

101-63-7634
MOTC-IOT-100-H3DB001

港灣生態景觀規劃設計應用研究 (3/4)



交通部運輸研究所

中華民國 101 年 4 月

101-63-7634

MOTC-IOT-100-H3DB001

港灣生態景觀規劃設計應用研究 (3/4)

著者：簡仲璟、李俊穎、李麗雪、朱達仁

交通部運輸研究所

中華民國 101 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

港灣生態景觀規劃設計應用研究 (3/4)
/簡仲璟等著.--初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，
民 101.04 面； 公分
ISBN 978-986-03-2081-7 (平裝)
1. 港埠工程 2.水淨化 3.環境規劃 4.景觀工程設計
443.2 101004696

港灣生態景觀規劃設計應用研究 (3/4)

著 者：簡仲璟、李俊穎、李麗雪、朱達仁
出版機關：交通部運輸研究所
地 址：10548 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 101 年 4 月
印 刷 者：
版(刷)次冊數：初版一刷 80 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：200 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880
國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02)25180207
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號 • 電話：(04)22260330

GPN：1010100671

ISBN：978-986-03-2081-7 (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。

101

港灣生態景觀規劃設計應用研究
(3/4)

交通部運輸研究所

GPN : 1010100671

定價 200 元

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：港灣生態景觀規劃設計應用研究(3/4)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN978-986-03-2081-7(平裝)	政府出版品統一編號 1010100671	運輸研究所出版品編號 101-63-7634	計畫編號 100-H3DB001
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：簡仲璟 研究人員：李俊穎 參與人員：錢爾潔、馬維倫 陳正義、張麗瓊 聯絡電話：04-26587132 傳真號碼：04-26564415	合作研究單位：台灣濕地學會 計畫主持人：李麗雪 研究人員：朱達仁、林姿宏、李奕勳、卓聖昌、 陳立儒、廖家志、劉垣言、張天子 地址：300 新竹市五福路 2 段 707 號 聯絡電話：03-5186675	研究期間 自 100 年 1 月 至 100 年 12 月	
關鍵詞：港灣、生態、景觀			
摘要： <p>港灣除了要滿足海上運輸機能外，同時因為港灣也是擁有豐富景觀資源的水岸，又是一種生態豐富的異質交錯帶，港灣工程之水中結構物又易於形成海洋生物良好棲地，因此現在港灣建設都被要求提升環境品質，或是局部開放做為親水空間。然而從實際執行的層面來說，安全、生態與景觀要同時兼顧是相當不容易的事，因為一方面三者彼此間往往相互衝突，另一方面三者各須具備不同的知識背景。</p> <p>本計畫目的即在藉由四年的研究成果，撰述可供工程人員做港灣生態景觀營造規劃設計時參考的準則，並研訂相關的規劃設計規範。計畫共分四年執行，第一年，擬定港灣生態景觀營造的規劃設計準則，並制訂港灣生態景觀環境營造操作參考手冊。第二年，是以花蓮港為案例，建立以景觀休閒遊憩為主軸，花蓮港區以及南北濱海岸之整體環境營造規劃方案，及進行港灣生態景觀環境營造操作參考手冊修補。第三年，是就高雄港進行案例分析，以新時代港口建設為訴求，配合高雄市及高雄港區整體環境營造規劃，及進行研擬港灣生態景觀營造規劃設計的相關設計規範。第四年，制定適用於國內港灣工程規劃設計之規範手冊，並分別就四大港灣的環境特性，擬定適當的相關設計準則及規範。</p> <p>本年度（100年度）為第三年計畫，主要工作成果包括：(1) 水質淨化技術資料持續蒐集與探討，(2) 修定港灣生態環境評估準則，包括水質環境、水中生態和陸域植栽，(3) 修定生態性港灣水中結構物設計準則，(4) 港灣環境景觀營造技術資料持續蒐集與探討，(5) 修訂港灣景觀美質評估準則，包括景觀重點規劃、景觀植栽和色彩計畫，(6) 以景觀休閒遊憩及門戶意象為主軸，針對高雄港區之整體環境營造規劃進行案例分析，(7) 辦理港灣生態景觀規劃設計教育訓練課程。</p> <p>本研究結果除可作為高雄港未來執行環境改善的參考外，亦可做為以後制定港灣生態景觀營造規劃設計規範的重要參考依據。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
101 年 4 月	230	200	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： <input type="checkbox"/> 密 <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 極機密 <input type="checkbox"/> 絕對機密（解密條件： <input type="checkbox"/> 年 <input type="checkbox"/> 月 <input type="checkbox"/> 日解密， <input type="checkbox"/> 公布後解密， <input type="checkbox"/> 附件抽存後解密， <input type="checkbox"/> 工作完成或會議終了時解密， <input type="checkbox"/> 另行檢討後辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 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: Ecology and Landscape planning and design for Harbors (3/4)			
ISBN (OR ISSN) ISBN978-986-03-2081-7 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010100671	IOT SERIAL NUMBER 101-63-7634	PROJECT NUMBER 100-H3DB001
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chien Chung-Ching PROJECT STAFF: Lee Jung-Yin PARTICIPATOR: Chien Er-Jier, Ma Wei-Lun, Chen Cheng-Yi, Chang Lee-Chung PHONE: (04) 26587132; FAX: (04) 26564415			PROJECT PERIOD FROM January 2011 TO December 2011
RESEARCH AGENCY: National Chiao Tung University PRINCIPAL INVESTIGATOR: LeeLee-Hsueh PROJECT STAFF: ZhuDa-Ren, Lin Zi-Hong, LeeYi-Xun, Zhuo Sheng-Chang, Chen Li-Ru, Liao Jia-zhi, Liu , Yuan-Yan, ZhangTian-Yu ADDRESS: 707, Sec.2, WuFu Rd., Hsinchu 300, Taiwan, ROC PHONE: 03-5186675			
KEY WORDS: Harbor, Ecology, Landscape			
ABSTRACT:			
<p>In addition to meeting sea transportation function, construction quality of harbors is required to be enhanced in environment or partially opened for water amenity space, as harbors have rich landscape resources and in crisscrossed ecology and water structure in harbor construction tends to be good habitat for marine life. It is not easy to take emphasis care of safety, ecology and landscape in light of execution. The three are in mutual conflicts and require different knowledge background.</p> <p>The purpose of Harbor Ecology Landscape Construction Design Project aims to provide engineering personnel with design of harbor ecology landscape standards and make relevant design norms. The project lasts 4 years. In the first year, design principles are decided and operation reference manual is made. In the second year, overall environment construction plan focusing on landscape leisure, Hualien Harbor area and south/north shores is made in reference of Hualien Port with modification of operation manual. In the third year, we analyze Kaohsiung Harbor with appeal of new generation harbor construction in coordination of overall environment construction plan of Kaohsiung Harbor in order to draft design standards on Kaohsiung City and Harbor ecology landscape construction planning. In the fourth year, we establish standard manual for domestic harbor construction planning design and draft relevant design guidelines and standards against the features of the four major harbors.</p> <p>This year (2011) is the third year; our major achievements include: (1) addition of water purification technology, (2) modification of harbor ecology environment evaluation guidelines, including water quality of environment, aquatic ecosystems and land planting, (3) revision of ecology harbor water structure designated guidelines, (4) collection and discussions of technical data of harbor landscape construction, (5) draft of harbor ecology quality construction guidelines, including landscape focal point planning, landscape planting and plan for color design, (6) conducting overall harbor environment construction planning of Kaohsiung Harbor and surrounding shores and (7) continuing to hold marine education training.</p> <p>In addition, serving as reference of future environment improvement of Kaohsiung Harbor, the results of this study will also be major reference of making harbor ecology planning design standards.</p>			
DATE OF PUBLICATION April 2012	NUMBER OF PAGES 230	PRICE 200	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

港灣生態景觀規劃設計應用研究(3/4)

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要	II
目錄.....	III
表目錄.....	V
圖目錄.....	VII
第一章 緒論.....	1-1
1.1 計畫背景與目的	1-1
1.2 工作項目	1-3
1.3 計畫流程	1-7
1.4 研究範圍概述	1-8
1.5 相關計畫	1-11
第二章 水質淨化技術資料蒐集與探討	2-1
2.1 水質調查	2-1
2.2 水質評估方法	2-18
2.3 港內污水排放標準	2-24
2.4 國內外商港的港灣水質勁化工作經驗蒐集	2-30
2.5 國內重要商港水質調查項目蒐羅	2-41
第三章 港灣生態環境調查與評估	3-1
3.1 港灣水域生態環境調查	3-1
3.2 港灣水域生態性評估	3-10
3.3 港灣陸域植栽生態環境調查	3-12
3.4 港灣陸域植栽生態環境評估	3-17
第四章 港灣生態環境規劃設計準則	4-1
4.1 水中結構物的生態性評估	4-2
4.2 生態性港灣水中結構物設計準則	4-8
第五章 港灣景觀環境營造技術蒐集與探討	5-1
5.1 港灣景觀環境調查技術	5-1

5.2 港灣景觀環境設計準則	5-4
5.3 高雄港景觀環境營造	5-17
5.4 港灣景觀植栽操作技術探討	5-24
第六章 港灣環境景觀色彩計畫	6-1
6.1 案例分析及理論說明	6-1
6.2 環境景觀色彩設計原則	6-8
6.3 高雄港環境景觀色彩現況調查	6-16
6.4 高雄港環境景觀色彩計畫	6-25
6.5 小結	6-54
第七章 結論與檢討	7-1
7.1 研究結論與實務應用之檢討	7-1
7.2 未來研究重點	7-2
參考文獻	參-1

表目錄

表 1-1	工作內容與報告書之章節對照表	1-6
表 1-2	台灣商港定位	1-12
表 1-3	各港埠設施表	1-13
表 1-4	高雄港歷年相關計畫	1-14
表 2-1	海域環境分類及海洋品質標準	2-19
表 2-2	海域水質重金屬含量標準	2-19
表 2-3	港區水體之視覺感受滿意度水質標準	2-21
表 2-4	港區水體之嗅覺感受滿意度水質標準	2-21
表 2-5	港區水體視覺感受滿意度水質指標分級表	2-21
表 2-6	港區水體嗅覺感受滿意度水質指標分級表	2-22
表 2-7	港區水體感受滿意度水質標準	2-22
表 2-8	港區水體感受滿意度水質指標分級	2-22
表 2-9	浮游動物最佳水域環境	2-24
表 2-10	壓艙水處理 D-2 標準	2-25
表 2-11	船舶壓艙水管理實施期程	2-26
表 2-12	甲類海域放流水標準(一).....	2-28
表 2-13	甲類海域放流水標準(二).....	2-28
表 2-14	乙類海域放流水標準(一).....	2-29
表 2-15	乙類海域放流水標準(二).....	2-29
表 2-16	使用者種類劃分表	2-39
表 2-17	歷年資料項目表	2-41
表 2-18	五大商港水質調查項目表	2-42
表 3-1	生態指標的項目和其代表的生態特性	3-18
表 3-2	植物生態指標影響美質條件	3-19
表 3-3	植物自然度定義分級標準	3-22
表 3-4	本計畫植物自然度分級標準	3-22
表 3-5	植物分層結構分級標準	3-23
表 3-6	各種植物塊體面積計算基準	3-23

表 3-7	喬木層綠覆面積計算表	3-24
表 3-8	傳統景觀綠化與生態綠化設計	3-27
表 3-9	海岸植栽元素與景觀美質之相關係數	3-22
表 3-10	傳統景觀綠化與生態綠化設計	3-29
表 4-1	港灣工程項目與生物之相關性	4-1
表 5-1	視點場的分區	5-4
表 5-2	高雄港區對群眾開放程度的分區表	5-20
表 6-1	國內外案例分析列表	6-2
表 6-2	色調類型	6-5
表 6-3	配色方法表	6-8
表 6-4	顏色之基本配色法則	6-10
表 6-5	一般色彩設計型式使用顏色	6-12
表 6-6	重點色彩設計型式使用顏色	6-14
表 6-7	各分區環境景觀色彩分析表	6-24
表 6-8	色彩設計型式整理表	6-29
表 6-9	維護管理操作機制作業說明表	6-56

圖目錄

圖 1.1	工作流程圖.....	1-7
圖 1.2	高雄港區位圖.....	1-9
圖 1.3	高雄港港區範圍圖.....	1-10
圖 1.4	一號港口景觀(一).....	1-10
圖 1.5	一號港口景觀(二).....	1-10
圖 1.6	旗津海岸公園.....	1-10
圖 1.7	旗津海岸.....	1-10
圖 1.8	高雄港船舶中心(一).....	1-11
圖 1.9	高雄港船舶中心(二).....	1-11
圖 1.10	二號港口景觀(一).....	1-11
圖 1.11	二號港口景觀(二).....	1-11
圖 1.12	高雄港全景.....	1-11
圖 1.13	高雄港鳥瞰.....	1-11
圖 2.1	水域調查範圍.....	2-31
圖 2.2	殘差流流向圖.....	2-32
圖 2.3	橫濱港與日本號船塢.....	2-33
圖 2.4	淨化海港計畫第一期範圍分佈圖.....	2-35
圖 2.5	淨化海港計畫第二期甲範圍分佈圖.....	2-36
圖 2.6	高雄港域內水質管理探討範圍與測站位置圖.....	2-38
圖 3.1	隨機取樣法.....	3-13
圖 3.2	系統取樣法.....	3-14
圖 3.3	分層取樣法.....	3-15
圖 3.4	無邊樣區法.....	3-16
圖 3.5	海岸群聚植生方法.....	3-29
圖 4.1	拋石防波堤斷面圖.....	4-3
圖 4.2	混凝土塊堤設計斷面圖.....	4-4
圖 4.3	合成堤設計斷面圖.....	4-4
圖 4.4	基隆港和平島出海口(1).....	4-9

圖 4.5	基隆港和平島出海口(2).....	4-9
圖 4.6	沉箱防波堤內側海生較多.....	4-10
圖 4.7	花蓮港階梯式防波堤螃蟹.....	4-11
圖 4.8	花蓮港台階式防波堤.....	4-11
圖 4.9	孔洞型岸壁設計(花蓮港).....	4-11
圖 4.10	橫放式防舷材(基隆港市區碼頭).....	4-12
圖 4.11	接觸不到海水的橫式防舷材.....	4-13
圖 4.12	置放鋼製受衝板的防舷材.....	4-13
圖 4.13	置放鋼製受衝板的防舷材.....	4-13
圖 4.14	新光碼頭 棧橋式.....	4-14
圖 4.15	鼓山輪渡站.....	4-14
圖 4.16	真愛碼頭左岸的緩斜坡護岸.....	4-15
圖 4.17	第五船渠 泥漿石砌護岸.....	4-16
圖 4.18	新光碼頭護岸的立面植生.....	4-16
圖 4.19	浸泡於水中的消波塊.....	4-17
圖 4.20	旗津 離岸堤.....	4-19
圖 4.21	愛河口 橋墩.....	4-20
圖 4.22	旗津海岸護岸.....	4-21
圖 4.23	旗津拋石護岸.....	4-21
圖 5.1	碼頭後的緩衝綠地.....	5-5
圖 5.2	電線和電線杆妨礙遠眺望.....	5-6
圖 5.3	電線和電線杆妨礙遠景.....	5-6
圖 5.4	半地下化道路構設計 I.....	5-7
圖 5.5	半地下化道路構設計 II.....	5-7
圖 5.6	設施和構造物阻礙眺望.....	5-7
圖 5.7	改變建物的配置.....	5-8
圖 5.8	改變建物的高度.....	5-8
圖 5.9	渡輪站前凌亂空間.....	5-9
圖 5.10	市民參與碼頭清掃美化活動(日本釧路港).....	5-9
圖 5.11	渡輪碼頭中心大樓為眺望船舶的視點場(那霸港).....	5-11

圖 5.12 辦公大樓為眺望船舶的良好視點場(高松港).....	5-11
圖 5.13 護岸等設施為眺望船舶的良好視點場(下關港).....	5-12
圖 5.14 往水際線方向開放的商業設施(博多港).....	5-12
圖 5.15 港灣背後的高地為重要眺望點(尾道線岬港).....	5-13
圖 5.16 在市區道路軸線與港灣的關係(鹿兒島港，北九州港).....	5-13
圖 5.17 從車站前廣場向港眺望(北九州港).....	5-14
圖 5.18 從港口往車站和站前廣場(北九州港).....	5-14
圖 5.19 由整備運河創造視對象(小樽港).....	5-15
圖 5.20 由整備吊橋創造視對象(北九州港).....	5-15
圖 5.21 燈台與橋樑加深港的特.....	5-15
圖 5.22 市場也是港的特徵印象.....	5-15
圖 5.23 港灣設施綠化(三角港).....	5-16
圖 5.24 石砌防波堤綠化(鹿兒島港).....	5-16
圖 5.25 高雄港整體環境營造規劃作業流程.....	5-17
圖 5.26 高雄港區視點場及視對象的截取.....	5-18
圖 5.27 高雄港區對群眾開放程度的分區圖.....	5-20
圖 5.28 高雄港鄰近地區緩衝綠地不足.....	5-21
圖 5.29 高雄港景觀綠化不足.....	5-21
圖 5.30 高雄港區電線及電線杆.....	5-22
圖 5.31 高雄港臨近區的橋樑.....	5-22
圖 5.32 高雄港周邊有良好的視場點可遠眺景觀.....	5-22
圖 5.33 高雄港周邊設施和構造物阻礙眺望.....	5-23
圖 5.34 港區外的潛力視點場.....	5-23
圖 5.35 沿水際線的高潛力視點場.....	5-23
圖 5.36 前、中、遠景之參考距離.....	5-28
圖 5.37 植栽綠化停車場.....	5-34
圖 5.38 植栽綠化停車場.....	5-34
圖 5.39 後灘植物降低壓迫和阻隔感.....	5-34
圖 5.40 海岸-公園-道路的斷面概略圖.....	5-35
圖 5.41 護岸法線上植栽的綠蔭.....	5-35

圖 5.42	護岸與沙灘邊界的綠蔭.....	5-36
圖 6.1	色相與色調體系.....	6-5
圖 6.2	單色形象座標.....	6-6
圖 6.3	語言形象座標.....	6-7
圖 6.4	顏色之色調分類.....	6-9
圖 6.5	色相環.....	6-9
圖 6.6	連外交通主要出入口.....	6-16
圖 6.7	高雄港周邊觀光景點分佈圖.....	6-17
圖 6.8	環境景觀色彩調查分區.....	6-18
圖 6.9	第一港口區結構物色彩分析圖.....	6-19
圖 6.10	旗津作業區結構物色彩分析圖.....	6-19
圖 6.11	加工作業區結構物色彩分析圖.....	6-20
圖 6.12	旗津漁港區結構物色彩分析圖.....	6-21
圖 6.13	前鎮漁港區結構物色彩分析圖.....	6-21
圖 6.14	第二港口區結構物色彩分析圖.....	6-22
圖 6.15	過港門戶區結構物色彩分析圖.....	6-22
圖 6.16	洲際貨櫃碼頭區結構物色彩分析圖.....	6-23
圖 6.17	貨櫃碼頭區結構物色彩分析圖.....	6-23
圖 6.18	環境景觀色彩設計分區.....	6-26
圖 6.19	環境景觀色彩設計之門戶意象分佈位置.....	6-27
圖 6.20	過港隧道區環境景觀色彩計畫示意圖.....	6-31
圖 6.20	過港隧道區環境景觀色彩計畫示意圖(續).....	6-32
圖 6.21	觀光港灣區環境景觀色彩計畫示意圖.....	6-34
圖 6.21	觀光港灣區環境景觀色彩計畫示意圖(續).....	6-35
圖 6.22	一般作業區 1(A 區)環境景觀色彩計畫示意圖.....	6-37
圖 6.22	一般作業區 1(A 區)環境景觀色彩計畫示意圖(續).....	6-38
圖 6.23	一般作業區 1(B 區)環境景觀色彩計畫示意圖.....	6-40
圖 6.23	一般作業區 1(B 區)環境景觀色彩計畫示意圖(續).....	6-41
圖 6.24	一般作業區 2(A 區)環境景觀色彩計畫示意圖.....	6-43
圖 6.24	一般作業區 2(A 區)環境景觀色彩計畫示意圖(續).....	6-44

圖 6.25 一般作業區 2(B 區)環境景觀色彩計畫示意圖	6-46
圖 6.25 一般作業區 2(B 區)環境景觀色彩計畫示意圖(續)	6-47
圖 6.26 一般作業區 2(C 區)環境景觀色彩計畫示意圖	6-49
圖 6.26 一般作業區 2(C 區)環境景觀色彩計畫示意圖(續)	6-50
圖 6.27 一般作業區 3 環境景觀色彩計畫示意圖.....	6-52
圖 6.27 一般作業區 3 環境景觀色彩計畫示意圖(續).....	6-53
圖 6.28 維護管理操作流程圖.....	6-55

第一章 緒論

1.1 計畫背景與目的

本計畫配合交通部「交通政策白皮書-運輸」所揭櫫之「提供民眾優質的行旅環境」與「提供產業健全的物流環境」政策目標及「強調永續發展，重視運輸環境品質，滿足弱勢基本需要」之發展主軸及依據運輸環境、能源與科技政策一：建立永續運輸發展機制，建構與環境調和之運輸系統等事項辦理。

港灣原本只純為達到海上運輸方便之功能而建立的設施，故與其他土木工程一樣，以往不被要求考慮環境品質的問題，因而常變為破壞自然環境或環境不良的處所。然近年來各種工程建設都被要求提升環境品質，尤其港灣建設擁有富景觀生態資源的水岸，因此部份港灣水岸被加以美化而開放做為親水空間，在國內外均已有不少成功案例。另外從國家永續發展的觀點而言，自然生態景觀的保護與復育，也是我們必須積極負起的責任。

國內近年來行政院公共工程委員會積極推動的生態工程，要求推動工程要兼具安全、生態和景觀，更要求公共建設的實施必須盡量同時進行環境營造。港灣工程建設以往對於自然海岸環境造成很大的傷害，而水岸又是一種生態豐富的異質交錯帶。因此，往後在維持港灣經濟發展正常運作的同時，必須積極正視海岸港灣環境營造的問題。

另一方面近年來各種工程建設都被要求提升環境品質，尤其港灣是擁有豐富景觀資源的水岸，而水岸又是一種生態豐富的異質交錯帶，港灣工程之水中結構物又易於形成海洋生物良好棲地。因此有些港灣水岸被加以充分利用而開放做為親水空間已是相當普遍的事情。然而從實際執行的層面來說，安全、生態與景觀要同時兼顧是相當不容易的事，因為一方面三者彼此間往往相互衝突，另一方面三者各須具

備不同的知識背景。在陸域方面，港口的岸上設施一般都已高度人工化水泥化，在生態保育的努力上較為困難。水域方面水質污染控制不易。港區內風大、鹽份高、土地貧瘠，植生不易。水岸可利用的土地資源有限，自然保育與經濟利用常相互衝突。故目前工作人員仍對週遭環境品質的要求不高。但因提昇環境品質與增加休閒場所已是目前社會發展趨勢。加上國外已有不少成功案例可供參考。故在景觀與生態上的改善仍是有很大的空間與機會。水質的改善、人工設施的美質化、親水設施的景觀設計以及生態綠化等都是往後國內需加強和努力的目標。

一般傳統土木或港灣工程的規劃設計，只以非生物的大自然環境為對象，因此對生態系的結構和特性極為陌生。在工程應用上，生態系的特性至今仍難以正確的定量的來加以描述。另一方面景觀是屬於心理感受方面美學的問題，與以力學為基礎的工程或以生物學為基礎的生態，又是截然不同的一個領域。在工程設計上，必須要有定量的描述，必須要有具一般通用性的規範，知識背景的整合是往後環境營造必須克服的問題。

而一般工程人員能夠兼具生態、景觀及港灣工程知識背景的人才極為缺乏，若生態知識或美學素養不足，貿然實施環境營造常會造成弄巧成拙的後果。故必須利用在職訓練或規範手冊等一些方法加以彌補。國內目前仍缺乏實際執行之經驗與案例，致可參考之依據不多，相關技術規範亦因資料不足尚難建立。故本計畫擬經四年長期研究收集充分資料後，研訂港灣生態景觀環境營造操作手冊，以供工程人員做規劃設計時參考的準則。本計畫各分年之計畫目標如下：

第一年：規劃設計準則擬定（(98 年度）

制訂港灣生態景觀環境營造操作參考手冊。

第二年：花蓮港案例分析（99 年度）

以景觀休閒遊憩為主軸，花蓮港區以及南北濱海岸之整體環境

營造規劃。

第三年：高雄港案例分析（100 年度）

高雄港區以及鄰近都會區之整體環境營造規劃進行案例分析。

第四年：制訂港灣生態景觀評估規劃操作手冊

制定適用於國內港灣生態景觀評估規劃之操作手冊。

1.2 工作項目

本年度（100 年度）為第三年計畫，首先將以蒐集國外相關研究資料，對第 1、2 年制定的「港灣生態景觀環境營造操作參考手冊」之內容進行增補。主要內容包括：(1) 水質淨化技術資料持續蒐集與探討、(2) 修定港灣生態環境評估準則、(3) 修定生態性港灣水中結構物設計準則、(4) 港灣環境景觀營造技術資料持續蒐集與探討、(5) 修訂港灣景觀美質評估準則及進行分級評估、(6) 以景觀休閒遊憩為主軸，針對高雄港區以及鄰近都會區之整體環境營造規劃進行案例分析、(7) 持續辦理港灣生態景觀規劃設計教育訓練課程。本研究結果除可作為以後各港區實施環境營造的參考外，亦可增加一般港灣環境營造的技術經驗，查驗上述參考手冊的實用性，做為以後制定港灣規劃設計規範的重要參考依據。各項工作內容詳述如下，另各項工作內容與本報告書之章節對照如表 1-1 所示：

1. 水質淨化技術資料方面

港內的水質改善，必須先調查水質狀況，訂定調查規範，定期進行水質調查，才能瞭解水質變化特性和原因。水質變化主要是指水中懸浮性或溶解性物質含量的變化。港域水質污染需要解決的問題，大部分在於有機性或無機性營養鹽的過分流入以及海水交換不良。國內以往對港灣水質的要求不太重視，因此相關的研究不多，國外有較多

的資料，但往往投資金額龐大，其做法不易為國內所接受。故對此方面的研究，必須基於國外的既有經驗，參酌國情訂定適用於國內的辦法，其主要工作內容為 (1)港區水質調查方法規範建立；(2)水質評估模式的建立；(3)港內污水排放標準的制定；(4)加強生態性結構物的水質自然淨化。

2. 港灣生態環境評估方面

生態環境的評估，不像水質或空氣污染的環境評估那樣，至今仍未有完善的評估機制。一個健全的生態系需具有順暢的物質與能量平衡，比較直接的說法是要需具有生物多樣性的特徵。故不論是利用生物指標或指標生物，大多以生物多樣性高低做為生態評估準則。港灣生態包括水域生態和陸域生態，水域生態本計畫以浮游生物作為指標生物，陸域生態以喬木做為指標生物。本年度計畫著眼於評估模式的確立和應用，制定生態環境評估的流程和操作準則。並對生態調查方法建立統一的規範。

3. 生態性港灣水中結構物設計方面

各種港灣工程建設的目的，均為抵抗浪潮，維護港域船舶和岸上設施以及活動的安全方便，但各種不同工程結構有不同的功能和特性，有時又可兼具有改善生態環境的作用。本計畫先期研究曾對國內花蓮港、基隆港、台北港、台中港和高雄港的水中結構物之生態特性做過調查。本年度將持續對安平港和蘇澳港做調查外，將利用所有調查資料做歸納分析，提列國內港灣結構物對生態環境保護所造成的影響或優缺點，提出可做為典範的生態性結構物，研擬生態性港灣水中結構物設計準則，以供未來港灣結構物修補或建設時參考。

4. 港灣環境景觀營造技術資料方面

港灣建設一直扮演著國家經濟貿易發展的重要角色，但隨著時代轉變，全世界許多商港開始被賦予多元化角色，因此過去的建設面臨

景觀環境課題的挑戰。然而港灣建設環境不同於其它內陸環境，自有其魅力特色，因此港灣環境景觀的營造重點不在於更新，而在整理與拉皮，以突顯其既有特色。港灣環境景觀營造要依照使用分區，如觀賞、遊憩、親水等需求而不同。因此，港灣環境景觀營造技術資料方面的工作要持續蒐羅國外港灣環境景觀營造技術資，並進行港灣定位及建設類別的分類，研提適用於台灣港灣環境景觀改善之參考案例。再就高雄港區及臨港環境「視場點」及「視對象」的港區構成要素、臨港地區的地形及人文等構成要素，掌握台灣港灣環境景觀的現況與課題，結合 1-3 年的研究成果，研議適用港灣環境景觀營造技術。

5. 修定港灣景觀美質評估準則及進行分級評估

人對景觀環境的欣賞有數種特性，諸如人是環境所包被、環境透過各種感官讓人欣賞體驗等、景觀環境的組構具有某種美學氣氛等。基於此，港灣景觀美質評估主要包括二方面，一是港灣環境實質因子及其景觀環境的組構，人為開發的活動因子，及觀賞者的景觀知覺因子等，做為港灣景觀美質評估因子的基礎，經專家諮詢會議結果，擇定適當指標，並分別建立各因子的評估準則，用以評定港灣環境景觀之優劣。據此作為港灣環境景觀改善之依據。再就港灣植生綠化方面，植生綠化在現今是港灣建設的重要工作之一。由於植物是構成棲地的主體，也是大部分動物、昆蟲賴以維生的基本資源，亦為生態金字塔中的生產者，且植物種類組成的不同，會產生不同的生態作用，故高度植物種類多樣性的棲地，可支應更多數量、種類的生物生存。又植物的樹型、葉、花、果或樹皮之顏色，依樹種之不同而有很大的差異，在港灣景觀上可以產生很多美麗的景象，不同的植物所能產生的景觀效果亦不一樣，例如：喬木可以劃分空間；灌木可以使空間產生私密性；蔓藤植物可以綠化廊道或美化牆面；地被植物及草地植物可以覆蓋土面使之產生平面感。了解植物之各種特性並適當把它應用在人類的生活環境上，將可有效的改善港灣因工業及經濟發展所帶來之環境破壞與衝擊，讓生活環境趨向於大自然，提高人類的生活品質。

6. 以景觀休閒遊憩為主軸，針對高雄港區以及鄰近都會區之整體環境營造規劃進行案例分析

研究將根據第 1，2 年研究成果，所擬定的景觀規劃設計原則，分別就高雄港區以及鄰近都會區海岸環境特色、使用狀況、遊憩特色等因素，在以提昇遊客對海岸景觀的自然親水性、美質偏好的認知感受原則下，進行整體環境營造規劃案例分析。

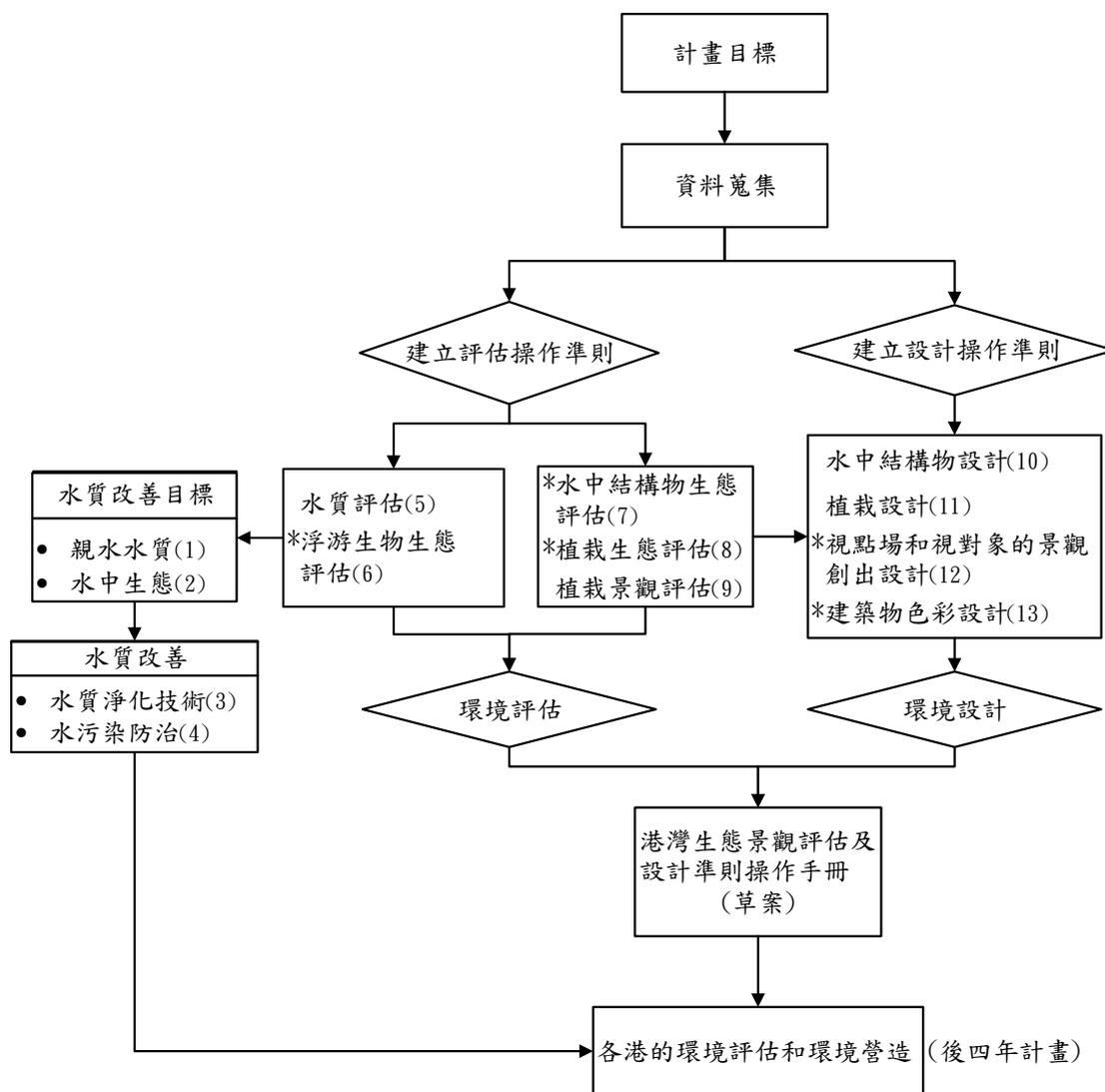
7. 持續辦理港灣生態景觀規劃設計教育訓練課程

就 99 年辦理之教育訓練及編撰之相關教材，進行改進檢討後，做為 100 年度辦理港灣生態景觀規劃設計教育訓練課程之依據，並配合中小學海洋教育融入教學的相關課程整理分析結果，編訂相關教材，並於舉行相關之教育訓練一場。

表 1-1 工作內容與報告書之章節對照表

工作項目	與報告書之章節對照
一、水質淨化技術資料方面	第二章 水質淨化技術資料蒐集與探討
二、港灣生態環境評估方面	第三章 港灣生態環境調查與評估
三、生態性港灣水中結構物設計方面	第四章 港灣生態環境規劃設計準則
四、港灣環境景觀營造技術資料方面	第五章 港灣景觀環境營造技術蒐集與探討
五、修定港灣景觀美質評估準則及進行分級評估	5.1 港灣景觀環境調查技術 5.4 港灣景觀植栽操作技術探討
六、以景觀休閒遊憩為主軸，針對高雄港區以及鄰近都會區之整體環境營造規劃進行案例分析。	5.3 高雄港景觀環境營造 第六章港灣環境景觀色彩計畫

1.3 計畫流程



備註：

(一)計畫流程工作重點與本報告書各章節分配情形，說明如下：

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| (1) 第 2.2 節 | (8) 第 3.4 節 |
| (2) 第 2.2 節 | (9) 第 5.4 節 |
| (3) 第一年 2.4、2.5 節 | (10) 第 4 章 |
| (4) 第二年 2.3 節、第三年 2.4 節 | (11) 第 5.4 節 |
| (5) 第 2.2 節 | (12) 第 5.1 節、第 5.2 節 |
| (6) 第 3.2 節 | (13) 第 6 章 |

(7) 第一年 4.1、4.2 節、第二年 5.1 節

(二)*含高雄港案例分析結果

1.4 研究範圍概述

本研究將持續蒐集國外港灣生態及景觀環境營造之相關資料，並延續基隆港、台北港、台中港、高雄港的調查，持續進行蘇澳港、安平港的水中結構物生態特性調查，並初步對其生態特性的優缺點加以探討。

以高雄港及其周邊地區海岸之整體環境營造規劃進行案例分析。高雄港港區範圍北起萬壽山，南迄於大林蒲，港區範圍跨越高雄市之鼓山區、鹽埕區、苓雅區、前鎮區、小港區、旗津區等六個行政區，港域面積 17,678 公頃，其中水域面積 16,236 公頃(含港內水域面積 1,230 公頃)，陸地面積 1,442 公頃。高雄港為台灣最大的國際港埠，位於台灣西南海岸，扼台灣海峽與巴士海峽交匯之要衝，且港域遼闊腹地廣大，氣候溫和，臨海有狹長沙洲為港灣的天然防波堤，地理條件優良港灣形勢天成為一天然良港。政府正在規劃台灣成為亞太地區的營運中心，而高雄港將規劃為海運轉運中心。高雄港又臨高雄市區，周邊資源豐，目前已是重要觀光遊憩地點，且高雄港務區、高雄市政府對這些海岸地區也已有不少的規劃和建設，結合渡輪及觀光碼頭的開放，共同發展成為帶狀或面狀的觀光遊憩地區乃必然的趨勢。因此在對高雄港做整體規劃時，勢必考慮與其周邊海岸的結合。(圖 1.2~圖 1.13)



圖 1.2 高雄港區位圖



圖 1.3 高雄港港區範圍圖



圖 1.4 一號港口景觀(一)



圖 1.5 一號港口景觀(二)



圖 1.6 旗津海岸公園



圖 1.7 旗津海岸



圖 1.8 高雄港船泊中心(一)



圖 1.9 高雄港船泊中心(二)



圖 1.10 二號港口景觀(一)



圖 1.11 二號港口景觀(二)



圖 1.12 高雄港全景



圖 1.13 高雄港鳥瞰

1.5 相關計畫

『台灣地區商港整體發展規劃(96~100年)』，臺灣的國際商港共

有基隆港、臺中港、高雄港與花蓮港四個，另外安平港、蘇澳港及臺北港則為國際商港的輔助港。交通部運輸研究所 2006 提出『台灣地區商港整體發展規劃(96~100 年)』案作為民國 96 年至 100 年間台灣地區各商港進行整體規劃之上位計畫。各商港以「交通」及「產業」功能為主，至於「生活」功能，以不妨礙港區安全及貨物裝卸作業之條件下，提供民眾親水空間，促進地方觀光之發展。各商港未來發展的定位如表 1-2 所示，各港埠設施見表 1-3。

同時為因應兩岸即將邁入海空全面直航，交通部於 2008 年 12 月 12 日發佈的新聞將台灣四大國際商港，初步敲定基隆港為加值型物流港，台中港為油品輸運港，高雄港發展轉運及自由貿易港區，花蓮港為觀光休憩港。基隆港由於與台北市都會地區接近，定位為「加值型物流和客運港」。目前基隆港一年客運人次約 35 萬人，未來年遊客量將達 100 萬人次。台中港與高雄港透過藍色公路合作中轉，可發展旅遊及行銷農產品。高雄港部分，則繼續加強轉運、物流，以及自由貿易港區的功能，進一步將和產業結合。

表 1-2 台灣商港定位

港埠名稱	定位
基隆港	(1)北部區域以近洋航線為主之國際商港。 (2)國際海運旅客之主要靠泊港。 (3)境外航運中心指定港。 (4)具自由貿易港區。 (5)兼具觀光及親水性港口。
台中港	(1)中部區域之主要國際商港。 (2)主要能源、重工及石化原料之進口港。 (3)具自由貿易港區。 (4)製造、加工出口及物流中心。 (5)境外航運中心指定港。 (6)兼具觀光及親水性港口。
高雄港	(1)全國性綜合國際商港。 (2)亞太地區貨櫃運輸之樞紐港。 (3)主要能源原料及重工石化原料進口港。

	(4)具自由貿易港區。 (5)製造、加工出口及物流中心。 (6)境外航運中心指定港。 (7)兼具觀光及親水性港口。
花蓮港	(1)東部區域之主要國際商港。 (2)東部水泥與礦(砂)石之主要出口港。 (3)兼具觀光及親水性港口。
蘇澳港	(1)基隆港之輔助港。 (2)擔負宜蘭地區貨物之港。 (3)結合觀光及親水性港口。
台北港	(1)基隆港之輔助港。 (2)北部地區主要遠洋貨櫃港。 (3)北部地區大宗散貨進口港。 (4)自由貿易港。
安平港	(1)高雄港之輔助港。 (2)分擔高雄港部分散雜貨運量之港。 (3)具觀光、工、商產業之多功能港。
永安港	回歸經濟部管理體系

表 1-3 各港埠設施表

名稱	基隆港	台中港	高雄港
港區面積	572ha 陸域 191ha 海域 376ha	11,297ha 陸域 2,800ha 海域 8,497ha	17,678ha 陸域 1,442ha 海域 16,236ha
港埠設施	全部 57 座， 總長度 9,908m， 營運碼頭 41 座， 長度 7,801m， 水深-4.5m 至-14.5m。	營運碼頭 46 座， 總長度 10,974m， 水深-9m 至-18m。	營運碼頭 118 座， 總長度約 26,595m， 水深-4.5m 至-16.5m。
名稱	花蓮港	台北港	蘇澳港
港區面積	309ha 陸域 172ha 海域 137ha	3,102ha 陸域 269ha 海域 2,833ha	376ha 陸域 86ha 海域 290ha

港埠設施	全部 25 座， 總長度 4,742m， 營運碼頭 23 座， 長度 4,489m，水深 -6.5m 至 -16.5m。	現有碼頭 9 座， 總長度 1,774m， 水深 -6.5m 至 -14m。 二期工程完成（民國 100 年），碼頭 28 座， 長度 6,790m， 營運碼頭 19 座， 長度 4,819m。	全部 16 座， 總長度 3,105m， 營運碼頭 13 座， 長度 2,610m， 水深 -7.5m 至 -15m。
------	--	--	---

『台灣地區整體國際港埠發展規劃第一次通盤檢討』（民國 91 年）係為配合亞太營運中心計畫之海運轉運中心，所進行整體國際商港第一階段之整體規劃，以作為各國際商港進行整體規劃之上位計畫，本案前經行政院經建會委員會議審議通過後，各港即依所擬發展策略進行整體規劃及未來發展計畫，並依商港法規定陳報核定。並經由近幾年來之內外在環境檢討，修訂未來整體港埠發展目標為『促進港埠現代化、提昇國際競爭力、擴大港埠功能、活化港際整合』，據此研擬整體港埠發展策略，同時修訂各港之發展定位以及各港之運量預測。

『高雄港整體規劃及未來發展計畫(96~100 年)』（民國 96 年）說明，高雄港未來的發展目標不僅在台灣南部地區主要的進出口港，同要建設成為地區遠洋及近洋航線主要貨櫃集散港、國際轉運中心功能之樞紐港及朝「物流港」發展。另一方面對於港區多樣的資源也要加以活化利用，增加港區親水及商業等機能，發展為多功能綜合港。高雄港歷年其它相關計畫如表 1-4 所示，

表 1-4 高雄港歷年相關計畫

計畫名稱	委託單位	執行單位	執行年
1.紅毛港遷村計畫	高雄市政府	漁技社	1985
2.大林蒲填海計畫	高雄市政府 環保局	中華顧問 工程司	1988
3.高雄港整體開發計畫	交通部運輸 研究所	中華顧問 工程司	1993

計畫名稱	委託單位	執行單位	執行年
4.高雄港區土地與相鄰市區土地使用相容性計畫	港灣技術研究所	亞聯顧問公司	1995
5.高雄市多功能經貿園區計畫	高雄市政府 工務局	京華環境 顧問公司	1996
6.高雄加工出口區設置倉儲轉運專區(含擴區)整體規劃	經濟部	京華環境 顧問公司	1996
7.高雄港整體規劃及未來發展計畫	港灣技術研究所	中華顧問 工程司	1996
8.高雄市旗津海岸公園後續開發工程規劃	高雄市政府 建設局	太平洋開發	1996
9.高雄市中區污水處理廠提昇二級處理工程規劃	高雄市政府 下水道工程處	中鼎工程 顧問公司	1996
10.高雄市綜合漁業中心可行性研究規劃	高雄市政府	漁技社	1997
11.高雄港大林商港區開發計畫規劃	高雄港務局	中華顧問 工程司	1998
12.高雄都會區發展用地填海造陸實施計畫	高雄市政府 地政處	宇泰工程 顧問公司	1998
13.高雄市旗津區海岸線治理規劃	高雄市政府 工務局	中華顧問 工程司	1999
14.高雄港商港區規劃後續研究計畫	交通部運輸 研究所	中華顧問 工程司	1999
15.高雄港整體規劃及未來發展計畫(91~95年)	交通部 高雄港務局	中華顧問 工程司	2002
16.愛河、船渠、鹽水港溪、前鎮河河川整治計畫	高雄市政府		2002
17.高雄多功能經貿園區	高雄市政府		2006
18.高雄港 1-22 碼頭及港區發展	高雄市政府		2006
19.高雄港整體規劃及未來發展計畫(96~100年)	交通部 高雄港務局	中華顧問 工程司	2007

第二章 水質淨化技術資料蒐集與探討

2.1 水質調查

多年來因工商業的高度發展，環境污染情形日益嚴重，各行各業的污水不斷向大海傾注，導致沿海及近岸地區遭受不同程度的人為污染，海域水質持續惡化。尤其在港灣處的海水，因建港後形成包覆性的水域，造成海水水體無法順利進行交換，再加上陸域的污水排放入港後，對已缺乏自淨能力的港域海水而言，更是雪上加霜的重度迫害。因此港灣的海水水質調查，對於未來在建立資料庫或改善港區水體品質等為工程目標時，其調查的結果資訊是相當寶貴的依據。

2.1.1 調查項目

水體中包含許多物理性和化學性的物質，這些物質跟水體的品質有著密不可分的关系。以下列出數項在調查海水水質時必須檢測的項目，並說明每項項目對於影響水體品質所代表的意義。

1. 水溫(Temperature)

水溫(°C)係表示水的冷熱程度，是檢驗及評估水體品質的一項重要物理性參數。水溫的變化以受氣候影響為主，而廢污水排放也會對水溫造成影響。水溫會影響水的密度、黏度、蒸氣壓、表面張力等物理性質，在化學方面可影響化學反應速率及氣體溶解度等，在生物方面可影響微生物的活性及代謝速率等。一般水溫可以經校正之溫度計量測。

2. 酸鹼度(pH)

pH 值係水中氫離子濃度之數值($\text{pH} = -\text{Log}_{10}[\text{H}^+]$)之一種表示方

法，其指標的範圍在 0~14 之間。當水溫在 25°C 時，pH 為 7 是中性，在 7 以下為酸性，其值越低，則酸性越強，在 7 以上為鹼性，其值越高，則鹼性越強。

海水通常為一低鹼性之水溶液，海水之 pH 值是表示海水中多種基本離子與大氣層中之二氧化碳(CO₂)進入海水之量，達成平衡狀況之數值。一般海水之 pH 值，正常情況下是介於 8.1 至 8.3 之間。但在停滯不流動之港灣海域中或是海水中之有機物體分解，一方面消耗海水中之溶氧量，一方面受到厭氧細菌作用產生大量之 H₂S 下，亦可能使海水變成較酸性，海水之 pH 值降低至 7.0 以下。但較接近海水表面之部位，當海水中之植物進行光合作用時，將會消耗海水中之 CO₂ 量，此時海水之 pH 值可能增高而超過 9.0 以上。大部分的水生生物對水環境中的 pH 值相當敏感，影響水中 pH 值的原因包括了空氣污染所形成的酸雨、或事業放流水、污水的排放等等，因此酸鹼值的檢測亦成為水質判定的重要指標之一。

3. 溶氧量(DO)

溶氧(Dissolved oxygen, DO)是指溶解於水中的分子氧，可能來自大氣中之氧的溶解，人為的曝氣以及水生植物的光合作用。DO 為表示水污染狀況的指標之一，一般以毫克/公升(mg/L)或 ppm 之單位表示。由於所有的生物均仰賴氧氣來維持代謝程序，並產生能量來生長與再生細胞，因此水中含氧量的多寡對水生生物相當重要。例如一般河川的溶氧量低於 3.0mg/L 時，對大多數的魚類不利甚至死亡，只剩吳郭魚及大肚魚等耐污染之魚類能夠存活，又台灣特有種的櫻花鉤吻鮭更需要在溶氧量 6.0mg/L 以上的水域才能生存。所以在各種不同水體，其溶氧量常是水質優劣的指標。

氧在水體中之溶解度會受大氣中各種氣體之分壓、水體的純淨度及水體溫度而影響。大氣中氧之分壓較水中氧之分壓大，則溶入水中的氧氣會增加。另外，水中鹽分含量亦會影響氧之溶解度，一般鹽分愈高，則溶氧愈低。溫度愈高，溶氧愈低。以 20°C 之純水為例，其飽

和溶氧量為 9.07mg/L，但 20°C 之海水，飽和溶氧量只有 7.33mg/L。

4. 生化需氧量(BOD₅)

生化需氧量(Biochemical oxygen demand, BOD)係指水中易受微生物分解的有機物質，在某特定時間內及溫度下，被微生物的分解氧化作用所消耗的氧量。一般所稱的生化需氧量係以 20°C 培養 5 日後所測得的結果，記做 BOD₅。生化需氧量可表示水中生物可分解的有機物含量，間接也表示了水體受有機物污染的程度，單位為毫克/公升(mg/L)。

5. 懸浮固體(SS)

懸浮固體(Suspended solids, SS)係指水中會因攪動或流動而呈懸浮狀態之有機或無機性顆粒，這些顆粒一般包含膠懸物、分散物及膠羽，單位為毫克/公升(mg/L)。懸浮固體會阻礙光在水中的穿透，其對水中生物影響與濁度相類似；懸浮固體若沉積於河床，則會阻礙水流，若沉積於水庫庫區，則可能減少水庫的蓄水空間。

6. 總磷(TP)

總磷(Total Phosphate, TP)係由正磷酸鹽、聚(焦)磷酸鹽及有機磷所組成，水中的磷幾乎全部以磷酸鹽(phosphate)型式存在，為構成土壤養分及動植物原生質的要素。磷是植物生長的重要養分，當過量的磷進入水體，將造成藻類大量繁殖及死亡，並會因其腐敗分解而大量耗氧，導致水中溶氧耗盡，形成所謂的優養化現象，故其含量愈低水質愈乾淨。

7. 氨氮(NH₃-N)

水體中的氮以 NH₄⁺、NH₃ 的形態存在，這些含氮之有機物主要來自動物排泄物及動植物屍體之分解，分解時先形成胺基酸，再依氨氮、亞硝酸鹽氮及硝酸鹽氮程序而漸次穩定。因此當水體中存在氨氮可表示該水體受汙染時間較短，單位以毫克/公升(mg/L)表示。

8. 總油脂(Oil and grease)

油脂是不溶於水且比重比水為小，漂浮於水體表層之液態物質，會阻礙水中動植物呼吸及造成異臭。油脂包括礦物性油脂和動植物性油脂，在未經實驗分離時，以總油脂稱之。

9. 大腸桿菌群(Coliform group)

大腸桿菌群顧名思義，為一群常見寄生於動物腸道的短桿狀細菌，糞便中即含有大量的大腸桿菌群。這些細菌大部分並不會引起疾病，但可以用來做為水體受到糞便污染的一種指標。在學理上，大腸桿菌群係指能分解乳糖而產氣之所有好氧及兼氧性的無芽孢短桿菌，在顯微鏡下觀察呈革蘭氏染色陰性反應。大腸桿菌在水中無法直接繁殖，而溫血動物糞便中普遍含有這類細菌，因此若於水中檢測出大量大腸桿菌，表示水體在短時間內曾受人類或動物排泄物污染。由於大腸桿菌與其他致病菌同樣來自溫血動物，而其在水中的生存時間較致病菌長，若在水中未檢驗出大腸桿菌群，則這個水體含有其他致病菌的機會更小，因此大腸桿菌群為評估水體品質的一項常用生物指標。

10. 濁度(NTU)

濁度(Turbidity)是指污染的水體中含有漂浮及懸浮物質阻礙光的穿透，使光入射水體時被散射的程度。諸如黏粒、粉粒、微細之有機物、浮游生物或微生物等，均能使水色混濁。在水質上，常以濁度來表示水樣的混濁程度，在靜止狀態下的水體，水中之濁度多來自膠體粒子；而流動狀態下的水體，水中濁度則主要來自較粗大的懸浮物質。

濁度高會影響水體的外觀，且因阻礙光的穿透而影響水生植物的光合作用。濁度高還會使魚類呼吸作用受阻，影響魚類生長和繁殖，甚至使其因窒息而死亡；濁度高亦會干擾淨水處理時候的消毒作用。由前述幾點可見濁度為影響水質的重要因子，其單位一般以標準濁度單位(Nephelometric Turbidity Unit, NTU)表示。

11. 透明度(SD)

透明度(Transparency, SD)係指光線能夠穿透水體之程度。於水庫監測時用以判斷水庫優養化指標之一。其檢測方法係利用直徑 20~30 公分之白色圓盤，又稱沙奇盤(Secchi disk)沉入水中，量測其可見距離，即為水體之透明度，又稱沙奇透明度(Secchi transparency)。

12. 重金屬(Heavy metals)

在環境領域中，重金屬主要是指原子量超過鈣(40)以上，且會累積在生物體或人體，具有毒性損害的金屬元素或類金屬元素，如汞、鎘、鉛、鉻、鋅、銅、鈷、鎳、錫、砷等，此類污染物不易被微生物降解。水體中存有重金屬汙染，多半是由工業廢水所引起，而工業廢水中的重金屬種類隨特定的工業而有不同，如礦冶業的廢水含銅、鉛、鎳、鐵及錳；染製工業廢水含銅、鉻、鎘、鉛及汞；電鍍工業之廢水含鉻、鎘、及鋅；石化業廢水含鉛、砷、汞等等。因此預對港灣水體進行調查，必須先知悉港區周圍含括的工業類型，以便於針對相關汙染物進行水質調查。

13. 電導度(EC)

電導度(Electrical Conductivity, EC)係代表在一定體積內溶液內離子的導電能力。可移動而且帶正負電的離子越多，電阻就愈小，導電能力愈強，EC 值就愈高。量測電導度即可知水體中解離性無機鹽類的總濃度，其值的大小表示水體中含有鹽分濃度的高低，以 25°C 為基準，單位為 $\mu\text{mhos/cm-25}^\circ\text{C}$ 。

14. 硝酸鹽(NO_3)

硝酸鹽(NO_3)為營養鹽的一種，是氮與氧的最終氧化產物，此物質並沒有明顯的毒性，對水體中的魚、蝦等微生物沒有直接性的傷害。但是過多的硝酸鹽會導致藻類及細菌的生長過快，水質容易惡化，致使珊瑚的生長受影響。

15. 亞硝酸鹽(NO_2)

亞硝酸鹽(NO_2)是氨、氮未被完全氧化的產物，其毒性很強，尤其會隨著 pH 值的降低而增加，亞硝酸鹽的來源主要是因為在氨氮存在的情況下，水中缺少氧氣和轉化氨氮的微生物，而所以未把氨氮轉化為植物所能吸收利用的硝酸鹽，而被轉換成亞硝酸鹽狀態。亞硝酸鹽對魚類有明顯的毒性，不過其毒性比氨小得多。在 0.2~0.5ppm 的氨(NH_3)濃度下就會產生急性中毒而迅速死亡，但亞硝酸鹽對魚類的致死濃度為 10~20ppm，相較之下，氨的毒性比亞硝酸鹽至少高出 40~50 倍。

16. 鹽度(Salinity)

係指每公斤水中所溶的鹽克數，通常以千分點(0/00)表示。海水中的鹽度直接反應其物理性質，如密度、比熱和聲光等，對藻類的合成反應，海洋的生物之分佈、生長、繁殖等亦有重大之影響，因此鹽度是瞭解海水物理性質之最基本資料。水中鹽度可以電導度法量測。

17. 硝酸鹽氮(Nitrate nitrogen)

硝酸鹽氮為氮循環中硝化作用的最終產物，因此硝酸鹽氮可表示水體曾遭受污染的程度。河川、湖泊或水庫中硝酸鹽氮含量過高時，常易造成藻類大量繁殖，使得水體呈優養化現象。

18. 亞硝酸鹽氮(Nitrite nitrogen)

水中之氮以亞酸鹽形態存在者稱為亞硝酸鹽氮。亞硝酸鹽氮之形成主要是在好氧環境下，硝化菌族群的亞硝酸菌群將氨氮轉換變成亞硝酸鹽氮。因亞硝酸鹽氮易再被氧化成硝酸鹽氮，因此，當水中溶氧不虞匱乏時，亞硝酸鹽氮在水中存在的時間相當短暫。

19. 磷酸鹽(Phosphate)

水中的磷幾乎全部以磷酸鹽(phosphate)型式存在，為構成土壤養分及動植物原生質的要素。磷是植物生長的重要養分，當過量的磷進入

水體，將造成藻類大量繁殖及死亡，並會因其腐敗分解大量耗氧，導致水中溶氧耗盡，形成優養化現象。

20. 矽酸鹽(Silicate)

自然水體矽主要來源為矽酸鹽與矽酸鹽礦物的水解。當風化釋放的 H_4SiO_4 很高時可以生成 SiO_2 沉澱，晶與無定形之 SiO_2 亦可以溶解，又不同溫度溶解度亦有影響，如 $25^\circ C$ 為 $6.0mg/L$ 而 $84^\circ C$ 為 $26 mg/L$ 。在天然水體中 SiO_2 含量高於石英平衡時的含量而低於無定形 SiO_2 ，大部分情況介於 1 至 $30 mg/L$ 之間；少數區域可以達到 $100 mg/L$ 。在某些極端情況下如溫度較高間歇性溫泉中 SiO_2 含量則高達 762 至 $804mg/L$ 。在表層海洋水 SiO_2 含量低於 $1mg/L$ ，湖水中 SiO_2 亦不高係因生物吸收作用有關，一般矽被積聚生物貝殼及骨骼中。

21. 葉綠素 a(Chlorophyll-a)

葉綠素的種類很多，較常見的有呈藍綠色的葉綠素 a 及呈黃綠色的葉綠素 b，葉綠素 a 和 b 的成分相差無幾，皆能吸收太陽光，只有在內部結構和吸收不同波長光線上有所差別，陸上植物葉綠素 a 與 b 的比例大約是 3 比 1。當水體中葉綠素 a 偏高時，表示水中藻類過量繁殖，間接也反應了水體優養化程度。

22. 化學需氧量(COD)

化學需氧量(Chemical oxygen demand, COD)係用以評估水中可被化學氧化之有機物含量。應用高錳酸鉀或重鉻酸鉀為氧化劑，在強酸情況下與水加熱 2 小時，使水中有機碳氧化為二氧化碳及水，其所消耗之氧化劑換算成消耗之氧量，單位為毫克/公升(mg/L)。

2.1.2 調查時間、頻率與位置

行政院環境保護署環境監測及資訊處，自民國 91 年度起，整合海

域水質採樣及檢測工作。海域之採樣頻率及位置規定如下：

- (1) 採樣頻率以每季一次為原則。於河川入海口，以枯水期水質較差時為原則。
- (2) 採樣時應避免大潮或劇烈氣象變化時為之，並注意漲退潮之影響。
- (3) 採樣時應考慮海域範圍、深度及分層，以取得代表性水源。

港區水域水質的調查頻率則可以參照以上環保署環境監測資訊處的規定，將檢測頻率和時間分項說明如下：

- (1) 採樣頻率以每季一次為原則。
- (2) 如有河溪出流口位於港區，於出流口處之枯水期水質較差時進行調查。
- (3) 採樣亦需避開大潮或劇烈氣象變化時的影響。
- (4) 注意漲退潮之影響，當潮位不同時水質狀況亦會不同。故盡可能在高潮、低潮及平均潮位的時候各採樣一次。
- (5) 港區內包含一個或數個汗水排放口，應於排汗口之水域在汗水排放期間進行調查分析。汗水排放作業一般於白天時間進行。

2.1.3 調查樣點設定

在範圍廣大的港區該以何種概念去選擇調查地點，建議依照以下四大原則作為判定調查的方式與位置：

1. 港區水域進行分區性水質調查

由於海港區域範圍之廣，含括在港內的海水面積因而廣大，想在如此大面積的水體進行水質檢測，可將港內作區塊性的劃分，以利迅速決定調查位置，並且能有效的對整個港區做到全面性的水質調查。至於如何將港區內的海水作區塊性劃分，以下提出幾個參考方式：

- (1) 依水體狀態相近似劃分：此劃分方法是直接採用視覺判斷去進行區分，經由肉眼所見之水體顏色、水體混濁程度當作分隔依據，將同樣之水體狀態劃為一區，如此便可區塊性劃分港內水域。
- (2) 依港內人工構造物之區隔劃分：有些較大型的港區內有突堤等人工結構物的存在，區隔了港內的水域，而被區隔的水體其水質狀況應較相似，故可將之視為區塊性劃分，便於水質檢測位置的確立。
- (3) 依港區陸域發展之不同劃分：港區陸域上的發展並非全都一致，可能為輕重工業，可能為商店住家，發展方向的不同，汙水流入港內水域而造成的汙染情況亦不相同。因此可先將港區陸域依發展模式不同先行劃分，後再將港內水體依劃分的陸域可能汙染之範圍作區塊性分隔。

港區水域做完分區後，在進行水質調查時，每一區塊取一個方便作業的地點作為水質檢測的代表位置與代表值即可。

2. 可以依靠人類最直觀的「視覺」和「嗅覺」，作為水質調查的位置選擇。

由於水體之外觀，自古以來皆是大眾判定水體品質好壞最直接的標準，因此水體是否清澈透明、有無混濁、顏色詭異等等，都是經由人們透過視覺、嗅覺感官而獲得的感受。影響水體視覺的因子有濁度、油脂、懸浮固體等，這些因子的含量過高，皆對水質和水中生物有害，亦影響了景觀環境的美醜。

對嗅覺而言，雖然現在水體的臭味目前尚無明確的基準，且水體中的異味常常因地域性、時間性及週期性的不同而呈現不同的特殊氣味，但經由了解，水體中惡臭的來源多半由生物體的代謝或分解、水中有機物和無機物的多寡、溶氧量太低等原由而產生氣味。經過這些判斷便可辨別出水體品質的優劣性，即可決定是否列入作為檢測的地

點。

由視、嗅覺所挑選出的調查地點，是經過辨別後而決定的港區水質採樣之「重點位置」。所謂「重點位置」即是指港內較無色或無味之良好水體的地方，以及極度骯髒或散發惡臭之劣質水體的位置，針對這種優劣對比明顯的位置做調查，能簡易且迅速的觀察出港內污染程度之差異。

3. 以遊客可親水之區段作為水質調查點。

現今的港灣因多元化的發展下，已變成民眾時常出遊的據點。為了能夠吸引客源，港區保有乾淨的環境是不可少的因素。在未來如有對港區的海水進行水質改善的規劃時，應以遊容易親水且出沒頻繁之區域作為優先考量。故在進行水質調查的動作時，可先行從港區內易親水的位置作為出發點，並長期針對這些位置做好水體品質的監測、維護與改善，才可保有海港的客源並維繫港區之發展潛能。

4. 設立港外水質參考點。

在本小節的第一段已提及到，港區水質因缺乏海水水體交換及陸域不斷排入的污水影響，港內的水體水質必定比港口外的水體水質較差，因此在港口外必須要確立不受港內污染影響的調查位置，以此類位置的水質數據作為港區的水質改善標準參考值。

港區外的水體因受附近海岸線曲折度之影響，海水水質亦可能產生優劣上的相異性。故在周邊海岸線平直的港口，港外只需確立一個水質參考點作為代表之標準；對於周圍海岸線樣貌多彎曲的港口，港外的檢測點盡可能增加 2 至 3 個位置，再從中找出最佳的檢測數值將其視為標準值。

未來即可將調查之標準和港內所有位置的水體水質進行比較後，便能清楚判斷出港內任何位置之水體品質優劣的變化情形，如此對於進行淨化水體之工程時，也可達到對症下藥的效果。

2.1.4 採樣方式

水體之採樣檢測與保存方法有其固定之標準，應需依照環保署公告之標準方法保有水體之原始性，以避免後續檢測分析的數據發生誤差與錯誤。水質調查可分為現場操作及採樣固定後攜帶回實驗室分析兩部分：

1. 現場操作部分

- (1) 現場監測使用 YSI 儀器直接置入水中測定及記錄資料，可記錄導電度、鹽度、酸鹼度及溶氧。
- (2) 水溫之測定可以經校正之溫度計、倒置式溫度計(Reversing thermometer)或其他適用於溫度測量之儀器測量之。
- (3) 濁度使用濁度計，在特定條件下，比較水樣和標準參考濁度懸浮液對特定光源散射光的強度，以測定水樣的濁度。散射光強度愈大者，其濁度亦愈大。
- (4) 透明度方面，使用沙棋盤放入海水中，用以量測海水透明度。

2. 採樣固定方式

海上部分以 5L Niskin 採水瓶(General Oceanics)，採得表層樣水後，依序分裝於 60mL BOD₅ 瓶中，並取 1000mL 於 pp 瓶中，加入濃硫酸固定後，置於冰桶保存，待回到實驗室後再行檢測。將水樣 1000mL 進行過濾之後，濾紙於烘乾後進行總懸浮固體之分析，其餘用於進行其他水質項目實驗分析使用。

2.1.5 檢測與分析方法

本小節針對 2.1.1 小節所列舉的水質項目，說明檢測分析的方法概要與適用範圍。所有水質項目的檢測分析法，皆參照環保署環境檢驗所網站所公布的水質檢測方式，概要說明列舉如下。

1. 水溫(°C)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W217.51A

現場水溫之測定可以經校正之溫度計、倒置式溫度計(Reversing thermometer)或其他適用於溫度測量之儀器測量之。

2. 酸鹼度(pH)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W424.52A

利用玻璃電極及參考電極測定樣品之電位，可得知氫離子活性，而以氫離子濃度指數(pH 值)表示。

3. 溶氧量(DO)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W422.51C

水樣採集於具有玻璃瓶塞的瓶子內，加入硫酸亞錳溶液及鹼性碘化物後生成氫氧化亞錳，此時水中溶氧快速地將等價量且散佈於水中的氫氧化亞錳，氧化成更高價的錳氧化物而產生沈澱。當水樣加入濃硫酸，進一步變為酸性且有碘離子存在時，氧化的錳離子會回復為二價的狀態，同時釋放出與溶氧等價量的碘分子。此時可以用硫代硫酸鈉標準溶液滴定碘分子，求得溶氧量。

4. 生化需氧量(BOD₅)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W510.54B

水樣在 20 °C 恆溫培養箱中暗處培養 5 天後，測定水樣中好氧性微生物在此期間氧化水中物質所消耗之溶氧(Dissolved Oxygen，簡稱 DO)，即可求得 5 天之生化需氧量(Biochemical Oxygen Demand，簡稱 BOD₅)。

5. 懸浮固體(SS)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W210.57A

將攪拌均勻之水樣置於已知重量之蒸發皿中，移入 103°C~105°C 之烘箱蒸乾至恆重，所增加之重量即為總固體重。另將攪拌均勻之水樣以一已知重量之玻璃纖維濾片過濾，濾片移入 103°C~105°C 烘箱中乾燥至恆重，其所增加之重量即為懸浮固體重。將總固體重減去懸浮固體重或將水樣先經玻璃纖維濾片過濾後，其濾液再依總固體檢測步驟進行，即得總溶解固體重。

6. 總磷(TP)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W444.51C

水樣中之多磷酸鹽(Polyphosphate)及有機磷分別經硫酸及過氧焦硫酸鉀消化後皆被轉化成正磷酸鹽。將手動消化之消化液導入流動注入分析(Flow injection analysis, FIA)系統中，正磷酸鹽與鉬酸銨(Ammonium molybdate)和酒石酸銻鉀(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物質，於 880nm 波長量測其波峰吸光值並定量水樣中之磷化物含量。

7. 氨氮(NH₃-N)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W448.51B

含有氨氮及銨離子之水樣於加入次氯酸鹽(Hypochlorite)及酚溶液反應，生成深藍色之靛酚(Indophenol)，此溶液之顏色於亞硝醯鐵氰化鈉溶液(Sodium nitroprusside)之催化後會更加強烈。使用分光光度計於波長 640nm 處進行比色分析，即可求得水樣中氨氮之濃度。

8. 總油脂(Oil and grease)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W505.51C

水樣中油類及固態或黏稠之脂類，用過濾法與液體分離後，用正

己烷以索氏(Soxhlet)萃取器萃取，將正己烷蒸發後之餘留物稱重，即得總油脂量；將總油脂溶於正己烷，以活性矽膠吸附極性物質，過濾蒸乾後稱重，即得礦物性油脂量；總油脂量與礦物性油脂量之差，即得動植物性油脂量。

9. 大腸桿菌群(Coliform group)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA E202.54B

本方法係用濾膜檢測水中好氧或兼性厭氧、革蘭氏染色陰性、不產芽孢之大腸桿菌群(Coliform group)細菌。該群細菌在含有乳糖的 LES Endo agar 或 m-Endo broth 培養基上，於 $35\pm 1^{\circ}\text{C}$ 培養 24 ± 2 小時會產生具金屬光澤菌落。所有缺乏金屬光澤的菌落，均判定為非大腸桿菌群。

10. 濁度(NTU)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W219.52C

在特定條件下，比較水樣和標準參考濁度懸浮液對特定光源散射光的強度，以測定水樣的濁度。散射光強度愈大者，其濁度亦愈大。

11. 透明度(SD)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA E220.50C

透明度(transparency)是指光線能夠穿透水之程度。本方法係利用直徑 20~30 公分之白色圓盤，又稱沙奇盤(Secchi disk)沈入水中，量測其可見距離，即為水體之透明度，又稱沙奇透明度(Secchi transparency)。

12. 重金屬(Heavy metals)

(1) 鎘、鈷、銅、鐵、錳、鎳、鉛、鋅、銀

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W308.22B

海水基質複雜，欲測定其中之鎘、鈷、銅、鐵、錳、鎳、鉛及鋅等元素，應將干擾之鹽類分離，並進行預濃縮處理，使待測元素的濃度提高。測溶解性金屬(Dissolved metals)係將水樣過濾後，調 pH 至 6.5，通過一含 iminodiacetate 官能基之鉗合離子交換樹脂管柱，使待測元素吸附於樹脂上，經 2M 硝酸沖提，所得去鹽之濃縮液，再以適當之重金屬檢測儀器分析方法進行檢測。如欲測定水樣之總金屬(Total metals)時，應將上述過濾後之殘留物，以其他合適之方法檢測其中之金屬含量後，一併加計之。採用本方法檢測時，應特別注意採樣時可能發生的污染與分析過程中各項試藥的純度。

(2) 汞

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W330.52A

水中的汞經硝酸、硫酸及高錳酸鉀及過硫酸鉀溶液氧化成為兩價汞離子後，以還原劑氯化亞錫或硫酸亞錫或氫硼化鈉還原成汞原子，經由氣體載送至吸收管，以原子吸收光譜儀在波長 253.7nm(或其他汞之特定波長)處之最大吸光度定量之。

(3) 砷

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W434.53B

含砷及砷化物之水樣，經硫酸及過硫酸鉀溶液消化後，使其中之砷先轉變成為五價砷，續以碘化鉀試劑將其還原為三價砷。經由自動化連續流動式氫化物產生裝置，使三價砷與鹽酸及硼氫化鈉試劑進行氫化反應，生成砷化氫，再經由氫氣(或氮氣)載送導入原子吸收光譜儀，於 193.7 nm 波長處測定其吸光度，進行定量。

13. 電導度(EC)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W 203.51B

導電度(Conductivity)為將電流通過 1cm² 截面積，長 1cm 之液柱時

電阻(Resistance)之倒數，單位為 mho/cm，導電度較小時以其 10⁻³ 或 10⁻⁶ 表示，記為 mmho/cm 或 μmho/cm。導電度之測定需要用標準導電度溶液先行校正導電度計後，再測定水樣之導電度。

14. 硝酸鹽(NO₃)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W417.51A

水中硝酸根在 95°C 之硫酸溶液中與馬錢子鹼生成黃色複合物，以分光光度計測其吸光度定量之。

15. 亞硝酸鹽(NO₂)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W418.51C

磺胺(sulfanilamide)與水中亞硝酸鹽在 pH 值在 2.0 至 2.5 之條件下，起偶氮化反應(diazotation)而形成偶氮化合物，此偶氮化合物與 N-1-萘基乙烯二胺二鹽酸鹽 (N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride) 偶合，形成紫紅色偶氮化合物，以分光光度計在波長 543 nm 處測其吸光度而定量之，並以亞硝酸鹽氮之濃度表示之。

16. 鹽度(Salinity)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W447.20C

本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 (Rt)，來計算水中實用鹽度(Practical salinity scale)。

17. 硝酸鹽氮(Nitrate nitrogen)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W419.51A

水溶性有機物質和硝酸鹽在 220nm 有吸光現象，而硝酸鹽在 275nm 不吸光，因此本方法以紫外光光度計測量水樣在 220nm 之吸光度，扣除水樣在 275nm 之 2 倍吸光度可求得水中硝酸鹽氮(NO₃-N)之含

量。

18. 亞硝酸鹽氮(Nitrite nitrogen)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W418.51C

磺胺(sulfanilamide)與水中亞硝酸鹽在 pH2.0 至 2.5 之條件下，起偶氮化反應(diazotation)而形成偶氮化合物，此偶氮化合物與 N-1-萘基乙二胺二鹽酸鹽(N -(1- naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride)偶合，形成紫紅色偶氮化合物，以分光光度計在波長 543nm 處測其吸光度而定量之，並以亞硝酸鹽氮之濃度表示之。

19. 磷酸鹽(Phosphate)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W427.53B

水樣以硫酸、過硫酸鹽消化處理，使其中磷轉變為正磷酸鹽形式存在後，再加入鉬酸鉍、酒石酸銻鉀，使其與正磷酸鹽作用生成磷鉬酸(phosphomolybdic acid)，經維生素丙(ascorbic acid)還原為藍色複合物鉬藍(molybdenum blue)，以分光光度計於波長 880nm 處測其吸光度定量之。水樣如未經消化處理，所測得僅為正磷酸鹽之含量。

20. 矽酸鹽(Silicate)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W450.50B

水樣經過濾後，矽酸鹽於酸性溶液下與鉬酸鹽反應生成黃色之矽鉬黃雜多酸(Heteropoly acid)，以分光光度計於 410nm 波長處測其吸光度而定量水中矽酸鹽濃度。若水樣中矽酸鹽含量較低，可加入還原試劑 1-胺基-2 萘酚-4 磺酸將黃色之矽鉬黃雜多酸還原成感度較佳之藍色矽鉬藍雜多酸(Heteropoly blue)，以分光光度計於 815nm 或 650nm 波長處測其吸光度而定量水中矽酸鹽濃度。本方法所檢測之矽酸鹽的濃度皆以二氧化矽(SiO₂)表示之。

21. 葉綠素 a(Chlorophyll-a)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA E508.00B

水樣經過濾於玻璃纖維濾片後，以乙醇萃取其中之葉綠素 a，再以分光光度儀測得萃取液在酸化前和酸化後之吸光值，最後依吸光值計算水樣中葉綠素 a 含量。

22. 化學需氧量(COD)

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W514.20B

將海水水樣置於去氯裝置中，與濃硫酸作用產生氯化氫氣體，以氫氧化鈣吸收去除氯離子干擾後，再加入過量重鉻酸鉀溶液迴流，剩餘之重鉻酸鉀，以硫酸亞鐵銨溶液滴定；由消耗之重鉻酸鉀量，即可求得水樣中化學需氧量(Chemical Oxygen Demand，簡稱 COD)，此表示樣品中可被氧化有機物的含量。

2.2 水質評估方法

明確的水質目標的設定，是水質汙染改善工作最主要的項目，亦即先訂出改善目標的水質標準，才知道該採用何種程度何種淨化技術去做改善。環保署雖對水質標準有了各項規定，但是港灣水質標準的設定，必須參考地方發展計畫來決定，如親水、景觀或水產養殖之利用等，在不同的使用方式下各有不同的水質要求標準，因此在做港區水質調查與評估時，檢測項目及品質標準亦需考量海水利用之方向，未來即可清楚的分類規範和管理。本節將提出汙染、親水性與生態性三方面的評估方式，作為未來對港區水質進行評估分類的依據。

2.2.1 一般水質汙染評估標準

汙染性評估標準是依據環保署 2001 年 12 月 26 日所訂國內現有法

規與海洋水質標準。此評估方式需分析海水中所含的重金屬鎘、鉻、鉛、汞、銅、鋅等，以及溶氧量(DO)、氫離子濃度指數(pH)、懸浮固體物(SS)、生化需氧量(BOD)、總磷(TP)、硝酸鹽(NO₃)、氨氮(NH₃-N)、礦物性油脂、大腸桿菌等，來區分海水之汙染程度。海域水質可分為甲、乙、丙三類，如下表 2-1 所示。

表 2-1 海域環境分類及海洋品質標準

分類 監測項目	甲類	乙類	丙類
pH	7.5~8.5	7.5~8.5	7.0~8.5
DO (mg/L)	5.0 以上	5.0 以上	2.0 以上
BOD (mg/L)	2.0 以下	3.0 以下	6.0 以下
大腸桿菌群 (CFU/100ml)	1000 個以下	-	-
氨氮 (mg/L)	0.3	-	-
總磷 (mg/L)	0.05	-	-
氰化物	0.01	0.01	0.02
酚類	0.01	0.01	0.01
礦物性油脂	2	2	-

各類水質其適用性質如下：

甲類：適用於一級水產用水、二級水產用水、工業用水、游泳及環境保育。

乙類：適用於二級水產用水、工業用水及環境保育。

丙類：適用於環境保育。

一級水產用水：指可供嘉臘魚及紫菜類培養用水之水源。

二級水產用水：指可供虱目魚、烏魚及龍鬚菜培養用水之水源。

工業用水：指可供冷卻用水之水源。

此外，保護人體健康之海洋環境品質標準，適用甲、乙、丙三類海域環境，其重金屬標準值如表 2-2 所示。

表 2-2 海域水質重金屬含量標準

重金屬	標準值(毫克/公升)	重金屬	標準值(毫克/公升)
鎘	0.01	硒	0.05
鉛	0.01	銅	0.03
六價鉻	0.05	鋅	0.5

砷	0.05	錳	0.05
汞	0.002	銀	0.05

2.2.2 親水性水質評估標準

國內外許多港口都已朝向休閒觀光方面發展，故港區水域的水質環境是否良好，在現今成為倍受重視的焦點。觀光休閒港的親水方式並非是以人體直接接觸水體，主要較著重在人為視覺、嗅覺之心理感受層面來親水，故需要一個以此為依據的水質指標來評估港區水域的水質狀態。

本計畫依據「利用使用者視覺與嗅覺觀點探討於港水域水質評估之研究」(李彥德，2008)得知親水性的水質評估指標是依遊客對水體的視、嗅覺感受滿意度評價結果，以及同步進行的各項水質檢測結果而建立。對遊客訪查的滿意度評價與各項水質因子作相關性評估，其結果發現溶氧量(DO)、濁度(NTU)、透明度(SD)、氨氮(NH₃-N)、總磷(TP)、生化需氧量(BOD₅)以及化學需氧量(COD)以上七項水質因子，對視覺與嗅覺的感受滿意度最具有影響力。此研究報告調查區域為新竹漁港，調查時間為95年3、7、9月，調查的對象主要為前往新竹漁港遊憩之民眾，少部份則為釣客或是於新竹漁港經營事業之商家。而每季各測站所收回的有效問卷份數皆有20~30份間，故總樣本數共約350個樣本。

從上可了解到，影響視、嗅覺的感受並非是單獨一項水質因子所控制，因此將七項水質因子與感受度進行皮爾森相關係數的分析，再從中挑選出對感受度具獨立影響性的因子作為水質分級的參考項目，其相關性分析的結果得到溶氧、氨氮、總磷和透明度四種水質因子具明顯的獨立相關性。最後依這四項因子與視、嗅覺的感受滿意度繪製出水質滿意度曲線，接著將水質標準相對之感受滿意度分為四個等級，做為水質評估之項目，其視、嗅覺感受滿意度水質標準如下表2-3和表2-4所示。

表 2-3 港區水體之視覺感受滿意度水質標準

視覺感受滿意度 水質項目	I	II	III	IV
溶氧(DO)	5.0 以上	4.5~5.0	3.5~4.5	3.5 以下
透明度(SD)	1.0 以上	0.65~1.0	0.25~0.65	0.25 以下
總磷(TP)	0.5 以下	0.5~0.8	0.8~1.0	1.0 以上
視覺感受滿意度點數	4	3	2	1

表 2-4 港區水體之嗅覺感受滿意度水質標準

嗅覺感受滿意度 水質項目	I	II	III	IV
溶氧(DO)	6.5 以上	4.5~6.5	4.0~4.5	4.0 以下
氨氮(NH ₃ -N)	0.5 以下	0.5~0.7	0.7~0.85	0.85 以上
總磷(TP)	0.3 以下	0.3~0.65	0.65~1.0	1.0 以上
嗅覺感受滿意度點數	4	3	2	1

為了能夠更清楚地評斷出遊客對於水體之視覺與嗅覺感受滿意度的等級，需要分別對於視覺與嗅覺的各水質項目滿意度點數做累加，並訂定出其累積點數(視覺累積點數以 Q_1 表示，嗅覺累積點數以 Q_2 表示)的分布範圍和視、嗅覺的感受程度，以作為客觀判斷的分級指標，如下表 2-5 和 2-6 所示。

表 2-5 港區水體視覺感受滿意度水質指標分級表

視覺累積點數區間	視覺感受滿意度	遊客之視覺感受
$11 \leq Q_1 \leq 12$	甲	清澈
$8 \leq Q_1 \leq 10$	乙	有點混濁-尚可接受
$5 \leq Q_1 \leq 7$	丙	有點混濁-很混濁
$3 \leq Q_1 \leq 4$	丁	很混濁

表 2-6 港區水體嗅覺感受滿意度水質指標分級表

嗅覺累積點數區間	嗅覺感受滿意度	遊客之嗅覺感受
$11 \leq Q_2 \leq 12$	甲	無臭味
$8 \leq Q_2 \leq 10$	乙	有臭味，尚可接受
$5 \leq Q_2 \leq 7$	丙	有點臭
$3 \leq Q_2 \leq 4$	丁	很臭

雖然視覺感受與嗅覺感受是互相獨立的兩種不同水質評估，但有時在實際觀光遊憩的應用上，我們對水質是否滿意，必須將視覺嗅覺一起考量，否則無法做政策上的抉擇。因此有必要將上述的視覺標準與嗅覺標準兩個加以整合。若要使視覺和嗅覺的要求同時被接受，則須採取兩者之中較高標準的一方作為標準，例如溶氧採取嗅覺標準，總磷也一樣採取嗅覺標準。依此將表 2-3 與表 2-4 合併成表 2-7。對整合的滿意度水質標準亦需做出對應的水質指標分級，如表 2-8 所示，其累積點數以 Q_3 表示。

表 2-7 港區水體感受滿意度水質標準

感受滿意度 水質項目	I	II	III	IV
溶氧(DO)	6.5 以上	4.5~6.5	4.0~4.5	4.0 以下
透明度(SD)	1.0 以上	0.65~1.0	0.25~0.65	0.25 以下
氨氮(NH ₃ -N)	0.5 以下	0.5~0.7	0.7~0.85	0.85 以上
總磷(TP)	0.3 以下	0.3~0.65	0.65~1.0	1.0 以上
感受滿意度點數	4	3	2	1

表 2-8 港區水體感受滿意度水質指標分級

累積點數區間	感受滿意度等級	遊客的感受度
$15 \leq Q_3 \leq 16$	甲	優良
$12 \leq Q_3 \leq 14$	乙	尚可
$9 \leq Q_3 \leq 11$	丙	普通
$6 \leq Q_3 \leq 8$	丁	欠佳
$4 \leq Q_3 \leq 5$	戊	劣質

2.2.3 生態性水質評估

以往水質調查結果，往往是檢測出調查時當下的水質狀況，然而港區水質會因為氣溫、潮汐等變化的影響而有所改變，所以以往的水質調查無法具備長期的代表性。相較上浮游動物的生存需有較長的時間週期，故浮游動物的存在與否，較可反映出長期的水質狀態。

根據「港區浮游動物指標生物及其水質評估之相關研究」(陳奐辰, 2010)的研究論文指出，港區水體檢測之浮游動物，以能夠滿足「伴隨物屬豐富性」與「具有經濟性價值的浮游動物」兩項原則，依其設定的條件作為指標生物。依據高雄港務局於民國 96 年與 97 年對浮游動物調查的結果進行伴隨物屬豐富性的分析後，遴選出的代表性指標生物以有孔蟲、海桶、櫛水母、口足類幼生及鉢水母這五屬為主；而具有經濟性價值的魚、蝦、蟹及貝類在生殖期時通常會到特定水域產卵，所產下的幼卵大多屬於浮游動物，若分析這些浮游性幼卵的變異，則能了解海域環境因素的改變，因此再從浮游動物的調查資料中挑選出魚卵、仔稚魚、無節幼體、貝類幼生及蟹類幼生五項作為指標生物的代表。其餘港區(基隆、台北、台中、花蓮)之指標動物的挑選詳見港灣生態景觀營造規劃設計(2/4)期末報告 2.2 節，而浮游生物之調查方法請參照前節內容所述。

以高雄港務局提供之資料為例，依照「伴隨物屬豐富度」及「具有經濟性價值的浮游動物」兩種方法所選出的十項指標生物與其出現時的水質環境做適合度分析，找出適合浮游動物生存的最佳水域環境，如表 2-9 所示。其因子為水溫(°C)、氫離子濃度指數(pH)、溶氧量(DO)、生化需氧量(BOD₅)、懸浮固體(SS)、亞硝酸鹽(NO₂)、硝酸鹽(NO₃)、總磷(TP)及氨氮(NH₃-N)九項。

表 2-9 浮游動物最佳水域環境

水質因子	遴選方法	適合度區間	最佳水域環境
水溫 (單位：°C)	伴隨物屬豐富度	24.7~27.1	24.9~27.1
	經濟價值之浮游動物	24.9~31.2	
氫離子濃度指數	伴隨物屬豐富度	8.27~8.37	8.27~8.35
	經濟價值之浮游動物	7.54~8.35	
溶氧量 (單位：mg/L)	伴隨物屬豐富度	6.25~7.15	6.25 以上
	經濟價值之浮游動物	2.38~6.94	
生化需氧量 (單位：mg/L)	伴隨物屬豐富度	0.2~1.3	1.3 以下
	經濟價值之浮游動物	0.5~3.5	
懸浮固體 (單位：mg/L)	伴隨物屬豐富度	0.36~4.61	4.61 以下
	經濟價值之浮游動物	4.9~8.1	
亞硝酸鹽 (單位：mg/L)	伴隨物屬豐富度	0.005~0.024	0.024 以下
	經濟價值之浮游動物	0.018~0.17	
硝酸鹽 (單位：mg/L)	伴隨物屬豐富度	0.036~0.108	0.108 以下
	經濟價值之浮游動物	0.036~0.727	
總磷 (單位：mg/L)	伴隨物屬豐富度	0.005~0.089	0.089 以下
	經濟價值之浮游動物	0.036~0.163	
氨氮 (單位：mg/L)	伴隨物屬豐富度	0.005~0.093	0.093 以下
	經濟價值之浮游動物	0.054~0.59	

浮游生物乃水域生產力的基礎，在水域生態系的食物網中佔有重要地位，維繫浮游生物的生存環境，必能增加港區水域的物種豐富度。此水質評估方式於未來可在不妨礙港區作業下，以浮游動物做為指標生物依照表 2-9 的最佳水域環境標準來進行水質的改善，以期增加港區水域的生物多樣性。

2.3 港內污水排放標準

2.3.1 船舶排放水管制標準

近年來，外來種侵襲事件頻傳，大多歸因於國際貿易的發展人為活動增加，因而加快物種散播至其他區域(Mack and Lonsdale, 2001)。

全球 80%~90%的貿易是經由海洋所運送，海運為全球經濟流通的主要關鍵，在船舶運輸的同時，每年也運送大約 30 至 50 億噸的壓艙水(IMO, 2008)。因壓艙水含有許多散佈在各區域中的多種生物(Harvey et al., 1999)，許多生物具有浮游體的生命週期，以至於能透過壓艙水而傳遞。由此可知，航運運輸量的變化與全球壓艙水運送量彼此相互影響，而世界各地的海洋環境也因航運運輸量的成長使得受生物侵襲威脅可能性增加。

壓艙水的無控制排放，會對海洋生態系、公眾健康與社會經濟造成危害。全球環保基金組織(GEF)已將船舶壓艙水引起的外來物種入侵問題，列為海洋四大危害之一。為了更有效的控制船舶壓艙水傳播有害水生物和病原體，國際海事組織(IMO)於 2004 年通過了《國際船舶壓艙水和沉積物控管公約》。其公約內之附則技術條款 D 部分中，將船舶壓艙水處理標準分為 D-1 與 D-2 兩標準。

D-1 標準為壓艙水置換標準，要求船舶壓艙水置換達到其所載壓艙水量的 95%的置換率，或注入排出壓載艙三倍容積的水量。D-2 標準為壓艙水達標標準，對單位體積內存活為生物和病原體的數量進行了詳細規定，如下表 2-10 所示。

表 2-10 壓艙水處理 D-2 標準

生物類型 Organism Type	標準 Required Regulation
最小尺寸 $\geq 50\mu\text{m}$ 的存活生物 Organisms, $\geq 50\mu\text{m}$ minimum dimension	少於 10 個/ m^3 <10cells/ m^3
最小尺寸 $< 50\mu\text{m}$ 且 $\geq 10\mu\text{m}$ 的存活生物 Organisms, $< 50\mu\text{m}$ and $\geq 10\mu\text{m}$ minimum dimension	少於 10 個/ cm^3 <10cells/ cm^3
有毒霍亂弧菌(O1 和 O139) Toxicogenic <i>Vibrio cholerae</i> (serotypes O1 and O39)	少於 1cfu/100ml 或小於 1cfu/g 浮游動物樣品(濕重) <1cfu/100ml, or <1cfu/g(wet weight) of zooplankton samples
大腸桿菌 <i>Escherichia coli</i>	少於 250cfu/100ml <250cfu/100ml

腸道球菌 Intestinal Enterococci	少於 100cfu/100ml <100cfu/100ml
--------------------------------	----------------------------------

此外，公約中對於船舶壓艙水的容量亦進行規範管制，如表 2-11 所述，具體要求如下：

1. 對現有船舶

於 2009 年以前建造、壓艙水容量在 1500m³~5000m³ 之間的船舶，在 2014 年之前，其壓艙水管理至少要滿足壓艙水置換標準(D-1)或壓艙水達標標準(D-2)，2014 年以後，應滿足壓艙水達標標準(D-2)；2009 年以前建造、壓艙水容量小於 1500m³ 或大於 5000m³ 的船舶，在 2016 年之前，其壓艙水之管理至少要滿足壓艙水置換標準(D-1)或壓艙水達標標準(D-2)，2017 年以後，應滿足壓艙水達標標準(D-2)。

2. 對新造船舶

2009 年及以後建造、壓艙水容量小於 5000m³ 的船舶，其壓艙水管理應至少滿足壓艙水達標標準(D-2)；2009 年至 2012 年期間建造、壓艙水容量大於等於 5000m³ 之船舶，從 2016 年開始，其壓艙水管理至少滿足壓艙水達標標準(D-2)；2012 年及以後建造、壓艙水容量大於等於 5000m³ 的船舶，其壓艙水管理至少要滿足壓艙水達標標準(D-2)。

表 2-11 船舶壓艙水管理實施期程

船舶類型 Ship Type	建造年代 Year of ship Building	壓載能力 m ³ Ballast Capacity	執行標準 Performance Standard	執行日期 Implement Date
現有船舶 Existing Ships	<2009	<1500	D-1/D-2	≤2016
			D-2	2017
		1500~5000	D-1/D-2	≤2014
			D-2	2015
		>5000	D-1/D-2	≤2016
			D-2	2017
新造船舶	≥2009	<5000	D-2	2009

New Ships	2009~2011	≥ 5000	D-1/D-2	≤ 2016
			D-2	2017
	≥ 2012	≥ 5000	D-2	2012

(D-1：壓艙水置換標準；D-2：壓艙水處理標準)

從上可知，現有船舶及新船在滿足 D-2 以前，可以按 IMO 指南的要求，在深海置換壓艙水；寬限期限之後相應船舶必須滿足 D-2。因此，船舶需安裝經檢驗發證的壓艙水處理系統，並持有國際壓艙水管理證書和配備壓艙水管理手冊。

2.3.2 陸地污水排放管制標準

陸地污水排放入海，應以中華民國九十二年十二月十七日行政院環境保護署環署水字第○九二○○八九九五七號之海洋放流水標準為依據，其適用對象為符合事業水污染防治措施管理辦法規定，污水以管線輸送排放於離開海岸之海洋之事業或污水下水道系統。

將污染源排放的污水分作兩類，以執行水質標準的規範。第一類污染源是指事業或污水下水道系統於 83 年 7 月 13 日後始設置或納入海洋放流管線排放污水於海洋，或於 83 年 7 月 13 日前已以海洋放流管線排放污水於海洋，而未於 84 年 1 月 13 日內檢具改善工程計畫書向中央主管機關報備者；第二類污染源系指事業或污水下水道系統於 83 年 7 月 13 日前已以海洋放流管線排放污水於海洋，且於 84 年 1 月 13 日內檢具改善工程計畫書向中央主管機關報備者。相關之放流水水質標準應符合表 2-12 至表 2-15。

表 2-12 甲類海域放流水標準(一)

適用區域	施行日期	項目	限值
甲類海域	第一類、第二類污染源：自 83 年 7 月 13 日施行	氫離子濃度指數	5.0~9.0
		生化需氧量	400
		化學需氧量	600
		懸浮固體	400
		大腸桿菌群	20000000
		總油脂	100
		酚類	5
		砷	5
		鎘	1
		總鉻	2
		銅	2
		鉛	5
		總汞	0.1
		鋅	4
		鎳	1
放流口水溫	42		

表 2-13 甲類海域放流水標準(二)

適用區域	施行日期	項目	限值
甲類海域	第一類污染源：自 84 年 1 月 14 日施行 第二類污染源：自 86 年 7 月 14 日施行	氫離子濃度指數	5.0~9.0
		生化需氧量	100
		化學需氧量	200
		懸浮固體	100
		大腸桿菌群	5000000
		總油脂	20
		酚類	1
		氰化物	1
		砷	3
		鎘	0.5
		總鉻	2
		銅	2
		鉛	5
		總汞	0.1
		鋅	4
		鎳	1
		殘餘氯量	1
放流口水溫	42		

表 2-14 乙類海域放流水標準(1)

適用區域	施行日期	項目	限值
乙類海域	第一類、第二類污染源：自 83 年 7 月 13 日施行	氫離子濃度指數	5.0~9.0
		生化需氧量	600
		化學需氧量	900
		懸浮固體	600
		大腸桿菌群	30000000
		總油脂	100
		酚類	5
		氰化物	10
		砷	5
		鎘	1
		總鉻	5
		銅	2
		鉛	10
		總汞	0.2
		鋅	4
		鎳	3
放流口水溫	42		

表 2-15 乙類海域放流水標準(2)

適用區域	施行日期	項目	限值
乙類海域	第一類污染源：自 84 年 1 月 14 日施行 第二類污染源：自 86 年 7 月 14 日施行	氫離子濃度指數	6.0~9.0
		生化需氧量	150
		化學需氧量	300
		懸浮固體	150
		大腸桿菌群	10000000
		總油脂	20
		酚類	1
		氰化物	1
		砷	3
		鎘	0.5
		總鉻	2
		銅	2
		鉛	5
		總汞	0.1
		鋅	4
		鎳	1
		殘餘氯量	2
		放流口水溫	42

表中之限值，除氫離子濃度指數為可容許之無單位數值範圍以外，其餘均為最大限值，單位如下：

- (1) 大腸桿菌：每一百毫升水樣在濾膜上所產生之菌落數(cfu/100ml)。
- (2) 溫度：攝氏度(°C)。
- (3) 其他：毫克/公升(mg/L)。

2.4 國內外商港的港灣水質淨化工作經驗蒐集

2.4.1 日本函館港：配置 A-MHA 進行港灣水質改善(佐藤侑亮等，2009)

身為國際漁業與海洋綜合研究中心的函館市，目前計畫將舊有函館船塢進行改造再利用，故正進行「函館國內水產・未來海洋都市」的規劃，並且希望將舊函館船塢與其周邊水域的海洋休閒設施也能一併發展。但舊函館船塢經長年的使用，港內海水水質早已惡化，若想要成為讓大眾休憩使用的海岸，水質淨化的工作是不可或缺的。

為了改善函館港水域的水質，以低成本的方式取用大量的外海海水進入港區，直接利用外海海水與港區內的海水進行交換，其方法最為有效，如此一來，改善水質的海水交換系統成為必要條件。故利用函館港內的溫泉水與海水的溫度差來驅動自動化金屬氫化物驅動器 (Automatically - Metal Hydride Actuator：以下簡稱 A-MHA)，使其能取用外海海水進行海水交換。但選擇 A-MHA 在港區設置的位置，是達成港區水質淨化最大的一門課題，必須經過水質的觀測、相關的數值模擬分析，使港外水域與港灣周邊海域水質的環境負荷影響在最小限度內，這樣才能確立 A-MHA 對港內水質改善效果最佳的位置，調查範圍如圖 2.1 所示。

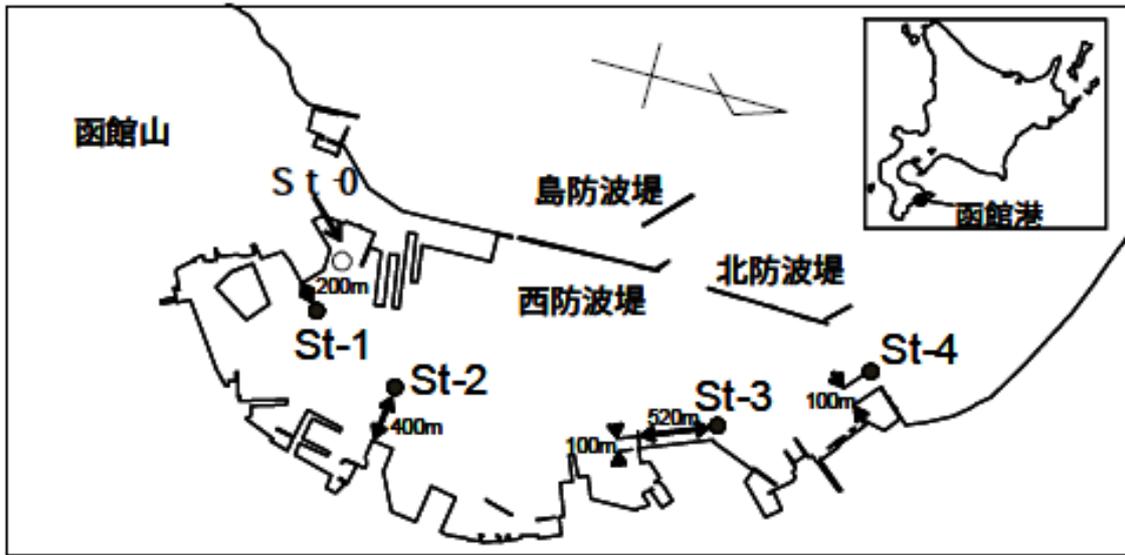


圖 2.1 水域調查範圍

進行水質調查後發現，由於影響水質的總磷(TP)、總氮(TN)和其他營養鹽類的濃度在圖 2.1 中的 St-1 和 St-4 的結果幾乎相同，再參考圖 2.2 港區周邊海域殘差流的流向圖後，可大致推測這些物質幾乎是由 St-4 的位置流入函館港後，即滯留在港內。再追溯其源由發現，函館港的東北側有一河川，其上游區域已發展成農場，並連接著富含營養鹽的湖泊，故大大影響了港內水質的優劣。因此未來 A-MHA 儀器的設立位置應在港區的西側，才能直接對滯留在港內的海水進行海水交換。A-MHA 儀器設置在西側的詳細位置，必須經過數值模擬演算後方可確認。

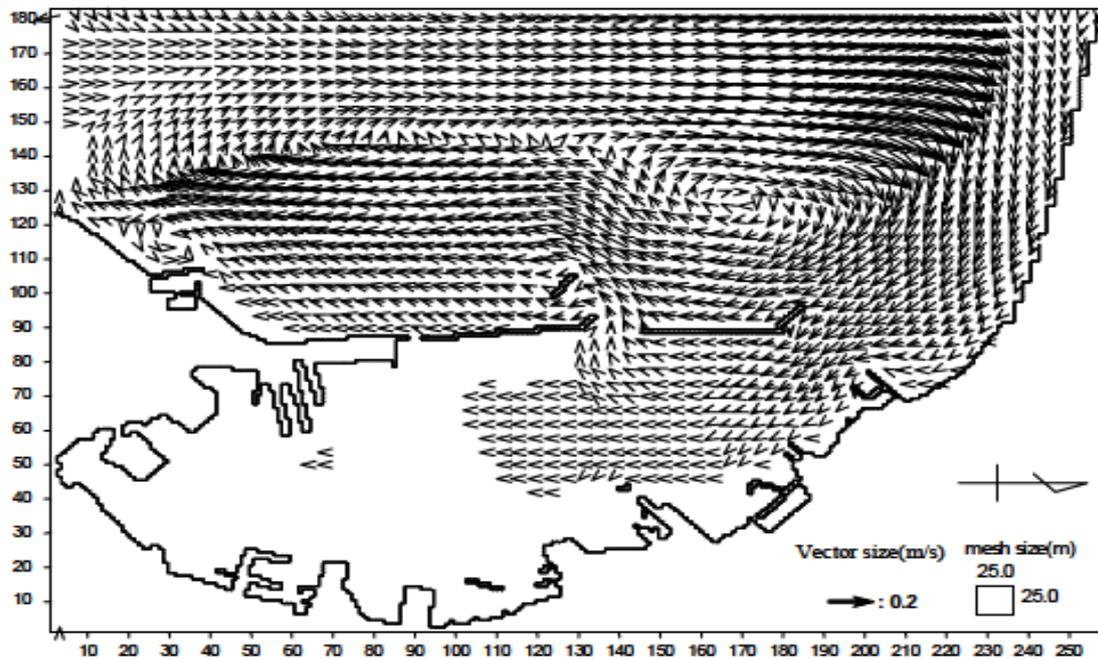


圖 2.2 殘差流流向圖

2.4.2 東京灣橫濱港：牡蠣淨化水質的日本號船塢(水尾寬己等，2008)

東京灣橫濱港的水質，因汙水處理廠依規定排出淨化後的汙水，故於 1970 年底開始水質有明顯的改善。雖然水質開始好轉，但從 1990 年起，平均每年的春季至秋季都有赤潮的情形發生。當赤潮發生的時候，與橫濱港水體相通的日本號船塢(ドック)卻不會發生赤潮的現象，即便有也只出現在船塢外(ドック外)，後來調查發現，由於船塢內(ドック内)結構體的岸壁上附著了大量的牡蠣類軟體生物，對於引發赤潮現象的汙染物質達到清除的效果，因此在船塢內並不會發生赤潮的現象，勘查位置如圖 2.3 所示。



図1 調査地点

圖 2.3 橫濱港與日本號船塢

經過幾次的調查與研究，發現在水溫低的冬季船塢內外的海水透明度皆良好，並無赤潮的現象。但到了水溫較高的春季至秋季，船塢外發生赤潮情況變多，而船塢外海水透明度約 1.5m，但在此情況下，船塢內依舊未發生赤潮，船塢內海水透明度可至 5m 以上。海水溶氧(DO)方面，當由浮游藻類引起的赤潮現象發生時，經葉綠素 a 行光合作用，使船塢外海水的溶氧(DO)有過飽和現象，而船塢內卻因附著了大量的牡蠣消耗氧氣，故將海水的溶氧(DO)降低。

為了解上述的情況，於是利用船塢內的牡蠣進行了兩次的水質淨化試驗。第一次實驗採用鹽度 25psu、溫度 25°C，其中優勢種浮游藻類為小型渦鞭毛藻的赤潮海水，取 4 個牡蠣進行 2 小時的試驗，結果發現葉綠素 a 的濃度從 77 $\mu\text{g/L}$ 降至 3 $\mu\text{g/L}$ ，濁度由 8 降至 1，溶氧(DO)則因牡蠣的呼吸作用與葉綠素的減少也隨之下降。第二次實驗採用鹽度 23psu、溫度 25°C，起始葉綠素 a 的濃度為 600 $\mu\text{g/L}$ 、濁度 19、優勢

種浮游藻類為異彎藻的赤潮海水，並取用牡蠣和貽籠貝 2 種軟體生物同樣進行 2 小時的試驗，實驗結果牡蠣區的葉綠素 a 濃度降至 6.7 $\mu\text{g/L}$ 、濁度降至 3，而貽籠貝區的葉綠素 a 濃度降至 116 $\mu\text{g/L}$ 、濁度降至 7.3，兩者比較下牡蠣的淨化效果較佳。經過實驗計算後，推估日本號船塢內的牡蠣淨化能力約每個 0.075mg/hr。

今後如想減少橫濱港港區赤潮現象的發生，削減流入東京灣內的營養鹽類物質的負荷量是必要的工作，且利用覆沙與浚渫的方式有效的改善底質，才能維持沙灘、淺水區域的生物多樣性。如果發生赤潮的情況無法迴避，將可在港灣周邊局部規劃成附有生物生存的潮汐池，讓港內海水能夠隨潮汐的變化，在潮汐池內獲得生態性的水質淨化功能，以達成未來改善港灣水質的目的。

2.4.3 香港維多利亞港：淨化海港計畫(香港渠務署，2009)

維多利亞港(簡稱維港)是位於香港的香港島與九龍半島之間的海港，由於港闊水深，為一天然良港。但維港水質曾被長年忽視，尤其在 1970 年代香港工業起飛後，港內水質汙染情形更趨惡化。故在 1989 年，香港政府開始計劃把全港的污水收集、集中處理、淨化，並把經處理的污水排至公海，希望長期維持減少污水對香港水域的污染，以改善維多利亞港的水質，使其能達到再辦渡海泳的水質標準，此計畫即為現今的淨化海港計畫(前稱策略性污水排放計畫)。

淨化海港計畫分為兩期，第一期工程於 1994 年動工，2001 年已全面運作，共耗資 82 億港元。其工程項目包含：

- (1) 平均深度 100 公尺、長 23.6 公里的深層隧道系統。
- (2) 長 1.7 公里、直徑 5 公尺的污水排放管。
- (3) 長 1.2 公里的擴散管道。

(4) 昂船洲污水處理廠進行中央化學輔助一級污水處理。

第一期工程將來自將軍澳、觀塘至九龍灣一帶、整個九龍半島、葵涌、荃灣、青衣、柴灣和筲箕灣的污水進行化學強化一級處理後，通過昂船洲污水處理廠的海底污水排放管排入維港西部，其計畫的分佈範圍如圖 2.4 所示。



圖 2.4 淨化海港計畫第一期範圍分佈圖

當第一期計畫落成後，昂船洲污水處理廠每日能處理 140 萬公噸的污水，450 萬的市民受惠於此計畫。且維港港區的海水溶氧平均增加 10%，為海洋生態帶來益處，氨含量下降 25%，無機氮及磷的總量分別下降 16%和 36%，以及致病微生物指標的大腸桿菌整體含量下降約 50%，每日可截除 600 公噸污泥流入維港，由此可見海港水質已獲得有效的改善。

第二期工程又分兩個階段，分別稱為第二期甲和第二期乙，第二期甲工程正全速進行中，此階段的工程在未來將處理源自香港島北部以及西南部 45 萬公噸的污水，計畫範圍如圖 2.5 所示。其工程項目包含：

- (1) 全長約 21 公里的深層隧道系統。
- (2) 改善香港島北部和西部的八座基本污水處理場。
- (3) 提高現在昂船洲污水處理廠化學處理污水的能力，由目前的 170 萬公噸負荷量提升至每日 245 萬公噸，並增設前期消毒措施以去除污水中的細菌。

前期消毒設施工程在 2008 年 4 月展開，並已完工及如期在 2009 年年底投入運作。



圖 2.5 淨化海港計畫第二期甲範圍分佈圖

第二期甲的相關工程已於 2009 年 7 月陸續展開，污水輸送系統的建造工程、昂船洲污水處理廠的擴建、改善工程以及初級污水處理廠的改善工程現正全面進行中。預計此期工程對維港水質造成的效益可讓港區海水溶氧量再增加 5%，氨含量平均進一步下降 10%，無機氮及磷的總量分別再下降 5%及 8%，而大腸桿菌整體含量減少 90%。預期

整個淨化海港計劃第二期甲會在 2014 年至 2015 年度前投入運作，以求未來能長遠改善維多利亞港的水質。

為了促進海港地區長遠的可持續發展，第二期乙的計畫是將在昂船洲污水處理廠附近增建生物二級污水處理設施，為所有經「淨化海港計畫」收集的污水提供生物處理，以進一步改善維港的水質。於 2010 年至 2011 年期間，香港政府已為第二期乙的計畫進行檢討，以決定其落實時間表。

2.4.4 高雄港：港區水質管理之研究(謝依潔，2009)

為了達到高雄港規劃和港域內環境水質提升以滿足民眾觀光遊憩和永續經營規劃的需求，藉由高雄港的空間利用分佈型態和環境發展比較來探討目前問題和管理不足的地方，分析評估需要改善的部分，提供良善的定位和建議，以達永續環境發展的港市和諧空間。方法上使用海岸管理概念為背景架構，在時間空間上作探討，探討高雄港域內水質環境與發展之間的關係，提供解決方式或策略，作為港域水質管理的方針、定位或方向。

高雄港域範圍分為水域和陸域兩部分，如圖 2.6 所示，紅色線為高雄港陸域範圍，黃色區塊為商港陸域範圍，而水域範圍分為港內水域和港外水域，此所要討論的為港內水域部分。圖中的紅色標點，為港內水域水質監測站位置，分別為愛河口、五號船渠口、旗津漁港口、前鎮河口、前鎮漁港口、中船中鋼中油與中油大林廠前交會航道(近鹽水港溪口)、二港口外港左側台電焦煤輸送帶旁海域，共 7 站。



圖 2.6 高雄港域內水質管理探討範圍與測站位置圖

經由污染物(以多環芳香化合物為檢測代表)監測與調查後發現，港內水域的污染情形，在空間分佈上有顯著的差異。驗證後發現，前鎮河口、愛河口及五號船渠口等河川所夾帶上游之工業廢水、家庭汗水的污染物，沉積在河川出海口附近，因此污染情形明顯偏高；再參照高雄市海洋局，委由亞太環境科技股份有限公司所建立各測站的風向水流玫瑰圖，以及港域波流模擬資料進行比對後，更確立了港區的污染源頭。而對於管理者來說，除了藉由歷年港域內水質相關文獻和環境監測數據的累積，找出影響水質不佳的可能因素和源頭外，最重要的就是需因應港區內的規劃情況，不斷調整出合適港域發展目標之定位和水質管理策略。

目前高雄港水質管理上遇到下列幾點問題：

1. 港區多元利用經營之環境與水質管理問題

港區包括商港、多功能漁港、工業專用港、親水遊憩區等等，如此多元的開發型態下，產生對於水質的管理和需求不一之問題。

2. 未綜合管理衍生權責混亂之情形

由於各區域對水質環境的需求不同，管轄單位與範圍不同，因而有三不管地帶或重疊管區的情況發生，明顯欠缺規劃。

3. 港區使用者和水質管理認知之差異

科學家、管理者與民眾對於水質上的考量，因領域層面不盡相同，造成多類別的水質需求，概略劃分如表 2-16 所示。

表 2-16 使用者種類劃分表

海岸成員	粗略概分I	粗略概分II	類別劃分
海洋自然科學家	專業研究領域劃分	生命資源方面	m 種劃分類別
		物理方面	
		化學方面	
社會科學家	專業研究領域劃分	歷史考古方面	n 種劃分類別
		地理人文方面	
		政治法律方面	
執政決策者	執政決策領域劃分	國家型態方面	p 種劃分類別
		政黨類別方面	
		個人背景素養方面	
民眾	工作行業領域劃分	民眾方面	q 種劃分類別
		權益者方面	

4. 資料庫建置之需求上的缺失

管理者與科學家所建立的文獻和研究之間存在一些問題，如數據圖形尺規不一、文獻老舊不符或者數據出現遺漏等等狀況。

從上述四點可以看出，皆因各方對高雄港區水質的定位不同而產生多種認知差異，又因在管理上缺乏整合和規劃而導致「各說各話」的現象發生。以下針對這些現況提出相因應的改善對策：

1. 依經營型態及污染來源作為區分依據

多元化港區內，不同經營型態建構各自水質管理對策，例如：

- A. 石化區管理之對策
- B. 集中管理
- C. 建構意外事故規範及處理機制
- D. 海域工程污染控制
- E. 船舶排放污染之管制
- F. 鹽水港溪區域排水監治
- G. 親水遊憩商業區管理對策
- H. 硬體方面納入污水整治區
- I. 軟體方面建構遊憩區污水管理機制
- J. 整合水岸環境管理
- K. 建置監測系統和資料

2. 水質管理共識之形成為改善對策

高雄港區多元利用分佈下，所屬管轄單位歧異，提出相關管轄機關作為軸心倫的統籌，經過各管轄單位的相互溝通同協調之循環，以達和諧狀態。各相關單位以多次討論會議形式，解決轄區和權責問題且獲得共識，如此得以達到和諧永續的狀態。

3. 上階目標策略之管理導向

可參照國立台灣工業技術學院的盧希鵬對管理、資訊、系統發展三項提出的看法，利用三者形成一個完善的管理機制。「管理」的焦點著重於實用性與方便性，強調報表或資訊的設計上一目了然；「資訊」則以資料庫的管理為出發點，並注重資料的完整性和正確性；

「系統發展」即是一連串邏輯性的系統分析、設計、實施。

4. 建置符合使用者之資料庫

資料庫建置住要為使用這不同而建置。對於管理者的需求為專業科學研究成果建立後，提供作為下游管理參考比較依據，因此在資料庫方面需要格式標準統一化；對於民眾來說，需提供簡易明瞭的資訊介面平台，讓民眾明白目前水質狀況及應遵守的相關規範；至於科學家對數據的需求較為專業，故在數據上的供給應較為深入。因此，水質資料庫建立須符合使用類型的不同而改善劃分。

海岸管理的特性，其本身是一概念管理學的發展，並非像數值科學可精準估算和預測。因此在管理上只要能達到統合港區內各單位部門和諧的永續運作，科學資料研究成果的建立完善，相關法規作為主要依據，對於港內水質定能經由管理手法獲得改善。

2.5 國內重要商港水質調查項目蒐羅

國內重要港口均定期進行監測工作，目前可獲得的高雄港、台中港以及基隆港三大商港之水質及水中生態歷年資料內容，如下表 2-17 所示。

表 2-17 歷年資料項目表

項目	高雄港	台中港	基隆港
水質項目	水溫、pH、DO、BOD、氯鹽、SS、清潔劑、酚類、油酯、礦物性油脂、大腸菌數、亞硝酸鹽、硝酸鹽、磷酸鹽、總磷、氮氮、六價鉻、總鉻、銅、鎘、鋅、汞、鉛、鐵、砷、硒、銀、錳、	水溫、pH、DO、BOD、SS、大腸菌數、硝酸鹽氮、有機氮、總磷、氮氮、六價鉻、銅、鎘、鋅、汞、鉛、砷、硒、銀、錳	流速、流向、透明度、水溫、鹽度、pH、DO、SS、BOD、大腸桿菌群、氮氮、硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽、矽酸鹽、總磷、氰化物、酚類、礦物性油脂、六價鉻、銅、鎘、鋅、汞、

項目	高雄港	台中港	基隆港
	總酸度、總鹼度、氰化物		鉛、砷、硒、銀、錳
生態項目	浮游動物、浮游植物、底棲生物	浮游動物、浮游植物、底棲生物、魚類	浮游動物、浮游植物、底棲生物
年份	民國 82 年 至民國 97 年	民國 92 年 至民國 97 年	民國 95 年
資料來源	高雄港務局	台中港務局	基隆港務局

交通部運輸研究所之「港灣生態景觀營造規劃設計」計劃，近年對國內五大商港(基隆港、台北港、台中港、高雄港及花蓮港)進行水質調查，其水質及水中生態調查項目之資料內容，如表 2-18 所示。

表 2-18 五大商港水質調查項目表

地點	時間	水質項目	生態項目
基隆港	民國 98 年 8 月	水溫、鹽度、溶氧、酸鹼度、導電度、透明度、濁度、BOD、COD、氨氮、總磷、硝酸鹽、懸浮固體量、流速	浮游動物、浮游植物
台北港	民國 99 年 4 月	水溫、鹽度、溶氧、酸鹼度、導電度、透明度、濁度、BOD、COD、氨氮、總磷、硝酸鹽、懸浮固體量、礦物性油脂	浮游動物、浮游植物
台中港	民國 99 年 4 月	水溫、鹽度、溶氧、酸鹼度、導電度、透明度、濁度、BOD、COD、氨氮、總磷、硝酸鹽、懸浮固體量	浮游動物、浮游植物
高雄港	民國 98 年 3 月 民國 98 年 6 月	水溫、鹽度、溶氧、酸鹼度、導電度、透明度、濁度、BOD、COD、氨氮、總磷、硝酸鹽、	浮游動物、浮游植物

		懸浮固體量	
花蓮港	民國 98 年 5 月	水溫、鹽度、溶氧、酸鹼度、 導電度、透明度、濁度、BOD、 COD、氨氮、總磷、硝酸鹽、 懸浮固體量	-
	民國 98 年 9 月		浮游動物、浮游植物

第三章 港灣生態環境調查與評估

3.1 港灣水域生態環境調查

水中魚類因移動容易緣故致調查工作困難，調查結果不確定性高，做為目標生物的方便性不如生活地點固定性較高的附著生物、底棲生物或浮游生物。在港灣內因水深大且多直立護岸，底棲生物和附著生物的存在不明顯，因此本參考手冊建議以浮游生物作為生態評估的對象。

3.1.1 浮游生物調查

浮游生物可分為浮游動物和浮游植物兩大類，而生存的水域環境的優劣，決定了浮游生物的種類及數量，一般而言水域水質良好的水體，浮游生物之物種愈豐富，數量也愈多。其中的浮游植物係指懸浮於水中的微小藻類植物，其經由光合作用後將無機物轉換成為新的有機化合物，啟動了水體食物鏈，為水域環境中的初級生產者。而後再被浮游動物捕食，將能量傳遞至更高一層的營養階層。浮游動物是許多小型魚蝦類的飼餌，小型魚蝦類又是其他海洋動物的食物，進而影響附近海域生物資源的榮枯。由此了解調查浮游生物之物種數，便能進一步得知水體品質的好壞。

3.1.2 調查項目

調查項目主要分成浮游植物、浮游動物與水質三大項。以下列舉出此三項之代表性的項目，並針對舉出之項目說明其在水體中代表的意義與影響。

1. 浮游植物代表性項目

浮游植物(phytoplankton)係指所有在水中營浮游生活方式的微小植物，大多數是單細胞藻類。浮游植物生長週期短，為水域生態系中最重要的初級生產者，而海洋中絕大多數的生物，都依賴浮游植物行光合作用的生產力而生存。浮游植物主要分為矽藻、渦鞭毛藻、鈣板金藻及藍綠藻四大類，分述說明如下：

(1) 矽藻

矽藻在海洋中是數量最多的浮游植物，它們具有矽質外殼，呈透明狀，殼的表面有許多小孔，是用來與外界環境溝通的通道。矽藻除了漂浮在海水表層之外，有些矽藻生長在底質表面，它們附著在淺海的岩石、沙粒或植物葉片的表面，這些矽藻通常具有爬行能力，有些生活在沙灘上的矽藻，平常藏匿在沙粒底下，當它們一起爬到沙灘表面曬太陽時，常常會使沙灘的顏色為之改變。當矽藻死亡後，它們的空殼就會沉降到海底，經年累月下來，就堆積成厚厚的一層，形成矽藻土或矽質軟泥。

(2) 渦鞭藻

渦鞭藻亦具有外殼，其外殼為纖維素構成，具有許多動物的特徵。有些種類的渦鞭藻體內甚至完全不含葉綠素，也不會行光合作用，而是靠捕捉水中的小生物為食，即使是一些具有葉綠素的種類，也可能會補食其他小生物，而具有自營和異營兩種營養來源。

在營養鹽充足又風平浪靜的海灣裡，渦鞭藻常常會大量繁殖，聚集在一起，使海水的顏色變成紅色或褐色，這種現象即是所謂的「紅潮」或「藻華」。當紅潮發生時，往往伴隨著一些會產生毒素的渦鞭藻種類大量生長，毒素會被濾食生物(如貝類)經由攝食而累積在體內，若人食用這些含有毒素的魚類或貝類，就會引發中毒，由於這些渦鞭藻所含的毒素會引起神經麻痺，因此稱為「麻痺性貝毒」。

(3) 鈣板金藻

鈣板金藻是特殊的海洋浮游植物，它們的體型很小，可是細胞表面卻覆蓋著碳酸鈣組成的骨片，不同種類之間，骨片的形態和花紋千變萬化。鈣板金藻死亡之後，外殼沉降到海底，成為海底鈣質軟泥的主要成分之一，而海底沉積物中，鈣板金藻的超微化石，則成為地質學家重建古海洋環境的重要證據之一。

(4) 藍綠藻

藍綠菌又稱藍綠藻，是海洋中的重要浮游植物，它們以單細胞或連成一串的方式存在於海水中，在熱帶沿岸或大洋水域中，可能有很高的密度，一公升往往含有高達百萬個藍綠菌細胞，在全球海洋的生產力中佔重要地位。它們能吸收海洋中溶解的氮氣行固氮作用，轉換成銨離子(NH₄⁺)，提供給其他藻類利用，因此在氮鹽貧瘠的海域裡，藍綠藻為非常重要的角色。

2. 浮游動物代表性項目

海洋魚類及各種海洋動物皆是以海洋中浮游生物為食物，海洋浮游生物是海洋生物重要的組成。浮游生物數量龐大、種類繁多，在物種的認定上必須有專業的鑑定。除非有特別的稀有珍貴物種外，一般以具有直接或間接水產經濟價值，即魚貝類幼生或可做海洋動物的食物者，為生態價值高低的判斷依據。在此以高雄港區為例舉出 5 種具有經濟性價值的浮游動物：

(1) 海桶

為大型海洋膠體性浮游動物，屬於脊索動物門(Chordata)，尾索亞門(Urochordata)，海樽綱(Thaliacea)；分為三目，分別是燐海桶目(Pyrosomatida)，共有 1 科 8 種(Van Soest, 1981)；全肌目(Dolioida)則有 2 科 20 種(Kruger, 1939; Tokioka and Berner, 1958a, b; Garstang, 1993; Godeaux, 1996)和半肌目(Salpida)共有 1 科 44 種(Madin and

Harbison, 1978)。

Naqvi et al.(2002)於阿拉伯海(Arabian Sea)更經由海水中磷酸鹽和硝酸鹽的變化與溶解有機碳大量的出現，認為半肌目海桶的存在會抑制植物性浮游生物藻華的發生。Yoon et al. (2001)更發現 *Cyclosalpa affinis*, *Salpa fusiformis*, *Iasis zonaria* 與其他兩種未知紐海桶的糞粒有著較翼足類、異足類、磷蝦類和橈足類快的沉降速率，因此半肌目海桶其高生產量及高沉降率的糞粒經常成為較深層浮游生物和底棲生物的能量來源(Wiebe et al., 1979)。此外，由於半肌目海桶有相對較高的組織密度、氮含量、柔軟的身體和無法躲避掠食的特性(Heron et al., 1988)，因此也是其他浮游動物(磷蝦科)、鳥類和魚類(10 目 47 種全球分佈，包含鮭魚、鮭科魚、燈籠魚科和鯤魚)捕食的對象(Kashkina, 1986; Kawaguchi and Takahashi, 1996; Mianzan, 2001, Pakhomov et al., 2002)；半肌目海桶類和橈足類有著片利共生的行為(Perissintto and Pakhomov, 1997)，因此海桶類在海域生態系營養傳遞上亦佔有重要的地位。

(2) 輪蟲類

輪蟲屬於輪形動物門(Rotifera)，單巢綱(Monogonta)；分成三目，分別是簇輪蟲目(Flosculariacea)、膠鞘輪蟲目(Collothecacea)及游泳輪蟲目(Ploima)。輪蟲類是一類微小的浮游動物(體長 0.04 至 2.0 毫米)，在淡水浮游生物中具有相當的重要性。輪蟲類可以當成分解許多大型動物或植物的一個輪環，輪蟲類的主要食物就是這些腐敗的個體，所以能夠幫助自然界來做清潔水質的功夫。

一般新生的魚類或兩生動物類的小幼體，因為口太小所以幾乎沒辦法吃下食物，所以這種像針尖般細微的輪蟲自然而然的可以充作這些新生苗的最佳食物，一般的養殖池也都將輪蟲當做飼養的一項人工食物的來源；所以興起許多專門飼養輪蟲的農家或研究單位，是仔魚重要的食物來源之一，具有一定的經濟意義。

(3) 翼足類

浮游翼足類是海洋浮游動物群聚中重要類群之一，這類群屬於軟體動物門、腹足綱(Gastropoda)、後鰓亞(Opisthobranchia)的翼足目(Pteropoda)，翼足目又分為被殼亞目(Thecosomata)及裸體亞目(Gymnosomata)，前者顧名思義具有外殼，後者無殼且體型較小。被殼亞目又分為真殼部(Euthecosomata)及擬殼部(Pseudothechosomata)，真殼皆具有左旋的外殼，例如蠖螺科(Limacinidae)的種類，明顯呈現真殼翼足類此項重要特徵，而擬殼翼足類的特色為軟體裸露、兩翼合成一肥厚的游泳板。

浮游翼足類廣泛分布於世界各海洋，多數為暖水種，但在高緯度或極區海域有些冷水種數量很多，是為極區海域魚類(如鮠、鬚鯨)重要的餌料來源(Be' and Gilmer, 1977; 張, 1964)。Van der Spoel(1974)指出，有些熱帶及亞熱帶海域浮游翼足類種類及數量頗豐，是許多經濟魚類的餌料，且由於浮游翼足類活動範圍接近大洋表層，易伴隨著海流進入近海，成為良好的暖流指示生物，例如：*Creseis clava* 可作為南海季風指示種(鄒, 1991)，而 *Limacina helicina* 為北極水指標種(張, 1966)；*Cavolinia inflexa* 是加利福尼亞洋流的指示種(Van der Spoel and Heyman, 1983)；海若螺(*Clione limacine*)被作為北方冷水團的指示生物，透過這些指示生物的分布狀況可以瞭解海流流向及水團消長情形(鄭等, 1991)，並可提供水文學的研究參考。另有些浮游翼足類為了攝食會分泌製造出黏液網(mucousweb)，這些分泌物會沉降至海底，在沉降過程中，黏液網附著許多海中的懸浮微粒，形成海雪「Marine snow」，因此也有助於將海表有機物往深海輸送。

(4) 枝角類

枝角類是指節肢動物門(Arthropoda)，甲殼綱(Jiaqiaogang)，鰓足亞綱(Branchiopoda)，雙甲目(Diplostraca)，枝角亞目(Eucladocera)的動物。通稱水蚤。俗稱紅蟲或魚蟲。它與其它甲殼動物不同的特徵是，軀體

包被於兩殼瓣中，體不分節(薄皮溚例外)，頭部具一個大複眼。第二觸角強大為雙肢型，後腹部結構、功能複雜，胸肢 4 至 6 對兼具濾食、呼吸功能。

枝角類大部分是濾食性種類。濾食性枝角類濾食水中微小的粒子，這些粒子包括有生命的酵母菌、細菌、單細胞藻類、原生動物及無生命的有機碎屑，對水體自淨有著重要的功能。枝角類對毒物十分敏感，是汙水毒性試驗的合適物種，同時也可做汙染水體的監測生物。

枝角類大多生活於淡水僅少數產于海洋，一般營浮游生活是水體浮游動物的主要組分。由於枝角類個體不大(體長 0.2 至 10mm。一般 1 至 3mm)、運動速度緩慢及營養豐富可提供經濟性仔魚的營養需求，提高仔魚的存活率，是水產經濟動物幼苗期的重要天然餌料。

(5) 無節幼體

無節幼體為節肢動物門中的甲殼亞門的幼體時期，在海洋和淡水生態系統中甲殼亞門動物，尤其是小的作為浮游動物的甲殼亞門動物，起了一個非常關鍵的作用。它們食用水中的浮游植物，由此控制這些植物的生長。在浮游動物中它們所佔的數量比例最大，同時它們也是其他大的水中動物的直接的或間接的食物。人也直接食用一些甲殼亞門動物(比如蝦、螃蟹和龍蝦等)。甲殼亞門也被用來淨化用水，它們有過濾塵埃、細菌和單細胞生物與結合有毒物質等作用。

3. 水質項目

水質調查項目，可大致分為物理性與化學性。物理性調查項目包括水溫、濁度、鹽度與透明度。化學性調查項目包括酸鹼值、溶氧量、總固體懸浮量、生化需氧量、營養鹽(亞硝酸鹽、硝酸鹽、總磷、氨氮)。每項項目對於影響水體品質所代表的意義，請參照第一章的 1.1.1 小節水質調查項目，在此便不多加贅述。

3.1.3 調查時間與頻率

行政院環境保護署環境檢驗所公告之海洋浮游動物檢測方法提出，為掌握海域生態背景現狀，以確立正常生態背景監測指標體系與生態環境評估的背景值。海洋生態的背景調查，其調查頻率應涵蓋在春、夏、秋、冬四季進行，每次調查之時間應至少相隔一個半月。另外，因為有些浮游動物具趨光或避光的行為，日照強弱會影響其結果，因此須盡量避免此外在因素所造成的影響。

3.1.4 調查樣點設定

生物之種類和個體與其生活環境有著密不可分的關聯性，所以浮游生物的多寡會受到其生存之水域環境的好壞而影響。水體水質的優劣時常受到時間與氣候變化之影響而變動，故浮游生物必然會隨著水域環境的變化而改變。因此想對浮游生物做調查，就必須要以進行水質檢測的相同水體作浮游生物採樣，且由相同水體所檢測出的浮游生物之物種與水體水質數據作整理分析，便能觀察出兩者的相關性。所以浮游生物之調查位置與水質調查之位置相同，不需要再刻意選點作採樣分析，選點方法參考第一章的 1.1.3 樣點設定之方式。

3.1.5 採樣方式

浮游生物採樣分為岸邊採樣與海水面採樣兩類，依採樣位置的不同，其方法與注意事項各有規定。採樣位置如在碼頭岸邊，其採樣的方式大致上與水質採樣方法相同；若於海水面進行採樣則應依照環保署公告之標準方法為之。但兩者皆須注意保有水樣的原始性，以避免後續檢測分析的數據發生誤差。以下分別對浮游植物與浮游動物之採樣方式進行說明。(林幸助等，2009)

1. 浮游植物

- (1) 以採水瓶採取水樣，注入採水瓶，在採集樣品 8 小時內，使用 3 mL 魯哥溶液 (lugo) 來保存 1L 的樣品。若要長期保存的話，應使用緩衝性福馬林溶液，最小濃度為 2.5 % (約 25 mL)。以逐步添加碳酸氫鈉至福馬林溶液來製備緩衝性福馬林溶液，並置於 4 度 C 冷藏保存，以供實驗室進行植物性浮游生物之定量分析。
- (2) 浮游植物採樣，先用採樣點周圍的水沖洗採樣瓶三次。當從船上採樣時，用採樣點對側的水沖洗樣本瓶，避免干擾到採樣點的浮游植物群集。如果不是在船上取樣時，則需面向所站立處的上游方向進行採樣。
- (3) 浮游植物多生長於水表面附近，因此可將瓶子深入水下 30 cm 處，攪動瓶子使內容物混勻進行採樣。從水表下方 30 cm 收集樣本是代表“浮游藻類最惡劣之狀況”。組合樣品則在不同深度進行組合取樣。當使用燃油動力船隻採樣時，要避免燃油污染。

2. 浮游動物

調查動物性浮游生物之種類、組成、個體量、生物量、密度及總數量。最常採樣之方式為浮游生物網採集法，其操作方法如下：

- (1) 浮游生物網之網口為鐵條或堅固塑膠製成之圓形的硬質框架，前方繫有一捲拖曳繩，後方接一形狀前寬後窄之細目網袋 (網目約 80 μ m)，網子末端連接一個採集瓶，可以收集樣品。採集瓶可以與網具脫離，或具有一洩水管可讓樣品直接流入樣品瓶。
- (2) 採樣時人員站在岸邊或船上，手持拖曳繩將網向離岸方向拋出，等網落於水層中後，以拖曳繩將網拉回，網口朝向採樣人員並保持在水面下，讓水通過網口進入網中，以過濾水層中之浮游生物。

- (3) 使用浮游生物網時，由於浮游生物在水體中呈層狀分布，所以採集時，浮游生物網要控制在同一深度，並以等速移動之方式通過每一水層。過濾水量可依據框架面積、水流速度與拖曳距離三者的乘積決定。較大型的浮游生物網前方還可裝置流速器，以測量水流速度或拖曳速度，以獲得較準確的過濾水量估算。

3.1.6 檢測與分析方法

本節針對 3.1.1 所述之三大調查項目，皆參照環保署環境檢驗所網站所公布的檢測方式，以下概要說明檢測分析的方法概要與適用範圍。

1. 浮游植物

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA E505.50C

本方法是以採水瓶採取水樣，注入採水瓶，立即加入路戈氏碘液或中性福馬林固定，並置於 4 度 C 冷藏保存，以供實驗室進行植物性浮游生物之定量分析。

2. 浮游動物

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA E701.20C

本方法是使用北太平洋標準浮游生物採集網(NorPac net, 網口直徑 45cm, 網長 180cm, 網目 330 μ m), 進行水面表層拖網，並於網口裝置流量計以測定過濾之水量。採得樣品後，加入中性甲醛固定保存攜待回實驗室中，進行浮游動物個體量、生物量與種類組成分析。

3. 水質調查

方法概要：參照環保署公告之標準方法 NIEA W102.51C

本方法總則係為使用水質檢測方法時，可能遇到的一般問題，提供水質檢測之干擾、設備材料、試劑、樣品保存、樣品處理、方法選用、結果處理以及品質管制等之綜合指引，作為執行特定水質樣品之指定項目檢測時之參考。其調查之水質項目與分析方法請參照第二章 2.1.4 小節之內容所述。

3.2 生態性評估

3.2.1 生態指標

一般以生物多樣性高低水準做為生態評估準則。生物多樣性的評估，在生物指標方面有最大出現物種數、歧異度、均勻度、豐富度等，利用數學計算公式很容易的將調查資料定量化。各項公式說明如下：

- Shannon 種歧異度指數 $H' = -\sum (n_i / N) \ln (n_i / N)$
- 均勻度指數 $J' = H' / \ln S$
- 豐富度指數 $SR = (S-1) / \ln N$

式中， n_i 表示調查數據中第 i 種生物之個體數， N 表示調查數據中所有生物種類之總個體數， S 表示所出現生物之種類數。歧異度指數(H')是用來評估一群聚結構中之物種組成與分布狀況之變化 (Spellerberg, 1991)。該指標利用生物種類及各物種數量以評估測站之生物歧異度，其前提為生物種類增加且各物種數量也相近時，將得到較高之指標值，即生物歧異度增加， H' 越大表示個體在物種間分配越均勻。同樣 J' 越大，表示個體數在種間分配愈均勻， SR 越大表示群聚內的物種數越多。

例如利用高雄港與台中港 97 年度的浮游生物調查資料，進行分析其歧異度，發現在浮游動物部分高雄港浮游動物歧異度介於 0.03~0.9 間，台中港浮游動物歧異度介於 1.22~3.29 間，歧異度比高雄港歧異度

大。在浮游植物方面，高雄港浮游植物歧異度介於 0.02~1.25 間，台中港浮游植物歧異度介於 1.72~4.47 間，歧異度比高雄港歧異度大。由上敘結果可知，台中港區水域不論浮游動物或浮游植物歧異度皆比高雄港大，故台中港浮游生物個體在物種間的分配比高雄港均勻，且生物多樣性也較高。

3.2.2 指標生物

指標生物通常要求具有數量多、分佈廣、採集容易、識別鑑識容易、對環境變化反應靈敏與生命週期適中等特性。一般通稱的指標生物又另有生態指標生物、污染指標生物與復育指標生物等不同的分類。有關污染指標生物的研究成果已經相當豐富，而復育指標生物則為對稀有或特殊利用價值的生物而言，易於決定。但生態工程的操作所指的指標生物大部份應為生態指標生物，生態指標生物的決定目前尚處於起步階段。

仍舊以生物多樣性的高低來判斷生態性的好壞，郭（2005）建議以能夠滿足如下二項原則所設定的目標生物較為合理。

- (1) 在生物多樣性高的地點常會出現的物種，而其在多樣性低的地點不會出現。
- (2) 要求的棲地條件較為嚴格的物種。亦即在這種物種能生存的條件下，很多其他物種也都能生存。

第一個原則在實際操作上比較容易，第二個原則特別強調棲地的重要性。經過驗證，兩個方法所決定出的指標生物及為接近。

由於經濟性的浮游生物為昆蟲或小型魚類等之食物來源，為生態系中食物網（Food web）重要的一環。另一方面浮游生物的指標生物對象，亦可以將具有直接或間接水產經濟價值者做為參考。故利用上敘觀念結合經濟性浮游生物來找出能代表浮游生物多樣性的指標。依上述第一個原則，利用由調查發現的經濟性浮游動物、植物，其所伴隨出

現物種豐富性來決定指標生物。伴隨物種豐富性越大表示伴隨其同時出現的物種豐富性最高，即最能代表具物種多樣性生態環境的指標生物。反之，由現場調查結果，此類指標生物數量愈多的地點，表示此水域的生物多樣性愈高。例如依據本計畫的先前研究，在高雄港水域，浮游動物方面應選擇猛水蚤當作指標生物，浮游植物方面則以寬角斜紋藻當作指標生物。

3.3 港灣陸域植栽生態環境調查

植群(Vegetation)可以定義為同一時期，在同一地許多植物生長在一起的組合體，可描述的特性包含：組成的種類、結構及功能上的特徵、外觀、形相(Physiognomy)。依據植群描述著眼角度的不同可作一個區別：不需要種類鑑定的結構及形相調查方法，其被認為對於小規模(大範圍)的研究及棲地的描述上較為有意義。另外，架構在種類的組成或植相(Floristics)的調查方式，則對於大規模(小範圍)的研究較有用，能有較精細地對植群的特性加以定性、定量，相對而言也較為耗費時間與精力。本計畫參考「行政院環保署植物生態評估技術規範」對於植栽調查作一描述。

3.3.1 面積取樣法

在一等質的植物社會，因面積大，觀測不易，為節省時間及勞力起見，取實驗樣區加以調查。一般面積取樣法主要的取樣方式包括隨機取樣、系統取樣、分層取樣

1. 隨機取樣(Random sampling)

於調查範圍內以不固定長度間隔的方式任意取樣。為確保取樣達到理想中的隨機狀態，可使用亂數表來進行取樣。任選亂數表中一個數為開端，每組數字分別對應樣區之 XY 兩軸座標軸，如圖 3.1。如現

地狀況不易設立參考之座標軸可以空中照片或地形圖予以輔助。

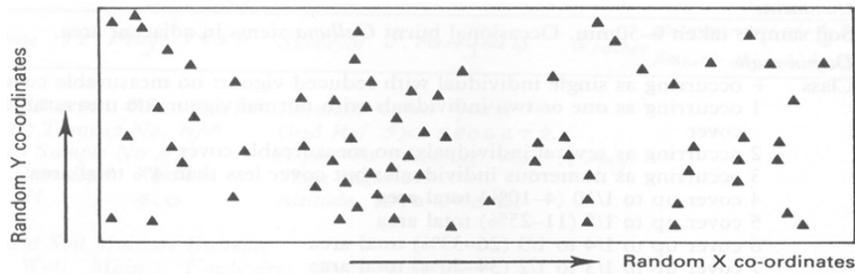


圖 3.1 隨機取樣法

- (1) 設立參考之 XY 座標軸，於每一格標上 1、2、3、4.....。
- (2) 使用亂數表來進行取樣。於亂數表中任選一個開端，每組數字分別對應樣區之兩軸座標軸。如數字大於最大座標值，則除以最大座標值以其餘數計之。
- (3) 記錄所取樣區之植株種類及個數。
- (4) 重複取樣直到取滿 25 個樣區。
- (5) 計算調查之種類數目、各種類之密度、相對密度。
- (6) 樣區植株密度=所有調查的總株樹/調查面積(株/公頃)。
- (7) 某樹種之絕對密度=某樹種出現之總株數/調查面積(株/公頃)。
- (8) 某樹種之相對密度% = 某樹種出現之總株數/所有調查的總株數 × 100。

2. 系統取樣(Regular or systematic sampling)

若於調查範圍內以固定間隔的方式取樣，一般多沿一直線取樣，稱之為系統取樣，如圖 3.2。系統取樣有時與穿越帶法(Transect approach)結合，對一個已知具某一環境梯度的地區進行取樣。必須留意系統取樣的間隔必須不與當地某種顯著的環境模式相吻合，如取樣於荒廢之農地間隔恰與其田埂距離相同，將會得到有偏差的結果。

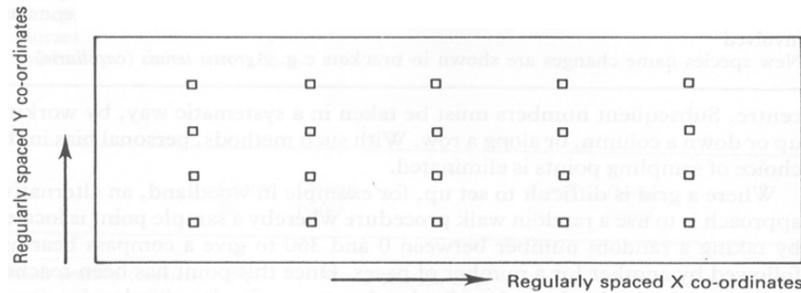


圖 3.2 系統取樣法

- (1) 於調查範圍內沿一直線取樣，固定四格取一樣區。
- (2) 記錄所取樣區之植株種類及個數。
- (3) 重複取樣 20-25 個樣區。
- (4) 計算調查之種類數目、各種類之密度、相對密度。
- (5) 樣區植株密度=所有調查的總株樹數調查面積(株/公頃)。
- (6) 某樹種之絕對密度=某樹種出現之總株數/調查面積(株/公頃)。
- (7) 某樹種之相對密度% =某樹種出現之總株數/所有調查的總株數
×100。

3. 分層取樣(Stratified sampling)

在不均質之植物社會中進行植群調查，先將不均質之環境區分為不同之各種均質類型，通常可依據地被層形相不同、如蕨類有無、森林分層狀態、樹冠高度不同來加以分區，之後在於各區內進行隨機或系統取樣，如圖 3.3。

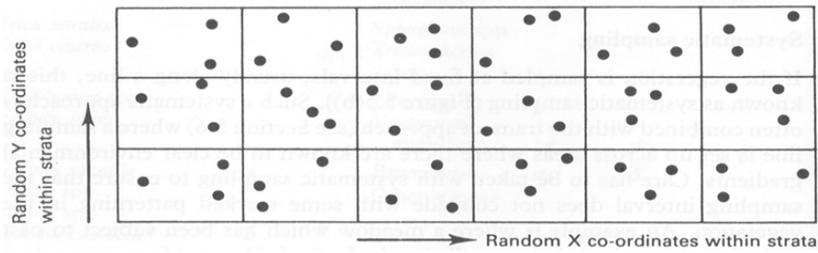


圖 3.3 分層取樣法

3.3.2 無邊樣區法

植群分析一般取樣大多採面積取樣法(Area sampling method)，唯地形崎嶇、森林茂密，樣區設置困難，調查費時，改採用無邊樣區法(Plotless sampling)如圖 3.4，調查取樣使測點(Sampling point)，使測點均勻分散於整個植群分佈區域。無邊樣區法有下列幾類：

1.最近個體法(Closest individual method)

測量距離隨機取樣測點最近之一個體間的距離，與樹種等等資料。

2.最近鄰樹法(Nearest neighbour method)

測量距取樣測點最近的兩個個體間的距離，與樹種、直徑等資料。

3.逢機數對法(Random pairs method)

測量取樣測點相對兩測之一對個體。

4.中心點四分法(Point-centered quarter method)

將測點四周分為一定方向之四個象限，每象限內選擇距離測點最近的樹木，量取測點至該樹之距離，調查樹種及其胸高直徑等等資料。

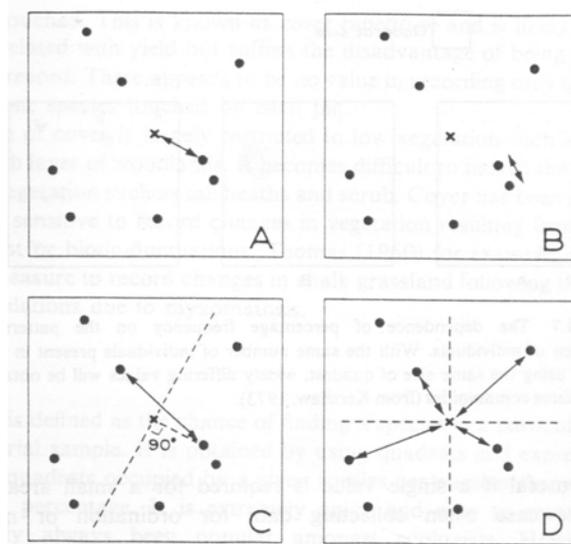


圖 3.4 無邊樣區法 (A) 最近個體法(B) 最近鄰樹法
(C) 逢機數對法(D) 中心點四分法

3.3.3 樣區大小

為省時，省錢及省人力，選取代表全區植被類型之樣區是必要的。就區內之主要植被進行取樣調查，調查方法因植被類型而異。而調查之樣區大小則依實地狀況做決定，一般而言可將其分為下述兩類：

一、森林

對於天然林、次生林及人工造林區等不同的森林類型進行取樣調查，一般以 10×10 公尺為取樣單位。調查樣區內胸高直徑 $\geq 1\text{cm}$ 以上所有樹種樹幹之胸高直徑 (dbh) 或樹冠覆蓋度，以及林下地被層之植物種類及覆蓋度，並記錄樣區之海拔與坡向、坡度等環境因子。對於森林之結構層次、種類組成，主要優勢種類詳加描述；人工林則估算每公頃之材積及全林分之經濟價值。並分析在無人為干擾之狀況下，未來植被之演替狀況。

二、草地

選擇典型地區隨機設置樣區，樣區之大小及數目以能涵蓋植物種類變異為準。再調查樣區中所有草本種類及其百分比覆蓋度。配合環境現況對所調查之草生地之種類組成及主要優勢種類詳加描述，並分析在無人為干擾下未來演替之可能趨勢。

3.4 港灣陸域植栽生態環境評估

由於植物是構成棲地的主體，也是大部分動物、昆蟲賴以維生的基本資源，亦為生態金字塔中的生產者，且植物種類組成的不同，會產生不同的生態作用，故高度植物種類多樣性的棲地，可支應更多數量、種類的生物生存（Smith & Thunberg, 1986）。以植物做為一個地區生態環境評估指標的理由如下（石英，2003）：

1. 植物是生態系統的基礎。
2. 植物基本上是固定的，因為它們能反映一個系統在時間、空間、物理、化學以及生物上的變動，所以它們能指示出它們所經歷的任何長期，持續的壓力。
3. 植物通常具有相當高的物種豐富度，生長快速，以及對環境改變具有直接反應。
4. 各別物種對於廣泛的連串刺激會表現出不同的耐受力，因此，當環境狀況多變時，植物群聚的組成便會針對環境的變化在反應上作改變。
5. 植物群聚會針對水文改變、營養物的豐富度、土壤結構及其他環境因子而呈現出變化。

Bedford (1996) 指出，植物因為具有不同的適應性、生物耐受力以及生命史，而可展現出多樣的物種聚集狀態，且喬木植物被用來診斷生態系統所受到的影響亦有不少相關案例，所以有能力作為陸域生態環境評估準則之指標，以作為海岸經營管理上之依據。

3.4.1 植物的生態性評估

若以植物作為評估漁港棲地環境指標，應先進行植物之生態調查，其次必須決定生態指標，以用來判斷生態品質的好壞，和以利於進行生態環境評估。生態品質的好壞，乃基於其生態系統的運作是否健全，生態系統運作健全，即有生物多樣性高、自然度高等特徵出現。此外為易於做評估，此生態特性必須能夠定量化。因此植生自然度、綠覆率、歧異度、植物分層結構、植群內緣比等評估因子被選擇出來做為指標。參考相關文獻，各評估指標和生態機能的相關內容整理如下表 3-1。此外港區植生對景觀的意義也必須同時被考慮，表 3-2 植物生態指標影響美質條件，而分析其景觀評估之內容另述於第五章之 5.2。各評估指標的詳細內容詳述如後。

表 3-1 生態指標的項目和其代表的生態特性

綠化因子	參考文獻	說明
植物多樣性	杜文郁(1998),環保署(2002),林憲德(1999),韓可宗(1998),李素馨等(1996),Smith(1993),Thorne(1993),Baschak&Brown(1995)	植物多樣性係指棲地內植物種類所佔的比例。多樣性越高則植群類型愈豐富、其訊息含量與不定性愈大,其指標值也越高
植物自然度	杜文郁(1998),環保署(2002),濱岡六右衛門(1998),黃增泉等(1999),Claire Freeman(1999)	植物自然度主要探討植物社會組成結構,自然度愈高愈能達到生態之平衡,愈能承受外在力的干擾
植物分層結構	杜文郁(1998),彭國棟(2000),楊秋霖(1995),明延凱&周光裕(1997)	植物分層結構反映群落對環境的適應、動態和機能。植群分層結構愈複雜,區域內植物生長情況及生態結構愈穩定

綠覆率	杜文郁(1998), 彭國棟(2000), 環保署(2002), Thorne(1993)	綠覆率係指單位面積內植栽垂直投影面積所佔的百分比, 是評價環境質量的標準之一
植群內緣比 (棲地面積) (棲地形狀)	游登良(1989), 俞孔堅(1998), Collinge(1996), Forman(1995), Dramstad(1996), Hanski(1998)	植群內緣比主要探討植群林緣性。林緣性在兩個或多個不同的植物生態系統的邊緣帶, 有更活躍的能流和物流, 具有豐富的物種和更高的生產力

資料來源：本計畫整理

表 3-2 植物生態指標影響美質條件

綠化因子	調查內容	影響美質條件
植物多樣性	植物歧異度 植物均勻度	植物景觀元素所構成之空間位置和關係之差異性, 給人有大自然不規則性與變化性之感受
植物自然度	等級	自然度高代表近似於植群原始之風貌, 對於觀賞者有愉悅、開闊的影響
植物分層結構 (植群垂直結構)	不同植物塊體分布面積比	整體美的形象是通過個體之間的組合來體現。植群各種尺度所構成空間組合上之層次變化, 層次愈複雜愈能創造豐富之景觀
綠覆率	植被覆蓋度	植物景觀元素所構築明暗度之差異性。植物在景觀美質上, 有和緩區域擁擠空間、減輕視覺壓力之緩衝功能。綠覆率愈高愈能達成上述之功能
植群內緣比 (植群水平結構)	不同植物塊體之邊長樣區面積	植物景觀元素所構成之形狀與線條之差異性。內緣比愈高, 即綠地與人工化土地的生態交錯帶愈長, 愈能創造豐富之景觀

資料來源：本計畫整理

一、植物多樣性

植物是構成生物棲息環境的主體，棲息環境的植物種類會影響棲息地的微環境，產生不同的生態作用。高度多樣性植物種類之環境，可提供更多不同生命週期組成之物種對散置式棲地的需求，因此能供應更多生物生存，使實質環境之生態性更趨完整（Smith & Theberge, 1986；劉崇瑞、蘇鴻傑，1983；王小璘、劉若瑜，2001）。缺乏多樣性結構的植物群落，由於植物種類較少，形成的生態群落結構很脆弱，極容易向逆行方向演替。

植物多樣性指標是指棲地內植物種類所佔的比例。多樣性越高則植群類型愈豐富、其訊息含量與不定性愈大，其指標值也越高。此可依據 Shannon's index of diversity (H')、Simpson's index of diversity (λ) 測得，其公式為：

$$\lambda = \sum (n_i/N)^2 \dots\dots\dots(1)$$

λ 為 Simpson's index of diversity， n_i/N 為機率，表示在一樣區內同時選出兩棵，其屬於同一種的機率是多少。其最大值是 1，表示此樣區內只有一種。如果優勢度集中於少數種時， λ 值愈高。

$$H' = -\sum ((n_i/N)\ln(n_i/N)) \dots\dots\dots(2)$$

n_i ：某種個體數 N ：所有種個體數

H' 為 Shannon's index of diversity，此指數受種數及個體數影響，種數愈多，物種間的個體分佈愈平均，則值愈高。但相對的，較無法表現出稀有種。

二、植物自然度

植物社會是指一群相同或不相同的植物族群生長在同一棲地上，彼此營運著不同的功能，相互依存，相互影響，及相互協調以達到一有組織，有規律及穩定的社會組織（周昌弘，1990）。大多數植物生態學家皆認為，植物群落消長的終點（不斷的演替）必然會出現一個

較穩定的植物社會，此為終極植物社會。此階段的植物群落之種歧性最大，勻質度高，生產力高，而形成一動態的穩定性，且對外來種具有抗拒侵入的能力，在此情形的植物群落稱為極峯植物社會。Clements 特別強調植物消長的結果，必然產生一穩定的植物社會，此時植物將不再改變。植物自然度的定義如：植物群落到達其極盛相所需時間的長短，時間愈長自然度愈高（濱岡六右衛門，1998）；植物自然度是依據植物社會學說的觀點，探討土地的自然性被人類破壞程度的指標，而植物自然度指標，主要探討人類的開發行為，其土地被破壞的程度（環保署，2002）。

植物自然度主要探討人為干擾下，植物結構、組成之改變程度，國內環保署所定分級標準如表 3-3。但是漁港植群以人工植栽為主，上述分級標準並不適於本計畫，故依現地之植群組成型態另定分級標準如表 3-4，係從人為復育的角度，探討其植物結構、組成的差異性。雖然本計畫擬定之分級標準與文獻定義不同，不過皆以植物社會學說的觀點，探討不受人工干擾的歷時長度來訂定自然度的等級。喬木由於生命週期較長，喬木的存在表示其已經過較長時的生態演替，較長的生態演替一般應擁有較高的自然度，故區分在比較高的等級，等級的區分喬木以其胸高直徑（dbh）來判斷。灌木與草地生命週期較短，易於達到其極盛相，故區分在比較低的等級。自然度指數計算公式，如下式（3）。

$$N = ((a_1 \times n_1) + (a_2 \times n_2) + (a_3 \times n_3)) / A \dots\dots\dots(3)$$

a：單層次植物面積 n：單層次植物自然度 A：樣區面積

（各層次為喬木層、灌木層與草地層）

表 3-3 植物自然度定義分級標準

等級	植物組成	土地利用現況
自然度 5	天然林地	包括未經破壞之樹林，以及曾受破壞，然已演替成天然狀態之森林；即植物景觀、植物社會之組成，結構均頗穩定，如不受干擾其組成及結構在未來改變不大。
自然度 4	原始草生地	在當地大氣條件下，應可發育為森林，但受立地因子如土壤、水分、養分及重複干擾等因子之限制，使其演替終止於草生地階段，長期維持草生地之形相。
自然度 3	造林地	包含伐木跡地之造林地、草生地及火災跡地之造林地，以及竹林地。其植被雖為人工種植，但其收穫期長，恆定性較高，不似農耕地經常翻耕、改變作物種類。
自然度 2	農耕地	植被為人工種植之農作物，包括果樹、稻田、雜糧、特用作物等，以及暫時廢耕之草生地等，其地被可能隨時更換。
自然度 1	裸露地	由於天然因素造成之無植被區，如河川水域、礁岩、天然崩塌所造成之裸地等。
自然度 0	無植被區	由於人類活動所造成之無植被區，如都市、房舍、道路、機場等。

資料來源：植物生態評估技術規範、2002

表 3-4 本計畫植物自然度分級標準

等級	植物組成	定義
自然度 5	天然林地，人為喬木	喬木 $\varnothing > 16\text{cm}$
自然度 4	人為喬木	喬木 $8\text{cm} \leq \varnothing \leq 16\text{cm}$
自然度 3	人為喬木，天然灌木，人為灌木	喬木 $\varnothing \leq 8\text{cm}$ ，灌木 5 年生以上
自然度 2	人為灌木，天然草地	灌木介於 3-5 年生，自然草本
自然度 1	人為灌木，人工草地	灌木 3 年生以下，人為干擾草本
自然度 0	無植被	裸露地

\varnothing :胸高徑 單位:cm

資料來源：本計畫整理

三、植物分層結構

植物分層結構通常泛指環境區域內植群的垂直層次結構，如喬木層、灌木層及草地層等（林麗樺，2002）。植物分層結構反映群落對

環境的適應、動態和機能。植群分層結構愈複雜，區域內植物生長情況及生態結構愈穩定。一般而言，物理環境愈趨極端，層次愈少；當環境適中而限制因子不顯著時，層次之分化最發達（劉棠瑞、蘇鴻傑，1983；賴明洲，2000）。

植物分層結構也反映群落對環境的適應、動態和機能，植群分層結構愈複雜，區域內植物生長情況及生態結構愈穩定，因此目前生態綠化非常重視複層植栽方式。參考相關案例，本計畫擬定植物分層結構分級標準，如表 3-5 所示，並將不同層植物面積之比值，轉化為等級（等距尺度）的方式表示之，方便後續計算。植物面積的計算方式，可參考下表 3-6、3-7 所示。

表 3-5 植物分層結構分級標準

等級	定義	等級	定義
1	比值介於 0~5%	9	比值介於 40~45%
2	比值介於 5~10%	10	比值介於 45~50%
3	比值介於 10~15%	11	比值介於 50~55%
4	比值介於 15~20%	12	比值介於 55~60%
5	比值介於 20~25%	13	比值介於 60~65%
6	比值介於 25~30%	14	比值介於 65~70%
7	比值介於 30~35%	15	比值介於 70~75%
8	比值介於 35~40%	16	比值大於 75%以上

資料來源：本計畫整理

表 3-6 各種植物塊體面積計算基準

植物塊體種類	計算基準
喬木層	採用植栽之胸高直徑（DBH）計算，計算法參考表 9
灌木層	以實際面積計算
草地層	以被覆面積計算

資料來源：縣市法定空地綠化實施要點

表 3-7 喬木層綠覆面積計算表

樹 型	類 別	每株綠覆面積 (m ²)	株距 (M)	栽植時胸高徑計算法
開展型	喬 木	64 m ²	6M	(H) 4m 以上 (W) 2m 以上 栽植時，胸高徑 21-30cm 者同
		36 m ²	5M	(H) 3.6m-4m (W) 1.5-2m 栽植時，胸高徑 11-20cm 者同
		16 m ²	4M	(H) 3.1-3.5m (W) 1.2-1.5m 栽植時，胸高徑 5-10cm 者同
直立型	喬 木	36 m ²	5M	(H) 4m 以上 (W) 2m 以上 栽植時，胸高徑 21-30cm 者同
		16 m ²	4M	(H) 3.6m-4m (W) 1.5-2m 栽植時，胸高徑 10-20cm 者同
	棕櫚木	16 m ²	4M	幹高 3.5m 以上 栽植時，胸高徑 10-30cm 者同
開展型	特大樹 移 植	100 m ²	8M	(H) 4m 以上 (W) 3m 以上 栽植時，胸高徑 51cm 以上者同
		81 m ²	7M	(H) 4m 以上 (W) 3m 以上 栽植時，胸高徑 31-50cm 者同
直立型	特大樹 移 植	64 m ²	6M	(H) 6m 以上 (W) 3m 以上 栽植時，胸高徑 51cm 以上者同
		49 m ²	5M	(H) 6m 以上 (W) 2m 以上 栽植時，胸高徑 31-50cm 者同

H:樹高度 W:樹冠寬度 胸高直徑:距地面一米高樹幹直徑

資料來源：縣市法定空地綠化實施要點

四、綠覆率

綠覆率是評價棲地環境質量的標準之一（環保署，2002）。由於植物具有調節微氣候、溫濕度、淨化空氣及水土保持等環境生態機能（楊龍士，2001），且對於視覺上具有柔化剛性構造物的效果，因此提高綠覆率可以達到穩定氣溫、減量二氧化碳，改善棲地生態和微環境、及美化的功能。

綠覆率之計算即單位面積內植栽垂直投影面積所佔的百分比，其計算公式為：

$$C = a / A \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

a：植栽垂直投影面積 A：樣區面積

(喬木、灌木和草地植物重疊的地方，覆蓋面積只計算一層)

五、植群內緣比

植群內緣比即植群的林緣性。林緣性在兩個或多個不同的植物生態系統或景觀元素的邊緣帶，有更活躍的能流和物流，具有豐富的物種和更高的生產力。不過，若是毗鄰的另一個相異環境，生態系統在邊緣以內的相當距離，都會受到嚴重的影響，其水平及垂直結構、寬度及豐富度皆會因此而轉變，改變棲地內部的生態作用（涂芳美，2002）。

植群林緣性主要在於風及光進入植群棲地之質與量，如此會改變植群棲地的微氣候環境及干擾的比率。密實或圓形的植群因其對外接觸的邊長較小，有較小的林緣性；而彎曲的邊界則有較高的機會與相鄰棲地產生交互作用。一般來說，提供足夠大小的棲地維持內部棲息環境，並加上適當的植群形狀之設計，當可提高生物物種的豐富度及生存力（Gutzwiller & Anderson，1992）。

另外，林緣性是一種生態性豐富的異質交錯帶，亦即林緣性在兩個或多個不同的植物生態系統的邊緣帶，有更活躍的能流和物流，具有豐富的物種和更高的生產力。測度林緣性的應用公式，可使用邊緣效應指數（衡量形狀生態功能的指數），其計算公式如下式5。

$$S = A / P \dots\dots\dots(5)$$

P：不同植物塊體之邊長 A：樣區面積

3.4.2 港灣植栽之基本操作原則

港灣植栽之營造乃為運用人工方式種植海岸適生植栽，以期達到生態維護，並創造適意景觀環境，增加海岸遊憩機會等機能。港灣植栽設計之基本原則詳列如下：

1. 選擇對當地環境適應性強的本土樹種為主，而以已馴化能適應本地環境的引進樹種為輔。

基於地球上生物多樣性的維護，對各地區原生樹種生存的保障，是維護自然生態最基本的工作。故樹種的選擇應以本地原生種為優先。對於外來樹種的引進，要以已成為歸化種的樹種為主要選擇，則生長狀況與將來的維護都較容易，但要特別注意外來生物入侵對生態造成的傷害，因港灣地區適於植物生長的棲地不多，風險較小。適於海邊生存且具觀賞價值的原生樹種有毛柿、苦楝、海芒果等，外來樹種但適於本土海邊種植的景觀樹種有小葉欖仁等。

2. 植栽的樹種及數量比例，儘量與潛在植被組成相近，使植物相達到成熟階段的時間縮短。

在某地區經長時間自然演化後而可形成的植被，稱為潛在植被或潛在植生。具有此特性的植生樹種，表示適於當地的棲地環境易於生長，且能承受生態演化的壓力，具有長久生存的永續性。自然演化需要很長的一段時間，人為的生態復育可大幅縮短其演化過程，依棲地潛能的評估，推想其潛在植生狀況，來決定植生復育的對象和類型。

3. 儘量以生態綠化手法取代傳統景觀綠化。

生態綠化與一般認知的環境綠化或景觀綠化的理念並不相同。傳統的景觀綠化是在配合土地利用開發下的規劃設計機能所衍生的環境綠化型式，多從景觀美學、視覺欣賞與滿足遊憩機能為考量，主要在滿足人類的多元利用需求。生態綠化又稱生態學的綠化，目的在恢復基地原生植被，加速達到生物多樣性，就工程營建的角度來看傳統景

觀綠化與生態綠化設計可就規劃目的、未來成林的目標、植栽工程項目的育苗、移植、驗收、成本效益分析，及未來維護管理工作等項目的差異做一區別。(表 3-8)

表 3-8 傳統景觀綠化與生態綠化設計

特質	傳統景觀綠化	生態綠化
規劃設計之目的	以滿足使用機能、景觀美質、遊憩利用為主要考量目的。	以基地生態復育達到生物多樣性為主要目的。使之同時兼具環境保護、生態棲地、景觀遊憩、環境教育等功能。
樹種選擇	具景觀價值的優型樹種為主因應市場流通機制。	強調原生樹種的使用，特別是本土適應良好且為當地的潛在自然植生。
植物相	因應工程施作及驗收的方便性及市場考量就單一或少數種植物進行植栽配置。	考慮基地生態環境特性，動物棲息生境需求，以符合生態景觀設計要求的多種苗木構成複雜且安定的生態系。 植物種類歧異度高。 植栽結構歧異度大。
育苗	多為外地苗圃育苗。	以現地育苗為主，免除馴化過程。
苗木大小與移植	多半以大樹為主，移植耗功費時，不易存活且影響以後生機。	強調以小苗為主，由異齡苗木構成複層林，以兼顧短長期生態目的。
驗收	以苗木的總數、定植前客土、施肥及育苗系統、灌溉系統及密度控制手段，分期驗收成果，逐步實現。	分工程部分就苗木質與量、密度控制、灌溉系統等，與生態部分就多樣性分期驗收。
維護管理	為維持良好景觀效益養護需持續進行，工作繁複多樣。	在栽植後二~三年需維持一定程度之管理，後續為低度養護。

特質	傳統景觀綠化	生態綠化
成本效益分析	景觀綠化施作時的苗木費、移植及養護等費用較高。要維持良好景觀效益後續維護管理成本偏高。整體效益多從工程成本為主要考量依據，忽略自然環境生態效益。	生態綠化施作時的苗木費、移植及養護等費用較低。形成近自然生態系，可降低維護管理成本。

4. 多採用群聚方式栽植，且配置時應儘量運用自然力形成具干擾、阻撓等機能，以達保護海岸環境的目的。

在海水濺澆到的地方，應選用耐潮性較強的地被植物；海岸林最前線直接遭逢潮風，則選用耐潮性的樹；而不直接遭受潮風的海岸林後側，則可選用較不具耐潮性的樹種。同時受潮風吹襲的海岸樹木，其樹冠幾乎成拋物線形，由海側（迎風側）向內陸部形成林冠線，為了減少風壓，在海岸最前線以種植低木較適當，而逐漸向內陸栽種次高植栽，以形成拋物線樹高；在受潮風影響範圍內應採用群植密植，以抵抗風壓。植樹帶中可設置景觀遊憩設施，靠內陸側則可選用一般景觀植栽（圖 3.5）。

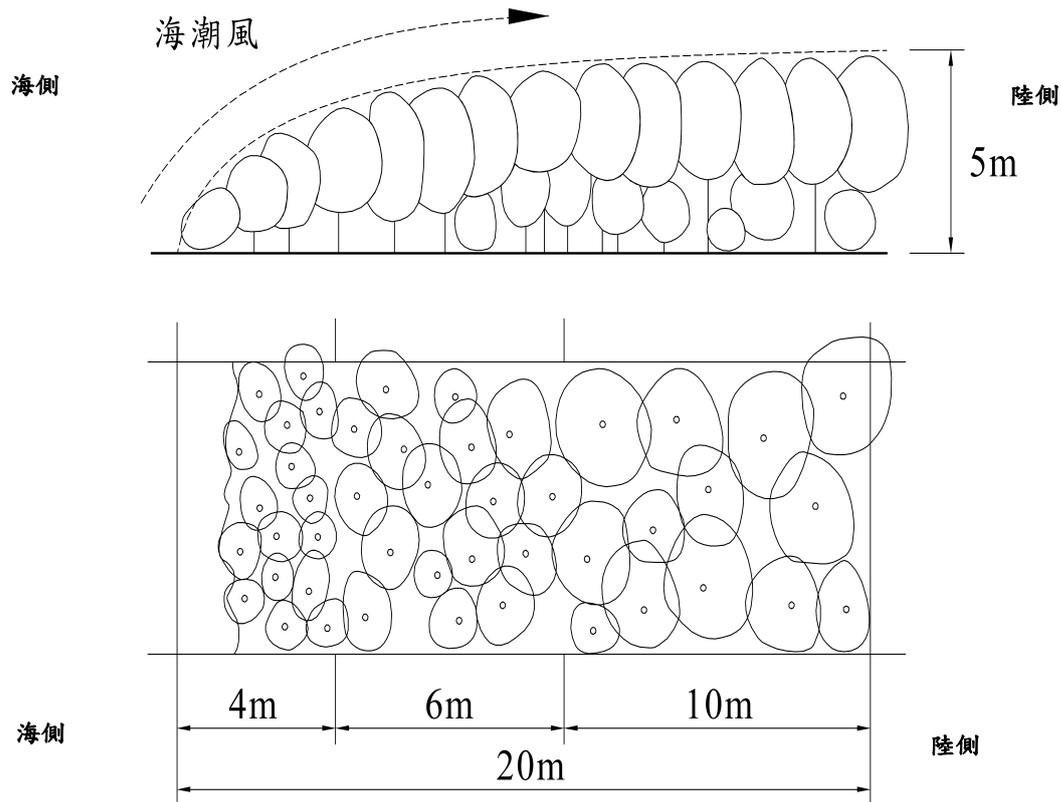


圖 3.5 海岸群聚植生方法

5. 港灣地區土壤有機質缺乏，可用有機肥或栽植肥木，以促進植栽生長。

港灣地區土地經開發使用已久，大部分的土壤土質貧瘠缺乏養分透水性差，必須加以改良。土壤顆粒組成不佳者需更換客土，土質貧瘠者需施加肥料，使植物易於生長，來增加其對周圍嚴苛環境的抵抗力。化學肥料使用過久會使土壤酸化，不宜長時施加，草皮植生必須對表土做全面改良，例如覆蓋客土或翻鬆表土等。

6. 植栽移植時須考量季節及運用特殊技術，以減少風害和乾旱問題，要特別注意根部保水問題。

海岸植生成功最重要的關鍵是要供給植物充分的水分，尤其在幼苗實期或栽種初期，必須保持有充分的水分，利用點滴灌溉法以水管

配置澆灌，可節省灌溉水量；利用噴灑設備噴灑植株可減低枝葉的風害。此外如搭設防風網，或於栽種時在根部配合基肥加用保水劑，或枝幹包覆防護與使用蒸散抑制劑等，都可有效提高植栽的存活率。植栽移植後可覆蓋稻草防止土壤乾燥與表面侵蝕、抑制雜草。

7. 樹木的移植必須選擇齡期大小合適的健康苗木。

港區的植生幾乎全部需要人為栽植，故苗木的選擇是必要的工作。除適當的樹種外，苗木大小必須合宜，一般以大苗米徑在 8 到 10 公分左右者為佳。苗木較小者雖成活後較能適應當地棲地環境，但小苗不易成活，開頭幾年需要特別照顧，且耗費時日；苗木較大者，不易真正適應當地環境，後續生長狀況可能較差，移植的苗木在挖出後，必須馬上栽種，拖延愈久愈不易成活，即使成活也是後續生長不良。枝葉要適當裁減。切斷的根部傷口要整齊，最好塗上癒合劑。根部最好附帶大塊土球栽種，落葉樹可不帶土球，但都要注意根部的濕潤避免其乾枯。

8. 慎選港灣植栽樹種

雖然海岸植物扮演相當重要之角色與功能，但在海岸進行植栽工作時，首要問題就是要克服鹽分、防止飛沙等，因此海岸地帶有其適種之植物，列舉如下（鄧書麟等，2006）：

- (1) 常綠性喬木：相思樹、白千層、蒲葵、海欖果、臭娘子、木賊葉木麻黃、銀木麻黃、榕樹、瓊崖海棠、福木、繖楊、毛柿、構樹、無葉檉柳、華北檉柳、稜果榕、白樹仔、黃槿、肯氏南洋杉、大葉山欖、棋盤腳、蓮葉桐、穗花棋盤腳、欖李、銀葉樹、小葉南洋杉、海茄苳、樹青、檉樹及台灣海棗等。
- (2) 落葉性喬木：苦楝、朴樹、刺桐、台灣欒樹、黃連木、欖仁、土沉香、蘭嶼土沉香及水黃皮等。

- (3)小喬木或灌木：草海桐、羅漢松、毛苦參、苦藍盤、白水木、香鵝掌藤、月橘、綠珊瑚、紐仔樹、林投、象牙樹、蓖麻、臺灣胡頹子、俄氏胡頹子、夾竹桃、冬青菊、金露花、止宮樹、厚葉石斑木、馬甲子、亞洲濱棗、印度田青、苦檻蘭、藍星花、台灣海桐及海桐等。
- (4)地被植物海南草海桐、馬鞍藤、蔓荊、濱刀豆、濱豇豆、台灣濱藜、海馬齒、裸花繸蓬、雙花蟛蜞菊、天蓬草舅、蘆葦、鴨舌癩、過長沙、賽芻豆及文珠蘭等。
- (5)水線區之挺水植物欖李、苦檻藍、紅樹類、穗花棋盤腳、土沉香、蘆葦及香蒲等。

第四章 港灣生態環境規劃設計準則

各種港灣工程建設的目的，均為抵抗浪潮、維護岸上人類生命財產及經濟活動之安全方便，但各種不同工程結構又有不同的功能和特性，有時又可兼具有改善生態環境的作用。與海岸港灣工程相關的動植物生態，包括附著性生物、底棲生物、游泳動物以及陸上植栽等。各種港灣工程類別及主要設施，與這些動植物生態的相關性，如表 4-1 所示。各種海岸港灣工程建構，只要在工程規劃設計階段稍加用心經營，即可能達成生態多樣性之目的。(郭一羽、李麗雪，2004)

表 4-1 港灣工程項目與生物之相關性

工程設施	附著性生物		底棲生物		游泳動物	植栽
	藻類	附著動物	藻類	底棲動物		
1.防波堤	○	○			○	○
2.防砂堤	○	○		○	○	
3.導流堤	○	○			○	○
4.護岸	○	○				○
5.海堤		○				○
6.突堤	○	○			○	
7.離岸堤	○	○			○	
8.潛堤	○	○			○	
9.人工潛礁	○	○	○	○	○	
10.人工海岸溼地			○	○	○	○
11.人工潟湖或潮池	○	○	○	○	○	○
12.碼頭	○	○			○	○
13.泊地				○	○	
14.道路						○

生態礁或生物棲地營造的案例，在第一年計畫報告書中已有所涉及，在此不再重複。目前國外雖有一些特殊形式之生態礁的應用，但其至今仍無法明確瞭解生態上的意義和適用條件與場合。探討生態性的意義，在報告書 3.2 節中已有詳細說明，必須從指標生物的選定、生物生活史的瞭解以及棲地與生物之關聯性的解明等著手，此乃因地而異故難有統一的規範。例如夏威夷海岸的沉船和沉沒飛機，比其周遭之人工漁礁，可形成更好的生物棲地。尤其在港內水域，其結構物必須以港灣功能為主要目的，欲形成特殊生態環境的生態設計難以應用，只能利用一些生態觀念配合港灣原有功能之構造設計，因地制宜來做設計。故本計畫只提出評估和設計的概念，無法說明定量的生態設計方法。

4.1 水中結構物的生態性評估

4.1.1 防波堤

一、拋石堤

如圖 4.1 所示，拋石堤利用石塊或混凝土塊拋置而成，其本身具有良好的生態效果，若針對拋置的石塊或混凝土塊在大小、形狀、材質、表面以及排置方式稍加處理，將會有更大的生態效益。拋石堤之生態特性如下：

- (1) 安定不移動的石塊是良好的海洋附著性生物生長基質。
- (2) 在陽光、水分可及之處有良好生態。
- (3) 可形成大小孔隙是提供生物躲藏的良好棲息空間。
- (4) 石塊表面粗糙或有凹凸溝紋者較有利生物附著生長。
- (5) 潮上帶的拋石生態貧瘠，海生或陸生植物均生長困難。

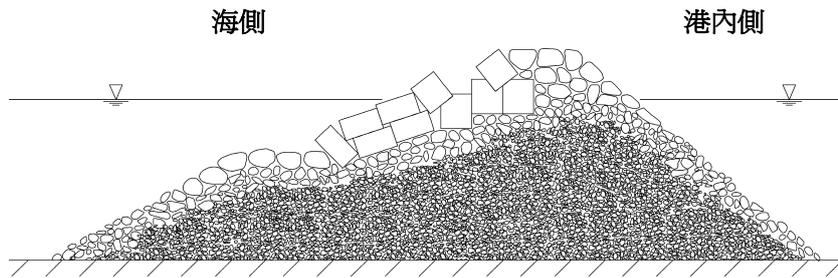


圖 4.1 拋石防波堤斷面圖(Quinn, 1961)

二、沉箱堤

沉箱堤一般均使用於水深較大處，水質乾淨，容易形成生態豐富的水域環境。其生態特性如下：

- (1) 陽光可及之沉箱直立壁上可生長附著性海洋生物，但有效面積不大。
- (2) 沉箱前之消波塊適當施放，可形成近似礁石海岸之海洋生態。

三、混凝土塊堤

為利用各種混凝土預鑄塊堆疊而成，如圖 4.2 所示。混凝土塊形狀大小的設計，依不同需求做調整，易於營造多孔隙的結構體。其海水可及之處提供生物生長空間，具有生態效果，在設計上生態工法可發揮的潛力大。混凝土塊堤的生態特性如下：

- (1) 陽光及水分可及之處混凝土塊提供附著生物之生長基質。
- (2) 結構若具有空隙，則在生態效果上可產生類似礁岩性海岸之效果，有利於附著生物生長的基質和游動生物棲息的空間。

(3) 傾斜堤生物棲息空間較多，生態效果較直立堤好。

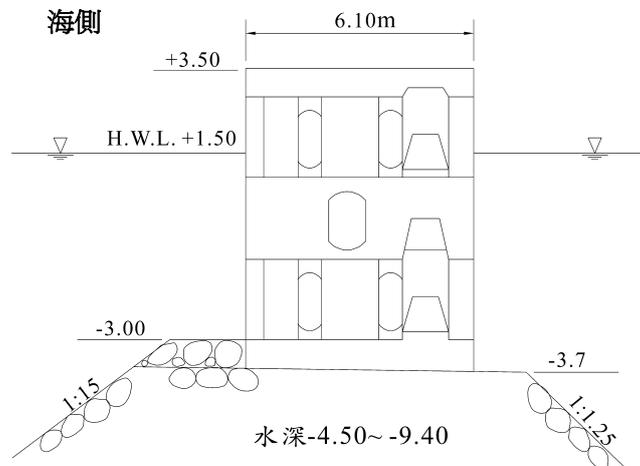


圖 4.2 混凝土塊堤設計斷面圖

四、合成堤

合成堤為解決所需堤體過大和施工上困難的複合式防波堤，如圖 4.3 所示，下面設置寬闊的拋石基礎，上面設置沉箱堤或混凝土堤，其直立體或基座在適當水深處均可營造類似礁岩性的生態環境。其生態特性如下：

- (1) 直立體部分與沉箱堤或混凝土塊堤之生態特性相同。
- (2) 基座部與拋石堤特性接近，但水深較深陽光較為不足。若水深適當，基座上面防止沖刷的消波塊或塊石，可具有豐富生態。
- (3) 合成堤一般均在水深較大處，水質乾淨，因此生態豐富。

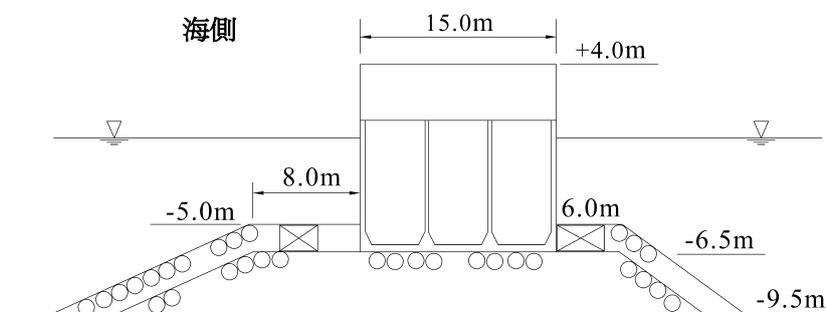


圖 4.3 合成堤設計斷面圖(邱永芳，2001)

4.1.2 離岸堤與突堤

一般均以拋石或消波塊堆疊而成，具有類似礁石海岸之生態特性。因位於離岸較遠處，水質良好，是兼具有防災與生態功能的海岸結構。其生態特性如下：

- (1) 孔隙多且大小不均的結構較佳。
- (2) 能夠接觸海水和陽光的堤體面積愈大愈佳。
- (3) 因波流作用及水質之不同，堤體兩側生態特性會有明顯差異。

4.1.3 碼頭

一、棧橋式碼頭

港區內水質控制良好，棧橋式碼頭下面水域經適當處理可產生良好的生態環境。棧橋式碼頭生態特性如下：

- (1) 棧橋下面水域的消能結構設施，可提供作為生物棲息的場所。
- (2) 碼頭下方若陽光不足，則海藻的生長將受到限制。

二、重力式碼頭

由混凝土結構物所構成，現今為減少壁面的波浪反射，孔洞式或設置貯水室的消能式碼頭已被廣泛使用，若港內水質控制得宜，則消能式碼頭可有良好生態環境。其生態特性如下：

- (1) 水下混凝土結構物為海洋附著性生物生長的良好基盤。
- (2) 消能式碼頭具有很多孔隙或消能遊水區，為甲殼類或游泳類動物的良好棲息地。
- (3) 碼頭上為漁船的作業空間，植栽的運用較不適宜，可用其他景

觀設計手法加強空間之適意性。

4.1.4 護岸

一、拋石護岸

一般拋石護岸所用的石塊大小有限，故只能用於波浪作用力不大的地方。此類護岸為最具自然性的一種護岸工法，生態效果甚佳，其生態工法的經營較為容易。拋石護岸之生態特性如下：

- (1) 護岸為水陸交接處，是重要的生態敏感區。
- (2) 拋石護岸生態主要為潮間帶的礁岩性生態。
- (3) 水分溼潤程度越高，生態效果愈佳。
- (4) 安定性較高的拋石護岸，可有耐鹽性陸域植物生長，生態較豐富。
- (5) 有陵有角的岩塊優於卵石塊。
- (6) 大小不等的石塊可創造多樣性生物棲地。

二、混凝土護岸

混凝土護岸在生態工法的運用和施作上較為困難，設計上需經過特別處理才有可能營造出良好的生態環境。此類護岸之生態特性如下：

- (1) 護岸在海水可及處會有附著性生物，但海水不可及處則生態貧乏。
- (2) 潮上帶海水不可及處，可能有少量攀附性植物著生。
- (3) 鑄造多孔隙的空間以及粗糙的表面，可有利於生物的棲息。

三、階梯護岸

階梯護岸為親水性的混凝土構造，方便人上下移動。坡度越平緩，親水及防止越波效果愈加。然而因人類活動頻繁，導致生態貧乏，但可增加海水曝氣作用，具有淨化水質功能。其設計上若能著重於階梯構造的透水性，並增加孔洞設計，可增加淨水及生物棲息功能。

4.1.5 海堤

一、傾斜堤

多數傾斜堤表面為不透水性的混凝土鋪面，且為防止堤腳被淘洗沖刷，堤前常需放置消波塊，對於生態環境有很大的負面影響，生態工法難以實施。但有效的利用緩坡海堤則可增加一些生態性。其生態特性如下：

- (1) 在前坡海水可及處，混凝土表面應增加溝紋或使其粗糙，除可增加海洋生物附著外，亦可減少波浪潮升高度以降低堤高。
- (2) 前坡設計成緩坡海堤，減少混凝土工，多使用石塊或在潮上帶以上填土植草。
- (3) 後坡在不受到越波水流沖蝕之條件下，以石塊或預鑄混凝土塊鋪砌，產生孔洞有利動植物生長。

二、直立堤

直立堤(直立牆)會造成生態上的隔離，堤身不易生態化，以生態效果而言，應避免採用直立堤，儘量採用其他替代方案；若不得已，則應儘可能的降低堤岸高度。唯堤前消波塊或堤後植生可考慮生態工法的應用。

4.1.6 消波塊

對消波塊進行特殊設計或者適當的選用，則可具有良好的生態礁效果(如魚礁、藻礁、產卵礁)。消波塊的生態特性有下列數點：

- (1) 消波塊浸泡於水中或保持溼潤狀態，可大量著生海洋動植物。
- (2) 消波塊消能用的孔隙，可作為游泳動物躲藏庇護和棲息的空間。
- (3) 常保持乾燥狀態的消波塊則無生態效果。

4.2 生態性港灣水中結構物設計準則

4.2.1 防波堤

一、依防波堤的位置、類型、形狀與材質等，把握生態棲地營造發揮的機會。

防波堤港內部分因水域穩定，生物可有安定的棲地，港外部分水質良好透光度佳，海藻海草易於生長，故生態棲地營造各有利弊。傾斜式防波堤水下陽光可及的結構體表面積較大，有利海洋附著生物著生。故在不影響船隻航行的範圍內，盡量採用傾斜堤以營造海洋生物生活空間。防波堤內側斜坡採用複式斷面，在水面下陽光可及處或在平均水位的高程附近設置平台，可有效增加海洋生物棲地。材料方面，天然石塊形狀不規則、具有大小孔隙以及表面粗糙，有利海洋生物生長和棲息；而混凝土材料的結構體形狀易於操控，可形成各種海洋生物生活的空間，亦有利於生物棲地營造。

二、在沉箱堤垂直壁水分可及處，作成具孔洞或溝紋狀之表面可增強生物棲息及附著功能。

國內習慣於採用沉箱防波堤，但沉箱堤接近水面處多為垂直岸壁，由於水下陽光可及之處才可生長附著生物，但直立壁水中陽光可

及的表面積有限，故垂直牆面盡可能施作溝紋狀或突出狀之表面處理，增加生物附著和棲息功能。

三、防波堤前拋置消波塊，儘可能採用具生態礁功能的混凝土塊來替代傳統消波塊。

防波堤外側常需有消波塊來消減波浪能量，其又可形成近似礁石海岸之海洋生態，一舉兩得。若將消波塊只單純考慮消波性能，忽略其生態特性則非常可惜。將消波塊的形狀設計和表面處理，以及拋放方式多加用心規劃，即可兼具生態功能，例如排列使形成大小不一的孔隙、鑄造成凹凸不平的混凝土表面等。

建議置放的消波塊盡量沒入水中，可增加固體結構物與水碰觸之面積，進而增加生態性。如圖 4.4，基隆港和平島出海口，其堤內側較為安穩，放置塊石增加兩棲生物可躲藏之孔隙，且塊石也可讓附著性生物有穩定的生長基底。所以建議海堤內側可放置塊石，增加生態性。但必須格外留意礁岩海岸邊坡，置放消波塊有礙視覺景觀(圖 4.5)。建議不影響安全的情況下，可將消波塊減量化。



圖 4.4 基隆港和平島出海口(1)



圖 4.5 基隆港和平島出海口(2)

四、沉箱防波堤內側生態較佳。

沉箱防波堤(圖 4.6)在陽光可及之沉箱直立壁上可生長附著性海洋生物，但有效面積不大，建議在沉箱堤垂直壁水分可及處，作成具孔

洞或溝紋狀之表面可增強生物棲息及附著功能。沉箱堤下方具有消波塊，可形成近似礁石海岸之海洋生態，因沉箱堤可形成港內水域穩定，以生態性來說港內比港外好。建議堤前放置消波塊採用具生態礁功能的混凝土塊替代一般消波塊會更好。



圖 4.6 沉箱防波堤內側海生較多

五、階梯式防波堤可成為生物棲息地。

階梯式防波堤由於海水的浸潤效果，可以成為可成為生物棲息地，圖 4.7 為花蓮港港區內的階梯式防波堤上的螃蟹。圖 4.8，階梯式的防波堤平面，可當成螃蟹活動之空間，使得該區域隨處可見螃蟹的蹤影，生態性相當豐富。堤面被沖毀之空隙或排水凹槽，可當為螃蟹藏匿的生存空間。建議在不停靠船隻的岩壁可規劃成階梯式之結構，若堤前放置塊石，增加孔隙率與生物之附著面積，進而提升生態性。平面式的堤防結構接觸水的面積，大於消波塊的浸水面積，且螃蟹也較易於活動在平面式的基質，故階梯式之海堤較消波塊適合螃蟹生活。



圖 4.7 花蓮港階梯式防波堤螃蟹



圖 4.8 花蓮港台階式防波堤

4.2.2 碼頭

一、碼頭應盡量採用消波孔洞式護岸，以增加生物棲息空間。

碼頭在水分和陽光可及處的岸壁上，可有附著性生物棲息，但因碼頭岸壁均垂直水面，故生物可附著生長的面積不大，所以產生的生態效益有限，是屬於生態性較差的港灣結構物。碼頭結構平整且無凹凸起伏之直立壁的生態性，較具孔洞與孔隙的壁面差。如圖 4.9，將垂直岸壁作成具孔洞或溝紋狀之表面，可大幅增強生物棲息及著生功能，故能吸引大批的釣客前往垂釣。



圖 4.9 孔洞型岸壁設計(花蓮港)

二、善用碼頭防舷材可促進港區水域生態。

有防舷材之水域，可發現魚類群聚於防舷材周圍，並可發現不同種類防舷材其生態性高低也有所不同，表面與水接觸的面積越多，及接觸的時間越久，便可有豐富的生態性。如圖 4.10 為橫放式的防舷材，雖然防舷材內部的光線強度比外部低，但其內部一樣可使附著性生物生長。這種橫放式的防舷材，內部可積存海水較久的時間，故對附著生物而言較有利。此外，以廢輪胎當防舷材不論是直立或橫放都可提供海洋生物棲息的環境，在生態上皆屬正面效果，但要注意景觀視覺方面的效果以及附著生物是否會造成材料的腐蝕。



圖 4.10 橫放式防舷材(基隆港市區碼頭)

但是，平放式的防舷材若接觸不到海水，便無附著性生物的著生(如圖 4.11)。建議考量潮差的落差高度，再依當地的水位變化情況，放置適合的防舷材擺放方式。在水位可觸及到防舷材的情況下，橫放式的防舷材，其接觸到水的面積高於直立式的擺放方式，且附著性生物的數量也多於直立式的擺放方式。建議潮差不大的地方，可將防舷材橫放提高與水接觸之表面積。



圖 4.11 接觸不到海水的橫式防舷材

並且還可以發現有置放鋼製受衝板的防舷材黑色部分，附著生物也無因受船隻碰撞的影響而減少，如圖 4.12。所以建議防舷材加裝鋼製受衝板，增加水中結構物的生態性。圖 4.13 可觀察到鋼製受衝板背面上附著性生物的生長位置，比黑色部分的防舷材生物附著的高度還高，應是海浪來回衝擊鋼製受衝板所激起的浪花，使得生物附著至水平面之上。所以建議防舷材前方加裝鋼製受衝板，增加生態性。



圖 4.12 置放鋼製受衝板的防舷材 圖 4.13 置放鋼製受衝板的防舷材

三、棧橋式碼頭設法增加棧橋下陽光。

圖 4.14 是新光碼頭，為棧橋式設計碼頭。棧橋下面水域的一些構造物，包括消能設施和結構設施，可提供作為海洋生物棲息空間。但

碼頭下面若因陽光不足，則會限制附著性和浮游性藻類的生長。建議設計時，在考慮安全性和方便性的前提下，多增加棧橋甲板的透光性，如部份透空或使用強化玻璃等，即可兼顧海洋生物棲息的環境。



圖 4.14 新光碼頭 棧橋式

四、直立型碼頭生態效果不佳，應設法改善。

直立型碼頭，如圖 4.15 的鼓山渡輪站。其生態性效果原本就比較差，雖然防舷材可增加生物棲息附著之面積，可是垂直壁面還是為平滑形式，所以效果還是不夠，可建議垂直牆面可施作溝紋狀之表面增加生物棲息及附著功能，藉以提高其生態性。



圖 4.15 鼓山輪渡站

4.2.3 護岸

一、階梯式護岸或斜坡式護岸可供生物有較大的生存空間。

具有垂直岸壁的護岸類似碼頭，陽光可及處的水中結構體面積有限，海洋生物可生存的空間不多，若為斜坡式則可增加生物生存空間。

圖 4.16 為真愛碼頭左岸，此類型緩斜坡式護岸設計，可形成約為數十公分短潮間帶，建議可利用砌石塊設計成具生態的親水性潮間帶。但此必須基於不妨礙船舶航行的條件下，若將其設計為階梯式，更可提供作為親水護岸，但要有止滑鋪面以保障安全。若能以拋石來構築斜面是最佳的生態設計，盡量採用大小不同形狀的石塊，可產生較具自然景觀且生態性良好的護岸。



圖 4.16 真愛碼頭左岸的緩斜坡護岸

二、砌石護岸表面不規則，有利於海藻等海洋附著生物著生。

漿砌石護岸建議施作時無須刻意整平，盡可能保留護岸面的凹凸不規則，可增加生物棲息及附著面積。砌石護岸其縫隙未被水泥漿填滿，保留了生物棲息的孔隙，在生態性效果也比較良好。然而，圖 4.17 水泥漿把護岸的孔隙填滿，使可利於生物棲息的孔隙消失，對生態性是負面效果。可學習目前河川施作乾砌石或半漿砌石護岸的形式，考慮護岸的安全性又可增加護岸生態性。



圖 4.17 第五船渠 泥漿石砌護岸

三、護岸岸壁上部常浸不到水，採用立面植生增加生態和景觀效果。

乾砌石護岸未浸泡於水中，無法增加附著性海洋生物的棲息地，但可建議參考圖 4.18 新光碼頭的護岸設計方式施做立面植生，藉以提高生態性。

護岸採用立面植生方式，植種景觀性植物，因植種植物的落葉可增加水中有機物，為魚類及其它水中生物食物的來源，不只生態效果良好在景觀視覺效果也是良好的。建議在設計施種景觀植物時，可增加植種植物的多樣化，提高棲地的多樣性。



圖 4.18 新光碼頭護岸的立面植生

4.2.4 消波塊

一、消波塊浸泡於水中或長時間保持濕潤狀態，可著生海洋動植物。

混凝土消波塊具有附著性海洋生物形成的功能。消波塊浸泡於水中或長時間保持濕潤狀態(圖 4.19)，具有生態礁或魚礁的功能，混凝土消波塊具有附著性藻類的形成，亦可產生魚場。



圖 4.19 浸泡於水中的消波塊

此類型設計，以不規則擺設之消波塊具有不同大小的孔隙，提供生物多樣性的棲地，可形成各種海洋生物聚集的場所，但若經常因受波浪作用而產生移動和摩擦，則附著生物著生不易，故消波塊的擺設盡量要求穩定。倘若消波塊接觸海水的面積不多，則生態和景觀效果均不佳，建議以大塊石取代消波塊來保護海岸，以減少對景觀的衝擊。

二、不規則擺設消波塊具有不同大小的孔隙，提供生物多樣性棲地。

消波塊堆疊形成的消波塊群，其間產生很多孔隙以利於消減波浪能量。以消能而言，一定大小的孔隙會有較佳的消能效果，故規則排列的消波塊消波效能較佳，但作為以生物棲息空間而言，各個孔隙均為生物棲息的空間，各種不同大小空間可產生多樣的生物棲地，也可營造生物多樣性高的生態環境。

三、消波塊表面要盡量增加其粗造度，以利海洋生物著生。

具有溝紋凹槽的混凝土表面，容易使海藻等海洋附著生物著生。但因板模的關係，一般被鑄造出來的混凝土表面常十分光滑，因此不利於生物的著生。基於視覺景觀的提升，景觀型消波塊的生產已受重視。同樣基於生態效果的提升，特殊構造的板模應被開發，發展生態型消波塊來取代傳統的消波塊。

四、採用特殊水泥製造消波塊，以利海洋生物的棲息。

使用一般水泥製造消波塊，在短時期內，會有氫氧化鈣的弱鹼成分流出，阻害水中生物生長，使用高爐水泥等特殊化學成分中和鹼性成分，可改善水泥的弊害。此外，利用特殊化學添加劑製造輕質混凝土，產生微小的連續孔隙，可有效提升海洋附著生物的生長。

4.2.5 其他結構

一、以消波塊或石塊堆疊而形成的離岸堤、突堤，可增加水陸交錯帶，水下可形成類似礁石海岸之海洋生態。

離岸堤突堤等海中結構物，若以石塊或消波塊堆疊而成，形成一種擬礁石海岸，對海洋生態有很大貢獻。如圖 4.20 為旗津之離岸堤，以消波塊堆疊而形成，可增加水陸的異質交錯帶，水中可形成類似礁石海岸之生態特性，離岸堤可安定生物棲息地，增加棲地多樣性，對生態性具正面效果。

礁石海岸是生物多樣性較高的一種海岸，擬礁石海岸雖較缺乏生態的長時間固有性，但其在短時間內所產生的海洋生態已頗為可觀，建議採用安定性較大的自然礁石分佈狀態，作為堆砌方式的參考。



圖 4.20 旗津 離岸堤

二、橋墩基座屬水中結構物之處，可施作成具孔洞或溝紋狀之表面，以增加生物可棲息附著面積，以提高生態性。

圖 4.21 為愛河出海口的橋墩，在橋墩水分可及處可看到附著性海洋生物棲息，可知只要在水中有結構物皆會有可能產生生態，建議多加穩固橋墩基座且類似之水中結構物可施作成具孔洞或溝紋狀之表面，以增加生物可棲息附著面積，以提高生態性。可知只要在水中有結構物皆會有可能產生生態，但孔洞型的結構、不規則形狀或粗糙的表面、陽光充分的位置、隱蔽的空間、有適當水流波浪的環境等可以營造較佳的海洋生物棲地環境。



圖 4.21 愛河口 橋墩

三、以拋石護岸工法來取代海岸護波，可豐富其生態性。

圖 4.22 為海岸護坡，此類型護坡在原先施作上是顧及到生態性，但因覆蓋海灘又無孔隙，與混凝土護坡並無兩樣，屬生態性較差的水中結構物。

建議可參考圖 4.23 的拋石護岸施作，如考慮親水性可採用大小不同型石塊，產生較具自然景觀且生態性良好的護岸。拋石護岸為水陸交接處，可產生潮間帶的礁岩特性生態，若為較安定的拋石護岸，可植種耐鹽性陸域植物，生態較為豐富。建議在海水可及處可採用較大型石塊，增加穩定性，在海水不可及處採用較小型石塊，增加孔隙率，可有利於生物生長和生存。



圖 4.22 旗津海岸護坡

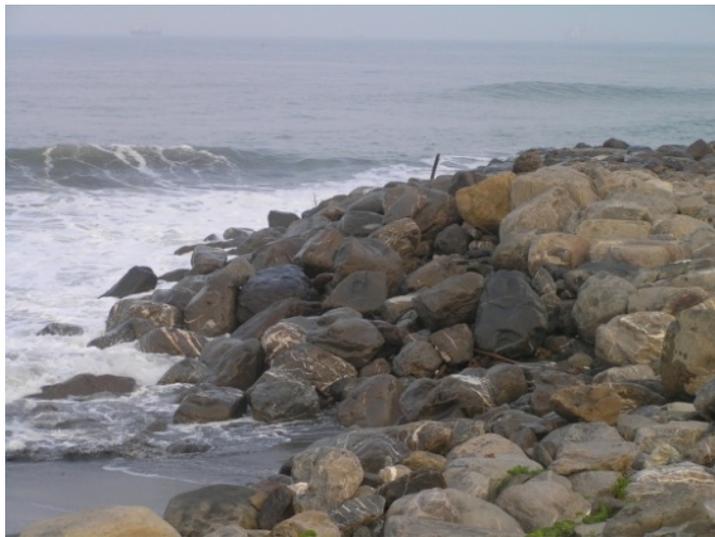


圖 4.23 旗津拋石護岸

第五章 港灣景觀環境營造技術蒐集與探討

5.1 港灣景觀環境調查技術

5.1.1 港灣環境景觀對象的截取

港灣環境景觀評價的基礎，是發現具有魅力和值得看的地方作為基本立意，港灣是一個大面積的空間，並且存在各式各樣設施的複雜空間，倘若要對港灣景觀做出評價，必須採用全方位的方法。

港灣環境景觀品質的改善，必須具有全方位的考量，即就在看景觀與被看的景觀二個層面的共同考量，被看與看又可稱之為「視對象」及「視場點」。

(一)視對象：港灣環境可以被看的景觀對象。諸如，船舶、作業碼頭、建築結構、橋樑等為明確的視對象的情況，也包括從臨近丘陵或高地俯視寬廣景色為主要視對象的情況。

(二)視點場：是指在港灣中擁有視點者，在視點附近的空間稱之為視點場。視點就是凝視景觀的位置，且因為視點附近的空間狀態對景觀的品質有很大的影響，所以視點的附近都稱作「視點場」。

5.1.2 評價對象

一、評價對象範圍

港灣景觀的現狀評價的對象範圍不僅包含了港（接連港口附近的地區、港灣區域等），也包含了能看見港的地域範圍、周邊空間。

港灣景觀，不能只以港口地區或港灣區域等為主體，與港灣鄰接

的市區和周邊地形也有很大的影響。從周邊的高地和展望台都能看到港的存在。因此，這些互相有視覺的關係性的周邊地區也屬於在評價的對象範圍之內。同時，還要再根據現地調查的結果確認其是否具有可視性，來判定正確的評價範圍。

二、港灣的視對象

視對象最好以港灣的獨特景觀為主要的表現主體。通常以能成為港灣的風景中心的「船舶等設施」和「呈現地域個性特徵的要素」來當作視對象。再者，關於「呈現地域個性特徵的要素」，因「港」而異，甚至有些港是不存在這些要素的，應該視情況而定，根據港灣的特徵，斟酌是否該提出這樣的要素。

所謂視對象，是在景觀的各式各樣的要素裡面，能成為吸引人們目光轉移的對象。一般來說，應從地域和該港灣本身擁有的特色來整合成一個風景中心要素。而能成為港灣的風景中心的主要的要素，分成以下兩大項：

1. 接連港口地區和港灣區域內的要素

即影響港灣的景觀的個性的要素，包括：

- (1) 船舶
- (2) 船舶通行、出發和到達、停泊的水面（航線、停泊處、停船場、運河）
- (3) 跨越上述水面的橋樑
- (4) 港口（主航線的出入口）
- (5) 倉庫、防波堤、護岸等被認為有歷史價值的東西、石頭（磚）裝載等設施
- (6) 碼頭裝卸活動
- (7) 倉庫和起重機等港灣設施

(8) 水面

(9) 夜景

2. 港灣週邊地區的要素

即影響港灣地域的景觀個性特徵要素，包括：

(1) 地形的要素

- 與海岸線垂直方向有特色的景觀（獨立峰、山脈、島嶼等）
- 岬頭、灣澳等特殊地形
- 鄰接港灣，諸如海濱、沙灘、沙洲等美麗的海岸線
- 水面

(2) 人文要素

- 沿岸特有的設施（如：燈塔、廟宇、旅客轉運站、具人文或歷史價值的植栽等）
- 形成都市景觀特質的東西（港村、漁村、塔、歷史建築、異國風情的建造物等）
- 祭祀、慶典的熱鬧景致

三、港灣的視點場

可以看到視對象的具體場所，就可以被視為「視點場」；另一方面，位於港灣區域及接連港口地區等的視點場，遊客有可能進入該地區可能性的視點場也應該被一併掌握。港灣區域包含了臨港地區及港灣鄰接地區等，以及港灣行政進行管理的區域、鄰近市區、丘陵高地等的地區。視點場可就群眾的進入可能性（即港區對外開放狀況）加以區分，如下表 5-1 所示。

表 5-1 視點場的分區

分區	內容	分區內容對應的設施
I	以一般群眾使用為前提的場所 (完全開放性)	<ul style="list-style-type: none"> 賞景的設施(親水防波堤, 植栽區, 展望台, 旅客轉運站等) 供群眾使用的場所 自然海岸 與港區水岸連接的商業區或臨港商業地區等
II	群眾能自由進入, 但不是特別意圖而進入的地方 (半開放性)	<ul style="list-style-type: none"> 碼頭、堤防、護岸 漁港、停泊處 臨港道路
III	原則是禁止進入, 但部分有接近可能的區域 (禁止開放但部份可開放)	<ul style="list-style-type: none"> 公用碼頭(碼頭裝卸) 貨櫃碼頭 工廠、其他低開發或未開發土地等
IV	供群眾使用來移動視點的資源 (動態視點場)	<ul style="list-style-type: none"> 遊艇和渡輪等的船舶 巴士和私人汽車等 鐵路軌道等的大眾交通系統

5.2 港灣景觀環境設計準則

一、改善視點場和前往視點場的通路途徑上的心情感受

如果在視點場和前往視點場的通路途徑週邊中有處理危險物品等的設施, 以及大型拖板車等頻繁通行的廣大接連港口交通設施等。以長期性的觀點來進行改善的話, 須致力於研究土地利用的重組和接連港口交通體系的重組規畫; 以中期性的觀點來進行改善的話, 可以找尋或開發新的視點場, 以及新的通路途徑; 以短期性的觀點來改善的話, 可以儘速考慮進行植栽修景等。如圖 5.1, 緩衝綠地、植栽是為了緩和這些處理大體積貨物的碼頭帶來的影響。並且可以歸納出以下四個重點:

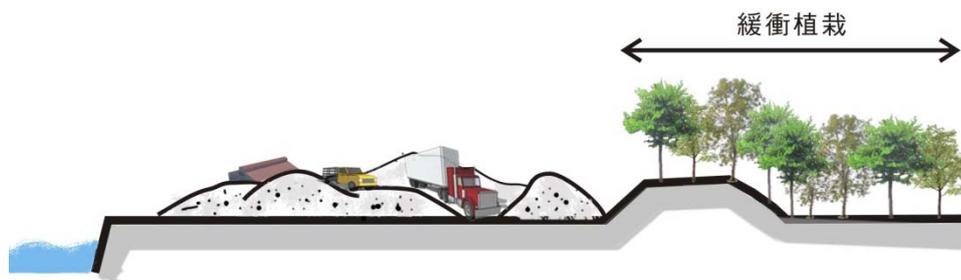


圖 5.1 碼頭後的緩衝綠地

(一) 土地利用的重組

如果該地擁有優良的視點場，但周圍卻佈滿雜亂無章並影響觀賞者的心情的危險物品，就應該在附近建立能夠處理這些優良視點場周遭那些有礙觀瞻的危險物品等設施。以長期性的觀點來看，對當地居民來說，週邊土地利用之事，應考慮重組改變為居民容易適應的土地利用方式。

(二) 接連港口交通體系的重組

如果接近優良視點場的通路途徑存在一些連接港口通行的大型拖板車及卡車，以長期性的觀點來看，通路途徑變成舒適的手段應考慮變更接連港口交通體系的途徑，及改變其寬度構成和斷面構成之變更等。

(三) 新視點場的發現、通路途徑的研究

若該視點場週邊的土地利用的重組及接連港口交通體系的重組為相當困難的情況，以中期性地觀點來看，應檢討這些對於居民容易適應的、容易到達的視點場是不是無法利用，若真的無法妥善地被利用，就應該盡快研究新的視點場和通路途徑的整備。

(四) 基於綠化等修景的討論

與長期性的觀點一併討論短期性的操作，像附近居民最容易適應的情況般，還須研究討論該空間（及其周邊）和針對設施施作綠化等

的修景。以景觀來說，現今的環境美化常常伴隨著”綠美化”的設計，所以綠化修景也是相當重要的部分。

二、改善眺望視對象效果不佳的地點

如果是對眺望不佳的地點進行改善工作，可以檢討上述的植栽修景，或是將路面上的電力設備更改為電纜地下化的方式。並且，如果存在如高架橋等阻礙眺望的設施，且無法調整其位置和高度，便以長期性的觀點討論，則是以重編連接港口的交通體系為主，例如：路線變更、地下化等。並且可以歸納出以下三個重點：

(一) 電纜地下化

如圖 5.2 所示，從後方凝視港的情況下，視線和風景全被遮擋了。或是，如圖 5.3 所示，電線和電線杆帶來亂七八糟的印象，所以有必要將其改變為地下化的形式。



圖 5.2 電線和電線杆妨礙遠眺望

圖 5.3 電線和電線杆妨礙景觀

(二) 緩和高架橋、高架道路對景觀所造成的負面影響

如果在港灣和鄰近都市空間之間已設置了高架的幹線道路等，並影響視覺的眺望。此時，可以嘗試高架橋道路路線變更，或是最好將其改變為地下化，如圖 5.4 為日本博多港半地下化的道路系統，此設計方便使用者通行，也可以減輕分斷感。同時，為了緩和造成阻礙的主要原因，以短期的設計觀點來看，可採取檢討並改善色彩設計的部

分。圖 5.5 為日本博多港半地下化的道路系統，週邊設施等和路線規劃為一體性的整備。



圖 5.4 半地下化道路構設計 I

圖 5.5 半地下化道路構設計 II

(日本博多港)

(日本博多港)

(三) 以變更設施的位置及高度來改善眺望的風景

高程過高的設施、構造物常常造成眺望水面和船舶等的阻礙，同時也會造成從對岸望向陸地的阻礙，使觀景者無法看見山巒美景與天際線，如示意圖 5.6。為了改善這種情況，必須以長期性的觀點檢討設施、構造物的位置和高度。圖 5.7、圖 5.8 為改善方法，改變設施和建物的配置及高度後，能確保水面和水際線的眺望。

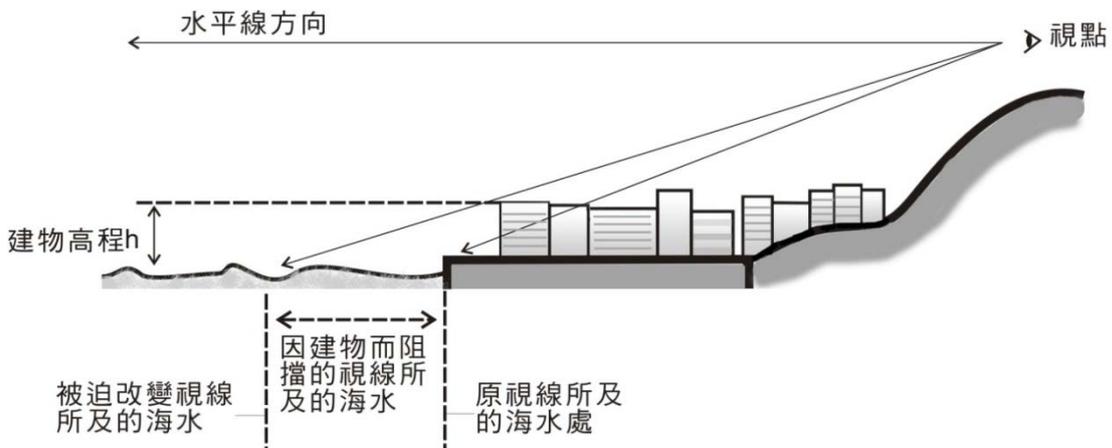


圖 5.6 設施和構造物阻礙眺望

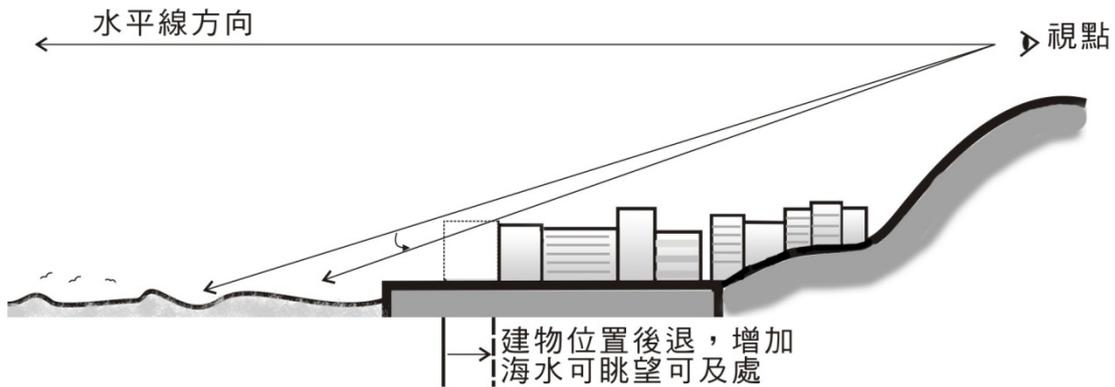


圖 5.7 改變建物的配置

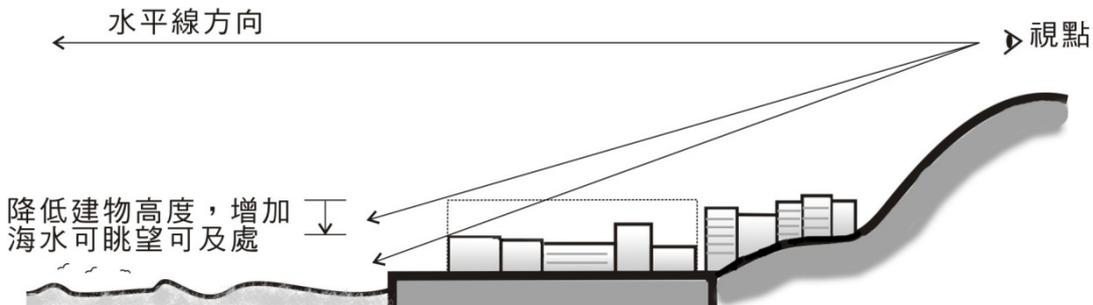


圖 5.8 改變建物的高度

三、改善受損害景觀環境的方策

在視對象和視點場週邊的道路、空地、水域等地區，放置廢棄汽車或遊艇、非法丟棄物等，會使景觀環境受到損害。或是，周遭的相關設施或結構物等，其表面的顏料裝飾沒有定期保養，而變成相當醜陋的設施。以及道路旁未經修剪的雜草過度生長，成為不美觀的草地。當環境出現以上這些不好的景觀時，需要適當掃除、美化和保養，以下兩點詳述：

(一) 清掃、美化

港灣的面積廣大，難以避免會出現凌亂、缺乏妥善整理的空間。如圖 5.9，渡輪站前的空間亂七八糟，期望可以美化改善。但至少經過關於視對象、視點場兩者的考量後認為應該被改善或除去的物件，最

好應進行消除、清掃和美化(圖 5.10)等決策。

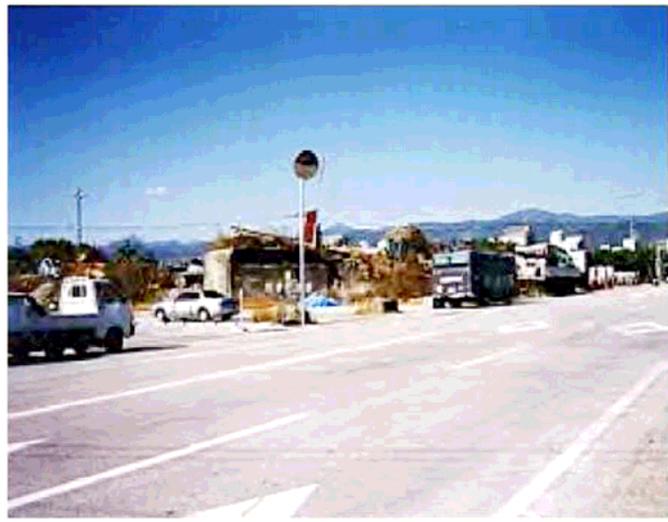


圖 5.9 渡輪站前凌亂空間



圖 5.10 市民參與碼頭清掃美化活動(日本釧路港)

(二) 對於顏料裝飾的構造物實施定期的保養

許多構造物 and 建築目的是作為港灣設施和城市設施而存在，像是港灣的煙囪、油桶、棚屋和倉庫等，為維持港灣功能的必要設施。在構成這些設施的素材性質上，往往需要配合顏色的設計和塗料裝飾。

這些都是為了使觀景者在眺望視對象的時候，雖無法避免看見其他的設施及構造物，但至少這些上了顏料的構造物，可以減輕其本身景色的破壞，並且也較不會對視點場週邊的氣氛造成負面的影響。所以，實施塗飾的重新油漆等這類定期保養維護是相當重要的。

再者，如果在設施、構造物添增顏料和塗飾進行港灣景觀的美化，在設施、構造物上繪畫，獨立個別著色，對港灣景觀改善來說也不一定全是良好的成效。因此，港灣全部的設施、構造物等的色彩設計上，最好應做整體規模的討論，營造出能使設施、構造物等共同協調存在的顏色配置。

四、提供視點場不足的方法

港區可能面臨的是儘管有出色的視對象存在，但卻無法確保可以眺望該對象的視線。或是，儘管有好的視點場潛在地存在，但卻缺乏妥善運用的情況時，因此進行創造新的視點場這工作也是很重要的。在現況環境中，若有未能妥善確保的可眺望視對象的最佳地點，或是被運用能眺望視對象的優良地點，就應該研究創造新視點場的事。特別儘管是有出色的視對象存在，沒有能眺望視對象的最佳場所的情況和在港灣空間中缺乏視點場的情況，應多加注意檢討。

(一) 在港灣管理地區創造視點場

一般港灣行政管理地區是很少對一般市民開放，相對地便顯得可眺望的港灣景觀景色不足，應該積極地研究及創造新的視點場。此時，也應該針對該港灣區域當今的限制和關於禁止構造物進入水際線內等之規定，在沒有安全管理上的問題時，以可適度開放給民眾進入觀光遊憩狀況下，來研擬創造新視點場的方策。進行開放民眾到水際線時，需考慮通用設計的整備，並注意務必創造出安全的熱鬧空間。

在討論上述這些議題的同時，更應該將以上的課題與港灣植栽繁茂地帶、旅客終點站（碼頭）、親水防波堤等的整備等事一同檢討。同時，提供舒適的及環境空間及遊覽各視點場的路線規劃也應一併被

研究。

1.設置能俯瞰的展望設施

進行港灣設施整備時，在旅客終點站（碼頭）、辦公大樓等地設置能俯瞰的視點場，如展望設施、展望餐館等也很重要(圖 5.11、圖 5.12)。



圖 5.11 渡輪碼頭中心大樓為眺望船舶的視點場(那霸港)



圖 5.12 辦公大樓為眺望船舶的良好視點場(高松港)

2.沿著水際線設置眺望設施

沿著水際線設置的散步道、防波堤或護岸等，或是提供商業設施

等是形成能眺望港灣船舶的視點場的良好設計方法。如圖 5.13 的下關港，護岸等設施是能眺望眼前出進港的船舶的良好視點場。如圖 5.14，博多港在水際線邊緣設置商業設施，並且確保往水際線方向的開放空間。



圖 5.13 護岸等設施為眺望船舶的良好視點場(下關港)

圖 5.14 往水際線方向開放的商業設施 (博多港)

(二)在港灣行政管理地區以外創造視點場

如果在港灣行政管理地區以外的地方也有能眺望港灣風景的場所（如港灣鄰近的高地、建築物、道路及廣場等），應積極協調其它相關單位共同整合進行視點場的整備工作。同時，港灣管理者在進行設計規劃時，也必須確保從該視點場的可以眺望風景，並且也要針對管轄內的建築物的配置、高度，並對於可能的整地一併謹慎考慮。圖 5.15 為尾道線岬港，其鄰近的高地為重要的眺望點。另一方面，因為這些地點被樹木等遮住視野也是常有的情況，所以需要進行日常性的維護管理工作，如：樹木的修剪等。圖 5.16 為鹿兒港，從市區的道路軸線上便能遠望到港口，意識港灣的存在。



圖 5.15 港灣背後的高地為重要眺望點(尾道線岬港)



圖 5.16 在市區道路軸線與港灣的關係(鹿兒島港，北九州港)

圖 5.17 為北九州港，為了確保從車站前廣場往海的視線，港灣管理局和市政府協力配合，試著變更沿線建築物和設施的配置。圖 5.18 為圖 5.17 場景的相反視線，從港口往車站和站前廣場，都能清楚地看見背後的山，兩個空間的視線能互相交流，從港向車站前廣場眺望的

風景。



圖 5.17 從車站前廣場向港眺望
(北九州港)

圖 5.18 從港口往車站和站前廣場
(北九州港)

五、創造魅力視對象之方案

如果缺乏市民容易親近、喜歡的視對象，或是缺乏吸引群眾前往港的動機的視對象等，就必須研究並討論創造更具港灣魅力的視對象。可以下列四個方向來創造視對象：

(一)創造象徵港之特性的設施

藉由能夠象徵港的獨特魅力的設施，如：旅客轉運站、魚市等，將研究的重點投注在這些創造新的魅力的視對象之上。如圖 5.19 至圖 5.22，皆是能象徵港之魅力的場所。



圖 5.19 由整備運河創造視對象

(小樽港)



圖 5.20 由整備吊橋創造視對象

(北九州港)



圖 5.21 燈台與橋樑加深港的特徵

印象圖



圖 5.22 市場也是港的特徵印象

(二) 利用材料控制達到修景效果

如果視對象非常出色，便使用與對象設施同樣的素材來整備週邊的港灣設施，且要與整體景觀形成協調感。如圖 5.23，三角港運用綠地修景成為港灣設施的中心。如圖 5.24 鹿兒島港以石頭活用在綠地修景上，成為石砌防波堤的中心。



圖 5.23 港灣設施綠化

(三角港)



圖 5.24 石砌防波堤綠化

(鹿兒島港)

5.3 高雄港景觀環境營造

本計畫是藉由高雄港景觀環境營造的案例分析結果，做為研擬「港灣生態景觀評估及設計準則操作手冊」之應用，整體作業流程如圖 5.25 所示，

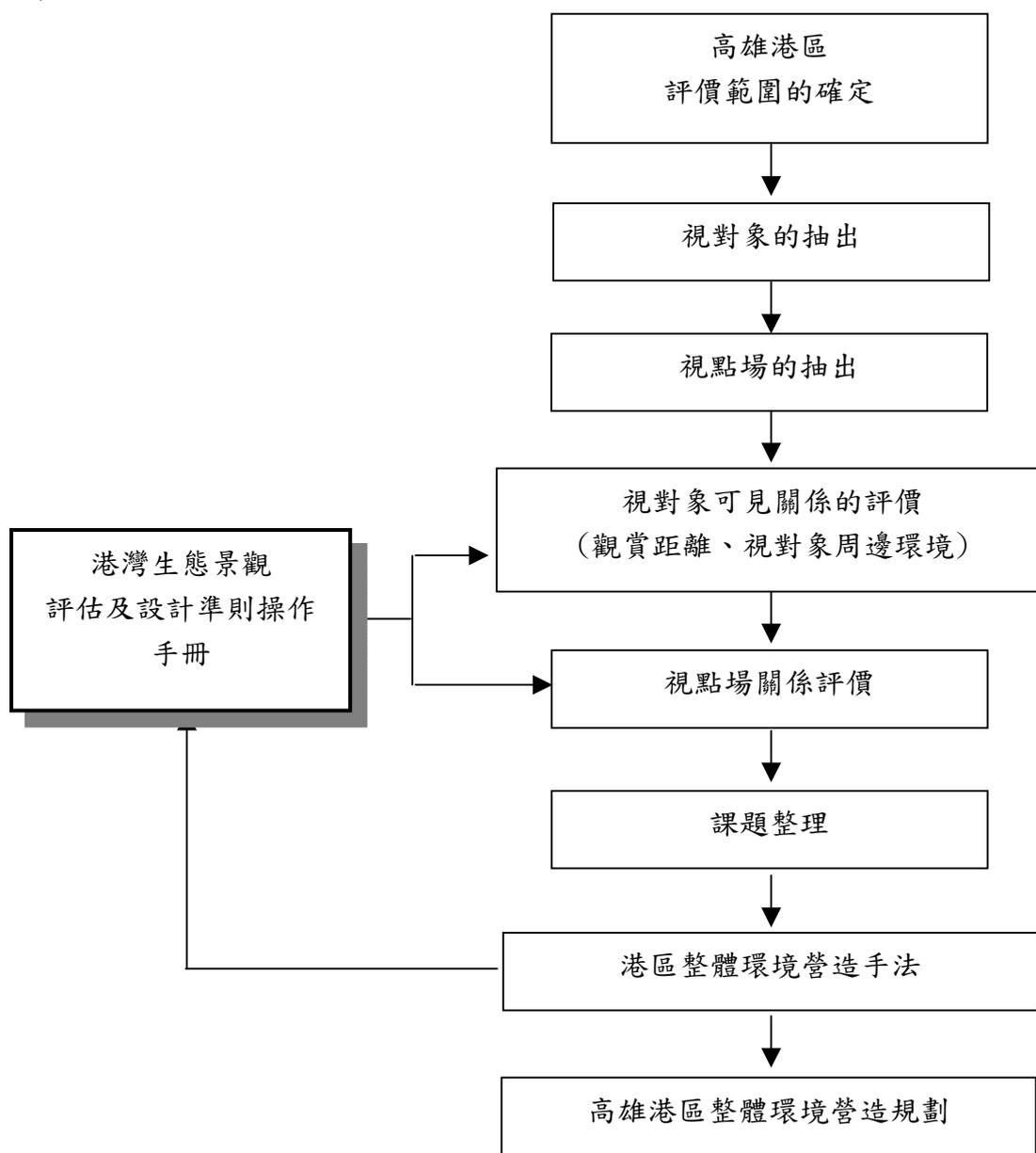


圖 5.25 高雄港整體環境營造規劃作業流程

5.3.1 高雄港灣的視點場及視對象的截取

港灣景觀的現狀評價是提出視對象和視點場，進行各自的評價之後，綜合性地考慮視對象和視點場的各關係的對象範圍全部現狀分析，進行對課題的整理和討論。

就高雄港區環境現況初步截取視對象及視點場、及對群眾開放程度的分區，可做為未來高雄港景觀評價的基礎，及景觀環境營造之重點。如圖 5.26，圖 5.27 及表 5-2 所示。

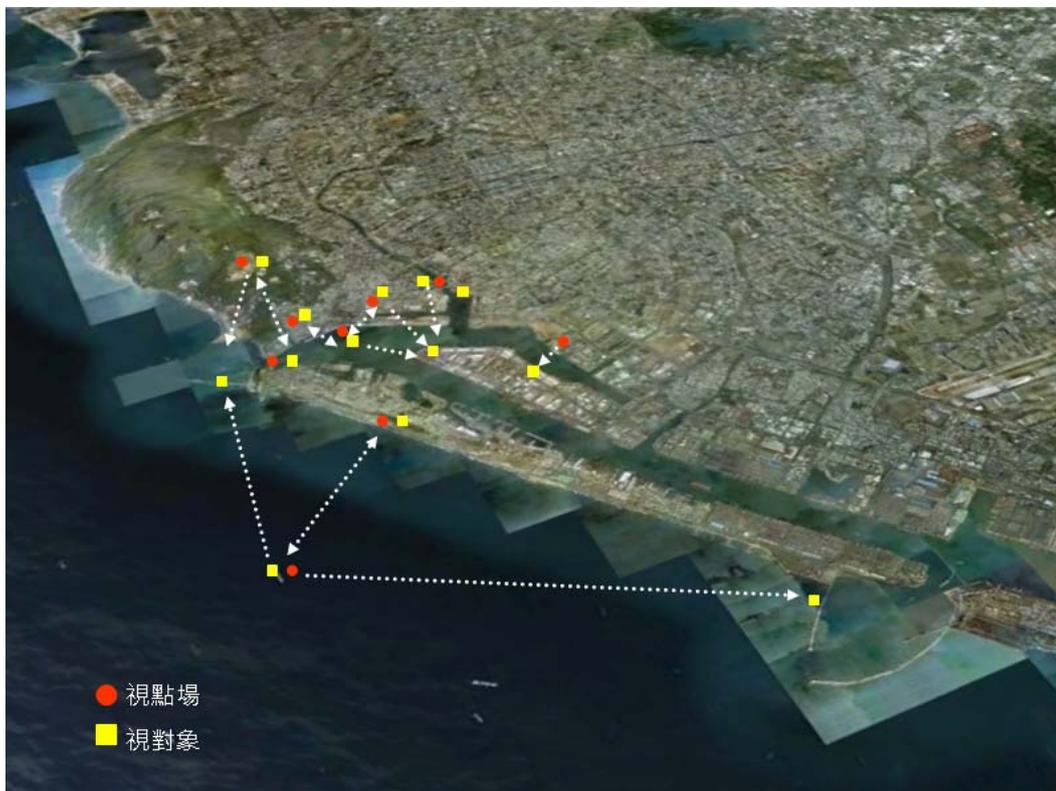


圖 5.26 高雄港區視點場及視對象的截取



完全開放區視點場



開放區視點場



半開放區視點場



半開放區視點場



管制區視點場



管制區視點場



動態視點場



動態視點場



圖 5.27 高雄港區對群眾開放程度的分區圖

表 5-2 高雄港區對群眾開放程度的分區表

分區	地點
港區	1.完全開放區視點場 漁人碼頭 旗津渡輪區 燈塔區
	2.半開放區視點場 開放區之堤防、護岸、漁港、停泊處等
	3.管制區視點場 其它
	4.動態視點場 渡輪
臨港區	1.完全開放區視點場 珍愛碼頭 新光碼頭 西子灣 旗津

5.3.2 高雄港環境景觀營造

依照港灣景觀環境「視對象」及「視點場」的分析及景觀現狀評價結果，結合上一年度(99 年)完成之「港灣生態景觀環境營造規劃設計」成果，進行高雄港區景觀規劃設計之籌劃和作操作規範，重點內

容簡述如下：

一、整體環境景觀色彩改善

環境景觀中色彩是使用者最容易辨識，也是最容易被感覺到的，運用環境景觀的色彩計畫，可以有效營造的環境景觀意象，尤其高雄港又扮演著台灣海上門戶意象的角色，因此研擬高雄整體環境景觀色彩計畫對提升高雄港整體環境形象有積極意義。其詳細操作內容見本報告書「第六章 高雄港環境景觀色彩計畫」有詳實的說明。

二、運用景觀植栽改善開放通路的景觀美質

為不影響高雄港區內物流等之運作機能，故可以選擇在對外開放區，加強視點場和前往視點場的通路的植栽改善，可有效改善完全開放區、及半開放區通路的景觀，讓使用者有最佳的視覺及心情感受。(圖 5.28、圖 5.29)

對於大型作業區或其它有礙視覺景觀的結構物或設施等，則可以緩衝綠地及植栽是緩和這些處理大體積貨物的碼頭帶來的影響。景觀植栽的改善設計手法可見本報告書第 5.3 及 5.4 節詳述了港灣景觀植栽的調查及植栽設計準則。



圖 5.28 高雄港鄰近地區緩衝綠地
不足



圖 5.29 高雄港景觀綠化不足

三、改善視對象景觀不佳的地點

在遊客眺望港區景觀時，所看到的地點即為視對象，因此必需就這些景觀不佳的地點進行改善工作，工作內容可以是以植栽做修景為重點。其它若無法遮蔽的，諸如路面上的電力設備，應以朝向電纜地下化方式努力；高架橋等阻礙眺望的設施，可以以色彩計畫變更，使其成為視覺焦點，或與環境相融合。更長期，則以變更遊客路線為宜。（圖 5.30、圖 5.31）



圖 5.30 高雄港區電線及電線杆



圖 5.31 高雄港臨近區的橋樑

四、改變觀賞位置及高度

高雄港周邊有良好的視場點可遠眺景觀(圖 5.32)，但卻因周邊設施和構造物阻礙眺望水面和船舶等(圖 5.33)，使觀景者無法看見山巒美景與天際線。可利用改變設施、構造物的位置和高度，確保水面和水際線的眺望。



圖 5.32 高雄港周邊有良好的視場點可遠眺景觀



圖 5.33 高雄港周邊設施和構造物阻礙眺望

五、提供視點場

找出旅客主要集散地點周邊的建築、辦公大樓等地，設置展望設施、展望餐館等，開發做為能俯瞰的視點場。高雄港附近有可能形成良好視點場的高地有多處，皆可提做為視點場，觀賞港區不同風情景觀(圖 5.34、圖 5.35)。



圖 5.34 港區外的潛力視點場



圖 5.35 沿水際線的高潛力視點場

六、創造有景觀魅力的視對象

港區可利用本報告書「第二章水質淨化技術資料蒐集與探討」營造具視嗅覺的親水環境，「第三章 港灣生態環境調查與評估」技術營造水陸域優質的生態環境，「第四章 港灣生態環境規劃設計準則」暨可營造具生態性的港灣水中結構設施，又可與港灣整體景觀形成協調感。「第六章 港灣環境景觀色彩計畫」的相關技術，則可以營造港灣地區獨特意象，創造象徵港的獨特魅力及門戶意象。這些港灣生態環境營造技術可以創造港灣成為具吸引群眾前往港的動機的視對象，也是讓港灣形成市民容易親近、喜歡的視對象。

5.4 港灣景觀植栽操作技術探討

5.4.1 植栽與景觀

海岸地區為休閒遊憩水的熱門地點，因此海岸景觀之營造便顯得相當重要，而其中植栽乃扮演一相當重要的角色。目前台灣海岸地區現存的植物景觀，除了防災功能的防風林之外，少有景觀植栽的營造。同時海岸地區植栽的景觀評估研究更欠缺了相關文獻的探討。

植物在景觀設計中本為一相當重要的元素，而在美學上的應用，植栽是影響景觀偏好的因素之一。而在環境中只要有植栽配置，特別是喬木的出現，人們對該景觀的偏好就會比較高（Swardon, 1988）。所以喬木的出現在景觀中最具有影響力（章錦瑜, 1997）。同時台灣海岸海洋氣候嚴苛，海堤充斥海岸線，自然景觀品質不佳，而植物能造成視覺上的美感，且其為自然的產物，可消除人工產物的視覺負面效果。

許多研究證明人類對於環境偏好與自然元素相關，人類偏好的環境是較自然及具有豐富生命的地方。Ulrich and Parson(1992)指出植栽環境會使人覺得身心舒服。Kaplan(1989)認為人類對於植群自然性之反

應，自然性較高或者較低的植群不是最受喜好的。Gobster(1994)認為人們較偏好的植群空間結構是較低度生態性。Williams(2002)提出植物多樣性與美質具有相關性。Herbert(1994)提出使用者對植栽之偏好度受植栽的空間配置所影響，即偏好與植栽密度、配置形式與植栽類型有關。

蘇瑋佳(2000)指出景觀構成綠化植栽本身即是重要的景觀元素，同時可以修飾、遮蔽可能造成視覺衝擊的設施，並擔任調和周遭環境的角色，與綠化實質機能關係最大的因子乃是覆蓋比例之高低。一般而言，無論是視覺面積的佔有率，或是實際上的數量，植栽所佔的比例越高其成效越佳。

歐聖榮等(1996)提到植栽之組成與結構對景觀美質具有影響性，其中包括林相、叢生、植物分層結構、綠覆率、林木組成、喬木狀態等是最常被研究的要素。環保署認為綠覆率是評價環境品質的標準之一（環保署，2002），其有緩和空間擁擠感、舒緩壓力的功能，綠覆率愈高愈能達成心理上舒適美感之功能。植物分層結構通常泛指環境區域內植群的垂直層次結構，如喬木層、灌木層及草地層等（林麗樺，2002），植群各種尺度所構成空間組合上之層次變化，層次愈複雜愈能創造豐富之景觀。

5.4.2 港灣景觀植栽調查及分析

植栽景觀評估的操作主要在探討群眾對植栽景觀的美質評價及心理認知感受情形，同時要了解影響景觀美質的植栽類別、景觀空間中的組成情形、配置情形及其影響強度，藉以做為港灣植栽改善的依據。依據港灣生態景觀營造規劃設計(1/4)（交通部運輸研究所，98年）以現地拍攝的數位相片，分別進行群眾問卷調查及計算相片中植栽元素及各項植栽因子，經統計迴歸分析，提出植栽景觀迴歸方程式如下：

原始迴歸方程式：

$$\begin{aligned} \text{美質分數} = & -2.301 - 0.051 * \text{前景的喬木及棕櫚} + 0.018 * \text{前景的地被植物} \\ & - 0.023 * \text{中景的鋪面及道路} \\ & + 0.015 * \text{背景喬木及棕櫚} + 0.015 * \text{背景的天空} \\ & + 0.721 * \text{喬木歧異度 } H' + 0.805 * \text{喬木/地被面積比} \end{aligned} \quad (1)$$

標準化迴歸方程式：

$$\begin{aligned} \text{美質分數} = & -0.767 * \text{前景的喬木及棕櫚} + 0.738 * \text{前景的地被植物} \\ & - 0.287 * \text{中景的鋪面及道路} \\ & + 0.593 * \text{背景喬木及棕櫚} + 0.622 * \text{背景的天空} \\ & + 0.285 * \text{喬木歧異度 } H' + 0.661 * \text{喬木/地被面積比} \end{aligned} \quad (2)$$

依照上述植栽美質迴歸方程式(1)、(2)，共包含 7 個自變數：前景的喬木及棕櫚、前景的地被植物、中景的鋪面及道路、遠景的喬木及棕櫚、遠景的天空、喬木歧異度 H' 和喬木/地被面積比，並且 R 平方高達 0.889，顯示這些因子可以解釋美質分數 88.9% 的變異，所以此方程式擁有相當高的解釋變異量，預測美質分數的準確度也高。因此，可以藉由這樣的方程式，選定正面影響(與美植分數正相關)的植栽元素，並依權重分配其植栽量來進行港區植栽的景觀美化工作。

5.4.3 港灣景觀植栽之設計原則

依照上述方程式(1)、(2)可看出在景觀元素中，近景(圖 5.36)的地被植物和遠景的天空是為民眾所喜歡的，因地被植物和天空對於美質分數的正向影響強度較大，二者在視覺上都讓人覺得是美的，所以可以在設計時將兩者的面積佔較多比例；而中景若出現鋪面及道路對美質分數是負面的影響，不被民眾喜愛的，在設計時就盡量避免其出現。然而，喬木及棕櫚這項因子在背景對美質雖然有正面的幫助，但若將它置於前景便會產生紊亂感及使人心生壓迫感，所以喬木及棕櫚在前

景對美質會產生負面影響。此外，在綠化因子這方面的喬木歧異度 H' 、喬木/地被面積比在方程式中，亦是呈現其值越高，美質越佳的狀態。利用標準化迴歸方程式(2)得到的港灣植栽景觀設計規劃準則為：

- (1) 前、中、背景之判斷，是以動線為中心，臨近行進動線為前景，其次為中景，最外為遠景，並以可及性為參考依據。
- (2) 前景中，使用植栽、軟鋪面作為景觀元素，並搭配礁岩點綴。
- (3) 中景中，使用植栽、景觀設施、其他設施作為景觀元素，並搭配礁岩點綴，同時需要保留天空的範圍，即使用的元素不可過高或必須具穿透性。
- (4) 背景中，使用植栽、景觀設施、建物、海水作為景觀元素，同時需要保留天空的範圍。
- (5) 植栽位於前景時，以地被植物為元素，植栽位於中景時，以地被植物為主要元素，植栽位於背景時，以喬木及棕櫚為元素。
- (6) 前景中，盡量減少沙灘、礫石等元素出現的比例。
- (7) 中景中，盡量減少礫石、硬鋪面等元素出現的比例。
- (8) 背景中，盡量減少其他設施、硬鋪面元素出現的比例。
- (9) 全景提高喬木歧異度 H' 、喬木/地被面積比。

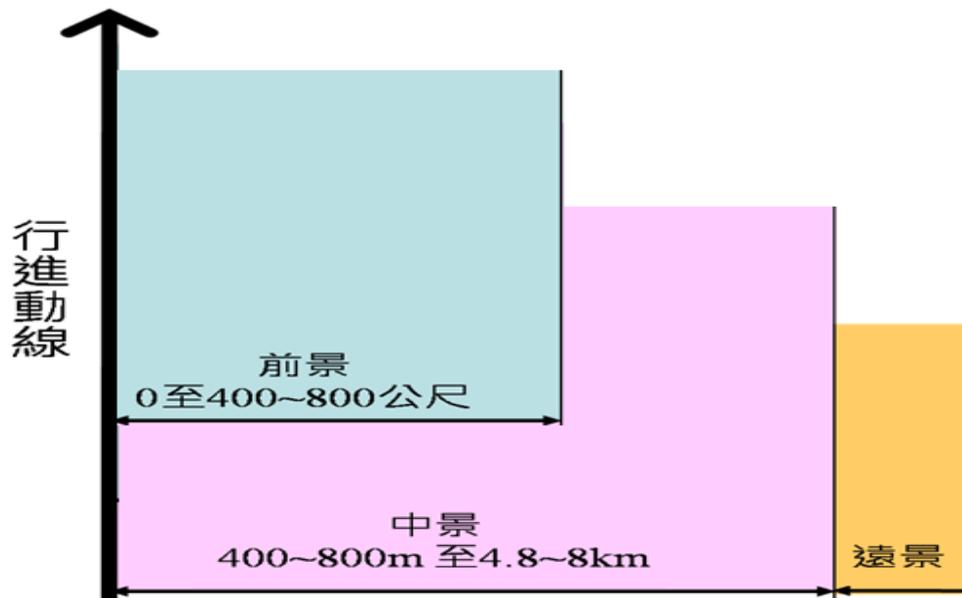


圖 5.36 前、中、遠景之參考距離

除了以上這些準則都可以作為植栽景觀設計的方向以外，在此也另外提出兩項因子：枝葉疏密度及樹冠連接度。定義方式說明如下，枝葉疏密度：「樹冠枝葉面積 / 樹冠完形面積」，樹冠完形面積：照片中樹冠整體之立面面積；樹冠枝葉面積：照片中樹冠完形面積扣掉孔隙部分之面積。樹冠連接度：植株間之疏密乃依冠幅之大小 有所不同，此可評估在線形灘地上植株樹冠與樹冠間之相鄰情形，樹冠之間的距離愈小，視覺感受上之疏密程度則愈高，反之則愈低；冠幅：植株拍攝時，以人當成比例尺所量測之樹冠立面實際寬度。



案例一：花蓮港景觀景觀現況照片



案例一：花蓮港景觀景觀植栽改善模擬示意圖

設計說明：

- 在動線前景與建物(背景)之間加入植栽元素，作為中景的轉換。符合協調性、自然親水性、美質、喜好的正相關因子。
- 植栽元素以地被植物為主，靠近建築物(背景)的植栽，加入棕櫚樹。符合協調性、自然親水性、美質、喜好、綠化因子正相關因子。
- 利用木平台銜接動線(前景)與草坪(中景)的過渡空間，木平台可同時含有軟鋪面與景觀設施之特性，符合協調性在前景與中景的正係數。
- 將礁岩錯落在木平台與地被植物之間。符合協調性與自然親水性在前景與中景的正係數；同時也與美質與喜好正相關。
- 動線與船舶停靠區以欄杆拉繩索區隔，符合其他設施在協調性中景的正相關因子。



案例二：花蓮港景觀景觀現況照片



案例二：花蓮港景觀景觀植栽改善模擬示意圖

設計說明

- 動線旁建物牆面內縮，利用景觀設施營造過渡空間，符合協調性、自然親水性、美質、喜好在中近景正相關。
- 在動線(前景)與建物(背景)之間加入植栽元素，加強空間的特徵轉換，藉以符合協調性、自然親水性、美質、喜好的正相關因子。
- 利用木地板將主要動線與次要動線串連，並加入礁岩，以符合協調性、喜好中前景的正相關因子，並減少自然親水性、喜好中負相關係數硬鋪面的比例。
- 將礁岩錯落在動線與地被植物間，符合協調性與自然親水性在前景與中景的正係數；同時也與美質與喜好正相關。
- 動線與胸牆間以弧形延伸軟鋪面銜接，並加入植栽元素，藉以符合協調性、

自然親水性、美質、喜好的正相關因子。



案例三：花蓮港景觀景觀現況照片



案例三：花蓮港景觀景觀植栽改善模擬示意圖

設計說明

- 捨棄原有高牆，並利用木平台創造停留空間，藉以減少自然親水性中背景其他設施的負相關係數。
- 利用木平台銜接動線、草坪、建築物的過渡空間，木平台同時含有軟鋪面與景觀設施之特性，符合協調性在前景與中景的正係數。
- 將礁岩錯落在動線旁與地被植物之間，可提供使用者休息與停留的空間。符合協調性與自然親水性在前景與中景的正相關係數；同時也與美質與喜好正相關。
- 動線與船舶停靠區以欄杆拉繩索區隔，符合其他設施在協調性中景的正相關因子。



案例四：花蓮港景觀景觀現況照片



案例四：花蓮港景觀景觀植栽改善模擬示意圖

設計說明

- 動線與大面積胸牆之間利用弧形延伸軟鋪面以銜接，並加入植栽植栽元素，以符合協調性、自然親水性、美質、喜好的正相關因子。
- 將大面積胸牆利用石雕藝術分割，碎化大面積單調硬鋪面的壓迫感，藉以減少自然親水性、喜好中負相關係數硬鋪面的比例。
- 在動線(前景)與建物(背景)之間加入植栽元素，加強空間的特徵轉換，藉以符合協調性、自然親水性、美質、喜好的正相關因子。
- 利用木平台銜接動線、草坪、建築物的過渡空間，符合協調性在前景與中景的正係數。
- 將礁岩錯落在動線旁與地被植物之間，符合協調性與自然親水性在前景與中景的正係數；同時也與美質與喜好正相關。

5.2.4 港灣景觀植栽之機能性設計原則

在景觀美學的應用上，植栽是影響景觀偏好的因素之一，植物能造成視覺上的美感，因其為自然的產物，可消除人工產物的視覺藩籬，為環境提供自然的感覺。海岸植栽之營造不僅有上述多項功能，還能增加海岸的生物多樣性，進行生態維護，並創造適意的海岸景觀環境，增加群眾到海岸遊憩機會等機能。

港區植栽最需掌握的特性與功能如以下幾點：

- 一、防風、防潮、防沙
- 二、對人工元素的遮蔽
- 三、海濱與背後地視覺的關係性調整
- 四、自然海濱空間和背後都市之間的緩衝機能
- 五、確保綠蔭的存在
- 六、表現海岸景觀

這些機能與景觀的功用需要配合恰當的設計，才能發揮其效果。在第 3.3 及 3.4 節已詳細說明植栽的栽種方式，以達到防風、防潮、防沙等效果為主要訴求，滿足這些基本的需求之後，再進一步達成其他功能的設計考量。

對人工元素的遮蔽來說，以停車場的設計管理為例，考慮到海邊遊玩的遊客大多以汽車為交通工具，海岸停車場的管理規劃便成了重要課題，停車場中栽種樹木，車輛原本的紊亂趕在樹蔭中變得較不顯眼(圖 5.37)。或是停車場在海灘和道路間設置時的情況，可將停車場的地盤設計較道路的地盤低，並且施種一些植栽，則路側行人的視線便不會被落在停車場中(圖 5.38)。再以海岸遊憩地的服務設施為例，服務設施等建築物盡量不要過分醒目的建造，並且以能被植栽遮蔽為原則最好，才不會對自然環境帶來景觀上的衝擊。



圖 5.37 植栽綠化停車場



圖 5.38 植栽綠化停車場

海濱與背後地的視覺關係強調空間的整合性及連續性。如圖 5.39 後灘植物可以降低壓迫感和阻隔感，適量的提高海堤前的沙灘高度，並引進一些適合當地環境的海濱植生，可以降低堤防的衝擊。同時，可以產生後面的海濱植物及前面的海灘植被間的綠化連續性，也可以緩和堤前、堤後的阻隔感。

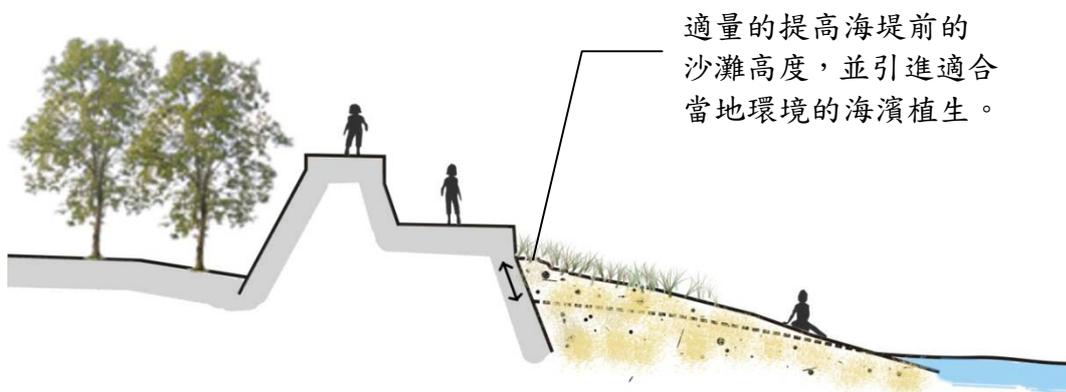


圖 5.39 後灘植物降低壓迫和阻隔感(改繪自日本港灣局，2006 年)

自然海濱空間和背後都市之間的緩衝機能是以植栽作為空間連接，降低兩者間的不協調感，並且運用地形的設計來減少眺望海景的在公園或後面的道路也能看見海，有空間的、視覺的連續性阻礙。如圖 5.40，海岸—公園—道路的斷面概略圖，將公園設置在海岸和步道中間，眺望的視線隨著傾斜的緩坡地形而下，便不會產生物理障礙。海岸背後有綠地及都市公園，形成足夠的休閒空間。背後的綠地也有

擔負防災的能力，因此，就能避免過多的海岸保護設施結構。但是，在設計時要特別留意植栽的密度。若植栽密度過高，反而會造成反效果，海岸空間連續性弱。適切的密度滿足防風效果，同時也要確保不影響海的能見度。

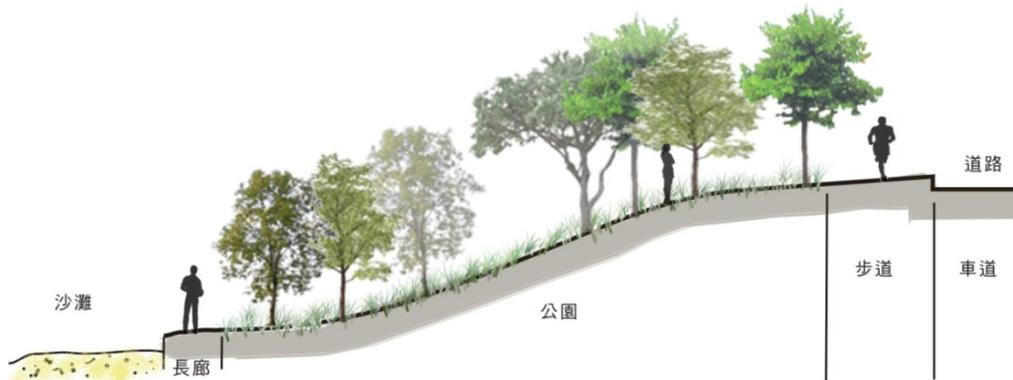
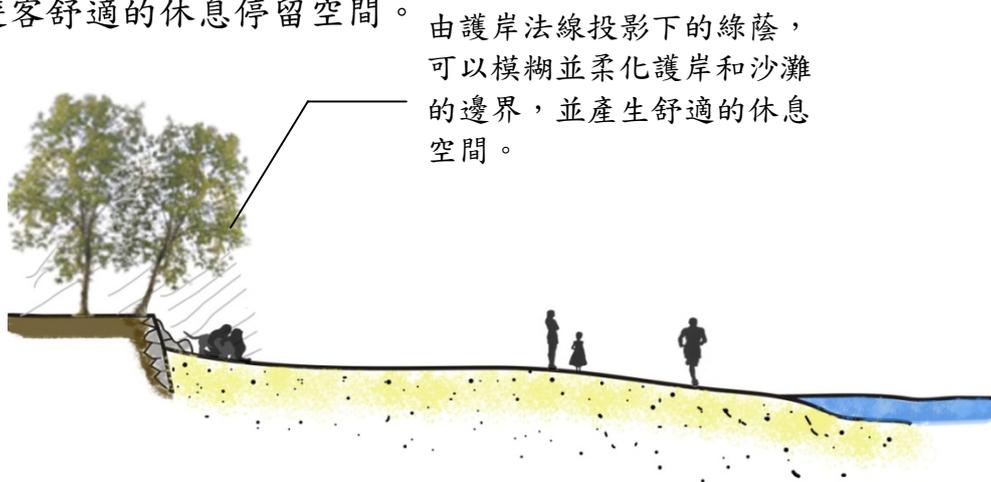


圖 5.40 海岸-公園-道路的斷面概略圖(改繪自日本港灣局，2006 年)

植栽能夠確保綠蔭的存在，又能夠降低溫度，形成一個陰涼舒適的空間。此外，植栽還能提供模糊柔化堤防或護岸與沙灘之間生硬的邊界。如圖 5.41、5.42，由護岸法線投影下適量的綠蔭，可以模糊並柔化護岸和沙灘的邊界，消除原本邊界線條產生的僵硬現象，並且能提供遊客舒適的休息停留空間。



由護岸法線投影下的綠蔭，
可以模糊並柔化護岸和沙灘
的邊界，並產生舒適的休息
空間。

圖 5.41 護岸法線上植栽的綠蔭(改繪自日本港灣局,2006 年)



圖 5.42 護岸與沙灘邊界的綠蔭

植栽可以做為呈現海岸景觀的自然元素，施種適合當地環境景觀的植物為優先考慮。海岸是與風和浪潮直接對峙的地方，對植物來說，是個相當嚴峻的環境。因此，耐鹽、抗潮、防風等功能，是選擇海岸植栽的基本條件。同時，再進而考慮與環境景觀的相符程度。區域植生的選擇是相當重要的，選擇植物特性能夠貫穿當地四季的氣候條件的樹種更是必須考量。

海岸植栽的特性與機能需要配合恰當的設計與配置，才能最有效地發揮其功能與效果。多數海岸常常工程過量，設置了許多不必要的設施，卻對植栽的設計配置不加以用心，往往遺忘了尊重環境自然的樣貌。因此，欲達成海岸安全防護、生態維護和景觀美質三方面一併提升，並且從多樣的且複合性的觀點來研討，才能營造出良好的海岸景觀。

第六章 高雄港環境景觀色彩計畫

高雄港位於台灣西南部沿海，腹地廣大，地處台灣海峽與巴士海峽航道交會之要衝，是歐、美、亞海運必經之道，亦為台灣進出口貨物首要門戶與集散中心，等同於國家形象之門戶。

色彩是人類在視覺上極為容易辨識及被感覺到的，歐美日等國對其本國的國際大港皆相當重視色彩營造的景觀意象，對於環境景觀色彩亦訂有相關之管制規範。台灣目前在環境景觀上卻極少有關於色彩的規範。因此，本計畫將針對高雄港範圍內進行色彩計畫，期望能夠為提升高雄港整體環境形象有所貢獻。

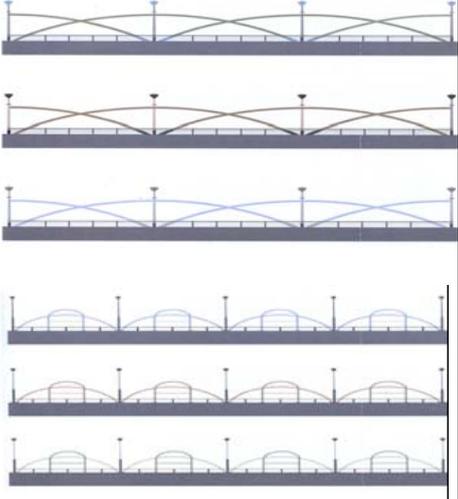
高雄港作業區內許多貨櫃、倉儲、結構物由於經長期使用，再加上未有統一之色彩計畫，在視覺景觀上顯得過於雜亂；建築物色彩也尚未有一準則可遵行。本計畫將針對計畫範圍內之整體環境景觀及結構物進行色彩調查，以代表性之景觀分析出當地色彩語彙，並試圖找出符合高雄港形象之色彩，最後將提出未來改善高雄港形象之色彩建議，使得高雄港整體環境景觀色彩更加和諧一致。

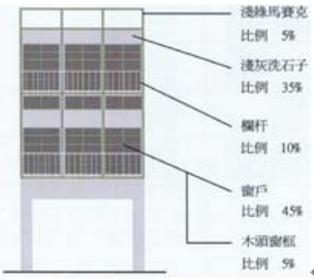
6.1 相關案例及理論說明

6.1.1 案例分析

在本計畫蒐集國內外相關色彩計畫及研究，探討其色彩計畫之操作流程、調查方法與紀錄模式和分析方法，並從相關案例中選取符合高雄港港務範圍內相似環境與需求之方法進行操作，以下針對國外兩個國內案例進行分析。

表 6-1 國內外案例分析列表

案例名稱	執行方法	執行成果
<p>臨海部色彩指南-以川崎市為例</p>	<p>首先將基地分為「一般區」、「重要區」及「焦點」，並透過規畫進行分區，利用赤、黃、綠、青、紫色系五種色系進行色彩配色。</p>	
<p>桃園縣建立城市色彩系統及示範操作規劃研究(2000)</p>	<p>以人工裝飾色彩、自然色彩、人文色彩作為色彩採樣樣點，並利用 NCS 系統進行色彩紀錄，再透過語意問卷結合小林重順在意象軸使用日本 PCCS 系統標註色彩語意，並遴選出具有發展潛力景觀點進行模擬，做為城市色彩初步建議使用。</p>	
<p>新竹縣竹東鎮舊區環境及生活色彩系統調查及應用研究計劃(2000)</p>	<p>在計劃中以巷道、街道的建築立面做為採樣樣點，以現場色票比對及色彩調查儀器進行色彩取樣，配合社區居民對於當地色彩聯想進行SD調查方法做為色彩配色參考的依據。</p>	

		 <p>淺綠馬賽克 比例 5%</p> <p>淺灰洗石子 比例 35%</p> <p>欄杆 比例 10%</p> <p>窗戶 比例 45%</p> <p>木頭窗框 比例 5%</p>
<p>新北市建立城市色彩系統及示範操作計劃(2000)</p>	<p>計劃中以色票比對及相機紀錄真對自然環境、文化環境、社會環境進行調查，所得到的數值再利用曼塞爾(munsell)值紀錄色彩座落位置紀錄，再利用小林重順 1990 提出之色彩意象量表探討配色，以利用環境色彩+問卷提出示範點華翠大橋色彩計劃。</p>	 <p>The top photograph shows a color calibration chart with various color patches. The middle photograph shows a row of buildings with a color palette overlaid, illustrating the application of color theory to urban architecture. The bottom photograph shows a modern building with a curved facade, demonstrating the practical application of the color plan.</p>

資料來源：本研究彙整

在彙整國外及各地方縣市政府文化局所操作之色彩計畫案例可發現，針對現況色彩調查紀錄和分析方法及流程大致相同，在色彩調查紀錄中以現況色彩利用攝影或現場色票比對進行取樣，進而利用曼塞爾(Munsell)色票進行色彩紀錄，參考小林重順(2006)¹之色彩意象量表探討其地方語意進行色彩配色建議，最後提出整體之色彩計劃。

¹ 小林重順，2006，色彩形象作標，人民美術出版社，北京。

6.1.2 色彩相本理論

1. 視覺色彩與傳達方式

以定量方式表示顏色，稱為表色，其中的顯色系統是物體的色外貌，色外貌是基於心理的主觀感覺，此感覺稱之為色覺，對象色稱為知覺色。顯色系統的色彩心理三屬性是指色相、明度、彩度，「色相」(hue)表示紅、綠、藍...等不同種類顏色，「明度」(lightness)表示色彩的明亮或暗沉狀況，表示顏色的鮮豔或混濁狀況者稱之彩度(chroma)，三者有系統的配置成三次元立體形狀，稱之為色立體。

2. 色彩形象座標

日本對於港灣色彩計畫在過去已有一定的發展與成效，而其在操作色彩計畫時最主要依循的便是小林重順所提出的色彩理論。小林重順將色彩的分佈與意義形象化，並進一步系統化，構成色相與色調體系、語言形象座標、配色形象座標系統等，深入了解各種顏色的特性及配色意義。

(1) 色相與色調:

小林重順選定 130 種代表色，包含 120 種有彩色及 10 種無彩色，構成了「色相與色調體系」(圖 6.1)。橫軸為色相，是根據曼塞爾(Munsell)表色系修正過的 JIS 系統為基礎，列出 10 種色相作為基礎；縱軸為色調，其會因明度與彩度的不同而有所變化，在這裡共區分出 12 種色調。此 12 種色調又分成四大類型：鮮艷、明亮、樸素及沉暗(表 6-2)。

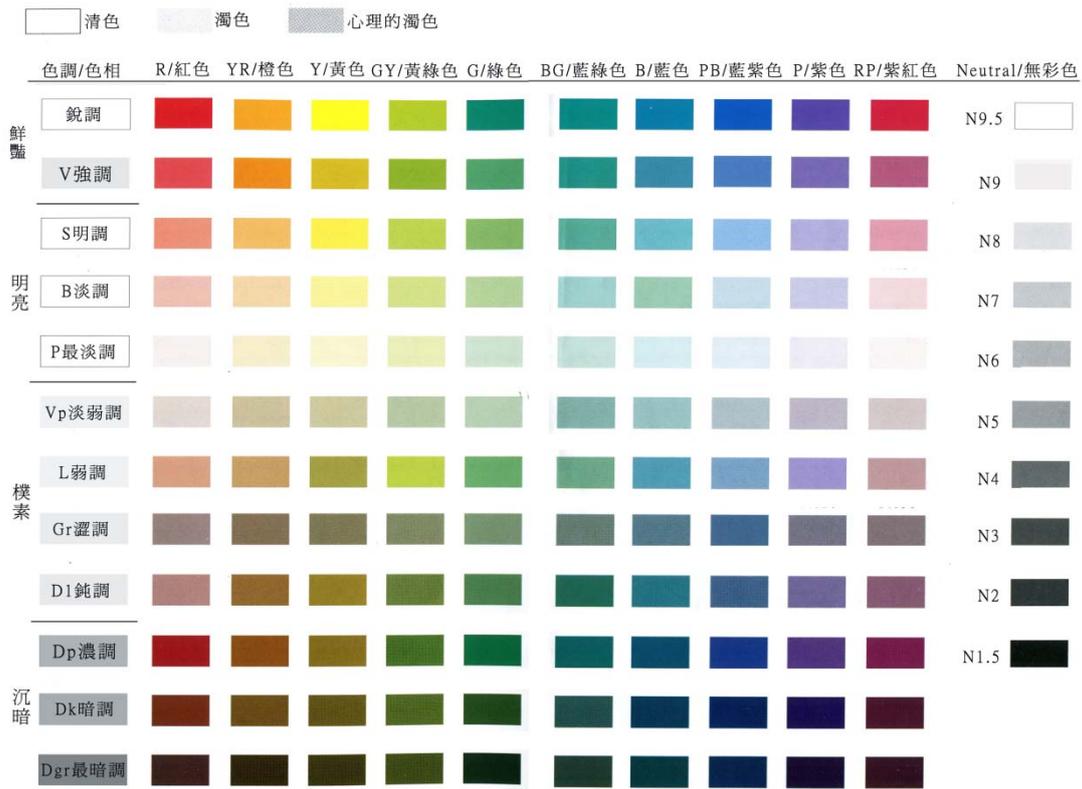


圖 6.1 色相與色調體系

(資料來源：小林重順，2006，本研究改繪)

表 6-2 色調類型

類型	鮮豔	明亮	樸素	沉暗
色調	V(銳調) S(強調)	B(明調) P(淡調) Vp(最淡調)	Lgr(淡弱調) L(弱調) Gr(澀調) Dl(鈍調)	Dp(濃調) Dk(暗調) Dgr(最暗調)

日本色彩研究所進一步將色相與色調體系中的 130 種顏色分析其「冷--暖」及「軟--硬」的感覺程度，並將之置入該二極座標中，可形成單色形象作標（圖 6.2），從形象座標可以清楚看到，在以中心圓點為基礎下，向外圍擴張其形象程度是由弱到強的趨勢逐漸增強。

另一種分類色調的方法是將色調分為清色和濁色兩種，在要了解單色個性及考慮配色時極有用處。在無彩色中，白、黑是清色；灰色是濁色。清色的形象給人晴空萬里的清澈感覺，而濁色形象給予灰暗或帶有暗淡的穩重感。

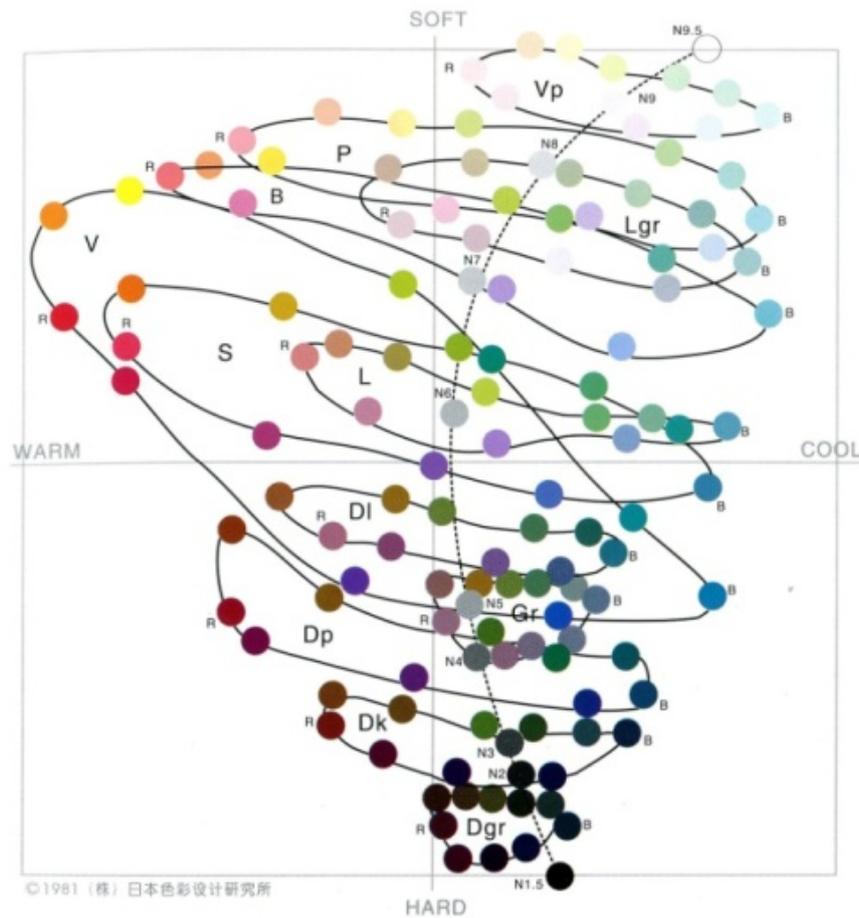


圖 6.2 單色形象座標
(資料來源：小林重順，2006)

(2) 色彩和語義的結合:

人們對於色彩所包含的形象有共通的感覺，小林重順藉由語意分析法(Method of Semantic Differential)，篩選出人們對色彩所包含的形象有共通感覺的 180 個形容詞，並將其作標化，構成”語言形象作標”(圖 6.3)，使色彩和語言結合起來。配色形象座標與語言形象座標可相互對應。

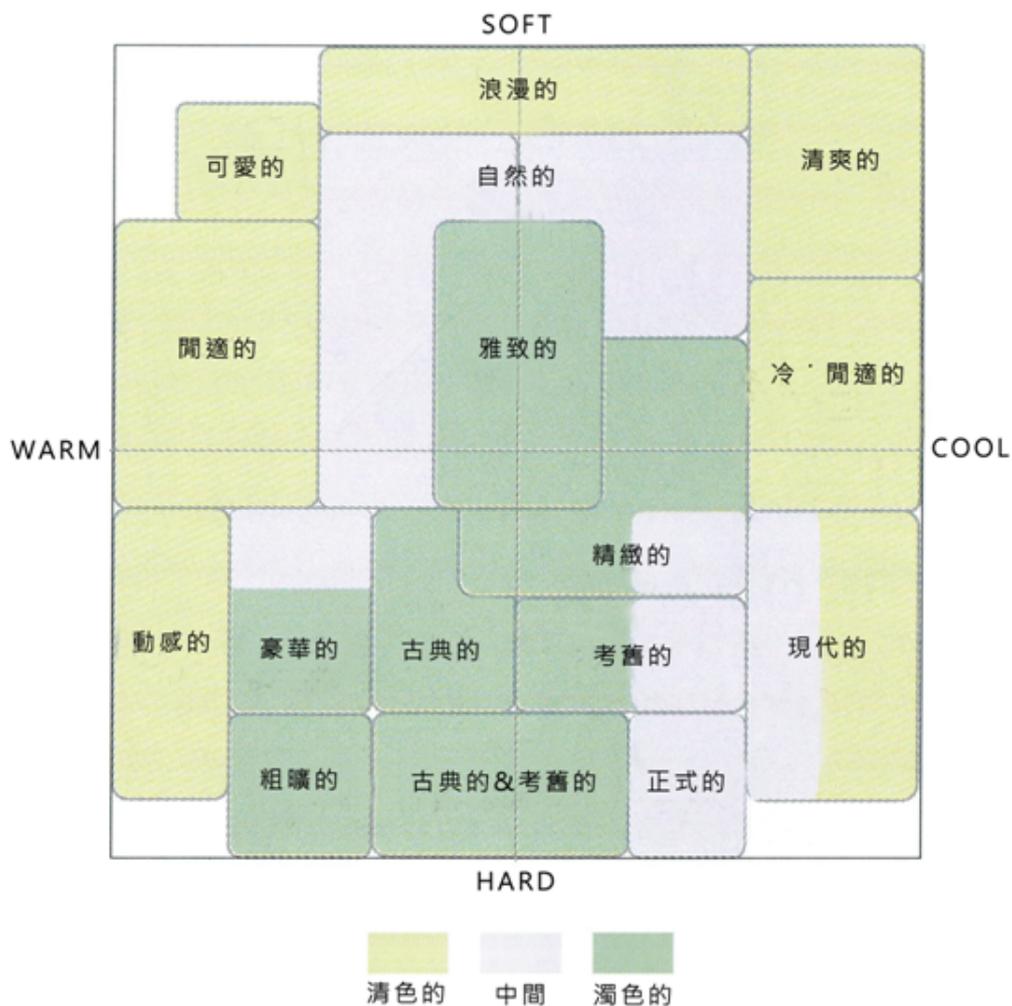


圖 6.3 語言形象座標

(資料來源：小林重順，2006，本研究改繪)

(3) 配色:

三色配色能表現出形象的不同，並且能簡潔輕易的把握形象的特徵，因此被作為基本的配色形象模式。小林重順在《色彩形象作標》提出幾種基礎配色方法，整理如表 6-3。

配色時，同時需考慮各顏色所佔的面積比例；面積比的調節可以產生基調和強調的差異，大面積的為配色的基調，小面積則是突出強調的部分。

表 6-3 配色方法表

配色方法	說明	實例
色相配色	配色時使用多種色相，產生爭奇鬥豔的效果，可表現出豐富或朝氣感覺的方法。	
色調配色	集中色相，運用多種色調，產生微妙的色調變化效果。	
色彩分隔	配色中插入顯著的相反色相等，是增強色調明暗對比的分隔方式。	
色彩漸變	使色彩有規律的逐漸變化。按照色相環改變色相或讓色調進行明、暗的變化。	
清色配色	以白、黑、鮮艷色調或明快色調為中心的配色方法。有清澈、舒暢的感覺。	
濁色配色	以灰色或樸素色調為中心的配色方法。形成溫和、穩重的印象。	

6.2 環境景觀色彩設計原則

6.2.1 基本配色原則

1. 顏色之色調類型

根據圖 6.1 色相與色調體系，色調依照顏色明度與彩度的不同，共分成四類：鮮艷、明亮、樸素及沉暗。(圖 6.4)

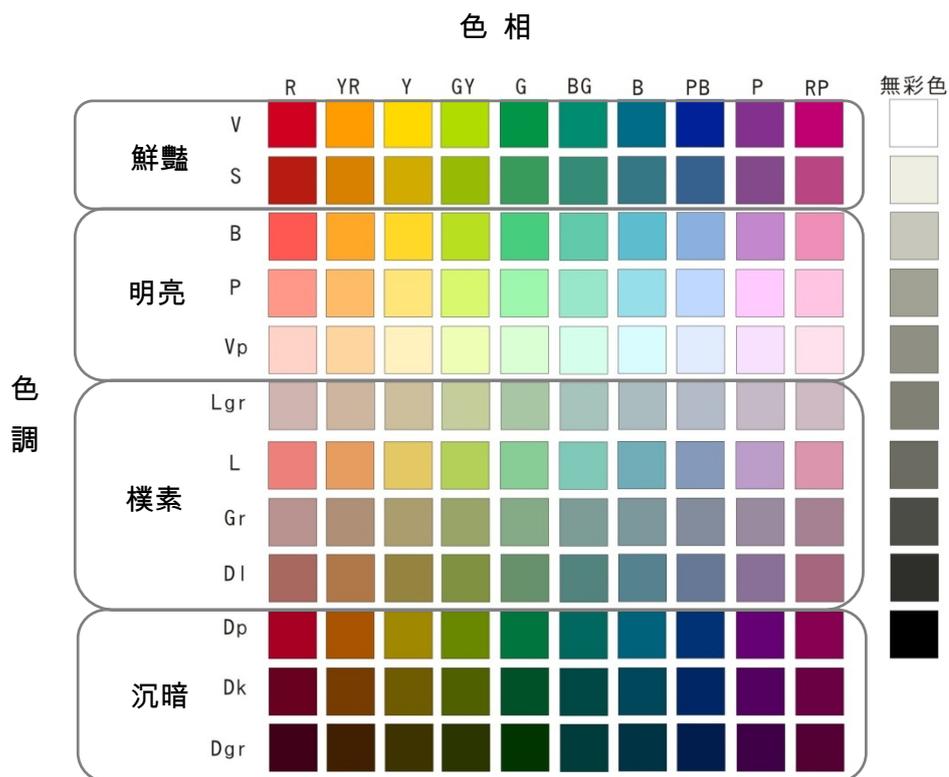


圖 6.4 顏色之色調分類

2.相似色與互補色配色原則

將顏色進行環狀排列即可得到色相環（圖 6.5）。小林重順及相關研究將色相分為五色系：紅系、黃系、綠系、藍系、紫系，各色系左右相鄰的色相稱之為相似色系。

每種顏色皆有其互補之顏色，稱之對比色系，是於色相環中位於對立的位置上。



圖 6.5 色相環

運用顏色的色系、相似或對比色系進行配色之原則有：(表 6-4)

- (1)單一配色：以同一種顏色，不同色相進行配色。
- (2)相似色配色：係以某一色系與其左右相鄰色系做為配色基本原則。
- (3)對比色配色：係以某一色系與其對比色系做為配色基本原則。

表 6-4 顏色之基本配色法則

色系	相似色系	互補色系
紅系	紅(R)、橙(YR)、紫紅(RP)	綠系、藍系
黃系	黃(Y)、橙(YR)、黃綠(GY)	藍系、紫系
綠系	綠(G)、黃綠(GY)、藍綠(BG)	紅系、紫系
藍系	藍(B)、藍綠(BG)、藍紫(PB)	紅系、黃系
紫系	紫(P)、藍紫(PB)、紫紅(RP)	黃系、綠系

3.基調色與強調色配色法則

進行環境色彩設計時，考慮各顏色在環境景觀中所佔的面積比例。經由色彩面積比的調節結果，用在大面積範圍的主要顏色稱之為「基調色」，用來突顯環境重點的小面積色彩稱之為「強調色」。

- (1)基調色：指在環境中，諸如建築物及設施物大面積使用之顏色。
- (2)強調色：突顯於大面積基調色中的色彩，面積較基調色小，且要依照色彩設計型式而有所不同。

6.2.2 色彩設計原則

進行環境景觀色彩設計時，可依環境景觀的重要程度，分成一般色彩設計型式、重點色彩設計型式、焦點色彩設計型式三種。「一般

色彩設計型式」的色彩設計以簡潔為主，且要與周邊環境景觀相融合，主要可用於環境景觀的非重點區；「重點色彩設計型式」的色彩設計型式以能夠突顯該景觀區的環境特色為主；「焦點色彩設計型式」多用於環境景觀區的視覺焦點、入口意象、門戶意象等區，色彩設計以能夠吸引眾人目光，或具特殊性與地域性，主要要可以讓人留下深刻的視覺印象。

1.一般色彩設計型式(表 6-5)

(1)配色方法:

為了能使此區域具有簡單乾淨的感受，並且和周圍景觀及色彩相互融合，一般色彩設計型式的配色方法採用單一色系配色。

(2)基調色使用範圍:

根據第 6.2.1 節的「顏色之色調類型」，一般色彩設計型式在建築及設施物顏色的基調色使用範圍是選擇容易與週邊環境融合適應的低彩度、中明度顏色。色彩與色調體系中之”樸素”色調類型。

(3)強調色範圍:

強調色範圍是高彩度顏色，在色彩與色調體系中，色調屬”鮮艷”類型之顏色。

表 6-5 一般色彩設計型式使用顏色

色系	基調色	強調色
紅系		
黃系		
綠系		
藍系		
紫系		

2.重點色彩設計型式(表 6-6)

(1)配色方法:

為了能使此區域具有充滿活力、醒目的視覺感受，重點色彩設計型式的配色方法採用互補(對比)色系配色：

從紅系、黃系、綠系、藍系、紫系五個色系中選擇一個色系，以此色系作為基調色彩，而與其互補之色系則作為強調色彩。由圖 6.21 的色相環可知，每一色系皆包含兩種互補色系，為避免色彩過於雜亂，進行色彩設計時，首先需於兩種互補色系中選擇其中一種色系作為強調色彩。

此外，重點色彩設計型式的用色範圍比一般色彩設計型式範圍廣，期望能夠有更多元豐富的色彩變化。建築及設施物顏色選擇以能夠適度突顯，同時和周遭環境和諧共處為考量。

(2)基調色範圍:

根據第 6.2.1 節的「顏色之色調類型」，重點色彩設計型式在建築及設施物顏色的基調色使用範圍彩度上選擇低、中彩度；明度為低、中明度之色彩為主。在色彩與色調體系中為”樸素”和”明亮”色調類型。

(3)強調色範圍

(a)高彩度顏色，色調屬”鮮艷”類型之顏色。

(b)低明度，低彩度顏色，色彩與色調體系中，色調屬”沉暗”類型之顏色。

表 6-6 重點色彩設計型式使用顏色

基調色系	基調色	強調色	
		方案一	方案二
紅系			
黃系			
綠系			
藍系			

紫系	Lgr	PB	P	RP	B	PB	P	RP	N9.5	N	V	YR	Y	GY	V	GY	G	BG
	L				P				N8		S				S			
	Gr				Vp				N6		Dp	YR	Y	GY	Dp	GY	G	BG
	DI								N4		Dk				Dk			
											Dgr				Dgr			

3.焦點色彩設計型式

焦點色彩設計型式使用之顏色不受色相及色調限制，所有色彩皆可使用。可依照該分區之特性或高雄在地特色為構想進行創作，建議邀請藝術家或視覺設計專業人員進行設計。

6.3 高雄港環境景觀色彩現況調查

6.3.1 高雄港環境現況

高雄港務範圍內具有多項機能，如裝卸貨櫃、加工出口作業、行政作業等，形成各種不同特色之空間，如貨櫃中心、加工出口作業區、工業區、港埠行政區及國防專業區等(圖 1.3)。其中，所占面積最大之空間為貨櫃中心，港務範圍內由第一到第六共有六個貨櫃中心，空間具裝卸貨櫃機能，可看見各式各樣貨櫃堆疊，並有多種般運貨櫃用之大型機具。

高雄港主要交通可分為船行及車行兩種(圖 6.6)

1. 船行出入口

船行之船舶由海路進出港口，高雄港共有兩出入口，分別為第一及第二港口，又主要以第一港口為主。

2. 車行出入口

車行部分最主要之連外道路即為連接旗津及高雄市區之過港隧道，此隧道亦為連接旗津與市區唯一車輛可通行之動線，車輛往來頻繁。

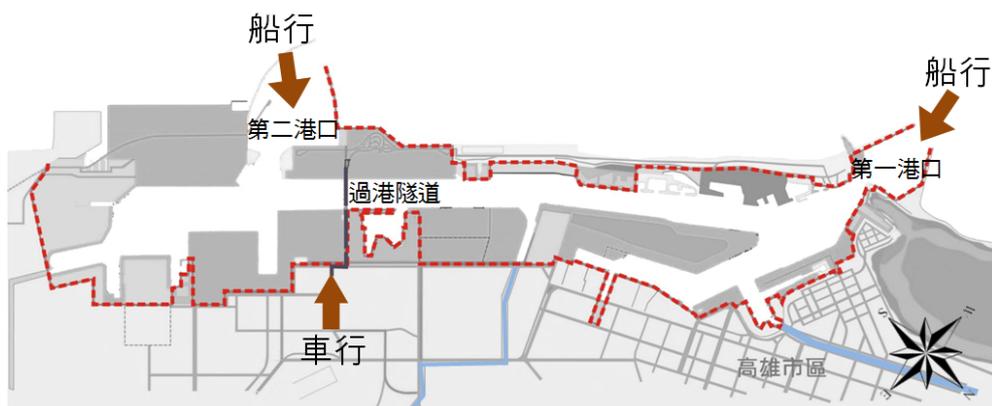


圖 6.6 連外交通主要出入口

港務範圍周邊鄰近有多個觀光景點，其中又以西北方靠近第一港口處為最多，例如西子灣、中山大學、渡船頭等；又此區域有愛河連接，沿途設有多個觀光碼頭，遊客量多(圖 6.7)。



圖 6.7 高雄港周邊觀光景點分佈圖

6.3.2 高雄港環境景觀色彩現況調查分析

高雄港結構物色彩調查分析首先將港務範圍進行分區，再經由現地調查拍攝現況照片後，利用電腦軟體進行色彩分類。接著將色彩分類結果放入「色彩形象座標」，得到各分區色彩所代表的語意，以做為未來色彩計畫的參考依據。

1. 調查原則

現場色彩調查，乃使用數位相機於計畫範圍進行拍攝，以便之後將影像輸入電腦進行分析。拍攝過程中，諸多因素將會影響調查結果，為使調查變數降至最低，得到最符合實際狀況之成果，下列幾項原則須遵守：

- (1) 使用相同型號相機進行拍攝，以避免因不同相機拍攝影像導致色差。
- (2) 為確保相片品質，拍攝相片之畫素須為 800 萬以上。
- (3) 拍攝時間控制在上午 10 時至下午 2 時之晴朗天氣，以避免因陽光照射角度不同所產生之陰影導致色差。
- (4) 拍攝照片內容以結構物為主，拍攝時盡量避免船隻、汽機車、貨

櫃等影響日後分析之物體。

(5)若結構物色彩較為複雜，可進行特寫拍攝，以便清楚了解結構物色彩。

2.環境景觀色彩調查分析結果

為利於環境景觀色彩調查作業及說明的便利性，將高雄港務範圍依其空間特性區分為9區(圖 6.8)，進行色彩調查及分析。

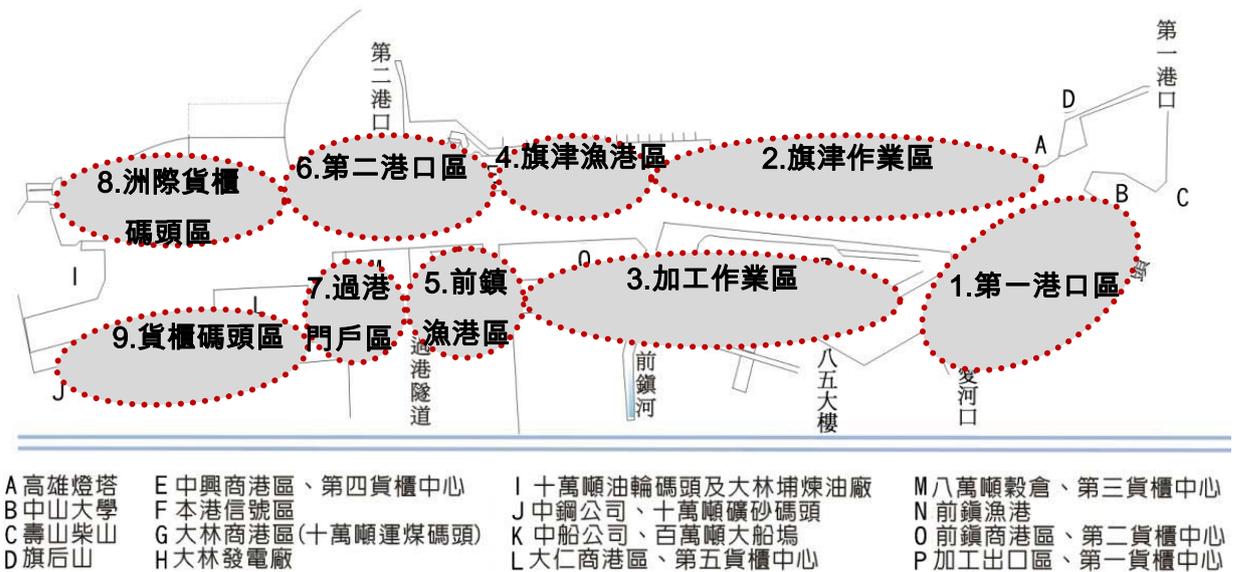


圖 6.8 環境景觀色彩調查分區

再根據分區的環境景觀色彩調查照片匯入 Photoshop 電腦軟體，分析照片中各結構物顏色並記錄其 RGB 數值，再將所分析獲得顏色，運用小林重順的「色彩形象座標」，探討計畫範圍內各分區的環境景觀色彩現況的色彩意象。詳述如下：

(1)第一港口區:

從環境景觀色彩分析結果，發現第一港口區色相多偏向紅色系，顏色分佈在 WARM-HARD、COOL-SOFT 及 COOL-HARD 象限；對應到語言形象座標分別有”浪漫的”、”精緻的”及”古典的”語意。(圖 6.9)

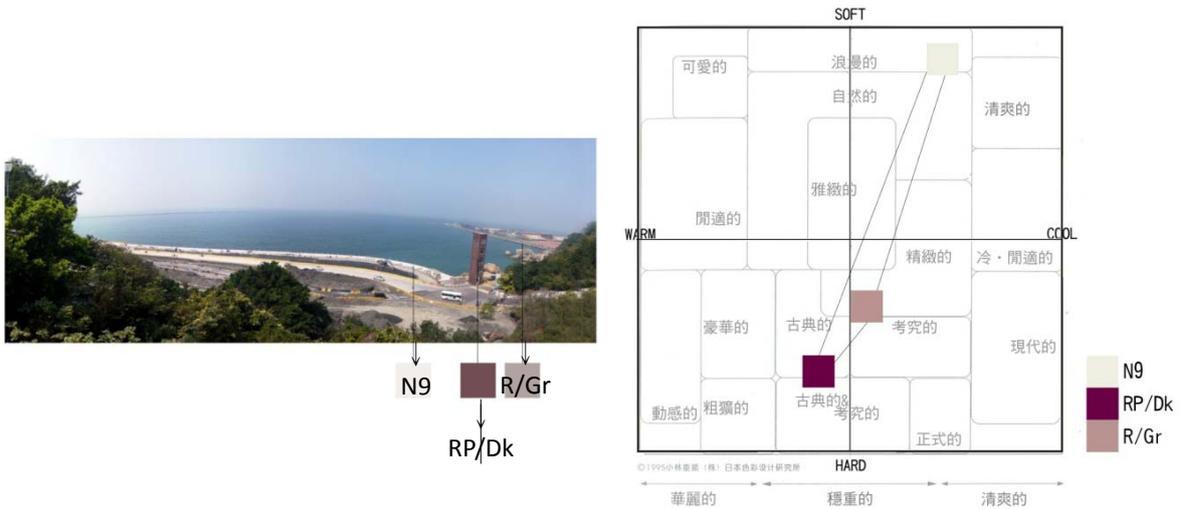


圖 6.9 第一港口區結構物色彩分析圖

(2)旗津作業區:

從環境景觀色彩分析結果，發現旗津作業區的顏色在座標上分佈廣泛，WARM-SOFT、COOL-SOFT 及 COOL-HARD 象限皆有色彩座落，整體色彩形象多元，相對的也較缺乏秩序。對應到語言形象座標分別有”閒適的”、”自然的”、”浪漫的”、”精緻的”語意。(圖 6.10)

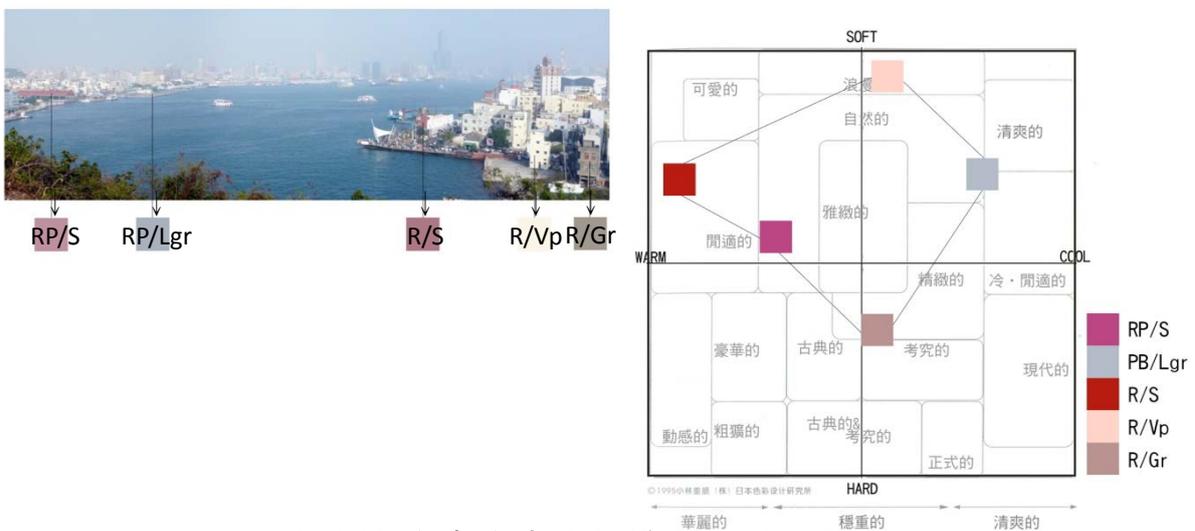


圖 6.10 旗津作業區結構物色彩分析圖

(3)加工作業區：

從環境景觀色彩的分析結果，發現加工作業區色彩座落於座標中 COOL-SOFT 及 COOL-HARD 象限，又以 COOL-SOFT 象限為主，可見色彩整體感覺偏向冷調且柔軟；其對應的形容詞包括”自然的”、”精緻的”及”清爽的”。(圖 6.11)

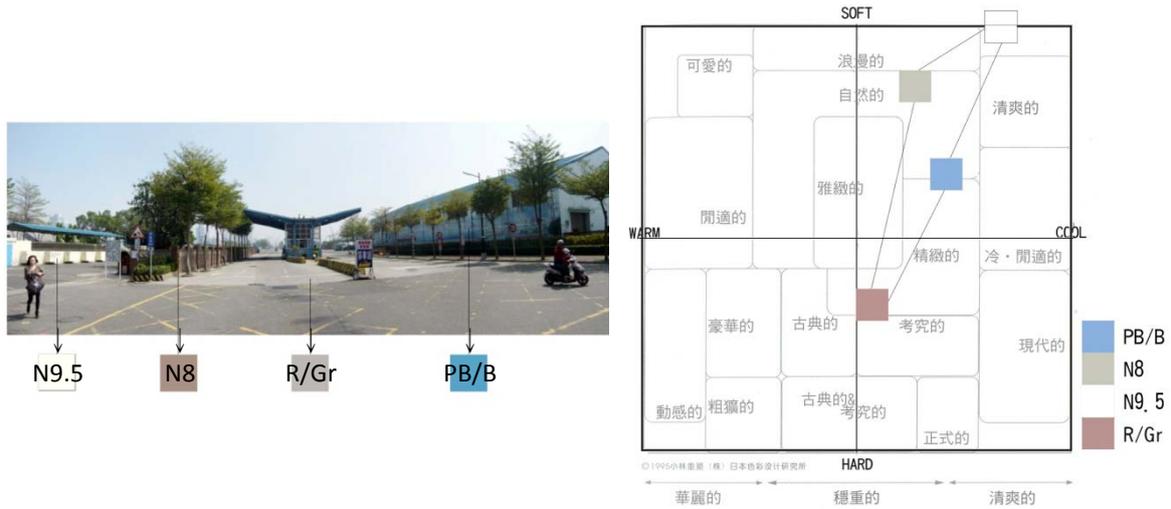


圖 6.11 加工作業區結構物色彩分析圖

(4)旗津漁港區:

從環境景觀色彩的分析結果，發現旗津漁港區色彩分佈於座標中的 COOL-SOFT 及 COOL-HARD 象限，色彩皆偏冷調，對應的形容詞以”精緻的”為主，其次為”雅致的”和”自然的”。(圖 6.12)

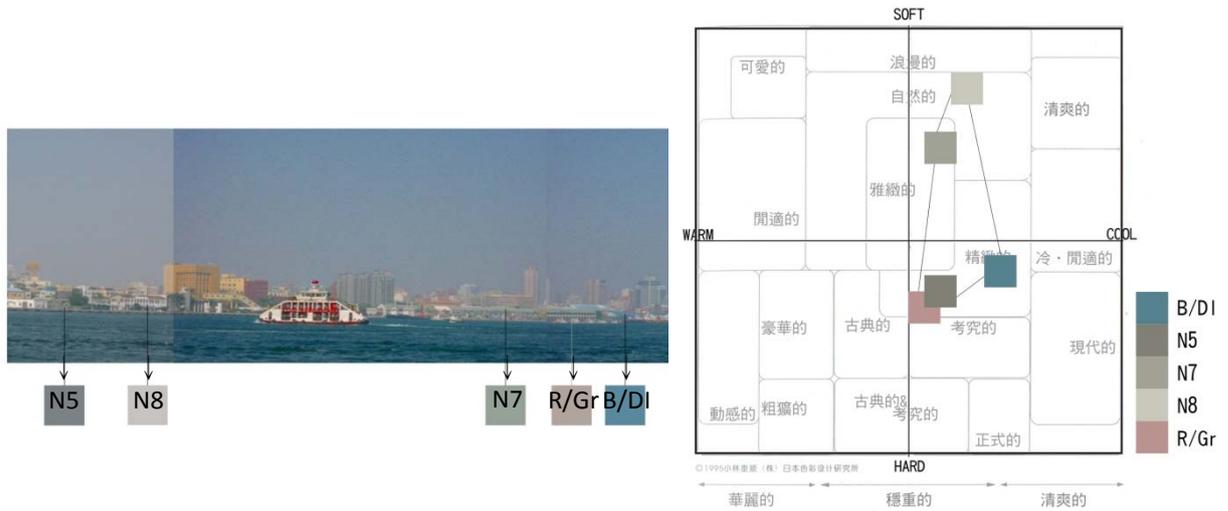


圖 6.12 旗津漁港區結構物色彩分析圖

(5)前鎮漁港區:

從環境景觀色彩的分析結果，發現前鎮漁港區色彩分佈在座標中的 COOL-SOFT 及 COOL-HARD 象限，色彩屬冷調；語意以”精緻的”為主，其次是”古典考究的”和”清爽的”。(圖 6.13)

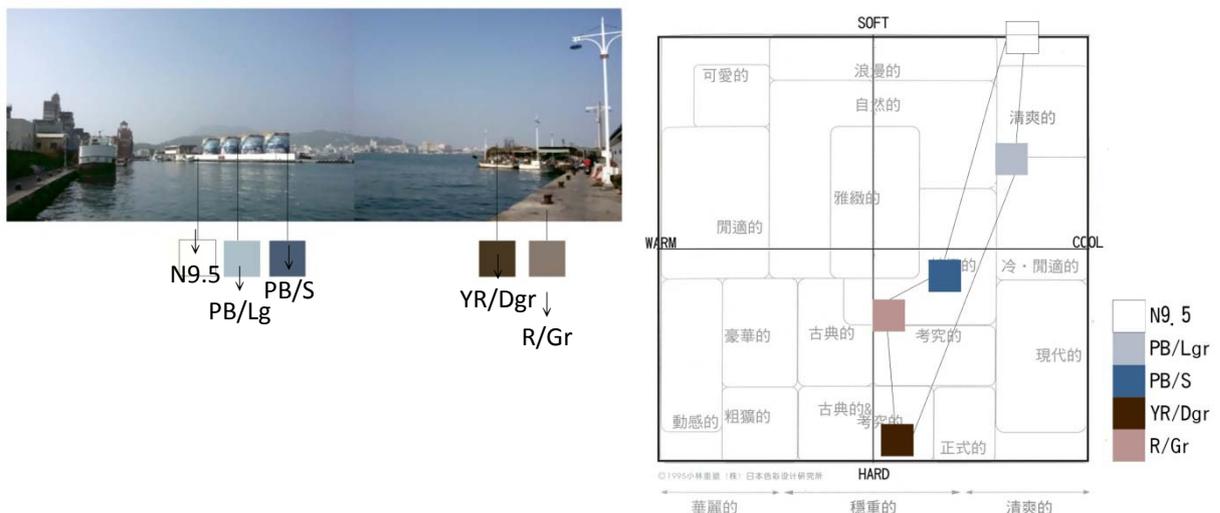


圖 6.13 前鎮漁港區結構物色彩分析圖

(6)第二港口區:

從環境景觀色彩的分析結果，發現第二港口區色彩不多且偏向無彩色，為灰色調，在座標中分佈於 COOL-SOFT 及 COOL-HARD 象限；語意分別分佈在”浪漫的”、”雅致的”及”精緻的”。(圖 6.14)

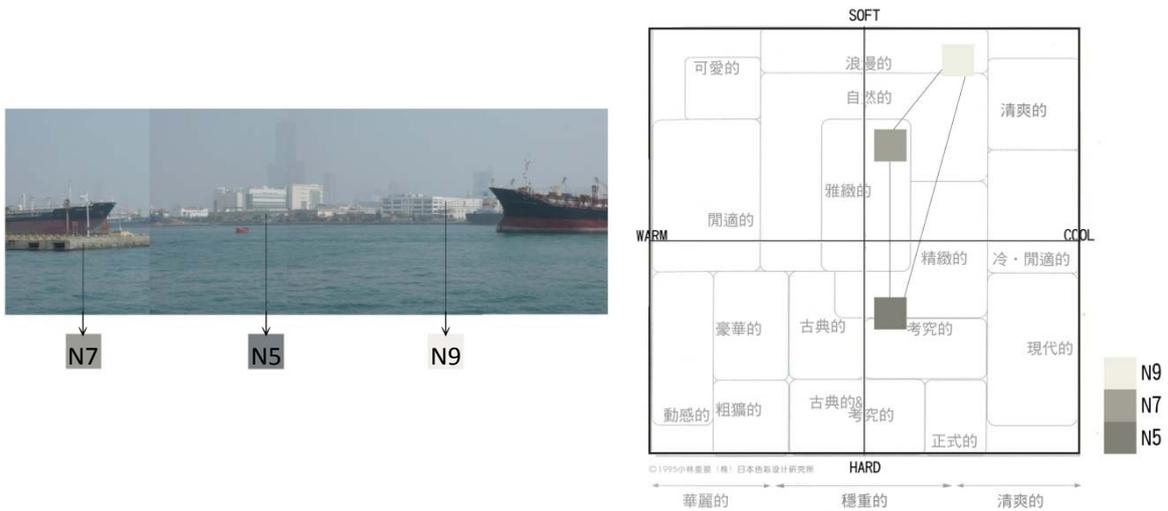


圖 6.14 第二港口區結構物色彩分析圖

(7)過港門戶區

從環境景觀色彩的分析結果，發現過港門戶區色彩分佈在座標中的 WARM-SOFT、COOL-SOFT 及 COOL-HARD 象限，除了搬運機具的大紅色(R/V)偏溫暖且柔軟色調，其他皆偏向冷色調。語意以”精緻的”為主，其次為”雅致的”及”閒適的”。(圖 6.15)

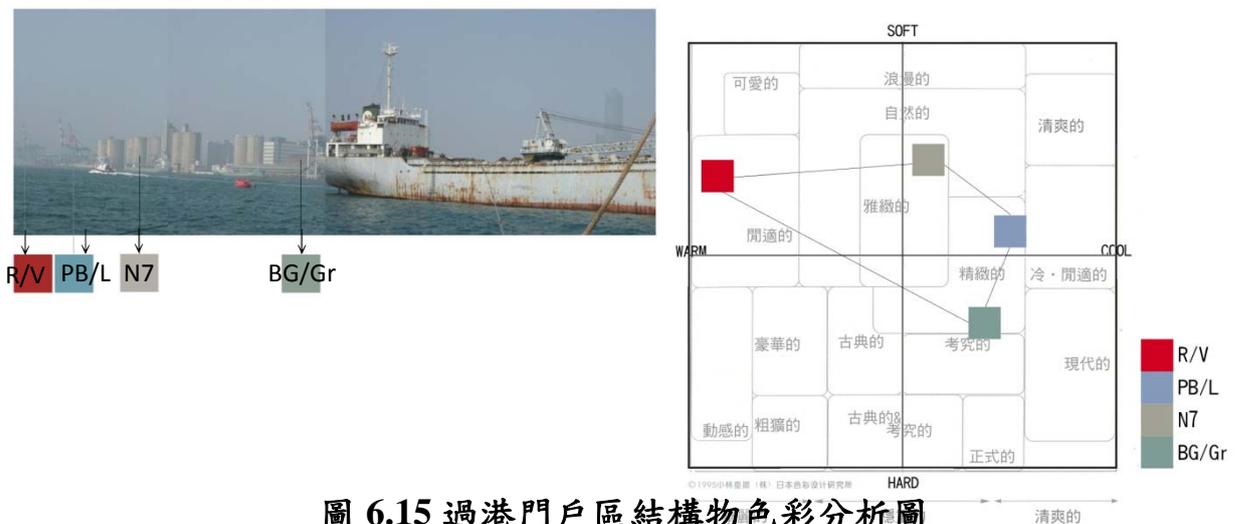


圖 6.15 過港門戶區結構物色彩分析圖

(8) 洲際貨櫃碼頭區

從環境景觀色彩的分析結果，發現洲際貨櫃碼頭區色彩分佈在座標中 COOL-SOFT 及 COOL-HARD 象限，又以 COOL-HARD 象限為主，色彩為冷調且普遍帶有硬朗的感覺；語意多在”穩重的”範圍內，包含”精緻的”、”考究的”及”古典考究的”。(圖 6.16)

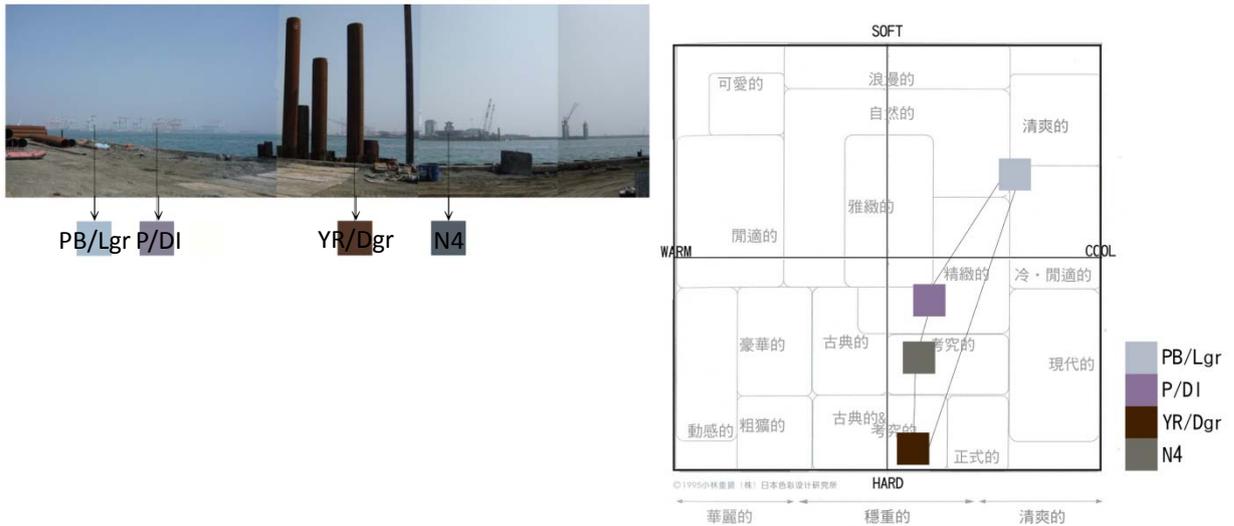


圖 6.16 洲際貨櫃碼頭區結構物色彩分析圖

(9) 貨櫃碼頭區

從環境景觀色彩的分析結果，發現貨櫃碼頭區色彩分佈在座標中的 WARM-HARD、COOL-SOFT 及 COOL-HARD 象限，大部分為冷調且帶有硬朗的感覺；語意包括”雅致的”、”古典的”、”考究的”及”正式的”。(圖 6.17)

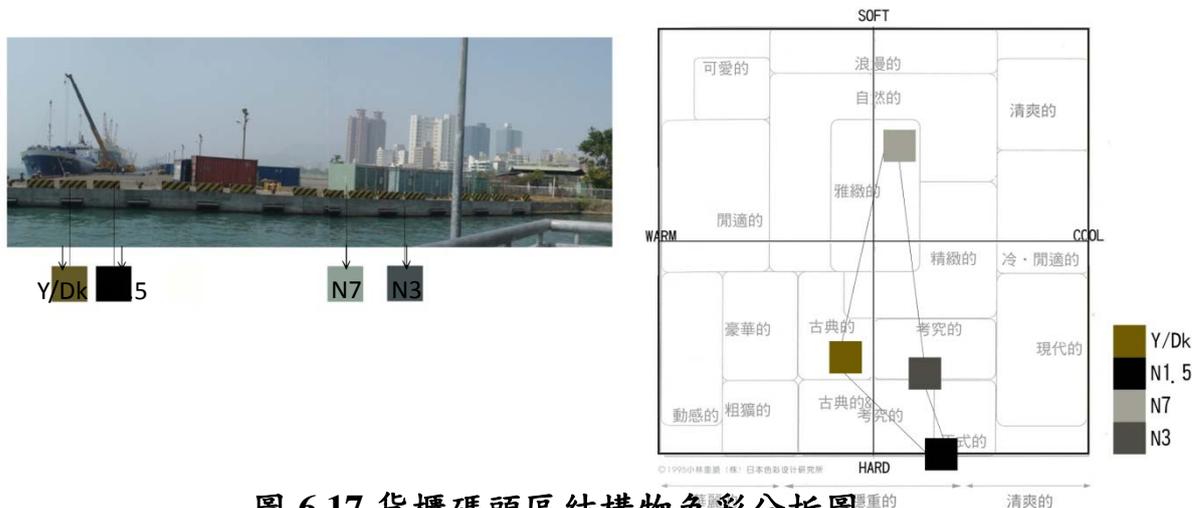


圖 6.17 貨櫃碼頭區結構物色彩分析圖

6.3.3 小結

由各區色彩分析可知，高雄港各區色彩變化不大，多偏向冷色調；硬朗及柔軟的感覺接近各半。分佈象限以 COOL-SOFT 及 COOL-HARD 為主。對應的語言形象以"精緻的"為最多，共八個分區含有此語意；其次為"雅致的"，共四個分區有此語意；再來是"自然的"和"浪漫的"，各有三個分區有此語意，如表 6-7 所示。

表 6-7 各分區環境景觀色彩分析表

分區	分佈象限	主要座標形象	代表語意
第一港口區	WARM-HARD COOL-SOFT COOL-HARD	冷，硬	浪漫的、精緻的、 古典的
旗津作業區	WARM-SOFT COOL-SOFT COOL-HARD	冷，軟	閒適的、自然的、 浪漫的、精緻的
加工作業區	COOL-SOFT COOL-HARD	冷，軟	自然的、精緻的、 清爽的
旗津漁港區	COOL-SOFT COOL-HARD	冷，硬	精緻的、雅致的、 自然的
前鎮漁港區	COOL-SOFT COOL-HARD	冷，硬	精緻的、古典的& 考究的、清爽的
第二港口區	COOL-SOFT COOL-HARD	冷，軟	浪漫的、雅致的、 精緻的
過港門戶區	WARM-SOFT COOL-SOFT COOL-HARD	冷，軟	精緻的、雅致的、 閒適的
洲際貨櫃碼頭區	COOL-SOFT COOL-HARD	冷，硬	精緻的、考究的、 古典的&考究的
貨櫃碼頭區	WARM-HARD COOL-SOFT COOL-HARD	冷，硬	雅致的、古典的、 考究的、正式的

6.4 高雄港環境景觀色彩計畫

6.4.1 分區構想

根據第 6.3.1 節高雄港環境景觀分析結果，計畫區域依空間使用現況可分為「重點發展區」、「一般作業區」、及「門戶意象」三類。

1. 重點發展區(圖 6.18)

重點發展區主要是分佈在計畫區內使用者或觀賞者多之區域，包括「觀光港灣區」及「過港隧道區」。

(1) 觀光港灣區:

觀光港灣區的主要分佈範圍為「第一港口區」，區內含港埠營運和港埠行政功能。其周遭有多處觀光景點，包括愛河、真愛碼頭、光榮碼頭、黃金海岸等，遊客眾多，為高雄市政府積極推動觀光的地區，因此特地劃設觀光港灣區。雖然港務範圍禁止遊客進入，然而此範圍內各設施建物依然比鄰各觀光景點，或為景點之背景，因此色彩設計時需考量遊客之視覺感受，並使港務範圍和觀光區域有效結合。

(2) 過港隧道區:

過港隧道區的主要分佈範圍為「過港門戶區」及「前鎮漁港區」。過港隧道區位於過港隧道兩旁，包括前鎮漁港周遭和第三貨櫃中心。此處是車輛行經的重要區域，為往來旗津與高雄市區間之車輛必經之地，因此特別劃設此區域，使得行經此地的觀賞者有良好視覺感受。

2. 一般作業類(圖 6.18)

重點發展類以外區域皆屬於一般作業類型。此類型以貨櫃中心為主，多為貨船停靠之區域，搬運貨櫃時使用之機具、設備遍佈。由於各廠房由民間企業個別管理，而導致現況色彩混雜，目前並無相關規

範要求企業針對視覺景觀做改善。本計劃依照地理位置不同可分為「一般作業區 1」、「一般作業區 2」、「一般作業區 3」三區。

(1)一般作業區 1:

此區域即為結構物色彩調查時的「洲際貨櫃碼頭區」及「貨櫃碼頭區」。涵蓋範圍包括台電、中油、台船以及第五、第六貨櫃中心。

(2)一般作業區 2:

此區域即為結構物色彩調查時的「第二港口區」、「旗津漁港區」及「旗津作業區」。涵蓋範圍包括第四貨櫃中心、工業專用區、港埠行政區和國防專業區。

(3)一般作業區 3:

此區域即為結構物色彩調查時的「加工作業區」。涵蓋範圍包括第一貨櫃中心、第二貨櫃中心、加工出口區以及工業區。

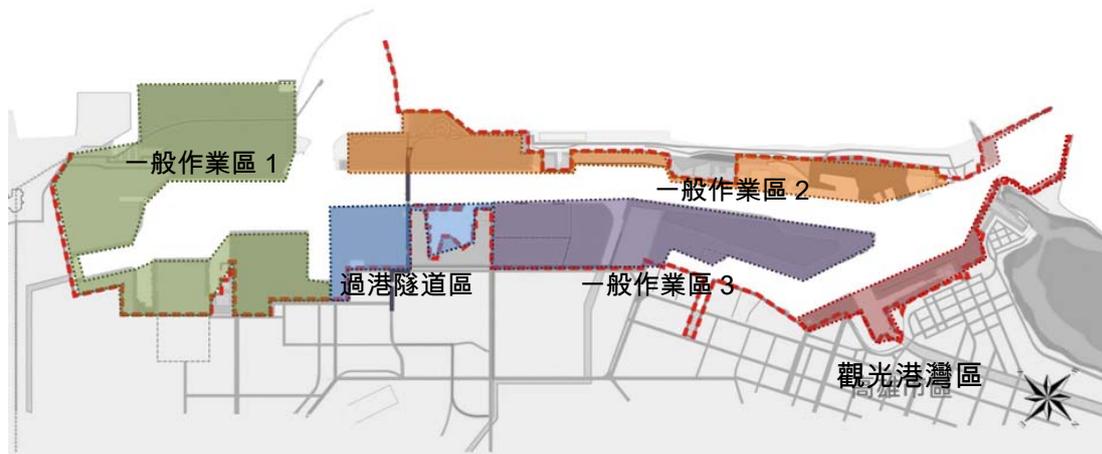


圖 6.18 環境景觀色彩設計分區

3.門戶意象

高雄港主要聯外出入口劃為設「門戶意象」，未來設計旨在強化進出高雄港之視覺感受(圖 6.19)。其劃設範圍將可能涵蓋重點發展區及一般作業區範圍。

(1)船行門戶意象:

船行門戶意象範圍主要位於第一港口區。第一港口為高雄港主要出入口，船隻來往頻繁，被視為重要門戶。因此劃設成門戶意象區。

(2)車行門戶意象範圍:

車行門戶意象範圍位於過港隧道及其周邊地區，範圍包括前鎮漁港周遭、第三貨櫃中心及旗津地區的第四貨櫃中心。過港隧道是除渡輪外唯一連結高雄市區及旗津的道路，車輛往來頻繁。

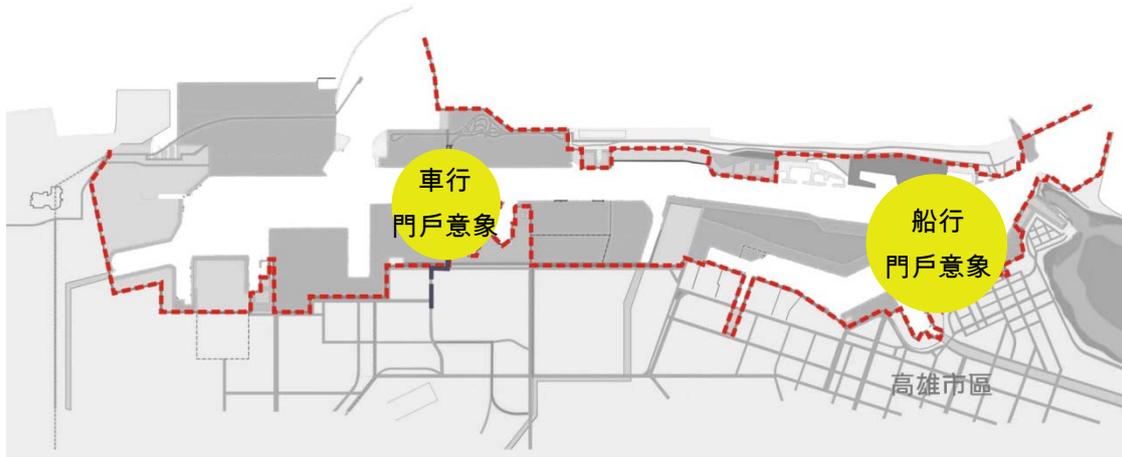


圖 6.19 環境景觀色彩設計之門戶意象分佈位置

6.4.2 色彩設計構想

根據第 6.3 節環境景觀色彩分析結果，可知高雄港務範圍結構物色彩變化少，並且多偏向於冷色調，整體來說略顯單調，因此色彩設計將以具有多元、活力的感受來進行。

1.重點發展區

(1)觀光港灣區

因鄰近多處觀光景點而設置的觀光港灣區，色彩設計因考量遊客觀看此區之感受，期望遊客遊玩時能夠產生愉悅、放鬆的心情。此區域做為港務範圍內唯一能夠結合觀光之區域，注入色彩時，需與周邊景點和諧共處，同時具有自身特色。

(2)過港隧道區

過港隧道區車輛往來頻繁，色彩設計因將車輛駕駛行經此地的感受納入考量。因此雖然此區內主要為貨櫃中心，仍應有別於其他規類於一般作業區內之貨櫃中心的色彩設計型式，擁有比一般作業區更豐富的色彩變化，使人有耳目一新的感受，並且傳達簡潔、效率的形象。

2.一般作業類

一般作業區中，由於港區內各廠皆有獨特之品牌意象及色彩，整體空間顯得過於多彩。因此規劃此區色彩必須簡單乾淨，融入現有環境，使整體景觀盡量達成和諧一致。

3.門戶意象

門戶意象範圍扮演給予人高雄港第一印象的重要角色，因此在色彩設計時，要給予觀賞者與眾不同的感受，並且能夠突顯出其重要性。

以高雄港為據點或停泊地之船舶有國外航線、國內航線及沿海航線，船舶種類多元，包含貨櫃船、雜貨船、油輪、研究用船、遊艇等，其中又以貨櫃船最多；船舶進出港口目的以裝卸貨為主。由此可知船上之觀看者來自不同種族、國家及職業，各有其經歷和背景，色彩希望給予觀看者高雄港做為國際港口應有的簡潔、俐落及效率之意象；同時，不失台灣人熱情、具有人情味的感受。

4.分區色彩設計原則

在擬定高雄港各環境景觀色彩分區色彩計畫時，是根據第 6.2 色彩設計原則來進行，主要原則是（表 6-8）

重點發展區的觀光港灣區及過港隧道區是對應到「重點色彩設計型式」；一般作業區是對應到「一般色彩設計型式」；門戶意象則是對應於「焦點色彩設計型式」。

由於門戶意象範圍的表現方式較為特別，在此特做說明：依照現況調查，選擇門戶意象範圍中功能特殊或位置特別之建築物，作為門

戶意象的表現，以焦點色彩設計型式來呈現；此些建築物同時亦分佈於一般作業區、觀光港灣區及過港隧道區內。

表 6-8 色彩設計型式整理表

分區		色彩設計型式	與周邊環境關係
重點發展區	觀光港灣區	重點色彩設計型式	自周遭環境中突顯
	過港隧道區		
一般作業區	一般作業區 1	一般色彩設計型式	融入周遭環境
	一般作業區 2		
	一般作業區 3		
門戶意象	船行門戶意象	焦點色彩設計型式	環境中之焦點
	車行門戶意象		

6.4.3 色彩計畫

根據 6.4.2 節所提出之色彩設計原則及方法進行高雄港環境景觀色彩設計，各分區之色彩計畫詳如第 6-31~6-46 頁所示。

1.重點發展區

重點發展區包含過港隧道及觀光港灣兩區。採用重點色彩設計型式，基調色系與強調色系戶為互補色系；此外，尚有多棟屬於門戶意象範圍，採用焦點色彩設計型式之建物。

(1)過港隧道區

(a)現況照片



(b) 色彩設計

A 紅系(強調色以綠系為例)

門戶意象範圍(註 1)
(焦點色彩設計型式)



B 黃系(強調色以紫系為例)

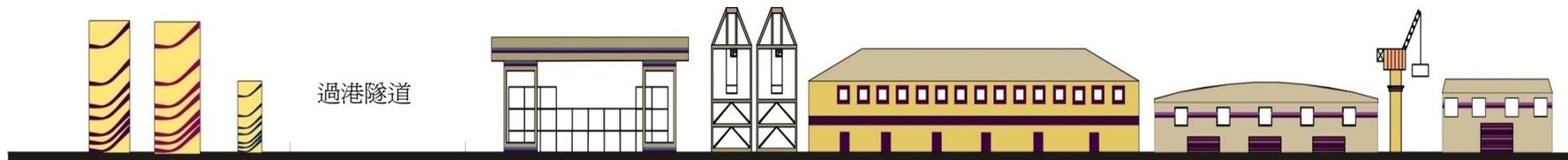
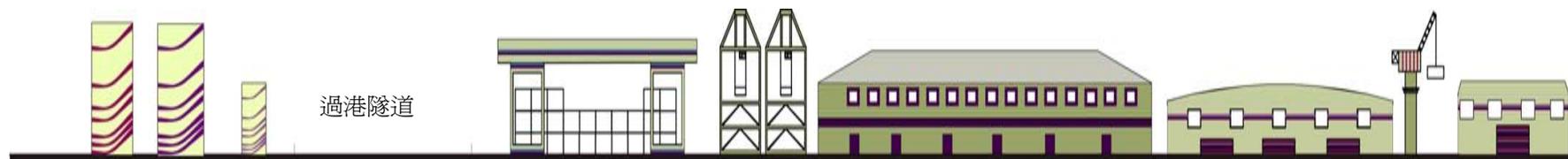
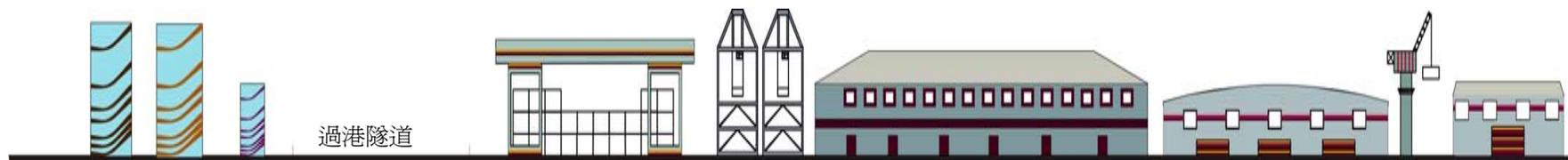


圖 6.20 過港隧道區環境景觀色彩計畫示意圖

C 綠系(強調色以紫系為例)



D 藍系(強調色以紅系為例)



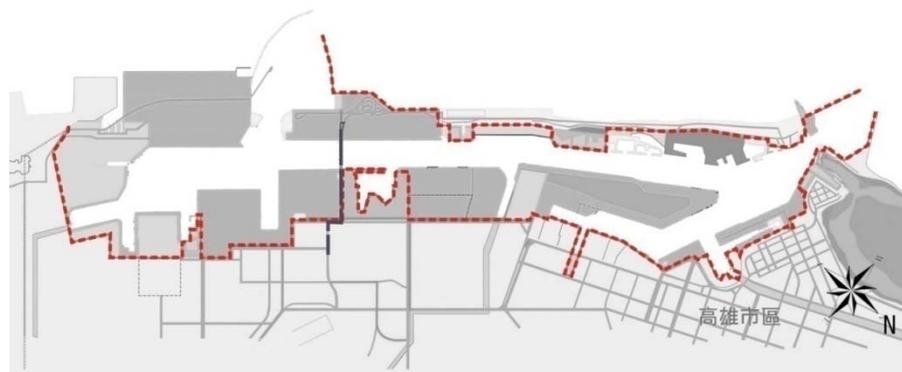
E 紫系(強調色以黃系為例)



圖 6.20 過港隧道區環境景觀色彩計畫示意圖(續)

(2)觀光港灣區

(a)現況照片



(b) 色彩設計

A 紅系(強調色以藍系為例)



B 黃系(強調色以藍系為例)



圖 6.21 觀光港灣區環境景觀色彩計畫示意圖

C (強調色以紅系為例)



D 藍系(強調色以紅系為例)



E 紫系(強調色以黃系為例)



圖 6.21 觀光港灣區環境景觀色彩計畫示意圖(續)

2.一般作業區

一般作業類的分區採用一般色彩設計型式，選擇單一色系配色。建築及設施物大面積使用基調色，強調色則用於樓梯、柱、欄杆等細節。

(1)一般作業區 1

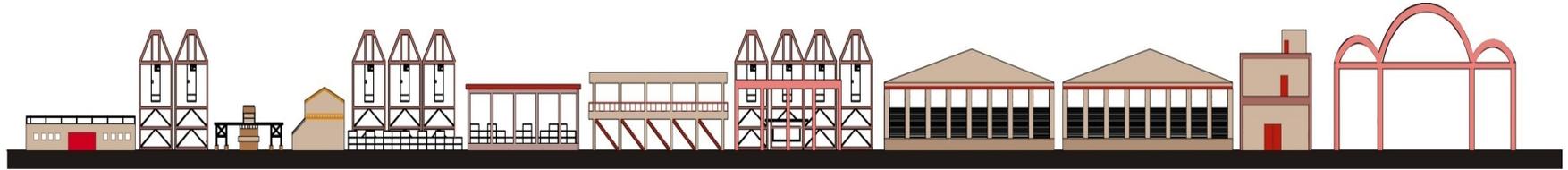
1.A 區

(a)現況照片



(b) 色彩設計

A. 紅系



B. 黃系

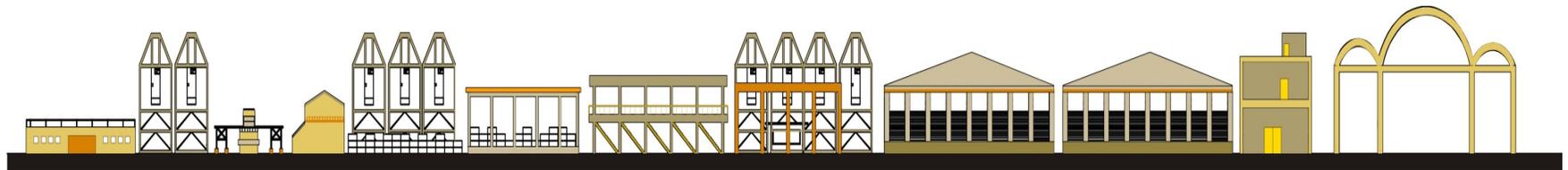
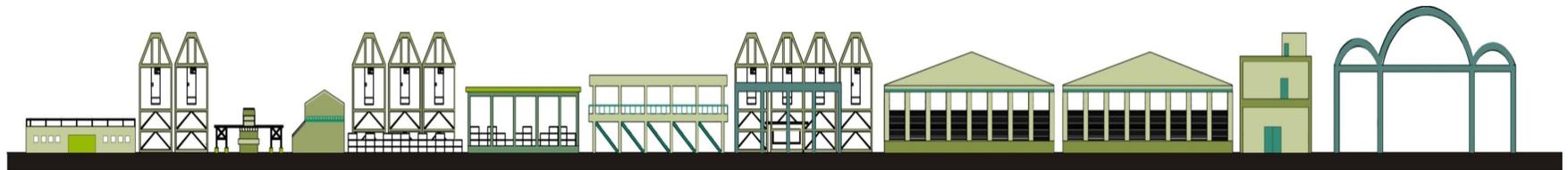
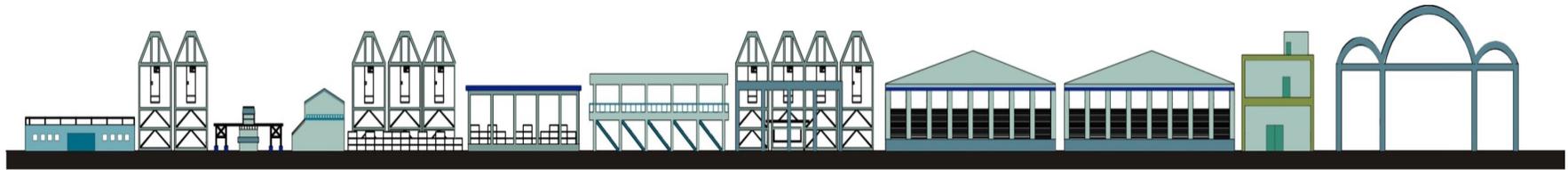


圖 6.22 一般作業區 1(A 區)環境景觀色彩計畫示意圖

C. 綠系



D. 藍系



E. 紫系

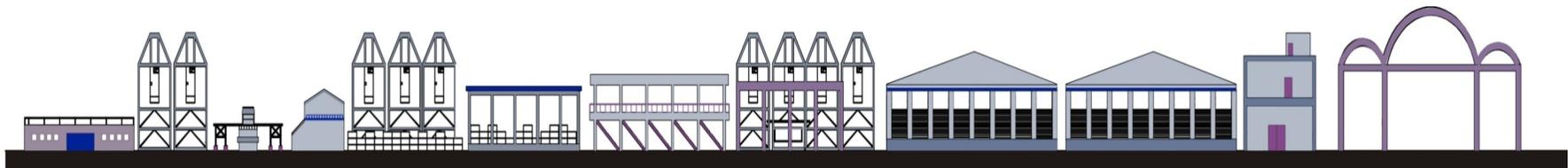
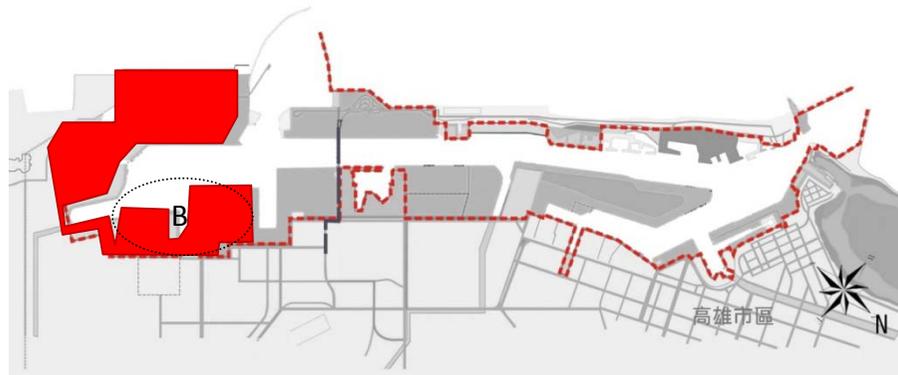
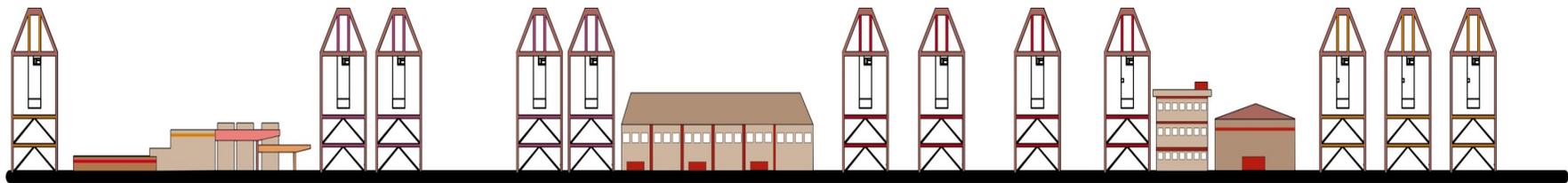


圖 6.22 一般作業區 1(A 區)環境景觀色彩計畫示意圖(續)

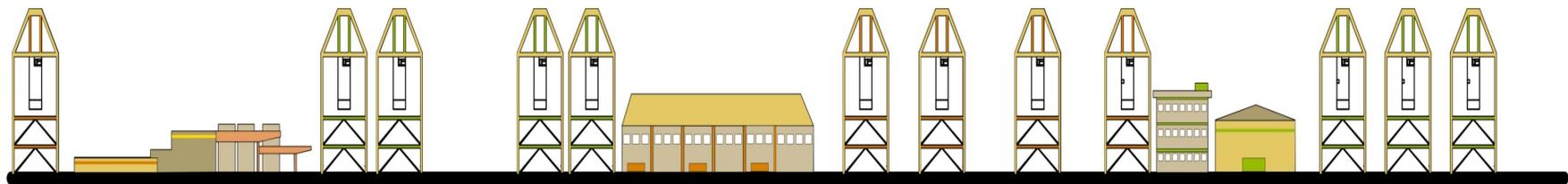
2. B 區



A.紅系



B.黃系



C.綠系

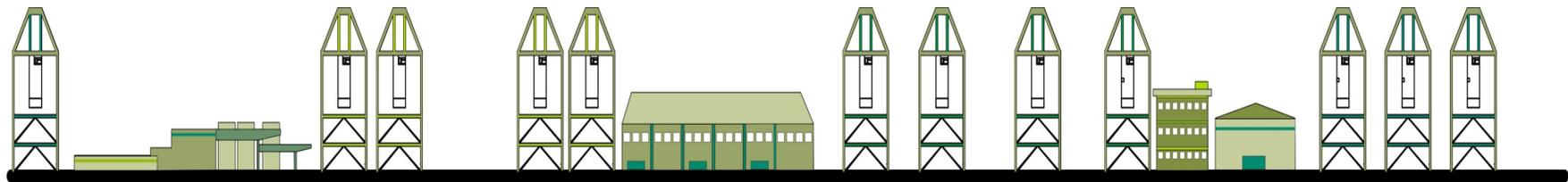
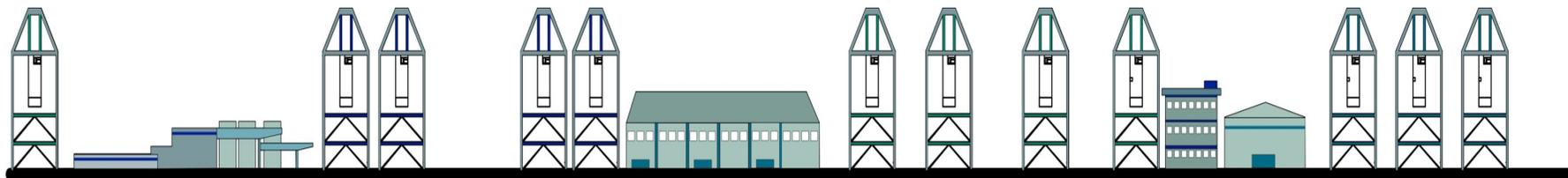


圖 6.23 一般作業區 1(B 區)環境景觀色彩計畫示意圖

D. 藍系



E. 紫系

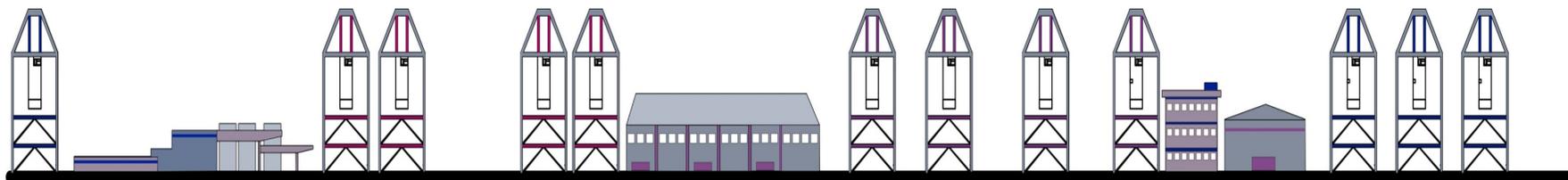
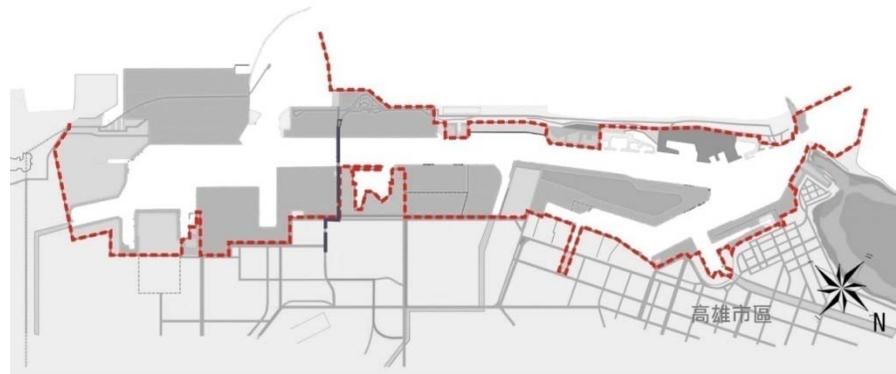


圖 6.23 一般作業區 1(B 區)環境景觀色彩計畫示意圖(續)

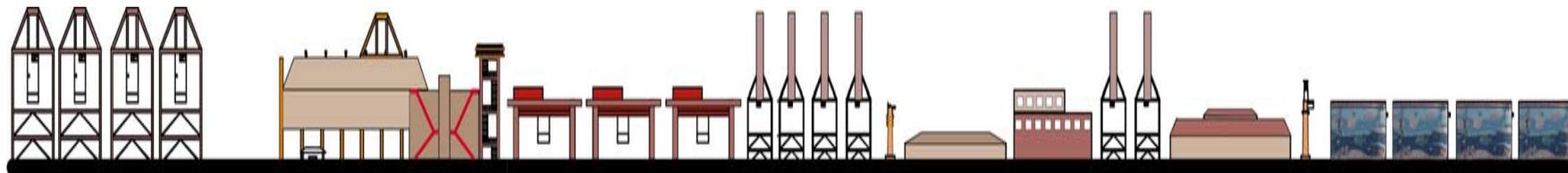
(1)一般作業區 2

1.A 區

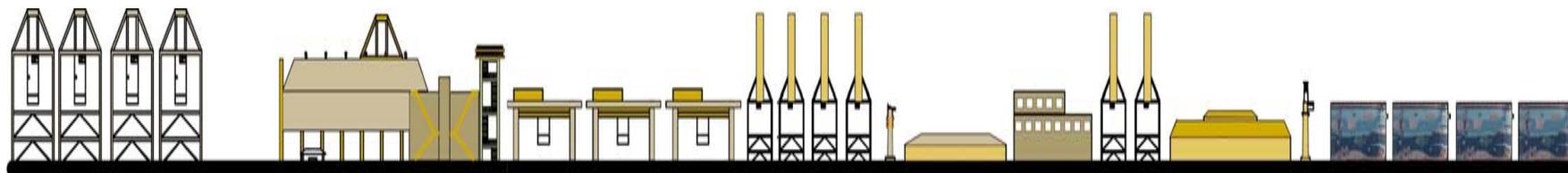
(a)現況照片



A.紅系



B.黃系



C.綠系

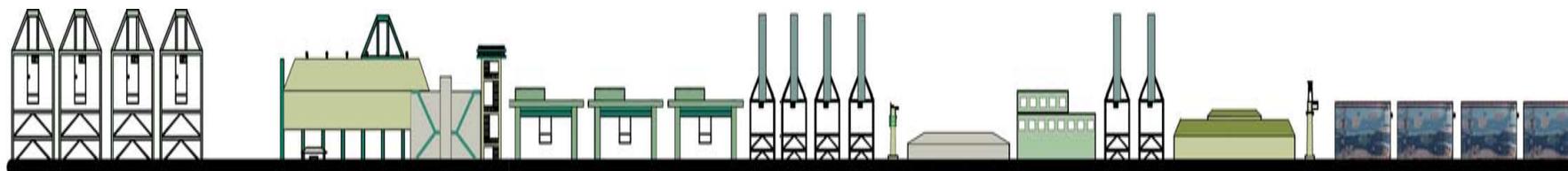
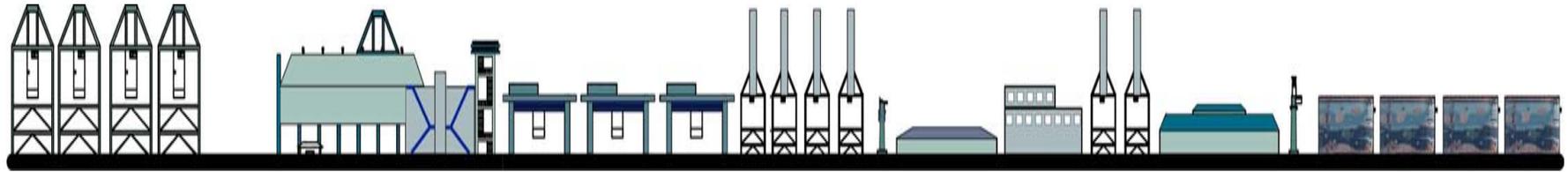


圖 6.24 一般作業區 2(A 區)環境景觀色彩計畫示意圖

D. 藍系



E. 紫系

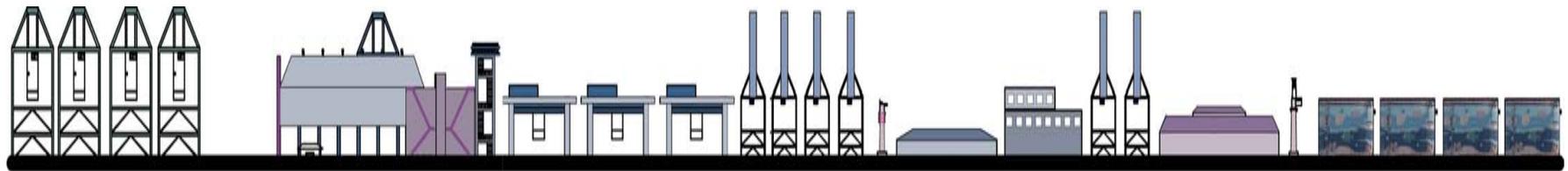
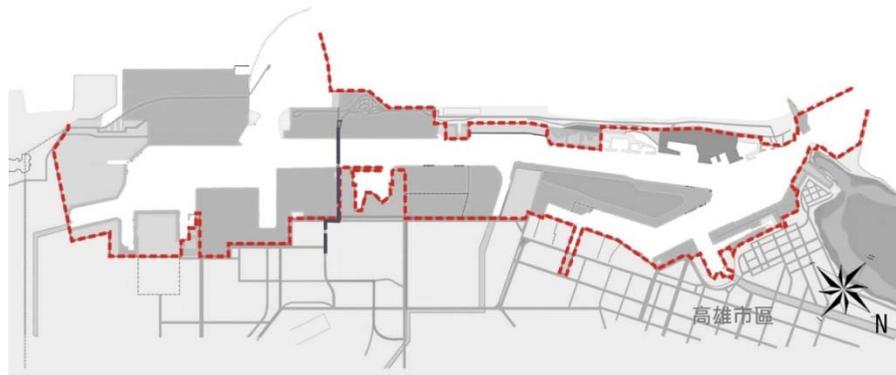


圖 6.24 一般作業區 2(A 區)環境景觀色彩計畫示意圖(續)

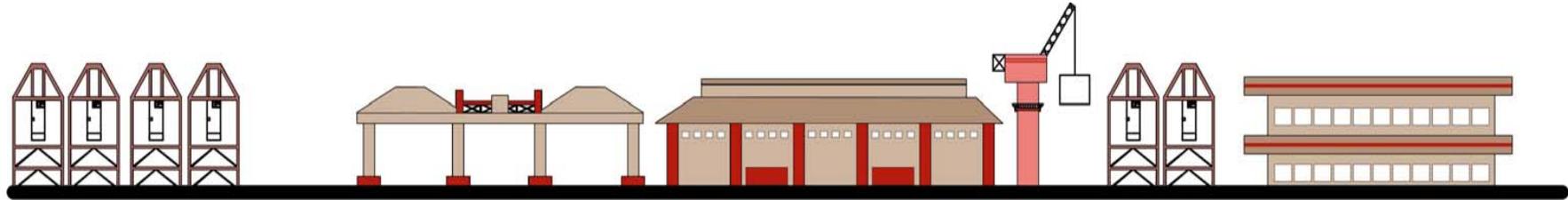
2.B 區

(a)現況照片

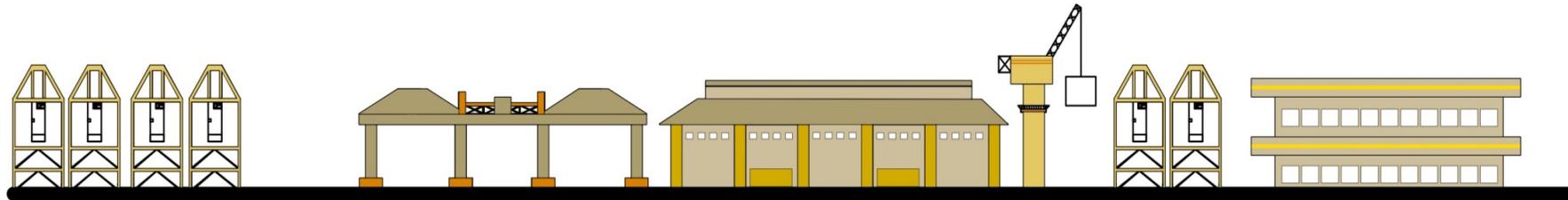


(b) 色彩設計

A. 紅系



B. 黃系



C. 綠系

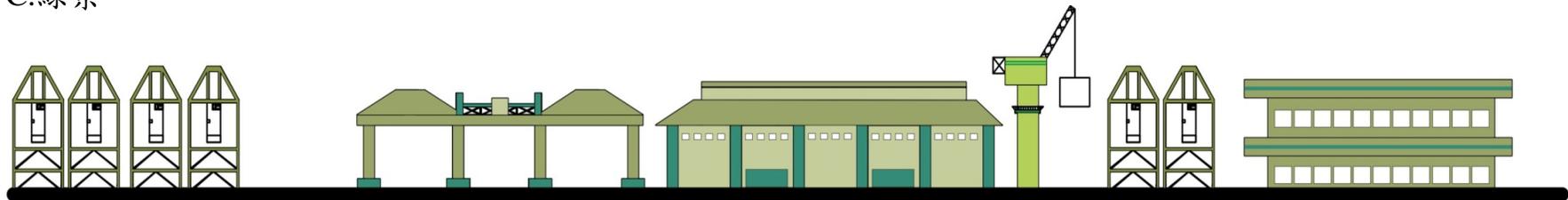
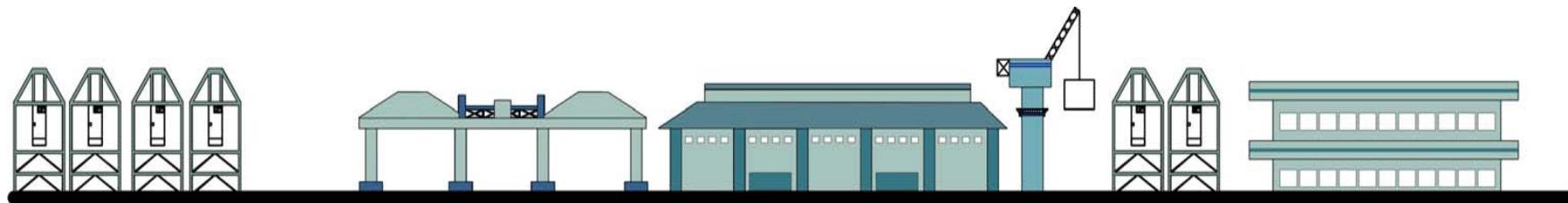


圖 6.25 一般作業區 2(B 區)環境景觀色彩計畫示意圖

D. 藍系



E. 紫系

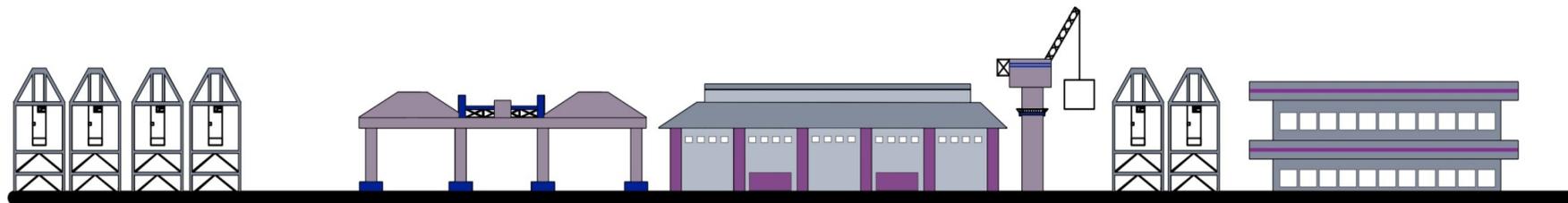


圖 6.25 一般作業區 2(B 區)環境景觀色彩計畫示意圖(續)

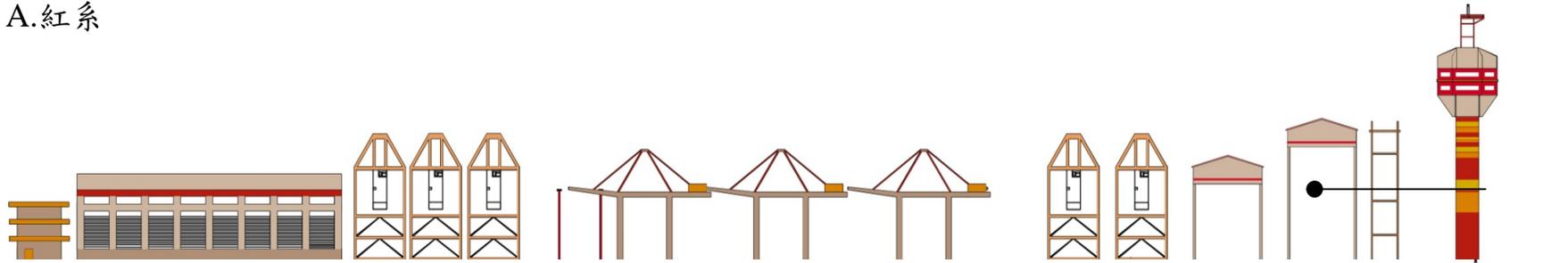
3. C 區

(a)現況照片

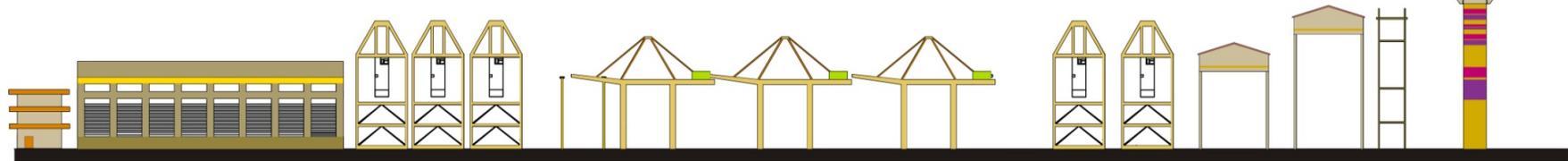


(b) 色彩設計

A. 紅系



B. 黃系



C. 綠系

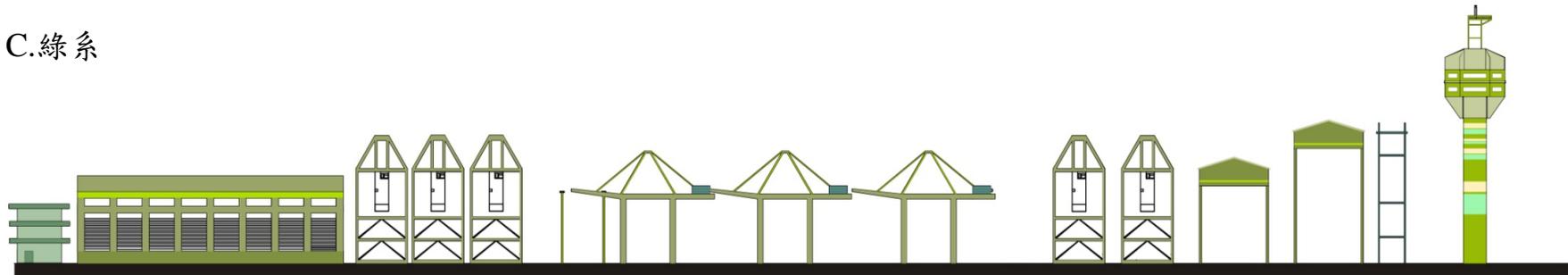
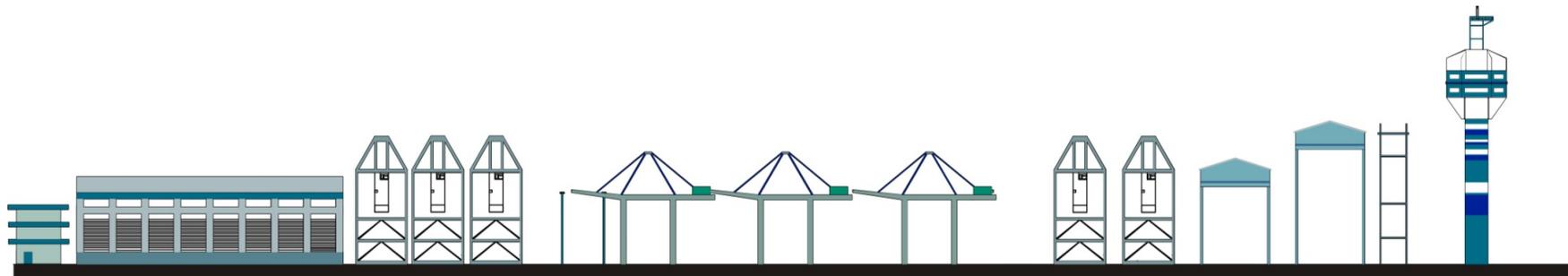


圖 6.26 一般作業區 2(C 區)環境景觀色彩計畫示意圖

D. 藍系



E. 紫系

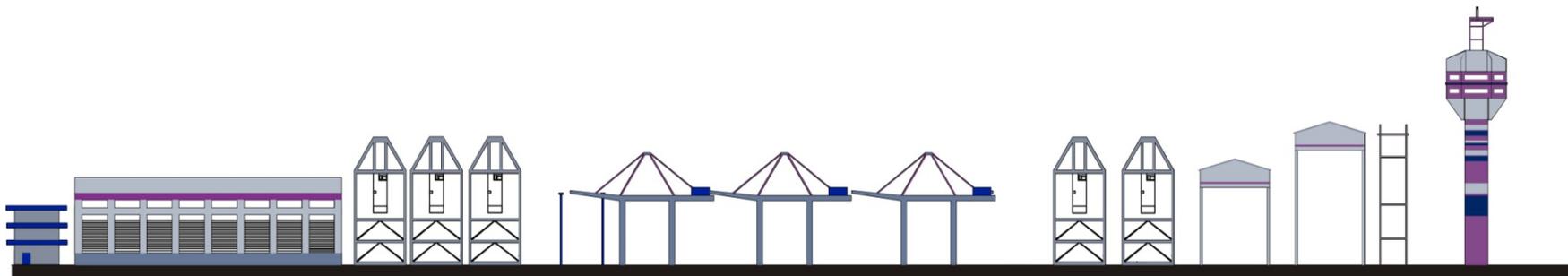
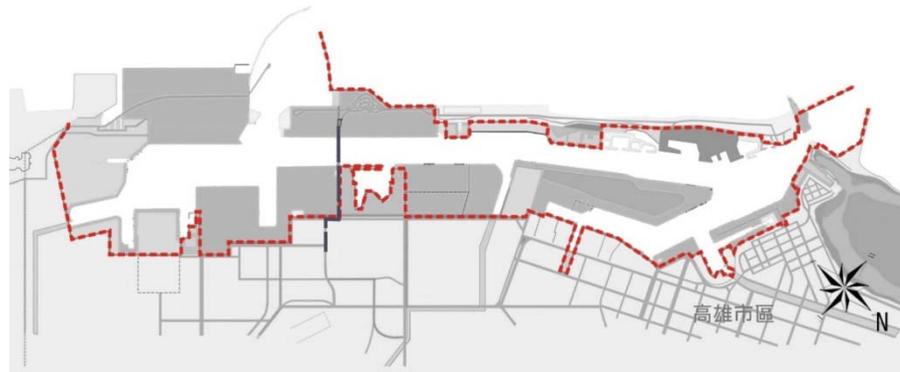
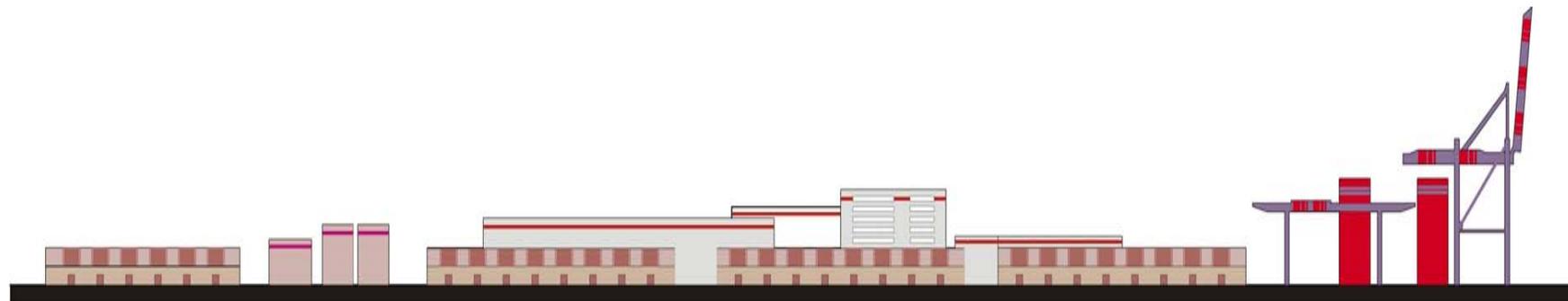


圖 6.26 一般作業區 2(C 區)環境景觀色彩計畫示意圖(續)

(c)一般作業區 3



A.紅系



B.黃系

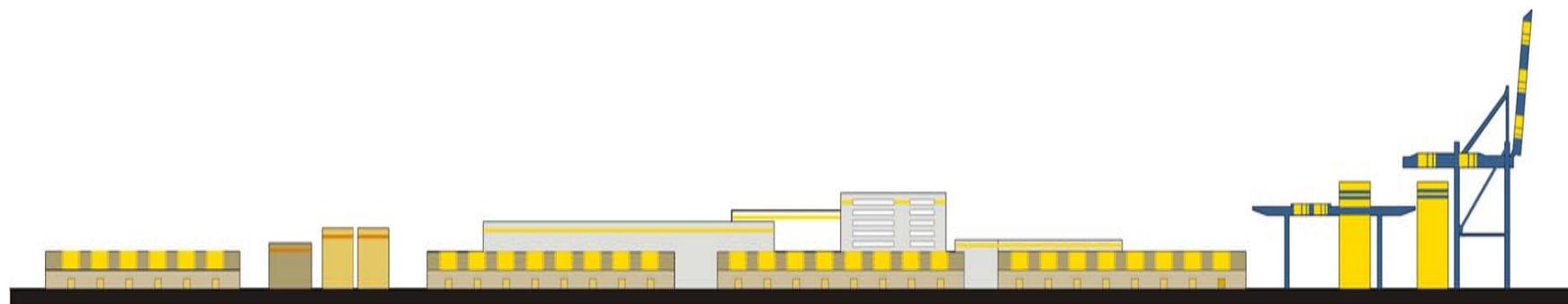
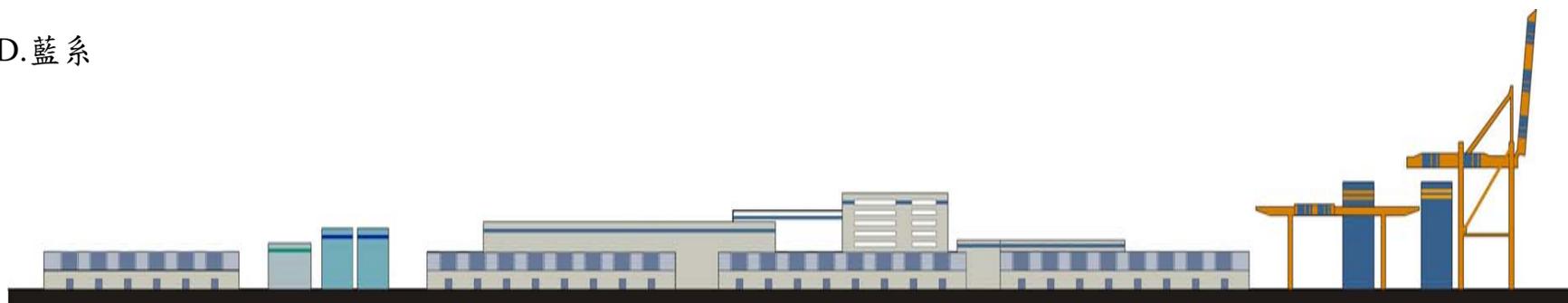


圖 6.27 一般作業區 3 環境景觀色彩計畫示意圖

C.綠系



D.藍系



E.紫系

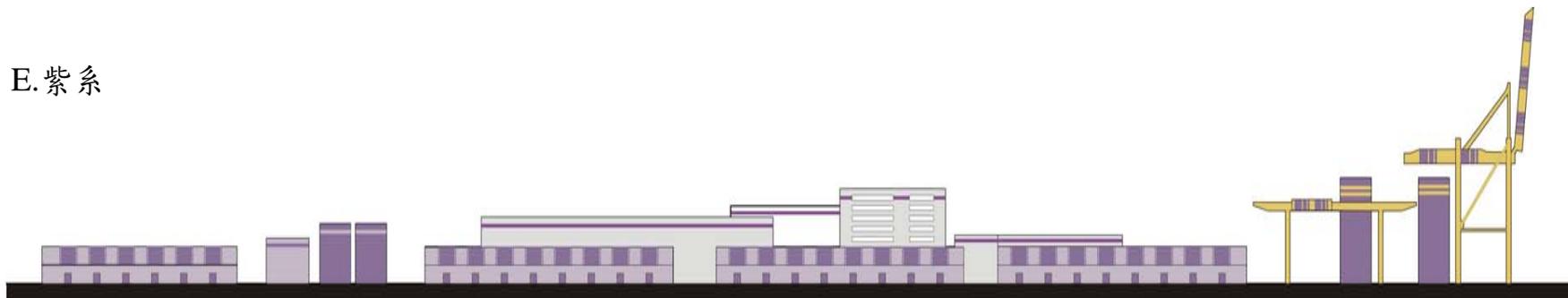


圖 6.27 一般作業區 3 環境景觀色彩計畫示意圖(續)

6.4.4 未來施作時執行原則

人類對於色彩偏好是主觀的，對於色彩的感覺會因性別、年齡、生活體驗和生活環境等的差異而有所不同。因此，在決定各分區所採用的色系時，需多加思考並廣納專家學者以及大眾的意見，做充分討論及考量後，方能決定使用之色系，使整體區域有最合適且達成大家期望的環境色彩。色系選擇原則：

1. 遵循原有色彩

此方式適用於已具有大致相同色系之分區，建議可用於一般作業區。例如，某一般作業區多半企業皆使用藍色系做為企業識別顏色，該區域便可以藍系為主要色彩，進行之後的色彩設計；又如，某一分區多半為同一私人企業所租用，且該企業具有明顯識別顏色，如綠色，此區域便可以綠系做為主要色彩。

2. 期望之色彩意象

雖然色彩給人的感覺會因人而異，然而根據各種研究，所整理出人類對於色彩的聯想，依然可了解各種色彩帶給人類的感受(表 5-10)。此結果可做為分區色彩選定時考慮的項目，按照各分區期望賦予人們的感受來決定色系。

3. 遵循大眾偏好

為直接了解大多數人對於色彩的偏好，使最終成果符合大多數人之喜好，可以多數決方式選定各分區主要色系，例如問卷發放。此選擇權力可單為港務局內部人員，或是居住於該城市內之市民。

6.5 小結

高雄一直是南台灣第一大城市，同時也是台灣第一大貨運港口，於一年四季中都可以看到高雄港區內呈現繁榮、熱鬧的景象，再加上近年來政府整治愛河及積極推廣港都形象，使得高雄港沿岸觀光產業

蓬勃發展，並開放業者營運，規劃藍色公路航線。然而港區內由於廠商林立，導致港區內色彩凌亂無序，使得台灣第一大港的門面失去光彩。

世界許多國家早已發現色彩污染的問題，並開始進行城市的色彩規劃，台灣也跟隨著世界的腳步開始進行地方的色彩系統規畫。台灣的環境嚴重存在著色彩污染問題，高雄港的結構物與建築物配色突兀造成色彩環境景觀破壞，有鑑於此，須訂定一套有系統之色彩計劃。

高雄港屬於台灣航運之門面，因此對於色彩系統的整合推動更是刻不容緩，為須積極推動之項目，因此在本計劃規劃高雄港務範圍內色彩系統之統整，來提升港區內的視覺美感、自明性，同時使得往後港區內設施物設計上可以有準則依循；此外，色彩的統一有助於環境景觀的美化，對於民眾的感知上有著正面的影響。

本計畫根據高雄港內環境特色及未來規劃方向，彙整成一套色彩系統。藉此提升整體高雄港之門面視覺景觀及觀光效益，打造一個具地方特色的港口門面意象，同時提升民眾培養生活美學的重視與認識和改善高雄港之環境意象與工作環境。但後續之管理維護機制除了港務局的行政配合外，社區居民、使用者更應是推動港區環境改造之主要推手，因此在本計劃維護與管理機制操作說明如下：

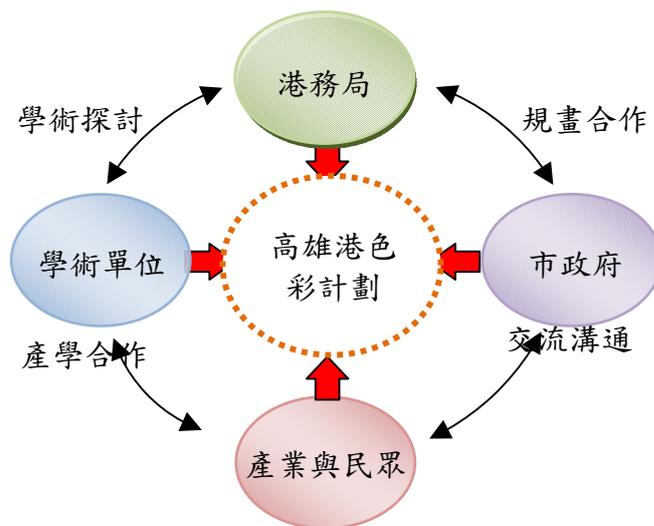


圖 6.28 維護管理操作流程圖

表 6-9 維護管理操作機制作業說明表

維護單位	說明
港務局	<ol style="list-style-type: none"> 1.各企業須確實遵從港務局之色彩規範。 2.自行定期維護其所改善之建築物及結構物之立面及相關設施。 3.與產業界合作，開發美化材料，提供高雄港內最適用之材料。
市政府	<ol style="list-style-type: none"> 1.訓練及培養色彩專家，召集地方藝術家等專業人士，在地方色彩施作時給予意見，並結合居民代表，共同討論擬定色彩方案，同時可以派遣專家至各鄉鎮進行居民之色彩認識與訓練。 2.各相關學校及公部門需自行維護或改善其立面和相關設施。 3.提供色彩改善獎勵機制，以獎勵民間進行色彩改善計畫。
社區	<ol style="list-style-type: none"> 1.舉辦座談會、工作營，提高民眾對於色彩的認知與美學素養，藉此提升環境生活品質。 2.接受執行色彩改善之店家、民宅、產業界負責人，應主動維護管理，並申請相關經費補助與輔導。
學術機構	<ol style="list-style-type: none"> 1.結合教育機構或政府計畫，將色彩計畫融入相關教育課程，宣導對色彩的認知。 2.配合產學合作，推廣做中學教程讓學生參與高雄港操作之色彩計畫與色彩改善施作過程。

第七章 結論與檢討

7.1 研究結論與實務應用之檢討

港灣生態景觀營造規劃設計，本年度（100 年度）為第三年計畫，主要完成的工作成果包括：(1) 水質淨化技術資料持續蒐集與探討、(2) 修定港灣生態環境評估準則包括水質環境、水中生態和陸域植栽、(3) 修定生態性港灣水中結構物設計準則、(4) 港灣環境景觀營造技術資料持續蒐集與探討、(5) 修訂港灣景觀美質評估準則及進行分級評估，包括景觀重點規劃、景觀植栽和色彩計畫、(6) 以景觀休閒遊憩為主軸，針對高雄港區以及鄰近都會區之整體環境營造規劃進行案例分析、(7) 持續辦理港灣生態景觀規劃設計教育訓練課程。整體工作內容成果綜整詳述如下：

1. 評估及設計準則的操作手冊建立

本年度是就過去港灣水質、水陸域生態、水中結構物生態性、景觀評估等內容的調查及研究成果，完成生態景觀的環境評估和空間營造設計的操作準則，包括(1)港區水質評估技術、(2)水域生態環境評估技術、(3)生態性港灣結構物設計準則、(4)生態植栽環境評估技術、(5)視點場、視對象的景觀重點規劃技術、(6)景觀植栽設計準則、(7)色彩應用的技術準則等項目。

2. 高雄港環境色彩規劃

高雄港做為台灣對外的水域樞紐，運用環境色彩規劃可有效做為建立國家門戶意象，本計畫運用色彩分類的語義分析結果，提出高雄港的環境色彩計畫，主要有一般作業類、重點發展類及門戶意象等的未來色彩計畫內容，即色彩配色組合建議。該結果不僅可統整港務範圍內色彩系統，提升港區的視覺美感、自明性，同時使得往後港區內設施物設計上可以有準則依循；此外，色彩的統一有助於環境景觀的美化，對於民眾的感知上有著正面的影響。

7.2 未來研究重點

從國外案例研究資料顯示港灣環境由於交通的便利性、臨近都市開發區，因此港灣環境營造的成果可服務的單位人數為其它海岸的 4.5 倍，所以港灣生態景觀環境營造頗受各先進國家重視。日本國土交通省港灣局在 2005 年即提出產業活力、港埠安全、環境生命三大願景做為全日本港灣發展的方針，另在港灣環境基本政策則包括了港灣水質改善及環境再生、港灣環境的遊憩利用、與環境美化與設施色彩計畫等。東京都港灣局在 2008 年提出東京灣的五大經營管理策略，分別為造港要與自然共生、造港要多樣化、造港要人與海相結合、造港要綠美化、造港要與地區結合。這些都說明了港灣生態景觀環境營造的重要性。

本計畫的研究重點，是與國外港灣發展趨勢、國家永續發展目標與綠色港埠推動的觀點相一致，研究成果可做為港灣自然生態與景觀復育與改善的依據。綜合三個年度的研究成果，經由對基隆港、台北港、台中港、高雄港及花蓮港的港域水質與浮游生物、水中結構物的生態性、陸域植栽的生態與景觀美質、港灣結構物色彩等的現地調查及分析後，獲得港灣生態及景觀營造規劃設計準則。

後續計畫中將就本年度「港灣生態景觀環境營造操作參考手冊」的內容，進一步擬定落實於實質工作內容的執行，因此可就港灣特性，研提港灣水質改善、水中結構物生態化、加強植栽生態及景觀改善等部分內容再作進一步探討。

參考文獻

1. 鄭重(1964)，浮游生物學概論，科學出版社，北京。
2. 張福綏(1964)中國近海的浮游軟體動物 - I.翼足類、異足類及海蝸牛的分類研究，海洋科學集刊，5(1)：125-226 頁。
3. 日本運輸省(1981)，「關西國際空港的環境影響評價案」，第 430-448 頁。
4. 鄒祖怡(1991)，南沙群島海區翼足類和異足類的分布，南沙群島及其鄰近海區海洋生物研究論文集(二)，海洋出版社，北京，123-133 頁。
5. 鄭重、李少菁、許振祖(1991)，海洋浮游生物學，水產出版社，基隆，661 頁。
6. 楊萬發(1994)，水體水質保護，財團法人中興工程研究發展基金會。
7. 高肇藩(2000)，水汙染防治(第二版)，中國土木水利工程學會。
8. 郭一羽(2001)等，「水域生態工程」，中華大學水域生態環境研究中心。
9. 黃祥豪(2002)，高屏海域浮游橈足類時空分布及攝食研究，國立中山大學海洋資源研究所碩士論文。
10. 郭一羽，海岸工程學，(2003)，文山書局。
11. 郭一羽、陳盈曲(2004)，海岸結構物附著生物 HEP 棲地模式研究，台灣第一屆生態工程學術研討會。
12. 孫治華(2004)，高屏海域海桶類之時空分佈及其與水團相關性研究，國立中山大學海洋資源研究所。
13. 郭一羽、李麗雪(2005)，海岸生態景觀環境營造，明文書局。
14. 陳俊杰(2005)，港灣結構物周邊底棲生物群集特性與其棲地的模式之建立-以安平港為例，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
15. 朱藝峰、林霞、徐同成、ZHUYi-feng、LIN Xia、XU Tong-cheng(2006)，輪蟲生態讀李事晏的指標分析，水產科學 Vol.25 NO.3。
16. 朱達仁、郭一羽、施君翰(2006)，消波塊附著生物的生態演化與生態評估-以新竹漁港為例，中華建築學刊，2 卷 3 期，第 33-44 頁。
17. 郭一羽、李英周、李麗雪(2006)，漁港水質淨化技術及策略之研究，國立交通大學土木工程研究所，研究報告。
18. 郭一羽、李麗雪、張睿昇、朱達仁(2007)，芳苑海岸潮間帶生態工法之研究，國立交通大學土木工程研究所，研究報告。
19. 孫伯賢(2008)，底棲生物整合指標(B-IBI)之棲地模式(HEP)研究，國立交通大學土木工程研究所。
20. 李彥德(2008)，利用使用者視覺與嗅覺觀點探討漁港水域水質評估之研究，國立交通大學土木工程研究所，碩士論文。

21. 林浩雯(2009)，台灣南部浮游翼足類群聚之季節動態研究，國立中山大學海洋生物科技暨資源研究所，碩士論文。
22. 謝依潔(2009)，高雄港港區水質管理之研究，國立成功大學海洋科技與事務研究所，碩士論文。
23. 郭一羽等(2009)，港灣生態景觀營造規劃設計(1/4)，期末報告，交通部運輸研究所。
24. 郭一羽等(2009)，港灣生態景觀營造規劃設計，操作參考手冊，交通部運輸研究所。
25. 施君翰(2010)，海岸結構物附著生物之生態指標生物研究，中國海洋工程學會，Vol.24 NO.1，pp.117-134。
26. 陳奐辰(2010)，港區浮游動物指標生物及其水質評估之相關研究，國立交通大學土木工程研究所。
27. 林昆範(2007)，色彩原論，全華圖書股份有限公司。
28. 李軍譯，小林重順(2006)，色彩形象座標，人民美術出版社。
29. 吉田慎悟(2007)，環境色彩計畫，丸善株式會社。
30. 王建柱、賴一輝、張柏舟、鄭國裕校訂，太田昭雄、河原英介(2002)，色彩與配色，新形象出版事業有限公司。
31. 林幸助、薛美莉、陳添水、何東輯(2009)，濕地生態系生物多樣性監測系統標準作業程序，行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
32. 日本臨海部(1996)，川崎市色彩指南。
33. 香港特別行政區政府渠務署(2009)，淨化海港計畫。
34. 新竹縣政府文化局(2009)，蕭如松藝術園區周邊環境整體視覺美感提升規劃研究計畫。
35. 新竹縣政府文化局(2010)，新竹縣竹東鎮舊區環境及生活色彩系統調查及應用研究計畫。
36. 桃園縣政府文化局(2010)，建立城市色彩系統及示範操作規劃研究。
37. 台北縣政府文化局(2010)，98 年度行政院文化建設委員會建立城市色彩示範暨操作輔助計畫。
38. 新保裕美、田中昌宏、池谷毅、越川義功 (2000)，「アサリを対象とした生物息地適性評価モデル」，海岸工程論文集第 47 卷，第 1111-1115 頁。
39. 吉安勇介、橋中秀典、井上雅夫、島田広昭、端谷研治 (2001)，「HEP による人工磯の付着動物に関する生息適性評価」，海岸工程論文集，第 48 卷，第 1316-1320 頁。
40. 海岸景觀形成ガイドライン(2006)，國土交通省，河川局、港灣局。
41. 水尾寛己、小市佳延、下村光一郎、西崇二郎、木村尚(2008)，「日本丸ドックにおけるカキによる水質浄化」，横浜市環境科学研究所報，第 32 號。

42. 佐藤侑亮、宮武誠、湊賢一(2009)、「函館港内の水質改善に関する A-MHA の最適配置」, 土木學會北海道支部論文報告集, 第 66 号。
43. Alden, R.W. III, D.M. Dauer, J.A. Ranasinghe, L.C. Scott, and R.J. Llanos.(2002). Statistical verification of the Chesapeake Bay Benthic Index of Biotic Integrity. *Environmetrics* 13:473- 498
44. Bé A. W. H. and Gilmer, R. W. (1977) A zoogeographic and taxonomic review of euthecosomatous Pteropoda. In: *Oceanic Micropaleontology*, Chap. 6. Academic Press, London. pp. 733-808.
45. Kashkina, A.A. 1986. Feeding of fishes on salps (Tunicata, Thaliacea). *J. Ichthyol.*, 26, 57-64
46. Kawaguchi, S. and Takahashi, Y. 1996. Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) eat salps. *Polar Biol.*, 16, 479-481.
47. Llanos, R. J., L. C. Scott, and F. S. Kelley., “Chesapeake Bay Water Quality Monitoring Program: Long-Term Benthic Monitoring and Assessment Component, Level 1 Comprehensive Report ” , July 1984 – December 2001 (Volume 1), Technical report prepared by Versar, Inc. for the Maryland Department of Natural Resources, Annapolis, MD, 101 pp (2002) .
48. Mianzan, H. 2001. Feeding on survival-food, gelatinous plankton as a source of food for anchovies. *Hydrobiologia*, 451, 45-53.
49. Naqvi, S.W.A., Sarma, V.V.S.S., Jayakumar, D.A. 2002. Carbon cycling in the northern Arabian Sea during the northeast monsoon, significance of salps. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 226, 35-44.
50. Pakhomov, E.A., Froneman, P.W., Perissinotto, R. 2002. Salp/krill interactions in the Southern Ocean, spatial segregation and implications for the carbon flux. *Deep-Sea Res.*, 49, 1881-1907.
51. Pakhomov, E.A., Froneman, P.W., Perissinotto, R. 2002. Salp/krill interactions in the Southern Ocean, spatial segregation and implications for the carbon flux. *Deep-Sea Res.*, 49, 1881-1907.
52. Perissinotto, R. and Pakhomov, E.A. 1997. Feeding association of the copepod *Rhincalanus gigas* with the tunicate salp *Salpa thompsoni* in the Southern Ocean. *Mar. Biol.*, 127, 479-483.
53. Schamberger, M. L., and L. J. O’Neil (1986) Concepts and Constraints of Habitat-model Testing In: Verner, J., M. L., Morrison, and C. J., Ralph eds.
54. Tokioka, T. and Berner, L. 1958a. Two new doliolids from the eastern Pacific Ocean. *Pacific Sci.*, 12, 135-138.

55. Tokioka, T. and Berner, L. 1958b. On certain Thaliacea (Tunicata) from the Pacific Ocean, with descriptions of two new species of doliolids. *Pacific Sci.*, 12, 317-326.
56. U.S Fish and Wildlife Service (1980) Habitat evaluation procedures (HEP), Washington, D.C: Division of Ecological Service ESM 101-103
57. Van Soest, R.W.M. 1981. A monograph of the order Pyrosomatida (Tunicata, Thaliacea). *J. Plankton Res.*, 3, 603-631.
58. Van Dolah, R.F., J.L. Hyland, A.F. Holland, J.S. Rosen, and T.R. Snoots., "A benthic index of biological integrity for assessing habitat quality in estuaries of the southeastern USA", *Mar. Environm. Res.* 48: 269-283 (1999) .
59. Weisberg, S. B., J. A. Ranasinghe, D. M. Dauer, L. C. Schaffner, R. J. Diaz, and J. B. Frithsen., "An estuarine benthic index of biotic integrity (B-IBI) for Chesapeake Bay", *Estuaries* 20:149-158, (1997)
60. Yoon, W.D., Kim, S.K. and Han, K.N. 2001. Morphology and sinking velocities of fecal pellets of copepod, molluscan, euphausiid, and salpaxa in the northeastern tropical Atlantic. *Mar. Biol.*, 139, 923-928.