

96-17-7237

MOTC-IOT-95-H2DB002

生態型海岸保護工法研究(2/4)



交通部運輸研究所

中華民國 96 年 4 月

96-17-7237

MOTC-IOT-95-H2DB002

生態型海岸保護工法研究(2/4)

著者：徐如娟、蔡立宏、黃清和、林綉美
林東廷、林志明、陳昌生

交通部運輸研究所

中華民國 96 年 4 月

96

生態型海岸保護工法研究
(2/4)

交通部運輸研究所

GPN : 1009600748

定價 300 元

生態型海岸保護工法研究. (2/4) / 徐如娟等著

. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民
96

面 : 公分

參考書目:面

ISBN 978-986-00-9244-8 (平裝)

1. 海岸工程 2. 生態工法

443.3

96005989

生態型海岸保護工法研究 (2/4)

著 者：徐如娟、蔡立宏、黃清和、林綉美、林東廷、林志明、陳昌生

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：臺北市敦化北路240號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電 話：(04) 26587176

出版年月：中華民國96年4月

印 刷 者：福島實業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷110冊

本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站

定 價：300 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02) 23496880

國家書坊臺視總店：臺北市八德路3段10號B1・電話：(02) 25781515

五南文化廣場：臺中市中山路6號・電話：(04) 22260330

GPN：1009600748 ISBN：978-986-00-9244-8 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：生態型海岸保護工法研究(2/4)			
國際標準書號（或叢刊號） 978-986-00-9244-8 (平裝)	政府出版品統一編號 1009600748	運輸研究所出版品編號 96-17-7237	計畫編號 95-H2DB002
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：蔡立宏 研究人員：徐如娟、何良勝 聯絡電話：04-26587115 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：建國科技大學 計畫主持人：黃清和 研究人員：林綉美、林東廷、林志明 陳昌生 地址：彰化市介壽北路1號 聯絡電話：04-7111140		研究期間 自 95 年 2 月 至 95 年 12 月
關鍵詞：海藻著生；海藻總豐富度；生態型海岸保護工法			
摘要： 本研究於95年2月、5月及8月在國內南部之大鵬灣出口導流堤及林邊海岸離岸堤進行三季次調查，共發現20種海藻，第一季及第二季皆以綠藻門之石蓴科為絕對優勢藻種；海藻大多著生在消波塊、石塊之頂部、側面及斜邊等受光處；隨著基質慢慢由裸露的石塊或消波塊轉變成沙礫覆蓋較多區域時，海藻覆蓋呈現逐漸遞減趨勢。 比較海藻著生與水質條件，第一季營養鹽較第二季高，海藻豐富度卻以第二季較高，顯示第一季的營養鹽提供第二季海藻大量生長條件；第三季海藻著生量最低，可能與海藻壽命和孢子萌芽所需之水溫相互影響有關。另溫度及光強度於第二季增加，在營養鹽及溫度、光強度等相互影響，或許也是影響海藻豐富度重要因子。 林邊離岸堤潮間帶海藻總豐富度較大鵬灣導流堤為高，但林邊之藻類分佈水深皆較同季大鵬灣為淺，初步研判此可能與結構物設置水深、斜邊坡度、表面積、施設年代等因子有關；尤其林邊因為離岸堤，致堤後側產生淤沙效果，造成濁度增加與基質之變化。 本年計畫仍屬短期調查，對南部海岸結構物海藻著生與水質條件、環境因子相關性間的現象及推論，仍需更長期監測才能定論。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
96 年 4 月	156	300	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐密 ☐機密 ☐極機密 ☐絕對機密 （解密條件：☐ 年 月 日解密，☐公布後解密，☐附件抽存後解密， ☐工作完成或會議終了時解密，☐另行檢討後辦理解密） ☒普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Ecological Engineering Methods in Shore Protection Engineering (2/4)			
ISBN (OR ISSN) 978-986-00-9244-8 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009600748	IOT SERIAL NUMBER 96-17-7237	PROJECT NUMBER 95-H2DB002
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Tsai Li-Hung PROJECT STAFF: Hsu Ju-Chuan, Ho Liang-Sheng PHONE: (04) 26587115 FAX: (04) 26564418			PROJECT PERIOD FROM February 2006 TO December 2006
RESEARCH AGENCY: Chienkuo Technology University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Hwang Ching-Her PROJECT STAFF: Lin Showe-Mei, Lin Dong-Tirng,, Lin Chih-Ming, , Chen Chang-Sheng, ADDRESS: No. 1, Chieh Shou N. Road, Changhua City 500, Taiwan, R.O.C PHONE: (04) 7111140			
KEY WORDS: Seaweed Attachment, Seaweed Total Abundance, Ecologically-Coastal Protection Methods			
ABSTRACT: The research was conducted from early spring through late summer in the outlet of Daipeng Bay and Linping coastline. Three seasonal investigations were conducted to monitor seaweed attachment and abundance on the shore artificial structures or shaped concrete blocks in mid-February, mid-May and early August. Twenty species of seaweeds in total were found. Among them, the green alga <i>Ulva fasciata</i> was the most abundant species in the first two investigations. The seaweeds found in this study mostly attached on the top or sides of the man-made concrete stones that exposed to sunlight. Nevertheless, the abundance of seaweeds on the concrete blocks gradually decreased when the base of the blocks were covered by drift sand or were located near sandy substrata. The nutrition of seawater in February is higher than that in May, whereas the total abundance of seaweeds in May is higher than that in February. It might be attributed to that the higher nutrition in February provides the necessary nutrition for the growth of seaweeds when couple with the increase of water temperature in late spring. The total abundance of seaweeds largely reduces in August. It might be attributed to their short life span, which is normally between three to six months in warm waters. Besides, the environment factors such as water temperature and sunlight that increase significantly in May, might affect the growth of seaweeds. The total abundance of seaweeds appears on the offshore breakwaters along the coast of Linping is higher than that occur on the concrete banks in the outlet of Daipeng Bay, the water depth at Linping is shallower than that at Daipeng. The differences of seaweed abundance and water depth might be caused by the influences of the implanted depth, banking angles, total surface areas and building ages of the breakwaters. Particularly, the backside of offshore breakwaters at Linping is largely covered by accumulated sand particles from neighboring areas. The accumulated sand particles might cause the increasing water turbidity. The results of this report are based on a short period of investigation time and the conclusion is preliminary. The better understanding of interactions among growth of seaweeds, water quality and related environmental factors needs a long-term ecological survey.			
DATE OF PUBLICATION April 2007	NUMBER OF PAGES 156	PRICE 300	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

生態型海岸保護工法研究(2/4)

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
表目錄	VI
圖目錄	VII
照片目錄	VIII
第一章 緒 論	1-1
1.1 前言	1-1
1.2 研究動機及目的	1-2
1.3 研究方法與步驟	1-2
1.4 本文組織	1-6
第二章 生態工法於海岸保護工程之應用	2-1
2.1 生態工法概述	2-1
2.1.1 生態工法之沿革	2-1
2.1.2 生態工法之精神	2-2
2.1.3 生態工法之基本考量	2-3
2.2 國內生態工法發展概況	2-4
2.2.1 生態工法之定義	2-5
2.2.2 生態工法之研究	2-5
2.2.3 生態工法之推動與成果	2-5
2.3 國內海岸生態工法研究概況	2-7
2.3.1 相關研究與文獻	2-7
2.3.2 研究概況	2-9

2.4 日本海岸生態工法研究概況	2-11
2.4.1 生態型消波塊、方塊之應用	2-11
2.4.2 生態礁之應用	2-13
2.4.3 附加藻場機能	2-14
2.4.4 附加海水交換機能	2-14
2.4.3 附加藻場機能	2-14
2.5 開發案例	2-17
2.5.1 國內案例	2-17
2.5.2 國外案例	2-24
第三章 南部海岸保護結構物海藻生態環境調查	3-1
3.1 藻場造成型海岸保護結構物研究概述	3-1
3.2 調查目的	3-2
3.3 調查對象	3-2
3.3.1 對象海岸	3-2
3.3.2 對象結構物	3-3
3.3.3 自然環境	3-7
3.4 調查項目與方法	3-14
3.4.1 調查項目	3-14
3.4.2 調查方法	3-15
3.5 海水水質調查結果	3-20
3.5.1 第一季 (95 年 2 月)	3-20
3.5.2 第二季 (95 年 5 月)	3-23
3.5.3 第三季 (95 年 8 月)	3-24
3.6 著生海藻調查結果	3-28
3.6.1 第一季 (95 年 2 月)	3-28
3.6.2 第二季 (95 年 5 月)	3-31
3.6.3 第三季 (95 年 8 月)	3-34
第四章 海藻生態效果與水質環境分析	4-1
4.1 海水水質環境分析	4-1
4.1.1 溫度與鹽度的季節性變化	4-1
4.1.2 pH 值與溶氧量的季節性變化	4-1

4.1.3	水體營養鹽的季節性變化	4-2
4.1.4	濁度與光照度的季節性變化	4-3
4.2	海藻著生分析	4-5
4.2.1	優勢種和藻種的季節性變化分析	4-5
4.2.2	海藻種類季節性變化與相似性分析	4-5
4.2.3	海藻種類季節性變化與共有種率分析	4-11
4.2.4	海藻種類季節性變化與多樣性分析	4-16
4.3	海藻著生效果與水質環境分析	4-20
4.3.1	海藻豐富度與水溫和相關的營養鹽季節性變化分析 ..	4-20
4.3.2	海藻豐富度與光照度、深度和濁度季節性變化分析 ..	4-20
4.3.3	海藻種類季節性變化與不同區域上著生的分析	4-21
第五章	海藻著生效果與環境因子相關性分析	5-1
5.1	海藻著生效果與水質環境	5-1
5.2	海藻著生與光照度環境	5-2
5.3	海藻著生與基質環境	5-4
5.4	海藻著生與水深環境	5-6
5.5	海藻著生與結構物型式	5-7
第六章	結論與建議	6-1
6.1	結論	6-1
6.2	建議	6-4

參考文獻

附錄 A 本計畫調查海藻之生態與照片

附錄 B 期中報告審查意見及處理情形

附錄 C 期末報告審查意見及處理情形

表 目 錄

表 2.1	日本自然調和型漁港推進事業迄 2002 年實施概況.....	2-27
表 2.2	日本藻場造成型示範漁港實施概要	2-28
表 3.1	南部海岸保護結構物海藻生態環境調查位置.....	3-3
表 3.2	高雄測站長期氣象月平均統計表.....	3-7
表 3.3	大鵬灣地區全年風速風向分佈累積百分率.....	3-9
表 3.4	大鵬灣外海颱風波浪表.....	3-12
表 3.5	大鵬灣附近海域水質表.....	3-13
表 3.6	海水水質檢測項目之分析方法與方法依據.....	3-15
表 3.7	第一季（2 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤水質分析資料...	3-25
表 3.8	第二季（5 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤水質分析資料...	3-26
表 3.9	第三季（8 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤水質分析資料...	3-27
表 3.10	第一季（2 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站 海岸結構物之大型海藻著生覆蓋率.....	3-29
表 3.11	第一季（5 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站 海岸結構物之大型海藻著生覆蓋率.....	3-32
表 3.12	第一季（8 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站 海岸結構物之大型海藻著生覆蓋率.....	3-35
表 4.1	第一季（2 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站 海岸結構物之大型海藻著生之相似性率(CZ similarity).....	4-8
表 4.2	第一季（5 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站 海岸結構物之大型海藻著生之相似性率(CZ similarity).....	4-9
表 4.3	第一季（8 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站 海岸結構物之大型海藻著生之相似性率(CZ similarity).....	4-10
表 4.4	第一季（2 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站 海岸結構物之大型海藻著生共有種率分析(PS similarty)	4-13
表 4.5	第一季（5 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站 海岸結構物之大型海藻著生共有種率分析(PS similarty)	4-14
表 4.6	第一季（8 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站 海岸結構物之大型海藻著生共有種率分析(PS similarty)	4-15

圖 目 錄

圖 1.1	工作流程圖	1-4
圖 2.1	海域生態性工法之分類	2-10
圖 2.2	大阪關西國際機場應用生態型消波塊例	2-12
圖 2.3	北海道福島漁港防波堤應用產卵礁例	2-13
圖 2.4	附加藻場機能海岸結構物	2-15
圖 2.5	附加海水交換機能海岸結構物	2-16
圖 2.6	安平港海岸整治工程配置及馬刺型突堤頭生態潛礁斷面圖 ..	2-18
圖 2.7	烏石漁港南端防波堤增建工程	2-19
圖 2.8	富基漁港北防波堤延長工程平面及標準斷面圖	2-20
圖 2.9	後灣海岸環境及景觀改善計畫	2-21
圖 2.10	富來漁港藻場造成型防波堤成效追蹤調查	2-30
圖 2.11	日本協田漁港人工潛礁生物涵養效果調查	2-31
圖 3.1	南部海岸保護結構物海藻生態環境調查位置圖	3-4
圖 3.2	屏東縣林邊鄉水利村第五、六座離岸堤平面與斷面圖	3-5
圖 3.3	屏東縣大鵬灣出口導流堤平面與斷面圖	3-6
圖 3.4	大鵬灣浮標測站氣溫統計圖	3-8
圖 3.5	大鵬灣風玫瑰圖	3-9
圖 3.6	大鵬灣浮標測站 2003 年風速統計圖	3-10
圖 3.7	大鵬灣浮標測站 2003 年波浪統計分析圖	3-11
圖 4.1	各監測點水體營養鹽 DIN 與 DIP 關係圖	4-3
圖 4.2	各監測點水體 NO ₃ -N、DIN、DIP、N/P ratio 與 光照度相關性	4-4
圖 4.3	第一季（2 月份）各測站 Shannon-Wiener 多樣性指數分佈圖	4-16
圖 4.4	第二季（5 月份）各測站 Shannon-Wiener 多樣性指數分佈圖	4-17
圖 4.5	第三季（8 月份）各測站 Shannon-Wiener 多樣性指數分佈圖	4-18

照片目錄

照片 2.1	消波塊上之生態例.....	2-11
照片 2.2	表面凹凸處理之消波塊與方塊.....	2-12
照片 2.3	消波塊表面加設纖維網.....	2-13
照片 2.4	後灣海岸環境及景觀改善工程施工前後.....	2-23
照片 2.5	多明尼加 Gran Dominicus 海灘外之三列礁球潛堤.....	2-24
照片 2.6	Gran Dominicus 海灘設立礁球潛堤前後之比較.....	2-24
照片 2.7	慶野松原海岸之生態型人工潛礁.....	2-25
照片 3.1	大鵬灣出口導流堤(測站一、測站二)現況照片.....	3-21
照片 3.2	林邊海岸離岸堤(測站三、測站四)現況照片.....	3-22
照片 3.3	大鵬灣導流堤測站一(裂片石蓴)照片.....	3-36
照片 3.4	大鵬灣導流堤測站二(蜈蚣藻及縱胞藻)照片.....	3-36
照片 3.5	林邊離岸堤測站三(裂片石蓴)照片.....	3-37
照片 3.6	林邊離岸堤測站四(裂片石蓴)照片.....	3-37
照片 A-1	海藻生態調查成果照片—羽藻.....	附 A-1
照片 A-2	海藻生態調查成果照片—羽狀蕨藻.....	附 A-2
照片 A-3	海藻生態調查成果照片—硬毛藻.....	附 A-3
照片 A-4	海藻生態調查成果照片—粗硬毛藻.....	附 A-4
照片 A-5	海藻生態調查成果照片—束生剛毛藻.....	附 A-5
照片 A-6	海藻生態調查成果照片—裂片石蓴.....	附 A-6
照片 A-7	海藻生態調查成果照片—腸蕨苔.....	附 A-7
照片 A-8	海藻生態調查成果照片—扇形擬伊谷藻.....	附 A-8
照片 A-9	海藻生態調查成果照片—縱胞藻.....	附 A-9
照片 A-10	海藻生態調查成果照片—仙藻.....	附 A-10
照片 A-11	海藻生態調查成果照片—肉葉藻.....	附 A-11
照片 A-12	海藻生態調查成果照片—擬石花藻.....	附 A-12
照片 A-13	海藻生態調查成果照片—刺邊龍鬚菜.....	附 A-13
照片 A-14	海藻生態調查成果照片—蜈蚣藻.....	附 A-14
照片 A-15	海藻生態調查成果照片—舌狀蜈蚣藻.....	附 A-15
照片 A-16	海藻生態調查成果照片—劍葉蜈蚣藻.....	附 A-16
照片 A-17	海藻生態調查成果照片—繁枝蜈蚣藻.....	附 A-17

照片 A-18	海藻生態調查成果照片—稀毛蜈蚣藻	附 A-18
照片 A-19	海藻生態調查成果照片—沙菜	附 A-19
照片 A-20	海藻生態調查成果照片—多管藻	附 A-20

第一章 緒論

本研究為「生態型海岸保護工法研究(2/4)」，主要以南部海岸之大鵬灣導流堤及林邊海域離岸堤等之海岸保護結構物為對象，進行生態調查並分析海藻生態與水質環境及環境因子之相關性，俾供國內發展生態型海岸保護結構物之參考應用。

1.1 前言

近年來隨著環保意識之高漲及地球環境問題之愈益受重視，對於各項環境污染、衝擊及災害回噬等環境失序狀況，喚醒人類重新思考調整利用自然資源之心態與方式，並領悟單以人類需求為主之開發行為已不合時宜，須考慮開發建設與自然環境之和諧共存，促使強調尊重自然之生態工法受到廣泛注意與重視。生態工法之觀念起源於歐洲二十世紀初，國內於民國 87 年引進，並於 89 年大規模運用在 921 重建區，惟相關生態工法之全面性研究亦僅始於 88 年，由早期生態工法之觀念與技術多應用於溪流整治、野溪復育、水利工程及水土保持等，近年來已有較多元之應用與發展。以國內生態工法在海岸工程之應用可謂尚處起步階段，未來仍需投入更多之本土化研究，俾利海岸生態工法之推廣與應用。

傳統海岸保護工法如海堤、突堤、離岸堤、潛堤等，大多以防潮禦浪之防災功能為主，近年由於世界潮流衝擊、國人環保意識高漲及海域休閒遊憩之興起，致使海岸保護工程之規劃除滿足國土保安之功能外，逐漸朝向兼具生態、景觀等多功能目標。尤其海岸工程建設時往往造成藻場、漁場、濕地等海岸環境之破壞，對於自然環境與生態之影響較為忽視，未來海岸保護結構物之規劃設計除考量防災功能與結構安全外，須進一步融入生態理念，研擬合適之工程斷面，兼具復育、改善、創造生態環境之效果，以達到海岸環境之維護與永續利用。

本研究除依據國內外海岸保護工法之相關案例與文獻，瞭解生態工法於海岸保護及港灣工程之應用情形，主要工作乃進行南部海岸保護結構物之海藻生態環境調查，分析海岸保護結構物之海藻著生特性及水質環境因子，期由計畫成果提供後續研究、施政及海岸保護工程設計之參酌。

1.2 研究動機及目的

傳統海岸保護工程之規劃設計主要以防災功能與結構安全為考量，對於海岸自然環境較為忽略，長期下來不免發生環境衝擊、災害回噬等環境失序狀況，而漸啟發人類思考開發手段之適當性，重新調整利用自然資源之心態與方式。隨著自然環境保全意識之提高及地球環境問題愈益受重視，謀求工程建設與自然環境之共生共存已為時代發展趨勢，未來海岸開發不能僅考慮安全性、經濟性、功能性等層面，必須同時兼顧自然生態環境之保護與復育。21 世紀為國際環境之世紀，未來海岸工程建設應與自然環境相融合，以永續海岸利用為目標，將安全、生態、永續之概念付諸於工程建設中，達到環境保全、生態保育及創造等多功能發展。

因應世界發展潮流與國內整體環境變化，謀求工程建設與自然環境和諧共生乃時代發展潮流，推行海岸生態工法已是必行之方向。本研究目的主要在建立本土化生態型海岸保護工法之發展方向與工程應用技術，以提昇國內生態工法於海岸保護工法之研究，促進海岸保護工程建設與自然環境之共生共榮。

1.3 研究方法與步驟

本工作為「生態型海岸保護工法研究」之第二年計畫，工作內容主要針對大鵬灣出口導流堤及林邊海岸離岸堤，調查其生態環境共三季，主要調查項目為基本水質、附著海藻等，並分析調查對象突堤、

離岸堤之生態效果及生長環境因子，以及海藻著生與水溫、照度、水深之相關性，俾供後續應用研究之參考。本工作流程如圖 1.1 所示。

1.海岸環境基本資料蒐集

蒐集對象海岸保護工程所處環境之基本資料，即南部海岸之大鵬灣導流堤及林邊海域離岸堤之海岸保護結構物的基本資料，以供調查工作時之參考。

(1)作業項目

結構物資料：堤體之斷面結構、型式、平面、位置。

自然環境：氣象、海象、水質等資料。

(2)作業步驟與方法

依據所蒐集到之對象結構物相關資料，包括位置、平面圖、斷面型式，供調查及分析工作之參考。

參考大鵬灣及其附近區域之相關資料，蒐集有關海象、氣象、水質等基本資料。

2.海岸環境生態調查

對於對象海岸保護工程所處環境進行生態調查，以供生態型海岸工法與環境因子之分析基礎。

(1)作業項目

水質調查：包括水溫、鹽度、酸鹼度、濁度、溶氧、氨氮、硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽、照度及光照度等。

海藻著生調查：包括種類、生長位置及覆蓋率等。

(2)作業步驟與方法

以現場採樣，並依據環保署環境檢驗所公告之水質檢測方法，檢測水質數值。

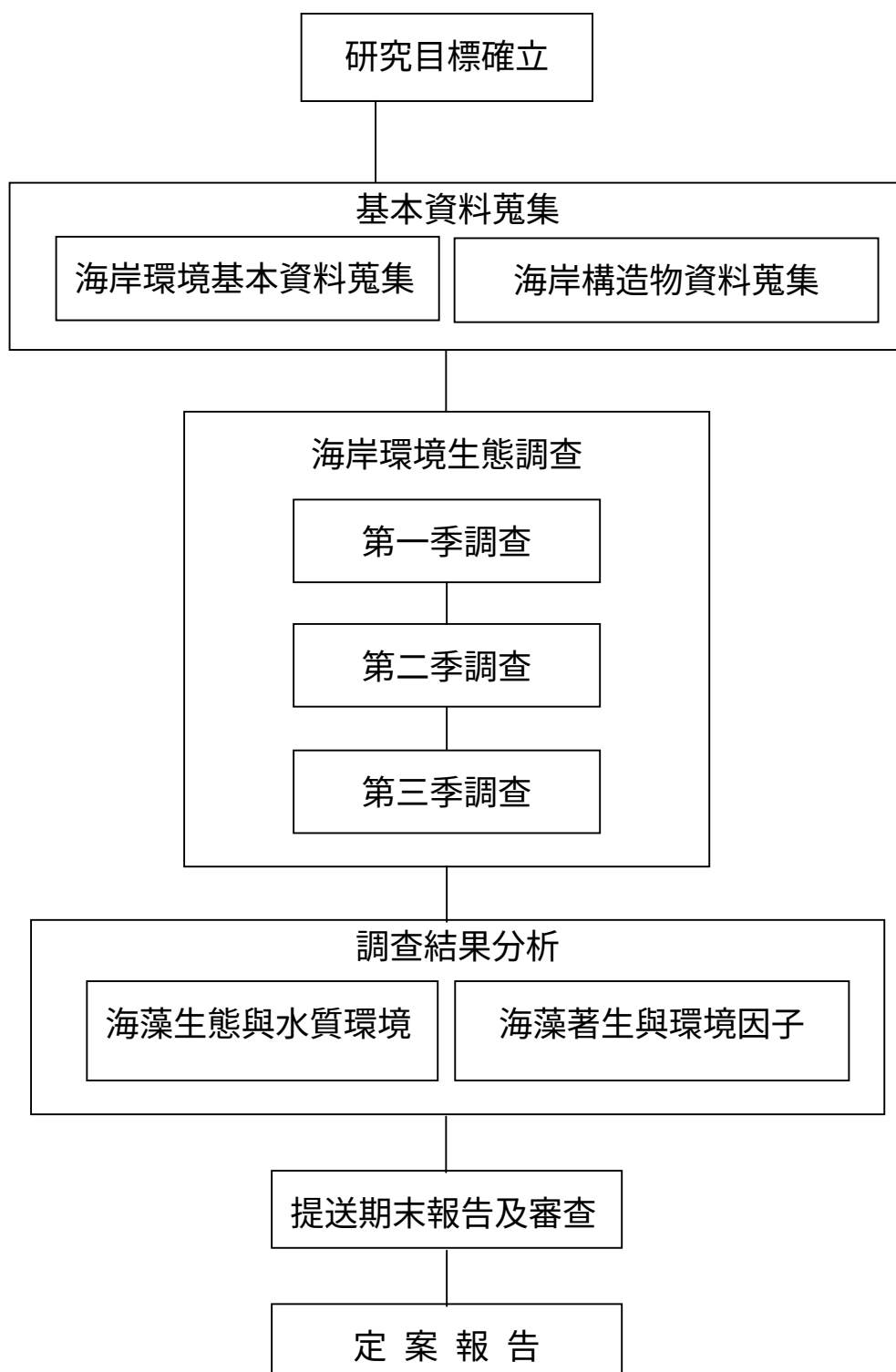


圖 1.1 工作流程圖

以固定樣區方式進行調查海藻，潮間帶採樣時間配合退潮於白天進行，而潮下帶以浮潛方法實施，並以徒手方式採集樣本攜回實驗室鑑別藻種。

3.調查結果分析

依據生態環境調查結果，歸納分析海岸生態與環境間之關係，並分析應用在工程上之可行性。

(1)作業項目

調查結果分析：水質、海藻著生、海藻著生與水質及結構物型式之關係等。

工程應用分析：生態效果、對象海藻、阻害要因、發展可行性與結構物斷面型式之分析。

(2)作業步驟與方法

依據調查之結果，探討分析生態與環境因子之關係。

依據調查結果與分析，探討南部海岸地區生態型海岸結構物型式之可行性。

1.4 本文組織

本研究共分為六章，第一章為緒論，說明本文之研究背景、動機、目的及方法；第二章說明對象海岸結構物與海藻生態環境調查方法；第三章對於水質環境與海藻生態之調查成果詳細分析說明；第四章分析南部海岸保護結構物之海藻生態效果與水質環境；第五章為分析南部海岸保護結構物之海藻著生效果與環境因子相關性；第六章為結論與建議。

第二章 生態工法於海岸保護工程之應用

生態工法起源於歐洲二十世紀初，在國際間謀求地球環境永續發展之潮流中，已成為重要工程方法之一。國內於民國 87 年引進生態工法，政府並積極推動公共工程採用生態工法，由早期主要應用於溪流整治、野溪復育、水利工程、水土保持等，近年來已有更多元之發展，包括海岸、港灣工程亦逐漸重視生態環境之重要性。茲蒐集歸納生態工法之發展及於海岸保護工程之應用情形，俾供生態型海岸保護工法研擬之參考。

2.1 生態工法概述

因應地球整體環境之變遷與自然資源保育之重要性，人類科學技術必須考量自然環境之永續利用，修正「人定勝天、征服自然」之心態，建立尊重自然、愛好自然，進而親近自然。因此，因應世界潮流趨勢及整體環境因素，生態工法之推行已是必行之方向。參考國內相關生態工法專書(林鎮洋等，2003、2004)及行政院公共工程委員會全國生態工法入口網(<http://eem.pcc.gov.tw/natural/index.php>)資料，概述生態工法之沿革、精神及基本考量如下。

2.1.1 生態工法之沿革

二十世紀初，歐洲地區拜工業發展之賜，社會經濟驟然起飛，在提升物質生活豐富度之餘，亦因各項需求接踵而至，必須大量開發自然資源以因應社會發展之步調。但隨著森林野地之過度開發利用，大規模災害因而接二連三發生，包括雪崩、山崩、洪氾等，尤其阿爾卑斯山區鄰近數國，被迫必須立即提出可行因應之道。據此，1938 年德國 Seifert 首先提出「近自然河溪整治」之概念，希望能用自然之方法來整治河川，可謂最早生態工法之觀念。1962 年美國生態學家 H.T.Odum 等提出將自組行為之生態學概念運用於工程中，首度提及

「生態工程」(ecological engineering)一詞，直至 1989 年生態學家 Mitsch 與 Jorgensen 正式探討生態工程之觀念並賦予定義，講求應用生態原則及自然力量之工程技術時代可謂正式來臨。經過數十年之研究與討論，生態工法逐漸由一種概念，轉變成實際之施工準則，生態工法亦從歐陸逐步散播到北美、日本，並成為全世界重要工程方法之一。

有關生態之治理概念有眾多相似名詞，如近自然河溪管理、近自然荒溪治理等，在德國稱之為河溪生態自然工法，澳洲稱為綠植被工法，日本則有近自然工法、近自然工事、自然調合型等。

2.1.2 生態工法之精神

生態工法基本上係遵循自然法則，使自然與人類共存共榮，將屬於自然之地方還給自然。生態工法所重建之近自然環境，能提供日常休閒遊憩空間、各類生物棲息環境、治山防洪、國土保安、水土保持、生態保育、環境綠美化、景觀維護、自然教育、國民健康及森林遊憩等功能。根據林鎮洋、邱逸文(2003)歸納生態工法之基本精神如下：

1.創造具豐富多樣性之環境條件

近年來為求簡便而迅速之工程設計與施工方式，棲地之地形與環境因子被單純化，而後果是造成貧相而不安定(無法達到動態穩定)之生態系。未考慮生態因素而過度人工化之地貌與環境型態，從此演變後不再具有相似之處。因此，為提高生態系之穩定度與豐富度，便需從環境條件之修正著手：

- (1)盡量設計雕塑不規則之空間型態，使地型保有起伏與多樣之風貌。
- (2)無須統一空間中縱斷面、橫斷面之配置。
- (3)周遭立地條件應朝高低不一、疏密不一、種類不一之植被組成為規劃方向，不但有助於蟲魚鳥獸族群之復育，並能提供動人景致，使生態恢復原有之機能。

2.容許生態系自我消長之發生

自然地貌在水文、風化，甚至天然「災害」(指對人類而言有害之風災、地震等)之作用下，於時間軸上創造出動態之空間變化。這種自然作用力提供新生地形成之機會，無疑地能為新物種開創新機。單一化之傳統整治工法，剝奪生態系自我消長之環境條件與能力，缺乏演替「材料」之空間，注定生物族群之滅亡。因此，應盡量提供一定之空間及條件，使自然進行一定之消長，故豐富之環境因素是絕對必要。

3.避免生態系之零碎化

自然環境中原本便存在一種景觀上及生態上之連貫性與延續性，但設計不夠周延之整治規劃案中，往往會製造出片段之生態系及破碎之景觀。這也是生物物種得自人工環境之一大潛在性威脅，因為不完整之棲地無法滿足每一個生命週期中各個階段之所需，亦不足以永久支持各物種族群繁衍上所需之能量。因此，應特別注意如何在規劃設計上，兼顧人類之需求與生態棲地之完整性。

2.1.3 生態工法之基本考量

依林鎮洋、邱逸文(2003)，規劃設計一符合生態工法精神之工程案例，應在下列要項中逐一分析相關限制以及需滿足之條件。若不能滿足生態工法之基本考量，則整體計畫之周延性必定出現某種程度或某方面之瑕疵，致使無法以最經濟、有效之整治措施，提供最大之效益。

1.安全考量

(1)確實調查整治工程位址之關聯區域中，所有社區、住家，以及合法農地、建物、設施等之位置、面積，以為安全標準評估依據之一。若皆非座落於潛在危險範圍之內，則應進一步以生態之角度，評估侵蝕、沖刷與崩塌等是否為可接受之自然作用力(如是否會影響某些特定需保育之物種)。

(2)安全標準之計算。

(3)選定之工法與結構必須滿足力學安全標準。

2.構造物之於周遭生物棲地應有之考量

(1)結構與造材是否能夠提供生物生息必須之空間與屏障。

(2)避免動物往返通道之阻隔。

(3)確保食物來源無虞。

(4)避免全面栽植單一植物，應依據未受干擾之區塊組成，「模擬」其植物社會結構，尤其應避免外來種之栽種、移入。

(5)生態調查之意義除有助於瞭解現況外，應進一步深入評估現階段生態組成所反映出之訊息。

3.施工過程中降低生態衝擊之考量

(1)採取必要之噪音、污染、震動等干擾之防範措施。

(2)物種之臨時性遷移，若無法全部遷移，則應將能維持其族群延續之最低個體數，遷移至他處，以確保將來完工後，重新移回時該族群順利繁衍。

(3)對於特殊生態系或景觀，若無法保全，則應於他處重建補償。

4.後續生態環境管理應有之考量

(1)養護機關(單位)與其他權責單位之溝通協調。

(2)持續性之監測以及系統化之資料保存。

(3)志工培訓，並提供民眾參與之管道，鼓勵社區或特定團體參與後續之經營管理工作。

2.2 國內生態工法發展概況

國內於民國 87 年引進生態工法，並於 89 年大規模運用在 921 重建區之土石流及崩塌地整治(郭清江，2002)，近年來政府更大力推動公共工程採用生態工法。

2.2.1 生態工法之定義

生態工法是依據生態工程之理念所衍生之「遵循自然生態特質之解決問題方法」，亦即生態工法並非「特定工法」，舉凡能以兼顧生態需求並有效治本之技術皆屬之(林鎮洋，2004)。

國內負責推動生態工法之公共工程委員會，於民國 91 年組成生態工法諮詢小組，並於 91 年 8 月共同研議出生態工法之統一定義：「生態工法(Ecotechnology)係指基於對生態系統之深切認知與落實生物多樣性保育及永續發展，而採取以生態為基礎、安全為導向的工程方法，以減少對自然環境造成傷害」。

上述類似定義：「生態工法係指人類基於對生態系統的深切認知，為落實生物多樣性保育及永續發展，採取以生態為基礎、安全為導向，減少對生態系統造成傷害的永續系統工程皆稱之。」(郭清江，2004)。

2.2.2 生態工法之研究

國內生態工法之全面性研究始於 88 年，第一個系統化針對生態工法進行長期研究與推廣之研究計畫，於 88 年 7 月由前經濟部水資源局委託國立台北科技大學，展開為期四年之「集水區親水及生態工法之建立」研究(2000~2003)。自 90 年起，包括農委會、水利署、營建署及公共工程委員會等單位，亦分別在各自權責範疇中，委託執行相關之生態工法應用研究計畫。顯示生態工法已受到政府之重視，並引起社會廣泛之注意，以及學術界積極之研討，同時促進國內公共工程開始朝向生態、環境、景觀、人類需求等各方面之平衡，謀求永續發展之實踐。已實施案例主要包括土石流崩塌地整治工程、野溪整治工程、河川整治工程、道路工程、建築工程等。

2.2.3 生態工法之推動與成果

國內應用生態工法於公共工程始於 921 災區土石流、崩塌地之整治，其後逐漸推廣至河溪整治、道路工程等。為配合國家發展計畫落

實生物多樣性目標，行政院訂定各分年分期達成率指標，由第一年預計佔總工程經費之 15%逐年遞增，其中涵蓋公共工程範圍包括道路、鐵路、橋樑、隧道、捷運、機場、海岸港灣、水庫、水力發電廠、自來水、河川整治、下水道、土方資源場、掩埋場、山坡地開發、工業區開發、治山防洪等 19 類工程。期望由生態工法推動，達成台灣永續發展終極目標。公共工程委員會(<http://eem.pcc.gov.tw/natural/index.php>)歸納台灣推動生態工法之成果如下：

1.保障人民生命財產・降低天然災害發生頻率與強度

目前災區應用生態工法進行源頭處理，經過兩年來防汛期間之災情回報顯示，經整治過之崩塌坡面多數已獲得穩定。根據水保局在全省 540 處整治地點調查結果顯示，92%整治工不需再做任何維修工作，其中積極參與整治之鄉鎮如古坑、東鎮、埔里、泰安等地，即使在桃芝、納莉兩大颱風接踵襲擊下，相較其他區域災情顯得輕微。

2.提高人民生活品質・青山長在、綠水長流、魚蝦常駐、人類常遊

生態工法應用於工程建設除改善民眾居家安全外，亦對當地生態景觀復育有相當大助益，以砌石護岸穩定河道除創造多孔隙，營造生物性多樣棲地環境，降低對週遭環境景觀衝擊，塑造獨特風格發展生態旅遊及民宿。不僅帶動社區就業，亦大幅提高當地居民所得、改善生活環境，均衡地區經濟發展與環境保護，實踐村民對這塊土地永續之承諾，讓「青山長在、綠水長流、魚蝦常駐、人類常遊」。

3.充實生態旅遊設施・提升台灣觀光競爭優勢

過去台灣經濟發展立基於自然資源之使用與勤奮不懈之勞動力，隨著政府加入 WTO，農業轉型成為必然之趨勢，如何在兼顧經濟發展與生態平衡下謀求永續之道，成為政府首要推動之政策方向。隨著全球化之腳步，發展地方化之生態旅遊產業，成為台灣農村在面對加入 WTO 後產業轉型之新契機，透過生態工法政策之推動，充實生態旅遊設施，進而提升觀光競爭優勢。

4. 奠定社區總體營造基礎・凝聚社區意識，創造在地就業機會

結合地方社區與民間環保團體，形成休戚與共之夥伴關係，藉由訓練地區民眾擔任生態解說工作，植基地方環保意識，並創造在地就業機會。

2.3 國內海岸生態工法研究概況

早期國內生態工法之觀念與技術多應用於溪流整治、野溪復育、水利工程及水土保持等，近年來已有更多元化之應用與發展，亦有少數海岸保護工程採用生態工法之實例可資參考。

2.3.1 相關研究與文獻

過去水利單位與學界在海岸工程領域所提出之相關倡議，包括軟性工法、柔性工法、近自然工法等名稱雖異，實際上均具生態工法之精神與內涵。但不容諱言，國內生態工法於海岸工程之研究尚處起步階段，近年來除前經濟部水資源局委託國立成功大學所執行為期四年(2000~2003)之「海岸工法之新技術研發」計畫涵括生態工法之探討，郭一羽等所著「水域生態工程」(2001)、「海岸景觀與生態設計」(2005)，郭金棟(2004)所著「海岸保護」，經濟部水利署委託中華大學水域生態環境研究中心所進行「海岸生態復育之結構物的研發及應用研究－以新竹港南海岸為例」(2002)，國科會在 92 年徵求「生態工程專案研究計畫」所規劃六大研究項目之一為「海岸生態工法及復育」，其子題包括海岸生態調查研究、生態型海岸結構物的研發、人工海灘之生態復育技術的研發、海岸生物棲地模擬數值模式的研發等四項，農委會漁業署亦在 92、93 年委託辦理生態工法應用於漁港港灣工程之研究。茲蒐集國內生態工法於海岸工程之相關研究計畫與文獻如下：

1. 經濟部水利署研究計畫

(1) 成功大學，「海岸工法之新技術研發(1/4~4/4)」，89~92 年。

- (2)中華大學水域生態環境研究中心，「海岸生態復育之結構物的研發及應用研究－以新竹港南海岸為例」，91年12月。
- (3)中華民國環境綠化協會，「海岸生態資料調查及資料庫建置(1/2)」，93年12月。
- (4)中華顧問工程司，「新竹港南海岸生態工法之研擬(1)－人工養灘對底棲生物之影響」，94年度計畫。

2.農委會漁業署研究計畫

- (1)中華大學水域生態環境研究中心，「委託辦理生態工法應用於漁港港灣工程類別、分析與建議工作」，92年12月。
- (2)郭一羽，「漁港構造物採用生態工法之開發」，93年12月。
- (3)蔡清標，「人工生態潛堤之安定性及波場變化實驗(1/2)」，93年12月。
- (4)中華大學水域生態環境研究中心，「漁港工程生態工法規範之研究探討工作」，94年6月。
- (5)蔡清標，「人工生態潛堤之安定性及波場變化實驗(2/2)」，94年度計畫。
- (6)交通大學，「漁港水質淨化技術及策略之研究」，94年度計畫。

3.國科會研究計畫

- (1)郭一羽，「生態型人工養灘之研究」，93年10月。
- (2)郭一羽，「海岸淺灘之生態工法研究－總計畫」，93年11月。
 - 張憲國，「子計畫一：淺灘生態環境創造之研究」。
 - 張睿昇，「子計畫二：附著生物在海岸淺灘的生態效果分析研究」。
 - 簡文達，「子計畫三：微生物在海岸淺灘的生態效果分析研究」。
- (3)郭一羽，「評估淺灘生態工法之整合性研究－總計畫」，93年度計畫。

郭一羽，「子計畫一：人工潮池內外生態差異之研究」。

張憲國，「子計畫二：淺灘二枚貝復育成效之研究」。

朱達仁，「子計畫三：應用底棲生物整合指標法評估在海岸淺灘的環境衝擊及生態效果分析研究」。

林明炤，「子計畫四：利用附著生物評估海岸淺灘生態工法成效之研究」。

簡文達，「子計畫五：應用海洋弧菌評估海岸淺灘生態工法之成效」。

蕭炎泉，「子計畫六：海岸淺灘資訊管理系統之建立」。

(4)郭一羽，「海岸生態工程指標生物的研究」，94 年度計畫。

(5)黃清和，「生態型消波塊之研發與試驗」，94 年度計畫。

4.專書

(1)郭一羽等，水域生態工程，中華大學水域生態環境研究中心，90 年 2 月。

(2)行政院公共工程委員會，2004 生態工法案例編選集。

(3)郭金棟，海岸保護，科技圖書股份有限公司，93 年 4 月。

(4)郭一羽、李麗雪，海岸景觀與生態設計，田園城市文化事業有限公司，94 年 4 月。

2.3.2 研究概況

郭金棟(2004)指出海岸近自然工法(不用生態工法而用近自然工法，乃基於內容尚難臻生態工法之境界，而暫以恢復自然海岸為重點)不僅應能防止海岸災害，確保人民生命與財產之安全，同時考量海岸原有自然形態與附近生態系統，景觀、親水、文化與社會經濟等各種因素來辦理海岸整治計畫之一種技術，旨在達成防災確保安全、改善生態環境、提升生活品質與資源之永續利用。在規劃設計海岸近自然工法前應先對海岸有充份認識與了解才能獲得滿足之結果，規劃原則

包括「尊重自然預留空間、維護生態多樣性、結構物與景觀環境之融合」等。同時對於目前海岸保護工破壞海岸景觀與環境之缺失，提出「覆蓋化、潛沒化、親水化、綠化、開孔化、近自然化」等整治對策。

郭一羽等(2002)指出整體生存環境的優劣是影響生態系最大的因素，為達到生態平衡的最佳狀態，我們必須創新海岸保護措施的工法，來保護或創造優良的整體生存環境。所謂生態工法意指創造或改善生態環境的海岸保護措施。創造基礎環境的保護工法著重在無中生有的技術，也就是利用海洋特性與構造物之間相互的關係來設計保護工法，達到創造藻場生存的基礎環境後，讓海洋物種聚集。而改善工法係現階段的海洋環境是具有生物聚集性的，由於水質、空間分佈、日光…等因素破壞了較優良的環境，造成生物的不適應性使得生物聚集的數量減少，這就有賴改善工法來進行讓生態的環境恢復舊觀。改善環境與創造的海岸保護措施，最大的成效就是讓生態數量回復，或是自然生成而達到自然平衡的狀態，使海洋生物能生生不息發展下去。故將海域生態工法依創造基礎環境與改善環境工法，分類如圖 2.1。

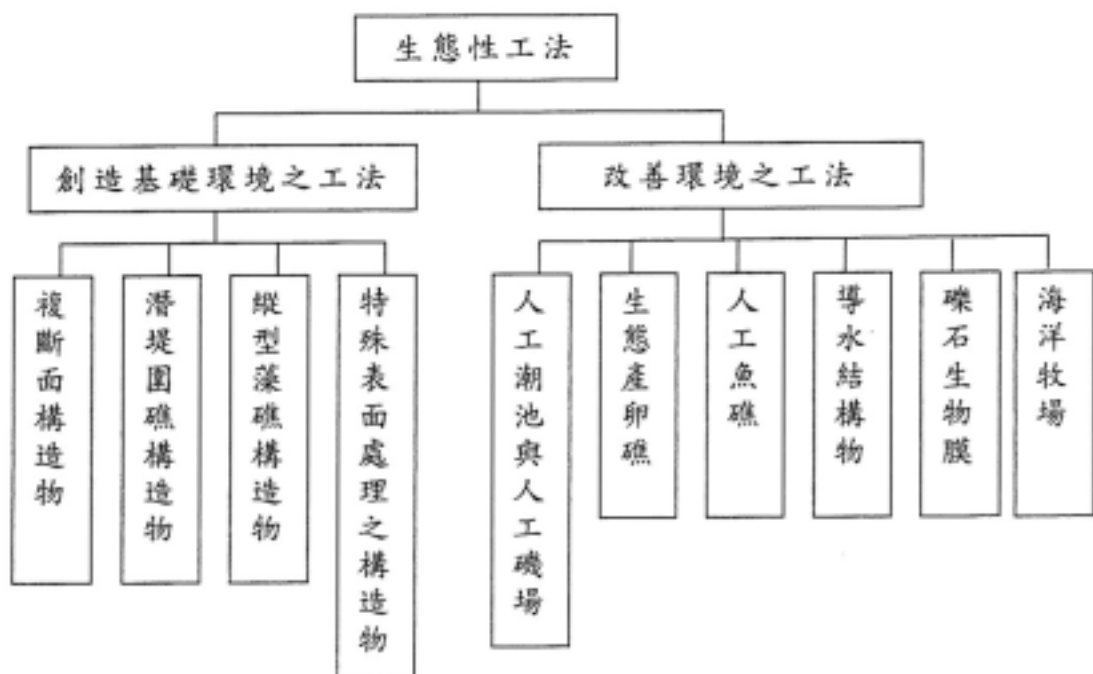


圖 2.1 海域生態性工法之分類 (郭一羽等，2002)

2.4 日本海岸生態工法研究概況

日本於西元一九九〇年代初期即開始實施「自然調和型漁港推進事業」，主要對漁港設施實施附加藻場、海水交換及人工干潟(潮間帶、灘地)等機能，並進行相關研究與技術手冊之編纂，可供國內生態型海岸保護工法研擬之參考。

2.4.1 生態型消波塊、方塊之應用

海岸結構物為維護結構安定、減少越波及防止基礎沖刷等，常用消波塊、方塊等混凝土型塊，傳統型塊之設計主要以發揮抗浪、抗流作用，達到保護結構物之功能。由於消波塊、方塊具有類似岩礁功能，適於作為海洋生物著生之基質，常見海藻、貝類等海洋生物附著其表面，成為魚介貝類棲息、育成、隱蔽及產卵場所，形成豐富生態系(如照片 2.1)。消波塊、方塊表面經特殊設計與處理等改良，使更符合對象生物生態特性，往往較天然岩礁具有更佳生態效果，如凹凸處理、鋪設纖維網、塗抹藥劑或使用輕量多孔質混凝土等。



(A)北海道松前町消波堤之海藻著生與鮑魚生息 (摘自：德田廣等，1991)



(B)沖繩縣那霸港防波堤之珊瑚著生與魚類棲息 (摘自：株式會社 TETRA 1)

照片 2.1 消波塊上之生態例

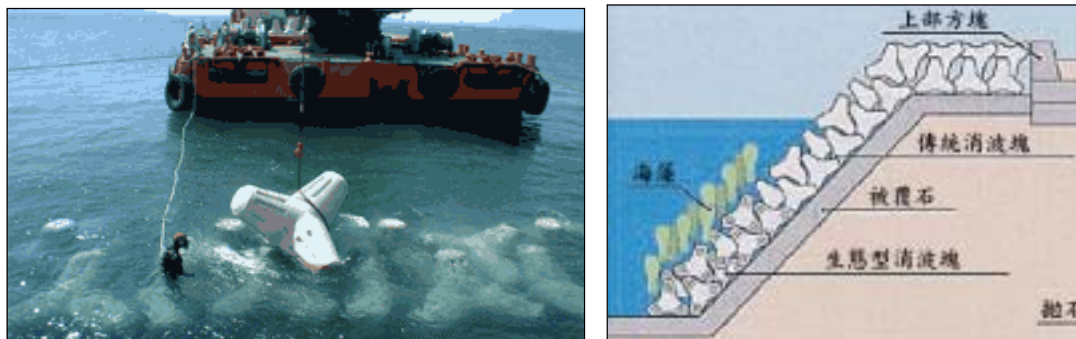
1. 凹凸處理

將消波塊、方塊表面設計成凹凸形狀，如附加凹槽或突起物(如照片 2.2、圖 2.2)，以增加表面稜角更接近天然岩礁構造，其周邊形成之渦流易於海藻孢子之捲入著生。所附加凹槽利於大型海藻及生物之著生，其寬度、深度及角度等須視對象海藻之根部大小與對象生物之種類而定，已開發之型塊凹槽大小如寬 10cm、深 6cm(新潟縣高千漁港)，寬 5~7cm、深 12cm(島根縣濱田漁港)等例。



(摘自 <http://www.tetra.co.jp/>) (摘自：全國漁港協會，1997) (摘自：日本海洋開發建設協會，1995)

照片 2.2 表面凹凸處理之消波塊與方塊



(摘自 <http://www.tetra.co.jp/>)

圖 2.2 大阪關西國際機場應用生態型消波塊例

2. 鋪設纖維網

於消波塊、方塊模具內側鋪設促進海藻發育之纖維網，混凝土澆製後於消波塊表面形成類似凹凸狀，而易於海藻著生(如照片 2.3 所示)，並可於纖維網上預植海藻孢子或幼苗，加速藻場之形成。



(摘自 <http://www.pa.hrr.mlit.co.jp/>)

照片 2.3 消波塊表面加設纖維網

3. 塗佈海藻增殖塗料

於消波塊、方塊表面塗佈海藻增殖塗料，如硫酸一鐵液劑，可促進海藻之著生與繁茂。

4. 輕量多孔質混凝土

消波塊、方塊材料採用輕量多孔質混凝土，其表面微小連續孔隙適合甲殼類、多毛類之生息，且具透水性可促進生態環境之調和。惟其強度較小、重量較輕，在工程設計上須預加考慮。

2.4.2 生態礁之應用

海岸工程斷面結合生態礁之設計，如藻礁、魚礁、產卵礁(如圖 2.3)等，以提供海藻與生物之著生、棲息及繁殖場所，為生態型海岸結構物之一。

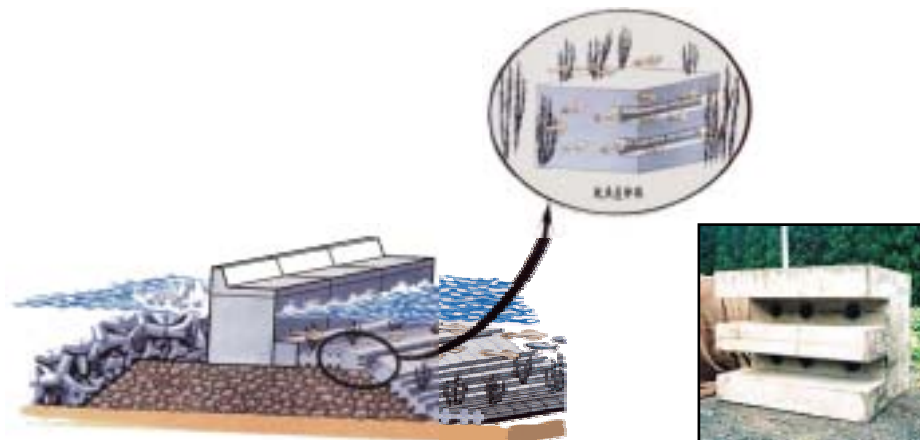


圖 2.3 北海道福島漁港防波堤應用產卵礁例

2.4.3 附加藻場機能

改善傳統海岸結構物設計，以適於海藻之著生成長，兼具藻場生態機能，屬生態型海岸結構物之一。改善現地環境不利藻場形成之限制要因，一般所採用之改善工法如下(日本水產廳漁港部，1999)：

1.基質之投入

於原有海岸工程斷面投入適合海藻著生之基質(如石塊、混凝土型塊等)至生育水深帶，構成藻場生長之基盤，如圖 2.4(A)。

2.附加小段消波工、緩坡度消波工

具消波工之防波堤、護岸可藉由附加小段消波工或緩和消波工坡度，以達適合海藻之生育水深，如圖 2.4(B)、(C)所示。當消波工會造成藻場消失之情況，可採用離岸式消波工之複式斷面以保全藻場，如圖 2.4(D)。

3.傾斜堤、緩坡度傾斜堤

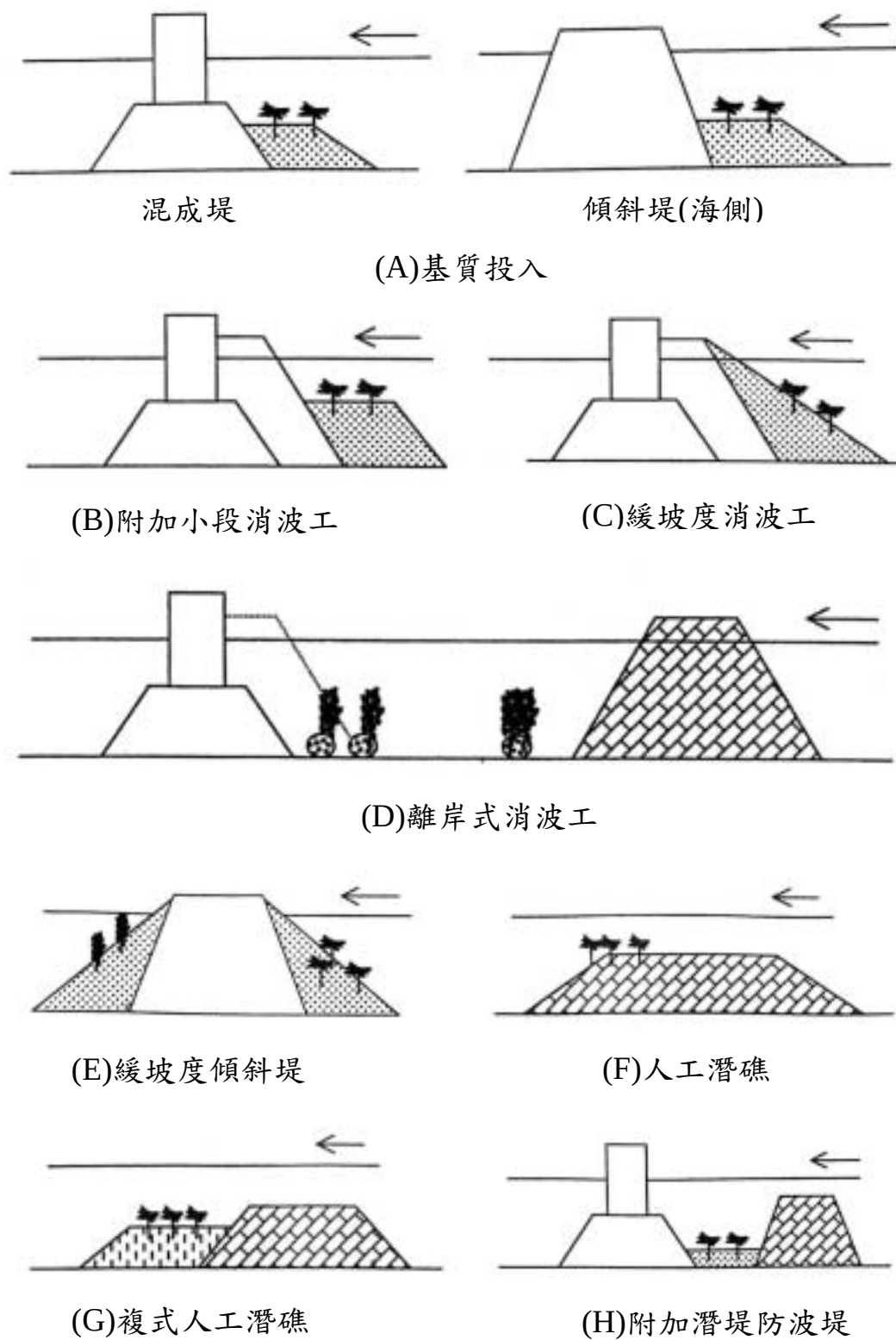
改善直立堤或混成堤部份為傾斜堤，並緩和傾斜堤坡度至海藻生育水深，如圖 2.4(E)。

4.潛堤、人工潛礁

利用潛堤、人工潛礁之碎波機能，改善海藻生育之波浪環境，如圖 2.4(F)、(G)、(H)。

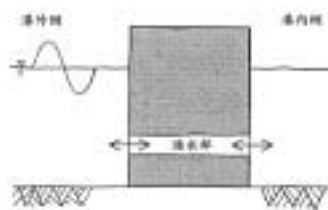
2.4.4 附加海水交換機能

海岸結構物之構築易阻礙海水流通性，形成半閉鎖性水域，堆積各種物質，而影響附近海域水質環境，不利於水中生物多樣性及景觀親水之發展。為改善水質狀況，在工程上常採用物理方法，利用潮汐或波浪能量促進海岸結構物內外海水之交換。日本針對防波堤、護岸等海岸結構物所開發或研發中之海水交換型構造物，如圖 2.5 所示。

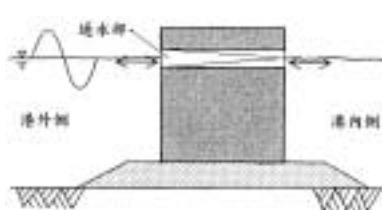


(摘自：日本水產廳漁港部，1999)

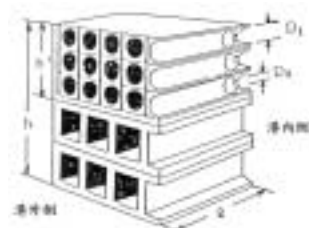
圖 2.4 附加藻場機能海岸結構物



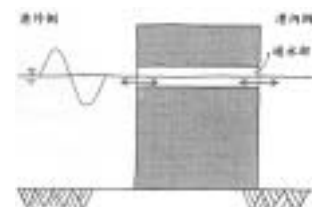
水平通水路型有孔堤



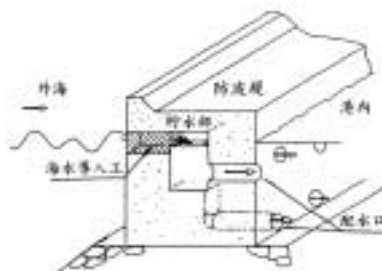
混合管型有孔堤



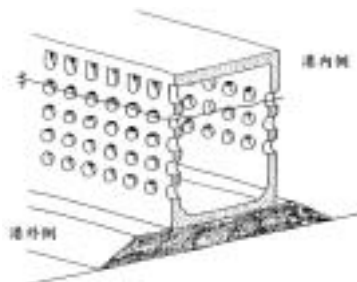
附加狹窄部通水管型多孔堤



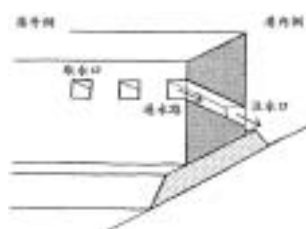
水面附近設置型有孔堤



附加貯水部型有孔堤



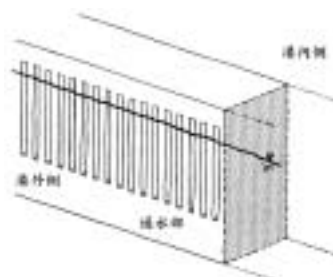
中空型多孔堤



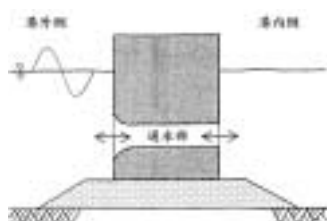
傾斜型有孔堤



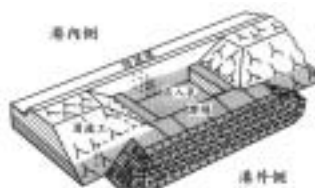
內部越波型有孔堤



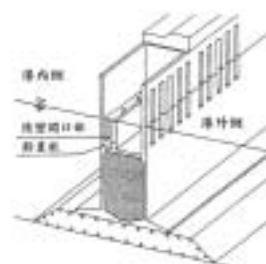
縱條型多孔堤



孔口端部圓弧型有孔堤



附加井桁型潛堤有孔堤



附加鉛直板雙重縱條型多孔堤

附加突出部型有孔堤

(摘自：水產土木建設技術中心，2000)

圖 2.5 附加海水交換機能海岸結構物

2.5 開發案例

2.5.1 國內案例

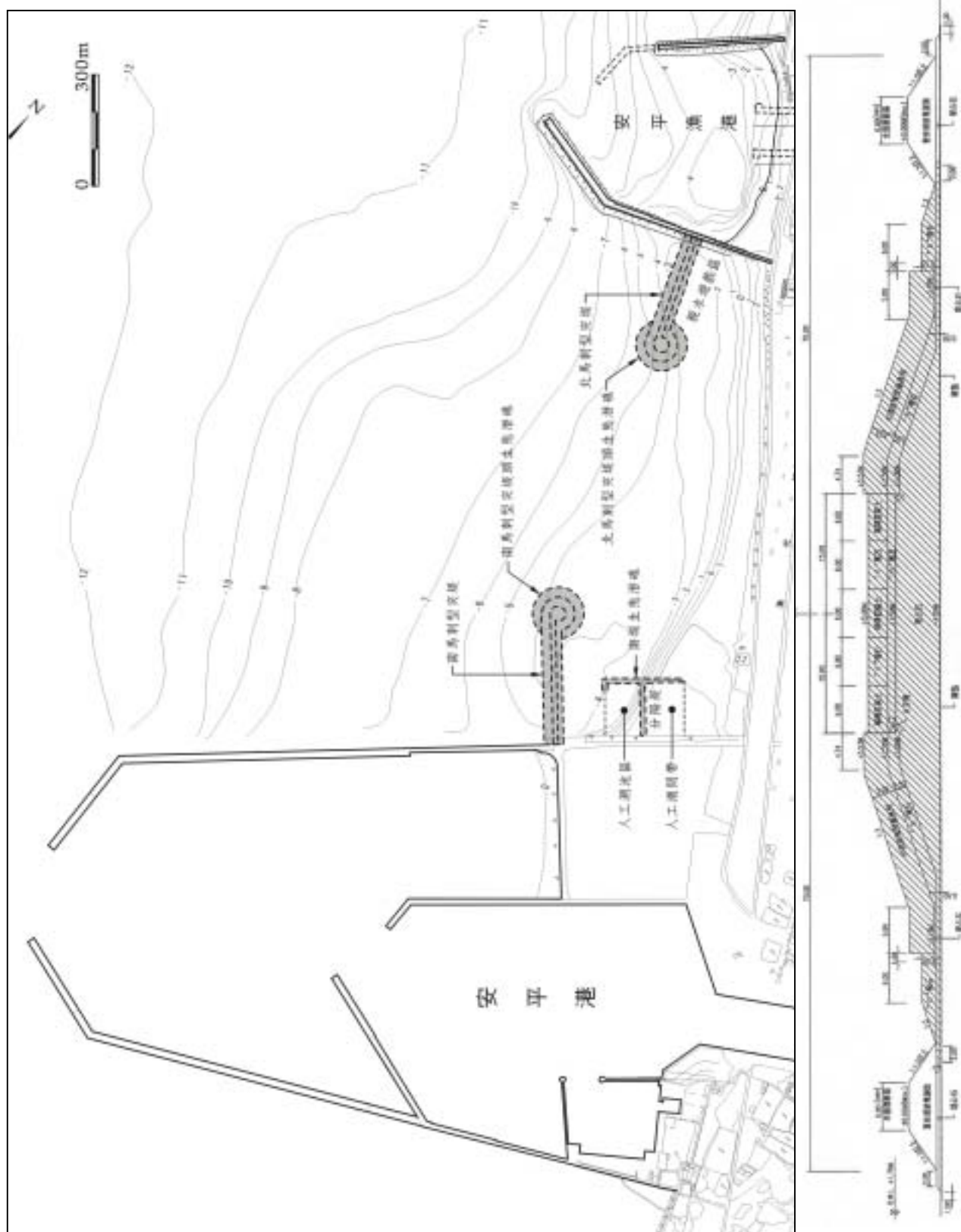
以國內生態工法在海岸工程之應用而言，其實際發展時間與進度較河川整治、水土保持、營建、建築等工程領域稍晚。就海岸保護所實施之工法而言，由過去海岸地區普遍施行之植栽定砂(防止飛砂)、編籬定砂(防止飛砂)、自然消波海灘等工法，至近來人工養灘新工法漸受到重視與採用，已實施案例如烏石漁港南側海岸穩定工程(養灘量約 38 萬方)、新竹漁港航道泊地疏浚及迂迴供砂工程(養灘量約 62 萬方)、安平港海岸整治工程(養灘量約 200 萬方)等，為較熟知柔性工法於海岸工程之實際應用。近年來由於公共工程委員會積極推動公共工程採用生態工法，在海岸保護、港灣工程領域亦逐漸融入生態理念，並有少數實施案例可參考且陸續增加中。

1. 安平港海岸整治工程

高雄港務局為減緩歷年來因波浪、流、人為因素所造成之安平海岸侵蝕，並善加利用安平港擴建發展所產生之工程剩餘土，以補充遭波浪侵蝕所流失之沙土，爰辦理安平港海岸整治工程。

本工程基於土砂資源利用及海岸保護需求，採生態工法設計，以達到海岸防護、生態及親水等機能，為目前國內最大人工養灘區，並可發展為戶外教學自然生態區。主要工程項目(如圖 2.6)包括銜接商漁港防波堤外側各興建南、北馬刺型突堤，水深-2~-4m，於突堤堤頭利用現有消波塊設置生態潛礁，供水棲生物群聚；於南馬刺型突堤之岸側以拋石堤構造設置南堤生態潛礁、分隔堤等，形成人工潮池區、人工潮間帶，俾利水生動植物生長；並利用安平港航道疏浚土砂，於安平商漁港間海岸進行人工養灘，養灘量達 200 萬方。

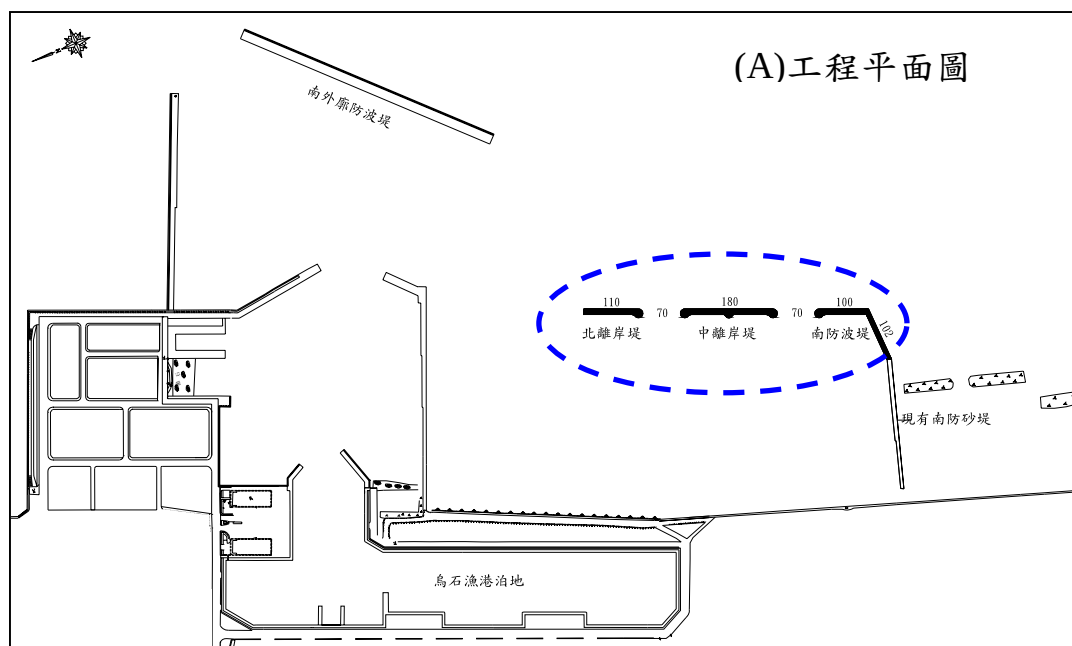
本工程於 92 年 9 月開工，業於 94 年 3 月完工，將收保護鄰近沙灘資源，減少養灘區沙量流失，兼具遊憩休閒價值，拓展民眾親水空間，群聚水棲生物，營造多樣化海岸生態等工程效益。



2.烏石漁港南端防波堤增建工程

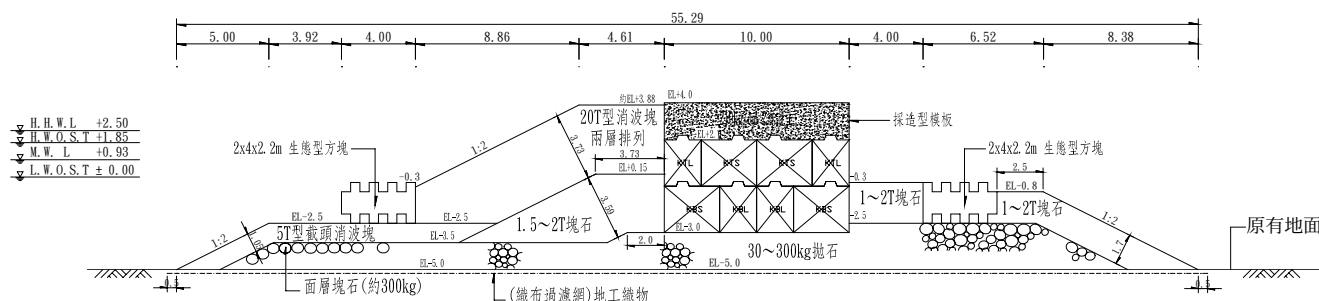
宜蘭縣政府為增闢烏石漁港南側新生地，於現有海堤之海側以離岸堤圍築靜穩水域及保護堤後區域，並於計畫灘線附近新建海堤，俾利海堤後側進行造地工程，以填築新生地利用。

本區面臨太平洋，夏秋之際易受颱風侵襲，為兼顧堤體安全及促進景觀調和，離岸堤採混成堤型式，海側以消波塊被覆，岸側以沒水方塊保護，而堤體之岸側壁面採造型模板澆置以降低景觀突兀現象，並改良傳統方塊表面為凹凸狀(生態型方塊)，增加與海水接觸之表面積，提供魚介貝類產卵、棲息場所及海藻群落生成，屬生態型海岸結構物設計，如圖 2.7。本工程於 92 年 10 月開工，目前已完工。



(海側)

(岸側)



(B)離岸堤標準斷面圖

圖 2.7 烏石漁港南端防波堤增建工程

3.富基漁港北防波堤延長工程

台北縣富基漁港配合港區環境改善，計畫延長北防波堤 104 公尺以提高港內穩靜，由於本港位於北海岸特殊地質景觀區域，沿岸生態資源豐富，為謀求工程建設與自然環境之共生共榮，防波堤建設採用兼顧安全與環境和諧之生態工法設計，除發揮防潮禦浪之功能外，兼具復育、改善、創造生態環境之效果。

本防波堤採複合式斷面設計(如圖 2.8)，由堤體與前側生態礁段、潛堤段所構成，寬廣之生態礁區設置生態礁，提供海藻、海洋生物之著生及棲息繁殖場所，同時降低方塊與消波塊高度減少對海岸景觀之影響。本工程業於 93 年 11 月開工，並於 95 年 6 月完工，其成效具有指標性意義，可供國內推動港灣生態工法之參考。

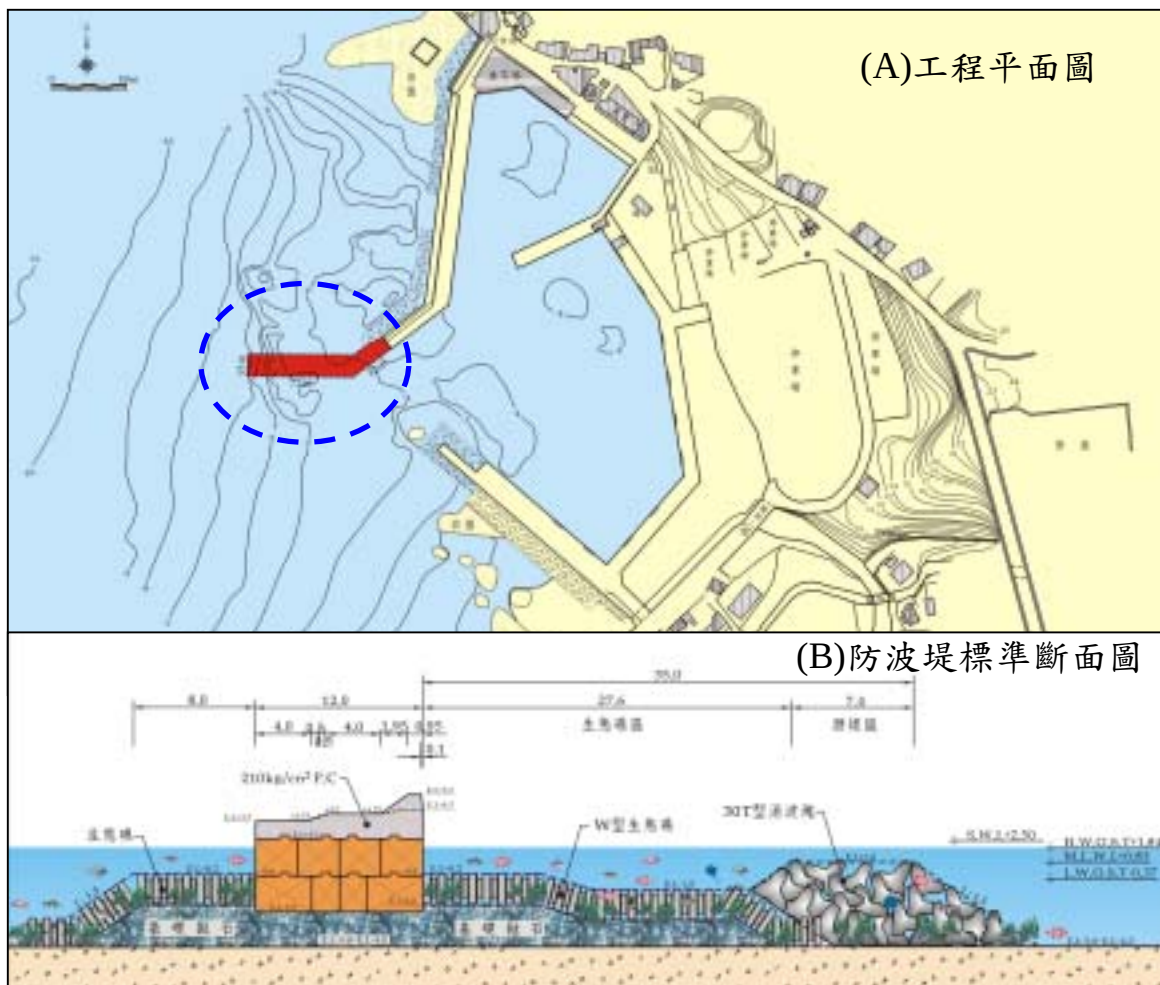


圖 2.8 富基漁港北防波堤延長工程平面及標準斷面圖

4.後灣海岸環境及景觀改善工程

後灣海岸位於屏東縣南端車城鄉，屬墾丁國家公園範圍，北鄰國立海洋生物博物館，東倚龜山，西臨台灣海峽，係優美之半月形天然岬灣。因沿岸設有漁港與後灣海堤等設施，造成景觀之視覺障礙及阻斷民眾親水空間，為改善海岸環境景觀，由水利署第七河川局辦理。參考第七河川局網站(<http://www.wra07.gov.tw>)摘述計畫如下：

(1)計畫概要

改善海岸環境景觀 550m，增加岬灣視覺美感空間，營造多樣化生物孳息環境，恢復自然海岸風貌，配合鄰近地區，創造整體優美自然之海岸環境。主要作法係降低海堤高度 1.2m，並將原混凝土構造物改為較柔性自然之土堤加以植生，改善海岸景觀及營造休憩、教育功能，如圖 2.9 所示。

(2)工程內容

後灣海堤環境及景觀改善工程 L=550m，工程費 15,948,000 元。

距岸約 42m 處(EL：-0.5~-1.1m)設置定砂堤乙座(L=300m)。

距岸 90~120m(EL：-2.5~-3.5m)設置碎波潛堤乙座(L=146m)。

施工期限：92 年 12 月 10 日~93 年 5 月 31 日。

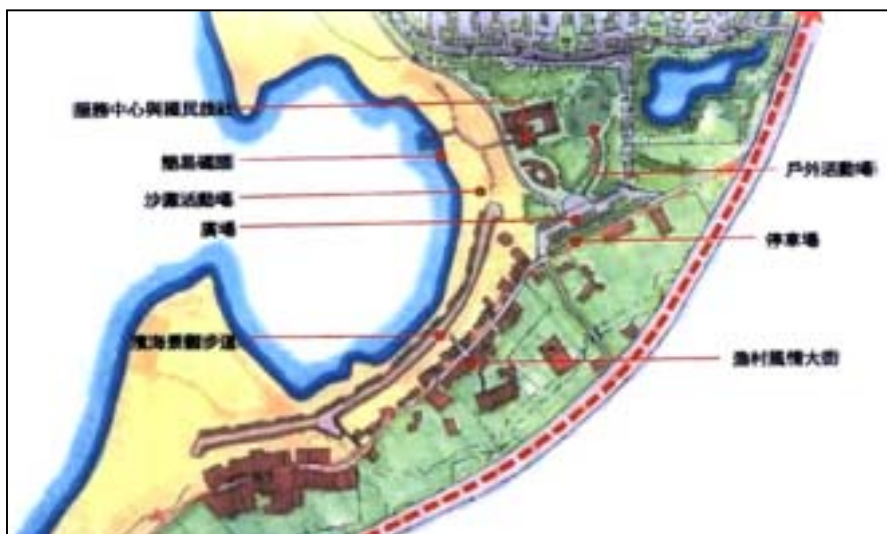


圖 2.9 後灣海岸環境及景觀改善計畫(<http://www.wra07.gov.tw>)

(3)計畫成效

本工程海岸人工養灘寬度約 40m，完工後仍呈穩定趨勢，能有效減緩波浪侵蝕。潛堤配合人工養灘工法，日後仍可能有沙灘流失之虞慮，將持續監測以為後續維護參考，必要時可利用漁港之疏浚土砂養灘，以維灘岸平衡及環境永續。後灣海岸環境及景觀改善工程施工前後相關照片，如照片 2.4 所示。

計畫創新性

本研究首創國內降低既有海堤堤頂高度之先例，將原混凝土堤改為土堤，增加天然岬灣視覺美感，堤前佈置緩坡式坡面，配合人工養灘以減低越波量，而越波水量則以堤後截水渠道加強排水處理，兼顧堤後居民生命財產安全。

創造多樣生態環境

堤前植生綠帶配合緩坡式岬灣沙灘地形及灘前塊石拋放區，以增加海域與灘線交界範圍，而維持寬廣海灘空間，並考量水生動、植物生存空間與遊客親水需求，創造生態多樣化棲地環境。

營造多孔隙空間

於灘線及海域中採用大型塊石、柔性織袋、石堆等拋放排列堆疊形成孔洞，並配合海域中裙礁分佈，營造多孔隙空間，利於水中植物、生物(魚、蝦、蟹類)等生長棲息。

恢復自然海岸風貌

以碎波潛堤配合人工養灘，依現況調查栽植不同種類之原生植物於堤前、後坡，除可保護海岸及提供生物棲息外，亦可恢復自然海岸風貌。



照片 2.4 後灣海岸環境及景觀改善工程施工前後(<http://www.wra07.gov.tw>)

2.5.2 國外案例

1. 多明尼加 Gran Dominicus 海灘保護工程

位於多明尼加(Dominican)Bayathibe 之 Gran Dominicus 海灘休閒區過去面臨沙灘侵蝕、海灘寬度變窄之問題，由於海岸需要保護，又因此區域為海灘休閒區不能因保護工法而破壞景觀及生態機能，故設計礁球式潛堤，利用礁球(reef ball)作為人工淺礁(artificial reef)之兼具生態海岸保護工法，如照片 2.5 海灘陰暗部份。此礁球潛堤約佈置 450 個，分為三列，所處水深約為 1.6~2.0 公尺，離岸 15~37 公尺，礁球高有 1.2 公尺(reef ball unit)及 1.4 公尺(ultra ball)兩種，重量約為 6,000 磅(約 3,000 公斤)。此礁球潛堤於 1998 年暑假佈置完成，經過九月 Georges 颱風大波浪之作用及十月份 Mitch 颱風之湧浪作用，由 11 月觀察發現沙灘並未受到侵蝕，而礁球亦是安定未被移動，如照片 2.6 所示。11 月同時調查礁球附近之生態狀況，發現有豐富之底棲生物、藻類附著於礁球上，而礁球內之小石頭提供微小生物之生活及躲藏空間，因此本礁球潛堤具有相當強之生態性。



照片 2.5 多明尼加 Gran Dominicus 海灘外之三列礁球潛堤 (Lee E. Harris, 2001)



照片 2.6 Gran Dominicus 海灘設立礁球潛堤前後之比較 (Lee E. Harris, 2001)

2001 年 Gran Dominicus 海灘休閒公司委託 Florida 技術研究所調查此區域之海灘變化。從在礁球潛堤開口(gap)之沙灘增寬約 10~13 公尺，增高約 1.5 公尺，而潛堤旁之海灘高程雖有微量增加，但海灘寬並不明顯，顯示礁球潛堤對海灘保護具有效果，且礁球原本具有多類生物聚集效果之生態性，經由工程及生態調查證實本生態工法實例係一成功案例。

2. 日本慶野松原海岸人工潛礁

日本慶野松原海岸位於兵庫縣三原郡西淡町，為防止冬季海岸侵蝕須採取海岸保護對策，由於附近為天然名勝之白砂青松海岸，考慮珍貴之珊瑚礁景觀及海洋生物之生息，而採用天然石料施工之人工潛礁。人工潛礁施工後，灘線回復至防止侵蝕之預定位置，且人工潛礁上形成繁茂藻場及聚集魚類棲息(如照片 2.7)。



(摘自 <http://web3.pref.hyogo.jp/>)

照片 2.7 慶野松原海岸之生態型人工潛礁

3. 日本自然調和型漁港推進事業

日本水產業近年來亦面臨漁業資源變遷之情勢，為保全沿岸海域良好之藻場、水質、干潟等自然環境，於 1994 年起實施「自然調和型漁港推進事業」，確立今後漁港建設與自然環境和諧共生之整備方向，並積極開發各種環境共生之工法，至 2002 年全國實施之漁港已超過 40 處。同時配合修法，將原「漁港法」與「沿岸漁場整備開發法」合併制定「漁港漁場整備法」，於 2002 年 4 月 1 日公布實施，原水產廳漁港部亦擴大為漁港漁場整備部，彰顯未來漁港建設與漁場環境共生之重要性，邁入漁港漁場整備之新里程碑。

由日本所實施之自然調和型漁港推進事業，其應用相當我國所謂之生態工法於港灣工程已有超過十年經驗，主要工程技術手法係對於漁港建設時，在確保原有設施功能之情況下，附加藻場、海水交換、干潟等機能，以保全、復育及創造周邊之自然環境。

(1)實施漁港

日本自 1994 年推動自然調和型漁港建設，根據水產廳統計，迄 2002 年已有 42 個漁港實施(如表 2.1)，地點遍及北海道、本州、九州、四國及琉球等地。

(2)實施目的

已實施漁港案例中，附加藻場機能為目的者有 37 個(佔 68%)，海水交換機能為目的者有 16 個(佔 30%)，防止流冰機能者有 1 個(佔 2%)，其中同時推動藻場、海水交換機能者有 12 個。

(3)實施對象設施

所實施漁港案例中，主要以防波堤、護岸等設施為主，其中以防波堤為實施對象設施者有 36 個(佔 75%)，以護岸為對象者有 9 個(佔 19%)，以人工潛礁為對象者有 2 個(佔 4%)，防止流冰設施者有 1 個(佔 2%)，而同時實施防波堤、護岸為對象者有 6 個。

(4)藻場造成型示範漁港實施概要

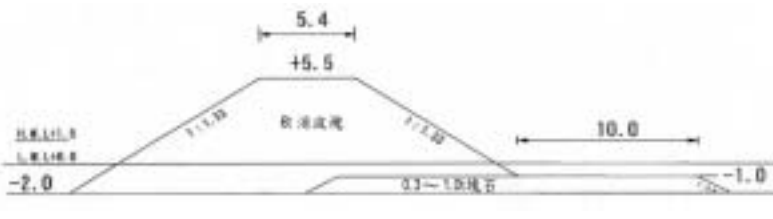
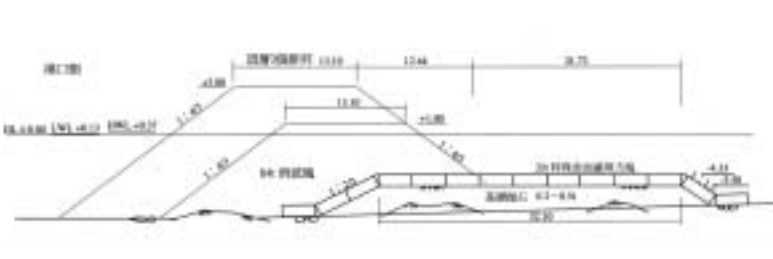
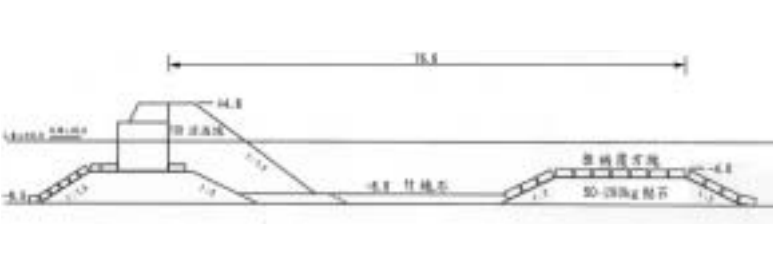
所實施自然調和型漁港附加藻場機能工法中，以漁港構造物附加寬廣拋石平台、潛堤及被覆生態型方塊、消波塊、藻礁等為主。依據 ITANKI 等示範漁港之實施過程(如表 2.2)，由確立計畫目的後，依序進行事前環境調查(藻場、底棲動物、魚類、流況、水質、底質等)，將調查結果納入設計考慮事項，並於施工期間及完工後實施完整之成效追蹤調查。由上述示範漁港之追蹤調查結果顯示，所設計藻場平台上之海藻現存量多呈逐年增加(如圖 2.10)，並有底棲生物與魚類棲息情況，實施成效良好。

表 2.1 日本自然調和型漁港推進事業迄 2002 年實施概況

都道府縣	漁港名稱	指定年度	目 的	實施對象設施
開發局	元地	1996	海水交換、藻場	防波堤
開發局	福島	1996	藻場、海水交換	防波堤
開發局	壽都	1994	藻場	防波堤
開發局	江良	1994	藻場	防波堤
開發局	樣似	1994	藻場、海水交換	護岸
開發局	SAMARO 湖	1997	與 SAMARO 湖調和	防止流冰設施
北海道	鳧舞	1996	海水交換	防波堤
北海道	ITANKI	1996	藻場	防波堤
北海道	禮文	1994	藻場	防波堤
北海道	別刈	1996	藻場	防波堤
岩手	堀内	1994	藻場、海水交換	防波堤
秋田	金浦	1994	藻場、海水交換	防波堤、護岸
秋田	八森	1996	藻場	防波堤
千葉	乙浜	1996	藻場	防波堤
新潟	高千	1994	藻場	防波堤
富山	四方	1994	海水交換	防波堤
富山	藪田	1994	藻場	防波堤、護岸
石川	富來	1996	藻場、海水交換	防波堤、護岸
石川	庵	2002	藻場、海水交換	防波堤
石川	元目	1994	海水交換	防波堤
三重	和具	1996	藻場	防波堤
三重	神島	1994	藻場	防波堤、護岸
京都	浦島	1996	藻場	防波堤
京都	間人	1996	藻場	防波堤
大阪	深日	1997	藻場	護岸
兵庫	石見	2002	藻場	防波堤
兵庫	坊勢	2001	藻場、海水交換	防波堤
兵庫	丸山	1998	藻場	防波堤
和歌山	田邊	1996	藻場	人工潛礁
島根	浜田	1994	藻場、海水交換	防波堤、護岸
廣島	大地藏	2001	藻場	防波堤
廣島	沖浦	1997	海水交換	防波堤
山口	奈古	1997	藻場	防波堤
香川	馬篠	1996	藻場、海水交換	防波堤
高知	小才角	1994	藻場	防波堤
佐賀	向島	1996	藻場、海水交換	防波堤
長崎	浦	1996	藻場	防波堤
長崎	有喜	1994	藻場、海水交換	防波堤
熊本	大江	1996	藻場	人工潛礁
大分	泊内	1996	藻場	防波堤
沖繩	川満	1994	藻場	防波堤、護岸
沖繩	宜野座	1998	藻場	護岸

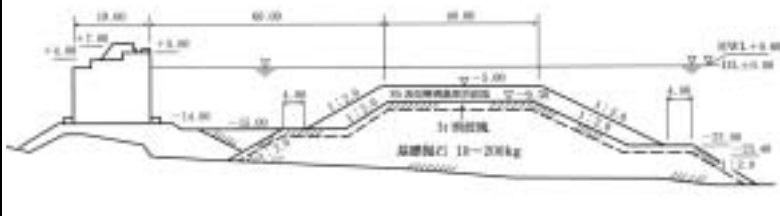
資料來源：日本全國漁港漁場協會(2003)

表 2.2 日本藻場造成型示範漁港實施概要

漁港別及實施位置	計畫概要	設計條件	標準斷面
	對象設施：防波堤 111m 工法：附加背後小段傾斜堤 對象海藻： <i>Laminaria angustata</i> 事前調查設計：1995 年 施工：1995～1997 年 追蹤調查：1996～1999 年	颱風波向：SE 波高：7.5m 週期：11.7s 設置水深：0.4～3.3m 設計波高：4.0m 設置地盤：岩盤、砂	
	對象設施：防波堤 100m 工法：附加背後小段傾斜堤 對象海藻： <i>Ecklonia stolonifera</i> <i>Sargassum spp.</i> 事前調查設計：1994 年 施工：1995～1997 年 追蹤調查：1995～1999 年	颱風波向：NW 波高：11.2m 週期：13.7s 設置水深：-5.0～-7.0m 設計波高：7.5m 設置地盤：岩盤、礫	
	對象設施：防波堤 190m 工法：附加潛堤寬廣拋石平台型防波堤 對象海藻： <i>Sargassum spp.</i> 事前調查設計：1995～1996 年 施工：1997～2001 年 追蹤調查：1998～2002 年	颱風波向：WSW 波高：7.7m 週期：11.02s 設置水深：-8.7～-10m 設計波高：4.2m 設置地盤：砂	

參考資料：日本全國漁港漁場協會(2003)

表 2.2(續) 日本藻場造成型示範漁港實施概要

漁港別及實施位置	計畫概要	設計條件	標準斷面
	對象設施：防波堤 480m 工法：附加潛堤防波堤 對象海藻： <i>Ecklonia kurome</i> <i>Sargassum spp.</i> 事前調查設計：1995~1996 年 施工：1995~2002 年 追蹤調查：1996~2001 年	颱風波向：N 波高：9.5m 週期：12.6s 設置水深：-23~-30m 設計波高：7.2、7.3m 設置地盤：岩盤	
	對象設施：離岸防波堤 120m 工法：附加小段消波工被覆堤 對象海藻： <i>Ecklonia kurome</i> <i>Sargassum spp.</i> 事前調查設計：1994~1995 年 施工：1995~1998 年 追蹤調查：2000~2002 年	颱風波向：SW 波高：12.3m 週期：14.9s 設置水深：-10.7m 設計波高：4.7m 設置地盤：砂	
	對象設施：防波堤 60m 工法：附加潛堤寬廣拋石平台型防波堤 對象海藻： <i>Ecklonia kurome</i> <i>Sargassum spp.</i> 事前調查設計：1995~1996 年 施工：1997~2000 年 追蹤調查：1999~2002 年	颱風波向：ENE 波高：4.1m 週期：6.8s 設置水深：-17.0m 設計波高：3.2m 設置地盤：砂	

參考資料：日本全國漁港漁場協會(2003)

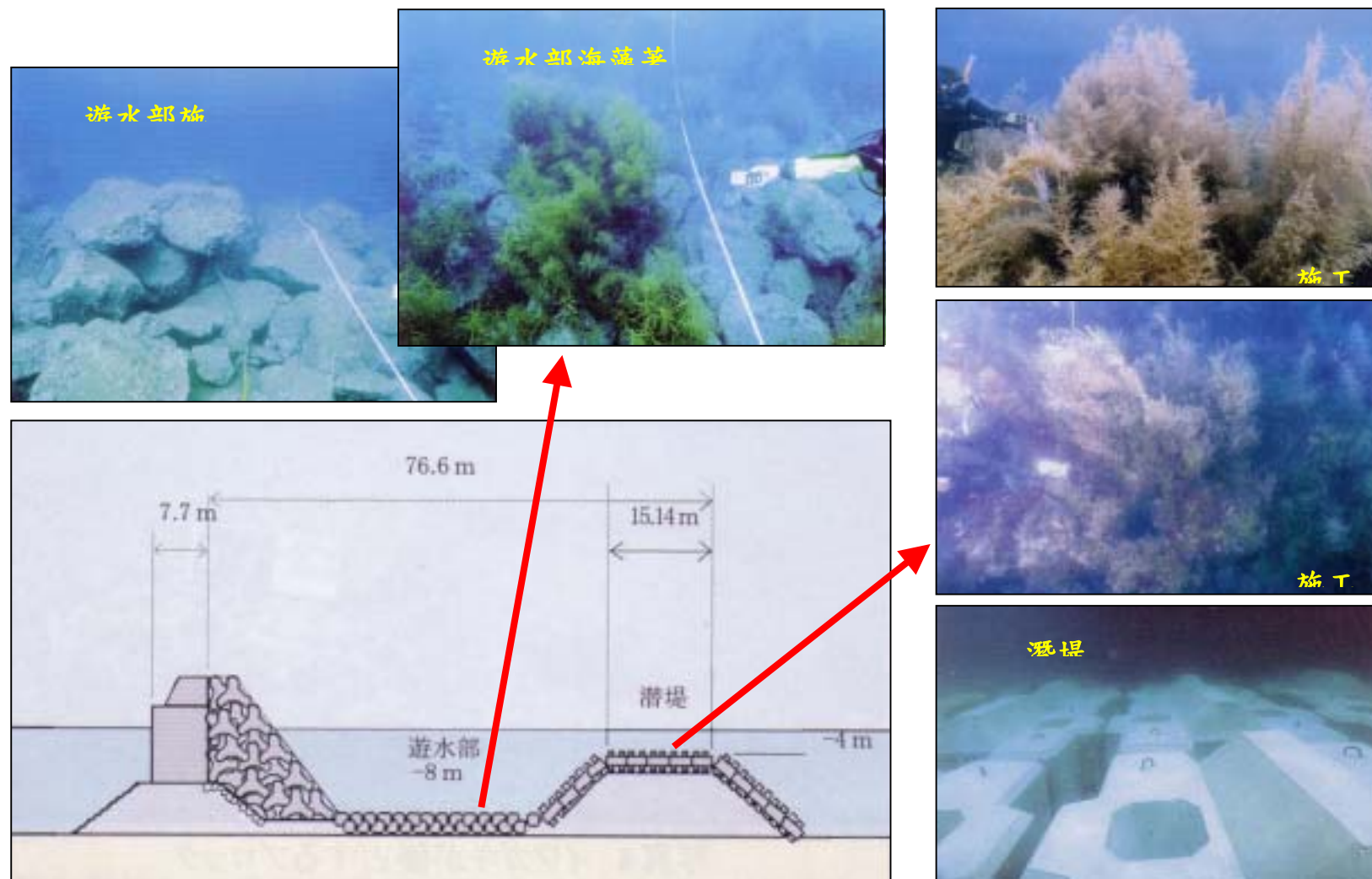


圖 2.10 富來漁港藻場造成型防波堤成效追蹤調查 (摘自：安藤亘，2002a)

4.日本協田漁港海岸人工潛礁生物涵養效果調查

日本協田漁港海岸位於福岡縣北九州市，考量協田漁港海岸之保全，綜合考量景觀、生物涵養、海水浴場之利用，採人工潛礁工法，興建三支寬 20~23m 之人工潛礁（A=50m、B=100m、C=100m），潛礁底部水深為-0.5m，協田漁港海岸人工潛礁平面佈置如圖 2.11。

為了解人工潛礁設置後之生態效果，乃自 2000 年 3 月~2003 年 5 月進行現場調查，調查期間為每年之春季（3 月）、夏季（6 月）、秋季（11 月），共進行六季次。調查結果顯示，協田漁港海岸三支人工潛礁上之藻類密集程度並不太一致，且與人工潛礁上著生之藻類種類有關，而人工潛礁之海側及陸側之藻類密集程度分佈及種類亦有不同，各季次之調查結果如圖 2.11 所示，人工潛礁上藻類生長之季節性變化，大致與天然藻場之季節性變化相符。

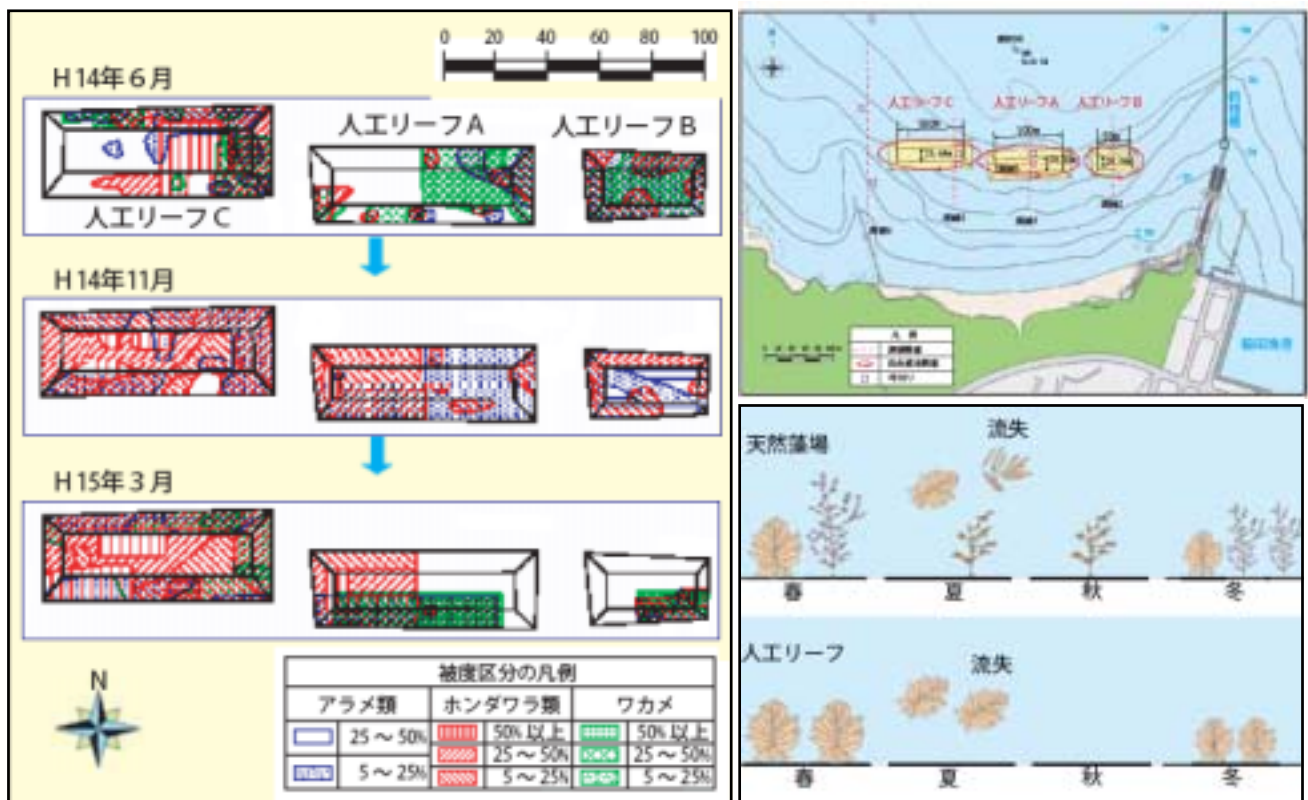


圖 2.11 日本協田漁港人工潛礁生物涵養效果調查 (摘自：安藤亘、岡野崇裕，2002)

第三章 南部海岸保護結構物海藻生態環境調查

本研究於本年度選定兩處南部海岸保護結構物，進行海藻著生狀況與水質環境之調查，並分析調查成果，俾供國內發展藻場造成型海岸保護結構物之可行性檢討。

3.1 藻場造成型海岸保護結構物研究概述

依本研究第一年計畫之成果，國內發展生態型海岸保護工法，初期建議以開發海岸保護結構物附加生態機能為宜，即發展所謂之生態型海岸保護結構物，如突堤、離岸堤等海岸保護結構物附加生態機能，在原有保護海岸功能下，兼具改善、創造海岸生態之機能。

生態型海岸保護結構物之開發須因地制宜，依據實施地點之海岸生態及海岸環境特性，評估海岸保護結構物附加生態機能之對象生物，由於國內在海岸生態工程仍處起步階段，相關經驗與技術仍有待建立，實施初期宜廣泛參考國內外經驗。以日本近年來在海岸港灣工程建設與自然環境調和之發展技術而言，海岸結構物附加生態機能已成為主要發展趨勢，尤以附加藻場機能為主，以 1994 年起實施之「自然調和型漁港推進事業」，迄 2002 年所施行之 42 個漁港中，防波堤、護岸設施附加藻場機能者即佔 37 個，達所有實施漁港之 68%。海藻為海洋基礎生產者，行底棲性固著生活方式，除提供海洋動物之食物來源，生產有機質與氧氣外，亦為海洋生物之良好棲地與蔽護場所，對漁業資源之保育具有很大貢獻。台灣地處之緯度較日本為低，海水溫度普遍高於日本，海藻之生存環境雖不若日本，但已紀錄之大型海藻仍十分豐富達 600 種以上，是否適合發展藻場造成型海岸結構物，值得探究。故本研究以南部海岸保護結構物附加藻場機能為研究主題，進行海藻、水質等生態環境調查，俾供工程應用分析之評估依據。

3.2 調查目的

本研究調查南部海岸保護結構物之著生海藻生態環境，分析南部海岸保護工程生態效果及生長環境因子，及與海岸保護結構物之斷面型式等之相關性。鑑於海岸生態工程之規劃評估需以現地環境調查為基礎，掌握對象海岸自然環境、生態環境等，故除蒐集南部對象海岸之自然環境，將實地調查海藻、水質等生態環境，分析海岸保護結構物之海藻著生特性及水質環境因子，俾供評估南部海岸發展藻場造成型海岸保護結構物之可行性、對象海藻、發展型態、斷面構造等依據。

3.3 調查對象

台灣南部海岸多珊瑚礁地形，為海洋生物棲息繁殖良好場所，相對海岸侵蝕問題較少，亦不宜大肆進行海岸工程建設；部份沙質海岸因近年來漂砂砂源減少而有地形侵蝕之虞，故有實施海岸保護工法之需，如屏東海岸常見之離岸堤設施。由於沙質海岸地形較為單調，不適生物躲藏棲息，海岸生態本就較貧乏，且海底底質易移動亦不適於底棲性動植物生長。故對南部沙質海岸而言，相關海岸保護結構物規劃附加藻場機能，將可形成類岩礁環境，有利人工藻場繁殖及豐富海岸生態系。惟人工藻場之形成宜附近有自然生長之藻類存在，並瞭解所要繁殖對象海藻之生長特性，於沙質海岸設置可供海藻著生之安定基質，此可由一些實際案例發現證實，於海岸結構物之消波塊或拋石上常有海藻生長情形，對豐富海岸生態及促進漁場資源具有相當貢獻。

3.3.1 對象海岸

南部海岸保護結構物之海藻生態環境調查，初步選定具有沙岸與岩岸地形之屏東縣海岸為調查對象，並以其西部之沙質海岸為對象，主要係考量實際施行海岸保護工法之可能需求，及實施藻場造成型海岸保護結構物之海藻孢子來源。

3.3.2 對象結構物

國內海岸保護結構物以海堤、突堤、離岸堤之型式最為普遍，而屏東縣西部海岸以沙質地地形為主，近年來亦面臨海岸侵蝕問題，除興建海堤外，部份海堤外側加設離岸堤形成面之防護，此防護方式以林邊溪南北兩側海岸最為常見。為多瞭解各式海岸保護結構物之生態效果，調查對象結構物將包括離岸堤、突堤等型式，以茲分析比較。

經事前規劃與 94 年 9 月之現場勘查，選定位於屏東縣林邊鄉海岸之離岸堤與東港鎮海岸之大鵬灣出口導流堤作為調查對象結構物，如表 3.1、圖 3.1 所示。

表 3.1 南部海岸保護結構物海藻生態環境調查位置

構造型式	結構物名稱	地理位置 (GRS-67)
離岸堤	水利村離岸堤	No.5 離岸堤(中心)：120°29.84'E、22°25.15'N No.6 離岸堤(中心)：120°29.78'E、22°25.18'N
突堤	大鵬灣出口導流堤	北導流堤(堤頭)：120°26.60'E、22°26.96'N 南導流堤(堤頭)：120°26.66'E、22°26.87'N

1. 離岸堤

計畫調查之對象離岸堤位於林邊鄉水利村水利國小海側，由前水利局於「79 年度水利村離岸堤工程」所興建之第五座(No.5)、第六座(No.6)離岸堤，於 80 年 4 月完工，其中第五座離岸堤(南側)係由基礎拋石上覆 10 噸三腳鼎塊所構成，第六座離岸堤(北側)構造則屬基礎拋石上覆 10 噸天允塊，各長約 80 公尺，如圖 3.2 所示。

2. 突堤

本區突堤數量較少且多屬短突堤型式，平常水位多露出於水面上，故選定與突堤具類似構造型式，位於大鵬灣出口之兩座導流堤，亦由前水利局於 79 至 86 年度陸續興建完成，其中北導流堤長 221 公尺，南導流堤長 257 公尺，主要構造型式由基礎拋石上覆 10 噸三腳鼎塊所構成，如圖 3.3。

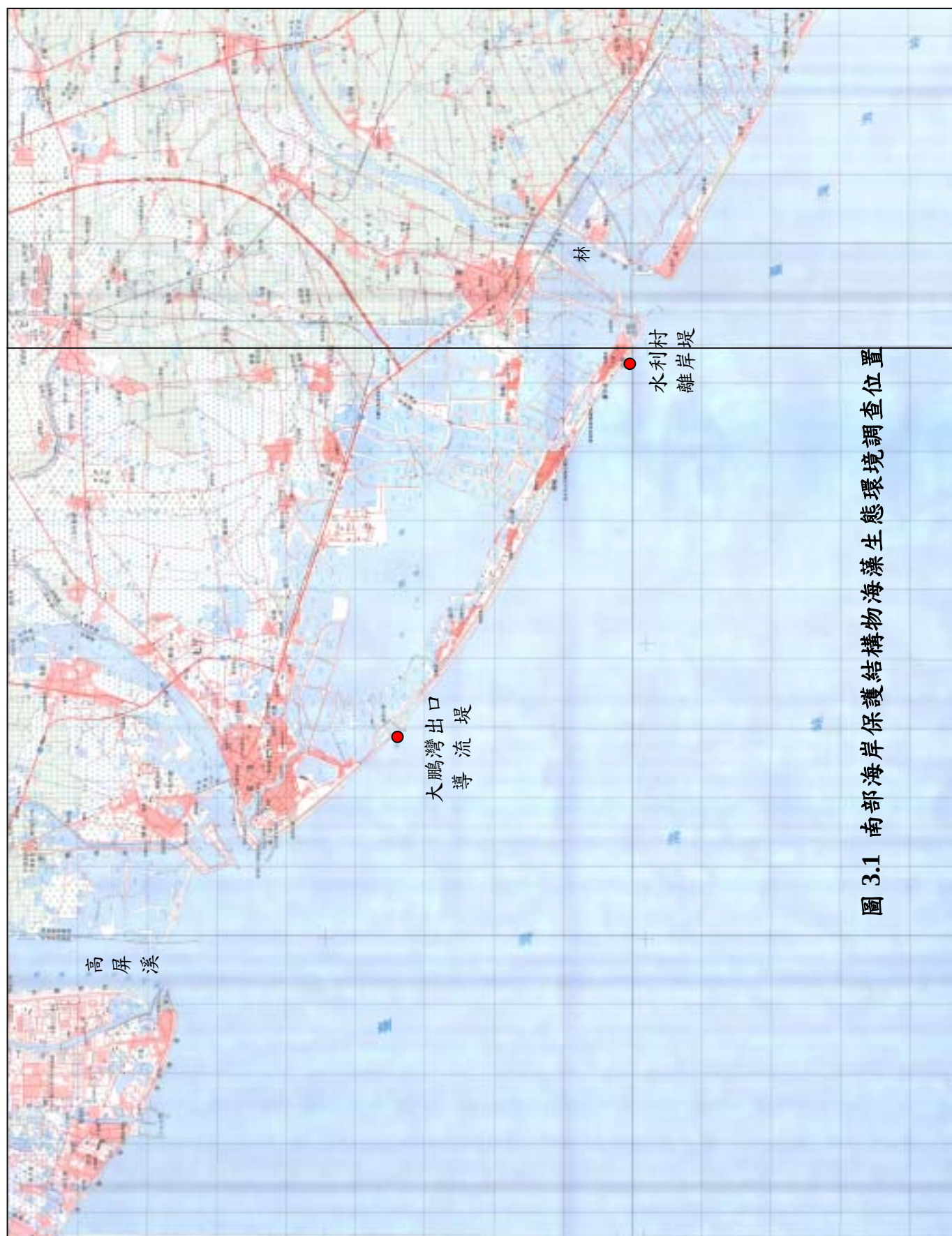
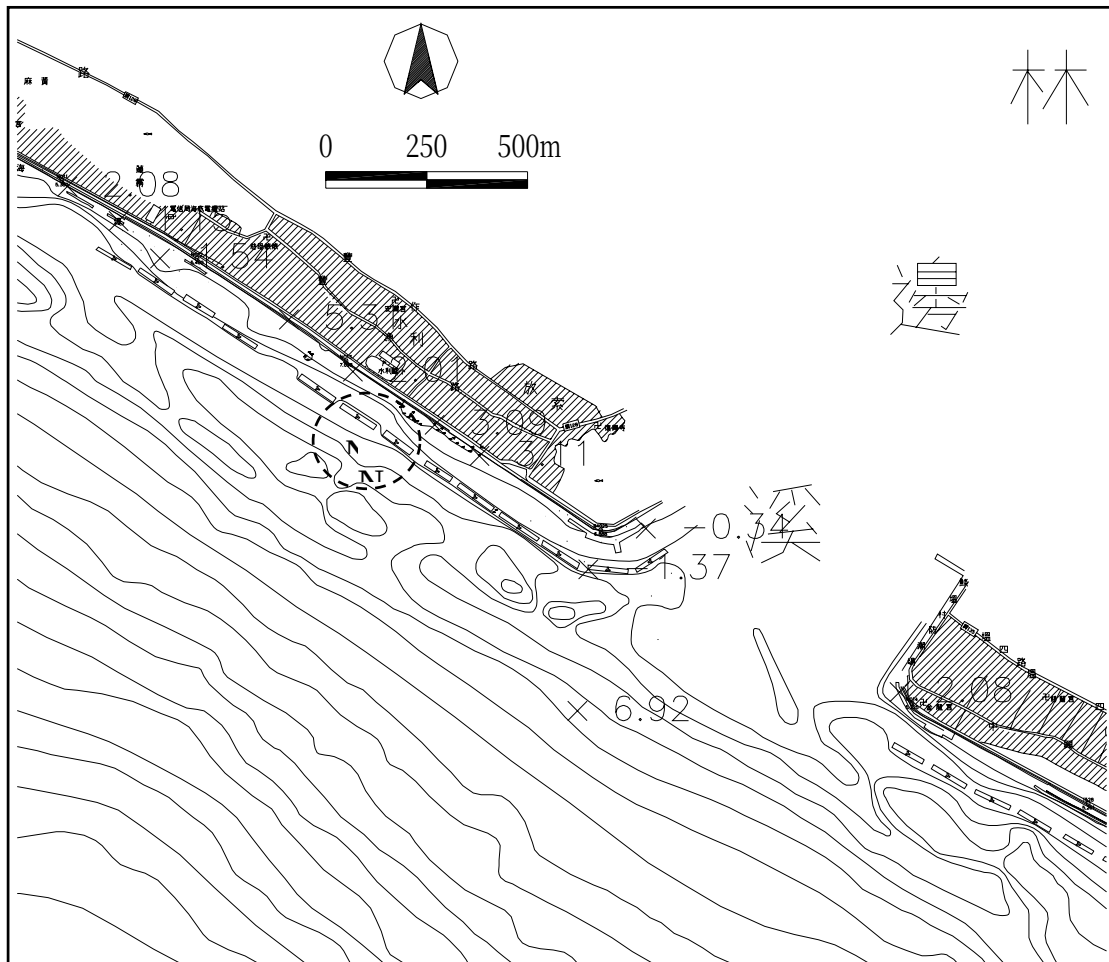
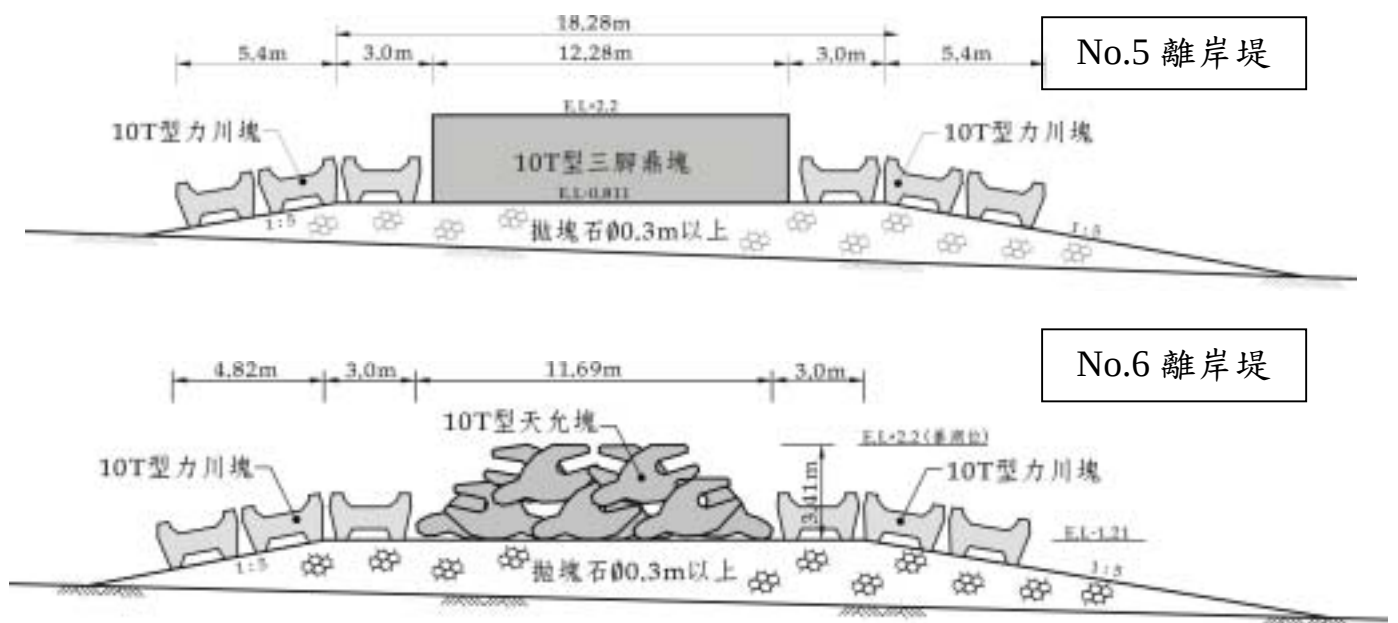


圖 3.1 南部海岸保護結構物海藻生態環境調查位置

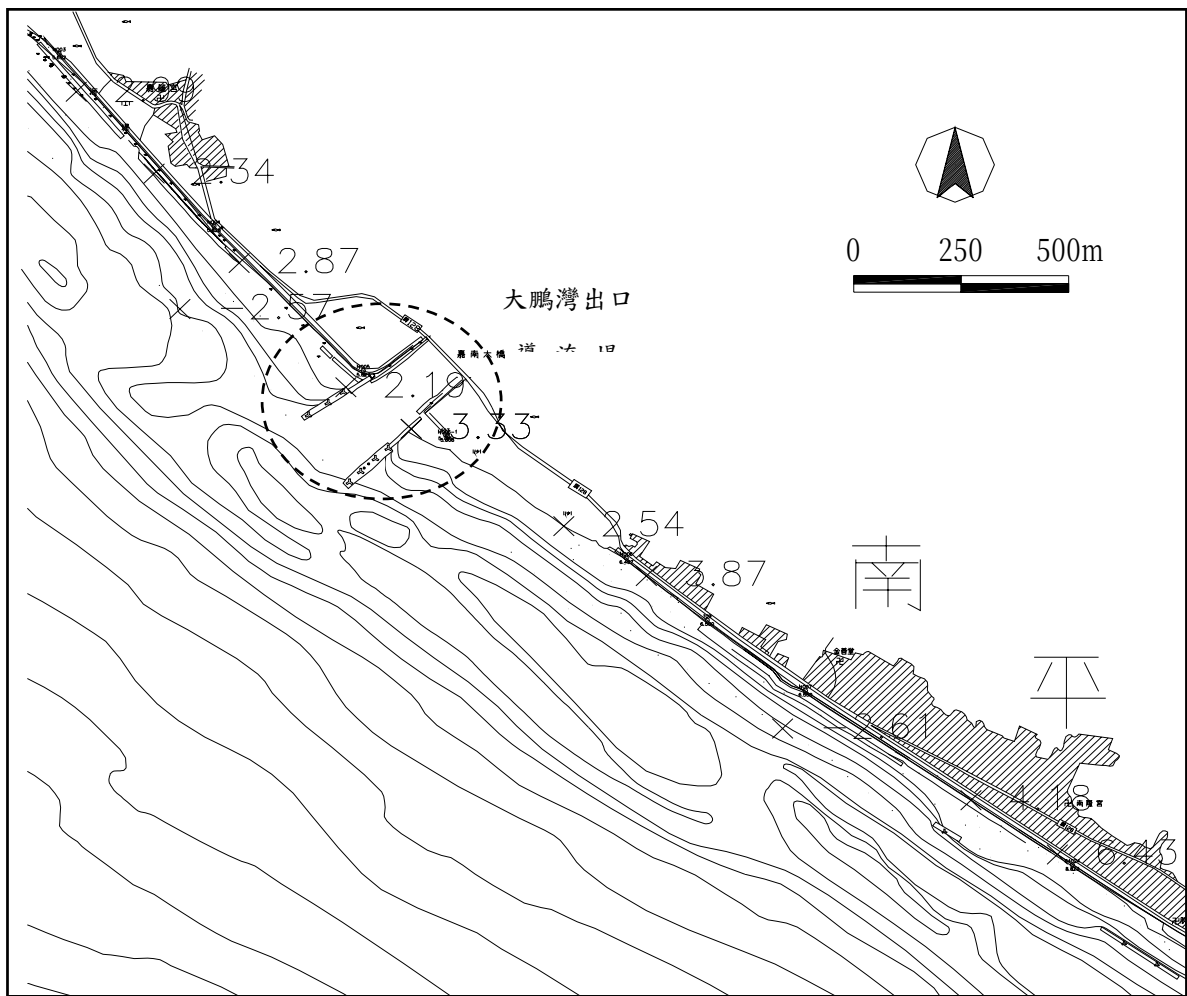


(A)平面圖

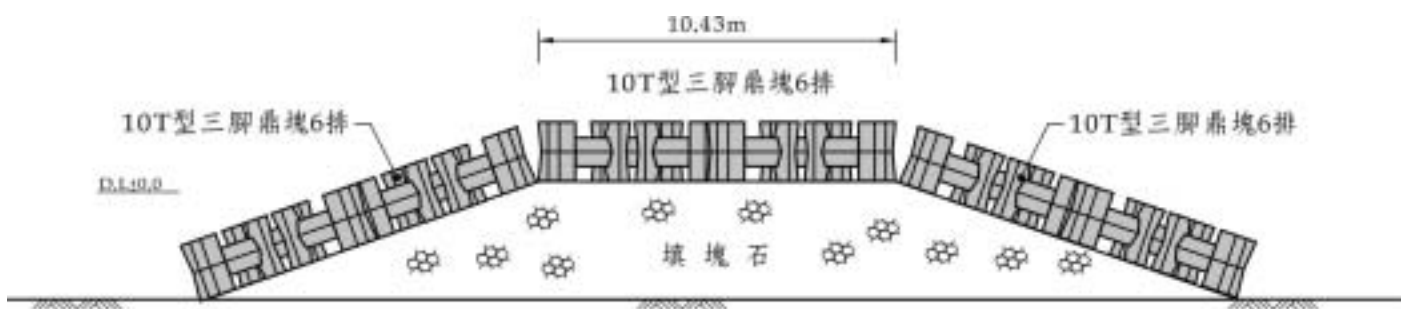


(B)標準斷面圖

圖 3.2 屏東縣林邊鄉水利村第五、六座離岸堤平面與斷面圖



(A)平面圖



(B)南導流堤 $N0^k+187 \sim N0^k+207$ 標準斷面圖

圖 3.3 屏東縣大鵬灣出口導流堤平面與斷面圖

3.3.3 自然環境

1. 氣象

本區鄰近之氣象站為中央氣象局高雄測候站，故參考其長期氣象資料如表 3.2，並參考大鵬灣浮標測站(位置 N22°25'，E120°26')之氣象資料，說明如下：

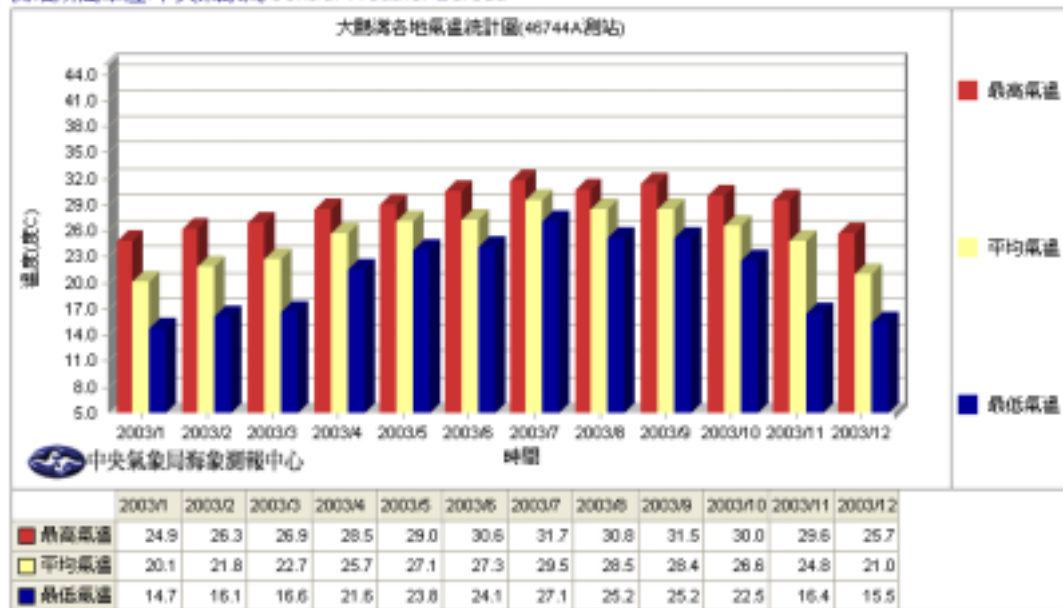
表 3.2 高雄測站長期氣象月平均統計表

項目	降雨量	降雨日數	平均氣溫	相對濕度	最高氣溫	最低氣溫
單位	毫米	天	攝氏度	百分比	攝氏度	攝氏度
1 月	20.0	4	18.8	75	23.4	15.1
2 月	23.6	4	19.7	75	24.1	16.1
3 月	39.2	4	22.3	75	26.5	18.7
4 月	72.8	6	25.2	77	28.8	22.0
5 月	177.3	9	27.2	79	30.4	24.4
6 月	397.9	14	28.4	81	31.5	25.7
7 月	370.6	14	28.9	80	32.1	26.1
8 月	426.3	17	28.3	82	31.5	25.7
9 月	186.6	10	27.9	80	31.2	25.1
10 月	45.7	4	26.4	78	29.7	23.5
11 月	13.4	3	23.4	75	27.2	20.2
12 月	11.5	3	20.2	75	24.6	16.6
合計	1784.9	92	24.7	77	28.4	21.6

(1) 氣溫

由高雄地區月平均氣溫以 7 月份之 28.9℃ 最高，1 月份之 18.8℃ 最低；另由大鵬灣浮標測站歷年觀測資料統計之月平均氣溫，其各月份平均氣溫變化中，以 7 月份之 29.5℃ 最高，1 月份之 20.1℃ 最低，如圖 3.4 所示。

測站位置:屏東縣東港鎮大鵬灣外海4公里,水深26公尺處。
 經度:120°26'02" 緯度:22°25'00"
 測站所屬單位:中央氣象局Central Weather Bureau



資料來源:中央氣象局網站

圖 3.4 大鵬灣浮標測站氣溫統計圖

(2)雨量

高雄地區年平均降雨量為 1784.9mm，月平均降雨以 8 月份之 426.3mm 最高，12 月份之 11.5mm 最低，其雨量因颱風造成降雨不均現象，不過大致上皆集中於 5 月至 9 月颱風季節；年平均降雨日數為 92 日，亦集中於 5~9 月間，以 8 月份 17 日最高。

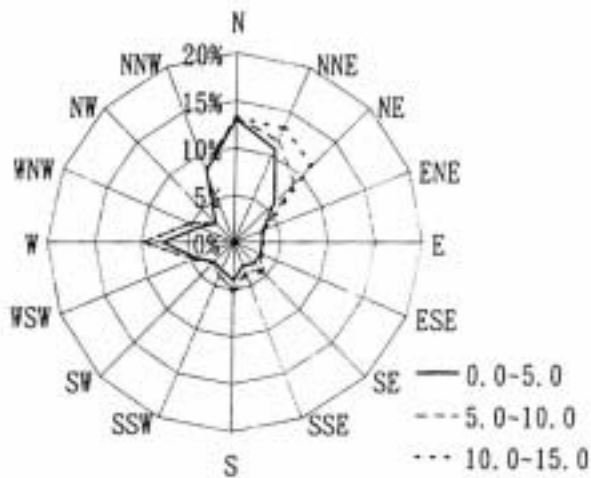
(3)風

高雄港務局於民國 79 年 11 月至民國 84 年 1 月曾於大鵬灣測站量測風速，統計結果如表 3.3 及圖 3.5 所示。其最大風速出現在 83 年 9 月 22 日達 28.9m/s，風向為西北向:由風玫瑰圖中，全年風速 $\leq 5\text{m/s}$ 之風向主要集中在 N 及 NNE 方向，冬季風速約 5m/s ~ 10m/s 之間，主要集中在 NNE 及 NE 方向；夏季風速 5m/s ~ 10m/s 之間，因受颱風影響約在 WNW~SE 區間。另參考氣象局大鵬灣浮標測站 2003 年全年測量成果顯示，全年平均風速均不大均 $\leq 5\text{m/s}$ ，如圖 3.6 所示。

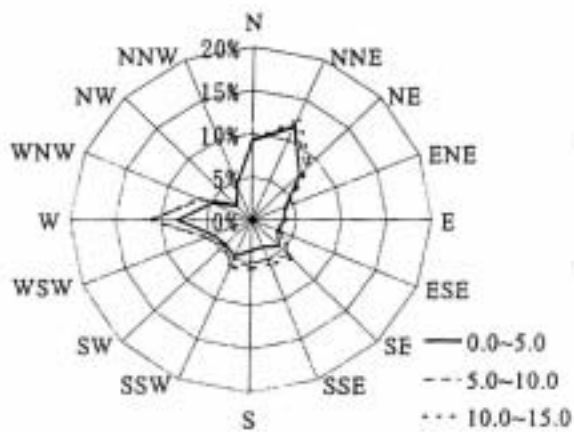
表 3.3 大鵬灣地區全年風速風向分佈累積百分率 單位:%

風向 風速(m/sec)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0~5	13.0	10.7	5.9	3.2	3.0	3.1	3.1	2.6	4.0	3.2	2.9	4.3	7.7	4.1	2.8	8.2
5~10	13.3	11.7	8.9	3.3	3.0	3.3	4.0	3.5	4.9	3.8	3.1	4.7	9.6	5.1	2.9	8.4
10~15	13.3	13.1	11.4	3.3	3.0	3.3	4.2	3.8	5.2	3.9	3.1	4.7	9.6	5.2	2.9	8.4
15~20	13.3	13.6	12.1	.3	3.0	3.3	4.2	3.8	5.2	3.9	3.1	4.7	9.6	5.2	2.9	8.4
>20	13.3	13.7	12.2	3.3	3.0	3.3	4.2	3.8	5.2	3.9	3.1	4.7	9.6	5.2	2.9	8.4

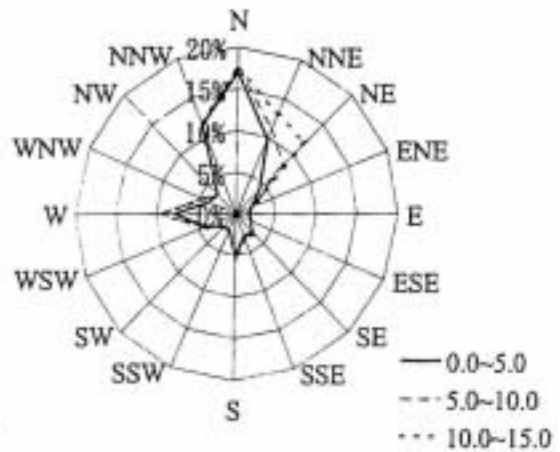
資料來源:高雄港務局大鵬灣測候站(1990.11~1995.1)



全年



夏季(4~9 月)

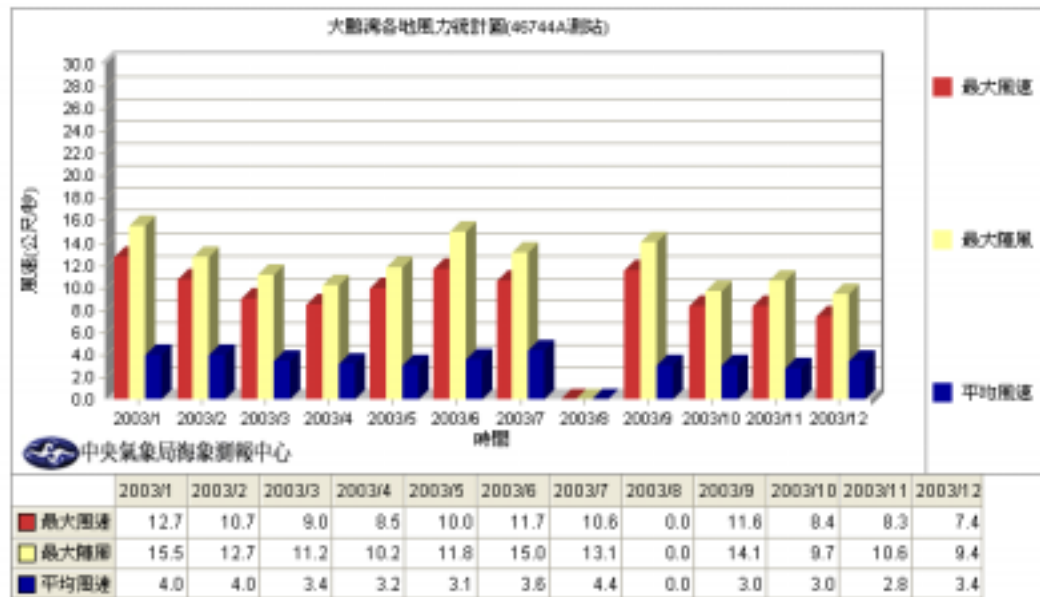


冬季(10~3 月)

資料來源:高雄港務局大鵬灣測候站(1990.11~1995.1)

圖 3.5 大鵬灣風玫瑰圖

測站位置:屏東縣東港鎮大鵬灣外海4公里,水深26公尺處。
經度:120°26'02" 緯度:22°25'00"
測站所屬單位:中央氣象局Central Weather Bureau



資料來源:中央氣象局網站

圖 3.6 大鵬灣浮標測站 2003 年風速統計圖

2.海象

(1)潮汐

參考鄰近區域潮汐觀測資料最長最完整的高雄港二港口潮位站調和分析成果,主要潮位如下:

天文潮最高高潮位(H.H.W.L.)	+1.257 m
大潮平均最高潮位(M.H.W.O.S.T.)	+1.102 m
平均高潮位(M.H.W.L.)	+0.979 m
平均水位(M.H.L.)	+0.764 m
平均低潮位(M.L.W.L.)	+0.549 m
大潮平均最低潮位(M.L.W.O.S.T.)	+0.501 m
天文潮最低低潮位(L.L.W.L.)	+0.363 m

(2)季風波浪

台灣地區之季風以冬季大陸性高氣壓造成之東北季風較為顯著,台灣西南部因海岸線偏移往東南方向伸展,形成背風地區,是以

冬季季風與其波浪因擴散衰減後，對台灣西南海岸已不構成重大威脅。台灣海峽季風波浪經衰減至大鵬灣附近時，波高均已小於 1.5 公尺，且可能受當地吹風之影響較大，但週期則長達 9 至 10 秒，而形成湧浪。

依據高雄港務局所設波浪觀測站之波浪統計分析有義波波高及週期資料，大鵬灣之波高小於 2m 者，全年為 87.97%，夏季佔 81.87%，冬季佔 97.85%。週期方面全年多為 0~7 秒，波向按實測結果以 SW 為主。此外，港研中心民國 86 年~89 年於屏東枋寮外海水深 15 公尺處觀測波浪，夏季有義波波高大都在 1m 以下、其對應之有義波週期約在 8~9sec，冬季觀測結果，有義波波高大都在 0.75m 以下、其對應之有義波週期約在 8~10sec 左右。

綜合以上可知，大鵬灣附近海面冬季波浪較小；夏季則因受低氣壓及颱風之影響，波浪較大。此外另參考中央氣象局大鵬灣浮標測站 2003 年實測資料分析成果，亦有相同趨勢，如圖 3.7。



資料來源:中央氣象局網站

圖 3.7 大鵬灣浮標測站 2003 年波浪統計分析圖

(3) 颱風波浪

高雄港務局曾以波浪追蹤法，推算大鵬灣外海之各「再現期颱風示性波浪」條件，如表 3.4 所示，50 年再現期最大波高可達 9.6m，週期 12.4 秒，根據 1993 年及 1994 年大鵬灣波浪實測資料顯示，該期間內之颱風最大指示波高約為 7.19m，週期為 9.7 秒，波向約為南南西。

表 3.4 大鵬灣外海颱風波浪表

波向 \ 迴歸期(年)	5		10		15		20		25		50	
	波高	週期	波高	週期	波高	週期	波高	週期	波高	週期	波高	週期
W	3.7	7.7	4.3	8.3	4.7	8.7	4.9	8.9	5	8.9	5.5	9.4
WSW	4.3	8.3	5.1	9	5.5	9.4	5.7	9.5	5.9	9.7	6.4	10.1
SW	4.9	8.8	5.8	9.6	6.2	10	6.6	10.3	6.7	10.4	7.3	10.8
SSW	5.7	9.5	6.8	10.4	7.3	10.8	7.7	11.1	7.9	11.2	8.6	11.7
S	6.4	10.1	7.6	11	8.2	11.4	8.6	11.7	8.8	11.9	9.6	12.4

(4) 流況

海流

台灣地區主要海流為黑潮，主流自菲律賓沿台灣東部流向日本，其支流經台灣海峽從基隆流入東海，而於宜蘭外海與主流會合；屏東海岸外海流速約為 0.4 至 1.0 節(0.2m/sec 至 0.5m/sec)，流向以東南向西北為主。

潮流

大鵬灣沿岸水深 10 公尺以內之流向，多與海岸線平行，其受陸地邊界與水深之影響較大。另大鵬灣外水深逾 10 公尺處，流向漲潮時為北北西向，退潮時為南南東向。

3. 水質

參考環保署大鵬灣附近水質測站東港溪口 5197 測站民國 87~94 年間監測結果，如表 3.5 所示，可知其水質狀況大都可符合甲類海域水質標準。

表 3.5 大鵬灣附近海域水質表

採樣日期	採樣深度(m)	水溫	酸鹼值	溶氧(mg/L)	懸浮固體(mg/L)	亞硝酸鹽氮(mg/L)	硝酸鹽氮(mg/L)	葉綠素 a(mg/m ³)	鹽度(0/00)	矽酸鹽(mg/L)	磷酸鹽(mg/L)	鎘(mg/L)	汞(mg/L)	鉻(mg/L)	銅(mg/L)	鋅(mg/L)	鉛(mg/L)
94/11/17	1.00	26.90	8.30	6.70	4.50	0.01	<0.05	3.80	33.60	0.59	0.11	<0.0005	<0.0006	<0.002	0.0015	0.0101	<0.004
94/8/3	1.00	29.30	7.90	4.90	<3	0.24	1.52	5.00	20.00	0.81	0.67	<0.0005	<0.0006	<0.002	0.0009	0.0144	<0.004
94/5/25	1.00	26.50	8.10	6.10	<3	<0.001	<0.05	1.70	33.70	0.11	<0.025	<0.0005	<0.0006	0.012	<0.0005	0.0171	<0.004
94/2/26	1.00	23.70	8.10	5.40	12.20	0.08	0.22	2.90	26.40	2.63	0.71	<0.0005	<0.0006	<0.002	0.0014	0.0063	<0.004
93/11/11	1.00	26.30	8.00	5.80	5.10	0.04	0.20	6.00	28.40	1.39	0.58	<0.0005	<0.0006	<0.002	0.0029	0.0132	<0.004
93/8/21	1.00	30.10	8.10	6.60	5.30	0.07	0.29	7.10	27.00	2.83	0.46	<0.0005	<0.0006	<0.002	0.0038	0.0313	<0.004
93/5/21	1.00	28.70	7.50	3.00	13.00	0.14	0.17	13.80	15.40	3.13	1.45	<0.0005	<0.0006	<0.002	0.0014	0.0099	<0.004
93/2/21	1.00	23.40	7.40	6.70	<3	0.02	0.12	3.00	32.60	0.54	<0.025	<0.0005	<0.0006	<0.002	0.0033	0.047	<0.004
92/11/12	1.00	26.20	8.00	5.20	3.60	0.08	0.36	4.60	27.60	1.94	0.54	<0.0005	<0.0006	<0.002	0.0034	0.0147	<0.004
92/8/17	1.00	30.50	7.90	6.10	20.00	0.10	1.47	8.80	11.90	3.91	0.77	<0.0005	<0.0006	<0.002	0.0018	0.0572	<0.004
92/5/20	1.00	27.90	8.15	6.60	3.60	0.06	0.19	8.20	29.20	0.26	0.48	<0.0005	<0.0006	<0.002	0.0049	0.0123	<0.004
92/2/19	1.00	25.60	8.10	5.70	7.70	0.05	0.09	15.50	29.00	0.23	0.66	<0.0005	<0.0006	<0.002	0.0013	0.0062	<0.004
91/11/27	1.00	25.40	7.90	4.70	5.20	0.11	0.20	10.50	27.00	2.41	0.42	<0.0005	<0.0006	<0.002	0.0009	0.0187	<0.004
91/9/3	1.00	29.80	7.60	4.50	5.60	0.16	0.57	30.50	14.70	8.24	1.28	<0.0005	<0.0006	0.0077	0.0031	0.0076	<0.004
91/5/31	1.00	28.90	7.70	4.90	15.30	0.18	0.31	32.20	12.20	6.13	1.20	<0.0005	<0.0006	<0.002	0.0033	0.0066	<0.004
91/3/5	1.00	24.20	8.00	5.30	3.60	0.07	0.09	12.60	34.20	2.83	1.04	<0.0005	0.0008	<0.002	0.0021	0.0014	<0.004
89/10/20	0.50	28.00	7.82	6.00					31.26			ND	ND	0.0004	0.0046	0.0063	0.0035
89/10/20	10.00	28.90	8.15	7.10					33.49			ND	ND	0.0002	0.0064	0.0049	0.0031
89/9/6	0.50	29.30	7.82	7.40					24.37			ND	ND	ND	ND	ND	ND
89/9/6	10.80	28.50	8.19	7.60					33.00			ND	0.007	ND	0.0035	0.0039	ND
89/5/1	0.50	28.10	8.19	8.10					32.07			ND	0.0012	0.0004	0.0082	0.006	0.0034
89/5/1	8.30	26.00	8.30	6.70					33.53			ND	0.0012	ND	0.0072	0.0058	0.0021
89/3/14	0.50	24.80	8.16	5.60					28.33			0.0001	ND	ND	0.0014	0.0074	0.0017
89/3/14	11.80	24.30	8.26	6.80					34.10			0.0001	0.0003	0.0008	0.0028	ND	0.0028
88/3/16	0.50	25.50	8.26	7.40					30.92			ND	ND	ND	0.001	ND	ND
88/3/16	8.00	25.30	8.32	7.40					34.19			ND	ND	ND	0.0028	0.0088	ND
87/12/30	0.50	25.60	8.12	5.70					31.79			ND	0.0015	0.0023	0.0012	0.0106	0.0018
87/12/30	8.30	25.80	8.41	8.40					34.29			ND	0.0017	0.003	0.0022	0.0117	0.0018
87/7/3	0.50	29.90	8.19	5.90					30.78			ND	ND	ND	0.0063	ND	ND
87/7/3	10.00	29.30	8.27	6.60					33.95			ND	ND	ND	0.0077	0.0062	ND
87/3/17	0.50	25.10	8.03	6.50					25.42			ND	ND	0.0071	0.0087	0.009	ND
87/3/17	10.00	24.60	8.14	6.80					34.37			ND	ND	0.0072	0.0065	0.008	ND

資料來源:環境保護署

3.4 調查項目與方法

本研究於民國 95 年 2 月 14 日、5 月 9 日及 8 月 7 日，針對屏東縣林邊鄉海岸之離岸堤及東港鎮海岸之大鵬灣出口導流堤附近海域，進行海藻附著於人工結構物生長情形以及水質監測採樣工作，並分別於大鵬灣出口導流堤附近設 2 個測站（測站一及測站二）和林邊鄉海岸之離岸堤附近設 2 個測站（測站三及測站四）。

3.4.1 調查項目

本研究現場調查項目包括：海水水質、光照度、海藻的種類分佈及豐富度（＝覆蓋率）等，分別概述如下：

1. 海水水質

近岸結構物附近之海水水質調查項目包括：水溫、鹽度、酸鹼度、濁度、溶氧、氨氮、硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽及照度等之檢測，以瞭解結構物上著生海藻之水質生長環境。

2. 光照度

於不同水深，分別測量水表面、水中間及水底層的光照度。

3. 海藻著生情形

調查對象海岸保護結構物之海藻著生狀況，包括其種類、生長位置(著生基質、著生部位、生長水深)、覆蓋率及季節分佈等等，以瞭解本區人工構造物適合著生海藻及生態特性。

3.4.2 調查方法

1. 水質檢測方法

本調查主要進行表層水及底層水之檢測，現場施放溫鹽深探儀(Ocean seven 304 CTD)收集測站之水溫、鹽度資料，並使用內壁為鐵氟龍被覆之尼斯金(Niskin)採水瓶採集水樣，現場以酸鹼度儀(HACH model 44701-00)、濁度計(Model 2100P HACH/U.S.A)分別量測 pH 值與濁度，其餘水樣分裝至不同之樣品瓶中，依環保署公告之方法(NIEA W102.50A)立即加以保存處理，於規定之時限內運送至實驗室進行化學分析。使用流動注入分析儀(FIA)搭配分光光度計(HITACHI Spectrophotometer U-3000)，測定氨氮、硝酸鹽、亞硝酸鹽及磷酸鹽等。照度則採用光度計(CR10KD)現場量測水中光照強弱，其單位為 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ ，以瞭解海藻生長之光環境條件。採樣程序與分析過程經由嚴密之品保/品管(QA/QC)流程，包括重複分析、添加回收率、檢量線製作、方法偵測極限之建立、空白實驗、查核樣品分析等步驟，利用控制圖(Control chart)之方式加以控管分析數據之品質。

水質檢驗方法主要依據環保署環境檢驗所公告之水質檢測方法，各水質物化參數分析方法及方法如表 3.6。茲分述檢測方法如下：

表 3.6 海水水質檢測項目之分析方法與依據

檢測項目	分析方法	方法依據
水溫	溫度計法	NIEA W217.51A
鹽度	導電度法	NIEA W447.20C
酸鹼度	電極法	NIEA W424.51A
濁度	濁度計法	NIEA W219.52C
溶氧	疊氮化物修正法	NIEA W421.54C
氨氮	靛酚法	NIEA W437.51C
硝酸鹽	鎘還原流動注入分析法	NIEA W436.50C
亞硝酸鹽	鎘還原流動注入分析法	NIEA W436.50C
磷酸鹽	比色法	NIEA W443.51C

(1)水溫

依環保署水質檢測方法中之水溫檢測方法(NIEA W217.51A)，使用溫鹽深探儀(Ocean seven 304 CTD)現場測定，攜回實驗室分析水溫資料。

(2)鹽度

採用水中鹽度檢測方法-導電度法(NIEA W447.20C)，其方法係利用水樣所量測出來之導電度與標準海水間之導電度比(R_t)，計算水中實用鹽度(Practical salinity scale)。使用溫鹽深探儀(Ocean seven 304 CTD)現場測定，攜回實驗室分析鹽度資料。

(3)酸鹼度(pH)

採用水中氫離子濃度指數測定法-電極法(NIEA W424.51A)，其方法係利用玻璃電極及參考電極，測定水樣中電位變化，可決定氫離子活性，而以氫離子濃度指數(pH)表示之。於現場採得水樣後，立即以攜帶式酸鹼度儀(HACH model 44701-00)量測 pH 值。以高嶺土為例 大約 1mg/L 之懸浮固體濃度為 1NTU。

(4)濁度

採用水中濁度檢測方法-濁度計法(NIEA W219.52C)，其方法為在特定條件下，比較水樣與標準參考濁度懸浮液對特定光源散射光之強度，以測定水樣之濁度。散射光強度愈大者，其濁度亦愈大。使用濁度計 (Model 2100P HACH/U.S.A)，利用散射原理 (nephelometric principle)測定水體之濁度。

(5)溶氧(DO)

使用溶氧計(YSI model52 DO meter)現場檢測其溶氧飽和度，於實驗室以現場水溫、鹽度資料加以計算其溶氧量，並將水樣固氧後攜回實驗室滴定分析。

(6) 氨氮(NH₃-N)

採用水中氨氮之流動注入分析法-靛酚法(NIEA W437.51C)，其方法係將含有氨氮或銨離子之水樣注入流動注入分析(Flow injection analysis, FIA)系統，於載流液(Carrier)中依序混入緩衝溶液、鹼性酚鈉、次氯酸鈉等溶液，進行本貝洛氏(Berthelot)反應產生深藍色高吸光度之靛酚染料(Indophenol dye)。此溶液之顏色於混入亞硝鹽鐵氰化鈉(Nitroprusside)後會更加強烈，此深藍色物質於波長 630 nm 處量測其波峰吸光值並定量水樣中之氨氮(NH₃ -N)濃度。將現場採集水樣攜回實驗室，以流動注入分析儀(FIA)搭配分光光度計(HITACHI Spectrophotometer U-3000)測定氨氮含量。

(7) 硝酸鹽

採用鎘還原流動注入分析法(NIEA W436.50C)，使用鎘絲將硝酸鹽還原為亞硝酸鹽測定之。將現場採集水樣攜回實驗室，以流動注入分析儀(FIA)搭配分光光度計(HITACHI Spectrophotometer U-3000)測定硝酸鹽濃度。

(8) 亞硝酸鹽

採用鎘還原流動注入分析法(NIEA W436.50C)，亞硝酸鹽經苯磺胺及奈二胺顯色後測定之。將現場採集水樣攜回實驗室，以流動注入分析儀(FIA)搭配分光光度計測定亞硝酸鹽濃度。

(9) 磷酸鹽

採用水中正磷酸鹽之流動注入分析法-比色法(NIEA W443.51C)，將水樣中正磷酸鹽與鉬酸銨(Ammonium molybdate)及酒石酸銻鉀(Antimony potassium tartrate)在酸性條件下反應成錯合物，接著此錯合物被維生素丙溶液(Ascorbic acid solution)還原為另一藍色高吸光度之產物，藉由量測 880 nm 波峰之吸光值，以定量水樣中正磷酸鹽之含量。將現場採集水樣攜回實驗室，以流動注入分析儀(FIA)搭配分光光度計測定磷酸鹽濃度。

(10)照度

將光度計(CR10KD, Campbell Scientific Inc.)放置於預定地點及水深處，現場量測水中光照強弱，其單位為 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ 。

2.著生海藻調查方法

本調查以建立台灣南部海域不同人工海岸保護結構物(離岸堤、突堤)上之海藻分佈、藻種類、豐富度(以各藻種覆蓋率百分比總合表示)及其附著基質等基礎生態資料為主，俾供生態工程之應用。有關著生海藻調查方法係以固定樣區方式進行調查，潮間帶採樣時間配合退潮於白天進行，而潮下帶以浮潛方法實施。

調查時觀察海岸保護結構物之消波塊、拋石表面之海藻著生狀況，記錄其附著基質、位置及水深，同時以相機拍攝海藻生態照，並以徒手方式採集樣本攜回實驗室鑑別藻種，以瞭解海岸結構物之海藻著生分佈情形與生長狀況。

每一測站中之海藻種類及其覆蓋面積調查係以穿越垂直線方式進行，調查方法敘述如下：

(1)採樣線

設置 2~3 條與海岸結構物垂直之採樣線(由高潮帶之最上限至水深約 2 公尺)，每條穿越線(line intercept transect, 參考 English et al. 1997)間隔約 30~50 公尺，視現場地形而定，以全盤調查採樣測站之海藻相及其生長附著基質現況。水深超過 2 公尺較不易於陸地操作之部份，利用浮潛或水肺潛水方式進行之。

(2)海藻種類及覆蓋率調查

記錄每條穿越線沿線內之所有海藻種類，覆蓋率之估算主要依據 Saito & Atobe (1970)之方法，以覆蓋百分比(%)表示。例如，石蓴在 50 公尺穿越線上所出現的位置長度占 30 公尺，則其覆蓋率為 $60\% = (30/50) \times 100$ 。

(3)種歧異度及共有種率之計算方式

種歧異度(Species Diversity)可提供生物之自然集合或群聚組合之訊息，一般而言歧異度越高代表生物群聚結構較穩定。歧異度指數(species diversity index)採用 Shannon-Weaver index (1949)，計算方法如下：

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2(P_i)$$

式中 H' ：物種歧異度指數

S ：物種數目

P_i ：物種 i 之相對豐富度。

相似度分析，根據各測站所發現之海藻物種，分別計算測站間之共有種率（PS = Proportional Similarity）與 Czekanowski 相似係數（CZ）。

共有種率（PS）與 Czekanowski 相似係數（CZ）計算方式分別如下：

$$PS = (C / (A + B - C)) * 100\%$$

$$CZ = (2C / (A + B)) * 100\%$$

式中 A ：測站一之種類數

B ：測站二之種類數

C ：測站一與測站二間共有相同種類的數目。

3.5 海水水質調查結果

本研究共進行三季次之現場調查，分別於今(95)年2月14日(第一季)、5月9日(第二季)及8月7日(第三季)，針對屏東縣林邊鄉海岸之離岸堤及東港鎮海岸之大鵬灣出口導流堤附近海域，進行海藻附著於人工結構物生長情形以及水質監測採樣，分別於大鵬灣出口導流堤附近設兩個測站(測站一及測站二)、林邊鄉海岸之離岸堤附近設兩個測站(測站三及測站四)，如照片 3.1、3.2。概述調查結果如下：

3.5.1 第一季(95 年 2 月份)

在第一季(2 月份)的分析中，如表 3.7 所示。本季各監測點之溫度介於 24.3~25.1℃之間，呈現明顯之區域性變化，而鹽度介於 33.22~34.28 psu 之間。由整個調查區域之溫、鹽地理之分佈可發現，主要受到潮流漲落及陸上逕流及河川、溝渠之淡水影響，呈區域性之變化，例如大鵬灣出口導流堤之測站呈現較低鹽度之特性。

第一季(2 月份)各監測點之 pH 值介於 8.05-8.12 之間，溶氧量介於 6.99~7.42 mg/L 之間，溶氧飽和度則介於 101.0%~108.9 %之間。整體而言，依環保署公告之台灣地區保護生活環境相關環境基準之海域地面水體水質標準，在本調查測站之 8 個 pH 測值中，均合乎甲類海域地面水體水質標準(環保署，1998) (該標準規定：甲類海域地面水體水質標準，pH 測值應介於 7.5~8.5 之間)。

第一季(2 月份)各監測點之溶氧方面，依環保署公告之台灣地區保護生活環境相關環境基準之海域地面水體水質標準，本調查測站之 8 個測值，均合乎甲類海域地面水體水質標準。(環保署，1998) (該標準規定：甲類、乙類、丙類陸域地面水體水質標準，溶氧測值應分別大於 5.0mg/L、5.0mg/L 及 2.0 mg/L 以上)。



導流堤相關位置



測站一



測站二

照片 3.1 大鵬灣出口導流堤(測站一、測站二)現況照片



離岸堤相關位置



測站三



測站四

照片 3.2 林邊海岸離岸堤(測站三、測站四)現況照片

第一季(2 月份)各監測點之硝酸鹽分析結果介於 0.020~0.040mg/L 之間，亞硝酸鹽介於 0.002~0.004mg/L 之間，磷酸鹽介於 0.005~0.014mg/L 之間，氨氮介於 0.01~0.11mg/L 之間。分析結果顯示，各監測點之水體營養鹽含量大致屬一般近岸海域之範圍。

第一季(2 月份)各監測點之溶解性無機磷介於 0.16~0.44 μM 之間；溶解性無機氮介於 3.18~9.89 μM 之間，而氮磷比率介於 11.6~47.6 之間。濁度分析結果介於 4.5~15.2NTU 之間，以區域性分佈而言，其中林邊鄉海岸之離岸堤濁度分析結果略高於東港鎮海岸之大鵬灣出口導流堤，而光照度之分析結果介於 87~1228 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ 之間。

3.5.2 第二季(95 年 5 月份)

第二季(5 月份)的分析中，如表 3.8 所示。本季各監測點之溫度介於 29.7~31.3 $^{\circ}\text{C}$ 之間，呈現明顯之區域性變化。鹽度介於 33.40~34.33 psu 之間；由整個調查區域之溫、鹽地理之分佈可發現，主要受到潮流漲落及陸上逕流及河川、溝渠之淡水影響，呈區域性之變化，例如大鵬灣出口導流堤之測站呈現較低鹽度之特性。

第二季(5 月份)各監測點之 pH 值介於 8.20~8.37 之間，溶氧量介於 6.01~6.82 mg/L 之間，而溶氧飽和度則介於 95.8%~108.3%之間，此結果與上一季雷同。

在水體營養鹽分析方面，第二季各監測點之硝酸鹽分析結果介於 0.013~0.050mg/L 之間，亞硝酸鹽介於 0.002~0.005mg/L 之間，磷酸鹽介於 0.017~0.050mg/L 間，氨氮介於 0.013~0.102mg/L 間，分析結果顯示，各監測點水體營養鹽含量大致屬一般近岸海域之範圍。

第二季各監測點之溶解性無機磷介於 0.56~1.67 μM 之間；溶解性無機氮介於 2.40~9.80 μM 之間。氮磷比率介於 1.5~7.8 之間。濁度分析結果介於 0.6~2.8NTU 之間；以區域性分佈而言，林邊鄉海岸之離岸堤濁度分析結果與東港鎮海岸之大鵬灣出口導流堤大致相似；光照度之分析結果介於 251~2871 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ 之間。

3.5.3 第三季(95 年 8 月份)

第三季(8 月份)的調查分析成果，如表 3.9 所示。第三季各監測點之溫度介於 29.4~29.9°C 之間，區域性變化不明顯；而鹽度介於 29.89~32.94 psu 之間，由整個調查區域之溫、鹽地理之分佈可發現，主要受到潮流漲落及陸上逕流及河川、溝渠之淡水影響，呈區域性之變化，例如大鵬灣出口導流堤之測站呈現較低鹽度之特性。

第三季(8 月份)各監測點之 pH 值介於 8.07~8.22 之間，溶氧量介於 6.48~7.85mg/L 之間，而溶氧飽和度則介於 101.9%~122.2%之間。在水體營養鹽分析方面，第三季(8 月份)之硝酸鹽分析結果介於 0.071~0.222mg/L 之間，亞硝酸鹽介於 0.001~0.012mg/L 之間，磷酸鹽介於 0.012~0.041mg/L 之間，氨氮介於 0.01~0.05mg/L 之間。濁度分析結果介於 10.1~15.9NTU 之間，第三季(8 月份)相較前二季渾濁；而光照度之分析結果，水表面介於 2439~3163 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ 之間，較前二季為高，但水底只有介於 211~256 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ 之間。

表 3.7 第一季（2 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近之水質分析資料

測站		Temp. (Deg.C)	Depth (cm)	Salinity (psu)	pH	Dissolve d Oxygen (mg/L)	Oxygen Saturation (o/o)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	DIP μM	DIN μM	Turb. (ntu)	Illumination (μmol s ⁻¹ m ⁻²)	N/P ratio
		水溫	水深	鹽度	酸鹼度	溶氧量	溶氧飽和度	硝酸鹽	亞硝酸鹽	磷酸鹽	氨氮	溶解性 無機磷	溶解性 無機氮	濁度	光照度	
大 鵬 灣	S1-I ^{註一}	24.6	0	34.28	8.05	7.12	103.9	0.038	0.003	0.010	0.080	0.33	8.66	4.5	707	26.3
	S1-S	24.3	100 (60) ^{註二}	33.22	8.06	6.99	101.0	0.027	0.004	0.005	0.079	0.16	7.84	4.5	144	47.6
	S2-I	24.4	0	34.19	8.07	7.09	103.1	0.025	0.004	0.010	0.079	0.33	7.69	4.6	838	23.3
	S2-S	24.4	250 (90)	34.19	8.07	7.32	106.4	0.026	0.004	0.014	0.108	0.44	9.89	8.7	231	22.5
林 邊	S3-I	25.0	0	34.22	8.08	7.41	108.9	0.040	0.003	0.007	0.082	0.22	8.88	9.8	1228	40.4
	S3-S	25.1	100 (40)	34.21	8.07	7.37	108.4	0.038	0.002	0.010	0.036	0.33	5.36	12.6	87	16.3
	S4-I	24.9	0	34.20	8.12	7.19	105.4	0.020	0.003	0.010	0.038	0.33	4.30	12.4	939	13.1
	S4-S	24.9	100 (40)	34.21	8.08	7.42	108.8	0.030	0.003	0.009	0.012	0.27	3.18	15.2	87	11.6

註一：S1-I：測站一潮間帶，S1-S：測站一潮下帶。

S2-I：測站二潮間帶，S2-S：測站二潮下帶。

S3-I：測站三潮間帶，S3-S：測站三潮下帶。

S4-I：測站四潮間帶，S4-S：測站四潮下帶。

註二：括弧內數字為藻類分佈的最深深度。

註三：水深指水面至水底之深度

表 3.8 第二季（5 月份）大鵬灣海堤及林邊海堤附近之水質分析資料

測站		Temp. (Deg.C)	Depth (cm)	Salinity (psu)	pH	Dissolve d Oxygen (mg/L)	Oxygen Saturation (o/o)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	DIP μM	DIN μM	Turb. (ntu)	Illumination (μmol s ⁻¹ m ⁻²)	N/P ratio
		水溫	水深	鹽度	酸鹼度	溶氧量	溶氧飽和度	硝酸鹽	亞硝酸鹽	磷酸鹽	氨氮	溶解性 無機磷	溶解性 無機氮	濁度	光照度	
大鵬灣	S1-I 註一	30.0	0	34.11	8.20	6.04	96.4	0.032	0.004	0.033	0.025	1.06	4.33	3.5	2598	4.1
	S1-S	29.9	100 (50)	34.22	8.23	6.01	95.8	0.050	0.005	0.033	0.040	1.06	6.74	1.4	251	6.4
	S2-I	30.1	0	33.44	8.34	6.10	97.2	0.031	0.004	0.050	0.054	1.61	6.44	2.0	2327	4.0
	S2-S	30.6	130 (60)	33.40	8.37	6.56	105.2	0.031	0.004	0.052	0.102	1.67	9.80	2.5	398	5.9
林邊	S3-I	29.8	0	34.02	8.24	6.69	106.3	0.026	0.002	0.028	0.031	0.89	4.20	2.8	2221	4.7
	S3-S	29.7	110 (65)	34.12	8.30	6.82	108.3	0.030	0.002	0.024	0.013	0.78	3.19	0.7	608	4.1
	S4-I	31.3	0	34.33	8.32	6.49	105.9	0.013	0.002	0.048	0.019	1.56	2.40	2.6	2871	1.5
	S4-S	30.6	110 (70)	34.21	8.31	6.59	106.2	0.037	0.002	0.017	0.022	0.56	4.36	0.6	1467	7.8

註一：S1-I：測站一潮間帶，S1-S：測站一潮下帶。

S2-I：測站二潮間帶，S2-S：測站二潮下帶。

S3-I：測站三潮間帶，S3-S：測站三潮下帶。

S4-I：測站四潮間帶，S4-S：測站四潮下帶。

註二：括弧內數字為藻類分佈的最深深度。

註三：水深指水面至水底之深度

表 3.9 第三季（8 月份）大鵬灣海堤及林邊海堤附近之水質分析資料

測站		Temp. (Deg.C)	Depth (cm)	Salinity (psu)	pH	Dissolve d Oxygen (mg/L)	Oxygen Saturation (o/o)	NO ₃ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	DIP μM	DIN μM	Turb. (ntu)	Illumination (μmol s ⁻¹ m ⁻²)	N/P ratio
		水溫	水深	鹽度	酸鹼度	溶氧量	溶氧飽和度	硝酸鹽	亞硝酸鹽	磷酸鹽	氨氮	溶解性 無機磷	溶解性 無機氮	濁度	光照度	
大 鵬 灣	S1-I 註一	29.4	0	32.29	8.09	6.59	103.1	0.071	0.012	0.022	0.052	0.72	9.53	7.1	2439	13.2
	S1-S	29.3	60 (30)	32.15	8.04	6.41	102.1	0.068	0.011	0.022	0.054	0.76	9.55	10.2	241	12.57
	S2-I	29.9	0	29.89	8.22	7.85	122.2	0.078	0.005	0.041	0.016	1.33	6.86	7.1	2765	5.2
	S2-S	29.6	120 (60)	29.58	8.23	7.23	121.4	0.075	0.005	0.042	0.015	1.35	6.89	10.1	211	5.1
林 邊	S3-I	29.4	0	32.91	8.07	6.59	103.5	0.222	0.001	0.016	0.032	0.52	17.95	10.4	3163	35.9
	S3-S	29.2	60 (35)	32.88	8.09	6.55	102.5	0.212	0.001	0.017	0.031	0.51	17.85	13.2	256	35.0
	S4-I	29.5	0	32.91	8.07	6.48	102.9	0.155	0.010	0.012	0.051	0.39	15.39	10.9	2765	39.6
	S4-S	29.3	70 (35)	32.94	8.08	6.45	101.9	0.165	0.010	0.011	0.052	0.41	15.49	15.9	227	37.8

註一：S1-I：測站一潮間帶，S1-S：測站一潮下帶。

S2-I：測站二潮間帶，S2-S：測站二潮下帶。

S3-I：測站三潮間帶，S3-S：測站三潮下帶。

S4-I：測站四潮間帶，S4-S：測站四潮下帶。

註二：括弧內數字為藻類分佈的最深深度。

註三：水深指水面至水底之深度

3.6 著生海藻調查結果

3.6.1. 第一季(95 年 2 月份)

1. 藻種數量

第一季(2 月份)的海藻調查成果，如表 3.10 所示；本季調查共計觀察 2 門 11 科 19 種海藻；其中，綠藻門 5 科 7 種，紅藻門 7 科 12 種。本季各測站間海藻豐富度（以各藻種覆蓋率百分比總合表示）比較，在潮間帶部份，各測站間覆蓋率介於 46.2-69.3%，藻種數量各測站介於 6-13 種，以測站三潮間帶的豐富率（69.3%）及物種數（13 種）最高。

2. 優勢藻種

在各測站潮間帶中，主要優勢藻種為綠藻門裂片石蓴（*Ulva fasciata*），豐富率介於 20-35%，其次為綠藻門的硬毛藻（*Chaetomorpha antennina*），豐富率介於 2-10%。在潮下帶方面，各測站間覆蓋率介於 6.82-12.2%，藻種數量各測站介於 5-7 種，以測站一潮下帶的豐富度（12.2%）及測站四潮下帶物種數（7 種）最高。在各測站潮下帶中，主要優勢藻種與潮間帶相同，皆為綠藻門的裂片石蓴，豐富度介於 3-6%，其次為綠藻門的硬毛藻，豐富度介於 1-3%。

照片 3.3～照片 3.6 之左圖為第一季(95 年 2 月份)四測站之海藻著生調查照片，其中大鵬灣導流堤測站一、林邊離岸堤測站三及測站四皆為綠藻門裂片石蓴（*Ulva fasciata*），大鵬灣導流堤測站二為蜈蚣藻。

表 3.10 第一季（2 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站海岸結構物之大型海藻著生覆蓋率

海藻名錄 (學名及中文名)	大鵬灣				林邊			
	測站一		測站二		測站三		測站四	
	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶
Chlorophyta 綠藻植物門								
Bryopsidaceae 羽藻科								
<i>Bryopsis plumosa</i> 羽藻	0	0	4%	0	1%	0	0	0
Caulerpaceae 蕨藻科								
<i>Caulerpa sertularioides</i> 羽狀蕨藻	0	0	0	0	0	0	1%	0.1%
Cladophoraceae 剛毛藻科								
<i>Chaetomorpha antennina</i> 硬毛藻	10%	2%	2%	1%	10%	3%	6%	3%
<i>Chaetomorpha crassa</i> 粗硬毛藻	3%	0.1%	2%	0.1%	0.2%	0	0	0
<i>Cladophora sakaii</i> 束生剛毛藻	4%	0.1%	0	0	2%	0.5%	2%	0.02%
Ulvaceae 石蓴科								
<i>Ulva fasciata</i> 裂片石蓴	30%	5%	20%	6%	35%	6%	25%	3%
<i>Ulva intestinalis</i> 腸澣落	5%	2%	0	0	4%	0.5%	3%	0.1%
Rhodophyta 紅藻植物門								
Phyllophoraceae 育葉藻科								
<i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i> 扇形擬伊谷藻	0	0	0	0	0	0	0.1%	0
Ceramiales 仙藻科								
<i>Centroceros clavulatum</i> 縱胞藻	0	0	5%	0.2%	4%	0	2%	0.1%
<i>Ceramium cimbrium</i> 仙藻			6%					

表 3.10(續) 第一季(2 月份)大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站海岸結構物之大型海藻著生覆蓋率

海藻名錄 (學名及中文名)	大鵬灣				林邊			
	測站一		測站二		測站三		測站四	
	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶
Gigartinaceae 杉藻科								
<i>Chondracanthus</i> sp. 肉葉藻	0	0	0	0	0.5%	0	0	0
Rhodymeniaceae 紅皮藻科								
<i>Gelidiopsis intricata</i> 擬石花藻	0	0	0	0	0.5%	0	0	0
Gracilariaceae 龍鬚菜科								
<i>Gracilaria spinulosa</i> 刺邊龍鬚菜	0	0	0	0	2%	0.1%	1%	0
Halymeniaceae 海膜藻科								
<i>Grateloupia filicina</i> 蜈蚣藻	0	0	10%	3%	0	0	0	0
<i>Grateloupia livida</i> 舌狀蜈蚣藻	4%	3%	0.2%	0	0	0	0	0
<i>Grateloupia okamurae</i> 劍葉蜈蚣藻	0	0	0.1%	0	0.1%	00	0.1%	0
<i>Grateloupia ramossissima</i> 繁枝蜈蚣藻	0	0	0.1%	0	4%	0.2%	4%	0.5%
<i>Grateloupia sparsa</i> 稀毛蜈蚣藻	0	0	0.2%	0	0	0	0	0
Hypneaceae 沙菜科								
<i>Hypnea boergesenii</i> 密毛沙菜	0	0	0	0	6%	0	2%	0
物種數	6	6	11	5	13	6	11	7
總豐富度	56.00%	12.20%	49.60%	10.30%	69.30%	10.30%	46.20%	6.82%

3.6.2 第二季 (95 年 5 月份)

1. 藻種數量

第二季(5 月份)的海藻調查成果，如表 3.11 所示；第二季調查共計觀察 2 門 10 科 17 種海藻，其中，綠藻門 4 科 6 種，紅藻門 6 科 11 種。

第二季各測站間海藻豐富度及覆蓋率比較，在潮間帶部份，各測站間覆蓋率介於 33.6~82.32%，藻種數量各測站介於 5~11 種，以測站四潮間帶的豐富度（82.32%），測站三潮間帶物種數（11 種）最高。

2. 優勢藻種

在各測站潮間帶中，主要優勢藻種為綠藻門裂片石莖（*Ulva fasciata*），豐富度介於 12.08~36%，其次為紅藻門的縱胞藻（*Centraceros clavalatum*），豐富度介於 4.4~19.2%。在潮下帶方面，各測站間覆蓋率介於 9~45%，藻種數量各測站介於 5~10 種，以測站四潮下帶的豐富度（45%）及測站三潮下帶物種數（10 種）最高。在各測站潮下帶中，主要優勢藻種與潮間帶相同，皆為綠藻門的裂片石莖，豐富度介於 4~12.8%。

照片 3.3~照片 3.6 之中圖為第二季(95 年 5 月份)四測站之海藻著生調查照片，其中大鵬灣導流堤測站一、林邊離岸堤測站三及測站四皆為綠藻門裂片石莖（*Ulva fasciata*），大鵬灣導流堤測站二為縱胞藻。

表 3.11 第二季（5 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站海岸結構物之大型海藻著生覆蓋率

海藻名錄 (學名及中文名)	大鵬灣				林邊			
	測站一		測站二		測站三		測站四	
	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶
Chlorophyta 綠藻植物門								
Bryopsidaceae 羽藻科								
<i>Bryopsis plumosa</i> 羽藻	0	0	0.56%	12%	2.96%	1.12%	0	0
Caulerpaceae 蕨藻科								
<i>Caulerpa sertularioides</i> 羽狀蕨藻	0	0	0	0	2%	0.16%	20.6%	4%
Cladophoraceae 剛毛藻科								
<i>Chaetomorpha antennina</i> 硬毛藻	1.2%	0	1.6%	0	0.8%	0	0.8%	0
<i>Chaetomorpha crassa</i> 粗硬毛藻					1.84%	4%	5%	
<i>Cladophora sakaii</i> 束生剛毛藻	0	0	0	0	0	0.16%	0	0
Ulvaceae 石莖科								
<i>Ulva fasciata</i> 裂片石莖	29.6%	4%	12.08%	12.8%	36%	4%	34.4%	5%
Rhodophyta 紅藻植物門								
Ceramiales 仙藻科								
<i>Centroceros clavulatum</i> 縱胞藻	0	0	19.2%	1.6%	4.8%	0	4.4%	0
<i>Ceramium cimbriicum</i> 仙藻	0	0	0.08%	0	0	0	0	0
Rodomelales 松節藻科								
<i>Polysiphonia</i> sp. 未知名多管藻	0	0	0	0	0	0	0	19.2%

表 3.11(續) 第二季(5月份)大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站海岸結構物之大型海藻著生覆蓋率

海藻名錄 (學名及中文名)	大鵬灣				林邊			
	測站一		測站二		測站三		測站四	
	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶
Gigartinaceae 杉藻科								
<i>Chondracanthus</i> sp. 肉葉藻	0	0	0	0	0	1.04%	0	0
Rhodymeniaceae 紅皮藻科								
<i>Gelidiopsis intricata</i> 擬石花藻	0	0	0	0	0	1.6%	0	0
Gracilariaceae 龍鬚菜科								
<i>Gracilaria spinulosa</i> 刺邊龍鬚菜	0	0.2%	0	0.08%	2%	8.8%	4.08%	0
Halymeniaceae 海膜藻科								
<i>Grateloupia filicina</i> 蜈蚣藻	0.8%	0	17.2%	0	0	0	0	0
<i>Grateloupia livida</i> 舌狀蜈蚣藻	0.4%	4%	1.2%	0.16	0	0	0	0
<i>Grateloupia okamurae</i> 劍葉蜈蚣藻	0	0	0	0	0	0	0.08%	0
<i>Grateloupia ramossissima</i> 繁枝蜈蚣藻	1.6%	0	0.4%	0	5.2%	4.8%	8%	8%
<i>Grateloupia sparsa</i> 稀毛蜈蚣藻	0	0	0.8%	0	0.08%	0	0	0
Hypneaceae 沙菜科								
<i>Hypnea boergesenii</i> 密毛沙菜	0	0.8	0	2.4%	2.4%	8.8%	4.96%	8.8%
物種數	5	5	10	6	11	10	9	5
總豐富度	33.60%	9.00%	53.12%	29.04%	58.08%	34.48%	82.32%	45.00%

3.6.3 第三季（95 年 8 月份）

1. 藻種數量

第三季(8 月份)的海藻調查成果，如表 3.12 所示；第三季調查共計觀察 2 門 6 科 8 種海藻，其中，綠藻門 2 科 2 種，紅藻門 4 科 6 種。

2. 優勢藻種

第三季各測站間海藻豐富度及覆蓋率比較，在潮間帶部份，各測站間覆蓋率介於 1~8%，藻種數量各測站介於 4~5 種，以測站三潮間帶的豐富度（4%），測站二潮間帶物種數（5 種）較高，但本季各測站的覆蓋率及藻種數量均為本年度三次調查的最低點。在各測站潮間帶中，並無任何優勢藻種。在潮下帶方面，各測站間覆蓋率介於 0~1%，藻種數量各測站介於 0~2 種，為本年度三次現場調查的最低點且無任何優勢藻種。

照片 3.3~照片 3.6 之右圖為第三季(95 年 8 月份)四測站之海藻著生調查照片，其中大鵬灣導流堤測站一、林邊離岸堤測站三及測站四皆為綠藻門裂片石蓴（*Ulva fasciata*），大鵬灣導流堤測站二為縱胞藻，海藻著生情形為三季中最少。

表 3.12 第三季（8 月份）大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站海岸結構物之大型海藻著生覆蓋率

海藻名錄（學名及中文名）	大鵬灣				林邊			
	測站一		測站二		測站三		測站四	
	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶
Chlorophyta 綠藻植物門								
Cladophoraceae 剛毛藻科								
<i>Cladophora sakaii</i> 束生剛毛藻	0.2%	0	0.01%	0	0	0	0	0
Ulvaceae 石蓴科								
<i>Ulva faciata</i> 裂片石蓴	0.5%	0	0.1%	0	1.5%	0.1%	1.2%	0.1%
Rhodophyta 紅藻植物門								
Ceramiales 仙藻科								
<i>Centroceros clavulatum</i> 縱胞藻	0.1%	0	0.1%	0	0	0	0	0
Rhodymeniaceae 紅皮藻科								
<i>Gelidiopsis intricata</i> 擬石花藻	0	0	0	0	5%	0.6%	3%	1%
Halymeniaceae 海膜藻科								
<i>Grateloupia filicina</i> 蜈蚣藻	0	0	1%	0	0	0	0	0
<i>Grateloupia livida</i> 舌狀蜈蚣藻	0.2%	0.1%	0.1%	0	0	0	0	0
<i>Grateloupia ramossissima</i> 繁枝蜈蚣藻	0	0	0	0	1%	0	0.5%	0
Hypneaceae 沙菜科								
<i>Hypnea boergesenii</i> 密毛沙菜	0	0	0	0	0.5%	0	0.2%	0
物種數	4	1	5	0	4	2	4	2
總豐富度	1.00%	0.10%	1.31%	0%	8.00%	0.70%	4.00%	1.10%



95 年 2 月



95 年 5 月



95 年 8 月

照片 3.3 大鵬灣導流堤測站一（裂片石莖 *Ulva faciata*）照片



95 年 2 月(蜈蚣藻)



95 年 5 月（縱胞藻）



95 年 8 月（縱胞藻）

照片 3.4 大鵬灣導流堤測站二（蜈蚣藻及縱胞藻）照片



95 年 2 月



95 年 5 月



95 年 8 月

照片 3.5 林邊離岸堤測站三（裂片石蓴 *Ulva faciata*）照片



95 年 2 月



95 年 5 月



95 年 8 月

照片 3.6 林邊離岸堤測站四（裂片石蓴 *Ulva faciata*）照片

第四章 海藻生態效果與水質環境分析

為了解本研究於南部大鵬灣及林邊兩處海域所進行之海藻著生狀況與水質環境之分析，掌握對象海岸之自然環境、生態環境等要因；進一步將實地調查海藻、水質等生態環境，分析海岸保護結構物之海藻著生特性及水質環境因子，俾供作為將來於海岸發展藻場造成型海岸保護結構物之可行性、對象海藻、發展型態等之參考與依據。

4.1 海水水質環境分析

4.1.1 溫度與鹽度的季節性變化

依本研究於 95 年 2 月、5 月及 8 月共三季次之調查結果(如表 3.1 表 3.3)；就各監測點溫度而言，第一季各監測點溫度介於 24.3 ~ 25.1 °C 之間，第二季介於 29.7 ~ 31.3 °C 之間；第三季介於 29.2 ~ 29.7 °C 之間。就各監測點鹽度而言，第一季各監測點鹽度介於 33.22-34.28 psu 之間；第二季各監測點之鹽度介於 33.40-34.33 psu 之間；第三季介於 29.58-32.94 psu 之間，呈現明顯之季節性區及域性變化，屬於正常一般沿岸海水之範圍。由整個調查區域之溫、鹽地理之分佈可發現，主要受到潮流漲落及陸上逕流及河川、溝渠之淡水影響，呈區域性之變化，例如大鵬灣出口導流堤之測站呈現較低鹽度之特性。

4.1.2 pH 值與溶氧量的季節性變化

依本研究於 95 年 2 月、5 月及 8 月共三季次之調查結果(如表 3.1 表 3.3)；就各監測點 pH 值而言，第一季 pH 值介於 8.05 ~ 8.12 之間，溶氧量介於 6.99 ~ 7.42 mg/L 之間，而溶氧飽和度則介於 101.0% ~ 108.9 % 之間；第二季 pH 值介於 8.20 ~ 8.37 之間，溶氧量介於 6.01 ~ 6.82 mg/L 之間，而溶氧飽和度則介於 95.8% ~ 108.3 % 之間；第三季 pH 值介於 8.04-8.23 之間，溶氧量介於 6.41 ~ 7.85 mg/L 之間，而溶氧飽和度則介於 101.9% ~ 122.2 % 之間。

整體而言，依環保署公告之台灣地區保護生活環境相關環境基準之海域地面水體水質標準，本研究各測站所調查之 pH 測值及溶氧，均合乎甲類海域地面水體水質標準(環保署，1998) (該標準規定：甲類海域地面水體水質標準，pH 測值應介於 7.5 ~ 8.5 之間，溶氧(DO)及生化需氧量(BOD)測值應分別大於 5.0mg/L 以上及 2.0 mg/L 以下。

4.1.3 水體營養鹽的季節性變化

依本研究於 95 年 2 月、5 月及 8 月共三季次之調查結果(如表 3.1 表 3.3)；第一季硝酸鹽介於 0.020 ~ 0.040mg/L 之間，亞硝酸鹽介於 0.002 ~ 0.004mg/L 之間，磷酸鹽介於 0.005 ~ 0.014mg/L 之間，氨氮介於 0.01 ~ 0.11mg/L 之間；由本調查分析結果顯示，各監測點之水體營養鹽含量大致屬一般近岸海域之範圍。第二季硝酸鹽介於 0.013 ~ 0.050mg/L 之間，亞硝酸鹽介於 0.002 ~ 0.005mg/L 之間，磷酸鹽介於 0.017 ~ 0.052mg/L 之間，氨氮介於 0.01 ~ 0.10mg/L 之間。第三季硝酸鹽分析結果介於 0.020 ~ 0.040mg/L 之間，亞硝酸鹽介於 0.002 ~ 0.004mg/L 之間，磷酸鹽介於 0.005 ~ 0.014mg/L 之間，氨氮介於 0.012 ~ 0.108mg/L 之間。

由本研究共三季次之監測結果比較發現，氮鹽(硝酸鹽、亞硝酸鹽、氨氮)於前兩季檢測結果測值相近，而磷酸鹽及光照度檢測結果則後二季測值高於第一季。值得注意的是第二季分析結果顯示，各監測點之水體營養鹽 DIN 與 DIP 關係如圖 4.1 所示，其 N/P 比大約為 4.3，低於理論值之 16，顯示兩區域水體均為「氮限」。(在影響藻類生長的因子中，水中營養鹽的氮：磷比例之理論值為 16：1；故若水質中氮：磷比值低於 16，則氮為限制藻類生長的營養鹽因子，簡稱「氮限」)

另由光照度與 NO₃-N、DIN、DIP、N/P ratio 之相關性，如圖 4.2 所示；發現光照度與 NO₃-N、DIN、N/P ratio 均呈負相關性，顯示光照度愈強，各種浮游植物或藻類吸收氮的能力也愈強。此外，由於監測之水體均屬氮限，水體中磷酸鹽屬過剩之情況，因此，光照度與 DIP 之相關性並不顯著。

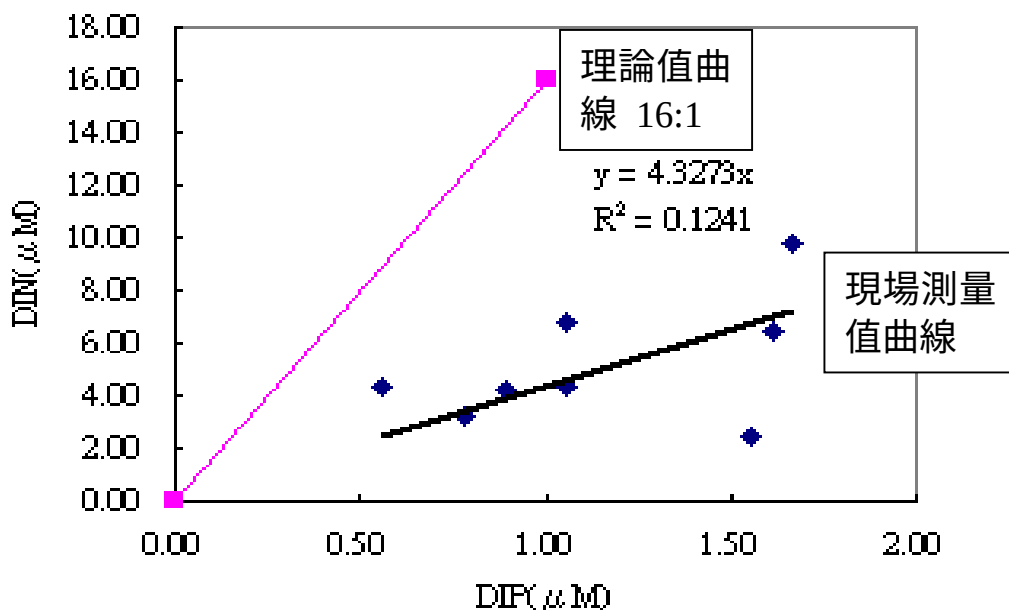


圖 4.1 各監測點水體營養鹽 DIN 與 DIP 關係圖

4.1.4 濁度與光照度的季節性變化

依本研究於 95 年 2 月、5 月及 8 月共三季次之調查結果(如表 3.1 表 3.3)；第一季濁度分析結果介於 4.5 ~ 15.2 NTU 之間，以區域性分佈而言，林邊鄉海岸離岸堤之濁度略高於東港鎮海岸大鵬灣出口之導流堤，光照度之分析結果介於 87 ~ 1228 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ 之間。第二季濁度介於 0.6 ~ 3.5 NTU 之間；光照度之分析結果介於 251 ~ 2871 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ 之間；第三季濁度介於 7.1 ~ 15.9 NTU 之間；光照度介於 211 ~ 3163 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ 之間。

一般而言，海藻生長對光照度的需求量，只要光照度高於 250 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ 以上，即可滿足；而有時過高的光照，反而會抑制海藻生長。

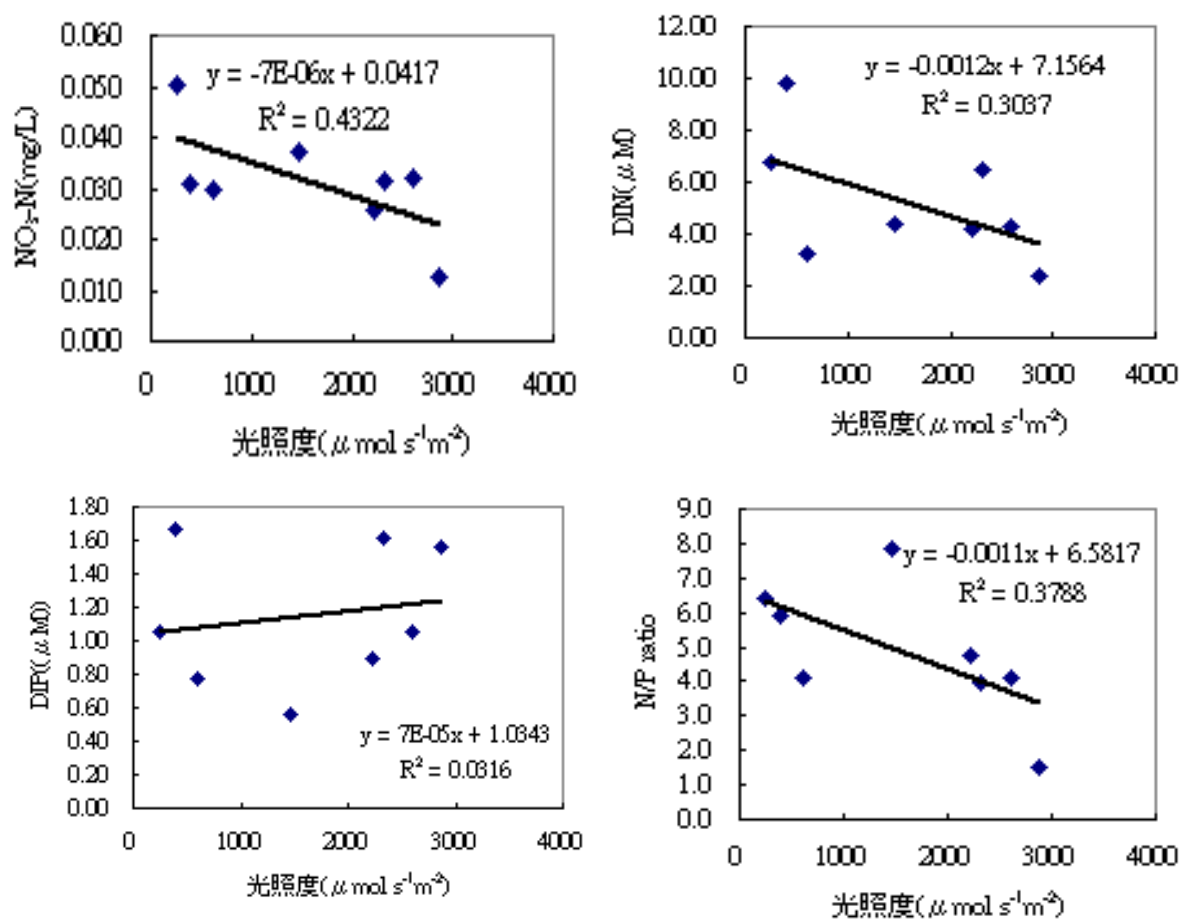


圖 4.2 各監測點之水體 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 DIN 、 DIP 、 N/P ratio 與光照度之相關性

4.2 海藻著生分析

4.2.1 優勢種和藻種的季節性變化分析

整體而言，本年度三季次（2 月、5 月及 8 月）調查共計發現有 20 種海藻著生於離岸堤和突堤的人工結構物上，分別歸屬於綠藻門 5 科（7 種）和紅藻門 7 科（13 種）內（詳見表 3.4、表 3.5 及表 3.6）。

在優勢種方面，第一季（2 月份）及第二季（5 月份）各測站皆以的綠藻門的石蓴科為絕對優勢藻種，而第三季（8 月份）各測站皆無絕對優勢藻種。大體上，潮間帶種類數目及覆蓋度皆大於潮下帶；潮間帶測站的優勢種藻類覆蓋率如超過百分之二十以上，則其它藻種會受優勢種藻類的影響很大，而在數量上變少。因此，常常只要一優勢種的出現或消失，即可造成該測站極大的影響。

此外，由於調查樣區係位於離岸堤及導流堤附近海域，為經常性海浪衝擊的區域，因此，本研究所調查的藻種皆為浪濤衝擊下常見的藻種，這些藻種具有堅韌的附著器，因此可抵抗強勁的海浪。以本次調查的海膜藻科中的蜈蚣藻屬（*Grateloupia*）為例，此類藻類多生長在浪濤衝擊處，因此在台灣週遭海域，常見於風浪較大的東北角及西南沿海一帶（黃，2000；林等人，2004）。

本年度三季次之調查，在第一季（2 月份）調查中，各測站以測站三（林邊之離岸堤）潮間帶豐富度（69.3%）及物種數（13 種）最高。在第二季（5 月份）的調查當中，各測站以測站四（林邊之離岸堤）潮間帶豐富度（82.32%）及測站三（林邊之離岸堤）潮間之物種數（11 種）最高，而第三季（8 月份）的豐富度（最高 8%）和物種數（最多 5 種）皆為三季中最低。

4.2.2 海藻種類季節性變化與相似性分析

所謂相似度分析，係根據各測站所發現之海藻物種，分別計算測站間之 Czekanowski 相似係數（CZ）。相似度 $CZ = (2C / (A + B)) * 100\%$ ，

以兩測站為例，其中，A＝測站一之種類數、B＝測站二之種類數、C＝測站一與測站二間共有相同種類的數目。

1.第一季(2 月份)

第一季(2 月份)的海藻調查在相似性分析 (CZ)，如表 4.1 所示。各測站間潮下帶與潮間帶相互比較結果顯示，在海藻種類相似度上，潮間帶部分，以測站三與測站四之間的相似度為最高 (CZ = 37.50%)，其次為測站二與測站三 (CZ = 29.17%)，而相似度最小為測站二與測站四 (CZ = 18.18%)。在潮下帶部分，以測站三與測站四最高 (CZ = 38.46%)，其次為測站二與測站三 (CZ = 33.33%)，而最小為測站一與測站二及測站二與測站三 (CZ = 18.18%)。另外，各測站內潮間與潮下帶比較上，以測站一相似度最高 (CZ = 100%)，其次為測站四 (CZ = 38.89%)，接著為測站三 (CZ = 31.58%)，最後為測站二 (CZ = 31.25%)。

2.第二季 (5 月份)

第二季(5 月份)海藻調查之相似性分析，如表 4.2。比較各測站間潮下帶與潮間帶的物種相似度和共有種率，在海藻種類相似度 (CZ) 上，潮間帶部分，以測站三與測站四之間的相似度為最高 (CZ = 80%)，其次為測站一與測站二 (CZ = 66.67%)，而相似度最小為測站一與測站三 (CZ = 37.5%)。在潮下帶部分，以測站一與測站二最高 (CZ = 72.73%)，其次為測站三與測站四 (CZ = 53.33%)，而最小為測站一與測站三及測站一與測站四 (CZ = 40%)。另外，各測站內潮間與潮下帶比較上，以測站三相似度最高 (CZ = 66.67%)，其次為測站四 (CZ = 57.14%)，接著為測站二 (CZ = 50%)，最後為測站一 (CZ = 40%)。

3.第三季 (8 月份)

第三季(8 月份)的海藻調查之相似性分析，如表 4.3 所示。比較各測站間潮下帶與潮間帶的物種相似度和共有種率，在海藻種類相似

度 (CZ) 上，潮間帶部分，以測站三與測站四之間的相似度為最高 (CZ = 100%)，其次為測站一與測站二 (CZ = 88.89%)，而相似度最小為測站一與測站三和四 (CZ = 22.22%)。在潮下帶部分，以測站三與測站四最高 (CZ = 100%)，其餘測站 CZ 皆為 0%。另外，各測站內潮間與潮下帶比較上，以測站三和四相似度最高 CZ 皆各為 66.67%，其次為測站一 (CZ = 40%)，最後測站二 CZ 為 0%。

4. 海藻種類季節性變化與相似性分析

整體而言，本年度三季次 (2 月、5 月及 8 月) 之調查，在物種相似性 (CZ) 比較上 (表 4.1、表 4.2、表 4.3)，依本研究實測調查資料觀察到一個趨勢，即測站一與測站二的相似度上較為接近，而測站三與測站四的相似度上則較為接近。

此現象符合地緣上的關係，測站一及測站二皆為大鵬灣的導流堤，測站三及測站四皆為林邊海域的離岸堤，因此相近地域的海藻物種相似度就會較為相近。

表 4.1 第一季大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站海岸結構物之大型海藻著生之相似性率(CZ similarity)

			大鵬灣				林邊			
			測站一		測站二		測站三		測站四	
			潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶
大鵬灣	測站一	潮間帶	-							
		潮下帶	100.00%	-						
	測站二	潮間帶	<u>23.53%</u>	23.53%	-					
		潮下帶	18.18%	18.18%	31.25%	-				
林邊	測站三	潮間帶	<u>26.32%</u>	26.32%	<u>29.17%</u>	22.22%	-			
		潮下帶	33.33%	33.33%	17.65%	18.18%	31.58%	-		
	測站四	潮間帶	<u>23.53%</u>	23.53%	<u>18.18%</u>	18.75%	<u>37.50%</u>	35.29%	-	
		潮下帶	30.77%	30.77%	22.22%	25.00%	31.58%	38.46%	38.89%	-

註：標粗斜體底線者之為各測站潮間帶間相互比較之數值；標方框者為各測站間潮間帶相互比較之數值；未標示者為各測站間潮間帶與潮下帶相互比較之數值。

表 4.2 第二季大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站海岸結構物之大型海藻著生之相似性率(CZ similarity)

			大鵬灣				林邊			
			測站一		測站二		測站三		測站四	
			潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶
大鵬灣	測站一	潮間帶	-							
		潮下帶	40.00%	-						
	測站二	潮間帶	<u>66.67%</u>	26.67%	-					
		潮下帶	36.36%	72.73%	50.00%	-				
林邊	測站三	潮間帶	<u>37.50%</u>	37.50%	<u>57.14%</u>	58.82%	-			
		潮下帶	26.67%	40.00%	30.00%	50.00%	66.67%	-		
	測站四	潮間帶	<u>42.86%</u>	42.86%	<u>42.11%</u>	53.33%	<u>80.00%</u>	73.68%	-	
		潮下帶	40.00%	40.00%	26.67%	36.36%	50.00%	53.33%	57.14%	-

註：標粗斜體底線者之為各測站潮間帶間相互比較之數值；標方框者為各測站間潮間帶相互比較之數值；未標示者為各測站間潮間帶與潮下帶相互比較之數值。

表 4.3 第三季大鵬灣及林邊離岸堤附近各測站海岸結構物之大型海藻著生之相似性率(CZ similarity)

			大鵬灣				林邊			
			測站一		測站二		測站三		測站四	
			潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶
大鵬灣	測站一	潮間帶	-							
		潮下帶	40%	-						
	測站二	潮間帶	<u>88.89%</u>	33.33%	-					
		潮下帶	0%	0%	0%	-				
林邊	測站三	潮間帶	<u>25%</u>	0%	<u>22.22%</u>	0%	-			
		潮下帶	33.33%	0%	28.57%	0%	66.67%	-		
	測站四	潮間帶	<u>25%</u>	0%	<u>22.22%</u>	0%	<u>100%</u>	66.67%	-	
		潮下帶	33.33%	0%	28.57%	0%	66.67%	100%	66.67%	-

註：標粗斜體底線者之為各測站潮間帶間相互比較之數值；標方框者為各測站間潮間帶相互比較之數值；未標示者為各測站間潮間帶與潮下帶相互比較之數值。

4.2.3 海藻種類季節性變化與共有種率分析

所謂共有種率 (PS=Proportional Similarity)，係根據各測站所發現之海藻物種，分別計算測站間之共有種率 (PS)。 $PS=(C/(A+B-C))*100\%$ ，以兩測站為例，其中，A=測站一之種類數、B=測站二之種類數、C=測站一與測站二間共有相同種類的數目。

1.第一季(2 月份)

第一季(2 月份)的海藻調查之共有種率分析(PS)，如表 4.5 所示；在潮間帶部分，以測站三與測站四之間的相似度為最高 (PS = 60.00%)，其次為測站二與測站四 (PS = 46.66%)，而相似度最小為測站一與測站四及測站一與測站二 (PS = 30.77%)。在潮下帶部分，以測站三與測站四最高 (PS = 62.50%)，其次為測站一與測站三 (PS = 50.00%)，而最小為測站一與測站二及測站二與測站三 (PS = 22.22%)。另外，各測站內潮間與潮下帶比較上，以測站一相似度最高 (PS = 100%)，其次為測站四 (PS = 63.64%)，接著為測站三 (PS = 46.15%)，最後為測站二 (PS = 45.45%)。

2.第二季 (5 月份)

第二季(5 月份)的海藻調查之共有種率分析(PS)，如表 4.6 所示。在潮間帶部分，以測站三與測站四之間的相似度為最高 (PS = 66.67%)，其次為測站一與測站二 (PS = 50%)，而相似度最小為測站一與測站三 (PS = 23.08%)。在潮下帶部分，以測站一與測站二最高 (PS = 57.14%)，其次為測站三與測站四 (PS = 36.36%)，而最小為測站二與測站四 (PS = 22.22%)。另外，各測站內潮間與潮下帶比較上，以測站三相似度最高 (PS = 50%)，其次為測站四 (PS = 40%)，接著為測站二 (PS = 33.33%)，最後為測站一 (PS = 25%)。

3.第三季（8 月份）

第三季(8 月份)的海藻調查之共有種率分析 (PS)，如表 4.7 所示。在潮間帶部分，以測站三與測站四之間的相似度為最高（PS = 100%），其次為測站一與測站二（PS = 80%），而相似度最小為測站二與測站三和四 PS 皆為 23.08%。在潮下帶部分，以測站三與測站四最高（PS = 100%），其餘測站 PS 皆為 0%。另外，各測站內潮間與潮下帶比較上，以測站三和四相似度最高（PS = 50%），其次為測站一（PS = 40%），最後測站一 PS 為 0%。

4.海藻種類季節性變化與共有種率分析

整體而言，本年度三季次（2 月、5 月及 8 月）之調查，在物種共有種率（PS）比較上（如表 4.4 表 4.6），依本研究實測調查資料觀察到一個趨勢，即測站一與測站二的共有種率上較為接近，而測站三與測站四的共有種率上則較為接近。此現象與三季次各測站相似度亦有相同之趨勢；即此現象符合地緣上的關係，測站一及測站二皆為大鵬灣的導流堤，測站三及測站四皆為林邊海域的離岸堤，因此相近地域的海藻物種相似度與共有種率就會較為相近。

表 4.4 第一季大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站海岸結構物大型海藻著生之共有種率分析 (PS similarty)

			大鵬灣				林邊			
			測站一		測站二		測站三		測站四	
			潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶
大鵬灣	測站一	潮間帶	-							
		潮下帶	100.00%	-						
	測站二	潮間帶	<u>30.77%</u>	30.77%	-					
		潮下帶	22.22%	22.22%	45.45%	-				
林邊	測站三	潮間帶	<u>35.71%</u>	35.71%	<u>41.18%</u>	28.57%	-			
		潮下帶	50.00%	50.00%	21.43%	22.22%	46.15%	-		
	測站四	潮間帶	<u>30.77%</u>	30.77%	<u>46.66%</u>	23.08%	<u>60.00%</u>	54.55%	-	
		潮下帶	44.44%	44.44%	28.57%	33.33%	42.86%	62.50%	63.64%	-

註：標粗斜體底線者之為各測站潮間帶間相互比較之數值；標方框者為各測站間潮間帶相互比較之數值；未標示者為各測站間潮間帶與潮下帶相互比較之數值。

表 4.5 第二季大鵬灣海堤及林邊離岸堤附近各測站海岸結構物大型海藻著生之共有種率分析 (PS similarity)

			大鵬灣				林邊			
			測站一		測站二		測站三		測站四	
			潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶
大鵬灣	測站一	潮間帶	-							
		潮下帶	25.00%	-						
	測站二	潮間帶	<u>50.00%</u>	15.38%	-					
		潮下帶	22.22%	57.14%	33.33%	-				
林邊	測站三	潮間帶	<u>23.08%</u>	23.08%	<u>40.00%</u>	41.67%	-			
		潮下帶	15.38%	25.00%	17.65%	33.33%	50.00%	-		
	測站四	潮間帶	<u>27.27%</u>	27.27%	<u>26.67%</u>	36.36%	<u>66.67%</u>	58.33%	-	
		潮下帶	25.00%	25.00%	15.38%	22.22%	33.33%	36.36%	40.00%	-

註：標粗斜體底線者之為各測站潮間帶間相互比較之數值；標方框者為各測站間潮間帶相互比較之數值；未標示者為各測站間潮間帶與潮下帶相互比較之數值。

表 4.6 第三季大鵬灣海堤TH ** 邊離岸堤附近各測站海岸結構物之大型海藻著生之共有種率分析 (PS similarty)

			大鵬灣				林邊			
			測站一		測站二		測站三		測站四	
			潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶	潮間帶	潮下帶
大鵬灣	測站一	潮間帶								
		潮下帶	25%							
	測站二	潮間帶	<u>80%</u>	20%						
		潮下帶	0%	0%	0%					
林邊	測站三	潮間帶	<u>60%</u>	0%	<u>12.5%</u>	0%				
		潮下帶	50%	0%	16.67%	0%	50%			
	測站四	潮間帶	<u>33.33%</u>	0%	<u>12.5%</u>	0%	<u>100%</u>	50%		
		潮下帶	50%	0%	16.67%	0%	50%	100%	50%	

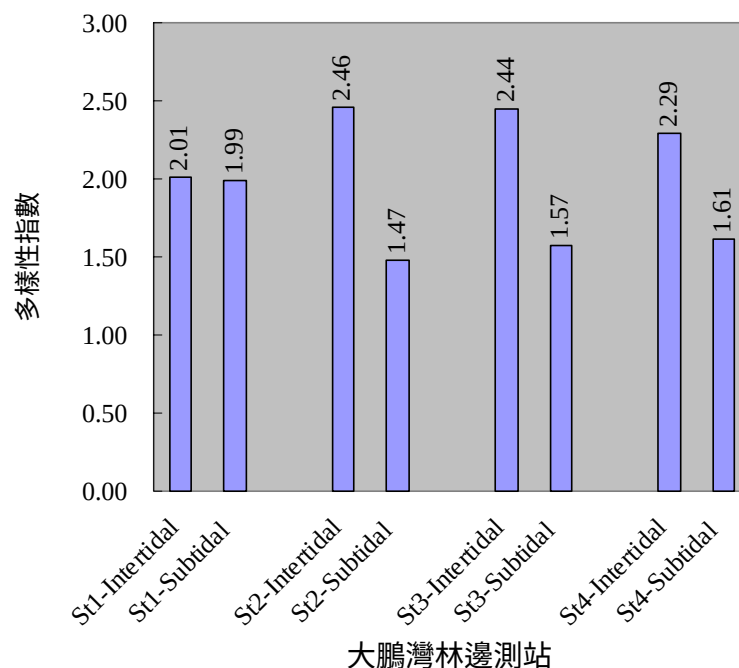
註：標粗斜體底線者之為各測站潮間帶間相互比較之數值；標方框者為各測站間潮間帶相互比較之數值；未標示者為各測站間潮間帶與潮下帶相互比較之數值。

4.2.4 海藻種類季節性變化與多樣性分析

種歧異度(Species Diversity)可提供生物之自然集合或群聚組合之訊息，一般而言歧異度越高代表生物群聚結構較穩定。

1.第一季(2 月份)

第一季(2 月份)的海藻調查之多樣性指數分析 (Species diversity index analysis)，如圖 4.3。潮間帶間各測站間相比較，以測站二潮間帶最高($H' = 2.46$)，測站一潮間帶多樣性最低($H' = 2.01$)；而潮下帶各測站間相互比較，測站一潮下帶多樣性最高($H' = 1.99$)，測站二潮下帶多樣性最低($H' = 1.47$)；各測站間潮間帶與潮下帶多樣性綜合比較，以測站二潮間帶多樣性指數最高($H' = 2.46$)，測站二潮下帶多樣性最低($H' = 1.47$)。



註: 1 St1-Intertidal：測站一潮間帶，St1-Subtidal：測站一潮下帶。

St2-Intertidal：測站二潮間帶，St2-Subtidal：測站二潮下帶。

St3-Intertidal：測站三潮間帶，St3-Subtidal：測站三潮下帶。

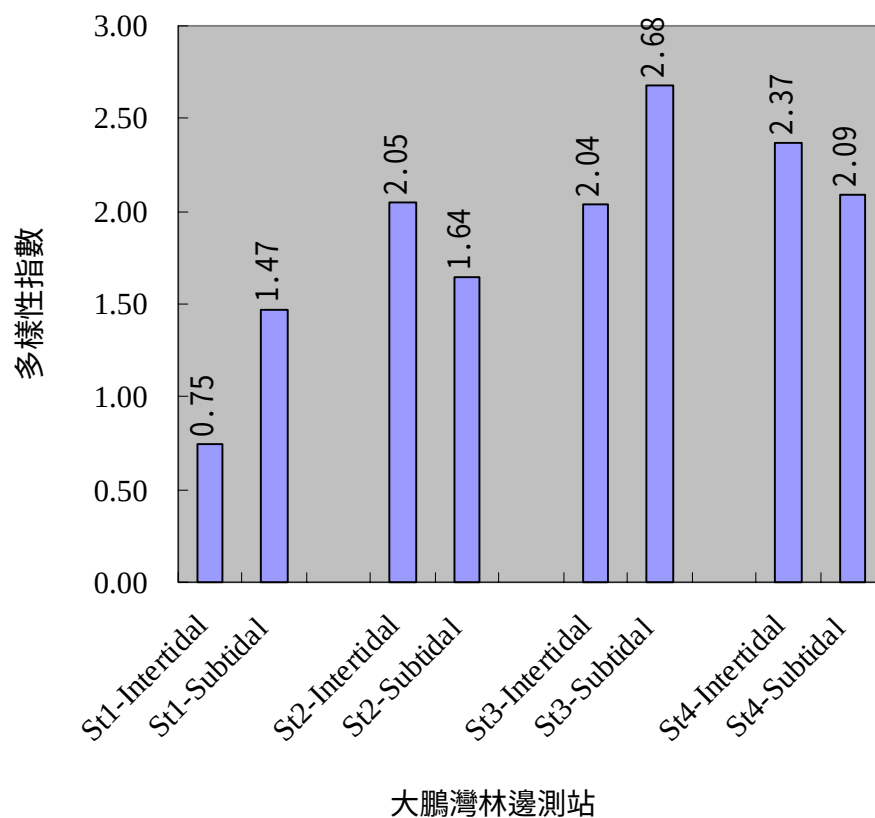
St4-Intertidal：測站四潮間帶，St4-Subtidal：測站四潮下帶。

2.數值愈高代表該測站多樣性愈高。

圖 4.3 第一季 (2 月份) 各測站 Shannon-Wiener 多樣性指數分佈圖

2.第二季 (5 月份)

第二季(5 月份)的海藻調查之多樣性指數分析 (Species diversity index analysis) , 如圖 4.4。於潮間帶間各測站間相比較, 以測站四潮間帶最高($H' = 2.37$), 測站一潮間帶多樣性最低($H' = 0.75$) ; 潮下帶各測站間相互比較, 測站三潮下帶多樣性最高($H' = 2.68$), 測站一潮下帶多樣性最低($H' = 1.47$) ; 各測站間潮間帶與潮下帶多樣性綜合比較, 以測站三潮下帶多樣性指數最高($H' = 2.68$), 測站一潮間帶多樣性最低($H' = 0.75$)。



註: 1 St1-Intertidal : 測站一潮間帶, St1-Subtidal : 測站一潮下帶。

St2-Intertidal : 測站二潮間帶, St2-Subtidal : 測站二潮下帶。

St3-Intertidal : 測站三潮間帶, St3-Subtidal : 測站三潮下帶。

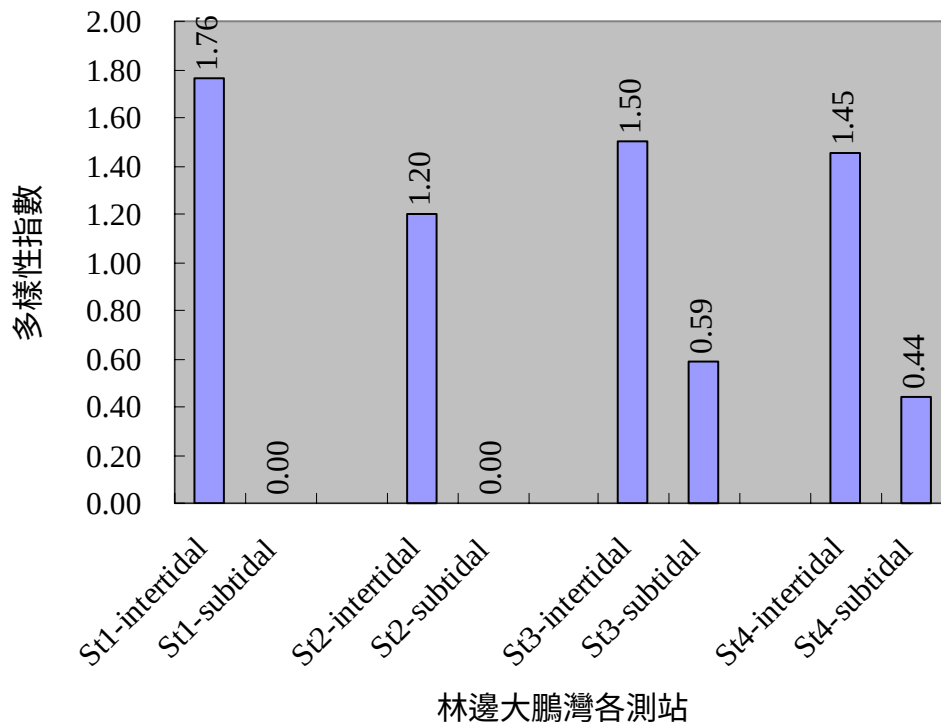
St4-Intertidal : 測站四潮間帶, St4-Subtidal : 測站四潮下帶。

2.數值愈高代表該測站多樣性愈高。

圖 4.4 第二季 (5 月份) 各測站 Shannon-Wiener 多樣性指數分佈圖

3.第三季（8 月份）

第三季(8 月份)的海藻調查之多樣性指數分析 (Species diversity index analysis) ，如圖 4.5。於潮間帶間各測站間相比較，以測站一潮間帶最高($H' = 1.76$)，測站潮間二帶多樣性最低($H' = 1.2$)；潮下帶各測站間相互比較，測站三潮下帶多樣性最高($H' = 0.59$)，測站一和二潮下帶多樣性 H' 皆為 0。



註: 1 St1-Intertidal：測站一潮間帶，St1-Subtidal：測站一潮下帶。

St2-Intertidal：測站二潮間帶，St2-Subtidal：測站二潮下帶。

St3-Intertidal：測站三潮間帶，St3-Subtidal：測站三潮下帶。

St4-Intertidal：測站四潮間帶，St4-Subtidal：測站四潮下帶。

2.數值愈高代表該測站多樣性愈高。

圖 4.5 第三季（8 月份）各測站 Shannon-Wiener 多樣性指數分佈圖

4. 海藻種類季節性變化與多樣性分析

本年度三季次（2 月、5 月及 8 月）之調查，在地區性之多樣性分析（Species diversity index analysis）綜合比較（如圖 4.3 圖 4.5 所示），大鵬灣導流堤之測站，第二季測站一及測站二的多樣性（平均 $H' = 1.48$ ）較第一季（平均 $H' = 1.98$ ）減少；而林邊離岸堤之測站，第二季測站三及測站四的多樣性（平均 $H' = 2.30$ ）則較第一季（平均 $H' = 1.98$ ）略為增加。此現象可清楚的由物種數的減少觀察得知（表 3-10 及表 3-13），第二季的海藻豐富度雖然較第一季為高，但第二季的海藻物種數則較第一季低，可見第二季的海藻豐富度增加，為少數優勢藻種增加所致。而少數較易受到溫度影響的物種，如扇形擬依谷藻（*Ahnfeltiopsis flabelliformis*）、仙藻（*Ceramium cimbricum*）則大大的減少，顯示大鵬灣及林邊海域的海藻大多受到少數優勢藻種消長的影響。

至於第三季的多樣性指數，於大鵬灣導流堤、林邊離岸堤之各測站，皆大量下跌且無優勢藻種的影響。

4.3 海藻著生效果與水質環境分析

4.3.1 海藻豐富度與水溫和相關的營養鹽季節性變化分析

綜合比較計畫區海藻豐富度於季節性之差異，很明顯第二季（5 月份）介於 33.6 ~ 82.32%之間，較第一季（2 月份）（介於 46.2 ~ 69.3%之間）的豐富度來的高，尤其是林邊離岸堤之測站三及測站四的潮間帶及潮下帶海藻覆蓋度，皆有顯著的增加。

經與各測站時測之水質資料相比較（如表 3.7 及表 3.8），發現第一季（2 月份）的氮磷比較第二季（5 月份）來的高，顯示雖然第一季的營養鹽較高，但水溫較低（介於 24 ~ 25°C 之間），生長的速度較緩慢。另一方面，自入春以來，白天水溫回暖升至 29 ~ 31°C 之間，促使海藻生長加快，而由第二季營養鹽中氮鹽的減少可知，在春季氮鹽為海藻生長的限制因子。同時，由第二季的營養鹽分析顯示氮鹽的減少，也反應到海藻覆蓋度的增加。第三季（8 月份）的營養鹽的氮鹽相對的增加許多，與海藻覆蓋度的大量減少有顯著的相關性。然而，由過去在大鵬灣附近的海藻相調查結果相互比較，水溫對海藻的生長的影響較營養鹽為大。

4.3.2 海藻豐富度與光照度、深度和濁度季節性變化分析

綜合比較光照度於季節性之差異，光照度由第一季（2 月份）的水表面的 707 ~ 1228 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ ，至第二季（5 月份）增加至 2221 ~ 2871 $\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ ，此與海藻豐富度在入春之後逐漸升高，與前二季的光照度和光照時間漸漸增加呈正相關性。雖然，第三季的光照度和光照時間持續增加，但海藻著生的情形卻大量下滑，此可能與海藻的存活的壽命。一般而言，熱帶暖水性的海藻壽命大約皆低於 3 ~ 6 個月，參考過去在墾丁國家公園的海藻相調查之相關報告，顯示春季（三月 ~ 五月）為海藻大量繁生的季節，且夏末至初秋的高水溫不利於孢子萌芽，故此期間的海藻豐富度常有大量消失的情形出現。然而，是否由於光照度的增強，增加海藻對營養鹽吸收能力的增加，需要進一步觀察。

依據本研究所進行三季次之實地野外調查潮下帶海藻覆蓋深度(如表 3.7 表 3.9),發現於大鵬灣導流堤之測站,第一季的測站一(60 cm)及測站二(90 cm)皆較第二季的測站一(50 cm)及測站二(60 cm)分佈要深;然而於林邊離岸堤之測站,第一季的測站三(40 cm)及測站四(40 cm)皆較第二季的測站三(65 cm)及測站四(70 cm)分佈要淺。

今將潮下帶之海藻分布狀況與水質分析資料相互比較,可清楚發現第一季(2月份)的海水濁度,於林邊離岸堤之測站,即測站三及測站四較為渾濁;第二季則各測站濁度減少許多且較無差異。此現象顯示,林邊離岸堤之測站三及測站四,其海藻分布深度在第二季較深,可能是由於濁度的減低,使海藻能分佈到較深的水域。至於第三季的潮下帶海藻覆蓋深度,除了測站二(60 cm)沒有明顯改變之外,其餘測站的著生深度皆變淺,此可能與各測站水的濁度明顯上升有關。

4.3.3 海藻種類季節性變化與不同區域上著生的分析

1.相似性分析

在物種相似性(CZ)及共有種率(PS)比較上(如表 4.1 表 4.3、表 4.4 表 4.6),依本研究實測調查資料觀察到一個趨勢,即測站一與測站二的相似度及共有種率上較為接近,而測站三與測站四的相似度及共有種率上則較為接近。

此現象符合地緣上的關係,測站一及測站二皆為大鵬灣的導流堤,測站三及測站四皆為林邊海域的離岸堤,因此相近地域的海藻物種相似度就會較為相近。

2.多樣性分析

在地區性之多樣性分析綜合比較(如圖 4.3 圖 4.5),大鵬灣導流堤之測站,第二季測站一及測站二的多樣性較第一季減少;而林邊離岸堤之測站,第二季測站三及測站四的多樣性則較第一季略為增加。此現象可清楚的由物種數的減少觀察得知(表 3.10 3.12),

第二季的海藻豐富度雖然較第一季為高，但第二季的海藻物種數則較第一季低，可見第二季的海藻豐富度增加，為少數優勢藻種增加所致。而少數較易受到溫度影響的物種，如扇形擬依谷藻（*Ahnfeltiopsis flabelliformis*）、仙藻（*Ceramium cimbricum*）則大大的減少，顯示大鵬灣及林邊海域的海藻大多受到少數優勢藻種消長的影響。

至於第三季的多樣性指數，於大鵬灣導流堤、林邊離岸堤之各測站，皆大量下跌且無優勢藻種的影響。

第五章 海藻著生效果與環境因子相關性分析

綜合本研究辦理南部大鵬灣及林邊兩處海域之海藻著生狀況與水質環境之調查結果，進一步探討分析海藻著生效果與水質環境因子、照度、水深之相關性，及海岸保護結構物型式在海藻著生效果之差異性，俾供作為將來於台灣地區海岸發展藻場造成型海岸保護結構物之可行性、對象海藻、發展型態等之參考與依據。

5.1 海藻著生效果與水質環境

依據本研究三季次之實地野外調查，前二季海水水質之結果顯示，於鹽度、pH 值與溶氧量方面，雖然呈現季節性及區域性變化，但皆屬於正常一般沿岸海水之範圍，均合乎甲類海域地面水體水質標準(環保署，1998)。

在各監測點之水體營養鹽，由三季次中之前兩季之監測結果比較發現，氮鹽(硝酸鹽、亞硝酸鹽、氨氮)於兩季檢測結果測值相近，而磷酸鹽及光照度檢測結果則第二季測值高於第一季。各監測點之水體營養鹽 N/P 比(圖 4.1)大約為 4.3，低於理論值(16)，顯示兩區域水體均為氮限。

另外，綜合比較第一季與第二季的水質，發現第一季營養鹽較第二季來的高，然海藻豐富度卻以第二季較高，顯示第一季的營養鹽提供了第二季海藻大量生長的一個條件。第三季的海藻著生量降為本調查期間的最低點，與海藻壽命長度(約 3-6 個月)和孢子萌芽所需的水溫(約攝氏 25 度左右)相互影響所造成。本研究雖已有三季次之調查資料，惟仍屬短期之調查，對於南部海岸結構物之海藻著生與各項水質條件之間的現象及推論，仍需要更長期的監測及觀察，才能有更進一步的定論。

5.2 海藻著生與光照度環境

依據本研究三季次之實地野外調查，由光照度與 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、DIN、DIP、N/P ratio 之相關性，如圖 4.2 所示，發現光照度與 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、DIN、N/P ratio 均呈負相關性，顯示光照度愈強各種藻類吸收氮的能力也愈強；此結果與海藻豐富度在第二季有明顯上揚的結果相符合。另一方面，第三季海藻生產量的大量下滑反應在 N/P ratio 的上揚。

一般而言，潮下帶的海藻的種數及豐富度普遍仍低於潮間帶的繁生情形，可能因潮下帶的海藻受到低光照度的影響；因此，可推論光度為限制海藻著生的一項因素之一。至於潮下帶測站的海藻著生量的減少，可能與各測站的濁度上升有相關性。大鵬灣及林邊測站海藻著生與光照度、濁度及水溫之分析，如表 5.1 5.2 所示。

另外，如前述之海藻著生與海水水質分析檢討，第二季的海藻著生量較高，而第三季的海藻著生量為本調查期間的最低；除顯示反應第一季的營養鹽提供了第二季海藻大量生長的一個條件外，因海藻壽命長度（約 3-6 個月）和孢子萌芽所需的水溫（約攝氏 25 度左右），溫度及光強度在第二季有所增加，故在營養鹽及溫度、光強度等之相互影響，或許也是影響海藻豐富度的重要因子。然而，有關海藻著生與各項水質條件之間的現象及推論，仍需要更長期的監測及觀察，才能有更進一步的定論。

表 5.1 大鵬灣測站海藻著生與光照度、濁度及水溫之分析表

位置	季別	測站別	總豐富度	物種數	濁度 (ntu)	光照度	水溫 (°C)
潮間帶	第一季 (2 月)	測站一	56 %	6	4.5	707	24.6
		測站二	49.6 %	11	4.6	838	24.4
	第二季 (5 月)	測站一	33.6 %	5	3.5	2,598	30.0
		測站二	53.12 %	10	2.0	2,327	30.1
	第三季 (8 月)	測站一	1.0 %	4	7.1	2,439	29.4
		測站二	1.31 %	5	7.1	2,765	29.9
潮下帶	第一季 (2 月)	測站一	12.2 %	6	4.5	144	24.3
		測站二	10.3 %	5	8.7	231	24.4
	第二季 (5 月)	測站一	9.0 %	5	1.4	251	29.9
		測站二	29.04 %	6	2.5	398	30.6
	第三季 (8 月)	測站一	0.1 %	1	10.2	241	29.3
		測站二	0	0	10.1	211	29.6

註：水深指水面至水底之深度

本研究整理

表 5.2 林邊測站海藻著生與光照度、濁度及水溫之分析表

位置	季別	測站別	總豐富度	物種數	濁度 (ntu)	光照度	水溫 (°C)
潮間帶	第一季 (2 月)	測站三	69.3 %	13	9.8	1,228	25.0
		測站四	46.2 %	11	12.4	939	24.9
	第二季 (5 月)	測站三	58.08 %	11	2.8	2,221	29.8
		測站四	82.32 %	9	2.6	2,871	31.3
	第三季 (8 月)	測站三	8 %	4	10.4	3,163	29.4
		測站四	4 %	4	10.9	2,765	29.5
潮下帶	第一季 (2 月)	測站三	10.3 %	6	12.6	87	25.1
		測站四	6.82 %	7	15.2	87	24.9
	第二季 (5 月)	測站三	34.48 %	10	0.7	608	29.7
		測站四	45 %	5	0.6	1,467	30.6
	第三季 (8 月)	測站三	0.7 %	2	13.2	256	29.2
		測站四	1.1 %	2	15.9	227	29.3

註：水深指水面至水底之深度

本研究整理

5.3 海藻著生與基質環境

依本研究之實地調查台灣南部大鵬灣及林邊兩處海域之海藻著生狀況結果，發現海藻大多著生在堅硬的消波塊、石塊之頂部、側面及斜邊等受光處，只要是裸露，未被沙礫覆蓋的區域，皆有觀察到海藻覆蓋的情形。然而，隨著基質慢慢由裸露的石塊或消波塊轉變成沙礫覆蓋較多的區域，會觀察到海藻覆蓋呈現一逐漸遞減的趨勢；即藻類分布之水深並非一直延伸至結構物所拋放消波塊之水深；如大鵬灣之測站二，水深為 2.5m，但藻類分布之水深僅至 0.9m；林邊之測站三，水深為 1.0m，但藻類分布之水深僅至 0.4m，本研究各測站海藻著生深度與水深之關聯性分析，如表 5.3 所示。

本研究調查以綠藻門的石蓴科為絕對優勢藻種，其生長期為 2~5 月，生育水深為 0~1m；依據藻類分布之水深初步研析，大鵬灣測站第一及第二季（即 2~5 月）之藻類分布水深為 0.5~0.9m，尚與石蓴科生育水深相近，而林邊測站第一及第二季（即 2~5 月）之藻類分布之水深僅至 0.4~0.7m；此可能與林邊海域為漂砂海域，且離岸堤後側較易產生淤沙效應有關聯（林邊海域潮下帶之濁度明顯較高）。

顯然，當基質慢慢由裸露的石塊或消波塊轉變成沙礫覆蓋較多的區域時，因沙礫形式的基質不適合海藻的著生，而消波塊、石塊之頂部、側面及斜邊等未被沙礫覆蓋的區域，皆為海藻著生較佳的基質。

此外，本研究調查也發現，調查樣區附近為沙粒性質的底質，因調查地點常有強勁的海浪衝擊，在最底處的石塊或消波塊不適合海藻的著生。海藻的藻體可能因會遭受到沙粒的覆蓋，亦或是沙粒衝擊時所帶來的物理性傷害，這或許也是一項限制台灣南部林邊海域及大鵬灣導流堤附近潮下帶海藻生長的一項環境因素。

表 5.3 本研究各測站海藻著生深度與水深關聯性分析

區域	季別	測站別	位置	總豐富度	光照度	濁度	水深 (cm)	藻類分佈最深深度 (cm)
大鵬灣	第一季	測站一	潮間帶	56 %	707	4.5	0	0
			潮下帶	12.2 %	144	4.5	100	60
		測站二	潮間帶	49.6 %	838	4.6	0	0
			潮下帶	10.3 %	231	8.7	250	90
	第二季	測站一	潮間帶	33.6 %	2,598	3.5	0	0
			潮下帶	9.0 %	251	1.4	100	50
		測站二	潮間帶	53.12 %	2,327	2.0	0	0
			潮下帶	29.04 %	398	2.5	130	60
	第三季	測站一	潮間帶	1.0 %	2,439	7.1	0	0
			潮下帶	0.1 %	241	10.2	60	30
		測站二	潮間帶	1.31 %	2,765	7.1	0	0
			潮下帶	0 %	211	10.2	120	60
林邊	第一季	測站三	潮間帶	69.3 %	1,228	9.8	0	0
			潮下帶	10.3 %	87	12.6	100	40
		測站四	潮間帶	46.2 %	939	12.4	0	0
			潮下帶	6.82 %	87	15.2	100	40
	第二季	測站三	潮間帶	58.08 %	2,221	2.8	0	0
			潮下帶	34.48 %	608	0.7	110	65
		測站四	潮間帶	82.32 %	2,871	2.6	0	0
			潮下帶	45 %	1,467	0.6	110	70
	第三季	測站三	潮間帶	8 %	3,163	10.4	0	0
			潮下帶	0.7 %	256	13.2	60	35
		測站四	潮間帶	4 %	2,765	10.9	0	0
			潮下帶	1.1 %	227	15.9	70	35

註：水深指水面至水底之深度

本研究整理

5.4 海藻著生與水深環境

如前海藻著生與基質環境之探討，依本研究之實地調查台灣南部大鵬灣及林邊兩處海域之海藻著生狀況結果，發現兩處區域潮間帶之海藻總豐富度及物種數，都較潮下帶為多；而隨著潮下帶之水深漸深，海藻覆蓋呈現一逐漸遞減的趨勢，即藻類分布之水深並非一直延伸至結構物所拋放消波塊之水深。

本研究調查四測站中，以大鵬灣之測站二，即水深 2.5m，藻類分布水深至 0.9m，與絕對優勢藻種之綠藻門的石蓴科之生育水深為 0.1m 較為接近；就區位而言，或許因為大鵬灣之測站二係位於大鵬灣導流堤之內側，其水深可能較不受沿岸漂砂所影響，而造成濁度較小，藻類分布水深受其他生長環境因子限制之原因相對較少。濁度影響藻類分布之水深，亦可由林邊海域之測站三及測站四約略有相似之結果，其於第二季時潮下帶之濁度為林邊海域之最低 (0.6 ~ 0.7m)，藻類分布水深可至 0.65 ~ 0.7m，遠大於第一季之 0.4m 及第三季之 0.35m。

以本次調查南部海域之底質特性皆為砂質海岸，因冬季時南部海域受台灣本島之遮蔽，海域風浪皆不大；夏季時因海岸走向與季節風浪垂直，無論大鵬灣或林邊海域，夏季時潮下帶之濁度都明顯較同測站其他季節時增加；尤其林邊海域因係為離岸堤之構造，相對提供離岸堤後之淤沙效果，造成濁度之增加與基質之變化，致林邊海域離岸堤藻類分佈之水深皆較同季次之大鵬灣導流堤測站為淺。

就生態觀點而言，藻類分布之水深應與當地水質環境及優勢藻種之生育特性有絕對直接關聯，亦即如其生長環境因子適合時，如水深夠深，在水質與季節等環境因子相似或符合優勢藻種之生育特性時，應無太大區域性之變化，除非受其他生長環境因子所限制。依本研究調查初步研判，影響或限制藻類分布水深之因子，水深條件環境相對於濁度與基質而言似較小；然而，有關海藻著生與水深環境條件之間的現象及推論，仍需要更長期的監測及觀察，才能有更進一步的定論。

5.5 海藻著生與結構物形式

依據本研究三季次之實地調查發現，海藻主要著生於消波塊、石塊之頂部、側面及斜邊等受光處，即使是光滑的混泥土、石塊表面亦可發現。這些著生地點皆有強勁的海浪衝擊，而這些附著在消波塊和石塊上的海藻種類皆有強韌的附著器以因應強勁的海流。此結果顯示，西南沿海的砂岸，只要有人工結構物，如消波塊或石塊，皆可提供多樣化的海藻來附著並生長。

就本研究調查台灣南部大鵬灣及林邊兩處海域之結構物而言，大鵬灣（測站一及測站二）為導流堤（垂直海岸之消波塊突堤），而林邊（測站三及測站四）為離岸堤（平行海岸之消波塊堤）。以同季次之潮間帶總豐富度相互比較，第一季大鵬灣為 49.6% 56%，林邊為 46.2% 69.03%；第二季大鵬灣為 33.6% 53.12%，林邊為 58.08% 82.32%；第三季大鵬灣為 1.0% 1.31%，林邊為 4.0% 8.0%；因此，林邊之離岸堤（測站三及測站四），其潮間帶之總豐富度都較同季次時大鵬灣之導流堤（測站一及測站二）為高。

就海域結構物之型式而言，林邊離岸堤測站之潮間帶海藻總豐富度都較同季次時大鵬灣導流堤之測站為高，此可能與大鵬灣及林邊兩處海域結構物之不同亦有相關；初步研判可能與下列幾項因子有關：

1. 因林邊測站為離岸堤型式，設置之水深較深些，其消波塊受潮水之影響時間較長，因此海藻總豐富度較高。
2. 就海岸結構物消波塊、石塊之斜邊而言，林邊離岸堤之消波塊坡度為 1：6，而大鵬灣導流堤之消波塊坡度為 1：3；故如就相同水深而言，林邊為離岸堤型式，其消波塊受潮水影響之斜邊較長、表面積較多，因此林邊海藻總豐富度較大鵬灣為高。
3. 就海岸結構物鋪設消波塊之差異而言，林邊離岸堤之消波塊為 10 噸力川塊，大鵬灣導流堤之消波塊為 10 噸三角鼎型塊；兩者之噸數相同，但型式稍有不同。10 噸力川塊之表面積為 25.99m²（不含底模），

10 噸三角鼎型塊之表面積為 21.39m^2 (不含底模)，即在相同噸數時，林邊離岸堤消波塊之表面積約為大鵬灣導流堤之 1.215 倍，惟此僅就消波塊個體而言。另影響單位長度之表面積的因素尚有消波塊之孔隙率、消波塊之排列方式等因素，依據結構物設計斷面及現場勘查，就每一斷面之單位長度而言，大鵬灣導流堤之消波塊係以六塊密集排列，而林邊離岸堤之消波塊以三塊整齊排列，故每一斷面之消波塊總表面積，大鵬灣導流堤較林邊離岸堤為大。因此，就海岸結構物鋪設消波塊之差異性而言，仍需要更長期的監測及觀察，才能有更進一步的定論。

4. 林邊離岸堤係於民國 80 年 4 月完成，大鵬灣導流堤則於 76 86 年陸續施作；故就施設之年代而言，林邊離岸堤之結構物存在時間較長，海域結構物施設之年代或許亦為影響海藻著生效果與豐富度因素之一，惟此仍需要更進一步長期的監測及觀察。

綜合而言，就本研究目前之調查結果分析，海岸結構物型式之差異性，如離岸堤或導流堤、消波塊型式等等而言，仍需要更長期的監測及觀察，才能有更進一步的定論。然而依本研究實地調查發現，海藻生長位置主要還是位在潮間帶海浪衝擊時有水淹沒之處，而潮間帶較上部位之海藻就較潮間帶下部來的少，而背光處則較少觀察到海藻的著生狀況。因此，海岸結構物只要會被海水淹沒或波打之處，皆可觀察到海藻的生長，而結構物的形狀及形式，以能夠有較多暴露面積且受光之區域將有較多的海藻覆蓋。

第六章 結論與建議

本研究為「生態型海岸保護工法研究」計畫之第二年工作，主要針對國內南部海域之大鵬灣出口導流堤及林邊海岸離岸堤，進行三季次之生態環境調查，並分析調查對象突堤、離岸堤之生態效果及生長環境因子，以及海藻著生與水溫、照度、水深之相關性，俾供後續國內海岸生態環境及發展國內生態型海岸保護工法之研究與參考。茲將本研究所獲致結論歸納如下，並提出未來研究建議。

6.1 結論

- 1.就調查區域之溫、鹽地理之分佈，主要受到潮流漲落及陸上逕流及河川、溝渠之淡水影響，呈區域性之變化，例如大鵬灣出口導流堤之測站呈現較低鹽度之特性；而 pH 測值及溶氧，均大都合乎甲類海域地面水體水質標準。
- 2.本研究各監測點之光照度與 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、DIN、N/P ratio 均呈負相關性，顯示光照度愈強，各種浮游植物或藻類吸收氮的能力也愈強。由於水體營養鹽 N/P 比大約為 4.3，低於理論值之 16，顯示兩區域水體均為氮限，水體中磷酸鹽屬過剩之情況，故光照度與 DIP 之相關性並不顯著。
- 3.本研究以區域性分佈而言，林邊鄉海岸離岸堤之濁度略高於東港鎮海岸大鵬灣出口之導流堤；一般而言，海藻生長對光照度的需求量，只要光照度高於 $250 \mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$ 以上，即可滿足；而有時過高的光照，反而會抑制海藻生長。本年度三季次之調查，潮下帶的海藻的種數及豐富度普遍仍低於潮間帶的繁生情形，可能因潮下帶的海藻受到低光照度的影響；因此，可推論光度為限制海藻著生的一項因素之一；潮下帶測站的海藻著生量的減少，可能與各測站的濁度上升有相關性。

- 4.本研究三季次調查共計發現有 20 種海藻著生於離岸堤和突堤的人工結構物上，分別歸屬於綠藻門 5 科（7 種）和紅藻門 7 科（13 種）。
- 5.在優勢種方面，第一及第二季各測站皆以綠藻門的石蓴科為絕對優勢藻種，第三季各測站皆無絕對優勢藻種。由於本研究調查區係為經常性海浪衝擊的離岸堤及導流堤，故所調查之藻種皆為浪濤衝擊下常見的藻種，如海膜藻科之蜈蚣藻屬（*Grateloupia*），此類藻類常見於風浪較大的台灣東北角及西南沿海一帶。
- 6.在藻類著生分佈上，潮間帶種類數目及覆蓋度皆大於潮下帶；潮間帶測站的優勢種藻類覆蓋率如超過百分之二十以上，則其它藻種會受優勢種藻類的影響很大，而在數量上變少。因此，常常只要是一優勢種的出現或消失，即可造成該測站極大的影響。
- 7.整體而言，在藻類著生之物種相似性（CZ）比較發現，大鵬灣導流堤之兩測站之相似度上較為接近，而林邊海域離岸堤之兩測站的相似度上亦較為接近。此現象符合地緣上的關係，即相近地域的海藻物種相似度就會較為相近。
- 8.以同季次之潮間帶總豐富度相互比較，第一季大鵬灣為 49.6 % 56 %，林邊為 46.2 % 69.03 %；第二季大鵬灣為 33.6 % 53.12 %，林邊為 58.08 % 82.32 %；第三季大鵬灣為 1.0 % 1.31 %，林邊為 4.0 % 8.0 %；即林邊離岸堤之潮間帶總豐富度都較同季次時大鵬灣之導流堤為高。
- 9.綜合比較海藻著生與各項水質條件，發現第一季營養鹽較第二季高，海藻豐富度卻以第二季較高，顯示第一季的營養鹽提供了第二季海藻大量生長的條件，而第三季的海藻著生量為本調查期間的最低，此應與海藻壽命長度（約 3-6 個月）和孢子萌芽所需的水溫（約攝氏 25 度左右）相互影響所造成；而由於溫度及光強度在第二季有增加，在營養鹽及溫度、光強度等之相互影響，或許也是影響海藻豐富度的重要因子；由於本研究仍屬短期之調查，對於南部海岸結構物之

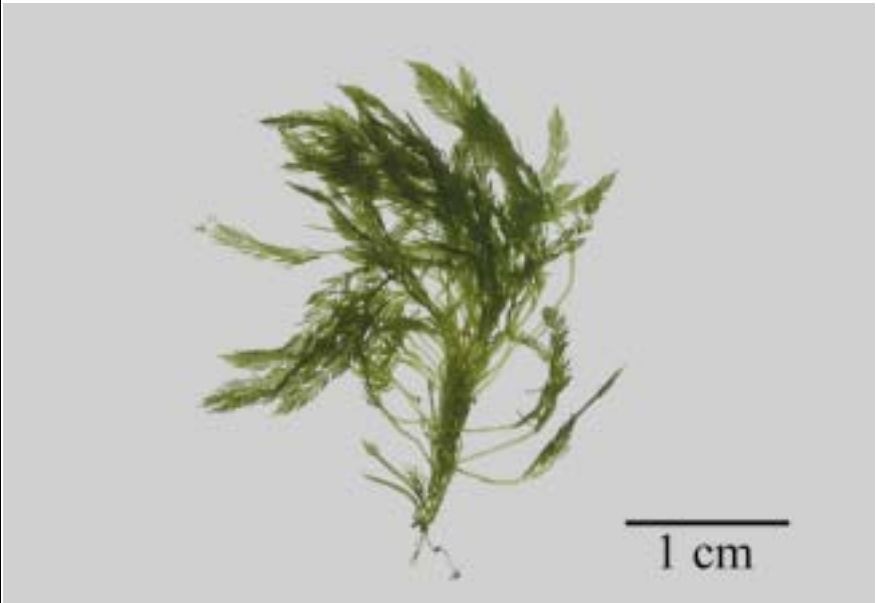
海藻著生與各項水質條件之間的現象及推論，仍需要更長期的監測及觀察，才能有更進一步的定論。

- 10.本研究實地調查發現海藻大多著生在堅硬的消波塊、石塊之頂部、側面及斜邊等受光處，只要是裸露，未被沙礫覆蓋的區域，皆有觀察到海藻覆蓋的情形；隨著基質慢慢由裸露的石塊或消波塊轉變成沙礫覆蓋較多的區域，海藻覆蓋則呈現一逐漸遞減的趨勢；顯然，當基質慢慢由裸露的石塊或消波塊轉變成沙礫覆蓋較多的區域時，因沙礫形式的基質不適合海藻的著生。
- 11.本研究調查南部海域之底質特性皆為砂質海岸，因冬季時台灣本島遮蔽，南部海域風浪皆不大；夏季時因海岸走向與季節風浪垂直，無論大鵬灣或林邊海域，潮下帶之濁度都明顯增加；尤其林邊海域因係為離岸堤構造，更相對提供堤後淤沙之效果，造成濁度之增加與基質之變化，致林邊海域藻類分佈之水深皆較同季次之大鵬灣測站為淺。
- 12.就海域結構物之型式而言，林邊離岸堤之潮間帶海藻總豐富度都較大鵬灣導流堤為高，此可能與大鵬灣及林邊兩處海域結構物之不同有關；初步研判可能與結構物設置之水深、結構物之斜邊坡度、表面積、施設年代等因子有關。由於影響結構物每斷面單位長度表面積之因素尚有消波塊之孔隙率、消波塊之排列方式等，就海岸結構物型式之差異性，仍需要更長期的監測及觀察，才能進一步定論。
- 13.依本研究實地調查發現，海藻生長位置主要還是位在潮間帶海浪衝擊時有水淹沒之處，而潮間帶較上部位之海藻就較潮間帶下部來的少，而背光處則較少觀察到海藻的著生狀況。因此，海岸結構物只要會被海水淹沒或波打之處，皆可觀察到海藻的生長，而結構物的形狀及形式，以能夠有較多暴露面積且受光之區域將有較多的海藻覆蓋。

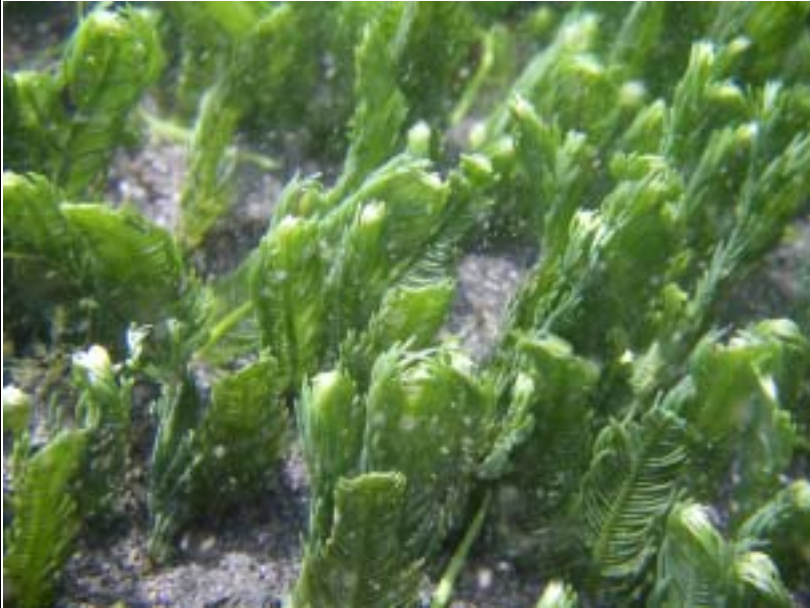
6.2 建議

- 1.就生態觀點而言，藻類分布之水深應與當地水質環境及優勢藻種之生育特性有絕對直接關聯，亦即如其生長環境因子適合時，如水深夠深，在水質與季節等環境因子相似或符合優勢藻種之生育特性時，應無太大區域性之變化，除非受其他生長環境因子所限制。依本研究調查初步研判，影響或限制藻類分布水深之因子，水深條件環境相對於濁度與基質而言似較小；然而，有關海藻著生與水深環境條件之間的現象，仍需更長期的監測及觀察，才能有進一步定論。
- 2.本研究所調查之藻種皆為浪濤衝擊下常見的藻種，因此近岸波浪之大小或許並非與優勢藻種生長環境之影響；由於國內海岸構造物常因防治海岸侵蝕之目的設置，而濁度與基質對於藻類分布水深與豐度有關，此可由本研究實地調查只要是裸露，未被沙礫覆蓋的區域，皆有觀察到海藻覆蓋的情形。因此，將來對於漂砂海岸之防治，如以生態工法考量或目的時，應將濁度與基質對於藻類分布與豐度之影響納入工法之考量因子。
- 3.本研究為「生態型海岸保護工法研究」之第二年研究，主要針對國內南部海域之導流堤、離岸堤，進行生態環境調查，並分析海藻著生與環境因子之相關性；建議應針對國內北部海域進行相同之研究，持續辦理「生態型海岸保護工法研究」之第三年研究計畫，俾供後續國內海岸生態環境及發展國內生態型海岸保護工法之研究與參考。

附錄 A 本研究調查海藻之生態與照片

種名	羽藻 <i>Bryopsis plumosa</i>		
生長期	2-5 月	生育水深	0.1-2 m
成熟期	2-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	數周	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	3-5 cm		
生態照			
標本照			

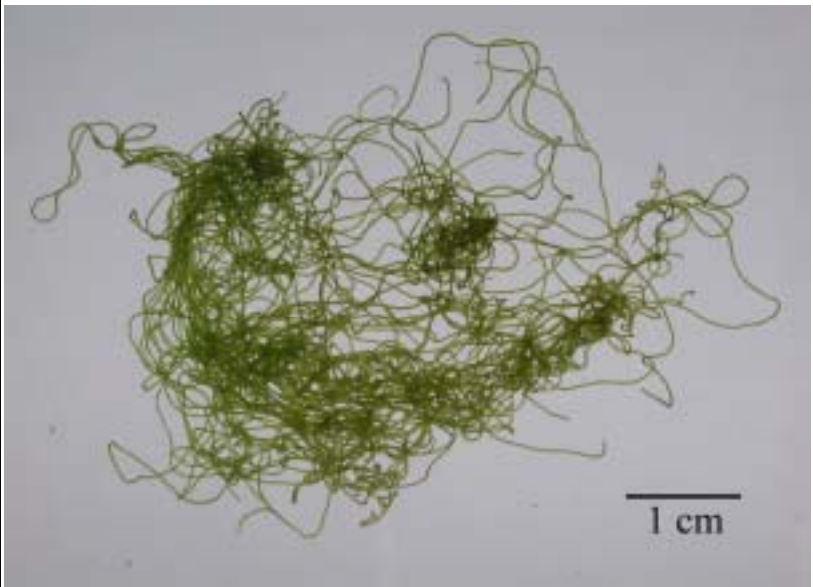
照片附 A1 海藻生態調查成果照片—羽藻

種名	羽狀蕨藻 <i>Caulerpa sertularioides</i>		
生長期	3-5 月	生育水深	0.1-2 m
成熟期	3-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	數周	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	3-5 cm		
生態照			
標本照			

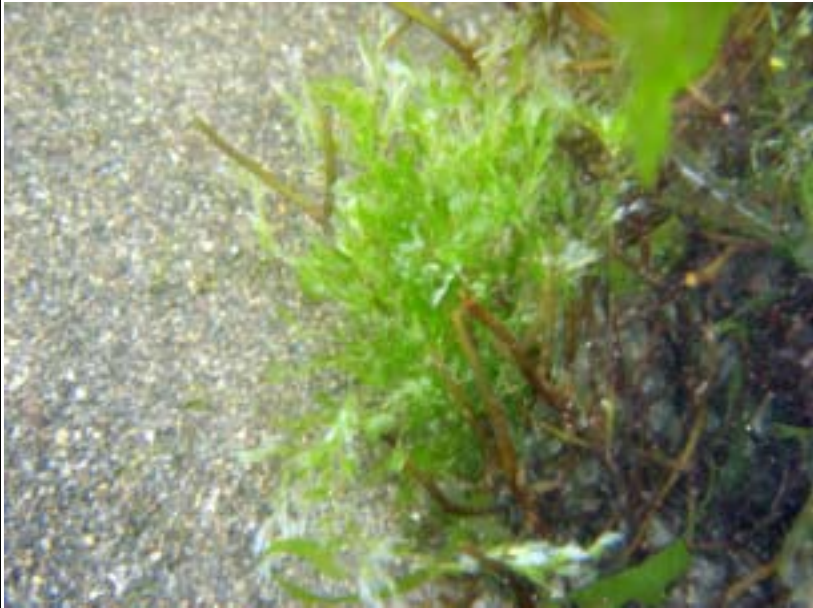
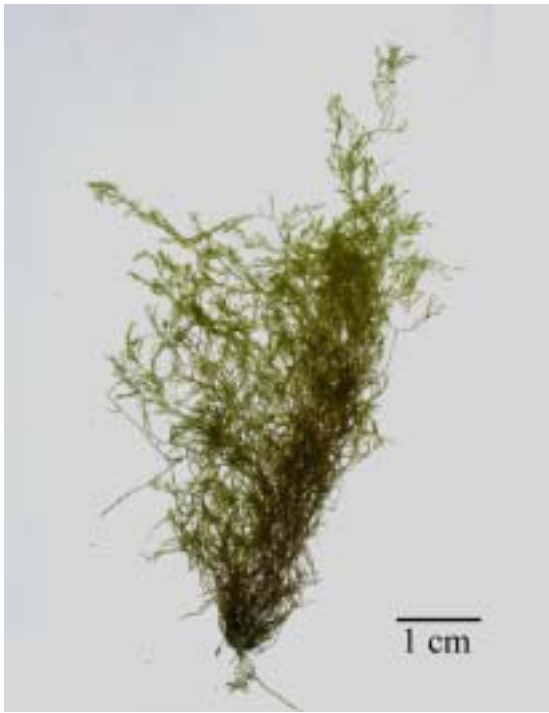
照片附 A2 海藻生態調查成果照片—羽狀蕨藻

種名	硬毛藻 <i>Chaetomorpha antennina</i>		
生長期	2-5 月	生育水深	0-0.5 m
成熟期	2-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	數周	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	3-7 cm		
生態照			
標本照			

照片附 A3 海藻生態調查成果照片—硬毛藻

種名	粗硬毛藻 <i>Chaetomorpha crassa</i>		
生長期	2-5 月	生育水深	0-1 m
成熟期	2-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	數周	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	3-10 cm		
生態照			
標本照			

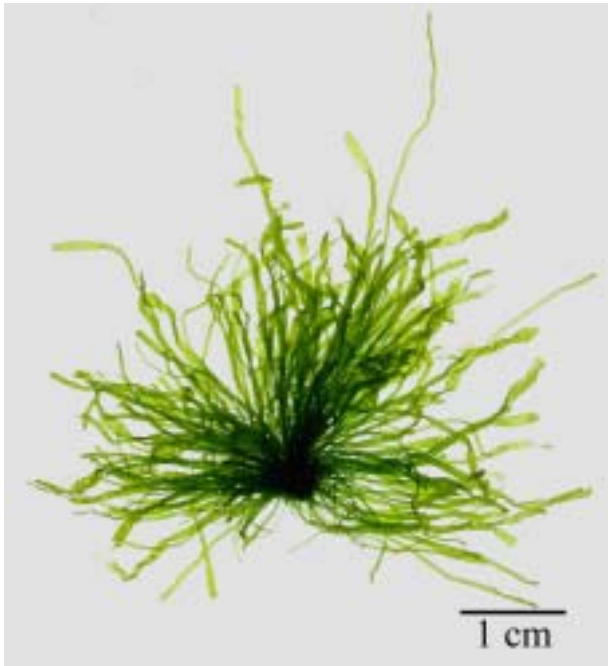
照片附 A4 海藻生態調查成果照片—粗硬毛藻

種名	束生剛毛藻 <i>Cladophora sakaii</i>		
生長期	2-5 月	生育水深	0-1 m
成熟期	2-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	數周	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	5-10 cm		
生態照			
標本照			

照片附 A5 海藻生態調查成果照片—束生剛毛藻

種名	裂片石蓴 <i>Ulva fasciata</i>		
生長期	2-5 月	生育水深	0-1 m
成熟期	2-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	數周	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	10-25 cm		
生態照			
標本照			

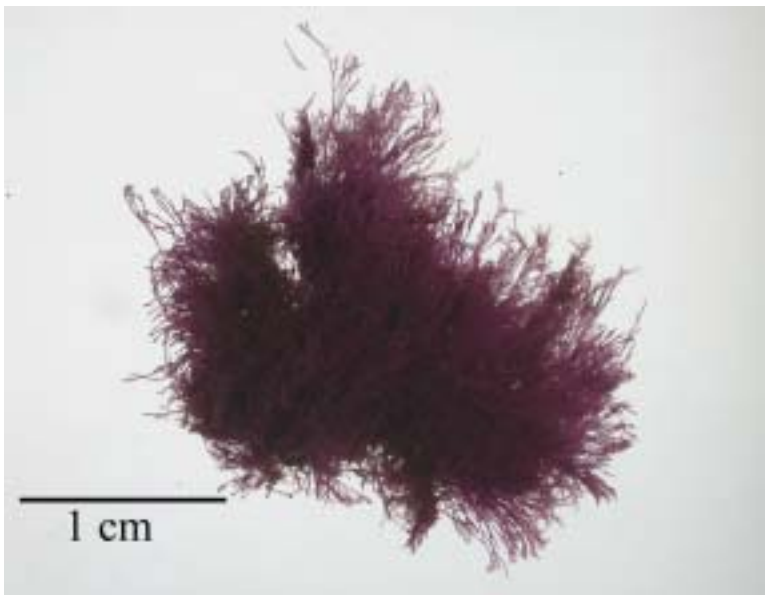
照片附 A6 海藻生態調查成果照片—裂片石蓴

種名	腸滸苔 <i>Ulva intestinalis</i>		
生長期	2-3 月	生育水深	0-0.5 m
成熟期	2-3 月	生育水溫	24-25 °C
壽命	1 至數月	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	5-10 cm		
生態照			
標本照			

照片附 A7 海藻生態調查成果照片—腸滸苔

種名	扇形擬伊谷藻 <i>Ahnfeltiopsis flabelliformis</i>		
生長期	2-3 月	生育水深	0-0.5 m
成熟期	2-3 月	生育水溫	24-25 °C
壽命	1 至數月	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	2-4 cm		
生態照	(因野外數量稀少，而未有清楚的生態照)		
標本照			

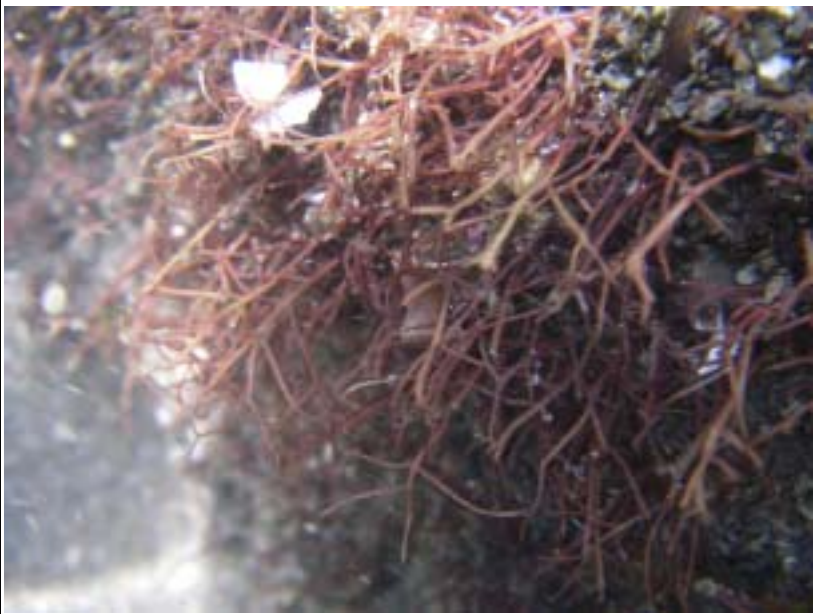
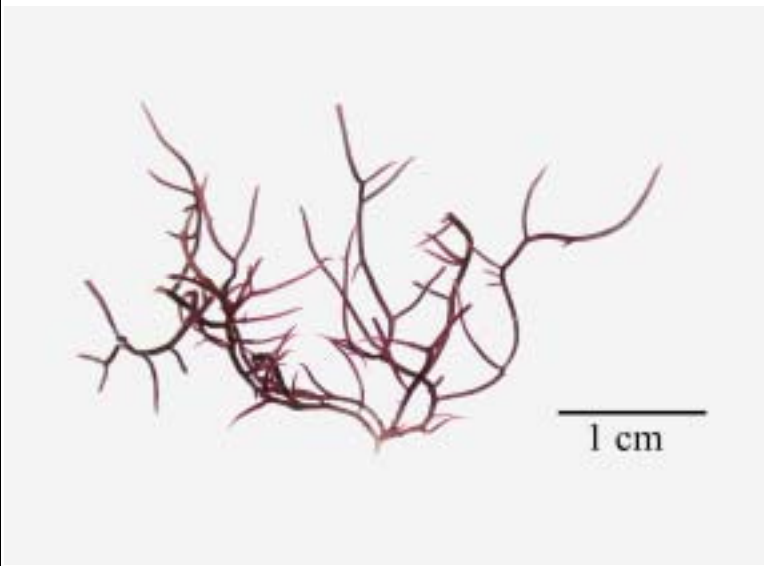
照片附 A8 海藻生態調查成果照片—扇形擬伊谷藻

種名	縱胞藻 <i>Centroceras clavulatum</i>		
生長期	2-5 月	生育水深	0.1-0.5 m
成熟期	2-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	1 至數月	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	4-8 cm		
生態照			
標本照			

照片附 A9 海藻生態調查成果照片—縱胞藻

種名	仙藻 <i>Ceramium cimbrium</i>		
生長期	2-5 月	生育水深	0-1 m
成熟期	2-5 月	生育水溫	24-25 °C
壽命	1 至數月	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	0.5-1 cm		
生態照	(因藻體介於 0.5-1 公分，十分微小，且只附生在其它較大型紅藻上，而未攝有生態照)		
標本照			

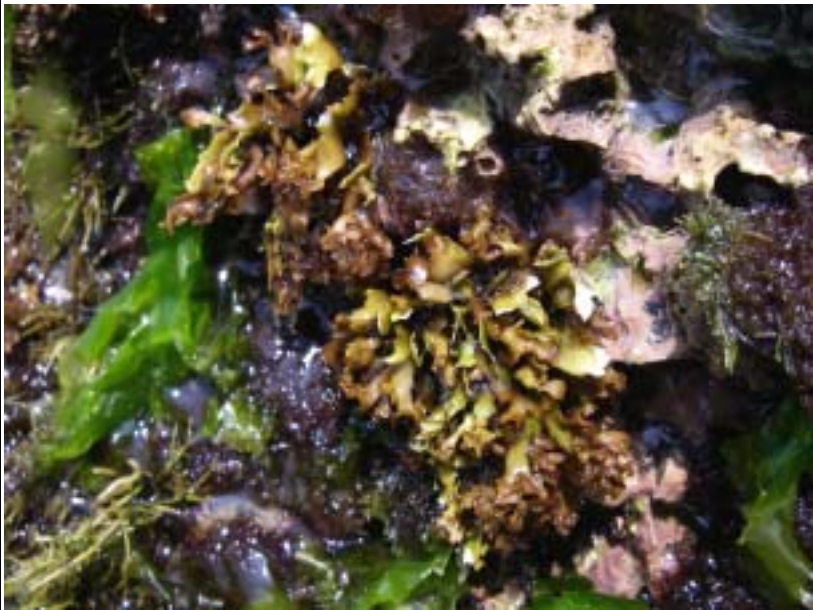
照片附 A10 海藻生態調查成果照片—仙藻

種名	肉葉藻 <i>Chondracanthus</i> sp.		
生長期	3-5 月	生育水深	0-1 m
成熟期	3-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	1 至數月	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	5-10 cm		
生態照			
標本照			

照片附 A11 海藻生態調查成果照片—肉葉藻

種名	擬石花藻 <i>Gelidiopsis intricata</i>		
生長期	3-5 月	生育水深	0-1 m
成熟期	3-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	1 至數月	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	5-10 cm		
生態照			
標本照			

照片附 A12 海藻生態調查成果照片—擬石花藻

種名	刺邊龍鬚菜 <i>Gracilaria spinulosa</i>		
生長期	2-5 月	生育水深	0-1 m
成熟期	2-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	1 至數月	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	5-10 cm		
生態照			
標本照			

照片附 A13 海藻生態調查成果照片—刺邊龍鬚菜

種名	蜈蚣藻 <i>Grateloupia filicina</i>		
生長期	2-5 月	生育水深	0-1 m
成熟期	2-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	1 至數月	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	12-15 cm		
生態照			
標本照			

照片附 A14 海藻生態調查成果照片—蜈蚣藻

種名	舌狀蜈蚣藻 <i>Grateloupia livida</i>		
生長期	2-5 月	生育水深	0-1 m
成熟期	2-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	1 至數月	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	5-10 cm		
生態照	(因其生長位置浪太大, 不易拍照, 待第三次調查時, 再補拍)		
標本照			

照片附 A15 海藻生態調查成果照片—舌狀蜈蚣藻

種名	劍葉蜈蚣藻 <i>Grateloupia okamurae</i>		
生長期	2-5 月	生育水深	0-0.5 m
成熟期	2-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	1 至數月	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	10-15 cm		
生態照			
標本照			

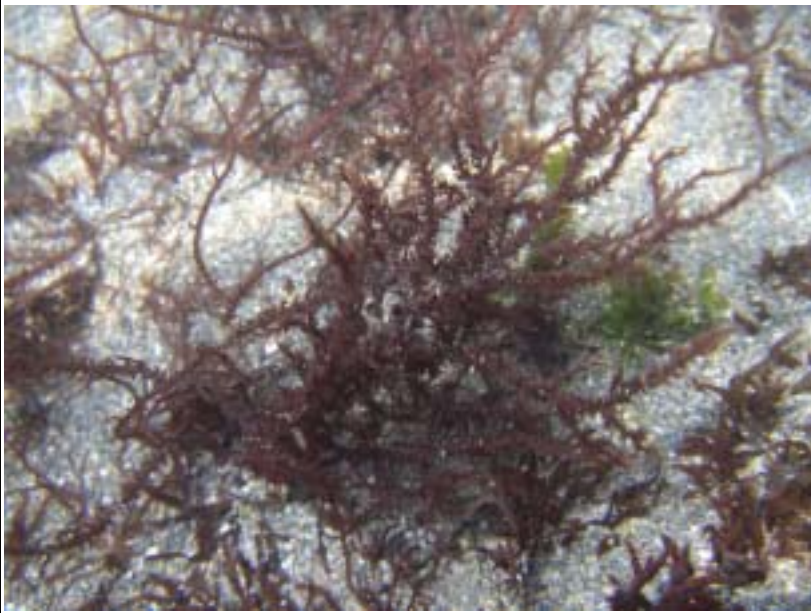
照片附 A16 海藻生態調查成果照片—劍葉蜈蚣藻

種名	繁枝蜈蚣藻 <i>Grateloupia ramossissima</i>		
生長期	2-5 月	生育水深	0-0.5 m
成熟期	2-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	1 至數月	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	5-12 cm		
生態照			
標本照			

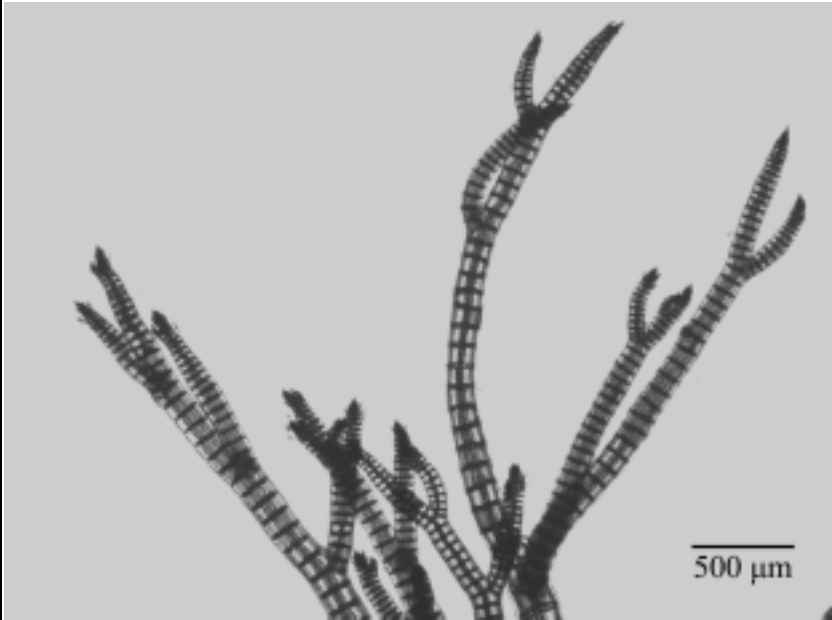
照片附 A17 海藻生態調查成果照片—繁枝蜈蚣藻

種名	稀毛蜈蚣藻 <i>Grateloupia sparsa</i>		
生長期	2-5 月	生育水深	0-1 m
成熟期	2-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	1 至數月	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長			
生態照			
標本照			

照片附 A18 海藻生態調查成果照片—稀毛蜈蚣藻

種名	沙菜 <i>Hypnea boergesenii</i>		
生長期	2-5 月	生育水深	0.1-1 m
成熟期	2-5 月	生育水溫	25-30 °C
壽命	1 至數月	生育濁度	4.5-15.2 ntu
體藻長	10-15 cm		
生態照			
標本照			

照片附 A19 海藻生態調查成果照片—沙菜

種名	多管藻 <i>Polysiphonia</i> sp.		
生長期	4 月、5 月	生育水深	0-1 m
成熟期	4 月、5 月	生育水溫	28-30 °C
壽命	1 至數月	生育濁度	4.5-15.2 ntu
成體藻長	2-3 cm		
生態照			
標本照			

照片附 A20 海藻生態調查成果照片—多管藻

附錄 B 期中報告審查意見及處理情形

參與審查人員及其所提意見	審查意見說明及處理情形
一、林朝福委員 1. 盼增加日本方面發展改良製消波塊的成效報告文獻，俾能提供研發本土生態消波塊之參考。 2. 針對2月14日及5月9日代表第1季及第2季，希能針對氣候及波浪條件簡略說明。 3. 針對測站1~4不同的消波塊型式位置及波浪條件，希能更深入探討分析。 4. 圖4-1之圖名與圖內標示意義希修正能一致。 5. 藻類著生分析希能併同考慮光照與濁度兩因子分析。	1. 日本近年海岸生態工法方面著重在發展附加藻場機能與海水交換機能，大都利用現有消波塊，因此對改良製消波塊的成效報告文獻較少；特蒐集補充增加相關藻場之調查文獻，請參考第二章 p2-32，提供本研究之參考。 2. 本研究因儀器不足當日並無測量局部波浪條件，依計畫內容僅測量水溫、水下光照度及濁度。本研究調查發現之藻種皆為浪濤衝擊下常見藻種；且海藻大多著生在消波塊、石塊之頂部、側面及斜邊等受光處，只要是裸露，未被沙礫覆蓋的區域，皆有海藻覆蓋，初步研判波浪大小可能非影響藻類成長之主要因子。 3. 就海域結構物之型式而言，林邊離岸堤之潮間帶海藻總豐富度都較大鵬灣導流堤為高，此可能與大鵬灣及林邊兩處海域結構物之不同有關；初步研判此應與結構物設置之水深、結構物之斜邊坡度、表面積、施設年代等因子有關，請參考第五章 p5-7。 4. 謝謝指正，已修正。 5. 謝謝指教，藻類著生分析與光照、濁度兩因子之分析，請參考第五章 p5-4。

附錄 B 期中報告審查意見及處理情形（續 1）

參與審查人員及其所提意見	審查意見說明及處理情形
二、林柏青委員 1. 現場調查作業的辛苦值得肯定。 2. 調查季節分別 2 月、5 月，以南部海域，2 月及 5 月東北風微弱，西南風未起，正是海況良好時節、風平浪淨，考量季節性變化應取冬季及夏季西南風起時。 3. 濁度單位用 NTU 不知代表多少懸浮質濃度？ 4. 濁度變化應受風浪大小及附近河口排水影響，河川上游降雨量大可能使近岸濁度上升至數千 NTU，以目前觀測 0.6~3.5 及 4.5~15.2NTU 其實沒什麼差異，所以 4.2.3 所述，因濁度降低使海藻能分佈到較深水域，值得商榷，因為近岸海濁度變化受降雨及風浪影響及變化週期以日計算，而海藻著生深度變化可能以月或季計算，濁度可能不是主要因素。	1. 謝謝肯定。 2. 謝謝指教，第三季已於 8 月份進行調查，一般海藻生態與水質之調查時間著重與生態成長之季節與，季節性波浪之變化則與結構物之防治成效有關。本研究今年因經費有限，冬季的調查待其它計畫支持。 3. 以高嶺土為例 大約 1mg/L 之懸浮固體濃度為 1NTU。 4. 謝謝指教。以海洋而言，濁度相差一個 order 已有顯著差異。一般外洋海水濁度，約在 0~<1ntu 之範圍。近岸之海水，若附近無河川，濁度約在 0~<10ntu 之範圍；若附近有河川，濁度約在 0~<100ntu 之範圍；若逢雨季濁度可能更高至 >1000NTU 以上。目前已有許多期刊(MEPS、Coral reefs 等)文獻報導濁度是改變近岸生物棲地主要原因之一。以墾丁公園眺石附近珊瑚與海葵生物群聚之變遷，經長期生態研究結果亦顯示濁度是主要原因；而眺石附近海水之濁度與其他珊瑚生長區域之長期平均差異亦約僅一個 order。

附錄 B 期中報告審查意見及處理情形（續 2）

參與審查人員及其所提意見	審查意見說明及處理情形
三、蔡立宏委員 1. 在有限的經費下進行詳實的工作，包括：現場調查、探討其差異性，並分析其相關性，成果值得肯定。 2. 光照度之量測是否與當時天氣晴或陰，早上或下午時間，以及量測角度有關。 3. p3-18 覆蓋率的定義請再補充說明。 4. 建議附測量儀器設備、圖片或照片。	1. 謝謝肯定。 2. 照度之量測確受天氣晴或陰影響。故測量時，每測站皆於早上 10:30～中午 12:00 晴日時進行。 3. 每種藻類的覆蓋率是以其出現在調查區的穿越線總長(約 30～50m，視現場地形而定)的比率而定。例如，石蓴在 50m 穿越線上所出現的位置長度占 30m，則其覆蓋率為 60% $(30/50)*100$。 4. 謝謝指教，有關儀器設備大都將採及樣品攜回試驗室分析，檢附各測站各季次之實測觀察照片，如第三張照片 3-1～照片 3-4。
四、郭一羽委員書面意見 1. 需加強與結構物相關性的研究。 2. 藻類的生長條件除水質、光照以外，浸水時間，水流方向速度也很重要不可忽視，對藻類之棲地條件的研究不足。	1. 感謝指教，有關本研究對於藻類著生與結構物相關性的探討，已增補於第五章，請參考。 2. 依本研究之探討分析，就海域結構物之型式而言，林邊離岸堤之潮間帶海藻總豐富度都較大鵬灣導流堤為高，此可能與大鵬灣及林邊兩處海域結構物之不同有關；初步研判此應與結構物設置之水深、結構物之斜邊坡度、表面積、施設年代等因子有關，有關藻類著生與結構物相關性

附錄 B 期中報告審查意見及處理情形（續 3）

參與審查人員及其所提意見	審查意見說明及處理情形
3. 缺乏定量的分析以及不同地點的比較。 4. 研究內容與範圍未能超出以往的知識，期中報告內容大部為既有資料，希望期末報告能有創見。	的探討，請參考第五章 p5-7。有關浸水時間、水流方向速度亦是很重要因子，因此對於藻類之棲地條件之研究，建議納入於下年度計畫，希經費亦能支持。 3. 本次所選定的測站的海岸結構物具有離岸堤及導流堤兩種不同的海岸保護功能，且分別在大鵬灣及林邊兩不同的地點。在本年度經費預算有限之下，較多不同地點間的比較，建議納入下年度計畫。 4. 本研究為海岸結構物之藻類著生調查，前兩章主要蒐集國內外相關案例與研究方向；第三章主要為調查成果，為增加計畫內容，已於第四章及第五章增補海藻著生與水質、環境因子等相關性之探討分析，應有助於國內生態型海岸保護工法之研究與發展。
五、余進利委員書面意見 1. 期中報告第三章在描述自然環境的水質時，引用環保署測站資料作說明時有部分錯誤，從表 3-5(p3-12 頁)中之在酸鹼度與溶氧皆曾出現過不符甲類海域水質標準(甲類標 ph:7.5~8.5，DO: ≥ 5.0mg/L)之情形，而非報告中所述“皆可符合甲類海域水質標準”，請查明後修正。另外在	1. 謝謝指正，本報告中所述“皆可符合甲類海域水質標準”，係指本研究研究所實測之水質數據而言，並非指其過去之數據資料。

附錄 B 期中報告審查意見及處理情形（續 4）

參與審查人員及其所提意見	審查意見說明及處理情形
該表的重金屬數據（如鎘、汞、鉻、銅、鋅），應該是本報告彙整製作取有效位數的問題，因此顯示為 0.00 的許多數據，實際絕非為 0.00，應取至小數點第四位方能顯示其正確數值，亦請一併修改。 2. 在水質描述時，請用一般常用之名詞，如表 3-5(P. 3-12 頁)中的懸浮微粒用語，通常慣用於空氣污染調查，應改為懸浮固體較為正確，以免造成誤解。 3. 在第一季 2 月份調查水質的氮磷比 (N/P ratio) 介於 11.6~47.6 之間；而第二季 5 月份的氮磷比則明顯降低許多，介於 1.5~7.8，由海藻豐富度與水溫和相關營養鹽季節消長變化等綜合分析，已可明顯看出生物生長與水質變化的關係，相當可貴。但是誠如本報告所述，目前僅有兩季的資料似嫌不足，對於許多的現象與推論，需要更長期的觀測方能更為明確。 4. 本報告部分筆誤的地方請修正，如 p3-23 與 p3-24 頁表 3-7 的註解中，“注”應改為註”；p3-30 與 p3-314 頁表 3-10 的大“棚”灣改為大鵬灣。	2. 謝謝指正，已修正。 3. 謝謝指正，長期的觀測有待後續長期調查與經費支持。 4. 謝謝指正，已修正。

附錄 C 期末報告審查意見及處理情形

參與審查人員及其所提意見	審查意見說明及處理情形
一、余進利委員 1. 本計畫已完成三季次之調查結果，若能夠有一年四季之調查，將能夠更清楚的瞭解海藻生態與水質之季節變化。此外是否可以補充說明本計畫於水質採樣的方式供發展本土生態消波塊之參考。 2. 在第三章中描述自然環境的水質時，引用環保署測站資料作說明時仍有部份錯誤，從表 3-5(p. 3-13 頁)中之大鵬灣附近海域水質在酸鹼度與溶氧偶曾出現過不符甲類海域水質標準(甲類標 pH：7.5~8.5，DO：≥ 5.0mg/L)之情形，而非報告中所述”皆可符合甲類海域水質標準”，建議可修改為”大多”可符合甲類海域水質標準較為嚴謹。另外在該表的汞數據在 91 年 3 月 5 日採樣時顯示為 0.00，應該是彙整製作時有效位數取位的問題，實際上要取至小數點第四位方能顯示其正確數值，亦請一併修改。 3. 由海藻豐富度與水溫和相關營養鹽季節消長變化等綜合分析，已能夠明顯看出生物與水質變化的關係，相當可貴。但是若能夠有冬季的調查結果，對於許多的交互影響因子與推論應可	1. 水質採樣皆於調查當天在現場以採水器採樣。詳細說明見報告 3.4.2 調查方法 3-15 頁。 2. 謝謝指正，已修正。 3. 台灣一般海域的水體在營養鹽方面多呈現氮的限制。本年度的測站附近的陸上逕流、河川等水質監測數據因相關調查的計畫報告較缺乏，無法納入分析。

附錄 C 期末報告審查意見及處理情形（續 1）

參與審查人員及其所提意見	審查意見說明及處理情形
更為完整。此外調查區域內水體在營養鹽方面多呈現氮的限制，而磷則為過剩，是否可收集相關水質資料，如陸上逕流、河川等水質監測數據一併納入分析。 二、陳文俊委員 1. 調查資料及分析項目豐富。 2. 建議未來研究測站距離能拉大，以能有效比較地域性分佈之差異(物種相似性)。 3. 第三季藻類明顯減少，除環境因素外，是否與藻種生命週期有關？ 4. 建議報告強調說明本文研究與研擬生態性海岸保護工法之直接關連性，以突顯研究結果之目標。 5. 第二季之水溫較第三季為高，是否與當日之氣溫及水流有關？ 6. 消波塊之總表面積大，藻類不一定量多，是否與位處環境因子有關？	1. 謝謝支持。 2. 謝謝建議，將納入後續計畫研擬測站選擇考量。 3. 測站出現的海藻大都屬於短生活期，生命週期約 3-6 個月左右。一般而言，水溫升高時，尤其是夏季來臨時，藻類孢子不易萌生，故有藻類明顯減少的現象。謝謝建議，本研究主要針對藻類著生與環境因子及現有海岸結構物間關係，包括導流堤與離岸堤，此皆為國內常用之工法，其成果將可工後續研擬生態性海岸保護工法之參考。 5. 如 3.3.3 自然環境，表 3-5 大鵬灣附近海域水質表顯示，本研究五月與八月所實際測得的大鵬灣海域的水溫在正常值內，故與當日之較高氣溫及平靜的海況應有關。 6. 一般而言，海藻生長處的消波塊需要常時間有海水浸泡才會有較多的藻類，而環境因子（如照光量、水中營養鹽、水濁度以及水溫）影響藻類的生長甚巨。

附錄 C 期末報告審查意見及處理情形（續 2）

參與審查人員及其所提意見	審查意見說明及處理情形
三、蔡立宏委員 1. p. 3-20 溶氧測定值範圍應修正。 2. 豐富度的定義請說明。豐富度及豐富率、覆蓋度及覆蓋率請統一。 3. p. 3-19 及 p. 4-6 相似度定義中之應改為 C：兩測站種類相同的數目。 4. p. 3-19 及 p. 4-11 共有種率 (PS) 請增加英文全名，p. 4-16 請增加多樣性指數英文全名。 5. p. 4-18 之圖 4-5 有誤，請更正。 6. p. 6-1 NO₃ 更正為 NO₃。 7. 附錄 2-5 第 2 點說明請修正。 8. 文章英文字型應統一勿斜體，定稿中請交具彩色之圖及照片。	1. 環保署(1998)標準規定：甲類、乙類、丙類陸域地面水體水質標準，溶氧測值應分別大於 5.0mg/L、5.0mg/L 及 2.0 mg/L 以上，確定無誤。 2. 豐富度以各藻種的覆蓋率百分比總合來表示。文中提及部分已修正。 3. 謝謝指正，已更正。 4. PS= proportional similarity, 多樣性指數=Species diversity index，已加入文中。 5. 謝謝指正，已更正。 6. 已更正為 NO₃。 7. 謝謝指正，已更正。 8. 謝謝指正，已更正。定稿中已交具彩色之圖及照片。
四、林柏青委員 1. 本計畫在有限經費下，於現場進行之詳盡的調查，與深入分析，其成果值得肯定。 2. 結論第 9 條謂第一季營養鹽提供第二季海藻大量生長的條件，請解釋為何海藻之生長與營養鹽多寡會布三個月的 time-delay。 3. 光照度、濁度與水溫來自當日現場觀測，是否足可代表整個季節現象。	1. 謝謝指正，已更正。 2. 第一季營養鹽雖較第二季高，但第一季（2 月）的水溫明顯較第二季為低。因此海藻在水溫自二月份後逐漸回暖之後，漸漸繁生，大約需 2-3 個月時間。 3. 因計畫經費有限故無法每日現場觀測照度、濁度與水溫。

附錄 C 期末報告審查意見及處理情形（續 3）

參與審查人員及其所提意見	審查意見說明及處理情形
五、林朝福委員書面意見 1. 由表 5-1，5-2(p. 5-3)之分析資料，大鵬灣與林邊測站所有測點在第 3 季海藻總豐富度皆急遽減小，代表有非常重要的因子(如藻類繁殖季節或水質內缺少或產生特定物質等等)在影響藻類著生，請在文內補充說明其可能的因子以及該些因子與季節變化之關係。此外，光照度與濁度兩者在水中關係非常混亂，其對海藻著生之影響希能更詳盡說明。 2. 建議未來能加強海岸結構物型式對生態差異性之調查分析。	1. 第 3 季海藻總豐富度大量下降主要是受到海藻的壽命（一般為 3-6 個月）及高水溫影響藻類孢子萌芽。相關的說明參考第五章（海藻著生效果與環境因子相關性分析）。 2. 感謝提供寶貴意見，建議將納入下年度考慮。