

國立交通大學土木工程研究所

碩士論文

港灣結構物週邊底棲生物群集特性與其棲地模式  
之建立—以安平港為例

Cluster analysis on the benthos around breakwaters and  
model development of habitat evaluation procedure  
—An example of the An-Ping harbor



指導教授：張憲國博士

研究生：陳俊杰

中華民國九十四年六月

# 港灣結構物週邊底棲生物群集特性與其棲地模式 之建立—以安平港為例

研究生：陳俊杰

指導教授：張憲國 博士

國立交通大學土木工程研究所

## 摘要

本文研究安平港附近海域之底棲生物，以瞭解現有港灣結構物對附近海域之生態性之影響。透過連續四季的底棲生物及環境因子調查資料，來探討十八個測站的環境生態特性，及分析各測站之生物多樣性與相似度，並利用群集分析來探討底棲生物與底質的時空分佈，以瞭解底棲生物與底質環境間的關係，最後建立一套適合安平港環境之棲地評價程序(Habitat Evaluation Procedure, HEP)，作為安平港生態環境之評估。

本文發現安平港附近海域所調查之底棲生物共有 70 種的生物，共 4339 個生物個體。水質均受到季節與地理因素影響。近岸底質粒徑較遠岸粒徑大。生態特性之多樣性與相似度均受到工程施工及結構物影響。由群集分析可將底質分成 S1~S5 五種形態，S2 底質群集分佈最廣，底棲生物分成 I~IV 四種形態，I 生物群集分佈最廣。最後經由 HEP 評估的結果與物種相關性高的環境因子為水溫、葉綠素 a、中值粒徑，而各測站之 HSI 與最小物種數之相關係數為 0.80，本文模式預測生物物種與現地調查生物物種數之迴歸相關係數為 0.82。

**Cluster analysis on the benthos around breakwaters  
and model development of habitat evaluation procedure  
—An example of the An-Ping harbor**

Author : Jun-Jie Chen

Advisor : Dr. Hsien-Kuo Chang

Institute of Civil Engineering National Chiao Tung University

**ABSTRACT**

The paper investigates the marine communities around breakwaters on benthonic habitat at An-Pin harbor using four-season field sampling of seawater and marine benthos. Species richness of benthos and their spatial similarity are evaluated by statistically analyzing 18-stations sampling data. Using cluster analysis on spatial and temporal distributions of sand sizes and benthos establish the relationship between sand sizes and benthos. Habitat Evaluation Procedure (HEP) is employed to develop a suitable ecological habitat model for An-Ping waters.

This study finds 4339 individuals including 70 species at the An-Pin beach. The properties of seawater are slightly different from four seasons and all positions. Sand size at the nearshore is larger than that at offshore. Species richness of organisms and spatial similarity are significantly influenced by structure construction and existed breakwaters of two harbors. Five groups (S1~S5) are classified with the cluster analysis on sand size and of which group S2 is distributed widely. Sampling benthos are separated into four groups (I~IV) of which the group I spreads widely. High relationship between the species of organisms and temperature, chlorophyll as well as  $D_{50}$  is demonstrated in the well developed HEP model. The number of species predicted with the proposed HEP model has a high correlation coefficient of 0.82 related to the observed species.

## 誌謝

經過兩年不斷的學習，研究所的生涯轉眼之間即將結束，承蒙師恩 張憲國教授的悉心教誨，讓學生俊杰能在修業期間對治學精神與處事態度有所啟發，並訓練獨立思考能力之養成，使論文得以順利完成。

研究期間感謝恩師張憲國教授、勁誠學長、立青學長、蔚瑋學長、昀達、阿光、明陽、俊明、宏偉的陪伴與協助。在研究所的時光有很多值得回憶的事情，抓文蛤、台南出差、玩 CS、玩 NBA、打籃球…等，這些回憶將會藏在我心的喔。

謝謝愛我的父親、母親、大姊、二姊、哥哥、秀貞，感謝他們在各個辛苦的關卡，陪我一起度過，並提供完全的付出與支持，讓我無後顧之憂，得以順利完成學業，特別感謝二姊、二姊夫在新竹的照顧，與秀貞的全心全意地愛護，最後僅以本文獻給曾經關懷過、幫助過我的人，真的由衷地感謝你們。



# 目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
誌謝.....	III
目錄.....	IV
圖目錄.....	VIII
表目錄.....	XII
第一章 緒論.....	1
1-1 研究動機.....	1
1-2 研究目的.....	2
1-3 文獻回顧.....	2
1-4 文章結構.....	3
第二章 生態環境研究方法.....	4
2-1 測站地理位置與環境描述.....	4
2-1-1 測量範圍.....	5
2-2 生態環境調查.....	7
2-2-1 調查時間.....	7



2-2-2 底棲採樣方法 .....	7
2-2-3 生物樣本的計量與分類 .....	8
2-2-4 水質調查 .....	8
2-2-5 底質分析 .....	8
2-3 生態特性分析方法 .....	10
2-3-1 生物多樣性分析 .....	10
2-3-2 空間相似性分析 .....	11
2-4 生態群集特性之時空分佈分析 .....	11
2-4-1 群集分析法 .....	11
2-4-2 底質與底棲生物的分類 .....	15
2-5 HEP 棲地模式 .....	16
2-5-1 概述 .....	16
2-5-2 HEP 模式建立流程 .....	16
2-5-3 棲地環境因子 .....	18
2-5-4 SI 模式建立 .....	18
2-5-5 HSI 與 SI 關係模式建立 .....	19
2-5-6 HSI 與底棲生物之相關性 .....	20
2-5-7 模式修正 .....	20
2-5-8 物種預測 .....	21

2-5-9 棲地單位 .....	21
第三章 生態特性與時空分佈 .....	23
3-1 生態環境調查結果.....	23
3-1-1 底棲生物的數量統計.....	23
3-1-2 水質調查結果.....	28
3-1-3 底質分析結果.....	43
3-2 生態特性分析結果.....	46
3-2-1 生物多樣性分析結果.....	46
3-2-2 空間相似性分析結果.....	50
3-3 生態環境時空群集分析結果.....	55
3-3-1 底質與生物群集分析結果.....	55
3-3-2 底質與底棲生物平面時空分佈.....	60
3-3-3 水質的群集分析.....	63
第四章 安平海域 HEP 棲地模式.....	65
4-1 環境因子選定.....	65
4-2 SI 模式建構 .....	67
4-3 安平港 HSI 模式之建立 .....	71
4-4 修正模式.....	72

4-4-1 水深因子之影響 .....	73
4-5 物種預測驗證 .....	75
第五章 結論與建議 .....	76
5-1 結論 .....	76
5-2 建議 .....	78
參考文獻 .....	80
附錄 各測站生物數量 .....	83





## 圖目錄

圖 2-1 本計畫附近地理位置示意圖 .....	4
圖 2-2 安平海域調查測區與突堤施工進度 .....	5
圖 2-3 B、E、C 區近岸海域 .....	6
圖 2-4 A 區近岸海域 .....	6
圖 2-5 D 區近岸海域 .....	7
圖 2-6 電動抓斗式採泥器 .....	9
圖 2-7 手動抓斗式採泥器 .....	9
圖 2-8 觀測體數量特性 .....	12
圖 2-9 距離係數的空間表示 .....	13
圖 2-10 模式建構流程圖 .....	17
圖 2-11 HU 時間變化關係圖 .....	22
圖 3-1 四季物種數 .....	23
圖 3-2 四季物種總個數 .....	24
圖 3-3 各季測站物種數 .....	26
圖 3-4 各季測站物種個數 .....	27
圖 3-5 各測站物種年平均數 .....	27
圖 3-6 各測物種年平均個數 .....	28
圖 3-7 各測站水溫變化 .....	29
圖 3-8 各測站水溫年平均變化 .....	29

圖 3-9 各測站鹽度變化.....	30
圖 3-10 各測站鹽度年平均變化.....	30
圖 3-11 各測站 pH 值變化.....	31
圖 3-12 各測站 pH 值年平均變化.....	32
圖 3-13 各測站 DO 值變化.....	33
圖 3-14 各測站 DO 值年平均變化.....	33
圖 3-15 各測站 EC 值變化.....	34
圖 3-16 各測站 EC 值年平均變化.....	34
圖 3-17 各測站 SS 值變化.....	35
圖 3-18 各測站 SS 值年平均變化.....	36
圖 3-19 各測站濁度變化.....	37
圖 3-20 各測站濁度年平均變化.....	37
圖 3-21 各測站 NH <sub>3</sub> -N 變化.....	38
圖 3-22 各測站 NH <sub>3</sub> -N 年平均變化.....	38
圖 3-23 各測站磷酸鹽變化.....	39
圖 3-24 各測站磷酸鹽年平均變化.....	40
圖 3-25 各測站矽酸鹽變化.....	41
圖 3-26 各測站矽酸鹽年平均變化.....	41
圖 3-27 各測站 COD 變化.....	42

圖 3-28 各測站 COD 年平均變化.....	42
圖 3-29 各測站葉綠素 A 變化.....	43
圖 3-30 各測站葉綠素 A 年平均變化.....	43
圖 3-31 各測站中值粒徑變化.....	44
圖 3-32 各測站中值粒徑年平均變化.....	45
圖 3-33 各測站之豐富度指數.....	47
圖 3-34 各測站之優勢度指數.....	48
圖 3-35 各測站之歧異度指數.....	49
圖 3-36 各測站之均勻度指數.....	50
圖 3-37 底質群集分析.....	58
圖 3-38 底棲生物群集分析.....	59
圖 3-39 結構物週邊底質平面時空分佈情形.....	61
圖 3-40 結構物週邊底棲生物平面時空分佈情.....	62
圖 3-41 結構物週邊底棲生物與底質相關平面時空分佈情形.....	62
圖 3-42 水質群集分析.....	64
圖 4-1 各站水溫區間.....	65
圖 4-2 各站葉綠素 A 區間.....	66
圖 4-3 各站 COD 區間.....	66
圖 4-4 各站中值粒徑 D50 區間.....	67

圖 4-5 水溫 SI 模式.....	68
圖 4-6 葉綠素 SI 模式.....	68
圖 4-7 化學容氧量 SI 模式.....	69
圖 4-8 中值粒徑 SI 模式.....	70
圖 4-9 HSI 與最小物種相關性.....	72
圖 4-10 HSI 與最小物種相關性.....	73
圖 4-11 水深 SI 模式.....	74
圖 4-12 HSI 與最小物種相關性.....	74
圖 4-13 預測物種與現地調查物種相關性.....	75



## 表目錄

表 2-1 底質粒徑分級.....	10
表 3-1 各水深最多物種之測站.....	26
表 3-2 各水深最多物種個數之測站.....	26
表 3-3 各測站中值粒徑分級.....	45
表 3-4 6 月底棲生物相似度指數.....	51
表 3-5 9 月底棲生物相似度指數.....	52
表 3-6 12 月底棲生物相似度指數.....	53
表 3-7 3 月底棲生物相似度指數.....	55
表 3-8 底質群集之各篩號停留百分比.....	57
表 3-9 底棲生物群集之數量順位.....	57
表 3-10 底棲生物與季節之關係.....	63
表 4-1 各測站選定因子表示值.....	70
表 A-1 6 月-1M 水深處底棲動物種類.....	83
表 A-2 6 月-3M 水深處底棲動物種類.....	84
表 A-3 6 月-5M 水深處底棲動物種類數.....	85
表 A-4 6 月-9M 水深處底棲動物種類.....	86
表 A-5 9 月-1M 水深處底棲動物種類.....	87
表 A-6 9 月-3M 水深處底棲動物種類.....	88

表 A-7 9 月-5M 水深處底棲動物種類 .....	89
表 A-8 9 月-9M 水深處底棲動物種類 .....	90
表 A-9 12 月-1M 水深處底棲動物種類 .....	91
表 A-10 12 月-3M 水深處底棲動物種類 .....	92
表 A-11 12 月-5M 水深處底棲動物種類.....	93
表 A-12 12 月-9M 水深處底棲動物種類 .....	94
表 A-13 3 月-1M 水深處底棲動物種類 .....	95
表 A-14 3 月-3M 水深處底棲動物種類 .....	96
表 A-15 3 月-5M 水深處底棲動物種類 .....	97
表 A-16 3 月-9M 水深處底棲動物種類 .....	98



# 第一章 緒論

## 1-1 研究動機

土木工程的興建，經常造成海岸附近自然生態環境的改變，最後僅達到防災的效果，卻失去當地生態的平衡。因此，在工程建造時，如何兼具維護自然生態，成為重要的課題。基於永續發展利用的觀點，近年來有學者提出自然環境利用“代償措施”(mitigation)的口號，要求以自然環境開發時應盡量降低到最小限度對環境所造成的影響來進行開發，如無法避免開發造成的破壞，則應該進行環境修復再生的動作，以恢復原本因開發所消失或惡化的環境。

在海岸工程中，防波堤、突堤、離岸堤等海岸結構物，因可有效保護海岸，所以已普遍使用。但海岸結構物對環境的影響不僅阻擋水流，也使波浪產生繞射與反射現象，導致遮蔽區之波浪變小流速降低使泥沙沈澱，反射區之波浪變大，而增加泥沙移動。海岸結構物興建後將改變海岸原有漂沙之特性而引起鄰近海岸地形之變遷，進而造成底棲環境的改變，以及隨影響底棲生物之生存。

由於海域生態水域之底棲原生種生物與其棲息環境間，具有長時間的共同生存關係，彼此間發展出來的互動關係相當複雜。棲地環境影響因子包括流速、水質、底質、粗細砂含量等。在海岸開發的過程中往往造成周邊環境的改變，而環境因子的改變將會造成生態棲息場所變化。例如港灣在建設過成往往會造成波浪形式的改變，海底地形將因波浪形式的改變而變化，底質的時空形態也跟著改變。不同的有機物質會儲留在不同大小底質，因而底質型態的改變，會對海中之微生物生長產生影響，造成食物鏈上分佈及數量之變動，則生物將受其影響而遷移。

在海岸工程興建方面，近年來政府愈來愈重視生態環境的問題，安全防護工程在不得不建造的情況下，除了滿足防災的基本機能需求外，期望還能夠具備生物棲息適當的環境條件，以達到工程建設與自然環境共生共存之目標。因此，事先的環境調查及對當地生態的瞭解則成為首要之務。由於安平港於 2003 至 2004 年間進行沿岸整治工程，在商港北堤漁港南堤水深-5m 與-3m 間進行突堤工程，與在商港

北堤近岸進行養灘工程。本文以安平港附近海域之底棲生物作為研究的對象，探討港灣週邊底棲生物之多樣性、空間相似性，並以群集分析法分析其時空分佈特性，以建立適合安平港環境之棲地評價程序(Habitat Evaluation Procedure, HEP)，並以此程序來評估施工期間生態環境所受到的影響。

## 1-2 研究目的

本文針對安平商港與漁港間遮蔽海域水深-1m、-3m、-5m、-9m，安平商港南側開放海域，安平漁港北側的水深-1m、-3m、-5m之底棲生物進行3月、6月、9月、12月之生態及環境因子監測，並藉由監測資料統計分析，探討底棲生物活動與環境因子間之互動關係，綜合以往文獻回顧的研究分析，整理出本研究之方法，期望達成以下的研究目的：

1. 藉由採樣所取得之底棲生物物種組成特性，分析各測站之多樣性指數，以瞭解各測站生態之特性與其時空變化之情形。
2. 分析各測站間底棲生物物種組成之相似度指數，及其隨時空變化之情形。
3. 分別以各測次之生物量與底質作為變數，進行群集分析群類之定意，以瞭解測站間時空分佈之群集特性。
4. 探討各測站環境因子與生物間之關係性，以建立一套生態棲地評估模式。

## 1-3 文獻回顧

生態之多樣性研究方面:戴(1989)及郭等(2002)指出台灣四面環海，具有廣闊的沿岸水域，兼具熱帶氣候特徵，因此沿岸海洋生物種類繁多，數量也很豐富，而且，由於沿岸各區生態環境之不同，生物群聚也有相當大的歧異。郭等(2002)於新竹海岸消波塊之底棲生物研究指出多樣性的變化會受週遭環境的影響，且在遮蔽區因海流平穩亦較具豐富之生物多樣性。



物種相似度性研究方面:郭等(2003)利用新竹南寮漁港各測站消波塊之底棲生物，分析各測站間之底棲物種時空相分佈之相似度，林等(2004)於西南海岸進行結構物之海藻著生調查，並利用各測站所採集的海藻物種，進行各調查測站間之物種相似度關係性分析。

群集分析研究方面:福田等(2001)、福田等(2002)與山下等(2003)於苦小牧東港灣結構物四週，調查其底質與底棲生物間的關係，進而利用群集分析法將各測站間之底質與底棲生物定意分類，討論底質與生物時空上的分佈與變化。張(2003)利用於新竹漁港各測所調查的水質與生物資料作為變數，進行群集分析，以定意出各測站間之群集關係。

建立棲地模式研究方面：美國國家環境政策法(National Environmental Policy Act, NEPA)於1969年提出，並在1980年代，美國魚類及野生動物局改良發展出的一套有系統之棲地評價方法來評估開發計劃之衝擊程度之模式，則此稱模式為棲地評價程序(Habitat Evaluation Procedure, HEP) (USFWS, 1980)，HEP模式被廣泛地應用於建立某特定魚類或野生動物之棲地品質評估架構。而吉安等(2001)將HEP生態棲地模式運用於日本大阪灣海域，評估大阪灣海域底棲生物棲息地適應性程度，以瞭解環境因子與底棲生物間之關係。橋中等(2003)參考吉安所建立HEP生態棲地模式，利用此棲地模式進行評估與預測大阪灣海域之底棲生物棲息之適應性。陳等(2004)指出HEP應用於建立之棲地品質評估架構，其內涵有三項：(1)嘗試以量化指數值來表示棲地狀況；(2)比較現存狀態及開發後狀態之棲地，並以數值來表示其差異；(3)證實因開發改變棲地而使之改善或惡化之棲地指數變化。

#### 1-4 文章結構

本文分為五章。第一章為緒論，研究之目的與本文獻之回顧。第二章為安平港海岸環境的背景介紹與調查及研究分析的方法。第三章分析安平港底棲生態之特性與時空上的分佈。第四章為建立一套安平港棲地評估模式，第五章總結論文整體結果。

## 第二章 生態環境研究方法

### 2-1 測站地理位置與環境描述

安平港位於台灣南部台南市安平區，鹽水溪南岸沿海地區，北距鹽水溪口 3.8 公里，南距二仁溪口 8.8 公里。該海域附近有許多蚵架的佈置，可顯示此海域具有豐富的營養鹽，系可探供牡蠣攝取。安平港海域屬混合潮，其潮差約為 1 公尺。本研究調查區域位於安平漁港南北堤及安平商港南北堤之間的海域，調查項目包括底質調查、水質調查及海域底棲生態調查。本研究地點附近地理位置，如圖 2-1 所示。



圖 2-1 本計畫附近地理位置示意圖

### 2-1-1 測量範圍

本研究調查海域包含二部分，一部分為安平商港與漁港之間區海域為 B、E、C 區，屬遮蔽海域，另一部份是安平漁港北側 A 區與安平商港南側 D 區，屬開放海域，如圖 2-2 所示。A 區位於漁港北堤北側之海域，屬於最北端的區域，由於本區恰位於漁港北堤北側及鹽水溪之出海口南側，設立本區的目的係希望瞭解鹽水溪溪水之注入及漂散是否會影響生物生態，B 區位於漁港南堤旁，此區此時有漁港南堤突堤工程在進行施工，C 區距 B 區有 400 公尺的距離，此區此時有商港北堤突堤工程在進行施工，近岸則有人工養灘工程在進行，D 區位於安平商港南堤南側之海域，設此區的目得是為了與其他區作空間上的比較，屬於比較開放的海域型態，而 E 區距 B 及 C 區各 200 公尺左右之範圍，位於安平商港與漁港中間之海域，如圖 2-3 至 2-5 所示。由圖 2-2 所示，安平漁港南側突堤堤身於 93 年 3 月完工，安平商港北側突堤堤身於 93 年 6 月完工，安平漁港南側突堤堤頭於 93 年 9 月完工，安平商港北側突堤堤頭於 93 年 12 月完工。

A 區進行水深-1m、-3m 及-5m 三個測點之水質及底棲生物之採樣，以 A1、A3 及 A5 分別代表水深-1m、-3m 及-5m 之測點，其餘依此類推為 B1、B3、B5、B9、E1、E3、E5、E9、C1、C3、C5、C9、D1、D3、D5、D9 區共十八個測區。

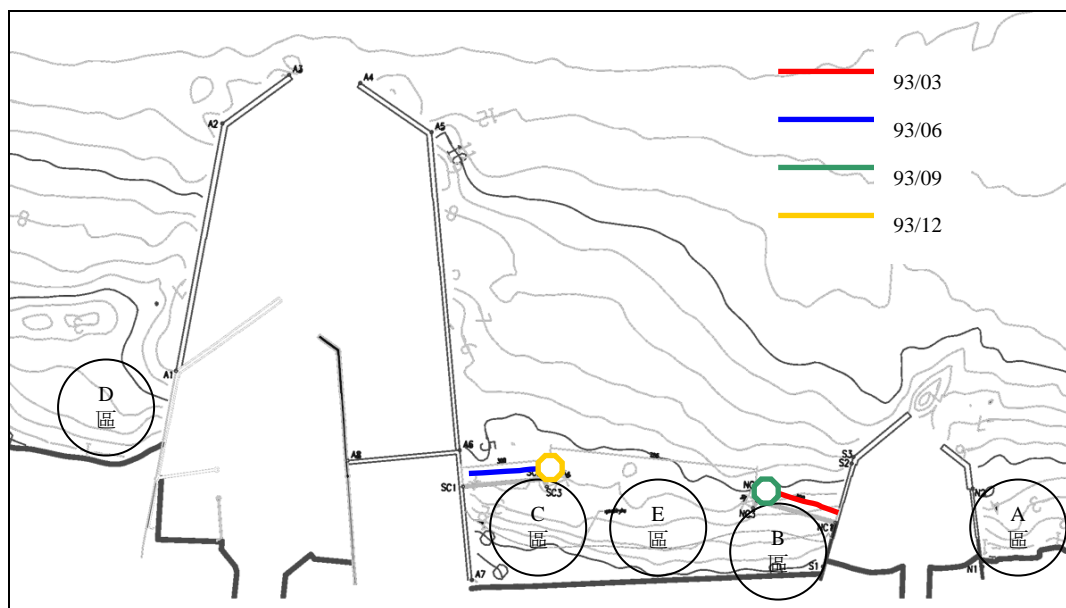


圖 2-2 安平海域調查測區與突堤施工進度



圖 2-3 B、E、C區近岸海域



圖 2-4 A區近岸海域



圖 2-5 D 區近岸海域

## 2-2 生態環境調查

### 2-2-1 調查時間

本研究於 2004 年 6 月至 2005 年 3 月期間，每三個月前往安平港海域所選定之測站進行採樣。

### 2-2-2 底棲採樣方法

底棲無脊椎動物的採樣與監測方式為，乘坐生態測量船，利用具有衛星定位、魚群探測和航跡顯示三項功能的儀器，依照所定之座標，進行定位並對各測站海底沉積物進行底土樣品及生物樣品的採樣。在每個採樣站以電動抓斗式採泥器(底面積約 $0.4 \times 0.4m^2$ )採取海底沉積物，而水深-1m 之測站則用手動抓斗式採泥器(底面積約 $0.2 \times 0.4m^2$ )，如圖 2-6 至 2-7 所示，水深-1m 之測站取樣二次，以符合相同採樣面積之條件，其他水深測站各取樣一次，並採取部份土樣做

為底質粒徑分析之用，其餘土樣經 1mm 的網目篩選後，抓取其底棲生物，放入塑膠罐收藏，經 0.2% PPOX(2-phenoxyethanol) 麻醉液麻醉 15 分鐘後，再固定於 10% 的中性海水福馬林內，作為後續生物種類的鑑定和計量用。

### 2-2-3 生物樣本的計量與分類

將採集的樣本帶回實驗室後，在光學顯微鏡(Zeiss Axiostar plus) 的觀察下，參照各類生物圖鑑(陳，1973;藍，1985;藍，1985;楊等，1986;戴，1989;張等，1992;彼得，1996;邵等，1996;巫，1997;洪，1997;賴，1999;洪，2000; 陳，2001;陳，2001;李，2001;賴，2001 ;趙，2003) 進行生物種鑑定與計錄生物數量的工作。鑑定完可將標本可保存在 70% 的酒精中。由生物鑑定與計量的結果，可計算底棲動物密度的換算為：採得的生物量 / 各測站總採樣面積。

### 2-2-4 水質調查

為瞭解各測站水質環境對底棲生物造成的影響，本研究在安平港附近海域分設十八個測站，進行水質調查，水質調查項目包含水溫、鹽度、pH 值、溶氧、導電度、懸浮固體物、濁度、氨態氮、正磷酸態磷、矽酸鹽、化學需氧量及葉綠素 a，調查結果作為環境因子分析。

### 2-2-5 底質分析

海底底質係由大小、形狀、比重不同之粒料所組成，因此必須由篩分析之結果瞭解各測站底質之級配，底質依不同之篩號 #16(1.19mm)、#20(0.840mm)、#30(0.590mm)、#50(0.297mm)、#100(0.149mm)及#200(0.074mm)進行粒徑分析，粒徑小於 0.074mm 則以雷射粒徑分析儀分析其性質。沙土級配可由粒徑分佈曲線表示之，即累積百分比曲線圖，而一般以累積百分比 50 % 處之粒徑大小，以  $D_{50}$  表示之，即所謂中值粒徑 (median diameter)，亦可利用內插的方法求得各測站之中質粒徑，以表示各測站之底質粒徑大小，並可由日本海洋學會(1986)所定意之底質粒徑分類表，將底質粒徑作分級表示，如表 2-1。



圖 2-6 電動抓斗式採泥器



圖 2-7 手動抓斗式採泥器

表 2-1 底質粒徑分級

d(mm)	2      1      1/2      1/4      1/8      1/16						
底質	礫石	極粗	粗	中	細	極細	泥
		砂					

## 2-3 生態特性分析方法

### 2-3-1 生物多樣性分析

為瞭解安平港十八個測站間生物群聚多樣性的變化情形，本研究採用豐度指數(gleason species richness,  $SR$ )、優勢度指數(Simpson's dominance index,  $C$ )、歧異度指數(Shannon-Weiner index,  $H'$ )及均勻度指數(Pielou's evenness index,  $J'$ )來進行分析。以便瞭解各站生物種類組成的關係。

種類數的豐富度指數(species richness index,  $SR$ )表示群聚內種類數的豐富情形， $SR$  值愈大則群聚內生物種類數愈多，可表示為：

$$SR = \frac{(S-1)}{\ln N} \quad (2-1)$$

其中  $S$  為該測站之生物種類數， $N$  為個體總數。

優勢度指數(dominance Index,  $C$ )數值愈大顯示該測站有明顯優勢種出現，可表示為：

$$C = \sum_{i=1}^S \left( \frac{n_i}{N} \right)^2 \quad (2-2)$$

其中  $n_i$  為該測站第  $i$  種生物之個體數、 $N$  為該測站所有生物種類之總個體數， $S$  為該測站之生物種類數。

Shannon 種歧異度指數(Shannon diversity,  $H'$ )可綜合反映一群聚內生物種類之豐富程度(species richness)及個體數在種間分配是否均勻。此數值愈大顯示該測站有較豐富的種類出現，亦表示該測站具有



多樣性，可表示為：

$$H' = - \sum_{i=1}^s \left( \frac{n_i}{N} \right) \ln \left( \frac{n_i}{N} \right) \quad (2-3)$$

其中  $n_i$  為該測站第  $i$  種生物之個體數、 $N$  為該測站所有生物種類之總個體數。

均勻度指數(evenness index,  $J'$ )表示群聚內種間分配之均勻度，其值與  $C$  值相反， $J'$  值愈大則表示個體數在數種間分配愈均勻，可表示為：

$$J' = \frac{H'}{H_{max}}, \quad H_{max} = \ln S \quad (2-4)$$

其中  $S$  為該測站之生物種類數， $H'$  為歧異度指數。

### 2-3-2 空間相似性分析

本研究為探討生物及環境的空間分佈特性，以兩兩測站間之生物群聚結構分析其相似度(Similarity)，並使用 Czekanowski 指數(即 Sorensen 指數)來進行分析。其計算公式為：

$$CZ = \frac{2a}{(2a+b+c)} \times 100 \quad (2-5)$$

其中  $a$  為二測站皆有出現的種數， $b$  及  $c$  為只出現在其中一測站之種數，相似度數值越高，代表測站間物種越相似及共有種類越多之意。

## 2-4 生態群集特性之時空分佈分析

### 2-4-1 群集分析法

徐(1996)群集分析法在生物數量分類學上是一種簡單的分類法，原理是將一批群類與變數，按照它們性質上的親緣關係(genetic relation)進行分類，群類之變數為  $m$  個，則視為  $m$  維空間，每個群類看成是  $m$  維空間的一個點，在  $m$  維坐標中，定義點與點(變數值與變數值)之間的某種距離。首先將  $n$  個群類自成一類，然後每次將具有最小距

離的兩類合併，合併後重新計算類與類之間的距離，這個過程一直繼續到所有樣品歸為一類為止。

依照觀測體間不同的數量特性之距離遠近予於分類，並依其測體間之距離遠近，描述它們間之相似性 (similarity) 與相異性 (dissimilarity)，距離愈近的則相似性愈大，反之距離愈遠的則相異性愈大。而衡量變數間之距離遠近程度用數值來表示，該數值稱為距離係數(distance coefficient)，其表示方法有很多種，最常使用的是歐氏距離法(Euclidean distance)，其觀念如我們有二個群類分別為群類 A、群類 B，二群類分別有三個變數，為  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ ； $y_1$ 、 $y_2$ 、 $y_3$  如圖 2-8 所示：

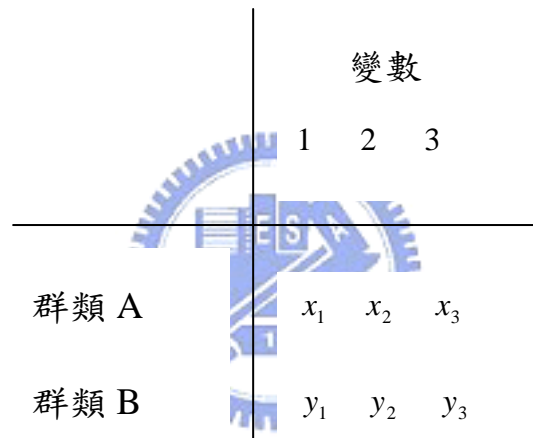


圖 2-8 觀測體數量特性

將群類 A、群類 B 之變數值表示在三維座標軸上，分別於三維歐氏空間中表示 A、B 兩點，如圖 2-9 所示，並量測出兩測點間之變數差值(norm)，當差值小，表示 A 和 B 兩測點特性相近，則說明瞭兩個分類單位有較大的相似係數(similarity coefficient)；相反的當變數差值大，表示 A 和 B 兩測點特性疏遠，則說明瞭兩個分類單位有較大的相異係數(dissimilarity coefficient)。

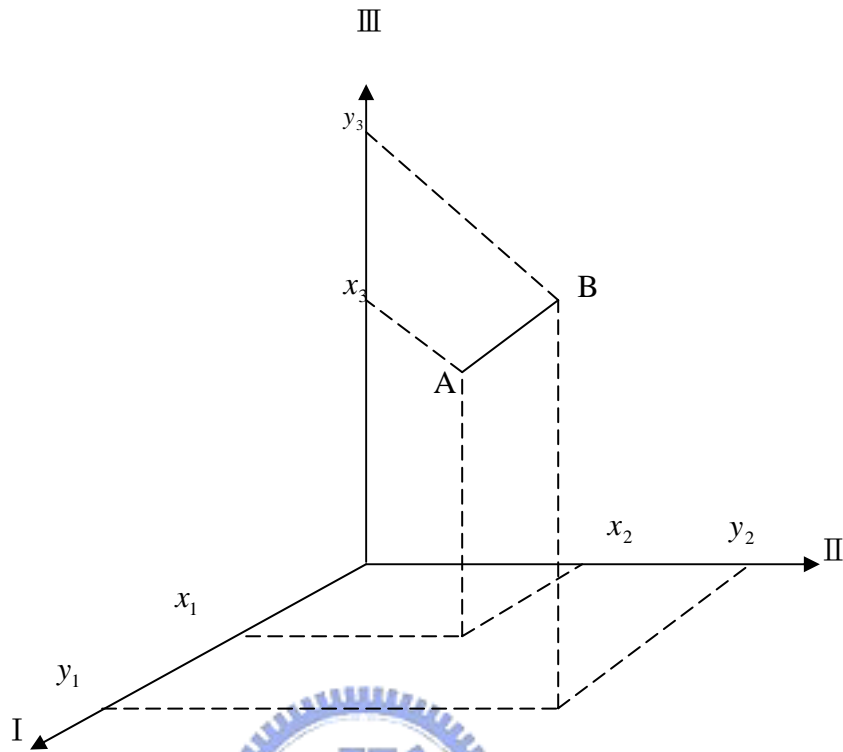


圖 2-9 距離係數的空間表示

數差值  $d_{AB}$  值可以通過三個數變分量差的平方進行計算，如式 2-6 所示：

$$d_{AB} = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + (x_3 - y_3)^2} \quad (2-6)$$

式(2-6)中  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ ； $y_1$ 、 $y_2$ 、 $y_3$ ，為群類 A、群類 B 之變數。式(2-6)知道歐氏距離中含有方根號(root)，在計算上比較麻煩，因此取式(2-6)之平方，即一般常使用的歐氏距離平方值(squared Euclidean distance)  $d_{AB}^2$ ，作為後續分析的標準。若將式(2-6)的三維空間座標推廣至 n 維，得到的歐氏距離平方值可表示為下式

$$d_{AB} = \left[ \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^2 \right]^{1/2} \quad (2-7)$$

當各群類間的相似性以給定歐氏距離衡量距離標準後，接著採用階層群集分析(hierarchical clustering)，福田等(2001)利用類群平均法

(group average method)來進行底棲生物群集分析，與利用華德法(Ward's methods)來進行底質群集分析，而張(2003)利用華德法(Ward's methods) 進行水質群集分析。

類群平均法又稱為均連法(average linking), 也可以稱為非加權配對算術平均法(unweighted pair-group method using arithmetic average, 簡作 UPGMA), 該法兩類之間的距離定義為兩類元素兩兩之間平方距離總和的平均, 且均連法具有聚類空間守恆性, 亦即在聚類過程中, 各測站樣品所代表在  $m$  維空間上的點, 並不因聚類程式, 而改變其中各點之間的相對位置。同時均連法具有聚類距離單一變化性, 亦即在聚類過程中, 第一次聚類的距離為  $d_1$ , 第二次聚類的距離為  $d_2$ , 第三次為  $d_3 \cdots \cdots$ , 其具有  $d_1 \leq d_2 \leq d_3 \cdots \cdots$  的特性。依此將每一個個體設為一個集群, 依據各變數間距離的遠近, 採循序漸進的方式, 從最小的群集(每一個觀測值)開始, 將最相近的(距離最小的)兩個群集合併為一新群集, 逐次合併, 直到所有資料點全部集結成一個大群集為止(包括所有的觀測值在內)。其群類間之距離遞推公式可表示為如式 2-8:

$$d_{pq}^2 = \frac{1}{n_p \times n_q} \sum_{i \in G_p, j \in G_q} d^2_{ij} \quad (2-8)$$

其中  $n_p$  和  $n_q$  分別表示群集為  $G_p$  群集與  $G_q$  群集中分類變數個數。聯繫兩類間分類單位距離係數值共有  $n_p \cdot n_q$  個。

當兩個類群  $G_p$  群集與  $G_q$  群集所合併的新群集為  $G_r$  後,  $G_r$  群集又為下個新群集  $G_i$  聯繫, 其距離係數為如下:

$$\begin{aligned} d_{ir}^2 &= \frac{1}{n_i \cdot n_r} \sum_{k \in G_i, l \in G_r} d^2_{kl} \\ &= \frac{1}{n_i \cdot n_r} \sum_{k \in G_i} \left[ \sum_{l \in G_p} d^2_{kl} + \sum_{l \in G_q} d^2_{kl} \right] \\ &= \frac{n_p}{n_r} \cdot \frac{1}{n_i \cdot n_p} \sum_{k \in G_i, l \in G_p} d^2_{kl} + \frac{n_q}{n_r} \cdot \frac{1}{n_i \cdot n_q} \sum_{k \in G_i, l \in G_q} d^2_{kl} \end{aligned} \quad (2-9)$$

其中  $n_r$  和  $n_i$  分別表示群集為  $G_r$  群集與  $G_i$  群集中分類變數個數。最後群集距離係數可定義為

$$d_{ir}^2 = \frac{n_p}{n_r} d_{ip}^2 + \frac{n_q}{n_r} d_{iq}^2 \quad (2-10)$$

華德法又稱為最小變異數法(minimum variance method)，其群集合併原理同均連法，兩者差異在於群集間之加權表示法不同。其群類間之距離遞推公式可表示為：

$$d_{ir}^2 = \frac{n_i + n_p}{n_i + n_r} d_{ip}^2 + \frac{n_i + n_q}{n_i + n_r} d_{iq}^2 - \frac{n_i}{n_i + n_r} d_{pq}^2 \quad (2-11)$$

其中  $n_p$  和  $n_q$  分別表示群集為  $G_p$  群集與  $G_q$  群集中分類單位個數。當兩個類群  $G_p$  群集與  $G_q$  群集所合併的新群集為  $G_r$  後， $G_r$  群集又為下個新群集  $G_i$  聯繫，其中  $n_r$  和  $n_i$  分別表示群集為  $G_r$  群集與  $G_i$  群集中分類變數之個數。

經由均連法與華德法的階層群集分析後，以樹狀圖(cluster combine)的形式來表現分析的結果，這種方法是最為生物數量分類常見的表示的方法。圖形由一棵連通的樹圖構成，多層次地分歧，不斷結合成不同等級大小的分類群，最後聯合一個整體。每個群類結合均依照之間的距離係數大小加以結合，在橫座標上的標尺會表示出群類間之距離平方係數，而距離平方係數小者，則群類間的相似性為低，反之則然。以此可瞭解觀測點間相互的關係結構。因此本文可依照分析的結果，瞭解港區海岸生物時間分佈之情形，並進一步探港灣結構物對生態環境的響影。

## 2-4-2 底質與底棲生物的分類

### 1. 結構物週邊底質時空分佈

海底底質調查，常進行粒徑分析以瞭解附近海域底質粒徑之分佈情況。海底底質由大小、形狀、比重不同之粒料所組成，因此由篩分析之結果瞭解各測站底質粒徑之級配，並可由#30(0.590mm)、#50(0.297mm)、#200(0.074mm) 及底盤各篩號之停留百分比作為變數以進行群集分析。且依距離平方係數相似性分成數個類群，以瞭解海域各測站底質於時空上之群集相似性之分類情況，並依矩陣的方式表現於安平港平面圖上，進一步瞭解各測站之底質隨季節於結構物空間

上的變化情形。

## 2. 結構物週邊底棲生物時空分佈


底棲生物的種類繁多，本研究選取每一測點所採集底棲生物來代表該各區域的變數以進行群集分析。且依距離平方係數相似性分成數個類群，以瞭解各測站底棲生物時空上之群集相似性之分類情況，並依矩陣的方式表現於安平港平面圖上，進一步瞭解各測站之底棲生物隨季節於結構物空間上的變化情形。

## 3. 結構物週邊之底質與生物關係

由底質與底棲生物於安平港平面圖上可知，各測站之底質與底棲生物隨季節於結構物空間上的變化情形。並借由底質粒徑與底棲生物隨季節變化分類出現的次數進行區域表示型態之認定，以此可瞭解底棲生物於底質環境生長之適合性。

### 2-5 HEP 棲地模式

#### 2-5-1 概述



棲地品質評價程序 (Habitat Evaluation Procedure, HEP) 構建立過程中，首先需確認各測站調查所獲得之棲地物種數，以作為建立模式環境值之設定，並分析海岸棲地環境各項因子於調查期間與物種數之間的關係表現，進而建立一套適合指數(suitability index, SI)與環境因子之關係的包絡趨勢線圖，並由各測站各個環境因子之表示值於包絡趨勢線圖求得 SI，以建立 SI 與棲地適合指數(habitat suitability index, HSI)關係式，方可進一步探討 HSI 指數與棲地物種數之相關性程度，而相關性程度的高低可作為評估棲地模式建立之良好程度之討論，建立完成之模式可作為評估生態環境之參考。

#### 2-5-2 HEP 模式建立流程

HEP 模式建立的過程可分為七個步驟：(1) 棲地環境因子評估項目的選定，(2) SI 模式圖之建立，(3) 棲地環境因子表示值之設定，(4) HSI 與 SI 關係式設定，(5) HSI 與物種之相關性評估，(6) HEP 與 SI

模式之修正，(7)HEP 模式完成。其所建立的流程如圖 2-10 所示：

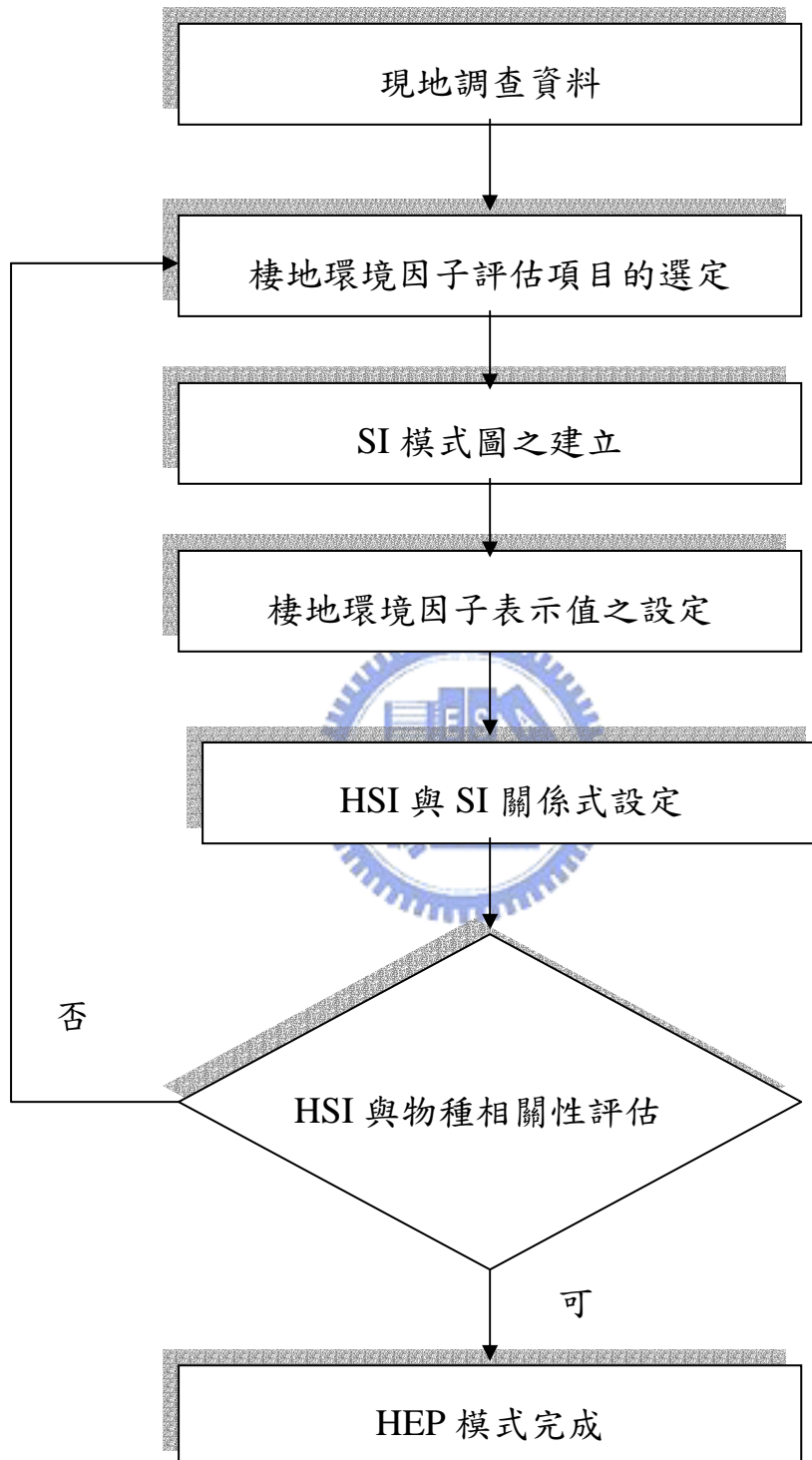


圖 2-10 模式建構流程圖

### 2-5-3 棲地環境因子

環境因子是建立模式的重要因素。SI、HSI 與生物物種數的表現皆與它有著相互關係性，且環境因子在長期監測下，數值幅度的變動會明確呈現環境因子實地現況，進而影響各測站表示值之設定，此將使得環境因子與生物間關係性具體呈現，亦能使整體模式建立更趨於完善。為瞭解海域各測站環境影響因子對生物造成的影響，故在選定環境因子的建立項目之參數，可依據水質因子、底質因子、流況因子等因子進行討論，而水質因子方面有水溫、DO、COD 等因子，底質因子方面有中值粒徑、含泥量等因子，流況因子方面有流速、浸水高度、浸水最大摩擦速度等因子。宇野等(2001)之日本四國幹瀉生態棲地評估，乃選定中值粒徑  $D_{50}$ 、浸水高度、浸水最大摩擦速度作為環境因子評估 SI 之準則。

### 2-5-4 SI 模式建立

依據現地測量調查的各點位站資料，建立各環境影響因子與生物物種數間之關係包絡趨勢線 SI 模式圖。SI 模式圖中左縱軸標尺為 SI，最大值 1，對應之最佳環境值，最小值 0，對應之最差環境值，右縱軸標尺為最佳環境與最差環境之種數值，橫軸標尺為影響因子之數值。SI 之定義如下(2-12)。

$$SI = \frac{S}{S_{max}} \quad (2-12)$$

其中  $S$  為某測點環境因子之總種類數， $S_{max}$  為全區所調查之最大種數。

故 SI 介於 0 至 1 之間，SI 的大小代表棲地環境適合性之狀態。SI 建立首先依據現地測量調查的各測站資料，確認各測站各次所調查的生物物種數，於模式圖中建立各環境因子與生物物種數間之座標點，取其各測次中最大物種數作為最佳環境值 1，取其各測次中最小物種數作為最差環境值(最小物種數/最大物種數)，以此繪製圖中各測點之包絡趨勢線，建立 SI 模式圖。



## 2-5-5 HSI 與 SI 關係模式建立

環境因子的 SI 將於我們建構的 SI 模式圖中推求得到，其推求原理乃為選定之各環境因子調查資料之上下限區間值，並依包絡趨勢線形式，選取所需區間值的百分比值作為與物種間關係性之表示值，以此表示值可於 SI 模式圖中求得 SI，如所測得海水的酸鹼度(PH)資料數據上下限的範圍於 7.5 至 8.5 之間，則區間值為 1，包絡趨勢線斜率為正，則取其下限區間值 30% 處 7.8 為 PH 因子之表示值。以此作為環境因子表示值之設定，並於在 SI 模式圖中推求各環境因子之 SI，當環境因子 SI 值確立後，則利用式 2-10 至 2-13 之關係式建立 HSI 與 SI 之關係模式，以求得各測站之 HSI 值。田中(2002)一般設定方法有四種。

1. 算術平均法(arithmetic mean): 算術平均法為取 n 項環境因子 SI 值的平均值。

$$HSI = \frac{SI_1 + SI_2 + SI_3}{3} \quad (2-13)$$

2. 幾何平均法(geometric mean): 幾何平均法為取 n 項環境因子 SI 值相乘並開 n 次方。

$$HSI = (SI_1 \times SI_2 \times SI_3)^{\frac{1}{3}} \quad (2-14)$$

3. 限定要因法(minimum function): 限定要因法為取 n 項環境因子 SI 值之最小值。

$$HSI = \min(SI_1, SI_2, SI_3) \quad (2-15)$$

4. 加算要因法(additive function): 加算要因法為取 n 項環境因子 SI 值的總合，如總合大於 1 時則以 1 計算

$$HSI = SI_1 + SI_2 + SI_3 \quad (2-16)$$

其中下標 1、2、3 為選定之環境因子。

## 2-5-6 HSI 與底棲生物之相關性

當 HSI 與 SI 關係式確立，則可計算各測站之 HSI，以將各測站的 HSI 與棲地最小生物種數進行相關性迴歸分析，如相關係數值相當接近 1 值時，則所建立的模式可較完整描述，生物棲地與環境的關係。反之亦然，因此，相關性較差之模式則需進行模式檢討與修正，而主要影響模式評估效果的因素有下列四點：

1. 監測時間甚短，以至資料太少。
2. 環境因子考慮項目太少或則不適當。
3. 包絡趨勢線於 SI 模式圖中繪製不佳。
4. 各環境因子之表示值設定不良。
5. HSI 與 SI 關係式設定不良。

## 2-5-7 模式修正

若各測站的 HSI 與棲地生物種數相關係數值甚低，故需對整體模式加以修正。主要檢討改進的方法可分以下列五點：

1. 長期監測，增加調查資料。
2. 排除相關性低之環境因子，加入相關性高之環境因子。
3. SI 模式圖之包絡線趨勢形態之修正，以增加 SI 值之品質。
4. 各環境因子之表示值修正。
5. HSI 與 SI 關係式之修定，利用式(2-13)至(2-16)之關係式，整合出一個相關性高的關係式。

經由長期監測，我們可以得到各測站環境因子的區間值之變動幅度，以便取得精確環境因子之表示值，增加它對模式的相關性，亦可排除或加入之，此可瞭解那些環境因子與底棲生物相關性高。修改 SI 模式圖的包絡線趨勢的形態，以符合環境因子與底棲生物間實際環境行為。整合出 HSI 與 SI 之間相關性高的關係式，以提高 HSI 與底

棲生物間之相關性。

上述藉由式(2-14)簡單說明之，如資料完整，SI 模式圖無需修正，而考量 PH 值、DO、COD 環境因子，利用限定要因法建立的 HSI 與 SI 關係模式，若此形式並無得到與物種間之高相關性，則需排除或則增加環境因子。

$$HSI = \min(SI_{PH}, SI_{DO}, SI_{COD}) \quad (2-17)$$

排除可靠性低之 PH 值因子，加入可靠性高的溫度與中值粒徑  $D_{50}$  因子，並結合限定法要因法與幾何平均法建立 HSI 與 SI 之關係式，增加 HSI 與棲地生物種數進行相關性，以此改良 HEP 模式，則修正式(2-17)變為

$$HSI = [ \min(SI_T, SI_{D50}, SI_{COD}) \times (SI_{D50}) ]^{\frac{1}{2}} \quad (2-18)$$

#### 2-5-8 物種預測

當 HSI 與物種間相關係數高時，則代表整體模式建立的良好，並可依此模式進行物種預測。未來在評估海域之生態只須調查與物種相關性高的環境因子，方可預測此時之生態情況，評估過程因此減少許多，以此可提高生態環境評估之效率及客觀性。

#### 2-5-9 棲地單位

建立的 HSI 與 SI 關係模式可利用評估生態環境，於區域之質(HSI)與量(棲地面積)相乘積，可得區域之棲地單位(habitat unit, HU)如式(2-19)，再由棲地領域及不同年份之變化來評估開發程度之衝擊變異情形，如圖 2-11，田中(2002)為日本森林地開發之 HU 變化，在開發初期時 HU 高達 900，開發後 5 年 HU 降低至 400，在 20 年的使用期間過後 HU 降至最低點 200，再經過 50 年的復育 HU 升至 500 的地方，從此可瞭解到整體生態環境與開發間的變化關係，在開發初期時 HU 高達 900，經過短短 20 年開發使用，HU 很快速地降至最低點 200，而開發使用完畢後花了 50 年的時間復育，且復育的效果卻不能達到最初的生態環境狀態，因此我們可以瞭解到開發所造成的環境破壞，必需要花費

許多的時間與金錢來修復它。

$$HU = \text{質(HSI)} \times \text{量(棲地面積)} \quad (2-19)$$

故若在海岸棲地生物長期監測下，亦能瞭解 HU 隨著開發程度與時間之變化程度，方可作為工程開發與生態評估之依據，使自然環境開發時可盡量降低到最小限度對環境所造成的影響來進行開發，以符合環境修復再生(Mitigation)的自然環境保護觀念，使達到人為的自然平衡。

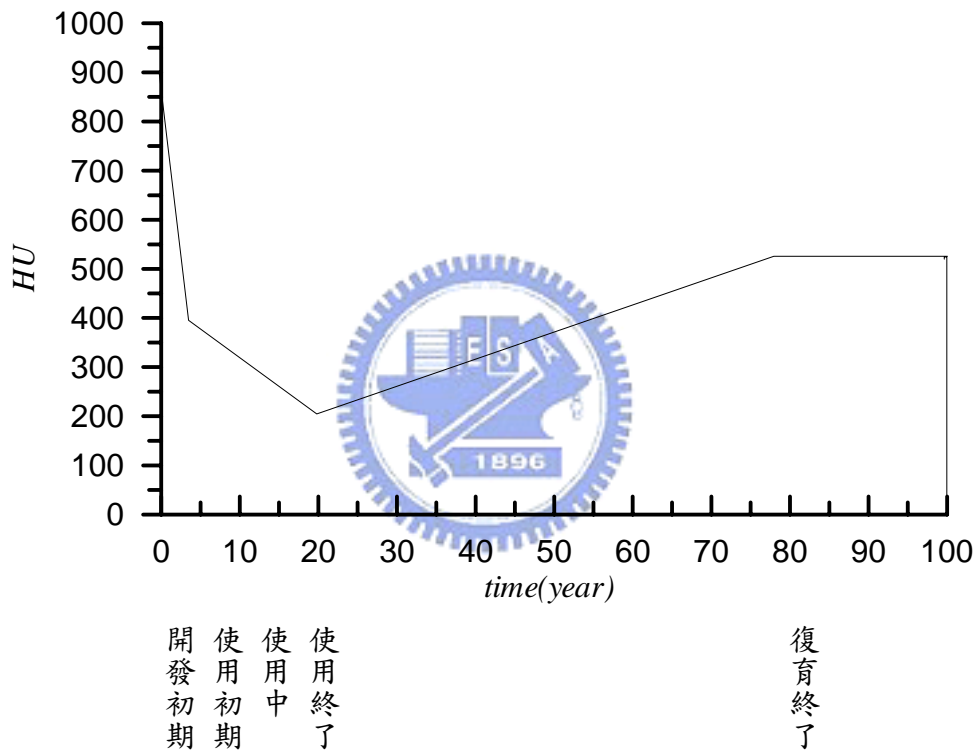


圖 2-11 HU 時間變化關係圖

### 第三章 生態特性與時空分佈

#### 3-1 生態環境調查結果

##### 3-1-1 底棲生物的數量統計

本研究分別於 93 年 6 月、9 月、12 月至 94 年 3 月，在安平港週圍海域十八個測站進行生物生態調查之採樣，所採獲之生物種類有節肢動物(Arthropda)、軟體動物(Mollusca)及多毛環節動物(Polychaeta)等三類，由圖 3-1 至 3-2 可知，整年度共抓取 70 種生物 4339 個生物個體，6 月共有 56 種 1955 個生物個體，9 月共有 40 種 912 個生物個體，12 月共有 28 種 879 個生物個體，3 月共有 22 種 593 個生物個體。6 月所抓取得的數量與物種數為最多，入秋後，9 月數量與物種數開始減少，可以瞭解底生物隨季節變化數量與物種呈現遞減的形態。藉由抓斗採樣器固定面積之抓取，得到各測站生物種類之組成，可以瞭解生物於該區生物之分佈密度(個體數/0.16m<sup>2</sup>)。

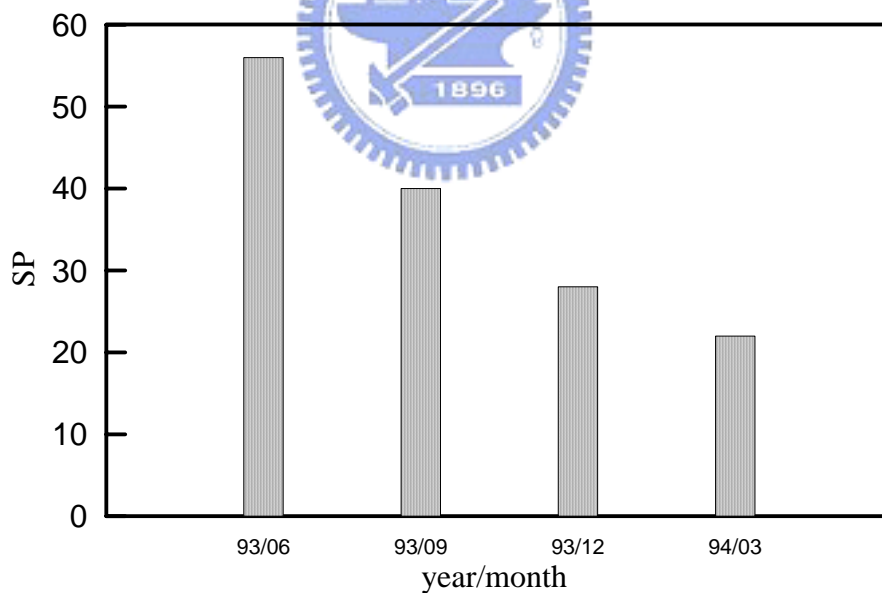


圖 3-1 四季物種數

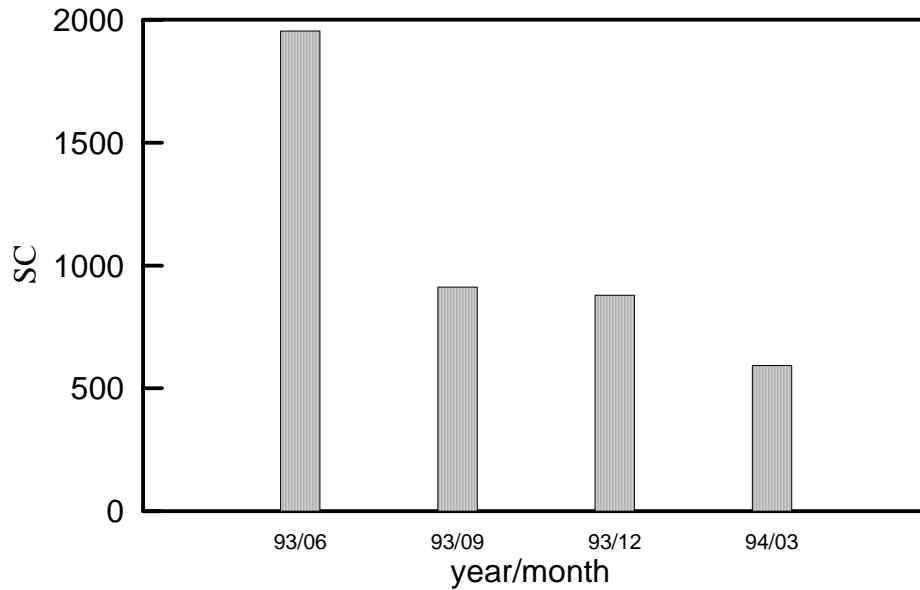


圖 3-2 四季物種總個數

6 月採樣之生物種類，由圖 3-3 至 3-4 可知，若比較在不同等深線的生物出現，-1m 水深處，E 區種類最多 16 種，E 區則是數量最多 67 個生物個體，-3m 水深處，以 D 區種類最多 18 種，D 區則是數量最多 249 個生物個體，-5m 水深處，C 區種類最多 14 種，D 區則數量最多 259 個生物個體，-9m 水深處，E 區種類最多 12 種，E 區則數量最多 237 個生物個體。-1m 水深處所有採樣生物為 20 種 99 個生物個體，-3m 水深處所有採樣生物為 29 種 692 個生物個體，-5m 水深處所有採樣生物為 26 種 780 個生物個體，-9m 水深處所有採樣生物為 19 種 384 個生物個體。港區均以二枚貝類之物種最多，其中以厚殼縱簾蛤為 6 月港區內最多之生物種類，紫孔雀蛤次之。

9 月採樣之生物種類，由圖 3-3 至 3-4 可知，若比較在不同等深線的生物出現，-1m 水深處，C 區種類最多 11 種，D 區則是數量最多 113 個生物個體，-3m 水深處，以 C 區種類最多 14 種，B 區則是數量最多 69 個生物個體，-5m 水深處，E 區種類最多 18 種，D 區則數量最多 85 個生物個體，-9m 水深處，C 區種類最多 11 種，E 區則數量最多 110 個生物個體。-1m 水深處所有採樣生物為 18 種 222 個生物個體，-3m 水深處所有採樣生物為 25 種 192 個生物個體，-5m 水深處所有採樣個數為 26 種 228 個生物個體，-9m 水深處所有採樣生物為 16 種 265 個生物個體。港區均以二枚貝類之物種最多，其中

以厚殼縱簾蛤為 9 月港區內最多之生物種類，紫孔雀蛤次之。

12 月採樣之生物種類，由圖 3-3 至 3-4 可知，若比較在不同等深線的生物出現，-1m 水深處，C、D 區種類最多 6 種，D 區則是數量最多 10 個生物個體，-3m 水深處，以 E 區種類最多 13 種，D 區則是數量最多 87 個生物個體，-5m 水深處，E、B 區種類最多 12 種，E 區則數量最多 235 個生物個體，-9m 水深處，E 區種類最多 11 種，E 區則數量最多 184 個生物個體。-1m 水深處所有採樣生物為 14 種 29 個生物個體，-3m 水深處所有採樣生物為 20 種 207 個，-5m 水深處所有採樣生物為 17 種 398 個生物個體，-9m 水深處所有採樣生物為 15 種 245 個生物個體。港區均以二枚貝類之物種最多，其中以厚殼縱簾蛤為 12 月港區內最多之生物種類，紫孔雀蛤次之。

3 月採樣之生物種類，由圖 3-3 至 3-4 可知，若比較在不同等深線的生物出現，水深-1m 處，C 區種類最多 11 種，C 區則是數量最多 65 個生物個體，水深-3m 處，以 B 區種類最多 13 種，D 區則是數量最多 53 個生物個體，水深-5m 處，B 區種類最多 8 種，B 區則數量最多 32 個生物個體，水深-9m 處，C、E 區種類最多 9 種，C 區則數量最多 87 個生物個體。水深-1m 處所有採樣生物為 15 種 141 個生物個體，水深-3m 處所有採樣生物為 20 種 130 個生物個體，-5m 水深處所有採樣生物為 12 種 99 個生物個體，水深-9m 處所有採樣生物為 8 種 223 個生物個體。港區均以二枚貝類之物種最多，其中以厚殼縱簾蛤為 3 月港區內最多之生物種類，文蛤次之。

由上述可整理如表 3-1 與 3-2。由表 3-1 可瞭解在水深-1m 處，C 測站所採樣到的最多物種數次數為最多，水深-3m 處，商港與漁港間遮蔽區測站所採樣到的最多物種數次數為最多，水深-5m 處，商港與漁港間遮蔽區測站所採樣到的最多物種數次數為最多，水深-9m 處，E 測站所採樣到的最多物種數次數為最多。由表 3-2 可瞭解在水深-1m 處，D 測站所採樣到的最多物種個體數次數為最多，水深-3m 處，D 測站所採樣到的最多物種個體數次數為最多，水深-5m 處，D 測站所採樣到的最多物種個體數次數為最多，水深-9m 處，E 測站所採樣到的最多物種個體數次數為最多。

表 3-1 各水深最多物種之測站

水深	6 月		9 月		12 月		3 月	
	測站	物種數	測站	物種數	測站	物種數	測站	物種數
-1m	E	16	C	11	C、D	6	C	11
-3m	D	18	C	14	E	13	B	13
-5m	C	14	E	18	B、E	12	B	8
-9m	E	12	C	11	E	11	C、E	9

表 3-2 各水深最多物種個數之測站

水深	6 月		9 月		12 月		3 月	
	測站	個數	測站	個數	測站	個數	測站	個數
-1m	E	67	D	113	D	10	C	65
-3m	D	246	B	69	D	87	D	53
-5m	D	259	D	85	E	235	B	32
-9m	E	237	E	110	E	184	C	87

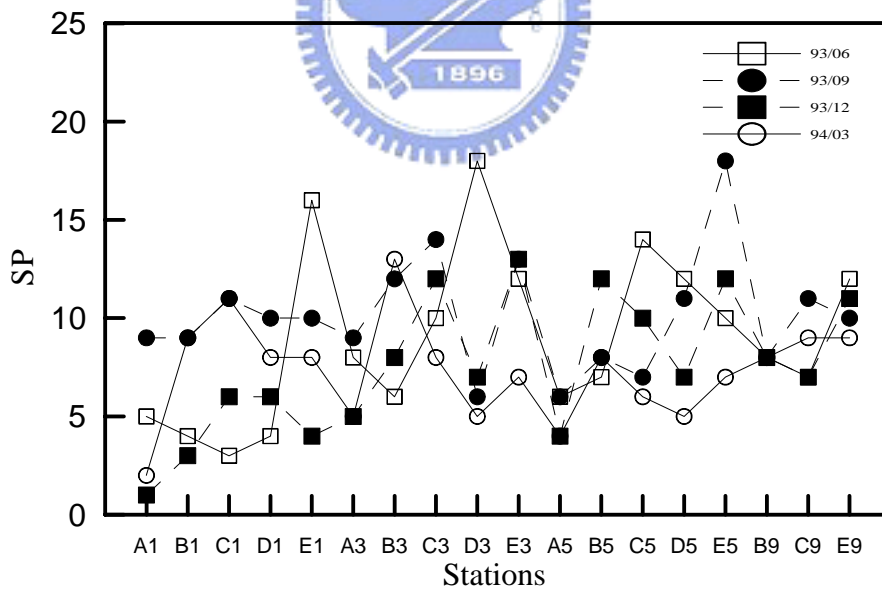


圖 3-3 各季測站物種數



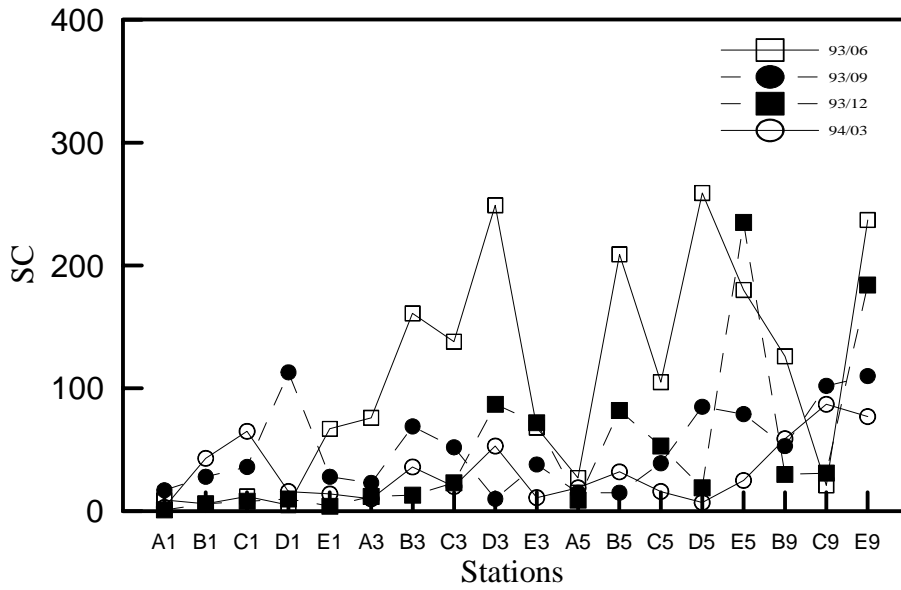


圖 3-4 各季測站物種個數

各測採樣之年平均生物種數與個數，由圖 3-5 至 3-6 可知，若比較在不同等深線的生物出現，水深-1m 處，E 區種類最多 10 種，D 區則是數量最多 48 個生物個體，水深-3m 處，以 D 區種類最多 12 種，B 區則是數量最多 70 個生物個體，水深-5m 處，D 區種類最多 12 種，E 區則數量最多 130 個生物個體，水深-9m 處，E 區種類最多 10 種，E 區則數量最多 152 個生物個體。近岸生物種數與數量相較於遠岸有略少之情況。

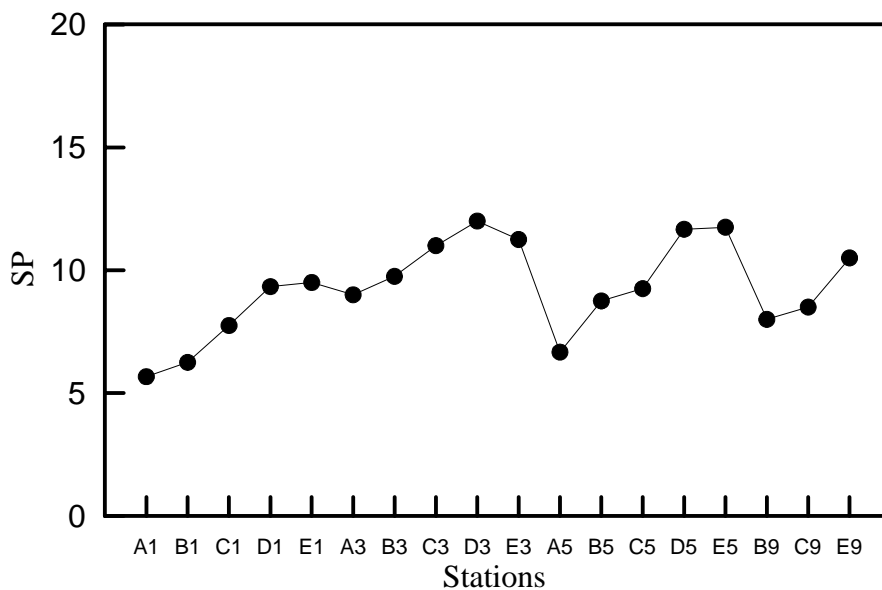


圖 3-5 各測站物種年平均數

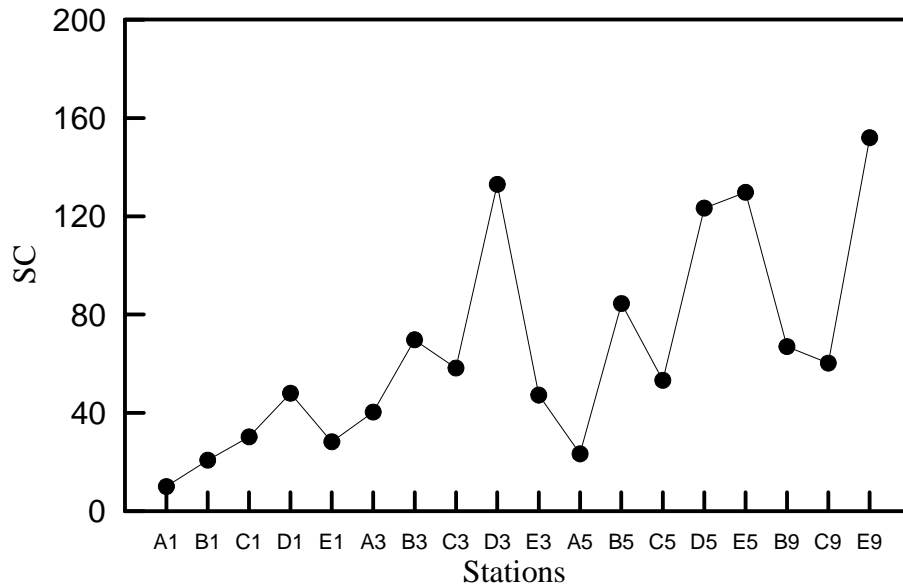


圖 3-6 各測物種年平均個數

### 3-1-2 水質調查結果

#### 1. 水溫

影響海域水溫的主要因素為天候及季節性變化。由圖 3-7 及 3-8 可知，6 月水溫資料介於 25.2 至 27.3°C 間，平均 26.1°C，9 月水溫資料介於 24.1 至 25.2°C 間，平均 24.5°C，12 月水溫資料介於 21.8 至 22.6°C 間，平均 22°C，3 月水溫資料介於 22.3 至 24.2°C 間，平均 22.9°C。而各季水溫平均以 6 月最高，12 月最低，各季水溫以近岸處水溫較遠岸處略高的情形，主要為水面與岸邊接觸頻繁所至。各測站的水溫年平均以 C1 最高，C3 最低，而各測站的水溫年平均為近岸處水溫較遠岸處略高的情況。

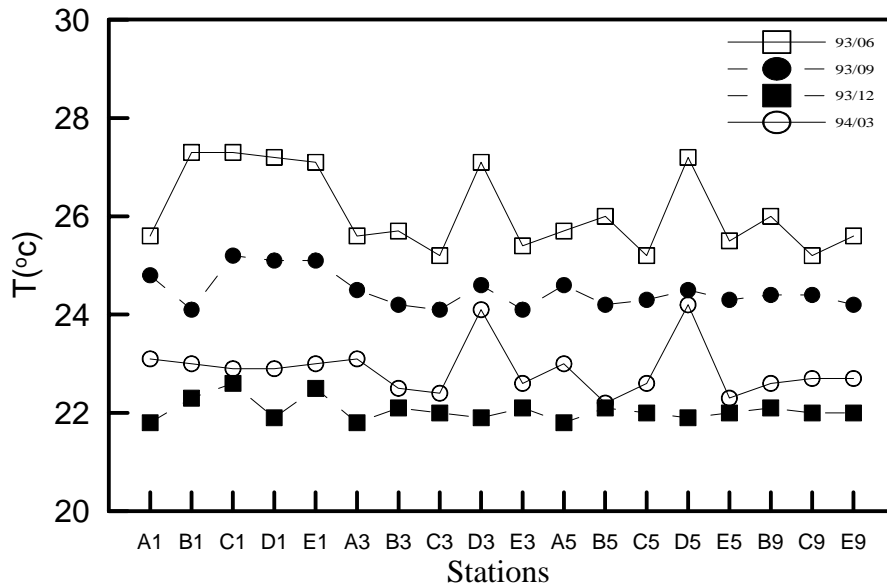


圖 3-7 各測站水溫變化

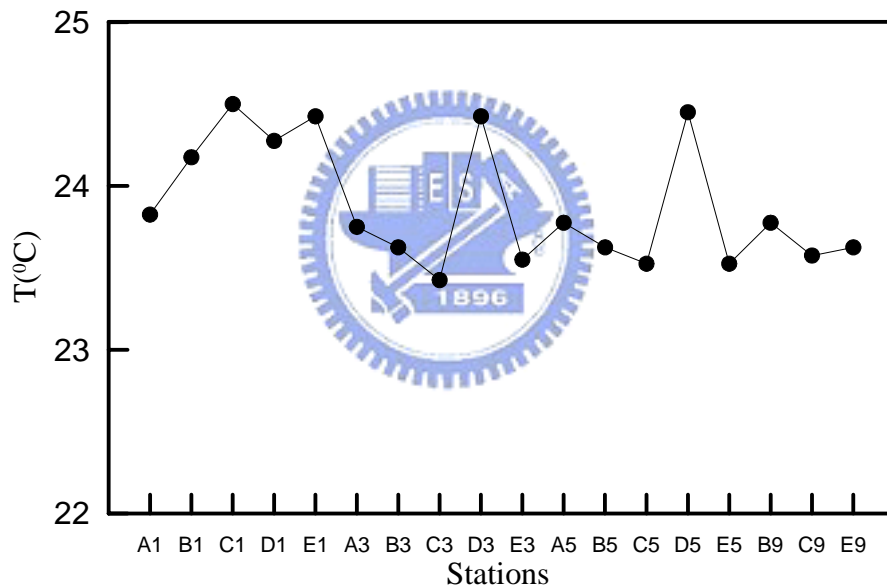


圖 3-8 各測站水溫年平均變化

## 2. 鹽度

海水鹽度主要受洋流、降雨量、蒸發和陸地排水的影響，一般而言，鹽度隨離岸距離依次遞增，近岸測站受河川排入淡水之多寡與蒸發速率的影響，鹽度變化較為劇烈。一般海水表面的鹽度介於 33‰ 至 37‰ (George 和 William, 1987)，平均值約為 35‰ (Garrison, 1993)。由圖 3-9 及 3-10 可知，6 月海水鹽度介於 32.4 至 32.7‰ 間，平均值為 32.5‰，9 月海水鹽度介於 31.8 至 31.9‰ 間，平均值為 31.82‰，12 月海水鹽度介於 35.7 至 35.8‰ 間，平均值為 35.73‰，3 月海水鹽

度介於 34.4 至 34.8‰ 間，平均值為 34.6‰。四季各測站間鹽度變化並不大，顯現海域水體混和性良好。而南部雨量特性為，夏天時受到颱風與雷雨之雙重影響，雨量集中於夏末秋初，五、六月則有鋒面雨(梅雨)，因此 9 月與 3 月之平均值較其他二月平均值略低。各測站的鹽度年平均以 B9 最高，A3、C3 最低，而各測站的鹽度年平均為近岸處鹽度較遠岸處略低的情況。

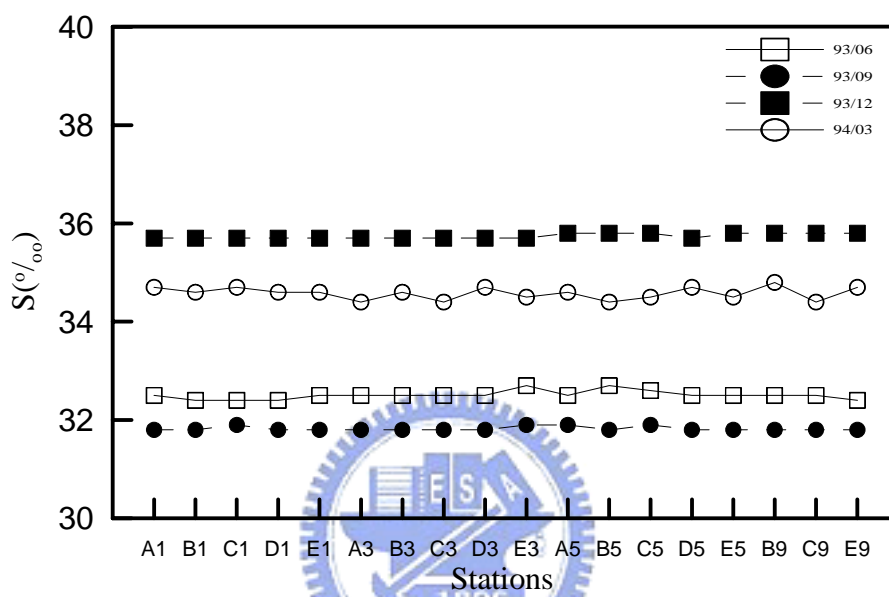


圖 3-9 各測站鹽度變化

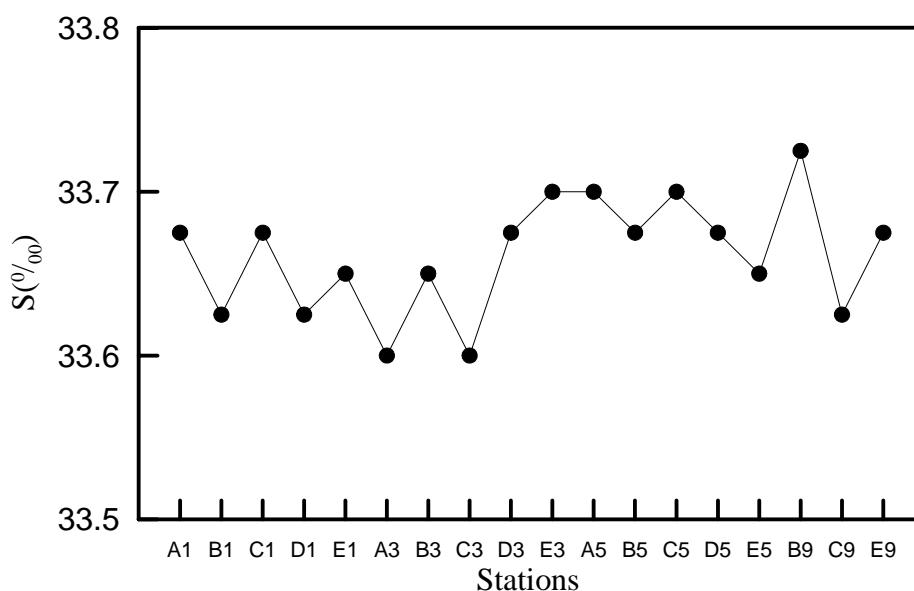


圖 3-10 各測站鹽度年平均變化

### 3. 酸鹼度(pH)

一般海水的酸鹼度的範圍為 7.5 至 8.5 之間(江、林，1997)，平均值約為 7.8 (Garrison，1993)，不過，在海水表層較溫暖的水域中，酸鹼度的數值會略微偏高，大約在 8.5 左右(Garrison，1993)。由圖 3-11 及 3-12 可知，6 月海水 pH 值介於 8.2 至 8.3 間，平均值為 8.25，9 月海水 pH 值介於 8.0 至 8.1 間，平均值為 8.09，12 月海水 pH 值介於 8.1 至 8.2 間，平均值為 8.09，3 月海水 pH 值均為 8，平均值為 8。四季平均值以 6 月最大，3 月最小，四季各測站間 pH 值變化並不大。pH 值年平介於 8.12 至 8.15 間，B 區整體 pH 值較其它各區略高。

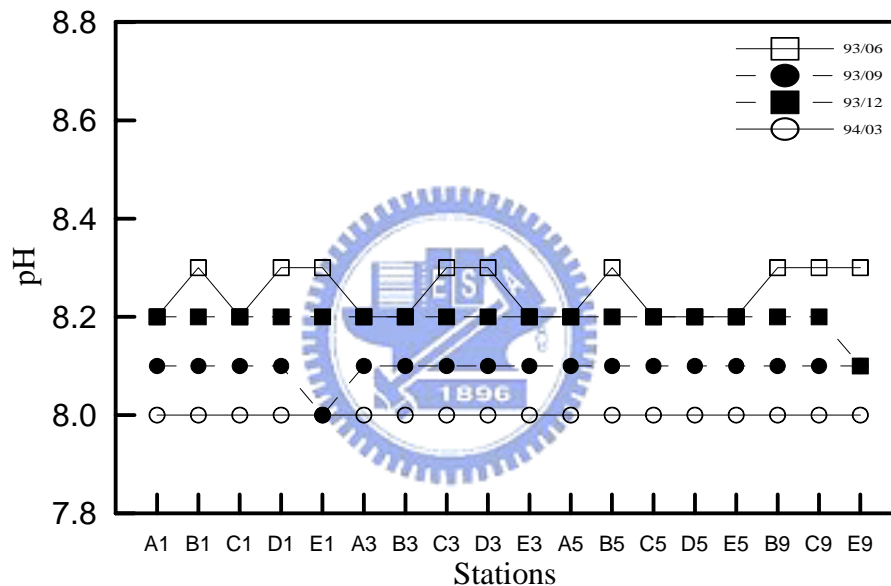


圖 3-11 各測站 pH 值變化

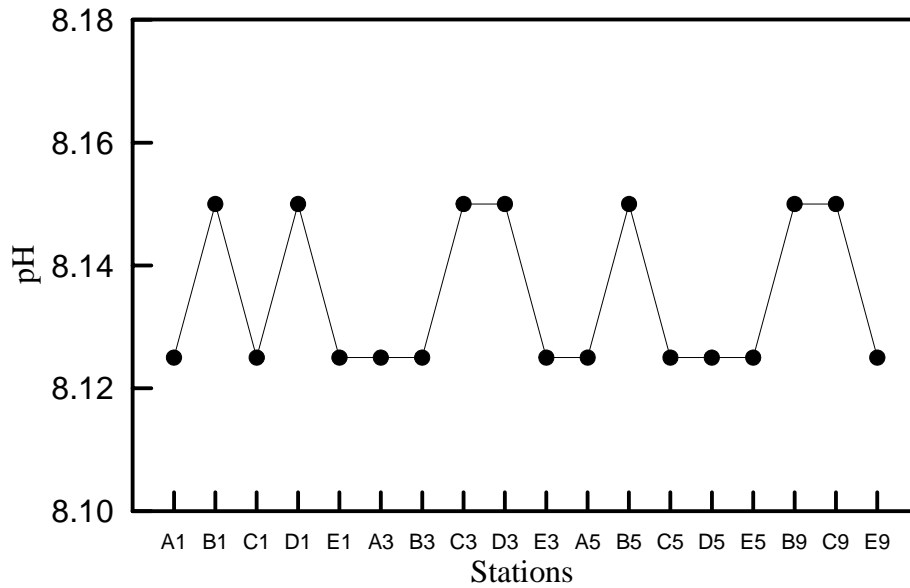


圖 3-12 各測站 pH 值年平均變化

#### 4. 溶氧(DO)

一般海水的溶氧值約為 6mg/L，但愈接近水表面的溶氧值會愈高，其數值約為 7.5 mg/L(Garrison, 1993)左右。由圖 3-13 及 3-14 可知，採用電擊法檢測所得之 6 月海水溶氧介於 6.7 至 7.7 mg/L 之間，平均值為 7.1 mg/L，9 月海水溶氧介於 7.8 至 8.1 mg/L 之間，平均值為 8 mg/L，12 月海水溶氧介於 7.6 至 8 mg/L 之間，平均值為 7.8 mg/L，3 月海水溶氧介於 7.9 至 8.4mg/L 之間，平均值為 8.2 mg/L。四季 DO 值平均以 3 月最高，6 月最低，各季的 DO 值以近岸較遠岸略高。各測站的 DO 值年平均以 B1、E1 最高，B3 最低，而各測站的 DO 值年平均為近岸處較遠岸處略高的情況，其主因為淺灘區與水面距離較為接近，因此 DO 值略高。

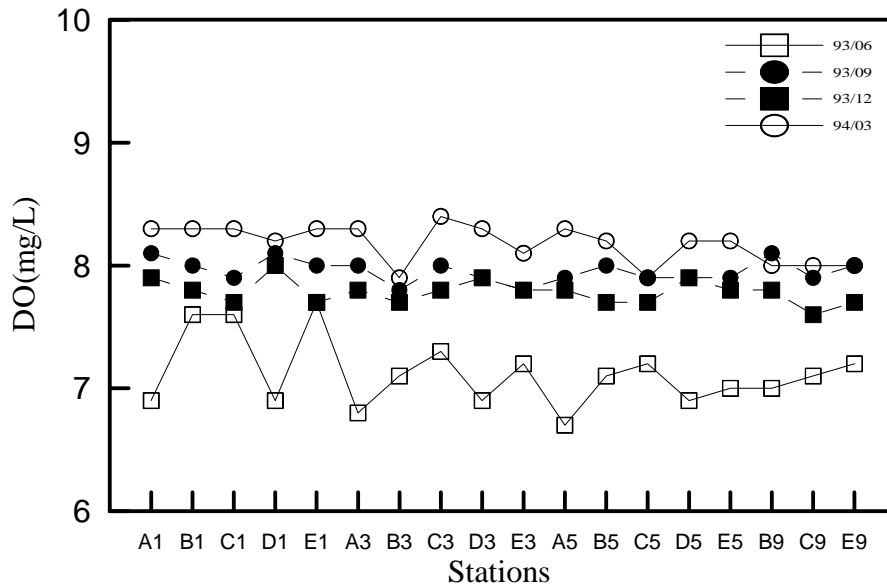


圖 3-13 各測站 DO 值變化

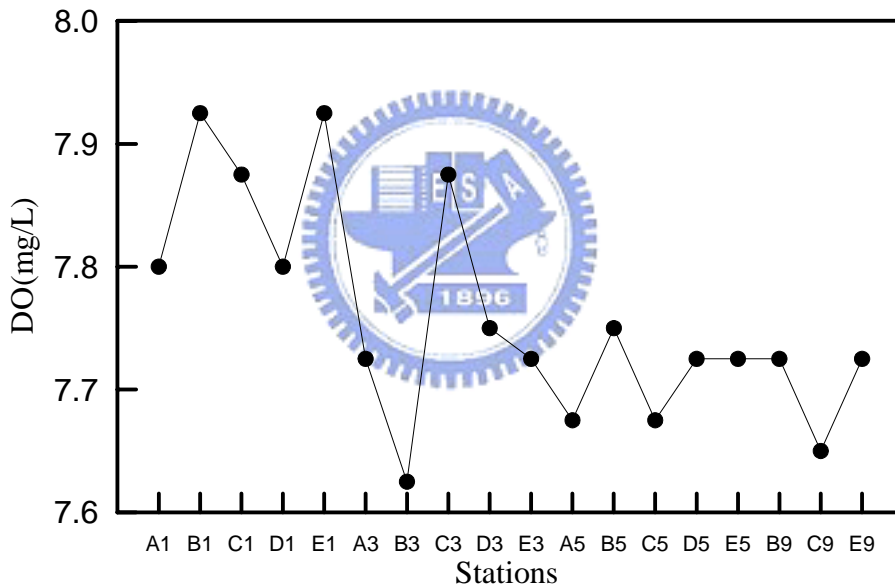


圖 3-14 各測站 DO 值年平均變化

## 5. 導電度(EC)

導電度表示水導電性質，通常導電大者表示電解質含量較多，因為大部分鹽類都可電離，所以導電度可指示總溶解固體的多少。由圖 3-15 及 3-16 可知，6 月海水導電度介於 49.3 至 49.8ms/cm 間，平均值為 49.7ms/cm，9 月海水導電度介於 48.7 至 49.0ms/cm 間，平均值為 48.8ms/cm，12 月海水導電度介於 51.2 至 51.3ms/cm 間，平均值為 51.2ms/cm，3 月海水導電度介於 49.3 至 49.9ms/cm 間，平均值為 49.6 ms/cm。四季各測站間 EC 值變化並不大，12 月 EC 值平均最大，9

月 EC 值平均最小。各測站的 EC 值年平均以 E5 最高，C1 最低，而各測站的 EC 值年平均為近岸處較遠岸處略低的情況，而 A 區整體較其它區略高。

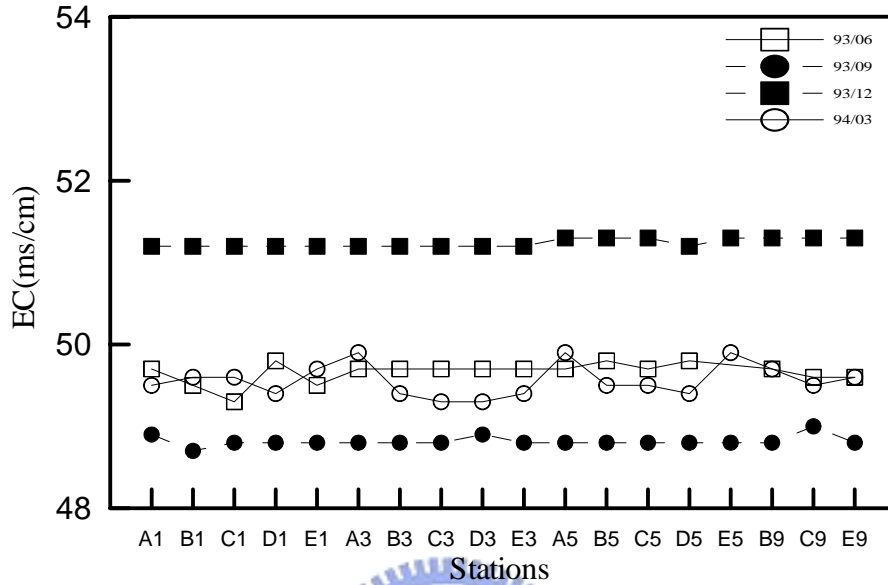


圖 3-15 各測站 EC 值變化

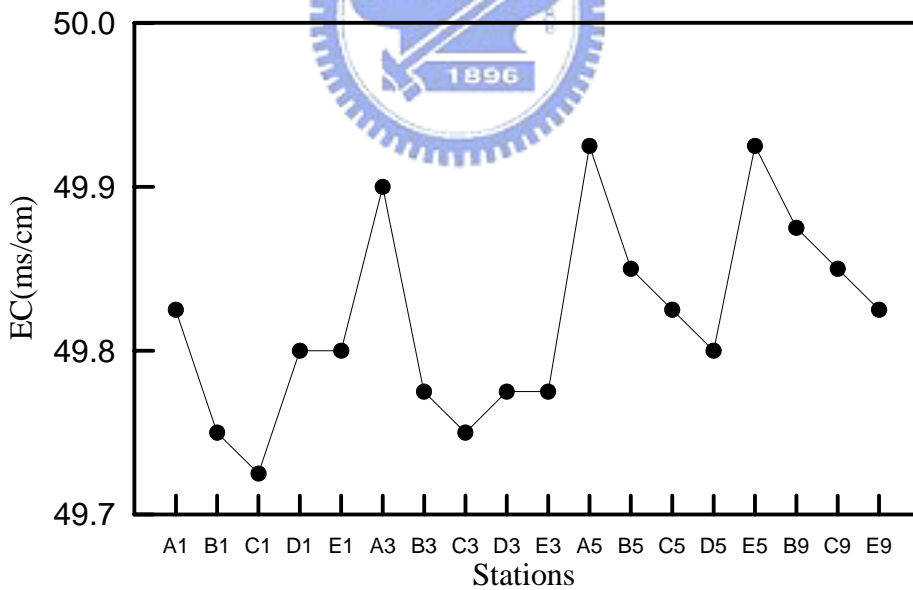


圖 3-16 各測站 EC 值年平均變化

## 6. 懸浮固體物(SS)

懸浮固體物表示海水的混濁程度。水中之懸浮固體物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，近岸海水之懸浮固體物會大幅增加，而在近岸施工亦會對附近海水的懸



浮固體物造成相當程度的影響。由圖 3-17 及 3-18 可知，6 月海水懸浮固體物介於 7.4 至 15.8mg/L 間，平均值為 11.8mg/L，9 月海水懸浮固體物介於 15.7 至 43mg/L 間，平均值為 24.6mg/L，12 月海水懸浮固體物介於 6.4 至 16.6mg/L 間，平均值為 11.3mg/L，3 月海水懸浮固體物介於 6 至 15.1mg/L 間，平均值為 10.2mg/L。而 9 月之平均值較其它月之平均值高，主要是由於 9 月 16 日在本研究區附近有一低壓系統，海馬(HATMA)颱風通過，由於波浪震盪的影響使海水之懸浮固體物會大幅增加。各測站的 SS 值年平均以 E9 最高，B1 最低，而就開放區海域 A 區與 D 區兩者比較，A 區 SS 值明顯比 D 區大，主要是北邊有鹽水溪注入所造成此結果。B 區與 C 區因有突堤工程在進行，使得此兩區 SS 值年平均有較其它區略高。

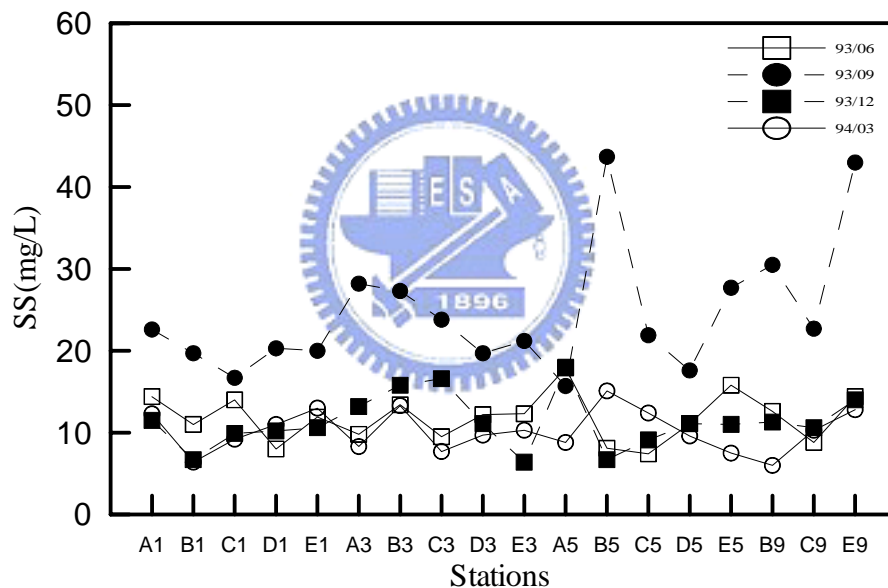


圖 3-17 各測站 SS 值變化

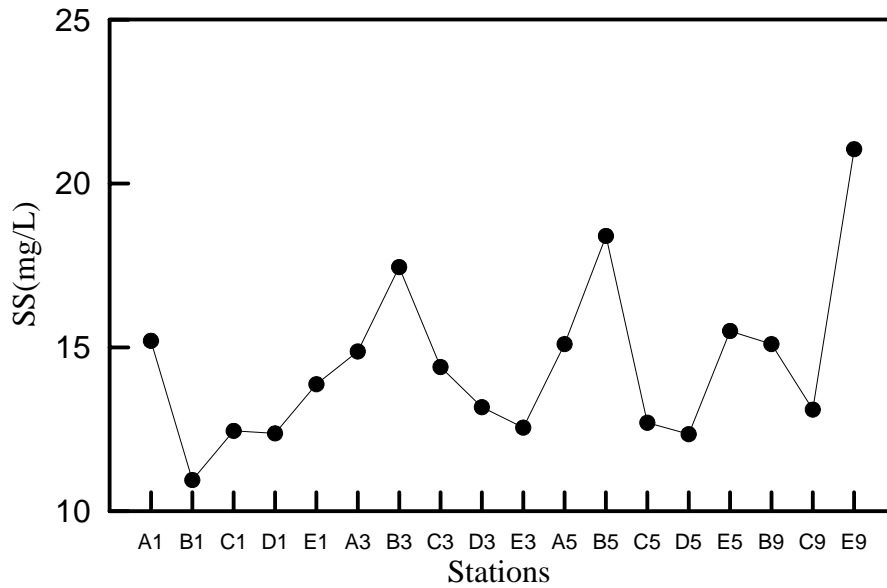


圖 3-18 各測站 SS 值年平均變化

## 7. 濁度

濁度表示水對光反射及吸收之性質，主要來源為黏土、浮游生物等，因濁度受到懸浮固體物的影響，懸浮固體物的含量高則濁度較高。濁度將影響光之滲透，並影響水生植物之光合作用及魚類之生長與繁殖。濁度為水體清澈程度的指標，懸浮固體物的含量高則濁度較高。由圖 3-19 及 3-20 可知，6 月海水濁度介於 1.4 至 4.7NTU 間，平均值為 3NTU，9 月海水濁度介於 7.7 至 34.0NTU 間，平均值為 12.7NTU，12 月海水濁度介於 2.6 至 8.3NTU 間，平均值為 4.9NTU，3 月海水濁度介於 1.2 至 2.7NTU 間，平均值為 2.2NTU。9 月之平均值較其它月之平均值高，主要因為有一低壓系統，海馬(HATMA)颱風通過。各測站的濁度年平均以 B5 最高，B9 最低，而就開放區海域 A 區與 D 區兩者比較，A 區濁度顯比 D 區大，主要是北邊有鹽水溪注入所造成此結果。B 區與 C 區因有突堤工程在進行，使得此兩區濁度年平均有較其它區略高。

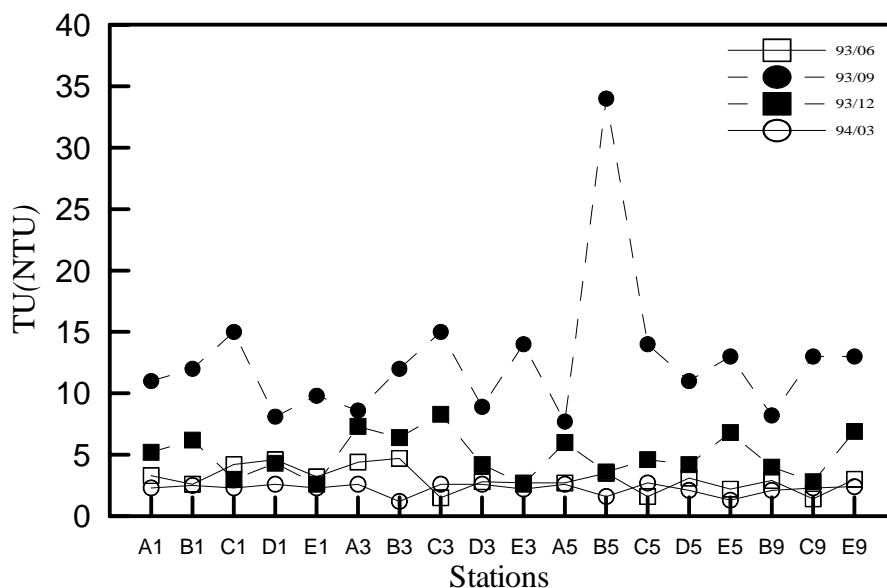


圖 3-19 各測站濁度變化

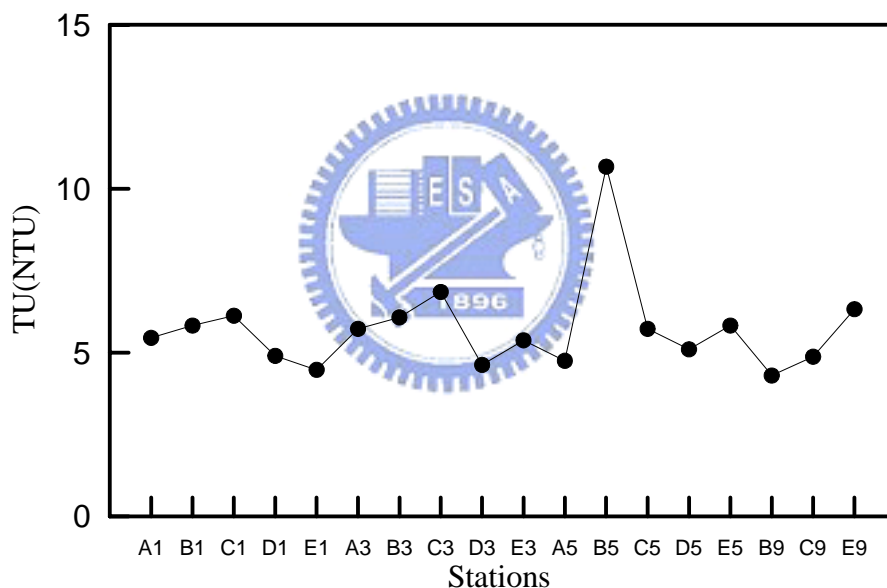


圖 3-20 各測站濁度年平均變化

## 8. 氨態氮(NH<sub>3</sub>-N)

氨態氮是生物活動及含氮有機物分解的產物，其存在表示水體遭受污染的時間較短，由圖 3-21 及 3-22 可知，6 月海水氨氮濃度範圍介於 0.07 至 0.79mg/L 間，平均值為 0.16mg/L，9 月海水氨氮濃度範圍介於 0.11 至 0.31mg/L 間，平均值為 0.18mg/L，12 月海水氨氮濃度範圍介於 0.04 至 0.15mg/L 間，平均值為 0.1mg/L，3 月海水氨氮濃度範圍介於 0.12 至 0.24mg/L 間，平均值為 0.19mg/L。12 月平均值較其它季有略低的情形，此時水體可能遭受較大的污染，6 月 A3 區有明

顯變化，顯示此處水體遭受污染的時間較短。各測站的氨態氮年平均以 A3 最高，D5 最低，除了 A3 區外，各測站氨態氮皆介於 0.1 至 0.2 之間。

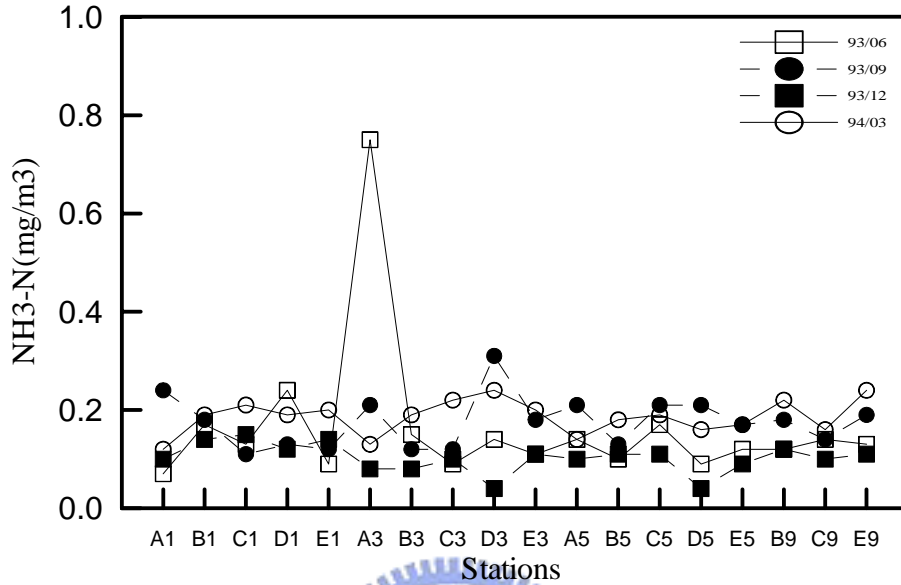


圖 3-21 各測站 NH3-N 變化

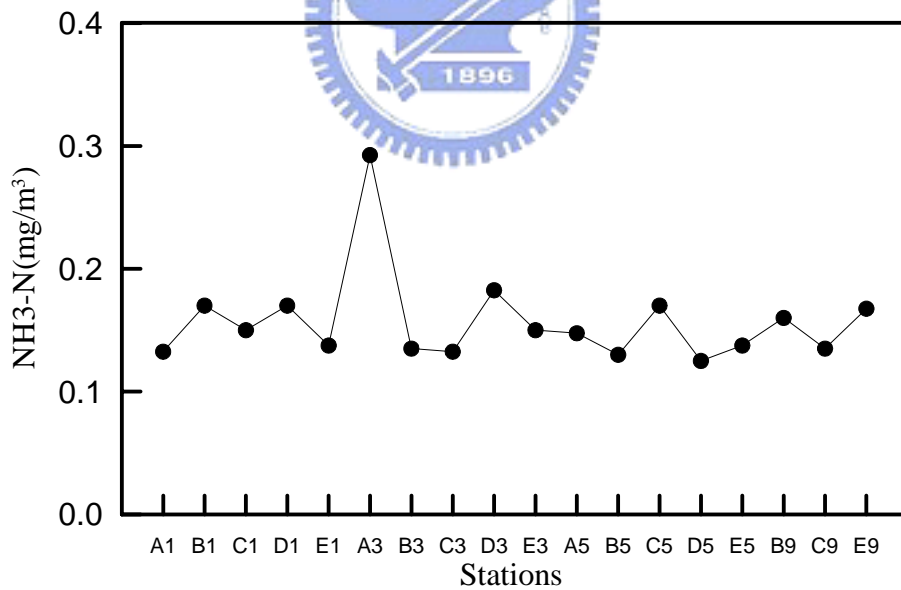


圖 3-22 各測站 NH3-N 年平均變化

### 9. 磷酸鹽

磷酸鹽為海水中營養鹽的一種，營養鹽為水中植物生長所不能或缺的化學物質，於大洋中，營養鹽主要來源為有機物之分解，而在近岸地區，營養鹽除了來自有機物之分解外，亦可能受溪流輸入帶有家

庭、農業及工業廢水的影響。由圖 3-23 及 3-24 可知，6 月海水磷酸鹽濃度介於 0.005 至 0.018mg/L 間，平均值為 0.01mg/L，9 月海水磷酸鹽濃度介於 0.068 至 0.133mg/L 間，平均值為 0.1mg/L，12 月海水磷酸鹽濃度介於 0.018 至 0.066mg/L 間，平均值為 0.051mg/L，3 月海水磷酸鹽濃度介於 0.055 至 0.11mg/L 間，平均值為 0.076mg/L。因 9 月有一低壓系統，海馬(HATMA)颱風通過，溪流輸入大量物質，造成之平均值其他月平均值高，而 6 月之平均值則略為偏低。各測站的磷酸鹽年平均以 D5 最高，C9 最低，在水深-9m 處，因陸地區較遠，使得家庭、農業及工業廢水的影響較為低。

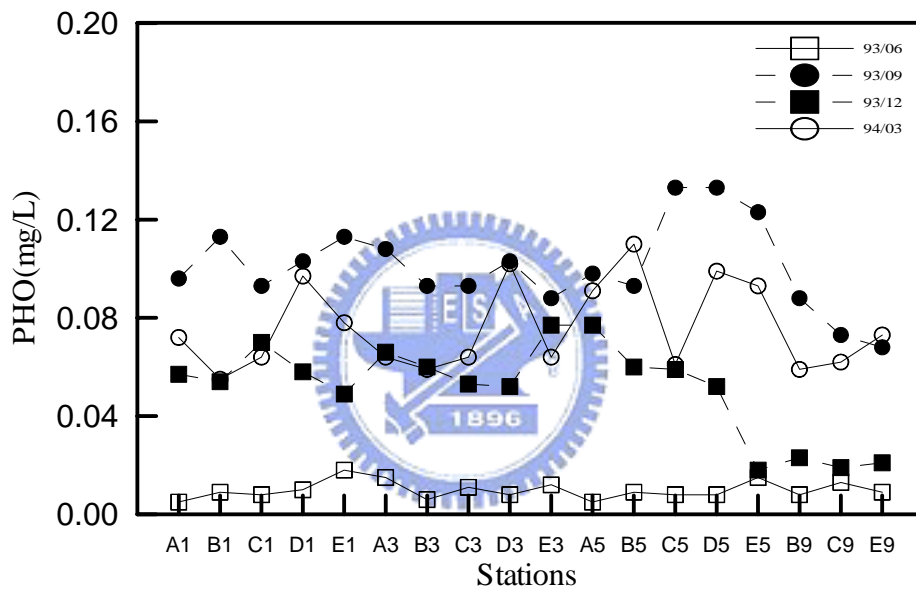


圖 3-23 各測站磷酸鹽變化

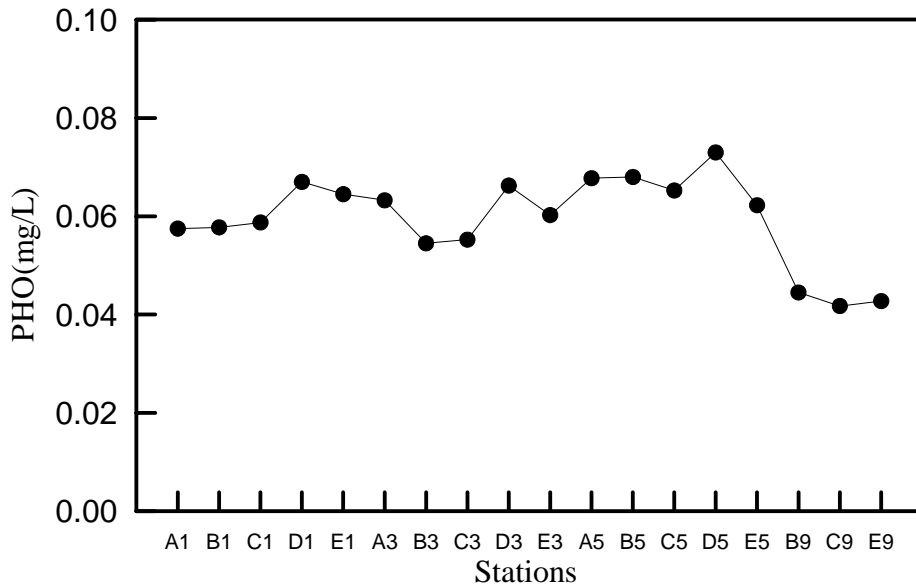


圖 3-24 各測站磷酸鹽年平均變化

#### 10. 矽酸鹽

由圖 3-25 及 3-26 可知，6 月海水矽酸鹽濃度介於 0.177 至 0.372mg/L 間，平均值為 0.266mg/L，9 月海水矽酸鹽濃度介於 0.88 至 1.18mg/L 間，平均值為 1.018mg/L，12 月海水矽酸鹽濃度介於 0.96 至 1.23mg/L 間，平均值為 1.105mg/L，3 月海水矽酸鹽濃度介於 0.4 至 1.38mg/L 間，平均值為 0.71mg/L。而 9 月有一低壓系統，海馬 (HATMA) 颱風通過，溪流輸入大量物質，造成之平均值其他月平均值高，而 6 月之平均值則略為偏低。各測站的矽酸鹽年平均以 D3 最高，B9 最低，在水深-9m 處，因陸地區較遠，使得家庭、農業及工業廢水的影響較為低。

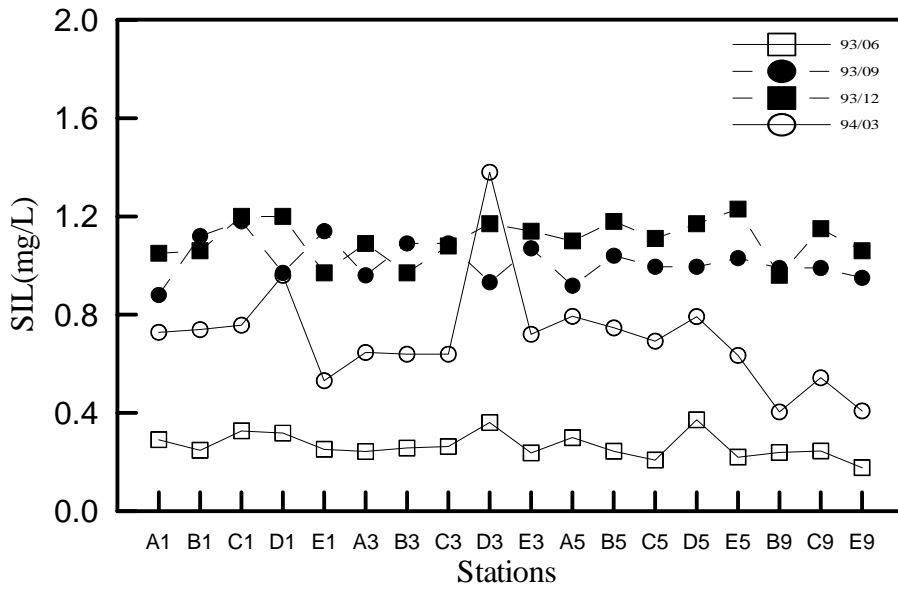


圖 3-25 各測站矽酸鹽變化

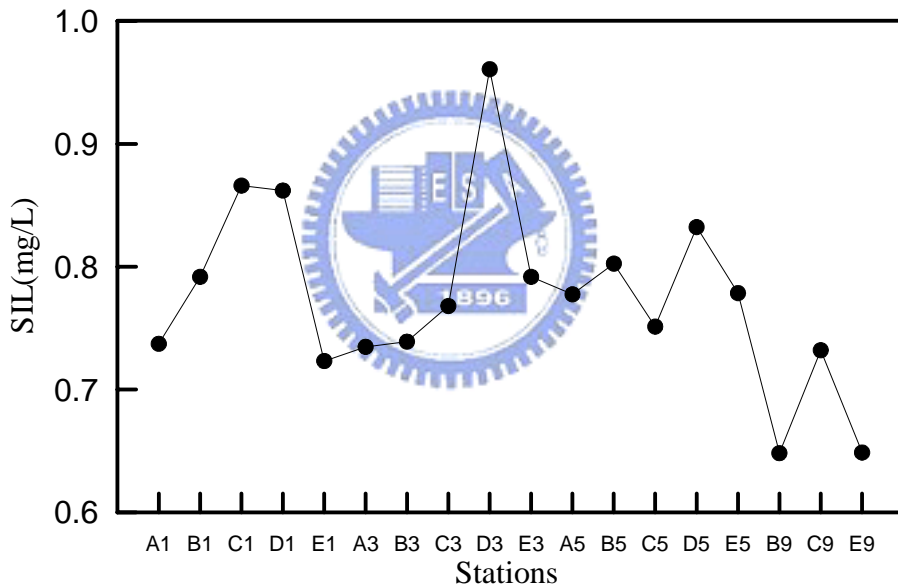


圖 3-26 各測站矽酸鹽年平均變化

### 11. 化學需氧量(COD)

水中的化學需氧量以表示水樣中可被氧化有機物之含量。由圖 3-27 及 3-28 可知，6 月海水化學需氧量介於 5 至 5.5mg/L 間，平均值為 3.7mg/L，9 月海水化學需氧量介於 7.3 至 18.4mg/L 間，平均值為 11.16mg/L，12 月海水化學需氧量介於 4.1 至 19.9mg/L 間，平均值為 11.68mg/L，3 月海水化學需氧量介於 6.5 至 15.4mg/L 間，平均值為 11.08mg/L。而 6 月各站之變化較其他月份較小，且 6 月之平均值較其他月份平均值低。各測站的 COD 年平均以 A3 最高，D3 最低，而

D 區整體的 COD 年平均則較其它區小。

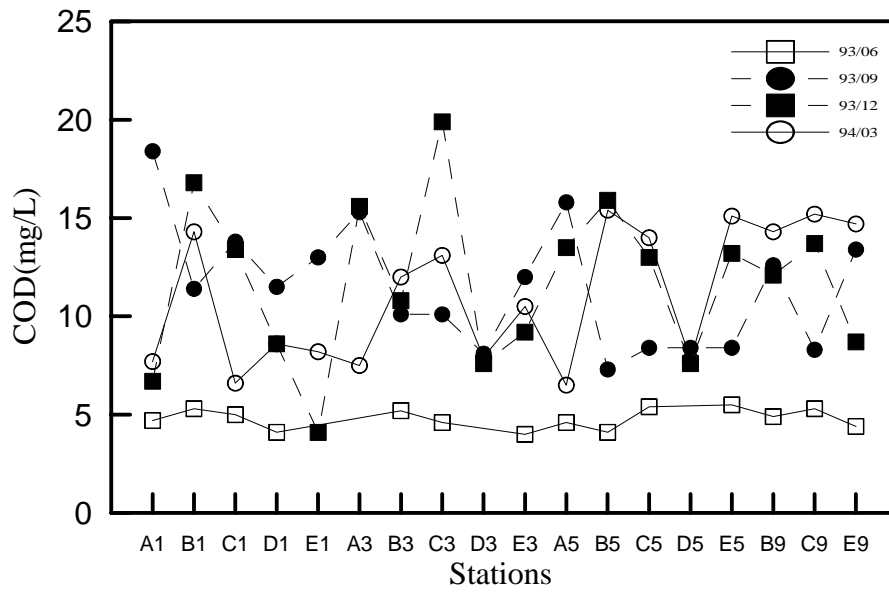


圖 3-27 各測站 COD 變化

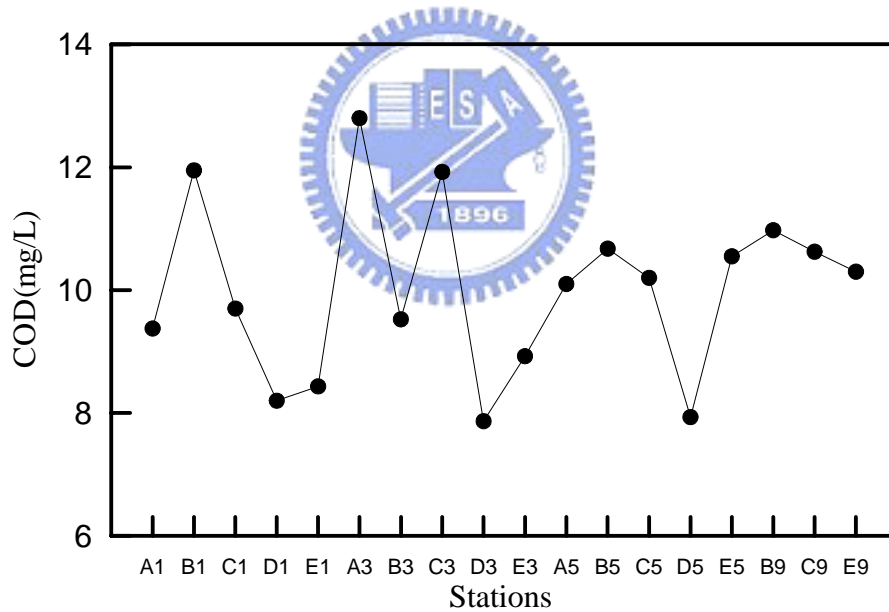


圖 3-28 各測站 COD 年平均變化

## 12. 葉綠素 a

藉由葉綠素 a 之監測，可對水中植物性浮游生物的變化特性有所瞭解。由圖 3-29 及 3-30 可知 6 月海水葉綠素 a 含量介於 0.00001 至 7.32 mg/m<sup>3</sup> 間，平均值為 3.77 mg/m<sup>3</sup>，9 月海水葉綠素 a 含量介於 0.24 至 4.16 mg/m<sup>3</sup> 間，平均值為 1.13 mg/m<sup>3</sup>，12 月海水葉綠素 a 含量介於 0.24 至 6.14 mg/m<sup>3</sup> 間，平均值為 1.59 mg/m<sup>3</sup> 3 月海水葉綠素 a 含量



介於 1.67 至 2.47mg/m<sup>3</sup> 間，平均值為 1.96 mg/m<sup>3</sup>。6 月葉綠素 a 較其他季節大，12 月平均值則為最小。各測站的葉綠素 a 年平均以 B1 最高，B3 最低，而開放海域 A 區與 D 區的葉綠素 a 較遮蔽海域 B 區、C 區與 E 區大，主要為 A 區與 D 區無結構影響，使海水交換良好。

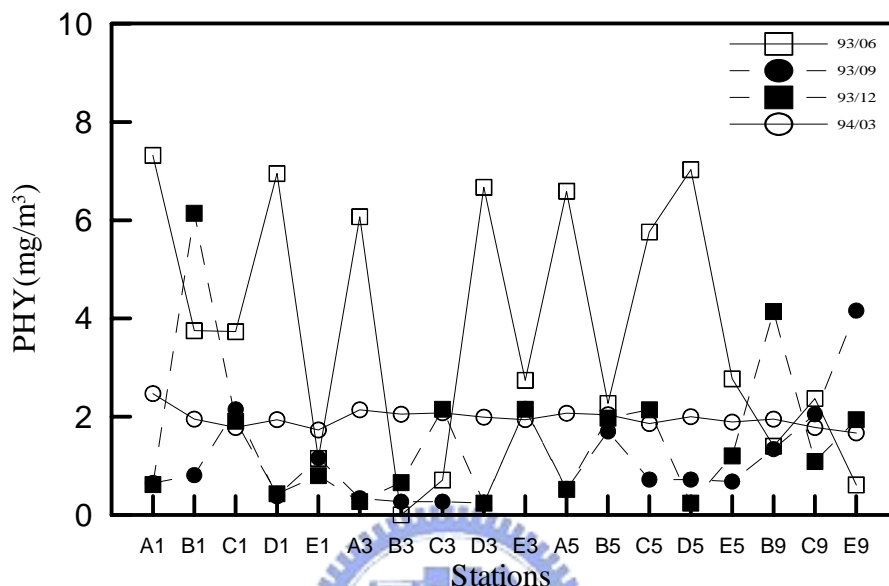


圖 3-29 各測站葉綠素 a 變化

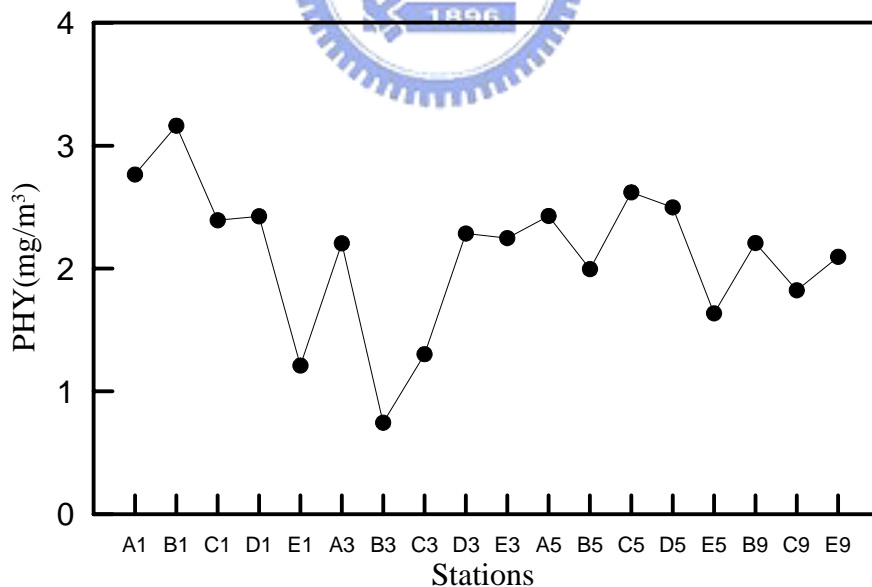


圖 3-30 各測站葉綠素 a 年平均變化

### 3-1-3 底質分析結果

因底質特性與生物間有相當大的關係性，係藉由底質之監測瞭解生物所生長的棲地特性。由圖 3-31 及 3-32 可知，經粒徑篩分析的結

果，6月中質粒徑介於0.13至0.42mm間，平均值為0.24mm，9月中質粒徑介於0.001至0.41mm間，平均值為0.25mm，12月中質粒徑介於0.19至0.35mm間，平均值為0.25mm，3月中質粒徑介於0.20至0.26mm間，平均值為0.23mm。各季各測站近岸底質粒徑較大，且變動較大，遠岸處底質粒徑則較小，且變動較小，9月的A5區因一低壓系統，海馬(HATMA)颱風通過，使北方的鹽水溪流輸入大量物質造成A5區被黏土所淤積，採樣時易取得黏土區之樣品，因此中值質粒值較小。各季的中值粒徑平均值變化不大，平均介於0.23至0.25mm間，而各季近岸中值粒徑均較遠岸小。各測站的中值粒徑年平均以E1最高，A5最低，而近岸處的中值粒徑較遠岸處略大，且變動較大，主要可能灘線變動造成。而水深-3m至-9m各區間之中值質粒值年平均值大都均介於0.2至0.23mm間。

依表 2-1 之底質粒徑分類結果如表 3-3，近岸水深處大都為中級粒徑，遠岸處大都為細級粒徑。安平港的中級粒徑介於 0.25 至 0.42 mm 之間，共 23 點位，細級粒徑介於 0.13 至 0.25 mm 之間，共 48 點位，泥級只有一筆為 9 月 A5 區，泥級粒徑為 0.001mm。

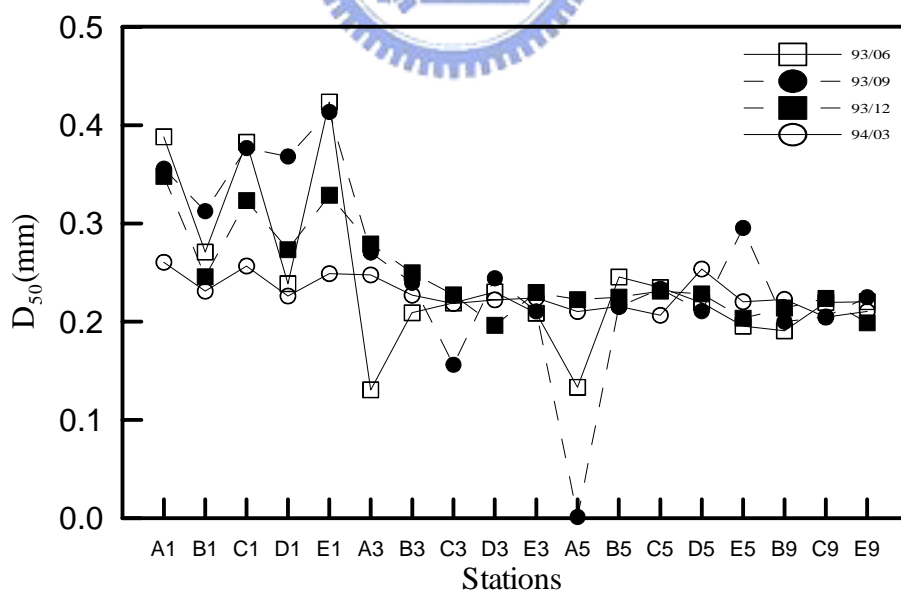


圖 3-31 各測站中值粒徑變化

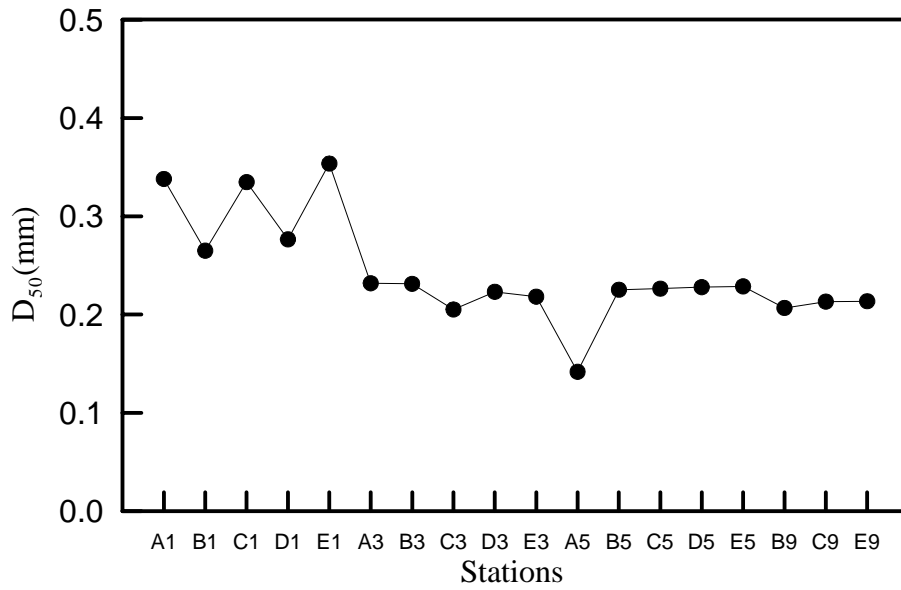


圖 3-32 各測站中值粒徑年平均變化

表 3-3 各測站中值粒徑分級

	6月	9月	12月	3月
A1	中	中	中	中
B1	中	中	中	細
C1	中	中	中	中
D1	細	中	中	細
E1	中	中	中	中
A3	細	中	中	中
B3	細	細	中	細
C3	細	細	細	細
D3	細	細	細	細
E3	細	細	細	細
A5	細	泥	細	細
B5	中	細	細	細
C5	細	細	細	細
D5	細	細	細	細
E5	細	中	細	細
B9	細	細	細	細

C9	細	細	細	細
E9	細	細	細	細

### 3-2 生態特性分析結果

#### 3-2-1 生物多樣性分析結果

豐度指數(Gleason species richness,  $SR$ )、優勢度指數(Simpson's dominance index,  $C$ )、歧異度指數(Shannon-Weiner index,  $H'$ )及均勻度指數(Pielou's evenness index,  $J'$ )進行分析的結果如下所述。

##### A. 豐度指數(Gleason species richness, $SR$ )

各處各季之  $SR$  結果如圖 3-33 所示，其中 6 月豐富度指數介於 0.8 至 3.57 之間，以測站 E1 最高，C1 測站最低，平均值為 1.91，9 月豐富度指數介於 1.64 至 3.89 之間，以測站 E5 最高，C5 測站最低，平均值為 2.47，12 月豐富度指數介於 0 至 3.51 之間，以測站 C3 最高，A1 測站最低，平均值為 1.98；3 月豐富度指數介於 0.91 至 3.35 之間，以測站 B3 最高，A1 測站最低，平均值為 1.98。6 月至 9 月豐富度指數呈漸增的情形，此時逢入夏，生物活動頻繁，豐富度指數相對增加。D 區無工程施工且受河川水質影響較小，故可端看此區豐富度是否隨季節之變化，由圖中可發現 D 區的生態環境於春夏季較秋冬具豐富性。因離近岸施工區較遠，水深-9m 處變動的情形皆不大，可知工程對環境造成之影響不大。A 區與 D 區同為無工程施工，兩者比較 D 區較具豐富性，主要為 A 區北方有鹽水溪注入，造成環境不穩定。A1 與 C1 同為港堤北側淺灘區，兩者比較，C1 區因在進行養灘工程，故隨灘線趨於安定，生態環境呈現豐富的情形，A1 無進行養灘工程，生態環境豐富性呈現變化較大的情形。B 區水深-3m 與-5m 處，在突堤工程中，生態環境豐富性較為偏低，隨工程完工，生態環境豐富性有提高的趨勢，且呈現堤內較堤外具豐富性之情形。C 區水深-3m 與-5m 處，隨著工程完工，呈現堤內較堤外具豐富性之情形。

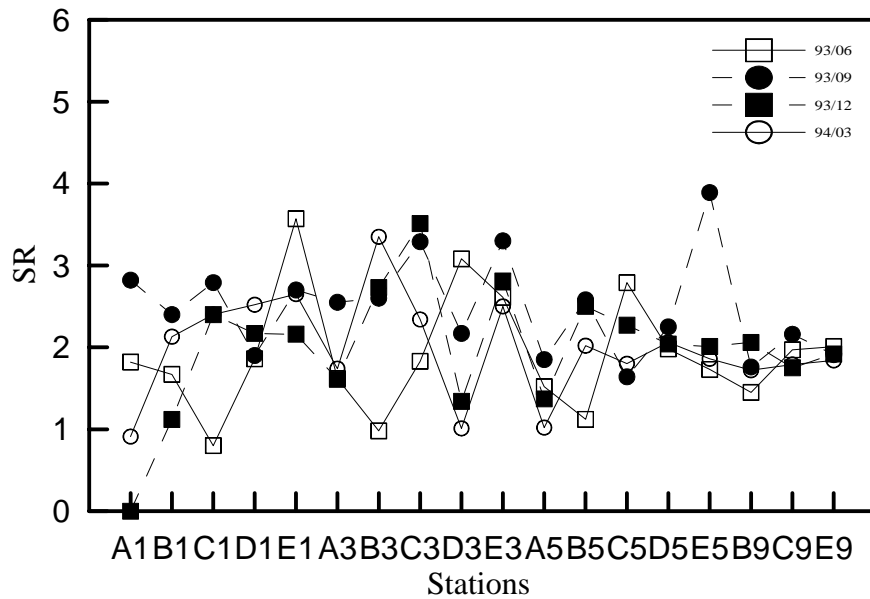


圖 3-33 各測站之豐富度指數

B. 優勢度指數(Simpson's dominance index, C)

優勢度指數之分析結果如圖 3-34 所示，其平均值為 0.32。6 月優勢度指數介於 0.17 至 0.88 之間，以測站 B3 最高，E1 測站最低，平均值為 0.5；9 月優勢度指數介於 0.12 至 0.7 之間，以測站 C9 最高，E5 測站最低，平均值為 0.33；12 月優勢度指數介於 0.15 至 1.0 之間，以測站 A1 最高，B3、C3、E3 測站最低，平均值為 0.35，3 月優勢度指數介於 0.12 至 0.64 之間，以測站 B9 最高，B3 測站最低。6 月優勢度指數平均值最大，主要以厚殼縱簾蛤為優勢物。D 區無工程施工且受河川水質影響較小，故可端看此區優勢度是否隨季節之變化，由圖中可發現 D 區的生態環境於春夏季較秋冬具有優勢物種存在。從圖中可發現，離岸愈遠，深水處明顯有優勢種出現，而以厚殼縱簾蛤為優勢物種。A 區與 D 區同為無工程施工，兩者比較，D 區生態環境較適合有優勢種存在。C1 在養灘工程初期，生態環境優勢指數較高，至養灘工程末期，灘線較為安定，生態環境優勢指數有降低的情形。B 區水深-3m 與-5m 處，在突堤工程中期，生態環境優勢指數較為偏高，隨工程完工，生態環境優勢指數有降低的趨勢，且呈現堤外優勢度指數高於堤內。C 區水深-3m 與-5m 處，隨著工程完工，呈現堤外優勢度指數高於堤內之情形。

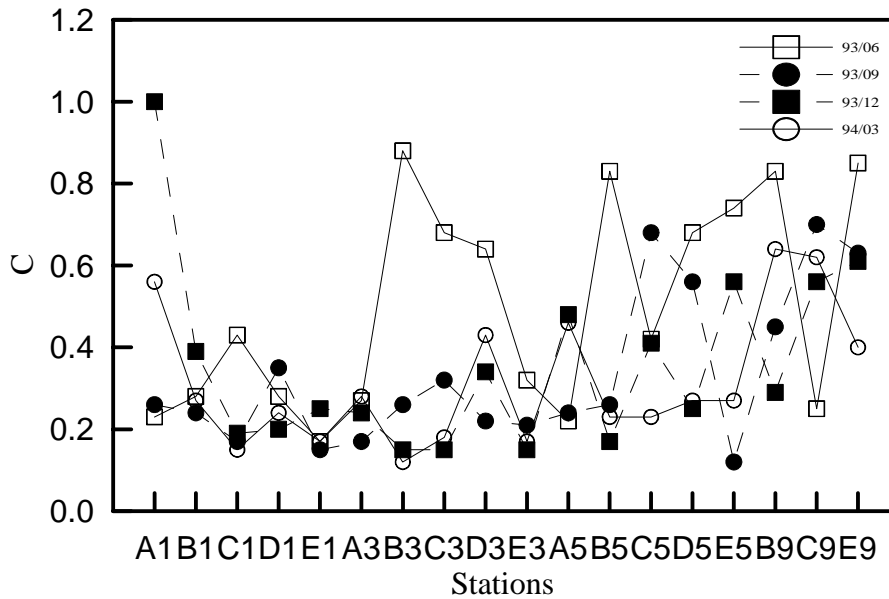


圖 3-34 各測站之優勢度指數

C. 歧異度指數(Shannon-Weiner index,  $H'$ )

分析的歧異度指數示如圖 3-35，其中 6 月歧異度指數介於 0.32 至 2.17 之間，以測站 E1 最高，B3 測站最低，平均值為 1.12;9 月歧異度指數介於 0.78 至 2.4 之間，以測站 E5 最高，C5 測站最低，平均值為 1.59;12 月歧異度指數介於 0.0 至 2.19 之間，以測站 E3 最高，A1 測站最低，平均值為 1.43;3 月歧異度指數介於 0.64 至 2.32 之間，以測站 A1 最高，B3 測站最低，平均值為 1.50。6 月歧異度指數平均值較小，主因為厚殼縱簾蛤數量增多，使其個體數在種間分配的不均勻。而水深-9m 處，波浪較大，環境較為不穩定，因此生態環境較無具多樣性之情形。D 區無工程施工且受河川水質影響較小，故可端看此區歧異度是否隨季節之變化，由圖中可發現秋冬兩季較春夏兩季具多樣性。遮蔽區海域之波浪較小，環境穩定，使得 B、C 與 E 區較開放海域 A、D 區歧異度指數高，以具多樣性。A 區與 D 區兩區，同為開放海域且無工作進行，兩區比較，可發現 D 區歧異度指數變動較小，且 A 區較具多樣性之情形，以此可知 A 區有鹽水溪的注入，使 A 區環境較為不穩定。B 區水深-3m 與-5m 處，在突堤工程中期，生態環境多樣性較為偏低，隨工程完工，生態環境多樣性有提高的趨勢，表示此區域生態環境有恢復穩定之情形，且呈現堤內較堤外具多樣性之情形。C 區水深-3m 與-5m 處，隨著工程完工，呈現堤內較堤

外具多樣性之情形。C1 區隨灘線安定，生態環境隨之有呈現多樣性的情形。

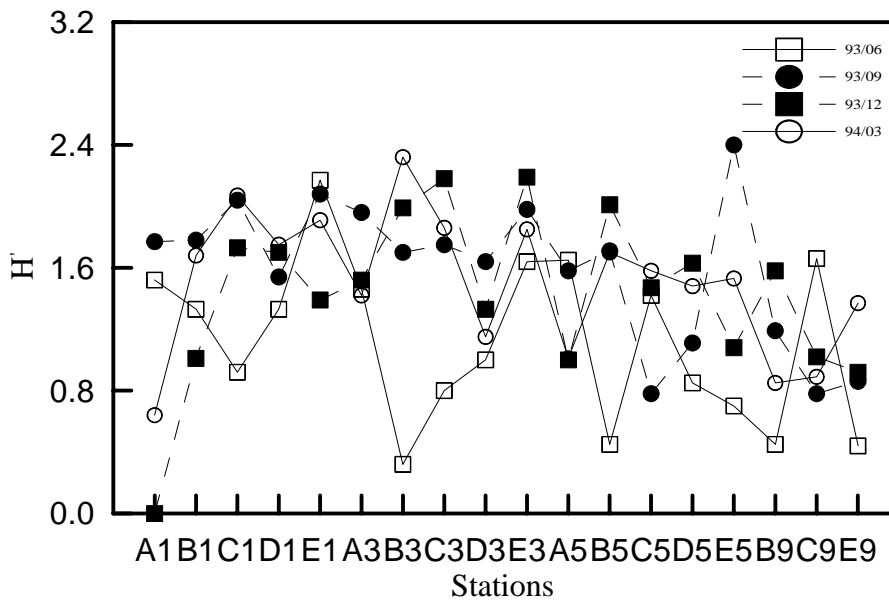


圖 3-35 各測站之岐異度指數

D. 均勻度指數(Pielou's evenness index,  $J'$ )

均勻度指數的分析結果如圖 3-36 所示。其中 6 月均勻度指數介於 0.18 至 0.96 之間，以測站 D1 最高，B3 測站最低，平均值為 0.57，9 月均勻度指數介於 0.32 至 0.92 之間，以測站 D3 最高，C9 測站最低，平均值為 0.7，12 月均勻度指數介於 0 至 1 之間，以測站 E1 最高，A1 測站最低，平均值為 0.74，3 月均勻度指數介於 0.40 至 0.95 之間，以測站 E3 最高，C9 測站最低，平均值為 0.79。6 月均勻度指數較其它月低，其表示 6 月之生物物種個體數在數種間分配較不均勻。從圖中可發現，隨水深愈深，均勻度指數呈現遞減的情形，表示水深愈深低棲生物個體數在數種間分配較為不均勻。B 區與 C 區水深 -3m 與 -5m 處，隨著突堤工程完工，生態之生物個體數在數種間分配有較為均勻之情形。

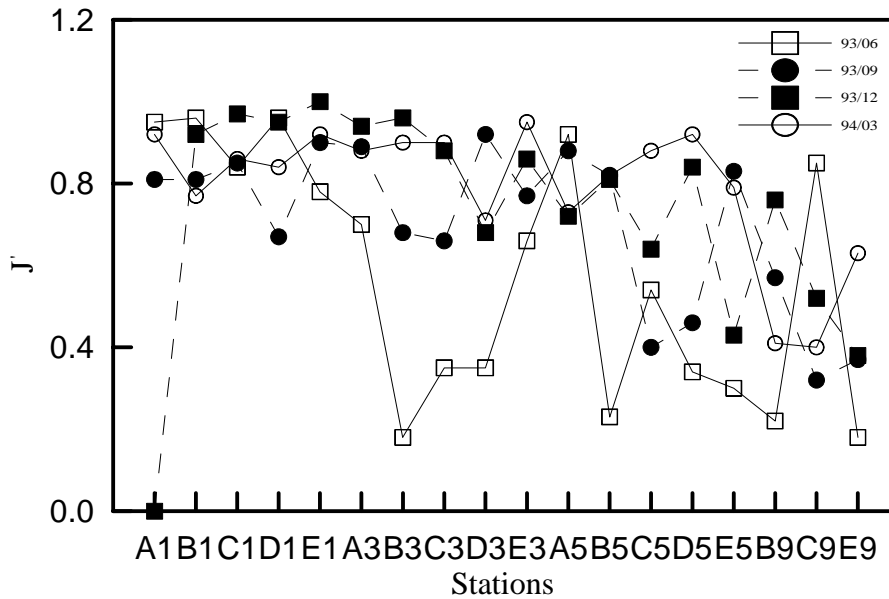


圖 3-36 各測站之均勻度指數

### 3-2-2 空間相似性分析結果

6月安平港生物空間相似性分析結果如表 3-4 所示，依相同水深比較結果可知-1m 的相似性大於 50 以上為 C1 與 D1，其他均小於 50，-3m 的相似性大於 50 以上為 A3 與 B3、C3，B3 與 C3 分別為 56 與 50 其他皆小於 50，-5m 的相似性大於 50 以上為 A5 與 B5，C5 與 D5、E5，其他皆小於 50，-9m 的相似性大於 50 以上為 B9 與 C9，而其他皆小於 50。依不同水深比較結果可知-1m 與-3m 相似性大於 50 為 B1 與 A3、B3，其他皆小於 50，-1m 與-5m 相似性大於 50 為 B1 與 B5，而其他皆小於 50，-1m 與-9m 各測站相似性皆不高都小於 50，-3m 與-5m 相似性大於 50 以上為 B3 與 B5，A3 與 A5、B5、D5，B3 與 A5、E5，C3 與 A5，E3 與 B5、C5、D5，其於皆小於 50，-3m 與-9m 相似性大於 50 以上為 A3 與 B9、E9，B3 與 B9、E9，E3 與 B9，其於皆小於 50，-5m 與-9m 相似性大於 50 為 A5 與 B9，B5 與 B9、E9，C5 與 B9，D5 與 B9、E9，其於皆小於 50。由表可發現近岸水域與遠岸水域相似度較小，而相近水深則具有較大的相似度。A 區與 D 區在空間位置上，距離較遠，則兩區間的物種相似度較小。B 區水深-3m 與-5m 處，於突堤施工中期相似度為 77，而 C 區水深-3m 與-5m 處，相似度為 33，由此可知 B3 與 B5 原始相似度是較高的情形，C3 與 C5 相似度則為較低的情形。



表 3-4 6 月底棲生物相似度指數

	A1	B1	C1	D1	E1	A3	B3	C3	D3	E3	A5	B5	C5	D5	E5	B9	C9	E9
A1	--																	
B1	22	--																
C1	25	29	--															
D1	22	25	57	--														
E1	38	20	21	40	--													
A3	15	50	18	33	33	--												
B3	18	60	22	40	27	71	--											
C3	27	29	15	29	31	56	50	--										
D3	26	27	10	27	41	38	42	43	--									
E3	35	25	13	25	43	40	44	45	47	--								
A5	18	40	0	20	18	57	67	50	33	44	--							
B5	17	55	20	36	26	67	77	47	40	53	77	--						
C5	32	22	12	22	47	45	40	33	38	62	30	38	--					
D5	24	25	13	25	43	50	44	45	47	58	33	42	54	--				
E5	27	29	15	43	38	44	50	30	43	45	38	47	58	36	--			
B9	15	33	18	33	42	63	57	44	46	60	57	67	55	60	44	--		
C9	17	36	20	18	26	40	46	35	32	42	31	43	38	42	35	53	--	
E9	35	38	27	38	43	50	56	45	40	42	44	53	38	50	36	40	32	--

9 月安平港生物空間相似性分析結果如表 3-5 所示，依相同水深比較結果可知-1m 的相似均大於 50，-3m 的相似性大於 50 為以 A3 與 B3、C3，B3 與 E3，C3 與 E3，其他皆小於 50，-5m 的相似性大於 50 為 A5 與 B5，其他皆小於 50，-9m 的相似性大於 50 為 C9 與 E9，B9 與 E9，其他皆小於 50。依不同水深比較結果可知-1m 與-3m 相似性大於 50 為 B1 與 B3，C1 與 A3，D1 與 A3，E1 與 B3，其他皆小於 50，-1m 與-5m 相似性大於 50 為 A1 與 C5，B1 與 A5、C5、E5，C1 與 E5，D1 與 D5、E5，E1 與 E5，而其他皆小於 50，-1m 與-9m 相似性大於 50 為 B1 與 E9，C1 與 E9，D1 與 C9、E9，E1 與 C9、E9，-3m 與-5m 相似性大於 50 為 A3 與 B5、A5、D5，B3 與 A5、B5、C5、E5，C3 與 B5、D5，D3 與 A5、B5、D9，E3 與 B5、C5、D5，而其他皆小於 50，-3m 與-9m 相似性大於 50 為 A3 與 E9，B3 與 B9、C9、E9，E3 與 B9、C9、E9，其於皆小於 50，-5m 與-9m 相似性大

於 50 為 B5 與 B9，C5 與 C9，D5 與 C9、E9，E5 與 E9，其於皆小於 50。近岸各區間相似性較大，水深-5m 各區間相似度較小，發現近岸水域與遠岸水域相似度較小，而相近深則具有較大的相似度。A 區與 D 區在空間位置上，距離較遠，則兩區間的物種相似度較小。突堤施工區比較，B3 與 B5 間之相似度較上次調查小，降為 60，C3 與 C5 間之相似度較上次調查大，提高至 38，由此可發現，突堤工程以對此兩區生態組成造成影響。

表 3-5 9 月底棲生物相似度指數

	A1	B1	C1	D1	E1	A3	B3	C3	D3	E3	A5	B5	C5	D5	E5	B9	C9	E9
A1	--																	
B1	67	--																
C1	50	60	--															
D1	53	53	57	--														
E1	53	63	57	50	--													
A3	44	44	50	53	21	--												
B3	48	67	43	45	64	57	--											
C3	35	26	32	42	25	61	38	--										
D3	27	27	12	25	25	40	44	40	--									
E3	36	45	25	43	43	45	64	52	53	--								
A5	40	53	24	38	38	53	56	40	50	42	--							
B5	35	47	32	33	22	71	60	55	57	57	57	--						
C5	50	50	11	47	47	38	53	38	46	50	46	40	--					
D5	40	30	36	57	38	50	35	64	59	58	35	42	44	--				
E5	37	59	55	50	64	37	67	31	17	45	33	31	32	41	--			
B9	12	35	21	22	33	47	60	36	43	57	43	50	40	32	31	--		
C9	30	40	36	67	57	40	52	48	47	67	35	42	56	64	48	42	--	
E9	32	53	57	70	60	53	64	42	38	52	38	33	47	57	57	56	76	--

12 月安平港生物空間相似性分析結果如表 3-6 所示，依相同水深比較結果可知-1m 的相似均小於 50，-3m 的相似性小於 50 為 A3 與 B3，B3 與 C3、E3，其他皆大於 50，-5m 的相似性小於 50 為 D5 與 E5，其他皆大於 50，-9m 的相似性以皆大於 50。依不同水深比較結果可知-1m 與-3m 相似性大於 50 為 B1 與 A3、B3、D3，D1 與 A3、

B3、E3，E1 與 B3，其他皆小於 50，-1m 與-5m 相似性大於 50 為 B1 與 A5、D5，D1 與 A5、C5、E5，而其他皆小於 50，-1m 與-9m 只有 D1 與 E9 相似性大於 50，其他皆小於 50，-3m 與-5m 的相似性小於 50 為 A3 與 E5，C3 與 A5，E3 與 A5，而其他皆大於 50，-3m 與-9m 相似性皆大於 50，最高的為 D3 與 B9，-5m 與-9m 相似性小於 50 的為 B5 與 C9，而其他皆大於 50。由表可發現近岸水域與遠岸水域相似度小，而相近水深則具較大的相似性。近岸各區間相似性均不大，水深-5m 處各區間似性均較大。

表 3-6 12 月底棲生物相似度指數

	A1	B1	C1	D1	E1	A3	B3	C3	D3	E3	A5	B5	C5	D5	E5	B9	C9	E9
A1	--																	
B1	0	--																
C1	0	0	--															
D1	29	44	33	--														
E1	0	29	0	0	--													
A3	33	50	0	55	0	--												
B3	0	55	29	57	50	46	--											
C3	15	27	0	33	13	59	40	--										
D3	25	60	0	46	36	83	67	53	--									
E3	14	25	11	53	12	56	48	56	60	--								
A5	0	57	20	60	0	67	67	38	55	35	--							
B5	15	40	11	44	13	59	50	75	63	64	50	--						
C5	18	46	13	50	43	67	78	64	82	61	57	73	--					
D5	0	60	15	46	36	67	80	53	71	40	73	63	82	--				
E5	15	27	22	56	13	47	50	58	53	64	50	67	64	42	--			
B9	22	36	0	43	17	77	50	60	80	67	50	60	78	53	60	--		
C9	0	20	15	46	36	50	67	42	57	50	55	42	71	71	53	53	--	
E9	17	29	24	71	0	63	53	52	56	58	53	61	57	56	61	53	56	--

3 月安平港物種空間相似性分析結果如表 3-7 所示，依相同水深比較結果可知-1m 的相似性大於 50 以上為 B1 與 D1、E1，C1 與 D1、E1，其他皆小於 50，-3m 的相似性大於 50 以上為 A3 與 C3，C3 與 D3 大於 50 以上，其他皆小於 50，-5m 的相似性大於 50 以上為 A5 與 E5，B5 與 C5、D5，C5 與 D5、E5，其他皆小於 50，-9m 相似性大於 50 以上為 B9 與 C9，C9 與 E9，其他皆小於 50。依不同水深比較結果可知-1m 與-3m 相似性大於 50 以上為 A1 與 A3，B1 與 B3、D3，C1 與 B3，D1 與 A3、B3、E3，E1 與 B3，其他皆小於 50，-1m 與-5m 的相似性大於 50 以上為 A1 與 A5，B1 與 C5、D5、E5，C1 與 A5、B5，D1 與 C5、D5、E5，其他皆小於 50，-1m 與-9m 的相似性大於 50 以上為 B1 與 E9，C1 與 B9，E1 與 B9、E9，-3m 與-5m 的相似性大於 50 以上為 C3 與 B5、D5，D3 與 B5、E5，E3 與 B5、C5、D5、E5，其於皆小於 50，-3m 與-9m 相似性大於 50 以上為 A3 與 E9，B3 與 B9、C9、E9，D3 與 C9、E9，E3 與 E9，其他皆小於 50，-5m 與相似性大於 50 以上為 A5 與 E9，B5 與 B9、C9、E9，D5 與 E9，E5 與 B9、E9，其他皆小於 50。由表可發現近岸水域與遠岸水域相似度較小，而相近深則具有較大的相似度。A 區與 D 區在空間位置上，距離較遠，則兩區間的物種相似度較小。B3 與 B5 區，C3 與 C5 區，隨突堤工程建造完工，其與原始之相似度有所差異，B3 與 B5 間相似度降低至 48，C3 與 C5 間相似度提昇至 57，故可知兩區間之生物組成與原始生物組成有所改變。

表 3-7 3 月底棲生物相似度指數

	A1	B1	C1	D1	E1	A3	B3	C3	D3	E3	A5	B5	C5	D5	E5	B9	C9	E9
A1	--																	
B1	18	--																
C1	4	7	--															
D1	4	59	74	--														
E1	2	59	74	63	--													
A3	57	29	5	62	4	--												
B3	27	64	75	57	67	33	--											
C3	4	48	42	5	38	62	48	--										
D3	29	57	38	46	15	6	33	62	--									
E3	22	5	44	53	4	5	4	4	5	--								
A5	67	46	53	5	33	67	48	5	67	36	--							
B5	2	8	53	5	38	46	48	63	77	53	5	--						
C5	25	67	48	57	29	55	42	57	10	62	6	86	--					
D5	29	57	38	62	4	6	33	62	8	67	44	62	73	--				
E5	22	63	44	53	27	33	4	4	67	57	55	8	77	5	--			
B9	2	48	63	5	63	46	57	5	46	4	5	75	57	4	53	--		
C9	18	44	4	48	48	43	55	8	57	38	46	59	67	43	5	59	--	
E9	36	78	7	8	59	57	64	8	71	63	62	82	8	71	63	8	67	--

### 3-3 生態環境時空群集分析結果

#### 3-3-1 底質與生物群集分析結果

依 3 月、6 月、9 月、12 月各測站底質資料進行群集分析示如圖 3-37，當在歐氏平方距離係數等於 3 時可分為 S1、S2、S3、S4 及 S5 五個群集。在 S1 群集部分有 6 月 A3、A5，9 月 C3 測點，共 3 個點位，在 S2 群集部分有 3 月 E3、B3、D3、B9、A3、E9、C9、C5、C3、B5，6 月 E5、E3、C3、B9，9 月 B5、C5、B3、B9、C9、E3、D5，12 月 D3、B9、E5、E9，共 27 個點位，在 S3 群集部分有 3 月 B1、E5，6 月 D3、C9、C5、D5、E9，9 月 E9，12 月 C3、D5、C5、E3、B5、A5，共 16 點位，在 S4 群集部分有 3 月 D5、C1、A1、E1，6 月 B1、B5、D1，9 月 A3、B1、E5、D3，12 月 A3、D1、B3、B1，共 15 點位，在 S5 群集部分有 6 月 C1、A1、E1，9 月 C1、A1、D1、

E1, 12月 C1、E1、A1, 共 10 點位。

依 3 月、6 月、9 月、12 月各測站底棲生物資料進行群集分析如圖 3-38 所示, 當在歐氏平方距離係數等於 4 時可分為 I、II、III、IV 四個群集, 在 I 群集部分有 3 月 A1、E3、D5、A3、E1、C5、A5、D1、C3、B3、E5、B5、B1、C1、B9、E9、D3, 6 月 D1、B1、A1、C9、A5、C1、E3、E1、A3, 9 月 D3、A5、B5、A1、A3、B1、E1、E3、E5、C3、C5、B9、B3, 12 月 B1、C1、D1、B3、C3、D5、A5、B9、C9、C5、E3、B5、D3, 共 56 點位, 在 II 群集部分有 6 月 B3、E5, 12 月 E9、E5, 共 4 點位, 在 III 群集部分有 3 月 C9, 6 月 C3、B9、C5, 9 月 C9、E9、D5、D1, 共 8 點位, 在 IV 群集部分有 6 月 D5、E9、D3、B5, 共 4 點位。

由底質群集分析的結果可將底質分成 S1、S2、S3、S4、S5 五類型, 在 S1 群集內之測站的底質主要停留在#200, 在 S2 群集內之測站的底質主要停留在#100, 在 S3 群集內之測站的底質主要停留在#100, 在 S4 群集內之測站的底質主要停留在#50 與#100, S5 群集內之測站的底質主要停留在#50, 如表 3-8 所示。

由底棲生物群集分析的結果可將底質分成 I、II、III、IV 四類型, 在 I 群集內之測站的底棲生物組成數量順位為第一順位厚殼縱簾蛤、第二順位紫孔雀蛤、第三順位彩虹虫昌螺、第四順位環節動物門、第五順位文蛤, 在 II 群集內之測站的底棲生物組成數量順位為第一順位厚殼縱簾蛤、第二順位紫孔雀蛤、第三順位彩虹虫昌螺、第四順位文蛤、第五順位大牡蠣, 在 III 群集內之測站的底棲生物組成數量順位為第一順位厚殼縱簾蛤、第二順位紫孔雀蛤、第三順位文蛤、第四順位大牡蠣、第五順位環節動物門, 在 IV 群集內之測站的底棲生物組成數量順位為第一順位厚殼縱簾蛤、第二順位大牡蠣、第三順位紫孔雀蛤、第四順位文蛤、第五順位環節動物門, 如表 3-9 所示。

表 3-8 底質群集之各篩號停留百分比

篩號	S1(3 點位)	S2(27 點位)	S3(16 點位)	S4(15 點位)	S5(10 點位)
#30(%)	3	2	1	3	4
#50(%)	10	10	10	31	62
#100(%)	26	66	79	60	31
#200(%)	50	18	8	5	2
底盤(%)	11	4	2	1	1

表 3-9 底棲生物群集之數量順位

順位	I (56 點位)	II (4 點位)	III (8 點位)	IV (4 點位)
	物種	物種	物種	物種
第 1 順位	厚殼縱簾蛤	厚殼縱簾蛤	厚殼縱簾蛤	厚殼縱簾蛤
第 2 順位	紫孔雀蛤	紫孔雀蛤	紫孔雀蛤	大牡蠣
第 3 順位	彩虹虫昌螺	彩虹虫昌螺	文蛤	紫孔雀蛤
第 4 順位	環節動物門	文蛤	大牡蠣	文蛤
第 5 順位	文蛤	大牡蠣	環節動物門	環節動物門

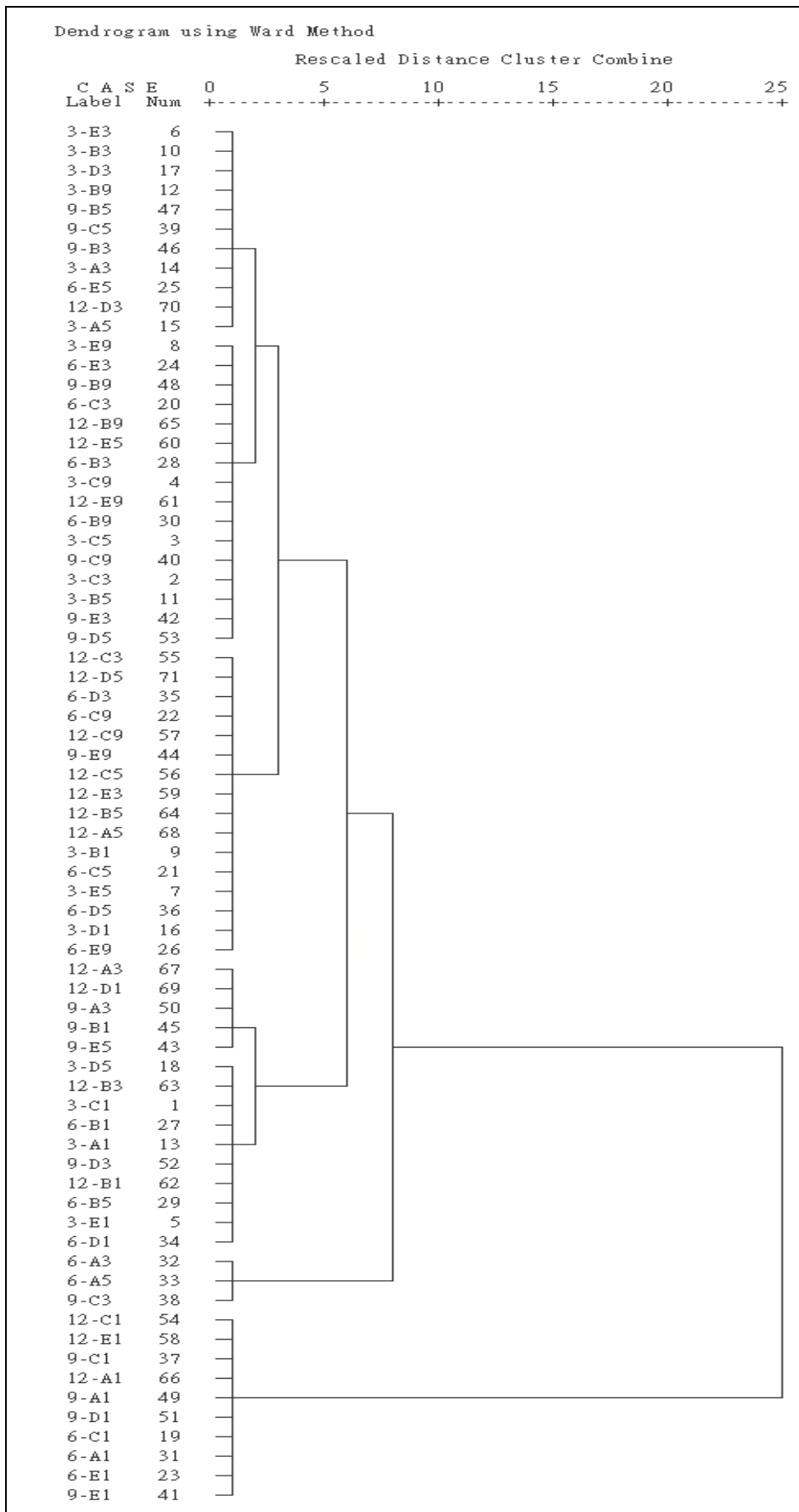


圖 3-37 底質群集分析



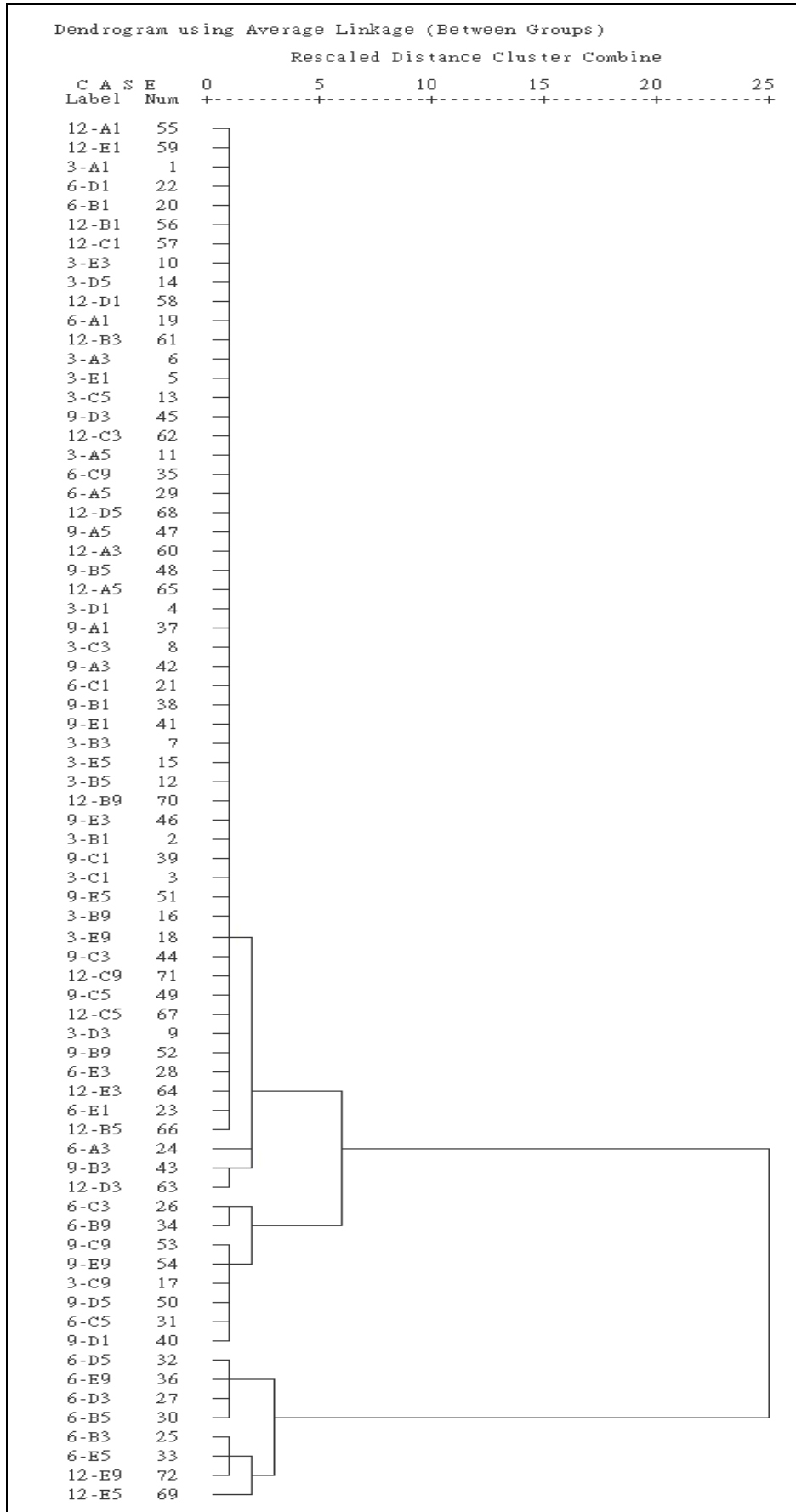


圖 3-38 底棲生物群集分析

### 3-3-2 底質與底棲生物平面時空分佈

#### 1. 結構物週邊底質時空分佈情形

圖 3-39 為底質粒徑隨季節變化的平面分佈圖。圖中各測點的矩陣方格之左上角為 93 年 6 月代表該區域的底質特性，右上角為 93 年 9 月代表該區域的底質特性，左下角為 93 年 12 月，右下角為 94 年 3 月代表該區域的底質特性。由圖中可知，S1 底質出現在商港北堤水深-3m 處與漁港北堤水深-3m 與-5m 處，S2 底質出現在水深-3m、-5m 與-9m 處，S3 底質出現在水深-1m、-3m、-5m 與-9m 處，以-5m 為多數，S4 底質出現在水深-1m 對-3m、-5m 處，以近岸分佈次數最多，S5 底質均出現在近岸水深-1m 處，以近岸為主要分佈。在 A 區水深-5m 處，因北方有鹽水溪輸入的因素，使底質的型態變動明顯，而 9 月所測的資料因取樣不良，使得資料值較為不合理，因此不加以考慮。在商港與漁港的南北堤底質型態則呈現北細南粗型態，商港與漁港間的 B、E、C 區受到結構物的遮蔽效果，區域內波浪穩定，流速較小，底質特性與 A、D 兩區有明顯的差異，遮蔽區內海域底質特性較開放性海域細。商港與漁港間的 B、E、C 區，水深-3m、-5m 處，因突堤的建造，使得該區底質的型態變動明顯，C 區則最為明顯，B、C 突堤處呈現堤內底質較堤外底質細的形態。C 區水深-1m 處為養灘工程區，與同為港口北側淺灘區 A1，兩者比較，兩區之底質型態變動相同。

#### 2. 結構物週邊底棲生物時空分佈情形

圖 3-40 為底棲生物隨季節變化的平面分佈圖。由圖中可知，I 類群的底棲生物分佈最廣，均出現在各區水深-1m、-3m、-5m、-9m 處，整體水域生物型態則以 I 群集為主，II 群集的底棲生物出現在商港與漁港間的 B 區水深-3m 與 E 區水深-5m、-9m 處，III 群集的底棲生物出現在 C 區水深-3m 與-5m 處，D 區水深-1m 與-5m 處，D、E、C 區水深-9m 處，IV 群集的底棲生物出現在商港南堤 D 區水深-3m 與-5m 處，漁港南堤 A 區水深-5m 處。整體而言商港與漁港間的水域，受到防波堤遮蔽效應的影響，底棲生物族群較具多樣群集，四種類群均有出現，而 A 區因北方鹽水溪輸入的因素，使得環境受到影響，

底棲生物族群呈現單一性，依商港與漁港兩者比較來看，可以知道商港南堤較北堤具多樣群集，漁港則同具此性質。

### 3. 結構物週邊之底質與生物關係情形

由圖 3-39 和 3-40 中，將重複出現的部分合併成一個項目，若有不同的項目，則同時列出來，表示該測點包含兩種特性，依此表現於平面圖上。底棲生物與底質的關係，如圖 3-41 所示。由圖中可知，第 I 群集底棲生物可生長於 S1、S2、S3、S4 及 S5 的底質環境中，適合生長於各種形態的底質環境，其以 I 類群可生長於 S2 底質環境中佔有較大之百分比，第 II 群集底棲生物可生長於 S2、S3 的底質環境中，第 III 群集與第 IV 群集底棲生物均可生長於 S2、S3 的底質環境中。在 A 區與 C 區水深-5m 處，底棲生物與底質關係呈現多項底質形態對應單一底棲生物形態之相對關係性，可知這二區的第 I 群集底棲生物並不會因底質環境的變動而改變它固有的生活形態。而在 E 區水深-5m 與-9m 處，底棲生物與底質關係則呈現多項底棲生物形態對應底質形態之相對關係性，可知這兩區底棲環境隨底質變化，並不會影響底棲生物主成形態之多樣群集。

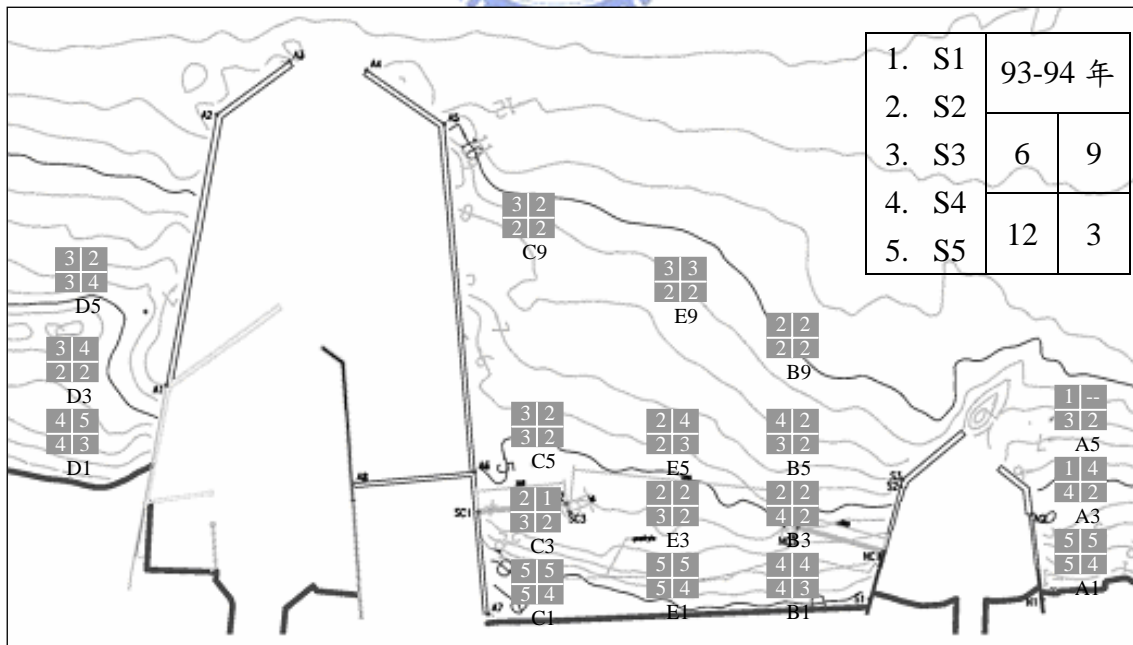


圖 3-39 結構物週邊底質平面時空分佈情形

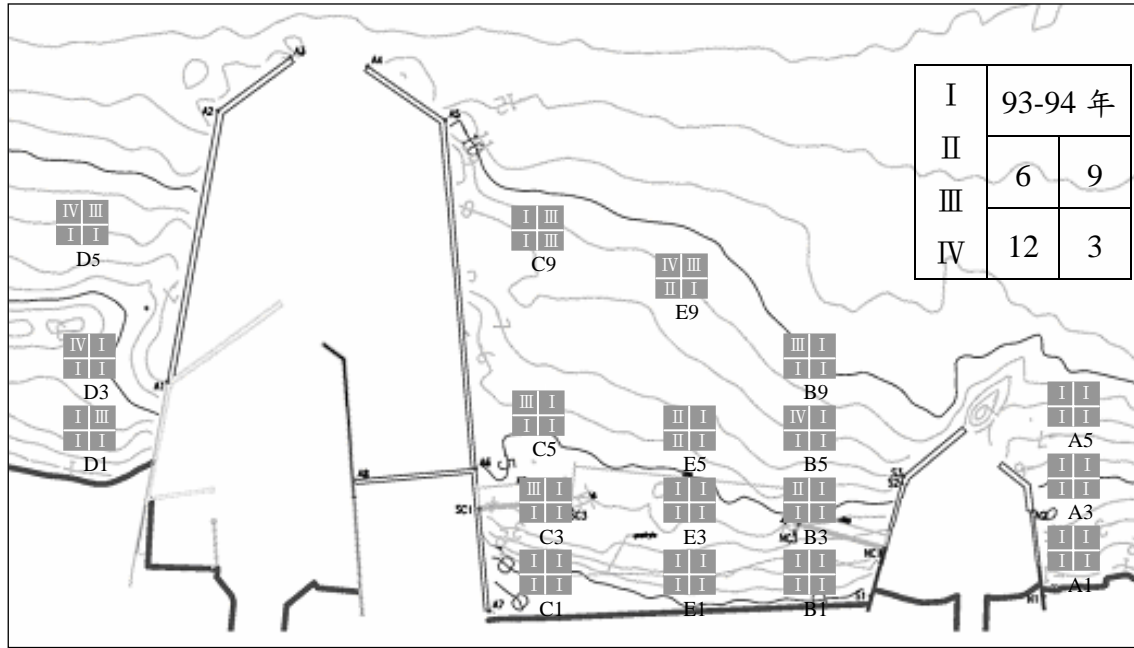


圖 3-40 結構物週邊底棲生物平面時空分佈情

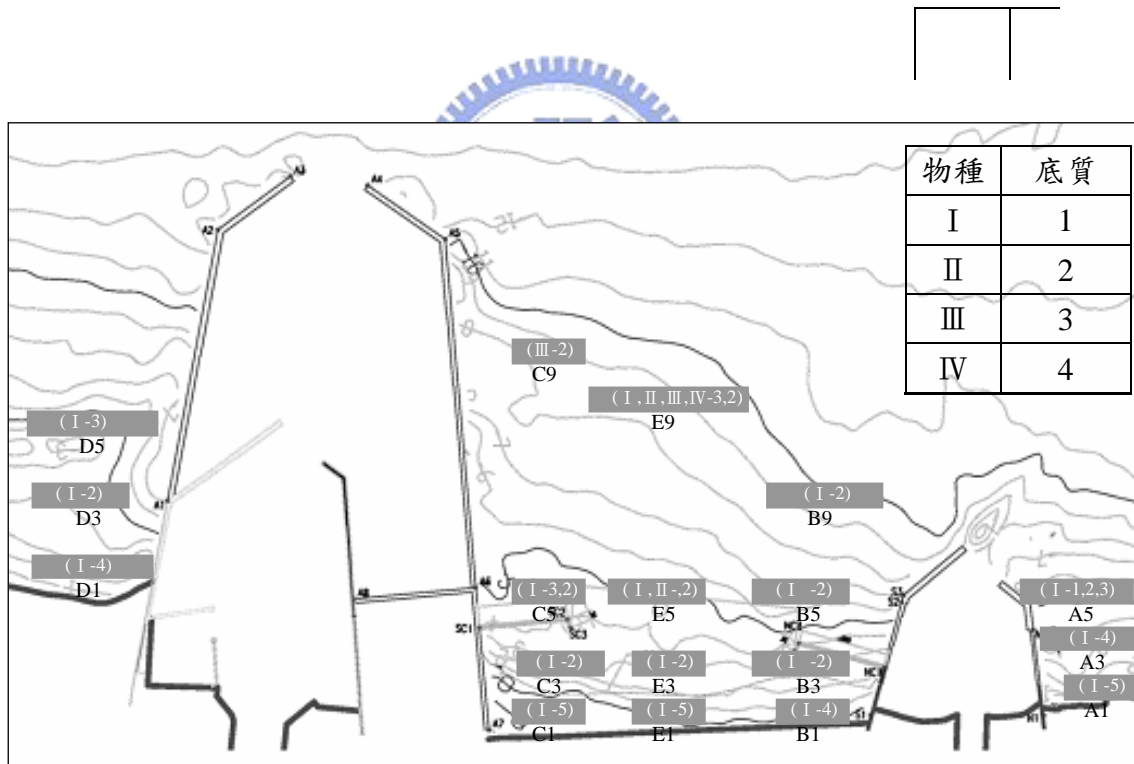


圖 3-41 結構物週邊底棲生物與底質相關平面時空分佈情形

### 3-3-3 水質的群集分析

將四次各測站水質資料進行群集分析結果示如圖 3-42，當在歐氏平方距離係數等於 7 時，水質可分為春季、夏季、秋季及冬季四個季節群集。由此可知安平港海域水質特性受到季節因素影響。

配合圖 3-40 可知，在春季群集特性有 I、III 兩種生物群集型態生存活動，在夏季群集特性則有 I、II、III、IV 四種生物群集型態生存活動，在秋季群集特性則有 I、III 兩種生物群集型態生存活動，在冬季群集特性有 I、II、III 三種生物群集型態生存活動。由上述可知在夏季群集特性則較具多樣性生物群集存在，而 I、III 生物群集皆生存活動於四季群集特性，II 生物群集生存活動於夏季與冬季群集特性，IV 生物群集僅生存活動於夏季群集特性，上述結果可整理成表 3-10。

表 3-10 底棲生物與季節之關係

水質 生物	春季	夏季	秋季	冬季
I	V	V	V	V
II	---	V	---	V
III	V	V	V	V
IV	---	V	---	---

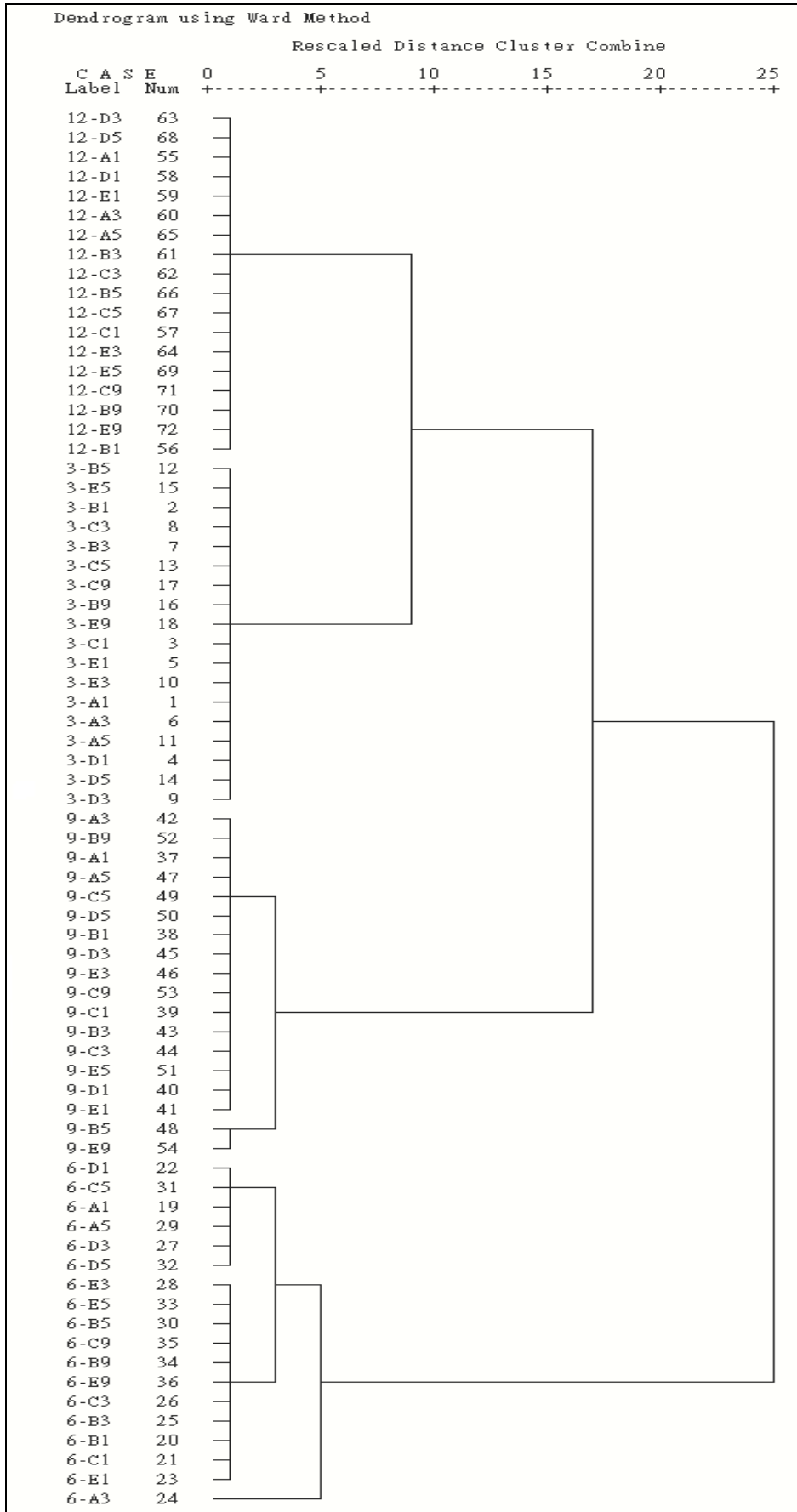


圖 3-42 水質群集分析

## 第四章 安平海域 HEP 棲地模式

### 4-1 環境因子選定

本研究所測量的環境因子，在水質調查方面包含水溫、鹽度、pH 值、溶氧、導電度、懸浮固體物、濁度、氨態氮、正磷酸態磷、矽酸鹽、化學需氧量及葉綠素 a，底質調查項目為中值粒徑；本研究在環境因子的選定，首先選定的環境因子為水溫、葉綠素 a、COD、中值粒徑  $D_{50}$ ，並繪製各測站之水質因子區間圖，分別如圖 4-1 至 4-4。

由圖 4-1 可知，水溫區間值以 D1 與 D5 變動幅度最大，B3 變動幅度最小，整體變動幅度值介於 2.1 至 5.3 之間，而水深-1m 的水溫變動幅度大致上較水深-3m 至-9m 大，主要可能為近岸水深較淺，海水受日照後水溫變化較大。並依 SI 模式圖之原則設定水溫區間表示值，如表 4-1 所示。

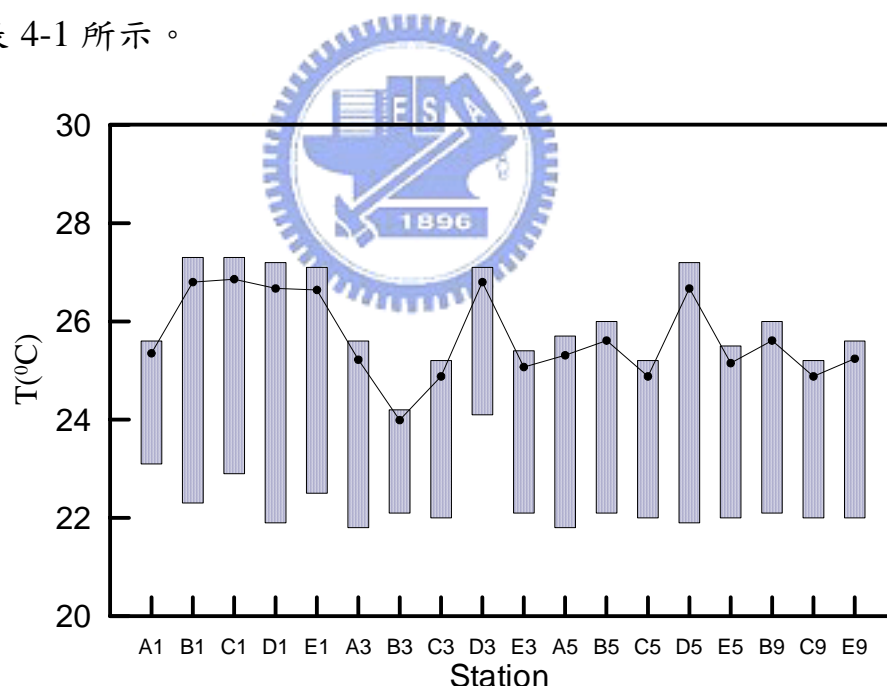


圖 4-1 各站水溫區間

由圖 4-2 可知，葉綠素 a 值以 D5 變動幅度最大，E1 變動幅度最小，整體變動幅度值介於 0.36 至 6.79 之間，A、D 區的葉綠素 a 變動幅度較 B、E、C 區大，主要可能 B、E、C 區受商港北堤與漁港南堤之遮蔽，造成 B、E、C 區葉綠素 a 值的變動幅度較小。並依 SI 模式圖之原則設定葉綠素 a 區間之表示值，如表 4-1 所示。

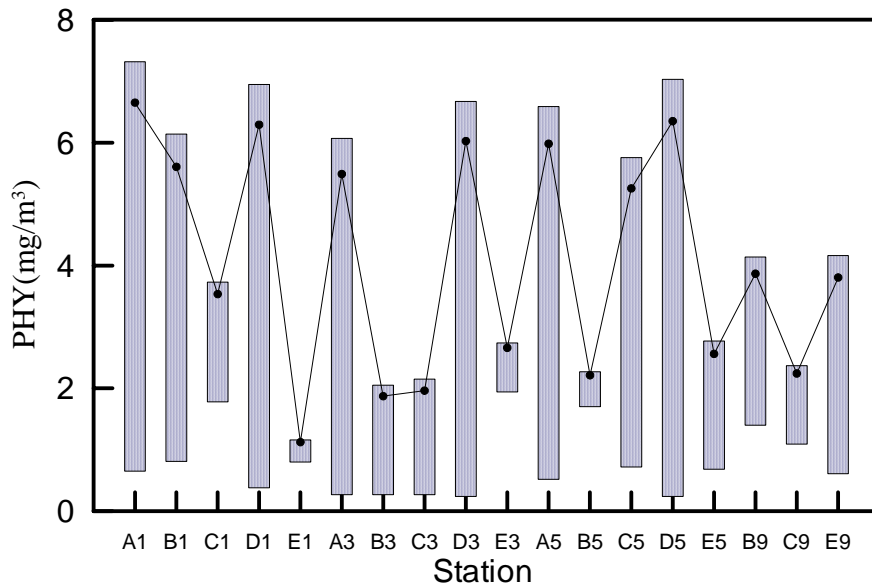


圖 4-2 各站葉綠素 a 區間

由圖 4-3 可知，COD 值以 C3 變動幅度最大，D3 變動幅度最小，整體變動幅度值介於 0.2 至 15.3 之間，D 區的 COD 值變動幅度較小，主要可能 D 區受鹽水溪注入影響較小，且受空間上結構阻隔。並依 SI 模式圖之原則設定 COD 區間之表示值，如表 4-1 所示。

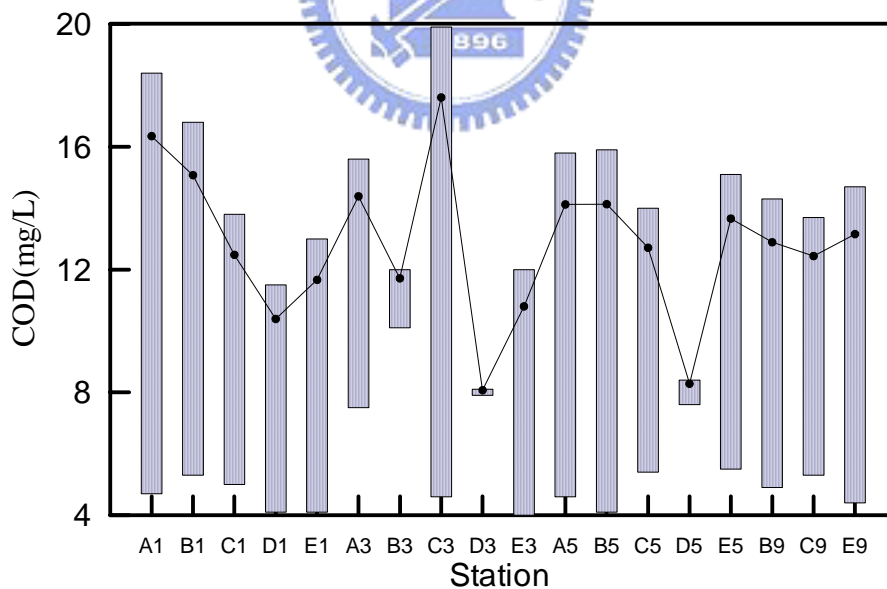


圖 4-3 各站 COD 區間

由圖 4-4 可知，中值粒徑  $D_{50}$  值以 A5 變動幅度最大，E3 變動幅度最小，整體變動幅度值介於 0.02 至 0.22 之間，近岸區的中值粒徑  $D_{50}$  變動幅度較離岸區大，且離岸之中值粒徑變動幅度則較小，除了 A3 與 A5 變動幅度較大，而造成 A 區變動幅度較大之可能因素為，



北方的鹽水溪輸砂所造成。並依 SI 模式圖之原則設定中值粒徑  $D_{50}$  區間之表示值，如表 4-1 所示。

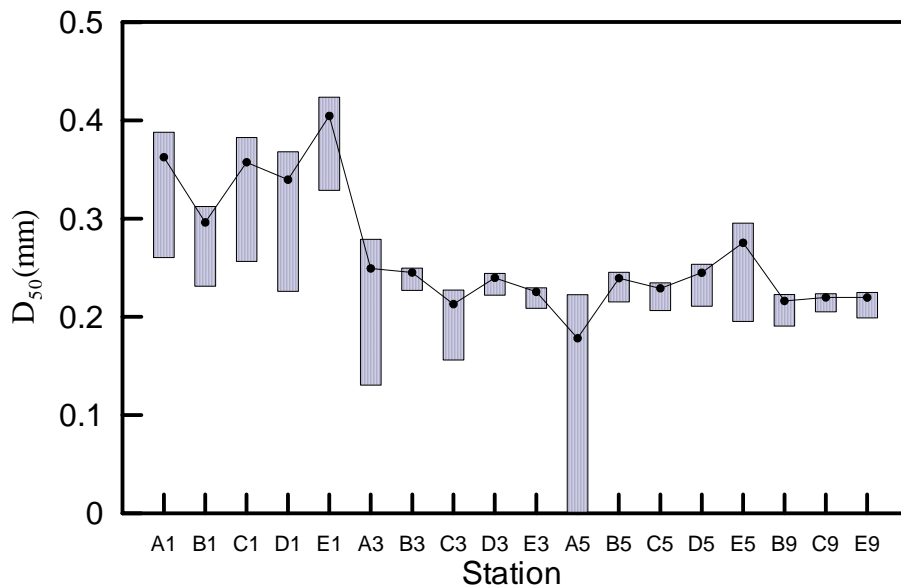


圖 4-4 各站中值粒徑  $D_{50}$  區間

#### 4-2 SI 模式建構

由安平港海域底棲生物之 93 年 6 月至 94 年 3 月資料，可知一個測站所調查之最多生物種數為 18 種，故於包絡趨勢線 SI 模式圖中，取對應 SI 值之最佳環境值為 1，而一個測站所調查之最少生物種數為 2 種，於包絡趨勢線 SI 模式圖中，取對應 SI 值之最差環境值為 0.11。並以此建構各測站之包絡趨勢線。以此建立水溫、葉綠素 a、COD、中值粒徑  $D_{50}$  之 SI 模式圖，如圖 4-5 至 4-8 所示。

日本沿岸漁業振興開發協會(1977)指出貝類於高水溫時適應性較弱。從溫度 SI 模式圖中可知，海水溫度約於  $24^{\circ}\text{C}$  以下為物種最多且設定對應之  $\text{SI}=1.0$ ，為環境因子最佳狀態，並於海水溫度 24 至  $28^{\circ}\text{C}$  間物種呈遞減狀態，海水溫度  $29^{\circ}\text{C}$  以上為物種最小且設定對應之  $\text{SI}=0.11$ ，為環境因子最差狀態。所以溫度越高，物種受溫度的影響愈大。溫度因子右邊包絡趨勢線斜率為 -3.8，因此溫度值較大時敏感度則較高，則選取水溫區間值之 90% 處作為各測站計算 SI 之表示值。水溫 SI 表示值如表 4-1 所示。

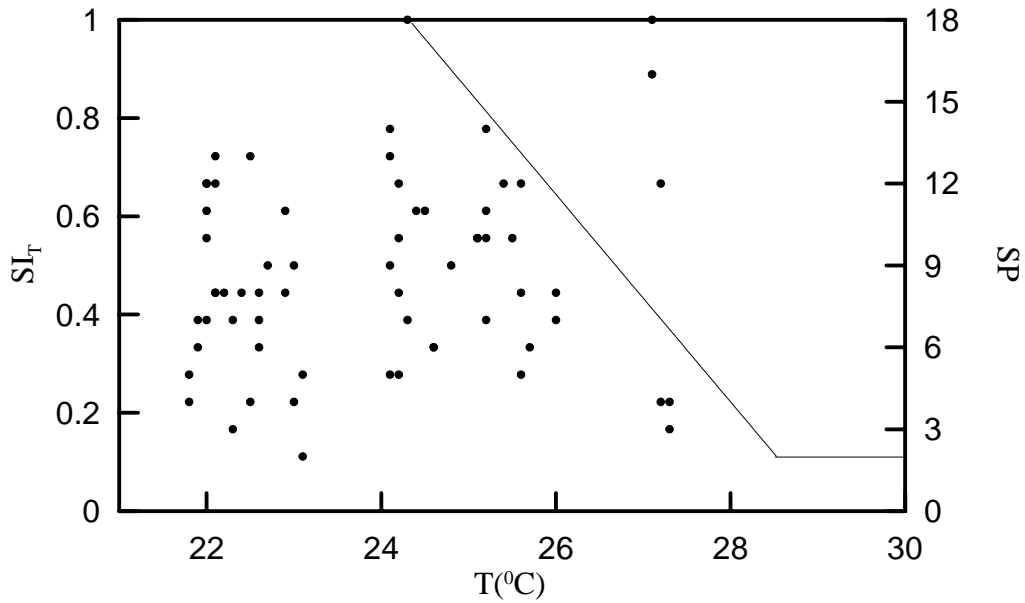


圖 4-5 水溫 SI 模式

從葉綠素 SI 模式圖中可知，海水葉綠素約於  $3\text{mg}/\text{m}^3$  為物種最多且設定對應之  $\text{SI}=1.0$ ，為環境因子最佳狀態，並於海水葉綠素 3 至  $8\text{mg}/\text{m}^3$  間物種呈遞減狀態，海水葉綠素  $8\text{mg}/\text{m}^3$  為物種最小且設定對應之  $\text{SI}=0.11$ ，為環境因子最差狀態。顯示葉綠素越高，受其影響之物種越少。葉綠素影響因子右邊包絡趨勢線斜率為-3，因此葉綠素 a 值較大時敏感度則較高，則選取葉綠素 a 間值之區間值 90% 處作為各測站計算 SI 之表示值。葉綠素 SI 表示值如表 4-1 所示。

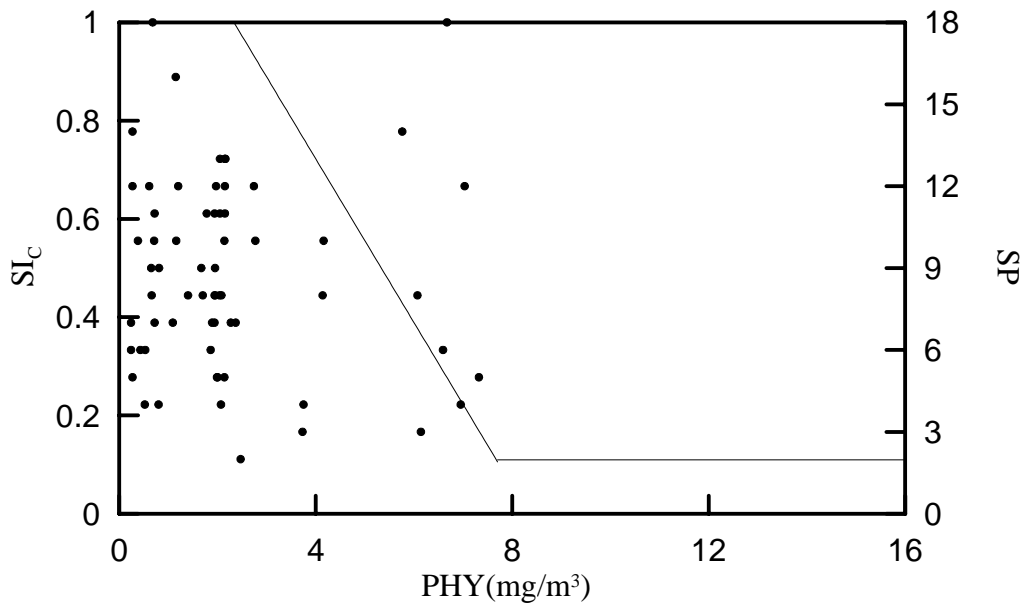


圖 4-6 葉綠素 SI 模式

從化學容氧量 SI 模式圖中可知，COD 值約於 12mg/L 為物種最多且設定對應之 SI=1.0，為環境因子最佳狀態，並於 COD 值 12 至 23 mg/L 間物種呈遞減狀態，COD 值 23mg/L 為物種最小且設定對應之 SI=0.11，為環境因子最差狀態。顯示 COD 值越高，受其影響之物種越少。COD 影響因子右邊包絡趨勢線斜率為-1.5，因此葉綠素 a 值較大時 COD 值則較高，則選取化學容氧量值之區間值 85% 處作為各測站計算 SI 之表示值。化學容氧量 SI 表示值如表 4-1 所示。

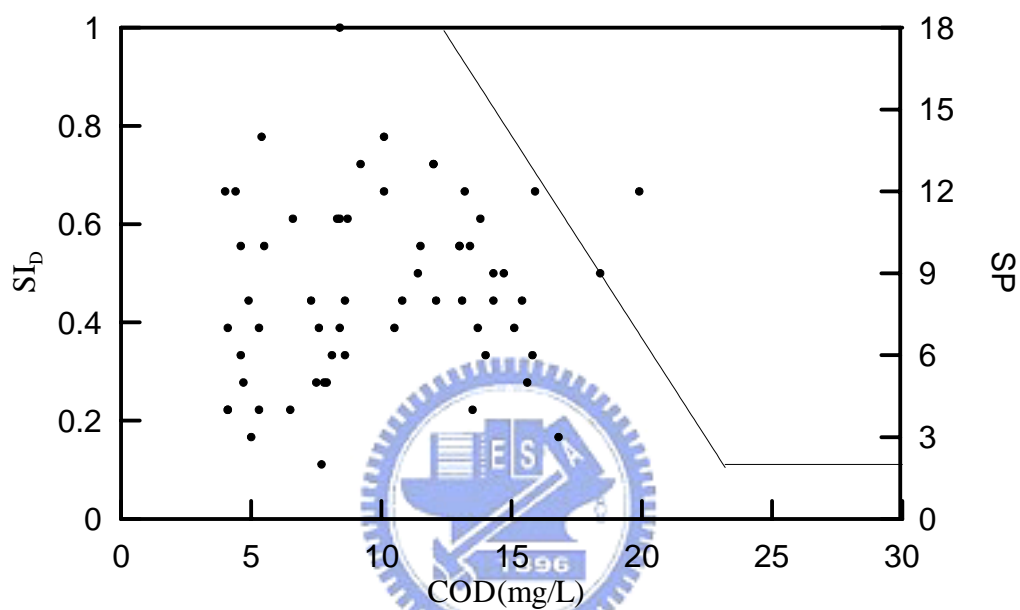


圖 4-7 化學容氧量 SI 模式

高橋(1986)指出中值粒徑於 0.25mm 時生物死亡率為 0%。從中值粒徑 SI 模式圖中可知，測點多集中於 0.2 至 0.3 之間。中值粒徑約於 0.28mm 為物種最多且設定對應之 SI=1.0，為環境因子最佳狀態，並於中值粒徑 0.28 至 0.36mm 間物種呈遞減狀態，中值粒徑 0.36mm，為環境因子最差狀態且設定對應之 SI=0.11。顯示中值粒徑越高，受其影響之物種越少。中值粒徑影響因子右邊包絡趨勢線斜率為-200，因此中值粒徑  $D_{50}$  值較大時敏感度則較高，則選取中值粒徑  $D_{50}$  值之 80% 處作為各測站計算 SI 之表示值。中值粒徑 SI 表示值如表 4-1 所示。

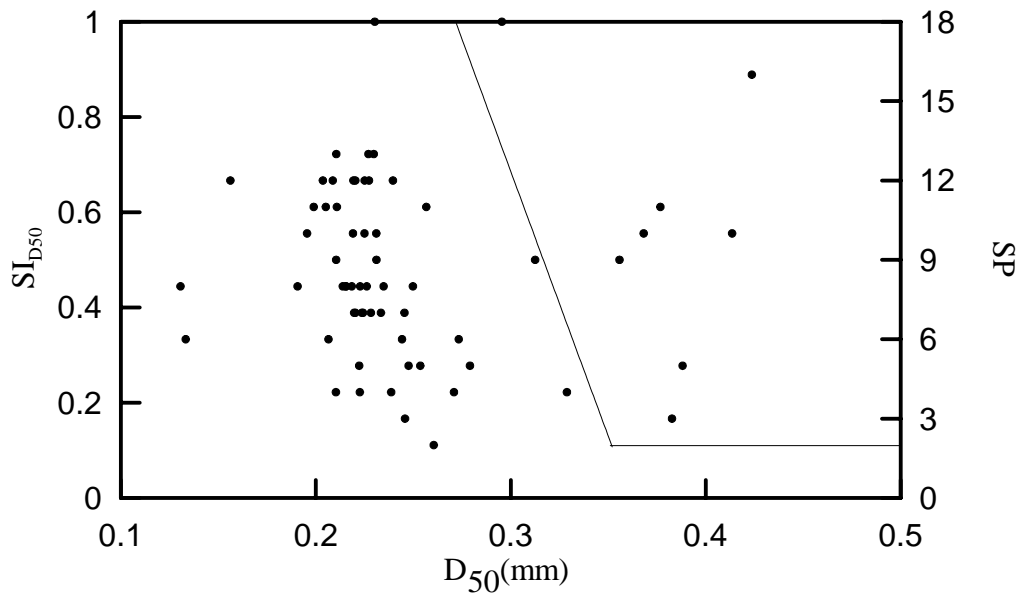


圖 4-8 中值粒徑 SI 模式

經由上述步驟計算水溫、葉綠素 a 及中值粒徑之 SI 之代表值，並整理如表 4-1。由表 4-1 可知，溫度表示值最大為 C1，最小為 C3、C5 與 C9，介於 24.88°C 至 26.86°C 之間，近岸平均值為 26.46°C，較遠岸海水水溫高；D<sub>50</sub> 表示值最大為 E1，最小為 A5，介於 0.18mm 至 0.40mm 之間，近岸平均值為 0.35 mm，較遠岸 D<sub>50</sub> 表示值高；COD 表示值最大為 C3，最小為 D3，介於 17.61 至 8.07mg/L 之間；葉綠素 a 表示值最大為 A1，最小為 E1，介於 1.12 至 6.65 mg/m<sup>3</sup> 之間，開放海域 A 區平均值為 6.04 mg/m<sup>3</sup>，D 區平均值為 6.22 mg/m<sup>3</sup>，較 B、C、E 區遮蔽海域表示值高。

表 4-1 各測站選定因子表示值

	溫度表示值	葉綠素 a 表示值	COD 表示值	D <sub>50</sub> 表示值
A1	25.35	6.65	16.35	0.36
B1	26.80	5.61	15.08	0.30
C1	26.86	3.54	12.48	0.36
D1	26.67	6.29	10.39	0.34
E1	26.64	1.12	11.67	0.40
A3	25.22	5.49	14.39	0.25
B3	23.99	1.87	11.72	0.25
C3	24.88	1.96	17.61	0.21
D3	26.80	6.03	8.07	0.24

E3	25.07	2.66	10.80	0.23
A5	25.31	5.98	14.12	0.18
B5	25.61	2.21	14.13	0.24
C5	24.88	5.26	12.71	0.23
D5	26.67	6.35	8.28	0.24
E5	25.15	2.56	13.66	0.28
B9	25.61	3.87	12.89	0.22
C9	24.88	2.24	12.44	0.22
E9	25.24	3.81	13.16	0.22

### 4-3 安平港 HSI 模式之建立

HSI 值之計算方法由上述章節所提，先計算出各測站之水質因子代表值，再於 SI 模式圖中，分析水質因子與物種的相關性，則可設定包絡趨勢線，如此可求得環境影響因子表示值所對應之 SI 值，並選取限定要因法(minimum function)，示如式 4-1，來求得 HSI 值。最後進行 HSI 與測站物種間之線性迴歸，並計算其相關性，若相關性高則代表 HSI 可完整描述受環境影響之生物物種。以式(4-1)求得迴歸之相關係數平方為 0.75，其迴歸公式示如式 4-2，而 HSI 與物種之相關性示如圖 4-9。

$$HSI = \text{MIN}(SI_T, SI_D, SI_C, SI_{50}) \quad (4-1)$$

$$Y = 6.64X + 2.31 \quad (4-2)$$

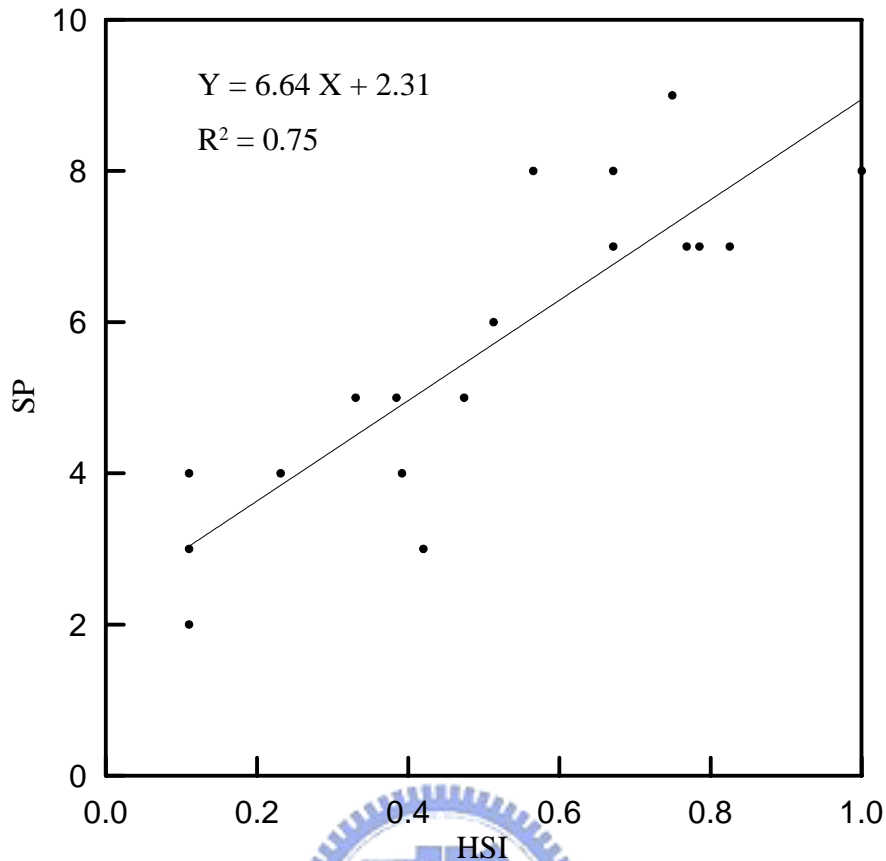


圖 4-9 HSI 與最小物種相關性

#### 4-4 修正模式

為了提高 HSI 與物種之相關性，進而檢討所選定之環境因子，以評估相關性較小之環境因子，亦修正初步所建立之模式。因此移除環境因子，不加以考慮，則可將式 4-1 修為式 4-3 若以式(4-3)迴歸其所得之相關係數平方為 0.8，而迴歸公式可表示為式 4-4，此 HSI 與物種之相關性示如圖 4-10，修正模式之關性係數平方較初步建立模式者提高 0.05，此表示修正模式可較合適描述受環境影響之生物物種。本文即利用此模式來評估安平海域之生態環境，作為工程對環境衝擊之參考。

$$HSI = \min(SI_T, SI_C, SI_{D50}) \quad (4-3)$$

$$Y = 6.62X + 2.22 \quad (4-4)$$

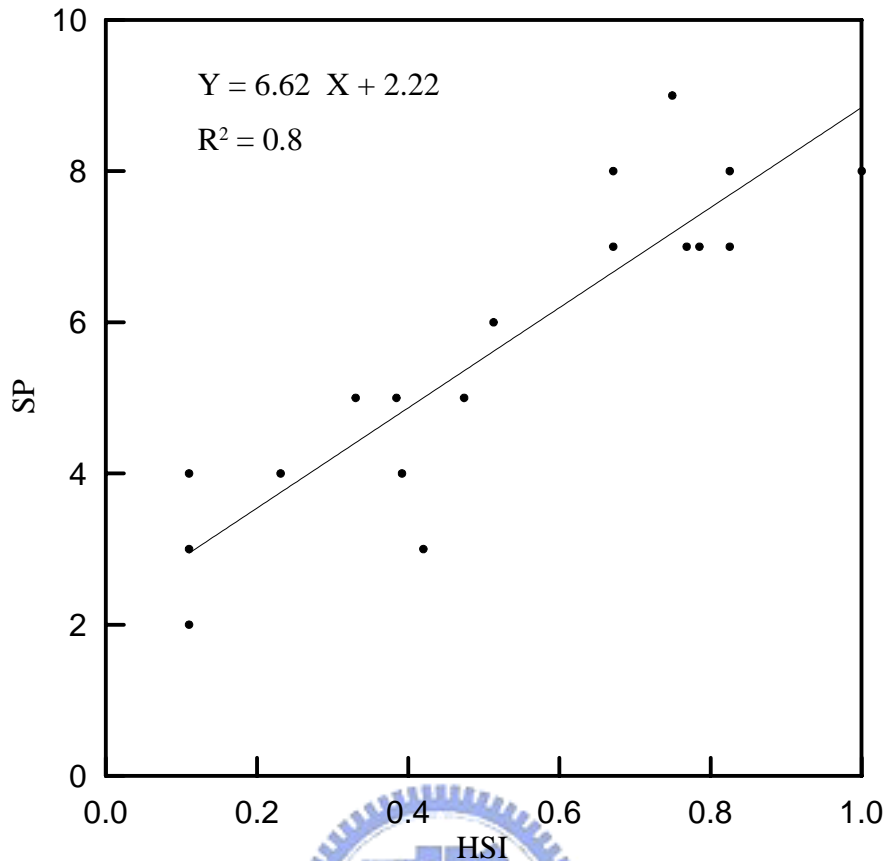


圖 4-10 HSI 與最小物種相關性

#### 4-4-1 水深因子之影響

為了探討水深環境因子對生物生存條件之影響性，因此加入水深環境因子作為模式之修定，再將式 4-3 修改為式 4-5。由水深 SI 模式圖中可知，水深-5m 至-7m 間為物種最多且設定對應之 SI=1.0，為環境因子最佳狀態，並於水深-5m 以下與水深-7m 以上物種呈遞減狀態。顯示水深-5m 與-7m 間，底棲生物較適合於此水深環境生存。

$$HSI = \text{MIN}(SI_h, SI_T, SI_c, SI_{D50}) \quad (4-5)$$

計算各測站 HSI 與物種間之線性迴歸，並計算其相關性。其所求得之相關係數平方為 0.75，迴歸公式示如式 4-6，其 HSI 與物種之相關性示如圖 4-12。而加入水深環境因子後，則相關係數平方小幅降低 0.05，沒明顯地提高模式之相關係數，由此可以瞭解水深環境因子對生物之影響並不是主要之因素。

$$Y = 7.21X + 2.13 \quad (4-6)$$

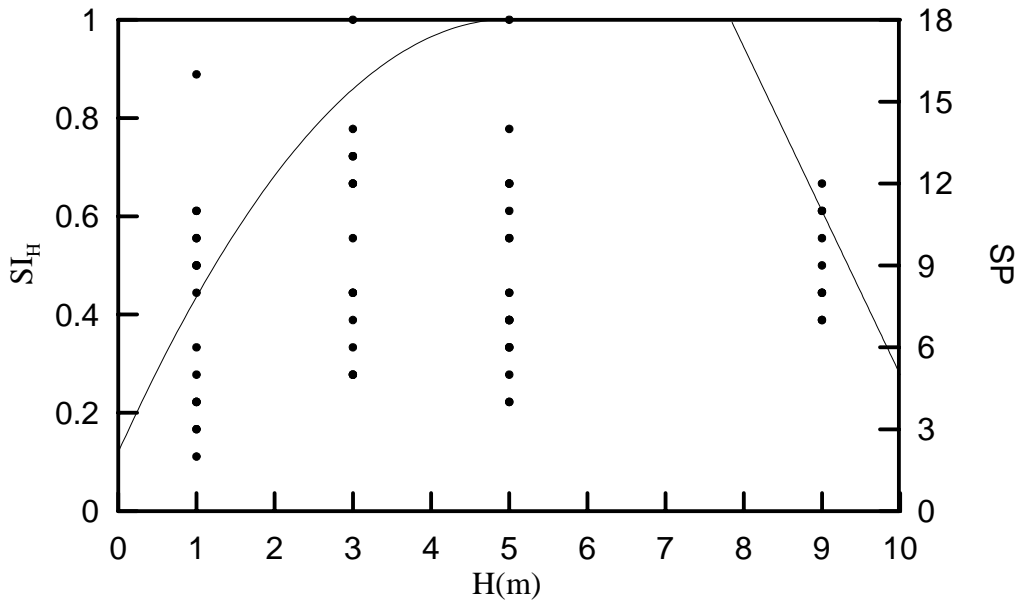


圖 4-11 水深 SI 模式

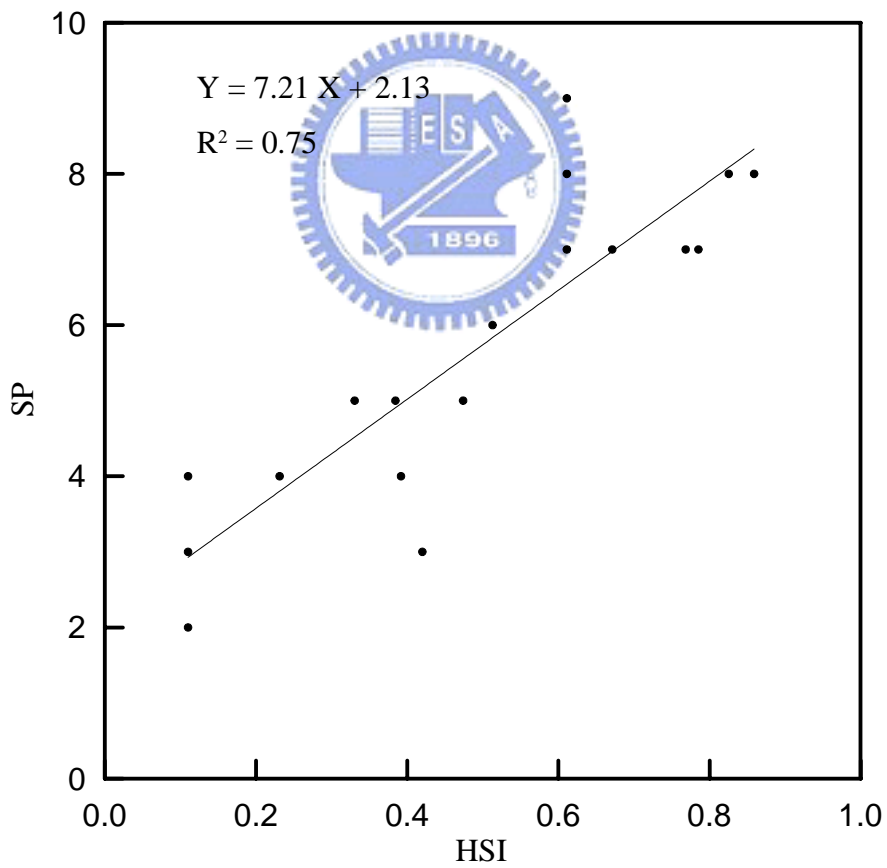


圖 4-12 HSI 與最小物種相關性



#### 4-5 物種預測驗證

本研究為了驗證安平 HSI 模式，因此選擇 93 年 6 月 B3 區，9 月 A3、B9 區，12 月 A1、C1、D3 區，94 年 3 月 E1、C9 區的資料，共八個資料點，但此八點不包括在安平港之 HSI 模式建立之選取資料點中，將上述八點代入式 4-4，獲得估算物種數之結果示如圖 4-13。圖 4-13 之 X 軸為預測底棲生物物種數，Y 軸為現地調查底棲生物物種數，若進行預測底棲生物物種數與現地調查底棲生物物種數相關性迴歸分析，兩者迴歸分析的結果，其相關係數為 0.82。由驗證結果，可知預測底棲生物物種數與現地調查底棲生物物種數兩者種數相當接近，表示以此模式可完整描述物種與環境之關係，亦可評估安平海域受環境影響之最少生存物種數。

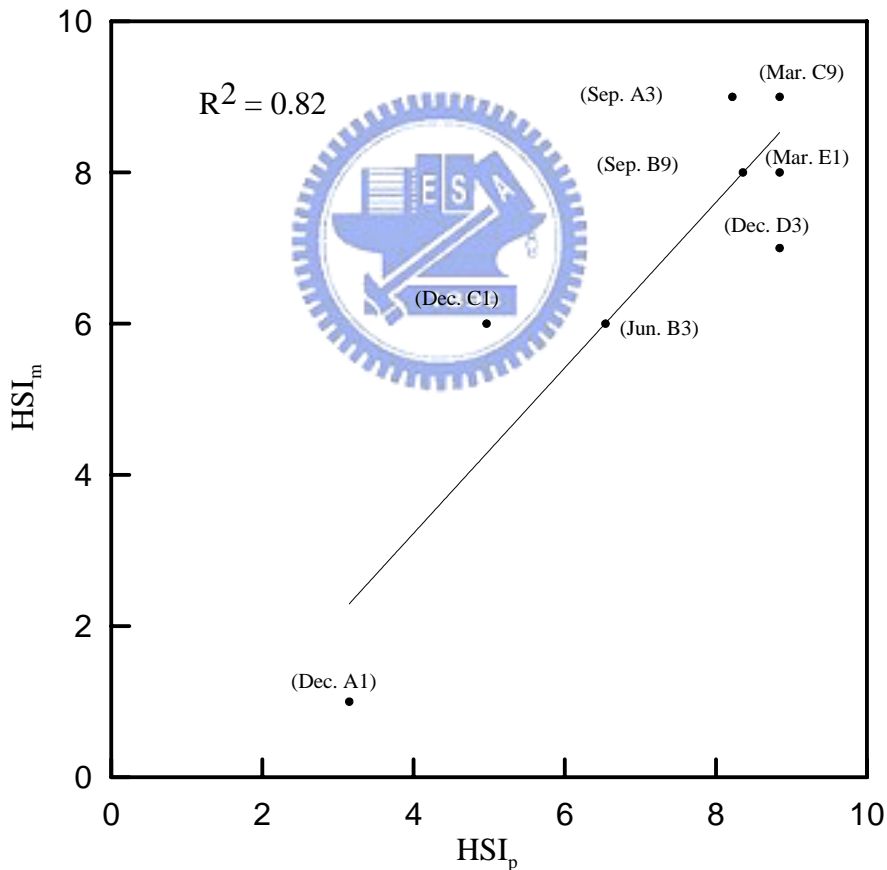


圖 4-13 預測物種與現地調查物種相關性

## 第五章 結論與建議

### 5-1 結論

本文針對安平港沿岸海域之工程結構物附近十八個測站，進行底棲生物研究，經由前幾章的分析後得到以下的結論：

1. 在安平港週圍海域十八個測站進行生物生態調查之採樣，所採獲之生物種類有節肢動物(Arthropoda)、軟體動物(Mollusca)及多毛環節動物(Polychaeta)等三類，整年度共抓取 70 種生物 4339 個生物個體，而各季生物數量為 6 月共有 56 種 1955 個生物個體，9 月共有 40 種 912 個生物個體，12 月共有 28 種 879 個生物個體，3 月共有 22 種 593 個生物個體。而各測站物種數年平均以 D3 與 D5 為最多種數，共 12 種，各測站生物個體數年平均以 E9 為最多個體數，共 152 個個體。
2. 在水質分析的結果，水溫平均以 6 月最高，12 月最低，各測站的水溫年平均以 C1 最高，C3 最低，而各測站的水溫為近岸處水溫較遠岸處略高的情況。各季各測站鹽度變化並不大，各測站的鹽度年平均以 B9 最高，A3、C3 最低，鹽度為近岸處鹽度較遠岸處略低的情況。各測站 pH 值變化不大，四季平均以 6 月最大。各季的 DO 值以近岸較遠岸略高，近岸處 DO 值較遠岸處略高的情況，其主因為淺灘區與水面距離較為接近。各測站的 EC 值為近岸處較遠岸處略低的情況。9 月在本研究區附近有一低壓系統，海馬(HATMA)颱風通過，使海水之懸浮固體物 SS 值大幅增加，B 區與 C 區因有突堤工程在進行，使得此兩區 SS 值年平均有較其它區略高。濁度的變化同 SS 值。氨態氮年平均皆介於 0.1 至 0.2 之間。磷酸鹽 9 月平均值較其他月平均值高，年平均以 D5 最高，C9 最低。矽酸鹽 9 月平均值其他月平均值高，年平均以 D3 最高，B9 最低。6 月 COD 之平均值較其他月份平均值低，各測站的年平均以 A3 最高，D3 最低。6 月葉綠素 a 平均較其他月份大，開放海域 A 區與 D 區的葉綠素 a 較大。
3. 近岸底質粒徑較大，且變動較大，遠岸處底質粒徑則較小，且變

動較小，近岸水深處大都為中級粒徑，遠岸處大都為細級粒徑，安平港的中級粒徑介於 0.25 至 0.42 mm 之間，細級粒徑介於 0.13 至 0.25 mm 之間，泥級粒徑為 0.001mm。

4. 生物多樣性分析結果，在豐富度指數方面，6 月至 9 月豐富度指數呈漸增的情形，D 區的生態環境於春夏季較秋冬具豐富性，而水深-9m 處變動的情形皆不大，A 區北方有鹽水溪注入，造成環境不穩定，C1 隨灘線趨於安定，生態環境呈現豐富的情形，突堤工程區，隨著工程完工，呈現堤內較堤外具豐富性之情形。在優勢度指數方面，6 月優勢度指數平均值最大，主要以厚殼縱簾蛤為優勢物，D 區的生態環境於春夏季較秋冬季具有優勢物種存在，離岸愈遠，深水處明顯有優勢種出現，A 區與 D 區同兩者比較，D 區生態環境較適合有優勢種存在。C1 在灘線較為安定時，優勢指數有降低的情形，突堤工程區，隨著工程完工，呈現堤外優勢種較堤內多之情形。在歧異度指數方面，6 月歧異度指數平均值較小，而水深-9m 處，波浪較大，環境較為不穩定，因此生態環境較無具多樣性之情形。D 區歧異度呈現秋冬兩季較春夏兩季具多樣性，遮蔽區海域較開放海域歧異度指數高，以具多樣性。A 區有鹽水溪的注入，使 A 區環境較為不穩定，突堤工程區，隨著工程完工，呈現堤內較堤外具多樣性之情形。在均勻度指數方面，6 月均勻度指數較其它月低，且隨水深愈深，均勻度指數呈現遞減的情形，突堤工程區，隨著工程完工，生態之生物個體數在數種間分配有較為均勻之情形。
5. 由物種相似度分析的結果可發現，現近岸水域與遠岸水域相似度較小，而相近水深則具有較大的相似度，A 區與 D 區在空間位置上，距離較遠，則兩區間的物種相似度較小，突堤工程區，隨著工程完工，生物物種組成相似度也隨之改變。
6. 底質群集分析的結果可以成五個群集為 S1~S5，底棲生物群集分析的結果可以成四個群集為 I~IV。S2 底質分佈最廣，S5 底質均分佈在近岸水深處，在商港與漁港的南北堤底質型態則呈現北細南粗型態，遮蔽區內海域底質特性較開放性海域細，突堤工程區，

底質的型態變動明顯，呈現堤內底質較堤外底質細的形態，C1 區為養灘工程區，與 A1 具有相同底質型態。I 類群的底棲生物分佈最廣，整體水域生物型態則以 I 群集為主，商港與漁港間的水域，受到防波堤遮蔽效應的影響，底棲生物族群較具多樣群集，A 區因北方鹽水溪輸入的因素，使得環境受到影響，底棲生物族群呈現單一性，港灣南堤較北堤具多樣群集性。底棲生物與底質的關係，第 I 群集底棲生物適合生長於各種形態的底質環境，以 I 類群可生長於 S2 底質環境中佔有較大之百分比。

7. 安平港水質的群集特性受到季節因素影響，在夏季群集特性則有 I、II、III、IV 四種生物群集型態生存活動，夏季具有多樣性生物群集特性。
8. 經由 HEP 評估，物種間之相關性較高的環境因子為水溫、葉綠素 a、中值粒徑  $D_{50}$ 。由 SI 模式可知最佳環境值為 1，所對應物種數為 18 種，最差環境值為 0.11 所對應物種數為 2 種。HSI 與測站物種間之線性迴歸，其所求得之相關性為 0.8，而驗證預測值與實際值具有 0.82 相關係數。

## 5-2 建議

針對此次對於安平港週邊底棲生物群集特性與其棲地模式之建立，所發現的一些問題做出幾點建議：

1. 長期監測，增加生態環境資料，以此可以更明確地找出生物與環境因子間之互動關係，並可評估生態棲地隨時間之變化情況，作為環境修復再生之依據。
2. 增加測量點位，提高測量密度，以此可以提高整體水域生態真實性，且可以更細微地觀查生物於空間位置上之變化，以瞭解生物群集特性因環境改變所造成棲地之遷移。
3. 增加評估之環境因子，以此可找出其它與生物關係性高的因子，如可增加海水水速、海底底層流速等因子，亦可提升棲地模式建立之關係性。

4. 以本文之方法於各大港建立生態評估模式，整合出一套生態評估原則，作為港灣工程施工之參考。



## 參考文獻

1. 陳文典 (1973) 「貝殼」, 台北市徐氏基金會初版部, 初版。
2. 藍子樵 (1985) 「貝類的世界」, 南天書局有限公司, 初版。
3. 藍子樵 (1986) 「貝類的秘密」, 台灣省立博物館, 初版。
4. 楊德漸、孫瑞平 (1986), 「中國近海多毛環節動物」。
5. 戴昌鳳(1989) 「臺灣的珊瑚」, 臺灣省政府教育廳, 195頁。
6. 張崑雄、陳育賢 (1992) 「東北角海濱生物」, 交通部觀光局東北角海岸風景特定區管理處, 初版。
7. 彼得•當斯 (1996) 「自然珍藏系列 貝殼圖鑑」, 貓頭鷹出版社, 初版。
8. 邵廣昭等(1996) 「台灣常見魚介貝類圖說(上) - 海藻與無脊椎動物」, 台灣省漁業局, 初版。
9. 洪明仕(1997) 「竹塹海濱生物」, 新竹市立文化中心, 初版。
10. 巫文隆(1997) 「台灣經濟性貝類研究參考圖冊」, 行政院農業委員會, 初版。
11. 江昆達、林信全 (1997) 「豐富的海洋資源」, 臺灣書店, 初版。
12. 黃淑芳(1999) 「認識藻類」, 台灣省立博物館, 一版。
13. 賴景陽(1999) 「貝類 (一)」, 渡假出版社有限公司, 初版。
14. 洪國雄(2000) 「澎湖海邊常見的生物」, 澎湖縣文化局, 初版。
15. 黃淑芳(2000) 「台灣東北角海藻圖錄」, 國立台灣博物館, 初版。
16. 陳育賢(2001) 「海岸生物 (一) - 台灣潮間帶生物 700 種 (一)」, 渡假出版社有限公司, 初版。
17. 李榮祥(2001) 「台灣賞蟹情報」, 大樹文化事業股份有限公司, 初版。

18. 陳育賢(2001)「海岸生物(二)－台灣潮間帶生物700種(二)」，渡假出版社有限公司，初版。
19. 趙世民(2003)，「台灣礁岩海岸地圖」，晨星出版有限公司。
20. 徐克學(1996)「數量分類學-生物分類」，水產出版社，初版。
21. 日本海洋學會(1986)，「沿岸環境調查(底質生物篇)」，恆星社厚生閣。
22. 郭一羽、朱達仁、葉明典(2002)「新竹海岸消波塊之生態調查研究」，中華民國第二十四屆海洋工程研討會論文集，第477-484頁。
23. 郭一羽、朱達仁、王勝民(2003)「新竹海岸消波塊週遭之底棲生物調查研究」，中華民國第二十五屆海洋工程研討會論文集，第639-646頁。
24. 張秀娟(2003)「消波塊附著生物之時空分佈與水質關係之研究-以新竹漁港為例」，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
25. 林綉美、張瑞欣、林東近(2004)「西南海岸結構物之海藻著生調查」，中華民國第二十六屆海洋工程研討會論文集，第559-566頁。
26. 陳宜清、何宗翰(2004)「探討以健康河川及棲地評價概念應用於野溪治理生態工法之評估」，第十四屆水利工程研討會，新竹，第D72-D79頁。
27. 高橋清孝·佐藤陽一·渡邊 競(1986)「アサリの生存限界に関する実験的検討」，宮城縣水產試驗場研究報告」，第44-58頁。
28. 日本全國沿岸漁業振興開發協會(1997)「増殖場造成計畫指針-ヒラメ・アサリ」編，平成8年度版，第304頁。
29. 新保裕美、田中昌宏、池谷 毅、越川義功(2000)「アサリを対象とした生物息地適性評価モデル」，海岸工程論文集第47卷，第1111-1115頁。
30. 吉安勇介、橋中秀典、井上雅夫、島田広昭、端谷研治(2001)「HEPによる人工磯の付着動物に関する生息適性評価」，海岸工程論文

集，第48巻，第1316-1320頁。

- 31.田中章(2002)「環境アセスメントにおける定量的生態系評価手法 HEP-代償ミティゲーションとの関係において-」。
- 32.田中章(2002)「何をもって生態系を復元したといえるのか？—生態系復元の目標設定とハビタット評価手続きHEP について」。
- 33.宇野宏司、中野晋、亘隆史(2001)「四国周辺の干潟における怖少種(シオマネキ)の生息地適性評価」。
- 34.福田光男、坪田幸雄、竹田義則、袖野宏樹，「砂浜域における沿岸構造物周辺の底生生物群集について」，海岸工学論文集，第48巻，第1256-1260頁，2001。
- 35.福田光男、坪田幸雄、森信幸、丸山修治、吉田徹、久野能孝、山下俊彦「底質・流速からみた沿岸構造物周辺の底生生物の経年変化」海岸工学論文集，第49巻，第1221-1225頁，2002。
- 36.山下俊彦、久野能孝、森信幸「開放性砂浜域での港湾構造物建に伴う物理環境と底生生物群集の変遷」，海岸工学論文集，第50巻，第1126-1130頁，2003。
- 37.橋中秀典、井上雅夫、島田広昭、田中賢治、西澤博志(2003)「豊かな付着動物相の形成を目指した人工磯の適地選定手法」，海岸工学論文集，第50巻，第1216-1220頁。
- 38.U.S. Fish and Wildlife Service (1981) “Standard for the development of habitat suitability index models”, Ecological Services Manual 103, Washington, DC.
- 39.Stephen,P.andPickard, G.L.(1987).Introductory dynamic oceanography, Oxford Pergamon Press.
- 40.Frid,C.L.J,Bunchanan,J.B. and Garword,P.R.(1996).Variability and stability in benthos:twenty-two years of monitoring of monitoring off Northumberland.ICESJournal of Marine science 53,978-980



## 附錄 各測站生物數量

表 A-1 6 月-1m 水深處底棲動物種類

物種中文名	物種英文名	A1	B1	C1	D1	E1
唱片簾蛤	<i>Circe scripta</i>					1
錐螺	<i>Turritella terebra</i>	1		6	1	4
栓海蝨	<i>Cerithidea cingulata</i>					8
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>	3	2			22
舵毛蚶	<i>Anadara gubernaculum</i>					1
歪簾蛤	<i>Anomalocardia squamosa</i>	2				5
大牡蠣	<i>Crassostrea gigas</i>		1	1	1	3
中華長文蛤	<i>Callista chinensis</i>					3
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>					1
豆斧蛤	<i>Donax faba</i>				1	1
呂宋馬珂蛤	<i>Mactra luzonica</i>					1
美姬滿月蛤	<i>Ctena bella</i>		1			
粗紋彎錦蛤	<i>Nuculana sematensis</i>	2				
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>				2	12
福壽螺	<i>Pomacea canaliculata</i>			5		
卵形櫻蛤	<i>Tellinides ovalis</i>		2			
台灣碟文蛤	<i>Cyclosunetta comtenpta</i>	1				1
中華馬珂蛤	<i>Mactra chinensis</i>					1
滿月蛤	<i>Codakia tigerina</i>					2
小石蜆螺	<i>Clithon oualaniensis</i>					1
總計		9	6	12	5	67
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		56.3	38	75	31	419

表 A-2 6 月-3m 水深處底棲動物種類

物種中文名	物種英文名	A3	B3	C3	D3	E3
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>	22	151	113	198	36
舵毛蚶	<i>Anadara gubernaculum</i>				1	
歪簾蛤	<i>Anomalocardia squamosa</i>				7	4
大牡蠣	<i>Crassostrea gigas</i>	1	4		15	3
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>			9	2	12
貓耳塔螺	<i>Otopleura auriscati</i>				1	
波紋橫簾蛤	<i>Paphia undulata</i>				1	
豆斧蛤	<i>Donax faba</i>				5	
伊莎貝蛋糕簾蛤	<i>Placamen isabellina</i>				2	
燒酒海蜷	<i>Batillaria zonalis</i>			2	1	1
粗紋彎錦蛤	<i>Nuculana sematensis</i>				2	
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>	26	2	3	4	2
腰帶玉螺	<i>Natica vitellus</i>			1		
卵形櫻蛤	<i>Tellinides ovalis</i>	20	2	1	1	
球織紋螺	<i>Niotha conoidalis</i>	1		1		
旗桿筍螺	<i>Terebra pretiosa</i>					1
台灣碟文蛤	<i>Cyclosunetta comtenpta</i>					2
圓蚶蜊	<i>Glycymeris rotunda</i>					2
奶油蛋糕簾蛤	<i>Placamen isabellina</i>					1
方形馬珂蛤	<i>Mactra veneriformis</i>				1	
方形蹄蛤	<i>Cycladicama oblonga</i>					
黑嘴玉螺	<i>Natica fasciata</i>		1			
小灰玉螺	<i>Natica gualteriana</i>				2	
紅唇抱蛤	<i>Solidicorbula erythron</i>				1	
日光櫻蛤	<i>Tellinella virgata</i>				2	
鳳螺	<i>Babylonia areolata</i>	1				
環節動物門 多毛綱	Phylum/Division:Annelida Class:Polychaeta	4	1	6	3	3
紐形動物門 無針綱	Phylum/Division:Nemertea Class:Anopla					1
伍氏螻蛄蝦	<i>Upogebia wuhsienweni</i>			1		
總計		76	161	138	249	68
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		475	1006	863	1556	425

表 A-3 6 月-5m 水深處底棲動物種類數

物種中文名	物種英文名	A5	B5	C5	D5	E5
綠殼菜蛤	<i>Perna viridis</i>			1		
栓海螵	<i>Cerithidea cingulata</i>			2	3	
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>	9	190	66	213	154
結毛蚶	<i>Anadara nodifera</i>			1		1
歪簾蛤	<i>Anomalocardia squamosa</i>			1		4
大牡蠣	<i>Crassostrea gigas</i>		3	9	8	3
皺肋文蛤	<i>Meretrix lyrata</i>	6				
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>			4	9	
日本笠蚶	<i>Limposis japonica</i>			1		1
豆斧蛤	<i>Donax faba</i>					6
燒酒海螵	<i>Batillaria zonalis</i>				5	
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>	4	6	13	7	6
卵形櫻蛤	<i>Tellinides ovalis</i>	2	2			
旗桿筍螺	<i>Terebra pretiosa</i>			1		
台灣碟文蛤	<i>Cyclosunetta comtenpta</i>			1	1	
黑環西施舌	<i>Sanguinolaria atrata</i>					1
褐邊黃文蛤	<i>Pitar striatum</i>					1
方形馬珂蛤	<i>Maetra veneriformis</i>				1	
公代薄殼蛤	<i>Laternula marilina</i>		5			
環文蛤	<i>Cyclina sinensis</i>				2	
粗肋橫簾蛤	<i>Paphia euglypta</i>				1	
花蛤	<i>Gomphina aequilatera</i>				4	
寬葉百合簾蛤	<i>Irus macrophyllus</i>			1		
娜娜厚蛤	<i>Eucrassatella nana</i>			1		
環節動物門 多毛綱	Phylum/Division:Annelida Class:Polychaeta	4	2	3	5	3
紐形動物門 無針綱	Phylum/Division:Nemertea Class:Anopla	2	1			
總計		27	209	105	259	180
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		169	1306	656	1619	1125

表 A-4 6 月-9m 水深處底棲動物種類

物種中文名	物種英文名	B9	C9	E9
錐螺	<i>Turritella terebra</i>			1
栓海蝶	<i>Cerithidea cingulata</i>	1		
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>	115	9	219
大牡蠣	<i>Crassostrea gigas</i>	1	2	2
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>	1	3	
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>	1		3
卵形櫻蛤	<i>Tellinides ovalis</i>			4
圓鏡文蛤	<i>Dosinella orbiculata</i>		2	
台灣碟文蛤	<i>Cyclosunetta comtenpta</i>			1
中華馬珂蛤	<i>Mactra chinensis</i>			1
瑞珠捲管螺	<i>Brachytoma kurodai</i>			2
方形馬珂蛤	<i>Mactra veneriformis</i>			1
方形蹄蛤	<i>Cycladicama oblonga</i>			1
小灰玉螺	<i>Natica gualteriana</i>	1		
光芒荳蛭	<i>Siliqua cumingi</i>			1
環節動物門 多毛綱	Phylum/Division: Annelida Class: Polychaeta	4	3	1
紐形動物門 無針綱	Phylum/Division: Nemertea Class: Anopla	2		
頑強黎明蟹	<i>Matuta victor</i>		1	
太平洋蟬蟹	<i>Hippa pacifica</i>		1	
總計		126	21	237
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		788	131	1481

表 A-5 9 月-1m 水深處底棲動物種類

物種中文名	物種英文名	A1	B1	C1	D1	E1
錐螺	<i>Turritella terebra</i>	1		2	5	
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>	8	12	11	64	5
結毛蚶	<i>Anadara nodifera</i>			1	4	1
舵毛蚶	<i>Anadara gubernaculum</i>	2			1	2
歪簾蛤	<i>Anomalocardia squamosa</i>	1	5			6
大牡蠣	<i>Crassostrea gigas</i>		2	1	7	1
中華長文蛤	<i>Callista chinensis</i>			1		
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>	1	1		5	5
豆斧蛤	<i>Donax faba</i>			3	5	
美姬滿月蛤	<i>Ctena bella</i>		1	7		1
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>		2		16	
台灣碟文蛤	<i>Cyclosunetta comtenpta</i>	1	2	2	3	
圓蚶蜊	<i>Glycymeris rotunda</i>	1	1	5		4
紅唇抱蛤	<i>Solidicorbula erythrodon</i>					1
厚蛤	<i>Bathytormus foveolatus</i>			2		2
九州斧蛤	<i>Tentidonax kiusiuensis</i>	1	2	1		
紅唇滿月蛤	<i>Codakia paytenorum</i>	1				
紋藤壺	<i>Balanus amphitrite Darwin</i>				3	
總計		17	28	36	113	28
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		106	175	225	706	175

表 A-6 9 月-3m 水深處底棲動物種類

物種中文名	物種英文名	A3	B3	C3	D3	E3
錐螺	<i>Turritella terebra</i>	1		1		
栓海蜷	<i>Cerithidea cingulata</i>			2		1
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>	4	19	28	1	15
結毛蚶	<i>Anadara nodifera</i>		1			
舵毛蚶	<i>Anadara gubernaculum</i>			1		1
歪簾蛤	<i>Anomalocardia squamosa</i>		1			
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>		2		1	4
貓耳塔螺	<i>Otopleura auriscati</i>			1		
豆斧蛤	<i>Donax faba</i>	1		3		
燒酒海蜷	<i>Batillaria zonalis</i>			1	1	1
美姬滿月蛤	<i>Ctena bella</i>		2			1
粗紋彎錦蛤	<i>Nuculana sematensis</i>	3				
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>	2	3	4		1
台灣碟文蛤	<i>Cyclosunetta comtenpta</i>	3	9			3
小石蟹螺	<i>Clithon oualaniensis</i>					1
圓蚶蜊	<i>Glycymeris rotunda</i>	1	1	1		
紅唇抱蛤	<i>Solidicorbula erythrodon</i>		1			1
彩虹螺	<i>Umbonium vestiarium</i>	7	28	6	3	7
黃玉櫻蛤	<i>Lacolina chloroleuca</i>			1		
笠螺	<i>Cellana toreuma</i>					1
黑環西施舌	<i>Sanguinolaria atrata</i>		1			
花筍螺	<i>Hastula strigilata</i>				1	
球織紋螺	<i>Niotha conoidalis</i>			1		
細紋玉螺	<i>Natica lineata</i>			1		
環節動物門 多毛綱	Phylum/Division: Annelida Class: Polychaeta	1	1	1	3	1
總計		23	69	52	10	38
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		144	431.3	325	63	237.5

表 A-7 9 月-5m 水深處底棲動物種類

物種中文名	物種英文名	A5	B5	C5	D5	E5
錐螺	<i>Turritella terebra</i>				1	
栓海蜷	<i>Cerithidea cingulata</i>				2	2
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>	5	7	32	63	15
結毛蚶	<i>Anadara nodifera</i>					2
舵毛蚶	<i>Anadara gubernaculum</i>			1	3	
歪簾蛤	<i>Anomalocardia squamosa</i>			1		12
大牡蠣	<i>Crassostrea gigas</i>				1	6
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>	1		2	6	2
豆斧蛤	<i>Donax faba</i>				1	11
呂宋馬珂蛤	<i>Mactra luzonica</i>			1		
燒酒海蜷	<i>Batillaria zonalis</i>		1		1	
美姬滿月蛤	<i>Ctena bella</i>					3
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>	3	1	1		1
卵形櫻蛤	<i>Tellinides ovalis</i>	1				
台灣碟文蛤	<i>Cyclosunetta comtenpta</i>		1			13
中華馬珂蛤	<i>Mactra chinensis</i>					1
圓蚶蜊	<i>Glycymeris rotunda</i>	1	1			4
奶油蛋糕簾蛤	<i>Placamen isabellina</i>					1
紅唇抱蛤	<i>Solidicorbula erythron</i>					1
鳳螺	<i>Babylonia areolata</i>		1			
厚蛤	<i>Bathytormus foveolatus</i>					2
彩虹螺	<i>Umbonium vestiarium</i>	4	2		1	
亞洲日月蛤	<i>Amusium pleuronectes</i>				2	1
麥氏巧櫻蛤	<i>Apolymetis meyeri</i>					1
黑環西施舌	<i>Sanguinolaria atrata</i>					1
環節動物門 多毛綱	Phylum/Division:Annelida Class:Polychaeta		1	1	4	
總計		15	15	39	85	79
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		94	93.75	243.8	531	493.8

表 A-8 9 月-9m 水深處底棲動物種類

物種中文名	物種英文名	B9	C9	E9
錐螺	<i>Turritella terebra</i>			1
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>	34	85	86
結毛蚶	<i>Anadara nodifera</i>		1	2
舵毛蚶	<i>Anadara gubernaculum</i>		1	
大牡蠣	<i>Crassostrea gigas</i>		2	1
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>		1	1
豆斧蛤	<i>Donax faba</i>		1	1
燒酒海蜷	<i>Batillaria zonalis</i>		1	
美姬滿月蛤	<i>Ctena bella</i>	1		2
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>	6	7	14
小灰玉螺	<i>Natica gualteriana</i>	1		
紅唇抱蛤	<i>Solidicorbula erythrodon</i>	1	1	1
彩虹螺	<i>Umbonium vestiarium</i>	1		
笠螺	<i>Cellana toreuma</i>		1	
白莓烏尾蛤	<i>fragum fragum</i>	1		
環節動物門 多毛綱	<b>PHYLUM/DIVISION:ANNELIDA</b> <b>CLASS:POLYCHAETA</b>	8	1	1
總計		53	102	110
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		331.3	637.5	687.5



表 A-9 12 月-1m 水深處底棲動物種類

物種中文名	物種英文名	A1	B1	C1	D1	E1
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>		3		2	
結毛蚶	<i>Anadara nodifera</i>			1		
舵毛蚶	<i>Anadara gubernaculum</i>			1	1	
歪簾蛤	<i>Anomalocardia squamosa</i>			2	1	
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>	1			3	
燒酒海蜷	<i>Batillaria zonalis</i>				1	
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>		2		2	
台灣碟文蛤	<i>Cyclosunetta comtenpta</i>		1			1
圓蚶蜊	<i>Glycymeris rotunda</i>					1
奶油蛋糕簾蛤	<i>Placamen isabellina</i>			1		
厚蛤	<i>Bathytormus foveolatus</i>			1		
九州斧蛤	<i>Tentidonax kiusiuensis</i>					1
紅唇滿月蛤	<i>Codakia paytenorum</i>					1
綠殼菜蛤	<i>Perna viridis</i>			2		
總計		1	6	8	10	4
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		6.25	37.5	50	62.5	25

表 A-10 12 月 -3m 水深處底棲動物種類

物種中文名	物種英文名	A3	B3	C3	D3	E3
栓海蜷	<i>Cerithidea cingulata</i>			1		5
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>	4	3	1	25	23
舵毛蚶	<i>Anadara gubernaculum</i>		1			
歪簾蛤	<i>Anomalocardia squamosa</i>		2			5
大牡蠣	<i>Crassostrea gigas</i>			4		6
中華長文蛤	<i>Callista chinensis</i>					1
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>	2		1	3	2
燒酒海蜷	<i>Batillaria zonalis</i>					7
美姬滿月蛤	<i>Ctena bella</i>					1
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>	3	1	2	11	5
台灣碟文蛤	<i>Cyclosunetta comtenpta</i>		1		1	
小石蜆螺	<i>Clithon oualaniensis</i>					3
圓蚶蜊	<i>Glycymeris rotunda</i>		2		1	1
紅唇抱蛤	<i>Solidicorbula erythrodon</i>			1		
彩虹蟲昌螺	<i>Umbonium vestiarium</i>	2	1	2	42	8
亞洲日月蛤	<i>Amusium pleuronectes</i>			1		
紅唇滿月蛤	<i>Codakia paytenorum</i>		2	1		
唱片簾蛤	<i>Circe scripta</i>			1		
山瓜子簾蛤	<i>Paphia amabilis</i>			1		
環節動物門 多毛綱	Phylum/Division:Annelida Class:Polychaeta	1		7	4	5
總計		12	13	23	87	72
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		75	81.25	143.7	543.7	450

表 A-11 12 月 -5m 水深處底棲動物種類

物種中文名	物種英文名	A5	B5	C5	D5	E5
栓海螵	<i>Cerithidea cingulata</i>		1			1
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>	6	21	33	8	174
結毛蚶	<i>Anadara nodifera</i>					1
舵毛蚶	<i>Anadara gubernaculum</i>	1	4	1	1	2
大牡蠣	<i>Crassostrea gigas</i>		9	1		8
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>		13	3		15
燒酒海螵	<i>Batillaria zonalis</i>					8
美姬滿月蛤	<i>Ctena bella</i>		2			
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>	1	19	3	2	14
台灣碟文蛤	<i>Cyclosunetta comtenpta</i>		1	2	1	
圓蚶蜊	<i>Glycymeris rotunda</i>			3		1
紅唇抱蛤	<i>Solidicorbula erythrodon</i>		1			
彩虹蟲昌螺	<i>Umbonium vestiarium</i>	1	3	2	2	9
紅唇滿月蛤	<i>Codakia paytenorum</i>			2	1	
紋藤壺	<i>Balanus amphitrite Darwin</i>					1
唱片簾蛤	<i>Circe scripta</i>		1			1
環節動物門 多毛綱	Phylum/Division:Annelida Class:Polychaeta		7	3	4	
總計		9	82	53	19	235
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		56.2	512	331	118	1468

表 A-12 12 月-9m 水深處底棲動物種類

物種中文名	物種英文名	B9	C9	E9
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>	14	23	142
舵毛蚶	<i>Anadara gubernaculum</i>		1	2
歪簾蛤	<i>Anomalocardia squamosa</i>			1
大牡蠣	<i>Crassostrea gigas</i>	2		
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>	2		3
燒酒海蜷	<i>Batillaria zonalis</i>		2	1
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>	2		19
圓蚶蚶	<i>Glycymeris rotunda</i>	1	1	
紅唇抱蛤	<i>Solidicorbula erythrodon</i>			2
鳳螺	<i>Babylonia areolata</i>			1
彩虹蟲昌螺	<i>Umbonium vestiarium</i>	1	1	10
紅唇滿月蛤	<i>Codakia paytenorum</i>		1	
紋藤壺	<i>Balanus amphitrite Darwin</i>			1
顯眼櫛筍螺	<i>Duplicaria badia</i>	1		
環節動物門 多毛綱	Phylum/Division:Annelida Class:Polychaeta	7	2	2
總計		30	31	184
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		187.5	193.75	1150

表 A-13 3 月-1m 水深處底棲動物種類

物種中文名	物種英文名	A1	B1	C1	D1	E1
栓海蠔	<i>Cerithidea cingulata</i>		4			
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>		20	10	7	1
舵毛蚶	<i>Anadara gubernaculum</i>			9	2	1
歪簾蛤	<i>Anomalocardia squamosa</i>		1	9	1	3
大牡蠣	<i>Crassostrea gigas</i>		1	1	1	1
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>		3	3		
美姬滿月蛤	<i>Ctena bella</i>		7	8		4
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>	2	4	1	1	
台灣碟文蛤	<i>Cyclosunetta comtenpta</i>	1		15	2	2
厚蛤	<i>Bathytormus foveolatus</i>			1		
彩虹虫昌螺	<i>Umbonium vestiarius</i>		1		1	
豆斧蛤	<i>Donax faba</i>			1	1	
日本笠蚶	<i>Limopsis japonica</i>					1
錐螺	<i>Turritella terebra</i>		2	7		1
總計		3	43	65	16	14
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		18.7	268.7	406.2	100	87.5

表 A-14 3 月-3m 水深處底棲動物種類

物種中文名	物種英文名	A3	B3	C3	D3	E3
栓海蛭	<i>Cerithidea cingulata</i>		3			
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>	1	3	5	33	1
結毛蚶	<i>Anadara nodifera</i>		1			
舵毛蚶	<i>Anadara gubernaculum</i>		1			
歪簾蛤	<i>Anomalocardia squamosa</i>		6			2
大牡蠣	<i>Crassostrea gigas</i>		3			1
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>		4		7	
燒酒海蛭	<i>Batillaria zonalis</i>		2	5		
美姬滿月蛤	<i>Ctena bella</i>		1	3		
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>	3	1	1	2	2
台灣碟文蛤	<i>Cyclosunetta comtenpta</i>	4	8	1		
鳳螺	<i>Babylonia areolata</i>					1
厚蛤	<i>Bathytormus foveolatus</i>		1			
彩虹虫昌螺	<i>Umbonium vestiarium</i>			3	7	
綠殼菜蛤	<i>Perna viridis</i>			1		
唱片簾蛤	<i>Circe scripta</i>					1
豆斧蛤	<i>Donax faba</i>	1				
日本笠蚶	<i>Limposis japonica</i>		2			
環節動物門多毛類	Phylum/Division: Annelida Class: Polychaeta	1		1	4	3
總計		10	36	20	53	11
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		62.5	225	125	331	68.7

表 A-15 3 月-5m 水深處底棲動物種類

物種中文名	物種英文名	A5	B5	C5	D5	E5
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>	12	11	4	1	4
歪簾蛤	<i>Anomalocardia squamosa</i>				1	
大牡蠣	<i>Crassostrea gigas</i>		2	1		7
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>	4	2	1		1
美姬滿月蛤	<i>Ctena bella</i>		1			
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>	2	1	1	1	10
台灣碟文蛤	<i>Cyclosunetta comtenpta</i>	1				
鳳螺	<i>Babylonia areolata</i>					1
彩虹虫昌螺	<i>Umbonium vestiarium</i>		8	4	1	1
白莓烏尾蛤	<i>fragum fragum</i>		1			1
環節動物門多毛類	Phylum/Division:Annelida Class:Polychaeta		6	5	3	
總計		19	32	16	7	25
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		118	200	100	43.7	156

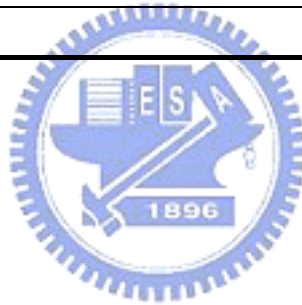


表 A-16 3 月-9m 水深處底棲動物種類

物種中文名	物種英文名	B9	C9	E9
厚殼縱簾蛤	<i>Gafrarium tumidum</i>	47	68	47
舵毛蚶	<i>Anadara gubernaculum</i>	1		
歪簾蛤	<i>Anomalocardia squamosa</i>			1
大牡蠣	<i>Crassostrea gigas</i>	1	3	8
文蛤	<i>Meretrix lusoria</i>	5	9	3
燒酒海蜷	<i>Batillaria zonalis</i>		1	
美姬滿月蛤	<i>Ctena bella</i>	1		1
紫孔雀蛤	<i>Septifer virgatus</i>			9
台灣碟文蛤	<i>Cyclosunetta comtenpta</i>	1	2	2
彩虹虫昌螺	<i>Umbonium vestiarium</i>		1	3
綠殼菜蛤	<i>Perna viridis</i>		1	
日本笠蚶	<i>Limopsis japonica</i>		1	
白莓鳥尾蛤	<i>fragum fragum</i>	1		
環節動物門多毛類	Phylum/Division: Annelida Class: Polychaeta	2	1	3
總計		59	87	77
密度(生物個數/m <sup>2</sup> )		368.7	543.7	481.2