺處（Efflu-3）的藤壺著生量比較。

伍、魚類調查

一、計畫目的與緣起

為配合南部突飛猛進之經濟建設與工業開發，台灣電力股份有限公司在台灣最南端(馬鞍山附近)興建第三核能發電廠，一、二號機分別自民國 73 年 7 月及 74 年 5 月開始商業運轉。運轉期間有大量冷卻用海水排出，行政院原子能委員會為瞭解第三核能發電廠附近海域在核能發電廠開始運轉前與運轉後之生態系平衡狀況，進行長期調查研究工作。於 68 年 7 月即開始委託中央研究院國際環境科學委員會中國委員會執行該海域生態環境調查研究，運轉後更持續委託中央研究院、台灣大學、中山大學、高雄海專(現為高雄海洋科技大學)等學術單位進行調查，至今已累積多年的生物環境因子、非生物環境因子和海域之漁場經濟效益之調查、統計及評估等研究，建立第三核能發電廠附近海域生物模式的基礎資料。

魚類是海洋生物中位階較高的類別，具觀賞及漁業經濟等價值，第三核能發電廠緊臨南灣海域，該海域分佈著大量的珊瑚礁，棲息在珊瑚礁海域的海洋生物形形色色，其中魚類為灣內的重要資源之一。本計畫經由設定測站，長時間定點調查(圖 5-1、5-2、5-3)以瞭解南灣海域的珊瑚礁魚類種別、數量、魚類群聚之季節性變動，並籍由對照測站之設計(溫排放水影響域及非影響域)以監測南灣海域魚類生態是否受到環境之影響。為能瞭解南灣海域外之經濟性魚類，本研究另針對後壁湖魚市場進行採樣調查，以比較同一季節南灣海域內外水域之魚類群聚組成。

二、文獻回顧

由於沿近海設立核電廠，使海洋生態系統的水文環境受到改變(Tsuchida, 1995)，冷卻水影響局部海水的溫度(Horton and Bridges, 1969)，使得排放口周圍生物密度降低(Bamber,1990)。Poornimaa (2005)研究中指出冷卻水還可能改變影響域內的生物種類組成。魚類是海洋生物中位階較高的類別，具觀賞及漁業經濟等價值，第三核能發電廠緊臨南灣海域，該海域分佈著大量的珊瑚礁，棲息在珊瑚礁海域的海洋生物形形色色，其中珊瑚礁魚類為灣內的重要資源之一。但研究

指出海域物理環境因子中的溫度變化會影響魚類的生長速率、代謝率(Elliott, 1995)；高水溫會引起花身雞魚脊椎彎曲(簡，1996)；不同魚類對環境熱變化的忍受力不同(廖等，2007)。因此，在有溫水源流入的海域，為能確保生態系的平衡，對在該海域生息的生物及其群聚組成的變化有長期追踪監測之必要性。

本計畫研究區域第三核能發電廠附近海域的棲地形態為珊瑚礁地形，因珊瑚礁是全球熱帶、亞熱帶海域特有的岩礁海岸，珊瑚種類繁多，色彩艷麗，是海岸地形中極具遊憩價值之優美景觀，棲居在珊瑚礁海域的海洋生物形形色色，有與珊瑚共生的藻類、魚、蝦蟹、貝類、棘皮動物等，另有些種類則以珊瑚礁區作為棲息、覓食、繁殖和蔽護場所，足見珊瑚礁是海洋地形中極具生產力之區域，很多海洋的資源是由珊瑚礁海域孕育而起，因此，對於珊瑚礁海域海洋資源的合理利用與保育等問題之研究，其重要性自不待言。台灣南部的墾丁海域，由於水溫適宜，水質清澈，且日照充足是極適合珊瑚生長的環境，而該海域確實是台灣本島珊瑚類生長最好，且珊瑚礁發育最完整的海域，73 年墾丁國家公園設立，珊瑚礁區的資源保育即是主要目的之一。許多與墾丁珊瑚礁有關的研究計畫即由此推展開來，如：張與邵 (1986)，張與戴(1987)、張與鄭(1989)即分別對墾丁國家公園海域內魚群群聚的調查、珊瑚種類的分佈及群聚生態學的調查，及軟體動物生態的調查，均有很深入的研究。而第三核能發電廠民國 74 年 5 月發電機組的開始運轉前(民國 68 年)即委託中央研究院國際環境科學委員會中國委員會執行墾丁海域生態環境調查，運轉後更持續委託中央研究院、台灣大學、中山大學、高雄海專(現為高雄海洋科技大學)等學術單位，針對第三核能發電廠溫排水對墾丁國家公國海域內生物及非生物因子可能造成的影響進行調查，而引發另一波研究的熱潮，如：蘇等(1984)、江與王(1987)、黃等(1991)、邱等(1993)。然而不論珊瑚本身的群聚、藻類的群聚、魚類的群聚等生物因子，常會因水文條件，氣候狀況等環境因子的變化而改變，因此，唯有建立長續性的調查研究，才能完全掌握珊瑚礁區的生態脈動。

三、研究方法與進度說明

3.1 珊瑚礁魚類調查

第三核能發電廠附近海域魚類相是採潛水定點觀測進行調查(依環保署公告NIEA E102.20C , 2004)，各測站的選定以位於第三核能發電廠附近海域之珊瑚礁群聚區為主，因珊瑚礁區有較多常棲性的種類，且可藉由其魚類群聚的組成以反應該海域環境生態的變動。另外，為了解溫排放水對珊瑚區之影響，測站之設定亦考量以溫排放水影響域為主軸中心，並選定非影響區作為對照，使調查的測站呈彎曲蛇狀排列(Zig-Zag)。因此，共設定 5 測站，即溫排放水影響域內的 3 站及未受溫排水影響域之對照測站 2 站。測站之排序則由北至南排列(圖 5-3)。各測站之位置、深度及地形特色如下：

測站 1 (21°56'37"N，120°45'0"E)：位於後壁湖漁港東南方，在該海域有一大佬鈷，測站即設於距大佬鈷東方 20 公尺處，此測站水深約 12~16 公尺，海底有 7 座高約 5~6 公尺的連續礁石突起，距連續礁石東南方 15 公尺以外，則為沙地地形。

測站 2 (21°56'22"N，120°44'32"E)：位於後壁湖漁港南方的近岸區，此區礁石為高度約 7~8 公尺之裙礁珊瑚，自海底向上於退潮時礁裙部份常突出水面，往外則是珊瑚的殘枝及碎片，在此區的水深約 2~5 公尺。

測站 3 (21°55'50"N，120°44'35"E)：位於溫排水的主軸，為距排放口約 500 公尺處，水深約 20 公尺，此區為自沿岸向外延伸的珊瑚礁體，除有一較突出，其底為 22 公尺，高 18 公尺之礁體外，另有 2~3 個高約 1~2 公尺之小突出礁體。

測站 4 (21°55'28"N，120°44'12"E)：位於雷打石外海距岸約 250 公尺，為延伸的珊瑚礁，其中止處為砂底，砂地中央有一約長 16 公尺，寬 6 公尺的長方形礁石。此處水深約 13~14 公尺。

測站 5 (21°55'12"N，120°44'18"E)：此測站主體為貓鼻頭潮間帶礁體，該礁體表面平整，有數條長約 30~40 公尺之裂溝向外海延伸，溝深約 1.5~2.5 公尺，寬約 1.5 公尺。

3.2 後壁湖販售魚類調查

除配合珊瑚礁區之潛水調查外，本計畫亦進行後壁湖魚市場之漁獲生物相調查，每季 1 次，將後壁湖魚市場販售之魚類相進行拍照及種類鑑定。

四、目前調查研究成果

4.1　民國 106 年第 1 次~106 年第 2 次魚類調查結果：

106 年 2 次珊瑚礁魚類相潛水調查及後壁湖漁獲魚類相調查結果如下所示：

第 1 次(民國 106 年 2 月)：本季共記錄珊瑚礁魚類 30 科 63 屬 130 種(表 5-1)，歧異度最高的科別是隆頭魚科(Labridae)，發現有 25 種，佔本季記錄種類之 19.2 %，其次為雀鯛科(Pomacentridae)，記錄 20 種，佔本季記錄魚類相數之 15.4%(圖 5-4、5-5)。蝴蝶魚科(Chaetodontidae)記錄 16 種及刺尾鯛科(Acanthuridae)記錄 11 種，分別佔本季發現總魚類數之 12.3%及 8.5%。

本季珊瑚礁魚類豐度較高的魚種(每季發現 10 隻以上)計有 27 種(表 5-1)：

刺尾鯛科(Acanthuridae)的肩斑刺尾鯛(*Acanthurus bariene*)及褐斑刺尾鯛(*A. nigrofuscus*)

鰭科(Blenniidae)的黑帶稀棘鰭(*Meiacanthus grammistes*)

烏尾鮗科(Caesionidae)的黃藍背烏尾鮗(*Caesio teres*)及雙帶鱗鰭烏尾鮗(*Pterocaesio digramma*)

蝴蝶魚科(Chaetodontidae)的克氏蝴蝶魚(*Chaetodon kleinii*)、弓月蝴蝶魚(*C. lunulatus*)及鏡斑蝴蝶魚(*C. speculum*)

隆頭魚科(Labridae)的裂唇魚(*Labroides dimidiatus*)、鈍頭錦魚(*Thalassoma amblycephalum*)及黃衣錦魚(*T. lutescens*)

笛鯛科(Lutjanidae)的黃足笛鯛(*Lutjanus fulvus*)、四線笛鯛(*L. kasmira*)及五線笛鯛(*L. quinquelineatus*)

鬚鯛科(Mullidae)的金帶擬鬚鯛(*Mulloidichthys vanicolensis*)及多帶海緋鯉(*Parapeneus multifasciatus*)

擬金眼鯛科(Pempheridae)的黑緣擬金眼鯛(*Pempheris vanicolensis*)

雀鯛科(Pomacentridae)的條紋豆娘魚(*Abudefduf vaigiensis*)、橘鈍寬刻齒雀鯛(*Amblyglyphidodon curacao*)、克氏雙鋸魚(*Amphiprion clarkii*)、短身光鰓雀鯛(*Chromis chrysura*)、二色光鰓雀鯛(*C. margaritifer*)、網紋圓雀鯛(*Dascyllas reticulatus*)、三斑圓雀鯛(*D. trimaculatus*)及黑副雀鯛(*Neoglyphidodon melas*)

鸚哥魚科(Scaridae)的爪哇鸚哥魚(*Scarus hypselopterus*)

鮨科（Serianidae）的絲鰭擬花鮨（*Pseudanthias squamipinnis*）

另外，後壁湖魚市場販售之魚類相調查，本季共記錄 20 科 28 屬 47 種(表 5-2)。本季後壁湖魚市場中漁獲豐度較高的種類(每季發現 10 隻以上)，計有 1 種(表 5-2)，為：

刺尾鯛科的杜氏刺尾鯛

烏尾鮗科(Caesionidae)的雙帶鱗鰭烏尾鮗(*Pterocaesio digramma*)

笛鯛科的隆背笛鯛(*Lutjanus gibbus*)及五線笛鯛(*L. quinquelineatus*)

金線魚科的寬帶副眶棘鱸(*Parascolopsis eriomma*)

鈍科(Scorpaenidae)的無鰾鈍(*Helicolenus hilgrndorfii*)

鮨科(Serranidae)的斑點九刺鮨、青星九刺鮨(*Cephalopholis miniata*)、布氏石斑魚、點帶石斑及白緣星繪(*Variola albimarginatus*)

第 2 次(民國 106 年 5 月)：於本季調查珊瑚礁魚類得知本海域之魚類相(表 5-3)為 33 科 72 屬 141 種，歧異度較高的科分別為隆頭魚科(23 種)，佔本季發現總魚類數之 16.3%，其次為雀鯛科(Pomacentridae)，記錄 22 種，佔本季記錄魚類相數之 15.6% (圖 5-4、5-5)。蝴蝶魚科(Chaetodontidae)記錄 18 種及刺尾鯛科(Acanthuridae)記錄 8 種，分別佔本季發現總魚類數之 12.8%及 5.7%。

珊瑚礁魚類豐度較高的魚種(每季發現 10 隻以上)計有 26 種(表 5-3)：

刺尾鯛科（Acanthuridae）的褐斑刺尾鯛（*Acanthurus nigrofuscus*）

天竺鯛科（Apogonidae）的黃帶天竺鯛（*Apogon properupta*）

烏尾鮗科（Caesionidae）的烏尾冬（*Caesio caerulaureus*）、黃藍背烏尾鮗（*Caesio teres*）及雙帶鱗鰭烏尾鮗（*Pterocaesio digramma*）

蝴蝶魚科（Chaetodontidae）的飄浮蝴蝶魚（*Chaetodon vagabundus*）

金鱗魚科（Holocentridae）的焦松毬（*Myripristis adusta*）及黑鰭金鱗魚（*Neoniphon opercularis*）

隆頭魚科（Labridae）的裂唇魚（*Labroides dimidiatus*）、鈍頭錦魚（*Thalassoma amblycephalum*）、哈氏錦魚（*Thalassoma hardwicke*）及黃衣錦魚（*Thalassoma lutescens*）

笛鯛科（Lutjanidae）的藍短鰭笛鯛（*Aprion virescens*）及黃足笛鯛（*Lutjanus fulvus*）

鬚鯛科（Mullidae）的多帶海緋鯉（*Parapeneus multifasciatus*）

擬金眼鯛科（Pempheridae）的黑緣擬金眼鯛（*Pempheris vanicolensis*）

雀鯛科（Pomacentridae）的二色光鰓雀鯛（*Chromis margaritifer*）、藍綠光鰓雀鯛（*Chromis viridis*）、網紋圓雀鯛（*Dascyllas reticulatus*）、黑副雀鯛（*Neoglyphidodon melas*）及黑褐副雀鯛（*Neoglyphidodon nigroris*）

鸚哥魚科（Scaridae）的福氏鸚哥魚（*Scarus forsteni*）及史氏鸚哥魚（*Scarus schlegeli*）

鮨科（Serianidae）的絲鰭擬花鮨（*Pseudanthias squamipinnis*）

金梭魚科（Sphyraenidae）的黃尾金梭魚（*Sphyraena flavicauda*）

角蝶魚科（Zanclidae）的角鐮魚（*Zanclus cornutus*）

後壁湖魚市場第 2 次(5 月)的調查共計漁獲 16 科 21 屬 36 種(表 5-2)，漁獲豐度較高的種類(每季發現 10 隻以上)，共計 18 種，為：

刺尾鯛科的杜氏刺尾鯛

鰺科的紅魽鰺

鱨科(Coryphaenidae)的鬼頭刀(*Coryphaena hippurus*)

飛魚科(Exocoetidae)的黑鰭飛魚(*Cheilopogon cyanopterus*)、白鰭飛魚(*Cheilopogon unicolor*)及斑鰭飛魚(*Cypselurus poecilopterus*)

金鱗魚科的赤松毬(*Myripristis murdjan*)

笛鯛科的隆背笛鯛、四線笛鯛(*Lutjanus kasmira*)及五線笛鯛

鸚哥魚科的藍點鸚哥魚(*Scarus ghobban*)、雜紋鸚哥魚(*S. rivulatus*)及史氏鸚哥魚

鮋科的無鰾鮋

鮨科的斑點九刺鮨、黑緣九刺鮨、點帶石斑及白緣星繪

綜合民國 106 年 2 次的採樣調查，第三核能發電廠附近海域之珊瑚礁魚類相共記錄有 37 科 83 屬 188 種，2 次皆可發現的魚種有 83 種(表 5-4)，顯示魚種的季節更迭頻繁，歧異度方面以隆頭魚科(33 種)最高，是本海域同階生態地位利用較完整的科別，其次為雀鯛科(28 種)；數量方面也以雀鯛科的族群量最多，因雀鯛科在偏好的棲所(礁石)會群體活動；其他群游性的魚類尚有烏尾鮗科、笛鯛科、鬚鯛科、鮨科及藍子魚科等。此外，後壁湖魚市場 106 年 2 次的調查共記錄 24 科 33 屬 64 種魚類相，合併珊瑚礁魚類相及後壁湖魚類相 2 種調查方式所記錄到的魚種，106 年 2 次魚類調查部份共記錄 44 科 97 屬 226 種(表 5-4)。

由於本研究珊瑚礁魚類相調查的海域為沿近海域，是多數魚類幼生棲息的場所，本計畫 106 年第 1 次觀測到核三廠附近海域珊瑚礁魚類相新加入的補充群(幼魚)有 6 種，種類為褐擬鱗魨(*Balistoides viridescens*)、暗點石鱸(*Plectorhinchus picus*)、背斑盔魚(*Coris dorsomacula*)、單帶尖唇魚(*Oxycheilinus unifasciatus*)、網紋圓雀鯛及三斑圓雀鯛；第 2 次調查記錄到 12 種，種類為裂帶天竺鯛(*Apogon compressus*)、單線天竺鯛(*Apogon exostigma*)、黃帶天竺鯛(*Apogon properupta*)、雷氏石鱸(*Plectorhinchus lessonii*)、暗點石鱸、藍身絲鰭鸚鯛(*Cirrhilabrus cyanopleura*)、背斑盔魚、藍綠光鰓雀鯛、網紋圓雀鯛、黑副雀鯛、黑褐副雀鯛及白斑鸚哥魚(*Scarus sordidus*)，多樣性的補充群，顯示本海域是魚類幼生成長的場所。

利用相似度指數探討漁業行為與珊瑚礁魚類的關係，本年度 2 次魚種相似度依序為 7.27% (106 年 2 月)及 7.92% (106 年 5 月)，顯示後壁湖販售的魚類相與第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相種類間之相似度小(表 5-4)。

為了解溫排放水對珊瑚區之影響，本研究以溫排放水影響域為主軸中心，並選定非影響區作為對照，設定 5 測站，其中，測站 3~測站 5 位於溫排放水影響域內，測站 1~測站 2 則位於未受溫排水影響域內。分析民國 106 年第 1 次~106 年第 2 次 5 個測站所記錄之珊瑚礁魚類魚類相組成：

106 年 2 次潛水調查 5 個測站珊瑚礁魚類相潛水調查結果如下所示，參考表 5-1、表 5-3、表 5-5 及圖 5-6 及圖 5-7 所示：

測站 1：本測站 2 次(民國 106 年 2 月及 5 月)採樣依序記錄 52 種及 40 種，合計共記錄 17 科 42 屬 75 種珊瑚礁魚類相。其中雀鯛科記錄 13 種最多，佔本測站發現種類數之 17.3%；其次為蝴蝶魚科及隆頭魚科，記錄 11 種，分佔本測站發現種類數之 14.7%。本測站 2 次調查的優勢魚種依序為短身光鰓雀鯛(73 尾)及烏尾冬(59 尾)。

測站 2：本測站第 1 次(民國 106 年 2 月)記錄 46 種；第 2 次(5 月)記錄 59 種，合計共記錄 26 科 47 屬 79 種珊瑚礁魚類相，隆頭魚科記錄 13 種為最多，佔本測站發現種類之 16.5%；其次為雀鯛科，記錄 11 種，佔本測站發現種類數之 13.9%。本測站 2 次記錄到的優勢魚種皆為網紋圓雀鯛，記錄到數量依序為 178 尾及 101 尾。

測站 3：本測站第 1 次記錄 43 種、第 2 次記錄 52 種，共記錄 18 科 38 屬 75 種珊瑚礁魚類相。其中以隆頭魚科記錄 19 種較多，佔本測站發現種類之 25.3%；其次為雀鯛科，記錄 11 種，佔本測站發現種類之 14.7%。上半年度 2 次記錄到數量較多的優勢種為鈍頭錦魚(13 尾)及雙帶鱗鰭烏尾鮹(73 尾)。

測站 4：本測站第 1 次記錄 30 種、第 2 次記錄 40 種，本年度 2 次共發現 21 科 38 屬 56 種珊瑚礁魚類相。雀鯛科記錄 13 種為歧異度最高的科別，佔本測站發現種類之 23.2%；隆頭魚科記錄 10 種次之，佔本測站發現種類之 17.9%。第 1 次記錄到的優勢種為網紋圓雀鯛(16 尾)；第 2 次為藍綠光鰓雀鯛(數量有 118 尾)。

測站 5：本測站 2 次調查發現的魚類相依序為 43 種及 35 種，合計發現 23 科 43 屬 65 種珊瑚礁魚類相。優勢科別為隆頭魚科，共記錄 14 種魚類相，佔本測站發現種類之 21.5%；蝴蝶魚科記錄 9 種次之，佔本測站發現種類之 13.8%。本年度 2 次的優勢魚種依序為絲鰭擬花鮨(發現 58 尾)、鈍頭錦魚(發現 18 尾)。

分析 5 個測站之珊瑚礁魚類相群聚組成，發現第 1 次調查(民國 106 年 2 月)測站 3 與測站 4 相似度較高(0.28) (表 5-6)；第 2 次調查(5 月)測站 1 與測站 5 相似度較高(0.25) (表 5-7)。民國 106 年 2 次於溫排水影響域及非影響域海域內皆可發現到的魚類相有 69 種(表 5-5)，經由 Jaccard coefficient 數值分析，計算各測站魚種之相似度，得知以測站 1 與測站 5 之相似度最高，為 0.33(表 5-8)，其餘測站間之相似度均低於此值，顯示本海域不同測站棲息之魚類相差異大。本年度 2 次調查 5 個測站記錄到的種類數介於 56 種~79 種之間，測站 2 記錄了 79 種為本海域魚類相記錄較豐富的測站(圖 5-7)；測站 4 記錄 56 種，是種類數偏低的測站。

4.2 歷年魚類調查研究回顧

第三核能發電廠附近海域之魚類相調查共分二部份進行，珊瑚礁魚類相的部份從82年開始，後壁湖魚市場漁獲種類的調查自民國87年開始(表5-9)，二項調查

至目前為止共記錄第三核能發電廠附近海域的魚類相有102科298屬803種，隨著調查次數的增加，本海域記錄到的魚種數亦呈現上升趨勢，魚類相組成中，科別歧異度最大為隆頭魚科(109種)，其次為雀鯛科(69種)及笛鯛科(40種)。而屬間種類數記錄最高者為蝴蝶魚科中之蝴蝶魚屬(*Chaetodon*)，第三核能發電廠附近海域歷年來調查共記錄28種。由於邵等(1993)曾記錄墾丁海域魚類相有1200種之多，顯見墾丁海域擁有多樣的魚類相。

觀察歷年第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類種類數及尾數的變動情形(圖5-8、圖5-9)，發現魚尾數及魚種數在測站及年間呈現差異，5個測站魚種數平均值介於36種(St.3)~45種(St.2)之間，測站2與其他測站呈現顯著差異($p<0.05$)；5個測站魚尾數平均值介於171尾(St.4)~416尾(St.2)之間($p<0.05$)，由於後壁湖海洋資源保護示範區(94年3月成立)，其劃設地點係位於本計畫測站2的區域，推論測站2魚種數及魚尾數的增加與保護示範區的設置有關。機組歲修保養期間，影響域(測站3~測站5)的魚種數及魚尾數也和運轉期間相仿。分析5個測站珊瑚礁魚類種類數的變動情形，發現氣候變化(颱風)會使得近岸水域魚類來游率呈現下降的現象，如：民國98年8月份的莫拉克颱風及105年7月的尼伯特颱風過後，計畫區附近海域的魚種數有下降的現象(圖5-10)，影響時間在1季到2季之間，之後記錄到的魚種數就上升至正常年間的觀測值。

分析珊瑚礁魚種數在季別間受到聖嬰現象影響時魚種數的變動情形，發現冬季時反聖嬰年記錄到的魚種較高，其餘季節(春季、夏季及秋季)皆以正常年記錄到的魚種數較高(圖5-11)。分析PDO指數與珊瑚礁魚種數的關係，發現二者間雖然呈現負相關，但並不顯著($R^2=0.07$)，推論係由於調查區域發現的珊瑚礁魚種多，且魚類棲息的珊瑚礁石環境穩定，計畫區附近又設有保護區，故大環境的變動可能僅影響部份魚種的來游率。

歷年各次採樣中，隆頭魚科、雀鯛科、蝴蝶魚科、刺尾鯛科為本計珊瑚礁魚類相的主要組成魚種，除98年10月(第4次)、99年9月(第3次)、102年2月(第1次)及105年11月(第4次)的調查偏低外，此4科種類組成在調查期間(民國83~106年上半年度)出現頻率佔歷年各次魚類相的50%~71%之間(圖5-12)。歷年各次4科魚類

相又以隆頭魚科記錄到的魚種數較多，歷次調查中，除了民國90年第1季、第3季及91年第1季的採樣中隆頭魚科及雀鯛科記錄到的魚種數一樣外，其餘各季的採樣中，隆頭魚科為優勢大科的頻率有66次，雀鯛科有12次，蝴蝶魚科有3次，隆頭魚科及雀鯛科皆為優勢大科的有3次。整體而言，本海域常見到魚種為隆頭魚科(圖5-13)。

分析民國85年至106年上半年調查期間各測站珊瑚礁魚類相的組成，發現第1測站在民國85年、100年及101年間主要記錄到的魚類相為蝴蝶魚科，87年、94年及106年上半年度為雀鯛科，其餘各年度皆以隆頭魚科為主；第2測站歷次調查主要的魚種組成為隆頭魚科及雀鯛科，近年來4大科魚種所佔的比例有下滑現象，係因自民國94年3月被劃入海洋資源保護區，故本測站其他科別來游魚種數有增多的趨勢；第3測站主要的魚種組成在不同年間有變更的情形，86年及88年及102年以蝴蝶魚科為主，87年、94年及95年則以雀鯛科為主，其餘年度則以隆頭魚科為主；第4測站主要的魚種組成以隆頭魚科及雀鯛科出現的種類數較多，106年上半年度雀鯛科的來游率增加；第5測站主要的魚種組成在88年前以蝴蝶魚科為主，之後則改以隆頭魚科出現的頻率最高(圖5-14)，105年蝴蝶魚科的來游率有增加的現象，106年上半年度以隆頭魚科出現頻率較高，上述資料顯示第三核能發電廠附近海域的魚種組成除了受到年間變動的影響，不同棲所間魚種組成也有差異，而這樣的差異係因珊瑚礁魚類相種類繁多，不同的魚類相在不同季節及測站間皆更迭頻繁所致。

珊瑚礁魚類的分佈可能受到水深、地貌、水文、水質、大環境變動及漁業行為的影響，呈現測站間群聚組成的差異。本研究分析5 個測站珊瑚礁魚類的群聚組成，探討受溫排水影響區(測站3、4、5)與未影響區之間(測站1、2)魚類群聚組成變化，以MDS 二度空間排序後發現，未受溫排水影響區(測站1)與受溫排水影響區(測站3 及5)的重疊性較高(圖5-15)，顯示魚類群聚組成受溫排放水影響小，由於魚類群聚組成與棲所環境的相關性高，故測站間魚類相組成的差異，推論應是棲所(礁石)環境不同，而產生魚種組成上的差異，陳(1990)調查南臺灣珊瑚礁魚類群聚的穩定性中亦發現珊瑚礁魚類在空間分佈上與底質與地形狀況有關。由

各測站的離散程度發現測站2是相對穩定的區域，因後壁湖海洋資源保護示範區於94年3月成立，劃設地點係位於本計畫測站2的區域，近年來的調查發現棲息於測站2的珊瑚礁魚種數及魚尾數有增加的趨勢，推論應與保護示範區的設置有關，墾丁國家公園委託調查之「後壁湖海洋資源保護區資源調查」報告內容(詹等, 2009)也顯示「後壁湖海洋資源保護示範區」為整個海域內魚種及數量最豐富的地方，記錄之魚類相與本研究的調查結果相仿。

比較珊瑚礁魚類及後壁湖漁獲生物之組成(表5-9)，發現2種調查方式之魚類相似度極低，即以後壁湖魚市場為基地之漁船，所漁獲的魚類相與灣內珊瑚礁魚類相有極大差異，係因後壁湖販售的魚類有養殖魚種(笛鯛科、藍子魚科)、不同漁法(一支鈎、延繩釣、底刺網)捕撈的魚種及進口的魚種(鮭魚)。而後壁湖漁市場在政府的努力建設下，已成功發展為觀光漁港，美化過的漁市場吸引遊客人潮，為漁民增加了經營契機。自民國93年後恆春區漁會的漁業大樓峻工後，後壁湖海產街販售的魚類相則有增加的趨勢(圖5-16及圖5-17)，分析調查期間後壁湖販售的魚種數，發現魚種數有年度差異，季節間的差異則不明顯，係因魚種多樣性高的年度，增加的販售魚種為蝴蝶魚科及隆頭魚科。雖然105年9月開始後壁湖海產街停業一段時間，原攤販在臨近大光路上開立新店，港口附近也開了新店，因此仍可記錄到多樣性的漁獲，且106年7月1日海產街又重新開幕，顯示當地熱絡的漁業行為。

五、結論

民國106年2次調查記錄到之珊瑚礁魚類相有37科83屬188種，2次皆可發現的魚種有69種，上述資料顯示本海域棲息之魚種季節更迭頻繁。後壁湖魚市場106年2次的調查記錄到24科33屬64種魚類相，顯示後壁湖魚市場販售多樣性的魚類。整合珊瑚礁魚類相及後壁湖魚類相2種調查方式所記錄到的魚種，本年度2次調查共記錄44科97屬226種，利用相似度指數探討漁業行為與珊瑚礁魚類的關係，2次魚種相似度依序為7.27% (106年2月)及7.92% (106年5月)，顯示後壁湖販售的魚類相與第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相種類間之相似度小，由於珊

瑚礁區棲息的魚種體型差異大，漁撈行為捕撈的多為體型較大的魚類，故本研究持續分析當地販售之魚種及數量，藉此分析當地沿近海漁撈壓力對珊瑚礁魚類的影響。

由於本研究珊瑚礁魚類相調查的海域為沿近海域，是多數魚類幼生棲息的場所，106年第1次觀測到核三廠附近海域珊瑚礁魚類相新加入的補充群(幼魚)有6種，種類為褐擬鱗魨(*Balistoides viridescens*)、暗點石鱸(*Plectorhinchus picus*)、背斑盔魚(*Coris dorsomacula*)、單帶尖唇魚(*Oxycheilinus unifasciatus*)、網紋圓雀鯛及三斑圓雀鯛；第2次調查記錄到12種，種類為裂帶天竺鯛(*Apogon compressus*)、單線天竺鯛(*Apogon exostigma*)、黃帶天竺鯛(*Apogon properupta*)、雷氏石鱸(*Plectorhinchus lessonii*)、暗點石鱸、藍身絲鰭鸚鯛(*Cirrhilabrus cyanopleura*)、背斑盔魚、藍綠光鰓雀鯛、網紋圓雀鯛、黑副雀鯛、黑褐副雀鯛及白斑鸚哥魚(*Scarus sordidus*)，多樣性的補充群，顯示本海域是魚隻產卵育幼的場所。

歷年第三核能發電廠附近海域之魚類相調查共分二部份進行，珊瑚礁魚類相的部份從82年開始，後壁湖魚市場漁獲種類的調查自民國87年開始，二項調查至目前為止共記錄第三核能發電廠附近海域的魚類相有102科198屬833種，隨著調查次數的增加，本海域記錄到的魚種數亦呈現上升趨勢，係因墾丁海域擁有多樣的魚類相所致。

本研究分析5個測站珊瑚礁魚類的群聚組成，探討受溫排水影響區(測站3、4、5)與未影響區之間(測站1、2)魚類群聚組成變化，以MDS 二度空間排序後發現，未受溫排水影響區(測站1)與受溫排水影響區(測站3 及5)的重疊性較高，顯示魚類群聚組成受溫排放水影響小。

歷年第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類種類數及尾數的變動情形顯示珊瑚礁魚類之魚尾數及魚種數在測站及年間呈現差異，5個測站魚種數平均值介於36種(St.3)~45種(St.2)之間，5個測站魚尾數平均值介於171尾(St.4)~416尾(St.2)之間，測站2的魚尾數及魚種數有增加情形，由於後壁湖海洋資源保護示範區(94年3月成立)，其劃設地點係位於本計畫測站2的區域，推論測站2魚種數及魚尾數的增加與保護示範區的設置有關。歷年資料顯示機組歲修保養期間，影響域(測站

3~測站5)的魚種數及魚尾數也和運轉期間相仿。且本研究發現氣候變化(颱風)會使近岸水域魚類來游率呈現下降的現象，如：民國98年8月份的莫拉克颱風及105年7月的尼伯特颱風過後，當年度採樣時魚種數有偏低的現象，影響時間在1季到2季之間，之後記錄到的魚種數就上升至正常年間的觀測值。本研究歷年資料顯示計畫區附近海域珊瑚礁魚類的分佈可能受到水深、地貌、水文、水質、大環境變動及漁業行為的影響，呈現測站間群聚組成的差異。

六、附表與附圖

表 5-1 第三核能發電廠附近海域各測站魚類相及魚類豐度之調查　　調查日期：106 年 2 月

+稀少(1-3 隻)，++少(4-6 隻)，+++豐富(7-9 隻)，++++極豐富(10 隻以上)

科名	學名	中文名稱	測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5
Acanthuridae 刺尾鯛科	*Acanthurus bariene*	肩斑刺尾鯛	+		+++		
	A. dussumieri	杜氏刺尾鯛			++	+	
	A. nigrofuscus	褐斑刺尾鯛	++++		++	++	++++
	A. thompsoni	黃尾刺尾鯛			+		
	A. xanthopterus	黃鰭刺尾鯛			+		
	Ctenochaetus binotatus	雙斑櫛齒刺尾魚	+		+		
	C. striatus	連紋櫛齒刺尾魚	+				
	Naso lituratus	黑背鼻魚			+		+
	N. unicornis	單角鼻魚		+	++		
	Zebrasoma scopas	小高鰭刺尾鯛	+				+
	Z. veliferum	高鰭刺尾鯛	+				
Apogonidae 天竺鯛科	*Apogon fraenatus*	棘眼天竺鯛		+			
Aulostomidae 管口魚科	*Aulostomus chinensis*	中華管口魚					+
Balistidae 鱗鮋科	*Balistoides viridescens*	褐擬鱗鮋		+			
Blenniidae 鰕科	*Meiacanthus grammistes*	黑帶稀棘鰕		+++	+	+	
Caesionidae 烏尾鮗科	*Caesio teres*	黃藍背烏尾鮗	++++				
	Pterocaesio digramma	雙帶鱗鰭烏尾鮗	++++			++	++++
Chaetodontidae 蝴蝶魚科	*Chaetodon argentatus*	銀身蝴蝶魚			+		+
	C. auriga	揚旛蝴蝶魚		++			
	C. auripes	耳帶蝴蝶魚	+				
	C. citrinellus	胡麻斑蝴蝶魚					++
	C. kleinii	克氏蝴蝶魚	++				+++
	C. lunula	月斑蝴蝶魚		+			+
	C. lunulatus	弓月蝴蝶魚	++		++	+	+
	C. melannotus	黑背蝴蝶魚	+	+			
	C. octofasciatus	八帶蝴蝶魚			+		
	C. punctatofasciatus	點斑橫帶蝴蝶魚	+++				
	C. speculum	鏡斑蝴蝶魚	+		++	++	+
	C. vagabundus	飄浮蝴蝶魚					+
	Forcipiger flavissimus	黃鑷口魚	+				
	Heniochus acuminatus	白吻雙帶立旗鯛					+
	H. singularius	單棘立旗鯛	+				
	H. varius	黑身立旗鯛	++				
Cirrhitidae 魚翁科	*Paracirrhites forsteri*	副氏副魚翁					+
Fistulariidae 馬鞭魚科	*Fistularia commersonii*	康氏馬鞭魚				+	
Gobiidae 鰕虎科	*Amblygobius phalaena*	尾斑鈍鯊		+			
Haemulidae 石鱸科	*Plectorhinchus lessonii*	雷氏石鱸	++				
	P. lineatus	條紋胡椒鯛					+
	P. picus	暗點石鱸	+				
Holocentridae 金鱗魚科	*Sargocentron caudimaculatum*	尾斑棘鱗魚	+				
	S. diadema	黑鰭棘鱗魚		+			+++
Labridae 隆頭魚科	*Anampses caeruleopunctatus*	青斑阿南魚			+		
	A. meleagrides	黃尾阿南魚			++		
	A. twistii	雙斑阿南魚					+
	Bodianus diana	對斑狐鯛	+				+
	B. mesothorax	中胸狐鯛					+
	Cheilinus trilobatus	三葉唇魚			+	+	
	Choerodon schoenleinii	邵氏豬齒魚					+
	Cirrhilabrus cyanopleura	藍身絲鰭鸚鯛		+			
	C. lunatus	新月絲鰭鸚鯛				+	
	Coris aygula	紅喉盔魚		+	+		

續表 5-1 第三核能發電廠附近海域各測站魚類相及魚類豐度之調查　　調查日期：106 年 2 月

+稀少(1-3 隻)，++少(4-6 隻)，+++豐富(7-9 隻)，++++極豐富(10 隻以上)

科名	學名	中文名稱	測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5
	C. dorsomacula	背斑盔魚					+
	Epibulus insidiator	伸口魚	+				
	Gomphosus varius	雜色尖嘴魚	+		+		+
	Halichoeres hortulanus	雲斑海豬魚	+		+	+	+
	H. scapularis	頸帶海豬魚		+			
	H. trimaculatus	三斑海豬魚		+	+		
	Labroides bicolor	二色裂唇魚			+		
	L. dimidiatus	裂唇魚	+		++	++	+
	Oxycheilinus unifasciatus	單帶尖唇魚	+	+			
	Stethojulis bandanensis	黑星紫胸魚			+		
	S. trilineata	三線紫胸魚			+		
	Thalassoma amblycephalum	鈍頭錦魚			++++	+++	++++
	T. hardwicke	哈氏錦魚		+++		+	
	T. lunare	新月錦魚		++			
	T. lutescens	黃衣錦魚	+		+	+	++++
Lutjanidae 笛鯛科	*Lutjanus decussates*	交叉笛鯛		+			
	L. fulvus	黃足笛鯛	+	++++		++	
	L. kasmira	四線笛鯛	+	++++			
	L. monostigma	單斑笛鯛		+			
	L. quinquelineatus	五線笛鯛	++++	+			
Monacanthidae 單角鮭科	*Cantherhines dumerilii*	杜氏刺鼻單棘鮭		++			+
Mullidae 鬚鯛科	*Mulloidichthys flavolineatus*	黃帶擬鬚鯛		+			
	M. vanicolensis	金帶擬鬚鯛		++++	+	+++	
	Parapeneus barberinoides	鬚海緋鯉	+				
	P. barberinus	單帶海緋鯉		+			
	P. indicus	印度海緋鯉				+	
	P. multifasciatus	多帶海緋鯉		++	+++		
Nemipteridae 金線魚科	*Scolopsis bilineatus*	雙帶赤尾冬	+	+	+		+
	S. ciliata	黃點赤尾冬		+			
	S. lineata	黃帶赤尾冬			+		
Pempheridae 擬金眼鯛科	*Pempheris vanicolensis*	黑緣擬金眼鯛	++	+			+++
Pinguipedidae 擬鱸科	*Parapercis clathrata*	四斑擬鱸					+
Pomacanthidae 蓋刺魚科	*Centropyge tibicen*	白斑刺尻魚					+
	C. vrolikii	伏羅氏蓋刺魚					++
	Pomacanthus semicirculatus	疊波蓋刺魚	+				
	Pygoplites diacanthus	甲尻魚					+
Pomacentridae 雀鯛科	*Abudefduf vaigiensis*	條紋豆娘魚		++++			
	Amblyglyphidodon curacao	橘鈍寬刻齒雀鯛		++++	+		
	Amphiprion clarkii	克氏雙鋸魚			++	++	
	A. perideraion	粉紅雙鋸魚					+
	Chromis chrysura	短身光鰓雀鯛	++++				
	C. delta	三角光鰓雀鯛	+				
	C. margaritifer	二色光鰓雀鯛	++++		++	+	++++
	C. ternatensis	三葉光鰓雀鯛	+				
	C. viridis	藍綠光鰓雀鯛		+			
	Chrysiptera rex	雷克斯刻齒雀鯛	+				
	Dascyllas reticulatus	網紋圓雀鯛		++++	+	++++	
	D. trimaculatus	三斑圓雀鯛	++++	++++			+
	Neoglyphidodon melas	黑副雀鯛	++	++++	+	++	

續表 5-1 第三核能發電廠附近海域各測站魚類相及魚類豐度之調查　　調查日期：106 年 2 月

+稀少(1-3 隻)，++少(4-6 隻)，+++豐富(7-9 隻)，++++極豐富(10 隻以上)

科名	學名	中文名稱	測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5
	N. nigroris	黑褐副雀鯛				+	
	Plectroglyphidodon johnstonianus	約島氏固曲齒鯛				+++	
	P. lacrymatus	珠點固曲齒鯛		+	+		
	Pomacentrus alexanderae	胸斑雀鯛				+	
	P. philippinus	菲律賓雀鯛	++			+	
	P. tripunctatus	三斑雀鯛		+			
	P. vaiuli	王子雀鯛	+				
Priacanthidae 大眼鯛科	*Priacanthus hamrur*	寶石大眼鯛		+			
Pseudochromidae 擬雀鯛科	*Labracinus cyclophthalmus*	環眼准雀鯛		+			
Scaridae 鸚哥魚科	*Scarus festivus*	橫紋鸚哥魚			+		
	S. forsteni	福氏鸚哥魚	+		+		+
	S. ghobban	藍點鸚哥魚	+	+			
	S. hypselopterus	爪哇鸚哥魚	+++	+			
	S. niger	頸斑鸚哥魚	+				
	S. rivulatus	雜紋鸚哥魚	+	+			
	S. rubroviolaceus	紅紫鸚哥魚	+		+++		
	S. schlegeli	史氏鸚哥魚	++	+			
	S. sordidus	白斑鸚哥魚				+	
Scorpaenidae 鮋科	*Pterois volitans*	魔鬼簑鮋				+	
Serianidae 鮨科	*Cephalopholis argus*	斑點九刺鮨					+
	C. urodeta	尾紋九刺鮨		+			+
	Diploprion bifasciatum	雙帶鱸				+	
	Epinephelus coioides	點帶石斑魚					+
	Plectropomus laevis	橫斑刺鰓鮨			+		
	Pseudanthias squamipinnis	絲鰭擬花鮨					++++
Siganidae 藍子魚科	*Siganus fuscescens*	褐藍子魚		+++			
	S. spinus	網紋藍子魚			+		
Synodontidae 狗母魚科	*Synodus variegatus*	花斑狗母				+	
Tetraodontidae 四齒魨科	*Canthigaster valentini*	瓦氏尖鼻魨	+		+	+	+
Zanclidae 角蝶魚科	*Zanclus cornutus*	角鑲魚	+	+	++		+

表 5-2 第三核能發電廠附近海域漁獲魚類相之調查　　調查日期：106 年 2 月及 5 月
+稀少(1-3 隻)，++少(4-6 隻)，+++豐富(7-9 隻)，++++極豐富(10 隻以上)

科名	學名	中文名稱	*106/2*	*106/5*
Acanthuridae 刺尾鯛科	*Acanthurus bleekeri*	布氏刺尾鯛	+++	+
	A. dussumieri	杜氏刺尾鯛	++++	++++
Caesionidae 烏尾鮗科	*Caesio caerulaurea*	烏尾鮗	+	
	Pterocaesio digramma	雙帶鱗鰭烏尾鮗	++++	
Carangidae 鰺科	*Seriola dumerili*	紅鰤鰺	++	++++
Chaetodontidae 蝴蝶魚科	*Chaetodon auripes*	耳帶蝴蝶魚	+	
Coryphaenidae 鱰科	*Coryphaena hippurus*	鬼頭刀		++++
Diodontidae 二齒鮭科	*Diodon holocanthus*	六斑二齒鮭		+
Ephippidae 白鯧科	*Platax orbicularis*	圓眼燕魚	+++	
Exocoetidae 飛魚科	*Cheilopogon cyanopterus*	黑鰭飛魚		++++
	C. unicolor	白鰭飛魚		++++
	Cypselurus poecilopterus	斑鰭飛魚		++++
Haemulidae 石鱸科	*Plectorhinchus diagrammus*	雙帶石鱸	+	
	P. flavomaculatus	黃點石鱸		+
Holocentridae 金鱗魚科	*Myripristis murdjan*	赤松毬	+	++++
	Sargocentron caudimaculatum	尾斑棘鱗魚		+
	S. diadema	黑鰭棘鱗魚		+
	S. ensifer	劍棘鱗魚	+	
Kyphosidae 舵魚科	*Kyphosus lembus*	藺勃舵魚	+	
Labridae 隆頭魚科	*Bodianus masudai*	益田氏狐鯛	+	
	Cheilinus trilobatus	三葉唇魚	+	
	Choerodon azurio	藍豬齒魚	++	+
	C. gymnogenys	紫紋豬齒魚	+	
Lethrinidae 龍占魚科	*Lethrinus nebulosus*	青嘴龍占	++	
	L. ornatus	黃帶龍占	+	
	L. rubrioperculatus	紅鰓龍占	++	+
Lutjanidae 笛鯛科	*Lutjanus bengalensis*	孟加拉笛鯛		+
	L. gibbus	隆背笛鯛	++++	++++
	L. kasmira	四線笛鯛		++++
	L. lutjanus	正笛鯛		+
	L. monostigma	單斑笛鯛	+	
	L. quinquelineatus	五線笛鯛	++++	++++
	L. rivulatus	海雞母笛鯛	+++	++
	Paracaesio caeruleus	藍色擬烏尾冬	+	
Mullidae 鬚鯛科	*Mulloidchthys flavolineatusw*	黃線擬鬚鯛	+	
	M. vanicolensis	金帶擬鬚鯛	+	
	Parupeneus cyclostomus	圓口海緋鯉	+	

續表 5-2 第三核能發電廠附近海域漁獲魚類相之調查　　調查日期：106 年 2 月及 5 月

+稀少(1-3 隻)，++少(4-6 隻)，+++豐富(7-9 隻)，++++極豐富(10 隻以上)

科名	學名	中文名稱	*106/2*	*106/5*
	P. multifasciatus	多帶海鯡鯉	++	
	P. spilurus	大型海緋鯉	+	+
Muraenidae 鰻科	*Gymothorax favagircus*	黑斑裸胸鰻	+	
Nemipteridae 金線魚科	*Parascolopsis eriomma*	寬帶副眶棘鱸	++++	
Priacanthidae 大眼鯛科	*Priacanthus sagittarius*	高背大眼鯛	+	+
Salmonidae 鮭科	*Oncorhynchus keta*	鮭魚	++	++
Scaridae 鸚哥魚科	*Scarus festivus*	橫紋鸚哥魚		++
	S. ghobban	藍點鸚哥魚	+++	++++
	S. globiceps	蟲紋鸚哥魚		+
	S. rivulatus	雜紋鸚哥魚	++	++++
	S. schlegeli	史氏鸚哥魚	+	++++
Scorpaenidae 鮋科	*Helicolenus hilgendorfii*	無鰾鮋	++++	++++
Serianidae 鰤科	*Cephalopholis argus*	斑點九刺鰤	++++	++++
	C. miniata	青星九刺鰤	++++	
	C. sonnerati	宋氏九刺鰤		++
	C. spiloparaea	黑緣九刺鰤	++	++++
	C. urodeta	尾紋九刺鰤	+++	
	Epinephelus bleekeri	布氏石斑魚	++++	
	E. coioides	點帶石斑	++++	++++
	E. fasciatus	橫帶石斑魚	+	
	E. fuscoguttatus	棕點石斑		++
	E. retouti	雷拖氏石斑魚	+	
	Odontanthias unimaculatus	單斑齒花鱸		+
	Variola albimarginatus	白緣星鱠	++++	++++
	V. louti	星鱠	+	
Siganidae 藍子魚科	*Siganus argenteus*	銀藍子魚	+	

表 5-3 第三核能發電廠附近海域各測站魚類相及魚類豐度之調查　　調查日期：106 年 5 月

+稀少(1-3 隻)，++少(4-6 隻)，+++豐富(7-9 隻)，++++極豐富(10 隻以上)

科名	學名	中文名稱	測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5
Acanthuridae 刺尾鯛科	*Acanthurus dussumieri*	杜氏刺尾鯛			+		
	A. nigrofuscus	褐斑刺尾鯛	+++		++++	+	++
	Ctenochaetus binotatus	雙斑櫛齒刺尾鯛		+			+
	C. striatus	連紋櫛齒刺尾鯛	+				
	Naso brevirostris	短喙鼻魚				+	
	N. lituratus	黑背鼻魚	++				
	N. unicornis	單角鼻魚		+	+		
	Zebrasoma scopas	小高鰭刺尾鯛	+		+	+	
Apogonidae 天竺鯛科	*Apogon compressus*	裂帶天竺鯛				++	
	A. exostigma	單線天竺鯛					+
	A. properupta	黃帶天竺鯛	++				+++
Balistidae 鱗鮋科	*Sufflamen chrysopterum*	金鰭鼓氣鱗鮋		+			
Blenniidae 鰨科	*Meiacanthus grammistes*	黑帶稀棘鰨	+				+
Caesionidae 烏尾鮗科	*Caesio caerulaureus*	烏尾冬	++++				
	C. teres	黃藍背烏尾鮗	++++		++		
	Pterocaesio digramma	雙帶鱗鰭烏尾鮗			++++		
Carangidae 鯵科	*Carangoides melampygus*	藍鰭鯵		+			
Chaetodontidae 蝴蝶魚科	*Chaetodon auriga*	揚旛蝴蝶魚		+			
	C. auripes	耳帶蝴蝶魚	++		+	+	
	C. baronessa	曲紋蝴蝶魚				+	
	C. citrinellus	胡麻斑蝴蝶魚	+			+	
	C. ephippium	鞍斑蝴蝶魚			+	+	
	C. kleinii	克氏蝴蝶魚	+	+			+
	C. lunula	月斑蝴蝶魚				+	+
	C. lunulatus	弓月蝴蝶魚			++	+	
	C. melannotus	黑背蝴蝶魚		+++			
	C. ornatissimus	華麗蝴蝶魚				+	
	C. plebeius	藍斑蝴蝶魚			++		
	C. punctatofasciatus	點斑橫帶蝴蝶魚					+
	C. speculum	鏡斑蝴蝶魚	+	+		++	
	C. trifascialis	川紋蝴蝶魚			+	+	
	C. ulietensis	烏利蝴蝶魚		+			
	C. vagabundus	飄浮蝴蝶魚	++	+	++		++
	Forcipiger flavissimus	黃鑷口魚	+				
	Heniochus varius	黑身立旗鯛			+		
Echeneidae 鮡科	*Echeneis naucrates*	長印魚		+			
Fistulariidae 馬鞭魚科	*Fistularia commersonii*	康氏馬鞭魚				++	
Gobiidae 鰕虎科	*Amblyeleotris wheeleri*	紅紋鈍鯊		+			
	Amblygobius phalaena	尾斑鈍鯊				+	
	Valenciennea sexguttata	六點范氏塘鱧				+	
	V. strigata	紅帶范氏塘鱧					+
Haemulidae 石鱸科	*Diagramma pictum*	少棘石鱸		+			
	Plectorhinchus lessonii	雷氏石鱸				+	+++
	P. picus	暗點石鱸					+
Holocentridae 金鱗魚科	*Myripristis adusta*	焦松毬		++++			
	M. formosa	台灣松毬		+			
	M. murdjan	赤松毬		+			
	Neoniphon opercularis	黑鰭金鱗魚		++++			
	Sargocentron caudimaculatum	尾斑棘鱗魚			+		

續表 5-3 第三核能發電廠附近海域各測站魚類相及魚類豐度之調查　　調查日期：106 年 5 月

+稀少(1-3 隻)，++少(4-6 隻)，+++豐富(7-9 隻)，++++極豐富(10 隻以上)

科名	學名	中文名稱	測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5
	S. diadema	黑鰭棘鱗魚		+			
Labridae 隆頭魚科	*Anampses meleagrides*	黃尾阿南魚	+	+	+		+
	A. twistii	雙斑阿南魚			+		
	Bodianus axillaris	腋斑狐鯛	+				
	Cheilinus chlorourus	綠尾唇魚			+		
	C. fasciatus	橫帶唇魚		+			
	C. trilobatus	三葉唇魚		+		+	
	Cirrhilabrus cyanopleura	藍身絲鰭鸚鯛					+
	C. lunatus	新月絲鰭鸚鯛					+
	Coris dorsomacula	背斑盔魚			+		+
	C. gaimard	蓋馬氏盔魚			+		
	Gomphosus varius	雜色尖嘴魚		+	+	+	
	Halichoeres hortulanus	雲斑海豬魚	+		+	+	
	H. prostopeion	黑額儒艮鯛			+		
	Hemigymnus fasciatus	條紋半裸魚				+	
	Labroides bicolor	二色裂唇魚	+	+	+		
	L. dimidiatus	裂唇魚	+	+		+	+
	Macropharyngodon meleagris	朱斑大咽齒鯛			+		+
	Pseudocheilinus evanidus	姬擬唇魚	+				
	Stethojulis bandanensis	黑星紫胸魚				+	
	Thalassoma amblycephalum	鈍頭錦魚			+		++++
	T. hardwicke	哈氏錦魚		+++		++++	
	T. lunare	新月錦魚		++			
	T. lutescens	黃衣錦魚	++++		++++		+++
Lethrinidae 龍占魚科	*Lethrinus harak*	單斑龍占		+			
	L. miniatus	長吻龍占		+			
Lutjanidae 笛鯛科	*Aprion virescens*	藍短鰭笛鯛		++++			
	Lutjanus bohar	白斑笛鯛		+			
	L. fulvus	黃足笛鯛		++++	+		
	L. kasmira	四線笛鯛		+++			
	L. lutjanus	正笛鯛		+			
	L. quinquelineatus	五線笛鯛	+	+			
Monacanthidae 單角鮭科	*Cantherhines dumerilii*	杜氏刺鼻單棘鮭		++			
Mullidae 鬚鯛科	*Mulloidichthys flavolineatus*	黃線擬鬚鯛		+		+	
	M. vanicolensis	金帶擬鬚鯛		+++			
	Parapeneus cyclostomus	圓口海緋鯉			+		
	P. indicus	印度海緋鯉					+
	P. multifasciatus	多帶海緋鯉	+++	+	+		+
Nemipteridae 金線魚科	*Scolopsis bilineatus*	雙帶赤尾冬			+		+
	S. lineata	黃帶赤尾冬	+++			+	
Ostraciidae 箱鮭科	*Ostracion cubicus*	粒突箱鮭	+				
Pempheridae 擬金眼鯛科	*Pempheris vanicolensis*	黑緣擬金眼鯛		++++			
Pinguipedidae 擬鱸科	*Parapercis cylindrica*	圓擬鱸		+			
	P. millepunctata	雪斑擬鱸	+				
	P. pacifica	太平洋擬鱸		+	+		
Pomacanthidae 蓋刺魚科	*Centropyge vrolikii*	伏羅氏蓋刺魚	++				+
	Pygoplites diacanthus	甲冗魚			+		
Pomacentridae 雀鯛科	*Abudefduf vaigiensis*	條紋豆娘魚		+++			

續表 5-3 第三核能發電廠附近海域各測站魚類相及魚類豐度之調查　　調查日期：106 年 5 月

+稀少(1-3 隻)，++少(4-6 隻)，+++豐富(7-9 隻)，++++極豐富(10 隻以上)

科名	學名	中文名稱	測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5
	Amblyglyphidodon curacao	橘鈍寬刻齒雀鯛		+++			
	Amphiprion clarkii	克氏雙鋸魚	+		++		+
	A. frenatus	白條雙鋸魚			++		
	Cheiloprion labiatus	厚唇雀鯛			+		
	Chromis margaritifer	二色光鰓雀鯛	+++	+	+	+	++++
	C. ovatiformes	卵形光鰓雀鯛	+	+			
	C. ternatensis	三葉光鰓雀鯛			+		
	C. viridis	藍綠光鰓雀鯛		++++		++++	
	C. weberi	魏氏光鰓雀鯛	+				
	C. xanthura	黃尾光鰓雀鯛	+				+
	Chrysiptera rex	雷克斯刻齒雀鯛				+	
	Dascyllas reticulatus	網紋圓雀鯛		++++			+
	D. trimaculatus	三斑圓雀鯛		+++			
	Neoglyphidodon melas	黑副雀鯛	+	++++	+	++	+
	N. nigroris	黑褐副雀鯛		+++	+	++	
	Plectroglyphidodon dickii	迪克氏固曲齒鯛				++	
	P. johnstonianus	約島氏固曲齒鯛			+	+	
	P. lacrymatus	珠點固曲齒鯛		+			
	Pomacentrus chrysurus	白尾雀鯛				+	
	P. coelestis	霓虹雀鯛				+	
	P. philippinus	菲律賓雀鯛				+	
Priacanthidae 大眼鯛科	*Priacanthus hamrur*	寶石大眼鯛		+			
Pseudochromidae 擬雀鯛科	*Labracinus cyclophthalmus*	環眼准雀鯛		+			
Ptereleotridae 凹尾塘鱧科	*Ptereleotris evides*	瑰麗凹尾塘鱧			+		
Scaridae 鸚哥魚科	*Chlorurus microrhinos*	小鼻綠鸚哥魚					++
	Scarus festivus	橫紋鸚哥魚			+		
	S. forsteni	福氏鸚哥魚			++++		+
	S. ghobban	藍點鸚哥魚			+		
	S. globiceps	蟲紋鸚哥魚			+		
	S. rivulatus	雜紋鸚哥魚			++		
	S. rubroviolaceus	紅紫鸚哥魚		+	+		
	S. schlegeli	史氏鸚哥魚	+	+	++++		+
	S. sordidus	白斑鸚哥魚	+	+			
Serianidae 鮨科	*Cephalopholis urodeta*	尾紋九刺鮨		+	+		+
	Epinephelus fasciatus	橫帶石斑魚					+
	E. hexagonatus	六角石斑魚	+				
	Pseudanthias squamipinnis	絲鰭擬花鮨	++++				
Siganidae 藍子魚科	*Siganus guttatus*	星斑藍子魚			+		
	S. javus	爪哇藍子魚				+	
Sphyraenidae 金梭魚科	*Sphyraena flavicauda*	黃尾金梭魚				++++	
Tetraodontidae 四齒魨科	*Arothron nigropunctatus*	黑斑叉鼻魨	+				
	Canthigaster valentini	瓦氏尖鼻魨	+	+	+	+	
Tripterygiidae 三鰭鰁科	*Helcogramma striata*	縱帶彎線鰁					+
Zanclidae 角蝶魚科	*Zanclus cornutus*	角鐮魚	++	+	+	+	

表 5-4 第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相及後壁湖魚類相一覽表(民國 106 年 2 次調查)

＊表珊瑚礁魚類　※表魚市場所漁獲種類

科名	學名	中文名稱	*106/2*		*106/5*	
Acanthuridae 刺尾鯛科	*Acanthurus bariene*	肩斑刺尾鯛	＊			
	A. bleekeri	布氏刺尾鯛		※		※
	A. dussumieri	杜氏刺尾鯛	＊	※	＊	※
	A. nigrofuscus	褐斑刺尾鯛	＊		＊	
	A. thompsoni	黃尾刺尾鯛	＊			
	A. xanthopterus	黃鰭刺尾鯛	＊			
	Ctenochaetus binotatus	雙斑櫛齒刺尾魚	＊		＊	
	C. striatus	漣紋櫛齒刺尾魚	＊		＊	
	Naso brevirostris	短喙鼻魚			＊	
	N. lituratus	黑背鼻魚	＊		＊	
	N. unicornis	單角鼻魚	＊		＊	
	Zebrasoma scopas	小高鰭刺尾鯛	＊		＊	
	Z. veliferum	高鰭刺尾鯛	＊			
Apogonidae 天竺鯛科	*Apogon compressus*	裂帶天竺鯛			＊	
	A. exostigma	單線天竺鯛			＊	
	A. fraenatus	棘眼天竺鯛	＊			
	A. properupta	黃帶天竺鯛			＊	
Aulostomidae 管口魚科	*Aulostomus chinensis*	中華管口魚	＊			
Balistidae 鱗鮻科	*Balistoides viridescens*	褐擬鱗鮻	＊			
	Sufflamen chrysopterum	金鰭鼓氣鱗鮻			＊	
Blenniidae 鰭科	*Meiacanthus grammistes*	黑帶稀棘鰭	＊		＊	
Caesionidae 烏尾鮗科	*Caesio caerulaureus*	烏尾冬		※	＊	
	C. teres	黃藍背烏尾鮗	＊		＊	
	Pterocaesio digramma	雙帶鱗鰭烏尾鮗	＊	※	＊	
Carangidae 鯵科	*Carangoides melampygus*	藍鰭鯵			＊	
	Seriola dumerili	紅魽鯵		※		※
Chaetodontidae 蝴蝶魚科	*Chaetodon argentatus*	銀身蝴蝶魚	＊			
	C. auriga	揚旛蝴蝶魚	＊		＊	
	C. auripes	耳帶蝴蝶魚	＊	※	＊	
	C. baronessa	曲紋蝴蝶魚			＊	
	C. citrinellus	胡麻斑蝴蝶魚	＊		＊	
	C. ephippium	鞍斑蝴蝶魚			＊	
	C. kleinii	克氏蝴蝶魚	＊		＊	
	C. lunula	月斑蝴蝶魚	＊		＊	
	C. lunulatus	弓月蝴蝶魚	＊		＊	
	C. melannotus	黑背蝴蝶魚	＊		＊	
	C. octofasciatus	八帶蝴蝶魚	＊			
	C. ornatissimus	華麗蝴蝶魚			＊	
	C. plebeius	藍斑蝴蝶魚			＊	
	C. punctatofasciatus	點斑橫帶蝴蝶魚	＊		＊	

續表 5-4 第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相及後壁湖魚類相一覽表(民國 106 年 2 次調查)

＊表珊瑚礁魚類　※表魚市場所漁獲種類

科名	學名	中文名稱	*106/2*		*106/5*	
	C. speculum	鏡斑蝴蝶魚	＊		＊	
	C. trifascialis	川紋蝴蝶魚			＊	
	C. ulietensis	烏利蝴蝶魚			＊	
	C. vagabundus	飄浮蝴蝶魚	＊		＊	
	Forcipiger flavissimus	黃鑷口魚	＊		＊	
	Heniochus acuminatus	白吻雙帶立旗鯛	＊			
	H. singularius	單棘立旗鯛	＊			
	H. varius	黑身立旗鯛	＊		＊	
Cirrhitidae 魚翁科	*Paracirrhites forsteri*	副氏副魚翁	＊			
Coryphaenidae 鱰科	*Coryphaena hippurus*	鬼頭刀				※
Echeneidae 鮡科	*Echeneis naucrates*	長印魚			＊	
Diodontidae 二齒魨科	*Diodon holocanthus*	六斑二齒魨				※
Ephippidae 白鯧科	*Platax orbicularis*	圓眼燕魚		※		
Exocoetidae 飛魚科	*Cheilopogon cyanopterus*	黑鰭飛魚				※
	C. unicolor	白鰭飛魚				※
	Cypselurus poecilopterus	斑鰭飛魚				※
Fistulariidae 馬鞭魚科	*Fistularia commersonii*	康氏馬鞭魚	＊		＊	
Gobiidae 鰕虎科	*Amblyeleotris wheeleri*	紅紋鈍鯊			＊	
	Amblygobius phalaena	尾斑鈍鯊	＊		＊	
	Valenciennea sexguttata	六點范氏塘鱧			＊	
	V. strigata	紅帶范氏塘鱧			＊	
Haemulidae 石鱸科	*Diagramma pictum*	少棘石鱸			＊	
	Plectorhinchus diagrammus	雙帶石鱸		※		
	P. flavomaculatus	黃點石鱸				※
	P. lessonii	雷氏石鱸	＊		＊	
	P. lineatus	條紋胡椒鯛	＊			
	P. picus	暗點石鱸	＊		＊	
Holocentridae 金鱗魚科	*Myripristis adusta*	焦松毬			＊	
	M. formosa	台灣松毬			＊	
	M. murdjan	赤松毬		※	＊	※
	Neoniphon opercularis	黑鰭金鱗魚			＊	
	Sargocentron caudimaculatum	尾斑棘鱗魚	＊		＊	※
	S. diadema	黑鰭棘鱗魚	＊		＊	※
	S. ensifer	劍棘鱗魚		※		
Kyphosidae 舵魚科	*Kyphosus lembus*	蘭勃舵魚		※		
Labridae 隆頭魚科	*Anampses caeruleopunctatus*	青斑阿南魚	＊			
	A. meleagrides	黃尾阿南魚	＊		＊	
	A. twistii	雙斑阿南魚	＊		＊	
	Bodianus axillaris	腋斑狐鯛			＊	
	B. diana	對斑狐鯛	＊			

續表 5-4 第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相及後壁湖魚類相一覽表(民國 106 年 2 次調查)

＊表珊瑚礁魚類　※表魚市場所漁獲種類

科名	學名	中文名稱	106/2		106/5	
	B. masudai	益田氏狐鯛		※		
	B. mesothorax	中胸狐鯛	＊			
	Cheilinus chlorourus	綠尾唇魚			＊	
	C. fasciatus	橫帶唇魚			＊	
	C. trilobatus	三葉唇魚	＊	※	＊	
	Choerodon azurio	藍豬齒魚		※		※
	C. gymnogenys	紫紋豬齒魚		※		
	C. schoenleinii	邵氏豬齒魚	＊			
	Cirrhilabrus cyanopleura	藍身絲鰭鸚鯛	＊		＊	
	C. lunatus	新月絲鰭鸚鯛	＊		＊	
	Coris aygula	紅喉盔魚	＊			
	C. dorsomacula	背斑盔魚	＊		＊	
	C. gaimard	蓋馬氏盔魚			＊	
	Epibulus insidiator	伸口魚	＊			
	Gomphosus varius	雜色尖嘴魚	＊		＊	
	Halichoeres hortulanus	雲斑海豬魚	＊		＊	
	H. prostopeion	黑額儒艮鯛			＊	
	H. scapularis	頸帶海豬魚	＊			
	H. trimaculatus	三斑海豬魚	＊			
	Hemigymnus fasciatus	條紋半裸魚			＊	
	Labroides bicolor	二色裂唇魚	＊		＊	
	L. dimidiatus	裂唇魚	＊		＊	
	Macropharyngodon meleagris	朱斑大咽齒鯛			＊	
	Oxycheilinus unifasciatus	單帶尖唇魚	＊			
	Pseudocheilinus evanidus	姬擬唇魚			＊	
	Stethojulis bandanensis	黑星紫胸魚	＊		＊	
	S. trilineata	三線紫胸魚	＊			
	Thalassoma amblycephalum	鈍頭錦魚	＊		＊	
	T. hardwicke	哈氏錦魚	＊		＊	
	T. lunare	新月錦魚	＊		＊	
	T. lutescens	黃衣錦魚	＊		＊	
Lethrinidae 龍占魚科	*Lethrinus harak*	單斑龍占			＊	
	L. miniatus	長吻龍占			＊	
	L. nebulosus	青嘴龍占		※		
	L. ornatus	黃帶龍占		※		
	L. rubrioperculatus	紅鰓龍占		※		※
Lutjanidae 笛鯛科	*Aprion virescens*	藍短鰭笛鯛			＊	
	Lutjanus bengalensis	孟加拉笛鯛				※
	L. bohar	白斑笛鯛			＊	
	L. decussates	交叉笛鯛	＊			

續表 5-4 第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相及後壁湖魚類相一覽表(民國 106 年 2 次調查)

＊表珊瑚礁魚類　※表魚市場所漁獲種類

科名	學名	中文名稱	*106/2*		*106/5*	
	L. fulvus	黃足笛鯛	＊		＊	
	L. gibbus	隆背笛鯛		※		※
	L. kasmira	四線笛鯛	＊		＊	※
	L. lutjanus	正笛鯛			＊	※
	L. monostigma	單斑笛鯛	＊	※		
	L. quinquelineatus	五線笛鯛	＊	※	＊	※
	L. rivulatus	海雞母笛鯛		※		※
	Paracaesio caeruleus	藍色擬烏尾冬		※		
Monacanthidae 單角鮏科	*Cantherhines dumerilii*	杜氏刺鼻單棘鮏	＊		＊	
Mullidae 鬚鯛科	*Mulloidichthys flavolineatus*	黃帶擬鬚鯛	＊	※	＊	
	M. vanicolensis	金帶擬鬚鯛	＊	※	＊	
	Parapeneus barberinoides	鬚海緋鯉	＊			
	P. barberinus	單帶海緋鯉	＊			
	P. cyclostomus	圓口海緋鯉		※	＊	
	P. indicus	印度海緋鯉	＊		＊	
	P. spilurus	大型海緋鯉		※		※
	P. multifasciatus	多帶海緋鯉	＊	※	＊	
Muraenidae 鰻科	*Gymothorax favagircus*	黑斑裸胸鰻		※		
Nemipteridae 金線魚科	*Parascolopsis eriomma*	寬帶副眶棘鱸		※		
	Scolopsis bilineatus	雙帶赤尾冬	＊		＊	
	S. ciliata	黃點赤尾冬	＊			
	S. lineata	黃帶赤尾冬	＊		＊	
Ostraciidae 箱鮏科	*Ostracion cubicus*	粒突箱鮏			＊	
Pempheridae 擬金眼鯛科	*Pempheris vanicolensis*	黑緣擬金眼鯛	＊		＊	
Pinguipedidae 擬鱸科	*Parapercis clathrata*	四斑擬鱸	＊			
	P. cylindrica	圓擬鱸			＊	
	P. millepunctata	雪斑擬鱸			＊	
	P. pacifica	太平洋擬鱸			＊	
Pomacanthidae 蓋刺魚科	*Centropyge tibicen*	白斑刺尻魚	＊			
	C. vrolikii	伏羅氏蓋刺魚	＊		＊	
	Pomacanthus semicirculatus	疊波蓋刺魚	＊			
	Pygoplites diacanthus	甲尻魚	＊		＊	
Pomacentridae 雀鯛科	*Abudefduf vaigiensis*	條紋豆娘魚	＊		＊	
	Amblyglyphidodon curacao	橘鈍寬刻齒雀鯛	＊		＊	
	Amphiprion clarkii	克氏雙鋸魚	＊		＊	
	A. frenatus	白條雙鋸魚			＊	
	A. perideraion	粉紅雙鋸魚	＊			
	Cheiloprion labiatus	厚唇雀鯛			＊	
	Chromis chrysura	短身光鰓雀鯛	＊			
	C. delta	三角光鰓雀鯛	＊			

續表 5-4 第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相及後壁湖魚類相一覽表(民國 106 年 2 次調查)

＊表珊瑚礁魚類　※表魚市場所漁獲種類

科名	學名	中文名稱	*106/2*		*106/5*	
	C. margaritifer	二色光鰓雀鯛	＊		＊	
	C. ovatiformes	卵形光鰓雀鯛			＊	
	C. ternatensis	三葉光鰓雀鯛	＊		＊	
	C. viridis	藍綠光鰓雀鯛	＊		＊	
	C. weberi	魏氏光鰓雀鯛			＊	
	C. xanthura	黃尾光鰓雀鯛			＊	
	Chrysiptera rex	雷克斯刻齒雀鯛	＊		＊	
	Dascyllas reticulatus	網紋圓雀鯛	＊		＊	
	D. trimaculatus	三斑圓雀鯛	＊		＊	
	Neoglyphidodon melas	黑副雀鯛	＊		＊	
	N. nigroris	黑褐副雀鯛	＊		＊	
	Plectroglyphidodon dickii	迪克氏固曲齒鯛			＊	
	P. johnstonianus	約島氏固曲齒鯛	＊		＊	
	P. lacrymatus	珠點固曲齒鯛	＊		＊	
	Pomacentrus alexanderae	胸斑雀鯛	＊			
	P. chrysurus	白尾雀鯛			＊	
	P. coelestis	霓虹雀鯛			＊	
	P. philippinus	菲律賓雀鯛	＊		＊	
	P. tripunctatus	三斑雀鯛	＊			
	P. vaiuli	王子雀鯛	＊			
Priacanthidae 大眼鯛科	*Priacanthus hamrur*	寶石大眼鯛	＊		＊	
	P. sagittarius	高背大眼鯛		※		※
Pseudochromidae 擬雀鯛科	*Labracinus cyclophthalmus*	環眼准雀鯛	＊		＊	
Ptereleotridae 凹尾塘鱧科	*Ptereleotris evides*	瑰麗凹尾塘鱧			＊	
Salmonidae 鮭科	*Oncorhynchus keta*	鮭魚		※		※
Scaridae 鸚哥魚科	*Chlorurus microrhinos*	小鼻綠鸚哥魚			＊	
	Scarus festivus	橫紋鸚哥魚	＊		＊	※
	S. forsteni	福氏鸚哥魚	＊		＊	
	S. ghobban	藍點鸚哥魚	＊	※	＊	※
	S. globiceps	蟲紋鸚哥魚			＊	※
	S. hypselopterus	爪哇鸚哥魚	＊			
	S. niger	頸斑鸚哥魚	＊			
	S. rivulatus	雜紋鸚哥魚	＊	※	＊	※
	S. rubroviolaceus	紅紫鸚哥魚	＊		＊	
	S. schlegeli	史氏鸚哥魚	＊	※	＊	※
	S. sordidus	白斑鸚哥魚	＊		＊	
Scorpaenidae 鮋科	*Helicolenus hilgendorfii*	無鰾鮋		※		※
	Pterois volitans	魔鬼簑鮋	＊			
Serianidae 鰤科	*Cephalopholis argus*	斑點九刺鰤	＊	※		※

續表 5-4 第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相及後壁湖魚類相一覽表(民國 106 年 2 次調查)

＊表珊瑚礁魚類　※表魚市場所漁獲種類

科名	學名	中文名稱	*106/2*		*106/5*	
	C. miniata	青星九刺鮨		※		
	C. sonnerati	宋氏九刺鮨				※
	C. spiloparaea	黑緣九刺鮨		※		※
	C. urodeta	尾紋九刺鮨	＊	※	＊	
	Diploprion bifasciatum	雙帶鱸	＊			
	Epinephelus bleekeri	布氏石斑魚		※		
	E. coioides	點帶石斑魚	＊	※		※
	E. fasciatus	橫帶石斑魚		※	＊	
	E. fuscoguttatus	棕點石斑				※
	E. hexagonatus	六角石斑魚			＊	
	E. retouti	雷拖氏石斑魚		※		
	Odontanthias unimaculatus	單斑齒花鱸				※
	Plectropomus laevis	橫斑刺鰓鮨	＊			
	Pseudanthias squamipinnis	絲鰭擬花鮨	＊		＊	
	Variola albimarginatus	白緣星鱠		※		※
	V. louti	星鱠		※		
Siganidae 藍子魚科	*Siganus argenteus*	銀藍子魚		※		
	S. fuscescens	褐藍子魚	＊			
	S. guttatus	星斑藍子魚			＊	
	S. javus	爪哇藍子魚			＊	
	S. spinus	網紋藍子魚	＊			
Sphyraenidae 金梭魚科	*Sphyraena flavicauda*	黃尾金梭魚			＊	
Synodontidae 狗母魚科	*Synodus variegatus*	花斑狗母	＊			
Tetraodontidae 四齒魨科	*Arothron nigropunctatus*	黑斑叉鼻魨			＊	
	Canthigaster valentini	瓦氏尖鼻魨	＊		＊	
Tripterygiidae 三鰭鰕科	*Helcogramma striata*	縱帶彎線鰕			＊	
Zanclidae 角蝶魚科	*Zanclus cornutus*	角鑌魚	＊		＊	

表 5-5 民國 106 年第三核能發電廠附近海域各測站魚類相之調查

◎表示未受溫排水影響及受溫排水影響區均可發現之種類　　調查日期：106 年 2 月及 5 月

科名	學名	中文名稱		測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5
Acanthuridae 刺尾鯛科	*Acanthurus bariene*	肩斑刺尾鯛	◎	＊		＊		
	A. dussumieri	杜氏刺尾鯛				＊	＊	
	A. nigrofuscus	褐斑刺尾鯛	◎	＊		＊	＊	＊
	A. thompsoni	黃尾刺尾鯛				＊		
	A. xanthopterus	黃鰭刺尾鯛				＊		
	Ctenochaetus binotatus	雙斑櫛齒刺尾鯛	◎	＊	＊	＊		＊
	C. striatus	連紋櫛齒刺尾鯛		＊				
	Naso brevirostris	短喙鼻魚					＊	
	N. lituratus	黑背鼻魚	◎	＊		＊		＊
	N. unicornis	單角鼻魚	◎		＊	＊		
	Zebrasoma scopas	小高鰭刺尾鯛	◎	＊		＊	＊	＊
	Z. veliferum	高鰭刺尾鯛		＊				
Apogonidae 天竺鯛科	*Apogon compressus*	裂帶天竺鯛					＊	
	A. exostigma	單線天竺鯛						＊
	A. fraenatus	棘眼天竺鯛			＊			
	A. properupta	黃帶天竺鯛	◎	＊				＊
Aulostomidae 管口魚科	*Aulostomus chinensis*	中華管口魚						＊
Balistidae 鱗鮄科	*Balistoides viridescens*	褐擬鱗鮄			＊			
	Sufflamen chrysopterum	金鰭鼓氣鱗鮄			＊			
Blenniidae 鰕科	*Meiacanthus grammistes*	黑帶稀棘鰕	◎	＊	＊	＊	＊	＊
Caesionidae 烏尾鮗科	*Caesio caerulaureus*	烏尾冬		＊				
	C. teres	黃藍背烏尾鮗	◎	＊		＊		
	Pterocaesio digramma	雙帶鱗鰭烏尾鮗	◎	＊		＊	＊	＊
Carangidae 鯵科	*Carangoides melampygus*	藍鰭鯵			＊			
Chaetodontidae 蝴蝶魚科	*Chaetodon argentatus*	銀身蝴蝶魚				＊		＊
	C. auriga	揚旛蝴蝶魚			＊			
	C. auripes	耳帶蝴蝶魚	◎	＊		＊	＊	
	C. baronessa	曲紋蝴蝶魚					＊	
	C. citrinellus	胡麻斑蝴蝶魚	◎	＊			＊	＊
	C. ephippium	鞍斑蝴蝶魚				＊	＊	
	C. kleinii	克氏蝴蝶魚	◎	＊	＊			＊
	C. lunula	月斑蝴蝶魚	◎		＊		＊	＊
	C. lunulatus	弓月蝴蝶魚	◎	＊		＊	＊	＊
	C. melannotus	黑背蝴蝶魚		＊	＊			
	C. octofasciatus	八帶蝴蝶魚				＊		
	C. ornatissimus	華麗蝴蝶魚					＊	
	C. plebeius	藍斑蝴蝶魚				＊		
	C. punctatofasciatus	點斑橫帶蝴蝶魚	◎	＊				＊
	C. speculum	鏡斑蝴蝶魚	◎	＊	＊	＊	＊	＊
	C. trifascialis	川紋蝴蝶魚				＊	＊	
	C. ulietensis	烏利蝴蝶魚			＊			
	C. vagabundus	飄浮蝴蝶魚	◎	＊	＊	＊		＊
	Forcipiger flavissimus	黃鑷口魚		＊				
	Heniochus acuminatus	白吻雙帶立旗鯛						＊
	H. singularius	單棘立旗鯛		＊				

續表 5-5 民國 106 年第三核能發電廠附近海域各測站魚類相之調查

◎表示未受溫排水影響及受溫排水影響區均可發現之種類　　調查日期：106 年 2 月及 5 月

科名	學名	中文名稱		測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5
	H. varius	黑身立旗鯛	◎	＊		＊		
Cirrhitidae 魚翁科	*Paracirrhites forsteri*	副氏副魚翁						＊
Echeneidae 鮡科	*Echeneis naucrates*	長印魚			＊			
Fistulariidae 馬鞭魚科	*Fistularia commersonii*	康氏馬鞭魚					＊	
Gobiidae 鰕虎科	*Amblyeleotris wheeleri*	紅紋鈍鯊			＊			
	Amblygobius phalaena	尾斑鈍鯊	◎		＊		＊	
	Valenciennea sexguttata	六點范氏塘鱧					＊	
	V. strigata	紅帶范氏塘鱧						＊
Haemulidae 石鱸科	*Diagramma pictum*	少棘石鱸			＊			
	Plectorhinchus lessonii	雷氏石鱸	◎	＊			＊	＊
	P. lineatus	條紋胡椒鯛						＊
	P. picus	暗點石鱸	◎	＊				＊
Holocentridae 金鱗魚科	*Myripristis adusta*	焦松毬			＊			
	M. formosa	台灣松毬			＊			
	M. murdjan	赤松毬			＊			
	Neoniphon opercularis	黑鰭金鱗魚			＊			
	Sargocentron caudimaculatum	尾斑棘鱗魚	◎	＊		＊		
	S. diadema	黑鰭棘鱗魚	◎		＊			＊
Labridae 隆頭魚科	*Anampses caeruleopunctatus*	青斑阿南魚				＊		
	A. meleagrides	黃尾阿南魚	◎	＊	＊	＊		＊
	A. twistii	雙斑阿南魚				＊		＊
	Bodianus axillaris	腋斑狐鯛		＊				
	B. diana	對斑狐鯛	◎	＊				＊
	B. mesothorax	中胸狐鯛						＊
	Cheilinus chlorourus	綠尾唇魚				＊		
	C. fasciatus	橫帶唇魚			＊			
	C. trilobatus	三葉唇魚	◎		＊	＊	＊	
	Choerodon schoenleinii	邵氏豬齒魚						＊
	Cirrhilabrus cyanopleura	藍身絲鰭鸚鯛	◎		＊			＊
	C. lunatus	新月絲鰭鸚鯛					＊	＊
	Coris aygula	紅喉盔魚	◎		＊	＊		
	C. dorsomacula	背斑盔魚				＊		＊
	C. gaimard	蓋馬氏盔魚				＊		
	Epibulus insidiator	伸口魚		＊				
	Gomphosus varius	雜色尖嘴魚	◎	＊	＊	＊	＊	＊
	Halichoeres hortulanus	雲斑海豬魚	◎	＊		＊	＊	＊
	H. prostopeion	黑額儒艮鯛				＊		
	H. scapularis	頸帶海豬魚			＊			
	H. trimaculatus	三斑海豬魚	◎		＊	＊		
	Hemigymnus fasciatus	條紋半裸魚					＊	
	Labroides bicolor	二色裂唇魚	◎	＊	＊	＊		
	L. dimidiatus	裂唇魚	◎	＊	＊	＊	＊	＊
	Macropharyngodon meleagris	朱斑大咽齒鯛				＊		＊
	Oxycheilinus unifasciatus	單帶尖唇魚		＊	＊			
	Pseudocheilinus evanidus	姬擬唇魚		＊				
	Stethojulis bandanensis	黑星紫胸魚				＊	＊	
	S. trilineata	三線紫胸魚				＊		

續表 5-5 民國 106 年第三核能發電廠附近海域各測站魚類相之調查

◎表示未受溫排水影響及受溫排水影響區均可發現之種類　　調查日期：106 年 2 月及 5 月

科名	學名	中文名稱		測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5
	Thalassoma amblycephalum	鈍頭錦魚				＊	＊	＊
	T. hardwicke	哈氏錦魚	◎		＊		＊	
	T. lunare	新月錦魚			＊			
	T. lutescens	黃衣錦魚	◎	＊		＊	＊	＊
Lethrinidae 龍占魚科	*Lethrinus harak*	單斑龍占			＊			
	L. miniatus	長吻龍占			＊			
Lutjanidae 笛鯛科	*Aprion virescens*	藍短鰭笛鯛			＊			
	Lutjanus bohar	白斑笛鯛			＊			
	L. decussates	交叉笛鯛			＊			
	L. fulvus	黃足笛鯛	◎	＊	＊	＊	＊	
	L. kasmira	四線笛鯛		＊	＊			
	L. lutjanus	正笛鯛			＊			
	L. monostigma	單斑笛鯛			＊			
	L. quinquelineatus	五線笛鯛		＊	＊			
Monacanthidae 單角鮈科	*Cantherhines dumerilii*	杜氏刺鼻單棘鮈	◎		＊			＊
Mullidae 鬚鯛科	*Mulloidichthys flavolineatus*	黃線擬鬚鯛	◎		＊		＊	
	M. vanicolensis	金帶擬鬚鯛	◎		＊	＊	＊	
	Parapeneus barberinoides	鬚海緋鯉		＊				
	P. barberinus	單帶海緋鯉			＊			
	P. cyclostomus	圓口海緋鯉				＊		
	P. indicus	印度海緋鯉					＊	＊
	P. multifasciatus	多帶海緋鯉	◎	＊	＊	＊		＊
Nemipteridae 金線魚科	*Scolopsis bilineatus*	雙帶赤尾冬	◎	＊	＊	＊		＊
	S. ciliata	黃點赤尾冬			＊			
	S. lineata	黃帶赤尾冬	◎	＊		＊	＊	
Ostraciidae 箱鮈科	*Ostracion cubicus*	粒突箱鮈		＊				
Pempheridae 擬金眼鯛科	*Pempheris vanicolensis*	黑緣擬金眼鯛	◎	＊	＊			＊
Pinguipedidae 擬鱸科	*Parapercis clathrata*	四斑擬鱸						＊
	P. cylindrica	圓擬鱸			＊			
	P. millepunctata	雪斑擬鱸		＊				
	P. pacifica	太平洋擬鱸	◎		＊	＊		
Pomacanthidae 蓋刺魚科	*Centropyge tibicen*	白斑刺尻魚						＊
	C. vrolikii	伏羅氏蓋刺魚	◎	＊				＊
	Pomacanthus semicirculatus	疊波蓋刺魚		＊				
	Pygoplites diacanthus	甲尻魚				＊		＊
Pomacentridae 雀鯛科	*Abudefduf vaigiensis*	條紋豆娘魚			＊			
	Amblyglyphidodon curacao	橘鈍寬刻齒雀鯛	◎		＊	＊		
	Amphiprion clarkii	克氏雙鋸魚	◎	＊		＊	＊	＊
	A. frenatus	白條雙鋸魚				＊		
	A. perideraion	粉紅雙鋸魚						＊
	Cheiloprion labiatus	厚唇雀鯛				＊		
	Chromis chrysura	短身光鰓雀鯛		＊				
	C. delta	三角光鰓雀鯛		＊				

續表 5-5 民國 106 年第三核能發電廠附近海域各測站魚類相之調查

◎表示未受溫排水影響及受溫排水影響區均可發現之種類　　調查日期：106 年 2 月及 5 月

科名	學名	中文名稱		測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5
	C. margaritifer	二色光鰓雀鯛	◎	＊	＊	＊	＊	＊
	C. ovatiformes	卵形光鰓雀鯛		＊	＊			
	C. ternatensis	三葉光鰓雀鯛	◎	＊		＊		
	C. viridis	藍綠光鰓雀鯛	◎		＊		＊	
	C. weberi	魏氏光鰓雀鯛		＊				
	C. xanthura	黃尾光鰓雀鯛	◎	＊				＊
	Chrysiptera rex	雷克斯刻齒雀鯛	◎	＊			＊	
	Dascyllas reticulatus	網紋圓雀鯛	◎		＊	＊	＊	＊
	D. trimaculatus	三斑圓雀鯛	◎	＊	＊			＊
	Neoglyphidodon melas	黑副雀鯛	◎	＊	＊	＊	＊	＊
	N. nigroris	黑褐副雀鯛	◎		＊	＊	＊	
	Plectroglyphidodon dickii	迪克氏固曲齒鯛					＊	
	P. johnstonianus	約島氏固曲齒鯛				＊	＊	
	P. lacrymatus	珠點固曲齒鯛	◎		＊	＊		
	Pomacentrus alexanderae	胸斑雀鯛					＊	
	P. chrysurus	白尾雀鯛					＊	
	P. coelestis	霓虹雀鯛					＊	
	P. philippinus	菲律賓雀鯛	◎	＊			＊	
	P. tripunctatus	三斑雀鯛			＊			
	P. vaiuli	王子雀鯛		＊				
Priacanthidae 大眼鯛科	*Priacanthus hamrur*	寶石大眼鯛			＊			
Pseudochromidae 擬雀鯛科	*Labracinus cyclophthalmus*	環眼准雀鯛			＊			
Ptereleotridae 凹尾塘鱧科	*Ptereleotris evides*	瑰麗凹尾塘鱧				＊		
Scaridae 鸚哥魚科	*Chlorurus microrhinos*	小鼻綠鸚哥魚						＊
	Scarus festivus	橫紋鸚哥魚				＊		
	S. forsteni	福氏鸚哥魚	◎	＊		＊		＊
	S. ghobban	藍點鸚哥魚	◎	＊	＊	＊		
	S. globiceps	蟲紋鸚哥魚				＊		
	S. hypselopterus	爪哇鸚哥魚		＊	＊			
	S. niger	頸斑鸚哥魚		＊				
	S. rivulatus	雜紋鸚哥魚	◎	＊	＊	＊		
	S. rubroviolaceus	紅紫鸚哥魚	◎	＊	＊	＊		
	S. schlegeli	史氏鸚哥魚	◎	＊	＊	＊		＊
	S. sordidus	白斑鸚哥魚	◎	＊	＊		＊	
Scorpaenidae 鮋科	*Pterois volitans*	魔鬼簑鮋					＊	
Serianidae 鮨科	*Cephalopholis argus*	斑點九刺鮨						＊
	C. urodeta	尾紋九刺鮨	◎		＊	＊		＊
	Diploprion bifasciatum	雙帶鱸					＊	
	Epinephelus coioides	點帶石斑魚						＊
	E. fasciatus	橫帶石斑魚						＊
	E. hexagonatus	六角石斑魚		＊				
	Plectropomus laevis	橫斑刺鰓鮨				＊		
	Pseudanthias squamipinnis	絲鰭擬花鮨	◎	＊				＊
Siganidae 藍子魚科	*Siganus fuscescens*	褐藍子魚			＊			
	S. guttatus	星斑藍子魚				＊		
	S. javus	爪哇藍子魚					＊	
	S. spinus	網紋藍子魚				＊		

續表 5-5 民國 106 年第三核能發電廠附近海域各測站魚類相之調查

◎表示未受溫排水影響及受溫排水影響區均可發現之種類　　調查日期：106 年 2 月及 5 月

科名	學名	中文名稱		測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5
Sphyraenidae 金梭魚科	*Sphyraena flavicauda*	黃尾金梭魚					＊	
Synodontidae 狗母魚科	*Synodus variegatus*	花斑狗母					＊	
Tetraodontidae 四齒魨科	*Arothron nigropunctatus*	黑斑叉鼻魨		＊				
	Canthigaster valentini	瓦氏尖鼻魨	◎	＊	＊	＊	＊	＊
Tripterygiidae 三鰭鰕科	*Helcogramma striata*	縱帶彎線鰕						＊
Zanclidae 角蝶魚科	*Zanclus cornutus*	角鑲魚	◎	＊	＊	＊	＊	＊

表 5-6 第三核能發電廠附近海域民國 106 年 2 月各測站魚類相之相似度

採樣日期	測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5
測站 1	1.00				
測站 2	0.17	1.00			
測站 3	0.20	0.16	1.00		
測站 4	0.17	0.09	**0.28**	1.00	
測站 5	0.23	0.10	0.21	0.16	1.00

表 5-7 第三核能發電廠附近海域民國 106 年 5 月各測站魚類相之相似度

採樣日期	測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5
測站 1	1.00				
測站 2	0.18	1.00			
測站 3	0.21	0.17	1.00		
測站 4	0.18	0.14	0.18	1.00	
測站 5	**0.25**	0.13	0.21	0.09	1.00

Jaccard coefficient

表 5-8 第三核能發電廠附近海域民國 106 年 2 次調查各測站魚類相之相似度

採樣日期	測站 1	測站 2	測站 3	測站 4	測站 5
測站 1	1.00				
測站 2	0.23	1.00			
測站 3	0.30	0.24	1.00		
測站 4	0.21	0.16	0.28	1.00	
測站 5	**0.33**	0.19	0.28	0.22	1.00

Jaccard coefficient

表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Acanthuridae 刺尾鯛科																										
Acanthurus bariene	肩斑刺尾鯛		＊		＊	＊	※	※			＊※	※	＊※	＊※	＊※	＊	＊※	※	※	＊※	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊
A. bleekeri	布氏刺尾鯛										※	※	※	※	※	※	＊※	※	※	※	※		＊			※
A. dussumieri	杜氏刺尾鯛		＊	＊	＊		※	＊※	※	※	※	※	＊※	※	＊※	＊※	＊※	※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※
A. japonicus	日本刺尾鯛					＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊			＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	
A. leucopareius	白斑刺尾鯛				＊		＊																			
A. lineatus	線紋刺尾鯛		＊	＊	＊	＊	＊※		※	＊※	※	＊※	＊※	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊	＊※	
A. maculiceps	頭斑刺尾鯛																＊			＊	＊	※	※		※	
A. mata	後刺尾鯛		＊	＊		＊	＊※		＊※	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊※	＊※	＊※		＊		※	
A. nigricans	黑刺尾鯛													＊			＊									
A. nigricauda	黑尾刺尾鯛				＊		※	＊		※					＊					＊※	＊	＊		＊		
A. nigrofuscus	褐斑刺尾鯛		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
A. olivaceus	一字刺尾鯛	＊	＊				※				※				＊※		※		＊		＊	＊	＊	＊	＊	
A. pyroferus	火紅刺尾鯛			＊	＊	＊	＊			＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	※		＊				＊	＊	
A. thompsoni	黃尾刺尾鯛																							＊		＊
A. triostegus	綠刺尾鯛		＊	＊								※		＊	＊		＊	＊	＊		＊	＊	＊	※	＊	
A. xanthopterus	黃鰭刺尾鯛		＊	＊	＊		＊		＊	＊※		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊			＊		＊
Ctenochaetus binotatus	雙斑櫛齒刺尾魚			＊	＊	＊	＊				＊	＊	※		＊		＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊
C. striatus	連紋櫛齒刺尾魚		＊		＊		＊	＊※	＊※	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊※	＊	＊
Naso anngualtus	短角天狗鯛	＊															※								＊	
N. brevirostris	短喙鼻魚							※						＊		※								＊		＊
N. hexacanthus	六棘鼻魚	＊		＊			＊	＊	＊	＊	＊			＊	※		＊※	＊※	＊	＊	＊	＊		＊		
N. lituratus	黑背鼻魚			＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
N. lopezi	老氏鼻魚										※				※											
N. unicornis	單角鼻魚				＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊※	＊※	＊	＊※	＊	＊	＊	＊※	＊	＊※	＊	＊	＊
N. reticulatus	網紋鼻魚																	※								
Prionurus scalprus	三棘天狗鯛				＊		＊					＊	＊※				＊	※		＊						

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
P. scalprum	鋸尾鯛																						＊			
Zebrasoma flavescens	黃高鰭刺尾鯛																			＊	＊		＊		＊	
Z. scopas	小高鰭刺尾鯛		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
Z. veliferum	高鰭刺尾鯛						＊					＊	＊			＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
Albulidae 狐鰮科																										
Albula vulpes	狐鰮	＊																								
Aluteridae 革鮐科																										
Paraluteres prionurus	鋸尾單角鮐		＊																							
Apogonidae 天竺鯛科																										
Apogon angustatus	寬帶天竺鯛				＊		＊										＊					＊				
A. apogonides	正天竺鯛						＊																			
A. aureus	黃天竺鯛																				＊	＊				
A. chrysotaenia	多線天竺鯛		＊				＊						＊						＊			＊				
A. compressus	裂帶天竺鯛																									＊
A. cookii	庫氏天竺鯛																			＊						
A. cyanosoma	金線天竺鯛												＊						＊							
A. exostigma	單線天竺鯛												＊													＊
A. fraenatus	棘眼天竺鯛																									＊
A. kallopterus	棘頭天竺鯛							＊	＊												＊					
A. niger	黑天竺鯛																	＊								
A. nigrofasciatus	黑帶天竺鯛																			＊	＊					
A. notatus	雙點天竺鯛													＊												
A. properupta	黃帶天竺鯛																			＊						＊
A. taeniophorus	褐帶天竺鯛						＊																			
A. sp.	天竺鯛															＊										

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Archamia lineolata	原長崎天竺鯛														＊											
Cheilodipterus intermedius	中間巨齒天竺鯛																				＊					
C. macrodon	巨齒天竺鯛				＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊※	＊	＊			＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	
C. quinquelinentus	五線巨齒天竺鯛						＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊			＊	＊	＊	＊	＊		
C. sp.	天竺鯛	＊													＊			＊								
C. subulatus	圓鰓蓋天竺鯛								※																	
Ostorhinchus apogonoides	短齒天竺鯛																			※						
Pristiapogon fraenatus	棘眼天竺鯛																				＊	＊				
Rhabdamia cypselurus	短箭天竺鯛											＊	＊													
R. gracilis	箭天竺鯛																					＊				
Aracanidae 六棱箱鮋科																										
Kentrocapros aculeatus	棘箱鮋				＊																					
Atherinidae 銀漢魚科																										
Hypoatherina woodwardi	伍氏銀漢魚												＊													
Aulopodidae 仙女魚科																										
Aulopus japonicus	仙女魚												※													
Aulostomidae 管口魚科																										
Aulostomus chinensis	中華管口魚		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
Balistidae 鱗鮋科																										
Aluterus scriptus	長尾革單棘鮋																							＊		
Balistapus undulatus	鉤鱗鮋								＊						＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	
Balistoides conspicillum	花斑擬鱗鮋				＊		＊					＊		＊		＊			＊	＊				＊		
B. viridescens	褐擬鱗鮋									＊			＊	＊		＊	＊			＊	＊		＊	＊※	＊	＊
Melichthys vidua	黑邊角鱗鮋			＊	＊				＊	＊		＊	＊	＊						＊	＊	＊	＊		＊	
Odonus niger	紅牙鱗鮋																				※					
Paraluteres prionurus	副革單棘鮋				＊								＊													
Pseudobalistes flavimarginatus	黃副鱗鮋												＊	＊	＊	＊		＊		＊			＊	＊		

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
P. fuscus	黑副鱗鮁				＊								※													
Rhinecanthus rectangulus	斜帶錙鱗鮁		＊															＊								
R. verrucosus	毒吻棘鮁																				＊					
Sufflamen bursa	鼓氣鱗鮁				＊				＊	＊			＊							＊		＊				
S. chrysopterus	金鰭鼓氣鱗鮁	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
S. fraenatus	黃紋鼓氣鱗鮁			＊		＊	＊	＊	＊	＊		＊			＊	＊	＊	＊	＊							
Oxymonacanthus longirostris	尖吻單棘鮁															＊										
Belonidae 鶴鱵科																										
Strongylura leiura	台灣圓尾鶴鱵								※					＊				※								
Tylosurus crocodilus	鱷形叉尾鶴鱵								＊	※	＊	※		＊				＊			※	※	※		※	
T. melanotus	叉尾鶴鱵	＊									※					※	※									
Berycidae 金眼鯛科																										
Beryx splendens	紅金眼鯛																	※								
Centroberyx rubicaudus	紅尾棘金眼鯛										※		※													
Blenniidae 鰕科																										
Aspidontus dussumieri	杜氏劍齒鰕						＊	＊							＊											
A. taeniatus	縱帶劍齒鰕		＊		＊							＊		＊	＊					＊	＊					
Ecsenius namiyei	江島氏無鬚鰕															＊										
E. yaeyamaensis	八重山無鬚鰕																			＊	＊					
Exallias brevis	短多鬚鰕						＊																			
Meiacanthus grammistes	黑帶稀棘鰕			＊	＊	＊			＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
Petroscirtes breviceps	短頭跳岩鰕																				＊					
Plagiotremus rhinorhynchos	粗吻橫口鰕																				＊					
P. tapeinosoma	黑帶橫口鰕													＊	＊							＊				
Salarias fasciatus	細紋唇齒鰕																				＊					
Bothidae 鮃科																										
Pseudorhombus duplicocellatus	重點斑鮃																	＊								

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Bramidae 烏魴科																										
Brama japonica	日本烏魴											※														
Caesionidae 烏尾冬科																										
Caesio caerulaureus	烏尾冬		＊			＊	＊			＊※		＊	※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	※		＊※	＊※	＊※	＊	＊	＊※
C. chrysopterus	金帶烏尾冬			＊			※										※									
C. cuning	赤腹烏尾冬									＊	＊		※			※										
C. lunaris	花尾烏尾冬		＊						＊	＊																
C. teres	黃藍背烏尾冬			＊	＊		＊	＊	※	＊		＊	＊	＊			＊			＊						＊
Pterocaesio digramma	雙帶鱗鰭烏尾冬		＊	＊	＊	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊	＊※
P. tie	蒂爾烏尾冬		＊	＊			＊		＊								＊	＊※	＊※	＊※	※					
Callionymidae 鼠魚鉤魚科																										
Diplogrammus xenicus	雙線鼠魚鉤魚				＊					＊	＊	＊														
Carangidae 鯵科																										
Atropus atropos	溝鯵																	※								
Carangoides ferdau	印度平鯵														＊						※					
C. gymnostethus	裸胸若鯵																							※		
C. malabaricus	瓜子鯵														※					※						
C. orthogrammus	直線平鯵								＊										＊							
Caranx ignobilis	浪人鯵								※						＊※			※					※	※	※	
C. lugubris	闊步鯵						※	※																		
C. melampygus	藍鰭鯵	＊						※		＊			＊			＊	＊			＊		＊	＊	＊	＊	＊
C. papuensis	巴布亞鯵												※													
C. sexfasciatus	六帶鯵						※														※		※			
Decapterus kurroides	無斑圓鯵											※	※	※	※		※	※	※			※	※			
D. maruadsi	藍圓鯵							※	※				※		※				＊			※				
D. macrosoma	長身圓鯵						※																			
Elagatis bipinnulatus	雙帶鯵							※					※	※	＊※		※	※			※		※	※	※	

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Scomberoides commersonianus	大口逆溝鯵												※													
S. lysan	逆溝鯵	＊																								
Seriola dumerili	紅鮋鯵						※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	＊※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
Ulua mentalia	絲口鯵								※																	
Carcharhinidae 真鯊科																										
Carcharhinus obscurus	灰色白眼鮫							※	※	※																
C. brachyurus	短尾白眼鮫									※																
C. longimanus	長鰭鯖鯊																							※		
C. sarrah	沙拉白眼鮫						※		※																	
Galeocerdo cuvier	鼬鮫							※	※																	
Centriscidae 蝦魚科																										
Centriscus sentatus	蝦魚						＊						＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊				
Centrolophidae 長鯧科																										
Psenopsis anomala	刺鯧								※	※				※								※				
Centropomidae 鋸蓋魚科																										
Lates calcarifer	尖吻鱸																	※								
Chaetodontidae 蝴蝶魚科																										
Chaetodon argentatus	銀身蝴蝶魚		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
C. auriga	揚旛蝴蝶魚		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
C. auripes	耳帶蝴蝶魚	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※
C. baronessa	曲紋蝴蝶魚																＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊
C. bennetti	本氏蝴蝶魚				＊						＊										＊	＊	＊			
C. citrinellus	胡麻斑蝴蝶魚	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
C. ephippium	鞍斑蝴蝶魚				＊	＊	＊				＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊
C. guentheri	貢氏蝴蝶魚				＊																					
C. kleinii	克氏蝴蝶魚	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊※	＊※	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊
C. lineolatus	紋身蝴蝶魚			＊													＊				※					

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
C. lunulatus	弓月蝴蝶魚		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
C. lunula	月班蝴蝶魚					＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
C. melannotus	黑背蝴蝶魚			＊	＊	＊	＊	＊	＊	※	＊	＊		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
C. meyeri	麥氏蝴蝶魚		＊												＊											
C. octofasciatus	八帶蝴蝶魚																									＊
C. ornatissimus	華麗蝴蝶魚				＊	＊	＊	＊	＊	＊							＊			＊	＊		＊	＊	＊	＊
C. plebeius	藍斑蝴蝶魚		＊	＊	＊		＊	＊						＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
C. punctatofasciatus	點斑橫帶蝴蝶魚		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
C. rafflecii	雷氏蝴蝶魚															＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	
C. reticulatus	網紋蝴蝶魚													＊												
C. selene	彎月蝴蝶魚			＊																						
C. speculum	鏡斑蝴蝶魚	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
C. trifascialis	川紋蝴蝶魚	＊		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊			＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊
C. ulietensis	烏利蝴蝶魚		＊	＊		＊								＊			＊			＊			＊			＊
C. unimaculatus	一點蝴蝶魚		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	
C. vagabundus	斜紋蝴蝶魚		＊		＊										＊											
C. wiebeli	飄浮蝴蝶魚			＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊※	＊	＊	＊	＊	＊
C. xanthurus	紅尾蝴蝶魚			＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		
Coradion chrysozonus	金斑少女魚													＊												
Chaetodontoplus personifer	單面荷包魚				＊																					
Forcipiger flavissimus	黃鑷口魚		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
Hemitaurichthys polylepis	多鱗霞蝶魚				＊			＊	＊		＊	＊		＊			＊				＊		＊		＊	
Heniochus acuminatus	白吻雙帶立旗鯛		＊	＊	＊		＊※	＊	＊※	＊		＊	＊※	※＊	※	＊		＊※	＊※	＊※	＊		＊	＊	＊	＊
H. chrysostomus	三帶立旗鯛							＊				＊		＊			＊		＊	＊			＊	＊		
H. monoceros	烏面立旗鯛									＊	※	※			＊	＊	＊※									
H. singularius	單棘立旗鯛			＊				＊	＊		＊	＊	＊	＊						＊	＊		＊	＊	＊	＊
H. varius	黑身立旗鯛		＊		＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Holacanthus trimaclatus	三斑刺鰎魚		＊																							
Chanidae 虱目魚科																										
Chanos chanos	虱目魚														※			※			※					
Cheilodactylidae 唇指科																										
Cheilodactylus zonatus	花尾唇指																							※		
Cichlidae 麗魚科																										
Oreochromis niloticus	尼羅口孵非鯽																							※		
Cirrhitidae 魚翁科																										
Cirrhitichthys aprinus	橫帶鷹斑鯛											＊					＊									
C. falco	鷹金魚翁		＊			＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊		＊			＊		
C. oxycephalus	尖鰭金魚翁			＊		＊	＊						＊		＊	＊	＊						＊		＊	
Cirrhitus pinnulatus	魚翁								※				＊※	＊				※	※							
Paracirrhites arcatus	副魚翁				＊			＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊			＊	＊		
P. forsteri	福氏副魚翁		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊※	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊※	＊		＊	＊	＊	＊
Clupeidae 鯡科																										
Sardinella gibbosa	隆背小砂丁						※																			
Congridae 糯鰻科																										
Conger japonicus	日本糯鰻																					※				
Coryphaenidae 鬼頭刀科																										
Coryphaena hippurus	鬼頭刀						※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※		※	※	※	※	※	※	※
Dactylopteridae 飛角魚科																										
Dactyloptena orientalis	東方飛角魚												※													
Dasyatidae 魟科																										
Dasyatis bennetti	黃土魟													※												
Neotrygon kuhlii	古氏土魟																					＊				
Diodontidae 二齒鮐科																										
Diodon eydouxii	愛氏二齒鮐						※						※				※						※			

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
D. holocanthus	六斑二齒魨				＊		＊					＊		＊			＊	＊	＊	＊	＊				＊	※
D. hystrix	密斑二齒魨		＊											＊			＊					＊				
D. liturosus	柴氏刺魨		＊																							
Echeneidae 印魚科																										
Echeneis naucrates	長印魚	＊																		＊		＊				＊
Engranlididae 鯷科																										
Thryssa hamiltonii	漢氏綾鯷						※																			
Ephippidae 燕魚科																										
Platax boersii	波氏燕魚				＊				※	※		※						＊	※	＊				＊		
P. orbicularis	圓眼燕魚																						※	※		※
P. teria	尖翅燕魚				＊								※		＊	＊								※		
Exocoetidae 飛魚科																										
Cypselurus cyanopterus	黑鰭飛魚											※											※	※	※	※
C. unicolor	白鰭飛魚									※	※		※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
Cypselurus poecilopterus	斑鰭飛魚																					※	※	※	※	※
Fistulariidae 馬鞭魚科																										
Fistularia commersonii	康氏馬鞭魚				＊												＊	＊		＊	＊		＊	＊	＊	＊
Gadidae 鱈科																										
Plectropomus oligacanthus	點線鰓棘鱸												※													
Gempylidae 帶鰆科																										
Rurettas pretiosus	薔薇帶鰆						※	※	※						※											
Gerreidae 鑽嘴魚科																										
Gerres abbreviatus	短鑽嘴魚																				※					
Gobiidae 鰕虎科																										
Amblyeleotris fasciata	條紋鈍鯊											＊	＊													
A. guttata	斑點鈍鯊							＊					＊	＊						＊						
A. periophthalma	黑斑鈍鯊												＊	＊	＊	＊		＊				＊	＊			
A. wheeleri	紅紋鈍鯊																			＊	＊		＊	＊		＊

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Amblygobius albimaculatus	環帶鯊							＊				＊														
A. phalaena	尾斑鈍鯊												＊			＊				＊	＊	＊	＊	＊		＊
Bryaninops natans	海鞭鰕虎														＊											
Cryptocentrus nigrocellatus	眼斑猴鯊																		＊							
Fusigobius duospilus	裸頸植鰕虎																				＊			＊		
Istigobius campbelli	康培氏銜鰕虎																				＊					
I. decoratus	華麗銜鰕虎																	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		
I. goldmanni	戈氏銜鰕虎																							＊	＊	
I. ornatus	裝飾銜鯊												＊			＊		＊						＊		
Gnatholepis scapulostigma	眼帶鰕虎												＊													
Macrodontogobius wilburi	威氏壯牙鰕虎																					＊				
Mahidoria mystacina	大口鰕虎													＊												
Trimma grammistes	斑馬紋磨鰕虎																＊									
Tomiyamichthys alleni	亞倫氏富山鰕虎																				＊	＊				
Valenciennea helsdingenii	雙帶塘鱧																		＊							
V. sexguttata	六點范氏塘鱧												＊						＊			＊				＊
V. strigata	紅帶范氏塘鱧								＊									＊	＊		＊	＊	＊	＊		＊
Haemulidae 石鱸科																										
Diagramma pictum	少棘石鱸																				＊	＊	＊	＊※		＊
Hapalogenys nitens	髭鯛																※									
Parapristipoma trilineatum	三線雞魚								※					※		※	※	※					※			
Plectorhinchus chaetodonoides	斑胡椒鯛									※	※	＊	※	＊※	＊		＊※	※		＊				※		
P. cinctus	花軟唇											※				＊							＊			
P. celebicus	南洋石鱸													※			※									
P. diagrammus	雙帶石鱸				＊		＊※	＊※	＊※	※	※	※	＊※	＊※	＊※	＊	＊	＊※	＊※	＊			※			※
P. flavomaculatus	黃點胡椒鯛						＊※	＊	＊		＊※		※			※	＊※	＊※	＊		※		※			※
P. gibbosus	駝背胡椒鯛								※							※									※	

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
P. goldmanni	斜帶石鱸							※		※	※		※	※	※		※	＊※			※		※			
P. lessonii	雷氏胡椒鯛																				＊※	＊	＊※	＊※		＊
P. lineatus	條紋胡椒鯛					＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊※	＊※	※	＊	＊	＊※	＊※	＊※		＊	＊※	＊	＊
P. pictus	胡椒鯛							＊※	＊※							＊	※			＊						
P. picus	暗點胡椒鯛	＊					※	＊		＊	※		※	※		※	＊	＊	＊	＊※	＊※	＊	＊※	＊※		＊
P. schotaf	灰石鱸										＊															
P. vittatus	條斑胡椒鯛																						＊	＊※	＊	
Hemiramphidae 鱵科																										
Hyporhamphus dussumieri	杜氏下鱵				＊										＊						※	※				
Heterodontidae 異齒鮫科																										
Heterodontus zebra	斑紋異齒鮫														※											
Holocentridae 金鱗魚科																										
Myripristis adusta	焦黑鋸鱗魚																		＊	＊		＊	＊		＊	＊
M. berndti	凸領松毬										※		※	※				※		※	※	※	※			
M. botche	柏氏鋸鱗魚																							＊	＊	
M. chryseres	黃鰭松毬												※				※					※	※			
M. formosa	台灣松毬																				＊		＊			＊
M. greenfieldi	格氏松毬																			＊						
M. herndti	伯特氏松毬							＊	＊			※							＊							
M. kuntee	康德松毬						＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊※	＊	＊	＊	＊※	＊※	
M. melanosticta	黑斑松毬							※	※	※	＊※	＊	＊		※	※	※	＊		※						
M. murdjan	赤松毬																				※					＊※
M. seychellensis	塞昔耳松毬									※																
M. vittata	赤鰓鋸鱗魚																	※					※			
Nemipterus thosaporni	黃緣金線																※									
N. zysron	姬金線魚																※									
Neoniphon opercularis	黑鰭金鱗魚																									＊

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Neoniphon sammara	莎姆金鱗魚						＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	
Ostichthys japonicus	金鱗魚						＊																			
O. sheni	沈氏骨鱗魚																						※			
Sargocentron caudomaculatum	尾斑棘鱗魚												＊	＊				＊	＊	＊	＊※		＊	＊	＊	＊※
S. cornutum	點鰭棘鱗魚																						※			
S. diadema	黑鰭棘鱗魚	＊					＊	＊	＊		＊			※		＊	※	※		＊※	＊※	※	＊	＊	＊	＊※
S. ensifer	劍棘鱗魚																					※				※
S. ittodai	日本棘鱗魚						＊														※		＊	＊		
S. melanospilos	黑點棘鱗魚										※			※				※					※			
S. praslin	紅線棘鱗魚																＊									
S. rubrum	黑帶棘鱗魚												※	※	※		＊※	※			＊	※	※			
S. spinosissimus	刺棘鱗魚																				※					
S. spiniferum	尖吻棘鱗魚									※	※			＊※			※	※		※	＊	※	※	＊		
S. tiere	赤鰭棘鱗魚						※											※		※			※			
Istiophoridae 正旗魚科																										
Istiophorus platypterus	雨傘旗魚										※	※	※	※	※	※			※		※			※	※	
Makaira mazara	黑皮旗魚												※													
Tetrapterus audax	紅肉旗魚											※														
Kyphosidae 舵魚科																										
Girella mezia	黃帶瓜子鱲											＊														
G. melanichthys	黑瓜子鱲													※	※											
G. punctata	瓜子鱲												※													
Kyphosus bigibbus	南方舵魚							＊※	＊※	※		＊※	＊			＊					※			※		
K. cinerascens	天竺舵魚				＊	＊								＊※	※		※	※			※	※	※	※		
K. lembus	蘭勃舵魚						＊					※	※	※	※	※	＊※	※	※	※		＊※	※	※		※
Labridae 隆頭魚科																										
Anampses caeruleopunctatus	青斑阿南魚				＊		＊	＊	＊					＊			＊	＊		＊	＊		※	＊※	＊	＊

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
A. geographicus	蟲紋阿南魚										＊															
A. melanurus	黃尾阿南魚													＊							＊					＊
A. meleagrides	北斗阿南魚			＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	
A. neoguinaicus	新幾內亞鸚鯛					＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊			＊			＊		＊	＊		
A. twistii	雙斑阿南魚		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊
Bodianus axillaris	腋斑狐鯛			＊		＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊		＊		＊※			＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊
B. bilunulatus	雙帶狐鯛						※										＊		※		※		※		※	
B. bimaculatus	雙斑狐鯛																				＊		＊	＊	＊	
B. diana	對斑狐鯛					＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊			＊	＊※		＊		＊※	＊	＊	＊		＊
B. izuensis	伊津狐鯛																				※					
B. leucosticticus	點帶狐鯛							※		※										※	※					
B. masudai	益田氏狐鯛																									※
B. mesothorax	中胸狐鯛		＊		＊		＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊
B. perditio	黃斑狐鯛			＊		＊	※	＊						＊		＊					※					
B. sp.	狐鯛							※																		
Cheilinus bimaculatus	雙斑唇魚				＊																					
C. celebicus	西里伯斯鸚鯛												＊	＊												
C. chlorourus	綠尾唇魚					＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊		＊		＊	＊		＊
C. diagrammus	二點唇魚		＊		＊		＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊			＊※	＊	※	※					
C. fasciatus	橫帶唇魚						＊						＊	＊		＊					＊		＊	＊		＊
C. oxycephalus	尖頭鸚鯛		＊				＊	＊	＊	＊										＊						
C. rhodochrous	單帶鸚鯛										＊	＊			＊		＊※									
C. trilobatus	三葉唇魚										＊	＊		＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊※	＊	＊※	＊※	＊※
C. undulates	曲紋唇魚					＊																			＊	
C. unifasciatus	單帶唇魚		＊		＊		＊※		＊	＊				＊		＊		※								
Cheilio inermis	管唇魚					＊	＊					＊												＊		
Choerodon anchorago	楔斑豬齒魚					＊																				

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
C. azurio	藍豬齒魚				＊		※	※	※		※		※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
C. fasciatus	七帶豬齒魚				＊	＊	＊						＊				＊		＊				＊			
C. gymnogenys	紫紋豬齒魚																							※		※
C. jordani	喬氏豬齒魚																				※					
C. robustus	粗豬齒魚										＊	※					※		※	※			※			
C. schoenleini	邵氏豬齒魚														＊						＊※					＊
C. zamboanage	杜邦寒鯛						※																			
Cirrhilabrus cyanopleura	藍身絲鰭鸚鯛		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊
C. exquistus	艷麗絲鰭鸚鯛												＊	＊	＊	＊				＊	＊		＊	＊	＊	
C. lunatus	新月絲鰭鸚鯛																							＊		＊
C. melanomarginatus	黑緣絲鰭鸚鯛										＊		＊		＊			＊			＊					
C. temminckii	丁氏絲鰭鸚鯛				＊														＊							
C. rubimarginatus	紅緣絲鰭鸚鯛				＊													＊						＊	＊	
Coris aygula	紅喉盔魚				＊		＊	＊		＊			＊	＊			＊	＊		＊	＊		＊	＊	＊	＊
C. batuensis	巴都盔魚																				＊					
C. dorsomacula	背斑盔魚		＊			＊			＊				＊	＊		＊※	※	※			＊	＊	＊		＊	＊
C. gaimard	蓋馬氏盔魚				＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊		＊※	＊		＊	＊	＊※	＊※	＊	＊	＊
C. musume	黑帶盔魚																				※					
C. picta	斑盔魚						※								※											
Epibulus insidiator	伸口魚																						＊			＊
Gomphosus varius	雜色尖嘴魚		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
Halichoeres biocellatus	雙斑儒艮鯛			＊	＊	＊	＊						＊	＊		＊	＊				＊					
H. centiguserus	石斑海豬魚		＊																							
H. chrysus	黃尾海豬魚				＊	＊	＊				＊	＊	＊					＊	＊	＊			＊	＊		
H. hartzfeldii	哈氏海豬魚									＊			＊			※					※					
H. hortulanus	雲斑海豬魚		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊
H. margaritaceus	斑點海豬魚					＊																	＊			

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
H. marginatus	白雪儒艮鯛									＊		＊		＊			＊						＊			
H. melanochir	黑腕海豬魚		＊		＊			＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊				＊		＊		
H. melanurus	黑尾海豬魚																				＊					
H. nebulosus	雲紋海豬魚			＊								＊				＊	＊		＊		＊				＊	
H. orientalis	東方海豬魚																			＊						
H. ornatissimus	飾妝海豬魚				＊	＊	＊																			
H. poecilopterus	花翅儒艮鯛											＊		＊												
H. prostopeion	黑額海豬魚													＊	＊	＊	＊	＊			＊	＊	＊	＊	＊	＊
H. scapularis	頸帶海豬魚						＊			＊	＊			＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊
H. trimaculatus	三斑海豬魚					＊	＊		＊	＊	＊	＊		＊※	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
Hemigymnus fasciatus	條紋厚唇魚			＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊		※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊※	＊			＊
H. melapterus	黑鰭半裸魚	＊			＊	＊	＊		＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊			＊		＊	＊		
Hologymnosus annulatus	環紋全裸鸚鯛				＊	＊	＊				＊		＊	＊※	＊		＊※		※	※	※	＊				
H. doliatus	狹帶全裸鸚鯛					＊	＊	＊	＊	＊		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊				＊		
H. rhodonotus	玫瑰全裸鸚鯛																					＊				
Iniistius baldwini	巴氏項鰭魚																							＊		
Labroides bicolor	二色裂唇魚				＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
L. dimidiatus	裂唇魚		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
Labrichthys unilineatus	單線黑隆魚														＊											
Labropsis manabei	曼氏褶唇魚			＊		＊		＊					＊	＊		＊					＊					
Macropharyngodon meleagris	朱斑大咽齒魚	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊
M. negrosensis	黑曲齒鸚鯛		＊											＊	＊											
M. sp.	曲齒鸚鯛	＊																								
Novaculichthys taeniurus	帶尾新隆魚							＊						＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊			
Oxycheilinus bimaculatus	雙斑尖唇魚																			＊	＊	＊	＊	＊		
O. digramma	雙線尖唇魚																				＊	＊				
O. unifasciatus	單帶尖唇魚																						＊	＊	＊	＊

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Pseudocaris yamashiroi	擬盔魚													＊	＊		＊									
P. sp.	擬鸚鯛											＊														
Pseudocheilinus evanidus	姬擬唇魚				＊		＊							＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊		＊
P. hexataenia	六帶擬唇魚					＊	＊	＊					＊	＊		＊	＊	＊		＊			＊			
P. octotaenia	條紋擬唇魚				＊			＊	＊						＊						※				＊	
Pseudodax moluccanus	摩鹿加擬鸚鯛					＊															＊					
Pseudojuloides cerasina	擬海豬魚													＊	＊					＊	＊					
Pseudolobrus japonicus	日本擬隆頭魚						※					※														
Pteragogus enneacanthus	九棘長鰭鸚鯛																				＊	＊	＊	＊	＊	
P. flagellifera	長鰭鸚鯛		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊				
Stethojulis bandanensis	黑星紫胸魚				＊						＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊
S. interruptus	斷紋紫胸魚				＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊												
S. strigiventer	虹紋紫胸魚																				＊	＊				
S. trilineata	三線紫胸魚				＊									＊	＊	＊	＊	＊					＊	＊	＊	＊
Thalassoma amblycephalus	鈍頭錦魚		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
T. cupido	環帶錦魚																							＊		
T. fuscum	柵紋錦魚		＊																							
T. hardwickii	哈氏錦魚		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
T. hebraicum	海布拉錦魚		＊																							
T. jansenii	詹氏錦魚		＊	＊			＊		＊	＊	＊	＊	＊※	＊			＊※	※	＊	＊※	＊		＊	＊	＊	
T. lunare	新月錦魚		＊		＊	＊	＊※		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
T. lutescens	黃衣錦魚		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊	＊	＊	＊
T. purpureum	紫錦魚		＊	＊														※			＊					
T. quinquevittatum	五帶錦魚		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※		＊	＊		
T. trilobatum	三葉錦魚		＊	＊						＊					※		＊			＊						
Xyrichtys evides	麗虹彩鯛														※											
X. twistii	雙斑虹彩鯛											※			※											

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
X. woodi	伍氏虹彩鯛										＊※	※		＊	＊	＊			＊						
X. pavo	巴父虹彩鯛														※	※										
Leiognathidae 鰏科																										
Leiognathus equulus	短棘鰏																					※	※	※		
Lethrinidae 龍占魚科																										
Gnathodentex aurolineatus	金帶鯛										＊		＊							＊	※	＊				
Gymnocranius euanus	真白鱲																				※					
G. griseus	灰白鱲						※				※			＊	※	※		＊※		※			＊※	＊※		
G. japonicus	日本白鱲								※				※			※			※	※						
G. sp.	龍占	＊																								
Lethrinus atkinsoni	阿氏龍占魚																					※				
L. haematopterus	正龍占				＊				※				※		＊		＊		※	※	※					
L. harak	單斑龍占	＊			＊						＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊※	＊	＊	＊※	＊	※	＊※	＊	＊
L. lentjans	烏帽龍占															＊			＊							
L. mahsena	白點龍占						※						※	※			※	※								
L. mahsenoides	磯龍占									※							※		※							
L. miniatus	長吻龍占							※	※			※			＊	＊	＊	＊※			※				＊※	＊
L. nebulosus	青嘴龍占				＊	＊	※	※				※	※	＊	＊※	※	＊※	＊※		＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊	※
L. obsoletus	橘帶龍占																						＊	＊※		
L. ornatus	黃帶龍占								※				※						＊	＊※	＊	＊	※	※		※
L. olivaceus	尖吻龍占																				＊※	＊※	＊※	＊※		
L. rubrioperculatus	紅鰓龍占												※	※	※	※		※	※	※	※	※	※	※	※	※
L. semicinctus	長身龍占					＊	※											※		※	※					
Monotaxis grandoculis	異黑鯛				＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊		
Lutjanidae 笛鯛科																										
Aphareus furcatus	欖色細齒笛鯛						＊				＊													※		
A. rutilans	銹色細齒笛鯛													※	※							※	※			

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Aprion virescens	藍笛鯛		＊						※			※						※	＊				＊			＊
Etelis carbunculus	濱鯛							※	※	※	※						※									
E. coruscans	長尾濱鯛						※	※		※	※		※	※	※	※	※	※	※		※	※	※	※	※	
E. radiosus	大口濱鯛						※									※										
Lutjanus bengelenis	孟加拉笛鯛						※				※		※	※		※	※		※	※	※	※	※			※
L. bohar	白斑笛鯛																			＊	＊		＊			＊
L. boutton	藍帶笛鯛						※				※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	＊※	※	※	※	＊※	＊	
L. carponotatus	胸斑笛鯛						＊			※	※				※			※	※				※			
L. decussates	交叉笛鯛									※	※	※		※			＊			＊※	＊※	＊	＊	＊	＊	＊
L. dodecanthoides	斜帶笛鯛													※		※	＊	＊※	＊※	※						
L. erythropterus	赤鰭笛鯛											※							※		※		※		※	
L. fulviflamma	火斑笛鯛				＊		※	※		※	※	＊※	※	※	＊※	※	＊※	＊	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊	＊※	
L. fulvus	黃足笛鯛			＊	＊		＊	＊	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊	＊※	＊※	＊	＊
L. gibbus	隆背笛鯛						※	※	※	※	＊※	※	※	※	＊※	※	※	※	※	※	＊※	※	＊※	※	※	※
L. kasmira	四線笛鯛		＊		＊		＊	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊			＊※	＊※	＊※	＊※	＊	＊※	※	＊※	＊※		＊※
L. lutjanus	正笛鯛						※		※		※	＊	※				※	※	※	※	※	＊※	※	※		＊※
L. malabricus	摩拉巴笛鯛											※		※				※								
L. monostigma	單斑笛鯛				＊										＊					＊	＊	＊	※	※		＊※
L. quinquelineatus	五線笛鯛						＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊※	＊※			＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※
L. rivulatus	海雞母笛鯛						＊	※	※	※	※	※	※	※	＊※	＊※	※	※	＊※	※	※	※	※	＊※		※
L. russelli	羅氏笛鯛						※	＊※	＊	※	＊	＊	＊	＊	※	＊		＊								
L. stellatus	白星笛鯛						※			＊※	※	※			＊		※	※	＊※	＊			※	※		
L.vitta	縱帶笛鯛									＊		※	※			※	※	＊※	※		※	※				
Macolor maculatus	斑點笛鯛					＊	＊		＊	＊		＊		＊			＊	＊	＊	＊			＊			
M. niger	黑背笛鯛				＊		＊	＊	＊			＊	＊	＊		＊	＊	＊			＊					
Paracaesio caeruleus	藍色擬烏尾冬								※	※	※		※	※	※	＊※	※	※	※	※	※		※		※	※
P. kusakarii	橫帶擬烏尾冬										※		※	※			※	※			※		※			

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
P. xanthurus	黃擬烏尾冬						※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	＊※	※		※	※		※		※	
Pinjalo pinjalo	斜鱗笛鯛						※												※							
Pristipomoides argyrogrammicus	藍紋姬鯛																					※	※	※		
P. auricilla	黃尾姬鯛						※																			
P. filamentosus	絲鰭姬鯛									※	※		※	※	※	※	※				※			※	※	
P. multidens	黃吻姬鯛														※						※					
P. sieboldii	姬鯛								※							※										
Pterocaesio tile	蒂爾烏尾冬															※										
Tropidinius amoenus	花笛鯛						※			※	※		※						※	※						
T. zonatus	橫帶花笛鯛							※				※														
Symphorus nematophorus	曳絲笛鯛																				※					
Malacanthidae 軟棘魚科																										
Malacanthus brevirostris	短吻軟棘魚													※				※		※	※					
Megalopidae 大眼海鰱科																										
Megalops cyprinoides	大眼海鰱	＊																								
Mobulidae 蝠魟科																										
Mobula diabolus	姬蝠魟									※																
M. formosana	台灣蝠魟										※															
Molidae 翻車鮕科																										
Mola mola	翻車鮕									※			※													
Monacanthidae 單棘鮕科																										
Aluterus monoceros	單角革單棘鮕								※	※			※	※			※									
A. scriptus	長尾革單棘鮕	＊									＊				＊								＊			
Amanses scopes	美單棘鮕									※					＊			＊								
Cantherhines dumerilii	杜氏刺鼻單棘鮕						＊	＊		＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊
C. fronticinctus	額斑刺鼻單棘鮕						＊			※																
C. pardalis	細斑刺鼻單棘鮕													＊				＊					＊			

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Paraluteres prionurus	副革單棘魨				＊							＊	＊	＊												
Pervagor janthinosoma	紅尾前角單棘魨												＊										＊			
Mugilidae 鯔科																										
Chelon macrolepis	大鱗鯔																							※		
Mugil cephalus	鯔											＊				＊			＊							
Valamugil seheli	薛氏凡鯔																			＊				＊		
Mullidae 羊魚科																										
Mulloidichthys falvolineatus	黃線擬鬚鯛		＊	＊									※	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※
M. vanicolensis	金帶擬鬚鯛	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊				＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊※
Parapeneus barberinoides	鬚海緋鯉												＊					＊	※		＊※		＊	＊		＊
P. barberinus	單帶海緋鯉						＊※		＊	＊※		＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
P. bifasciatus	雙帶海緋鯉			＊				＊	＊	※									＊	＊						
P. chrysopleuron	紅帶海緋鯉						※				※	※	※	※	※	※		※		※	※					
P. ciliatus	短鬚海緋鯉			＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊			＊	＊	
P. cyclostomus	圓口海緋鯉						※		＊			※	＊		※	＊		※	＊	※	※	＊	＊	＊	＊	＊※
P. indicus	印度海緋鯉			＊	＊	＊	＊※	＊※	＊※	※	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊
P. multifasciatus	多帶海緋鯉	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊※	＊※	＊	＊	＊※	＊※	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※
P. pleurostigma	黑斑海緋鯉						※									＊				＊	※		＊			
P. spilurus	大型海緋鯉						※		※		※	※	※	※	※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※		＊※	※	※	※
P. trigasciatus	三帶海鯡鯉											※						※		※	※					
Upeneus japonicus	日本緋鯉																				＊		＊			
U. moluccensis	麻六甲緋鯉						※																			
U. tragula	黑斑緋鯉						＊	＊	＊					＊		＊		＊	＊	＊		＊		＊	＊	
U. vittatus	多帶緋鯉						＊	＊	＊													＊		＊		
Muraenesocidae 海鰻科																										
Muraenesox bagio	百吉海鰻																※									
M. cinereus	灰海鰻							※				※														

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Muraenidae 鯙科																										
Echidna nebulosa	星帶蝮鯙																								＊	
E. polyzona	多環蝮鯙														※											
Gymnothorax albimarginatus	白緣裸胸鯙																						※			
G. berndti	班第氏裸胸鯙																			※						
G. chilospilus	雲紋裸胸鯙																						※			
G. eurostus	黴身裸胸鯙																						＊			
G. favagircus	黑斑裸胸鯙						※	※	※	※	※	※	※		※	※	＊※	※	※	※	※	＊※	※	※		※
G. fimbriatus	花鰭裸胸鯙									※						※								※		
G. flavimarginatus	黃邊鰭裸胸鯙									※																
G. javanicus	爪哇裸胸鯙									※							＊		＊				※	※		
G. meleagris	白口裸胸鯙		＊		＊																					
G. neglectus	細花斑裸胸鯙																				※					
G. rueppelliae	寬帶裸胸鯙						＊																			
Rhinomuraena quaesita	黑身管鼻鯙																			＊						
Siderea picta	花斑星裸胸鯙												＊													
Uropterygius macrocephalus	巨頭鰭尾鯙								※																	
Nemipteridae 金線魚科																										
Nemipterus furcosus	紅金線魚										※															
N. japonicus	日本金線魚																			※						
N. peronii	裴氏金線魚								※												※					
N. zysron	姬金線魚								※						※					※						
N. virgatus	金線魚																			※						
Parascolopsis eriomma	寬帶副眶棘鱸						※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	＊※	※
P. inermis	橫帶赤尾冬						※					※														
Pentapodus aureofasciatus	黃帶錐齒鯛																				＊					
P. nagasabiensis	長崎錐齒鯛										※		※	＊	※	＊※	＊※	※	※							

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Scolopsis affinis	烏面赤尾冬		＊		＊	＊					＊		＊	＊				＊		＊	＊			＊※	＊	
S. bilineatus	雙帶眶棘鱸	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊
S. cancellatus	柵紋眶棘鱸		＊																							
S. ciliata	黃點赤尾冬																			＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
S. lineata	黃帶赤尾冬			＊									＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊
S. monogramima	黑帶赤尾冬							＊			※	※				＊			＊			＊		＊	＊	
S. trilineatus	三帶赤尾冬									＊							＊	＊		＊	＊		＊	＊	＊	
S. vosmeri	白頸赤尾冬						※			※						＊※		＊※			＊※	＊		※	※	
S. xenochrous	欖斑赤尾冬														※			※			※			※	※	
Oplegnathidae 石鯛科																										
Oplegnathus fasciatus	條石鯛														＊											
O. punctatus	斑石鯛						※						※		※							＊	※			
Ophichthidae 蛇鰻科																										
Myrichthys colubrinus	竹節花蛇鰻						＊										＊	＊			＊		＊			
Ophidiidae 鼬鰏科																										
Brotula multibar	多鬚鼬魚																			※						
Hoplobrotula armata	棘鼬																				※					
Orectolobidae 鬚鮫科																										
Orectolobus japonicus	日本鬚鮫	＊																								
Ostracidae 鎧魨科																										
Lactoria fronasini	福氏角箱魨		＊															＊								
Ostracion cubicus	粒突箱魨			＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊
O. meleagris	米點箱魨			＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊			＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	
Pempheridae 擬金眼鯛科																										
Pempheris oualensis	烏伊蘭擬金眼鯛		＊										＊	＊	＊		＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	
P. vanicolensis	黑緣擬金眼鯛		＊				＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊					＊	＊	＊		＊			＊
Pentacerotidae 五棘鯛科																										

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Evistias acutirostris	尖吻棘魚												※													
Pinguipedidae 虎鰔科(擬鯔科)																										
Parapercis cephalopunctata	頭斑虎鰔		＊	＊	＊	＊		＊		＊	＊		＊	＊	＊	※	＊		＊							
P. clathrata	四斑擬鱸		＊	＊			＊	＊	＊	＊※	＊	※	＊	＊※		＊※	※	＊※	＊		＊※	＊	＊	＊	＊	＊
P. cylindrica	圓擬鱸		＊		＊		＊	＊	＊	＊			＊		＊	＊	＊				＊	＊	＊			＊
P. kamoharai	蒲原氏擬鱸												※	＊	＊	※	＊		※		※					
P. millepunctata	雪點擬鱸																			＊		＊		＊		＊
P. multifasciata	多橫斑擬鱸																※		※	※						
P. pacifica	太平洋擬鱸	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
P. somaliensis	索馬利虎鰔						※		※	※	※	※														
P. tetracantha	四棘擬鱸				＊	＊		＊	＊	＊※	＊	＊		＊	＊			※		＊※	＊※		＊		※	
P. xanthozona	紅帶擬鱸											＊					＊		＊			＊				
Platycephalidae 牛尾魚科																										
Ratabulus megacephalus	花大眼牛尾魚	＊																								
Plesiopidae 七夕魚科																										
Calloplesiops altivelis	瑰麗七夕魚											＊														
Plotosidae 鰻鯰科																										
Plotosus anguillaris	鰻鯰	＊															＊		＊							
Polymixiidae 鬚銀眼鯛科																										
Polymixia berndti	貝氏鬚銀眼鯛								※									※								
Polynemidae 馬鮁科																										
Eleutheronema rhadinum	多鱗四指馬鮁																							※	※	
Pomacanthidae 蓋刺魚科																										
Apolemicthys trimaculatus	三點阿波魚												※												＊	
Centropyge bicolor	二色刺尻魚																					＊		＊	＊	
C. bispinosus	雙棘蓋刺魚				＊					＊	＊	＊	＊			＊							＊			
C. ferrugata	鏽紅刺尻魚												＊		＊	＊					＊			＊		

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
C. heraldi	海爾蓋刺魚						＊																			
C. tibicen	白斑刺尻魚		＊												＊	＊							＊			＊
C. vrolickii	伏羅氏蓋刺魚		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
Genicanthus semifasciatus	半紋背頰刺魚																			※						
Pomacanthus diacanthus	錦紋蓋刺魚												＊		＊	＊	＊					＊				
P. imperator	條紋蓋刺魚			＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊		＊※	＊※	＊※	＊	＊※		＊※	＊	＊	
P. semicirculatus	疊波蓋刺魚		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊	＊	＊※	＊※	＊	＊
P. sexstriatus	六帶蓋刺魚																		＊							
Pygoplites diacanthus	甲尻魚				＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
Pomacentridae 雀鯛科																										
Abudefduf bengalensis	孟加拉雀鯛												＊													
A. dicki	弧帶豆娘魚		＊																							
A. leucogaster	白腹豆娘魚		＊																							
A. lorenzi	勞倫氏雀鯛				＊														※							
A. notatus	黃尾雀鯛																					＊				
A. sordidus	梭地豆娘魚																								＊	
A. septemfasciatus	七帶雀鯛			＊																						
A. sexfasciatus	六線雀鯛		＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊※	＊		
A. vaigiensis	條紋豆娘魚		＊	＊	＊	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊	＊※	＊
Amblyglyphidodon aureus	黃背寬刻齒雀鯛					＊		＊	＊	＊		＊		＊			＊			＊	＊		＊	＊		
A. curacao	橘鈍寬刻齒雀鯛				＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
A. ternatensis	綠身寬刻齒雀鯛					＊								＊					＊							
A. leucogaster	白腹寬刻齒雀鯛				＊	＊	＊				＊	＊	＊								＊					
Amphiprion clarkii	克氏雙鋸魚		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊
A. frenatus	白條雙鋸魚												＊						＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊
A. ocellaris	眼斑雙鋸齒雀鯛				＊																					
A. perideraion	粉紅雙鋸魚				＊	＊	＊	＊	＊			＊														＊

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Cheiloprion labiatus	厚唇雀鯛																									＊
Chromis alleni	亞倫氏光鰓雀鯛																				＊					
C. analis	黃光鰓雀鯛																＊※									
C. atripectoralis	黑腋光鰓雀鯛				＊							＊										＊				
C. atripes	黑鰭光鰓雀鯛					＊	＊	＊	＊	＊			＊	＊		＊※			＊					＊		
C. chrysura	短身光鰓雀鯛		＊	＊	＊	＊			＊	＊	＊						＊				＊			＊	＊	＊
C. delta	三角光鰓雀鯛																									＊
C. flavomaculata	黃斑光鰓雀鯛			＊	＊																			＊		
C. lepidolepis	細鱗光鰓雀鯛		＊			＊					＊	＊	＊※		＊	＊	＊		＊					＊		
C. margaritifer	二色光鰓雀鯛		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
C. notata	斑鰭光鰓雀鯛					＊	＊			＊	＊				＊			＊								
C. ovatiformis	卵形光鰓雀鯛							＊	＊	＊			＊	＊												＊
C. retrofasciata	黑帶光鰓雀鯛		＊		＊	＊																				
C. rex	雷克斯刻齒雀鯛																							＊		
C. sp.	光鰓雀鯛														＊											
C. ternatensis	三葉光鰓雀鯛		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
C. vanderbilti	凡氏光鰓雀鯛																				＊			＊		
C. virides	藍綠光鰓雀鯛						＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
C. weberi	魏氏光鰓雀鯛			＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊			＊				＊				＊	＊	＊
C. xanthura	黃尾光鰓雀鯛													＊	＊		＊	＊	＊						＊	＊
Chrysiptera biocellatus	三點刻齒雀鯛			＊																						
C. cyaneus	藍刻齒雀鯛											＊														
C. leucopoma	雙白帶刻齒雀鯛			＊					＊																	
C. rex	雷克斯刻齒雀鯛						＊	＊	＊					＊	＊	＊	＊									＊
C. rollandi	羅氏刻齒雀鯛																					＊				
C. starcki	史氏刻齒雀鯛												＊						＊							

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
C. unimaculata	單斑刻齒雀鯛																				＊			＊	＊	
Dascyllas aruanus	三帶圓雀鯛		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊		
D. melanurus	黑尾圓雀鯛						＊												＊							
D. reticulatus	網紋圓雀鯛		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊
D. trimaculatus	三斑圓雀鯛		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊※	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊
Neoglyphidodon melas	黑副雀鯛				＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
N. nigroris	黑褐副雀鯛		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
Neopomacentrus cyanomos	新雀鯛																＊									
Plectroglyphidodon dickii	迪克氏固曲齒鯛			＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊					＊
P. johnstonianus	約島氏固曲齒鯛					＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
P. lacrymatus	珠點固曲齒鯛				＊	＊		＊		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
P. leucozona	白帶固曲齒鯛									＊											＊					
Pomacentrus alexanderae	胸斑雀鯛																									＊
P. amboinensis	安邦雀鯛				＊	＊	＊												＊	＊			＊	＊		
P. bankanensis	斑卡雀鯛			＊												＊	＊				＊	＊				
P. chrysurus	白尾雀鯛				＊						＊			＊	＊	＊	＊			＊	＊	＊	＊	＊		＊
P. coelestis	霓虹雀鯛		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊
P. lepidogenys	頰鱗雀鯛		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊				
P. leucozons	白帶雀鯛		＊	＊																						
P. moluccensis	摩鹿加雀鯛				＊	＊	＊	＊	＊					＊	＊	＊		＊	＊		＊					
P. nigromarginatus	黑鰭緣雀鯛													＊							＊					
P. opisthostigma	腋斑雀鯛														＊	＊	＊									
P. pavo	青玉雀鯛			＊			＊			＊	＊			＊			＊						＊			
P. philippinus	菲律賓雀鯛				＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
P. stigma	泰布拉雀鯛																					＊				
P. tripunctatus	三斑雀鯛									＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊								＊
P. vaiuli	王子雀鯛		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Stegases fasciolatus	藍紋高身雀鯛				＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊	＊		＊※	＊		＊		＊	＊		
S. altus	羽高身雀鯛				＊																					
S. nigricans	黑真雀鯛									＊	＊							＊	＊	＊						
Priacanthidae 大眼鯛科																										
Cookeolus boops	紅目大眼鯛						＊※			※		※		※	※	※						※				
C. japonicus	日本紅目大眼鯛																								※	
Priacanthus blochii	斑鰭大眼鯛													※				※				＊				
P. cruentatus	血斑大眼鯛												※		＊			＊								
P. hamrur	寶石大眼鯛	＊						※	※	※							＊	＊	※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊
P. macracanthus	大棘大眼鯛		＊						※		※							＊	※	※	※	※	※			
Pristigenys niphonia	大鱗大眼鯛												※			※	※									
P. sagittarius	高背大眼鯛																							※		※
Pseudochromidae 准雀鯛科																										
Dampieria cyclophthalma	環眼准雀鯛		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
D. melanotaenia	黑條紋准雀鯛				＊							＊		＊	＊	＊※		＊※		※						
Pseudochromis cyanotaenia	藍帶准雀鯛														＊		＊									
Ptereleotridae 凹尾塘鱧科																										
Nemateleotris magnificus	絲鰭線塘鱧		＊		＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		
Ptereleotris evides	瑰麗塘鱧		＊	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
P. microlepis	細鱗凹尾塘鱧																				＊					
Rachycentridae 海鱸科																										
Rachyentron canadum	海鱸									※	※	※		※	※	※										
Salmonidae 鮭科																										
Oncorhynchus keta	鮭魚												※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
Scaridae 鸚哥魚科																										
Bolbometopon muricatum	隆頭鸚哥魚														＊※	＊			※			※				
Calotomus calorinus	卡羅鸚鯉	＊														＊※	＊	＊				※	※			

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Cetoscarus bicolor	青鸚哥魚				＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊				※	＊	＊	＊		
Chlorurus microrhinos	小鼻綠鸚哥魚																									＊
C. oedema	瘤綠鸚哥魚																				※		※			
C. japanensis	日本綠鸚哥魚																							※		
Hipposcarus longiceps	長吻鸚哥魚					＊	＊		＊	＊	＊	＊		※	＊	＊	＊	＊※	＊				＊			
Scarus atropectoralis	紅鸚哥魚								※		※		※													
S. bowersi	鮑氏鸚哥魚		＊					＊	※			※					＊	※	※	＊	※					
S. chameleon	藍臀鸚哥魚																							＊		
S. chlorodon	綠鸚哥魚				＊																					
S. dimidiatus	新月鸚哥魚							＊	＊		＊				※	＊			※	※	※		※	＊		
S. festivus	橫紋鸚哥魚						＊※		※	※		※								＊	＊※	＊	＊	＊		＊※
S. forsteni	福氏鸚哥魚					＊	＊※	＊※	＊	＊	＊※	＊	＊※	＊	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊
S. frenatus	黃鸚哥魚					＊	※	※				※		＊							※					
S. ghobban	藍點鸚哥魚	＊					＊※	※	※	＊※	＊※	※	※	※	※	＊※	＊※	※	※	＊※	＊※	※	＊※	＊※	＊※	＊※
S. gibbus	鈍頭鸚哥魚						＊※		※	※		＊※	＊			＊		＊	＊	＊			＊			
S. globiceps	蟲紋鸚哥魚									※				＊※	＊※	※		＊※			＊				※	＊※
S. hypselopterus	爪哇鸚哥魚																			＊	＊		＊	＊	＊	＊
S. lunula	彎月鸚哥魚									※																
S. niger	頸斑鸚哥魚			＊	＊	＊	＊							＊※	＊	＊	＊	＊		※			※	＊※	※	＊
S. ocdema	疣鸚哥魚					＊								＊	※											
S. oviceps	姬鸚哥魚		＊	＊	＊		＊		＊	＊	＊	＊	＊	※＊	＊	＊※	＊	＊	＊※			※				
S. oviforns	卵頭鸚哥魚						※														※					
S. prasiognathos	綠頜鸚哥魚		＊					※		※	＊	※					※	＊	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊※		
S. psittacus	棕吻鸚哥魚					＊	＊※					＊	＊	＊※	＊※	＊	＊※	＊※	＊※		＊				＊	
S. pyrrhurus	紅尾鸚嘴魚		＊		＊	＊						※						※	※	※						
S. rivulatus	雜紋鸚哥魚											※		※	※	※	※	※	※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
S. rubroviolaceus	紅紫鸚哥魚		＊		＊	＊	＊	＊※			※	＊※	※	＊※	＊※	※	＊※	※	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊
S. schlegeli	史氏鸚哥魚	＊				＊	＊	＊	＊	＊※	＊※	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊	＊	※	＊※	＊※	※	＊※	＊※	＊※	＊※
S. sordidus	白斑鸚哥魚				＊	＊	＊			＊※	＊	＊	＊	＊	＊※	＊	＊	＊	＊※	＊※	＊※		＊	＊	＊	＊
S. spinus	刺鸚哥魚																						※		＊	
S. tricolor	一字鸚哥魚	＊																								
Scatophagidae 金錢魚科																										
Scatophgus argus	金錢魚																	※						※		
Sciaenidae 石首魚科																										
Atrobucca nibe	黑域																	※								
Larimichthys crocea	大黃魚																							※		
Scombridae 鯖科																										
Acanthocybium solandii	棘鰆						※		※	※	※	※		※	※		※	※	※	※	※		※	※	※		
Auxis thazard	扁花鰹										※	※	※	※		※	※					※	※			
Euthynnu affinis	巴鰹							※	※	※		※	※			※										
E. pelamis	正鰹						※		※	※	※	※	※	※						※				※	※	
Rastrelliger faughni	富氏金帶花鯖																※									
R. kanagurta	金帶花鯖																							※		
Sarda orieneails	東方齒鰆						※									※	※				※					
Scomber australasiaus	花腹鯖							※															※			
S. japonicus	白腹鯖							※	※			※			※		※									
Scomberomorus commerson	鰆												※													
S. guttatus	台灣馬加鰆						※															※	※			
S. koreanus	高麗馬加鰆						※																			
Thunnus alalunga	長鰭鮪											※														
T. tonggol	長腰鮪																						※			
T. albacares	黃鰭鮪						※	※	※	※	※	※	※		※		※	※	※	※			※	※		
Scorpaenidae 鮋科																										

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Ablabys taenianotus	長絨鮋														＊											
Dendrochirus zebra	斑馬紋多臂簑鮋			＊						＊			＊	＊	＊		＊			＊			＊			
Helicolenus hilgendorfi	無鰾鮋									※	※	※	※	※	※	※	※		※	※	※	※	※	※	※	※
Inimicus japonicus	日本鬼鮋																		＊							
Odontanthias borbonius	花斑金花鱸																				※					
Parascorpaena mossambica	莫三鼻克圓鱗鮋																			＊		＊		＊		
P. mcadamsi	斑翅圓鱗鮋																						＊			
Pterois antennata	觸角簑鮋							＊	＊		＊	＊	＊			＊	＊	＊		＊	＊	＊		＊		
P. picta	花彩圓鱗鮋																						※			
P. radiatus	軸紋簑鮋			＊											＊			＊		＊	＊	＊		＊		
P. volitans	魔鬼簑鮋											＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊※		＊
Scorpaenopsis diabolus	駝背石狗公				＊																					
S. cirrosa	鬼石狗公						※								※	＊※				＊		＊				
Scorpaena izensis	伊豆鮋																				※					
S. noglecta	絡鰓鮋						※							※												
S. ornaria	斑鰭鮋										※	※		※												
Scorpaenodes parripinnis	短翅小鮋						※	※	※					※												
Sebastiscus albofasciatus	白條紋石狗公										※															
S. tertius	三色石狗公										※									※						
Synanceia verrucosa	玫瑰毒鮋	＊																								
Serranidae 鮨科																										
Aethaloperca rogaa	煙鰭							※	※										※							
Anthias elongatus	長花鮨														※	※				※						
A. fasciatus	條紋花鮨						※										※									
A. pascalus	厚唇花鱸							＊※	＊																	
A. squamipinnis	金花鮨																※									
A. truncatus	截尾花鮨					＊																				

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Anyperodon leucogrammiaus	白線光鮨						※	※	※					※	※	※	※	※	※			※	※	※		
Caprodon schlegeli	許氏菱齒花鮨						※								※									※		
Cephalopholis analis	紅點九刺鮨						※				※						※			※	※		※	※	※	
C. argus	斑點九刺鮨						※	※	※						※	※	※	※	※	※	※	＊※	※	※	※	＊※
C. aurantia	橙點九刺鮨																				※		※			
C. boenack	橫紋九刺鮨		＊	＊			※									＊			※							
C. igarashiensis	伊加拉九刺鮨																					※				
C. miniata	青星九刺鮨					＊	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	＊※	※	※	※	※	※
C. pachycentron	橫帶九刺鮨		＊																							
C. sexmaculatus	六斑九刺鮨						※	※					※	※		※			※	※		※				
C. sonnerati	宋氏九刺鮨										※						※			※	※		※			※
C. spiloparaeus	黑緣九刺鮨						※					※			※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※
C. urodeta	尾紋九刺鮨		＊		＊	＊	＊※	＊※	＊	※	＊	＊※	＊	＊	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※
Chelidoperca hirundinacea	小花鱸																	※								
C. pleurospilus	黑點小花鱸														※		※									
Chromileptes altivelis	駝背鱸														＊				※							
Diploprion bifasciaus	雙帶鱸															＊						＊	＊			＊
Epinephelus akaara	赤點石斑魚																			※						
E. amblycephalus	鑲點石斑魚																	＊	※							
E. areolatus	寶石石斑																				※				※	
E. awoara	青石斑魚									※				※	※	※									※	
E. bleekeri	布氏石斑魚						※					※	※	※＊	※	※	※	※	※			※	※	※	※	※
E. caeruleopunctatus	藍點石斑魚									＊																
E. chlorostigma	密點石斑魚														※				※		※					
E. coioides	點帶石斑魚							※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	＊※
E. epistictus	小紋石斑魚																			※						
E. fasciatus	橫帶石斑魚					＊	※	※	＊※	※	※	※	＊	＊※	＊※	＊※	※	※	※	※	※	※	※	※	※	＊※

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
E. fuscoguttatus	棕點石斑																									※
E. hexagonatus	六角石斑魚							＊※					※	＊※	＊※	＊※	※	※	※	＊※	＊※					＊
E. lanceolatus	鞍帶石斑																				※	※				
E. maculatus	花點石斑魚						※	※					※	※	※	＊	＊	＊			＊	＊	＊	＊		
E. malabaricus	瑪拉巴石斑魚							※				※			※				＊※	※	※	※	※	※	※	
E. melanostigma	黑點石斑魚													※			※									
E. merra	網紋石斑魚						※	※		※	※			＊							※	＊	＊			
E. morrhua	吊橋石斑魚						※	※								※										
E. poecilonotus	琉璃石斑魚								※																	
E. radiatus	雲紋石斑魚											※	※	※	※					※						
E. retouti	雷拖氏石斑魚															※						※				※
E. rivulatus	霜點石斑魚						※																			
E. trimaculatus	三斑石斑魚							※	※	※	※	※						※								
Grammistes sexlineatus	六線黑鱸	＊												＊				＊			＊	＊	＊		＊	
Gracila albomarginata	白邊纖齒鱸																						※	※		
Holanthias borbonius	粗斑花鱸						※	※	※	※	※	※	※		※	※	※			※	※					
H. chrysostictus	金帶粗斑花鱸						※			※		※	※		※	※				※						
H. katayamai	片山花鱸						※	※	※		※															
Liopropoma aragai	荒賀氏鱠														※		※	※	※							
Odontanthias borbonius	黃斑齒花鮨																				※	※				
O. unimaculatus	單斑齒花鮨		＊																							※
Plectranthias cooperi	庫伯氏花鱸				＊	＊																				
P. yamakawai	山川氏棘花鱸						※																			
P. japonicus	日本棘花鱸																						※			
Plectropomus bicolor	二色花鱸				＊	＊										＊										
P. laevis	橫斑刺鰓鮨		＊		＊								＊							※						＊
P. leopardus	花斑刺鰓鮨						※							＊※				※	※	※		※	※			

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Pseudanthias elongatus	長擬花鹿																				※					
P. pleurotaenia	側帶擬花鮨																				＊		＊			
P. pascalus	厚唇花鹿																＊								＊	
P. squamipinnis	絲鰭擬花鮨		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
Sacura margaritaceus	珠斑花鹿						※										※									
Saloptia powelli	褒氏貧鰕																			※		※				
Variola albimarginatus	白緣星鰕		＊				※	※	※	※	※	※		※	※	※	※	※	※	※	※	※	＊※	※	※	※
V. louti	星鰕				＊		※	※	※	※	※		※	※	＊※	※	※	※	※	※	※		※	※	※	※
Siganidae 藍子魚科																										
Siganus argenteus	銀藍子魚				＊		※	※				※		※	＊※		＊	＊								※
S. canaliculatus	長鰭藍子魚							※	※		※	※	※	※	＊※	＊※	※	※	＊※	※						
S. fusescens	褐藍子魚						※	※	※	※	※	＊		＊		※	＊※		※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊※	＊
S. guttatus	點藍子魚					＊				※					＊											＊
S. javus	爪哇藍子魚																									＊
S. spinus	黑藍子魚													＊							＊					＊
S. unimaculatus	單斑藍子魚											＊														
S. vermiculatus	蟲紋臭都魚	＊															＊	＊※	＊							
Solenostomidae 剃刀魚科																										
Solenostomus cyanopterus	藍鰭剃刀魚																				＊					
Soleidae 鰨科																										
Heteromycteris matsubarai	松原氏鉤嘴鰨																			※						
Pardachirus pavoninus	豹鰨													※												
Sparidae 鯛科																										
Acanthopagrus bagius	灰鰭鯛						※					※		※				※								
Dentex tumifrons	赤鯊								※							※										
Evynnis cardinalis	紅鋤齒鯛																						※			
Monotaxis grandoculis	單列齒鯛		＊																							

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
Sparus sarba	黃錫鯛																	※								
Sphyraenidae 金梭魚科																										
Sphyraena acutipinnis	尖鰭金梭魚						※		※			※			＊※		※									
S. barracuda	巴拉金梭魚										＊							＊			＊				＊	
S. flavicauda	黃尾金梭魚												＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊
S. jello	斑條金梭魚						※									＊※	※						※			
S. nigripinnis	黑鰭金梭魚							※		※																
S. puthamial	布氏金梭魚						※	※				※	＊※		＊※									※		
Symphysanodontidae 片山花鯛科																										
Symphysanodon katayamai	片山花鯛				＊								※													
Syngnathidae 海龍科																										
Doryrhamphus dactyliophorus	黑環海龍				＊								＊							＊	＊		＊			
Synodontidae 狗母魚科																										
Saurida gracilis	細蛇鰡	＊																			＊					
Synodus capricornis	羊角狗母																			※						
S. rubomarmoratus	紅花斑狗母												＊			※	＊※									
S. ulae	紅斑狗母											※	※		＊※		※									
S. variegatus	花斑狗母												＊	＊	＊※	※	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊
Trachinocephalus myops	大頭花桿狗母												※													
Terapontidae 雞魚科																										
Pelatus cornutus	四線雞魚	＊																								
Terapon theraps	條紋鯻																※									
Tetraodontidae 四齒魨科																										
Arothron hispidus	紋腹叉鼻魨				＊		＊	＊	＊		＊	＊		＊		＊			＊	＊	＊	＊	＊	＊※		
A. manilensis	菲律賓叉鼻魨																								＊	
A. meleagris	白點叉鼻魨		＊							＊										＊	＊					
A. nigropunctatus	黑斑叉鼻魨		＊					＊		＊	＊	＊			＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊		＊

續表 5-9 民國 82 年至 106 年第 2 次第三核能發電廠附近海域魚類相調查　　(＊代表珊瑚礁魚類※代表後壁湖漁獲)

種名	中文名稱	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106 (2 次)
A. reticularis	網斑叉鼻魨																			＊						
A. stellatus	星斑叉鼻魨			＊	＊												＊	＊	＊			＊				
Canthigaster axiologus	三帶尖鼻魨																				＊	＊				
C. bennetti	笨氏尖鼻魨																								＊	
C. compressus	扁背尖鼻魨															＊										
C. coronata	冠帶扁背魨				＊						＊															
C. solandri	索氏尖鼻魨																			＊				＊		
C. valentini	瓦氏尖鼻魨		＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊
Lagocephalus sceleratus	兇兔頭魨					＊																				
Trachipteridae 粗鰭魚科																										
Trachipterus trachypterus	粗鰭魚																				※					
Trichiuridae 帶魚科																										
Trichiurus lepturus	白帶魚														※	※										
Tripterygiidae 三鰭鰕虎科																										
Helcogramma striatus	條紋黑罩三鰭鰕																＊	＊	＊	＊		＊				
H. striata	縱帶彎線鰕																						＊			＊
Xiphiidae 劍旗魚科																										
Xiphias gladius	劍旗魚						※	※		※		※										※					
Zanclidae 角蝶魚科																										
Zanclus cornutus	角鑲魚	＊	＊	＊		＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊	＊

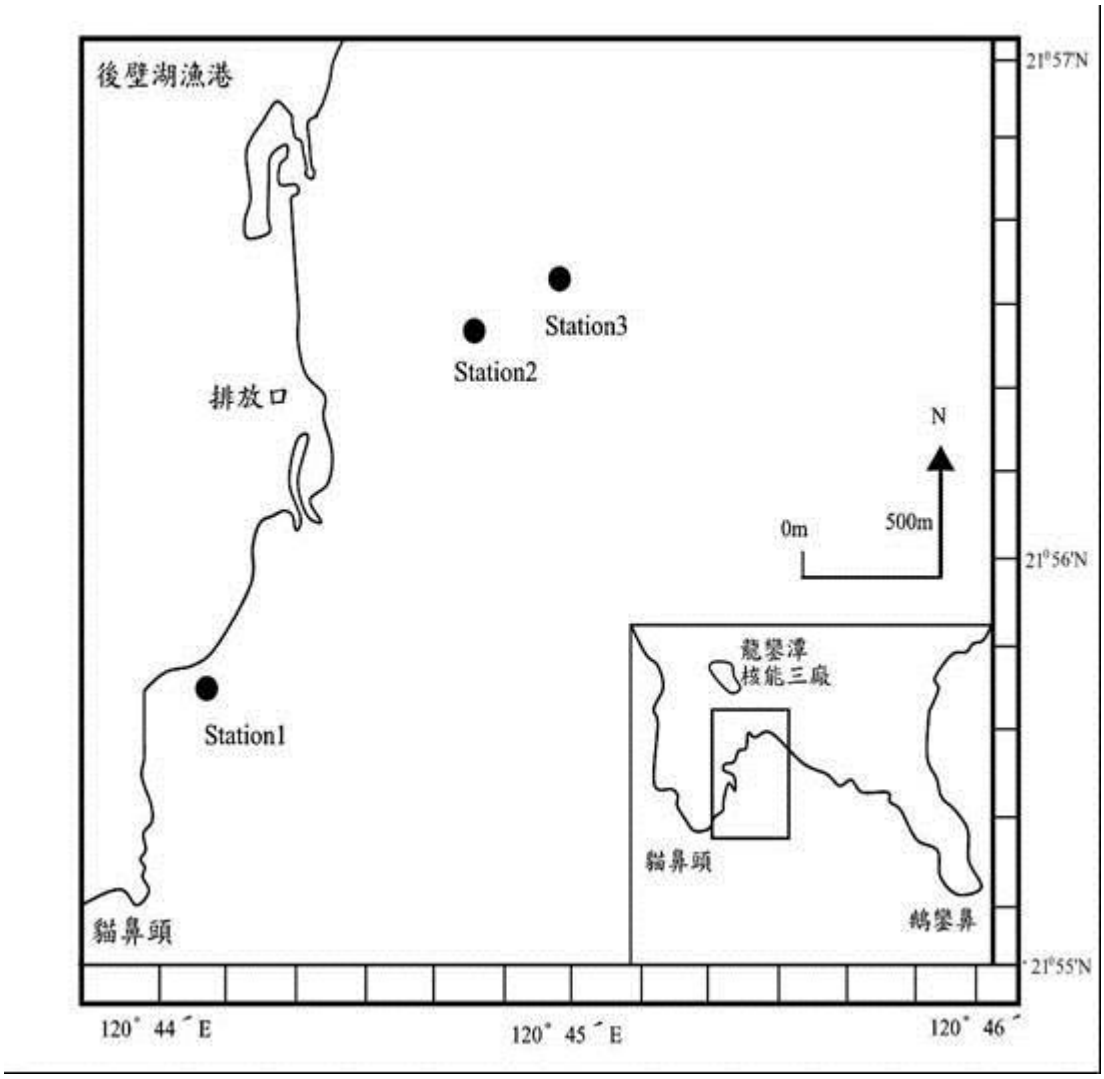


圖 5-1　82 年度第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相觀測地點

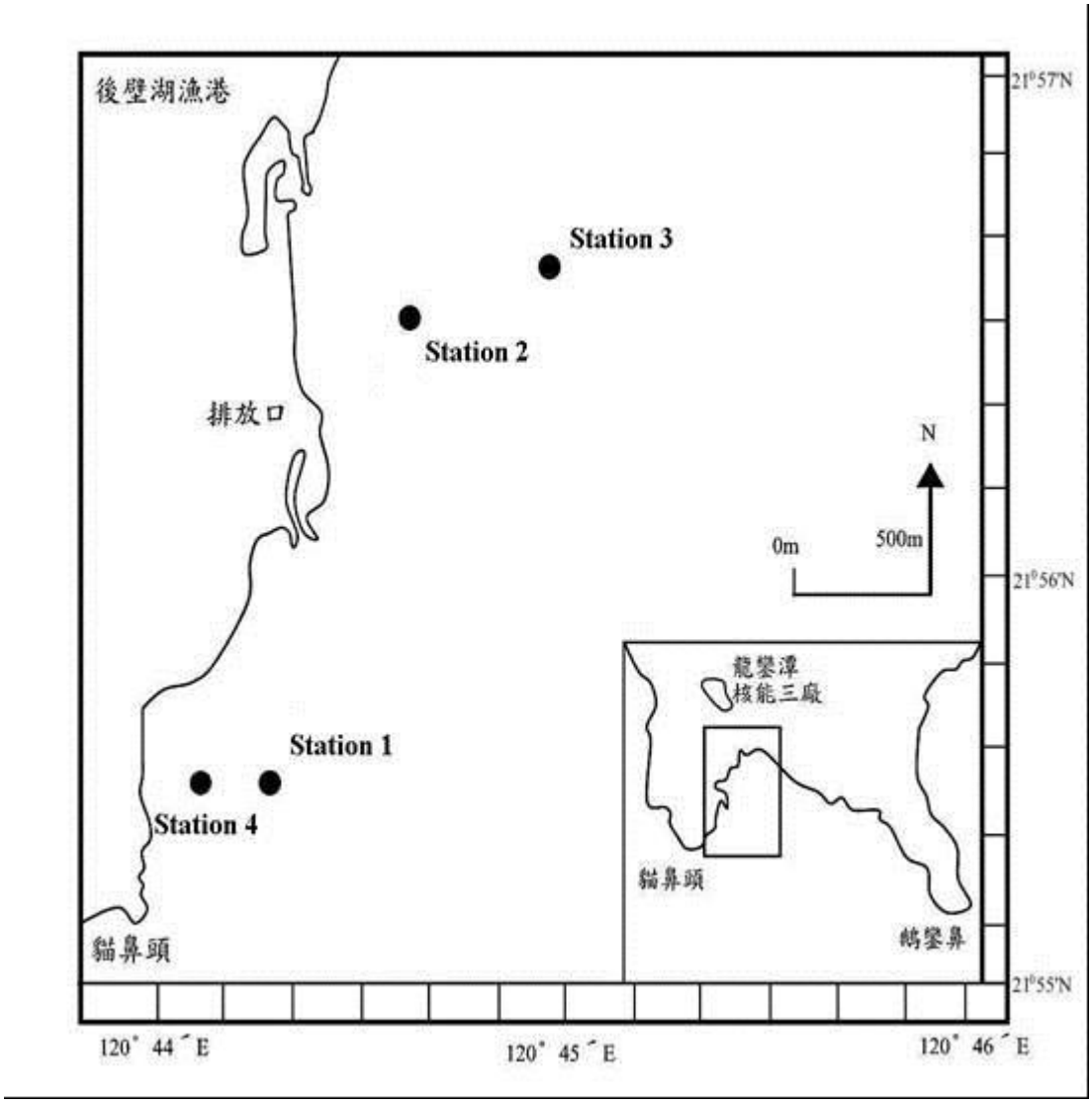


圖 5-2　83 及 84 年度第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相觀測地點

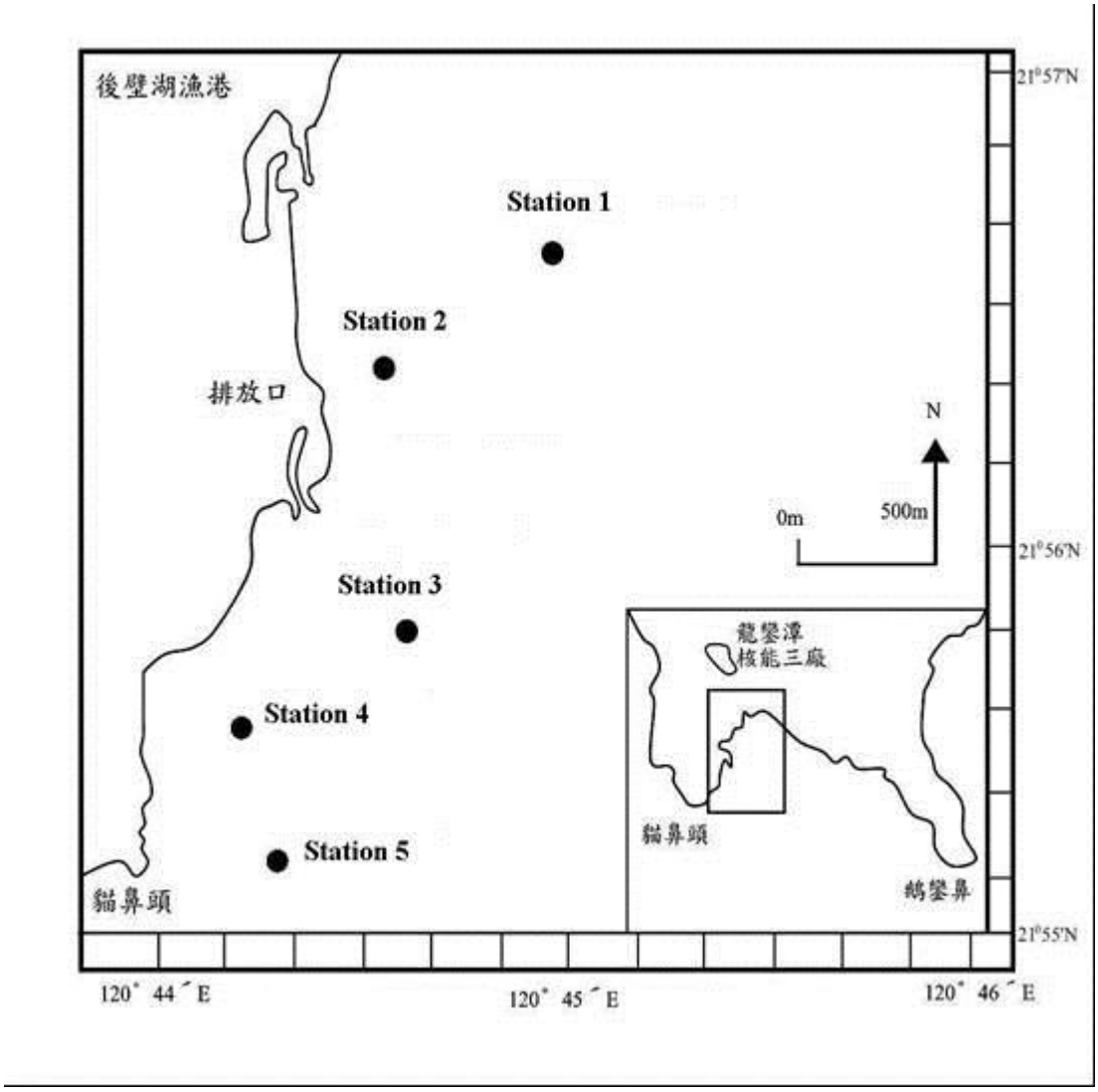


圖 5-3　85 年至 106 年第 2 次調查第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類相觀測地點

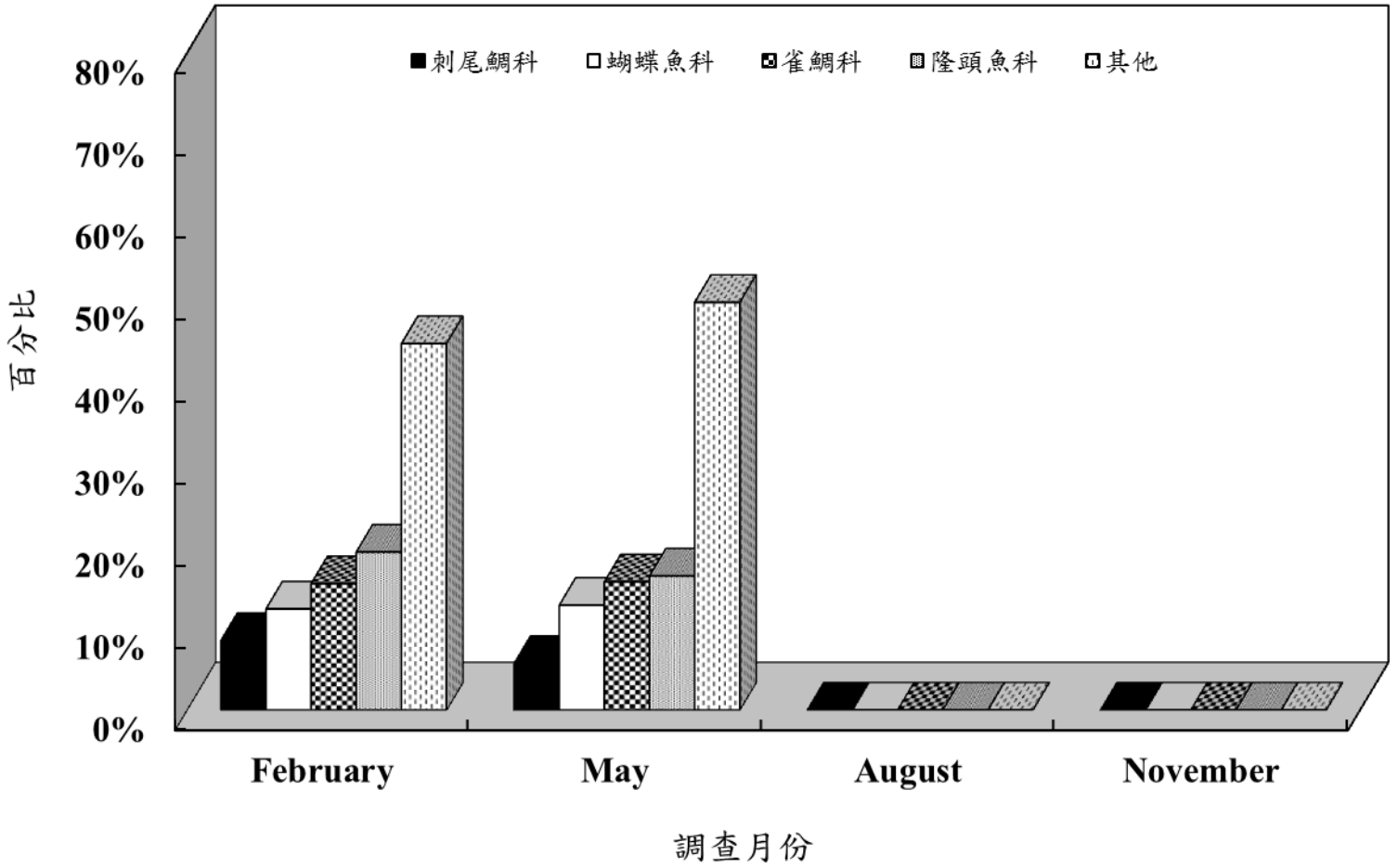


圖 5-4 第三核能發電廠附近海域民國 106 年 2 次調查珊瑚礁魚類相組成百分比

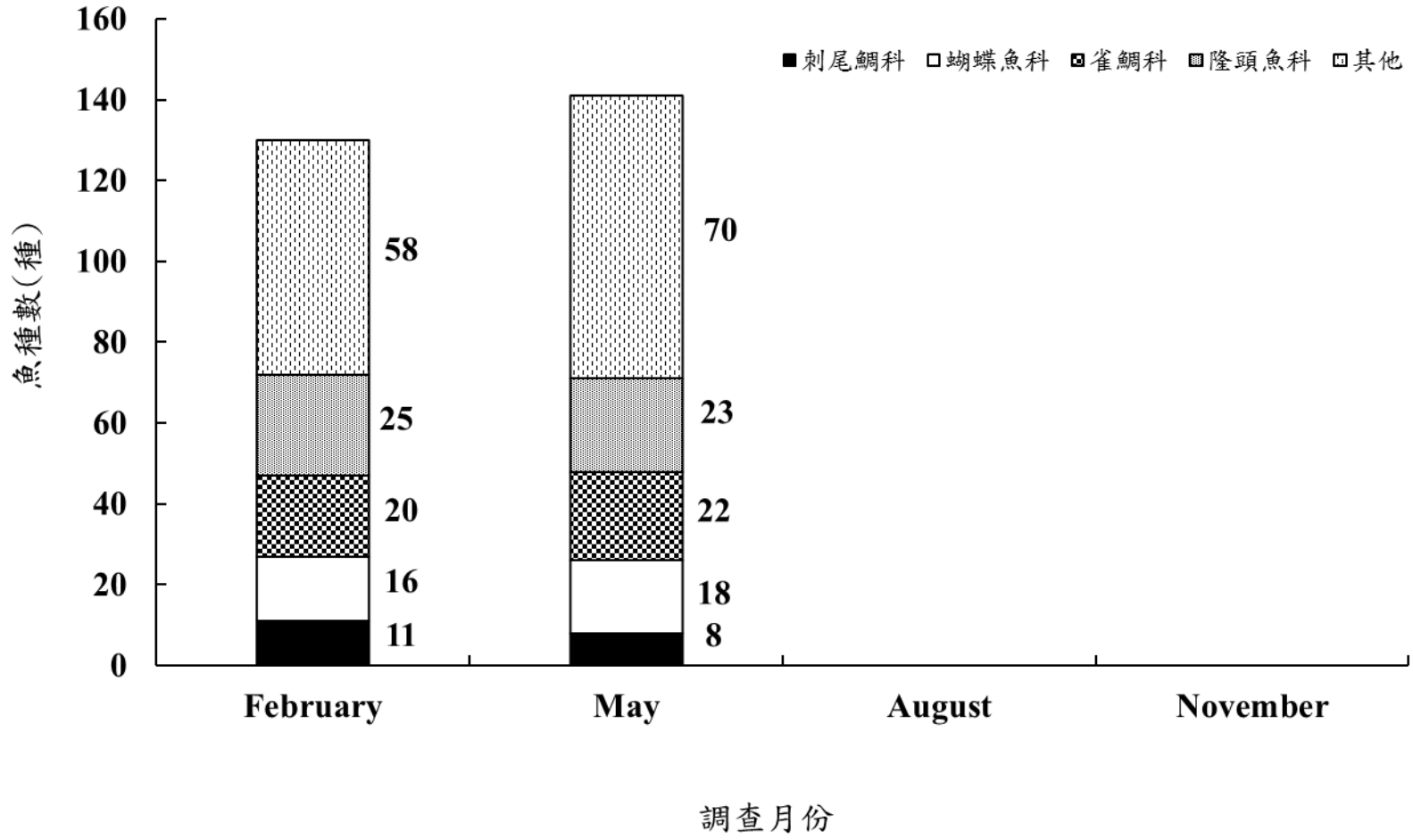


圖 5-5 第三核能發電廠附近海域民國 106 年 2 次調查魚類相頻度圖

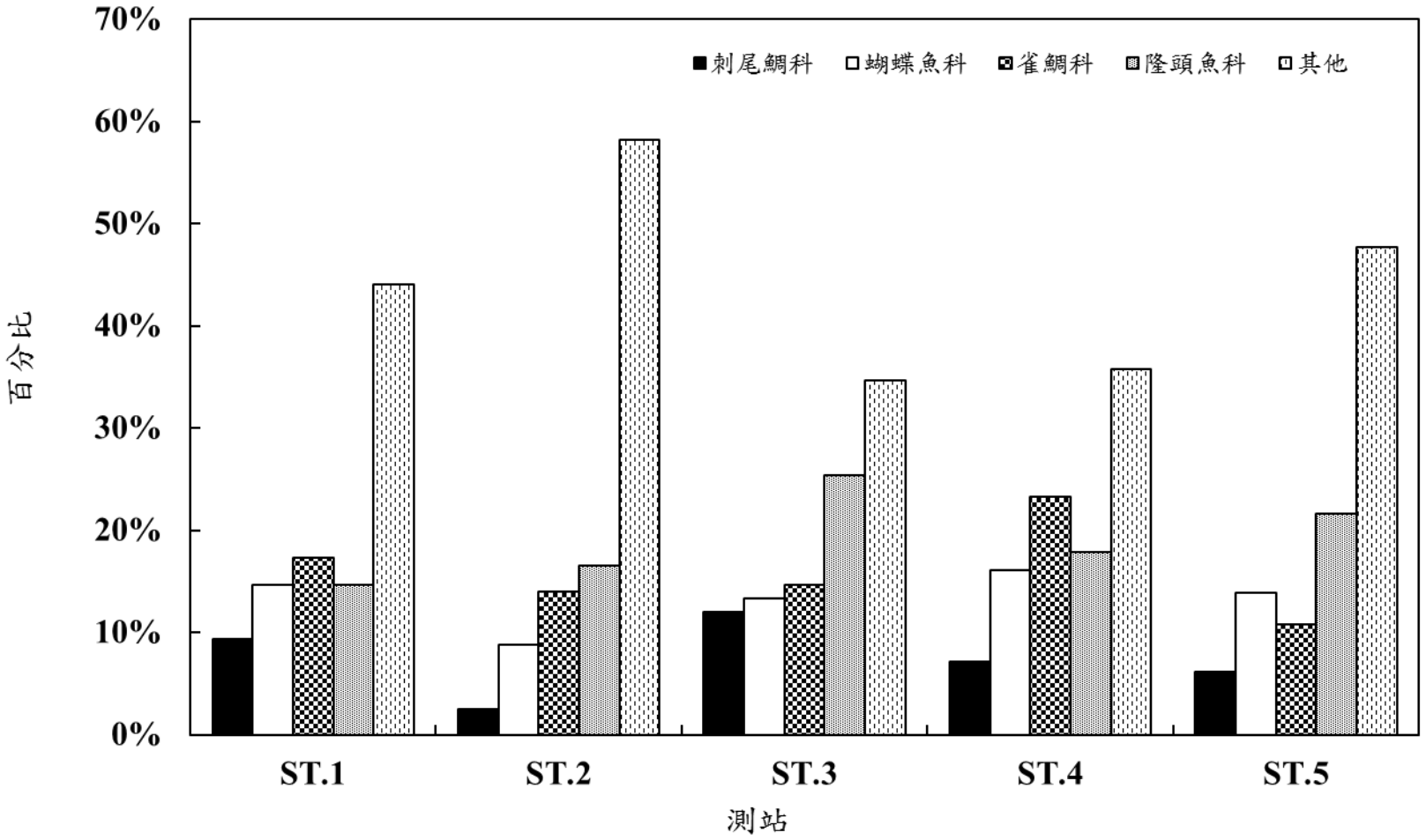


圖 5-6 第三核能發電廠附近海域民國 106 年 2 次調查各測站珊瑚礁魚類相組成百分比

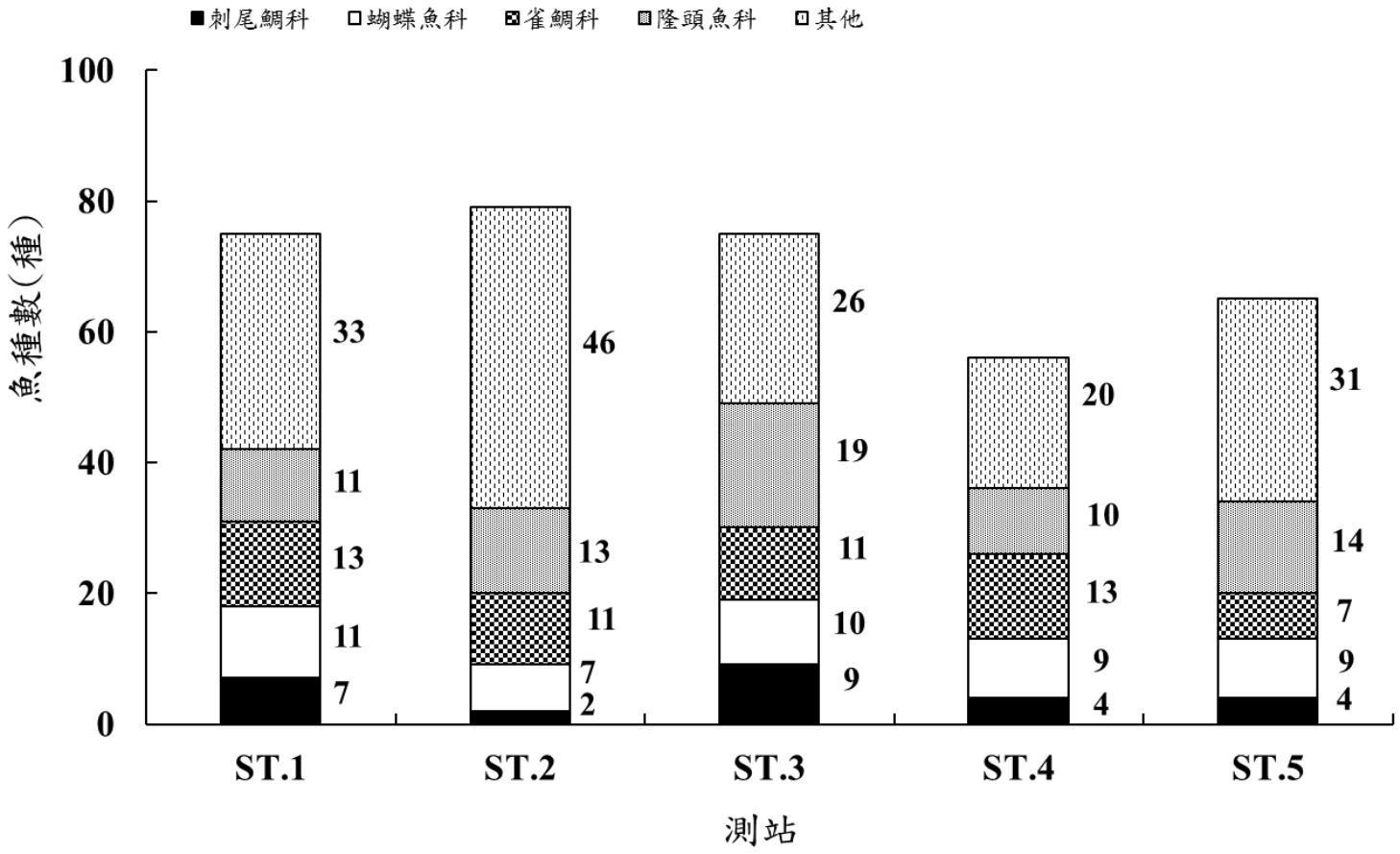


圖 5-7 第三核能發電廠附近海域民國 106 年 2 次調查各測站珊瑚礁魚類相頻度圖

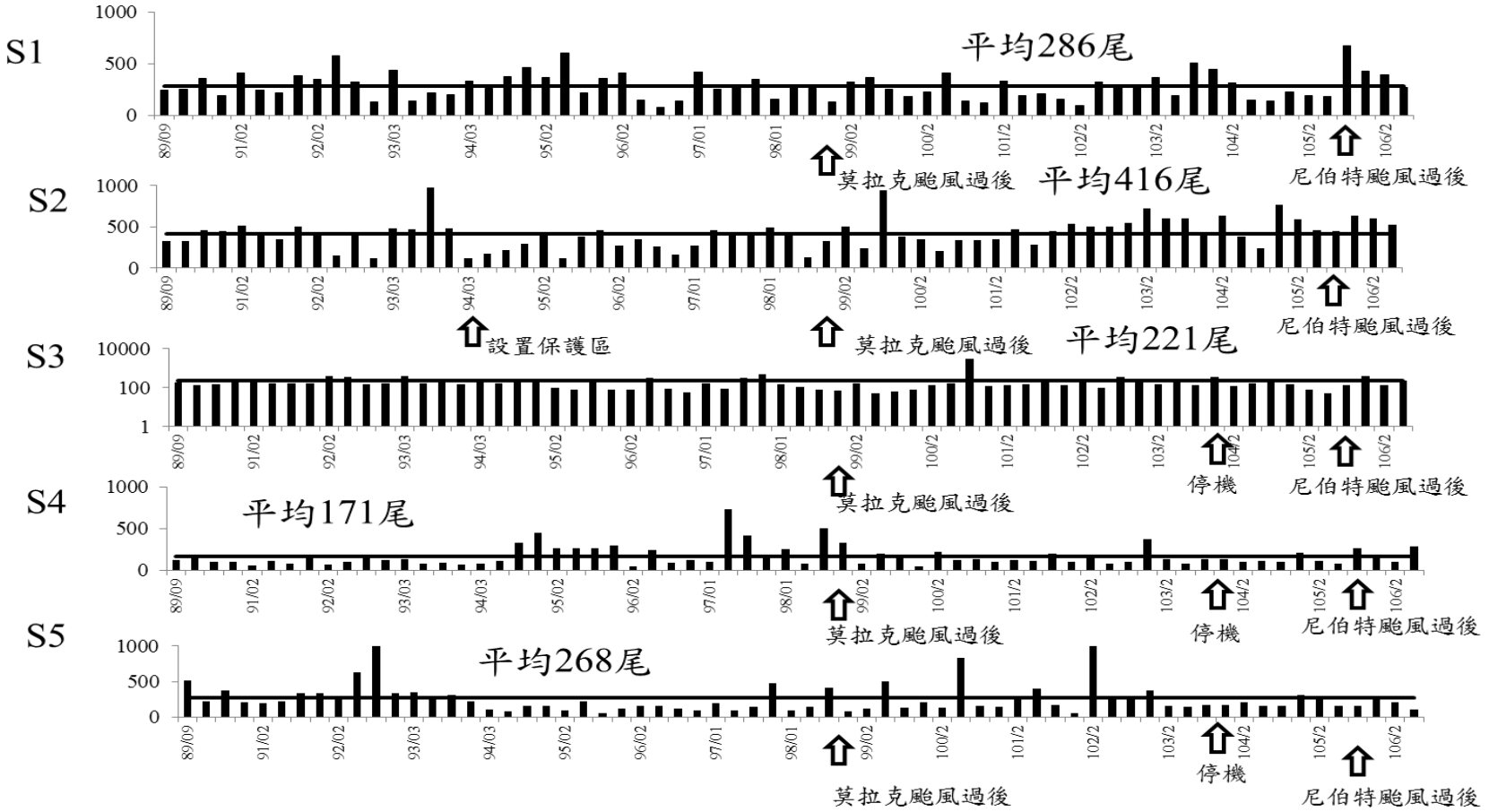


圖 5-8 第三核能發電廠附近海域民國 89 年至 106 年第 2 次調查各測站珊瑚礁魚類數量變動情形

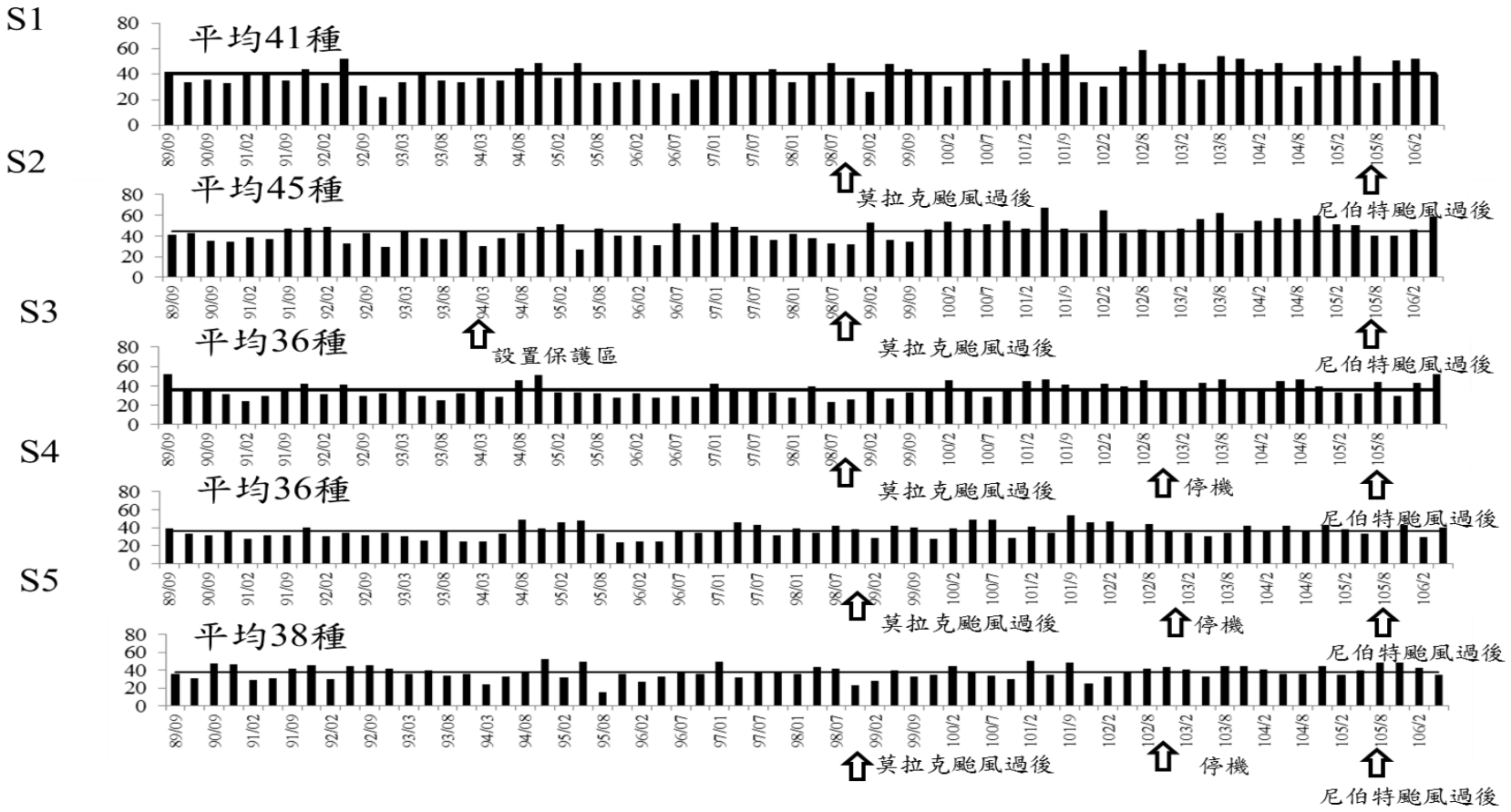


圖 5-9 第三核能發電廠附近海域民國 89 年至 106 年第 2 次調查珊瑚礁魚類種類數的變動情形

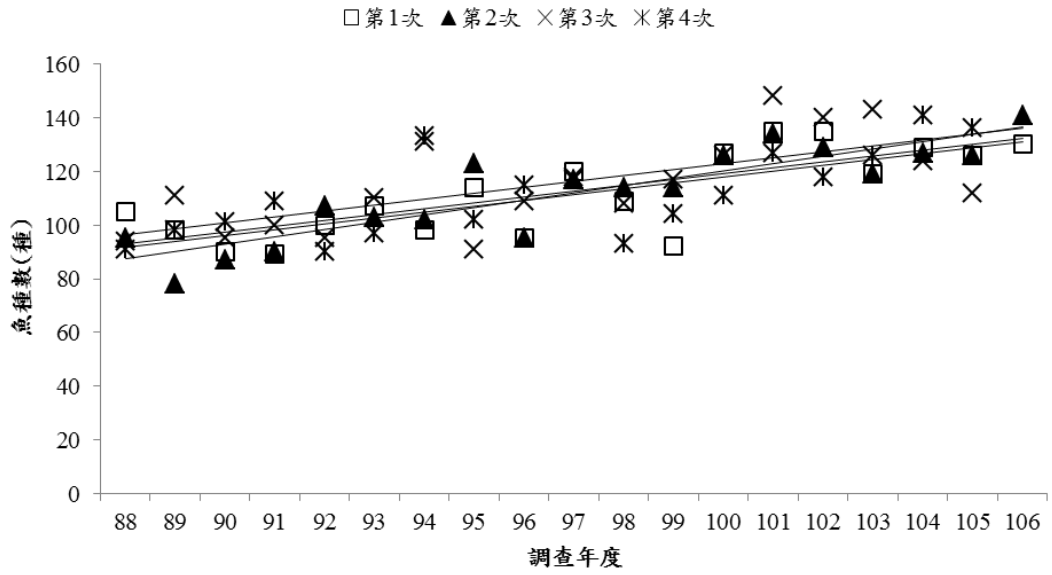


圖 5-10 第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類種類數的變動趨勢

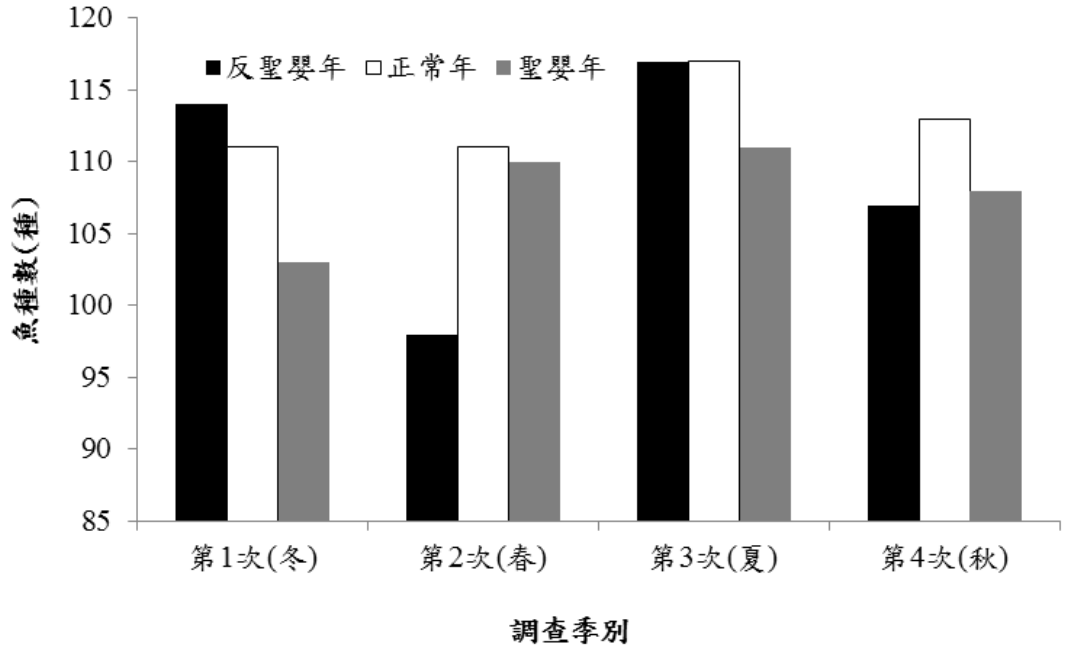


圖 5-11 聖嬰現象對第三核能發電廠附近海域珊瑚礁魚類種類數的季別影響

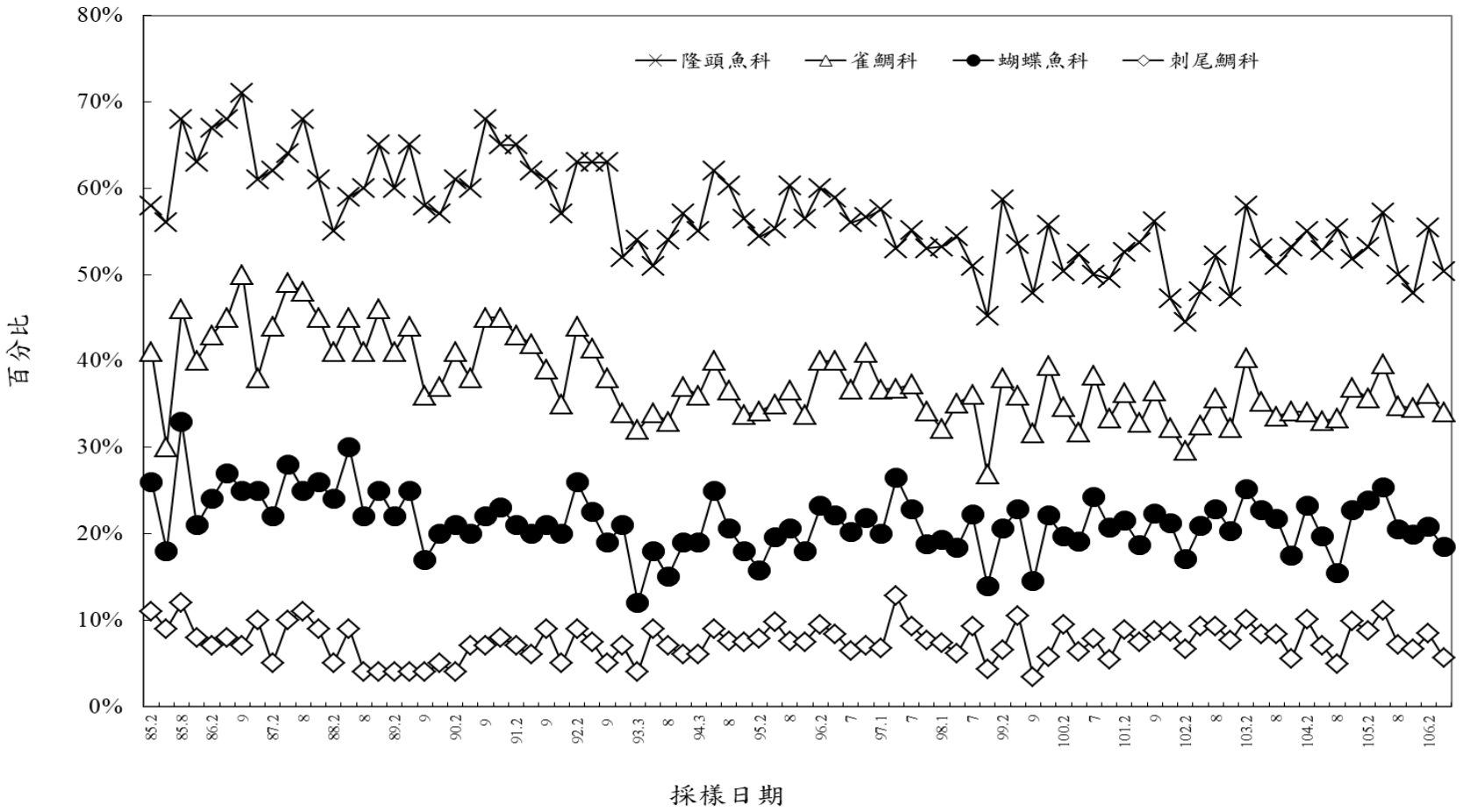


圖 5-12 第三核能發電廠附近海域歷年各季刺尾鯛科、蝴蝶魚科、雀鯛科及隆頭魚科珊瑚礁魚類相組成百分比

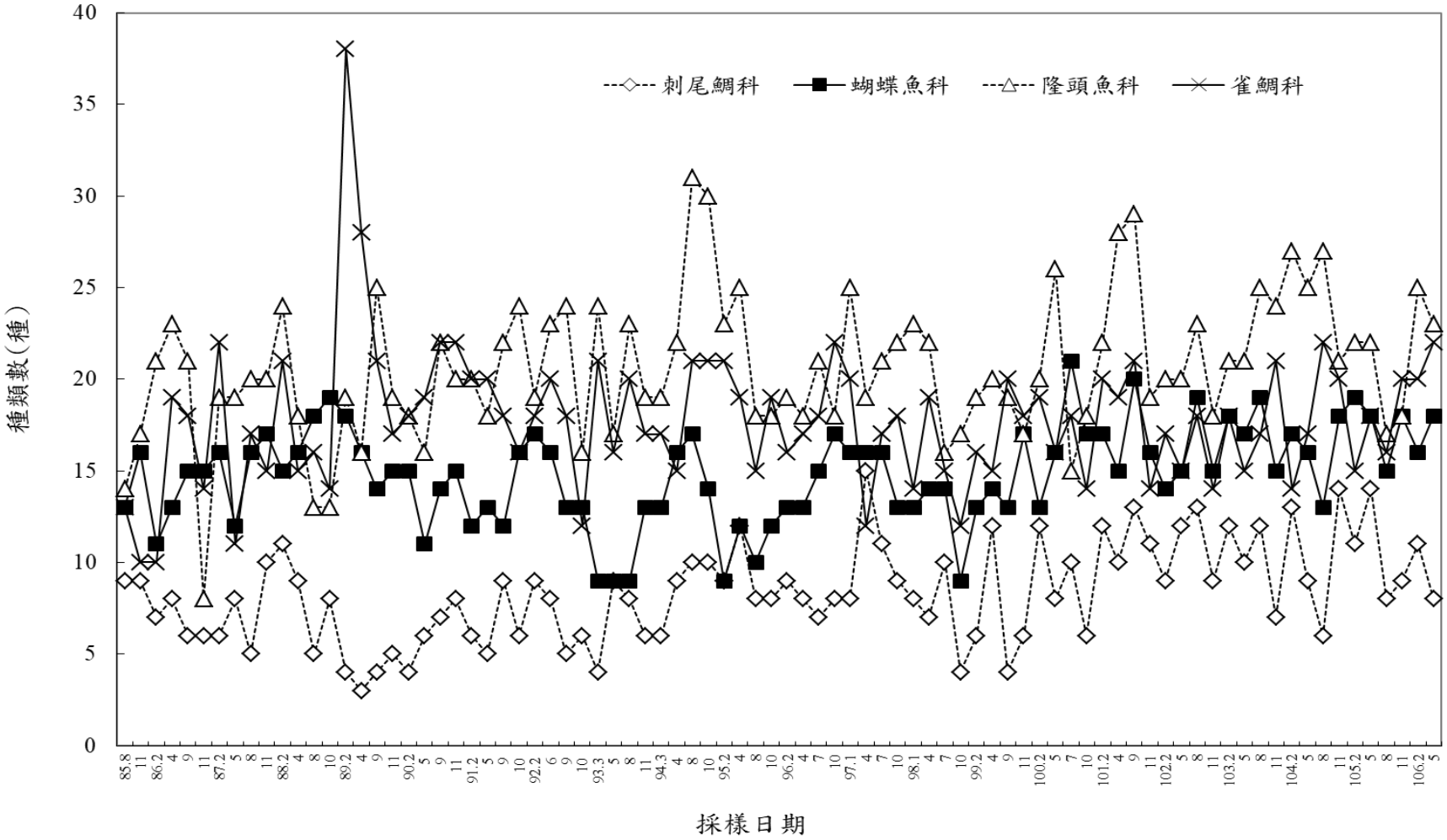


圖 5-13 第三核能發電廠附近海域歷年各季珊瑚礁魚類刺尾鯛科、蝴蝶魚科、隆頭魚科及雀鯛科之魚種數變動情形

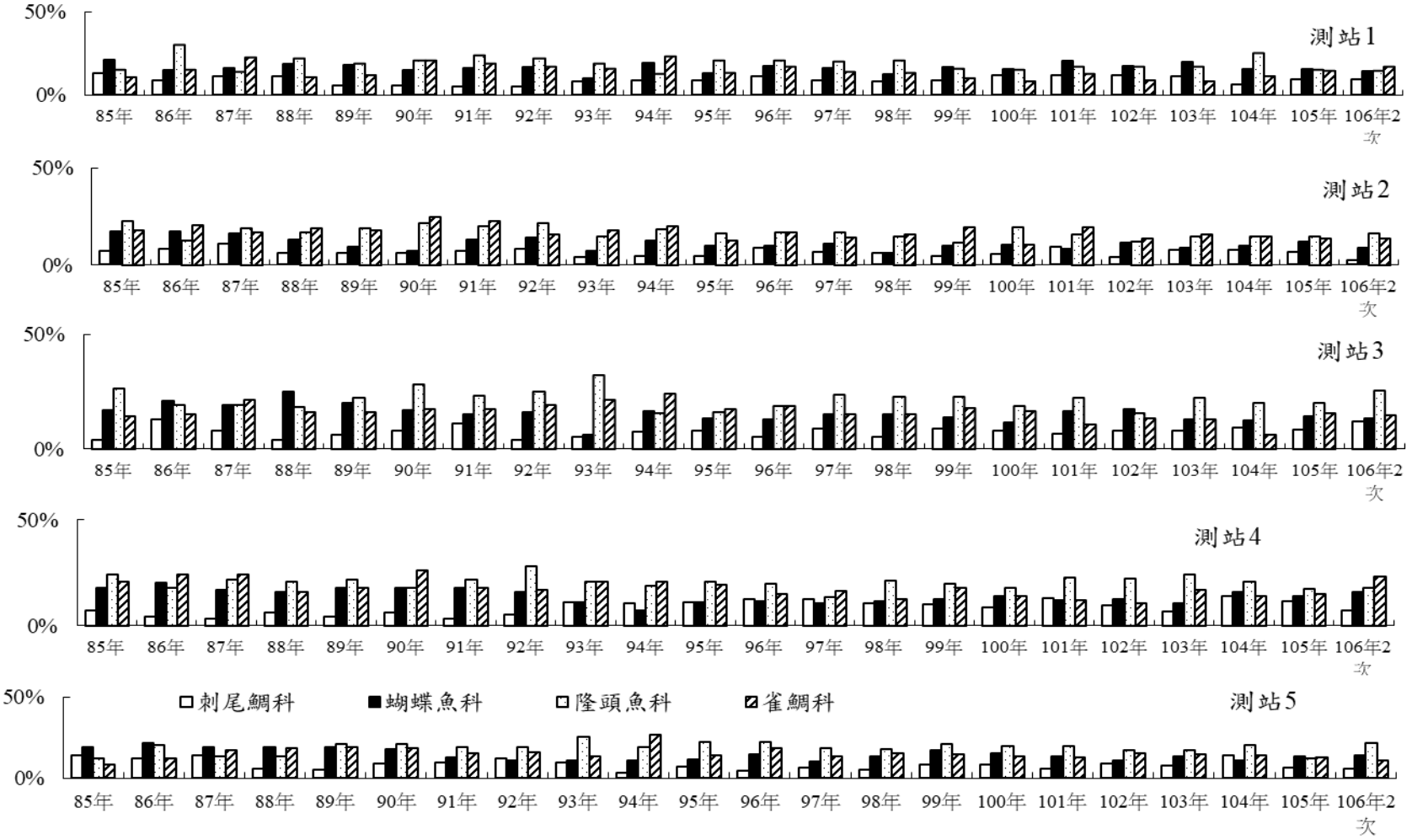


圖 5-14 第三核能發電廠附近海域歷年各測站刺尾鯛科、蝴蝶魚科、隆頭魚科及雀鯛科珊瑚礁魚類相組成百分比

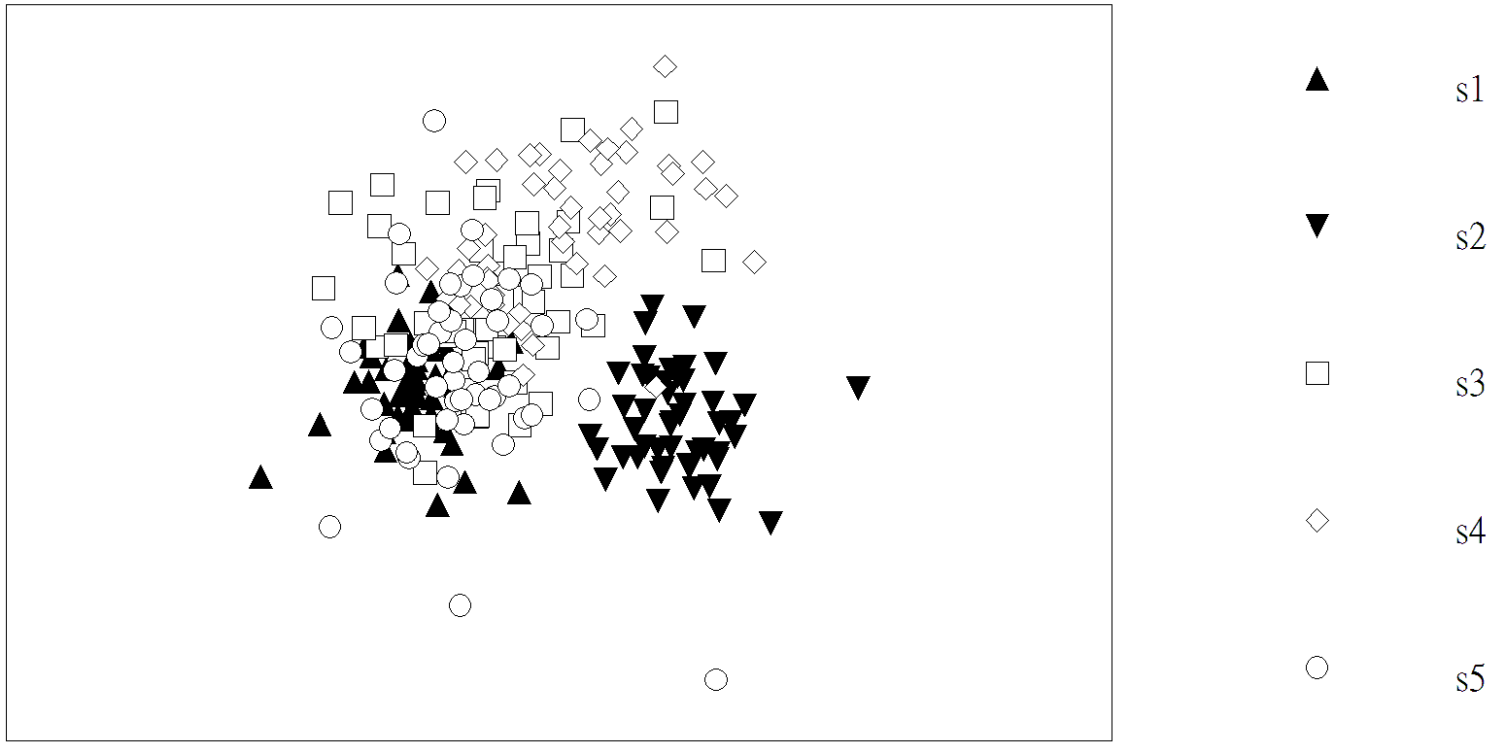


圖 5-15　各測站珊瑚礁魚類群聚之 MDS 二度空間排序

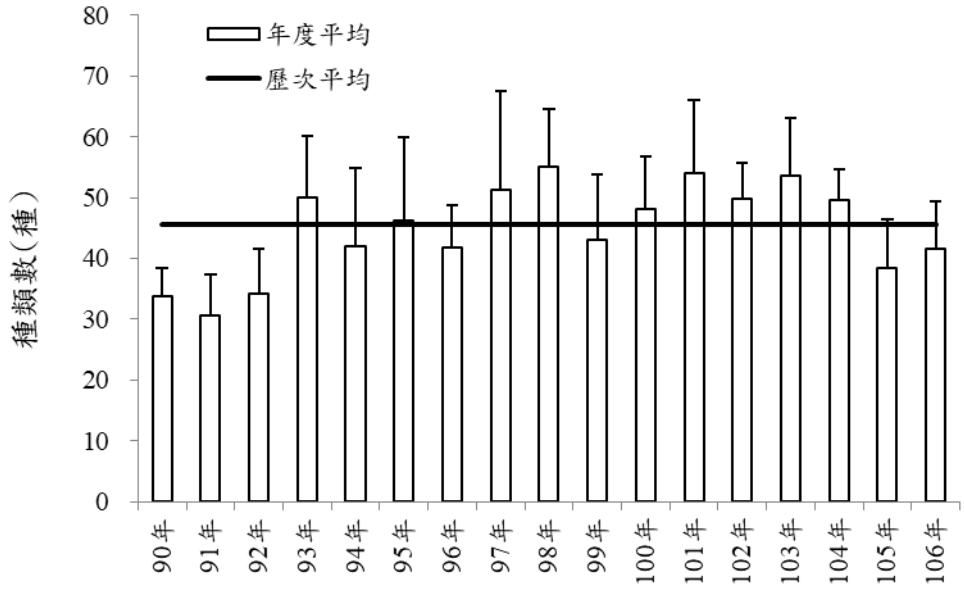


圖 5-16 後壁湖魚市場販售魚種數年度變動情形

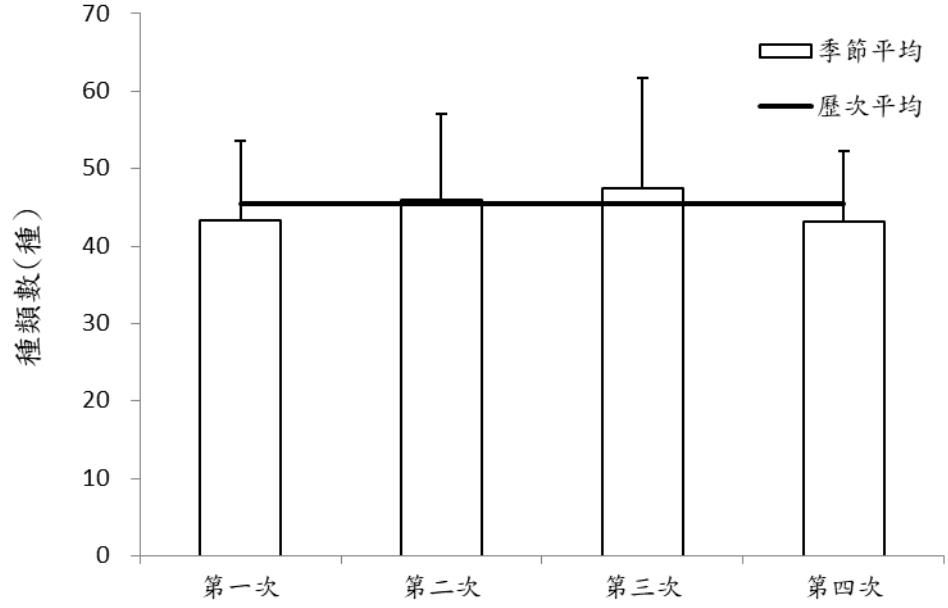


圖 5-17 後壁湖魚市場販售魚種數之季節變動情形

六、網站架構與綜合討論

一、計畫目的與緣起

本計畫 6 個子計畫之調查監測項目涵蓋了非生物環境因子：包括海潮流、水文水質化學性質、海洋生物及底泥所含放射性物質之調查；及生物環境因子：包括基礎生產力，浮游植物與浮游動物、無脊椎動物及魚類等，以及漁場經濟效益之調查、統計及評估等。由於每個子計畫間皆有相當程度的關聯性，在此藉由各子計畫間的聯繫及討論，以期得到更完整之調查監測效益。為求數據能立即提供給其它子計畫主持人及委託單位參考，以及考慮整合作業之時效性，因而成立網站，並將資料儘速建置在網站中，以方便各子計畫間之交互討論。最後之成果除了以整合型報告印出之外，並製作光碟片。

二、研究方法與進度說明

本計畫原有 7 位主持人、共主持 8 個子計畫，從 102 年起縮編為 6 位主持人、6 個子計畫，累積了相當成果。由於各子計畫之間的作業互有關聯，因此聯繫工作愈顯得重要，為求快速將各子計畫的成果與其他子計畫的研究人員分享，以便展現更完整的成果，網站與資料庫的建置更是提供了快速查詢歷年資料與橫向整合的利器。本子計畫所建置的網站資料庫，將各子計畫各季的實驗結果、數據上網，以供參考，快速而有效的將各個子計畫連接起來，展現本計畫整體的成效。

採用方法：

1.將進行中的資料整合：先與各子計畫洽談研究內容要如何展現，要有那些架構，再來製作網頁。網頁建置後，由各子計畫陸續將新的研究成果充填網站的資料。

2.會前討論：在期中、期末檢討會之前，各主持人先進行會前討論，讓彼此之間了解監測的成果，以方便互相引用、佐證。本計畫的期中討論會已經在民國 106

年 8 月 17 日於國立中山大學舉行。

3.檢討會後將綜合討論結果集結成報告。

三、目前研究成果

3.1 海潮流與其他子計畫相關性

海流調查結果顯示，排水口附近海流以往復之潮流運動及西南向淨流為主，造成海水經常往西南繞過貓鼻頭往西輸送之趨勢。溫排水擴散區域大部份限於排水口附近海域西南側，其擴散範圍在漲潮時段往西南約 500～1000 m，退潮時段往東-東南約 200～800 m，溫排水大部份分佈於海表層以下水深 3 m 以內，擴散影響範圍多侷限在距排水口 1000 m 弧內，空間溫降率自排水口往外至 500 m 弧內約 1°C/100 m。除此以外，核三廠海域近岸海底海溫陡降現象，除了是因為大潮潮流在南灣內引起的湧升流將次表層冷水帶上來所造成外，在呂宋海峽產生的巨大內潮、內波傳入海灣內亦有相當程度的貢獻。湧升帶來的冷水，可能有助於南灣之珊瑚免於海水暖化之衝擊；冷水所含之營養鹽，亦有助於藻類生長，但因南灣海水內外交換甚快，藻類來不及長大即被送至灣外，因此營養鹽利用率不高(Chen et al., 2004a, 2004b, 2005；Jan and Chen, 2009)。水溫長期觀測資料顯示發現颱風季期間某些颱風經過台灣附近後會造成 1～4 週長的水溫下降與回升變化，其間動力因素複雜，值得進一步分析。

3.2 水文與水質化學與其他子計畫相關性

過去本海域的鹽度大多在南海水以及西菲律賓海水之間變化，然而近幾年卻頻頻觀察到低於歷史記錄的鹽度，如 100 年第 4 次、101 年第 1、3 次、102 年第 4 次，以及 103 年第 3 次，更是創了歷年的新低；鹽度的降低應與南海強降雨，如 100 年 10 月泰國大水災、102 年 11 月海燕颱風重創菲律賓有直接關係。而 103 年第 3 次本海域歷史記錄最低鹽之水團，有可能來自本島淡水的輸入，但由圖 6-2-1 珠江口至台灣海峽衛星葉綠素甲與透明度之圖像，顯示葉綠素甲高值由珠江口沿著陸棚往北擴散至海峽中線，透明度的分佈舌甚至擴散至澎湖群島，此兩種訊號的變化極有可能是較低

鹽的沖淡水所致，因此本海域低鹽的訊號亦不排除是由南海水而來。然而 104 年第 1 次、105 年第 1~4 次以及 106 年第 1~2 水樣之鹽度竄高，均高於歷年平均值。將鹽度距平值(當月測值-歷年月平均值)對應 PDO，發現彼此之間有明顯正相關，即 PDO 暖相時，本海域鹽度升高，而 PDO 冷相時，鹽度普遍偏低，以季節來看，春、秋、冬季均呼應此正相關，但夏季則無(圖 6-2-2)。

比較 92~96 年、103~106 年 PDO 暖相以及 99-102 冷相各測站溫鹽訊號，發現暖相時水團較集中在南海水以及西菲律賓海水之間，而冷相時則南海水的訊號較為明顯(圖 6-2-3)。比較表水 pH 變化，前者的 pH 分別為 8.082±0.039(n=140)、 8.061 ±0.024(n=80)，而後者為 8.071±0.020(n=110) (圖 6-2-4)。此下降數值大致符合大氣中二氧化碳逐年上升，理論上將造成表面海水每年約下降 0.0017(雷漢杰，2013)。硝酸鹽在 92~96 年、103~106 年 PDO 暖相平均濃度分別為 0.68 ±0.58(n=139)、0.53 ±0.45μM(n=84)，而 99-102 年冷相時硝酸鹽平均濃度為 0.40 ±0.39(n=111)，明顯低於暖相期(圖 6-2-5)。

營養鹽的年際變化，以民國 89 年 5 及 10 月時較低，此時植浮含量偏高，而 91 年 1 月、5 月以及 104 年 2 月營養鹽含量較高，而植浮含量偏低；101、102 年 5 月硝酸鹽的含量相較往年低了許多，此時觀察到植浮含量有升高的現象，103 年 8 月植浮更是創了歷年新高(圖 6-2-6)；水體中營養鹽含量的變化似乎受控於植浮的利用或是釋出，兩者之間呈現負相關(圖 6-2-7)。

子計畫 4 珊瑚成長實驗中的進水口(influ-2)與出水口(efflu)與子計畫 2 水文的 22、24 測站相近，因此可以將兩者拿來比較，以了解彼此之間是否有相關。珊瑚的生長速率以進水口大於出水口，然而 22、24 站的營養鹽濃度卻互有高低；珊瑚生長的主要影響因子為人為干擾以及海水混濁程度，在夏、秋時生長趨緩，若遇上颱風甚至死亡，但是營養鹽濃度的變化趨勢與之無關，因此兩者之間似乎沒有相關性。

3.3 浮游生物與其他子計畫相關性

3.3.1 浮游生物與水質及水文之相關性分析

將民國 85 年 7 月至 106 年 5 月止，歷年在本海域所調查的水文資料與經對數轉換後的動物性浮游生物、植物性浮游生物、蟹幼生、蝦幼生、魚卵和仔魚等重要生物因子進行 Pearson correlation coefficients 分析(表 6-3-1)。結果顯示，動物性浮游生物與鹽度、pH、硝酸鹽和磷酸鹽有顯著的負相關($p<0.01$)。植物性浮游生物與溫度、pH 和葉綠素 a 有顯著正相關($p<0.01$)，但與鹽度、溶氧量、透明度和硝酸鹽有顯著負相關($p<0.05$)。蟹幼生與溫度和葉綠素 a 有顯著正相關($p<0.01$)，但與鹽度、溶氧和透明度有顯著負相關($p<0.05$)。蝦幼生與 pH、硝酸鹽、磷酸鹽和矽酸鹽有顯著負相關($p<0.01$)。魚卵與溫度和透明度呈顯著的正相關($p＜0.05$)，而與鹽度、溶氧、硝酸鹽及亞硝酸鹽呈現顯著的負相關($p＜0.05$)。仔魚與水質的關係，則是與溫度成正相關($p＜0.001$)，而與溶氧、硝酸鹽、磷酸鹽及矽酸鹽呈現顯著的負相關($p＜0.05$)。

3.3.2 浮游生物的時間序列變化與聖嬰現象的關係

從民國 85 年至 106 年 5 月，參考美國 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) 網站 (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)，依聖嬰期需連續 5 個月 ONI (Oceanic Niño Index)指數，而反聖嬰亦須連續 5 個月 ONI 指數小於-0.5，於 106 年 8 月 25 日公佈聖嬰期及反聖嬰期之年月，為本報告分析之依據。

核三廠附近海域的動物性浮游生物在 98 年以前有二至三年一次的規律高峯週期，98 年以後在第 2 和 3 次採樣年年出現高峯，並較過去為高，此高峯在聖嬰年和反聖嬰年提前出現在第 1 次(冬季)採樣調查，而第 3 次(夏季)如與反聖嬰年則豐度較低(圖 6-3-1)。一般植物性浮游生物會在第 3 次(夏季)出現高峯，然而在聖嬰期間的第 3 次(夏季)高峯測值降低，第 4 次(秋季)升高 (圖 6-3-2)。具經濟價值的蝦幼生季節性高峯出現在第 2 和 3 次(春夏季)，91 年以前有每兩年一次高豐度週期變化， 97 年後每年出現明顯的第 2 和 3 次高峯，並有明顯的季節變化，經統計結果發現其中蝦幼生豐度於第 1 和 2 次採樣如遇反聖嬰期豐度會較正常年為高，第 4 次則較低，而蟹幼生為第 3 次(夏季)出現季節性高峯。 97 年以前有每六年出現高豐度週期變化，其後此高峯頻率年年出現，但於 105 年後季節變化較不明顯 (圖 6-3-3)。至於魚卵的豐度變化是

在第 3 次(夏季)調查會有高峯期，但魚卵於聖嬰和反聖嬰年常會提早至第 2 次(春季)出現高峯期，仔魚是在**第 2~3 次(春夏季)** 出現季節性高峯，且經統計發現第 1 次採樣如遇反聖嬰期，豐度會更低(圖 6-3-4)。綜合以上，動物性浮游生物和蝦蟹幼生的豐度，近兩年來的季節性變動震幅趨緩，有別於 97 至 101 年的大幅震盪。魚卵和仔魚則呈現平穩的季節更迭，植物性浮游生物的密度，則由 97 年以來偏低的現象，至 102 年終止，濃縮法和沉澱法呈現一致的趨勢。

3.3.3 歷年束毛藻比例的變化與聖嬰現象的關係

由歷年束毛藻佔植物性浮游生物總密度的比例來看(圖 6-3-5)，南灣海域的束毛藻多在第 2 次(春季)採樣時呈現明顯的高比例，並成為本海域中的優勢種，但在自去年(105 年)第 2 次起並未發生，可能與黑潮水團未大量進入南灣有關。根據文獻報告，束毛藻可作為黑潮水的指標種 (Marumo & Asaoka, 1974)，由子二計畫的調查結果得知，聖嬰時期南灣的海水水質較偏向西菲律賓海水(黑潮水)，加上束毛藻好發於晴朗且平靜的海面 (Bell et al., 1999)，使得本海域在第 2 次 (春季)調查時的植物性浮游生物中佔有高比例的束毛藻。此外，從圖 6-3-5 可看出反聖嬰期第 2 次的高比例並未出現(如 88、89 和 90 年)，但民國 100 年的反聖嬰期則在春季記錄到高比例的束毛藻，與過去的記錄不同。參考子二的調查結果，得知該季的水團由第 1 次調查時的南海水在第 2 次調查時轉變為西菲律賓海水(黑潮水)與南海水的混合水，且此時反聖嬰現象減弱，此季節性的水團變動可能是此次束毛藻大量出現之因。本海域束毛藻的比例同時受小尺度的季節變化及大尺度的氣候現象所影響，長期來看，可作為本海域反應黑潮水訊號強弱及聖嬰現象的指標。

3.3.4 歷年浮游生物的變化與氣候指數的關係

參考 NOAA 所公布(截取日期為 106 年 8 月 25 日)之 ONI (Oceanic Niño Index)海洋聖嬰指數、昆士蘭州政府官方網站公布之 SOI (Southern Oscillation Index)南方震盪指數和華盛頓大學官網公布之 PDO (the Pacific Decadal Oscillation)太平洋年代振盪指數與歷年經對數轉換後的浮游生物進行 Pearson correlation coefficients 分析(表 6-3-2)，三項氣候指數中，PDO 與浮游生物有較多的顯著相關，包括將 PDO 延後一季與植物性浮游生物和魚卵有顯著正相關($p<0.05$)，延遲二季與蝦幼生亦有顯著負相關($p<0.05$) ，延遲三季與魚卵呈現負相關($p<0.05$)。ONI 和 SOI 指數則需要延遲四季與植物性浮游生物才分別有顯著正和負相關 ($p<0.05$)。

3.4 底棲動物與其他子計畫相關性

底棲動物著生量可能受水溫與水層中之動物性浮游生物量影響，以子計畫 2—水文水質化學相對測站之水溫，以及子計畫 3—動物及植物性浮游生物相對測站之浮游幼生，與底棲動物著生量做迴歸分析（圖 6-4-1 至 6-4-9），結果發現水溫、底棲動物幼生豐度與著生情形，只有測站 24 垂直水層的藤壺幼生量與出水口南側小灣的藤壺著生量存有直線迴歸關係（R^2=0.27, P<0.01），回歸式為 Y(藤壺著生量)=$2.0\times10^{-4}+3.6\times10^{-7}$X(垂直水層的藤壺幼生量)，呈現垂直水層的藤壺幼生量越多，藤壺著生量越多之現象，其餘無直線迴歸關係，這可能和二者之時間尺度差異有關，因為水溫測量或是浮游幼生的撈取，皆為定點即時紀錄，而底棲動物的著生是 2-3 個月的累進結果，或是存有非線性關係，仍需再分析。

固定橫截線調查藻類的覆蓋率在入、出水口皆有逐年增加之趨勢，以子計畫 2—水文水質化學的相對測站之營養鹽與藻類的覆蓋率做直線迴歸分析（表 6-4-1；圖 6-4-10 至 6-4-15），測站 22 對應入水口測線，測站 24 對應出水口南側小灣測線，測站 22 之 0m 及 3m PO_4 濃度與入水口藻類覆蓋率有迴歸關係（R^2=0.04-0.05, P<0.05），藻類覆蓋率在複迴歸分析上則是與 3 m PO_4 及 10 m NO_3 濃度有關（R^2=0.12, P<0.05），迴歸式為 Y(algae)=69.10−217.57 PO_4 (3m) + 11.18 NO_3 (10m)，PO_4 (3m)的斜率係數較 NO_3 (10m)大，為負向影響，而 NO_3 (10m)為正向影響；而測站 24 之 3 m 及 10 m PO_4 濃度，還有 3m 及 10 m SiO_2 濃度與出水口藻類覆蓋率有迴歸關係（R^2=0.03-0.04, P<0.05），出水口藻類覆蓋率在複迴歸分析上則是與 PO_4、SiO_2 及 NO_3 濃度有迴歸關係（R^2=0.10, P<0.05），迴歸式為 Y(algae)=81.49−157.45 PO_4 (10m)−5.70 SiO_2 (3m) +10.50 NO_3 (10m)，PO_4 (10m)及 SiO_2 (3m)為負向影響，NO_3 (10m) 為正向影響，雖然決定係數 R^2 不高，可見營養鹽 PO_4、SiO_2 及 NO_3 濃度對藻類之影響，且有測站上的差異。其他底棲動物及珊瑚白化與營養鹽的迴歸相關（表 6-4-1），測站 22 之 PO_4 及

NO_3 濃度對入水口之海葵有迴歸關係（R^2=0.04-0.09, P<0.05），為正向之影響，在複迴歸分析上，海葵則是與 3m NO_3 濃度有迴歸關係（R^2=0.10, P<0.05），迴歸式為 Y(sea anemone)=37.26 + 13.47 NO_3 (3m)；而入水口海綿與 NO_3(3m)濃度有迴歸關係(R^2=0.03, P<0.05)，為正向之影響，出水口海綿則與 SiO_2 (0m)濃度有迴歸關係(R^2=0.03, P<0.05)，為正向之影響，呈現營養鹽高時，海葵及海綿覆蓋率比例越高，而藻類的覆蓋率越低，雖然決定係數 R^2 不高（0.02-0.12），但此結果仍顯示營養鹽對藻類及底棲動物覆蓋率有影響，需注意其變化情形。

以 105 及 106 年各測站水溫與子計畫 1 海潮流提供的資料比較，出水口南側水深 8 公尺處(Efflu)、出水口南側水深 9 公尺處(Efflu-2)、貓鼻頭(MPT) 與 N3C1(21.93053 °N, 120.75111 °E；水深 28 公尺；距出水口約 590 公尺)的平均水溫、最高水溫、最低水溫及溫差無顯著差異（ANOVA, Duncan; p>0.05）(圖 6-4-16)；整體而言，出水口南側地區除 3 公尺水深的測站(Efflu-3)外，其餘各測站之水溫與入水口的水溫變化無異，顯示溫排水不影響出水口南側地區 8 公尺以深的水溫變化。

樽海鞘*Pyrosoma atlanticum* Péron,1804是屬於燐海樽目(Pyrosomida)、火體蟲科(Pyrosomatidae)火體蟲屬(*Pyrosoma*)的種類，喜歡生活在溫暖海域，於南灣僅102/8/25（第3-4次期間）入水口及103/05/22（第2-3次期間）於入水口的灣內水層及底質上有大量出現的記錄，103年5月多集中於灣內之北側。102/8/25事件前有潭美颱風於臺灣東部海域形成（圖 6-4-17A；102/08/16），往常南灣湧昇造成N3C1測站與入水口（Influ-5）水溫下降有延遲2-3小時的現象（圖 6-4-17B），但從102/08/17開始，N3C1測站有水溫陡降的現象，而入水口（Influ-5）的水溫則無此變化（圖 6-4-17B；黑色箭頭所指處），故推測颱風帶來之水團水流改變，如水溫、鹽度、營養鹽或浮游生物量都可能與樽海鞘大量出現有關；103/05/22事件雖無颱風影響，但也有N3C1測站水溫變化與入水口（Influ-5）不一致的現象（圖 6-4-18；黑色箭頭所指處），兩次事件似與水團

水流變化有關，故計數102-103年年間N3C1測站水溫變化與入水口（Influ-5）不一致的發生天數（表 6-4-2），在102年有28天（佔7.7%），樽海鞘大量出現的月份（8月）有11天，佔年內總不一致的天數39%，發生機會較其他月份高；103年有51天（佔14%），樽海鞘大量出現的月份（5月）有9天，佔年內總天數32%，發生機會與9月、10月相同，故從水溫變化也難以判定樽海鞘可能出現的時間點。子四將入水口（Influ-5）之底棲動物著生量及水溫資料，還有子二測站22的 0-10 m水文水質及子三動物性浮游生物相等共59項調查項目，分成樽海鞘出現次別與相關次別進行比對，例如102/8/25為102年第3次與歷年（92-105年）第3、4次之比較（表 6-4-3），兩次的偶發事件雖各有較歷年高或低的觀測項目，以102/8/25（第3次）為例，觀測項目較歷年低的為總殘留氧化物（TRO）及季平均最低日溫，但這些差異並無一致性，故目前無明確定論。

近年像水母這類的膠質浮游動物大量繁生，造成核電廠進水口處的渦輪機冷卻水管堵塞，讓核電廠停擺的例子已見於以色列、日本、韓國及瑞典等國的核電廠，不過，2013年10月據Fast Company網站報導，南韓一名科學家發明了一款名為JEROS（Jellyfish Elimination Robotic Swarm）的「水母殺手機器人」，這具機器人利用身上的GPS系統在海中巡弋搜索，並且利用攝影機鎖定目標物水母，之後，機器人會利用一張網將水母困住，不到3秒鐘，水母立即被機器葉片絞碎，此機器系統一小時內可絞殺高達一噸重的水母，但不清楚是否適合本海域使用。樽海鞘大量出現可能會影響核電廠的營運，故建議核三廠可利用進水口內即時影像監測計畫所得之監測影像，並配合水流水團監測資訊，適時調整機組運作情形，避免產生突發狀況。

3.5 魚類調查與其他子計畫相關性

由海潮流子計畫的資料得知，排水口附近海流以往復之潮流運動及西南淨流為主，其溫排水擴散區域大部份限於排水口附近海域西側，故調查測站受到海流影響較大的區域為測站 3 及測站 4，分析歷年來 5 個測站主要的魚種出現頻率及數量百分比(表

6-5-1)，發現 5 個測站的魚類相皆呈現更迭頻繁的現象，且主要優勢種仍有重疊之處，顯示溫排水對第三核能發電廠附近海域的魚類群聚組成影響小。本計畫分析 2000 年 7 月至 2016 年 5 月共 223 筆數據，將水文水質(子二)3M 水層的各項調查資料(硝酸鹽、矽酸鹽、磷酸鹽、亞硝酸鹽、溫度、溶氧、鹽度、葉綠素、透明度、酸鹼值等 10 個水質參數)利用因素分析進行因素萃取，發現酸鹼值屬離群參數，故刪除後再次進行因素萃取，歸納出 3 個水質變項，共解釋總體水質變異的 64.25%。以各成分軸中因子負荷量(factor loadings)大於 0.5 者作為判斷該軸意義的依據(表 6-5-2)，由於水質的測量變數間存在著相關性，比如海水鹽度的測量值中包含著營養鹽(硝酸鹽、矽酸鹽...等)成分，因此進行相關性分析結果，增加「基礎生產力(-)與溶氧」及「鹽度與矽酸鹽」的共變關係，提高了模型的配適度。結合植物性及動物性浮游生物調查(子三)與魚類調查資料，利用結構方程模式預設出 3 個環境變動的潛在變項(營養鹽、湧升流及基礎生產力)及 2 個生物變動的潛在變項(浮游生物群聚及魚類群聚)，建構第三核能發電廠附近海域之珊瑚礁生態系之概念模式(圖 6-5-1)，表層生態系實證模式中顯示湧升流對浮游植物密度呈負相關，基礎生產力與浮游植物密度呈正相關，營養鹽與浮游動物群聚呈現負相關，湧升流與浮游動物群聚呈現正相關(圖 6-5-2)。加入魚類群聚資料後之實證模式顯示計畫區附近海域的營養鹽多寡及基礎生產力的高低與魚類群聚呈現顯著線性關係(圖 6-5-3)，與溫度相關的湧升流對魚類群聚的相關性不顯著，係因影響域內有低溫水湧升時，並未觀察到魚類來游率的增加或減少。本研究利用結構方程式建構第三核能發電廠附近海域生態變動模式，配適度良好，並量化了環境對浮游生物及對魚類群聚之直接及間接影響。

3.6 網頁

本網頁架設的主要目的為二，一是將歷年的調查與研究成果公佈網路，提供參與之研究人員與業主參考及查詢，二是將歷年調查資料製作成資料庫，提供參與研究人員立即查詢及相互比對。目前網頁架設於中山大學海洋系之網頁伺服器下：http://npp3.nsysu.edu.tw。現就整個架構敘述之。

3.6.1 基本架構

1. 網頁伺服器採用LAMP （Linux+Apache+ MySQL+PHP），加強網頁即時查詢功能，加強會員登入保安，並提供自訂密碼功能。

2. 入口網頁區分為研究人員專用網頁及一般民眾之成果展示網頁研究人員，研究人員網頁進入要「網路帳號」與「密碼」以便進入主畫面，一般民眾網頁，則分別就計畫緣起、計畫時程及研究成果說明之。



3. 研究人員首頁架構主要為各項觀測資料的查詢與線上資料繪圖兩大部份，觀測資料查詢可就各項觀測數據查詢，線上繪圖部份將水文資料、海流資料、海水表溫及氣象衛星雲圖，建立線上繪圖資料展示。海流資料之漂流浮標查詢、CTD資料等，則以Google Map平台展示其資料概況，讓相關研究人員能藉由此系統，獲取第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查之完整資訊。

3.6.2 主選單

主選單計有：水文資料線上繪圖、海流資料線上繪圖、CTD 資料線上繪圖、海水表面溫度分佈圖、氣象衛星雲圖、MODIS 海洋水色衛星資料、以及放射性元素觀測資料查詢展示等項目，以下分別說明觀測資料的概況。

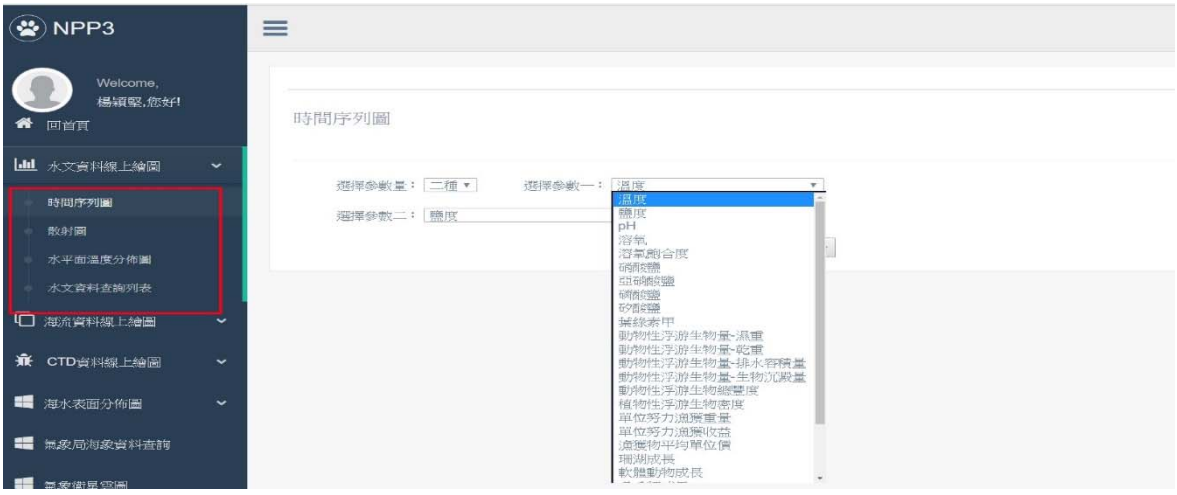
依序說明如下：

資料繪圖：

資料查詢部分，以提供歷年來之水文與海流部分之查詢、CTD資料垂直剖面圖與水平分佈圖查詢等為主。一般資料查詢方法是輸入欲查詢之條件後，系統立即從資料庫系統中比對查詢條件，符合條件者即以圖形輸出，未符合條件者則回應無此資料。此部份之查詢與繪圖系統，部分程式是自行開發，部分程式則是使用免費軟體聯盟 (Free Software Foundation，FSF)之Plot Plus (PPLUS)與Generic Mapping Tools (GMT)等繪圖程式。圖形是低解析度之GIF 或JPG 格式展示，而使用者若需要高解析度之圖形，亦可下載高解析度之PDF 格式圖檔，使用者只要有Acrobat Reader 程式即可瀏覽該圖檔。

水文資料線上繪圖：

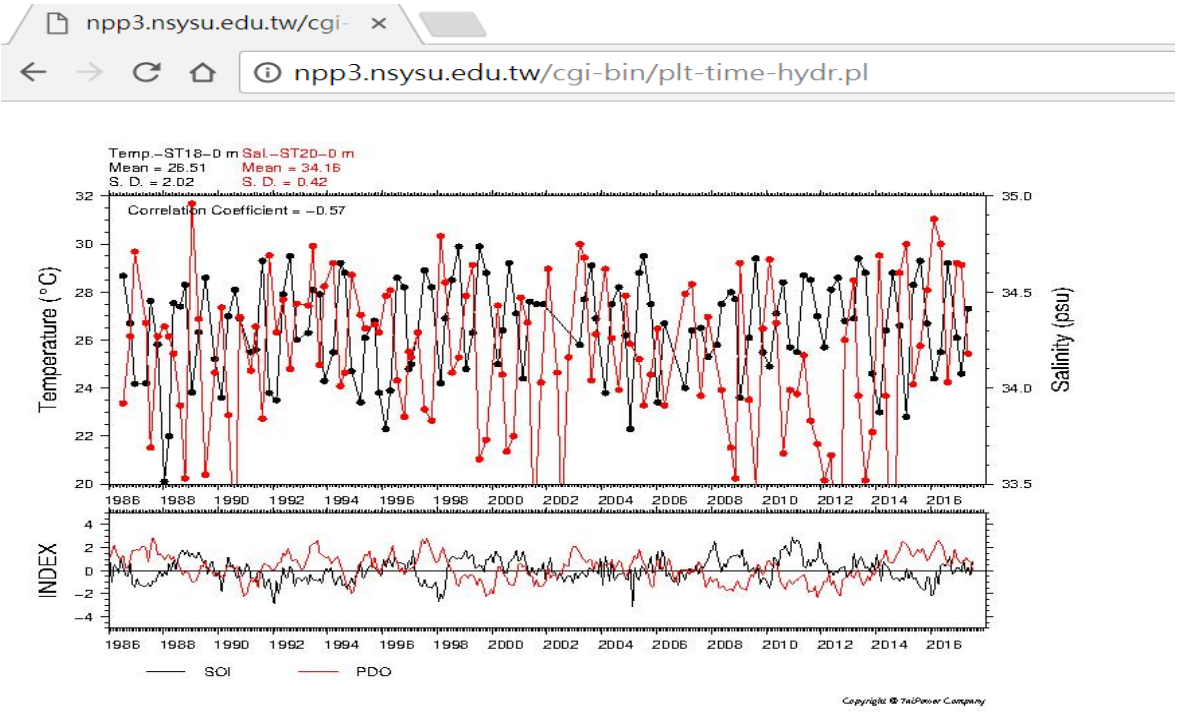
目前有12個參數線上繪圖，分別是溫度、鹽度、pH、溶氧、溶氧飽和度、硝酸鹽、亞硝酸鹽、矽酸鹽、磷酸鹽、葉綠素甲、動物性浮游生物豐度、植物性浮游生物密度，資料已更新至106第2季，陸續將新增珊瑚成長、軟體動物成長、多毛類成長、苔癬蟲、海鞘、藤壺、珊瑚礁魚類組成、單位努力漁獲量等資料查詢。如下圖所示。



選擇水文資料查詢後，即可進入水文資料細項查詢網頁，共有4選項：時間序列圖、散射圖、水平面溫度分佈圖、水文資料查詢列表。選擇時間序列圖後，共有3大選項，分別是：請選擇參數量、請選擇參數一、請選擇參數二，如果選擇2種參數，溫度及鹽度作圖，會出現如下進階選擇頁，分別顯示起訖時間、溫度軸上下限、鹽度軸上下線、欲繪測站數、測站與深度。



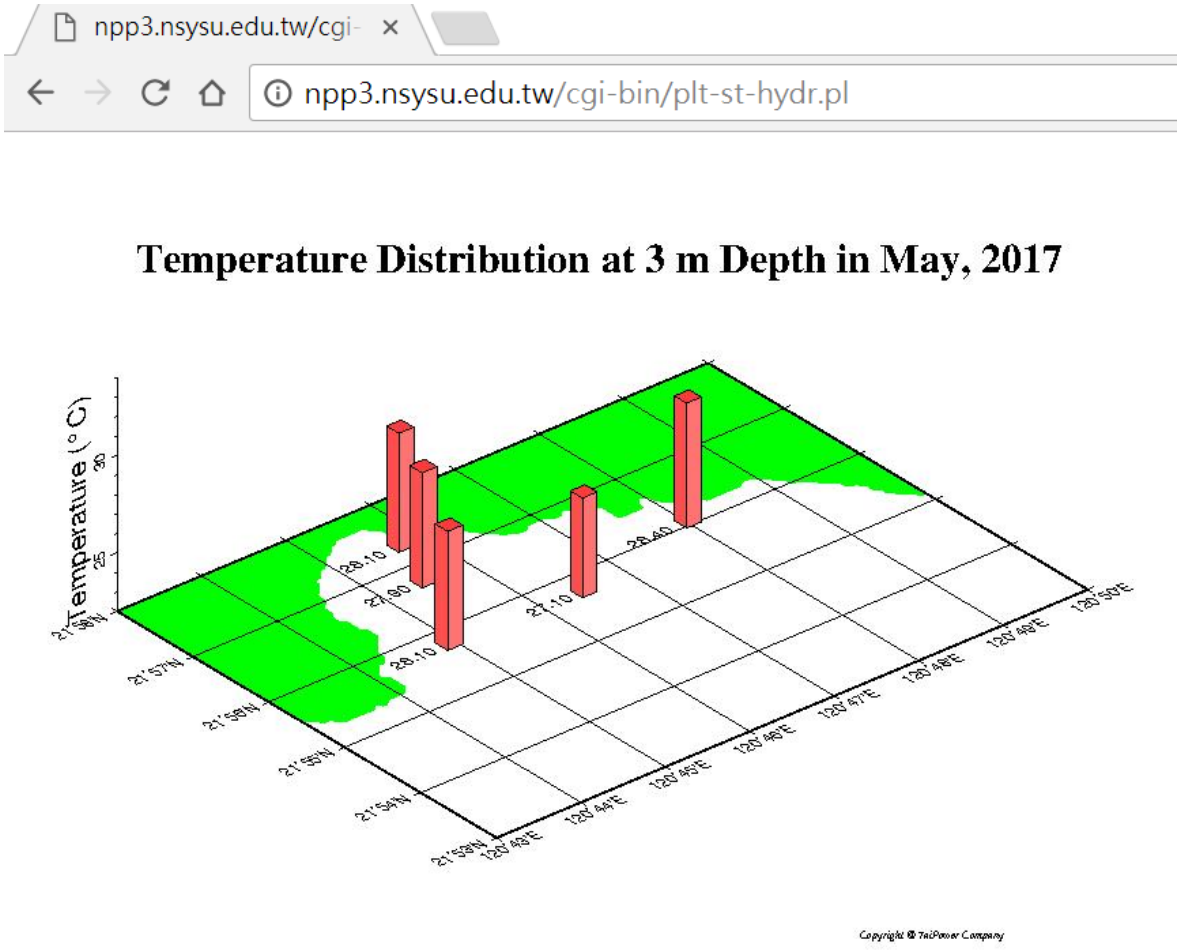
若以預設值為例，起訖時間為民國75年至106年，溫度軸上限為32°C，溫度軸下限20°C，鹽度上限為35psu，鹽度下限為33.5psu，欲繪測線數為2，第一條線測站為st18之0 m的溫度，第二條線測站為st20之0 m處的鹽度繪圖，按繪圖鍵即可得到欲查詢參數及其與SIO及PDO參數之相互比較，如下圖：



選擇水平面溫度分佈圖後將有3選項，分別是：時間、參數與深度，如下圖所示。



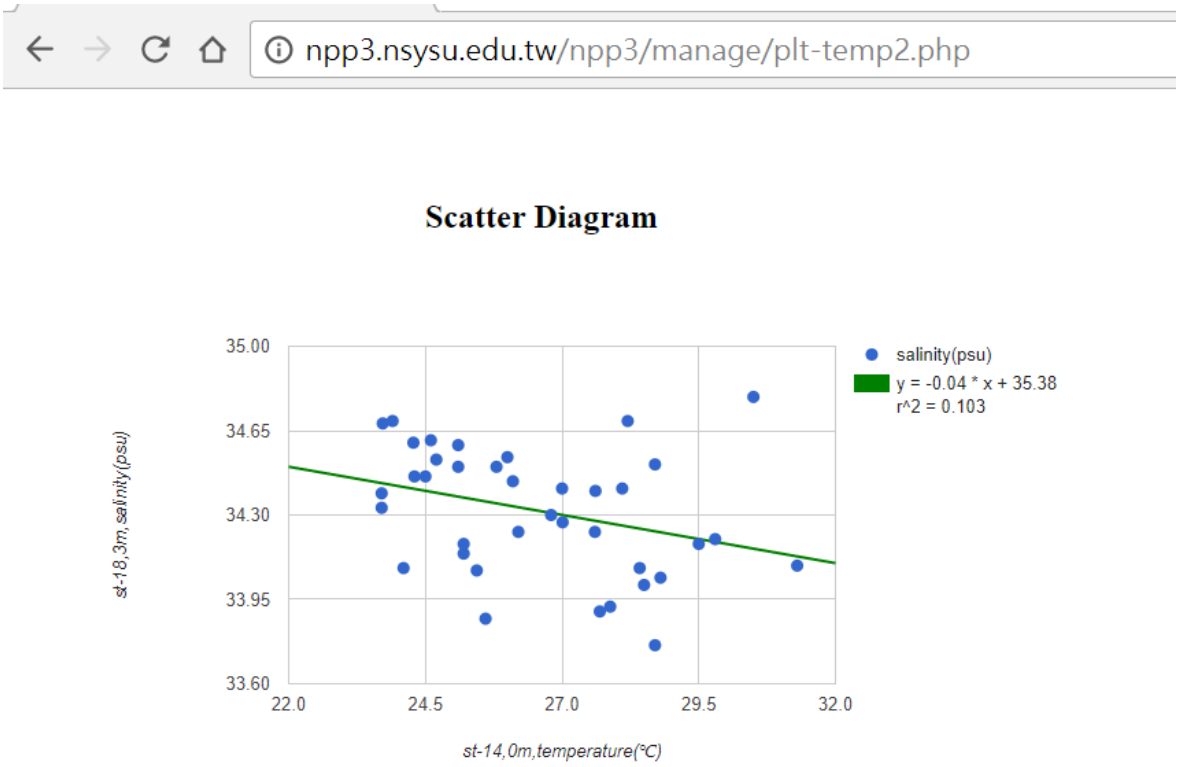
若時間為民國106年5月、深度為3 m 處的溫度分佈，按繪圖鍵可得下圖：



散射圖可選擇資料比較時段，後有2選項，分別是兩測站的深度。此部份是繪出此2測站溫度資料的比較及其回歸值，如下圖所示。

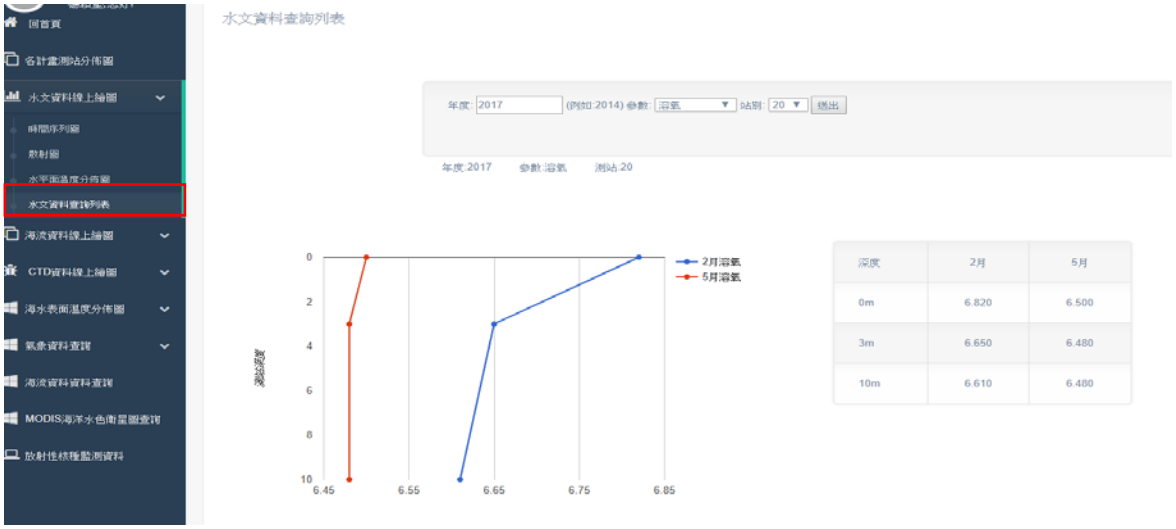


若以預設值為例，時間以民國75年7月至106年5月為起訖時間，分別是繪出st14之0m溫度與st18之3m 鹽度的比較。如下圖所示：



水文資料查詢列表：

歷年水文資料則以Google Chart顯示統計圖表，若依時間查詢，使用者只要輸入年份、選取參數、測站站別，系統即會展示出這段期間的參數，不同深度的資料，按季別及深度排序。若以2017年溶氧參數、st20測站為例，顯示結果如下圖所示:

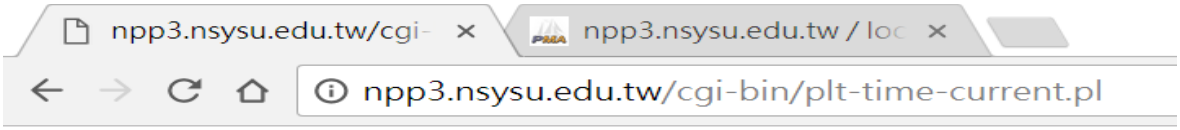


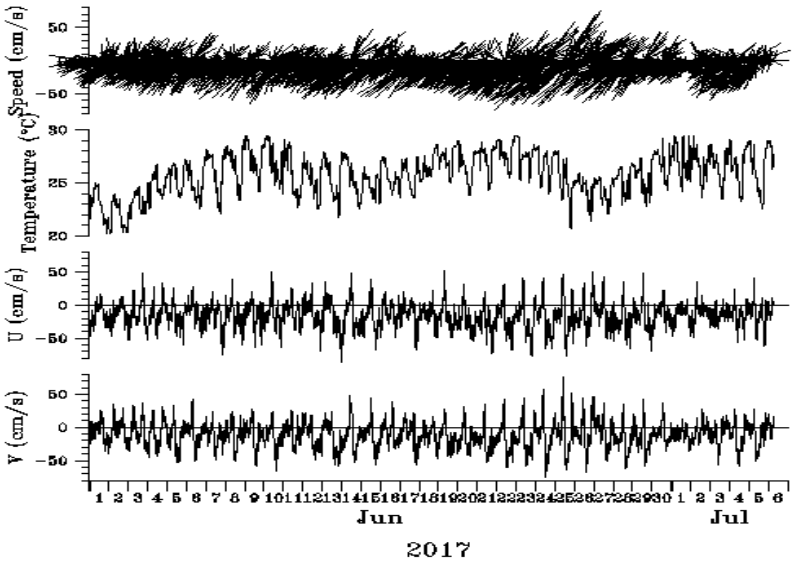
海流資料查詢：

選擇海流資料查詢後，即進入海流資料查詢網頁，共3選項：時間序列圖、流場統計圖、浮標漂流軌跡。各項資料已更新至106年第2季，共有11選項，分別是：繪圖數、起訖時間、流速軸上下限、溫度軸上下限、以及6種圖形可供選擇，計有：流矢圖、溫度圖、東西向流速圖、南北向流速圖、流速圖、流向圖等。如下圖所示：



若以預設值為例，將繪出4張圖，起訖時間為民國106年6月1日至7月6日，流速軸上下限為-80~80 cm/sec，溫度軸上下限為20~30 °C，圖1至圖4分別是流矢圖、溫度圖、東西向流速圖、南北向流速圖。如下圖所示：

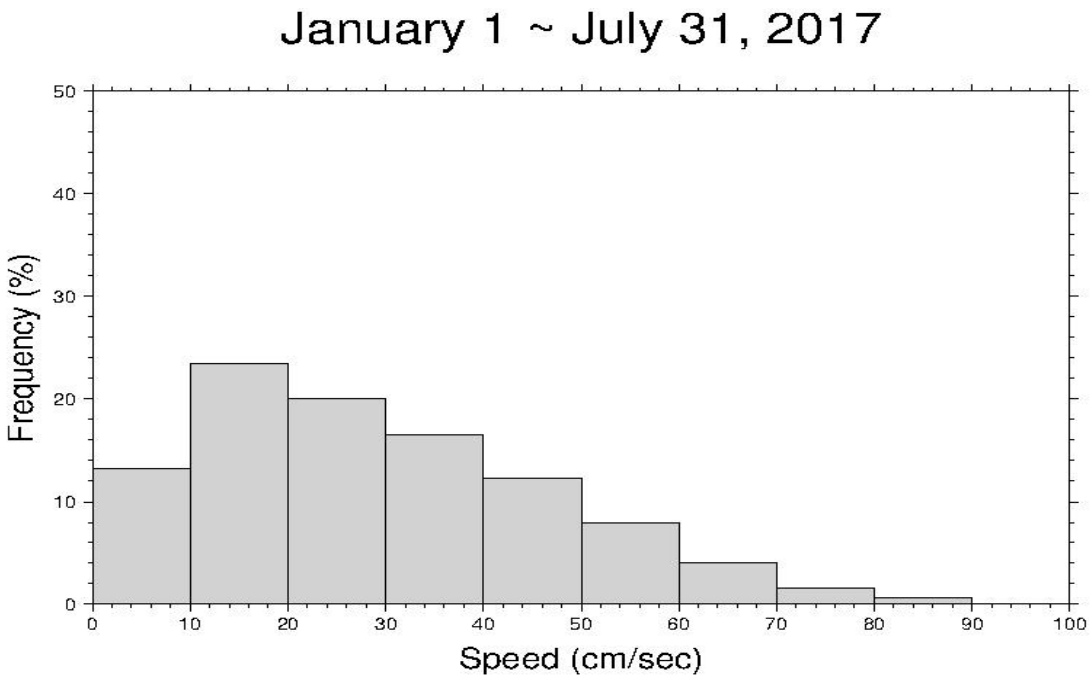




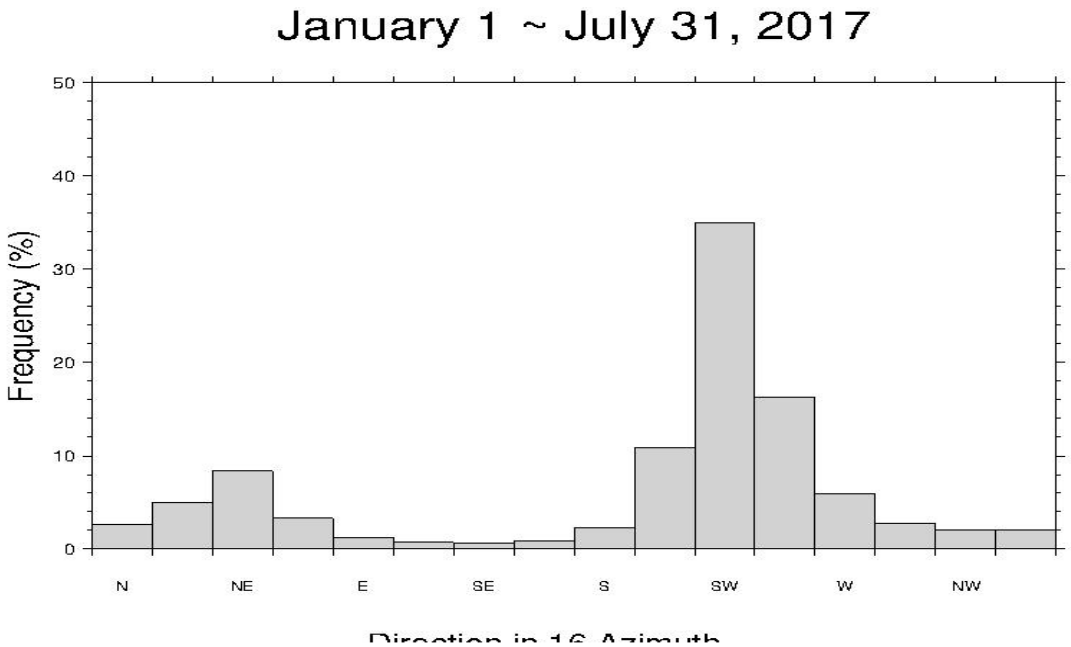
選擇流場統計圖後，共有2大選項，分別是：圖形種類與起訖時間。圖形種類計有：流速發生機率圖、流向發生機率圖、玫瑰圖、海流漸進線圖等四種。如下圖所示：



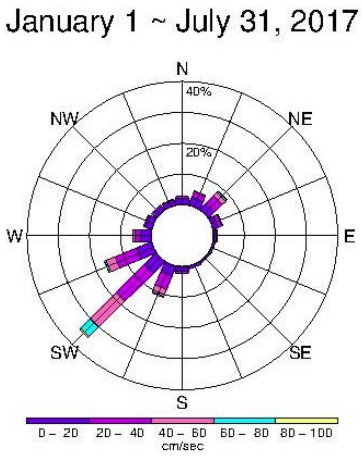
若以預設值為例，起訖時間設為民國106年1月1日至7月2431日，若分別選擇流速發生機率圖、流向發生機率圖、玫瑰圖等3種圖形，則其結果分別如下所示：



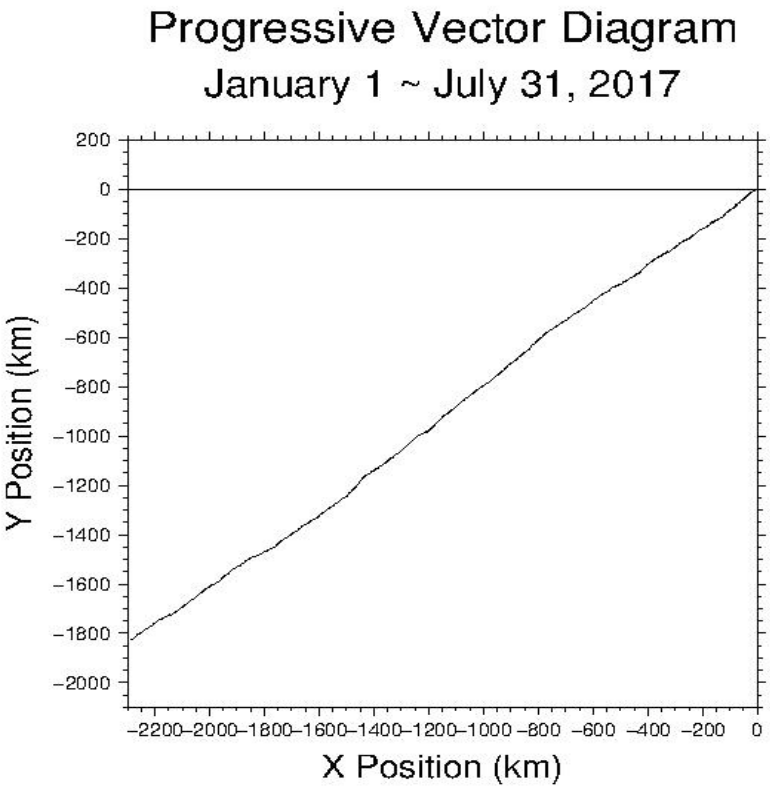
流速發生機率分佈圖



流向發生機率圖


January 1 ~ July 31, 2017
N
NE
E
SE
S
SW
W
NW
40%
20%
0 – 20
20 – 40
40 – 60
60 – 80
80 – 100
cm/sec

玫瑰圖

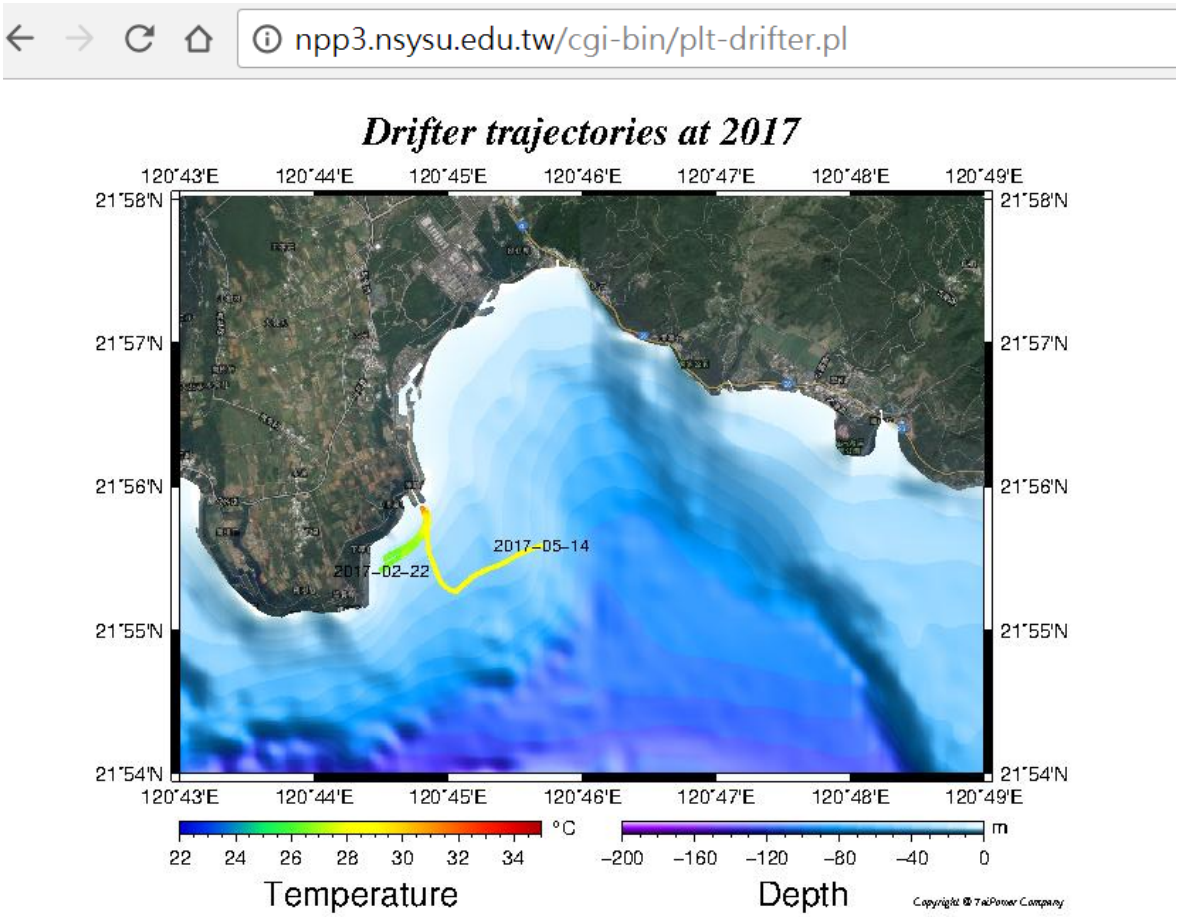

Progressive Vector Diagram
January 1 ~ July 31, 2017
Y Position (km)
X Position (km)
200
0
-200
-400
-600
-800
-1000
-1200
-1400
-1600
-1800
-2000
-2200 -2000 -1800 -1600 -1400 -1200 -1000 -800 -600 -400 -200 0

海流漸進線圖

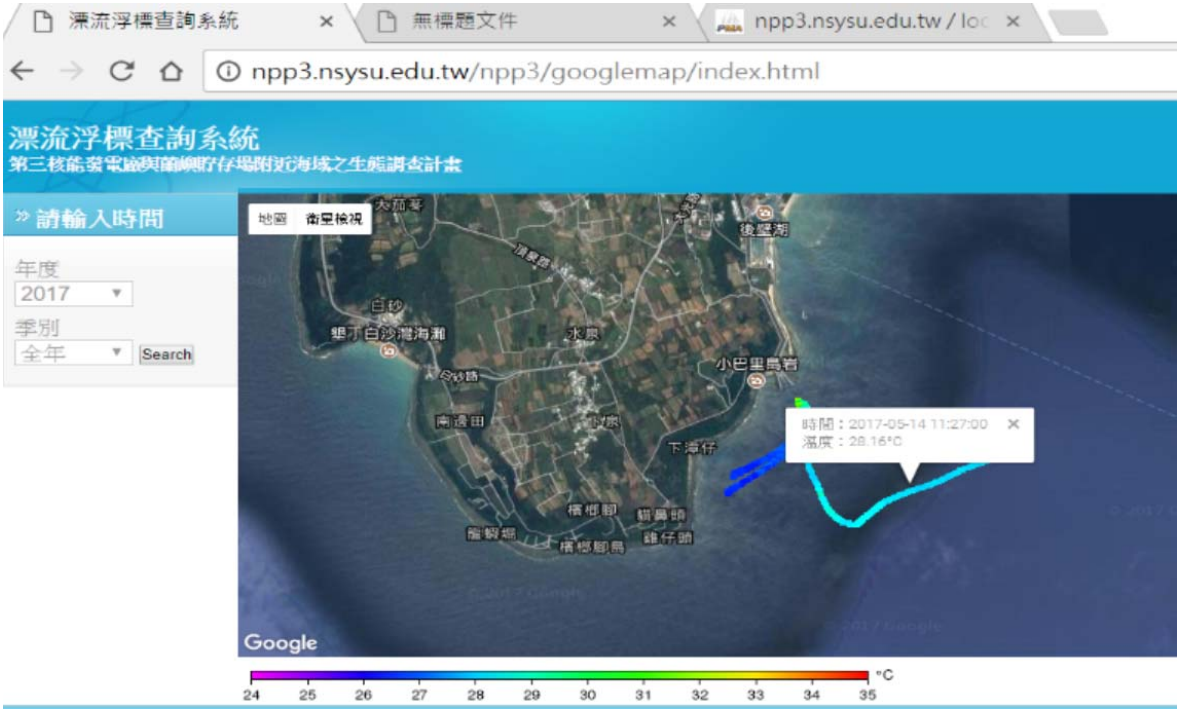
彙整 92~106 年漂流浮標資料建立資料庫，建立兩種漂流浮標軌跡查詢系統，一為 GMT 繪圖展示，二為 Google Map 資料展示，分別依年別與季節繪圖。



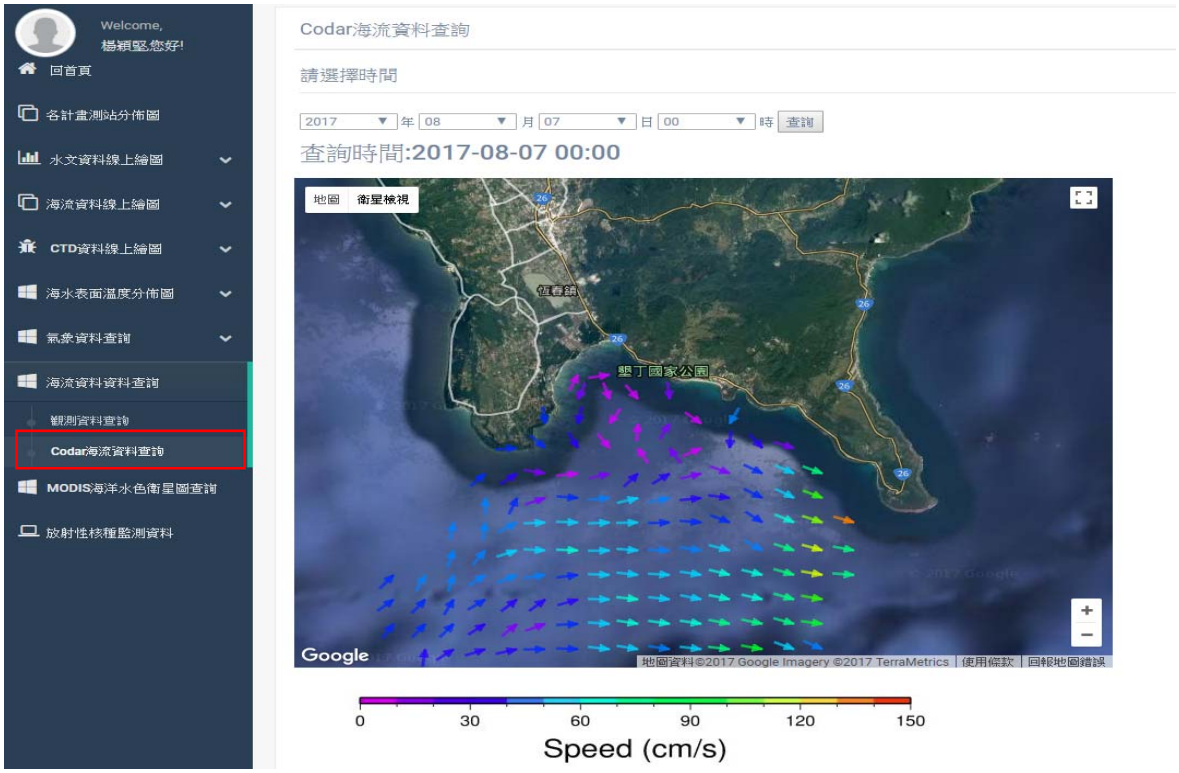
若選擇 2017 年繪圖結果如下:



漂流浮標Google地圖查詢：



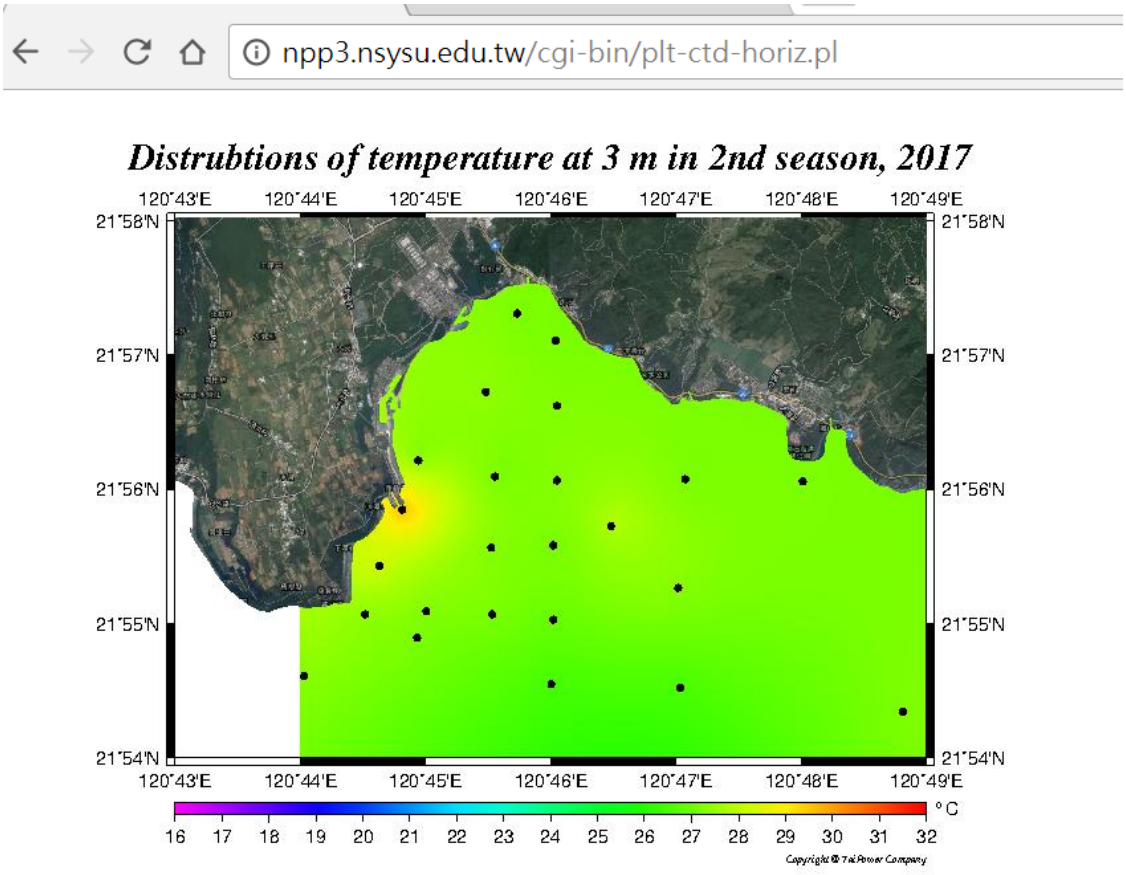
除上述各項海流資料外，尚收集CODAR海流資料，供研究人員參考交叉比對。使用可以輸入時間查詢，海流流速大小以顏色表示如下圖所示。



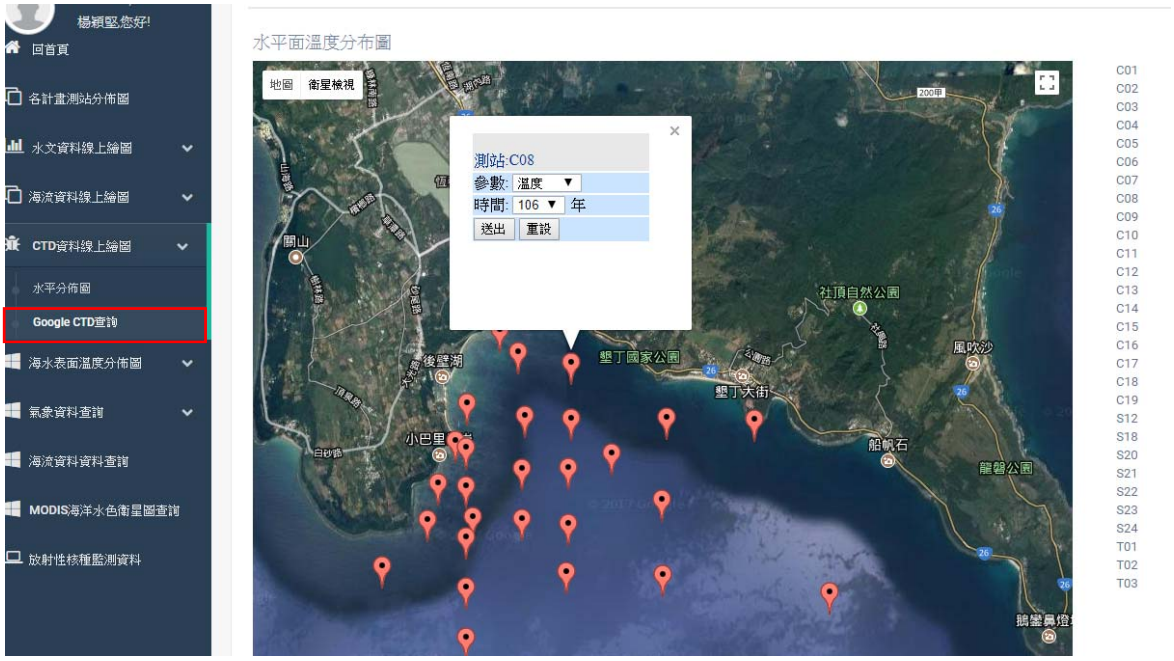
CTD資料線上繪圖：



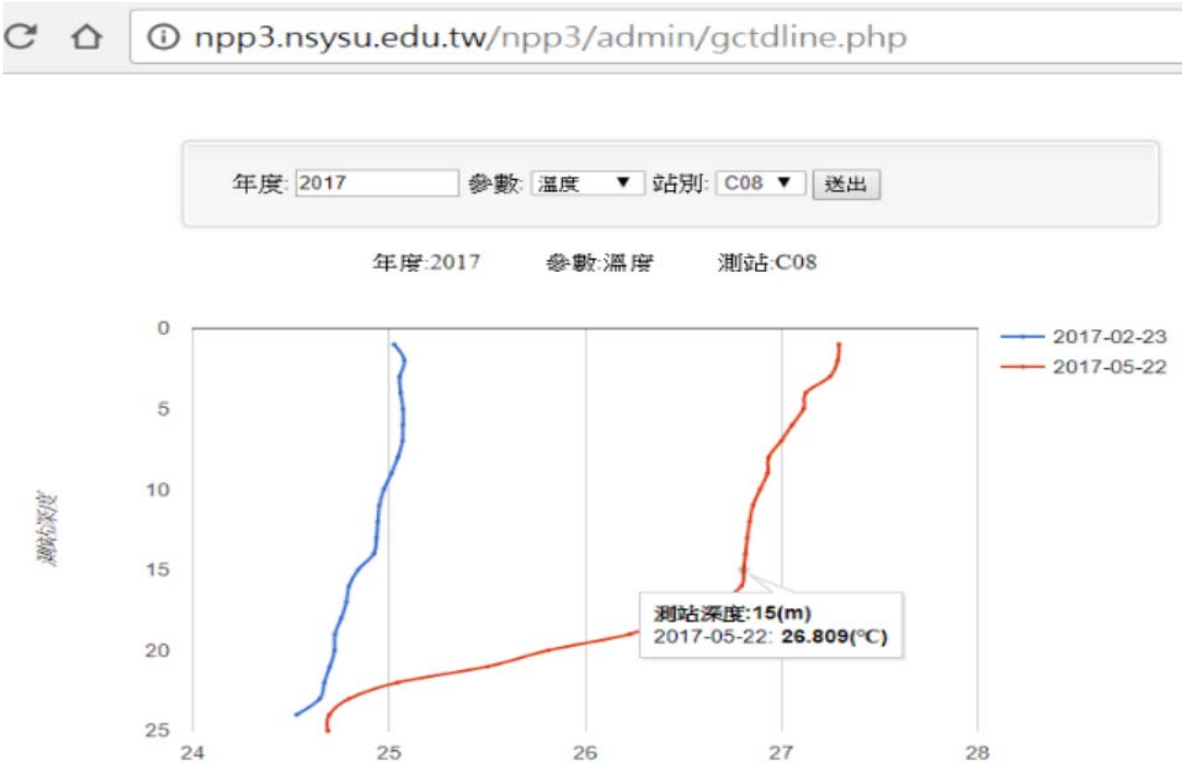
水平分佈圖可選擇參數、深度、季別繪圖，如以106年第2季，3m之溫度繪圖如下所示，繪圖如下結果。



CTD查詢亦彙整歷年各測站觀測資料，以Google Map介面供研究人員查詢。

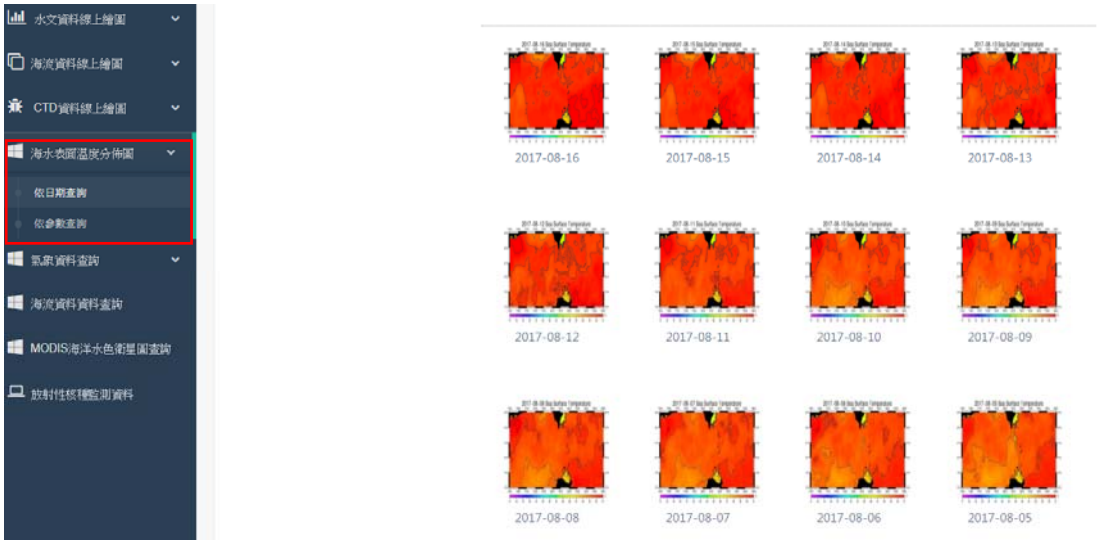


若選擇 C08 測站，106 年溫度參數資料，繪圖結果如下所示:

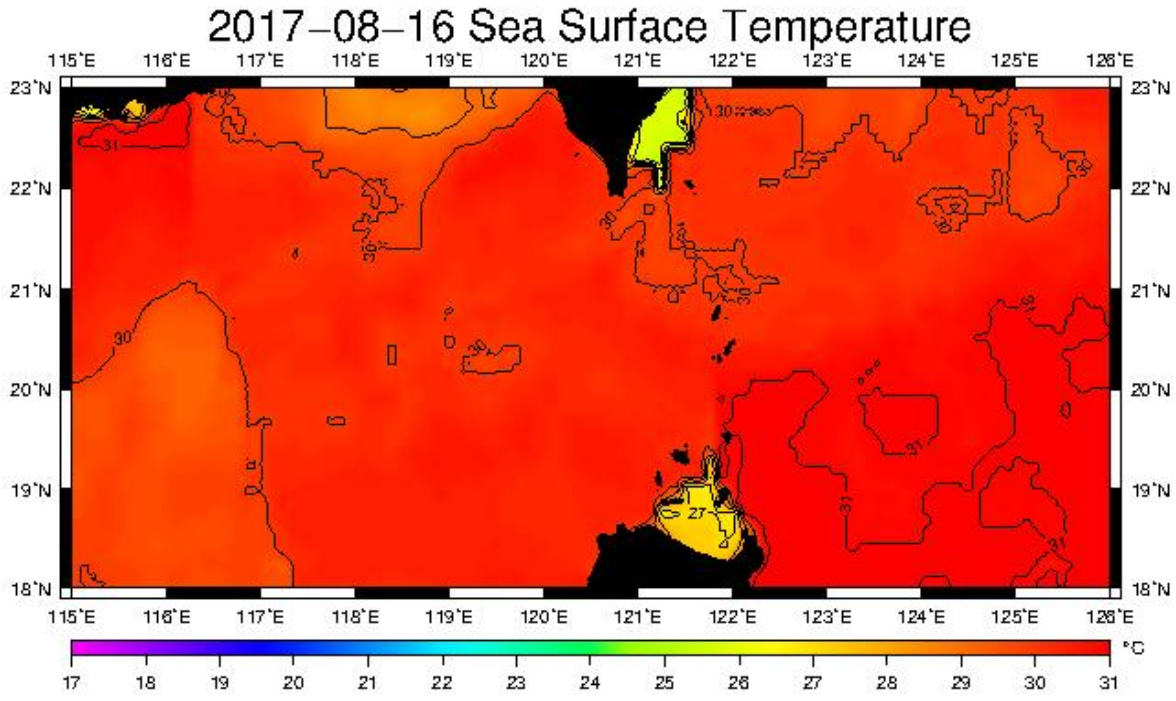


3.6.3 海水表面溫度分佈圖

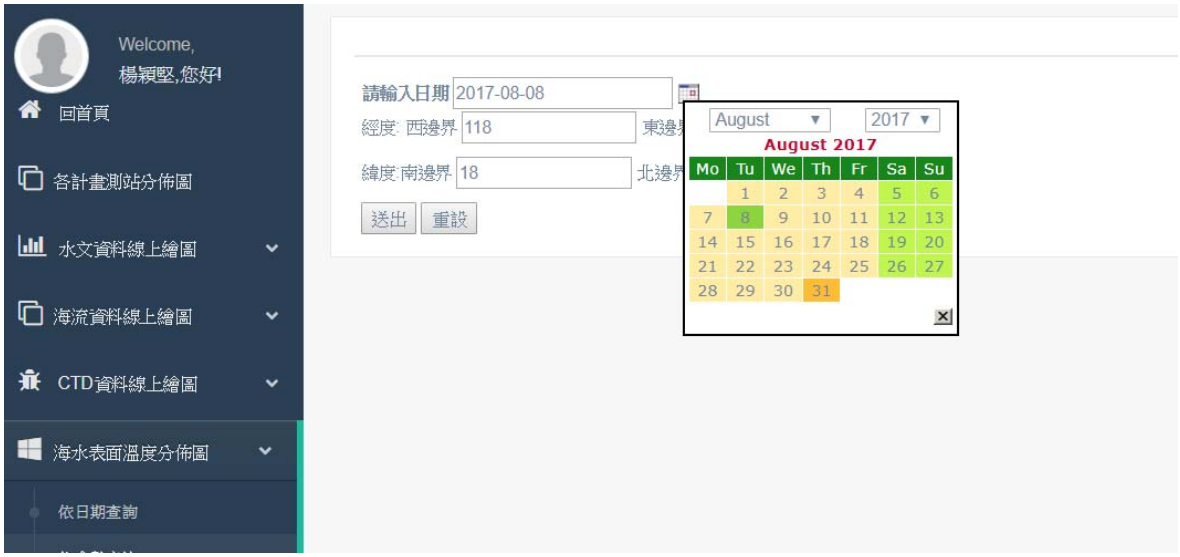
衛星遙測海表面溫度資料庫是持續收集紅外輻射及微波頻段之衛星遙測海面溫度資料後載入資料庫，開發整合查詢介面後，供研究人員運用。衛星資料種類計有：MODIS衛星的紅外輻射 (Infra Red)資料，與AMSR-E、TMI、WindSAT衛星的微波(Microwave)資料。整合後的空間解析度約為9公里；資料的蒐集範圍：115°E~123°E、18°N~23°N；資料頻率為每日一次。本資料庫的查詢頁面輸入搜尋時段，如輸入2017年8月5日至2017年8月16日期間，結果如下圖所示。



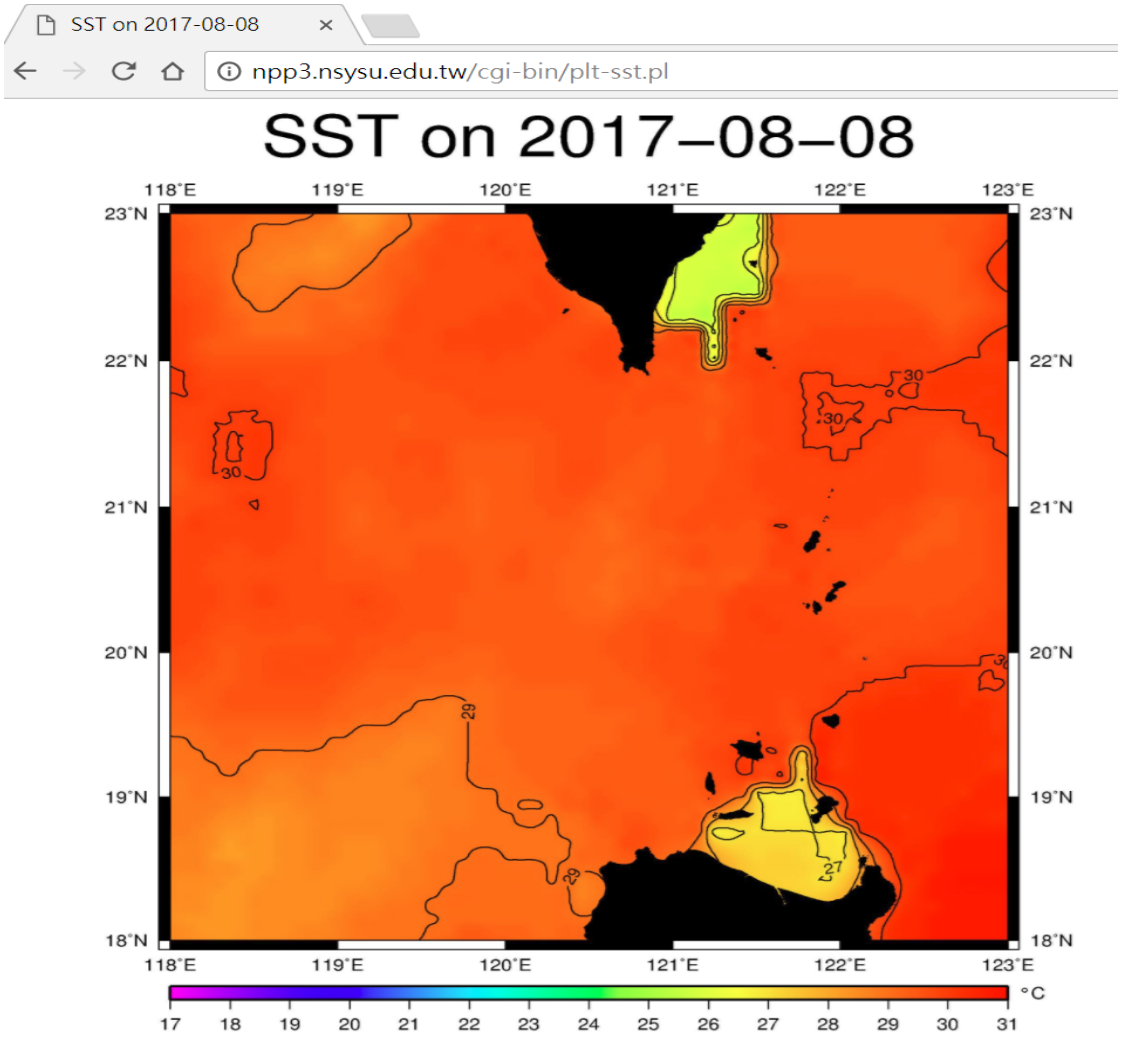
點選一張小圖後，可變成大圖:



上述是快速查詢，若要查詢特殊區域的溫度分佈，可到海面溫度分佈查詢頁面，輸入日期與範圍，即可進行查詢，如下圖所示：

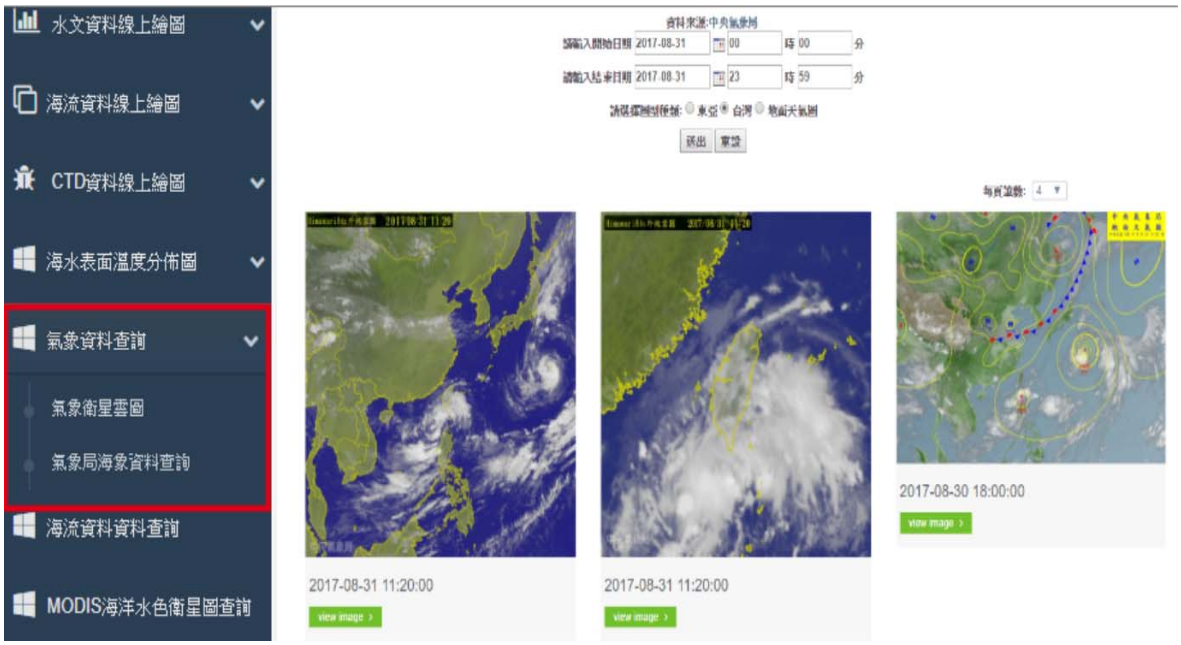


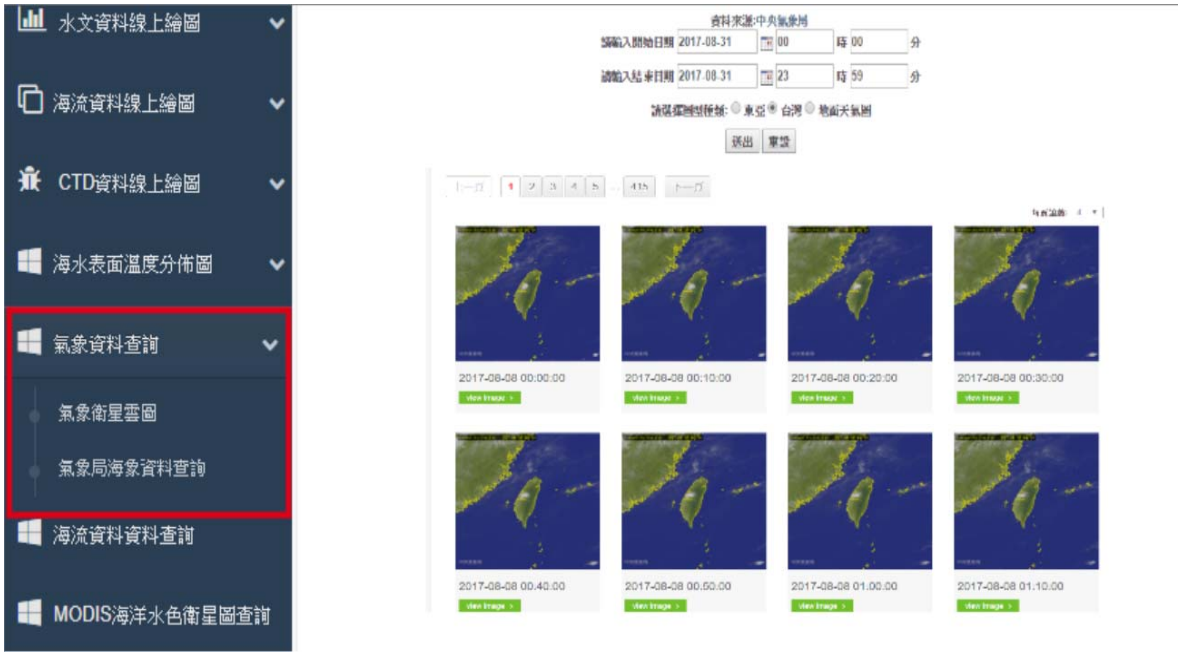
查詢結果如下圖:



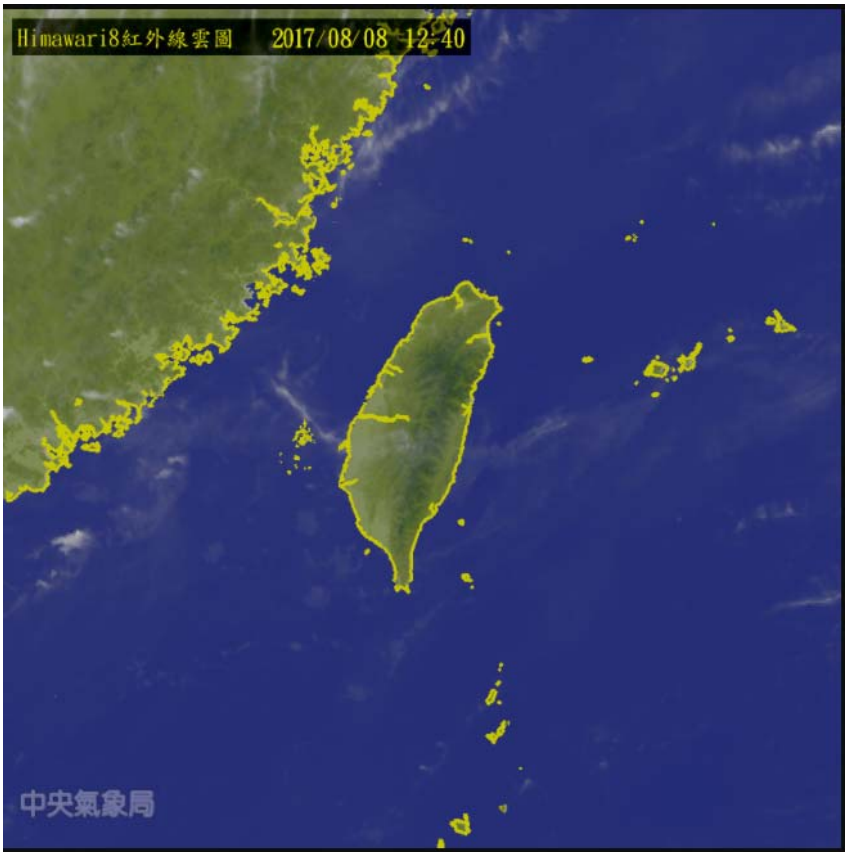
3.6.4 衛星雲圖及氣象資料查詢

颱風對本地區影響甚為重要，故必須建立颱風資料庫。由於中央氣象局已經有非常完整的資料，故本網頁只是提供快速查詢的訊息，與氣象局資料相輔相成，本網頁已建立了起自2002年至2017年的衛星雲圖查詢頁面，並更新為10分鐘1筆資料，日本向日葵衛星，陸續新增各項雲圖，目前有四種雲圖分為東亞、台灣、地面天氣圖，使用者可任選1種雲圖，依年度及時間查詢。查詢畫面如下所示。





點選2017/08/08之小圖可顯示較大之雲圖及地面天氣圖如下所示：



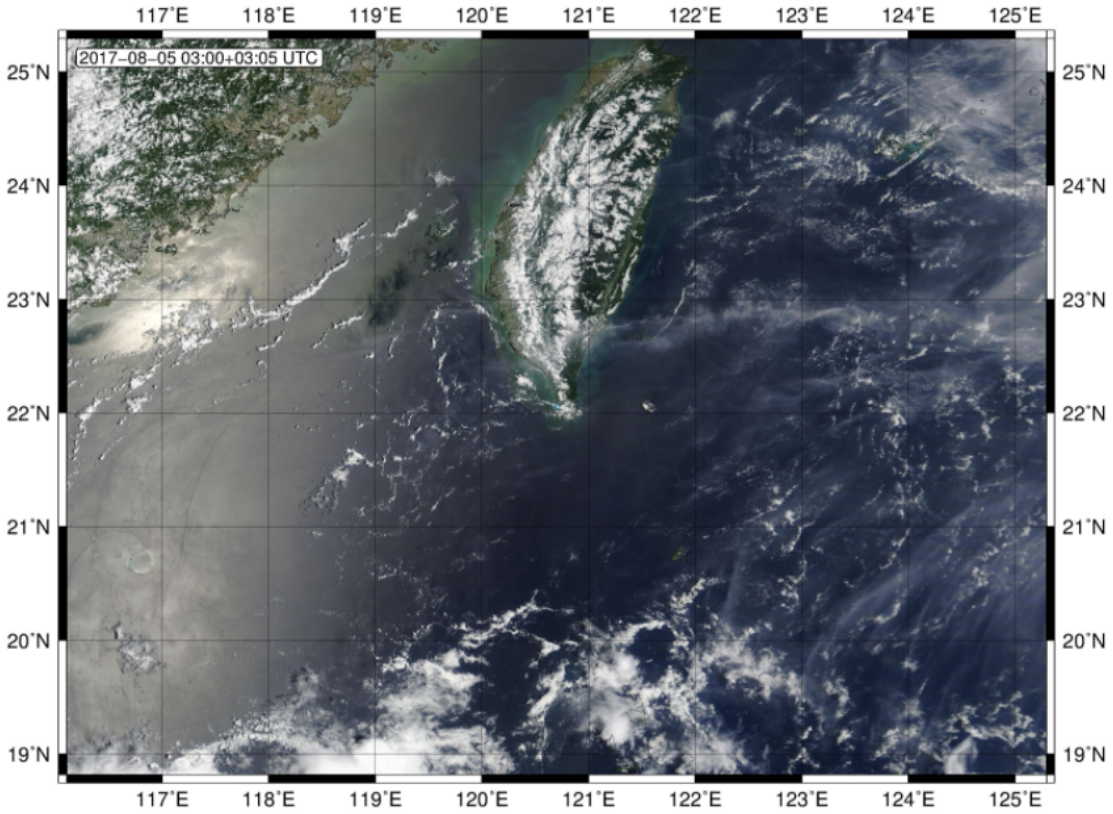
其他海象資訊如氣象局之海象資料查詢，使用者可以選擇後壁湖站與鵝鑾鼻資料浮標測站之起始時間，以得到浪高、浪向、風力、風向等列表資訊。



MODIS 水色衛星資料查詢

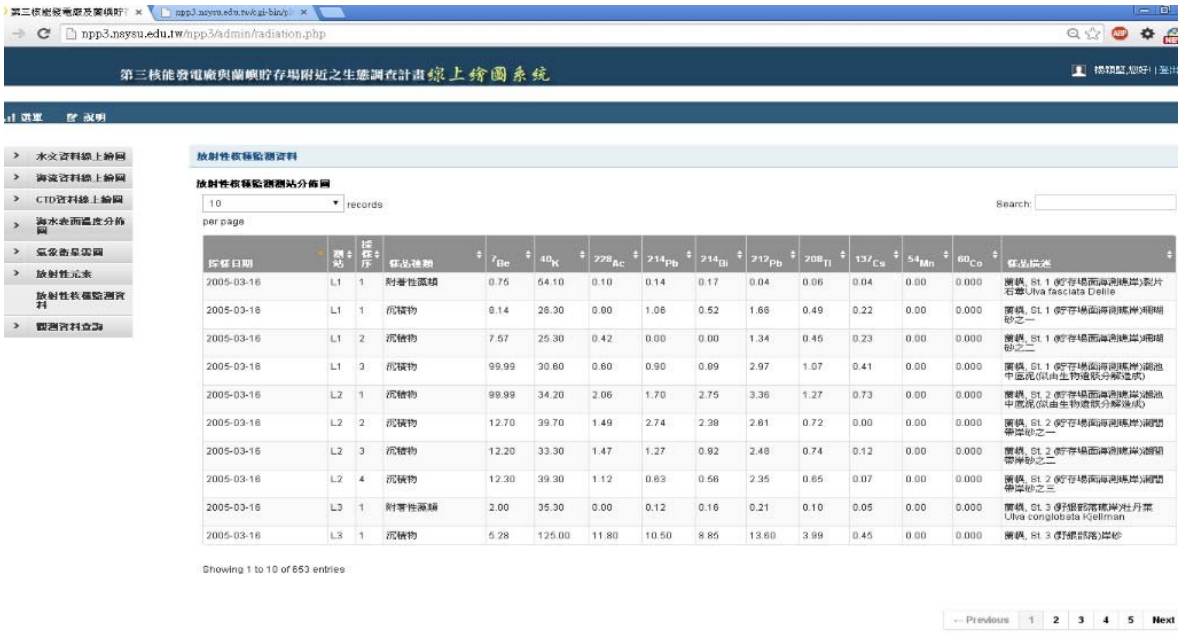
將 MODIS 海洋水色衛星之 aqua 水色衛與 terra 水色衛星，建置使用者查詢介面，使用者可依時間查詢所需的衛星影像。

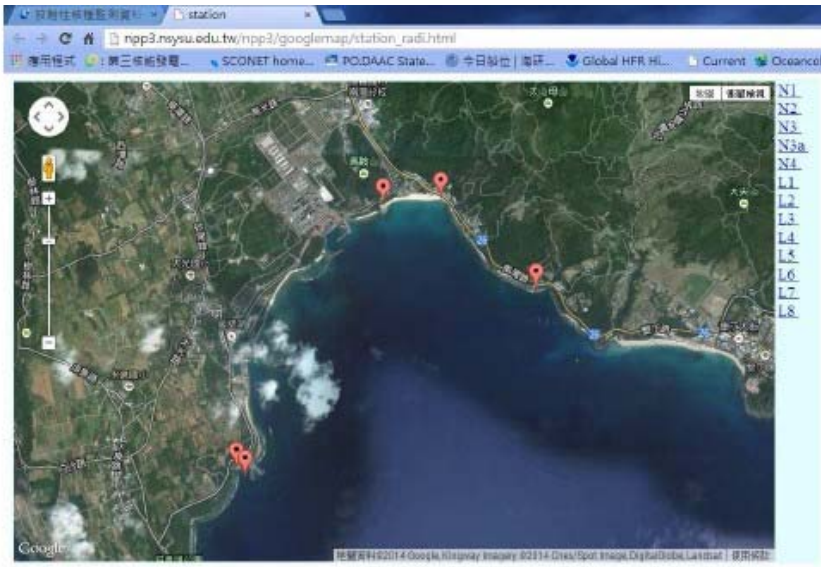




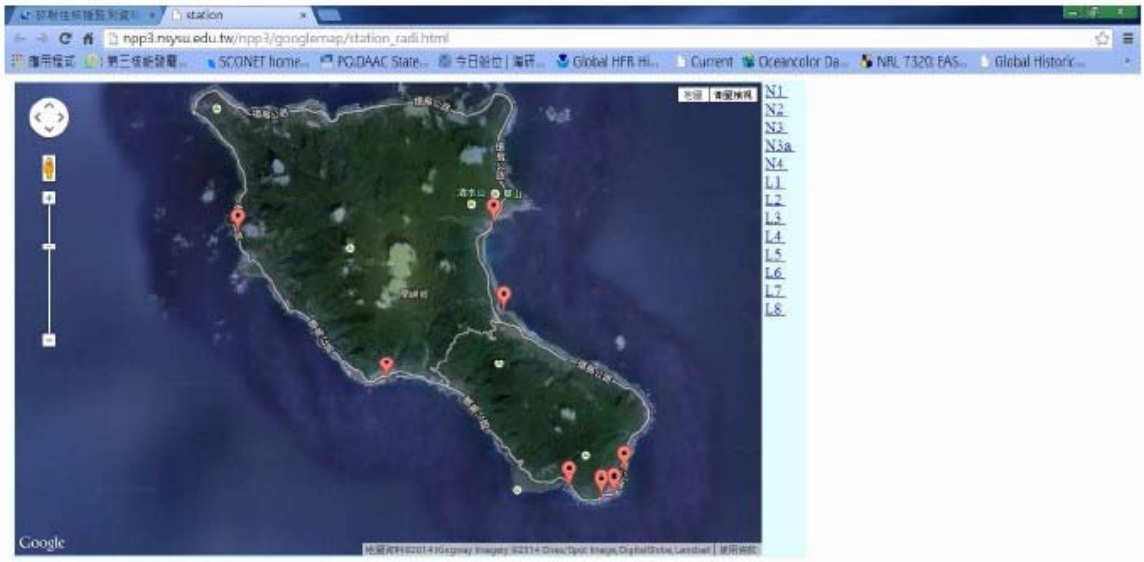
3.6.5 放射性核種監測資料

列出放射性核種監測資料、採樣資訊、採樣地點。





核三廠測站


station
npp3.nsysu.edu.tw/npp3/googlemap/station_radi.html
SCIENET home...
PO.DAAC State...
Global HFR Hi...
Current
Oceancolor Da...
NRL 7320 EAS...
Global Historic...
N1
N2
N3
N3a
N4
L1
L2
L3
L4
L5
L6
L7
L8
Google

蘭嶼貯存場測站

四、結論

海流調查結果顯示，排水口附近海流以往復之潮流運動及西南向淨流為主，造成海水經常往西南繞過貓鼻頭往西輸送之趨勢。溫排水擴散區域大部份限於排水口附近海域西南側，其擴散範圍在漲潮時段往西南約 500～1000 m，退潮時段往東-東南約 200～800 m，溫排水大部份分佈於海表層以下水深 3 m 以內，擴散影響範圍多侷限在距排水口 1000 m 弧內，空間溫降率自排水口往外至 500 m 弧內約 1°C/100 m。除此以外，核三廠海域近岸海底海溫陡降現象，除了是因為大潮潮流在南灣內引起的湧升流將次表層冷水帶上來所造成外，在呂宋海峽產生的巨大內潮、內波傳入海灣內亦有相當程度的貢獻。湧升帶來的冷水，可能有助於南灣之珊瑚免於海水暖化之衝擊；冷水所含之營養鹽，亦有助於藻類生長，但因南灣海水內外交換甚快，藻類來不及長大即被送至灣外，因此營養鹽利用率不高 (Chen et al., 2004a, 2004b, 2005；Jan and Chen, 2009)。水溫長期觀測資料顯示發現颱風季期間某些颱風經過台灣附近後會造成 1～4 週長的水溫下降與回升變化，其間動力因素複雜，值得進一步分析。

本海域水文、水質的改變與聖嬰/反聖嬰現象、太平洋十年期振盪指數等之大尺度海洋事件相關係頗高，例如 92~96 年、103~106 年 PDO 暖相時，溫鹽訊號較集中在南海水以及黑潮水之間，而 99-102 年冷相時，溫鹽訊號明顯偏向南海水。pH 值與硝酸鹽濃度在暖相時較高、冷相較低。但 pH 值在冷暖相之差異，研判為大氣二氧化碳增加所造成之海水酸化，與 PDO 相關性不大。以上結果顯示，本海域之水文變化與大尺度的海洋事件相關性頗高。多年的資料顯示，水體中營養鹽含量的變化似乎受控於植浮的利用或是釋出，兩者之間呈現負相關。

整體而言，核三廠附近海域浮游生物的豐度變動與溫排水的關聯並不顯著，反而，與多項延遲季節的氣候指數有顯著相關性。因此本調查海域浮游生物的豐度變化與大尺度的氣候變遷有較密切的關連。

水溫、底棲動物幼生豐度與底棲動物著生量多無迴歸相關，可能因為無論是水溫測量，或是浮游幼生的撈取，皆為定點即時紀錄，而底棲動物著生是 2-3 個月的累進結果，二者之時間尺度有差別。固定橫截線調查藻類的覆蓋率在入、出水口皆有逐年增加之趨勢，而海葵有逐年減少的現象，經分析顯示營養鹽低時，藻類覆蓋率增加、海葵及海綿覆蓋率降低，需持續注意其變化情形。與子計畫一海潮流提供的水深 28 公尺水溫資料比較，出水口南側地區除 3 公尺水深的測站(Efflu-3)外，其餘各測站之水溫與子計畫一的水溫變化無異，顯示溫排水不影響出水口南側地區 8 公尺以深的水溫變化。南灣 102/8/25（第 3-4 次期間）及 103/05/22（第 2-3 次期間）入水口樽海鞘大量出現前後雖有入水口及灣外水溫變動不一致的現象，但水文水質、動物性浮游生物相、底棲動物著生量及季水溫變化與樽海鞘出現無明確相關，本部分將持續監測探討。

珊瑚礁魚類的分佈可能受到水深、地貌、水文、水質及漁業行為的影響，呈現測站間群聚組成的差異。本研究參照水質因子、浮游生物及本計畫的調查結果，利用結構方程模式預設出3個環境變動的潛在變項(營養鹽、湧升流及基礎生產力)及2個生物變動的潛在變項(浮游動物群聚及魚類群聚)，建構第三核能發電廠附近海域之珊瑚礁生態系之概念模式。結構方程式的分析的實證模式顯示營養鹽流對浮游動物群聚的變動呈負相關；營養鹽對魚類群聚為負相關，基礎生產力對魚類群聚則呈現正相關。整體而言，溫排水對第三核能發電廠附近海域魚類相影響小。

在網頁方面，則是彙整歷年的調查報告與成果以及其他相關研究報告，有系統的展示於網頁中，提供業主與相關研究人員參考。

網頁網址為 http:// npp3.nsysu.edu.tw/。

五、附表與附圖

表 6-3-1　第三核能發電廠附近海域的浮游生物豐度與水質因子間之相關性分析 (ns : p > 0.05, * : p < 0.05, ** : p < 0.01, *** : p < 0.001)

	log ZP	log PP	log C-lar	log S-lar	log F-egg	log F-lar	Temp	Sal	pH	DO	SD	Chl-a	NO_3	NO_2	PO_4	SiO_2	濁度
log ZP	1																
log PP	0.084 *	1															
log C-lar	0.354 ***	0.085 *	1														
log S-lar	0.636 ***	0.039 ns	0.439 ***	1													
log F-egg	0.315 ***	0.107 **	0.292 ***	0.079 *	1												
log F-lar	0.274 ***	0.037 ns	0.260 ***	0.327 ***	0.235 ***	1											
Temp	0.044 ns	0.207 ***	0.210 ***	-0.077 ns	0.406 ***	0.156 ***	1										
Sal	-0.115 **	-0.214 ***	-0.208 ***	0.017 ns	-0.190 ***	-0.034 ns	-0.569 ***	1									
pH	-0.218 ***	0.125 **	-0.068 ns	-0.244 ***	-0.001 ns	-0.065 ns	0.252 ***	-0.146 ***	1								
DO	0.015 ns	-0.082 *	-0.137 **	0.075 ns	-0.222 ***	-0.091 *	-0.451 ***	0.142 ***	0.058 ns	1							
SD	0.011 ns	-0.163 ***	-0.104 *	-0.077 ns	0.082 *	0.039 ns	0.063 ns	0.128 **	0.005 ns	-0.156 ***	1						
Chl-a	-0.004 ns	0.207 ***	0.130 **	0.045 ns	0.010 ns	-0.077 ns	0.036 ns	-0.294 ***	0.063 ns	0.024 ns	-0.373 ***	1					
NO_3	-0.172 ***	-0.203 ***	-0.068 ns	-0.137 ***	-0.146 ***	-0.118 **	-0.359 ***	0.147 ***	-0.273 ***	0.039 ns	-0.109 **	0.064 ns	1				
NO_2	-0.056 ns	-0.068 ns	0.023 ns	0.051 ns	-0.101 *	-0.056 ns	-0.245 ***	0.228 ***	-0.137 **	0.062 ns	-0.058 ns	0.061 ns	0.242 ***	1			
PO_4	-0.164 ***	0.041 ns	-0.010 ns	-0.111 **	-0.048 ns	-0.086 *	-0.250 ***	0.119 **	0.209 ***	0.169 ***	-0.138 **	0.229 ***	0.236 ***	0.147 ***	1		
SiO_2	-0.061 ns	-0.024 ns	-0.070 ns	-0.163 ***	-0.008 ns	-0.149 ***	-0.211 ***	-0.048 ns	-0.044 ns	0.039 ns	-0.071 ns	0.065 ns	0.458 ***	0.181 ***	0.420 ***	1	
濁度	-0.032 ns	-0.007 ns	-0.018 ns	-0.022 ns	-0.019 ns	-0.005 ns	-0.134 **	0.104 *	-0.062 ns	-0.038 ns	-0.032 ns	0.049 ns	0.195 ***	0.007 ns	0.035 ns	0.045 ns	1

ZP：浮游動物
PP：浮游植物
Fegg：魚卵
Flar：仔稚魚
Clar：蟹幼生
Slar：蝦幼生
Temp：溫度
Sal：鹽度
pH：pH值
DO：溶氧量
Chl-a：葉綠素a

NH_3：氨氮
NO_3-：硝酸鹽
NO_2-：亞硝酸鹽
PO_4-：磷酸鹽
SiO_2：矽酸鹽
BOD：生化需氧量
SS：懸浮物
SD：透明度

表 6-3-2　第三核能發電廠附近海域的浮游生物豐度與氣候指數間之相關性分析 (ns : p > 0.05, * : p < 0.05, ** : p < 0.01, *** : p < 0.001)

	logZP	logPP	logClar	logSlar	logFegg	logFlar
logZP	1					
logPP	0.1369 ns	1				
logClar	0.47046 ***	0.24734 *	1			
logSlar	0.73344 ***	0.11712 ns	0.49756 ***	1		
logFegg	0.30114 **	0.26287 *	0.47249 ***	0.18688 ns	1	
logFlar	0.47399 ***	0.05346 ns	0.41644 ***	0.48524 ***	0.37331 ***	1
NOI	0.05644 ns	0.03769 ns	0.00933 ns	-0.05929 ns	-0.05416 ns	0.12514 ns
SOI	-0.02309 ns	0.0125 ns	-0.11419 ns	0.08708 ns	-0.10807 ns	-0.10657 ns
PDO	0.00988 ns	0.13241 ns	-0.13035 ns	-0.14299 ns	0.00145 ns	0.20353 ns
ONI 延一季	0.01283 ns	0.06048 ns	-0.03373 ns	-0.10577 ns	-0.02921 ns	0.09061 ns
SOI 延一季	-0.02109 ns	-0.04432 ns	-0.08265 ns	0.03054 ns	0.0734 ns	-0.03352 ns
PDO 延一季	-0.08736 ns	**0.27524** *	0.025 ns	-0.20327 ns	**0.23143** *	0.1862 ns
ONI 延二季	-0.07924 ns	0.06969 ns	-0.08987 ns	-0.164 ns	-0.01216 ns	0.03595 ns
SOI 延二季	0.15965 ns	-0.08597 ns	0.07898 ns	0.15549 ns	0.1752 ns	0.04334 ns
PDO 延二季	-0.0712 ns	0.18421 ns	-0.10759 ns	**-0.25556** *	0.04871 ns	-0.10721 ns
ONI 延三季	-0.03429 ns	0.13544 ns	-0.02018 ns	-0.1037 ns	-0.02191 ns	0.00248 ns
SOI 延三季	0.09845 ns	-0.09445 ns	0.08093 ns	0.04647 ns	0.02379 ns	0.00592 ns
PDO 延三季	-0.16862 ns	0.09111 ns	-0.18589 ns	-0.21577 ns	**-0.22265** *	-0.0879 ns
ONI 延四季	-0.01115 ns	**0.22426** *	0.04213 ns	-0.05187 ns	-0.02251 ns	-0.00758 ns
SOI 延四季	0.02192 ns	**-0.25906** *	-0.09945 ns	0.0359 ns	-0.10536 ns	0.00527 ns
PDO 延四季	-0.03399 ns	0.06125 ns	-0.12787 ns	-0.13412 ns	0.01981 ns	0.03461 ns

ONI (Oceanic Niño Index): 海洋聖嬰指數
SOI (Southern Oscillation Index): 南方震盪指數
PDO (the Pacific Decadal Oscillation): 太平洋年代振盪指數

log: 取對數
ZP : 浮游動物
PP : 浮游植物
Clar : 蟹幼生
Slar : 蝦幼生
Fegg : 魚卵
Flar : 仔稚魚

表 6-4-1 Station 22 及 Station 24 之營養鹽相對於入水口灣內及出水口南側小灣固定橫截線之底棲生物覆蓋率迴歸關係表。
(x: p>0.05，無顯著迴歸相關)

	測站	PO_4			SiO_2			NO_3		
底棲生物覆蓋率		0m	3m	10m	0m	3m	10m	0m	3m	10m
藻類	入水口	Y=69.03-127.76X; R^2=0.04	Y=70.68-140.92X; R^2=0.05	x	x	x	x	x	x	x
	出水口	x	Y=66.84-75.48X; R^2=0.03	Y=66.55-58.29X; R^2=0.04	x	Y=70.81-4.87X; R^2=0.04	Y=68.01-3.01X; R^2=0.03	x	x	x
珊瑚	入水口	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	出水口	x	x	x	x	x	x	x	x	x
海葵	入水口	x	Y=33.70+122.14X; R^2=0.08	x	x	x	x	Y=38.75+10.81X; R^2=0.04	Y=37.53+13.25X; R^2=0.09	x
	出水口	x	x	x	x	x	x	x	x	x
軟珊瑚	入水口	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	出水口	x	x	x	x	x	x	x	x	x
軟體動物	入水口	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	出水口	x	x	x	x	x	x	x	x	x
棘皮動物	入水口	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	出水口	x	x	x	x	x	x	x	x	x
海綿	入水口	x	x	x	x	x	x	x	Y=1.02+0.69X; R^2=0.03	x
	出水口	Y=0.13+1.59X; R^2=0.02	x	x	Y=0.03+0.12X; R^2=0.03	x	x	x	x	x
珊瑚白化	入水口	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	出水口	x	x	x	x	x	x	x	x	x

表 6-4-2 102-103 年年間 N3C1 測站水溫變化與入水口（Influ-5）不一致的天數。

年次			102年			103年	
樽海鞘大量出現之時間			8月25日			5月22日	
			天數	各月%		天數	各月%
年間總天數			28			51	
各月天數							
	1月		0	0.00		2	7.14
	2月		0	0.00		0	0.00
	3月		0	0.00		2	7.14
	4月		2	7.14		5	17.86
	5月		0	0.00		9	32.14
	6月		1	3.57		5	17.86
	7月		1	3.57		1	3.57
	8月		11	39.29		6	21.43
	9月		5	17.86		9	32.14
	10月		0	0.00		9	32.14
	11月		4	14.29		3	10.71
	12月		4	14.29		0	0.00

表 6-4-3 入水口（Influ-2）樽海鞘出現之季別與歷年（92-106 年）相關次別之的底棲動物著生量、水溫資料、測站 22 的水文水質及動物性浮游生物相之觀測項目（註 1）差異比較表。

樽海鞘大量出現之時間	較歷年為高之觀測項目	較歷年為低之觀測項目
102/8/25		
102年第3次 vs. 歷年第3-4次	濁度 (2.2 vs. 0-1.3)	TRO (0.02-0.05 vs. 0.06-0.84)
	其他十足類豐度 (12956 vs. 0-4080)	季平均最低日溫 (24.6 vs. 24.7-26.7 ℃)
	放射蟲豐度 (249789 vs. 0-118621)	
	季平均日溫差 (4.14 vs. 1.34-3.40 ℃)	
103/05/22		
103年第2次 vs. 歷年第2-3次	有孔蟲豐度 (316251 vs. 1756-255925)	PO_4^{3-} (0.039 vs.0.04-0.40)
	頭足類幼生豐度 (1198 vs. 0-1164)	表水層枝角類 (35 vs 82-25365)
		季最大日溫差 (3.00 vs. 3.58-8.43 ℃)

註 1：水文水質包含 0-10 m 的溫度、鹽度、 pH、 DO、可見度、 NO_3^-、 NO_2^-、 PO_4^{3-}、 SiO_2、 chl.a、 TRO 及 濁度等共 12 項；表層及垂直水層之動物性浮游生物相有夜光蟲、有孔蟲、放射蟲、水母、管水母、櫛水母、枝角類、橈足類幼生、哲水蚤、劍水蚤、猛水蚤、端腳類、大眼幼生、蟹幼生、蝦幼生、糠蝦類、磷蝦類、櫻蝦類、瑩蝦類、其他十足類、介形類、翼足類、異足類、頭足類幼生、二枚貝幼生、毛顎類、有尾類、海樽類、多毛類、藤壺幼生、棘皮動物幼生、魚卵、仔稚魚及其他等共有 34 項；底棲動物包括藤壺、海鞘、苔蘚蟲、多毛蟲、貝類及珊瑚等 6 項；水溫資料有季最高日溫、季最低日溫、季平均日溫、季平均最高日溫、季平均最低日溫、季最大日溫差及季平均日溫差等 7 項。

表6-5-1 各測站主要魚種及出現頻率百分比

中文名稱	S1	S2	S3	S4	S5
Av. Similarity within same sampling site	**28.61%**	**29.84%**	**18.79%**	**16.26%**	**21.73%**
二色光鰓雀鯛	7.91(100)		9.82(75.0)	2.10(60.4)	10.84(91.7)
三葉光鰓雀鯛					1.85(45.8)
弓月蝴蝶魚			1.49(45.8)	1.37(37.5)	
五線笛鯛		6.65(47.9)			
王子雀鯛				0.84(33.3)	
半環蓋刺魚			0.94(45.8)		
四線笛鯛		2.94(45.8)			
多帶海鯡鯉			1.45(56.3)	2.36(60.4)	1.32(62.5)
耳帶蝴蝶魚				1.04(37.5)	
克氏兔頭鮈			1.77(54.2)	3.91(77.1)	1.46(70.8)
克氏海葵魚				1.77(35.4)	1.91(47.9)
克氏蝴蝶魚	8.24(95.8)		6.90(75.0)	3.47(50.0)	8.95(87.5)
角鐮魚	4.28(91.7)	2.39(95.8)	5.37(79.2)	6.32(89.6)	5.14(91.7)
長棘花鮨	13.05(75.0)				12.57(64.6)
染色尖嘴魚			1.06(45.8)	1.16(41.7)	
胡麻斑蝴蝶魚					2.48(64.6)
單角鼻魚				3.87(52.1)	
裂唇魚	2.11(87.5)		1.87(56.3)	1.27(50.0)	1.73(75.0)
鈍頭葉鯛	1.91(39.6)		3.54(35.4)		2.42(41.7)
雲斑海豬魚			1.23(50.0)		
腋斑錦魚	5.40(95.8)		8.12(85.4)	8.76(68.8)	8.31(91.7)
黃尾金梭魚				2.19(16.7)	
黃足笛鯛		8.42(87.5)			
黑帶稀棘			0.90(45.8)	1.82(58.3)	
黑新刻齒雀鯛		4.24(89.6)	3.03(54.2)	3.70(70.8)	
黑褐新刻齒雀鯛		4.28(93.8)	2.02(66.7)	4.24(70.8)	
福氏刺尻魚			1.03(45.8)		1.65(68.8)
綠刺尾鯛				1.90(25.0)	
網紋圓雀鯛		33.61(100)	3.14(50.0)	1.64(29.2)	2.87(43.8)
銀身蝴蝶魚				1.03(41.7)	
褐斑刺尾鯛	10.83(83.3)		14.72(87.5)	10.90(75.0)	10.84(83.3)
鞍斑錦魚				2.51(60.4)	
橘鈍寬刻齒雀鯛		8.46(93.8)		0.75(33.3)	

點斑橫帶蝴蝶魚	1.89(70.8)		1.12(43.8)	0.90(29.2)	
藍綠光鰓雀鯛		9.13(60.4)			
雙帶烏尾冬	25.43(75.0)		5.87(39.6)		6.97(47.9)
鏡斑蝴蝶魚			1.90(56.3)	7.01(83.3)	
飄浮蝴蝶魚			3.51(68.8)	3.70(72.9)	
累計百分比	81.06	80.10	80.79	80.48	81.30
主要魚種數	10	9	22	26	16
累計種類數	292	330	297	298	305

表6-5-2第三核能發電廠附近海域環境因素分析

水質測項	因子負荷量(N=199)		
	1	2	3
硝酸鹽	**.821**	.190	-.006
矽酸鹽	**.803**	-.137	.066
磷酸鹽	**.656**	.097	.217
亞硝酸鹽	**.584**	.263	-.010
溫度	-.298	**-.845**	-.005
溶氧	-.092	**.693**	.476
鹽度	.154	**.688**	**-.520**
透明度	-.059	-.128	**-.764**
葉綠素 A	.193	-.100	**.756**
特徵值	2.672	1.723	1.387
變異數(%)	25.014	20.306	18.928
累積變異數(%)	25.014	45.320	**64.248**

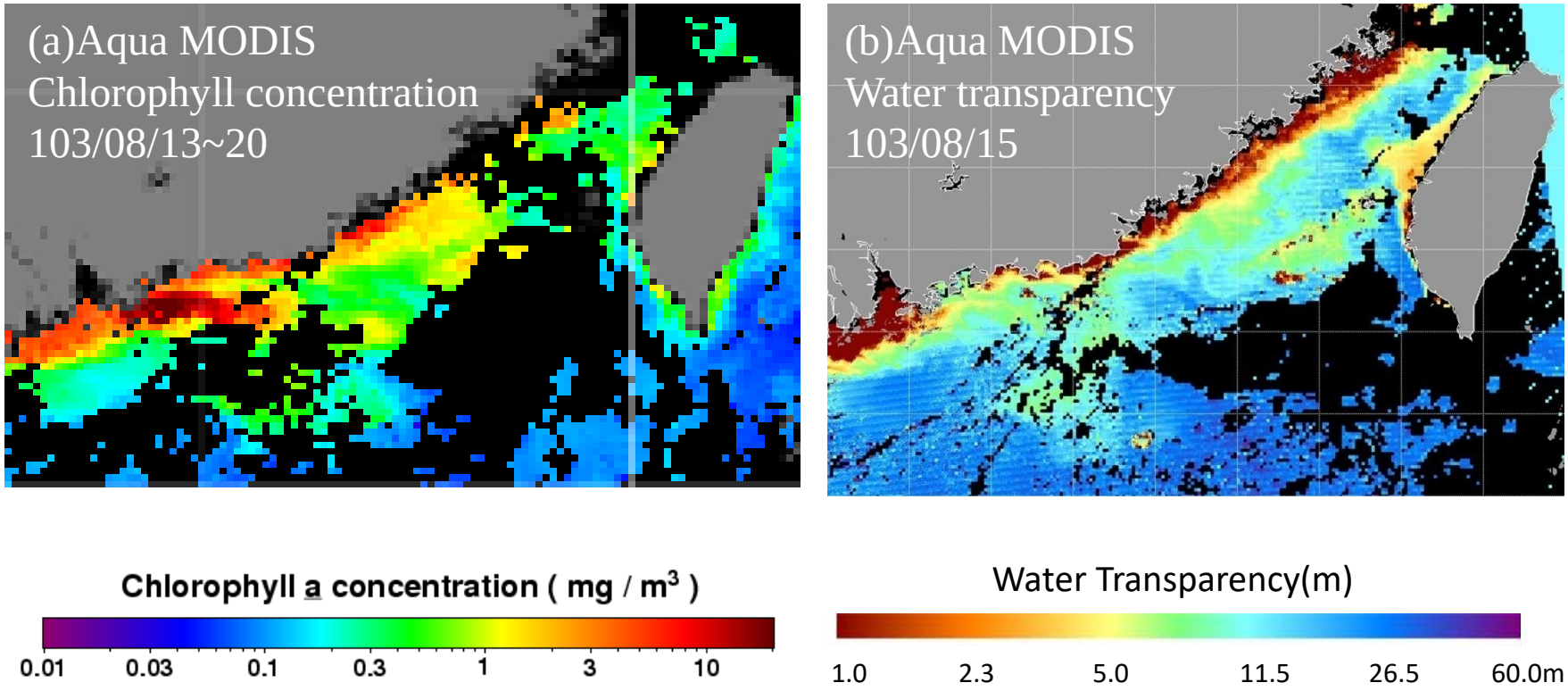


圖6-2-1 103年8月珠江口至台灣海峽 (a)衛星葉綠素甲與(b)透明度之圖像。

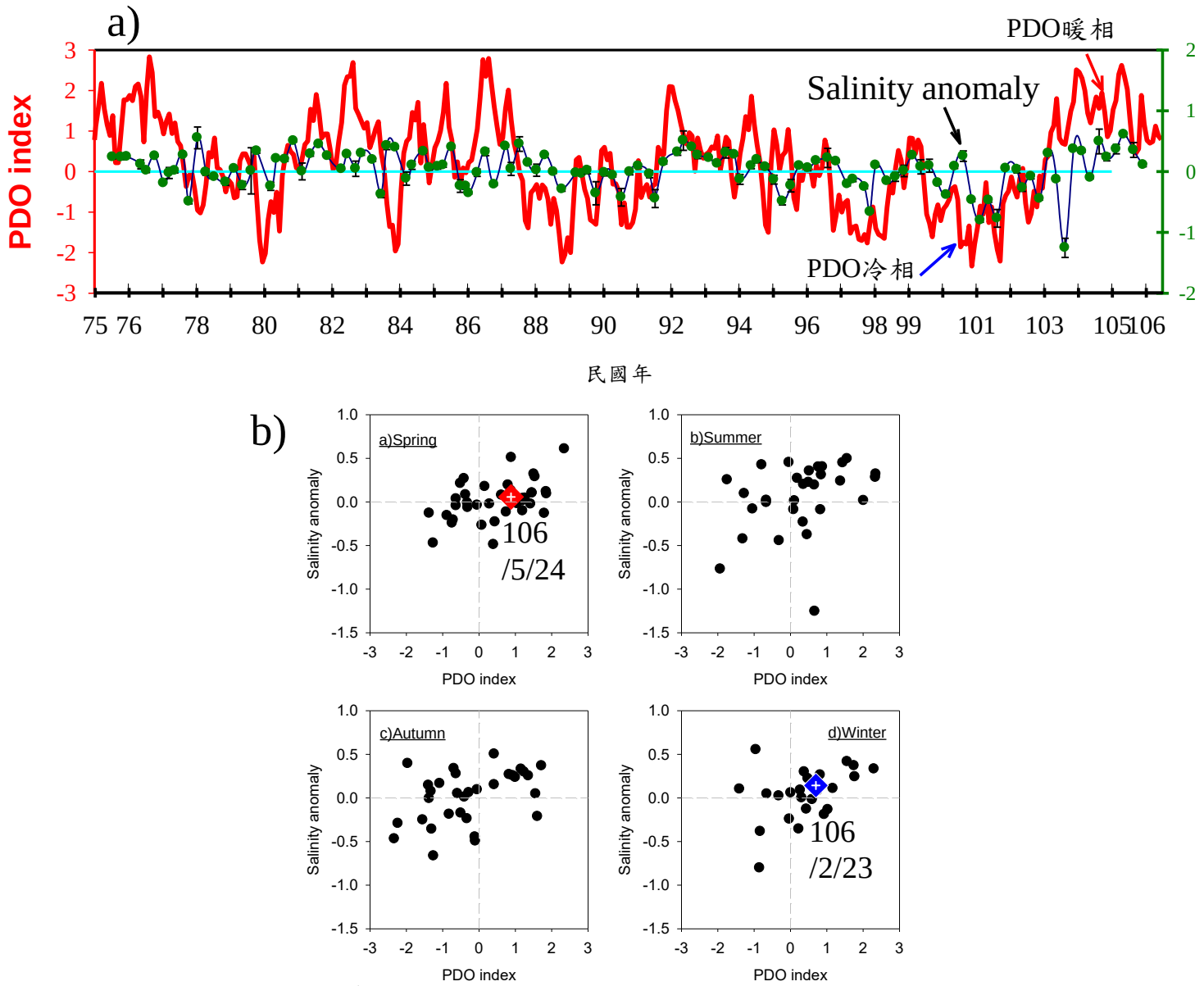


圖6-2-2 75年7月~106年6月第三核能發電廠附近海域鹽度距平值(當月測值-歷年月平均值)之a)逐年變化圖以及b)不同季節與PDO之相關性。

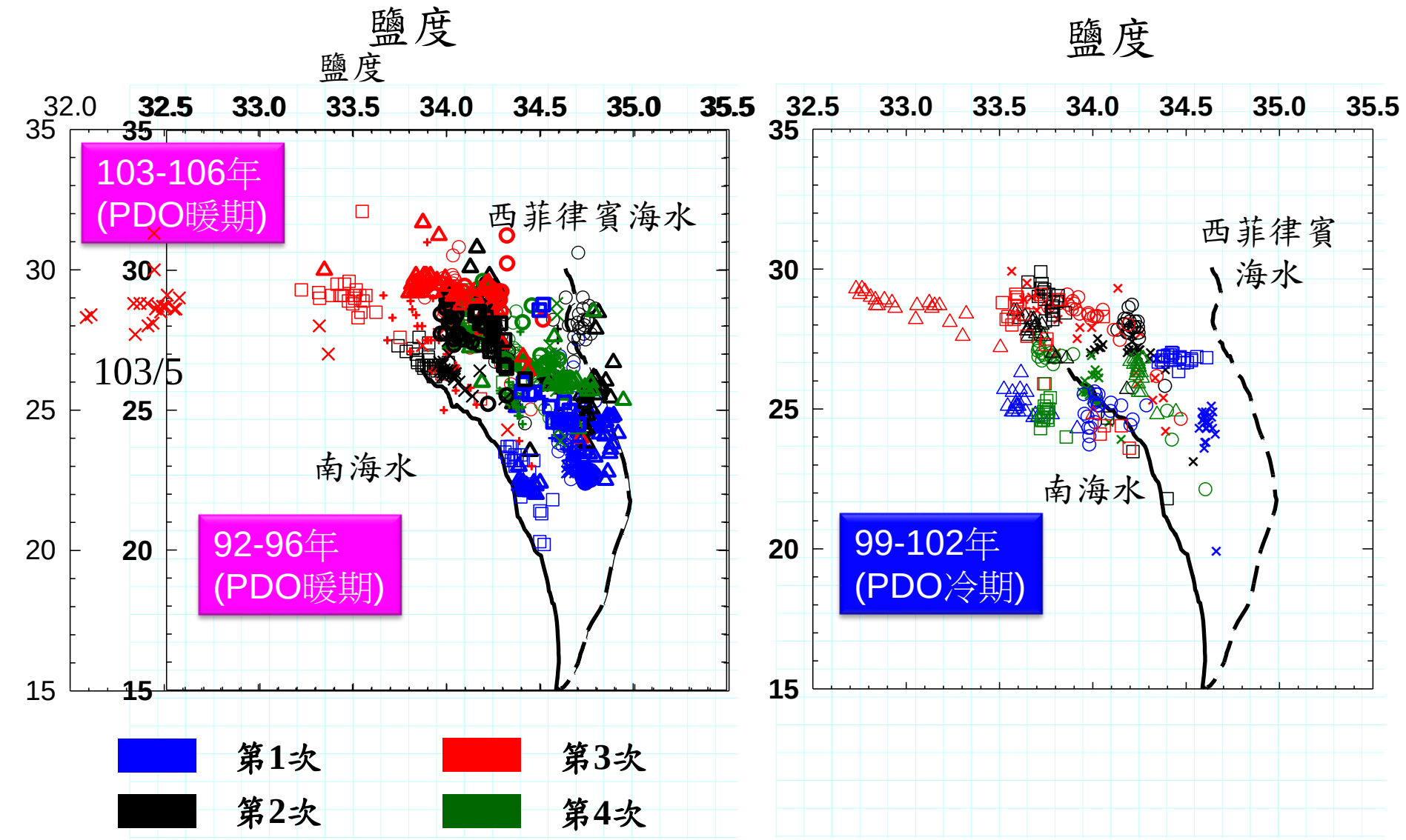


圖6-2-3 本海域於92~96年、103~106年PDO暖相以及99~102年PDO冷相之溫鹽變化圖

~pH~

表水(0m)

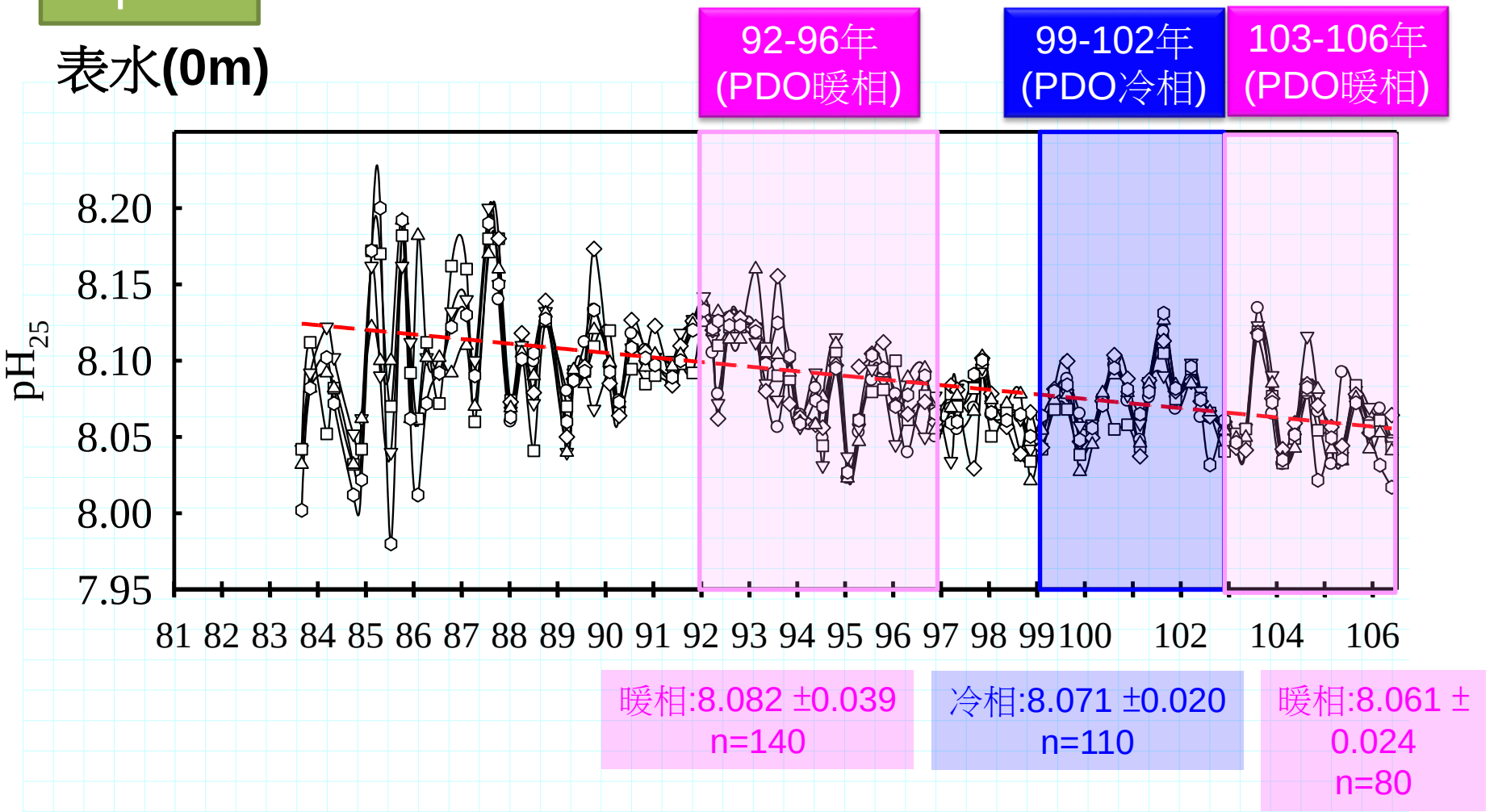


圖6-2-4 本海域於92~96年、103~106年PDO暖相以及99~102年PDO冷相之pH變化圖

~NO_3^-~

表水(0m)

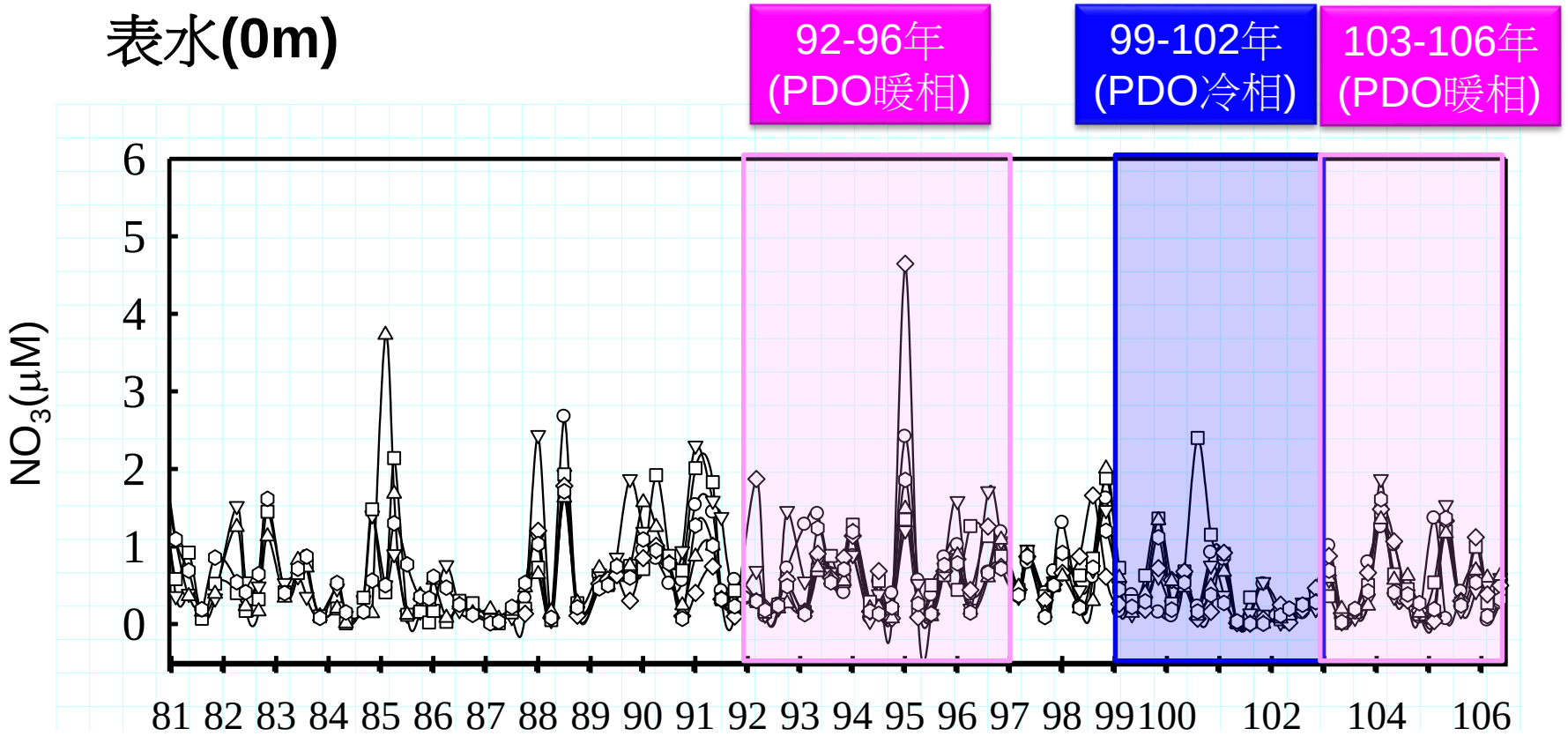


圖6-2-5 本海域於92~96年、103~106年PDO暖相以及99~102年PDO冷相之硝酸鹽變化圖

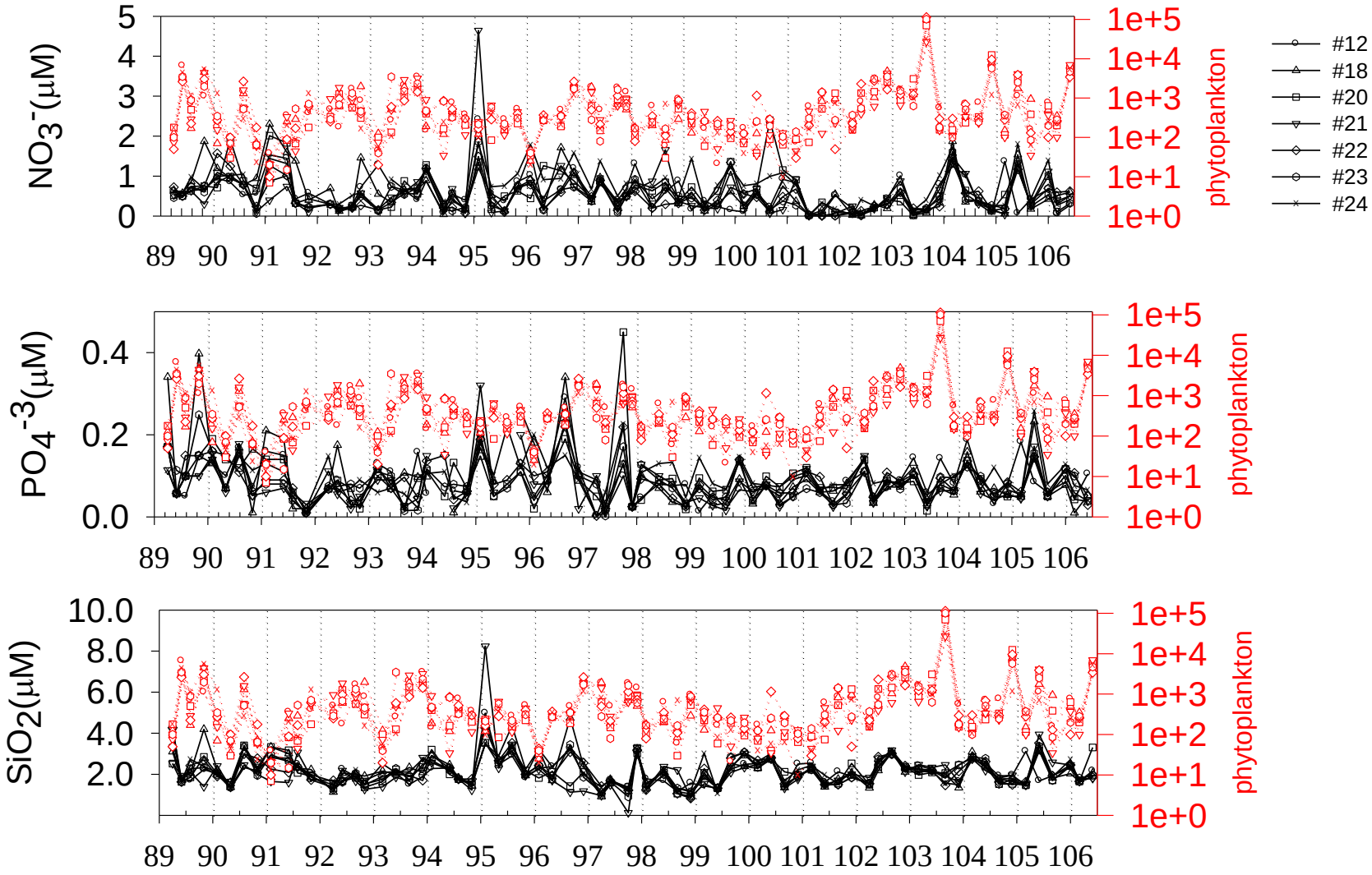


圖6-2-6 營養鹽(實線)與表層植浮(虛線)隨著時間之變化圖

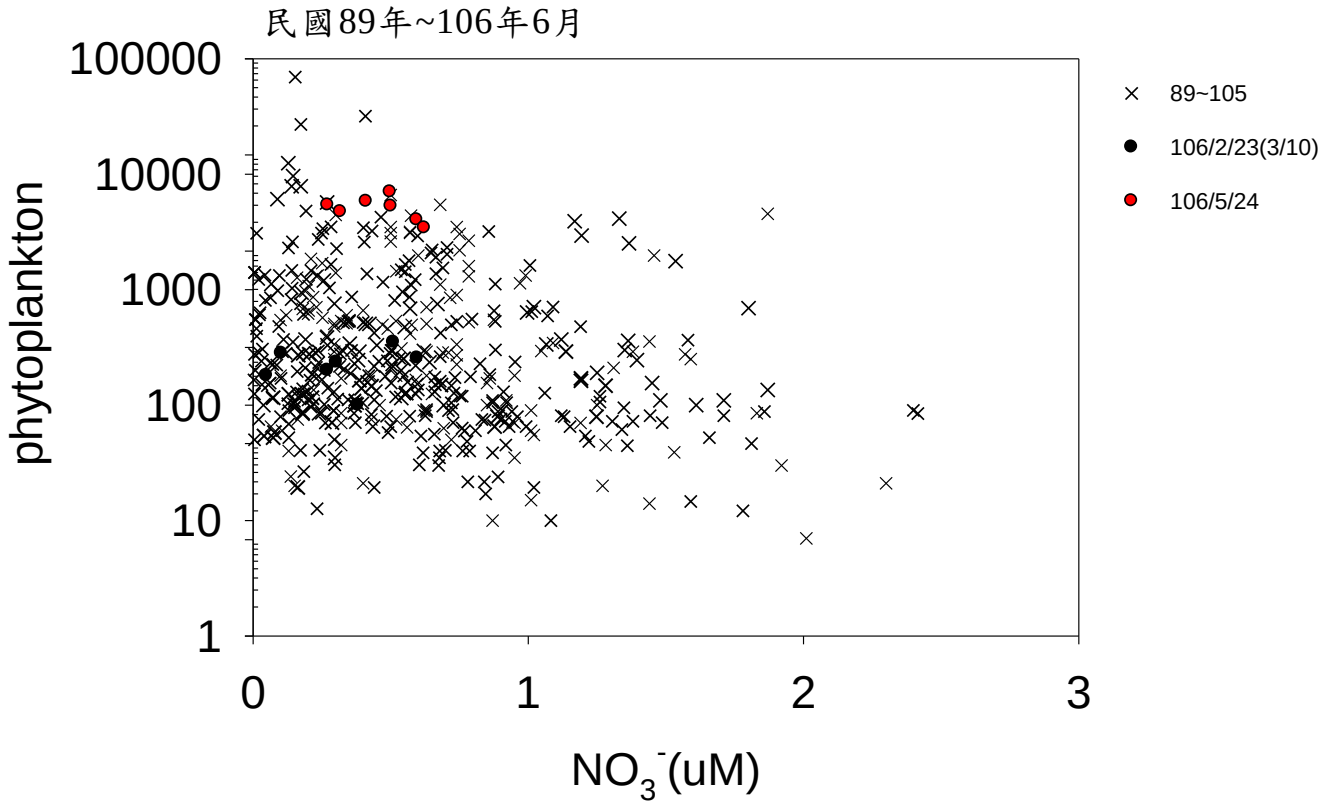


圖6-2-7 表層植浮與營養鹽之相關圖

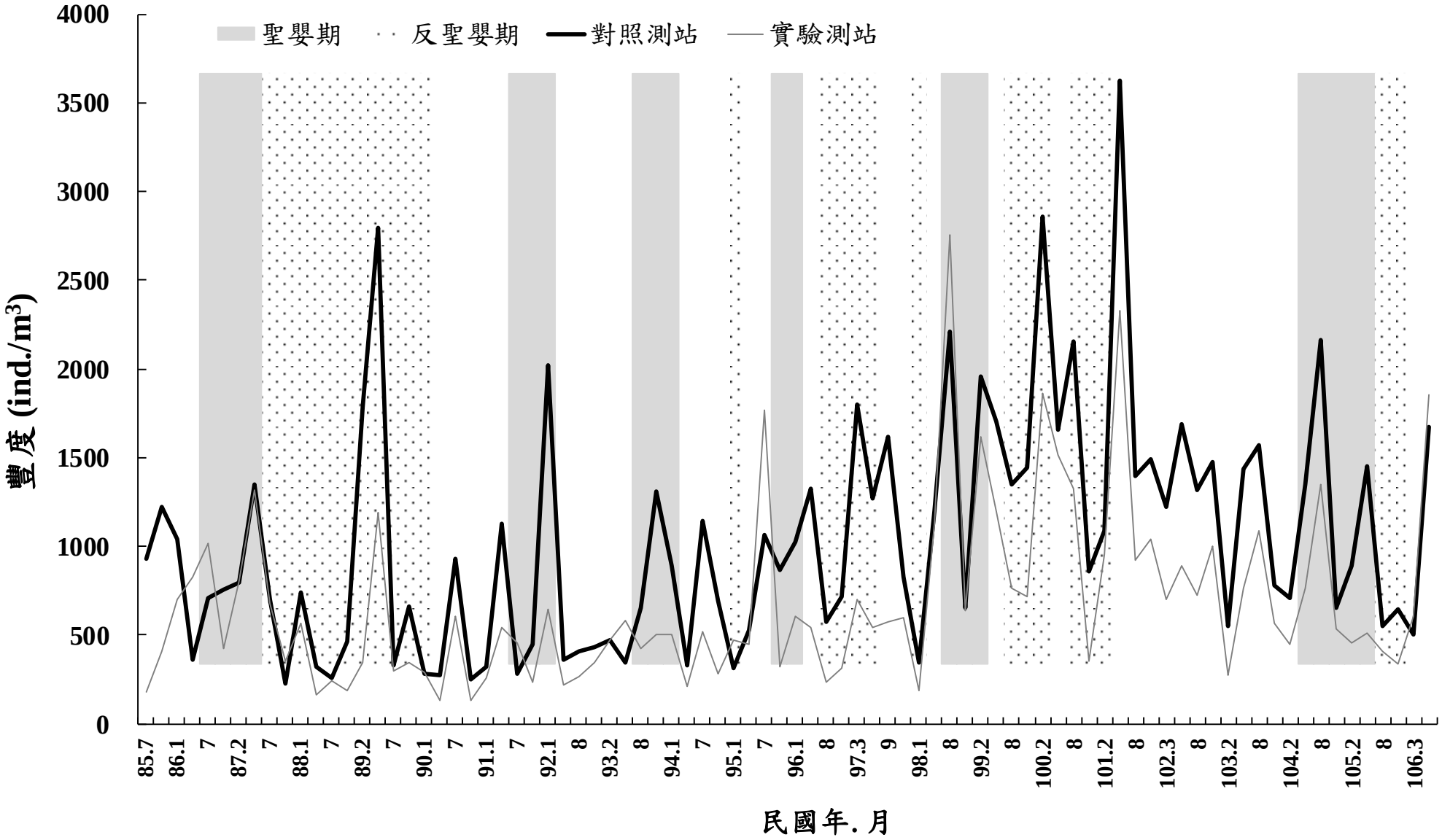


圖 6-3-1　民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域實驗和對照測站動物性浮游生物各大類之豐度

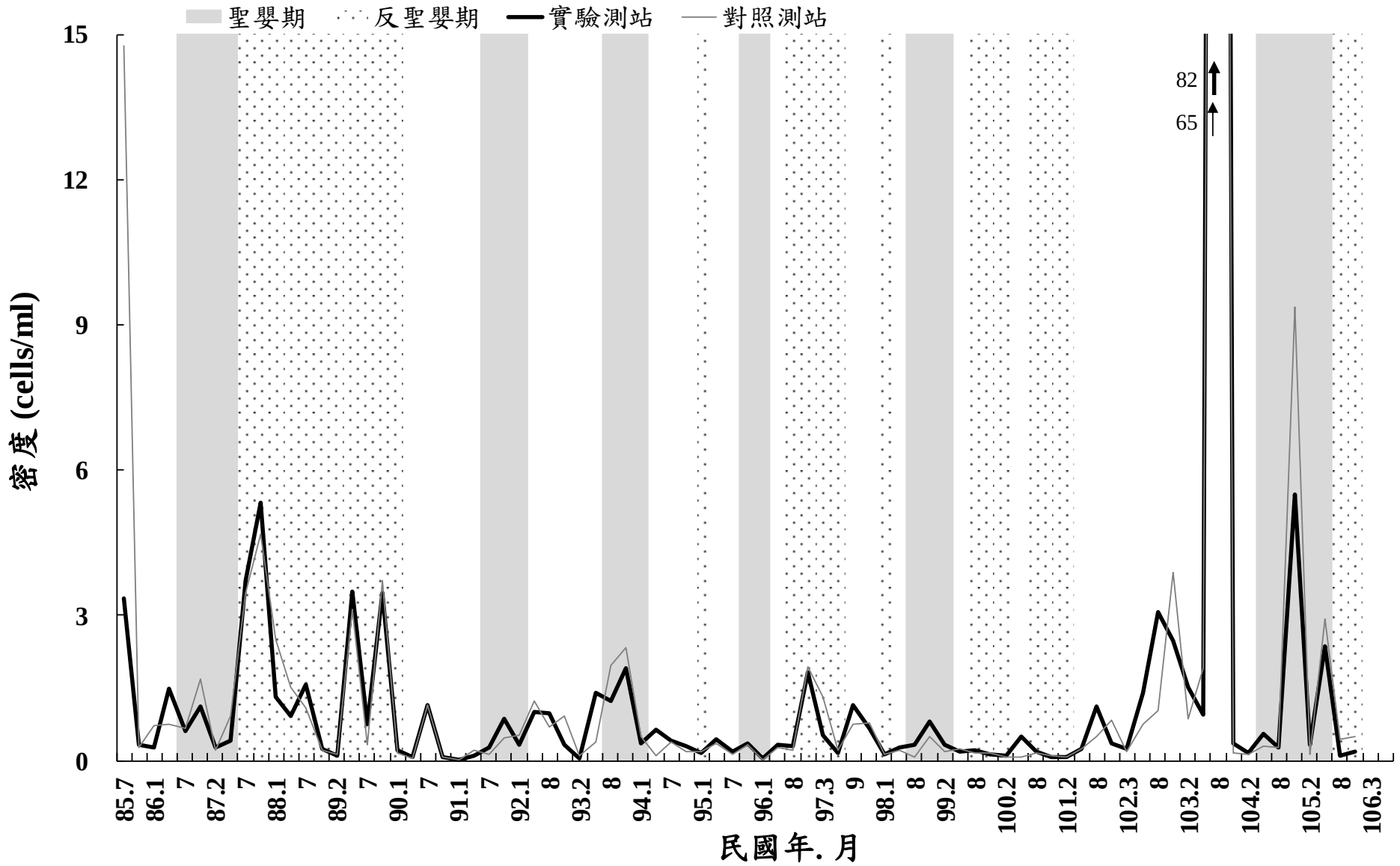


圖 6-3-2　民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域實驗和對照測站植物性浮游生物(>55μm)各大類之密度

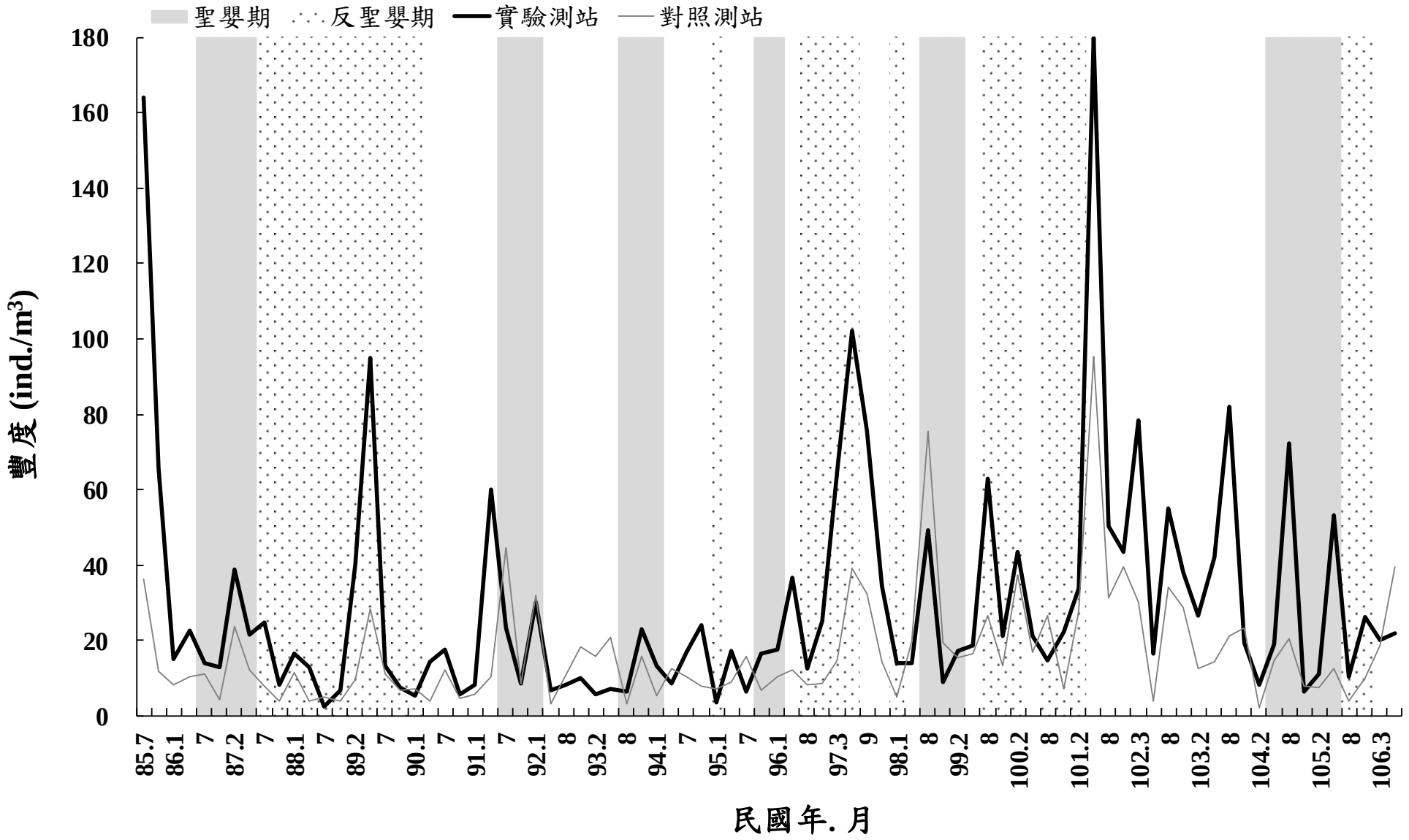


圖 6-3-3　民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域實驗和對照測站蝦蟹幼生之豐度

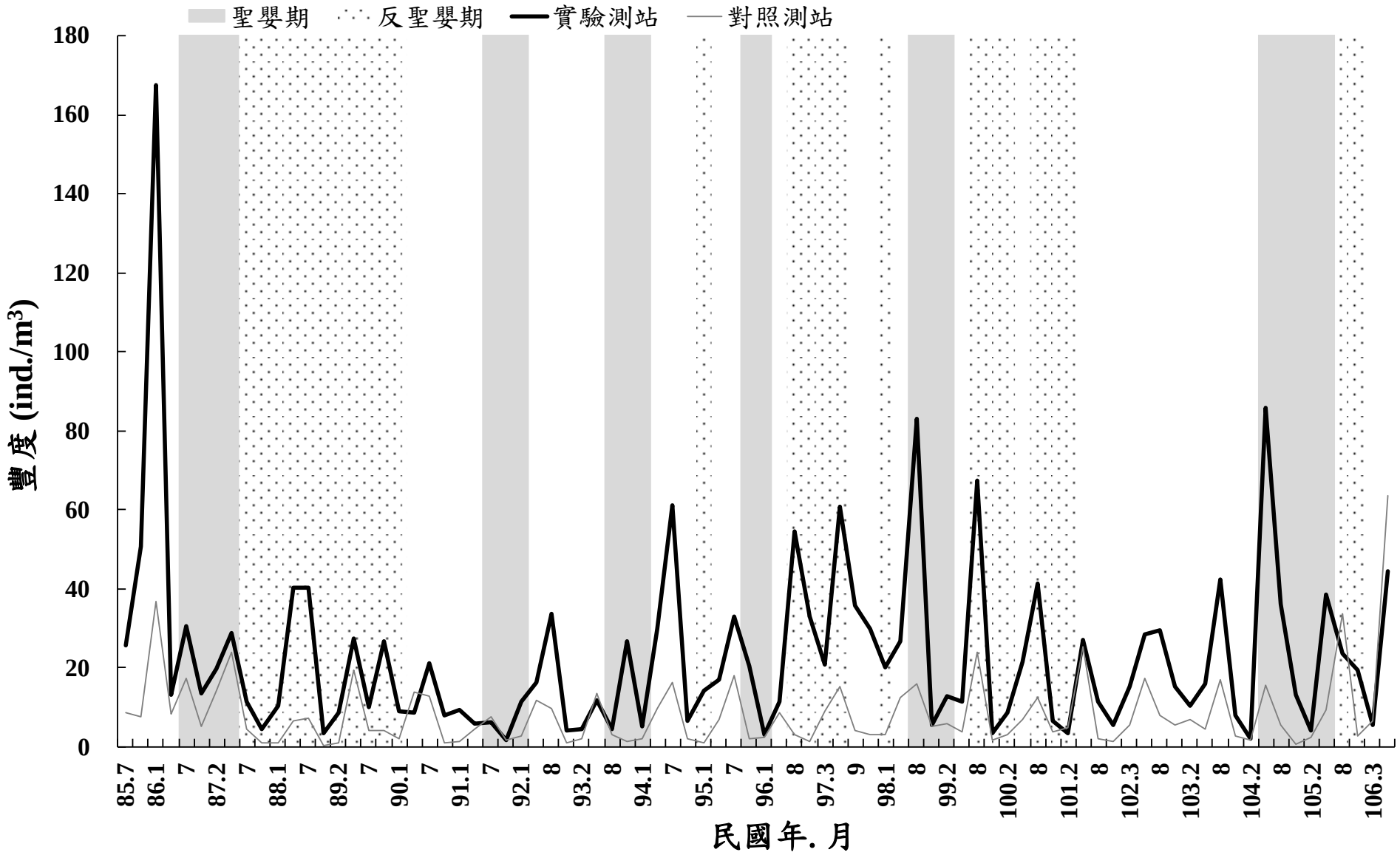


圖 6-3-4　民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域實驗和對照測站魚卵及仔魚之豐度

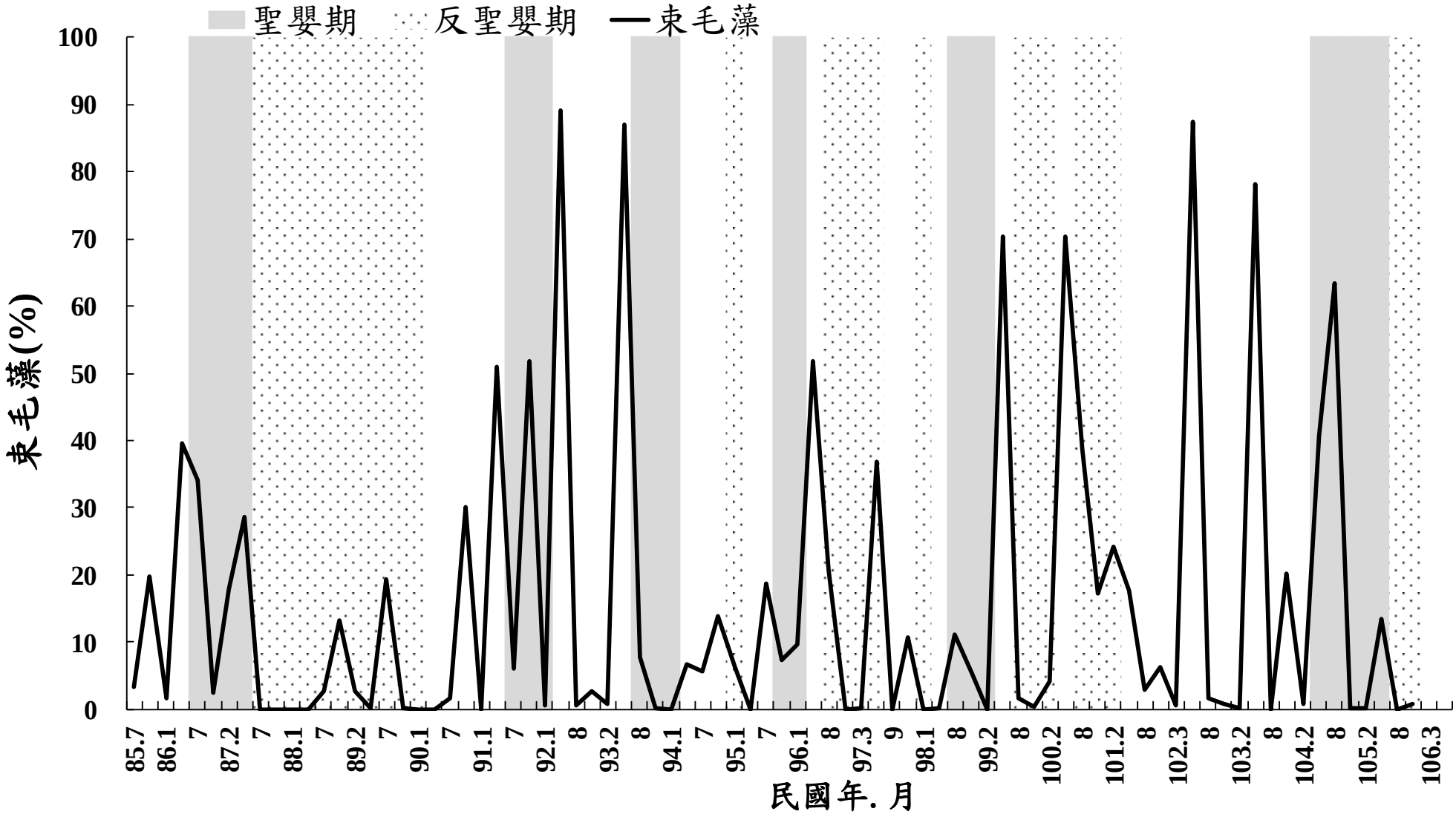


圖 6-3-5　民國 85 年 7 月至 106 年 5 月第三核能發電廠附近海域束毛藻百分比之變化

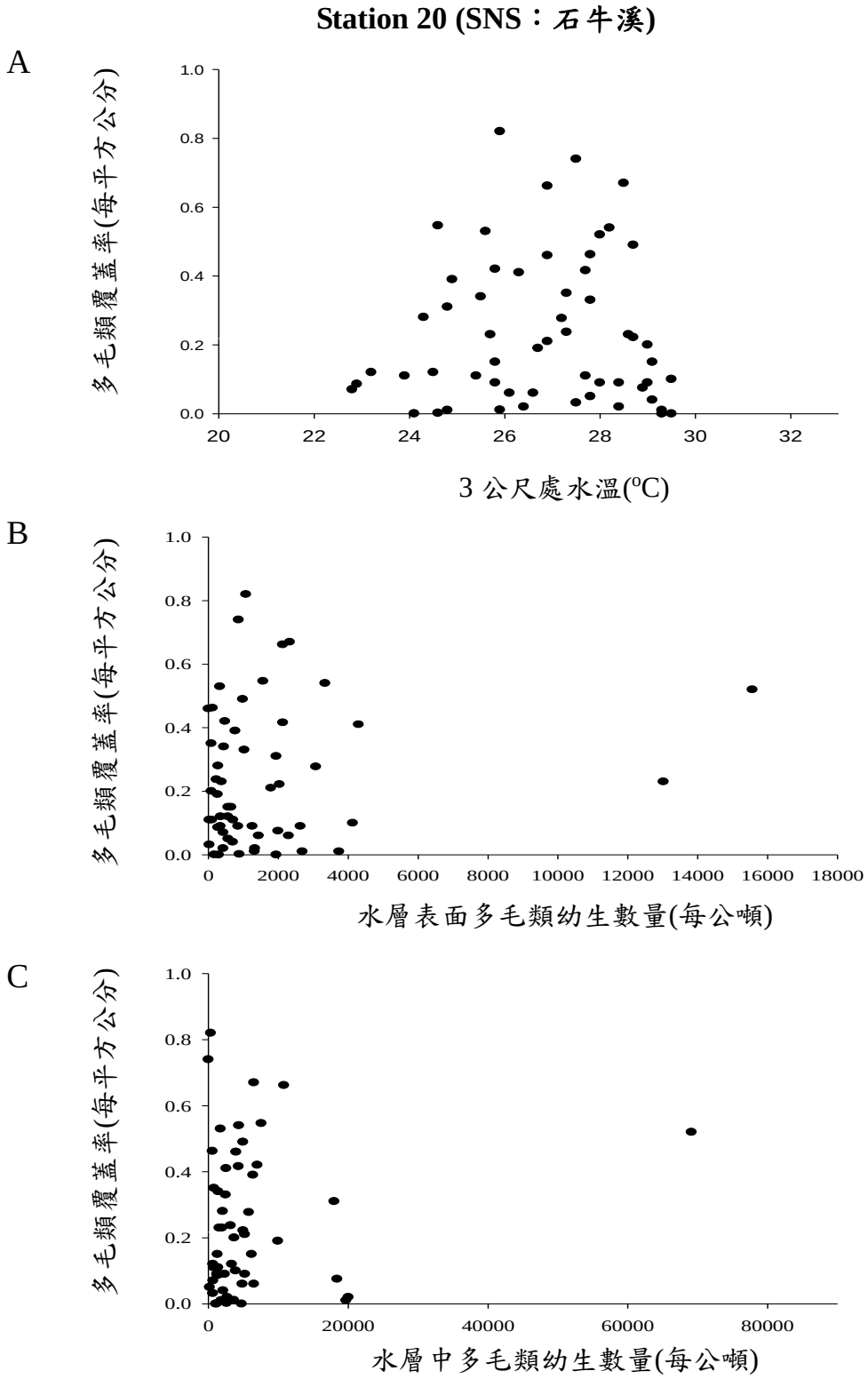


圖 6-4-1　Station 20 (SNS：石牛溪) A.水溫變化與多毛類幼生在附著板著生情形之回歸關係 (p>0.05)。 B.多毛類在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係(p>0.05)。 C.多毛類在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係(p>0.05)。

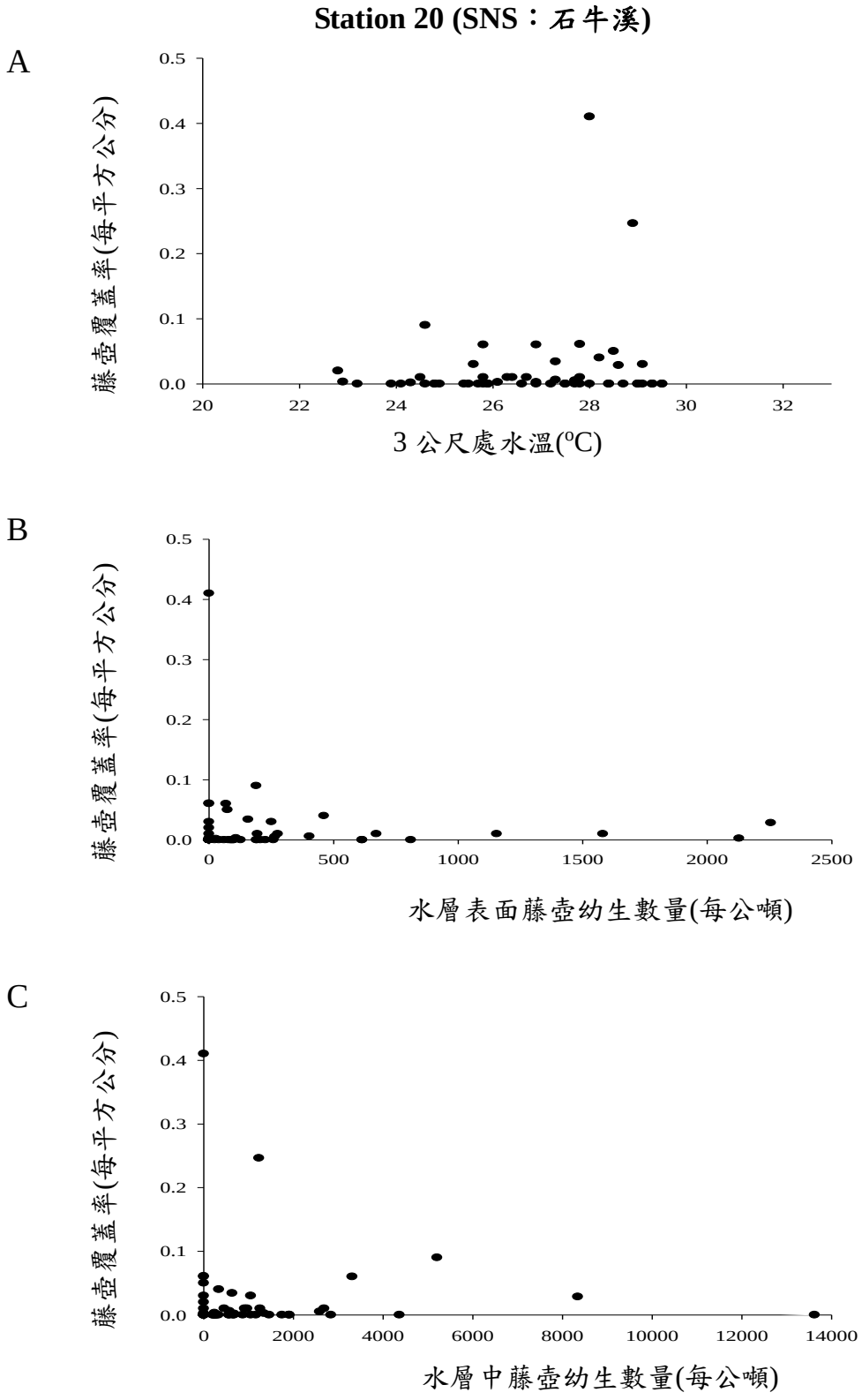


圖 6-4-2 Station 20 (SNS：石牛溪)A.水溫變化與藤壺幼生在附著板著生情形之回歸關係(p>0.05)。 B.藤壺在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係(p>0.05)。 C.藤壺在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係(p>0.05)。

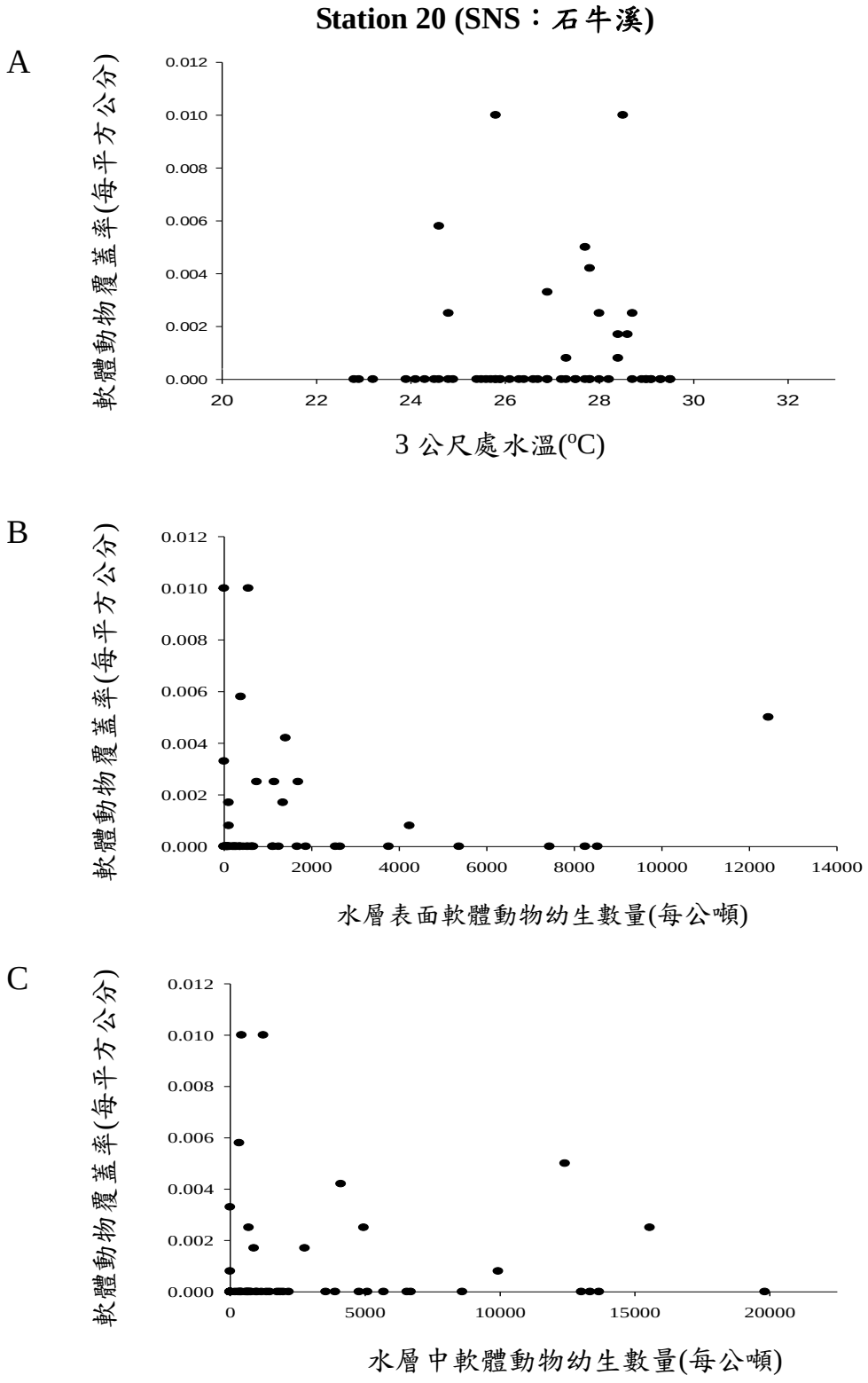


圖 6-4-3 Station 20 (SNS：石牛溪) A.水溫變化與軟體動物幼生在附著板著生情形之回歸關係($p>0.05$)。 B.軟體動物在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係($p>0.05$)。 C.軟體動物在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係($p>0.05$)。

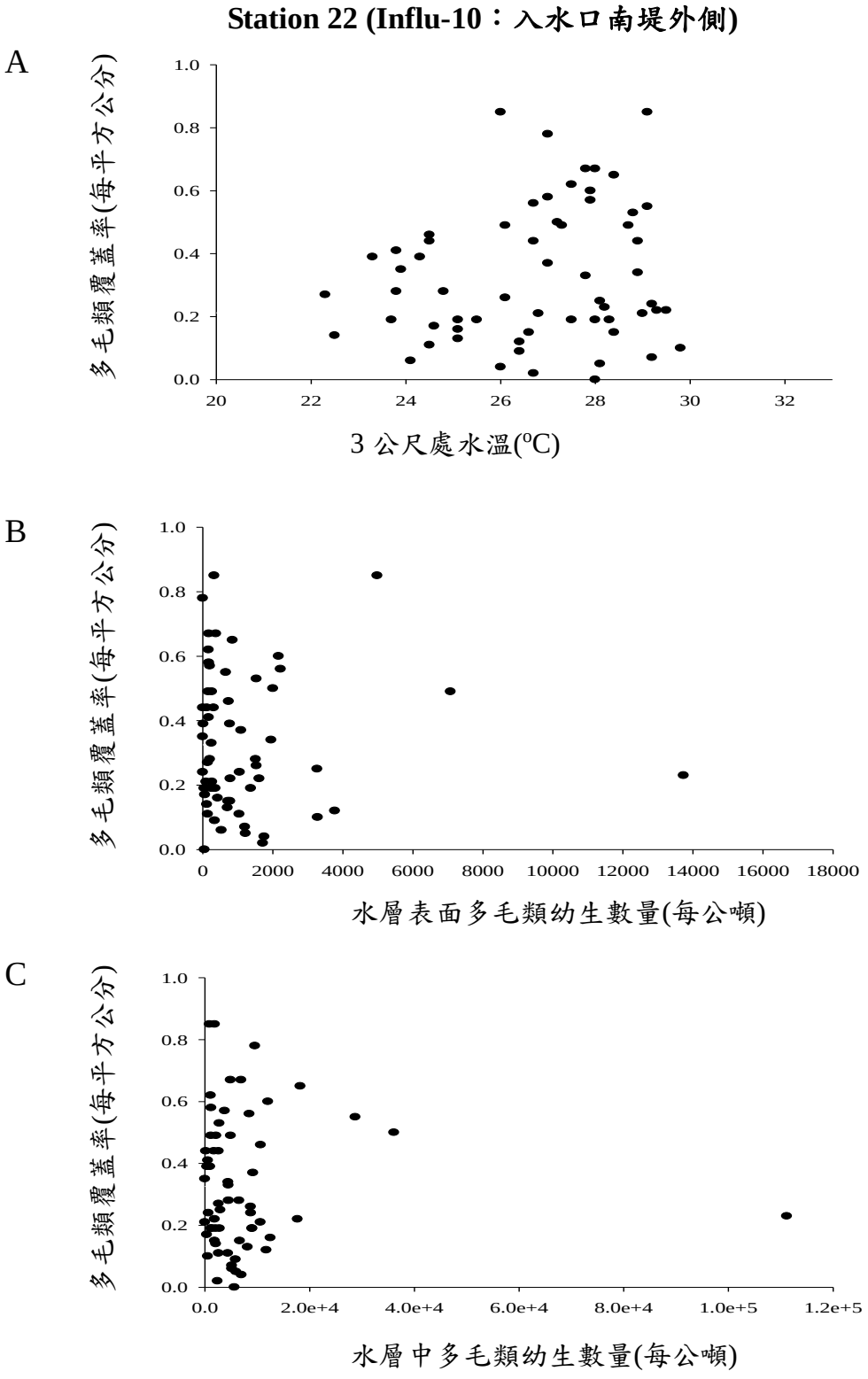


圖 6-4-4 Station 22 (Influ-10：入水口南堤外側)A.水溫變化與多毛類幼生在附著板著生情形之回歸關係($p>0.05$)。 B.多毛類在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係($p>0.05$)。 C.多毛類在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係($p>0.05$)。

Station 22 (Influ-10：入水口南堤外側)

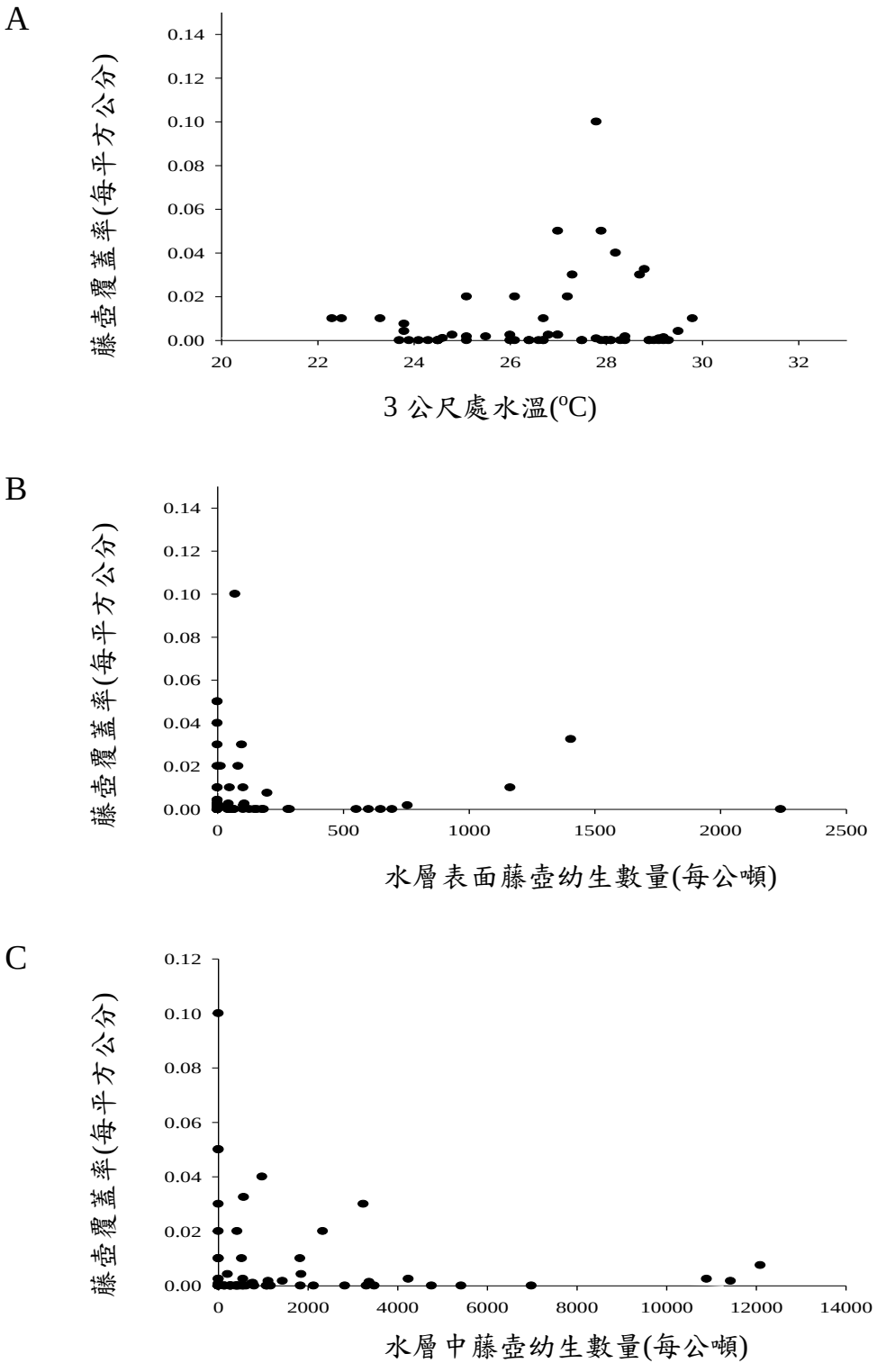


圖 6-4-5 Station 22 (Influ-10：入水口南堤外側)A.水溫變化與藤壺幼生在附著板著生情形之回歸關係($p>0.05$)。 B.藤壺在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係($p>0.05$)。 C.藤壺在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係($p>0.05$)。

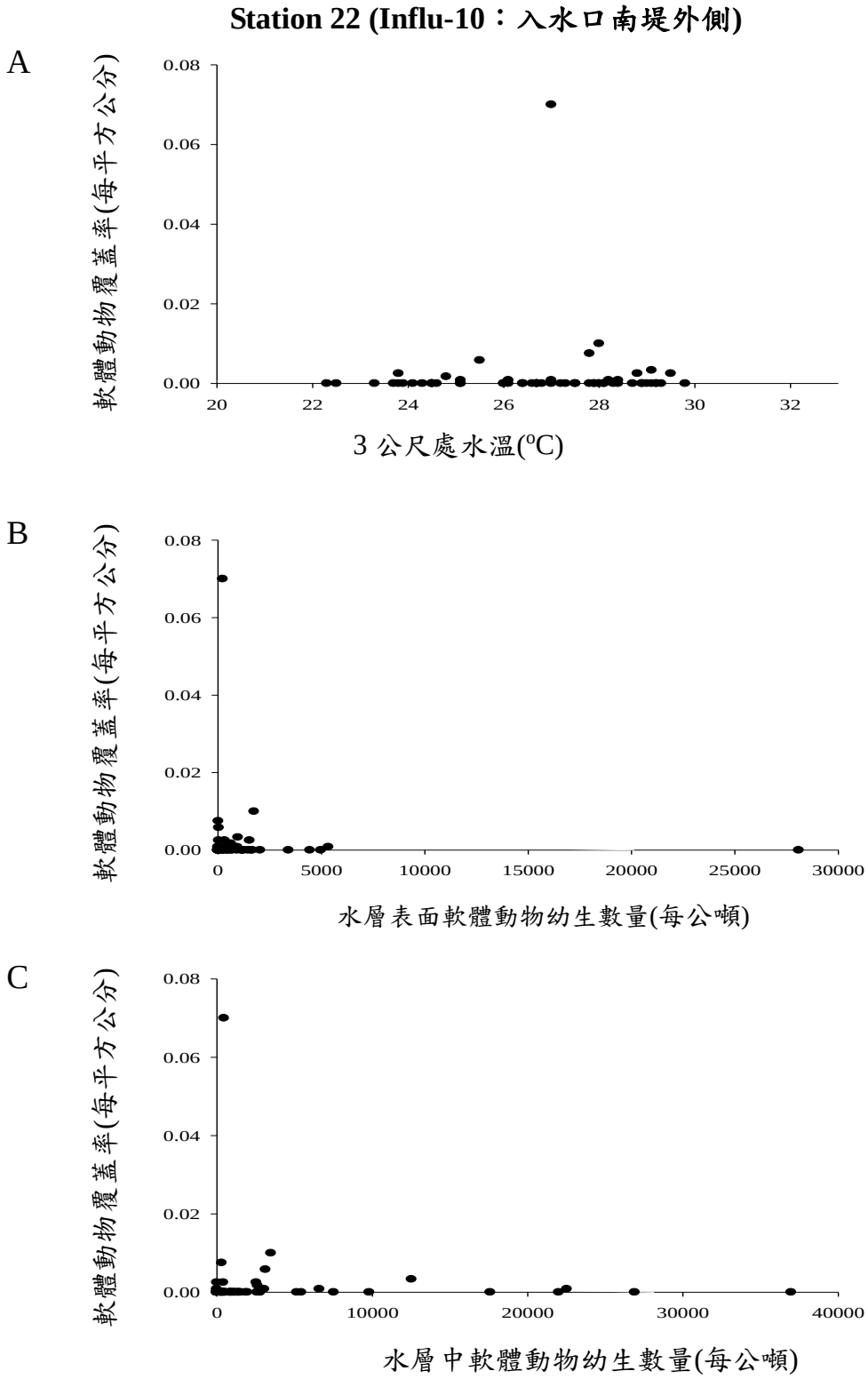
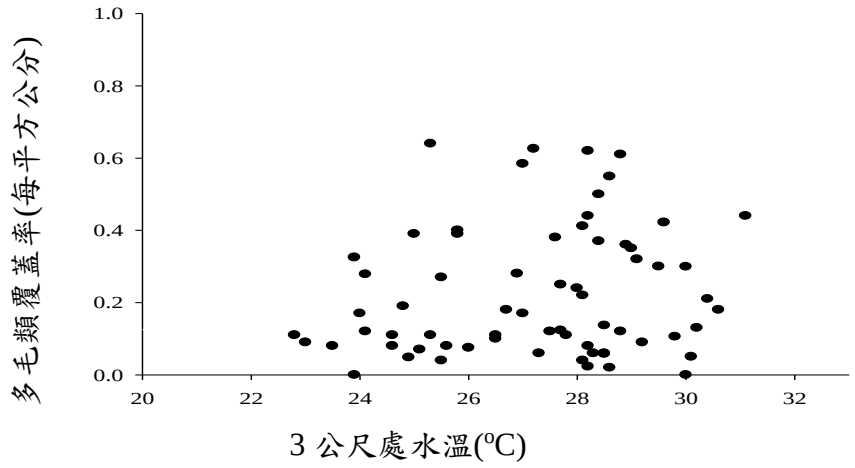


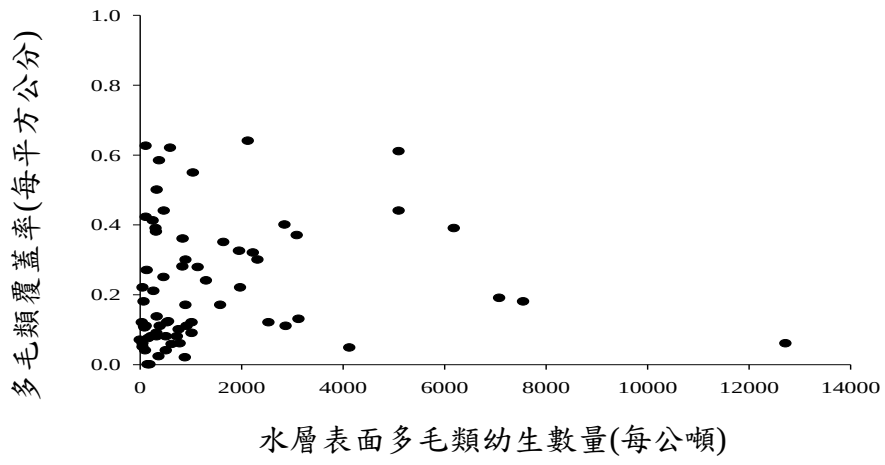
圖 6-4-6 Station 22 (Influ-10：入水口南堤外側)A.水溫變化與軟體動物幼生在附著板著生情形之回歸關係(p>0.05)。B.軟體動物在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係(p>0.05)。 C.軟體動物在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係(p>0.05)。

Station 24 (Efflu：出水口南堤外側小灣水深 8 公尺)

A



B



C

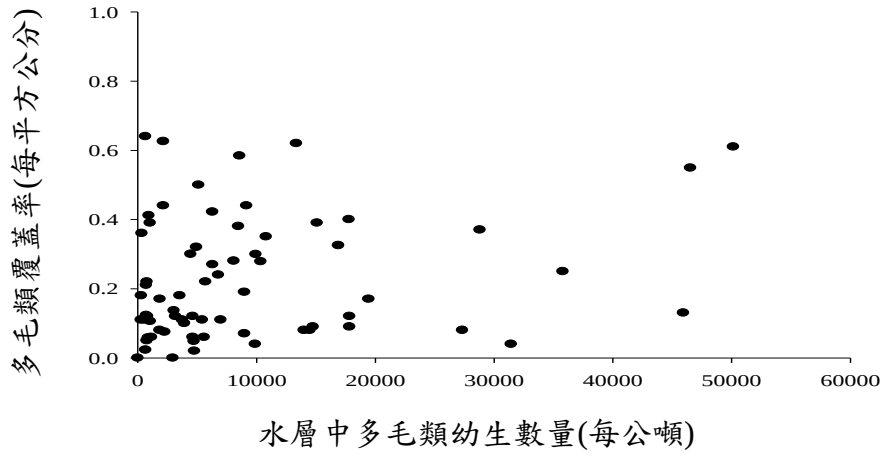


圖 6-4-7 Station 24 (Efflu：出水口南堤外側小灣水深 8 公尺)A.水溫變化與多毛類幼生在附著板著生情形之回歸關係($p>0.05$)。 B.多毛類在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係($p>0.05$)。 C.多毛類在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係($p<0.05$)。

Station 24 (Efflu：出水口南堤外側小灣水深 8 公尺)

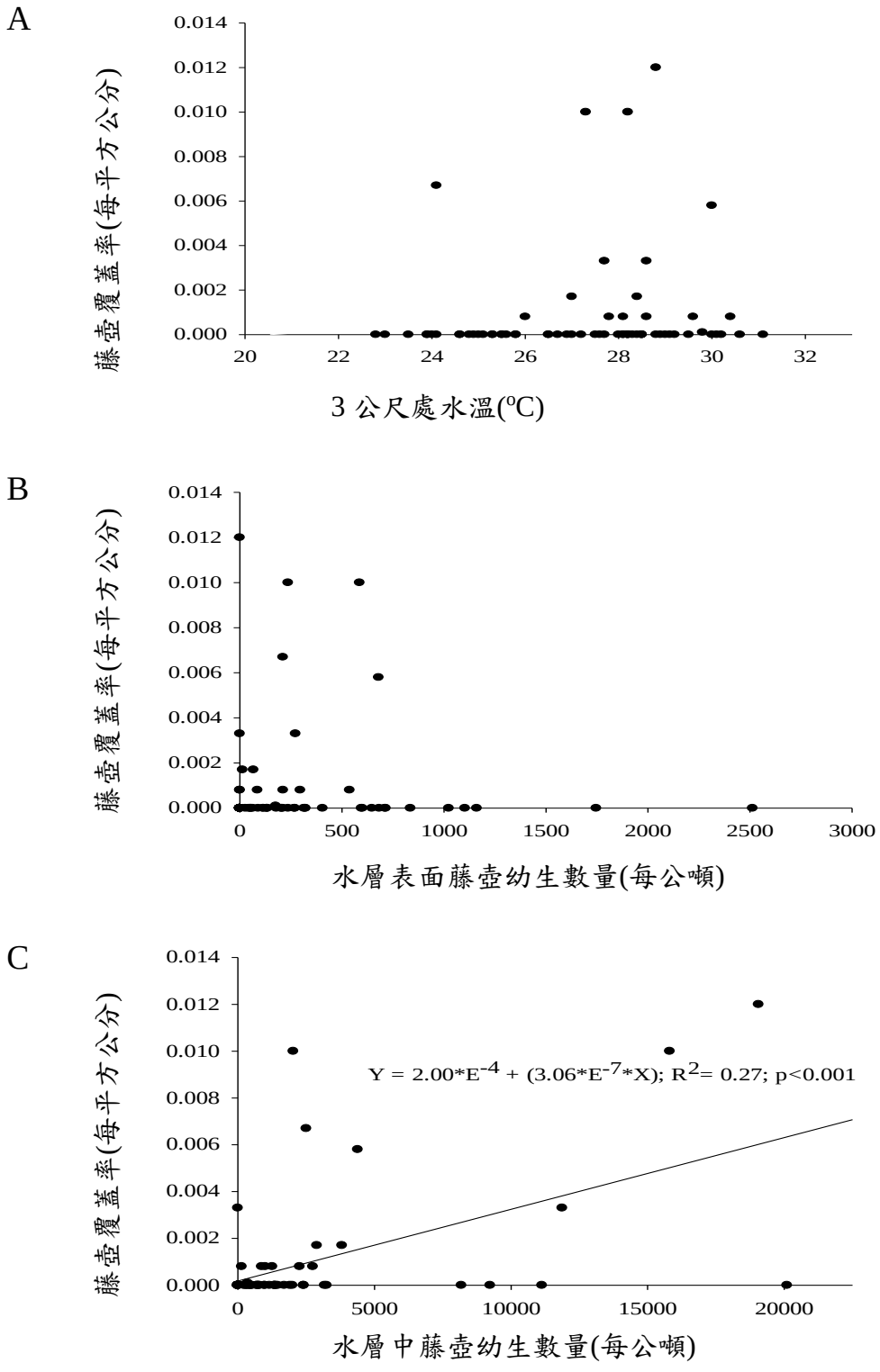


圖 6-4-8 Station 24 (Efflu：出水口南堤外側小灣水深 8 公尺)A.水溫變化與藤壺幼生在附著板著生情形之回歸關係($p>0.05$)。 B.藤壺在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係($p>0.05$)。 C.藤壺在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係($p<0.05$)。

Station 24 (Efflu：出水口南堤外側小灣水深 8 公尺)

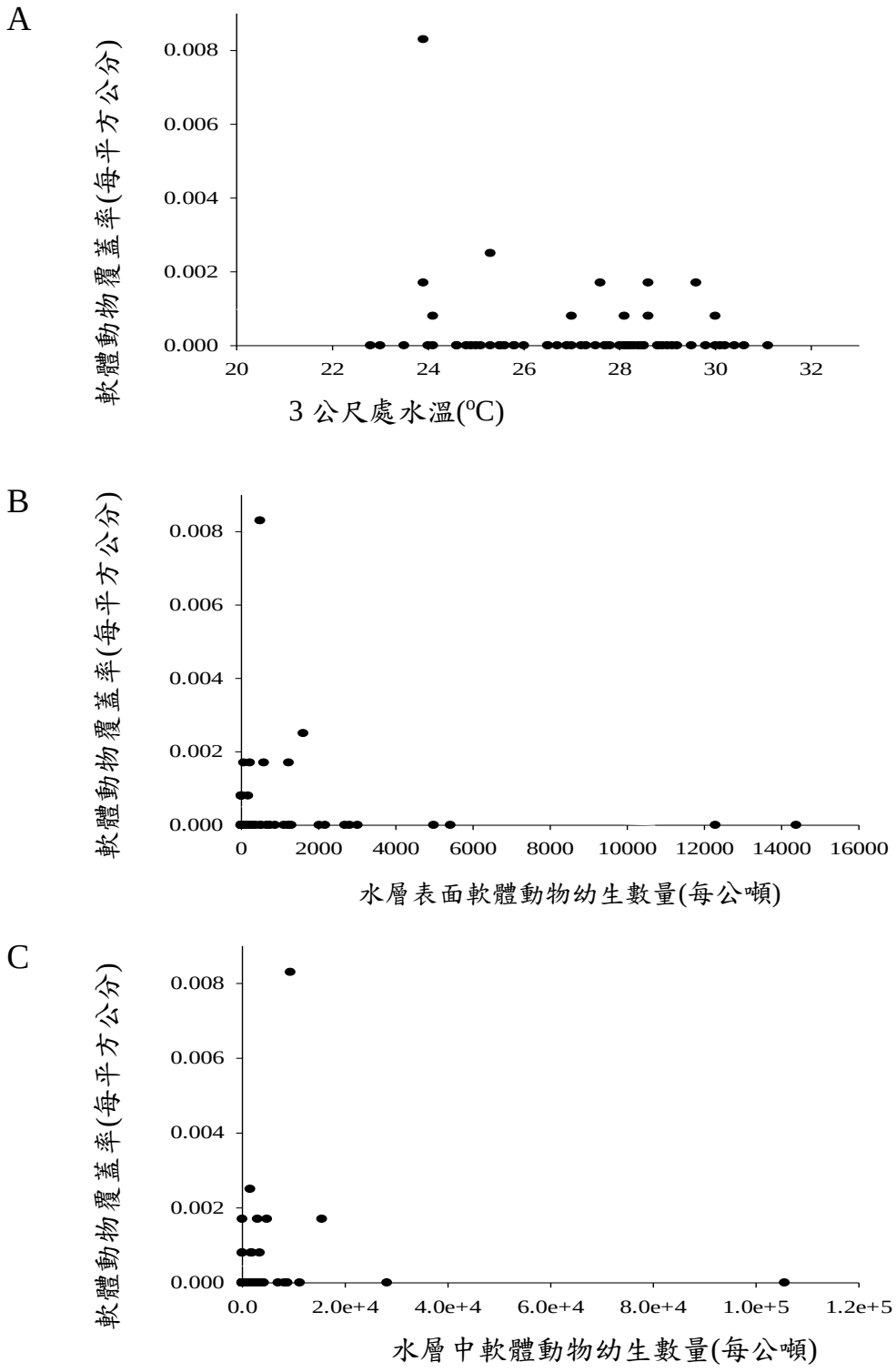


圖 6-4-9 Station 24 (Efflu：出水口南堤外側小灣水深 8 公尺)A.水溫變化與軟體動物幼生在附著板著生情形之回歸關係($p<0.05$)。B.軟體動物在水表層之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係($p>0.05$)。 C.軟體動物在水層中之浮游幼生豐度與其在附著板著生情形之回歸關係($p>0.05$)。

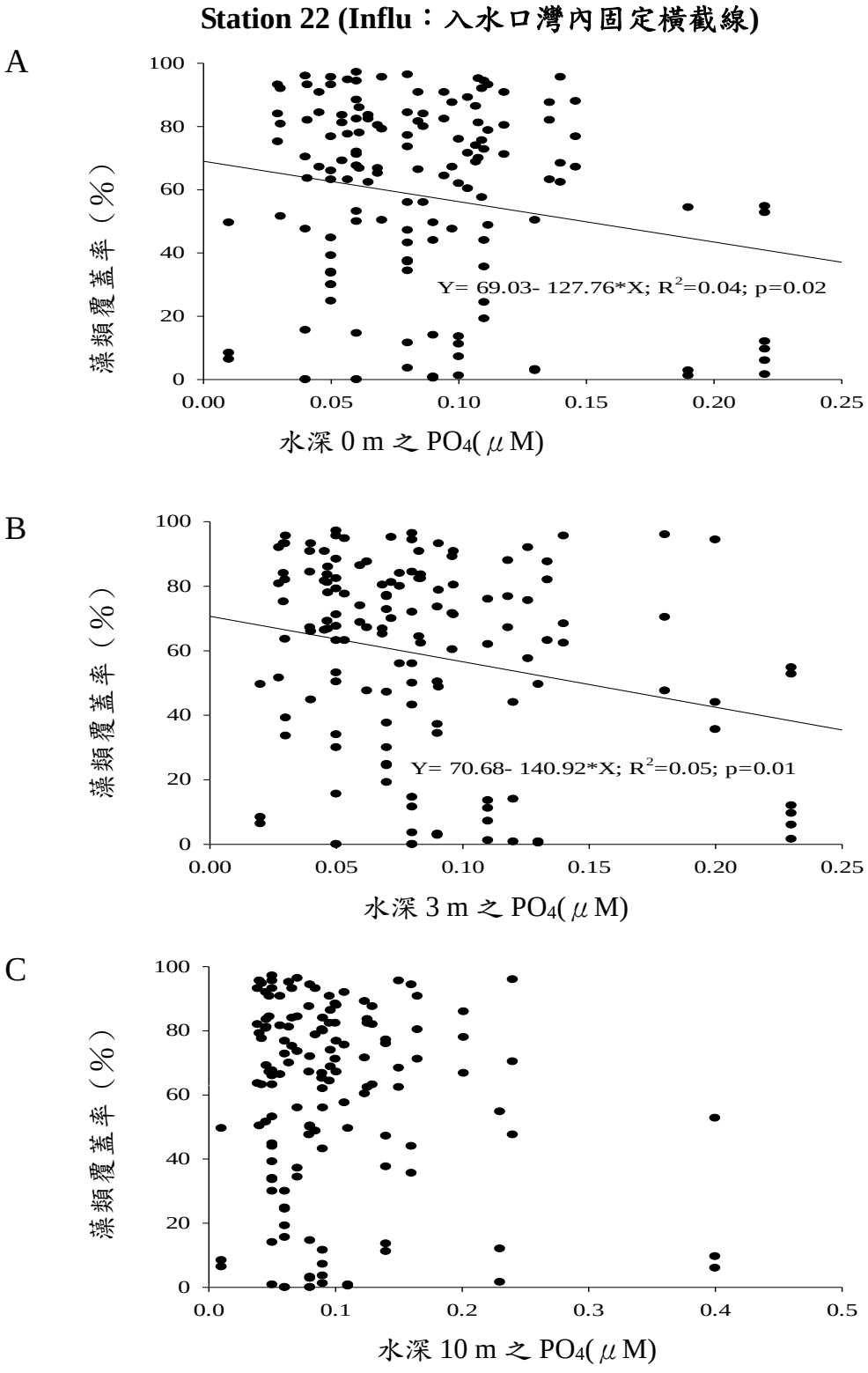


圖 6-4-10 Station 22 (Influ：入水口灣內固定橫截線)A. 水深 0 m 之 PO_4 與藻類覆蓋率之回歸關係($p<0.05$)。B. 水深 3 m 之 PO_4 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。 C. 水深 10 m 之 PO_4 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。

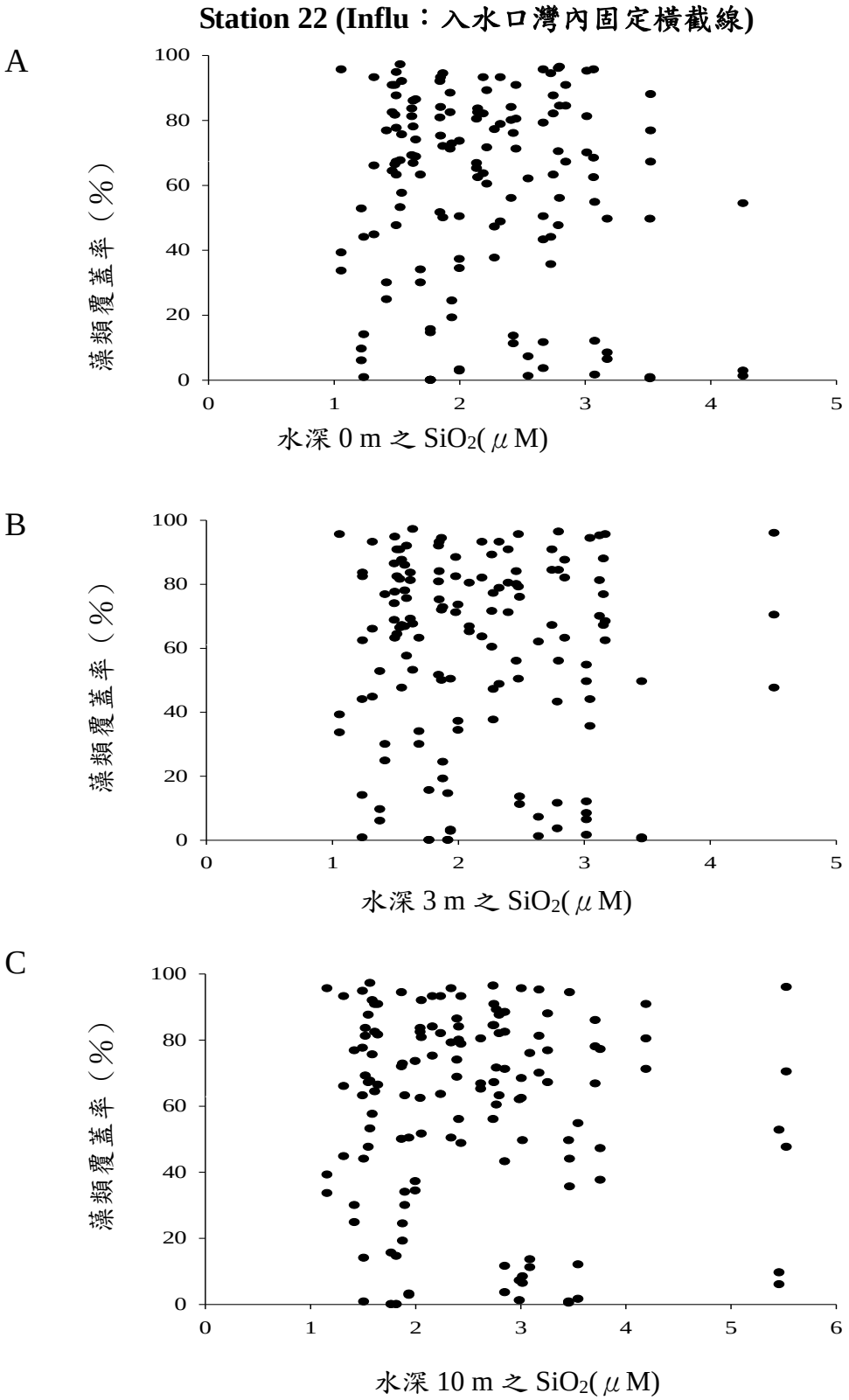


圖 6-4-11 Station 22 (Influ：入水口灣內固定橫截線)A. 水深 0 m 之 SiO_2 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。B. 水深 3 m 之 SiO_2 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。 C. 水深 10 m 之 SiO_2 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。

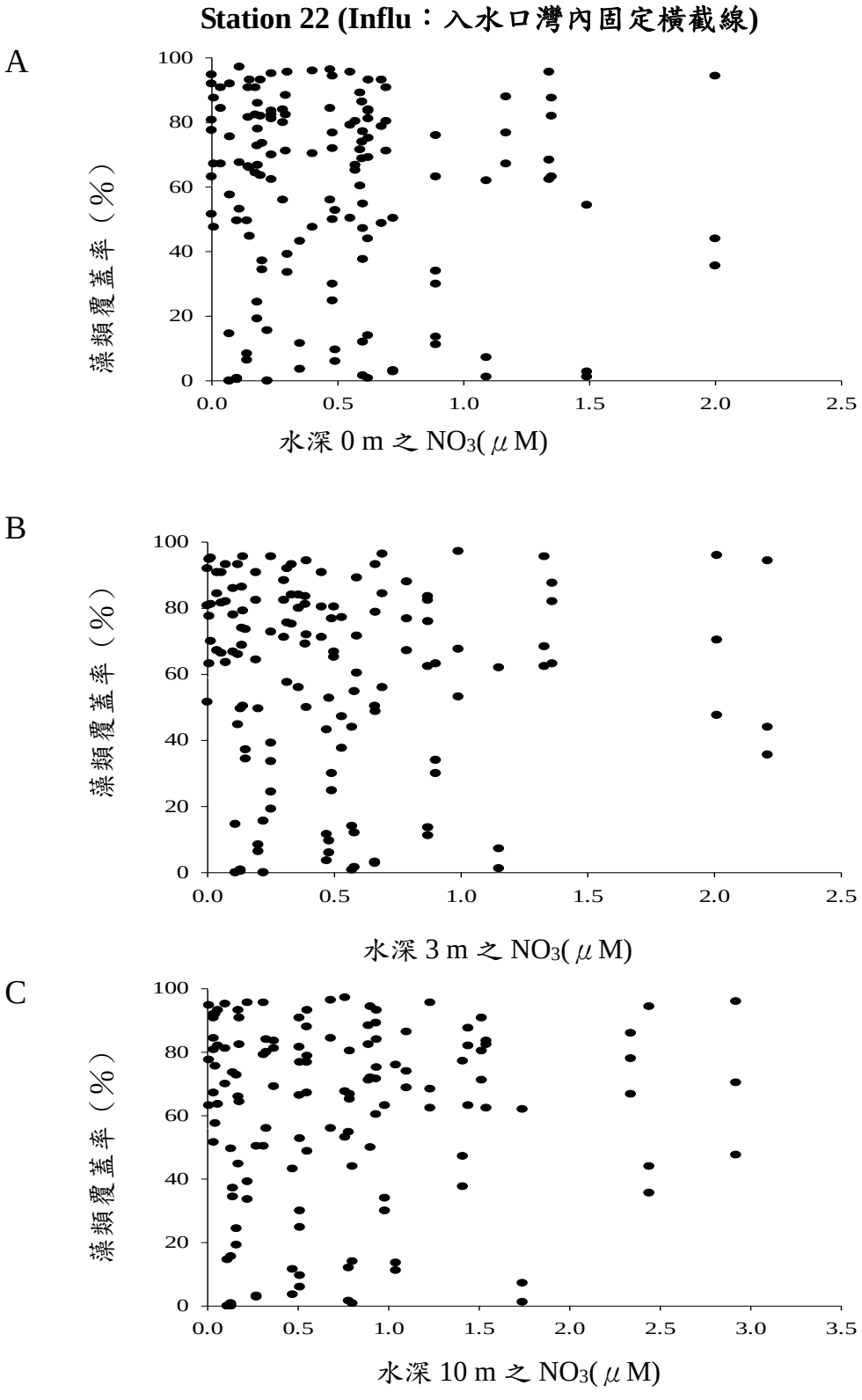


圖 6-4-12 Station 22 (Influ：入水口灣內固定橫截線)A. 水深 0 m 之 NO_3 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。B. 水深 3 m 之 NO_3 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。 C. 水深 10 m 之 NO_3 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。

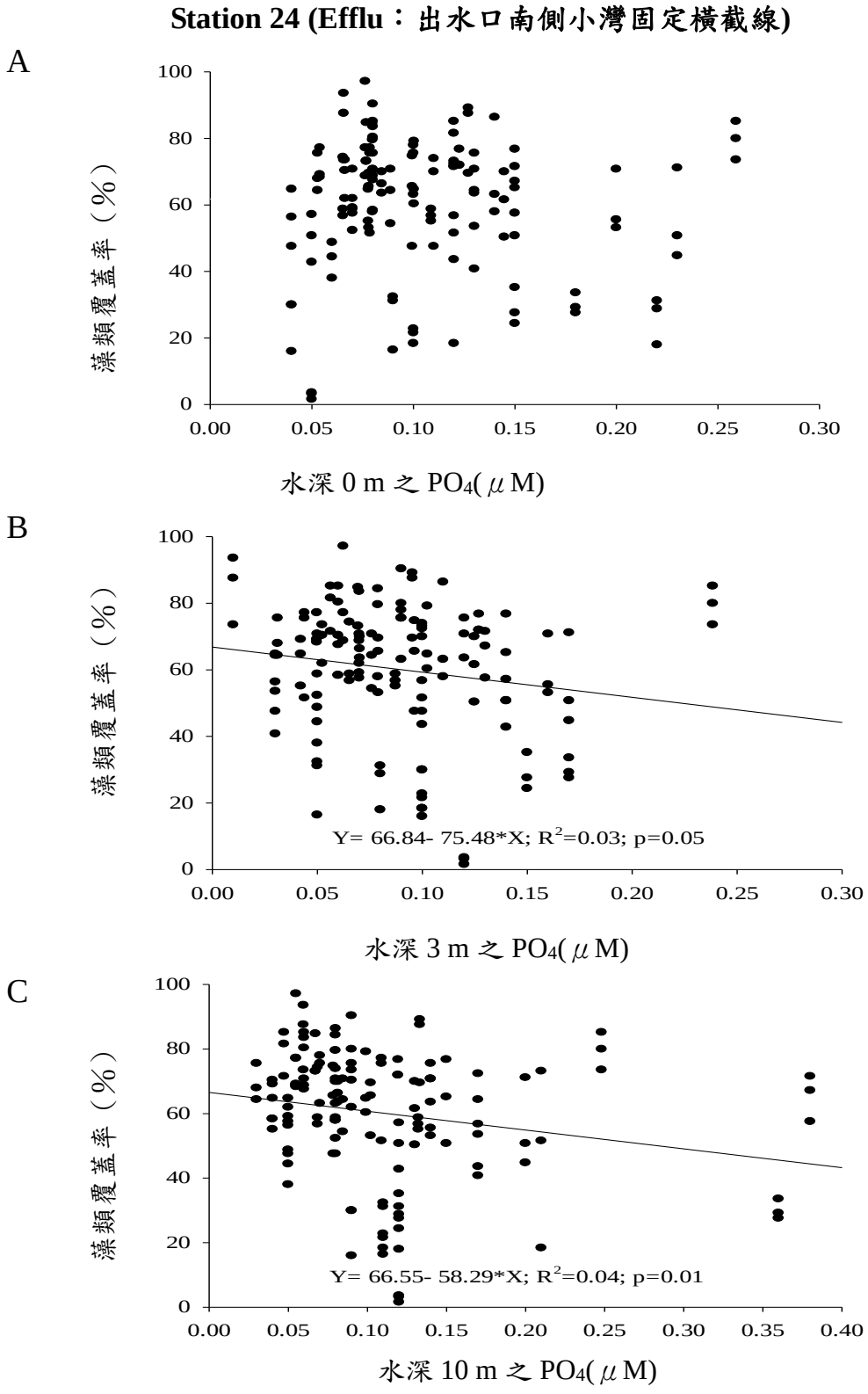
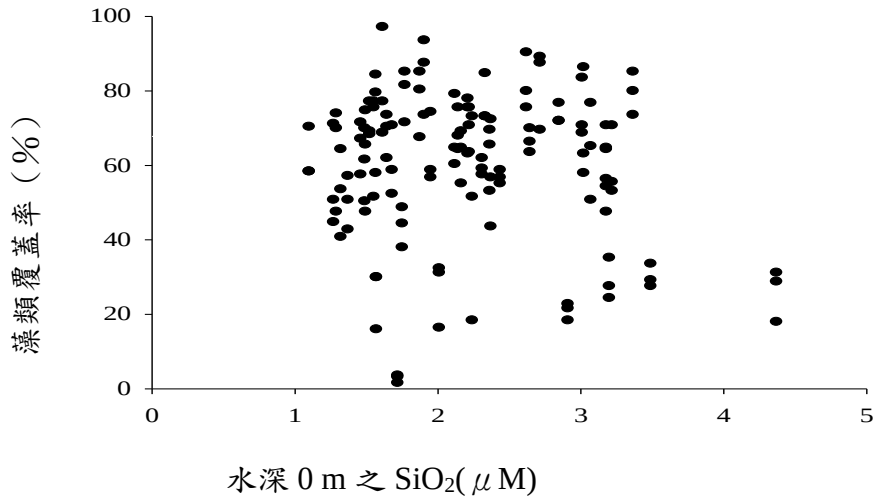


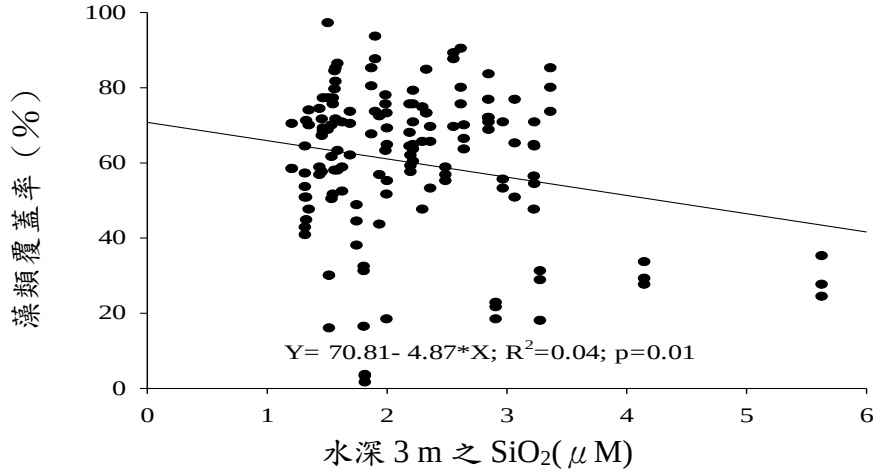
圖 6-4-13 Station 24 (Efflu：出水口南側小灣固定橫截線)A. 水深 0 m 之 PO_4 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。B. 水深 3 m 之 PO_4 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。 C. 水深 10 m 之 PO_4 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。

Station 24(Efflu：出水口南側小灣固定橫截線)

A



B



C

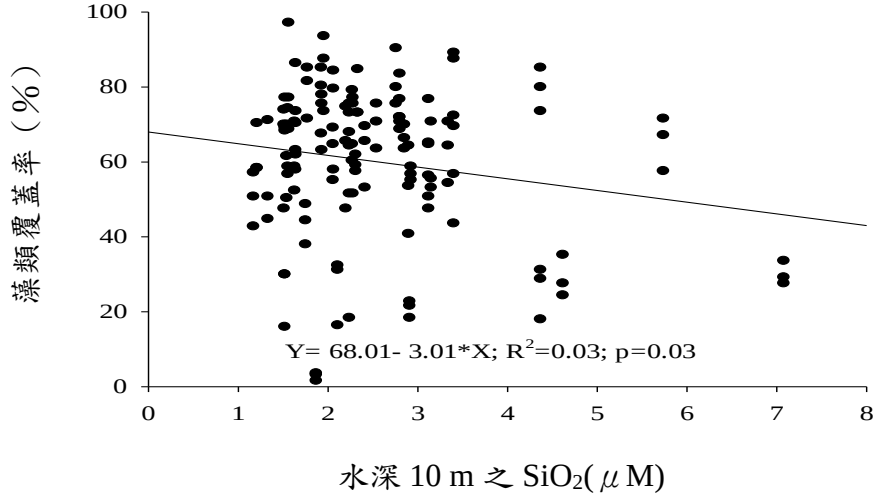
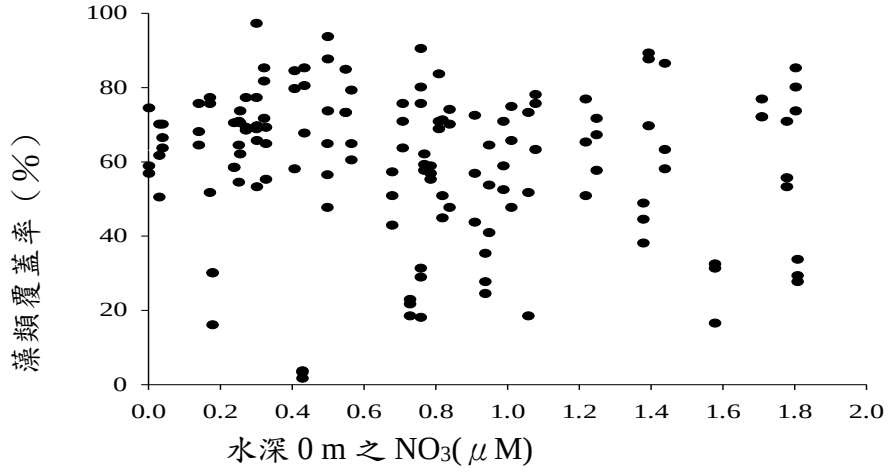


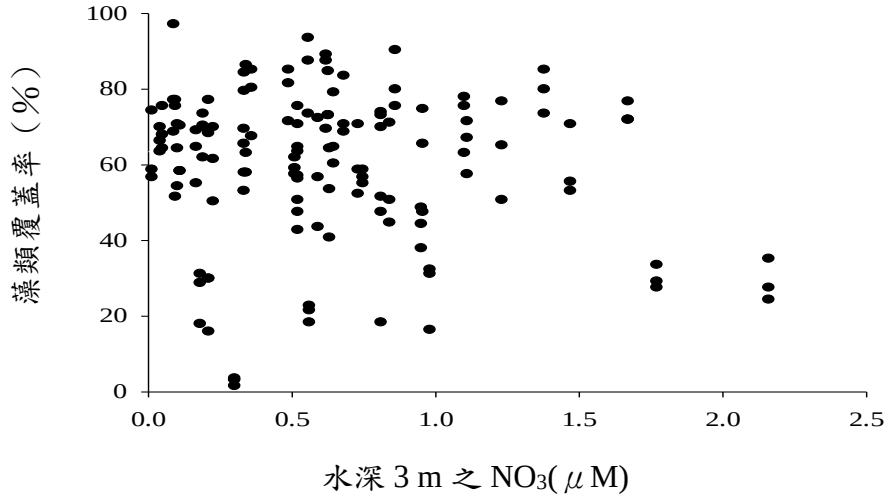
圖 6-4-14 Station 24(Efflu：出水口南側小灣固定橫截線)A. 水深 0 m 之 SiO_2 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。B. 水深 3 m 之 SiO_2 與藻類覆蓋率之回歸關係($p<0.05$)。 C. 水深 10 m 之 SiO_2 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。

Station 24 (Efflu：出水口南側小灣固定橫截線)

A



B



C

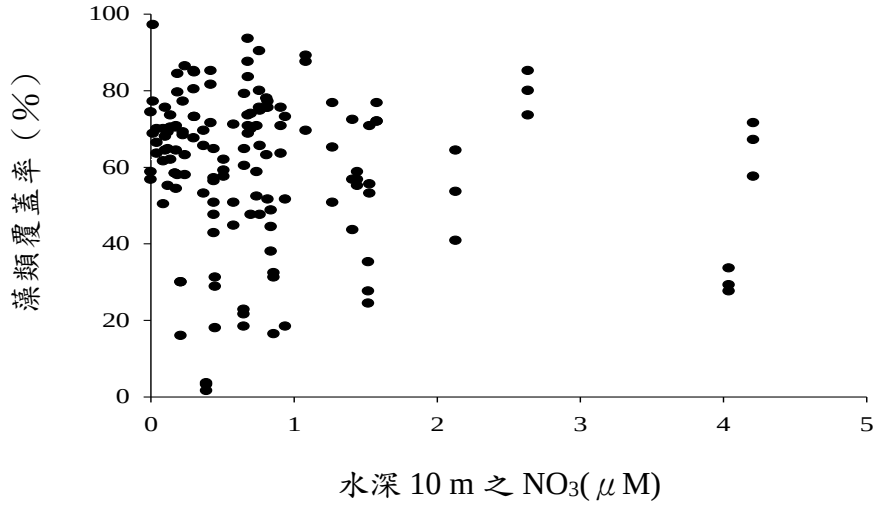
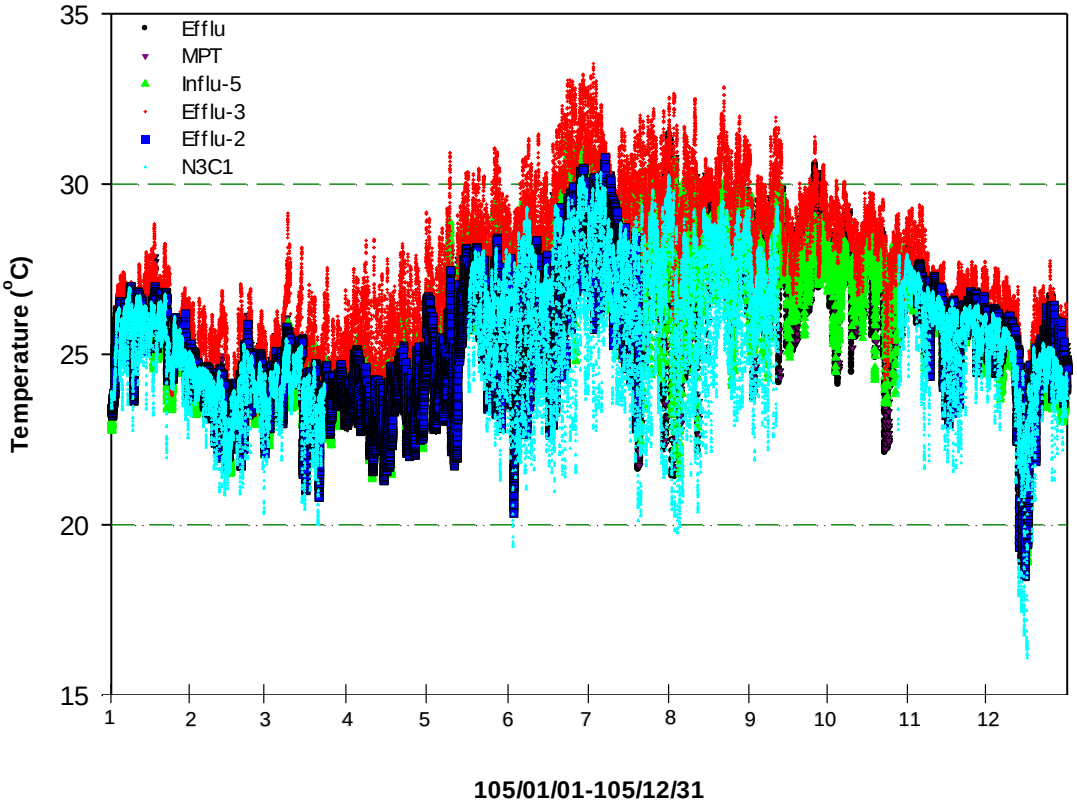


圖 6-4-15 Station 24(Efflu：出水口南側小灣固定橫截線)A. 水深 0 m 之 NO_3 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。B. 水深 3 m 之 NO_3 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。 C. 水深 10 m 之 NO_3 與藻類覆蓋率之回歸關係($p>0.05$)。

A.



B.

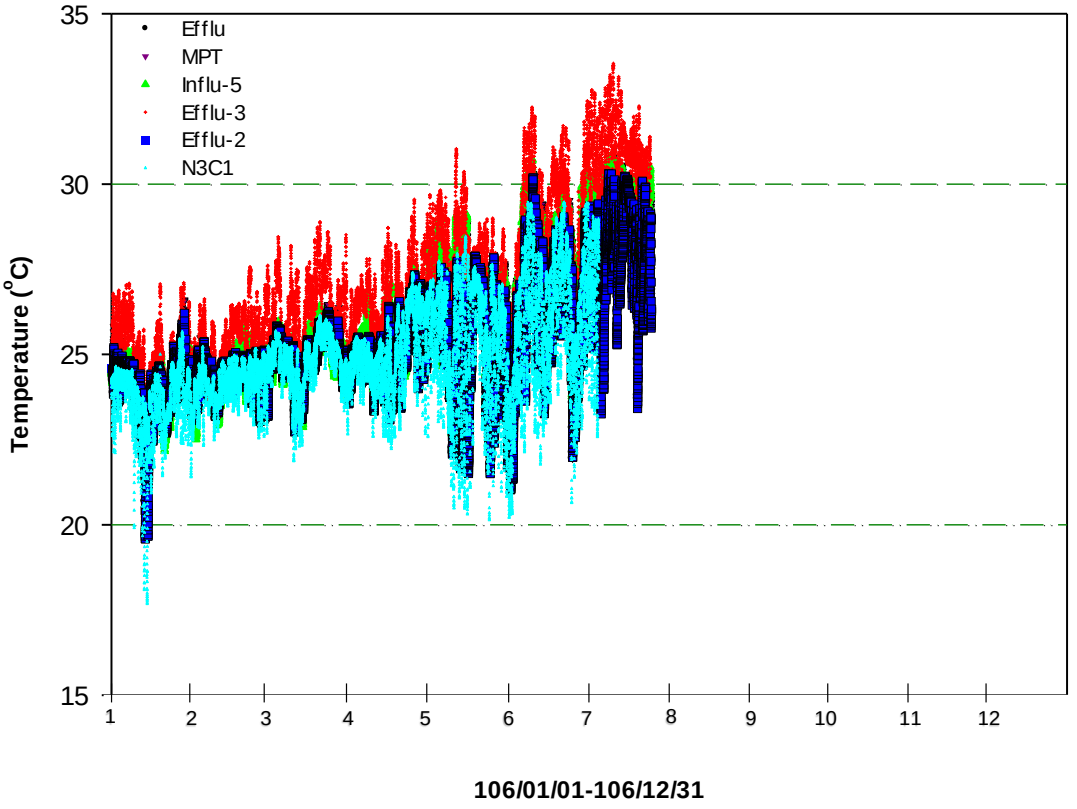
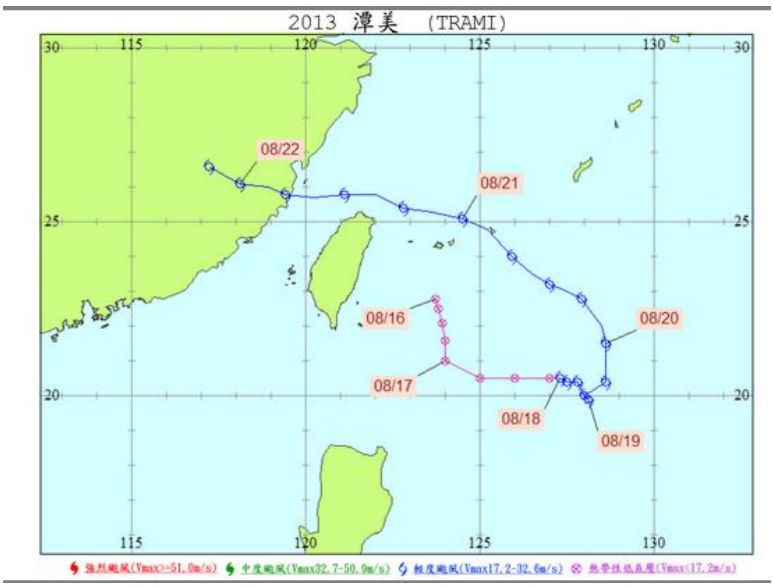
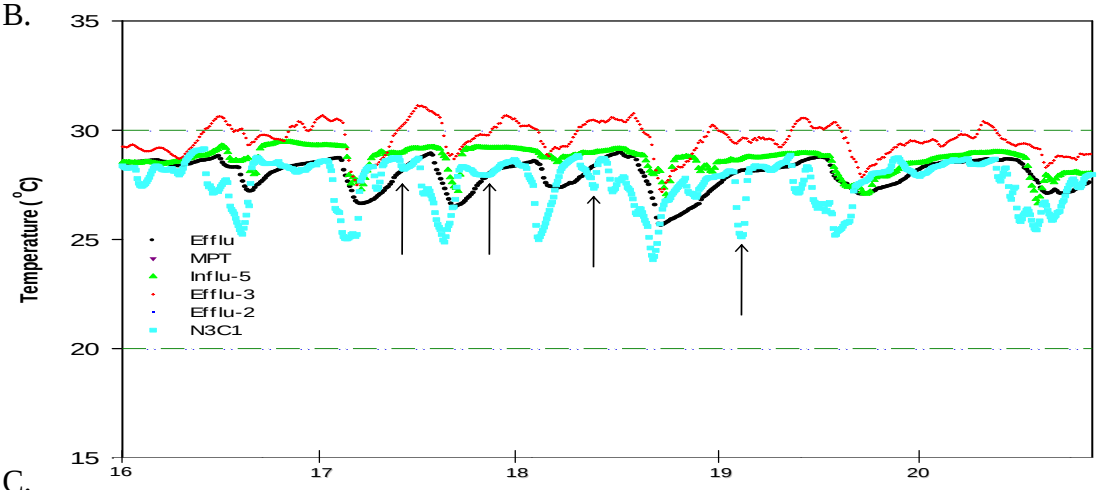


圖 6-4-16　105、106 年各測站水溫與子計畫一海潮流測站 N3C1 的水溫變化。(A) 105 年；(B)106 年。

A.



B.



C.

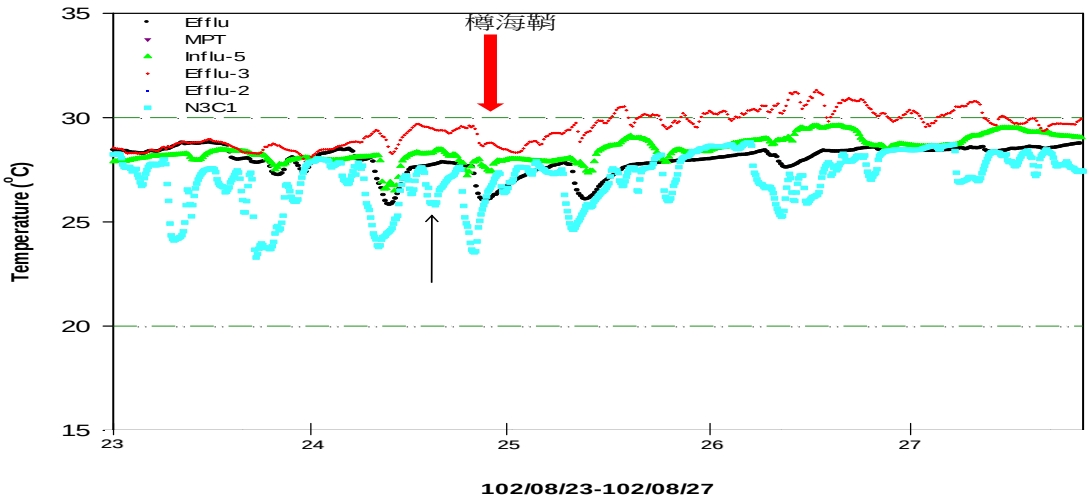


圖 6-4-17　潭美颱風影響期及 102 年 8 月 25 日樽海鞘大量出現期的水溫變化圖。(A) 潭美颱風發生路徑及時間；(B) 潭美颱風影響期（102/08/16-08/20）；(C) 樽海鞘出現期（102/08/23-08/27）。↑：N3C1（亮藍色）與入水口 Influ-5（淺綠色）水溫變化不一處；↓：樽海鞘出現時間。

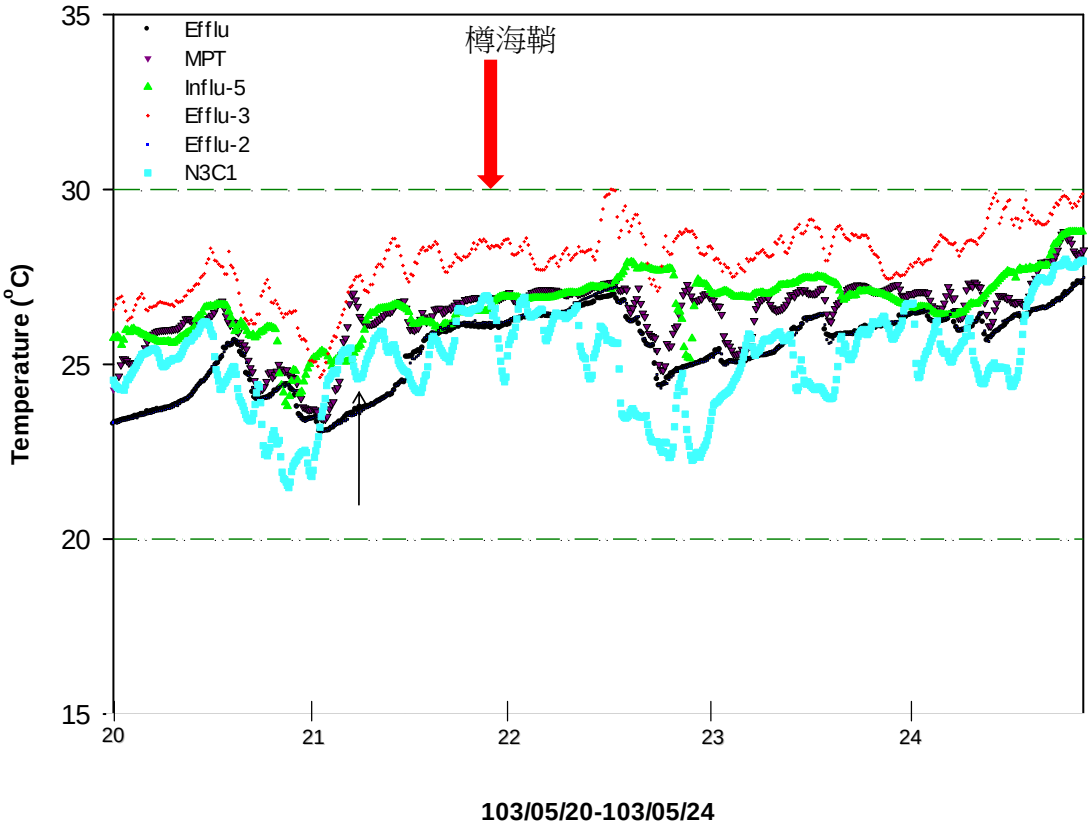
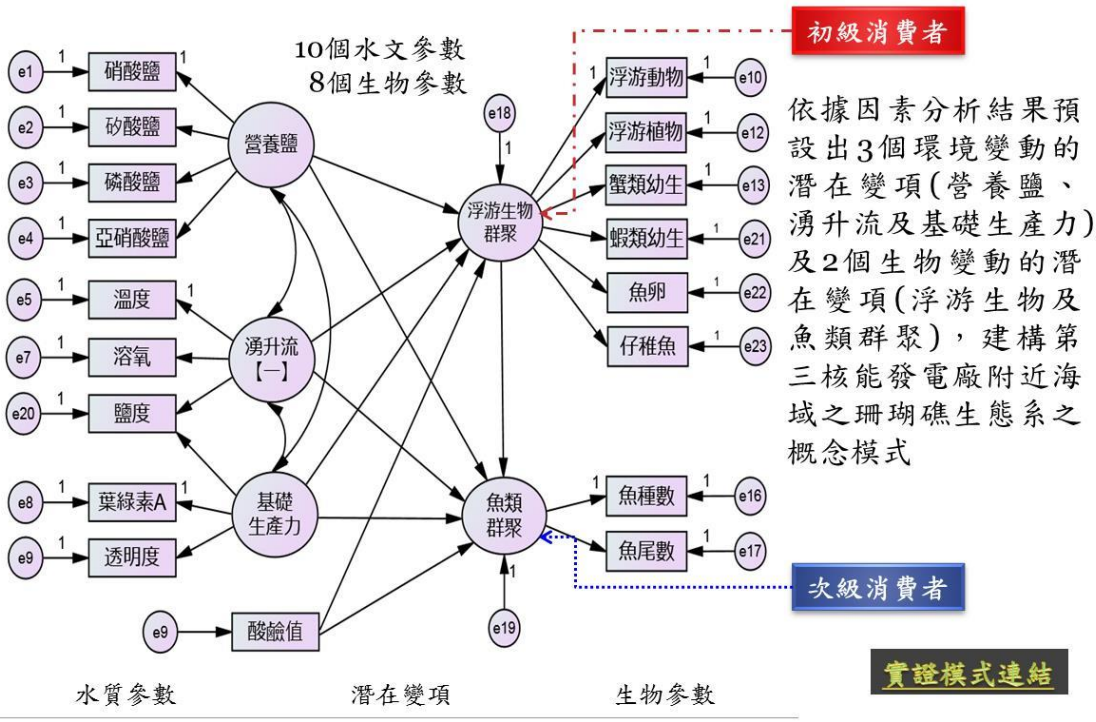
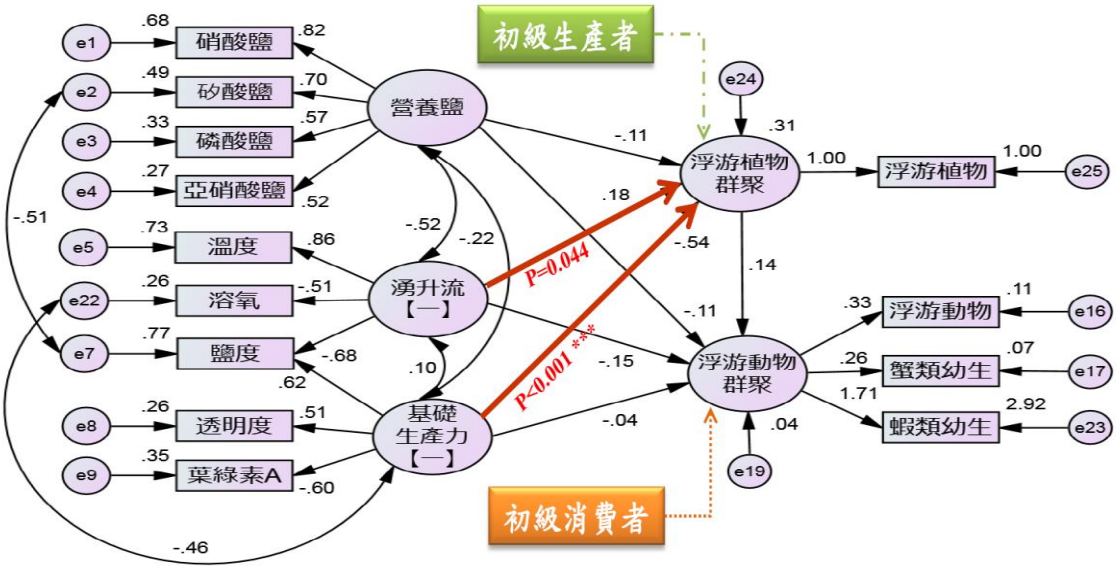


圖 6-4-18　103 年 5 月 22 日樽海鞘大量出現前後期的水溫變化圖。↑：N3C1（亮藍色）與入水口 Influ-5（淺綠色）水溫變化不一處；↓：樽海鞘出現時間。



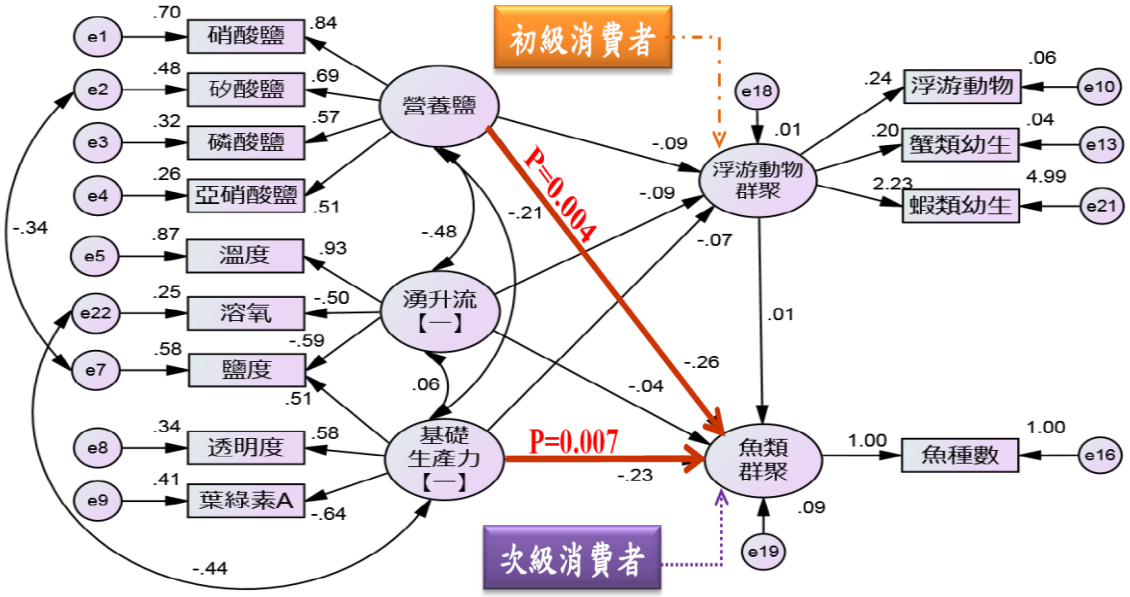
依據因素分析結果預設出3個環境變動的潛在變項(營養鹽、湧升流及基礎生產力)及2個生物變動的潛在變項(浮游生物及魚類群聚)，建構第三核能發電廠附近海域之珊瑚礁生態系之概念模式

圖6-5-1第三核能發電廠附近海域生態系之概念模式



指標類型	本研究實證	建議標準	參考文獻
RMSEA(配適度)	**0.057**	**<0.05(良好配適)** **0.05~0.08(不錯的配適)** **0.08~0.1(中度配適)** **>0.1(不良配適)**	Hair et al. (2006)
卡方/自由度(比值)	**1.722**	**<2 or3 (嚴謹標準)** **<5 (寬鬆標準)**	Carmines & Mclver (1981) Chin & Todd (1995) Hair et al. (1998)
GFI(配適度指標)	**0.941**	**>0.9**	Baumgartner & Homburg(1996) Gefen et al. (2000) Schumacker & Lomax (2004)
AGFI(修正後配適度指標)	**0.899**	**>0.9； >0.8為可接受**	

圖6-5-2第三核能發電廠附近海域表層生態系之實證模式



指標類型	本研究實證	建議標準	參考文獻
RMSEA(配適度)	**0.055**	**<0.05(良好配適)** **0.05~0.08(不錯的配適)** **0.08~0.1(中度配適)** **>0.1(不良配適)**	Hair et al. (2006)
卡方/自由度(比值)	**1.608**	**<2 or3 (嚴謹標準)** **<5 (寬鬆標準)**	Carmines & Mclver (1981) Chin & Todd (1995) Hair et al. (1998)
GFI(配適度指標)	**0.938**	**>0.9**	Baumgartner & Homburg(1996) Gefen et al. (2000) Schumacker & Lomax (2004)
AGFI(修正後配適度指標)	**0.894**	**>0.9； >0.8為可接受**	

圖6-5-3第三核能發電廠附近海域生態系之實證模式

柒、參考資料

Aharon, P. (1985). Carbon isotope record of late Quaternary coral reefs: possible index of sea surface paleoproductivity, In: ET Sundquist and WS Broecker (eds), The Carbon Cycle and Atmospheric CO_2: Natural Variations Archean to Present. Geophysical Monograph 32, Am. Geophys. Union, Washington, DC, 343-355.

APHA, (1985). Standard method for the examination of water and wastewater. 16th ed. American Public Health Association, New York, U.S.A., 1268 pp.

Bai, Y., T.H. Huang, X.Q. He, S.L. Wang, Y.C. Hsin, C.R. Wu, W.D. Zhai, H.K. Lui, C.T.A. Chen (2015). Intrusion of the Pearl River plume into the main channel of the Taiwan Strait in summer, Journal of Sea Research, 95: 1-15, doi:0.1016/j.seares.2014.10.003.

Baird, A.H. and Marshall, P.A. (2002). Mortality, growth and reproduction in scleractinian corals following bleaching on the Great Barrier Reef. Mar. Ecol. Prog. Ser., 237:133-141.

Barnard, L.A., I.G. Macintyre, and J.W. Pierce (1974). Possible environmental index in tropical reef corals, Nature, 252: 219-220.

Briand, F.J.P. (1975). Effects of power-plant cooling systems on marine phytoplankton, Mar. Biol., 33: 135-146.

Brook, A.J. and A.L. Baker (1972). Chlorination at power plant: Impact on phytoplankton productivity, Science, 176: 1414-1415.

Buckley, L.J. (1982). Effects of temperature on growth and biochemical composition of larval winter flounder *Pseudopleuronectes americanus*, Mar. Ecol. Prog. Ser., 8: 181-186.

Bell, P.R.F., I. Elmetri and P. Uwins. (1999). Nitrogen fixation by Trichodesmium spp. in the central and northern Great Barrier Reef lagoon: relative importance of the fixed-nitrogen load, Marine Ecology Progress Series, 186: 119-126.

Carpenter, E.J., B.B. Peck and S.J. Anderson (1974). Survival of copepods passing througha nuclear power station on north eastern Long Island Sound, U. S. A., Mar. Biol., 24: 49-55.

Chakraborty, S. (1993). Environmental significance of isotopic and trace elemental variations in banded corals, dissertation, Physical Research Lab. Ahmedabad, India, 88 pp.

Chao, S. Y., P. T. Shaw and S. Y. Wu (1996). El Nino modulation of the South China Sea circulation, Prog. Oceanog., 38: 51-93.

Chardy, P. (1989). Assessing biological effects of thermal discharge in the marine environment, La. Mer., 27: 100-101.

Chen, C.-C., F.-K. Shiah, H.-J. Lee, K.-Y Lee , P.-J. Meng, S.-J. Kao, Y.-F. Tseng, and C.-L. Chung (2005). Phytoplankton and bacterioplankton biomass, production and turnover in a semi-enclosed embayment with spring tide induced upwelling, Marine Ecology Progress Series, 304: 91-100.

Chen, C.J., C.C. Lin and Y.M. Lin (1994). Surveillance of indoor and outdoor radon concentrations in Taiwan, Nuc. Sci. J., 31: 117-128.

Chen, C.T., (1981). Oxygen solubility in seawater, *In* "Solubility Data series, v.7, Oxygen and Ozone", R. Battino, ed. Pergamon Press, 41-55.

Chen, C.T.A., C.T. Liu and S.C. Pai (1994). Transport of oxygen, nutrients and carbonates by the Kuroshio current, Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 12 (3): 220-227.

Chen, C.T.A., C.T. Liu and S.C. Pai (1995). Variations in oxygen, nutrient and carbonate fluxes of the Kuroshio current, La mer, 33: 161-176.

Chen, C.T.A., B.J. Wang and L.Y. Hsing (2004a). Upwelling and Degree of Nutrient Consumption in Nanwan Bay, Southren Taiwan, Journal of Marine Science and Technology, 12 (5): 442-447.

Chen, C.T.A., L.Y. Hsing, C.L. Liu and S.L. Wang (2004b). Degree of nutrient onsumption of upwelled water in the Taiwan Strait based on dissolved phosphorus or nitrogen, Marine Chemistry, 87: 73-86.

Chen, C.T.A.*, S. Jan, T.H. Huang, Y.H. Tseng (2010). Spring of no Kuroshio intrusion in the southern Taiwan Strait; Journal of Geophysical Research, 115, C08011, doi:10.1029/2009JC005804.

Cheng, L.Z. and C.T.A. Chen (2004). Features of the fishing ground near the Third Nuclear Power Plant in Taiwan, Journal of Marine Science and Technology, 12 (5): 453-456.

Chu, P.C., S.B. Lu and Y.C. Chen (1997). Temporal and spatial variabilities of the South China Sea surface temperature anomaly, J. Geophys. Res., 102:20937-20955.

Chu, T.Y. (1971). Environmental study of the surrounding waters of Taiwan, Acta Oceanographic Taiwanica.

Chou, Y.L., C.T.A. Chen and L.L. Liu (2004). Effects of nuclear power plant thermal effluent on marine sessile invertebrate communities in Southern Taiwan, Journal of Marine Science and Technology, 12 (5): 448-452.

Clarke, G.M. (1993). Fluctuating asymmetry of invertebrate populations as biological indicator of environmental quality, Environ. Poll., 82: 207-211.

Cole, J.E. and R.G. Fairbanks (1991). The Southern Oscillation recorded in the oxygen isotopes of corals from Tarawa Atoll, Paleoceanography, 5: 669-683.

Coutant, C.C. (1976). Thermal effects, J. Water Poll. Control fed., 48: 1486-1544. Development, Environmental Research Lab. Narragansett, Rhod Island, EPA-60013-76-0270.

Dai, A. (1996). Global Precipitation Variability and Its Relationship with Other Climate Changes, Ph.D. thesis. Columbia University, New York, New York.

Dai, C.F., Chen, G., Inaba, M., Iwao, K., Iwase, F., Kakuma, Y., Kajiwara, K., Kimura, T., Nomura, K., Oki, K., Sakai, K., Shibuno, T., Yamano, H. and Yoshida, M (2002). "Status of coral reefs in East Asia: China, Japan, Korea and Taiwan", In: Wilkinson, C. (ed) Status of Coral Reefs of theWorld: 2002, p. 153-162, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Queensland, Australia.

Dodge, R.E. and J.R. Vaisnys (1975). Hermatypic coral growth banding as environmentalrecorder, Nature, 258: 707-708.

Dunbar, R.B. and G.M. Wellington (1981). Stable isotopes in a branching coral monitor seasonal temperature variation, Nature, 293: 453-455.

Durack, P.J., S.E. Wijffels and R.J. Matear (2012). Ocean salinities reveal strong global water cycle intensification during 1950 to 2000. Science, 336 (6080): 455-458.

Eakin, C.M., Liu, G., Gomez, A.M., De La Cour, J.L., Heron, S.F., Skirving, W.J., Geiger, E.F., Tirak, K.V. and Strong A.E. (2016). Global coral bleaching 2014-2017? Status and an appeal for observations, Reef Encounter 43, 31(1): 20-26.

Emiliani, C., J.H. Husdon, E.A. Shinn and R.Y. George (1978). Oxygen and carbon isotopic growth recorded in a reef coral from the Florida Keys and a deep-sea coral from Blake Plateau, Science, 202: 627-629.

EPA (1979). Handbook for analytical quality control in water and wastewater laboratories, US EPA-600/4-79-019.

Eppley, R.W., E.H. Renger and P.M. Williams (1976). Chlorine reactions with seawater constituents and the inhibition of photosynthesis of natural marine phytoplankton, Estuar. Coast. Mar. Sci., 4: 147 - 161.

Epstein S., R. Buchsbaum, H.A. Lowenstam, and H.C. Urey (1953). Revised carbonate-water isotopic temperature scale, Bull. Geol. Soc. Am., 64: 1315-1326.

Evans, M.S., G.J. Warren, and D.I. Page (1986). The Effects of Power Plant Passage on Zooplankton Morta lities: Eight Years of Study at the Donald C. CookNuclear Plant, Wat. Res., 20 (6): 725-734.

Fairbanks, R.G. and R.E. Dodge (1979). Annual periodicity of the O-18/O-16 and C-13/C-12 ratios in the coral *Montastrea annualaris* .Geochim, Cosmochim. Acta, 43.

Fairbanks, R.G. and R.K. Matthews (1979). The Marine oxygen isotope record in Pleistocene coral, Barbados, West Indies. Quaternary Research, 10: 181-196.

Fan, K.L. (1982). A study of water masses in Taiwan strait, Acta Oceanogr, Taiwanica, 13: 140-153.

Fan, K.L. (1985). STD measures in the sea around Taiwan during 1977-1983, Institute of Oceanogr, National Taiwan Univ. Special Pub., 44.

Fan, K.L. (1988). The thermal effluent incident of the third nuclear power plant in outhern Taiwan, Acta Oceanogr. Taiwanica, 20: 117-125.

Fan, K.L. and C.Y. Yu (1981). A study of water masses in the seas of southernmost Taiwan, Acta Oceanogr, Taiwanica, 12: 94-111.

Fan T. Y., B. J. Wu and L.S. Fang (2009). The heterogeneity of temperature change and coral bleaching during abnormally warm summer of 2007 (in preparation).

Gomez, L.S., R.R. Hessler, D.W. Jackson, M.G. Marietta, K.L. Smith Jr., A.A. Yayanos (1981). Environmental studies data base development and data synthesis activities of the US Subseabed Disposal Program. Impacts of Radionuclide Releases into the Marine Environment, 607-628.

Goreau, T.J. (1977). Carbon metabolism in calcifying and photosynthetic organisms: theoretical models based on stable isotope data, Proc. 3rd Int. Coral Reef Symp., Miami, 2: 395-401.

Hamilton, D.H. Jr., D.A. Flemer and C.W. Keefe (1976). Power plants: Effect of chlorination on estuarine primary production, Science, 169: 197-198.

Hsu, S.-C., C.-A. Huh, C.-Y. Chan, S.-H. Lin, F.-J. Lin and S.-C. Liu (2012) Hemispheric dispersion of radioactive plume laced with fission nuclides from the Fukushima nuclear event. Geophys. Res. Lett. 39, L00G22, doi: 10.1029/2011GL049986.

Huang, J.T., Y.C. Kuo and C.C. Huang (2002). The environmental radiation monitoring around the Maanshan Nuclear Power Plant in Taiwan, in Marine Environment: The past, present and future, ed. C.T.A. Chen, The Fuwen Press, Kaohsiung , 433-447.

Hudson, J.H., E.A. Shinn, R.B. Halley and B. Lidz (1976). Sclerochronology: a tool for interpreting past environments, Geology, 4: 361-364.

Huh, C.-A., S.-C. Hsu and C.-Y. Lin (2012). Fukushima-derived fission nuclides monitored around Taiwan: Free tropospheric versus boundary layer transport. *Earth Planet. Sci. Lett.,* 319-320: 9-14, doi:10.1016/j.epsl.2011.12.004.

Huh, C.-A., C.-Y. Lin and S.-C. Hsu (2013). Regional dispersal of Fukushima-derived fission nuclides by East Asia monsoon: A synthesis and review. Aerosol and Air Quality Research (in press).

Huh, H.T. (1980). Effects of thermal effluents on marine biota in coastal waters of Korea, Acta Ocean. Tai., 11: 1-9.

IAEA (2003). Determining the suitability of Materials for Disposal at Sea under the London Convention 1972: A Radiological Assessment Procedure (IAEA-TECDOC-1375), 62pp.

Jan, S. and C.T.A. Chen (2009). Potential biogeochemical effects from vigorous internal tides generated in Luzon Strait: A case study at the southernmost coast of Taiwan, Journal of Geophysical Research, 114, C04021, doi:10.1029/2008JC004887.

Jan, R.Q., C.F. Dai and K.H. Chang (1994). Monitoring of hard substrate communities. In:K. J. M. Kramer (ed.), Biomonitoring of Coastal Waters and Estuaries. CRC Press, Boca raton, Florida, 285-307.

Jan, S., C.T.A. Chen, Y.Y. Tu and H.S. Tsai (2004). Physical properties of thermal plumes from a Nuclear Power Plant in the Southernmost Taiwan, Journal of Marine Science and Technology, 12 (5): 433-441.

Jiang, Z.P., J.C. Huang, M. Dai, S.J. Kao, D.J. Hydes, W.C. Chou and S. Jan (2011). Short-term dynamics of oxygen and carbon in productive nearshore shallow seawater systems off Taiwan: Observations and modeling, Limnology and Oceanography, 56(5): 1832-1849.

Jin, Q.H. and H. Wang (2011). Multitime scale variations of sea surface temperature in the China seas based on the HadISST dataset. Acta Oceanologica Sinica, 30 (4): 14-23, doi: 10.1007/s13131-011-0129-0.

Jokiel, P.L. and S.L. Coles (1974). Effects of heated effluent on hermatypic corals at Kahe Point, Oahu. Pacific Science, 28: 1-18.

Jones, R.S., R.H. Randall and M.J. Wilder (1976). Biological impact caused by changes on a tropical reef. U.S. Environmental Protection Angency, Ecological Research Series, EPA-600/3-76-027, 209 pp.

Kimura, T., Dai, C.F., Pae, S., Huang, H., Ang, P.O., Jong, G.J. and Choyce, C. (2004). “Status of coral reefs in easy and north Asia: China, Hong Kong, Taiwan, Korea and Japan”, In: Wilkinson, C. (ed), “Status of Coral Reefs of the World: 2004”, p. 277-301, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Queensland, Australia.

Knutson, D.W., R.W. Buddemeier, and S.V. Smith (1972). Coral chronometers: seasonal growth bands in reef corals, Science, 177: 270-272.

Landry, M.R. (1975). Seasonal temperature effects and predicting development rants of marine copepod eggs, Limnol. Oceanog., 20: 434.

Laws, E.A. (1981). Aquatic pollution, New York, 247-280.

Lee, H.-J., S.-Y. Chao, K.-L. Fan (1998). Flood-ebb disparity of tidally induced recirculation eddies in a semi-enclosed basin: Nan Wan Bay, Institute of Oceanography, National Taiwan University.

Lee, H.-J., S.-Y. Chao, K.-L. Fan and N.-K. Liang (1999a). Flood-ebb disparity of tidally induced recirculation eddies in a semi-enclosed basin: Nan Wan Bay. *Continental Shelf Research*, 19: 871-890.

Lee, H.-J., S.Y. Chao, K.L. Fan and T.Y. Kuo (1999b). Tide-induced eddies and pwelling in a semi-enclosed basin: Nan Wan. Estuarine, Coastal and Shelf Sci., 49: 775-787.

Lee, H.-J., S.-Y. Chao, K.-L. Fan, Y.-H. Wang and N.-K. Liang (1997). Tidally induced upwelling in a semi-enclosed basin: Nan Wan Bay. *Journal of Oceanography*, 53: 467-480.

Li, T., Liu, S., Huang, L., Huang, H., Lian, J., Yan, Y., & Lin, S. (2011). Diatom to dinoflagellate shift in the summer phytoplankton community in a bay impacted by nuclear power plant thermal effluent. Marine Ecology Progress Series, 424: 75-85.

Li, W-S and A. Zharkikh (1994). What is the Bootstrap Technique?, Syst. Biol., 43 (3): 424-430.

Lien, R.C., C.T.A. Chen, I.H. Lee and W.D. Liang (2004). 2004年海洋科學成果發表會文摘要, p.22.

Liu, P.-J., P.-J. Meng, L.-L. Liu, J.-T. Wang and M.-Y. Leu (2012). Impacts of human activities on coral reef ecosystems of southern Taiwan: A long-term study, Mar. Pollut. Bull., 64: 1129-1135.

Liu, P.-J., M.-C. Hsin, C.-C. Lu, Y.-H. Huang, T.-Y. Fan, P.-J. Meng, H.-J. Lin (2015). Nutrient enrichment coupled with sedimentation favors sea anemones over corals, PLoS ONE, 10(4):e0125175. doi:10.1371/journal.pone.0125175.

Logan, D.T. and D. Maurer (1975). Diversity of marine invertebrates in a thermal effluent, J. Water Poll. Control Fed., 47: 515.

Lovergrove, T. (1962). The effect of various factors on dry weight values, Rapp. P. V. Reun. Cons. Perm. Int. Explor. Met, 153: 86-91.

Lui, H.K. and C.T.A. Chen (2011). Shifts in limiting nutrients in an estuary caused by mixing and biological activity. Limnology and Oceanography, 56 (3): 989-998, doi: 10.4319/lo.2011.56.3.0989.

Mathur, D., T.W. Robbins and E.J. Purdy Jr. (1980). Assessment of Thermal Discharges on Zooplanktom in Conowingo Pond, Pennsylvania. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 7: 937-944.

Marumo, R. and O. Asaoka. (1974). Distribution of pelagic blue-green algae in the north Pacific Ocean, Journal of the Oceanographical Society of Japan, 30: 77-85.

Mazzotti, F.J. (1983). The ecology of crocodylus acutus in Florida, Ph. D. Dissertation, Penn. Stat. Univ., 161 pp.

McConnaughey, T.A. (1989a). 13C and 18O isotopic disequilibria in biological carbonates, I, Patterns. Geochim. Cosmochim. Acta, 53: 151-162.

McConnaughey, T.A. (1989b). 13C and 18O isotopic disequilibria in biological arbonates, II, in vitro simulation of kinetic isotope effects, Geochim. Cosmochim. Acta., 53: 163-171.

Michel, J., W.S. Moore and P.T. King (1981). Gamma x-ray spectrometry for determination of 228Ra and 226Ra in natural waters, Analytical Chem., 53: 1885-1889.

Mitton, J.B. and R.K. Koehn (1976). Morphological adaptation to thermal stress in a marine fish, Fundulus heteroclitus. Biol. Bull., 151: 548-559.

Murray, J.W., J.N. Downs, S. Strom, C.L. Wei, H.W. Jannasch (1989). Nutrient assimilation, export production and 234Th scavenging in the eastern equatorial Pacific, Deep Sea Research, 36: 1471-1489.

Nevo, E., T. Shimony and M. Libni (1977). Thermal selection of allozyme polymorphisms in barnacles, Nature, 267: 699-700.

Newman, M., M.A. Alexander, T.R. Ault, K.M. Cobb, C. Deser, E. di Lorenzo, N.J. Mantua, A.J. Miller, S. Minobe, H. Nakamura, N. Schneider, D.J. Vimont, A.S. Phillips, J.D. Scott and C.A. Smith (2016). The Pacific decadal oscillation, revisited. J. Clim., 29(12):4399-4427.

Nozaki Y., D.M. Rye, K.K. Turekian and R.E. Dodge (1978). A 200 year record of carbon-13 and carbon-14 variations in a Bermuda coral, Geophys. Res. Lett., 5: 815-828.

Okamoto, K. (1980). Contamination of seafood by radioactivity produced from burning of coal and other fossil fuels, *In* "Radiation effects on aquatic organisms, N. Egani (ed.), Japanese Scientific Societies Press, Tokyo, 45-48.

Omori, M and T. Ikeda (1984). Methods in marine zooplankton ecology, John Wiley & Sons, New York, Chichester, 332 pp.

Osterberg, C.L. (1985). Nuclear power wastes and the ocean, *in* Wastes in the Ocean, eds. I.W. Duedall, D.R. Kester, P.K. Park and B.H. Ketchum, Wiley Interscience, 4: 127-162.

Pai, S. C., G. C. Gong and K. K. Liu (1993). Determination of dissolved oxygen in sea-water by direct spectrophotometry of total iodine, Marine Chemistry, 41: 343-351.

Patzold, J. (1984). Growth rhythms recorded in stable isotopes and density bands in the reef coral *Porites lobata* (Cuba, Philippines), Coral Reefs, 3: 87-90.

Perissinotto, R. and T. Wooldridge (1989). Short-term thermal effects of a power generating plant on zooplankton in the Swartkops Estuary, South Africa. Mar. Ecol., 10: 205 -219.

Pineda, J., D. Riebensahm and D. Medeiros-Bergen (2002). Semibalanus balanoidesin winter and spring: larval concentration, settlement, and substrate occupancy, Mar. biol., 140: 789–800.

Raymont, J. E. G. (1983). Plankton and Productivity in the Ocean, Vol. . Zooplankton, Ⅱ Pergamon Press, Oxford, New York, 824 pp.

Redfield, A. C., B.H. Ketchum and F.A. Richards (1963). The influence of organisms on the composition of seawater, in the Sea, V.2, M.H. Hill (ed), Interscience, New York, 26-77.

Roessler, M.A. and J.C. Zieman (1969). The effects of thermal additions on the biota of southern Biscayne Bay, Florida. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst., 22: 136-145.

Sanders, B.M., C. Hope, V.M. Pascoe and L.S. Martin (1991). Characterization of the stress protein response in two species of Collisella Limpets with different temperature tolerances., Physiol. Zool., 64: 1471-1489.

Schmidt, T. W. and G. E. Davis (1978). A summary of estuarine and marine water quality information collected in Everglades National Park, Biscayne Naional Monument , and adjacent esturaries from 1879 ~ 1977. Rep. T-519, US Nat. Park Ser., Everglades Nat. Park, Homestead, F1. 59 pp.

Seitz, S., P. Spitzer and R.J.C. Brown (2009). CCQM-P111 study on traceable determination of practical salinity and mass fraction of major seawater components, Accred. Qual. Assur., doi: 10.1007/s00769-009-0578-8.

Shaw, P.-T. 1989. The intrusion of water masses into the sea southwest of Taiwan, Journal of Geophysical Research, 94: 18,213-18,226.

Shen, G.T., J.E. Cole, D.W. Lea, L.J. Linn, T.A. McConnaughey and R.G. Fairbanks (1992). Surface ocean variability at Galapagos from 1936-1982: Calibration of geochemical tracers in corals, Paleoceanology, 7: 563-583.

Shen, S.C. (1984). Coastal fishes of Taiwan. Taiwan Mus., 189 pp, 152pls.

Smith, M.M and P.C. Heemstrs (1986). Smiths' Sea Fishes. J.L.B. Smith Inst. Icht., Grahamstown, South Africa, xx+1047 pp. 144pls.

Swart, P.K. (1983). Carbon and oxygen isotope fractionation in scleractinian corals: a review, Earth Science Reviews, 19: 51-80.

Trenberth, K.E. (1997). The definition of El Nino, Bulletin of the American Meteorological Society, 78 (12): 2771-2778.

U.N. (1982). United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Ionizing Radiation: sources and biological effects, U.N., New York, 773 pp.

USEPA (1989). Economic assessment , environmental impact statement, NESHAPS for radionuclides, background information, 3: 250 pp.

USEPA (1991). Effects of radiation on aquatic organisms and radiobiological methodologies for effect assessment, 128 pp.

Wang, Y.S., H.L. Wang, B.G. Mitchell, S. Sun, C.C. Sun, M.L. Wu, M. Kahru, Q.P. Li and C.Q. Chen (2011). Human effects on China coastal ecosystems – a case study of Daya Bay. LOICZ Open Science Conference, 2011, Yanti, pp. 175.

Watanabe, W.O., D.H. Ernst, M.P. Chasar, R.I. Wicklund and B.L. Olla (1993). The effects of temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile, sex-reversed male Florida red tilapia cultured in a recirculation, Aquaculture, 112: 309-320.

Weber, J.N. and P.M.J. Woodhead (1970). Carbon and oxygen isotope fractionation in the skeletal carbonate of reef building corals, Chem. Geol., 6: 93-117.

Weber, J.N. and P.M.J. Woodhead (1972). Temperature dependence of oxygen-18 concentration in reef coral carbonates, J. Geophys Res., 77: 463-473.

Wei, C.L. and G.T.F. Wong (1993). Assessing radioactive contamination of the marine environment of Taiwan by the operation of nuclear power plants: a framework for action, Nuc. Sci. J., 30 (4): 259-284.

Wu, C.R., 2013, Interannual modulation of the Pacific Decadal Oscillation (PDO) on the low-latitude western North Pacific, Progress in Oceanography, 110: 49-58.

Wu, C.R., H.F. Lu and S.Y. Chao (2008). A numerical study on the formation of upwelling off northeast Taiwan, J. Geophys. Res., 113:C08025.

Wu, S.S. (2002). Ecological survey around unclear power station, in Marine Environment: The past, present and future, ed. C.T.A. Chen, The Fuwen Press, Kaohsiung, 408-414.

Yang, Y. J., and T. Y. Tang (1995). Variability of current and temperature in the coastal region of Hsin-Chu. Proc. 17th Conf. on Ocean Engineering in R. O. C., 1491-1504.

Yangagi, T., S. I. Sachoemar, T. Takao and S. Fujiwara (2001). Seasonal variation of stratification in the Gulf of Thailand, J. Oceanography, 57：461-470.

Yonge, C.M. (1963). The biology of coral reefs. Adv. Mar. Biol., 1：209-260.

山路勇 (1984)。日本海洋プランクトン圖鑑，第3版。保育社，大阪，日本，537頁。

仇德忠、黃羽庭、曾流明、郭忠信 (1985)。南海海區綜合調查研究報告(二)，中國科學南海海洋研究所編輯，科學出版社，北平。

內田惠太郎、今井貞彥、水戶敏、藤田矢郎、上野雅正、庄島洋一、千田哲資、田福正治、道津喜衛 (1958), 日本產魚類の稚魚期の研究，第1集，九州大學農學部水產學弟二教室，Plate 86，88頁。

王胄、陳慶生 (1987)。南海北部之暖心渦流(一)對南海暖渦之初步觀測，臺灣大學海洋學刊。

王胄、陳慶生 (1987)。南海北部之暖心渦流(二)關於南海暖渦之生成與發展一個簡單的動力機制，臺灣大學海洋學刊。

王彰貴、蔡怡、張麗 (1998)。1997/98年厄爾尼諾特徵及97年氣候異常，海洋預報，15：124-131。

交通部中央氣象局 (2002)。中華民國92年潮汐表，共226頁。

朱祖佑 (1963)。臺灣近海之海洋狀況，臺灣大學漁業生物試驗所研究報告，1(4)：29-44。

江永棉、王瑋龍 (1987)。核能發電廠溫排水對國家公園海域海藻生態影響之研究。內政部營建署，保育研究報告，44：1-5。

池田知司、水戶敏 (1987)。卵と孵化仔魚の檢索。In：沖山宗雄編，日本產仔稚魚圖鑑，東海大學出版會，999-1119。

何麗如、陳鎮東 (1993)。核能廢料與海洋 (下)，漁業推廣工作專刊，第9期，39-47。

余進利、劉景毅、詹森、高樹基、黃煌煇、高瑞棋 1999。臺電核能發電廠溫排水監測計畫報告 (87年9月至88年8月)，成功大學水工試驗所研究試驗報告第228號。

余進利、劉景毅、詹森、高樹基、黃煌煇、高瑞棋 1998。臺電核能發電廠溫排水監測計畫報告 (86年10月至87年8月)，成功大學水工試驗所研究試驗報告第219號。

余進利，劉景毅，詹森，高樹基，賴志峰劉正琪 2001。臺電核能發電廠溫排水監測計畫報告(88年8月至89年12月)，成功大學水工試驗所研究試驗報告第245號。

吳金鎮 (1989)。大溪近海小型拖網漁業之經濟分析，國立臺灣海洋大學漁業研究所碩士論文。

呂朝城 (1995)。希巴辣測氧法在初級生產力測定上的應用，國立臺灣海洋大學海洋研究所碩士論文，共78頁。

吳德榮(2016)。颱風增強與海洋熱含量之關係，http://www.metapp.org.tw/index.php/bossweathernews/393-2016-08-02-08-25-31.

李忠潘、楊磊、李宗霖、薛憲文、陳陽益、李賢華、劉金源 (1995)。高屏溪東港溪及南灣附近海域水水質監測計畫屏東縣環保局委託計畫期末報告，共237頁。

李錦珍 (1989)。發電廠對環境及漁業資源之影響—美國南加州沿岸電廠實例報告，電力與漁業資源論文專輯，215-245。

杜濤、吳巍、方欣華 (2001)。海洋內波的產生與分布，海洋科學，25 (4)：25-28。

沈世傑 (1993)。臺灣魚類誌，國立臺灣大學動物系，臺灣，960頁。

邢麗玉 (2004)。臺灣海峽溶解有機氮、磷及營養鹽消耗程度分佈情形，國立中山大學海洋地質及化學研究所碩士論文，共142頁。

林永富、吳朝榮 (2013)。黑潮入侵東海之研究，第35 屆海洋工程研討會論文集，國立中山大學

林素貞 (1988)。核能電廠計畫環境影響評審導論與應用，科技圖書公司。

林勝豐 (1988)。臺灣西南海域之水團分析及演替，台大海研所碩士論文。

松原喜代松 (1995)。魚類形態檢索，Part I-III 長崎書店，東京。

邵廣昭、陳正平、沈世傑 (1993)。墾丁國家公園海域魚類圖鑑，內政部營建署墾丁國家公園管理處，中華民國，427頁。

邱萬敦、鄭利榮、歐錫祺 (1993)。臺灣南部三廠排放口附近海域溫排水擴散與潮流之關連研究。臺灣省水產學會刊，第20(3)：207-220。

阿部宗明 (1987)。原色魚類大圖鑑，北隆館，東京，1-46~1-1029。

姚南瑜、安立佳、康曉慧、張英鋒、蔡淑頻 (1985)。III.潮間帶底棲紅藻在不同海水濃度條件下的光合作用，近海底棲藻類對介質滲透壓變化的適應研究，海洋與湖沼，16 (4)：311-315。

洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、邵廣昭、黃哲崇、朱鐵吉、范光龍、葉顯亞 (1992)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，ⅩⅢ，第13年 (80年7月至81年6月) 執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第89號，141頁。

洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、邵廣昭、黃哲崇、朱鐵吉、范光龍、葉顯亞 (1993)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，ⅩⅣ，第14年 (81年7月至82年6月) 執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第94號，136頁。

洪楚璋、陳汝勤、黃穰、譚天錫、范光龍、蘇仲卿、林友明 (1990)。蘭嶼貯存場附近海域生態環境之調查研究，Ⅶ，第7年 (78年7月至79年6月)執行報告及貯存場設施對生態環境之初步評估報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第77號，146頁。

洪楚璋、陳汝勤、黃穰、譚天錫、范光龍、林友明 (1991)。蘭嶼貯存場附近海域生態環境之調查研究，Ⅷ，第8年 (79年7月至80年6月)執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第82號，66頁。

洪楚璋、陳汝勤、黃穰、譚天錫、范光龍、朱鐵吉 (1992)。蘭嶼貯存場附近海域生態環境之調查研究，Ⅸ，第9年 (80年7月至81年6月)執行報告及電廠運轉對生態環境之初步評估報告 (民國68年7月至77年6月)，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第90號，55頁。

洪楚璋、陳汝勤、黃穰、譚天錫、朱鐵吉 (1993)。蘭嶼貯存場附近海域生態環境之調查研究，X，第10年 (81年7月至82年6月) 執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第93號，51頁。

洪楚璋 (2011)。「台灣北部及南部核能電廠附近海域調查研究計劃」報告，綠能及綠色化學電子月刊第10號，7-11。

益田一等5位 (1984)。日本產魚類大圖鑑，3卷，東海大學會出版，東京。

秦韶生 (1985)。本省單艘式大型鏗、鮪圍網漁業經濟效益研究，國立臺灣海洋大學漁業研究所碩士論文。

張仁齊、陸穗芬、越傳綑、陳蓮芳、臧增嘉、姜言傳 (1985)，中國近海魚卵與仔魚，上海科學技術出版社，206頁。

張春明 (1991)。海洋監測規範，共766頁。

張晏嘉 (1995)。臺灣地區遠洋鮪釣漁業生產成本之分析，國立臺灣地區海洋大學漁業經濟研究所碩士論文。

張崑雄、邵廣昭 (1986)。墾丁國家公園海域珊瑚礁及海洋生物生態研究－魚類群聚之調查研究，內政部營建署墾丁國家公園管理處，85頁。

張崑雄、陳孟仙、羅文增 (1986)。墾丁國家公園海域珊湖礁及海洋生物生態研究—海域之動物性浮游動物調查研究(續)，內政部營建署保育研究報告第34號之5，78頁。

張崑雄、陳孟仙、羅文增 (1987)。墾丁國家公園海域珊湖礁及海洋生物生態研究—海域之動物性浮游動物調查研究(續)，內政部營建署保育研究報告第42號之3，71頁。

張崑雄、戴昌鳳 (1987)。墾丁國家公園海域珊瑚礁及海洋生物生態研究-海域珊瑚類的分佈及群聚生態學之研究，內政部營建署，保育研究報告第42號之4，1-77。

張崑雄等 (1985)。墾丁國家公園海域珊湖礁及海洋生物生態研究調查報告(一)，內政部營建署保育研究報告第19號，304頁。

梁乃匡、連三郎、陳維宗、張湘電 (1978)。馬鞍山附近海域海洋水文調查報告，台大海研所專刊第18號。

梁文德 (2002)。南海上層海溫及海流變化之研究，國立臺灣大學海洋研究所博士論文，共127頁。

莊文思、劉康克、魏慶琳、邵廣昭、陳章波、黃天福、趙慎餘 (1993)。核能電廠附近海域生態環境調查之策略，行政院原子能委員會，30頁。

莊文傑、江權中 (2002)。潮流與台灣環島沿岸之水下沙體。第二十四屆海洋工程研討會論文集，p.579-586。

陳孟仙、羅文增、蘇德強、唐玉佩 (1992)。苗栗縣通霄鎮附近海域生態調查研究(四)，第六章浮游動物調查，國立中山大學海洋科學研究中心，民國81年4月，175-208。

陳孟仙、蘇德強 (1993)。苗栗縣通霄鎮附近海域生態調查研究(五)，第六章浮游動物調查，國立中山大學海洋科學研究中心，民國82年4月，169-200。

陳孟仙、鐘春玲、蘇德強 (1994)。苗栗縣通霄鎮附近海域生態調查研究(六)，第六章浮游動物調查，國立中山大學海洋科學研究中心，民國83年4月，205-238。

陳兼善、于名振 (1986)。臺灣脊椎動物誌，上、中冊，臺灣商務印書館，台北，1-1092。

陳智蘊 (1994)。珊瑚鍶鈣比及氧同位素值古海水表面溫度計的建立，台大地質學研究所碩士論文，44頁。

陳靜生主編 (1992)。第2章－天然水主要離子化學，水環境化學，曉園出版社，台北，403頁。

陳鎮東 (1993)。救救海洋，時報出版社，109頁。

陳鎮東、鍾玉嘉 (1989)。中華民國海洋科技研究重點芻議，行政院科技顧問組，537頁。

陳鎮東、鍾玉嘉 (1994)。蘭嶼貯存場附近海域生態環境之調查研究，海洋地質研究所研究報告第19 號，43頁。

陳鎮東、鍾玉嘉 (1995)。蘭嶼貯存場附近海域生態環境之調查研究，海洋地質研究所研究報告第23 號，43頁。

陳鎮東、高承志、陳孟仙、柳芝蓮 (1994) ，雲林縣離島式基礎工業區整體開發規劃調查分析 (三)。第六章海域生態調查，國立成功大學台南水工試驗所，民國83年6月，第5冊，6-16~6-155。

陳鎮東、高承志、陳孟仙 (1995)。雲林縣離島式基礎工業區整體開發規劃調查分析 (四)，第六章海域生態調查，國立成功大學台南水工試驗所，民國84年6月，第6冊。6-1~6-230。

陳鎮東、高承志、陳孟仙 (1996)。雲林縣離島式基礎工業區整體開發規劃調查分析 (五)，第1部分現場調查，第5冊海域生態調查，國立成功大學台南水工試驗所，民國85年6月，79-166。

陳鎮東、高承志、陳孟仙 (1997)。雲林縣離島式基礎工業區整體開發規劃調查分析 (六)，第1部分現場調查，第7冊海域生態調查，國立成功大學台南水工試驗所，民國86年6月，73-145。

陳鎮東、高承志、陳孟仙 (1998)。雲林縣離島式基礎工業區整體開發規劃調查分析 (七)，第1部分現場調查，第6冊海域生態調查，國立成功大學台南水工試驗所，民國87年6月，73-153。

陳鎮東、郭景聖、王冰潔(1991a)。水質樣品採樣及實驗室品保／品管試用標準操作手冊，漁業推廣工作專刊第5號，132頁。

陳鎮東、王冰潔、徐慧倩 (1991b)。墾丁國家公園沿岸、溪流水質監測，國家公園學報，3: 99-106。

陳鎮東、陳孟仙、鍾玉嘉、劉莉蓮等 (1998)。臺灣南部核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域生態調查，第三章動物及植物性浮游生物，3-1~3-6。

陳鎮東，黃明祥，王樹倫，郭景聖，鄭莉伶，王冰潔 (1993a)。海研一號257、262航次初步報告：79年10-11月於菲律賓，國立中山大學海洋地質所研究報告第13號，132頁。

陳鎮東，黃明祥，王樹倫，郭景聖，王綺華 (1993b)。海研一號266、287航次碳酸鹽數據初步報告，國立中山大學海洋地質所研究報告第14號，65頁。

陳鎮東，黃明祥，王樹倫，張雷風 (1993c)。海研一號316航次碳酸鹽及懸浮顆粒數據初步報告，國立中山大學海洋地質所研究報告第15號，52頁。

陳鎮東、黃明祥、王樹倫 (1995)。海研一號369及387航次初步報告，國立中山大學海洋地質所研究報告第22號，69頁。

陳鎮東、黃明祥、王樹倫 (1996)。海研一號403及418B航次初步報告，國立中山大學海洋地質所研究報告第25號，199頁。

陳鎮東、王樹倫、王冰潔、林祐邦、李福祥、蕭立銘、陳麗貞 (1997)。海研一號433、434及462航次初步報告，國立中山大學海洋地質及化學研究所報告第32號，137頁。

陳鎮東、方力行、張崑雄、周一成、黃將修 (1987)。近年來珊瑚體內重金屬及放射性元素之逐年變化，海洋科學學術研討會論文集，國科會研討會專刊第十集，141-147。

陳鎮東、吳重坤、陳孟仙、劉莉蓮、歐錫祺、鄭利榮、鍾玉嘉 (1997)。臺灣南部核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域生態調查，臺灣電力公司環境保護處調查報告。

陳鎮東、吳重坤、沈建全、陳孟仙、劉莉蓮、歐錫祺、鄭利榮、鍾玉嘉 (1998)。臺灣南部核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域生態調查，臺灣電力公司環境保護處調查報告。

陳鎮東、沈建全、王樹倫、陳孟仙、劉莉蓮、歐錫祺、鄭利榮、鍾玉嘉 (1999)。臺灣南部核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域生態調查，臺灣電力公司調查報告。

陳鎮東、沈建全、王樹倫、陳孟仙、劉莉蓮、歐錫祺、鄭利榮、鍾玉嘉 (2000)。臺灣南部核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域生態調查，臺灣電力公司調查報告。

陳鎮東、沈建全、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、鄭利榮、鍾玉嘉 (2001)。南部核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、沈建全、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、鄭利榮、鍾玉嘉 (2002)。南部核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、詹森、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、鄭利榮、鍾玉嘉 (2003)。第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、詹森、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、鄭利榮、鍾玉嘉 (2004)。第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、詹森、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、鄭利榮、扈治安 (2005)。第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、詹森、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、鄭利榮、扈治安 (2006)。第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、詹森、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、鄭利榮、扈治安 (2007)。第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、詹森、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、鄭利榮、扈治安 (2008)。第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、詹森、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、鄭利榮、扈治安 (2009)。第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、詹森、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、鄭利榮、扈治安 (2010)。第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、詹森、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、扈治安 (2011)。第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、詹森、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、扈治安 (2012)。第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、詹森、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、楊穎堅 (2013)。第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、詹森、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、楊穎堅 (2014)。第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、詹森、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、楊穎堅 (2015)。第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、詹森、陳孟仙、劉莉蓮、黃榮富、楊穎堅 (2016)。第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查，臺灣電力股份有限公司調查報告。

陳鎮東、劉莉蓮、歐錫祺、鍾玉嘉、吳重坤、鄭利榮 (1994)。臺灣南部核能電廠附近海域生態研究，海洋地質研究所研究報告第20 號，195頁。

陳鎮東、劉莉蓮、歐錫祺、鍾玉嘉、吳重坤、鄭利榮 (1995)。臺灣南部核能電廠附近海域生態研究，海洋地質研究所研究報告第24 號，212頁。

陳鎮東、劉莉蓮、歐錫祺、鍾玉嘉、吳重坤、鄭利榮 (1996)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，海洋地質研究所研究報告第28 號，190頁。

傅鑫寶 (1991)。潮流及落山風對南灣近岸水溫的效應，台大海研所碩士論文。

程文田 (1994)。臺灣遠洋鮪釣漁業生產效率及其影響因素之研究。國立臺灣海洋大學漁業經濟研究所碩士論文。

黃宗國 (1994)。中國海洋生物種類與分布，海洋出版社，北京，764頁。

黃哲崇 (1988)。澎湖內灣橈腳動物現存量及生產量之研究，ACTA Oceano-graphica Taiwanica，20：53-63。

黃哲崇、洪楚璋、范光龍(1991)。臺灣南部核三廠出水口附近淺灣非生物因子對珊瑚之影響，臺灣大學海洋學刊，26：20-35。

黃煌煇、余進利、劉景毅、詹森、高樹基、賴志峰、劉正琪 (2002)。臺電核能發電廠溫排水監測計畫報告 (90年1月至90年12月)，成功大學水工試驗所研究試驗報告第276號。

雷漢杰 (2013)。人為與氣候驅動的海水酸化：觀測與模擬，中山大學海洋地質及化學研究所博士論文，135頁。

楊鴻嘉、陳同白 (1971)。臺灣重要食用魚介圖說，中國農村復興聯合委員會，台北。

經濟部工業局 (1996a)。雲林縣離島式基礎工業區整體開發規劃調查研究，第5年期末報告第4冊，220頁。

經濟部工業局 (1996b)。台南市城西里近岸遊憩海埔地環境背景資料調查，第2年期末報告。

詹森 (1995)。臺灣海峽流場季節變化之研究，台大海洋研究所博士論文。

鄒燦陽 (1990)。墾丁國家公園海域生態環境監測調查報告，內政部營建署，自行研究報告為6號，140頁。

廖萩燁(2013)。水溫與石珊瑚白化相關性之研究。國立中山大學海洋科學系碩士論文，35頁。

趙慎餘 (1996)。南灣冷水入侵的成因，中山大學海洋地質所演講。

劉倬騰、白書偵、劉康克 (1992)。世界海洋環流實驗 (WOCE) PR21測線水文探測報告，中華民國WOCE探測報告第92-1號，中華民國WOCE辦公室，台北，34頁。

劉倬騰、白書禎 (1992)。世界海洋環流實驗 (WOCE) PR 20及PR 21測線水文探測報告，中華民國WOCE探測報告第92-2號，中華民國WOCE辦公室，台北，110頁。

潘華盛 (1997)。厄爾尼紐現象赤道西太平洋、印度洋、黑潮之間海溫變化的相互關係分析，海洋通報，16，22-30。

鄭重、李少菁、許振祖 (1984)。海洋浮游生物學，水產出版社，基隆，臺灣，661 頁。

閻位兵 (1995)。核電廠對周圍水體環境中生物的影響綜述。中國科學院南海研究所，大亞灣海洋生物綜合實驗站研究年報，第1期 (1991-1993)，第175.182頁。

戴昌鳳、陳永澤、郭坤銘、莊正賢 (1998)。墾丁國家公園南灣海域珊瑚群聚的變遷：1987至1997年，國家公園學報，8 (2)：79-99。

環境法令 (1998)。行政院環保署網站 (http://www.epa.gov.tw)。

繆國榮、王承祿 (1990)。海洋經濟動植物發生學圖集，青島海洋大學出版社，272頁。

譚軍、周發琇、胡敦欣、于慎余 (1995)。南海海溫異常與ENSO的相關性，海洋與湖泊，26，377-388。

蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、楊榮宗、鄭穎敏、范光龍、張湘電 (1980)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，Ⅰ，第1年 (68年7月至69年6月)執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第7號，115頁。

蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、楊榮宗、鄭穎敏、范光龍、張湘電 (1981)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，Ⅱ，第2年 (69年7月至70年6月) 執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第10號，118頁。

蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、楊榮宗、鄭穎敏、范光龍、張湘電 (1982)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，Ⅲ，第3年 (70年7月至71年6月) 執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第15號，137頁。

蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、楊榮宗、鄭穎敏、范光龍、張湘電 (1983)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，Ⅳ，第4年 (71年7月至72年6月) 執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第23號，129頁。

蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、楊榮宗、鄭穎敏、范光龍、張湘電 (1984)，臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，Ⅴ，第5年 (72年7月至73年6月) 執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第27號，214頁。

蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、楊榮宗、鄭穎敏、范光龍、張湘電 (1985)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，Ⅵ，第6年 (73年7月至74年6月) 執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第38號，115頁。

蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、邵廣昭、黃哲崇、黃奇瑜、范光龍、葉顯亞、張湘電 (1986)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，Ⅶ，第7年 (74年7月至75年6月) 執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第44號，164頁。

蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、邵廣昭、黃哲崇、黃奇瑜、范光龍、葉顯亞 (1987)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，Ⅷ，第8年 (75年7月至76年6月)執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第50號，224頁。

蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、邵廣昭、黃鵬鵬、李國添、黃哲崇、黃奇瑜、范光龍、葉顯亞 (1988)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，Ⅸ，第9年 (76年7月至77年6月)執行報告及電廠運轉對對生態環境之初步評估報告 (民國68年7月至77年6月)，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第59號，394頁。

蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、邵廣昭、黃哲崇、黃奇瑜、范光龍、葉顯亞 (1989)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，Ⅹ，第10年 (77年7月至78年6月) 執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第70號，238頁。

蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、邵廣昭、黃哲崇、黃奇瑜、范光龍、葉顯亞 (1990)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，ⅩⅠ，第11年 (78年7月至79年6月)執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第78號，225頁。

蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天錫、張崑雄、邵廣昭、黃哲崇、黃奇瑜、范光龍、葉顯亞 (1991)。臺灣南部核能電廠附近海域之生態研究，ⅩⅡ，第12年 (79年7月至80年6月) 執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第84號，320頁。

蘇仲卿、洪楚璋、黃穰、黃哲崇、楊榮宗、林友明 (1984)。蘭嶼貯存場附近海域生態環境之調查研究，Ⅰ，第1年 (72年7月至73年6月) 執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第26號，45頁。

蘇仲卿、洪楚璋、黃穰、黃哲崇、楊榮宗、林友明 (1985)。蘭嶼貯存場附近海域生態環境之調查研究，Ⅱ，第2年 (73年7月至74年6月) 執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第36號，50頁。

蘇仲卿、洪楚璋、黃穰、黃哲崇、楊榮宗、林友明 (1986)。蘭嶼貯存場附近海域生態環境之調查研究，Proc. of Seminal on Tech. Treatment of Radiowastes. Atomic Energy Council (August 22-23, Taipei): 89-102。

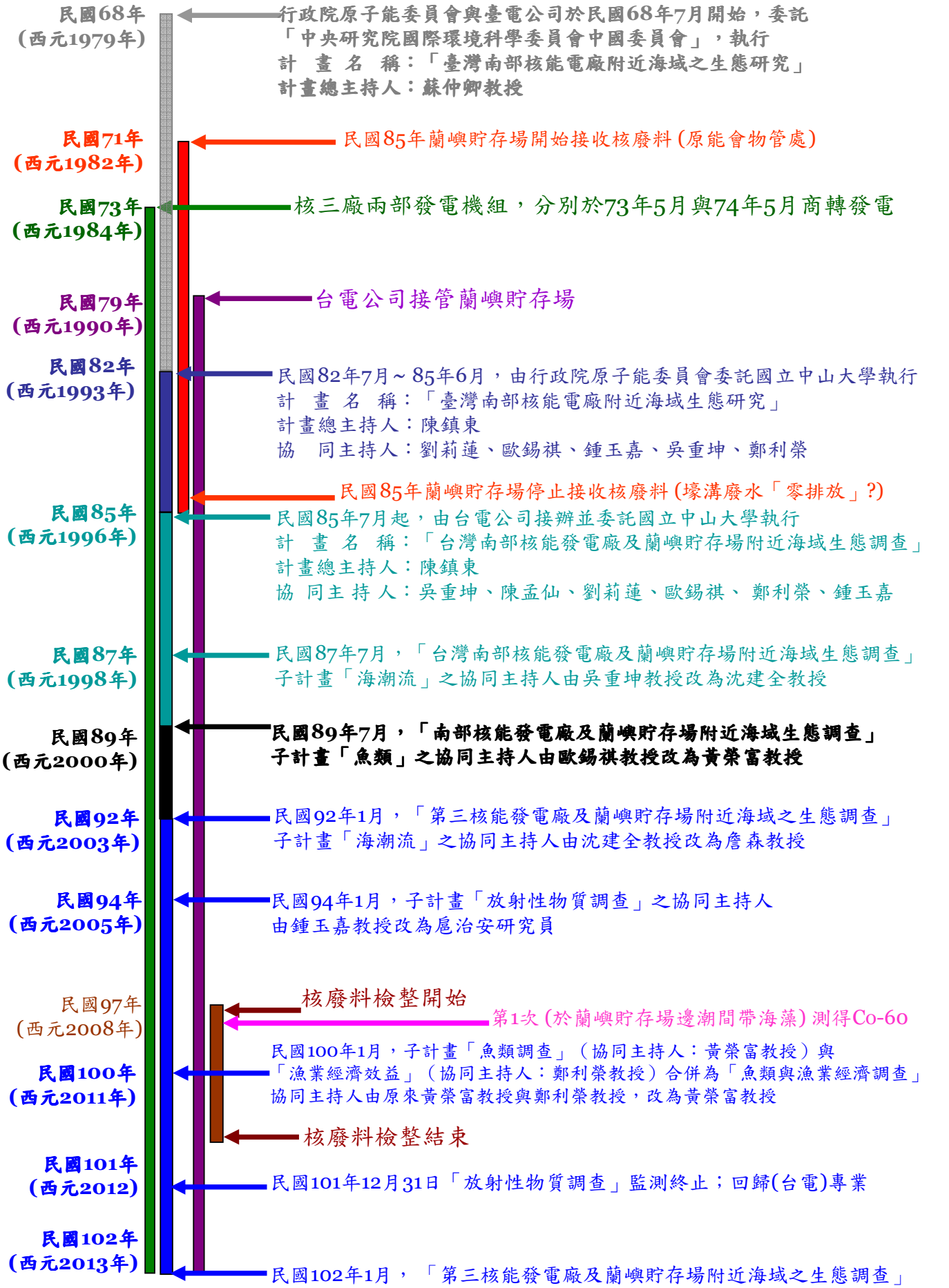
蘇仲卿、洪楚璋、陳汝勤、黃穰、黃哲崇、譚天錫、范光龍、林友明 (1987)。蘭嶼貯存場附近海域生態環境之調查研究，Ⅳ，第4年 (75年7月至76年6月) 執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第52號，60頁。

蘇仲卿、洪楚璋、陳汝勤、黃穰、黃哲崇、譚天錫、范光龍、林友明 (1988)。蘭嶼貯存場附近海域生態環境之調查研究，Ⅴ，第5年 (76年7月至77年6月) 執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第61號，62頁。

蘇仲卿、洪楚璋、陳汝勤、黃穰、譚天錫、范光龍、林友明 (1989)。蘭嶼貯存場附近海域生態環境之調查研究，Ⅵ，第6年 (77年7月至78年6月)執行報告，中央研究院國際環境科學委員會中國委員會專刊第72號，57頁。

捌、附錄

附錄A：「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」記事



本表部份資料，由扈治安研究員提供

附錄 B：期中、期末工作檢討會之回覆意見對照表

附錄 B-1：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」100 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 100 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：100 年 8 月 31 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與結論」	回覆欄
(一)	北核與南核近岸水溫長期趨勢似有逐步上升現象，背景站資料卻顯示水溫並未升高，請南、北核研究團隊就近、遠岸之水溫變化趨勢之不同作一比較說明。	**根據資料顯示，南核水溫並無明顯逐步上升的趨勢。年平均溫度如下：** **25.67 (2006)、25.29 (2007)、25.87 (2008)、25.24 (2009)、25.78 (2010)** **最新的統計資料顯示，南灣海域 30 年來平均每年升高 0.0308°C，而南海 50 年來平均升高 0.0180~0.0283°C，南灣的水溫上升略高於南海，並無"背景站資料卻顯示水溫並未升高"一事。** **歷年南核子計畫 4 入水口、出水口南側小灣水深 8 公尺處(Efflu)、水深 9 公尺處(Efflu-2)及貓鼻頭(MPT)水溫與『子計畫 1：海潮流』提供的背景站資料比較，二計畫之測站均為近岸測站，水溫變化趨勢一致，僅偶發季節性水溫異常，如 96 年夏季水溫偏高及 99 年冬季水溫偏低，此異常應與全球氣候變遷之現象有關。**
(二)	未來南、北核研究報告包括生物、水質及海象等各項因子之分析請以近域環境（電廠附近）之影響及遠域環境之影響分開說明；近、遠域之現場調查亦請配合同時進行，以利分析比對。	**報告撰寫方式會將近岸環境 (電廠附近) 與遠域環境加以比較、說明；如南核的 22, 23, 24 站即為實驗測站，其他站為對照測站。而實驗測站以及對照測站均在同一天進行採樣，以利分析比對。更遠的背景站將取用衛星資料或是主持人相關海洋調查之資料來比對。同時將增加排水口附近 24 站與其他遠域測站之比較。** **歷年來近岸 (實驗測站) 及遠岸 (對照測站) 測站一直採取同步完成採樣，以減少誤差。目前發現不論季別，多以近岸的動物性浮游生物豐度高於遠岸，至於植物性浮游生物則是兩者間無明顯的差異，顯示核三廠的運轉對於附近海域的浮游生物並無顯著的不良影響，往後將持續監測分析。**

續附錄 B-1：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」100 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 100 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：100 年 8 月 31 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與結論」	回覆欄
(三)	南、北核附近海域生態調查請就對各子計畫之影響因子、範圍，不僅需要定性之描述，更要求定量之說明，請南、北核研究團隊往後儘量依此方向配合辦理。	**遵照辦理**
(四)	依北核調查報告所示，龍門核電廠海域漁獲自99年開始即逐步減少問題，請研究團隊參考海洋大學執行之貢寮漁業調查報告成果，以釐清漁獲實際情況。	**略**
(五)	有關核一廠請北核研究團隊協助調查乾華溪魚類洄游上溯問題，經初探結果，由於鹽度、河道落差等原因，乾華溪並不具備洄游魚類上溯問題，核一廠可依此初探結果回復核一廠相關計畫環評監督委員會。	**略**
(六)	各核能電廠出水口海藻及海砂樣本中仍持續測出有 ^{60}Co 及 ^{54}Mn 等人工核種，惟其含量皆低於環境試樣的調查基準值，請各核能電廠在營運上仍需持續加強注意管理。	**略**
(七)	蘭嶼貯存場本年第一、二季 St.1 和 St.2 採樣站仍測得 ^{60}Co 人工核種，St.8 亦首次測得 ^{60}Co 宜加以注意追蹤；另第二季於貯存場附近測得 ^{134}Cs 及顯著增高的 ^{137}Cs，判斷與日本福島核災可能有直接之關聯，惟請主管單位多加注意，並請落實相關作業規定，加強行政管理。	**略**

續附錄 B-1：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」100 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 100 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：100 年 8 月 31 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與結論」	回覆欄
(八)	請南、北核研究團隊將長期調查監測資料之彙整分析整理及資料庫之建置等列為本案後續之重點工作。	**南核研究團隊對於資料之彙整以及資料庫之建置已進行多年，並將持續進行。**
(九)	報告之綜合性討論主題請南、北核研究團隊應確實就各子計畫的橫向關聯性、影響性作實際之探討評析與描述。	**南核各子計畫間橫向關聯及討論係透過資料庫線上聯繫，以及會前會之討論，極力找出各子計畫間的關係，並確實探討與描述。**
(十)	為了因應未來龍門廠之營運，請北核研究團隊參考研閱台電目前執行中之生態調查工作內容及資料，儘早規劃未來龍門核電廠附近海域之生態調查監測計畫。	**略**
(十一)	請南、北核研究團隊主持人轉知作業人員進行現場採樣作業前務必與各現場單位窗口聯繫，於海上及水下等進行調查工作時，務必注意遵守相關工安規定與人身安全。	**遵照辦理**
(十二)	本公司各單位所提意見，請南、北核案研究團隊參考修訂。	**遵照辦理**
(十三)	各與會單位及人員若有其他意見及建議，請於會後一週內擲交環境保護處彙總後轉送相關單位辦理。	

附錄 B-2：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」100 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 100 年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：101 年 3 月 2 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與結論」	回覆欄
(一)	原能會提及龍門發電廠未來完工運轉後溫排水隨著海潮流朝北擴散對福隆沿岸沙灘造成影響的程度及範圍，請北核研究團隊將來宜就該區域海潮流之變化趨勢作進一步之調查。	**與南核無關**
(二)	原能會另詢及台灣如發生類似日本福島事件，勢必對台灣沿岸海域之生態影響甚大，請台電公司注意核能安全，隨時做好因應措施。	**略**
(三)	蘭嶼貯存場場區外之雨水排放口，依據資料顯示一年四季均有水排出，請主管處告知現場多加注意，並落實相關之行政管理，避免發生有任何放射性物質被檢出的狀況。	**略**
(四)	為因應龍門核能發電廠完工運轉在即，未來將逐步增加底棲動物之背景的調查比重與頻率。	**與南核無關**
(五)	建議日後本案之工作檢討會議各核能發電廠亦一併選派運轉人員參與。	**略**
(六)	南、北核研究案調查報告，請研究團隊主持人及各子計畫負責人多費心留意報告品質，避免錯別字及相關數據之誤植。	**遵照辦理。** **為避免錯別字及數據的誤植，在提交報告時會委請工作同仁及子計畫負責人進行重覆檢示及校正等工作。**
(七)	請南、北核研究團隊撰寫本案之調查報告時，以中性的文字敘述、實際的調查數據來呈現，避免擴大引用解釋而造成外界之引申誤判解讀。	**遵照辦理。** **日後報告書內容將忠實陳述數據呈現之趨勢，不做多餘之臆測以避免造成誤會。對於調查內容及數據將以中性的文字進行撰寫，以免造成外界的誤判及解讀。**

續附錄 B-2：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」100 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 100 年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：101 年 3 月 2 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與結論」	回覆欄
(八)	請南、北核研究團隊主持人及各子計畫負責人轉知助理、學生及相關作業人等至現場工作或進行採樣作業前務必與各現場單位窗口聯繫，進入廠區必須遵照核能電廠之相關管制規定，確實換證刷卡，進行出海及水下作業時，務必注意遵守相關工安規定與人身安全。	**遵照辦理**
(九)	請南、北核研究團隊參酌以往各次會議結論，預先規劃下期契約之工作計畫；並研究龍門核電廠現行監測計畫是否可與北核生態調查研究案整合事宜，俾下次召開 101 年期中報告工作檢討會時進行討論。	**遵照辦理。** **將持續分析與大尺度環境變遷的關聯外，颱風造成的溫降及黑潮的強弱是否影響浮游生物的(組成)變動將納入來年的調查重點；並於 101 年期中報告工作檢討會時提交下期契約的工作內容。**
(十)	南核研究計畫資料庫生態方面數據之彙整，請參考生態領域方面學者慣用之格式，儘速將相關生態數據載入資料庫。	**遵照辦理。** **即時彙整數據並配合格式調整以提供子七負責人建構資料庫。並將歷年的調查結果將參照並依據國內生態資料庫使用格式填寫，以利數據之上傳及呈現。**
(十一)	依本公司各單位業務權責區分及專業範圍，環境輻射與放射性物質管制部份之調查監測工作，經奉核定自 102 年起將回歸核能專責單位主政。	**略**
(十二)	請南、北核研究團隊在每期期末調查報告完成定稿後即時更新網站相關資料。	**遵照辦理**
(十三)	北核研究計畫之網站架構請儘速研究調整建置，俾使能與南核研究計畫之網站聯結。	**與南核無關**

續附錄 B-2：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」100 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 100 年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：101 年 3 月 2 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與結論」	回覆欄
(十四)	南、北核調查研究案之相關資訊除海洋地質、海洋物理等海洋科技敏感項目資料需依行政院國科會訂定之「政府資助敏感科技研究計畫安全管制作業手冊」規定予以管制外，其他研究項目資料應依「資訊公開法」公佈，供民眾閱覽了解。	**遵照辦理**
(十五)	本公司各單位所提意見，請南、北核案研究團隊參考修訂。	**遵照辦理**
(十六)	各與會單位及人員若有其他意見及建議，請於會後一週內擲交環境保護處彙總後轉送相關研究團隊辦理。	**略**

附錄 B-3：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」101 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 101 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：101 年 9 月 5 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(一)	核能電廠附近海域生態整體之變化雖受大尺度環境之影響較大，但小尺度範圍與核能電廠冷卻水系統所產生之正面或是負面的影響，報告中應予明確說明及量化。	**由歷年動物及植物性浮游生物監測之資料解析，核電廠冷卻水之出水口附近海域，僅在春夏季常有植物性浮游生物密度偏低的現象。** **已於報告書 (p.4-17) 提及溫排水口南側小灣區域 6 公尺以深的水溫變化與入水口無異。溫排水對底棲動物之多毛蟲及藤壺著生有影響。比較無 (水深 8 公尺，Efflu）/有 (水深 3 公尺，Efflu-3）受溫排水影響測站底棲動物著生情形，Efflu-3 多毛蟲著生量常高於 Efflu，但藤壺著生量則是 Efflu 常高於 Efflu-3。未來會持續探討。** **關於核能電廠溫排水對本海域灣內魚類及漁業經濟的影響程度在報告撰寫上會加強以量化的方式呈現。**
(二)	依環保署「環境水質監測採樣作業指引」每年每季採樣一次者，儘量安排於 2、5、8 及 11 月份採樣，惟仍應避免降雨等天候干擾及兩季採樣作業之間隔不宜太接近為原則。	**原則上依規定執行，惟偶有受天候影響延誤 1、2 週或 1 個月之情形，會儘量安排兩季採樣間隔兩個月以上，將視海況配合辦理。**
(三)	近年來因溫室效應造成全球氣候極端變化，尤以夏季西太平洋低氣壓形成之緯度，有上升趨勢造成台灣沿岸海域水溫昇高，潮流擾動劇烈，請南、北核研究團隊注意追蹤，並探討可能對核能電廠附近海域生態產生之影響。	**已將赤道太平洋區海面溫度指數 Niño3.4 index、中央氣象局之颱風資料與監測項目之珊瑚白化、沉積物沉積量、底棲動物著生量、水溫等因子納入相關性分析，往後會將太平洋年際震蕩 (PDO, http://jisao.washington.edu/pdo/)加入，探討氣候變遷可能對核能電廠附近海域底棲動物生態產生之影響。** **本研究會持續搜集 ENSO 及 PDO 的資料，進一步探討大尺度環境變動對本計畫所產生影響。**

(續下頁)

續附錄 B-3：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」101 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 101 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：101 年 9 月 5 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(四)	請南、北核研究團隊於報告中說明核能電廠溫排水之影響範圍，不僅要以測量線作分析，亦應朝面的方向去探討。	**未來會持續朝此方向進行探討。子一*溫排水影響第三核能發電廠附近海域範圍只在出水口附近1公里、5-7公尺以淺之小範圍內。據此，子四設定監測樣點，比較無 (水深8公尺，fflu) /有 (水深3公尺，Efflu-3) 受溫排水影響測站底棲動物著生情形，結果如 (一) 所述。** *Sen Jan, Chen-Tung Arthur Chen, Yueh-Yuan Tu, & Hsien-Shiow Tsai 2004 Physical properties of thermal plumes from a nuclear power plant in the southernmost Taiwan. Journal of Marine Science and Technology, 12:433-441.
(五)	核電廠進出水口、灣內及灣外遠域水團間之相互影響關係應加以探討，並請說明各測站浮游動、植物之種類、數量代表之意義。	**出入水口附近海域之植物性浮游生物密度及動物性浮游生物豐度中，僅在春夏季出水口附近海域會有植物性浮游生物密度偏低的情形。對照和實驗測站差異豐度均在自然變動範圍內。當種類數和數量越多時，表示浮游生物相的歧異度越高，呈現海域生態系越穩定。**
(六)	蘭嶼貯存場附近潮間帶之潮池底泥於本(101)年第一季測得之 ^{137}CS 及 ^{60}CO 人工核種活度為歷年來之最高，第二季測得之活度已急劇驟降，研究團隊依時間序列判斷，應與近年來貯存場檢整工作有關；102 年起本項放射性物質調查工作將由核能專責單位辦理，以持續追蹤其變化。	**敬悉。**
(七)	南核研究計畫資料庫生態方面之數據已完成彙整並載入資料庫，北核研究計畫資料庫之建置，整體之架構已大致完成，惟數據資料之載入仍不足，請研究團隊盡速辦理。	**與南核計畫無關。**

(續下頁)

續附錄 B-3：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」101 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 101 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：101 年 9 月 5 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(八)	本調查研究已歷經十餘年，各子計畫間之橫向關聯性及相互分析，報告中迄未見有實際之綜合探討評析，請南、北核研究團隊於本案期末報告時提出承接本案以來之長期調查監測資料彙整分析成果，並以一般民眾易於瞭解之方式及文字編製「核能發電廠附近海域之生態調查報告」，俾利於本公司對外說明及資訊公開時使用，使外界能充分瞭解本公司對於生態環境之重視與努力。	**進行中。** **未來會持續比較分析海域生態變化受大尺度環境及小尺度核能電廠冷卻水排放產生之正負面的影響。已發表之成果如下所述。** Yalan Chou, Ta-Yu Lin, Chen-Tung Arthur Chen & Li-Lian Liu 2004 Effects of nuclear power plant thermal effluent on marine sessile invertebrate communities in southern Taiwan. Journal of Marine Science and Technology, 12:448-452. 吳靖穎、劉莉蓮、蔡顯修、李建平、吳健德，2012 第三核能發電廠溫排水對底棲動物之影響。台電工程月刊, 762:61-68. **撰寫期末報告時，將再加強子計畫間橫向關聯之分析，成果亦會以民眾易於瞭解及閱讀的方式呈現。**
(九)	請南、北核研究團隊作業人員進行現場採樣作業時務必注意遵守相關工安規定與人身安全，尤其安全設備如安全帽、釘鞋等務必穿戴齊集。	**遵照辦理。** **除加強工安宣導，人員出差亦要求務必遵守及符合勞工安全衛生相關法令規範。**
(十)	本公司各單位所提意見，請南、北核研究團隊參考修訂。	**進行中。**
(十一)	各與會單位及人員若有其他意見及建議，請於會後一週內擲交環境保護處彙總後轉送相關單位參考辦理。	**略**

附錄 B-4：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄 會議日期：102 年 3 月 8 日		
項	會議紀錄之 「七、討論與決議事項」	回覆欄
(一)	有關電廠溫排水出水口不同之溫度變化 (△T=1°C、2°C…) 所影響之範圍，請研究團隊於報告中作進一步之量化及說明。	**1)「依本計畫測站設計的目的、歷年水溫資料的統計結果和發表於期刊的論文 (Jan *et al.*, 2004) 均顯示，溫排水剛離開出水口的厚度約 5-7 公尺，擴散到離出水口約 300-500 公尺以外，溫排水水層厚度減少到約 1 公尺。漂流浮標溫度計的資料顯示水面下 1 公尺的溫排水水溫，隨著洋流的作用，在遠離出水口的過程裡，每向外 100 公尺可降約 0.8-1°C，到了距出水口約 500-800 公尺外的海域，水面下 1 公尺的水溫已與外圍海域的水溫非常接近。因本計畫並未設置背景水溫站監測背景水溫，因此目前並無適當且經認可的水溫當做計算溫差的依據，水溫測站的分布密度亦不足以提供高解析度的溫排水空間分布範圍，遑論量化△T=1°C、2°C…的範圍。然而在臺電公司的要求、適當的經費資助和針對同一目標無重覆調查的情況下，本團隊願與其它團隊合作，朝量化溫排水影響之時空範圍方向努力。」** **2)子計畫四-底棲動物調查結果詳見報告書第 4-16 頁至 4-19 頁；簡要說明如下：出水口南側小灣 3m 水深為溫排水影響範圍，水溫相較於 8m 以深處，高約 1-2°C，3 m 水深影響範圍內的底棲動物只有多毛蟲著生量高於 8m 以深處之著生量。**

(續下頁)

續附錄 B-4：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄 會議日期：102 年 3 月 8 日		
項	會議紀錄之 「七、討論與決議事項」	回覆欄
(二)	請研究團隊彙整浮游動、植物之長期調查結果並進行比較分析以了解其趨勢變化。	**1) 遵照辦理。** **2) 浮游動物長期調查結果，詳見報告書第 3-19 頁，第 3～4 段及圖 3-48。** **3) 浮游植物長期調查結果，詳見報告書第 3-20～21 頁及圖 3-49。**
(三)	本公司為龍門電廠投入許多環境保護調查與監測，請北核研究團隊彙整龍門電廠民國 89 年以來之底棲動物調查資料，以完整呈現長期調查監測之成果。	**與南核計畫無關。**
(四)	近年中國大陸對魚類蛋白需求量激增，請研究團隊由漁業年報及大區域與小環境漁獲量兩方向進行探討，分析此現象對台灣漁獲是否造成影響。	**1) 遵照辦理。** **2) 漁業年報的資料顯示一支釣漁業為恆春地區主要的漁業別，各年間產量及產值的變動情形如圖 5-29 及圖 5-30 所示。本研究利用標本船的填報資料分析歷年來於南灣水域作業的底刺網漁業及延繩釣漁業產量及產值的變動情形 (圖 5-21)。發現在民國 94 至 99 年期間，漁獲物的平均單價上升了，從 94 年的 93 元/公斤至 99 年上漲至 150 元/公斤(圖 5-22)，上漲了 61%。在這段期間，努力量標準化後，平均單位漁獲量 (CPUE) 增加，顯示供給增多了，然價格仍持續上漲，顯示需求更為旺盛。根據墾丁國家公園管理處遊客中心之遊客數量統計 (交通部觀光局網站資料 http://admin.taiwan.net.tw)，顯示 94 年起遊客 (本國觀光客及外國觀光客) 大幅增加，至南灣旅遊吃海鮮的人口數增加，此可能是造成魚價大幅上漲的重要原因 (詳見報告書 5-26 頁第 31~34 行、5-27 頁第 1~2 行及 5~8 行)。至於本研究區之漁獲供應是否受中國漁產需求所影響，因無外銷中國資料，無法評估。**

(續下頁)

續附錄 B-4：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 101 年期末工作檢討會會議紀錄 會議日期：102 年 3 月 8 日		
項	會議紀錄之 「七、討論與決議事項」	回覆欄
(五)	南、北核研究計畫資料庫應相互連結，針對非研究人員或一般民眾使用之部分，請增加科普性之研究摘要，以淺顯易懂之敘述忠實呈現調查成果。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫四-底棲動物調查所增加之科普性之研究摘要，詳見報告書第 IX-X 頁。** **3) 子計畫五－魚類與漁業經濟查，所增加之科普性之研究摘要，詳見報告書第 XI～XII 頁。**
(六)	除探討大尺度環境因子對調查區位之影響外，研究團隊未來請增加地域性的影響如河川、暴雨等其他可能因子之研究探討。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫五－魚類與漁業經濟調查針對區域性之暴雨對第三核能發電廠附近海域魚類群聚可能產生的影響因子探討，詳見報告書 5-23 頁第 4 段第 8~11 行。**
(七)	研究團隊若需本公司提供相關監測資料或引用本案調查研究資料進行相關學術發表，請提供完整之需求資訊並盡早知會本公司，俾取得同意後憑辦。	**遵照辦理**
(八)	本案調查報告書中之書面附錄或原始資料文件，請刪除並註明該資料已放入調查報告書所附光碟電子檔中，以減少書面報告之篇幅。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫五－魚類與漁業經濟調查中表 5-1~5-7、表 5-14~5-20 及表 5-27~5-38 內容已被移存至光碟中，詳見報告書光碟。**
(九)	各子計畫之歷年研究成果之精簡摘要部分，研究團隊經數次橫向會議討論，於本次 (101 年期末) 報告中大致上已呈現初步成果，惟各計畫之編輯方式仍不一致，請進一步研究改善。若不同時期之調查資料，因採樣點、調查方式或檢測方式之差異不易分別，可分階段描述盡可能完整呈現長期調查成果。	**遵照辦理**

(續下頁)

續附錄 B-4：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 101 年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：102 年 3 月 8 日)		
項	會議紀錄之 「七、討論與決議事項」	回覆欄
(十)	請北核研究團隊檢討目前測線之規劃分布，以完整呈現調查項目之空間意義。	**與南核計畫無關。**
(十一)	自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程儘早提供資料俾及時納入報告書初稿。	**敬悉。**
(十二)	請南、北核研究團隊主持人及各子計畫負責人轉知助理、學生及相關作業人等至現場工作或進行採樣作業前務必與各現場單位窗口聯繫，進入廠區必須遵照核能電廠之相關管制規定，確實換證刷卡，進行出海及水下作業時，務必注意遵守相關工安規定與人身安全。	**1) 遵照辦理。** **2) 已於歷次會議及人員教育訓練中，加強工安宣導，人員出差亦要求務必遵守及符合勞工安全衛生相關法令規範。**
(十三)	各與會單位及人員若有其他意見及建議，請於會後一週內擲交環境保護處彙總後轉送相關研究團隊辦理。	**略**
(十四)	本公司各單位所提意見，請南、北核案研究團隊參考修訂。	**敬悉。**

附錄 B-5：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」102 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 102 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：102 年 9 月 10 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(一)	請南、北核案研究團隊針對浮游植物及浮游動物之影響因子，分主要、次要因子進行分析探討。	**遵照辦理，將於期末報告呈現。**
(二)	本 (102) 年 8 月份墾丁海域發生海鞘大量聚集事件，請南核研究團隊針對此類浮游生物 (如水母、海鞘) 之特性及大量出現之成因進行探討，並請提供可行之預測方式及防治對策，以利電廠及早採取因應措施並避免影響電廠之營運安全。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 3：今 (102) 年度第 3 次採樣已於 8 月 8 日完成，未能採集到此海鞘大爆發之樣品進行分析。將收集相關文獻探討其可能成因，期望於期末報告中說明。** **3) 子計畫 4：此事件為第 3 次調查 (8 月 8-9 日) 之後發生，子計畫 4--底棲動物建議利用即時影像監測計畫所得之監測影像，把事發前後一星期內即時監測之影像看過，也許可找出整起事件之始末與相關影像，後續仍會注意相關事件。** **4) 子計畫 5：第 3 次 (8 月 25-26 日) 潛水攝影調查期間在近岸的測站 2 及測站 4 發現較多數量的樽海鞘，其餘測站則零星分佈，砂質底的環境記錄到的數量較多，主要分佈在底層水域。**
(三)	請南核研究團隊針對海葵、藻類及珊瑚三者間之消長關係進行探討，並對電廠進、出水口珊瑚白化之成因及情形作進一步分析及說明。	**1) 遵照辦理。** **2) 海葵、藻類及珊瑚三者底棲生物間存有空間利用上的競爭關係，並且海葵及珊瑚有蟲黃藻共生，跟藻類一樣皆會行光合作用，不一樣的是藻類會將能量用於生長，而蟲黃藻會將能量提供給海葵及珊瑚，當海葵及珊瑚受環境因子影響，便會釋放共生藻而白化，而後可能為死亡，其空間便會被藻類佔去，此可能為藻類逐年增加之因；而海葵族群量變化推測可能與營養鹽變化有關，但仍需實驗證明，詳見報告書第 6-5 頁，6-32 頁表 6-4-1。溫度變化與進、出水口珊瑚白化之相關分析進行中，將於下次報告提出說明。**

續附錄 B-5：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」102 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 102 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：102 年 9 月 10 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(四)	請北核研究團隊於底棲動物之海底攝影影片，標示拍攝時間、地點。	**與南核計畫無關。**
(五)	請本案相關單位於調查書面報告或簡報資料提及第四核能發電廠 (核四廠) 時，應統一更名為「龍門核能發電」廠。	**與南核計畫無關。**
(六)	請放射試驗室就檢測作業方式、偵測極限及採樣地點等項目，與本案歷年之放射性物質調查，進行比較分析及說明，以利呈現相 關檢測資料之長期趨勢。	**敬悉。**
(七)	102 年第 2 季 5/6 月份採樣時發現第三核能發電廠南灣附近海域水溫偏高且有劇烈變動情況，請南核案研究團隊探討研究其原因，並密切注意其對附近海域生態可能之相關影響。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 2：於今 (102) 年第 2 次採樣 (5 月)，表水水溫平均為 29.3±0.4 °C (扣除可能受溫排水影響的第 24 站)，高於歷年同月之水溫平均 27.4±1.3 °C (P<0.01)；從 OceanColor Web 的衛星資料顯示，採樣期間西菲律賓海及南海表水水溫大致都高於 27 °C，尤其是南海水溫約為 28 ~ 31 °C 左右，顯示本海域表水高溫現象並非小區域的特殊現象 (詳見報告書第 2-19 頁最後 1 段)。本年度 2 次調查期間 (3 月及 5 月) 正值 PDO 冷相 (但西北太平洋為水溫變高)，看到表水溫度明顯高於過去同月，應與大尺度的海洋事件有關，但詳細的機制有待進一步探討 (詳見報告書第 2-20 頁第 1 段第 6~8 行)。** **本 (102) 年度 5 月水溫雖然偏高，但並無劇烈變動情況，以貓鼻頭水深 8-9 公尺的水溫變化為例，3 月 1 日至 5 月 7 日水溫變化振盪幅度為 0.73 °C，低於過去 4 年變化幅度在 0.87~1.04 °C 之間。** **3) 子計畫 4：會持續注意此現象對底棲動物後續之影響，並於下次報告提出相關說明。** **4) 子計畫 5：本研究將歷年調查之魚種數與魚尾數與大尺度的環境變遷進行迴歸分析，目前的結果顯示二者間線性關係雖然成立，然相關性不高，分析珊瑚礁魚類組成，南灣附近海域多屬於沿岸常駐型的魚種，近來水溫的變動，未發現魚類組成之明顯改變，往後將持續監測分析。**

續附錄 B-5：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」102 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 102 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：102 年 9 月 10 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(八)	請南、北核案研究團隊於書面調查報告中，明確描述各項調查結係受大尺度環境因子或電廠區域性因子影響所致，以反映事實。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 1：謹遵指示朝此方向努力。子計畫 1 的研究已確定核三廠海域夏季時每日 2~10°C 的溫度變化，主要是灣外呂宋海峽強烈內潮波所造成的，此結果已發表在學術期刊 Jan et al. (2004, JMST, 12 (5): 433-441) 和 Jan and Chen (2009, JGR, 114, C04021, doi:10.1029/2008JC004887)。目前的研究重點在分析長期觀測資料，確認核三廠海域水溫變動是否受颱風、黑潮變動與中尺度海洋渦漩之影響。** **3) 子計畫 2：本 (102) 年度 2 次調查期間 (3 月及 5 月) 表水水溫高於歷年同月之水溫平均值，進一步對比 OceanColor Web 的衛星資料顯示，發現有一較高溫的海水從菲律賓附近海域向北延伸至台灣東南海域，顯示此高溫現象是大尺度的海水溫度，並非由電廠溫排水所造成 (詳見報告書第 2-19 頁倒數第 2 段)。** **4) 子計畫 3：歷年浮游生物之豐度變動同時受到小尺度的季節變化及大尺度的氣候現象 (如聖嬰現象) 所影響，與電廠區域性的溫排水關聯性較少。** **5) 子計畫 4：已將大尺度的環境水溫指標 PDO，及小尺度溫排水影響底棲動物之結果加以敘述，詳見報告書第 4-10 頁最後 1 段及 4-15 頁第 1 段。** **6) 子計畫 5:電廠溫排放水對第三核能發電廠附近海域魚類相群聚組成的影響,詳見報告書第 5-9 頁倒數第 2 段，簡要說明如下：為瞭解不同時空背景下，測站間魚類群聚組成是否有差異，藉由 5 個測站間魚類的群聚組成，探討受溫排水影響區(測站 3、4、5)與未影響區之間(測站 1、2)魚類群聚組成變化,經 MDS 二度空間排序後發現，未受溫排水影響區與受溫排水影響區的魚種群聚未呈現明顯之區隔，顯示魚類群聚組成受溫排放水影響小。大尺度環境因子對第三核能發電廠附近海域魚類相群聚組成的影響，詳見報告書第 6-6 頁最後 1 段。**

續附錄 B-5：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」102 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 102 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：102 年 9 月 10 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(九)	請南、北核研究團隊主持人及各子計畫負責人轉知助理、學生及相關作業人等至現場工作或進行採樣作業前務必與各現場單位窗口聯繫，且進入廠區必須遵照核能電廠之相關管制規定，確實換證刷卡，進行出海及水下作業時，務必注意遵守相關工安規定與人身安全。	**1) 遵照辦理。** **2) 已於歷次會議及人員教育訓練中，加強工安宣導，人員出差亦要求務必遵守及符合勞工安全衛生相關法令規範。**
(十)	本公司各單位所提意見，請南、北核案研究團隊參考修訂。	**遵照辦理**
(十一)	各與會單位及人員若有其他意見及建議，請於會後一週內擲交環境保護處彙總後轉送相關研究團隊辦理。	**略**

附錄 B-6：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」102 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 102 年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：103 年 3 月 14 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(一)	核能三廠附近海域近年來之水質採樣均呈現有鹽度偏低現象，此與海流渦漩、太平洋十年期振盪等整體海洋環境變化之關聯，請南、北核研究團隊就大尺度與小尺度範圍之影響，與過去之檢測分析資料作一聯結比較並說明。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 1 答覆：子計畫 1 依計畫書內容是著重在水溫變化部分的監測與討論，未來則可依會議紀錄在報告中正式加入大尺度海洋變動對小尺度海灣海洋環境的影響分析 (但最好同時能上修計畫經費) 。** **3) 子計畫 2 答覆：說明詳見報告書第 2-20 頁，第 2-3 段。** **4) 子計畫 4 答覆：與南核子計畫 4-底棲動物無關。** **5) 子計畫 6 答覆：資料庫目前已經增加了調查區域以外 (如南海、呂宋海峽、西菲律賓等海域) 的海面溫度場資料，提供資料的相互比對。此外，資料庫亦增加了 SOI、PDO 等大尺度變化之參數，方便研究團隊在進行之際快速獲得相對應的資訊。詳見 6-26, 27, 29 等三頁。**
(二)	請南、北核研究團隊就聖嬰、反聖嬰現象之真正起源及對台灣沿海區塊之影響有多大在報告中作進一步之補充說明，俾台電公司及外界對台灣沿岸海域之生態變化有更深之瞭解。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 1 答覆：已遠超過本計畫目前所列之目的，子計畫 1 目前除核三海域外，暫無"臺灣沿海區塊"之資料可供分析聖嬰、反聖嬰現象對臺灣沿海區塊之影響。** **3) 子計畫 2 答覆：說明詳見報告書第 2-17 頁，第 3 段。** **4) 子計畫 3 答覆：植物性和動物性浮游生物的說明詳見報告書第 6-4 頁，第 2~3 段及圖 6-3-1~5。** **5) 子計畫 4 答覆：說明詳見報告書第 4-11 頁，最後一段：聖嬰及反聖嬰現象對底棲動物之影響有延後兩季發生之延遲效應，此由後兩季底棲動物著生量與聖嬰指數 nino3.4、PDO 有較高的相關性得知（0.24-0.50）。** **5) 子計畫 5 答覆：魚類調查之說明詳見報告書第 6-7 頁，第 2 段第 3～6 行及圖 6-5-4。** **6) 子計畫 6 答覆：待本報告核定後，立即將此成果展示於網頁，任一般民眾對臺灣附近海域之生態變化有更深的瞭解。**

續附錄 B-6：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」102 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 102 年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：103 年 3 月 14 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(三)	98年以後，水文之狀況有所變化，造成各種生物之成長亦有所差異，請研究團隊持續追踪。	**遵照辦理。**
(四)	核三廠進水口常有大量的水母與海鞘聚集，對電廠營運造成困擾，請南核研究團隊探討此與水溫之關聯性為何？並提供建議。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 1 答覆：子計畫 1 水溫長期測站之資料全數提供生物相關子計畫對此議題的研究。** **3) 子計畫 3 答覆：由歷年各測站的調查結果顯示，水母和海鞘於 22 測站 (進水口) 的豐度並未明顯高於其他測站。核三廠進水口出現大量水母及海鞘應屬偶發事件，與水溫亦無直接關連。** **4) 子計畫 4 答覆：此事件為 102 年第 3 次調查 (8 月 8-9 日) 之後發生，南核子計畫 4--底棲動物建議利用入水口的影像監測計畫，並檢視事發前後一星期內即時監測之影像，其中 Video2 及 Video3 在 8/25 均有單一樽海鞘影像出現之記錄，但因監測鏡頭聚焦於水層，因此沒有看到死亡海鞘堆積在海底的情形。經查 8/25 日前有潭美颱風於臺灣東部海域經過，南灣水溫有明顯下降的現象，颱風過後水溫回升，而樽海鞘喜歡生活在溫暖海域，水溫、鹽度、營養鹽或浮游生物量都可能與其大量繁生條件有關，非單一事件就可說明，未來再有類似環境條件時會提早注意並加以調查。**
(五)	本研究案之焦點並不是只聚集在核電廠出水口之生態變化，本公司長期希望研究團隊就以往之調查研究成果，逐步延展至大尺度環境範圍對台灣沿岸區域之影響。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 6 答覆：網頁資料入將逐步擴增臺灣沿岸區域的海洋環境資料，以利研究其彼此之關係。**
(六)	報告中所謂之沿岸，請南、北核研究團隊就其定義作一致性之解釋為宜。	**國際間對「沿岸」並無明確及一致之定義。**

續附錄 B-6：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」102 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 102 年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：103 年 3 月 14 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(七)	有關龍門核四廠附近海域之生態調查資料(含近岸海流流場、底棲及魚類生態調查等)，自 102 年起即由美商傑明公司提供，往後本案會議請通知傑明公司參加並簡報。	**與南核計畫無關。**
(八)	放射性物質調查監測方面，雖因檢測儀器精密度有差異，惟在採樣物種之差別與採樣方式，請放射性試驗室考慮儘量修正與以往相同，俾避免外界引申解讀，造成誤解。	**與南核計畫無關。**
(九)	原能會於接獲 102 年期中報告時曾來函質疑放射性物質採樣點與樣品物種有差異，其函復情形請核能主辦單位說明追踪。	**與南核計畫無關。**
(十)	請放射性試驗室在歷年各季人工核種監測結果趨勢圖之縱軸(活性強度)比例予以放大，俾瞭解各核能設施人工核種監測之長期趨勢變化。	**與南核計畫無關。**
(十一)	請南、北核研究團隊主持人及各子計畫負責人轉知助理、學生及相關作業人等至現場工作或進行採樣作業前務必與各現場單位窗口聯繫，進入廠區必須遵照核能電廠之相關管制規定，確實換證刷卡，進行出海及水下作業時，務必注意遵守相關工安規定與人身安全。	**1) 遵照辦理。** **2) 已於歷次會議及人員教育訓練中，加強工安宣導，人員出差亦要求務必遵守及符合勞工安全衛生相關法令規範。**
(十二)	請南、北核研究團隊在每期期末調查報告完成定稿後即時更新網站相關資料。	**遵照辦理。**

續附錄 B-6：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」102 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 102 年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：103 年 3 月 14 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(十三)	南、北核調查研究案之相關資訊除海洋地質、海洋物理等海洋科技敏感項目資料需依行政院國科會訂定之「政府資助敏感科技研究計畫安全管制作業手冊」規定予以管制外，其他研究項目資料應依「資訊公開法」公佈，供民眾閱覽了解。	**遵照辦理。**
(十四)	本公司各單位所提意見，請南、北核研究團隊參考修訂。	**遵照辦理。**
(十五)	各與會單位及人員若有其他意見及建議，請於會後一週內擲交環境保護處彙總後轉送相關研究團隊辦理。	**略**

附錄 B-7：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」103 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 103 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：103 年 9 月 10 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(一)	南、北核研究團隊於會中皆提到台灣沿岸海域海水水質之pH值有逐年下降趨勢，請持續追蹤原因，並探討是否為受到鄰近污染源之影響 。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 2 答覆：由民國 82 年至今，此海域表水 pH 平均每年下降約 0.0024，略高於因大氣二氧化碳逐年上升理論上將造成表面海水每年約下降 0.0017 的數字(雷漢杰，2013)。本研究將會持續追蹤此變化，方向訂在探討水團來源的改變、下層水之湧升是否加強、酸雨等來探討。**
(二)	文獻顯示自 1950 年代以來，由於暖化正持續在改變水下的生態系，使得浮游植物平均數量減少了約 40%，與本計畫歷年來之調查結果有相同之趨勢，其是否會造成生態系統間之交互影響，請 南、北核研究團隊再持續追蹤了解。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 3 答覆：南核子計畫 3 植物性浮游生物利用濃縮法分析民國 85~89 年的年平均密度及標準差為 2,437±1,705 cell/l，到了 90 年 (該年發生阿瑪斯貨輪漏油事件) 至 101 年為 488± 316 cell/l 較先前減少了約 80%。近兩年 (102~103 年)為 1,417± 225 cell/l，約為 15 年前的 50%。比較北核和南核沉澱法之植物性浮游生物近 8 年的年平均密度及標準差，南核的植物性浮游生物密度 (440± 636 cells/l)較北核(4,500 ± 2,156 cells/l)為低，僅為其 1/10。**
(三)	本年年初採樣時在南灣海域水面下仍有發現少量海鞘之存在，請南核研究團隊進一步探討及研究，在何種狀況下水母、海鞘等類之生物會大量形成並進入南灣海域，是否可由浮游生物喜好之生存環境習性，透過潮流、溫度、營養鹽與浮游生物間之相關性進行判斷，俾核三廠能及早因應避免影響營運。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 3 答覆：水母和海鞘皆為動物性浮游生物中的膠體性浮游動物，多為次級消費者，未來將從資料庫抽出此類動物性浮游生物進行分析，以釐清其時序更迭與環境因子的關係。** **3) 子計畫 4 答覆：因樽海鞘大量出現為偶發事件，目前僅 102 年 8 月 25 日及 103 年 5 月 22 日於入水口有記錄，數據不多，子 4 將與其他子計畫之水文資料進行初步比對分析。**

續附錄 B-7：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」103 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 103 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：103 年 9 月 10 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(四)	高經濟型魚類減少原因主要係長期以來濫捕所造成，研究團隊應多著重於調查分析低經濟型魚類減少之原因，以瞭解魚類全面之生態變化。另南核研究團隊進行販售魚種數之變動調查時，因竹筏捕捉範圍較鄰近沿岸海域，建議可於清晨或黃昏至漁港兩側竹筏上岸處記錄剛捕捉之新鮮魚種，調查結果應較具有代表性。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 5 答覆：本研究潛水調查發現第三核能發電廠附近海域的魚類群聚組成受到礁石環境及水深的影響而有差異 (詳見報告書第 5-9 頁，第 3 段第 1 行~11 行，圖 5-13)，然近年來由於觀光人數的增加，在後壁湖漁市場販售的魚類相中出現了蝴蝶魚科及隆頭魚科等小型珊瑚礁魚類 (詳見報告書第 5-10 頁，第 1 段第 6 行~9 行，圖 5-14 及圖 5-15)，顯示近岸也有漁撈壓力。另外，為全面瞭解恆春地區販售的魚類相，本研究除調查後壁湖漁市場販售之魚類相，亦會配合漁船進港時間進行上岸之漁獲生物相調查。**
(五)	龍門核四廠附近海域之海象調查已持續10年之久，請傑明公司於下次參與檢討會議時報告歷年海流變化情形，與其他計畫分享調查結果。	**與南核計畫無關。**
(六)	對於由本公司所屬單位自行辦理放射性物質調查與監測之客觀及公正性，原能會已多次來函表示疑慮，建請核發處及放射試驗室儘快另尋第三公正單位來執行相關監測工作 。	**與南核計畫無關。**
(七)	本次放射性物質調查結果顯示，海菜、海藻及岸砂淤泥等沈積物均未檢出放射性核種，由於放射性物質半衰期長，應不致於皆無檢出放射性物質之存在，請放射試驗室於下次採樣分析時，加以注意採樣方法或儀器分析之精密度是否影響檢測結果。	**與南核計畫無關。**

續附錄 B-7：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」103 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 103 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：103 年 9 月 10 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(八)	撞擊魚類減少之原因主要係所有魚類數皆有逐年減少現象，或導因於電廠降載抽水量及抽水流速降低，請再協助釐清。	**與南核計畫無關。**
(九)	請各計畫協助資訊公開化，除學術研究相關論文發表以外，並多加宣導或發表知性文章，如有生動有趣之相關議題及報導亦可提供本公司進行刊登，讓外界了解及感動台電對於生態調查之用心及努力。另建置網站公開資訊於引用其他網站資訊時，請注意著作權問題。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 5 答覆：本季進行魚類潛水調查時，記錄到箱鮀對海樽的攝食行為，已剪輯成短片，後續調查如發現魚類的特殊行為，亦會後製成短片，供台電使用。** **3) 子計畫 6 答覆：引用其他網站資料時，均已詳讀其資料釋出規定，確認可供引用方引用才引用，並且在網頁上增加說明資料出處，詳見網頁的版權說明。**
(十)	研究團隊報告顯示，鹽寮海域珊瑚群聚由於颱風及人為干擾呈現長期衰退趨勢，颱風影響應為一次性事件不致於成為長期改變之影響，而人為干擾是否為電廠所造成，請再提供較詳細之資訊。	**與南核計畫無關。**
(十一)	本次調之魚卵、仔稚魚密度及種數結果呈現為歷年來之低值，而成魚種類及數量卻為歷年來之高值，請再說明其原因。另請於報告補充研究方法，避免各計畫間因研究方法不同其調查結果有所差異而產生誤解。	**與南核計畫無關。**
(十二)	本公司各單位所提意見，請南、北核研究團隊參考修訂。	**遵照辦理。**
(十三)	各與會單位及人員若有其他意見及建議，請於會後一週內擲交環境保護處彙總後轉送相關研究團隊辦理。	**略**

附錄 B-8：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」103 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 103 年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：104 年 3 月 12 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	**回覆欄**
(一)	本研究案於多項子計畫中皆有探討到氣候變遷對各項調查結果之影響，請南北核研究團隊再進一步蒐集更多相關因子，並研究比較其交互影響結果，以了解真正成因。。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 2 答覆：103 年第 3 次採樣，核三廠附近海域的鹽度創下歷年來的最低值，不僅如此，過去 3 年本海域夏季的鹽度也偏低。此結果與全球水圈循環因暖化而增強相符，研判由南海而來的淺層海水，鹽度或有淡化現象。** **回顧過去 21 年「太平洋十年期振盪」(PDO) 指數與本海域溫、鹽之變化，大致呈現 PDO 冷期時，水溫偏高而鹽度偏低。** **比較 92~96 年之暖期，以及 99-102 年之冷期，發現 pH 值與硝酸鹽濃度在暖期時較高、冷期較低。 pH 值在冷暖期之差異，研判為大氣二氧化碳增加所造成之海水酸化。以上結果顯示，核三廠附近海域之水文變化與大尺度的海域事件相關性頗高。但北核資料顯示過去 13 年 (90-103 年) 調查，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，日後將加強與北核資料比對。** **3) 子計畫 4 答覆：說明詳見報告書第 4-23 頁第 1 段至 4-24 頁第 1～12 行，表 4-2、表 4-3、表 4-5、表 4-6，會繼續分析討論因子間之相關性。** **4) 子計畫 5 答覆：第三核能發電廠附近海域魚類群聚與環境及生物因子相關分析說明詳見報告書第 6-8 頁，第 2 段第 1～7 行及表 6-5-2、6-5-3。**

續附錄 B-8：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」103 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 103 年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：104 年 3 月 12 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(二)	本研究案已有長期調查之變化趨勢，研究團隊應針對其趨勢圖中異常（較突出或較低落）部分，尋找出確切之原因並深入探討。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 2 答覆：除上述與大環境變化有關之因子外，亦將加強採討颱風、內波之影響。** **3) 子計畫 4 答覆：例如子計畫 4：藻類的覆蓋率在入、出水口皆有逐年增加之趨勢，而海葵有逐漸減少的現象，經分析顯示營養鹽低時，藻類覆蓋率增加、海葵覆蓋率降低，說明詳見報告書"網站架構與綜合討論"部分及表 6-4-1。** **4) 子計畫 5 答覆：珊瑚礁魚類調查資料顯示各測站魚類出現的尾數及種類數並未因溫排水的影響而降低，集群分析的結果顯示珊瑚礁魚類的分佈受到水深及地貌的影響。測站 2 的魚種數及魚尾數較多，推論與保育區的成立有關。關於第三核能發電廠附近海域的魚種類數及魚尾數長期變動情形詳見報告書第 5-18 頁第 4 段第 1~4 行及第 5-19 頁第 1 段第 1～9 行及圖 5-12、圖 5-13。**
(三)	為因應外界對本公司資訊公開化之要求，請南、北核研究團隊針對網站資料內容檢視其資訊之正確性及完整性，以反應台電公司對海域生態保育之努力。另供一般民眾瀏覽之網頁，於兼顧專業性之同時，亦請以較普遍性及口語化之方式呈現內容，俾讓各級民意代表及民眾了解。	**1) 遵照辦理。** **2) 計畫 6 答覆：在一般民眾瀏覽區域內網頁內容，已經修飾為較普遍性及口語化的方式呈現內容，詳見網頁。**
(四)	南、北核研究團隊各自建置之網站應可相互參考其優點並建置相關內容。另北核資料庫又分為物化資料庫及生物資料庫 2 部分，同一研究案應整合相關內容於同一網站。另龍門核電廠（核四廠）相關研究資料之分析方式及格式應比照北核研究案進行整合。	**敬悉。**

續附錄 B-8：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」103 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 103 年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：104 年 3 月 12 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	**回覆欄**
(五)	現今反核聲浪仍很大，主要議題為核廢料處理問題及311福島核災事件，但未來可能擴及核能電廠對附近海域生態之影響，請南、北核研究團隊宜更進一步清楚說明及分析大環境所造成之影響，不要忽略各種可能性之解讀，以釐清影響海域生態之主因。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 2 答覆：說帖中已清楚說明大環境之影響，並將探討其它可能性。** **3) 子計畫 3 答覆：浮游生物之說明：動物性浮游生物豐度歷年來多以實驗測站 (溫排水影響範圍) 的測值高於對照測站；而植物性浮游生物密度則是兩者間並無顯著差異，由此可知溫排水對南灣海域之浮游生物的豐 (密) 度並無明顯的影響。本海域的浮游生物變動，除自然的四季更迭外，亦受到大尺度的氣候變遷所影響。近年來動物性浮游生物豐度大幅震盪的增加，可能與此期間反覆出現的聖嬰和反聖嬰期有關(詳見報告書中各子計畫精簡研究第 V 頁，第 1 段)。** **4) 子計畫 5 答覆：調查資料顯示本海域珊瑚礁魚類的分佈受到水深、地貌、水文、水質及漁業行為的影響，呈現測站間群聚組成的差異。相關性分析結果顯示水溫與珊瑚礁區的魚尾數呈現正相關，推論影響的是群游性的魚類或幼生。亞硝酸鹽與珊瑚礁區的魚尾數呈現負相關，硝酸鹽與魚種數呈現負相關，推論魚類對不喜歡的環境會產生避離現象。第三核能發電廠附近海域魚類群聚與環境及生物因子相關分析說明詳見報告書第 6-8 頁，第 2 段第 1～7 行及表 6-5-2、6-5-3。**

續附錄 B-8：「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」103 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」 103 年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：104 年 3 月 12 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	**回覆欄**
(六)	請各單位重視研究案中與自身相關之議題內容，本於職責檢視報告及網站相關內容之正確性，儘可能提出問題與建議，若有其他意見及建議，請於會後一週內擲交環境保護處彙總後轉送相關研究團隊辦理。並請各與會單位及人員儘可能全程參與會議，以全面性了解本研究案之相關調查結果。	**略**
(七)	南、北核調查研究案之相關資訊除海洋地質、海洋物理等海洋科技敏感項目資料需依行政院國科會訂定之「政府資助敏感科技研究計畫安全管制作業手冊」規定予以管制外，其他研究項目資料應依「資訊公開法」公佈，供民眾閱覽了解。	**遵照辦理。**
(八)	請南、北核研究團隊主持人及各子計畫負責人轉知助理、學生及相關作業人等至現場工作或進行採樣作業前務必與各現場單位窗口聯繫，進入廠區必須遵照核能電廠之相關管制規定，確實換證刷卡，進行出海及水下作業時，務必注意遵守相關工安規定與人身安全。	**遵照辦理。**
(九)	本公司各單位所提意見，請南、北核研究團隊參考修訂。	**遵照辦理。**

附錄 B-9：「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」

104 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」 104 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：104 年 8 月 27 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(一)	有關利用結構方程式建構核三廠附近海域生態變動模式，其模式之配適度雖已在不錯的配適區間，但如果可再修正至配適度落於良好配適區間，建構之模式將更加理想。另建議模式相關因子之建立可與其他子計畫主持人就其專業領域共同討論，以建構最佳概念模式。	**子計畫 1 回覆：遵照辦理。** **子計畫 2 回覆：遵照辦理。** **子計畫 3 回覆：遵照辦理。** **子計畫 4 回覆：遵照辦理。已和其他子計畫進行討論，未來建構模式將朝使用同一模式及互相支援之方向進行。** **子計畫 5 回覆：遵照辦理。目前利用結構方程式探討核三廠附近海域生態變動模式之說明詳見報告書第 6-8 頁，第 3 段第 5 行開始至 6-9 頁第 1 行至第 7 行，資料如表 6-5-1、6-5-2 及 6-5-3。由於模式建購內容包含水質、浮游生物及魚類等測項，考量到生物族群的變動與時間差異有關，後續的研究會考量離散值、異常值及時間延遲對模型配適度的影響，以建構符合核三廠附近海域生態變動最佳概念模式。** **子計畫 6 回覆：遵照辦理。**
(二)	本研究案歷年調查結果之數據已建立於南核網站資料庫中，各子計畫可利用該數據進行各生態調查項目全面性之整合探討，係非常良好之作法，未來請持續朝此方向辦理以提供本公司更多資訊及調查實證結果。	**子計畫 1 回覆：遵照辦理。** **子計畫 2 回覆：遵照辦理。** **子計畫 3 回覆：遵照辦理。** **子計畫 4 回覆：遵照辦理。綜合討論中利用水溫(子一)、營養鹽(子二)及動物性浮游生物(子三)等與底棲動物(子四)進行橫向相關分析，未來朝向建構模式整合探討方向進行。** **子計畫 5 回覆：遵照辦理。** **子計畫 6 回覆：遵照辦理。本計畫除了彙整各子計畫的觀測數據外，亦蒐集鄰近海域各種相關海氣象資料，建立相關查詢頁面，提升全面性整合探討。期能提供貴公司更多資訊與成果。詳見網頁。**

104 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」 104 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：104 年 8 月 27 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(三)	對於將黑潮水團變動影響納入計畫中與其他子計畫進行各方面綜合分析，可擴大環境影響探討層面之作法甚為良好，請研究團隊持續辦理。	**子計畫 1 回覆：遵照辦理。** **子計畫 2 回覆：遵照辦理。** **子計畫 3 回覆：遵照辦理。** **子計畫 4 回覆：遵照辦理。** **子計畫 5 回覆：遵照辦理。** **子計畫 6 回覆：遵照辦理。**
(四)	植物性浮游生物今年兩次調查結果之總平均密度皆較去年密度相對低很多，研究團隊推測與聖嬰現象可能有關，與溫排水影響較無相關，主要受大尺度環境因子之影響，請持續追蹤此情況，並於期末報告再檢討說明。	**子計畫 1 回覆：遵照辦理。** **子計畫 2 回覆：遵照辦理。** **子計畫 3 回覆：遵照辦理。** **子計畫 4 回覆：遵照辦理。** **子計畫 5 回覆：遵照辦理。** **子計畫 6 回覆：遵照辦理。**
(五)	本調查研究案之相關資訊除海洋地質、海洋物理等海洋科技敏感項目資料需依行政院國科會訂定之「政府資助敏感科技研究計畫安全管制作業手冊」規定予以管制外，其他研究項目資料應依「資訊公開法」公佈，供民眾閱覽了解。	**子計畫 1 回覆：遵照辦理。** **子計畫 2 回覆：遵照辦理。** **子計畫 3 回覆：遵照辦理。** **子計畫 4 回覆：遵照辦理。** **子計畫 5 回覆：遵照辦理。** **子計畫 6 回覆：遵照辦理。本計畫最新的調查與研究成果、以及各項數調查數據的圖表等，均已經公布於本計畫所建置的網頁內，供民眾瀏覽。詳見網頁。**
(六)	請研究團隊主持人及各子計畫負責人轉知助理、學生及相關作業人等至現場工作或進行採樣作業前務必與各現場單位窗口聯繫，進入廠區必須遵照核能電廠之相關管制規定，確實換證刷卡，進行出海及水下作業時，務必注意遵守相關工安規定與人身安全。	**子計畫 1 回覆：遵照辦理。** **子計畫 2 回覆：遵照辦理。** **子計畫 3 回覆：遵照辦理。** **子計畫 4 回覆：遵照辦理。每次出差，至少於前三天會完成所有聯繫事宜，並提醒出差同仁確實遵照安全規範執行工作。** **子計畫 5 回覆：遵照辦理。** **子計畫 6 回覆：遵照辦理。**

附錄Ｂ-10：「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」

104 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」 104 年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：105 年 3 月 4 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(一)	請確認本計畫使用之相關儀器設置，是否符合內政部於 104 年 12 月 31 日修正發佈之「非都市土地使用管制規則」第 6 條之 2 第 4 項規定，需辦理既有依法同意使用之海域用地區位許可申請。	**本案採樣工作區位在墾丁國家公園管理處(簡稱墾管處)管轄範圍內，每次採樣前均依規定向墾管處申辦「研究(採)登錄」(網址 http://rop.ktnp.gov.tw/)，獲核可後方前往採樣。**
(二)	目前於網站公開本研究報告，係提供近三年各期研究報告以 PDF 格式公布於網站上，建議研究團隊提供精簡版，俾供民眾方便閱讀，以達資訊公開之目標。。	**1) 現行報告書中載有「甲、工作背景」，其下有：** **「壹. 緣起」(在報告書的頁碼：I)** **「貳. 辦理內容及方式」(在報告書的頁碼：I)** **「參. 成效」(在報告書的頁碼：II)，其下有** **『(一) 各子計畫精簡研究結果』(在報告書的頁碼：III)** **『(二) 說帖(在報告書的頁碼：XVI)** **「肆. 摘要」(在報告書的頁碼：XIX)** **2) 為使民眾方便閱讀，擬** **2a) 將「各子計畫精簡研究結果」內容之執行中的契約 (104-105 年) 調整為：1 頁 (原為 1/2 頁)。** **2b) 自該子計畫開始執行至前一個已結案 (即 102-103 年) 契約之精簡研究結果內容調整為：1 頁 (原為 1/2 頁)。** **2c) 將已結案之前 2 個契約 (102-103 年與 101-102 年)之『濃縮論文』公布於網站上。**

附錄Ｂ-10：「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」

104 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」 104 年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：105 年 3 月 4 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(三)	請南核案研究團隊主持人及各子計畫負責人轉知助理、學生及相關作業人等至現場工作或進行採樣作業前務必與各現場單位窗口聯繫，進入廠區必須遵照核能電廠之相關管制規定，確實換證刷卡，進行出海及水下作業時，務必注意遵守相關工安規定與人身安全。	**遵照辦理。**
(四)	各與會單位若有新增書面意見，請於本(3)月 15 日前送環保處彙整，俾利報告修訂。 104 年期末報告書之意見及建議事項： (4.1) P.1-25 原文位置 (六、附表與附圖) 建議加一句詳報告書光碟，避免誤會是沒有圖表或是忘記放。 (4.2) P.4-38 (圖 4-5) 解析度不夠，部分文字不是很清楚。 (4.3) P.6-73、6-74 (圖 6-5-2 及 6-5-3) 請問兩圖的結構方程式差異再哪裡，為何配適度不相同？另建議可考慮將簡報中的修正模式亦放入報告中。	**遵照辦理。** **4.1) 子計畫 1 (海潮流) 已將報告書中 P.1-25 頁加上「詳報告書光碟」文字。** **4.2) 子計畫 4 (底棲動物) 已將報告書中 P.4-38 (圖 4-5) 更換為高解析度的圖，文字清楚可見。** **4.3) 子計畫 6 (綜合討論) 之 P.6-73 (圖 6-5-2) 為表層生態系實證模式顯示湧升流及營養等級對浮游生物群聚的變動有正向影響。** **P.6-74 (圖 6-5-3) 為加入魚類資料後之實證模式顯示營養鹽及湧升流的環境因子對魚類群聚為負影響，營養等級對魚類群聚則呈現正影響。** **已將簡報中的修正模式放入報告書中之 P.6-9, P6-73, P.6-74。**
(五)	本公司各單位所提意見，請南核案研究團隊參考修訂。	**遵照辦理。**

本紀錄不另行文
有關貴管事項請查照惠辦

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」105 年期中工作檢討會會議紀錄

一、時間：105 年 9 月 20 日上午 10 時 00 分

二、地點：台電大樓 208 會議室

三、主席：溫副處長桓正

四、出席單位及人員：詳簽名單

五、主席報告：(略)

六、國立中山大學簡報「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」（簡稱南核案）之調查研究成果：(略)

七、討論與決議事項：

(一) 南核案與「北部各核能發電廠附近海域之生態調查」案，其調查方法因地制宜，且考量資料比對之延續性及兼顧學理研究之需要性分析方法亦不盡相同，惟仍以符合相關調查規定並達到計畫調查目的為原則。

(二) 有關水溫變化資料，請環保處監測組提供「南灣海域珊瑚礁生態系調查監測」之調查結果，供南核案研究團隊進行資料比對分析。

(三) 南核案已執行多年，累積相當多監測資料及數據，配合政府推動資訊公開政策，及面對外界數據資料公開之要求，請研究團隊在資料庫建立及綜合分析時，應考量與外界接軌。另請一併評估現場調查拍攝之相關影片放入資料庫中之可行性。

(四) 請確認後壁湖觀光魚市之海產街關閉是否影響漁獲生物調查工作。

(五) 請南核案研究團隊主持人及各子計畫負責人轉知助理、學生及相關作業人等至現場工作或進行採樣作業前務必與各現場單位窗口聯繫，進入廠區必須遵照核能電廠之相關管制規定，確實換證刷卡。執行出海及水下作業之工作人員需確實接受相關訓練後才可執行該工作，並執行現場調查監測工作時，應加強工安宣導(如危害因素告知、職業安全紀律承諾等)，落實執行各項工安措施。

(六) 有關 105 年期中會議討論事項，請於報告中補充，無法納入報告部分請於定稿本提交時提出對照表予以說明。

(七) 各與會單位若有新增書面意見，請於 9 月 29 日前送環保處彙整，俾利報告修訂。

(八) 本公司各單位所提意見，請南核案研究團隊參考修訂。

八、散會(12 時 20 分)。

附件Ｂ-11B：「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」 105 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：105 年 9 月 20 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(一)	南核案與「北部各核能發電廠附近海域之生態調查」案，其調查方法因地制宜，且考量資料比對之延續性及兼顧學理研究之需要性分析方法亦不盡相同，惟仍以符合相關調查規定並達到計畫調查目的為原則。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 3 答覆：均符合相關調查規定，分析方法詳見報告書第 3-3~3-4 頁。** **3) 子計畫 4 答覆：說明詳見報告書第 4-5 頁第 6~14 行。子計畫 4 自 94 年起，依據環保署公告之硬底質海域表棲生物採樣通則（NIEA E104.20C），採用固定橫截線調查法，調查硬底質海域如珊瑚礁等之表棲生物。**
(二)	有關水溫變化資料，請環保處監測組提供「南灣海域珊瑚礁生態系調查監測」之調查結果，供南核案研究團隊進行資料比對分析。	**敬悉。**
(三)	南核案已執行多年，累積相當多監測資料及數據，配合政府推動資訊公開政策，及面對外界數據資料公開之要求，請研究團隊在資料庫建立及綜合分析時，應考量與外界接軌。另請一併評估現場調查拍攝之相關影片放入資料庫中之可行性。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 4 答覆：提供現場調查之相關影片，以利資料庫公開資訊之用(見報告書光碟)。** **3) 子計畫 6 答覆：目前正在建置的生物資料符合國際生物多樣性資料庫 DarwinCore 的資料格式規範，未來可立即與其它同質性資料庫接軌。本次期中報告子計畫 4 所展示的影片，待貴公司核定後，將展示於網站。**
(四)	請確認後壁湖觀光魚市之海產街關閉是否影響漁獲生物調查工作。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 5 答覆：由於後壁湖魚市場是當地作業船隻進港卸貨的地方，且本計畫 7 月調查時發現周邊區域新增 2 處海產店，販售之魚類相與後壁湖魚市場內相仿，因此，雖然後壁湖觀光魚市之海產街自 9 月到年底歇業進行消防安檢及整修，並不影響漁獲生物調查工作的執行。**

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」 105 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：105 年 9 月 20 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(五)	請南核案研究團隊主持人及各子計畫負責人轉知助理、學生及相關作業人等至現場工作或進行採樣作業前務必與各現場單位窗口聯繫，進入廠區必須遵照核能電廠之相關管制規定，確實換證刷卡。執行出海及水下作業之工作人員需確實接受相關訓練後才可執行該工作，並執行現場調查監測工作時，應加強工安宣導(如危害因素告知、職業安全紀律承諾等)，落實執行各項工安措施。	**遵照辦理。**
(六)	有關 105 年期中會議討論事項，請於報告中補充，無法納入報告部分請於定稿本提交時提出對照表予以說明。	**遵照辦理。**
(七)	各與會單位若有新增書面意見，請於 9 月 29 日前送環保處彙整，俾利報告修訂。 105 年期中報告之意見及建議事項： (七-1) P.IV、V 原文：漂流浮標圖；圖上之文字不完整，請再修正。 (七-2) P.VI、2-17、2-38 原文：溫度「異常」值分析，建議修改名稱避免造成溫度有異常之誤會。 (七-3) P.5-20 原文：探討受溫排水影響區(測站 3、4、5)與未影響區之間(測站 1、2)魚類群聚組成變化；由海潮流子計畫可知，漲退潮時海流方向完全相反，請確認受溫排水影響及未影響之測站是否會因此而有所不同。	**1) 已修正。** **2) 已修改為「距平值」。** **3) 子計畫 5 答覆：本計畫珊瑚礁魚類相調查測站係參照海潮流調查 (子計畫 1) 結果後設置，歷年計畫區附近海潮流調查資料顯示，溫排水擴散舌在漲潮時段往西南擴散、退潮時段往北北東方向擴散，因此，本研究設置之未影響區 (測站 1、2) 在漲退潮時均不在溫排水影響範圍內。**
(八)	本公司各單位所提意見，請南核案研究團隊參考修訂。	**遵照辦理。**

本紀錄不另行文
有關貴管事項請查照惠辦

「核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」105 年期末工作檢討會會議紀錄

一、時間：106 年 3 月 7 日上午 9 時 30 分

二、地點：台電大樓 1304 會議室

三、主席：蔡處長顯修(溫副處長桓正代)

四、出席單位及人員：詳簽名單

五、主席報告：(略)　　記錄：吳怡虹

六、國立臺灣海洋大學簡報「北部各核能電廠附近海域之生態調查」（簡稱北核案）之調查研究成果；國立中山大學簡報「第三核能發電廠及蘭貯存場附近海域之生態調查」（簡稱南核案）之調查研究成果：(略)

七、討論與決議事項：

(一) 有關採樣時之潮汐及潮位應會影響物化因子與生物因子之分析結果，建議採樣時儘量固定採樣之潮時，若有困難請於報告統計分析時將潮汐影響納入檢討。

(二) 調查研究數據之可靠性均已符合需求，惟文章撰述宜更簡潔，其中南核案報告對於各子計畫之研究成果除增加生態模式模擬外，亦增加綜合討論章節，有利研讀，建議北核案之報告比照此模式增加綜合討論章節，另請考量進行生態模式(結構方程式)模擬分析之可行性。

(三) 有關各子計畫之統計分析性，對於其隨機性及重複性分析、實驗組及控制組之分析比對、迴歸分析(線性、非線性、one-way or two-way ANOVA 分析、單變異或多變異數分析等)及 R^2 之運用等，應考量統計方式之適用性，並確認分析方式及分析因子之正確性，俾利找出環境因子變動對生態因子變動之相關性。

(四) 有關南核案對於南灣之物理因子變動探討，建議未來於冬季應考量落山風之效應。

(五) 有關核一、二之進、出水口附近動、植物性浮游生物遠低於外圍區域，建議於報告中討論其原因，另冬季黑潮之影響程度亦建請予以探討。

(六) 北核案沉積物調查資料顯示 94 年起其有機質及細泥含量明顯下降，應分析並述明其可能原因。

(七) 與會專家及各單位所提意見，請北核案及南核案研究團隊參考修訂。(與會專家書面意見於會後另送各研究團隊參酌辦理)

(八) 各與會單位若有新增書面意見，請於 106 年 3 月 20 日前送環保處彙整，俾利報告修訂。

八、散會(12 時 25 分)。

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」

105 年期末報告書面意見表

委員姓名：許建宗

書面意見：

1. 本調查計畫將來採用固定測站、調查時間做調查、資料整頓、採用採樣方法合理、數據值得參考。

2. 海流和水文資訊在綜合討論提供可用和合適的數據、資料的圖表呈現也合適。

3. 植物性和動物性浮游生物調查部份，做了採樣、敏速統計和推論統計，唯
   (1) 在密度和豐度間各詞的使用應精準使用。
   (2) 取樣前，除固定測站外，應做可做和合乎推論統計的試驗設計，如隨機設應和重複數。(因測站有實驗組、控制組和擴散組)
   (3) 相關圖中，累計直方圖(或直方圖，圖3-2至圖3-49)可否考量折線圖？或 Box plot？
   (4) ANOSIM 檢驗分群後之 Global R
   (5) 群聚分析中，沒有做歧異度、豐富度、均勻度？且未使用外群(outgroup)會不會影響到分析結果。

4. 底棲生物和重類部份和上3.同意見，推論中有否差異，應做統計檢定。

5. 綜合討論
   (1) 圖6.2.1說到溫度和 chla，並沒有如內文中之溫度！(P.6-3之3.2節)
   (2) 直線迴歸不成立並不表示變數間沒有關係，變數間的關係可能是曲線或其他關係，且若生板試驗，有如昆蟲產卵現象，可能有其他的分佈
   (3) P.6-6之3.4節之 R^2，並無法知道是正或負相關，只能了解使用的獨立變數只能解釋應變數的百分比，如結果之決定係數(R^2)只能說明3-4%，則推論似乎意義不大。
   (4) 群聚分析(表6-5-2)應顯示特徵值的顯著性測驗)
   (5) 表6-3-1之相關分析，請釐清是 Spearman Correlation Coefficient 或 Pearson's Correlation Coefficient。
   (6) 優勢種應先檢定各季間、或年間或區域間之組成相關性，可用 Spearman Rank test 做兩兩比較，或 Kruskal-Wallis Rank test。

(詳後頁)

(7) 图6-4-1的意義，獨立密數和依密數之單位，和異常值的處理。百分率的迴歸，宜用logistic regression或做變數的轉換。

(8) 生態系實証模式分析可以做為核一、二之參考。

6. 蘭嶼貝等存場海域調查報告(欽)。

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」

105 年期末報告書面意見表

委員姓名：陳仲吉

書面意見：

一、104 第一及 105 第二次採樣結果，且低溫高鹽及 NO_3，建議應有湧升水之結果，建議可再參考採樣之潮汐等驗正之，若果，宜考慮固定採樣之潮時。

二、有關植溪之沉澱法及濃縮法結果不盡相同，建議宜探討可能之原因。說明

三、105 年第一次出水口輻孔珊瑚生長較入水口佳，此有可能因冬季溫度較低，故出水口之較佳溫度，有利生長。

四、有關底棲之覆蓋率呈現方法，所得並非 100%，宜說明相關覆蓋率呈現之方式。

五、有關核三生態交動模式，其中 Nutriet 對魚類群聚有負向，而基礎生產力有正向，宜說明原因另外有關魚類群聚若有應與底棲初級生產力較有相關，宜考慮將此參數納入考量。

六、冬季時落山風之強弱，對南灣之水文資料，亦可能有相當影響，建議宜納入相關資料之分析。

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」

105 年期末報告書面意見表

委員姓名： 張尊國

書面意見：

一、核电廠運營对海域產生的影响，是否已經可由所建立的長期資料，分析那些因子是可查覺有影响，那些是無影响，在有影响因子中，那些是不良影响。

二、核三廠出水口处沉積物增加的原因何在？監測数据的如何解讀，如是由大環境條件(聖嬰、颱風)或非核电廠造成如附近河流。

三、監排水所得出之影响，是否亦对火力电廠能有同樣的啓示，而管理策略精進有助益。

四、对民家教育而解疑，是否有很精要易懂的溝通方法。

附錄 B-12B：「核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」 105 年期末工作檢討會會議紀錄 (會議日期：106 年 3 月 7 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(一)	有關採樣時之潮汐及潮位應會影響物化因子與生物因子之分析結果，建議採樣時儘量固定採樣之潮時，若有困難請於報告統計分析時將潮汐影響納入檢討。	**因採樣站數多，且因海象及航行距離的關係，不可能在固定潮時採樣，因此已標示採樣時的潮時、潮高，以便了解採樣與潮汐間之可能關聯 (如表 2-1)。**
(二)	調查研究數據之可靠性均已符合需求，惟文章撰述宜更簡潔，其中南核案報告對於各子計畫之研究成果除增加生態模式模擬外，亦增加綜合討論章節，有利研讀，建議北核案之報告比照此模式增加綜合討論章節，另請考量進行生態模式(結構方程式)模擬分析之可行性。	**1) 敬悉。** **2) 子計畫 3 回覆：感謝委員的意見，會朝此目標努力。**
(三)	有關各子計畫之統計分析性，對於其隨機性及重複性分析、實驗組及控制組之分析比對、迴歸分析(線性、非線性、one-way or two-way ANOVA 分析、單變異或多變異數分析等)及 R^2 之運用等，應考量統計方式之適用性，並確認分析方式及分析因子之正確性，俾利找出環境因子變動對生態因子變動之相關性。	**1) 子計畫 3 回覆：感謝委員的寶貴意見，會努力加強此方面的統計分析。** **2) 子計畫 4 回覆：遵照辦理。** **3) 子計畫 5 回覆:遵照委員意見辦理。**
(四)	有關南核案對於南灣之物理因子變動探討，建議未來於冬季應考量落山風之效應。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 3 回覆：遵照辦理。** **3) 子計畫 4 回覆：遵照辦理。** **4) 子計畫 5 回覆:遵照委員意見辦理。**
(五)	有關核一、二之進、出水口附近動、植物性浮游生物遠低於外圍區域，建議於報告中討論其原因，另冬季黑潮之影響程度亦建請予以探討。	**與南核計畫無關。**
(六)	北核案沉積物調查資料顯示 94 年起其有機質及細泥含量明顯下降，應分析並述明其可能原因。	**與南核計畫無關。**
(七)	與會專家及各單位所提意見，請北核案及南核案研究團隊參考修訂 **(與會專家書面意見於會後另送各研究團隊參酌辦理)** 。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 4 回覆：詳見後段的對照表說明。** **3) 子計畫 5 回覆:遵照委員意見辦理。**
(八)	各與會單位若有新增書面意見，請於 106 年 3 月 20 日前送環保處彙整，俾利報告修訂。	**敬悉。**

續附錄 B-12B：「核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末工作檢討會會議紀錄
(會議日期：106 年 3 月 7 日)

與會專家書面意見

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末報告書面意見表

A.委員姓名：許建宗

書面意見：	回覆欄
1.本調查計畫多年來採用固定測站、調查時間做調查、資料整頓、採用採樣方法合理、數據值得參考。	敬悉。
2.海流和水文資訊在綜合討論提供可用和合適的數據、資料的圖表呈現也合適。	敬悉。
3.植物性和動物性浮游生物調查部份，做了採樣、鑑定統計和推論統計，唯 (1)在密度和豐度間各詞的使用，應精準使用。 (2)取樣前，除固定測站外，應做可做和合乎推論統計的試驗設計，如隨機設應和全複數，因測站可實驗組、控制組和擴散組) (3)相關圖中，累計直方圖(或直方圖，圖3-2至圖3-49)可否考量折線圖？或Box Plot？ (4) ANOSIM 核驗分群後之 Global R (5)群聚分析中，沒有做歧異度、豐富度、均勻度？且未使用外群(outgroup)會不會影響到分析結果。	子計畫 3 回覆： (1) 敬悉。 (2) 敬悉。 (3) 感謝委員意見，將精簡修改圖表於 106 年度的書面報告中呈現。 (4) 感謝委員意見，已修正顯著水準之標示。 (5) 浮游生物的歧異度和均勻度指數等詳見書面報告中的表 3-1~32，未來將加入文字敘述。多尺度群聚分析中並無外群 (outgroup)的使用。
4.底棲物和魚類部份和上3.同意見，推論中有正差異，應做統計檢定。	子計畫 4 回覆：遵照辦理。

「核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末工作檢討會會議紀錄
(會議日期：106 年 3 月 7 日)

與會專家書面意見

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末報告書面意見表

A.委員姓名：許建壽

書面意見：	回覆欄
5. 綜合討論 (1) 圖 6-2-1 談到溫度和 chl-a 並沒有如內文中之描述！(P.6-3 2.3.2 節) (2) 直線迴歸不顯著不表示變數間沒有關係，變數間的關係可能是曲線或其他關係，但要作假設驗證，例如是橢圓函數關係，可能有無效的分佈 (3) P.6-6 之 3.4 節之 R^2，並未作知適度正或負相關，忽視了評估用的預定變數只能解釋應變數的百分比，如結果之決定係數 (R^2) 只能說明 3-4%，則推論似乎意義不大。 (4) 群聚分析 (表 6-5-2) 應最多次方，將分級值的統計性測驗。 (5) 表 6-3-1 之相關分析，請整清是 Spearman Correlation Coefficient 或 Pearson's Correlation Coefficient。 (6) 優勢種應先檢定各季間、或年間或區域間之組成相關性，可用 Spearman Rank Test 似兩兩比較或 Kruskal-Wallis Rank Test。 (7) 圖 6-4-1 的意義，橫座標和依變數之單位，和其常態的處理。百分率的迴歸，宜用 Logistic Regression 或做變數的轉換。 (8) 生態參數驗證分析可以做為模一、二之參考。	(1) 子計畫 2 回覆：已修正。 (2) 子計畫 4 回覆：遵照辦理。 (3) 子計畫 4 回覆：已修正。 (4) 子計畫 5 回覆：遵照委員意見，於表 6-5-2 因素分析下加註 KMO (Kaiser- Meyer-Olkin) (Kaiser, 1947)；Bartle's 球形檢定達顯著水準 $p<0.001$ 及補充相關分析找出變數間是否具線性相關，作為修正模型的參照依據(表 6-5-3)。 (5) 子計畫 3 回覆：表 6-3-1 為 Spearman correlation coefficient，未來將遵照委員意見改以較嚴謹的 Pearson correlation coefficient 進行分析。 (6) 子計畫 3 回覆：感謝委員的寶貴意見，會努力加強此方面的統計分析。 (7) 子計畫 4 回覆：圖 6-4-1 至 6-4-15 之意義為了解依變數及應變數之分散狀況，以便確認其相關性及迴歸模型之選用，也再度確認百分率之應變數符合常態分布的檢定，故適用線性迴歸。 (8) 敬悉。
6. 蘭嶼貯存場海域調查報告(缺)。	子計畫 2 回覆： 請見 2-65 至 2-83 頁。

續附錄 B-12B：「核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末工作檢討會會議紀錄
(會議日期：106 年 3 月 7 日)

與會專家書面意見

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末報告書面意見表

B.委員姓名：陳仲吉

書面意見：	回覆欄
一、104 第一及 105 第二次採樣結果，且低溫高鹽及 NO3，建議應有湧升水之結果，建議可再參考採樣之潮汐等驗正之，若果，宜考慮固定採樣之潮時。	**因採樣站數多，且因海象及航行距離的關係，不可能在固定潮時採樣，因此已標示採樣時的潮時、潮高，以便了解採樣與潮汐間之可能關聯 (如表 2-1)。**
二、有關植藻之沉澱法及濃縮法，結果不盡相同，建議宜探討說明可能之原因。	**子計畫 3 回覆：感謝委員意見，兩種分析方法之採樣方式略有不同，因濃縮過濾法是以 55μm 濾網過濾 20 公升海水，收集直徑較大的藻種，而沉澱法則是較少水體積中的全部大小藻種(如報告書第 3-4 頁，第 3~4 段說明)，因此單次採樣兩種方法結果會稍有不同，但是長期密度的變化趨勢是相似的。**
三、105 年第一次出水口輻孔珊瑚生長較入水口佳，此能不能因冬季溫度較低，故出水口之較佳溫度，有利生長。	**子計畫 4 回覆：未來將加入此可能因子於討論之中，由於出水口 101 年第 4 次改珊瑚架放置位置至今，僅於 105 年第 1 次的珊瑚生長高於入水口之 1 筆紀錄，仍需繼續觀察驗證。**
四、有關底棲之覆蓋率呈現方法，所得並非 100%，宜說明相關覆蓋率呈現之方式。	**子計畫 4 回覆：由於珊瑚礁為立體空間，藻類、珊瑚、海綿及海葵等可能會有疊層之現象，故覆蓋率會出現大於 100%；未來亦將加強採樣方法之說明。**

續附錄 B-12B：「核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末工作檢討會會議紀錄
(會議日期：106 年 3 月 7 日)

與會專家書面意見

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末報告書面意見表

B.委員姓名：陳仲吉

書面意見：	回覆欄
2. 有關核三生態變動模式其中 Nutriet 對魚類群聚有負向，而基礎生產力有正向，宜說明原因另外有關魚類群聚若有應與底棲初級生產力較有相關，宜考慮將此參數納入考量。	**子計畫 5 回覆：由於亞硝酸鹽是氨轉化為硝酸鹽過程中的中間產物，低濃度的亞硝酸鹽即會對魚類產生危害，因此模式指出營養鹽對魚類群聚產生負相關，係因魚類會對不喜歡的環境產生避離；基礎生產力增加對魚類群聚為正相關，模式顯示基礎生產力和動浮為正相關，而基礎生產力及動浮和魚類間皆呈現正相關，顯示不同物種間食物鏈的關係。關於底棲的初級生產力與魚類群聚的關係，將考量資料庫的相容性及可利用性後，納入新年度執行的項目。**
3. 冬季時落山風之強弱，對有關之水文資料，亦可能有相當影響，建議宜納入相關資料之分析。	**1) 遵照辦理。** **2) 子計畫 4 回覆：將來會納入考量之中。**

續附錄 B-12B：「核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末工作檢討會會議紀錄
(會議日期：106 年 3 月 7 日)

與會專家書面意見

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末報告書面意見表

C. 委員姓名：張尊國

書面意見：	回覆欄
一、核电廠運營对海域產生的影响，是否已經可由所建立的長期資料，分析那些因子是可查覺有影响，那些是無影响，在有影响因子中，那些是不良影响。	**1) 子計畫 3 回覆：核三廠附近海域浮游生物的豐度變動與溫排水的關聯並不明顯，反而與多項延遲 1-3 季不等的全球氣候指數有顯著相關性。因此本海域浮游生物的豐度變化與大尺度的氣候變遷有較密切的關連。** **2) 子計畫 4 回覆：目前確定溫排水對出水口之影響深度 (5 公尺以淺)，水溫長期較深處 (8 公尺以深)為高，故著生生物以多毛蟲為主，常於春季著生量較深處 (8 公尺以深)為高。水溫不同造成著生生物的種類和數量會有差異，若以有改變就是不良的基準評斷，是有不良影響，但影響範圍很小。** **3) 子計畫 5 回覆：參照水文因子、浮游生物及本計畫的調查結果，本研究利用結構方程式建構第三核能發電廠附近海域生態變動模式，量化了環境變動對當地海域生物的影響，然由萃取的變項中並未發現自 89 年 7 月至 105 年 5 月水質變動中核電廠運轉時產生的溫排水對當地環境造成顯著性的影響。**

「核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末工作檢討會會議紀錄
(會議日期：106 年 3 月 7 日)

與會專家書面意見

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
105 年期末報告書面意見表

C. 委員姓名：張尊國

書面意見：	回覆欄
二、核三廠出水口處泥積物增加的原因何在？監測數據的如何解讀，如是由大環境條件(颱風)或非核電廠造成如附近河流。	**子計畫 4 回覆：說明詳見報告書第 4-28 頁第 20 行，從結果颱風季及非颱風季之季節間差異，推測颱風是會增加沉積物，而出水口沉積物年間的增減變化，莊及江(2002)研究提出的推測為南灣近岸海域沙泥沉積是由潮殘餘流由東向西的恒常運移作用所導致，與近岸海域的海流及潮流輸沙量有關。**
三、溫排水所得出之影響，是否和對火力電廠就有同樣的警示，而管理策略精進有助益。	**敬悉。**
四、對民眾教育部分，是否有很精要易懂的溝通方法。	**本報告之工作背景 (I, II 頁)及精簡研究成果(III – XVIII)即朝此方向努力。**

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
106 年期中工作檢討會會議紀錄

一、時間：106 年 10 月 20 日上午 10 時 00 分

二、地點：台電大樓 1308 會議室

三、主席：溫副處長桓正　　記錄：吳怡虹

四、出席單位及人員：詳簽名單

五、主席報告：(略)

六、國立中山大學簡報「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」（簡稱南核案）之調查研究成果：(略)

七、討論與決議事項：

(一) 請研究團隊參考核一、二廠海潮流調查成果，比較核三廠與核一、二廠溫排水擴散情形之差異。

(二) 請核能後端營運處協助確認今年度蘭嶼貯存場排水口之排水狀況，以利了解其對海域環境之影響。

(三) 南核案之網站內容及調查資料，未來可考量與北部各核能發電廠生態調查計畫案之網站進行整合，以利調查結果之相互比較及分析。

(四) 有關入水口珊瑚白化比例較出水口高之可能原因，請研究團隊於報告中補充說明。

(五) 請南核案研究團隊主持人及各子計畫負責人轉知助理、學生及相關作業人等至現場工作或進行採樣作業前務必與各現場單位窗口聯繫，進入廠區必須遵照核能電廠之相關管制規定，確實換證刷卡。執行出海及水下作業之工作人員需確實接受相關訓練後才可執行該工作，並執行現場調查監測工作時，應加強工安宣導(如危害因素告知、職業安全紀律承諾等)，落實執行各項工安措施。

(六) 各與會單位若有新增書面意見，請於 10 月 31 日前送環保處彙整，俾利報告修訂。

(七) 本公司各單位所提意見，請南核案研究團隊參考修訂。

八、散會(12 時 10 分)。

「第三核能發電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」

106 年期中工作檢討會出席人員簽名冊

主辦單位：環境保護處

時　間	106 年 10 月 20 日(星期五)上午 10 時 0 分	地　點	台電大樓 1308 會議室
主持人	温副處長桓正	紀　錄	吳怡虹

	單　位	職　稱	簽　名（請以正楷書寫，以利辨識）	備　註
出席人員	行政院原子能委員會			
		技士	鄭三平	
	行政院環境保護署			
	國立中山大學	教授	陳鎮東	
		教授	劉烈蓮	
		助理	王冰潔	
		助理	吳靖強	
		助理	黃修儀	
		助理	陳姿君	

	單位	職稱	簽名（請以正楷書寫，以利辨識）	備註
出席人員	高雄海洋科技大學	教授	黃肇富	
		助理	許碧瑜	
	國立臺灣大學	副教授	楊錦堅	
	綜合研究所	研究員	陳雲平	
	核能發電處	專員	張芸瑄	
	核能後端營運處	專員	林建平	
	第三核能發電廠	環化經理	張哲峰	

	單　　位	職　　稱	簽　　名 （請以正楷書寫，以利辦識）	備　　註
出	環境保護處			
		組長	江宗元	
			張金共	
席			謝昕曙	
			吳怡虹	
人				
員				

附件 B-13B：「核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」
106 年期中工作檢討會之回覆意見對照表

「核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態調查」 106 年期中工作檢討會會議紀錄 (會議日期：106 年 10 月 20 日)		
項	會議紀錄之「七、討論與決議事項」	回覆欄
(一)	請研究團隊參考核一、二廠海潮流調查成果，比較核三廠與核一、二廠溫排水擴散情形之差異。	**各核能電廠海域受潮流和長期流動洋流的影響皆不同，溫排水擴散情形亦不一而同。本計畫的鹽溫深和海流調查的時間和空間解析度及測站密度，足以觀測到核三廠溫排水在不同潮時的三度空間擴散範圍，且皆與海流觀測結果一致。至於核一、二廠的海潮流調查似乎未見如本計畫規劃的溫排水口附近方圓 1-2 公里內之高解析度鹽溫深觀測，因此從該計畫難以一窺溫排水在不同潮時的三度空間分布精細結構。若貴公司能提供北核團隊與本計畫之子計畫一相同規格的核一、二廠溫排水鹽溫深及海流調查結果，子計畫一願依本項決議協助分析核一、二廠的溫排水擴散情形，並與核三廠溫排水擴散的時空變化做全面性的比較。**
(二)	請核能後端營運處協助確認今年度蘭嶼貯存場排水口之排水狀況，以利了解其對海域環境之影響。	**敬悉。**
(三)	南核案之網站內容及調查資料，未來可考量與北部各核能發電廠生態調查計畫案之網站進行整合，以利調查結果之相互比較及分析。	**敬悉。**
(四)	有關入水口珊瑚白化比例較出水口高之可能原因，請研究團隊於報告書定稿中補充說明。	**1) 遵照辦理，已於定稿本中補充說明。** **2) 詳見定稿本 4-26 頁第 2 段，入水口灣內平均白化率皆較出水口為高，與珊瑚種類組成有關，入水口灣內多為枝狀的軸孔珊瑚，而出水口主要為團塊及平鋪狀珊瑚，生長較快的枝狀珊瑚種類如軸孔珊瑚及鹿角珊瑚，對溫度變化敏感，易白化且死亡率高；團塊狀珊瑚種類如微孔珊瑚及菊珊瑚，較慢白化且維持時間較久，死亡率比入水口枝狀珊瑚低。**
(五)	請南核案研究團隊主持人及各子計畫負責人轉知助理、學生及相關作業人等至現場工作或進行採樣作業前務必與各現場單位窗口聯繫，進入廠區必須遵照核能電廠之相關管制規定，確實換證刷卡。執行出海及水下作業之工作人員需確實接受相關訓練後才可執行該工作，並執行現場調查監測工作時，應加強工安宣導(如危害因素告知、職業安全紀律承諾等)，落實執行各項工安措施。	**1) 遵照辦理。** **2) 已於歷次會議及人員教育訓練中，加強工安宣導，人員出差前亦要求務必遵守及符合職業安全衛生相關法令規範。**
(六)	各與會單位若有新增書面意見，請於 10 月 31 日前送環保處彙整，俾利報告修訂。	**敬悉。**
(七)	本公司各單位所提意見，請南核案研究團隊參考修訂。	**遵照辦理。**

附錄 C：

核能電廠及蘭嶼附近海域生態調查計畫之放射性物質調查(106 年期中報告定稿本)

(契約編號：0560500007)

<南部核能設施>

委託單位：台灣電力股份有限公司

執行單位：國立清華大學

中華民國 106 年 8 月

說明：
依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

目錄(第七章)

第一節 監測執行之意義與目的---------- 7-1
第二節 材料與方法---------- 7-2
第三節 調查結果---------- 7-3
第四節 綜合討論---------- 7-4

表目錄

表 7-1 核設施海域試樣放射性核種監測頻率與件數(南部核能設施) ---- 7-5
表 7-2 海域環境試樣放射性核種分析方法簡表 ---------- 7-6
表 7-3 放射性核種加馬能譜核種分析資料 ---------- 7-7
表 7-4 環境試樣放射性分析之預警基準 ---------- 7-8
表 7-5 岸砂試樣加馬核種分析表(105 年第 1 季)---------- 7-9
表 7-6 岸砂試樣加馬核種分析表(105 年第 2 季)---------- 7-10
表 7-7 岸砂試樣加馬核種分析表(105 年第 3 季)---------- 7-11
表 7-8 岸砂試樣加馬核種分析表(105 年第 4 季)---------- 7-12
表 7-9 岸砂試樣加馬核種分析表(106 年第 1 季)---------- 7-13
表 7-10 岸砂試樣加馬核種分析表(106 年第 2 季)---------- 7-14
表 7-11 海底沉積物試樣加馬核種分析表(105 年第 1 季)---------- 7-15
表 7-12 海底沉積物試樣加馬核種分析表(105 年第 2 季)---------- 7-15
表 7-13 海底沉積物試樣加馬核種分析表(105 年第 3 季)---------- 7-16
表 7-14 海底沉積物試樣加馬核種分析表(105 年第 4 季)---------- 7-16
表 7-15 海底沉積物試樣加馬核種分析表(106 年上半年)---------- 7-17
表 7-16 海水試樣加馬核種分析表(105 年第 1 季)---------- 7-18
表 7-17 海水試樣加馬核種分析表(105 年第 2 季)---------- 7-19
表 7-18 海水試樣加馬核種分析表(105 年第 3 季)---------- 7-20
表 7-19 海水試樣加馬核種分析表(105 年第 4 季)---------- 7-21
表 7-20 海水試樣加馬核種分析表(106 年第 1 季)---------- 7-22

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-21 海水試樣加馬核種分析表(106 年第 2 季)---------- 7-23
表 7-22 藻苔試樣加馬核種分析表(105 年第 1 季)---------- 7-24
表 7-23 藻苔試樣加馬核種分析表(105 年第 2 季)---------- 7-24
表 7-24 藻苔試樣加馬核種分析表(105 年第 3 季)---------- 7-25
表 7-25 藻苔試樣加馬核種分析表(105 年第 4 季)---------- 7-25
表 7-26 藻苔試樣加馬核種分析表(106 年第 1 季)---------- 7-26
表 7-27 藻苔試樣加馬核種分析表(106 年第 2 季)---------- 7-26
表 7-28 海魚試樣加馬核種分析表(105 年第 1 季)---------- 7-27
表 7-29 海魚試樣加馬核種分析表(105 年第 2 季)---------- 7-27
表 7-30 海魚試樣加馬核種分析表(105 年第 3 季)---------- 7-28
表 7-31 海魚試樣加馬核種分析表(105 年第 4 季)---------- 7-28
表 7-32 海魚試樣加馬核種分析表(106 年第 1 季)---------- 7-29
表 7-33 海魚試樣加馬核種分析表(106 年第 2 季)---------- 7-29
表 7-34 植物(草)試樣加馬核種分析表(105 年第 1 季)---------- 7-30
表 7-35 植物(草)試樣加馬核種分析表(105 年第 2 季)---------- 7-30
表 7-36 植物(草)試樣加馬核種分析表(105 年第 3 季)---------- 7-30
表 7-37 植物(草)試樣加馬核種分析表(105 年第 4 季)---------- 7-30
表 7-38 植物(草)試樣加馬核種分析表(106 年第 1 季)---------- 7-31
表 7-39 植物(草)試樣加馬核種分析表(106 年第 2 季)---------- 7-31
表 7-40 天然放射性核種於各類試樣中的分佈(105 年)---------- 7-32
表 7-41 天然放射性核種於各類試樣中的分佈(106 年上半年)---------- 7-32
表 7-42 人工放射性核種於各類試樣中的分佈(105 年)---------- 7-33
表 7-43 人工放射性核種於各類試樣中的分佈(106 年上半年)---------- 7-33

附件

附件 7-1 海域環境採樣地點描述 ---------- 7-34
附件 7-2 海域環境採樣地點圖示 ---------- 7-37
附件 7-3 環境試樣加馬能譜計測最小可測量值（南部） ---------- 7-39

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

第七章
放射性物質監測

第一節　監測執行之意義與目的

為瞭解南北部核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域之生態環境是否受到電廠運轉衝擊，包括溫排水影響範圍內、外生物因子變化調查，並分析環境因子之變動對生物之影響，期使核能發電廠及蘭嶼貯存場之營運對環境之衝擊減至最低的程度，而此項作業必須長時期研究才能瞭解。行政院原子能委員會有鑑於此，於民國68年7月開始委託中央研究院國際環境科學委員會進行台灣南部核能電廠附近之長期性生態環境調查。並自民國85年7月起將核能一、二、三廠及蘭嶼附近海域之生態環境調查交由台灣電力公司辦理。

由於放射性物質調查為評估核電廠及蘭嶼貯存場之運作對其周遭環境的影響所不可或缺的、也是最直接的工作；其目的為偵測核能設施所釋出放射性物質種類，及瞭解環境試樣中的放射活度是否符合行政院原子能委員會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。在偵測出人工核種活度有異常上升時，應立即提報，尋找原因，謀求解決之道。當輻射強度可能有安全疑慮時，應即依行動基準提出預警，依循因應措施行事。本計畫乃受台電公司的委託，對於所屬各核子設施海域進行海域環境試樣放射性核種分析，藉此平行監測，觀察因核子設施外釋放射性物質對海域環境的影響。選擇代表性海域環境試樣如岸砂、海底沉積物、海水、藻苔類，海魚與鄰海植物等試樣進行加馬能譜分析，針對主要人為放射性核種如^{137}Cs、^{60}Co等，視為長期觀測的對象，藉此判斷海域放射性核種的變化趨勢。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

第二節　材料與方法

一、調查範圍

1. 核三廠部份：著重於出、入水口周圍的監測，包括海水、岸砂、海底沉積物、海藻與魚類採樣，再進行放射性核種加馬能譜分析。
2. 蘭嶼貯存場部份：著重於蘭嶼本島的東南部，即貯存場周圍的監測。選取環境樣品中的岸砂、海藻、陸域植物(草樣)及魚類樣品，再進行放射性核種加馬能譜分析。

二、採樣地點與監測件次

1. 各核能設施海域環境採樣地點描述如附件7-1。
2. 各核能設施海域環境地點圖示如附件7-2。
3. 各核能設施的海域試樣於105年的監測件次彙整於表7-1。

三、分析項目與方法

各類海域環境試樣的分析項目與方法列於表7-2。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系列，與^{232}Th系列)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射線能量則列於表7-3。

四、環境試樣最小可測值要求

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：

$$MDA = \frac{4.65 \times B^{1/2} + 3}{60 \times E \times R \times V \times T} \quad 單位 = Bq/L 或 Bq/kg \qquad [1]$$

T：適當之空白試樣計數時間(分)。

B：適當之空白試樣的計數值，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（MDA）列於附件7-3。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

五、法規依據

1. 試樣分析最小可測量(MDA)依「環境輻射監測規範」所訂之紀錄基準值。
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(如表7-4所列)，則立即知會台電公司。

第三節　調查結果

各類試樣分析結果

1. 各核能設施岸砂試樣核種分析結果列於表 7-9～7-10。主要測得天然放射性核 ^{7}Be、^{40}K、^{232}Th與^{238}U等，僅於核三廠 SS35 試樣測得微量人工放射性核種^{137}Cs，其最高值為 0.7 貝克/公斤・乾重，遠低於調查基準 20 貝克/公斤・乾重。
2. 各核能設施海底沉積物試樣分析結果列於表 7-15。主要測得天然放射性核種 ^{7}Be、^{40}K、^{232}Th與^{238}U等，未測得人工放射性核種。
3. 各核能設施海水試樣核種分析結果列於表 7-20～7-21。均測得天然放射性核種^{40}K，未測得人工放射性核種。
4. 各核能設施藻苔類試樣核種分析結果列於表 7-26～7-27。主要測得天然放射性核種 ^{7}Be與^{40}K，未測得人工放射性核種。
5. 各核能設施海魚試樣核種分析結果列於表 7-32～7-33。均測得天然放射性核種^{40}K，未測得人工放射性核種。
6. 蘭嶼地區植物(草)試樣核種分析結果列於表 7-38～7-39。主要測得天然放射性核種 ^{7}Be與^{40}K，未測得人工放射性核種。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

第四節　綜合討論

一、天然放射性核種的探討

1. 各類試樣均含天然放射性核種，如 ^{7}Be、^{40}K、^{232}Th系與^{238}U系列核種，其活度分佈如表 7-41 所列。
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與^{238}U系列，另有 ^{7}Be其源自大氣的沉降。
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. 藻苔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，藻苔類亦測得 ^{7}Be，其源於大氣的沉降。
5. 植物(草)所含的天然放射性核種為 ^{7}Be與^{40}K，其中 ^{7}Be源自於大氣的沉降，而^{40}K則由土壤中吸收。

二、人工放射性核種的探討

1. 茲將各類試樣所測得之人工放射性核種的活度分佈列於表 7-43。
2. 大多數試樣未測得人工放射性核種，僅於岸沙試樣測得微量^{137}Cs，惟其測值均遠低於調查基準。

三、結論

1. 本年度(106 年)上半年執行南部核能設施海域環境放射性物質調查，進行岸砂、海底沉積物、海水、海藻、海魚與植物的採樣與核種分析，共計 68 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與^{238}U，僅於岸沙試樣測得人工放射性核種^{137}Cs，其活度遠低於原子能委員會「環境輻射監測規範」所訂之調查基準值。
3. 運轉中的各核設施分析結果相較於背景試樣，如未運轉的龍門廠海域環境試樣，並未有明顯的差異。
4. 海域環境試樣中測得之微量人工核種^{137}Cs，其多源自於過往全球核試爆之落塵所致。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

四、參考文獻

1. 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 日行政院原子能委員會修正。
2. 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。

表 7-1 核能設施海域試樣放射性核種監測頻率與件數（南部核能設施）

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	藻苔類	海魚	植物（草）	
核三廠							
106_第一季	5	2	5	3	2	/	32
106_第二季	5		5	3	2	/	
蘭嶼貯存場							
106_第一季	6	4	4	2	2	2	36
106_第二季	6		4	2	2	2	
總件次							68

註 1：“/”代表未規劃採樣。

註 2：比照現行核能發電廠環測採樣規畫，自 106 年起「海底沉積物」採樣頻率更改為每半年取樣分析一次（已於 105 年 9 月陳報主管機關並經同意）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-2 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。
藻苔類	加馬核種	烘乾灰化後裝罐，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。
植物(草)	加馬核種	烘乾灰化後裝罐，以純鍺加馬能譜分析系統計測。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-3 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	
^{212}Pb		238.6	43.3	
^{212}Bi		727.3	6.58	
^{208}Tl		583.2	86	註 2
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	99.9	活化產物
		1332	100	
^{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系列達成平衡時，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系列達成平衡時，依加馬能譜測量^{208}Tl核種以代表該系列活度。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-4 環境試樣放射性分析之預警措施基準

試樣 / 預警基準 / 核種	水 (貝克/升)		空氣 (毫貝克/立方公尺)		農魚產品 (貝克/仟克・鮮重)		蔬菜/草樣 (貝克/仟克・鮮重)		牛奶 (貝克/升)		沉積物 (貝克/仟克・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
銫(Cs)-137	0.4	2	0.6	740	0.3	74	0.5	74	0.4	3	3	740
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/仟克·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。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-5 岸砂試樣加馬核種分析表（105 年第 1 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤‧乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SS31	核三出水口(右堤)	—	—	—	—	32±4	—	4.3±0.6
SS32	核三出水口(南側)	—	—	—	—	21±4	—	5.2±0.6
SS33	南灣	—	—	—	—	46±4	—	1.7±0.5
SS34	核三入水口	—	—	—	—	29±3	1.7±0.5	2.7±0.5
SS35	潭子灣	—	—	—	—	124±7	4.5±0.9	4.8±0.6
SS51	蘭嶼礁岸(南側)	48±3	—	—	0.4±0.1	33±3	2.0±0.5	1.7±0.4
SS52	蘭嶼礁岸(北側)	41±3	—	—	—	26±3	2.1±0.5	2.0±0.3
SS53	蘭嶼(野銀)	9.4±2	—	—	—	104±6	9.0±0.9	8.4±0.7
SS54	蘭嶼(東清)	14±2	—	—	—	149±7	7.8±0.8	6.5±0.7
SS55	蘭嶼(漁人)	8.3±3	—	—	—	84±5	11±0.9	9.3±0.7
SS56	蘭嶼(龍門港)	18±3	—	—	—	59±5	4.1±0.8	3.0±0.6

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-6 岸砂試樣加馬核種分析表（105 年第 2 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SS31	核三出水口(右堤)	—	—	—	—	27±3	1.5±0.6	3.8±0.5
SS32	核三出水口(南側)	6.2±2	—	—	—	27±4	—	5.7±0.6
SS33	南灣	—	—	—	—	66±4	2.8±0.6	3.8±0.5
SS34	核三入水口	—	—	—	—	31±3	3.0±0.5	3.4±0.5
SS35	潭子灣	—	—	—	0.7±0.2	121±6	2.7±0.7	3.0±0.5
SS51	蘭嶼礁岸(南側)	48±4	—	—	—	26±4	1.9±0.7	2.6±0.5
SS52	蘭嶼礁岸(北側)	61±4	—	—	0.8±0.2	41±4	2.8±0.6	3.8±0.6
SS53	蘭嶼(野銀)	16±3	—	—	—	86±5	10±1	9.7±0.8
SS54	蘭嶼(東清)	17±2	—	—	—	163±8	7.8±0.9	8.2±0.7
SS55	蘭嶼(漁人)	—	—	—	—	120±6	13±1	11±0.8
SS56	蘭嶼(龍門港)	18±3	—	—	—	52±5	4.4±0.8	4.9±0.6

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-7 岸砂試樣加馬核種分析表（105 年第 3 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SS31	核三出水口(右堤)	—	—	—	—	25±3	1.4±0.6	3.1±0.4
SS32	核三出水口(南側)	—	—	—	—	27±4	2.1±0.7	5.6±0.7
SS33	南灣	—	—	—	—	29±3	2.0±0.6	2.3±0.5
SS34	核三入水口	—	—	—	—	87±5	3.7±0.6	3.1±0.4
SS35	潭子灣	—	—	—	—	31±3	2.0±0.6	2.7±0.5
SS51	蘭嶼礁岸(南側)	9±2	—	—	—	31±4	2.5±0.7	3.8±0.7
SS52	蘭嶼礁岸(北側)	—	—	—	—	33±4	2.4±0.7	3.0±0.4
SS53	蘭嶼(野銀)	—	—	—	—	101±6	9.6±0.8	9.1±0.8
SS54	蘭嶼(東清)	—	—	—	—	146±7	8.4±0.9	6.2±0.6
SS55	蘭嶼(漁人)	—	—	—	—	120±6	15±1	10±0.7
SS56	蘭嶼(龍門港)	—	—	—	—	66±5	4.5±0.8	3.5±0.6

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-8 岸砂試樣加馬核種分析表（105 年第 4 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SS31	核三出水口(右堤)	—	—	—	—	31±4	2.2±0.6	1.8±0.6
SS32	核三出水口(南側)	—	—	—	—	24±3	—	2.2±0.5
SS33	南灣	—	—	—	—	77±5	4.4±0.7	5.5±0.6
SS34	核三入水口	—	—	—	—	37±3	—	2.0±0.5
SS35	潭子灣	—	—	—	—	100±6	2.9±0.6	1.2±0.4
SS51	蘭嶼礁岸(南側)	—	—	—	—	26±2	1.3±0.3	—
SS52	蘭嶼礁岸(北側)	—	—	—	—	30±3	—	1.0±0.3
SS53	蘭嶼(野銀)	—	—	—	—	82±5	9.9±0.8	5.5±0.6
SS54	蘭嶼(東清)	—	—	—	—	134±7	7.2±0.7	4.2±0.5
SS55	蘭嶼(漁人)	—	—	—	—	98±5	12±0.7	8.5±0.5
SS56	蘭嶼(龍門港)	—	—	—	—	49±3	2.2±0.5	1.5±0.3

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-9 岸砂試樣加馬核種分析表（106 年第 1 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SS31	核三出水口(右堤)	—	—	—	—	34±3	—	—
SS32	核三出水口(南側)	—	—	—	—	25±3	2.2±0.6	1.8±0.5
SS33	南灣	—	—	—	—	38±3	—	—
SS34	核三入水口	—	—	—	—	37±4	2.1±0.5	—
SS35	潭子灣	—	—	—	—	106±5	2.3±0.6	—
SS51	蘭嶼礁岸(南側)	30±3	—	—	—	36±4	1.9±0.6	—
SS52	蘭嶼礁岸(北側)	60±3	—	—	—	36±4	3.6±0.8	1.7±0.5
SS53	蘭嶼(野銀)	15±2	—	—	—	92±6	11±1	7.9±0.7
SS54	蘭嶼(東清)	9.9±1.4	—	—	—	168±6	9.8±0.9	5.1±0.6
SS55	蘭嶼(漁人)	16±2	—	—	—	125±6	14±1	10±1
SS56	蘭嶼(龍門港)	30±2	—	—	—	63±4	2.9±0.6	2.2±0.4

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-10 岸砂試樣加馬核種分析表（106 年第 2 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SS31	核三出水口(右堤)	—	—	—	—	23±4	—	3.4±0.5
SS32	核三出水口(南側)	—	—	—	—	26±3	3.3±0.7	6.7±0.6
SS33	南灣	—	—	—	—	50±4	3.3±0.6	3.3±0.5
SS34	核三入水口	—	—	—	—	32±3	2.2±0.4	3.1±0.4
SS35	潭子灣	—	—	—	0.7±0.2	108±6	3.7±0.6	3.4±0.5
SS51	蘭嶼礁岸(南側)	95±6	—	—	—	38±4	3.6±0.7	1.4±0.4
SS52	蘭嶼礁岸(北側)	55±4	—	—	—	32±4	2.5±0.5	2.9±0.5
SS53	蘭嶼(野銀)	5.2±1.6	—	—	—	89±5	9.2±0.8	7.4±0.6
SS54	蘭嶼(東清)	—	—	—	—	116±5	5.9±0.7	3.7±0.5
SS55	蘭嶼(漁人)	—	—	—	—	123±6	15±1	10±1
SS56	蘭嶼(龍門港)	—	—	—	—	70±6	2.3±0.8	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-11 海底沉積物試樣加馬核種分析表（105 年第 1 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SD31	核三出水口	—	—	—	—	54±5	2.4±0.7	3.8±0.7
SD32	核三入水口	—	—	—	—	42±4	3.9±0.7	4.0±0.7
SD51	蘭嶼礁岸(南側)	1307±58	—	—	1.4±0.2	43±4	3.1±0.8	—
SD52	蘭嶼礁岸(北側)	621±29	—	—	0.8±0.2	79±5	4.4±0.6	2.5±0.4

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

表 7-12 海底沉積物試樣加馬核種分析表（105 年第 2 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SD31	核三出水口	—	—	—	—	40±3	1.6±0.5	3.2±0.5
SD32	核三入水口	—	—	—	—	35±3	2.8±0.4	3.0±0.4
SD51	蘭嶼礁岸(南側)	1761±77	—	—	1.2±0.3	72±5	2.4±1	—
SD52	蘭嶼礁岸(北側)	545±26	—	—	1.3±0.2	61±4	7.7±0.6	3.6±0.5

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-13 海底沉積物試樣加馬核種分析表（105 年第 3 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SD31	核三出水口	—	—	—	—	60±5	2.3±1	3.8±0.6
SD32	核三入水口	—	—	—	—	37±3	1.5±0.5	—
SD51	蘭嶼礁岸(南側)	328±16	—	—	—	94±8	3.2±1	1.9±1
SD52	蘭嶼礁岸(北側)	316±19	—	—	—	87±12	—	6.8±2

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

表 7-14 海底沉積物試樣加馬核種分析表（105 年第 4 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SD31	核三出水口	—	—	—	—	74±5	4.6±0.7	3.6±0.6
SD32	核三入水口	—	—	—	—	43±4	3.0±0.6	2.6±0.5
SD51	蘭嶼礁岸(南側)	416±22	—	—	—	52±4	6.8±0.7	—
SD52	蘭嶼礁岸(北側)	339±20	—	—	—	55±4	4.1±0.8	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-15 海底沉積物試樣加馬核種分析表（106 年上半年）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SD31	核三出水口	—	—	—	—	40±3	2.2±0.3	3.0±0.4
SD32	核三入水口	—	—	—	—	51±4	3.4±0.7	4.8±0.5
SD51	蘭嶼礁岸(南側)	1737±92	—	—	—	35±5	3.4±0.8	—
SD52	蘭嶼礁岸(北側)	448±11	—	—	—	38±4	3.2±0.7	—
SD51	蘭嶼礁岸(南側)	1105±60	—	—	—	23±7	5.1±1.3	—
SD52	蘭嶼礁岸(北側)	1436±33	—	—	—	14±8	3.9±1.4	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-16 海水試樣加馬核種分析表（105 年第 1 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公升）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SW31	核三出水口(右堤)	—	—	—	—	10±0.7	—	—
SW32	核三出水口(南側)	—	—	—	—	10±0.7	—	—
SW33	南灣	—	—	—	—	10±0.7	—	—
SW34	核三入水口	—	—	—	—	9.7±0.6	—	—
SW35	潭子灣	—	—	—	—	13±0.7	—	—
SW51	蘭嶼礁岸(南側)	—	—	—	—	10±0.7	—	—
SW52	蘭嶼礁岸(北側)	—	—	—	—	8.8±0.7	—	—
SW53	蘭嶼(野銀)	—	—	—	—	1.6±0.4	—	—
SW54	蘭嶼(東清)	—	—	—	—	8.6±0.7	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-17 海水試樣加馬核種分析表（105 年第 2 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公升）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SW31	核三出水口(右堤)	—	—	—	—	9.9±0.6	—	—
SW32	核三出水口(南側)	—	—	—	—	9.5±0.6	—	—
SW33	南灣	—	—	—	—	10±0.7	—	—
SW34	核三入水口	—	—	—	—	11±0.7	—	—
SW35	潭子灣	—	—	—	—	12±0.8	—	—
SW51	蘭嶼礁岸(南側)	—	—	—	—	10±0.7	—	—
SW52	蘭嶼礁岸(北側)	—	—	—	—	4.8±0.6	—	—
SW53	蘭嶼(野銀)	—	—	—	—	2.9±0.5	—	—
SW54	蘭嶼(東清)	—	—	—	—	8.0±0.7	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-18 海水試樣加馬核種分析表（105 年第 3 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公升）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SW31	核三出水口(右堤)	—	—	—	—	9.8±0.7	—	—
SW32	核三出水口(南側)	—	—	—	—	9.1±0.7	—	—
SW33	南灣	—	—	—	—	10±0.7	—	—
SW34	核三入水口	—	—	—	—	9.3±0.7	—	—
SW35	潭子灣	—	—	—	—	9.3±0.7	—	—
SW51	蘭嶼礁岸(南側)	—	—	—	—	9.5±0.6	—	—
SW52	蘭嶼礁岸(北側)	—	—	—	—	9.7±0.7	—	—
SW53	蘭嶼(野銀)	—	—	—	—	6.9±0.6	—	—
SW54	蘭嶼(東清)	—	—	—	—	9.5±0.7	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-19 海水試樣加馬核種分析表（105 年第 4 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公升）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SW31	核三出水口(右堤)	—	—	—	—	9.1±0.6	—	—
SW32	核三出水口(南側)	—	—	—	—	2.5±0.5	—	—
SW33	南灣	—	—	—	—	9.2±0.6	—	—
SW34	核三入水口	—	—	—	—	10±0.7	—	—
SW35	潭子灣	—	—	—	—	8.9±0.7	—	—
SW51	蘭嶼礁岸(南側)	—	—	—	—	10±0.7	—	—
SW52	蘭嶼礁岸(北側)	—	—	—	—	10±0.7	—	—
SW53	蘭嶼(野銀)	—	—	—	—	2.9±0.5	—	—
SW54	蘭嶼(東清)	—	—	—	—	8.5±0.7	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-20 海水試樣加馬核種分析表（106 年第 1 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公升）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SW31	核三出水口(右堤)	—	—	—	—	10±1	—	—
SW32	核三出水口(南側)	—	—	—	—	11±1	—	—
SW33	南灣	—	—	—	—	11±1	—	—
SW34	核三入水口	—	—	—	—	13±1	—	—
SW35	潭子灣	—	—	—	—	10±1	—	—
SW51	蘭嶼礁岸(南側)	—	—	—	—	11±1	—	—
SW52	蘭嶼礁岸(北側)	—	—	—	—	10±1	—	—
SW53	蘭嶼(野銀)	—	—	—	—	8±1	—	—
SW54	蘭嶼(東清)	—	—	—	—	10±1	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-21 海水試樣加馬核種分析表（106 年第 2 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公升）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SW31	核三出水口(右堤)	—	—	—	—	9.9±0.7	—	—
SW32	核三出水口(南側)	—	—	—	—	10±1	—	—
SW33	南灣	—	—	—	—	5.1±0.5	—	—
SW34	核三入水口	—	—	—	—	12±1	—	—
SW35	潭子灣	—	—	—	—	9.9±0.7	—	—
SW51	蘭嶼礁岸(南側)	—	—	—	—	12±1	—	—
SW52	蘭嶼礁岸(北側)	—	—	—	—	12±1	—	—
SW53	蘭嶼(野銀)	—	—	—	—	7.9±0.6	—	—
SW54	蘭嶼(東清)	—	—	—	—	9.0±0.7	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-22 藻苔試樣加馬核種分析表（105 年第 1 季）

試樣編號	地點	核種活度(貝克/公斤·鮮重)							
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SP31	核三出水口(南側)	3.0±0.6	—	—	—	—	203±6	—	—
SP32	南灣	—	—	—	—	—	891±27	—	—
SP33	核三入水口	—	—	—	—	—	65±3	—	—
SP51	蘭嶼礁岸(南側)	238±10	—	—	—	0.8±0.1	215±6	—	—
SP52	蘭嶼礁岸(北側)	3.9±0.7	—	—	—	—	746±21	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

表 7-23 藻苔試樣加馬核種分析表（105 年第 2 季）

試樣編號	地點	核種活度(貝克/公斤·鮮重)							
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SP31	核三出水口(南側)	—	—	—	—	—	133±4	—	—
SP32	南灣	3.1±0.7	—	—	—	—	92±3	—	—
SP33	核三入水口	7.8±1	—	0.9±0.1	—	—	106±5	—	—
SP51	蘭嶼礁岸(南側)	7.5±0.5	—	—	—	—	311±9	—	—
SP52	蘭嶼礁岸(北側)	10±0.9	—	—	—	—	446±13	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-24 藻苔試樣加馬核種分析表（105 年第 3 季）

試樣編號	地點	核種活度(貝克/公斤‧鮮重)							
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SP31	核三出水口(南側)	8±1	—	—	—	—	197±7	3.1±0.4	—
SP32	南灣	—	—	—	—	—	81±3	—	—
SP33	核三入水口	—	—	—	—	—	66±3	—	—
SP51	蘭嶼礁岸(南側)	—	—	—	—	—	443±15	—	—
SP52	蘭嶼礁岸(北側)	—	—	—	—	—	182±6	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

表 7-25 藻苔試樣加馬核種分析表（105 年第 4 季）

試樣編號	地點	核種活度(貝克/公斤‧鮮重)							
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SP31	核三出水口(南側)	2.6±0.7	—	—	—	—	144±5	—	—
SP32	南灣	—	—	—	—	—	30±1	—	—
SP33	核三入水口	—	—	—	—	—	32±1	—	—
SP51	蘭嶼礁岸(南側)	5.8±1	—	—	—	—	692±25	—	—
SP52	蘭嶼礁岸(北側)	4.2±0.4	—	—	—	—	59±2	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-26 藻苔試樣加馬核種分析表（106 年第 1 季）

試樣編號	地點	核種活度(貝克/公斤·鮮重)							
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SP31	核三出水口(南側)	—	—	—	—	—	59±3	—	—
SP32	南灣	—	—	—	—	—	45±2	—	—
SP33	核三入水口	—	—	—	—	—	91±5	—	—
SP51	蘭嶼礁岸(南側)	9.7±0.8	—	—	—	—	416±15	—	—
SP52	蘭嶼礁岸(北側)	3.4±0.8	—	—	—	—	404±6	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

表 7-27 藻苔試樣加馬核種分析表（106 年第 2 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·鮮重）							
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SP31	核三出水口(南側)	—	—	—	—	—	162±8	—	4.0±0.4
SP32	南灣	—	—	—	—	—	63±4	—	2.7±0.4
SP33	核三入水口	—	—	—	—	—	62±4	—	1.6±0.4
SP51	蘭嶼礁岸(南側)	5.3±1.1	—	—	—	—	377±15	—	—
SP52	蘭嶼礁岸(北側)	12±1	—	—	—	—	319±5	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-28 海魚試樣加馬核種分析表（105 年第 1 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SF31	核三出水口#1	—	—	—	—	88±3	—	—
SF32	核三出水口#2	—	—	—	—	83±2	—	—
SF51	蘭嶼海域#1	—	—	—	—	103±4	—	—
SF52	蘭嶼海域#2	—	—	—	—	115±4	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

表 7-29 海魚試樣加馬核種分析表（105 年第 2 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SF31	核三出水口#1	—	—	—	—	104±4	—	—
SF32	核三出水口#2	—	—	—	—	93±3	—	—
SF51	蘭嶼海域#1	—	—	—	—	220±8	—	—
SF52	蘭嶼海域#2	—	—	—	—	152±6	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-30 海魚試樣加馬核種分析表（105 年第 3 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SF31	核三出水口#1	—	—	—	—	96±3	—	—
SF32	核三出水口#2	—	—	—	—	109±3	—	—
SF51	蘭嶼海域#1	—	—	—	—	130±5	—	—
SF52	蘭嶼海域#2	—	—	—	—	154±5	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

表 7-31 海魚試樣加馬核種分析表（105 年第 4 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SF31	核三出水口#1	—	—	—	—	96±4	—	—
SF32	核三出水口#2	—	—	—	—	69±3	—	—
SF51	蘭嶼海域#1	—	—	—	—	125±6	—	—
SF52	蘭嶼海域#2	—	—	—	—	143±6	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-32 海魚試樣加馬核種分析表（106 年第 1 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SF31	核三出水口#1	—	—	—	—	76±3	—	—
SF32	核三出水口#2	—	—	—	—	257±5	—	—
SF51	蘭嶼海域#1	—	—	—	—	142±6	—	—
SF52	蘭嶼海域#2	—	—	—	—	259±7	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

表 7-33 海魚試樣加馬核種分析表（106 年第 2 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·乾重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
SF31	核三出水口#1	—	—	—	—	161±6	—	—
SF32	核三出水口#2	—	—	—	—	130±5	—	—
SF51	蘭嶼海域#1	—	—	—	—	151±7	—	—
SF52	蘭嶼海域#2	—	—	—	—	98±5	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-34 植物（草）試樣加馬核種分析表（105 年第 1 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·鮮重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
GR51	蘭嶼(椰油)	44±2	—	—	—	169±5	—	—
GR52	蘭嶼(龍頭岩)	117±5	—	—	—	127±4	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

表 7-35 植物（草）試樣加馬核種分析表（105 年第 2 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·鮮重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
GR51	蘭嶼(椰油)	77±3	—	—	—	198±6	—	—
GR52	蘭嶼(龍頭岩)	38±2	—	—	—	194±6	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

表 7-36 植物（草）試樣加馬核種分析表（105 年第 3 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·鮮重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
GR51	蘭嶼(椰油)	8.0±0.6	—	—	—	151±5	—	—
GR52	蘭嶼(龍頭岩)	15±0.8	—	—	—	264±7	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

表 7-37 植物（草）試樣加馬核種分析表（105 年第 4 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·鮮重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
GR51	蘭嶼(椰油)	15±0.9	—	—	—	161±6	—	—
GR52	蘭嶼(龍頭岩)	25±1	—	—	—	155±6	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-38 植物（草）試樣加馬核種分析表（106 年第 1 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·鮮重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
GR51	蘭嶼(椰油)	94±5	—	—	—	142±5	—	—
GR52	蘭嶼(龍頭岩)	35±1	—	—	—	151±3	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

表 7-39 植物（草）試樣加馬核種分析表（106 年第 2 季）

試樣編號	地點	核種活度（貝克/公斤·鮮重）						
		^{7}Be	^{54}Mn	^{60}Co	^{137}Cs	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
GR51	蘭嶼(椰油)	57±3	—	—	—	157±6	—	—
GR52	蘭嶼(龍頭岩)	42±1	—	—	—	197±3	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-40 天然放射性核種於各類試樣中的分佈（南部核能設施-105 年）

試樣種類	天然放射性核種（貝克/公斤）			
	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
岸砂	—～48	21～163	—～15	1.0～11
海底沉積物	—～1761	31～94	—～6.8	–～6.8
海水	—	1.6～13	—	—
藻苔類	—～238	30～891	—～3.1	—
海魚	—	69～220	—	—
植物(草)	8.0～117	127～264	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

表 7-41 天然放射性核種於各類試樣中的分佈（南部核能設施-106 年上半年）

試樣種類	天然放射性核種（貝克/公斤）			
	^{7}Be	^{40}K	^{232}Th 系	^{238}U 系
岸砂	—～95	23～168	—～15	—～10
海底沉積物	—～1737	14～51	2.2～5.1	—～4.8
海水	—	5.1～13	—	—
藻苔類	—～12	45～416	—	—～4
海魚	—	76～259	—	—
植物(草)	35～94	142～197	—	—

註：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

表 7-42 人工放射性核種於各類試樣中的分佈（南部核能設施-105 年）

試樣種類	人工放射性核種（貝克/公斤）					
	^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{137}Cs	調查基準	
					^{137}Cs	^{60}Co
岸砂	—	—	—	—～0.8	20	110
海底沉積物	—	—	—	—～1.4	740	110
海水	—	—	—	—	2	10
藻苔類	—	–～0.9	—	—～0.8	/	/
海魚	—	—	—	—	74	40
植物(草)	—	—	—	—	74	/

註 1：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

註 2：“/”代表未訂定調查基準。

註 3：藻苔類試樣屬於環境輻射監測之指標生物，可以作為長期觀察海域環境中放射性核種變化的趨勢。

表 7-43 人工放射性核種於各類試樣中的分佈（南部核能設施-106 年上半年）

試樣種類	人工放射性核種（貝克/公斤）					
	^{54}Mn	^{60}Co	^{131}I	^{137}Cs	調查基準	
					^{137}Cs	^{60}Co
岸砂	—	—	—	—～0.7	20	110
海底沉積物	—	—	—	—	740	110
海水	—	—	—	—	2	10
藻苔類	—	—	—	—	/	/
海魚	—	—	—	—	74	40
植物(草)	—	—	—	—	74	/

註 1：“—”代表“＜MDA”（低於計測儀器最小可測值）。

註 2：“/”代表未訂定調查基準。

註 3：藻苔類試樣屬於環境輻射監測之指標生物，可以作為長期觀察海域環境中放射性核種變化的趨勢。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

附件 7-1

海域環境採樣地點描述

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

附表 7-1：海域環境採樣地點描述（南部／核三廠）

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）
岸砂	SS31	出水口(右堤)	N 21.932480	2017/2/14	2017/4/27
海水	SW31		E 120.744990	2017/2/14	2017/4/27
海魚	SF31			2017/2/14	2017/4/27
海魚	SF32			2017/2/14	2017/4/27
岸砂	SS32	出水口(南側)	N 21.932460	2017/2/14	2017/4/27
海水	SW32		E 120.744380	2017/2/14	2017/4/27
藻苔	SP31			2017/2/14	2017/4/27
岸砂	SS33	南灣	N 21.959230	2017/2/14	2017/4/27
海水	SW33		E 120.766170	2017/2/14	2017/4/27
藻苔	SP32			2017/2/14	2017/4/27
岸砂	SS34	入水口	N 21.957080	2017/2/14	2017/4/27
海水	SW34		E 120.756620	2017/2/14	2017/4/27
藻苔	SP33			2017/2/14	2017/4/27
岸沙	SS35	潭子灣	N 21.950250	2017/2/14	2017/4/27
海水	SW35		E 120.776040	2017/2/14	2017/4/27
海底沉積物	SD31	出水口	-	2017/5/8	
海底沉積物	SD32	入水口		2017/5/8	

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

附表 7-2：海域環境採樣地點描述（南部／蘭嶼）

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）
岸砂	SS51	礁岸(南側)	N 22.002740	2017/3/7	2017/5/2
海水	SW51		E 121.592200	2017/3/7	2017/5/2
潮池底泥	SD51			2017/3/7	2017/5/2
藻苔	SP51			2017/3/7	2017/5/2
岸砂	SS52	礁岸(北側)	N 22.007120	2017/3/7	2017/5/2
海水	SW52		E 121.594520	2017/3/7	2017/5/2
潮池底泥	SD52			2017/3/7	2017/5/2
藻苔	SP52			2017/3/7	2017/5/2
岸砂	SS53	野銀	N 22.039880	2017/3/7	2017/5/2
海水	SW53		E 121.568080	2017/3/7	2017/5/2
岸砂	SS54	東清	N 22.057700	2017/3/7	2017/5/2
海水	SW54		E 121.565710	2017/3/7	2017/5/2
草	GR51	椰油	N 22.055650	2017/3/7	2017/5/2
			E 121.510040		
岸砂	SS55	漁人	N 22.026030	2017/3/7	2017/5/2
			E 121.542610		
岸砂	SS56	龍門港	N 22.004100	2017/3/7	2017/5/2
			E 121.582210		
草	GR52	龍頭岩	N 22.002670	2017/3/7	2017/5/2
			E 121.589350		
海魚	SF51	蘭嶼海域	-	2017/3/16	2017/5/2
海魚	SF52			2017/3/16	2017/5/2

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

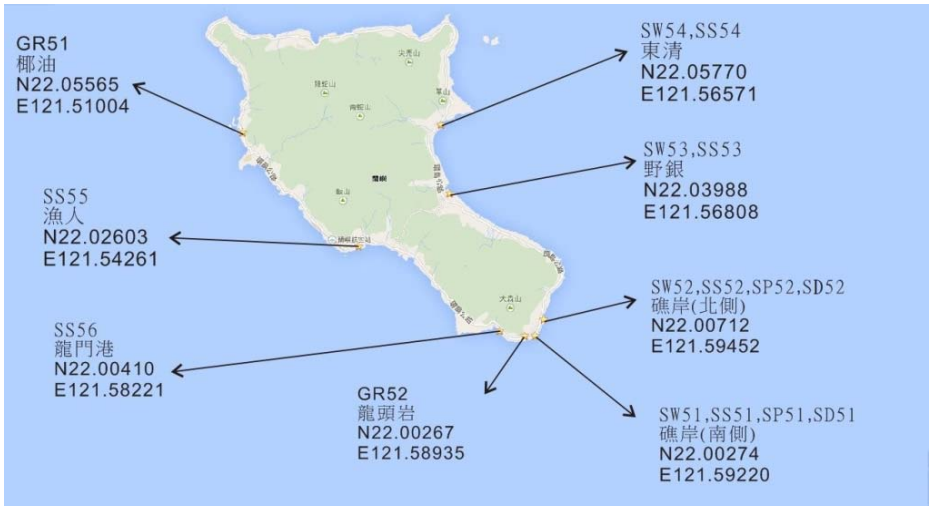
附件 7-2

海域環境採樣地點圖示

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。



核三廠海域採樣位置圖(南部)



蘭嶼海域採樣位置圖(南部)

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

附件 7-3

環境試樣加馬能譜計測最小可測量值

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。

附表 7-3：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/仟克·鮮重)		土壤／海底沉積物 (貝克/仟克·乾重)		農漁產品 (貝克/仟克·鮮重)	
	MDA	紀	MDA	紀	MDA	紀	MDA	紀
錳-54	0.10	0.4	0.39	0.5	0.91	3	0.11	0.3
鈷-58	0.10	0.4	0.37	0.5	1.26	3	0.11	0.3
鐵-59	0.20	0.7	0.79	0.9	2.50	6	0.27	0.5
鈷-60	0.12	0.4	0.41	0.5	1.45	3	0.13	0.3
鋅-65	0.24	0.9	0.98	1.0	3.43	7	0.30	0.5
碘-131	0.10	0.1	0.25	0.4	1.03	3	0.09	/
銫-134	0.09	0.4	0.32	0.5	1.12	3	0.08	0.3
銫-137	0.11	0.4	0.24	0.5	1.35	3	0.09	0.3

註 1：藻苔類之 MDA 比照植物試樣。

註 2：“/”代表未訂定紀錄基準。

說明：附錄 C 係依 102 年 3 月 8 日「核能電廠及蘭嶼附近海域之生態調查」，101 年期末工作檢討會暨 102 年度新委辦工作開案會議紀錄：『(十一) 自 102 年起放射性物質之調查及核四廠海域調查監測等資料，分別由本公司放射試驗室及美商傑明公司提供。請兩個單位配合南、北核案研究團隊之作業時程盡早提供資料俾及時納入報告書初稿。』辦理。