102-31-7680
MOTC-IOT-101-H2DB004b

鄰港水質環境調查研究(4/4)

交通部運輸研究所

中華民國 102 年 2 月

102-31-7680
MOTC-IOT-101-H2DB004b

鄰港水質環境調查研究(4/4)

著 者：蔡立宏、徐如娟、劉大綱、許弘莒、陳平

交通部運輸研究所
中華民國 102 年 2 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

鄰港水質環境調查研究. (4/4) / 蔡立宏等著. –
臺北市 : 交通部運研所, 民 102.02
面 ; 公分
ISBN 978-986-03-6168-1(平裝)

1.水資源管理 2.環境監測

554.61 102003249

鄰港水質環境調查研究(4/4)

著　　者：蔡立宏、徐如娟、劉大綱、許弘莒、陳　平
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 102 年 2 月
印 刷 者：良機事務機器有限公司
版(刷)次冊數：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： 400 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：1010200325　　ISBN：978-986-03-6168-1 (平裝)
著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)
本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：鄰港水質環境調查研究(4/4)			
國際標準書號 ISBN978-986-03-6168-1(平裝)	政府出版品統一編號 1010200325	運輸研究所出版品編號 102-31-7680	計畫編號 101-H2DB004b
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：蔡立宏 研究人員：徐如娟 聯絡電話：04-26587125 傳真號碼：04-26560661	合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會 計畫主持人：劉大綱 研究人員：許弘莒、陳平、黃瓊珠、郭平巧、周明麗 地址：701 臺南市東區大學路 1 號 聯絡電話：06-2757575 分機 31146		研究期間 自 101 年 1 月 至 101 年 12 月
關鍵詞：水質、環境調查、船舶排水、臺中港、壓艙水			

摘要：

海域水質環境攸關整個海域生態之健全，為能達到海洋環境永續發展的目標，本計畫調查臺中港附近水質環境，依據調查結果配合當地海氣地象資料以及水質生態資料，提出港灣附近水質分佈的特性及影響水質之因素。本計畫針對臺中港港灣附近海域進行水體及底質重金屬採樣調查，整理臺中港海域海氣象、水質及生態資料之其特性，及建立二維水質之數值模式，使用 2009 至 2011 年間多個水質觀測站資料來率定與驗證水質模式，並藉由水質模式來模擬分析上游汙染源對臺中港區水質變化情形；接著再由臺中港域之河川水質、陸域水質、底質重金屬之監測資料，了解水質整體變化趨勢與底質重金屬間之關係。關於壓艙水議題，首先進行國內船舶船上壓艙水處理設備之裝置率調查，並提出臺中港岸上壓艙水處置設施的建議規劃；最後研擬船舶壓艙水管理制度，包括指定壓艙水交換區、申報制度建立、港口國官員執法能量等項目，並探討可能遭遇之法制問題。研究顯示，根據海域水質與底質相關性分析結果，來自海淡水混合比例之鹽度與生活畜牧污水之項目如生化需氧量、大腸桿菌群與氨氮、總磷明顯呈現高度負相關，反映出來自陸源淡水，仍為影響臺中港海域水體品質之主要因子。底質汞含量與底質中之有機質及鋁與粉砂呈現正相關；與底質中之平均粒徑(與中值粒徑)及砂含量呈現負相關。而底質砷於顆粒上的富集特性與汞相反，當底質顆粒偏粗時，相對可發現其底質砷亦較高。水質之數值模式方面，經多次測試，本文模式最後選定 BOD 怯氧係數為 0.00432 1/day，由模擬結果可知，BOD 濃度在臺中港港區外均能符合乙類海域水體水質標準(<3ppm)，除了港內地區(梧棲大排附近)BOD 濃度 BOD 濃度甚至可高於 3ppm，且於港外出海口之 BOD 濃度擴散方向往北為主。船舶壓艙水方面，航運界較傾向使用船上壓艙水處理設備，而對於岸上處理設施的使用意願並不高；對於船舶壓艙水管理制度的建立，海洋棄置區在功能上可作為指定壓艙水交換區，並需要求入港船舶於抵港前申報壓艙水資料，港口國管制上則需將壓艙水風險加入目標船舶篩選系統中。

本年度研究所得之成果：(1)符合港灣環境的永續發展目標；(2)瞭解臺灣西部港灣附近水質特性以及對生態環境之影響，水質變化之原因，並建置鄰港水質水理模式，作為未來宣導以及改善之依據；(3)研提臺灣西部港灣附近水質以及壓艙水管理方式，提供各港務局及相關單位，作為未來改善港灣環境水質之參考依據。

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
102 年 2 月	484	400	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。

機密等級：
□密□機密 □極機密 □絕對機密
（解密條件：□ 年 月 日解密，□公布後解密，□附件抽存後解密，
□工作完成或會議終了時解密，□另行檢討後辦理解密）
■普通

備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。

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

ITLE: Investigation of the Water Quality Environments near Harbor (4/4)

ISBN	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
978-986-03-6168-1 (pbk)	1010200325	102-31-7680	101-H2DB004b

DIVISION: Harbor & Marine Technology Center
DIVISION DIRECTOR: Yung-fang Chiu
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Li-Hung Tsai
PROJECT STAFF: Ju-Chuan Hsu
PHONE: (04) 26587125
FAX: (04) 26560661

PROJECT PERIOD
FROM January 2012
TO December 2012

RESEARCH AGENCY: NCKU Research and Development Foundation
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ta-Kang Liu
PROJECT STAFF: Hung-Chu Hsu, Ping Chen, Chiung-Chu Huang, Ping-Chiao Kuo, Ming-Li Chou
ADDRESS: NO.1, University Road, Tainan 701, Taiwan, ROC.
PHONE: (06) 2757575 ext.31146

KEY WORDS:
WATER QUALITY, HYDRODUNAMICS, BOAT DISCHARGE, TAICHUNG HARBOR

ABSTRACT:

The water quality near the Port of Taichung was investigated in order to better understand the environmental characteristics for developing future management strategy. The properties and influence factors of the water quality distribution near the Port of Taichung can be determined according to the results of investigation and the collected data of wind, wave, current, water quality and ecology. It can also be used to evaluate the influence and correlation to the ecological environment. We have gathered and analyzed the related literatures and documents including wave, current, and water quality and ecology data in the Port of Taichung. According to water quality investigation over the years, Taichung coastal water was affected by livestock water imported by the rivers. During the rainy season, land-based runoffs result in large amount of nitrogen and phosphorus discharged into coastal water. Sediment study in May 2011 shows that heavy metal concentration is similar to those found in the literature, for both the enrichment factor (EF) and Index of geo-accumulation (I_{geo}). The mercury concentration in the water is negatively correlated with the sediment.

A 2D water quality model was established in this study. Simulation shows that during the rising tides, tidal currents come from the south and north of the Port of Taichung and then merge while during the ebbing tides, these tidal current go at the reverse directions. Coastal water quality was strongly influenced by such tidal patterns. In this study, the tendency for the shipping industries to use ship-based ballast water treatment system or land-based treatment facilities was investigated. It seems that the ship-based ballast water treatment system was preferred due to its effectiveness and flexibility. The shipping industries showed less interest in the land-based treatment system. In order to establish a ballast management institution, the designated marine dumping sites can be assigned as ballast water exchange sites and the incoming vessel should mandatorily submit ballast water information before access to the port. The current port state control procedure should also integrate the risk of ballast water in their screening protocol of vessel with higher risks. The future management strategy should consider on vessels from the port of high risk to protect the coastal environment of the Port of Taichung.

The achievement of the study: (1) in agreement with the goal of the sustainable development; (2) understand the water quality characteristics in the Port of Taichung and establish the coastal dynamic model for future coastal water quality management; (3) establish the ballast water management procedure for the Port authority to improve the coastal environment quality.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
February 2013	484	400	☐RESTRICTED ☐CONFIDENTIAL ☐SECRET ☐TOP SECRET ■UNCLASSIFIED

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

鄰港水質環境調查研究(4/4)

目　錄

摘　要 I

目　錄 III

表目錄 IX

圖目錄 XIII

第一章　前言 1

1.1 研究動機及目的 1-1

1.2 研究範圍與對象 1-2

1.3 研究內容及工作項目 1-3

1.4 預期成果 1-5

第二章　基本資料蒐集與分析 2-1

2.1 臺中港區概況 2-1

2.2 氣象資料之統計分析 2-3

2.3 海象資料之統計分析 2-9

2.3.1 風 2-15

2.3.2 海流 2-18

2.3.3 波浪 2-23

2.3.4 潮位 2-28

2.4 颱風資料 2-30

2.5 海域水質 2-43

2.5.1 臺中港外海水質 2-43

2.5.2 臺中港港內水質 2-53
2.5.3 臺中港海域底質 2-60
2.6 陸域水質 2-66
2.6.1 匯入臺中港域排水路水質 2-66
2.6.2 可能污染來源 2-75
2.7 海域生態 2-81
2.7.1 浮游植物 2-84
2.7.2 浮游動物 2-84
2.7.3 底棲生物 2-84
2.7.4 魚類 2-85
2.7.5 生態指數變化 2-85
2.8 船舶壓艙水議題 2-97
2.8.1 壓艙水引進外來種之影響 2-97
2.8.2 壓艙水相關法規訂定 2-98
第三章 海域水質環境分析模式建立 3-1
3.1 二維水動力控制方程式 3-1
3.2 水質模式之控制方程式 3-3
3.2.1 BOD 模式 3-3
3.2.2 大腸菌模式 3-3
3.3 模式之率定驗證 3-4
3.3.1 模式模擬區域之選取 3-4
3.3.2 水理模式之率定 3-8
3.3.3 水質模式之率定 3-11
3.4 水質分類與海域涵容能力 3-44

3.4.1 SPI 法 3-44
3.4.2 WQI 法 3-45
3.4.3 海域涵容能力 3-46
第四章 臺中港港域水質與底質重金屬採樣調查及分析 4-1
4.1 測站規劃 4-2
4.1.1 測站設置原則 4-2
4.1.2 測站選定 4-2
4.2 海域水質調查方法 4-5
4.2.1 採樣方法 4-5
4.2.2 採樣頻率 4-5
4.2.3 分析項目與檢測方法 4-5
4.3 海域水質調查結果 4-6
4.4 海域底質調查方法 4-34
4.4.1 採樣方法 4-34
4.4.2 採樣頻率 4-34
4.4.3 分析項目與檢測方法 4-34
4.5 海域底質調查結果 4-34
第五章 水質整體變化趨勢與底質重金屬間之相關性分析 5-1
5.1 重金屬污染程度評估指標 5-1
5.1.1 富集因子 5-2
5.1.2 地質累積指數 5-6
5.2 海域水質與底質相關性分析 5-13

第六章　臺中港壓艙水於船舶上或岸上處置設施之規劃.....6-1
6.1 國外相關案例調查.....6-3
6.1.1 船用壓艙水管理系統認證標準與核可現況.....6-3
6.1.2 岸上壓艙水處置設施之技術規範與應用現況.....6-6
6.2 調查國內船隻壓艙水處理設備裝置情形.....6-12
6.2.1 問卷調查內容與結果.....6-12
6.2.2 個案分析-中油華運輪壓艙水處理系統.....6-16
6.3 臺中港之岸上設施規劃.....6-22
6.4 結論.....6-25
第七章　研擬臺中港船舶壓艙水管理制度之建立.....7-1
7.1 指定壓艙水交換區規劃.....7-1
7.1.1 國外案例分析-加拿大的壓艙水交換區.....7-2
7.1.2 海洋棄置區的可用性.....7-6
7.2 船隻申報制度.....7-10
7.2.1 美國船隻壓艙水申報制度.....7-10
7.2.2 澳洲船隻壓艙水申報制度.....7-14
7.2.3 我國現有申報制度.....7-17
7.3 港口國官員執行能量與船舶風險分析應用之整合.....7-18
7.3.1 我國現行之港口國管制.....7-18
7.3.2 船舶壓艙水風險評估在港口國管制中的應用.....7-23
7.4 船舶壓艙水管理之法制問題探討.....7-24
7.4.1 與船舶壓艙水管理相關之國內法規.....7-24

7.4.2 壓艙水管理之主管機關討論.....7-27
7.4.3 小結.....7-29
7.5 結論.....7-29
第八章 本研究歷年成果.....8-1
8.1 數值模擬.....8-1
8.2 水質整體特性與變化趨勢.....8-3
8.3 船舶壓艙水管理.....8-11
8.3.1 技術層面工作項目.....8-12
8.3.2 管理層面工作項目.....8-15
第九章 結論與建議.....9-1
9.1 結論.....9-1
9.2 建議.....9-4
9.3 成果效益與後續應用.....9-6
參考文獻.....參-1
附錄一 臺中港區之海氣象資料統計表.....附 1-1
附錄二 方法依據與方法偵測極限、實驗室之品保/品管及檢驗室內一般品管原則說明.....附 2-1
附錄三 品管數據登錄表.....附 3-1
附錄四 樣品檢測報告書.....附 4-1
附錄五 現場採樣量測分析記錄表.....附 5-1
附錄六 「船舶壓艙水水質管理座談會」會議議程及會議記錄.....附 6-1
附錄七 期中簡報.....附 7-1
附錄八 期中報告審查意見處理情形表.....附 8-1

附錄九　期末簡報.....附 9-1
附錄十　期末報告審查意見處理情形表.....附 10-1

表 目 錄

表 2-1　臺中港附近海域海氣象資料蒐集概況表.....2-2

表 2-2　臺中氣象站 1999-2011 年之氣象觀測資料統計表 2-4

表 2-3　梧棲氣象站 1999-2011 年之氣象觀測資料統計表 2-4

表 2-4　臺中港 2001 年至 2011 年風之風速及風向統計表.....2-15

表 2-5　臺中港 2003 年至 2011 年海流之流速及流向統計表.....2-19

表 2-6　臺中港 2003 年至 2011 年示性波高、週期及波向資料統計表 2-24

表 2-7　臺中港 1999-2011 年潮位資料統計.....2-29

表 2-8　1998 年至 2012 年有發佈警報之颱風基本資訊一覽表.....2-31

表 2-8(續 1)　1998 年至 2012 年有發佈警報之颱風基本資訊一覽表 2-32

表 2-8(續 2)　1998 年至 2012 年有發佈警報之颱風基本資訊一覽表 2-33

表 2-9　1998 年至 2012 年 9 月期間颱風路徑分類統計表.....2-34

表 2-10　2003 年至 2011 年颱風期間臺中港海域之波浪、風及潮流資料統計表 2-41

表 2-10(續)　2003 年至 2011 年颱風期間波浪、風及潮流資料統計表 2-42

表 2-11　地面水體分類及水質標準 2-46

表 2-12　臺灣北、中、南部海域水質調查統計表.....2-47

表 2-13　臺中沿海 2011~2012 年海域水質檢測結果.....2-51

表 2-13(續)　臺中沿海 2011~2012 年海域水質檢測結果.....2-52
表 2-14　臺中港務分公司(原臺中港務局)2007 年底泥檢測結果.....2-61
表 2-15　臺中港務分公司(原臺中港務局)2008 年底泥檢測結果.....2-62
表 2-16　臺中港務分公司(原臺中港務局)2009 年底泥檢測結果.....2-63
表 2-17　臺中港務分公司(原臺中港務局)2010 年底泥檢測結果.....2-64
表 2-18　臺中港務分公司(原臺中港務局)2011 年底泥檢測結果.....2-65
表 2-19　臺中市梧棲區列管事業一覽表.....2-77
表 2-19(續 1)　臺中市梧棲區列管事業一覽表.....2-78
表 2-19(續 2)　臺中市梧棲區列管事業一覽表.....2-79
表 2-20　臺中市龍井區列管事業一覽表.....2-80
表 2-20(續)　臺中市龍井區列管事業一覽表.....2-81
表 3-1　大區域海潮流模式之格網及計算條件.....3-5
表 3-2　臺中港水質模式驗證使用之污染量設定值.....3-12
表 3-3　SPI 之積分點數表.....3-44
表 3-4　WQI 水質參數濃度與點數間關係之計算公式一覽表.....3-45
表 3-5　於乙類、丙類水體下臺中港總承載現況分析表.....3-46
表 4-1　2012 年臺中港鄰港海域水質與底質測站座標.....4-3
表 4-2　水質檢測項目之方法與偵測極限等品質目標.....4-7
表 4-3　臺中港鄰港海域水質 2012 年採樣調查結果.....4-8
表 4-4　2009 年至 2012 年臺中港鄰港海域水質調查結果.....4-11
表 4-5　臺中港鄰港海域底質 2012 年 4 月枯水期採樣調查結果
.....4-35

表 4-6　臺中港鄰港海域底質 2011 與 2012 年 4 月枯水期
粒徑分析結果 4-36

表 4-7　底質粒徑大小等級分類 Udden-Wentworth 分類 4-37

表 4-8　臺灣主要河口、港灣及沿海沉積物(底泥)中重金屬
平均含量 4-42

表 4-9　國外底質規範快速篩選參考表 4-44

表 4-10　美國華盛頓州底質標準與清除基準 4-45

表 5-1　2011 年 4 月臺中港底質重金屬富集程度
(地殼鋁濃度平均值) 5-4

表 5-1(續)　2012 年 4 月臺中港底質重金屬富集程度
(地殼鋁濃度平均值) 5-5

表 5-2　2011 年 4 月臺中港底質重金屬富集程度
(地殼鋁濃度平均值) 5-5

表 5-2(續)　2012 年 4 月臺中港底質重金屬富集程度
(地殼鋁濃度平均值) 5-5

表 5-3　地質累積指數與污染程度分級 5-6

表 5-4　2011 年 4 月臺中港底質重金屬地質累積指數與
污染程度 5-6

表 5-4(續)　2012 年 4 月臺中港底質重金屬地質累積指數與
污染程度 5-7

表 5-5　臺中港底質重金屬富集程度(大甲溪外海鋁濃度) 5-8

表 5-6　臺中港底質重金屬富集程度(大甲溪外海鋁濃度) 5-8

表 5-7　2011 年 4 月枯水期臺中港海域水質與底質相關性分析 5-16

表 5-8　2012 年 4 月枯水期臺中港海域水質與底質相關性分析 5-17

表 6-1　國際壓艙水公約管理技術規範.....6-2
表 6-2　公約中船舶壓艙水管理的時程.....6-4
表 6-3　通過 IMO 最終認證之壓艙水處理設備品牌與廠商.....6-5
表 6-4　船舶進入我國各港壓艙水處理現況.....6-13
表 6-5　影響使用意願之原因.....6-15
表 6-6　已備有壓艙水紀錄(簿).....6-15
表 6-7　船用與岸上壓艙水處理設施之比較.....6-25
表 7-1　哈得遜海峽(Hudson Strait)指定壓艙水交換區評估項目.....7-4
表 7-2　美國壓艙水申報表格.....7-13
表 7-3　澳洲壓艙水申報表格.....7-15
表 7-4　船舶進入澳洲海域可能面臨申報結果.....7-17
表 7-5　港口國管制檢查目標船遴選系統中之計算要素.....7-22
表 7-6　2003 年至 2011 年港口國管制船隻檢查結果.....7-22
表 7-7　與壓艙水管理相關之法制討論.....7-29
表 8-1　可能入侵臺灣之外來生物種.....8-14

圖 目 錄

圖 1-1　臺中港附近海域.....1-2

圖 2-1　臺中港附近海域海氣象資料之觀測站位置圖.....2-2

圖 2-2　臺中氣象站 1999 年至 2011 年平均氣溫、最高氣溫及
最低氣溫之月統計圖.....2-5

圖 2-3　臺中氣象站 1999 年至 2011 年平均風速、最多風向及
瞬間最大風速之月統計圖.....2-5

圖 2-4　臺中氣象站 1999 年至 2011 年平均相對濕度及
最小相對濕度之月統計圖.....2-5

圖 2-5　臺中氣象站 1999 年至 2011 年平均氣壓之月統計圖.....2-6

圖 2-6　臺中氣象站 1999 年至 2011 年降水量及降水時數之
月統計圖.....2-6

圖 2-7　臺中氣象站 1999 年至 2011 年降水日數及日照時數之
月統計圖.....2-6

圖 2-8　梧棲氣象站 1999 年至 2011 年平均氣溫、最高氣溫及
最低氣溫之月統計圖.....2-7

圖 2-9　梧棲氣象站 1999 年至 2011 年平均風速、最多風向及
瞬間最大風速之月統計圖.....2-7

圖 2-10　梧棲氣象站 1999 年至 2011 年平均相對濕度及
最小相對濕度之月統計圖.....2-7

圖 2-11　梧棲氣象站 1999 年至 2011 年平均氣壓之月統計圖.....2-8

圖 2-12　梧棲氣象站 1999 年至 2011 年降水量及降水時數之
月統計圖.....2-8

圖 2-13　梧棲氣象站 1999 年至 2011 年降水日數及日照時數之月統計圖 2-8
圖 2-14　臺中港 2001 年至 2011 年風速及風向之月統計圖 2-16
圖 2-15　臺中港 2001 年至 2011 年風速及風向之月統計分布圖 2-16
圖 2-16　臺中港 2001 年至 2011 年之最大風速統計分布圖 2-17
圖 2-17　臺中港 2001 年至 2011 年之平均風速統計分布圖 2-18
圖 2-18　臺中港 2003 年至 2011 年海流流速、流向及最大流速之月統計 2-20
圖 2-19　臺中港 2003 年至 2011 年海流流速、流向及最大流速之月統計分布圖 2-20
圖 2-20　臺中港 2003 年至 2011 年之海流最大流速統計分布圖 2-21
圖 2-21　臺中港 2003 年至 2011 年之海流平均流速統計分布圖 2-22
圖 2-22　臺中港 2003 年至 2011 年平均示性波高、平均週期及最大示性波高之月統計 2-25
圖 2-23　臺中港 2003 年至 2011 年平均示性波高、平均週期及波向之月統計分布圖 2-25
圖 2-24　臺中港 2003 年至 2011 年之最大波高統計分布圖 2-26
圖 2-25　臺中港 2003 年至 2011 年之平均波高統計分布圖 2-27
圖 2-26　臺中港 1999 年至 2011 年最大潮差、大潮平均潮差及平均潮差之月統計圖 2-28
圖 2-27　颱風路徑分類圖 2-34
圖 2-28　1998 年至 2012 年 9 月期間侵臺之颱風路徑圖 2-35
圖 2-29　1998 年至 2012 年 9 月期間第一類颱風路徑圖 2-36

圖 2-30　1998 年至 2012 年 9 月期間第二類颱風路徑圖.....2-36
圖 2-31　1998 年至 2012 年 9 月期間第三類颱風路徑圖.....2-37
圖 2-32　1998 年至 2012 年 9 月期間第四類颱風路徑圖.....2-37
圖 2-33　1998 年至 2012 年 9 月期間第五類颱風路徑圖.....2-38
圖 2-34　1998 年至 2012 年 9 月期間第六類颱風路徑圖.....2-38
圖 2-35　1998 年至 2012 年 9 月期間第七類颱風路徑圖.....2-39
圖 2-36　1998 年至 2012 年 9 月期間第八類颱風路徑圖.....2-39
圖 2-37　1998 年至 2012 年 9 月期間第九類颱風路徑圖.....2-40
圖 2-38　臺灣沿海海域水體分類圖.....2-44
圖 2-39　環保署全國海域水質臺中港沿海監測站位置.....2-45
圖 2-40　2011 年 3 月臺中港沿海環保署測站水質矽酸鹽與
正磷酸鹽對鹽度分布圖.....2-50
圖 2-41　臺中港港內海域水質監測點位圖.....2-53
圖 2-42　臺中港港內歷年漲退潮期間溶氧量監測值.....2-54
圖 2-43　臺中港港內歷年漲退潮期間生化需氧量監測值.....2-55
圖 2-44　臺中港港內歷年漲退潮期間大腸桿菌群監測值.....2-56
圖 2-45　臺中港港內歷年漲退潮期間氨氮監測值.....2-57
圖 2-46　臺中港港內歷年漲退潮期間總磷監測值.....2-58
圖 2-47　臺中港港內歷年漲退潮期間鹽度監測值.....2-59
圖 2-48　陸域水質監測點位圖.....2-66
圖 2-49　上游陸域水質之歷年漲退潮期間水溫變化.....2-67
圖 2-50　上游陸域水質之歷年漲退潮期間 pH 變化.....2-68

圖 2-51　上游陸域水質之歷年漲退潮期間溶氧量變化.....2-69
圖 2-52　上游陸域水質之歷年漲退潮期間生化需氧量變化.....2-70
圖 2-53　上游陸域水質之歷年漲退潮期間懸浮固體變化.....2-71
圖 2-54　上游陸域水質之歷年漲退潮期間大腸桿菌群變化.....2-72
圖 2-55　上游陸域水質之歷年漲退潮期間氨氮變化.....2-73
圖 2-56　上游陸域水質之歷年漲退潮期間總磷變化.....2-74
圖 2-57　臺中港西一號碼頭後線第三儲槽及附屬設施興建工程
環境影響說明書海域生態監測站位置分布圖.....2-83
圖 2-58　臺中港海域浮游植物生態多樣性歧異度變化趨勢.....2-87
圖 2-59　臺中港海域浮游動物生態多樣性歧異度變化趨勢.....2-88
圖 2-60　臺中港海域底棲動物生態多樣性歧異度變化趨勢.....2-89
圖 2-61　臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物綜合生態
歧異度多樣性變化趨勢.....2-89
圖 2-62　臺中港海域浮游植物生態優勢度變化趨勢.....2-90
圖 2-63　臺中港海域浮游動物生態優勢度變化趨勢.....2-91
圖 2-64　臺中港海域底棲動物生態優勢度變化趨勢.....2-92
圖 2-65　臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物綜合生態
優勢度變化趨勢.....2-92
圖 2-66　臺中港海域浮游植物生態均勻度變化趨勢.....2-93
圖 2-67　臺中港海域浮游動物生態均勻度變化趨勢.....2-94
圖 2-68　臺中港海域底棲生物生態均勻度變化趨勢.....2-95
圖 2-69　臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物綜合生態
均勻度變化趨勢.....2-95

圖 2-70　臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物綜合生態歧異度變化時間趨勢.....2-96

圖 2-71　臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物綜合生態歧異度變化濾除季節變動成份之趨勢.....2-96

圖 3-1　研究範圍.....3-5

圖 3-2　海潮流模式模擬範圍及地形水深分佈圖.....3-6

圖 3-3　臺中港位置示意圖及測站位置圖.....3-6

圖 3-4　水質測站 N5、N6 與 N7 位置圖.....3-7

圖 3-5　水質測站 T1~T6 位置圖.....3-7

圖 3-6　模式預測與實測流速比較圖.....3-9

圖 3-7　烏溪海流測站實測流速與模式預測比較圖.....3-9

圖 3-8　臺中港附近海域於漲潮時之流場分佈圖.....3-10

圖 3-9　臺中港附近海域於退潮時之流場分佈圖.....3-10

圖 3-10　N5、N6、N7 測站實測 BOD 濃度與模式預測比較圖.....3-12

圖 3-11　T1、T2、T3 測站實測 BOD 濃度與模式預測比較圖.....3-12

圖 3-12　T4、T5、T6 測站實測 BOD 濃度與模式預測比較圖.....3-13

圖 3-13　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖.....3-13

圖 3-13(續 1)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖.....3-14

圖 3-13(續 2)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖.....3-15

圖 3-13(續 3)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖.....3-16

圖 3-13(續 4)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-17

圖 3-13(續 5)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-18

圖 3-13(續 6)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-19

圖 3-13(續 7)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-20

圖 3-13(續 8)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-21

圖 3-13(續 9)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-22

圖 3-13(續 10)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-23

圖 3-14　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-24

圖 3-14(續 1)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-25

圖 3-14(續 2)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-26

圖 3-14(續 3)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-27

圖 3-14(續 4)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-28

圖 3-14(續 5)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-29

圖 3-14(續 6)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於
臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-30

圖 3-14(續 7)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於
臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-31

圖 3-14(續 8)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於
臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-32

圖 3-14(續 9)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於
臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-33

圖 3-15　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，污染物於
臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-34

圖 3-15(續 1)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，
污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-35

圖 3-15(續 2)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，
污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-36

圖 3-15(續 3)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，
污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-37

圖 3-15(續 4)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，
污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-38

圖 3-15(續 5)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，
污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-39

圖 3-15(續 6)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，
污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-40

圖 3-15(續 7)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，
污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-41

圖 3-15(續 8)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，
污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-42

圖 3-15(續 9)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，
污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖 3-43
圖 4-1　2012 年臺中港鄰港海域水質與生態測站位置.....4-4
圖 4-2　本研究歷次海域水質氫離子濃度指數調查結果.....4-12
圖 4-3　本研究歷次海域水質導電度調查結果.....4-13
圖 4-4　本研究歷次海域水質鹽度調查結果.....4-14
圖 4-5　本研究歷次海域水質水溫調查結果.....4-15
圖 4-6　本研究歷次海域水質懸浮固體調查結果.....4-16
圖 4-7　本研究歷次海域水質透明度調查結果.....4-17
圖 4-8　本研究歷次海域水質溶氧量調查結果.....4-18
圖 4-9　本研究歷次海域水質溶氧飽和度調查結果.....4-19
圖 4-10　本研究歷次海域水質生化需氧量調查結果.....4-21
圖 4-11　本研究歷次海域水質大腸桿菌群調查結果.....4-22
圖 4-12　本研究歷次海域水質總磷調查結果.....4-23
圖 4-13　本研究歷次海域水質總磷對鹽度分布.....4-24
圖 4-14　本研究歷次海域水質氨氮調查結果.....4-25
圖 4-15　本研究歷次海域水質葉綠素 a 調查結果.....4-26
圖 4-16　本研究歷次海域水質重金屬銅調查結果.....4-27
圖 4-17　本研究歷次海域水質重金屬鉛調查結果.....4-28
圖 4-18　本研究歷次海域水質重金屬鋅調查結果.....4-29
圖 4-19　本研究歷次海域水質重金屬鉻調查結果.....4-30
圖 4-20　本研究歷次海域水質汞調查結果.....4-31

圖 4-21　本研究歷次海域水質砷調查結果.....4-32
圖 4-22　臺中港鄰近沿海海域之歷年酸鹼度變化.....4-34
圖 4-23　臺中港鄰近沿海海域之歷年溶氧量變化.....4-34
圖 4-24　臺中港鄰近沿海海域之歷年重金屬銅變化.....4-34
圖 4-25　臺中港鄰港海域底質 2012 年 4 月枯水期粒徑累積曲線
分布圖.....4-37
圖 4-26　2011 年與 2012 年海域底質調查總有機物變化比較圖.....4-39
圖 4-27　2011 年與 2012 年海域底質調查銅變化比較圖.....4-40
圖 4-28　2011 年與 2012 年海域底質調查鉛變化比較圖.....4-40
圖 4-29　2011 年與 2012 年海域底質調查鋅變化比較圖.....4-40
圖 4-30　2011 年與 2012 年海域底質調查鉻變化比較圖.....4-41
圖 4-31　2011 年與 2012 年海域底質調查砷變化比較圖.....4-41
圖 4-32　2011 年與 2012 年海域底質調查汞變化比較圖.....4-41
圖 4-33　2011 年與 2012 年海域底質調查鋁變化比較圖.....4-42
圖 5-1　臺中港底質歷次有機物調查結果.....5-12
圖 5-2　臺中港底質歷次重金屬銅查結果.....5-12
圖 5-3　臺中港底質歷次砷調查結果.....5-13
圖 5-4　安斯河(Ems River)沉積物(底泥)中金屬濃度與
顆粒粒徑關係.....5-15
圖 5-5　本研究底質砷及汞含量與顆粒粒徑關係.....5-15
圖 6-1　船舶壓艙水從離港後可能使用的壓艙水處置方式.....6-3
圖 6-2　船舶及壓艙水管理系統裝置率.....6-13

圖 6-3　岸上壓艙水管理系統使用意願.....6-15
圖 6-4　進氣系統.....6-17
圖 6-5　臭氧系統.....6-18
圖 6-6　中合系統.....6-19
圖 6-7　監測與控制系統.....6-19
圖 6-8　為臺中港港區配置圖.....6-24
圖 7-1　船舶壓艙水管理流程示意圖.....7-1
圖 7-2　2006 年所公布的指定壓艙水交換區.....7-5
圖 7-3　2011 年經過評估後所公布的指定壓艙水交換區.....7-6
圖 7-4　環保署公告之海洋棄置指定海域示意圖.....7-7
圖 7-5　臺灣海域自 1991 年至 2008 年之平均海流圖.....7-8
圖 7-6　2009 年臺中港入港船舶壓艙水風險評估結果.....7-24
圖 8-1　船舶壓艙水議題各年工作項目流程圖.....8-12
圖 8-2　科技壓艙水處理法.....8-13
圖 8-3　臺中港 2004-2007 年進港船舶主要船旗國與
前一港來源比例圖.....8-16
圖 8-4　壓艙水風險評估系統.....8-16

第一章　前言

1.1 研究動機及目的

海域水質環境攸關整個海域生態環境之健全，品質佳的水質環境，提供海域動、植物生存必備條件，在穩定的生存環境條件下，維持生物鏈健全平衡的狀態。好的水質環境海域，亦提供民眾從事海岸或海洋休閒親水活動良好的休閒環境品質，亦能提升我國在國際的形象。臺灣四面環海，海岸線總長約一千五百餘公里，由於各種陸海空域活動之污染物質，包括：工商農漁業廢棄物、廢水、天然降雨以及遊憩活動等，污染的水體有可能以河川匯流、大排或伴隨降水等方式進入海洋影響海域水質。此外，船舶排水亦可能為港池污染的來源。

由於來自工業廢水中的重金屬具有毒性及累積性，且會透過生態食物鏈之生物濃縮作用，造成水體環境及水生態系統的破壞，甚至對於人類之健康造成威脅性。故本年度將針對臺中港域水體與底質進行重金屬之調查研究，以瞭解臺中港與鄰近海域之重金屬變動與分布特性，以評估其對海域環境品質，尤其是生態環境之衝擊影響程度高低，並進一步提供管理決策者作因應與改善。針對水質與底質重金屬相關調查結果，使用主成分分析法(Principal Component Analysis, PCA)加以分析，以進一步瞭解其眾多水質檢項之間的主要變化情形，並嘗試找出具有代表性之水質參數描述其水體品質變動。在數值模擬方面，本年度利用於臺中港南北兩側新設立之定點海流觀測站，作為模式驗證之流場資料來源，並利用驗證後之二維水理模式來建立臺中港區之水質模式，期能瞭解臺中港域之水質變化情形。在壓艙水調查方面，藉由文獻分析蒐集船用與岸上壓艙水處理設施目前國際上之應用現況，並藉由問卷調查以及壓艙水水質管理座談會之辦理，提供產官學界對壓艙水議題之對話平臺，以瞭解國內現況與需求，進而針對壓艙水議題提出處理方法與管理策略，做為未來研擬管理辦法之參考。

為能達到海洋環境永續發展的目標，本研究調查臺中港鄰港附近

水質環境，依據調查結果配合當地海氣地象資料以及水質生態資料，提出臺中港鄰港附近海域水質分布的特性、影響水質之因素以及與自然條件的相關性，藉由本研究之調查所得結果，將可更加了解臺中港港域水質之連續變化情形，作為擬定相關管理政策之依據。

1.2 研究範圍與對象

本研究為四年期計畫，主要針對臺中港附近海域環境進行分析，其工作範圍如圖 1-1 所示，北起大甲溪南岸，南至大肚溪口，南北縱長約 15 公里。

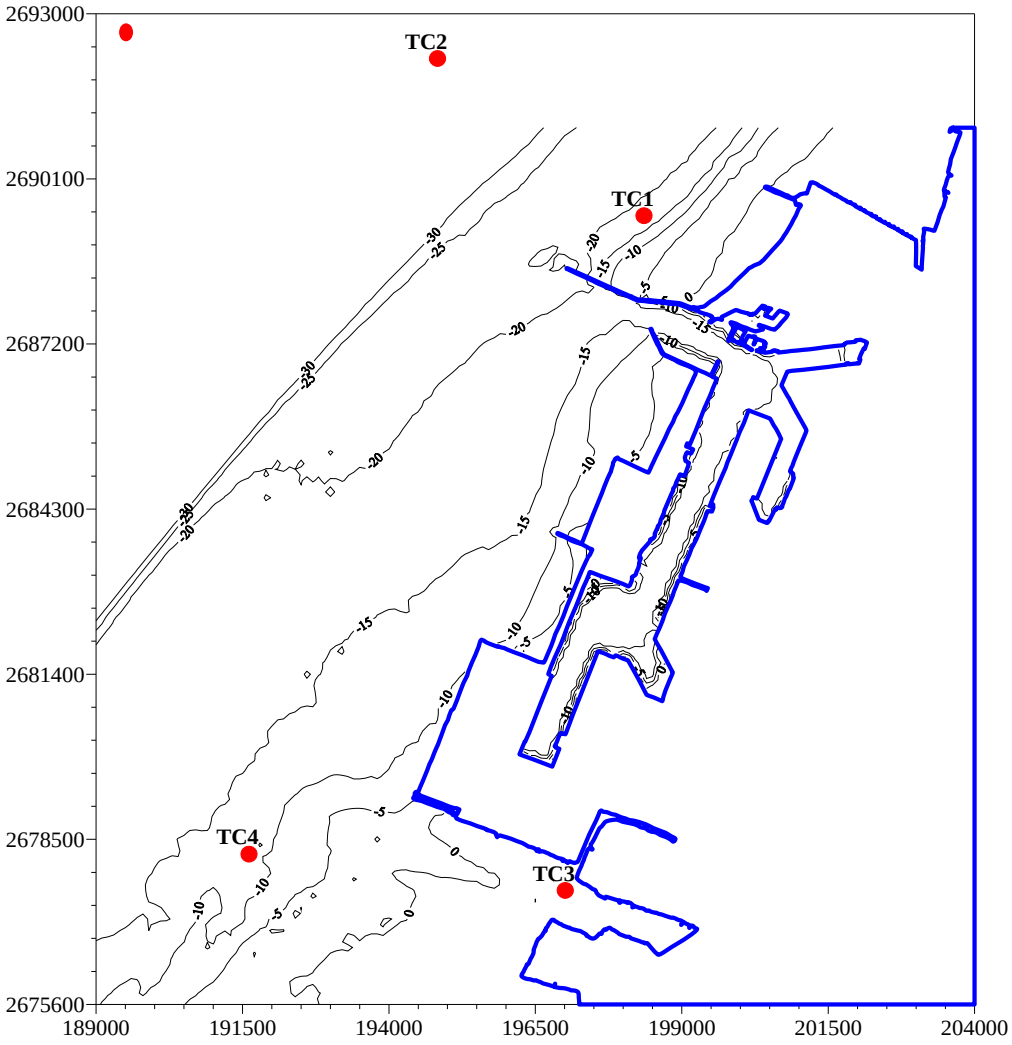


圖 1-1　臺中港附近海域

1.3 研究內容及工作項目

為期達成本研究之目的，依工作性質將工作項目分為「基本資料蒐集分析」、「水體採樣調查與分析」、「近岸海域水體水質與近岸海域水動力機制的相關性」及「船舶壓艙水污染風險與管理」等四大部份，茲分述各部份之分年工作項目如下：

第一年（2009 年）：

1. 針對臺灣中西部特定港灣附近海域進行水體採樣調查，需涵蓋港灣之上下游。其整體調查項目包括：現場測定溫度、鹽度、pH 值、透視度，實驗室水質分析項目：大腸桿菌群、溶氧量、懸浮固體物、總固體物、亞硝酸鹽氮、氨氮及總磷等。
2. 收集整理該海域海象、氣象、地象、水質及生態資料。
3. 分析該區海域之水質資料及各參數之相關性。
4. 探討影響該港域水質之可能原因，包括港內污水排放及船舶排水等。
5. 研擬港區內水質採樣分析作業程序(包括船舶排水)。

第二年（2010 年）：

1. 針對臺中港港域進行海域水體採樣調查。其整體調查項目包括：現場測定溫度、鹽度、pH 值、透視度，實驗室水質分析項目：大腸桿菌群、溶氧量、生化需氧量、懸浮固體物、氨氮、總磷、葉綠素 a、浮游植物與浮游動物等。
2. 探討近岸海域水體水質與近岸海域水動力機制的相關性。
3. 由臺中港域之河川水質、陸域水質、浮游植物、與浮游動物之監測資料，解析歷年水質整體變化趨勢與浮游動植物豐度間之關係。
4. 壓艙水排放量與風險評估，收集歷年進出港口船舶資料，精算壓艙水最大可能排放量與代表性港之水質資料，並探討外來船舶之生物污染風險。

5. 壓艙水處理方式評估與管理策略之研擬，收集國外船上壓艙水處理技術案例分析，探討聯合國針對國際船舶壓艙水之管制措施並研擬我國防治管理辦法。

第三年（2011 年）：

1. 針對臺中港港灣附近海域進行水體及底質重金屬採樣調查。
2. 整理臺中港海域海象、氣象、地象、水質及生態資料，並分析其特性。
3. 利用三維數值模式探討近岸海域水體水質與近岸海域水動力機制的相關性。
4. 由臺中港域之河川水質、陸域水質、底質重金屬之監測資料，了解水質整體變化趨勢與底質重金屬間之關係。
5. 蒐集壓艙水導入外來物種對環境造成損害之案例，並蒐集造訪臺中港船舶之來源港域鄰近之可能侵襲物種，以建立可能藉壓艙水導入臺中港之侵襲物種資料庫。
6. 探討造訪臺中港頻繁船舶之來源港與臺中港之環境相似度，以建立高風險船舶管理之優先順序。

第四年（2012 年）：

1. 整理臺中港海域海象、氣象、地象、水質及生態資料，並分析其特性。
2. 進行臺中港港灣附近海域水質及底質重金屬採樣調查，並研判可能污染來源及研提因應改善措施。
3. 建立港域水質模式驗證，探討海域水質與近岸水動力機制的相關性，並探討與陸源性污染之關連。
4. 進行臺中港域整體水質長期變動趨勢分析，與底質重金屬間污染程度相互關係研析。
5. 臺中港壓艙水於船舶或岸上設施處置之規劃。
6. 研擬臺中港船舶壓艙水管理制度，並探討可能遭遇之法制問題。
7. 協助辦理船舶壓艙水議題座談會。

1.4 預期成果與效益及應用

本研究完成後可獲得下列預期成果、效益及其應用：

1. 預期成果：

第一年：

1. 完成臺灣中西部特定港灣附近海域水體採樣調查及分析。
2. 整理該海域海象、氣象、地象、水質及生態資料，並分析其特性。
3. 提出該區海域之水質資料及各參數之相關性。
4. 提出影響該海域水質之可能原因。
5. 提出港區內水質採樣分析作業程序。

第二年：

1. 完成臺中港港域水質與生態採樣調查及分析。
2. 了解近岸海域水體水質與近岸海域水動力機制的相關性。
3. 了解水質整體變化趨勢與浮游動植物豐度間之關係。
4. 提出壓艙水風險與處理方式評估及管理策略，並探討外來船舶之生物污染風險。
5. 探討聯合國針對國際船舶壓艙水之管制措施，及研擬我國預防管理辦法。

第三年：

1. 針對臺中港港灣附近海域進行水體及底質重金屬採樣調查。
2. 整理臺中港海域海象、氣象、地象、水質及生態資料，並分析其特性。
3. 利用三維數值模式探討近岸海域水體水質與近岸海域水動力機制的相關性。
4. 由臺中港域之河川水質、陸域水質、底質重金屬之監測資料，了解水質整體變化趨勢與底質重金屬間之關係。

5. 蒐集壓艙水導入外來物種對環境造成損害之案例，並蒐集造訪臺中港船舶之來源港域鄰近之可能侵襲物種，以初步建立可能藉壓艙水導入臺中港之侵襲物種資料庫。
6. 探討造訪臺中港頻繁船舶之來源港與臺中港之環境相似度，以建立高風險船舶管理之優先順序。

第四年：

1. 分析臺中港海域海象、氣象、地象、水質及生態資料，提出其相關性及特性。
2. 根據水質及底質調查結果，提出可能污染來源，並研提因應改善措施。
3. 建立港域水質模式，提出水質與水動力機制之相關性，並探討與陸源性污染之關連。
4. 調查國內船舶船上壓艙水處理設備之裝置率，並提出臺中港岸上壓艙水處置設施的建議規劃。
5. 研擬船舶壓艙水管理制度，包括指定壓艙水交換區、申報制度建立、港口國官員執法能量等項目，並探討可能遭遇之法制問題。
6. 舉辦「船舶壓艙水水質管理座談會」，提供國內產、官、學界關於壓艙水議題之對話平臺，藉此凝聚共識，以利我國後續之壓艙水管理事務。

2. 效益及應用：

本研究完成後預期效益及應用如下：

1. 研究成果符合港灣環境的永續發展目標。
2. 瞭解臺灣西部港灣附近水質特性以及對生態環境之影響，水質變化之原因，並建置鄰港水質水理模式，作為未來宣導以及改善之依據。
3. 研提臺灣西部港灣附近水質以及壓艙水管理方式，提供各港務局及相關單位，作為未來改善港灣環境水質之參考依據。

第二章　基本資料蒐集與分析

2.1 臺中港區概況

臺中港位於臺中縣梧棲鎮，港區範圍北起大甲溪南岸，南至大肚溪北岸，東以臨港路為界，西臨台灣海峽，南北長 12.5 公里，東西寬 2.5 至 4.5 公里，總面積約 3,793 公頃，其中陸域面積佔 2,820 公頃，水域面積佔 973 公頃，包括商港、工業港及漁港三部份。

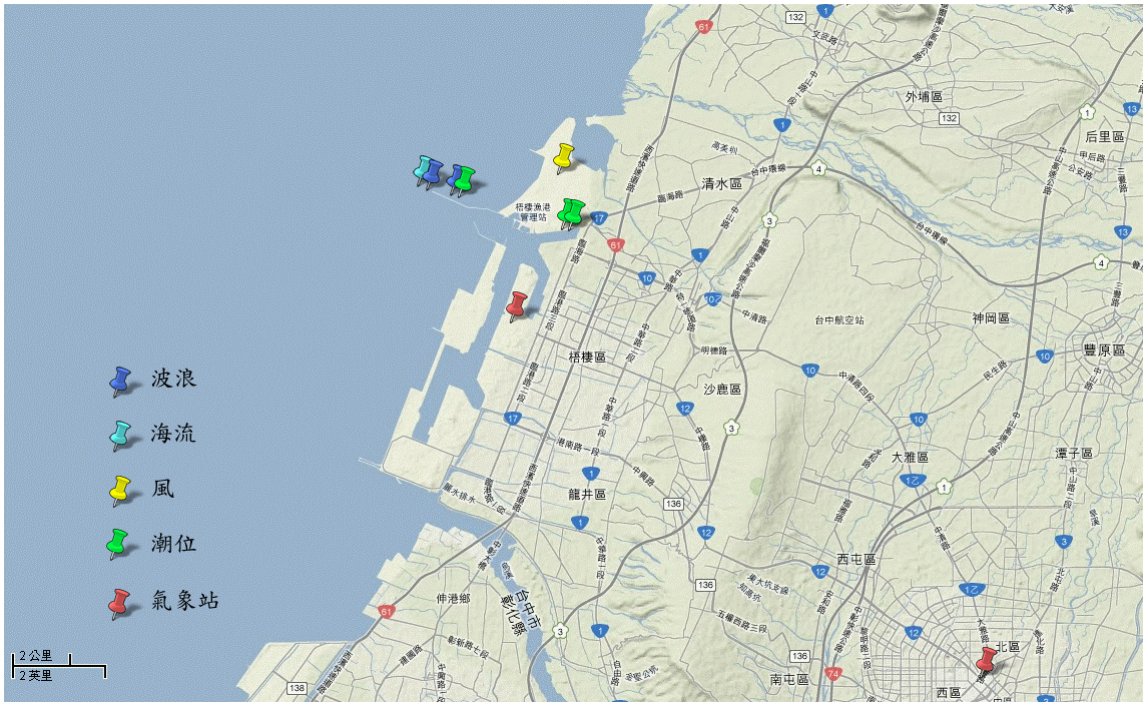
臺中港發展至今已興建之營運碼頭共 49 座，總長度 11,936 公尺，貨櫃 8 座、客運 1 座、穀類 2 座、煤炭 4 座、管道 8 座、水泥 3 座、散雜貨 21 座、LNG1 座及廢鐵 1 座。碼頭後線儲轉區之倉棧設施有雜貨通棧 13 座，水泥筒倉 22 座，堆貨場 8 處，貨櫃場 3 處，液體貨儲槽 255 座，可提供業者良好的投資環境，棧埠裝卸及倉儲業務多開放民間投資經營，全港擁有許多自動化的裝卸倉儲設備，作業效率高。其地處於臺灣南北交通的中心，有快速道路連接清泉崗國際機場，有利海空聯運；更位於上海到香港航運的中點，與大陸東南沿海各港呈輻射狀等距展開，距離最近，在未來兩岸直航具有最佳優勢。

本研究收集自 1999 年至 2011 年臺中港港區附近之海氣象觀測資料，觀測站計有中央氣象局之臺中及梧棲氣象站；交通部運輸研究所本所之臺中港海象資料，觀測項目包括：風、氣溫、氣壓、溼度、降雨、日照、波浪、海流及潮位等項目，詳細內容請參考表 2-1，各觀測站位置請參考圖 2-1，歷年之統計結果請參考附錄一。

表 2-1　臺中港附近海域海氣象資料蒐集概況表

資料類別	測站	經度 / 緯度	觀測期間	觀測單位	備註(觀測儀器)
波浪	臺中港	24°17’54”N 120°29’39”E	1999/10-2000/08	本所	AWCP
波浪	臺中港	24°18’04”N 120°28’59”E	2003/08-2011/12	本所	AWCP
海流	臺中港	24°18’04”N 120°28’59”E	2003/08-2011/12	本所	AWCP
風	臺中港	24°18’18”N 120°31’52”E	2001/07-2011/12	本所	Young Brand 風速計
潮位	臺中港	24°17’16”N 120°31’57”E	1999/10-1999/10 2001/04-2011/12	本所	Water Log
潮位	臺中港	24°17’54”N 120°29’39”E	2003/08-2011/12	本所	AWCP
潮位	臺中港	24°17’16”N 120°31’59”E	1999/01-1999/10 2002/01-2011/12	內政部	Aquatrak 音波式
氣象	臺中	24°08' 51”N 120°40'33”E	1999/01-2011/12	中央氣象局	
氣象	梧棲	24°15' 31”N 120°30'54”E	1999/01-2011/12	中央氣象局	

資料來源：本所、中央氣象局



資料來源：本所、Google Map

圖 2-1　臺中港附近海域海氣象資料之觀測站位置圖

2.2 氣象資料之統計分析

臺中港區附近之氣象觀測站有兩站，分別為中央氣象局臺中氣象站及梧棲氣象站，本研究分析氣象觀測資料之期間為 1999 年至 2011 年。臺中氣象站之氣象觀測資料年統計值如表 2-2 所示，各觀測項目之統計分析如下：

1. 年平均氣溫在 23.3℃至 24.1℃之間，最高氣溫為 39.9℃，發生在 2004 年 7 月 1 日，最低氣溫為 4.7℃，發生在 1999 年 12 月 23 日。
2. 年平均風速在 1.5 m/sec 至 1.7 m/sec 之間，最多風向為 NNW 至 N 向之間，最大瞬間風速為 34 m/sec，發生在 2005 年 7 月 18 日於海棠颱風期間。
3. 年平均相對溼度在 72%至 77%之間，最小相對溼度為 22%，發生在 2010 年 1 月 13 日。
4. 年平均氣壓介於 1001.5 hPa 至 1003.1 hPa 之間。
5. 年降雨量以 2003 年的 930.6 mm 為最少，其降雨時數為 321.4 小時，2005 年的 2574.5 mm 為最多，其降雨時數為 660.3 小時。

各觀測項目之月統計圖如圖 2-2 至圖 2-7 所示。

梧棲氣象站之氣象觀測資料年統計如表 2-3 所示，各觀測項目之統計分析如下：

1. 年平均氣溫在 22.8℃至 23.7℃之間，最高氣溫為 36.9℃，發生在 2004 年 7 月 1 日，最低氣溫為 6.8℃，發生在 1999 年 12 月 22 日。
2. 年平均風速在 4.5 m/sec 至 5.3 m/sec 之間，最多風向為 N 向，最大瞬間風速為 48.6 m/sec，發生在 2005 年 9 月 1 日於泰利颱風期間。
3. 年平均相對溼度在 75%至 79%之間，最小相對溼度為 19%，發生在 2001 年 3 月 12 日。
4. 年平均氣壓介於 1008.7 hPa 至 1010.1 hPa 之間。
5. 年降雨量以 2003 年的 513 mm 為最少，其降雨時數為 279.6 小時；以 2007 年的 2203.7 mm 為最多，其降雨時數為 522.7 小時。

梧棲氣象站之各觀測項目之月統計圖如圖 2-8 至圖 2-13 所示。

表 2-2　臺中氣象站 1999-2011 年之氣象觀測資料統計表

年份	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最高溫度日期	最低溫度(℃)	最低溫度日期	平均風速(m/sec)	最多風向(˚)	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向(˚)	最大瞬間風速日期	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
1999	23.7	35.9	1999/8/22	4.7	1999/12/23	1.6	N	15.4		1999/11/15	74.9	29	1001.9	1390.4	536.2	119	1941.7
2000	23.7	35.5	2000/7/7	9.7	2000/1/27	1.6	20	27.8	70	2000/11/1	77.1	26	1001.5	1797.0	614.2	110	2113.9
2001	23.6	36.1	2001/7/4	6.7	2001/12/25	1.5	350	18.8	260	2001/7/30	74.5	24	1001.7	1981.2	570.2	121	2169.0
2002	24.1	35.1	2002/6/23	7.7	2002/1/3	1.6	320	16.9	260	2002/8/5	72.5	23	1002.8	1315.6	361.9	101	2254.7
2003	23.9	36.4	2003/7/22	8.3	2003/1/6	1.6	330	14.1	240	2003/6/27	72.4	26	1003.0	930.6	321.4	74	2345.8
2004	23.4	39.9	2004/7/1	6.5	2004/1/25	1.7	320	19.6	210	2004/7/3	72.5	27	1002.6	2260.7	501.5	94	2250.3
2005	23.3	35.4	2005/7/8	5.0	2005/3/6	1.7	350	34.0	350	2005/7/18	77.1	26	1002.8	2574.5	660.3	127	1804.9
2006	23.8	37.0	2006/8/2	8.7	2006/1/7	1.6	350	19.0	10	2006/7/13	76.9	25	1002.6	2171.9	673.6	132	1892.1
2007	23.8	35.6	2007/7/5	6.2	2007/1/29	1.7	330	27.7	340	2007/10/6	73.6	26	1002.4	2432.9	650.9	128	1963.4
2008	23.5	35.4	2008/9/22	8.7	2008/2/10	1.7	330	29.7	0	2008/9/28	74.9	22	1002.7	2477.8	569.9	126	1952.8
2009	23.8	36.1	2009/8/2	5.4	2009/1/14	1.6	330	26.9	310	2009/8/7	72.3	29	1002.3	1978.7	425.1	86	2094.0
2010	23.7	35.9	2010/7/18	6.8	2010/1/13	1.4	10	25.5	10	2010/9/19	74.7	22	1003.1	2054.4	554.6	131	1886.1
2011	23.5	35.7	2011/06/15	7.9	2011/01/1	-	-	16.4	200.0	2011/05/23	71.7	29.0	1002.7	1204.9	-	109.0	1842.1

資料來源：中央氣象局

表 2-3　梧棲氣象站 1999-2011 年之氣象觀測資料統計表

年份	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最高溫度日期	最低溫度(℃)	最低溫度日期	平均風速(m/sec)	最多風向(˚)	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向(˚)	最大瞬間風速日期	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
1999	23.1	33.9	1999/5/18	6.8	1999/12/22	5.2	N	31.4	0	1999/12/19	75.3	30	1009.3	973.0	429.8	86	1906.4
2000	22.8	35.4	2000/7/6	9.1	2000/1/29	5.3	360	43.3	60	2000/11/1	78.8	39	1008.7	1244.7	598.5	81	2194.1
2001	23.1	34.8	2001/8/28	7.9	2001/12/30	4.7	30	30.4	70	2001/2/24	78.3	19	1008.9	1949.1	549.6	83	2241.7
2002	23.7	35.1	2002/6/27	7.8	2002/1/6	4.7	20	29.5	70	2002/12/26	75.8	28	1010.0	1080.0	311.3	72	2345.8
2003	23.4	35.3	2003/9/1	8.8	2003/1/6	5.0	10	27.6	20	2003/12/19	77.9	27	1010.1	513.0	279.6	52	2396.5
2004	23.0	36.9	2004/7/1	7.4	2004/1/24	4.9	360	28.6	220	2004/7/3	77.1	37	1009.7	1325.1	424.8	79	2426.4
2005	22.8	33.2	2005/9/14	7.0	2005/12/23	4.8	350	48.6	320	2005/9/1	76.5	29	1009.9	1784.4	542.1	91	2125.4
2006	23.3	33.8	2006/7/31	9.2	2006/1/7	4.6	350	30.5	10	2006/3/12	77.1	26	1009.7	1372.6	501.7	91	2126.7
2007	23.2	34.7	2007/9/30	8.5	2007/1/29	4.6	350	46.4	320	2007/10/6	78.9	26	1009.4	2203.7	522.7	93	2263.8
2008	22.9	34.3	2008/8/22	8.9	2008/2/13	4.8	350	46.1	0	2008/9/28	77.9	29	1009.7	1613.5	451.4	90	2173.2
2009	23.4	35.4	2009/8/2	7.5	2009/1/11	4.6	10	41.3	360	2009/8/7	74.7	36	1009.3	997.3	308.4	79	2261.8
2010	23.0	34.2	2010/9/8	7.6	2010/1/14	4.5	10	37.5	360	2010/9/19	76.6	29	1010.1	1182.4	434.2	105	2055.6
2011	22.5	34.1	2011/08/25	7.9	2011/01/12	-	-	31.0	50	2011/12/9	77.3	39	1009.8	605.0	0.0	91	1964.7

資料來源：中央氣象局

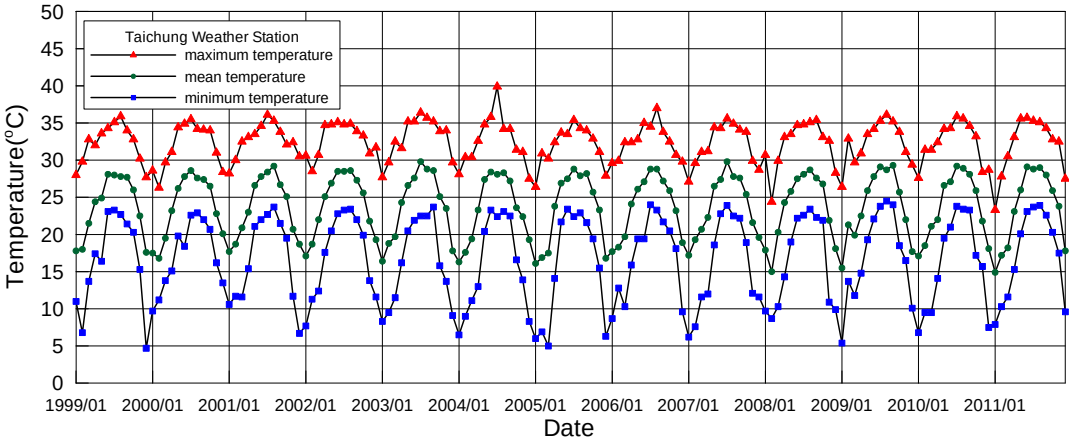


圖 2-2　臺中氣象站 1999 年至 2011 年平均氣溫、最高氣溫及最低氣溫之月統計圖

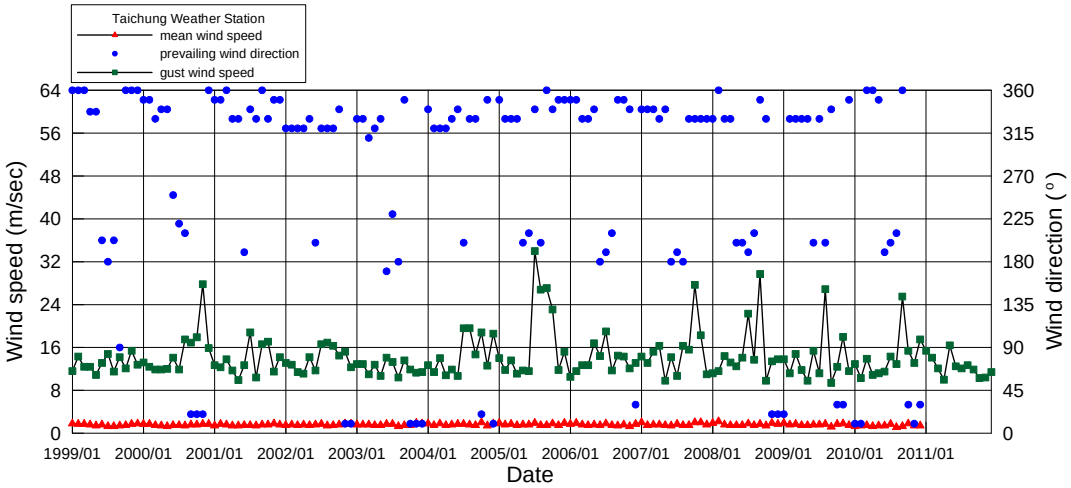


圖 2-3　臺中氣象站 1999 年至 2011 年平均風速、最多風向及瞬間最大風速之月統計圖

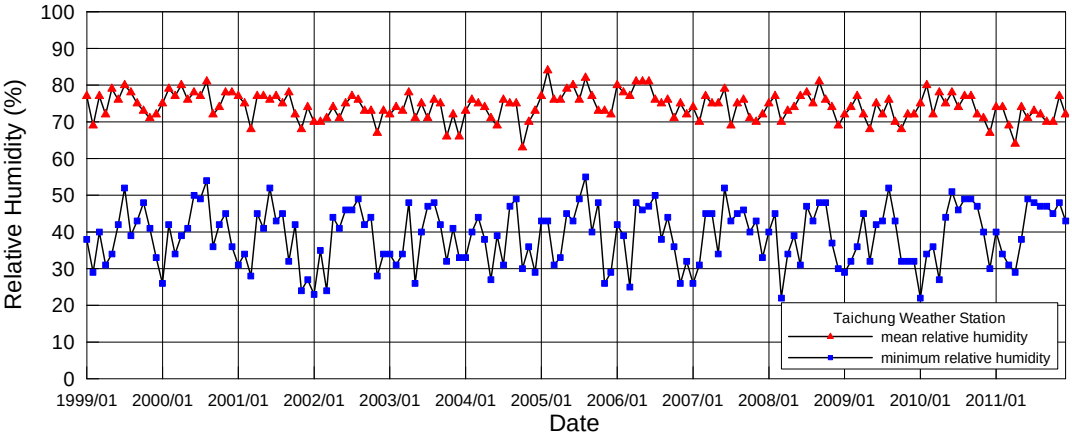


圖 2-4　臺中氣象站 1999 年至 2011 年平均相對濕度及最小相對濕度之月統計圖

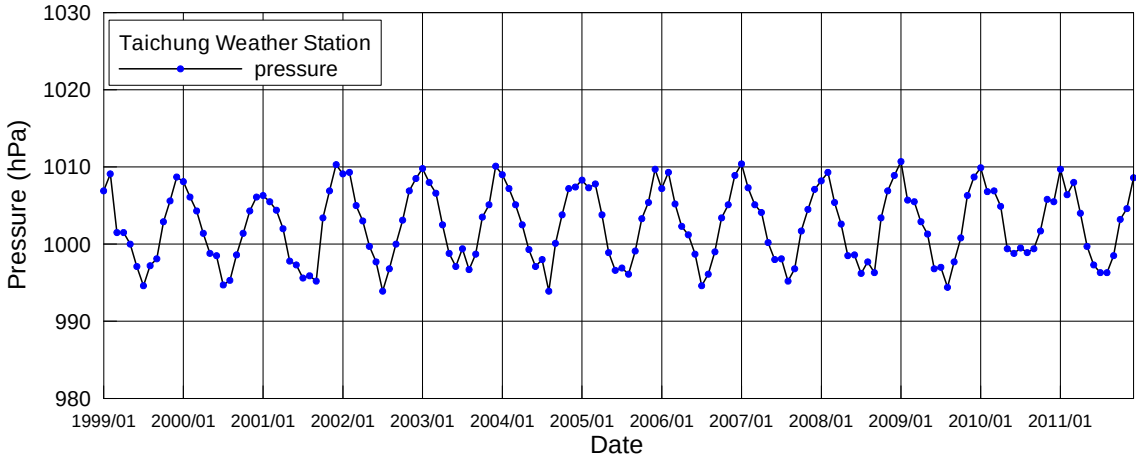


圖 2-5　臺中氣象站 1999 年至 2011 年平均氣壓之月統計圖

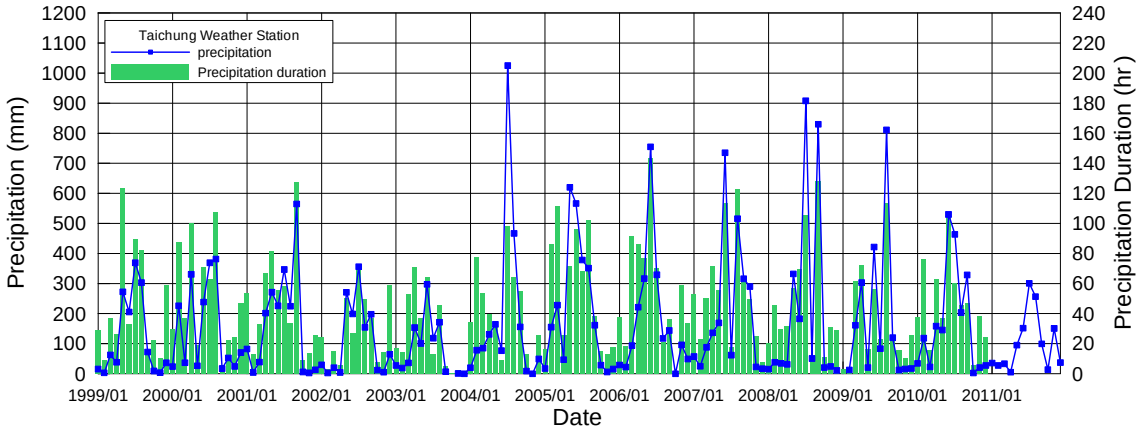


圖 2-6　臺中氣象站 1999 年至 2011 年降水量及降水時數之月統計圖

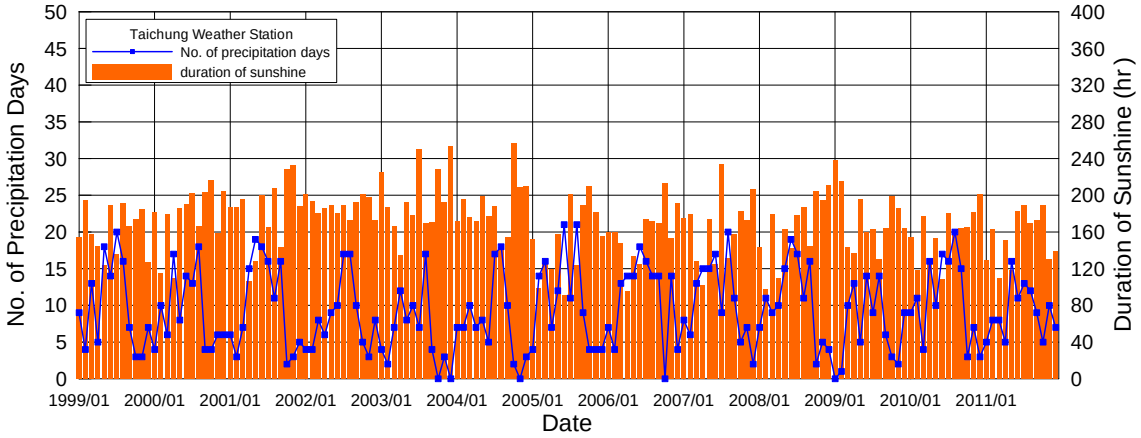


圖 2-7　臺中氣象站 1999 年至 2011 年降水日數及日照時數之月統計圖

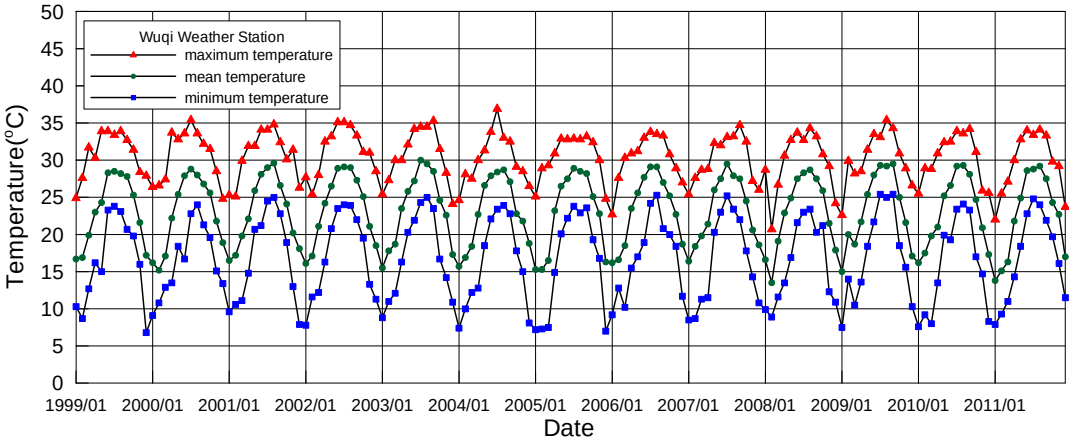


圖 2-8　梧棲氣象站 1999 年至 2011 年平均氣溫、最高氣溫及最低氣溫之月統計圖

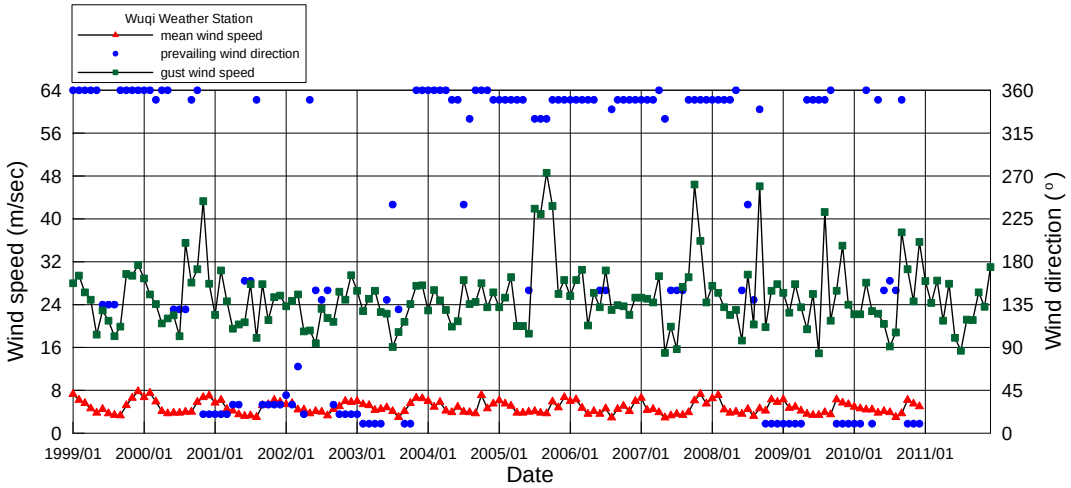


圖 2-9　梧棲氣象站 1999 年至 2011 年平均風速、最多風向及瞬間最大風速之月統計圖

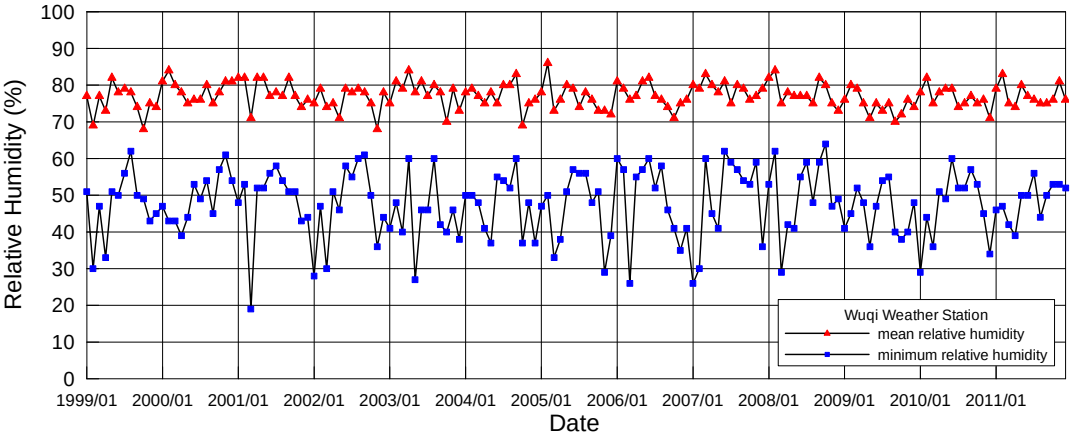


圖 2-10　梧棲氣象站 1999 年至 2011 年平均相對濕度及最小相對濕度之月統計圖

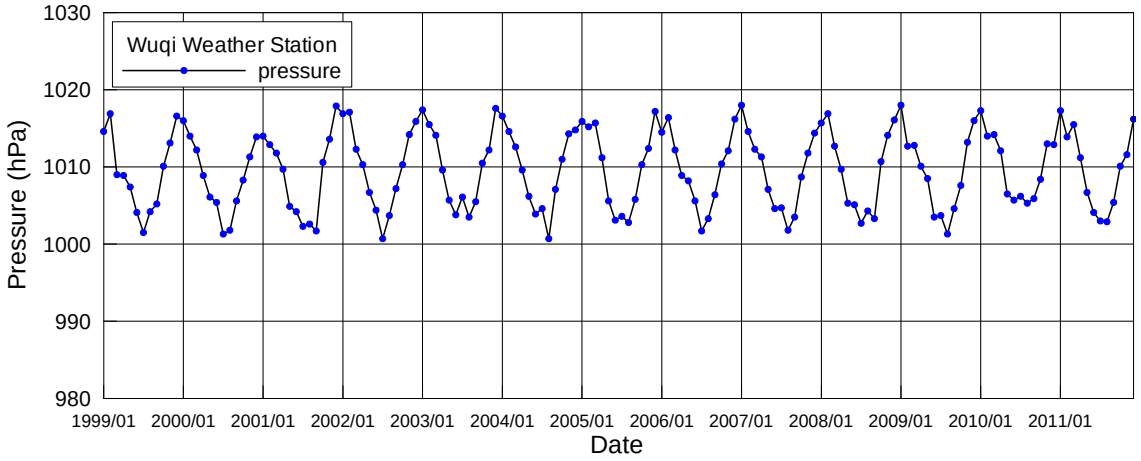


圖 2-11　梧棲氣象站 1999 年至 2011 年平均氣壓之月統計圖

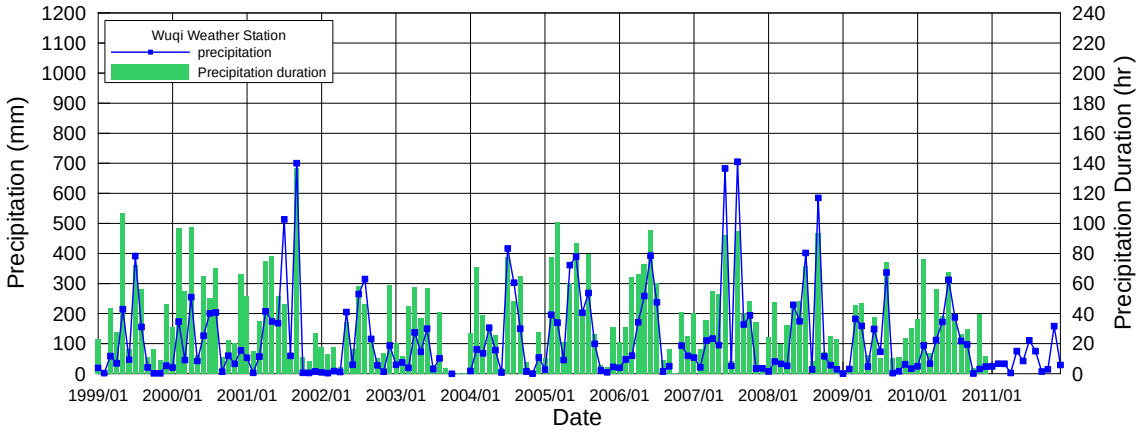


圖 2-12　梧棲氣象站 1999 年至 2011 年降水量及降水時數之月統計圖

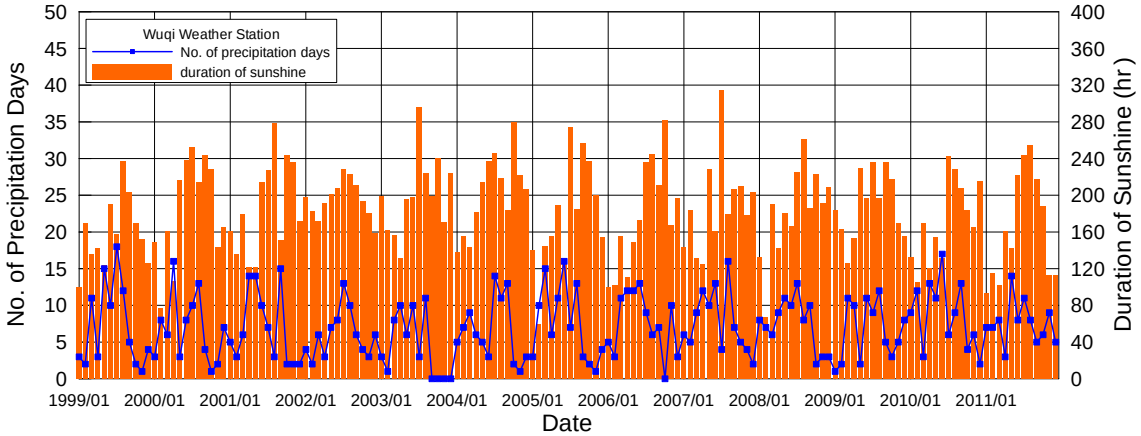


圖 2-13　梧棲氣象站 1999 年至 2011 年降水日數及日照時數之月統計圖

2.3 海象資料之統計分析

為能減少海岸災害造成的損失，有效管理台灣海岸，有必要推導出適合於海象資料長期分布的機率密度函數，求得其統計分布特性，藉以作為後續工程設計、防災預警以及海岸管理之用。一般而言，波浪的統計特性普遍被認為是高斯過程的隨機分布，且波高統計特性符合雷禮分布，這樣的假設在深海條件或是實驗室的造波條件是可被接受的。然而近岸海域的波浪受到淺化的影響導致波浪變形，若再加上颱風的影響，波浪的統計分布不一定能符合雷禮分布的假設。

本研究選用水文分析常用的統計分布，包含有常態分布(Normal distribution)、雷禮分布(Rayleigh distribution)、韋伯分布(Weibull distribution)、Gamma 分布(Gamma distribution)等，作為探討海象資料統計分布的理論基礎(徐義人，1999)：

1. 常態分布

就應用與理論方面而言，統計學上最重要的機率分布即為常態分布，為一種連續型機率分布。自然學界所出現之諸多現象，由中心極限定理得知，學理上遵從常態分布之情況頗多，且實用上，實測資料符合此分布之情況頗多，因此，常態分布可說是機率分布模式中最常用的。常態分布之機率密度函數如下式所示：

$$f(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad \text{.....(2-1)}$$

(1)式中，平均值μ及變異數σ^2為各種機率分布之重要參數，μ與σ^2可透過動差法 (method of moments)求得：

$$\mu = \sum_{i=1}^{h} x_i P(x_i) \quad \text{.....(2-2)}$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^{h} (x_i - \mu)^2 P(x_i) \quad \text{.....(2-3)}$$

$P(x_i)$為資料分布組體圖中，每一組x_i所對應的發生機率，h為被分析資料的上限，也就是資料分布組體圖的上限(Tucker and Pitt, 2001)。

2. 雷禮分布

$$\text{PDF：} \ f(x) = \frac{x-\gamma}{\upsilon^2} \exp\left[\frac{-1}{2}\left(\frac{x-\gamma}{\upsilon}\right)^2\right] \quad \text{.....(2-4)}$$

$$\text{CDF：} \ F(x) = 1 - \exp\left[\frac{-1}{2}\left(\frac{x-\gamma}{\upsilon}\right)^2\right] \quad \text{.....(2-5)}$$

$$\text{分布範圍：} \ \gamma \le x < +\infty \quad \text{.....(2-6)}$$

上式中υ被稱為連續參數(continuous parameter)，γ為連續型位置參數(continuous location parameter)，若$\gamma = 0$則可簡化為單參數雷禮分布函數。

單參數雷禮分布之機率密度函數如下式所示：

$$\text{PDF：} \ f(x) = \frac{t}{\upsilon^2} \exp\left[\frac{-1}{2}\left(\frac{x}{\upsilon}\right)^2\right] \quad \text{.....(2-7)}$$

$$\text{CDF：}\ F(x)=1-\exp\left[\frac{-1}{2}\left(\frac{x}{\upsilon}\right)^2\right] \quad \text{(2-8)}$$

$$\upsilon=\sqrt{\frac{2}{\pi}}\cdot\mu \quad \text{(2-9)}$$

其平均值與變異數分別為：

$$\mu=\upsilon\sqrt{\frac{\pi}{2}} \quad \text{(2-10)}$$

$$\sigma^2=\frac{4-\pi}{2}\upsilon^2 \quad \text{(2-11)}$$

3. 韋伯分布

$$\text{PDF：}\ f(x)=\frac{\alpha}{\beta}\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1}\exp\left[-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right] \quad \text{(2-12)}$$

$$\text{CDF：}\ F(x)=1-\exp\left[-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right] \quad \text{(2-13)}$$

$$\text{分布範圍：}\ \gamma\le x<+\infty \quad \text{(2-14)}$$

上式中，α為連續型的形狀參數(continuous shape parameter)，β為連續型尺度參數 (continuous location parameter)，γ為連續型位置參數(continuous location parameter) ，若$\gamma=0$則可簡化為雙參數韋伯分布函數。

雙參數韋伯分布以指數分布為一特例，其機率密度函數如下式所

示：

$$f(x)=\frac{\alpha}{\beta}\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1}\exp\left[-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}\right] \quad \text{.....(2-15)}$$

其平均值與變異數分別為：

$$\mu=\beta\cdot\Gamma\left(1+\frac{1}{\alpha}\right) \quad \text{.....(2-16)}$$

$$\sigma^2=\beta^2\cdot\Gamma\left(1+\frac{2}{\alpha}\right)-\beta^2\left[\Gamma\left(1+\frac{1}{\alpha}\right)\right]^2 \quad \text{.....(2-17)}$$

4. Gamma 分布

PDF： $f(x)=\frac{(x-\gamma)^{\alpha-1}}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)}\exp\left[-\frac{x-\gamma}{\beta}\right]$ .....(2-18)

CDF： $F(x)=\frac{\Gamma_{(x-\gamma)/\beta}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$ .....(2-19)

分布範圍：$\gamma\le x<+\infty$ .....(2-20)

上式中α為連續型形狀參數(continuous shape parameter)，值需大於 0；β為連續型尺度參數 (continuous location parameter)，值也需要大於 0；γ為連續型位置參數(continuous location parameter)，若其值為 0 則可簡化為雙參數 Gamma 分布函數。

雙參數 Gamma 分布之機率密度函數如下式所示：

PDF： $f(x)=\frac{x^{\alpha-1}}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)}\exp\left[-\frac{x}{\beta}\right]$ .....(2-21)

CDF： $F(x)=\frac{\Gamma_{x/\beta}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$ .....(2-22)

Gamma 分布之平均值與變異數分別為：

$\mu=\alpha\beta$ .....(2-23)

$\sigma^2=\alpha\beta^2$ .....(2-24)

上述各種統計分布之計算參數，諸如：形狀參數、尺度參數、位置參數等，可透過動差法 (method of moments)、最大概似法 (maximum likelihood estimates)、最小平方法 (least squares estimates)及 L 動差法 (method of L-moments)計算之，其中以動差法能適用於各種統計分布的參數計算，因此本研究統一使用動差法作為計算各種統計分布參數的工具。

適合度檢定(Goodness of Fit Test)是檢查上述統計分布是否適合套配分析資料的過程，本研究所使用的檢定方法有：Kolmogorov-Smirnov 適合度檢定、Anderson-Darling 檢定及 Chi-Squared 適合度檢定，各檢定方法之說明如下：

1. Kolmogorov-Smirnov 適合度檢定

Kolmogorov-Smirnov 適合度檢定之目的為：檢定樣本次數分配與定母群體次數分配間差異之顯著性，此檢定僅適用於母群體為連續分配。其分析方法為：將樣本的累積次數分配$S_n(x)$求出，並標繪為逐級函數型態。假定母群體之累積次數分配$F(x)$亦標繪於同一個圖上。此二個次數分配之最大差異定義如下：

$D=|F-S_n|$ .....(2-25)

(25)式中，D 即為檢定統計量，可由「Kolmogorov-Smirnov 單一樣本檢定之臨界值」表中查得D_α進行比較。如$D>D_\alpha$，則拒絕樣本取自

此特定母群體之虛無假設。

2. Anderson-Darling 檢定

Anderson-Darling 檢定法是在 1952 年 T. W. Anderson 和 D. A. Darling 所發明的，對於測試分配模型是一個強而有力的統計方法。Anderson-Darling 檢定能夠檢定出數據比較符合哪一種分布。愈符合的分布，其統計量 A-D 則愈小。利用對應的 A-D 值來檢定該數據是否符合選擇的分布，Sinclair 和 Spurr(1988)提供 A-D 分布的臨界值，如果 A-D 值小於臨界值，則判斷數據不符合該分布，A-D 統計檢定值之計算式如下：

$$A-D=\sum_{k=1}^{N}\frac{2k-1}{N}\left[\ln F(Y_k)+\ln(1-F(Y_{N+1-k})\right] \quad \text{.....(2-26)}$$

3. Chi-Squared 適合度檢定

Chi-Squared 適合度檢定適用於檢定一個類目變項的觀察個數與期望個數是否吻合。觀察個數指的是實際蒐集到的樣本次數分配，而期望個數則是理論上應該出現的樣本次數分配。在執行檢定之前，研究者通常會針對研究問題提出虛無假設，亦即：假設樣本實際觀察個數與期望個數的分配比例相同。要判斷兩者的次數分配是否明顯不同，Chi-Squared 檢定會參考卡方值 χ^2 的大小，卡方值之計算公式如下：

$$\chi^2=\sum\frac{(f_0-f_e)^2}{f_e} \quad \text{.....(2-27)}$$

(27)式中 χ^2 代表卡方值，f_0 代表觀察個數，f_e 代表期望值個數。從這個公式的內涵研判，當觀察個數與期望個數完全一樣時，卡方值會等於 0，如果觀察個數與期望個數越接近，所得的卡方值會越小，反之則反。當卡方值大過統計設定的某個臨界值時，就可以據此推翻虛無假設，承認觀察個數與期望個數的比例分配有明顯差異。假如卡方值未

超過這個臨界值，研究者就比須接受虛無假設，承認兩者無異。本研究根據前人建議(Montgomery et al. , 2007)，使用 $\alpha = 0.05$，也就是信賴水準=95%，作為檢定之標準。

本所在臺中港附近海域設有海象觀測站，觀測項目有：潮位、海流、風及波浪，以下就各觀測項目之統計結果分別說明。

2.3.1 風

本研究收集本所自 2001 年 7 月至 2011 年 12 月期間的風觀測資料，歷年風速及風向之統計結果如表 2-4 所示。由表 2-4 可知，港區附近主要風向為北至東向，約佔歷年觀測的 62.7%；其次為南至西向，約佔歷年觀測的 19.3%。風速小於 5 m/sec 以下者，約佔歷年觀測的 50.5%；風速介於 5-10 m/sec 之間者，約佔歷年觀測的 27.4%；風速介於 10-15 m/sec 之間者，約佔歷年觀測的 13.9%；風速大於 15 m/sec 以上者，約佔歷年觀測的 8.2%。歷年之平均風速為 6.6 cm/sec；歷年最大風速為 37.5 m/sec，其風向為北北西向。

表 2-4　臺中港 2001 年至 2011 年風之風速及風向統計表

年份	平均風速 m/sec	風速		風速 <5m/sec (%)	風速 5~10m/sec (%)	風速 10~15m/sec (%)	風速 >15m/sec (%)	風向 N~E (%)	風向 E~S (%)	風向 S~W (%)	風向 W~N (%)	靜風 <0.3m/sec (%)
		最大值 m/sec	風向									
2001	5.8	21.3	NNE	53.6	27.5	16.6	2.4	66.2	10.8	13.4	9.5	0.2
2002	5.6	26.5	NNE	59.2	26.0	8.9	5.9	59.3	12.6	18.8	9.2	0.1
2003	5.1	17.8	NNE	60.0	26.7	12.5	0.8	62.6	10.0	18.7	8.7	0.1
2004	5.2	17.9	NNE	57.7	29.6	12.3	0.4	65.2	9.4	15.8	9.6	0.0
2005	5.3	27.3	NNE	60.2	25.2	13.2	1.4	62.1	9.4	19.6	8.9	0.0
2006	5.3	18.7	NNE	57.5	28.8	12.0	1.8	64.3	9.2	19.6	6.9	0.1
2007	5.3	23.3	NNE	59.6	26.2	12.5	1.7	60.6	12.2	19.3	7.7	0.2
2008	9.1	37.5	NNE	32.2	32.9	15.3	19.7	55.8	4.6	28.9	10.7	0.0
2009	5.6	26.2	NNE	60.6	21.2	11.6	6.4	65.2	7.6	14.3	13.0	0.2
2010	9.3	30.3	NNE	28.7	30.6	20.4	20.3	62.8	6.7	22.8	7.7	0.0
2011	10.5	32.4	NE	26.8	26.3	17.4	29.5	66.1	4.9	20.7	8.2	0.0
統計值	6.6	37.5	NNE	50.5	27.4	13.9	8.2	62.7	8.9	19.3	9.1	0.1

資料來源：本所

在月統計部分，圖 2-14 為歷年逐月之風速及風向統計圖，由圖 2-14 可知，歷年之月平均風速介於 2.4 m/sec 至 17.7 m/sec 之間，月平均風速大於 10 m/sec 以上者皆發生在冬季，盛行風向多集中在北至東北向。圖 2-15 為臺中港歷年逐月之風速及風向統計分布圖，由圖 2-15 顯示，夏季風速多小於 10 m/sec，風向介於南至西向所佔的比例較大；冬季風速多大於 10 m/sec，風向介於北至東向所佔的比例較大。

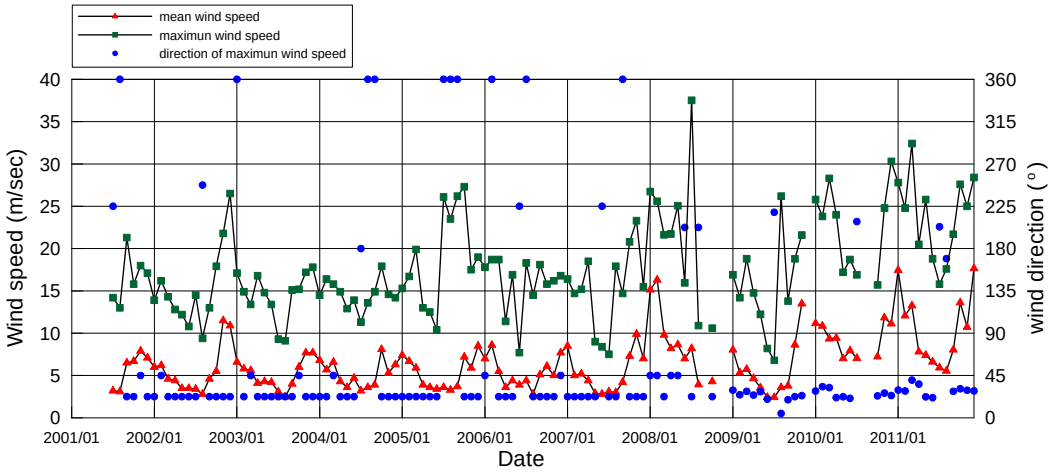


圖 2-14　臺中港 2001 年至 2011 年風速及風向之月統計圖

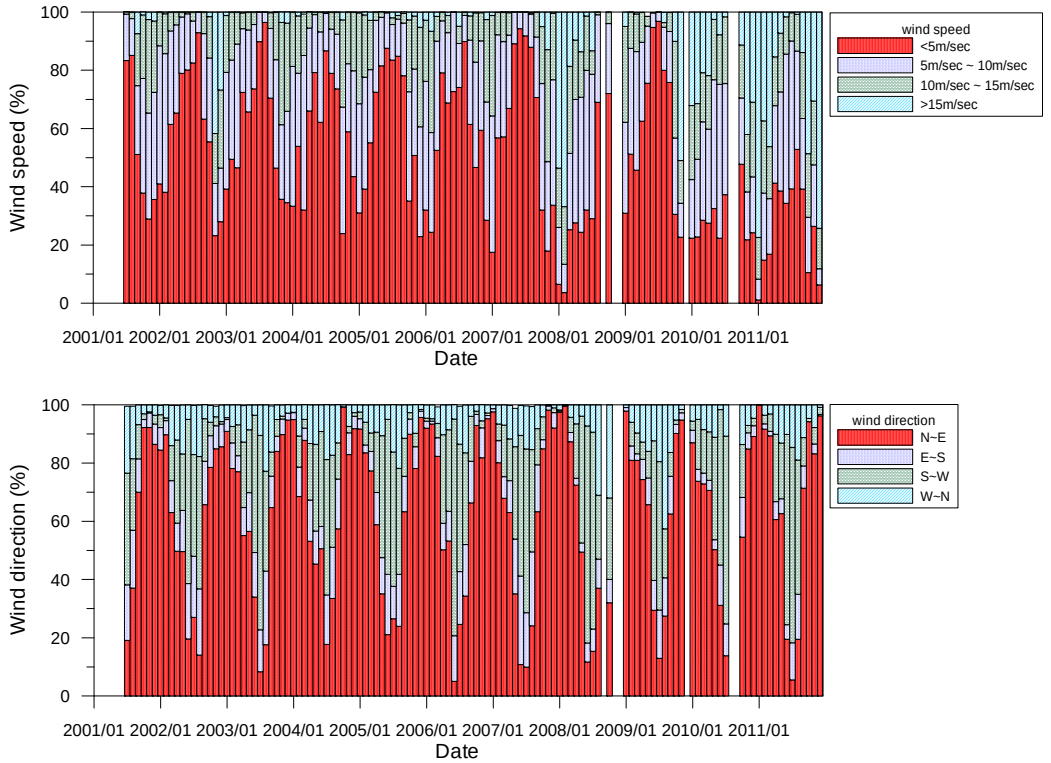
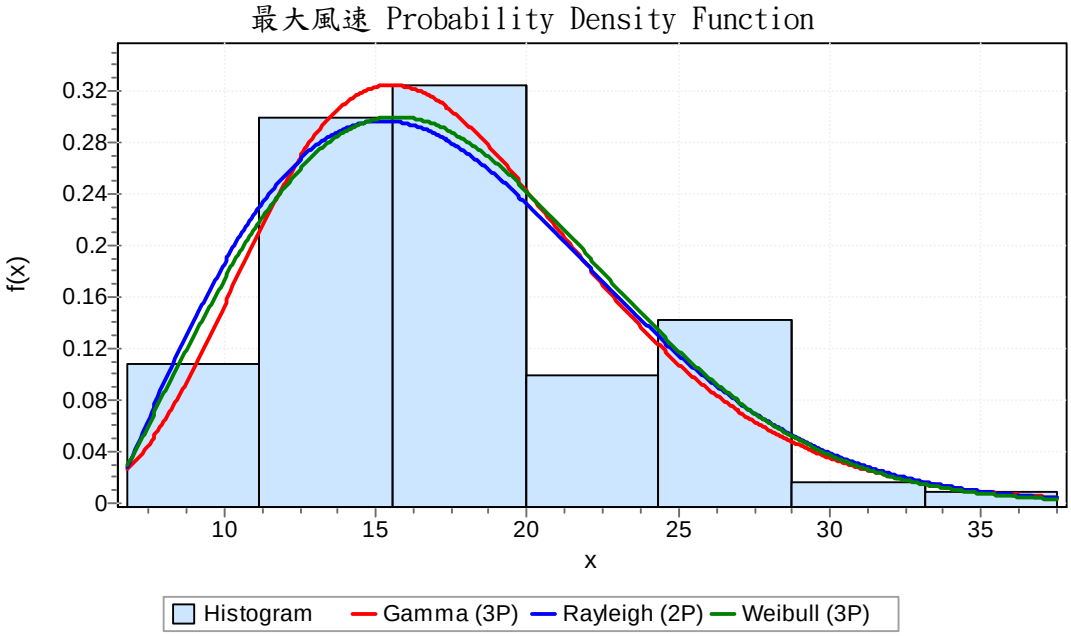


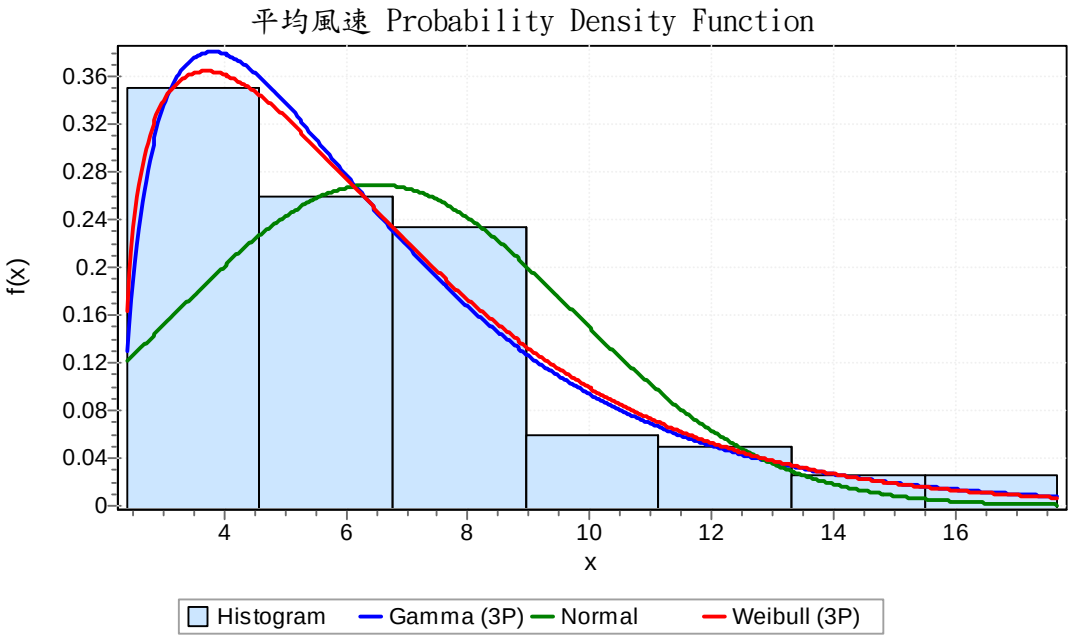
圖 2-15　臺中港 2001 年至 2011 年風速及風向之月統計分布圖

為了求解臺中港海域最大風速及平均風速的長期歷史資料的統計分布，本研究選用 Normal 分布、Rayleigh 分布、Weibull 分布、Gamma 分布等，其統計分布圖如圖 2-16 及圖 2-17 所示。利用 Kolmogorov-Smirnov、Anderson-Darling 及 Chi-Squared 等檢定方法對臺中港海域的風速資料進行統計分布的檢定，由分析結果顯示，臺中港海域的最大風速特性較符合 Gamma 分布，平均風速特性較符合 Weibull 分布。



Distribution	Parameters	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
Gamma	α=9.4353, β=1.865	0.09358	2	0.84161	2	13.537	3
Gamma (3P)	α=7.6166, β=2.0672, γ=1.8517	0.08882	1	0.80486	1	11.74	1
Normal	σ=5.7287, μ=17.597	0.13349	6	1.8973	5	12.236	2
Rayleigh	σ=14.04	0.19003	7	7.5833	7	61.251	7
Rayleigh (2P)	υ=8.9518, γ=6.2953	0.09361	3	1.0828	4	13.937	4
Weibull	α=3.7252, β=19.285	0.11941	5	2.3094	6	17.636	6
Weibull (3P)	α=2.1179, β=13.029, γ=6.0478	0.10128	4	1.0253	3	15.489	5

圖 2-16　臺中港 2001 年至 2011 年之最大風速統計分布圖



Distribution	Parameters	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
Gamma	α=4.0328, β=1.6071	0.07129	3	0.95172	3	5.7185	3
Gamma (3P)	α=1.5541, β=2.669, γ=2.333	0.05317	2	0.30394	2	1.6133	2
Normal	σ=3.2273, μ=6.481	0.10388	5	3.3212	7	6.8194	5
Rayleigh	σ=5.1711	0.11136	6	2.1648	4	7.0516	6
Rayleigh (2P)	υ=4.3094, γ=1.3029	0.12239	7	2.5575	6	10.386	7
Weibull	α=2.5684, β=7.1639	0.10132	4	2.4708	5	5.8538	4
Weibull (3P)	α=1.2752 , β=4.4164, γ=2.3823	0.05056	1	0.2951	1	1.1966	1

圖 2-17　臺中港 2001 年至 2011 年之平均風速統計分布圖

2.3.2 海流

臺中港海岸流況主要由沿岸流、風驅流、潮流及黑潮所組成，本研究收集本所自 2003 年 8 月至 2011 年 12 月期間的海流觀測資料，歷年海流之流速及流向的統計結果如表 2-5 所示。由表 2-5 可知，港區附近主要流向為西至北向，約佔歷年觀測的 50.6%；其次為南至西向，約佔歷年觀測的 23.1%。流速小於 25 cm/sec 以下者，約佔歷年觀測的 28.4%；流速介於 25-50 cm/sec 之間，約佔歷年觀測的 37.5%；流速介於 50-100 cm/sec 之間，約佔歷年觀測的 30%；流速大於 100 cm/sec 以

上者，約佔歷年觀測的 4.1%。歷年之平均流速為 43.4 cm/sec；最大流速為 248.3 cm/sec，其流向為西向。

在月統計部分，圖 2-18 為歷年逐月之流速及流向統計圖，由圖 2-18 可知，歷年之月平均流速介於 30 cm/sec 至 80 cm/sec 之間，最多流向多集中在西至北向。圖 2-19 為臺中港海流歷年逐月之流速及流向統計分布圖，由圖 2-19 顯示，流速在各組距上的比例分布互有消長，流向介於西至北向所佔的比例較大。

臺中港海域海流最大流速及平均流速的長期歷史資料的統計分布圖如圖 2-20 及圖 2-21 所示，由分析結果顯示，臺中港海域的海流最大流速特性較符合 Gamma 分布，海流平均流速特性以 Kolmogorov Smirnov 檢定較符合 Gamma 分布；以 Anderson-Darling 及 Chi-Squared 檢定較符合 Normal 分布。

表 2-5　臺中港 2003 年至 2011 年海流之流速及流向統計表

年份	平均流速 (cm/sec)	最大流速		流速 <25cm/sec (%)	流速 25~50cm/sec (%)	流速 50~100cm/sec (%)	流速 >100cm/sec (%)	流向 N~E (%)	流向 E~S (%)	流向 S~W (%)	流向 W~N (%)
		流速 (cm/sec)	流向 (°)								
2003	40.8	153.8	W	34.6	34.9	26.3	4.3	23.7	7.2	18.8	50.3
2004	45.3	173.0	W	27.0	34.3	34.7	4.0	10.2	7.6	19.1	63.1
2005	49.2	248.3	W	19.9	36.9	37.7	5.5	9.3	1.4	16.2	73.2
2006	45.9	171.9	W	26.1	35.4	32.8	5.7	5.4	0.7	26.8	67.1
2007	43.5	193.9	WSW	24.7	38.8	34.2	2.3	10.8	2.1	22.1	64.9
2008	51.3	240.2	WNW	23.0	33.8	35.0	8.1	17.5	19.4	26.1	37.0
2009	45.5	189.0	WNW	24.9	39.4	31.5	4.2	28.1	0.9	30.1	41.0
2010	39.1	168.8	WSW	27.9	45.7	24.5	1.8	36.8	1.6	25.4	36.2
2011	29.7	143.6	WSW	47.6	38.0	13.1	1.3	42.1	11.7	23.6	22.7
統計值	43.4	248.3	W	28.4	37.5	30.0	4.1	20.4	5.8	23.1	50.6

資料來源：本所

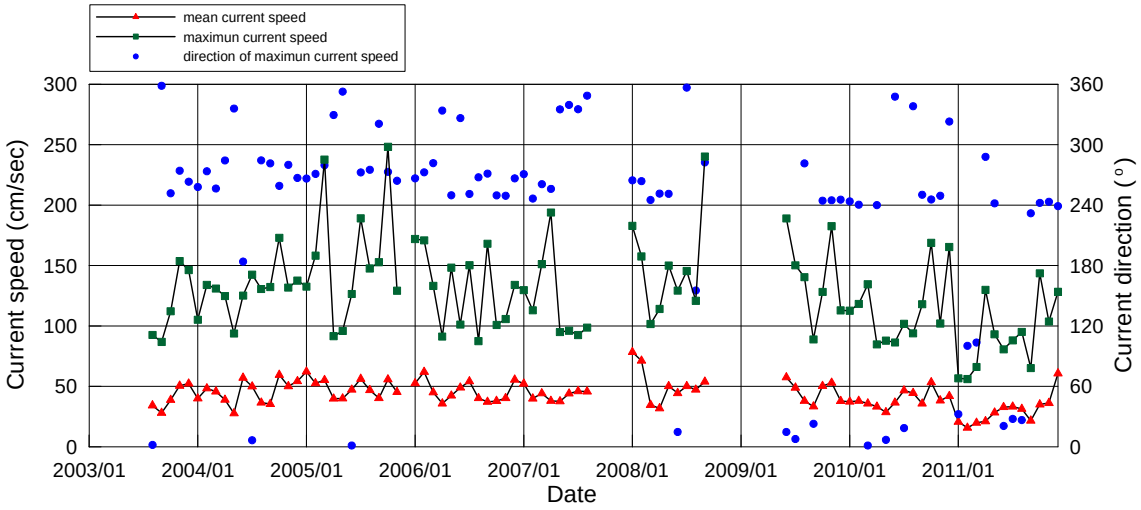


圖 2-18　臺中港 2003 年至 2011 年海流流速、流向及最大流速之月統計

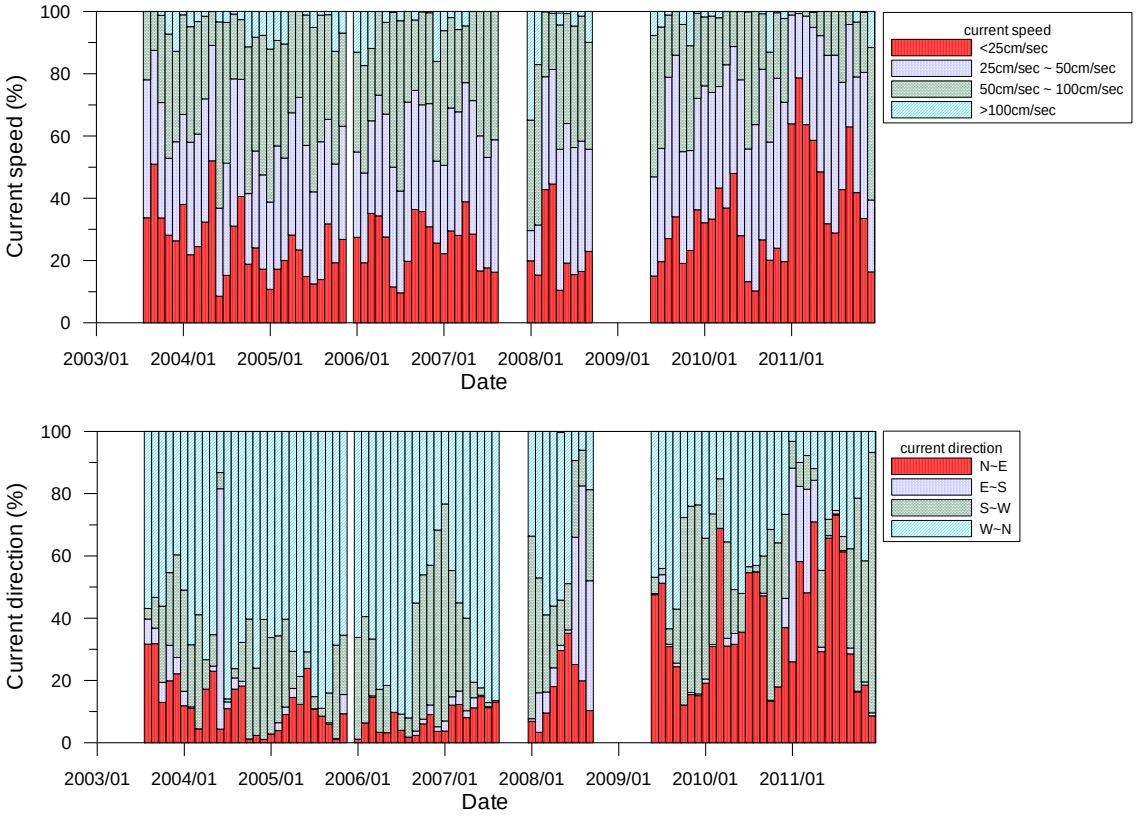
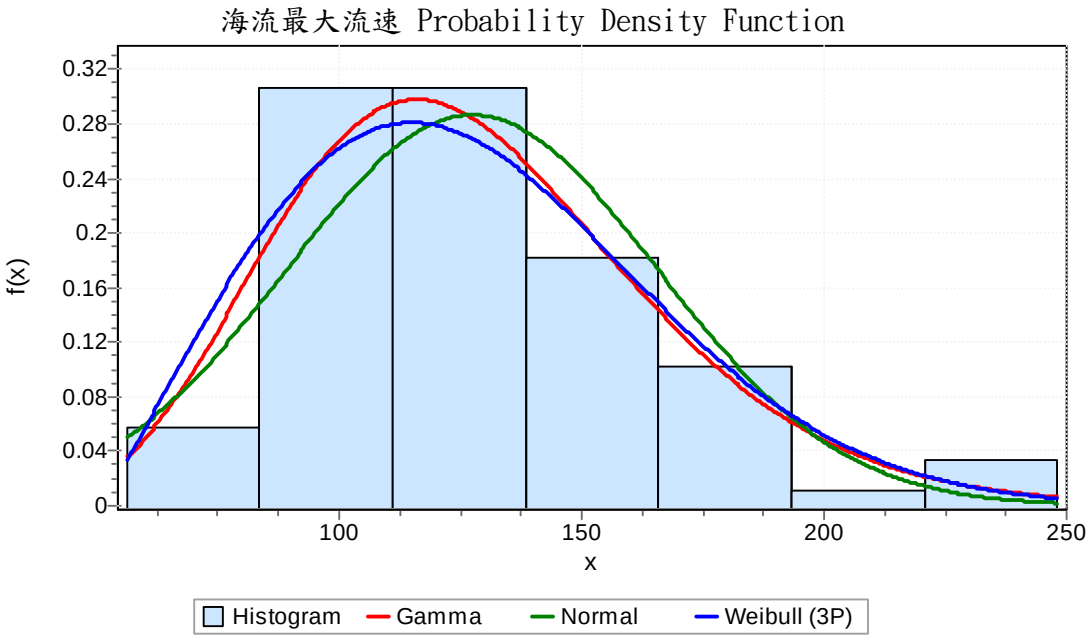
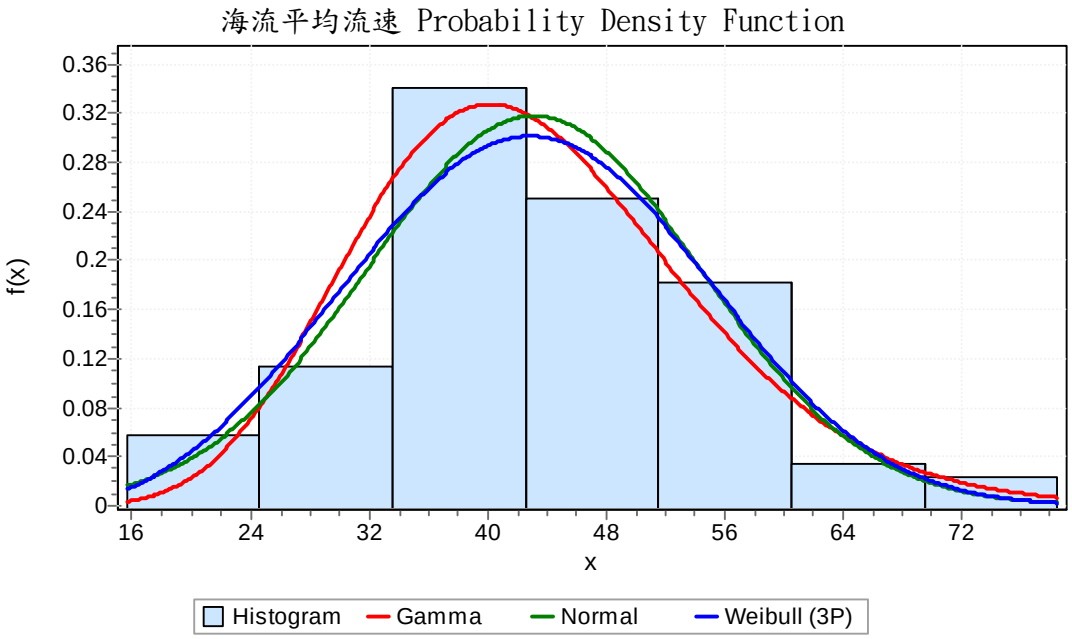


圖 2-19　臺中港 2003 年至 2011 年海流流速、流向及最大流速之月統計分布圖



Distribution	Parameters	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
Gamma	α =11.119, β =11.456	0.06464	1	0.49185	2	6.3609	2
Gamma (3P)	α =7.6809 , β =13.622, γ =22.748	0.06739	2	0.46503	1	5.9659	1
Normal	σ =38.201, μ =127.38	0.08599	5	0.99258	5	11.489	4
Rayleigh	σ =101.63	0.23708	7	6.9608	7	25.151	7
Rayleigh (2P)	υ =59.938, γ =51.602	0.08675	6	0.717	4	7.9667	3
Weibull	α =4.079, β =138.72	0.08226	4	1.2166	6	11.524	5
Weibull (3P)	α =2.1356, β =87.588, γ =49.726	0.07593	3	0.6116	3	11.97	6

圖 2-20　臺中港 2003 年至 2011 年之海流最大流速統計分布圖



Distribution	Parameters	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
Gamma	α=14.679, β=2.9371	0.05906	1	0.62776	5	9.3123	4
Gamma (3P)	α=85.464, β=1.217, γ=-60.955	0.07566	2	0.42593	2	8.1321	3
Normal	σ=11.253, μ=43.113	0.09083	5	0.41222	1	6.818	1
Rayleigh	σ=34.399	0.23976	7	8.7185	7	53.319	7
Rayleigh (2P)	υ=21.379, γ=15.026	0.16787	6	3.1402	6	19.708	6
Weibull	α=4.3188, β=46.937	0.0879	4	0.49477	3	7.9192	2
Weibull (3P)	α=3.2334, β=37.34, γ=9.5815	0.07943	3	0.50822	4	9.5365	5

圖 2-21　臺中港 2003 年至 2011 年之海流平均流速統計分布圖

2.3.3 波浪

本研究收集本所自 2003 年 8 月至 2011 年 12 月期間的波浪觀測資料，歷年之波高、週期及波向的統計結果如表 2-6 所示。由表 2-6 可知，港區附近主要波向為北至東向，約佔歷年觀測的 65.2%；其次為西至北向，約佔歷年觀測的 23.9%。$H_{1/3}$ 波高小於 0.5 m 以下者，約佔歷年觀測的 12.7%；$H_{1/3}$ 波高介於 0.5 m 至 1 m 之間者，約佔歷年觀測的 28.2%；$H_{1/3}$ 波高介於 1 m 至 5 m 之間者，約佔歷年觀測的 58.8%；$H_{1/3}$ 波高大於 5 m 以上者，約佔歷年觀測的 0.3%。$T_{1/3}$ 週期集中在 8 秒以內，小於 6 sec 以下者，約佔歷年觀測的 41.5%；介於 6 sec 至 8 sec 之間者，約佔歷年觀測的 48.2%。歷年之平均 $H_{1/3}$ 波高為 1.51 m；平均 $T_{1/3}$ 週期為 6.4 sec；歷年最大 $H_{1/3}$ 波高為 8.44 m，其週期為 11.1 sec，發生於 2010 年 12 月 16 日。

在月統計部分，圖 2-22 為歷年逐月之 $H_{1/3}$ 及 $T_{1/3}$ 統計圖，由圖 2-22 可知，歷年之月平均 $H_{1/3}$ 小於 3 m 以下，月平均 $T_{1/3}$ 介於 4.9 sec 至 7.8 sec 之間，其中 2005 年 7 月及 8 月之 $T_{1/3}$ 大於 11 sec。圖 2-23 為臺中港歷年逐月之波高、週期及波向統計分布圖，由圖 2-23 顯示，在夏季時波向介於西至北向所佔的比例較大；在冬季平均時波向介於北至東向所佔的比例較大。

臺中港海域最大波高及平均波高的長期歷史資料的統計分布圖如圖 2-24 及圖 2-25 所示，由分析結果顯示，臺中港海域的最大波高特性以 Kolmogorov Smirnov 及 Anderson-Darling 檢定較符合 Gamma 分布；以 Chi-Squared 檢定較符合 Norma 分布。平均波高特性較符合 Weibull 分布。

表 2-6　臺中港 2003 年至 2011 年示性波高、週期及波向資料統計表

年份	$H_{1/3}$ 平均值 (m)	$T_{1/3}$ 平均值 (sec)	$H_{1/3}$ 最大值 (m)	$H_{1/3}$ 週期 (sec)	$H_{1/3}$ 波向	$H_{1/3}$ <0.5m (%)	$H_{1/3}$ 0.5~1m (%)	$H_{1/3}$ 1~5m (%)	$H_{1/3}$ >5m (%)	波向 N~E (%)	波向 E~S (%)	波向 S~W (%)	波向 W~N (%)	$T_{1/3}$ <6sec (%)	$T_{1/3}$ 6~8sec (%)	$T_{1/3}$ 8~10sec (%)	$T_{1/3}$ >10sec (%)
2003	1.61	5.5	5.92	5.6	NNE	16.7	23.4	59.9	0.0	79.0	0.5	3.3	17.2	83.0	17.0	0.0	0.0
2004	1.53	6.1	7.50	6.2	WSW	17.7	21.8	60.4	0.1	71.7	0.3	4.6	23.4	56.1	35.3	7.6	1.0
2005	1.50	7.6	6.96	8.9	N	12.8	25.8	60.8	0.5	63.3	0.2	8.1	28.5	29.6	60.9	7.6	0.5
2006	1.54	6.5	4.93	12.1	N	7.7	26.8	65.6	0.0	67.9	0.1	4.8	27.0	32.0	54.3	12.9	0.9
2007	1.35	6.1	6.74	9.8	-	16.4	32.8	50.3	0.6	42.5	1.5	5.1	30.8	35.7	57.9	6.1	0.0
2008	1.79	6.4	7.29	10.8	N	11.7	30.4	57.3	0.6	57.0	0.9	12.1	30.0	31.8	55.8	11.8	0.5
2009	1.48	6.6	7.78	8.7	-	13.8	27.0	58.8	0.4	68.3	0.0	3.6	28.2	28.1	56.8	13.7	1.4
2010	1.65	6.4	8.44	11.1	5.4	1.2	28.9	69.6	0.2	72.2	0.1	7.6	20.2	36.7	49.1	13.6	0.6
2011	1.18	6.3	4.31	10.7	1.40	16.7	36.8	46.5	0.0	64.7	11.3	14.7	9.4	40.4	46.5	11.7	1.4
統計值	1.51	6.4	8.44	11.1	5.40	12.7	28.2	58.8	0.3	65.2	1.6	7.1	23.9	41.5	48.2	9.4	0.7

資料來源：本所

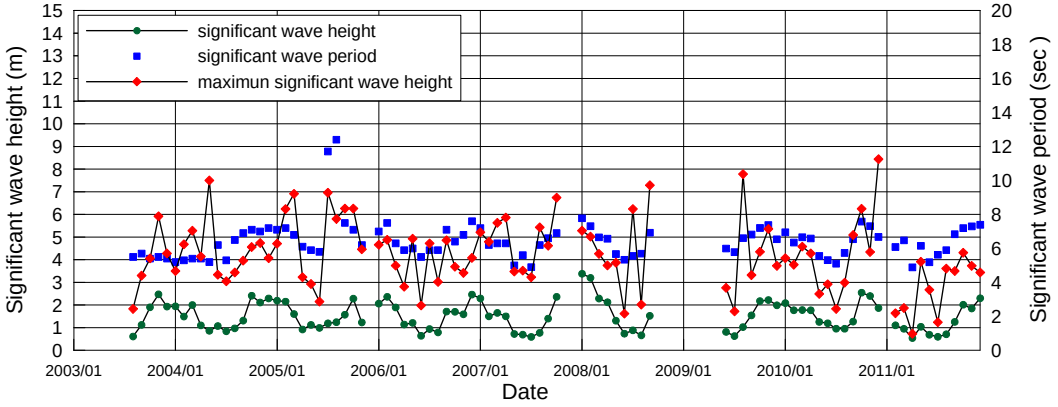


圖 2-22　臺中港 2003 年至 2011 年平均示性波高、平均週期及最大示性波高之月統計

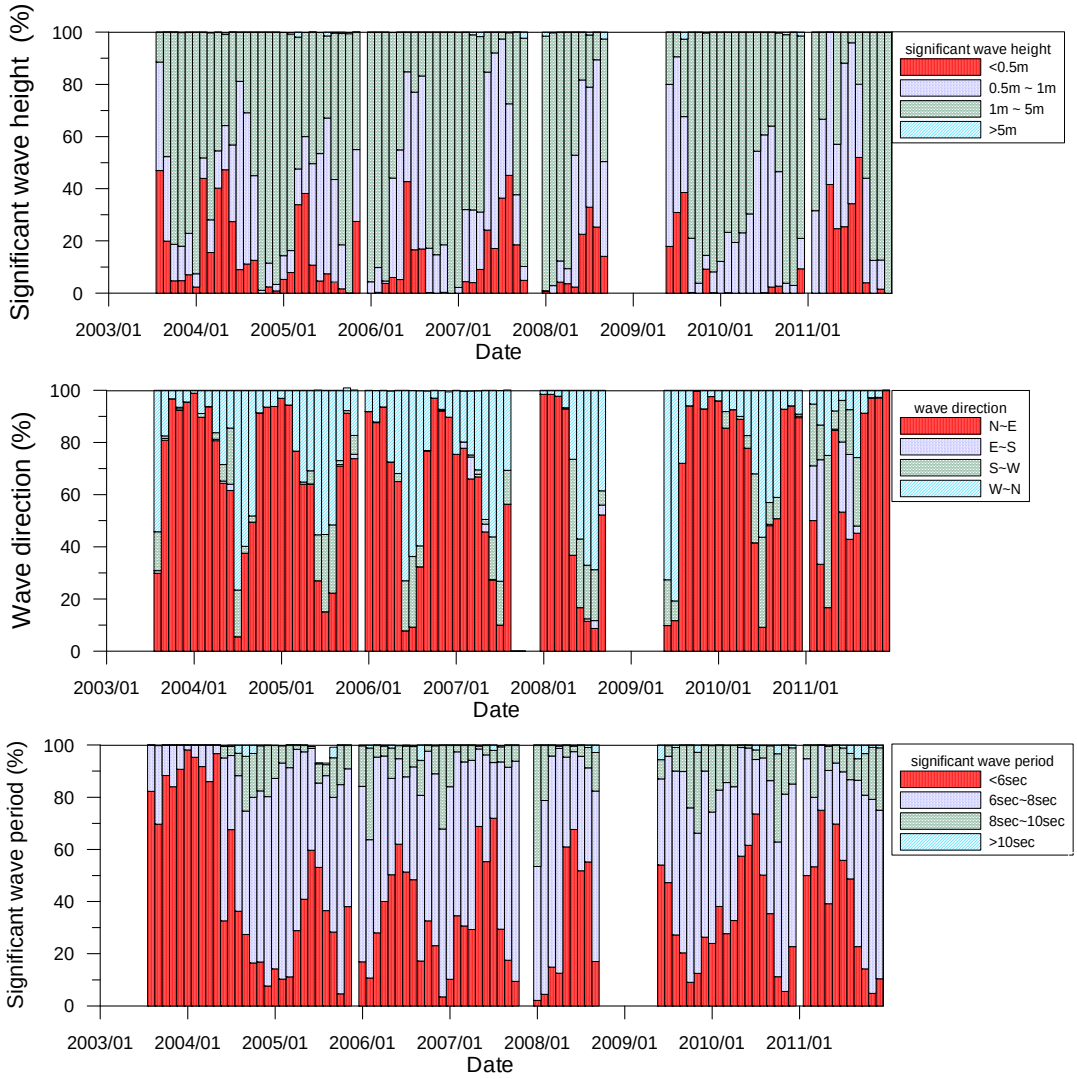
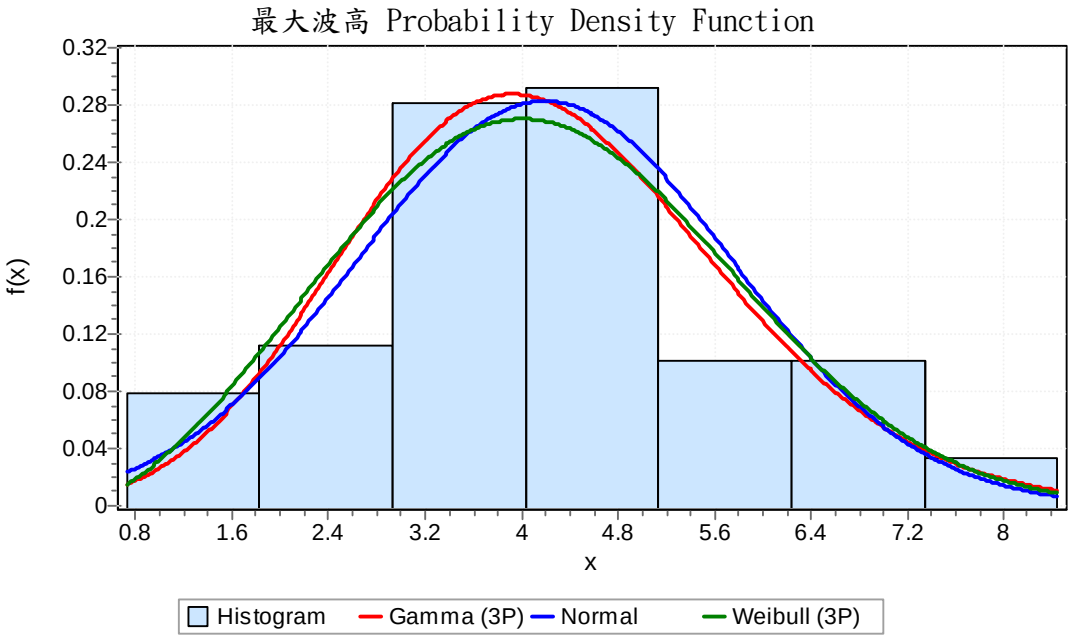
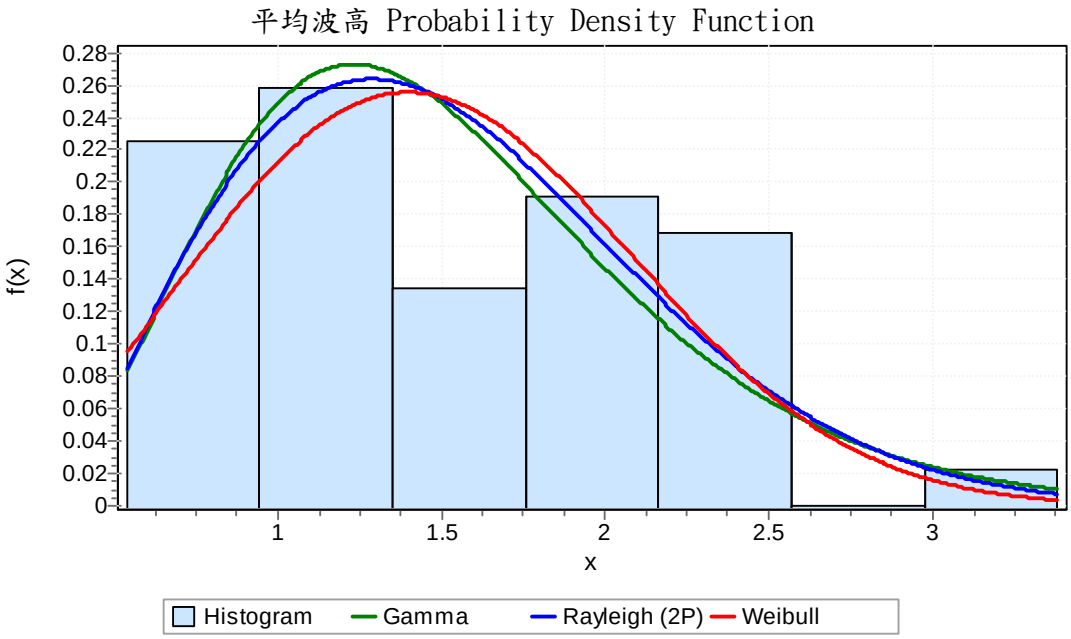


圖 2-23　臺中港 2003 年至 2011 年平均示性波高、平均週期及波向之月統計分布圖



Distribution	Parameters	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
Gamma	α=7.2688, β=0.57649	0.06778	4	0.57953	5	4.0902	3
Gamma (3P)	α=34.221, β=0.26437, γ=-4.8568	0.05393	1	0.26864	1	3.4156	2
Normal	σ=1.5542, μ=4.1903	0.05896	2	0.39552	3	2.9753	1
Rayleigh	σ=3.3434	0.14854	7	3.1325	7	17.463	7
Rayleigh (2P)	υ=2.74, γ=0.63698	0.13625	6	1.6208	6	9.6665	6
Weibull	α=2.8284, β=4.6724	0.07198	5	0.42096	4	5.9524	4
Weibull (3P)	α=2.7579, β=4.4584, γ=0.21924	0.06255	3	0.36104	2	6.3101	5

圖 2-24　臺中港 2003 年至 2011 年之最大波高統計分布圖



Distribution	Parameters	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
Gamma	α=5.4826, β=0.27501	0.08477	3	1.038	2	6.4987	5
Gamma (3P)	α=1.9856, β=0.51652, γ=0.48217	0.09537	5	1.08	4	4.8204	2
Normal	σ=0.64392, μ=1.5077	0.10699	7	1.2058	6	5.0226	3
Rayleigh	σ=1.203	0.10208	6	1.4239	7	8.9665	7
Rayleigh (2P)	υ=0.9326, γ=0.35472	0.08105	2	1.1107	5	6.6419	6
Weibull	α=2.6392, β=1.6743	0.08054	1	1.0603	3	6.0648	4
Weibull (3P)	α=1.5149, β=1.1013, γ=0.51064	0.08667	4	0.91788	1	3.3988	1

圖 2-25　臺中港 2003 年至 2011 年之平均波高統計分布圖

2.3.4 潮位

臺中港之潮汐每日漲落 2 次，本研究收集中央氣象局自 1999 年 1 月至 2011 年 12 月期間的潮位觀測資料，其中 1999 年 11 月至 2002 年 12 月因碼頭改建暫停潮位觀測，故缺潮位觀測資料，歷年潮位資料之統計結果如表 2-7 所示。由表 2-7 之統計結果可知，自 1999 年 2011 年期間，其平均潮差為 376 公分，大潮平均潮差為 465 公分，最大潮差為 619 公分。最大潮差、大潮平均潮差及平均潮差之月統計圖請參考圖 2-26。

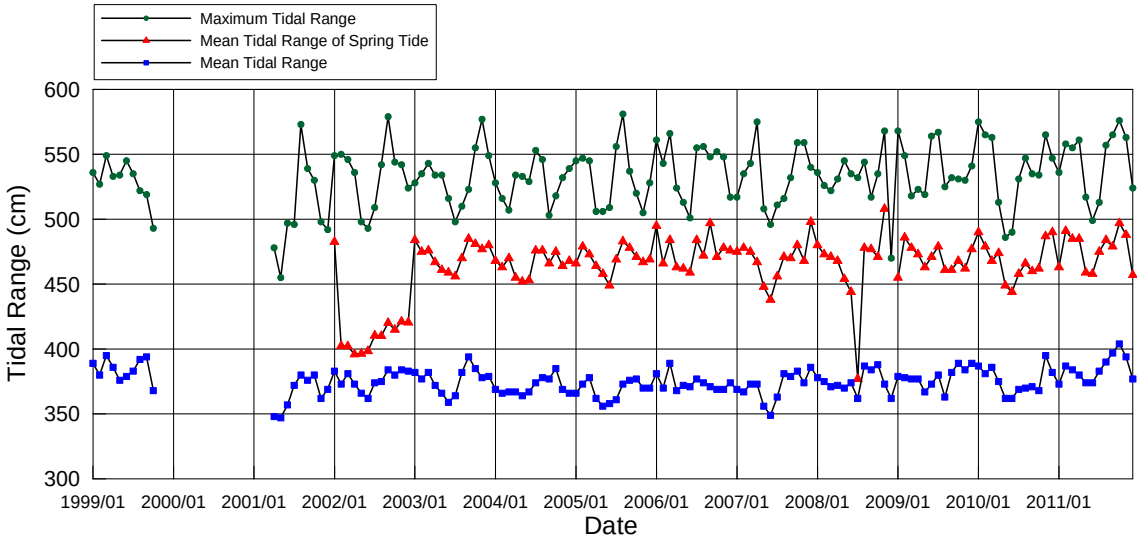


圖 2-26　臺中港 1999 年至 2011 年最大潮差、大潮平均潮差及平均潮差之月統計圖

表 2-7　臺中港 1999-2011 年潮位資料統計

年份	平均潮位 MWL	平均高潮位 MHWL	平均低潮位 MLWL	大潮平均高潮位 HWOST	大潮平均低潮位 LWOST	最高高潮位 HHWL		最低低潮位 LLWL		平均潮差 MR	大潮平均潮差 STR	最大潮差 MTR
						發生時間	潮高	發生時間	潮高			
1999	284	475	91	—	—	3 月 20 日	557	1 月 3 日	-26	384	—	583
2000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2001	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2002	297	484	108	492	77	9 月 7 日	588	1 月 30 日	-25	376	415	613
2003	299	486	109	519	46	9 月 27 日	573	12 月 24 日	-13	377	473	586
2004	305	490	119	521	55	8 月 30 日	580	1 月 23 日	-10	371	466	590
2005	13	197	-172	232	-237	8 月 21 日	291	1 月 12 日	-305	369	469	596
2006	15	201	-172	237	-239	7 月 14 日	298	1 月 2 日	-297	373	476	595
2007	5	189	-182	223	-246	4 月 17 日	274	12 月 26 日	-302	371	469	576
2008	8	193	-181	225	-239	9 月 1 日	276	1 月 23 日	-299	374	464	575
2009	13	201	-177	232	-237	9 月 19 日	300	1 月 13 日	-319	378	469	619
2010	19	205	-171	240	-229	9 月 9 日	305	1 月 2 日	-307	376	469	612
2011	17	208	-177	241	-236	8 月 30 日	312	11 月 27 日	-295	385	477	607
統計值										376	465	619

潮高單位：公分

基準面：1999 年：+707.7cm 水準點標高(基隆 MSL)+621.8cm。

2002 年：+618.75cm 水準點標高(基隆 MSL)+351.25cm。

2003 年：+719.37cm 水準點標高(基隆 MSL)+351.25cm。

2004 年：基準面相對 KP：-268.12cm。

2005 年~2011 年：基準面相對 KP：0cm。

資料來源：中央氣象局。

2.4 颱風資料

臺灣處於熱帶與亞熱帶的之間，位於颱風移動路徑上，所以經常受到颱風的侵襲而造成災害，颱風造成的災害主要包括風災、水災、海水倒灌，甚至土石坍方及土石流等。當颱風在海上行進時，海岸邊常有大潮出現，稱為暴潮(Storm surge)。暴潮主要由強風及低氣壓所引起，由於颱風是一個向內輻合之低壓系統，中心附近風速較大，海浪也比較高，所以容易使岸邊出現長浪，颱風所引起的巨浪容易使海上作業的船隻顛覆沉沒，波浪逐漸侵蝕海岸，也容易淘空地基造成岸邊建物崩落的現象。如果颱風期間適逢大潮，加上河川之出海口與風向正好相反，致使河水無法順利排至大海，將導致海水倒灌，摧毀農作物，並使低窪地區淹水，造成嚴重災害。

由過去長期的觀測顯示平均每年約有 3.5 次颱風侵襲臺灣海域，近年來，隨著全球暖化效應及海洋氣候變遷的影響，颱風侵襲臺灣之次數也相對增加，自 1998 年至 2012 年 9 月期間共有 93 個颱風侵襲臺灣海域，平均每年約有 6.2 次颱風侵襲臺灣海域，因此颱風資料的收集與分析對海域水質環境、海岸防災預警、及海岸管理極為重要。

本研究根據 1998 至 2012 年 9 月中央氣象局有發佈颱風警報的颱風資訊，彙整 93 個颱風資料，彙整項目包括：颱風警報發佈期間、颱風路徑與強度、近中心最大風速、中心最低氣壓等等相關資訊，詳細內容請參閱表 2-8。本研究彙整的 93 個颱風案例中，依圖 2-27 之分類法將颱風路徑分為 9 類，各類颱風路徑之發生次數統計，如表 2-9 所示。由表 2-9 顯示，在侵臺的九類颱風路徑中，未侵臺及特殊路徑發生的次數最多，共發生 38 次佔全部發生次數的比例為 40.9%；其次為第三類路徑的颱風，佔 11.8%；第九類路徑的颱風，佔 9.7%；其他各類的颱風路徑之發生次數及所佔的百分比，詳請參閱表 2-9。

表 2-8　1998 年至 2012 年有發佈警報之颱風基本資訊一覽表

颱風編號	中文名稱	英文名稱	警報期間	強度	侵臺颱風路徑(九類)	近中心最低氣壓(hPa)	近中心最大風速(m/sec)	七級風暴風半徑	十級風暴風半徑
9801	妮蔻兒	NICHOLE	07/09～07/10	輕度	9	998	18	100	-
9802	奧托	OTTO	08/03～08/05	輕度	3	985	30	150	-
9809	楊妮	YANNI	09/27～09/29	輕度	6	975	25	100	-
9810	瑞伯	ZEB	10/13～10/17	強烈	6	920	55	350	150
9812	芭比絲	BABS	10/25～10/27	中度	9	950	35	250	100
9906	瑪姬	MAGGIE	06/04～06/06	中度	5	965	38	250	100
9911	山姆	SAM	08/19～08/21	輕度	--	970	30	200	-
9920	丹恩	DAN	10/04～10/09	中度	7	968	38	250	80
0004	啟德	KAI-TAK	07/06～07/10	中度	6	965	35	150	50
0010	碧利斯	BILIS	08/21～08/23	強烈	3	930	53	300	120
0012	巴比侖	PRAPIROON	08/27～08/30	輕度	6	965	33	250	-
0015	寶發	BOPHA	09/08～09/10	輕度	特殊路徑	990	23	180	-
0019	雅吉	YAGI	10/23～10/26	中度	--	970	33	180	50
0020	象神	XANGSANE	10/30～11/01	中度	6	960	38	250	100
0021	貝碧佳	BEBINCA	11/06～11/07	輕度	--	970	28	200	-
0101	西馬隆	CIMARON	05/11～05/13	輕度	8	990	23	150	-
0102	奇比	CHEBI	06/22～06/24	中度	7	965	35	200	80
0104	尤特	UTOR	07/03～07/05	中度	5	960	38	350	120
0105	潭美	TRAMI	07/10～07/11	輕度	4	995	20	80	-
0107	玉兔	YUTU	07/23～07/24	輕度	--	962	30	150	-
0108	桃芝	TORAJI	07/28～07/31	中度	3	962	38	250	100
0116	納莉	NARI	09/13～09/19	中度	特殊路徑	960	40	150	50
0116	納莉	NARI	09/08～09/10	中度	特殊路徑	960	40	150	50
0119	利奇馬	LEKIMA	09/23～09/28	中度	4	965	35	180	50
0121	海燕	HAIYAN	10/15～10/16	中度	--	965	35	250	100
0205	雷馬遜	RAMMASUN	07/02～07/04	中度	--	950	45	300	100
0208	娜克莉	NAKRI	07/09～07/10	輕度	9	987	18	80	-
0216	辛樂克	SINLAKU	09/04～09/08	中度	1	950	40	300	100
0302	柯吉拉	KUJIRA	04/21～04/24	中度	--	925	43	250	100
0305	南卡	NANGKA	06/01～06/03	輕度	--	990	23	100	-
0306	蘇迪勒	SOUDELOR	06/16～06/18	中度	--	960	38	200	50
0307	尹布都	IMBUDO	07/21～07/23	中度	--	935	48	300	120

資料來源：中央氣象局，http://www.cwb.gov.tw/ (2012.09.14)

--表示該颱風未侵臺

表 2-8(續 1)　1998 年至 2012 年有發佈警報之颱風基本資訊一覽表

颱風編號	中文名稱	英文名稱	警報期間	強度	侵臺颱風路徑(九類)	近中心最低氣壓(hPa)	近中心最大風速(m/sec)	七級風暴風半徑	十級風暴風半徑
0309	莫拉克	MORAKOT	08/02～08/04	輕度	4	990	23	100	-
0311	梵高	VAMCO	08/19～08/20	輕度	--	998	18	100	-
0312	柯羅旺	KROVANH	08/22～08/23	中度	--	970	33	250	100
0313	杜鵑	DUJUAN	08/31～09/02	中度	5	950	43	250	100
0319	米勒	MELOR	11/02～11/03	輕度	8	975	25	150	-
0404	康森	CONSON	06/07～06/09	中度	--	970	33	150	50
0407	敏督利	MINDULLE	06/28～07/03	中度	6	942	45	250	100
0409	康柏斯	KOMPASU	07/14～07/15	輕度	--	995	20	100	-
0413	蘭寧	RANANIM	08/10～08/13	中度	--	955	40	250	100
0417	艾利	AERE	08/23～08/26	中度	1	960	38	200	50
0420	海馬	HAIMA	09/11～09/13	輕度	6	998	18	100	-
0421	米雷	MEARI	09/26～09/27	中度	--	940	40	200	80
0424	納坦	NOCK-TEN	10/23～10/26	中度	6	945	43	250	100
0427	南瑪都	NANMADOL	12/03～12/04	中度	9	940	38	250	80
0505	海棠	HAITANG	07/16～07/20	強烈	3	912	55	280	120
0509	馬莎	MATSA	08/03～08/06	中度	1	955	40	250	80
0510	珊瑚	SANVU	08/11～08/13	輕度	--	985	25	200	-
0513	泰利	TALIM	08/30～09/01	強烈	3	920	53	250	100
0515	卡努	KHANUN	09/09～09/11	中度	--	950	43	200	80
0518	丹瑞	DAMREY	09/21～09/23	中度	--	955	25	200	-
0519	龍王	LONGWANG	09/30～10/03	強烈	3	925	51	200	80
0601	珍珠	CHANCHU	05/16～05/18	中度	9	943	45	300	100
0603	艾維尼	EWINIAR	07/07～07/09	中度	--	925	43	300	80
0604	碧利斯	BILIS	07/12～07/15	輕度	2	978	25	300	-
0605	凱米	KAEMI	07/23～07/26	中度	3	960	38	200	80
0608	桑美	SAOMAI	08/09～08/10	中度	--	935	48	180	80
0609	寶發	BOPHA	08/07～08/09	輕度	4	985	23	120	-
0613	珊珊	SHANSHAN	09/14～09/16	中度	--	945	48	200	80
0706	帕布	PABUK	08/06～08/08	輕度	4	980	28	150	-

資料來源：中央氣象局，http://www.cwb.gov.tw/ (2012.09.14)

--表示該颱風未侵臺

表 2-8(續 2)　1998 年至 2012 年有發佈警報之颱風基本資訊一覽表

颱風編號	中文名稱	英文名稱	警報期間	強度	侵臺颱風路徑(九類)	近中心最低氣壓(hPa)	近中心最大風速(m/sec)	七級風暴風半徑	十級風暴風半徑
0707	梧提	WUTIP	08/08～08/09	輕度	3	992	18	100	-
0708	聖帕	SEPAT	08/16～08/19	強烈	3	920	53	250	100
0712	韋帕	WIPHA	09/17～09/19	中度	1	935	48	200	80
0715	柯羅莎	KROSA	10/04～10/07	強烈	2	925	51	300	120
0723	米塔	MITAG	11/26～11/27	中度	--	955	35	200	80
0807	卡玫基	KALMAEGI	07/16～07/18	中度	2	970	33	120	50
0808	鳳凰	FUNG-WONG	07/26～07/29	中度	3	948	43	220	80
0812	如麗	NURI	08/19～08/21	中度	--	955	40	220	80
0813	辛樂克	SINLAKU	09/11～09/16	強烈	2	925	51	250	100
0814	哈格比	HAGUPIT	09/21～09/23	中度	--	940	45	280	100
0815	薔蜜	JANGMI	09/26～09/29	強烈	2	925	53	280	100
0903	蓮花	LINFA	06/19～06/22	輕度	9	980	28	150	-
0906	莫拉菲	MOLAVE	07/16～07/18	輕度	--	980	28	100	-
0908	莫拉克	MORAKOT	08/05～08/10	中度	3	955	40	250	100
0917	芭瑪	PARMA	10/03～10/06	中度	特殊路徑	945	43	250	80
1006	萊羅克	LIONROCK	08/31～09/02	輕度	9	990	23	100	-
1008	南修	NAMTHEUN	08/30～08/31	輕度	--	995	18	80	-
1010	莫蘭蒂	MERANTI	09/09～09/10	輕度	--	990	23	100	-
1011	凡那比	FANAPI	09/17～09/20	中度	4	940	45	200	80
1013	梅姬	MEGI	10/21～10/23	中度	9	935	48	250	100
1101	艾利	AERE	05/09～05/10	輕度	--	990	23	150	-
1102	桑達	SONGDA	05/27～05/28	強烈	--	920	55	220	100
1105	米雷	MEARI	06/23～06/25	輕度	--	982	28	200	-
1109	梅花	MUIFA	08/04～08/06	中度	--	945	43	280	-
1111	南瑪都	NANMADOL	08/27～08/31	強烈	4	920	53	180	50
1205	泰利	TALIM	06/19～06/21	輕度	9	985	25	150	-
1206	杜蘇芮	DOKSURI	06/28～06/29	輕度	5	995	23	120	-
1209	蘇拉	SAOLA	07/30～08/03	中度	2	960	38	220	80
1211	海葵	HAIKUI	08/06～08/07	中度	1	960	35	180	50
1213	啟德	KAI-TAK	08/14～08/15	輕度	5	995	20	150	-
1214	天秤	TEMBIN	08/21～08/25	中度	特殊路徑	945	45	180	50
1214	天秤	TEMBIN	08/26～08/28	中度	特殊路徑	965	35	180	50

資料來源：中央氣象局，http://www.cwb.gov.tw/ (2012.09.14)

--表示該颱風未侵臺

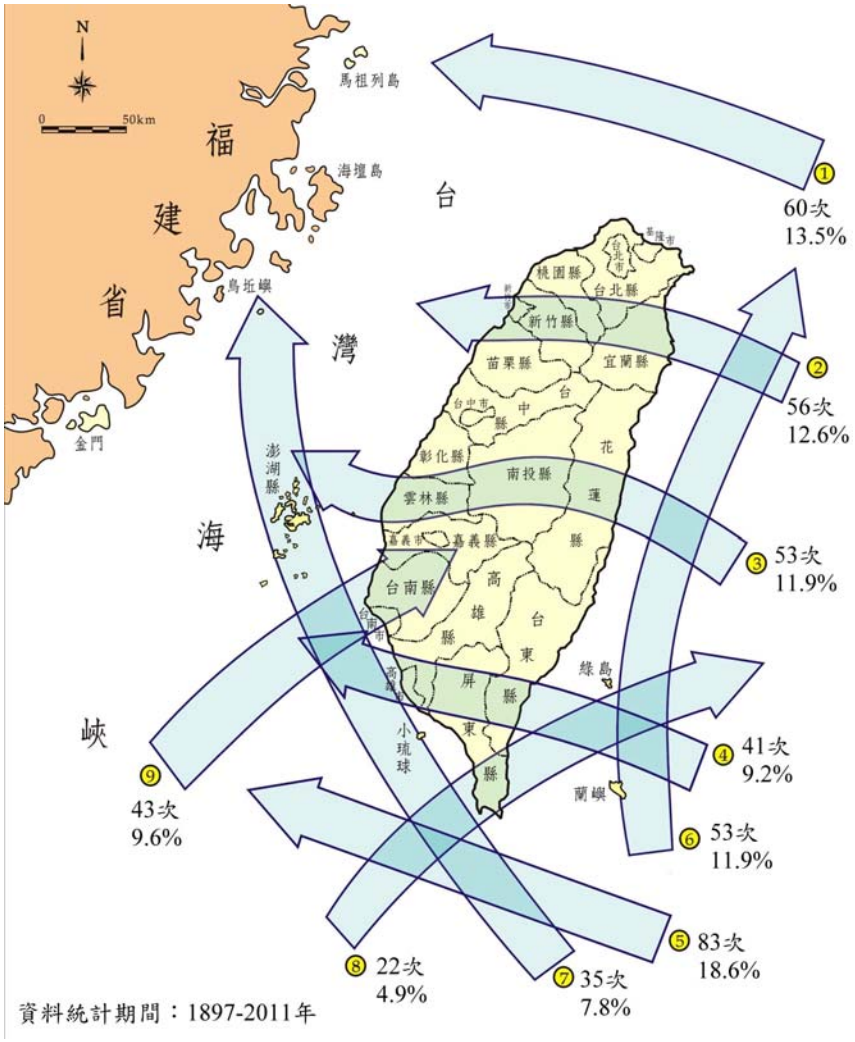


圖 2-27　颱風路徑分類圖

表 2-9　1998 年至 2012 年 9 月期間颱風路徑分類統計表

颱風路徑分類	發生次數	發生百分比
1	5	5.4 %
2	6	6.5 %
3	11	11.8 %
4	7	7.5 %
5	5	5.4 %
6	8	8.6 %
7	2	2.2 %
8	2	2.2 %
9	9	9.7 %
未侵臺及特殊路徑	38	40.9 %
合計	93	100.0 %

資料來源：中央氣象局，http://www.cwb.gov.tw/

本研究依據中央氣象局發佈資料，繪製 1998 年至 2012 年 9 月期間侵臺之颱風路徑圖，如圖 2-28 所示。由表 2-9 颱風路徑分類統計表可知，由西太平洋西行移動之颱風路徑，包括第一類至第五類路徑，發生比率為 36.6%；北行移動之颱風路徑，包括第六類至第九類路徑，發生比率為 22.6%；未侵臺及特殊路徑發生比率為 40.9%。圖 2-29 至圖 2-37 為第一類至第九類颱風路徑圖，由圖 2-29 至圖 2-37 各類颱風路徑圖可知，影響臺中港鄰近海域安全之颱風路徑為第二類、第三類、第四類、第七類及第九類。由前述所收集之海象資料，統計各颱風期間臺中港海域波浪、風及潮流資料之極值，如表 2-10 所示。表 2-10 中各颱風的統計資料依照侵臺颱風路徑分類排序，最大示性波高大於 5 m 以上者，大多集中在第三類路徑，其次是第二類路徑，統計期間最大示性波高為 7.8 m，發生於 2009 年莫拉克颱風期間。最大風速大於 20 m/s 以上者(相當於蒲福風級 8 級以上)，大多集中在第三類路徑，其次是第二類路徑，統計期間最大風速為 37.5 m/s，發生於 2008 年鳳凰颱風期間。最大流速為 248.3 m/s，發生於 2005 年龍王颱風期間。

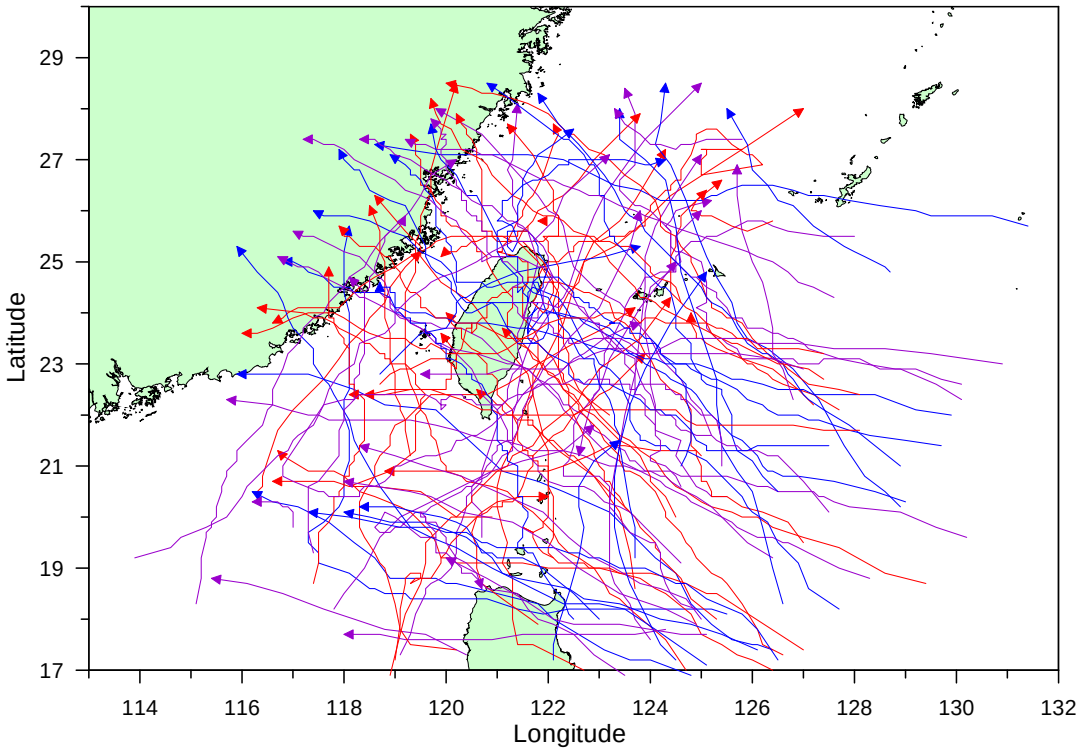


圖 2-28　1998 年至 2012 年 9 月期間侵臺之颱風路徑圖

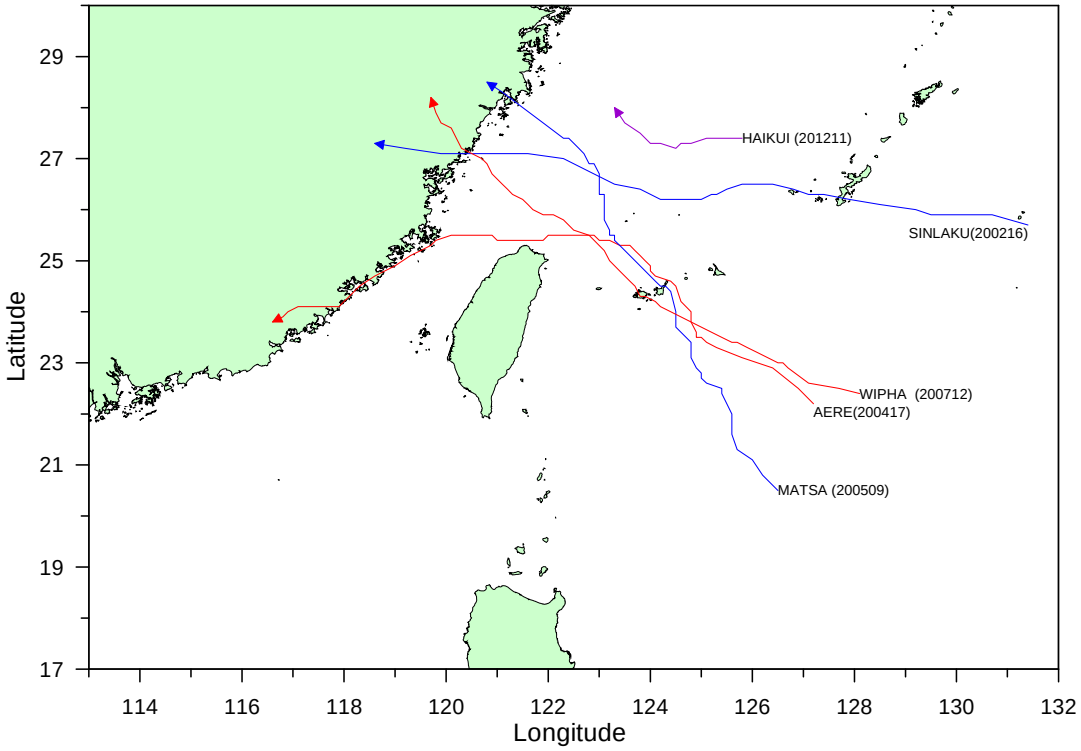


圖 2-29　1998 年至 2012 年 9 月期間第一類颱風路徑圖

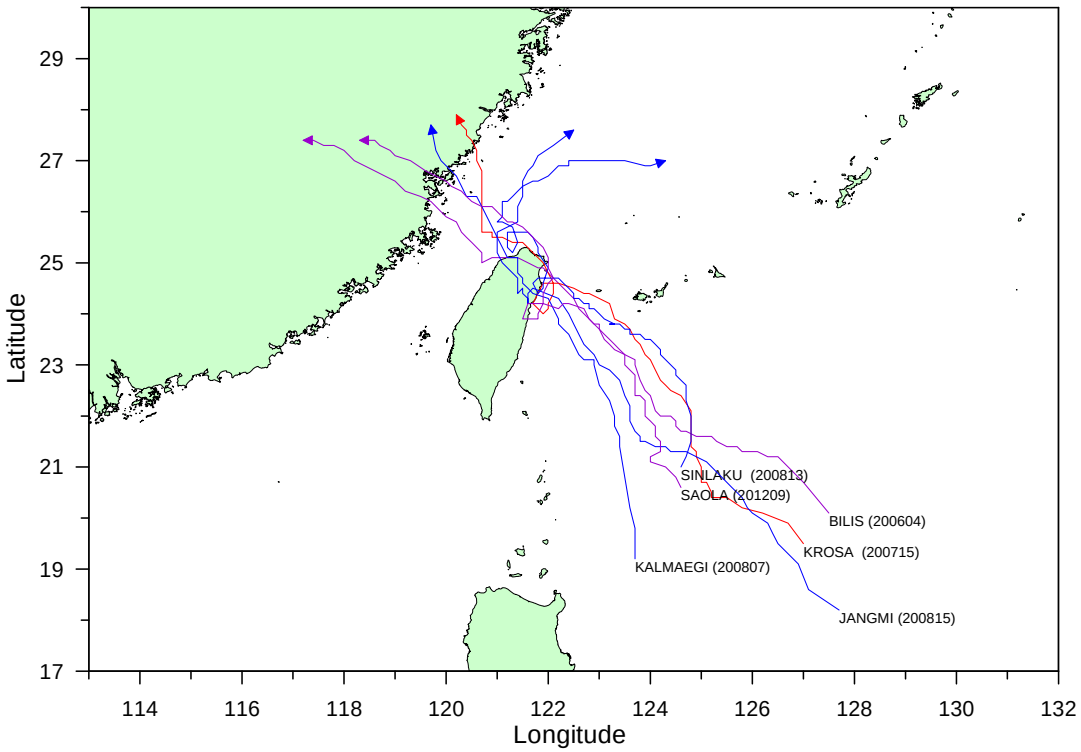


圖 2-30　1998 年至 2012 年 9 月期間第二類颱風路徑圖

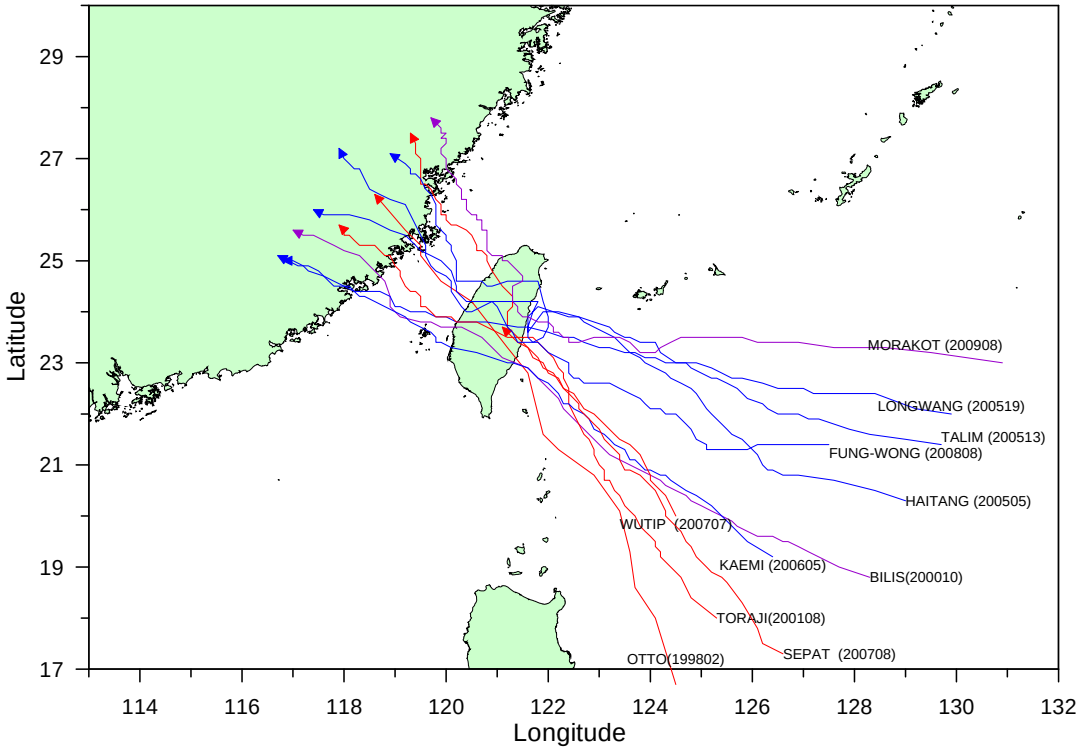


圖 2-31　1998 年至 2012 年 9 月期間第三類颱風路徑圖

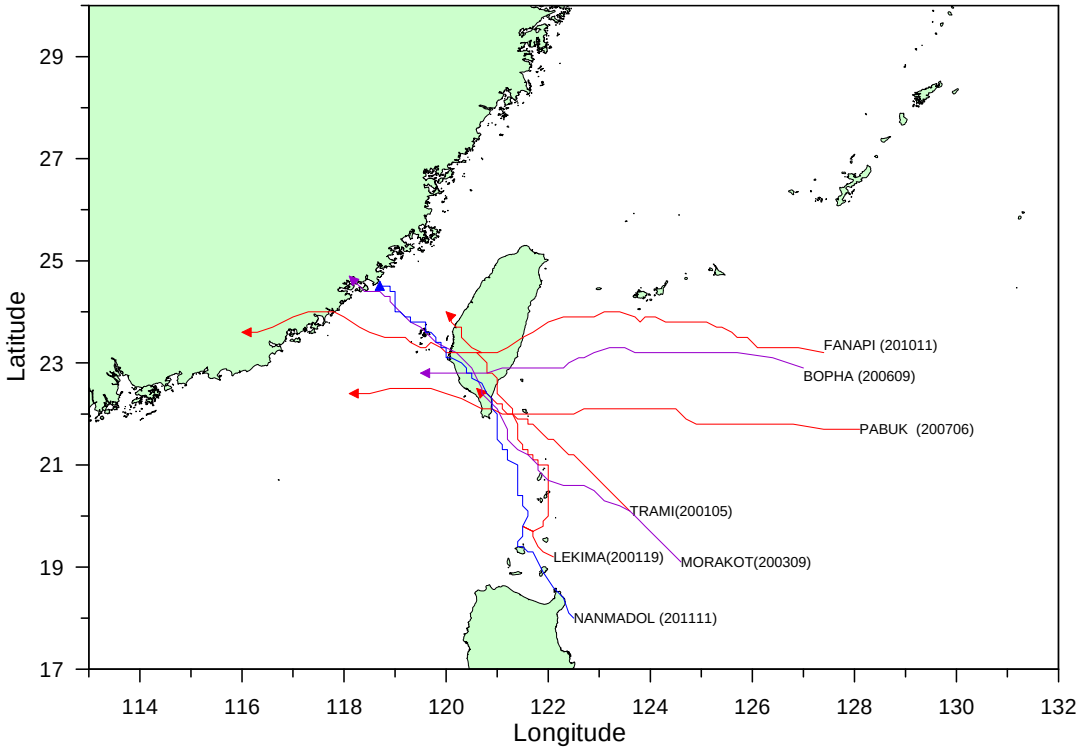


圖 2-32　1998 年至 2012 年 9 月期間第四類颱風路徑圖

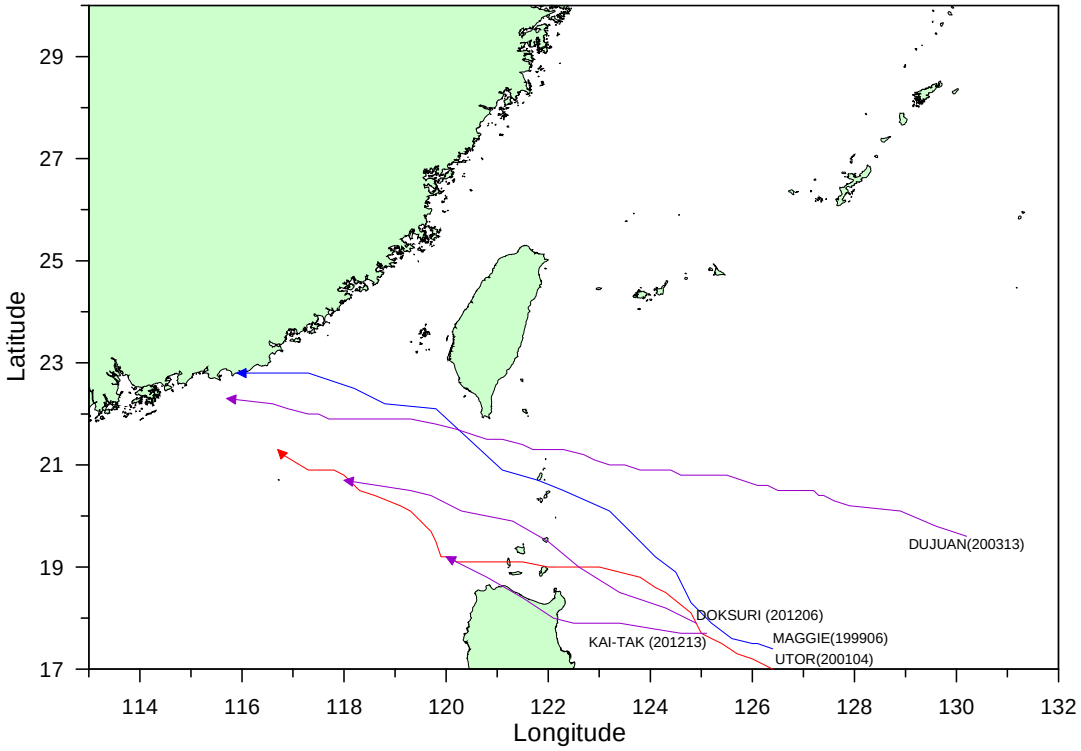


圖 2-33　1998 年至 2012 年 9 月期間第五類颱風路徑圖

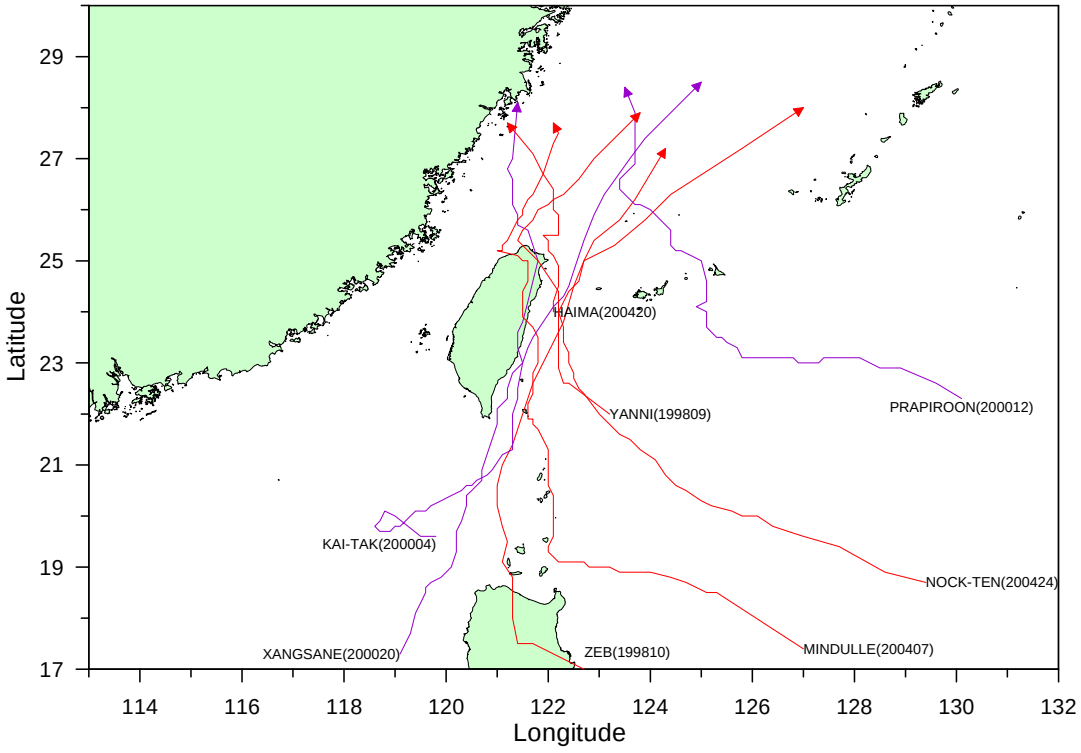


圖 2-34　1998 年至 2012 年 9 月期間第六類颱風路徑圖

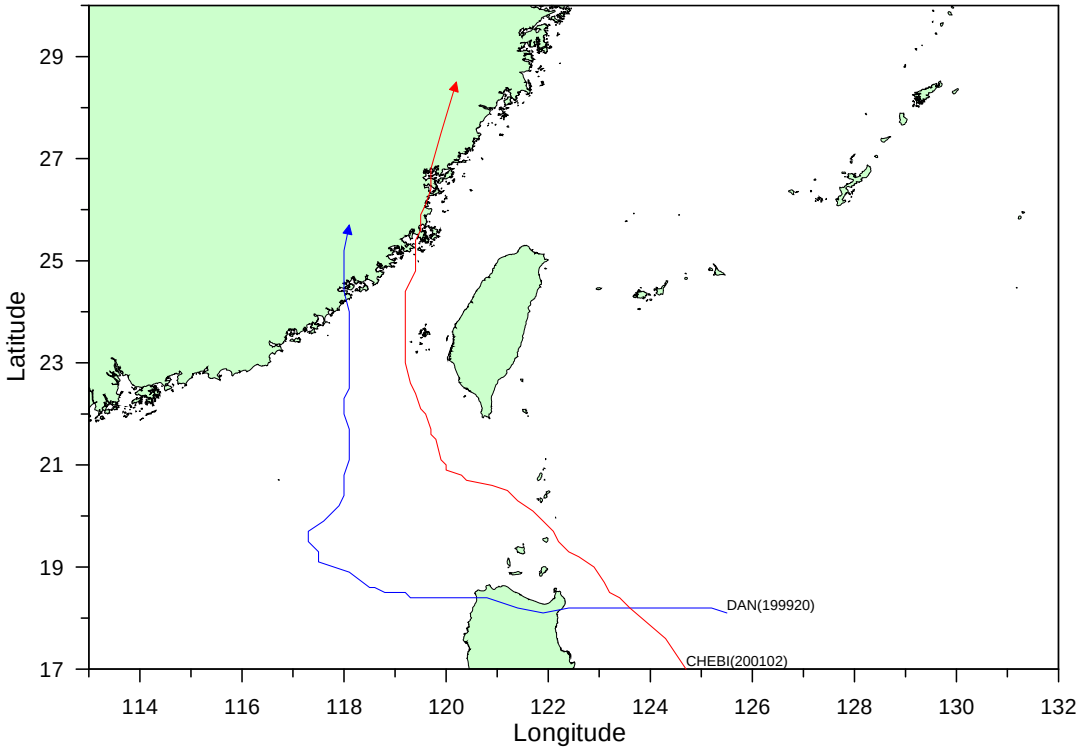


圖 2-35　1998 年至 2012 年 9 月期間第七類颱風路徑圖

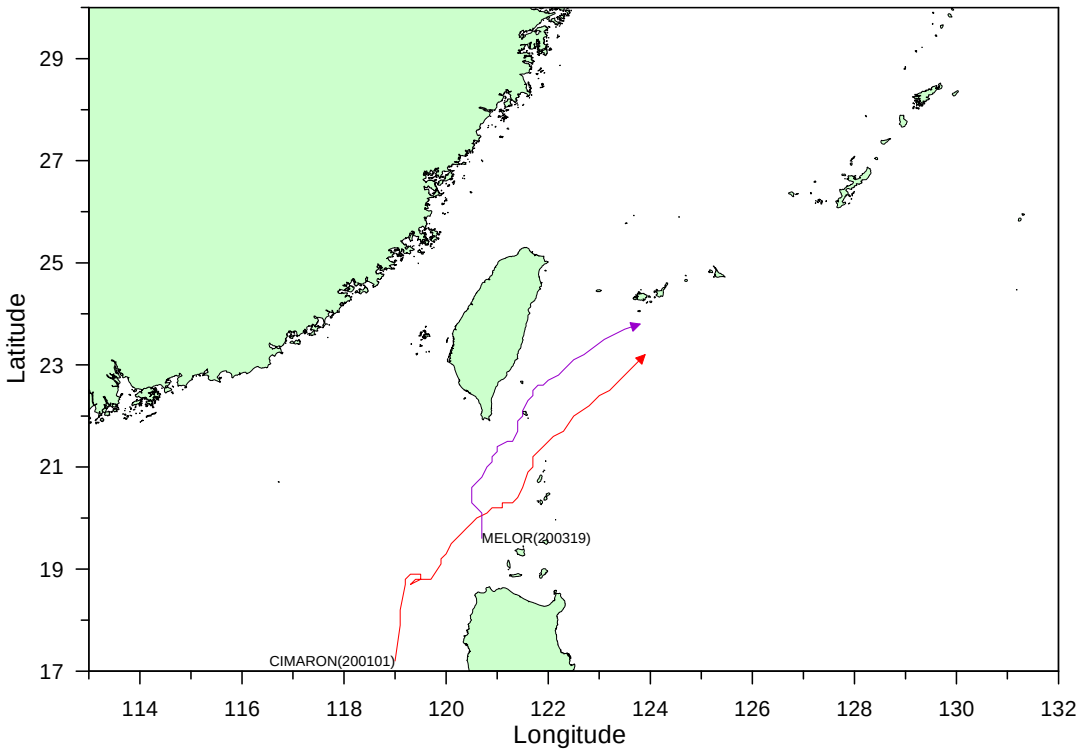


圖 2-36　1998 年至 2012 年 9 月期間第八類颱風路徑圖

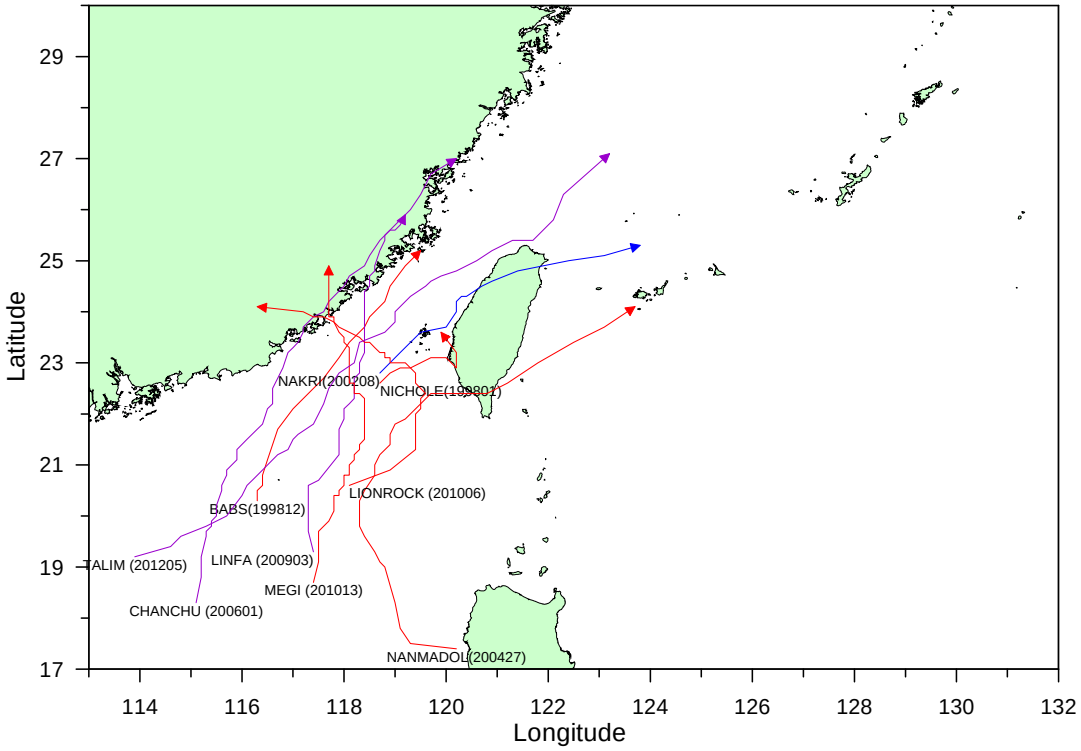


圖 2-37　1998 年至 2012 年 9 月期間第九類颱風路徑圖

表 2-10　2003 年至 2011 年颱風期間臺中港海域之波浪、風及潮流資料統計表

年份	編號	中文名稱	警報期間	強度	侵臺颱風路徑(九類)	近中心最低氣壓(hPa)	近中心最大風速(m/s)	七級風暴風半徑(km)	十級風暴風半徑(km)	最大示性波高(m)	對應示性週期(sec)	對應波向(來向)	最大風速(m/s)	對應風向(來向)	最大流速(m/s)	對應流向(去向)
2004	0417	艾利	08/23～08/26	中度	1	960	38	200	50	3.4	8.6	N	13.6	SSW	130.6	WNW
2005	0509	馬莎	08/03～08/06	中度	1	955	40	250	80	4.3	10.0	NNW	10.0	S	128.3	NNW
2007	0712	韋帕	09/17～09/19	中度	1	935	48	200	80	4.6	7.0	*	14.7	N	*	*
2006	0604	碧利斯	07/12～07/15	輕度	2	978	25	300	-	4.7	7.9	NW	18.3	N	150.2	WSW
2007	0715	柯羅莎	10/04～10/07	強烈	2	925	51	300	120	6.7	9.8	*	20.8	NNE	*	*
2008	0807	卡玫基	07/16～07/18	中度	2	970	33	120	50	3.3	5.3	W	20.8	SSW	145.4	N
2008	0813	辛樂克	09/11～09/16	強烈	2	925	51	250	100	5.2	8.4	N	19.7	NNW	138.9	WNW
2008	0815	薔蜜	09/26～09/29	強烈	2	925	53	280	100	7.3	10.8	N	26.8	NNW	240.2	WNW
2005	0505	海棠	07/16～07/20	強烈	3	912	55	280	120	7.0	8.9	N	26.1	NE	189.1	W
2005	0513	泰利	08/30～09/01	強烈	3	920	53	250	100	6.3	9.3	N	26.2	WSW	152.7	NW
2005	0519	龍王	09/30～10/03	強烈	3	925	51	200	80	5.6	9.0	N	27.3	NNE	248.3	W
2006	0605	凱米	07/23～07/26	中度	3	960	38	200	80	3.6	7.9	N	14.1	NNE	112	W
2007	0707	梧提	08/08～08/09	輕度	3	992	18	100	-	1.9	7.2	NNE	6.4	NNE	88.2	N
2007	0708	聖帕	08/16～08/19	強烈	3	920	53	250	100	5.4	9.1	N	17.9	NNE	77.8	NNW
2008	0808	鳳凰	07/26～07/29	中度	3	948	43	220	80	6.2	7.7	NNE	37.5	NNE	144.5	WSW
2009	0908	莫拉克	08/05～08/10	中度	3	955	40	250	100	7.8	8.7	*	26.2	N	140.4	WNW
2003	0309	莫拉克	08/02～08/04	輕度	4	990	23	100	-	1.1	5.2	NNE	7.1	SSW	92.6	N
2006	0609	寶發	08/07～08/09	輕度	4	985	23	120	-	3.0	7.9	NNE	14.5	NNE	87.5	W
2007	0706	帕布	08/06～08/08	輕度	4	980	28	150	-	1.9	7.2	NNE	6.4	NNE	74.0	NNW
2010	1011	凡那比	09/17～09/20	中度	4	940	45	200	80	5.1	9.4	N	32.6	N	117.9	WSW
2011	1111	南瑪都	08/27～08/31	強烈	4	920	53	180	50	3.6	9.0	NNE	17.6	S	87.7	NNE
2003	0313	杜鵑	08/31～09/02	中度	5	950	43	250	100	3.3	6.8	N	15.1	NNE	84.9	W
2004	0407	敏督利	06/28～07/03	中度	6	942	45	250	100	3.0	6.8	WSW	12.1	NNE	142.5	N
2004	0420	海馬	09/11～09/13	輕度	6	998	18	100	-	4.0	9.9	N	14.9	NNE	132.3	WNW
2004	0424	納坦	10/23～10/26	中度	6	945	43	250	100	4.6	8.9	N	17.0	NNE	163.2	W
2003	0319	米勒	11/02～11/03	輕度	8	975	25	150	-	4.2	6.1	N	17.2	NNE	136.9	WNW
2004	0427	南瑪都	12/03～12/04	中度	9	940	38	250	80	3.5	8.5	NNE	13.0	NE	110.3	W
2006	0601	珍珠	05/16～05/18	中度	9	943	45	300	100	3.9	8.6	N	16.9	NNE	137.7	WSW
2009	0903	蓮花	06/19～06/22	輕度	9	980	28	150	-	2.8	9.9	W	6.5	SSW	189.0	NNE
2010	1006	萊羅克	08/31～09/02	輕度	9	990	23	100	-	2.1	6.9	W	11.4	SSW	54.8	N
2010	1013	梅姬	10/21～10/23	中度	9	935	48	250	100	4.8	10	N	*	*	142.2	WSW

資料來源：本所。--表示該颱風未侵臺；*表示無觀測值。

表 2-10(續)　2003 年至 2011 年颱風期間波浪、風及潮流資料統計表

年份	編號	中文名稱	警報期間	強度	侵台颱風路徑(九類)	近中心最低氣壓(hPa)	近中心最大風速(m/s)	七級風暴風半徑(km)	十級風暴風半徑(km)	最大示性波高(m)	對應示性週期(sec)	對應波向(來向)	最大風速(m/s)	對應風向(來向)	最大流速(m/s)	對應流向(去向)
2003	0302	柯吉拉	04/21～04/24	中度	--	925	43	250	100	*	*	*	12.4	NNE	*	*
2003	0305	南卡	06/01～06/03	輕度	--	990	23	100	-	*	*	*	11.3	NNE	*	*
2003	0306	蘇迪勒	06/16～06/18	中度	--	960	38	200	50	*	*	*	13.4	NNE	*	*
2003	0307	尹布都	07/21～07/23	中度	--	935	48	300	120	*	*	*	6.7	NNE	*	*
2003	0311	梵高	08/19～08/20	輕度	--	998	18	100	-	1.8	5.2	NNE	9.0	NNE	64.9	NNW
2003	0312	柯羅旺	08/22～08/23	中度	--	970	33	250	100	1.2	4.9	NNE	5.6	N	71.4	NNW
2004	0404	康森	06/07～06/09	中度	--	970	33	150	50	3.3	7.2	ENE	13.9	NNE	121.0	S
2004	0409	康柏斯	07/14～07/15	輕度	--	995	20	100	-	1.8	7.0	WNW	6.2	SW	96.7	NNW
2004	0413	蘭寧	08/10～08/13	中度	--	955	40	250	100	2.5	7.2	N	12.4	NNE	105.6	N
2004	0421	米雷	09/26～09/27	中度	--	940	40	200	80	3.0	7.2	NNE	13.8	NNE	111.0	W
2005	0510	珊瑚	08/11～08/13	輕度	--	985	25	200	-	2.0	8.0	NNE	6.4	WSW	96.4	NNW
2005	0515	卡努	09/09～09/11	中度	--	950	43	200	80	3.2	6.2	N	12.6	NNE	85.1	NNW
2005	0518	丹瑞	09/21～09/23	中度	--	955	25	200	-	3.6	6.2	NNW	8.3	NNE	80.4	N
2006	0603	艾維尼	07/07～07/09	中度	--	925	43	300	80	1.1	4.0	W	4.4	N	90.2	NNW
2006	0608	桑美	08/09～08/10	中度	--	935	48	180	80	3.0	7.9	NNE	6.9	NNE	87.5	W
2006	0613	珊珊	09/14～09/16	中度	--	945	48	200	80	3.2	8.2	N	14.8	NNE	92.5	W
2007	0723	米塔	11/26～11/27	中度	--	955	35	200	80	*	*	*	23.2	NNE	*	*
2008	0812	如麗	08/19～08/21	中度	--	955	40	220	80	1.5	4.8	WSW	9.4	S	108.9	SSE
2008	0814	哈格比	09/21～09/23	中度	--	940	45	280	100	3.6	8.1	NNE	7.5	NNW	86.8	NNE
2009	0906	莫拉菲	07/16～07/18	輕度	--	980	28	100	-	1.2	6.7	NNE	*	*	114.6	NE
2010	1008	南修	08/30～08/31	輕度	--	995	18	80	-	2.0	8.3	N	12.4	SSW	60.7	NNE
2010	1010	莫蘭蒂	09/09～09/10	輕度	--	990	23	100	-	2.3	7.5	W	18.4	SSW	92.1	NNW
2011	1101	艾利	05/09～05/10	輕度	--	990	23	150	-	0.8	3.8	NE	7.6	N	51.6	NE
2011	1102	桑達	05/27～05/28	強烈	--	920	55	220	100	3.9	8.9	NNE	25.8	NNE	93.1	WSW
2011	1105	米雷	06/23～06/25	輕度	--	982	28	200	-	2.7	7.6	SW	18.8	NNE	45.8	NE
2011	1109	梅花	08/04～08/06	中度	--	945	43	280	-	1.1	5.0	NNE	13.0	NNE	40.2	N
2009	0917	芭瑪	10/03～10/06	中度	特殊路徑	945	43	250	80	4.3	9.2	NNE	18.8	NNE	128.1	WSW

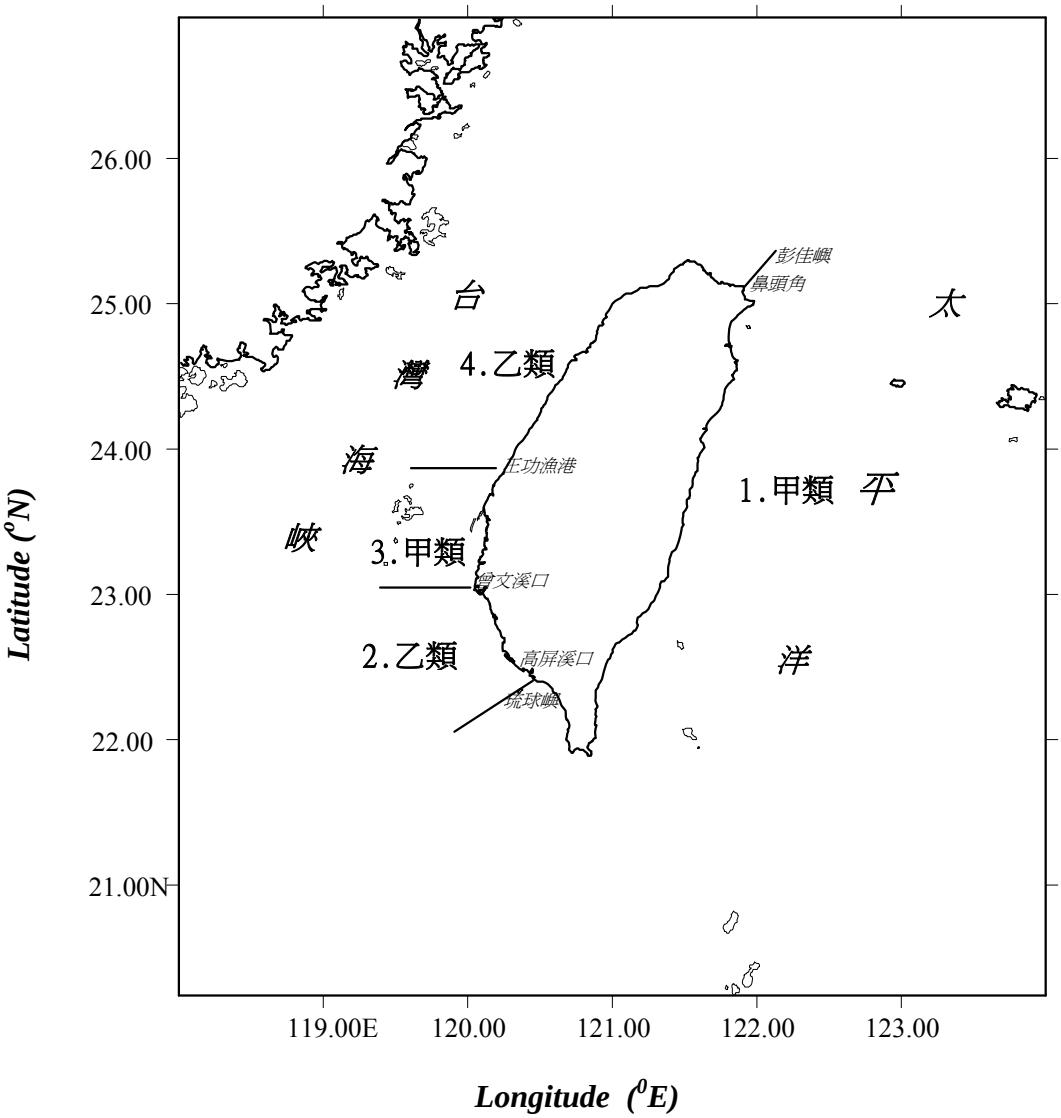
資料來源：本所。--表示該颱風未侵臺；*表示無觀測值。

2.5 海域水質

臺中港海域水質調查參考資料，包括 1991 年環保署港灣污染整治規劃之調查、台電公司「臺中發電廠環境監測報告」(2002)、行政院環保署於 1995~2011 年辦理之「臺灣北部、中部、南部海域水質監測現況」，與水質年報(至 2011 年)及全國環境水質監測資訊網；以及臺灣港務股份有限公司-臺中港務分公司(民營化前身為臺中港務局)進行「臺中港港口第二期擴建工程計畫環境監測」(1999)、「南填方區(I)圍堤及航道浚深拓寬工程環境監測」(1999)、「臺中港區環境調查監測分析」(1996~2011)以及中興公司「海渡火力發電廠開發計畫環境影響評估」(1999)，茲將調查成果摘要說明如下：

2.5.1 臺中港外海水質

由圖 2-38 臺灣地區沿海水域水體分類圖可知，臺中海域屬於王功漁港向西延伸至鼻頭角向澎佳嶼延伸線間之乙類海域。依 2001 年 12 月 26 日修正發布之「海域環境分類及海洋環境品質標準」，乙類海域水體水質標準詳如表 2-11 所示。根據行政院環保署全國環境水質監測資訊網(http://wq.epa.gov.tw/WQEPA/Code/?Languages=)之海域水質監測結果顯示(測站位置如圖 2-39 所示)，2011 年台灣沿海海域水質狀況普遍良好，全年達成率與 2006 年~ 2010 年相同，皆為 99.9 %，除二仁溪口及東港溪出海口溶氧偶有略低而不符合其所屬的水體分類水質標準外，整體海域水質狀況尚屬良好。以 1995~2000 年辦理之「臺灣北部、中部、南部海域水質監測現況」水質調查結果統計(表 2-12)為例，中部海域大多符合乙類海域水質標準。整體而言，台灣中部海域水體環境品質尚佳，除水溫呈季節性變化外，其餘各項目平均值變化均不大，季節性變化不明顯。



海　　域　　範　　圍	水體分類
鼻頭角向彭佳嶼延伸至高屏溪口向琉球嶼延伸線間海域	甲
高屏溪口向琉球嶼延伸至曾文溪口向西延伸線間海域	乙
曾文溪口向西延伸線至王功漁港向西延伸線間海域	甲
王功漁港向西延伸線至鼻頭角向彭佳嶼延伸線間海域	乙
澎湖島海域	甲
備註：在右列之一海域水體內之河川、區域排水出海口或廢水管線排放口出口半徑二公里之範圍內之水體得列為次一級之水體。	

(中華民國九十年十二月月二十六日(九０)環署水字第００八一七五０號公告)

圖 2-38　臺灣沿海海域水體分類圖



監測水體：海域　採樣分區：台中港沿海海域　測站分布圖



(http://wq.epa.gov.tw/WQEPA/Code/Default.aspx?Water=Sea)

圖 2-39　環保署全國海域水質臺中港沿海監測站位置

表 2-11　地面水體分類及水質標準

地面水體分類及水質標準：行政院環境保護署87.01.21，環署水字第02599號(87.6.24增修訂)
海域環境分類及海洋環境品質標準：行政院環境保護署90.12.26，環署水字第0081750號

水體分類基準值[1]		甲類		乙類		丙類		丁類	戊類
水質項目		河川湖泊	海域	河川湖泊	海域	河川湖泊	海域	河川湖泊	河川湖泊
保護生活環境相關環境基準									
pH值		6.5-8.5	7.5-8.5	6.0-9.0	7.5-8.5	6.0-9.0	7.0-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0
溶氧		≥6.5	≥5.0	≥5.5	≥5.0	≥4.5	≥2.0	≥3.0	≥2.0
大腸桿菌群		≤50	≤1,000	≤5,000	--	≤10,000	--	--	--
生化需氧量		≤1.0	≤2.0	≤2.0	≤3.0	≤4.0	≤6.0	--	--
懸浮固體		≤25	--	≤25	--	≤40	--	≤100	無飄浮物且無油脂
氨氮		≤0.1	≤0.3	≤0.3	--	≤0.3	--	--	--
總磷		≤0.02	≤0.05	≤0.05	--	--	--	--	--
氰化物		--	≤0.01	--	≤0.01	--	≤0.02	--	--
酚類		--	≤0.01	--	≤0.01	--	≤0.01	--	--
礦物性油脂		--	≤2.0	--	≤2.0	--	--	--	--
保護人體健康相關環境基準		水質項目							
重金屬	鎘	≤0.01							
	鉛	≤0.1							
	鉻(六價)	≤0.05							
	砷	≤0.05							
	汞	≤0.002							
	硒	≤0.05							
	銅	≤0.03							
	鋅	≤0.5							
	錳	≤0.05							
	銀	≤0.05							
農藥	有機磷劑+氨基甲酸鹽[2]	≤0.1							
	安特靈	≤0.0002							
	靈丹	≤0.004							
	毒殺芬	≤0.005							
	安殺番	≤0.003							
	飛佈達及其衍生物(Heptachlor, Heptachlor epoxide)	≤0.001							
	滴滴涕及其衍生物(DDT, DDD, DDE)	≤0.001							
	阿特靈、地特靈	≤0.003							
	五氯酚及其鹽類	≤0.005							
	除草劑[3]	≤0.1							

備註：整理自地面水體分類及水質標準(87.06.24.修正)與海域環境分類及海洋環境品質標準(90.12.26.訂定)

1.保護人體健康相關環境基準值係以對人體具有累積性危害之物質，具體標示其基準值。

2.基準值以最大容許值表示。

3.全部公共水域一律適用。

4.其他有害水質之農藥，其容許量由中央主管機關增訂公告之。

附註：(1)各水質項目之單位：pH值無單位，大腸桿菌群CFU／100 mL，其餘均為mg/L。

(2)有機磷質係指巴拉松、大利松、達馬松、亞素靈、一品松，氨基甲酸鹽係指滅必蝨、加保扶、納乃得。

(3)除草劑係指丁基拉草、巴拉刈、2,4-地。

表 2-12　臺灣北、中、南部海域水質調查統計表

海域 調查項目	北部(含宜蘭海域) 宜蘭(87年3月~89年3月) 北部(87年12月~88年11月)		中部 中部沿海海域 (84年8月 ~89年3月)		南部 南部沿海海域 (86年9月 ~89年5月)		全部 (84年8月 ~89年5月)	
	測值範圍	合格/樣品數	測值範圍	合格/樣品數	測值範圍	合格/樣品數	測值範圍	合格/樣品數
酸鹼值	7.34~9.0	256/260 (98.5%)	7.85~8.40	492/492 (100%)	7.3~8.56	350/352 (99.4%)	7.3~9.0	1098/1104 (99.5%)
溶氧 (mg/L)	3.63~	162/164 (98.8%)	2.56~9.46	489/492 (99.4%)	0~12.9	329/352 (93.5%)	0~12.9	980/1008 (97.2%)
BOD (mg/L)	ND~3.2	47/48 (97.9%)	ND~5.8	455/492 (92.5%)	ND~14.5	302/352 (85.8%)	ND~14.5	804/892 (90.1%)
大腸桿菌 (CFU/100mL)	0~	113/116 (97.4%)	0~24000	483/492 (98.2%)	0~200000	350/352 (99.4%)	0~200000	946/960 (98.5%)
銅 (μg/L)	ND~26	80/80 (100%)	<0.5~12.6	378/378 (100%)	ND~1614.3	316~352 (89.8%)	ND~1614.3	774/810 (95.6%)
鋅 (μg/L)	ND	77/80 (98.8%)	ND~60.7	376/378 (99.5%)	ND~95.1	344/352 (97.7%)	ND~126.2	797/810 (95.6%)
鉛 (μg/L)	ND~44.4	80/80 (100%)	ND~55	360/360 (100%)	ND~55	352/352 (100%)	ND~55	792/792 (100%)
鎘 (μg/L)	ND~26.3	79/80 (98.8%)	ND~2.3	360/360 (100%)	ND~26.3	352/352 (100%)	ND~26.3	791/792 (99.9%)
鉻 (μg/L)	—	48/48 (100%)	ND~1.6	360/360 (100%)	ND~10.3	352/352 (100%)	ND~10.3	760/760 (100%)
汞 (μg/L)	ND~2.08	79/80 (98.8%)	ND~19.0	350/360 (97.2%)	ND~19.0	310/352 (88.1%)	ND~19.0	739/793 (93.3%)
砷 (μg/L)	ND~4.4	80/80 (100%)	<0.5~8.0	360/360 (100%)	ND~9.0	352/352 (100%)	ND~9.0	792/792 (100%)
硒 (μg/L)	—	—	—	—	ND~3.6	102/102 (100%)	ND~3.6	102/102 (100%)
全部	1101/1116 (98.7%)		4463/4524 (98.7%)		3811/3974 (95.9%)		9375/9614 (97.5%)	

註：1.雖宜蘭沿海海域監測期與北部沿海海域不同，為了瞭解整個北部海域的海水現況，將其併入北部中討論。
2.－：表未檢測
3.ND表低於其檢測極限

依據環保署 2007 年至 2011 年環境水質監測年報中可知，2007 年度臺灣近海 19 處海域(104 個測站)的水質監測結果，以海域環境分類與海洋環境品質標準相關的監測項目：pH、溶氧量、鉛、銅、汞、鋅、鎘等 7 個水質監測項目計算其合格率，總合格率為 99.9%。以各監測項目分析比較，2007 年沿海海域水質的 pH 值合格率為 99.3%；溶氧量合格率為 100%，重金屬部分包括鎘、銅、鉛、鋅與汞項目合格率均為

100%。整體而言，2007 年海域水質狀況普遍良好，其中不合格之項目為 pH，出現於高屏溪口與大鵬灣沿海，而中部海域均能符合標準。而 2008 年的 7 個水質監測項目分析結果顯示，其總合格率為 99.9%，同樣仍以高屏溪口沿海海之東港溪出海口 pH 略偏低(97 年第 4 季，pH：7.4)未能符合。

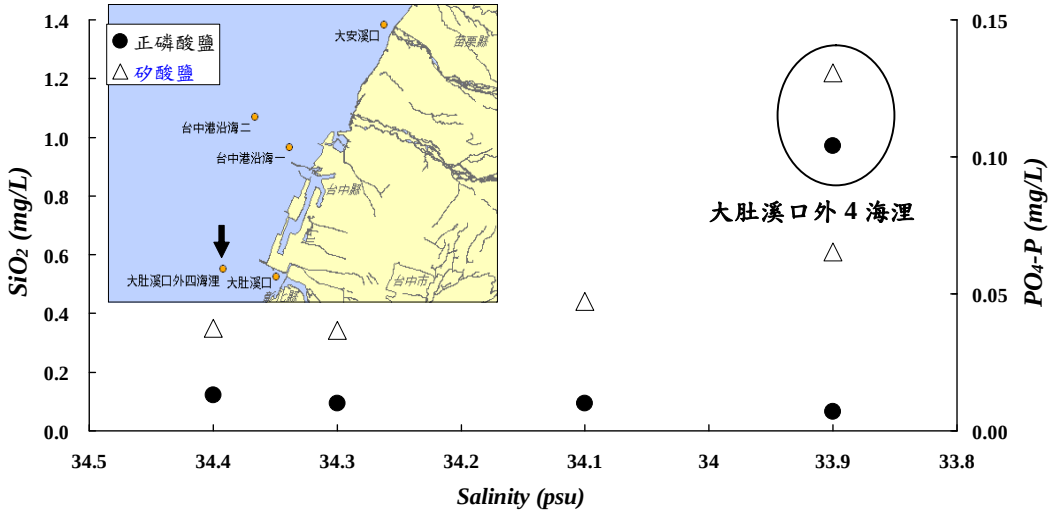
2009 年總達成率為 99.9%，其中 pH 值達成率為 99.8%；溶氧量達成率為 99.5%，重金屬部分包括鎘、銅、鉛、鋅與汞等項目的達成率均為 100%。2009 年之全年達成率與 2006 年至 2008 年維持相同，皆為 99.9 %。其中臺中港沿海於 2009 年 4 季次之海洋環境品質標準達成率為 100 %，全國僅高屏溪口出海口於第 3 季與第 4 季溶氧略低(DO：4.0, 4.2 mg/L)；以及大鵬灣內於第 2 季 pH 值偏高(pH：8.7)而不符標準。整體而言，2009 年海域水質狀況普遍良好。

2010 年 4 季海域水質監測結果顯示，第 1 季至第 4 季海域水質監測成果資料分析，在全台灣近海 104 處海域測站中，就所監測項目與海域環境分類及海洋環境品質標準相關的 pH、溶氧量、鉛、銅、汞、鋅、鎘等 7 項參數加以比較，全部項目之整體合格率達 99.9%，海域水質狀況普遍良好；其中 2010 年台灣沿海區域 pH 監測結果介於 7.6 至 8.4；溶氧量的監測結果介於 4.7 至 10.6 mg/L；重金屬鎘的監測結果介於 ND 至 0.0002 mg/L；重金屬鉛的監測結果介於 ND 至 0.0037mg/L；重金屬汞的監測結果介於 ND 至 0.0008 mg/L；重金屬銅的監測結果介於 ND 至 0.0085 mg/L；重金屬鋅的監測結果介於 ND 至 0.0226 mg/L，本年度除了溶氧量的合格率為 99.5%之外(二仁溪口及東港溪出海口溶氧量不符合其所屬的水體分類水質標準)，其餘各監測項目的合格率皆為 100.0%。

2011 年第 1 季至第 4 季海域水質監測成果資料分析，在全台灣近海 104 處海域測站中，就所監測項目與海域環境分類及海洋環境品質標準之 pH、溶氧量、鉛、銅、汞、鋅、鎘共計 7 項加以分析，其合格率達 99.9 %，海域水質狀況普遍良好。

再者，由環保署於臺中港沿海設置之 5 處海域水質測站，歷次監測結果顯示(1997 年 7 月至 2011 年 12 月)，其 pH 均能符合其所屬之乙類海域水質標準，溶氧量亦可符合標準。而 1997 年 7 月至 2001 年 9 月總磷於臺中港沿海一與沿海二測站曾高於參考之甲類海域標準(乙類無標準)，氨氮(2005 年 3 月至 2010 年 12 月)則均能符合參考之甲類標準。重金屬方面臺中港沿海二曾出現 1 次銅略高於海域標準外，其餘均能符合標準。此外，歷年曾多次出現正磷酸鹽偏高且高於總磷標準之情形。

環保署於 2011 年 3 月、5 月、8 月及 10 月之臺中港沿海 5 測站(參閱前圖 2-39)4 季監測結果(表 2-13)於一般水文方面(水溫、鹽度、酸鹼度與溶氧量)均無異常，酸鹼度變化不大，介於 8.1～8.2 之間，溶氧量則介於 6.2～8.8 mg/L，均可符合乙類海域水質標準。懸浮固體物濃度亦無異常，介於<2.0～11.6 mg/L 之間；營養鹽方面其氨氮介於<0.01～0.19 mg/L，無異常且可符合參考之甲類海水標準(乙類海域無標準)，磷方面正磷酸鹽曾多次不符合標準，2011 年 3 月、8 月與 10 月均有出現不符合之情形，且 10 月於大安溪口、大肚溪口及大肚溪口外 4 海浬均不合格。3 月採樣時，其大肚溪口外 4 海浬處(測值 0.104 mg/L)有略微偏高且超出參考之甲類海水標準(乙類海域無標準)之情形，由該處鹽度略微偏低(33.9 psu)且矽酸鹽濃度(1.22 mg/L)相對其他測站為最高顯示，採樣當時該處表層海水可能受到來自大肚溪河水的影響，導致正磷酸鹽略微升高(圖 2-40)，8 月與 10 月於大安溪口亦出現正磷酸鹽偏高。重金屬方面於銅、鎘、鉛、鋅、鉻與汞方面皆無異常且均能符合海域水質標準。



資料來源：行政院環保署「臺灣北部、中部、南部海域水質監測現況」(實心圓點為正磷酸鹽)

圖 2-40　2011 年 3 月臺中港沿海環保署測站水質矽酸鹽與正磷酸鹽對鹽度分布圖

臺中港沿海 5 測站環保署於 2012 年前 3 季(3 月、5 月、8 月，第 4 季尚未公布)監測結果(表 2-13(續))於一般水文方面(水溫、鹽度、酸鹼度與溶氧量)同樣均無異常，酸鹼度變化不大，介於 8.0～8.2 之間，溶氧量則介於 6.5～8.2 mg/L，均可符合乙類海域水質標準。懸浮固體物濃度亦無異常，介於 2.0～15.4 mg/L 之間；營養鹽方面其氨氮介於<0.01～0.06 mg/L，無異常且可符合參考之甲類海水標準(乙類海域無標準)，磷方面正磷酸鹽於 2012 年 2 月出現相對多次不符合標準， 5 月及 8 月則未有出現不符合之情形(參考甲類海水標準，乙類海域無標準)。重金屬方面於銅、鎘、鉛、鋅、鉻與汞方面，與 2011 年同樣皆無異常且均能符合海域水質標準。

表 2-13　臺中沿海 2011~2012 年海域水質檢測結果(環保署水體品質資料庫)-2011 年 4 季

測站名稱	採樣日期 年/月/日	時間 時:分	採樣深度 (m)	氣溫 (℃)	水溫 (℃)	鹽度 (psu)	酸鹼值	溶氧 (電極法) (mg/L)	懸浮固體 (mg/L)	葉綠素a (μg/L)	硝酸鹽氮 (mg/L)	亞硝酸鹽氮 (mg/L)	正磷酸鹽 (mg/L)	氨氮 (mg/L)	矽酸鹽 (mg/L)	鎘 (mg/L)	鉻 (mg/L)	銅 (mg/L)	鉛 (mg/L)	鋅 (mg/L)	汞 (mg/L)
大安溪口	2011/3/14	12:48	1	21.0	24.2	34.4	8.2	7.1	<2.0	0.6	0.01	0.002	0.013	0.01	0.350	0.00002	<0.001	0.0007	0.0001	0.0025	<0.0003
臺中港沿海一	2011/3/14	12:07	1	20.2	24.6	34.3	8.2	7.0	<2.0	0.6	<0.01	0.002	0.010	<0.01	0.342	0.00002	<0.001	0.0011	0.0001	0.0023	<0.0003
臺中港沿海二	2011/3/14	11:48	1	19.6	23.4	34.1	8.2	7.2	<2.0	1.1	0.02	0.005	0.010	0.01	0.442	0.00001	<0.001	0.0004	0.0001	0.0016	<0.0003
大肚溪口	2011/3/14	11:19	1	19.2	23.2	33.9	8.2	7.3	<2.0	1.0	0.05	0.010	0.007	0.04	0.610	0.00001	<0.001	0.0004	0.0001	0.0019	<0.0003
大肚溪口外4海浬	2011/3/14	11:00	1	19.0	23.2	33.9	8.2	7.2	2.0	1.2	0.16	0.031	***0.104***	0.19	1.22	0.00003	<0.001	0.0005	0.0003	0.0027	<0.0003
大安溪口	2011/5/17	08:10	1	25.9	25.2	34.5	8.1	8.0	2.3	3.3	<0.001	<0.001	0.016	0.12	0.156	0.00001	<0.001	0.0003	0.0001	0.001	<0.0003
臺中港沿海一	2011/5/17	07:19	1	25.4	25.9	34.2	8.1	8.8	<2.0	4.5	0.05	0.002	0.009	0.01	0.212	0.00002	<0.001	0.0003	<0.0001	0.0015	<0.0003
臺中港沿海二	2011/5/17	07:03	1	25.2	25.5	34.4	8.1	8.7	<2.0	4.1	0.02	0.001	0.005	0.02	0.105	0.00002	<0.001	0.0002	0.0001	0.0015	<0.0003
大肚溪口	2011/5/16	10:37	1	24.1	25.8	34.3	8.2	8.1	7.5	7.7	0.04	0.002	0.012	0.03	0.136	0.00002	<0.001	0.0003	0.0001	0.0016	<0.0003
大肚溪口外4海浬	2011/5/16	10:19	1	24.1	25.1	34.5	8.2	8.0	5.0	4.7	0.01	<0.001	0.008	0.02	0.306	0.00002	<0.001	0.0002	0.0001	0.0013	<0.0003
大安溪口	2011/8/17	09:00	1	25.9	30.5	32.3	8.1	6.2	5.1	3.8	0.04	0.003	***0.081***	0.03	0.388	0.00002	<0.001	0.0003	0.0001	0.0016	<0.0003
臺中港沿海一	2011/8/17	08:14	1	25.4	30.1	32.9	8.1	6.2	2.9	3.1	0.03	0.003	0.011	0.03	0.318	0.00003	<0.001	0.0003	0.0001	0.0016	<0.0003
臺中港沿海二	2011/8/17	07:59	1	25.2	30.1	33.1	8.1	6.3	2.3	1.3	0.01	0.002	0.004	0.02	0.218	0.00002	<0.001	0.0002	0.0001	0.001	<0.0003
大肚溪口	2011/8/16	11:20	1	24.1	30.4	32.9	8.1	6.2	6.4	2.2	0.02	0.003	0.021	0.04	0.310	0.00002	<0.001	0.0004	0.0005	0.0017	<0.0003
大肚溪口外4海浬	2011/8/16	10:56	1	24.1	30.3	32.7	8.1	6.4	3.6	1.5	0.02	0.003	0.023	0.04	0.311	0.00002	<0.001	0.0004	0.0007	0.0057	<0.0003
大安溪口	2011/10/13	07:38	1	26.2	26.0	33.1	8.1	6.5	5.6	0.7	0.18	<0.001	***0.165***	0.04	0.669	0.00003	<0.001	0.0006	0.0012	0.0001	<0.0003
臺中港沿海一	2011/10/13	06:52	1	25.8	26.1	33.0	8.1	6.3	5.1	0.8	0.13	<0.001	0.043	0.01	0.602	0.00005	<0.001	0.0005	0.0017	0.0001	<0.0003
臺中港沿海二	2011/10/13	06:36	1	25.5	25.9	33.1	8.1	6.4	5.1	3.6	0.16	0.005	0.049	<0.01	0.608	0.00003	<0.001	0.0006	0.0015	0.0001	<0.0003
大肚溪口	2011/10/12	11:21	1	27.3	26.3	32.7	8.1	6.6	7.8	2.5	0.09	0.002	***0.064***	0.01	0.819	0.00002	<0.001	0.0007	0.002	0.0001	<0.0003
大肚溪口外4海浬	2011/10/12	10:58	1	27.1	26.1	33.0	8.1	6.7	11.6	1.7	0.14	<0.001	***0.054***	0.01	0.604	0.00004	<0.001	0.0006	0.0043	0.0002	<0.0003

註：***粗斜體劃底線***數據表示不符合參考之海域水質標準。(臺中港沿海屬乙類海域)

表 2-13(續)　臺中沿海 2011~2012 年海域水質檢測結果(環保署水體品質資料庫) -2012 年前 3 季

測站名稱	採樣日期 年/月/日	時間 時:分	採樣深度 (m)	氣溫 (℃)	水溫 (℃)	鹽度 (psu)	酸鹼值	溶氧 (電極法) (mg/L)	懸浮固體 (mg/L)	葉綠素a (μg/L)	硝酸鹽氮 (mg/L)	亞硝酸鹽氮 (mg/L)	正磷酸鹽 (mg/L)	氨氮 (mg/L)	矽酸鹽 (mg/L)	鎘 (mg/L)	鉻 (mg/L)	銅 (mg/L)	鉛 (mg/L)	鋅 (mg/L)	汞 (mg/L)
大安溪口	2012/2/22	08:00	1	16.1	14.4	33.0	8.2	7.7	5.6	0.2	0.15	0.008	0.037	0.02	0.749	0.00002	<0.001	0.0005	0.0012	0.0001	<0.0003
臺中港沿海一	2012/2/22	07:19	1	15.3	15.0	33.1	8.2	7.7	4.3	0.2	0.18	0.010	***0.060***	0.03	0.861	0.00002	<0.001	0.0006	0.0014	0.0001	<0.0003
臺中港沿海二	2012/2/22	07:05	1	14.8	14.5	33.1	8.1	7.6	7.7	0.3	0.17	0.008	***0.061***	0.03	0.774	0.00002	<0.001	0.0007	0.0017	0.0001	<0.0003
大肚溪口	2012/2/21	12:08	1	15.1	15.5	32.9	8.1	8.0	7.6	0.7	0.21	0.013	***0.052***	0.04	0.803	0.00001	<0.001	0.0007	0.0025	0.0001	<0.0003
大肚溪口外4海浬	2012/2/21	11:46	1	15.3	14.8	33.0	8.2	8.2	15.4	0.7	0.20	0.012	0.050	0.04	0.906	0.00002	<0.001	0.0007	0.0028	0.0004	<0.0003
大安溪口	2012/5/30	11:38	1	30.5	29.0	29.6	8.0	7.0	3.9	4.7	0.15	0.009	0.024	0.04	0.699	0.00001	<0.001	0.0003	0.0010	0.0001	<0.0003
臺中港沿海一	2012/5/30	10:43	1	30.4	28.5	32.8	8.2	6.9	2.0	3.0	0.04	0.001	<0.003	<0.01	0.063	<0.00001	<0.001	0.0003	0.0009	0.0001	<0.0003
臺中港沿海二	2012/5/30	10:24	1	30.1	28.1	32.3	8.1	6.7	4.7	2.3	0.05	0.004	0.012	0.01	0.254	0.00001	<0.001	0.0004	0.0012	0.0001	<0.0003
大肚溪口	2012/5/29	02:19	1	29.2	28.2	32.6	8.2	6.5	3.6	1.9	0.02	0.002	0.004	0.02	0.174	0.00001	<0.001	0.0004	0.0012	0.0001	<0.0003
大肚溪口外4海浬	2012/5/29	01:54	1	29.1	28.2	30.5	8.2	6.6	9.3	2.2	0.09	0.007	0.017	0.02	0.700	0.00001	<0.001	0.0004	0.0014	0.0001	<0.0003
大安溪口	2012/8/15	11:30	1	31.1	29.2	31.9	8.2	6.8	9.8	2.5	0.05	0.006	0.003	0.03	0.176	0.00002	<0.001	0.0001	0.0004	<0.0001	<0.0003
臺中港沿海一	2012/8/15	10:45	1	30.7	30.1	31.6	8.2	6.7	4.8	2.2	0.19	0.015	<0.003	0.02	0.266	0.00004	<0.001	0.0003	0.0005	<0.0001	<0.0003
臺中港沿海二	2012/8/15	10:35	1	30.4	29.3	32.3	8.2	6.8	6.8	0.9	0.02	0.004	<0.003	0.01	0.026	0.00003	<0.001	0.0002	0.0004	<0.0001	<0.0003
大肚溪口	2012/8/15	10:05	1	29.1	29.8	31.4	8.2	6.5	4.4	2.6	0.04	0.015	0.006	0.02	0.227	0.00001	<0.001	0.0001	0.0003	<0.0001	<0.0003
大肚溪口外4海浬	2012/8/15	09:50	1	29.4	29.6	33.7	8.1	6.8	3.9	3.3	0.05	0.024	0.010	0.06	0.406	0.00003	<0.001	0.0005	0.0016	<0.0001	<0.0003

註：***粗斜體劃底線***數據表示不符合參考之海域水質標準。(臺中港沿海屬乙類海域)

2.5.2 臺中港港內水質

臺中港務分公司自1996年起即委託檢測公司按季進行港區、以及上游各大、中排水路持續進行水質監測，依據「臺中港區環境調查監測分析」歷年報告(1996年至2011年)，各測站相關之監測位置如圖2-41所示，共計11處測點。以下分別討論在各測站量測所得溶氧、生化需氧量、大腸桿菌群、總磷、氨氮及鹽度之濃度變化情形。



資料來源：臺中港務分公司「2008 年(97 年度)臺中港區環境調查監測分析」，影像來源：Google earth

圖 2-41　臺中港港內海域水質監測點位圖

1. 溶氧(DO)

圖2-42顯示各測站溶氧(DO)歷年監測結果。其中西碼頭港口(西一、西二)、中泊渠(21號碼頭)、工業泊渠(99號碼頭)、梧棲大排出口與安良港大排出口於1997～2004年漲退期間皆曾出現不符合乙類海域水體水質標準之情形。惟自2006年起至2011年，溶氧監測值已多能符合乙類海域水體水質標準(≧5.0 mg/L)，溶氧約在6.0~8.0 mg/L間。歷年漲潮平均(6.3 mg/L)略高於退潮平均(6.2 mg/L)。

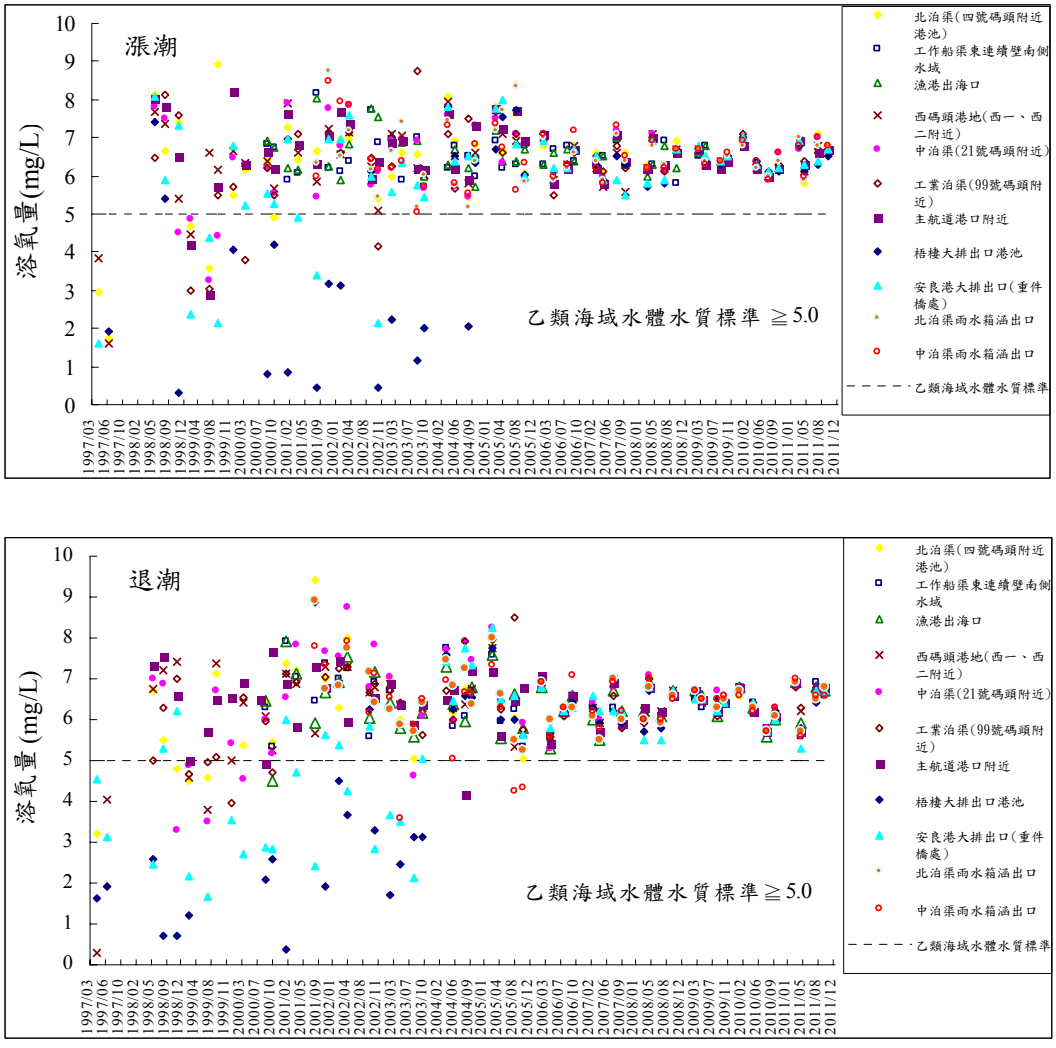


圖 2-42　臺中港港內歷年漲退潮期間溶氧量監測值

2. 生化需氧量(BOD)

圖2-43顯示各測站生化需氧量(BOD)歷年監測結果。於1997～2005年調查漲退期間，生化需氧量測值大多無法符合乙類海域水體水質標準(≦3.0 mg/L)，尤以安良港大排出口與梧棲大排出口此二區域之生化需氧量測值相較高於其他區域，並曾於1999年12月測得漲潮時最高值達56.3 mg/L，此測值已超出乙類海域水體上限19倍，顯示此二處水體中有機污染物濃度較高，需消化污染物之耗氧量高，水域中有機污染嚴重。自2006年起至2011年，生化需氧量超標情形已明顯改善，各測站大多能符合乙類海域水體水質標準，且測值多為小於其偵測極限值(<2.0 mg/L)。歷年漲潮平均(3.8 mg/L)與退潮平均(3.7 mg/L)相近。

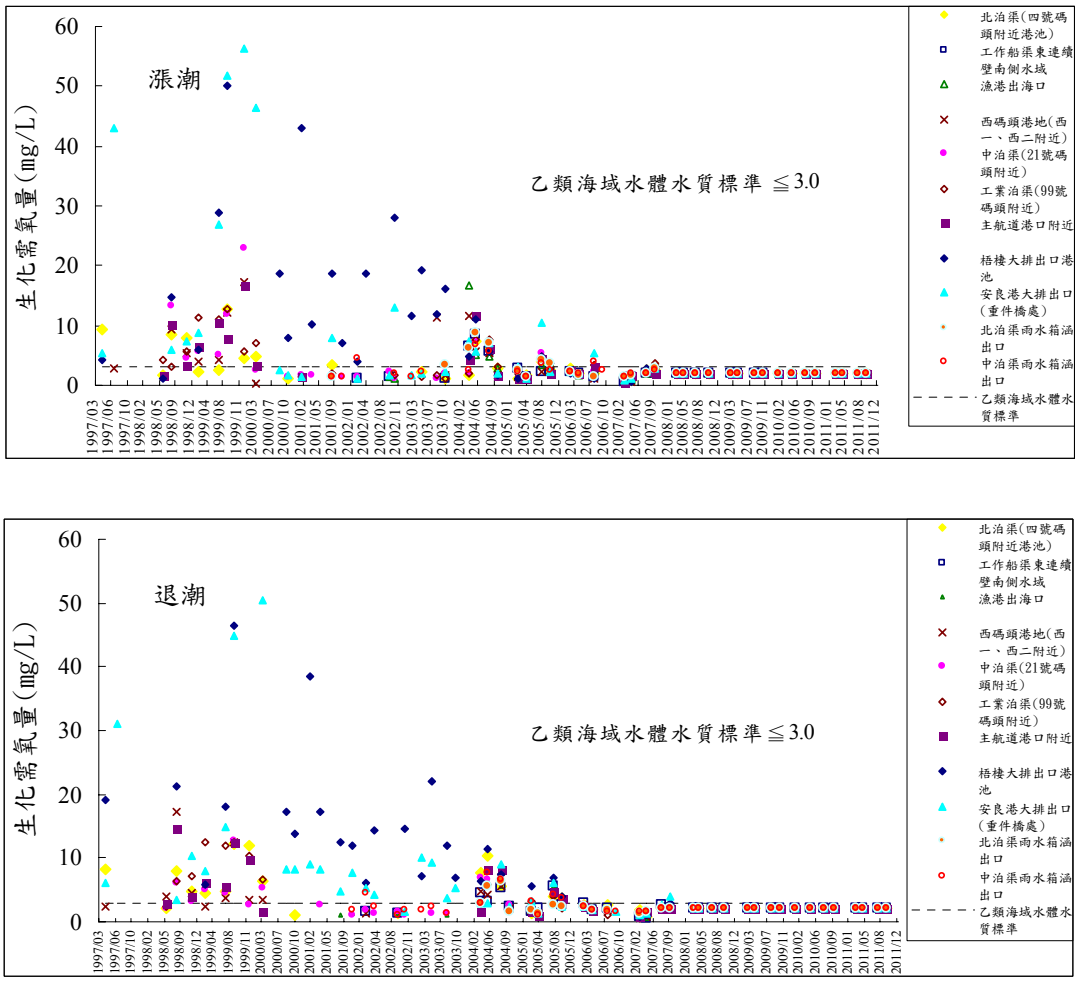


圖 2-43　臺中港港內歷年漲退潮期間生化需氧量監測值

3. 大腸桿菌群

各測站大腸桿菌群歷年漲退監測結果顯示(圖2-44)，以梧棲大排出口及安良港大排出口大腸桿菌群監測值明顯偏高，因海域之大腸桿菌群並無訂立乙類標準，若以海域最高標準(甲類)衡量，於1997～2004年梧棲大排出口及安良港大排出口，此二區域大腸桿菌群皆大幅超出甲類海域水質標準(1000 CFU/100 mL)，顯示海水大腸桿菌群多源自於陸域匯入，整體水質最差。自2008年起至2010年間，多能符合標準，而於2011年4月略有增高，之後則回復且符合標準且無異常。歷年退潮平均(5.1E+05 CFU/100mL)高於漲潮平均(1.9E+05 CFU/100mL)。

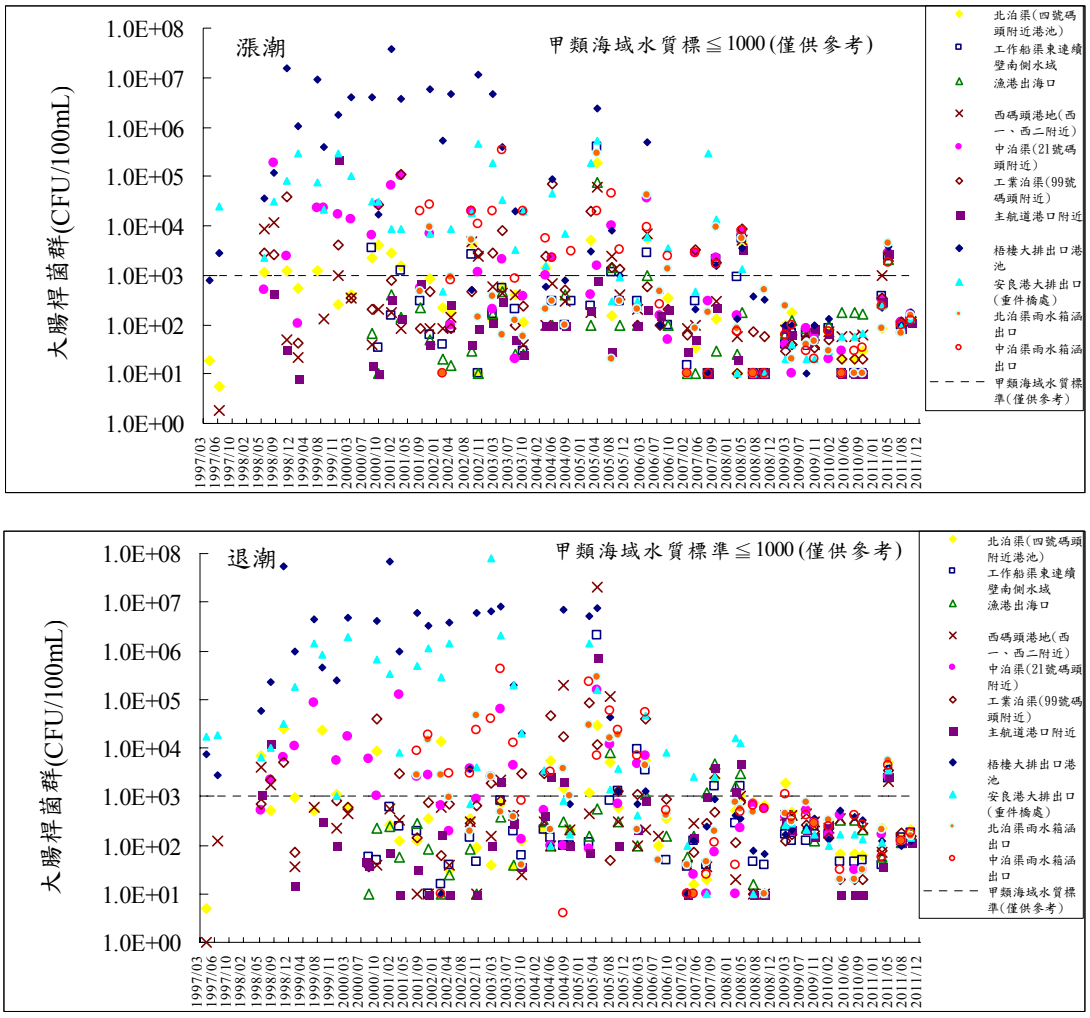


圖 2-44　臺中港港內歷年漲退潮期間大腸桿菌群監測值

4. 氨氮

圖2-45顯示各測站氨氮歷年漲退監測結果。各測站氨氮濃度以梧棲大排出口為最高，安良港大排出口次之，梧棲大排出口歷年漲退潮氨氮濃度約在0.05～20.3 mg/L間；安良港大排出口漲退潮氨氮濃度約在0.05～5.3 mg/L間，遠高於其他測站，此二水域氨氮濃度偏高易消耗水中溶氧而使水體呈厭氧狀態，水質環境變差，但自2008年起至2011年間，梧棲大排出口與安良港大排出口氨氮濃度呈現逐漸下降並趨於穩定，水質漸趨改善。歷年退潮平均(0.485 mg/L)高於漲潮時平均(0.539 mg/L)。

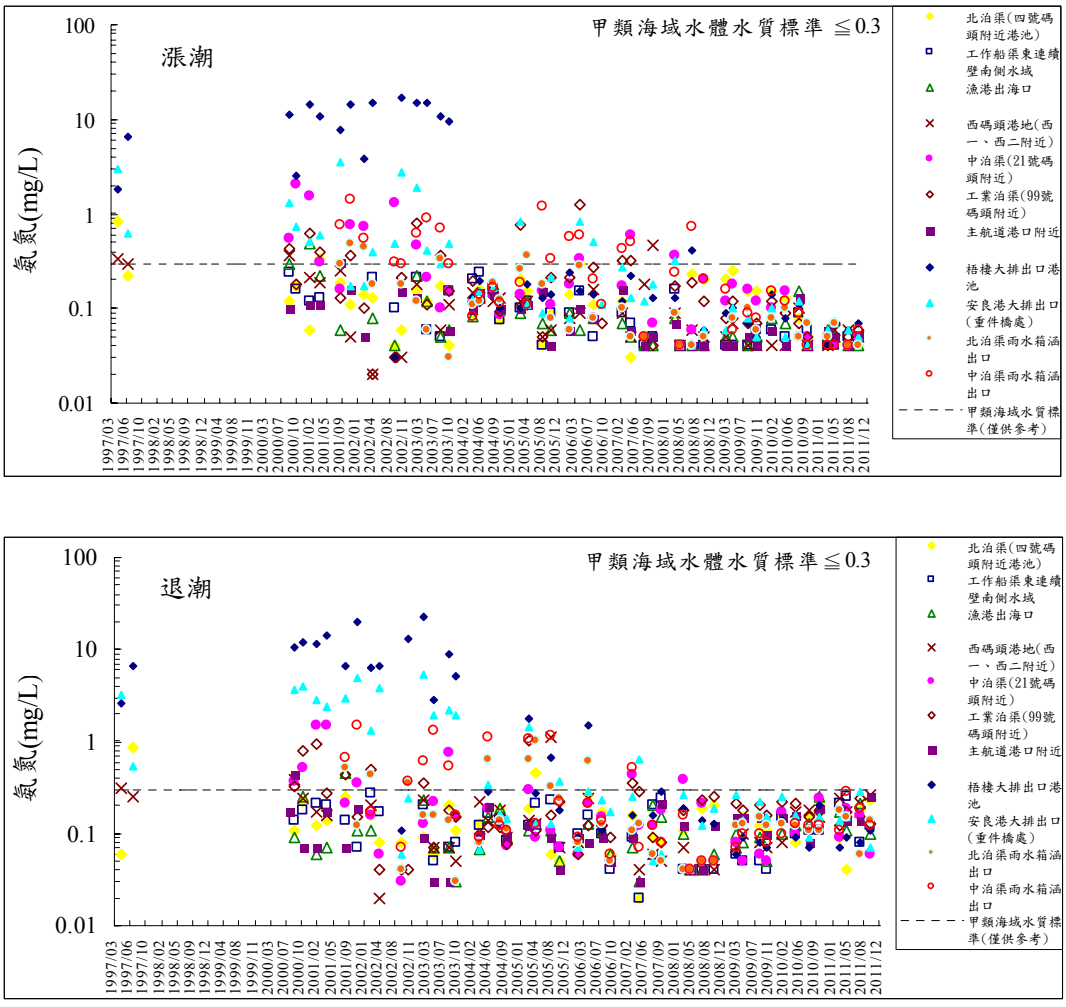


圖 2-45　臺中港港內歷年漲退潮期間氨氮監測值

5. 總磷

圖2-46顯示各測站總磷歷年漲退監測成果。歷年各測站總磷測值介於<0.02 ~ 1.54 mg/L之間，尤以梧棲大排出口與安良港大排出口處漲退潮總磷遠高於其他測站，由於水體藻類之生成量與磷之負荷有密切關聯，需注意總磷濃度過高易造成藻類繁生，衍生水域優養化問題。整體而言，自2008年10月起至2011年水質狀況漸趨穩定，且多符合乙類海域水體水質標準，而過去位於梧棲大排出口處與安良港大排出口處港域總磷濃度偏高，且超標之情形已獲改善，水質漸趨良好。歷年退潮平均(0.056 mg/L)高於漲潮時平均(0.049 mg/L)。

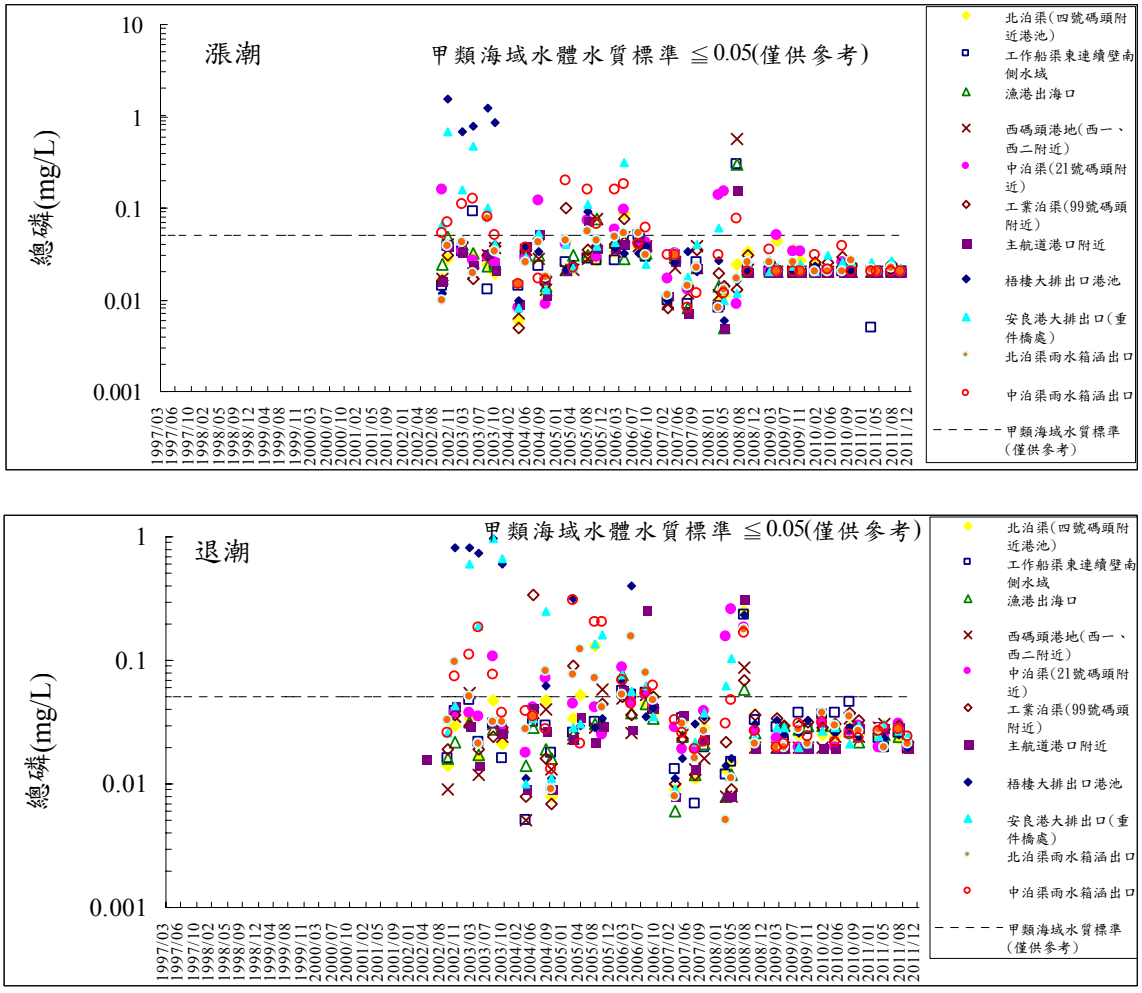


圖 2-46　臺中港港內歷年漲退潮期間總磷監測值

6. 鹽度

圖2-47顯示各測站鹽度歷年漲退監測結果。各測站之鹽度隨季節變化略有差異，在冬季時各測站鹽度測值普遍較高，春季、夏季較低，其中梧棲大排出口與安良港大排出口於1997年及2003年夏季調查期間皆曾出現鹽度偏低之情形，此外2009年8月於退潮時亦出現鹽度略偏低，顯示有淡水來源之注入，而2010年起至2011年期間，其港域內4季調查結果，其鹽度均維持在25 psu以上。歷年漲潮平均(31.0 psu)略高於退潮時平均(30.5 psu)。

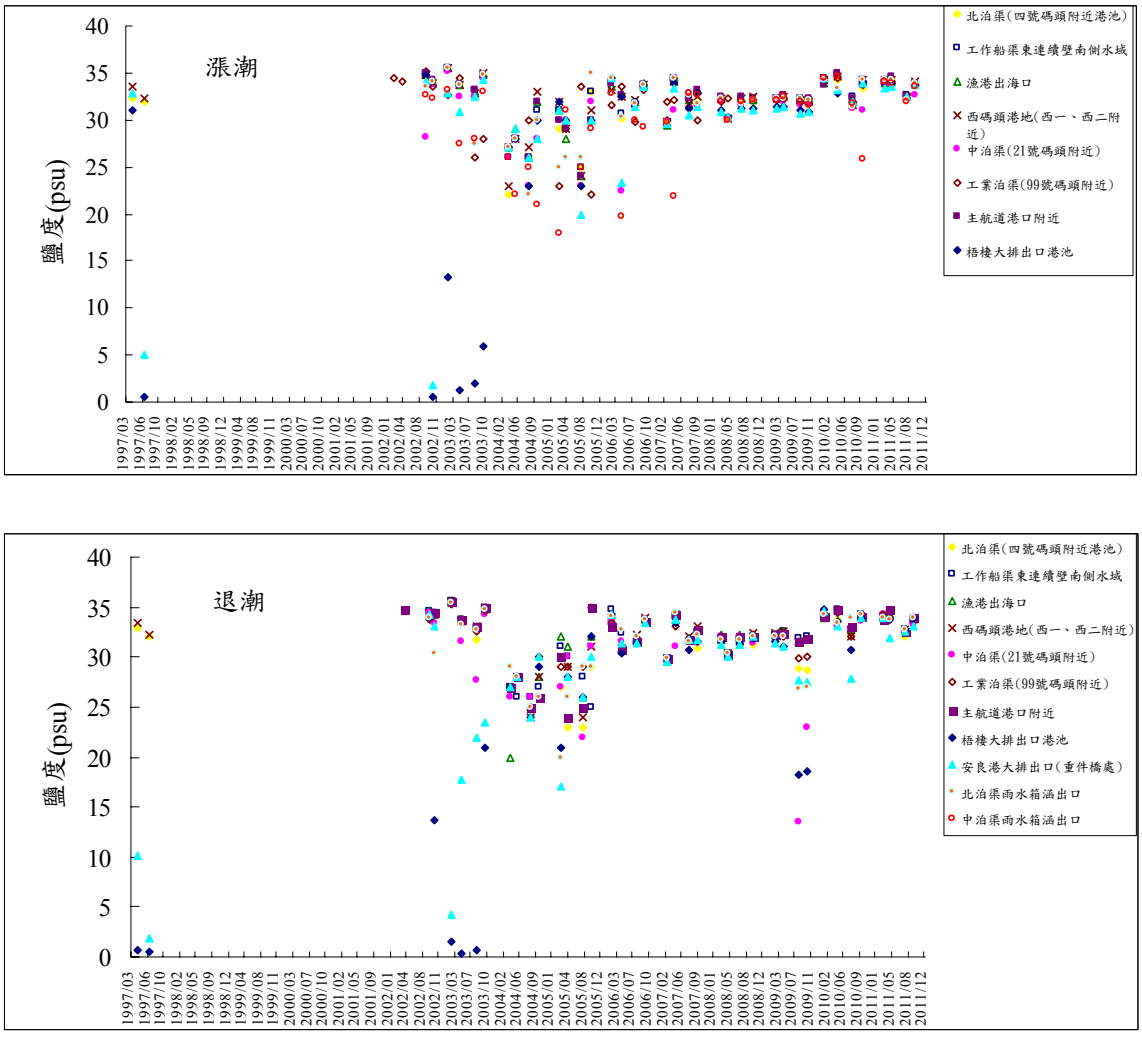


圖 2-47　臺中港港內歷年漲退潮期間鹽度監測值

2.5.3 臺中港海域底質

由臺灣港務股份有限公司-臺中港務分公司(民營化前身為臺中港務局)全球資訊網之臺中港區環境品質監測狀況顯示，其底泥污染調查項目包含總有機物與重金屬(銅、鎘、鉛、鋅、鉻、鐵、鋁、錳及砷、汞)，調查資料自2007至2011年間(表2-14至表2-18)，其中2009底泥監測結果，於有機物及重金屬濃度方面均較2008年為明顯下降，此應與此時期港池底泥清淤疏浚工程有關，移除沉降相對較久之蓄積底泥後，而後新沉積之泥砂吸附之污染物因停留時間較短，導致新沉降之表層底泥所吸附之重金屬濃度相對較低低。而2010年底泥監測結果無明顯異常現象，各測站間差異不顯著。各測點總有機物測值介於0.155～0.532%；砷介於5.50～9.62mg/kg；汞介於N.D.～0.141 mg/kg；鉛介於14.1～28.3 mg/kg；鋅介於68.1～128 mg/kg；銅介於13.5～36.8 mg/kg；鎘介於＜0.50 mg/kg；鉻介於19.0～66.9 mg/kg；鐵介於13,600～39,200 mg/kg；鋁介於18,400～22,000 mg/kg；錳介於200～460 mg/kg。

2011年底泥監測結果同樣無明顯異常。各測點總有機物測值介於0.232~0.390 %；砷介於5.45~8.32 mg/kg；汞介於N.D.~0.205 mg/kg；鉛介於11.6~31.0 mg/kg；鋅介於71.0~130 mg/kg；銅介於9.81~38.1 mg/kg；鎘介於N.D.~0.34 mg/kg；鉻介於13.3~69.4 mg/kg；鐵介於23,900~37,200 mg/kg；鋁介於11,300~24,700 mg/kg；錳介於205~272 mg/kg。

歷年臺中港海域底質(2007至2011年)表層沉積物(底泥)重金屬之砷、汞、鉛、鋅、銅、鎘與鉻含量，與國內新頒佈之底泥品質指標之分類管理及用途限制辦法(2012年1月4日行政院環境保護署環署土字第1000116349號令)中，底泥品質上限值與下限值相比，均低於其上限值，顯示臺中港海域底質未出現明顯之重金屬污染蓄積現象發生。

表 2-14　臺中港務分公司(原臺中港務局)2007 年底泥檢測結果

採樣位置	項目 單位	總有機物 %	砷 mg/kg	汞 mg/kg	鉛 mg/kg	鋅 mg/kg	銅 mg/kg	鎘 mg/kg	鉻 mg/kg	鐵 mg/kg	鋁 mg/kg	錳 mg/kg
方法偵測極限	MDL	無	0.634	0.095	2.38	6.14	1.32	0.149	2.98	無	無	無
梧棲大排出口	2007.04.27	2.26	10.80	0.292	37.1	120	37.5	ND	40.3	39,100	24,900	525
安良港大排出口		1.48	10.50	0.185	37.9	145	51.3	ND	40.3	36,700	22,400	426
南迴轉池		1.25	11.70	0.565	51.5	198	47.0	0.18	72.7	38,300	23,800	360
102號碼頭		0.55	9.98	0.520	51.2	180	44.7	0.17	68.9	38,600	24,700	375
西一西二碼頭		1.25	10.40	0.507	36.5	157	29.4	ND	51.8	36,500	22,400	441
北迴轉池		0.04	9.45	0.281	31.6	126	33.1	ND	47.1	37,400	23,400	441
6號碼頭		1.25	11.00	0.157	35.3	122	36.5	ND	43.7	39,100	24,500	525
22號碼頭		0.98	11.30	0.161	51.5	178	46.0	0.17	75.8	37,100	23,400	357
梧棲大排出口	2007.08.03	0.78	7.85	0.270	26.7	175	32.2	ND	52.2	39,400	23,200	463
安良港大排出口		0.31	7.71	0.200	27.1	154	28.3	ND	55.8	30,900	17,900	377
南迴轉池		0.31	8.71	0.180	27.8	144	28.3	0.166	57.1	33,600	19,600	391
102號碼頭		0.34	8.84	0.170	30.4	149	31.2	ND	56.5	28,300	15,600	362
西一西二碼頭		0.46	8.25	0.160	28.2	147	30.2	0.164	45.6	34,500	20,200	410
北迴轉池		1.00	9.10	0.160	29.5	148	31.2	ND	61.1	33,900	19,600	400
6號碼頭		0.74	7.39	0.170	25.2	132	37.6	ND	42.6	36,500	21,700	446
22號碼頭		0.54	8.13	0.180	27.4	142	27.4	ND	57.6	37,000	22,200	406
底泥品質指標	下限值	無標準	11.0	0.23	48.0	140	50.0	0.65	76.0	無標準	無標準	無標準
	上限值	無標準	33.0	0.87	161	384	157	2.49	233	無標準	無標準	無標準

監測期間：2007/01～2007/12

表 2-15　臺中港務分公司(原臺中港務局)2008 年底泥檢測結果

採樣位置	項目 單位	總有機物 %	砷 mg/kg	汞 mg/kg	鉛 mg/kg	鋅 mg/kg	銅 mg/kg	鎘 mg/kg	鉻 mg/kg	鐵 mg/kg	鋁 mg/kg	錳 mg/kg
方法偵測極限	MDL	無	0.634	0.095	2.38	6.14	1.32	0.149	2.98	無	無	無
梧棲大排出口	2008.03.07	0.495	9.61	0.21	31.3	157	34.3	ND	40.7	37,800	22,900	357
安良港大排出口		0.152	8.64	0.18	26.9	136	31.1	ND	35.6	36,700	22,500	310
南迴轉池		0.571	10.0	0.16	31.6	156	35.4	ND	41.0	42,000	26,900	348
102號碼頭		0.609	9.70	0.14	27.6	144	32.3	ND	40.1	37,600	23,300	380
西一西二碼頭		0.685	10.4	0.18	32.0	120	35.9	ND	41.3	33,200	20,600	293
北迴轉池		0.647	9.94	0.14	27.2	146	30.3	ND	38.6	28,100	16,200	239
6號碼頭		0.609	9.51	0.15	29.8	140	31.9	ND	38.9	31,600	18,600	292
22號碼頭		0.571	9.50	0.18	28.0	155	30.3	ND	38.5	40,900	25,200	376
梧棲大排出口	2008.07.15	0.647	8.92	ND	32.7	159	36.1	ND	58.9	37,100	23,900	444
安良港大排出口		0.685	9.09	ND	33.1	158	36.9	ND	58.8	37,700	24,100	447
南迴轉池		1.14	8.07	ND	32.4	164	36.4	ND	69.8	36,600	23,000	467
102號碼頭		0.532	8.96	ND	32.8	158	36.8	ND	62.3	37,000	23,700	442
西一西二碼頭		0.038	8.84	ND	32.3	174	36.7	ND	64.2	38,000	24,000	469
北迴轉池		0.647	9.07	ND	31.5	157	35.0	ND	60.0	33,500	22,000	477
6號碼頭		0.685	8.48	ND	30.7	147	34.5	ND	57.6	37,400	23,700	474
22號碼頭		0.609	8.44	ND	32.8	155	36.6	ND	59.0	36,000	22,700	462
底泥品質指標	下限值	無標準	11.0	0.23	48.0	140	50.0	0.65	76.0	無標準	無標準	無標準
	上限值	無標準	33.0	0.87	161	384	157	2.49	233	無標準	無標準	無標準

監測期間：2008/01～2008/12

表 2-16　臺中港務分公司(原臺中港務局)2009 年底泥檢測結果

採樣位置	項目 單位	總有機物 %	砷 mg/kg	汞 mg/kg	鉛 mg/kg	鋅 mg/kg	銅 mg/kg	鎘 mg/kg	鉻 mg/kg	鐵 mg/kg	鋁 mg/kg	錳 mg/kg
方法偵測極限	MDL	無	0.634	0.095	2.38	6.14	1.32	0.149	2.98	無	無	無
梧棲大排出口	2009.04.30	0.226	5.98	0.26	17.8	88.7	25.5	<0.50	19.8	21,000	13,000	182
安良港大排出口		0.151	6.61	0.514	19.2	86.5	26.3	<0.50	20.1	21,100	12,500	170
南迴轉池		0.151	6.19	0.495	16.8	78.9	18.8	<0.50	15.3	21,200	13,700	178
102號碼頭		0.075	6.12	0.585	10.5	55.6	13.0	<0.50	10.2	21,500	13,000	177
西一西二碼頭		0.151	6.06	0.205	14.6	74.1	23.8	<0.50	16.6	21,700	13,200	175
北迴轉池		0.038	7.78	0.291	20.0	94.6	23.6	<0.50	20.9	21,900	13,100	169
6號碼頭		0.151	6.74	0.155	19.5	99.2	30.8	<0.50	22.2	21,100	12,800	164
22號碼頭		0.113	6.00	0.172	17.4	93.8	30.0	<0.50	21.5	20,800	12,800	171
梧棲大排出口	2009.08.19	0.757	9.37	0.174	22.3	83.2	22.1	<0.50	23.1	26,000	19,200	127
安良港大排出口		0.606	9.32	0.197	18.1	80.6	25.0	<0.50	23.7	25,600	17,200	127
南迴轉池		0.303	9.25	0.190	18.6	85.4	21.0	<0.50	20.2	25,500	19,400	126
102號碼頭		0.379	9.51	0.226	13.3	62.8	15.5	<0.50	14.1	25,000	17,900	124
西一西二碼頭		0.151	6.17	0.133	11.9	70.2	13.1	<0.50	19.6	18,500	12,500	142
北迴轉池		0.757	10.0	0.257	25.0	90.2	25.0	<0.50	23.8	24,300	17,800	119
6號碼頭		0.606	9.73	0.212	17.6	90.0	23.7	<0.50	25.3	24,000	17,300	122
22號碼頭		0.454	9.06	0.214	15.6	86.7	24.6	<0.50	23.2	24,400	17,800	118
底泥品質指標	下限值	無標準	11.0	0.23	48.0	140	50.0	0.65	76.0	無標準	無標準	無標準
	上限值	無標準	33.0	0.87	161	384	157	2.49	233	無標準	無標準	無標準

監測期間：2009/01～2009/12

表 2-17　臺中港務分公司(原臺中港務局)2010 年底泥檢測結果

採樣位置	項目 單位	總有機物 %	砷 mg/kg	汞 mg/kg	鉛 mg/kg	鋅 mg/kg	銅 mg/kg	鎘 mg/kg	鉻 mg/kg	鐵 mg/kg	鋁 mg/kg	錳 mg/kg
方法偵測極限	MDL	無	0.634	0.095	2.38	6.14	1.32	0.149	2.98	無	無	無
梧棲大排出口	2010.01.29	0.233	5.53	0.165	16.4	98.6	21.0	<0.50	29.2	37,500	22,000	442
安良港大排出口		0.272	6.21	0.210	25.0	105	31.4	<0.50	32.8	38,500	20,700	453
南迴轉池		0.194	9.32	0.111	22.4	118	28.2	<0.50	66.9	38,800	21,500	446
102號碼頭		0.466	7.03	0.246	14.1	74.6	18.1	<0.50	41.2	36,500	21,800	431
西一西二碼頭		0.310	6.35	0.125	20.6	80.1	21.8	<0.50	36.4	38,400	21,700	439
北迴轉池		0.155	9.62	0.151	28.3	128	25.6	<0.50	60.4	39,200	21,400	460
6號碼頭		0.349	8.82	0.158	26.7	120	33.2	<0.50	49.9	39,000	21,600	441
22號碼頭		0.427	7.54	0.147	18.7	90.4	36.8	<0.50	44.2	38,700	21,600	433
梧棲大排出口	2010.08.10	0.267	5.50	ND	15.7	105	18.4	<0.50	19.0	13,600	18,600	207
安良港大排出口		0.497	5.95	0.139	14.5	68.6	13.6	<0.50	21.5	14,000	18,900	215
南迴轉池		0.304	6.12	N.D.	15.4	68.1	13.5	<0.50	42.7	14,300	19,000	211
102號碼頭		0.532	5.67	0.119	15.9	77.2	14.2	<0.50	31.6	13,700	18,400	200
西一西二碼頭		0.230	5.81	0.137	19.8	114	23.4	<0.50	27.2	13,900	19,000	209
北迴轉池		0.419	6.50	0.121	19.0	95.3	17.5	<0.50	38.4	14,900	19,700	225
6號碼頭		0.382	5.84	0.141	20.7	109	21.0	<0.50	34.3	13,700	18,900	221
22號碼頭		0.343	6.72	0.109	19.2	91.3	17.7	<0.50	34.7	15,400	19,600	226
底泥品質指標	下限值	無標準	11.0	0.23	48.0	140	50.0	0.65	76.0	無標準	無標準	無標準
	上限值	無標準	33.0	0.87	161	384	157	2.49	233	無標準	無標準	無標準

監測期間：2010/01～2010/12

表 2-18　臺中港務分公司(原臺中港務局)2011 年底泥檢測結果

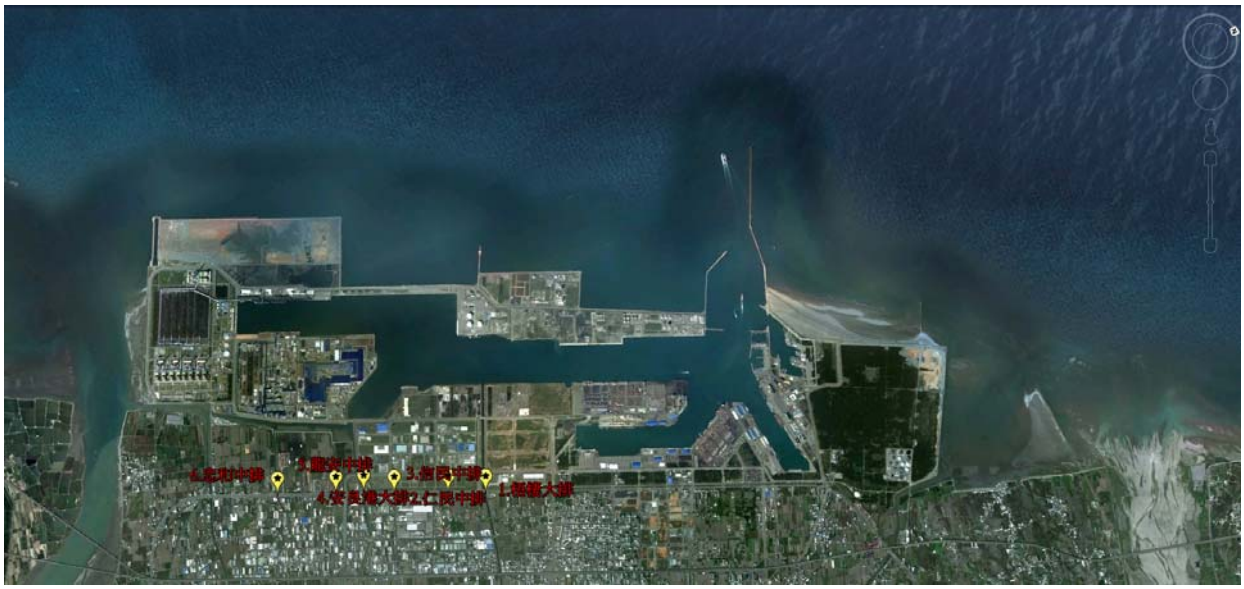
採樣位置	項目 單位	總有機物 %	砷 mg/kg	汞 mg/kg	鉛 mg/kg	鋅 mg/kg	銅 mg/kg	鎘 mg/kg	鉻 mg/kg	鐵 mg/kg	鋁 mg/kg	錳 mg/kg
方法偵測極限	MDL	無	0.634	0.095	2.38	6.14	1.32	0.149	2.98	無	無	無
梧棲大排出口	2011.03.11	0.270	5.82	0.127	22.3	89.0	21.8	<0.50	37.3	24,2011	11,300	205
安良港大排出口		0.270	6.27	0.169	15.4	76.9	19.9	<0.50	43.2	26,500	11,400	250
南迴轉池		0.232	8.32	0.107	27.8	123	35.0	<0.50	51.2	25,900	15,400	226
102號碼頭		0.390	6.90	0.210	21.2	99.0	38.1	<0.50	46.3	25,800	11,300	230
西一西二碼頭		0.309	6.31	0.128	31.0	130	26.5	<0.50	63.6	23,900	13,400	218
北迴轉池		0.350	8.19	0.140	26.0	105	28.8	<0.50	69.4	26,700	15,700	221
6號碼頭		0.350	7.30	0.160	18.4	96.0	22.5	<0.50	32.1	25,700	15,300	218
22號碼頭		0.390	7.07	0.130	26.3	105	28.5	<0.50	33.5	25,600	14,400	233
梧棲大排出口	2011.08.03	0.310	5.85	ND	13.7	77.4	11.8	ND	15.5	35,400	24,2011	245
安良港大排出口		0.272	5.79	ND	15.4	76.4	11.4	0.34	18.8	31,200	23,800	244
南迴轉池		0.349	5.81	ND	12.4	71.0	9.81	ND	17.4	32,900	22,700	256
102號碼頭		0.272	5.99	ND	13.3	99.7	11.9	ND	18.1	36,800	23,800	253
西一西二碼頭		0.272	5.99	ND	14.9	84.6	13.1	ND	18.3	32,800	20,200	250
北迴轉池		0.310	5.45	ND	13.3	80.5	10.6	ND	16.9	35,600	19,900	238
6號碼頭		0.349	5.73	ND	11.6	78.8	9.90	ND	13.3	37,200	26,400	259
22號碼頭		0.388	5.87	ND	11.9	77.7	10.2	ND	15.5	33,300	24,700	272
底泥品質指標	下限值	無標準	11.0	0.23	48.0	140	50.0	0.65	76.0	無標準	無標準	無標準
	上限值	無標準	33.0	0.87	161	384	157	2.49	233	無標準	無標準	無標準

監測期間：2011/01～2011/12

2.6 陸域水質

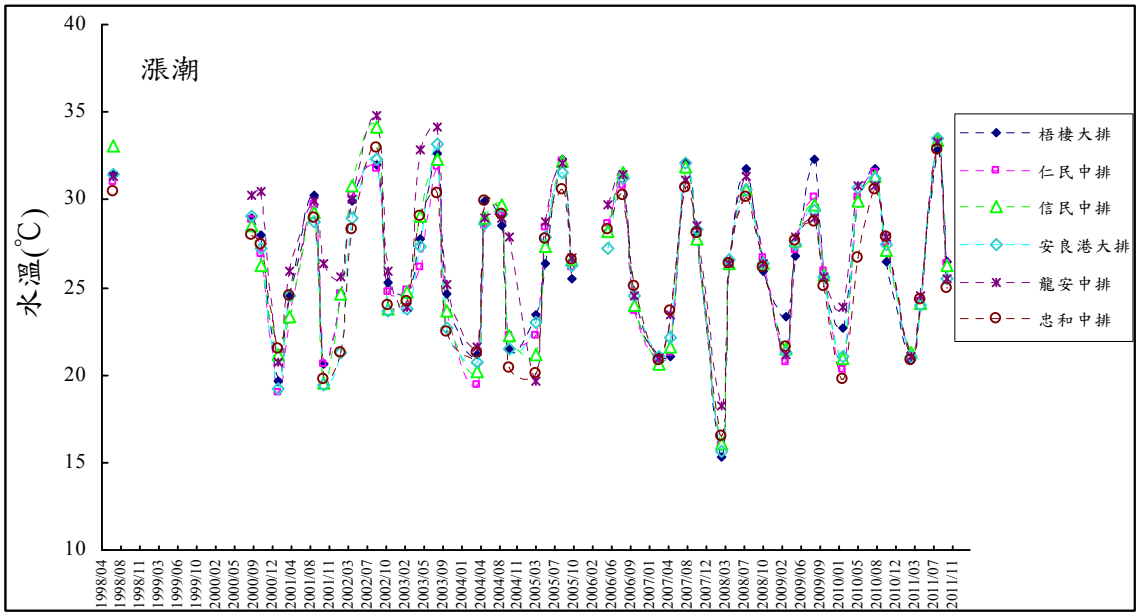
2.6.1 匯入臺中港域排水路水質

臺中港區港池呈狹長型，長約7~8 km，水域寬度則僅約0.5 km，水質由於受到來自梧棲區與龍井區上游排水路家庭及工業廢水排入港內，加以港內潮汐漲退之影響，致港內水質變化較大。依據臺中港務分公司「臺中港區環境調查監測分析」歷年調查結果(監測位置如圖2-48所示)，由1998年至2011年期間流入臺中港的各大排與中排水質變化如圖2-49至圖2-56所示。整體而言，陸域水質狀況不佳，各中、大排水路除了生活、畜牧污水排入外，又因緊鄰工業區，亦可能受工業廢水影響。在溶氧、生化需氧量、懸浮固體、大腸桿菌群、氨氮及總磷等項目多無法符合「陸域水體水質標準」，且以溶氧時常出現偏低(圖2-51)；而生化需氧量(圖2-52)及大腸桿菌群(圖2-54)，營養鹽類之氨氮(圖2-55)與總磷(圖2-56)無論於漲退潮期間均常遠高標準值，顯示上游排水路受到來自生活、畜牧廢污水嚴重污染。



資料來源：臺中港務分公司「2008年(97年度)臺中港區環境調查監測分析」，影像來源：Google earth

圖 2-48　陸域水質監測點位圖



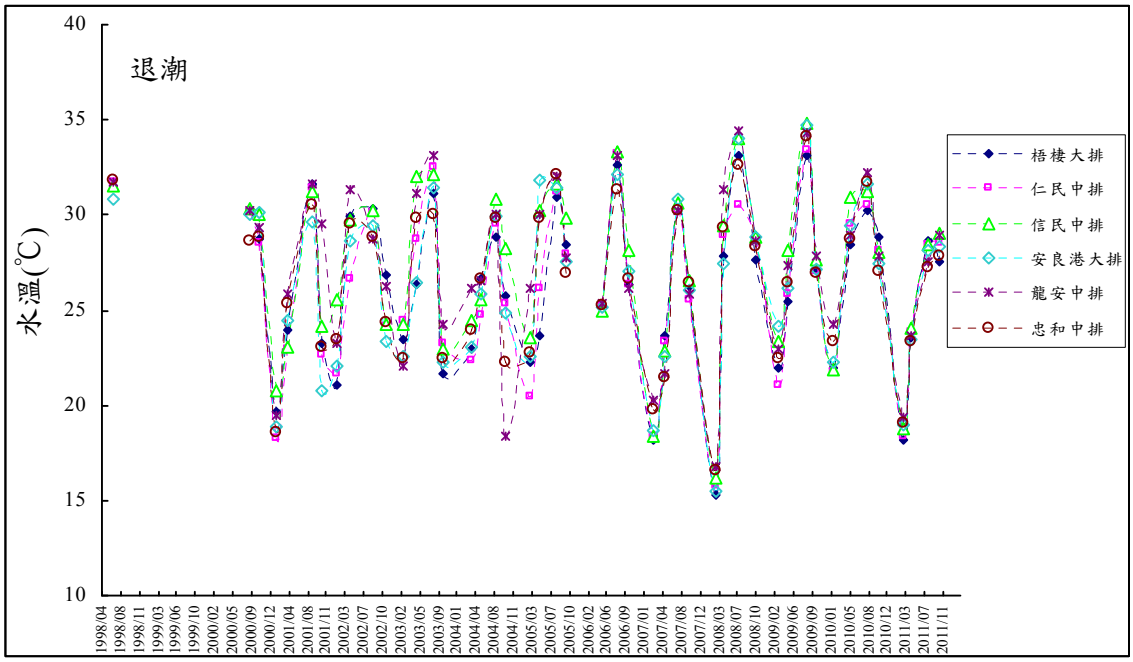


圖 2-49　上游陸域水質之歷年漲退潮期間水溫變化

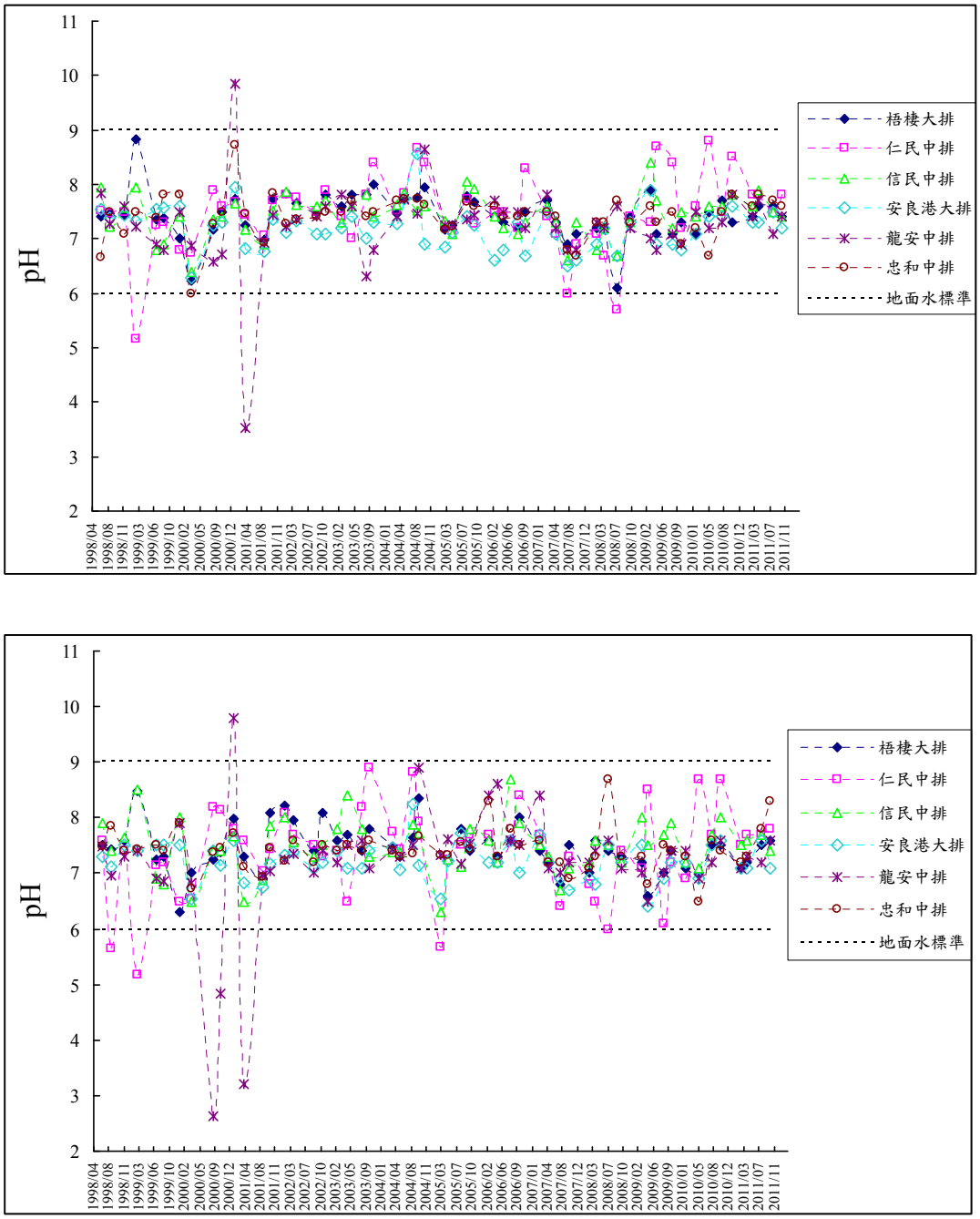


圖 2-50　上游陸域水質之歷年漲退潮期間 pH 變化(6~9)

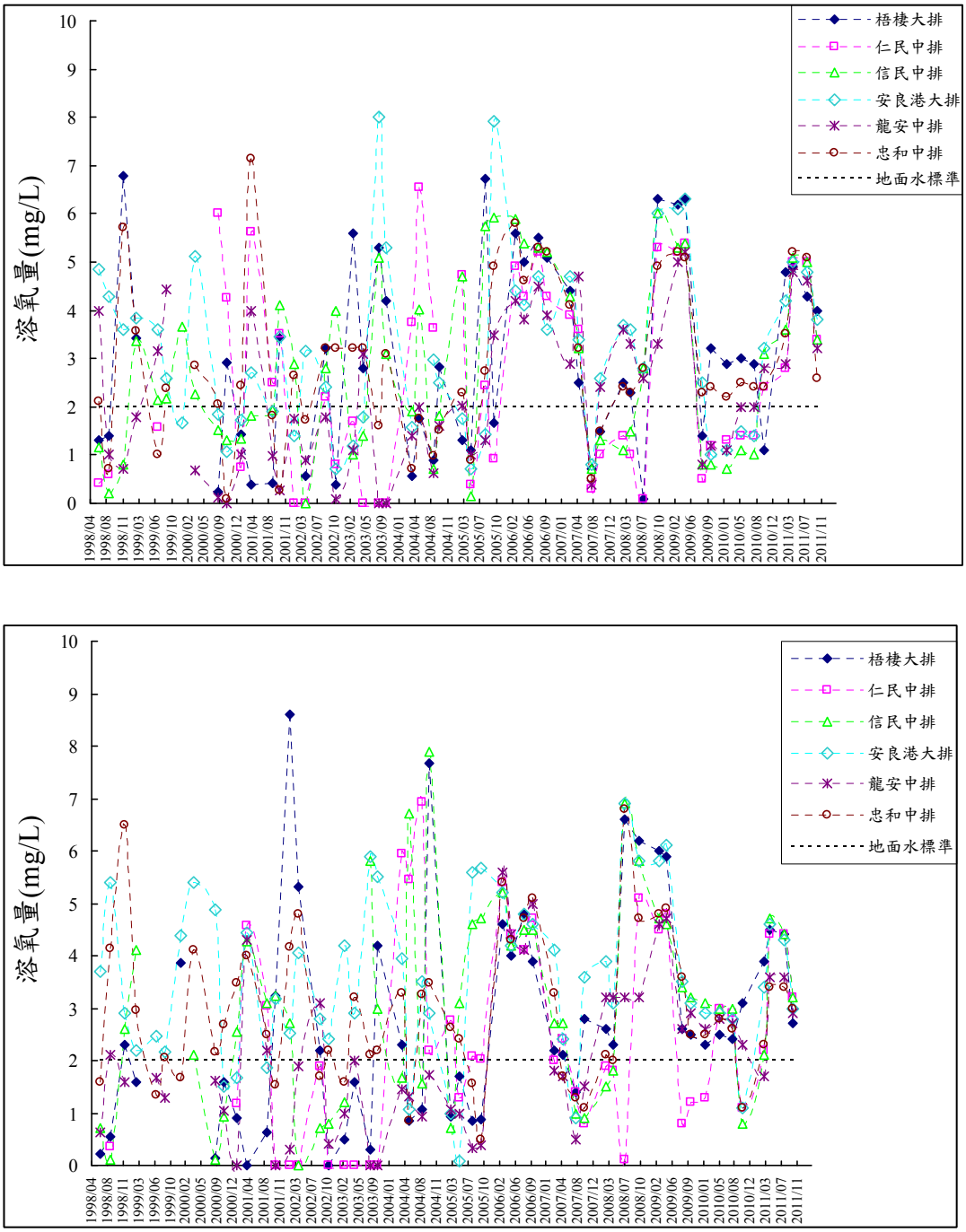


圖 2-51　上游陸域水質之歷年漲退潮期間溶氧量變化(≥2.0 mg/L)

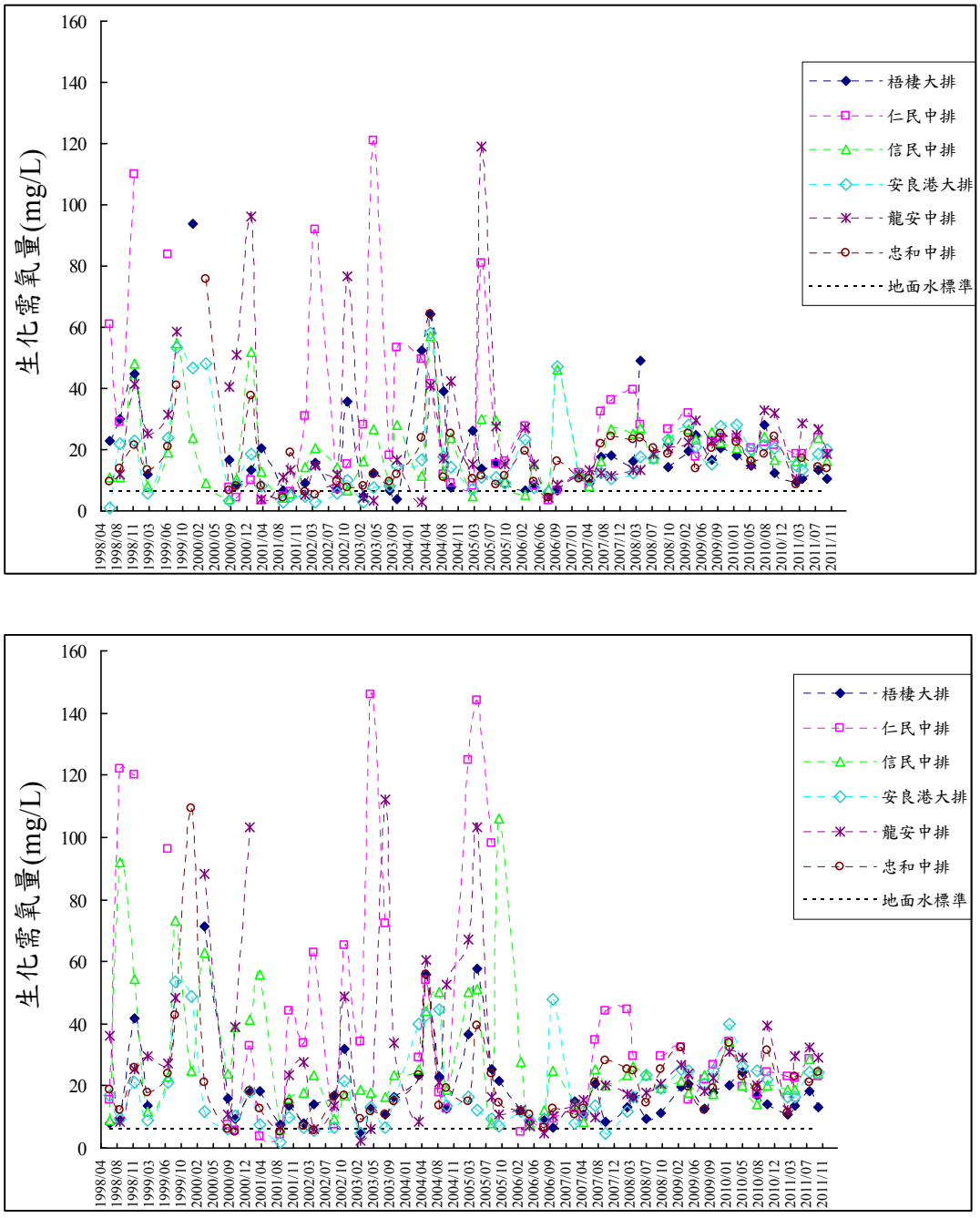


圖 2-52　上游陸域水質之歷年漲退潮期間生化需氧量變化(≤6.0 mg/L)

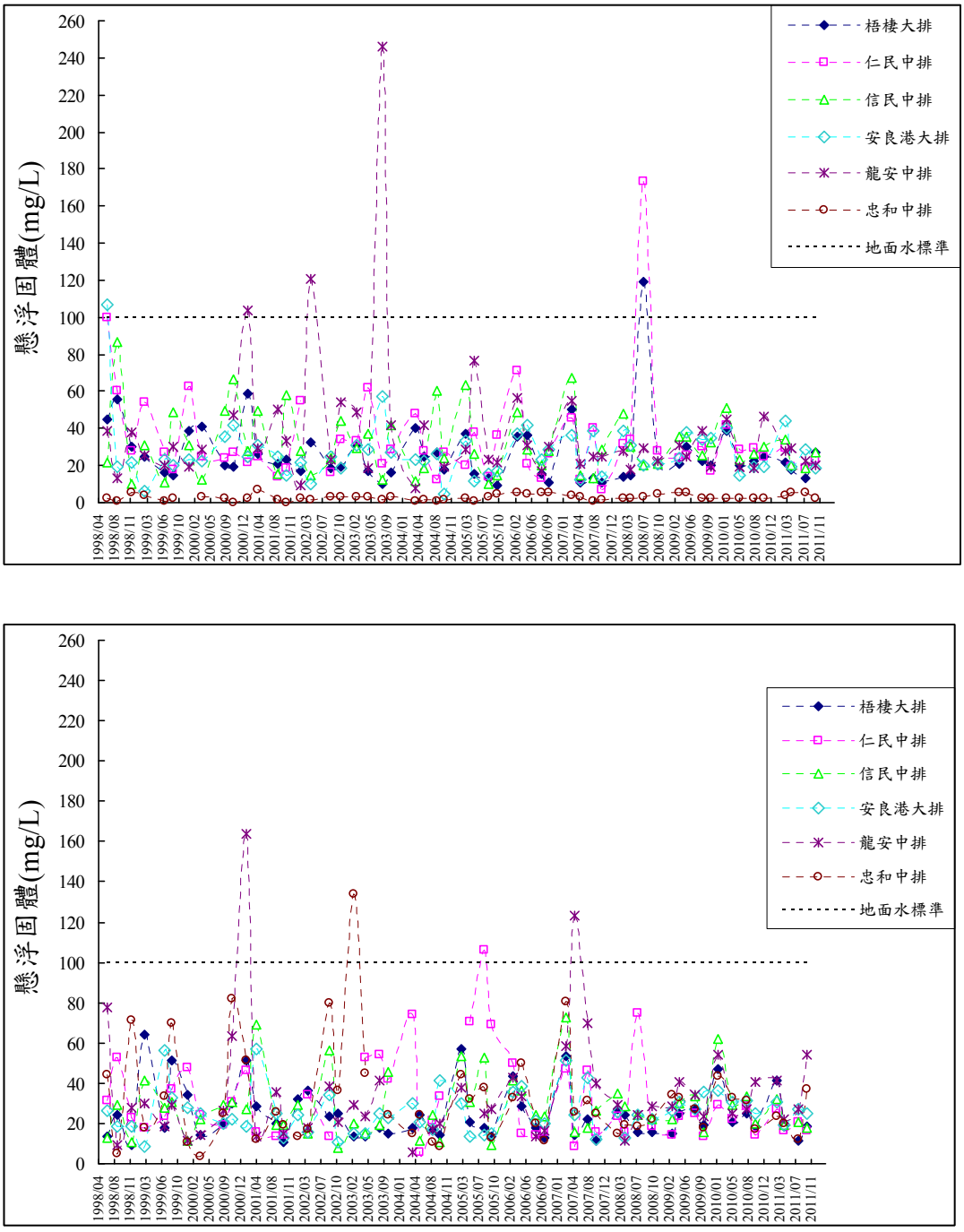


圖 2-53　上游陸域水質之歷年漲退潮期間懸浮固體變化(≤100 mg/L)

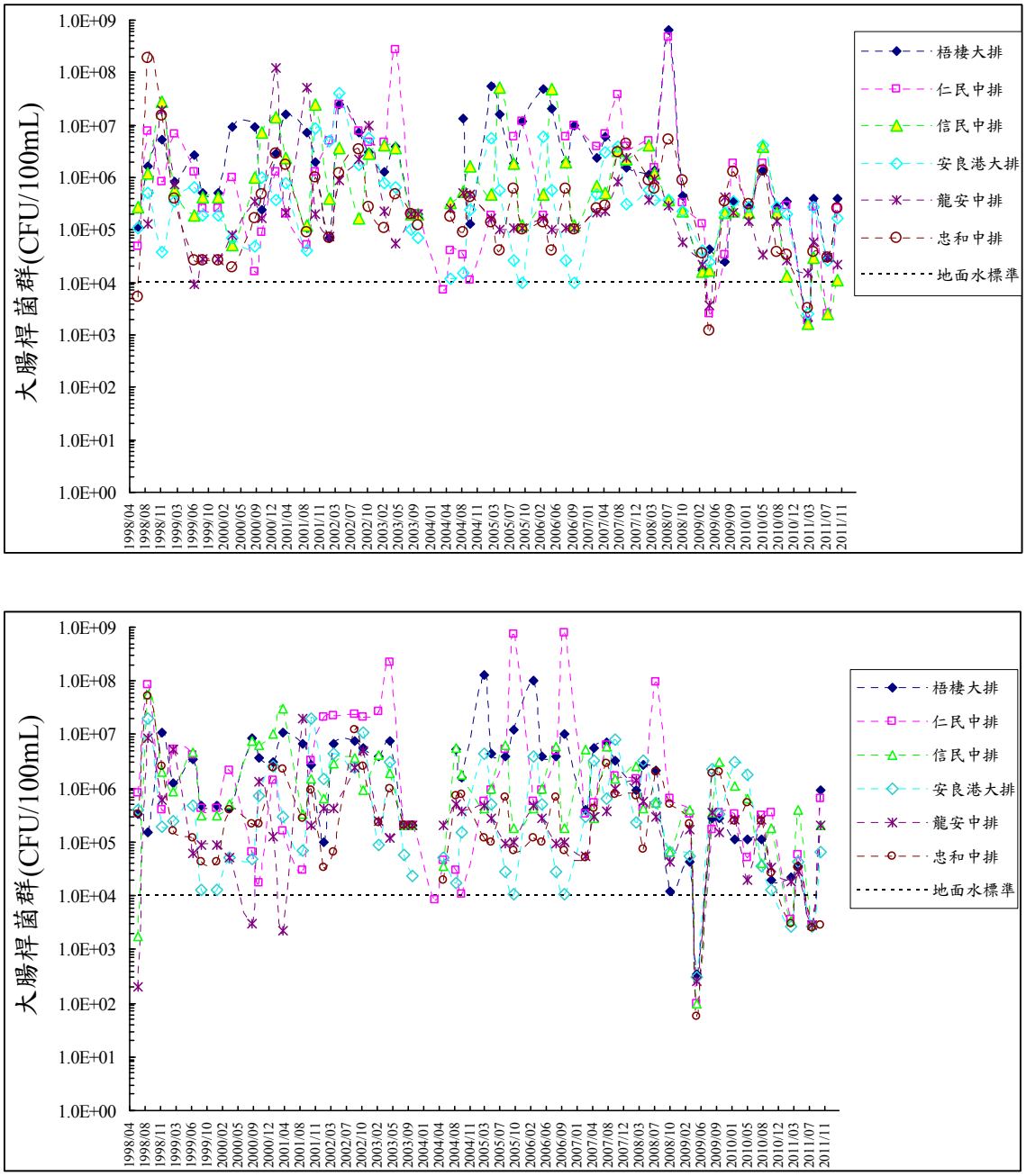


圖 2-54　上游陸域水質之歷年漲退潮期間大腸桿菌群變化 (≤10,000 CFU/100 mL)

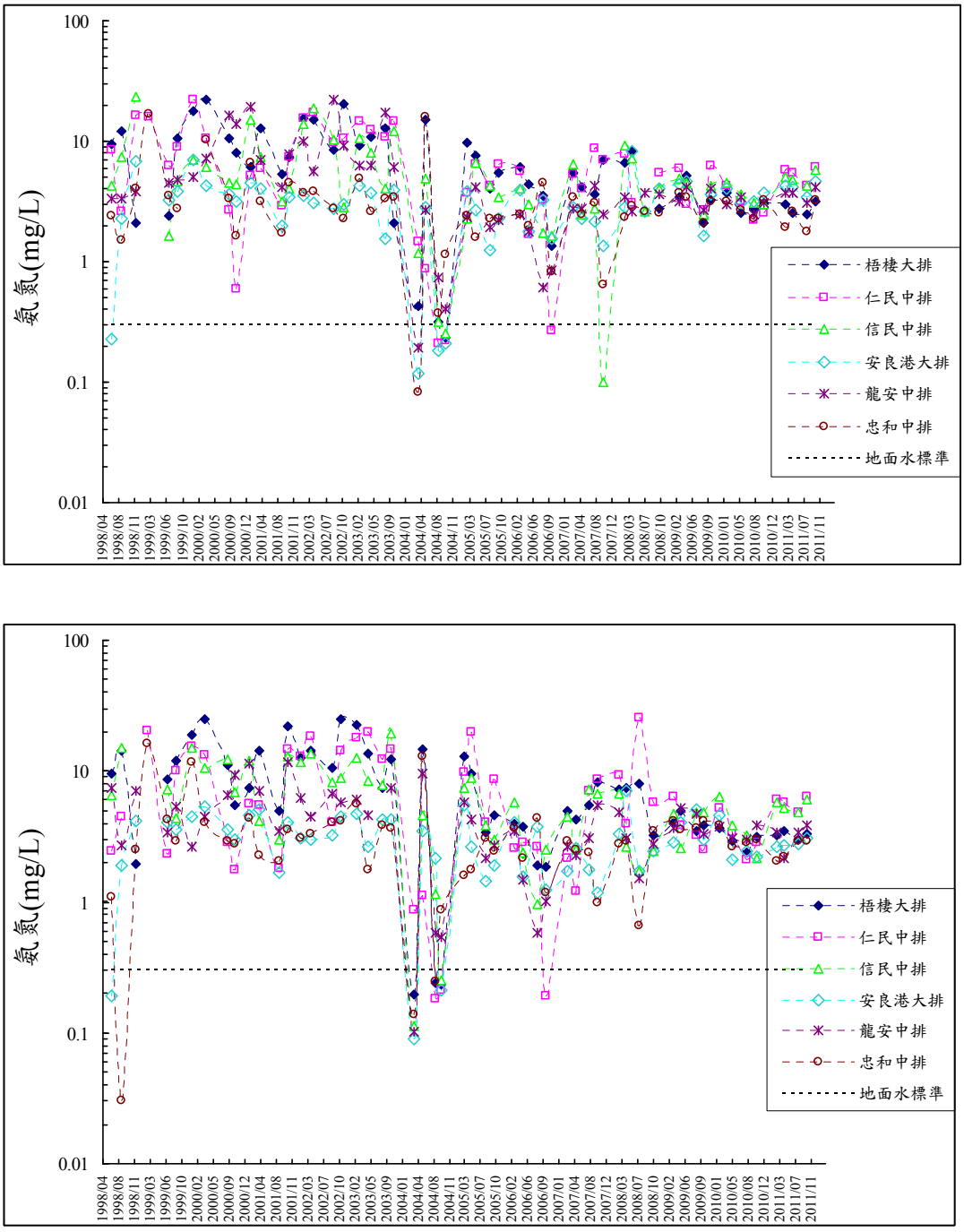


圖 2-55　上游陸域水質之歷年漲退潮期間氨氮變化(≤0.3 mg/L)

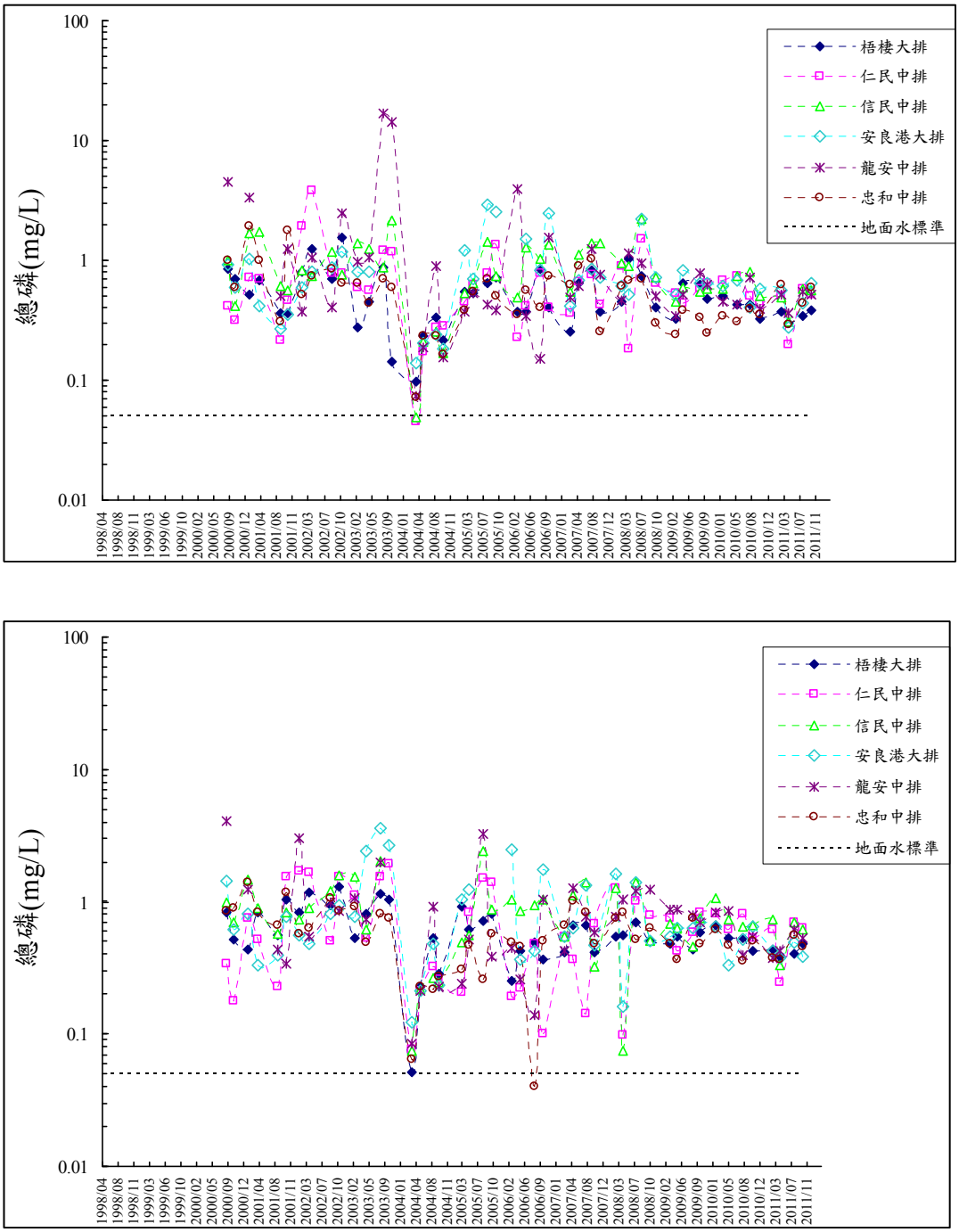


圖 2-56　上游陸域水質之歷年漲退潮期間總磷變化(≤0.05 mg/L)

2.6.2 可能污染來源

臺中港整體海域環境水體品質，主要受匯入港域之中、大排影響。而導致水體品質變動者，多來自畜牧與生活等有機方面耗氧之氮、磷類物質，即屬於有機性廢水，而多屬於無機性廢之水重金屬方面則未有特別異常之處。

臺中港區鄰近臺中市梧棲區與龍井區，藉由環保署水污染民眾公開查詢系統(http://223.200.80.24/opensearch/index.asp)之查詢收集，可以瞭解前述兩區之事業管制現況。由截至2012年9月查詢資料統計結果可知，位於梧棲區計有92家事業，龍井區則有55家，詳細資料如表2-19及表2-20所示。

依照其事業類別分類，梧棲區包含：土石加工業、化工業、水泥業、石油化學專業區以外之工業區、石油化學業、印染整理業(印花、梭織布染整者)、其他工業、其他中央主管機關指定之事業、金屬表面處理業、金屬基本工業、洗車場、玻璃業、食品製造業、修車廠、紡織業、貨櫃集散站經營業、造紙業(未使用廢紙為原料者)、晶圓製造及半導體製造業、電鍍業、製革業(生皮製成成品皮者)、製粉業、廢棄物焚化廠或其他廢棄物處理廠(場)、橡膠製品製造業、應回收廢棄物回收處理業、醫院、醫事機構、觀光旅館(飯店)、畜牧業、屠宰業、餐飲業、社區下水道等。其中除來自傳統之社區下水道與畜牧業、屠宰業、餐飲業及醫院、醫事機構、觀光旅館(飯店)皆可能排放有機性廢水外，來自石油化學業因廢水量大且含揮發性物質，當排放之過量營養鹽時，亦為影響近岸水體品質優氧化之可能來源之一。

而龍井區包含：土石方堆(棄)置場、化工業、水泥業、石油化學專業區以外之工業區、石油化學業、印染整理業(印花、梭織布染整者)、印染整理業(筒紗、絞紗染色、針織布及不織布染整者)、其他工業、其他指定地區或場所專用下水道、金屬表面處理業、金屬基本工業、洗車場、紡織業、造紙業(使用廢紙為原料達 60%以上者)、發電廠、貯煤

場、電鍍業、食品製造業、社區下水道等。同樣本區之食品製造業與社區下水道皆為有機廢污水之來源以外，其造紙業及印染整理業者，亦為有機廢水來源之一。

因本研究並未實際進行水域污染源現地調查，因此無法進一步明確釐清實際之污染事業廠商，但後續未來可配合蒐集分析臺中市環保局「101年度臺中市強化海洋污染稽查緊急應變能力及港區污染熱區稽查管制計畫」中，所執行之水污染稽查管制與巡查成果，或可找出主要之污染來源與違法排放之廠商。未來欲持續保護與提升改善臺中港域水體與鄰近沿海海域水體品質，除應持續強化陸域水污染及港域船舶稽查管制與巡查，如成立河川與港域巡守志工隊外，如何主動來削減匯入港區排水污染熱區之污染量，亦為後續可納入考量與推行及努力之方向。可行之因應對策，可朝向兩方面進行。

污染稽查管制與削減：配合臺灣港務股份有限公司-臺中港務分公司(民營化前身為臺中港務局)調查成果，將可能之污染來源通報臺中市政府環境保護局，加強定期與不定期，以及夜間污染稽查管制。由環保局與委辦單位針對商漁港依照季節與船舶活動密集度進行污染巡察(50船次/年)，同時對於排入港區污染熱區之事業放流水進行稽查採樣(50家次/年)，同時對於不明暗管與繞流排放管線加以鉛封及追查與依法嚴厲處分。

落實海域工程施作管理：由環保局配合海巡單位，針對海域工程施工單位進行近岸與海上稽巡查，針對申請之開發單位進行每季至少1次之定期與不定期稽查，而施工活動密集期間更應加強稽查頻率。

表 2-19　臺中市梧棲區列管事業一覽表

事業別	流域別	事業名稱
土石加工業	其他	民峰實業(股)公司-梧棲預拌混凝土廠
	其他	鑫岳石材有限公司
化工業	其他	聯友科技股份有限公司
	其他	巨菱精密化學股份有限公司
	海	理盛精密科技股份有限公司
	其他	聯華氣體工業股份有限公司中港分公司
	其他	頂盛通國際股份有限公司
	其他	亞東工業氣體股份有限公司台中分公司
	海	藍海氣體工業股份有限公司
	海	貝民股份有限公司台中港廠
	海	台灣肥料股份有限公司台中廠
水泥業	其他	昇佑企業有限公司
	其他	野馬企業股份有限公司梧棲廠
石油化學專業區以外之工業區	海	中港加工出口區污水下水道系統
石油化學業	其他	中美和石油化學股份有限公司台中廠
	海	台灣中油股份有限公司天然氣事業部 台中液化天然氣廠
印染整理業(印花、梭織布染整者)	海	浤正企業有限公司一廠
	海	造新織造廠股份有限公司
其他工業	海	裕昌生物科技股份有限公司
	海	台灣微電股份有限公司
	海	今國光學工業股份有限公司中港分公司
	其他	台灣特格股份有限公司
	其他	積水塑膠管材股份有限公司
	其他	元亨泰水轉印有限公司
	海	三櫻企業股份有限公司 中港分公司
	其他	世界中心科技股份有限公司
	海	鎳琪塑膠股份有限公司中港分公司
	其他	技迪科技股份有限公司
	其他	大發管材工業股份有限公司中港分公司
	海	東昀綠能再生股份有限公司關連廠
	海	積水塑膠管材股份有限公司二廠
	海	雅景石材有限公司
	海	光聯科技股份有限公司五廠
其他中央主管機關指定之事業	海	中聯資源股份有限公司安定化場
社區下水道其流量大於 250 立方公尺/日	其他	台灣銀行台中港分行

表 2-19(續 1)　臺中市梧棲區列管事業一覽表

事業別	流域別	事業名稱
社區下水道其流量介於 50～250 立方公尺/日	海	鉅國京華
金屬表面處理業	海	華新麗華股份有限公司
	海	愛地雅工業股份有限公司
	海	永筑股份有限公司
	其他	維勝特企業股份有限公司
	海	昱龍不銹鋼股份有限公司
	其他	佶鑫琺瑯股份有限公司
	海	鎰利金屬股份有限公司
金屬基本工業	海	嘉陽鑄造工業股份有限公司
	海	金功鑄造股份有限公司
	海	奇鼎鍛壓工業股份有限公司
	其他	帝壹統環保科技股份有限公司台中廠
洗車場	海	洽泉企業股份有限公司(中華加油站)
	其他	建發加油站有限公司
玻璃業	海	台灣汽車玻璃股份有限公司台中廠
	海	台灣玻璃工業股份有限公司台中廠
	海	台灣玻璃工業股份有限公司台中廠平板三場
	其他	台灣玻璃工業股份有限公司台中加工場
	海	今國光學工業股份有限公司
	海	台灣電氣硝子股份有限公司
食品製造業	海	宏全國際股份有限公司無菌飲料二廠
	海	隨興製冰冷凍股份有限公司
	海	成偉食品股份有限公司二廠
	海	華元食品股份有限公司第二廠
	海	華元食品股份有限公司
	海	成偉食品股份有限公司
	海	宏全國際股份有限公司中港分公司
修車廠	海	山隆通運股份有限公司(台中港汽車修理廠)
	海	福民通運股份有限公司台中廠
畜牧業(一) 適用非草食性動物，如豬、雞、鴨、鵝等。 紡織業	海	洽興畜牧場
	海	福大棉業股份有限公司一廠
	海	高林紡織廠股份有限公司
	海	良紗紡織股份有限公司
	海	陸豐實業股份有限公司
	海	大晃實業股份有限公司梧棲廠

表 2-19(續 2)　臺中市梧棲區列管事業一覽表

事業別	流域別	事業名稱
屠宰業	其他	陸水班屠宰場
	海	鋐牧有限公司
貨櫃集散站經營業	海	偉聯運輸股份有限公司
	海	萬海航運股份有限公司
	海	長榮國際儲運股份有限公司
	海	建新國際股份有限公司
造紙業(未使用廢紙為原料者)	海	正隆股份有限公司台中廠
晶圓製造及半導體製造業	海	友達晶材股份有限公司中港廠
電鍍業	海	嵩龍實業有限公司
	大甲溪	欽福工業有限公司
	海	哲誠工業股份有限公司
製革業(生皮製成成品皮者)	海	蒔韓企業股份有限公司
製粉業	海	進方企業股份有限公司
廢棄物焚化廠或其他廢棄物處理廠(場)	海	祥祐資源再生股份有限公司
橡膠製品製造業	其他	明源橡膠工業股份有限公司台中分公司
	其他	羊泰橡膠股份有限公司中港分公司
餐飲業	海	新天地國際實業股份有限公司梧棲分公司
應回收廢棄物回收處理業	海	宏偉環保科技有限公司
醫院、醫事機構	海	忠港醫院
	海	明德醫院
	海	童綜合醫療社團法人童綜合醫院(梧棲院區)
觀光旅館(飯店)	其他	上福台中港酒店

表 2-20　臺中市龍井區列管事業一覽表

事業別	流域別	事業名稱
土石方堆(棄)置場	海	東億關連土石方資源堆置處理場
	海	大盛環保股份有限公司
	其他	立勝土石方資源堆置處理場
化工業	其他	又華股份有限公司龍井廠
水泥業	其他	南華水泥股份有限公司台中一、二廠
	其他	業信企業有限公司關連廠
	其他	餘慶堂興業股份有限公司研磨廠
	大甲溪	野馬預拌混凝土有限公司
	海	野馬企業股份有限公司
石油化學專業區以外之工業區	海	台中港特定區污水處理廠
石油化學業	其他	時超科技股份有限公司
印染整理業(印花、梭織布染整者)	海	廣泰展業有限公司
	海	正辦實業有限公司
	海	鉅曜實業股份有限公司
印染整理業(筒紗、絞紗染色、針織布及不織布染整者)	海	吉拓實業股份有限公司
	海	宏展工業社
	海	汰原實業有限公司
其他工業	其他	源興車體有限公司第二廠
	海	中聯資源股份有限公司台中廠
	海	中聯資源股份有限公司南堤廠
	海	旭洋實業有限公司
其他指定地區或場所專用下水道	其他	臺中縣龍井鄉公所
社區下水道其流量大於 250 立方公尺／日	大甲溪	東海學苑學生宿舍污水下水道系統
社區下水道其流量介於 50～250 立方公尺／日	其他	豪隆王朝集合住宅
	烏溪	漢宇公園污水下水道系統
	烏溪	金牌國宅
	烏溪	御璽京華
	筏子溪	皇家莊園
	烏溪	天籟地球村污水下水道系統
金屬表面處理業	海	宏昌五金工業社
	烏溪	統業實業股份有限公司
	海	環彰五金股份有限公司
	海	淞頂股份有限公司
	其他	如泰精密工業有限公司三港廠
	海	佳允工業有限公司

表 2-20(續)　臺中市龍井區列管事業一覽表

事業別	流域別	事業名稱
金屬基本工業	海	中龍鋼鐵股份有限公司
	其他	煜益鋁業股份有限公司
	烏溪	聖鑫發工業有限公司
	其他	祥益材料科技股份有限公司
	海	鑫佶熱處理股份有限公司
洗車場	烏溪	王品台塑加油站企業有限公司新粧加油站
	烏溪	全國加油站股份有限公司全國龍井加油站
	烏溪	山隆通運股份有限公司(山隆竹坑加油站)
	其他	台大加油站股份有限公司龍井營業處 台大龍井加油站
食品製造業	海	元信食品實業社
紡織業	海	源興紡織股份有限公司
	海	高林紡織廠股份有限公司二廠
	烏溪	崇竣實業股份有限公司
造紙業(使用廢紙為原料達 60%以上者)	海	大昌紙業股份有限公司
	海	東記造紙股份有限公司
發電廠	海	台灣電力股份有限公司台中發電廠 〔麗水場區貯煤場〕
	海	台灣電力股份有限公司台中發電廠
貯煤場	海	台灣電力股份有限公司台中發電廠 (茄投路貯煤場)
	烏溪	新穎元股份有限公司
電鍍業	海	金吉益企業股份有限公司

2.7 海域生態

臺中港環境監測調查分析計畫為此區域海域生態相關資料中時間序列較完整之研究，在本研究分析臺中港海域生態變化趨勢時係以臺中港環境監測調查分析計畫之海域生態監測項目為主要之資料來源。

其中依據臺中港務分公司2009年環境調查結果顯示(http://www.tchb.gov.tw/Data/default.htm)，浮游植物的群聚結構穩定而不易受環境影響，浮游植物的物種豐富且無明顯優勢種類的出現。浮游動物的群聚結構雖會受到環境的影響而改變，但衝擊較小，其優勢種為哲水蚤。全年皆可捕獲環節、軟體及節肢動物，相較與港區外，

港區內的底棲生物比較容易受環境影響而改變。魚類方面全年皆可捕獲仰口鯆及日本帶魚，底棲魚類群聚穩定不易受環境影響。

另由2010年海域生態調查結果顯示，臺中港附近海域浮游植物的物種豐富。本海域4季皆可採集到魚卵，顯示為魚類的產卵場；浮游動物物種的第1、2季的均勻度指數平均為0.75及0.77，顯示種間個體數分布均勻，第3、4季所捕獲的浮游動物，因受哲水蚤數量偏高而使其浮游動物的分布較不均勻。由聚類分析圖分析的結果顯示，臺中港附近海域之底棲生物的群聚結構整體而言可區分港區內與港區外，港外區域尚有地緣關係，港內測站的群聚結構分區不顯著，因此環境改變對港區內的影響較港區外為大；底棲生物就採獲量最高的種類來看，第1季為明亮櫻蛤最高，第2季是明亮櫻蛤、海膽最高，第3與第4季則是以虎斑烏賊為優勢種類，物種的均勻度受某一種類的大量出現而導致其分布不均。臺中港附近海域底棲魚類的群聚結構，港區外的3個測站具有地緣關係，因此群聚結構穩定不易受到環境影響而改變。各測站優勢種生物重金屬含量大致符合國內外所訂定之水產重金屬含量最大限量標準。

2011年海域生態分析結果顯示，臺中港附近海域浮游植物的群聚結構穩定，皆可採集到矽藻門、金黃藻門、藍綠藻門及渦鞭毛藻門等四門的浮游植物，且以矽藻門為此海域浮游植物的主要組成。浮游動物類別大致相同，4季所採得出現率最高的類別皆為哲水蚤。於底棲動物部分，臺中港附近海域4季皆可採獲刺細胞動物、軟體動物、節肢動物及棘皮動物等四門的底棲動物，第1季象牙貝的出現率最高，第2季則是以海膽的出現率最高，第3季是以未知種類的環節動物的出現率最高，第四季則是以明亮櫻蛤的出現率最高。於魚類部分，第1季頸帶鯆的出現率最高，第2季則是以條紋鰍的出現率最高，第3季及第四季則是以細紋鯆的出現率最高，且為港外魚類的優勢種類。於生物體重金屬部份，4季調查結果顯示各測站優勢種生物重金屬含量大致符合國內外所訂定之水產重金屬含量最大限量標準。

此外，依據「臺中港西一號碼頭後線第三儲槽及附屬設施興建工程環境影響說明書(95年度)」中顯示，當時曾於2004年4月2日(第1季)、5月23日(第2季)、8月20日(第3季)及10月10日(第4季)，共進行4季次海域生態調查(測站如圖2-57)進行調查，其結果摘述如下：

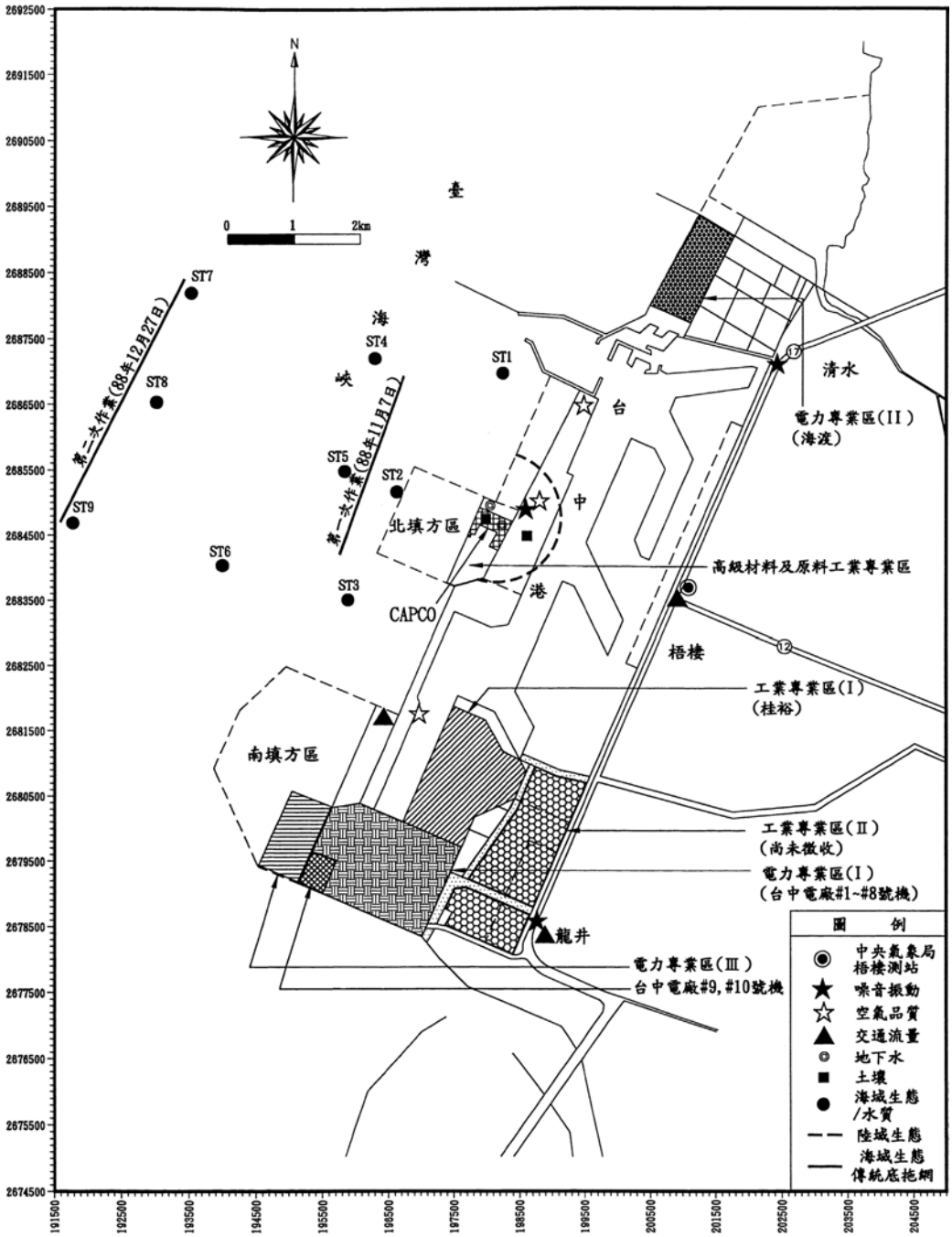


圖 2-57　臺中港西一號碼頭後線第三儲槽及附屬設施興建工程環境影響說明書海域生態監測站位置分布圖

2.7.1 浮游植物

第 1 季採樣時總計採得 50 屬 126 種浮游植物，其中以金黃藻門(*CHRYSOPHYTA*)矽藻綱(*Bacillariophyceae*)之藻類為主；在較靠近港池之測站中採得矽藻 42 屬 85 種，離岸測站採得矽藻 40 屬 94 種。第 2 季採樣時總計採得 41 屬 99 種浮游植物，其中以金黃藻門矽藻綱之藻類為主；較靠近港池之測站採得矽藻 34 屬 84 種，離岸測站採得矽藻 27 屬 59 種。第 3 季採樣時總計採得 36 屬 77 種浮游植物，其中以金黃藻門矽藻綱之藻類為主；較靠近港池之測站採得矽藻 31 屬 64 種，離岸測站採得矽藻 27 屬 49 種。第 4 季採樣時總計採得 36 屬 76 種浮游植物，其中以金黃藻門矽藻綱之藻類為主；較靠近港池之測站採得矽藻 32 屬 57 種，離岸測站採得矽藻 29 屬 57 種。

2.7.2 浮游動物

全年浮游動物調查結果總計採得 7 大類 17 種浮游動物，依百分比為序分別為節肢動物門(*ARTHROPODA*)甲殼綱(*Crustacea*) 83.23%、腔腸動物門(*COELENTERATA*) 6.21%、毛顎動物門(*CHAETOGNATHA*) 3.91 %、被囊亞門(*TUNICATA*) 2.39%、軟體動物門(*MULLUSCA*) 1.79%及環節動物門(*ANNELIDA*)多毛類綱(*Polychaeta*) 0.71%。最優勢浮游動物為節肢動物門甲殼綱的哲水蚤(*Calanus fimmachicus*)、其次為太平洋紡錘金蚤(*Acartia pacifica*)、再其次為對蝦科(*Penaeidae*)幼生及螢蝦科(*Luciferidae*)生物。以浮游動物數量而言，水溫較高之季節，生物量也較高。

2.7.3 底棲生物

底棲生物調查期間共計採獲腔腸動物門(*COELENTERATA*)、環節動物門(*ANNELIDA*)、節肢動物門(*ARTHROPODA*)甲殼綱(*Crustacea*)、軟體動物門(*MOLLUSCA*)、棘皮動物門(*ECHINODERMATA*)及脊索動物門(*CHORDATA*)魚上綱(*Pisces*)等六大類計 26 種底棲生物。其中以甲殼綱生物被採集到的種類最多，共計採得 10 種；其次為軟體動物門生物，

共計採得 9 種。甲殼綱生物中，以槍蝦(*Alpheus lobidens*)、角突仿對蝦(*Parapenaeopsis cornuta*)及中型毛蝦(*Acates intermedius*)等 3 種為最多。若按採樣區位劃分：臨近臺中港之測站中，係以軟體動物門之櫻蛤幼貝(*Moerella* sp.)為最優勢種，約佔 25.22%；其次為環節動物門的強鱗蟲(*Sthenolepis* sp.)，約佔 19.35%；再其次為軟體動物之白豆厚唇螺(*Ringicula doliaria*)，約佔 15.54%。離岸之測站則以甲殼類之長角彷對蝦(*Parapenaeopsis haradwickii*)為最優勢種，約佔 40.83%；其次為斷脊似口蝦蛄(*Oratosquillina interrupta*)，約佔 15%。

2.7.4 魚類

魚類調查係以流刺網在表、中水層進行採樣，另外再以底拖採集底層魚類標本。表層共採得 1 目 2 科 2 種之魚類標本，中層共採得 5 目 15 科 18 種之魚類標本，底層共採得 4 目 4 科 4 種之魚類標本，合計全水層共採得 5 目 15 科 18 種之魚類。最優勢之魚種為粗紋鰨(*Leiognathus lineolatus*)，共採得 5498 尾；其次為杜氏綾鯷(*Thryssa dussumien*)，共採得 104 尾；再其次為丁氏叫姑魚(*Johnius distincus*)，共採得 58 尾；排名為第四優勢種的魚類為大頭花桿狗母(*Trachinocephalus myops*)數量為 41 尾。

2.7.5 生態指數變化

由於臺中港環境監測調查分析計畫在 2003 年至本研究於 2010 年執行期間，海域生態調查所使用之採樣方法並非一致，因此在解析臺中港海域生態資料時，難以進行定量之分析比較。故在本研究中，主要分析臺中港海域生態系統之物種多樣性歧異度、優勢度及均勻度等相對生態指數之變化，其中未能取得臺中港務分公司 2011 年生態調查原始數據而無法進一步解析，故海域生態指數變化分析至 2010 年。

在分析臺中港海域生態系統之物種多樣性時，係使用 Shannon-Wiener 歧異度指數(Shannon-weiner diversity index: H')，以下為此多樣性歧異度指數之計算公式：

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} P_i \log_2 P_i \quad \text{.....(2-28)}$$

其中：

S：各群聚中所記錄到之生物種數

P_i：各群聚中第 i 種物種所佔的數量百分比

在應用上 Shannon-Wiener 歧異度指數(或稱多樣性指數)可綜合反映一群聚內生物種類之豐富度及個體數在種間分配是否均勻。若H'值愈大，則表示群聚間種數愈多或種間分配較均勻，也就是此生態系統之歧異度較大，為一較複雜之生態系統。而 Margalef's 的豐富度指數(Margalef's richness index)係指一個群落或環境中物種數目的多寡，亦表示生物群聚(或樣品)中種類豐富程度的指數。

$SR = (S\text{-}1) / (ln\ N)$

S: 各群聚中所記錄到之生物種數

N: 各群聚中所有種類的個數

在分析臺中港海域生態系統之物種優勢度時，係使用 Simpson 優勢度指數(Simpson dominance index: C)，以下為此優勢度指數之計算公式：

$$C = \sum_{i=1}^{S} (N_i / N)^2 \quad \text{.....(2-29)}$$

S：各群聚中所記錄到之生物種數

N_i：為第 i 種生物之個體數

N：所有種類之個體數

當 C 值愈低時，表示其優勢度愈大，也就是此生態系統具有某些特別優勢的物種存在。

在分析臺中港海域生態系統之物種均勻度時，係使用 Shannon-Wiener 均勻度指數(Evenness index: E)，以下為此均勻度指數之計算公式：

$$E = H'/\log_2 S \quad \text{.....(2-30)}$$

S：各群聚中所記錄到之生物種數

H'：Shannon-Wiener 歧異度指數的值

E 值愈大，表示此生態系統中生物個體數量在種間分配較均勻。

圖 2-58 為臺中港海域浮游植物生態歧異度變化趨勢。圖中實線代表臺中港內浮游植物 Shannon-Wiener 歧異度指數隨時間之變動趨勢；長虛線代表臺中港外浮游植物歧異度指數隨時間之變動趨勢；而短虛線則代表臺中港內外合併之浮游植物歧異度指數隨時間之變動趨勢。由此圖可看出臺中港海域浮游植物生態歧異度變動在港內外具有相當程度之一致性，當港外浮游植物生態歧異度指數下降時，港內浮游植物生態多樣性歧異度指數也會隨之下降。浮游植物 Shannon-Wiener 歧異度指數在歷年來多保持在 2 與 6 之間。相對而言，2003 與 2004 年浮游植物歧異度指數無明顯變化；但在 2005 至 2006 年間，浮游植物歧異度指數有值較低且變動較大之趨勢。若按季比較，在第 2 季(4 至 6 月)及第 3 季(7 至 9 月)浮游植物歧異度指數常會出現相對低點。其中 2010 年 3 月可能因枯水期陸源營養鹽被阻擋於上游，導致港內水體營養來源相對較 9 月豐水期來得低，使得港內浮游植物種類僅有 29 種，低於 9 月 37 種，造成歧異度指數下降之低值。

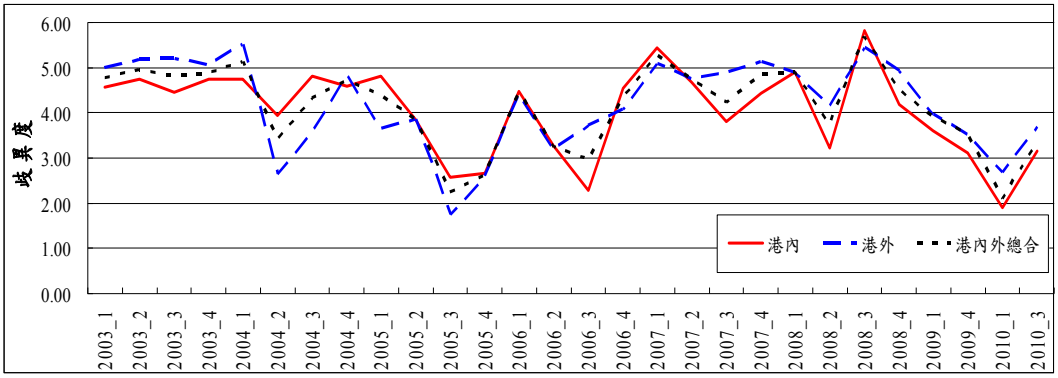


圖 2-58　臺中港海域浮游植物生態多樣性歧異度變化趨勢

圖 2-59 為臺中港海域浮游動物生態多樣性歧異度變化趨勢。圖中實線、長虛線及短虛線分別代表臺中港內、港外及港內外合併之浮游

動物 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數隨時間之變動趨勢。與浮游植物之狀況相似，由圖中可看出臺中港海域浮游動物生態多樣性變動在港內外具有相當程度之一致性，當港外浮游動物生態多樣性歧異度指數下降時，港內浮游動物生態多樣性歧異度指數也會隨之下降。浮游動物 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數在歷年來多保持在 1 與 4 之間，相對而言，2003 年浮游動物 Shannon-Wiener 多樣性指數歧異度指數較低，但在 2004 年以後，浮游動物 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數呈波動性穩定之狀況。若按季比較，臺中港海域浮游動物生態多樣性變化與浮游植物生態多樣性變化幾乎呈相反之趨勢，在第 2 季(4 至 6 月)及第 3 季(7 至 9 月) 浮游動物 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數常會出現相對高點。

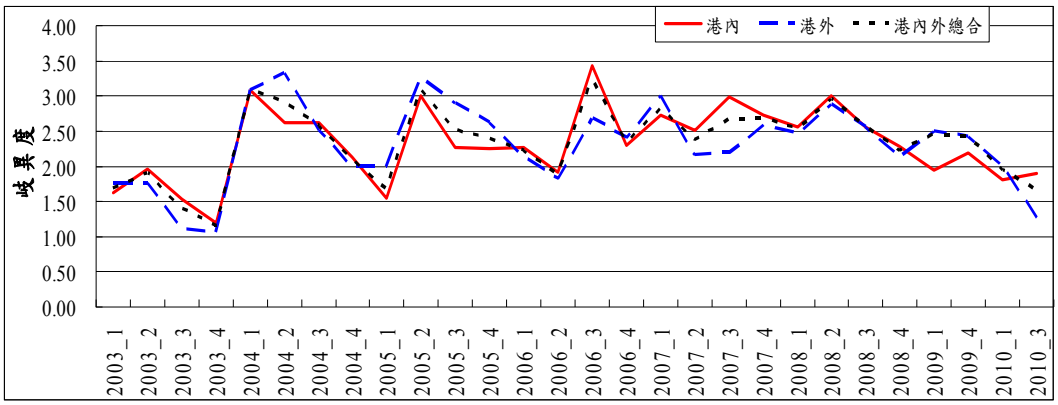


圖 2-59　臺中港海域浮游動物生態多樣性歧異度變化趨勢

臺中港海域底棲動物生態多樣性歧異度變化趨勢如圖 2-60 所示。圖中實線代表臺中港內底棲動物 Shannon-Wiener 多樣性指數隨時間之變動趨勢；長虛線代表臺中港外底棲動物 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數隨時間之變動趨勢；而短虛線則代表臺中港內外合併之底棲動物 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數隨時間之變動趨勢。與浮游植物及浮游動物比較，底棲動物生態多樣性歧異度變化趨勢較複雜，不但波動程度較為劇烈，港內及港外也常呈不一致之狀況。整體而言，底棲動物 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數介於 0 與 5 之間，且自 2003 年起呈下滑之狀況，此下滑之狀況自 2006 年起趨緩。若比較季別變化，臺中港底棲動物 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數與浮游植物狀況類似，常在第 2 季(4 至 6 月)及第 3 季(7 至 9 月)出現相對低點。

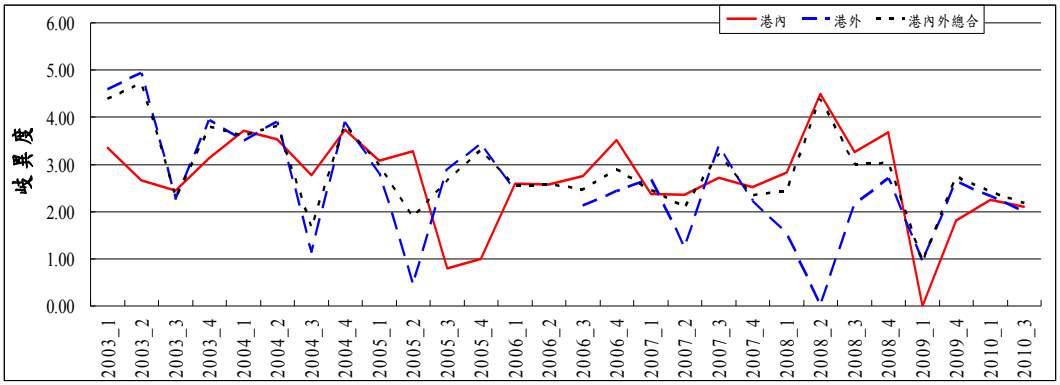


圖 2-60　臺中港海域底棲動物生態多樣性歧異度變化趨勢

圖 2-61 為臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物綜合之生態多樣性歧異度變化趨勢。圖中實線代表臺中港內之綜合 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數隨時間之變動趨勢；長虛線代表臺中港外之綜合 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數隨時間之變動趨勢；而短虛線則代表臺中港內外合併之綜合 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數隨時間之變動趨勢。由此圖可看出臺中港海域綜合生態多樣性歧異度變動趨勢與圖 2-58 之臺中港內浮游植物 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數變動趨勢幾乎一致。而且港內港外也呈同步變動之狀況：當港外綜合生態多樣性歧異度指數下降時，港外綜合生態多樣性歧異度指數也會隨之下降。綜合 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數在歷年來多保持在 2 與 6 之間，相對而言，2003 與 2004 年綜合 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數無明顯變化，但在 2005 至 2006 年間，綜合 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數有較低且變動較大之趨勢。若按季比較，在第 2 季(4 至 6 月)及第 3 季(7 至 9 月) 綜合 Shannon-Wiener 多樣性歧異度指數常會出現相對低點。

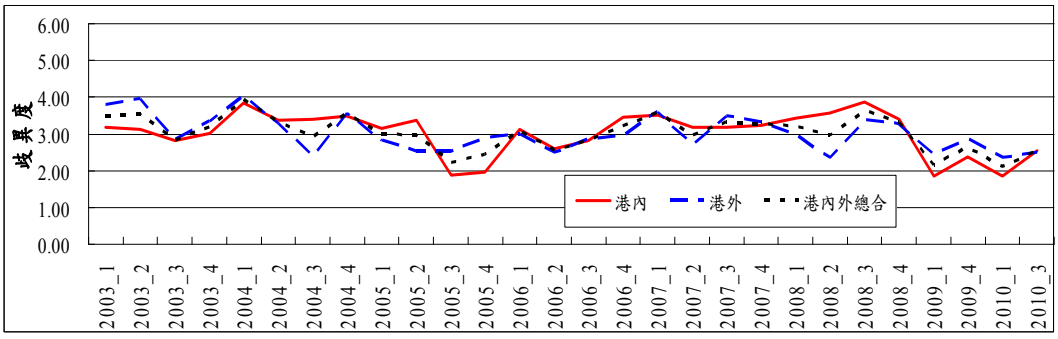


圖 2-61　臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物綜合生態歧異度多樣性變化趨勢

Simpson 優勢度指數為常被引用之生態系統優勢度指標，其值愈高表示其優勢度愈大，也就是此生態系統具有某些特別優勢的物種存在。圖 2-62 為臺中港海域浮游植物生態優勢度指數變化趨勢。圖中實線代表臺中港內浮游植物 Simpson 優勢度指數隨時間之變動趨勢；長虛線代表臺中港外浮游植物 Simpson 優勢度指數指數隨時間之變動趨勢；而短虛線則代表臺中港內外合併浮游植物 Simpson 優勢度指數隨時間之變動趨勢。由此圖可看出，臺中港海域浮游植物生態優勢度變動在港內外呈現相當程度之一致性，當港外浮游植物生態優勢度指數上升時，港內浮游植物生態優勢度指數也會隨之上升。浮游植物 Simpson 優勢度指數在歷年資料中多保持在 0 與 0.4 之間。若按季比較，在第 2 季(4 至 6 月)及第 3 季(7 至 9 月)浮游植物 Simpson 優勢度指數常會出現相對高點，若以 2006 年第 1 季為界，之前時段，當浮游植物 Simpson 優勢度指數相對高點出現時，港外浮游植物優勢度指數明顯比港內浮游植物優勢度指數高；相反的自 2006 年第 1 季以後當浮游植物 Simpson 優勢度指數相對高點出現時，港內浮游植物優勢度指數明顯比港外浮游植物優勢度指數高。此反映出 2006 年起港內水體環境開始改變，由排入港域之個中大排水質於 2006 年起其污染狀況整體呈現略有降低之趨勢顯示，可能因此導致來自生活與畜牧廢污水帶來之營養鹽減少，刺激港內之浮游植物生態優勢度之增加，即可能之優勢物種逐漸增多。

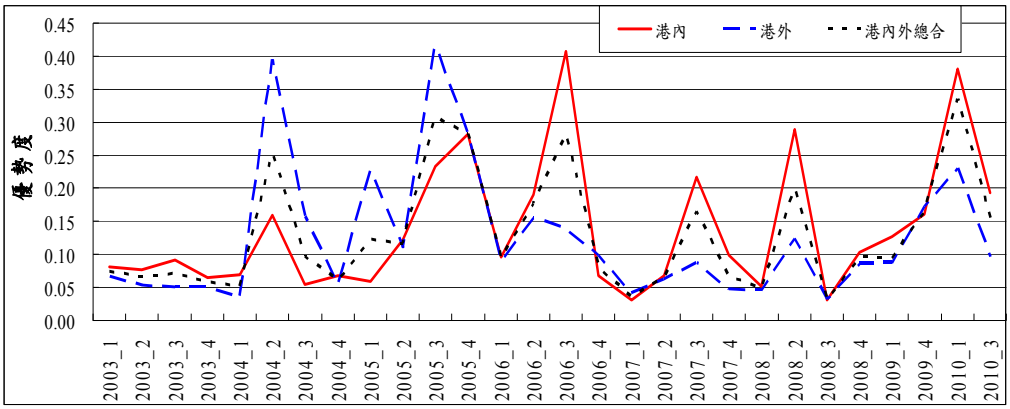


圖 2-62　臺中港海域浮游植物生態優勢度變化趨勢

圖 2-63 為臺中港海域浮游動物生態優勢度指數變化趨勢。圖中實線代表臺中港內浮游動物 Simpson 優勢度指數隨時間之變動趨勢；長虛線代表臺中港外浮游動物 Simpson 優勢度指數指數隨時間之變動趨勢；而短虛線則代表臺中港內外合併之浮游動物 Simpson 優勢度指數隨時間之變動趨勢。由此圖可看出，臺中港海域浮游動物生態優勢度變動在港內外相當程度之一致性，當港內浮游動物生態優勢度指數上升時，港外浮游動物生態優勢度指數也會隨之上升。浮游動物 Simpson 優勢度指數在歷年來多保持在 0 與 0.7 之間，2003 年浮游動物生態優勢度指數介於 0.4 與 0.7 之間，往後之年間臺中港浮游動物生態優勢度指數降至 0.1 至 0.4 之間。若比較各季資料，在第 1 季(1 至 3 月)及第 4 季(10 至 12 月)臺中港浮游動物 Simpson 優勢度指數常會出現相對高點。

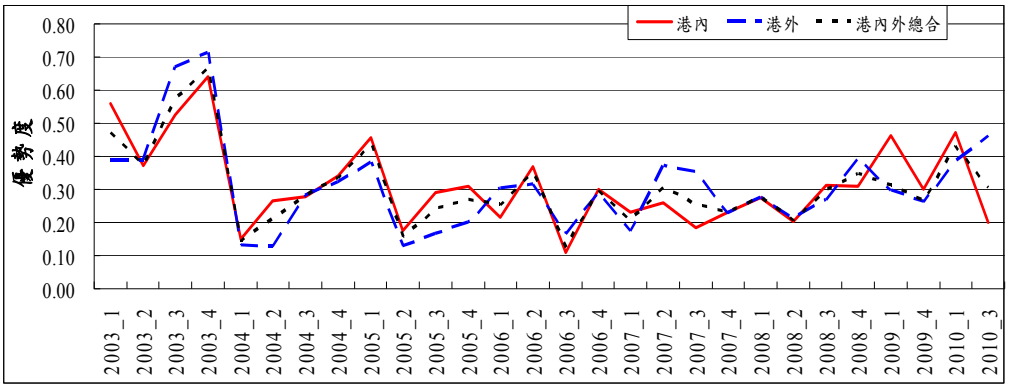


圖 2-63　臺中港海域浮游動物生態優勢度變化趨勢

臺中港海域底棲動物 Simpson 優勢度指數變化趨勢如圖 2-64 所示。圖中實線代表臺中港內底棲動物 Simpson 優勢度指數隨時間之變動趨勢；長虛線代表臺中港外底棲動物 Simpson 優勢度指數隨時間之變動趨勢；而短虛線則代表臺中港內外合併之底棲動物 Simpson 優勢度指數隨時間之變動趨勢。與浮游植物及浮游動物比較，底棲動物 Simpson 優勢度指數變化趨勢較複雜，不但波動程度較為劇烈，港內及港外也常呈不一致之狀況。整體而言，底棲動物 Simpson 優勢度指數之值介於 0 與 1 之間。若比較季別變化，臺中港底棲動物 Simpson 優勢度指數常在第 2 季(4 至 6 月)及第 3 季(7 至 9 月)出現相對高點，且在相對高點出現時，多以臺中港外海域底棲動物優勢度為最高。

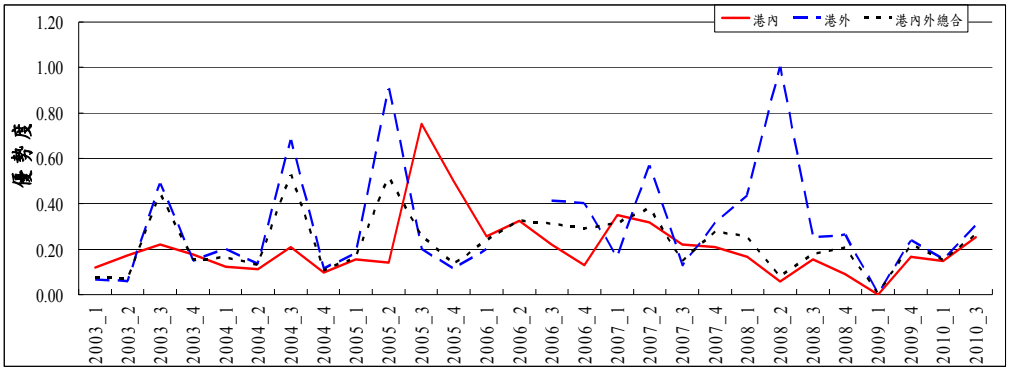


圖 2-64　臺中港海域底棲動物生態優勢度變化趨勢

臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物資料綜合所計算出之 Simpson 優勢度指數變化趨勢如圖 2-65 所示。圖中實線、長虛線與短虛線分別代表臺中港內、港外及港內外合併海域之綜合 Simpson 優勢度指數隨時間之變動趨勢。與前述綜合生態多樣性歧異度變動趨勢情況類似；臺中港海域綜合生態優勢度變動趨勢與圖 2-62 之臺中港內浮游植物優勢度變動趨勢幾乎一致。綜合 Simpson 優勢度指數在歷年來多保持在 0 與 0.4 之間。若按季比較，在第 2 季(4 至 6 月)及第 3 季(7 至 9 月)綜合 Simpson 優勢度指數常會出現相對高點，若以 2006 年第 1 季為界，之前時段，當綜合 Simpson 優勢度指數相對高點出現時，港外綜合優勢度指數明顯比港內綜合優勢度指數高；相反的自 2006 年第 1 季以後當綜合 Simpson 優勢度指數相對高點出現時，港內綜合優勢度指數明顯比港外綜合優勢度指數高。

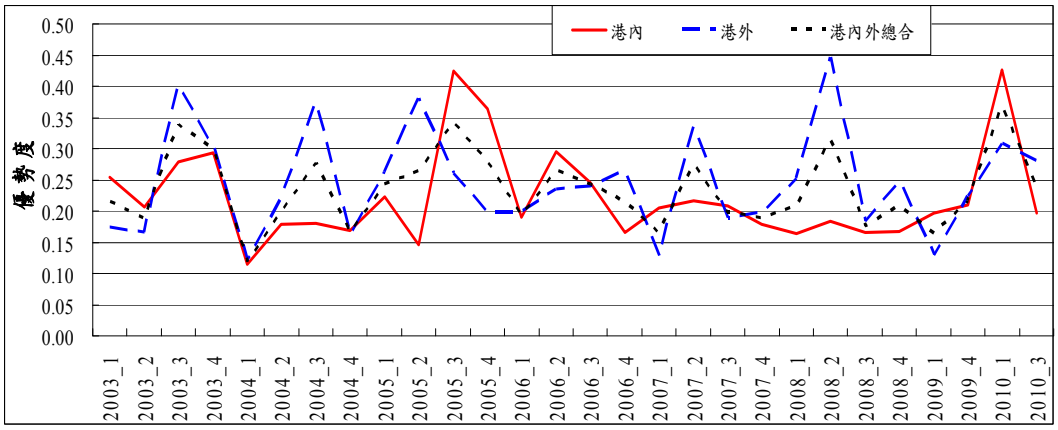


圖 2-65　臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物綜合生態優勢度變化趨勢

在分析臺中港海域生態系統之物種均勻度時，係使用 Shannon-Wiener 均勻度指數。圖 2-66 至圖 2-69 分別為臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物及三項綜合之 Shannon-Wiener 均勻度指數隨時間變動之趨勢。

臺中港海域浮游植物 Shannon-Wiener 均勻度指數隨時間變動之趨勢如圖 2-66 所示。圖中實線、長虛線及短虛線分別代表臺中港內、港外及港內外合併之浮游植物 Shannon-Wiener 均勻度指數隨時間之變動趨勢。由圖 2-66 可看出，臺中港海域浮游植物生態均勻度變動在港內外相當程度之一致性，當港內浮游植物生態多樣性歧異度指數下降時，港外浮游植物生態多樣性指數也會隨之下降。浮游植物 Shannon-Wiener 均勻度指數在歷年來多保持在 0.3 與 0.9 之間，相對而言，前兩年及最後兩年浮游植物 Shannon-Wiener 均勻度指數無明顯變化，但在 2005 至 2006 年間，浮游植物 Shannon-Wiener 均勻度指數有較低且變動較大之趨勢。若按季比較，在第 2 季(4 至 6 月)及第 3 季(7 至 9 月) 浮游植物 Shannon-Wiener 均勻度指數常會出現相對低點。若再仔細觀察浮游植物 Shannon-Wiener 均勻度指數出現相對低點之時間點，可發現：若在 2006 年之前，則以港外之浮游植物均勻度指數相對港內為較低；若在 2006 年之後，則以港內之浮游植物均勻度指數相對港外為較低。

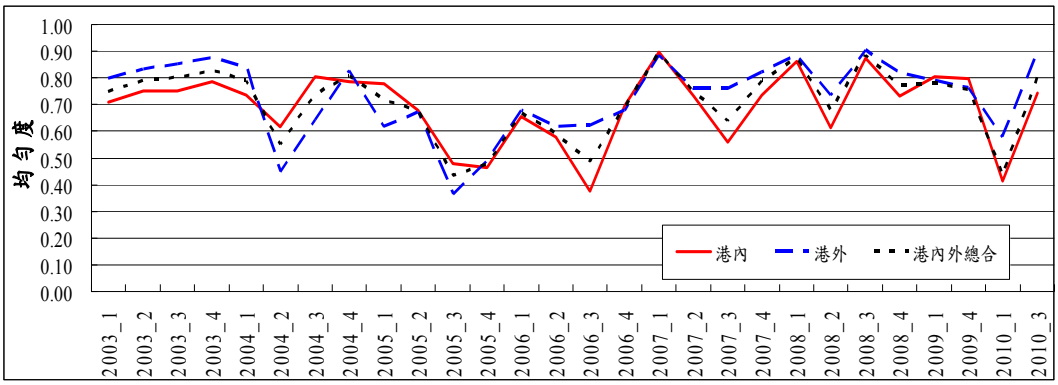


圖 2-66　臺中港海域浮游植物生態均勻度變化趨勢

圖 2-67 為臺中港海域浮游動物生態均勻度變化趨勢。圖中實線、長虛線及短虛線分別代表臺中港內、港外及港內外合併之浮游動物

Shannon-Wiener 均勻度指數隨時間之變動趨勢。臺中港海域浮游動物 Shannon-Wiener 均勻度指數除 2009 年外，歷年來於 2008 年以前多保持在 0.2 與 1.0 之間。相對而言，2003 年臺中港海域浮游動物 Shannon-Wiener 均勻度指數較低，約介於 0.2 至 0.5 之間。而在 2004 年以後，浮游動物 Shannon-Wiener 均勻度指數波動性緩降之狀況，其中 2004 年至 2006 年約在 0.4 至 1.0 之間振盪，2007 年以後則較為穩定，約在 0.5 至 0.7 之間變動。

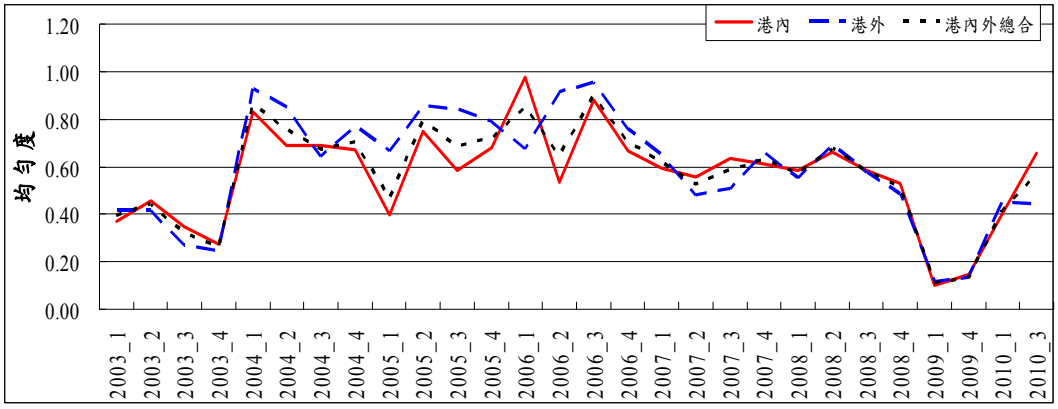


圖 2-67　臺中港海域浮游動物生態均勻度變化趨勢

臺中港海域底棲動物生態均勻度變化趨勢如圖 2-68 所示。圖中實線代表臺中港內底棲動物 Shannon-Wiener 均勻度指數隨時間之變動趨勢；長虛線代表臺中港外底棲動物 Shannon-Wiener 均勻度指數隨時間之變動趨勢；而短虛線則代表臺中港內外合併之底棲動物 Shannon-Wiener 均勻度指數隨時間之變動趨勢。臺中港海域底棲動物 Shannon-Wiener 均勻度變化趨勢較複雜，不但波動程度較為劇烈，港內及港外也常呈不一致之狀況。若單比較臺中港外底棲動物 Shannon-Wiener 均勻度變化趨勢，可發現 2006 年前後底棲動物均勻度之變化趨勢有差異：在 2006 年之前臺中港外底棲動物 Shannon-Wiener 均勻度指數波動程度較為劇烈；但 2006 年以後，底棲動物均勻度指數波動程度變緩。另外，若再詳細分析港內外底棲動物均勻度指數波動程度，則可發現港內之狀況與港外相反：在 2006 年之前底棲動物均勻度指數波動程度較緩；2006 年以後，底棲動物均勻度指數波動程度波動較大。整體而言，底棲動物之 Shannon-Wiener 均勻度指數介於 0.1 與 1.0 之間，底棲動物均勻度指數波動程度係以港外大於港內，但 2009

年無論港內外均出現歷年之最低情形，且 2006 年以後，港內與港外之底棲動物均勻度指數波動程度漸趨一致，但是波動相位相反。

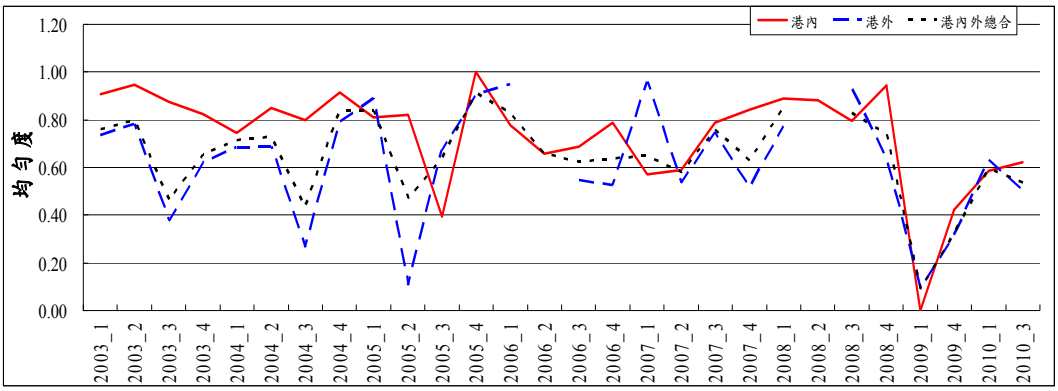


圖 2-68　臺中港海域底棲生物生態均勻度變化趨勢

與先前多樣性歧異度及優勢度之狀況相同，圖 2-69 之臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物資料綜合所計算出之 Shannon-Wiener 均勻度指數變化趨勢與圖 2-65 之臺中港浮游植物之均勻度變動趨勢幾乎一致。綜合 Shannon-Wiener 均勻度指數在歷年來多保持在 0.3 與 0.9 之間，相對而言，前兩年及最後兩年綜合 Shannon-Wiener 均勻度指數無明顯變化，但在 2005 至 2006 年間，綜合 Shannon-Wiener 均勻度指數有較低且變動較大之趨勢。若按季比較，在第 2 季(4 至 6 月)及第 3 季(7 至 9 月) 綜合 Shannon-Wiener 均勻度指數常會出現相對低點。若觀察綜合 Shannon-Wiener 均勻度指數出現相對低點之時間點，可發現：若在 2006 年之前，則以港外之綜合均勻度指數為最低值；若在 2006 年之後，則以港內之綜合均勻度指數為最低值。

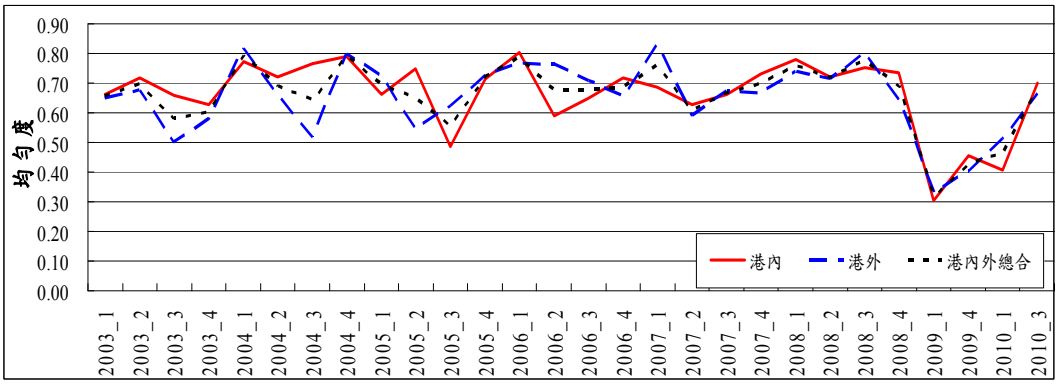


圖 2-69　臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物綜合生態均勻度變化趨勢

歷年臺中港域生態指數變動以時間序列統計解析後顯示，浮游動、植物與底棲生物整體多樣性指數-歧異度變化顯示有很明顯之季節性變動，季節性變動多呈現每年第 2 季(4~6 月)最低，第 4 季(10~12 月)最高之趨勢(圖 2-70)。濾除季節性變動後，長期趨勢呈現高低起伏不一且維持在一定變動範圍內，無特別明顯之升高或降低趨勢(圖 2-71)。經濾除季節性變動成份後，整體生態指數變動長期趨勢呈現高低起伏不一且維持在一定變動範圍內，無特別明顯之升高或降低趨勢。由生物指標之時間序列分析結果顯示，本海域生態之長期變動，主要係受季節性之影響。

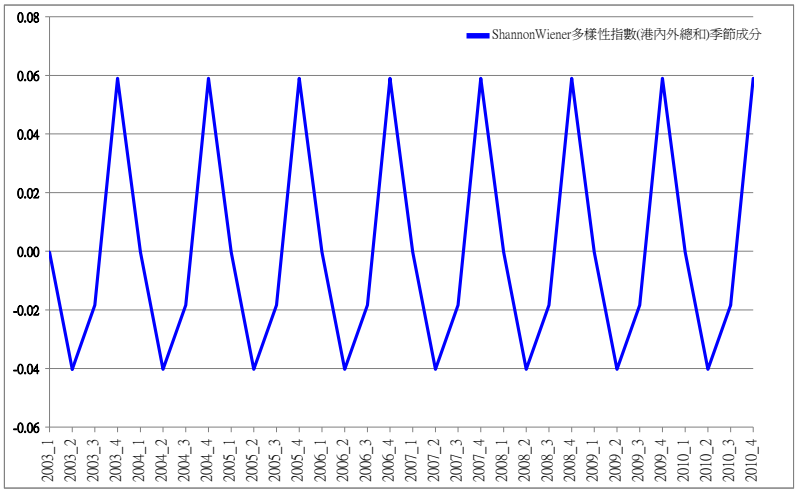


圖 2-70　臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物綜合生態歧異度變化時間趨勢

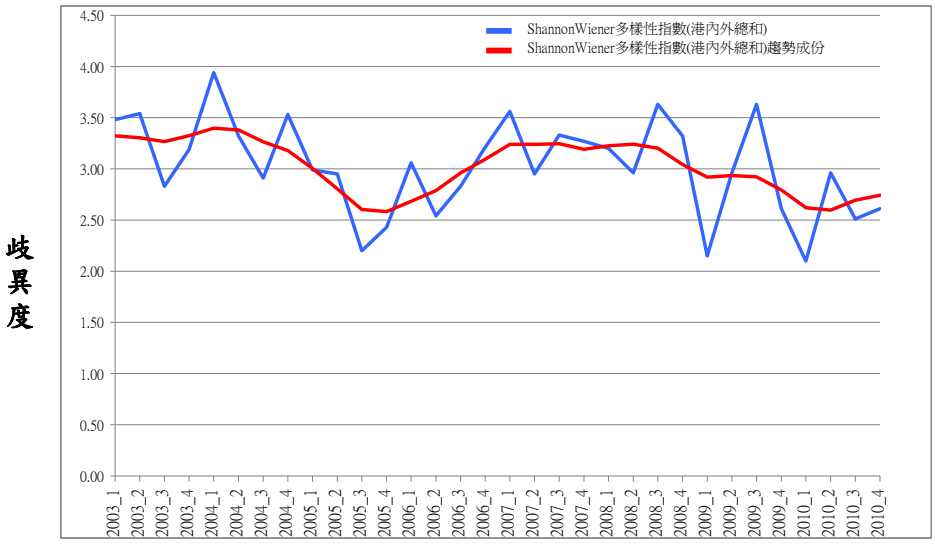


圖 2-71　臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物綜合生態歧異度變化濾除季節變動成份之趨勢

2.8 船舶壓艙水議題

近年來，外來種侵襲事件頻傳，大多歸因於國際貿易的發展及人為活動增加，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 30-50 億噸的壓艙水(IMO, 2008)。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。以美國海洋與海岸環境為例，Ruiz et al. (2000)便指出航運是導致該國家海域受到生物侵襲的主要原因，對海岸生態而言，船舶進出某區域的次數，代表物種透過船舶壓艙水或船殼傳遞的機會多寡(Verling et al., 2005)，而透過壓艙水所釋放之物種則是最常見外來種生物傳播方法之一(Ruiz et al., 1997)。

2.8.1 壓艙水引進外來種之影響

在 1900 年以前，船舶所使用的固體壓艙物一般為石塊、砂子和泥土，並在目的地裝貨時將壓艙物卸下(Mills et al., 1993)，由於固體壓艙物可能含有植物種子或樹幹，使得此時期之侵襲物種大多是植物。在 20 世紀後，開始廣泛地使用壓艙水做為船舶壓艙之物，特別是五大湖航道開通後，大量的外來種、浮游動植物移入五大湖流域(Ricciardi, 2006)，壓艙水成為外來物種導入的原因之一。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(McGee et al., 2006)，其中因船舶運輸而意外導入的水生物種(Aquatic nuisance species, ANS)或外來種(Non-indigenous species, NIS)，如：舊金山灣的亞洲蛤(Asian Clam, *Potamocorbula amurensis*)、美國聖勞倫斯五大湖的斑馬貽貝(Zebra mussels, *Dreissena polymorpha*)以及黑海的櫛水母(Comb jelly, *Mnemiopsis leidyi*)都是相當有名的例子(Carlton and Geller, 1993)。目前更有研究指出壓艙水能運送珊瑚病原體(Aguirre-Macado et al., 2008)。此外，壓艙水櫃還能運送浮游植物囊胞體(Cyst-forming Phytoplankton)

(Hallegraeff et al., 1991; Hallegraeff et al., 1992; Hamer et al., 2001; Macdonald and Davidson, 1998; McCollin et al., 2000)，致使壓艙水成為有害藻華增生的原因之一(Smayda, 2007)，例如 Bolch and Salas(2007)便以分子技術驗證 *G. Catenatum* 是從日本瀨戶內海經由船舶壓艙水導入紐西蘭和澳洲東南方海域，證實壓艙水具有裝載運送動植物的能力。而伴隨著航運發展與壓艙水的使用，促使國際間因船舶壓艙水導入外來種之情形日漸嚴重，亦使得外來種所造成之生態或經濟衝擊更為廣泛。

2.8.2 壓艙水相關法規訂定

水生物透過壓艙水入侵到新環境、陸源污染、水生物資源過度開發、海洋棲息地物理性改變及破壞等，為當前海洋面臨的四大威脅。1980 年代以來，聯合國及國際海事組織開始重視海洋環境保護問題，制定了一系列公約、大會決議案和指導性文件，加強船舶壓艙水控制和管理，例如：1982 年《聯合國海洋法公約》(United Nations Convection of the Law Of the Sea, UNCLOS)；1992 年《生物多樣性公約》(Convention on Biological Diversity, CBD)，聯合國環境與發展大會要求國際海事組織(International Maritime Organization, IMO)考慮制訂有關壓艙水排放規則；1993 年 IMO A .774(18)號決議，將解決有害水生物和病原體傳播置於重要地位；1997 年，國際海事組織制定《關於控制和管理船舶壓艙水，減少有害水生物和病原體傳播的指導方針》；2004 年，於英國倫敦召開國際海事組織大會，通過《國際船舶壓艙水和底質控管公約》(The International Convention for the Control and Management of Ships Ballast Water & Sediments, BWM Convention)，為壓艙水及其底泥的管理和控制提供了具有法律約束力的規定。

1. 聯合國海洋法公約

聯合國海洋法公約中有許多規範是為了避免各國「傳播有害生物體」及「透過船舶壓艙水操作成為傳輸途徑」這些行為的「權利」與

「責任」而制定，當各個沿海國有了聯合國海洋法公約所賦予的權利之後，便可以進行相關國內法律的制定，進一步對於權責範圍內的區域進行壓艙水管理。聯合國海洋法公約第 192 條中提及：「各國皆有保護及維護海洋環境的義務」，並於第 194 條第一項及第五項明確說明，各國必須採取一些必要措施，用來防止、減少和控制海洋環境污染的來源，並且保護稀有及脆弱的海洋生態系統、防止海洋生物族群減少或受到威脅、甚至是有滅絕危機的海洋生物之棲息地。於第 196 條第一項中提及：「各國應採取一切必要措施以防止、減少和控制由於在其管轄或控制下使用技術而造成的海洋環境污染，或由於故意或偶然在海洋環境某一特定部分引進外來的或新的物種，致使海洋環境可能發生重大和有害的變化」，其重點在於「採取措施」，港口國有權利對於防止壓艙水污染採取必要的管理措施，透過制定國內法或是港口國管制標準，皆能有效達到管理之效。故各國就已注意到應對於保護海洋環境做出規範，並在之後的《生物多樣性公約》中做出相關保護的目標，其中通過船舶壓艙水轉移的有害水生物和病原體、外來物種對於生物多樣性的威脅等議題在 1998 年《生物多樣性公約締約國大會(COP4)VI/5》做出決議，並且於 2002 年《生物多樣性公約締約國大會(COP6)VI/23》決議，內容針對關於海洋和海岸生態系統的保護及永續性利用、外來物種對生態系統、棲息地和本土物種的威脅等。

2. 生物多樣性公約

《生物多樣性公約》確保生物多樣性的保育與永續利用，透過適當的資金，公平合理分配基因資源使用所獲得的利益，包括基因資源取得的管道及相關科技的移轉。各締約國應配合其特殊國情與能力，整合相關部門的策略、計畫及方案以達生物多樣性保育及永續利用。恢復與重建瀕臨絕滅的物種，採行措施以保護區域內的多樣性生物資源。

「生物多樣性」是泛指了所有形形色色的生物體，這些來源包括陸地、海洋和其他水生生態系統以及多樣區域所構成的生態綜合體；

範圍包括物種本身群體、與其他物種之間的互動、以及和生態系統交互的各式多樣性，而其中「生態系統」是指植物、動物和微生物群落再加上無生命環境綜合起來，形成一個生態互相交互作用而形成的一個動態複合體。因此，海洋即是一個充滿生物多樣性的大型生態系統，裡面包含各式各樣動物、植物、微生物，形成複雜的動態生態系，因為範圍太過廣大，又可再大致區分成大洋生態區、沿岸生態區...等等。而海洋生態環境也在 1995 年時通過了《雅加達宣言保育及永續利用海洋和海岸生物多樣性》，特別針對海洋對於《生物多樣性公約》實際執行面上作出整合的全球性方案。

各個沿海國在執行《生物多樣性公約》時，其最終目標仍以不牴觸《聯合國海洋法公約》為原則，並確保在任何形式和目的下所建立的目標及執行方式，都將仍以《聯合國海洋法公約》的架構下進行，因此《生物多樣性公約》對於壓艙水的管理架構也會與《聯合國海洋法公約》類似。

不同於《聯合國海洋法公約》的給予各國立法及管理的權利，《生物多樣性公約》特別在意的是「外來物種」的影響，因此在第 8 條就有對保護原生物種做出明確的規範：「防止引進、控制或消除那些威脅到生態系統、棲地或物種的外來物種」於是，當交換壓艙水時有可能將外來物種引進原生環境時，《生物多樣性公約》所約束的效力就產生了，便可以依據此條法規訂定管理政策。

除了管理政策，管轄範圍也是相當重要的一環，相較於《聯合國海洋法公約》對於範圍管轄的限制，《生物多樣性公約》對於管轄區的分界較為寬鬆，可以從第 4 條中看到：「以不妨礙其他國家權利為限，除非本公約另有明文規定，本公約規定應按下列情形對每一個締約國適用：在該國管轄或控制下開展的過程和活動，不論其影響發生在何處，此種過程和活動可位於該國管轄區內也可在國家管轄區外。」也就是說在不妨礙他國利益的情形下，各國皆可以盡其所能實行生物多樣性公約的精神，並訂出管理辦法來保護生物多樣性，就因如此，便

可以應用在管理進港船舶的壓艙水交換上，在沒有違反他國利益前提之下，盡可能對於壓艙水採取管理及監測，用以達到防止外來物種入侵及維護本國生物多樣性的雙重目標。

3. 國際船舶壓艙水及底質控管公約

制訂國際船舶壓艙水和底質控管公約從 1992 年「聯合國環境與發展大會」(United Nation Conference on Environment and Development, UNCED)要求國際海事組織考慮通過適當的壓艙水排放規定；並公布《里約環境與發展宣言》，其中第 15 條規定：「為了保護環境，各國應根據他們的能力廣泛採取預防性措施。凡有可能造成嚴重的或不可挽回的損害的地方，不能把缺乏充分的科學肯定性作為理由，推遲採取防止環境惡化的措施」；國際海事組織也於 1993 年通過 A.774(18)決議；之後在 1995 年海洋環境保護委員會(Maritime Environment Protection Committee，MEPC)通過《MEPC.67》第 37 號決議；1997 年國際海事組織 A.868(20)大會決議，要求各國政府採取行動，展現解決有害水生物和病原體轉移的決心；2002 年《世界高峰會永續發展行動計畫》(World Summit on Sustainable Development – Plan of Implementation, WSSD)，促使各國加快制訂法源來解決壓艙水引入外來生物的問題，並在 2004 年訂定《國際船舶壓艙水和底質控管公約》。

國際船舶壓艙水和底質控管公約正文共 22 條，除調解爭端、簽署、批准、接受、核准和加入、生效、修正、退出、保存等常規條款，以及定義、適用範圍、技術幫助、合作及區域合作、訊息交流、文字等一般性法律條款外，還包括一般責任，控制有害水生物和病原體通過船舶壓艙水及沉澱物轉移，沉澱物的收受設施，科學技術研究和監測，檢驗與發證，違規，船舶檢查，違規的探查和船舶控制，控制行動的通知，對船舶的不當延誤等技術性條款。

本公約自 2004 年 6 月 1 日起至 2005 年 5 月 31 日在國際海事組織總部開放供各國簽署，之後繼續開放供各國加入，且將在世界商船總

噸位 35%以上且至少 30 個國家簽署、批准、接受、核准後，即可於 12 個月後正式生效，截至目前為止(2010 年 12 月)已有 27 個國家簽署，總噸位占 25.32%。這當中，如果一國中由兩個或多個實行不同法律體系的行政區組成(像是所屬群島等)，則在加入公約時，該國可以聲明本公約適用的行政區範圍，並且可以在任何時間進行修改，但任何此類聲明都應以書面形式通知國際海事組織，並申明本公約適用的行政區或區域。

有關於名詞定義，舉凡像是「壓艙水」、「壓艙水管理」、「有害水生物及病原體」、「底泥」、「船舶」等專有名詞，當中皆有明確規範，以供後續公約中遇有相關名詞時使用，避免產生模糊地帶而有紛爭。一般船舶共同遵守的義務中包含了公約的共同目標：「防止、最大限度地減少，最終消除有害水生物和病原體的轉移」各個公約國應當承諾全面性的實施本公約規定，而公約附則也包含在其中，這代表著當公約正式生效後，其中的附則(Annex)及指導方針(Guidelines)也一併適用。此外亦鼓勵各國的船舶盡可能避免裝載到含有有害水生物和病原體的壓艙水及底質，並且要求各國合作，達到跨國、跨區域管轄許可權的管理，以解決敏感、脆弱或是受到威脅的海洋生態系統及生物多樣性。

對於船旗國船舶的部分，除非有另外指明特殊的例外，否則公約將一體適用於「有懸掛會員國國旗的船舶」以及「無懸掛會員國國旗，但是在該會員國權力下經營營運的船舶」，若是船舶本身設計建造就已經無壓載艙也無攜帶壓艙水，或是會員國船舶在該國國家管轄水域內操作壓艙水，便不適用本公約；軍艦、軍用輔助船或是一會員國所擁有、營運的非商業性質船舶，也可以免除於本公約的範圍，但仍應在可行的狀況下積極配合；此外若裝載於壓載艙的壓艙水永久不排放，屬於永久性壓艙水，也是在本公約適用範圍之外。

第三章　海域水質環境分析模式建立

污染物質在臺中港區之稀釋與擴散傳輸的快慢，關係其水體水質的優劣，而臺中港區水質之擴散傳輸作用主要係由潮汐之漲落所造成之海流運動所控制。本年度將應用二維水理水質之數值模式來模擬分析臺中港區水質變化情形，並探討其與上游污染源之關聯性。

3.1 二維水動力控制方程式

將三維的運動方程式與連續方程式由海底積分至海面，同時加入底部和表面的邊界條件，則可得到下列的平面二維流場控制方程式：

1. 連續方程式

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}+\frac{\partial (HU)}{\partial x}+\frac{\partial (HV)}{\partial y}=0 \quad \text{.....(3-1)}$$

2. x、y 方向運動方程式

$$\frac{\partial U}{\partial t}+U\frac{\partial U}{\partial x}+V\frac{\partial V}{\partial y}-fV+g\frac{\partial \zeta}{\partial x}+g\frac{U(U^2+V^2)^{1/2}}{C^2H} \quad \text{.....(3-2)}$$
$$-\frac{1}{\rho H}\tau_x^s-(E_{xx}\frac{\partial^2 U}{\partial x^2}+E_{xy}\frac{\partial^2 U}{\partial y^2})=0$$

$$\frac{\partial V}{\partial t}+U\frac{\partial V}{\partial x}+V\frac{\partial V}{\partial y}+fU+g\frac{\partial \zeta}{\partial y}+g\frac{V(U^2+V^2)^{1/2}}{C^2H} \quad \text{.....(3-3)}$$
$$-\frac{1}{\rho H}\tau_y^s-(E_{yy}\frac{\partial^2 V}{\partial y^2}+E_{yx}\frac{\partial^2 V}{\partial x^2})=0$$

以上諸式中

x、y　為右手直角座標，x、y隨邊界而定其方向

U、V 為相對於 x、y 方向之水深平均流速分量

t 為時間

ρ 為海水密度

g 為重力加速度

$E_{xx}, E_{yy}, E_{xy}, E_{yx}$ 為渦動粘性係數

f 地球自轉之柯氏力係數

τ_x^s, τ_y^s 為表面風剪力分量

C 為 Chezy 係數，隨水深而變化

$$U = \frac{1}{H}\int_{-d}^{\zeta} u dz$$

$$V = \frac{1}{H}\int_{-d}^{\zeta} v dz$$

$$H = \zeta + d$$

d ：水深

ζ ：自由水面的高度

$$f = 2\Omega \sin\phi$$

ϕ 為緯度

Ω 為地球自轉的角速度

$$\tau_x^s = \rho_a \theta \omega^2 \sin\varphi$$

$$\tau_y^s = \rho_a \theta \omega^2 \cos\varphi$$

θ=為風力係數≈ 0.0026

ω=風速

ρ_a ：空氣密度

φ ：為風向與 y 軸之夾角

上述連續與運動方程式將以 ADI 計算技巧來求解。模式中必須率定的參數主要為底床摩擦係數(Chezy 係數)與渦動粘性係數。在潮間帶乾濕地變化的處理部份，由於 ADI 計算技巧為雙掃法，其在計算過程中需要依續解 x 與 y 方向之矩陣，因此模式中假設當隔網點在 x 或 y 方向之平均水深小於 0.1 公尺時，其相對之流速分量 u 或 v 將設為零。

3.2 水質模式之控制方程式

本研究擬模擬之水質項目包括 BOD 及大腸菌，各水質模式分述如下：

3.2.1 BOD 模式

污水與海水混合後，會產生沉澱與分解兩種作用，而一般 BOD 的消長均以一階反應表示，因此 BOD 模式可以表為：

$$\frac{DL}{Dt}=\frac{\partial}{\partial x}(D_x\frac{\partial L}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(D_y\frac{\partial L}{\partial y})-(K_1+K_3)L+\frac{B_a}{H}+R_{EL} \quad \text{.....(3-4)}$$

式中

K_1＝BOD 怯氧係數

K_3＝BOD 沉降係數

L＝BOD 濃度

B_a＝單位面積海域底泥釋出之 BOD 量

R_{EL}＝污染源

3.2.2 大腸菌模式

大腸菌排入水中後其濃度隨時間的變化情形，一般均以一階反應來表示，故大腸菌模式可以表示如下：

$$\frac{DC_i}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x}(D_x \frac{\partial C_i}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(D_y \frac{\partial C_i}{\partial y}) - K_i C_i + R_{Ei} \quad \text{.....(3-5)}$$

其中

C_i=大腸菌濃度

D_x 、D_y ＝延散係數

K_i ＝大腸菌之衰減係數

R_{Ei} ＝污染源

3.3 模式之率定驗證

水理、水質數值模式之品質管制主要包括：(1)控制方程式之品管；(2)數值技巧之品管；(3)模式計算結果之品管。本研究應用成大水工所發展之模式來模擬臺中港海域之流場特性及污染物之擴散傳輸，由於此模式已被廣泛的應用於許多地區，其在模式控制方程式與數值技巧方面之品管均已有相當程度之公信力。因此本模式之品管重點將只在於模式參數之率定與模擬結果之驗證。

3.3.1 模式模擬區域之選取

圖 3-1 所示為臺中港之鄰近海陸域地圖，南隔烏溪緊鄰彰濱工業區，北至大安溪南側。由於數值模擬範圍需配合已知的潮位邊界及海流量測資料以進行模式建立與驗證，因此先選定一廣大區域(如圖中方框所示)由北涵蓋臺中港海域至彰濱工業區崙尾區海域，其沿岸長度為 41 km，向離岸範圍則自高潮位灘線延伸至水深-50 公尺處，長度約 15 公里。圖 3-2 則為經座標轉換後之海潮流模擬範圍及地形水深分佈圖，模式領域在水平方向劃分為 411x149 個正方網格，每一網格之邊長為 100 公尺。表 3-1 則詳列模式所運用之計算時間間距及地理座標之轉換參數。藉由驗證後的大區域海潮流計算結果，再針對臺中港之鄰近海域進行二維水理水質之數值模擬。

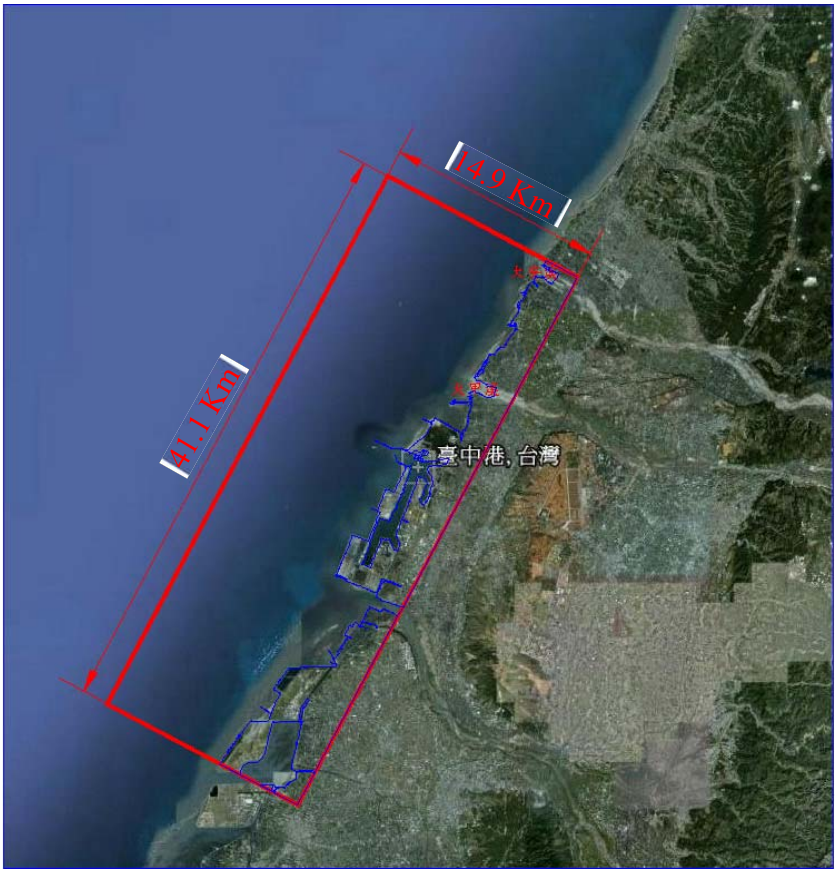


圖 3-1　研究範圍

表 3-1　大區域海潮流模式之格網及計算條件

模式面積	41.1 公里×14.9 公里
格網大小	100 公尺×100 公尺
格網數目	411×149
原點座標 (Twd 67)	E=191,800 N=2,663,500
轉角 (由正北向順時針)	62°
時間間距	1.0 秒

模式模擬範圍之選定與網格化為執行數值模擬之前處理工作，而模擬區域與網格大小之選取，需考慮模擬需求、電腦運算資源、開放邊界條件等因素。故先藉由海潮流模式模擬水位與潮流變化，在去年度(2011)已完成利用成大水工所於彰濱海域之 CH7W 定點海流觀測站以及港研中心於臺中港南側所設立之海流測站(如圖 3-2 至圖 3-3 所示)作為二維水動力模式率定與驗證工作。

在本年度研究中，使用成大水工所於前 2009 至 2011 年於臺中港

內之水質觀測站 N5、N6 與 N7 以及港研中心於臺中港所設立的海域水質測站安良港大排出口(T1)、梧棲大排出口(T2)、西一西二碼頭(T3)、漁港出海口(T4)、主航道港口(T5)、工作船渠東南側(T6)作為模式率定與驗證之水質資料來源，如圖 3-4 至圖 3-5 所示。並將應用二維水理水質之數值模式來模擬分析臺中港區水質變化情形，並探討其與上游污染源之關聯性。

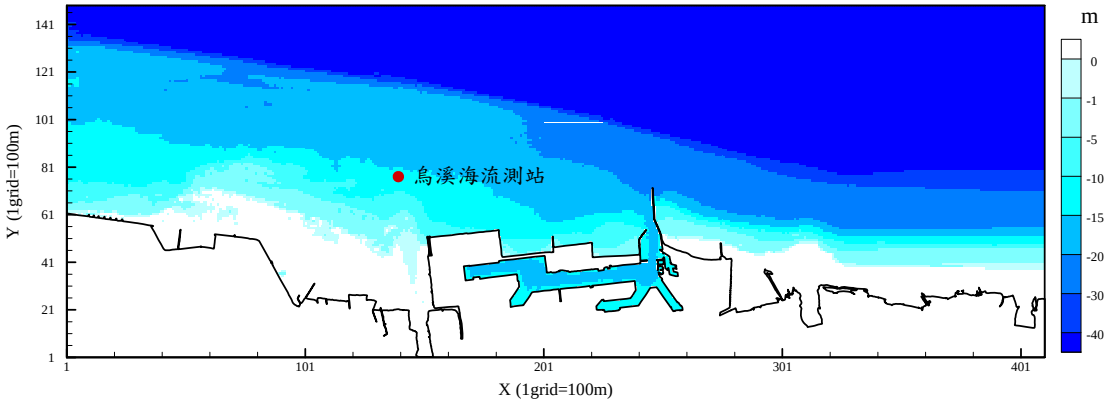
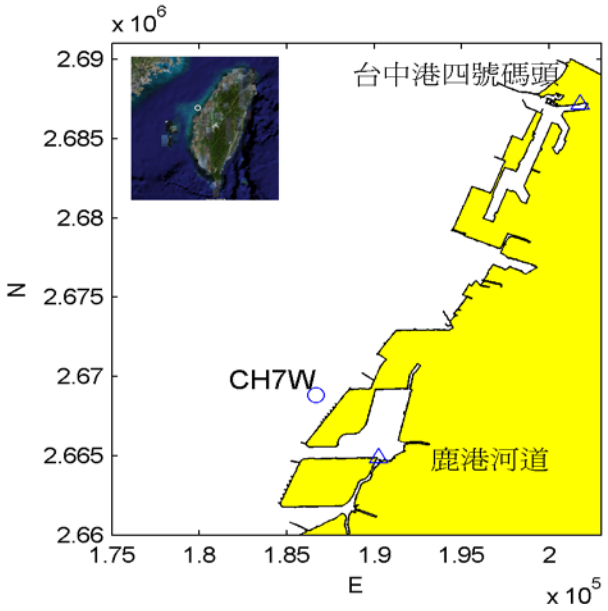


圖 3-2　海潮流模式模擬範圍及地形水深分佈圖



測站：臺中港四號碼頭與鹿港河道之驗潮站(△)
CH7W 定點海流觀測站(◯)

圖 3-3　臺中港位置示意圖及測站位置圖

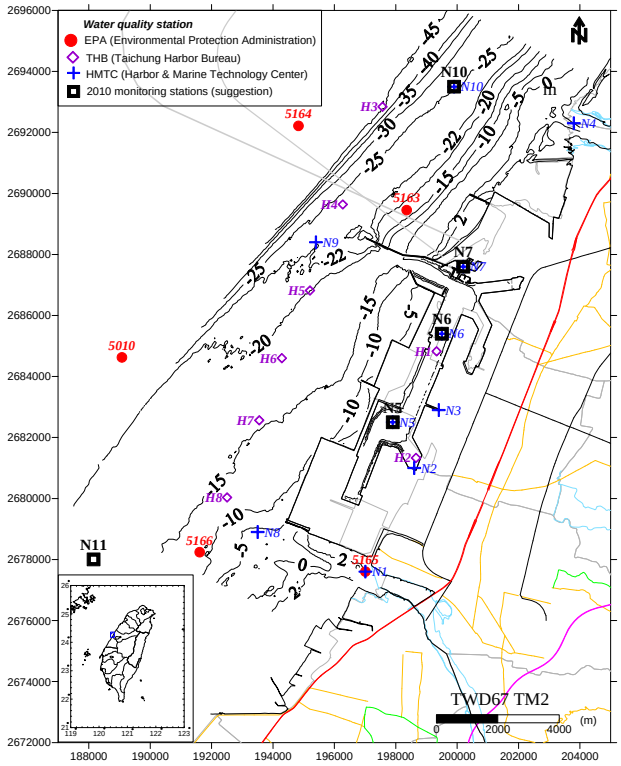


圖 3-4　水質測站 N5、N6 與 N7 位置圖

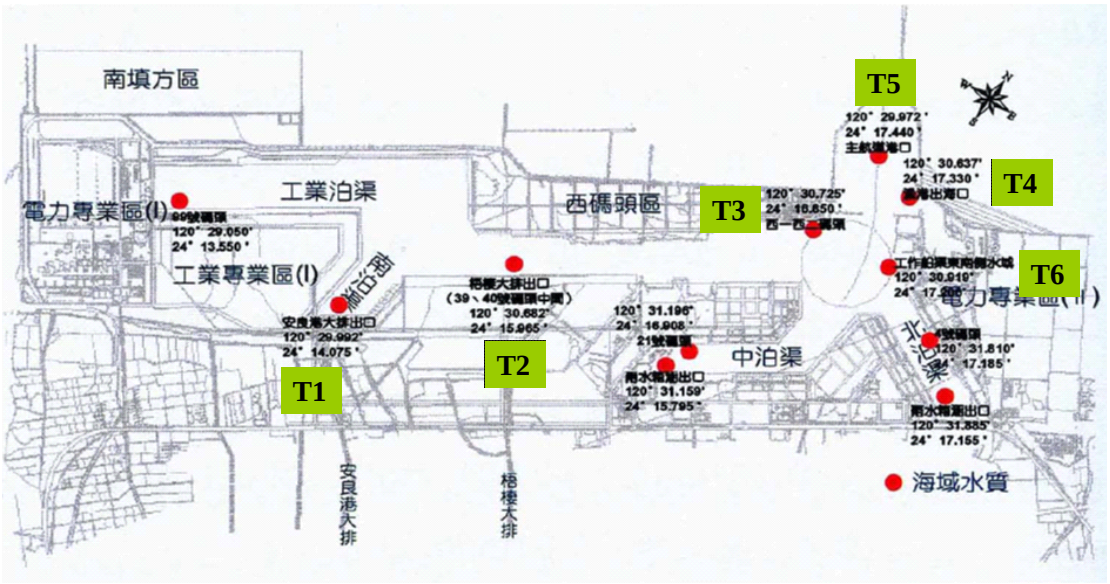
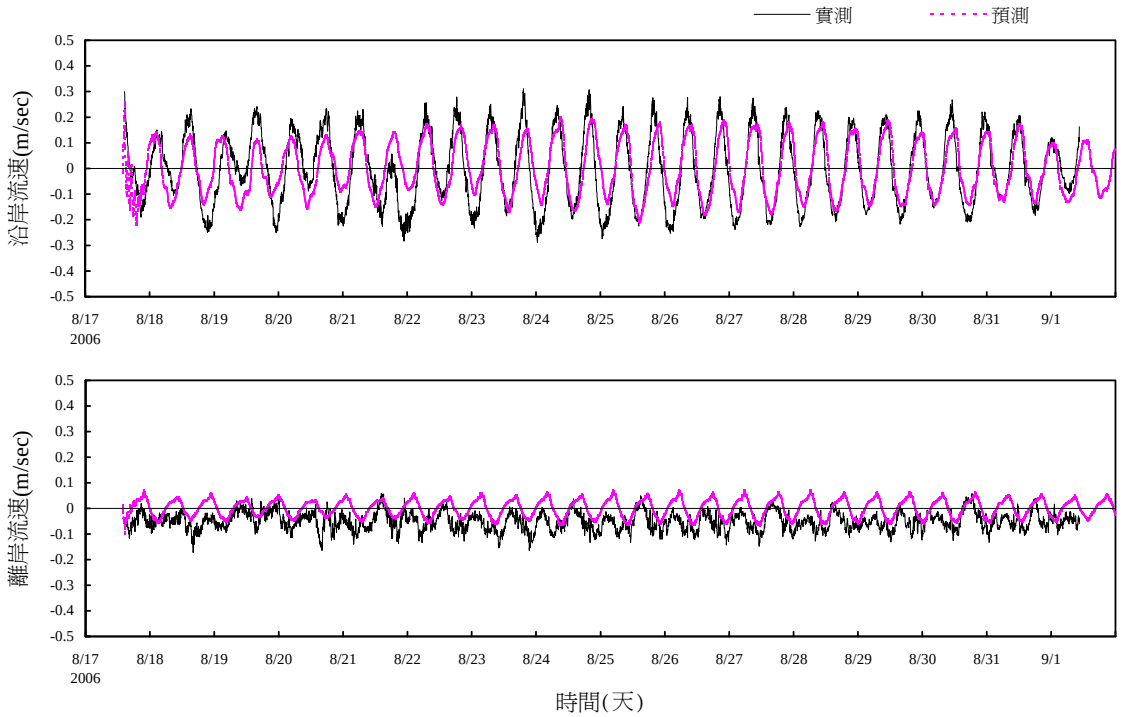


圖 3-5　水質測站 T1~T6 位置圖

3.3.2 水理模式之率定

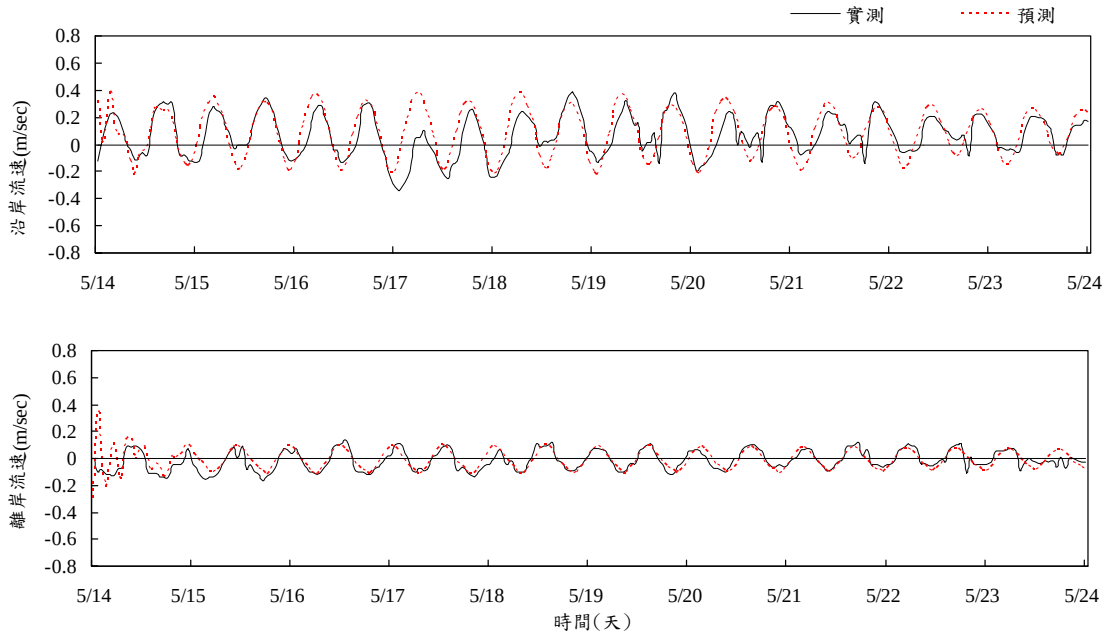
本研究在流場模式之率定方面，先利用彰濱海域之 CH7W 測站實測海潮流資料以及港研中心在今年度(2011)於臺中港南側之海流測站實測海流資料來進行模式檢核與驗證。經多次測試，本研究三維模式最後選定底床摩擦係數為 25，γ、K_V 與 *rm* 等係數之值分別為 500、0.4 與 0.4 (計算鹽度時，使用 *rm* 值為 0.8)與渦動黏性係數為 100。而在二維模式之參數經過率定與驗證後，本研究使用渦動黏性係數 E_{xx} 與 E_{yy} 為 $300\,m^2/\sec$ ，E_{xy} 與 E_{yx} 為 $100\,m^2/\sec$ 。

圖 3-6 為 CH7W 定點海流測站記錄與海潮流模擬結果，圖中針對沿岸流速及離岸流速成份分別進行比較，顯示模擬結果與實測值有相同的趨勢變化。圖 3-7 為烏溪海流測站記錄與海潮流模擬結果，圖中針對沿岸流速及離岸流速成份分別進行比較，顯示模擬結果與實測值頗為吻合，由此可驗證本模式可適切模擬臺中港至彰濱海域之大區域海潮流變化。圖 3-8 與圖 3-9 為所模擬之臺中港鄰近海域於漲、退潮時之流場向量圖，由模擬結果可知，漲潮時潮流分別從臺中港南北兩端向臺中港匯集。退潮時則由臺中港附近海域向南北兩端流出，此與交通部運輸研究所“近岸漂沙機制與防治研究(1/4)”第五章之結果趨勢一致。



(CH7W 測站，實測時間：2006 年 8 月 17 日~9 月 1 日)

圖 3-6　模式預測與實測流速比較圖



(烏溪海流測站，實測時間：2011 年 5 月 14 日~5 月 24 日)

圖 3-7　烏溪海流測站實測流速與模式預測比較圖

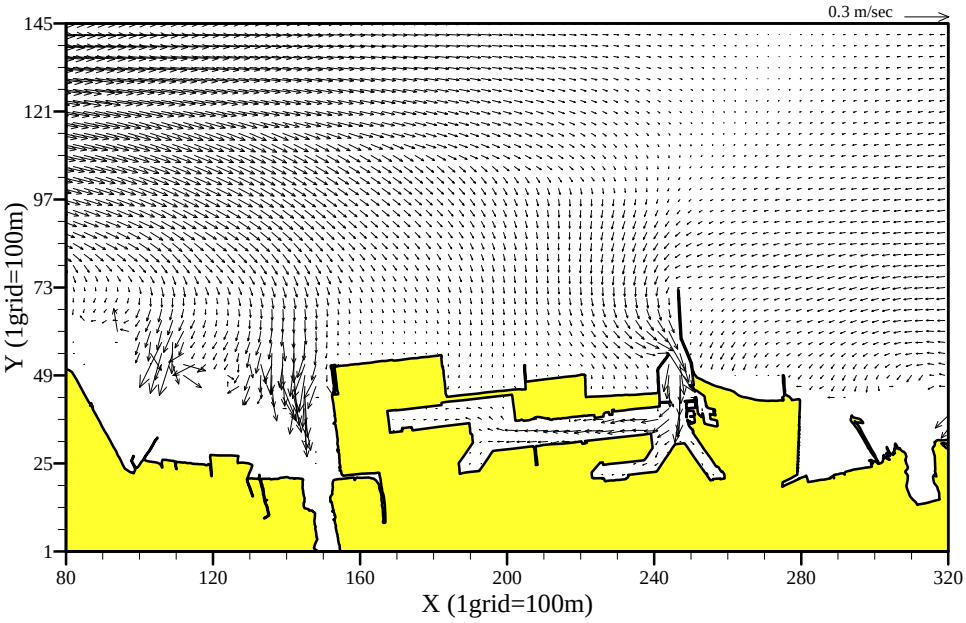


圖 3-8　臺中港附近海域於漲潮時之流場分佈圖

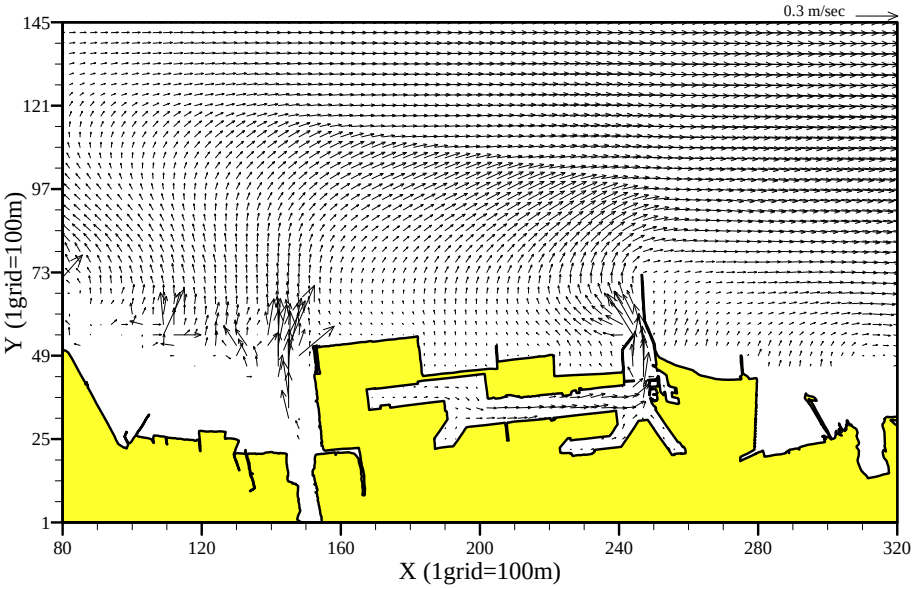


圖 3-9　臺中港附近海域於退潮時之流場分佈圖

3.3.3 水質模式之率定

本研究水質模式率定所用之水理條件、地形資料等與上節水理模式率定時相同，其水質環境背景濃度條件部分，BOD、大腸菌的起始值分別使用 0.5mg/l、811CFU/100ml。另外根據 2009 年成大水工所於臺中港 2 處排水路(安良港大排出口 N2、梧棲大排 N3)分別進行水質全潮期間之流速、水質採樣結果之平均值，並選定安良港大排、梧棲大排為臺中港主要污染源，其污染物為一每隔 3 秒連續排放，污染濃度輸出量如表 3-2 所示。經由水質模式校驗後，水質參數率定結果中 BOD 怯氧係數為 0.00432 1/day。

圖 3-10 至圖 3-12 為 N5、N6、N7 測站紀錄與臺中港海域水質檢測站 T1、T2、T3、T4、T5、T6 資料和水質 BOD 模擬結果，圖中顯示模擬預測 BOD 濃度變化範圍與實測結果大致相同，雖梧棲大排附近測站(N6、T2)之模擬平均值大於實測值，但模式預測極大小範圍略符合實測值，極大小範圍，整體顯示模擬結果與實測值頗為吻合。

圖 3-13 為無風驅動下所模擬污染源對臺中港港區水質 BOD 於漲退潮之影響分布圖，由模擬結果可知，在臺中港港區與港外其 BOD 濃度多能符合乙類海域水體水質標準(<3ppm)，除了港內地區(梧棲大排附近)BOD 濃度 BOD 濃度甚至可高於 3ppm，且於港外出海口之 BOD 濃度擴散方向往北為主。

另外，為瞭解臺中港港區與海域水質受風驅流影響下之變化關係，茲選取港灣技術研究中心臺中港觀測站之風觀測資料，並取其歷年平均風速(約 7.0m/s)、不同風向(冬：NNE、夏：S)進行模式模擬。圖 3-14 與圖 3-15 所示分別為在不同風向(NNE、S)情形下，平均風速為(7.0m/s)時在漲潮與退潮之 BOD 濃度分佈圖。由模擬結果顯示，當污染源排放後三天內因污染物尚未擴散至外海，其污染物擴散情形受風速的影響作用不太，當污染物擴散至外海時，受 NNE 方向風場影響下外海 BOD 濃度擴散方向往南為主，受 S 方向風場影響下外海 BOD 濃度擴散方向往北為主。

表 3-2　臺中港水質模式驗證使用之污染量設定值

排水路名稱 / 項目	安良港大排	梧棲大排
估流量(CMS)	149.64	24.4
BOD(mg/l)	2.43	8.67
COLI(CFU/100ml)	1,041,108	20,100,000

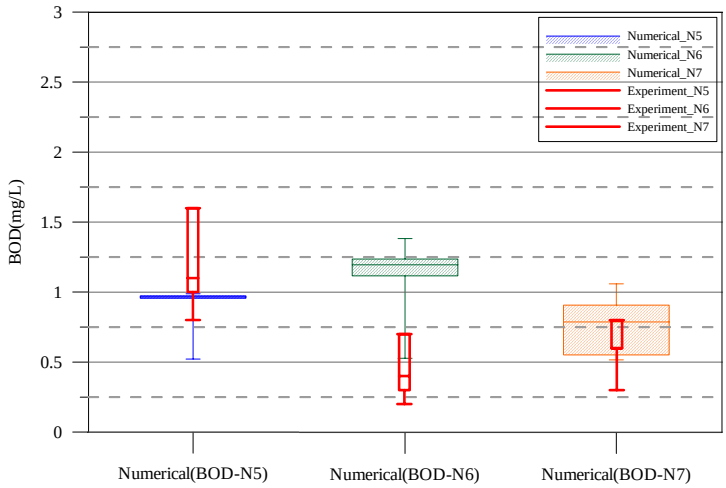


圖 3-10　N5、N6、N7 測站實測 BOD 濃度與模式預測比較圖

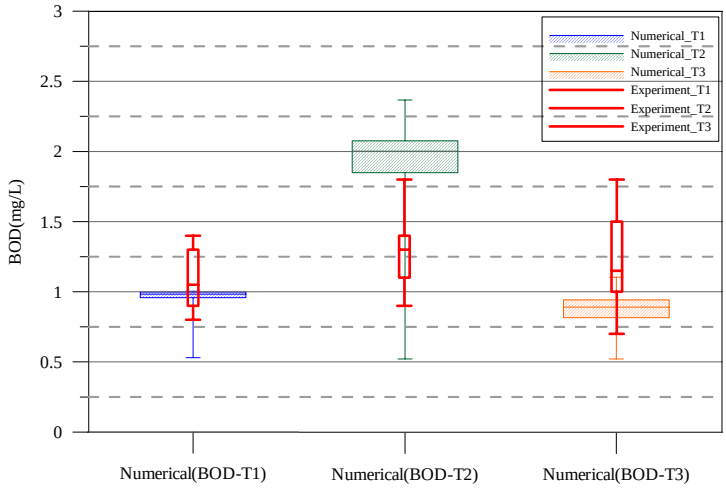


圖 3-11　T1、T2、T3 測站實測 BOD 濃度與模式預測比較圖

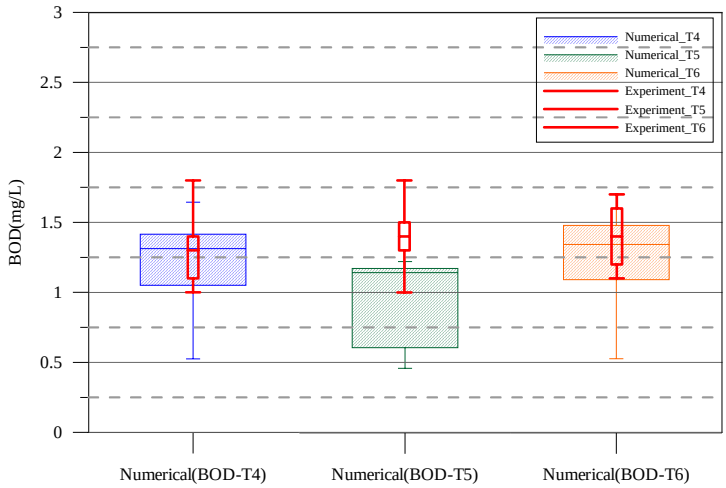
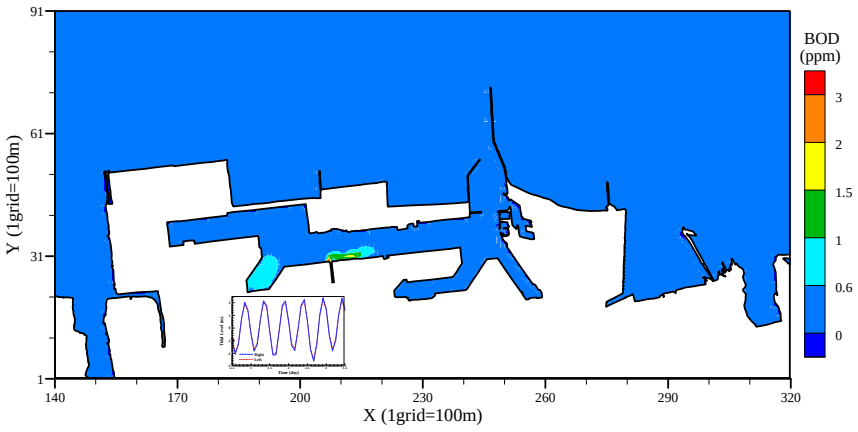
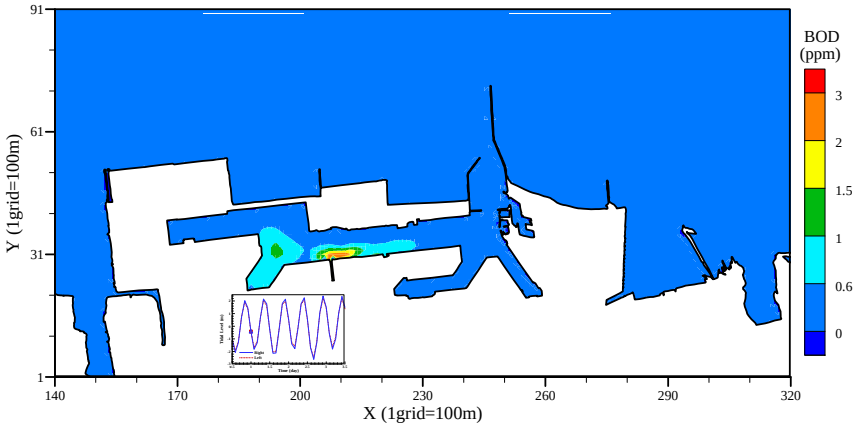


圖 3-12　T4、T5、T6 測站實測 BOD 濃度與模式預測比較圖

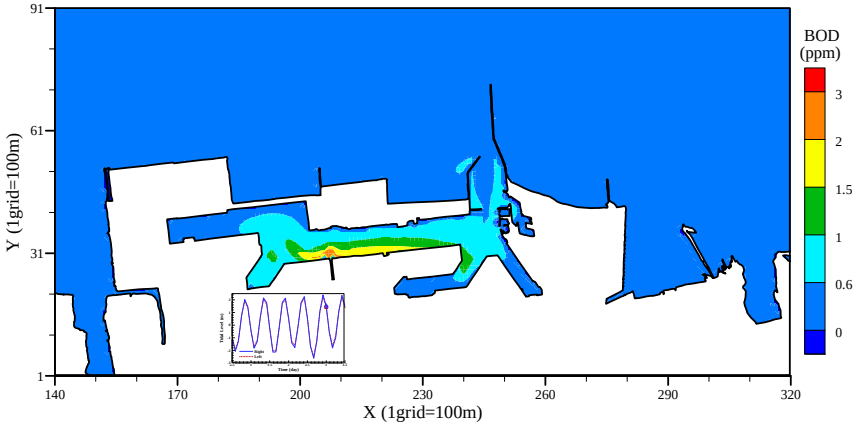


第 0 天 12 時

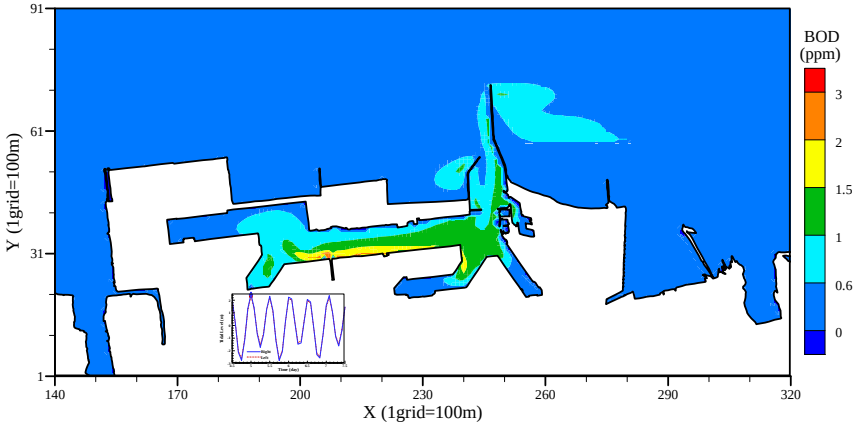


第 1 天 0 時

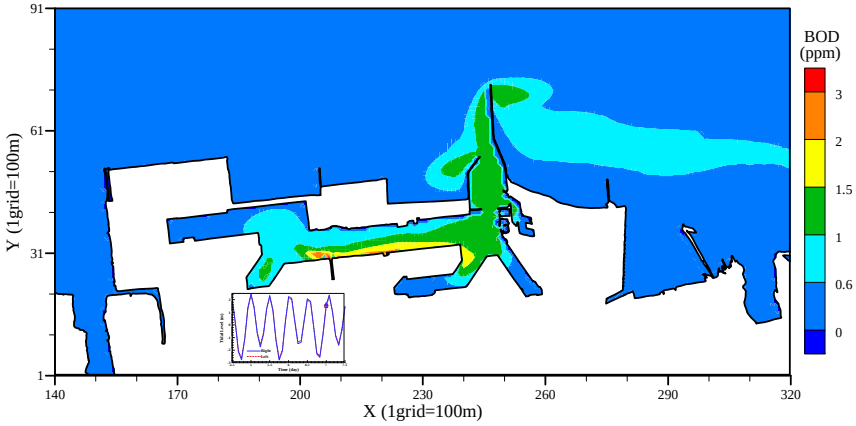
圖 3-13　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 3 天 0 時

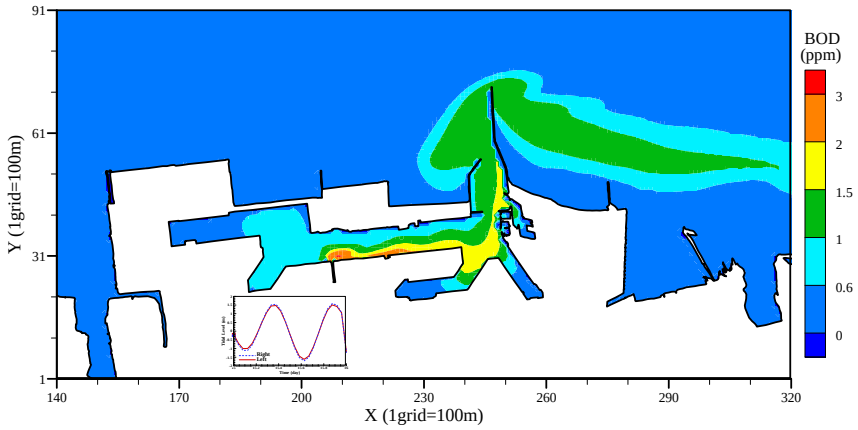


第 5 天 0 時

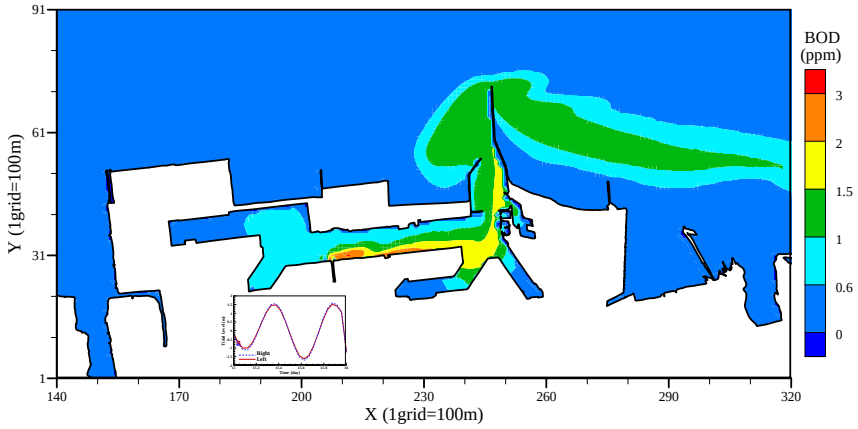


第 7 天 0 時

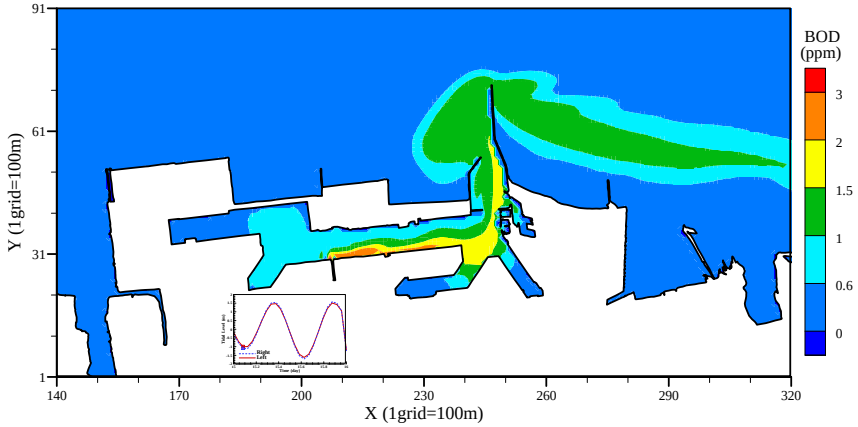
圖 3-13(續 1)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 0 時

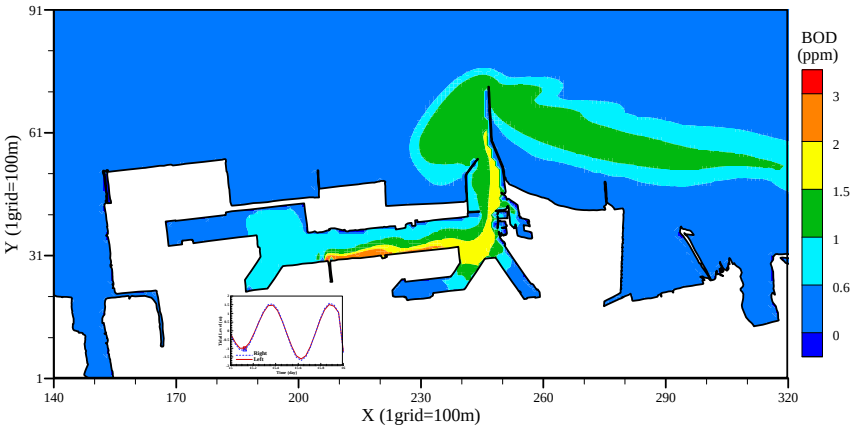


第 15 天 1 時

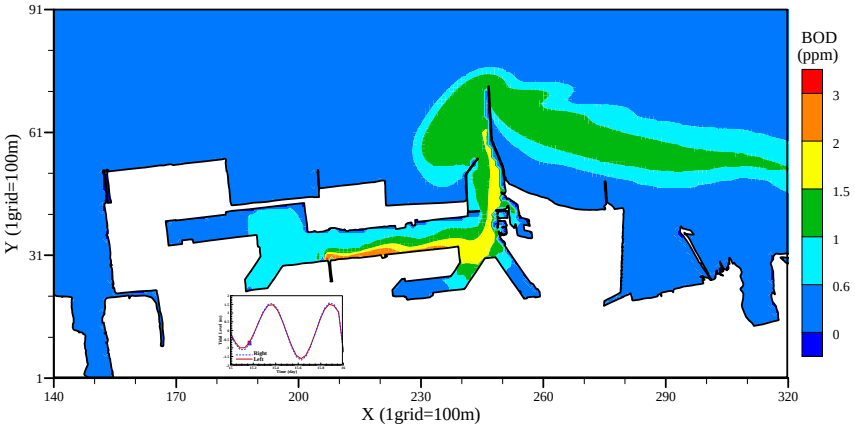


第 15 天 2 時

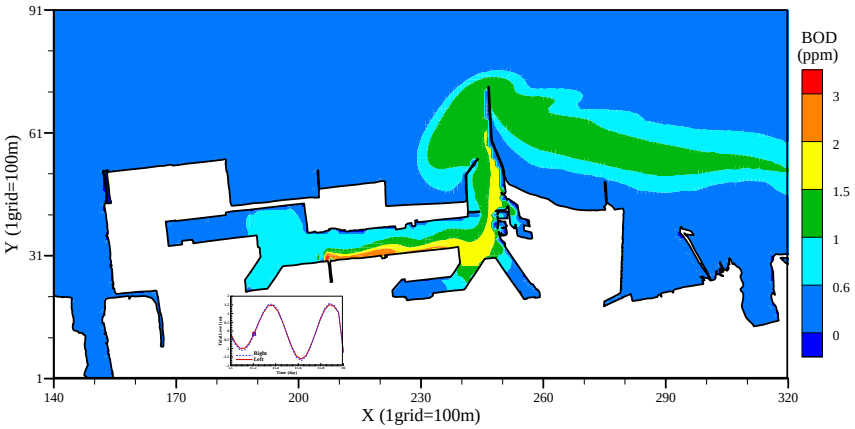
圖 3-13(續 2)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 3 時

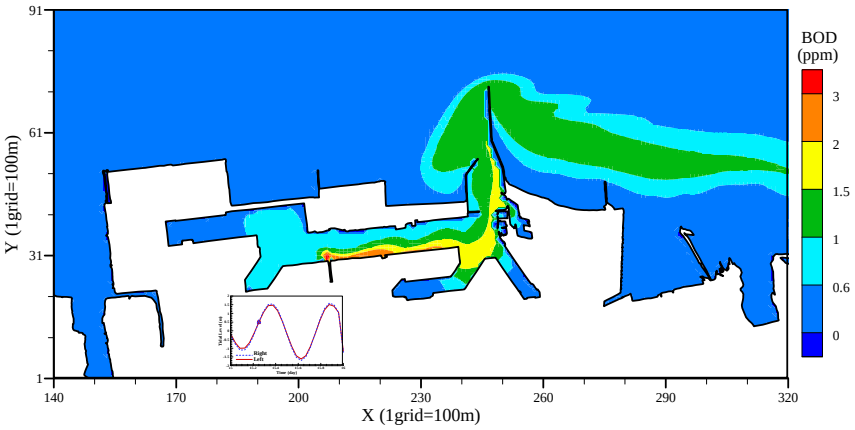


第 15 天 4 時

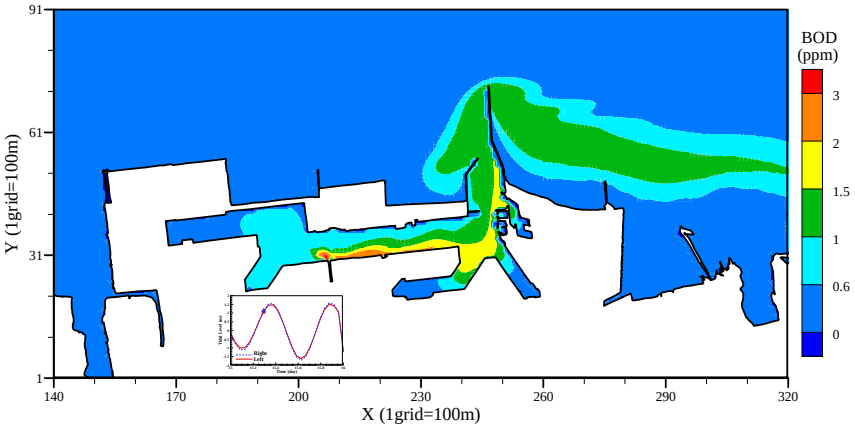


第 15 天 5 時

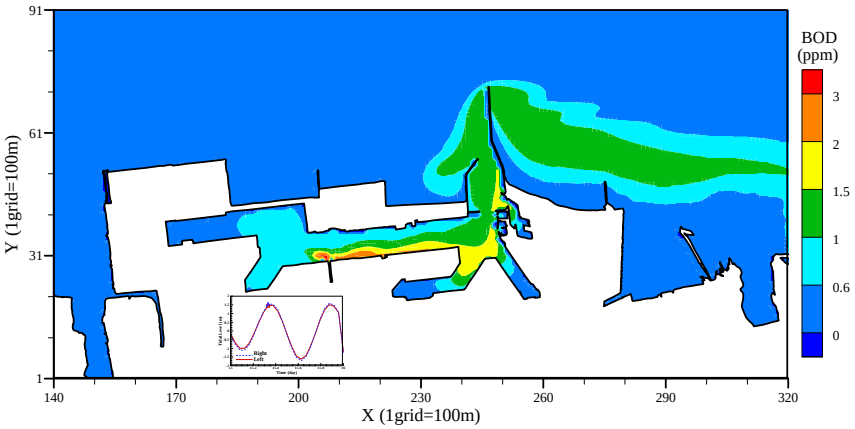
圖 3-13(續 3)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 6 時

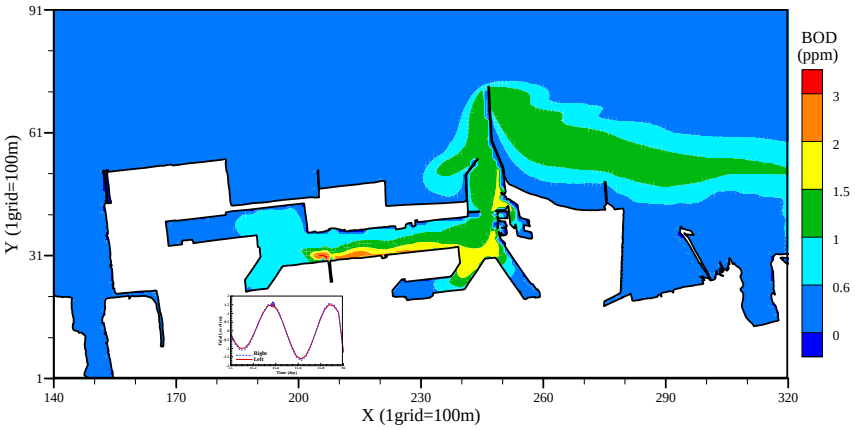


第 15 天 7 時

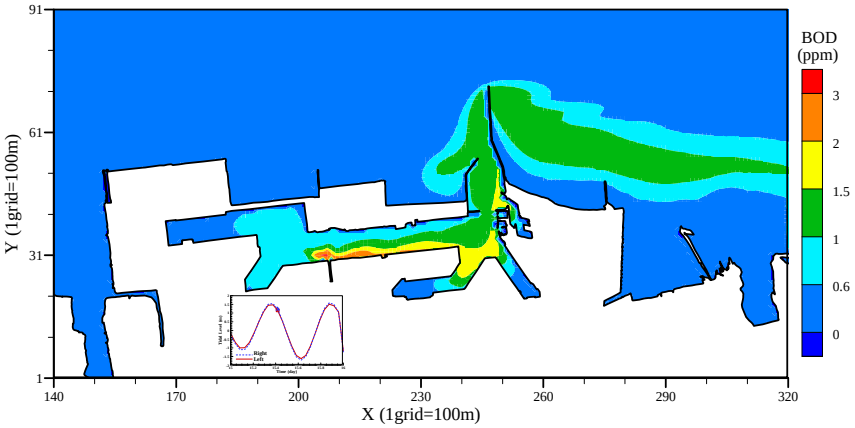


第 15 天 8 時

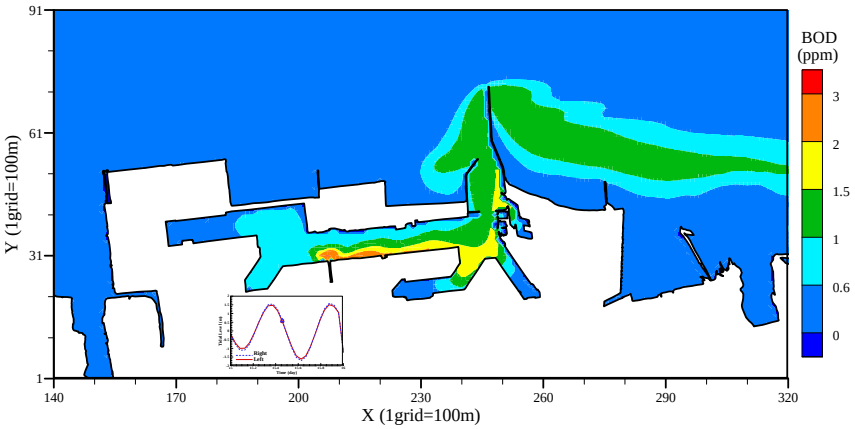
圖 3-13(續 4)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 9 時

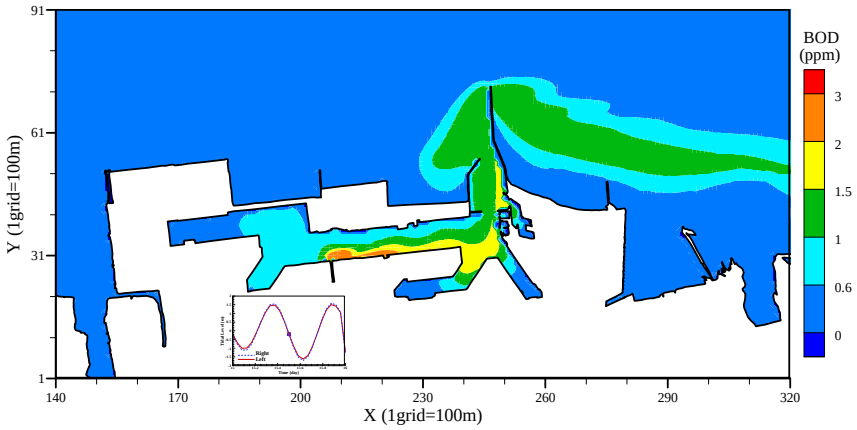


第 15 天 10 時

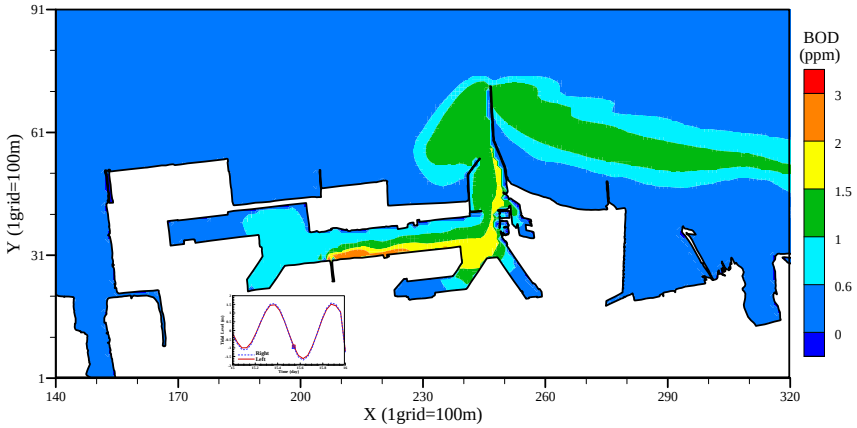


第 15 天 11 時

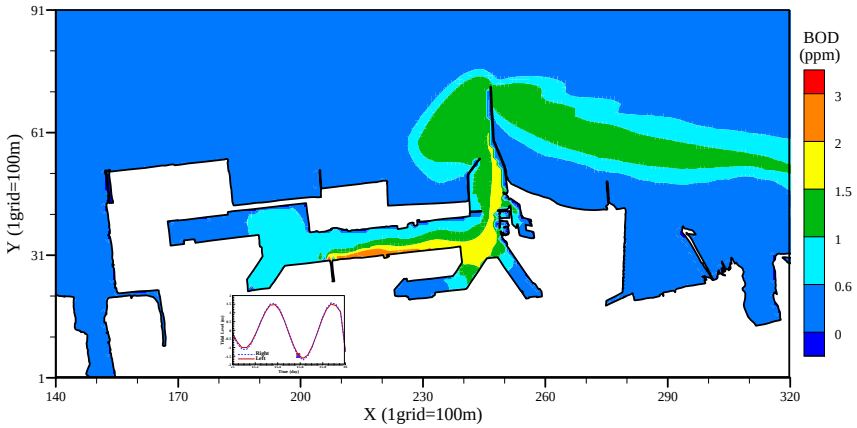
圖 3-13(續 5)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 12 時

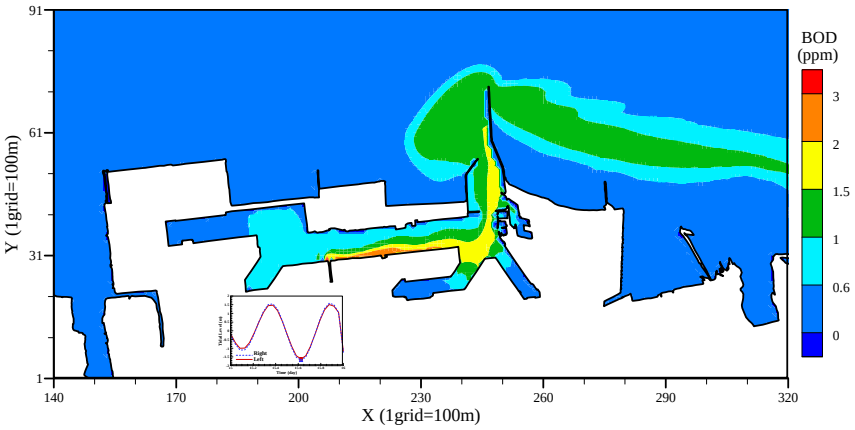


第 15 天 13 時

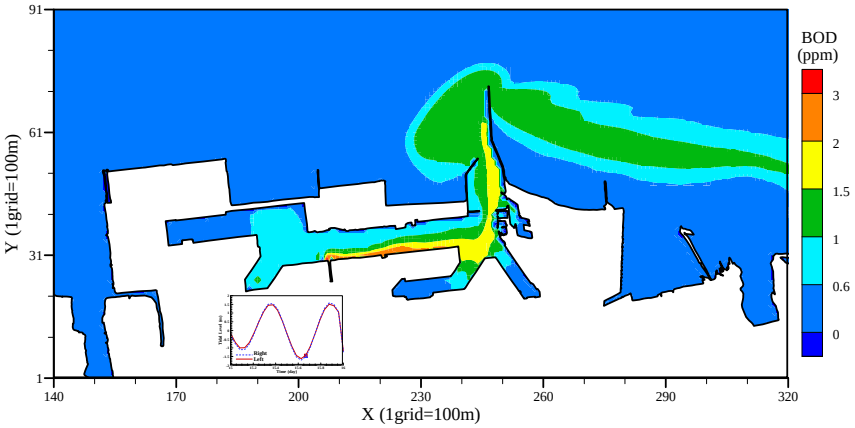


第 15 天 14 時

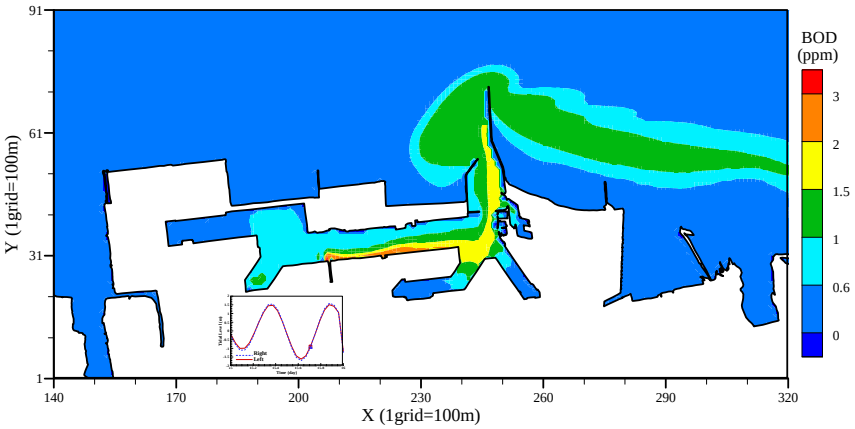
圖 3-13(續 6)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 15 時

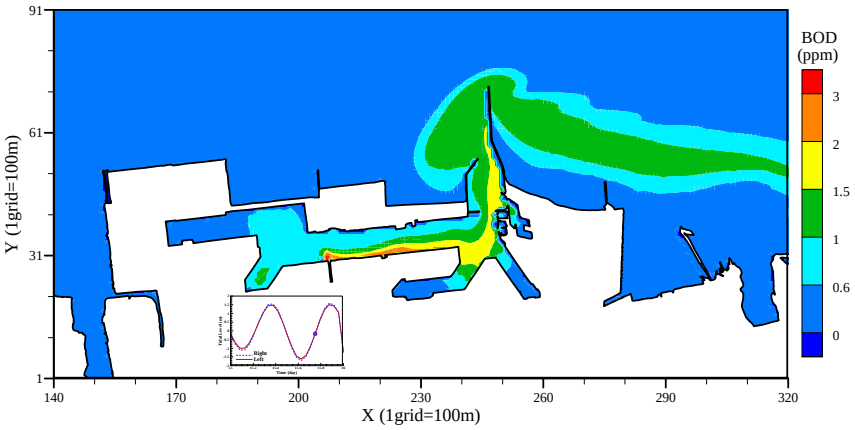


第 15 天 16 時

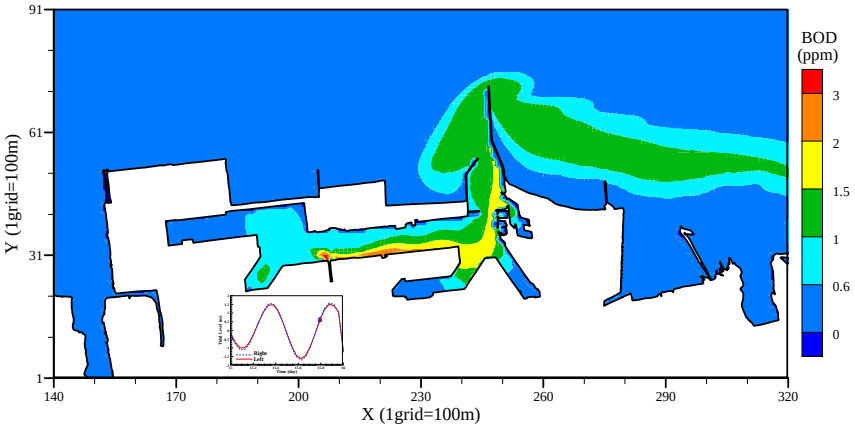


第 15 天 17 時

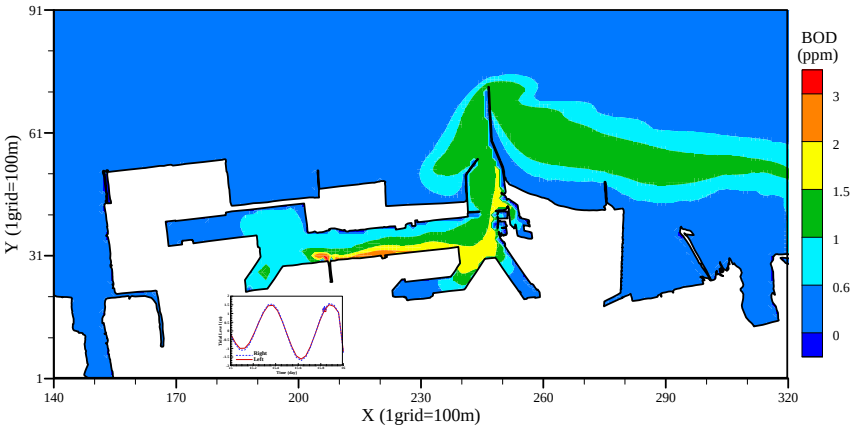
圖 3-13(續 7)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 18 時

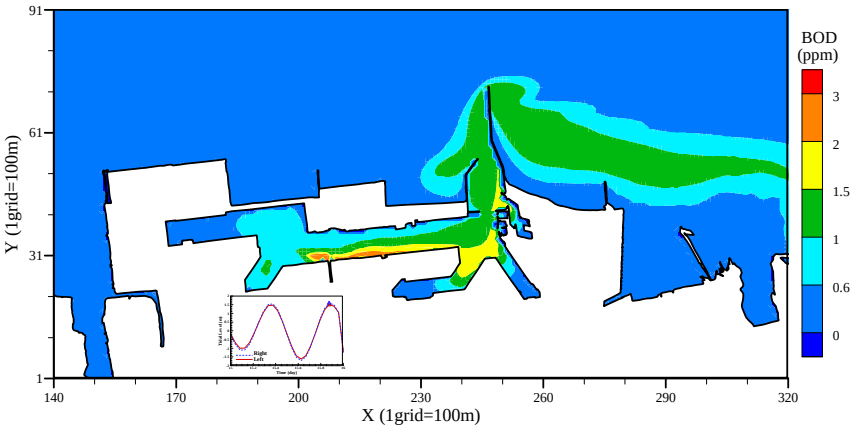


第 15 天 19 時

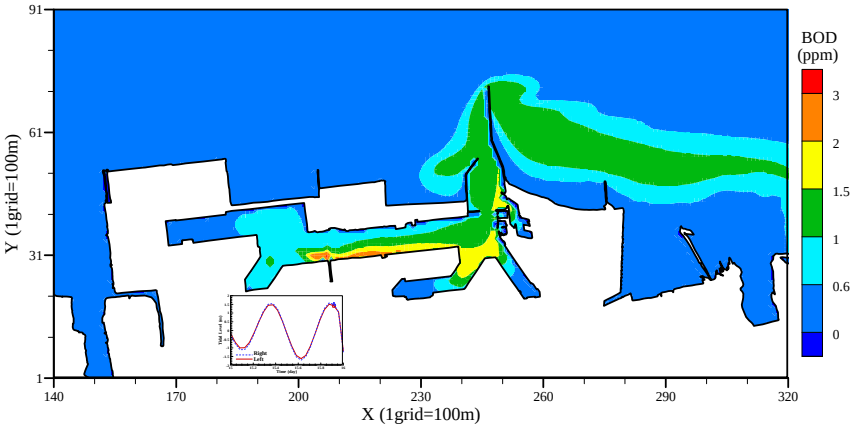


第 15 天 20 時

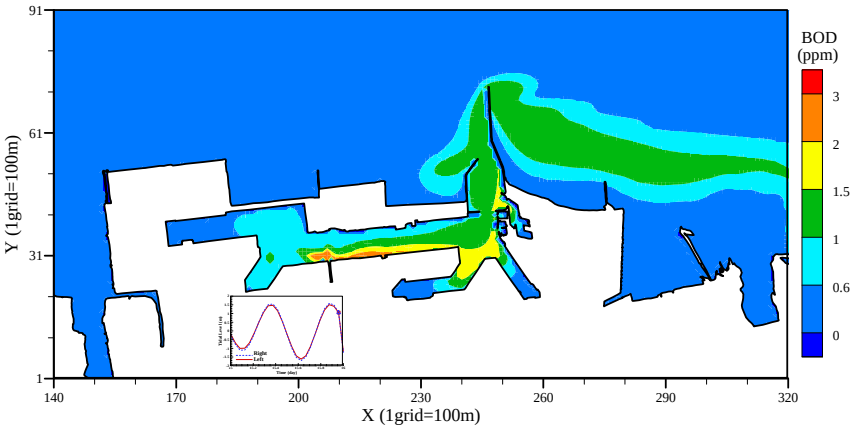
圖 3-13(續 8)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 21 時

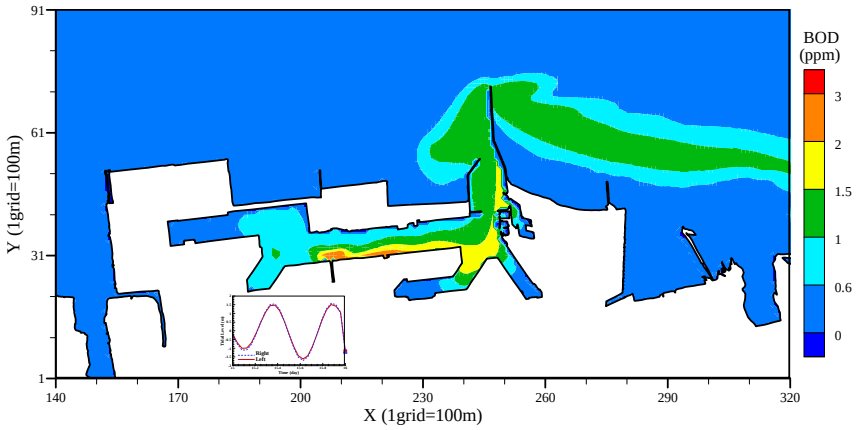


第 15 天 22 時



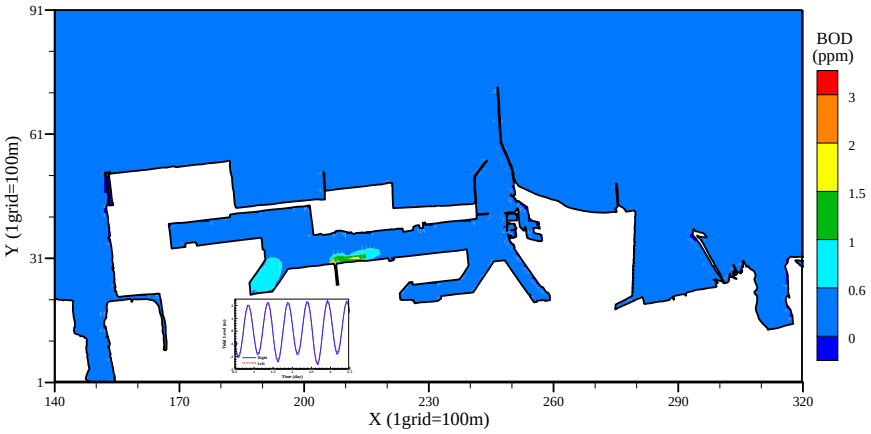
第 15 天 23 時

圖 3-13(續 9)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖

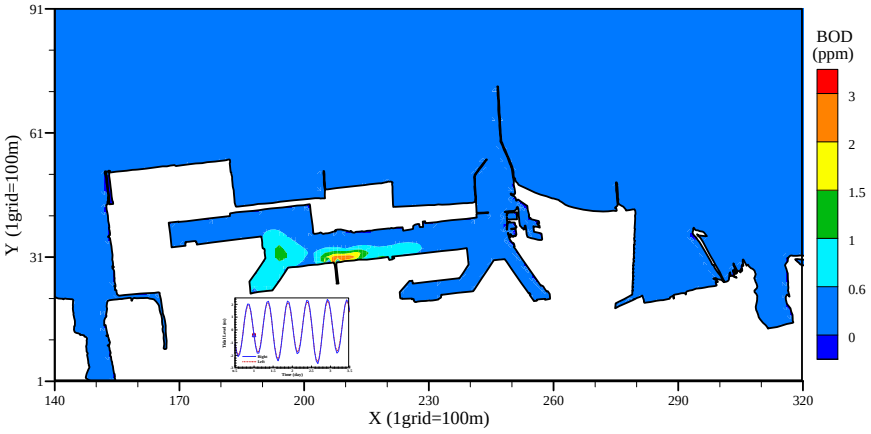


第 16 天 0 時

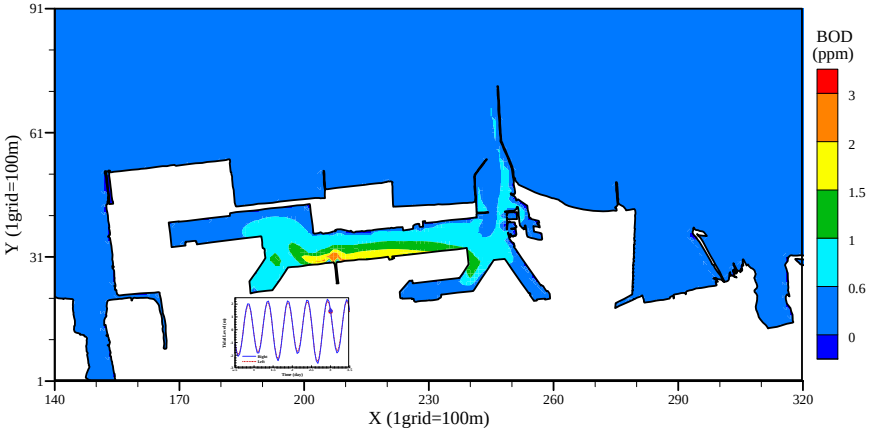
圖 3-13(續 10)　無風驅動下污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 0 天 12 時

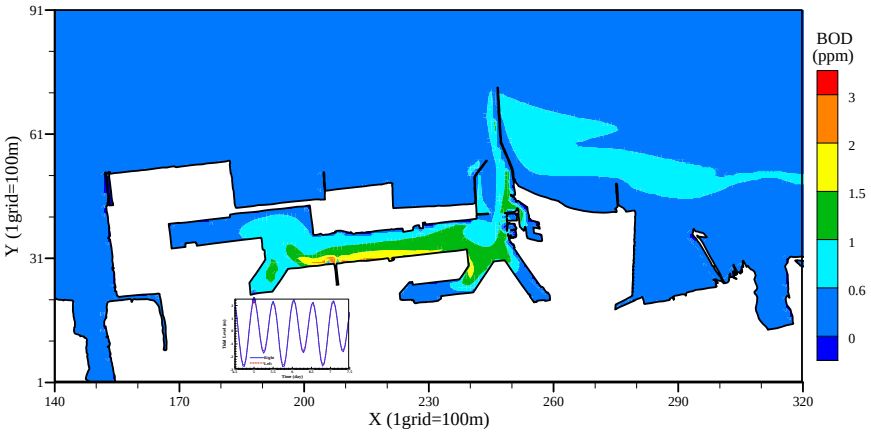


第 1 天 0 時

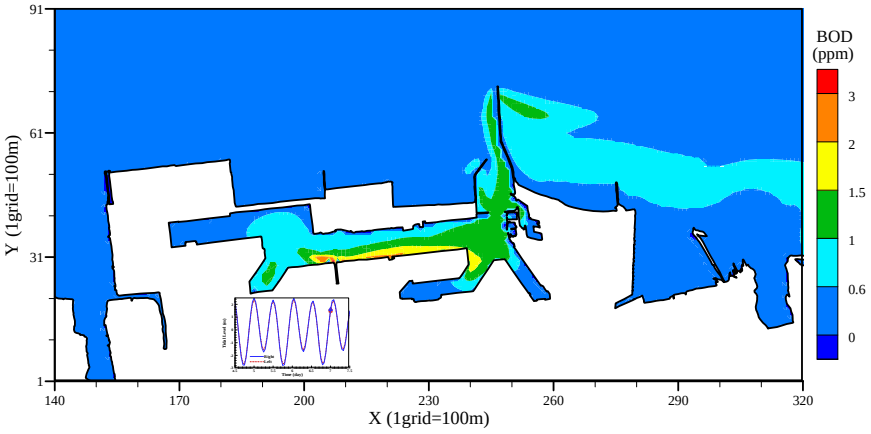


第 3 天 0 時

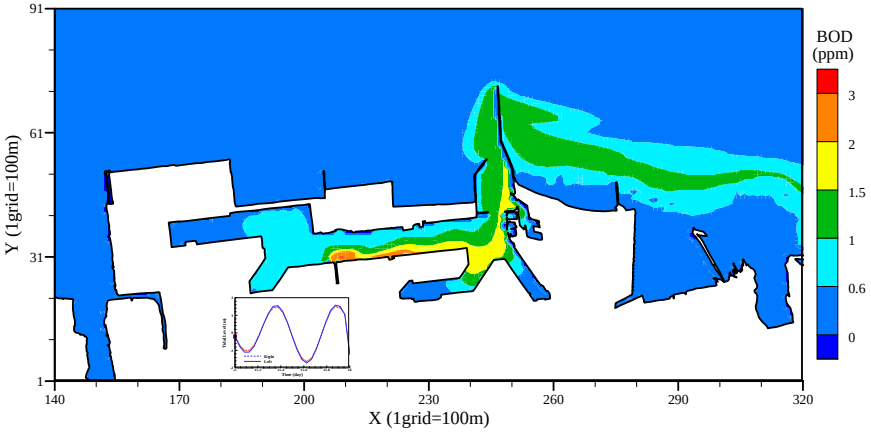
圖 3-14　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 5 天 0 時

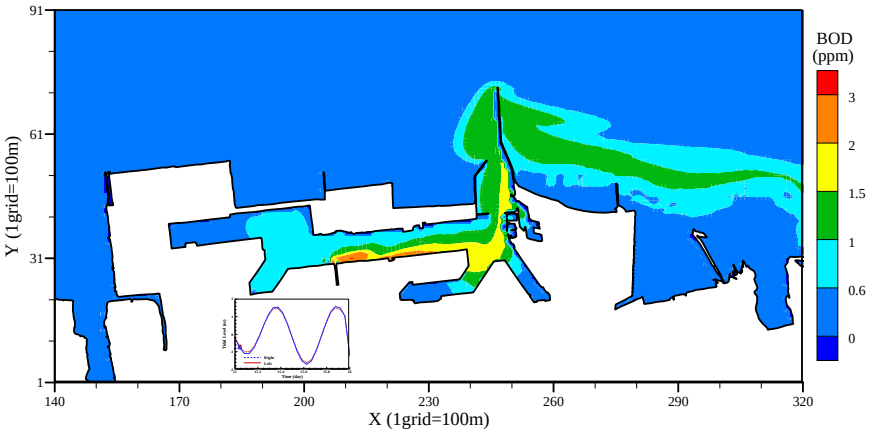


第 7 天 0 時

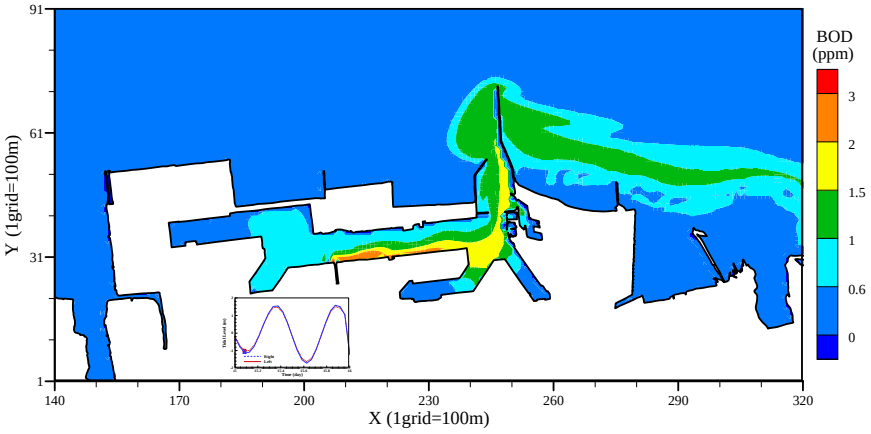


第 15 天 0 時

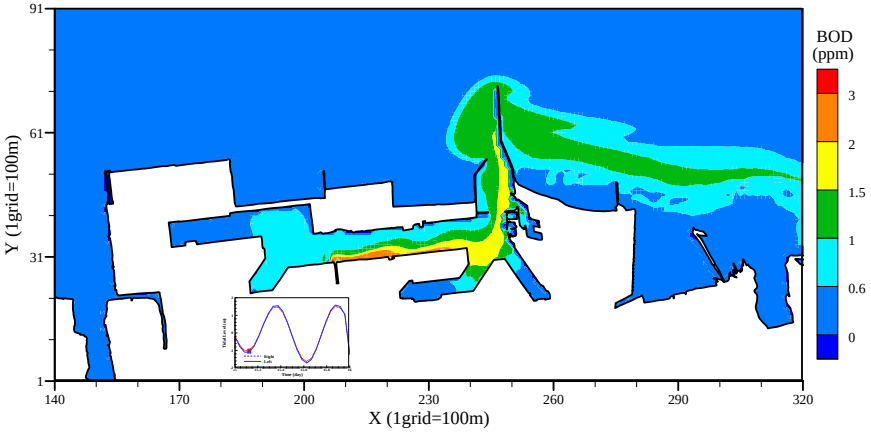
圖 3-14(續 1)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 1 時

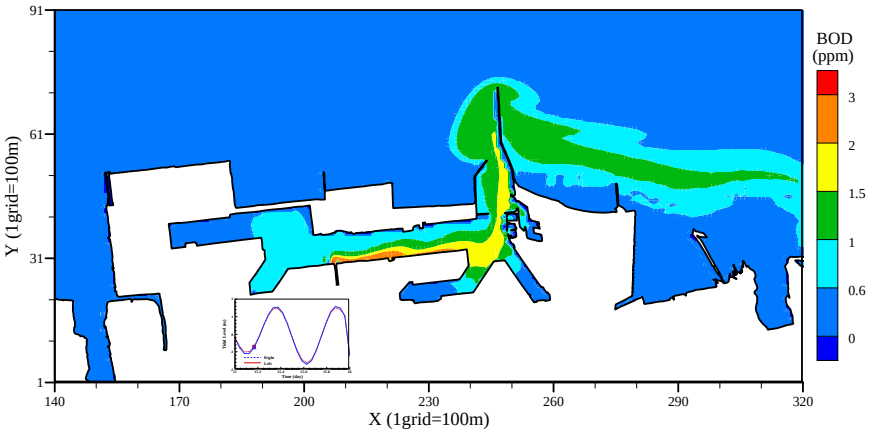


第 15 天 2 時

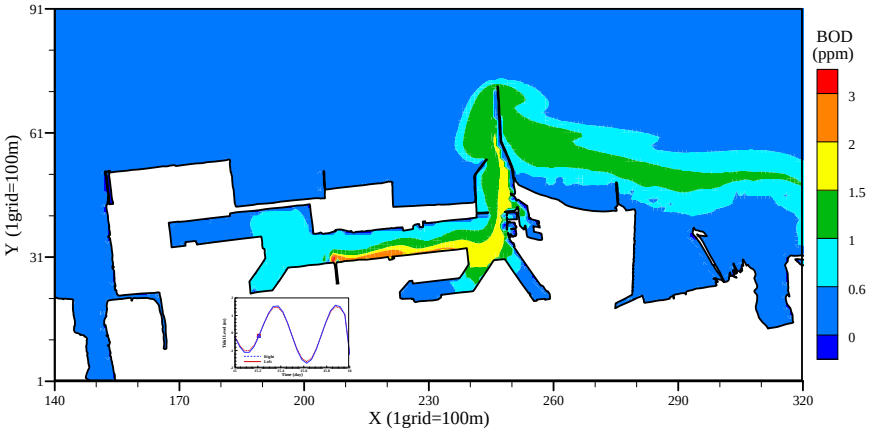


第 15 天 3 時

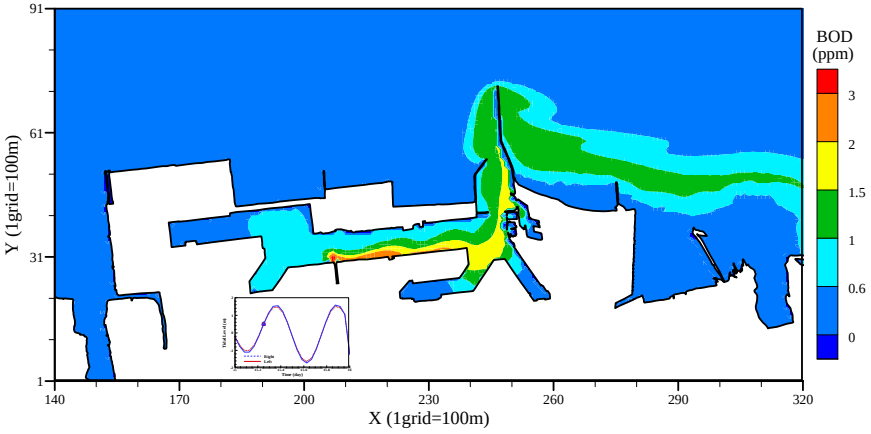
圖 3-14(續 2)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 4 時

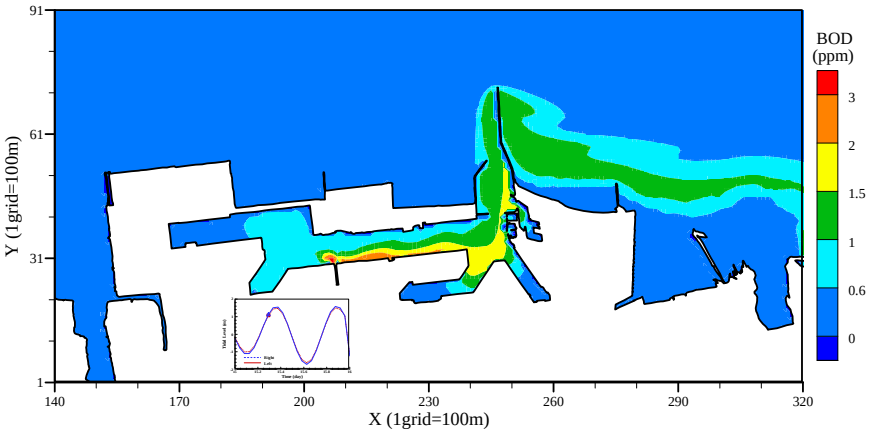


第 15 天 5 時

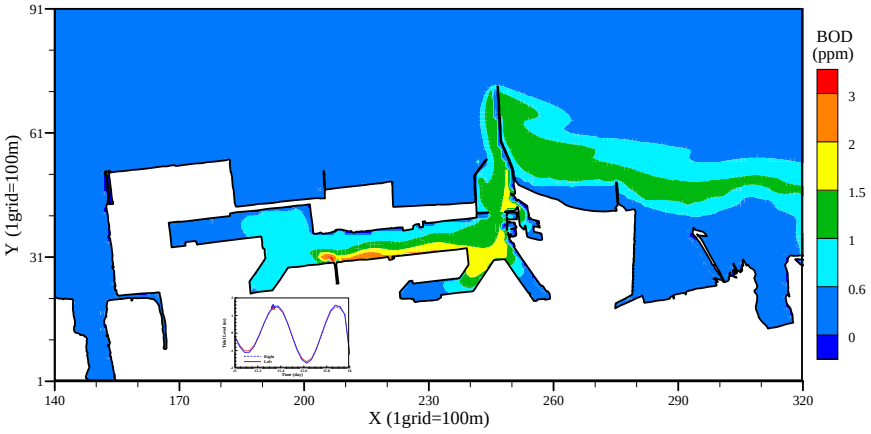


第 15 天 6 時

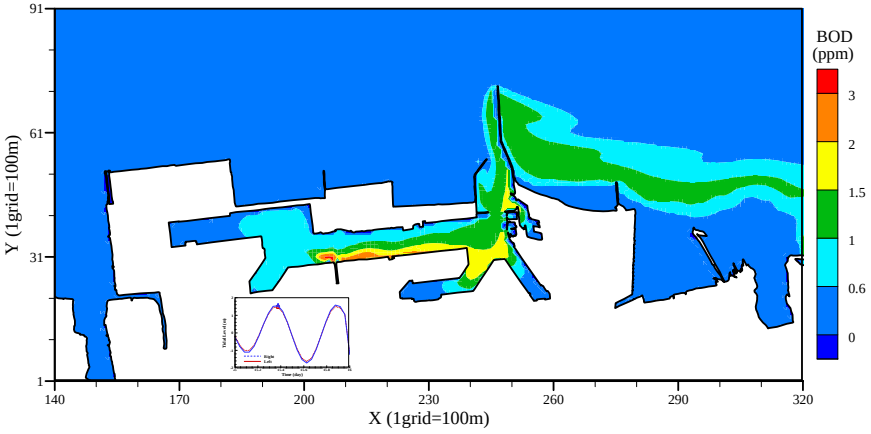
圖 3-14(續 3)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 7 時

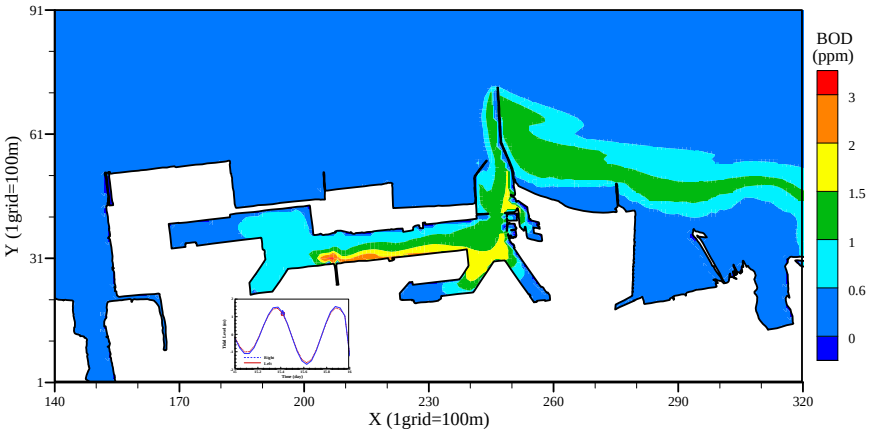


第 15 天 8 時

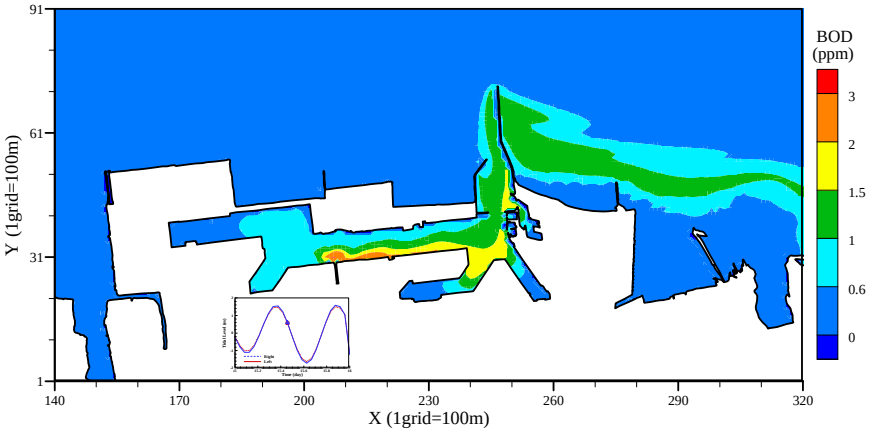


第 15 天 9 時

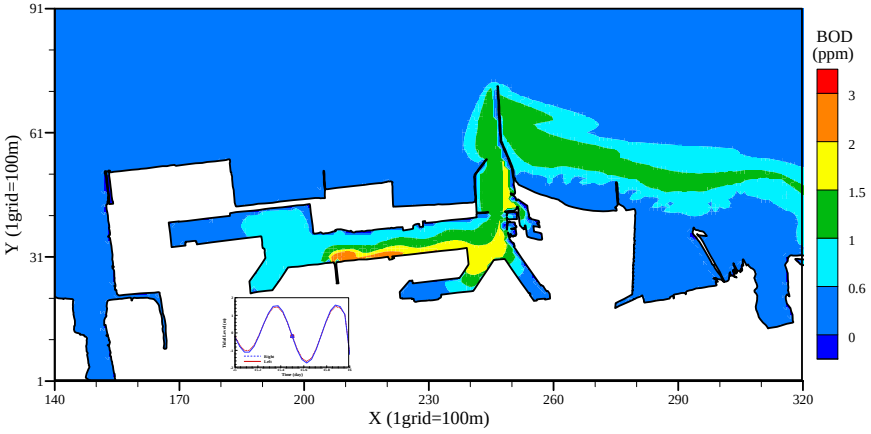
圖 3-14(續 4)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 10 時

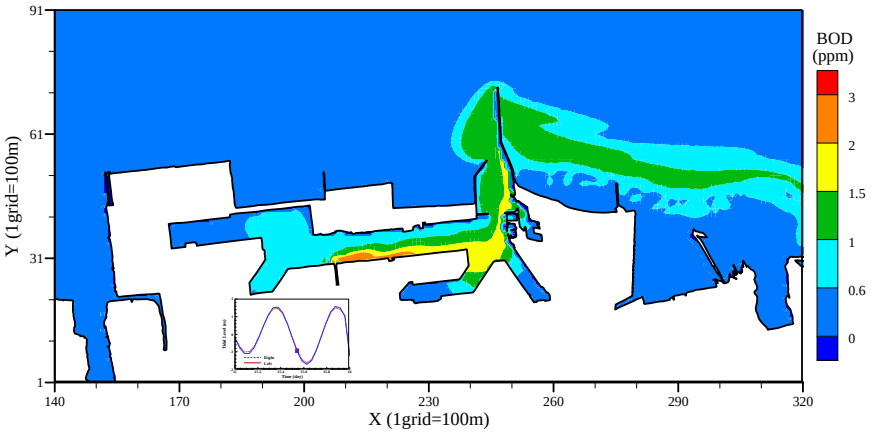


第 15 天 11 時

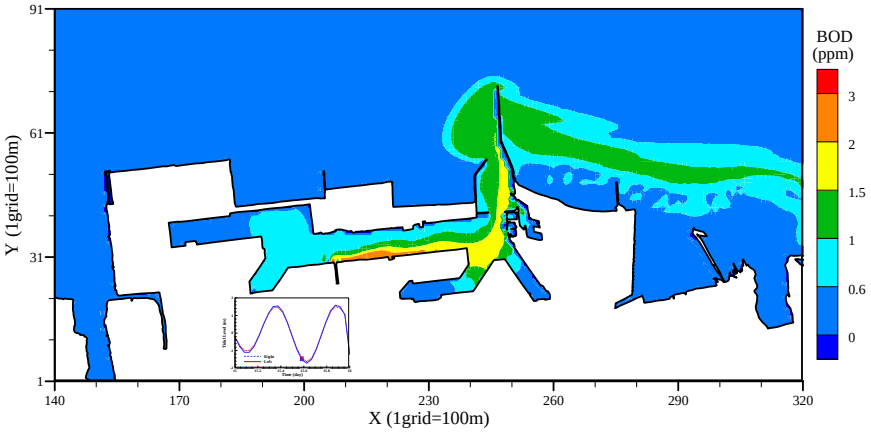


第 15 天 12 時

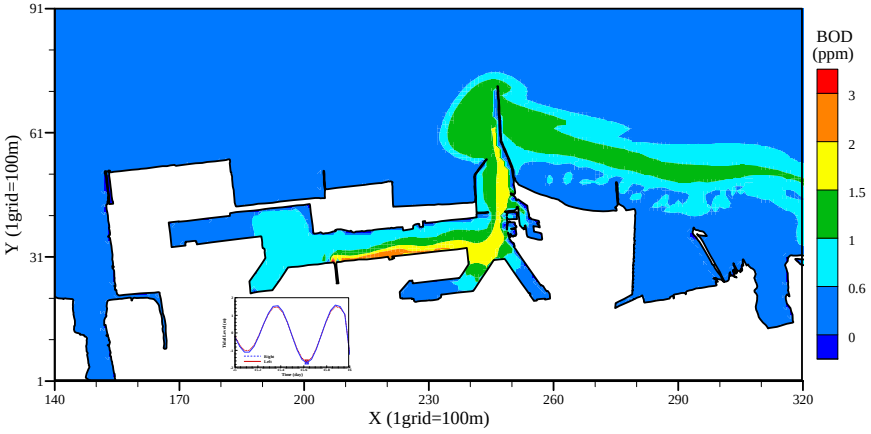
圖 3-14(續 5)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 13 時

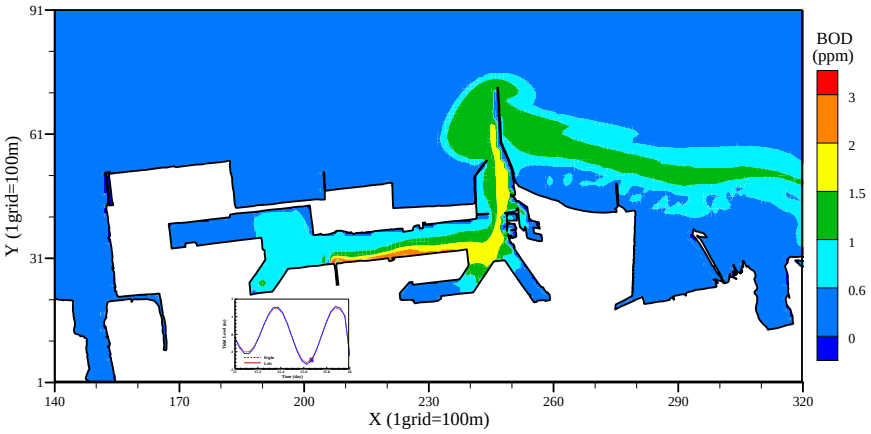


第 15 天 14 時

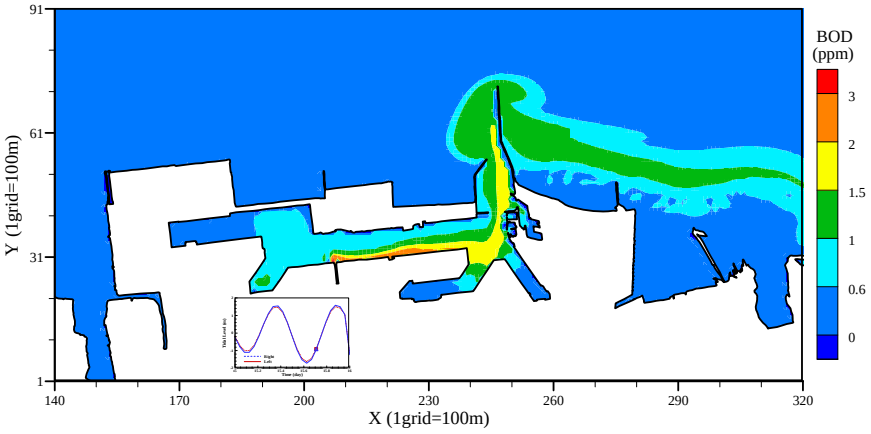


第 15 天 15 時

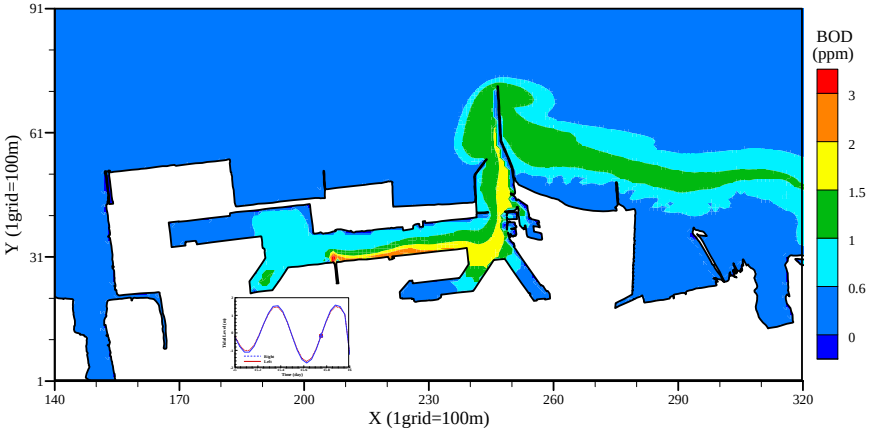
圖 3-14(續 6)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 16 時

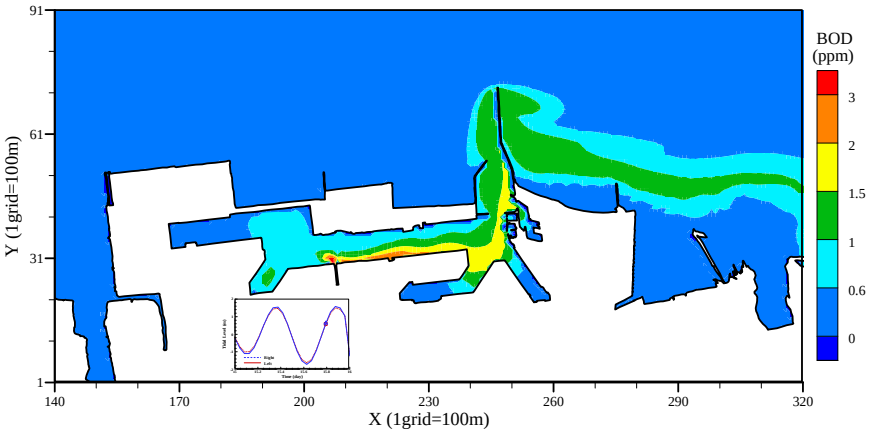


第 15 天 17 時

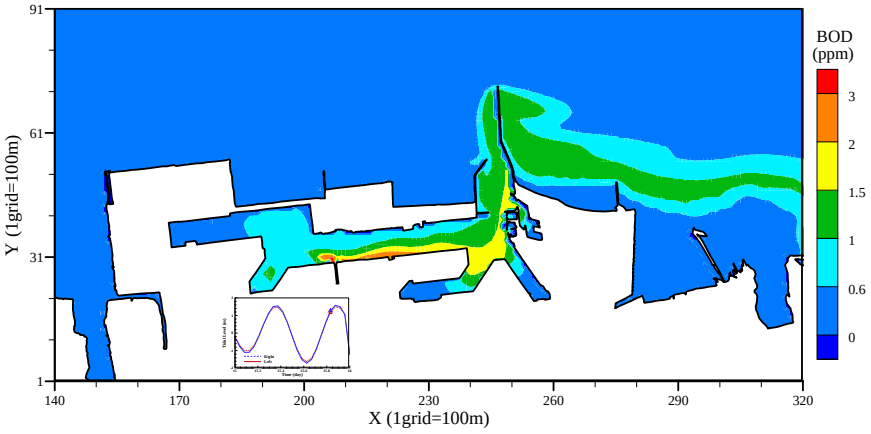


第 15 天 18 時

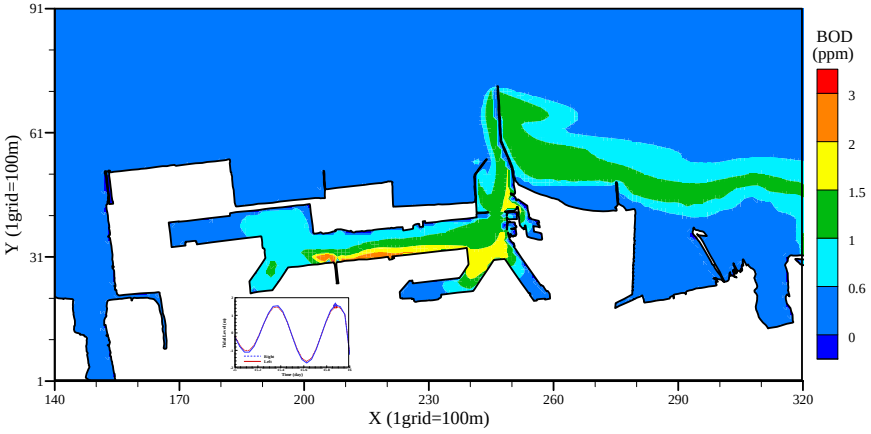
圖 3-14(續 7)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 19 時

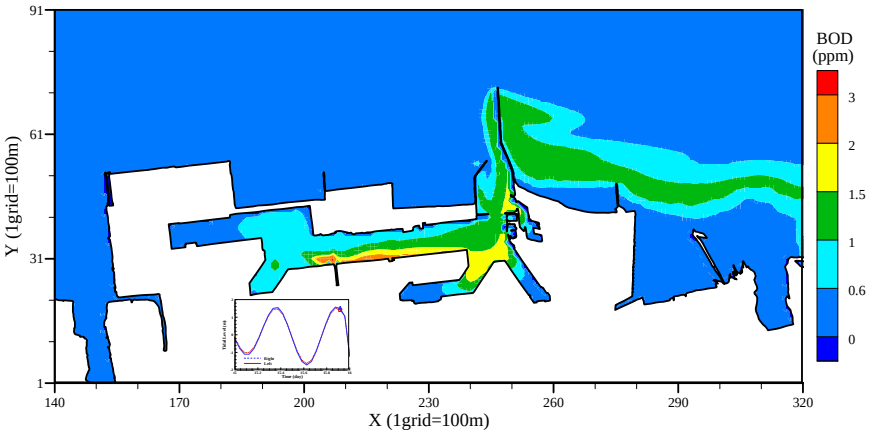


第 15 天 20 時

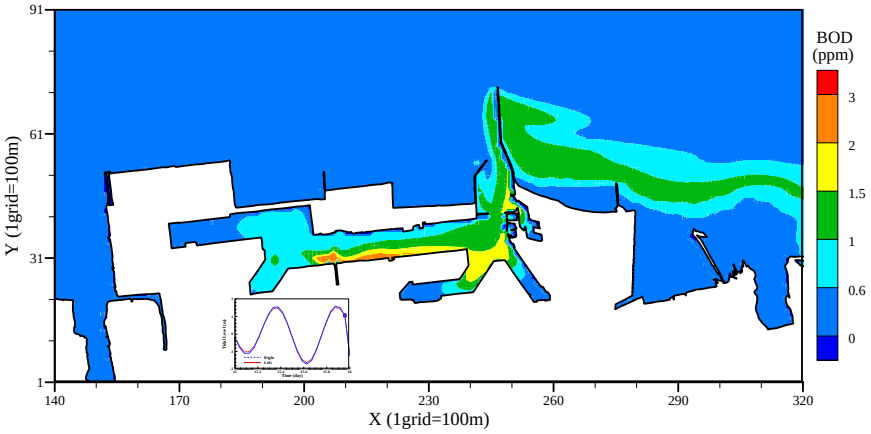


第 15 天 21 時

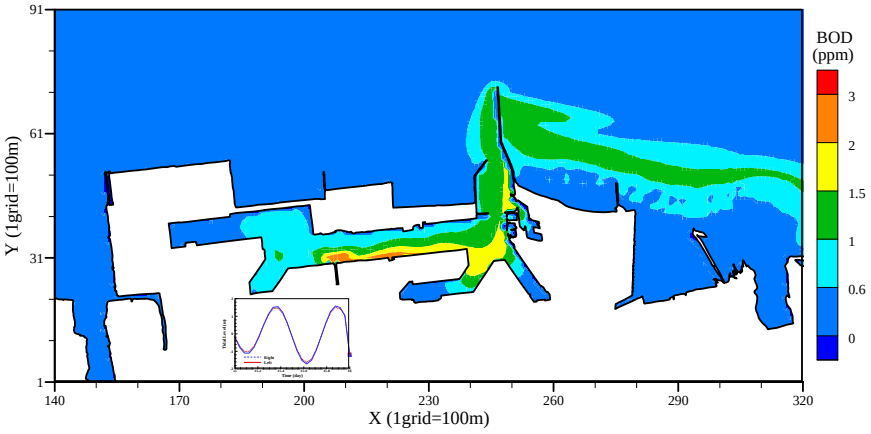
圖 3-14(續 8)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 22 時

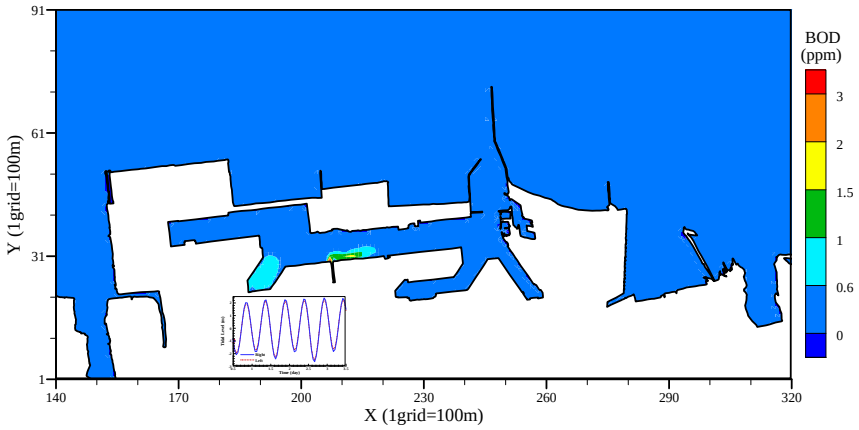


第 15 天 23 時

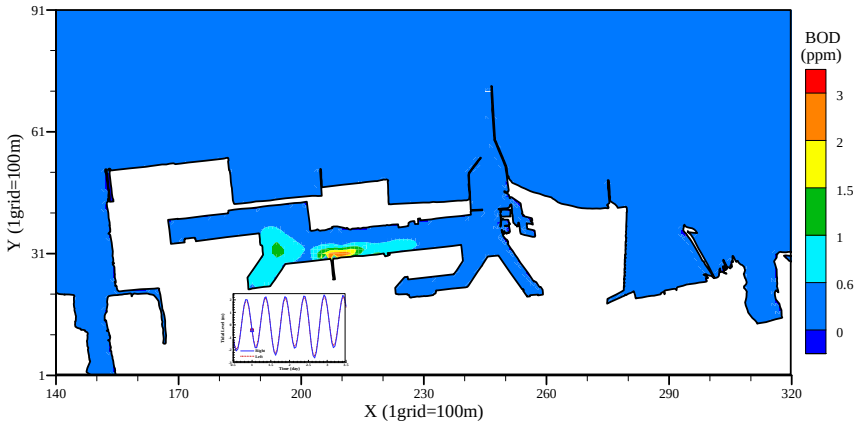


第 16 天 0 時

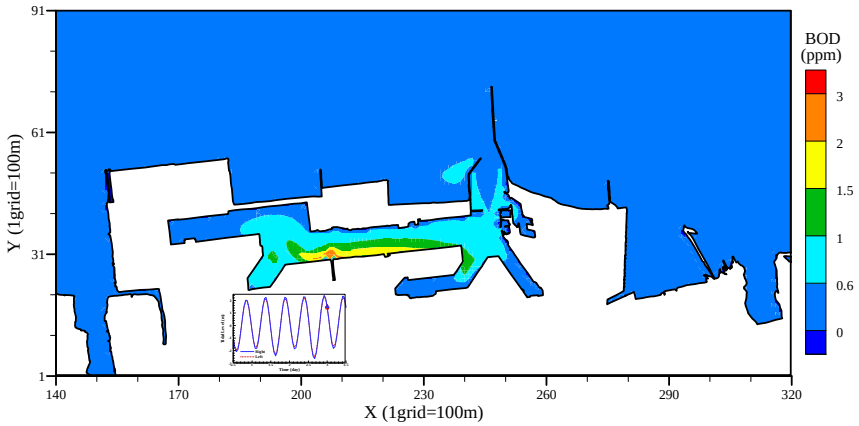
圖 3-14(續 9)　模式模擬風速為 7m/s、S 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 0 天 12 時

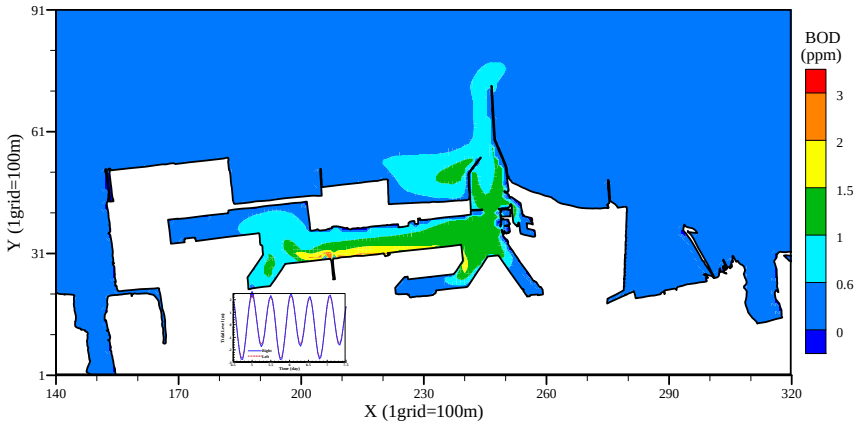


第 1 天 0 時

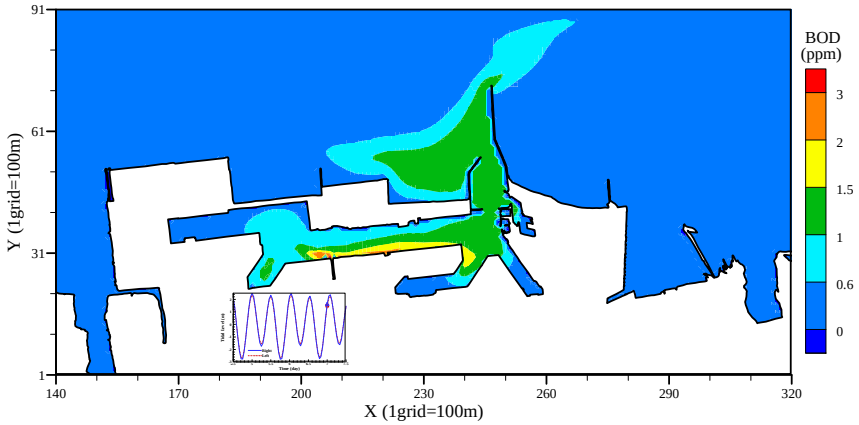


第 3 天 0 時

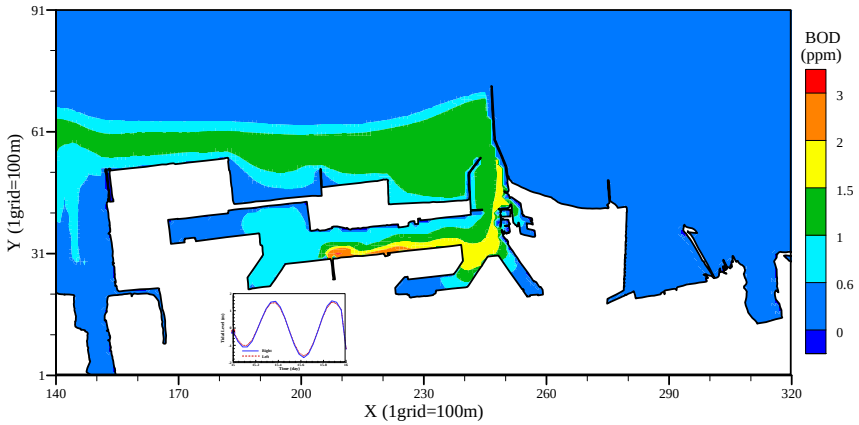
圖 3-15　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 5 天 0 時

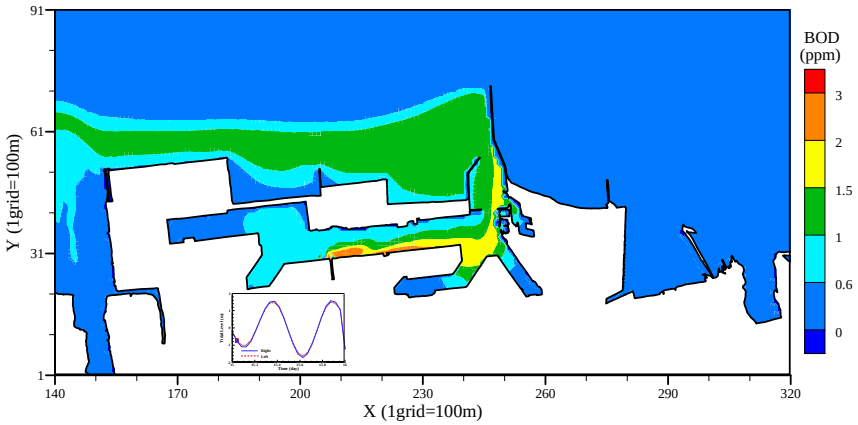


第 7 天 0 時

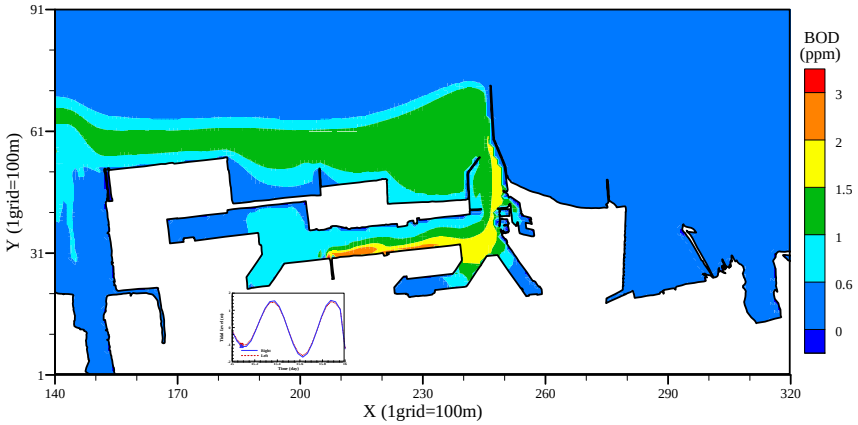


第 15 天 0 時

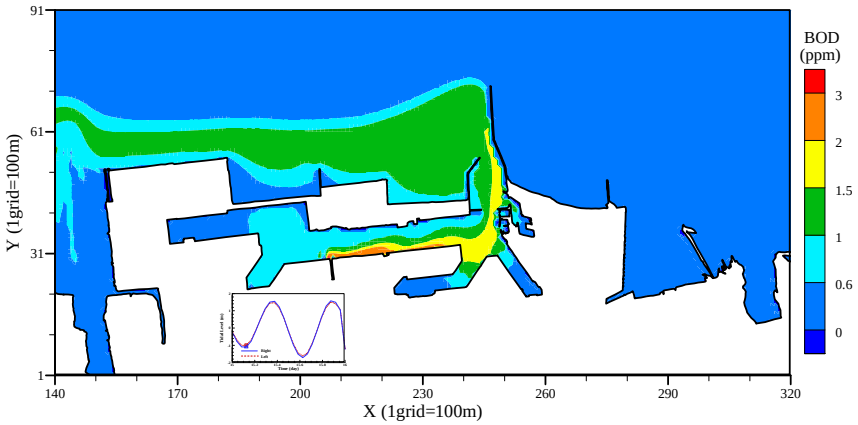
圖 3-15(續 1)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 1 時

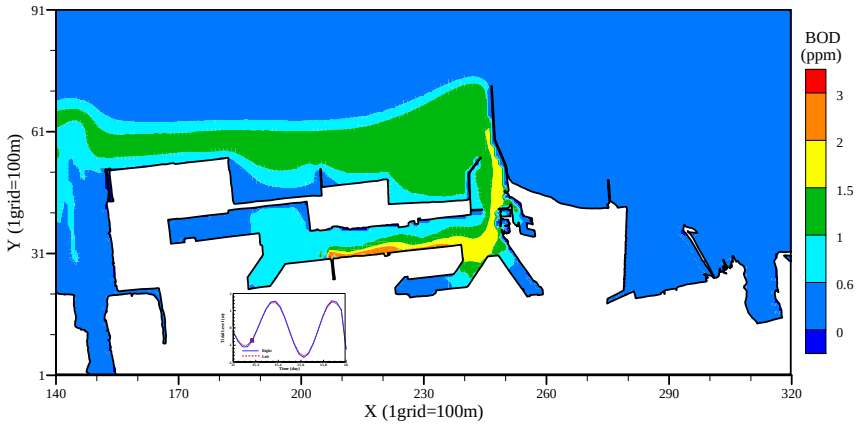


第 15 天 2 時

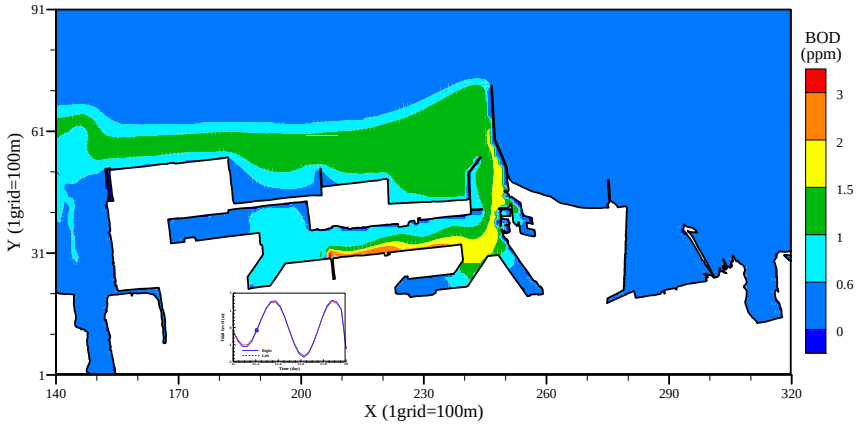


第 15 天 3 時

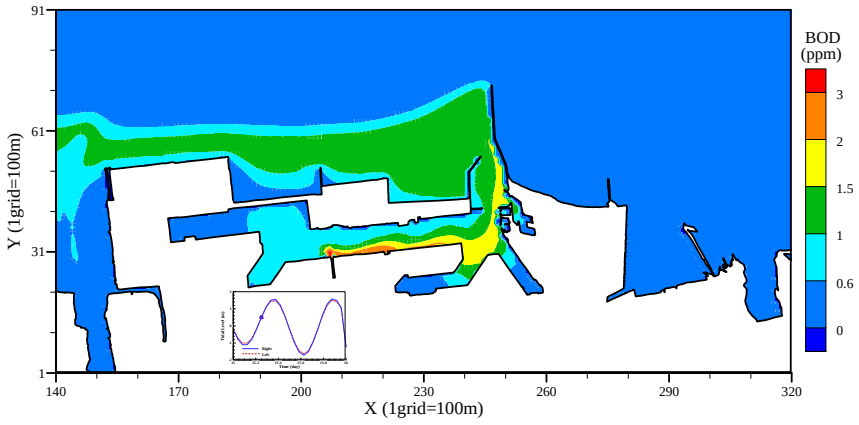
圖 3-15(續 2)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 4 時

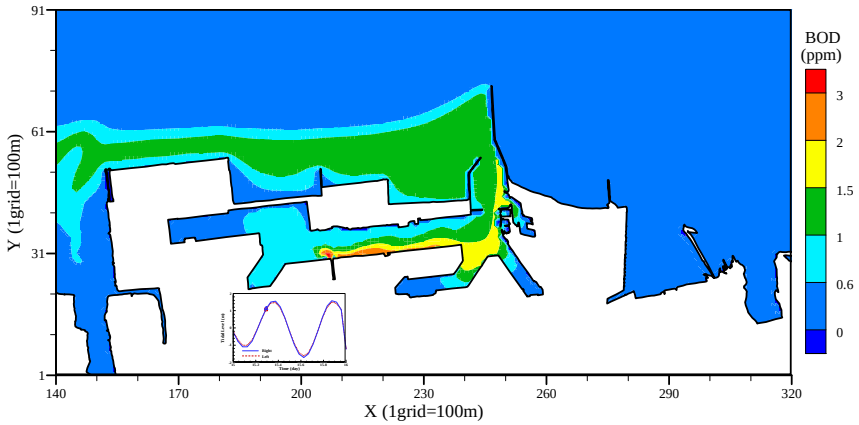


第 15 天 5 時

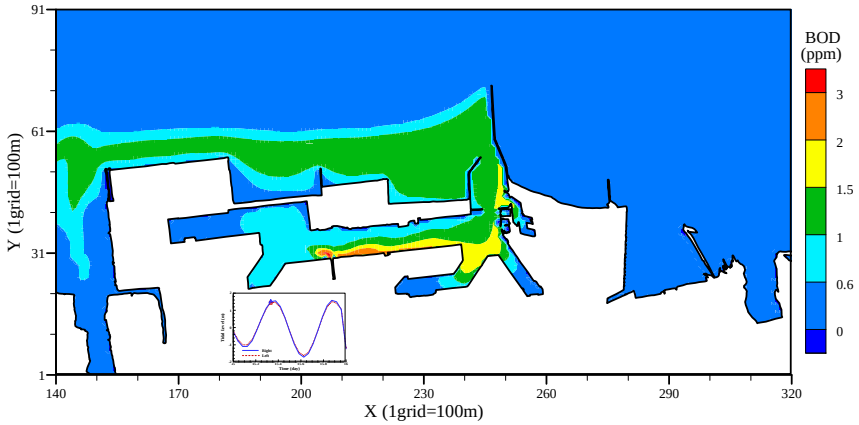


第 15 天 6 時

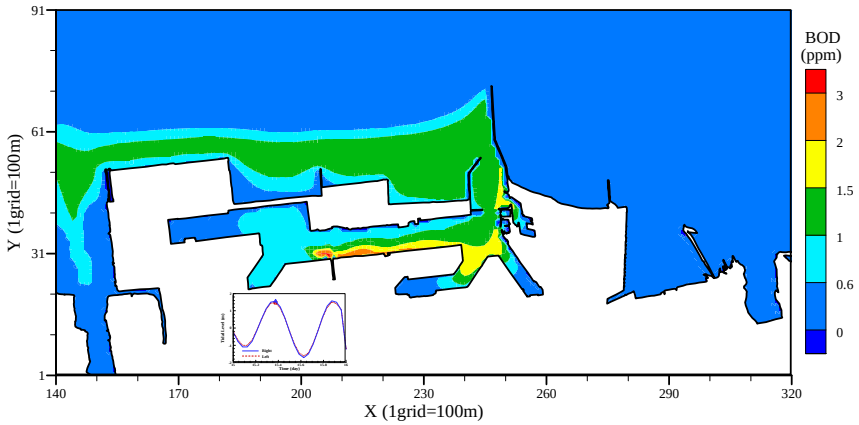
圖 3-15(續 3)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 7 時

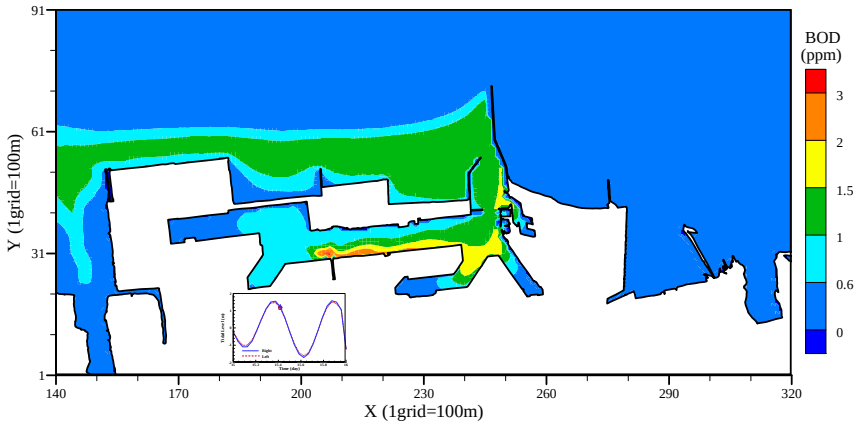


第 15 天 8 時

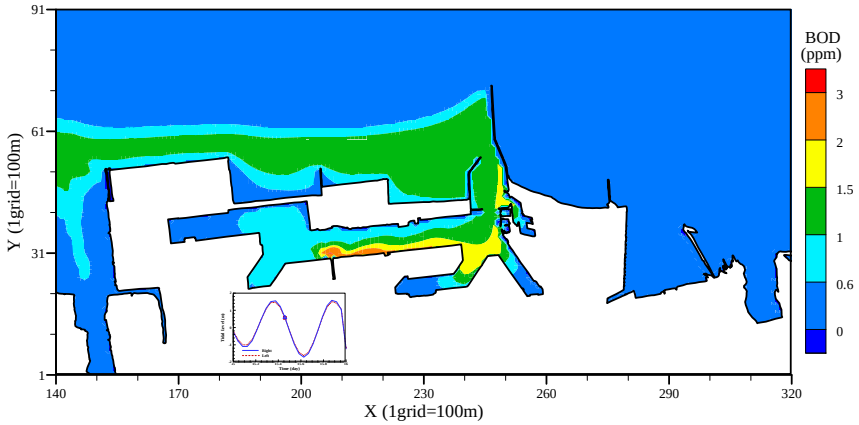


第 15 天 9 時

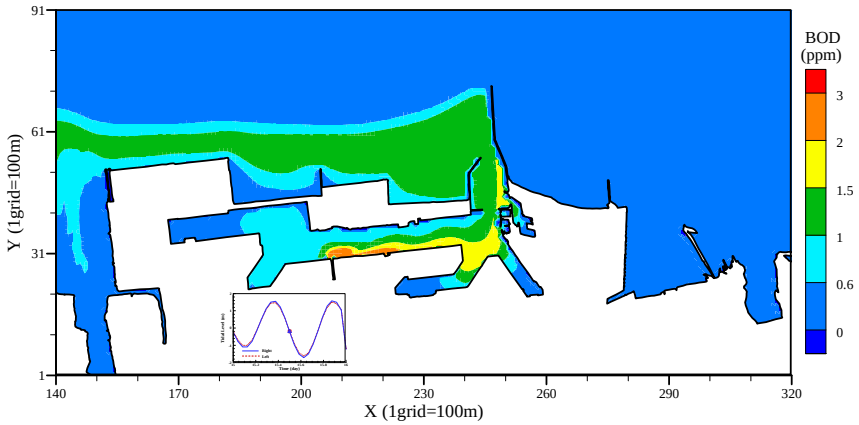
圖 3-15(續 4)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 10 時

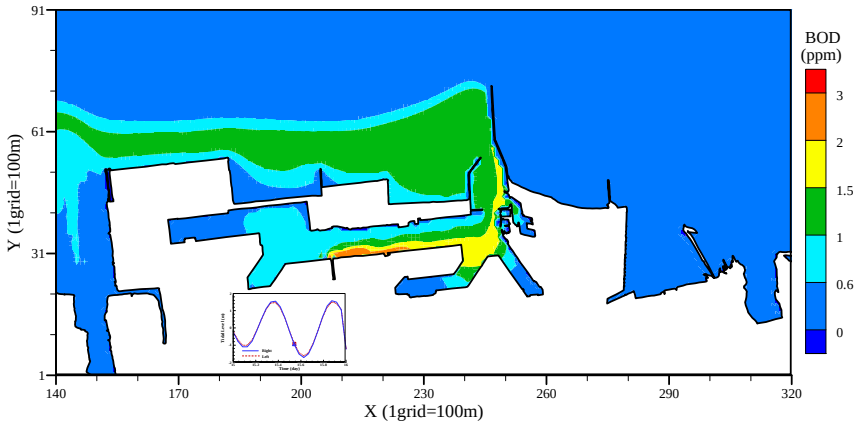


第 15 天 11 時

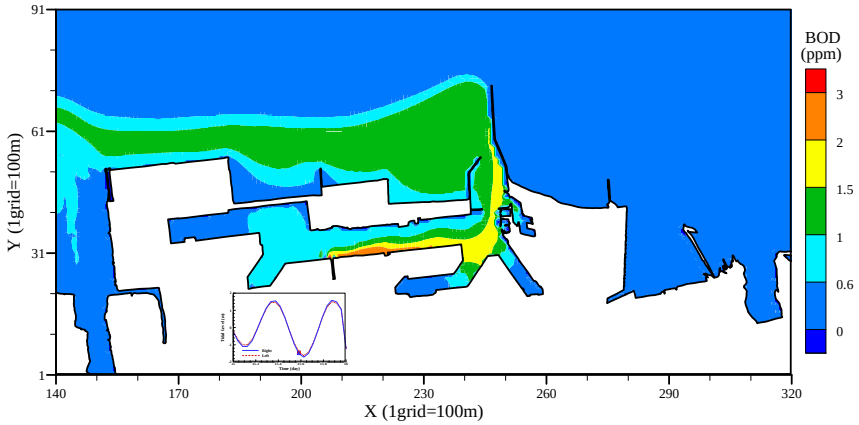


第 15 天 12 時

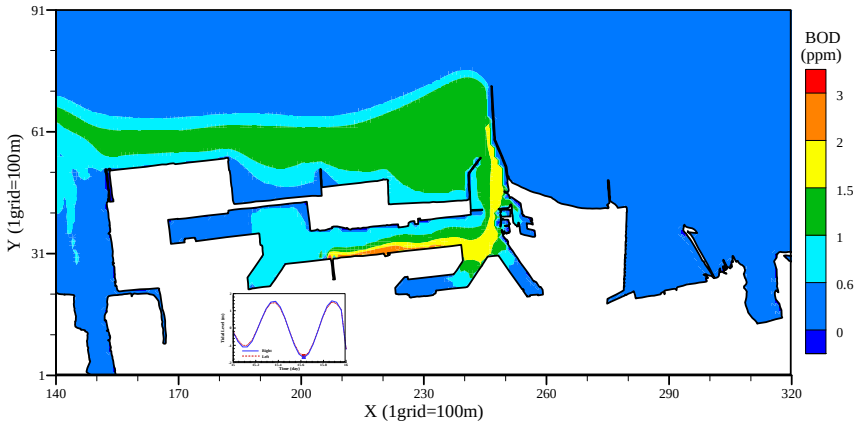
圖 3-15(續 5)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 13 時

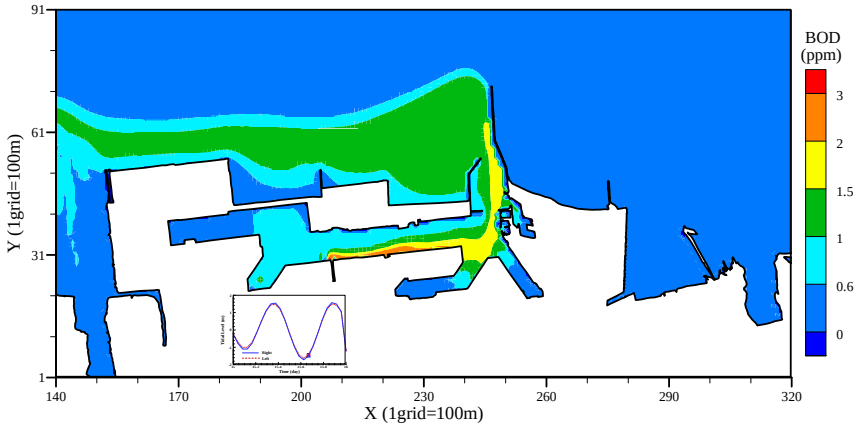


第 15 天 14 時

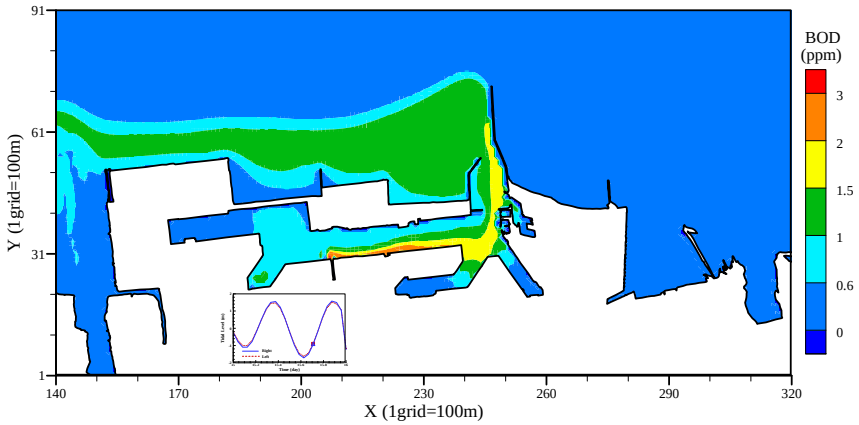


第 15 天 15 時

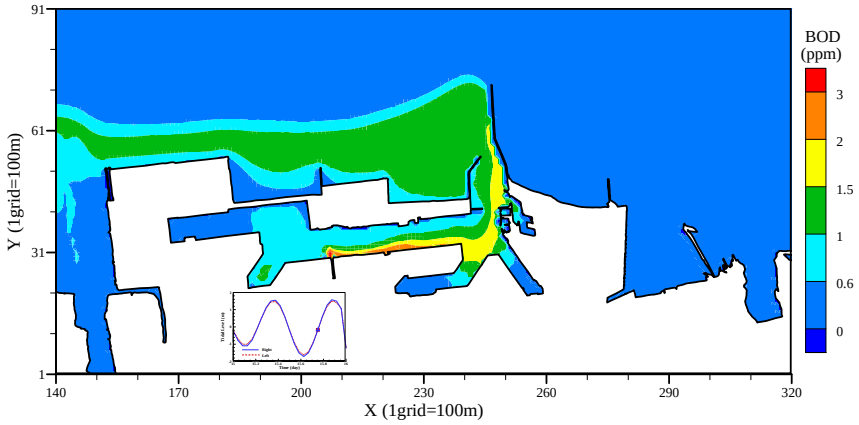
圖 3-15(續 6)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 16 時

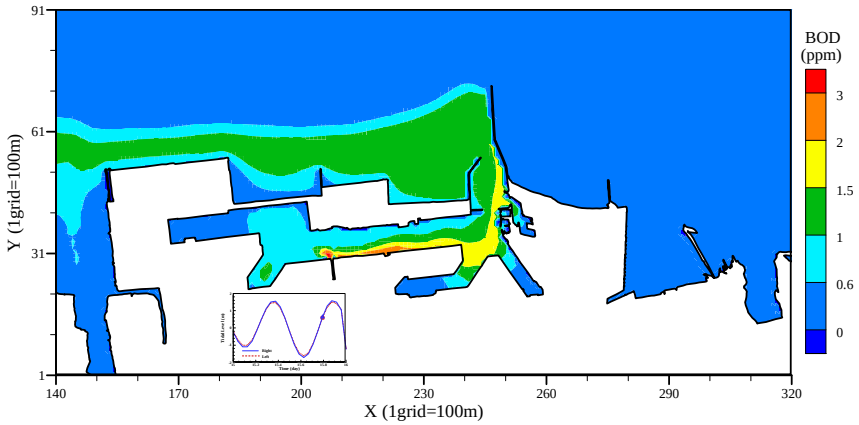


第 15 天 17 時

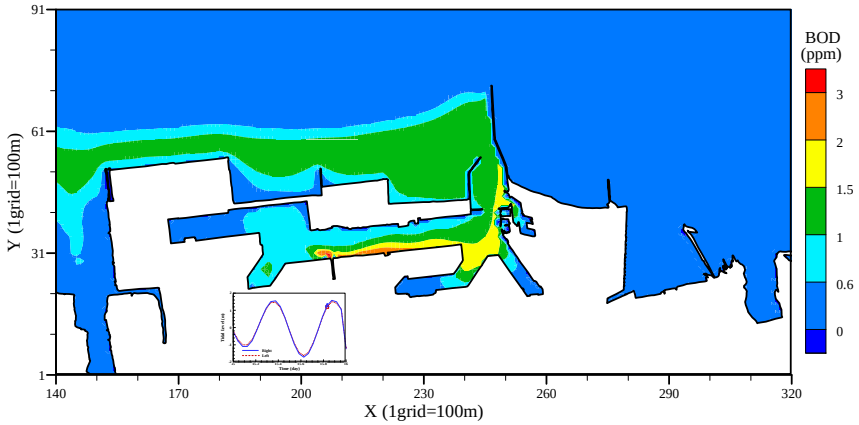


第 15 天 18 時

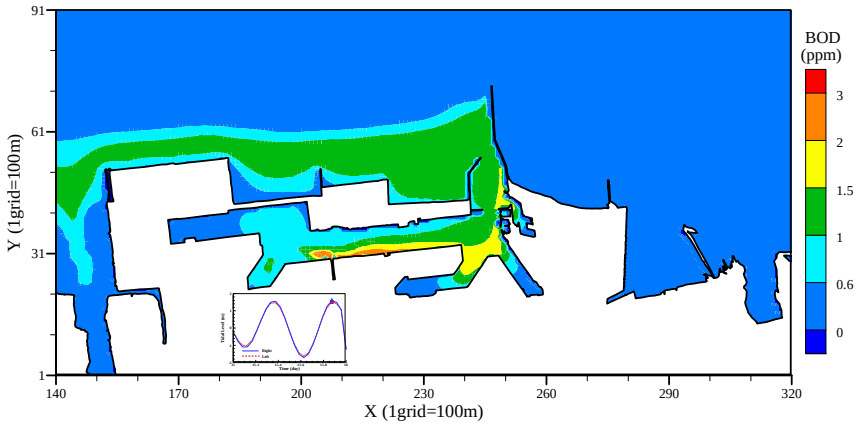
圖 3-15(續 7)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 19 時

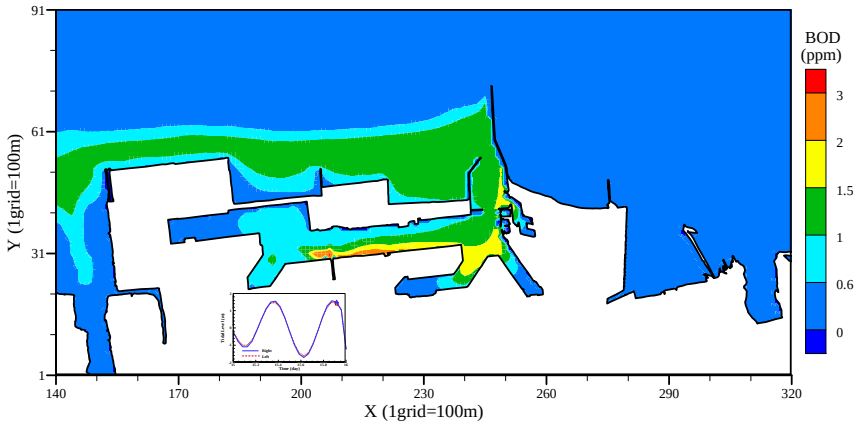


第 15 天 20 時

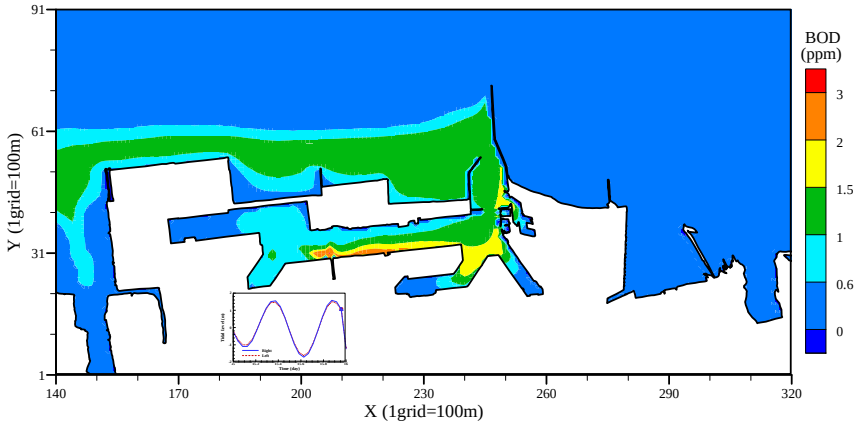


第 15 天 21 時

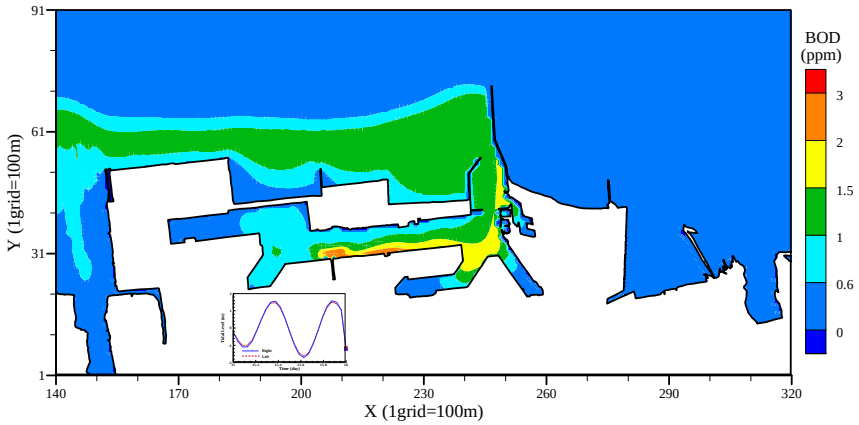
圖 3-15(續 8)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖



第 15 天 22 時



第 15 天 23 時



第 16 天 0 時

圖 3-15(續 9)　模式模擬風速為 7m/s、NNE 向之條件下，污染物於臺中港之水質 BOD 影響分佈圖

3.4 水質分類與海域涵容能力

根據水污染防治法對涵容能力之定義為：在不妨害水體正常用途情況下，水體所能涵容污染物之量。為了解各污染源對臺中港海域水體污染情形，則針對臺中港港區內水體之總承載量與涵容餘裕量來計算，及水體水質指標分類標準，以計算水體之涵容能力與削減總量。而相關水質指標分類以 SPI 法(Sea Pollution Index Method)與 WQI(Water Quality Indices Method)法為主。

3.4.1 SPI 法

楊(2006)參照河川水質之 RPI 法(River Pollution Indices)架構下建立 SPI 法，SPI 法對海域水體依其不同的水質項目判斷其水質之積分範圍(如表 3-3)，再加總平均其總積分點數來評定海域水體之水質狀況，計算如下式：

$$SPI = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} P_i \quad \text{.....(3-6)}$$

SPI：海域污染指標

P：污染物污染積分

n：污染物數目

表 3-3　SPI 之積分點數表

	未受污染	稍受污染	輕度污染	中度污染	嚴重污染
DO	>7	6.5~7	4.5~6.5	2.0~4.5	<2.0
BOD	<1.5	1.5~3.0	3.0~5.0	5.0~15	>15
NH_3-N	<0.3	0.3~0.5	0.5~1.0	1.0~3.0	>3.0
Coliform	<30	30~200	200~1000	1000~10000	>10000
點數	1	2	3	6	10
積分	<1.5	1.5~2.0	2.0~3.0	3.0~6.0	>6

資料來源：楊，2006 年

3.4.2 WQI 法

WQI 法可定義在水體環境中各個水質參數對於水質總體影響的評估方法，並選定出影響水質較重要的水質項目，給予不同的權重並且依其不同的濃度範圍定出點數，依此數據來評估水質的優劣(Horton, 1965)。然溫(1990)針對臺灣本土水質訂定指標，然時境遷移，環保署已多次修正水質基準，因此水質指數也有修正的必要，為符合臺灣水質現況環保署(2007)再度針對臺灣本土水質訂定權重並繪製水質指數，如表 3-4 所示，亦同本研究參考之權重。

$$WQI = \frac{1}{10}(\sum_{i=1}^{n} W_i q_i)^{1.5} \quad \text{.....(3-7)}$$

WQI：水質指數

W：權重

q_i：各污染物對應水質點數

表 3-4　WQI 水質參數濃度與點數間關係之計算公式一覽表

水質參數	權重(Wi)		單位	參數範圍	限制條件	點數(q_i)
	一般權重	未測總磷之修正權重				
溶氧	0.24	0.26	飽和度(小數)	$0 < X \le 1.4$	X>1.4, q_i=50 X>0, q_i=0	$200.5x^6 - 738.28x^5 + 1020.1x^4 - 811.71x^3 + 412.24x^2 + 15.521x - 0.0045$
生化需氧量	0.18	0.19	mg/L	$0 < B \le 30$	If B=0, q_i=100 If B>30, q_i=0	$(-31.24B + 943.3)/(B + 9.337)$
pH 值	0.13	0.14	—	$5 \le pH \le 7.5$	If pH<5, q_i=0 If pH>10, q_i=0	$-2.6667pH^3 + 48pH^2 - 255.33pH + 440$
				$7.5 < pH \le 10$		$-2.3333pH^3 + 60.5pH^2 - 547.17pH + 1785$
氨氮	0.15	0.16	mg/L (as N)	$0 < N \le 1$	If N=0, q_i=100 If N≧6, q_i=0	$29.665N^2 - 88.871N + 99.339$
				$1 \le N < 6$		$0.6667N^2 - 12.667N + 52$
大腸桿菌群	0.12	0.13	Log(MPN /100mL)	$0 \le X \le 3.7$	If X>6, q_i=0	$-0.0308x^2 - 5.8335x + 100$
				$3.7 < x \le 6$		$10.836x^2 - 138.72x + 442.3$
懸浮固體	0.11	0.12	mg/L	$0 \le S \le 1000$	If S>1000, q_i=100	$(0.01161S^2 - 21.29S + 9594)/(S + 95.62)$
總磷	0.07	—	mg/L (as P)	$0 \le P \le 0.1$	If P>3.0, q_i=0	$100 \times EXP(-5.1382P)$
				$0.1 \le P \le 3.0$		$1.2939P^3 - 4.199P^2 - 19.611P + 61.651$

資料來源：行政院環保署，2007 年

3.4.3 海域涵容能力

涵容能力為：在不妨害水體正常用途情況下，水體所能涵容污染物之量。其中涵容能力與本研究計算總承載乃為相同含意。本研究之總承載計算基準是以假設臺中港海域水質符合環保署公告之乙類海域水質標準(BOD=3ppm)來計算。又可分成現況總承載與臨界總承載來看，其相差為涵容餘裕量，如涵容餘裕量為正值表示水體水質比臨界值好，反之，負值表示水體比臨界值差。

本研究針對臺中港港區內水體之總承載量與涵容餘裕量來計算。因此根據臺中港海域水質狀況，背景濃度與污染源濃度皆與上節模式輸入條件相同，假設以水域臨界值為乙類海水水體之水質標準(SPI=3.25，WQI=39.07) 與丙類海水水體之水質標準(SPI=5.0，WQI=31.04)，推估可得 BOD 涵容餘裕量分別為 2.13E+07kg/day、5.91E+07kg/day。

表 3-5　於乙類、丙類水體(臨界值)下臺中港總承載現況分析表

水質指標	總承載(臨界值)	總承載	涵容餘裕量
乙類水體(臨界值)			
BOD	3.78E+07 kg/day	1.65E+07 kg/day	2.13E+07 kg/day
丙類水體(臨界值)			
BOD	7.57E+07 kg/day	1.65E+07 kg/day	5.91E+07 kg/day

第四章　臺中港港域水質與底質重金屬採樣調查及分析

港埠不當使用行為將對鄰港環境產生衝擊，以高雄港為例，世界各地貨櫃船往來頻繁，且港內有數個造船廠、修船場和漁港，其港域底質或稱沉積物(底泥)所蓄積之重金屬污染應當十分嚴重。由於重金屬因其具有毒性及累積性，且會透過生態食物鏈之生物濃縮作用，造成水體環境及水生態系統的破壞，甚至對於人體健康亦具有威脅性，故港埠活動可能產生的重金屬污染程度如何？需詳加調查。故本年度持續針對臺中港域水體與底質進行重金屬調查研究，以瞭解臺中港與鄰近海域之重金屬變動與分布特性，以評估其對海域環境品質之衝擊影響程度高低，並進一步提供管理決策者作為因應與改善。此外，針對環境荷爾蒙的作用與對生態的影響方面，有鑑於曾廣泛運用於船舶生物附著所用之船體油漆塗料中之有機錫對生物之負面影響，因許多生物對有機錫的代謝能力較低，在長期低濃度污染下，導致負面效應出現，而有機錫易累積環境底質與食物階層頂端的鯨豚肝臟內，有鑒於有機錫污染對海域生態的威脅，故增加底質之有機錫調查。

本年度研究係第4年持續在臺中港鄰港區域進行海域水體環境品質調查，同時於第3年起增加港域與近海沉積物(底泥)重金屬調查。為瞭解臺中港海域環境品質之長期變化，選擇自北起大甲溪南岸，南至大肚溪口，南北縱長約15公里，西至水深約25公尺內近岸水域，延續現有測站之調查。

本研究於2009年至2012年共完成9次海域水質採樣調查，2009年上半年於梅雨季節前後進行各1次近岸水域採樣調查；下半年則針對匯入臺中港域之主要排水進行1次之上、下游水質之24小時連續全潮觀測。

2010年採樣調查延續2009年之近岸水域調查，上半年於3月23日至3月24日完成枯水期採樣，下半年則於豐水期之9月7日至9月8日完成臺中港鄰近海域水質調查，依據調查結果將可提供港灣附近水質分布之特性、影響水質之因素、以評估對生態環境之影響以及與自然條件的

相關性。

2011年則著重於臺中港與鄰近海域之重金屬變動與分布特性調查研究，其中海域水質於豐、枯水期間各進行1次採樣，海域底質則於枯水期間進行1次採樣，上半年枯水期之海域水質與底質調查於4月7日完成；下半年豐水期調查則於10月10日完成海域水質採樣。

2012年除持續重金屬調查外，進一步增加環境荷爾蒙之有機錫污染進行調查。上半年枯水期之海域水質(2次/年)與底質(1次/年)調查於4月10日完成採樣工作，下半年於豐水期間進行水質採樣，並於9月11日完成採樣。

4.1 測站規劃

4.1.1 測站設置原則

由環保署發佈之「海域環境監測及監測站設置辦法」(中華民國91年11月13日環署水字第0910077509號令)第二條明定海域環境監測站設置地點之原則為：

1. 主、次要河川入海口。
2. 重要污染源流入點。
3. 港灣、瀉湖。
4. 海洋污染防治法第十五條第一項所定之區域。
5. 一般海域水質之背景點。
6. 其他經中央主管機關指定之位置。

4.1.2 測站選定

本年度研究臺中港鄰港海域水質與底質測站設置主要依照上述原則所規劃，並參考本研究98與99年度之測站位置為測點選定之依據。此外，環保署(EPA)長期於臺中港外沿海海域設有5處水質測站，以及臺中港務分公司(THB)於此區域，亦設有港內2處與港外6處水質測站。

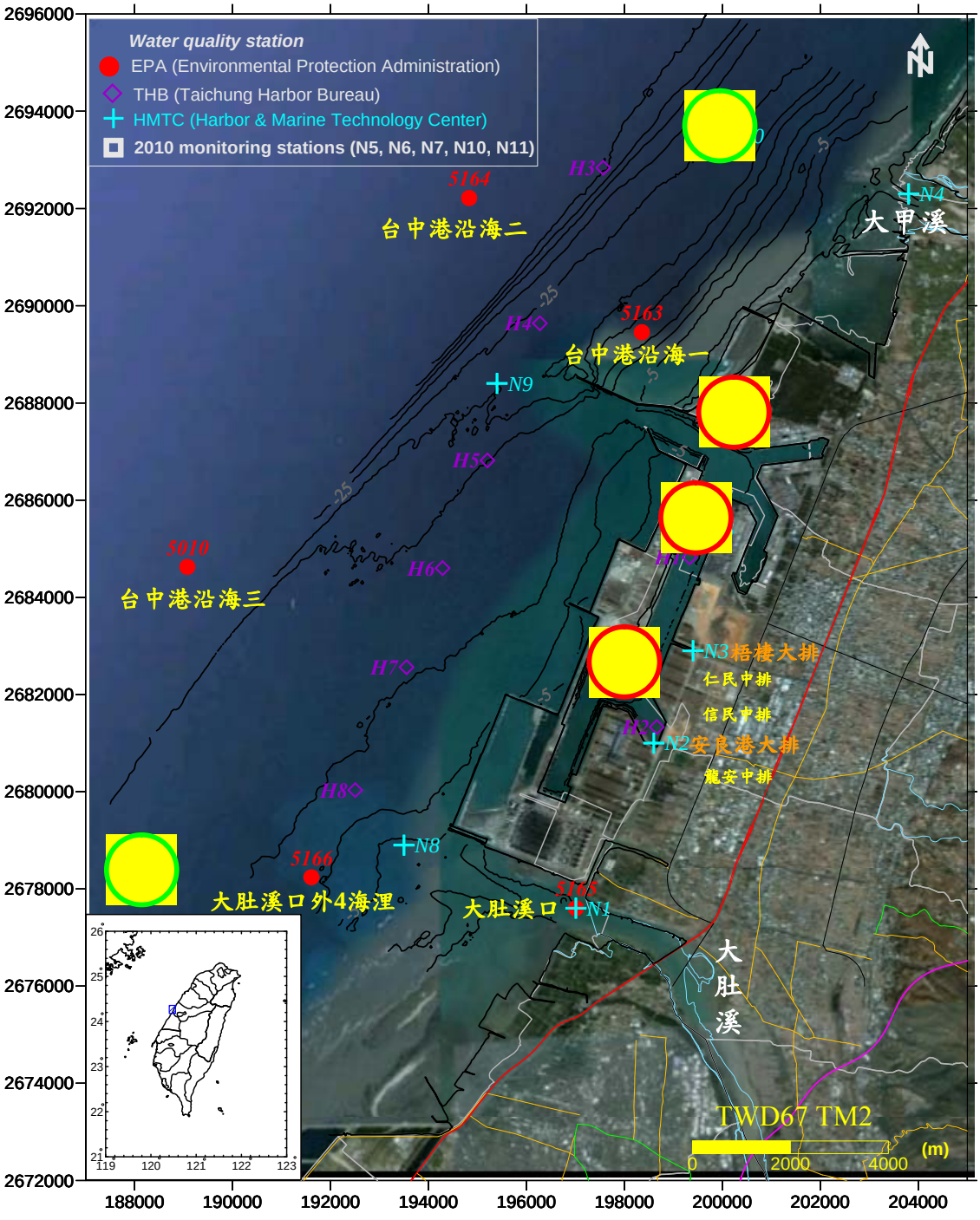
由於港域污染大多來自陸源性污染，而陸源性污染最常經由河

川、排水路從河口向近岸海域傳送，除注入豐富的營養鹽類外，也伴隨過多的有機與無機方面的污染。而陸源污染物向海傳輸之影響程度與範圍，主要受潮汐漲退推移與海潮流之擴散傳送，多集中在近岸水深10m以內之區域，而更近岸之水深5m內淺水區，因近岸風浪翻攪而上下混合良好，分層現象不明顯。更深水域除非當地海域地形有特殊情況，造成水體交換不良外，一般至水深20m以上海水，受陸源淡水影響較不明顯。在水體渾濁程度方面，近岸淺水區變化較大，遠岸水深20m以外變化通常較不明顯。

基於上述考量後，本年度水質與底質調查，乃參考前2年度測站位置選定原則，延續臺中港鄰港現有5處測站(港內3處與港外2處)，進行表層海域水質與表層沉積物(底泥)調查，點位座標如表4-1所示，位置如圖4-1所繪，圖中圖示EPA表環保署長期於臺中港外沿海海域之水質測站，THB則代表臺中港務分公司於此區域所進行之海域水質及生態測站，HMTC則為本研究2009、2010與2011年之海域與港區水質及底質測點。其中為進一步瞭解大肚溪近海底質重金屬含量與河口關係之分布，增加大肚溪河口之底質重金屬調查測站(N1)。此外，為初步瞭解來自船舶污染，用來防治生物附著於船體所塗裝之環境賀爾蒙－有機錫之含量，特別增加底質中之有機錫調查。

表 4-1　2012 年臺中港鄰港海域水質與底質測站座標

測站	位置			二度分帶(TWD67)		緯度(TWD97)		經度(TWD97)	
				X(E)	Y(N)	度	分	度	分
N5	港域	臺中港區(梧棲與安良港大排間)	水質底質	197900	2682500	24	14.725	120	29.714
N6		臺中港區(北中泊渠間)	水質底質	199500	2685400	24	16.299	120	30.654
N7		梧棲漁港港區	水質底質	200200	2687600	24	17.492	120	31.063
N10	港外	大甲溪外海	水質底質	199900	2693500	24	20.688	120	30.873
N11		大肚溪外海	水質底質	188156	2678004	24	12.267	120	23.960
N1		大肚溪河口	底質	197010	2677603	24	12.070	120	29.191



(本研究第4年：N1, N5, N6, N7, N10, N11)

圖 4-1　2012 年臺中港鄰港海域水質與生態測站位置

4.2 海域水質調查方法

4.2.1 採樣方法

參照行政院環境保護署環境檢驗所之水中浮游植物採樣方法－採水法(NIEA E505.50C，民國92年9月18日環署檢字第 0920067727A 號公告，自92年12月18日起實施)使用之採水器取水樣。採集人員搭乘船筏至規劃測站以GPS定位後，以採水器採取各測站水體之表層(海水表面下1米處)水樣，依不同的分析項目，現場取樣後立即添加保存劑處理，加冰塊冷藏後運回實驗室進行分析。



採樣人員操作採水器取水樣



採樣人員檢測現場水質

4.2.2 採樣頻率

本年度海域水質監測1年共2次，豐、枯水期間各1次，於2009年起迄今，已於2009年4月29日、2009年6月25日、2009年9月14～15日(僅調查港內N2與N3)；2010年3月23～24日與2010年9月7日～8日；以及2011年4月7日(海域水質與底質)與10月10日(海域水質)與2012年4月10日(海域水質與底質)及9月11日(海域水質)止，共計已進行9次海域水質與2次海域底質採樣調查。

4.2.3 分析項目與檢測方法

1. 海域水質監測項目

本研究所選擇之水質監測項目包含：

【現場測定項目】：

溫度、鹽度(含導電度)、氫離子濃度指數(或稱酸鹼度)、溶氧量、透明度。

【實驗室檢測項目】

大腸桿菌群、生化需氧量、懸浮固體物、氨氮、總磷及葉綠素a。重金屬(2011年新增項目)銅、鉛、鋅、鉻與砷、汞

2. 海域水質檢測方法

採用現場測定方式，對於無法現場測定之項目，則取樣回實驗室進行分析。現場採樣作業人員均依照「國立成功大學水工試驗所水質檢驗室」之「實驗室管理手冊」中樣品採集、運送等相關規定，以及遵守水工所水質室之「採樣標準作業程序」相關規定執行。水質分析主要依環保署公告之「水質檢驗方法」辦理。其方法依據與方法偵測極限等如表4-2所示，相關之方法依據與方法偵測極限、實驗室之品保/品管及檢驗室內一般品管原則說明詳見附錄二。

4.3 海域水質調查結果

本年度採樣監測結果詳如表4-3。其中原始分析數據存放水質實驗室，實際檢測分析之品管結果詳於附錄三。本報告另檢附正式之檢測報告書影本以供參考(附錄四)，此外現場採樣量測分析記錄表列於附錄五。以臺中港水域環境而言，受人為干擾與污染程度越低的環境水體與生態，可視為越接近自然的良好環境品質，故同時整理分析環保署長期於臺中港沿海及離岸較遠之外海環境水質測站(臺中港沿海二編號5164，於臺中港西北方，離岸約9km，水深約50m)數據作為比較分析。以下報告內容將針對檢測分析之結果就各檢驗項目作說明。

表 4-2　水質檢測項目之方法與偵測極限等品質目標

項次	檢驗項目	檢驗方法	參考方法編號	方法偵測極限	精密性 (重複分析)	回收率	
						查核樣品	添加標準品
1	◎[(1)]pH 值	電極法	NIEA[(2)] W424.52A	—	±0.1	—	—
2	◎溶氧量	電極法	NIEA W455.52C	—	≤10%	—	—
3	鹽度	導電度法	NIEA W447.20C*[(3)]	—	≤5%	—	—
4	◎導電度	導電度計法	NIEA W203.51B	—	≤3%	—	—
5	◎水溫	溫度計法	NIEA W217.51A	—	≤3%	—	—
6	透明度	水中透明度檢測方法	NIEA E220.50C	—	—	—	—
7	◎生化需氧量	水中生化需氧量檢測方法	NIEA W510.55B	2.0[#(4)] mg/L	≤15%	168~228 mg/L [(5)]	—
8	◎大腸桿菌群	濾膜法	NIEA E202.54B	10CFU/100mL[#]	≤ 0.2	—	—
9	◎懸浮固體	103~105℃乾燥法	NIEA W210.57A	2.5[#]mg/L	≤20% ≤10%[(6)]	—	—
10	◎氨氮	靛酚法	NIEA W448.51B	0.02 mg/L	≤15%	85~115%	85~115%
11	◎總磷	分光光度計/維生素丙法	NIEA W427.53B	0.006 mg/L	≤15%	80~120%	80~120%
12	葉綠素 a	丙酮萃取法/分光光度計分析法	NIEA E507.02B	—	≤20%	—	—
13	海水重金屬 (萃取法) (銅、鉛、鋅)	APDC 螯合 MIBK 萃取原子吸收光譜法	NIEA W309.22A	銅 0.0010 mg/L 鉛 0.0020 mg/L 鋅 0.0017 mg/L	≤20%	80~120%	75~125%
14	鉻	石墨爐式原子吸收光譜法	NIEA W303.51A	0.0004 mg/L	≤20%	80~120%	75~125%
15	汞	冷蒸氣原子吸收光譜法	NIEA W330.52A	0.0001 mg/L	≤20%	80~120%	75~125%
16	◎砷	自動化連續式原子吸收光譜法	NIEA W434.53B	0.0003 mg/L	≤20%	80~120%	75~125%
17	底泥粒徑	篩分析法/雷射粒徑分析	ASTM[(7)] D422/LISST	—	—	—	—
18	底泥重金屬 (銅、鉛、鋅、鉻)	微波消化原子吸收光譜法	NIEA R355.00C*	銅 1.93 mg/kg 鉛 11.3 mg/kg 鋅 3.01 mg/kg 鉻 4.85 mg/kg	≤20%	75~125%	75~125%
19	底泥砷	砷化氫原子吸收光譜法	NIEA S310.63C	0.161 mg/kg	≤20%	70~130%	75~125%
20	底泥汞	冷蒸氣原子吸收光譜法	NIEA M317.02C	0.018 mg/kg	≤20%	80~120%	75~125%
21	總有機物[Δ(8)]	焚化灰渣之灼燒減量檢測方法	NIEA R216.02C	—	≤10%	—	—
21	底泥鋁[Δ]	微波消化原子吸收光譜法	NIEA R355.00C	0.1 mg/kg	≤10%	—	—
23	底泥有機錫[Δ]	氣相層析法/質譜法	NIEA T504.30B/ NIEA C502.00B	0.02[#] mg/kg	≤30%	70~130%	50~130%

註: 1.◎代表本檢驗室經環境保護署審查合格之許可項目及方法。

2.代表該檢測方法係環保署公告的方法。

3."*"代表該檢測方法係參考環保署公告的方法。

4."#"表定量極限。

5.BOD 的品質目標以濃度表示為 168~228mg/L。

6.當樣品濃度<25mg/L 時，管制值≤20%。當樣品濃度≥25mg/L 時，管制值≤10%。

7. Annual Book of ASTM Standards(American Society for Testing Materials), Vol.04.08 1993.

8. "Δ"表示該檢項委託合格之廠商或學術單位分析。

9.表中各檢項方法偵測極限值原則上每年更新一次。

10.若本所因不可抗拒力(如天災、儀器故障)而未能執行檢測分析，本所將通知業主，並於樣品有效期限內轉委託經環保署認證之檢測單位或學術單位執行檢測，或其他業主同意的方式處理之。轉委託後之分析品質亦須符合上表中品質目標的規定。

表 4-3　臺中港鄰港海域水質 2012 年採樣調查結果

調查日期：2012年4月10日與9月11日

項目	調查日期	pH	水溫	導電度	鹽度	透明度	溶氧量	飽和度	生化需氧量	懸浮固體	大腸桿菌群	總磷	氨氮	葉綠素 a	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷
單位	民國	—	℃	μmho/cm	psu	m	mg/L	%	mg/L	mg/L	CFU/100mL	mg/L	mg/L	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
方法	101年	NIEA W424.52A	NIEA W427.51A	NIEA W203.51B	NIEA W447.20C	NIEA E220.50C	NIEA W455.52C	NIEA W455.52C	NIEA W510.55B	NIEA W210.57A	NIEA E202.54B	NIEA W427.53B	NIEA W448.51B	NIEA E507.02B	NIEA W309.22A	NIEA W309.22A	NIEA W309.22A	NIEA W303.51A	NIEA W330.52A	NIEA W434.53B
測站	月/日																			
N5	04/10	8.4 (8.400)	26.2	50300	33.0	2.1	7.1 (7.08)	105	<2.0 (1.9)	<2.5	8.6×10^2	0.022	<0.06 (0.04)	3.1	<0.0030 (0.0023)	<0.0060 (0.0021)	0.0057	ND (0.0002)	ND (0.0001)	<0.0010 (0.0009)
N6		8.3 (8.293)	25.9	50800	33.4	1.6	6.7 (6.70)	99.2	<2.0 (1.1)	3.6	15	<0.020 (0.011)	ND (0)	3.1	<0.0030 (0.0022)	ND(0)	<0.0050 (0.0034)	ND (0.0002)	<0.0003 (0.0002)	<0.0010 (0.0009)
N7		8.3 (8.298)	25.9	50400	33.2	2.6	6.3 (6.34)	96.3	<2.0 (1.5)	5.6	10	0.021	ND (0)	4.0	0.0030	ND (0.0006)	0.0063	ND (0.0003)	<0.0003 (0.0002)	0.0010
N10		8.3 (8.296)	25.7	50900	33.5	2.8	6.4 (6.39)	95.7	2.9	7.0	<10	<0.020 (0.014)	ND (0)	2.6	0.0035	ND (0.0018)	0.0091	ND (0.0004)	<0.0003 (0.0003)	0.0011
N11		8.2 (8.236)	25.8	50500	33.3	2.3	6.0 (6.04)	91.7	2.2	5.4	<10	0.026	ND (0.02)	2.3	<0.0030 (0.0028)	<0.0060 (0.0027)	0.0097	ND (0.0003)	<0.0003 (0.0002)	<0.0010 (0.0009)
N5	09/11	8.4 (8.394)	31.9	48600	32.0	1.5	7.1 (7.07)	105	***3.3***	10.1	<10	0.026	<0.06 (0.04)	8.8	<0.0030 (0.0015)	ND (0.0016)	0.0060	ND (0.0001)	ND (0.0001)	<0.0010 (0.0005)
N6		8.3 (8.282)	31.8	48500	31.9	2.0	6.7 (6.71)	99.3	***3.3***	7.8	<10	0.044	<0.06 (0.04)	16.2	0.0073	<0.0060 (0.0037)	0.0126	ND (0.0003)	<0.0003 (0.0001)	<0.0010 (0.0006)
N7		8.3 (8.286)	30.6	49200	32.3	2.0	6.4 (6.36)	96.5	<2.0 (1.4)	9.0	<10	0.034	ND (0.01)	4.8	0.0045	ND (0.0017)	0.0098	<0.0010 (0.0004)	<0.0003 (0.0001)	<0.0010 (0.0007)
N10		8.3 (8.300)	30.3	49400	32.5	2.8	6.4 (6.38)	95.6	2.0	4.6	<10	<0.020 (0.014)	<0.06 (0.02)	1.4	<0.0030 (0.0020)	<0.0060 (0.0048)	0.0084	<0.0010 (0.0005)	ND (0.0001)	<0.0010 (0.0006)
N11		8.3 (8.270)	30.3	48600	32.0	2.3	6.0 (6.05)	91.8	<2.0(1.1)	5.7	<10	0.030	ND (0.01)	4.0	0.0052	<0.0060 (0.0026)	0.0153	<0.0010 (0.0006)	<0.0003 (0.0001)	<0.0010 (0.0006)
乙類 海域		7.5～8.5	無	無	無	無	≧5.0		≦3.0	無	無	無	無	無	≦0.03	≦0.1	≦0.5	≦0.05 (Cr^{6+})	≦0.002	≦0.05
甲類 海域									≦2.0		≦1000	≦0.05	≦0.3							

備註：1.***粗斜體數據***表示不符合乙類海域水質標準。

2.本報告書依據環保署「檢測報告位數表示規定」出具檢測數據。部份檢項出具方式為配合計畫需求，說明如下：pH 及 DO 檢項於報告值後以括號方式備註實測平均值(pH)及實際測值(DO)。

檢測數據低於方法偵測極限(MDL)時，以"ND"表示，後方加註括號內數據表依數值修整原則處理後之實際測值。如實際測值小於或等於零，則以"0"表示。

3.報告值標示為<2.0( )(BOD)，2.0 為該檢項的定量極限濃度，括號內數據表實際測值。

4.報告值標示為<0.020( )(總磷)或<0.06( )(氨氮)或<0.0030( )(銅)或<0.0060( )(鉛)或<0.0050( )(鋅)或<0.0003( )(汞)或<0.0010( )(砷)，前方數字分別為該檢項之定量極限濃度，括號內數據表由外插方式求得之測值。

2012 年 4 月枯水期調查，臺中港區內與港外水體品質整體而言良好，均能符合所屬之乙類海域水質標準。除港內鹽度略低於港外海水，以及港內大腸桿菌群含量相對略高但仍在合格範圍，其餘並無異常。而下半年 9 月豐水期調查，臺中港外水體品質整體而言同屬良好，港內則於 N5 與 N6 出現鹽度略微降低，而生化需氧量則略微升高且不符合乙類海域水質標準之情形，顯示港域內仍可能有來自有機廢污水之污染，導致水體中有機物耗氧量增加，但尚未導致溶氧量降低至不符合海域水體標準的程度。但 9 月豐水期時，臺中港內 N6 測站葉綠素 a 偏高已達優養等級；N5 亦達中養等級，顯示臺中港內仍可能受到過量營養鹽輸入，造成刺激藻類大量生長之優養化機率發生。

與 2011 年之調查結果相比，2011 年 4 月枯水期與 10 月豐水期調查結果顯示，港區內 N5、N6、N7 計 3 處測點之港域水質因較易受陸源性影響，如介於梧棲大排與安良港大排之間測點 N5，於 4 月枯水期間其鹽度與導電度相對最低，而總磷則出現最高之現象。此外，其生化需氧量與大腸桿菌群；以及重金屬鋅、鉻與砷相對略高。臺中港外大甲溪外海(N10)與大肚溪外海(N11)兩海域測點之水質則相對穩定且污染程度低，均可符合所屬之乙類海域水質標準，重金屬亦無異常。

依據國際海事組織(IMO)於 2003 年指出，海洋污染來源主要源自於陸源排水污染，臺中港區內水體，同樣亦受到河川排水污染流入所影響，因此建請環保主管機關持續推動執行河川流域之污染削減等整治工程，同時進行工業廢水、家庭污水與畜牧廢水管制，持續巡查及取締。工廠產生之廢(污)水須依規定納入污水下水道系統處理，且其污水排水設備及排放水質、水量須經審查及查驗通過後始得排放；港口環保管理單位亦應加強宣導與查緝來自船舶可能之污染排放，以避免造成近岸水體品質不佳。

以下依序就本年度 4 月與 9 月水質調查結果，與本研究於前 3 年(2009 年～2011 年)海域水質(表 4-4)繪圖作比較說明(圖中無數據者表未調查)。

1. 酸鹼度-氫離子濃度指數(pH)

氫離子濃度指數係指水中氫離子濃度倒數的對數值。一般自然水之 pH 值多在中性或略鹼性範圍，若水受到工業廢水或礦場廢水污染時，其 pH 值可能產生明顯的變化；pH 值會影響生物的生長、物質的沈澱與溶解、水及廢水的處理等。海水之 pH 偏鹼性，主要受到碳酸鹽與鋁矽酸鹽類所控制，一般介於 7.5～8.4 之間，約為 8.2。大體而言，水體 pH 值除了受水質污染等外來因素的影響外，尚與水中生物活動情形有關，當生物體進行呼吸作用時，釋出二氧化碳，造成水體中 pH 值下降，當進行光合作用時，吸入二氧化碳，造成 pH 值上升。水中 pH 值常受廢污水影響，故 pH 值可當作污染指標之一。海水具有很強的緩衝性，全球表面海水的 pH 通常在 7.8 至 8.2 間，很少有超出此範圍。

除非有很強之酸鹼性物質進入海水中，才會使海水之 pH 值改變，此外當 pH 偏低時，常伴隨高濃度之重金屬，因此量測 pH 也同時代表有無毒性無機重金屬之先驅指標。

本年度採樣調查結果如下所示，2012 年 4 月與 9 月於港內測站 N5 之 pH 均相對略高且溶氧亦過飽和以外，其餘測站之 pH 值與第 1 年(2009 年)及第 2 年(2010 年)採樣監測結果相較變動不大，皆屬於中性偏鹼範圍(圖 4-2)，4 月枯水期採樣監測結果均能符合乙類海域水質標準(7.5～8.5)，4 月在港區內各海域測點(N5、N6、N7)之 pH 值介於 8.29～8.40 之間；9 月在港區內 pH 值介於 8.28～8.390 之間，全數符合乙類海域水質標準(7.5～8.5)；而港區外 2 海域測點(N10、N11)之 pH 值亦與環保署長期外海環境水質測站(臺中港沿海二)之酸鹼度平均測值相近，水質穩定且無異常。

表 4-4　2009 年至 2012 年臺中港鄰港海域水質調查結果

監測日期 西元年月/日 / 監測項目		本研究監測									環保署監測
		2009 年			2010 年		2011 年		2012 年		1997~2012 年
		第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	臺中港沿海二
		4/29	6/25	9/14~9/15	3/23~3/24	9/7~9/8	4/7	10/10	04/10	09/11	7/8~8/15
pH	範圍 (平均)	8.1~8.3 (8.3)	8.1~8.2 (8.1)	7.1~8.3 (7.8)	8.07~8.27 (8.19)	8.16~8.21 (8.19)	8.11~8.19 (8.14)	8.12~8.22 (8.17)	8.24~8.40 (8.30)	8.27~8.40 (8.31)	8.0~8.3 (8.17)
鹽度 (psu)	範圍 (平均)	10.9~33.5 (29.7)	28.2~33.0 (32.2)	1.8~33.1 (19.7)	34.3~35.5 (34.9)	32.2~33.0 (32.8)	33.7~34.3 (34.1)	31.9~34.6 (34.0)	33.0~33.5 (33.3)	31.9~32.5 (32.1)	31.4~35.7 (33.6)
水溫 (℃)	範圍 (平均)	24.6~26.4 (25.6)	29.2~31.7 (30.3)	28.8~31.7 (30.0)	23.6~24.8 (24.2)	29.8~32.1 (31.4)	25.6~26.5 (26.2)	22.5~23.3 (22.9)	25.7~26.2 (25.9)	30.3~31.9 (31.0)	14.5~31.4 (25.6)
導電度 (μmho/cm)	範圍 (平均)	18300~51000 (45510)	43600~50200 (48970)	3510~55200 (32459)	52300~53800 (53060)	48900~50100 (49760)	51300~52000 (51780)	49000~52700 (52920)	50300~50900 (50580)	48500~494700 (48860)	未提供
懸浮固體物 (mg/L)	範圍 (平均)	5.4~32.0 (11.5)	6.9~58.6 (13.3)	5.6~63.5 (20.1)	2.5~7.6 (4.4)	9.2~16.9 (13.0)	4.4~9.9 (7.6)	5.6~8.1 (6.4)	2.5~7.0 (4.8)	4.6~10.1 (7.4)	<2.0~45.0 (8.9)
透明度 (m)	範圍 (平均)	0.5~2.5 (1.8)	0.7~2.1 (1.5)	調查透視度	1.3~6.7 (3.6)	1.2~6.6 (3.5)	4.4~8.5 (6.2)	4.4~8.5 (6.3)	1.6~2.8 (2.3)	1.5~2.8 (2.1)	未監測
溶氧量 (mg/L)	範圍 (平均)	6.6~10.8 (8.3)	6.2~7.4 (6.5)	1.7~11.5 (6.2)	6.53~9.14 (7.37)	4.37~6.55 (5.14)	5.32~6.25 (5.7)	6.93~7.12 (7.04)	6.04~7.08 (6.51)	6.05~7.07 (6.51)	5.9~8.4 (6.9)
溶氧飽和度 (%)	範圍 (平均)	92.7~130 (109)	97.2~117 (101)	24.3~151 (87.9)	97.5~132 (108)	70.7~98.5 (81.1)	78.8~89.1 (83.6)	96.1~100 (98.2)	91.7~105 (97.6)	91.8~105 (97.6)	未提供
生化需氧量 (mg/L)	範圍 (平均)	2.5~4.5 (3.7)	<2.0 (<2.0)	<2.0~63.6 (10.0)	<2.0 (<2.0)	<2.0 (<2.0)	<2.0(0.6~1.4) (<2.0(0.9))	<2.0(0.2~1.1) (<2.0(0.5))	<2.0~2.9 (<2.0(1.9))	<2.0~3.3 (2.2)	0.1~1.0 (0.5)
大腸桿菌群 (CFU/100 mL)	範圍 (平均)	$<10\sim1.4\times10^4$ (1.6×10^3)	$<10\sim3.9\times10^3$ (4.9×10^2)	$4.9\times10^2\sim1.2\times10^8$ (1.3×10^7)	$<10\sim1.8\times10^4$ (3.6×10^3)	$<10\sim2.5\times10^2$ (73)	$<10\sim1.4\times10^2$ (60)	$<10\sim5.0\times10^2$ (1.1×10^2)	$<10\sim8.0\times10^2$ (1.7×10^2)	<10 (<10)	$<10\sim6.2\times10^3$ (5.5×10^2)
總磷(mg/L)	範圍 (平均)	0.022~0.144 (0.050)	0.038~0.090 (0.054)	0.048~1.87 (0.622)	<0.020~0.048 (0.031)	0.024~0.048 (0.034)	0.033~0.040 (0.037)	<0.020~0.158 (0.051)	<0.020~0.026 (0.019)	<0.020(0.014)~0.044 (0.030)	0.010~0.054 (0.021)
氨氮(mg/L)	範圍 (平均)	0.04~0.43 (0.11)	0.11~0.46 (0.24)	0.09~5.41 (2.16)	<0.05~0.12 (0.07)	ND(<0.02)~0.09 (0.06)	<0.06~0.07 (0.05)	0.06~0.09 (0.07)	ND(<0.02)~ <0.06 (0.02)	ND(<0.02)~ <0.06 (0.03)	0.01~0.13 (0.03)
葉綠素 a(μg/L)	範圍 (平均)	未監測	未監測	未監測	0.5~2.2 (1.3)	0.6~10.3 (3.7)	0.8~2.2 (1.6)	0.3~1.1 (0.8)	2.3~4.0 (3.0)	1.4~16.2 (7.0)	0~17.5 (1.5)
銅(mg/L)	範圍 (平均)	未監測	未監測	未監測	未監測	未監測	<0.0030~0.0041 (0.0031)	0.0030~0.0041 (0.0036)	<0.0030~0.0035 (0.0028)	<0.0030~0.0073 (0.0030)	0.0001~0.0335 (0.0021)
鉛(mg/L)	範圍 (平均)	未監測	未監測	未監測	未監測	未監測	ND(<0.0004)~<0.0060 (0.0026)	<0.00060 (0.0039)	ND(<0.0020)~<0.0060 (0.0022)	ND(<0.0020)~<0.0060 (0.0022)	0.0001~0.0090 (0.0017)
鋅(mg/L)	範圍 (平均)	未監測	未監測	未監測	未監測	未監測	ND(<0.0016)~0.0104 (0.0037)	0.0056~0.0135 (0.0082)	<0.0050~0.0097 (0.0068)	0.0060~0.0153 (0.0104)	<0.0005~0.0550 (0.0059)
總鉻(mg/L)	範圍 (平均)	未監測	未監測	未監測	未監測	未監測	ND(<0.0004)~<0.0010 (0.0002)	ND(<0.0004)～0.0015 (0.0010)	ND(<0.0004) (<0.0010)	ND(<0.0004)~<0.0010 (0.0005)	<0.001~0.009 (0.0014)
汞(mg/L)	範圍 (平均)	未監測	未監測	未監測	未監測	未監測	ND(<0.0001)~0.0004 (0.00016)	ND(<0.0001)~<0.000 (0.00004)	ND(<0.0001)~<0.0003 (0.00002)	ND(<0.0001)~<0.0003 (0.00002)	<0.0003~0.0019 (0.00055)
砷(mg/L)	範圍 (平均)	未監測	未監測	未監測	未監測	未監測	0.0012~0.0016 (0.0013)	<0.001~0.0013 (0.0012)	<0.0010~0.0011 (0.0010)	<0.0010 (0.0006)	0.0008~0.0014 (0.0010)

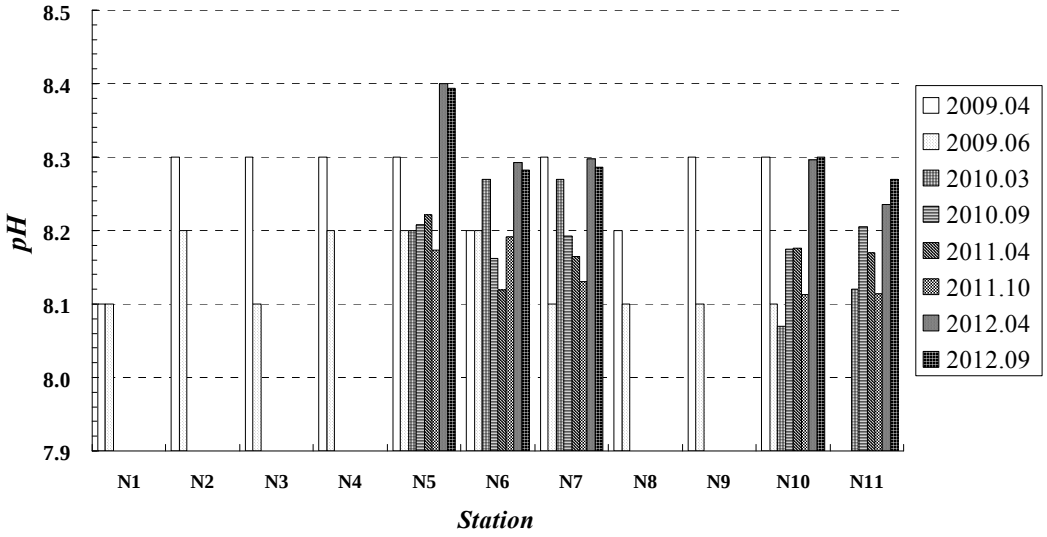


圖 4-2　本研究歷次海域水質氫離子濃度指數調查結果

2. 導電度(Electrical conductivity, EC)

導電度表示水傳導電流能力，導電度與水中離子總濃度、移動性、價數、相對濃度及水溫等有關。通常導電度愈高，表示水中電解質含量較多。由於大部分鹽類都可電離，因此導電度也可表示水中總溶解固體的多寡。導電度太高對灌溉有不良的影響，因此導電度為灌溉水質之重要指標項目之一。常用於估計水中溶解物質離子化的數量，由導電度可間接計算出天然水之總溶解固體量及水質的礦化程度，所以導電度亦可當做水污染之指標。導電度與水中總離子濃度及移動速度有關，在同一溫度下，水中溶解離子之濃度與導電度大致成正比，一般純水之導電度(25℃)約為 1μmho/cm；雨水、新鮮地下水及海水分別為 5～30 μmho/cm、30～2000 μmho/cm 及 45000～55000 μmho/cm 之間。

本年度採樣調查結果如下，臺中港內外海域各測站於 2012 年 4 月枯水期導電度測值介於 50,300～50,800 μmho/cm；9 月豐水期介於 48,500～49,400 μmho/cm，監測結果皆處於正常海水值 45,000～55,000 μmho/cm 之變動範圍內，2011 年 10 月豐水期以港外兩測站導電度相對港內為略低，10 月豐水期之導電度平均值亦相對低於 4 月枯水時期，2011 年整體測站導電度平均值 51,850 μmho/cm，介於第 1 年(2009 年)

與第 2 年(2010 年)變動範圍且無異常(圖 4-3)。

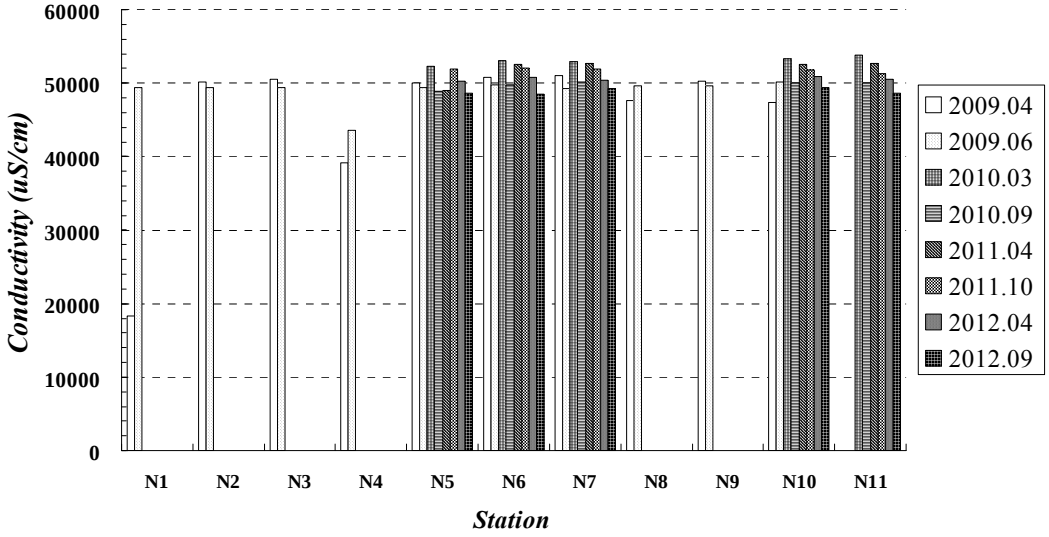


圖 4-3　本研究歷次海域水質導電度調查結果

3. 鹽度(Salinity)

鹽度之原來定義乃指 1 公斤海水中所含溶解之無機物的克數，即所含鹽類的重量，舊單位為千分之一(ppt)，新單位則為 psu (practical salinity unit)，而目前國際海洋研究調查上則可將單位省略。鹽度可由導電度計量測直接換算，與導電度成正比關係。自然水體之鹽度介於 0-40 psu，地下水之鹽度變化頗大，若受到鹽化程度很高時，亦可能高於海水，全球海水之鹽度變化在 33～37 psu 之間，平均 35 psu，而正常海水鹽度應在 33～35 psu 之間。大洋海水基本上是清澈、偏鹼性、無陸源污染物與營養鹽極低之穩定水體,正常海水鹽度介於 33～35 psu 之間，較陸源淡水高出很多，因此鹽度測定代表陸地水進入海洋之比例，因此為重要之水質指標。

本年度採樣調查結果如下所示，各海域測站於 2012 年 4 月枯水期採樣監測之鹽度測值介於 33.0～33.5 psu 間;9 月豐水期介於 31.9～32.5 psu，鹽度變化之趨勢與導電度大致相似，2011 年整體測站鹽度平均值 34.1 psu，較第 1 年(2009 年)3 次採樣監測結果高，而 2011 年 4 月枯水

期與第 2 年(2010 年)2 次採樣監測結果均顯示，港區外 N10(大甲溪外海)、N11(大肚溪外海)2 測點之鹽度測值，相對於港區內易受內陸排水影響之 3 處測點(N5、N6、N7)為略高(圖 4-4)，另港外測點鹽度變化，介於環保署長期外海環境水質測站(臺中港沿海二)變動範圍內。

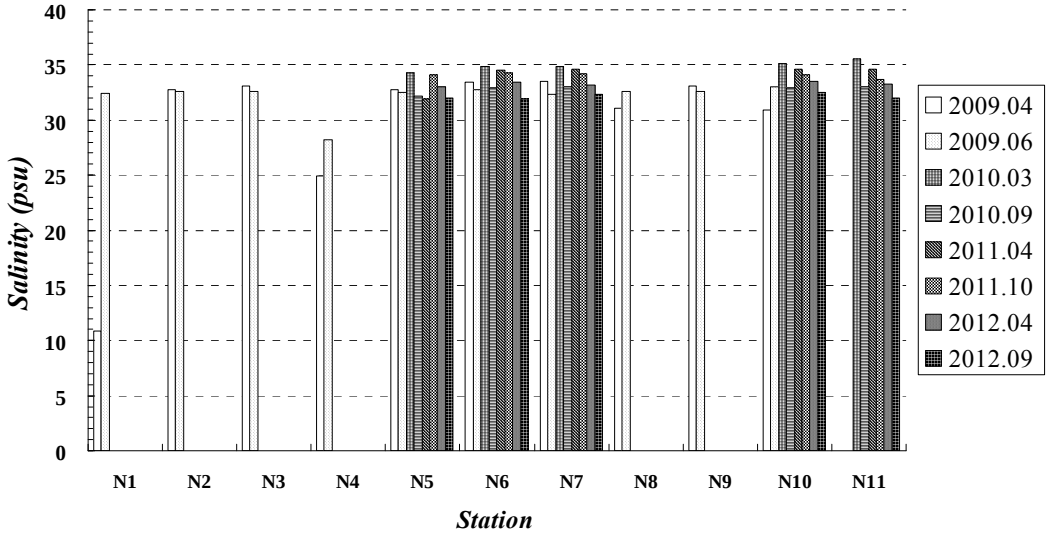


圖 4-4　本研究歷次海域水質鹽度調查結果

4. 水溫(Water temperature)

水溫與水體之密度、黏滯度、蒸汽壓力、溶液表面張力、固體或氣體之活動速度，如腐蝕、溶解度、生化需氧量及微生物繁殖、死亡等情形，均有密切之關係。水溫變化主要受季節循環所影響，而受日照之影響，表層水溫大多高於底層。就目前的狀況而言，調查範圍內的海域並未存有大型的熱污染源，其溫度的變動主要受自然大氣循環與氣候變化所影響。

本年度採樣調查結果如下所示，各海域測站於 2012 年 4 月枯水期採樣監測之水溫測值介於 25.7～26.2 ℃，略低於第 1 年(2009 年)3 次與第 2 年(2010 年)2 次採樣監測總平均值 28.6℃；2012 年 9 月豐水期水溫受季節變動影響，介於 30.3～31.9 ℃。本年度各測站之水溫溫差不大，多介於環保署長期外海環境水質測站(臺中港沿海二)變動範圍

內。臺中港鄰近海域整體水溫的變動呈現季節性的變化，以夏秋季節水溫較高、冬春季時期的水溫則相對較低，由本研究歷年調查的水溫高低差異顯示(圖 4-5)，最高水溫可達 32.1℃(2010 年 9 月)，最低水溫則為 22.5℃(2011 年 4 月)，而由環保署長期外海環境水質測站(臺中港沿海二)監測數據顯示，外海海域水溫最低則可以達到 17.8℃(2010 年 1 月)。

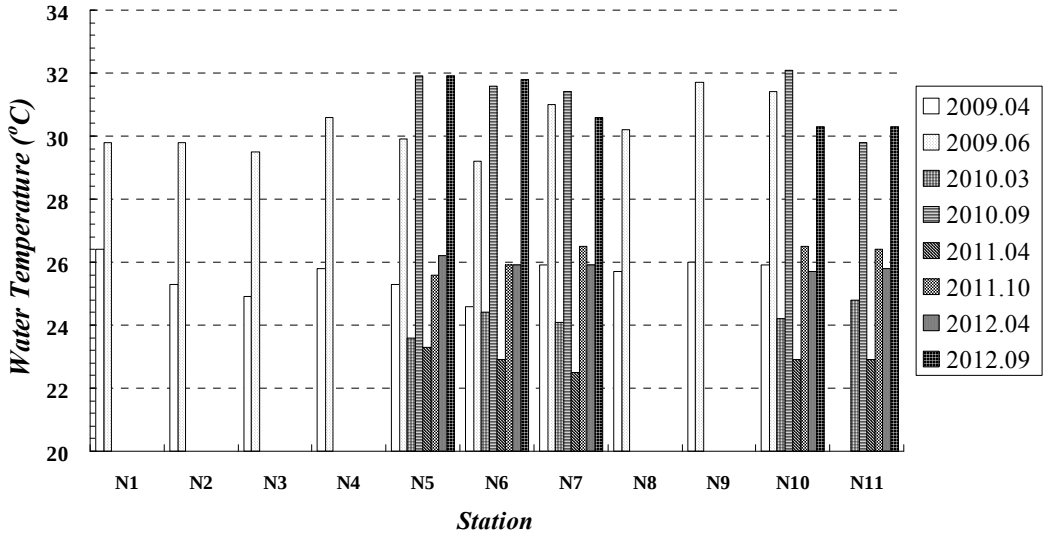


圖 4-5　本研究歷次海域水質水溫調查結果

5. 透明度(Transparency, SD)、透視度(Visual transparency / Light Transmittance)、懸浮固體(Suspended solids, SS)

透明度、透視度與懸浮固體為水體清澈程度的指標。大致上仍是以近岸處透明度較低，遠岸處透明度較高。水體中之濁度主要由懸浮固體如泥、砂和微小之有機或無機物質、浮游生物等及極微細之生物所引起。海水的混濁度對水體中之生物成長影響很大，過於混濁的海水將對生物有不利之影響。其中懸浮顆粒為污染物的承載者，高濁度時通常也伴隨高數量之細菌，因此濁度與懸浮固體亦為海水之重要指標之一。近海之懸浮固體分布與海流有相當大的關係，當波浪運動在海域底床上形成邊界層流場時，將使底質產生擾動而往上傳輸。惟但海中之波浪多呈紛紜狀態，大波之擾動性強，形成底質向上之傳輸營

力，小波則造成橫向之輸砂行為。實際上由潮汐變化所衍生的潮流對輸砂亦有相當大的影響，而於邊界層所產生的渦流將促進懸浮質向上傳輸，經此流場機制所產升之懸浮固體分布特性應為深水時濃度由上往下漸增，淺水時則可能因波浪擾動力增大而呈均勻化分布，在碎波帶內則呈均勻化分布，而調查區域內若有河川匯入則波流交互作用將使懸浮固體分布更為複雜。

本年度採樣調查結果如下所示，各海域測站於 2012 年 4 月枯水期採樣監測之懸浮固體物測值介於<2.5～7.0 mg/L；9 月豐水期略高，介於 4.6～10.1 mg/L，而 2011 年整體測站平均測值 7.0 mg/L，與環保署長期外海環境水質測站(臺中港沿海二)之懸浮固體物平均測值 8.5 mg/L 為低。2010 年 9 月採樣平均測值雖較 3 月調查結果略增，但與第 1 年(2009 年)3 次採樣監測結果相比仍為低(圖 4-6)。

整體透明度自 2009 年起至 2011 年隨之逐漸增高，以 2011 年 4 月與 10 月透明度達到最高 8.5m，而 2012 年起則又降低(圖 4-7)。歷次港外懸浮固體最高值以南側靠近大肚溪口(N1)處相對最高(2009/6：SS 58.6 mg/L)，應係較易受到來自陸源大肚溪口輸砂影響而導致懸浮固體物濃度較高；透明度則相對較低。

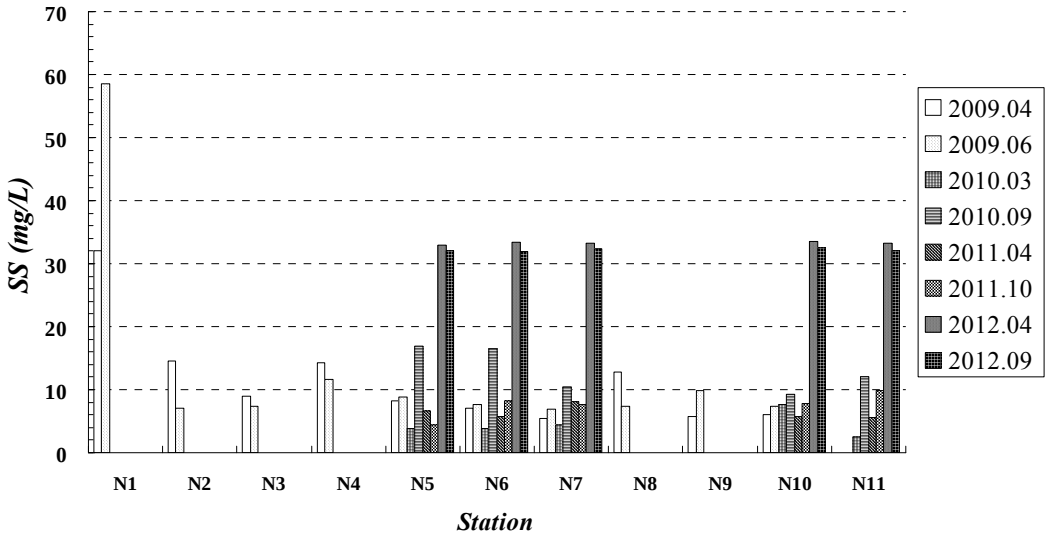


圖 4-6　本研究歷次海域水質懸浮固體調查結果

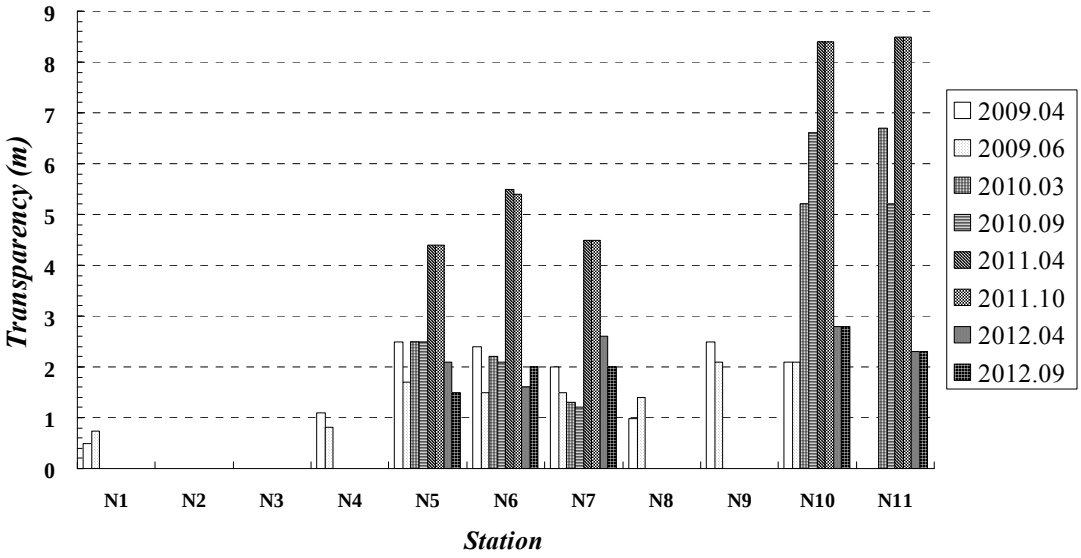


圖 4-7　本研究歷次海域水質透明度調查結果

6. 溶氧與溶氧飽和度(Dissolved Oxygen; Dissolved Oxygen Saturation)

自然水體因與大氣中之氧氣接觸而溶解於水中，這些氧氣稱為水中之溶氧。水中溶氧多寡主要受生物、物理與化學作用影響而變動。水中鹽分亦會影響氧之溶解度，鹽度越高其溶氧越低。海水中的溶氧主要受溫度與風浪的影響，溫度愈低，溶氧可達到之平衡值愈高，風浪愈大，溶氧愈易達到該溫度之飽和值，氧氣在海水中之溶解度隨鹽度、溫度增加而減少，在水溫 20℃之海水而鹽度 36.13 psu 時，其理論溶氧飽和值為 7.35 mg/L(同溫度時之純水溶氧飽和值則為 9.09 mg/L)，臺灣海域在冬季時期常因水溫較低及東北季風的風浪翻攪造成溶氧升高。

此外，一般海域的溶氧有二大特徵：一為上層的溶氧大多高於下層，二則為水深愈淺者其溶氧愈高。由於水中溶氧的來源主要是由大氣溶入水中或水中生物之光合作用，因此上層之溶氧較高；至於底層的溶氧則須視底棲生態系統之耗氣速率而定。一般而言，遭受污染的海域或河口區域，其底床上大都沉積耗氣性污泥，使底層水體的溶氧降低。由於波浪由深海傳入淺海時將因淺化效應使波浪產生碎波，增加水中溶氧。因此水深愈淺者，水中溶氧將因波浪淺化成碎波的機率

增加而增加。正常海水之溶氧應與大氣中之氧達成平衡，其含氧量應在飽和度之 95%至 105%之間，飽和溶氧與當時水溫、鹽度有關，而當水體中之藻類暴殖時，將形成溶氧之超飽和；另一相反情形為當水中有機污染物高時，將造成細菌分解消耗水中溶氧，產生溶氧不飽和與偏低。

本年度採樣調查結果如下所示，各海域測站於 2012 年 4 月枯水期採樣監測之溶氧量介於 6.04～7.08 mg/L，溶氧飽和度介於 91.7~105%，平均 97.6%，接近飽和；9 月豐水期溶氧量介於 6.05～7.07 mg/L，溶氧飽和度介於 91.8~105%，平均 97.6%。港內外各測站測值均介於環保署長期外海環境水質測站(臺中港沿海二)之監測變動範圍且無異常。2010 年於 3 月調查時，港區內外 5 處海域測點(N5、N6、N7、N10、N11)之溶氧值(圖 4-8)全數符合乙類海域水質標準(>5 mg/L)，惟介於梧棲大排與安良港大排間測站 N5 之溶氧飽和度達 135%(圖 4-9)，有過飽和之現象，推測是港區內營養鹽(碳、氮、磷)豐富，水中藻類光合作用旺盛而產生大量氧氣所致；在 2010 年 9 月調查時，港區內 3 處測點(N5、N6、N7)之溶氧值則略低於乙類海域水質標準(≥5 mg/L)，且其表面海水之溶氧呈不飽和狀態，溶氧量僅約飽和時之 70.7%～73.6%，顯示港內水體易受陸源營養鹽輸入，導致其溶氧變動較港外為劇烈。

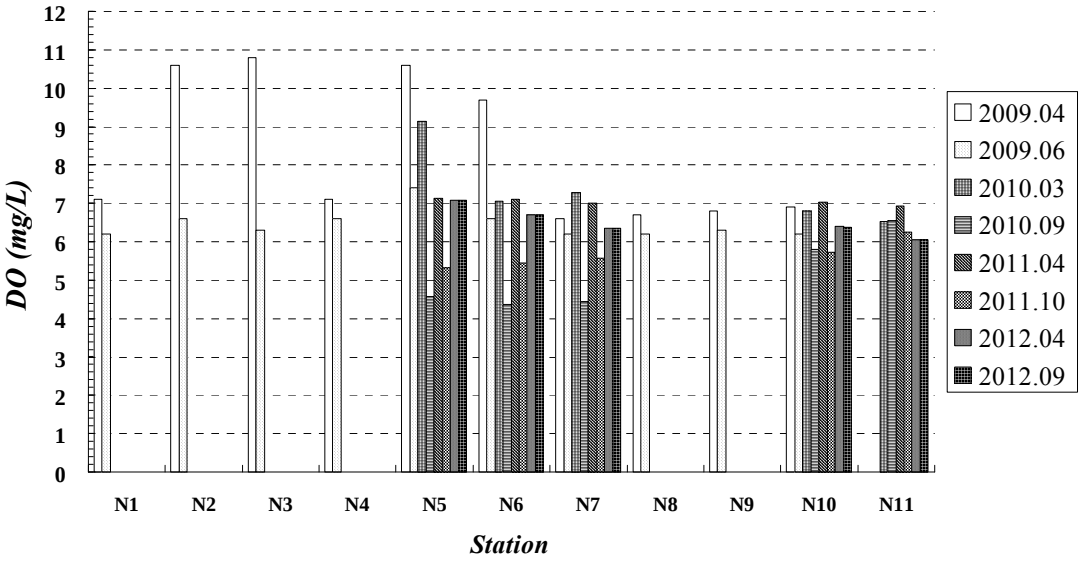


圖 4-8　本研究歷次海域水質溶氧量調查結果

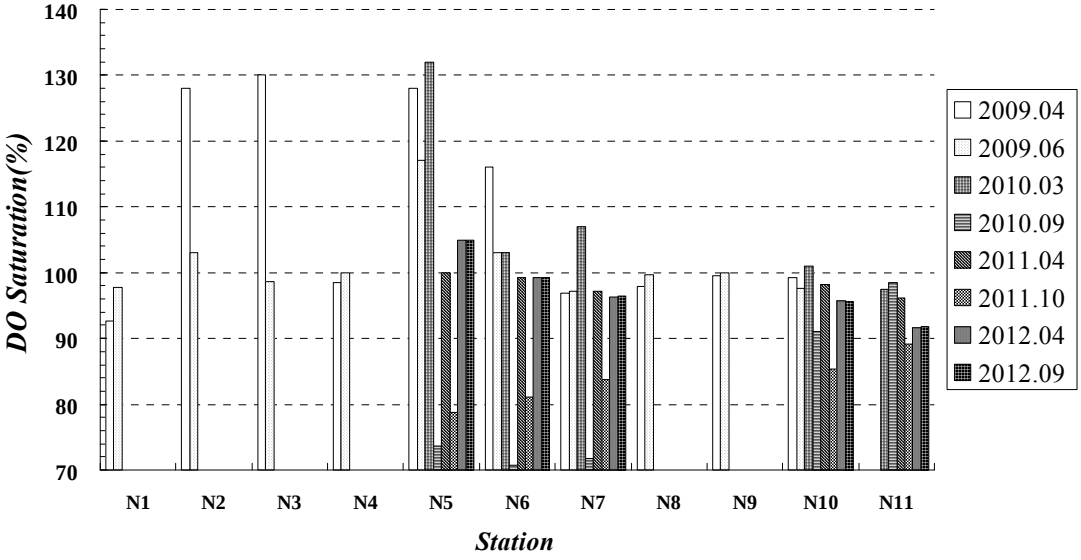


圖 4-9　本研究歷次海域水質溶氧飽和度調查結果

7. 生化需氧量(Biochemical Oxygen Demand, BOD_5)

生化需氧量為水中有機性污染狀況的量化指標。此法以好氧性細菌氧化分解水中有機物所消耗的氧量來表示水中的有機物量。一般此過程可分為二階段：第一階段為分解有機碳化合物的耗氧，第二階段則為硝化作用的耗氧。目前係以 20℃，5 日的生化需氧量為管制基準，未遭受污染的自然水體生化需氧量大都介於 0 ～ 2 mg/L，若超過 3 mg/L 則顯示此水體已遭受污染。

本年度於 2012 年 4 月枯水期採樣調查結果如下所示，港區內外 5 處海域測站(N5、N6、N7、N10、N11)於 4 月採樣檢測結果，港內生化需氧量測值皆<2.0 mg/L，港外亦相對略高但均可符合乙類海域水質標準(≦3.0 mg/L)，且與環保署外海環境水質測站(臺中港沿海二)之歷次(僅 1996~1998 年有調查)生化需氧量測值相近且無異常；9 月豐水期則於臺中港內 N5 與 N6 出現鹽度略微降低，而生化需氧量則略微升高且不符乙類海域標準(圖 4-10)，顯示港域內仍可能有來自有機廢污水之污染，導致水體中有機物耗氧量增加，但尚未導致溶氧量降低至不符合海域水體標準的程度。而第 1 年(2009 年)部分測站偶有超過標準之情形，最高濃度可達 63.6 mg/L，此乃出現於匯入臺中港域之主要排水路

上、下游水質之 24 小時連續全潮觀測時所測得，顯示匯入港域內之排水仍有受到來自內陸排水之農畜牧業廢水及/或家庭生活污水之污染。於第 2 年(2010 年)及本年度與港域及港外調查期間則呈現未有異常偏高之情形，顯示有機性污染程度於臺中港域與港外水體有逐漸改善的趨勢。

8. 大腸桿菌群(Coliform Group)

大腸桿菌群根據環檢所 NIEA E202.53B 水中大腸桿菌群檢測方法中定義其英文學名為 Coliform group。而大腸桿菌群係大腸桿菌與大腸桿菌類似性質之細菌總稱，常存於溫血動物之腸管內，並與糞便一起排出體外。如水中含有大量的大腸桿菌群類，則顯示出水體近期內可能遭受人類或動物排泄物的污染。

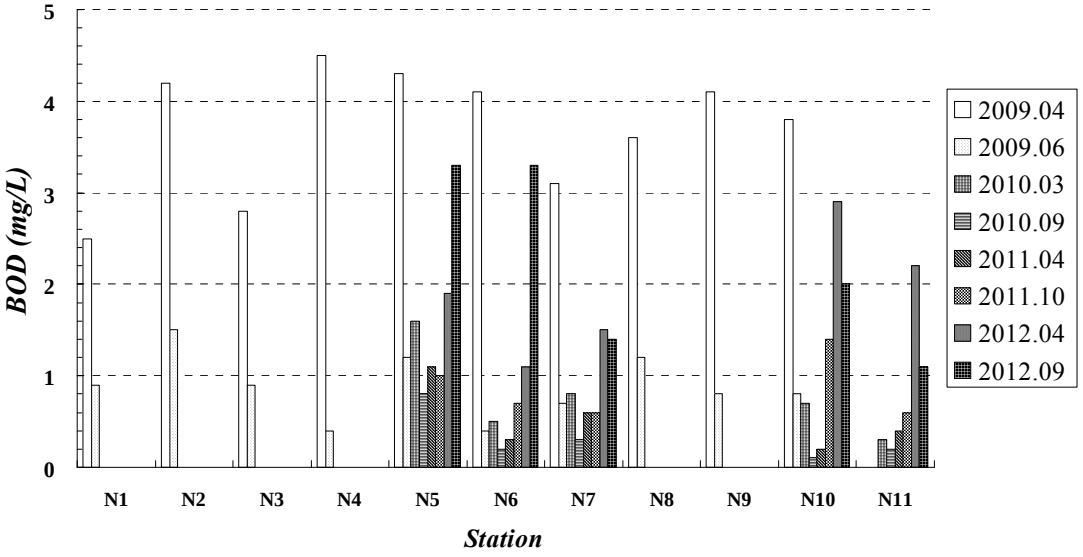


圖 4-10　本研究歷次海域水質生化需氧量調查結果

本年度於 2012 年 4 月枯水期採樣調查結果顯示，因海域之大腸桿菌群並無乙類標準，若以海域最高標準(甲類)作為參考比較，在本年度 4 月枯水期除港區內介於梧棲大排與安良港大排間之 N5 測值相對最高；N6 測站次高(15 CFU/100 mL)、N7 測站為 10 CFU/100 mL，其餘港外之測站均<10 CFU/100 mL，且皆未超出甲類海水標準(≦ 1000 CFU/100 mL)；9 月豐水期全部均<10 CFU/100 mL。港內 N5 測站曾於

2010 年 3 月因受局部陸源污染輸入之影響，測值達 1.8×10^4 CFU/100 mL 而有超出甲類海域水質標準 18 倍之情形外，其餘港區內外 4 處海域測點(N6、N7、N10、N11)之大腸桿菌群於 2 次採樣監測均低於甲類上限值(圖 4-11)，整體測站平均測值 1.9×10^3 CFU/100 mL，雖高於環保署外海環境水質測站(臺中港沿海二)大腸桿菌群平均測值 5.5×10^2 CFU/100 mL(1997～1998 年度)，但與第 2009 年大腸桿菌群年平均值 5.9×10^6 CFU/100 mL 相比為低且有明顯下降之趨勢。

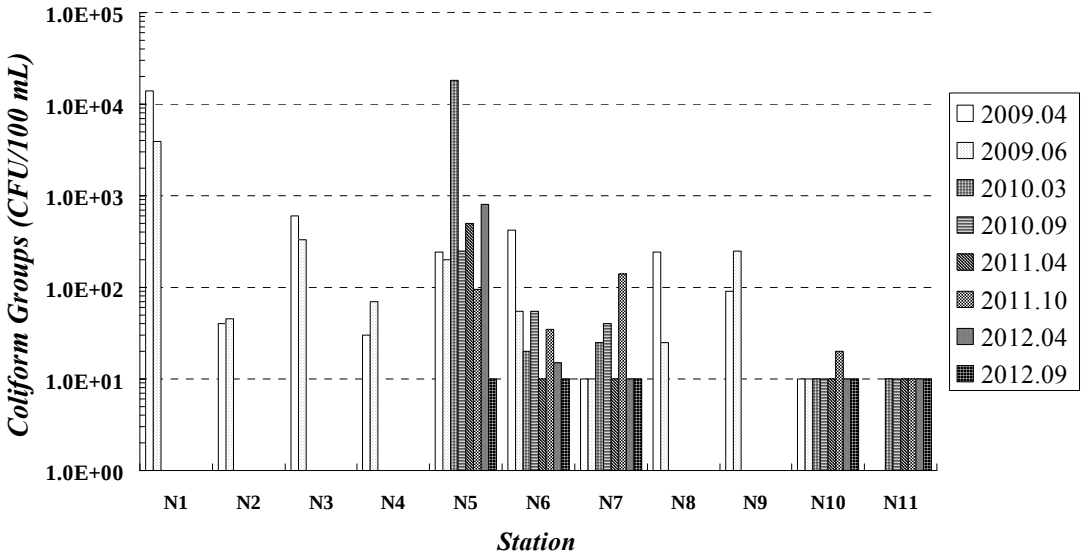


圖 4-11　本研究歷次海域水質大腸桿菌群調查結果

9. 總磷(Total Phosphorus, TP)

海水中之磷酸鹽、矽酸鹽、亞硝酸鹽與銨鹽等一般稱為營養鹽，這些鹽類被海洋植物吸收，成為植物生長之組成部份。一般中緯度大洋營養鹽濃度顯示出季節性變化，北半球因夏季光合作用旺盛，植物攝取量大且水體成層，下層營養鹽補充困難，造成上層營養鹽偏低；冬季則因有機物分解大於光合作用所需，營養鹽再生顯著，加上表層海水冷卻產生垂直混合，下層營養鹽補充之故，使得上層營養鹽升高，因此一般大洋夏季表層海水營養鹽降低，冬季升高。而近岸區則除受生物生長季節性變化等因素所影響外，另外受到陸源營養鹽輸出變動所控制。海洋之營養鹽分布，一般於表層之磷酸鹽、硝酸鹽與矽酸鹽

濃度較低，在水深淺於 1,000 m 以內，隨深度增加而變高，在深於 1,000 m 以上，營養鹽濃度隨深度變化不大。

磷在自然水體通常以磷酸鹽型態存在，磷酸鹽可分為正磷酸鹽(orthophosphate)、聚磷酸鹽(polyphosphate)、及有機磷酸鹽(organic phosphate)。正磷酸鹽可直接被生物所利用，而聚磷酸鹽則需水解成正磷酸鹽才可被生物利用，但水解過程非常緩慢。由於水體藻類的生成量及磷的負荷之間有密切關聯，因此控制磷源是有效抑制優養化之重要手段之一。目前國內的水體水質標準中對於海域水體中的總磷甲類海域水質標準為 0.05 mg/L。

本年度於 2012 年 4 月枯水期採樣調查在港區內外各海域測點(N5、N6、N7、N10、N11)之總磷測值介於<0.020(0.011)～0.026 mg/L；9 月豐水期介於<0.020(0.014)～0.026 mg/L，因總磷無乙類海域水質標準，若以海域最高標準(甲類)作為參考比較，在本年度港內外 5 測站之總磷測值均低於甲類上限值(≦0.05 mg/L)，且在環保署外海環境水質測站(臺中港沿海二)之歷次總磷監測變動範圍內。2011 年港區內介於梧棲大排與安良港大排間之 N5 總磷測值曾偏高，達 0.158 mg/L，為甲類海水標準之 3 倍(圖 4-12)。

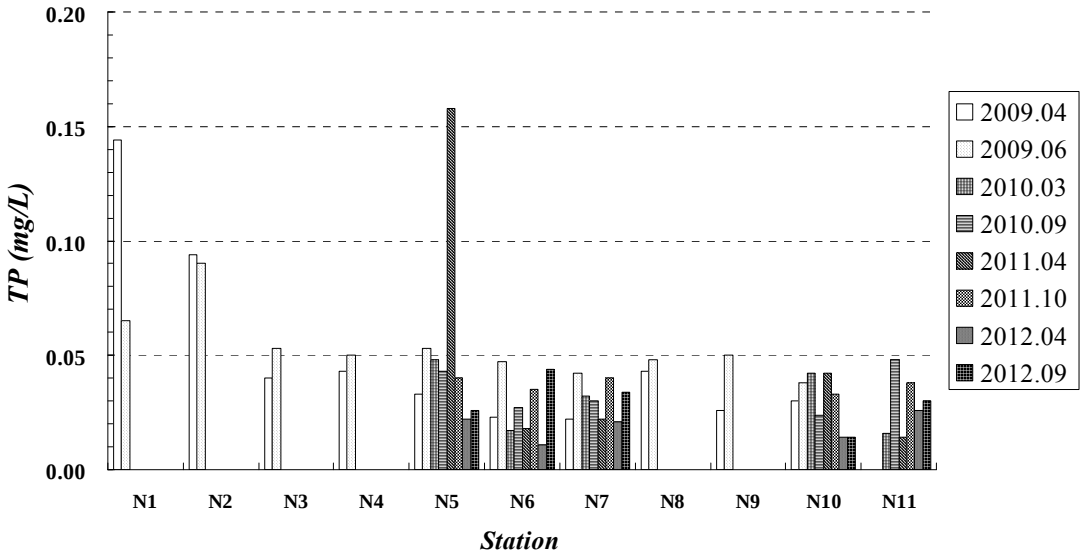


圖 4-12　本研究歷次海域水質總磷調查結果

介於梧棲大排與安良港大排之間測點 N5，於 2011 年 4 月枯水期間其鹽度與導電度相對最低，而總磷則出現最高之現象(0.158 mg/L)，顯示採樣當時此處水體受到相對較多之淡水之影響(圖 4-13)，而由上游陸域水質之歷年總磷監測結果，其梧棲大排與安良港大排於 1998 年至 2010 年間，漲、退潮之總磷平均濃度高達 0.731 mg/L，遠高於港域可知，港域之總磷偏高之污染來源，應與匯入港區之排水中，來自生活污水含磷清潔劑，以及農畜牧業使用含磷肥料污染水質所致。

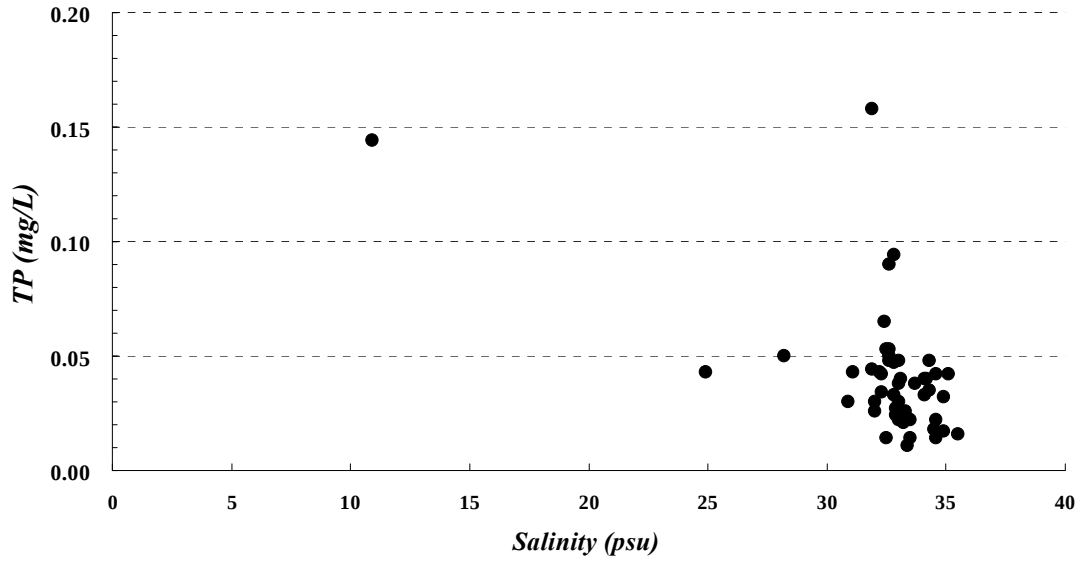


圖 4-13　本研究歷次海域水質總磷對鹽度分布

10. 氨氮(Ammonia nitrogen, NH_3-N)

氮在自然水體中以有機氮、氨氮、硝酸氮、亞硝酸氮等型態存在。剛受污染的水體中，氮大部份以有機氮及氨氮型式存在，經過細菌分解後，有機氮會分解成氨氮，而氨氮經硝化作用後則轉變為硝酸氮及亞硝酸氮。氮的污染來源包括動物體的排泄物與殘骸、工業廢水、垃圾滲出水以及土壤中施用的氮肥(硝酸鹽氮)。通常在清潔水域中的氮含量不高，若水體剛受污染時，其有機氮與氨氮濃度會偏高；若經過一段時間的分解後，則硝酸鹽氮的濃度會增高。若水體中含大量的氨氮及有機氮時，將會消耗水中的溶氧，使水體呈厭氧狀態，硝酸鹽氮則經由還原作用，轉變成氨氮及氮氣。目前國內的水體水質標準中對於海域水體中的氨氮甲類海域水質標準為 0.3 mg/L。

本年度於 2011 年 4 月枯水期在港區內外各海域測點(N5、N6、N7、N10、N11)之氨氮測值介於 ND(<0.02)～<0.06(0.04) mg/L；9 月豐水期同樣介於 ND(<0.02)～<0.06(0.04) mg/L。因氨氮無乙類海域水質標準，若以海域最高標準(甲類)作為參考比較，各測站之氨氮測值於本年度調查結果均低於甲類上限值(≦0.3 mg/L)，與環保署外海環境水質測站(臺中港沿海二)之歷次氨氮平均測值 0.03 mg/L 相比亦無異常，另與第 1 年(2009 年)採樣監測結果相比為低且有下降之趨勢(圖 4-14)。

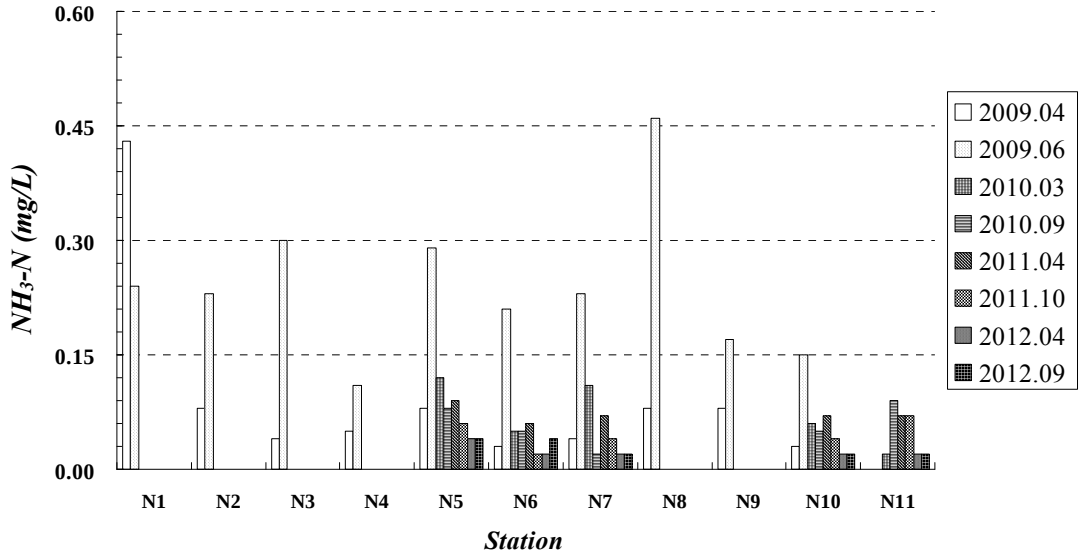


圖 4-14　本研究歷次海域水質氨氮調查結果

11. 葉綠素a(Chlorophyll a)

葉綠素是植物參與光合作用的主要色素，它存在植物細胞內的葉綠體中。葉綠素吸收紅光和藍光並反射綠光，使植物呈現綠色。葉綠素依化學構造的不同有若干形式，包括葉綠素 a、葉綠素 b、葉綠素 c、葉綠素 d 等，其中最重要的一種是葉綠素 a，它存在於植物、綠藻和藍綠菌中。通常藉由水體之營養鹽、透明度、及葉綠素 a 等可用以判斷水體優養之程度。美國環保署(US EPA, 1973)以葉綠素 a 為基準之營養分級標準，將水庫湖泊等區分為優養(Eutrophic)、中養(Mesotrophic)以及貧養(Oligotrophic)，其中以葉綠素 a 測值>10 μg/L 定為優養(Eutrophic)，4～10 μg/L 定為中養(Mesotrophic)以及<4 μg/L 定為貧養(Oligotrophic)。

本年度於 2012 年 4 月枯水期在港區內外各海域測點(N5、N6、N7、N10、N11)之葉綠素 a 測值介於 2.3～4.0 μg/L；9 月豐水期介於 1.4～16.2 μg/L，以港內 N6 測站最高。此與環保署長期外海環境水質測站(臺中港沿海二)歷次相比無異常，仍在其最大變動範圍內。本年度 4 月與 2011 年 4 月採樣監測結果；以及第 2 年(2010 年)相同，皆以港區外之 N11(大肚溪外海)測點為最低(圖 4-15)。以 USEPA 葉綠素 a 為基準之營養分級顯示，本年度除於 9 月豐水期時，港內 N6 測站葉綠素 a 偏高已達優養；N5 亦達中養等級外，其餘測站多屬於貧養水體(葉綠素 a<4 μg/L)。

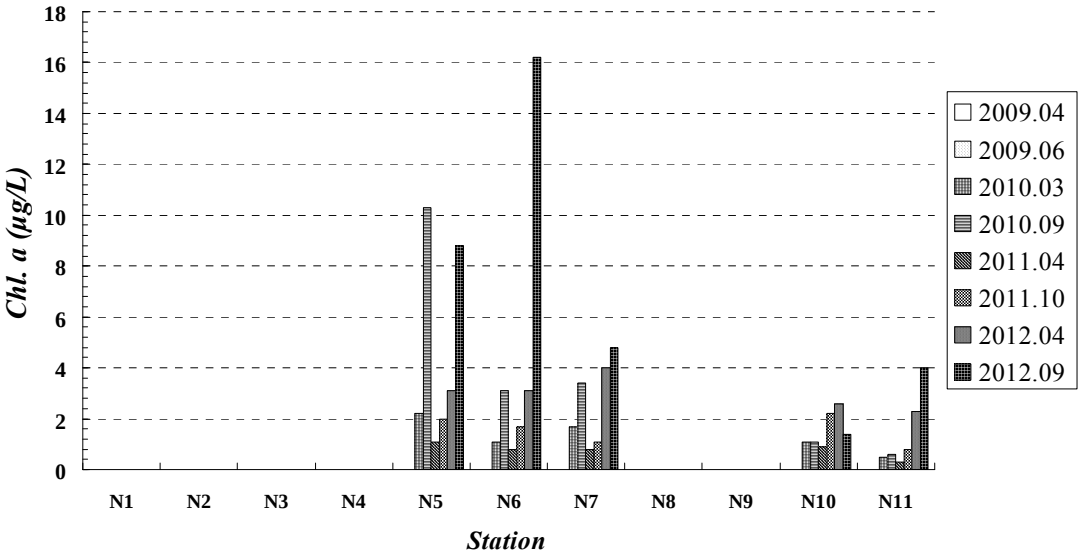


圖 4-15　本研究歷次海域水質葉綠素 a 調查結果

12. 重金屬銅(Copper, Cu)

銅為一種豐富的親顆粒金屬，河川中的銅 50%～80%都被吸附固定在水中懸浮固體物上，形成不溶解狀態。銅為人體必需元素，其毒性對人體不具累積性危害，但吸收過量亦會造成肝腎和中樞神經傷害，而對水生生物而言，當銅的濃度接近 1.0 mg/L 時會使魚類中毒。

本年度於 2012 年 4 月枯水期調查顯示均可符合海水標準(≤0.03)且無異常。4 月在港區內外各海域測點(N5、N6、N7、N10、N11)之重金屬銅測值介於<0.0030(0.0022)～0.0035 mg/L；9 月豐水期介於<0.0030(0.0015)～0.0073 mg/L，而歷次皆可符合標準(圖 4-16)且均在環

保署長期外海環境水質測站(臺中港沿海二)之監測變動範圍內。

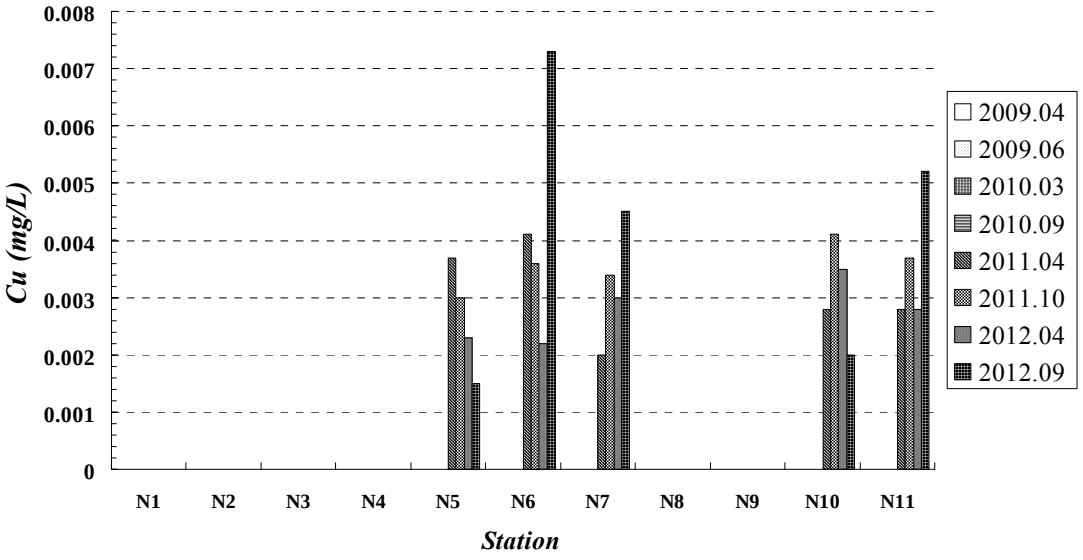


圖 4-16　本研究歷次海域水質重金屬銅調查結果

13. 重金屬鉛(Lead, Pb)

在天然水體中，鉛有許多種存在的形式，鉛具有累積、代謝性毒性，鉛化合物一般難溶於水，而且容易被吸附沉澱。主要來自蓄電池製造業之廢水或廢棄物處理不當而排出時，含量偏高的鉛會污染水體；而汽油中添加之鉛化合物，於燃燒時形成含鉛粒狀污染物逸散至空氣，最後降至地表或因雨水淋洗帶進水體，也會造成水中鉛含量增加。

本年度均可符合海水標準(≤0.3 mg/L)，4 月枯水期在港區內外各海域測點(N5、N6、N7、N10、N11)之重金屬鉛測值介於 ND (<0.0020) ～ <0.0060(0.0027) mg/L；9 月豐水期介於 ND (<0.0020) ～ <0.0060(0.0048) mg/L，而歷次皆可符合標準(圖 4-17)且均在環保署長期外海環境水質測站(臺中港沿海二)之監測變動範圍內。

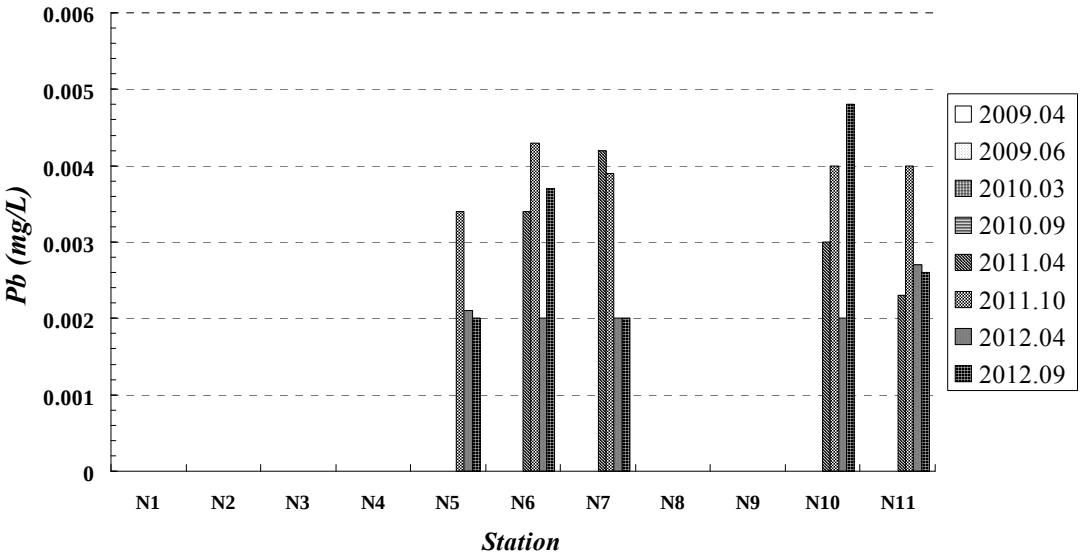


圖 4-17　本研究歷次海域水質重金屬鉛調查結果

14. 重金屬鋅(Zinc, Zn)

鋅乃現代文明中，家庭常用的四種金屬之一(鐵、銅、鉛、鋅)，常被用來鍍在鐵的外層以防止鐵生銹。鋅為人體之必需元素之一，其對人體的毒性很低，但對魚類或水生生物之毒性卻很大，致死濃度約小於 0.1 mg/L，魚卵則為 0.4 mg/L。

本年度均可符合海水標準(≤0.5 mg/L)。4 月在港區內外各海域測點(N5、N6、N7、N10、N11)之重金屬鋅測值介於<0.0050(0.0034)～0.0097 mg/L；9 月豐水期介於 0.0060～0.0153 mg/L，而歷次皆可符合標準(圖 4-18)且均在環保署長期外海環境水質測站(臺中港沿海二)之監測變動範圍內。

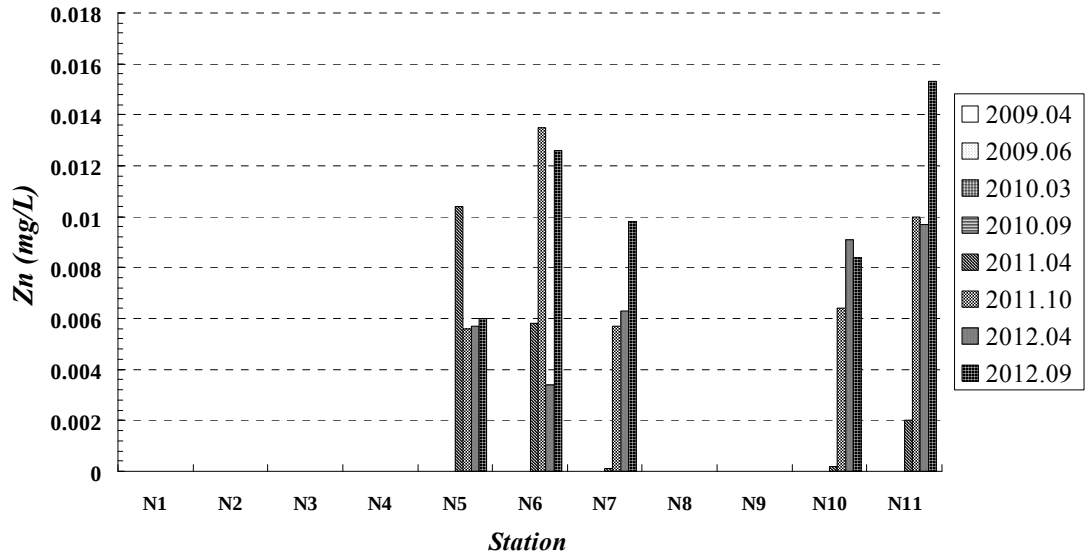


圖 4-18　本研究歷次海域水質重金屬鋅調查結果

15. 重金屬鉻(Chromium, Cr)

鉻是人體必需的微量元素，三價的鉻是對人體有益的元素，而六價鉻則為有毒。接觸六價鉻也可發生鉻性皮炎及濕疹，誤食入六價鉻化合物可引起口腔粘膜增厚，水腫形成黃色痂皮，反胃嘔吐，有時帶血，劇烈腹痛，肝腫大，嚴重時使循環衰竭，失去知覺，甚至死亡。

本年度採樣調查顯示總鉻(三價鉻+六價鉻)均可符合海水標準(Cr^{6+}≤0.05 mg/L)。4 月在港區內外各海域測點(N5、N6、N7、N10、N11)之重金屬鉻測值 ND<0.0004 mg/L；9 月豐水期介於 ND(<0.0004)～<0.0010(0.0006) mg/L，而歷次皆可符合標準(圖 4-19)且均在環保署長期外海環境水質測站(臺中港沿海二)之監測變動範圍內且無異常。

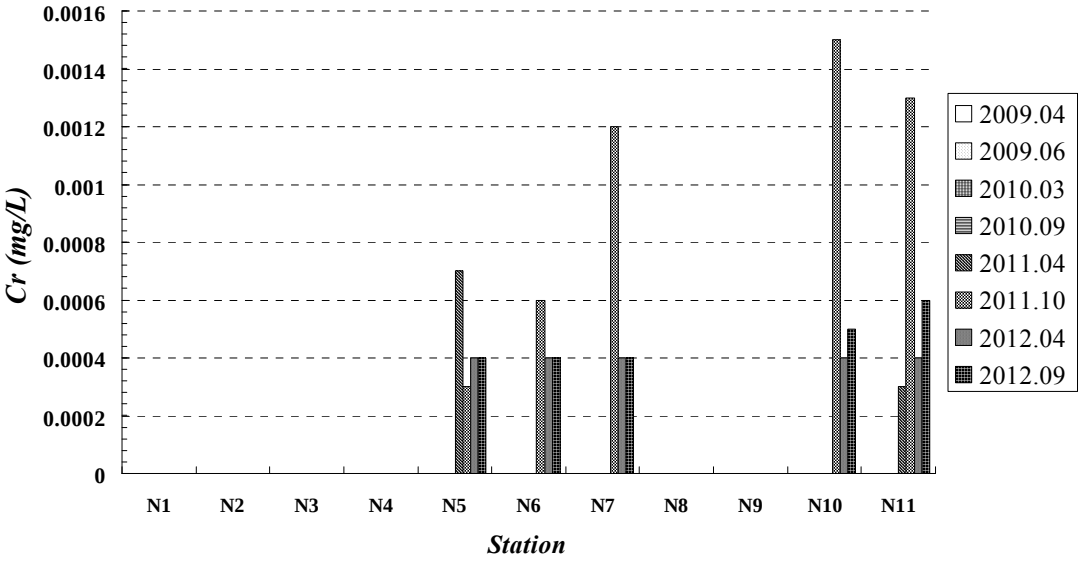


圖 4-19　本研究歷次海域水質重金屬鉻調查結果

16. 汞(Mercury, Hg)

汞為全球第一級污染物質，為水體中污染最廣泛的一種重金屬毒物，進入水域的汞主要有三種形式，分別為金屬、無機汞化合物及有機汞化合物。無機汞可藉由水中微生物作用而轉換成有機汞，毒性因而增加。汞是累積性毒物，對人體健康傷害性極大，有機汞和無機汞主要影響分別為中樞神經系統和腎臟傷害等。

本年度採樣調查顯示均可符合海水標準(≤0.002 mg/L)。4 月枯水期在港區內外各海域測點(N5、N6、N7、N10、N11)之重金屬汞測值介於 ND(<0.0001)～<0.0003 mg/L；9 月豐水期介於 ND(<0.0001)～<0.0003 mg/L，而歷次皆可符合標準(圖 4-20)且均在環保署長期外海環境水質測站(臺中港沿海二)之監測變動範圍內且無異常。

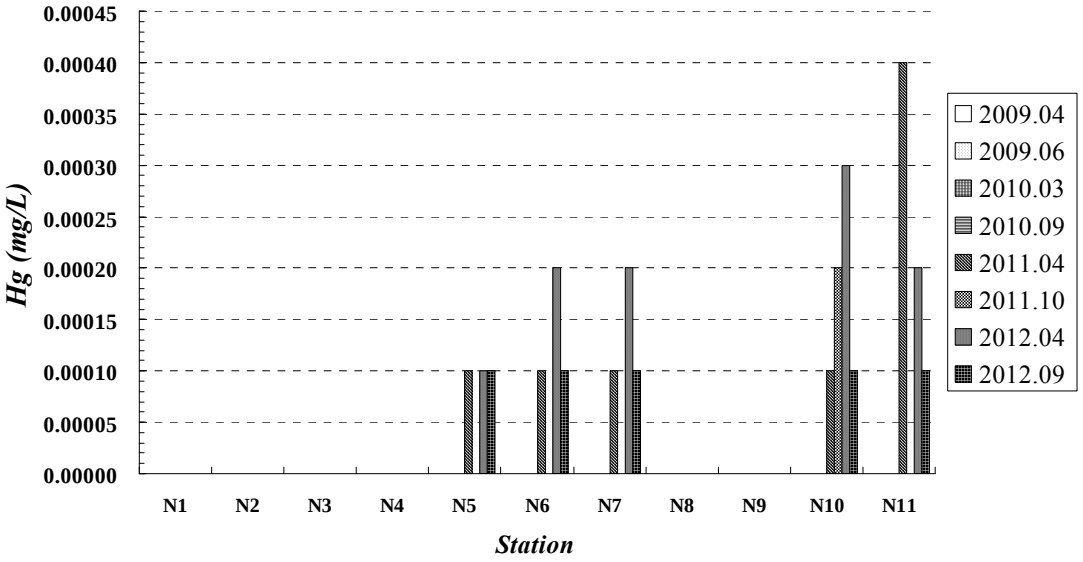


圖 4-20　本研究歷次海域水質汞調查結果

17. 砷(Arsenic, As)

砷有+5、+3、0、-3 等四種不同價態存在，在水中一般以砷化合物形態存在，如在溶氧量及 pH 值均較高的表水層水域中，砷幾乎都以+5 價的砷酸鹽形式存在；相反地，在溶氧量與 pH 值均較低的深層水域中，砷幾乎以+3 價的砷酸鹽或硫化砷形式存在。砷化物為毒性甚強之物質，砷對人體之長期危害主要包括烏腳病、癌症(皮膚癌、肺臟癌、膀胱癌)、心臟病、糖尿病與高血壓等。

本年度均可符合海水標準(≤0.05 mg/L)。4 月枯水期在港區內外各海域測點(N5、N6、N7、N10、N11)之砷測值介於<0.0010～0.0011 mg/L；9 月豐水期測值均<0.0010 mg/L，而歷次皆可符合標準(圖 4-21)且與環保署長期外海環境水質測站(臺中港沿海二)之測值(1997～1998 年)相近。

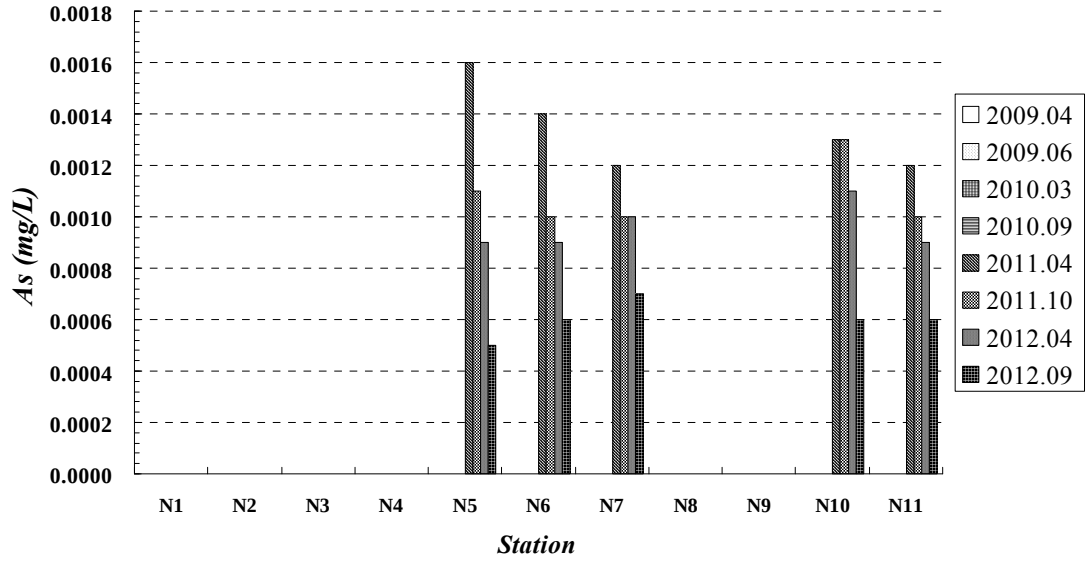


圖 4-21　本研究歷次海域水質砷調查結果

臺灣地區地處亞熱帶，屬於海島型氣候，除易逢颱風或是暴雨沖刷造成水質不佳外，也易受人為干擾與污染而影響環境水體與生態，而海岸水體環境具有高度敏感性，且各海域涵容能力受地區之海象、地形、污染源之影響也不盡相同，例如高緯度地區或熱帶海域、大洋或近海環境均有所差異，因此並無一客觀特定之標準，可以明確地界定出海域水體對污染物負荷之臨界值，若以國內海域水質分類之評比標準，主要以酸鹼度(pH)、溶氧、氨氮、總磷、大腸桿菌群與生化需氧量等化學、生物性指標劃分為甲類、乙類、丙類海域，而為讓民眾瞭解海灘水質，做為親水活動參考，現階段參考香港及美國泳灘水質監測發佈方式，主要以甲類海域之海洋環境品質標準—大腸桿菌群之菌落數在 1000 CFU/100mL 以下(以下簡稱「符合甲類」)，為判定依據，而高於此等級則列為不宜親水活動。符合甲類者，再以腸球菌群(≦50 MPN/100 mL 或>50 MPN/100 mL)區分為優良或普通，作為娛樂用水水質之「優良、普通或不宜親水」之 3 分級。

總而言之，選定之水質參數在水體品質之應用上有不同程度之意義，雖可簡易地判斷污染程度，但不易即時反應水質異常之敏感度，也相形喪失了對污染源頭採取適當污染行為管制措施之先機，為確保

海洋環境永續性經營，仍待相關主管單位納入污染排放量與相對水體涵容能力之管理觀點，以利反應實際海域水體污染負荷，建立實質水質管理績效指標。

臺中港水域環境之水體分類係被公告為「乙類水體水質標準」海域，歸納環保署近海海域水質自 1997 年 7 月～2011 年長期監測結果，以監測項目與海洋環境品質標準相關之 pH、溶氧量、生化需氧量、鉛、銅、鋅、鎘、鉻、汞與砷計 10 個水質項目計算合格率，臺中港沿海海域水質總合格率為 99.6%。以各監測項目分析比較，pH 值(圖 4-22)、溶氧量(圖 4-23)、生化需氧量合格率均為 100%；重金屬部分鉛、汞、鋅及鎘等項目之合格率亦皆為 100%；重金屬銅有 1 個樣品不符合水質標準(圖 4-24)，合格率為 99.6%；汞亦曾出現 1 次不符合水質標準，合格率為 99.5%。由環保署長期監測結果與本研究 98、99 年及 100 年 4 月與 10 月調查結果皆顯示，臺中港鄰近海域水質狀況普遍良好，如本研究臺中港外大甲溪外海(N10)與大肚溪外海(N11)兩海域測點之水質穩定且污染程度低，僅港區內 N5、N6、N7 等 3 處測點之海域水體因較易受陸源性污染，如梧棲大排與安良港大排等注入港域之影響，偶有生化需氧量與大腸桿菌群偏高之現象外，大部分水質檢項並無特別異常之處。此外，臺中港沿海一測站表層水，曾在 2010 年 5 月(圖 4-22)測得其 pH 略偏低(7.6)，分析當時該處其他水質檢項如溶氧量與營養鹽類，以及重金屬均未發生異常，僅鹽度略有降低推測，可能係受淡水影響，導致 pH 值出現偏低，但仍可符合國內海域水質標準。

2010 年於臺中縣清水鎮之大甲溪出海口－高美濕地曾發生遭致疑似不肖業者非法傾倒廢油污染案，該污染事件係 2010 年 6 月 29 日晚間於清水大排出海口附近出現大片油污，經環保署與臺中縣環保局等相關單位緊急應變及油污清理後，現場油污已獲得阻絕圍堵，經初步估計廢油污染面積約 1,000 平方公尺。另經空勤總隊及海巡單位於空中及海面查察，未發現有油污擴散情形。而由環保署 2010 年 8 月與本研究 2010 年 9 月調查結果顯示，臺中港外海域水質並無特別異常之處。

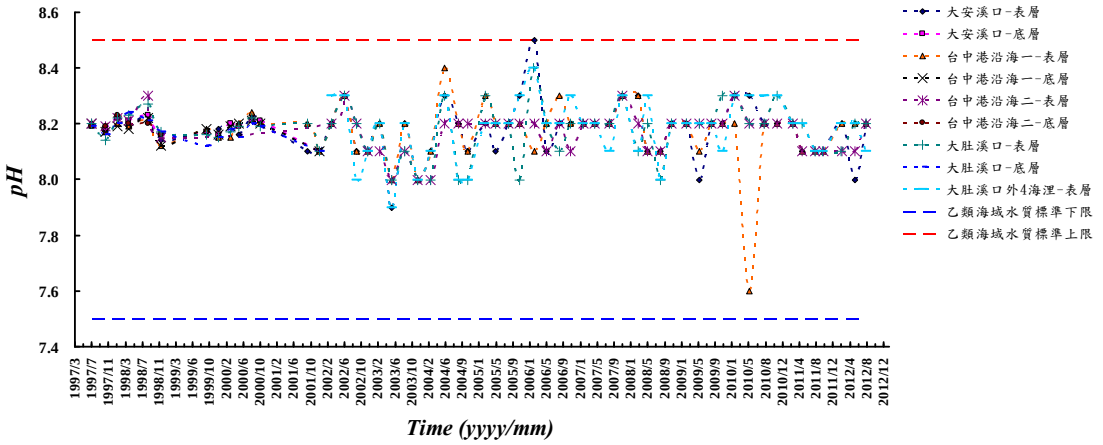


圖 4-22　臺中港鄰近沿海海域之歷年酸鹼度變化

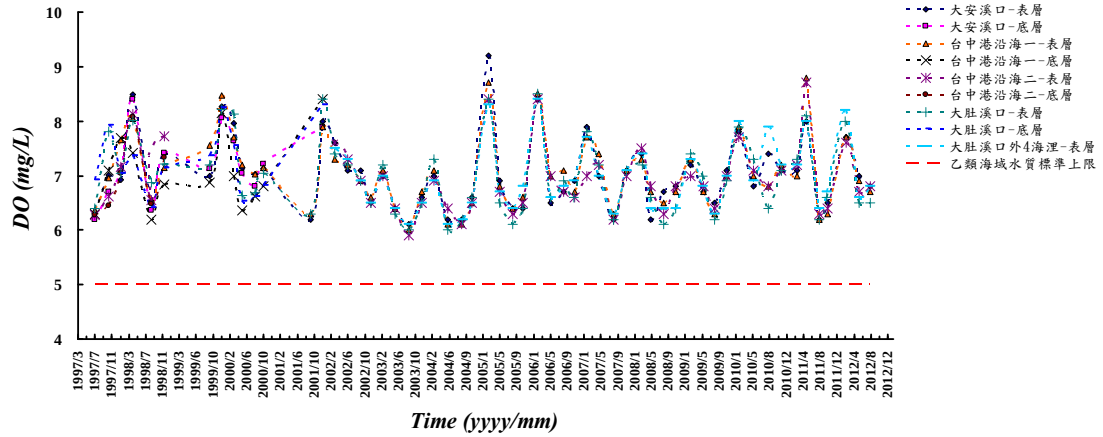


圖 4-23　臺中港鄰近沿海海域之歷年溶氧量變化

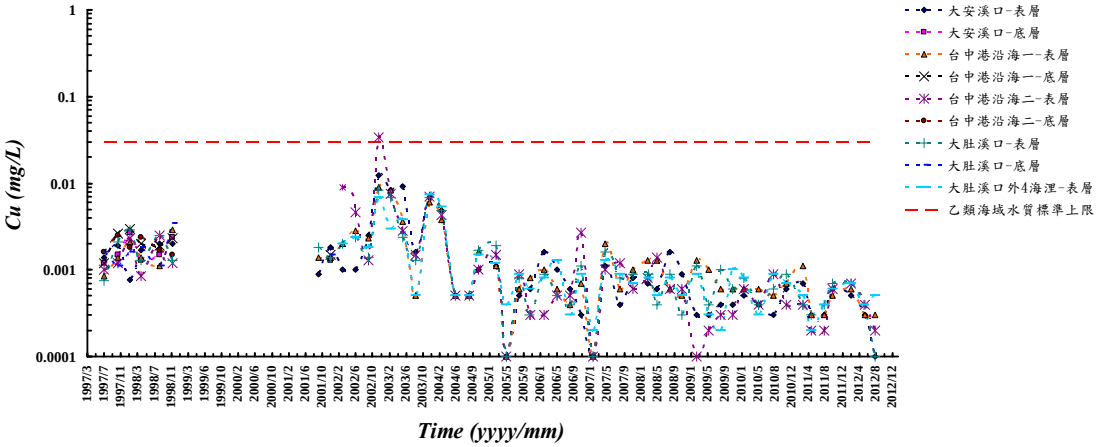


圖 4-24　臺中港鄰近沿海海域之歷年重金屬銅變化

4.4 海域底質調查方法

4.4.1 採樣方法

參照環保署環檢所之底泥採樣方法 (NIEA S104.30C)使用底質採樣器採集表層沉積物(底泥)。採集人員搭乘船筏至規劃測站以 GPS 定位後，以底質採樣器採取各測站之表層沉積物(底泥)樣品，以夾鏈袋裝樣後並於冰桶內加冰塊冷藏後運回實驗室進行分析。

4.4.2 採樣頻率

本年度於 4 月 10 日枯水期間已進行 1 次海域底質監測。

4.4.3 分析項目與檢測方法

1. 海域底質監測項目

包含沉積物(底泥)粒徑、總有機物以及重金屬銅、鉛、鋅、鉻、砷、汞與鋁，以及有機錫(2012 年新增項目)。

2. 海域底質檢測方法

除沉積物(底泥)粒徑分析採 American Society for Testing and Materials (ASTM) D422 - 63(2007) Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils 外，其餘主要依環保署公告之 NIEA 檢驗方法辦理。

4.5 海域底質調查結果

本年度 4 月枯水期間採樣監測結果詳如表 4-5，以下將針對各檢驗項目之分析結果作說明。

表 4-5 臺中港鄰港海域底質 2012 年4月枯水期採樣調查結果

調查日期：2012年4月10日

項目	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷	有機質	鋁	有機錫	粒徑(mm)		sand	silt	clay
單位	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	μg/kg	D50	Dm	(%)	(%)	(%)
方法	NIEA R355.00C	NIEA R355.00C	NIEA R355.00C	NIEA R355.00C	NIEA M317.02C	NIEA S310.63C	NIEA R205.01C	NIEA S321.63B/ M104.01C	氣相層析質譜儀法	ASTM D422 - 63		LISST		
測站														
N5	35.7	47.7	121	43.0	<0.050(0.044)	7.69	4.0	19500	0.523	0.011	0.032	9.13	81.8	9.10
N6	49.2	50.6	122	39.2	0.075	8.52	9.2	21700	ND	0.007	0.025	4.88	81.6	13.5
N7	55.2	46.5	128	44.7	0.065	7.45	3.1	21700	7.02	0.185	0.210	61.4	36.1	2.46
N10	27.8	45.8	109	41.1	0.056	9.62	4.1	19000	ND	0.006	0.019	3.35	79.1	17.6
N11	<10.0(7.55)	35.5	40.2	21.4	<0.050(0.034)	9.85	2.1	13300	ND	0.396	0.452	99.1	0.85	0.02
N1	<10.0(6.55)	<30.0(19.5)	56.2	19.7	<0.050(0.034)	5.38	1.9	6650	ND	0.180	0.212	93.6	6.35	0.02
MDL	1.93	11.3	3.01	4.85	0.018	0.161	-	8.3	0.33					
底泥下限值	50.0	48.0	140	76.0	0.23	11.0	無	無	無	中值粒徑(d_{50})介於 0.006 mm ~ 0.396 mm 之間，粒徑大小分屬於粉砂(silt: 0.0039 ~0.0625 mm)、極細砂(very fine sand: 0.0625 ~ 0.125 mm)、細砂(fine sand: 0.125 ~ 0.25 mm)至中砂(medium sand: 0.25 ~ 0.50 mm)等級。其中仍以大肚溪外海測站 N11 之中值粒徑最高，港域內之測站 N6 則較低。				
底泥上限值	175	161	384	233	0.87	33.0	無	無	無					
土壤監測標準	220	1000	1000	175	10	30	無	無	無					
土壤管制標準	400	2000	2000	250	20	60	無	無	無					
TEL	18.7	30.24	124	52.3	0.13	7.24	無	無	無					
PEL	108	112	271	160	0.70	41.6	無	無	無					
ERL	34.0	46.7	150	81.0	0.15	8.2	無	無	無					
ERM	270	218	410	370	0.71	70.0	無	無	無					

備註：1.本報告書依據環保署「檢測報告位數表示規定」出具檢測數據。檢測數據低於方法偵測極限(MDL)時，以“ND”表示。

2.報告值標示為<10.0( )(銅)或<30.0( )(鉛)，前方數字分別為該檢項的定量極限，括號內數據表實際測值。

3.海域底質檢測結果參考底泥品質指標之分類管理及用途限制辦法、國內土壤污染之監測與管制標準；以及國外NOAA之相關海洋沉積物底質規範快速篩選參考表。

TEL: Threshold Effects Level(影響門檻值-小於此值應不會對生物造成危害)　　ERL: Effect Range-Low(低影響範圍)

PEL: Probable Effect Level(可能影響範圍-超過此值會經常地對生物造成危害)　　ERM: Effect Range-Medium(中影響範圍)

資料來源：The SQuiRT cards should cited as: “Buchman, M. F.., 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoriation Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pages.”

1. 粒徑分析(Grain size distribution)

臺中海域底床質粒徑調查，係以海底底床表層拖曳採得之沉積物(底泥)樣品進行粒徑分析，表 4-6 為粒徑分析結果，圖 4-25 為本年度採樣粒徑分析後之粒徑累積曲線分布圖，其中 X 軸坐標是粒徑(mm)，Y 軸坐標係指累積重量的百分比(%)。

表 4-6　臺中港鄰港海域底質 2011 與 2012 年 4 月枯水期粒徑分析結果

Station	data	D10 (mm)	D16 (mm)	D25 (mm)	D30 (mm)	D50 (mm)	D60 (mm)	D75 (mm)	D84 (mm)	D90 (mm)	Dm (mm)	Cu	gravel (%)	sand (%)	silt (%)
N5	2011 4 月 4 日	0.005	0.013	0.036	0.044	0.066	0.080	0.105	0.130	0.156	0.081	15.7	0	43.8	56.2
N6		0.001	0.001	0.001	0.002	0.004	0.006	0.01	0.017	0.035	0.018	6.86	0	6.25	93.8
N7		0.001	0.002	0.003	0.003	0.006	0.008	0.015	0.025	0.049	0.022	6.38	0	7.47	92.5
N10		0.002	0.003	0.007	0.012	0.045	0.052	0.065	0.081	0.109	0.052	33.9	0	18.9	81.1
N11		0.249	0.278	0.327	0.349	0.409	0.44	0.513	0.585	0.727	0.467	1.765	0	99.7	0.334
N5	2012 4 月 10 日	0.002	0.003	0.004	0.005	0.011	0.015	0.027	0.044	0.069	0.032	7.00	9.13	81.8	9.10
N6		0.002	0.002	0.003	0.004	0.007	0.011	0.017	0.026	0.038	0.025	6.49	4.88	81.6	13.5
N7		0.006	0.010	0.017	0.025	0.185	0.225	0.294	0.364	0.447	0.210	39.4	61.4	36.1	2.46
N10		0.001	0.002	0.003	0.003	0.006	0.009	0.014	0.021	0.030	0.019	6.36	3.35	79.1	17.6
N11		0.238	0.270	0.315	0.338	0.396	0.423	0.489	0.555	0.614	0.452	1.78	99.1	0.85	0.02
N1		0.090	0.109	0.128	0.138	0.180	0.197	0.234	0.272	0.308	0.212	2.19	93.6	6.35	0.02

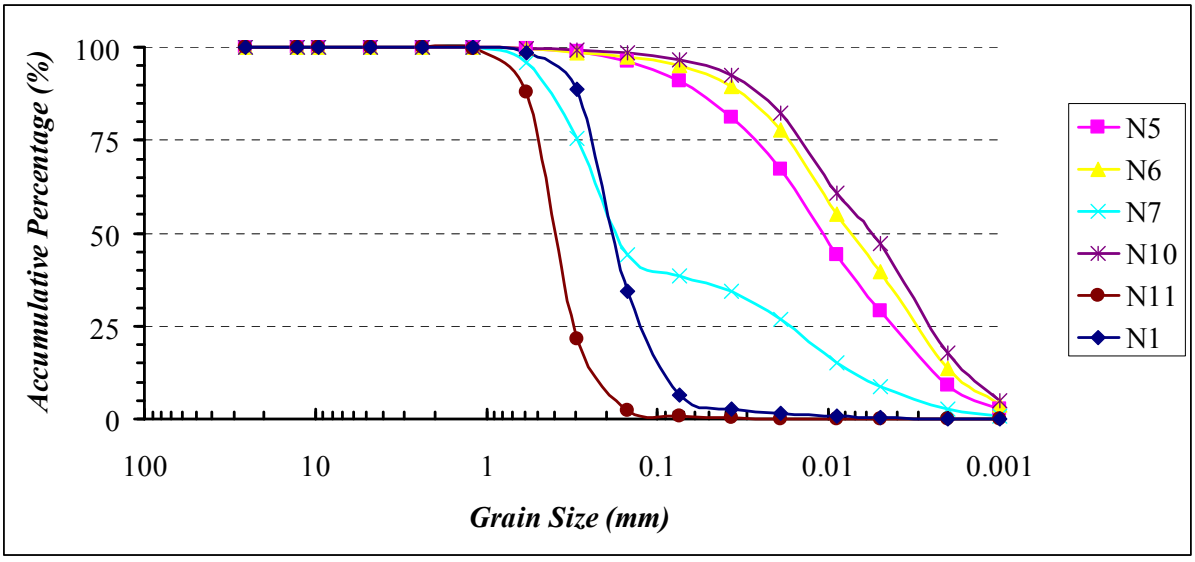


圖 4-25　臺中港鄰港海域底質 2012 年 4 月枯水期粒徑累積曲線分布圖

底質沉積物(底泥)採樣經烘乾後，採用美國統一土壤分類法(ASTM)進行粒徑分析，採取的砂樣進行粒徑分析後，分別求出有效粒徑(d_{10}、d_{25}、d_{60}、d_{75})、中值粒徑d_{50}、平均粒徑d_m及均勻係數C_u，並依粒徑分布將砂樣顆粒予以分類，其分類標準參考如表 4-7 所示。

表 4-7　底質粒徑大小等級分類 Udden-Wentworth 分類

Size grade	Udden-Wentworth	Diameter in millimeters
Cobbles	Cobbles	> 64
Pebbles	Pebbles	4 ~ 64
Granules	Granules	2 ~ 4
Sand	Very coarse sand	1 ~ 2
	Coarse sand	0.5 ~ 1
	Medium sand	0.25 ~ 0.5
	Fine sand	0.0125 ~ 0.25
	Very fine sand	0.0625 ~ 0.125
Silt	Silt	0.0039 ~ 0.0625
Clay	Clay	< 0.0039

資料來源：Tanner (1969)

由表 4-6 中對照沉積物(底泥)粒徑分類(Udden-Wentworth 分類法，Tanner, 1969)可知，本年度 4 月枯水期間中值粒徑(d_{50})介於 0.006 mm ~ 0.396 mm 之間，粒徑大小分屬於粉砂(silt: 0.0039 ~0.0625 mm)、極細砂(very fine sand: 0.0625 ~ 0.125 mm)、細砂(fine sand: 0.125 ~ 0.25 mm)至中砂(medium sand: 0.25 ~ 0.50 mm)等級。其中仍以大肚溪外海測站 N11 之中值粒徑最高，港域內之測站 N6 則較低，此分佈趨勢與 2011 年 4 月結果相同，同樣以大肚溪外海測站 N11 之中值粒徑最高，臺中港域內之測站 N6 則較低。

2. 總有機物(Total organic matter)

臺中海域底床質總有機物調查結果，2012 年 4 月枯水期，有機質介於 1.9～9.2%，平均 4.1%。整體以大肚溪口測站 N1 與大肚溪口外海測站 N11 相對較低，而港域內 N6 則最高。

與上一年度相比總有機物平均濃度有增高之趨勢，2011 年 4 月枯水期，有機質介於 1.62～2.64%，平均 2.25%。整體同樣以大肚溪外海測站 N11 相對較低，而港域內 N6 則最高(圖 4-26)。

3. 重金屬(銅、鉛、鋅、鉻)與砷、汞及鋁

2012 年 4 月枯水期調查結果，底質重金屬銅含量介於<10.0(6.55)～55.2 mg/kg，平均 30.3 mg/kg；鉛含量介於<30.0(19.5)～50.6 mg/kg，平均 40.9 mg/kg；鋅含量介於 40.2～128 mg/kg，平均 96.1 mg/kg；鉻含量介於 19.7～44.7 mg/kg，平均 34.8 mg/kg；砷含量介於 5.38～9.85 mg/kg，平均 8.08 mg/kg；汞含量介於<0.050(0.034)～0.075 mg/kg，平均 0.051 mg/kg。鋁含量則介於 6,650～21,700 mg/kg，平均 16,975 mg/kg。除砷含量於大甲溪外海(N10)與大肚溪外海(N11)相對最高外，其餘項目多以港內為較高。

與 2011 年相比(N1 於 2011 年未調查)總有機物平均濃度有增高之趨勢，2011 年 4 月枯水期調查結果，底質重金屬銅含量介於<10.0(6.58)～73.1 mg/kg，平均 30.4 mg/kg(圖 4-27)；鉛含量介於<30.0(17.6)～37.0 mg/kg，平均 27.7 mg/kg(圖 4-28)；鋅含量介於 36.9～127 mg/kg，平均 88.4 mg/kg(圖 4-29)；鉻含量介於 10.7～33.6 mg/kg，平均 22.6 mg/kg(圖 4-30)；砷含量介於 8.59～15.4 mg/kg，平均 11.8 mg/kg(圖 4-31)；汞含量介於 ND(<0.020)～0.129 mg/kg，平均 0.076 mg/kg(圖 4-32)。鋁含量則介於 9,610～13,500 mg/kg，平均 11,902 mg/kg(圖 4-33)。除砷含量於大肚溪外海(N11)相對最高外，其餘項目多以港內為較高。

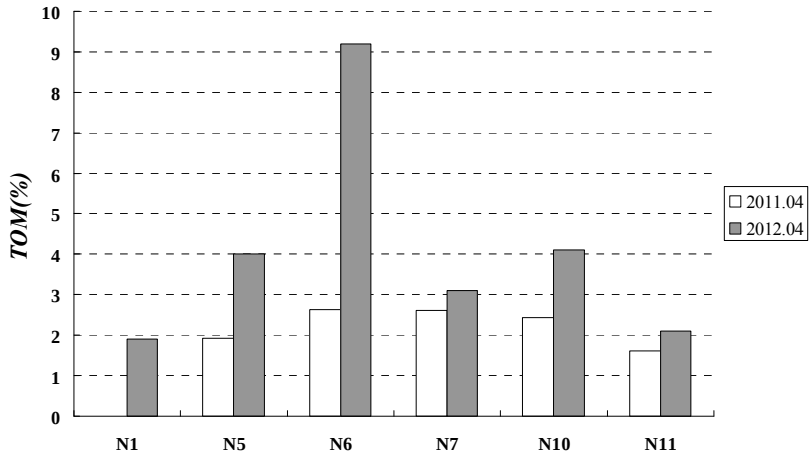


圖 4-26　2011 年與 2012 年海域底質調查總有機物變化比較圖

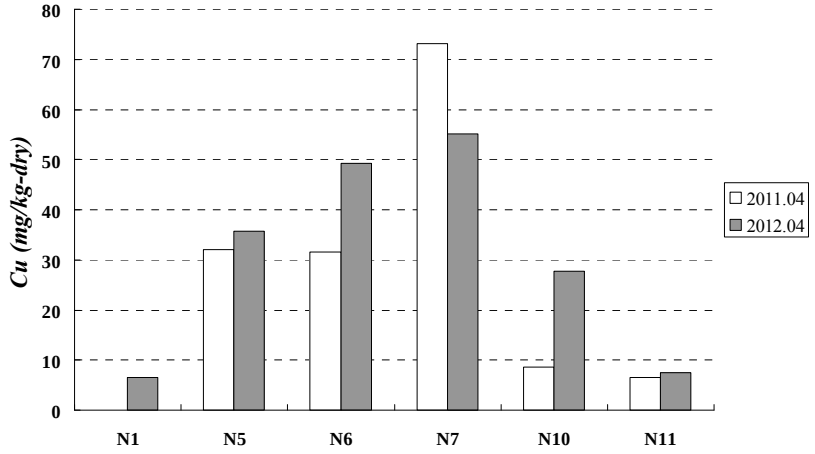


圖 4-27　2011 年與 2012 年海域底質調查銅變化比較圖

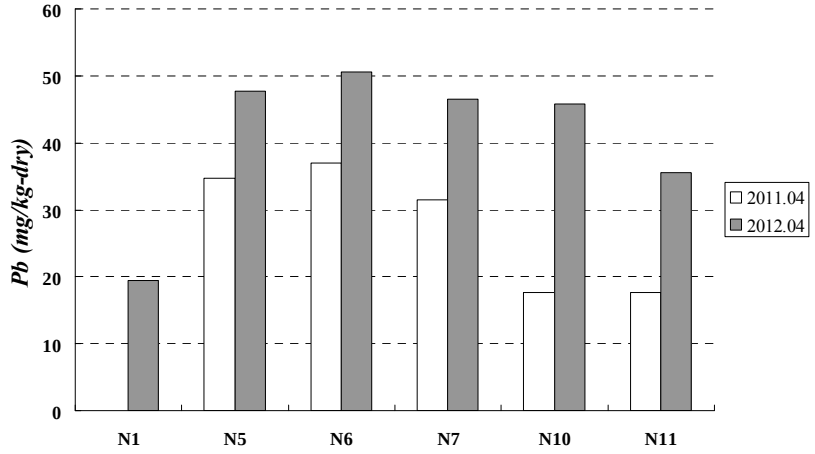


圖 4-28　2011 年與 2012 年海域底質調查鉛變化比較圖

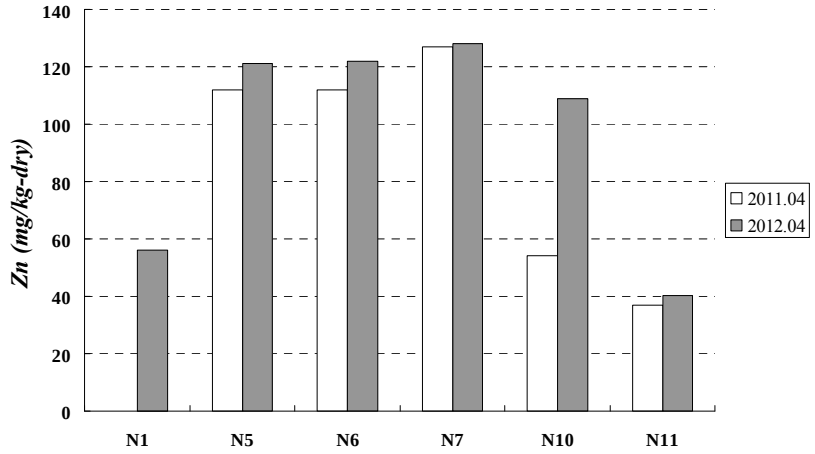


圖 4-29　2011 年與 2012 年海域底質調查鋅變化比較圖

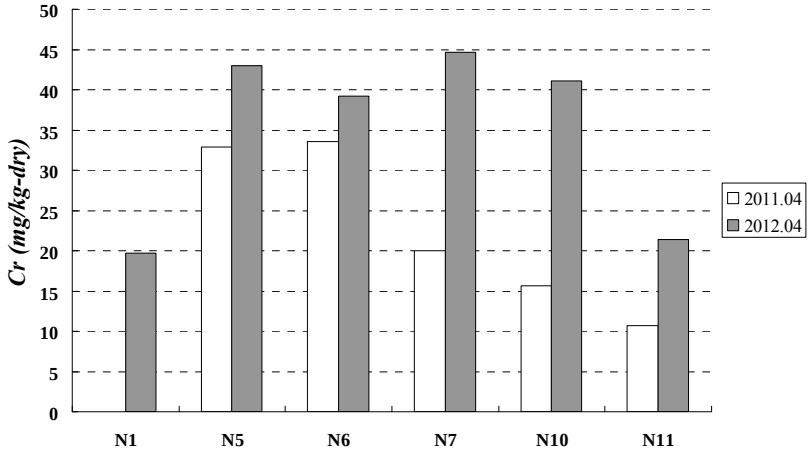


圖 4-30　2011 年與 2012 年海域底質調查鉻變化比較圖

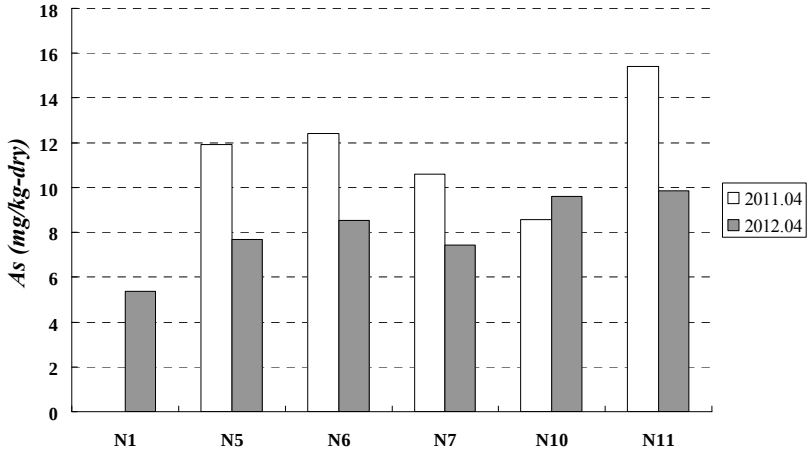


圖 4-31　2011 年與 2012 年海域底質調查砷變化比較圖

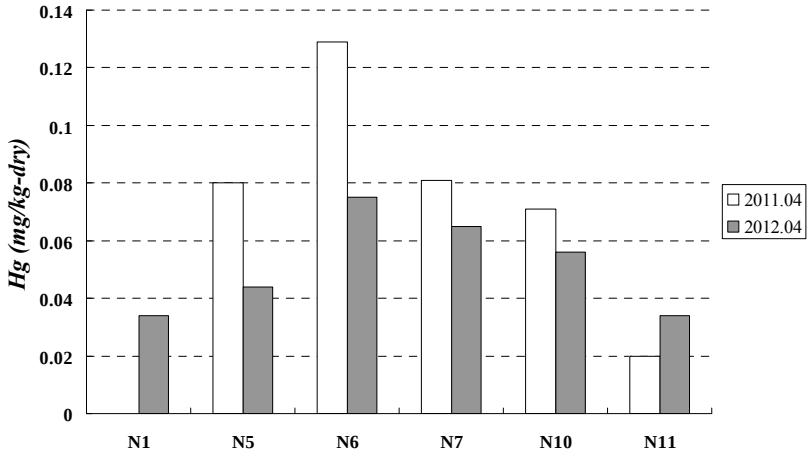


圖 4-32　2011 年與 2012 年海域底質調查汞變化比較圖

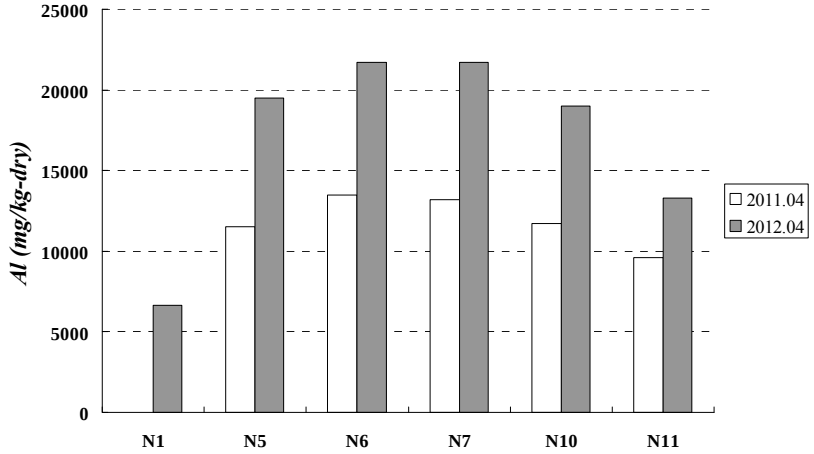


圖 4-33　2011 年與 2012 年海域底質調查鋁變化比較圖

重金屬檢測結果與臺灣主要河口、港灣及沿海沉積物(底泥)中重金屬平均含量(表 4-8)相比，銅、鉛、鋅與鉻方面，本調查與臺灣海峽(背景)與臺灣主要河口，以及沿海沉積物(底泥)中重金屬平均含量差異不大，均在同一變動範圍內，並無特別異常之處。此外，另與基隆港及高雄港底質重金屬相比，臺中海域底質重金屬銅、鉛、鋅與鉻含量，於 2011 年與 2012 年 4 月枯水期間測值多低於基隆港及高雄港。

國內目前對於海域底質並未訂定相關環境標準，若以國內現有之土壤相關重金屬標準為比較參考，本次調查結果均低於土壤污染之監測標準與管制標準；此外，若與「底泥品質指標之分類管理及用途限制辦法」中之底泥品質指標上限值(底泥品質指標項目濃度高於上限值者，目的事業主管機關應針對該項目增加檢測頻率，並通知農業、衛生主管機關檢測生物體內污染物質)與下限值(底泥品質指標項目濃度高於下限值但低於上限值者，目的事業主管機關應針對該項目增加檢測頻率)相比，2011 年與 2012 年 4 月枯水期間調查結果，均低於其上限值。而在國外方面，加拿大安大略省曾訂定底泥品質標準值(sediment quality guidelines)，係基於一系列當地底泥及底棲生物的篩選濃度(screening level concentration)所建立出來，所謂篩選濃度係指特定污染物在底泥中，所推估出來能維持 95%底棲生物存活之最高濃度，加拿大安大略省之底泥品質標準值主要有兩個影響濃度水準：

(1) 最低影響濃度水準：係指污染物對底棲生物開始有明顯毒性效應時之最低濃度。

(2) 嚴重影響濃度水準：係指污染物在該濃度會明顯造成大部分底棲生物之死亡。

各底質重金屬之最低與嚴重影響濃度分別為：

單位：mg/kg	Zn	Cd	Pb	Cu	Ni	Cr	Hg	As
最低影響濃度	120	0.6	31	16	16	26	—	6
嚴重影響濃度	820	10	250	110	75	110	—	33

註：—表無標準。

表 4-8　臺灣主要河口、港灣及沿海沉積物(底泥)中重金屬平均含量

地區	重金屬含量(ppm)						採樣時間	資料來源
	鋅	鎘	鉛	銅	鎳	鉻		
臺灣海峽(背景)	61	N.D.	N.D.	12	28	40	--	陳汝勤(1984)
花蓮沿海	61	0.059	16	29	32	88	1983	陳汝勤(1984)
淡水河口及沿海	173	0.042	41	69	55	81	1985	Su et al(1985)
	84	0.040	14	16	31	31	1989	2-10 TSR(1989)
中港溪沿海	56	0.033	13	12	24	44	1987	2-12 CKC(1987)
臺中港沿海	44	0.035	18	9	15	24	1989	1-15 TPC(1989)
大肚溪河口	42	0.067	17	21	11	29	1978	1-15 TTC(1978)
彰化沿海	62	0.051	19	9	13	32	1980	1-19 CHI(1980)
急水溪河口	48	0.020	3	10	33	44	1984	2-13 CSC(1984)
嘉義沿海	85.4	0.063	18.1	20.6	32.1	46.5	1975	陳汝勤(1984)
二仁溪河口及沿海	69	0.043	14	18	32	52	1986	2-11 EJC(1986)
	148	0.058	25	81	--	48	1988	Tsai et al(1988)
高雄林園沿海	79	0.078	21	37	45	67	1976	2-06 LYI(1976)
	90	0.094	21	16	12	46	1977	2-04 TLQ(1979)
	<0.07	0.13	11	9	--	--	1985	2-07 LYI(1985)
屏南沿海	107	0.052	21	21	26	61	1982	陳汝勤(1984)
左營放流管海域	71	1.18	29	4.7	43	21	1988	2-01 TYQ(1988)
	96	1.62	14	12	17	25	1989	2-02 KHQ(1989)
中洲放流管海域	124	1.710	16	14	18	31	1989	2-02 KHQ(1989)
大林蒲放流管海域	74	1.42	13	8	17	23	1989	2-02 TLQ(1989)
基隆港	152	N.D.	N.D.	90	24	47	1980	陳汝勤(1984)
	340	0.060	73	285	22	42	1989	2-19 KLH(1989)
高雄港	511	0.082	68	74	59	98	1977	陳汝勤(1984)
	477	3.0	53	160	83	87	1987	2-23 KHH(1988)

資料來源：環保署「臺灣地區海域環境品質監測站網設置規劃」報告，民國 80 年 6 月。

由 2012 年與 2011 年 4 月調查結果顯示，臺中海域表層沉積物(底泥)重金屬含量，與加拿大安大略省之底泥品質標準相比，重金屬銅、鉛、鋅、鉻與砷之所有測值未超出嚴重影響濃度，大部分介於最低影響濃度與嚴重影響濃度之間。

此外美國國家海洋大氣管理局(National Ocean and Atmosphere Administration, NOAA)曾對底質訂定標準。NOAA 匯集各種調查結果組成一資料庫，將各化學物質對生物造成影響事件中，底質濃度的第 10 百分位數定為低影響範圍(Effect Range Low, ERL)，第 50 百分位數定為中影響範圍(Effect Range Medium, ERM)。此外 NOAA 有快速篩選參考表(Screening Quick Reference Table, SQuiRTs)，其中訂有影響門檻值(Threshold Effect Level, TEL)及可能影響值(Probable Effect Level, PEL)。TEL 為資料庫內各化學物質對生物造成影響事件中，底質濃度的第 15 百分位數與未造成影響事件中位數之幾何平均值。

TEL 乃一下限門檻值，化學物質小於此值則應該不會對生物造成危害。PEL 為資料庫內各化學物質對生物造成影響事件中，底質濃度的第 50 百分位數與未造成影響事件中第 85 百分位數之幾何平均值。可能影響值(Probable Effect Level, PEL)則為上限門檻值，超過此值則會經常地對生物造成危害。介於 TEL 與 PEL 則偶有危害生物的情形發生。

加拿大環境部在環境品質指導方針(Canadian Environmental Quality Guidelines)也對海域底質制定標準，加拿大引用 NOAA 資料庫，設定過渡期底質標準(Intrim Sediment Quality Guideline, ISQG)與可能影響值(PEL)。其中 ISQG 與 NOAA 的 TEL 相似。利用此二值可將污染程度分類為極微(Minimal)、潛在(Potential)及顯著(Significant)。然而地域環境的變異將會影響到底質的特性，國外的底質標準乃依據該國的地理特性及生態環境所制定，在此僅可供參考。當在環境監測時，此類標準值需依當地水體的涵容能力(Assimilative capacity)及特有生物對該化學物質的敏感度等特性而作修正。上述相關底質標準制定門檻整理如表 4-9。

表 4-9　國外底質規範快速篩選參考表

(SQuiRT: Screening Quick Reference Tables)

國家 / 單位	美國國家海洋大氣管理局 (National Ocean and Atmosphere Administration, NOAA)				加拿大環境部 (Department of Environment Canada)	
參數	海洋沉積物 (Marine Sediment)					
底質 / 重金屬	TEL	ERL	PEL	ERM	ISQG	PEL
砷	7.24	8.2	41.6	70.0	7.24	41.6
鎘	0.68	1.20	4.21	9.60	0.7	4.2
鉻	52.3	81.0	160	370	52.3	160
銅	18.7	34.0	108	270	18.7	108
鉛	30.24	46.7	112	218	30.2	112
錳	—	—	—	—	—	—
汞	0.13	0.15	0.70	0.71	0.13	0.7
銀	0.73	1.00	1.77	3.70	—	—
鎳	15.9	20.9	42.8	51.6	—	—
硒	—	—	—	—	—	—
鋅	124	150	271	410	124	271

單位: mg/kg 乾重

TEL: Threshold Effects Level(影響門檻值-小於此值應不會對生物造成危害)

ERL: Effect Range-Low(低影響範圍)

PEL: Probable Effect Level(可能影響範圍-超過此值會經常地對生物造成危害)

ERM: Effect Range-Medium(中影響範圍)

ISQG: Interim Sediment Quality Guideline(過渡期底質標準)

資料來源：The SQuiRT cards should cited as: "Buchman, M. F.., 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoriation Division, National Oceanic and Atmospheric Administration, 34 pages."

2012 年與 2011 年 4 月調查結果，臺中港海域底質重金屬均遠低於可能影響值(PEL)，超過此值(PEL)會經常地對生物造成危害，顯示目前臺中港海域之底質重金屬含量，未達會造成經常性對生物有危害之程度。

此外美國華盛頓州對於底質調查結果亦有制定一套相關標準，供其後續評估與是否應清除的準則，如表 4-10 所示。本年度與 2011 年 4

月臺中港海域重金屬調查結果與其相比，臺中港內外各測站之銅、鉛、鋅、鉻與砷及汞，均符合美國華盛頓州之底質品質標準，皆未達到需要清除底質的程度。

表 4-10　美國華盛頓州底質標準與清除標準

項目	底質品質標準(mg/kg)	底質清除標準(mg/kg)
銅	390	390
鎘	5.1	6.7
鉛	450	530
鋅	410	960
鉻	260	270
汞	0.41	0.59
砷	57	93
銀	6.1	6.1
多氯聯苯	12	65

整體而言，4 月臺中港海域表層沉積物(底泥)重金屬調查結果，無論與國內或國外相關沉積物(底泥)重金屬參考資料相比，其表層沉積物(底泥)重金屬濃度未達嚴重危害之程度。

4. 有機錫(氯化二丁基錫、氯化三丁基錫、氯化二苯基錫、氯化三苯基錫)

船舶防污漆以三丁基錫(TBT)為主，早期之有機錫化合物，採直接添加的方式添加到至防污漆中，當表層有機錫化合物逐漸溶出後，下層之有機錫化合物被表層油漆所阻塞，使其無法溶出以達抗藻類附著之效果，此添加方式之有效時間約為 2 年；1974 年開發出不同型式之防污漆，此種有機錫化合物乃以化學鍵結的方式結合於聚合物上，故當防污漆表面與海水接觸時，部分有機錫便起水解作用而溶於海水中，並使得表層漆面親水性變高，如此舊漆面可均勻脫落而露出新的一層漆面，故能一直保持船體表面的光滑，此添加方式之有效時間約為 5 至 7 年(張貴能，2004)。也因為應用有機錫來防治船舶的生物附著，

卻也造成國內商漁港環境，出現有機錫對生物的危害問題。

於有機錫檢測結果顯示，臺中港區外之大甲溪外海(N10)、大肚溪外海(N11)與大肚溪河口(N1)測值低於偵測極限，均無異常。而臺中港區內於梧棲大排與安良港大排處(N5)，以及梧棲漁港港區(N7)底泥均測得有機錫之存在，尤其是梧棲漁港港區(N7)底泥中有機錫含量，被檢出為 7.02 μg/kg，其中所含之氯化三丁基錫，其三丁基錫(TBT：tributyltin)平均含量均未超過對二枚貝及端腳類之 10-d LC50(分別為 2.6 mg/kg=2,600 μg/kg 及 2.1 mg/kg=2,100 μg/kg)。

2012 年 4 月 10 日	氯化二丁基錫 μg/kg	氯化三丁基錫 μg/kg	氯化二苯基錫 μg/kg	氯化三苯基錫 μg/kg	有機錫 μg/kg
N5	ND	0.523	ND	ND	0.523
N6	ND	ND	ND	ND	ND
N7	**0.378**	**6.64**	**ND**	**ND**	**7.02**
N10	ND	ND	ND	ND	ND
N11	ND	ND	ND	ND	ND
N1	ND	ND	ND	ND	ND
MDL	0.33	0.11	0.12	0.20	-

與 2004 年澎湖縣、金門縣及馬祖海域環境品質調查監測計畫中，台灣外島海域沉積物(底泥)有機錫分析結果相比可知，澎湖海域沉積物(底泥)有機錫分佈介於 ND~5.5 μg/kg；金門海域沉積物(底泥)有機錫介於 9.6~13.4 μg/kg 海域馬祖海域沉積物(底泥)有機錫介於 ND~7.4 μg/kg。前述三海域之沉積物(底泥)有機錫，皆以三丁基錫為主，另澎湖海域亦測得二丁基錫。而本調查同樣發現，臺中港海域於梧棲漁港港區(N7)底泥中，亦發現有機錫蹤跡，且同樣以三丁基錫為主。

由張貴能於 2004 年「高雄港區有機錫分佈及其污染史」碩士論文之研究顯示，高雄港沉積物(底泥)中有機錫之含量確實比其他大型港口(如巴塞隆納和大阪港)高出許多；而前鎮漁港有機錫之含量亦高於香港及德國之遊艇港，由當時採樣檢測分析可知，高雄港區沉積物(底泥)

中有機錫之污染算已相當嚴重，其工作船渠之 TBT 含量最高，平均含量達 25.3 mg/kg，此數據乃前鎮漁港的 4.5 倍及駁二碼頭的 5.3 倍。此外，在愛河河口與前鎮河口地區沉積物(底泥)中，三種丁基錫含量均不超過 1.2 mg/kg，因此在高雄港附近河口地區有機錫之污染並不嚴重。此與本調查結果相比，梧棲漁港區(N7)底泥中有機錫雖被檢出微量濃度，而港區外之大甲溪與大肚溪河口，則未發現有機錫之有嚴重污染之情形。梧棲漁港區底泥出現微量之有機錫，應與過去船舶防污漆之溶出有關。但目前已國際間與國內均宣導禁用，因此臺中港與梧棲漁港內底泥之有機錫含量，由本年度初步第一次調查結果研判，經有限之少量採樣結果，尚未發現有特別異常污染情勢，但後續仍可持續追蹤，針對港內如停泊整理修復之碼頭進行調查，以進一步確認其是否有受到有機錫污染或殘留之現象。

第五章　水質整體變化趨勢與底質重金屬間之相關性分析

由於來自工業廢水中的重金屬，因其具有毒性及累積性，且會透過生態食物鏈之生物濃縮作用，造成水體環境及水生態系統的破壞，甚至對於人類之健康亦具有威脅性。故於本年度開始加入底質重金屬調查研究分析。針對水質與底質重金屬相關調查結果，使用統計方法加以分析，以進一步瞭解其眾多水質檢項之間的主要變化情形，並嘗試找出具有代表性之水質參數來描述其水體品質變動。

鄰近臺中港環境水體調查，於歷年各項水質執行之監測項目最多可達15項以上，其中包含一般水文之水質，如溫度、鹽度、溶氧與酸鹼度，此外亦針對可反映出來自有機污染物或營養鹽物質如大腸桿菌群、生化需氧量及氮、磷類等進行調查，在毒性化學物上亦有重金屬方面之監測，此外亦針對船舶用油方面之油脂進行檢測。若由一項項水質單獨逐一討論，可能不易窺得水體品質之變化特性，因此在此使用主成分分析法，利用少數幾個主成分來代替多數解釋變數，即主要是希望用較少的變數去分析原來資料中之大部分變異，而這些主成分可用來作為資料解釋上之綜合性指標。同時可進一步由臺中港域之河川水質、海域水質、底質重金屬之監測資料，解析其環境水體與底質整體變化特性。

在2011年4月枯水期間，已完成1次海域水質與底質重金屬調查，採樣時間為2011年4月7日，本年度亦於4月10日進行1次水質與底質重金屬調查，以進一步瞭解臺中港環境底質之重金屬變化與分析其污染程度。

5.1 重金屬污染程度評估指標

欲瞭解臺中港及其鄰近海域環境水體是否有遭受來自人為之重金

屬污染？其環境水體與沉積物(底泥)重金屬污染程度如何？除可參考國外相關評估之門檻值進行比較分析外，其污染與否?若僅單獨以濃度高低來判斷，事實上仍不夠嚴謹且有待進一步探討。因為沉積物(底泥)中重金屬濃度高低除了取決於污染程度外，亦與其來源背景值、沉積物(底泥)的組成、有機質含量及顆粒大小有關。因此必須使用可評估之指標以作為研究之工具，來進一步瞭解是否有遭受重金屬污染。

5.1.1 富集因子(Enrichment Factor, EF)

評估沉積物(底泥)重金屬污染的方法很多，其中較常用者為利用富集因子來評論。富集因子是以指數的概念，來反應環境污染的狀況與程度(Feng et al, 2004)。其定義分為兩部份，將樣品欲評估之金屬濃度除以樣品鋁金屬濃度得到樣品數值，另為欲評估之金屬背景值除以鋁金屬之背景值得到背景數值，最後將上述之樣品數值再除以背景數值求得指數即為富集因子(Taylor, 1964)，而鋁為地殼主要元素之一，在沉積物(底泥)中濃度相當高，且不易受人為的因素影響，因此可作為沉積物(底泥)重金屬背景校正之依據(Kemp and Wan, 1976)。富集因子之計算公式，乃參考Taylor (1964)所發表的結果，全球地殼鋁平均值介於8.07～8.23%，而本報告計算係採用一般慣用之全球地殼鋁平均值8.20% (82,000 mg/kg)。

$$\text{富集因子 } EF = (M_i / Al_i) / (M_c / Al_c) \quad \text{.....(5-1)}$$

M_i 為樣品中某一金屬濃度值

Al_i 為樣品中鋁金屬濃度值

M_c 為地殼中某一金屬的平均濃度值

Alc 為地殼中鋁金屬的平均濃度值

其中Mc / Alc值是參考Taylor(1964)所發表的結果計算所得。因沉積物(底泥)中鋁的濃度極高，乃地殼主要元素之一，其含量較不會受人為因素影響(Kemp and Wan, 1976)，故可用來作為背景校正的依據。

使用富集因子概念時需要參考「背景值」，該背景值通常有兩種表

達方式，其中一種方式為選擇測站較古老的沉積層，具有與表層沉積物(底泥)相似的質地，但卻不含有因人為活動增加的金屬污染；另一種方式還可選擇附近區域或是地殼金屬含量的平均值(Cato, 1977)。根據發表的文獻中指出，若測站無法提供未受工業金屬污染數值的狀況下，還可選擇該區域資料庫內未受污染之金屬濃度值，來當作評估計算的背景值(Alexander *et al*., 1993)。故以富集因子作為評估工具事實上還可以根據不同的背景值，更進一步比較出地殼自然變化，例如利用頁岩內金屬的平均數值、地表岩石經風化作用所造成金屬濃度增高之平均值，或者是利用地殼金屬平均含量(Mil-Homens *et al*., 2006)。

當富集因子值等於1的情況下，表示樣品值與背景值相等，其代表該評估區域未受人為污染；若大於1表示樣品值大於背景值，其表示該評估區域受到人為污染，造成比值增大。利用富集因子來判斷人為污染可以更為明確，同時利用指數的特性可以對污染程度作分級。其重金屬富集程度等級高低如下：

EF	富集程度等級	
< 1	無富集	(no enrichment)
< 3	輕微富集	(minor enrichment)
3～5	中度富集	(moderate enrichment)
5～10	中度至嚴重富集	(moderately severe enrichment)
10～25	嚴重富集	(severe enrichment)
25～50	非常嚴重富集	(very severe enrichment)
> 50	極端嚴重富集	(extremely severe enrichment)

臺中港域(N5, N6, N7)與港外大甲溪外海(N10)、大肚溪外海(N11)，以及本年度增加之大肚溪河口(N1)於2011年與2012年4月底質重金屬檢測結果，與其重金屬富集程度分析如表5-1。

以相對於地殼鋁濃度平均值作為富集程度計算，其結果除砷以外，重金屬銅、鉛、鋅、鉻與汞濃度，整體多以港域內底質相對較港外為高，而2012年4月之鉛與鉻含量，則港內外差異不大。而各富集因子計算結果，其富集的程度(表5-2)以鉻之富集程度相對最低，介於無～輕微富集；而砷富集程度相對最高，介於嚴重～極端嚴重富集；其

餘如銅而言介於無～中度至嚴重富集；鉛為中度至嚴重～嚴重富集；鋅為中度～嚴重富集；汞為輕微～中度至嚴重富集。

經由2011年與2012年4月枯水期間底質重金屬調查顯示，其臺中港域3處(N5、N6、N7)與大甲溪外海(N10)與大肚溪外海(N11)計2處之砷富集程度相對偏高，介於嚴重～極端嚴重富集，可知臺中海域底質砷含量，相對於地殼平均含量而言有累積偏高之情形，且兩次調查以大肚溪外海(N11)最高，同時此處之有機質與鋁含量相對最低。此外，重金屬銅、鉛、鋅、鉻與汞亦相對最低；底質粒徑方面則以此處之平均粒徑(D_m)及中值粒徑(D_{50})為最高，砂(sand)含量亦最高，明顯有別於其他4處之表層沉積物(底泥)多以粉砂(silt)為主。此外2012年4月增加於大肚溪河口(N1)調查結果，底質粒徑同樣呈現砂(sand)含量高，且重金屬銅、鉛、鋅、鉻與汞亦相對偏低；有機質與鋁含量相對亦明顯最低之特性。顯示大肚溪口與外海底質沉積條件有利於粗顆粒之沉降，使得有機質含量較少，所能吸附之金屬能力亦相對較細顆粒沉積物為低。

表 5-1　2011 年 4 月臺中港底質重金屬富集程度(地殼鋁濃度平均值)

		銅 mg/kg	鉛 mg/kg	鋅 mg/kg	鉻 mg/kg	汞 mg/kg	砷 mg/kg	有機質 %	鋁 mg/kg
港內	N	3	3	3	3	3	3	3	3
	Max	73.1	37.0	127	33.6	0.129	12.4	2.64	13500
	min	31.6	31.5	112	20.0	0.080	10.6	1.93	11500
	avg	45.6	34.4	117	28.8	0.097	11.6	2.39	12733
	N5	32.1	34.7	112	32.9	0.080	11.9	1.93	11500
	N6	31.6	37.0	112	33.6	0.129	12.4	2.64	13500
	N7	73.1	31.5	127	20.0	0.081	10.6	2.61	13200
港外	N	2	2	2	2	2	2	2	2
	Max	8.56	17.7	54.2	15.6	0.071	15.4	2.43	11700
	min	6.58	17.6	36.9	10.7	0.020	8.59	1.62	9610
	avg	7.57	17.7	45.6	13.2	0.046	12.0	2.03	10655
	N10	8.56	17.7	54.2	15.6	0.071	8.59	2.43	11700
	N11	6.58	17.6	36.9	10.7	0.020	15.4	1.62	9610
	EF	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷		
港內	N5	4.2	19.8	11.4	2.3	7.1	47.1		
	N6	3.5	18.0	9.7	2.0	9.8	41.8		
	N7	8.3	15.7	11.3	1.2	6.3	36.6		
港外	N10	1.1	9.9	5.4	1.1	6.2	33.4		
	N11	1.0	12.0	4.5	0.9	2.1	73.0		

註：N 表數據樣品數量，Max 表最大值，min 表最小值，avg 表平均值。

表5-1(續)　2012年4月臺中港底質重金屬富集程度(地殼鋁濃度平均值)

		銅 mg/kg	鉛 mg/kg	鋅 mg/kg	鉻 mg/kg	汞 mg/kg	砷 mg/kg	有機質 %	鋁 mg/kg
港內	N	3	3	3	3	3	3	3	3
	Max	55.2	50.6	128	44.7	0.075	8.52	9.2	21,700
	min	35.7	46.5	121	39.2	0.044	7.45	3.1	19,500
	avg	46.7	48.3	124	42.3	0.061	7.9	5.4	20,967
	N5	35.7	47.7	121	43.0	0.044	7.69	4.0	19,500
	N6	49.2	50.6	122	39.2	0.075	8.52	9.2	21,700
	N7	55.2	46.5	128	44.7	0.065	7.45	3.1	21,700
港外	N	3	3	3	3	3	3	3	3
	Max	27.8	45.8	109	41.1	0.056	9.85	4.1	19,000
	min	6.55	19.5	40.2	19.7	0.034	5.38	1.9	6,650
	avg	14.0	33.6	68.5	27.4	0.041	8.3	2.7	12,983
	N10	27.8	45.8	109	41.1	0.056	9.62	4.1	19,000
	N11	7.55	35.5	40.2	21.4	0.034	9.85	2.1	13,300
	N1	6.55	19.5	56.2	19.7	0.034	5.38	1.9	6,650

	EF	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷
港內	N5	2.7	16.0	7.3	1.8	2.3	18.0
	N6	3.4	15.3	6.6	1.5	3.5	17.9
	N7	3.8	14.1	6.9	1.7	3.1	15.6
港外	N10	2.2	15.8	6.7	1.8	3.0	23.1
	N11	0.8	17.5	3.5	1.3	2.6	33.7
	N1	1.5	19.2	9.9	2.4	5.2	36.9

註：N 表數據樣品數量，Max 表最大值，min 表最小值，avg 表平均值。

表5-2　2011年4月臺中港底質重金屬富集程度(地殼鋁濃度平均值)

	富集程度	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷
港內	N5	中度	嚴重	嚴重	輕微	中度至嚴重	非常嚴重
	N6	中度	嚴重	中度至嚴重	輕微	中度至嚴重	非常嚴重
	N7	中度至嚴重	嚴重	嚴重	輕微	中度至嚴重	非常嚴重
港外	N10	輕微	中度至嚴重	中度至嚴重	輕微	中度至嚴重	非常嚴重
	N11	輕微	嚴重	中度	無	輕微	極端嚴重

表5-2(續)　2012年4月臺中港底質重金屬富集程度(地殼鋁濃度平均值)

	富集程度	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷
港內	N5	輕微	嚴重	中度至嚴重	輕微	輕微	嚴重
	N6	中度	嚴重	中度至嚴重	輕微	中度	嚴重
	N7	中度	嚴重	中度至嚴重	輕微	中度	嚴重
港外	N10	輕微	嚴重	中度至嚴重	輕微	中度	嚴重
	N11	無	嚴重	中度	輕微	輕微	非常嚴重
	N1	輕微	嚴重	中度至嚴重	輕微	中度至嚴重	非常嚴重

5.1.2 地質累積指數(Index of Geoaccumulation, I_{geo})

另一種評估沉積物(底泥)重金屬污染方法為地質累積指數，地質累積指數乃德國科學家Muller於1979年所提出之一種評價環境水體中重金屬污染的定量指標。其公式為：

$$I_{geo} = \log_2(C_n/1.5B_n) \quad \text{.....(5-2)}$$

其中C_n為元素n的濃度；B_n為所測元素的平均地球化學背景值，通常為全球頁岩元素之平均含量；1.5為修正係數，用來校正由風化等效應所引起的背景值差異。地質累積指數分為7個等級，0～6級表示污染程度由無污染到極嚴重污染。

表5-3　地質累積指數與污染程度分級

I_{geo} 等級		污染程度	
<0	0	無	None
0~1,	1	無至中度	None to medium
1~2	2	中度	Moderate
2~3	3	中度至嚴重	Moderately to strong
3~4	4	嚴重	Strongly polluted
4~5	5	嚴重至極嚴重	Strong to very strong
>5.	6	極嚴重	Very strong

表5-4　2011年4月臺中港底質重金屬地質累積指數與污染程度

I_{geo}	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷
N5	-1.22	0.21	-0.27	-2.19	-2.91	-0.33
N6	-1.25	0.30	-0.27	-2.16	-2.22	-0.27
N7	-0.04	0.07	-0.09	-2.91	-2.89	-0.50
N10	-3.13	-0.76	-1.32	-3.27	-3.08	-0.80
N11	-3.51	-0.77	-1.87	-3.81	-4.91	0.04
等級	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷
N5	無(0)	無至中度(1)	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)
N6	無(0)	無至中度(1)	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)
N7	無(0)	無至中度(1)	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)
N10	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)
N11	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)	無至中度(1)

表5-4(續)　2012年4月臺中港底質重金屬地質累積指數與污染程度

I_{geo}	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷
N5	-1.07	0.67	-0.16	-1.80	-3.77	-0.96
N6	-0.61	0.75	-0.15	-1.94	-3.00	-0.82
N7	-0.44	0.63	-0.08	-1.75	-3.21	-1.01
N10	-1.43	0.61	-0.31	-1.87	-3.42	-0.64
N11	-3.31	0.24	-1.75	-2.81	-4.14	-0.61
N1	-3.52	-0.62	-1.26	-2.93	-4.14	-1.48
等級	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷
N5	無(0)	無至中度(1)	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)
N6	無(0)	無至中度(1)	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)
N7	無(0)	無至中度(1)	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)
N10	無(0)	無至中度(1)	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)
N11	無(0)	無至中度(1)	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)
N1	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)	無(0)

若由地質累積指數作為臺中港底質重金屬污染程度評估指標，則2011年與2012年4月枯水期海域底質調查結果多呈現無污染至中度污染，其中重金屬銅、鋅、鉻與汞與全球頁岩之平均含量相比，均為接近背景之無污染等級，此結果與前述指標富集因子相比，兩者存在差異性，且以富集因子分析所得到的分析所得到的重金屬污染程度等級，相對較地質累積指數來得高。

由國內學者(Fang *et al.*, 2009)所做的東海(East China Sea)表層沉積物(底泥)重金屬累積與污染程度研究指出，選用其富集因子作為污染程度指標時，建議應以調查研究區域之背景底質鋁濃度來作為地球化學校正參考濃度，而不用全球地殼鋁平均值，如此較能反映出當地之重金屬污染情況。因此本研究海域若以大甲溪外海(N10)之底質鋁濃度(11,700 mg/L)作為背景校正參考值，而非以一般常用之全球地殼鋁平均值8.20%(82,000 mg/kg)作為計算之參考背景值，則其富集程度如下：

表5-5　臺中港底質重金屬富集程度(大甲溪外海鋁濃度)

	EF	4月	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷
港內	N5	2011	0.6	2.8	1.6	0.3	1.0	6.7
		2012	**0.4**	**2.3**	**1.0**	**0.3**	**0.3**	**2.6**
	N6	2011	0.5	2.6	1.4	0.3	1.4	6.0
		2012	**0.5**	**2.2**	**0.9**	**0.2**	**0.5**	**2.6**
	N7	2011	1.2	2.2	1.6	0.2	0.9	5.2
		2012	**0.5**	**2.0**	**1.0**	**0.2**	**0.4**	**2.2**
港外	N10	2011	0.2	1.4	0.8	0.2	0.9	4.8
		2012	**0.3**	**2.3**	**1.0**	**0.3**	**0.4**	**3.3**
	N11	2011	0.1	1.7	0.6	0.1	0.3	10.4
		2012	**0.1**	**2.5**	**0.5**	**0.2**	**0.4**	**4.8**
	N1	**2012**	**0.2**	**2.7**	**1.4**	**0.3**	**0.7**	**5.3**

表5-6　臺中港底質重金屬富集程度(大甲溪外海鋁濃度)

	富集程度	4月	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷
港內	N5	2011	無	輕微	輕微	無	輕微	中度至嚴重
		2012	**無**	**輕微**	**輕微**	**無**	**無**	**輕微**
	N6	2011	無	輕微	輕微	無	輕微	中度至嚴重
		2012	**無**	**輕微**	**無**	**無**	**無**	**輕微**
	N7	2011	輕微	輕微	輕微	無	無	中度至嚴重
		2012	**無**	**輕微**	**無**	**無**	**無**	**輕微**
港外	N10	2011	無	輕微	無	無	無	中度
		2012	**無**	**輕微**	**無**	**無**	**無**	**中度**
	N11	2011	無	輕微	無	無	無	嚴重
		2012	**無**	**輕微**	**無**	**無**	**無**	**中度**
	N1	**2012**	**無**	**輕微**	**輕微**	**無**	**無**	**中度至嚴重**

參考大甲溪外海(N10)底質鋁濃度再次計算後之結果，與地質累積指數評估法所得到的污染程度評估結果較為一致，顯示在運用不同工具指標來研究重金屬污染程度評估的方法上，需要考慮不同研究對象區域之環境背景之差異性，否則可能會造成評估結果可能提供錯誤之訊息。近海沉積物(底泥)主要係來自陸源母岩之岩石礦物風化成為土壤後，經風與水等營力向海輸送與沉積所形成。在台灣地區其母岩性質對土壤與底泥重金屬含量的影響常扮演重要角色，而母岩特性則受控於地質環境。不同種類的岩石，其重金屬的含量亦有差異。一般而

言，火成岩的重金屬含量較沉積岩為高，例如鎳在超基性岩中的平均含量可達 2,000 mg/kg，為砂岩平均含量 2 mg/kg 的一千倍。在沉積岩中，頁岩的重金屬含量一般又較砂岩高，如頁岩平均含鈷 19 mg/kg，約為砂岩平均含量 0.3 mg/kg 的 60 倍左右。故不同母岩形成之土壤或底泥，其重金屬含量也不同。

極端的特例如在礦化或受熱水作用的地區，岩石中重金屬含量通常更是遠高於一般地區，其風化形成的土壤大都也含較高的重金屬。例如金瓜石地區，礦體上方的土壤含砷可達 1,857 mg/kg，含汞達 130 mg/kg，含鉛達 1,423 mg/kg 等；又例如在宜蘭金面山地區，地球化學研究顯示某些斷層帶的黏土含汞可高達 3.5 mg/kg。上述由地質因素所造成的重金屬等微量元素含量偏高之地球化學異常現象，其重金屬含量多遠高於國內外相關土壤與底泥重金屬達有毒害的等級，但此種重金屬含量偏高的情形乃天然地質作用所致。因此若未考慮地質因素之背景時，則可能將重金屬含量偏高情形誤判為人為污染。換言之，底泥土壤中重金屬微量元素含量之偏高，可能是人為污染所造成，但也有可能是天然的地球化學異常所致。各種岩石中平均砷含量以粗粒玄武岩相對較低，約為 0.8 mg/kg；而花崗岩約為 1.5~2.2 mg/kg；頁岩則可達 6.6~13 mg/kg；某些深海底泥砷含量同樣可達 13 mg/kg；陽明山之主要種類岩石中含砷量亦可達 30.5 mg/kg (余炳盛等人，2004)。

2011 年 4 月大肚溪口外 4 海浬處(N11)底質砷(15.4 mg/kg)相對偏高，已高於環保署所公告之「底泥品質指標」中的下限值(11.0 mg/kg)。推測應與台灣本身地層地質特性有關，由台灣地層沉積物(底泥)之砷含量分布研究顯示，其嘉南平原之濁水溪沖積扇南端地質鑽探分析岩心樣本總砷含量結果，介於 0.45～590 mg/kg (Liu *et al.*, 2006)，大多數岩心樣本之總砷含量超過地殼中平均之總砷含量(1.8 mg/kg)。並由岩心總砷含量之分析結果可推測地質岩心之砷含量分布，可能與岩心質地及地質年代有關，且由台灣地層砷來源及其成因之相關報告亦顯示，依台灣的地質特性其海相沉積物(底泥)之砷含量高於陸相沉積物(底泥)；而世界上嚴重砷污染地區如孟加拉與與印度西孟加拉邦(West Bengal)

沉積物(底泥)所含之砷濃度可高達 20～30 mg/kg (Nickson *et al.*, 2000)。本年度於 2012 年 4 月再次進行底質砷含量調查，結果同樣以大肚溪口外 4 海浬處(N11)底質砷相對較其他 5 處高(9.85 mg/kg)，但已有降低之趨勢，而大肚溪口(N1)底質砷含量則相對最低(5.28 mg/kg)，同時鋁含量僅有 6,650 mg/kg，明顯比地殼平均低了一個數量級，導致大肚溪口砷的相對富集程度為最高。

整體而言，本計畫調查結果顯示其底質砷含量略高應與台灣地層地質特性有關，即自然環境條件所致，除砷含量於大肚溪外海測站 N11 相對最高外，其餘項目均以港內為較高。仍低於環保署所公告之「底泥品質指標」中的上限值(33.0 mg/kg)，以及低於國外如 NOAA 之可能造成底棲生物威脅之 ERM 門檻值。整體而言，臺中港海域並無台灣西南地區陸上抽取地下水飲用，導致砷中毒之烏腳病問題，但大肚溪外海底質砷濃度略高之現象，建議未來可進一步規劃調查，以瞭解其變動情形。

臺中港與高雄港同樣均為國內之四座國際商港之一，其港埠功能相近，且其港域底質重金屬調查資料詳盡，故作為與臺中港底質重金屬調查結果比較之參考。以高雄港底質重金屬污染程度研究為例，依高雄港沉積物(底泥)中重金屬分佈與累積之研究(楊博名，2009)顯示，四條河川流入口區表層沉積物(底泥)重金屬濃度分佈分別為：愛河介於 0.15 mg/kg (Hg)至 962 mg/kg (Zn)之間；第五船渠介於 0.20 mg/kg (Cd)至 3,365 mg/kg (Zn)之間；前鎮河介於 0.15 mg/kg (Hg)至 627 mg/kg (Zn)之間；鹽水港溪則介於 0.24 mg/kg (Hg)至 1,820 mg/kg (Zn)之間。由四條河口區之重金屬等濃度擴散分佈顯示，愛河與第五船渠主要以出海口外測站為中心點往四周散佈，而前鎮河與鹽水港溪則以出海口測站往港區擴散。沉積物(底泥)岩心重金屬濃度分佈情形為，第一港口介於 0.10 mg/kg (Hg)至 96.5 mg/kg (Zn)之間；愛河口介於 0.10 mg/kg (Cd)至 920 mg/kg (Zn)之間；第五船渠口介於 0.08 mg/kg (Cd)至 2,803 mg/kg (Zn)之間；前鎮河口介於 0.08 mg/kg (Cd)至 1,303 mg/kg (Cr)之間；鹽水港溪介於 0.03 mg/kg (Hg)至 2,990 mg/kg (Zn)之間。四條河川出海口

沉積物(底泥)岩心重金屬隨深度變化顯示，愛河口岩心沉積物(底泥)重金屬濃度隨深度增加有逐漸增加之趨勢外，其餘三條河川之岩心沉積物(底泥)重金屬濃度變化並無一定趨勢。利用計算各河口區表層及岩心沉積物(底泥)重金屬之富集因子(Enrichment Factor, EF)顯示，愛河以 Cd、Cu、Pb、Zn 為中度嚴重(EF = 5～10)至嚴重(EF = 10～25)的等級，第五船渠以 Cd、Cu、Pb、Zn、Hg 為中度嚴重(EF = 5～10)至非常嚴重(EF = 25～50)的等級，前鎮河以 Cd、Cr、Cu、Pb、Zn 為中度嚴重(EF = 5～10)至嚴重(EF = 10～25)的等級，鹽水港溪以 Cu、Pb、Zn 為嚴重(EF = 10～25)的等級。依據該研究結果顯示，河川中上游沿岸之工業及城市污水的排放為重要污染源，由表層擴散發現各河川影響範圍包含整個河口區域，達到中度嚴重至非常嚴重的程度。而垂直岩心方面；愛河各金屬濃度隨深度而增加，顯示其整治工程已逐漸改善污染情形，另三條河川則仍持續累積。此與 2011 年與 2012 年臺中港 4 月枯水期調查結果相比，臺中港域與港外大甲溪外海及大肚溪外海底質重金屬 Cr，明顯相對較無富集累積之現象，其餘則大致相近之富集程度。此外，因缺乏高雄港底質 As 之數據而尚無法比較，但由國外海域底質相關環境標準相比，臺中港港內與海域 As 累積富集之影響程度，應不致於如富集因子(EF)所評估之如此嚴重，經參考前人研究以研究區域之沉積物(底泥)背景鋁元素濃度取代一般常用之地殼鋁平均含量計算修正後顯示，臺中港海域海域底質調查結果多呈現無污染或輕微污染至中度污染。

另由臺灣港務股份有限公司-臺中港務分公司(民營化前身為臺中港務局)歷次於臺中港底質調查結果比較可知，本研究(IHMT)於 2011 年與 2012 年調查相比，其港域底質有機物含量變動(圖 5-1)，整體略高於臺中港務分公司於 2007 年至 2011 年期間採樣檢測分析結果。此外，本研究調查結果其重金屬銅(圖 5-2)與砷(圖 5-3)亦相對略高。顯示臺中港域內之底質變動幅度與分布不一，需要定期採樣調查方能掌握其長期變化趨勢。

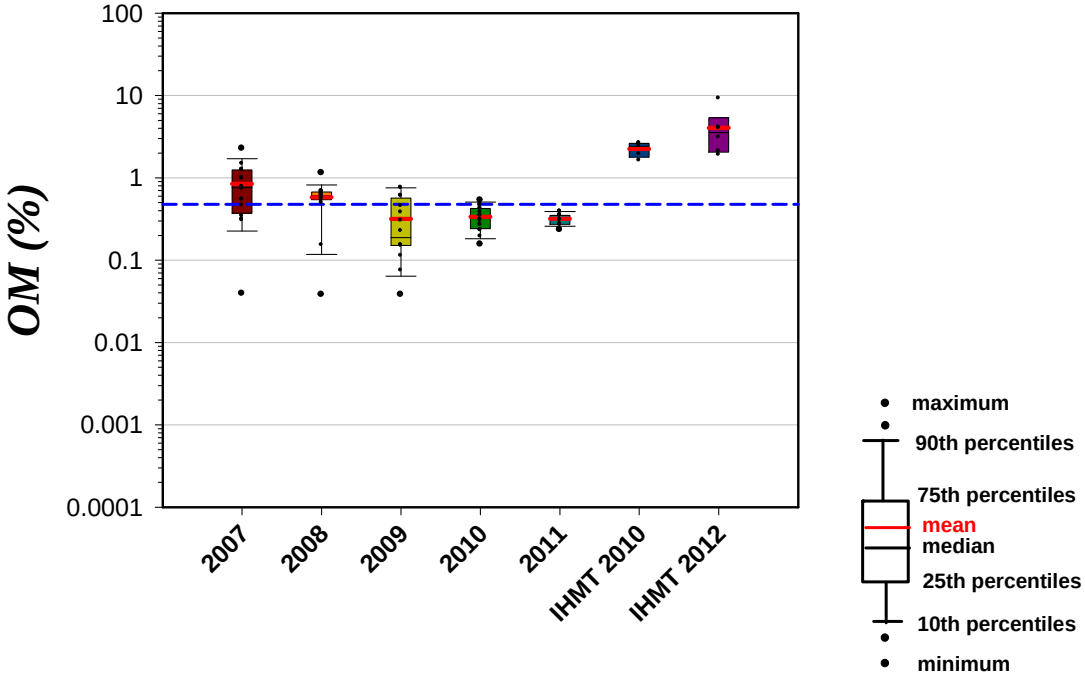


圖 5-1　臺中港底質歷次有機物調查結果

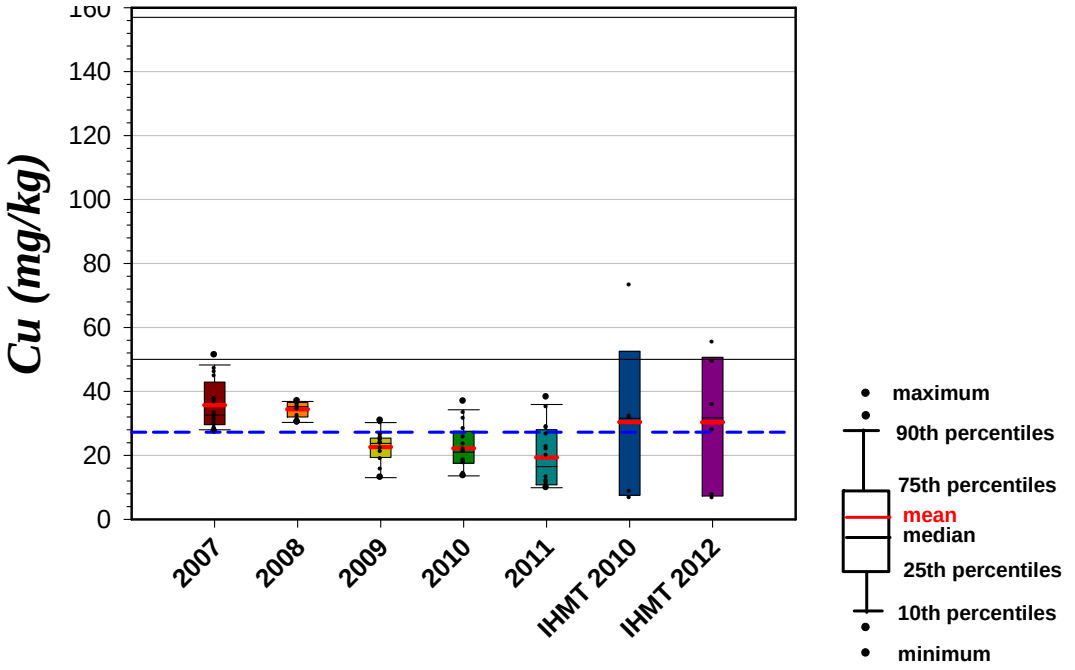


圖5-2　臺中港底質歷次重金屬銅查結果

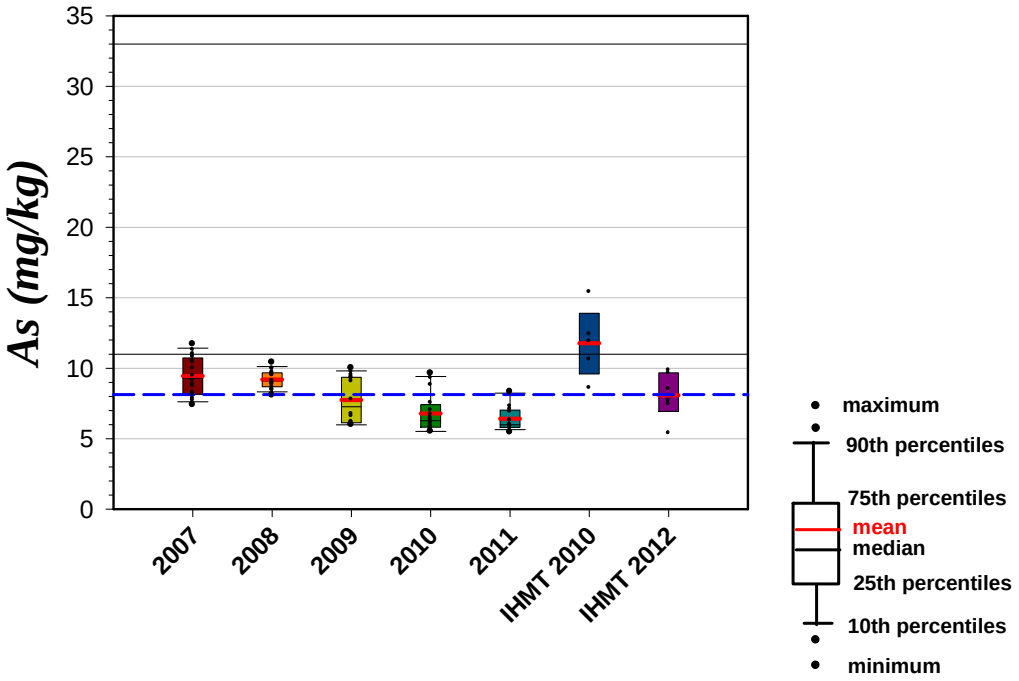


圖 5-3　臺中港底質歷次砷調查結果

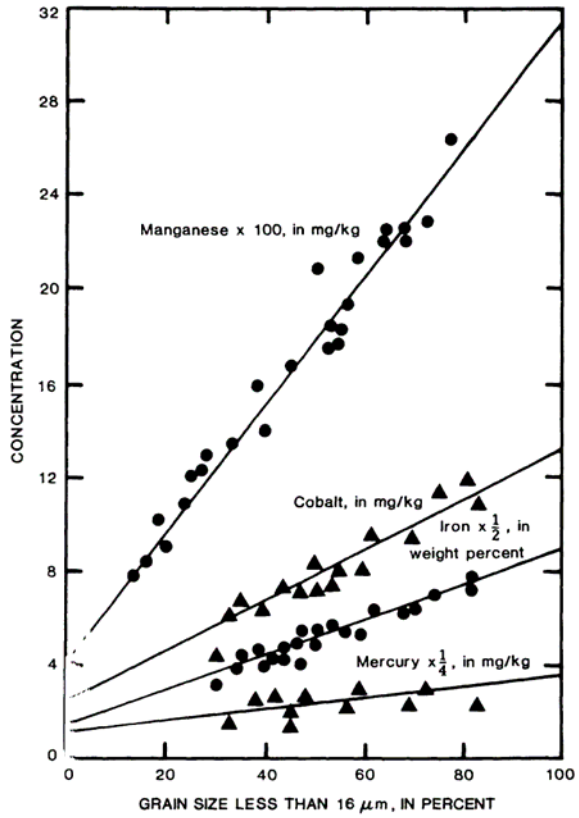
5.2 海域水質與底質相關性分析

2011 年與 2012 年 4 月已進行各 1 次枯水期之海域水質與底質調查，由 4 月各項水質與底質數據經初步相關性統計分析後如表 5-7 與表 5-8 所示。由其相關性分析結果顯示，4 月枯水期間來自海淡水混合比例之鹽度與生活畜牧污水之項目如生化需氧量、大腸桿菌群與氨氮、總磷明顯呈現高度負相關，反映出來自陸源淡水，仍為影響臺中港海域水體品質之主要因子，此外 2011 年 4 月水質重金屬鋅、鉻與砷亦呈現高度負相關。

由臺中港務分公司「臺中港區環境調查監測分析」歷年調查結果顯示，流入臺中港的各大排與中排水質狀況不佳，各中、大排水路除了生活、畜牧污水排入外，又因緊鄰工業區，亦可能受工業廢水影響。在溶氧、生化需氧量、懸浮固體、大腸桿菌群、氨氮及總磷等項目多無法符合「陸域水體水質標準」，且以溶氧時常出現偏低；而生化需氧量及大腸桿菌群常遠高標準值，顯示上游排水路受到來自生活、畜牧

污水嚴重污染。

而水體與沉積物(底泥)同一重金屬方面，除水體中汞濃度與底質汞呈現負相關外，其餘兩兩間相關性不高，進一步檢視其相關性可發現，存在於水體中的汞與底質中的有機質含量與鋁呈現負相關，同時與底質汞、平均粒徑(與中值粒徑)及砂含量呈現高度負相關，顯示水體中汞含量高低可能與底質粗細有關；而底質汞含量則與底質中之有機質及鋁與粉砂呈現正相關；與底質中之平均粒徑(與中值粒徑)及砂含量呈現負相關，即當底質顆粒偏細時，其底質中所含的有機質及鋁與汞含量亦相對較高。底質中砷含量高低由相關性分析則顯示與底質平均粒徑(與中值粒徑)及砂含量呈現正相關，可能代表底質砷與顆粒上的富集特性與汞相反，當底質顆粒偏粗時，相對可發現其底質砷亦較高。此微量金屬元素與其來源母岩風化後之礦物組成，以及搬運傳輸過程與環境中吸附或脫附等作用有關。其中主要以沉積物(底泥)顆粒粒徑範圍與粒徑大小效應，決定控制著懸浮固體物與沉積物(底泥)中所能運載微量金屬之含量。由前人的研究顯示，其沉積物(底泥)粒徑粗細與微量金屬(trace metals)之間的汞關係可知，當細顆粒的含量所佔比例越高時，其沉積物(底泥)中的汞含量亦相對偏高(圖 5-4)，此與本調查觀測之現象相近(圖 5-5)，當臺中港域與鄰近沿海底質顆粒相對越細時，其本身所含汞濃度亦隨之增高。



(Data from deGroot and others, 1982)

圖5-4　安斯河(Ems River)沉積物(底泥)中金屬濃度與顆粒粒徑關係

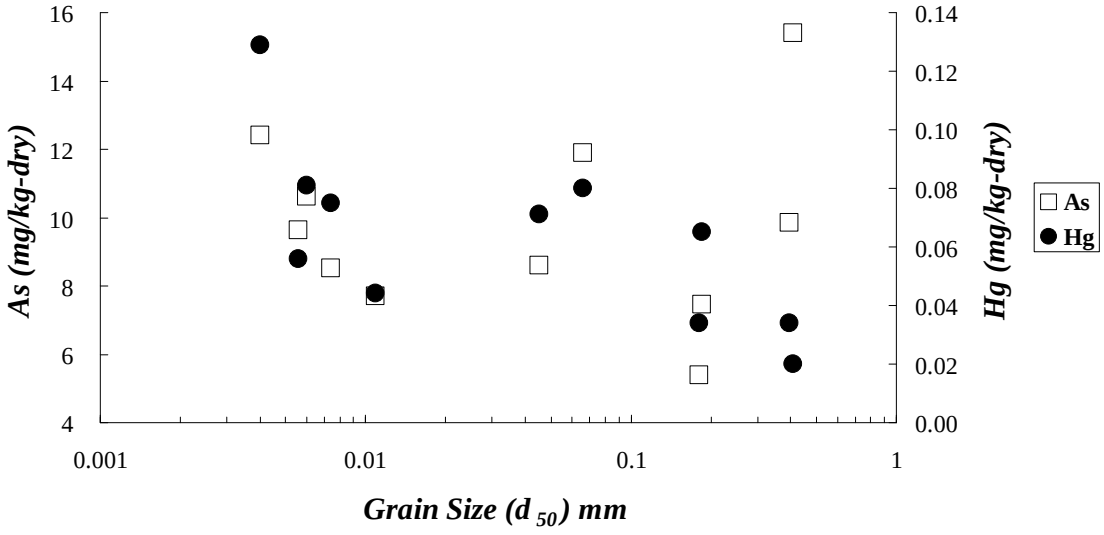


圖5-5　本研究底質砷及汞含量與顆粒粒徑關係

表5-7　2011年4月枯水期臺中港海域水質與底質相關性分析

		水質																	底質											
		酸鹼度	水溫	導電度	鹽度	透明度	溶氧	溶氧飽和度	生化需氧量	大腸桿菌群	懸浮固體	氨氮	總磷	葉綠素a	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷	有機質	鋁	D50	Dm	Sand	Silt
水質	酸鹼度	1																													
	水溫	0.5502	1																												
	導電度	-0.7820	-0.8010	1																											
	鹽度	-0.7682	-0.7974	0.9995	1																										
	透明度	-0.1287	-0.0173	0.5048	0.5206	1																									
	溶氧	0.0726	0.5358	-0.5989	-0.6029	-0.6166	1																								
	溶氧飽和度	0.1941	0.6308	-0.6756	-0.6763	-0.5552	0.9890	1																							
	生化需氧量	0.7504	0.4960	-0.8986	-0.9048	-0.6881	0.3916	0.4354	1																						
	大腸桿菌群	0.7905	0.7906	-0.9995	-0.9993	-0.5084	0.5789	0.6554	0.9098	1																					
	懸浮固體	0.2264	-0.5050	-0.1117	-0.1157	-0.6876	-0.0222	-0.0664	0.4636	0.1277	1																				
	氨氮	0.9645	0.6455	-0.9111	-0.9037	-0.3303	0.2652	0.3694	0.8837	0.9186	0.2477	1																			
	總磷	0.8267	0.7897	-0.9868	-0.9815	-0.4518	0.5998	0.6880	0.8563	0.9842	0.1179	0.9266	1																		
	葉綠素a	0.3869	0.3596	-0.6218	-0.6132	-0.6067	0.8328	0.8565	0.4804	0.6065	0.3196	0.4797	0.6916	1																	
	銅	-0.1299	0.7251	-0.4374	-0.4475	-0.1849	0.7534	0.7507	0.1456	0.4182	-0.5842	0.0606	0.3808	0.3047	1																
	鉛	-0.7745	-0.9295	0.9029	0.8999	0.1221	-0.3700	-0.4760	-0.7237	-0.9028	0.2438	-0.8543	-0.8829	-0.3141	-0.4818	1															
	鋅	0.3724	0.8279	-0.8578	-0.8688	-0.5285	0.7529	0.7800	0.7113	0.8515	-0.1510	0.5863	0.7900	0.4836	0.7981	-0.7966	1														
	鉻	0.7950	0.8030	-0.8990	-0.9012	-0.2498	0.2561	0.3463	0.8421	0.9068	-0.0463	0.8885	0.8526	0.2200	0.3425	-0.9596	0.7708	1													
	汞	-0.0183	0.0000	0.2670	0.2615	0.6123	-0.7625	-0.7338	-0.1882	-0.2500	-0.4045	-0.1021	-0.3379	-0.9097	-0.1888	-0.0980	-0.2160	0.1814	1												
	砷	0.4511	0.8452	-0.8819	-0.8836	-0.4982	0.8755	0.9215	0.6540	0.8686	-0.1309	0.6274	0.8696	0.7294	0.7643	-0.7725	0.9340	0.6786	-0.4677	1											
底質	銅	-0.0748	-0.5410	-0.0244	-0.0370	-0.8180	0.1591	0.0696	0.3661	0.0357	0.9261	0.0188	-0.0028	0.3237	-0.3495	0.3695	-0.0485	-0.1799	-0.4967	-0.0700	1										
	鉛	-0.1304	0.1206	-0.4215	-0.4415	-0.9226	0.7641	0.6834	0.5033	0.4172	0.3916	0.1144	0.3483	0.5557	0.4936	-0.0943	0.6357	0.1617	-0.6019	0.5830	0.6409	1									
	鋅	-0.0550	-0.1323	-0.3292	-0.3440	-0.9708	0.6304	0.5484	0.5025	0.3289	0.6862	0.1343	0.2910	0.6220	0.1581	0.0822	0.3913	0.0212	-0.7186	0.3998	0.8590	0.9266	1								
	鉻	-0.0281	0.4428	-0.5746	-0.5884	-0.7663	0.9430	0.9003	0.4777	0.5611	0.0844	0.2136	0.5253	0.6859	0.7527	-0.3247	0.8066	0.2898	-0.6436	0.8192	0.3225	0.9178	0.7597	1							
	汞	-0.4391	-0.0091	-0.0743	-0.0837	-0.6075	0.8179	0.7320	-0.0112	0.0548	0.1231	-0.2661	0.0690	0.6280	0.5308	0.2213	0.3413	-0.2971	-0.8104	0.4455	0.4157	0.7945	0.7391	0.8218	1						
	砷	-0.1151	0.1836	-0.0119	-0.0327	0.1301	-0.3356	-0.3515	0.1191	0.0272	-0.3231	-0.0345	-0.1290	-0.7086	0.2242	-0.2542	0.2580	0.3797	0.8087	-0.0869	-0.2459	-0.0270	-0.2626	-0.0933	-0.4104	1					
	有機質	-0.5542	-0.5332	0.3773	0.3769	-0.3689	0.3834	0.2880	-0.3494	-0.3918	0.3538	-0.5193	-0.3266	0.4447	-0.0424	0.6874	-0.2748	-0.7357	-0.7761	-0.0967	0.5456	0.4325	0.5787	0.3388	0.7948	-0.6812	1				
	鋁	-0.4727	-0.3861	0.1325	0.1242	-0.6531	0.5718	0.4655	-0.0636	-0.1444	0.4530	-0.3521	-0.1234	0.5473	0.1312	0.5034	0.0216	-0.5049	-0.8230	0.1330	0.6932	0.7216	0.8145	0.6041	0.9070	-0.5287	0.9355	1			
	D_{50}	0.1176	0.1238	0.1467	0.1440	0.6247	-0.7194	-0.6696	-0.1048	-0.1304	-0.4338	0.0293	-0.2078	-0.8386	-0.1559	-0.2309	-0.1405	0.2976	0.9881	-0.3704	-0.5631	-0.6311	-0.7543	-0.6304	-0.8551	0.7814	-0.8566	-0.8983	1		
	D_m	0.1036	0.1091	0.1541	0.1506	0.6101	-0.7224	-0.6761	-0.1024	-0.1374	-0.4210	0.0191	-0.2187	-0.8475	-0.1585	-0.2189	-0.1411	0.2919	0.9911	-0.3782	-0.5442	-0.6159	-0.7391	-0.6246	-0.8483	0.7943	-0.8504	-0.8870	0.9996	1	
	Sand	0.3324	0.3292	-0.1071	-0.1088	0.5141	-0.5783	-0.5055	0.1192	0.1233	-0.4079	0.2700	0.0468	-0.6785	-0.0596	-0.4641	0.0645	0.5266	0.9222	-0.1523	-0.5694	-0.5475	-0.6886	-0.5036	-0.8531	0.7698	-0.9593	-0.9464	0.9673	0.9644	1
	Silt	-0.3324	-0.3292	0.1071	0.1088	-0.5141	0.5783	0.5055	-0.1192	-0.1233	0.4079	-0.2700	-0.0468	0.6785	0.0596	0.4641	-0.0645	-0.5266	-0.9222	0.1523	0.5694	0.5475	0.6886	0.5036	0.8531	-0.7698	0.9593	0.9464	-0.9673	-0.9644	-1

表5-8　2012年4月枯水期臺中港海域水質與底質相關性分析

		水質																		底質														
		酸鹼度	水溫	導電度	鹽度	透明度	溶氧	溶氧飽和度	生化需氧量	大腸桿菌群	懸浮固體	氨氮	總磷	葉綠素a	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷	有機質	鋁	D50	Dm	Sand	Silt	Clay	Tin org.
水質	酸鹼度	1.0000																																
	水溫	0.8385	1.0000																															
	導電度	-0.4128	-0.7228	1.0000																														
	鹽度	-0.6761	-0.9031	0.9440	1.0000																													
	透明度	-0.1561	-0.4590	0.0166	0.1618	1.0000																												
	溶氧	0.9234	0.8180	-0.2150	-0.5227	-0.4860	1.0000																											
	溶氧飽和度	0.9545	0.8637	-0.3174	-0.6089	-0.4287	0.9922	1.0000																										
	生化需氧量	-0.1059	-0.4474	0.2699	0.3065	0.7359	-0.3175	-0.3265	1.0000																									
	大腸桿菌群	0.9002	0.8977	-0.6028	-0.8129	-0.2211	0.8087	0.8428	-0.0202	1.0000																								
	懸浮固體	-0.6444	-0.8971	0.4860	0.6834	0.7999	-0.7923	-0.7915	0.6196	-0.7350	1.0000																							
	氨氮	0.8995	0.8964	-0.6047	-0.8137	-0.2160	0.8060	0.8405	-0.0163	1.0000	-0.7317	1.0000																						
	總磷	-0.0490	0.2612	-0.8054	-0.6181	0.2692	-0.2925	-0.2064	0.1612	0.2876	-0.0570	0.2913	1.0000																					
	葉綠素a	0.3477	0.3725	-0.3859	-0.3985	0.0100	0.2771	0.3524	-0.6154	0.0698	-0.1861	0.0693	-0.0870	1.0000																				
	銅	-0.3811	-0.7285	0.3558	0.5033	0.9342	-0.6146	-0.5955	0.7552	-0.4876	0.9475	-0.4834	0.0122	-0.1354	1.0000																		
	鉛	-0.1507	0.0000	0.1304	0.0911	-0.3875	-0.0082	-0.0793	0.2769	0.1897	-0.2480	0.1887	0.1713	-0.8969	-0.3064	1.0000																	
	鋅	-0.4584	-0.5585	0.0576	0.2535	0.7485	-0.6918	-0.6744	0.8570	-0.2514	0.7098	-0.2466	0.5001	-0.5849	0.7471	0.2754	1.0000																
	鉻	-0.4657	-0.7986	0.4387	0.5903	0.8852	-0.6651	-0.6612	0.7916	-0.5384	0.9642	-0.5345	-0.0097	-0.2684	0.9886	-0.1785	0.7909	1.0000															
	汞	-0.6202	-0.9449	0.8195	0.9190	0.5313	-0.6171	-0.6662	0.5146	-0.7917	0.8976	-0.7906	-0.4607	-0.2738	0.7975	-0.1377	0.4652	0.8452	1.0000														
	砷	-0.1122	-0.5976	0.4967	0.5231	0.8160	-0.2899	-0.2854	0.6265	-0.3778	0.8105	-0.3750	-0.3369	0.0606	0.9037	-0.4791	0.4305	0.8686	0.7906	1.0000													
底質	銅	0.3842	0.3122	-0.0419	-0.1548	-0.2171	0.4514	0.4774	-0.6748	0.0206	-0.2610	0.0181	-0.4917	0.9009	-0.2461	-0.7924	-0.7988	-0.3496	-0.1485	0.0822	1.0000												
	鉛	0.6085	0.3728	0.2058	-0.0494	-0.3358	0.7407	0.7203	-0.4538	0.2452	-0.3859	0.2417	-0.7383	0.5831	-0.3119	-0.4792	-0.8184	-0.3793	-0.1171	0.1189	0.8181	1.0000											
	鋅	0.6483	0.3853	0.0421	-0.1679	-0.0930	0.6683	0.6833	-0.3819	0.2629	-0.2669	0.2608	-0.5787	0.7473	-0.1421	-0.6925	-0.7065	-0.2463	-0.1167	0.2605	0.9290	0.8205	1.0000										
	鉻	0.6839	0.3596	-0.0023	-0.1985	0.0971	0.6276	0.6560	-0.2123	0.3041	-0.1600	0.3032	-0.4875	0.7264	0.0132	-0.7297	-0.5526	-0.1019	-0.0712	0.3926	0.8881	0.8834	0.9696	1.0000									
	汞	0.0219	-0.1148	0.4551	0.3572	-0.2739	0.2165	0.1852	-0.5644	-0.3668	-0.0093	-0.3704	-0.8123	0.5990	-0.1107	-0.6007	-0.7090	-0.1503	0.2603	0.2161	0.8933	0.7543	0.8086	0.7410	1.0000								
	砷	-0.6683	-0.7377	0.5940	0.6991	0.1996	-0.6079	-0.6818	0.6395	-0.4808	0.5510	-0.4798	-0.0267	-0.8998	0.4276	0.6582	0.6932	0.5579	0.6257	0.2081	0.0625	0.5602	0.0328	0.2082	0.2015	1.0000							
	有機質	0.1152	0.0826	0.5236	0.3215	-0.7439	0.4652	0.3789	-0.5719	-0.0962	-0.4069	-0.1017	-0.8399	0.1211	-0.5351	0.0366	-0.7958	-0.5001	0.0129	-0.2237	0.6157	0.6460	0.5854	0.4767	0.7993	0.2412	1.0000						
	鋁	0.4777	0.2798	0.1191	-0.0552	-0.1835	0.5549	0.5618	-0.5242	0.0774	-0.2319	0.0748	-0.6459	0.7887	-0.1806	-0.7257	-0.7769	-0.2746	-0.0514	0.2097	0.8986	0.9834	0.8725	0.9201	0.8209	0.4642	0.6205	1.0000					
	D_{50}	-0.6744	-0.2911	-0.3635	-0.0594	0.1970	-0.7752	-0.7320	0.0683	-0.3609	0.2888	-0.3582	0.7605	-0.2354	0.1510	0.2167	0.5670	0.1882	-0.0111	-0.2712	-0.5350	-0.5291	-0.7747	-0.6948	-0.5589	0.0792	-0.6293	-0.5139	1.0000				
	D_m	-0.6681	-0.2796	-0.3665	-0.0661	0.1799	-0.7645	-0.7228	0.0681	-0.3465	0.2714	-0.3439	0.7645	-0.2525	0.1337	0.2410	0.5647	0.1733	-0.0249	-0.2902	-0.5454	-0.5297	-0.7830	-0.7030	-0.5693	0.0849	-0.6239	-0.5188	0.9996	1.0000			
	Sand	-0.6299	-0.2439	-0.4360	-0.1260	0.2300	-0.7549	-0.6979	0.0089	-0.3469	0.2808	-0.3441	0.7806	-0.1032	0.1558	0.0914	0.5193	0.1732	-0.0476	-0.2512	-0.6114	-0.7876	-0.8072	-0.7999	-0.6398	-0.3059	-0.7156	-0.7391	0.9144	0.9112	1.0000		
	Silt	0.6817	0.3173	0.3662	0.0507	-0.2584	0.8015	0.7510	-0.0598	0.4010	-0.3422	0.3981	-0.7488	0.1558	-0.2080	-0.1151	-0.5647	-0.2335	-0.0263	0.2046	0.6394	0.7987	0.8304	0.8194	0.6404	0.2728	0.7132	0.7534	-0.9162	-0.9128	-0.9976	1.0000	
	Clay	0.3109	-0.1432	0.7365	0.4853	-0.0664	0.4487	0.3658	0.2435	0.0449	0.0505	0.0426	-0.8592	-0.1672	0.1173	0.0350	-0.2428	0.1416	0.4075	0.4561	0.4199	0.6693	0.6248	0.6371	0.5869	0.4522	0.6721	0.6075	-0.8336	-0.8316	-0.9343	0.9074	1.0000	
	Tin org.	-0.0953	-0.0336	-0.3622	-0.1997	0.3883	-0.2682	-0.1750	-0.3377	-0.2868	0.2709	-0.2850	0.1874	0.8373	0.2678	-0.8982	-0.1064	0.1523	0.0296	0.2615	0.5855	0.2208	0.3970	0.4124	0.4016	-0.1831	-0.1749	0.3800	0.1839	0.1618	0.1887	-0.1625	-0.3090	1.0000

第六章 臺中港壓艙水於船舶上或岸上處置設施之規劃

國際海事組織於 2004 年 2 月 13 日通過了「船舶壓艙水和沉積物控管國際公約」(在本研究中簡稱為「壓艙水公約」)，公約除了正文外還有附則「控制和管理船舶壓艙水和底泥規則」(Regulations for The Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments)，規定了來自船舶壓艙水和沉積物所攜帶之有害水生物和病原體轉移的相關事項。公約的生效門檻有二：簽署國需達 30 國，且總船噸位需達全球商船噸位之 35%，截至 2012 年 11 月 30 日，公約簽署國家已達到 36 個，總噸數達全球商船噸數之 29.07%，公約生效指日可待。我國雖非締約國，但為保護我國海域環境免於外來種入侵危害刻不容緩，因此本章與第七章將根據壓艙水公約之規範研擬適於臺中港之壓艙水處置方式與所需之管理制度。

為使壓艙水公約能切實可行，因此海洋環境保護委員會(MEPC)在 2005 年制訂了 14 套壓艙水管理技術規範(表 6-1)，這套規範對於壓艙水公約的實施具有相當重要的參考性。

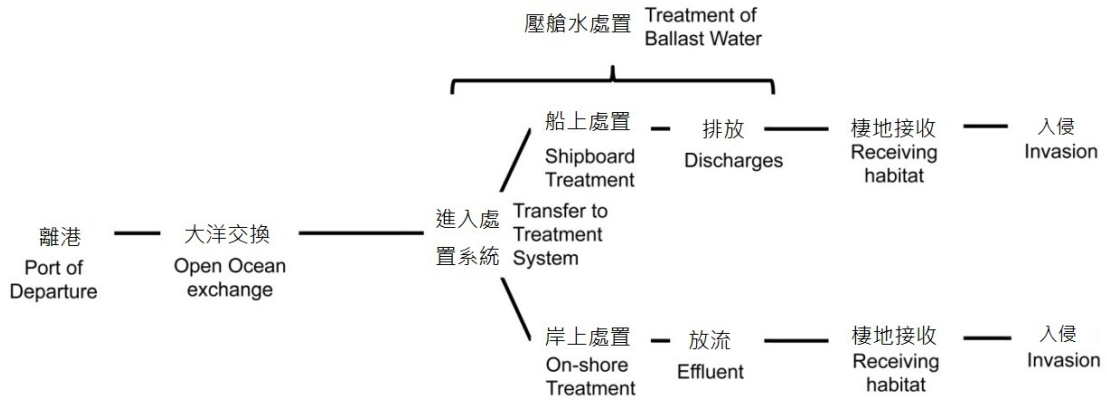
這 14 套技術規範中提出了壓艙水處置方式可分為船上處置與岸上處置。船上處置係指船舶本身裝置有壓艙水管理系統，處理過且達到排放標準的壓艙水便可排放於近岸水域，包括 G8、G9、G10 等關於壓艙水管理系統之認證規範以及 G12 關於船舶沉積物控制的設計和構造規範等與船舶本身裝置有關的規範都與本項目有關。岸上處置係指港口提供岸上收受設施，船舶可將所載之壓艙水或沉積物引入處理，包括 G1、G5 對於岸上沉積物收受設施與岸上壓艙水收受設施的規範與本項目有關。

表 6-1　國際壓艙水公約管理技術規範

編號	標題
G1	沉積物收受設施規範(Guidelines for sediments reception facilities)
G2	壓艙水採樣規範(Guidelines for Ballast Water Sampling)
G3	壓艙水管理等效符合規範(Guidelines for ballast water management equivalent compliance)
G4	壓艙水管理和壓艙水管理計畫制定規範(Guidelines for Ballast Water Management and Development of Ballast Water Management Plans)
G5	壓艙水收受設施規範(Guidelines for ballast water reception facilities)
G6	壓艙水交換規範(Guidelines for Ballast Water Exchange)
G7	「壓艙水公約」第 A-4 條規定內的風險評估規範(Guidelines for Risk Assessment under Regulation A-4)
G8	壓艙水管理系統認證規範(Guidelines for approval of Ballast Water Management Systems)
G9	使用活性物質的壓艙水管理系統的認證流程(Procedure for Approval of BWM systems that make use of Active Substances)
G10	原型壓艙水處理技術流程認證和監督規範(Guidelines for approval and oversight of prototype ballast water treatment technology programems)
G11	壓艙水交換的設計和構造標準規範(Guidelines for Ballast Water Exchange Design and Construction Standards)
G12	便於船舶沉積物控制的設計和構造規範(Guidelines on Design and Construction to Facilitate Sediment Control on Ship)
G13	壓艙水管理(包括緊急情況)的附加措施規範(Guidelines for additional measures including emergency situations)
G14	指定壓艙水交換區域規範(Guidelines on designation of areas for ballast water exchange)

資料來源：Globallast partnerships。

美國環保署對於壓艙水處置的研討相同思維進行討論，圖 6-1 顯示船舶壓艙水從離港後可能使用的壓艙水處置方式，若未於各步驟確實進行壓艙水管理將導致外來種入侵的結果。本章亦將逐節討論此兩種主要的壓艙水處置方式適用於臺中港的可能性。



資料來源：參 EPA(2011b)

圖 6-1　船舶壓艙水從離港後可能使用的壓艙水處置方式

6.1 國外相關案例調查

6.1.1 船用壓艙水管理系統認證標準與核可現況

「壓艙水管理系統」(Ballast Water Management Systems, BWMS)這辭乃是在公約附則 D-3 條首次被提及，該條文係規定「壓艙水管理系統的認可要求」，在 G8 規範第 3.2 條定義壓艙水管理系統係指「能對壓艙水進行處理使其達到或超過公約規則 D-2 標準的系統。壓艙水管理系統包括壓艙水管理系統、所有相關的控制設備、監測設備和取樣裝置。」根據 G8 規範第 2.1 條，公約附則 D-3 條乃指「船用」壓艙水管理系統認可的要求，因此本節的討論即是對於船舶上所裝置的壓艙水管理系統進行討論。

為使壓艙水管理系統能夠達到 G8 規範第 3.2 條中所言「能對壓艙水進行處理使其達到或超過公約附則 D-2 標準的系統」，因此需有制定認證標準的需求，以確保各國相關主管機關或其指定的機構，用以評估壓艙水管理系統是否滿足公約標準，並提供製造商和船東作為對設備將接受的評估流程和對壓艙水管理系統之要求的指南。

公約附則 D-2 明確地規定壓艙水性能標準，意為經過壓艙水管理系統處置過之壓艙水中的生物量必須達到該標準，才能排放入海。D-2

標準列出如下(中國驗船中心譯文，2009)：

1. 壓艙水所含有的可存活生物，其尺寸在大於或等於 50 微米時，每立方公尺要少於 10 個，其尺寸小於 50 微米時，但大於或等於 10 微米時，每毫升要小於 10 個指標微生物。

2. 每 100 毫升要少於 1 個 CFU (colony forming unit 菌落形成單位)的有毒霍亂弧菌(Vibrio cholera)，或每公克要少於 1 個 CFU 的浮游生物樣品。

3. 每 100 毫升要少於 250 個 CFU 的大腸桿菌(E. Coli)。

4. 每 100 毫升要少於 100 個 CFU 的腸球菌(Enterococci)。

表 6-2　公約中船舶壓艙水管理的時程

<table>
<tr><th>建造年分</th><th>壓艙水容量
(立方公尺)</th><th>2009</th><th>2010</th><th>2011</th><th>2012</th><th>2013</th><th>2014</th><th>2015</th><th>2016</th></tr>
<tr><td><2009</td><td>1500~5000</td><td colspan="5">D1 或 D2</td><td colspan="3">D2</td></tr>
<tr><td><2009</td><td><1500 or
>5000</td><td colspan="6">D1 或 D2</td><td>D2</td></tr>
<tr><td>≧2009</td><td><5000</td><td colspan="7">D2　參考 A.1005(25)</td></tr>
<tr><td>≧2009</td><td rowspan="2">≧5000</td><td colspan="6" rowspan="2">D1 或 D2</td><td rowspan="2">D2</td></tr>
<tr><td><2012</td></tr>
<tr><td>≧2012</td><td>≧5000</td><td colspan="3">N/A</td><td colspan="5">D2</td></tr>
</table>

資料來源：壓艙水水質管理座談會會議資料，2012。

在公約制訂時，當時的船用壓艙水管理系統在技術上尚未能達到 D-2 標準的效能且船舶要裝置設備也將有一段過渡期，因此在「壓艙水公約」B-3 條中規定了船舶壓艙水管理的時程(表 6-2)，第一階段(D-1)船舶規定要達到的壓艙水交換標準，然後在第二階段(D-2)才陸續對於不同壓艙水容積的船舶規定要達到壓艙水效能標準的年限。然而，壓艙水性能標準要能實施，必須有成熟的壓艙水處理技術相配合才可能實現。

表 6-3　通過 IMO 最終認證之壓艙水處理設備品牌與廠商

No.	系統名稱	製造商/國家	認證通過時間	使用活性物質(Y/N)
1	NEI	NEI Treatment Systems LLC/US	2007	No
2	PureBallast	AlfaLaval/Norway	2008	Yes
3	SEDNA ®	Hamann AG/Germany	2008	Yes
4	Electro-Cleen TM	Techcross/Korea	2008	Yes
5	GloEn-Patrol TM	Panasia Co. Ltd/Korea	2009	Yes
6	Hyde GUARDIAN TM	Hyde Marine/US	2009	No
7	NK-03 BlueBallast	NK Co. Ltd/Korea	2009	Yes
8	OceanSaver ®	Oceansaver/Norway	2009	Yes
9	OptiMarin	Optimarin/Norway	2009	No
10	Hitachi ClearBallast	Hitachi/Japan	2010	Yes
11	RWO Clean ballast	RWO/Germany	2010	Yes
12	Unitor BWTS	WilhelmsenTech/Norw	2010	Yes
13	Ocean Protection	MAHLE/Germany	2011	Yes
14	EcoBallast TM	Hyundai Heavy	2011	No
15	JFE Ballast Ace	JFE Eng Corp.	2011	Yes
16	Blue Ocean Shield	COSCO Shipbuilding	2011	No
17	Balcor	SunRui Marine Env. Engg Co.	2011	Yes
18	BSKY	Wuxi Brightsky Electronic Co. Ltd	2011	No
19	Ocean Guard	Qingdao Headway tech	2011	Yes
20	BalPure	Seven Trent De Nora	2011	No
21	HiBallast	Hyundai Heavy Industries	2011	Yes
22	Fine Ballast	Mitsui	2011	Yes
23	Ecochlor	Ecochlor	2011	Yes
24	Purimar	Samsung	2011	Yes

資料來源：壓艙水水質管理座談會會議資料

為使壓艙水管理系統能有效達到公約規範，國際海事組織下的海洋環境保護委員會在其第五十三次大會(MEPC53)中便同意成立以研究和發展壓艙水管理系統的工作小組，並結合與航運界形成夥伴關係(GloBallast Partnerships)，作為全球性壓艙水管理系統在技術開發上的平臺，以協助壓艙水管理系統，包括 G8 規定之一般性的壓艙水管理系統與 G9 規定之使用活性物質的壓艙水管理系統都能達到公約的要求。

截至 2011 年 6 月為止共有 25 件認證通過，其中 24 件已上市，表 6-3 為通過 IMO 最終認證的壓艙水管理系統品牌與廠商。雖然公約中對於壓艙水的處置有多種方式，但近年來，由於船上裝置壓艙水管理系統的使用較不易受到外在條件的限制，因此成為許多航運公司傾向使用的方式，設備供應商近年來也大幅增長，從 2010 年至 2011 年便有 11 家供應商加入市場(Lloyd's Register, 2011)，提供航商更多的壓艙水管理系統的選擇性，也進一步推動了公約的實行。

6.1.2 岸上壓艙水處置設施之技術規範與應用現況

1. 岸上底泥及壓艙水收受設施之技術規範

為杜絕壓艙水所帶來之外來生物種入侵風險，「壓艙水公約」除了提出大洋交換和船上處置系統外，也提出港口國可提供岸上收受設施的建議及其規範。岸上收受設施有底泥收受設施及壓艙水收受設施，分別為公約之技術規範一「沉積物收受設施規範」(G1:Guidelines For Sediment Reception Facilities)與規範五「壓艙水收受設施規範」(G5:Guidelines For Ballast Water Reception Facilities)，這些規範並非限定港口國必須提供特定的岸上收受設施，其宗旨乃在鼓勵各國能提供這些設施和船舶之間的全球統一介面。

規範一「沉積物收受設施規範」(G1)為提供沉積物收受設施進行指導。事實上，部分國家、地區或港口現有之船舶廢料處置的要求或規則，其中就可能已包括來自船舶壓艙水艙的沉積物，因此本規範並非要以任何方式取代原有任何有關船舶壓艙水沉積物的處置，而是確保所有船舶壓艙水底泥有適當處置。本規範之主要根據為「船舶壓艙水和沉積物控管國際公約」之第 5 條「沉積物收受設施」與附則第 B- 5 條「船舶沉積物管理」，特別聲明「收受設施的作業應不會對船舶造成不當延誤，並應對此類沉積物進行安全處置，不得破壞或有損其所屬國家或其他國家的環境、人類健康、財產和資源。」這同時也是規範中對收受設施的一般要求。

關於「沉積物收受設施的提供」，規範中的考量相當廣泛，包含四大類別：(1)處理設備--需考慮如何收集、裝卸和運輸船舶上的沉積物，為此在當地壓艙水艙清洗和修理設施附近需有可用的場地，以及適合該地操作之從船上清除沉積物所需的設備，如吊車，還有對所需容量(體積/重量)的估計，包括設施將處理的沉積物的水分，以及設施的建造和運行對環境的影響；(2)樣品監測--包括取樣、試驗和分析、積存和積存條件等；(3)操作流程--包括設施員工的培訓、水路通道、入口和交通管理、維護保養；操作限制等；(4)健康安全--含環境效益和成本、人類健康、安全等。以上各項都需考量相關的區域、國家和地方法規。

規範五「壓艙水收受設施規範」(G5)則為岸上壓艙水收受設施提供指導。在「適用範圍」項目中明言這是不同於前述接收沉積物的設施，這是針對船舶壓艙水因其所含之有害水生物和病原體，可能對環境、人類健康、財產和資源構成危險的特性所建議之港口岸上設施，包括管道、總管、異徑管節、設備，以及足夠的繫泊設備及安全的錨地等資源。其目的是盡可能使所有希望在港內排放壓艙水的船舶使用該設備以降低危害風險。

規範五中關於「壓艙水收受設施的提供」與規範一之「沉積物收受設施的提供」在樣品監測、操作流程與安全健康上大致相同，惟處理設備上因壓艙水的處理係由管線直接引入岸上處理設備，因此要考量使用該設施的船舶類型和尺度、船舶構型、繫泊要求、壓艙水的裝卸等，船舶排放的壓艙水中所含懸浮物質，也應由壓艙水收受設施接收。在「收受設施的能力」項目中有提出收受設施提供的船對岸接頭，應與公認標準相符的要求。

規範一「沉積物收受設施規範」(G1)與規範五「壓艙水收受設施規範」(G5)除了對於處理設備的指導外，也均強調需考慮沉積物或壓艙水在處理、裝卸過程中對人體健康、環境安全所造成的可能危險，並建議港口國需對希望使用收受設施的船舶提供接收過程(設施和設備)的能力和容量限制的詳細資料。

2. 國際間岸上壓艙水處理設施的應用現況

(1) 美國

在早期美國環保署對於各種壓艙水處理方式的評估上，除了大洋交換外，岸上壓艙水收受設施被認為是最適宜的處置方式(EPA, 2001)。雖然大洋交換的估計成本在各種處理方式中是最低的，但其效能受到海象、地理與船舶安全等條件的限制，且無法完全去除壓艙水中的生物種。因此將既有的油輪壓艙水的收受設施擴大應用曾被熱烈地討論，認為在技術上只需考慮船舶與岸的管線連繫，較其他的壓艙水處理方式的成本都更低，因此被視為最可行的方式(EPA, 2001)。但最後因種種因素而尚未能廣泛的應用。

其中最著名的例子便是阿拉斯加的巴爾德斯海運站(Valdez Marine Terminal, Alaska)；由於造訪油輪通常是滿載著壓艙水，在此排出壓艙水後再裝載原油返回；壓艙水因裝載於油艙中而含有油污，為此設有專門處理油輪壓艙水，以預防壓艙水中的油進入威廉王子灣(Prince William Sound)的大型岸上收受設施，位於阿拉斯加管道系統終點南方，有兩個排水口將處理過的污水排入港區內(EPA, 2012)，總造價為 140 萬美元，占地 1000 英畝，每日處理壓艙水量可達 1600 萬加侖。經過測試研究，該設備對於防治壓艙水中的外來生物種也可發揮相當的程度。

但要將此技術擴大應用至所有港口使用，仍有技術和後勤支援上的挑戰，包括總處理量將大幅增加，以及需要在船舶與岸上廣泛地建構基礎設施，以將船舶上壓艙水直接引入岸上處理設施中；船上處理設備相對地具有較少的物理限制，因此若將從船上處理轉移到岸上收受設施，可能會使處理效能降低，再加上使用岸上設施所需擔付額外的成本問題(Pacific States Marine Fisheries Commission Portland, Oregon, 2005)，使得岸上處理設施留於技術上可行，但能否廣泛應用仍備受爭議。許多支持岸上設施的研究

僅限於特定地區，大多數港口並未標示有岸上壓艙水處理設施。因此，船上壓艙水管理系統被視為因應外來種入侵的最佳對策，海岸警衛隊(USCG)在 2009 年 8 月 28 日所提出的兩階段壓艙水排放標準便是針對船上壓艙水管理系統的效能所制定，其第二階段水質標準甚至較國際海事組織所公布之 D-2 標準嚴格 1000 倍。由此可見決策者對於船上壓艙水管理系統寄予厚望。

然而，美國環境保護署(EPA)在對約 40,000 貨櫃船和 29,000 其他船種之壓艙水排放進行超過五年以上的研究後，在 2011 年的報告(Efficacy of Ballast Water Treatment System: A Report by the EPA Science Advisory Board)中指出船上壓艙水管理系統的技術發展未如預期，所有合格的船上壓艙水管理系統都僅能達到海岸警衛隊所公布之階段一的水質標準，而皆未能符合階段二的水質標準。為此，海岸警衛隊已於 2012 年 3 月 21 日重新公布最新的壓艙水排放標準，刪除現有技術無法達到的階段二標準，而以原階段一之排放標準，也就是國際海事組織所公布之 D-2 標準作為統一的排放標準，此案將於 2012 年 6 月 21 日生效實施。由於船上壓艙水管理系統未能預期之處理效能，EPA 認為應該對於防範船舶壓艙水之外來種入侵提出其他可行辦法，如船體設計的研發，以減少船舶壓艙水的使用量，但此辦法的技術門檻較高，另一辦法便是重新考慮岸上壓艙水處理設施的可行性。

EPA 在此份報告書(EPA, 2011b)中將歷年來對於岸上壓艙水處理設施的各種研究加以整理並討論，發對多數對岸上設施的研究結論為「技術上可行，但成本或其他因素會限制岸上收受設施的使用」。其中有四篇文獻比較岸上與船上處理設備的成本與效率：Pollutech 研究顯示船上處置設施在有效性、可行性、維護和操作、環境可接受性、成本、安全和監測上都優於岸上處置設施；AQIS 的研究顯示岸上處置設施(包括地上式與駁船式設施)，在澳大利亞的單端港口與國際港口都比船上設施更為經濟與有效；Aquatic Sciences 則是估計在大湖區使用駁船式岸上處置設施的費

用，其結論是岸上處置設施在技術上是可行的，且較船上處置設施更實用且更有效能；SWRCB 發現只有岸上處置設施能符合有效性、安全性和環境可接受性等三方面的定性需求，在處理的量上更是相當於船上處置設施的 10 倍。海岸警衛隊(USCG)在 2002 年估算每噸壓艙水的處置費用時，發現使用岸上設施的處置成本較使用船上處置設施低。雖然以上的研究似乎較為支持岸上處置設施，但事實上，大多數現有的研究和估計使用過時的假設或數據，或研究僅特定地區，所以，其結論可能並不適用於美國目前的局勢，也無法解決國際航運問題，為此，EPA 的結論為「有必要藉由全面性的比較以重新評估岸上設施可行性」。

(2) 其他國家

歐洲各國對於壓艙水的處置主要為壓艙水交換與使用船用壓艙水管理系統(Matej, 2008)，對於岸上處置設施的討論較少，少數港口如濱臨黑海的喬治亞(Georgia)巴統港(Batumi)和波緹港(Poti)有針對空油輪艙之壓艙水提供大型收受設施，但這是對於「含油壓艙水」之處置，對於清潔壓艙水中可能帶有之外來生物種並無清潔作用。

澳洲由於地理位置之便，對於攜載有非本國水域之壓艙水船舶以要求在大洋進行壓艙水交換為主，並不考慮提供岸上處置設施(DAFF, 2011)。

為了防止船舶造成的污染，早在 1973 年通過的國際船舶防污公約(MARPOL)便已明列條文建議港口應提供岸上收受設施供進港船舶使用(Annex Ⅰ regulation 38; Annex Ⅱ regulation 18; AnnexⅣ regulation 12; Annex Ⅴ regulation 7; AnnexⅥregulation 17)，為了要促進 MAPOL 公約有效實施，自 1983 年以來國際海事組織(IMO)一直在收集和傳播關於岸上收受設施可用性的資訊，但推廣成效始終不彰，在 2006 年 3 月所舉行之第 54 屆會議針對 MARPOL 公約的執行情況提出檢討，強調港口裝置有足夠岸上收受設施的重

要性，並指出要達到船舶「零污染」排放只有當有港口有足夠收受設施才能有效地強制執行。因此，委員會敦促所有 MARPOL 公約的締約方，特別是港口國要履行其條約義務，提供船舶的正常運行過程中產生的廢物的收受設施。委員會並同意制定一個港口收受設施資料庫(Port Reception Facilities Database, PRFD)作為一個 IMO 全球綜合航運資訊系統(GISIS)下的一個區塊。此資料庫於 2006 年 3 月向大眾公開，締約方可對涉嫌接收設施的不足的港口提出通報，以更有效的推動港口岸上接受設施的完備。

目前港口收受設施資料庫系統(PRFD)中所監督的岸上收受設施主要針對的船舶污染項目以 MARPOL 公約的附錄內容為主，包括有含油污水(Oily bilge water, Annex Ⅰ)、油性殘餘物(污泥)(Oily residues (sludge), Annex Ⅰ)、油性的洗艙水(泔水)(Oily tank washings (slops) , Annex Ⅰ)、骯髒的壓艙水(Dirty ballast water, Annex Ⅰ)、從油輪清洗的規模和污泥(Scale and sludge from tanker cleaning, Annex Ⅰ)、油性混合物，含化學物質(Oily mixtures containing chemicals , Annex Ⅰ)、化學/有毒液體物質(Chemical/NLS, AnnexⅡ)、污水(Sewage, AnnexⅣ)、垃圾(Garbage, AnnexⅤ)、臭氧消耗物質(Ozone-depleting substances, AnnexⅥ)與廢氣清洗殘留物(Exhaust gas-cleaning residues , AnnexⅥ)等。壓艙水公約所規定之底泥與具外來生物種風險之壓艙水的收受設施尚未包括在內。因此，就壓艙水公約要推動各國港口都能具備符合公約要求之岸上壓艙水收受設施而言，其未來的技術發展與各港收受設施的普及仍有相當長的一段路要走。

6.2 調查國內船隻壓艙水處理設備裝置情形

6.2.1 問卷調查內容與結果

以電子、郵寄問卷方式向國內規模較大三家航運公司進行調查，以下用甲、乙、丙公司稱呼，問卷發放期間為 2012 年 5 月 4 日至 5 月 25 日，調查船舶數為營運中船舶數 199 艘，建造中船舶數 50 艘。

問卷問題分為三大項：(1)國內船隻壓艙水處理設備裝置率；(2)船舶進入我國各港壓艙水處理現況；(3) 未來壓艙水管理的措施之適用性。以下將就各問題之調查結果進行討論。

1. 問卷結果與討論

(1) 問題一：船舶及壓艙水處理設備裝置率。

問卷內容如下：

本問題分為營運中與建造中船舶兩部分，請就貴公司自 2004 年以來所建造的船舶中，已(預定)裝置有壓艙水處理設備或已預留壓艙水設備空間的船數回答之。若無，該項請以「0」註明。

問卷結果見圖 6-2。結果顯示，目前並無任何營運中船舶已裝設壓艙水處理設備，但有 22.11%已預留了裝置壓艙水設備的空間，而建造中的船舶將裝置壓艙水處理設備高達 76%，並有 10%建造中船隻已預留裝置壓艙水設備的空間。建造中船舶之壓艙水處理設備裝置率遠高於現有船之裝置率，影響因素可能為現有船之裝置成本與難易度較新造船為高，且公約生效日期尚未明朗，航商對現有船之裝置仍處於觀望態度。

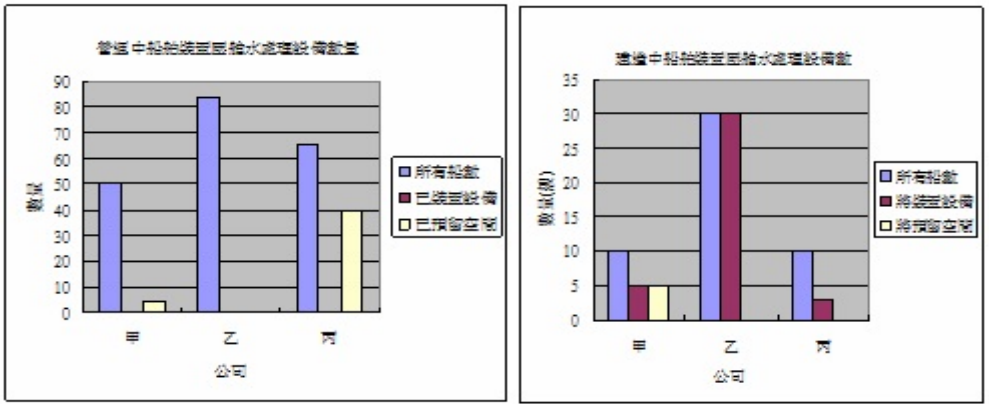


圖 6-2　船舶及壓艙水管理系統裝置率

(2) 問題二：船舶進入我國各港壓艙水處理現況。

問卷內容如下：

本題為瞭解船舶目前於何處排放壓艙水，選項有五項，包括：大洋交換(離岸 50 海浬以上)、近岸交通(港區外離岸 50 海浬以下)、港內交換、使用船上壓艙水管理系統、未排放、其他。

表 6-4　船舶進入我國各港壓艙水處理現況

選　　項	甲	乙	丙
1.大洋交換(離岸 50 海浬以上)	總是	經常	偶爾
2.近岸交換(港區外離岸 50 海浬以下)	不曾	偶爾	偶爾
3.港內交換	不曾	偶爾	總是
4.使用船上壓艙水處理設備	不曾	不曾	不曾
5.未排放	經常	經常	不曾
6.其他	(未填寫)	(未填寫)	(未填寫)

問卷結果見表 6-4。由於國內營運中的船舶皆未裝置壓艙水管理系統，因此三家公司對於選項 3「使用船上壓艙水管理系統」都為不曾使用過，因此壓艙水交換乃是我國目前船舶主要處置壓艙水的方式。而交換地點最常是在大洋中，由於我國海域地形的限制，「大

洋」定義採用「壓艙水公約」第 B-4 條第 2 項中距離最近陸地至少 50 海浬的建議，為「離岸 50 海浬以上」；其次壓艙水交換發生於近岸，其定義為「港區外離岸 50 海浬以下」；而在港區內所有船舶很少排放壓艙水，甚至不曾排放壓艙水。

(3) 問題三：對於未來壓艙水管理的措施之適用性。

問卷內容如下：

1. 岸上壓艙水處理設備：

(1)若於港口裝置岸上壓艙水處理設備，在不耽延停港時間的前提下，貴公司之使用意願：□極高度 □高度 □低度 □極低度。

(2)影響使用意願的原因，請以阿拉伯數字排序填寫最具影響力的因素。(1 為最具影響力，2 為其次，34…依序類推)

□安全性 □經濟效益 □作業流程 □船舶本身已配有壓艙水處理設備□其他：_____。

2. 壓艙水申報貴公司所有船舶目前是否已備有壓艙水紀錄(簿)？□是 □否 □各船隻決定 □以上皆非，請說明：_____。

問卷結果見圖 6-3 顯示問題 1(1)「使用岸上壓艙水管理系統之意願」，表 6-5 顯示問題 1(2)「影響使用意願的原因」，表 6-6 示問題 2「已備有壓艙水紀錄簿」。

對於岸上壓艙水管理系統之使用意願，此題結果具有相當的一致性，三家航商意願都在「低度」以下，而影響使用意願的原因，結果顯示，航商最主要考量為「作業流程」、「船舶本身已配有壓艙水管理系統」，其次為「安全性」、「經濟效益」。

而壓艙水記錄(簿)為公約第 B-2 條規定每艘船都應備有，用以將每次壓艙水管理的作業詳盡記錄下來，且每項作業完成後，應由駕

駛員或有關作業的負責人簽字，且每記完一頁後由船長簽字，最後一項記錄後應至少在船上保留 2 年，此後再由公司保管至少 3 年。調查結果顯示所有航商皆已實施壓艙水記錄。

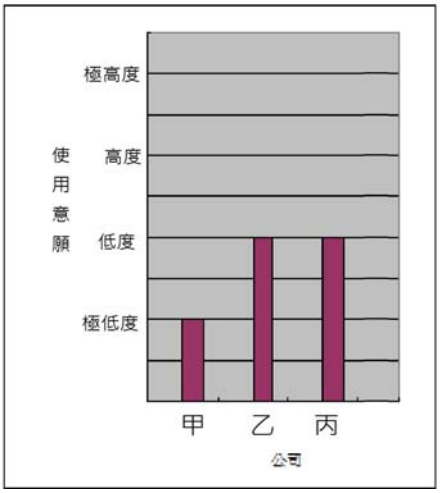


圖 6-3　岸上壓艙水管理系統使用意願

表 6-5　影響使用意願之原因

選　　項	甲	乙	丙
安全性	4		2
經濟效益	3		3
作業流程	2	1	4
船舶本身已配有壓艙水處理設備	1		1
其他			

表 6-6　已備有壓艙水紀錄(簿)

選　項	甲	乙	丙
是	V	V	V
否			
各船隻決定			
以上皆非			

2. 小結

綜合以上結果與討論，發現在公約中所建議壓艙水的處置方式中，航運公司對於使用岸上處置設備的意願較低，主要考量因素是對使用該設備可能會對作業流程造成影響，而使用船上壓艙水管理系統處置正具備了彌補這樣缺點的方便性，因而成為航運公司較傾向採用的方式。在新造船中合計已裝置壓艙水管理系統的船舶與已預留空間的船舶高達總新造船數的 86%可作為輔證，然而營運中的船舶之壓艙水管理系統的裝置率卻為零，已預留空間者也僅有 22.11%，顯示航商願意配合國際規範，但因實務面上許多的不確定性，造成現有船何時安裝設備、選擇何套設備的觀望態度。可能原因是有公約生效日期的未知性，並且將壓艙水管理系統安裝於現有船需要修改管線配置、挪出空間，因此其裝置費往往大於安裝於新造船的費用，以及在沒有前例可循的情況下選擇適用的壓艙水管理系統亦是難題，如果裝置了無法長期適用的設備，對於航運公司將是一筆額外開銷。因此問卷結果反應出航運公司對於在甚麼時間點為現有船裝置壓艙水管理系統目前都仍在觀望的情形。

6.2.2 個案分析-中油華運輪壓艙水處理系統

華運輪為臺灣中油公司環島油輪，主要任務是由高雄港運載「電廠用燃油」北上臺中港或基隆港，於 2011 年 4 月交船，係由臺灣國際造船公司自行設計，船級為中國驗船中心(CR)與法國船級社(BV)，並註冊為中華民國國輪。船體全長為 182 公尺，船寬 32.2 公尺，型深 17.3 公尺，滿載吃水 11 公尺，載重量 40,522 公噸，國際船舶總噸位(Gross Tonnage)為 28,410 公噸，液貨艙總容積 46,518 立方公尺；該輪營運航速 14.6 節，續航力約 12,000 海浬。除了低油省碳、雙層船殼、無錫底漆等環保設計，更是國內首艘具有壓艙水處理系統的新船。

本節將以華運輪壓艙水處理系統為對象進行個案分析，藉由實地參觀華運輪壓艙水處理設備運作情形以及訪問船長與輪機長實務操作上的經歷，進而討論國內船隻未來在安裝壓艙水處理系統上將面臨的

情況。參訪時間為 2012 年 6 月 5 日，地點位於高雄港正在卸貨中之華運輪上。

1. 設備原理

華運輪的壓艙水處理設備為臭氧壓艙水處理系統，基本原理是運用高壓電場所提供的能量，使一個氧分子與一個氧原子結合成為一個臭氧分子($O+O_2= O_3$)，再把臭氧以大約每升 2.5 毫克的量打入壓艙水以殺菌，大部分的細菌或病毒會直接因臭氧被殺死，接著再加入中和劑以還原壓艙水的臭氧，中和劑和水中的臭氧反應會產生次溴酸(HBrO)亦可將殘餘的細菌殺死($Br_2(l)+ H_2O—HOBr_{(aq)}+HBr_{(aq)}$)。經過中和的壓艙水如還偵測到有臭氧，就會再次將中和劑打入壓艙水，確定壓艙水無害後，再排到海中。

整套處理設備是由四個系統整合而成，分別為：(1)進氣系統(Feed gas system)；(2)臭氧系統(Ozone system)；(3)中和系統(Neutralizer system；(4)監測與控制系統(Monitoring and control system)。

(1) 進氣系統(Feed gas system)：如圖 6-1 所示，將乾淨和壓縮的空氣交替注入兩個裝滿陶瓷顆粒的分子篩槽(Molecular Sieve)，由於氮分子較氧分子大，氮會被吸附在槽內然後被排放掉，並由電磁閥控制轉換過程，最後將氧集中輸入氧儲罐，藉此在常溫下製氧。

空氣壓縮機　　高壓空氣貯存櫃　　氧氣製造機



圖 6-4　進氣系統

(2) 臭氧系統(Ozone system)：如圖 6-2 所示，在此使高濃度的氧通過高頻電場(high frequency electrical field)以產生臭氧，並將臭氧打入壓艙水中。但因臭氧具有刺激性，若吸入會引起中毒，加壓和加溫都會增加臭氧毒性，因此本系統還有冷卻水機組(water chiller)用以降低臭氧製造器的溫度，並有臭氧破壞器(ozone destructor)，將未使用的臭氧還原成氧氣以釋放回空氣中，在壓艙水閥打開前，這項裝置亦可用測試臭氧製造是否已達良好效率。當臭氧製造達到良好效率時，就可打開壓艙水閥，使壓艙水由主導管進入側流管線(side-stream)中，臭氧就藉由單點側流注射器注入管線中以發揮殺菌功能。



圖 6-5　臭氧系統

(3) 中和系統(Neutralizer system)：如圖 6-3 所示，本系統有兩處中合系統的偵測器，一在殺菌過的壓艙水進入壓艙之前(ballast tanks)，二在壓艙水排入海水前，測量器會偵測壓艙水中殘餘氧化劑(Total Residual Oxidant, TRO)的濃度，如果發現 TRO 濃度過高，計量泵(metering pump)就會自動將中和劑注入壓艙水管線中，，並且 TRO 測量器會偵測注入中合劑後的 TRO 濃度，以確保處理過的壓艙水無害地排入海中。

(4)監測與控制系統(Monitoring and control system)：如圖 6-4 所示，包括各種感應器、安全警報、儀表、閥門、自動切換開關和中央控制軟體，將整套壓艙水處理系統與船上原有的壓艙水管理系統整合，

在艙房、主控室、貨控室都有顯示面板，呈現整套系統的總體運作情形，以及偵測點位上的臭氧濃度，並且各種資料都可以電子資料型式保存，包括處理過程發生的經緯度位置、時間都有記錄。

TRO 偵測器

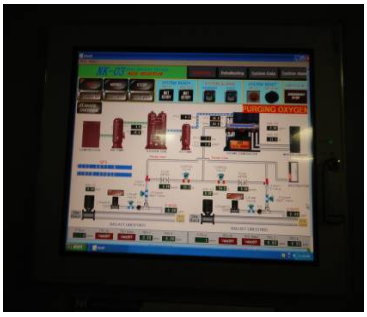


中合艙

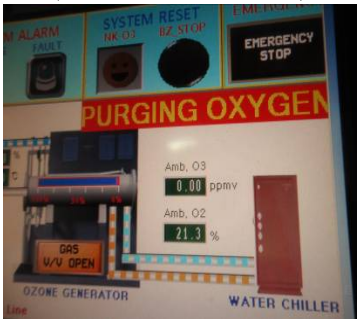


圖 6-6　中和系統

機房中的監控面板主機
(目前顯示：系統圖)



機房中的監控面板主機
(目前顯示：氧氣濃度)



主控室中的監控面板



圖 6-7　監測與控制系統

2. 對國內船隻安裝壓艙水處理系統的討論與建議

華運輪因目前主要航程僅在臺灣周邊環繞，因此所攜載之壓艙水並無外來種問題，但為因應國際趨勢並預備未來航線擴展的可能性，在國內眾船隻中率先安裝壓艙水處理設備，走在國際公約的前端，其安裝與操作經驗可供國內航商在壓艙水處理設備的安裝上的參考。

(1) 設備安裝難易度

因整套處理設備包含多項系統模組，且需要配合壓艙管線位置，因此在安裝上最大的需求是空間和線路配置問題。由於華運輪為新造

船，在設計時便已預留設備空間，且線路配置(包括壓艙水管道與自動化系統線路)都已事先規劃，因此在設備安裝上並不困難。但對於現有船，若要裝置壓艙水處理設備，不僅需要在擁擠的機房中再擠出空間來，且線路的調整也相對於新造船複雜許多；因此成本上現有船的安裝成本會甚至大於設備成本。

(2) 設備效能與維修

市面上的壓艙水處理設備多是應用現有的水處理原理加以改進而成，截至 2011 年 6 月為止，經國際海事組織(IMO)認可的壓艙水處理系統有 25 件，其中有 24 件問市。

本案所調查的壓艙水處理系統於 2009 年 7 月取得 IMO 根據公約規範九(G9)的最終認證。並於 2011 年 11 月安裝後在陸上完成所有機組的性能測試，但因陸域實驗室條件與實際海域條件的差異而在安裝後進行設備改良。改良項目主要有二：一是要將臭氧注入壓艙水管道時，因海水壓力遠大於原本預設的壓力，造成壓艙水向臭氧注入端灌入的情形，造成設備故障；因此，將原有的單點注射幫浦更換為較大馬力數的幫浦。二是臭氧製造效率過低，剛開始時需要 48 個小時才能達到可使用的臭氧濃度，但該船航程往往小於 48 個小時，設備形同虛設；本問題在廠商維修以後獲得改善，僅需半小時便可達到所需的臭氧濃度。

因此，如何鑑別一套實驗室中模擬實況所認證的設備實際在海域環境操作時是否能發揮最大效能，以及設備耗材、維修的花費，都需要一段長時間才能評估出一套設備的安裝價值。

(3) 操作便利性

對於船員而言，現有的船務已繁重，因此設備在操作上是否方便也是一項重要的考量。目前各種設備都已使用自動化管理，以華運輪所裝置的壓艙水處理設備為例，操作人員只需在抵港前啟動系統，讓系統開始製造臭氧，等到船舶靠岸裝卸裝卸貨、壓艙水幫浦運作同時，

因壓艙水處理設備與船舶原有的壓艙水管理系統已結合，因此設備會自動將預備好的臭氧注入壓艙水中，並自動偵測臭氧濃度，調整各步驟之進行。並且在機房、主控室、貨控室都有監測面板，面板上除了顯示整套系統的架構與運作現況外都有清楚的圖示。為避免臭氧造成危害，在安全上也配有多個偵測點位，並在監測面板上顯示有臭氧濃度，方便操作人員掌握設備運作情況。

(4) 對於選擇壓艙水處理設備的建議

在壓艙水公約即將生效之際，選擇適宜的壓艙水處理設備是目前航運公司相關關注的議題，以下將提出選擇壓艙水處理設備時需要考慮的項目：

(a) 船上空間配備需求

要裝置壓艙水處理設備於船上首先需要考量船上是否有足夠的空間，對於新造船可在設計時便可將設備空間與管線配置一併規劃，對於現有船舶需要考慮現有結構與管路修改的可行性，包括壓艙管路系統、自動控制系統等，也要考量安裝設備的可用空間及其相關耗材的可用存放空間，此外，船上供電系統是否足夠也要納入考慮。目前為了船舶上安裝容易，許多設備都是分離模組、單元部件的組裝系統，可配合現有船上有限的空間便於裝置。

(b) 成本估算

壓艙水設備所需的成本，除了基本的設備本身費用外、安裝費用外，還有運轉耗能費用、相關耗材費用、故障維修費用等。華運輪的船長與輪機長在受訪時表示市面上眾多的壓艙水處理設備可選擇，但目前只能以設備本身的費用作為購買時的參考依據，至於安裝後的運轉耗能費用、相關耗材費用、故障維修費用等需要數年的經驗累積計算才會知道一套設備實在的成本為何。

(c) 人員操作

在船上裝置壓艙水設備將增加船員的每日作業量，因此需要將正常操作該系統所需人力、船員使用該系統的技能、操作上的方便性列入考量。除了設備本身的運作外，也要考量設備的其他限制及特殊需求等。以上述的臭氧處理系統為例，因臭氧為有毒氣體，因此在安全上還配置有多處的點位臭氧濃度監測器，以確保船上人員安全，相關設備的保養維護所需的人力也要考量。

(d) 設備效能

壓艙水處理系統的處置量必須大於船上壓艙水最大容量，並且壓艙水換水頻率以及航行時間與壓艙運轉、既有壓載泵的數目與特性(壓力與流率)都需與設備本身的設定能符合。為了使設備的處理效能符合公約要求，需要留意該系統的認可與發証現況，並且各船舶需要依其航行區域，留意港口國是否有其他的要求，以選擇能達到水質標準的設備。

6.3 臺中港之岸上設施規劃

根據「海水污染管理規則」第 35 條，港區中由於船舶所造成的污染，包括有「油、有毒液體物質及其殘留物、污水、不潔壓艙水、洗艙水等」，而處置方式為「應留存船上或排入收受設備」，第 36 條對於收受裝備有進一步的說明：「商港及離岸終端站管理機關應於適當處所，置備收受船舶遺留之含油或含毒物質之殘留物及混合物之設備，其能量及容量應足供該港或離岸終端站船舶之需要。」基於上述條文並參考「海洋污染防治法」第 26 條、第 29 條，為避免商港區域遭受污染，於 2011 年新修正的商港法，增訂船舶之廢油水、廢棄物或其他污染物質，應留存船上或排洩於岸上收受設施規定。

但「壓艙水公約」中所指的壓艙水並非上述條文的「不潔壓艙水」(係指含油的壓艙水)，關於在法律上的適用問題將於第七章中進行討

論，大型壓艙水收受設施的技術也有待進一步開發，本小節的討論以法律適用問題已獲解決為前提，針對港區收受設施的設置可行性進行討論。

要在現有的港區設施中設置岸上壓艙水收受設施有三種可能性：與現有污水處理設施合併使用；另尋場地建置專用設施；使用移動性裝置。以下將一一討論。

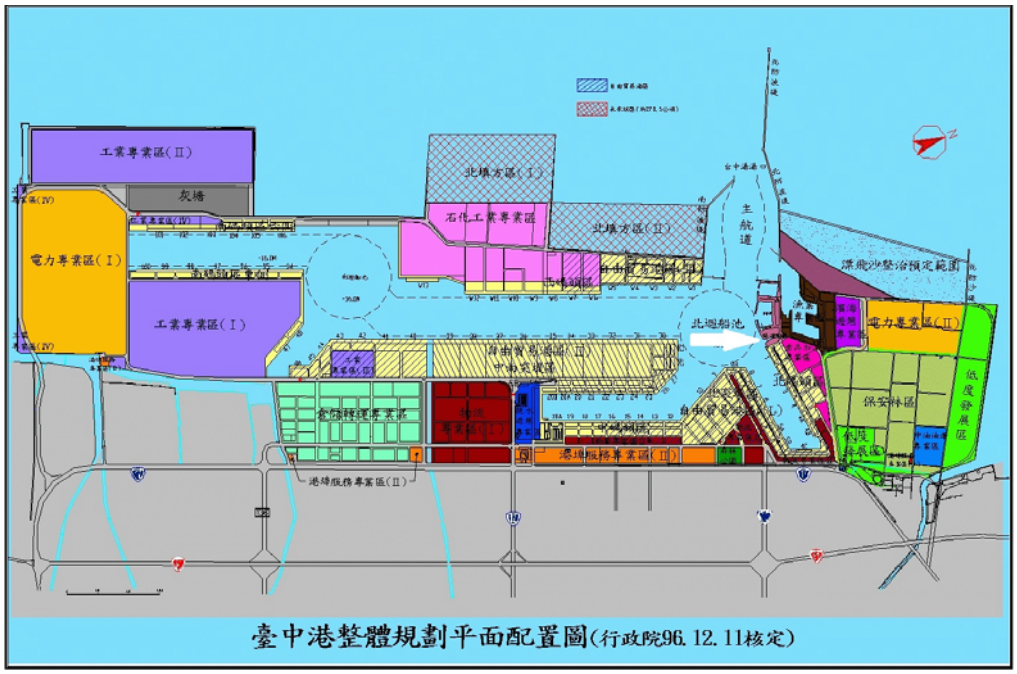
1. 與現有污水處理設施合併使用

考慮將岸上壓艙水收受設施若能與現有污水處理設施合併使用，主要是顧及港區土地有限，兩者都為水處理設備，若能在功能上結合，船舶在使用流程上也將較為流暢。上節所提及之阿拉斯加巴爾德斯海運站即是與將壓艙水處置與現有港區設施合併使用的例子，然臺中港區內目前未建有處理油輪壓艙水之大型岸上收受設施。一般為眾熟知的船舶廢(油)污水收受設施由於所能接受的處置量有限，且功能上主要是為清除油污，與壓艙水收受設施消除外來生物種的目的大為不同。若要合併使用，勢必要在這兩項功能上有所突破。

2. 另尋場地建置專用設施

若與現有設施合併使用在技術上無法克服，或可考慮獨立建置壓艙水收受設施；為此需有適合的場地，以維持船舶靠港作業流暢為前提。圖 6-8 為臺中港港區配置圖，入港船舶由主航道進入臺中港而至各碼頭停靠，而圖中箭號標記處為臺中港現有的船塢，其長 155 公尺、寬 28 公尺、深 8 公尺，附屬設施有 6 噸絞盤機四台，地下抽水泵房二所得(各設 100KW 主泵二台，50HP 助輔泵三台及通風系統等)，100HP 空氣壓縮機一台，1,000KW 柴油引擎警急發電機一台，塢邊電源箱十個(A/C 60Hz 440V 380V 220V 110V)，以及壓縮空氣、淡水及海水供應系統等。與其他碼頭用地與工業用地相較，是用以建置岸上壓艙水收受設施較適當的地點，不僅就船舶動線而言較為順暢，各種的配備也較齊全，並且亦可於船塢建置公約技術規範依規定之沉積物收受設

施。因此，或許可考慮於在北迴船池東側近船塢處建置岸上壓艙水收受設施。但因可使用地仍有限，且靠近主航道，船舶往來較為頻繁，在此建置的岸上壓艙水收受設施因腹地有限；因此同一時間僅提供有限數量船舶使用，也可能造成船舶行程的耽延。



資料來源：臺灣港務股份有限公司臺中港務分公司官網。

圖 6-8　為臺中港港區配置圖

3. 使用移動性裝置

移動式裝置是指在駁船上裝置有壓艙水處置設施，或稱船接式(ship-mounted)或駁船式設施(barge-mounted facilities)。這不但解決了港區土地有限的問題，且能滿足功能單一的需求。事實上，目前港區內的廢油污水往往是委託經環境保護主管機關許可之公、民營廢棄物清除處理機構為之，其作法亦可視為移動式裝置，藉使用拖船等工具以移除船上廢油污以另行處置。未來在岸上壓艙水收受設施的技術開發上，應可朝此方向發展。

6.4 結論

根據上述討論(整理如表 6-7)，顯示我國目前可採用的處置方式為船用壓艙水管理系統，是航運公司目前傾向採用的處置方式，且大多數的新建船舶都已裝置有船用壓艙水管理系統，惟系統設備相關資訊的取得國內目前缺乏可靠資訊來源；未來公約生效後，船舶配備船用壓艙水管理系統必為國際趨勢，因此我國公部門應積極研擬船舶使用船用壓艙水管理系統的各項檢查配套措施並提供相關可靠資訊，以協助業者配合實施政府管理政策。

而岸上壓艙水收受設施由於技術問題仍有待克服以及國際上使用的案例極為少數，但其安全性高且較具公信力，因此可列為未來港口技術開發項目之一，尤以駁船式設備為較可行的應用。

表 6-7　船用與岸上壓艙水處理設施之比較

處置方式	優	缺	應用於我國
船用壓艙水管理系統	對航程影響最小。	1.目前仍缺少全球統一適用的檢驗流程與標準。 2.港口國核查不易。	航商使用意願高，但缺少可信設備資訊。
岸上收受設施	安全性高。 最具公信力。	1.技術上有待突破。 2.岸上收受設施費用問題。 3.可能影響船舶行程。	1.航商使用意願低。 2.港區目前無大型船舶除污設施。

第七章　研擬臺中港船舶壓艙水管理制度之建立

本章將探討船舶壓艙水在管理上的實施要點。架構上將以船舶抵港後港口國應有的管制作為主要思維，從壓艙水指定交換區的設置、抵港前船隻申報制度、到船舶抵港後港口國官員在壓艙水管理方面的執法能量與相關法制問題加以討論。圖 7-1 為船舶壓艙水管理流程示意圖，此圖也呈現第六章與第七章各研究項目間的關聯。

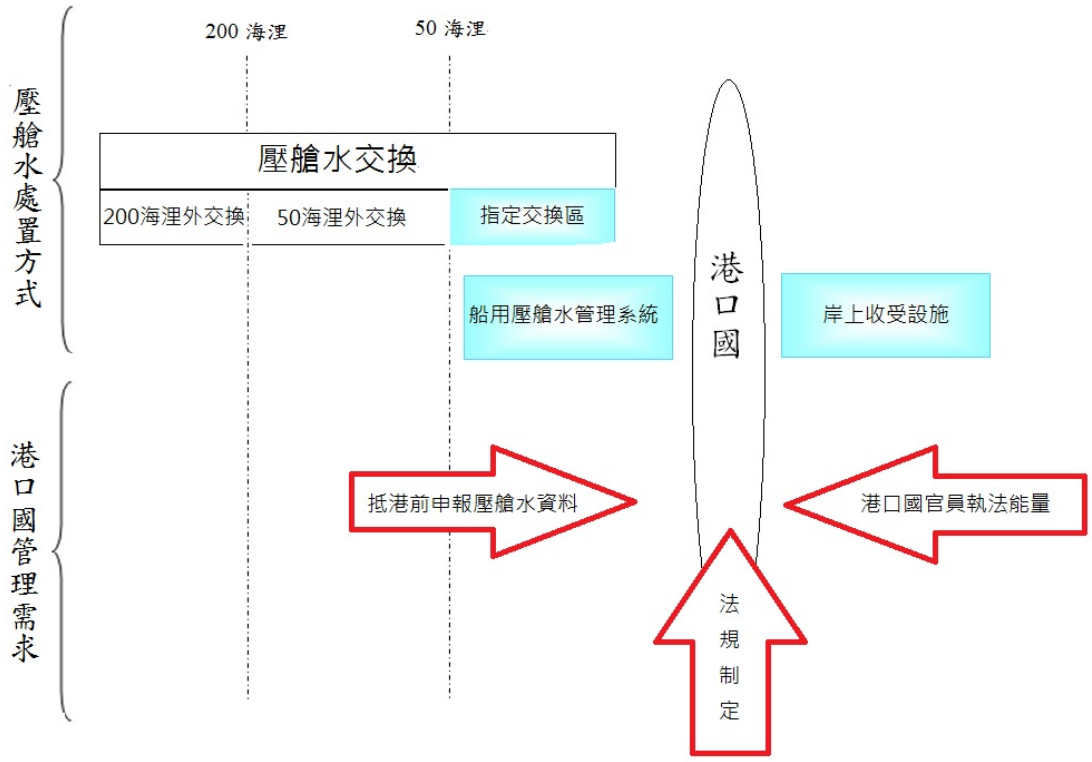


圖 7-1　船舶壓艙水管理流程示意圖

7.1 指定壓艙水交換區規劃

在「壓艙水公約」第 B-3 條中規定了船舶壓艙水管理的兩個時程(表 6-1)，其中 D-1 標準為壓艙水交換標準，建議船舶可在大洋中完成壓艙水交換，若使用順序法應達到其所載壓艙水量的 95%的交換率，若使用連續法，應達到注入及排出壓艙水至少 3 倍容積的水量。但壓艙水

交換因受海象、天氣、船舶條件的限制，無法根除壓艙水所帶來的外來種入侵風險，因此較嚴格的 D-2 標準須藉由使用壓艙水管理系統才可達到，但在所有船舶皆裝置有符合標準的船上處理設備之前，實施強制性的大洋壓艙水交換成為過渡時期必然的手段。

壓艙水交換區的位置在公約第 B-4 條第 1 項中建議最好在距離最近陸地至少 200 海浬和水深至少 200 公尺以上的位置，如因海域、船舶條件無法達成上述建議，至少應在距離最近海岸 50 浬及水深至少 200 公尺以上之處完成交換，若無法實現上述條件，則可由港口國指定特定海域允許船舶在該處進行壓艙水交換(Alternate Ballast Water Exchange Zone, ABWEZ)。

一般而言，當海流、離岸流越強大、海底深度越深的條件下，該區域可以成為十分良好的交換區，因為水流可以將壓艙水中的生物體帶離岸邊，足夠深的地形也不適合沿岸生物的生長，同時也要避免在偏離既定航線上建立交換區，以方便來往船舶在其中進行壓艙水交換。本節將先對已劃設有壓艙水交換區的國家進行案例分析，然後將討論我國未來若要劃設壓艙水交換區，如使用環保署已劃設之海洋棄置區是否可行。

7.1.1 國外案例分析-加拿大的壓艙水交換區

加拿大早在壓艙水公約通過前於2003年便與美國共同研擬斯高特大陸棚和緬因灣(Scotian Shelf and Gulf Maine)的壓艙水交換區劃設，該區位於兩國交界處、航線繁忙，各國船舶也經常在此區域交換壓艙水，使得外來物種的入侵風險增高，因此經過評估後便劃設了一個交換區。到了 2011 年公布之最新的壓艙水控制與管理規則(Ballast Water Control and Management Regulations) (Government of Canada, 2011)第六條第四項中所公布之壓艙水交換區已增加為四個，分別為：(1)對於加拿大東岸的離岸海運站或是下錨區的任一港口的航次，必須在北緯43°30'以南，水深至少 1000 米處交換；(2)對於加拿大西岸的離岸海運站或是落錨區的任一港口的航班，必須在距離溫哥華島和夏洛特皇后

群島(Vancouver Island and the Queen Charlotte Islands)至少 50 海浬和從史考特岬(Cape Scott)到聖雅各岬(Cape St. James)之延伸線以西至少 50 海浬，水深至少 500 米處，但距鮑伊海底山(Bowie Seamount)50 海浬之內的水域除外。(北緯 53°18'，西經 135°40')；(3)對於哈得遜灣(Hudson Bay)的離岸海運站或是落錨區的任一港口的航班，必須在哈得遜海峽(Hudson Strait)以東到西經 70°，水深至少 300 米處；(4)對於高北極區(High Arctic)的離岸海運站或是落錨區的任一港口的航班，必須在西經 80°以東，水深至少 300 米的區域。

指定壓艙水交換區的劃設並非永久性，因海洋中各種錯綜複雜的運動會隨著時間變化，因此有必要定期對於指定交換區重新評估，以確實知道該區域的條件是否仍適於壓艙水在該處交換。

以哈得遜海峽(Hudson Strait)的交換區為例，自 2006 年起，根據加拿大船舶法案(Canada Shipping Act)下的壓艙水控制與管理規則(Ballast Water Control and Management Regulations)，對於無法完成大洋交換的船舶，可在哈得遜海峽(Hudson Strait)以東，西經 70°，水深至少 300 米處進行交換(圖 7-1)。到了 2009 年便對該區進行重新評估，評估項目包括海洋物理和化學、船舶航線、風險評估等三大項，各項目細節如表 7-1 所示(Canadian Science Advisory Secretariat, 2009)，評估結果簡述如下：

1. 海洋物理和化學方面

在壓艙水交換區(ABWEZ)內深冷、鹽度較高、季節性的冰覆蓋水域會由海岸隨著向東的強勁海流移動。因此，可保留原有在哈得遜海峽(Hudson Strait)內的交換區，並可向東延伸，因為在此交換壓艙水所帶來的生物群不太容易被帶到丘吉爾(Churchill)附近深度較淺、溫暖、鹽度低的水域。

表 7-1　哈得遜海峽(Hudson Strait)指定壓艙水交換區評估項目

1.海洋物理和化學
(1)水深
(2)海岸線和海底
(3)潮汐
(4)循環和水團特徵
(5)海冰
2.船舶航線
(1)進出口
(2)海運
(3)未來展望
3.風險評估
(1)哈得遜海峽和哈德遜灣複雜的生態風險
a.植物
b.無脊椎動物
c.魚類
d.海洋哺乳類
e.鳥類
(2)生態敏感區
(3)考慮在哈得遜海峽壓艙水交換的替代區
(4)不確定性

資料來源：Canadian Science Advisory Secretariat , 2009。

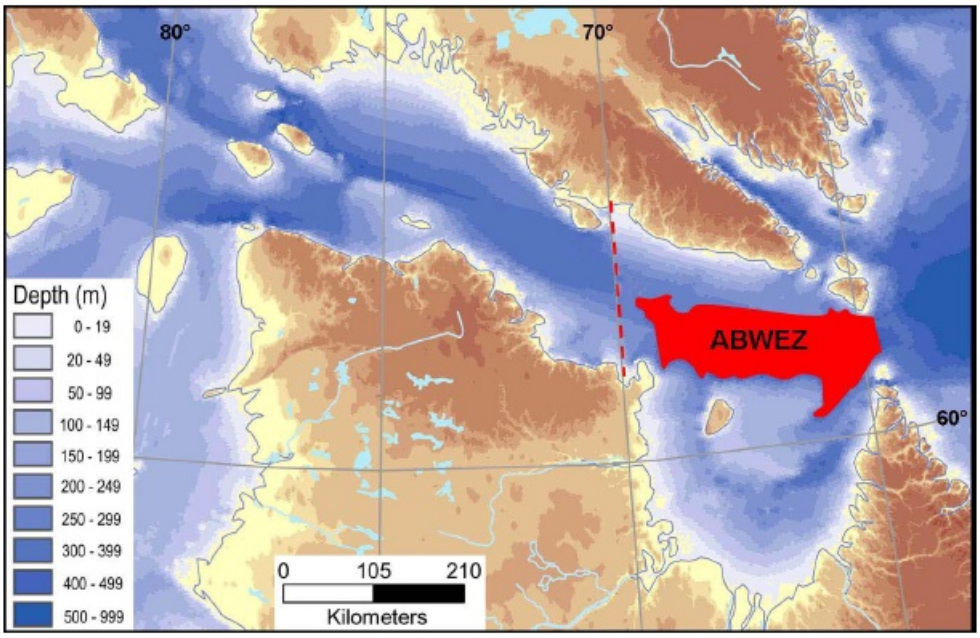
2. 船舶航線

所有通過哈得遜海峽進入加拿大東部北極的船舶，包括有裝載有壓艙水的船舶和沒有裝載壓艙水但用海水洗艙的船舶，都應像越洋船舶，遵循壓艙水交換的同樣的程序。這種預防方法應遵循的壓艙水的處理，直到這些船隻或研究實施表明，風險是可以接受的。否則，從國內沿海水域的非本地物種的蔓延是不受控制的。這樣的預防措施應被執行直到這些船舶有實施壓艙水處理或者研究調查認可其風險是可被接受的。否則來自國內近岸水域的非外來種擴散也是無法控制的。

3. 風險評估

需要進一步研究在哈德遜灣複雜的國內外船舶壓艙水交換在哈德遜海峽對於相關物種所引進的風險。在哈德遜灣東部的拉布拉多海進行壓艙水交換的相對優點，也應考慮。

基於調查所得之胡德孫海峽海洋地質與生態資訊，以及其與哈得遜灣複雜的交互作用，建議將原有的指定交換區向東延伸，並將區域寬度縮小，以減少近岸地區受到外來物種污染的風險。最後於 2010 年正式公告(Fisheries and Oceans Canada, 2010)調整後的指定壓艙水交換區(圖 7-2)，其邊界位置為：東界為 63°W，北界從 61°05'N, 63°00'W 到 61°05'N, 67°00'W，再由 61°05'N, 67°00'W 到 61°30'N, 69°00'W，西界為 69°W，南界由 61°30'N, 69°00'W 到 60°55'N, 67°00'W，再到 61°05'N，63°00'W。為確保指定壓艙水交換區的可用性，有必要定期進行各方面的評估。

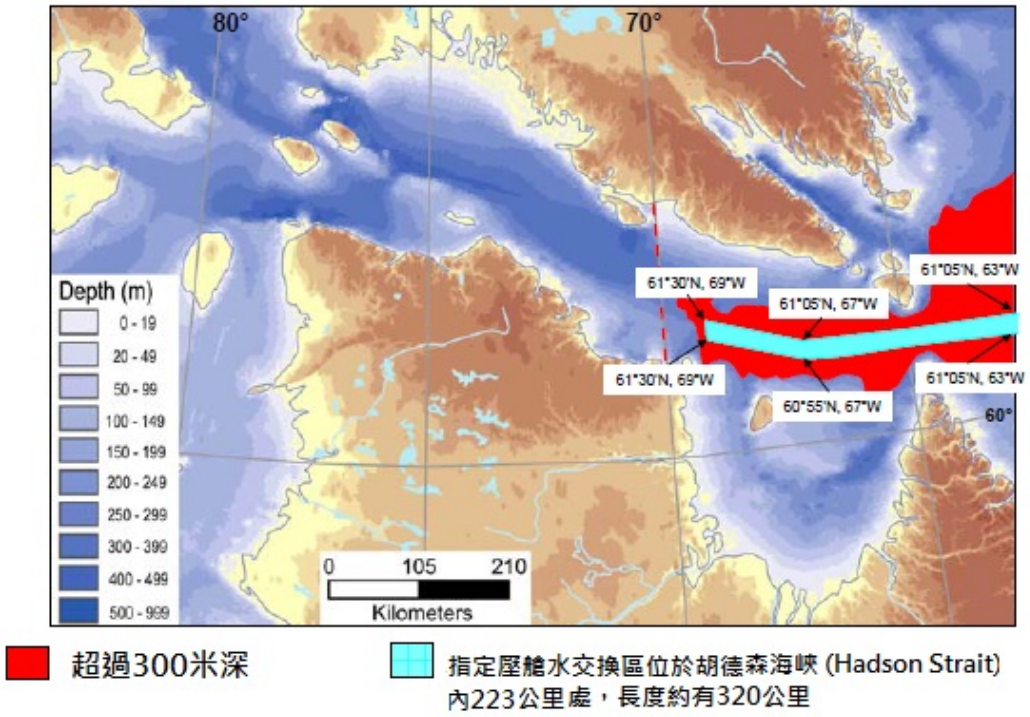


資料來源：Canadian Science Advisory Secretariat，2009

圖 7-2　2006 年所公布的指定壓艙水交換區

7.1.2 海洋棄置區的可用性

臺灣海峽為大陸棚地形，平均水深約 60 公尺，寬度約 200 公尺，因地理條件的限制，不易找到符合「壓艙水公約」中所建議的交換的位置，因此有需要規劃出適合的交換區域。行政院環保署曾於民國九十三年五月四日根據「海洋污染防治法」第 21 條第 2 項公告了「海洋棄置指定海域」(環署水字第 0930031364B)(圖 7-3)，提供海洋實驗之投棄或利用船舶、航空器、海洋設施或其他設施，運送物質至海上傾倒、排洩或處置(海洋污染防治法第 3 條第 7 項)，亦針對需要進行海拋的物質作出明確管理辦法、申請流程、收費標準、以及物質的區分。

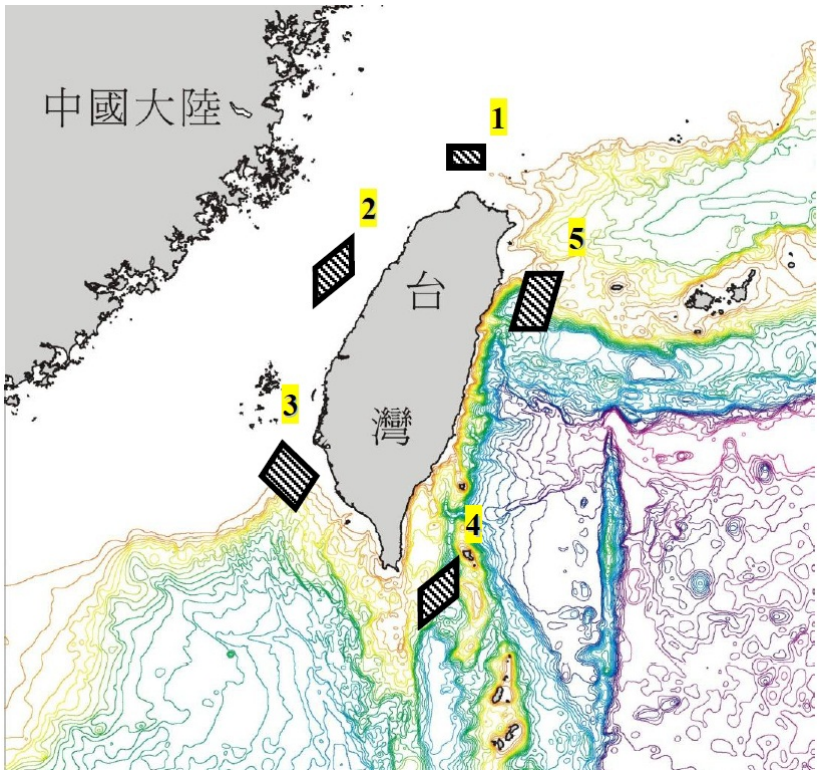


資料來源：Fisheries and Oceans Canada，2010。

圖 7-3　2011 年經過評估後所公布的指定壓艙水交換區

海洋棄置區的海域物理、化學、生物特性必須可將棄置物藉由快速稀釋、擴散作用，而將污染物的影響減至最低，並且必須考量不影響漁業作業區域與時間；這與壓艙水交換區所需要的海域特徵相當符合。對此造成影響的因素有許多，這也就是在選址上所需要考量的項

目，包括海域洋流、水深與地形特徵等。洋流強弱、方向，造成該海域在能量傳送上的強弱不同，能量強的海域較能量低的海域更能將外來的物質在短時間內稀釋、傳送(蘇千淙，2004)。即使一海域具有能外速稀釋外來物質的特徵，還需要整體性地考量海域空間規劃，避開其他海洋利用區域：特別是重要漁場、自然生態資源保育區，卻要不偏離主要的航線。本節針對進入臺中港之船舶進行考量，因此將就西部海域之三處海洋棄置指定區域，即圖 7-4 中之區塊 1、區塊 2、區塊 3 之海洋、海域水質、底泥性質等三方面特性是否適於壓艙水交換進行討論，以下資料來源為經濟部水資源局國立成功大學水工試驗所研究試驗報告第 295 號(2003)。



資料來源：張齊心，2009

圖 7-4　環保署公告之海洋棄置指定海域示意圖

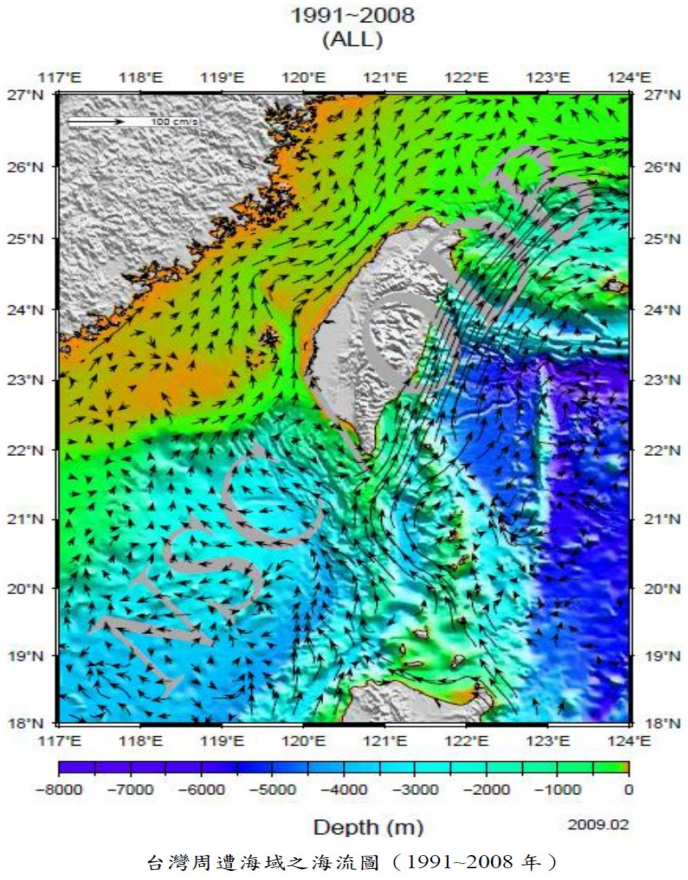
1. 海流特性

區塊 1 之潮汐型態為全日潮與半日潮之混合潮型，但其潮流則為半日潮型，也就是說北區潮流以半日潮為主。本區塊之底層海流季節

性的差異並不明顯，但在中層水深之海流，季節性之變化則相對較大，春季時其平均流向往東北，但秋季時則轉為西南向，至於其中層水深之海流季節性之變化也很明顯，呈現春季時往東北東，秋季時向南。

區塊 2 在潮汐與潮流上同樣以半日潮為主，而底層海流在季節性的差異並不大，其平均流向在春季及冬季時均為東北向，判斷此海域存在一沿岸往東北之恆流。

區塊 3 之潮汐型態為全日潮與半日潮之混合潮型，但其潮流則為半日潮型，也就是說南區潮流以半日潮為主，這與區塊 1 型態相似。且底層流速在季節性的差異性並不大。



台灣周遭海域之海流圖（1991~2008 年）

資料來源：張齊心，2009

圖 7-5　臺灣海域自 1991 年至 2008 年之平均海流圖

再參考自 1991 年至 2008 年之臺灣海域平均海流圖(圖 7-5)，發現區塊 1、區塊 2、區塊 3 都有北向海流通過，壓艙水如排放在區塊內

將不易流至沿岸海域，海水的稀釋與流通性皆十分良好。3 號棄置因位於澎湖水道，海流快速且冬季有黑潮支流經過，更加速了水流的速度。

2. 海域水質特性

區塊 1、區塊 2、區塊 3 中各項水質均能符合乙類海水標準，各項水質有乙類海水標準者，均能符合其標準。區塊 2 除大腸桿菌群與總磷曾於第二季出現較高外，其餘並無異常，各測站間差異性不大。區塊 3，除總磷於第二季出現較高外，其餘並無異常，各測站間差異性不大。

在水體分層方面，三個區塊都是以水溫之垂直變化較大，酸鹼度與水溫多隨測站水深之增加而降低，以下層水相對較低；鹽度與導電度多隨測站水深之增加而增加；溶氧多以上層水溶氧相對較高；濁度多以下層較高。在重金屬方面變化則較不明顯。

3. 底泥性質

區塊 1、區塊 2 所在的大陸棚約為 100 公尺，雖未達到公約所建議至少水深 200 公尺的要求，但其水流的特性可以彌補此缺點。區塊 3 因位於澎湖水道之內，又澎湖水道水深可達 200 公尺，其水域的特性與沿岸水域差別時分大，故為一個十分良好的交換地點。

由沉積物砂含量比例中可看出，區塊 1 之沉積物為砂，區塊 2 之沉積物主要是砂質泥，區塊 3 之沉積物主要是砂。三個區塊之化性分析都顯示其重金屬多在臺灣沿海變動範圍內，無異常偏高測值出現。

除了上述三方面海洋棄置區的特性都適於作為壓艙水交換區域外，在海洋棄置區劃設時，主管機關已避開主要漁場與生態保育區。就著臺灣海域有限的空間而言，若要滿足上述條件且將海洋棄置區視為不可使用的海洋利用區，而另闢壓艙水交換區域實非易事。因此，將海洋棄置區作為壓艙水交換區，就其功能而論不失為可行的選項。

7.2 船隻申報制度

7.2.1 美國船隻壓艙水申報制度

美國對於壓艙水管理在聯邦層級上主要有兩個機關，即海岸警衛隊(USCG)與環境保護署(EPA)，兩者的關係密切(The National Academies Press research council, 2011)。為瞭解美國船舶壓艙水申報制度，需要對壓艙水管理的歷史發展與目前最新的規定有所認識。

在美國自八○年代初期開始有因壓艙水排放造成的外來種的入侵事件，因而於 1990 年頒布「外來有害水生物種防止和控制法」(US Nonindigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control Act, NANPCA)，為更有效管理外來種問題，於 1996 年頒布了「國家入侵物種法」(National Invasive Species Act of 1996, NISA)，要求國土安全部下的美國海岸警衛隊(the U.S. Coast Guard, USCG)建立國家自願壓艙水管理的指導方針，並為量化、研究分析由於壓艙水排放造成的外來種入侵問題，於隔年成立「國家壓艙水資訊中心」(National ballast information clearinghouse, NBIC)，負責壓艙水資料的彙整與研究分析。

為了落實強制性壓艙水管理措施，於 2004 年將相關條文公告於聯邦法規第 33 條(33 CFR 151 subparts C and D)。其內容是要求所有欲進入美國水域的船舶(有幾種類型可得豁免：從事沿岸貿易的原油油輪，國防部或海岸警衛隊船隻，以及只在一個港區內操作的船隻等。)必須在進入專屬經濟區前完成壓艙水交換，且在抵港前 24 小時完成壓艙水資料申報。若因特殊因素無法完成在專屬經濟海域外完成交換者，可在指定交換區完成壓艙水交換後才得進入目的港口。違反規定(33 CFR part 151)者，包括不確實執行壓艙水交換者與未確實申報者，最高可處 27500 美元罰款且可按日連續處罰，若蓄意違反本規則者，可判處 C 級刑事重罪。

但因壓艙水交換會受海象、地理、船舶安全等限制，而無法完全達到隔離外來種入侵的威脅，因此在管理上便由規範壓艙水交換標準

(Ballast Water Exchange, BWE)轉而制定壓艙水排放標準(Ballast Water Discharge Standard, BWDS)。美國海岸警衛隊(USCG)曾於 2009 年 9 月公布稱為「壓艙水白皮書」的提案(White Paper - Ballast Water Discharge Standard)(USCG, 2009)，內容包括壓艙水排放標準的建議及實施時程規劃，預計共分兩階段實施，第一階段排放標準是根據國際海事組織(IMO)之壓艙水管理公約之 D2 原則，第二階段排放標準則較國際海事組織(IMO)的標準嚴格 1000 倍。然而，由於事實上現有處理系統技術尚未能達到此一標準，因此於 2012 年 3 月 23 日海岸警衛隊公布修正過後的標準(USCG, 2012)，將 2009 年所提案的階段二標準廢除，而以階段一標準也就是 IMO 所公布標準作為基準要求，修正過的相關規定公告於聯邦法規第 33 條(33 CFR part 151)。

相較於海岸警衛隊，環境保護署開始壓艙水管理的時間較晚。九◯年代便開始有環保團體曾向環保署請願，認為船舶排放屬於點源污染，環保署應依清潔水法案(Clean Water Act, CWA)所授權之國家污染排放減量系統(National Pollutant Discharge Elimination System, NPDES)進行管理，但因環保署依國家污染排放減量系統(NPDES)規定解釋其管制的污染範圍並不包含船舶正常操作下的排放，於 2003 年拒絕請願(EPA, 2008)。因此，多個環保團體向美國聯邦北加州地方法院提出對環保署的訴訟，並擴大成為數個州(紐約，密歇根，明尼蘇達，賓夕法尼亞和威斯康星州，伊利諾斯州)，和代表航運業的壓艙水聯盟同以原告的名義進入本案。法院於 2006 年判定應將壓艙水排放列為船舶正常操作下的排放的例外，並於 2009 年 2 月生效。至此，確定了環保署有責於壓艙水管理(EPA, 2009)。

環保署遂逐漸發展新的船舶排放的管理辦法，並於 2009 年 12 月通過「船舶普通許可」(Vessel General Permit, VGP)，要求完全依照海岸警衛隊制定的壓艙水強制管理與更換標準，有了具體的法源根據，環保署便開始與海岸警衛隊密切合作共同管理船舶壓艙水問題。兩者在壓艙水管理的標準上是相同的。海岸警衛隊管理範疇涵括船體和船舶其他方面的污染，環保署的管理重點則集中於船舶排放，但所管制

的船舶種類較海岸警衛隊廣泛，如船舶普通許可(VGP)包括了商用漁船(EPA，2011a)，而海岸警衛隊所規定壓艙水的管理僅限於商船。船舶所有人或經營者必須在取得許可的 30-36 個月內向環保署繳交書面「一次性報告」(one-time report)，以及向環保署各區域辦公室每年的違規報告(Annual Noncompliance Reports)。如未取得許可而在美國水域內進行船舶排放，可能導致嚴重的民事和刑事處罰。

2008 年所公布之船舶普通許可(VGP)將於 2013 年 12 月過期，環保署現已公布新的船舶普通許可草案(2013 draft VGP and Small Vessel General Permit)(EPA, 2011c)以接續之。新的辦法除了維持在 2008 年船舶普通許可中所規定的 26 種船舶排放外，並將壓艙水排放更明確的以量化規範。為提高行政效率，將原有的一次性報告廢除而與違規報告合併，成為年報(Annual Report)，並將所有的分析監測數據列為年報的一部分；以及將申報資料與工具電子化等。藉此降低重複繳交報告的情形以簡化申報流程。藉由海岸警衛隊與環保署將壓艙水管理的相關計畫進行整合，將使整個管理系統更全面且更精簡。

因此，對於欲進入美國水域的船舶而言，共有兩種關於壓艙水管理的申報，一是向環保署每年申報一次的船舶普通許可，這是廣泛性地在美國水域內各種形式的船舶排放許可；另一則是每次抵港前的專門的壓艙水申報資料，各船舶必須在抵港前二十四小時內，如航程未達二十四小時者，則於離港前二十四小時內，將指定申報表格以電報、傳真或電子郵件的型式向海岸警衛隊申報，或直接向國家壓艙水資訊中心(NBIC)申報。但需注意目的港口所在的州政府是否有額外的壓艙水管理辦法，例如，加州政府要求進入該州港口的船舶，除了向海岸警衛隊申報壓艙水資料外，也需向加州土地委員會(California State Lands Commission, CSLC)申報，且每年還需申報船上壓艙水處理系統的資料。

表 7-2 為美國海岸警衛隊在 2004 年實施強制性壓艙水管制所公布之壓艙水申報表格，內容包括有六個部分，分別為：(1)船舶資料(2)航運資訊(3)壓艙水體積(4)壓艙水管理(5)壓艙水歷史紀錄(6)職稱及簽名。

表 7-2　美國壓艙水申報表格

壓艙水回報表格

這是一個修正過的表格嗎?　是□　否□

1.船舶資料	**2.航運資訊**		**3.壓艙水使用與體積**		
船名：	抵達港：		確認單位(m^2，*MT*，*LT*，*ST*)		
IMO 編號：	抵達日期：		船上總壓艙水：		
擁有人：	代理商：		船上總壓艙水		
型態：	前一港：	前一港國家：	容積	單位	總壓載艙數量
總噸位：			船上總壓艙水攜帶能力：		
無線電呼號：	下一港：	下一港國家：	容積	單位	船上總壓艙數量
船旗國：					

4.壓艙水管理　經過交換的壓載艙總數量：

已經交換過的壓載艙，有多少：　　經過交換：　　經過替代方案管理：

請確認所使用的替代方案，如果有使用的話：

如果沒有壓艙水處理行為，請說明理由：

船上有無壓艙水管理計畫：有□　沒有□　　是否有履行管理計畫：有□　沒有□

船上是否有 IMO 壓艙水處理指導方針？(res. A 868(20))?　有□　沒有□

5.壓艙水歷史紀錄：紀錄在抵達港口國時所有要交換壓艙水的壓載艙；如果沒有，跳至第六部分(如果需要可使用額外表格)

壓載艙/底層艙 分別列出多重來源/壓載艙	**壓艙水來源**				**壓艙水管理實施**						**壓艙水排放**			
	日期 日/月/西元年	港口或經緯度	體積 (單位)	溫度 (°C)	日期 日/月/西元年	結束點 或經緯度	體積 (單位)	交換 百分比	方法(批次/ 連續/其他)	海平面高度 (m)	日期 日/月/西元年	港口或 經緯度	體積 (單位)	鹽度 (單位)
														sg
														sg
														sg
														sg
														sg
														sg
壓載艙代號：船首艙(Forepeak)=FP，船尾艙(Aftpeak)=AP，深艙(Double Bottom)=DB，翼艙(Wing)=WT，船舷艙(Topside)=TS，貨艙(Cargo Hold)=CH，其他(Other)=O														

6.負責人員姓名和職稱以及簽名：

7.2.2 澳洲船隻壓艙水申報制度

澳洲於 2001 年便開始實施強制性的壓艙水管理，澳大利亞檢疫及檢查服務處(The Australian Quarantine and Inspection Service, AQIS)作為澳洲政府對於船舶壓艙水管理之主管機關，職責是確認所有想要在澳洲領海內排放壓艙水的外國船舶都已遵守澳洲壓艙水管理的相關規定(National Seaports Program Australian Ballast Water Management Requirements)；所有來自澳大利亞領海以外的港口的船舶所攜載的壓艙水，因可能將外來物種帶進澳大利亞而被視為「高風險壓艙水」，澳大利亞檢疫及檢查服務處(AQIS)絕對禁止高風險壓艙水被排放於澳洲的領海水域內。而在澳洲領海內和國內港口的壓艙水管理，則由港口所在位置的地方政府機關主管。

以維多利亞洲為例，維多利亞州政府環保署(Victorian State Government Environment Protection Authority, EPA)要求所有船舶需要繳交壓艙水申報表格以及註明船舶壓艙水來源的日誌，若沒有維多利亞州環保署的批准，即使是汲取自國內水域的壓艙水也不可在維多利亞州水域排放。然而，澳大利亞檢疫及檢查服務處(AQIS)仍保有對汲取自澳洲領海外之壓艙水的監管責任。因此，對每一個造訪澳洲的船隻，船東有責任在澳洲所有港口航行時滿足澳大利亞檢疫及檢查服務處(AQIS)的規定，並且要確定各洲政府是否有額外的壓艙水管理規定。

為使整個管理架構能發揮功效，壓艙水申報乃是關鍵的環節。所有從國際水域要進入澳洲海域的船舶都必須在進入澳洲水域前的 12-96 個小時內，向澳大利亞檢疫及檢查服務處(AQIS)提出「到達前檢疫報告」(Quarantine Pre- Arrival Report, QPAR)，見表 7-3 澳洲官方所公布之申報表格。不繳交「抵港前檢疫報告」(Quarantine Pre- Arrival Report, QPAR)的船舶，將無法取得檢疫通關以進入港口，且這將可能躭延船舶行程且船舶可能需要負擔額外的費用。

表 7-3　澳洲壓艙水申報表格

澳洲檢疫署壓艙水管理摘要

船名：	建造年分：	無線電呼號：	IMO/勞式編號：	第　頁/共　頁	日期：

注意：

1)所有壓載艙都必須要有紀錄-包括空的壓載艙。

2)交換指導方針：

- 批次交換法：至少有 95%高風險水體必須再導入之前排放出去—抽空後的剩餘水量紀錄在表格。
- 連續交換法：最少要及取 300%的壓載艙總容積水量到每一個壓載艙。不相近的壓載艙不能同時沖洗，同時沖洗相近的壓載艙是可以被接受的。(例如：DB 的左舷及右舷)。
- 請在表格填入每一個壓載艙使用批次交換法或是連續沖洗法。(一個壓載艙一次只能使用一種方法)
- 進入澳洲水域零壓艙水：將剩餘水體積紀錄在表格 C。

紀錄交換壓艙水時的水深(公尺)：最小值：　　最大值：　　主管簽名：

(A)壓載艙或貨艙		(B)壓艙水來源			(C)交換 確認汲取用來作壓艙水的水量和估計現在每小時的輸水量(立方公尺/小時)						(D)預估在澳州港口排放的壓艙水		
					1 號磊		2 號磊		3 號磊				
壓載艙	最大容量(m^3)	汲取壓艙水的港口或地點經緯度	汲取日期	汲取壓艙水的容量(m^3)	交換地點(經緯度) 開始點(S) 結束點(E)	交換日期與時間 開始點(S) 結束點(E)	所使用的磊(磊號)	限批次交換法殘留水體積(m^3)	限連續沖洗或稀釋法		壓艙水排放港	排放日期	排放體積(m^3)
									汲取水量(m^3)	交換百分比			

壓水艙代號：船首艙=FTP 船尾艙=ATP 夾底艙=DB 底側艙=BST 深艙=DT 翼艙=WT 船舷艙=TST 貨艙=CH 傾側艙=HT 壓艙水艙=WBT 左舷=P 右舷=S 中舷=C 機艙污水槽=BGT 其他=O(詳細說明)

自 2010 年 7 月 1 日起澳大利亞檢疫及檢查服務處(AQIS)所執行之海港計劃(Seaports Program)為整合大於 25 米之國際線船舶所有抵港前活動而設立了「海上國家協調中心(Maritime National Coordination Centre, MNCC)，作為所有抵港前資訊整合的單位以及船務代理商、營運商等向官方的聯絡單位，並依航線區域陸續將申報系統完全轉換為電子申報系統(eQPAR)。

「抵港前檢疫報告」(Quarantine Pre- Arrival Report, QPAR)中，澳大利亞檢疫及檢查服務處(AQIS)要求船東必須申報該船是否符合澳洲壓艙水強制管理規定。所有船舶在澳洲海域內要排放壓艙水必須取得澳大利亞檢疫及檢查服務處(AQIS)的許可。

除了抵港前檢疫報告以外，澳大利亞檢疫及檢查服務處(AQIS)建議船舶在提出「抵港前檢疫報告」的同時，也要遞交「壓艙水管理摘要」(AQIS Ballast Water Management Summary, ABWMS)，此為船舶壓艙水管理的詳細記錄，包括在海上所進行之壓艙水管理的實況記錄、壓艙水汲取港口、大洋交換和預定在澳大利亞排放壓艙水位置等資訊；但並非強制性繳交。

一旦海上國家協調中心(Maritime National Coordination Center, MNCC)收到船舶所遞交的的壓艙水管理摘要(ABWMS)，就會由澳大利亞檢疫及檢查服務處(AQIS)官員上船進行驗證，官員將使用 QPAR、ABWMS 資料，在船甲板上、工程和壓艙水管理日誌核對該船所提供給 AQIS 的資訊是否正確，通常這需要花費 30 分鐘才能完成，並會同時進行例行性的船舶檢查。

對該船舶的壓艙水管理進行驗證，如果符合，澳大利亞檢疫及檢查服務處(AQIS)就會給予可在澳洲海域內排放壓艙水的書面許可。如果船舶未在抵港前隨同「抵港前檢疫報告」(QPAR)繳交壓艙水管理摘要(ABWMS)，就將不會被許可在澳洲海域內排放壓艙水，除非該船舶有經過登船檢驗。

表格 7-4 顯示船舶在進入澳洲海域向澳大利亞檢疫及檢查服務處(AQIS)申報時可能面臨的情況。

表 7-4　船舶進入澳洲海域可能面臨申報結果

<table>
<tr><td></td><td colspan="3">抵港前檢疫報告(QPAR)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">壓艙水管理摘要
(ABWMS)</td><td rowspan="2">通過</td><td>通過</td><td>未通過</td></tr>
<tr><td>可進入澳洲港口，
可在澳洲領海內排放壓艙水</td><td rowspan="2">不可進入澳洲港口</td></tr>
<tr><td>未通過</td><td>可進入澳洲港口，
不可在澳洲領海內排放壓艙水</td></tr>
</table>

7.2.3 我國現有申報制度

我國現有的申報制度是根據商港法第 19 條第 1 項「船舶進入國際商港，應於到達港區 24 小時前，出港應於 12 小時前，由船舶所有人或其代理人據實填具船舶入港或出港預報表，送航港局查核後，交由商港經營事業機構安排船席。」而「船舶入港或出港預報表」根據商港港務管理規則第 4 條第 1 項規定必須「載明來自何處、預定到達時間、吃水、船長、貨運種類、數量、船員與旅客人數、到達次一港及目的港。」

將我國現行的申報制度與美澳的壓艙水申報方式作比較，首先討論壓艙水資料申報格式，美澳均要求進港船舶需於抵港前 12 小時內完成壓艙水申報，且規定進港船舶使用不同於一般船舶入港申報的獨立壓艙水申報表格，如未依規定處理壓艙水者，就禁止該船舶入港，以徹底防範未守規定的船舶隨意在國家水域內排放壓艙水。我國未來可考慮在現有的申報格式內增加壓艙水資料欄位與一般入港資料合併申報，或如美澳作法，要求入港船舶填寫獨立的申報表格。前者對於船舶的進港作業較為便利，後者有利於壓艙水主管單位進行相關的資料整理分析。無論何種作法，要求入港船舶申報壓艙水資料乃是對於降低船舶壓艙水風險必要的措施。

再者，關於申報資料的後續整理與分析，美國有國家壓艙水資訊

中心(NBIC)彙整各港口所得之壓艙水申報資料、進行相關的研究與分析，並提供壓艙水管理政策上良好的參考。我國一方面需要在技術上加強電子申報系統並建立可能後續研究的壓艙水資料庫。然而，對於壓艙水資訊的管理研究該由何單位主管，澳洲是由檢疫單位負責、美國的國家壓艙水資訊中心為壓艙水管理專門設置的機關，與海岸警衛隊密切合作，而依我國現有體制該由何單位主管，這是個值得探討的問題，將於本章第 7.4 節針對壓艙水管理之法制問題進行討論。

由於船舶壓艙水管理在國內屬新興議題，產官學研界等尚無適當平臺對話溝通意見，緣此，本計劃於 2012 年 6 月 1 日於交通部港灣研究中心舉辦了「船舶壓艙水水質管理座談會」，與會人員包括政府交通港務、環保、農業防疫、海洋資源等部門；產業界航運船商、海事代理商、環保非政府組織；學術界海洋保育、生態、海事等相關專業之學者專家與會。會議以專題簡報與共同討論方式進行，研討議題涵括三方面：臺中港船舶壓艙水研究成果、壓艙水管理法治問題、壓艙水處理技術。本次會議各界熱烈參與、出席踴躍，簡報內容與議題討論均提出對壓艙水管理議題寶貴之資訊與建言。本次會議議程與會議記錄請見附錄六。

7.3 港口國官員執行能量與船舶風險分析應用之整合

7.3.1 我國現行之港口國管制

壓艙水管理的執行與港口國官員的執行能量有密切關聯，在進一步探討如何將「鄰港水質環境調查計畫(3/4)」中所建立的壓艙水風險分析與港口國能量的結合運用前，本節將先對現有的港口國管制進行瞭解。

我國航政制度自 2011 年 12 月新商港法三讀通過後，於 2012 年 3 月 1 日起，從原有的港務局分別成立航港局負責港口監理，港口營運則由港務公司負責，而港口國官員業務便歸屬於航港局管理，屬公部

門，除總局外，設有東部、北部、中部、南部等四個航務中心。

我國港口國官員制度的建立始於 2001 年，當時共有 28 位具有航海與船舶查驗相關經驗背景之人員，依照聯合國海事組織之典範課程受訓。目前港口國官員主要根據商港法第 58 條，「航港局依國際海事組織或其相關機構頒布之港口國管制程序及其內容規定，對入、出商港之外國商船得實施船舶證書、安全、設備、船員配額及其他事項之檢查。」除了進行一般性的證書和文件查驗、實質的設備查驗、操作程序查驗等作業程序的檢查外，也配合國際公約進行重點式檢查。以下列舉港口國官員因應國際公約在登船檢查時的查驗項目(因項目繁多，在此僅為部分項目舉例)：

1. 海上人命公約(SOLAS)：

(1) 主推進和重要機器和電器設備操作失敗。

(2) 火警偵測系統(Fire Detention System)，火警警報，消防設備(fire-fighting equipment)，固定滅火系統(fixed fire-extinguishing system)，通風閥(Ventilation Valves)，防火檔板(Fire Damper)以及快速關閉設施(quick-closing device)缺失，不符合或嚴重毀損。

(3) 油輪之貨艙甲板區滅火系統缺失，嚴重明顯毀損或操作不良失敗。

(4) 海灘及安全通訊使用之無線電設備缺失或操作不良失敗。

(5) 主副舵機操作不良失敗。

(6) 緊急用發電機、照明、蓄電瓶、電器開關操作不良失敗。

2. 國際散裝運輸危險化學品船舶構造和設備規則(International Code for the Construction and Equipment of Ships carrying Dangerous Chemicals in Bulk, IBC Code)：

(1) 運載未列入適載證書(Certificate of Fitness)內之適載物質或運載貨物之資料不齊全，缺少。

(2) 高壓安全設施(High pressure safety device)損害或缺失。

(3) 電器裝置之本質不具安全性或不能對應 IBC Code 之規定。

3. 國際散裝運輸液化氣體船舶構造和設備規則(International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk, IGC Code)

(1) 運載未列入適載證書(Certificate of Fitness)內之適載物質或運載貨物之資料不齊全，缺少。

(2) 生活起居艙或服務艙間之關閉設施遺失、缺少。

(3) 隔艙壁無氣密(gastight)。

(4) 貨載區之通封筒不法動作。

(5) 安全閥、快速關閉閥不完全動作或缺少、遺失。

4. 國際船舶載重線公約(International Convention on Load Lines)

(1) 甲板和船體之鋼板材及其相連之加強材，重大範圍之損害或繡蝕或點鏽，而影響適航性或局部負載強度。除非為了航達下一個港口作永久性修理而實施適當地臨時性修理。

(2) 辨認出穩定不足之情況。

(3) 缺少供船長能迅速或簡單地利用已認可之足夠及可信賴之資訊，以使其可安排貨載和壓載而令船舶航程各階段之變化情況能維持於安全裕度之穩性和避免造成船體結構不能接受之應力。

5. MARPOL 公約附錄一(Annex Ⅰ)：

(1) 油水分離設備、排油監測和管制系統(ODM)或 15ppm alarm，缺少、嚴重毀損或操作不良。

(2) Slop Tank 或 Slung Tank 之殘留容量不足以處理後續預計之航程所產生之污油水。

(3) 無法查閱油污紀錄簿(Oil Record Book)。

(4) 裝設未經允許之旁通排出管。

6. MARPOL 公約附錄二(Annex Ⅱ)：

(1) 缺少 P&A 手冊(Procedures & Arrangements manual)。

(2) 貨物沒有分類。

(3) 無法查閱貨物紀錄簿(Cargo Record Book)。

(4) 運載類油物質沒有滿足規定。

7. 船員訓練、認證和當班國際公約(STCW)

(1) 船員未持有證書，未持有有效之免除書，或已向主管官署提出簽署申請之證明文件。

(2) 未符合主管官署令其適用之安全人員規定。

(3) 航行或輪機值班之安排未遵從主管官署之特別規定。

(4) 無法提供在航程開始第一位值班及陸續各接班人有足夠休息及有其辦法適於職務。

因每日進港船舶繁多，為了在有限的人力資源下選定登船檢驗的目標，航港單位發展出一套「港口國管制檢查目標船遴選系統」。目標船遴選計算過程包含數個要素，每個要素依其重要性配以不同的點數，如此港口國官員可由總點數篩選要檢查的船舶。表 7-5 顯示港口國管制檢查目標船遴選系統中的計算要素。

表 7-5　港口國管制檢查目標船遴選系統中之計算要素

要　素	說　明
船東與航商黑名單	該船所屬船東與航商是否在黑名單上，是的話就加 5 點
船旗國被扣船率	該船所屬的船旗在我國的被扣船率是所有船旗國的平均被扣船率： 2 倍以上：加 7 點。1-2 倍：加 2 點。
船級社的被扣船率	該船所屬的船級社在我國的被扣船率 大於 2%：加 17 點。1-2%：加 5 點。0.5-1%：加 3 點。
距前次檢查時間	該船超過 12 個月未在本國檢查或從未在本國檢查就加 17 點
扣船	該船 12 個月內每被我國扣船一次就加 5 點
船種	General Cargo、RO-RO Cargo、Vehicle Cargo、Passenger 類：加 4 點。Bulk Carrier、Refrigerated Cargo 類：加 2 點。Oil or Chemical Tank 類：加 1 點。
船齡	0-4 年：加-3 點。5-9 年：加-2 點。10-14 年：加 0 點。15-19 年：加 3 點。20-24 年：加 5 點。25 年：加 7 點。
航線	直航就加 20 點
總點數	以上計算之係數總和

資料來源：交通部航港局

表 7-6　2003 年至 2011 年港口國管制船隻檢查結果

進港船舶數		檢查船舶數	不合格船舶數	執行扣船數	檢查率	不合格率	扣船率
年度	次數(A)	(B)	(C)	(D)	(B/A)	(C/B)	(D/B)
2003	4806	140	120	9	2.91%	85.71%	6.43%
2004	5421	238	120	38	4.39%	50.42%	15.97%
2005	5288	259	112	49	4.90%	43.24%	18.92%
2006	5500	261	125	60	4.75%	47.89%	22.99%
2007	5109	327	240	78	6.40%	73.39%	23.85%
2008	4457	416	351	123	9.33%	84.38%	29.57%
2009	4071	445	373	121	10.93%	83.82%	27.19%
2010	4104	478	410	124	11.65%	85.77%	25.94%
2011	6321	546	493	106	8.64%	90.29%	19.41%

資料來源：交通部航港局，2011。

透過「港口國管制檢查目標船遴選系統」的篩選，能協助港口國官員針對較高安全風險的船舶進行檢查，表 7-6 為 2003 年至 2011 年港口國管制報告書，其中「進港船舶數」為實際造訪船數，同一船名不重複計算，而「檢查船數」、「不合格船數」等則為船次，同一船名可重複計算。檢查率雖然自 2003 年以來逐漸上升，但以國際水準而言，我國船舶的檢查覆蓋率仍過低，港口國官員人力有限仍是主要的限制原因。

7.3.2 船舶壓艙水風險評估在港口國管制中的應用

未來我國若實施壓艙水管理，對於港口國官員所增加的業務最有可能是在進行證照、文件的一般檢查時，增加「壓艙水記錄簿」的檢查，盡量減少港口國官員額外的作業量。但在目標船舶篩檢上，上述之計算要素主要是針對船舶安全風險，而壓艙水風險目前並未列入篩檢項目之中，因此建議可參考本研究(3/4)所建立之船舶壓艙水風險評估，將壓艙水風險也列入篩檢項目之中，針對攜載有高風險壓艙水之船舶進行抽檢，以節省人力與物力的耗費。圖 7-6 為以 2007 年臺中港入港船舶為例，進港船舶艘次為 6,462 艘，艘數為 1,422 艘，經由風險評估之估算，經過三次篩選，最後得出高風險船舶艘次為 994 艘，艘數為 132 艘，將所得之高風險船舶納入圖 7-4 的點數計算，藉此便可將船舶壓艙水風險加入港口國官員對於抽檢船舶的遴選項目中。

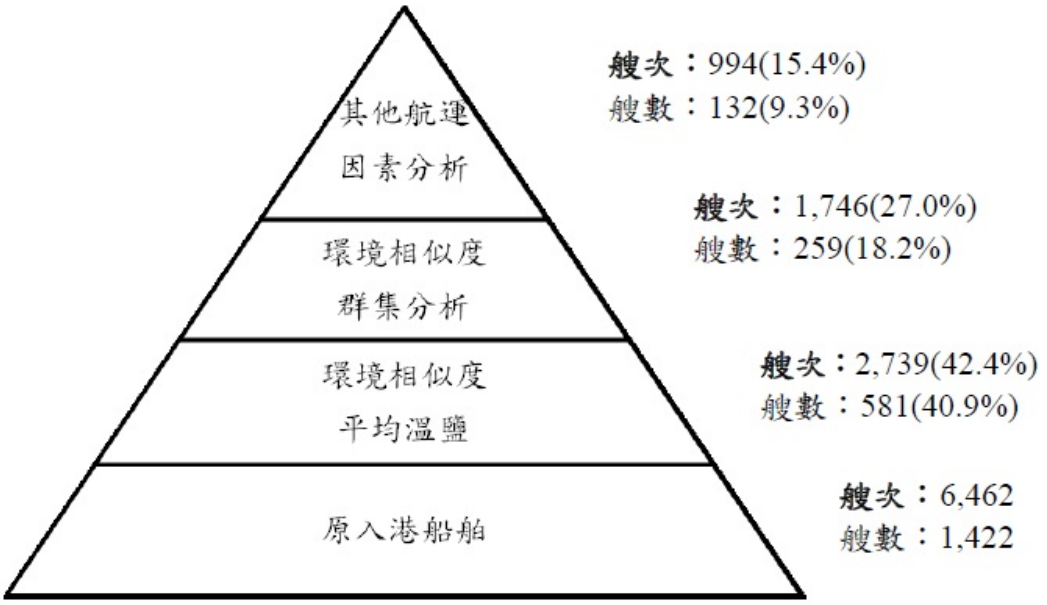


圖 7-6　2009 年臺中港入港船舶壓艙水風險評估結果

7.4 船舶壓艙水管理之法制問題探討

7.4.1 與船舶壓艙水管理相關之國內法規

壓艙水管理在國內為新興議題，為瞭解我國現有規範應用於船舶壓艙水管理的可行性，以提供未來國內壓艙水管理的參考，以下將就現有法規中與船舶壓艙水相關者進行討論。

1. 海洋污染防治法相關法制

「海洋污染防治法」中第六章「防止船舶對海洋污染」就所規範的對象而言，應是與船舶壓艙水最直接相關的條文。

第二十六條，「船舶應設置防止污染設備，並不得污染海洋。」若「污染海洋」可將壓艙水所帶來之外來種生物威脅包含在內，可基於此條文要求船舶設置船上壓艙水處理設備。但外來種生物所引發的海域生態環境改變並非一時可察，難以立即判斷一船舶所排放的壓艙水是否已對海洋造成污染，因此會有執法上的困難。

第二十七條，「船舶對海洋環境有造成污染之虞者，港口管理機關得禁止其航行或開航。」本條文使用「對海洋環境有造成污染之虞者」一詞對於壓艙水管理有正面的支持性。但公約中港口國對於載有高風險壓艙水的船舶並未賦予禁止航行或開航之權，美澳的作法是對於未符合該國壓艙水管理規定的船舶即禁止進入該國水域，並限制船舶排放壓艙水。但實施如此嚴格的管制將會影響港口的競爭力，需要在環境保護與經濟發展中有所衡量。

第二十八條第一項，「港口管理機關或執行機關於必要時，得會同中央主管機關查驗我國及外國船舶之海洋污染防止證明書或證明文件、操作手冊、油、貨紀錄簿及其他經指定之文件。」本條文可應用於船舶壓艙水資料申報之驗證，執行上可由港口國官員登船進行一般文件檢驗時，加上壓艙水紀錄相關文件(如：壓艙水紀錄簿)的查驗。

第二十九條第一項，「船舶之廢、污、水、油、廢棄物或其他污染物質，除依規定得排洩於海洋者外，應留船上或排洩於岸上收受設施。」若壓艙水可包含於本條文之「其他污染物質」，則本條文對於壓艙水管理乃相當適用的規定，可應用本條文限制船舶排放高風險壓艙水，或根據公約建議要求船舶使用岸上壓艙水或底泥收受設施。但壓艙水所造成的外來生物種污染不同於其他污染物質是明顯有害、有毒而造成即刻性的後果，因此需要參考國際公約制定壓艙水水質排放標準，作為執法基準。

綜合上述，「海洋污染防治法」能否用以作為壓艙水管理之法源的關鍵點乃在於第二十九條「其他污染物質」是否可將壓艙水包括在內。倘若上述成立，如此環保署將為壓艙水管理之主管機關。源此基礎，關於船舶壓艙水之申報、登船檢查、排放限制、裝置處理設備等技術規範都以本法規範，由環保部門主管，並由港口機關配合執行。

另一引發爭議的點在於對於上述條文的解釋已由海洋污染防治法施行細則第十九條定義之：「本法第二十六條有關設置船舶防止污染設備、第二十七條有關船舶對海洋環境有造成污染之虞者之認定、第二

十九條有關船舶之排洩及第三十條所稱船舶之適當防制排洩措施，依船舶法、商港法及航政主管機關之相關規定與國際公約或慣例辦理。」

根據本條文，有關船舶造成海洋污染之認定及排放限制等，乃依「船舶法、商港法及航政主管機關之相關規定與國際公約或慣例辦理。」由此將由交通部出任船舶壓艙水管理之主管單位。以下將就交通部之主管法規—「船舶法」、「商港法」繼續討論。

2. 商港法相關法制

新「商港法」於 2011 年 12 月 06 日三讀通過，並於 2012 年 3 月 1 日公佈實行，此修正案對於港口機關在海洋污染之管轄範圍的界定上有重大改變。其中對於海洋污染行為的規範有重大調整。這可由新舊商港法第一條規定證明之；舊「商港法」第一條，「商港之規劃、建設、管理、經營及安全，依本法之規定；本法未規定者，依其他有關法律之規定。」新商港法第一條，「商港之規劃、建設、管理、經營、安全及污染防治，依本法之規定。」兩者間的差異在於新商港法新增了「污染防治」項目。

在立法院的修法理由上紀錄著：「為提高商港區域污染防治業務之執行效能，將污染防治納入本法規範範圍，並酌作文字修正。」其意為過去因「污染防治」未納入本法規範範圍，因此造成一旦船舶造成有害物質「入海」而使污染海水受污染的情節，港口機關根據「海水管理規則」必須進行管制。

新「商港法」將「污染防治」納入規範範圍，如此便可明確界定港口機關所需管理的船舶造成海洋污染的行為，根據新「商港法」第三十七條「商港區域內，不得為下列污染港區行為：一、船舶排洩有毒液體、有毒物質、有害物質、污油水或其他污染物之行為。二、船舶之建造、修理、拆解、清艙或打撈，致污染之行為。三、裝卸、搬運、修理或其他作業，致污染海水或棄置廢棄物之行為。四、船舶排煙、裝卸作業、輸送、車輛運輸或於堆置區，發生以目視方式，即可

得見粒狀污染物排放或逸散於空氣中之行為。」港口機關只有權管轄在「商港區域內」的污染行為。而海水污染管理規則所根據的「商港法第三十五條之一」在新「商港法」生效後，已不存在。「海水污染管理規則」失去立法根據，是否仍可作為執法根據有待商榷。

3. 船舶法相關法制

「船舶法」規範範圍可見於第一條：「為確保船舶航行及人命安全，落實船舶國籍證書、檢查、丈量、載重線及設備之管理，特制定本法。」

與壓艙水較為相關者應屬第五章「排水設備」，對於七種設備進行規範，分別為：油水分離設備；油類排洩偵測管制系統；油水分界面偵測器；原油洗艙系統；污水處理設備及污水溶化消毒系統；標準排洩接頭；含油、污水；垃圾溶化粉碎器。上述設備並無法將壓艙水處理設備納入其中。未來若要求船舶需裝置船上壓艙水處理設備，需另立新法規範之。

第一〇一條為附則說明未盡事宜之辦理方法：「其他有關船舶技術與管理規則或辦法，主管機關得參照有關國際公約或協定及其附約所訂標準、建議、辦法或程式，予以採用，並發布施行。」因此可知僅根據船舶法雖可對於船舶技術與管理有所規定，但無法對於船舶造成海洋環境污染進行管制，且船舶法之適用對象亦僅限於我國籍船舶，無法要求外國籍船舶之船舶配備符合壓艙水處置相關規範。

7.4.2 壓艙水管理之主管機關討論

壓艙水管理是為減少、防止船舶排放壓艙水所帶來的外來種所引起對海域生態危害，而「海洋污染防治法」第六章規範了「防止船舶對海洋污染」，依此壓艙水管理之主管機關應為環保單位。但依「海洋污染防治法施行細則」第十九條，關於船舶對海洋造成污染的認定與限制排放應由航政主管機關界定之。然而，航政主管機關之執法根據—「商港法」卻只賦予港口機關有權管制「在商港區域內」的污染行為，

另一執法根據—「船舶法」僅對我國籍船舶設備有所規範，未來如強制船舶進行壓艙水交換，由於我國海域條件之限制，交換位置勢必位於我國專屬經濟區內。因此，造成船舶若於港區外、專屬經濟區內交換壓艙水在目前法規中無法可管的窘境。

航港單位依「商港法」第三十七條表明只有管理「商港區內」之污染行為，商港區外的海洋污染應油環保單位主管。而環保單位則根據「海洋污染防治法施行細則」第十九條表明與由船舶造成的污染應由航政單位管理之，且根據「海洋污染防治法」第二十九條認為船舶壓艙水並不列屬於本條所列舉之「污染物質」，因此環保單位也無法可管。

關於行政機關的管轄權可參考行政程序法之規定來解釋。「管轄權」相關規定是為解決特定行政事務應由哪一個行政機關掌理。根據「行政程序法」第十一條第一項，「行政機關之管轄權，依其組織法規或其他行政法規定之。」管轄權的區分有事務管轄、個別管轄、一般管轄、總體管轄、土地管轄、層級管轄等，分別以不同的方式來界定機關的權限。因船舶壓艙水未在現有規定中有明確界定所造成的主管機觀模糊問題，可以「事務管轄」，以船舶壓艙水之事務性質來界定機關的權限。壓艙水雖是由船舶排放，但所管理的事務乃為其所引起之海域生態破壞，應屬海洋污染問題，依據「海洋污染防治法」第一條，「為防治海洋污染，保護海洋環境，維護海洋生態，確保國民健康及永續利用海洋資源，特制定本法。本法未規定者，適用其他法律之規定。」因此，環保單位在壓艙水管理事務上難脫管理之責。但在實務操作上，例如壓艙水申報、登船檢查、船舶設備之核可等，僅有交通航政單位有管轄權，特別對於進入我國港域之外國船舶，基於國際習慣僅有港口國官員有登船資格，交通單位對此可依「一般管轄」，作為船舶壓艙水管理之主管單位。

本研究僅就法規上的可行性進行討論，未來還需相關單位透過機關間的協商以界定主管機關及其權責。

7.4.3 小結

船舶壓艙水管理規範範圍廣泛，包括壓艙水水質標準的建立與追蹤、申報制度與資料整理分析、處理設備的驗證核可等等項目，管理對象包含進入我國港口的本國籍與外國籍船舶，由於「船舶法」只能對本國籍船舶進行規範，「商港法」僅能對「商港區域內的污染行為」進行管理，因此我國若要建立船舶壓艙水之法制管理，最相近之母法應為「海洋污染防治法」。但壓艙水目前尚無法明確定義為「海洋污染防治法」中的「其他污染物質」，環保署也無法據此進行壓艙水管理。因此，為要實施船舶壓艙水管理亟需在法制上給予具有外來種入侵風險之壓艙水明確的定位。

表 7-7　與壓艙水管理相關之法制討論

	海洋污染防治法相關法制	商港法相關法制	船舶法相關法制
主管機關	環保部門	交通部門	交通部門
適用範圍	防治海洋污染，保護海洋環境	港區內之污染行為	我國籍船舶配備、技術等
爭議點	1.壓艙水是否被認定為「污染物質」(29 條)待商榷。 2.壓艙水不屬「海洋棄置物質」，因此壓艙水交換無法適用海洋棄置區法規。	可管制港區內船舶所造成之污染行為(37 條)，但港區外之船舶污染則無權管轄。	可對我國籍船舶設備加以規定，但無法對其他國籍規定。

7.5 結論

欲建立完善的壓艙水管理制度，首先需要劃設指定壓艙水交換區，提供由其他水域進入我國近岸海域船舶在裝置有船用壓艙水管理系統之前，能在適當區域完成壓艙水交換、減低外來種入侵風險。環保署所指定之海洋棄置區在功能上符合壓艙水交換的需求，但法制上的使用權限仍有待解決。

同時需要建立船舶壓艙水資料申報系統，藉由具體的資料與數據分析掌握進入我國水域之船舶的壓艙水管理現況，才能制定出合理且有效的規範。我國未來可考慮在現有的船舶入港申報格式內增加壓艙水資料欄位與一般入港資料合併申報，或如美澳作法，要求入港船舶填寫獨立的申報表格。

再者，需要將具有外來生物種侵入威脅之船舶壓艙水的定義明確化，使其在法律定位上不模糊；目前最大爭議在於船舶壓艙水是否可列入「海洋污染防治法」第二十九條第一項之「其他污染物質」。待管理法源依據明確後，還需藉由相關部會間的協調，明定出船舶壓艙水管理之主管機關，以及相關配套法規的制訂。

最後在法規制訂後，為使入港船舶切實依法管理壓艙水，需要藉由港口國管制進行監督。由於現有港口國官員人力有限，因此若可配合本研究(3/4)中所建立之壓艙水風險評估，針對高風險船舶進行抽檢，以在有限人力下達到監督的目的。

第八章　本研究歷年成果

8.1 數值模擬

污染質在臺中港區之稀釋與擴散傳輸的快慢，關係其水體水質的優劣，而臺中港區水質之擴散傳輸作用主要係由潮汐之漲落所造成之海流運動所控制。本研究建立水理與水質數值模式，除第一年建立數值模式外，各年度數值模式針對臺中港海域水動力與港區水水質之模擬分析說明如下：

1. 第 2 年度(2010 年)

應用二維水理水質之數值模式結合 particle tracking 模式來模擬分析臺中港區水體水質與港區內水動力機制之關係，進行流場模式之率定，利用彰濱海域之 CH7W 測站實測海潮流資料來進行率定。根據海流測站記錄與海潮流模擬結果，針對沿岸流速及離岸流速成份分別進行比較，顯示模擬結果與實測值相當吻合，由此可驗證本模式可適切模擬臺中港至彰濱海域之大區域海潮流變化。

應用率定驗證之二維水理模式來預測臺中港在不同環境因子之潮汐交換率的情形。在不同上游流量時(CASE1~CASE5)，由模擬結果可知上游流量越大，則染料濃度越小，即其海水交換率愈佳。且愈接近臺中港出海口，其海水交換率愈佳。反之愈遠離出海口，則海水交換率愈小。

在不同風速(2 m/sec, 5m/sec , 10 m/sec)情形下，由模擬結果顯示，當風速越大時，臺中港內之海水交換率愈佳。模擬所得之水粒子質點之結果可知，愈靠近出海口之水粒子質點其移動距離越遠，且在第 16 天後水粒子質點會移動到外海處。而在接近港區內上游處之水粒子質點其移動距離則較短。此結果亦顯示接近港區內上游處之海水交換率較小。而愈接近出海口，其海水交換率愈佳。

2. 第 3 年度(2011 年)

建立三維水理之數值模式，使用臺中港南北兩側所設立之海流測站來率定與驗證所建立之二維與三維水動力模式，並藉由二維或三維水理模式來模擬分析臺中港區海域之水動力情形。由模擬結果可知，漲潮時潮流分別從臺中港南北兩端向臺中港匯集。退潮時則由臺中港附近海域向南北兩端流出，此與交通部運輸研究所“近岸漂沙機制與防治研究(1/4)”第五章之結果趨勢一致。

針對風場變化對於臺中港海流影響進行初步之討論。模擬結果顯示，在風向為 NNE 之方向條件下，風速愈大，則造成之海流流速愈大。在風向為 SSW 之方向條件下，風速愈大，則造成之海流流速愈小。另外在本研究之模擬風場變化之條件下，上層流速會大於下層流速值。此皆證明了模式的合理性。

3. 第 4 年度(2012 年)

建立二維水質之數值模式，使用成大水工所於 2009 至 2011 年於臺中港內之水質觀測站 N5、N6 與 N7 以及港研中心於臺中港所設立的海域水質測站安良港大排出口(T1)、梧棲大排出口(T2)、西一西二碼頭(T3)、漁港出海口(T4)、主航道港口(T5)、工作船渠東南側(T6)來率定與驗證水質模式，並藉由水質模式來模擬分析上游汙染源對臺中港區水質變化情形。由模擬結果可知，BOD 濃度在臺中港港區外均能符合乙類海域水體水質標準(<3ppm)，除了港內地區(梧棲大排附近)BOD 濃度 BOD 濃度甚至可高於 3ppm，且在無風驅動下於港外出海口之 BOD 濃度擴散方向往北為主。受 NNE 方向風場影響下外海 BOD 濃度擴散方向往南為主，受 S 方向風場影響下外海 BOD 濃度擴散方向往北為主。

於水體涵容能力初步討論，如假設水域臨界值為乙類與丙類海水水體之水質標準，其 BOD 涵容餘裕量分別為 2.13E+07 kg/day、5.91E+07 kg/day。

8.2 水質整體特性與變化趨勢

本研究執行水體水質環境調查，各年度觀測結果對於臺中港域與鄰近沿海水體品質整體特性與變化趨勢說明如下。

1. 第 1 年度(2009 年)

前半年於梅雨季節前後進行各 1 次近岸水域採樣調查；後半年則針對匯入臺中港域之主要排水進行 1 次之上、下游水質之 24 小時連續全潮觀測。結果摘述：

(1) 調查結果第 1 年度第 1、2 次海域水質調查結果，臺中港臨港海域水質多能符合所屬之乙類海域水體品質，但部份區域仍出現偶受生活污水方面之有機污染，無法符合水質標準，尤其是靠近河川、排水路之河口近岸海域，最易受到內陸污染排放所影響。

(2) 2009 年 4 月第 1 次海域水質調查結果，以生化需氧量測值有不符合乙類海域水質之情形，除了 N1 與 N3 測站外均有超出乙類水質標準之情形。而港區內外之各點位之溶氧值皆符合乙類海域水質標準(≥5 mg/L)。各測站之大腸桿菌群測值除了 N1 測站外皆均低於甲類上限值(1000 CFU /100 mL)。N1 與 N2 測站之總磷測值高於甲類上限值，N3~N10 測站之總磷測值皆均低於甲類上限值。港區外測站 N1 之氨氮超出甲類海域水質標準，其污染源應是來自大肚溪上游，排至河口後向外海擴散，故測站 N8 亦稍微超出甲類海域水質標準，港區內測站 N2 與 N5 亦稍微超出甲類海域水質標準，其污染源應是港區內之排水道路。本海域測點之礦物性油脂均符合甲類海域水質標準(≤ 2.0 mg/L)，無油污染之情形。

(3) 2009 年 6 月第 2 次海域水質調查結果，港區內外所有測點生化需氧量測均符合乙類海域水質標準。港區內外之各點位之溶氧值皆符合乙類海域水質標準(≥5 mg/L)，且無過飽和現象。各測站之大腸桿菌群均低於甲類上限值(1000 CFU /100 mL)。除了 N1 測站外，各測站之總磷測值皆均低於或等於甲類上限值。N3~N10 測站

之總磷測值皆均低於甲類上限值。在氨氮的部份，僅港區外測站 N8 超出甲類海域水質標準，其於各測站皆符合甲類海域水質標準。本海域測點之礦物性油脂均符合甲類海域水質標準(≤ 2.0 mg/L)，無油污染之情形。

(4) 2009 年 9 月第 3 次採樣(2009/09/14 12:00~2009/09/15 12:00)進行了全潮水質調查，此為國內首次於港域水質調查中所進行之採樣調查工作。所得之結果可以了解上游陸域排水 24 小時的水質連續變化外，亦可作為數值模擬的主要參考依據。然因此項全潮調查工作所需人力與物力較為繁瑣，故國內甚少有相關方面之調查數據。由調查結果發現，N3 測站(梧棲大排入港處)在 2009/9/14 傍晚約 17:00 以後(此時為到達滿潮後開始退潮)，DO、BOD 與大腸桿菌群逐漸升高，到了乾潮期間 2009/09/15 00:30 達到最大值，之後隨著漲潮，DO、BOD 與大腸桿菌群則逐漸降低。由此結果推估，在退潮期間，有一持續性污染源注入。

(5) 除依據環保署海域水質標準來判斷港區內外之水質狀況外，亦利用郭一羽等(2007)所擬定之休閒漁港親水水質標準來了解臺中港港區內之水質條件與遊客感官滿意度之關係，結果顯示本年度第一次與第二次調查於港區內所得之水質結果，其遊客視覺滿意度平均為 58.2，而遊客嗅覺滿意度為 60.5。此結果可做為臺中港港區之親水水質狀況之參考依據。

2. 第 2 年度(2010 年)

採樣調查延續 2009 年之近岸水域調查，上半年於 3 月 23 日至 3 月 24 日完成枯水期採樣，下半年則於豐水期之 9 月 7 日至 9 月 8 日完成臺中港鄰近海域水質調查，依據調查結果將可提供港灣附近水質分布之特性、影響水質之因素、以評估對生態環境之影響以及與自然條件的相關性。結果摘述：

(1) 2010 年 3 月與 9 月採樣監測中，海域水質調查結果與 2009 年相比並無異常，在港區內外各海域測點之總磷測值介於<0.020(0.016)～0.048 mg/L，整體平均測值為 0.033 mg/L，低於甲類上限值(≦0.05 mg/L)；氨氮平均測值測值為 0.07 mg/L，亦低於甲類上限值(≦0.3 mg/L)，且氨氮與總磷濃度與去年相比有降低之趨勢。

(2) 3 月與 9 月調查之浮游植物歧異度於港內外差異不大，與歷次調查結果相較，而港外歧異度亦呈現偏低的情形，就總合歧異度而言，其值亦較歷年為低，此一情形反映在優勢度上，3 月港內優勢度已接近歷年最高值，而 9 月港內外之優勢度已較 3 月降低許多，總合優勢度亦呈現下降的趨勢，9 月調查結果顯示，其浮游植物之優勢物種並未造成整體物種分佈有太大的影響。

(3) 由浮游動物的組成來看，本年度 3 月調查，夜光蟲(*Notiluca*)及哲水蚤(*Calanoida*)為主要優勢族群，共佔了總豐度的 82%以上，夜光蟲所佔比率最高(62.12%)。與臺中港歷年資料相較，3 月調查結果顯示，海域浮游動物之港內外歧異度指數結果差異不大，而歧異度值位於歷年變動範圍內，其中 2004~2006 年間歧異度變化相當劇烈，港內外差異也很大，而至 2007 年之後歧異度變動趨於平緩，此月調查亦略為下降。以優勢度來看，同樣於港內外差異不明顯。9 月調查結果顯示，臺中港海域浮游動物之歧異度指數於港內外差異頗大，港外浮游動物歧異度較港內來得低，但歧異度值仍位於歷年變動範圍內。歷年資料顯示，9 月時港內歧異度略為上昇，而港外則仍持續降低。以優勢度來看，9 月時同樣於港內外有明顯差異，主要原因為港外哲水蚤大量出現，但其優勢度仍介於歷年變動範圍內。

(4) 經主成分分析，說明陸源排水對臺中港沿海水體所帶來的影響，當沿海水體之 pH 與鹽度降低時，通常多伴隨較高的氨氮與總磷，代表溫體動物糞便污染之大腸桿菌群亦常同時增加。當水溫高於 22℃以上時，其總磷濃度多高達 0.5 mg/L 以上，而此濃度為海域水質標準上限的 10 倍。調查區域內近岸水體受到來自陸源廢水匯

入影響，且每年冬春之際，其內陸排水受水閘門關閉阻擋，導致污染累積於內陸。當進入雨季，基於排洪防溢淹水閘門開啟，此時造成大量累積之氮磷類污染物進入近岸水體，使得臺中港域內水質不佳，因此臺中港域水質需特別注意於夏秋季節內陸污染排入之影響。

(5) 另由臺中港務分公司於1996～2008年間之海域水質監測資料經主成份分析顯示，氮、磷；溶氧與水溫關係推測，排入臺中港域的排水路於乾季雨量少期間，其水閘門控制多為關閉，即陸源營養鹽多被阻擋於水閘門上游；當逐漸進入雨季，甚至到颱風季節常，因豪大雨造成水位湧升，為避免內陸淹水而打開閘門排洪，導致於此時期常會將內陸水體中過高之氮、磷類污染排入港域近海，使得臺中港域內水質不佳，故臺中港域水質需特別注意於夏秋豪大雨季節內陸污染排入之影響，並建議持續監測，同時此時期若有港埠相關工程施作時，應避免造成港域水體之流動性受阻，以利陸源污染快速向港外海域擴散稀釋。

(6) 總結水質之主成份分析可以歸納出臺中港海域水體特性中，第 1 主成份顯現的是來自陸源的氮、磷類營養鹽污染成份；而第 2 主成份則代表可能致病微生物指標成份之影響；第 3 主成份可能是代表農漁牧與商業用機械船舶產生的油脂成份特徵。此外若將2009～2010 年水質調查中，未每次皆有調查之油脂與透明度此二項不列入主成份分析，則可發現其9項水質的特性成份略有變動，其中第1與第2主成份能夠描述解釋臺中港沿海水質約75.1%的變異特性；而第 1 主成份即以展現出來自陸源淡水所帶來的畜牧與生活污水方面的特性，其相對海水而言較低的低pH與低鹽度河川與排水路之淡水，相對於海水明顯含有偏高的氮、磷類與大腸桿菌群，此再次可說明來自陸源排水對臺中港沿海水體所帶來的影響，也說明了當沿海水體之pH與鹽度降低時，通常多伴隨較高的氨氮與總磷，甚至代表溫體動物糞便污染之大腸桿菌群亦常同時增加。而第 2 主成份則主要代表來自大自然季節的變化，當水溫

升高時氣體溶解度降低，使得水體中溶氧量減少，因此單就在物理的因子如水溫影響下，冬季寒冷季節水體的溶氧量往往比夏季高溫時節來的高些。當然影響水中溶氧的因素還包含化學與生物的作用，因此要能夠很準確的掌握與分析描述臺中港沿海水質特性，是需要相當足夠的數據才能夠精準地探討與研究。

(7) 水質與生態間進一步統計分析可知，浮游植物與水質間相互關係反映出 3 月與 9 月時季節性的浮游植物群聚結構的變化與消長，即 3 月春季枯水期間，臺中港沿海浮游植物中之矽藻種類數，相對較 9 月秋季豐水期為低；而渦鞭毛藻則呈現相反之負向關係，於 3 月春季枯水期間種類數則相對比 9 月為略多，此一消長變化從水質中的鹽度與導電度，以及溶氧量及其飽和度之間關係可進一步看出，當 3 月春季枯水期相對較 9 月低溫的季節，臺中港沿海水體因陸源淡水注入沿海量，相對較 9 月秋季豐水期為少，因此鹽度與導電度相對較低，此外溶氧量與飽和度可能因 3 月氣溫低，水體溶氧量相對較 9 月高溫時高以外，9 月豐水期帶來的陸源淡水中含有較多的營養鹽等有機耗氧物質分解耗掉水中溶氧，使得 9 月溶氧低而 3 月溶氧較高，再者 9 月豐水期較多陸源物質沖刷至沿海，也造成臺中港沿海水體中懸浮固體量的增加。

(8) 相對於秋季豐水期(9 月調查)而言，在春季枯水期(3 月調查)於相對低水溫、高鹽度及高溶氧量的水體環境中，臺中港沿海的浮游植物中，以矽藻的種類數相對較 9 月時低，但港內之 3 月時矽藻的豐度則較高，港外則互有高低，同時 3 月時有金黃藻出現，而 9 月則於港內及港外均未發現，且綠藻僅出現在 3 月港內 N6。當季節交替進入 9 月時，颱風豪雨豐水期間帶來較多陸源物質，如岩石礦物風化產生含矽之無機顆粒，增加了海域中矽的來源，也可能因此造成 9 月時矽藻種類數相對增加；而渦鞭毛藻的種類數則相對較 9 月時高，且港內渦鞭毛藻的豐度較高，而此時金黃藻則未出現，反而綠藻在港內外測站均可發現，雖然種類數極低，僅有 1～2 種，但港內外豐度則均有增加。在生態指標方面則顯示出

當 9 月高水溫與低鹽度環境下，臺中港沿海生態之豐富度、均勻度與歧異度均呈現增加的趨勢。

3. 第 3 年度(2011 年)

著重於臺中港與鄰近海域之重金屬變動與分布特性調查研究，其中海域水質於豐、枯水期間各進行 1 次採樣，海域底質則於枯水期間進行 1 次採樣，上半年枯水期之海域水質與底質調查於 4 月 7 日完成；下半年豐水期調查則於 10 月 10 日完成海域水質採樣。結果摘述：

(1) 4 月枯水期與 10 月豐水期調查結果顯示，港區內 N5、N6、N7 計 3 處測點之港域水質因較易受陸源性影響，如介於梧棲大排與安良港大排之間測點 N5，於 4 月枯水期間其鹽度與導電度相對最低，而總磷則出現最高之現象。此外，其生化需氧量與大腸桿菌群；以及重金屬鋅、鉻與砷相對略高。臺中港外大甲溪外海(N10)與大肚溪外海(N11)兩海域測點之水質則相對穩定且污染程度低，均可符合所屬之乙類海域水質標準，重金屬亦無異常。

(2) 臺中港海域表層沉積物(底泥)重金屬 4 月調查結果，整體無論與國內或國外相關沉積物(底泥)重金屬參考資料相比，其表層沉積物(底泥)重金屬並無特別異常偏高之處。除砷以外，重金屬銅、鉛、鋅、鉻與汞濃度，整體以港域內底質相對較港外為高。而各富集因子若以地殼平均鋁濃度計算結果顯示，其富集的程度以鉻相對最低，介於無～輕微富集；而砷富集程度則相對最高，介於非常嚴重～極端嚴重富集；初步可知臺中海域底質砷含量，相對於地殼平均含量而言有累積偏高之情形，且以大肚溪外海最高，同時此處之有機質與鋁含量相對最低。此外，重金屬銅、鉛、鋅、鉻與汞亦相對最低；底質粒徑方面則以此處之平均粒徑(Dm)及中值粒徑(D50)為最高，砂(sand)含量亦最高，明顯有別於其他 4 處之表層沉積物(底泥)多以粉砂(silt)為主。

(3) 由地質累積指數作為臺中港底質重金屬污染程度評估指標， 4 月枯水期海域底質調查結果多呈現無污染至中度污染，其中重金屬銅、鋅、鉻與汞與全球頁岩之平均含量相比，均為接近背景之無污染等級，此結果與前述指標富集因子(以地殼平均鋁濃度計算)相比，兩者存在差異性，經參考前人研究以調查區域之沉積物(底泥)背景鋁元素濃度，取代一般常用之地殼鋁平均含量計算修正後顯示，臺中港海域海域底質調查結果，多呈現無污染或輕微污染至中度污染。

4. 第 4 年度(2012 年)

除持續重金屬調查外，進一步增加環境荷爾蒙之有機錫污染進行調查。上半年枯水期之海域水質(2 次/年)與底質(1 次/年)調查於 4 月 10 日完成採樣工作，下半年規劃於颱風季節及大雨後之豐水期間進行水質採樣，並已於 9 月 11 日完成採樣。結果摘述如下：

(1) 臺中港整體海域環境水體品質，主要受匯入港域之中、大排影響。而導致水體品質變動者，多來自畜牧與生活等有機方面耗氧之氮、磷類物質，即屬於有機性廢水，而多屬於無機性廢之水重金屬方面則未有特別異常之處。其有機性廢污水之污染來源，於梧棲區可來自傳統之社區下水道與畜牧業、屠宰業、餐飲業及醫院、醫事機構、觀光旅館(飯店)皆可能排放有機性廢水外，來自石油化學業因廢水量大且含揮發性物質，當排放之過量營養鹽時，亦為影響近岸水體品質優氧化之可能來源之一。而龍井區之食品製造業與社區下水道皆為有機廢污水之來源以外，其造紙業及印染整理業者，亦為有機廢水之可能來源之一。

(2) 4 月枯水期調查，臺中港區內與港外水體品質整體而言良好，均能符合所屬之乙類海域水質標準。除港內鹽度略低於港外海水，以及港內大腸桿菌群含量相對略高但仍在合格範圍，其餘並無異常。而下半年 9 月豐水期調查，臺中港外水體品質整體而言同屬良好，港內則於 N5 與 N6 出現鹽度略微降低，而生化需氧量則略

微升高且不符合乙類海域水質標準之情形，顯示港域內仍可能有來自有機廢污水之污染，導致水體中有機物耗氧量增加，但尚未導致溶氧量降低至不符合海域水體標準的程度。但 9 月豐水期時，臺中港內 N6 測站葉綠素 a 偏高已達優養等級；N5 亦達中養等級，顯示臺中港內仍可能受到過量營養鹽輸入，造成刺激藻類大量生長之優養化機率發生。

(3) 海域沉積物(底泥)重金屬檢測結果與臺灣主要河口、港灣及沿海沉積物(底泥)中重金屬平均含量相比，銅、鉛、鋅與鉻方面，本調查與臺灣海峽(背景)與臺灣主要河口，以及沿海沉積物(底泥)中重金屬平均含量差異不大，均在同一變動範圍內，並無特別異常之處。此外，另與基隆港及高雄港底質重金屬相比，臺中海域底質重金屬銅、鉛、鋅與鉻含量，於 2011 年與 2012 年 4 月枯水期間測值多低於基隆港及高雄港。

(4) 沉積物(底泥)有機錫檢測結果顯示，臺中港區外之大甲溪外海(N10)、大肚溪外海(N11)與大肚溪河口(N1)測值低於偵測極限，均無異常。而臺中港區內於梧棲大排與安良港大排處(N5)，以及梧棲漁港港區(N7)底泥均測得微量有機錫之存在，尤其是梧棲漁港港區(N7)底泥中有機錫含量，被檢出為 7.02 μg/kg，其中所含之氯化三丁基錫，其三丁基錫(TBT：tributyltin)平均含量均未超過對二枚貝及端腳類之 10-d LC50(分別為 2.6 mg/kg=2,600 μg/kg 及 2.1 mg/kg=2,100 μg/kg)。

(5) 2011 年 4 月大肚溪口外 4 海浬處(N11)底質砷(15.4 mg/kg)相對偏高，已高於環保署所公告之「底泥品質指標」中的下限值(11.0 mg/kg)。推測應與台灣本身地層地質特性有關，由台灣地層砷來源及其成因之相關報告亦顯示，依台灣的地質特性其海相沉積物(底泥)之砷含量高於陸相沉積物(底泥)；而世界上嚴重砷污染地區如孟加拉與與印度西孟加拉邦(West Bengal)沉積物(底泥)所含之砷濃度可高達 20～30 mg/kg。2012 年 4 月再次進行底質砷含量調

查，結果同樣以大肚溪口外 4 海浬處(N11)底質砷相對較其他 5 處高(9.85 mg/kg)，但已有降低之趨勢。

(6) 海域水質與沉積物(底泥)數據經相關性統計顯示，4 月枯水期間來自海淡水混合比例之鹽度與生活畜牧污水之項目如生化需氧量、大腸桿菌群與氨氮、總磷明顯呈現高度負相關，反映出來自陸源淡水，仍為影響臺中港海域水體品質之主要因子。而水體與沉積物(底泥)同一重金屬方面，除水體中汞濃度與底質汞呈現負相關外，其餘兩兩間相關性不高，進一步檢視其相關性可發現，存在於水體中的汞與底質中的有機質含量與鋁呈現負相關，同時與底質汞、平均粒徑(與中值粒徑)及砂含量呈現高度負相關，顯示水體中汞含量高低可能與底質粗細有關；而底質汞含量則與底質中之有機質及鋁與粉砂呈現正相關；與底質中之平均粒徑(與中值粒徑)及砂含量呈現負相關，即當底質顆粒偏細時，其底質中所含的有機質及鋁與汞含量亦相對較高。底質中砷含量高低由相關性分析則顯示與底質平均粒徑(與中值粒徑)及砂含量呈現正相關，可能代表底質砷與顆粒上的富集特性與汞相反，當底質顆粒偏粗時，相對可發現其底質砷亦較高。

8.3 船舶壓艙水管理

船舶壓艙水管理議題涉及項目甚廣，包含海洋保育、生態、航運、海事、港務、法制等範疇，本研究以四年為一完整單位，每年執行工作項目均涵蓋技術層面項目與管理層面項目，如圖 8-1 所示，並於本年度將所有工作項目彙整於研擬適於我國之船舶壓艙水管理制度之作為歷年總研究目標。

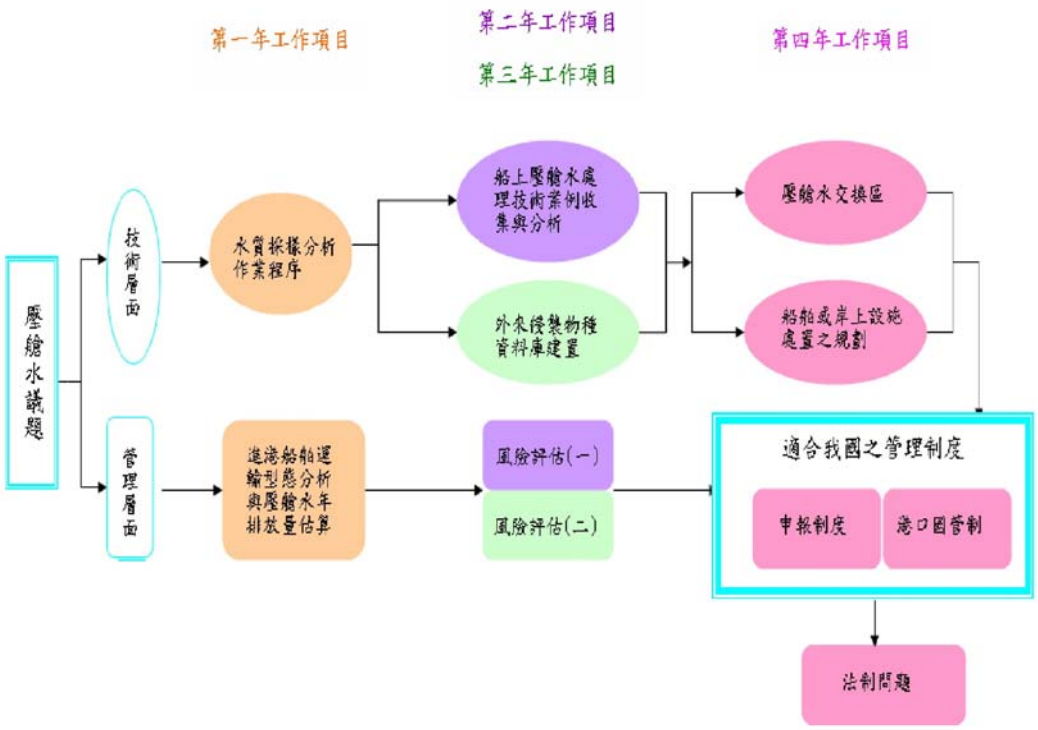


圖 8-1　船舶壓艙水議題各年工作項目流程圖

8.3.1 技術層面工作項目

技術層面之第一年工作項目為「研擬船舶水質採樣分析作業程序」。在國際控管船舶壓艙水及底泥公約第 9.1 條規定，凡適用於本公約的船舶，在另一當事國的任何港口或近海裝卸站時，可接受該當事國正式授權官員的檢查，以確定該船是否符合本公約。任何該種檢查應侷限於：(A)核對船舶上是否有有效的證書，該證書如有效應被接受；(B)檢查壓艙水管理記錄簿，(C)根據本組織制定的導則對船舶的壓艙水進行採樣。因此對於進港船舶進行採樣分析，可對船舶壓艙水是否符合國際海事組織(IMO)所公布之標準有直接的幫助。本研究參考國際控管船舶壓艙水及沉澱物公約內 G2 指導方針，研擬出一套臺中港壓艙水採樣的建議辦法如下：

1. 採樣點：建議使用人孔道（Manhole）及探測兼用空氣管（Sounding or Air Pipe）以取得壓艙水樣本。

2. 樣本分析：採樣完成後，應於六小時內完成分析，在水體標準的部分，為了確實減少排放至港口中生物體的數量，公約之規範 D-2 中嚴格限制壓艙水中生物體的濃度。除了常見菌種：霍亂弧菌、大腸桿菌、及腸道腸球菌為個別標準，其餘生物為總和濃度。
3. 樣品保存：對於較大浮游生物（≧50μm）與較小浮游生物（≧10μm 且＜50μm）分別使用不同染色劑及不同溶劑保存。
4. 採樣健康和安全部分：工作人員的健康和安全應該列位優先考慮。

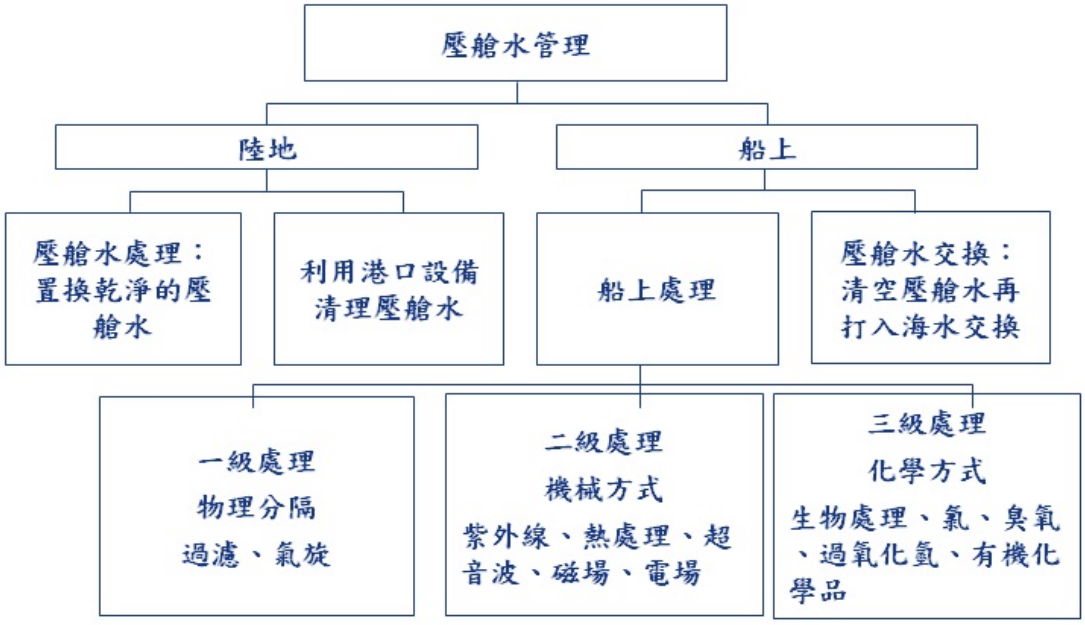


圖 8-2　科技壓艙水處理法

技術層面之第二年工作項目為「船舶壓艙水處理技術分析與案例收集」。圖 8-2 為科技壓艙水處理法，將處理方式分為船上和陸上兩大類，在陸地上可由岸上接收設備接收壓艙水或直接置換清潔的水。在船上則有多種選擇，可在大洋中交換壓艙水或在船上裝設處理設施。在大洋中交換壓艙水，需先清空壓載艙，再重新打入海水；船上處理設備可分為三種，物理分隔、機械處理和化學處理。物理分隔可利用過濾或氣旋來處理壓艙水；機械處理可用紫外線、熱處理、超音波、磁場與電場；化學處理加入可破壞生物的物質、氯、臭氧、過氧

化氫、有機化學物質等。

表 8-1　可能入侵臺灣之外來生物種

物種	門
Alexandrium catenella	*Pyrrophycophyta*
Chattonella antiqua	*Ochrophyta*
Chattonella marina	*Ochrophyta*
Cochlodinium	*Myzozoa*
Cochlodinium polykrikoides	*Myzozoa*
Cochlodinium sp.	*Dinophyta*
Gonyaulax polygramma	*Dinophyta*
Dactyliosolen fragilissimus	*Bacillariophyta*
Fibrocapsa japonica	*Ochrophyta*
Gymnodinium catenatum	*Myzozoa*
Gymnodinium mikimotoi	*Dinophyta*
Gymnodinium sp.	*Dinoflagellata*
Heterocapsa circularisquama	*Dinophyta*
Heterosigma akashiwo	*Ochrophyta*
Karenia digitata	*Dinophyta*
Peridinium sp.	*Dinophyta*
Phaeocystis globosa	*Haptophyta*
Polykrikoides	*Dinophyta*
Prorocentrum dentatum	*Dinophyta*
Prorocentrum sp.	*Dinophyta*
Protoperidinium quinquecorne	*Dinophyta*
Prymnesium saltans	*Haptophyta*
Prymnesium parvum	*Haptophyta*
Pseudonitzschia pungens	*Bacillariophyta*
Rhizosolenia fragillissima	*Ochrophyta*
Scrippsiella trochoidea	*Dinophyta*

技術層面之第三年工作項目為「外來侵襲物種資料庫建置」。外來物種種類繁多，公約本身亦未對外來種做詳細之定義，然而公約中曾以舉例方式指出藻類為易藉由壓艙水侵襲之外來種，且有害藻之入侵易造成重大環境影響，而藻類之生態資料亦相對較容易收集，故本

研究主要著重於浮游動植物。研究結果發現由曾爆發藻華之地區亦為我國入港船舶上一港常造訪之港口，整理出 38 種有害物種中，其中 12 種已登記入臺灣物種名錄中，其中甲藻門的 *Gyrodinium sp.*會產生麻痺性貝毒對人體造成危害，其餘 26 種未被列入名錄中(表 8-1)，未來針對高風險船舶進行採樣研究，調查壓艙水中是否含有此 26 類未被列入名錄的物種並進行追蹤，以進一步防範其入侵。

技術層面之第四年工作項目為「臺中港壓艙水於船舶或岸上處置設施之規劃」，以壓艙水公約中所建議之「船用壓艙水管理系統」、「岸上壓艙水收受設施」進行討論。透過問卷調查，發現我國航商幾乎都傾向採用船用壓艙水管理系統，而對於使用岸上處置設備的意願較低，主要考量因素是對使用該設備可能會對作業流程造成影響，而使用船上壓艙水管理系統處置正具備了彌補這樣缺點的方便性，因而成為航運公司較傾向採用的方式。但因實務面上許多的不確定性，造成現有船何時安裝設備、選擇何套設備的觀望態度。因此我國公部門應積極研擬船舶使用船用壓艙水管理系統的各項檢查配套措施並提供相關可靠資訊，以協助業者配合時施政府管理政策。

而岸上壓艙水收受設施由於技術問題仍有待克服以及目前國際上使用的案例極為少數，但其安全性高且較具公信力，因此可列為未來港口技術開發項目之一，尤以駁船式設備為較可行的應用。

8.3.2 管理層面工作項目

管理層面之第一年工作項目為「進港船舶運輸型態分析與壓艙水年排放量估算」。船舶壓艙水為外來種生物傳播之主要途徑，而壓艙水的排放是目前船舶排水項目中尚未管理卻嚴重影響港域水質原因之一，我們以進港船舶為主，探討臺中港區進港船舶之前一港來源國、船旗國及船舶種類。結果發現船旗國部分是巴拿馬為最大的來源國；船舶前一個停靠港是以亞洲為主，其中又以日本占了最大的比例。(圖 8-3) 壓艙水排放量便可透過港口之航運運輸資料來估算，本研究使用

歐洲模式，依據各港口之航運特性，填入相關之船舶資料，搭配港口進出口貿易型態如進出口貨物量之百分比和國內外船數百分比，計算出外來壓艙水排放量。結果顯示 2004-2007 年壓艙水平均年排放總量約為 536,069 噸。

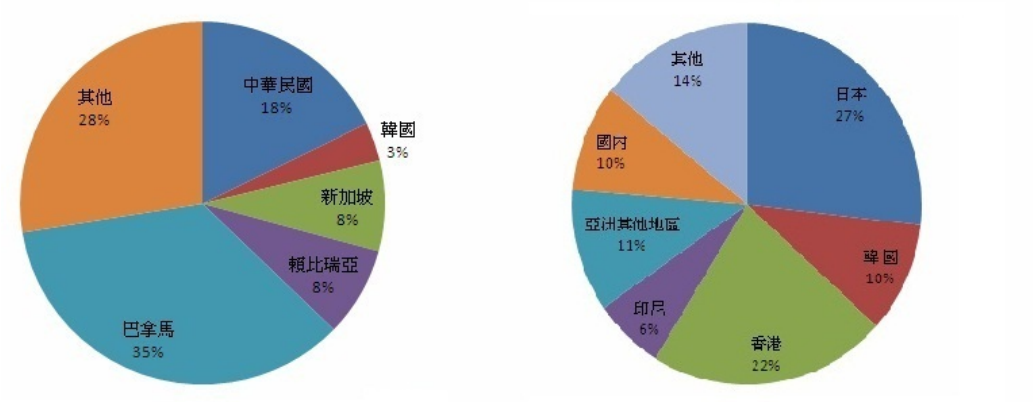


圖 8-3　臺中港 2004-2007 年進港船舶主要船旗國(左)與前一港來源比例圖(右)

管理層面之第二、三年工作項目為「壓艙水風險評估系統建立」，本研究以三階段篩選出高風險船舶，以利港口國官員檢查(圖 8-4)。

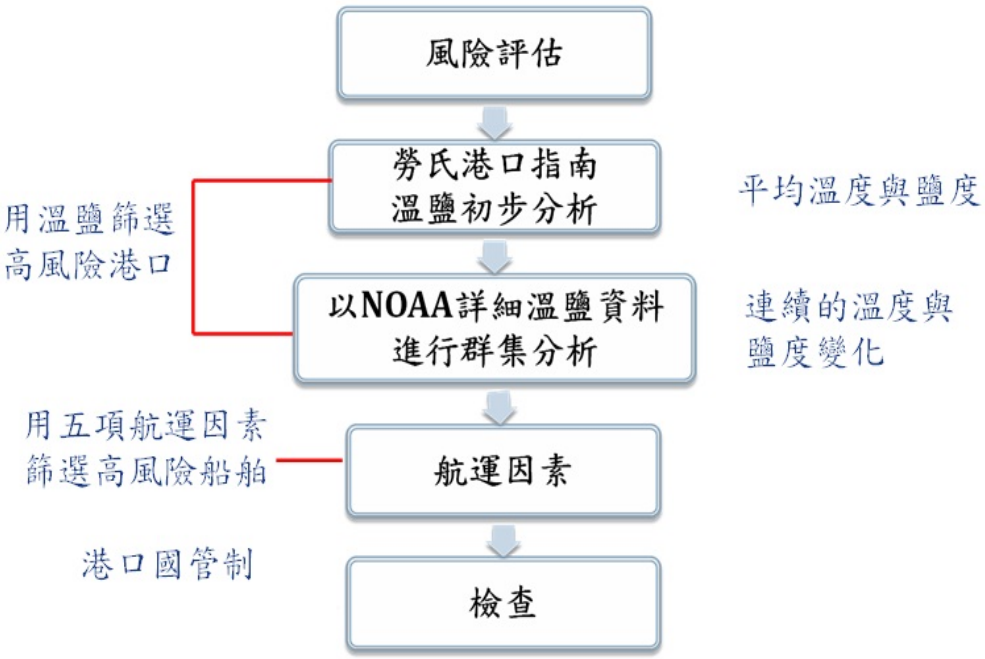


圖 8-4　壓艙水風險評估系統

第一階段使用 2009-2010 年勞氏港口指南內之港口海水密度，並經過轉換將港口分類，比對全球各來源港口與臺中港海域內溫度與鹽度之相似程度進行初步篩選，以相似程度之高低區分吻合之國家海域或港口，並加入航程分析，藉以了解距離對外來種存活的影響；第二階段篩選使用美國海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)之國家海洋資料中心(National Oceanographic Data Center, NODC) 海上觀測站測量所得之各經緯度溫度與鹽度的長期觀測資料(較第一階段分析時使用的港口指南更精確)，利用此資料以群集分析法(Cluster Analysis)中的階層分析法(Hierarchical Clustering Procedure)，進一步將被評為極度風險之港口做分類。第三階段篩選則利用航運型態分析，使用航程、船旗國、壓艙水量、進港次數與藻華發生地區等五項因素篩選船舶，以權重相等之積分方式，更進一步判斷這些船舶所帶來侵襲風險高低，藉以篩選出高風險船舶，以利港口國管制官員檢查。圖 7-6 為 2009 年臺中港入港船舶壓艙水風險評估結果，將原始進港船舶由艘數 1,422 艘，透過本風險評估系統篩選出高風險船舶 132 艘，僅占原始艘數的 9.3%，藉此能大幅提升港口國官員的行政效率。

管理層面之第四年工作項目為彙整性項目--「研擬臺中港船舶壓艙水管理制度之建立」，以船舶抵港後港口國應有的管制作為主要思維(請見圖 7-1)，就我國現況進行討論，提出我國作為港口國對於船舶壓艙水應有四方面作為：(1)劃設指定壓艙水交換區：提供入港船舶在裝置有船用壓艙水管理系統之前，能確實進行壓艙水交換、減低外來種入侵風險；環保署所指定之海洋棄置區在功能上符合壓艙水交換的需求，但法制上的使用權限仍有待解決。(2)建立船舶壓艙水資料申報系統：藉由具體的資料與數據分析掌握進入我國水域之船舶的壓艙水管理現況，才能制定出合理且有效的規範。我國未來可考慮在現有的船舶入港申報格式內增加壓艙水資料欄位與一般入港資料合併申報，或如美澳作法，要求入港船舶填寫獨立的申報表格。(3)船舶壓艙水在法制管理上明確化：目前最大爭議在於船舶壓艙水是否可列入「海洋污

染防治法」第二十九條第一項之「其他污染物質」。待管理法源依據明確後，還需藉由相關部會間的協調，明定出船舶壓艙水管理之主管機關，以及相關配套法規的制訂。(4)落實港口國管制：由於現有港口國官員人力有限，因此若可配合本研究第二、三年度所建立之壓艙水風險評估，針對高風險船舶進行抽檢，以在有限人力下達到有效監督的目的。

第九章　結論與建議

本研究為針對臺中港附近海域進行水體採樣與分析，其工作範圍北起大甲溪南岸，南至大肚溪口，南北縱長約 15 公里，西至水深約 25 公尺內近岸水域。依據調查結果提出港灣附近水質分佈的特性與底質重金屬採樣調查及分析；以二維水質模式來探討分析上游汙染源對臺中港區水質變化情形；調查船用及岸上壓艙水處理設施的國際應用現況與國內需求及研擬適於我國之壓艙水管理制度。由歷史與本年度於臺中港鄰港海域水質調查結果分析與壓艙水管理案例分析，可獲得結論與建議如下：

9.1 結論

1. 本年度建立二維水質之數值模式，使用成大水工所於 2009 至 2011 年於臺中港內之水質觀測站 N5、N6 與 N7 以及港研中心於臺中港所設立的海域水質測站安良港大排出口(T1)、梧棲大排出口(T2)、西一西二碼頭(T3)、漁港出海口(T4)、主航道港口(T5)、工作船渠東南側(T6)來率定與驗證水質模式，並藉由水質模式來模擬分析上游汙染源對臺中港區水質變化情形。經多次測試，本研究模式最後選定 BOD 怯氧係數為 0.00432 1/day，由模擬結果可知，BOD 濃度在臺中港港區外均能符合乙類海域水體水質標準(<3ppm)，除了港內地區(梧棲大排附近)BOD 濃度甚至可高於 3ppm，且在無風驅動下於港外出海口之 BOD 濃度擴散方向往北為主。受 NNE 方向風場影響下外海 BOD 濃度擴散方向往南為主，受 S 方向風場影響下外海 BOD 濃度擴散方向往北為主。

2. 應用經率定與驗證後之模式，本研究針對水體涵容能力進行初步之討論，如假設水域臨界值為乙類與丙類海水水體之水質標準，其 BOD 涵容餘裕量分別為 2.13E+07 kg/day、5.91E+07 kg/day。

3. 2012 年 4 月枯水期調查，臺中港區內與港外水體品質整體而言良好，均能符合所屬之乙類海域水質標準。除港內鹽度略低於港外海水，以及港內大腸桿菌群含量相對略高但仍在合格範圍，其餘並無異常。而 9 月豐水期調查，臺中港外水體品質整體而言同屬良好，港內則於 N5 與 N6 出現鹽度略微降低，而生化需氧量則略微升高且不符合乙類海域水質標準之情形，重金屬則均無異常。顯示港域內仍可能有來自有機廢污水之污染，導致水體中有機物耗氧量增加，但尚未導致溶氧量降低至不符合海域水體標準的程度。但 9 月豐水期時，臺中港內 N6 測站葉綠素 a 偏高已達優養等級；N6 亦達中養等級，顯示臺中港內仍可能受到過量營養鹽輸入，造成刺激藻類大量生長之優養化機率發生。

4. 臺中港海域表層沉積物重金屬於 2011 年與 2012 年 4 月枯水期間調查結果，整體無論與國內或國外相關沉積物重金屬參考資料相比，其表層沉積物重金屬並無特別異常偏高之處，均低於底泥品質指標項目濃度上限值。除砷含量於大肚溪外海(測站 N11)相對最高外，其餘項目多以港內為較高。

5. 底泥有機錫檢測結果顯示，臺中港區外之大甲溪外海(N10)、大肚溪外海(N11)與大肚溪河口(N1)測值低於偵測極限，均無異常。而臺中港區內於梧棲大排與安良港大排處(N5)，以及梧棲漁港港區(N7)底泥均測得微量有機錫之存在。

6. 由 2011 年與 2012 年 4 月枯水期間底質重金屬調查顯示，其臺中港域與大甲溪外海與大肚溪外海之砷富集程度相對偏高，且兩次調查以大肚溪外海(N11)最高，此應與海陸相地層特性與粒徑分布差異不同所致。同時此處之有機質與鋁含量相對最低。此外，重金屬銅、鉛、鋅、鉻與汞亦相對最低；底質粒徑方面則以此處之平均粒徑及中值粒徑為最高，砂含量亦最高，明顯有別於其他 4 處之表層沉積物多以粉砂為主。此外 2012 年 4 月增加於大肚溪河

口(N1)調查結果，底質粒徑同樣呈現砂含量高，且重金屬銅、鉛、鋅、鉻與汞亦相對偏低；有機質與鋁含量相對亦明顯最低之特性。

7. 海域水質與底質相關性分析顯示，來自海淡水混合比例之鹽度與生活畜牧污水之項目如生化需氧量、大腸桿菌群與氨氮、總磷明顯呈現高度負相關，反映出來自陸源淡水，仍為影響臺中港海域水體品質之主要因子。底質汞含量與底質中之有機質及鋁與粉砂呈現正相關；與底質中之平均粒徑(與中值粒徑)及砂含量呈現負相關，即當底質顆粒偏細時，其底質中所含的有機質及鋁與汞含量亦相對較高。而底質砷於顆粒上的富集特性與汞相反，當底質顆粒偏粗時，相對可發現其底質砷亦較高。此微量金屬元素與其來源母岩風化後之礦物組成，以及搬運傳輸過程與環境中吸附或脫附等作用有關。其中主要以沉積物顆粒粒徑範圍與粒徑大小效應，決定控制著懸浮固體物與沉積物中所能運載微量金屬之含量。

8. 藉由向國內航商公司對於壓艙水處理設備裝置率、船舶進入我國各港壓艙水處理現況以及對於未來壓艙水管理的措施之適用性等三大項目進行問卷調查，發現我國目前可採用的處置方式為船用壓艙水管理系統，亦是航運公司目前傾向採用的處置方式，而岸上壓艙水收受設施由於技術問題仍有待克服，但其安全性高且較具公信力，因此可列為未來港口技術開發項目之一，尤以駁船式設備的應用較為可行。

9. 壓艙水管理制度的建立包含多面，如指定交換區之劃設、船舶壓艙水資料之申報、港口國相關管制作業等等，但因目前具有外來生物種侵入威脅之船舶壓艙水在我國國內法之定位不明確，相關政府部門難依現有法規執法；因此極需在法制議題上給予船舶壓艙水清楚的定義，以便相關政府部會有法源根據以研擬進一步之管理規則。

9.2 建議

1. 未來若持續進行臺中港環境水體品質調查，建議可僅針對來自耗氧之有機項目列為優先調查，重金屬則可降低監測頻率。此外有鑑於港域沉積物(底泥)與生物體容易蓄積受到來自燃燒不完全所產生的已知或潛在致癌物質如多環芳香族碳氫化合物(polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)，可將其納入監測考量，同時多氯聯苯(polychlorinated biphenyls, PCBs)及戴奧辛(dioxin)亦應一併納入未來監測調查。

2. 未來欲持續保護與提升改善臺中港域水體與鄰近沿海海域水體品質，除應持續強化陸域水污染及港域船舶稽查管制與巡查，如可配合環保單位成立河川巡守志工隊，以及港務公司成立港域巡守志工隊外，如何主動來削減匯入港區排水污染熱區之污染量，亦為後續可納入考量與推行及努力之方向。可行之因應對策，可朝向兩方面進行。其一為污染稽查管制與削減：配合臺中港務分公司調查成果，將可能之污染來源通報臺中市政府環境保護局，加強定期與不定期，以及夜間污染稽查管制。由環保局與委辦單位針對商漁港依照季節與船舶活動密集度進行污染巡察(50 船次/年)，同時對於排入港區污染熱區之事業放流水進行稽查採樣(50家次/年)，同時對於不明暗管與繞流排放管線加以鉛封及追查與依法嚴厲處分。其二為落實海域工程施作管理：由環保局配合海巡單位，針對海域工程施工單位進行近岸與海上稽巡查，針對申請之開發單位進行每季至少 1 次之定期與不定期稽查，而施工活動密集期間更應加強稽查頻率。

3. 整體而言，本研究結果顯示其底質砷含量略高應與台灣地層地質特性有關，即自然環境條件所致。臺中港海域並無台灣西南地區陸上抽取地下水飲用，導致砷中毒之烏腳病問題，但大肚溪外海底質砷濃度略高之現象，建議未來可持續追蹤注意。

4. 臺中港區內於梧棲大排與安良港大排處(N5)，以及梧棲漁港港區(N7)底泥均測得微量有機錫之存在，而港區外之大甲溪與大肚溪河口，則未發現有機錫之有嚴重污染之情形。底泥出現微量之有機錫，應與過去船舶防污漆之溶出有關，但目前已國際間與國內均已宣導禁用，因此臺中港與梧棲漁港內底泥之有機錫含量，由本年度初步第一次調查結果研判，經有限之少量採樣結果，尚未發現有特別異常污染情勢，但後續仍可持續追蹤，針對港內如停泊整理修復之碼頭進行調查，以進一步確認其是否有受到有機錫污染或殘留之現象。同時配合教育宣導勿再使用有機錫作為船舶防污塗料。

5. 航運公司有意願裝置船上壓艙水處理設備使壓艙水處裏能符合國際要求，但因缺少前例可循並且公約生效之日已近，國內急需壓艙水相關資訊平臺讓航運界、相關公部門、學界等對於實務需求有交換資訊、對策研討的空間，以為未來壓艙水管理策略的擬定與執行奠立基礎。

6. 欲建立適於我國的壓艙水管理制度，當前應實施的措施建議如下：

(1) 劃設指定壓艙水交換區，提供由其他水域進入我國近岸海域船舶在裝置有船用壓艙水管理系統之前，能在適當區域完成壓艙水交換、減低外來種入侵風險。環保署所指定之海洋棄置區在功能上符合壓艙水交換的需求，但法制上的使用權限仍有待解決。

(2) 建立船舶壓艙水資料申報系統，藉由具體的資料與數據分析掌握進入我國水域之船舶的壓艙水管理現況，才能制定出合理且有效的規範。我國未來可考慮在現有的船舶入港申報格式內增加壓艙水資料欄位與一般入港資料合併申報，或如美澳作法，要求入港船舶填寫獨立的申報表格。

(3) 將具有外來生物種侵入威脅之船舶壓艙水的定義明確化，使其在法律定位上不模糊，並藉由相關部會間的協調，明定出船舶壓艙水管理之主管機關，以及相關配套法規的制訂。

(4) 港口國管制將攜載有高風險壓艙水之船舶列入管制抽查對象，透過本研究所建立之壓艙水風險評估，可協助港口國官員在有限人力下得到有效監督之目的。

9.3 成果效益與後續應用

1. 本計畫執行至第四年，已掌握匯入臺中港港域之陸域水質、港域水質與鄰近海域水質之污染特性與來源，以及長期變動趨勢，並建立水理及水質模式。本計畫可作為決策者進行環境管理策略擬定之重要參考，同時可提供給中央與地方環保單位，進行水污染防治措施與環境監測計畫之調整與修正。

2. 本計畫已完成海域水質與底質重金屬調查，並與本區域沿近海及港池等歷年調查比較分析，可提供臺中港後續針對港域與港外底質重金屬可能對環境影響之評估，尤其是可能對底棲生態的危害程度評估。

3. 本研究完成外來種管理制度的建立，包含指定交換區之劃設、船舶壓艙水資料之申報、港口國相關管制作業，及藉船舶壓艙水入侵之風險分析，建立高風險船舶管理之優先順序等，以利港口國管制。未來可以此檢討現行公法，必要時進行立法或修法以作為未來壓艙水管理規則之法源依據。

參考文獻

1. 溫清光、周建成(1990)，「台灣河川水質指數之建立」，*中華民國環境工程學會第三屆環境規劃研討會論文集*，第 184-198 頁。

2. 行政院環保署(1991)，*高雄港、臺中港港灣污染整治規劃：期末報告*(臺中港部份)。

3. 徐義人(1999)，*工程機率統計學*，華泰文化事業股份有限公司。

4. 海渡電力股份有限公司(1999)，*海渡火力發電廠開發計畫環境影響評估*。

5. 臺中港務局(1999)，*臺中港南填方區(I)工程及航道浚深拓寬工程計畫環境影響說明書*。

6. 臺中港務局(1999)，*臺中港港口第二期擴建工程計畫環境監測報告*。

7. 台灣電力股份有限公司(2002)，*臺中發電廠環境監測九十一年年報*。

8. 經濟部水資源局國立成功大學水工試驗所(2003)，*臺灣地區漁港浚渫海拋處置場所評估調查研究*，研究試驗報告第 295 號。

9. 余炳盛、劉金龍、呂祺竹(2004)，*陽明山國家公園土壤重金屬含量調查及其地質意義之探討*，內政部營建署陽明山國家公園管理處委託研究報告。

10. 蘇千淙(2004)「淺談海洋棄置問題」，*海巡論壇第十一期*，第 30-31 頁。

11. 張貴能(2004)，*高雄港區有機錫分佈及其污染史之研究*，國立中山大學碩士論文。

12. 楊文衡、盧春森(2006)，「台灣淡水海域涵容能力之評估」，*第四屆亞太地區 DHI 軟體技術研討會論文集*。

13. 行政院環保署(2007)，*中央管河川劃定水區訂定水體分類檢討計畫*。

14. 交通部運輸研究所(2008)，*近岸漂沙機制與防治研究*(1/4)。

15. 交通部運輸研究所(2008)，*台中港觀測風力資料專刊*(1994-2007年。

16. 張齊心(2009)，*我國因應國際船舶壓艙水及底泥控制與管理發展趨勢之策略研究*，國立成功大學碩士論文。

17. 交通部中央氣象局(1999-2011)，*氣候資料年報－地面資料*。

18. 交通部中央氣象局(1999-2011)，*潮汐觀測資料年報*。

19. 交通部運輸研究所(2001-2011)，*港灣海氣地象觀測資料年報*。

20. 行政院環境保護署(1996-2011)，*台灣北部、中部、南部海域水質監測現況*，http://www.epa.gov.tw。

21. 環境水質監測年報(1996-2011) 海域水質篇，http://wqshow.epa.gov.tw/WQEPA/Code/Report/ReportList.aspx。

22. 臺中市政府環境保護局(2012)，*101 年度臺中市強化海洋污染稽查緊急應變能力及港區污染熱區稽查管制計畫*。

23. 澎湖縣環境保護局(2004-2012)，*台灣外島海域環境品質及污染來源調查監測計畫*。

24. 中央氣象局全球資訊網 http://www.cwb.gov.tw。

25. 中國驗船中心(2009)，*船舶壓艙水和沉積物控管國際公約中文譯本*。

26. 壓艙水水質管理座談會會議資料，交通部運輸研究所(2012)。

27. 交通部航港局(2011)，*101 年度港口國管制執行計畫*。

28. Buchman, M. F.(2008) NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and

Restoriation Division, National Oceanic and Atmospheric Administration.

29. Canadian Science Advisory Secretariat (2009) “An Ecological and Oceanographical Assessment of the Alternate Ballast Water Exchange Zone in the Hudson Strait Region,” *Research Document 2009/008.*

30. DAFF of Australia(2011) “Australian Ballast Water Management Requirements”, version 5

31. EPA(2001) ”AQUATIC NUISANCE SPECIES INBALLAST WATER DISCHARGES:Issues and Options”, *DRAFT REPORT FOR PUBLIC COMMENT*, p14.

32. EPA(2008) “Environmental Impacts Statements; Notice of Availability”, *Federal Register / Vol. 73, No. 249,* p79475

33. EPA(2009) “Vessel General Permit For Discharges Incidental To The Normal Operation Of Vessels(VGP),” *Authorization To Discharge Under The National Pollutant Discharge Elimination System*, p16.

34. EPA(2011a) “Factsheet of VESSEL GENERAL PERMIT,” *EPA-833-11-002.*

35. EPA(2011b) “Efficacy of Ballast Water Treatment Systems: a Report by the EPA Science Advisory Board”, EPA-SAB-11-009.

36. EPA(2011c) “ Draft 2013 Vessel General Permit and Small Vessel General Permit”, EPA-800-F-11-002

37. EPA Fact Sheet(2012), “The U.S. Environmental Protection Agency plans to reissue, a National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) permit to the following facility pursuant to the provisions of the Clean Water Act,” *33 U.S.C. §1251 et seq:ALYESKA PIPELINE SERVICE CO.VALDEZ MARINE TERMINAL* (AK-002324-8), p6.

38. Fang, T-H., Li, T-Y., Feng, H-M. And Chen, H-Y. (2009) “Distribution and contamination of trace metals in surface sediments

of the East China Sea," *Marine Environmental Research*, Vol. 68, pp. 178-187.

39. Feng, H., Han, X., Zhang, W. and Yu, L. (2004) "A Preliminary Study of Heavy Metal Contamination in Yangtze River Intertidal Zone due to Urbanization," *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 49, pp. 910-915.

40. Fisheries and Oceans Canada(2010) "Review Of Alaternate Ballast Water Exchange Zones For Vessel Traffic To Newfoundland And Labrador And The Canadian Arctic," *Canadian Science Advisory Secretariat Science Advisory Report.*

41. Globallast partnerships, "The IMO Technical Guildelines", Retrieved from *http://globallast.imo.org/resolution.htm*

42. Government of Canada(2011), "Ballast Water Control and Management Regulations", *SOR/2011-237,* Retrieved from *http://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2011/2011-11-09/html/sor-dors237-eng.html*

43. Horton, R. K.(1965) "An Index Number System for Rating Water Quality,". *Journal of Water Pollution Control Fed,* Vol. 37, pp. 300-305.

44. Kemp, M.C., Wan, H. Jr. (1976) "An elementary proposition concerning the formation of customs unions," *Journal of International Economics*, Vol. 6, pp. 95-97

45. Liu, C.W., Wang, S.W., Jang, C.S. and Lin, K.H. (2006) "Occurrence of Arsenic in Ground Water in the Choushui River Alluvial Fan, Taiwan," *Journal of Environmental Quality*, Vol. 35, pp. 68-75.

46. Lloyd's Register(2011) "Ballast water treatment technology Current status", *Ballast Water Treatment Technology.*

47. Matej David, Stephan Gollasch(2008) "EU shipping in the dawn of managing the ballast water issue", *Marine Pollution Bulletin* 56:1966-1972.

48. McGee, S., Piorkowski, R. and Ruiz, G. (2006) “Analysis of Recent Vessel Arrivals and Ballast Water Discharge in Alaska: Toward Assessing Ship-mediated Invasion Risk,” *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 52, pp. 1634-1635.

49. Montgomery, D.C., Runger, G.C., Hubele, N.F., 2007. *Engineering statistics*. John Wiley, Hoboken.

50. Muller, G. (1979) “Schwermetalle in den sediments des Rheins-Veran-derngen seitt 1971,” *Umschan,* Vol. 79, pp. 778-783.

51. Nickson, R.T., McArthur, J.M., Ravenscroft, P., Burgess, W.G. and Ahmed, K.M. (2000) “Mechanism of arsenic release to groundwater, Bangladesh and West Bengal,” *Applied Geochemistry*, Vol. 15(4), pp. 403-413.

52. Pacific States Marine Fisheries Commission Portland, Oregon(2005), “Technologies Shore Based Treatment Hull Fouling and NOBOBs Regulations Legislation,” *BALLAST WATER ISSUE PAPER* ,p8.

53. Tanner, W. F. (1969) “The particle size scale,” *J. Sed. Petrol*. Vol. 39, pp. 809–812.

54. Taylor, S. R. (1964) “Abundance of Chemical Elements in the Continental Crust: a New Table,” *Geochim. Cosmochin. Acta*, Vol. 28, pp. 1273-1285.

55. The National Academies Press research council(2011) “Assessing the Relationship Between Propagule Pressure and Invasion Risk in Ballast Water”, *Water Science and Technology Board Division on Earth and Life Studies*, p 23.

56. Tucker, M.J., Pitt, E.G., 2001. *Waves in Ocean Engineering*. Elsevier Science Ltd, Oxford, UK.

57. USCG(2009) ”U.S. Coast Guard Office of Operating and Environmental Standards,” Retrieved from http://www.uscgnews.com/external/content/document/4007/1444391/1/White%20Paper%20-%20Ballast%20Water%20Discharge%20Standard%20v3A.pdf

58. USCG(2012) “Ballast Water Management,” Retrieved from http://www.uscg.mil/hq/cg5/cg522/cg5224/bwm.asp

附錄一

臺中港區之海氣象資料統計表

(一) 臺中及梧棲氣象站之氣象資料統計表

附表1-1　臺中氣象站1999年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
1999/01	17.8	28.0	11.0	1.8	N	11.6	—	77	38	1006.9	15.5	29.2	9	153.7
1999/02	18.0	29.8	6.8	1.7	N	14.3	—	69	29	1009.1	2.9	9.0	4	194.7
1999/03	21.5	32.8	13.7	1.7	N	12.4	—	77	40	1001.5	62.6	37.0	13	157.8
1999/04	24.4	32.0	17.4	1.6	NNW	12.4	—	72	31	1001.5	38.2	26.4	5	144.8
1999/05	24.9	33.6	16.4	1.4	NNW	10.9	—	79	34	1000.0	272.4	123.5	18	123.4
1999/06	28.1	34.3	23.1	1.6	SSW	13.1	—	76	42	997.1	205.5	33.0	14	188.9
1999/07	28.0	35.1	23.3	1.3	S	14.8	—	80	52	994.6	369.1	89.6	20	136.0
1999/08	27.8	35.9	22.7	1.3	SSW	11.5	—	78	39	997.2	302.9	81.9	16	191.3
1999/09	27.7	34.0	21.4	1.4	E	14.2	—	75	43	998.1	72.2	15.5	7	166.3
1999/10	26.0	32.8	20.3	1.5	N	12.1	—	73	48	1002.9	9.2	22.2	3	173.6
1999/11	22.5	30.2	15.3	1.7	N	15.4	—	71	41	1005.6	3.6	10.0	3	184.3
1999/12	17.6	27.7	4.7	1.8	N	12.8	—	72	33	1008.7	36.3	58.9	7	126.9
年統計	23.7	35.9	4.7	1.6	N	15.4	—	74.9	29	1001.9	1390.4	536.2	119	1941.7

資料來源：中央氣象局

附表1-2　臺中氣象站2000年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向(°)	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向(°)	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2000/01	17.5	28.6	9.7	1.7	350	13.2	60	75	26	1008.1	24.0	29.7	4	181.7
2000/02	16.8	26.3	11.2	1.7	350	12.4	70	79	42	1006.1	226.3	87.4	10	115.2
2000/03	19.5	29.7	13.8	1.5	330	11.9	90	77	34	1004.3	36.8	37.2	6	179.5
2000/04	23.2	31.1	15.1	1.4	340	11.9	60	80	39	1001.4	330.6	100.1	17	109.5
2000/05	26.2	34.4	19.8	1.3	340	12.0	240	76	41	998.8	26.2	18.9	8	186.2
2000/06	27.8	34.9	18.4	1.5	250	14.1	280	78	50	998.5	238.2	70.6	14	190.3
2000/07	28.6	35.5	22.6	1.5	220	11.9	150	77	49	994.7	369.2	63.2	13	202.1
2000/08	27.6	34.2	22.9	1.4	210	17.5	120	81	54	995.3	381.3	107.7	18	165.6
2000/09	27.4	34.1	22.0	1.6	20	16.9	60	72	36	998.6	17.2	5.3	4	203.5
2000/10	26.5	34.0	20.7	1.6	20	17.9	70	74	42	1001.4	52.8	22.5	4	216.7
2000/11	22.8	31.0	16.2	1.7	20	27.8	70	78	45	1004.3	24.3	24.6	6	158.9
2000/12	20.1	28.4	13.5	1.7	360	15.9	60	78	36	1006.1	70.1	47.0	6	204.7
年統計	23.7	35.5	9.7	1.6	20	27.8	70	77.1	26	1001.5	1797.0	614.2	110	2113.9

資料來源：中央氣象局

附表1-3　臺中氣象站2001年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向(˚)	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向(˚)	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2001/01	17.7	28.2	10.6	1.4	350	12.7	80	77	31	1006.3	82.4	53.2	6	186.6
2001/02	18.7	30.0	11.7	1.7	350	12.3	60	75	34	1005.5	4.2	12.9	3	186.4
2001/03	20.9	32.5	11.6	1.6	360	13.8	80	68	28	1004.4	38.5	32.7	7	195.8
2001/04	23.0	33.1	15.4	1.4	330	11.7	100	77	45	1002.0	201.6	67.1	15	106.4
2001/05	26.6	33.5	21.1	1.4	330	9.9	300	77	41	997.8	271.2	81.5	19	128.0
2001/06	27.8	34.6	22.0	1.5	190	12.7	260	76	52	997.3	225.9	55.3	18	200.1
2001/07	28.4	36.1	22.7	1.5	340	18.8	260	77	43	995.6	346.6	58.5	16	165.5
2001/08	29.2	35.3	23.7	1.4	330	10.4	50	75	45	995.9	224.6	33.5	11	207.3
2001/09	26.7	33.8	21.5	1.6	360	16.6	120	78	32	995.2	564.6	127.5	16	143.7
2001/10	25.1	32.1	19.5	1.6	330	17.1	80	72	42	1003.4	5.7	8.9	2	228.3
2001/11	20.7	32.4	11.7	1.8	350	11.5	80	68	24	1006.9	2.8	13.5	3	233.0
2001/12	18.7	30.5	6.7	1.6	350	14.2	50	74	27	1010.3	13.1	25.6	5	187.9
年統計	23.6	36.1	6.7	1.5	350	18.8	260	74.5	24	1001.7	1981.2	570.2	121	2169.0

資料來源：中央氣象局

附表1-4　臺中氣象站2002年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向(˚)	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向(˚)	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2002/01	17.1	30.6	7.7	1.5	320	13.1	90	70	23	1009.1	29.4	23.9	4	201.3
2002/02	18.7	28.5	11.3	1.6	320	12.8	60	70	35	1009.3	2.7	2.9	4	192.8
2002/03	22.0	30.7	12.4	1.5	320	11.4	30	71	24	1005.0	19.9	15.1	8	180.4
2002/04	25.1	34.7	17.6	1.6	320	11.1	260	74	44	1003.0	4.2	5.8	6	185.4
2002/05	26.9	34.8	20.5	1.5	330	14.2	240	71	41	999.7	270.7	49.9	9	189.3
2002/06	28.5	35.1	22.8	1.6	200	11.7	110	75	46	997.7	199.0	27.2	10	179.9
2002/07	28.5	34.8	23.3	1.7	320	16.6	260	77	46	993.9	355.8	69.6	17	189.3
2002/08	28.6	34.9	23.4	1.4	320	16.9	260	76	49	996.8	154.2	49.5	17	172.6
2002/09	27.3	33.9	22.0	1.5	320	16.3	80	73	42	1000.0	198.0	36.7	10	191.9
2002/10	25.6	33.3	19.9	1.6	340	14.5	10	73	44	1003.1	12.0	7.8	5	200.8
2002/11	21.8	30.9	13.8	1.8	10	15.2	40	67	28	1006.9	5.2	14.3	3	198.3
2002/12	19.3	31.7	11.6	1.7	10	12.3	70	73	34	1008.5	64.5	59.2	8	172.7
年統計	24.1	35.1	7.7	1.6	320	16.9	260	72.5	23	1002.8	1315.6	361.9	101	2254.7

資料來源：中央氣象局

附表1-5　臺中氣象站2003年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向(˚)	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向(˚)	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2003/01	16.4	27.7	8.3	1.6	330	12.9	30	72	34	1009.8	27.6	16.9	4	224.8
2003/02	18.8	29.7	9.5	1.6	330	12.9	60	74	31	1008.0	18.9	14.6	2	187.1
2003/03	19.7	32.5	11.5	1.6	310	11.0	360	73	34	1006.6	35.7	52.6	7	166.0
2003/04	24.3	31.6	16.2	1.5	320	12.8	30	78	48	1002.5	153.4	70.7	12	134.1
2003/05	26.6	35.2	20.5	1.5	330	10.7	340	71	26	998.8	100.8	36.7	8	192.0
2003/06	27.6	35.2	21.9	1.7	170	14.1	240	75	40	997.1	297.6	63.9	10	178.5
2003/07	29.8	36.4	22.5	1.7	230	13.3	220	71	47	999.4	118.2	13.0	7	250.1
2003/08	28.8	35.7	22.5	1.3	180	10.4	180	76	48	996.7	171.0	45.5	17	169.3
2003/09	28.6	35.2	23.7	1.5	350	13.6	50	75	42	998.7	6.6	5.1	4	170.1
2003/10	25.1	33.9	15.8	1.5	10	11.9	50	66	32	1003.5	T	0.2	0	228.0
2003/11	23.5	34.0	13.7	1.9	10	11.3	50	72	41	1005.1	0.8	2.2	3	192.3
2003/12	17.8	29.7	9.1	1.8	10	11.4	10	66	33	1010.1	0.0	0.0	0	253.5
年統計	23.9	36.4	8.3	1.6	330	14.1	240	72.4	26	1003.0	930.6	321.4	74	2345.8

資料來源：中央氣象局

附表1-6　臺中氣象站2004年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向(˚)	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向(˚)	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2004/01	16.3	28.1	6.5	1.8	340	12.7	40	73	33	1009.0	19.8	33.9	7	171.9
2004/02	17.6	30.4	9.0	1.5	320	11.4	40	76	40	1007.2	78.1	77.6	7	195.8
2004/03	19.4	30.4	11.1	1.8	320	14.0	60	75	44	1005.1	85.2	53.9	10	176.3
2004/04	23.3	32.6	13.0	1.5	320	10.8	40	74	38	1002.5	131.2	39.3	7	171.1
2004/05	27.4	34.8	20.4	1.6	330	11.9	180	71	27	999.3	164.2	31.9	8	198.9
2004/06	28.4	35.8	23.3	1.7	340	10.7	40	69	39	997.1	76.7	8.9	5	176.8
2004/07	28.1	39.9	22.4	1.7	200	19.6	210	76	31	998.0	1025.1	98.4	17	188.1
2004/08	28.3	34.2	23.1	1.6	330	19.6	340	75	47	993.9	466.7	64.5	18	143.1
2004/09	27.2	34.2	22.5	1.5	330	14.7	30	75	49	1000.1	155.8	54.8	10	153.6
2004/10	23.6	31.4	16.6	2.0	20	18.8	40	63	30	1003.8	8.7	12.8	2	256.2
2004/11	22.4	31.1	13.9	1.4	350	12.6	350	70	36	1007.2	0.0	0.0	0	208.8
2004/12	19.3	27.5	8.3	1.8	10	18.6	20	73	29	1007.4	49.2	25.5	3	209.7
年統計	23.4	39.9	6.5	1.7	320	19.6	210	72.5	27	1002.6	2260.7	501.5	94	2250.3

資料來源：中央氣象局

附表1-7　臺中氣象站2005年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向(˚)	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向(˚)	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2005/01	16.1	26.4	6.0	1.9	350	14.0	30	77	43	1008.3	17.6	16.0	4	152.3
2005/02	16.9	30.9	6.9	1.6	330	11.8	20	84	43	1007.3	155.2	85.9	14	99.1
2005/03	17.5	30.2	5.0	1.7	330	13.6	330	76	31	1007.8	228.3	111.6	16	126.1
2005/04	23.8	32.4	14.1	1.5	330	11.1	10	76	33	1003.8	46.7	25.7	7	119.1
2005/05	26.9	33.7	21.7	1.6	200	11.7	260	79	45	998.9	620.1	71.3	12	157.8
2005/06	27.5	33.5	23.4	1.6	210	11.6	200	80	43	996.6	566.1	96.0	21	91.3
2005/07	28.8	35.4	22.4	1.9	340	34.0	350	76	49	996.9	378.1	68.2	11	201.3
2005/08	27.9	34.3	22.9	1.5	200	26.8	340	82	55	996.1	351.1	102.0	21	123.4
2005/09	28.2	34.0	21.6	1.5	360	27.1	170	77	40	999.1	161.3	38.4	9	188.7
2005/10	25.7	32.9	19.4	1.8	340	23.1	10	73	48	1003.3	28.8	15.0	4	209.2
2005/11	23.3	31.1	15.5	1.5	350	11.8	30	73	26	1005.4	5.9	12.8	4	181.2
2005/12	16.8	27.9	6.3	1.9	350	15.2	10	72	29	1009.7	15.3	17.4	4	155.4
年統計	23.3	35.4	5.0	1.7	350	34.0	350	77.1	26	1002.8	2574.5	660.3	127	1804.9

資料來源：中央氣象局

附表1-8　臺中氣象站2006年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向(˚)	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向(˚)	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2006/01	17.7	29.6	8.7	1.7	350	10.5	30	80	42	1007.2	28.9	37.5	7	159.2
2006/02	18.3	29.9	12.8	1.9	350	11.6	340	78	39	1009.3	22.3	18.3	4	159.8
2006/03	19.7	32.4	10.3	1.6	330	12.7	30	77	25	1005.2	93.4	91.3	13	147.8
2006/04	24.1	32.4	15.9	1.5	330	12.7	350	81	48	1002.3	221.6	86.4	14	94.8
2006/05	26.1	32.8	19.4	1.6	340	16.8	230	81	46	1001.2	316.3	76.8	14	133.3
2006/06	27.1	35.0	19.4	1.5	180	14.4	180	81	47	998.7	754.5	143.6	18	124.3
2006/07	28.8	34.5	24.0	1.8	190	19.0	10	76	50	994.6	328.9	69.9	16	174.1
2006/08	28.8	37.0	23.3	1.5	210	11.7	150	75	38	996.1	117.4	21.0	14	171.7
2006/09	27.2	33.8	21.7	1.4	350	14.5	330	76	44	999.0	143.7	36.2	14	169.3
2006/10	25.9	32.5	20.5	1.6	350	14.3	30	71	36	1003.4	0.0	0.0	0	213.3
2006/11	23.2	30.7	18.1	1.3	340	12.1	30	75	26	1005.1	95.7	59.0	14	152.9
2006/12	18.9	29.8	9.6	1.7	30	13.1	40	72	32	1008.9	49.2	33.6	4	191.6
年統計	23.8	37.0	8.7	1.6	350	19.0	10	76.9	25	1002.6	2171.9	673.6	132	1892.1

資料來源：中央氣象局

附表1-9　臺中氣象站2007年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向(˚)	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向(˚)	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2007/01	17.2	27.1	6.2	2.0	340	14.3	40	74	26	1010.4	57.0	53.0	8	174.6
2007/02	19.3	29.6	7.6	1.5	340	13.1	340	70	31	1007.3	24.5	23.1	6	178.8
2007/03	20.7	31.1	11.6	1.6	340	15.2	20	77	45	1005.1	87.9	50.1	13	127.6
2007/04	22.3	31.2	12.0	1.6	330	16.3	60	75	45	1004.1	136.4	71.6	15	101.5
2007/05	26.5	34.4	18.6	1.5	340	9.8	330	75	34	1000.2	169.1	55.5	15	173.4
2007/06	27.4	34.3	22.8	1.4	180	14.2	200	79	52	998.0	735.2	113.4	17	124.7
2007/07	29.8	35.6	23.9	1.7	190	10.7	200	69	43	998.1	62.0	17.4	9	233.4
2007/08	27.8	34.9	22.5	1.5	180	16.3	160	75	45	995.2	516.0	122.5	20	131.6
2007/09	27.6	34.1	22.2	1.5	330	15.6	320	76	46	996.8	315.7	62.3	11	157.1
2007/10	25.4	33.8	18.9	2.0	330	27.7	340	71	40	1001.7	289.8	49.3	5	182.1
2007/11	21.6	29.9	12.1	2.0	330	18.3	20	70	43	1004.5	22.6	25.3	7	172.5
2007/12	19.6	28.7	11.6	1.6	330	11.0	20	72	33	1007.1	16.7	7.4	2	206.1
年統計	23.8	35.6	6.2	1.7	330	27.7	340	73.6	26	1002.4	2432.9	650.9	128	1963.4

資料來源：中央氣象局

附表1-10　臺中氣象站2008年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向(˚)	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向(˚)	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2008/01	17.9	30.7	9.7	1.9	330	11.2	360	75	40	1008.2	15.2	20.4	7	143.6
2008/02	15.0	24.4	8.7	2.2	360	11.6	50	77	45	1009.3	38.4	45.8	11	97.6
2008/03	20.3	29.9	10.3	1.6	330	14.4	20	70	22	1005.4	34.1	29.9	9	179.1
2008/04	24.3	33.1	14.3	1.5	330	13.2	20	73	34	1002.6	31.2	31.7	10	109.5
2008/05	25.8	33.5	19.0	1.5	200	12.5	360	74	39	998.5	332.0	57.0	15	162.7
2008/06	27.5	34.7	22.2	1.5	200	14.1	250	77	31	998.6	182.8	69.4	19	142.1
2008/07	28.1	34.8	22.6	1.8	190	22.3	170	78	47	996.2	907.6	105.3	17	178.0
2008/08	28.7	35.1	23.4	1.5	210	13.7	240	75	43	997.7	50.7	11.6	11	187.4
2008/09	27.6	35.4	22.3	1.7	350	29.7	0	81	48	996.3	829.7	128.1	16	143.9
2008/10	26.8	33.1	21.9	1.4	330	9.8	250	76	48	1003.4	20.5	11.1	2	204.4
2008/11	21.9	32.6	10.9	1.9	20	13.4	20	74	37	1006.9	24.4	30.7	5	194.3
2008/12	18.1	28.3	9.9	1.7	20	13.8	30	69	30	1008.9	11.2	28.9	4	210.2
年統計	23.5	35.4	8.7	1.7	330	29.7	0	74.9	22	1002.7	2477.8	569.9	126	1952.8

資料來源：中央氣象局

附表1-11　臺中氣象站2009年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向(˚)	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向(˚)	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2009/01	15.5	26.4	5.4	1.9	20	13.8	30	72	29	1010.7	T	2.7	0	237.8
2009/02	21.3	32.9	13.7	1.6	330	11.2	340	74	32	1005.7	12.5	2.4	1	215.8
2009/03	19.9	29.7	11.8	1.7	330	14.8	30	77	36	1005.5	161.2	61.5	10	143
2009/04	22.5	30.9	14.8	1.5	330	11.8	350	72	45	1002.9	303	72.1	13	137.1
2009/05	25.9	33.5	19.3	1.5	330	9.8	330	68	32	1001.3	20.5	16.4	5	195.2
2009/06	27.8	34.2	22.1	1.6	200	15.4	180	75	42	996.8	421.5	56.4	14	159.5
2009/07	29.1	35.3	23.8	1.6	330	11.2	210	72	43	997	83.5	23.2	9	162.5
2009/08	28.7	36.1	24.5	1.7	200	26.9	310	76	52	994.4	810.8	113.5	14	130.4
2009/09	29.3	35.2	24	1.2	340	9.4	320	70	43	997.7	119.7	25.6	6	164.5
2009/10	25.7	33.8	18.5	1.7	30	12.4	10	68	32	1000.8	12.4	15.5	3	198.5
2009/11	22	31.1	16.5	1.8	30	18	30	72	32	1006.3	16	10.4	2	186.1
2009/12	17.7	29.4	10.1	1.5	350	11.6	10	72	32	1008.7	17.6	25.4	9	163.6
年統計	23.8	36.1	5.4	1.6	330	26.9	310	72	29	1002.3	1978.7	425.1	86	2094

資料來源：中央氣象局

附表1-12　臺中氣象站2010年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向(˚)	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向(˚)	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2010/01	17.1	27.6	6.8	1.3	10	12.9	30	75	22	1009.9	34.1	37.8	9	153.8
2010/02	18.5	31.4	9.5	1.4	10	10.3	20	80	34	1006.8	118.3	76.3	11	118.4
2010/03	21.1	31.4	9.5	1.5	360	13.9	30	72	36	1006.9	22.6	15.3	4	176.8
2010/04	22	32.4	14.1	1.3	360	10.9	20	78	27	1004.9	158.4	63	16	127.8
2010/05	26.6	34.2	19.5	1.4	350	11.2	230	75	44	999.4	145.3	36.8	10	153.5
2010/06	27.1	34.3	21	1.4	190	11.5	240	78	51	998.8	529.9	104.2	17	108.4
2010/07	29.2	35.9	23.8	1.7	200	14.3	180	74	46	999.5	463.5	60.2	16	179.7
2010/08	28.9	35.6	23.4	1.1	210	12.9	180	77	49	998.9	203.5	45.5	20	155.9
2010/09	28.1	34.6	23.3	1.3	360	25.5	10	77	49	999.4	328.6	47.2	15	163.8
2010/10	25.9	33.2	17.2	1.8	30	15.4	40	72	47	1001.7	2.1	5.7	3	165.2
2010/11	21.8	28.4	15.7	1.4	10	13.1	40	71	40	1005.8	20.7	38.5	7	181.5
2010/12	18.1	28.7	7.5	1.4	30	17.5	30	67	30	1005.5	27.4	24.1	3	201.3
年統計	23.7	35.9	6.8	1.4	10	25.5	10	75	22	1003.1	2054.4	554.6	131	1886.1

資料來源：中央氣象局

附表1-13　臺中氣象站2011年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向(˚)	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向(˚)	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2011/01	14.9	23.3	7.9	2.1	10	15.4	40	74	40	1009.7	35.4	39.2	5	129.1
2011/02	17.2	27.8	10.3	1.4	350	14.1	30	74	34	1006.4	27.6	35.6	8	162.4
2011/03	18.2	30.5	11.6	1.5	10	12.1	330	69	31	1008	33.2	45.6	8	109.6
2011/04	23.1	33.1	15.3	1.3	350	10	30	64	29	1004	5.1	10	5	150.6
2011/05	26	35.6	20.1	1.2	350	16.4	200	74	38	999.7	95	56	16	118.8
2011/06	29.1	35.7	23.1	1.5	220	12.5	200	71	49	997.3	151.3	49.6	11	182.8
2011/07	28.8	35.3	23.7	1.3	200	12.1	260	73	48	996.3	300.6	49.6	13	188.5
2011/08	29	35.1	23.9	1.1	180	12.7	200	72	47	996.3	256.3	47	12	169.6
2011/09	28	34.3	22.6	1.0	340	11.9	170	70	47	998.5	99.3	14.4	9	172.6
2011/10	25.9	32.8	20.3	1.5	30	10.3	330	70	45	1003.2	13.3	20	5	188.6
2011/11	23.8	32.5	17.5	1.2	340	10.4	350	77	48	1004.6	150.7	78.2	10	130.1
2011/12	17.8	27.5	9.6	1.9	10	11.4	360	72	43	1008.6	37.1	24.7	7	139.4
年統計	23.5	35.7	7.9	1.4	10	16.4	200	71.7	29	1002.7	1204.9	469.9	109	1842.1

資料來源：中央氣象局

附表1-14　梧棲氣象站1999年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
1999/01	16.7	24.9	10.3	7.3	N	28.0	—	77	51	1014.6	19.5	22.8	3	99.8
1999/02	16.9	27.6	8.7	6.2	N	29.4	-	69	30	1016.9	2.0	1.5	2	169.6
1999/03	19.9	31.7	12.7	5.6	N	26.3	—	77	47	1009.0	58.5	43.9	11	135.7
1999/04	23.0	30.3	16.2	4.6	N	24.9	—	73	33	1008.9	34.5	27.5	3	142.3
1999/05	24.3	33.9	15.0	3.8	N	18.4	—	82	51	1007.4	214.5	106.6	15	123.6
1999/06	28.3	33.9	23.3	4.5	SE	22.9	—	78	50	1004.1	46.5	16.6	10	190.3
1999/07	28.5	33.4	23.8	3.7	SE	21.0	—	79	56	1001.5	391.5	72.5	18	157.8
1999/08	28.2	33.9	23.1	3.4	SE	18.1	—	78	62	1004.2	155.5	55.9	12	236.6
1999/09	27.8	32.7	20.7	3.3	N	19.9	—	74	50	1005.2	21.0	11.0	5	203.6
1999/10	25.3	31.4	19.8	5.2	N	29.7	—	68	49	1010.1	1.5	16.1	2	169.9
1999/11	21.6	28.4	16.0	6.6	N	29.4	—	75	43	1013.1	1.5	9.2	1	151.7
1999/12	17.2	27.9	6.8	7.8	N	31.4	—	74	45	1016.6	26.5	46.2	4	125.5
年統計	23.1	33.9	6.8	5.2	N	31.4	—	75.3	30	1009.3	973.0	429.8	86	1906.4

資料來源：中央氣象局

附表1-15　梧棲氣象站2000年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2000/01	16.2	26.4	9.1	6.7	360	28.9	30	81	47	1016.0	20.5	31.0	3	148.4
2000/02	15.2	26.6	10.8	7.5	360	25.9	70	84	43	1014.0	173.0	96.9	8	76.9
2000/03	17.1	27.4	12.9	5.9	350	24.1	20	80	43	1012.2	45.3	55.0	6	161.0
2000/04	22.2	33.7	13.5	4.1	360	20.5	50	78	39	1008.9	254.8	97.3	16	106.8
2000/05	25.4	32.8	18.4	3.7	360	21.4	40	75	44	1006.1	42.3	12.4	3	216.0
2000/06	27.9	33.6	16.7	3.8	130	22.0	220	76	53	1005.4	126.7	64.7	8	238.2
2000/07	28.8	35.4	22.8	3.8	130	18.1	330	76	49	1001.3	200.9	50.5	10	252.2
2000/08	28.0	33.6	24.0	4.0	130	35.5	70	80	54	1001.8	204.0	70.4	13	214.4
2000/09	26.8	32.2	21.3	4.0	350	28.1	20	75	45	1005.6	6.7	11.2	4	243.7
2000/10	25.6	31.5	19.6	5.8	360	30.6	60	78	57	1008.3	60.0	22.5	1	228.8
2000/11	21.8	28.5	15.1	6.7	20	43.3	60	81	61	1011.3	32.5	20.4	2	142.8
2000/12	18.9	24.8	13.4	7.0	20	27.9	60	81	54	1013.9	78.0	66.2	7	164.9
年統計	22.8	35.4	9.1	5.3	360	43.3	60	78.8	39	1008.7	1244.7	598.5	81	2194.1

資料來源：中央氣象局

附表1-16　梧棲氣象站2001年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2001/01	16.5	25.3	9.6	5.7	20	22.1	80	82	48	1014.0	53.1	51.3	5	161.2
2001/02	17.2	25.1	10.6	6.2	20	30.4	70	82	53	1012.9	3.0	14.9	3	135.4
2001/03	19.8	29.9	11.1	4.5	20	24.6	60	71	19	1011.8	57.0	35.2	6	179.6
2001/04	22.1	31.9	14.8	4.2	30	19.5	80	82	52	1009.7	207.5	75.2	14	121.6
2001/05	25.9	31.9	20.7	3.5	30	20.3	50	82	52	1004.9	174.0	78.1	14	121.8
2001/06	28.1	34.1	21.2	3.2	160	20.7	210	77	56	1004.2	168.0	51.5	10	214.2
2001/07	29.0	34.1	24.5	3.3	160	27.8	300	78	58	1002.3	513.5	46.6	7	227.2
2001/08	29.6	34.8	25.0	3.0	350	17.8	50	77	54	1002.6	59.5	13.9	3	278.5
2001/09	26.6	32.4	22.8	5.2	30	27.8	60	82	51	1001.7	700.5	136.4	15	150.8
2001/10	24.1	30.1	18.9	5.4	30	21.1	50	77	51	1010.6	3.0	10.8	2	243.7
2001/11	20.2	31.4	13.0	6.2	30	25.4	60	74	43	1013.6	2.5	8.6	2	235.6
2001/12	18.1	26.3	7.9	5.8	30	25.7	60	76	44	1017.9	7.5	27.1	2	172.1
年統計	23.1	34.8	7.9	4.7	30	30.4	70	78.3	19	1008.9	1949.1	549.6	83	2241.7

資料來源：中央氣象局

附表1-17　梧棲氣象站2002年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2002/01	16.1	27.7	7.8	5.4	40	23.7	60	75	28	1016.9	4.5	17.5	4	197.5
2002/02	17.1	25.4	11.6	5.6	30	24.7	40	79	47	1017.1	2.0	12.7	2	182.6
2002/03	21.1	28.0	12.2	4.4	70	25.9	70	74	30	1012.3	8.5	17.4	6	172.1
2002/04	24.2	32.5	16.3	4.4	20	19.0	80	75	51	1010.3	6.0	4.3	3	191.7
2002/05	26.5	33.2	20.8	3.7	350	19.2	290	71	46	1006.7	205.0	34.2	7	200.6
2002/06	28.9	35.1	23.5	4.1	150	16.8	270	79	58	1004.4	30.0	16.3	8	207.2
2002/07	29.1	35.1	24.0	4.0	140	23.2	10	78	55	1000.7	265.0	58.0	13	227.7
2002/08	29.0	34.7	23.9	3.3	150	21.5	240	79	60	1003.7	314.5	46.6	10	222.8
2002/09	27.3	33.3	22.0	4.5	30	20.8	40	78	61	1007.2	116.0	21.3	6	211.2
2002/10	25.1	31.1	19.5	5.0	20	26.4	40	75	50	1010.3	28.0	10.2	4	193.3
2002/11	21.1	31.0	13.3	6.0	20	24.9	80	68	36	1014.2	6.5	13.6	3	180.4
2002/12	18.5	28.5	11.3	5.8	20	29.5	70	78	44	1015.9	94.0	59.2	6	158.7
年統計	23.7	35.1	7.8	4.7	20	29.5	70	75.8	28	1010.0	1080.0	311.3	72	2345.8

資料來源：中央氣象局

附表1-18　梧棲氣象站2003年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2003/01	15.5	25.4	8.8	6.0	20	26.6	60	75	41	1017.4	29.5	20.2	3	199.3
2003/02	17.8	27.3	11.0	5.4	10	22.8	40	81	48	1015.5	37.5	11.7	1	162.2
2003/03	18.7	30.0	12.1	5.2	10	25.1	50	79	40	1014.1	19.5	44.7	8	156.5
2003/04	23.5	30.0	16.3	4.3	10	26.6	50	84	60	1009.6	137.5	57.7	10	131.7
2003/05	25.8	32.1	20.3	4.5	10	22.6	60	78	27	1005.7	73.0	37.0	6	195.5
2003/06	27.2	34.2	21.9	4.8	140	22.3	30	81	46	1003.8	150.0	57.2	10	197.6
2003/07	30.0	34.5	24.3	4.1	240	16.1	250	77	46	1006.1	15.0	5.6	3	295.5
2003/08	29.5	34.5	25.0	3.0	130	18.9	200	80	60	1003.5	51.0	41.1	11	224.5
2003/09	28.5	35.3	23.5	4.1	10	20.8	30	78	42	1005.5	T	3.5	0	198.5
2003/10	24.6	31.5	16.7	5.6	10	24.1	20	70	40	1010.5	0.0	0.0	0	240.6
2003/11	22.6	28.3	14.2	6.6	360	27.5	30	79	46	1012.2	T	0.5	0	170.4
2003/12	17.3	24.1	10.9	6.5	360	27.6	20	73	38	1017.6	T	0.4	0	224.2
年統計	23.4	35.3	8.8	5.0	10	27.6	20	77.9	27	1010.1	513.0	279.6	52	2396.5

資料來源：中央氣象局

附表1-19　梧棲氣象站2004年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2004/01	15.7	24.6	7.4	6.0	360	22.9	30	78	50	1016.6	9.4	26.7	5	137.5
2004/02	16.9	28.1	10.0	4.9	360	26.7	60	79	50	1014.6	81.0	70.6	7	155.3
2004/03	18.4	27.5	12.2	5.8	360	24.8	70	77	48	1012.6	68.0	39.1	9	143.8
2004/04	22.7	30.0	12.8	4.2	360	23.0	30	75	41	1009.6	153.0	32.5	6	181.8
2004/05	26.6	31.3	18.5	3.9	350	19.9	250	78	37	1006.2	78.5	25.5	5	214.1
2004/06	27.9	33.8	22.1	4.9	350	20.9	360	75	55	1003.9	4.0	3.6	3	237.4
2004/07	28.4	36.9	23.4	4.0	240	28.6	220	80	54	1004.6	416.5	77.4	14	245.2
2004/08	28.7	33.0	23.9	3.9	330	24.1	320	80	52	1000.7	302.7	48.2	11	218.6
2004/09	27.1	32.5	22.8	3.7	360	24.5	360	83	60	1007.1	150.0	65.2	13	183.8
2004/10	22.8	29.1	17.8	7.1	360	28.0	360	69	37	1011.0	7.6	7.9	2	279.5
2004/11	21.8	28.5	15.0	4.6	360	23.5	360	75	48	1014.3	0.4	0.7	1	222.3
2004/12	18.8	26.5	8.1	5.5	350	26.3	350	76	37	1014.8	54.0	27.4	3	207.1
年統計	23.0	36.9	7.4	4.9	360	28.6	220	77.1	37	1009.7	1325.1	424.8	79	2426.4

資料來源：中央氣象局

附表1-20　梧棲氣象站2005年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2005/01	15.3	25.1	7.2	6.1	350	23.5	340	78	47	1015.9	13.5	10.6	3	139.6
2005/02	15.3	28.9	7.3	5.5	350	25.3	360	86	50	1015.2	196.2	77.8	10	58.9
2005/03	16.5	29.3	7.5	5.1	350	29.1	360	73	33	1015.7	170.0	100.6	15	145.0
2005/04	23.2	30.9	14.9	3.8	350	20.0	350	76	38	1011.2	45.5	20.7	6	155.1
2005/05	26.5	32.9	20.1	3.8	350	20.0	350	80	51	1005.6	361.4	60.1	11	189.5
2005/06	27.5	32.8	22.2	4.0	150	18.6	150	79	57	1003.1	389.3	86.6	16	130.2
2005/07	28.9	32.9	23.8	4.1	330	41.9	340	74	56	1003.6	202.7	39.0	7	273.6
2005/08	28.5	32.8	22.9	3.8	330	40.9	340	78	56	1002.8	268.5	79.6	13	184.7
2005/09	28.2	33.2	23.6	3.7	330	48.6	320	76	48	1005.8	99.5	26.4	3	257.1
2005/10	25.1	32.4	19.3	5.9	350	42.4	340	73	51	1010.3	10.7	5.7	2	237.3
2005/11	22.8	30.0	16.8	4.8	350	26.0	360	73	29	1012.4	4.5	4.2	1	200.1
2005/12	16.3	24.8	7.0	6.7	350	28.6	350	72	39	1017.2	22.6	30.8	4	154.3
年統計	22.8	33.2	7.0	4.8	350	48.6	320	76.5	29	1009.9	1784.4	542.1	91	2125.4

資料來源：中央氣象局

附表1-21　梧棲氣象站2006年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2006/01	16.2	22.7	9.2	6.0	350	25.6	360	81	60	1014.5	19.4	20.9	5	99.3
2006/02	16.6	27.6	12.8	6.3	350	28.6	350	79	57	1016.4	47.6	30.7	3	102.1
2006/03	18.5	30.3	10.2	4.7	350	30.5	10	76	26	1012.2	59.9	64.0	11	155.5
2006/04	23.5	30.9	15.5	3.6	350	20.1	280	77	55	1008.9	171.2	66.4	12	111.0
2006/05	25.6	31.2	17.0	4.1	350	26.2	160	81	57	1008.2	258.5	72.7	12	148.8
2006/06	27.7	33.0	18.9	3.6	150	23.5	200	82	60	1005.6	392.5	95.8	13	172.4
2006/07	29.1	33.8	24.2	4.6	150	30.4	340	77	52	1001.7	238.0	59.9	9	236.1
2006/08	29.1	33.5	25.3	2.9	340	23.0	350	76	58	1003.3	7.5	8.8	6	244.9
2006/09	27.0	33.3	20.8	4.5	350	23.9	350	74	46	1006.4	25.0	16.2	7	210.2
2006/10	25.2	30.8	20.0	5.1	350	23.7	350	71	41	1010.4	T	0.5	0	281.7
2006/11	22.7	28.9	18.4	4.1	350	22.1	350	75	35	1012.1	93.5	40.9	10	167.8
2006/12	18.7	27.0	11.7	6.0	350	25.3	350	76	41	1016.2	59.5	24.9	3	196.9
年統計	23.3	33.8	9.2	4.6	350	30.5	10	77.1	26	1009.7	1372.6	501.7	91	2126.7

資料來源：中央氣象局

附表1-22　梧棲氣象站2007年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2007/01	16.4	25.4	8.5	6.6	350	25.3	350	80	26	1018.0	53.5	40.2	6	142.9
2007/02	18.4	27.6	8.7	4.3	350	25.1	360	79	30	1014.6	21.0	16.5	5	183.7
2007/03	19.8	28.7	11.3	4.5	350	24.4	360	83	60	1012.3	110.6	35.4	9	131.3
2007/04	21.4	28.8	11.5	3.9	360	29.3	360	80	45	1011.3	116.6	54.7	12	125.1
2007/05	26.0	32.3	20.3	2.9	330	15.0	310	78	41	1007.1	95.0	52.6	10	227.7
2007/06	27.5	32.0	23.0	3.3	150	19.9	260	81	62	1004.6	683.0	91.9	13	160.8
2007/07	29.5	33.1	25.2	3.6	150	15.7	230	75	59	1004.7	25.9	8.6	4	314.0
2007/08	27.9	33.2	23.4	3.4	150	27.3	10	80	57	1001.8	704.8	94.6	16	178.8
2007/09	27.5	34.7	22.0	3.9	350	29.1	320	79	54	1003.5	164.0	39.9	7	207.1
2007/10	24.5	32.5	17.8	6.1	350	46.4	320	76	53	1008.7	194.1	48.6	5	210.0
2007/11	20.6	27.2	14.3	7.3	350	35.9	350	77	59	1011.8	17.5	33.9	4	178.7
2007/12	18.6	26.0	10.8	5.5	350	24.4	10	79	36	1014.4	17.7	5.8	2	203.7
年統計	23.2	34.7	8.5	4.6	350	46.4	320	78.9	26	1009.4	2203.7	522.7	93	2263.8

資料來源：中央氣象局

附表1-23　梧棲氣象站2008年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2008/01	16.6	28.7	9.9	6.5	350	27.5	340	82	53	1015.7	7.7	24.1	8	133.0
2008/02	13.5	20.7	8.9	7.1	350	26.2	350	84	62	1016.9	40.8	47.6	7	67.5
2008/03	19.1	26.7	11.6	4.4	350	23.5	330	75	29	1012.7	32.7	19.9	6	190.1
2008/04	22.9	30.6	13.5	3.8	350	22.1	350	78	42	1009.7	26.4	32.4	9	142.1
2008/05	24.9	32.7	16.9	4.0	360	23.0	360	77	41	1005.3	229.6	43.9	11	180.9
2008/06	27.5	33.7	21.6	3.6	150	17.3	220	77	55	1005.1	174.3	48.0	10	165.8
2008/07	28.3	32.7	23.0	4.5	240	29.6	340	77	59	1002.7	401.8	71.4	13	224.8
2008/08	28.7	34.3	23.4	3.2	140	20.3	210	75	48	1004.3	14.1	8.5	8	260.5
2008/09	27.5	33.2	20.3	4.6	340	46.1	0	82	59	1003.3	585.2	93.6	10	185.3
2008/10	25.9	30.8	21.2	4.2	10	19.8	20	80	64	1010.7	58.0	14.1	2	222.8
2008/11	21.5	29.2	12.3	6.3	10	26.6	30	75	47	1014.1	28.3	25.0	3	191.4
2008/12	17.9	24.2	10.9	5.8	10	27.8	10	73	49	1016.1	14.6	22.9	3	209.0
年統計	22.9	34.3	8.9	4.8	350	46.1	0	77.9	29	1009.7	1613.5	451.4	90	2173.2

資料來源：中央氣象局

附表1-24　梧棲氣象站2009年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2009/01	15	22.6	7.5	6.3	10	26.2	360	76	41	1018	0.2	2.1	1	183.4
2009/02	20	29.9	14	4.7	10	22.5	10	80	45	1012.7	16	3.8	2	162.8
2009/03	18.7	28.2	10.5	4.9	10	27.8	10	79	52	1012.8	182.4	45.7	11	125.5
2009/04	21.7	28.5	13.6	4.2	10	23.5	40	75	48	1010.1	158.9	47.2	10	153.5
2009/05	25.4	31.4	18.4	3.6	350	19.4	360	71	36	1008.5	23.7	12.4	2	229.2
2009/06	28	33.5	21.7	3.4	350	26	250	75	47	1003.5	148.5	37.7	11	196.6
2009/07	29.3	33.1	25.4	3.4	350	14.9	250	73	54	1003.7	72.9	10.1	9	236
2009/08	29.2	35.4	25	3.9	350	41.3	360	75	55	1001.3	336.5	74	12	196.1
2009/09	29.5	34.3	25.4	3.5	360	21	40	70	40	1004.6	1.7	10	5	236.2
2009/10	25	30.9	18.5	6.3	10	26.6	10	72	38	1007.6	8.3	11.2	3	217.7
2009/11	21.6	28.9	15.6	5.7	10	35	10	76	40	1013.2	31.6	23.8	5	169.4
2009/12	17.1	26.6	10.3	5.4	10	24	10	74	48	1016	16.6	30.4	8	155.4
年統計	23.4	35.4	7.5	4.6	10	41.3	360	75	36	1009.3	997.3	308.4	79	2261.8

資料來源：中央氣象局

附表1-25　梧棲氣象站2010年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2010/01	16.2	25.5	7.6	4.9	10	22.2	25	78	29	1017.3	24.7	36.3	9	132.7
2010/02	17.5	28.9	9.2	4.6	10	22.2	18	82	44	1014	93.7	76.4	12	105.1
2010/03	19.8	28.8	8	4.4	360	28.1	25	75	36	1014.2	33.5	13.6	3	169.3
2010/04	21	30.9	13.5	4.4	10	22.8	13	78	51	1012.1	111.9	56	13	120.9
2010/05	25.2	32.4	19.9	3.8	350	22.3	23	79	49	1006.5	172.1	38.2	11	153.7
2010/06	26.6	32.5	19.3	4.1	150	20.4	5	79	60	1005.7	312.3	67.7	17	131.7
2010/07	29.2	33.9	23.4	3.9	160	16.2	7	74	52	1006.2	187.5	34.8	6	242.2
2010/08	29.3	33.6	24.1	3	150	18.8	8	75	52	1005.3	108.8	26.3	9	228.8
2010/09	28.1	34.2	23.3	3.7	350	37.5	19	77	57	1005.9	97.2	29.9	13	208
2010/10	24.7	31.1	17	6.2	10	30.6	26	75	53	1008.4	0.7	3.6	4	183.5
2010/11	20.9	25.9	14.7	5.5	10	24.6	8	76	45	1013	16	39.7	6	164.8
2010/12	17.3	25.6	8.3	5	10	35.7	16	71	34	1012.9	24	11.7	2	214.9
年統計	23	34.2	7.6	4.5	10	37.5	19	77	29	1010.1	1182.4	434.2	105	2055.6

資料來源：中央氣象局

附表1-26　梧棲氣象站2011年之氣象觀測資料統計

年/月	平均溫度(℃)	最高溫度(℃)	最低溫度(℃)	平均風速(m/sec)	最多風向	最大瞬間風速(m/sec)	最大瞬間風向	平均相對溼度(%)	最小相對溼度(%)	氣壓(hPa)	雨量(mm)	降水時數(小時)	降水日數(日)	日照時數(小時)
2011/01	13.8	22	7.9	7.6	10	28.4	40	79	46	1017.3	24.2	31.6	7	93.3
2011/02	15.1	25.5	9.3	5.4	10	24.3	40	83	47	1013.9	33.3	26	7	115.3
2011/03	16.3	27.1	11	5.7	10	28.5	360	75	42	1015.5	33.2	27.2	8	101.9
2011/04	21.8	30	14.3	3.9	360	21	360	74	39	1011.2	2.3	10.8	3	161.1
2011/05	24.9	32.8	18.4	3.6	360	27.9	50	80	50	1006.7	75.1	46.5	14	142.7
2011/06	28.6	34	22.8	3.7	180	17.8	10	77	50	1004.1	42.2	23.8	8	221.7
2011/07	28.8	33.4	24.8	3.2	170	15.4	180	76	56	1003	110.9	25.2	11	243.7
2011/08	29.2	34.1	24	3.1	150	21.2	150	75	44	1002.9	75	35	8	254.6
2011/09	27.5	33.3	21.9	3.9	360	21.1	360	75	50	1005.4	6.9	8	5	217.2
2011/10	24.3	29.8	19.7	5.7	10	26.3	40	76	53	1010.1	14.7	17	6	187.6
2011/11	22.7	29.2	16.1	4.4	10	23.6	360	81	53	1011.6	158.1	70.6	9	112.7
2011/12	17	23.7	11.5	7.1	10	31	50	76	52	1016.2	29.1	23.2	5	112.9
年統計	13.8	22	7.9	4.8	10	31.0	50	77.3	39	1009.8	605.0	344.9	91	1964.7

資料來源：中央氣象局

附表2-1　臺中港2001年至2011年風之風速及風向統計表

年份	平均風速 m/sec	風速		風速 <5m/sec (%)	風速 5~10m/sec (%)	風速 10~15m/sec (%)	風速 >15m/sec (%)	風向 N~E (%)	風向 E~S (%)	風向 S~W (%)	風向 W~N (%)	靜風 <0.3m/sec (%)
		最大值 m/sec	風向									
2001	5.8	21.3	NNE	53.6	27.5	16.6	2.4	66.2	10.8	13.4	9.5	0.2
2002	5.6	26.5	NNE	59.2	26.0	8.9	5.9	59.3	12.6	18.8	9.2	0.1
2003	5.1	17.8	NNE	60.0	26.7	12.5	0.8	62.6	10	18.7	8.7	0.1
2004	5.2	17.9	NNE	57.7	29.6	12.3	0.4	65.2	9.4	15.8	9.6	0.0
2005	5.3	27.3	NNE	60.2	25.2	13.2	1.4	62.1	9.4	19.6	8.9	0.0
2006	5.3	18.7	NNE	57.5	28.8	12.0	1.8	64.3	9.2	19.6	6.9	0.1
2007	5.3	23.3	NNE	59.6	26.2	12.5	1.7	60.6	12.2	19.3	7.7	0.2
2008	9.1	37.5	NNE	32.2	32.9	15.3	19.7	55.8	4.6	28.9	10.7	0
2009	5.6	26.2	NNE	60.6	21.2	11.6	6.4	65.2	7.6	14.3	13	0.2
2010	9.3	30.3	NNE	28.7	30.6	20.4	20.3	62.8	6.7	22.8	7.7	0.0
2011	10.5	32.4	NE	26.8	26.3	17.4	29.5	66.1	4.9	20.7	8.2	0.0
統計值	6.6	37.5	NNE	50.5	27.4	13.9	8.2	62.7	8.9	19.3	9.1	0.1

資料來源：本所港研中心

附表2-2　臺中港2001年風之風速及風向統計表

年/月	觀測筆數	平均風速 m/sec	風速		風速 <5m/sec (%)	風速 5~10m/sec (%)	風速 10~15m/sec (%)	風速 >15m/sec (%)	風向 N~E (%)	風向 E~S (%)	風向 S~W (%)	風向 W~N (%)	靜風 <0.3m/sec (%)
			最大值 m/sec	風向									
2001/01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2001/02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2001/03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2001/04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2001/05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2001/06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2001/07	514	3.2	14.2	SW	83.3	16.0	0.8	0.0	19.1	19.1	38.3	23.0	0.6
2001/08	744	3.1	13.0	N	85.1	12.6	2.3	0.0	37.1	19.8	24.6	18.0	0.5
2001/09	720	6.5	21.3	NNE	51.1	23.6	17.9	7.4	70.0	11.4	11.8	6.8	0.0
2001/10	744	6.7	15.8	NNE	37.8	39.4	21.8	1.1	92.2	2.7	2.0	3.1	0.0
2001/11	720	7.9	18.0	NE	28.9	36.4	32.1	2.6	92.2	5.0	0.4	2.4	0.0
2001/12	744	7.1	17.1	NNE	35.6	36.8	24.5	3.1	86.4	7.0	3.0	3.6	0.0

資料來源：本所港研中心

附表2-3　臺中港2002年風之風速及風向統計表

年/月	觀測筆數	平均風速 m/sec	風速		風速 <5m/sec (%)	風速 5~10m/sec (%)	風速 10~15m/sec (%)	風速 >15m/sec (%)	風向 N~E (%)	風向 E~S (%)	風向 S~W (%)	風向 W~N (%)	靜風 <0.3m/sec (%)
			最大值 m/sec	風向									
2002/01	744	6.0	13.9	NNE	41.0	47.4	11.6	0.0	84.4	7.8	4.4	3.2	0.1
2002/02	672	6.2	16.2	NE	38.1	47.6	13.7	0.6	89.7	4.9	0.9	4.5	0.0
2002/03	744	4.6	14.3	NNE	61.4	32.1	6.5	0.0	63.0	10.9	12.1	13.8	0.1
2002/04	720	4.4	12.8	NNE	65.3	30.3	4.4	0.0	49.7	9.7	28.5	11.9	0.1
2002/05	744	3.5	12.2	NNE	78.9	19.4	1.7	0.0	49.6	14.1	19.4	16.8	0.1
2002/06	720	3.5	10.8	NNE	80.1	19.3	0.6	0.0	19.6	19.0	56.4	5.0	0.0
2002/07	744	3.4	14.5	NNE	82.5	14.4	3.1	0.0	27.0	21.0	34.9	16.9	0.1
2002/08	744	2.8	9.4	WSW	92.9	7.1	0.0	0.0	14.0	22.8	45.4	17.7	0.0
2002/09	720	4.6	13.0	NNE	63.2	29.4	7.4	0.0	65.7	14.9	14.6	4.9	0.0
2002/10	744	5.5	17.9	NNE	55.4	28.8	14.2	1.6	78.5	10.9	4.6	5.8	0.3
2002/11	720	11.5	21.8	NNE	23.2	17.9	17.2	41.7	84.9	7.9	3.1	3.6	0.6
2002/12	743	10.9	26.5	NNE	28.0	18.4	26.8	26.8	85.6	7.8	0.8	5.7	0.1

資料來源：本所港研中心

附表2-4　臺中港2003年風之風速及風向統計表

年/月	觀測筆數	平均風速 m/sec	風速		風速 <5m/sec (%)	風速 5~10m/sec (%)	風速 10~15m/sec (%)	風速 >15m/sec (%)	風向 N~E (%)	風向 E~S (%)	風向 S~W (%)	風向 W~N (%)	靜風 <0.3m/sec (%)
			最大值 m/sec	風向									
2003/01	744	6.6	17.1	N	39.2	40.1	19.5	1.2	90.9	4.0	0.7	4.4	0.0
2003/02	672	5.8	14.9	NNE	49.4	34.1	16.5	0.0	78.1	8.8	5.7	7.4	0.0
2003/03	744	5.6	13.4	NE	46.5	42.5	11.0	0.0	77.0	5.5	10.6	6.9	0.0
2003/04	720	4.1	16.8	NNE	72.4	21.9	5.4	0.3	55.1	9.6	22.5	12.5	0.3
2003/05	744	4.3	14.8	NNE	65.7	28.1	6.2	0.0	56.5	13.3	21.6	8.5	0.1
2003/06	720	4.2	13.4	NNE	73.6	22.1	4.3	0.0	34.0	15.3	47.1	3.5	0.1
2003/07	744	3.1	9.3	NNE	89.8	10.2	0.0	0.0	8.3	14.4	66.8	10.5	0.0
2003/08	744	2.5	9.1	NNE	96.4	3.6	0.0	0.0	17.6	25.3	34.3	22.8	0.0
2003/09	720	4.0	15.1	NNE	70.4	24.0	5.4	0.1	64.7	10.8	8.3	15.8	0.3
2003/10	732	6.0	15.2	NE	46.4	37.2	16.3	0.1	84.0	5.2	5.7	5.1	0.0
2003/11	676	7.7	17.2	NNE	35.7	25.6	35.1	3.7	89.8	5.3	1.0	3.8	0.0
2003/12	743	7.7	17.8	NNE	34.5	31.4	30.3	3.9	94.8	2.3	0.0	3.0	0.0

資料來源：本所港研中心

附表2-5　臺中港2004年風之風速及風向統計表

年/月	觀測筆數	平均風速 m/sec	風速		風速 <5m/sec (%)	風速 5~10m/sec (%)	風速 10~15m/sec (%)	風速 >15m/sec (%)	風向 N~E (%)	風向 E~S (%)	風向 S~W (%)	風向 W~N (%)	靜風 <0.3m/sec (%)
			最大值 m/sec	風向									
2004/01	744	6.8	14.5	NNE	33.3	48.0	18.7	0.0	94.9	2.4	0.1	2.6	0.0
2004/02	466	5.7	16.4	NNE	53.9	25.1	19.7	1.3	68.5	10.1	10.7	10.7	0.0
2004/03	744	6.6	15.8	NE	32.0	53.1	14.2	0.7	87.8	4.2	3.0	5.1	0.0
2004/04	720	4.3	14.9	NNE	66.0	28.5	5.6	0.0	53.1	14.2	19.4	13.3	0.0
2004/05	744	3.6	12.9	NNE	79.2	19.9	0.9	0.0	45.3	11.3	29.8	13.6	0.0
2004/06	720	4.7	13.9	NNE	62.1	31.1	6.8	0.0	50.6	7.6	32.6	9.2	0.0
2004/07	736	3.2	11.3	S	86.7	12.8	0.5	0.0	17.7	17.0	46.5	18.9	0.0
2004/08	744	3.6	13.6	N	78.9	15.2	5.9	0.0	33.5	17.6	31.6	17.3	0.0
2004/09	720	3.9	14.9	N	73.6	18.8	7.6	0.0	57.4	17.1	12.4	13.2	0.0
2004/10	744	8.1	17.9	NNE	23.9	43.4	30.0	2.7	99.3	0.0	0.0	0.7	0.0
2004/11	720	5.3	14.6	NNE	58.9	23.3	17.8	0.0	82.9	7.5	2.2	7.4	0.0
2004/12	743	6.3	14.2	NNE	43.5	36.3	20.2	0.0	91.8	4.2	1.3	2.7	0.0

資料來源：本所港研中心

附表2-6　臺中港2005年風之風速及風向統計表

年/月	觀測筆數	平均風速 m/sec	風速		風速 <5m/sec (%)	風速 5~10m/sec (%)	風速 10~15m/sec (%)	風速 >15m/sec (%)	風向 N~E (%)	風向 E~S (%)	風向 S~W (%)	風向 W~N (%)	靜風 <0.3m/sec (%)
			最大值 m/sec	風向									
2005/01	690	7.4	15.3	NNE	31.0	37.5	31.2	0.3	91.7	3.5	2.3	2.5	0.0
2005/02	370	6.7	16.7	NNE	39.2	38.4	21.4	1.1	83.5	2.7	7.8	5.9	0.0
2005/03	688	5.9	19.9	NNE	55.1	25.1	16.9	2.9	77.3	6.7	6.3	9.7	0.0
2005/04	720	3.9	13.0	NNE	72.5	24.6	2.9	0.0	58.8	11.1	20.7	9.4	0.0
2005/05	744	3.6	12.5	NNE	81.5	16.7	1.9	0.0	35.1	12.4	41.9	10.6	0.0
2005/06	720	3.4	10.4	NNE	87.6	12.1	0.3	0.0	21.1	20.7	53.2	5.0	0.0
2005/07	744	3.6	26.1	N	83.5	12.2	2.3	2.0	26.5	11.2	46.1	16.3	0.0
2005/08	744	3.3	23.5	N	84.8	12.8	1.2	1.2	23.9	17.9	36.4	21.8	0.0
2005/09	720	3.7	26.2	N	78.1	18.1	3.3	0.6	63.3	12.1	13.1	11.5	0.0
2005/10	744	7.2	27.3	NNE	35.1	37.5	24.7	2.7	89.9	5.2	2.2	2.7	0.0
2005/11	720	5.9	17.5	NNE	50.7	29.7	18.2	1.4	78.1	7.5	4.6	9.9	0.0
2005/12	719	8.5	19.0	NNE	22.9	37.7	34.2	5.1	95.7	2.1	0.6	1.7	0.0

資料來源：本所港研中心

附表2-7　臺中港2006年風之風速及風向統計表

年/月	觀測筆數	平均風速 m/sec	風速		風速 <5m/sec (%)	風速 5~10m/sec (%)	風速 10~15m/sec (%)	風速 >15m/sec (%)	風向 N~E (%)	風向 E~S (%)	風向 S~W (%)	風向 W~N (%)	靜風 <0.3m/sec (%)
			最大值 m/sec	風向									
2006/01	575	7.0	17.8	NE	32.0	44.2	21.0	2.8	92.0	2.4	1.0	4.5	0.0
2006/02	483	8.6	18.7	N	24.4	34.2	34.8	6.6	93.4	1.0	0.8	4.8	0.0
2006/03	611	5.5	18.7	NNE	52.5	37.5	8.5	1.5	82.3	6.4	4.9	5.7	0.7
2006/04	263	3.6	11.4	NNE	79.1	17.9	3.0	0.0	50.2	9.1	30.4	10.3	0.0
2006/05	725	4.4	16.9	NNE	68.8	24.1	5.9	1.1	53.2	10.2	28.0	8.6	0.0
2006/06	121	3.9	7.7	SW	72.7	27.3	0.0	0.0	5.0	15.7	74.4	5.0	0.0
2006/07	491	4.4	18.3	N	74.1	15.1	5.9	4.9	24.6	18.1	43.8	13.0	0.4
2006/08	744	2.8	14.5	NNE	89.9	8.9	1.2	0.0	34.3	17.7	31.5	16.4	0.1
2006/09	720	5.1	18.1	NNE	61.4	29.0	8.3	1.3	66.3	14.3	15.4	3.9	0.1
2006/10	744	6.1	15.8	NNE	46.6	36.2	16.9	0.3	92.9	3.8	1.1	2.3	0.0
2006/11	720	5.0	16.2	NNE	59.4	30.7	9.7	0.1	81.8	10.3	2.4	5.6	0.0
2006/12	743	7.7	16.8	NE	28.5	40.6	28.3	2.6	95.2	1.1	0.9	2.8	0.0

資料來源：本所港研中心

附表2-8　臺中港2007年風之風速及風向統計表

年/月	觀測筆數	平均風速 m/sec	風速		風速 <5m/sec (%)	風速 5~10m/sec (%)	風速 10~15m/sec (%)	風速 >15m/sec (%)	風向 N~E (%)	風向 E~S (%)	風向 S~W (%)	風向 W~N (%)	靜風 <0.3m/sec (%)
			最大值 m/sec	風向									
2007/01	744	8.5	16.4	NNE	17.5	46.8	34.5	1.2	97.6	1.1	0.0	1.3	0.0
2007/02	672	5.0	14.7	NNE	56.8	35.4	7.7	0.0	80.1	7.6	5.7	6.5	0.1
2007/03	744	5.2	15.2	NNE	57.1	32.7	10.1	0.1	67.9	7.4	17.7	7.0	0.0
2007/04	679	4.4	18.5	NNE	66.9	25.2	7.7	0.3	63.0	10.9	14.4	11.5	0.1
2007/05	744	2.9	9.0	NNE	89.1	10.9	0.0	0.0	35.1	18.8	31.7	13.2	1.2
2007/06	720	2.8	8.4	SW	94.3	5.7	0.0	0.0	10.8	30.4	48.3	10.3	0.1
2007/07	744	3.1	7.5	NNE	91.8	8.2	0.0	0.0	9.9	18.7	56.2	14.8	0.4
2007/08	744	3.0	17.9	NNE	87.9	11.4	0.4	0.3	24.1	25.4	35.1	14.8	0.7
2007/09	720	4.2	14.7	N	70.6	20.8	8.6	0.0	63.3	16.1	12.4	8.2	0.0
2007/10	744	7.3	20.8	NNE	32.0	43.4	19.6	5.0	84.9	3.1	7.9	4.0	0.0
2007/11	720	9.9	23.3	NNE	17.9	30.7	38.5	12.9	98.2	1.4	0.3	0.1	0.0
2007/12	743	7.0	15.5	NNE	33.6	43.1	22.9	0.4	92.1	5.2	1.6	1.1	0.0

資料來源：本所港研中心

附表2-9　臺中港2008年風之風速及風向統計表

年/月	觀測筆數	平均風速 m/sec	風速		風速 <5m/sec (%)	風速 5~10m/sec (%)	風速 10~15m/sec (%)	風速 >15m/sec (%)	風向 N~E (%)	風向 E~S (%)	風向 S~W (%)	風向 W~N (%)	靜風 <0.3m/sec (%)
			最大值 m/sec	風向									
2008/01	692	15.1	26.7	NE	6.5	19.5	20.4	53.6	97.4	0.4	0.4	1.7	0.0
2008/02	576	16.3	25.6	NE	3.6	9.7	19.8	66.8	99.5	0.3	0.2	0.0	0.0
2008/03	725	9.8	21.6	NNE	25.2	26.2	29.9	18.6	87.3	3.2	5.2	4.3	0.0
2008/04	706	8.2	21.7	NE	27.6	42.4	20.4	9.6	72.4	2.4	18.7	6.5	0.0
2008/05	742	8.7	25.1	NE	24.4	46.4	15.6	13.6	49.5	3.1	43.5	3.9	0.0
2008/06	719	7.0	16.0	SSW	32.0	48.0	18.6	1.4	11.7	6.5	74.5	7.2	0.0
2008/07	744	8.2	37.5	NNE	29.0	49.6	8.1	13.3	15.3	7.7	67.6	9.4	0.0
2008/08	219	3.9	10.9	SSW	68.9	30.1	0.9	0.0	37.0	10.0	21.9	31.1	0.0
2008/09	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2008/10	25	4.3	10.6	NNE	72.0	24.0	4.0	0.0	32.0	8.0	28.0	32.0	0.0
2008/11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2008/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

資料來源：本所港研中心

附表2-10　臺中港2009年風之風速及風向統計表

年/月	觀測筆數	平均風速 m/sec	風速		風速 <5m/sec (%)	風速 5~10m/sec (%)	風速 10~15m/sec (%)	風速 >15m/sec (%)	風向 N~E (%)	風向 E~S (%)	風向 S~W (%)	風向 W~N (%)	靜風 <0.3m/sec (%)
			最大值 m/sec	風向									
2009/01	744	8.0	16.9	29.4	30.9	31.2	32.9	5.0	97.8	1.2	0.0	0.9	0.0
2009/02	672	5.3	14.2	24.5	51.2	36.3	12.5	0.0	81.0	4.9	8.2	6.0	0.0
2009/03	744	5.8	18.8	28.13	45.7	40.7	12.9	0.5	80.9	2.3	7.1	9.7	0.1
2009/04	720	4.7	14.8	24.14	62.5	27.1	10.3	0.0	74.3	6.9	6.0	12.8	0.1
2009/05	744	3.6	12.2	27.8	75.5	19.6	3.4	0.0	65.7	9.1	9.1	16.0	1.5
2009/06	720	2.4	8.2	19.86	94.7	5.0	0.0	0.0	29.4	10.3	47.9	12.4	0.3
2009/07	558	2.4	6.8	218.6	96.8	3.2	0.0	0.0	12.9	16.7	50.9	19.5	0.0
2009/08	744	3.6	26.2	4.6	80.0	14.8	1.6	3.5	27.4	13.2	16.8	42.6	0.1
2009/09	720	3.8	13.8	19.2	75.8	17.5	6.5	0.0	62.5	12.9	8.2	16.4	0.1
2009/10	744	8.6	18.8	22.5	30.5	26.2	33.2	10.1	90.2	3.1	1.5	5.2	0.0
2009/11	437	13.5	21.6	23.6	22.7	11.7	14.6	51.0	94.7	2.5	1.1	1.6	0.0
2009/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

資料來源：本所港研中心

附表2-11　臺中港2010年風之風速及風向統計表

年/月	觀測筆數	平均風速 m/sec	風速		風速 <5m/sec (%)	風速 5~10m/sec (%)	風速 10~15m/sec (%)	風速 >15m/sec (%)	風向 N~E (%)	風向 E~S (%)	風向 S~W (%)	風向 W~N (%)	靜風 <0.3m/sec (%)
			最大值 m/sec	風向									
2010/01	744	11.1	25.8	28.5	22.3	20.2	25.4	32.1	87.0	4.3	3.1	5.6	0.0
2010/02	461	10.9	23.8	33.1	22.8	26.7	19.1	31.5	73.8	4.1	17.1	5.0	0.0
2010/03	740	9.3	28.3	32.1	28.5	33.8	16.9	20.8	72.8	3.6	15.0	8.5	0.0
2010/04	720	9.4	24.0	21.5	27.5	32.2	18.5	21.8	70.6	3.5	16.7	9.3	0.0
2010/05	744	7.0	17.2	22.4	32.5	44.2	20.7	2.6	50.3	3.4	35.2	11.2	0.0
2010/06	720	7.9	18.7	20.7	22.4	52.8	17.1	7.8	31.1	13.9	53.3	1.7	0.0
2010/07	732	7.0	16.9	208.7	37.3	38.1	23.0	1.6	13.8	10.9	64.5	10.8	0.0
2010/08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2010/09	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2010/10	44	7.2	15.7	23.3	47.7	22.7	18.2	11.4	54.5	13.6	18.2	13.6	0.0
2010/11	468	11.8	24.8	26.3	21.8	16.5	19.7	42.1	84.8	5.6	2.6	7.1	0.0
2010/12	653	11.1	30.3	23.7	24.2	19.1	25.7	30.9	89.1	3.7	2.6	4.6	0.0

資料來源：本所港研中心

附表2-12　臺中港2011年風之風速及風向統計表

年/月	觀測筆數	平均風速 m/sec	風速		風速 <5m/sec (%)	風速 5~10m/sec (%)	風速 10~15m/sec (%)	風速 >15m/sec (%)	風向 N~E (%)	風向 E~S (%)	風向 S~W (%)	風向 W~N (%)	靜風 <0.3m/sec (%)
			最大值 m/sec	風向									
2011/01	738	17.4	27.8	29.5	1.1	7.2	14.4	77.4	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2011/02	669	12.1	24.8	28.5	14.8	23.0	24.8	37.4	91.6	1.8	3.0	3.6	0.0
2011/03	666	13.3	32.4	40.1	16.8	19.1	17.9	46.2	89.3	1.5	6.0	3.2	0.0
2011/04	662	7.8	20.5	35.8	41.2	26.6	16.8	15.4	60.6	6.2	23.1	10.1	0.0
2011/05	744	7.4	25.8	22.3	38.6	34.0	20.2	7.3	62.6	5.1	19.1	13.2	0.0
2011/06	719	6.6	18.8	21.4	34.4	51.2	12.8	1.7	19.5	5.0	65.4	10.2	0.0
2011/07	744	5.9	15.8	203.2	39.2	50.8	9.7	0.3	5.5	12.8	67.1	14.7	0.0
2011/08	744	5.5	17.6	169.3	52.8	33.7	12.6	0.8	19.5	15.5	46.1	19.0	0.0
2011/09	719	8.0	21.7	28.2	39.2	24.2	22.7	13.9	71.3	7.6	9.7	11.3	0.0
2011/10	744	13.6	27.6	30.9	10.5	19.1	21.8	48.7	94.2	0.0	1.1	4.7	0.0
2011/11	720	10.7	25	29.3	26.4	21.1	21.9	30.6	83.2	3.3	5.7	7.8	0.0
2011/12	575	17.7	28.4	28.6	6.3	5.6	13.9	74.3	96.2	0.5	2.4	0.9	0.0

資料來源：本所港研中心

附表3-1　臺中港2003年海流之流速及流向統計表

年/月	觀測筆數	平均流速(cm/sec)	最大流速		流速<25cm/sec(%)	流速25~50cm/sec(%)	流速50~100cm/sec(%)	流速>100cm/sec(%)	流向N~E(%)	流向E~S(%)	流向S~W(%)	流向W~N(%)
			流速(cm/sec)	流向(°)								
2003/01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2003/02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2003/03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2003/04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2003/05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2003/06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2003/07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2003/08	723	34.2	92.6	1.9	33.7	44.3	22.0	0.0	31.7	8.0	3.5	56.8
2003/09	720	28.0	86.8	358.5	51.0	36.5	12.5	0.0	31.8	5.0	9.9	53.3
2003/10	742	38.8	112.2	251.8	33.7	37.1	28.0	1.2	12.9	6.5	24.4	56.2
2003/11	719	50.5	153.8	274.1	28.1	24.8	39.9	7.2	19.9	11.4	23.4	45.3
2003/12	741	52.3	146.2	263.2	26.3	31.8	29.0	12.8	22.1	5.3	32.9	39.7

資料來源：本所港研中心

附表3-2　臺中港2004年海流之流速及流向統計表

年/月	觀測筆數	平均流速(cm/sec)	最大流速		流速<25cm/sec(%)	流速25~50cm/sec(%)	流速50~100cm/sec(%)	流速>100cm/sec(%)	流向N~E(%)	流向E~S(%)	流向S~W(%)	流向W~N(%)
			流速(cm/sec)	流向(°)								
2004/01	726	40.0	105.2	258.0	38.0	28.9	32.0	1.1	11.8	4.7	32.5	51.0
2004/02	426	48.3	134.0	273.6	21.8	36.2	37.1	4.9	11.0	0.5	20.0	68.5
2004/03	744	45.7	131.0	256.5	24.5	36.2	36.2	3.2	4.4	0.0	36.7	58.9
2004/04	720	38.9	124.8	284.4	32.4	39.6	26.5	1.5	17.2	0.0	9.4	73.3
2004/05	671	27.6	93.8	335.9	52.0	37.1	10.9	0.0	23.0	1.6	10.1	65.3
2004/06	690	57.1	125.2	183.9	8.6	28.3	59.9	3.3	4.3	77.2	5.2	13.2
2004/07	741	49.9	142.5	6.5	15.2	36.0	45.2	3.5	10.9	2.2	0.9	86.0
2004/08	744	36.5	130.6	284.5	31.0	47.3	20.8	0.8	17.2	3.6	3.0	76.2
2004/09	720	35.5	132.3	281.5	40.6	37.6	19.2	2.6	18.2	1.5	12.5	67.8
2004/10	740	59.5	173.0	259.1	18.8	22.7	47.2	11.4	1.2	0.0	38.5	60.3
2004/11	714	50.1	131.8	280.0	24.1	31.1	36.6	8.3	2.4	0.0	21.6	76.1
2004/12	743	54.3	137.6	267.0	17.2	30.3	44.8	7.7	1.1	0.0	38.5	60.4

資料來源：本所港研中心

附表3-3　臺中港2005年海流之流速及流向統計表

年/月	觀測筆數	平均流速(cm/sec)	最大流速		流速<25cm/sec(%)	流速25~50cm/sec(%)	流速50~100cm/sec(%)	流速>100cm/sec(%)	流向N~E(%)	流向E~S(%)	流向S~W(%)	流向W~N(%)
			流速(cm/sec)	流向(°)								
2005/01	743	62.2	132.6	266.4	10.8	28.0	49.1	12.1	2.8	0.0	31.0	66.2
2005/02	667	52.5	158.1	271.0	17.2	39.6	33.9	9.3	3.9	2.5	27.9	65.7
2005/03	731	55.2	237.6	279.6	20.0	33.0	36.7	10.4	9.0	2.5	28.2	60.3
2005/04	716	39.8	91.5	329.5	28.2	39.2	32.5	0.0	14.5	2.9	11.9	70.7
2005/05	739	40.0	95.9	352.7	23.4	49.0	27.6	0.0	12.3	0.0	8.9	78.8
2005/06	713	47.2	126.5	1.3	14.9	42.1	41.9	1.1	23.8	0.0	5.3	70.8
2005/07	521	56.2	189.1	272.5	12.5	29.6	52.8	5.2	10.7	0.2	3.8	85.2
2005/08	669	46.8	147.5	275.1	13.9	44.2	40.7	1.2	8.5	0.0	2.5	88.9
2005/09	689	40.2	152.7	320.8	31.8	33.5	33.7	1.0	6.0	0.4	9.6	84.0
2005/10	725	55.7	248.3	273.0	19.3	31.7	36.1	12.8	1.1	0.3	29.9	68.7
2005/11	388	45.3	129.2	264.2	26.8	36.3	29.9	7.0	9.3	6.2	19.1	65.5
2005/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

資料來源：本所港研中心

附表3-4　臺中港2006年海流之流速及流向統計表

年/月	觀測筆數	平均流速(cm/sec)	最大流速		流速<25cm/sec(%)	流速25~50cm/sec(%)	流速50~100cm/sec(%)	流速>100cm/sec(%)	流向N~E(%)	流向E~S(%)	流向S~W(%)	流向W~N(%)
			流速(cm/sec)	流向(°)								
2006/01	718	52.5	171.9	266.6	27.4	27.4	32.0	13.1	1.1	0.0	32.7	66.2
2006/02	644	61.9	170.9	272.6	19.3	28.9	34.5	17.4	6.4	0.0	34.2	59.5
2006/03	219	45.0	133.2	281.7	35.2	29.7	23.3	11.9	14.6	0.5	18.3	66.7
2006/04	268	35.8	91.2	333.9	34.3	38.8	26.9	0.0	3.4	0.0	13.8	82.8
2006/05	744	42.3	148.3	249.8	27.6	39.5	29.4	3.5	3.2	0.0	15.2	81.6
2006/06	720	49.0	101.2	326.4	11.5	38.5	49.7	0.3	9.7	0.0	0.0	90.3
2006/07	739	54.1	150.2	251.1	9.6	32.7	54.7	3.0	3.9	0.0	5.3	90.8
2006/08	729	40.2	87.5	267.6	19.8	51.2	29.1	0.0	1.8	0.0	6.2	92.0
2006/09	588	37.2	168.1	271.3	36.4	38.3	22.6	2.7	2.4	1.4	41.2	55.1
2006/10	744	37.9	100.9	249.7	35.8	34.3	29.8	0.1	6.0	1.5	46.4	46.1
2006/11	719	40.2	105.7	249.3	30.9	39.5	29.2	0.4	9.0	3.1	44.9	43.0
2006/12	742	55.5	133.9	266.6	25.6	26.3	32.1	16.0	3.6	1.5	63.2	31.7

資料來源：本所港研中心

附表3-5　臺中港2007年海流之流速及流向統計表

年/月	觀測筆數	平均流速(cm/sec)	最大流速		流速<25cm/sec(%)	流速25~50cm/sec(%)	流速50~100cm/sec(%)	流速>100cm/sec(%)	流向N~E(%)	流向E~S(%)	流向S~W(%)	流向W~N(%)
			流速(cm/sec)	流向(°)								
2007/01	743	52.2	129.6	270.8	22.2	28.4	43.2	6.2	3.8	3.2	69.7	23.3
2007/02	671	39.9	113.0	246.5	29.5	39.5	29.1	1.9	12.1	2.7	40.5	44.7
2007/03	741	44.2	151.1	260.8	28.1	39.7	26.5	5.8	12.3	4.3	28.3	55.1
2007/04	718	38.0	193.9	256.1	38.9	38.3	18.2	4.6	8.1	2.2	29.7	60.0
2007/05	741	37.6	95.0	335.1	28.5	42.9	28.6	0.0	11.2	3.2	5.0	80.6
2007/06	709	44.1	96.0	339.5	16.6	43.4	39.9	0.0	14.8	0.4	2.4	82.4
2007/07	727	46.0	92.5	335.2	17.6	35.5	46.9	0.0	11.3	0.3	1.4	87.1
2007/08	400	45.7	98.7	348.7	16.3	42.5	41.3	0.0	13.0	0.5	0.0	86.5
2007/09	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2007/10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2007/11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2007/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

資料來源：本所港研中心

附表3-6　臺中港2008年海流之流速及流向統計表

年/月	觀測筆數	平均流速(cm/sec)	最大流速		流速<25cm/sec(%)	流速25~50cm/sec(%)	流速50~100cm/sec(%)	流速>100cm/sec(%)	流向N~E(%)	流向E~S(%)	流向S~W(%)	流向W~N(%)
			流速(cm/sec)	流向(°)								
2008/01	493	78.4	182.9	264.6	19.9	9.7	35.5	34.9	6.9	0.8	58.6	33.7
2008/02	691	71.2	157.6	263.8	15.3	16.1	51.5	17.1	3.3	12.7	36.9	47.0
2008/03	743	34.6	101.7	245.1	42.8	36.2	20.9	0.1	9.6	6.7	24.8	59.0
2008/04	720	31.8	114.0	251.4	44.6	36.8	18.1	0.6	18.1	6.0	19.9	56.1
2008/05	470	50.2	150.0	251.2	10.4	45.3	40.0	3.8	29.6	1.7	14.5	53.8
2008/06	720	44.4	129.3	14.7	19.2	44.9	35.3	0.7	35.1	1.1	14.9	48.9
2008/07	744	50.2	145.4	356.7	15.5	40.9	39.0	4.7	25.1	40.9	24.6	9.4
2008/08	744	47.2	120.9	155.2	16.5	41.8	40.2	1.5	19.9	62.6	11.4	6.0
2008/09	667	53.9	240.2	282.4	22.9	32.8	34.3	9.9	10.3	41.7	29.2	18.7
2008/10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2008/11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2008/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

資料來源：本所港研中心

附表3-7　臺中港2009年海流之流速及流向統計表

年/月	觀測筆數	平均流速(cm/sec)	最大流速		流速<25cm/sec(%)	流速25~50cm/sec(%)	流速50~100cm/sec(%)	流速>100cm/sec(%)	流向N~E(%)	流向E~S(%)	流向S~W(%)	流向W~N(%)
			流速(cm/sec)	流向(˚)								
2009/01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2009/02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2009/03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2009/04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2009/05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2009/06	286	57.4	189.0	14.7	15.0	31.8	45.5	7.7	47.6	0.3	5.2	46.9
2009/07	743	48.9	150.2	7.7	19.7	36.3	39.0	5.0	51.3	2.7	2.0	44.0
2009/08	440	38.0	140.4	281.4	27.0	51.8	20.0	1.1	30.9	0.7	5.0	63.4
2009/09	720	33.3	88.9	22.8	34.0	51.9	14.0	0.0	24.4	1.1	17.4	57.1
2009/10	744	50.3	128.2	244.4	19.1	35.9	40.9	4.2	12.0	0.1	60.2	27.7
2009/11	719	52.9	182.6	244.8	23.2	32.1	33.7	11.0	15.4	0.7	59.8	24.1
2009/12	741	37.8	112.9	245.4	36.3	35.8	27.4	0.5	15.1	0.5	60.7	23.6

資料來源：本所港研中心

附表3-8　臺中港2010年海流之流速及流向統計表

年/月	觀測筆數	平均流速(cm/sec)	最大流速		流速<25cm/sec(%)	流速25~50cm/sec(%)	流速50~100cm/sec(%)	流速>100cm/sec(%)	流向N~E(%)	流向E~S(%)	流向S~W(%)	流向W~N(%)
			流速(cm/sec)	流向(˚)								
2010/01	744	37.3	112.6	243.7	32.1	44.0	22.2	1.7	19.1	1.3	45.3	34.3
2010/02	672	38.0	118.3	240.4	33.3	40.6	24.6	1.5	31.0	0.6	42.0	26.5
2010/03	742	35.8	134.4	1.3	43.3	32.6	22.1	2.0	68.9	0.0	15.9	15.2
2010/04	719	33.2	84.8	240.0	36.9	46.0	17.1	0.0	31.0	2.5	31.0	35.5
2010/05	738	28.6	87.9	6.9	48.0	40.8	11.2	0.0	31.6	3.5	14.1	50.8
2010/06	715	36.5	86.4	347.7	28.0	50.1	22.0	0.0	35.5	0.0	12.4	52.0
2010/07	743	46.6	101.8	18.6	13.2	42.7	44.0	0.1	54.6	0.0	1.9	43.5
2010/08	743	44.5	93.8	338.2	10.2	53.4	36.3	0.0	54.8	0.1	2.0	43.1
2010/09	710	35.7	117.9	250.3	26.6	54.8	17.9	0.7	47.2	0.8	12.0	40.0
2010/10	741	53.3	168.8	245.6	20.1	37.9	28.9	13.1	13.4	0.3	54.9	31.4
2010/11	718	38.3	102.0	249.3	24.0	54.6	21.0	0.4	18.0	0.0	46.2	35.8
2010/12	744	41.9	165.3	323.0	19.6	51.2	26.9	2.3	37.0	9.4	27.0	26.6

資料來源：本所港研中心

附表3-9　臺中港2011年海流之流速及流向統計表

年/月	觀測筆數	平均流速(cm/sec)	最大流速		流速<25cm/sec(%)	流速25~50cm/sec(%)	流速50~100cm/sec(%)	流速>100cm/sec(%)	流向N~E(%)	流向E~S(%)	流向S~W(%)	流向W~N(%)
			流速(cm/sec)	流向(˚)								
2011/01	712	20.6	56.7	32.4	63.9	35.0	1.1	0.0	26.0	62.2	8.6	3.2
2011/02	600	15.7	56.1	100.3	78.7	20.7	0.7	0.0	58.2	24.2	7.7	10.0
2011/03	683	19.8	66.1	103.6	63.7	34.8	1.5	0.0	48.2	33.2	10.8	7.8
2011/04	688	21.1	129.9	287.9	58.6	36.3	4.8	0.3	70.9	13.4	3.8	11.9
2011/05	697	28.3	93.1	241.8	48.5	43.8	7.7	0.0	29.3	1.4	24.7	44.6
2011/06	666	32.8	80.7	20.7	31.8	54.1	14.1	0.0	65.8	0.8	5.3	28.2
2011/07	697	33.2	88.1	27.7	28.8	57.1	14.1	0.0	73.2	0.3	1.1	25.4
2011/08	711	31.3	95.1	26.5	42.8	34.5	22.8	0.0	61.3	0.4	4.5	33.8
2011/09	690	21.6	65.2	231.9	62.9	32.9	4.2	0.0	28.6	1.9	31.9	37.7
2011/10	713	35.0	143.6	242.2	41.8	37.2	17.7	3.4	16.3	0.3	62.0	21.5
2011/11	686	36.2	103.7	243.3	33.5	46.9	19.2	0.3	18.5	1.0	38.9	41.5
2011/12	104	60.7	128.3	239.0	16.3	23.1	49.0	11.5	8.7	1.0	83.7	6.7

資料來源：本所港研中心

附表4-1　臺中港2003年示性波高、週期及波向資料統計表

年/月	觀測筆數	H1/3 平均值 (m)	T1/3 平均值 (s)	H1/3			H1/3 <0.5m (%)	H1/3 0.5~1m (%)	H1/3 1~5m (%)	H1/3 >5m (%)	波向 N~E (%)	波向 E~S (%)	波向 S~W (%)	波向 W~N (%)	T1/3 <6sec (%)	T1/3 6~8sec (%)	T1/3 8~10sec (%)	T1/3 >10sec (%)
				最大值 (m)	週期 (sec)	波向												
2003/01	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2003/02	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2003/03	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2003/04	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2003/05	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2003/06	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2003/07	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2003/08	723	0.6	5.5	1.8	5.2	NNE	47.0	41.5	11.5	0.0	29.9	1.0	14.9	54.2	82.2	17.8	0.0	0.0
2003/09	720	1.1	5.7	3.3	6.8	N	19.9	32.4	47.8	0.0	80.8	0.7	1.0	17.5	69.7	30.1	0.1	0.0
2003/10	742	1.9	5.4	4.1	6.7	N	4.7	14.0	81.4	0.0	96.8	0.0	0.0	3.2	88.3	11.7	0.0	0.0
2003/11	719	2.5	5.5	5.9	5.6	NNE	4.8	13.2	81.9	0.1	92.2	0.7	0.6	6.5	84.0	16.0	0.0	0.0
2003/12	741	1.9	5.4	4.3	6.4	N	7.0	15.9	77.1	0.0	95.5	0.0	0.0	4.5	90.7	9.3	0.0	0.0

資料來源：本所港研中心

附表4-2　臺中港2004年示性波高、週期及波向資料統計表

年/月	觀測筆數	H1/3 平均值 (m)	T1/3 平均值 (s)	H1/3			H1/3 <0.5m (%)	H1/3 0.5~1m (%)	H1/3 1~5m (%)	H1/3 >5m (%)	波向 N~E (%)	波向 E~S (%)	波向 S~W (%)	波向 W~N (%)	T1/3 <6sec (%)	T1/3 6~8sec (%)	T1/3 8~10sec (%)	T1/3 >10sec (%)
				最大值 (m)	週期 (sec)	波向												
2004/01	725	1.9	5.2	3.5	6.4	N	2.3	5.1	92.6	0.0	98.9	0.0	0.0	1.1	98.1	1.9	0.0	0.0
2004/02	425	1.5	5.3	4.7	5.2	N	44.0	7.8	48.2	0.0	89.6	0.0	1.4	8.9	95.3	4.7	0.0	0.0
2004/03	743	2.0	5.4	5.3	5.1	NNE	15.6	12.5	71.7	0.1	93.7	0.0	0.1	6.2	91.7	8.3	0.0	0.0
2004/04	719	1.1	5.4	4.1	6.0	NNE	40.2	14.3	45.5	0.0	80.7	0.6	2.5	16.3	86.0	14.0	0.0	0.0
2004/05	670	0.9	5.2	7.5	6.2	WSW	47.3	16.9	35.0	0.6	64.3	0.9	6.3	28.5	96.7	3.3	0.0	0.0
2004/06	705	1.1	6.2	3.3	7.2	ENE	27.4	29.4	43.3	0.0	61.6	2.4	21.6	14.5	32.6	62.4	4.5	0.4
2004/07	725	0.8	5.3	3.1	6.8	WSW	9.0	72.1	18.9	0.0	5.5	0.0	17.9	76.6	67.6	28.4	3.4	0.6
2004/08	719	1.0	6.5	3.4	8.6	N	11.1	58.0	30.9	0.0	37.6	0.0	2.6	59.8	36.3	51.9	8.6	3.2
2004/09	719	1.3	6.9	4.0	9.9	N	12.5	32.5	55.0	0.0	49.4	0.0	2.4	48.2	27.4	47.2	21.0	4.3
2004/10	739	2.4	7.1	4.6	8.9	N	0.0	1.1	98.9	0.0	91.2	0.1	0.0	8.7	16.5	63.5	16.8	3.2
2004/11	711	2.1	7.0	4.7	9.3	N	2.4	9.1	88.5	0.0	93.5	0.0	0.0	6.5	16.9	65.5	17.3	0.3
2004/12	742	2.3	7.2	4.1	8.9	N	0.8	2.6	96.6	0.0	93.8	0.0	0.0	6.2	7.7	72.5	19.7	0.1

資料來源：本所港研中心

附表4-3　臺中港2005年示性波高、週期及波向資料統計表

年/月	觀測筆數	H1/3 平均值 (m)	T1/3 平均值 (s)	H1/3			H1/3 <0.5m (%)	H1/3 0.5~1m (%)	H1/3 1~5m (%)	H1/3 >5m (%)	波向 N~E (%)	波向 E~S (%)	波向 S~W (%)	波向 W~N (%)	T1/3 <6sec (%)	T1/3 6~8sec (%)	T1/3 8~10sec (%)	T1/3 >10sec (%)
				最大值 (m)	週期 (sec)	波向												
2005/01	742	2.2	7.1	4.7	8.3	N	5.3	9.0	85.6	0.0	96.9	0.0	0.0	3.1	14.2	73.0	12.7	0.0
2005/02	668	2.2	7.2	6.2	6.2	NW	7.9	8.4	83.0	0.6	94.3	0.0	0.0	5.7	10.3	82.8	6.6	0.0
2005/03	731	1.6	6.8	6.9	6.2	N	33.9	13.7	50.5	1.9	76.7	0.0	0.0	23.3	11.1	80.2	8.8	0.0
2005/04	714	0.9	6.1	3.2	6.5	NNE	38.2	21.8	39.9	0.0	64.0	0.0	0.8	35.2	28.9	69.5	1.7	0.0
2005/05	738	1.1	5.9	2.9	6.3	NNE	10.7	38.9	50.5	0.0	64.0	0.1	5.0	30.9	40.9	56.5	2.6	0.0
2005/06	712	1.0	5.8	2.2	7.1	NNE	4.6	48.9	46.4	0.0	27.0	0.0	17.6	55.5	59.7	39.0	0.7	0.1
2005/07	524	1.2	11.7	7.0	8.9	N	7.4	59.7	31.5	1.4	15.1	0.0	29.6	55.3	53.1	32.3	7.4	0.4
2005/08	690	1.2	12.4	5.8	8.0	N	4.2	39.3	56.1	0.4	22.3	0.0	26.1	51.6	36.5	51.7	4.3	0.6
2005/09	700	1.6	7.5	6.3	9.3	N	1.6	16.9	81.0	0.5	70.9	0.6	1.6	26.9	28.3	51.7	15.1	4.1
2005/10	724	2.3	7.1	6.3	6.2	NNE	0.0	0.1	99.3	0.5	91.2	0.0	1.0	8.7	4.6	80.2	15.1	0.1
2005/11	386	1.2	6.2	4.5	6.2	N	27.5	27.5	45.1	0.0	73.8	1.6	7.3	17.4	38.1	52.8	9.1	0.0
2005/12	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

資料來源：本所港研中心

附表4-4　臺中港2006年示性波高、週期及波向資料統計表

年/月	觀測筆數	H1/3 平均值 (m)	T1/3 平均值 (s)	H1/3			H1/3 <0.5m (%)	H1/3 0.5~1m (%)	H1/3 1~5m (%)	H1/3 >5m (%)	波向 N~E (%)	波向 E~S (%)	波向 S~W (%)	波向 W~N (%)	T1/3 <6sec (%)	T1/3 6~8sec (%)	T1/3 8~10sec (%)	T1/3 >10sec (%)
				最大值 (m)	週期 (sec)	波向												
2006/01	717	2.1	7.0	4.7	10.1	N	0.0	4.3	95.7	0.0	91.8	0.0	0.0	8.2	16.9	67.2	15.6	0.3
2006/02	642	2.4	7.5	4.9	10.1	N	0.3	9.5	90.2	0.0	87.6	0.2	0.0	12.1	10.7	53.0	35.2	1.1
2006/03	218	1.9	6.3	3.7	9.5	N	3.7	0.9	95.4	0.0	93.6	0.0	0.0	6.4	28.0	67.4	4.6	0.0
2006/04	265	1.1	5.9	2.8	7.9	N	6.0	38.1	55.8	0.0	72.5	0.0	0.0	27.2	40.0	55.8	3.8	0.4
2006/05	743	1.2	6.0	4.9	12.1	N	5.2	49.7	45.1	0.0	65.0	0.0	3.1	31.9	50.3	36.9	11.7	1.1
2006/06	719	0.6	5.5	2.0	5.7	WSW	42.7	42.1	15.2	0.0	7.8	0.0	19.2	73.0	62.0	32.7	5.1	0.1
2006/07	723	0.9	5.9	4.7	7.9	NW	16.6	60.4	23.0	0.0	9.2	0.0	27.1	63.6	51.3	36.5	11.8	0.4
2006/08	739	0.8	5.9	3.0	7.9	NNE	16.9	66.3	16.8	0.0	32.3	0.0	8.1	59.4	48.4	43.2	7.8	0.5
2006/09	583	1.7	7.1	4.9	10.2	N	0.2	17.0	82.8	0.0	76.7	0.0	0.2	22.8	17.2	63.5	13.4	6.0
2006/10	742	1.7	6.4	3.7	8.0	N	0.0	14.7	85.3	0.0	97.0	0.0	0.0	3.0	32.6	65.0	2.4	0.0
2006/11	719	1.6	6.8	3.4	7.0	N	0.3	18.2	81.5	0.0	91.9	0.4	0.4	7.2	23.1	65.9	10.7	0.3
2006/12	737	2.5	7.6	4.1	8.6	N	0.0	0.0	100.0	0.0	89.7	0.0	0.0	9.7	3.5	64.3	32.2	0.0

資料來源：本所港研中心

附表4-5　臺中港2007年示性波高、週期及波向資料統計表

年/月	觀測筆數	H1/3 平均值 (m)	T1/3 平均值 (s)	H1/3			H1/3 <0.5m (%)	H1/3 0.5~1m (%)	H1/3 1~5m (%)	H1/3 >5m (%)	波向 N~E (%)	波向 E~S (%)	波向 S~W (%)	波向 W~N (%)	T1/3 <6sec (%)	T1/3 6~8sec (%)	T1/3 8~10sec (%)	T1/3 >10sec (%)
				最大值 (m)	週期 (sec)	波向												
2007/01	743	2.3	7.2	5.2	6.9	N	0.0	2.2	97.7	0.1	75.4	0.0	0.0	24.6	10.2	73.8	16.0	0.0
2007/02	659	1.5	6.2	4.8	7.7	N	4.4	27.6	68.0	0.0	77.8	2.4	0.0	19.4	34.6	62.8	2.6	0.0
2007/03	723	1.7	6.3	5.6	8.2	N	4.0	27.9	67.1	1.0	66.0	8.4	0.8	24.5	30.6	62.9	6.5	0.0
2007/04	713	1.5	6.3	5.9	9.3	N	9.1	22.0	67.2	1.7	66.8	1.0	1.7	30.3	29.3	64.8	5.9	0.0
2007/05	737	0.7	5.0	3.5	7.5	NNE	24.2	60.5	15.3	0.0	45.7	3.0	1.8	49.5	68.8	29.7	1.1	0.4
2007/06	707	0.7	5.6	3.5	6.3	ENE	17.1	75.0	7.9	0.0	27.3	0.1	16.4	56.2	55.3	40.9	3.8	0.0
2007/07	725	0.6	4.9	3.2	6.7	WNW	36.4	61.0	2.6	0.0	9.9	0.1	16.8	73.1	71.9	21.4	4.6	2.2
2007/08	741	0.8	6.2	5.4	9.1	N	45.1	27.4	27.3	0.3	56.3	0.0	13.0	30.8	29.4	64.1	5.8	0.5
2007/09	721	1.4	6.6	4.6	7.0		15.9	20.7	63.4	0.0	26.1	24.5	26.0	23.4	18.9	72.7	8.3	0.0
2007/10	704	2.4	6.9	6.7	9.8		3.8	5.7	88.6	1.8	22.2	24.4	23.2	30.3	8.7	86.6	4.8	0.0
2007/11	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2007/12	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

資料來源：本所港研中心

附表4-6　臺中港2008年示性波高、週期及波向資料統計表

年/月	觀測筆數	H1/3 平均值 (m)	T1/3 平均值 (s)	H1/3			H1/3 <0.5m (%)	H1/3 0.5~1m (%)	H1/3 1~5m (%)	H1/3 >5m (%)	波向 N~E (%)	波向 E~S (%)	波向 S~W (%)	波向 W~N (%)	T1/3 <6sec (%)	T1/3 6~8sec (%)	T1/3 8~10sec (%)	T1/3 >10sec (%)
				最大值 (m)	週期 (sec)	波向												
2008/01	329	3.4	7.8	5.3	7.6	N	0.6	0.3	98.8	0.3	98.5	0.0	0.0	1.5	2.1	51.4	46.5	0.0
2008/02	446	3.2	7.3	5.0	8.5	N	0.0	2.9	96.9	0.2	98.4	0.0	0.0	1.6	4.5	74.2	21.3	0.0
2008/03	309	2.3	6.6	4.3	7.8	N	4.2	8.1	87.7	0.0	97.7	0.0	0.0	2.3	14.9	80.9	4.2	0.0
2008/04	223	2.1	6.6	3.8	6.8	18.2	3.6	5.8	90.6	0.0	92.8	0.0	0.4	6.7	12.6	86.1	0.9	0.4
2008/05	87	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2008/06	714	0.7	5.3	1.6	5.2	255.0	22.5	59.1	18.3	0.0	16.7	0.0	26.3	57.0	67.6	29.8	2.1	0.4
2008/07	741	0.9	5.6	6.2	7.7	21.3	32.9	46.0	20.0	1.1	11.5	0.9	20.5	67.1	51.8	43.9	4.3	0.0
2008/08	742	0.7	5.7	2.0	5.7	288.4	25.3	64.0	10.6	0.0	8.8	3.0	19.4	68.9	55.1	36.1	7.8	0.9
2008/09	659	1.5	6.9	7.3	10.8	353.7	14.1	36.3	47.0	2.6	52.2	3.8	5.5	38.5	17.0	65.4	14.7	2.9
2008/10	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2008/11	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2008/12	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

資料來源：本所港研中心

附表4-7　臺中港2009年示性波高、週期及波向資料統計表

年/月	觀測筆數	H1/3 平均值 (m)	T1/3 平均值 (s)	H1/3			H1/3 <0.5m (%)	H1/3 0.5~1m (%)	H1/3 1~5m (%)	H1/3 >5m (%)	波向 N~E (%)	波向 E~S (%)	波向 S~W (%)	波向 W~N (%)	T1/3 <6sec (%)	T1/3 6~8sec (%)	T1/3 8~10sec (%)	T1/3 >10sec (%)
				最大值 (m)	週期 (sec)	波向												
2009/01	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2009/02	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2009/03	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2009/04	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2009/05	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2009/06	285	0.81	6.0	2.76	9.9	269.7	17.9	62.1	20.0	0.0	9.8	0.0	17.5	72.6	54.0	33.0	7.4	5.6
2009/07	742	0.63	5.8	1.72	5.8	257.2	30.9	59.7	9.4	0.0	11.7	0.0	7.5	80.7	47.3	48.4	4.0	0.3
2009/08	742	1.02	6.6	7.78	8.7	—	38.5	29.1	29.6	2.7	72.0	0.0	0.0	28.0	27.2	62.8	9.0	0.9
2009/09	719	1.54	6.8	3.32	8.7	11.9	0.3	20.7	79.0	0.0	94.0	0.0	0.0	6.0	20.3	69.5	10.2	0.0
2009/10	743	2.17	7.2	4.35	9.2	12.7	0.0	3.8	96.2	0.0	99.7	0.0	0.0	0.3	9.0	66.9	24.1	0.0
2009/11	719	2.22	7.4	5.36	11.2	4.4	9.2	5.3	85.3	0.3	92.9	0.0	0.0	7.1	12.5	53.7	31.0	2.8
2009/12	740	1.99	6.5	3.73	8.9	15	0.1	8.0	91.9	0.0	97.6	0.0	0.0	2.4	26.4	63.6	10.0	0.0

資料來源：本所港研中心

附表4-8　臺中港2010年示性波高、週期及波向資料統計表

年/月	觀測筆數	H1/3 平均值 (m)	T1/3 平均值 (s)	H1/3			H1/3 <0.5m (%)	H1/3 0.5~1m (%)	H1/3 1~5m (%)	H1/3 >5m (%)	波向 N~E (%)	波向 E~S (%)	波向 S~W (%)	波向 W~N (%)	T1/3 <6sec (%)	T1/3 6~8sec (%)	T1/3 8~10sec (%)	T1/3 >10sec (%)
				最大值 (m)	週期 (sec)	波向												
2010/01	743	2.08	6.9	4.07	9.4	9.7	0.0	12.1	87.9	0.0	96.0	0.0	0.0	4.0	24.0	50.3	25.4	0.3
2010/02	661	1.77	6.3	3.78	9.4	6.3	0.2	23.1	76.7	0.0	85.5	0.0	6.4	8.2	38.1	44.6	17.2	0.0
2010/03	741	1.78	6.7	4.58	9.8	9.8	0.0	19.4	80.6	0.0	92.6	0.0	0.0	7.4	27.7	57.9	14.3	0.1
2010/04	719	1.77	6.6	4.28	9.7	10.0	0.0	23.1	76.9	0.0	88.9	0.0	1.1	10.0	32.7	51.3	15.9	0.1
2010/05	737	1.25	5.5	2.49	7.2	23.3	0.0	30.4	69.6	0.0	77.7	0.0	4.9	17.4	57.4	41.7	0.9	0.0
2010/06	715	1.19	5.3	2.92	7.1	12.3	0.0	54.4	45.6	0.0	41.5	0.0	26.4	32.0	61.5	37.3	1.1	0.0
2010/07	742	0.95	5.1	1.83	4.5	275.0	0.1	60.5	39.4	0.0	9.2	0.0	34.5	56.3	73.6	20.9	3.6	1.9
2010/08	742	0.95	5.7	2.99	7.7	21.3	2.3	61.7	36.0	0.0	48.1	0.5	8.4	43.0	50.1	44.9	4.9	0.1
2010/09	709	1.27	6.5	5.09	9.4	8.5	2.7	43.9	53.2	0.3	50.8	0.0	8.2	41.0	35.4	50.9	13.4	0.3
2010/10	741	2.54	7.6	6.25	9.2	10.5	0.0	3.8	95.3	0.9	92.7	0.0	0.0	7.3	11.2	51.7	33.7	3.4
2010/11	717	2.40	7.3	4.34	9.3	7.6	0.0	2.9	97.1	0.0	94.0	0.0	0.0	6.0	5.6	75.6	18.8	0.0
2010/12	743	1.87	6.7	8.44	11.1	5.4	9.3	11.7	77.5	1.5	89.5	0.5	0.8	9.2	22.7	62.3	13.9	1.1

資料來源：本所港研中心

附表4-9　臺中港2011年示性波高、週期及波向資料統計表

年/月	觀測筆數	H1/3 平均值 (m)	T1/3 平均值 (s)	H1/3			H1/3 <0.5m (%)	H1/3 0.5~1m (%)	H1/3 1~5m (%)	H1/3 >5m (%)	波向 N~E (%)	波向 E~S (%)	波向 S~W (%)	波向 W~N (%)	T1/3 <6sec (%)	T1/3 6~8sec (%)	T1/3 8~10sec (%)	T1/3 >10sec (%)
				最大值 (m)	週期 (sec)	波向												
2011/01	38	1.10	6.1	1.64	7.6	18.4	0.0	31.6	68.4	0.0	50.0	21.1	23.7	5.3	50.0	44.7	5.3	0.0
2011/02	15	0.95	6.5	1.87	8.3	12.4	0.0	66.7	33.3	0.0	33.3	40.0	13.3	13.3	53.3	26.7	20.0	0.0
2011/03	12	0.54	4.9	0.73	4.2	242.8	41.7	58.3	0.0	0.0	16.7	0.0	58.3	25.0	75.0	25.0	0.0	0.0
2011/04	656	1.04	6.2	3.91	8.9	16.4	24.7	32.3	43.0	0.0	84.6	0.5	7.0	7.9	39.2	51.1	9.3	0.5
2011/05	664	0.69	5.2	2.67	7.6	212.2	25.5	62.7	11.9	0.0	53.3	26.8	16.0	3.9	69.7	23.3	6.9	0.0
2011/06	688	0.60	5.6	1.24	5.2	60.5	34.3	61.6	4.1	0.0	42.9	32.5	17.2	7.4	55.8	33.9	9.2	1.2
2011/07	706	0.71	5.9	3.61	9.0	14.7	52.0	28.0	20.0	0.0	45.2	2.8	26.2	25.8	48.7	38.0	10.1	3.3
2011/08	681	1.25	6.8	3.5	9.2	11.8	4.0	40.1	55.9	0.0	91.2	0.0	0.0	8.8	22.8	63.7	8.2	5.3
2011/09	702	2.01	7.2	4.31	10.7	1.4	0.0	12.5	87.5	0.0	97.0	0.1	0.0	2.8	14.2	66.5	16.0	3.3
2011/10	662	1.85	7.3	3.73	10.0	11.7	1.5	11.2	87.3	0.0	97.1	0.0	0.2	2.7	4.8	74.3	19.9	0.9
2011/11	96	2.30	7.4	3.44	10.1	10.7	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	10.4	64.6	24.0	1.0
2011/12	38	1.10	6.1	1.64	7.6	18.4	0.0	31.6	68.4	0.0	50.0	21.1	23.7	5.3	50.0	44.7	5.3	0.0

資料來源：本所港研中心

附表5-1　臺中港1999年潮位資料統計表

年/月	平均潮位 MWL	平均高潮位 MHWL	平均低潮位 MLWL	大潮平均高潮位 HWOST	大潮平均低潮位 LWOST	最高高潮位 HHWL				最低低潮位 LLWL				平均潮差 MR	大潮平均潮差 STR	最大潮差 MTR
						發生日	農曆日期	時間	潮高	發生日	農曆日期	時間	潮高			
1999/01	269	464	75	—	—	2	11 月 15 日	23:06	510	3	11 月 16 日	05:30	-26	389	—	536
1999/02	262	451	71	—	—	1	12 月 16 日	23:36	514	2	12 月 17 日	06:18	-13	380	—	527
1999/03	278	476	81	—	—	20	2 月 3 日	00:24	557	1	1 月 14 日	04:24	8	395	—	549
1999/04	282	474	88	—	—	16	3 月 1 日	23:18	543	19	3 月 4 日	19:18	10	386	—	533
1999/05	281	468	92	—	—	17	4 月 3 日	00:18	528	17	4 月 3 日	18:18	-6	376	—	534
1999/06	285	474	95	—	—	13	4 月 30 日	23:00	530	14	5 月 1 日	17:30	-15	379	—	545
1999/07	293	482	99	—	—	14	6 月 2 日	11:36	539	14	6 月 2 日	18:12	4	383	—	535
1999/08	293	487	95	—	—	12	7 月 2 日	11:30	531	12	7 月 2 日	17:48	9	392	—	522
1999/09	295	491	97	—	—	27	8 月 18 日	12:06	552	9	7 月 30 日	17:00	33	394	—	519
1999/10	298	483	115	—	—	10	9 月 2 日	11:36	539	11	9 月 3 日	06:00	46	368	—	493
1999/11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1999/12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

潮高單位：公分；基準面：+707.7cm 水準點標高(基隆MSL)+621.8cm。資料來源：中央氣象局。

附表5-2　臺中港2002年潮位資料統計表

年/月	平均潮位 MWL	平均高潮位 MHWL	平均低潮位 MLWL	大潮平均高潮位 HWOST	大潮平均低潮位 LWOST	最高高潮位 HHWL				最低低潮位 LLWL				平均潮差 MR	大潮平均潮差 STR	最大潮差 MTR
						發生日	農曆日期	時間	潮高	發生日	農曆日期	時間	潮高			
2002/01	280	471	88	499	16	31	12 月 19 日	00:12	524	30	12 月 18 日	05:48	-25	383	483	549
2002/02	282	468	95	473	70	28	1 月 17 日	23:54	548	28	1 月 17 日	05:42	-2	373	402	550
2002/03	285	474	93	479	77	29	2 月 16 日	23:30	550	1	1 月 18 日	06:12	4	381	402	546
2002/04	292	477	104	482	86	27	3 月 15 日	23:30	548	28	3 月 16 日	18:00	12	373	396	536
2002/05	301	482	116	487	90	26	4 月 15 日	23:24	530	27	4 月 16 日	17:42	32	366	397	498
2002/06	301	480	118	486	87	26	5 月 16 日	00:06	527	24	5 月 14 日	16:54	34	362	398	493
2002/07	312	497	123	504	93	9	5 月 29 日	22:42	535	11	6 月 2 日	17:42	26	374	410	509
2002/08	312	498	123	504	94	11	7 月 3 日	12:42	557	10	7 月 2 日	18:18	15	375	410	542
2002/09	308	499	115	507	87	7	8 月 1 日	10:48	588	7	8 月 1 日	17:12	9	384	420	579
2002/10	301	490	110	498	83	7	9 月 2 日	11:24	560	9	9 月 4 日	06:30	16	380	415	544
2002/11	294	487	103	494	73	5	10 月 1 日	11:12	552	5	10 月 1 日	04:54	10	384	421	542
2002/12	292	485	102	492	71	4	11 月 1 日	22:54	533	5	11 月 2 日	05:18	9	383	421	524

潮高單位：公分；基準面：+618.75cm 水準點標高(基隆MSL)+351.25cm。資料來源：中央氣象局。

附表5-3　臺中港2003年潮位資料統計表

年/月	平均潮位 MWL	平均高潮位 MHWL	平均低潮位 MLWL	大潮平均高潮位 HWOST	大潮平均低潮位 LWOST	最高高潮位 HHWL				最低低潮位 LLWL				平均潮差 MR	大潮平均潮差 STR	最大潮差 MTR
						發生日	農曆日期	時間	潮高	發生日	農曆日期	時間	潮高			
2003/01	282	473	91	502	18	21	12 月 19 日	00:36	521	3	12 月 1 日	05:00	-7	382	484	528
2003/02	290	478	101	509	34	19	12 月 17 日	00:24	540	18	12 月 16 日	05:48	5	377	475	535
2003/03	289	480	98	522	46	20	2 月 18 日	00:00	555	19	2 月 17 日	05:24	12	382	476	543
2003/04	294	478	106	518	51	19	3 月 18 日	00:42	538	18	3 月 17 日	18:42	4	372	467	534
2003/05	296	478	112	511	50	16	4 月 16 日	23:30	549	18	4 月 18 日	19:00	15	366	461	534
2003/06	299	477	118	504	45	14	5 月 15 日	10:24	532	15	5 月 16 日	17:24	16	359	459	516
2003/07	302	482	118	504	48	31	7 月 3 日	12:36	523	14	6 月 15 日	17:54	25	364	456	498
2003/08	316	504	122	532	62	30	8 月 3 日	00:48	548	12	7 月 15 日	17:48	38	382	470	510
2003/09	316	512	118	550	65	27	9 月 2 日	11:30	573	27	9 月 2 日	17:42	50	394	485	523
2003/10	309	501	116	541	60	26	10 月 2 日	11:06	566	28	10 月 4 日	06:30	11	385	481	555
2003/11	300	490	112	524	47	24	10 月 24 日	11:00	565	25	10 月 25 日	05:18	-12	378	477	577
2003/12	291	480	101	510	30	26	12 月 4 日	00:18	536	24	12 月 2 日	05:24	-13	379	480	549

潮高單位：公分；基準面：+619.37cm 水準點標高(基隆MSL)+351.25cm。資料來源：中央氣象局。

附表5-4　臺中港2004年潮位資料統計表

年/月	平均潮位 MWL	平均高潮位 MHWL	平均低潮位 MLWL	大潮平均高潮位 HWOST	大潮平均低潮位 LWOST	最高高潮位 HHWL				最低低潮位 LLWL				平均潮差 MR	大潮平均潮差 STR	最大潮差 MTR
						發生日	農曆日期	時間	潮高	發生日	農曆日期	時間	潮高			
2004/01	285	469	100	496	28	22	1 月 1 日	23:24	518	23	1 月 2 日	06:12	-10	369	468	528
2004/02	286	469	103	500	37	23	2 月 4 日	00:24	527	21	2 月 2 日	05:42	11	366	463	516
2004/03	295	477	110	519	49	21	2 月 1 日	23:48	534	8	2 月 18 日	05:54	27	367	470	507
2004/04	299	481	114	519	64	8	2 月 19 日	00:36	557	9	2 月 20 日	19:54	23	367	455	534
2004/05	307	487	123	515	63	5	3 月 17 日	23:42	539	6	3 月 18 日	17:54	6	364	452	533
2004/06	313	495	128	515	62	5	4 月 18 日	00:12	547	4	4 月 17 日	17:54	18	367	453	529
2004/07	318	503	129	531	55	2	5 月 15 日	10:06	568	3	5 月 16 日	18:00	15	374	476	553
2004/08	324	512	134	543	67	30	7 月 15 日	10:54	580	30	7 月 15 日	17:18	34	378	476	546
2004/09	317	505	128	543	77	1	7 月 17 日	12:06	562	27	8 月 14 日	16:12	59	377	466	503
2004/10	313	507	122	543	68	16	9 月 3 日	12:12	563	16	9 月 3 日	05:42	45	385	475	518
2004/11	304	489	120	517	53	13	10 月 2 日	11:12	551	14	10 月 3 日	05:30	19	369	464	532
2004/12	297	481	115	507	39	15	11 月 4 日	00:30	534	13	11 月 2 日	05:06	-5	366	468	539

潮高單位：公分；基準面相對KP：–268.12cm。資料來源：中央氣象局。

附表5-5　臺中港2005年潮位資料統計表

年/月	平均潮位 MWL	平均高潮位 MHWL	平均低潮位 MLWL	大潮平均高潮位 HWOST	大潮平均低潮位 LWOST	最高高潮位 HHWL				最低低潮位 LLWL				平均潮差 MR	大潮平均潮差 STR	最大潮差 MTR
						發生日	農曆日期	時間	潮高	發生日	農曆日期	時間	潮高			
2005/01	-2	181	-185	211	-255	14 日	12 月 5 日	01:18	240	12 日	12 月 3 日	06:06	-305	366	466	545
2005/02	-1	186	-187	224	-254	9 日	1 月 1 日	23:30	252	9 日	1 月 1 日	05:06	-295	373	479	547
2005/03	-6	183	-195	227	-246	11 日	2 月 2 日	23:36	265	10 日	2 月 1 日	05:00	-280	378	473	545
2005/04	10	189	-173	234	-230	8 日	2 月 30 日	23:06	252	26 日	3 月 18 日	18:24	-254	362	464	506
2005/05	20	195	-161	228	-230	25 日	4 月 18 日	11:42	241	26 日	4 月 19 日	18:48	-265	356	458	506
2005/06	24	199	-159	219	-231	24 日	5 月 18 日	12:24	238	23 日	5 月 17 日	18:00	-271	358	449	509
2005/07	24	203	-158	232	-237	23 日	6 月 18 日	12:06	267	22 日	6 月 17 日	17:36	-289	361	469	556
2005/08	29	214	-159	251	-232	21 日	7 月 17 日	12:00	291	20 日	7 月 16 日	17:42	-290	373	483	581
2005/09	31	218	-158	259	-219	19 日	8 月 16 日	11:36	282	18 日	8 月 15 日	17:12	-255	376	478	537
2005/10	18	207	-170	250	-221	18 日	9 月 16 日	11:24	274	18 日	9 月 16 日	05:12	-246	377	471	520
2005/11	16	200	-170	232	-235	14 日	10 月 13 日	21:54	250	4 日	10 月 3 日	05:54	-255	370	467	505
2005/12	-3	185	-185	213	-256	2 日	11 月 2 日	11:30	250	4 日	11 月 4 日	06:30	-278	370	469	528

潮高單位：公分；基準面相對KP：0cm。資料來源：中央氣象局。

附表5-6　臺中港2006年潮位資料統計表

年/月	平均潮位 MWL	平均高潮位 MHWL	平均低潮位 MLWL	大潮平均高潮位 HWOST	大潮平均低潮位 LWOST	最高高潮位 HHWL				最低低潮位 LLWL				平均潮差 MR	大潮平均潮差 STR	最大潮差 MTR
						發生日	農曆日期	時間	潮高	發生日	農曆日期	時間	潮高			
2006/01	3	193	-188	229	-266	30 日	1 月 2 日	23:48	264	2 日	12 月 3 日	06:18	-297	381	495	561
2006/02	6	189	-180	223	-243	2 日	1 月 5 日	01:18	256	1 日	1 月 4 日	06:36	-287	370	466	543
2006/03	4	198	-191	238	-246	2 日	2 月 3 日	00:18	269	1 日	2 月 2 日	06:00	-297	389	484	566
2006/04	18	199	-169	238	-225	27 日	3 月 30 日	22:48	264	29 日	4 月 2 日	18:00	-260	368	463	524
2006/05	20	206	-166	228	-235	26 日	4 月 29 日	22:48	247	28 日	5 月 2 日	17:54	-265	372	462	513
2006/06	27	210	-160	230	-229	11 日	5 月 16 日	23:18	244	13 日	5 月 18 日	18:12	-257	371	459	501
2006/07	31	217	-159	252	-232	14 日	6 月 19 日	01:24	298	12 日	6 月 17 日	18:00	-257	377	484	555
2006/08	32	218	-156	251	-221	11 日	7 月 18 日	12:06	289	10 日	7 月 17 日	17:36	-267	374	472	556
2006/09	27	213	-158	276	-221	10 日	7 月 18 日	12:36	297	8 日	7 月 16 日	17:24	-251	371	497	548
2006/10	12	196	-173	242	-230	7 日	8 月 16 日	10:42	284	9 日	8 月 18 日	06:06	-269	369	471	552
2006/11	6	192	-177	228	-251	6 日	9 月 16 日	11:18	258	8 日	9 月 18 日	06:24	-290	369	478	548
2006/12	-4	183	-192	210	-266	5 日	10 月 15 日	11:12	225	6 日	10 月 16 日	05:36	-292	374	476	517

潮高單位：公分；基準面相對KP：0cm。資料來源：中央氣象局。

附表5-7　臺中港2007年潮位資料統計表

年/月	平均潮位 MWL	平均高潮位 MHWL	平均低潮位 MLWL	大潮平均高潮位 HWOST	大潮平均低潮位 LWOST	最高高潮位 HHWL				最低低潮位 LLWL				平均潮差 MR	大潮平均潮差 STR	最大潮差 MTR
						發生日	農曆日期	時間	潮高	發生日	農曆日期	時間	潮高			
2007/01	-16	168	-201	203	-272	20 日	12 月 2 日	23:54	227	20 日	12 月 2 日	05:36	-290	369	475	517
2007/02	-11	171	-195	210	-268	20 日	1 月 3 日	00:12	251	19 日	1 月 2 日	06:00	-284	367	478	535
2007/03	1	185	-188	228	-247	19 日	2 月 1 日	23:24	265	21 日	2 月 3 日	18:42	-278	373	475	543
2007/04	-1	184	-189	225	-242	17 日	3 月 1 日	23:18	274	19 日	3 月 3 日	18:12	-300	373	467	575
2007/05	5	182	-173	206	-242	19 日	4 月 3 日	00:48	231	17 日	4 月 1 日	17:24	-277	356	448	508
2007/06	12	183	-166	202	-236	15 日	5 月 1 日	23:48	227	15 日	5 月 1 日	17:12	-270	349	438	496
2007/07	14	192	-171	215	-241	14 日	6 月 1 日	23:24	240	15 日	6 月 2 日	17:54	-271	363	456	511
2007/08	24	212	-169	241	-230	30 日	7 月 18 日	12:06	263	29 日	7 月 17 日	17:48	-253	381	471	516
2007/09	21	209	-170	246	-224	29 日	8 月 19 日	12:30	273	30 日	8 月 20 日	06:48	-259	379	470	532
2007/10	9	200	-183	238	-242	27 日	9 月 17 日	11:18	274	28 日	9 月 18 日	05:48	-285	383	480	559
2007/11	1	190	-183	228	-241	25 日	10 月 16 日	11:12	261	26 日	10 月 17 日	05:36	-298	374	468	559
2007/12	-1	190	-196	233	-266	27 日	11 月 18 日	00:30	238	26 日	11 月 17 日	06:12	-302	386	498	540

潮高單位：公分；基準面相對KP：0cm。資料來源：中央氣象局。

附表5-8　臺中港2008年潮位資料統計表

年/月	平均潮位 MWL	平均高潮位 MHWL	平均低潮位 MLWL	大潮平均高潮位 HWOST	大潮平均低潮位 LWOST	最高高潮位 HHWL				最低低潮位 LLWL				平均潮差 MR	大潮平均潮差 STR	最大潮差 MTR
						發生日	農曆日期	時間	潮高	發生日	農曆日期	時間	潮高			
2008/01	-6	182	-196	213	-268	12 日	12 月 5 日	13:42	237	23 日	12 月 16 日	05:24	-299	378	480	536
2008/02	-14	173	-201	216	-257	23 日	1 月 17 日	12:42	240	21 日	1 月 15 日	05:00	-286	375	473	526
2008/03	-3	180	-192	226	-245	10 日	2 月 3 日	00:18	248	9 日	2 月 2 日	06:00	-275	371	471	522
2008/04	8	190	-182	229	-239	8 日	3 月 3 日	00:06	255	9 日	3 月 4 日	19:12	-276	372	468	531
2008/05	18	200	-170	226	-228	7 日	4 月 3 日	00:00	253	6 日	4 月 2 日	17:24	-292	370	454	545
2008/06	18	203	-172	219	-225	5 日	5 月 2 日	11:36	252	4 日	5 月 1 日	17:24	-283	374	444	535
2008/07	19	194	-168	165	-212	5 日	6 月 3 日	12:30	245	4 日	6 月 2 日	18:06	-287	362	377	532
2008/08	20	213	-174	240	-238	31 日	8 月 1 日	11:06	265	1 日	7 月 1 日	17:00	-279	387	478	544
2008/09	21	212	-172	257	-221	1 日	8 月 2 日	12:00	276	19 日	8 月 20 日	07:12	-242	384	477	517
2008/10	10	204	-184	236	-236	17 日	9 月 19 日	12:18	266	18 日	9 月 20 日	06:42	-269	388	471	535
2008/11	5	191	-182	249	-259	14 日	10 月 17 日	11:18	270	15 日	10 月 18 日	05:48	-299	373	508	568
2008/12	-5	177	-186	—	—	17 日	11 月 20 日	14:30	216	31 日	12 月 5 日	07:12	-254	362	—	470

高單位：公分；基準面相對KP：0cm。資料來源：中央氣象局。

附表5-9　臺中港2009年潮位資料統計表

年/月	平均潮位 MWL	平均高潮位 MHWL	平均低潮位 MLWL	大潮平均高潮位 HWOST	大潮平均低潮位 LWOST	最高高潮位 HHWL				最低低潮位 LLWL				平均潮差 MR	大潮平均潮差 STR	最大潮差 MTR
						發生日	農曆日期	時間	潮高	發生日	農曆日期	時間	潮高			
2009/01	-10	179	-199	205	-250	12 日	12 月 17 日	11:54	249	13 日	12 月 18 日	06:24	-319	379	455	568
2009/02	-5	184	-194	229	-256	10 日	1 月 16 日	23:48	254	11 日	1 月 17 日	06:12	-295	378	486	549
2009/03	-6	181	-195	223	-256	10 日	2 月 14 日	22:42	242	11 日	2 月 15 日	05:00	-276	377	478	518
2009/04	0	189	-188	220	-253	9 日	3 月 14 日	23:12	238	27 日	4 月 3 日	18:36	-286	377	473	523
2009/05	9	191	-176	218	-245	26 日	5 月 3 日	12:0	242	27 日	5 月 4 日	19:12	-277	367	463	519
2009/06	18	201	-172	227	-244	25 日	5 月 3 日	12:30	266	24 日	5 月 2 日	18:18	-298	373	471	564
2009/07	19	204	-176	229	-250	25 日	6 月 4 日	13:12	264	23 日	6 月 2 日	18:06	-303	380	479	567
2009/08	31	218	-145	259	-202	21 日	7 月 2 日	12:0	277	20 日	7 月 1 日	17:30	-248	363	461	525
2009/09	37	230	-152	261	-200	19 日	8 月 1 日	11:0	300	17 日	7 月 29 日	15:54	-232	382	461	532
2009/10	26	219	-170	254	-214	18 日	9 月 1 日	10:54	277	19 日	9 月 2 日	05:24	-254	389	468	531
2009/11	18	209	-175	236	-226	5 日	9 月 19 日	12:36	265	5 日	9 月 19 日	06:06	-265	384	462	530
2009/12	9	203	-186	225	-252	5 日	10 月 19 日	0:12	253	5 日	10 月 19 日	06:30	-289	389	477	541

潮高單位：公分；基準面相對KP：0cm。資料來源：中央氣象局。

附表5-10　臺中港2010年潮位資料統計表

年/月	平均潮位 MWL	平均高潮位 MHWL	平均低潮位 MLWL	大潮平均高潮位 HWOST	大潮平均低潮位 LWOST	最高高潮位 HHWL				最低低潮位 LLWL				平均潮差 MR	大潮平均潮差 STR	最大潮差 MTR
						發生日	農曆日期	時間	潮高	發生日	農曆日期	時間	潮高			
2010/01	0	194	-193	224	-266	31 日	12 月 17 日	23:48	268	2 日	11 月 18 日	5:48	-307	387	490	575
2010/02	8	197	-184	235	-244	2 日	12 月 19 日	0:42	273	1 日	12 月 18 日	6:18	-292	381	479	565
2010/03	17	205	-180	243	-224	1 日	1 月 16 日	23:36	289	1 日	1 月 16 日	05:00	-274	386	468	563
2010/04	11	196	-179	234	-240	2 日	2 月 18 日	01:06	257	30 日	3 月 17 日	18:12	-256	375	474	513
2010/05	18	199	-163	226	-223	28 日	4 月 15 日	23:48	240	15 日	4 月 2 日	17:48	-246	362	449	486
2010/06	20	199	-163	219	-225	14 日	5 月 3 日	12:06	236	15 日	5 月 4 日	19:24	-254	362	444	490
2010/07	28	211	-158	239	-220	15 日	6 月 4 日	13:30	271	13 日	6 月 2 日	18:18	-261	369	458	531
2010/08	35	216	-154	258	-208	11 日	7 月 2 日	11:42	283	11 日	7 月 2 日	18:12	-265	370	466	547
2010/09	36	218	-153	259	-201	9 日	8 月 2 日	11:18	305	7 日	7 月 29 日	16:18	-230	371	460	535
2010/10	25	211	-157	257	-205	8 日	9 月 1 日	11:06	285	9 日	9 月 2 日	5:42	-249	368	462	534
2010/11	17	215	-180	248	-239	6 日	10 月 1 日	10:54	286	8 日	10 月 3 日	06:00	-279	395	487	565
2010/12	13	199	-183	235	-255	24 日	11 月 19 日	13:12	268	8 日	11 月 3 日	6:24	-279	382	490	547

潮高單位：公分；基準面相對KP：0cm。資料來源：中央氣象局。

附表5-11　臺中港2011年潮位資料統計表

年/月	平均潮位 MWL	平均高潮位 MHWL	平均低潮位 MLWL	大潮平均高潮位 HWOST	大潮平均低潮位 LWOST	最高高潮位 HHWL				最低低潮位 LLWL				平均潮差 MR	大潮平均潮差 STR	最大潮差 MTR
						發生日	農曆日期	時間	潮高	發生日	農曆日期	時間	潮高			
2011/01	-1	185	-189	217	-246	23	12 月 20 日	13:24	253	22	12 月 19 日	6:30	-283	373	463	536
2011/02	2	194	-193	232	-259	21	1 月 19 日	0:36	268	20	1 月 18 日	6:12	-290	387	491	558
2011/03	0	191	-192	239	-246	20	2 月 16 日	23:36	278	22	2 月 18 日	18:48	-277	384	485	555
2011/04	8	197	-184	243	-242	18	3 月 16 日	23:24	273	19	3 月 17 日	17:48	-288	380	485	561
2011/05	16	202	-172	226	-234	17	4 月 15 日	10:36	246	17	4 月 15 日	17:00	-272	374	459	517
2011/06	24	210	-165	228	-230	17	5 月 16 日	11:48	245	16	5 月 15 日	17:30	-254	374	458	499
2011/07	31	220	-163	247	-228	31	7 月 1 日	11:12	269	31	7 月 1 日	17:42	-244	383	475	513
2011/08	35	229	-162	269	-215	30	8 月 2 日	11:30	312	1	7 月 2 日	18:18	-245	390	484	557
2011/09	34	231	-166	270	-209	28	9 月 2 日	11:12	312	30	9 月 4 日	6:48	-253	397	479	565
2011/10	22	224	-180	264	-233	27	10 月 1 日	11:00	296	29	10 月 3 日	6:12	-280	404	497	576
2011/11	18	214	-181	241	-247	26	11 月 2 日	11:36	268	27	11 月 3 日	6:06	-295	394	488	563
2011/12	8	196	-181	217	-240	27	12 月 3 日	12:54	236	25	12 月 1 日	5:06	-287	377	457	524

潮高單位：公分；基準面相對KP：0cm。資料來源：中央氣象局

附錄二　檢驗室之品保/品管及檢驗室一般品管原則說明

一、本計畫方法依據與方法偵測極限

附表1　本計畫檢測項目品質目標

項次	檢驗項目	檢驗方法	參考方法編號	方法偵測極限	精密性 (重複分析)	回收率	
						查核樣品	添加標準品
1	◎[(1)]pH 值	電極法	NIEA[(2)] W424.52A	—	±0.1	—	—
2	◎溶氧量	電極法	NIEA W455.51C	—	≤10%	—	—
3	鹽度	導電度法	NIEA W447.20C*[(3)]	—	≤5%	—	—
4	◎導電度	導電度計法	NIEA W203.51B	—	≤3%	—	—
5	◎水溫	溫度計法	NIEA W217.51A	—	≤3%	—	—
6	透明度	水中透明度檢測方法	NIEA E220.50C	—	—	—	—
7	◎生化需氧量	水中生化需氧量檢測方法	NIEA W510.54B	2.0[#(4)] mg/L	≤15%	168~228 mg/L [(5)]	—
8	◎大腸桿菌群	濾膜法	NIEA E202.54B	10CFU/100mL[#]	≤ 0.2	—	—
9	◎懸浮固體	103~105℃乾燥法	NIEA W210.57A	2.5[#]mg/L	≤20% ≤10%[(6)]	—	—
10	◎氨氮	靛酚法	NIEA W448.51B	0.02 mg/L	≤15%	85~115%	85~115%
11	◎總磷	分光光度計/維生素丙法	NIEA W427.53B	0.005 mg/L	≤15%	80~120%	80~120%
12	葉綠素 a	丙酮萃取法/分光光度計分析法	NIEA E507.02B	—	≤20%	—	—
13	海水重金屬 (萃取法) (銅、鉛、鋅)	APDC 螯合 MIBK 萃取原子吸收光譜法	NIEA W309.22A	銅 0.0010 mg/L 鉛 0.0020 mg/L 鋅 0.0016 mg/L	≤20%	80~120%	75~125%
14	海水重金屬 (樹脂法) (銅、鉛、鋅)	鉗合離子交換樹脂濃縮/原子吸收光譜法	NIEA W308.22B NIEA W306.52A	銅 0.0003 mg/L 鉛 0.0006 mg/L 鋅 0.0008 mg/L	≤20%	80~120%	80~120%

附表1(續)　本計畫檢測項目品質目標

項次	檢驗項目	檢驗方法	參考方法編號	方法偵測極限	精密性 (重複分析)	回收率	
						查核樣品	添加標準品
15	鉻	石墨爐式原子吸收光譜法	NIEA W303.51A	0.0004 mg/L	≤20%	80~120%	75~125%
16	汞	冷蒸氣原子吸收光譜法	NIEA W330.52A	0.0001 mg/L	≤20%	80~120%	75~125%
17	◎砷	自動化連續式原子吸收光譜法	NIEA W434.53B	0.0003 mg/L	≤20%	80~120%	75~125%
18	底泥粒徑	篩分析法	ASTM[7] D422	—	—	—	—
19	底泥重金屬 (銅、鉛、鋅、鉻)	微波消化原子吸收光譜法	NIEA R355.00C*	銅 2.03 mg/kg 鉛 10.5 mg/kg 鋅 4.72 mg/kg 鉻 3.34 mg/kg	≤20%	75~125%	75~125%
20	底泥砷	砷化氫原子吸收光譜法	NIEA S310.63C	0.192 mg/kg	≤20%	70~130%	75~125%
21	底泥汞	冷蒸氣原子吸收光譜法	NIEA M317.02C	0.020 mg/kg	≤20%	80~120%	75~125%
22	總有機物Δ(8)	焚化灰渣之灼燒減量檢測方法	NIEA R216.02C	—	≤10%	—	—
23	底泥鋁Δ	微波消化原子吸收光譜法	NIEA R355.00C	0.1 mg/kg	≤10%	—	—
24	底泥有機錫Δ	氣相層析法/質譜法	NIEA T504.30B/ NIEA C502.00B	0.02# mg/kg	≤30%	70~130%	50~130%

註:　1.◎代表本檢驗室經環境保護署審查合格之許可項目及方法。

2.代表該檢測方法係環保署公告的方法。

3."*"代表該檢測方法係參考環保署公告的方法。

4."#"表定量極限。

5.BOD 的品質目標以濃度表示為 168~228mg/L。

6.當樣品濃度<25mg/L 時，管制值≤20%。當樣品濃度≥25mg/L 時，管制值≤10%。

7. Annual Book of ASTM Standards(American Society for Testing Materials), Vol.04.08 1993.

8. "Δ"表示該檢項委託合格之廠商或學術單位分析。

9.表中各檢項方法偵測極限值原則上每年更新一次。

10.若本所因不可抗拒力(如天災、儀器故障)而未能執行檢測分析，本所將通知業主，並於樣品有效期限內轉委託經環保署認證之檢測單位或學術單位執行檢測，或其他業主同意的方式處理之。轉委託後之分析品質亦須符合上表中品質目標的規定。

附表2　本計畫檢測項目之品管頻率及檢量線管制範圍

項次	項　目	檢量線	方法偵測極限	空白樣品	查核樣品	重複樣品	添加樣品	運送空白	現場空白	設備空白
1	pH 值	儀器校正	╳	╳	╳	○	╳	╳	╳	╳
2	溶氧量(電極法)	儀器校正	╳	╳	╳	○	╳	╳	╳	╳
3	鹽度	儀器校正	╳	╳	╳	○	╳	╳	╳	╳
4	導電度	儀器校正	╳	╳	╳	○	╳	╳	╳	╳
5	水溫	儀器校正	╳	╳	╳	○	╳	╳	╳	╳
6	透明度	╳	╳	╳	╳	○	╳	╳	╳	╳
7	生化需氧量	╳	╳	○	○	○	╳	╳	╳	╳
8	大腸桿菌群	╳	╳	○	╳	○	╳	○	╳	╳
9	懸浮固體	╳	╳	○	╳	○	╳	╳	╳	╳
10	氨氮	r≧0.995	○	○	○	○	○	╳	╳	╳
11	總磷	r≧0.995	○	○	○	○	○	╳	╳	╳
12	葉綠素 a	╳	╳	○	╳	○	╳	╳	╳	╳
13	重金屬(萃取法) (銅、鉛、鋅)	r≧0.995	○	○	○	○	○	╳	╳	╳
14	重金屬(樹脂法) (銅、鉛、鋅)	r≧0.995	○	○	○	○	○	╳	╳	╳
15	鉻 (石墨爐式原子吸收光譜法)	r≧0.995	○	○	○	○	○	╳	╳	╳
16	汞	r≧0.995	○	○	○	○	○	╳	╳	╳
17	砷	r≧0.995	○	○	○	○	○	╳	╳	╳
18	底泥粒徑分析	╳	╳	╳	╳	╳	╳	╳	╳	╳
19	底泥重金屬 (銅、鉛、鋅、鉻)	r≧0.995	○	○	○	○	○	╳	╳	╳
20	底泥砷	r≧0.995	○	○	○	○	○	╳	╳	╳
21	底泥汞	r≧0.995	○	○	○	○	○	╳	╳	╳
22	總有機物	╳	╳	╳	╳	○	╳	╳	╳	╳
23	底泥鋁	r≧0.995	○	╳	╳	○	╳	╳	╳	╳
24	底泥有機錫	r≧0.995	╳	○	○	○	○	╳	╳	╳

註：○ -- 執行　　╳ -- 不執行

附表3　本計畫檢測項目品質管制範圍

項次	項　目	空白樣品	查核樣品	重複樣品	添加樣品
1	pH 值	×(1)	×	±0.1	×
2	溶氧量	×	×	≤10%	×
3	鹽度	×	×	≤5%	×
4	導電度	×	×	≤3%	×
5	水溫	×	×	≤3%	×
6	透明度	×	×	×	×
7	生化需氧量	≤0.2mg/L	168~228mg/L(2)	≤15%	×
8	大腸桿菌群	不得檢出	×	≤0.2	×
9	懸浮固體	≤1.0mg/L	×	<20% <10%(3)	×
10	氨氮	≤2MDL	85~115%	≤15%	85~115%
11	總磷	≤2MDL	80~120%	≤15%	80~120%
12	葉綠素 a	×	×	≤20%	×
13	海水重金屬(萃取法)	≤2MDL	80~120%	≤20%	75~125%
14	海水重金屬(樹脂法)	≤2MDL	80~120%	≤20%	80~120%
15	鉻	≤2MDL	80~120%	≤20%	75~125%
16	汞	≤2MDL	80~120%	≤20%	75~125%
17	砷	≤2MDL	80~120%	≤20%	75~125%
18	底泥粒徑	×	×	×	×
19	底泥重金屬	≤2MDL	75~125%	≤20%	75~125%
20	底泥砷	≤2MDL	70~130%	≤20%	75~125%
21	底泥汞	≤2MDL	80~120%	≤20%	75~125%
22	總有機物	×	×	×	×
23	底泥鋁	≤2MDL	×	≤10%	×
24	底泥有機錫	×	70~130%	≤30%	50~130%

註：1. ×表示不執行。

2. BOD 的品質目標以濃度表示為 168~228mg/L。

3.當樣品濃度<25mg/L 時，管制值≤20%。當樣品濃度≥25mg/L 時，管制值≤10%。

附表4　本計畫檢驗室主要儀器維護校正項目及頻率

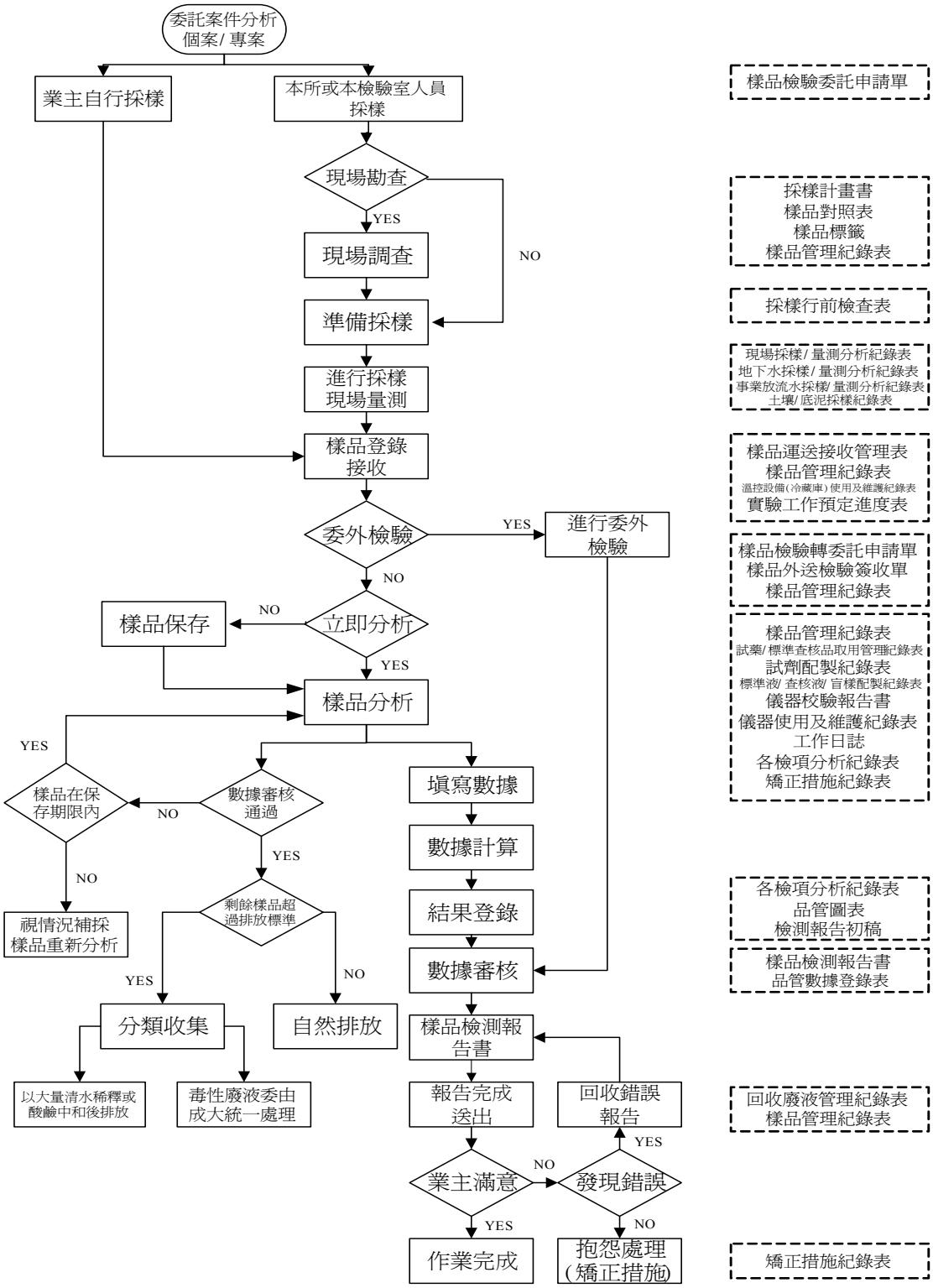
儀器名稱	維護項目	維護頻率	校正項目	校正頻率	備註
pH 計 WTW pH 330i(德國) Suntex TS-100(台灣) WTW pH 315i(德國) WTW pH 3110(德國) WTW Cond 3210(德國)	1.清潔機身 2.清洗電極 3.電極以 3N KCl 保存	2 次/月 使用時 使用後	1.以標準緩衝液 pH7 與 pH4 或 pH10 校正 2.溫度檢查 (同工作溫度計)	使用前 1 次/季	使用人 儀器負責人
溶氧儀 WTW OXI320(德國) WTW OXI330(德國) WTW OXI330i(德國)	1.清潔機身 2.清潔電極，電極套筒內棉花潤濕 3.更換電極棒薄膜 4.充填電極	2 次/月 使用後 視情況 視情況	1.系統自我校正(0%與 100%) 2.斜率 0.6~1.25 3.零點校正 4.重複性測試 5.與滴定法比較 6.溫度檢查 (同工作溫度計)	使用前 使用前 1 次/月 1 次/月 1 次/月 1 次/季	使用人 使用人 使用人 使用人 使用人 儀器負責人
導電度計 WTW LF597(德國) WTW Cond 330i(德國) WTW Cond 3210(德國)	1. 清潔機身 2. 清潔電極 電極乾燥保存	2 次/月 使用後 使用後	1.系統自我檢查 2.單點檢查 3.全刻度校正	使用前 使用前 1 次/年	使用人 使用人 儀器負責人
濁度計 HACH 2100P(美國)	1.避免刮傷試瓶 2.清潔機身	使用時 使用後	1.系統檢查(與第二標準品檢查 5%以內) 2.第一標準品校正	使用前 1 次/季	使用人 儀器負責人
原子吸收光譜儀 火焰式 Perkin Elmer 5100PC(德國) Varian FS220 (澳洲)	1.清洗燃燒台、霧化室 2.清潔燈管室 3.更換廢液管路及廢液桶 4.清潔機身外殼 5.燃燒混合室清潔 6.霧化器細部清潔 7.點火安全系統檢查 8.霧化室及混合腔清洗潤滑	1 次/月 1 次/月 視情況 2 次/月 2 次/年 2 次/年 2 次/年 視情況	1.調整燃燒台與靈敏度檢查 2.光學系統 3.氣體燃燒控制系統 4.電子電路系統 5.電子電路信號測試 6.靜態系統測試 7.標準品及吸光片測試	使用前 2 次/年 2 次/年 2 次/年 2 次/年 2 次/年 2 次/年	 校正：廠商
石墨爐 Perkin Elmer 5100PC(德國)	1.更換石墨管 2.更換洗滌瓶內去離子逆滲透水 3.擦拭自動注入器 4.更換冷卻循環水 5.更換空氣濾心	視情況 使用前 2 次/月 2 次/月 視情況	1.標準品及吸光片測試 2.溫度調整測試 3.能量校正 4.內部氣體流速測試 5.吸收能力測試 6.鉻信號測試	2 次/年 2 次/年 2 次/年 2 次/年 2 次/年 2 次/年	 校正：廠商
氫化還原設備 Perkin Elmer 5100PC(德國)	1.清洗 MHS-10 管路 2.酸洗 MHS-10 之 Teflon 墊片及 Tip	2 次/月 2 次/月			維護：管理員
汞分析儀 Perkin Elmer Fims 400	1.清潔酸鹼管路 2.更換酸鹼管路 3.清洗氣液分離器	使用前 視情況 視情況			維護：管理員
微波消化器 CEM MDS-2000 (美國)	1.清潔機身內外 2.更換注射筒內去離子逆滲透水 3.避免使用揮發性溶劑	2 次/月 使用時 使用時	1.功率 100%能源測試	1 次/年	儀器負責人

附表4(續1)　本計畫檢驗室主要儀器維護校正項目及頻率

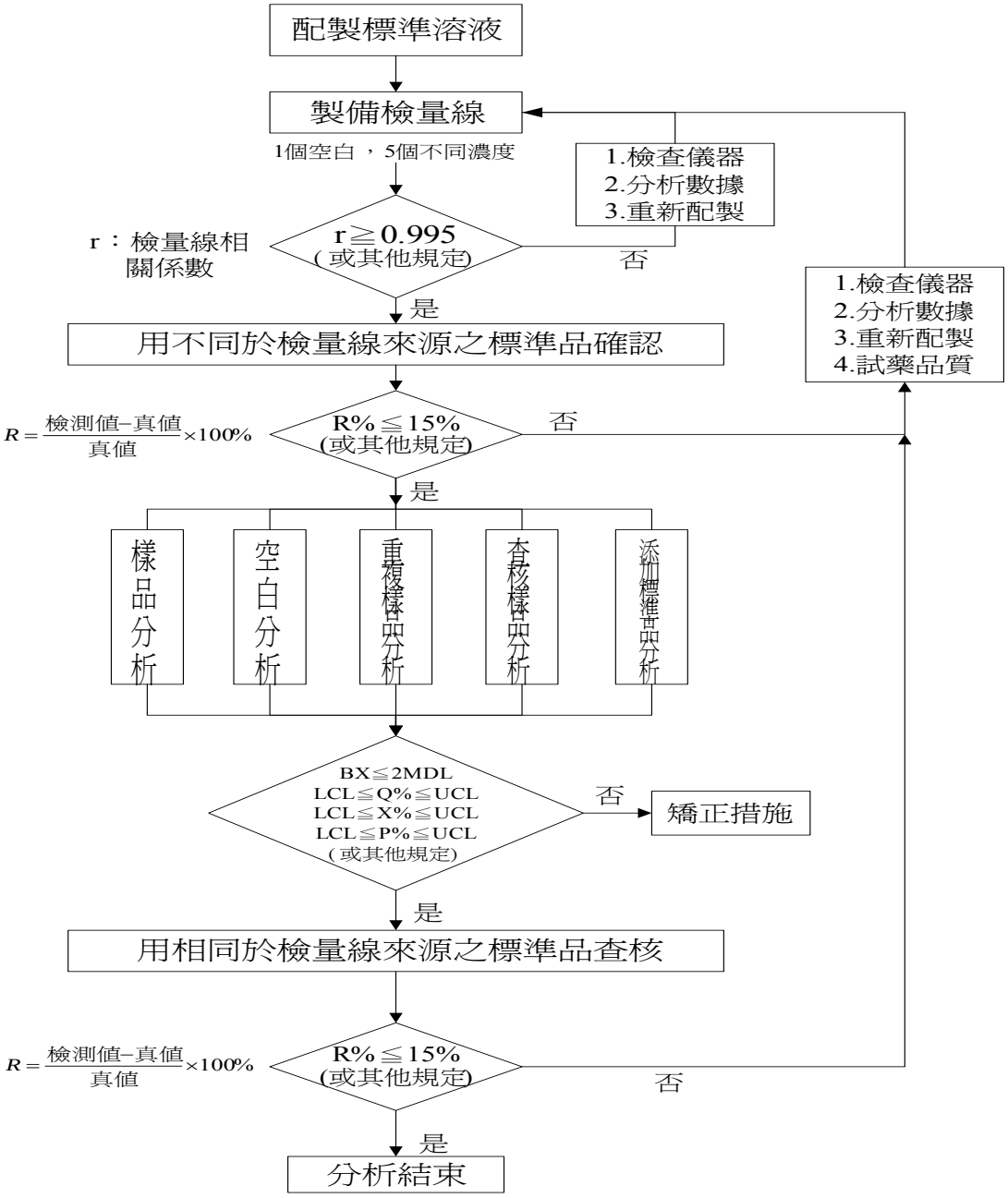
儀器名稱	維護項目	維護頻率	校正項目	校正頻率	備註
蒸餾濃縮裝置 Heidolph vv2000	1.測定加熱溫度(以校正過的溫度計量測) 2.清潔機身 3.更換加熱鍋內去離子逆滲透水 4.清洗冷凝管	使用時 2 次/月 1 次/週 2 次/年			使用人 管理員
分光光度計 HITACHI U-2000(日本) (數量：1) SHIMADZU UV-1601(日本) (數量：1) SHIMADZU UV-1700(日本) (數量：1)	1.清潔機身	2 次/月	1.儀器自我診斷，檢量線製備 2.吸光度校正 3.標準玻片波長校正 (Holmium Filter) 4.迷光檢查 5.樣品吸光槽配對，儀器線性檢查	使用前 1 次/季 1 次/季 1 次/季 1 次/季	使用人 廠商 廠商 廠商 儀器負責人或管理員
電子天平 Mettler AB-204 (瑞士) (數量：2) A&D FY-1200 (日本) (數量：1) Mettler PB-3002(瑞士) (數量：2) Denver M220 (美國) (數量：1) Sartorius BSA224S-CW (德國) (數量：1)	1.清潔秤盤與機身內外 2.更換乾燥劑避免日照、震盪及接近磁性物質 3.防止氣流	視情況 視情況更換	1.零點檢查 2.刻度校正 3.重複性校正 4.重複性與線性量測	使用前 1 次/月 2 次/年 1 次/年	使用人 儀器負責人或管理員 儀器負責人或管理員 合格校正機構
純水製造機 Millipore 30 PLUS Milli-Q SP Milli-Q A10 (美國)	1.預濾管柱更換 2.RO 管柱消毒 3.儲水槽消毒清洗 4.純化管柱更換 5.無菌過濾器更換 6.紫外線殺菌燈更換 (A10 機型)	視情況 顯示值判斷 2 次/年 顯示值判斷 顯示值判斷 1 次/年	1.面板電阻值檢查 2.設定溫度檢查 3.檢查 rejection rate %值	每工作日 每工作日 每工作日	≥16MΩ ≥90%
無菌操作台 6HF-24	1.清潔機身內外 2.落菌測試 3.UV 燈更換 4.主濾網更換 5.預濾網更換	2 次/月 1 次/季 1 次/年 每使用 4000 小時 每使用 400 小時			管理員 使用人 廠商 廠商 儀器負責人或廠商
烘箱 欣千祥(台灣) DV-452 DO-2 OEH-270	1.設定溫度(以校正過的溫度計量測) 2.清潔機身內外	使用期間 2 次/月	1.溫度校正	1 次/2 年	廠商
精密恆溫培養箱 Memmert BE 500(德國)	1.檢查維護溫度(以校正過的溫度計量測) 2.清潔機身內外 3.清點內部物品	使用期間 2 次/月 1 次/季			使用人及管理員 管理員 管理員

附表4(續2)　本計畫檢驗室主要儀器維護校正項目及頻率

儀器名稱	維護項目	維護頻率	校正項目	校正頻率	備註
BOD 恆溫培養箱 Wisdom 747(台灣) (數量：1) TIT TL-520R(台灣) (數量：2)	1.檢查維護溫度(以校正過的高低溫溫度計量測) 2.清潔機身內外 3.清點內部物品	使用期間 2 次/月 1 次/季			管理員 管理員 管理員
高溫高壓滅菌釜 REXALL LS-2(台灣) HIRAYAMA HVE -50(日本)	1. 清潔機身內外 2. 以滅菌指示帶確認滅菌(溫度)功能 3. 以經校正之留點溫度計量測，確認滅菌時之最高溫度到達121℃ 4. 以孢子滅菌指示劑測試滅菌效果 5. 進行12~15分鐘之滅菌時，滅菌釜內的壓力上升至15lb/in^{2}且溫度為100℃時起算至降回100℃時，整個滅菌循環應在45分鐘內完成 6. 功能維護保養	2 次/月 每次使用 1 次/月 1 次/季 1 次/季 1 次/年			使用人 使用人 使用人 使用人 使用人 廠商
多功能水質分析儀 WTW Multi 340i(德國)	1.清潔機身 2.清潔電極 3.導電度電極乾燥保存	2 次/月 使用後 使用後	1.系統自我檢查 2.導電度單點檢查 3.導電度全刻度校正 4.pH 電極溫度檢查 (同工作溫度計)	使用前 使用前 1 次/年 1 次/季	使用人 使用人 儀器負責人 儀器負責人
參考溫度計 0~50℃ 50~100℃ 0~200℃	1.保持清潔 2.存放盒內	使用後	1. 多點溫度校正 (含冰點) 2.冰點檢查	1 次/5 年 2 次/年	合格校正機構 器材管理員
工作溫度計 0~50℃ 0~100℃ 0~200℃	1.保持清潔 2.存放盒內	使用後	1.多點溫度校正 2.以參考溫度計做單點檢查	初次使用前 2 次/年	器材管理員 器材管理員
砝碼 E2 級 1.0 kg 2.0 kg 100g 200g	1.保持清潔乾燥	使用時	1.質量校正	1 次/3 年	合格校正機構



附圖1　檢驗室樣品採樣檢驗作業總流程



其中 MDL 表方法偵測極限　　BX 表空白分析值
R% 表相對誤差值　　Q% 表查核樣品分析回收率
X% 表重複樣品分析相對差異　　P% 表添加標準品分析回收率
LCL 表管制下限值　　UCL 表管制上限值

附圖2　檢驗室品管流程圖

二、本計畫檢驗室內一般品管原則說明

本檢驗室進行樣品檢測分析時均參照環保署公告之標準檢驗方法(請參考附表1)。然因樣品種類及各種分析狀況不一，難以就此保證結果的正確性。誤差可能由許多原因造成，包括不可預期的干擾效應、儀器的異常、人員的疏失等等。因此本檢驗室有必要對各檢項的檢測結果規範出品質管制的最低要求，用以建立品管程序，儘量減少實驗過程中可能產生的誤差；並藉此評估分析數據之準確性與精密度，找出偏差原因進行修正。

(一)日常品管作業中相關的專有名詞說明如下：

1. 分析批次：在同一時間、環境下，以相同試劑與分析步驟，所檢測的同一批基質樣品。
2. 運送空白：採樣出發前，先在檢驗室以去離子水(或依檢項規定)裝滿採樣瓶，蓋緊瓶蓋後，跟隨採樣行程，直至回檢驗室與所採水樣一起送入冷藏庫。採樣期間均不可開蓋，以瞭解採樣的運送過程是否遭受污染。本檢驗室對分析大腸桿菌群相關菌類或其他有實際需要的檢測時，將執行運送空白的檢測。
3. 空白分析：為一不含分析物之水溶液或試劑，伴隨每一分析批次，依同樣操作程序分析，以判知分析過程是否遭受污染。
4. 重複分析：為針對同批次之同一樣品做兩次以上之分析，並求得兩次分析之相對百分偏差，以評估樣品的再現性與精密度。
5. 查核樣品：係指將適量濃度之標準品，添加於與樣品相似的基質中，所配製而成之樣品。配製查核樣品的標準品來源不能與配製檢量線者相同。此查核樣品應隨著每一分析批次樣品，以同一檢測步驟分析，以作為評估實驗品質準確度的依據。

6.添加標準品分析：此分析之目的為判別樣品中有無基質干擾或所使用之分析方法是否適當。其步驟為將樣品分為兩部份，一部分直接依標準步驟分析，另一部分添加適當濃度之標準品後再依標準步驟分析。最後將添加量與樣品濃度做比較，以求得回收百分率，再據以評估基質干擾程度。

(二) 偵測極限的建立

為瞭解本室執行各檢驗方法所能達到可信任的最低濃度，須進行偵測極限的檢測。本檢驗室使用的方法偵測極限之定義及其適用範圍列述如下：

1.定義：一待測物在某一基質中於99%之可信度下以指定方法所能測得之最低濃度。

2.適用範圍：適用於各種樣品基質中待測物方法偵測極限之求得。原則上適用於使用分析儀器需配製檢量線的檢測方法；滴定法或重量法則依環保署的規定辦理。

(三)管制極限及管制圖之製作方法

為確保一系列的實驗分析數據能符合精密度與準確度的要求，檢驗人員有必要將各種品管數據，包括重複分析值、查核分析值與添加分析值，列表逐次記錄之。並依此繪製管制圖，供相關人員查考及做為改善實驗品質之用。管制圖表(Control chart)是執行品保品管的有利工具，尤其當使用固定的分析步驟，來檢測為數眾多的樣品時，管制圖表即成為有效掌握品質的一種統計方法。利用持續的圖形標示，可以發現當分析狀況正常時，其結果將落在已建立的管制標準之內。

1.空白分析

以試劑水或性質接近待測物的基質水當做樣品，通常每分析10個樣品(不足10個亦然)時依標準操作步驟隨同該批次樣品進行檢測，此測定稱之為空白樣品分析。除非另有規定，空白值管制上限不得超過二倍方法偵測極限。

2.重複分析(精密度)管制圖表

除另有規定外，通常每分析10個樣品(不足10個亦然)應有一個樣品執行重複分析。重複分析之差異值應以表列出，並建立可接受極限，若重複分析差異值落於極限以外，則分析值視為不可靠，應立即採取矯正措施，並重新分析樣品，每年應重新建立可接受之管制極限。

$$R\% = \frac{|X_1 - X_2|}{1/2(X_1 + X_2)} \times 100\%$$

X1，X2：重複分析二次測值

累積至少十五個值後，計算平均值$\overline{R}$及標準偏差SD：

$$\overline{R} = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} Ri\right)}{n}$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(Ri - \overline{R}\right)^2}{n-1}}$$

SD=標準偏差

Ri=個別重複樣品之相對差異百分比

$\overline{R}$=重複樣品相對差異百分比平均值

n=測定值數目

依下式分別計算管制上限值(UCL)及警告上限值(UWL)：

$$UWL = \overline{R} + 2SD$$
$$UCL = \overline{R} + 3SD$$

由$\overline{R}$、UWL、UCL此三個數值繪成重複分析管制圖。在未建立管制圖之前，重複分析結果相對百分偏差依檢項不同，原則上應在20%之內始可接受。(低濃度樣品分析時，由於偏差較為顯著，故不在此限)。

在逐日逐次的累積之後挑選每年該檢項最後的15筆數據，再重行計算UCL、UWL及$\overline{R}$。若有落於UCL以外者，應加以剔除並重新計算以建立各個欲監測項目的管制圖表及其管制極限。

3.查核分析(準確度)管制圖表

查核樣品分析係將適當已知濃度之標準品(不同於製備檢量線用之標準品) ，添加於去離子水(或與待測物性質相近的基質水)中配製而成。除另有規定外，每分析10個樣品(不足10個亦然)應同時分析一查核樣品。查核樣品伴隨樣品分析時，應記錄分析日期、查核樣品濃度、回收率。

$$回收率\% = \frac{測試濃度}{樣品已知濃度} \times 100\%$$

累積至少15個樣品之測值回收率，計算其平均值及標準偏差SD：

$$SD = 〔\Sigma(X-\overline{X})^2/(n-1)〕^{1/2}$$

X=查核樣品之個別測值回收率。

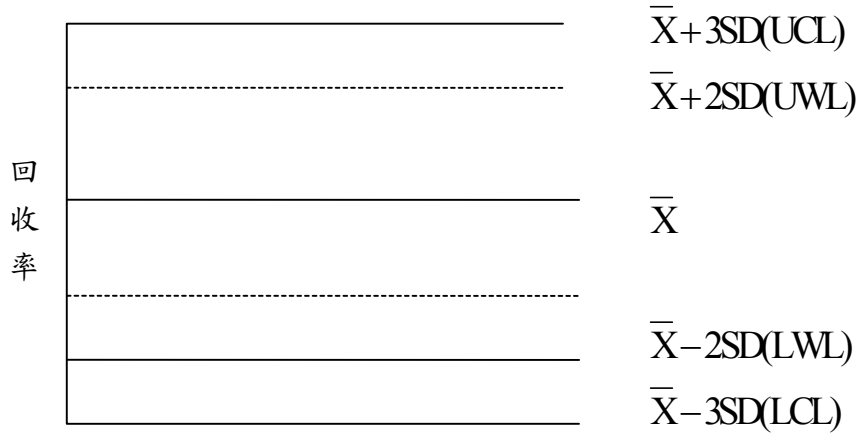
$\overline{X}$=查核樣品回收率之平均值。

n=測定值數目。

依下式分別計算警告上限值(UWL)、警告下限值(LWL)、管制上限值(UCL)以及管制下限值(LCL)：

$$UWL = \overline{X} + 2SD$$
$$LWL = \overline{X} - 2SD$$
$$UCL = \overline{X} + 3SD$$
$$LCL = \overline{X} - 3SD$$

依下圖建立查核樣品管制圖，並將查核樣品之測值回收率畫於品質管制圖上。



以上管制圖表每年需重新製備一次。在逐日逐次的累積之後挑選每年該檢項最後的15筆數據，再重行計算UCL、UWL、LWL、LCL及 $\overline{X}$。若有落於UCL及LCL以外者，應加以剔除並重新計算以建立各個欲監測項目的管制圖表及其管制極限。發現管制圖表不適用時(如儀器更新、偏差值過大或過小等)，可經品管小組會議決定更新之。

4.添加分析管制圖表

添加分析係將同一樣品分為兩份，一份直接依檢驗方法分析之，另一份添加適當濃度之標準品後分析，由兩部份分析所得之結果，計算添加標準品之回收率。除另有規定外，每分析10個樣品(不足10個亦然)應同時分析一添加樣品。添加樣品伴隨樣品分析時，應記錄分析日期、添加樣品濃度及回收率

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

其中：

SSR ＝添加樣品中待測物之測定量

SR ＝原樣品中待測物之測定量

SA ＝標準品添加量

累積至少15個樣品之測值回收率，計算其平均值及標準偏差SD：

$$SD = \left[\Sigma(X - \overline{X})^2/(n-1) \right]^{1/2}$$

X=添加樣品之個別測值回收率。

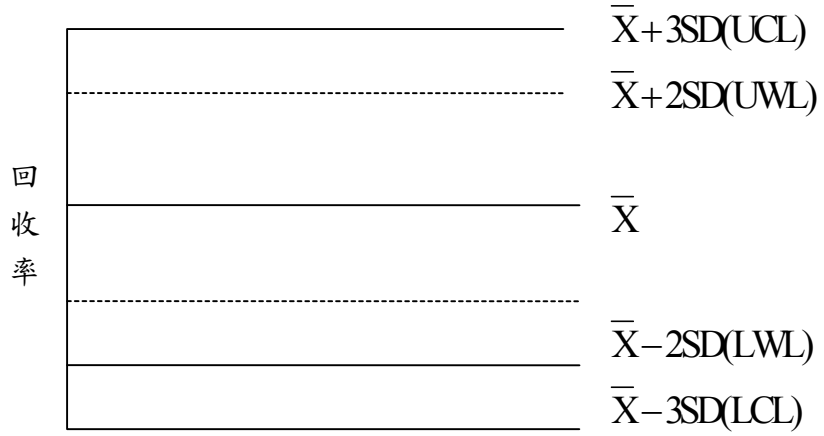
$\overline{X}$=添加樣品回收率之平均值。

n=測定值數目。

依下式分別計算警告上限值(UWL)、警告下限值(LWL)、管制上限值(UCL)以及管制下限值(LCL)：

$$UWL = \overline{X} + 2SD$$
$$LWL = \overline{X} - 2SD$$
$$UCL = \overline{X} + 3SD$$
$$LCL = \overline{X} - 3SD$$

依下圖建立添加樣品管制圖，並將添加樣品之測值回收率畫於品質管制圖上。



以上管制圖表每年需重新製備一次。在逐日逐次的累積之後挑選每年該檢項最後的15筆數據，再重行計算UCL、UWL、LWL、LCL及 $\overline{X}$。若有落於UCL及LCL以外者，應加以剔除並重新計算以建立各個欲監測項目的管制圖表及其管制極限。發現管制圖表不適用時(如儀器更新、偏差值過大或過小等)，可經品管小組會議決定更新之。

5.管制圖表之查核方式

除非另有說明，空白分析之管制上限訂為二倍方法偵測極限。若分析值超過二倍方法偵測極限則該次之檢驗可能遭到污染，必須重行分析。

檢驗人員得將依品管要求所做之數據(查核樣品分析、重複樣

品分析、添加樣品分析)填入原建立之品管圖表，各檢項的品保品管人員須逐次查核檢驗紀錄表。

一般管制圖常見的異常狀況有(1)突發異常、(2)連續異常、(3)傾向異常，分述如下：

(1)突發異常：管制圖上之點，突然跳離管制界限之外。

(2)連續異常：在查核樣品及添加樣品分析的管制圖中，有連續七點出現在中心線之同側者或有連續兩點(含)超出警告上下限之外者；或在重複樣品分析連續2個測定值超出警告上限者。

(3)傾向異常：在重複、查核與添加樣品管制圖內之各點，有連續六點以上(含)向上或向下傾斜的現象。

若突發異常為隨機誤差所致，檢討原因後，請檢驗員重新檢驗。其他狀況，可能來自於系統誤差，應由品保品管人員和檢驗員共同找出發生問題的原因，並予以解決。

(四)績效查核與系統查核

品質查核(或稽查)是品質保證系統中極重要的一環，其功能在於確認檢驗室內所有運作均依照品保系統之規定實施。一般可分為內部查核與外部查核。外部查核係由檢驗室以外的人執行查核工作，以本檢驗室而言，外部查核為環保署環檢所或各監測計畫委員之查核。內部查核則由檢驗室內的品保人員負責。無論內部查核或外部查核，其目的均是為了查知檢驗室內各種運作是否遵行既定的品質系統規定，以及各種品質管制的活動是否遵行品管之規定。

本檢驗室的內部品質查核作業方式分為系統查核與績效查核。分

別說明如後。

1.內部系統查核方式

(1)品保人員每年至少須將檢驗室中所有運作均檢查一次。

(2)於每年一月間規劃完成當年之檢驗室內部稽核計畫。

(3)查核時利用檢驗室內部稽核查檢表執行查核。查核時應徹底執行，遇疑點須追查清楚。查核完畢，應填寫檢驗室內部系統稽核報告書。

(4)稽核結果若發現問題，應加以檢討及實施矯正措施，並填寫矯正措施紀錄表。

(5)對於矯正後之作業情形，實施後續的追蹤查核。

(6)品保人員認為需要時，可向檢驗室主任報告後，組成查核小組，實施查核，查核小組成員需經適當之查核訓練。

2.內部績效查核方式

(1)定期績效查核

a.品保人員在每年的7月~8月間及12月至翌年1月間定期對所有檢驗人員的所有檢項執行盲樣測試，並將結果記錄於個人績效測試紀錄表。原則上，本檢驗室採用商業化之品管樣品(如美國RTC公司或美國ERA公司之查核樣品或其他同級品)。此外，在檢驗室間的比對方面，本檢驗室一年參與一次美國ERA公司的盲樣測試計畫(Proficiency Testing，P.T. Program)，做為檢驗室人員分析技術的評量依據。參加測試檢項為本室具分析能力之部份檢項，時間通常是在每年的7月至8月間；每年的3~5

月及9~10月間亦參與環檢所之例行性績效評鑑查核。

b.查核完畢，品保人員依查核結果填寫檢驗室內部績效查核報告書後，向檢驗室主任報告。

c.績效查核結果列為不合格的人員及檢項須檢討原因，實施矯正措施，並填寫矯正措施紀錄表。

d.對於矯正後之成效，應實施後續追蹤查核。

(2)不定期績效查核

a.當品保人員對某檢項的分析品質有疑問時，得報請主任同意對該檢項做額外的盲樣測試,作為不定期績效查核。

b.查核完畢，品保人員將查核結果整理後，填寫檢驗室內部績效查核報告書，向檢驗室主任報告。

c.績效查核結果列為不合格的人員及檢項須檢討原因，實施矯正措施，並填寫矯正措施紀錄表。

d.對於矯正措施之成效，應實施後續追蹤查核。

品管數據登錄表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究-101 年 04 月海域(W101041001~05)

分析項目		pH			分析項目		水溫			分析項目		導電度			
重複樣品	管制值	±0.1			重複樣品	管制值	0~3.0%			重複樣品	管制值	0~3.0%			
	次數	樣品編號	濃度 (-)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度 (℃)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度 (μmho/cm)	差異百分比%/對數差異值R
	1	041004	8.295	±0.001		1	041004	25.7	0		1	041004	50900	0
			8.296					25.7					50900	
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
			-					-					-	
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
			-					-					-	
查核樣品	管制值	-			查核樣品	管制值	-			查核樣品	管制值	-			
	次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
添加樣品	管制值	-													
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)										
	-	-	-	-	-										
	-	-	-	-	-										
	-	-	-	-	-										

添加樣品	管制值	-				
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)	
	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	

添加樣品	管制值	-				
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)	
	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	

註：1."-"表不用分析。

品管數據登錄表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究-101 年 04 月海域(W101041001~05)

分析項目		鹽度			分析項目		溶氧量			分析項目		SS		
重複樣品	管制值	0~1.0%			重複樣品	管制值	0~10.0%			重複樣品	管制值	0~10.0%		
	次數	樣品編號	濃度 (psu)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值R
	1	041004	33.5	0		1	041004	6.39	0.2		1	041002	3.60	2.8
			33.5					6.40					3.50	
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
			-					-					-	
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
			-					-					-	
查核樣品	管制值	-			查核樣品	管制值	-			查核樣品	管制值	-		
	次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
添加樣品	管制值	-												
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)									
	-	-	-	-	-									
	-	-	-	-	-									
	-	-	-	-	-									

添加樣品	管制值	-								添加樣品	管制值	-			
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)						次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)
	-	-	-	-	-						-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-						-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-						-	-	-	-	-

註：1."-"表不用分析。

品管數據登錄表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究-101 年 04 月海域(W101041001~05)

分析項目		BOD			分析項目		大腸桿菌群			分析項目		氨氮		
重複樣品	管制值	0~13.7%			重複樣品	管制值	0~0.2			重複樣品	管制值	0~6.94%		
	次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度 (CFU/100mL)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值R
	1	041001	1.9432 1.8625	4.2		1	041001	8.3×10^2 8.9×10^2	0.0303		1	041001S	0.267239 0.259206	3.1
	-	-	- -	-		-	-	- -	-		-	-	- -	-
	-	-	- -	-		-	-	- -	-		-	-	- -	-
查核樣品	管制值	84.8~115%			查核樣品	管制值	-			查核樣品	管制值	86.3~114%		
	次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)
	1	1	198	110.7		-	-	-	-		1	1	0.30	109.5
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
添加樣品	管制值	-			添加樣品	管制值	-			添加樣品	管制值	85.0~115%		
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg) 回收率 (%)		次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg) 回收率 (%)		次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg) 回收率 (%)
	-	-	-	- -		-	-	-	- -		1	041001	0.9555	5.0 114.5
	-	-	-	- -		-	-	-	- -		-	-	-	- -
	-	-	-	- -		-	-	-	- -		-	-	-	- -

註：1."-"表不用分析。

品管數據登錄表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究-101 年 04 月海域(W101041001~05)

分析項目		總磷			分析項目		葉綠素 a			分析項目		銅		
重複樣品	管制值	0~8.72%			重複樣品	管制值	0~16.9%			重複樣品	管制值	0~8.27%		
	次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值 R		次數	樣品編號	濃度 (μg/L)	差異百分比%/對數差異值 R		次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值 R
	1	041001S	0.120701	1.3		1	032835◎	0.5540	-※		1	032813S◎	0.023993	6.9
			0.122312					0.2963					0.022394	
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
			-					-					-	
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
			-					-					-	
查核樣品	管制值	89.3~111%			查核樣品	管制值	-			查核樣品	管制值	81.3~119%		
	次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)
	1	1	0.20	99.8		-	-	-	-		1	1	0.020	97.2
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
添加樣品	管制值	80.0~120%												
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)									
	1	041001	1.1187	5.0	98.3									
	-	-	-	-	-									
	-	-	-	-	-									

添加樣品	管制值	-				
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)	
	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	

添加樣品	管制值	77.8~125%			
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)
	1	032813◎	2.0030	20.0	110.0
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-

註：1."-"表不用分析。　　3."◎"表該批次是以別的計畫樣品所做之重複及添加。

3."※"表該批次的重複分析因測值過低，故不計差異百分比值。

品管數據登錄表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究-101 年 04 月海域(W101041001~05)

分析項目		鋁			分析項目		鋅			分析項目		鉻		
重複樣品	管制值	0~10.2%			重複樣品	管制值	0~7.89%			重複樣品	管制值	0~19.4%		
	次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值R
	1	032813S◎	0.017096	2.9		1	032813S◎	0.021127	1.4		1	041001S	0.005821	2.9
			0.016614					0.020831					0.005657	
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
			-					-					-	
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
			-					-					-	
查核樣品	管制值	83.9~120%			查核樣品	管制值	81.9~120%			查核樣品	管制值	80.0~120%		
	次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)
	1	1	0.015	105.6		1	1	0.020	99.7		1	1	0.007	111.5
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
添加樣品	管制值	76.2~125%												
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)									
	1	032813◎	1.7923	15.0	102.0									
	-	-	-	-	-									
	-	-	-	-	-									

分析項目		鋅				分析項目		鉻			
添加樣品	管制值	77.5~125%				添加樣品	管制值	82.0~125%			
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)		次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)
	1	032813◎	3.3782	20.0	88.7		1	041001	0.0234	0.50	108.5
	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-

註：1.”◎“表該批次是以別的計畫樣品所做之重複及添加。　2.”-“表不用分析。

品管數據登錄表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究-101 年 04 月海域(W101041001~05)

分析項目		砷			分析項目		汞			分析項目		-		
重複樣品	管制值	0~11.1%			重複樣品	管制值	0~9.06%			重複樣品	管制值	-		
	次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值 R		次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值 R		次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值 R
	1	041811S◎	0.003622	1.1		1	041001S	0.002225	1.1		-	-	-	-
			0.003660					0.002249						
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
			-					-					-	
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
			-					-					-	
查核樣品	管制值	80.4~120%			查核樣品	管制值	80.0~119%			查核樣品	管制值	-		
	次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)
	1	1	0.0025	101.0		1	1	0.0020	108.1		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
添加樣品	管制值	75.0~125%			添加樣品	管制值	75.0~121%			添加樣品	管制值	-			
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)		次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)		次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)
	1	041811◎	0.0442	0.05	92.8		1	041001	0.0033	0.10	107.9		-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-

註：1.”◎“表該批次是以別的計畫樣品所做之重複及添加。　2.”-“表不用分析。　(本表)第 6 頁(共 6 頁)

主任：1010530　　品保師：1010530

本本 101 05 29

品管數據登錄表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究-101年9月海域(W101091118~22)

分析項目		pH			分析項目		水溫			分析項目		導電度		
重複樣品	管制值	±0.1			重複樣品	管制值	0~3.0%			重複樣品	管制值	0~3.0%		
	次數	樣品編號	濃度(-)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度(℃)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度(μmho/cm)	差異百分比%/對數差異值R
	1	091120	8.285 8.286	±0.001		1	091120	30.6 30.6	0		1	091120	49200 49100	0.2
	-	-	- -	-		-	-	- -	-		-	-	- -	-
	-	-	- -	-		-	-	- -	-		-	-	- -	-
查核樣品	管制值	-			查核樣品	管制值	-			查核樣品	管制值	-		
	次數	編號	配製濃度(mg/L)	回收率(%)		次數	編號	配製濃度(mg/L)	回收率(%)		次數	編號	配製濃度(mg/L)	回收率(%)
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
添加樣品	管制值	-												
	次數	樣品編號	樣品量(μg)	添加量(μg)	回收率(%)									
	-	-	-	-	-									
	-	-	-	-	-									
	-	-	-	-	-									

註：1."-"表不用分析。

(本表)第1頁(共6頁)

修訂1010105　發行1010106　第4.0版　核准/檢驗室主任

品管數據登錄表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究-101年9月海域(W101091118~22)

分析項目		鹽度			分析項目		溶氧量			分析項目		SS		
重複樣品	管制值	0~1.0%			重複樣品	管制值	0~10.0%			重複樣品	管制值	0~10.0%		
	次數	樣品編號	濃度(psu)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度(mg/L)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度(mg/L)	差異百分比%/對數差異值R
	1	091120	32.3 32.3	0		1	091120	6.36 6.37	0.2		1	091118	10.30 9.90	4.0
	-	-	- -	-		-	-	- -	-		-	-	- -	-
	-	-	- -	-		-	-	- -	-		-	-	- -	-
查核樣品	管制值	-			查核樣品	管制值	-			查核樣品	管制值	-		
	次數	編號	配製濃度(mg/L)	回收率(%)		次數	編號	配製濃度(mg/L)	回收率(%)		次數	編號	配製濃度(mg/L)	回收率(%)
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
添加樣品	管制值	-			添加樣品	管制值	-			添加樣品	管制值	-		
	次數	樣品編號	樣品量(μg)	添加量(μg)	回收率(%)	次數	樣品編號	樣品量(μg)	添加量(μg)	回收率(%)	次數	樣品編號	樣品量(μg)	添加量(μg)	回收率(%)
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

註：1."-"表不用分析。

(本表)第2頁(共6頁)

修訂/1010105　發行/1010106　第4.0版　核准/檢驗室主任

品管數據登錄表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究-101年9月海域(W101091118~22)

分析項目		BOD			分析項目		大腸桿菌群			分析項目		氨氮		
重複樣品	管制值	0~13.7%			重複樣品	管制值	0~0.2			重複樣品	管制值	0~6.94%		
	次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度 (CFU/100mL)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值R
	1	091118	3.3383	0.3		1	091118	<10	-※		1	091321◎	0.928188	0.6
			3.3277					<10					0.933456	
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
			-					-					-	
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
			-					-					-	
查核樣品	管制值	84.8~115%			查核樣品	管制值	-			查核樣品	管制值	86.3~114%		
	次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)
	1	1	198	97.8		-	-	-	-		1	1	0.30	97.0
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
添加樣品	管制值	-			添加樣品	管制值	-			添加樣品	管制值	85.0~115%			
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)		次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)		次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)
	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		1	091321◎	23.158	5.0	112.9
	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-

註：1."-"表不用分析。　　2."※"表該批次的重複分析因測值過低，故不計對數差異值。　　(本表)第3頁(共6頁)

3."◎"表該批次是以別的計畫樣品所做之重複及添加。

品管數據登錄表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究-101年9月海域(W101091118~22)

分析項目		總磷			分析項目		葉綠素a			分析項目		銅		
重複樣品	管制值	0~8.72%			重複樣品	管制值	0~16.9%			重複樣品	管制值	0~8.27%		
	次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度 (μg/L)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值R
	1	091118	0.026395 0.027966	5.8		1	091118	8.7828 8.7808	0		1	091112S©	0.018406 0.018641	1.3
	-	-	- -	-		-	-	- -	-		-	-	- -	-
	-	-	- -	-		-	-	- -	-		-	-	- -	-
查核樣品	管制值	89.3~111%			查核樣品	管制值	-			查核樣品	管制值	81.3~119%		
	次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)
	1	1	0.20	102.7		-	-	-	-		1	1	0.020	106.8
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
添加樣品	管制值	80.0~120%			添加樣品	管制值	-			添加樣品	管制值	77.8~125%		
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)		次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)		次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)
	1	091118	1.3145	10.0	99.8		-	-	-	-	-		1	091112©	0	20.0	92.0
	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-

註：1."-"表不用分析。　　2."©"表該批次是以別的計畫樣品所做之重複及添加。

修訂/1010105　發行/1010106　第4.0版　核准/檢驗室主任

品管數據登錄表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究-101年9月海域(W101091118~22)

分析項目		鉛			分析項目		鋅			分析項目		鉻		
重複樣品	管制值	0~10.2%			重複樣品	管制值	0~7.89%			重複樣品	管制值	0~19.4%		
	次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值R		次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值R
	1	091112S◎	0.015907 0.016385	3.0		1	091112S◎	0.026718 0.025411	5.0		1	091118S	0.005358 0.005523	3.0
	-	-	- -	-		-	-	- -	-		-	-	- -	-
	-	-	- -	-		-	-	- -	-		-	-	- -	-
查核樣品	管制值	83.9~120%			查核樣品	管制值	81.9~120%			查核樣品	管制值	80.0~120%		
	次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)
	1	1	0.015	103.5		1	1	0.020	95.3		1	1	0.007	102.0
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
添加樣品	管制值	76.2~125%			添加樣品	管制值	77.5~125%			添加樣品	管制值	82.0~125%		
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)		次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)		次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)
	1	091112◎	1.2062	15.0	98.0		1	091112◎	7.3213	20.0	97.0		1	091118	0.0054	0.50	106.1
	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-

註：1.”◎“表該批次是以別的計畫樣品所做之重複及添加。　　2.”-“表不用分析。　　(本表)第5頁(共6頁)

品管數據登錄表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究-101 年 9 月海域(W101091118~22)

分析項目		砷			分析項目		汞			分析項目		-		
重複樣品	管制值	0~11.1%			重複樣品	管制值	0~9.06%			重複樣品	管制值	-		
	次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值 R		次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值 R		次數	樣品編號	濃度 (mg/L)	差異百分比%/對數差異值 R
	1	091111S©	0.002456	3.9		1	091111S©	0.001715	2.2		-	-	-	-
			0.002363					0.001754					-	
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
			-					-					-	
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
			-					-					-	
查核樣品	管制值	80.4~120%			查核樣品	管制值	80.0~119%			查核樣品	管制值	-		
	次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)		次數	編號	配製濃度 (mg/L)	回收率 (%)
	1	1	0.0025	97.2		1	1	0.0020	99.7		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
	-	-	-	-		-	-	-	-		-	-	-	-
添加樣品	管制值	75.0~125%			添加樣品	管制值	75.0~121%			添加樣品	管制值	-			
	次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)		次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)		次數	樣品編號	樣品量 (μg)	添加量 (μg)	回收率 (%)
	1	091111©	0.0158	0.05	91.2		1	091111©	0.0039	0.10	81.8		-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-

註：1.”©“表該批次是以別的計畫樣品所做之重複及添加。　　2.”-“表不用分析。　　(本表)第 6 頁(共 6 頁)

主任：　　品保師：

樣品檢測報告書

行政院環境保護署許可證字號：環署環檢字第091號

地址：台南市安南區安明路3段500號　　電話：(06)2371938轉260　　委託單位及地址：成功大學海洋科技與事務研究所 台南市大學路1號
聯絡人：王月霜　　傳眞：(06)3840208　　採樣地點：台中港鄰近海域
採樣單位：水工所現調組　　採樣日期及時間：1010410 10:06~15:44
採樣行程代碼：—　　收樣日期及時間：1010410 18:30
報告日期：1010514　　報告編號：FID101W085

樣品特性：☑海水 □河口及排水路水質 □隔離水道水質 □地下水 □底泥 □土壤 □其他：

聲明書

(一)茲保證本報告內容完全依照行政院環境保護署及有關機關之標準方法及品保品管等相關規定，秉持公正、誠實進行採樣、檢測。絕無虛偽不實，如有違反，就政府機關所受損失願負連帶賠償責任之外，並接受主管機關依法令所為之行政處分及刑事責任。

(二)吾人瞭解如自身受政府機關委任從事公務，亦屬於刑法上之公務員，並瞭解刑法上圖利罪、公務員登載不實偽造公文書及貪污治罪條例之相關規定，如有違反，亦為刑法及貪污治罪條例之適用對象，願受最嚴厲之法律制裁。

公司名稱：水工試驗所所長陳陽益

負責人：

檢驗室主管：水工所高天韻

備註：

1.本報告已由核可檢測報告簽署人審核無誤，並簽署於內部報告文件，簽署人如下：
　無機檢測類：高天韻(HUI-01)
2.本報告封面 1 頁，樣品檢測報告 1 頁，共計 2 頁，報告分離使用無效。
3.本報告僅對所採樣品負責，報告內容不得隨意複製或作為商業廣告之用。
4.委託單位自述本批樣品為研究用途，不需向環保署申報採樣行程及相關網路申報作業。

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究(4/4)－101年04月

認證	樣品編號及名稱		單位	MDL	W101041001	W101041002	W101041003	W101041004	W101041005	W101041006	-	-	-	-
	檢測項目	檢測方法			N5	N6	N7	N10	N11	運送空白	-	-	-	-
◎	pH	NIEA W424.52A	-	-	8.4(8.400)	8.3(8.293)	8.3(8.298)	8.3(8.296)	8.2(8.236)	-	-	-	-	-
◎	水溫	NIEA W427.51A	℃	-	26.2	25.9	25.9	25.7	25.8	-	-	-	-	-
◎	導電度	NIEA W203.51B	μmho/cm	-	50300	50800	50400	50900	50500	-	-	-	-	-
	鹽度	NIEA W447.20C	psu	-	33.0	33.4	33.2	33.5	33.3	-	-	-	-	-
	透明度	NIEA E220.50C	m	-	2.1	1.6	2.6	2.8	2.3	-	-	-	-	-
◎	DO	NIEA W455.52C	mg/L	-	7.1(7.08)	6.7(6.70)	6.3(6.34)	6.4(6.39)	6.0(6.04)	-	-	-	-	-
	DO飽和度		%		105	99.2	96.3	95.7	91.7	-	-	-	-	-
◎	BOD	NIEA W510.55B	mg/L	2.0#	<2.0(1.9)	<2.0(1.1)	<2.0(1.5)	2.9	2.2	-	-	-	-	-
◎	SS	NIEA W210.57A	mg/L	2.5#	<2.5	3.6	5.6	7.0	5.4	-	-	-	-	-
◎	大腸桿菌群	NIEA E202.54B	CFU/100mL	10#	8.6×10^2	15	10	<10	<10	<10	-	-	-	-
◎	總磷	NIEA W427.53B	mg/L	0.006	0.022	<0.020(0.011)	0.021	<0.020(0.014)	0.026	-	-	-	-	-
◎	氨氮	NIEA W448.51B	mg/L	0.02	<0.06(0.04)	ND(0)	ND(0)	ND(0)	ND(0.02)	-	-	-	-	-
	葉綠素a	NIEA E507.02B	μg/L	-	3.1	3.1	4.0	2.6	2.3	-	-	-	-	-
	銅	NIEA W309.22A	mg/L	0.0010	<0.0030(0.0023)	<0.0030(0.0022)	0.0030	0.0035	<0.0030(0.0028)	-	-	-	-	-
	鉛	NIEA W309.22A	mg/L	0.0020	<0.0060(0.0021)	ND(0)	ND(0.0006)	ND(0.0018)	<0.0060(0.0027)	-	-	-	-	-
	鋅	NIEA W309.22A	mg/L	0.0017	0.0057	<0.0050(0.0034)	0.0063	0.0091	0.0097	-	-	-	-	-
	鉻	NIEA W303.51A	mg/L	0.0004	ND(0.0002)	ND(0.0002)	ND(0.0003)	ND(0.0004)	ND(0.0003)	-	-	-	-	-
	汞	NIEA W330.52A	mg/L	0.0001	ND(0.0001)	<0.0003(0.0002)	<0.0003(0.0002)	<0.0003(0.0003)	<0.0003(0.0002)	-	-	-	-	-
◎	砷	NIEA W434.53B	mg/L	0.0003	<0.0010(0.0009)	<0.0010(0.0009)	0.0010	0.0011	<0.0010(0.0009)	-	-	-	-	-
以　下　空　白														

備註：1.標示◎者為經環境保護署認可之檢項。"-"表不必分析。"#"表定量極限。

2.本報告書依據環保署「檢測報告位數表示規定」出具檢測數據。部份檢項出具方式為配合計畫需求，說明如下：pH及DO檢項於報告值後以括號方式備註實測平均值(pH)及實際測值(DO)。檢測數據低於方法偵測極限(MDL)時，以"ND"表示，後方加註括號內數據表依數值修整原則處理後之實際測值。如實際測值小於或等於零，則以"0"表示。

3.報告值標示為<2.0( )(BOD)，2.0為該檢項的定量極限濃度，括號內數據表實際測值。

4.報告值標示為<0.020( )(總磷)或<0.06( )(氨氮)或<0.0030( )(銅)或<0.0060( )(鉛)或<0.0050( )(鋅)或<0.0003( )(汞)或<0.0010( )(砷)，前方數字分別為該檢項之定量極限濃度，括號內數據表由外插方式求得之測值。

5.汞檢項樣品編號W101041004，樣品濃度為0.000286mg/L。

樣品檢測報告書

行政院環境保護署許可證字號：環署環檢字第091號

地址：台南市安南區安明路3段500號　　電話：(06)2371938轉260　　委託單位及地址：成功大學海洋科技與事務研究所 台南市大學路1號
聯絡人：王月霜　　傳真：(06)3840208　　採樣地點：台中港鄰近海域
採樣單位：水工所現調組　　採樣日期及時間：1010410 10:06~15:44
採樣行程代碼：－　　收樣日期及時間：1010410 18:30
報告日期：1010514　　報告編號：FID101D015

樣品特性：□海水 □河口及排水路水質 □隔離水道水質 □地下水 ☑底泥 □土壤 □其他：

聲明書
(一)茲保證本報告內容完全依照行政院環境保護署及有關機關之標準方法及品保品管等相關規定，秉持公正、誠實進行採樣、檢測。絕無虛偽不實，如有違反，就政府機關所受損失願負連帶賠償責任之外，並接受主管機關依法令所為之行政處分及刑事責任。
(二)吾人瞭解如自身受政府機關委任從事公務，亦屬於刑法上之公務員，並瞭解刑法上圖利罪、公務員登載不實偽造公文書及貪污治罪條例之相關規定，如有違反，亦為刑法及貪污治罪條例之適用對象，願受最嚴厲之法律制裁。

公司名稱：水工試驗所所長陳陽益

負責人：

檢驗室主管：水工所高天鶴

備註:
1.本報告封面 1 頁，樣品檢測報告 1 頁，共計 2 頁，報告分離使用無效。
2.本報告僅對所採樣品負責，報告內容不得隨意複製或作為商業廣告之用。
3.委託單位自述本批樣品為研究用途，不需向環保署申報採樣行程及相關網路申報作業。

修訂/990312　發行/990401　第7.0版　核准/檢驗室主任

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究(4/4)－101年04月

認證	樣品編號及名稱		單位	MDL	D101041001	D101041002	D101041003	D101041004	D101041005	D101041007	-	-	-	-
	檢測項目	檢測方法			N5	N6	N7	N10	N11	N1	-	-	-	-
	銅	NIEA R355.00C⊕	mg/kg	1.93	35.7	49.2	55.2	27.8	<10.0(7.55)	<10.0(6.55)	-	-	-	-
	鉛	NIEA R355.00C⊕	mg/kg	11.3	47.7	50.6	46.5	45.8	35.5	<30.0(19.5)	-	-	-	-
	鋅	NIEA R355.00C⊕	mg/kg	3.01	121	122	128	109	40.2	56.2	-	-	-	-
	鉻	NIEA R355.00C⊕	mg/kg	4.85	43.0	39.2	44.7	41.1	21.4	19.7	-	-	-	-
	汞	NIEA M317.02C	mg/kg	0.018	<0.050(0.044)	0.075	0.065	0.056	<0.050(0.034)	<0.050(0.034)	-	-	-	-
	砷	NIEA S310.63C	mg/kg	0.161	7.69	8.52	7.45	9.62	9.85	5.38	-	-	-	-
	總有機物△	NIEA R205.01C	%	-	4.0	9.2	3.1	4.1	2.1	1.9	-	-	-	-
	鋁△	NIEA S321.63B/M104.01C	mg/kg	8.3	19500	21700	21700	19000	13300	6650	-	-	-	-
	氯化二丁基錫△	氣相層析質譜儀法	μg/kg	0.33	ND	ND	0.378	ND	ND	ND	-	-	-	-
	氯化三丁基錫△	氣相層析質譜儀法	μg/kg	0.11	0.523	ND	6.64	ND	ND	ND	-	-	-	-
	氯化二苯基錫△	氣相層析質譜儀法	μg/kg	0.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	-	-
	氯化三苯基錫△	氣相層析質譜儀法	μg/kg	0.20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	-	-
	有機錫△	氣相層析質譜儀法	μg/kg	-	0.523	ND	7.02	ND	ND	ND	-	-	-	-
以下空白														

備註：1.標示◎者為經環境保護署認可之檢項。“⊕”代表該檢測方法係參考環保署公告的方法。“-”表不必分析。
2.本報告書依據環保署「檢測報告位數表示規定」出具檢測數據。檢測數據低於方法偵測極限(MDL)時，以“ND”表示。
3.報告值標示為<10.0( )(銅)或<30.0( )(鉛)或<0.050( )(汞)，前方數字分別為該檢項的定量極限，括號內數據表實際測值。
4.有機錫檢項為氯化二丁基錫、氯化三丁基錫、氯化二苯基錫及氯化三苯基錫之測值加總。
5.本頁標示△之檢項為委託具環保署環境檢驗測定機構認可資格之單位所檢測。(正修科技大學超微量研究科技中心，環署環檢字第079號，報告編號：IJIJ101R0446)。

樣品檢測報告書

行政院環境保護署許可證字號：環署環檢字第091號

地址：台南市安南區安明路3段500號　　電話：(06)2371938轉260　　委託單位及地址：成功大學海洋科技與事務研究所 台南市大學路1號

聯絡人：王月霜　　傳真：(06)3840208　　採樣地點：台中港鄰近海域

採樣單位：水工所現調組　　採樣日期及時間：1010911 09:45~13:53

採樣行程代碼：－　　收樣日期及時間：1010911 17:15

報告日期：1011011　　報告編號：FID101W181

樣品特性：☑海水 □河口及排水路水質 □隔離水道水質 □地下水 □底泥 □土壤 □其他：

聲明書

(一)茲保證本報告內容完全依照行政院環境保護署及有關機關之標準方法及品保品管等相關規定，秉持公正、誠實進行採樣、檢測。絕無虛偽不實，如有違反，就政府機關所受損失願負連帶賠償責任之外，並接受主管機關依法令所為之行政處分及刑事責任。

(二)吾人瞭解如自身受政府機關委任從事公務，亦屬於刑法上之公務員，並瞭解刑法上圖利罪、公務員登載不實偽造公文書及貪污治罪條例之相關規定，如有違反，亦為刑法及貪污治罪條例之適用對象，願受最嚴厲之法律制裁。

公司名稱:

負責人:　水工試驗所所長陳陽益

檢驗室主管:　水工所高天韻

備註:

1.本報告已由核可檢測報告簽署人審核無誤，並簽署於內部報告文件，簽署人如下：
無機檢測類：高天韻(HUI-01)

2.本報告封面 1 頁，樣品檢測報告 1 頁，共計 2 頁，報告分離使用無效。

3.本報告僅對所採樣品負責，報告內容不得隨意複製或作為商業廣告之用。

4.委託單位自述本批樣品為研究用途，不需向環保署申報採樣行程及相關網路申報作業。

修訂/990312　發行/990401　第7.0版　核准/檢驗室主任

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究(4/4)－101年09月

認證	樣品編號及名稱		單位	MDL	W101091118	W101091119	W101091120	W101091121	W101091122	W101091123	-	-	-	-
	檢測項目	檢測方法			N5	N6	N7	N10	N11	運送空白	-	-	-	-
◎	pH	NIEA W424.52A	-	-	8.4(8.394)	8.3(8.282)	8.3(8.286)	8.3(8.300)	8.3(8.270)	-	-	-	-	-
◎	水溫	NIEA W427.51A	℃	-	31.9	31.8	30.6	30.3	30.3	-	-	-	-	-
◎	導電度	NIEA W203.51B	μmho/cm	-	48600	48500	49200	49400	48600	-	-	-	-	-
	鹽度	NIEA W447.20C	psu	-	32.0	31.9	32.3	32.5	32.0	-	-	-	-	-
	透明度	NIEA E220.50C	m	-	1.5	2.0	2.0	2.8	2.3	-	-	-	-	-
◎	DO	NIEA W455.52C	mg/L	-	7.1(7.07)	6.7(6.71)	6.4(6.36)	6.4(6.38)	6.0(6.05)	-	-	-	-	-
	DO飽和度		%		105	99.3	96.5	95.6	91.8	-	-	-	-	-
◎	BOD	NIEA W510.55B	mg/L	2.0#	3.3	3.3	<2.0(1.4)	2.0	<2.0(1.1)	-	-	-	-	-
◎	SS	NIEA W210.57A	mg/L	2.5#	10.1	7.8	9.0	4.6	5.7	-	-	-	-	-
◎	大腸桿菌群	NIEA E202.54B	CFU/100mL	10#	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	-	-	-
◎	總磷	NIEA W427.53B	mg/L	0.006	0.026	0.044	0.034	<0.020(0.014)	0.030	-	-	-	-	-
◎	氨氮	NIEA W448.51B	mg/L	0.02	<0.06(0.04)	<0.06(0.04)	ND(0.01)	<0.06(0.02)	ND(0.01)	-	-	-	-	-
	葉綠素a	NIEA E507.02B	μg/L	-	8.8	16.2	4.8	1.4	4.0	-	-	-	-	-
	銅	NIEA W309.22A	mg/L	0.0010	<0.0030(0.0015)	0.0073	0.0045	<0.0030(0.0020)	0.0052	-	-	-	-	-
	鉛	NIEA W309.22A	mg/L	0.0020	ND(0.0016)	<0.0060(0.0037)	ND(0.0017)	<0.0060(0.0048)	<0.0060(0.0026)	-	-	-	-	-
	鋅	NIEA W309.22A	mg/L	0.0017	0.0060	0.0126	0.0098	0.0084	0.0153	-	-	-	-	-
	鎘	NIEA W303.51A	mg/L	0.0004	ND(0.0001)	ND(0.0003)	<0.0010(0.0004)	<0.0010(0.0005)	<0.0010(0.0006)	-	-	-	-	-
	汞	NIEA W330.52A	mg/L	0.0001	ND(0.0001)	<0.0003(0.0001)	<0.0003(0.0001)	ND(0.0001)	<0.0003(0.0001)	-	-	-	-	-
◎	砷	NIEA W434.53B	mg/L	0.0003	<0.0010(0.0005)	<0.0010(0.0006)	<0.0010(0.0007)	<0.0010(0.0006)	<0.0010(0.0006)	-	-	-	-	-
以下空白														

備註：1.標示◎者為經環境保護署認可之檢項。"-"表不必分析。"#"表定量極限。

2.本報告書依據環保署「檢測報告位數表示規定」出具檢測數據。為配合計畫需求，pH及DO檢項於報告值後以括號方式備註實測平均值(pH)及實際測值(DO)。檢測數據低於方法偵測極限(MDL)時，以"ND"表示，後方加註括號內數據表依數值修整原則處理後之實際測值。

3.報告值標示為<2.0( )(BOD)，2.0為該檢項的定量極限濃度，括號內數據表實際測值。

4.報告值標示為<0.020( )(總磷)或<0.06( )(氨氮)或<0.0030( )(銅)或<0.0060( )(鉛)或<0.0010( )(鎘、砷)或<0.0003( )(汞)，前方數字分別為該檢項之定量極限濃度，括號內數據表由外插方式求得之測值。

修訂/990312 發行/990401 第7.0版 核准/檢驗室主任

THL 國立成功大學水工試驗所水質檢驗室　　表單編號：FID3-QTM201-02

現場採樣/量測分析紀錄表

計畫名稱：鄰港　季(月)：101年4月　採樣地點：鄰港　採樣日期：101.04.10，
當次高潮位時間：　當次低潮位時間：　潮位站：　潮位：□漲 □退 ☑不適用
出海船隻名稱：芳達號　船長姓名：洪宇仁　進出港口名稱：梧棲、台中港
進出港安檢站簽章：巡第三總隊 安檢所 (04)2658-3128

樣品基質：☑海水 □河水 □底泥 □土壤 □其他＿＿　天氣狀況　當日：☑晴□陰□雨；前一日：☑晴□陰□雨；前二日：☑晴□陰□雨

儀器使用校正及添加保存劑

1.pH 計/電極#231 23 校正零點電位：【-5mV】【±25mV】校正斜率或%靈敏度：【-58.3】【-57.1】【-56~-61】【95~103%】pH=7.00 值確認：【7.00】
2.☑導電度計□多功能水質檢測儀/電極# 717 電極係數【0.473】溫度係數【 nLF 】0.01N KCl 測值：【1417】μmho/cm【1343~1483】
標準海水鹽度測值：【35.1】psu 3.溶氧計/電極# 818 溶氧儀之校正，空氣校正之斜率值：【0.82】，校正時溫度【25.8】℃
4.濁度計# 21 第二標準品濃度：【6.79】【60.7】【481】NTU 檢查讀值：【6.42】【61.1】【48.3】NTU
5.硫酸(A)RH00324048 6.鹼酸(B) PH00270054 7.NaOH(C)同時配製 8.醋酸鋅(D)＿＿

採樣點名稱	樣品編號	取樣深度	採樣方式	採樣時間	緯度 度	緯度 分	經度 度	經度 分	pH (二重複測差異≤±0.2)		水溫(℃)	導電度(mmL/cm)	鹽度(psu)	溶氧量 mg/L	溶氧量 %	透明度/濁度 (m)	水深(m)	備註
N11	10580	1	0	10:06	24	12.335	120	29.926	8.35	8.37	25.8	50.5	33.3	6.04	91.7	2.3/2.4/2.4	20.2	244 NTU
N1	10582				24	12.196	120	28.313									22	底質
N10	1057	1	0	11:55	24	20.862	120	30.944	8.39	8.39	25.7	50.9	33.5	6.39	95.7	2.8/2.9/2.8	29.2	5.55
P1											25.7	50.9	33.5	6.40	95.8	2.6/2.7/2.6		5.60
N7	10578	1	0	12:53	24	17.558	120	31.033	8.38	8.39	25.9	50.4	33.2	6.34	96.3		17.6	238
N5	10576	1	0	15:12	24	14.749	120	29.934	8.40	8.39	26.2	50.2	33.0	7.08	104.7	2.1/2.2/2.1		248
N6	10577	1	0	15:44	24	16.297	120	30.654	8.39	8.39	25.9	50.8	33.4	6.70	99.2	1.7/1.6/1.6		329

分析項目	BOD	總懸浮固體	氨氮	總磷	導電度	SS	重金屬	石油碳氫化合物	含酚化合物	有機物質
添加保存劑	—	—	A	A	—	—	B	—	—	—
容器容積	P2L	雲南袋	P1L	G0.5L	P1L	P2L	P5L	P袋	P袋	P袋
樣品合計總數	5	5+1	5	5	5	5	5	6	6	6

採樣人員：蔣為玟、毛俊賢　協助採樣人員：＿＿

備註：1.天氣、漲退請記✓。 2.水體中如有臭味漂浮物油脂或附近堆置垃圾，都請在此備註欄註明。 3.潮位請記錄以何處潮位站爲準。 4.使用試劑請填代號如 A、B 等。
5.採樣方式：單一樣品請填代號 O，混合樣品請填 M。 6.容器容積請填寫材質及容量。 7.pH 計校正確認合格範圍：±0.05；標準海水鹽度合格參考範圍：【34.29~35.69】
8.溶氧儀斜率合格參考範圍：【0.6~1.15】 9.進出港安檢站簽(蓋)章僅供出海證明用，對表內其他所填寫校正檢測數據均不具效力。

主任：　採樣負責人：毛俊賢 1010410　蔣為玟 1010410　記錄人員：蔣為玟 101.04.10　楊淑雲 101.04.10

修訂/1000318　發行/1000401　第 3.2 版　核准/檢驗室主任

THL 國立成功大學水工試驗所水質檢驗室　　表單編號：FID3-QTM201-02

現場採樣/量測分析紀錄表

計畫名稱：鄰港　季(月)：101年9月　採樣地點：鄰港　採樣日期：101.09.11　進出港安檢站簽章

當次高潮位時間：　當次低潮位時間：　潮位站：　潮位：□漲 □退 □不適用

出海船隻名稱：吾達號　船長姓名：洪宇仁　進出港口名稱：梧棲

樣品基質：☑海水 □河水 □底泥 □土壤 □其他＿＿＿＿　天氣狀況　當日：☑晴□陰□雨；前一日：☑晴□陰□雨；前二日：☑晴□陰□雨

儀器使用校正及添加保存劑

1.pH計/電極#24>校正零點電位：【-2】【±25mV】校正斜率或%靈敏度：【60.3】【-58.6】【-56~-61】【95~103%】pH=7.00 值確認：【7.00】

2.☑導電度計□多功能水質檢測儀/電極#N1 電極係數【0.473】溫度係數【NLF】0.01N KCl 測值：【1413】μmho/cm【1343~1483】

標準海水鹽度測值：【35.1】psu　3.溶氧計/電極#8/8　溶氧儀之校正，空氣校正之斜率值：【0.91】，校正時溫度【29.1】℃

4.濁度計#6　第二標準品濃度：【5.80】【57.1】【478】NTU　檢查讀值：【5.96】【57.5】【475】NTU

5.硫酸(A)24002x.06?　6.硝酸(B)12400x?-06?　7.NaOH(C)＿＿　8.醋酸鋅(D)＿＿

採樣點名稱	樣品編號	取樣深度	採樣方式	採樣時間	緯度 度	緯度 分	經度 度	經度 分	pH (二重複差異≤±0.1)	水溫 (℃)	導電度 (mmho/cm)	鹽度 (psu)	溶氧量 mg/L	溶氧量 %	透明度/濁度 (m)	水深 (m)	備註 NTU
N11	1137	1	0	09:45	24	12.353	120	32.932	8.30/8.31	30.3	48.6	32.0	6.05	91.8	2.4/2.4	20.0	2.30
N10	1137	1	0	11:00	24	20.902	120	30.891	8.30/8.30	30.3	49.4	32.5	6.38	95.6	2.1/2.8/2.8	5.9	5.42
N9	1136	1	0	11:46	24	17.446	120	31.080	8.38/8.38	30.6	49.3	32.3	6.36	96.5	1.9/2.1/2.0	3.1	6.21
重										30.6	49.1	32.3	6.37	96.6			6.30
N6	1136	1	0	13:28	24	16.382	120	32.066	8.32/8.33	31.8	48.5	31.9	6.71	99.3/3.0/2.1/2.0			3.51
N5	1136	1	0	13:53	24	14.420	120	32.702	8.39/8.39	31.9	48.6	32.0	7.07	104.6/5.1/2.6/1.5			2.68

分析項目	BOD	大腸桿菌群	氨氮	總磷	葉綠素a	SS	重金屬	底泥重金屬	底泥總有機物,鋁	底泥粒徑		
添加保存劑	-	-	-	-	-	-	B	-	-	-		
容器容積	P3L	滅菌袋	~~P1L~~	G05L	P1L	P3L	P5L/2L	P袋	P袋	P袋		
樣品合計總數	5	5+1	5	5	5	5	5	—	—	—		

採樣人員：蔣為政、許家佩　協助採樣人員：＿＿＿＿

備註：1.天氣、漲退請記✓。 2.水體中如有臭味漂浮物油脂或附近堆置垃圾，都請在此備註欄註明。 3.潮位請記錄以何處潮位站爲準。 4.使用試劑請填代號如A、B等。
5.採樣方式：單一樣品請填代號O，混合樣品請填M。 6.容器容積請填寫材質及容量。 7.pH計校正確認合格範圍：±0.05；標準海水鹽度合格參考範圍：【34.29~35.69】
8.溶氧儀斜率合格參考範圍：【0.6~1.25】 9.進出港安檢站簽(蓋)章僅供出海證明用，對表內其他所填寫校正檢測數據均不具效力。

主任：　採樣負責人：許家佩 101.09.11 蔣為政 101.09.11　記錄人員：蔣為政 101.09.11　第1頁/共1頁

修訂/1000318 發行/1000401 第3.2版 核准/檢驗室主任

附錄六　「船舶壓艙水水質管理座談會」會議議程及會議記錄

一、議程

日期：101年6月1日(星期五)

地點：交通部運輸研究所港灣技術研究中心

時　間	議　程
09:00-09:15	報　到
09:15-09:30	主 席 致 詞
09:30-10:10	專題報告與座談(一)：**臺中港壓艙水研究成果** 主講人：**劉大綱助理教授** 成功大學海洋科技與事務研究所 主持人：**邱永芳主任** 交通部運輸研究所港灣技術研究中心 **李前鋒副處長** 中國驗船中心研究處
10:10-10:30	中 場 休 息
10:30-11:20	專題報告與座談(二)：**壓艙水公約管理法制** 主講人：**李前鋒副處長** 中國驗船中心研究處 主持人：**華健副教授**　臺灣海洋大學輪機工程技術學系 **何良勝科長** 交通部運輸研究所港灣技術研究中心
11:20-12:10	專題報告與座談(三)：**壓艙水管理及處理技術** 主講人：**華健副教授**　臺灣海洋大學輪機工程技術學系 主持人：**胡慶祥助理教授** 弘光科技大學環境與安全衛生工程學系 **蔡立宏研究員** 交通部運輸研究所港灣技術研究中心

二、會議紀錄

日期：2012年6月1日(星期五)

地點：交通部運輸研究所港灣技術研究中心

專題報告與座談(一)：**臺中港壓艙水研究成果**

主講人：**劉大綱助理教授** 成功大學海洋科技與事務研究所

主持人：**邱永芳副主任** 交通部運輸研究所港灣技術研究中心

李前鋒副處長 中國驗船中心研究處

問：投影片第 3 頁提到透過資料分析造訪台中港之商船上一港，以及壓艙水年平均排放量估算，所得的估算似乎太過低估?若以各船的壓艙容量乘以造訪船數，所得的量遠遠大過簡報中的估算值。

答：本研究是以德國學者建議的方式估算，由於船舶不會排掉所有壓艙水，這與卸貨量有關，因此我們有將台中港卸貨量納入參數，但除此之外，仍有許多的影響因素，因此本研究所估算的值已是可能排放的最大可能排放量。

問：補充一下，如果全部排放量會排到 10 萬噸，若以百分比計算，歐洲港口特性與亞洲港口特性很不一樣，若以德國學者的方式估算，與亞州港口的差異性頗大，且通常貨櫃船排放量會較少，但為何這裡是貨櫃船排較多？

答：我們有訪問過航商，大多數是說在大洋中就將壓艙水排放了。除了要求航商確實申報壓艙水資料，否則因研究上限制，難以準確估算。例如，美澳都是規定進港船舶必須申報要排放多少量。

問：有關德國學者的估算方式，他是用卸貨量算，但事實上壓艙水裝卸載貨量的差異才會是一船舶所排放之壓艙水量，因為壓艙水的功用是要維持船身平衡。德國學者用 DWT 算,但我建議可應用台中港裝卸貨量算才會準確.還有以 NOAA 資料計算，我認為也是錯誤方式，因為要的是各港口的溫鹽資料，NOAA 所提供的非港內數據，港內受近岸影響，與港外海水的特性已有差異。

答：您提的兩個想法，我都有想過。計算裝卸貨量的確是最準的，但我們作本研究時，資料的取得是相當大的困難。

問：我有作過相似計畫，應該會拿到資料。

答：關於第二個問題，港口內的溫鹽資料，怎麼能拿得到？國內港口資量已不易取得，國外港口資料更是不可能，因此使用 NOAA 的資料，在固定的經緯度點位上都有詳細的資料。

問：我是海大海資系的，海大就可拿到臺灣區域的溫鹽資料。

答：NOAA 在固定的經緯度上都有資料，以全球尺度而言是很好的參考。

專題報告與座談(二)：**壓艙水公約管理法制**

主講人： **李前鋒副處長** 中國驗船中心研究處

主持人： **華健副教授** 台灣海洋大學輪機工程技術學系

何良勝科長 交通部運輸研究所港灣技術研究中心

問：USCG 三月份的最新規則有提到五年後可能會更改標準，這對我們航運公司造成困擾，怎麼可能現在採購了處理設備，五年後如果他們的標準改變了，又更換設備？

答：這的確是個困擾的地方。他們就是現在標準是和 IMO 一樣，但又留伏筆，說不排除五年後更改標準。

問：剛提到沉積物處理也在規範之內，對於船舶進塢處理沉積物，您是否有建議?

答：航商所要負責的就是跟港口聯絡，請港口回收。所以，未來港口可能都要設置有壓艙水和沉積物回收設施。船舶進塢所清出的污泥數量龐大，只能由港口負責回收。但如何處理，就沒有特別要求。

問：目前 CR 對於船舶在壓艙水設備的檢驗上是否有要求?

答：目前沒有特別的檢驗。但我們有發證書，說明該船舶是使用交換法，或是使用某一設備。

問：設備是否合格，港口單位要如何檢驗？

答：這是很困難的問題，通常一個設備要作檢驗需要幾十天，所以一個設備合不合格， 港口單位在短時間內不易判斷，只能先採樣海水，再進行檢驗。光用肉眼很難判斷，看起來乾淨的海水可能含有許多病菌。港口國在登船檢驗時，如果難判斷，就只能相信設備。如果使用加入活性物質的設備，如加入臭氧或加其他生物等，這可能會造成二次公害。因此要有要買有 IMO 認證的產品較佳。

問：請問依您對公約的瞭解，未來如果將公約國內法化，這些規範若在國內落實，應由環資部或由交通部處理較為適合?

答：很難回答這問題，這與油汙染、空氣污染議題較類似，不便隨便作建議。因為船是交通部管理，污染由環保署管理。目前交通法規對於油污染設備有作規範，對於廢水有制訂設備規定,但環保署未訂有廢水標準。應由主管機關自行協調較適當。

專題報告與座談(三)：**壓艙水處理技術**

主講人：**華健副教授** 台灣海洋大學輪機工程技術學系

主持人：**胡慶祥助理教授** 弘光科技大學環境與安全衛生工程學系

蔡立宏研究員 交通部運輸研究所港灣技術研究中心

問：剛提到 IMO 提出十四項綱領，其中 G12 在 2012 年 3 月 12 日已更新資料。另外，想請教，港口國官員採樣需要花費多久的時間?

答：目前正在研擬採樣程序中，我還不清楚。採樣的難易，要看船上壓載艙情形，有的有人孔，好採樣，有的位置不易。所以為了採樣方便，對於新船也有設計上的建議。

問：剪報中提到無壓艙水船的設計，對於商用船是否適用？

答:相關文獻只有指出會增加耗能,其他方面缺點未講出,但這研究已進行好幾年，如果真好用，應已試用，所以應是仍有無法克服的點。

問：我們一直想辦法把生物殺死，為什不能利用生物的特性，在固定空間中用細菌吃掉，會不會比其他排除法更好？

答：生物處理在水處理上一直有此方面的研究，例如對於油污染，也有關於噬油菌的研究。但壓艙水我目前沒有看到這方面研究，我猜想是因壓艙水包含的生物種範圍太大了，可能難找出適用於所有生物種的天敵。但使用噬油菌也會造成其他問題，例如，此生物的代謝物、本身是否對環境造成問題。

問：目前有許多處理技術，請問哪一種是未來趨勢，低成本高效益？航商很需要這方面的資訊。

答：現在是戰國時代，各廠商都是先拿到認證，至於誰好用，還需要航商實際使用上才能得知。這需要時間。且近年一直有新的系統上市，原則上應該都是比舊款的更好。但是否合用，還有待驗證。有的公司裝了，過了些日子，同款設備價格就下跌了，這對航商的確不太容易。

問：就本公司現有船隊，我們的壓艙容量為 1500 噸，原定 2012 年就要安裝設備，約有 60 艘船，有人說越晚裝，越有利，因為等設備大量生產，價格就會下跌。我們公司新船都有安裝，但現有船的安裝，業界都還在觀望甚麼時間點切入較佳，例如某公司明年年中才會評估。

答：這方面問題常有變動性，建議相關單位提供平臺，以頻繁地更新資訊、國內航商間對話空間。

問：三、四年前，我們選了 UV 設備裝置在新船，但後來後悔，因為後續維修的費用很多。建議國內船商可以多交流，要選哪一家。且安裝成本大於設備成本，若選擇錯誤會是很大損失。公約規定最遲要在進塢時安裝，剛華教授有題到，某家設備後來停用，但就我所知，該設備已有船舶安裝，那這樣不就無法有後續的服務了？

答：本次剪報的研究今年就要的結案了，本來我們有個四年計畫要接續進行，但聽起來　因公約生效門檻已非常接近，國內需要加快腳步來因應。航商公會也許可發公文至港研中心，我們的主任對壓艙水問題很關注，也很有衝勁，建議由公部門提供這樣的資訊平臺，結合學界力量，盡量將最新資訊提供給船商。

發言單記錄
◎海洋大學副教授　華健 剛開始，短期內恐需進一步瞭解造訪船的壓艙水管理詳細資訊。因此建議在落實要求以前，先要求船申報相關資訊。 ◎中鋼運通工程師 鍾聖強 一 壓艙水排放量估算應以實際數據或由設備規格、裝卸貨量資料配合壓艙水管理計畫書來計算，不宜引用過時之「歐洲模式」。 二 USCG 最新法規只暫時允許符合 D-2 標準之處理設備，並不排除五年後提高標準，此將影響航商投資該設備之意願及時程。 三 港口國對於取樣分析等檢驗流程及對應處理措施仍無明確規定，然一旦法規生效，將造成航商之困擾。 四 減低壓艙水的設計可行性研究？

交通部港灣技術研究中心

鄰港水質環境調查研究(4/4)

簡報者：許弘莒、陳 平
主持人：劉大綱（出國）

2012/7/11

財團法人成大研究發展基金會

一 簡報內容

- 本年度工作項目
- 執行內容與成果
  - 基本資料蒐集與分析
  - 海域水質環境分析模式建立
  - 水質整體變化趨勢與底質重金屬污染程度分析
  - 壓艙水處理設施規劃與管理制度之建立
- 結論與建議

本年度工作項目

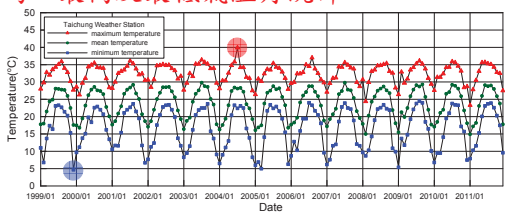
1) 整理臺中港海域海象、氣象、地象、水質及生態資料，並分析其特性。
2) 進行臺中港港灣附近海域水質及底質重金屬採樣調查，並研判可能污染來源及研提因應改善措施。
3) 建立港域水質模式驗證，探討海域水質與近岸水動力機制的相關性，並分析與陸源性污染之關連。
4) 進行臺中港域整體水質長期變動趨勢分析，與底質重金屬間污染程度相互關係研析。
5) 臺中港壓艙水於船舶或岸上設施處置之規劃。
6) 研擬臺中港船舶壓艙水管理制度，並探討可能遭遇之法制問題。
7) 協助辦理船舶壓艙水議題座談會。

二 基本資料蒐集與分析

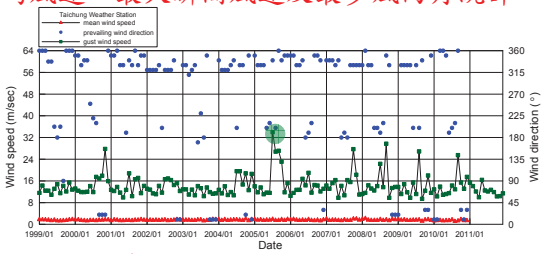
年平均氣溫在23.3℃至24.1℃之間
最高氣溫為39.9℃，發生在2004年7月1日
最低氣溫為4.7℃，發生在1999年12月23日

年平均風速在1.5 m/sec至1.7 m/sec之間
最多風向為NNW至N向之間
最大瞬間風速為34 m/sec，發生在2005年7月18日於海棠颱風期間。

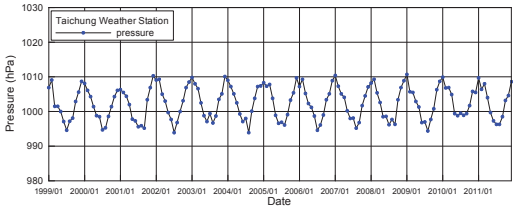
平均、最高及最低氣溫月統計



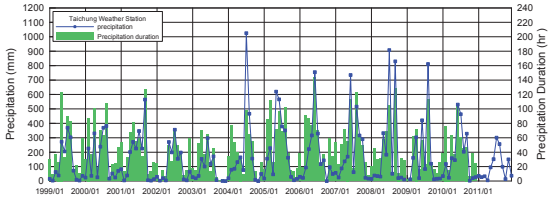
平均風速、最大瞬間風速及最多風向月統計



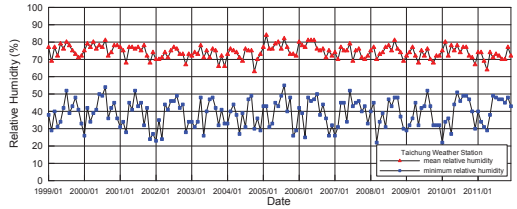
平均氣壓月統計



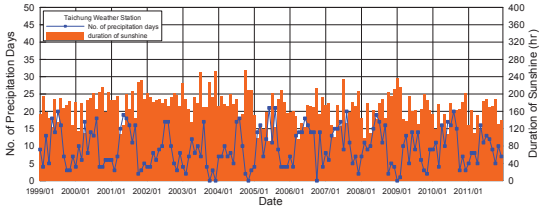
雨量及降水時數月統計



平均相對溼度月統計

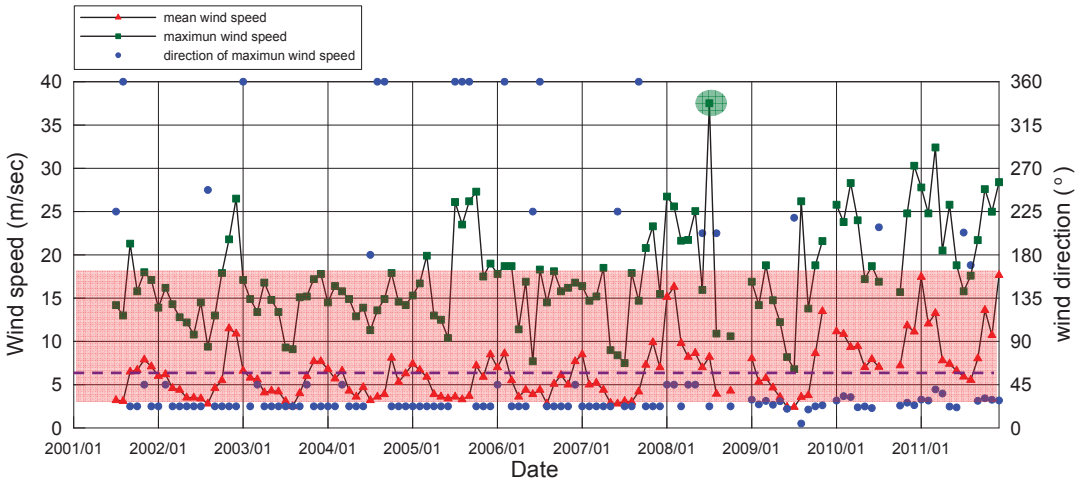


降水日數及日照時數月統計



資料來源：氣候資料年報－地面資料，1999年至2011年，交通部中央氣象局。

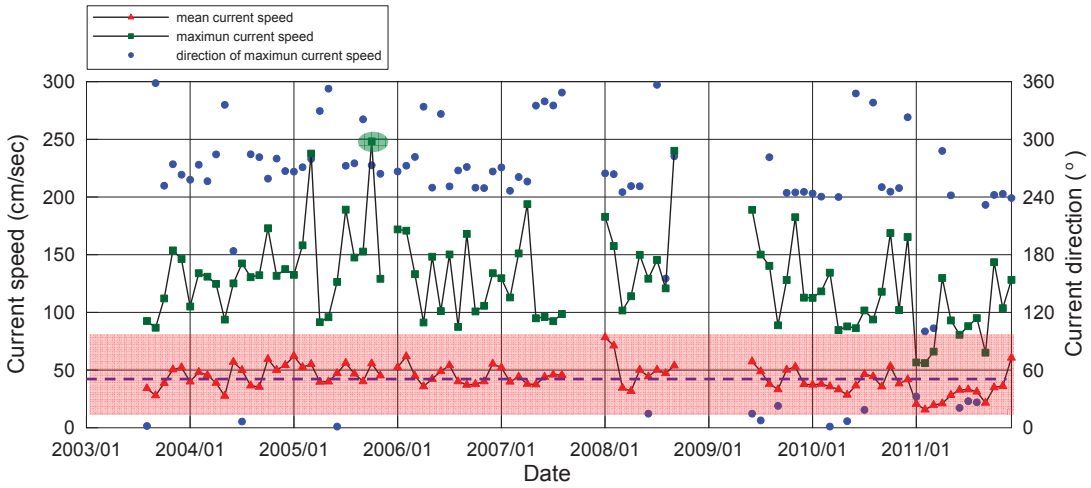
海氣象資料統計--台中港風速及風向之月統計圖



- 歷年之月平均風速介於2.4 m/sec至17.7 m/sec之間
- 月平均風速大於10 m/sec以上者皆發生在冬季
- 歷年之平均風速為6.2cm/sec
- 歷年最大風速為37.5m/sec，其風向為北北西向

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2001年至2011年，交通部運輸研究所。

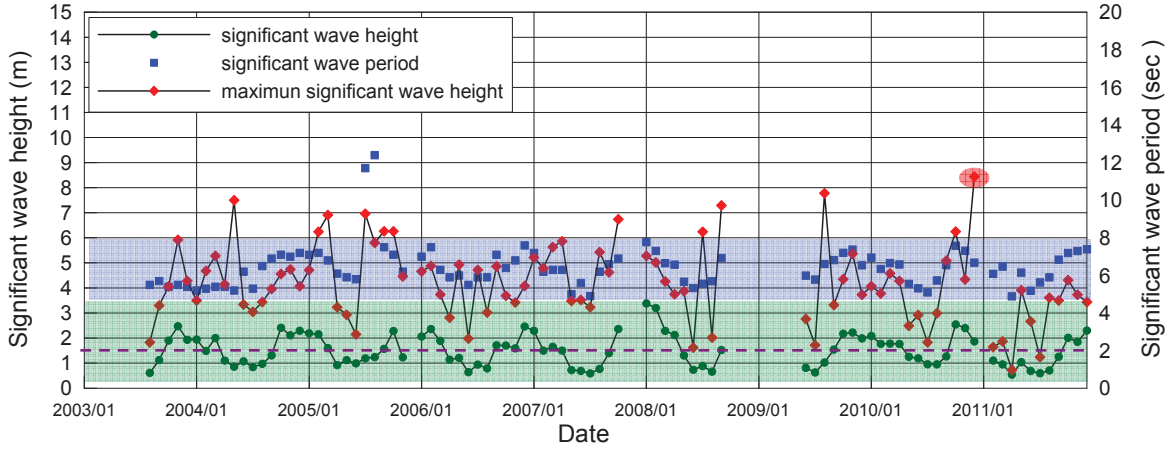
海氣象資料統計－台中港海流流速及流向之月統計圖



- 歷年之月平均流速介於30 cm/sec至80 cm/sec之間
- 最多流向多集中在西至北向
- 歷年之平均流速為43.4 cm/sec
- 最大流速為248.3 cm/sec，其流向為西向

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2003年至2011年，交通部運輸研究所。

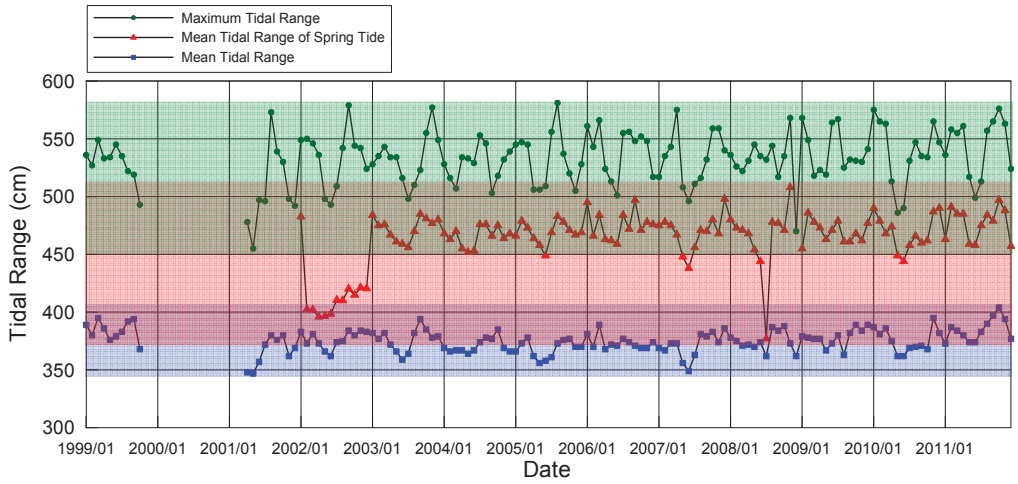
海氣象資料統計－台中港波高及波向之月統計圖



- 歷年之月平均波高多小於3 m以下，月平均週期介於4.9 sec至7.8 sec之間
- 歷年之平均波高為1.51 m
- 歷年最大波高為8.44 m，其週期為11.1 sec，發生於2010年12月16日

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2003年至2011年，交通部運輸研究所。

海氣象資料統計－台中港最大潮差、大潮平均潮差及平均潮差之月統計圖



- 最大潮差為619公分

(2009, 最高高潮位 300 cm, 最低低潮位-319 cm)

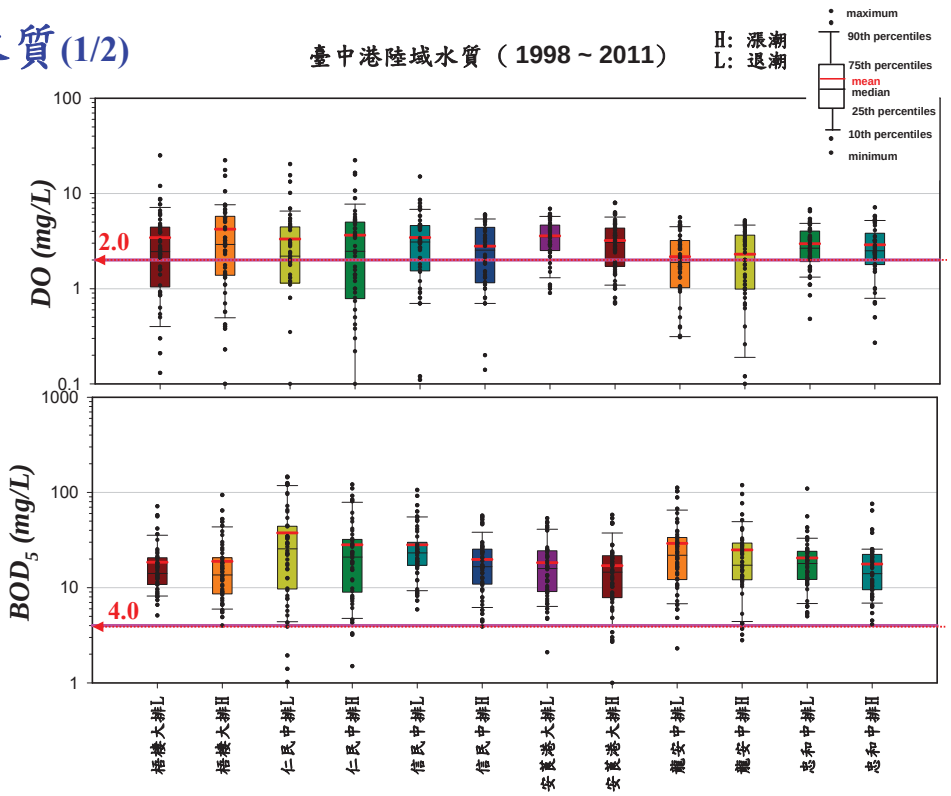
- 大潮平均潮差為465公分
- 平均潮差為376公分

資料來源：潮汐觀測資料年報，1999年至2011年，交通部中央氣象局。

臺中港陸域水質(1/2)

- 各**排水路**受生活污水排入外，又因緊鄰工業區，亦可能受工業廢水影響
- **溶氧**常出現偏低；而**生化需氧量**及**大腸桿菌群**常遠高標準值顯示上游排水路受到來自**生活、畜牧污水嚴重污染**



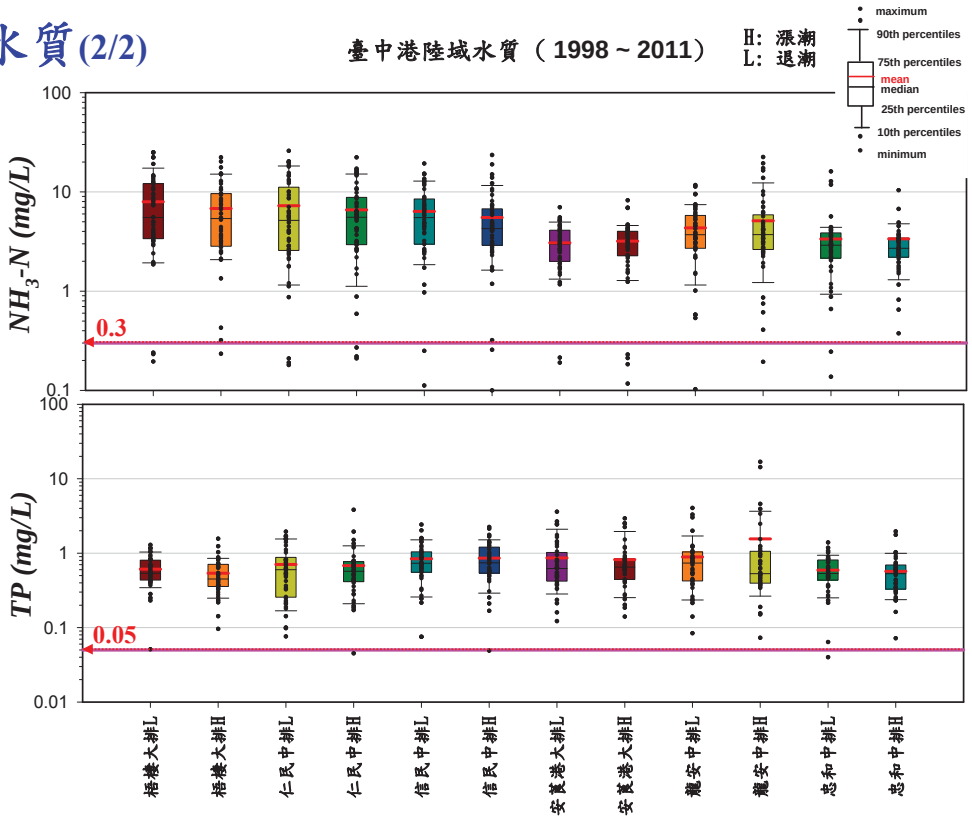


資料來源：http://www.tchb.gov.tw/Data/default.htm
本計畫整理繪製

臺中港陸域水質(2/2)

臺中港陸域水質（1998～2011）

H: 漲潮
L: 退潮



□氨氮及總磷多無法符合「陸域水體水質標準」



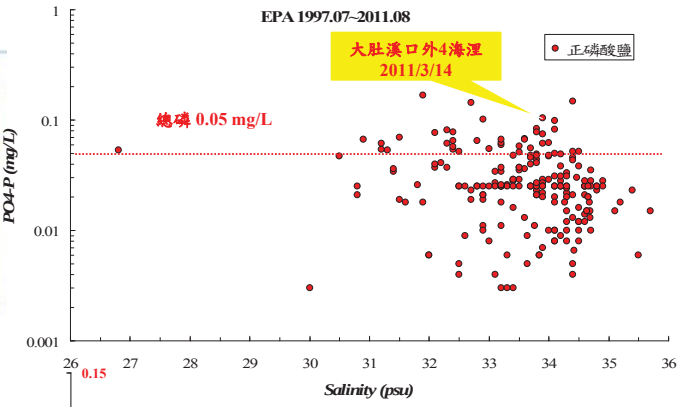
資料來源：http://www.tchb.gov.tw/Data/default.htm
本計畫整理繪製

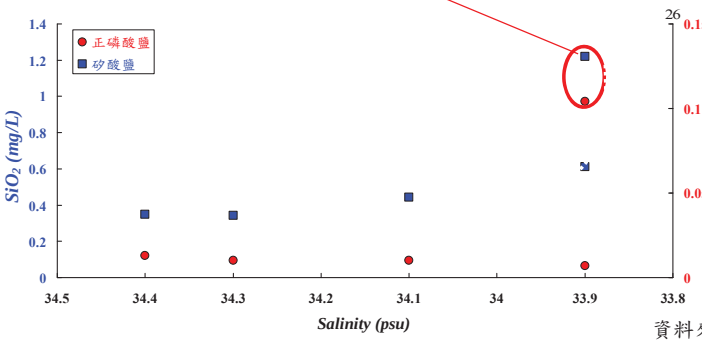
臺中港務局 Taichung Harbor Bureau

□臺中港外海域水質

- 環保署-臺中港沿海設置5處海域水質測站，歷次水質 (1997年7月至2011年)。
- pH均能符合其所屬之乙類海域水質標準，溶氧量亦可符合標準。
- 早期(1997年7月至2001年9月)總磷於臺中港沿海一與沿海二測站曾高於參考之甲類標準。
- 氨氮(2005年3月至2011年10月)則均能符合參考之甲類標準。
- 重金屬方面臺中港沿海二曾出現1次銅略高於海域標準外，其餘均能符合標準。
- 歷年正磷酸鹽多次偏高且高於總磷標準。







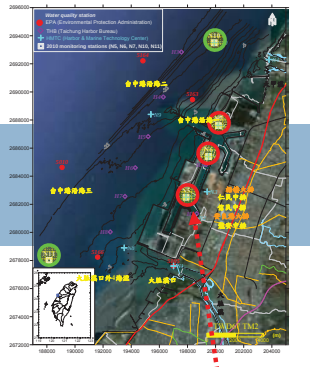
✓2011.03大肚溪口外4海浬處受河川淡水影響導致沿海海水正磷酸鹽與矽酸鹽濃度相對偏高，而鹽度略低
✓2011.08大安溪口亦出現正磷酸鹽與矽酸鹽濃度相對略高，而鹽度則略低
✓2011.10大安溪口、大肚溪口與外4海浬正磷酸鹽仍有偏高

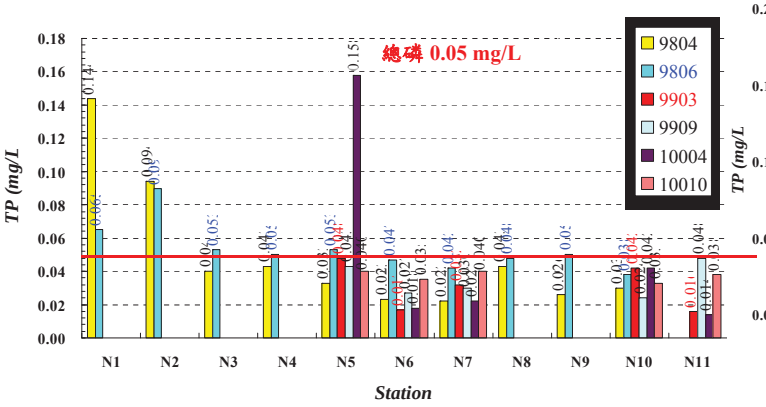
資料來源：http://wqshow.epa.gov.tw/ 本計畫整理繪製

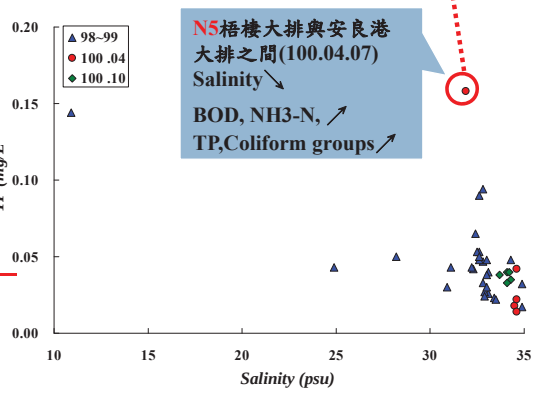
臺中港海域水質與底質調查結果

- 民國100年(2011)4月枯水期與10月豐水期調查結果顯示，港域水質(N5、N6、N7)因較易受陸源性影響，如介於梧棲大排與安良港大排處(N5) **4月鹽度與導電度相對最低，而總磷則最高**。此外，其生化需氧量與大腸桿菌群；以及重金屬鋅、鉻與砷相對略高。
- 大甲溪外海(N10)與大肚溪外海(N11) 水質則相對穩定且污染程度低，均可符合所屬之乙類海域水質標準，重金屬亦無異常，且與環保署外海環境水質測站(台中港沿海二) 相比無異常。









臺中港海域底質-Cu, As

底泥品質指標之分類管理及用途限制辦法
民國101年1月4日行政院環境保護署環署土字第1000116349號

第五條　底泥之分類管理如下：

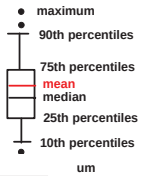
一、**底泥品質指標**項目**濃度高於上限值**者，應依下列規定辦理：

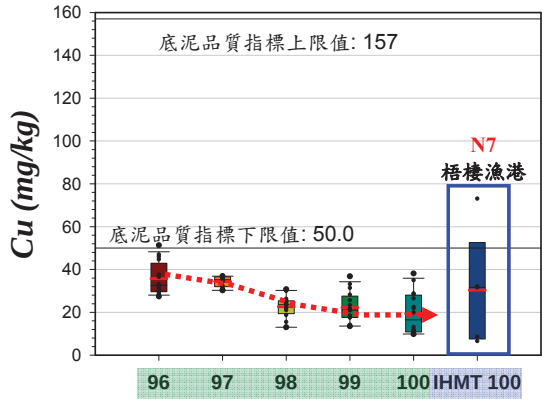
(一) 目的事業主管機關應針對該項目增加檢測頻率，並通知農業、衛生主管機關依權責檢測生物體及已上市水產品內污染物質。

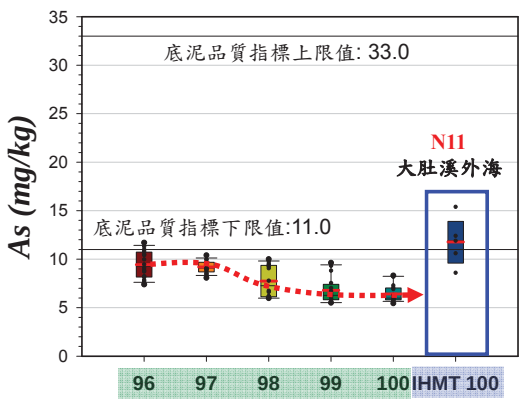
(二) 農業、衛生主管機關於辦理前目工作後發現濃度偏高時，得本於權責就水體內生物體及已上市水產品依法進行相關管制與監督管理事項，並通知直轄市、縣(市)主管機關。

(三) 直轄市、縣(市)主管機關於接獲通知後，得命地面水體之管理人就環境影響與健康風險、技術及經濟效益等進行評估，經中央主管機關審核認為具整治必要性及可行性者，由地面水體之管理人於擬定計畫報請中央主管機關核定後，始得實施。

二、**底泥品質指標**項目濃度**高於下限值**且**低於上限值**者，目的事業主管機關應針對該項目**增加檢測頻率**。

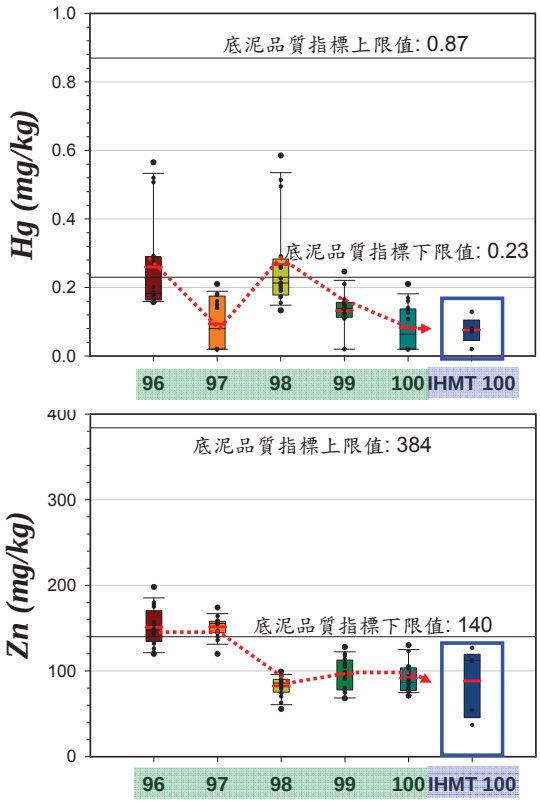


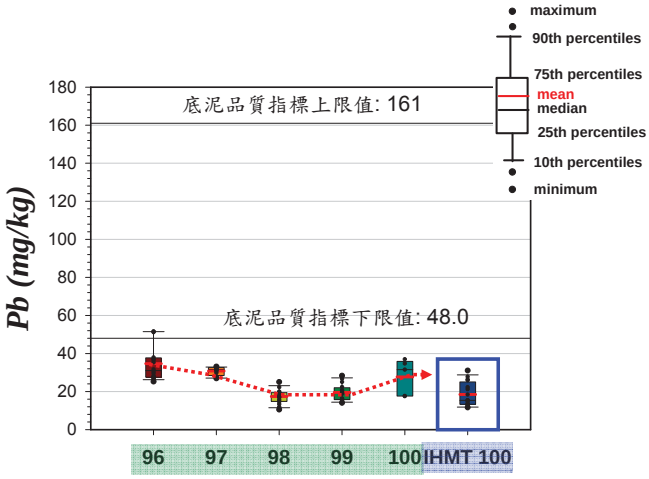




- Sediment Cu, As
  - ➢ 民國96~100年間均無異常(港務局數據) 本計畫100年調查 (IHMT)有部份略偏高

臺中港海域底質-Hg, Pb, Zn





- Sediment Hg, Pb, Zn
  - 民國96~100年間均無異常(港務局數據)
  - 本計畫民國100年調查亦無異常(IHMT)
  - 民國100年均低於底泥品質指標下限值

三 海域水質環境分析模式建立

目的

探討近岸海域水體水質與近岸海域水動力機制的相關性，並分析其與上游污染源之關聯性

本年度將藉由已經使用**港研中心**於**台中港南側**新設立之**定點海流觀測站**作為**模式率定**與**驗證**後之**二維水理水質**之**數值模式**來**模擬分析台中港區之水質變化**，期能瞭解台中港域之整體水理水質情形，並**探討與陸源性污染之關聯**。



模式模擬範圍

3.1 二維水動力控制方程式

- **二維水理模式(2D Hydrodynamic model)**
  - **連續方程式**

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}+\frac{\partial (HU)}{\partial x}+\frac{\partial (HV)}{\partial y}=0$$

  - **x、y方向運動方程式**

$$\frac{\partial U}{\partial t}+U\frac{\partial U}{\partial x}+V\frac{\partial U}{\partial y}-fV+g\frac{\partial \zeta}{\partial x}+g\frac{U(U^2+V^2)^{1/2}}{C^2H}$$
$$-\frac{1}{\rho H}\tau_x^s-(E_{xx}\frac{\partial^2 U}{\partial x^2}+E_{xy}\frac{\partial^2 U}{\partial y^2})=0$$

$$\frac{\partial V}{\partial t}+U\frac{\partial V}{\partial x}+V\frac{\partial V}{\partial y}+fU+g\frac{\partial \zeta}{\partial y}+g\frac{V(U^2+V^2)^{1/2}}{C^2H}$$
$$-\frac{1}{\rho H}\tau_y^s-(E_{yy}\frac{\partial^2 V}{\partial y^2}+E_{xy}\frac{\partial^2 V}{\partial x^2})=0$$

3.2 水質模式之控制方程式

- 二維水質模式(2D WQ model)
  - BOD模式

$$\frac{DL}{Dt}=\frac{\partial}{\partial x}(D_x\frac{\partial L}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(D_y\frac{\partial L}{\partial y})-(K_1+K_3)L+\frac{B_a}{H}+R_{EL}$$

  - 大腸桿菌群模式

$$\frac{DC_i}{Dt}=\frac{\partial}{\partial x}(D_x\frac{\partial C_i}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(D_y\frac{\partial C_i}{\partial y})-K_iC_i+R_{Ei}$$

K_1＝BOD 怯氧係數

K_3＝BOD 沉降係數

L＝BOD 濃度

B_a＝單位面積海域底泥釋出之 BOD 量

R_{EL}＝污染源

C_i=大腸菌濃度

D_x 、D_y＝延散係數

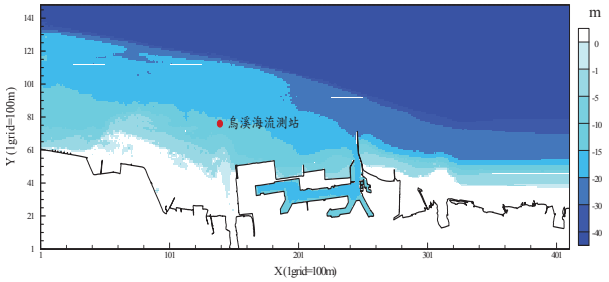
K_i＝大腸菌之衰減係數

R_{Ei}＝污染源

3.3.1 模式模擬區域之選取

- 水理水質模式模擬範圍及地形水深分佈圖

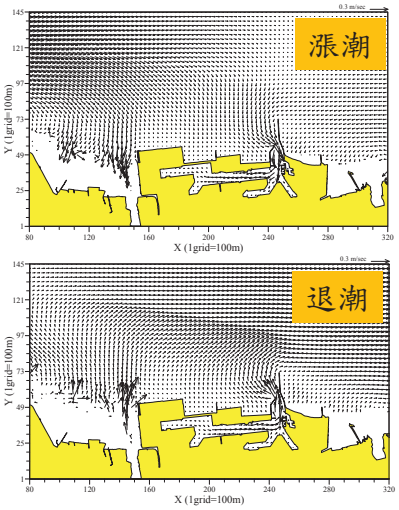
模式面積	41.1公里x14.9公里
格網大小	100公尺x100公尺
格網數目	411x149
原點座標 (Twd 67)	E=191,800 N=2,663,500
轉角 (由正北向順時針)	62°
時間間距	1.0秒

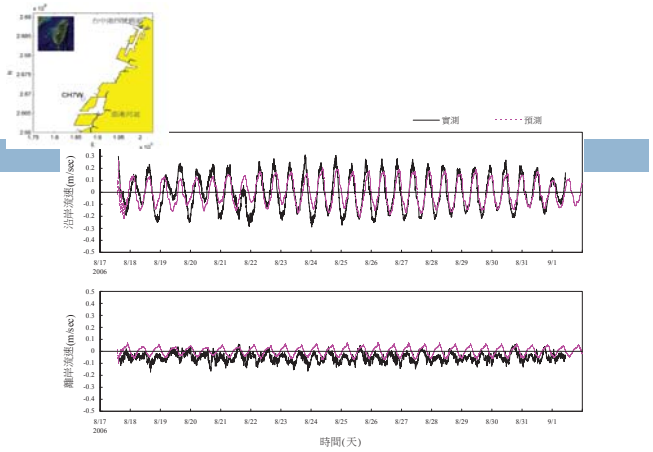




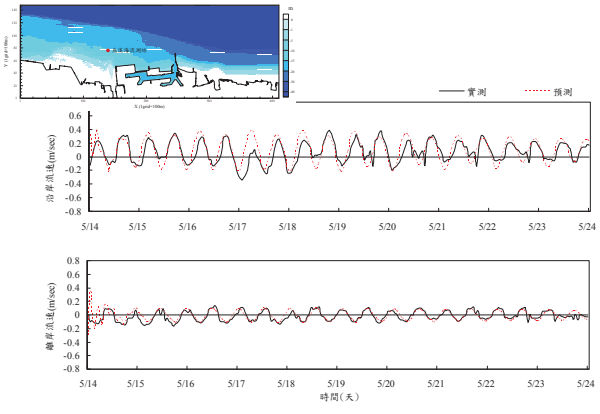
3.3.2 水理模式之率定

本計畫在流場模式之率定方面，先利用彰濱海域之CH7W測站實測海潮流資料以及港研中心在**去年度(2011)**於**台中港南側之海流測站實測海流資料來進行模式檢核與驗證**。





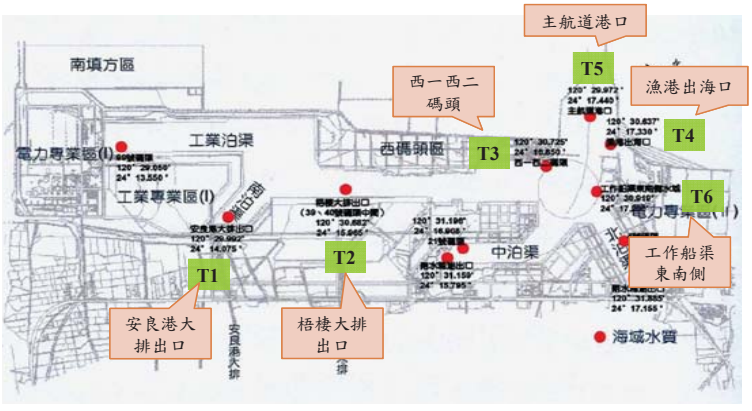
(CH7W測站，實測時間：2006年8月17日~9月1日)

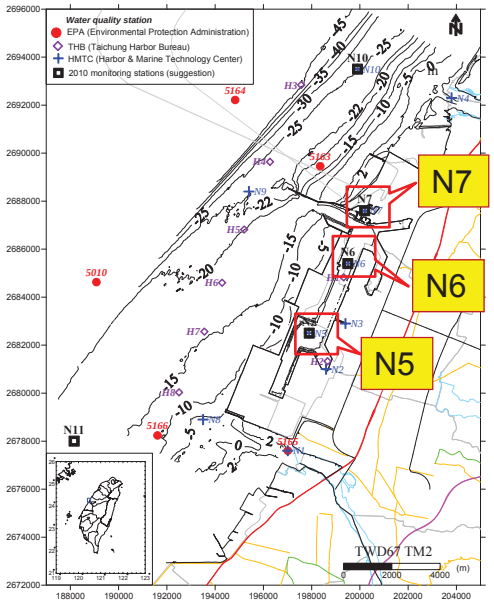


烏溪海流測站，實測時間：2011年5月14日~5月24日

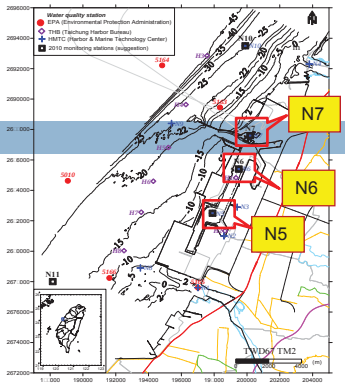
3.3.3 水質模式率定驗證

- 使用成大水工所於前**2009至2011年**於臺中港內之水質觀測站**N5、N6與N7**。
- 港研中心於臺中港所設立的海域水質測站**安良港大排出口(T1)、梧棲大排出口(T2)、西一西二碼頭(T3)、漁港出海口(T4)、主航道港口(T5)、工作船渠東南側(T6)**作為**模式率定與驗證**之水質資料來源。



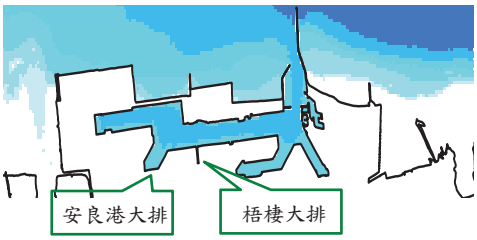


□□□水□□模式之率定驗證

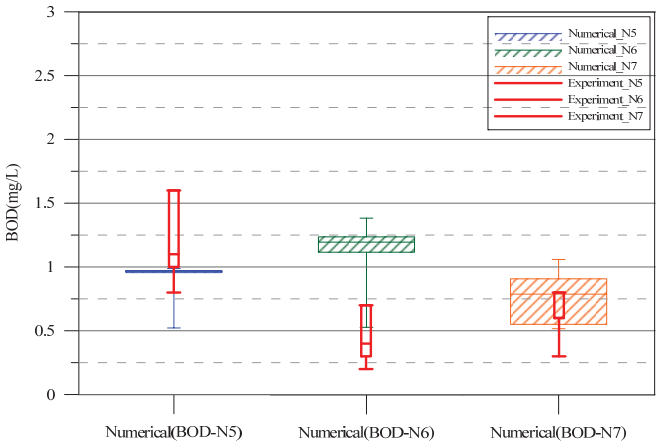


□ 污染源

選定**安良港大排**與**梧棲大排**為臺中港主要污染源，□□D與大腸桿菌群的起始值分別使用□□□□m□□□以及□□□ □□□ □□□□m□。

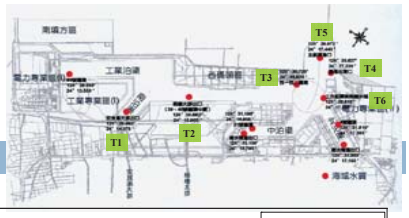


排水路名稱 / 項目	安良港大排	梧棲大排
估流量□□M□□	□□□6□	2□□□
□□D□m□□□□	2□□□	□67
□□□□□□□□□□□m□□	□□□□□□□□□□□6	2□□□□□□□□□□7

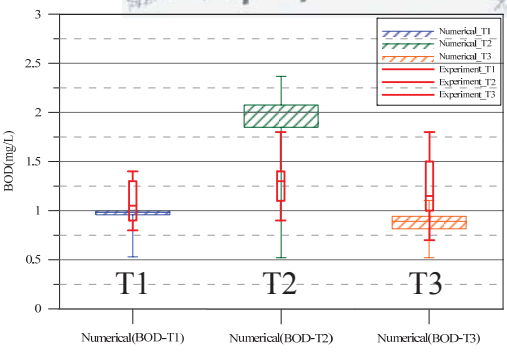


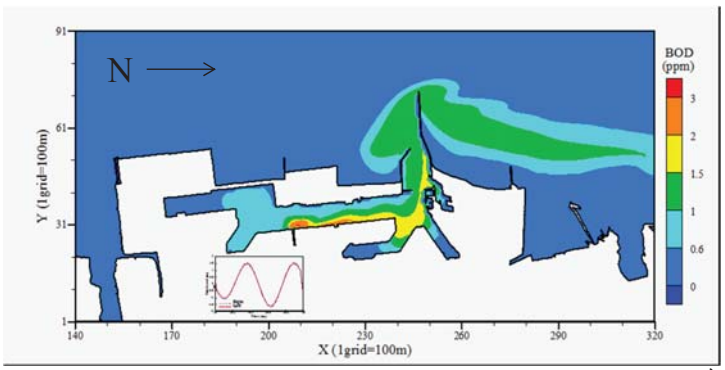
N5、N6、N7測站實測BOD濃度與模式預測比較圖

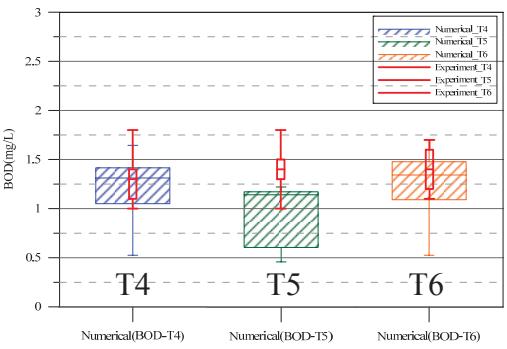
3.3.3 水質模式之率定驗證



- 整體顯示模擬結果與實測值頗為一致。
- 由影響分布圖可知，在臺中港港區與港外其BOD濃度多能符合乙類海域水體水質標準(<3ppm)，除了港內地區(梧棲大排附近)BOD濃度可能高於3ppm外。而於港外出海口之污染物擴散方向以往北為主。







各測站實測BOD濃度與模式預測比較圖

3.3.3 水質分類與海域涵容能力

污染源

排水路名稱 / 項目	安良港大排	梧棲大排
估流量(□□□)	14□64	24□4
BOD(m□□)	2□43	□6□
□O□(□□□1□□m)	1□411□□□□6	2□1□□□□□□□

水污染防治法對涵容能力之定義為：在不妨害水體正常用途情況下，水體所能涵容污染物之量。

$$\text{涵容能力} = \frac{\text{最大允許增加濃度}}{\text{實際增加濃度}} \times \text{汙染源排放量}$$

$$Q_{m\square\square} = \left| \frac{C_{m\square\square} - C_{\square}}{C - C_{\square}} \right| \times \sum_{i}^{n} W_i Q_i$$

如假設水域臨界值為**乙類**水體之水質標準(□□□□3□25，□ □□□3□□□□)

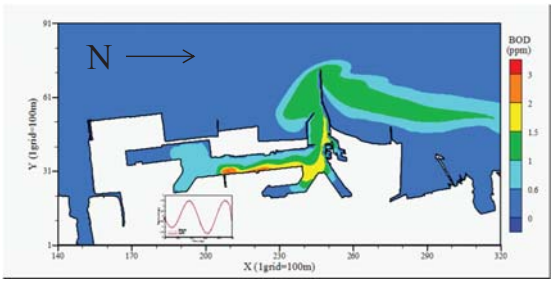
水質指標	總承載	涵容能力	應削減量
BOD□□□□□□□	4□□425□3	23□153□4	26□2□1□□
□□□□□□□□□□□□□□	5□52□□2□□11	3□145□5□□□□	5□51□□□□□11

如假設水域臨界值為**丙類**水體之水質標準(□□□□5□□，□ □□□31□□4)，

水質指標	總承載	涵容能力	應削減量	可再增加量
BOD□□□□□□□	4□□425□3	51□2□4□□	N□	1□□4□6
□□□□□□□□□□□□□□	5□52□□2□□11	6□□□□□□□□□□□	5.51□2□□□11	N□

小結

- 本年度已建立二維水質之數值模式，且經多次測試，本文模式最後選定BOD怯氧係數為□□□□432□1□□□y，由模擬結果可知，整體顯示模擬結果與實測值頗為一致。



- 應用經率定與驗證後之模式，本計畫針對水體涵容能力進行初步之討論，

水質指標	乙類水體 □□□□□3.25，□ □□□3□.□7□		丙類水體 □□□□□5.□，□ □□□31.□4□	
	應削減量	可再增加量	應削減量	可再增加量
BOD □□□□□□	2□62□1□□	N□	N□	1□□4□.6
□□□□□□□□□□□□□	5□51□□□□□11	N□	5.51□2□□□11	N□

四 臺中港港域水質與底質採樣調查及分析

海域水質與底質

□測站規劃

□測站設置原則

「海域環境監測及監測站設置辦法」

(1)□主、次要河川入海口。
(2)□重要污染源流入點。
(3)□港灣、瀉湖。
(4)□海洋污染防治法第十五條第一項所定之區域。
(5)□一般海域水質之背景點。
(6)□其他經中央主管機關指定之位置。

□主要依上述原則，並參考本計畫歷年既有測站位置與資料比對分析延續性。

測站	位置□			二度分帶(T□ D6□) □(□)□	□(N)□
N5□	港域	臺中港區□	水質 底質	1□□□□□	26□25□□
N6□	港域	臺中港區□	水質 底質	1□□5□□	26□54□□
N□□	港域	梧棲漁港港區□	水質 底質	2□□2□□	26□□6□□
N1□□	港外	大甲溪外海□	水質 底質	1□□□□□	26□35□□
N11□	港外	大肚溪外海□	水質 底質	1□□156	26□□□□4
N1□	港外	大肚溪河口□	底質	1□□□1□	26□□6□3



臺中港附近海域水質監測站分佈圖

海域水質與底質

本年度(第4年度，2□12年)上半年枯水期之海域水質(2次□年)與底質(1次□年)調查於4月1□日完成採樣，下半年規劃於及颱風季節大雨後(□月～□月)之豐水期間進行水質採樣。

- **海域水質**
  - 豐、枯水期間各1次(重金屬於枯水期調查)。
  - 參照環保署環檢所之水中浮游植物採樣方法：採水法(N□□□□5□5□5□□)使用採水器取水樣。

海域底質

- 枯水期間1次。
- 參照環保署環檢所之底泥採樣方法 (N□□□□1□4□3□□)使用底質採樣器採集表層沉積物。













海域水質與底質

海域水質監測項目

- 現場測定項目

  溫度、鹽度(含導電度)、p□、溶氧量、透明度。

- 實驗室檢測項目

  大腸桿菌群、生化需氧量、懸浮固體物、氨氮、總磷及葉綠素□，重金屬銅、鉛、鋅、鉻與砷、汞。

海域底質監測項目

- 粒徑、總有機物以及重金屬銅、鉛、鋅、鉻、砷、汞與鋁。
- 為瞭解來自船舶污染，用來防治生物附著於船體所塗裝之**環境賀爾蒙－有機錫**之含量，特別增加底質中之有機錫調查。

檢測方法

除沉積物粒徑分析採□m□□□□□□□□□□□□□□□T□□□□□□□□□□□□□□□

海域水質與底質

□檢測方法與偵測極限-品質目標

□ 海域水質

項次	檢驗項目	檢驗方法	參考方法編號	方法偵測極限	精密性(重複分析)	回收率	
						查核樣品	添加標準品
1	◎[1]pH值	電極法	NIEA[2] W424.52A	–	±0.1	–	–
2	◎溶氧量	電極法	NIEA W455.50C	–	≤10%	–	–
3	鹽度	導電度法	NIEA W447.20C*[3]	–	≤5%	–	–
4	濁度	濁度計法	NIEA W219.52C	–	≤25%	85~115%	–
5	◎導電度	導電度計法	NIEA W203.51B	–	≤3%	–	–
6	◎水溫	溫度計法	NIEA W217.51A	–	≤3%	–	–
7	透明度	水中透明度檢測方法	NIEA E220.50C	–	–	–	–
8	◎生化需氧量	水中生化需氧量檢測方法	NIEA W510.54B	2.0[#][4] mg/L	≤15%	168~228 mg/L[5]	–
9	◎大腸桿菌群	濾膜法	NIEA E202.53B	–	≤ 0.2	–	–
10	◎懸浮固體	103~105℃乾燥法	NIEA W210.57A	2.5[#]mg/L	≤20% ≤10%[6][7]	–	–
11	葉綠素a	丙酮萃取法/分光光度計分析法	NIEA E507.02B	–	≤25%	–	–
12	◎氨氮[8]	靛酚法	NIEA W448.51B	0.02mg/L	≤10%	90~110% 80~120%[9]	85~115%
13	◎總磷	分光光度計/維生素丙法	NIEA W427.52B	0.006 mg/L	≤10%	85~115%	75~125%
14	海水萃取法)(銅、鎘、鉛、鋅、鎳、鐵、鈷)	APDC螯合MIBK萃取原子吸收光譜法	NIEA W309.22A	銅0.0010mg/L 鎘0.0002mg/L 鉛0.0020 mg/L 鋅0.0014 mg/L 鎳0.0010mg/L 鐵0.0046mg/L 鈷0.0010mg/L	≤15%	80~120%	75~125%
15	汞	冷蒸氣原子吸收光譜法	NIEA W330.52A	0.0003mg/L	≤20%	80~120%	75~125%
16	◎砷	自動化連續式原子吸收光譜法	NIEA W434.53B	0.0003mg/L	≤10%	80~120%	75~125%
17	鉻	石墨爐式原子吸收光譜法	NIEA W303.51A	0.0004mg/L	≤20%	80~115%	75~125%

□ 海域底質

項次	檢驗項目	檢驗方法	參考方法編號	方法偵測極限	精密性(重複分析)	回收率	
						查核樣品	添加標準品
18	底泥粒徑	篩分析法	ASTM(11) D422	–	–	–	–
19	總有機物	高溫爐	NIEA W303.51A	0.0004mg/L	≤20%	80~115%	75~125%
20	底泥重金屬(銅、鎘、鉛、鋅、鉻)	微波消化原子吸收光譜法	NIEA R355.00C*	銅 3.28mg/kg 鎘1.93mg/kg 鉛11.0mg/kg 鋅5.15mg/kg 鉻2.70mg/kg	≤20%	75~125%	75~125%
21	底泥砷	砷化氫原子吸收光譜法	NIEA S310.63C	0.213 mg/kg	≤11%	75~125%	75~125%
22	底泥汞	冷蒸氣原子吸收光譜法	NIEA M317.02C	0.020 mg/kg	≤20%	75~125%	75~125%
23	底質有機錫	氣相層析法/質譜法	NIEA T504.30B/ NIEA C502.00B	0.02#mg/kg	≤30%	70~130%	50~130%

註：
1.◎代表本檢驗室經環境保護署審查合格之許可項目及方法。
2.代表該檢測方法係環保署公告的方法。
3."*"代表該檢測方法係參考環保署公告的方法。
4."#"表定量極限。
5.BOD的品質目標以濃度表示為168~228mg/L。
6.油脂分析值≧2.0mg/L時，加測礦物性油脂。
7.當樣品濃度<25mg/L時，管制值≤20%。當樣品濃度≥25mg/L時，管制值≤10%。
8.氨氮檢項於9910取得環保署許可認證資格。
9.表自990601開始適用之品管範圍。
10.表中各檢項方法偵測極限值原則上每年更新一次。
11.若本所因不可抗拒力(如天災、儀器故障)而未能執行檢測分析，本所將通知業主，並於樣品有效期限內轉委託經環保署認證之檢測單位或學術單位執行檢測，或其他業主同意的方式處理之。轉委託後之分析品質亦須符合上表中品質目標的規定。

五 水質整體變化趨勢與底質重金屬統計分析

□臺中港海域水質調查結果

- 2012年□月枯水期調查，港區內與港外水體品質整體而言良好，均能符合所屬之乙類海域水質標準。除港內鹽度略低於港外海水，以及港內大腸桿菌群含量相對略高但仍在合格範圍，其餘並無異常。
- 與上一年度2010年相比，2010年□月枯水期與10月豐水期調查結果顯示，港區內□5、□6、□7計□處測點之港域水質因較易受陸源性影響，如介於梧棲大排與安良港大排之間測點□5，於□月枯水期間其鹽度與導電度相對最低，而總磷則出現最高之現象。此外，其生化需氧量與大腸桿菌群；以及重金屬鋅、鉻與砷相對略高。
- 臺中港外大甲溪外海(□10)與大肚溪外海(□11)兩海域測點之水質則相對穩定且污染程度低，均可符合所屬之乙類海域水質標準，重金屬亦無異常。

調查日期：2012年□月10日

項	調查日期	□□□	水溫□	導電度□	鹽度□	透明度	溶氧量	飽和度	生化□需氧量	懸浮固體	大腸桿菌群	總磷□	氨氮□	葉綠素 □	銅□	鉛□	鋅□	鉻□	汞□	砷□
單位□	民國	— □	℃□	μm□□/□m	□□□□	m□	mg/L□	%□	mg/L□	mg/L□	□□□/100mL	mg/L□	mg/L□	μg/L	mg/L□	mg/L□	mg/L□	mg/L□	mg/L□	mg/L□
方法□	101年□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□
測站□	月/日	□2□52□	□27.51□	20□51□	□7.20□	220.50□	□55.52□	□55.52□	510.55□	210.57□	□202.5□	□27.5□	□8.51□	507.02□	□09.22□	□09.22□	□09.22□	□0□51□	□0.52□	□□5□
□5□	0□/10	8.□□(8.□00)	26.2□	50□00□	□□0□□	2.1□□	7.1□(7.08)□	105□	<2.0□(1.9)□	<2.5□	8.6□10²□	0.022□	<0.06□(0.0□)□	□1□	<0.00□0(0.002□)	<0.0060(0.0021)	0.0057	□□□(0.0002)	□□□(0.0001)	<0.0010□(0.0009)□
□6□	0□/10	8.□□(8.29□)	25.9□	50800□	□□.□□	1.6□□	6.7□(6.70)□	99.2□	<2.0□(1.1)□	□6□	15□	<0.020□(0.011)□	□□□(0)□	□1□	<0.00□0(0.0022)	□□(0)□	<0.0050(0.00□□)	□□□(0.0002)	<0.000□(0.0002)	<0.0010□(0.0009)□
□7□	0□/10	8.□□(8.298)	25.9□	50□00□	□□.2□	2.6□	6.□□(6.□□)□	96.□□	<2.0□(1.5)□	5.6□	10□	0.021□	□□□(0)□	□0□□	0.00□0	□□□(0.0006)	0.006□	□□□(0.000□)	<0.000□(0.0002)	0.0010□□
□10□	0□/10	8.□□(8.296)	25.7□	50900□	□□.5□	2.8□	6.□□(6.□9)□	95.7□	2.9□	7.0□□	<10□	<0.020□(0.01□)□	□□□(0)□	2.6□	0.00□5	□□□(0.0018)	0.0091	□□□(0.000□)	<0.000□(0.000□)	0.0011□
□11□	0□/10	8.2□(8.2□6)	25.8□	50500□	□□.□□□	2.□□	6.0□(6.0□)□	91.7□	2.2□	5.□□	<10□	0.026□	□□□(0.02)□	2.□□	<0.00□0(0.0028)	<0.0060(0.0027)	0.0097	□□□(0.000□)	<0.000□(0.0002)	<0.0010□(0.0009)□
乙類□海域		7.5～8.5	無	無	無	無	≧5.0	□	≦□.0	無	無	無	無	無	≦0.0□	≦0.1	≦0.5	≦0.05(□.□)	≦0.002	≦0.05□
甲類 海域									≦2.0		≦1000	≦0.05	≦0.□							

□臺中港海域底質調查結果

- 2012年□月枯水期調查，除砷含量於大甲溪外海(□10)與大肚溪外海(□11)相對最高外，其餘項目多以港內為較高。
- 與基隆港及高雄港底質重金屬相比，臺中海域底質重金屬銅、鉛、鋅與鉻含量，於2011年與2012年□月枯水期間測值多低於基隆港及高雄港。
- 2011年與2012年□月枯水期間調查結果，均低於其「底泥品質指標之分類管理及用途限制辦法」中之底泥品質指標上限值。

調查日期：2012年□月10日

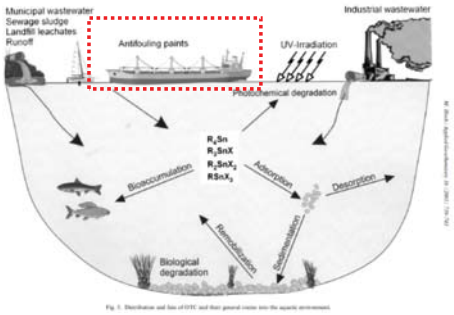
項目□	銅□	鉛□	鋅□	鉻□	汞□	砷□	有機質□	鋁□	有機錫□	粒徑(mm)		□□□□	□□□□	□□□□
單位□	mg/□g□	mg/□g□	mg/□g	mg/□g	mg/□g□	mg/□g	%□	mg/□g□	μg/□g□	□50	□m	(%)	(%)□	(%)□
方法□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	□□□□□	氣相層析質譜儀法	□□□□ □□		L□□□□□		
測站□	□□55.00□	□□55.00□□	□□55.00□	□□55.00□	□ □17.02□□	□□10.6□□	□205.01□□	□□21.6□□/□10□01□		□22□□6□				
□5□	□5.7□	□7.7□	121□	□□0□	<0.050(0.0□□)	7.69□	□0□□	19500□	0.52□□	0.011	0.0□2	□9.1□□	81.8□	9.10□
□6□	□9.2□	50.6□	122□	□9.2□	0.075□	8.52□	9.2□□	21700□	□□□	0.007	0.025	□□88□	81.6□	1□.5□
□7□	55.2□	□6.5□	128□	□□.7□	0.065□	7.□5□	□1□□	21700□	7.02□□	0.185	0.210	61.□□	□6.1□	2.□6□
□10□	27.8□	□5.8□	109□	□1.1□	0.056□	9.62□	□1□□	19000□	□□□	0.006	0.019	□□□5□	79.1□	17.6□
□11□	<10.0(7.55)	□5.5□	□0.2□	21.□□	<0.050(0.0□□)	9.85□	2.1□□	1□□00□	□□□	0.□96	0.□52	□99.1□	0.85□	0.02□
□1□	<10.0(6.55)	<□0.0(19.5)□	56.2□	19.7□	<0.050(0.0□□)	5.□8□	1.9□	6650□	□□□	0.180	0.212	□9□6□	6.□5□	0.02□
□ □L□	1.9□□□	11.□□□	□01□	□85□	0.018□□	0.161□	□□	8.□□□	0.□□□	□	□	□	□	□
底泥下限值	50.0□	□8.0□	1□0□	76.0□	0.2□□	11.0□	無□	無□	無□	中值粒徑(□50)介於 0.006□mm□□□0.□96□mm 之間，粒徑大小分屬於粉砂(□□□□0.00□9□□0.0625□mm□)、極細砂(□□□□□□□□□□0.0625□□0.125□mm)、細砂(□□□□□□□□□0.125□□0.25□mm)至中砂(m□□□m□□□□□0.25□□0.50□mm)等級。其中仍以大肚溪外海測站 □11 之中值粒徑最高，港域內之測站 □6 則較低。□				
底泥上限值	175□	161□	□8□□	2□□□	0.87□	□□0□	無□	無□	無□					
土壤監測基準	220□	1000□	1000□	175□	10□	□0□	無□	無□	無□					
土壤管制標準	□00□	2000□	2000□	250□	20□	60□	無□	無□	無□					
□□L□	18.7□	□0.2□□	12□□	52.□□	0.1□□	7.2□□	無□	無□	無□					
□□L□	108□	112□	271□	160□	0.70□	□1.6□	無□	無□	無□					
□□L□	□□0□	□6.7□	150□	81.0□	0.15□	8.2□	無□	無□	無□					
□□□ □	270□	218□	□10□	□70□	0.71□	70.0□	無□	無□	無□					

□臺中港海域底質有機錫調查結果

有機錫(氯化二丁基錫、氯化三丁基錫、氯化二苯基錫、氯化三苯基錫)

- 有機錫檢測結果顯示，臺中港區外之大甲溪外海(□1)、大肚溪外海(□11)與大肚溪河口(□1)測值低於偵測極限，均無異常。
- 臺中港區內於梧棲大排與安良港大排處(□5)，以及梧棲漁港港區(□7)底泥均測得有機錫之存在，尤其是梧棲漁港港區(□7)底泥中有機錫含量為7.02□μg/□g，其中所含之氯化三丁基錫，其三丁基錫(□□□：□□□□□□□□□□□□)平均含量未超過對二枚貝及端腳類之10□□□L□50(分別為2.6□mg/□g及2.1□mg/□g)。
- 梧棲漁港區出現之有機錫，應與**船舶防污漆**之溶出有關。

2012 年 4 月 10 日	氯化二丁基錫 μg/kg	氯化三丁基錫 μg/kg	氯化二苯基錫 μg/kg	氯化三苯基錫 μg/kg	有機錫 μg/kg
N5	ND	0.523	ND	ND	0.523
N6	ND	ND	ND	ND	ND
N7	**0.378**	**6.64**	**ND**	**ND**	**7.02**
N10	ND	ND	ND	ND	ND
N11	ND	ND	ND	ND	ND
N1	ND	ND	ND	ND	ND
MDL	0.33	0.11	0.12	0.20	-



(□□□□2001)

□臺中港海域底質重金屬累積/富集程度

- 以地質累積指數(*Igeo*)作為臺中港底質重金屬污染程度評估指標，則2011年與2012年4月枯水期海域底質調查結果**多呈現無污染至中度污染**，其中重金屬銅、鋅、鉻與汞與全球頁岩之平均含量相比，均為接近背景之無污染等級。
- 由大甲溪外海(N10)底質鋁濃度修正後之重金屬富集程度(EF)，與地質累積指數評估法所得到的污染程度評估結果較一致，顯示在運用不同工具指標來研究重金屬污染程度評估的方法上，需要考慮區域之環境背景差異加以修正。
- 本計畫調查顯示大肚溪外海(N11)底質砷含量略高應與台灣地層地質特性有關，即自然環境條件所致，除砷以大肚溪外海相對最高外，其餘均以港內較高。
- 砷含量仍低於環保署所公告之「底泥品質指標」中的上限值(33.0 mg/kg)，以及低於國外如NOAA之可能造成底棲生物威脅之ERM門檻值(70.0 mg/kg) 。

臺中港底質重金屬富集程度(大甲溪外海鋁濃度)

	富集程度	4月	銅	鉛	鋅	鉻	汞	砷
港內	N5	2011	無	輕微	輕微	無	輕微	中度至嚴重
		2012	**無**	**輕微**	**輕微**	**無**	**無**	**輕微**
	N6	2011	無	輕微	輕微	無	輕微	中度至嚴重
		2012	**無**	**輕微**	**無**	**無**	**無**	**輕微**
	N7	2011	輕微	輕微	輕微	無	無	中度至嚴重
		2012	**無**	**輕微**	**無**	**無**	**無**	**輕微**
港外	N10	2011	無	輕微	無	無	無	中度
		2012	**無**	**輕微**	**無**	**無**	**無**	**中度**
	N11	2011	無	輕微	無	無	無	嚴重
		2012	**無**	**輕微**	**無**	**無**	**無**	**中度**
	N1	**2012**	**無**	**輕微**	**輕微**	**無**	**無**	**中度至嚴重**

六 臺中港壓艙水於船舶或岸上處置設施之規劃

國內船隻壓艙水處理設備問卷調查

- 以電子問卷方式向國內規模較大三家航運公司進行調查，以下用甲、乙、丙公司稱呼。
- 問卷發放期間為2012年5月4日至5月25日，調查船舶數為營運中船舶數199艘，建造中船舶數50艘。
- 問卷問題分為三大項：(1)國內船隻壓艙水處理設備裝置率；(2)船舶進入我國各港壓艙水處理現況；(3)對於未來壓艙水管理措施之適用性。

國內船隻壓艙水處理設備裝置率調查結果

船舶及壓艙水處理設備裝置率

公司	營運中船舶(艘)				建造中船舶(艘)			
	甲	乙	丙	總計	甲	乙	丙	總計
所有船數	50	□4	65	1□□	10	30	10	50
已(將)裝置壓艙水處理設備船數	0	0	0	0	5	30	3	3□
已預留壓艙水設備空間船數	4	0	40	44	5	0	0	5

船舶進入我國各港壓艙水處理現況

選　項	甲	乙	丙
1.大洋交換(離岸50海浬以上)	總是	經常	偶爾
2.近岸交換(港區外離岸50海浬以下)	不曾	偶爾	偶爾
3.港內交換	不曾	偶爾	總是
4.使用船上壓艙水處理設備	不曾	不曾	不曾
5.未排放	經常	經常	不曾
6.其他	(未填寫)	(未填寫)	(未填寫)

國內船隻壓艙水處理設備裝置率調查結果

岸上壓艙水處理設備使用意願

選項	甲	乙	丙
極高度			
高度			
低度		□	□
極低度	□		

影響使用意願之原因

選　項	甲	乙	丙
安全性	4		2
經濟效益	3		3
作業流程	2	1	4
船舶本身已配有壓艙水處理設備	1		1
其他			

個案分析-中油華運輪壓艙水處理系統

- 設備原理
  - 進氣系統(Feed gas system)
  - 臭氧系統(Ozone system)
  - 中和系統(Neutralizer system
  - 監測與控制系統(Monitoring and control system)
- 對國內船隻安裝壓艙水處理系統的討論與建議
  - 設備安裝難易度
  - 設備效能與維修
  - 操作便利性
  - 成本估算

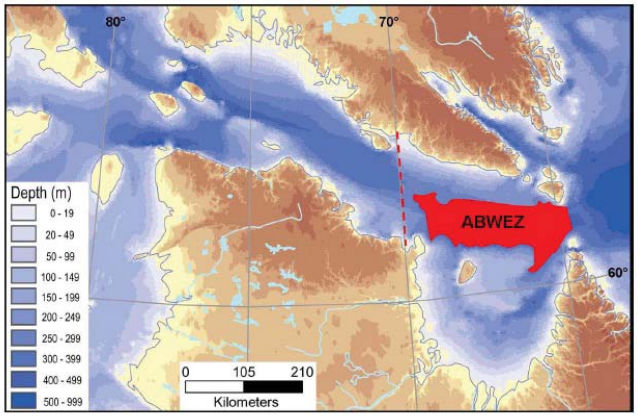

臭氧製造器


臭氧偵測器


單點側流注射器

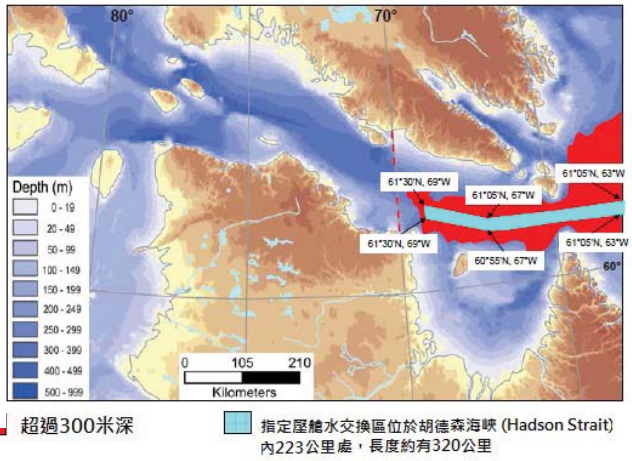
七 研擬臺中港船舶壓艙水管理制度之建立

國外案例分析-加拿大的壓艙水交換區



2006年所公布的指定壓艙水交換

資料來源：Canadian Science Advisory Secretariat，2009



2011年經過評估後所公布的指定壓艙水交換區

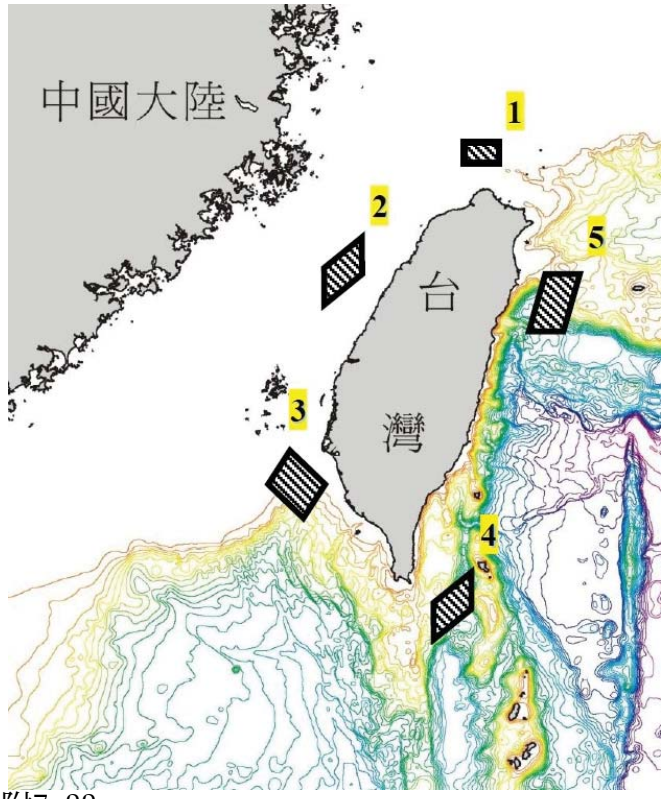
資料來源：Fisheries and Oceans Canada，2010

哈得遜海峽(Hudson Strait)指定壓艙水交換區評估項目：

1. 海洋物理和化學：水深、海岸線和海底、潮汐、循環和水團特徵、海冰
2. 船舶航線：進出口、海運、未來展望
3. 風險評估：哈得遜海峽和哈德遜灣複雜的生態風險、生態敏感區、考慮在哈得遜海峽壓艙水交換的替代區、不確定性

海洋棄置區的可用性

- 海洋棄置區的海域物理、化學、生物特性必須可將棄置物藉由快速稀釋、擴散作用，而將污染物的影響減至最低，並且必須考量不影響漁業作業區域與時間；這與壓艙水交換區所需要的海域特徵相當符合。



我國現有申報制度

- **商港法第19條第1項**「船舶進入國際商港，應於到達港區二十四小時前，出港應於十二小時前，由船舶所有人或其代理人據實填具船舶入港或出港預報表，送航港局查核後，交由商港經營事業機構安排船席。」
- **商港港務管理規則第4條第1項**規定「船舶入港或出港預報表」必須「載明來自何處、預定到達時間、吃水、船長、貨運種類、數量、船員與旅客人數、到達次一港及目的港。」
- 我國未來可考慮在**現有的申報格式**內增加**壓艙水資料欄位合併**與一般入港資料**申報**，或如美澳作法，要求入港船舶填寫**獨立**的**申報表格**。
- 對於壓艙水資訊的管理研究該由何單位主管，未來我國若實施船舶壓艙水管理，主管機關如何分工還需相關部門進行協調才能明朗。

我國現行之港口國管制

- **商港法第58條**，「**航港局**依國際海事組織或其相關機構頒布之**港口國管制程序及其內容規定**，對入、出商港之外國商船得實施船舶證書、安全、**設備**、船員配額及**其他事項**之檢查。」
- 除了進行**一般性的證書和文件查驗**、**實質的設備查驗**、操作程序查驗等作業程序的檢查外，**也配合國際公約**進行**重點式檢查**。
  - 海上人命公約(SOLAS)
  - 國際散裝運輸危險化學品船舶構造和設備規則(IBC Code)
  - 國際散裝運輸液化氣體船舶構造和設備規則(IGC Code)
  - 國際船舶載重線公約(Load Lines)
  - MARPOL公約附錄一(Annex Ⅰ)、附錄二(Annex Ⅱ)
  - 船員訓練、認證和當班國際公約(STCW)

港口國管制檢查目標船遴選系統中之計算要素

要素	說明
船東與航商黑名單	該船所屬船東與航商是否在黑名單上，是的話就加5點
船旗國被扣船率	該船所屬的船旗在我國的被扣船率是所有船旗國的平均被扣船率： 2倍以上：加7點。 1-2倍：加2點。
船級社的被扣船率	該船所屬的船級社在我國的被扣船率大於2%：加17點。 1-2%：加5點。0.5-1%：加3點。
距前次檢查時間	該船超過12個月未在本國檢查或從未在本國檢查就加17點
扣船	該船12個月內每被我國扣船一次就加5點
船種	General Cargo、RO-RO Cargo、Vehicle Cargo、Passenger類：加4點。Bulk Carrier、Refrigerated Cargo類：加2點。 Oil or Chemical Tank類：加1點。
船齡	0-4年：加-3點。5-9年：加-2點。10-14年：加0點。 15-19年：加3點。20-24年：加5點。25年：加7點。
航線	直航就加20點
總點數	以上計算之係數總和

資料來源：交通部航港局

民國92至100年港口國管制船隻檢查結果

進港船舶數		檢查船舶數	不合格船舶數	執行扣船數	檢查率	不合格率	扣船率
年度	次數（A）	（B）	（C）	（D）	（B/A）	（C/B）	（D/B）
92	4806	140	120	9	2.91%	85.71%	6.43%
93	5421	238	120	38	4.39%	50.42%	15.97%
94	5288	259	112	49	4.90%	43.24%	18.92%
95	5500	261	125	60	4.75%	47.89%	22.99%
96	5109	327	240	78	6.40%	73.39%	23.85%
97	4457	416	351	123	9.33%	84.38%	29.57%
98	4071	445	373	121	10.93%	83.82%	27.19%
99	4104	478	410	124	11.65%	85.77%	25.94%
100	6321	546	493	106	8.64%	90.29%	19.41%

資料來源：交通部航港局

八 結論與建議

結論-港域水質與底質方面

- 2012年4月枯水期調查，港區內與港外水體品質整體而言良好，均能符合所屬之乙類海域水質標準。除港內鹽度略低於港外海水，以及港內大腸桿菌群含量相對略高但仍在合格範圍，其餘並無異常。
- 臺中港海域表層沉積物重金屬於2011年與20102年4月枯水期間調查結果，整體無論與國內或國外相關沉積物重金屬參考資料相比，其表層沉積物重金屬並無特別異常偏高之處，均低於底泥品質指標項目濃度上限值。除砷含量於大肚溪外海(測站N11)相對最高外，其餘項目多以港內為較高。
- 底泥有機錫檢測結果顯示，臺中港區外之大甲溪外海(N1)、大肚溪外海(N11)與大肚溪河口(N1)測值低於偵測極限，均無異常。而臺中港區內於梧棲大排與安良港大排處(N5)，以及梧棲漁港港區(N7)底泥均測得有機錫之存在，尤其是梧棲漁港港區(N7)底泥中有機錫含量為7.02 μg/kg，其中所含之三丁基錫平均含量，未達對底棲生物有危害之程度。
- 整體而言，本計畫調查結果顯示其底質砷含量略高應與台灣地層地質特性有關，即自然環境條件所致。臺中港海域並無台灣西南地區陸上抽取地下水飲用，導致砷中毒之烏腳病問題，但大肚溪外海底質砷濃度略高之現象，建議未來可持續追蹤注意。

結論-海域水質環境分析模式方面

- 本年度建立二維水質之數值模式，使用成大水工所於2009至2011年於臺中港內之水質觀測站N5、N6與N7以及港研中心於臺中港所設立的海域水質測站安良港大排出口(T1)、梧棲大排出口(T2)、西一西二碼頭(T3)、漁港出海口(T4)、主航道港口(T5)、工作船渠東南側(T6)來率定與驗證水質模式，並藉由水質模式來模擬分析上游污染源對臺中港區水質變化情形。經多次測試，本文模式最後選定BOD怯氧係數為0.00432 1/day，由模擬結果可知，BOD濃度在臺中港港區外均能符合乙類海域水體水質標準(<3ppm)，除了港內地區(梧棲大排附近)BOD濃度甚至可高於3ppm，且於港外出海口之BOD濃度擴散方向往北為主。
- 應用經率定與驗證後之模式，本計畫針對水體涵容能力進行初步之討論，如假設**水域臨界值為乙類**海水水體之水質標準(SPI=3.25，WQI=39.07)，對BOD與大腸桿菌群之涵容能力分別為23,153.4 kg/day以及314,505,046.5 col/day，其總承載大於涵容能力則須削減BOD、大腸桿菌群之污染量。如假設水域臨界值為**丙類海水**水體之水質標準(SPI=5.0，WQI=31.04)，對BOD與大腸桿菌群之涵容能力分別為51,274.9 kg/day以及689,907,952.5 col/day，其BOD尚能涵容自淨，而大腸桿菌群仍須削減污染量。

結論-船舶壓艙水議題方面

- 藉由向國內航商公司對於壓艙水處理設備裝置率、船舶進入我國各港壓艙水處理現況以及對於未來壓艙水管理的措施之適用性等三大項目進行問卷調查，發現國內航運公司對於未來我國如實施壓艙水管理，基於作業流程流暢性，航運公司較傾向使用船上壓艙水處理設備，而對於岸上處理設施的使用意願並不高。但目前現有船均尚未裝置壓艙水處理設備，原因是現有船要安裝壓艙水處理設備需要修改管線配置、挪出空間，使得裝置費高，以及在沒有前例可循的情況下選擇適用的壓艙水處理設備亦是難題，因此航運公司對於在甚麼時間點為現有船裝置壓艙水處理設備目前處於觀望態度。
- 對於船舶壓艙水管理制度之建立，未來初步的管理措施包括有壓艙水指定交換區的建立與壓艙水申報以及港口國管制等三方面。依據公約建議與我國近岸海域環境條件，環保署所公告的海洋棄置區在功能上可作為壓艙水指定交換區；申報制度方面，必須要求入港船舶申報壓艙水資料；港口國管制方面，港口國官員在目標船舶篩檢項目中，除了船舶安全風險，也需將壓艙水風險列入篩檢項目之中。

建議

- 整體而言，本計畫調查結果顯示其**底質砷含量略高**應與台灣地層地質特性有關，即**自然環境條件**所致。臺中港海域並無台灣西南地區陸上抽取地下水飲用，導致砷中毒之烏腳病問題，但**大肚溪外海底質砷濃度略高之現象，建議未來可持續追蹤注意**。
- **臺中港區內**於梧棲大排與安良港大排處(N5)，**以及梧棲漁港**港區(N7)**底泥均測得有機錫之存在**，尤其是**梧棲漁港港區(N7)底泥中有機錫含量已偏高，值得後續加強監測追蹤**，同時配合教育**宣導勿**再**使用有機錫作為船舶防污塗料**。
- **航運公司有意願裝置船上壓艙水處理設備**使壓艙水處裏能符合國際要求，但**因缺少前例可循**並且**公約生效之日已近**，國內急需**壓艙水相關資訊平臺**讓**航運界**、相關**公部門**、**學界**等對於實務需求有交換資訊、對策研討的空間，以為未來壓艙水管理策略的擬定與執行奠立基礎。
- 對於船舶**壓艙水管理制度之建立**，本研究雖已針對**壓艙水指定交換區**、**船舶入港申報項目**、以及**港口國官員檢查**等三方面對於增加壓艙水管理項目**進行可行性討論**，**未來實務**上**需藉由立法**和**相關單位協調分工以實現壓艙水管理**。

■謝謝各位　敬請指教

附錄八　期中報告審查意見回覆

交通部運輸研究所合作研究計畫

■期中□期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究 (4/4)

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
黃清和委員：		
1. 四年研究成果頗值得肯定。	謝謝指教。	
2. 海氣象資料收集及分析建議考量波候變遷(wave climate)對其影響。	將於期末報告中補充說明。	符合
3. 重金屬分析方法分別採用富集因子(EF)及地質累積指數(I‧geo)兩種方法，惟差異性明顯偏大，EF 法需加以修正，惟修正依據基準何在？	本計畫底質重金屬探討其富集因子 (Enrichment factor, EF)是以指數的概念，來反應環境污染的狀況與程度(Feng et al., 2004)。原計算乃參考 Taylor (1964)所發表的結果，全球地殼鋁平均值介於 8.07～8.23%，本報告計算原係採用一般慣用之全球地殼鋁平均值 8.20% (82,000 mg/kg)作為評估。但考慮全球各區地質環境差異特性，故參考國內學者(Fang et al., 2009)研究東海(East China Sea)表層沉積物重金屬累積與污染程度文章，以調查研究區域之背景底質鋁濃度來作為地球化學校正參考濃度，而不用全球地殼鋁平均值，此較能反映出當地之重金屬污染情況。因此本研究海域若以大甲溪外海(N10)之底質鋁濃度(11,700 mg/L)作為背景校正參考值，此外亦將進一步收集台灣中西部地層母岩中岩石礦物之鋁含量作為後續分析探討。	符合
4. 水質模式之模擬對於起始值及參數之合理性應有進一步合理交代。	謝謝指教，本計畫水質模式率定乃根據 2009 年成大水工所於各大排(梧棲、安良港)進行全潮的水質檢測資料，取其平均值作為模式起始排放汙染量。由海流現場資料與模式模擬結果來看，漲潮時水位往台中港內集中，退潮時往台中港兩側移動，且台中港開口位於北側，加上海流現場調查資料來看，可證明汙染源往北方向移動之擬結果合理。	符合
5. 船舶壓艙水建議未來研究宜探討外來生物對鄰近港口水域生物之衝擊影響，宜訂定 SOP 檢驗法則。	謝謝指教。外來生物對鄰近港口水域生物之衝擊影響部分已於本計畫第三年執行，工作內容為蒐集壓艙水導入外來物種對環境造成損害之案例，並蒐集造訪臺中港船舶之來源港域鄰近之可能侵襲物種，以建立可能藉壓艙水導入臺中港之侵襲物種資料庫。藉由本研究篩選出高風險船舶進行採樣研究，調查壓艙水中是否含有此 26 類未被列入名錄的物種並進行追蹤，以進一步防範其入侵。關於壓艙水管理之標準作業流程將依建議整合四年計畫成果於期末報告時提出。	符合
6. 四年結案報告希望期末能作一分年總結。	遵照辦理。請參見期末報告第九章「結論與建議」。	符合

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
胡慶祥委員：		
1. 底質調查結果重金屬濃度高於「底泥品質指標」下限值者，是否雖未達危害、無須清除，但仍需留意，並加強監測？	底質調查結果重金屬含量高於「底泥品質指標」下限值而低於上限值者，尚未達危害與需要清除程度，但仍應留意與加強監測追蹤。	
2. 海域「底質」、「底泥」、「沉積物」用詞是否統一？(P.4-30~P.4-34，我國與美、加管制管理比較上，用詞不一，係指不同標的？)	期末報告終將統一修正，海域「底質」、「底泥」與「沉積物」均係指沉降於海域水體底床上之沉積物。	符合
3. P.3-34 三丁基錫測值與二 LC50 孰高孰低？	三丁基錫測值仍低於二 LC50。本年度有機錫檢測結果顯示，臺中港區外之大甲溪外海(N1)、大肚溪外海(N11)與大肚溪河口(N1)測值低於偵測極限，均無異常。而臺中港區內於梧棲大排與安良港大排處(N5)，以及梧棲漁港港區(N7)底泥均測得有機錫之存在，尤其是梧棲漁港港區(N7)底泥中有機錫含量，已達 7.02 μg/kg，其中所含之氯化三丁基錫，其三丁基錫(TBT：tributyltin)平均含量未超過對二枚貝及端腳類之 10-d LC50(分別為 2.6 mg/kg 及 2.1 mg/kg)。	符合
4. P.4-30 第一段有機錫之檢測結果。需敘述？	將於期末報告(p. 4-46)中補充說明。	符合
5. 土壤監測「基準」，應為「標準」(P.4-27，P.4-30)。	謝謝指正並遵照修正為土壤監測「標準」(p. 36 和 p. 45)。	符合
6. BWM 公約簽署現況請更新至 2012 年 6 月 30 日。	謝謝指教，期末報告第 6-1 頁已更新國際船舶壓艙水與底泥控管公約簽署現況至 2012 年 10 月 30 日。	符合
7. Enterococci 宜為腸球菌。	謝謝指教，已於期末報告第 6-4 頁依建議更正中文譯名。	符合
8. 華運輪 BW 處理設備成效如何？50 μm 以上之去除率？	華運輪為中油環島油輪，目前使用尚未涉及他國海域，只有每月定期操作壓艙水處理系統以維效能，對於 50 μm 以上之生物去除率成效目前尚未能有效評估。	
9. 國內(台中港)岸上處理之評估？	本部分請參見期末報告第 6-22 至 6-25 頁將針對我國現況及需求提出建議。	符合
10. EPA 海洋棄置區各點位之評估(適宜性)？航線、海象、適法？	關於海洋棄置區的適法，根據「壓艙水公約」第 B-4 條第 1 項，建議最好在距離最近陸地至少 200 海浬和水深至少 200 公尺以上的位置，如因海域、船舶條件無法達成上述建議，至少應在距離最近海岸 50 浬及水深至少 200 公尺以上之處完成交換，若無法實現上述條件，則可由港口國指定特定海域允許船舶在該處進行壓艙水交換。台灣海峽為大陸棚地形，平均水深約 60 公尺，寬度約 200 公尺，因地理條件的限制，可符合公約中「由港口國指定特定海域允許船舶在該處進行壓艙水交換」的規範。關於各點位的評估，已於期末報告第 7-7 至 7-9 頁針對海流特性、海域水質特性、底泥性質加以說明。	符合

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
11. 水質模式，大腸菌 decay Ki 係淡水、海水？數據來源？	謝謝指教，係依照模擬值與實測值之率定得到.所得之 ki 值如在文獻之範圍內,且誤差不太時,則取為本海域之 ki 值.。	
12. 涵容客能力，「可再增加量」宜為「涵容餘裕量」、「尚可承受量」。	謝謝指教，遵照辦理。	符合
李芳胤委員：		
1. 表 4-2 中之 MDL 與上半季檢測結果表中(如表 4-5)之 MDL 不一致，請確認並修正。。	表 4-2 乃上年度原水質檢測項目之方法與偵測極限，而本年度方法偵測極限經重新分析後部分有略有不同，造成不一致處將期末報告中修正。	
2. 本案所採水樣與底質之各項測值多屬低含量，故查核與添加試驗應盡量配合此特性，在附錄二中部份重金屬之添加量比樣品含量高甚多(P.附 2-5)建議予以降低。	謝謝建議並將檢討改進。	
3. 底泥對水中物質(如重金屬等)之吸附與累積為長期行為，故探討底質與水質之相關性時，宜以長期之資料為之，較能呈現實況。	謝謝指教並將檢討改進。本計畫僅執行兩次底質採樣調查，資料與時間與空間尺度上實有不足。	
4. 各水質監測點主要汙染物之來源，建議蒐集其影響河川之監測水質加以比對與評析。	謝謝建議，環保署監資處之河川水質採樣檢測多著重於主要及次要河川，而匯入臺中港之大排與中排水路水質之中上游水質資料則較為缺乏，但仍將嘗試蒐集其相關河川排水路之水質監測數據加以進一步比對與評析。	
5. 富集因子計算值受背景校正元素之參考值影響甚大，本案以鋁為校正因素，其參考值建議以台灣或中部地區岩石土壤之含量進行試算，以了解其可利用性。。	謝謝建議並將收集台灣地區岩石土壤之鋁含量作為參考背景值進行比較分析。	
6. 建議蒐集壓艙水質及處理設備資料，評析船上與岸上處理之優缺點，供業者與主管機關之參考。	關於壓艙水質及處理設備原理，已於本計畫第二年第七章將科技壓艙水處理方式分為陸上(岸上)處理與船上處理以及各國現有之壓艙水處理技術進行討論，本年度乃著重於船上與岸上處理之法制面需求。期末報告第 6-25 頁已依建議增加船上與岸上處理之之優缺點評析。	符合
蔡立宏委員：		
1. P 2-18 颱風資料收集 1999-2011 侵臺颱風資料，本計畫以臺中港為主，報告中建議增加影響中部海岸之颱風路徑？平均年侵襲次數？	將於期末報告中補充說明。	符合

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
2. P 2-32”達成率”請說明或修正？	謝謝指教，水質達成率係環保署用來說明符合該水體品質標準之合格率所用之用語。	符合
3. P 2-33 圖 2-28 表現方式請再說明？	謝謝指教，圖 2-28 乃 2011 年 3 月臺中港沿海環保署 5 處測站(大安溪口、臺中港沿海一、臺中港沿海二、大肚溪口與大肚溪口外 4 海浬)水質矽酸鹽與正磷酸鹽對鹽度分布圖，其中橫軸為鹽度，圖中左側以鹽度值較高代表往西方為海域，而往右側鹽度相對較低表示受陸源淡水稀釋。	符合
4. P 3-13 水質濃度擴散數值模擬計算分析圖，建議增加相對潮位對照，另建議增加 15 天前的計算結果。	謝謝指教，遵照辦理。	符合
5. 汙染來源研判，建議探討大腸桿菌群各汙染來源的相關產業，並研擬明確改善措施。	謝謝指教並將於期末報告中探討與增述，其中大腸桿菌多來自溫血動物之糞便，故水中含有大量的大腸桿菌群，則顯示出水體近期內可能遭受人類或動物排泄物的污染，即代表可能來自生活污水或/與畜牧廢水方面之污染。	符合
6. P 4-11 表格中請加入 2012 年調查結果。	將於期末報告(p. 4-11)中補充。	符合
7. 以大腸桿菌群作擴散模擬，此參數會因大腸桿菌注入大海中增生或死亡而改變嗎？	謝謝指教，大腸菌注入海中後受率減係數影響，則有大幅度的衰減。	
何良勝委員：		
1. 有關水質與金屬調查研究，仍著重於分析方面，建議期末報告宜加強因應改善措施部分。	將於期末報告中補充。	符合
2. 有關壓艙水研究方面，建議期末報告中說明相關規範或法制問題方面之可行方向。	謝謝指教，已依建議於期末報告第 7-30 頁說明壓艙水管理或法制問題方面之可行方向。	符合
3. 於期末報告中，增列前三年的研究成果說明。	謝謝指教，請參見期末報告第八章「本計畫歷年研究成果回顧」。	符合
王玉懷委員書面審查：		
1. 第四年，101，按預定工作項目執行。	謝謝指教。	符合
2. 報告請包括期初審查意見與回覆。	將按照規定辦理。	符合
3. 港域水質主要受大排之影響，請標示(圖 1-1)大排位置。是否有大排流量之時序資料、季節變化？	將於期末報告中補充標示大排位置。而本計畫曾於第一年(2009 年)進行 1 次共 6 處中大排流量之調查，以作為水理與水質模式率定及校驗之用。	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
4. 水質與底質相關性分析(5.2節)，但主成分分析(PCA)於前言(1-1 頁)提及，但未見結果與討論。	本計畫曾於第二年(2010 年)進行主成分分析，其結果顯示，水質第 1 主成份可能代表的是來自畜牧、生活污染方面的影響，反映出臺中港海域水質在受到氮磷類之營養鹽匯入增加時，其水體將因受到有機物分解耗氧而導致溶氧量之降低，由總磷對溶氧之分布圖亦可看出此負向相關性。 此外第 1 主成份亦可看出溶氧量變化受到水溫高低的負相關影響。在水溫方面意味著臺中港海域水體品質，可能於高水溫的季節，如夏、秋之際氣溫偏高時期，其水體中氮、磷類之營養鹽濃度增高而溶氧偏低。此可由臺中港海域水質中之總磷濃度與水溫關係看出，當水溫高於 22℃以上時，其總磷濃度多高達 0.5 mg/L 以上，而此濃度為海域水質標準上限的 10 倍。推測因排入臺中港域的排水路於乾季雨量少期間，其水閘門控制多為關閉，即陸源營養鹽多被阻擋於水閘門上游；當逐漸進入雨季，甚至到颱風季節常因豪大雨造成水位湧升，為避免內陸淹水而打開閘門排洪，因此於此時期常會將內陸水體中過高之氮、磷類污染排入港域近海。 而第 2 主成份中約略顯示出鹽度同時對五日生化需氧量及大腸桿菌群之負相關，代表來自陸源淡水之生物性可能致病指標，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，當在水中檢驗出大腸桿菌群，則此水體含有其他致病菌的機會將增高。 第 3 主成份中則以礦物性油脂與鹽度呈現較高的負相關，可能代表水體中礦物性油脂來源並非來自外海，而是來自於近岸水體如河口或有淡水排入之商港或漁港。	
5. 文獻應與內文引用相符。	謝謝指教並將於期末報告中檢查修正。	符合
行政院環保署水保處書面意見：		
1. 壓艙水公約主要目的為杜絕壓艙水所帶來之外來生物種入侵風險，公約內容主要為大洋交換、船上處置系統及港口提供岸上收受設施。	謝謝指教	
2. 按船舶法第 101 條(有關船舶技術與管理規則之訂定)規定，有關船舶技術與管理規則或辦法，主管機關得參照有關國際公約或協定及其附約所訂標準、建議、辦法或程式，予以採用，並發布施行。有關壓艙水公約涉船上壓艙水交換及處理等船舶技術管理，得依前述規定由主管機關規定執行。	謝謝指教	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
3. 表 4-8 沉積物中重金屬含量請確認其消化法為先前之 1N HCL 或現行之王水消化，俾利數據之比較。	表 4-8 臺灣主要河口、港灣及沿海沉積物中重金屬平均含量資料係來自環保署「臺灣地區海域環境品質監測站網設置規劃」報告(民國 80 年 6 月)，表中重金屬數據引用相當多不同出處之調查或研究報告，將進一步瞭解其前處理之消化法為早期之 1N HCL 或現行之王水消化，甚至為加入不同混酸如 HF 之全量消化。	

交通部港灣技術研究中心

鄰港水質環境調查研究(4/4)
期末審查簡報

簡報者：劉大綱

2012/11/14

財團法人成大研究發展基金會

一 前言

本年度工作項目

- 整理臺中港海域海象、氣象、地象、水質及生態資料，並分析其特性。
- 進行臺中港港灣附近海域水質及底質重金屬採樣調查，並研判可能污染來源及研提因應改善措施。
- 建立港域水質模式驗證，探討海域水質與近岸水動力機制的相關性，並探討與陸源性污染之關連。
- 進行臺中港域整體水質長期變動趨勢分析，與底質重金屬間污染程度相互關係研析。
- 臺中港壓艙水於船舶或岸上設施處置之規劃。
- 研擬臺中港船舶壓艙水管理制度，並探討可能遭遇之法制問題。
- 協助辦理船舶壓艙水議題座談會。

二 基本資料蒐集與分析

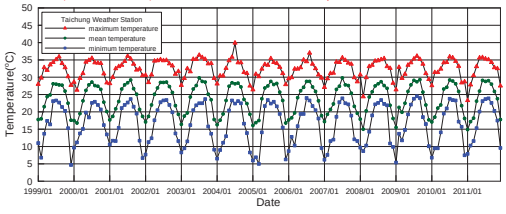
基本資料蒐集分析

台中港附近海域海氣象資料蒐集概況表

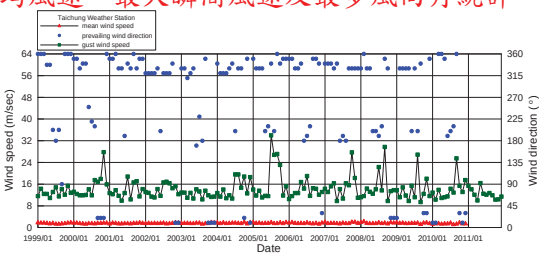
資料類別	測站	經度 / 緯度	觀測期間	觀測單位
波浪	臺中港	24°17’54”N 120°29’39”E	1999/10-2000/08	港研中心
波浪	臺中港	24°18’04”N 120°28’59”E	2003/08-2011/12	港研中心
海流	臺中港	24°18’04”N 120°28’59”E	2003/08-2011/12	港研中心
風	臺中港	24°18’18”N 120°31’52”E	2001/07-2011/12	港研中心
潮位	臺中港	24°17’16”N 120°31’57”E	1999/10-1999/10 2001/04-2011/12	港研中心
潮位	臺中港	24°17’54”N 120°29’39”E	2003/08-2011/12	港研中心
潮位	臺中港	24°17’16”N 120°31’59”E	1999/01-1999/10 2002/01-2011/12	內政部
氣象	臺中	24°08' 51”N 120°40'33”E	1999/01-2011/12	中央氣象局
氣象	梧棲	24°15' 31”N 120°30'54”E	1999/01-2011/12	中央氣象局

氣象資料統計－台中氣象站

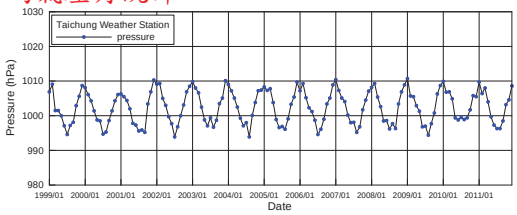
平均、最高及最低氣溫月統計



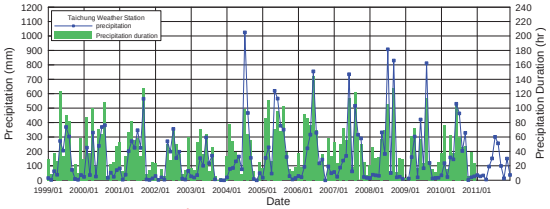
平均風速、最大瞬間風速及最多風向月統計



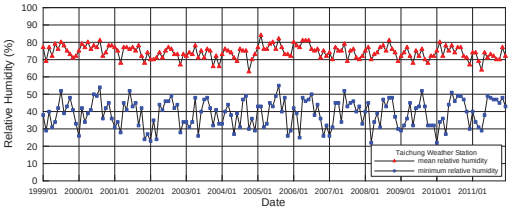
平均氣壓月統計



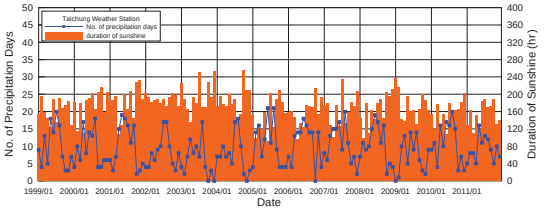
雨量及降水時數月統計



平均相對溼度月統計



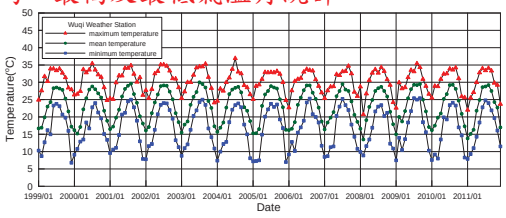
降水日數及日照時數月統計



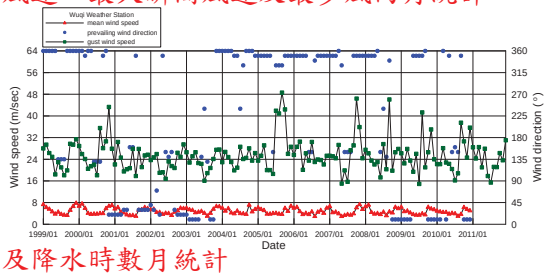
資料來源：氣候資料年報－地面資料，1999年至2011年，交通部中央氣象局。

氣象資料統計－梧棲氣象站

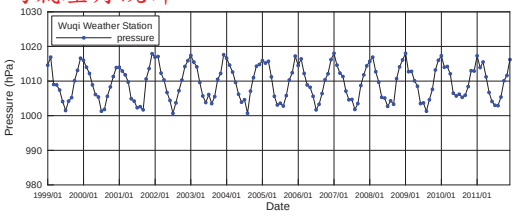
平均、最高及最低氣溫月統計



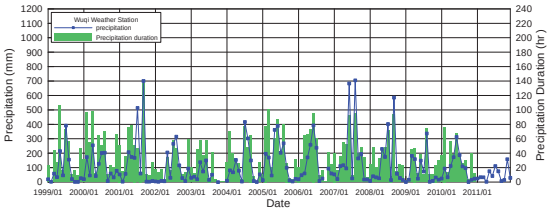
平均風速、最大瞬間風速及最多風向月統計



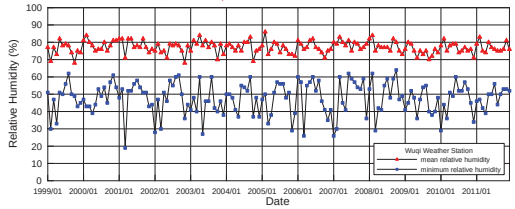
平均氣壓月統計



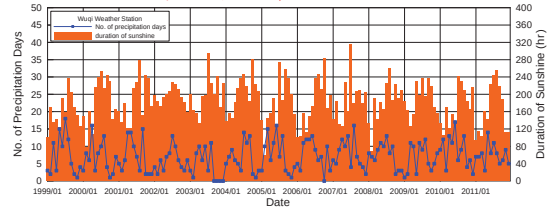
雨量及降水時數月統計



平均相對溼度月統計

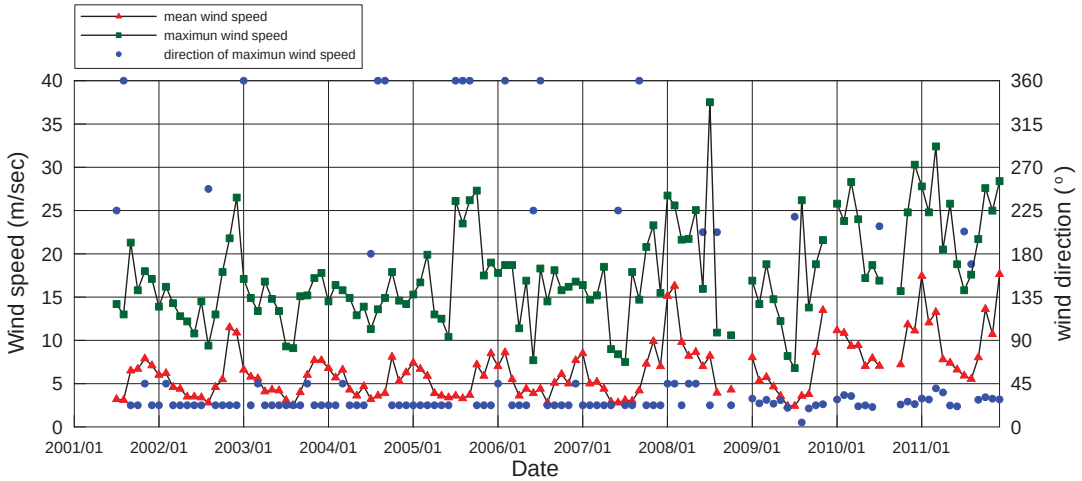


降水日數及日照時數月統計



資料來源：氣候資料年報－地面資料，1999年至2011年，交通部中央氣象局。

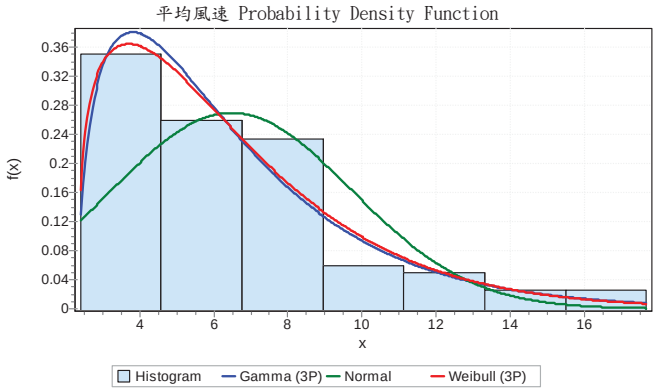
海氣象資料統計--台中港風速及風向之月統計圖



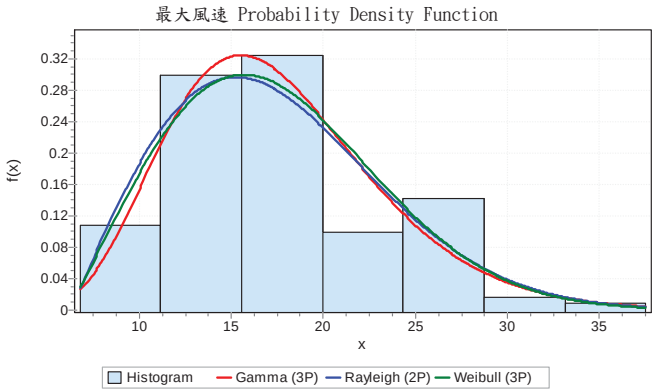
- 歷年之月平均風速介於2.4 m/sec至17.7 m/sec之間
- 月平均風速大於10 m/sec以上者皆發生在冬季
- 盛行風向多集中在北至東北向
- 歷年之平均風速為6.2cm/sec
- 歷年最大風速為37.5m/sec，其風向為北北西向。

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2001年至2011年，交通部運輸研究所。

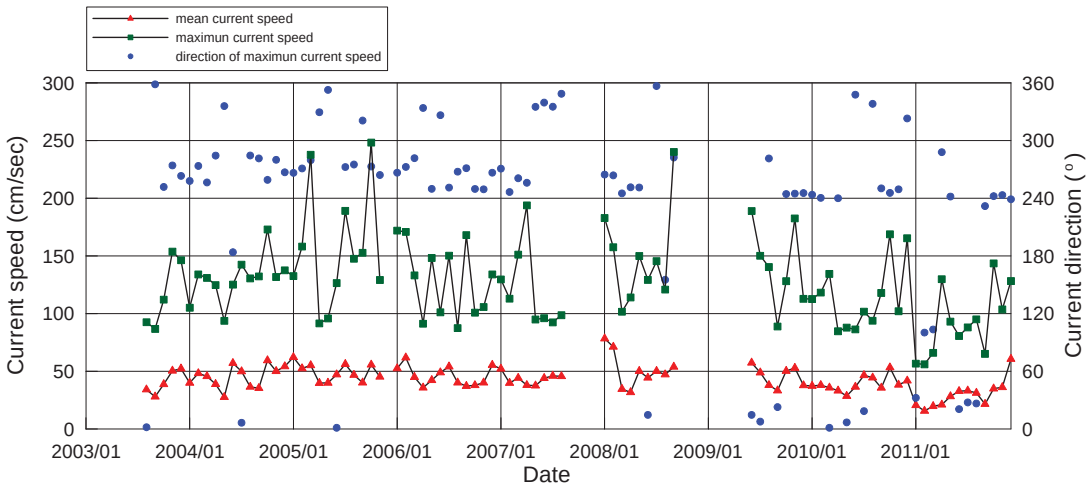
海氣象資料統計—平均風速及最大風速之統計分布圖



- 平均風速特性較符合Weibull分布
- 最大風速特性較符合Gamma分布



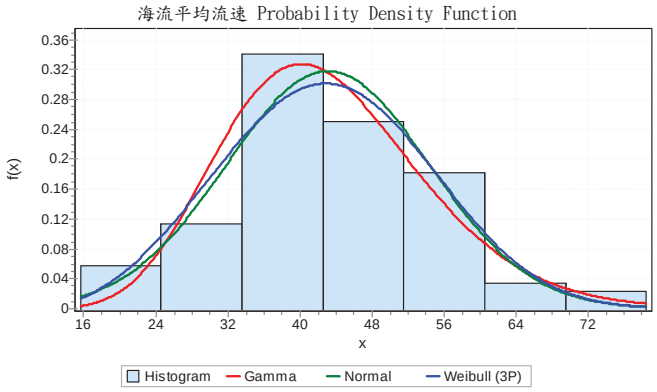
海氣象資料統計－台中港海流流速及流向之月統計圖



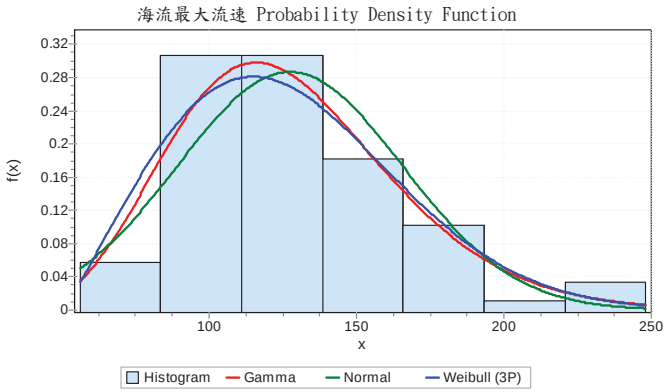
- 歷年之月平均流速介於30 cm/sec至80 cm/sec之間
- 最多流向多集中在西至北向
- 歷年之平均流速為43.4 cm/sec
- 最大流速為248.3 cm/sec，其流向為西向

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2003年至2011年，交通部運輸研究所。

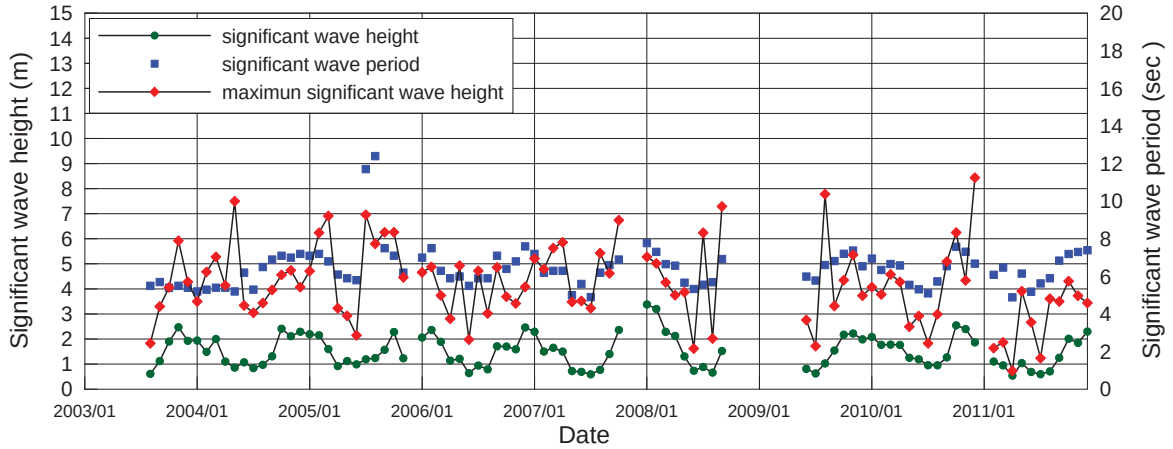
海氣象資料統計—海流平均流速及海流最大流速之統計分布圖



- 海流平均流速特性以Kolmogorov Smirnov檢定較符合Gamma分布；以Anderson-Darling及Chi-Squared檢定較符合Norma分布。
- 海流最大流速特性較符合Gamma分布



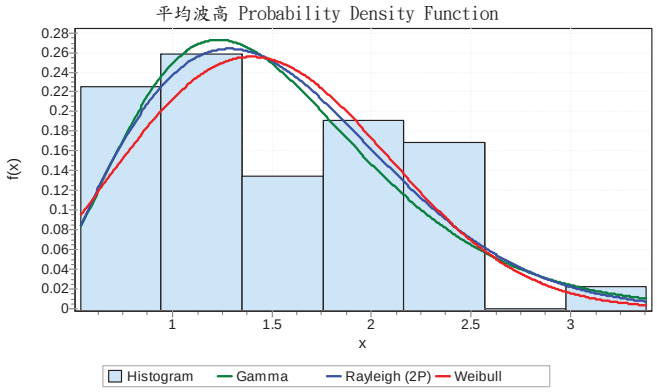
海氣象資料統計－台中港波高及波向之月統計圖



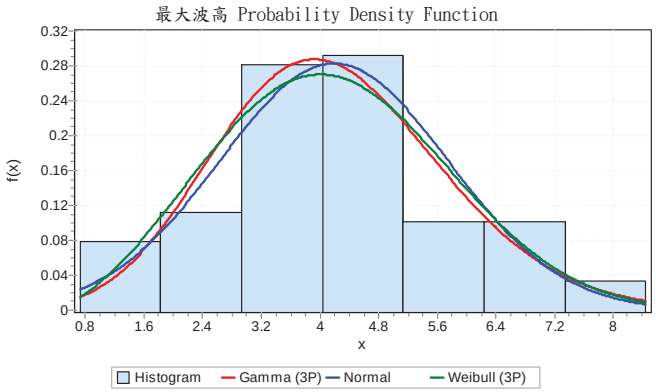
- 歷年之月平均波高小於3 m以下，月平均週期介於4.9 sec至7.8 sec之間。
- 歷年之平均波高為1.51 m
- 歷年最大波高為8.44 m，其週期為11.1 sec，發生於2010年12月16日。

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2003年至2011年，交通部運輸研究所。

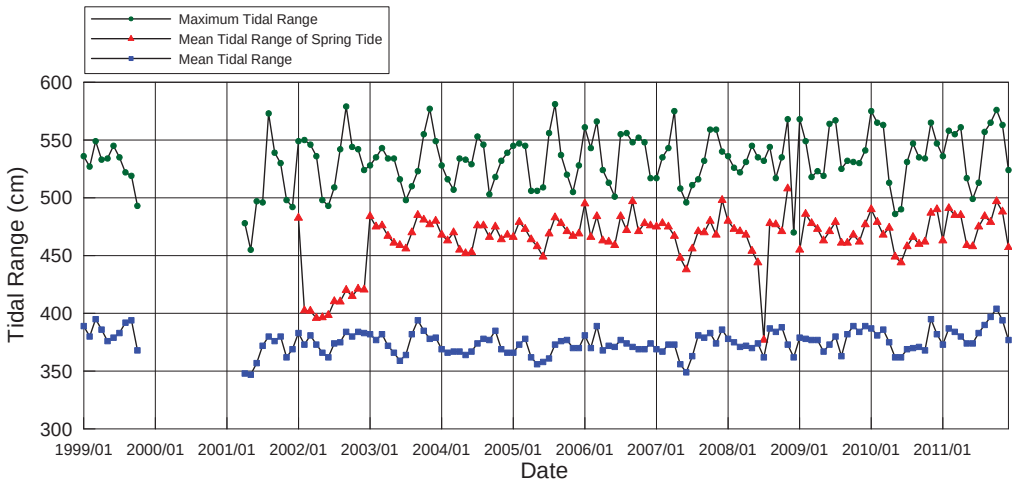
海氣象資料統計—平均波高及最大波高之統計分布圖



- 平均波高特性較符合Weibull分布
- 最大波高特性以Kolmogorov Smirnov及Anderson-Darling檢定較符合Gamma分布；以Chi-Squared檢定較符合Norma分布。



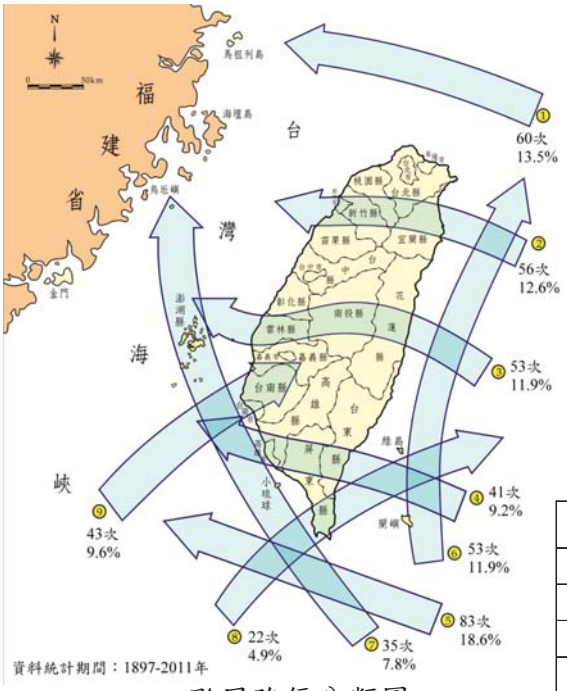
海氣象資料統計—台中港最大潮差、大潮平均潮差及平均潮差之月統計圖



- 最大潮差為619公分
- 大潮平均潮差為465公分
- 平均潮差為376公分

資料來源：潮汐觀測資料年報，1999年至2011年，交通部中央氣象局。

歷年颱風資料統計



颱風路徑分類圖

資料來源：交通部中央氣象局

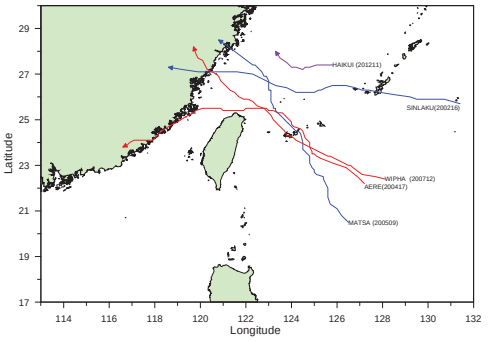
1998年至2012年9月期間颱風路徑分類統計

颱風路徑分類	發生次數	發生百分比
1	5	5.4%
2	6	6.5%
3	11	11.8%
4	7	7.5%
5	5	5.4%
6	8	8.6%
7	2	2.2%
8	2	2.2%
9	9	9.7%
其他	38	44.4%
合計	93	100.0%

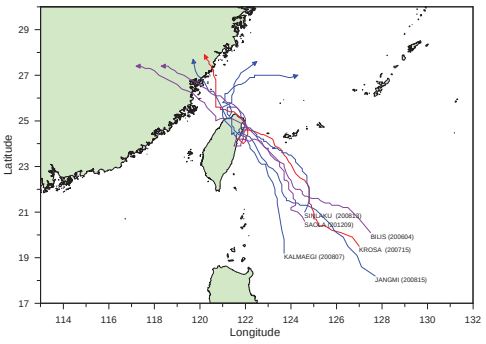
2012年1-9月中央氣象局已發佈之颱風警報

編號	中文名稱	英文名稱	警報期間	強度
1205	泰利	TALIM	06/19～06/21	輕度
1206	杜蘇芮	DOKSURI	06/28～06/29	輕度
1209	蘇拉	SAOLA	07/30～08/03	中度
1211	海葵	HAIKUI	08/06～08/07	中度
1213	啟德	KAI-TAK	08/14～08/15	輕度
1214	天秤	TEMBIN	08/21～08/28	中度

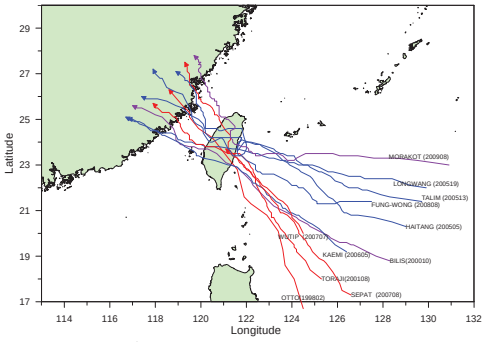
1998年至2012年9月期間各類颱風路徑圖



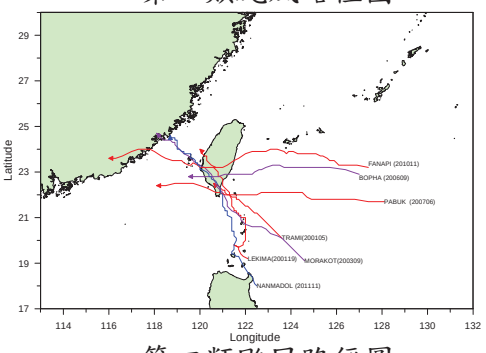
第一類颱風路徑圖



第二類颱風路徑圖



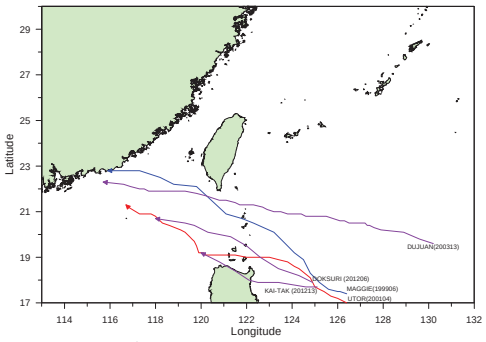
第三類颱風路徑圖



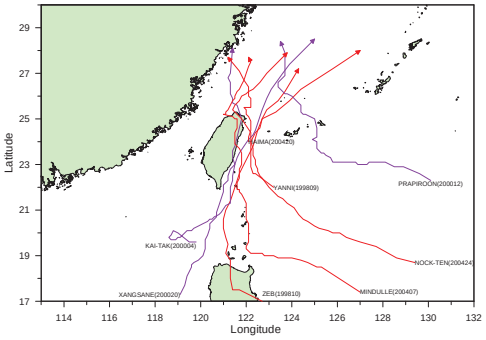
第四類颱風路徑圖

資料來源：交通部中央氣象局

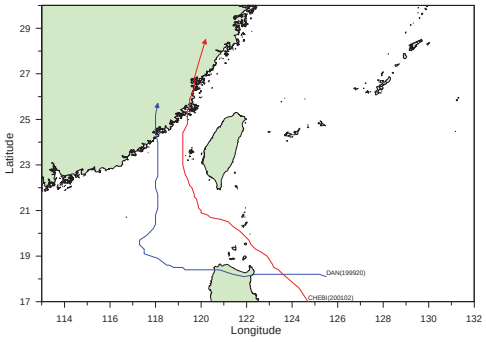
1998年至2012年9月期間各類颱風路徑圖



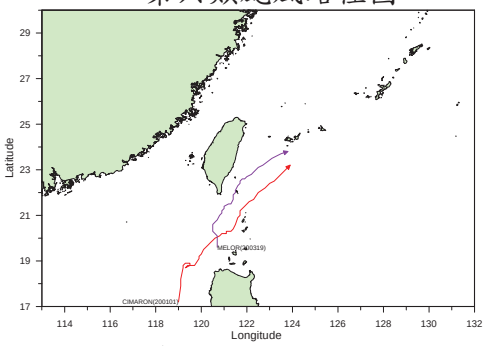
第五類颱風路徑圖



第六類颱風路徑圖



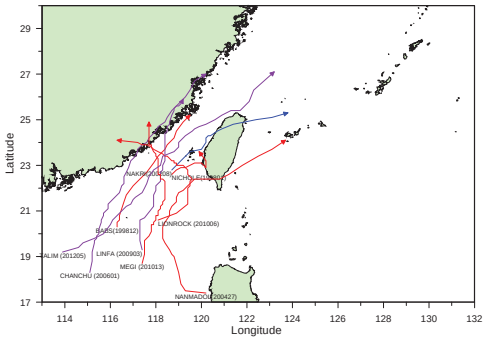
第七類颱風路徑圖



第八類颱風路徑圖

資料來源：交通部中央氣象局

1998年至2012年9月期間各類颱風路徑圖



第九類颱風路徑圖

資料來源：交通部中央氣象局

三 海域水質環境分析模式建立

目的

探討近岸海域水體水質與近岸海域水動力機制的相關性，並分析其與上游污染源之關聯性

本年度建立二維水質數值模式，使用港研中心於台中港南側新設立之定點海流觀測站資料作為模式率定與驗證，並藉由水質模式來模擬分析台中港區之水質變化，期能瞭解台中港域之整體水理水質情形，並探討與陸源性污染之關聯。



模式模擬範圍

水質模式之控制方程式

二維水質模式(2D WQ model)

BOD模式

$$\frac{DL}{Dt}=\frac{\partial}{\partial x}(D_x\frac{\partial L}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(D_y\frac{\partial L}{\partial y})-(K_1+K_3)L+\frac{B_a}{H}+R_{EL}$$

大腸桿菌群模式

$$\frac{DC_i}{Dt}=\frac{\partial}{\partial x}(D_x\frac{\partial C_i}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(D_y\frac{\partial C_i}{\partial y})-K_iC_i+R_{Ei}$$

K_1＝BOD 怯氧係數

K_3＝BOD 沉降係數

L＝BOD 濃度

B_a＝單位面積海域底泥釋出之 BOD 量

R_{EL}＝污染源

C_i=大腸菌濃度

D_x 、D_y＝延散係數

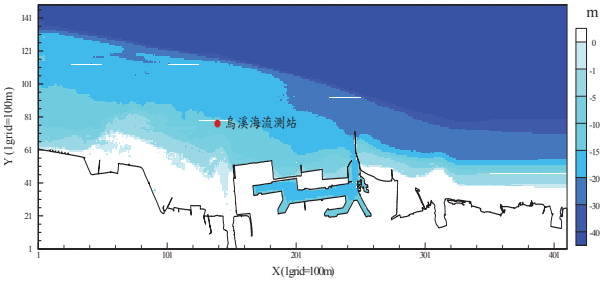
K_i＝大腸菌之衰減係數

R_{Ei}＝污染源

模式模擬區域之選取

水理水質模式模擬範圍及地形水深分佈圖

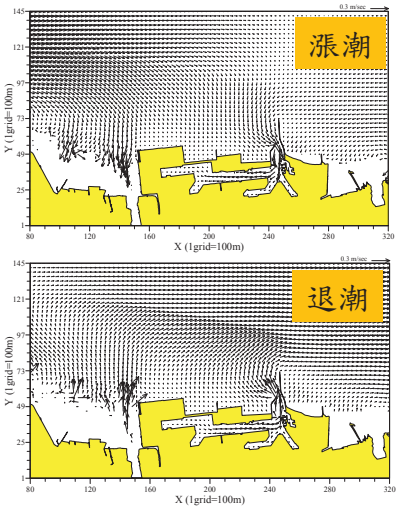
模式面積	41.1公里x14.9公里
格網大小	100公尺x100公尺
格網數目	411x149
原點座標 (Twd 67)	E=191,800 N=2,663,500
轉角 (由正北向順時針)	62°
時間間距	1.0秒

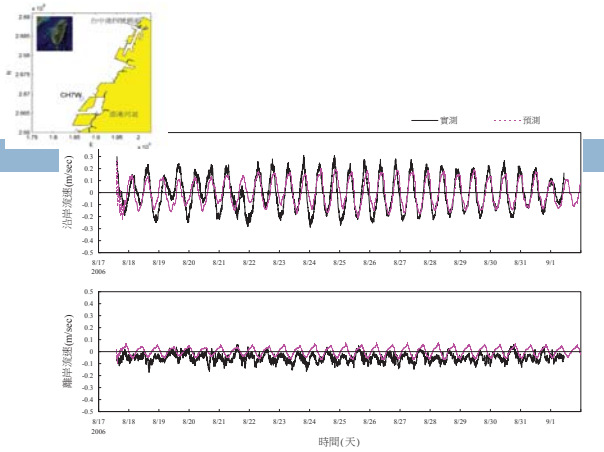




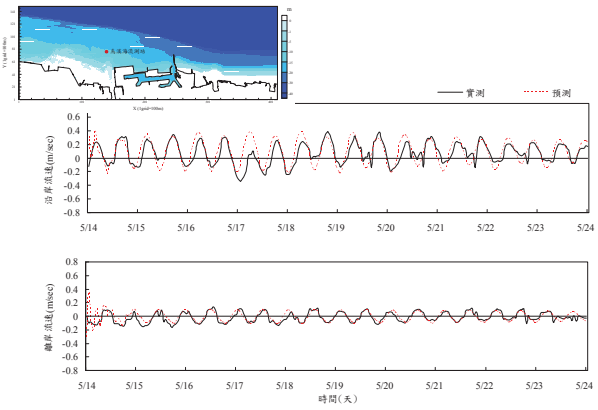
水理模式之率定

本計畫在流場模式之率定方面，先利用彰濱海域之CH7W測站實測海潮流資料以及港研中心在**去年度(2011)**於**台中港南側之海流測站實測海流資料來進行模式檢核與驗證**。





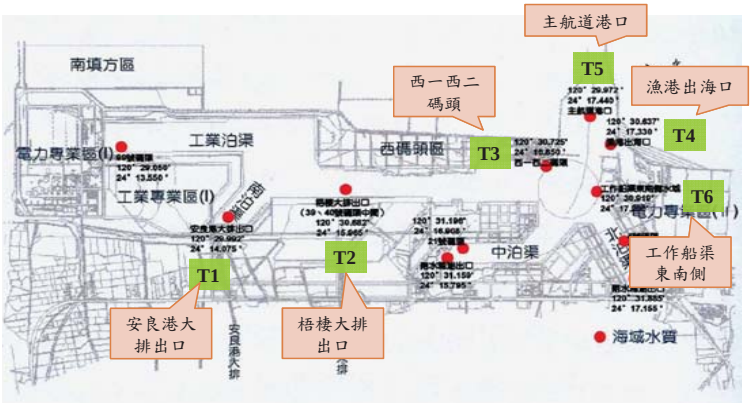
(CH7W測站，實測時間：2006年8月17日~9月1日)

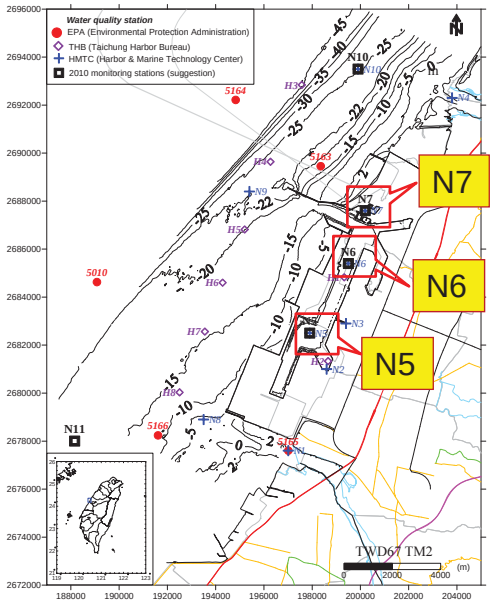


烏溪海流測站，實測時間：2011年5月14日~5月24日

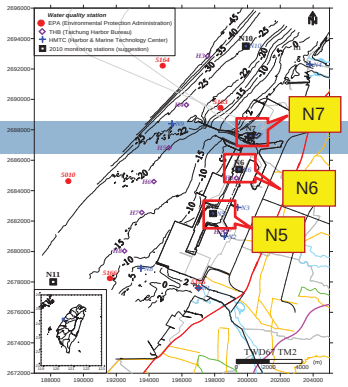
水質模式率定驗證

- 使用本研究於前**2009至2011年**於臺中港內之水質觀測站**N5、N6與N7**。
- 港研中心於臺中港所設立的海域水質測站**安良港大排出口(T1)、梧棲大排出口(T2)、西一西二碼頭(T3)、漁港出海口(T4)、主航道港口(T5)、工作船渠東南側(T6)**作為**模式率定與驗證**之水質資料來源。



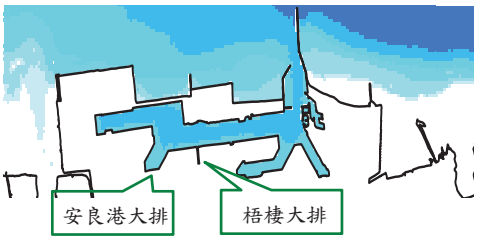


水質模式之率定驗證

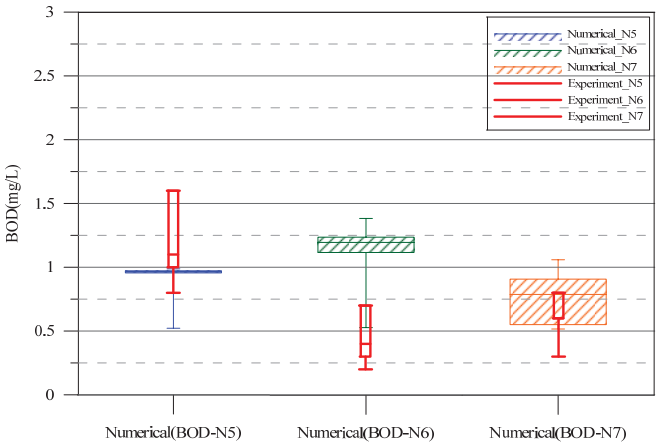


污染源

選定**安良港大排**與**梧棲大排**為臺中港主要污染源，BOD與大腸桿菌群的起始值分別使用0.53 mg/L以及811 CFU/100mL。

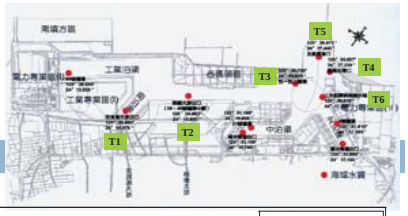


排水路名稱 / 項目	安良港大排	梧棲大排
估流量(CMS)	149.64	24.4
BOD(mg/L)	2.43	8.67
COLI(CFU/100mL)	1.041108E+06	2.010000E+07

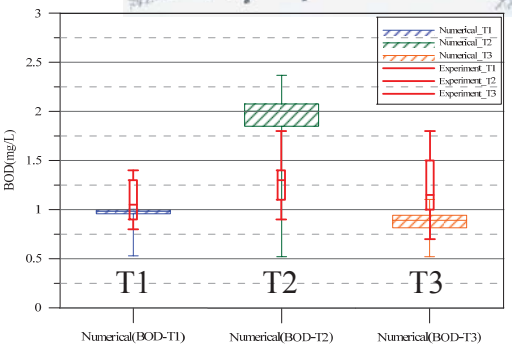


N5、N6、N7測站實測BOD濃度與模式預測比較圖

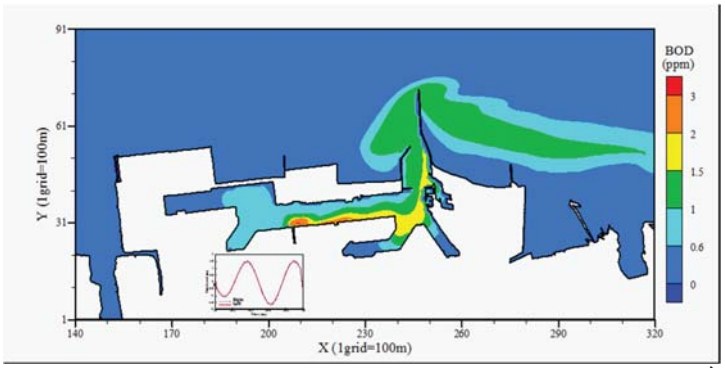
水質模式之率定驗證

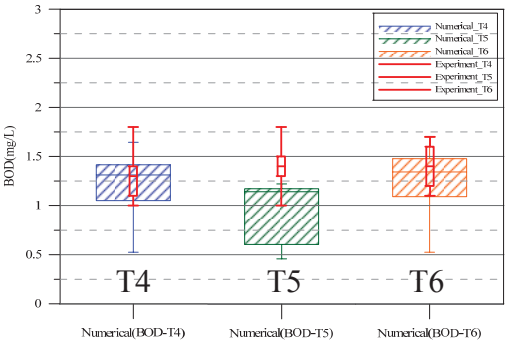


- 整體顯示模擬結果與實測值頗為一致。
- 由影響分布圖可知，在臺中港港區與港外其BOD濃度多能符合乙類海域水體水質標準(<3ppm)，除了港內地區(梧棲大排附近)BOD濃度可能高於3ppm外。而於港外出海口之污染物擴散方向以往北為主。



無風驅動下



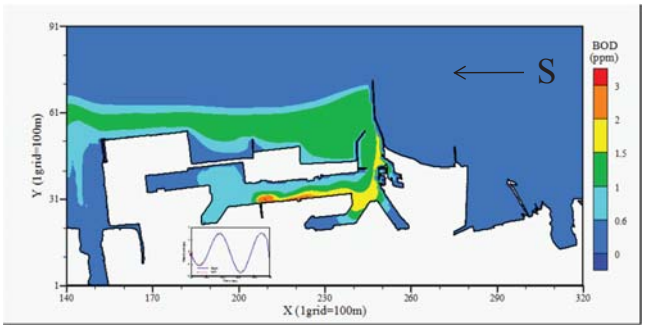


各測站實測BOD濃度與模式預測比較圖

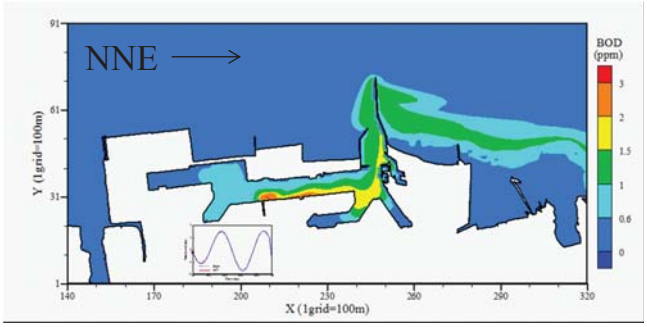
模式率定驗證

- 為瞭解臺中港港區與海域水質受風驅流影響下之變化關係，茲選取港灣技術研究中心台中港觀測站之風觀測資料，並取其歷年平均風速(約7.0m/s)、不同風向(冬：NNE、夏：S)進行模式模擬。
- 受NNE 方向風場影響下外海BOD濃度擴散方向往南為主，
- 受S 方向風場影響下外海BOD 濃度擴散方向往北為主。

夏季



冬季



海域涵容能力

水污染防治法對涵容能力之定義為：在不妨害水體正常用途情況下，水體所能涵容污染物之量。

在乙類、丙類海水水體(臨界值)下臺中港總承載涵容能力現況分析表

水質指標	總承載(臨界值)	總承載	涵容餘裕量
乙類水體(臨界值)			
BOD	3.78E+07	1.65E+07	3.78E+07
丙類水體(臨界值)			
BOD	7.57E+07	1.65E+07	5.04E+07

單位：kg/day

四 臺中港港域水質與底質採樣調查及分析

海域水質與底質

測站規劃

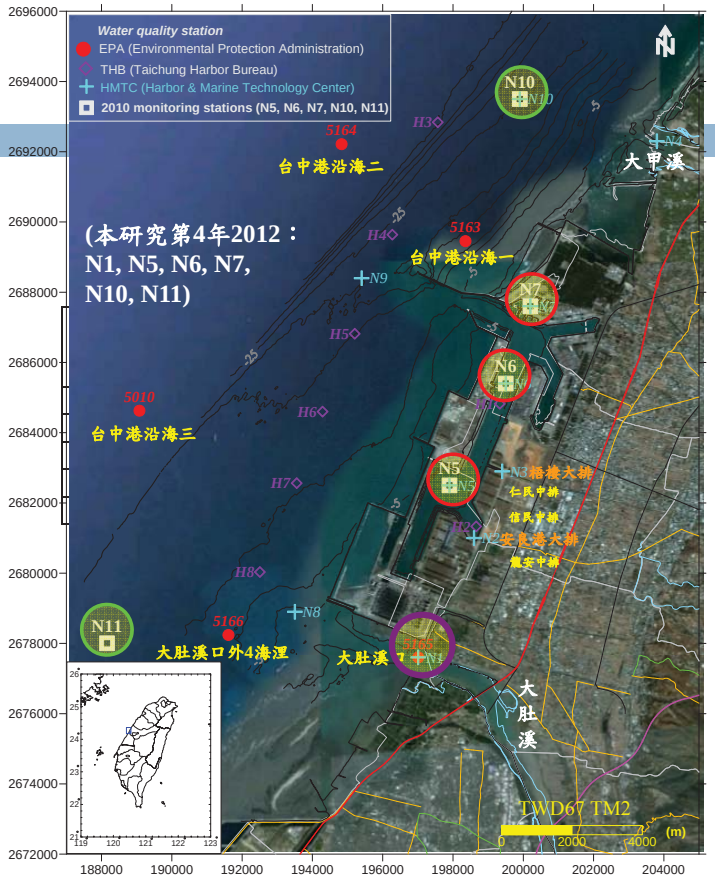
測站設置原則

「海域環境監測及監測站設置辦法」

(1) 主、次要河川入海口。
(2) 重要污染源流入點。
(3) 港灣、潟湖。
(4) 海洋污染防治法第十五條第一項所定之區域。
(5) 一般海域水質之背景點。
(6) 其他經中央主管機關指定之位置。

主要依上述原則，並參考本計畫歷年既有測站位置與資料比對分析延續性。

測站	位置			二度分帶(TWD67) X(E)	Y(N)
N5	港域	臺中港區	水質 底質	197900	2682500
N6	港域	臺中港區	水質 底質	199500	2685400
N7	港域	梧棲漁港港區	水質 底質	200200	2687600
N10	港外	大甲溪外海	水質 底質	199900	2693500
N11	港外	大肚溪外海	水質 底質	188156	2678004
N1	港外	大肚溪河口	底質	197010	2677603



臺中港附近海域水質監測站分佈圖

海域水質與底質

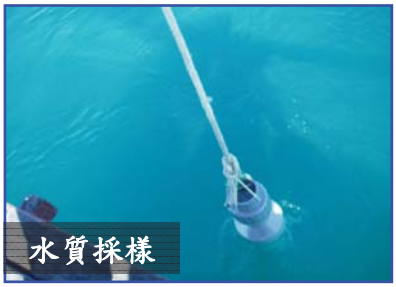
本年度(第4年度，2012年)**上半年枯水期**海域水質(2次/年)與底質(1次/年)調查於**4月10日**完成採樣，**下半年豐水期**調查則於**9月11日**完成海域水質採樣。

- **海域水質**
  - 豐、枯水期間各1次。
  - 參照環保署環檢所之水中浮游植物採樣方法：採水法(NIEA E505.50C)使用採水器取水樣。

海域底質

- 枯水期間1次。
- 參照環保署環檢所之底泥採樣方法 (NIEA S104.30C)使用底質採樣器採集表層沉積物。
  (S104.31B自101年7月15日起實施)


水質採樣器


水質採樣


底質採樣器


底質採樣


量測現場水質


實驗室分析

海域水質與底質(底泥, 沉積物)

海域水質監測項目

- 現場測定項目

  溫度、鹽度(含導電度)、pH、溶氧量、透明度。

- 實驗室檢測項目

  大腸桿菌群、生化需氧量、懸浮固體物、氨氮、總磷及葉綠素a，重金屬銅、鉛、鋅、鉻與砷、汞。

海域底質監測項目

- 粒徑、總有機物以及重金屬銅、鉛、鋅、鉻、砷、汞與鋁。
- 為瞭解來自船舶污染，用來防治生物附著於船體所塗裝之**環境賀爾蒙－有機錫**之含量，特別增加底質中之有機錫調查。

檢測方法

除沉積物粒徑分析採American Society for Testing and Materials (ASTM) D422 - 63(2007) Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils外，其餘主要依環保署公告之NIEA檢驗方法辦理。

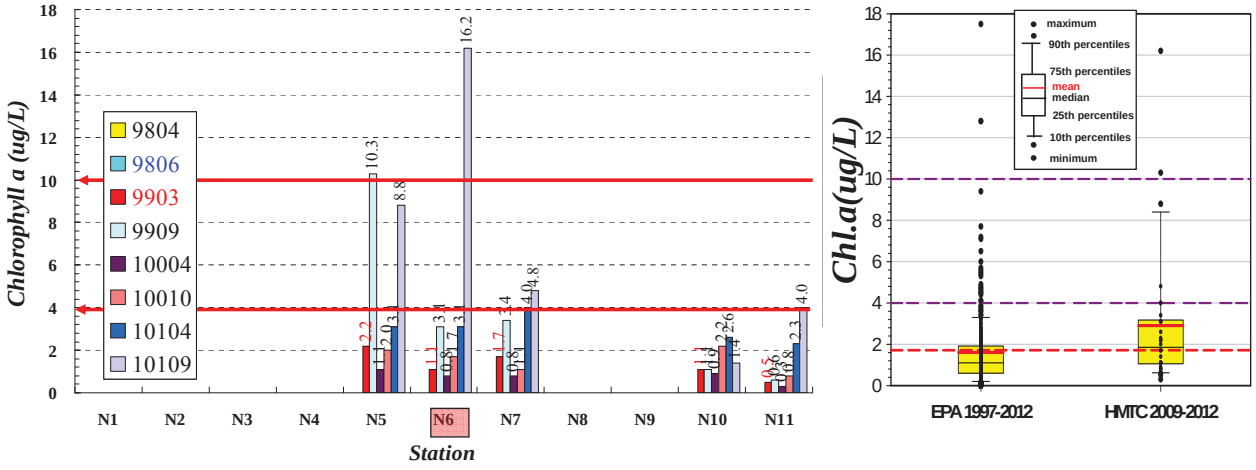
臺中港海域水質調查結果

- 2012年4月枯水期調查，臺中港區內與港外水體品質整體而言良好，均能符合所屬之乙類海域水質標準。除港內鹽度略低於港外海水，以及港內大腸桿菌群含量相對略高但仍在合格範圍，其餘並無異常。
- 2012年9月豐水期調查，臺中港外水體品質整體而言同屬良好，港內則於N5與N6出現鹽度略微降低，而生化需氧量則略微升高且不符合乙類海域水質標準，顯示港內仍可能有來自有機廢污水之污染，導致水體中有機物耗氧量增加，但尚未導致溶氧量降低至不符合海域水體標準的程度。

項目	調查日期	pH	水溫	導電度	鹽度	透明度	溶氧量	飽和度	生化需氧量	懸浮固體	大腸桿菌群	總磷	氨氮	葉綠素a	銅	鉛	鋅	鎘	汞	砷
單位	民國	–	℃	μmho/cm	psu	m	mg/L	%	mg/L	mg/L	CFU/100mL	mg/L	mg/L	μg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
方法	101年	NIEA W424.52A	NIEA W427.51A	NIEA W203.51B	NIEA W447.20C	NIEA E220.50C	NIEA W455.52C	NIEA W455.52C	NIEA W510.55B	NIEA W210.57A	NIEA E202.54B	NIEA W427.53B	NIEA W448.51B	NIEA E507.02B	NIEA W309.22A	NIEA W309.22A	NIEA W309.22A	NIEA W303.51A	NIEA W330.52A	NIEA W434.53B
測站	月/日																			
N5	04/10	8.4 (8.400)	26.2	50300	33.0	2.1	7.1 (7.08)	105	<2.0 (1.9)	<2.5	8.6×10^2	0.022	<0.06 (0.04)	3.1	<0.0030 (0.0023)	<0.0060 (0.0021)	0.0057	ND (0.0002)	ND (0.0001)	<0.0010 (0.0009)
N6		8.3 (8.293)	25.9	50800	33.4	1.6	6.7 (6.70)	99.2	<2.0 (1.1)	3.6	15	<0.020 (0.011)	ND (0)	3.1	<0.0030 (0.0022)	ND(0)	<0.0050 (0.0034)	ND (0.0002)	<0.0003 (0.0002)	<0.0010 (0.0009)
N7		8.3 (8.298)	25.9	50400	33.2	2.6	6.3 (6.34)	96.3	<2.0 (1.5)	5.6	10	0.021	ND (0)	4.0	0.0030	ND (0.0006)	0.0063	ND (0.0003)	<0.0003 (0.0002)	0.0010
N10		8.3 (8.296)	25.7	50900	33.5	2.8	6.4 (6.39)	95.7	2.9	7.0	<10	<0.020 (0.014)	ND (0)	2.6	0.0035	ND (0.0018)	0.0091	ND (0.0004)	<0.0003 (0.0003)	0.0011
N11		8.2 (8.236)	25.8	50500	33.3	2.3	6.0 (6.04)	91.7	2.2	5.4	<10	0.026	ND (0.02)	2.3	<0.0030 (0.0028)	<0.0060 (0.0027)	0.0097	ND (0.0003)	<0.0003 (0.0002)	<0.0010 (0.0009)
N5	09/11	8.4 (8.394)	31.9	48600	32.0	1.5	7.1 (7.07)	105	3.3	10.1	<10	0.026	<0.06 (0.04)	8.8	<0.0030 (0.0015)	ND (0.0016)	0.0060	ND (0.0001)	ND (0.0001)	<0.0010 (0.0005)
N6		8.3 (8.282)	31.8	48500	31.9	2.0	6.7 (6.71)	99.3	3.3	7.8	<10	0.044	<0.06 (0.04)	16.2	0.0073	<0.0060 (0.0037)	0.0126	ND (0.0003)	<0.0003 (0.0001)	<0.0010 (0.0006)
N7		8.3 (8.286)	30.6	49200	32.3	2.0	6.4 (6.36)	96.5	<2.0 (1.4)	9.0	<10	0.034	ND (0.01)	4.8	0.0045	ND (0.0017)	0.0098	<0.0010 (0.0004)	<0.0003 (0.0001)	<0.0010 (0.0007)
N10		8.3 (8.300)	30.3	49400	32.5	2.8	6.4 (6.38)	95.6	2.0	4.6	<10	<0.020 (0.014)	<0.06 (0.02)	1.4	<0.0030 (0.0020)	<0.0060 (0.0048)	0.0084	<0.0010 (0.0005)	ND (0.0001)	<0.0010 (0.0006)
N11		8.3 (8.270)	30.3	48600	32.0	2.3	6.0 (6.05)	91.8	<2.0(1.1)	5.7	<10	0.030	ND (0.01)	4.0	0.0052	<0.0060 (0.0026)	0.0153	<0.0010 (0.0006)	<0.0003 (0.0001)	<0.0010 (0.0006)
乙類 海域		7.5~8.5	無	無	無	無	≧5.0		≦3.0	無	無	無	無	無	≦0.03	≦0.1	≦0.5	≦0.05 (Cr^{6+})	≦0.002	≦0.05
甲類 海域									≦2.0		≦1000	≦0.05	≦0.3							

臺中港海域水質調查結果

- 2012年9月豐水期時，臺中港內N6測站葉綠素a偏高已達優養等級；N5亦達中養等級，顯示臺中港內仍可能受到過量營養鹽輸入，造成刺激藻類大量生長之優養化機率發生。

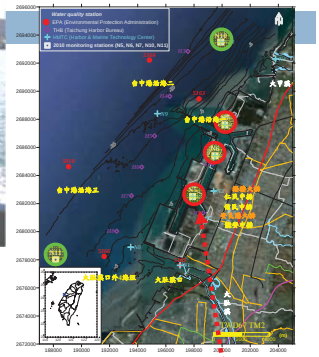


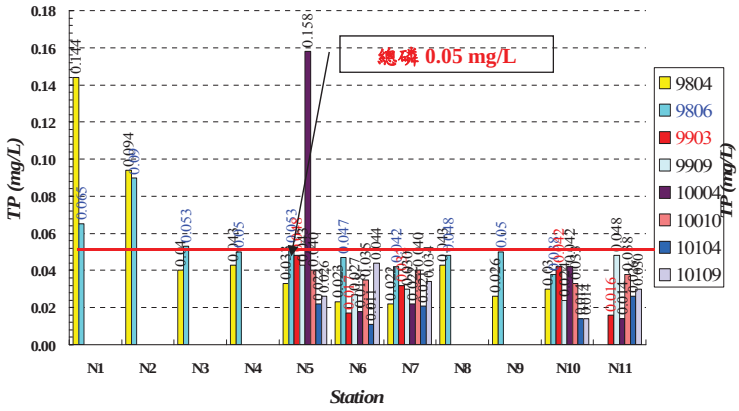
- 美國環保署(US EPA, 1973)以葉綠素a為基準之營養分級標準，區分為優養(Eutrophic)、中養(Mesotrophic)以及貧養(Oligotrophic)
- 優養(Eutrophic): >10 μg/L
- 中養(Mesotrophic): 4～10 μg/L
- 貧養(Oligotrophic): <4 μg/L 。

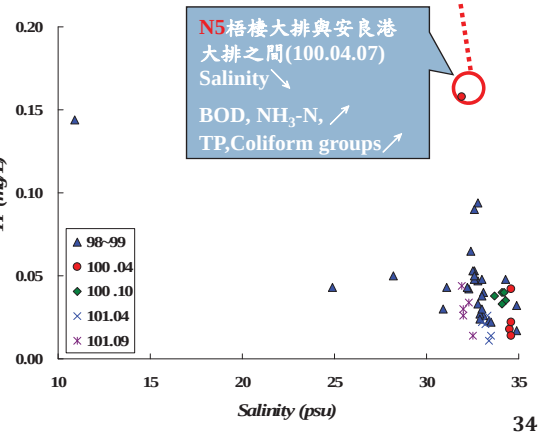
臺中港海域水質與底質(底泥, 沉積物)調查結果

- 民國101年(2012)4月枯水期與10月豐水期調查結果顯示，氮磷類營養鹽均可符合標準無異常。
- 民國100年(2011)4月枯水期與10月豐水期調查結果顯示，港域水質(N5、N6、N7)因較易受陸源性影響，如介於梧棲大排與安良港大排處(N5) **4月鹽度與導電度相對最低，而總磷則最高**。此外其生化需氧量與大腸桿菌群；以及重金屬鋅、鉻與砷相對略高。
- 大甲溪外海(N10)與大肚溪外海(N11)水質則相對穩定且污染程度低，均可符合所屬之乙類海域水質標準，重金屬亦無異常，且與環保署外海環境水質測站(台中港沿海二)相比無異常。









臺中港海域底質-Cu, As

底泥品質指標之分類管理及用途限制辦法
民國101年1月4日行政院環境保護署環署土字第1000116349號

第五條　底泥之分類管理如下：

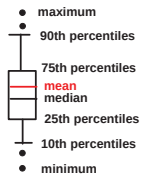
一、**底泥品質指標**項目**濃度高於上限值**者，應依下列規定辦理：

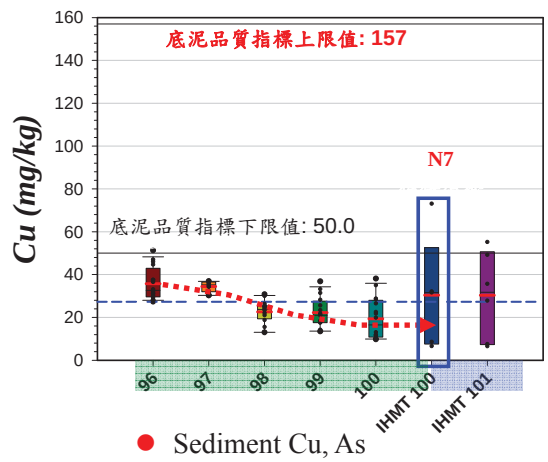
(一) 目的事業主管機關應針對該項目增加檢測頻率，並通知農業、衛生主管機關依權責檢測生物體及已上市水產品內污染物質。

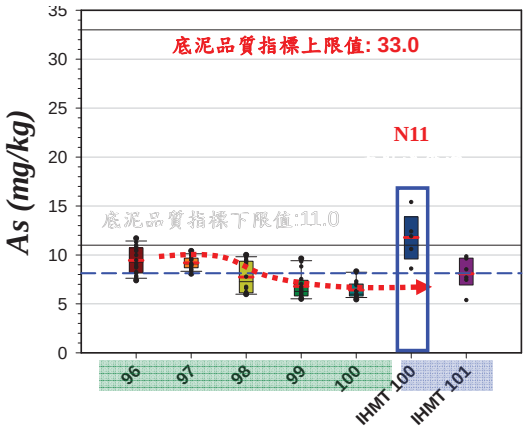
(二) 農業、衛生主管機關於辦理前目工作後發現濃度偏高時，得本於權責就水體內生物體及已上市水產品依法進行相關管制與監督管理事項，並通知直轄市、縣(市)主管機關。

(三) 直轄市、縣(市)主管機關於接獲通知後，得命地面水體之管理人就環境影響與健康風險、技術及經濟效益等進行評估，經中央主管機關審核認為具整治必要性及可行性者，由地面水體之管理人於擬定計畫報請中央主管機關核定後，始得實施。

二、**底泥品質指標**項目濃度**高於下限值且低於上限值**者，目的事業主管機關應針對該項目**增加檢測頻率**。







- Sediment Cu, As
  - 民國96~100年間均無異常(港務局數據) 本計畫100年調查 (IHMT)有部份略偏高

五 水質整體變化趨勢與底質重金屬統計分析

歷年整體特性與變化趨勢

1□第1年度(□009年)

- **臺中港海域水質**多能**符合**所屬**乙類**海域水體**標準**，但部份區域仍出現偶受畜牧與生活污水方面之有機污染，無法符合水質標準，尤其是**靠近河川、排水路之河口近岸海域**，最**易受到內陸污染排放**所**影響**。
- **上游陸域排水**□□小時**水質連續調查**顯示，由□□、□□□與□□□□□ 結果推估，**在退潮**期間，**有一持續性污染源注入台中港域**。
- 由郭一羽等(□00□)所擬定之**休閒漁港親水水質標準**分析臺中港區內水質條件與遊客感官滿意度之關係，結果顯示港區內**遊客視覺滿意度平均為58.2**，而**遊客嗅覺滿意度為60.5**。此結果可作為臺中港港區之**親水水質**之參考。

□□第□年度(□010年)

- □月與9月海域水質結果與第1年相比**無異常**，**氨氮**與**總磷**與去年相比**有降低趨勢**。
- **水質主成份分析**歸納出臺中港海域水體特性：
  - ✓顯現**來自陸源**的**氮、磷類營養鹽**污染成份之**陸源排水對臺中港沿海水體所帶來的影響**，當**沿海**水體之**酸鹼度**與**鹽度**降低時，通常多伴隨較高的**氨氮**與**總磷**，而代表**致病微生物指標**成份之**溫體動物糞便**污染□**大腸桿菌群亦**常同時**增加**。
  - ✓排入臺中港域的排水路於**乾季雨量少**期間，其**水閘門**控制**多為關閉**，即**陸源營養鹽多**被**阻擋於水閘門上游**；當逐漸**進入雨季**，甚至**到颱風季節**，常因**豪大雨**造成水位湧升，為避免內陸淹水而**打開閘門排洪**，導致於此時期常會將內陸水體中**過高**之氮、**磷**類污染**排入港域近海**，使得臺中港域內水質不佳。
- 在**生態指標**顯示當9月**高水溫**與**低鹽度環境下**，臺中港沿海**生態豐富度、均勻度**與**歧異度**均呈現**增加**的趨勢。

歷年整體特性與變化趨勢

□第□年度(□011年)

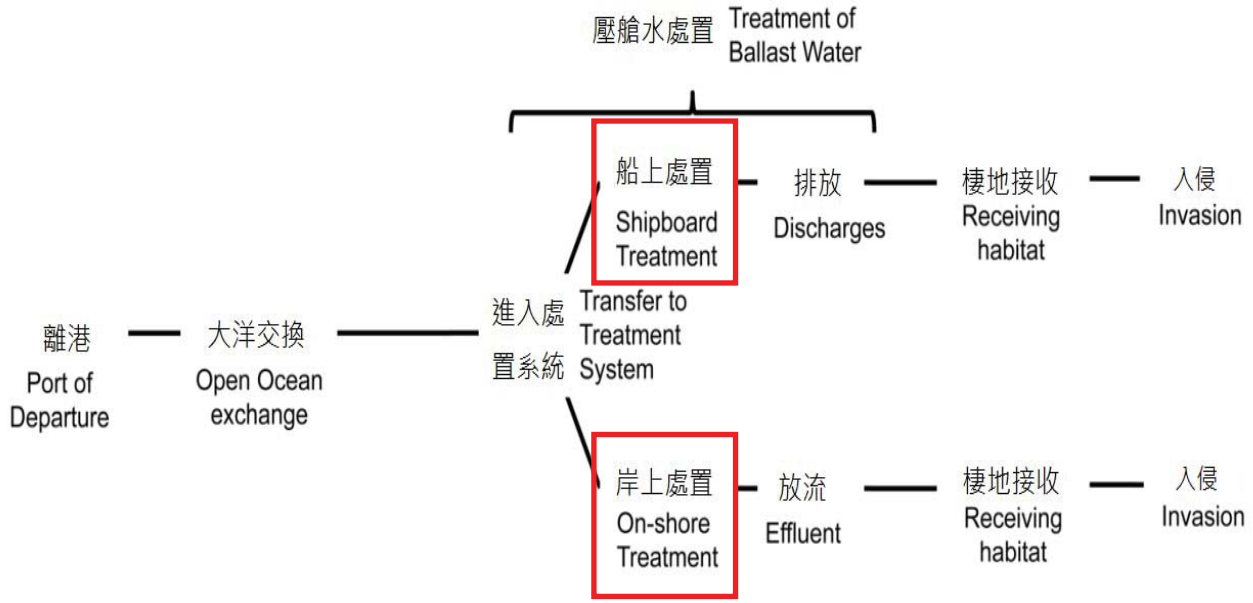
- **臺中港海域水質重金屬未偏高**，但**港內**重金屬**鋅**、**鉻**與**砷相對較港外**為高。
- 臺中港海域表層底質(沉積物□底泥)重金屬□月調查結果，**整體**無論與國內或國外相關沉積物重金屬參考資料相比，並**無特別異常偏高**之處。
- **除砷以外**，重金屬**銅**、**鉛**、鋅、**鉻**與**汞**濃度，整體**以港域**內底質**相對較港外**為**高**。
- 底質**重金屬污染程度評估**指標分析顯示，臺中港海域海域底質調查結果，**多呈現無污染**或輕微污染至**中度污染**。其中重金屬**銅**、**鋅**、**鉻**與**汞**與全球頁岩之平均含量**相**比，均為**接近背景**之無污染等級。

□第□年度(□01□年)

- 臺中港**整體海域環境水體**品質，**主要受**匯入港域之**中**、**大排影響**。而導致水體品質變動者，多來自**畜牧**與**生活**等有機方面耗氧之氮、磷類物質，即屬於**有機性廢污水**，而多屬於無機性廢之水重金屬方面則未有特別異常之處。
- **有機性廢污水**之污染**來源**，於**梧棲區**可來自傳統之**社區下水道**與**畜牧業**、**屠宰業**、**餐飲業**及**醫院**、醫事機構、**觀光旅館(飯店)**皆可能排放有機性廢水外，來自**石油化學業**因廢水量大且含揮發性物質，亦為影響近岸水體品質優氧化之可能來源。而**龍井區**之**食品製造業**與**社區下水道**皆為有機廢污水之來源以外，其**造紙業**及**印染整理業**者，亦為有機廢水之可能來源。
- 沉積物(底泥)**有機錫**檢測結果顯示，**臺中港區外**測值**低於偵測極限**，均**無異常**。而臺中**港區內**於梧棲大排與安良港大排處，以及梧棲漁港港區底泥均**測得微量有機錫**但未達對生物有影響
- □011年□月**大肚溪口外4海浬處**(□11)**底質砷**(1□□□□□□□□)**相對偏**高，已高於環保署所公告之「底泥品質指標」中的下限值(11□0 □□□□)，推測**應與台灣本身地層地質特性有關**。□01□年□月再次進行底質砷含量調查，結果同樣以此處底質砷(9□□□□□□□□)相對較高。

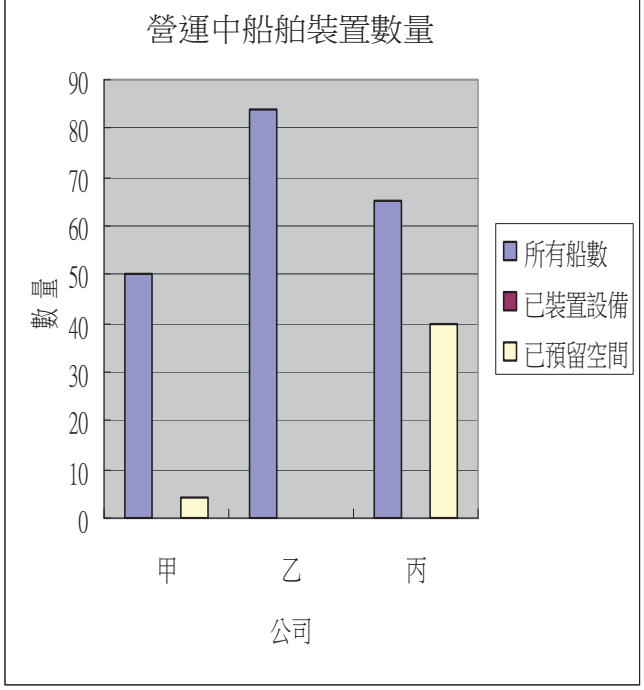
六 臺中港壓艙水於船舶或岸上處置設施之規劃

船舶從離港後可能使用的壓艙水處置方式

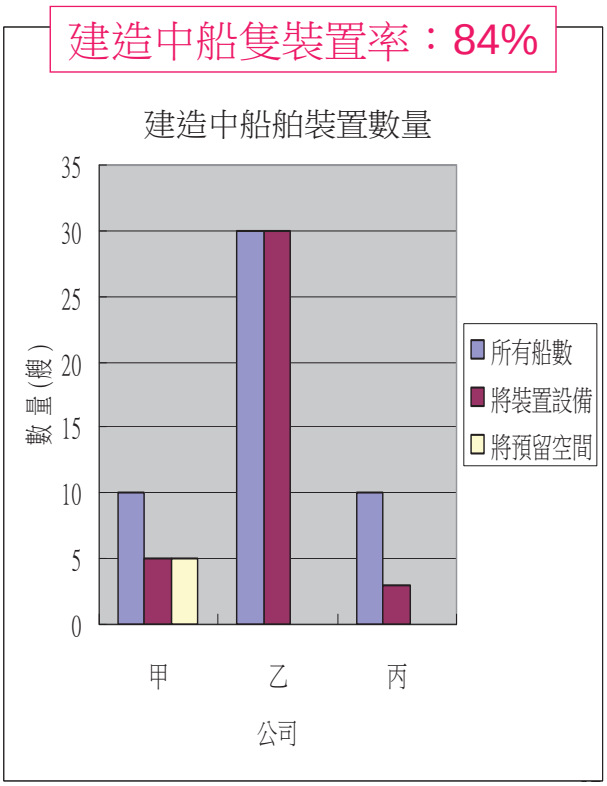


國內船舶裝置船用壓艙水管理系統之現況調查

現有船隻裝置率：0%



建造中船隻裝置率：84%



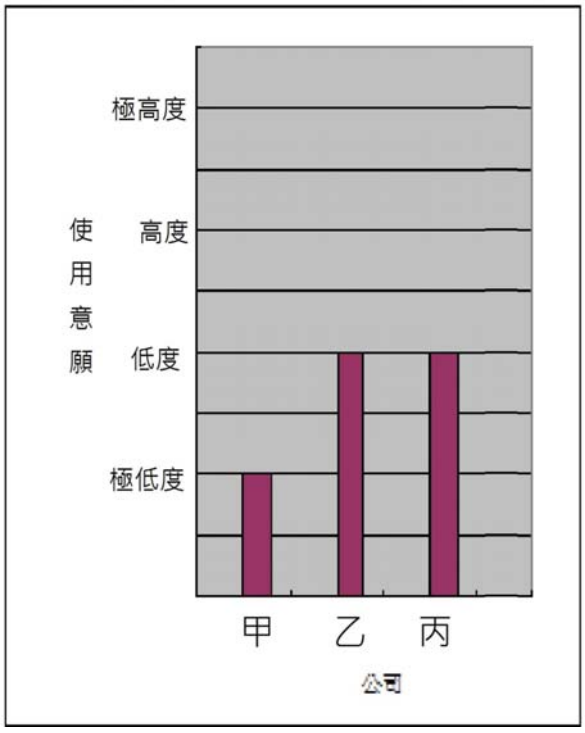
國內船舶裝置船用壓艙水管理系統之挑戰

- 由船舶設備裝置率顯示航商願意配合國際規範，但因實務面上許多的不確定性，造成現有船何時安裝設備、選擇何套設備的觀望態度。
- 觀望原因：未知性
  - 公約生效日期
  - 設備效率
  - 設備裝置成本
- 甚需相關資訊平臺協助國內航商掌握國際脈動與趨勢，以提高我國實施壓艙水管理的可行性。

岸上壓艙水處置設施之技術規範與應用現況

- 公約技術規範
  - G1:「沉積物收受設施規範」(G1:Guidelines For Sediment Reception Facilities)
  - G5:「壓艙水收受設施規範」(G5:Guidelines For Ballast Water Reception Facilities)
  - 這些規範並非限定港口國必須提供特定的岸上收受設施，其宗旨乃在鼓勵各國能提供這些設施和船舶之間的全球統一介面。
- 國際間岸上壓艙水處理設施的應用現況
  - 美國:此技術擴大應用至所有港口使用，仍有技術和後勤支援上的挑戰， EPA評估結論「有必要藉由全面性的比較以重新評估岸上設施可行性 」。
  - 歐洲各國: 對於壓艙水的處置主要為壓艙水交換與使用船用壓艙水管理系統，對於岸上處置設施的討論較少。
  - 澳洲:由於地理位置之便，以大洋進行壓艙水交換為主，並不考慮提供岸上處置設施。
  - 港口收受設施資料庫系統(PRFD)中所監督的岸上收受設施主要針對的船舶污染項目以MARPOL公約的附錄內容為主，壓艙水公約所規定之底泥與具外來生物種風險之壓艙水的收受設施尚未包括在內。

國內航商使用岸上設施意願調查結果



- 三家航運公司對於使用岸上處置設備意願都在低度以下。
- 主因是對使用該設備可能會對作業流程造成影響，而使用船上壓艙水管理系統處置正具備了彌補這樣缺點的方便性，因而成為航運公司較傾向採用的方式。

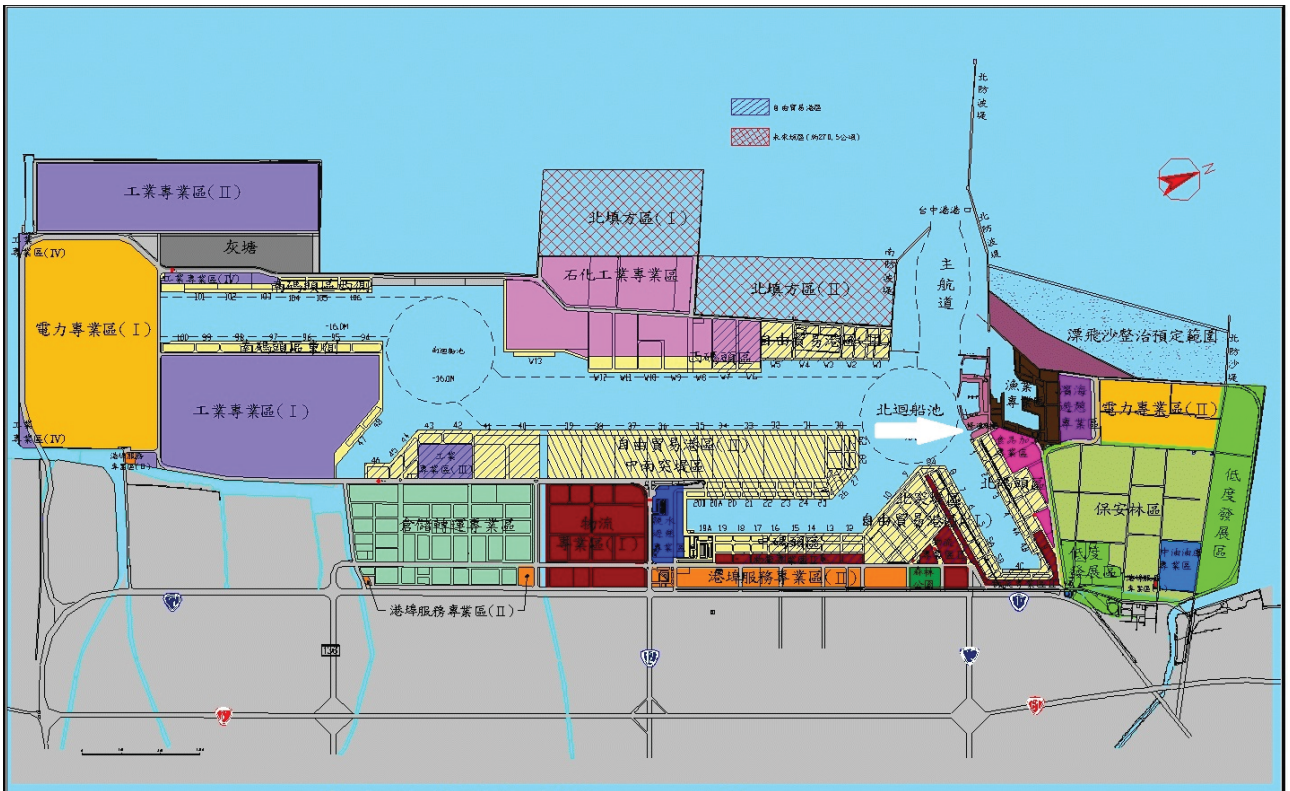
44

臺中港之岸上設施規劃

- 1.與現有污水處理設施合併使用
  - 優點：顧及港區土地有限、船舶使用流程較為流暢
  - 缺點：一般船舶廢（油）污水收受設施處置量有限，且功能上主要是為清除油污，與壓艙水收受設施消除外來生物種的目的大為不同。技術上待突破
- 2.另尋場地建置專用設施
  - 優點：功能上專一，技術層面較易克服。
  - 缺點：可使用土地受限，僅提供少數船舶使用，可能造成船舶行程的耽延。
  - 建議設置位置：臺中港現有的船塢處
- 3.使用移動性裝置
  - 優點：不但解決了港區土地有限的問題，且能滿足功能單一的需求，

45

臺中港港區配置圖(白色箭頭所指為船塢)



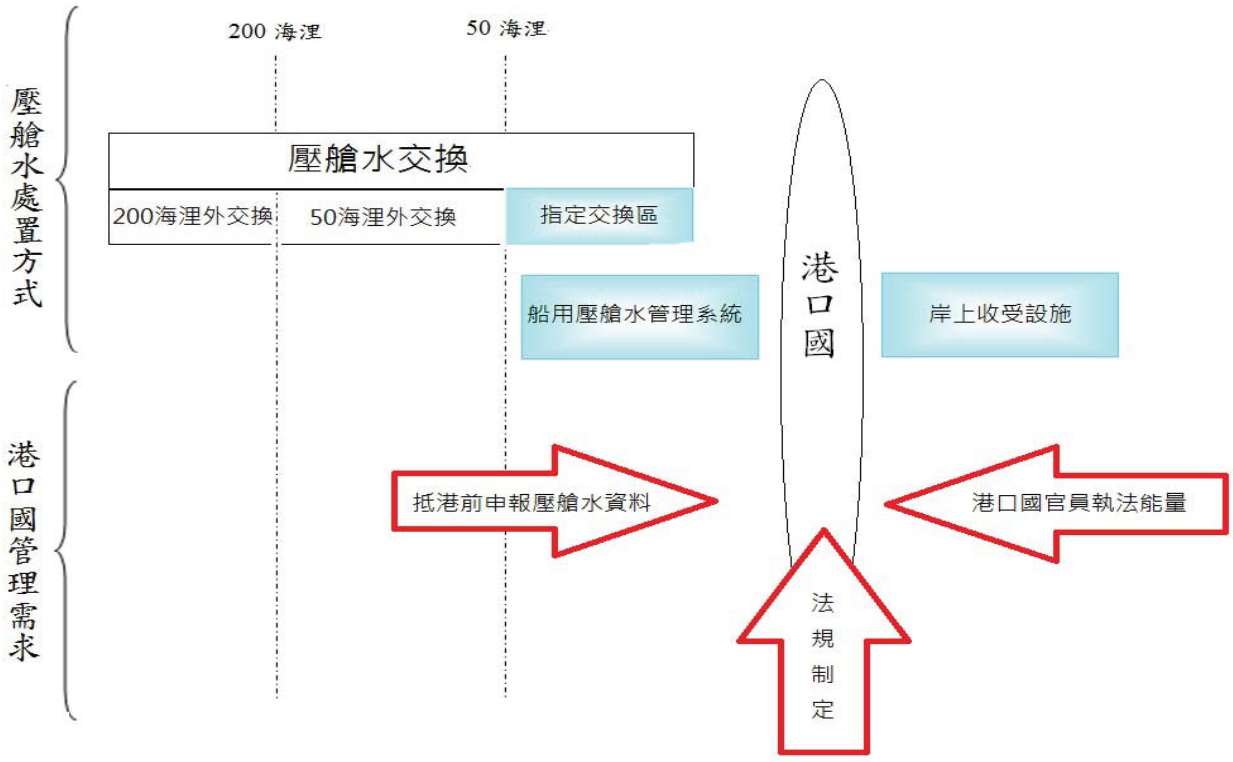
臺中港整體規劃平面配置圖(行政院96. 12. 11核定)

船用與岸上壓艙水處理設施之比較

處置方式	優	缺	應用於我國
船用壓艙水管理系統	對航程影響最小。	1.目前仍缺少全球統一適用的檢驗流程與標準。 2.港口國核查不易。	航商使用意願高，但缺少可信設備資訊。
岸上收受設施	安全性高。 最具公信力。	1.技術上有待突破。 2.岸上收受設施費用問題。 3.可能影響船舶行程。	航商使用意願低。 港區目前無大型船舶除污設施。

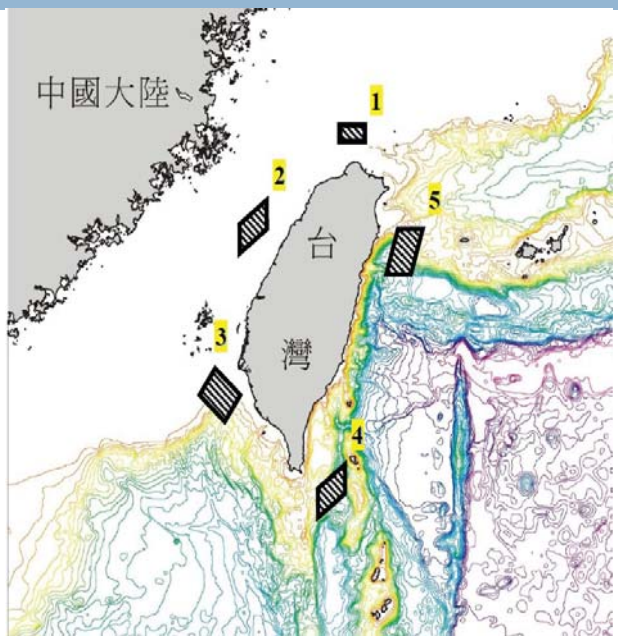
七 研擬臺中港船舶壓艙水管理制度之建立

適於我國船舶壓艙水處置與管理方式示意圖



指定壓艙水交換區規劃

- 根據公約第B-4條，壓艙水交換區位置應為：
  - 距陸地至少200海浬和水深至少200公尺以上
  - 距最近海岸50浬及水深至少200公尺以上
  - 若無法實現上述條件，則可由港口國指定特定海域允許船舶在該處進行壓艙水交換。
- 海洋棄置區1、2、3區塊可考慮作為進入臺中港之船舶壓艙水指定交換區。
- 船舶壓艙水不屬於海洋棄置物質，因此法律適用問題仍待解決。



環保署公告之海洋棄置指定海域示意圖

船舶壓艙水資料申報

- 為使整個管理架構能發揮功效，壓艙水申報乃是關鍵的環節。
  - 美國：船舶必須在進入專屬經濟區前完成壓艙水交換，且在抵港前24小時完成壓艙水資料申報。
  - 澳洲：船舶都必須在進入澳洲水域前的12-96個小時內，向澳大利亞檢疫及檢查服務處（AQIS）提出「到達前檢疫報告」。
- 我國申報制度
  - 現有制度：根據商港法第19條第1項 船舶需於抵港前24小時填寫「船舶入港或出港預報表」。
  - 建議：可考慮在現有的申報格式內增加壓艙水資料欄位與一般入港資料合併申報，或如美澳作法，要求入港船舶填寫獨立的申報表格。

港口國官員執行能量

- 根據商港法第58條，港口國官員得進行一般性的證書和文件查驗、實質的設備查驗、操作程序查驗等作業程序的檢查外，並且配合國際公約進行重點式檢查。
- 在我國港口國官員人力有限的條件下(過去十年平均檢查率為7.10%)，建議：
  - 將「攜載高風險壓艙水之船舶」港口國管制檢查目標船遴選系統的記分點數。
  - 將船舶壓艙水管理紀錄簿列入登船檢查的項目中。

船舶壓艙水管理之法制問題

	海洋污染防治法相關法制	商港法相關法制	船舶法相關法制
主管機關	環保部門	交通部門	交通部門
適用範圍	防治海洋污染，保護海洋環境	港區內之污染行為	我國籍船舶配備、技術等
爭議點	1. 壓艙水是否被認定為「污染物質」(29條) 2. 壓艙水不屬「海洋棄置物質』，因此壓艙水交換無法適用海洋棄置區法規。	可管制港區內船舶所造成之污染行為，但港區外之船舶污染則無權管轄。	可對我國籍船舶設備加以規定，但無法對其他國籍規定。

結論與建議

結論

- 1. 本年度建立二維水質之數值模式，使用成大水工所於2009至2011年於臺中港內之水質觀測站以及港研中心於臺中港所設立的海域水質測站來率定與驗證水質模式，並藉由水質模式來模擬分析上游汙染源對臺中港區水質變化情形。由模擬結果可知，BOD濃度在臺中港港區外均能符合乙類海域水體水質標準(<3ppm)，在**無風驅動下**於港外出海口之BOD濃度擴散方向**往北**為主。受**NNE方向**風場影響下外海BOD濃度擴散方向**往南**為主，受**S方向**風場影響下外海BOD濃度擴散方向**往北**為主。

- 2. 應用經率定與驗證後之模式，本計畫針對水體涵容能力進行初步之討論，於水體涵容能力初步討論，如假設水域臨界值為乙類與丙類海水水體之水質標準，其BOD 涵容餘裕量分別為**3.78E+07kg/day**、**5.04E+07kg/day**。

結論

- 3. 臺中港外水體品質整體而言良好，而港內仍可能受到來自內陸排水有機廢污水之污染。
- 4. 臺中港海域表層**底質**(沉積物)**重金屬**無論與國內或國外相關沉積物重金屬相比，並**無**特別**異常**偏高之處，**均低於底泥品質指標項目濃度上限值**。其中砷含量於大肚溪外海(測站N11)相對最高外，其餘項目多以港內為較高。其底質砷含量略高應與台灣地層地質特性有關，係自然環境條件所致。
- 5. 底泥有機錫檢測結果顯示，僅於梧棲大排與安良港大排處(N5)，以及梧棲漁港港區(N7)底泥均測得微量有機錫，但未達對底棲生物危害之程度。
- 6. 相關性分析顯示，來自海淡水混合比例之**鹽度**與**生活畜牧廢污水**之項目如**生化需氧量**、**大腸桿菌群**與**氨氮**、**總磷**明顯呈現**高度負相關**，反映出來自**陸源淡水**，仍為**影響臺中港海域水體品質主要因子**。

結論

- 7. 藉由向國內航商公司對於壓艙水處理設備裝置率、船舶進入我國各港壓艙水處理現況以及對於未來壓艙水管理的措施之適用性等三大項目進行問卷調查，發現我國目前可採用的處置方式為船用壓艙水管理系統，亦是航運公司目前傾向採用的處置方式，而岸上壓艙水收受設施由於技術問題仍有待克服，但其安全性高且較具公信力，因此可列為未來港口技術開發項目之一，尤以駁船式設備的應用較為可行。
- 8. 壓艙水管理制度的建立包含多面，如指定交換區之劃設、船舶壓艙水資料之申報、港口國相關管制作業等等，但因目前具有外來生物種侵入威脅之船舶壓艙水在我國國內法之定位不明確，相關政府部門難依現有法規執法；因此極需在法制議題上給予船舶壓艙水清楚的定義，以便相關政府部會有法源根據以研擬進一步之管理規則。

建議

- 1.未來若持續進行臺中港環境水體品質調查，建議可僅針對來自耗氧之有機營養鹽項目列為優先調查，重金屬則可降低監測頻率。此外有鑑於港域底質與生物體容易蓄積受到來自燃燒不完全所產生的已知或潛在致癌物質-多環芳香族碳氫化合物(PAHs)，可納入監測考量。
- 2.未來欲持續保護與提升改善臺中港域水體與鄰近海域水體品質，除應持續強化陸域水污染及港域船舶稽查管制與巡查，如可配合環保單位成立河川巡守志工隊，以及港務公司成立港域巡守志工隊外，如何主動削減匯入港區排水污染熱區之污染量，亦為後續可納入考量與推行及努力之方向。
- 3.港域底泥出現微量有機錫，應與過去船舶防污漆之溶出有關，但目前國際間與國內均已宣導禁用，因此臺中港與梧棲漁港內底泥之有機錫含量，由2012年初步第一次調查結果研判，經有限之少量採樣結果，尚未發現有特別異常污染情勢，但後續仍可持續追蹤，針對港內如停泊整理修復船舶之碼頭進行調查，以進一步確認其是否有受到有機錫污染或殘留現象。同時配合教育宣導禁用有機錫作為船舶防污塗料。

建議

- 4. 航運公司有意願裝置船上壓艙水處理設備使壓艙水處裏能符合國際要求，但因缺少前例可循並且公約生效之日已近，國內急需壓艙水相關資訊平臺讓航運界、相關公部門、學界等對於實務需求有交換資訊、對策研討的空間，以為未來壓艙水管理策略的擬定與執行奠立基礎。
- 5. 欲建立適於我國的壓艙水管理制度，當前應實施的措施建議如下：
  - 將具有外來生物種侵入威脅之船舶壓艙水的定義明確化
  - 建立船舶壓艙水資料申報系統
  - 劃設指定壓艙水交換區
  - 港口國管制將攜載有高風險壓艙水之船舶列入管制抽查對象

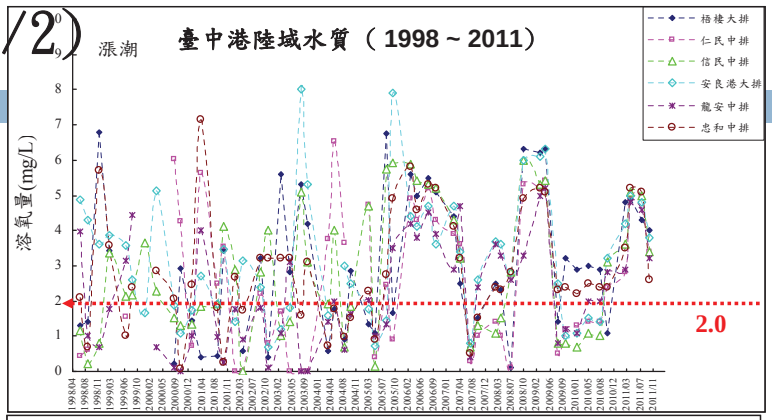
■謝謝各位　敬請指教

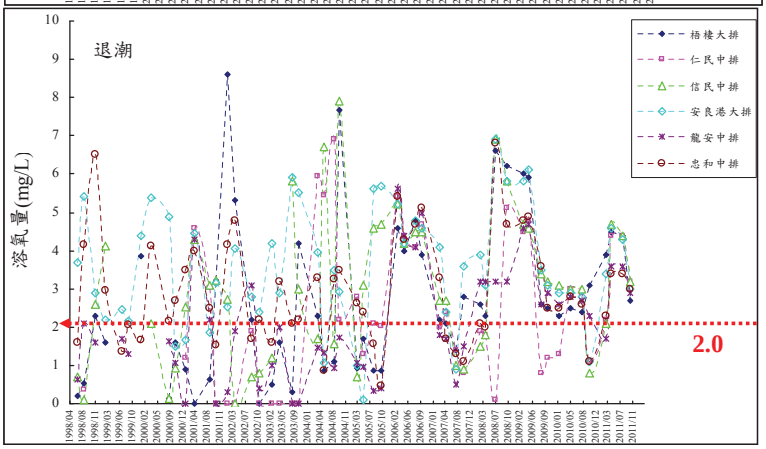
八　本計畫歷年研究成果回顧

臺中港陸域水質(1/2)

- 溶氧常出現偏低
- 生化需氧量及大腸桿菌群常遠高標準值
- 上游排水路受到來自生活、畜牧污水嚴重污染







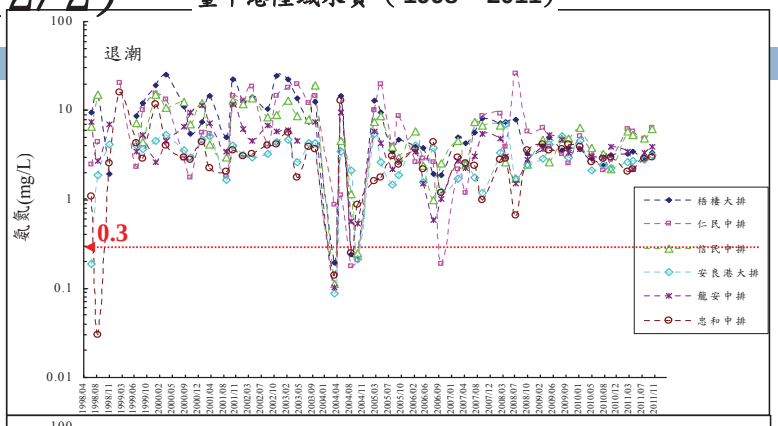
http://www.tchb.gov.tw/Data/default.htm

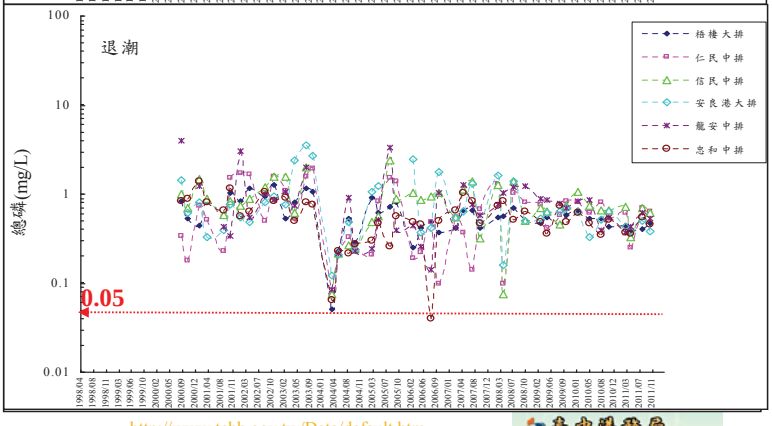
臺中港務局 Taichung Harbor Bureau

臺中港陸域水質(2/2)

- 氨氮及總磷多無法符合「陸域水體水質標準」



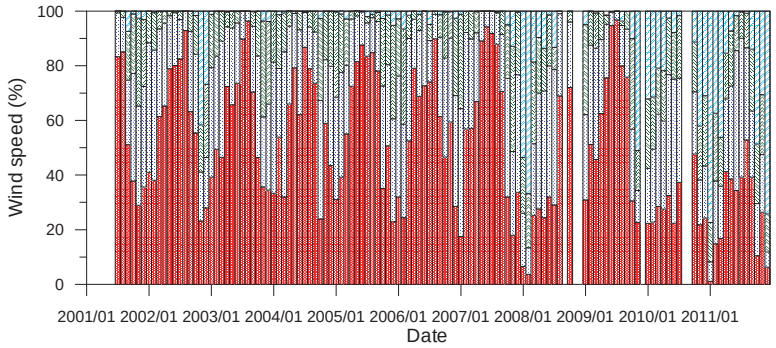




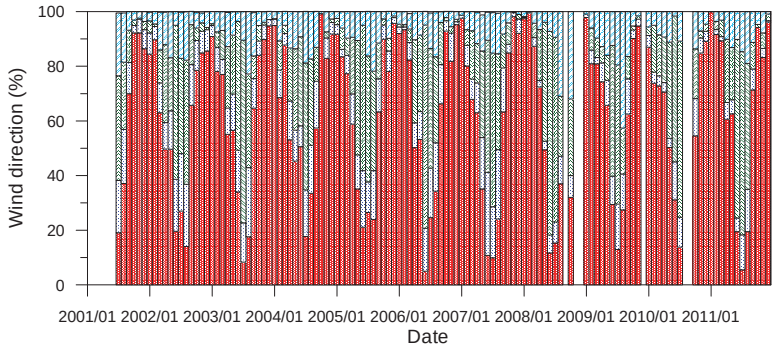
http://www.tchb.gov.tw/Data/default.htm

臺中港務局 Taichung Harbor Bureau

氣象資料統計－台中港風速及風向之月統計分佈圖



- 風速<5 m/sec，約佔50.5%
- 介於5-10 m/sec之間，約佔27.4%
- 介於10-15 m/sec之間，約佔13.9%
- 風速>15 m/sec，約佔8.2%

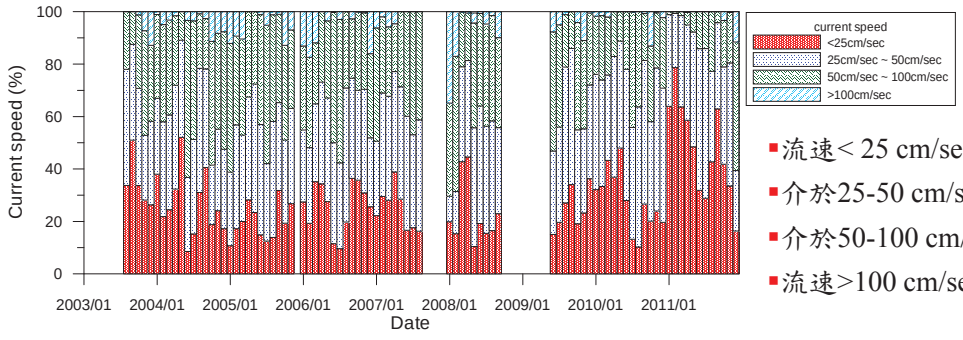


港區附近主要風向為

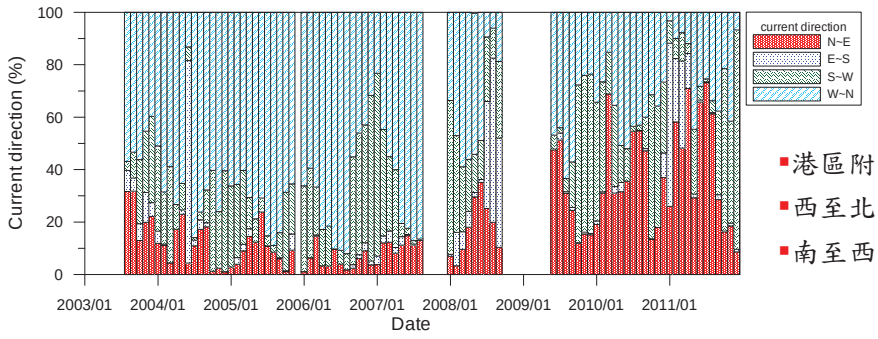
- 北至東向，約佔62.7%
- 南至西向，約佔19.3%

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2001年至2011年，交通部運輸研究所。

海氣象資料統計－台中港海流流速及流向月統計分佈



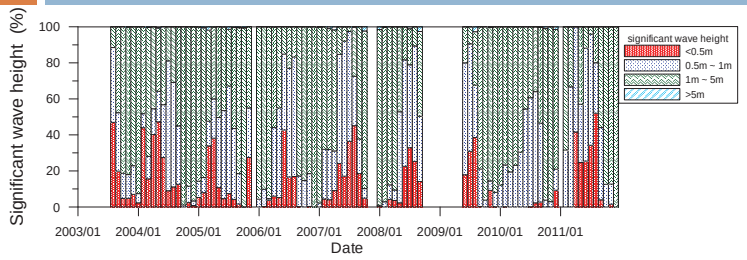
- 流速< 25 cm/sec ，約佔28.4%
- 介於25-50 cm/sec之間，約佔37.5%
- 介於50-100 cm/sec之間，約佔301%
- 流速>100 cm/sec，約佔4.1%



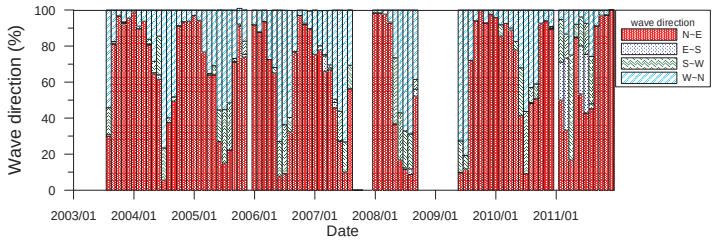
- 港區附近主要流向為
- 西至北向，約佔50.6%
- 南至西向，約佔23.1%

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2003年至2011年，交通部運輸研究所。

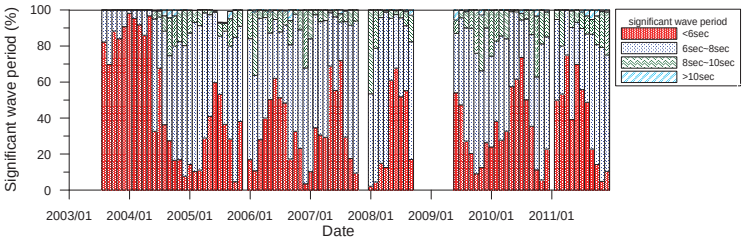
海氣象資料統計－台中港波高、週期及波向之月統計分佈圖



- 波高<0.5 m，約佔12.7%
- 介於0.5 m-1 m之間，約佔28.2%
- 介於1-5 m之間，約佔58.8%
- 波高>5 m以上，約佔0.3%



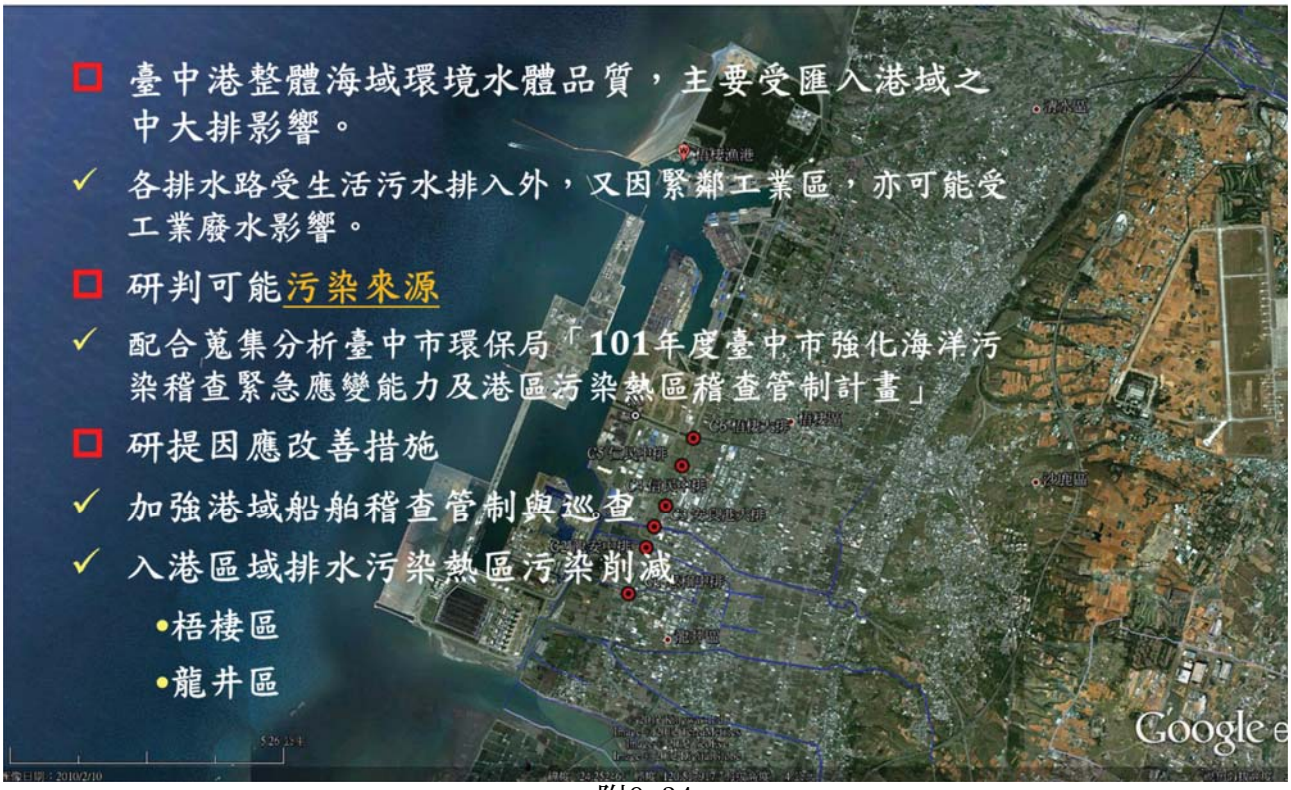
- 港區附近主要波向為
- 北至東向，約佔65.2%
- 西至北向，約佔23.9%。



- 週期<6 sec以下，約佔41.5%
- 介於6 - 8 sec之間，約佔48.2%
- 介於8 - 10 sec之間，約佔9.4%
- 週期>10 sec以上，約佔0.7%

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2003年至2011年，交通部運輸研究所。

污染物來源



可能污染來源

□**導致水體**品質**變動**者，多**來自畜牧與生活等有機方面耗氧之氮、磷**類物質，即屬於**有機性廢水**，而**多屬於無機性廢之水重金屬**方面則**未有特別異常**。

□**臺中港區**鄰近台中市**梧棲區與龍井區**，藉由**環保署水污染民眾公開查詢系統**(http://223.200.80.24/opensearch/index.asp) 查詢，可瞭解事業管制現況。

□由查詢資料統計結果(截止日：2012/9/30)可知，位於**梧棲區計有92家事業，龍井區則有55家**。

□**梧棲區**

✓除來自傳統之**社區下水道與畜牧業、屠宰業、餐飲業及醫院、醫事機構、觀光旅館(飯店)**皆可能排放有機性廢水外，來自**石油化學業**因廢水量大且含揮發性物質，當排放之過量營養鹽時，亦為影響近岸水體品質優氧化之可能來源之一。

□**龍井區**

✓**食品製造業與社區下水道**皆為有機廢污水之來源以外，其**造紙業及印染整理業**者，亦為有機廢水來源之一。

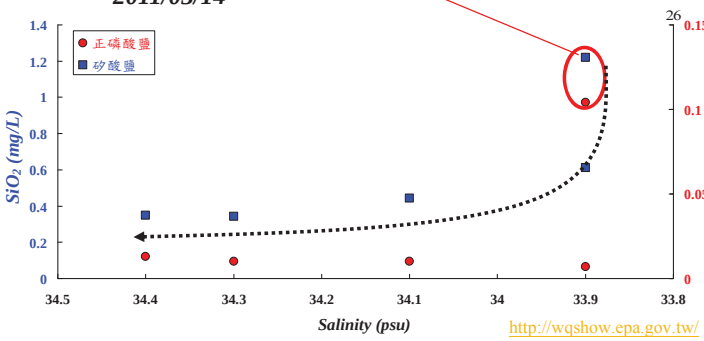
- 本計畫並未實際進行水域污染源現地調查，無法進一步明確釐清實際之污染事業廠商。
- 未來可配合蒐集分析臺中市環保局「101年度臺中市強化海洋污染稽查緊急應變能力及港區污染熱區稽查管制計畫」中，所執行之水污染稽查管制與巡查成果，或可找出主要之污染來源與違法排放之廠商。

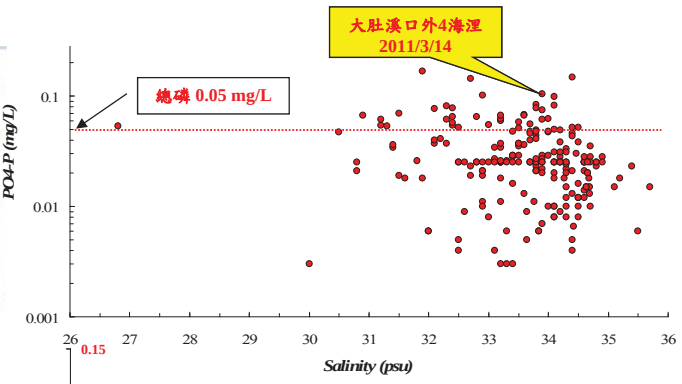
臺中港外海域水質

- 環保署-臺中港沿海設置5處海域水質測站，歷次水質 (1997~ 2012)監測結果
  - pH均能符合其所屬之乙類海域水質標準，溶氧量亦可符合標準。
  - 早期(1997年7月至2001年9月)總磷於臺中港沿海一與沿海二測站曾高於參考之甲類標準。
  - 氨氮(2005年3月至2011年10月)則均能符合參考之甲類標準。
  - 重金屬方面臺中港沿海二曾出現1次銅略高於海域標準外，其餘均能符合標準。
  - 歷年正磷酸鹽多次偏高且高於總磷標準。



2011/03/14





✓**2011.03大肚溪口外4海浬處受河川淡水影響導致沿海海水正磷酸鹽與矽酸鹽濃度相對偏高，而鹽度略低**

✓**2011.08大安溪口亦出現正磷酸鹽與矽酸鹽濃度相對略高，而鹽度則略低**

✓**2011.10大安溪口、大肚溪口與外4海浬正磷酸鹽仍有偏高**

✓**2012.02台中港沿海一&二及大肚溪口正磷酸鹽仍有偏高**

http://wqshow.epa.gov.tw/

二維水動力控制方程式

- 二維水理模式(2D Hydrodynamic model)
  - 連續方程式

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}+\frac{\partial (HU)}{\partial x}+\frac{\partial (HV)}{\partial y}=0$$

  - x、y方向運動方程式

$$\frac{\partial U}{\partial t}+U\frac{\partial U}{\partial x}+V\frac{\partial U}{\partial y}-fV+g\frac{\partial \zeta}{\partial x}+g\frac{U(U^2+V^2)^{1/2}}{C^2H}$$
$$-\frac{1}{\rho H}\tau_x^s-(E_{xx}\frac{\partial^2 U}{\partial x^2}+E_{xy}\frac{\partial^2 U}{\partial y^2})=0$$

$$\frac{\partial V}{\partial t}+U\frac{\partial V}{\partial x}+V\frac{\partial V}{\partial y}+fU+g\frac{\partial \zeta}{\partial y}+g\frac{V(U^2+V^2)^{1/2}}{C^2H}$$
$$-\frac{1}{\rho H}\tau_y^s-(E_{yy}\frac{\partial^2 V}{\partial y^2}+E_{xy}\frac{\partial^2 V}{\partial x^2})=0$$

8.1 數值模擬歷年研究歷年成果

本全程計畫4 年(第一年無數值模擬)來已建立水理與水質數值模式，各年度數值模式針對臺中港海域水動力與港區水水質之模擬分析說明如下：

第2 年度(2010 年)

•應用二維水理水質之數值模式結合particle tracking 模式來模擬分析台中港區水體水質與港區內水動力機制之關係，進行流場模式之率定，利用彰濱海域之CH7W 測站實測海潮流資料來進行率定。模擬結果顯示與實測值相當吻合，可驗證本模式可適切模擬台中港至彰濱海域之大區域海潮流變化。

•應用率定驗證之二維水理模式來預測臺中港在不同環境因子之潮汐交換率的情形。在不同上游流量時(CASE1~CASE5)，由模擬結果可知愈接近臺中港出海口，其海水交換率愈佳。

8.1 數值模擬歷年研究歷年成果

第 3 年度(2011 年)

•建立**三維水理之數值模式**，使用台中港南北兩側所設立之海流測站來率定與驗證所建立之二維與三維水動力模式，並藉由二維或三維水理模式來模擬分析臺中港區海域之水動力情形。由模擬結果可知，漲潮時潮流分別從臺中港南北兩端向臺中港匯集。退潮時則由臺中港附近海域向南北兩端流出，此與交通部運輸研究所“近岸漂沙機制與防治研究(1/4)”第五章之結果趨勢一致。

•針對風場變化對於台中港海流影響進行初步之討論。模擬結果顯示，在風向為NNE 之方向條件下，風速愈大，則造成之海流流速愈大。在風向為SSW 之方向條件下，風速愈大，則造成之海流流速愈小。另外在本計畫之模擬風場變化之條件下，上層流速會大於下層流速值。此皆證明了模式的合理性。

8.1 數值模擬歷年研究歷年成果

第 4 年度(2012 年)

•建立二維水質之數值模式，使用本研究計畫成大水工所於2009 至2011 年於臺中港內之水質觀測站以及港研中心於臺中港所設立的海域水質測站來率定與驗證水質模式，並藉由水質模式來模擬分析上游汙染源對臺中港區水質變化情形。由模擬結果可知，BOD 濃度在臺中港港區外均能符合乙類海域水體水質標準(<3ppm)，除了港內地區(梧棲大排附近)BOD 濃度BOD 濃度甚至可高於3ppm，且在無風驅動下於港外出海口之BOD 濃度擴散方向往北為主。受NNE 方向風場影響下外海BOD濃度擴散方向往南為主，受S 方向風場影響下外海BOD 濃度擴散方向往北為主。

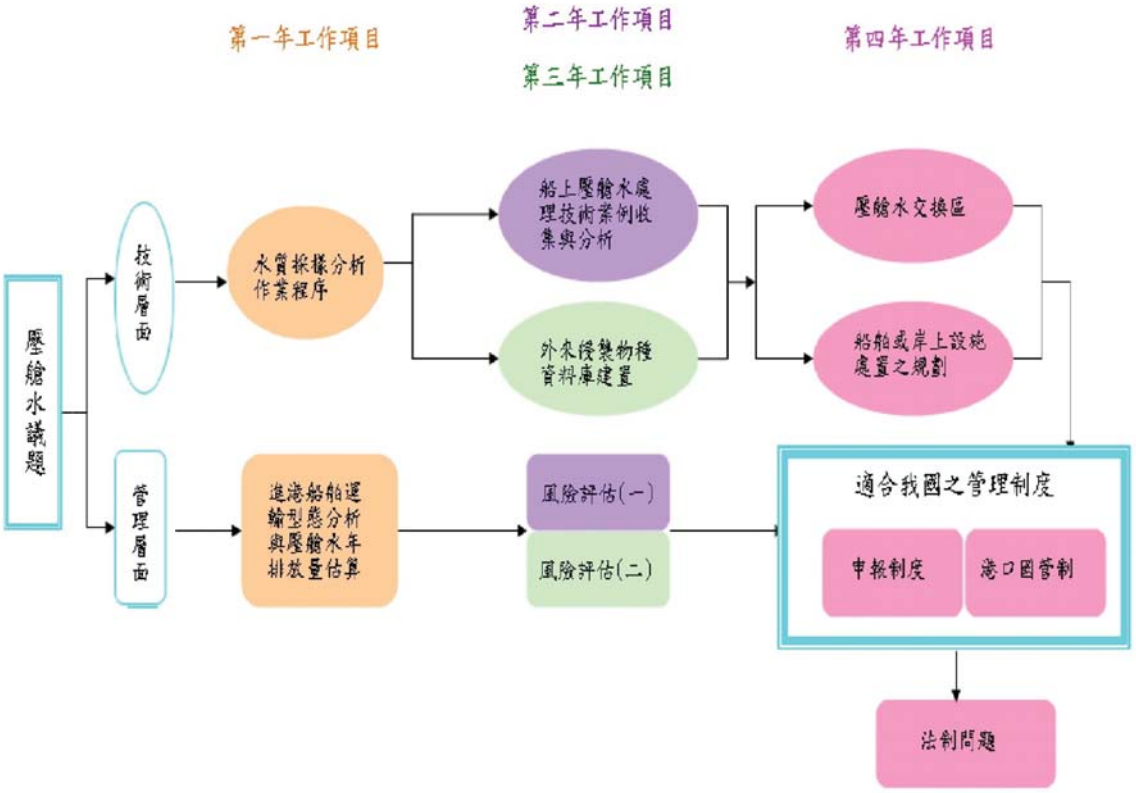
•於水體涵容能力初步討論，如假設水域臨界值為乙類與丙類海水水體之水質標準，其BOD 涵容餘裕量分別為3.78E+07kg/day、5.04E+07kg/day。

8.2 歷年水質整體特性與變化趨勢

- **第1年度□□□□年□**
  - 前半年於梅雨季節前後進行各1次近岸水域採樣調查；後半年則針對匯入臺中港域之主要排水進行1次之上、下游水質之24小時連續全潮觀測。
- **第□年度□□□1□年□**
  - 採樣調查延續2009年之近岸水域調查，上半年於3月23日至3月24日完成枯水期採樣，下半年則於豐水期之9月7日至9月8日完成臺中港鄰近海域水質調查，依據調查結果將可提供港灣附近水質分布之特性、影響水質之因素、以評估對生態環境之影響以及與自然條件的相關性。
- **第□年度□□□11年□**
  - 著重於臺中港與鄰近海域之重金屬變動與分布特性調查研究，其中海域水質於豐、枯水期間各進行1次採樣，海域底質則於枯水期間進行1次採樣，上半年枯水期之海域水質與底質調查於4月7日完成；下半年豐水期調查則於10月10日完成海域水質採樣。

□□

8.3 船舶壓艙水管理研究歷年成果



附錄十　期末報告審查意見回覆

交通部運輸研究所合作研究計畫

□期中■期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究 (4/4)

執行單位：財團法人成大研究發展基金會

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
黃清和委員：		
1. 歷年研究成果對臺中港附近海域相關海象、氣象及水質等調查資料收集及分析完整，有助於瞭解港區附近水域水質、浮游動植物豐富度及底質重金屬種類分佈特性。	謝謝委員肯定。	
2. 研究成果中所建構二維、三維水質數值模式，可完整模擬分析臺中港區海域之水動力特性，有助於未來污水源產生時，預作防範措施及因應對策，建議是否將其 know-how 技術轉給港研中心。	謝謝委員建議。將依照合約規範辦理。	
3. 部分時段現場調查水質、底質重金屬等資料顯示異常者，除探討產生原因外，建議提出具體可行因應對策。	謝謝指正，並將於期末修正報告中提出具體可行之因應對策。可朝向兩方面進行。 (1) 污染稽查管制與削減：配合臺灣港務股份有限公司-臺中港務分公司(民營化前身為臺中港務局)調查成果，將可能之污染來源通報臺中市政府環境保護局，加強定期與不定期，以及夜間污染稽查管制。由環保局與委辦單位針對商漁港依照季節與船舶活動密集度進行污染巡察(50 船次/年)，同時對於排入港區污染熱區之事業放流水進行稽查採樣(50 家次/年)，同時對於不明暗管與繞流排放管線加以鉛封及追查與依法嚴厲處分。 (2) 落實海域工程施作管理：由環保局配合海巡單位，針對海域工程施工單位進行近岸與海上稽巡查，針對申請之開發單位進行每季至少 1 次之定期與不定期稽查，而施工活動密集期間更應加強稽查頻率。	符合
4. 研究成果對壓艙水部份，除就技術面、管理層面探討外，宜追蹤目前現場已觀測到 26 種外來生物種演化情形，並評估其對港域生態可能造成影響並提因應對策，以防範於未來。	謝謝指教。本研究亦曾規劃上船進行壓艙水採樣以進一步分析外來種入侵情形，但礙於缺少法規支持，因此無法上船採樣。建議未來生態調查，持續追蹤外來生物種演化情形。	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
胡慶祥委員：		
1. 研究成果豐碩，值得肯定。	謝謝委員肯定。	
2. 有關壓艙水法制、法律競合之建議：(1)明確海洋污染防治法第 29 條第 1 項對壓艙水之適用，請環保署函釋「其他污染物質」；(2)依前法施行細則第 19 條，由交通部制定壓艙水管理辦法；(3)或需配套修訂船舶設備規則有關壓艙水之定義。	本研究曾訪談環保署對於海洋污染防治法第 29 條第 1 項之見解。根據他們的解釋，「其他污染物質」並不包含壓艙水，建議未來可正式請環保署函釋。關於管理辦法等由行政機關制定之法規命令，根據行政程序法第 150 條第 1 項，行政機關基於法律授權才能發布法規命令。建議中所提「由交通部制定壓艙水管理辦法或需配套修訂船舶設備規則有關壓艙水之定義」，由於涉及限制人民或事業之權利，依行政程序法須依法授權方能制定壓艙水管理辦法。	
3. P.7-28 第二段末所稱海洋污染防治法第 17 條排除事項，請確認。	謝謝指教。此處為誤植，應更正為海洋污染防治法第 29 條，以與第 7-25 頁之論述符合。	符合
4. 有關建置壓艙水資訊平臺立意甚佳。建議可由座談會出發，初步成立內部論壇網頁，拋出議題廣泛討論。	謝謝指教。要推動船舶壓艙水法制之研擬、建立，的確相當需要資訊平台讓各方進行意見交換，建議未來可參考此模式來推動。	
5. 建議未來增加有機物監測項目，除 PAHs 外，亦考慮 PCBs 及 dioxins。	謝謝指教，建議底泥未來增加有機物監測項目為 PAHs、 PCBs 及 dioxins。	
6. 參考文獻 112~118 排序；土壤汙染監測「基準」為「標準」；Enterococci 應為腸球菌；IMO 認証上市件數在 P.6-6 和 P.6-20 不一致；P.7-18「第 7.3 節」應為「第 7.4 節」；表 6-3「使用活物質」應為「使用活性物質」；圖 6-6「中合系統」應為「中和系統」；P.9-4，倒數第 2 行，「處裏」應係「處理」。	謝謝指教並謹遵修正。	符合
蔡立宏委員：		
1. 報告內容文獻、文字，請再校對。	謝謝指教並謹遵修正。	
2. 內容所提單位等名稱，請更新。如臺中港務局，臺中縣等，另年代請統一，如用西元年。	謝謝指教並謹遵統一修正。	符合
3. 水質調查成果建議增加特殊參數之 4 年比較圖。	謝謝指教並謹遵建議，補充水質調查成果中，特殊參數之 4 年比較圖。	
4. 座談會成果，報告中建議提及。	謝謝指教，遵照辦理。	
何良勝委員：		
1. 報告格式，請依本所規定辦理。	謝謝指教，遵照辦理。	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
2. 於 chap2 中，有關風、波浪、海流等之分佈分析，其依不同檢定而有不同之適用分佈，請補充說明最佳之分佈適用情況。	無母數統計分析（Non-parametric Statistics）適用於母群體分佈情況未明、小樣本、母群體分佈不為常態也不易轉換為常態。特點在於儘量減少或不修改其建立之模型，較具穩健特性；在樣本數不大時，計算過程較簡單。 無母數統計推論時所使用的統計量的抽樣分配通常與母體分配無關，不必推論其中位數、適合度、獨立性、隨機性，更廣義的說，無母數統計又稱為「不受分配限制統計法」（distribution free）。無母數統計缺乏一般之機率表，檢定時是以等級（Rank）為主要統計量，常用到的檢定有 Kolmogorov-Smirnov、Anderson-Darling 及 Chi-Squared 等方法。 本研究利用上述之適合度檢定方法，推論風、波浪、海流資料在常態分布、雷禮分布、韋伯分布、Gamma 分布等分布條件下之最適合的統計模型。	
3. 請補強 chap8 之前三年研究成果彙整。	謝謝指教，遵照辦理。	
王玉懷委員書面審查：		
1. 預定進度執行。研究結果有深度的分析討論。	謝謝委員肯定。	
2. 臺中港區之水文自然環境為：潮差大、流強、風強、浪高，因此水體混合劇烈，與水質底泥污染研究結果相符，呈現無污染到輕微污染。又，本案有水理模式及 4 年 9 次觀測，能否提供本區污染之擴散指標，或海域對污染物之”稀釋能力”。	由本計畫所建立的水理水質模式可以模擬汙染物在台中港海域之擴散稀釋能力。在這四年計劃中，工作團隊此曾利用水粒子運動軌跡、染劑擴散以及 BOD 擴散傳輸來模擬台中港海域汙染物之稀釋能力，其結果請參閱第二年至第四年的報告。	符合
3. 水質底泥污染之重要分析結果，請補充以圖形呈現，例如 EF 及 Igeo 於表 5-4 及表 5-5 中之較大數值。表 5-7 及表 5-8 水質底泥相關分析之關鍵指標性數據。	謝謝指教並謹遵建議，重要分析結果另以圖形方式呈現。	符合
4. 結論部份及分年(分區)成果討論，請補強整合四年及歷年資料之呈現，例如圖 4-4 為 1997-2012 重金屬銅之變化為很好的表示。本區之鋁、砷之趨勢變化？相關分析及主成份分析(PCA)能否應用到多年觀測之整合資料？	謝謝指教。 (1) 本區域海域水質並未檢測鋁，而環保署僅於 1997 與 1998 年曾進行海域水質砷之調查，調查結果均能符合標準且無異常，亦無特定變化趨勢，而本研究亦於 2011 與 2012 年共進行 4 次水質砷調查，檢測結果無論於臺中港內與港外，同樣均能符合標準且無異常，而 2012 年濃度略有降低之趨勢。 (2) 海域水質與底質相關性分析於環保署之長期水質觀測資料而言，因未同時進行底質調查而無法進行長期之數據相關性分析。而主成分分析則已應用臺中港務分公司(原為臺中港務局)多年之數據進行分析。	

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
李芳胤委員書面審查：		
1. 本案之研究團隊已完成預定工作項目，並展現具體成果，值得肯定。	謝謝委員肯定。	
2. 底泥長期吸附水中重金屬等物質，故探討底質與水質關係時，可將歷年之水質資料納入，探討其相關性，或可得到較具代表性之結果。	謝謝指教。誠如委員所言，底泥因可長期吸附累積污染物，故較能反映環境污染狀況，尤其是重金屬方面之污染。而水質則除非重金屬污染嚴重，否則不易察覺。本研究區域底泥重金屬調查結果，除於臺中港北側之梧棲漁港(測點 N7)底泥重金屬銅，曾測得高於國內底泥標準之上限值，其餘均低於國內底泥標準之下限值，與國內外相關底泥標準相比，臺中港域內底泥重金屬雖相對高於港外，但不像過去高雄港有明顯重金屬污染蓄積之現象，歷年臺中港內外海域水質重金屬濃度亦屬正常，多能符合水質標準，其水質數據與底泥重金屬相關性不高。以本研究 2011 與 2012 年調查所得之水質與底泥重金屬相關性分析結果，尚未發現有具體之相關性。	
3. 探討底質重金屬富集程度時，同時採用全球地殼鋁平均值與大甲溪外海鋁濃度加以計算，並比較結果之差異，值得參考。	敬悉。	
4. 摘要內容建議減少工作內容之陳述，而是依工作項目(P.1-6)將成果簡要呈現，使讀者能快速了解執行成果。	謝謝指教，遵照辦理。	符合
臺中港務分公司：(列席)		
1. 臺中港自 85 年至今每年皆進行港區環境調查監測分析，包含空氣品質、海域、陸域水質、海域生態、土壤及地下水等項目進行監測，本案研究報告對於本分公司具高度參考價值。	謝謝委員肯定。	
2. 各項水質檢測均分為漲、退潮，建議於數據分析時敘述漲、退潮之差異性。	謝謝指教。陸域水質採樣調查分為漲、退潮各自取樣，將補充其差異性於 2.6 節內說明；而海域水質調查則未採漲、退潮分開調查。	符合
3. 圖 2-48~圖 2-55 各大排之檢測數據圖中，建議加入該適用法規標準數值以利比較。	謝謝指教。將於期末修正報告圖中加入適用之法規標準數值。	符合
4. P.3-5 圖 3-1 與表 3-1 之內容有些許差異，請統一。	謝謝指正並遵照修正。	符合
5. P.3-44 3.4.1 章節 SPI 法(Sea Pollllltion…)，請更正為 Pollution。	謝謝指正並遵照修正。	符合

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
6. P.3-44 表 3-3BOD 之嚴重等級應修正為”>15”。	謝謝指正並遵照修正。	
7. 計畫書文中提及匯入臺中港之排水路水質狀況不佳(BOD 及大腸桿菌群數值等偏高)，比對港內水質(如各大排出口處)各項檢測項目多能符合乙類海域水體水質標準，請探究其原因為何。	謝謝指教。原因推測如下： (1) 冬春乾季雨量少時，原主要排入港區之陸源污染，因水閘門關閉使得污染物多被阻擋於港區排入口之前，加上其他可能污染源注入量相對較低的情形下，臺中港水體品質主要受來自相對潔淨之海水稀釋，使污染物濃度降低，故水質較佳且多能符合乙類海域水體水質標準。 (2) 夏秋濕季雨量多時，因內陸防溢淹而開啟水閘門，導致陸源污染於此時期大量進入臺中港水域，若加上潮汐漲退水體流動方向不利污染向港外擴散時，往往就會造成水質不佳與部分項目無法符合標準。	
8. 建議由大排檢測結果考慮各大排污廢水之流量估算各大排之污染排放量，進而推估主要污染源。	謝謝指教。本計畫乃採用 2009 年成大水工所於各中大排量測水質與流速資料，作為模式模擬汙染源之汙染濃度與排放量。欲進一步計算推估各中大排之污染量，除現場水質取樣檢測分析其污染物濃度外，尚須要有實測之流量觀測資料，此建議可作為未來研究之調查重點方向。	
9. 請說明簡報 P.24 安良港及梧棲大排為主要污染源？P.27 總承載量之計算基準為何，應納入其他大排之污染量，才得以推估涵容餘裕量。	臺中港大部份污染物係自港區外之中大排廢水，尤以安良港大排與梧棲大排影響最大，亦作為選定數值模式與推估涵容能力之主要汙染源。本研究之總承載計算基準是以假設台中港海域水質符合環保署公告之乙類海域水質標準(BOD=3ppm)來計算。謝謝委員建議，目前因僅有安良港大排與梧棲大排之流速量測資料，故先以此二大排之污染量來推估涵容餘裕量。未來若有更多排水路的資料時，將會納入考量。	