

第四章 海域水質與生態調查監測作業

離島式基礎工業區石化工業綜合區開發案 環境監測報告

計畫名稱：台塑六輕週遭海域水質及生態監測計畫

執行期間：九十九年一月至九十九年三月

開發單位：台塑關係企業

執行監測單位：國立台灣海洋大學

中華民國九十九年四月

轉為基本工業與國外工業

影響經濟發展

轉為基本工業與國外工業

影響經濟發展

轉為基本工業與國外工業

影響經濟發展

轉為基本工業與國外工業

目 錄

第一章前 言-----	1-1~1-7
第二章水質調查報告-----	2-1~2-47
2.1 採 樣-----	2-1~2-2
2.1.1 水質採樣-----	2-1~2-2
2.1.2 浮游動物採樣-----	2-2
2.1.3 沉積物採樣-----	2-2
2.2 分析方法-----	2-2~2-6
2.2.1 水質分析方法-----	2-2~2-4
2.2.2 沉積物分析-----	2-4
2.2.3 生物體重金屬分析-----	2-4~2-5
2.2.4 重金屬分析品管-----	2-5~2-6
2.3 結 果-----	2-13~2-19
2.3.1 水文與水質-----	2-13~2-17
2.3.2 溶解態重金屬元素-----	2-16~2-18
2.3.3 海水中揮發性及半揮發性有機化合物-----	2-18~2-19
2.3.4 沉積物粒徑與重金屬元素-----	2-26~2-29
2.3.5 生物體重金屬元素-----	2-36~2-38
2.4 歷年資料比較-----	2-40~2-41
2.4.1 水文與水質化學-----	2-40
2.4.2 沉積物-----	2-41
2.4.3 生物體重金屬-----	2-41
2.5 參考文獻-----	2-45
第三章浮游植物調查報告-----	3-1~3-26
3.1 前言-----	3-1
3.2 材料與方法-----	3-2
3.3 資料統計分析-----	3-2~3-3
3.4 結果與討論-----	3-3~3-8

3.5 參考文獻-----	3-9
第四章浮游動物調查報告-----	4-1~4-9
4.1 材料與方法-----	4-1
4.2 結果-----	4-1~4-3
第五章底棲生態與拖網漁獲調查報告-----	5-1~5-20
5.1 調查方法-----	5-1
5.1.1 底棲生物-----	5-1
5.1.2 拖網漁獲-----	5-1
5.2 調查結果-----	5-2~5-4
5.2.1 底棲生物-----	5-2
5.2.2 拖網漁獲-----	5-3~5-4
5.3 檢討與建議-----	5-4~5-5
5.4 歷年底棲生物調查結果之比較-----	5-6
第六章鯨豚調查報告-----	6-1~6-7
6.1 調查方法-----	6-1~6-2
6.2 資料分析-----	6-2~6-3
6.3 結果-----	6-3~6-4
6.4 討論-----	6-4~6-5
6.5 參考文獻-----	6-5
附錄-----	附錄1-41

表 目 錄

表 1.1 麥寮附近海域生態監測項目與頻率-----	1-4~1-5
表 2.1 船上採樣記錄表-----	2-8~2-9
表 2.2 各項水質分析之檢測方法與偵測極限-----	2-10
表 2.3 加拿大 SLRS-3 參考河口水(reference material)標準品重金屬元素分析 之準確度與精確度(1 std.)-----	2-11
表 2.4 加拿大 MESS-3 參考沉積物(reference material)標準品重金屬元素分 析之準確度與精確(1 std.)-----	2-11
表 2.5 99 年第一季麥寮海域各測站各項水質資料濃度範圍-----	2-20
表 2.6 99 年第一季台塑麥寮海域沉積物粒徑分析-粒徑百分比-----	2-30
表 2.7 99 年第一季台塑麥寮海域沉積物重金屬元素濃度範圍與台灣週遭 近岸海域沉積物金屬濃度之比較-----	2-32
表 2.8 99 年第一季台塑麥寮海域各測站沉積物重金屬元素濃度-----	2-33
表 2.9 99 年第一季麥寮六輕海域生物體重金屬元素濃度-----	2-39
表 3.1 99 年第一季麥寮六輕附近海域浮游植物豐度(cells/L)表---	3-10~3-13
表 3.2 98 年 4 - 99 年 1 月麥寮六輕附近海域浮游植物前 5 優勢種浮游植物 之平均豐度及相對豐-----	3-14
表 3.3 99 年第一季麥寮六輕附近海域浮游植物前 6 優勢種浮游植物豐度與 海水溫度、鹽度、葉綠素 a 濃度與浮游動物之複迴歸分析表-----	3-15
表 3.4 99 年第一季麥寮六輕附近海域浮游植物豐度於不同測線以及深度 之差異分析-----	3-16
表 3.5 麥寮六輕附近海域歷年來第一季各海域優勢浮游植物比較表---	3-17
表 4.1 麥寮六輕附近海域 99 年第一季浮游動物豐度表-----	4-3~4-6
表 4.2 麥寮六輕附近海域 99 年第一季各浮游動物之相關性豐度頻率----	4-9
表 5.1.1 麥寮六輕周圍海域之底棲生物及拖網漁獲個體數表(魚類)-----	5-7

表 5.1.2 麥寮六輕附近海域之底棲生物及拖網漁獲個體數表(節肢動物)

-----5-8

表 5.1.3 麥寮六輕附近海域之底棲生物及拖網漁獲個體數表(軟體動物及其他)

-----5-8

表 5.1.2 麥寮六輕周圍海域之底棲生物及拖網漁獲個體數表(節肢動物)&(軟體動物及其他)

-----5-8~5-9

表 5.2.1 麥寮六輕附近海域之底棲生物及拖網漁獲重量表(魚類)

-----5-9

表 5.2.2 麥寮六輕附近海域之底棲生物及拖網漁獲重量表(甲殼類)

-----5-9

表 5.2.3 麥寮六輕附近海域之底棲生物及拖網漁獲重量表(軟體動物及其他)

-----5-10

表 5.3 麥寮六輕附近海域測站之個體數、種數、均勻度與歧異度一覽表

-----5-10

圖 目 錄

圖 2.1 麥寮附近海域生態調查測站-----	2-7
圖 2.2 (A) SLRS-3 參考河口海水與(B)MESS - 3 海洋沉積物標準樣品分析 濃度與參考濃度對應圖-----	2-12
圖 2.3 99 年第一季麥寮海域各測站各項水質濃度分佈-----	2-21~2-24
圖 2.4 99 年第一季麥寮海域各測站揮發性有機化合物二氯甲烷濃度----	2-26
圖 2.5 99 年第一季台塑麥寮海域各測站沉積物粒徑百分比分佈-----	2-31
圖 2.6 99 年第一季麥寮海域各測站沉積物重金屬元素與總有機碳濃度分佈 -----	2-34
圖 2.7 99 年第一季麥寮海域沉積物重金屬元素、總有機碳與粒徑分佈之主 成份分析-----	2-35
圖 2.8 99 年第一季與歷年第一季水質調查結果比較-----	2-42~2-43
圖 2.9 99 年第一季與歷年第一季沉積物重金屬元素調查比較---	2-44
圖 3.1 99 年第一季麥寮六輕附近海域浮游植物採樣測站圖-----	3-18
圖 3.2 99 年第一季麥寮六輕附近海域浮游植物豐度變化圖-----	3-19
圖 3.3 99 年第一季麥寮六輕附近海域浮游植物種類數變化圖-----	3-20
圖 3.4 99 年第一季麥寮六輕附近海域浮游植物種歧異度指數變化圖-----	3-21
圖 3.5 99 年第一季麥寮六輕附近海域第一優勢種浮游植物豐度變化圖---	3-22
圖 3.6 99 年第一季麥寮六輕附近海域第二優勢種浮游植物豐度變化圖---	3-23
圖 3.7 99 年第一季麥寮六輕附近海域第三優勢種浮游植物豐度變化圖--	3-24
圖 3.8 99 年第一季六輕附近海域第四優勢種浮游植物豐度變化圖-----	3-25
圖 3.9 99 年第一季六輕附近海域浮游植物群聚分析圖-----	3-26
圖 4.1 麥寮六輕附近海域 99 年第一季各測站浮游動物豐度圖-----	4-6
圖 4.2a 麥寮六輕附近海域 99 年第一季浮游動物相關性豐度(%)示意圖---	4-7
圖 4.2b 麥寮六輕附近海域 99 年第一季浮游動物平均相關性豐度(%)示--	4-8
圖 4.3a 歷年度與本季麥寮地區浮游動物各體量比較圖-----	4-9

圖 4.3b 歷年度與本季麥寮地區浮游動物生體量比較圖-----	4-9
圖 5.1 麥寮六輕附近海域生態調查測站圖-----	5-11
圖 5.2 歷年第一季麥寮附近海域拖網調查結果-----	5-12
圖 5.3 麥寮六輕附近底棲生態調查空間分析結果圖-----	5-13
圖 6.1 海上調查航線圖-----	6-6
圖 6.2 中華白海豚目擊空間分佈圖-----	6-7

第一章 前言

六輕暨擴大及專用港開發案係隸屬雲林縣離島式基礎工業區之一部份，其基地位於雲林縣麥寮鄉沿海，北臨濁水溪出海口，南至新虎尾溪出海口，南北長 8.5 公里，東西寬約 3.5 公里，全部都是養殖漁塭或淺海灘，自八十三年七月中旬開始進行抽砂填海土質改良造堤等相關造陸工程，並同時進行各項營建基礎工程，相關建廠工程均順利按進度持續進行中，目前造地工程已全部完成，累計造地面積達 2096 公頃。

製程試車運轉進度至九十八年六月底止，第一期至第四期工程進行運轉者包括年煉油量 2,100 萬噸之煉油廠、年產七十七萬噸乙烯之第一套輕油裂解廠(CRACKER-I)、年產一百一十五萬噸乙烯之第二套輕油裂解廠(CRACKER-II)、年產一百二十萬噸乙烯之第三套輕油裂解廠(CRACKER-III)、公用廠、發電廠、環氧氯丙烷(ECH)、丙烯晴廠(AN)、鹼氯廠(NaOH)、甲基丙烯酸甲酯廠(MMA)、氯乙烯廠(VCM)、聚氯乙烯廠(PVC)、丙烯酸/丙烯酸酯廠(AA/AE)、高密度聚乙烯廠(HDPE)、線性低密度聚乙烯廠(LLDPE)、乙烯醋酸乙烯共聚合體廠(EVA)、四碳廠(MTBE/B-I)、碳纖廠(CF)、彈性纖維廠(FAS)、二異氰酸甲苯廠(TDI)、丙二酚廠(BPA-I、II、III)、酸酐廠(PA-I)、異辛醇廠(2EH)、可塑劑廠(DOP)、乙二醇廠(EG-I、II、III)、丁二醇廠(1,4-BG-I、II)、環氧樹脂廠(EPOXY)、異壬醇廠(INA)、過氧化氫廠(H₂O₂)、環氧大豆油廠(E

SO)、抗氧化劑廠(AO)、芳香烴廠(AROMA- I 、 II)、苯乙烯廠(SM- I 、 II 、 III)、二甲基甲醯胺廠(DMF)、對苯二甲酸廠(PTA)、聚丙烯廠(PP)、合成酚廠(PHENOL)、聚苯乙烯廠(PS)、聚碳酸酯廠(PC)、南中石化乙二醇廠(EG)、醋酸廠(HOAc)、台朔重工機械廠及中塑油品柏油廠等共計66個項目工廠(146個製程數)，其餘未完成之工程依建廠進度目前仍進行建廠或試車中。

為了瞭解煉油廠廢排水對其附近海域生態的影響，台塑六輕煉油廠從運轉至今，每年皆聘請環境檢驗公司與學界人士為其執行海域生態調查監測及研究，以瞭解廢排水是否對麥寮附近海域生態有所影響(台塑關係企業，83-97年)。本計畫的執行乃延續過去10幾年來海域生態調查研究及監測的連續，本計畫執行調查項目有海域水質(基礎水質、營養鹽與重金屬元素)、沉積物粒徑與重金屬元素分析、生物體重金屬元素分析、植物性浮游生物、動物性浮游生物、底棲生物、拖網漁獲與哺乳類動物，參與單位有中研院邵廣昭研究員、中山大學羅文增教授、台灣大學周蓮香教授、海洋大學方天熹教授、陳天任教授與台北教育大學蕭世輝助理教授，計畫執行調查項目、頻率、調查方法及參與人員詳列於表 1.1。

眾所皆知水文(水溫、鹽度、溶氧量)與水質化學(包括酸鹼度、營養鹽、葉綠素甲等)的調查研究大多為海域生態調查研究中最基本的部份，因為水文資料及水質化學會直接或間接影響海域生態的平衡，近有許多文獻(e.g. Conley et al., 1993; Turner and Rabalais, 1994)指出由於人為因素，如土地過

度開發及築水壩等等，致使河流提供的營養鹽過剩或不足而造成河口海域的生物物種，尤其是基礎生產者，改變進而影響其海域生態系統。而毒性化學物質如重金屬元素及有機化合物會影響植物性與動物性浮游生物之生長(Langston, 1990; Long et al., 1995; Lindley et al., 1998; Bothner et al., 2002; Stalder and Marcus, 1997; Hook and Fisher, 2001; Saunders and Moore, 2004)，並藉由食物鏈累積於蝦、蟹、貝類與魚等海產生物進而至人體，生物蓄積過量重金屬元素，會產生中毒事故，如日本知名之汞中毒事件(Minamata disease, Clark, 2001)。因此對於事業所在海域之海域生態調查，對於保護海域環境，周遭生態及人體健康是基礎工作，本報告乃 99 年第一季所執行麥寮附近海域生態調查監測之結果報告。

表 1.1 麥寮附近海域生態監測項目與頻率

監測類別	監測項目	監測方法	監測地點及頻率	執行單位
海域水質	水溫	NIEA W217.51A	計 22 測站，每測站三層水深，每季一次，另於溫排水渠道口附近增加 1~5 個測點。	海洋大學海洋環境資訊系 方天嘉教授
	鹽度	NIEA W447.20C		
	溶氧量	NIEA W421.55C		
	酸鹼度	NIEA W424.51A		
	透明度	NIEA E220.50C		
	懸浮固體	NIEA W210.57A		
	濁度	NIEA W219.52C		
	生化需氧量	NIEA W510.54B		
	葉綠素 a	NIEA E507.02B		
	硝酸鹽氮	NIEA W436.50C		
	亞硝酸鹽氮	NIEA W436.50C		
	磷酸鹽	NIEA W443.51C		
	總磷	NIEA W427.52B		
	矽酸鹽	NIEA W450.50B		
	氨氮	NIEA W437.51C		
	大腸桿菌群	NIEA E202.52B		
	酚類	NIEA W521.52A		
	氰化物	NIEA W410.51A		
	總油脂	NIEA W505.51C		
	礦物性油脂	NIEA W505.51C		
	鐵	NIEA W308.22B		
	鉻	NIEA W309.21A		
	鋅	NIEA W308.22B		
	鎘	NIEA W308.22B		
	鉛	NIEA W308.22B		
	銅	NIEA W308.22B		
	鈷	NIEA W308.22B		
	砷	NIEA W435.52B		
	汞	USA EPA-1631		
	甲基汞	USA EPA-1630		
	VOC	NIEA W785.54		
	sVOC	NIEA W801.50B		

表 1.1 麥寮附近海域生態監測項目與頻率(續)

監測類別	監測項目	監測方法	監測地點及頻率	執行單位
海域生態	沉積物粒徑分析	先秤取標本乾重，再將標本倒入一系列疊置好之篩網上方，以水洗過篩後，將各篩網中之標本分別烘乾秤重，便可得粒徑分佈。	計 20 測站 每季一次	海洋大學 海洋環境 資訊系方 天熹教授
	沉積物重金 屬分析	沉積物樣品先經風乾處理，再經強酸加熱消化處理後，將消化溶液以原子吸收光譜儀測定其濃度。		
	生物體重金 屬分析	生物樣品乾燥至恆重後，將樣品磨成均勻粉末，重覆加入濃硝酸混合、靜置、加熱迴流消化等步驟直到溶液呈淡黃色，將消化液以原子吸收光譜儀或感應耦合電漿原子發射光譜儀測定其濃度。		
	植物性浮游 生物	以採水器於不同水層取樣並經浮游生物網過濾濃縮之水樣，經裝入褐色瓶及滴入固定液等步驟後，攜回實驗室鑑定種類並分析各種類單位細胞數。		中山大學 海洋生物 科技暨資 源學系羅 文增教授
	動物性浮游 生物	採用北太平洋標準浮游生物網進行水平拖曳採集，網口中央繫有流速計以估計通過網口水量，採獲之標本現場冰存，再以 5% 福馬林液固定，攜回實驗室鑑定種類、計量，進一步由流量計轉換為個體量與生體量。	採樣海域 每季一次	台北教育 大學自然 科學教育 學系蕭世 輝助理 教授
	底棲生物	以矩形底棲生物採樣器，採固定速度進行採樣作業，採獲之樣品以篩網濾出其中之大型生物。所有採集之生物以 5% 福馬林固定，攜回實驗室鑑定種類並計算數量。		中研院生 物多樣性 中心邵廣 昭研究員
	拖網漁獲	現場以網具於調查範圍進行調查，記錄所有漁獲種類、數量。		
	哺乳類動物	現場調查範圍進行調查，並記錄哺乳類動物種類、數量。		台灣大學 周蓮香教 授

參考文獻

台塑關係企業(83-97)，離島式基礎工業區石化工業綜合區開發案環境監測報告，八十三年-九十七年。

Bothner, M.H., Casso, M.A., Rendigs, R.R. & Lamothe, P.J. (2002). The effect of the new Massachusetts Bay sewage outfall on the concentrations of metals and bacterial spores in nearby bottom and suspended sediments. *Marine Pollution Bulletin* 44, 1063-1070.

Clark, R. (2001). *Marine Pollution* 5th ed. Oxford University Press, Oxford.

Conley, D.J., Schelske, C.L. and Stoermer, E.F. (1993) Modification of the biogeochemical cycle of silica with eutrophication. *Marine Ecology Progress Series* 101, Pp. 179-192.

Hook, S.E., Fisher, N. (2001). Sublethal toxicity of silver in zooplank: importance of exposure pathways and implications for toxicity testing. *Environmental Toxicology and Chemistry* 20, 568-574.

Langston, W. (1990). Toxic effects of metals and the incidence of metal pollution in marine ecosystems. In: R.W. Furness, and P.S. Rainbow (eds.), *Heavy Metals in the Marine Environment* (pp.101-122). CRC Press Inc., Boca Raton,

Lindley, J.A., George, C.L., Wvans, S.V. & Donkin, P. (1998). Viability of calanoid copepod eggs from intertidal sediments; a comparison of 3 estuaries. *Marine Ecology Progress Series* 162, 183-190.

Long, E.R., Macdonald, D.D., Smith, S.L., & Calder, F.D. (1995). Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentration in marine and estuarine sediments. *Environmental Management* 19, 81-97

Saunders, G.R., & Moore, C.G. (2004) In situ approach to the examination of the impact of copper pollution on marine meiobenthic copepods. *Zoological Studies* 43, 350-365.

Stalder, L.C. & Marcus, N.H. (1997) Zooplankton responses to hypoxia: behavioral patterns and survival of three species of calanoid copepods. *Marine*

Biology 127, 599-607.

Turner, R.E. and Rabalais, N.N. (1994) Coastal eutrophication near the Mississippi delta. *Nature* 368, 619-621.

第二章 水質調查報告

2.1 採樣

2.1.1 水質採樣

本計畫第四季水質調查於99年1月17-19日(Cr1698)使用海洋大學海研二號研究船至麥寮附近海域調查測站採樣，採樣測站位置顯示於圖

2.1，船上採樣作業紀錄詳見表 2.1，海研二號研究船上有自動輪盤式採水器

(Rosette) 安裝有 10 公升 Go-flo 採水瓶 6 支，輪盤式採水器並裝有測溫鹽深(CTD)儀，採水時可同時偵測現場海水之溫鹽資料。當輪盤式採水器採取

不同深度之海水至船上後，分別使用 60 ml 溶氧瓶、500 ml 營養鹽瓶(PP 瓶)、500 ml 無菌袋、二個 1 公升酸洗乾淨之低密度多聚乙稀瓶(LDPE, low

density polyethylene)裝重金屬與氰化物樣品，三個 1 公升褐色玻璃瓶裝總

酚、總油脂量與礦物性油脂樣水、與半揮發性有機物樣水，一個 50 ml 褐色

玻璃瓶裝揮發性有機物樣水，與 1 公升酸洗乾淨的 PET 瓶(polyethylene

terephthalate)裝汞樣品。此外，也同步作業採取浮游植物與浮游動物樣品，

浮游植物樣水則裝入含有 25 ml 福馬林試劑之 500 ml PP 瓶。溶氧瓶立即加

入氯化錳($MnCl_2$)試劑及碘化鈉(NaI)和氫氧化鈉(NaOH)之混合試劑進行固

氧工作，營養鹽樣水使用 Whatman GF/F 濾紙立即進行過濾，過濾後樣水放

至冰庫冷凍，而濾紙則放至褐色盤子貯於冰庫中，因海研二號研究船上無

無塵室設備與乾淨空間，為避免重金屬與汞樣品受到污染，因此重金屬與

汞樣品以塑膠束口袋封存並立即於船上冰凍，揮發性有機物樣水加酸保存，並與其他樣水置於船上冰凍冷藏，所有樣品帶回實驗室進行各種水質分析。

2.1.2 浮游動物採樣

水質樣品作業完畢後，接著進行浮游動物樣品採樣，將採樣網具至架設於船尾進行拖網作業，採樣網具為北太平洋標準浮游動物網（網目 333 μm ，網口直徑 45 cm，網身長 180 cm）；每站於水下 2 m，相對船速 2 節拖網 10 分鐘，並於網口繫上 Hydrobios 單向流速流量計，用以計算所流經的水體積，以換算出浮游動物豐度。採集之浮游動物樣本置於 5%~10% 的福馬林試劑進行樣本的固定與保存，以便實驗室的分析工作。

2.1.3 沉積物採樣

浮游動物採樣作業完畢後，接著進行沉積物採樣，海研二號研究船有採泥器設備，使用此設備採取各測站表層沉積物，沉積物採取後裝進乾淨塑膠封口袋，並置於船上冰凍冷藏。

2.2 分析方法

2.2.1 水質分析方法

樣水運回實驗室後，在海洋大學分析水質項目有酸鹼度(pH)、溶氧量、生化需氧量、大腸桿菌、懸浮物濃度、總磷、磷酸鹽、矽酸鹽、亞硝酸鹽、硝酸鹽、氨氮、葉綠素甲、氰化物、總酚、總油脂量、礦物性油脂、溶解

態重金屬(鎘、鉻(VI)、銅、鉛、鈷、鋅、鐵、汞)、甲基汞、沉積物粒徑、總有機碳與重金屬元素等分析，各水質分析方法原則上使用環保署所公告方法，若無公告方法，則參考美國環保署所公告方法或國際專業期刊所發表分析方法，例如甲基汞分析使用美國環保署(EPA 1631 method)，而溶解態鉻(VI)的分析則參考 Sirinawin and Westerlund (1997) 所發表，使用 Aliquat-336/ MIBK 溶劑萃取法，因海水有鹽度干擾，因此環保署所公告 W309.22A 方法無法應用於海水中溶解態鉻(VI)之分析(Sturgeon et al., 1980)。海水中揮發性有機化合物與半揮發性有機化合物樣水送至高雄海洋科技大學，委託海洋環境工程系林啟燦教授實驗室代為分析。各項水質參數分析方法與偵測下限列於表 2.2。此處需強調的是溶解態重金屬的分析，由於海水水體中溶解態重金屬元素的濃度極低($<1 \mu\text{g/L}$ 或 $0.1 \mu\text{g/L}$)，因此在分析溶解態重金屬元素時，實驗室環境與使用的器材需特別清洗，以避免污染。重金屬樣水在分析前，先解凍並過濾(濾紙使用超純級硝酸酸洗過之 $0.4 \mu\text{m}$ Nuclepore 濾紙)，並加超純級硝酸(J.T.Baker Ultrex Brand)保存樣水(1000ml 海水/2 ml)，以作為溶解態鎘、銅、鐵、錳、鎳、鋅與汞等元素分析用。而鉻(VI)之分析則以過濾後之樣水立即分析，樣水不酸化，以避免產生物種變化，上述操作過程皆在 Class 100 之無塵台中進行。由於海水水體中溶解態重金屬元素的濃度極低，分析海水中重金屬元素需先作預濃縮處理，再使用電熱式原子吸收光譜儀(Perkin Elemer, Analyst 800)分析各元素濃度。本調查所用之重金屬與汞樣品瓶子，製造廠商為美國 Nalgene 公司，

瓶子於採樣前需於實驗室中作處理。其方式如下：新瓶經 50%中性洗液 (Riedel-de Haen)浸泡 7 天，而後以 MQ 水(去離子水)洗淨 3 次，再經 40 %(v/v) 硝酸浸泡 7 天，然後再以 MQ 水洗淨 3 次，之後置於無塵室中 Class 100 之無塵台中吹乾，再以塑膠束口袋密封備用。

2.2.2 沉積物分析

各測站底質沉積物粒徑大小分析，先使用不同粒徑篩網篩選後，再使用雷射粒徑分析儀分析。沉積物樣品經水洗後，以不同粒徑篩網篩選後，烘乾稱重以求取不同粒徑大小之重量百分比，泥以下之粒徑則置放於雷射粒徑分析儀分析，儀器可直接顯示粒徑大小百分比。沉積物之總有機碳分析係將樣品置於密閉盒中以濃鹽酸煙薰，使樣品中的無機碳反應成二氧化碳氣化，之後將煙薰後樣品烘乾，使用碳元素分析儀(Horiba EMIA-221V)測量樣品中剩餘之碳含量。重金屬元素之分析使用王水與氫氟酸加熱總消化方法，樣品消化後使用火焰式與石墨式原子吸收光譜儀(PE Analyst 800)分析消化液中重金屬元素濃度(NIEA-S321.63B)。

2.2.3 生物體重金屬分析

取同一物種生物樣品混合後在烤箱中以 80 °C 烘乾 72 小時，用瑪瑙研磨將樣品磨成粉末狀，以鐵弗龍燒杯稱取樣品約 3 g，加入 20 ml 王水試劑並靜置 24 小時，以加熱板 150 °C 加熱 6-10 小時使樣品完全溶解，樣品冷卻後，加入 5 ml 6N 硝酸溶解鐵弗龍燒杯之硝化樣品，並使用 MQ 純水稀釋至

20 ml。將此硝化液保存於 30 ml 的離心管中，離心管搖晃混合均勻後以離心機在 4000 rpm 離心五分鐘，將上層液倒入 30ml PP 試管，使用 Perkin-Elmer AA 800 石墨式原子吸收光譜儀分析待測物中鎘、鉻、銅、鎳、鉛、鋅等元素的濃度。

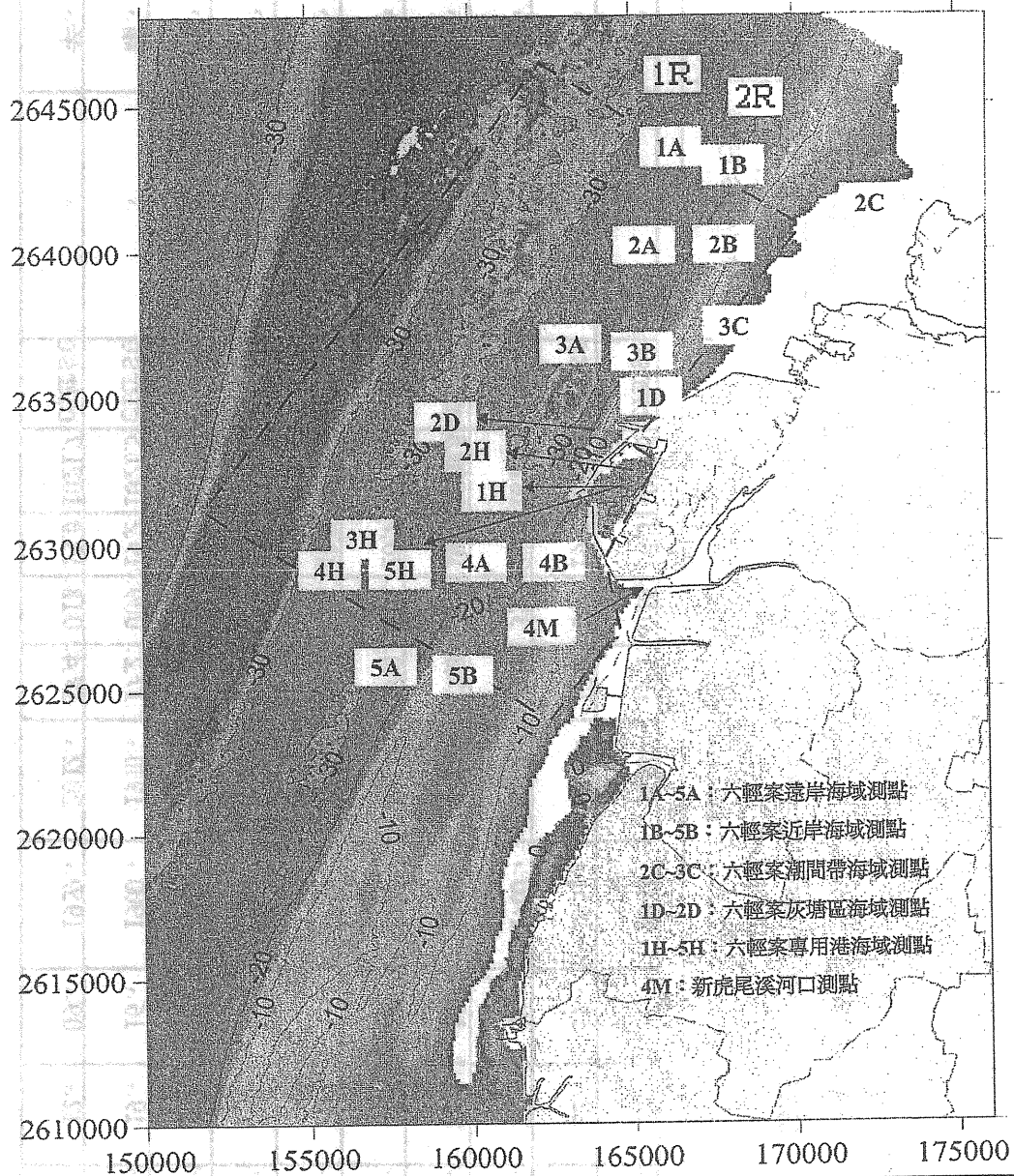
2.2.4 重金屬分析品管

由於海水中溶解態重金屬濃度極低，為了驗證海水溶解態重金屬分析數據的準確度，本實驗室在分析海水樣品時，同步分析加拿大政府所售之 SLRS-3 參考河口海水樣品(reference material)，來驗證分析資料準確度之依據，二重複分析，所得數據與 SLRS-3 標準河口海水各元素之資料作對比，各元素分析準確度介於 74-115 % 之間，分析之準確度與精確度資料詳列於表 2.3 並顯示於圖 2.2。而 SLRS-3 標準海水沒有鉻(VI)之分析資料，因此在分析鉻(VI)時，只有依據標準添加，添加鉻(VI)標準溶液至海水中濃度分別為 0.2 $\mu\text{g/L}$ 及 0.4 $\mu\text{g/L}$ ，尋求分析回收率，而其平均回收率分別為 $93.8 \pm 1\%$ 與 $107.8 \pm 5.3\%$ 。此外，為了驗證沉積物重金屬濃度分析數據的準確度，在分析沉積物樣品時，亦同步分析加拿大政府所售之 MESS-3 沉積物參考樣品(reference material)，來驗證分析準確度之依據，各元素分析準確度介於 90-112 % 之間，各元素分析之準確度與精確度資料詳列於表 2.4 並顯示於圖 2.2。本生物樣品分析工作，在每批次的分析裡皆分析加拿大政府所販售的 DORM-2 魚體標準樣品，以檢驗分析數據的準確度。DORM-2 標準樣品

的分析值與公告值的比值除了鎳在 0.75 左右，其餘元素的比值皆在 0.85-1.10 之間，顯示本實驗室分析所得的數值，仍在合理的範圍之內。

本實驗室之研究專長為海洋重金屬元素在海洋環境之分布與地球化學循環，不管是近岸或是大洋海水中溶解態、懸浮態、沉積物與生物體內重金屬元素的分析能力，皆達國際期刊發表水準，發表多篇文章於國際 SCI 期刊 (Fang and Lin, 2002; Chen et al., 2005; Fang et al., 2006; Peng et al., 2006; Hsiao et al., 2006; Fang et al., 2009; Hsiao et al., 2010)。

麥寮附近海域水質及生態調查位置圖



測點	座標位置	測點	座標位置	測點	座標位置
1A	N23:51:20.94E120:10:22.08	1B	N23:51:48.6 E120:11:16.56	2C	N23:51:18.3 E120:13:07.8
2A	N23:50:34.14E120:09:41.46	2B	N23:50:40.8 E120:10:32.46	3C	N2:50:09.15E120:12:02.46
3A	N23:49:46.8 E120:10:41.22	3B	N23:49:36.72 E120:10:6.78	1D	N23:48:41.4 E120:10:12.7
4A	N23:45:31.2 E120:07:38.4	4B	N23:45:32.4 E120:08:12.0	2D	N23:48:34.02E120:09:19.98
5A	N23:44:1.56 E120:05:59.46	5B	N23:44:4.86 E120:08:5.88	4M	N23:09:59.2 E120:45:25.2
1H	N23:47:18.0 E120:09:42.0	2H	N23:47:50.7 E120:10:1.44	3H	N23:47:27.54 E120:09:45
4H	N23:47:39.66E120:09:54.18	5H	N23:47:46.5 E120:09:58.98		

圖 2.1 麥寮附近海域生態調查測站

表 2.1 船上採樣作業紀錄表

研究船海研二號採樣紀錄 Survey Log (SL)															航次代號:	CRT093	
船舶數據		船名	船類	船主	船籍	船主	船主	船主	船主	船主	船主	船主	船主	船主	船主	頁數:	1/1
本航次於		99	年	01	月	17	日	22	時	自	00	至	00	時	自	00	至
站名	站次	日期	站址 (Longitude)	緯度	經度	深度 (m)	水深 (m)	開採時間	結束時間	電磁	風向	風速	波高	工作項目	備註	人員	
Station	Cast	Time	Lat	Long	Depth	Water	Depth	Start	End	Mag	Wind	Wave	Height	Task	Remarks	Person	
BH	1	01/18	23-47.883	120-10.024	22	18	1643	1650	17.1	016	14.3	1020.5	CRTSG			蕭	
5H	1	01/18	23-47.737	120-09.939	22	18	1651	1658	17.0	349	19.2	1020.5	CRTSG			蕭	
4H	1	01/18	23-47.607	120-09.848	23	19	1700	1709	17.0	356	21.8	1020.4	CRTSG			蕭	
3H	1	01/18	23-47.451	120-09.751	21	18	1710	1720	17.0	357	19.2	1020.5	CRTSG			蕭	
1H	1	01/18	23-47.335	120-09.714	20	17	1728	1738	17.0	011	20.7	1020.1	CRTSG			蕭	
4A	1	01/18	23-45.395	120-07.535	20	17	1756	1802	17.1	011	18.6	1020.6	CRTSG			蕭	
4B	1	01/18	23-45.093	120-08.084	14	10	1812	1820	17.1	034	16.7	1021.2	CRTSG			蕭	
5B	1	01/18	23-44.001	120-08.096	13	10	1832	1842	17.2	042	16.9	1021.0	CRTSG			蕭	
5A	1	01/18	23-44.013	120-08.999	19	16	1900	1910	17.2	009	19.2	1021.5	CRTSG			蕭	
2D	1	01/18	23-46.556	120-09.396	12	09	1939	2012	17.4	016	13.8	1021.7	CRTSG			平	
附註:																	

研究船乘組人員: 黃榮達、辛維銘、蕭仁志;
 工作項目: BC; 大 CTD; C-CTD; R-Rosette; McMicroturb; B-Box core; G-Gravity core; P-Pistone core; T-Trawling; S-Sediment Grab; S-Side Scan;

[illegible]

U

古今圖書集成

表 2.2 各項水質分析之檢測方法與偵測極限

分析項目	檢驗方法	方法偵測極限
氫離子濃度	電極法(W424.52A)	0.01
溶氧	碘定量法(W422.51C)	<0.5 μ M
生化需氧量	水中生化需氧量檢測方法(W510.54B)	
懸浮固體	重量法(W210.57A)	0.01mg/L
大腸桿菌	濾膜法(E202.53B)	
氰化物	W410.52A)	0.004 mg/L
總酚	分光光度計法(W521.52A)	0.002 mg/L
總油脂量	重量法(W506.21B)	0.5 mg/L
礦物性油脂	重量法(W506.21B)	
葉綠素甲	丙酮萃取法(NIEA E509.E00C)	0.005 μ g/L
總磷	磷鉬酸分光光度計法(W444.51C)	0.01 μ M
磷酸鹽	磷鉬酸分光光度計法(W427.52B)	0.01 μ M
矽酸鹽	鉬矽酸鹽分光光度計法(W450.50B)	0.005 μ M
氨氮	靛酚比色法(W448.51B)	0.2 μ M
硝酸鹽	鎘銅環原流動注入分析法(W436.50C)	0.1 μ M
亞硝酸鹽	分光光度計法(W418.51C)	0.005 μ M
鎘	APDC/MIBK 萃取石墨式 AAS 法(W309.22A)	0.001 μ g/L
鈷	APDC/MIBK 萃取石墨式 AAS 法(W309.22A)	0.05 μ g/L
銅	APDC/MIBK 萃取石墨式 AAS 法(W309.22A)	0.01 μ g/L
鐵	APDC/MIBK 萃取石墨式 AAS 法(W309.22A)	0.05 μ g/L
鉛	APDC/MIBK 萃取石墨式 AAS 法(W309.22A)	0.001 μ g/L
鋅	APDC/MIBK 萃取石墨式 AAS 法(W309.22A)	0.004 μ g/L
砷	自動化連續流動式氫化物 AAS 法(W434.53B)	0.05 μ g/L
鉻(VI)	Aliquat-336/ MIBK 溶劑萃取法	0.04 μ g/L
汞	冷蒸氣原子螢光儀分析方法(EPA 1631)	0.0005 μ g/L
甲基汞	冷蒸氣原子螢光儀分析方法(W540.50B)	0.05 ng/L
揮發性有機化合物	吹氣捕捉氣相層析質譜儀法(W785.54B)	
半揮發性有機化合物	半揮發性有機化合物氣相層析質譜儀法(W801.51B)	
沉積物重金屬元素	王水與氫氟酸加熱總消化 AAS 法(S321.63B)	

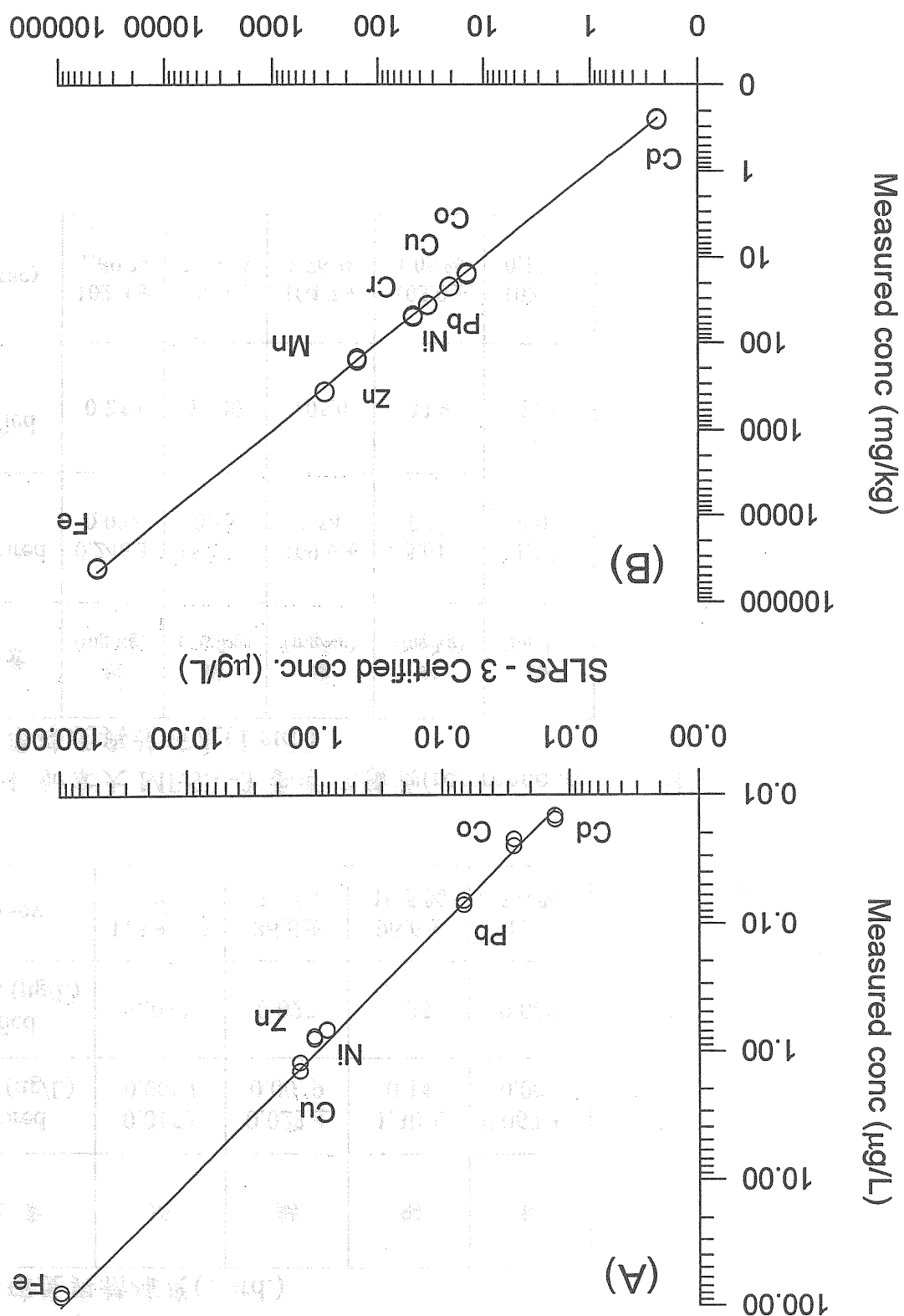
表 2.3 加拿大 SLRS-3 參考河口水(reference material)標準品重金屬元素分析之準確度與精確度(1 std.)

元 素	鎘	鈷	銅	鉛	鎳	鋅	鐵
Measured conc. (µg/L)	0.015± 0.0007	0.023 ± 0.0019	1.30 ± 0.14	0.067 ± 0.004	0.67 ± 0.004	0.77 ± 0.022	79.6 ± 4.28
Certified Conc. (µg/L)	0.013	0.027	1.35	0.068	0.83	1.04	100.0
Accuracy	115 ± 5.6 %	86.6 ± 7.1 %	96.6 ± 10.5 %	98.9 ± 5.6 %	80.8 ± 0.5 %	73.8 ± 2.1 %	79.6 ± 4.3 %

表 2.4 加拿大 MESS -3 參考沉積物(reference material)標準品重金屬元素分析之準確度與精確度(1 std.)

元 素	鎘 (mg/kg)	鈷 (mg/kg)	鉻 (mg/kg)	銅 (mg/kg)	鉛 (mg/kg)	鋅 (mg/kg)	錳 (mg/kg)	鎳 (mg/kg)	鐵 (%)
Measured conc.	0.246 ± 0.004	15.27 ± 0.55	109.9 ± 1.84	35.61 ± 0.36	21.67 ± 0.03	155.5 ± 6.36	364.3 ± 0.51	48.36 ± 1.73	3.91 ± 0.06
Certified Conc.	0.240	14.40	105.0	33.9	21.1	159.0	324.0	46.9	4.34
Accuracy	102.4 ± 1.69 %	106.1 ± 3.79 %	104.7 ± 1.76 %	105.0 ± 1.05 %	102.7 ± 0.13 %	97.77 ± 4.0 %	112.4 ± 0.16 %	103.1 ± 3.68 %	90.1 ± 1.37 %

圖 2.2 (A) SLRS-3 參考河口海水與 (B)MESS - 3 海洋沉積物標準樣品分析濃度與參考濃度對應圖



2.3 結果

2.3.1 水文與水質

99 年第一季調查各水質參數之濃度範圍列於表 2.5，各水質參數在各測站測得濃度顯示於圖 2.3，各測站的水質調查資料詳列於附錄一，各項水質參數簡述於下：

(1)溫度

各測站水溫介於 $16.40-18.50^{\circ}\text{C}$ ，港內測站溫度稍低，約在 $16.5-17.0^{\circ}\text{C}$ 左右。

(2)鹽度

各測站鹽度範圍為 $32.438-33.452$ psu，各測站鹽度變化不明顯。

(3)酸鹼值

各測站酸鹼值範圍為 $7.76-8.15$ ，較低測值出現在 1D 及 2D 測站。

(4)溶氧量

各測站溶氧濃度範圍介於 $6.35-8.83\text{ mg/L}$ ，溶氧飽和度介於 $90-120\%$ 之間，空間分佈無規律性。

(5)生物需氧量

各測站生物需氧量濃度範圍為 $0.28-3.23\text{ mg/L}$ ，空間分佈無規律性。

(6)大腸桿菌

各測站大腸桿菌含量介於 $<1-7\text{ FC}/100\text{ ml}$ 之間，空間分佈無規律性。

(7)懸浮物濃度

各測站懸浮物濃度範圍為 5.51-103.2 mg/L，較高濃度出現在 1A-3B 等七個測站，港內 1H-5H 測站濃度較低。

(8) 氰化物

各測站氰化物濃度範圍為 $<4-7 \mu\text{g/L}$ ，許多測站之濃度皆低於探測下限 ($<4 \mu\text{g/L}$)。

(9) 總酚

各測站總酚濃度範圍為 $2.80-24.6 \mu\text{g/L}$ ，大部份測站之濃度皆低於甲體水域標準值 ($<10 \mu\text{g/L}$)，但有許多測站濃度超過甲體水域標準值，空間分佈無規律性。

(10) 總油脂量

各測站總油脂量濃度範圍為 $0.8-19.8 \text{ mg/L}$ ，空間分佈無規律性。

(11) 礦物性油脂量

各測站礦物性油脂濃度範圍為 $0.8-8.4 \text{ mg/L}$ ，空間分佈無規律性。

(12)葉綠素甲

各測站葉綠素甲濃度範圍為 $0.1-1.18 \mu\text{g/L}$ ，港內 1H-5H、5A 及 5B 測站濃度較高。

(13)磷酸鹽(PO_4^{3-})

各測站磷酸鹽濃度範圍為 $0.07-0.38 \mu\text{M}$ ，空間分佈無規律性。

(14)總磷(Total P)

各測站總磷濃度範圍為 0.09-0.45 μM ，空間分佈無規律性。

(15)矽酸鹽(SiO_4^-)

各測站矽酸鹽濃度範圍為 1.12-5.38 μM ，空間分佈無規律性，且較為混亂。

(16)氨氮($\text{NH}_3\text{-NH}_4$)

各測站氨氮濃度範圍為 <0.2 -10.14 μM ，3A-5B 等 15 個測站濃度較 1R-2C 測站濃度高。

(17)亞硝酸鹽(NO_2^-)

各測站亞硝酸鹽濃度範圍 0.72-1.36 μM ，空間分佈趨勢不明顯。

(18)硝酸鹽(NO_3^-)

硝酸鹽濃度範圍為 3.12-5.87 μM ，空間分佈趨勢不明顯。

海洋中營養鹽（磷酸鹽、硝酸鹽、亞硝酸鹽和矽酸鹽）為海洋浮游生物生長所必需之化學物質，海洋中磷酸鹽及矽酸鹽的主要來源為陸上岩石礦物風化經由河流輸入至海域，而硝酸鹽的主要來源為細菌的固氮作用 (Millero, 1996)。雖然矽鋁礦物之溶解度低，但因為矽為矽鋁礦物之主要成份，因此全球河水中之矽酸鹽濃度約介於 150-250 μM 之間(Edwards and Liss, 1973)，矽酸鹽在環境中的污染源極少，因此海水中矽酸鹽濃度的多寡完全取決於河水及海水的混合，與鹽度呈反比。河水中之磷酸鹽含量主要

來自於磷灰石礦物之風化，但磷灰石礦物溶解度較低，且易被鐵錳等氧化物吸附，因此未被污染河水中之磷酸鹽濃度大都小於 $1\ \mu\text{M}$ (Millero, 1996)。由於海洋中的營養鹽會被浮游植物利用和與懸浮物質產生吸附及脫附作用，因此在未遭受嚴重污染的自然海域其表層海水中所含的營養鹽濃度範圍如下：磷酸鹽 $0.0 - 1.0\ \mu\text{M}$ ，矽酸鹽 $0.0 - 10\ \mu\text{M}$ ，硝酸鹽 $0.0 - 5\ \mu\text{M}$ (Millero, 1996)。海水中之氨氮濃度很低($< 0.5\ \mu\text{M}$)，而且氨氮之分析方法偵測極限較高，不易分析，只有在污染缺氧的河口海域，氨氮濃度才會較高，海水中之亞硝酸鹽濃度通常亦小於 $2\ \mu\text{M}$ ，在熱力學上，氨氮與亞硝酸鹽為無機氮之不穩定物種，易被氧化成硝酸鹽，因此濃度較硝酸鹽為低。

2.3.2 溶解態重金屬元素

(1) 鎘

各測站鎘濃度範圍為 $0.01 - 0.033\ \mu\text{g/L}$ ，大部份測站濃度約在 $0.02\ \mu\text{g/L}$ 左右。

(2) 鉻(VI)

各測站鉻(VI)濃度範圍為 $0.17 - 0.29\ \mu\text{g/L}$ ，大部份測站濃度約在 $0.2\ \mu\text{g/L}$ ，空間分佈趨勢不明顯。

(3) 鈷

各測站鈷濃度範圍為 $0.023 - 0.512\ \mu\text{g/L}$ ，1D 與 2D 測站濃度較高，大部份測站濃度小於 $0.2\ \mu\text{g/L}$ 。

(4)銅

各測站銅濃度範圍為 0.25-0.86 $\mu\text{g/L}$ ，空間分佈趨勢不明顯。

(5)鎳

各測站鎳濃度範圍為 0.46-1.52 $\mu\text{g/L}$ ，空間分佈趨勢不明顯。

(6)鉛

各測站鉛濃度範圍為 0.003-0.124 $\mu\text{g/L}$ ，大部份測站濃度小於 0.05 $\mu\text{g/L}$ 。

(7)鋅

各測站鋅濃度範圍為 0.37-1.34 $\mu\text{g/L}$ ，空間分佈趨勢不明顯。

(8)鐵

各測站鐵濃度範圍為 1.73-47.76 $\mu\text{g/L}$ ，大部份測站濃度小於 10 $\mu\text{g/L}$ ，但

2B、2C、3A、1D、2D 與 5A 等幾個測站濃度大於 30 $\mu\text{g/L}$ ，因空間分佈

不規則，無法判斷為何這些測站濃度較高。

(9)砷

各測站砷濃度範圍為 0.92-1.16 $\mu\text{g/L}$ ，空間分佈趨勢不明顯。

(10)汞

各測站汞濃度範圍為 10.02-44.47 ng/L ，港內 1H-5H 測站濃度似乎較港外測站稍高。

(11)甲基汞

本季共調查 22 個測站表層水甲基汞濃度，其值皆小於探測下限 0.05 ng/L 。

海水中溶解態重金屬元素依其濃度含量可分成四組：鐵、錳、鋅及砷濃度範圍為 1-10 $\mu\text{g/L}$ ；鉻、銅、及鎳濃度範圍為 0.1-1 $\mu\text{g/L}$ ；鎘、鈷及鉛濃度範圍為 0.01-0.1 $\mu\text{g/L}$ ；及汞濃度範圍為 0.001-0.01 $\mu\text{g/L}$ (Burton and Statham, 1990; Donat and Bruland, 1995)，因此一般不污染嚴重海域之溶解態重金屬元素濃度均遠小於環保署所定之法規標準，如表 2.5 所示。99 年第一季台塑麥寮海域所測得水質，計有 12 個測站樣水中之總酚濃度，許多測站之總礦物性油脂與 1R、2B 及 5H 等測站 6 個樣水中之生化需氧量濃度超過甲體水域標準值外，其餘各項水質濃度資料皆符合行政院環保署所規範之甲類海域海洋環境品質標準。

2.3.3 海水中揮發性及半揮發性有機化合物 (VOC & sVOC)

海水中揮發性及半揮發性有機化合物樣水，委託高雄海洋科技大學分析，每個樣水共分析 59 種揮發性有機化合物及 105 種半揮發性有機化合物，各測站之分析資料與各有機化合物之探測下限詳列於附錄一，除了 1R、2R、1A、1B、2A、3A、3B、2D 與 2H 等 9 個測站偵測到二氯甲烷揮發性有機化合物外，其餘揮發性有機化合物濃度皆低於探測下限，偵測到二氯甲烷濃度範圍為 10.3-25.5 $\mu\text{g/L}$ (圖 2.4)。樣水中 種半揮發性有機化合物濃度大都低於探測下限，只有 1D 及 4H 測站，二個樣水中之鄰苯二甲酸二辛酯 [Bis(2-ethylhexyl) phthalate, BEHP- $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CO}_2\text{C}_8\text{H}_{17})_2$] 化合物濃度高於探測下限(5.55 $\mu\text{g/L}$)，其濃度分別為 8.48 與 5.68 $\mu\text{g/L}$ ，空間分佈不規則，無法

判斷為此二測站可偵測到鄰苯二甲酸二辛酯。

表 2.5 99 年第一季 麥寮海域各測站各項水質資料濃度範圍

各項水質	溫度 (°C)	鹽度 (psu)	pH	溶氧量 (mg/L)	生物需氧量 (mg/L)	大腸桿菌 (FC/100ml)	懸浮固體 (mg/L)	氯化物 (μg/L)	總酚 (μg/L)	總油脂量 (mg/L)	礦物性油脂量 (mg/L)	葉綠素甲 (μg/L)	磷酸鹽 (μM)	總磷 (μM)	矽酸鹽 (μM)	亞硝酸鹽 (μM)
Min	16.40	32.438	7.76	6.35	0.28	< 1	5.51	< 4	2.82	0.80	0.80	0.10	0.07	0.09	1.12	0.72
Max	18.50	33.452	8.15	8.83	3.23	7	103.2	7	24.57	19.80	8.400	1.18	0.38	0.45	5.38	1.36
Mean	17.40	33.134	7.98	7.63	1.07	未計算	36.27	未計算	10.413	8.48	3.07	0.46	0.21	0.29	3.09	1.04
甲體海域標準	未定	未定	7.5-8.5	≥5.0	≤2.0	≤1000	未定	10	10	未定	2	未定	未定	≤1.6	未定	未定

表 2.5 99 年第一季 麥寮海域各測站各項水質資料濃度範圍 ...續

各項水質	硝酸鹽 (μM)	氨氮 (μM)	鎘 (μg/L)	鉻(VI) (μg/L)	鈷 (μg/L)	銅 (μg/L)	鎳 (μg/L)	鉛 (μg/L)	鋅 (μg/L)	鐵 (μg/L)	砷 (μg/L)	汞 (ng/L)	甲基汞 (ng/L)
Min	3.12	< 0.2	0.010	0.17	0.023	0.25	0.46	0.003	0.37	1.73	0.92	10.02	
Max	5.87	10.14	0.033	0.29	0.512	0.86	1.52	0.124	1.34	47.76	1.16	44.47	< 0.05
Mean	4.19	4.99	0.020	0.21	0.173	0.54	0.75	0.027	0.73	13.76	1.06	21.05	
甲體海域標準	未定	21.4	10	50	未定	30	未定	100	500	未定	50	2000	

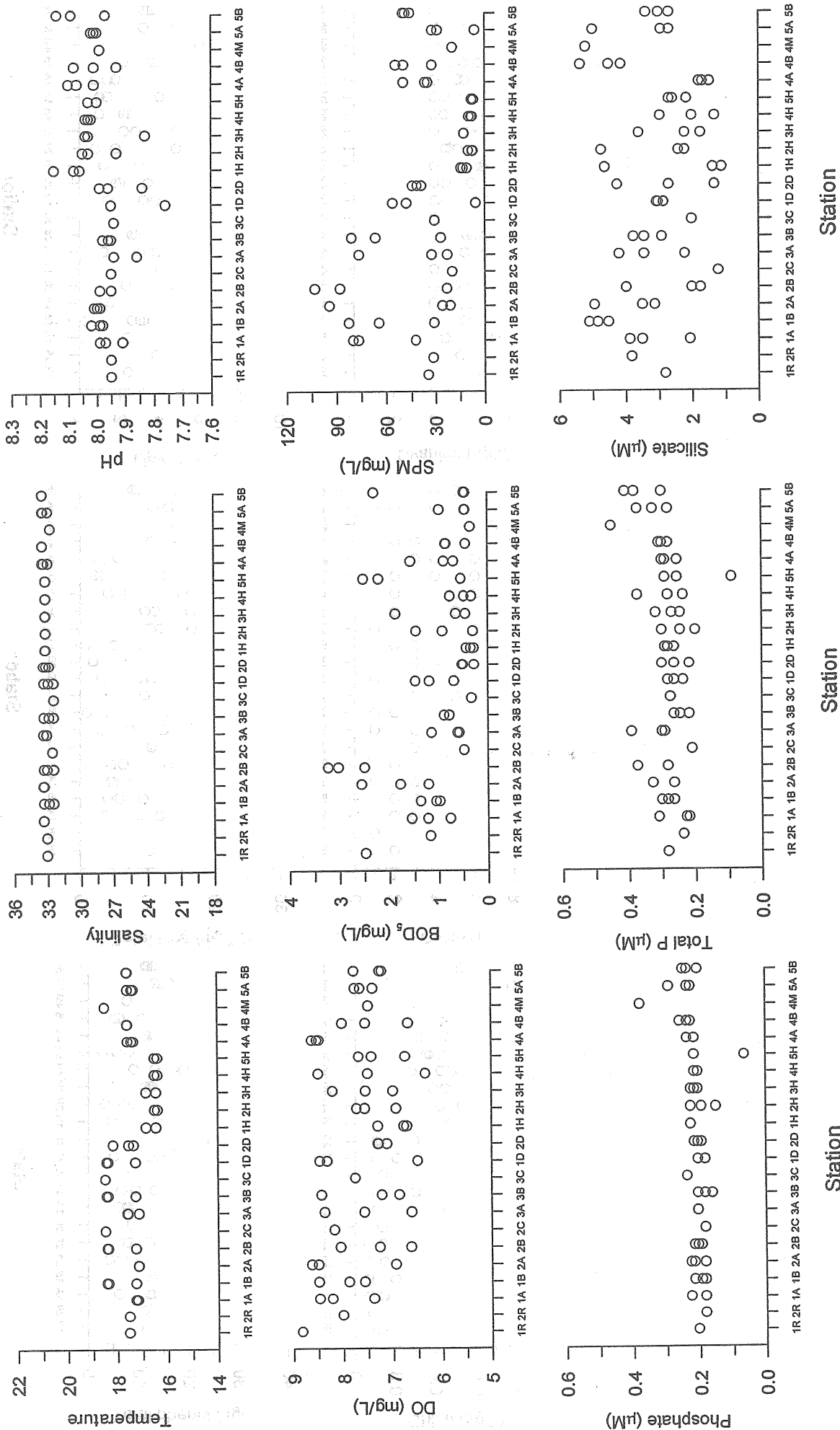


圖 2.3 99 年第一季麥寮海域各測站各項水質濃度分佈

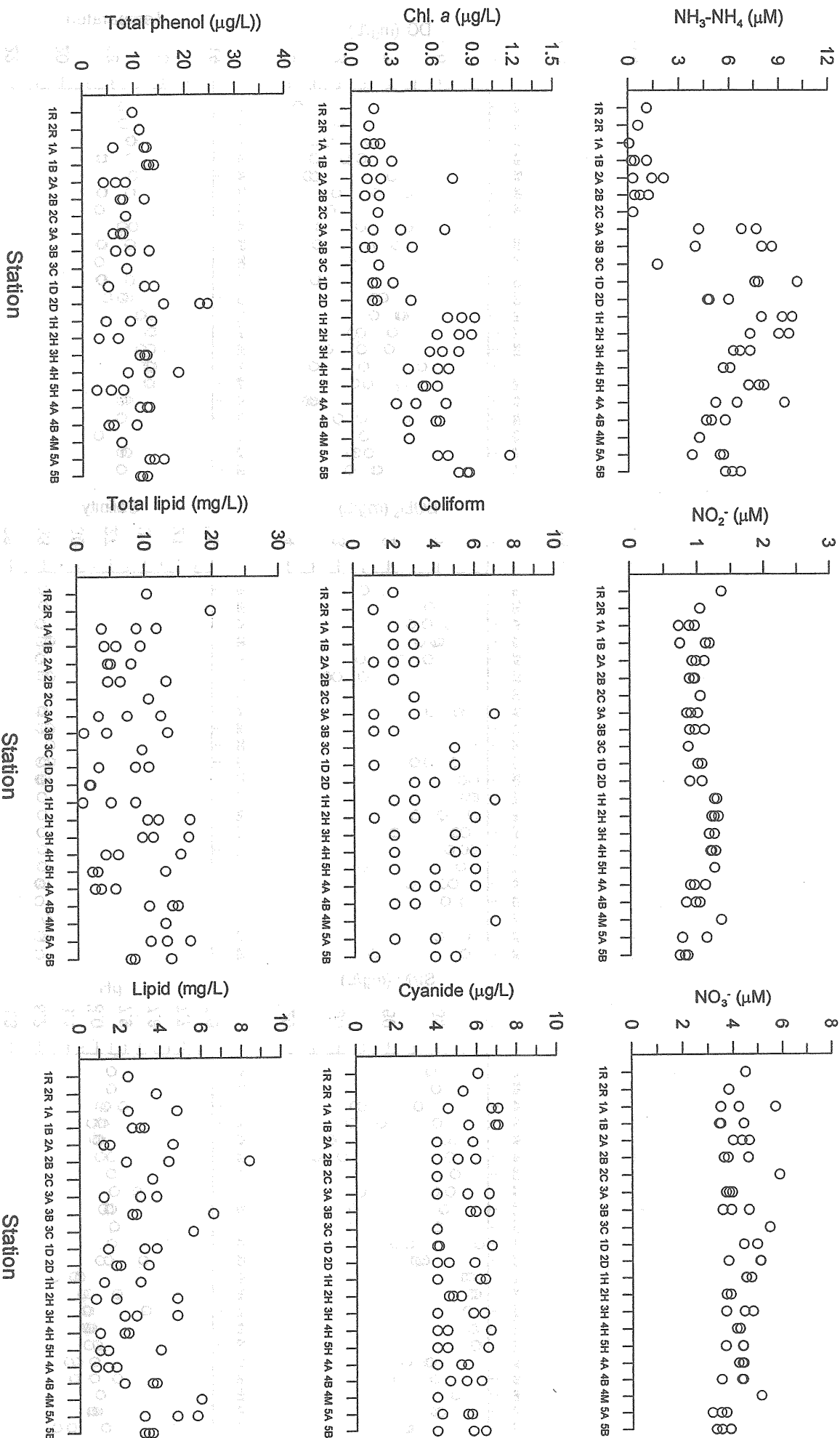


圖 2.3 99 年第一季麥寮海域各測站各項水質濃度分佈.....續

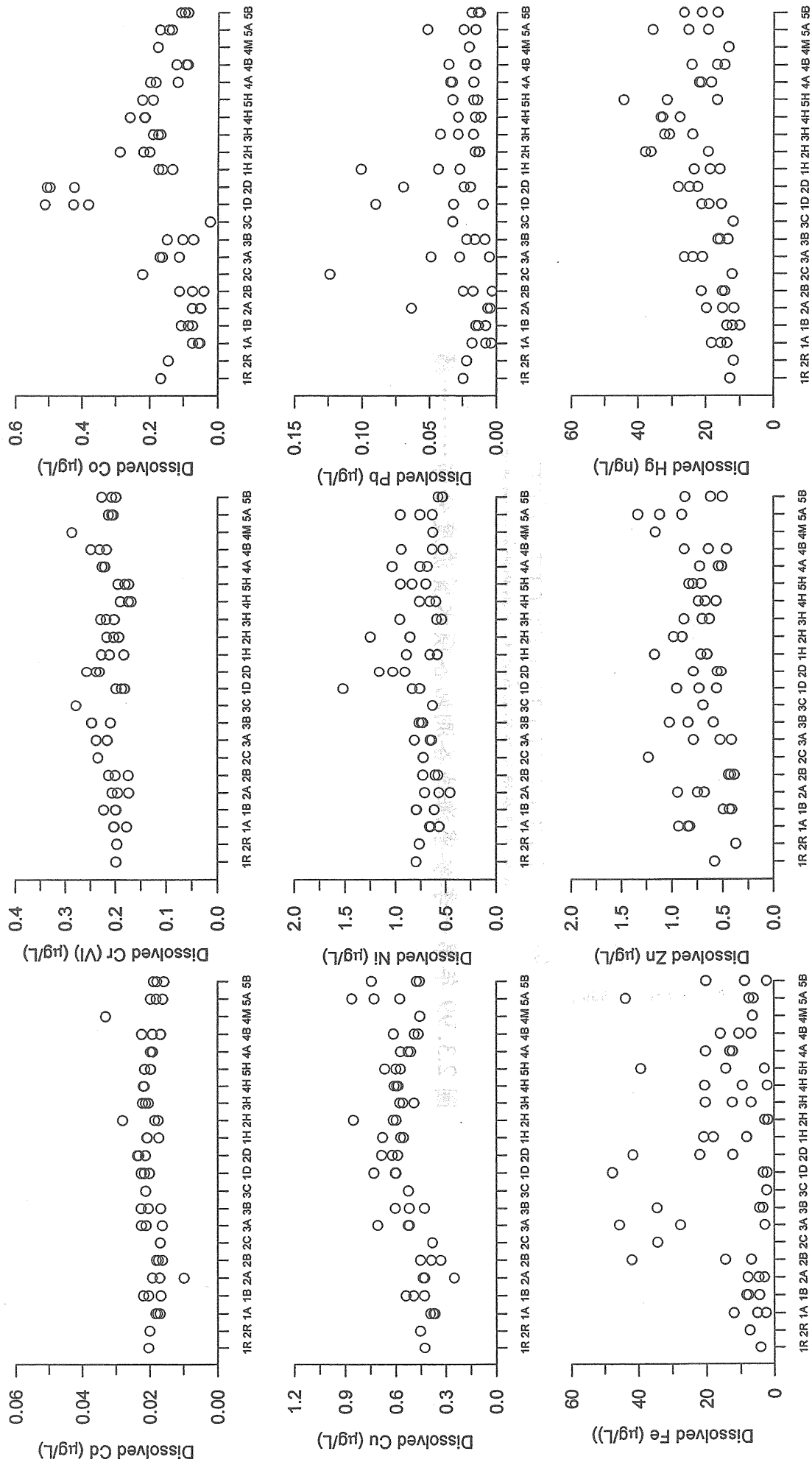


圖 2.3.99 年第一季麥寮海域各測站各項水質濃度分佈.....續

Station

Station

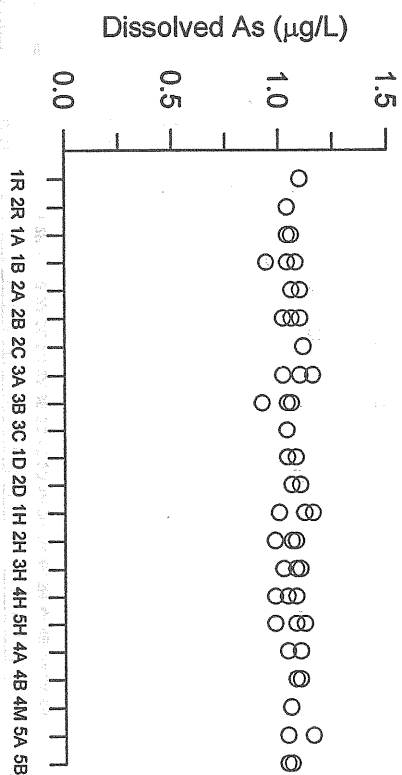


圖 2.3. 99 年第一季麥寮海域各測站各項水質濃度分佈.....續

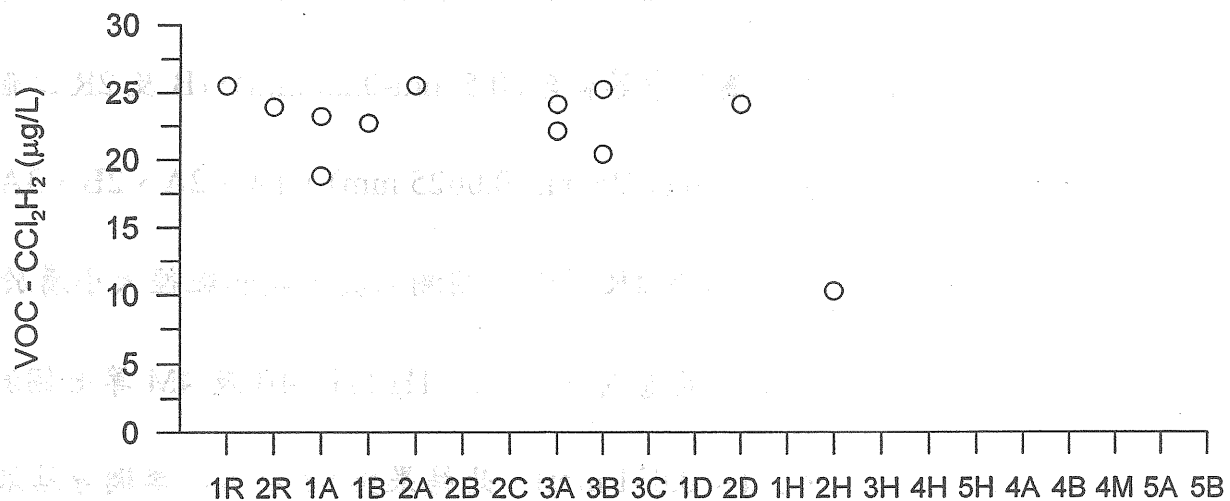


圖 2.4 99 年第一季麥寮海域各測站揮發性有機化合物二氯甲烷濃度

2.3.4 沉積物粒徑與重金屬元素

各測站沉積物粒徑分析結果整理於表 2.6 並顯示於圖 2.5，2C 及 3C 等二個測站其沉積物粒徑大小屬於中等粗砂(0.5 mm-0.25 mm)，1B 及 2R 二個測站其沉積物粒徑大小屬於細砂(0.25 mm-0.0625 mm)，1A、2A、2B、3A、3B、1D、2D、4A、5A、5B 及 1R 等十一個測站其沉積物粒徑大小屬於極細砂(0.25 mm-0.0625 mm)，而港內五個測站 1H-5H、4B 及 4M 等七個測站其沉積物粒徑大小屬於泥(< 0.031 mm)，此結果與 98 年第四季調查結果極相似。

各測站沉積物總有機碳與重金屬元素濃度範圍整理於表 2.7，各測站各元素濃度詳列於表 2.8 並顯示於圖 2.6，各元素敘述如下：

(1) 總有機碳

各測站總有機碳濃度範圍為 0.053-0.317 %，港內 1H-5H 測站濃度較港外測站濃度稍高。

(2) 鎘

各測站鎘濃度範圍為 0.032-0.072 mg/kg，空間分佈較平均，本季調查所得濃度較前二季調查為低，各測站濃度均未超過美國 NOAA 所定對生物產生副作用之最低濃度值(1.2 mg/kg; Long et al., 1995)。

(3) 鈷

各測站鈷濃度範圍為 9.15-27.69 mg/kg，空間分佈趨勢不明顯，美國 NOAA

未訂定此元素對生物產生副作用之最低濃度值(Long et al., 1995)。

(4) 鉻

各測站鉻濃度範圍為 45.83-145.14 mg/kg，大部份測站濃度小於 80 mg/kg，只有 2B 及 3C 測站濃度高於 120 mg/kg，美國 NOAA 所定對生物產生副作用之最低濃度值為 81mg/kg (Long et al., 1995)。

(5) 銅

各測站銅濃度範圍為 5.28-14.66 mg/kg，港內 1H-5H 測站濃度較高，各測站濃度均未超過美國 NOAA 所定對生物產生副作用之最低濃度值(34 mg/kg; Long et al., 1995)。

(6) 錳

各測站錳濃度範圍為 164.82-304.79 mg/kg，港內 1H-5H 及 4A-4B 測站濃度稍高一些，美國 NOAA 未訂定此元素對生物產生副作用之最低濃度值 (Long et al., 1995)。

(7) 鎳

各測站鎳濃度範圍為 18.11-351.96 mg/kg，大部份測站濃度小於 30 mg/kg，但 4A 及 4B 測站濃度高於 300 mg/kg，而 2C 及 4M 測站濃度也較高(> 60 mg/kg)，其因不明。大部份測站之鎳濃度高於美國 NOAA 所定對生物產生副作用之最低濃度值(20.9 mg/kg; Long et al., 1995)。

(8) 鉛

各測站鉛濃度範圍為 15.32-169.05 mg/kg，大部份測站濃度小於 20 mg/kg，

只有 2C 及 3C 測站濃度高於 60 mg/kg，3C 測站鉛與鉻濃度均偏高，其因不明，美國 NOAA 所定沉積物鉛元素對生物產生副作用之最低濃度值為 46.7 mg/kg (Long et al., 1995)。

(9) 鋅

各測站鋅濃度範圍為 24.61-60.74 mg/kg，港內 1H-5H 及 4A-4B 測站濃度稍高一些與錳相似，本季各測站濃度均低於美國 NOAA 所定對生物產生副作用之最低濃度值(150 mg/kg ; Long et al., 1995)。

(10) 砷

各測站砷濃度範圍為 4.30-10.84 mg/kg，2C、4A 及 4B 測站濃度稍高，超過美國 NOAA 所定對生物產生副作用之最低濃度值(8.2 mg/kg ; Long et al., 1995)。

(11) 汞

各測站汞濃度範圍為 13.31-118.72 $\mu\text{g/kg}$ ，港內 1H-5H 及 4M 測站濃度較高，各測站濃度均未超過美國 NOAA 所定對生物產生副作用之最低濃度值(150 $\mu\text{g/kg}$; Long et al., 1995)。

主成份分析 (Principal component analysis) 數理統計，近幾年來被廣泛應用於環境生態調查，探討環境各變數間之差異性與主要影響之變數。本調查應用主成份分析統計方法，來計算 99 年第一季沉積物粒徑重金屬元素之統計，將統計參數依其第一與第二主成分之係數數值畫於座標上(圖 2.7)。

元素受粒徑大小及總有機碳影響較大，而鎳、鈷、鉻與砷等元素受粒徑及

表 2.6 99 年第一季台塑麥寮海域沉積物粒徑分析-粒徑百分比

站 名	medium sand (中等粗砂)	fine sand (細砂)	silt (極細砂)	mud (泥)	粒徑屬性
1R	2.49	28.14	61.13	8.24	極細砂
2R	6.10	49.54	36.63	7.73	細砂
1A	5.67	20.89	68.00	5.45	極細砂
1B	4.02	90.41	0.06	5.51	細砂
2A	5.37	22.15	57.61	14.88	極細砂
2B	6.34	23.00	61.50	9.16	極細砂
2C	53.77	26.82	15.15	4.26	中等粗砂
3A	4.06	18.76	65.96	11.21	極細砂
3B	5.31	16.37	68.03	10.29	極細砂
3C	84.99	9.58	2.94	2.49	中等粗砂
1D	14.23	19.52	58.49	7.76	極細砂
2D	12.22	37.03	47.25	3.50	極細砂
1H	1.16	7.19	13.08	78.57	泥
2H	1.45	9.36	15.78	73.41	泥
3H	0.78	7.94	14.34	76.93	泥
4H	1.92	7.23	14.44	76.42	泥
5H	0.90	9.90	16.59	72.61	泥
4A	57.24	0.36	3.07	39.33	細砂
4B	31.81	0.24	3.85	64.10	極細砂
4M	0.17	0.76	23.73	75.33	泥
5A	6.94	32.46	45.27	15.34	極細砂
5B	2.90	17.52	57.80	21.78	極細砂

medium sand: 粒徑 0.5mm-0.25mm
 fine sand: 粒徑 0.25mm-0.0625mm
 silt: 粒徑 0.0625mm-0.031mm
 mud: 粒徑 < 0.031mm

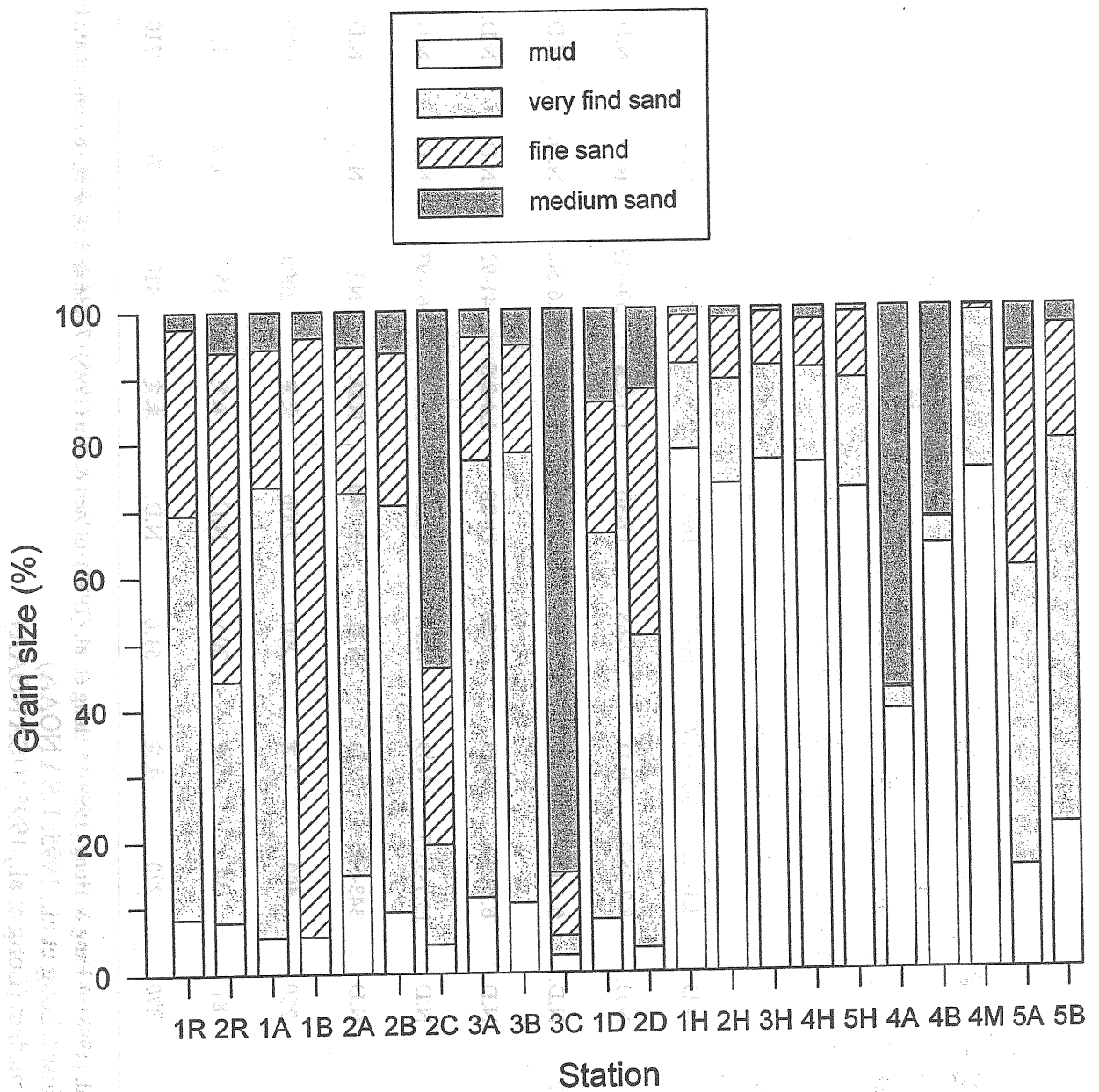


圖 2.5 99 年第一季台塑麥寮海域各測站沉積物粒徑百分比分佈

表 2.7 99 年第一季麥寮海域沉積物重金屬元素濃度範圍與台灣周遭近岸海域沉積物重金屬濃度之比較

研究區域	沉積物 樣品	消化方法	鎘 (mg/kg)	鈷 (mg/kg)	鉻 (mg/kg)	銅 (mg/kg)	錳 (mg/kg)	鎳 (mg/kg)	鉛 (mg/kg)	鐵 (%)	鋅 (mg/kg)	砷 (mg/kg)	汞 (μg/kg)
麥寮海域	所有樣品	王水/氫氟酸	0.03-0.07	9.15-27.7	45.8-145.1	5.28-14.66	165-304	18.11-352	15.3-69	1.99-3.89	24.6-60.7	4.30-10.84	13.3-118.7
核二廠附近 海域 ¹	100mesh	王水/氫氟酸	0.74-1.74	8.95-15.4	4.77-15.0	10.7-14.6	403-676	10.52-152	23.3-32.1	2.06-2.62	36.5-60.4	N.D.	N.D.
淡水河 ²	所有樣品	HNO ₃ /HF	N.D.	N.D.	N.D.	8.1-12.1	362-1175	19-31	18-21	2.7-3.5	69-96	N.D.	N.D.
大肚溪 ³	所有樣品	王水/氫氟酸	N.D.	N.D.	N.D.	8.7-25.2	N.D.	22-63	17-30	1.5-2.8	59-113	N.D.	N.D.
曾文溪 ⁴	所有樣品	INHCl	N.D.	4.6-18.2	N.D.	0.4-16.7	186-625	2.1-10.2	0.7-21.8	0.4-1.5	3.6-56.4	N.D.	N.D.
台南沿海 ³	所有樣品	王水/氫氟酸	N.D.	N.D.	N.D.	6.3-23.8	N.D.	16-56	11-28	1.4-2.6	41-92	N.D.	N.D.
王仁溪 ⁵	所有樣品	硝酸/氫氟酸	N.D.	N.D.	N.D.	15.7-55.5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	67-97	N.D.	N.D.
高雄港 ⁶	<63 μm	硝酸/氫氟酸	N.D.	N.D.	N.D.	343-505	N.D.	N.D.	92-140	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
*環保署土壤法規標準 ⁷			20	未定	250	400	未定	200	2000	未定	2000	60	20000
海域沉積物重金屬對生物毒性 影響最小參考值 (ERL) ⁸			1.2	未定	81	34	未定	20.9	N.D.	未定	150	8.2	150
海域沉積物重金屬對生物毒性影響 中間參考值 (ERM) ⁸			9.6	未定	370	270	未定	51.6	N.D.	未定	410	70	710

ND: not determined; 1.Fang (2006), 2.Tseng (1990), 3.Lee et. al. (1998), 4.Fang & Hong (1999), 5.Hung et. al. (1993), 6.Chen & Wu (1995), 7.環保署土壤法規, 8.Long et.al.(1995)
 ERL: Incidence of adverse biological effect range-low (Long et al., 1995; USA NOAA)
 ERM: Incidence of adverse biological effect range-median (Long et al., 1995; USA NOAA)

表 2.8 99 年第一季台塑麥寮海域各測站沉積物重金屬元素濃度

站名	TOC (%)	Cd (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (%)	As (mg/kg)	Hg (μg/kg)
1R	0.159	0.032	14.87	45.83	5.30	164.82	19.62	15.45	33.93	2.89	5.59	20.14
2R	0.134	0.034	14.97	48.56	5.78	166.25	21.33	15.55	37.36	3.05	5.38	26.47
1A	0.156	0.040	15.67	48.41	5.32	172.21	18.11	15.51	33.85	3.26	5.31	18.72
1B	0.178	0.037	17.19	53.34	5.77	190.61	22.88	15.53	36.05	3.26	5.90	24.52
2A	0.131	0.037	14.09	50.50	5.28	172.13	19.56	18.49	34.99	3.02	5.63	18.07
2B	0.058	0.035	15.66	145.14	6.20	175.52	25.97	15.50	34.13	3.10	5.26	20.15
2C	0.188	0.041	27.38	60.74	9.14	210.6	65.04	69.05	30.31	2.30	9.22	16.69
3A	0.098	0.043	17.81	62.59	6.61	205.53	24.28	21.59	40.71	3.38	6.47	16.75
3B	0.113	0.040	13.40	53.13	6.19	190.87	19.64	15.47	38.13	3.25	6.00	21.05
3C	0.160	0.013	9.15	143.66	9.16	220.65	25.58	60.51	33.60	2.48	7.18	13.64
1D	0.076	0.043	17.15	55.63	6.20	185.73	22.04	15.50	38.19	3.21	5.67	18.39
2D	0.140	0.040	12.53	47.83	5.69	170.83	19.45	15.32	33.26	3.06	5.74	13.31
1H	0.288	0.060	20.21	87.39	14.66	280.46	29.23	21.77	58.18	3.89	8.27	85.47
2H	0.310	0.058	20.15	87.16	14.18	273.58	29.15	24.82	60.74	3.88	7.80	70.66
3H	0.288	0.058	17.95	70.35	12.88	256.33	25.26	21.76	59.11	3.50	7.21	76.61
4H	0.282	0.056	18.69	72.74	12.87	263.06	26.04	18.64	55.98	3.57	6.92	72.37
5H	0.317	0.053	16.30	72.10	12.76	252.61	25.03	18.48	53.94	3.54	6.27	80.47
4A	0.085	0.052	16.33	62.60	7.49	284.96	329.07	21.59	48.54	3.55	10.84	34.60
4B	0.193	0.072	18.52	74.51	10.56	304.79	351.96	21.56	52.98	3.70	8.87	44.56
4M	0.057	0.034	27.68	100.42	11.02	182.22	64.00	29.71	24.61	2.40	4.29	118.7
5A	0.053	0.048	17.13	62.82	7.96	204.94	24.37	15.48	42.80	3.34	6.63	32.83
5B	0.103	0.054	17.75	67.17	7.90	216.30	26.54	18.44	44.90	2.00	7.09	26.41

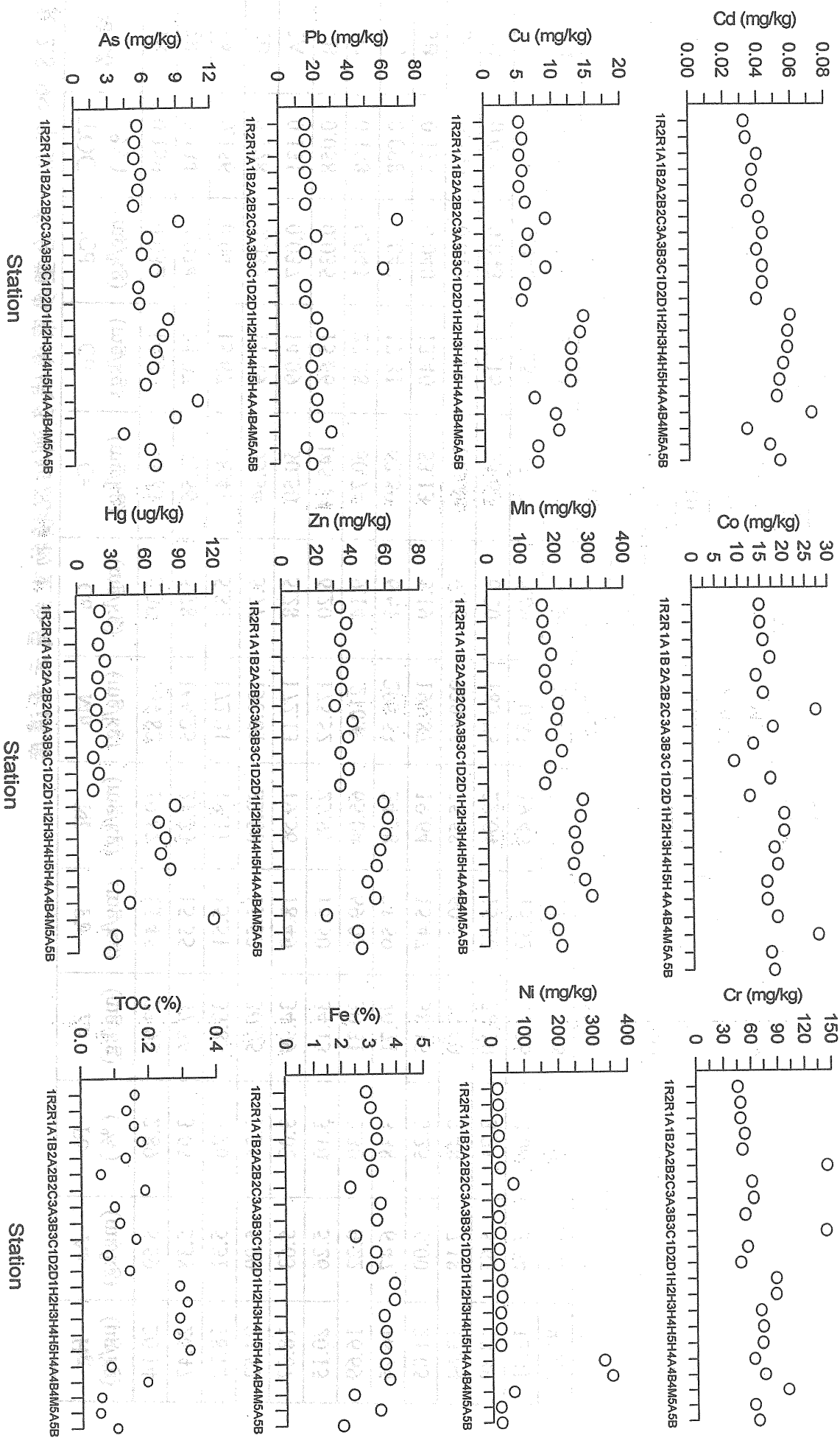


圖 2.6. 99 年第一季麥寮海域各測站沉積物重金屬元素與總有機碳濃度分佈

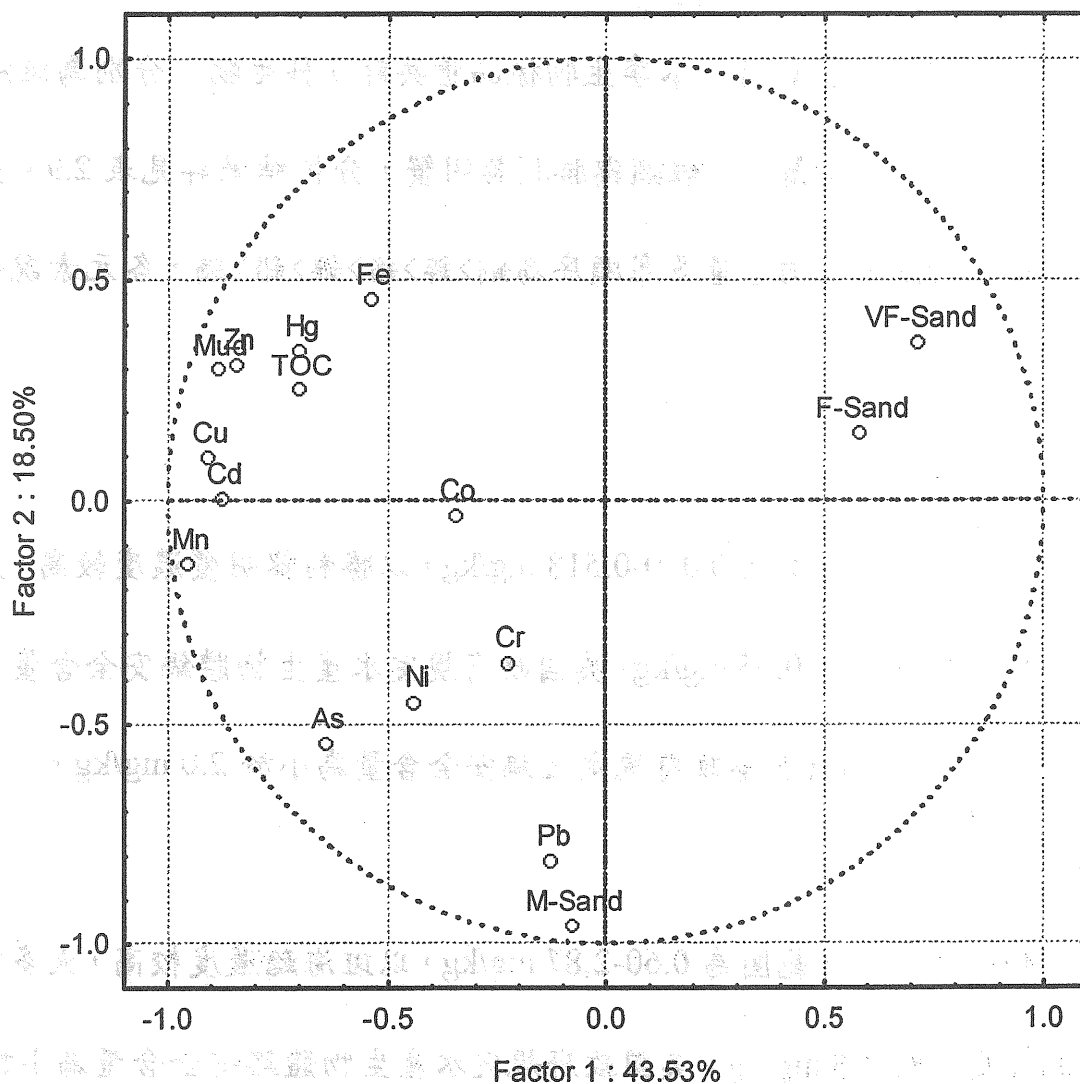


圖 2.7. 99 年第一季麥寮海域沉積物重金屬元素、總有機碳與粒徑分佈之主成份分析

(TOC: 總有機碳, VF-Sand: very fine sand, F-Sand: fine sand, M-Sand: medium sand)

2.3.5 生物體重金屬元素

生物體樣品來源由底棲生物子計畫提供，此子計畫由中央研究院生物多樣性中心邵廣昭教授執行，本季生物樣品量共計 5 種生物，分別為斑海鯨、黑點多紀魷、布瓦鬚鰻、蝦類與勝利黎明蟹，分析結果詳見表 2.9。生物體重金屬元素濃度平均含量多寡順序為銅>鋅>鉻>鎳>鉛>鎘，各元素說明如下：

(1) 鎘

生物樣品鎘濃度範圍為 0.010-0.518 mg/kg，以勝利黎明蟹濃度較高，大多數生物樣品濃度小於 0.05 mg/kg。美國政府規定水產生物體鎘安全含量為小於 3.0 mg/kg，澳洲及香港政府規定之鎘安全含量為小於 2.0 mg/kg。

(2) 鉻

生物樣品鉻濃度範圍為 0.60-2.87 mg/kg，以斑海鯨濃度較高，大多數生物樣品濃度小於 1.5 mg/kg。美國政府規定水產生物體鉻安全含量為小於 13 mg/kg，香港政府規定之鉻安全含量為小於 1.0 mg/kg。

(3) 銅

生物樣品銅濃度範圍為 0.76-40.16 mg/kg，以勝利黎明蟹濃度最高(40.16 mg/kg)，蝦類濃度次之(28.93 mg/kg)，其它生物樣品濃度皆小於 2 mg/kg。澳洲及紐西蘭政府規定水產生物體銅安全含量分別為 70 和 30 mg/kg。

(4) 鎳

生物樣品鎳濃度範圍為 0.43-1.02 mg/kg，以勝利黎明蟹濃度較高。各國

政府大都未設定水產生物體中鎳元素之標準含量，美國政府規定甲殼類生物鎳含量標準為 70 mg/kg 以下，而貝類生物為 80 mg/kg 以下。

(5) 鉛

生物樣品鉛濃度範圍為 < 0.01-0.15 mg/kg，以勝利黎明蟹濃度較高，其它生物樣品濃度皆小於 0.05 mg/kg。各國政府規定水產生物體鉛安全含量標準不一，美國為 1.7 mg/kg，紐西蘭為 2.0 mg/kg，加拿大及澳洲為 0.5 mg/kg 而香港為 6 mg/kg，

(6) 鋅

生物樣品鋅含量濃度範圍為 2.21-6.70 mg/kg，生物樣品鋅濃度皆小於 10 mg/kg，遠低於澳洲政府所規定的牡蠣生物體鋅濃度安全含量 1000 mg/kg。

文獻報告指出重金屬元素中銅和鋅是海洋生物最易累積之元素(Kennish, 1998)，因此有些國家，如美國、香港和加拿大等國並未規定水產生物體銅及鋅之安全含量。臺灣養殖業舉世聞名，但因地小人稠環境的污染較歐美等先進國家嚴重，而海產又為國人所喜愛的食物，因此海產食物體內重金屬元素濃度的調查與研究不少(Han *et al.*, 1993; 1998; 曾, 1996; 梁等, 1998; Hung *et al.*, 1997; Lin and Hsieh, 1999)。綜合這些文獻所發表的數據，顯示貝類海產如牡蠣、九孔等體內含重金屬(尤其是銅、鋅)濃度較高，而魚如虱目魚、劍旗魚、白帶魚等體內含重金屬濃度相對較低。Han *et al.*(1993; 1998) 和 Lin and Hsieh (1999)文章指出在香山、鹿港、安平等產地所收集的牡蠣其

銅、鋅含量(乾重)可高達 2000 至 3000 mg/kg，平均含量約 1000 mg/kg。而梁等(1998)調查台灣南北部地區市售九孔重金屬濃度，發現九孔鋅平均含量為 70 ± 20 mg/kg(乾重)，這些報告顯示貝類生物較易累積重金屬元素。

表 2.9 99 年第一季台塑麥寮海域生物體重金屬元素濃度

生物樣品	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
斑海鯰	0.010	2.87	1.60	0.61	0.022	3.27
黑點多紀鮪	0.013	0.60	1.70	0.44	< 0.05	4.16
布瓦鬚鰻	0.015	1.35	0.76	0.43	0.050	2.21
蝦類	0.143	1.67	28.93	0.93	0.021	4.27
勝利黎明蟹	0.518	1.02	40.16	1.02	0.151	6.70
USA 甲殼類生物標準 ¹	3	12	未定	70	1.5	未定
USA 貝類生物標準 ¹	4	12	未定	80	1.7	未定
澳洲水產生物標準 ¹	2	未定	70	未定	0.5	150* 1000**
香港水產生物標準 ²	2	1	未定	未定	6	未定

1: 蔡和黃 (1998), 2: FAR, (1987)

*其他 150 mg/kg, **牡蠣 1000 mg/kg.

2.4. 歷年資料比較

2.4.1 水文及水質化學

由本季調查結果與歷年之水質調查作一比較(圖2.8)，因本計畫調查共有22個測站，調查海域範圍較以前海域大，為方便比較，本計畫將各水質資料取其濃度之最高、最低與所有資料之平均值與歷年資料比較，圖2.8顯示87年pH值較低(約為6.5)，之後維持在8.0左右變化不明顯，而懸浮物最高濃度明顯高於歷年調查資料，但其平均濃度與歷年調查資料相差不大，其餘水質參數之差異並不明顯，但整體而言，較歷年調查資料為低。在溶解態重金屬元素方面，鐵元素最高濃度明顯高於歷年調查資料，但其平均濃度與歷年調查資料相差不大，本季調查2B、2C、3A、1D、2D與5A等幾個測站之鐵濃度大於30 $\mu\text{g/L}$ ，此值較歷年調查資料為高，因其空間分佈不規則，因此無法判斷為何這些測站濃度較高。此外鉻(VI)之濃度比歷年調查資料稍高，其因可能是歷年調查資料錯誤，文獻報導海水中鉻(VI)的濃度範圍為0.15-0.5 $\mu\text{g/L}$ 之間(Murry et al., 1983; Sirinawin et al., 2000; Fang et al., 2006)，而歷年調查資料鉻(VI)之濃度約為0.01-0.05 $\mu\text{g/L}$ 之間，其資料可信度不高，其它元素資料相同，例如鉛元素，其歷年調查資料鉛濃度約在5 $\mu\text{g/L}$ 左右，此值比國際文獻報導近岸海水中之鉛濃度約為0.01-0.2 $\mu\text{g/L}$ (Burton and

Statham, 1990)，高出50-100倍不等，因過去歷年重金屬元素濃度資料可信度不高，因此與歷年資料相比意義不大。

2.4.2 沉積物

本季調查海域之沉積物主要是以極細砂與泥(< 0.062mm)粒徑為主，此結果與以往之調查結果相似。沉積物重金屬之比較顯示於圖 2.9，因歷年之資料只顯示平均值，99 年第一季資料其高低值為濃度範圍而中間值為平均值，若比較歷年資料之平均值，99 年第一季之鉻元素明顯高於以往資料，而汞與砷元素較歷年濃度稍低，其它元素濃度差異並不明顯。

2.4.3 生物體重金屬

由 83-97 年生物體重金屬之比較結果知，不同生物之金屬含量不同，例如銅、鉛與鉻之最高濃度大都出現在矛形梭子蟹，鋅則是以舌鰺科有最高濃度出現(台塑關係企業，97 年第四季)，因此不同生物無法比較其重金屬濃度。歷史資料只顯示出其在 98 年第一季有補獲斑海鯰、線紋玉螺、長角仿對蝦與矛形梭子蟹，與這些生物含有重金屬元素最高濃度與最低濃度之頻率，與所有生物重金屬濃度範圍，並未有單獨生物重金屬濃度，因此無法有意義作比較。

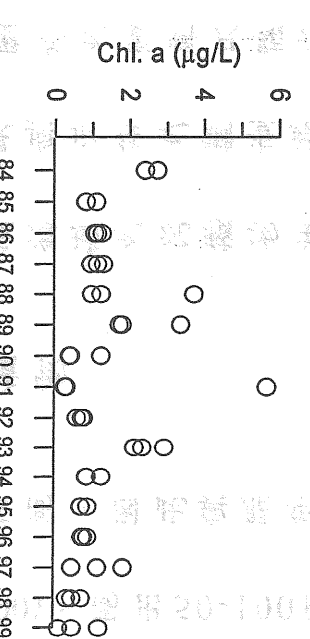
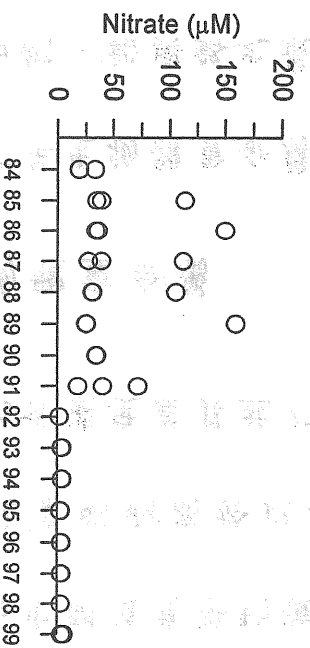
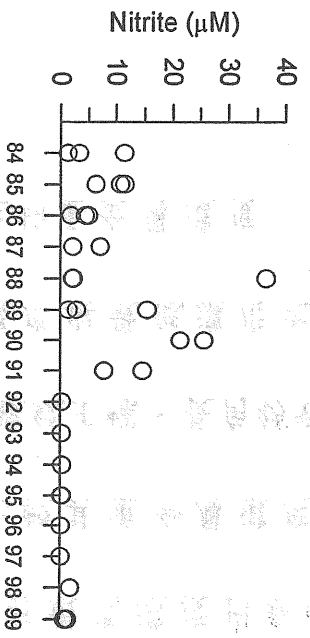
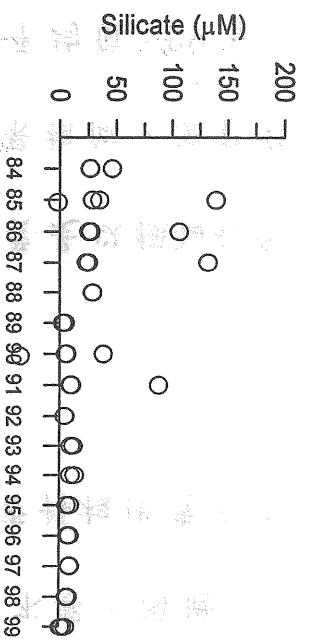
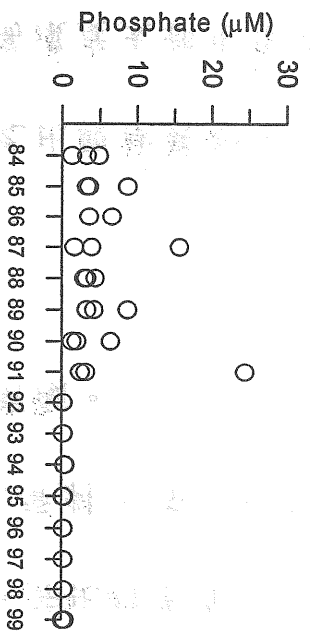
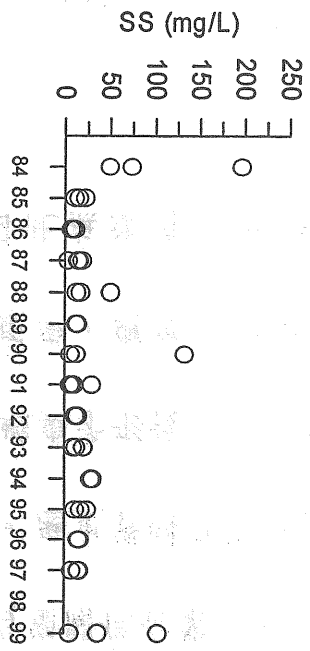
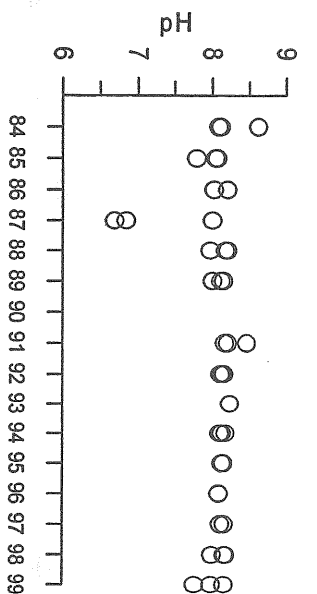
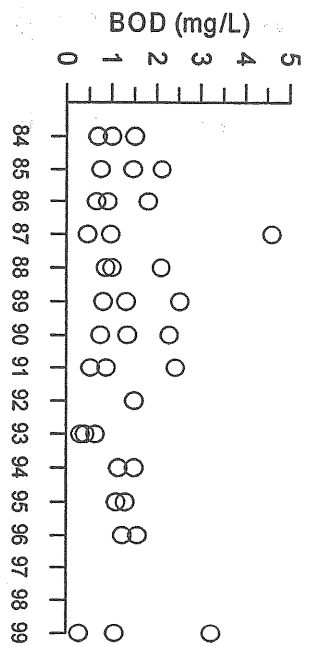
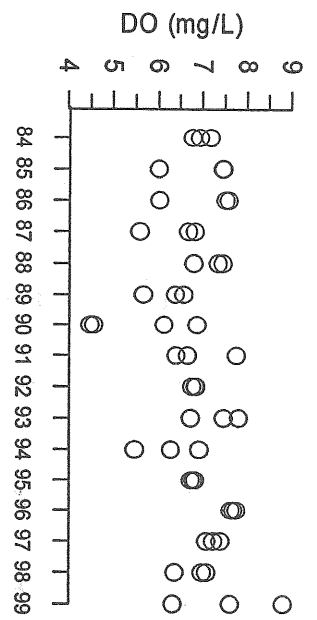


圖2.8.99年第一季與歷年第一季水質資料調查比較

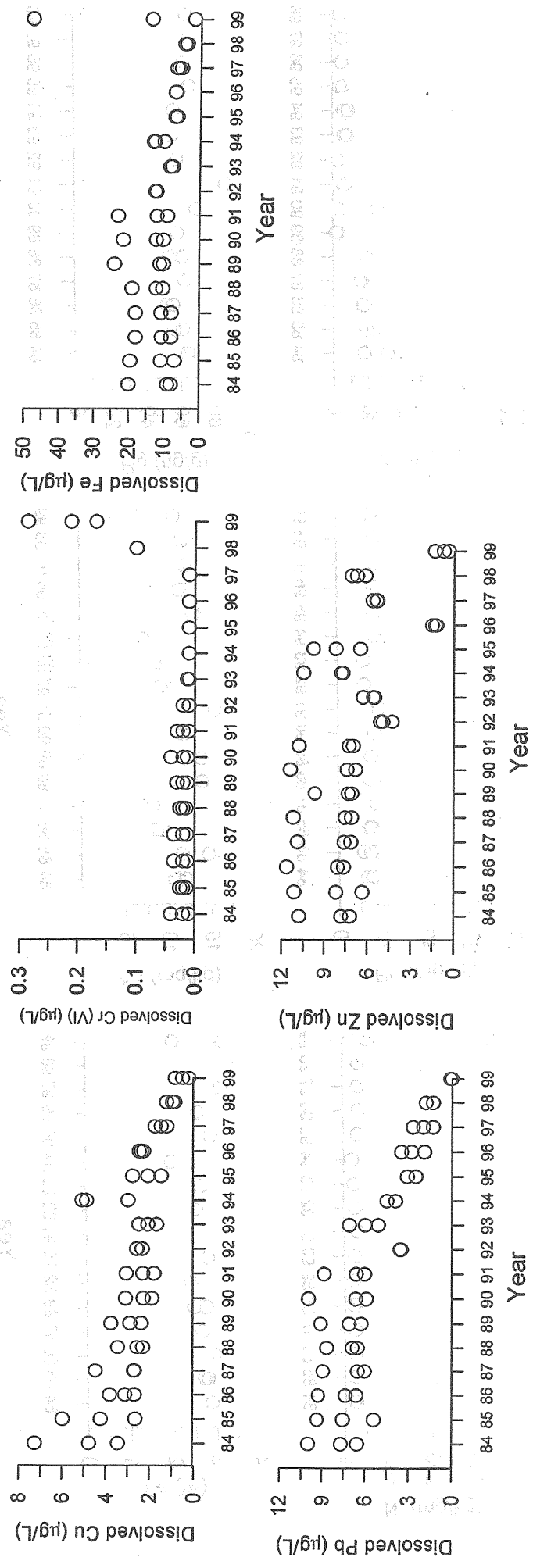


圖2.8.99年第一季與歷年第一季水質資料調查比較續

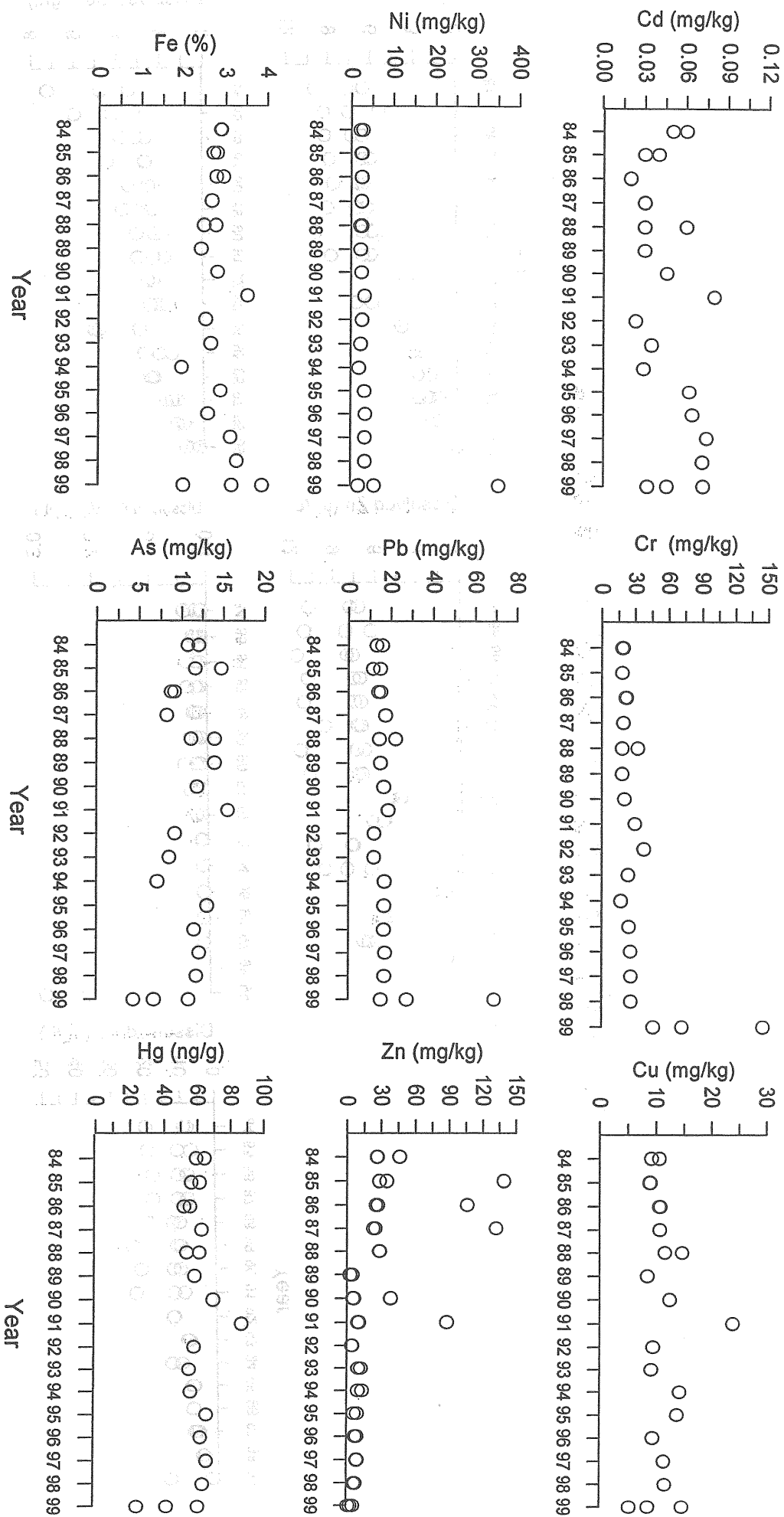


圖2.9. 99年第一季與歷年第一季沉積物重金屬元素調查比較

2-5 參考文獻

台塑關係企業(97)，離島式基礎工業區石化工業綜合區開發案環境監測報告，九十七年第四季報告。

蔡土及和黃登福 (1998) 台灣水產食品衛生標準之研究。行政院衛生署八十七年度委託研究計畫成果報告。

梁文彬，黃登福，周薰修，鄭森雄(1998) 九孔及其飼料龍鬚菜之重金屬含量。食品科學 25, 117-127.

曾政鴻 (1996) 臺中港魚市魚貨重金屬含量之調查。Nutritional Science Journal 21, 177-188.

Burton and Statham (1990) Trace metals in seawater. In: Heavy metals in the marine Environment. eds. Furness, R.W. and Rainbow, P.S. CRC Press, pp5-27.

Chen H.Y., Fang T.H. and Wen L.S. (2005) A preliminary study of the distribution of Cd in the South China Sea. Continental Shelf Research 25, 297-310.

Chen, M.H. and Wu, H.T. (1995) Copper, cadmium and lead in sediments from the Kaohsiung River and its harbour area, Taiwan. Marine Pollution Bulletin, 30, 879-884.

Donat and Bruland (1995) Trace elements in the Oceans. In: Trace elements in natural waters. Eds. Philos, B.S. and Philos, E.S. CRC Press, pp. 247-282.

Fang, T.H., Hong, E., 1999. Mechanisms influencing the spatial distribution of trace metals in surficial sediments off the south-western Taiwan. Marine Pollution Bulletin 38, 1026-1037.

Fang T. H. and Lin C. L. (2002) Dissolved and Particulate trace metals and their partitioning in a hypoxic estuary: the Tanshui estuary, northern Taiwan. Estuaries 25: 598-607.

Fang T.H., Hwang J.S., Hsiao S.H. and Chen H.Y. (2006) Trace metals in seawater and copepods in the ocean outfall area off the northern Taiwan coast. Marine Environmental Research. 61, 224-243.

Fang T.H., Li J.Y., Feng H.M., Chen H.Y. (2009) Distribution and contamination of trace metals in surface sediments of the East China Sea. Marine Environmental Research. 68, 178-187.

- Han B.C., Jeng, W.L., Tsai, Y.N. and Jeng, M.S. (1993) Depuration of copper and zinc by green oysters and blue mussels of Taiwan. *Environmental Pollution* 82, 93-97.
- Han B.C., Jeng, W.L., Chen, R.Y., Fang, G.T., Hung, T.C. and Tseng R.J. (1998) Estimation of target hazard quotients and potential health risks for metals by consumption of seafood in Taiwan. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 35, 711-720.
- Hsiao S.H., Fang T.H. and Hwang J.S. (2006) The bioconcentration of trace metals in dominant copepod species off the northern Taiwan coast. *Crustaceana* 79, 459-474.
- Hsiao S.H., Hwang J.S., Fang T.H. (2010) The heterogeneity of the contents of trace metals in the dominant copepod species in the seawater around Northern Taiwan. *Crustaceana* 83, 179-194.
- Hung, T.C., Meng, P.J. and Wu, S.J. (1993) Species of copper and zinc in sediments collected from the Antarctic Ocean and the Taiwan Erythraean Chi coastal areas. *Environmental. Pollution* 80, 223-230.
- Hung, T.C., Ling, Y.C., Jeng, W.L., Huang, C.C. and Han, B.C. (1997) Marine environmental monitoring and QA/QC system in Taiwan. *J. of the Environmental Protection Society of the Republic of China* 20, 69-90.
- Kennish, M.J. (1998) *Practical Handbook of Estuarine and Marine Pollution*. CRC Press.
- Lee, C.H., Fang, M.D. and Hsieh, M.T. (1998) Characterization and distribution of metals in surficial sediments in southwestern Taiwan. *Marine Pollution Bulletin* 36, 464-471.
- Lin, S. and Hsieh, I.J. (1999) Occurrences of green oyster and heavy metals contamination levels in the Sien-San area, Taiwan. *Marine Pollution Bulletin* 38, 960-965.
- Long, E.R., Macdonald, D.D., Smith, S. and Calder, F.D. (1995) Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management* 19, 81-97.
- Millero, F.J. *Chemical Oceanography* 2nd ed. 1996. CRC Press, Boca Raton.

Peng S.H, Hwang J.S., Fang T.H. & Wei T.P. (2006) Trace metals in *Austinopecten edulis* (Ngoc-Ho & Chan) (decapoda, thalassinidea, upogebidae) and its habitat sediment from the central western Taiwan coast. *Crustaceana* 79, 263-273.

Sirinawin W, Turner D.R. Westernlund S. (2000) Cr(VI) distributions in the Arctic and the Atlantic Oceans and a reassessment of the oceanic Cr cycle. *Marine Chemistry* 71, 265-282.

Sturgeon R.E., Berman S.S., Desaulniers J.A.H., Mykytiuk A.P., Mcharen J.W., Russell D.S. (1980) Comparison of methods for the determination of trace element in seawater. *Analytical Chemistry* 52, 1582-1588.

Tseng, C.M., 1991: Study on speciation of trace metals in sediments. M.S. thesis. National Taiwan University.

第三章 浮游植物調查報告

3.1 前言

在海洋生態食物鏈中，浮游植物（Phytoplankton）屬於最低階的初級生產者，其藉著光合作用可以將水中的無機物質轉變成有機物質，這些有機物質可以作為其他高營養階層動物之餌料食物來源，所以當浮游植物群聚因環境或其它因素產生變化時，整個生態系及其它生物族群均可能會受到影響而產生變化。此外，浮游植物對物理、化學環境的變化甚為敏感，當水域環境受到人為或自然天候改變時，浮游植物亦會產生明顯的消長，同時亦會改變浮游動物群聚之組成及數量，並進而影響整個水域生態系之群聚結構，浮游植物亦常被用做為水團及環境狀況之指標生物，因而在研究生態環境衝擊評估上是不可或缺之調查項目。

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

3.2 材料與方法

本季採樣時間為 99 年 1 月 17-19 日，共設定 22 個測站(圖 3.1)，每一測站於採樣前皆先施放溫鹽深儀(CTD)測量海水溫度、鹽度、葉綠素、pH 值以及營養鹽資料，再依各測站深度利用採水器分別於海水表層及底層各採取 1 公升之海水，並倒入含有中性福馬林(5~10%)的樣本瓶固定保存。各測站浮游植物之鑑定及計數是將中性福馬林保存之浮游植物樣本先攪拌均勻後，視量取 100 ml 至 200 ml 之水樣，放至沉澱管座上靜置 24 小時俾便充分沉澱，再以倒立光學顯微鏡(Nikon, model A300)觀察及計數浮游植物之種類數量。浮游植物盡可能鑑定至種，參考圖鑑及文獻包括有 Yamaji(1991)、Chihara and Murano(1997)等，所得數據亦換算成每公升海水內的浮游植物細胞密度後進行進一步之分析。

3.3 資料統計分析

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

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

P_i : 為第 i 種生物之個體數和總個體數的比值

另以主成分分析 (Principal Component Analysis) 來判斷浮游動物及浮游植物群聚之時空變異，並測定或收集該海域之水溫鹽及其他環境因子資料，以複迴歸分析來瞭解浮游植物和環境因子之相關性；此外，亦利用變方分析(ANOVA)檢視浮游動植物豐度在時空上是否有顯著的異同，如有顯著差異存在，則再以鄧肯氏多變距分析法 (Duncan's Multiple Range Test)來檢視其間的差異情形。

3.4 結果與討論

由99年1月17-19日採得的浮游植物樣品分析結果，共鑑定出浮游植物33屬67種；平均豐度為 2979 ± 297 cells/L，平均種類數目為 8 ± 1 種，而平均種歧異度值則為 2.6 ± 0.1 (表3.1)。具槽直鏈藻 (*Melosira sulcata*) 是本季此海域中最優勢的種類，平均豐度為 322 ± 111 cells/L，並佔總豐度的11.0 %；而第二優勢種是菱形海線藻 (*Thalassionema nitzschioides*)，平均豐度為 236 ± 36 cells/L，並佔總豐度的7.9 %；第三優勢種環紋勞德藻 (*Lauderia borealis*) 之平均豐度為 210 ± 69 cells/L，佔該季浮游植物總豐度的7.0 %；第四優勢種為亞得里亞海線藻 (*Rhabdonema adriaticum*)，其平均豐度為 192 ± 59 cells/L，佔總豐度的6.5%；而第五優勢種為柔弱擬菱形藻 (*Pseudonitzschia delicatissima*)，平均豐度為 173 ± 70 cells/L，佔了總

豐度的5.8%；此前5主要優勢種的相對豐度總和佔所有浮游植物豐度的38.2%以上，算是相對優勢的種類（表3.2）。

本季浮游植物豐度在遠岸測線(測線A)的南北變化並不明顯，其

中以測站1A表層豐度較高，而測站3A深層的豐度較低，不過在表深層的變化上則有一致的現象，表層的豐度皆較深層高；近岸測線(測

線B)亦無明顯的變化趨勢，豐度差異略較測線A大，其中以測站4B

表層豐度較高，而測站1B深層豐度較低，表層豐度同樣呈現較深

層高的情形；較近岸區域的浮游植物豐度差異亦不大，略有灰塘區豐

度較高，潮間帶次之，而虎尾溪口則相對略低；港內的浮游植物豐度

變化在測站亦無一致性變化，測站1H和2H的豐度相對較高，而測

站4H則最低，表層的豐度一般來說會較深層高些（圖3.2）。種類數

的變化趨勢與豐度變化相似，並未發現有明顯的變化趨向，不過整體

來說表層海域的種類數目多高於深層，且遠岸測站所發現的種類數會

略較近岸測站多一些；此外，灰塘區所發現的種類數多於潮間帶及虎

尾溪口；港口內的種類數變化則無一致性的趨勢，不過整體來說表層

所發現的種類仍較深層來的多（圖3.3）。種歧異度指數的變化相對較

無一致性的趨勢，每個測站的歧異度指數相差不多，表深層所發現的

種類數目差異趨向亦不明顯（圖3.4）。

在主要優勢種的變化方面，由圖3.5可以發現第一優勢種具槽直

鏈藻 (*Melosira sulcata*) 的分布趨向並不一致，遠岸及極近岸測站皆未曾發現，而近岸測站亦僅零星出現，不過專用港內的豐度皆相對較高，尤其是 2H 深層測站豐度可達 2960 cells/L(圖 3.5)。第二優勢種菱形海線藻 (*Thalassionema nitzschioides*) 於各測站的豐度差異相對較小，多介於 300~500 cells/L 之間，最高豐度出現在近岸的 1B 表層測站(960 cells/L)，該種類一般多分布於近岸海域(圖 3.6)。第三優勢種環紋勞德藻 (*Lauderia borealis*) 亦是零星出現於各測線中，不過出現時的豐度並不低，其中以沿岸和專用港內的豐度較高，潮間帶的 2C 和 3C 表層測站豐度最高，分別為(1520 cells/L 和 1280 cells/L) (圖 3.7)。第四優勢種亞得里亞海線藻 (*Rhabdonema adriaticum*) 則除專用港數量較多外，其餘測線僅零星發現，豐度最高的測站為灰塘區的 2D 表層測站(1120 cells/L) (圖 3.8)。

利用主成分分析法分析本季浮游植物種成組及數量在不同測站間的變異情形發現本季各區域的浮游植物種類組成皆有明顯的區別，僅近岸測站以及專用港內的浮游植物種類組成有部分重疊，顯示這兩測線內的浮游植物種類組成較為相近；在變異程度方面，潮間帶、灰塘區以及虎尾溪口可能因測站數較少又較近的關係而顯現測站間的變異範圍較小，而專用港區以及遠岸測站間的浮游植物種類變異程度則相對較大，主要是由於一些表層測站(如測站 1H、2H、4H、

如將歷年來六輕海域第一季的主要優勢種互相比較可以發現有

該季所有浮游植物總豐度的38%以上，佔有相對優勢的份量。

得里亞海線藻以及柔弱擬菱形藻 (*Pseudonitzschia delicatissima*) 合佔

(*Thalassionema nitzschoides*)、環紋勞德藻 (*Lauderia borealis*)、亞

大。前五優勢種，具槽直鏈藻 (*Melosira sulcata*)、菱形海線藻

重疊，而變異程度則以專用港區以及遠岸測站間的變異程度相對較

類組成及數量在近岸測站以及專用港內的浮游植物種類組成有部分

亦發現有顯著差異存在(表 3.4)；群聚分析結果則顯現，浮游植物種

整體來說以近岸豐度較高，且表層豐度多高於深層，以 ANOVA 檢定

物豐度在各測線(或區域)有不同的變化趨勢，種類組成亦有所不同，

綜合上述結果可知，99 年 1 月 17-19 日在六輕附近海域浮游植

著的負相關($p < 0.01$ 、 $p < 0.05$)，而與矽酸鹽呈現顯著的正相關($p < 0.05$)。

種方面，僅具槽直鏈藻 (*Melosira sulcata*) 與海水溫度和鹽度呈現顯

歧異度指數則與硝酸鹽有顯著正相關($p < 0.01$ 、 $p < 0.05$)；在主要優勢

物總豐度僅與海水鹽度呈現顯著負相關性($p < 0.05$)，而種類數以及種

鹽、矽酸鹽、硝酸鹽以及葉綠素 *a* 的相關性(表 3.3)，發現浮游植

總豐度、種類數及種歧異度指數與水文環境因子(溫度、鹽度、磷酸

利用複迴歸分析探討本季前 6 個優勢種浮游植物豐度、浮游植物

5H、4A 和 5A 等)明顯有別於其他測站所致(圖 3.9)。

較顯著的年間差異，94 年主要以海鏈藻(*Thalassiosira leptopus*)、線形圓篩藻(*Coscinodiscus lineatus*)和束毛藻(*Trichodesmium* sp.)為最優勢種類；95 年則新增加伏恩海毛藻(*Thalassiothrix frauenfeldii*)以及菱形海線藻(*Thalassionema nitzschioides*)進入前三優勢種，在遠岸測線 A 中伏恩海毛藻(*Thalassiothrix frauenfeldii*)甚至成為最優勢種，相對豐度可達 29%左右；96 年則以海鏈藻(*Thalassiosira leptopus*)、伏恩海毛藻(*Thalassiothrix frauenfeldii*)以及菱形海線藻(*Thalassionema nitzschioides*)為最優勢的前三種類；97 年時旋鏈角刺藻(*Chaetoceros curvisetus*)成為第一優勢種，且相對豐度在三個海域均超過 20%以上，而海鏈藻(*Thalassiosira leptopus*)則同為第二優勢種類，菱形海線藻(*Thalassionema nitzschioides*)在遠岸海域的豐度亦不低；今年三個海域的優勢種變化相對較前幾年大，翼根管藻(*Rhizosolenia alata*)是遠岸海域的最優勢種，菱形海線藻(*Thalassionema nitzschioides*)為近岸海域的第一優勢種，而沿岸海域則以環紋勞德藻(*Lauderia borealis*)最佔優勢，其餘常見的種類還有具槽直鏈藻(*Melosira sulcata*)、橢圓星臍藻(*Asteromphalus heptactis*)和中華半管藻(*Hemiaulus sinensis*)等(表 3.5)。

另將本季資料與台灣西南海域相關研究結果相比較，此海域浮游植物的平均豐度($0.3 \pm 0.1 \times 10^4$ cells/L)，均較羅(1998a)於澎湖海域(2.5

$\pm 2.4 \times 10^4 \text{ cells/L}$)、莫及羅(1999)於台南($5.8 \pm 8.5 \times 10^4 \text{ cells/L}$)附近海域以及羅(1998b)於高雄($5.8 \pm 2.2 \times 10^5 \text{ cells/L}$)附近海域的調查結果低許多，且第二季和第三季相比也減少許多，不過跟上一季相比則有略為增加的情形，由於浮游植物受到海洋環境的影響很大，且本身也會有季節的循環變化，長期且持續的觀察監測才能得知該海域本身的變化趨勢為何，而整體來說，此區域的浮游植物種類數目仍屬豐富且多樣。

3.5 參考文獻

羅文增(1998a).澎湖縣發展海上箱網養殖調查及規劃設計計畫期末報告-浮游生物及漁業資源調查，澎湖縣政府，242-249pp。

羅文增(1998b).高雄海域油污染對水質及生態環境影響監測計畫-浮游動物及浮游植物之調查研究，期末調查報告，中國石油股份有限公司，342-353 頁。

莫顯蕃及羅文增(1999).台南海砂試採區海域生態調查第三年期末報告，工研院能資所，共 204 頁。

Chihara M. and Murano M. (1997) An Illustrated Guide to Marine Plankton in Japan, 1574pp.

Yamaji I. (1991) Illustrations of the Marine Plankton of Japan, 537pp.

表 3.1 99 年 1 月(第一季)麥寮六輕附近海域浮游植物豐度(cells/L) 表*(1/4)

Name (ID) Station	1A	2A	3A	4A	5A	1B	2B	3B	4B	5B
Depth	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower
CHLOROPHYTA (金黃藻門)										
<i>Bacillariophyceae (矽藻綱)</i>										
<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (索弱擬菱形藻)	0	0	0	0	0	0	160	0	0	320
<i>Thalassiosira rotula</i> (圓海綠藻)	0	0	0	0	0	0	1760	0	0	0
<i>Cocconeis eccentricus</i> (離心列圓矽藻)	0	160	160	80	80	160	80	0	80	0
<i>Cocconeis lineatus</i> (線形圓矽藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis stellatus</i> (星空圓矽藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis angustii</i> (安氏圓矽藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis jonesii</i> (格氏圓矽藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asterionomus undulatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asterionomus heptactis</i> (精圓星矽藻)	480	80	160	160	160	160	0	0	0	0
<i>Corethron hystrix</i> (小環毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lauderia borealis</i> (環紋旁綠藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lepidocylindrus mediterraneus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lepidocylindrus danicus</i> (丹拿細柱藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gymnodium glaciale</i> (幾內亞藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia fragilis</i> (脆根管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia delicatula</i> (索弱根管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhizosolenia imbricata</i> v. <i>sinuata</i> (覆瓦根管藻折疊變種)	400	80	0	0	0	0	320	80	0	0
<i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>gracillima</i> (翼根管藻纖細變型)	2160	160	0	0	0	0	0	0	0	240
<i>Chaetoceros debilis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros pentulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros mitra</i> (高抱角毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> (洛氏角刺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros compressus</i> (扁角刺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros constrictus</i> (縮角毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros costatus</i> (中肋角毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros brevis</i> (短抱角刺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros subsecundus</i> (見抱角毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros setocanthus</i> (縫刺角毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros hololepis</i> (周角毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros curviseus</i> (彎曲角刺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros debilis</i> (索弱角刺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Streptotheca yamensis</i> (扭鞘藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ditylum brightwellii</i> (布氏雙尾藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Biddulphia sinensis</i> (中華金形藻)	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Biddulphia mobilis</i> (活動金形藻)	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Biddulphia aurita</i> (長耳金形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceratium bergonii</i> (柏古角管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hemianthus stans</i> (中華半管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhabdonema adhaerens</i> (亞得里亞海綠藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Liomphora paradoxa</i> (奇魯環形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pragilaria cylindrica</i> (柱狀脆杆藻)	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pragilaria oceanica</i> (海洋脆杆藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thalassionema nitidoides</i> (莖形海綠藻)	240	160	400	160	80	240	240	0	320	160

表 3.1 99 年 1 月 (第一季) 麥寮六輕附近海域浮游植物豐度 (cells/L) 表* (2/4)

Name (1L) / Station	1A		2A		3A		4A		5A		1B		2B		3B		4B		5B	
Depth	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower
CHRISOPHYTA (金藻門)																				
BACILLARIOPHYCEAE (矽藻綱)																				
<i>Thalassiosira frauenfeldii</i> (优势海毛藻)	240	0	80	0	0	0	80	80	80	0	0	0	0	0	0	80	0	80	0	0
<i>Thalassiosira mediterranea</i> (地中海海毛藻)	160	0	0	0	0	0	160	160	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asterionella japonica</i> (日本星杆藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Asterionella karitana</i> (加拉星杆藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema grevillei</i> (簪形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	480
<i>Rhicosphenia curvata</i> (彎板藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0
<i>Achnanthes longipes</i> (長柄曲壺藻)	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	80	0	0	0	0	0
<i>Diploneis weissflogii</i> (威氏雙壺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleurosigma intermedium</i> (中型斜紋藻)	80	0	0	0	0	0	80	160	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula membranacea</i> (膜狀舟形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula distans</i> (遠距舟形藻)	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula pelagica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320
<i>Tropidoneis lepidoptera</i> (蝶翅龍骨藻)	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neodenticula setacea</i>	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	240	0	0	0	0	0	0	0	0	80
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0
<i>Nitzschia closterium</i> (新月莖形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	0	0
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i> (柔弱擬莖形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PYRROPHYTA (甲藻門)																				
<i>Ceratium fusus</i> var. <i>seta</i> (幼蝸角藻剛毛變種)	0	80	160	0	80	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0
<i>Ceratium furca</i> (叉角藻)	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prorocentrum micans</i> (閃光原甲藻)	0	0	0	0	240	0	0	160	0	0	0	0	0	0	0	0	160	0	0	80
Total (總豐度)	4160	880	1360	880	1280	720	3120	720	1120	3360	1200	3760	720	1840	1120	2240	1040	2400	3360	2480
Species no. (種類數目)	9	8	7	6	6	8	7	10	7	7	6	6	6	7	6	8	6	9	7	7
H' (種歧異度)	2.4	2.9	2.6	2.5	2.5	2.8	2.7	2.9	2.6	2.6	2.5	2.0	2.4	2.6	2.2	2.4	2.2	2.5	2.2	2.3

表 3.1 99 年 1 月(第一季)參寮六輕附近海域浮游植物豐度(cells/L) 表*(3/4)

Name (TL) / Station	2C	3C	ID	2D	1H	2H	3H	4H	5H	4M	Mean	SE	R.A.(%)
Depth	Upper	Upper	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper		
CHRISOPHYTA (金藻門)													
BACILLARIOPHYCEAE (矽藻綱)													
Pseudonitzschia delicatissima (索爾擬菱形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115	43	3.85
Melosira sulcata (具槽直鏈藻)	0	0	0	0	720	0	1520	0	1520	0	326	111	10.96
Thalassiosira rotula (圓海鏡藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13	0.44
Coscinodiscus excentricus (離心列圓鞘藻)	0	80	0	160	0	0	0	0	0	160	61	12	2.03
Coscinodiscus angustatus-linearis (狹緣形圓鞘藻)	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	9	5	0.29
Coscinodiscus linearis (線形圓鞘藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	11	0.44
Coscinodiscus stellatus (星突圓鞘藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	6	0.58
Coscinodiscus angustii (安氏圓鞘藻)	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	4	3	0.15
Coscinodiscus granii (格氏圓鞘藻)	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	11	6	0.36
Coscinodiscus jonesianus v. communata (瓊氏圓鞘藻小形變)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	8	0.65
Asterionaphis heptactis (精圓星膽藻)	0	0	0	160	0	0	0	0	0	0	22	6	0.73
Corethron hystrix (小環毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95	23	3.19
Lauderia borealis (環紋旁鏈藻)	1520	1280	960	400	320	0	0	0	0	0	210	69	7.04
Leptocylindrus mediterraneus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0.22
Leptocylindrus domicus (丹麥細柱藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	26	0.87
Guinardia flaccida (幾內亞藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	37	1.60
Rhizosolenia fragilissima (脆根管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	0.51
Rhizosolenia delicatula (柔弱根管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0.22
Rhizosolenia imbricata v. shiroi (覆瓦根管藻斯魯變種)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	14	0.80
Rhizosolenia alata f. gracillima (翼根管藻纖細變型)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	59	2.39
Chaetoceros densus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	16	1.23
Chaetoceros penidulus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0.15
Chaetoceros mitra (高把角毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	34	1.60
Chaetoceros lorentzianus (洛氏角刺藻)	0	0	0	0	720	0	0	0	0	0	15	15	0.51
Chaetoceros compressus (扁面角刺藻)	0	0	0	240	0	0	0	0	0	0	80	53	2.69
Chaetoceros constriatus (纖細角毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	0.29
Chaetoceros costatus (中肋角毛藻)	0	160	480	0	400	0	0	0	0	0	54	24	1.81
Chaetoceros brevis (細胞角刺藻)	0	0	0	0	0	560	0	0	0	0	72	16	0.73
Chaetoceros subacundus (翼把角毛藻)	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	57	5.37
Chaetoceros setirostratus (圓角角毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	15	0.73
Chaetoceros hololeucus (圓角角毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	24	0.80
Chaetoceros curvisetus (彎翅角刺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	71	2.39
Chaetoceros debilis (柔弱角刺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0.22
Chaetoceros sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	30	2.32
Streptococcyx yuensis (扭鞘藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	19	0.65
Ditylum brightwellii (布氏雙尾藻)	0	0	0	0	160	0	0	0	0	0	11	8	0.36
Biddulphia sinensis (中華金形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	24	2.83
Biddulphia mobilis (活動金形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	17	1.16
Biddulphia aurita (長耳金形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	17	0.80
Ceratolabia bergoni (柏古角管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	32	2.54
Hemianthus sinensis (中華半管藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	192	59	6.46
Rhabdonema adriaticum (亞得里亞海線藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0.07
Limnophora parvula (奇星樹形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0.22
Frugilaria cylindrica (柱狀腕杆藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0.15
Frugilaria oceanica (海洋腕杆藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0.15
Thalassiothema nitrochloides (菱形海線藻)	240	80	480	0	240	0	0	0	0	0	236	36	7.91

表 3.1 99 年 1 月(第一季)麥寮六輕附近海域浮游植物豐度(cells/L) 表*(4/4)

Name (1L) / Station	2C		3C		1D		2D		1H		2H		3H		4H		5H		4M		Mean		SE		RA	
Depth	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower
CHRISOPHYTA (金黃藻門)																										
BACILLARIOPHYCEAE (矽藻綱)																										
Thalassiosira frauenfeldii (伏恩海毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thalassiosira mediterranea (地中海海毛藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asterionella japonica (日本星杆藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asterionella kariana (加拉星杆藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gamploneis grevillei (聚形藻)	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhicosphenia curvata (彎棍藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Achnanthes logipes (長柄曲壺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diploneis weissflogii (威氏壺壺藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pleurosigma intermediatum (中型斜紋藻)	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula membranacea (膜狀舟形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula distans (遠距舟形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Navicula pelagica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tropidoneis lepidoptera (蝶翅龍骨藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Neodenticula setinae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bacillaria paradoxa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitzschia closterium (新月菱形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudonitzschia delicatissima (柔弱擬菱形藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PYRROPHYTA (甲藻門)																										
Ceratium fusus var seta (紡錘角藻剛毛變種)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratium furca (叉角藻)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prorocentrum micans (閃光原甲藻)	160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (總豐度)	2720	2240	4080	2160	3360	2480	7200	2720	8400	5200	4560	3200	3200	3760	3600	5440	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
Species no. (種類數目)	7	6	10	8	8	8	12	7	10	7	14	8	9	7	11	14	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
HT (總歧異度)	2.1	1.8	2.9	3.1	2.7	2.3	2.9	2.6	3.0	2.0	3.3	2.4	2.7	2.2	2.9	3.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5

表 3.2 98 年 4 月-99 年 1 月參寮六輕附近海域浮游植物前 5 優勢種浮游植物之
平均豐度及相對豐度

98 年 4 月 (第二季)	98 年 7 月 (第三季)
<i>Leptocylindrus danicus</i> (丹麥細柱藻, 16.9%, 12283±1725 cells/L) <i>Pseudonitzschia delicatissima</i> (柔弱擬菱形藻, 10.2%, 7440±1300 cells/L) <i>Lauderia borealis</i> (環紋勞德藻, 10.2%, 7421±1335 cells/L) <i>Thalassiosira rotula</i> (圓海鏈藻, 9.8%, 7156±1445 cells/L) <i>Chaetoceros curvisetus</i> (旋鏈角刺藻, 8.8%, 6426±1259 cells/L)	<i>Leptocylindrus danicus</i> (丹麥細柱藻, 20.4%, 1352±294 cells/L) <i>Skeletonema costatum</i> (骨條藻, 14.1%, 931±415 cells/L) <i>Lauderia borealis</i> (環紋勞德藻, 9.1%, 604±182 cells/L) <i>Chaetoceros curvisetus</i> (旋鏈角刺藻, 8.4%, 557±163 cells/L) <i>Pseudonitzschia delicatissima</i> (柔弱擬菱形藻, 6.6%, 435±119 cells/L)
98 年 10 月 (第四季)	99 年 1 月 (第一季)
<i>Thalassionema nitzschoides</i> (菱形海線藻, 10.1%, 203±29 cells/L) <i>Chaetoceros compressus</i> (扁面角刺藻, 8.6%, 173±58 cells/L) <i>Chaetoceros curvisetus</i> (旋鏈角刺藻, 7.6%, 154±65 cells/L) <i>Melosira sulcata</i> (具槽直鏈藻, 7.0%, 141±60 cells/L) <i>Leptocylindrus danicus</i> (丹麥細柱藻, 6.9%, 138±59 cells/L)	<i>Melosira sulcata</i> (具槽直鏈藻, 11.0%, 326±111 cells/L) <i>Thalassionema nitzschoides</i> (菱形海線藻, 7.9%, 236±36 cells/L) <i>Lauderia borealis</i> (環紋勞德藻, 7.0%, 210±69 cells/L) <i>Rhabdonema adriaticum</i> (亞得里亞海線藻, 6.5%, 192±59 cells/L) <i>Pseudonitzschia delicatissima</i> (柔弱擬菱形藻, 5.8%, 173±70 cells/L)

表 3.3 99 年 1 月(第一季)麥寮六輕輕附近海域浮游植物前 6 優勢種浮游植物豐度與海水溫度、鹽度、磷酸鹽、矽酸鹽、硝酸鹽、葉綠素 *a* 濃度之複迴歸分析表(***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$)

99 年 1 月(第一季)	溫度	鹽度	磷酸鹽	矽酸鹽	硝酸鹽	葉綠素 <i>a</i>
<i>Melosira sulcata</i> (具槽直鏈藻)	-2.904**	-2.499*	-1.239	2.259*	0.056	1.015
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (菱形海線藻)	0.14	0.268	-0.295	0.008	-0.743	0.661
<i>Lauderia borealis</i> (環紋勞德藻)	0.657	-0.942	-0.052	-0.885	1.217	-0.216
<i>Rhabdonema adriaticum</i> (亞得里亞海線藻)	-1.432	-1.586	-0.843	0.564	-0.377	0.618
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i> (柔弱擬菱形藻)	-0.548	-0.553	1.18	0.761	1.368	-0.257
<i>Chaetoceros subsecundus</i> (冕孢角毛藻)	-0.572	-0.927	0.748	-1.765	-1.772	1.623
Total abundance ($\times 10^3$ cells/L)	-1.259	-2.531*	-0.156	0.704	1.911	1.181
Species number	-1.267	-0.525	0.464	0.618	2.818**	-0.883
Species diversity index (H')	-0.772	0.476	0.209	0.269	2.561*	-0.834

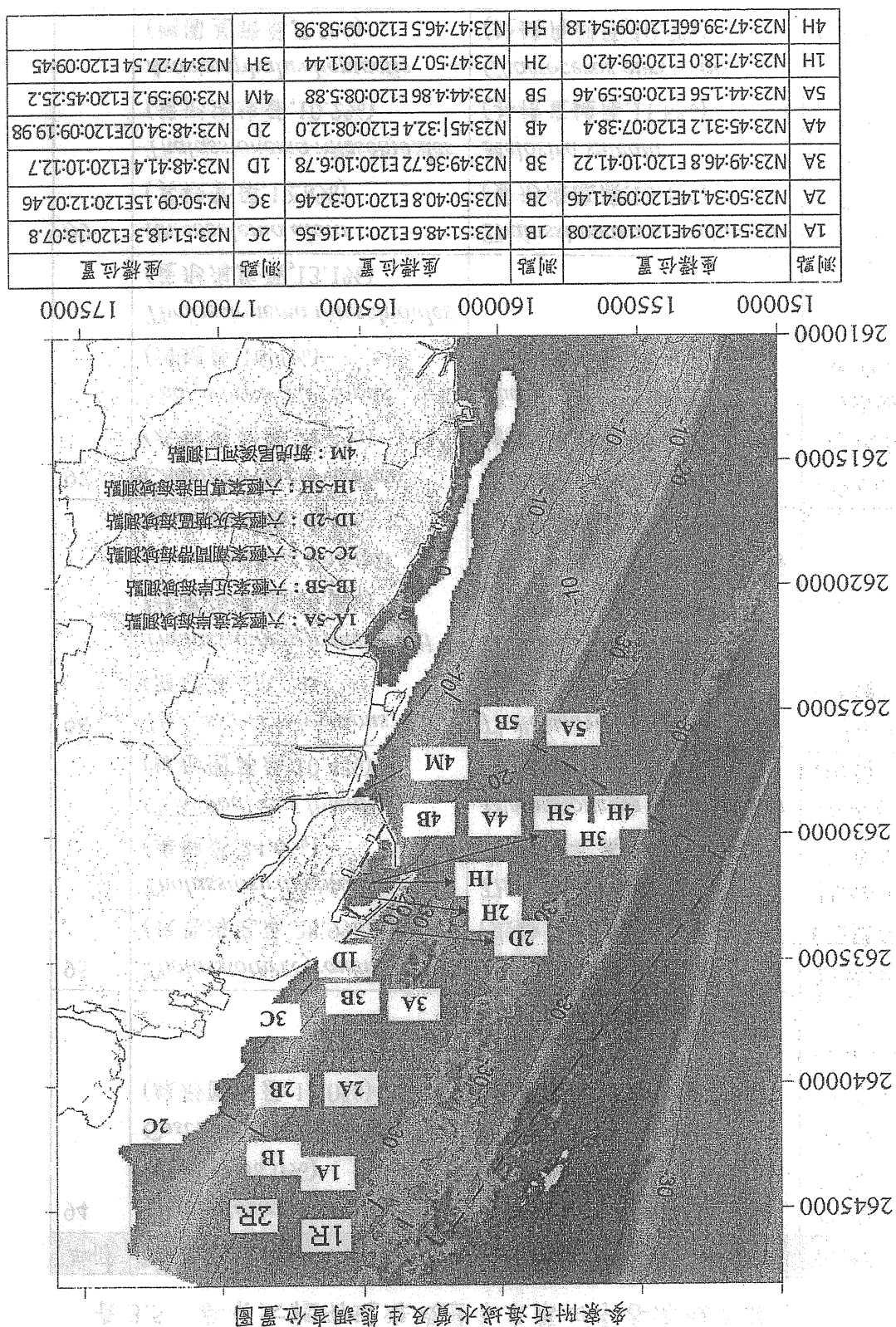
表 3.4 99 年 1 月(第一季)參寮六輕附近海域浮游植物豐度於不同測線以及深度之差異分析(*: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$; ***: $P < 0.001$)

Source	DF	F value	Pr > F
Transect (區域)	5	4.148	0.005**
Depth (深度)	1	6.651	0.014*

表 3.5 麥寮六輕附近海域歷年來第四季各海域優勢浮游植物比較表

年份	遠岸海域(測線 A)	近岸海域(測線 B)	沿岸海域(測線 C)
94	<i>Thalassiosira leptopus</i> (海鏈藻,68.0%) <i>Coscinodiscus lineatus</i> (線形圓篩藻,15.0%)	<i>Thalassiosira leptopus</i> (海鏈藻,65.9%) <i>Coscinodiscus lineatus</i> (線形圓篩藻,13.1%)	<i>Thalassiosira leptopus</i> (海鏈藻,58.1%) <i>Trichodesmium</i> sp. (束毛藻,17.8%) <i>Coscinodiscus lineatus</i> (線形圓篩藻,13.2%)
95	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (伏恩海毛藻,28.9%) <i>Thalassiosira leptopus</i> (海鏈藻,24.6%) <i>Coscinodiscus lineatus</i> (線形圓篩藻,10.4%)	<i>Thalassiosira leptopus</i> (海鏈藻,25.4%) <i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (伏恩海毛藻,18.5%) <i>Thalassionema nitzschioides</i> (菱形海線藻,13.6%)	<i>Thalassiosira leptopus</i> (海鏈藻,17.1%) <i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (伏恩海毛藻,14.0%) <i>Thalassiosira subtilis</i> (細弱海鏈藻,11.5%)
96	<i>Thalassiosira leptopus</i> (海鏈藻,33.2%) <i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (伏恩海毛藻,16.9%) <i>Coscinodiscus lineatus</i> (線形圓篩藻,10.3%)	<i>Thalassiosira leptopus</i> (海鏈藻,26.4%) <i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> (伏恩海毛藻,17.7%) <i>Thalassionema nitzschioides</i> (菱形海線藻,12.1%)	<i>Thalassiosira leptopus</i> (海鏈藻,24.6%)
97	<i>Chaetoceros curvisetus</i> (旋鏈角刺藻,22.3%) <i>Thalassiosira leptopus</i> (海鏈藻,16.4%) <i>Thalassionema nitzschioides</i> (菱形海線藻,13.1%)	<i>Chaetoceros curvisetus</i> (旋鏈角刺藻,21.2%) <i>Thalassiosira leptopus</i> (海鏈藻,16.9%)	<i>Chaetoceros curvisetus</i> (旋鏈角刺藻,23.4%) <i>Thalassiosira leptopus</i> (海鏈藻,17.7%)
99	<i>Rhizosolenia alata</i> (翼根管藻,12.8%) <i>Thalassionema nitzschioides</i> (菱形海線藻,10.2%) <i>Asteromphalus heptactis</i> (橢圓星臍藻,7.5%)	<i>Thalassionema nitzschioides</i> (菱形海線藻,13.1%) <i>Melosira sulcata</i> (具槽直鏈藻,11.8%) <i>Chaetoceros curvisetus</i> (旋鏈角刺藻,10.5%)	<i>Lauderia borealis</i> (環紋勞德藻,56.6%) <i>Hemiaulus sinensis</i> (中華半管藻,17.7%) <i>Thalassionema nitzschioides</i> (菱形海線藻,6.5%)

圖 3.1 99 年 1 月(第一季)參寮六輕附近海域浮游植物採樣測站圖



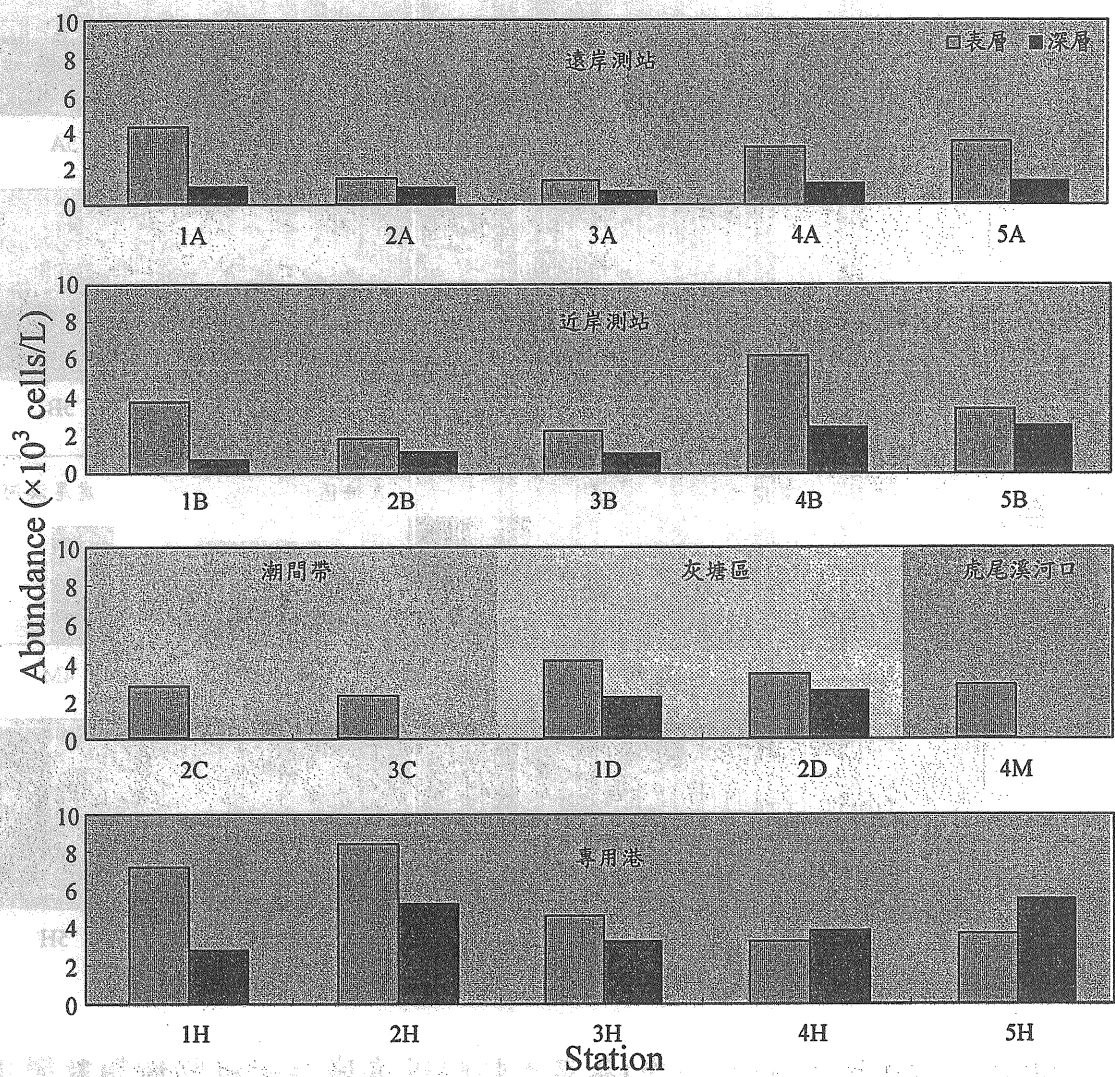
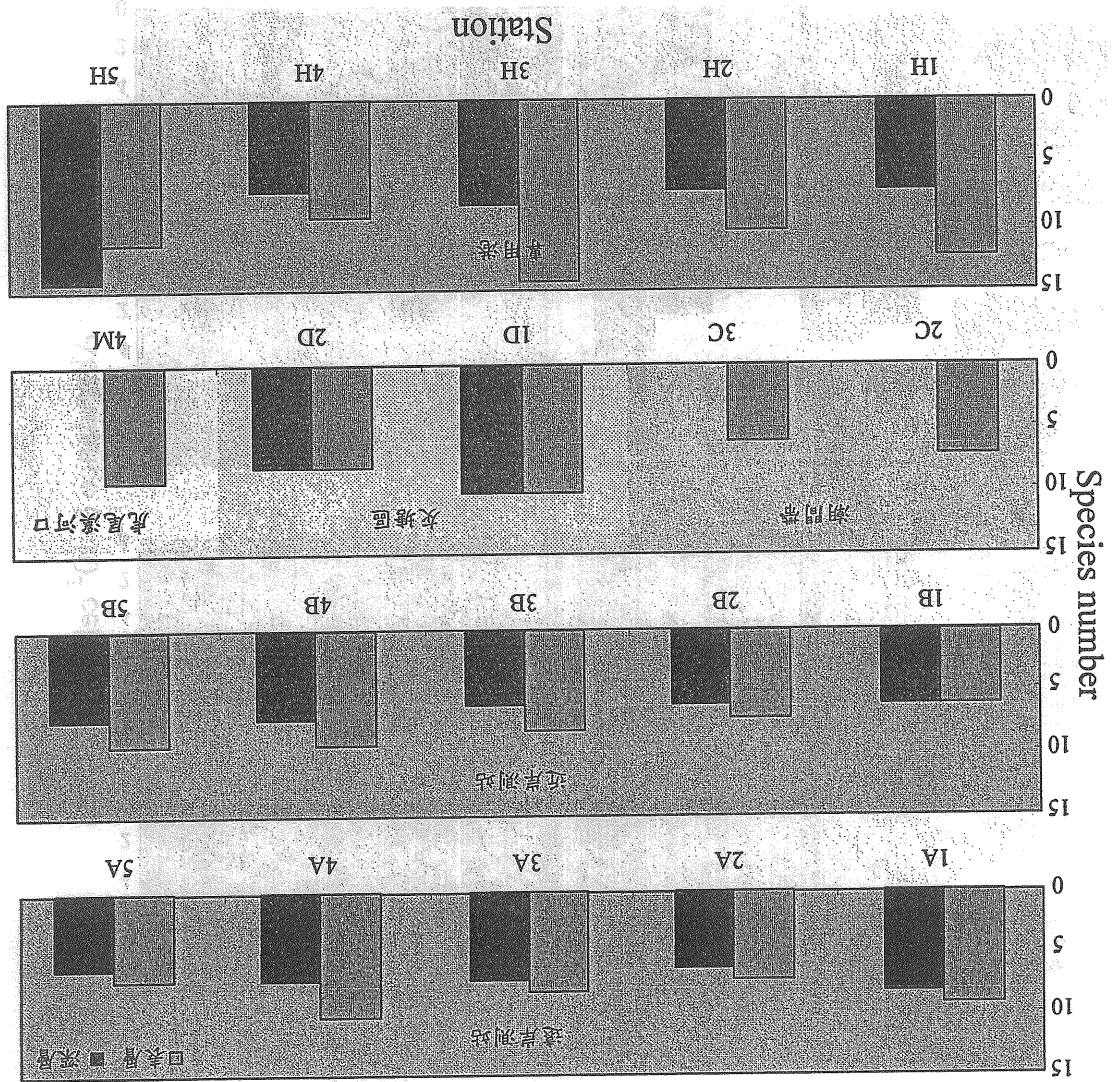


圖 3.2 99 年 1 月(第一季)麥寮六輕附近海域浮游植物豐度變化圖

圖 3.3 99 年 1 月(第一季)麥寮六輕附近海域浮游植物種類數變化圖



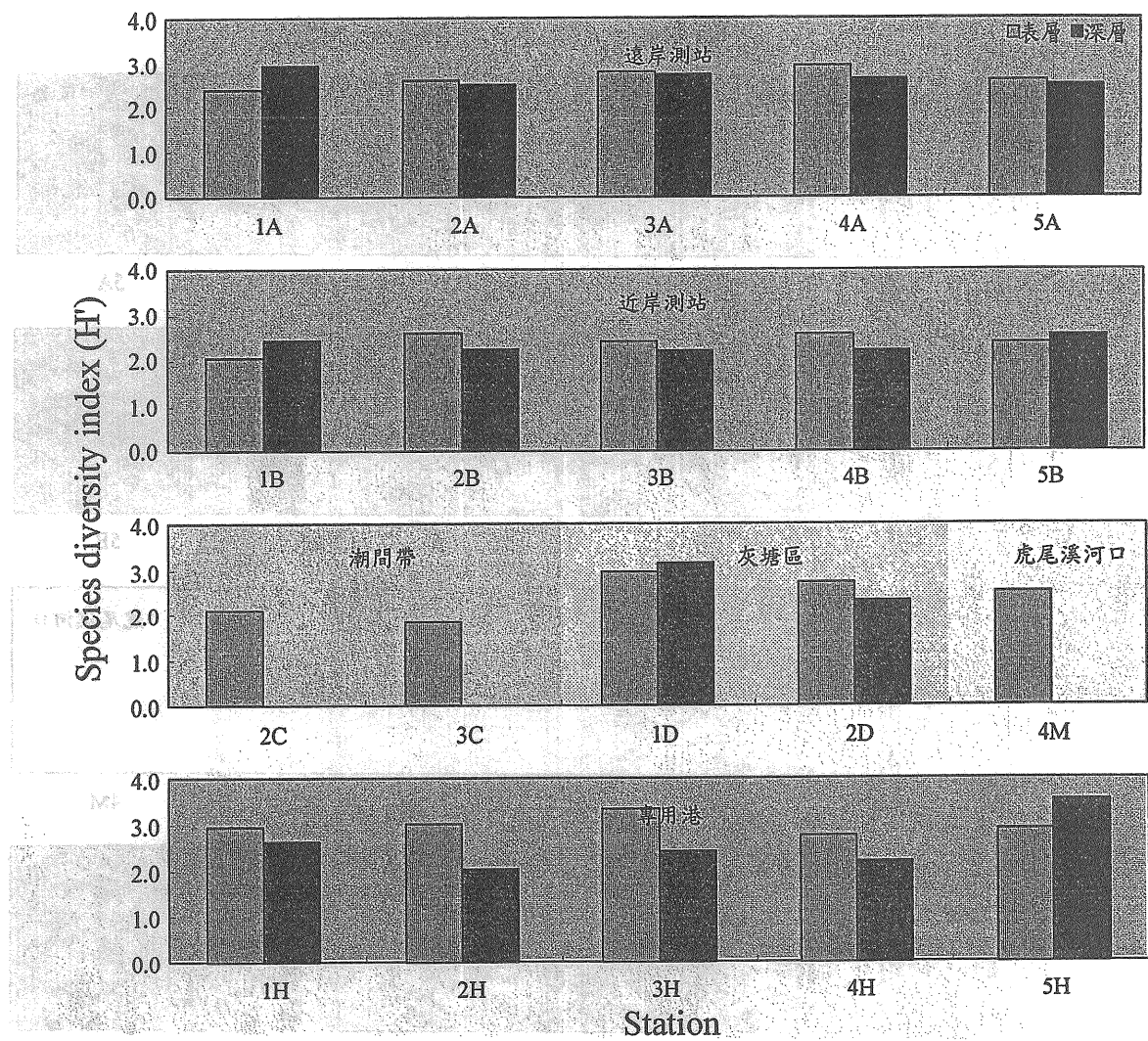


圖 3.4 99 年 1 月(第一季)麥寮六輕附近海域浮游植物種歧異度指數變

化圖