100-31-7523
MOTC-IOT-98-H2DB003

鄰港水質環境調查研究(2/4)

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 100 年 4 月

100-31-7523
MOTC-IOT-99-H2DB003

鄰港水質環境調查研究(2/4)

著 者：蔡立宏、徐如娟、蕭士俊、劉大綱、許弘莒

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 100 年 4 月

100

鄰港水質環境調查研究(2/4)

交通部運輸研究所

GPN: 1010000439
定價 450 元

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(2/4)
/蔡立宏等著. --初版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，
民 100.04
面 ；　公分
ISBN 978-986-02-7294-9 (平裝)

1. 水資源 2. 環境監測 3. 船舶 4.排水 5.臺中港

554.61　100003686

鄰港水質環境調查研究(2/4)

著　　者：蔡立宏、徐如娟、蕭士俊、劉大綱、許弘莒
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 100 年 4 月
印 刷 者：
版(刷)次冊數：初版一刷 90 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：450 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：1010000439　　ISBN：978-986-02-7294-9（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

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：鄰港水質環境調查研究(2/4)</td></tr>
<tr><td>國際標準書號（或叢刊號）
ISBN978-986-02-7294-9 (平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1010000439</td><td>運輸研究所出版品編號
100-31-7523</td><td>計畫編號
99-H2DB003</td></tr>
<tr><td>主辦單位：港灣技術研究中心
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</td><td colspan="2">合作研究單位：財團法人成大研究發展基金會
計畫主持人：蕭士俊
研究人員：劉大綱、許弘莒、黃瓊珠、
郭平巧、蔡欣潔
地址：701 臺南市東區大學路 1 號
聯絡電話：06-2757575 分機 31146</td><td>研究期間
自 99 年 3 月
至 99 年 12 月</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：水質、環境調查、船舶排水、臺中港</td></tr>
<tr><td colspan="4">摘要：

本研究調查鄰港附近水質環境，依據調查結果配合當地海氣地象資料以及水質生態資料，提出港灣附近水質分佈的特性、影響水質之因素、評估對生態環境之影響以及與自然條件的相關性。由歷年水質調查結果可知，本調查區域內近岸水體，主要受到來自陸源生活、畜牧污水經河川排水路匯入所影響，每年冬春枯水期，內陸排水受水閘門關閉阻擋，導致污染累積於內陸，而雨季甚至颱風豪大雨之際，基於排洪防溢淹，水閘門開啟，造成大量氮磷類污染物進入近岸水體，使臺中港內水質不佳，因此臺中港域水質需注意夏秋之際內陸污染排入之影響，此外，梧棲大排出口處與安良港大排出口處部分港域水質濃度偏高情形已改善，水質漸趨良好與本年度調查結果顯示，並未發現有明顯的異常污染情形。

本研究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，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，模擬結果顯示，當風速越大時，臺中港內之海水交換率愈佳。利用主成份分析法分析該區海域之水質資料及各參數之相關性，提出港區內水質採樣分析相關作業程序。本年度研究所得之成果將可作為未來進行海域水質數值與系統動力學模擬之參考依據，了解上游污染源以及其排放總量，對於港域內污染總量之評估有相當大的助益。

水質之主成份分析歸納出臺中港海域水體特性，第 1 主成份顯現的是來自陸源的氮、磷類營養鹽污染成份，陸源淡水具有較高的氮磷含量，以及相對較海水為低的 pH 值，而且淡水中帶來之懸浮固體量較高，導致水體的透明度降低；第 2 主成份代表可能致病微生物指標成份之影響，結果顯示鹽度同時對五日生化需氧量及大腸桿菌群之負相關性，意味著來自陸源淡水之生物性可能致病指標，當陸源水含量相對較高時將造成鹽度下降，而此時水體含有其他致病菌的機會將大為增高；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，不易看出相關水質的關係特性，僅以溶氧量較為顯著。</td></tr>
</table>

在壓艙水方面研究方面，本年度分析臺中港 94-98 年之進港船舶運輸資料，估算船上壓艙水量大約介於八十萬噸上下，其中以貨櫃輪排放量約佔總排放量的一半。並透過資料分析找出壓艙水主要來源，根據壓艙水公約之指導原則分析各港口與臺中港之間的溫度、鹽度相似度，藉此判斷風險程度高低。風險評估結果顯示此五年間造訪臺中港的船舶的上一港中，香港為極度風險區，在鹽度、溫度甚至航程都相當接近。藉由此分析方法研判各港口的風險高低，進一步研擬臺中港未來壓艙水管理方法。除研擬壓水管理方法外，研究中亦舉出機械、物理與化學之壓艙水處理方法，並列出已審核通過的壓艙水科技處理技術與 IMO 列舉之岸上收受設施與收費制度。綜合上述，水質生態分析、壓艙水與風險分析之結果可提供管理單位作為研擬未來管理方法擬定之參考依據。

成果效益方面，本研究探討臺中港及鄰港附近水動力以及漂沙機制，說明結構物、海象以及地形條件互制，所產生特殊的波潮流分佈以及侵淤積現象，此結果可提供各港務局相關單位作為未來改善港灣漂沙侵淤積問題之參考；提出水質及生態調查分析結果以及影響水質之可能污染源，可作為未來進行海域水質、海域生態及環保與港務單位管理港灣附近排放污染源之參考依據。整理臺中海域海象、氣象、地象、水質及生態資料，自 1999 年至 2009 年期間共有 71 個颱風侵襲臺灣海域，平均每年約有 6.5 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。整理臺中港水質監測資料，利用主成份分析法分析該區海域之水質資料及各參數之相關性，最後提出港區內水質整合分析結果。本年度研究所得之成果將可作為未來進行海域水質數值與系統動力學模擬之參考依據，結果可提供管理單位作為評估分析之參考依據。進行船舶壓艙水排放量與風險評估，並研擬壓艙水處理方式與管理策略，成果可做為未來政府因應國際局勢研擬壓艙水管理法令之依據。

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
100 年 4 月	490	450	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。

機密等級：

□密□機密 □極機密 □絕對機密

（解密條件：□ 年 月 日解密，□公布後解密，□附件抽存後解密，

□工作完成或會議終了時解密，□另行檢討後辦理解密）

■普通

備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。

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

TITLE: Investigation of the Water Quality Environments near Harbor (2/4)

ISBN (OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN978-986-02-7294-9 (pbk)	1010000439	100-31-7523	99-H2DB003

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 March 2010
TO December 2010

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

KEY WORDS: Water quality, Hydrodynamics, Boat discharge, Taichung Harbor

ABSTRACT:

This project is to investigate the water quality near Taichung Harbor. According to the results of investigation and the collected data of winds, waves, currents, water qualities and ecologies, the properties and influence factors of the water qualities distribution near the harbor can be determined. 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 area of Taichung Harbor.

According to water quality investigation over the years, Taichung's coastal water is affected by livestock wastewater transported by the rivers. During the rainy season, land-based runoffs result in large amount of nitrogen and phosphorus discharged into coastal water. Principle component analysis (PCA) was used to evaluate the relationship between the different water qualities and to establish the relation, which could be used to represent the water quality in Taichung Harbor. The first principle component from PCA arises from land-based sources nutrients, the second represent the impact of pathogenic microorganisms, and the third may come from agricultural, fishery and ship-generated pollutants.

In this study, data of shipping traffic during 2005-2009 in Taichung Harbor were analyzed to evaluate the risk for the introduction of non-indigenous species. The ballast water quantity was estimated around eight hundred thousand tons. It was found that the ports of call with higher risk of invasion are from the port of Hong Kong, which has very similar salinity and temperature as Taichung Harbor. The future management strategy should target on vessels from these harbor of high risk to protect the coastal environment of Taichung Harbor.

In this study, the sand drift dynamics adjacent to Taichung Harbor was discussed

and the interaction behaviors among coastal structures, ocean conditions and seabed topology were evaluated. The specific distribution of ocean waves and tides, and the coastal erosion and accumulation of sediment can be used by the Port Authorities for future management of the relavant problems. Results for water quality and ecological survey can be used as a reference for the future coastal management regarding to sea water quality, marine ecology and environmental protection, and emission sources control.

In this study, we compiled the water qualities and ecological data from 1999 to 2009. There were 71 typhoons invading i.e., averagely 6.5 pieces per year. The compilations of these data are very important for sea water quality environment, marine disaster early warning, and coastal management. The water quality monitoring data in Taichung Harbor were analyzed using principal component analysis (PCA) to determine the relationship among the parameters. The results, together with the coastal hydrodynamic information, can be used as a reference for future study or management decision-making related in this area. The results concerning ballast water of vessels, the related risk assessment, and the management strategies in response to the ballast water issues can be very useful for developing ballast water treatment methods, making management strategies or regulations in the future.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
April 2011	490	450	☐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(2/4)

目　錄

摘　要 I

目　錄 V

表目錄 IX

圖目錄 XV

第一章　前言 1-1

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 1-2

1.4 預期成果 1-4

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 2-10

2.3.1 風 2-10

2.3.2 海流 2-12

2.3.3 波浪 2-14

2.3.4 潮位 2-17

2.4 颱風資料 2-19

2.5 海域水質 2-27

2.5.1 臺中港外海水質 2-27

2.5.2 臺中港港內水質 2-32
2.6 陸域水質 2-39
2.7 海域生態 2-48
2.7.1 浮游植物 2-50
2.7.2 浮游動物 2-50
2.7.3 底棲生物 2-50
2.7.4 魚類 2-51
2.7.5 生態指數變化 2-51
2.8 船舶壓艙水議題 2-62
2.8.1 壓艙水引進外來種之影響 2-63
2.8.2 壓艙水相關法規訂定 2-63
第三章 水體採樣調查及分析 3-1
3.1 測站規劃 3-1
3.1.1 測站設置原則 3-1
3.1.2 測站選定 3-2
3.2 海域水質調查 3-4
3.2.1 採樣方法 3-4
3.2.2 採樣頻率 3-4
3.2.3 分析項目與檢測方法 3-4
3.3 海域水質調查結果 3-5
3.4 海域生態調查 3-22
3.4.1 樣品採集 3-22
3.4.2 採樣頻率 3-23
3.4.3 分析項目 3-23

3.5 海域生態調查結果 3-23
3.5.1 浮游植物 3-23
3.5.2 浮游動物 3-32
第四章 近岸海域水體水質與近岸海域水動力機制的相關性 4-1
4.1 二維水動力模式率定與驗證 4-1
4.1.1 水理模式之建立 4-1
4.2.1 水理模式之率定驗證 4-3
4.2 潮汐交換能力之分析 4-23
4.2.1 潮汐交換率(tidal exchange rate) 4-23
4.2.2 污染物擴散模式(dispersion model) 4-25
4.2.3 Particle tracking 模式 4-26
4.2.4 潮汐交換率之計算 4-26
第五章 水質與生態統計分析 5-1
5.1 海域水質分析 5-1
5.2 統計分析結果 5-8
第六章 船舶排水對臺中港水質影響探討 6-1
6.1 資料分析方法 6-2
6.1.1 資料來源 6-2
6.1.2 排水量分析 6-2
6.1.3 風險評估 6-5
6.2 結果分析 6-9
6.2.1 進港船舶運量等基本資料 6-9
6.2.2 壓艙水排放估算 6-26
6.2.3 船舶之生物風險評估 6-30

第七章　壓艙水處理方式評估與策略之研擬.....7-1
7.1 公約中與壓艙水處理相關之規範.....7-1
7.2 壓艙水處理技術.....7-7
7.2.1 物理方式處理.....7-9
7.2.2 機械處理方法.....7-13
7.2.3 化學處理方法.....7-17
7.2.4 案例分析.....7-22
7.3 壓艙水管理策略之研擬.....7-26
第八章　結論與建議.....8-1
8.1 結論.....8-1
8.2 建議.....8-4
8.3 成果效益及後續應用情形.....8-5
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　期中報告審查意見處理情形表.....附 6-1
附錄七　期末報告審查意見處理情形表.....附 7-1
附錄八　期中簡報.....附 8-1
附錄九　期末簡報.....附 9-1

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 1999-2009 年之氣象觀測資料統計表 2-5

表 2-3　梧棲氣象站 1999-2009 年之氣象觀測資料統計表 2-5

表 2-4　臺中港 2001 年至 2009 年風之風速及風向統計表 2-10

表 2-5　臺中港 2003 年至 2009 年海流之流速及流向統計表 2-12

表 2-6　臺中港 2003 年至 2009 年示性波高、週期及波向資料統計表.....2-15

表 2-7　臺中港 1999-2009 年潮位資料統計 2-18

表 2-8　1999 年至 2009 年侵臺颱風基本資訊一覽表 2-20

表 2-8(續) 1999 年至 2009 年侵臺颱風基本資訊一覽表 2-21

表 2-9　1999 年至 2009 年期間颱風路徑分類統計表 2-22

表 2-10　水體分類及水質標準.....2-30

表 2-11　臺灣北、中、南部海域水質調查統計表 2-31

表 3-1　民國 99 年臺中港鄰港海域水質測站座標 3-2

表 3-2　水質檢測項目之方法與偵測極限等品質目標 3-6

表 3-3　民國 99 年 3 月臺中港鄰港海域水質採樣調查結果 3-7

表 3-4　民國 99 年 9 月臺中港鄰港海域水質採樣調查結果 3-8

表 3-5　民國 99 年 3 月臺中港鄰港水質環境調查浮游植物個體量及含量百分比.....3-27

表 3-6　民國 99 年 9 月臺中港鄰港水質環境調查浮游植物個體量及含量百分比.....3-28

表 3-7　民國 99 年臺中港鄰港水質環境調查
各測站浮游植物生態指數.....3-29

表 3-8　臺中港海域歷次浮游植物族群歧異度及優勢度指數表 3-29

表 3-9　民國 99 年 3 月臺中港鄰港水質環境調查
浮游動物平均豐度及含量百分比 3-35

表 3-10　民國 99 年 9 月臺中港鄰港水質環境調查
浮游動物平均豐度及含量百分比 3-36

表 3-11　民國 99 年臺中港鄰港水質環境調查
各測站浮游動物生態指數.....3-37

表 3-12　臺中港海域歷次浮游動物族群歧異度及優勢度指數表 3-37

表 4-1　大區域海潮流模式之格網及計算條件 4-4

表 4-2　王功漁港 1997 年潮位調和分析表 4-9

表 4-2(續) 王功漁港 1997 年潮位調和分析表.....4-10

表 4-3　成大水工所鹿港潮位站 1997 年潮位調和分析表 4-11

表 4-3(續) 成大水工所鹿港潮位站 1997 年潮位調和分析表 4-12

表 4-4　臺中港 1997 年潮位調和分析表 4-13

表 4-4(續) 臺中港 1997 年潮位調和分析表.....4-14

表 4-5　鹿港潮位站歷年潮位基準高程統計結果 4-15

表 4-6　北外廓防波堤堤頭 TC.A 測站波浪特性統計表 4-19

表 4-7　模式模擬不同上游流量之案例.....4-28

表 5-1　臺中港海域水質原始資料(X)與經過X^3、X^2、$\sqrt{X}$、
$\log(X)$、$\ln(X)$、$1/X$、$1/\sqrt{X}$、$1/X^2$及$1/X^3$函數轉換後
頻度分布比較.....5-9

表 5-1(續 1) 臺中港海域水質原始資料(X)與經過X^3、X^2、$\sqrt{X}$、$\log(X)$、$\ln(X)$、$1/X$、$1/\sqrt{X}$、$1/X^2$及$1/X^3$函數轉換後頻度分布比較.....5-10

表 5-1(續 2) 臺中港海域水質原始資料(X)與經過X^3、X^2、$\sqrt{X}$、$\log(X)$、$\ln(X)$、$1/X$、$1/\sqrt{X}$、$1/X^2$及$1/X^3$函數轉換後頻度分布比較.....5-11

表 5-1(續 3) 臺中港海域水質原始資料(X)與經過X^3、X^2、$\sqrt{X}$、$\log(X)$、$\ln(X)$、$1/X$、$1/\sqrt{X}$、$1/X^2$及$1/X^3$函數轉換後頻度分布比較.....5-12

表 5-2 臺中港海域水質水溫原始資料與轉換後之常態化測試結果.....5-14

表 5-3 臺中港海域水質氫離子濃度原始資料與轉換後之常態化測試結果.....5-14

表 5-4 臺中港海域水質鹽度原始資料與轉換後之常態化測試結果.....5-15

表 5-5 臺中港海域水質溶氧量原始資料與轉換後之常態化測試結果.....5-15

表 5-6 臺中港海域水質生化需氧量原始資料與轉換後之常態化測試結果.....5-16

表 5-7 臺中港海域水質礦物性油脂原始資料與轉換後之常態化測試結果.....5-16

表 5-8 臺中港海域水質大腸桿菌群原始資料與轉換後之常態化測試結果.....5-21

表 5-9 臺中港海域水質酚類原始資料與轉換後之常態化測試結果.....5-21

表 5-10　臺中港海域水質氨氮原始資料與轉換後之
常態化測試結果.....5-22
表 5-11　臺中港海域水質總磷原始資料與轉換後之
常態化測試結果.....5-22
表 5-12　臺中港海域水質氰化物原始資料與轉換後之
常態化測試結果.....5-23
表 5-13　臺中港海域水質有機氮原始資料與轉換後之
常態化測試結果.....5-23
表 5-14　民國 85～97 年臺中港海域水質相關性檢定結果 5-31
表 5-15　海域水質主成份之特徵值及解釋變異量百分比 5-32
表 5-16　海域水質特徵值大於 1 之主成份相關係數矩陣 5-33
表 5-17　民國 98～99 年臺中港海域水質相關性檢定結果 5-38
表 5-18　海域水質主成份之特徵值及解釋變異量百分比(11 項).....5-39
表 5-19　海域水質特徵值大於 1 之主成份相關係數矩陣(11 項).....5-39
表 5-20　海域水質主成份之特徵值及解釋變異量百分比(9 項).....5-44
表 5-21　海域水質特徵值大於 1 之主成份相關係數矩陣(9 項).....5-44
表 5-22　臺中港沿海海域水質與浮游植物相關性分析 5-45
表 6-1　壓艙水排放量估算歐洲模式表格 6-4
表 6-2　壓艙水公約規範風險評估之三種方式 6-5
表 6-3　壓艙水風險評估法.....6-7
表 6-4　溫度吻合風險程度.....6-8
表 6-5　鹽度風險程度.....6-9

表 6-6　航程風險表.....6-9
表 6-7　臺中港 94-98 年度艘數、總噸位、貨物量.....6-11
表 6-8　臺中港 94-98 年進港船舶種類.....6-12
表 6-9　臺中港 94-98 年進港船舶艘數變化.....6-12
表 6-10　簽署壓艙水公約或擬定壓艙水管理辦法之國家.....6-16
表 6-11　全球權宜船旗之國家.....6-17
表 6-12　臺中港入港船舶艘次前十大船旗國家.....6-18
表 6-13　臺中港 94-98 年進港船舶上一港國家累積表.....6-22
表 6-14　臺中港歷年壓艙水排放量估算.....6-28
表 6-15　各國港口風險區分.....6-32
表 6-16　溫鹽風險評估表.....6-33
表 6-16(續 1) 溫鹽風險評估表.....6-34
表 6-16(續 2) 溫鹽風險評估表.....6-35
表 6-16(續 3) 溫鹽風險評估表.....6-36
表 6-16(續 4) 溫鹽風險評估表.....6-37
表 6-16(續 5) 溫鹽風險評估表.....6-38
表 6-16(續 6) 溫鹽風險評估表.....6-39
表 6-16(續 7) 溫鹽風險評估表.....6-40
表 6-16(續 8) 溫鹽風險評估表.....6-41
表 6-16(續 9) 溫鹽風險評估表.....6-42
表 6-16(續 10) 溫鹽風險評估表.....6-43

表 6-16(續 11) 溫鹽風險評估表.....6-44
表 6-16(續 12) 溫鹽風險評估表.....6-45
表 7-1 IMO 壓艙水達標標準(D-2).....7-1
表 7-2 IMO 壓艙水管理逐步實施期程.....7-2
表 7-3 IMO 所列之六種岸上收受設施收費制度.....7-7
表 7-4 一般壓艙水過濾設備之裝設成本.....7-10
表 7-5 物理處理方法.....7-12
表 7-6 機械處理方法.....7-16
表 7-7 化學處理方法.....7-18
表 7-8 目前已通過審核之壓艙水處理技術.....7-22
表 7-9 各國壓艙水處理技術.....7-25
表 7-10 美國壓艙水回報表格.....7-29
表 7-11 澳洲壓艙水回報表格.....7-30
表 7-12 針對入侵種控制之工作內容.....7-35

圖目錄

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 2009 年平均氣溫、最高氣溫及
最低氣溫之月統計圖.....2-6

圖 2-3　臺中氣象站 1999 年至 2009 年平均風速、最多風向及
瞬間最大風速之月統計圖.....2-6

圖 2-4　臺中氣象站 1999 年至 2009 年平均相對濕度及
最小相對濕度之月統計圖.....2-6

圖 2-5　臺中氣象站 1999 年至 2009 年平均氣壓之月統計圖 2-7

圖 2-6　臺中氣象站 1999 年至 2009 年降水量及降水時數之
月統計圖.....2-7

圖 2-7　臺中氣象站 1999 年至 2009 年降水日數及日照時數之
月統計圖.....2-7

圖 2-8　梧棲氣象站 1999 年至 2009 年平均氣溫、最高氣溫及
最低氣溫之月統計圖.....2-8

圖 2-9　梧棲氣象站 1999 年至 2009 年平均風速、最多風向及
瞬間最大風速之月統計圖.....2-8

圖 2-10　梧棲氣象站 1999 年至 2009 年平均相對濕度及
最小相對濕度之月統計圖.....2-8

圖 2-11　梧棲氣象站 1999 年至 2009 年平均氣壓之月統計圖 2-9

圖 2-12　梧棲氣象站 1999 年至 2009 年降水量及降水時數之
月統計圖.....2-9

圖 2-13　梧棲氣象站 1999 年至 2009 年降水日數及日照時數之
月統計圖.....2-9

圖 2-14　臺中港 2001 年至 2009 年風速及風向之月統計圖 2-11
圖 2-15　臺中港 2001 年至 2009 年風速及風向之月統計分佈圖 2-11
圖 2-16　臺中港 2003 年至 2009 年海流流速、流向及
最大流速之月統計.....2-13
圖 2-17　臺中港 2003 年至 2009 年海流流速、流向及
最大流速之月統計分佈圖.....2-13
圖 2-18　臺中港 2003 年至 2009 年平均示性波高、平均週期及
最大示性波高之月統計.....2-16
圖 2-19　臺中港 2003 年至 2009 年平均示性波高、平均週期及
波向之月統計分佈圖.....2-16
圖 2-20　臺中港 1999 年至 2009 年最大潮差、大潮平均潮差及
平均潮差之月統計圖.....2-17
圖 2-21　颱風路徑分類圖.....2-22
圖 2-22　2009 年蓮花颱風之路徑圖.....2-23
圖 2-23　2009 年莫拉菲颱風之路徑圖.....2-24
圖 2-24　2009 年莫拉克颱風之路徑圖.....2-25
圖 2-25　2009 年芭瑪颱風之路徑圖.....2-26
圖 2-26　臺灣沿海海域水體分類圖.....2-29
圖 2-27　臺中港港內海域水質監測點位圖 2-32
圖 2-28　臺中港港內歷年溶氧量監測值.....2-33
圖 2-29　臺中港港內歷年生化需氧量監測值 2-34
圖 2-30　臺中港港內歷年大腸桿菌群監測值 2-35
圖 2-31　臺中港港內歷年氨氮監測值.....2-36

圖 2-32　臺中港港內歷年總磷監測值.....2-37
圖 2-33　臺中港港內歷年鹽度監測值.....2-38
圖 2-34　陸域水質監測點位圖.....2-39
圖 2-35　上游陸域水質之歷年水溫監測值 2-40
圖 2-36　上游陸域水質之歷年 pH 監測值.....2-41
圖 2-37　上游陸域水質之歷年溶氧量監測值 2-42
圖 2-38　上游陸域水質之歷年生化需氧量監測值 2-43
圖 2-39　上游陸域水質之歷年懸浮固體監測值 2-44
圖 2-40　上游陸域水質之歷年大腸桿菌群監測值 2-45
圖 2-41　上游陸域水質之歷年氨氮監測值 2-46
圖 2-42　上游陸域水質之歷年總磷監測值 2-47
圖 2-43　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佈圖 2-49
圖 2-44　臺中港海域浮游植物生態多樣性歧異度變化趨勢 2-53
圖 2-45　臺中港海域浮游動物生態多樣性歧異度變化趨勢 2-54
圖 2-46　臺中港海域底棲動物生態多樣性歧異度變化趨勢 2-55
圖 2-47　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 2-56
圖 2-48　臺中港海域浮游植物生態優勢度變化趨勢 2-57
圖 2-49　臺中港海域浮游動物生態優勢度變化趨勢 2-57
圖 2-50　臺中港海域底棲動物生態優勢度變化趨勢 2-58
圖 2-51　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.....2-59

圖 2-52　臺中港海域浮游植物生態均勻度變化趨勢 2-60
圖 2-53　臺中港海域浮游動物生態均勻度變化趨勢 2-60
圖 2-54　臺中港海域底棲生物生態均勻度變化趨勢 2-61
圖 2-55　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.....2-62
圖 3-1　民國 99 年度臺中港鄰港海域水質與生態測站位置 3-3
圖 3-2　臺中港鄰近沿海海域之歷年酸鹼度變化 3-21
圖 3-3　臺中港鄰近沿海海域之歷年溶氧量變化 3-21
圖 3-4　臺中港鄰近沿海海域之歷年重金屬銅變化 3-21
圖 3-5　民國 99 年 3 月浮游植物之細胞總個體數與歧異度之
關係.....3-30
圖 3-6　民國 99 年 3 月浮游植物之細胞總個體數與優勢度之
關係.....3-30
圖 3-7　民國 99 年 9 月浮游植物之細胞總個體數與歧異度之
關係.....3-30
圖 3-8　民國 99 年 9 月浮游植物之細胞總個體數與優勢度之
關係.....3-31
圖 3-9　臺中港海域浮游植物歧異度歷年與本計畫調查分析
比較圖.....3-31
圖 3-10　臺中港海域浮游植物優勢度歷年與本計畫調查分析
比較圖.....3-31
圖 3-11 民國 99 年 3 月浮游動物之細胞總個體數與歧異度之
關係.....3-38
圖 3-12　民國 99 年 3 月浮游動物之細胞總個體數與優勢度之
關係.....3-38

圖 3-13　民國 99 年 9 月浮游動物之細胞總個體數與歧異度之關係.....3-38
圖 3-14　民國 99 年 9 月浮游動物之細胞總個體數與優勢度之關係.....3-39
圖 3-15 臺中港海域浮游動物歧異度歷年與本計畫調查分析比較圖.....3-39
圖 3-16　臺中港海域浮游動物優勢度歷年與本計畫調查分析比較圖.....3-39
圖 4-1　臺中港位置示意圖及測站位置圖 4-4
圖 4-2　計畫範圍.....4-5
圖 4-3　海潮流模式模擬範圍及地形水深分佈圖 4-5
圖 4-4　民國 95 年臺中港海域等水深圖 4-6
圖 4-5　民國 95 年 8 月彰濱工業區海域地形水深影像圖 4-7
圖 4-6　民國 91 年之地形等水深圖.....4-7
圖 4-7　民國 96 年之地形等水深圖.....4-8
圖 4-8　臺中港驗潮站與鹿港河道驗潮站之水位記錄 4-15
圖 4-9　臺中港海氣象觀測站儀器安裝佈置示意圖 4-16
圖 4-10　臺中港北防波堤堤頭(AWCP)海流記錄.....4-17
圖 4-11　彰濱海域 CH7W 定點海流觀測站資料 4-18
圖 4-12　臺中港波浪觀測站位置圖.....4-19
圖 4-13　民國 95 年烏溪流量記錄.....4-20
圖 4-14　模式預測與實測流速比較圖.....4-21

圖 4-15　臺中港附近海域於漲潮時之流場分佈圖 4-22
圖 4-16　臺中港附近海域於退潮時之流場分佈圖 4-22
圖 4-17　系統簡化示意圖.....4-24
圖 4-18　模式模擬 CASE1 條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖 4-28
圖 4-19　模式模擬 CASE2 條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖 4-29
圖 4-20　模式模擬 CASE3 條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖 4-29
圖 4-21　模式模擬 CASE4 條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖 4-30
圖 4-22　模式模擬 CASE5 條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖 4-30
圖 4-23　模式模擬 CASE1 條件下，退潮時之染料濃度分佈圖 4-31
圖 4-24　模式模擬 CASE2 條件下，退潮時之染料濃度分佈圖 4-31
圖 4-25　模式模擬 CASE3 條件下，退潮時之染料濃度分佈圖 4-32
圖 4-26　模式模擬 CASE4 條件下，退潮時之染料濃度分佈圖 4-32
圖 4-27　模式模擬 CASE5 條件下，退潮時之染料濃度分佈圖 4-33
圖 4-28　模式模擬風速為 2m/sec，N 向之條件下，漲潮時之
染料濃度分佈圖.....4-33
圖 4-29　模式模擬風速為 5m/sec，N 向之條件下，漲潮時之染
料濃度分佈圖.....4-34
圖 4-30　模式模擬風速為 10m/sec，N 向之條件下，漲潮時之
染料濃度分佈圖.....4-34
圖 4-31　模式模擬風速為 2m/sec，N 向之條件下，退潮時之
染料濃度分佈圖.....4-35
圖 4-32　模式模擬風速為 5m/sec，N 向之條件下，退潮時之
染料濃度分佈圖.....4-35

圖 4-33　模式模擬風速為 10m/sec，N 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖.....4-36

圖 4-34　模式模擬風速為 2m/sec，E 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖.....4-36

圖 4-35　模式模擬風速為 5m/sec，E 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖.....4-37

圖 4-36　模式模擬風速為 10m/sec，E 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖.....4-37

圖 4-37　模式模擬風速為 2m/sec，E 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖.....4-38

圖 4-38　模式模擬風速為 5m/sec，E 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖.....4-38

圖 4-39　模式模擬風速為 10m/sec，E 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖.....4-39

圖 4-40　模式模擬風速為 2m/sec，W 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖.....4-39

圖 4-41　模式模擬風速為 5m/sec，W 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖.....4-40

圖 4-42　模式模擬風速為 10m/sec，W 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖.....4-40

圖 4-43　模式模擬風速為 2m/sec，W 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖.....4-41

圖 4-44　模式模擬風速為 5m/sec，W 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖.....4-41

圖 4-45　模式模擬風速為 10m/sec，W 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖.....4-42

圖 4-46　模式模擬風速為 2m/sec，S 向之條件下，漲潮時之
染料濃度分佈圖.....4-42

圖 4-47　模式模擬風速為 5m/sec，S 向之條件下，漲潮時之
染料濃度分佈圖.....4-43

圖 4-48　模式模擬風速為 10m/sec，S 向之條件下，漲潮時之
染料濃度分佈圖.....4-43

圖 4-49　模式模擬風速為 2m/sec，S 向之條件下，退潮時之
染料濃度分佈圖.....4-44

圖 4-50　模式模擬風速為 5m/sec，S 向之條件下，退潮時之
染料濃度分佈圖.....4-44

圖 4-51　模式模擬風速為 10m/sec，S 向之條件下，退潮時之
染料濃度分佈圖.....4-45

圖 4-52　模擬水粒子質點運動軌跡之起始排放位置圖 4-45

圖 4-53　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 1)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-46

圖 4-54　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 2)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-46

圖 4-55　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 3)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-47

圖 4-56　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 4)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-47

圖 4-57　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 5)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-48

圖 4-58　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 6)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-48

圖 4-59　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 7)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-49

圖 4-60　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 8)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-49

圖 4-61　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 9)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-50

圖 4-62　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 10)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-50

圖 4-63　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 11)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-51

圖 4-64　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 12)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-51

圖 4-65　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 13)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-52

圖 4-66　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 14)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-52

圖 4-67　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 15)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-53

圖 4-68　模式模擬水粒子質點由起始排放(點 16)到第 16 天時之
運動軌跡圖.....4-53

圖 5-1　環境監測資料進行統計分析處理流程.....5-7

圖 5-2　臺中港海域水質變數 square_水溫之常態分布
分位數對應圖.....5-17

圖 5-3　臺中港海域水質變數 cubic_pH 之常態分布
分位數對應圖.....5-17

圖 5-4　臺中港海域水質變數 cubic_鹽度之常態分布
分位數對應圖.....5-18

圖 5-5　臺中港海域水質變數 cubic_溶氧量之常態分布
分位數對應圖.....5-18

圖 5-6a　臺中港海域水質變數 log_生化需氧量之常態分布
分位數對應圖.....5-19

圖 5-6b　臺中港海域水質變數 ln_生化需氧量之常態分布
分位數對應圖.....5-19

圖 5-7　臺中港海域水質變數 reciprocal square-root_礦物性油
脂之常態分布分位數對應圖.....5-20

圖 5-8a　臺中港海域水質變數 log_大腸桿菌群之常態分布
分位數對應圖.....5-24

圖 5-8b　臺中港海域水質變數 ln_大腸桿菌群之常態分布
分位數對應圖.....5-24

圖 5-9a　臺中港海域水質變數 log_酚類之常態分布
分位數對應圖.....5-25

圖 5-9b　臺中港海域水質變數 ln_酚類之常態分布
分位數對應圖.....5-25

圖 5-10a 臺中港海域水質變數 log_氨氮之常態分布
分位數對應圖.....5-26

圖 5-10b 臺中港海域水質變數 ln_氨氮之常態分布
分位數對應圖.....5-26

圖 5-11a 臺中港海域水質變數 log_總磷之常態分布
分位數對應圖.....5-27

圖 5-11b 臺中港海域水質變數 ln_總磷之常態分布
分位數對應圖.....5-27

圖 5-12a 臺中港海域水質變數 reciprocal_氰化物之常態分布分位數對應圖.....5-28
圖 5-12b 臺中港海域水質變數 reciprocal square-root_氰化物之常態分布分位數對應圖.....5-28
圖 5-13a 臺中港海域水質變數 log_有機氮之常態分布分位數對應圖.....5-29
圖 5-13b 臺中港海域水質變數 ln_有機氮之常態分布分位數對應圖.....5-29
圖 5-14 臺中港海域水質總磷對溶氧分布.....5-33
圖 5-15 臺中港海域水質總磷對水溫分布.....5-34
圖 5-16 臺中港海域水質 pH 對鹽度分布.....5-35
圖 5-17 臺中港海域水質總磷對氨氮分布.....5-40
圖 5-18 臺中港海域水質總磷對水溫分布.....5-40
圖 5-19 臺中港海域水質總磷對水溫分布.....5-45
圖 6-1 生物地理區域.....6-8
圖 6-2 臺中港 94-98 年船舶艘次變化.....6-10
圖 6-3 臺中港 94-98 年度貨物進出口量與吞吐量變化.....6-10
圖 6-4 臺中港 94-98 年船舶總噸位變化.....6-10
圖 6-5 臺中港 94-98 年度艘次變化.....6-13
圖 6-6 臺中港 94-98 年進港船舶艘次變化.....6-13
圖 6-7 臺中港 94-98 年進港船舶各船旗國艘次.....6-19
圖 6-8 臺中港 94-98 年進港船舶各船旗國比例.....6-19

圖 6-9　臺中港 94-98 年進港船舶前一港所屬來源.....6-23
圖 6-10　臺中港 94-98 年進港船舶前一港所屬來源.....6-23
圖 6-11　94 年臺中港進港船舶前一港所屬區域累計百分比.....6-24
圖 6-12　95 年臺中港進港船舶前一港所屬區域累計百分比.....6-24
圖 6-13　96 年臺中港進港船舶前一港所屬區域累計百分比.....6-25
圖 6-14　97 年臺中港進港船舶前一港所屬區域累計百分比.....6-25
圖 6-15　98 年臺中港進港船舶前一港所屬區域累計百分比.....6-26
圖 6-16　臺中港 94-98 年壓艙水年度排放量變化.....6-29
圖 6-17　臺中港 94-98 年各船舶壓艙水年度排放量變化.....6-30
圖 6-18　極度危險港口分佈圖.....6-46
圖 7-1　處理壓艙水之科技方法.....7-8
圖 7-2　熱循環示意圖.....7-23
圖 7-3　Iron Whyalla 航線圖.....7-24
圖 7-4　美國麻州緬因灣建議壓艙水交換區域.....7-32
圖 7-5　臺中港未來實行風險評估時之建議步驟.....7-32

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，海域生物包括魚、蝦及貝類與藻類等生物，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。

目前並無整合水質與生態之分析方法，本研究以主成分分析法整合兩者，針對海域水質與生態監測資料化約為相互獨立且項目較少之新變數，用以解釋與描述其水體主要特性，換言之，主要係希望用較少的變數分析原資料中大部分變異，而這些主成份可用來作為資料解釋上之綜合性指標。在模擬方面，因污染質在臺中港區之稀釋與擴散傳輸快慢，關係水體水質優劣，而水質之擴散傳輸作用主要由潮汐之漲落造成之海流運動所控制，故本研究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與海水交換率的影響程度，探討上游排水路以及不同風速與風向對於港區內海水交換率之影響。在壓艙水調查方面，針對溫度與鹽度兩項環境因子並加上航程分析，調查各港口壓艙水對臺中港影響風險程度的高低，並針對壓艙水議題提出處理方法與管理策略，可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，本研究擬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佈的特性、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，將可更加了解每日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

本研究為針對臺中港附近海域進行水體採樣與分析，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。

1.3 研究內容及工作項目

為期達成本研究之研究目的，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」、「海域水動力機制分析」及「船舶壓艙水管理」等。其工作項目如下：

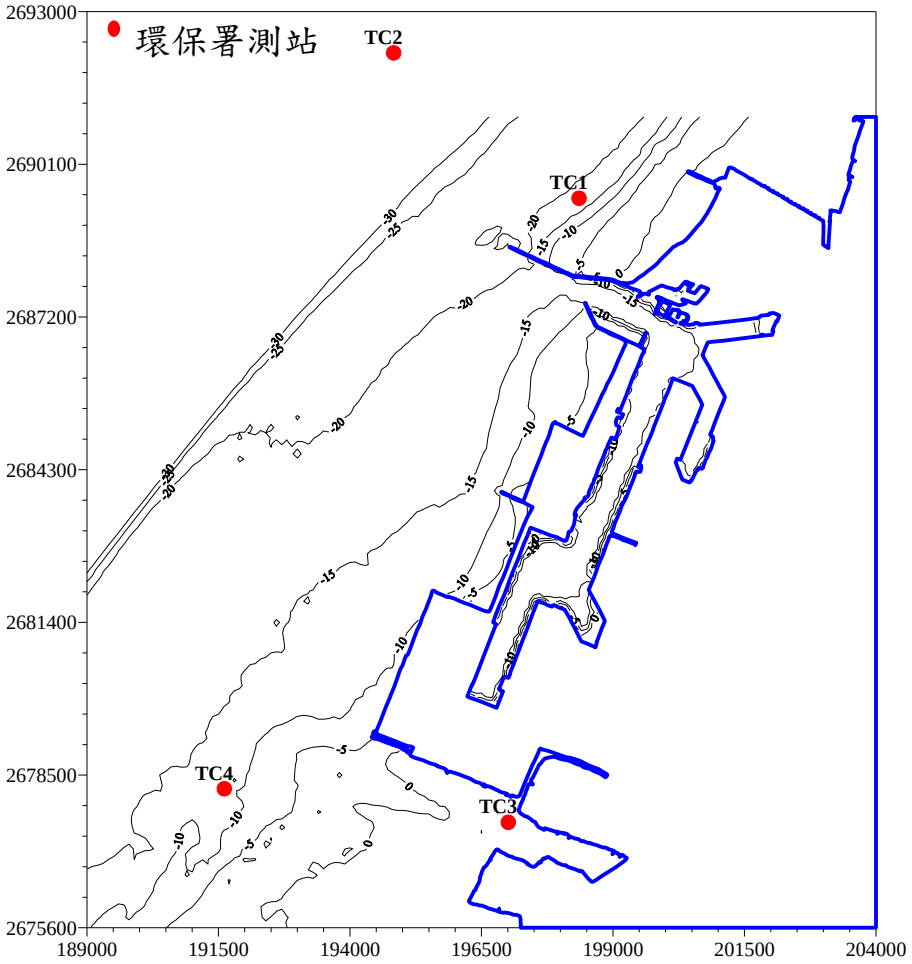


圖 1-1 臺中港附近海域

第一年（98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. 研擬港區內船舶排水水質採樣分析作業程序。

第二年（99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（100年）：

1. 針對高雄港港灣附近海域進行水體及底質重金屬採樣調查。
2. 以系統動態學模擬探討壓艙水排放對港口水質之影響。
3. 壓艙水排放量、水質與風險評估，收集與分析亞洲其它重要來源港區水質資料，分析亞洲其它來源船舶之生物污染風險。
4. 壓艙水處理方式評估與管理策略，收集國外船上壓艙水處理技術案例分析，收集國外船舶壓艙水之管理方式進行案例分析。

第四年（101年）：

1. 針對高雄港港灣附近海域持續進行水體及底質重金屬採樣調查。
2. 以系統動態學進行整合性評估不同水污染防治策略對港口水質與水環境生態改善與防護的成效。
3. 建立港域水質模式，以摸擬港域水質環境之變化趨勢，提供相關管理單位參考。

1.4 預期成果

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) 完成台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) 完成港灣附近海域水體與底質重金屬採樣調查及分析。

(2) 整理該海域海象、氣象、水質及生態資料，並分析其特性。

(3) 以系統動態學模擬探討壓艙水排放對港口水質之影響。

(4) 以水質模式探討港域水質變化對之影響。

(5) 提出壓艙水風險與處理方式評估及管理策略。

第四年：

(1) 完成港灣附近海域水體與底質重金屬採樣調查及分析。

(2) 整理該海域海象、氣象、水質及生態資料，並分析其特性。

(3) 完成以系統動態學進行整合性評估不同水污染防治策略對港口水質與水環境改善與防護的成效。

(4) 完成建立港域水質動力學模式，以模擬港域水質環境之變化趨勢，提供相關管理單位參考。

(5) 提出壓艙水風險與處理方式評估及管理策略，檢討壓艙水處理方式，彙整國際上現行管理方式，探討可行之管理方式。

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，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，提供港灣經營單位如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 2009 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；本所港灣技術研究中心之臺中港海象資料，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。

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°18’00”N 120°29’10”E	1999/10-2000/08	港研中心	AWCP
波浪	臺中港	24°18’09.4”N 120°28’38.4”E	2003/08-2009/12	港研中心	AWCP
海流	臺中港	24°18’10”N 120°28’40”E	2003/08-2009/12	港研中心	AWCP
風	臺中港	24°18’24”N 120°31’23”E	2001/07-2009/11	港研中心	Young Brand 風速計
潮位	臺中港	24°17’22.3”N 120°31’28”E	1999/10-1999/10 2001/04-2009/12	港研中心	Water Log
潮位	臺中港	24°18’10”N 120°28’30”E	2003/08-2009/12	港研中心	AWCP
潮位	臺中港	24°17’16”N 120°31’59”E	1999/01-1999/10 2002/01-2009/12	內政部	Aquatrak 音波式
氣象	臺中	24°08' 51”N 120°40'33”E	1999/01-2009/12	中央氣象局	
氣象	梧棲	24°15' 31”N 120°30'54”E	1999/01-2009/12	中央氣象局	

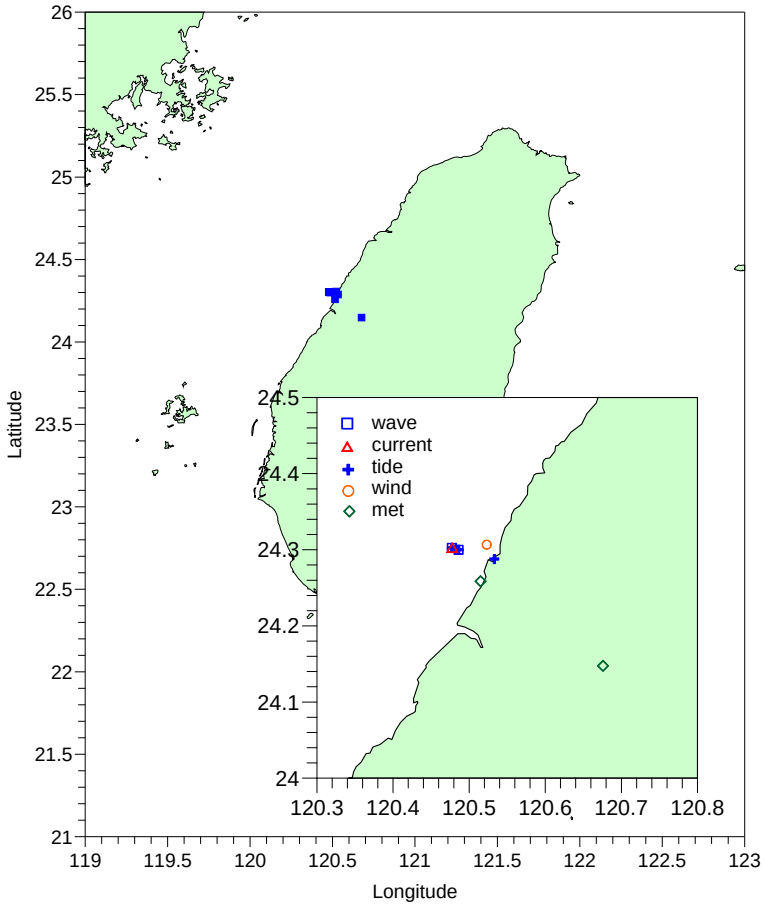


圖 2-1 臺中港附近海域海氣象資料之觀測站位置圖

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個，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 2009 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 23.9℃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 23%，發生在 2002 年 1 月 5 日。
4. 年平均氣壓介於 1001.5 hPa 至 1003.0 hPa 之間。
5. 年降雨量以 2003 年的 930.6 mm 為最少，其降雨時數為 361.9 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，各年度之氣象觀測資料統計值請參考附錄一。

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 4.6 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，各年度之氣象觀測資料統計值請參考附錄一。

表 2-2 臺中氣象站 1999-2009 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	-	-	26.9	310	2009/8/7	72.3	29	1002.3	1978.7	-	86	2094.0

資料來源：中央氣象局

表 2-3 梧棲氣象站 1999-2009 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	-	-	41.3	360	2009/8/7	74.7	36	1009.3	997.3	-	79	2261.8

資料來源：中央氣象局

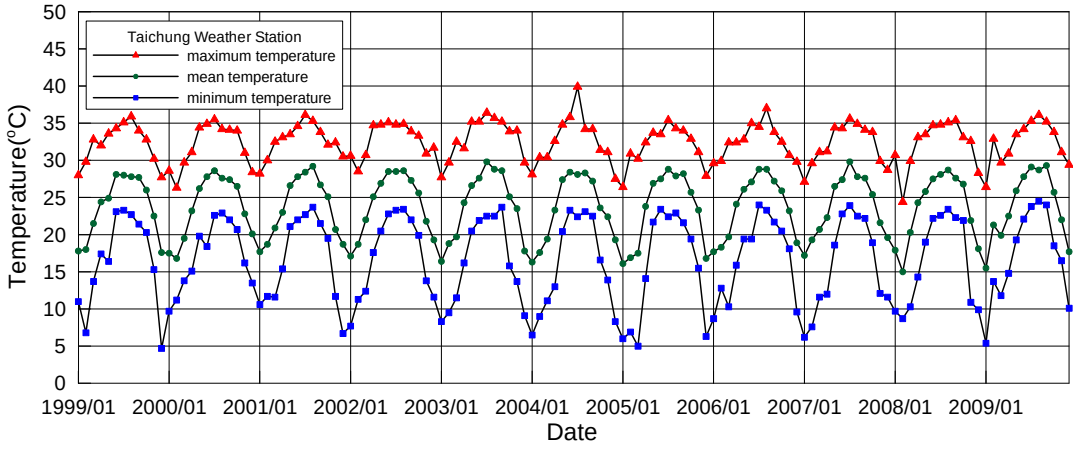


圖 2-2 臺中氣象站 1999 年至 2009 年平均氣溫、最高氣溫及最低氣溫之月統計圖

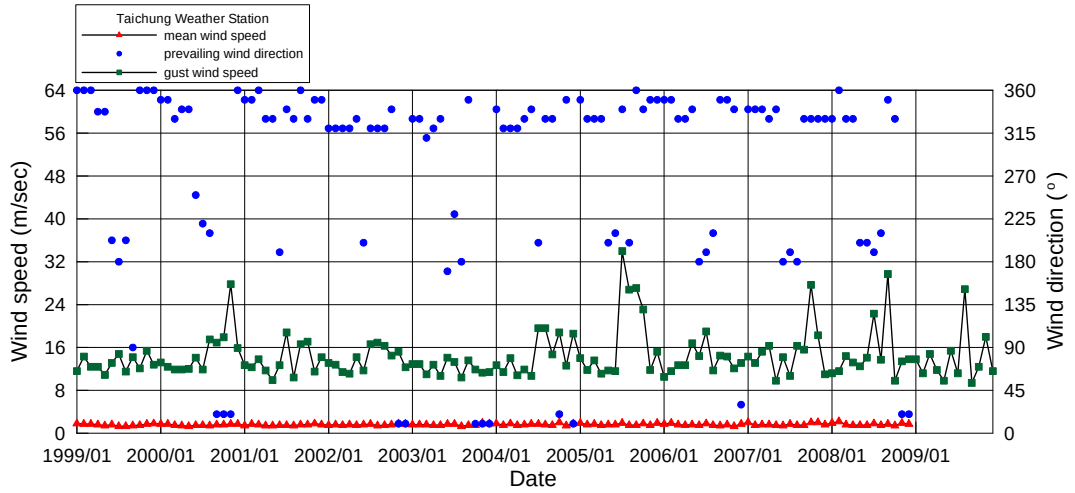


圖 2-3 臺中氣象站 1999 年至 2009 年平均風速、最多風向及瞬間最大風速之月統計圖

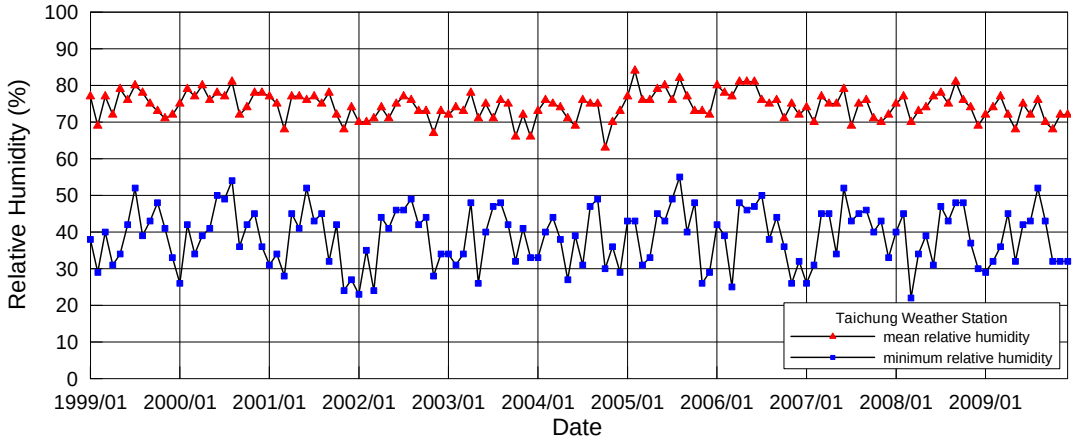


圖 2-4 臺中氣象站 1999 年至 2009 年平均相對濕度及最小相對濕度之月統計圖

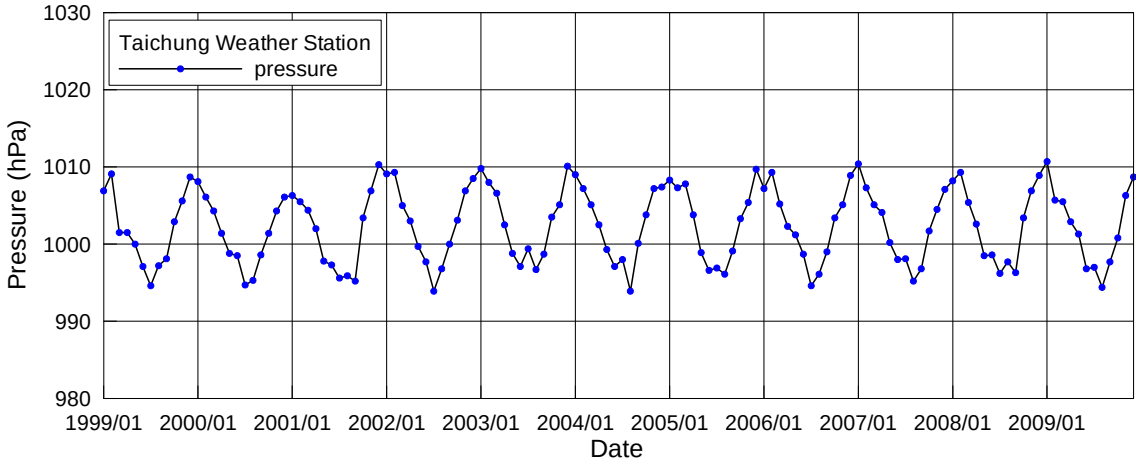


圖 2-5 臺中氣象站 1999 年至 2009 年平均氣壓之月統計圖

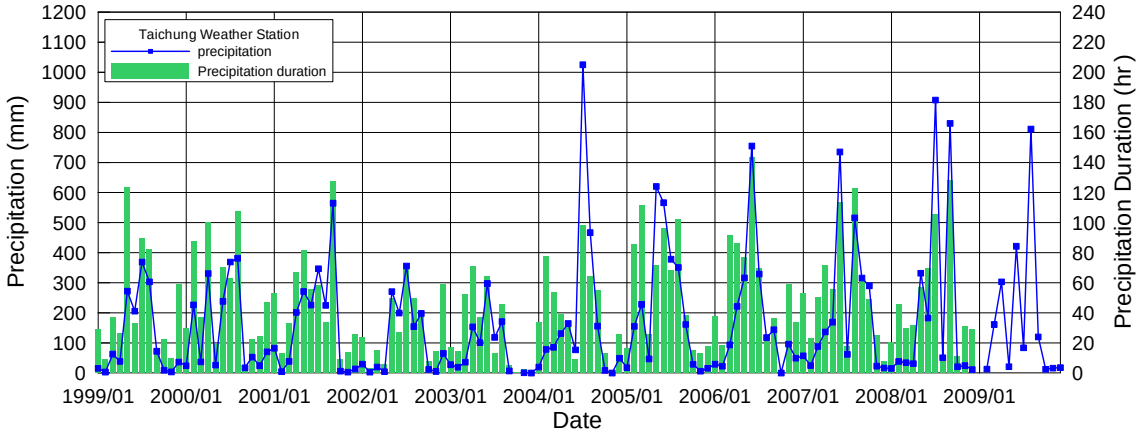


圖 2-6 臺中氣象站 1999 年至 2009 年降水量及降水時數之月統計圖

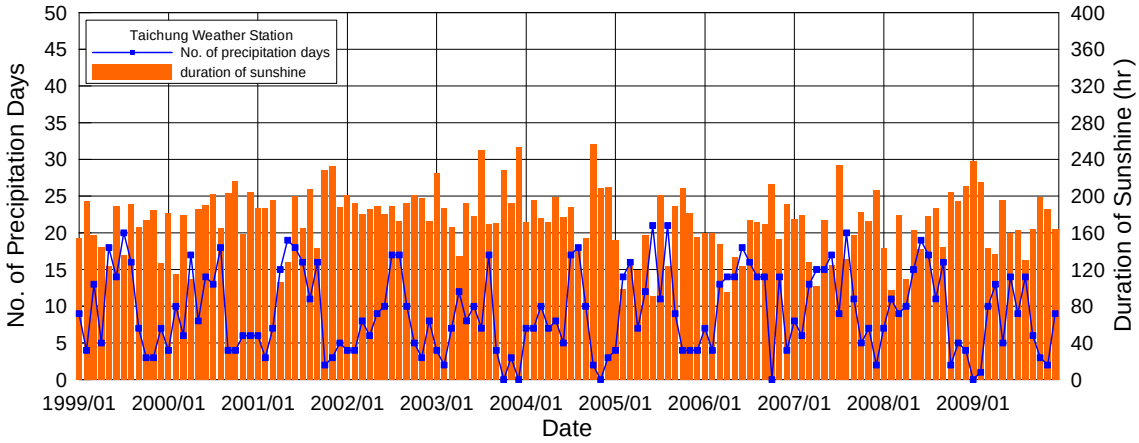


圖 2-7 臺中氣象站 1999 年至 2009 年降水日數及日照時數之月統計圖

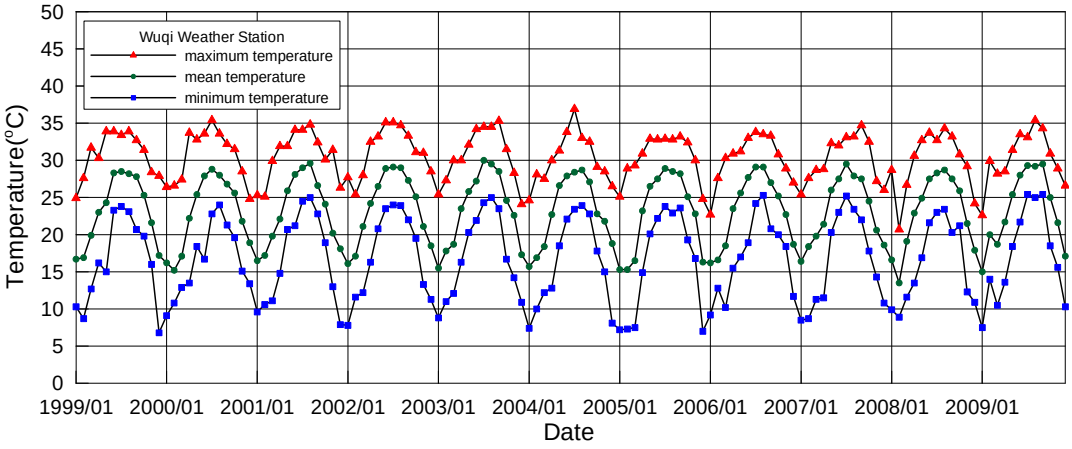


圖 2-8 梧棲氣象站 1999 年至 2009 年平均氣溫、最高氣溫及最低氣溫之月統計圖

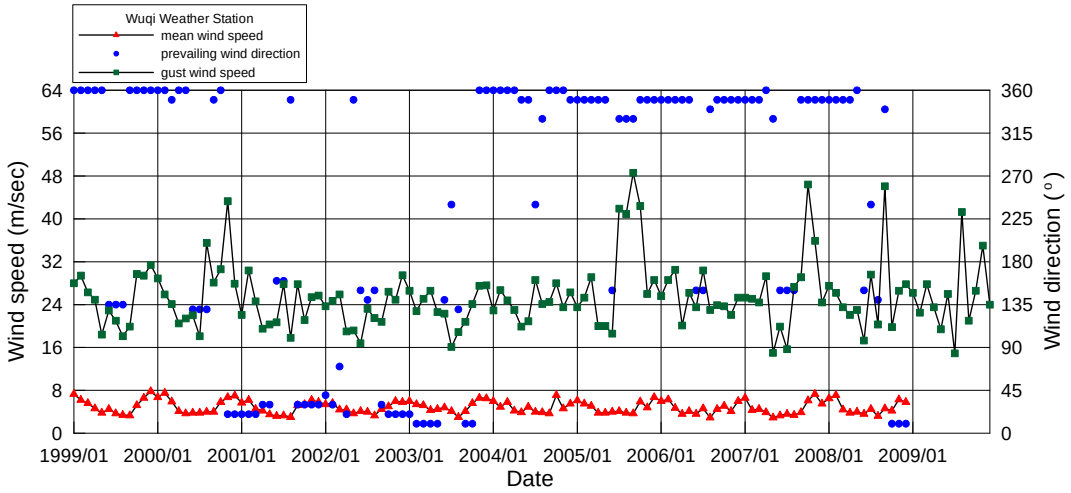


圖 2-9 梧棲氣象站 1999 年至 2009 年平均風速、最多風向及瞬間最大風速之月統計圖

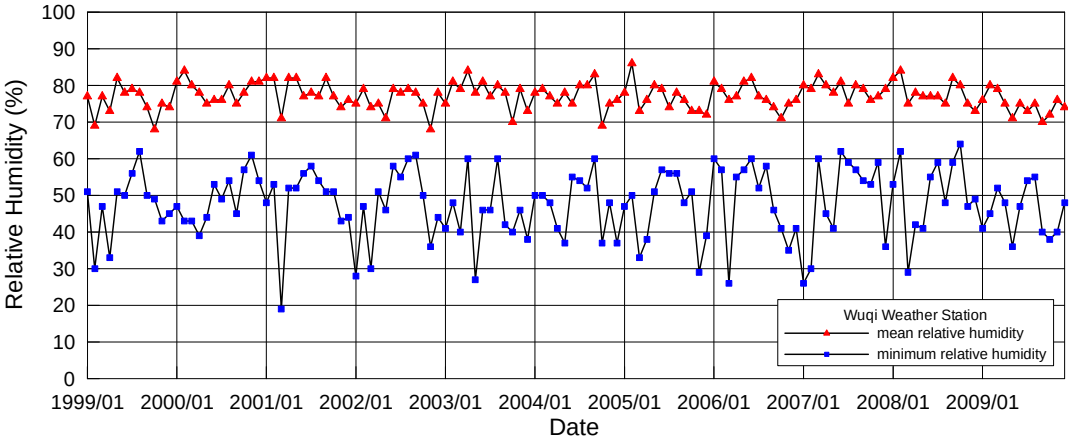


圖 2-10 梧棲氣象站 1999 年至 2009 年平均相對濕度及最小相對濕度之月統計圖

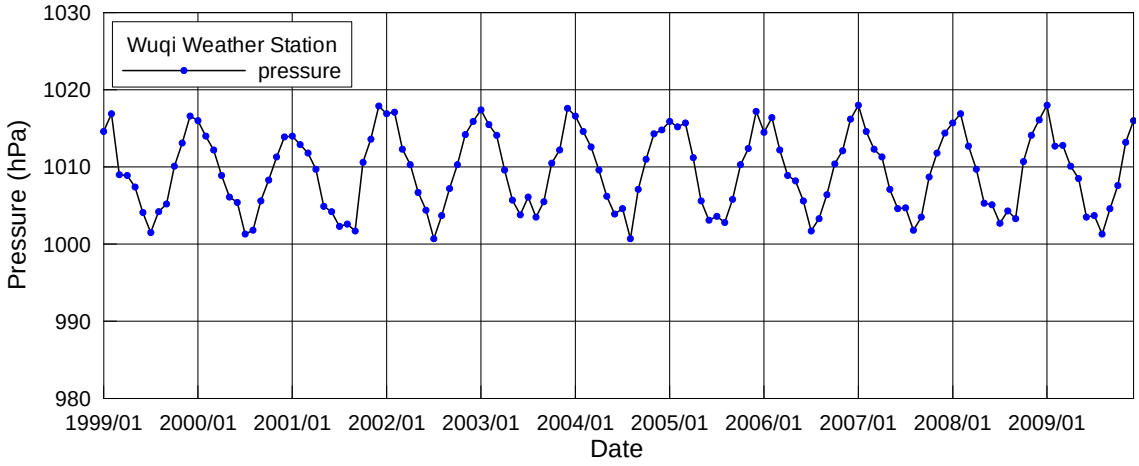


圖 2-11 梧棲氣象站 1999 年至 2009 年平均氣壓之月統計圖

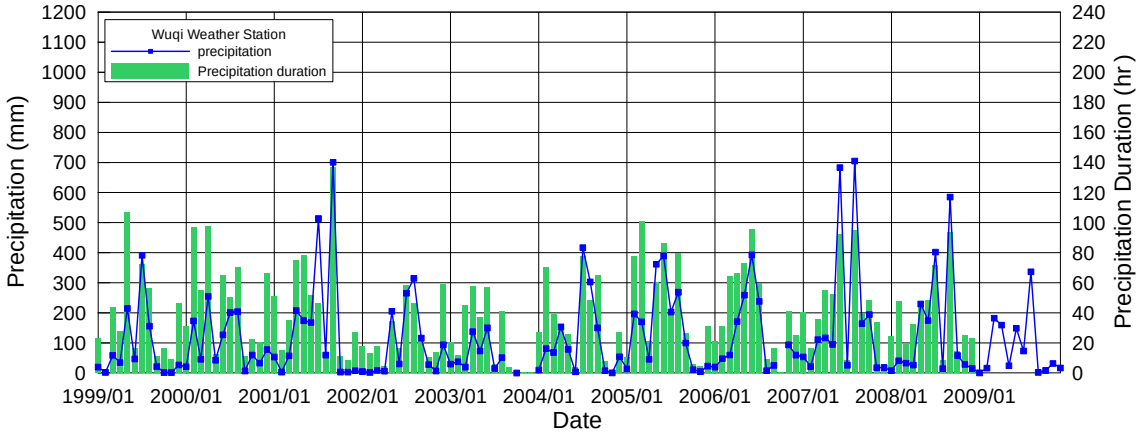


圖 2-12 梧棲氣象站 1999 年至 2009 年降水量及降水時數之月統計圖

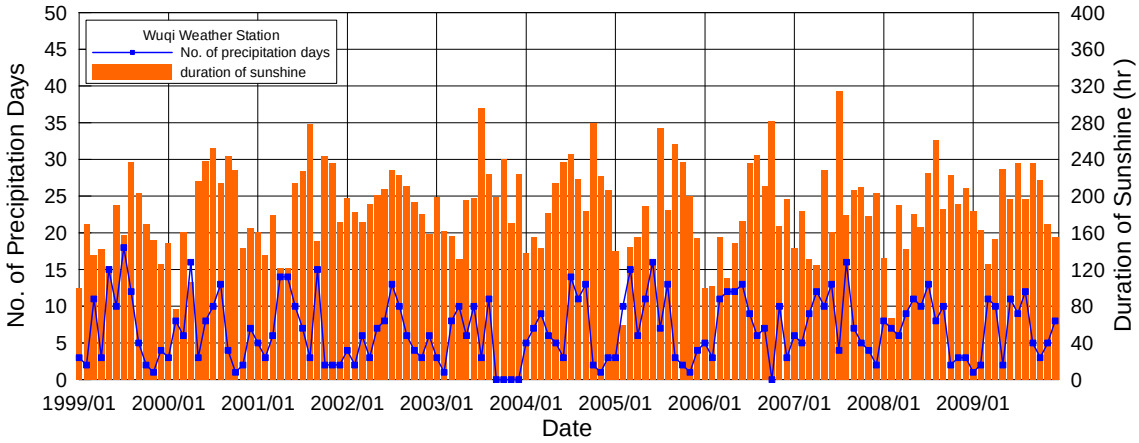


圖 2-13 梧棲氣象站 1999 年至 2009 年降水日數及日照時數之月統計圖

2.3 海象資料之統計分析

在海象方面，本所港灣技術研究中心在臺中港附近海域設有觀測站，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

本研究收集本所港灣技術研究中心自 2001 年 7 月至 2009 年 11 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 62.4%；其次為南至西向，約佔歷年觀測的 18.7%。風速小於 5 m/sec 以下者，約佔歷年觀測的 55.6%；風速介於 5-10 m/sec 之間者，約佔歷年觀測的 27.1%；風速介於 10-15 m/sec 之間者，約佔歷年觀測的 12.8%；風速大於 15 m/sec 以上者，約佔歷年觀測的 4.5%。歷年之平均風速為 5.8cm/sec；歷年最大風速為 37.5m/sec，其風向為北北西向。

表 2-4 臺中港 2001 年至 2009 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
統計值	5.8	37.5	NNE	55.6	27.1	12.8	4.5	62.4	9.5	18.7	9.4	0.1

資料來源：本所港灣技術研究中心

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 2.5 m/sec 至 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佈圖，由圖 2-15 顯示，在夏季時風速小於 5 m/sec，風向介於南至西向所佔的比例較大；在冬季時風速大於 5 m/sec，風向介於北至東向所佔的比例較大。歷年之統計結果請參考附錄一。

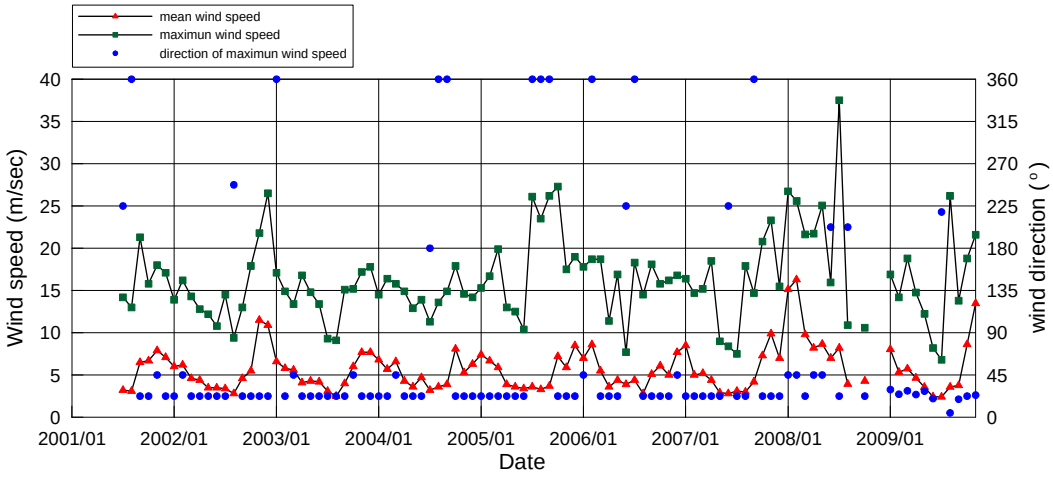


圖 2-14 臺中港 2001 年至 2009 年風速及風向之月統計圖

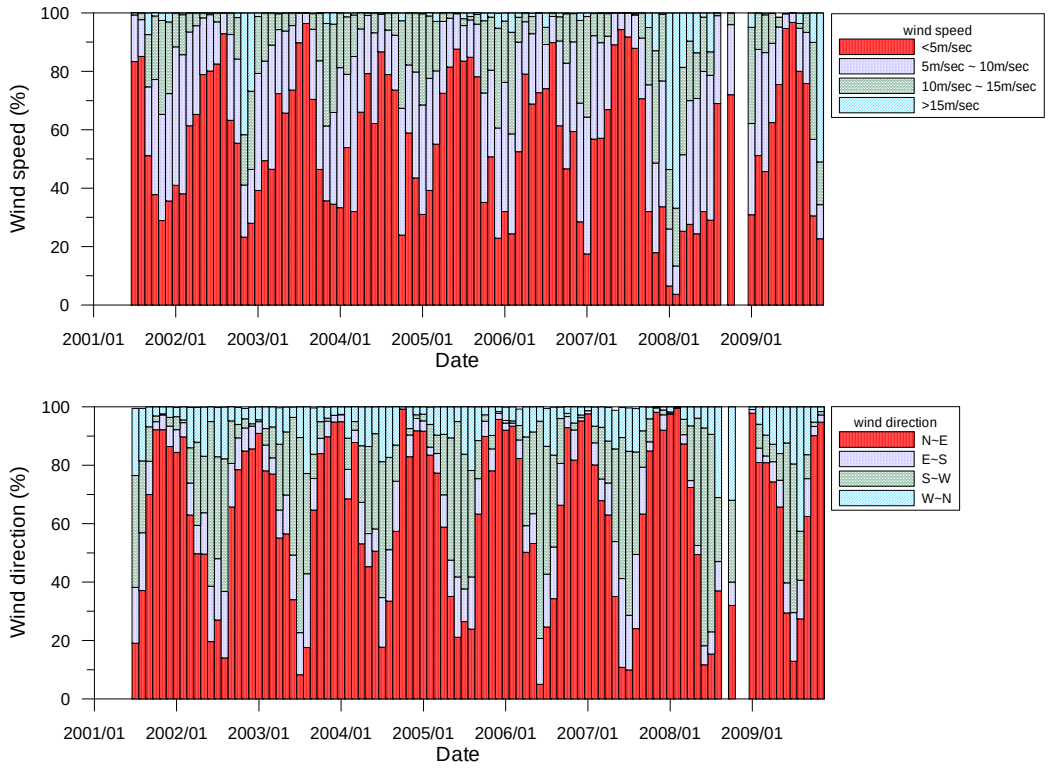


圖 2-15 臺中港 2001 年至 2009 年風速及風向之月統計分佈圖

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，本研究收集本所港灣技術研究中心自 2003 年 8 月至 2009 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 56.6%；其次為南至西向，約佔歷年觀測的 22.7%。流速小於 25 cm/sec 以下者，約佔歷年觀測的 25.7%；流速介於 25-50 cm/sec 之間，約佔歷年觀測的 36.2%；流速介於 50-100 cm/sec 之間，約佔歷年觀測的 33.2%；流速大於 100 cm/sec 以上者，約佔歷年觀測的 4.9%。歷年之平均流速為 45.9 cm/sec；最大流速為 248.3 cm/sec，其流向為西向。

表 2-5 臺中港 2003 年至 2009 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
統計值	45.9	248.3	W	25.7	36.2	33.2	4.9	15.0	5.6	22.7	56.6

資料來源：本所港灣技術研究中心

在月統計部分，圖 2-16 為歷年逐月之流速及流向統計圖，由圖 2-16 可知，歷年之月平均流速介於 30 cm/sec 至 70 cm/sec 之間，最多流向多集中在西至北向。圖 2-17 為臺中港海流歷年逐月之流速及流向統計分佈圖，由圖 2-17 顯示，流速在個組距上的比例分佈互有消長，流向介於西至北向所佔的比例較大。歷年之統計結果請參考附錄一。

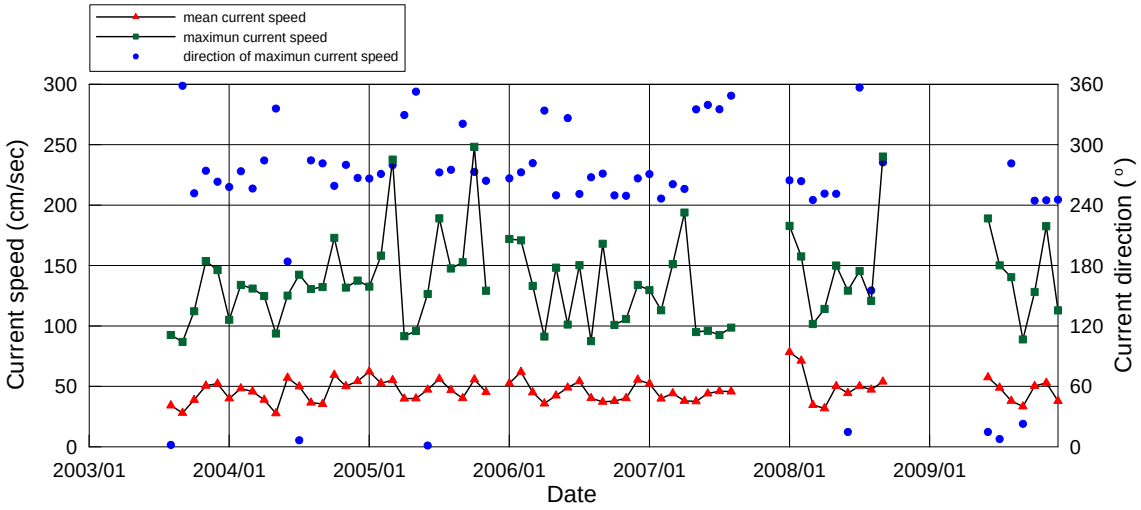


圖 2-16 臺中港 2003 年至 2009 年海流流速、流向及最大流速之月統計

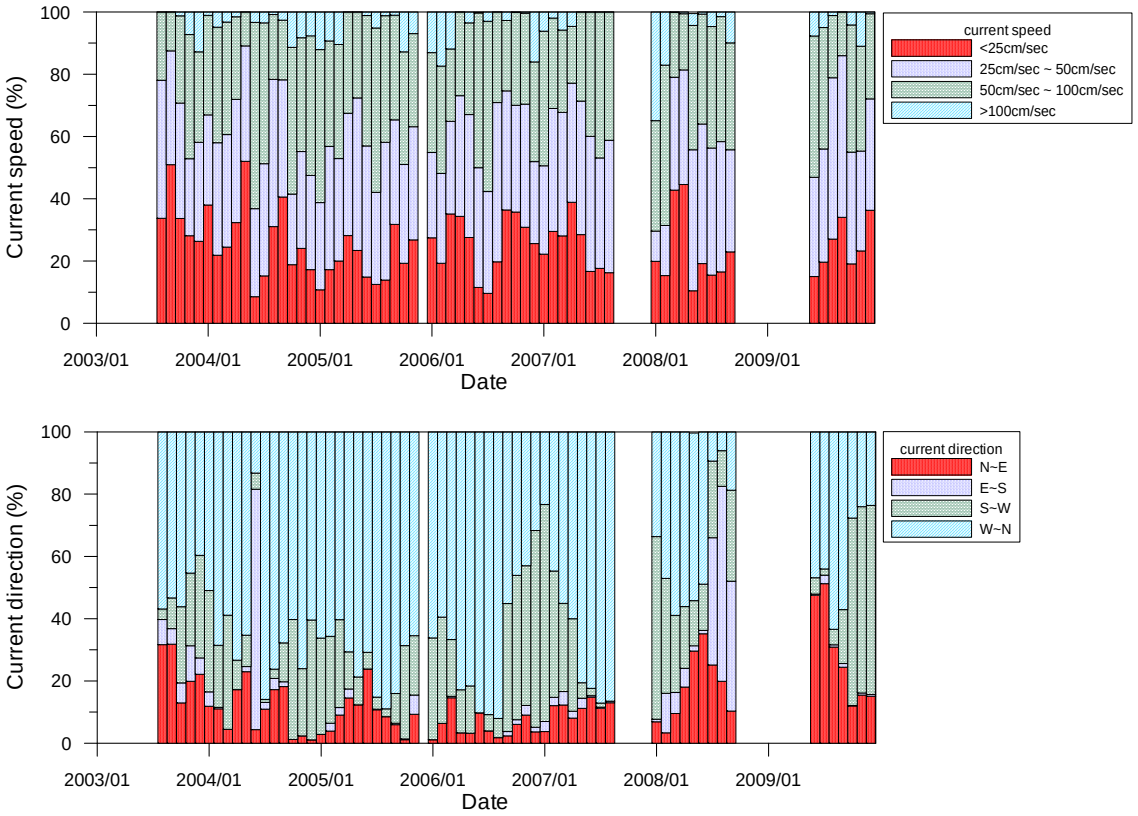


圖 2-17 臺中港 2003 年至 2009 年海流流速、流向及最大流速之月統計分佈圖

2.3.3 波浪

本研究收集本所港灣技術研究中心自 2003 年 8 月至 2009 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 64.2%；其次為西至北向，約佔歷年觀測的 28.2%。$H_{1/3}$ 波高小於 0.5 m 以下者，約佔歷年觀測的 13.8%；$H_{1/3}$ 波高介於 0.5 m 至 1 m 之間者，約佔歷年觀測的 27%；$H_{1/3}$ 波高介於 1m 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 42.3%；介於 6 sec 至 8 sec 之間者，約佔歷年觀測的 48.3%。歷年之平均 $H_{1/3}$ 波高為 1.54 m；平均 $T_{1/3}$ 週期為 6.4 sec；歷年最大 $H_{1/3}$ 波高為 7.78 m，其週期為 8.7 sec，發生於 2009 年 8 月 7 日莫拉克(Morakot)颱風期間。

在月統計部分，圖 2-18 為歷年逐月之 $H_{1/3}$ 及 $T_{1/3}$ 統計圖，由圖 2-18 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 2-19 為臺中港歷年逐月之波高、週期及波向統計分佈圖，由圖 2-19 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。歷年之統計結果請參考附錄一。

表 2-6 臺中港 2003 年至 2009 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
統計值	1.54	6.4	7.78	8.7	-	13.8	26.8	59.0	0.3	64.2	0.5	5.9	26.5	42.3	48.3	8.5	0.6

資料來源：本所港灣技術研究中心

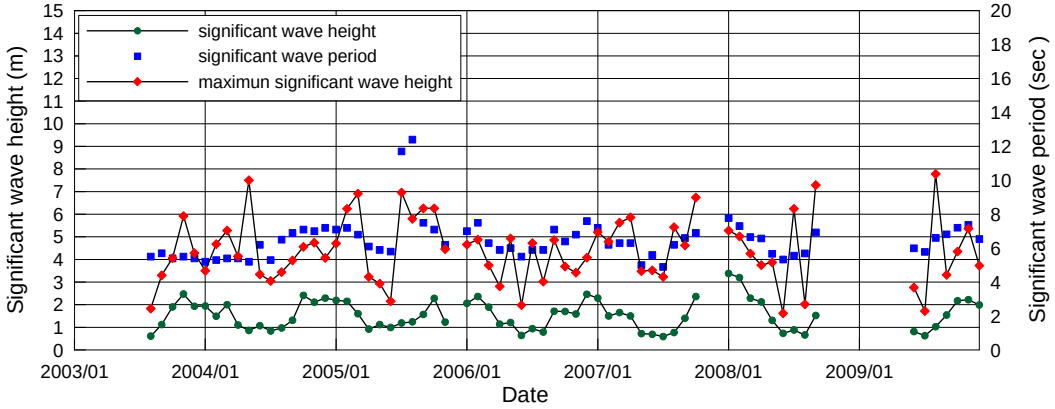


圖 2-18 臺中港 2003 年至 2009 年平均示性波高、平均週期及最大示性波高之月統計

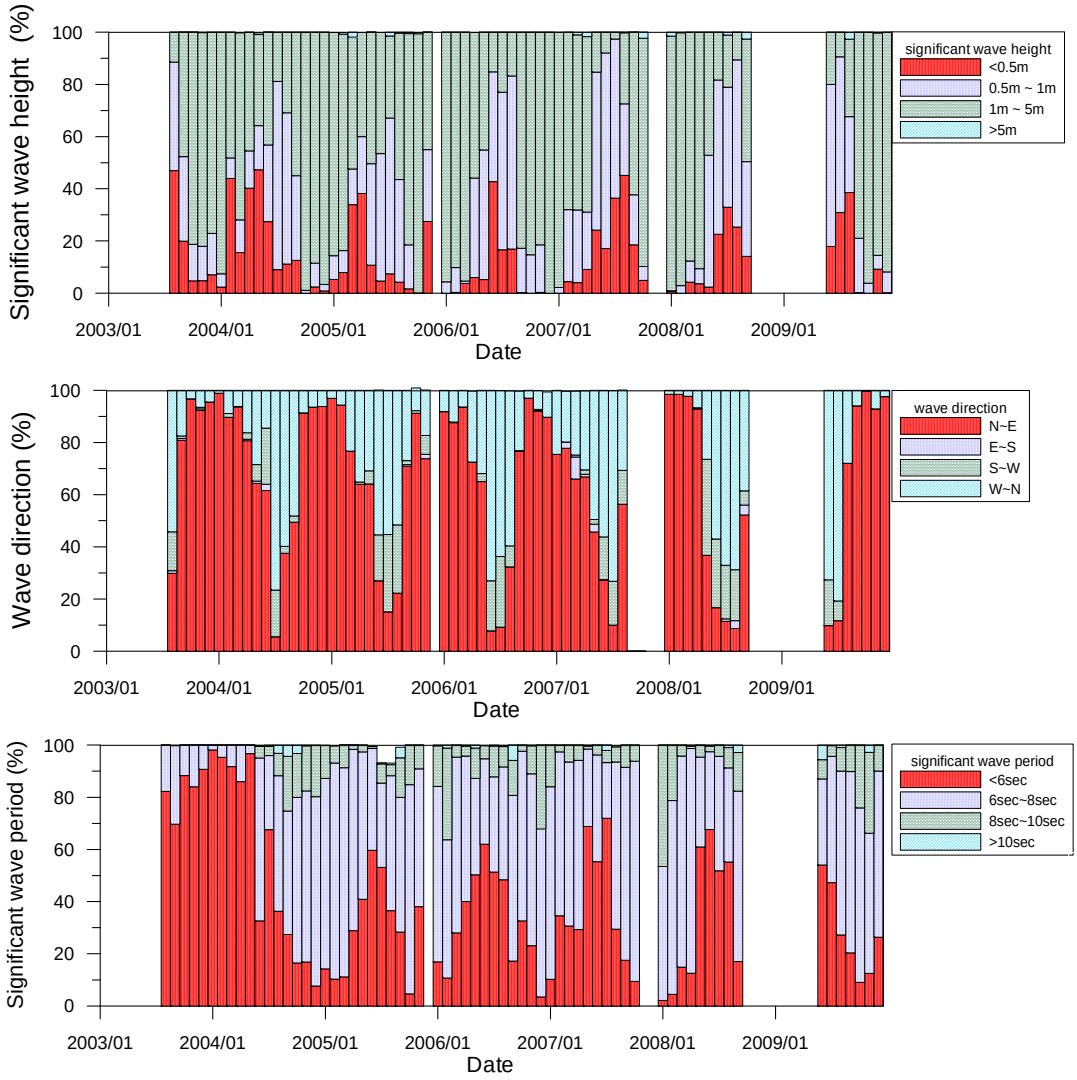


圖 2-19 臺中港 2003 年至 2009 年平均示性波高、平均週期及波向之月統計分佈圖

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 2009 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 2009 年期間，其平均潮差為 375 公分，大潮平均潮差為 463 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 2-20，歷年之統計結果請參考附錄一。

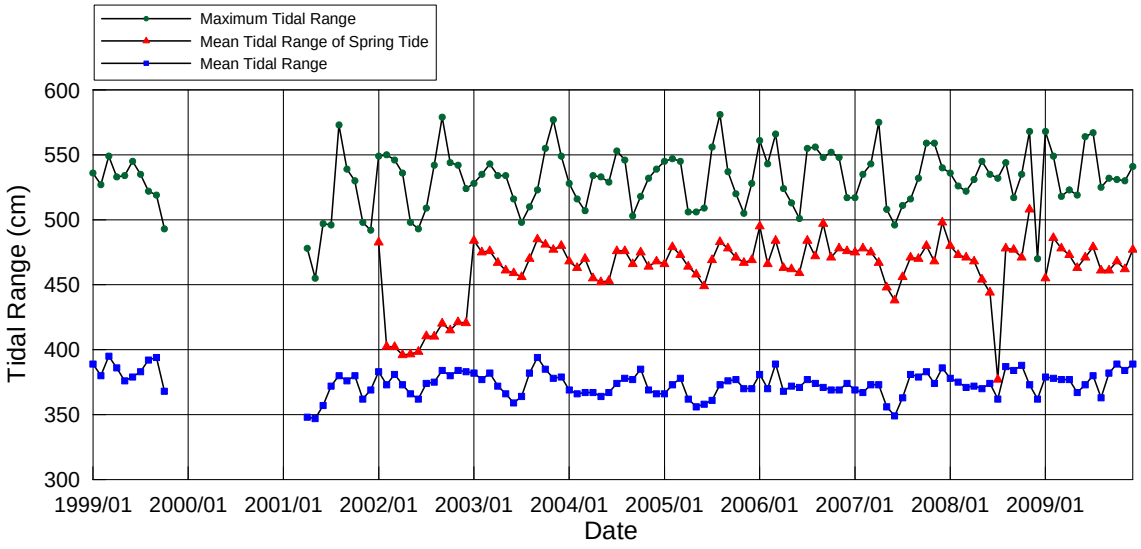


圖 2-20 臺中港 1999 年至 2009 年最大潮差、大潮平均潮差及平均潮差之月統計圖

表 2-7 臺中港 1999-2009 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
統計值										375	463	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~2009 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，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 1999 年至 2009 年期間共有 71 個颱風侵襲臺灣海域，平均每年約有 6.5 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。

本文根據過去 11 年中央氣象局曾發布颱風警報的颱風資訊，彙整 71 個颱風資料，彙整項目包括颱風名稱、颱風警報發佈期、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，詳請參閱表 2-8。本研究所彙整的 71 個颱風案例中，如按圖 2-21 之颱風路徑分類，可得知各颱風路徑的發生次數統計，如表 2-9 所示。該表顯示，在侵臺的九類颱風路徑中，其他特殊路徑發生的次數最多，共發生 30 次佔 42.3%；其次為第三類及第六類的颱風，分別佔 14.1%及 8.5%；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。

以 2009 年的颱風資料為例，2009 年中央氣象局共發佈 4 次颱風警報，分別為蓮花(LINFA)、莫拉菲(MOLAVE)、莫拉克(MORAKOT)、芭瑪(PARMA)，侵襲臺灣的時間集中在 6 至 10 月之間，以侵臺颱風路徑分類：蓮花颱風為第九類；莫拉克颱風為第三類；芭瑪颱風則為特殊路徑，各颱風之詳細資料請參考本節後面敘述。

表 2-8 1999 年至 2009 年侵臺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
199906	瑪姬	MAGGIE	06/04～06/06	中度	5	965	38	250	100
199911	山姆	SAM	08/19～08/21	中度	--	970	33	200	50
199920	丹恩	DAN	10/04～10/09	中度	7	968	38	250	80
200004	啟德	KAI-TAK	07/06～07/10	中度	6	965	35	150	--
200010	碧利斯	BILIS	08/21～08/23	強烈	3	930	53	300	--
200012	巴比侖	PRAPIROON	08/27～08/30	中度	6	965	33	250	--
200015	寶發	BOPHA	09/08～09/10	輕度	特殊路徑	990	23	180	--
200019	雅吉	YAGI	10/23～10/26	中度	--	970	33	180	--
200020	象神	XANGSANE	10/30～11/01	中度	6	960	38	250	--
200021	貝碧佳	BEBINCA	11/06～11/07	中度	--	970	33	200	--
200101	西馬隆	CIMARON	05/11～05/13	輕度	8	990	23	150	--
200102	奇比	CHEBI	06/22～06/24	中度	7	965	35	200	--
200104	尤特	UTOR	07/03～07/05	中度	5	960	38	350	--
200105	潭美	TRAMI	07/10～07/11	輕度	4	995	20	80	--
200107	玉兔	YUTU	07/23～07/24	中度	--	962	38	180	--
200108	桃芝	TORAJI	07/28～07/31	中度	3	962	38	250	--
200116	納莉	NARI	09/13～09/19	中度	特殊路徑	960	40	150	--
200116	納莉	NARI	09/08～09/10	中度	特殊路徑	960	40	150	--
200119	利奇馬	LEKIMA	09/23～09/28	中度	4	965	35	180	--
200121	海燕	HAIYAN	10/15～10/16	中度	--	965	35	250	--
200205	雷馬遜	RAMMASUN	07/02～07/04	中度	--	950	45	300	--
200208	娜克莉	NAKRI	07/09～07/10	輕度	9	987	20	80	--
200216	辛樂克	SINLAKU	09/04～09/08	中度	1	950	43	300	--
200302	柯吉拉	KUJIRA	04/21～04/24	強烈	--	925	51	300	120
200305	南卡	NANGKA	06/01～06/03	輕度	--	990	23	100	--
200306	蘇迪勒	SOUDELOR	06/16～06/18	中度	--	960	40	200	50
200307	尹布都	IMBUDO	07/21～07/23	中度	--	935	48	300	120
200309	莫拉克	MORAKOT	08/02～08/04	輕度	4	990	23	100	--
200311	梵高	VAMCO	08/19～08/20	輕度	--	998	18	100	--
200312	柯羅旺	KROVANH	08/22～08/23	中度	--	970	33	250	100
200313	杜鵑	DUJUAN	08/31～09/02	中度	5	950	43	250	100
200319	米勒	MELOR	11/02～11/03	輕度	8	975	30	180	--
200404	康森	CONSON	06/07～06/09	中度	--	970	33	150	--
200407	敏督利	MINDULLE	06/28～07/03	中度	6	942	45	250	100
200409	康柏斯	KOMPASU	07/14～07/15	輕度	--	995	20	100	--
200413	蘭寧	RANANIM	08/10～08/13	中度	--	955	40	250	100

資料來源：中央氣象局，http://www.cwb.gov.tw/

表 2-8(續) 1999 年至 2009 年侵臺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
200417	艾利	AERE	08/23～08/26	中度	1	960	48	200	50
200420	海馬	HAIMA	09/11～09/13	輕度	6	998	18	100	--
200421	米雷	MEARI	09/26～09/27	中度	--	940	45	200	80
200424	納坦	NOCK-TEN	10/23～10/26	中度	6	945	43	250	100
200427	南瑪都	NANMADOL	12/03～12/04	中度	9	940	45	250	100
200505	海棠	HAITANG	07/16～07/20	強烈	3	912	55	280	120
200509	馬莎	MATSA	08/03～08/06	中度	1	955	40	250	80
200510	珊瑚	SANVU	08/11～08/13	輕度	--	985	25	200	--
200513	泰利	TALIM	08/30～09/01	強烈	3	920	53	250	100
200515	卡努	KHANUN	09/09～09/11	中度	--	950	43	200	80
200518	丹瑞	DAMREY	09/21～09/23	中度	--	955	40	200	50
200519	龍王	LONGWANG	09/30～10/03	強烈	3	925	51	200	80
200601	珍珠	CHANCHU	05/16～05/18	中度	9	943	45	300	100
200603	艾維尼	EWINIAR	07/07～07/09	中度	--	925	51	300	100
200604	碧利斯	BILIS	07/12～07/15	輕度	2	978	25	300	--
200605	凱米	KAEMI	07/23～07/26	中度	3	960	38	200	50
200608	桑美	SAOMAI	08/09～08/10	中度	--	935	48	180	80
200609	寶發	BOPHA	08/07～08/09	輕度	4	985	25	120	--
200613	珊珊	SHANSHAN	09/14～09/16	中度	--	945	43	200	80
200706	帕布	PABUK	08/06～08/08	輕度	4	980	28	150	--
200707	梧提	WUTIP	08/08～08/09	輕度	3	992	18	100	--
200708	聖帕	SEPAT	08/16～08/19	強烈	3	920	53	250	100
200712	韋帕	WIPHA	09/17～09/19	中度	1	935	48	200	80
200715	柯羅莎	KROSA	10/04～10/07	強烈	2	925	51	300	120
200723	米塔	MITAG	11/26～11/27	中度	--	955	40	200	80
200807	卡玫基	KALMAEGI	07/16～07/18	中度	2	--	33	120	50
200808	鳳凰	FUNG-WONG	07/26～07/29	中度	3	--	43	220	80
200812	如麗	NURI	08/19～08/21	中度	--	--	40	220	80
200813	辛樂克	SINLAKU	09/11～09/16	強烈	2	--	51	250	100
200814	哈格比	HAGUPIT	09/21～09/23	中度	--	--	45	280	100
200815	薔蜜	JANGMI	09/26～09/29	強烈	2	--	53	280	100
200903	蓮花	LINFA	06/19～06/22	輕度	9	--	28	150	--
200906	莫拉菲	MOLAVE	07/16～07/18	輕度	--	--	28	100	--
200908	莫拉克	MORAKOT	08/05～08/10	中度	3	--	40	250	100
200917	芭瑪	PARMA	10/03～10/06	中度	特殊路徑	--	43	250	80

資料來源：中央氣象局，http://www.cwb.gov.tw/

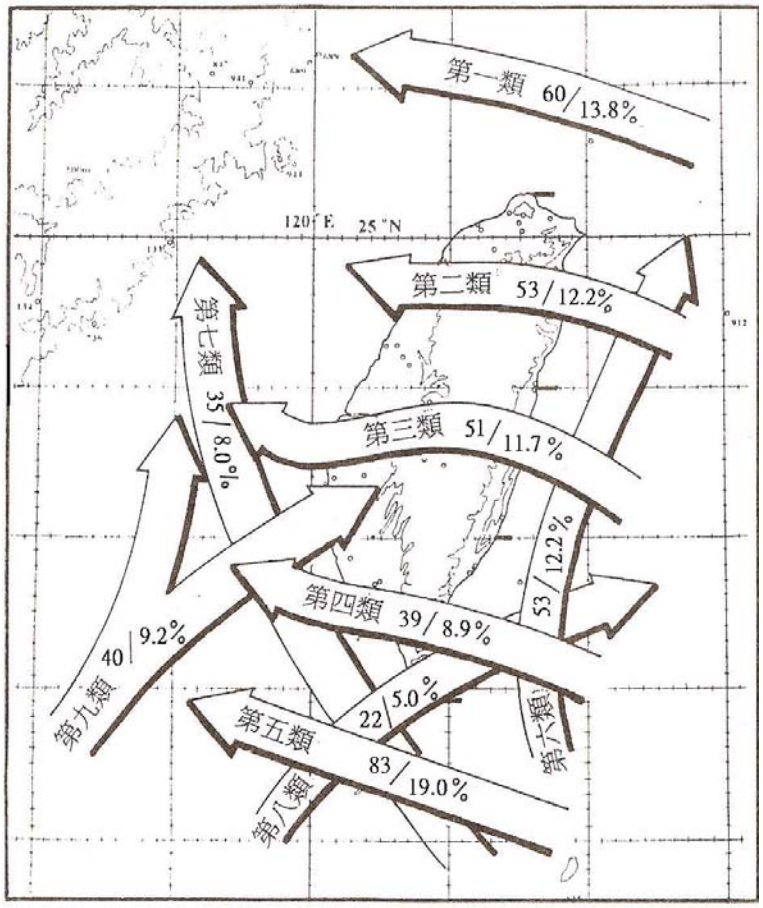


圖 2-21 颱風路徑分類圖

表 2-9 1999 年至 2009 年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	4	5.6%
2	5	7.0%
3	10	14.1%
4	5	7.0%
5	3	4.2%
6	6	8.5%
7	2	2.8%
8	2	2.8%
9	4	5.6%
其他	30	42.3%
合計	71	100.0%

1. 蓮花颱風

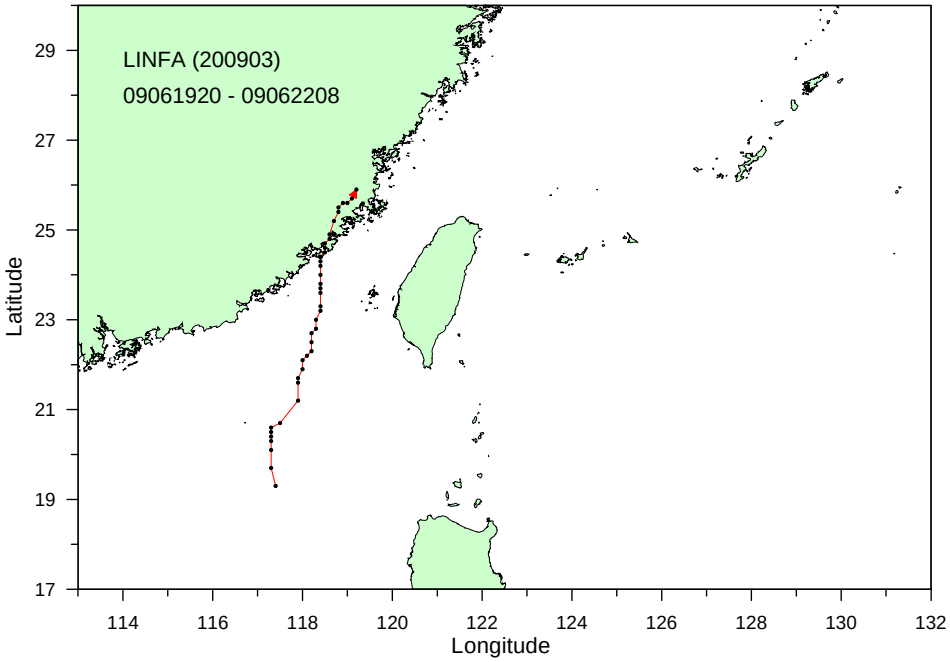


圖 2-22 2009 年蓮花颱風之路徑圖

中央氣象局颱風警報發布概況

颱 風 名 稱：蓮花(LINFA)
颱 風 編 號：0903
生 成 地 點：菲律賓西方海面
侵(近)臺日期：2009 年 6 月 21 日
發 布 時 間：海上：6 月 19 日 20 時 30 分，陸上：6 月 20 日 23 時 30 分
解 除 時 間：海上：6 月 22 日 8 時 30 分，陸上：6 月 22 日 8 時 30 分
發 布 報 數：21
最 大 強 度：輕度
近中心最大風速：28.0 公尺/秒
侵臺路徑分類：9
登 陸 地 段：金門
動 態：生成後颱風中心先滯留打轉，而後向北緩慢移動，進入臺灣海峽南部時轉向北北東移動，於 21 日 22 時左右由金門附近進入大陸。

資料來源：中央氣象局，http://www.cwb.gov.tw/

2. 莫拉菲颱風

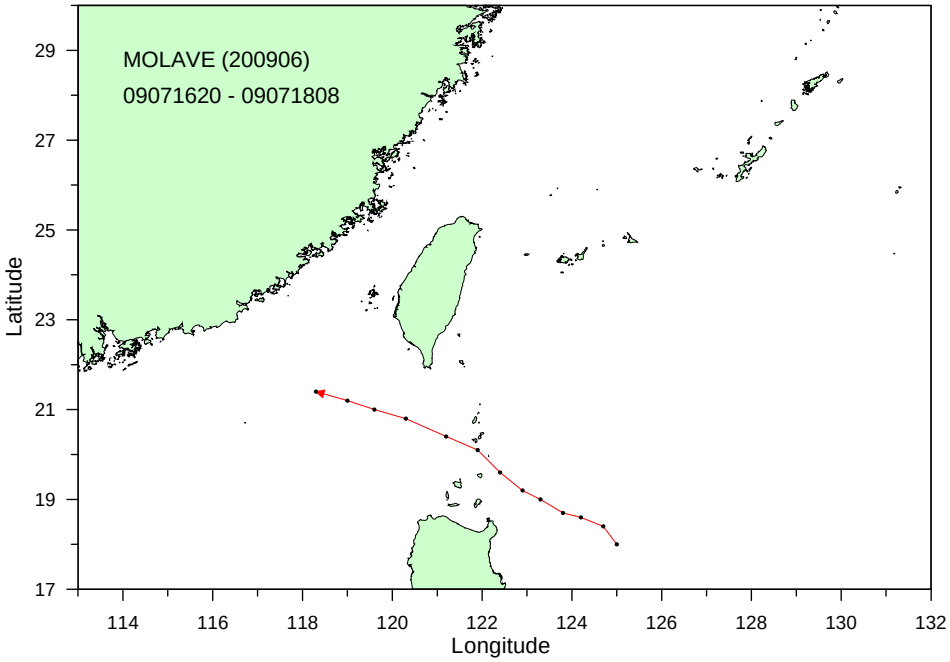


圖 2-23 2009 年莫拉菲颱風之路徑圖

中央氣象局颱風警報發布概況

颱　風　名　稱：莫拉菲(MOLAVE)
颱　風　編　號：0906
生　成　地　點：菲律賓東方海面
侵(近)臺日期：2009 年 7 月 17 日
發　布　時　間：海上：7 月 16 日 22 時 0 分
解　除　時　間：海上：7 月 18 日 8 時 30 分
發　布　報　數：13
最　大　強　度：輕度
近中心最大風速：28.0 公尺/秒
侵臺路徑分類：一
登　陸　地　段：未登陸
動　　態：生成後向西北西移動，通過臺灣海峽南部後朝東沙島東北方前進。
資料來源：中央氣象局，http://www.cwb.gov.tw/

3. 莫拉克颱風

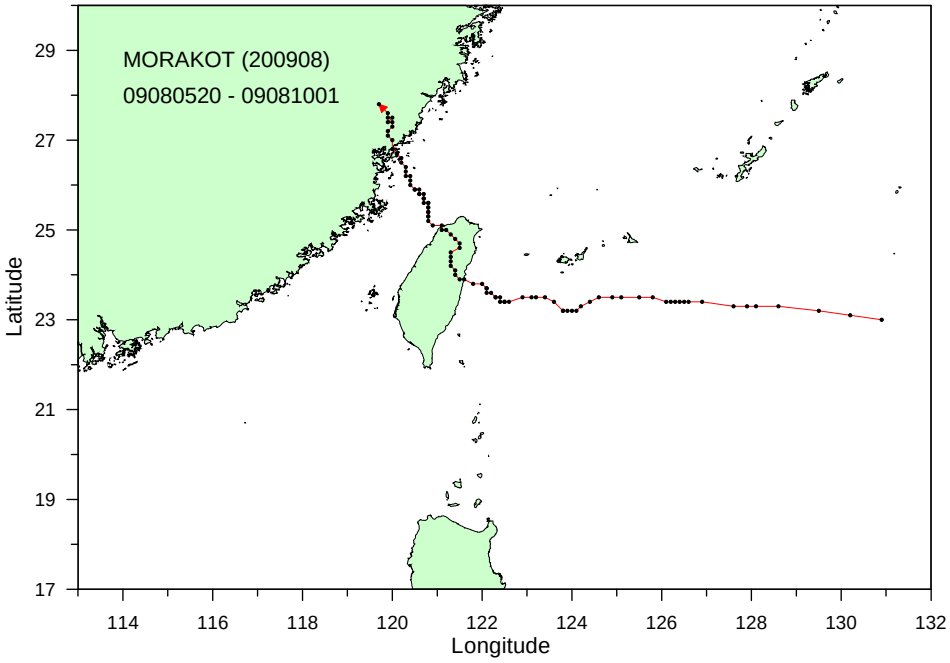


圖 2-24 2009 年莫拉克颱風之路徑圖

中央氣象局颱風警報發布概況

颱　風　名　稱：莫拉克(MORAKOT)
颱　風　編　號：0908
生　成　地　點：菲律賓東北方海面
侵(近)臺日期：2009 年 8 月 8 日
發　布　時　間：海上：8 月 5 日 20 時 30 分，陸上：8 月 6 日 8 時 30 分
解　除　時　間：海上：8 月 10 日 5 時 30 分，陸上：8 月 10 日 5 時 30 分
發　布　報　數：36
最　大　強　度：中度
近中心最大風速：40.0 公尺/秒
侵臺路徑分類：3
登　陸　地　段：花蓮市附近
動　　態：5 日 20 時增強為中度颱風並向西移動，進入臺灣東部近海時受地形影響，速度略為減慢並轉向西北，7 日 23 時 50 分左右在花蓮市附近登陸，8 日 14 時左右在桃園附近出海，於 9 日 18 時 30 分左右在馬祖北方進入福建。
災　　情：受颱風及西南氣流影響，中南部、東部多處地區降下刷新歷史紀錄的雨量，引發嚴重水患，造成臺南、高雄、屏東及臺東等縣重大災情，鐵、公路多處路基流失造成交通中斷，多處地區發生嚴重土石流災害。

資料來源：中央氣象局，http://www.cwb.gov.tw/

4. 芭瑪颱風

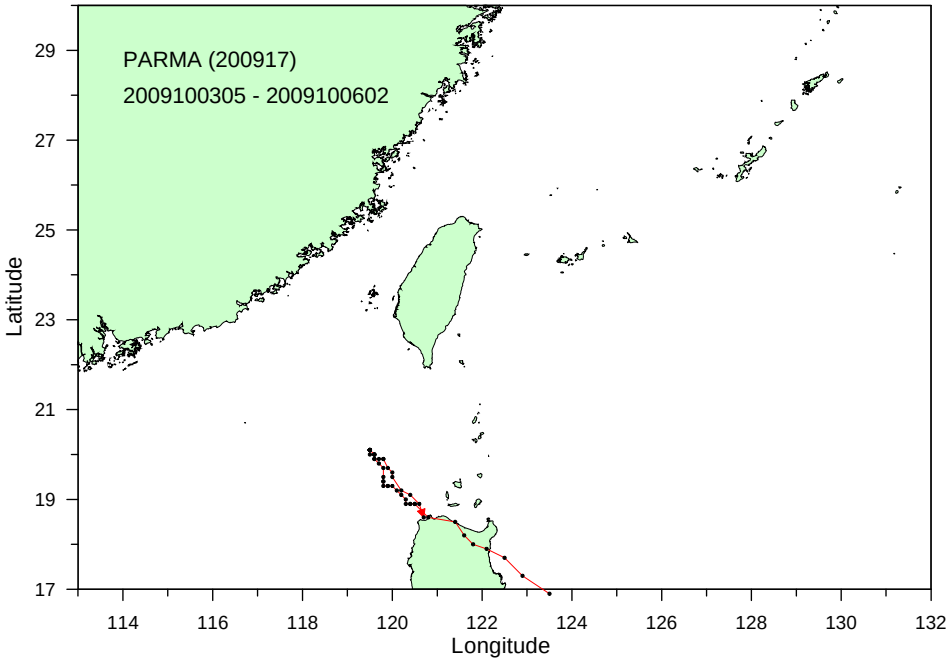


圖 2-25 2009 年芭瑪颱風之路徑圖

中央氣象局颱風警報發布概況

颱 風 名 稱：芭瑪(PARMA)
颱 風 編 號：0917
生 成 地 點：菲律賓東方海面
侵(近)臺日期：2009 年 10 月 5 日
發 布 時 間：海上：10 月 3 日 5 時 30 分，陸上：10 月 4 日 5 時 30 分
解 除 時 間：海上：10 月 6 日 17 時 30 分，陸上：10 月 5 日 23 時 30 分
發 布 報 數：29
最 大 強 度：中度
近中心最大風速：43.0 公尺/秒
侵臺路徑分類：特殊路徑
登 陸 地 段：未登陸
動 態：生成後向西北移動，3 日於呂宋島東北部登陸後持續向西北移動，進入巴士海峽後中心呈現滯留打轉，5 日晚間轉向東南移動，6 日於呂呂宋島西北部再次登陸，7 日於呂宋島東北部出海，8 日轉向西南 3 度登陸呂宋島，9 日於呂宋島西部出海朝海南島前進。
災 情：受颱風外圍環流及東北季風共伴效應影響，東北部及東部地區降下超大豪雨，造成宜蘭地區嚴重災情，多處淹水、交通中斷。

資料來源：中央氣象局，http://www.cwb.gov.tw/

2.5 海域水質

臺中港海域水質調查參考資料，包括民國 78 年臺中港工業區開發時的環境調查、民國 79 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 1995~2009 年辦理之「臺灣北部、中部、南部海域水質監測現況」、以及港務局進行「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」(1996~2009)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:

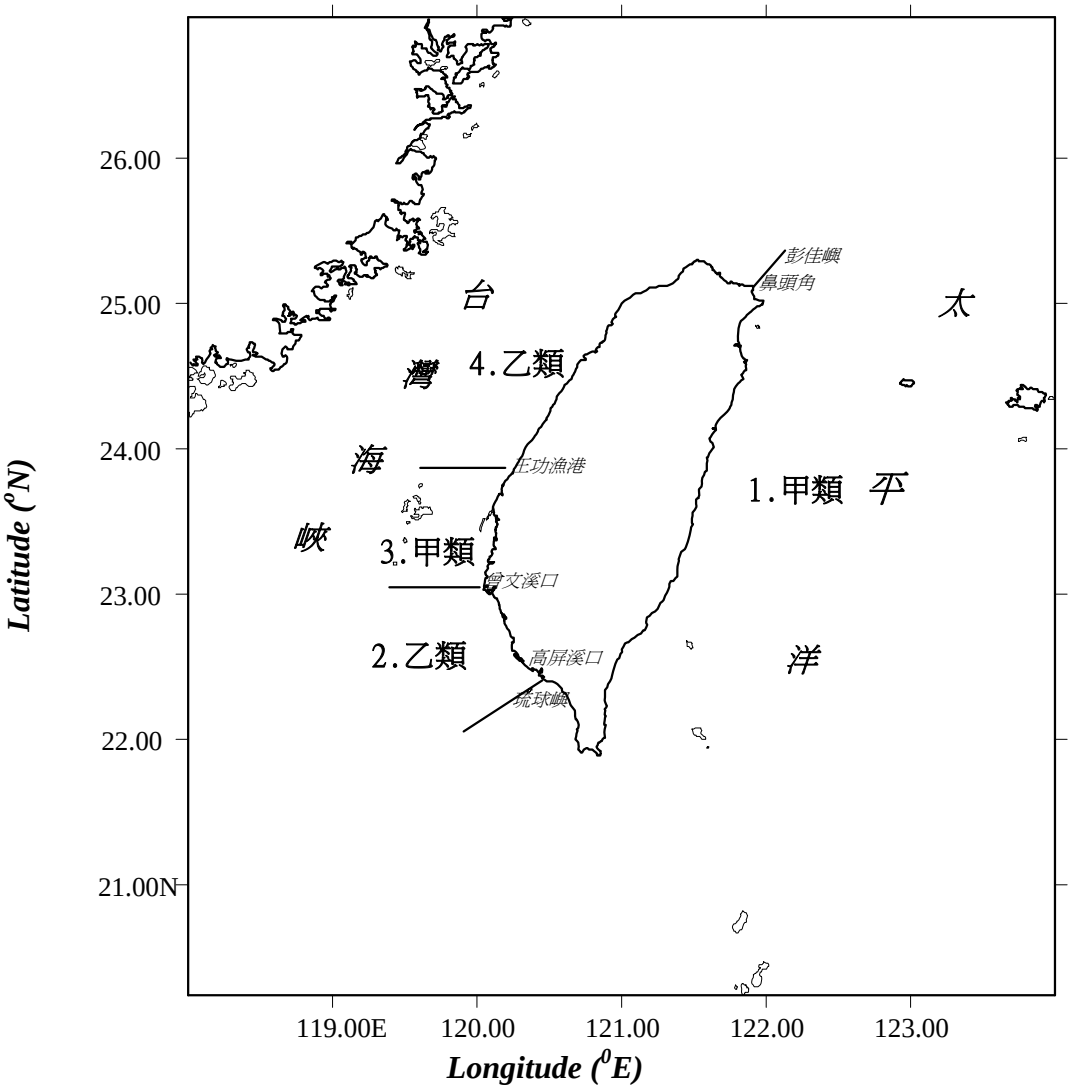
2.5.1 臺中港外海水質

由臺灣地區沿海水域水體分類圖(圖 2-26)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。依民國 90 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 2-10 所示。根據行政院環保署於 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 2-11)顯示，中部海域大多符合乙類海域水質標準。整體而言，此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，亦無季節性變化。

此外，依據環保署 96 與 97 年度環境水質監測年報中可知(http://wqshow.epa.gov.tw/waterqaqc/document/pop-report.aspx)，96 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，96 年度沿海海域水質的 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、鋅與汞等項目的合格率均為 100%。整體而言，96 年度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 97 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。而 98 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%。98 年之全年達成率與 95 年至 97 年維持相同，皆為 99.9 %。其中臺中港沿海於 98 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，98 年海域水質狀況普遍良好。

由環保署於臺中港沿海設置之 5 處海域水質測站，歷次之水質監測結果顯示(民國 86 年 7 月至 98 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。而早期(86 年 7 月至 90 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(94 年 3 月至 98 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，99 年 1 月與 5 月的調查結果顯示，除於 1 月時臺中港沿海 5 處海域表層水，均出現正磷酸鹽偏高且高於總磷而不符標準之情形外，其餘則均可符合標準，5 月亦均能符合標準且無異常。



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 2-26 臺灣沿海海域水體分類圖

表 2-10 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)
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：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 2-11 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。

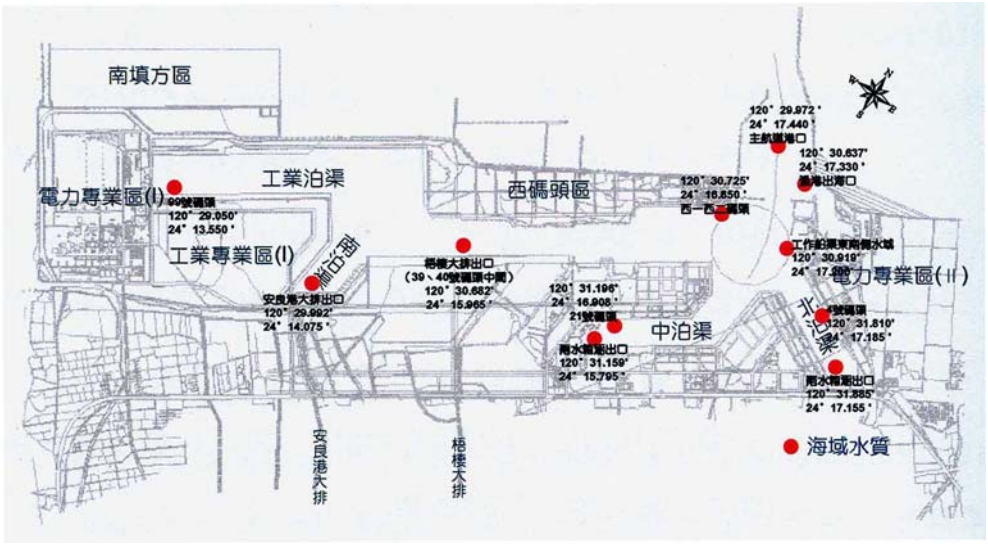
2.—：表未檢測

3.ND 表低於其檢測極限

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」

2.5.2 臺中港港內水質

臺中港務局自民國 85 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(民國 85 年至民國 98 年)，各測站相關之監測位置如圖 2-27 所示。以下分別討論在各測站量測所得溶氧、生化需氧量、大腸菌、總磷、氨氮及懸浮固體等之濃度變化情形。



資料來源：臺中港務局「97 年度臺中港區環境調查監測分析」

圖 2-27 臺中港港內海域水質監測點位圖

1. 溶氧(DO)

圖 2-28 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 86～93 年調查期間皆曾出現不符合乙類海域水體水質標準之情形。惟自 95 年起，各測站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。

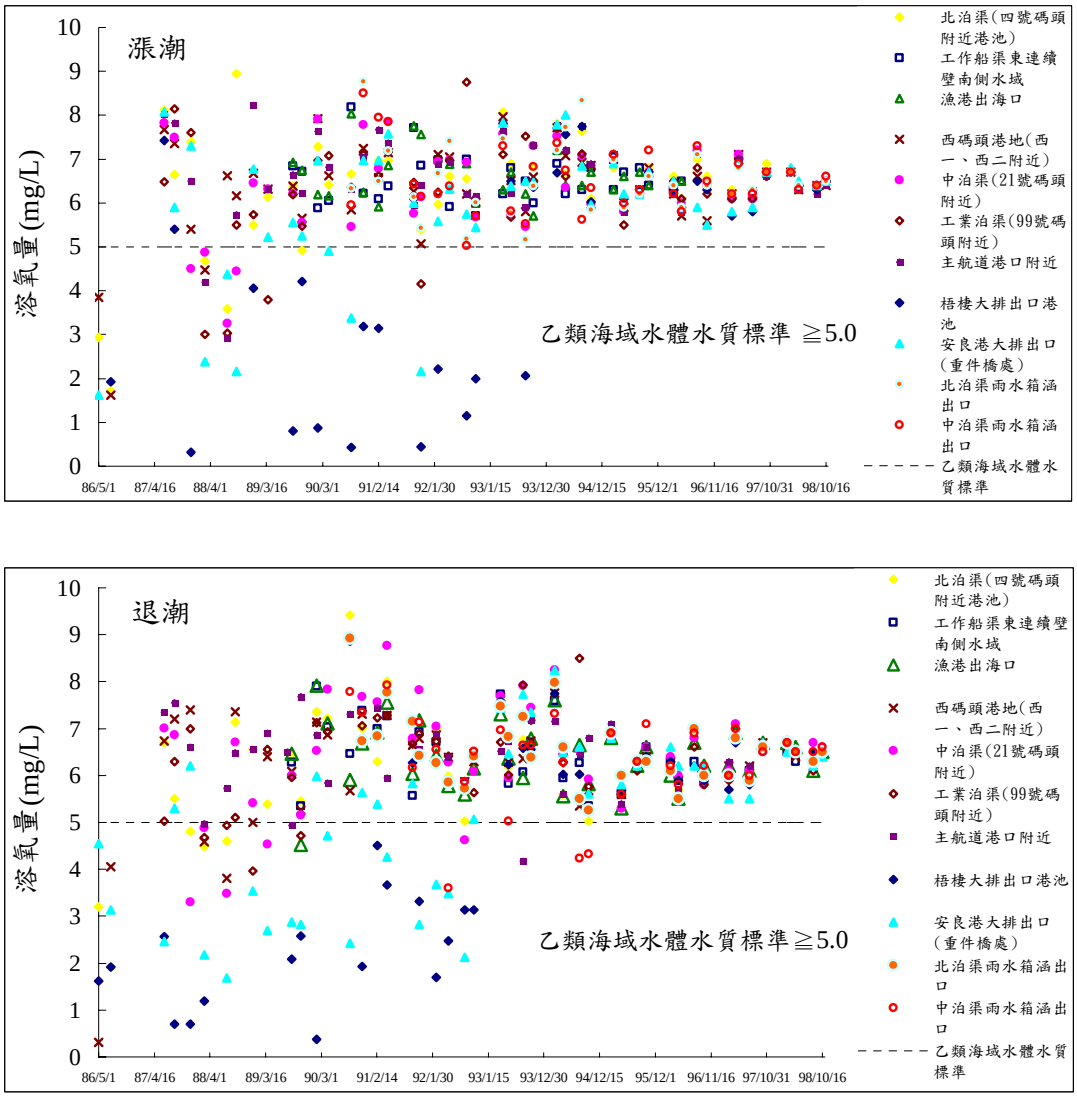


圖 2-28 臺中港港內歷年溶氧量監測值

2. 生化需氧量(BOD)

圖 2-29 顯示各測站生化需氧量(BOD)歷年監測結果。於 86～94 年調查期間，各測站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 88 年 12 月測得最高值 56.3 mg/L，此測值已超出乙類海域水體上限 19 倍，顯示此二區域水體中有機污染物濃度較高，需要消化污染物之需氧量多，水域中有機污染嚴重。自 95 年起，各測站生化需氧量超標之現象已明顯改善，各測站生化需氧量多數能符合乙類海域水體水質標準，且大多為<2.0 mg/L 測值。

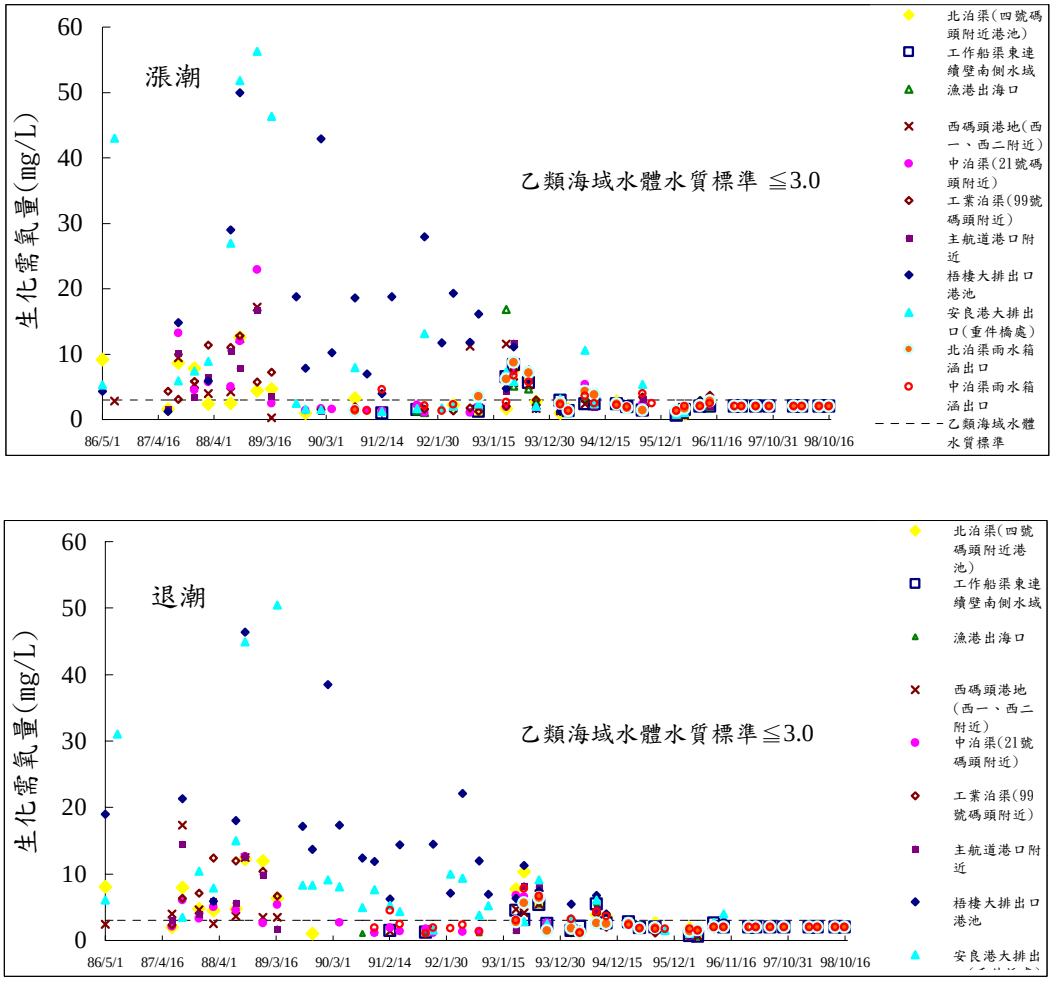


圖 2-29 臺中港港內歷年生化需氧量監測值

3. 大腸桿菌群

圖 2-30 顯示各測站大腸桿菌群歷年監測結果。比較各測站大腸桿菌群監測結果，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 86~93 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水質帶入，整體水質最差。自 97 年起，各測站大腸桿菌群測值介於<10~370 CFU/100 mL，皆符合海域水質標準。

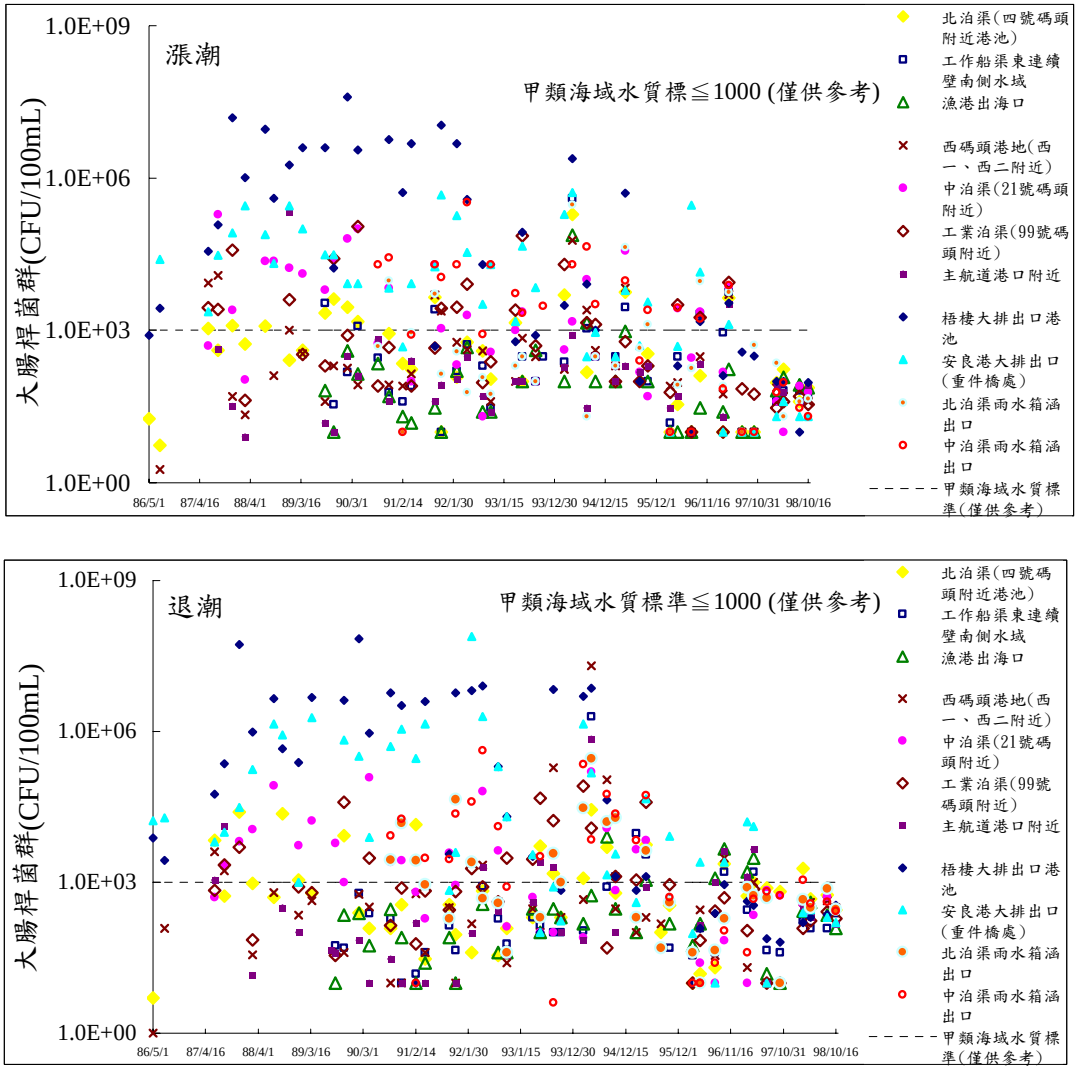


圖 2-30 臺中港港內歷年大腸桿菌群監測值

4. 氨氮

圖 2-31 顯示各測站氨氮歷年監測結果。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 0.05～20.26 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，所幸自 97 年起梧棲大排出口與安良港大排出口氨氮濃度已經下降並趨於平穩，水質漸趨改善。

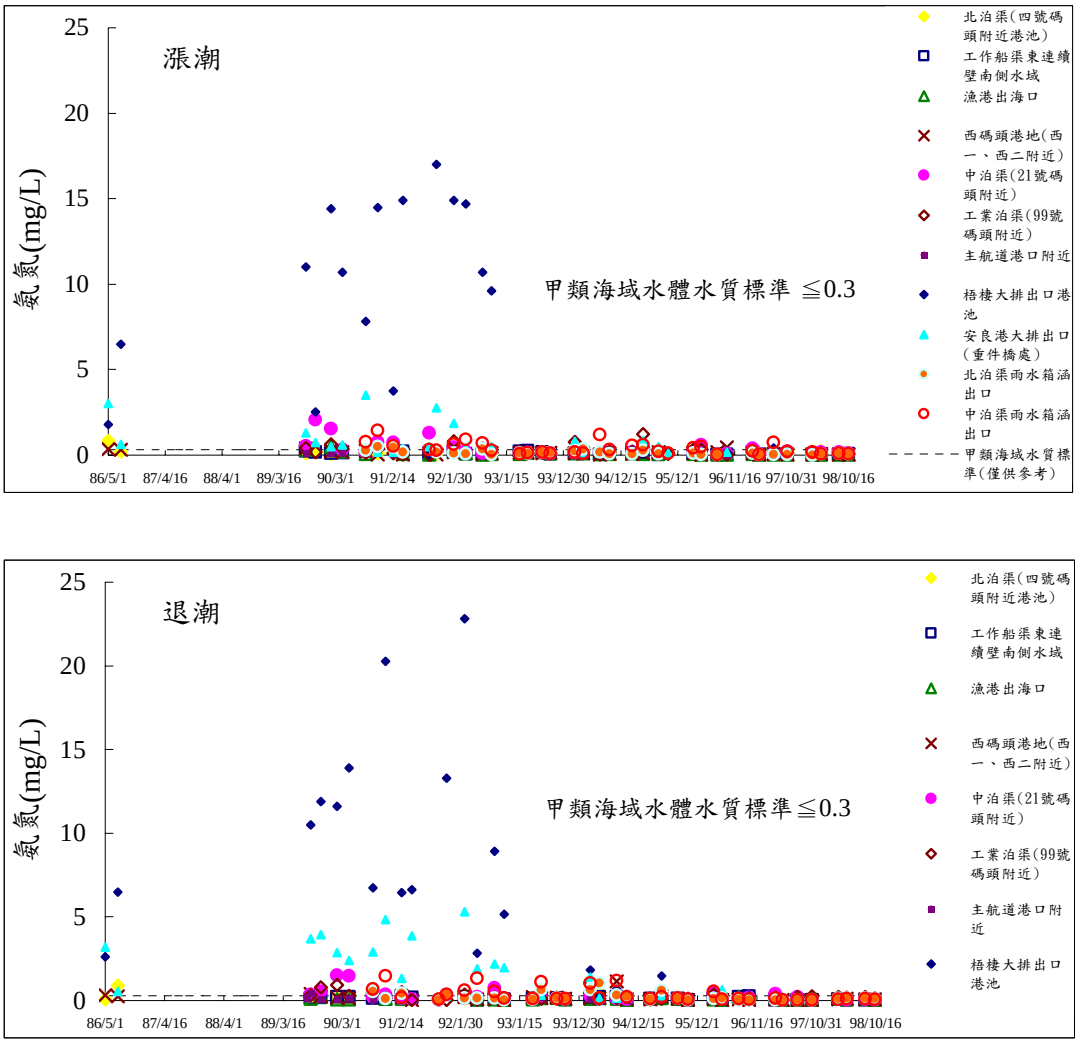


圖 2-31 臺中港港內歷年氨氮監測值

5. 總磷

圖 2-32 顯示各測站總磷歷年監測成果。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 97 年底起各測點水質狀況漸趨穩定，且多符合乙類海域水體水質標準，而過去位居梧棲大排出口處與安良港大排出口處部分港域水質測項濃度偏高且超標之情形已獲改善，水質漸趨良好。

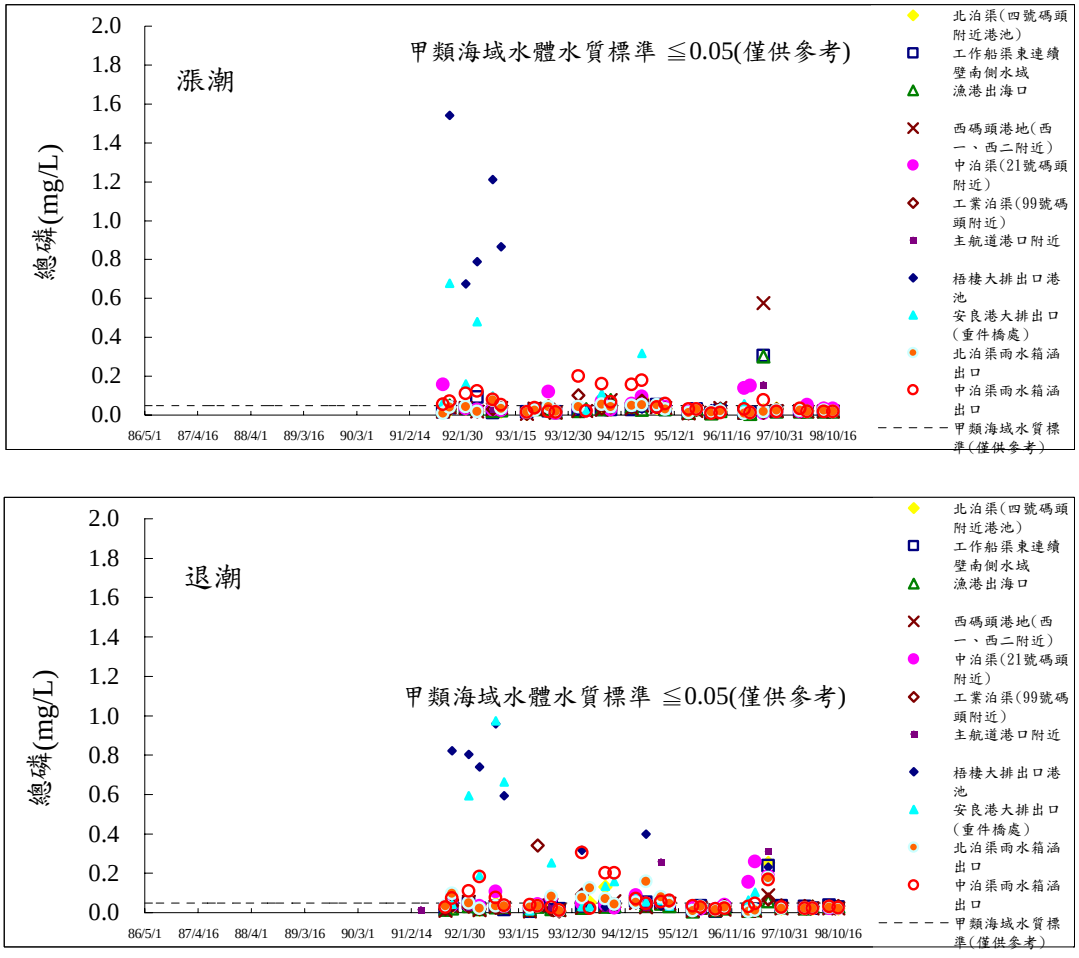


圖 2-32 臺中港港內歷年總磷監測值

6. 鹽度

圖 2-33 顯示各測站鹽度歷年監測結果。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 86 年及 92 年夏季調查期間皆曾出現鹽度偏低之情形，未來仍須特別注意其變動情形。

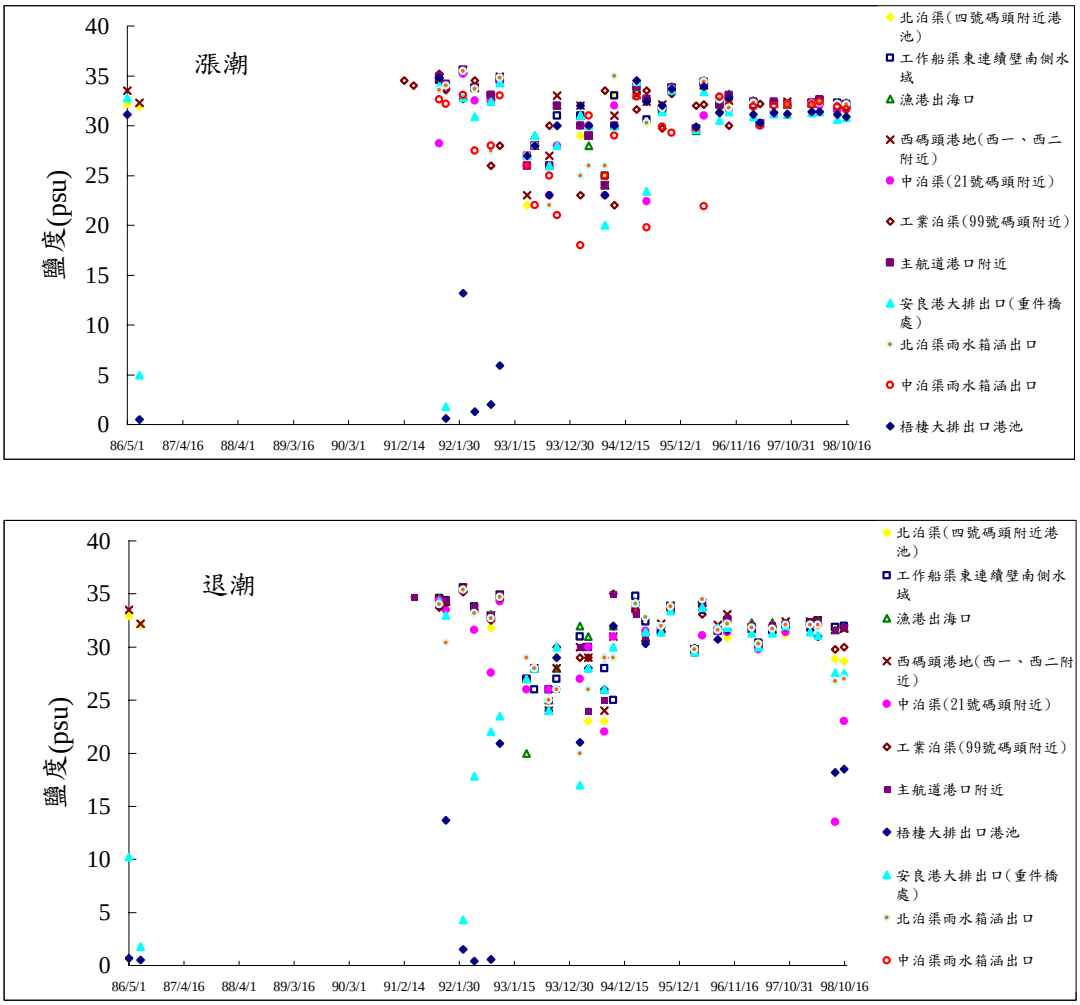
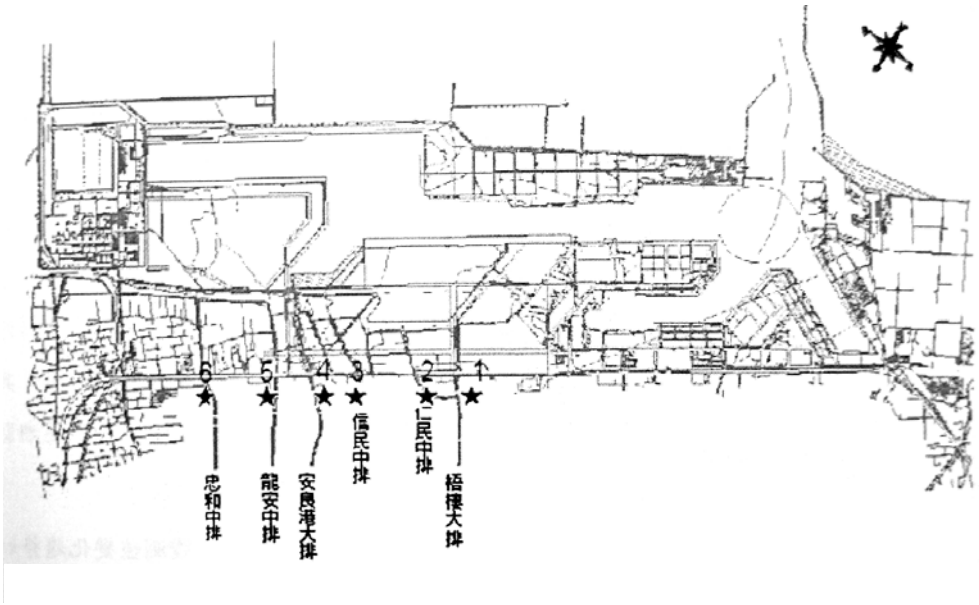


圖 2-33 臺中港港內歷年鹽度監測值

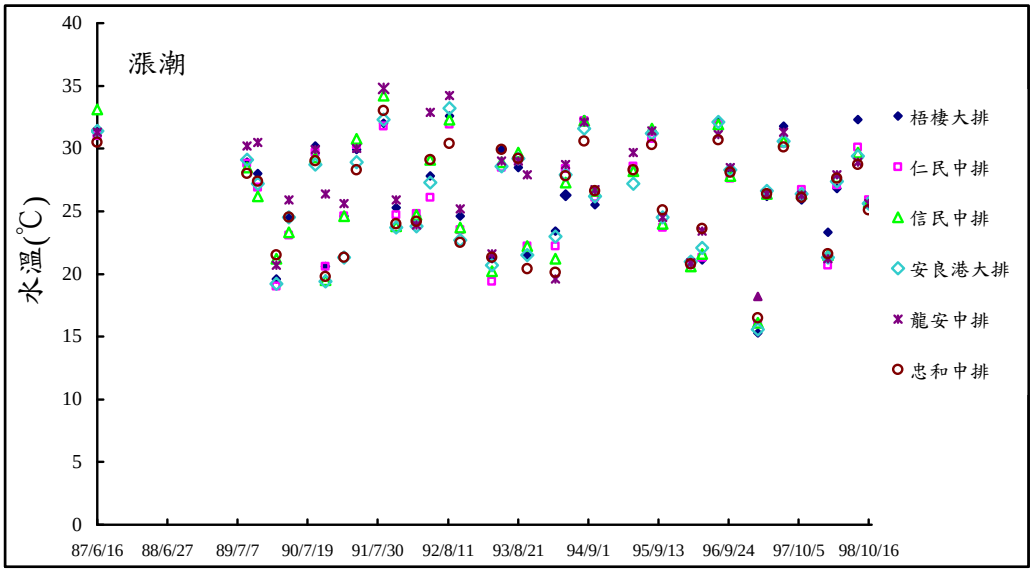
2.6 陸域水質

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。依據臺中港務局「臺中港區環境調查監測分析」歷年調查結果(監測位置如圖 2-34 所示)，由民國 87 年至 98 年期間流入臺中港的各大排與中排水質變化如圖 2-35 至圖 2-42 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 2-37)；而生化需氧量(圖 2-38)及大腸桿菌群(圖 2-40)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：臺中港務局「97 年度臺中港區環境調查監測分析」

圖 2-34 陸域水質監測點位圖



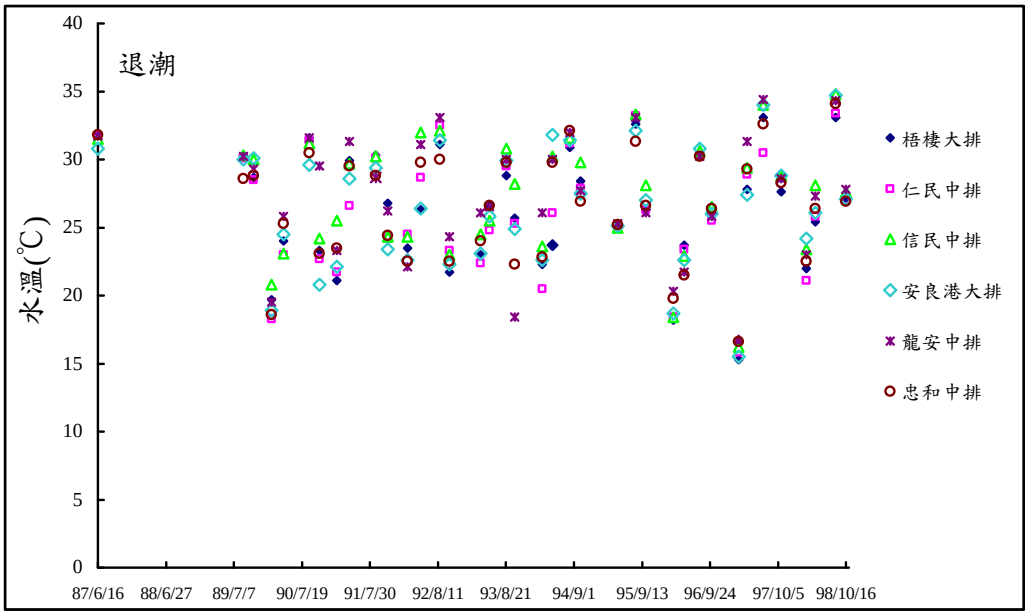
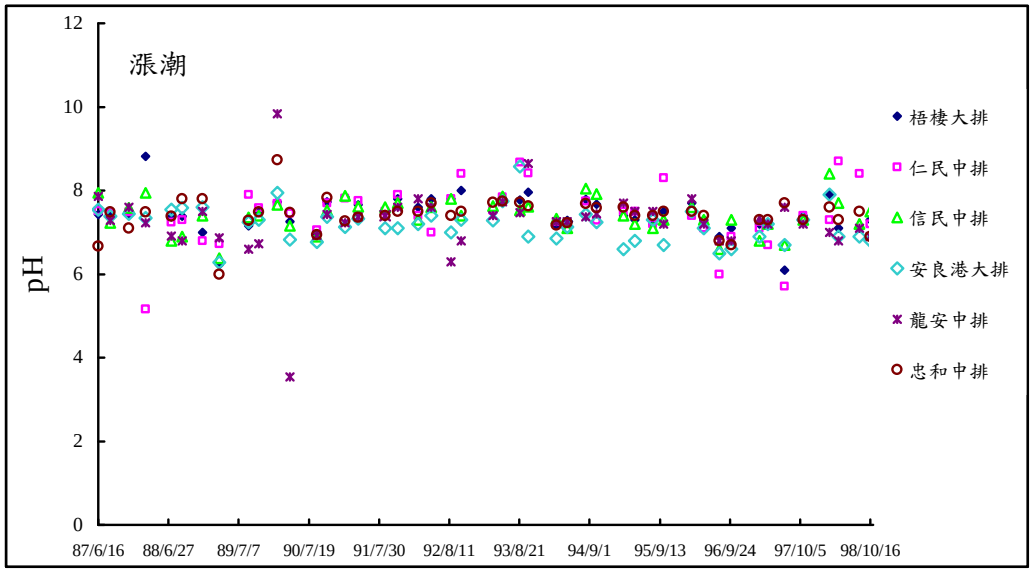


圖 2-35 上游陸域水質之歷年水溫監測值



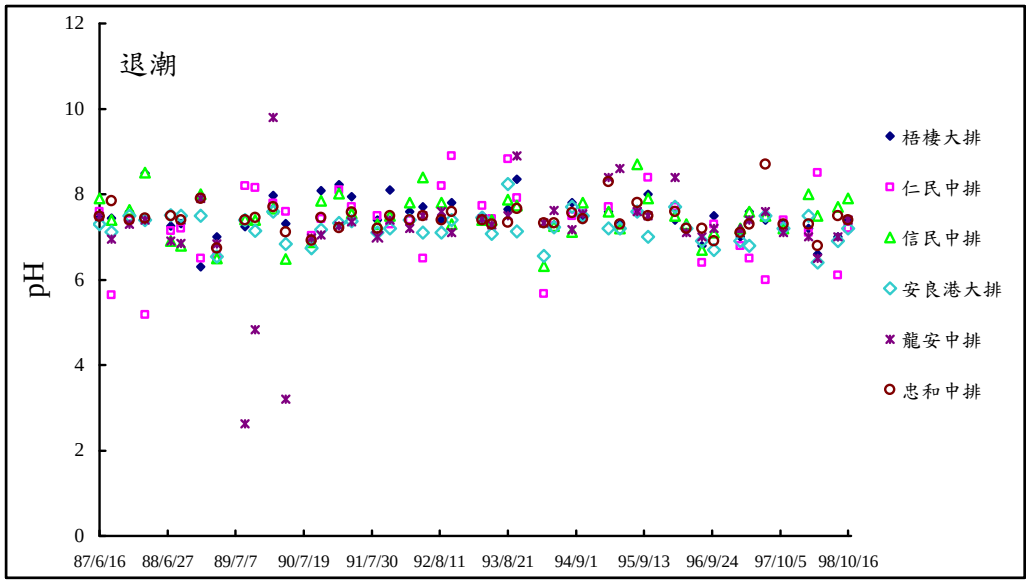
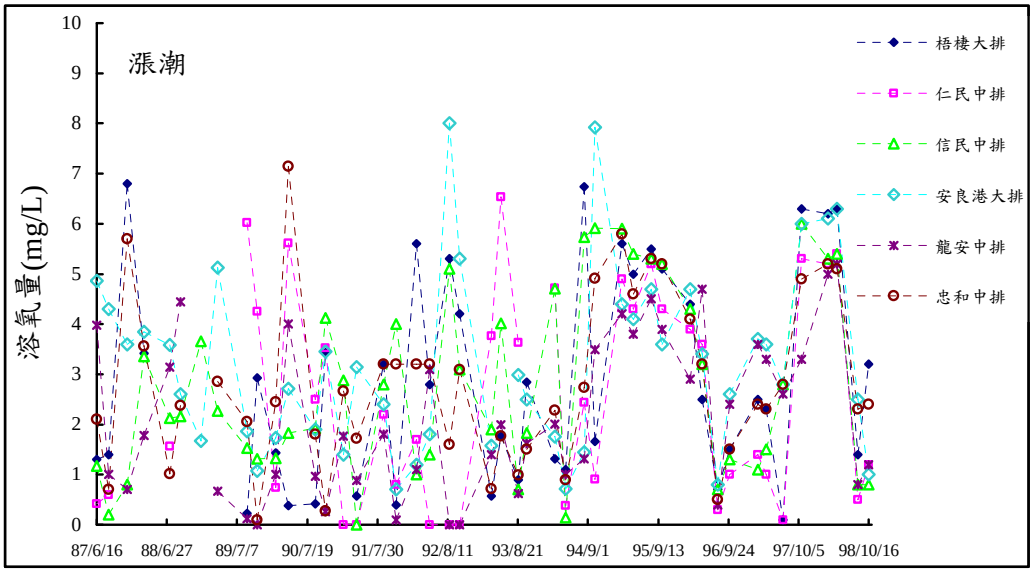


圖 2-36 上游陸域水質之歷年 pH 監測值



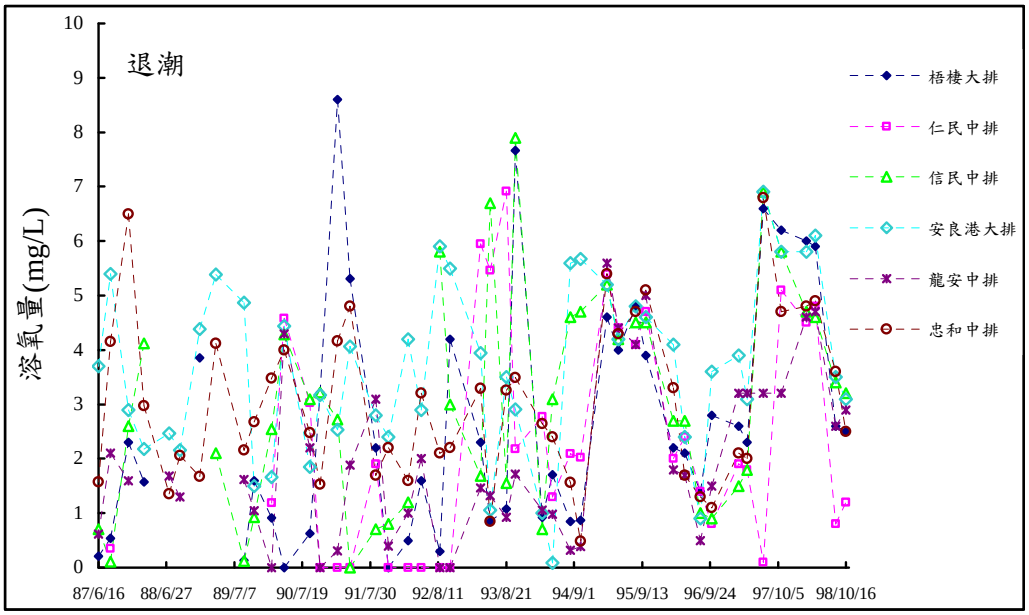
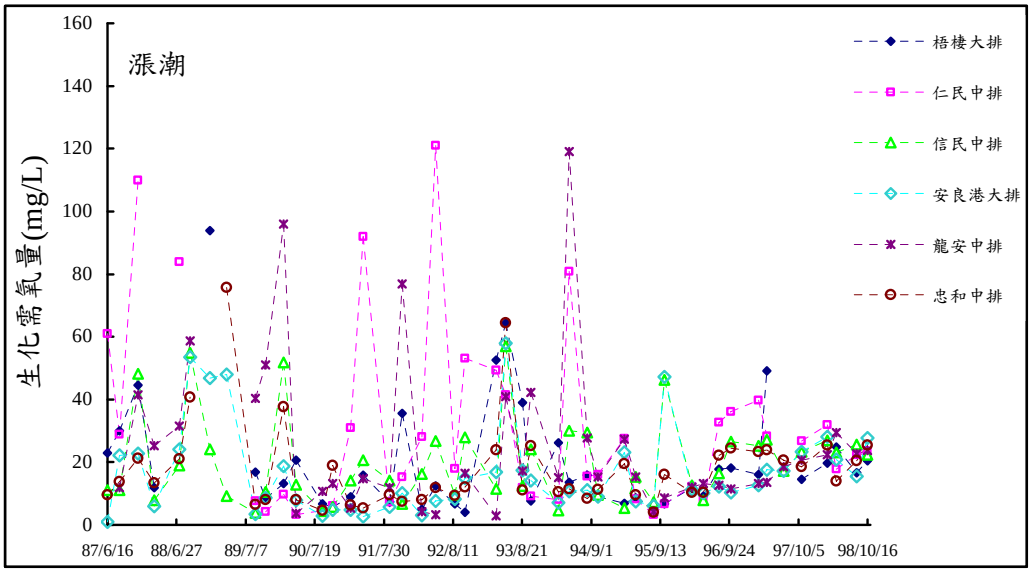


圖 2-37 上游陸域水質之歷年溶氧量監測值



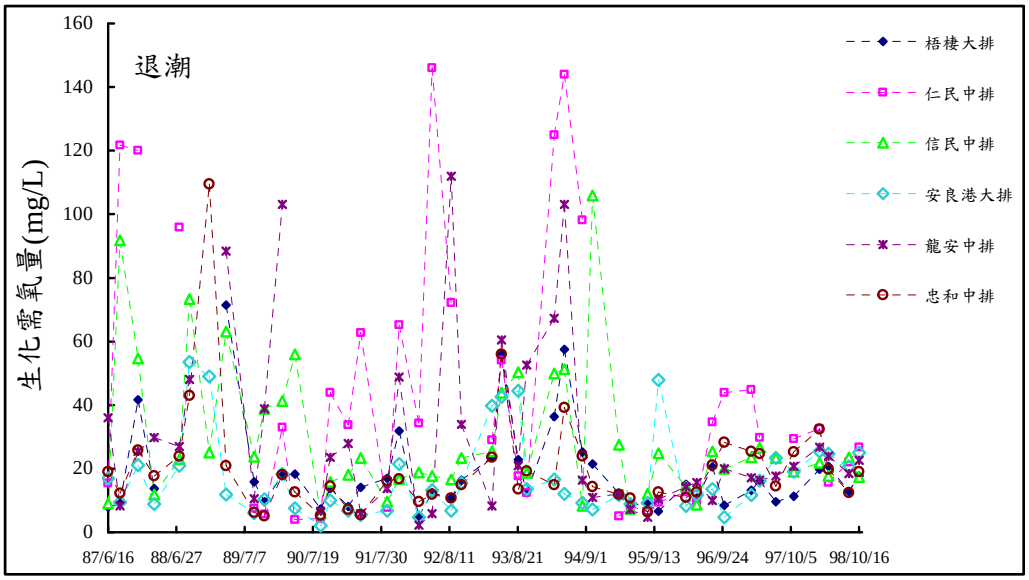
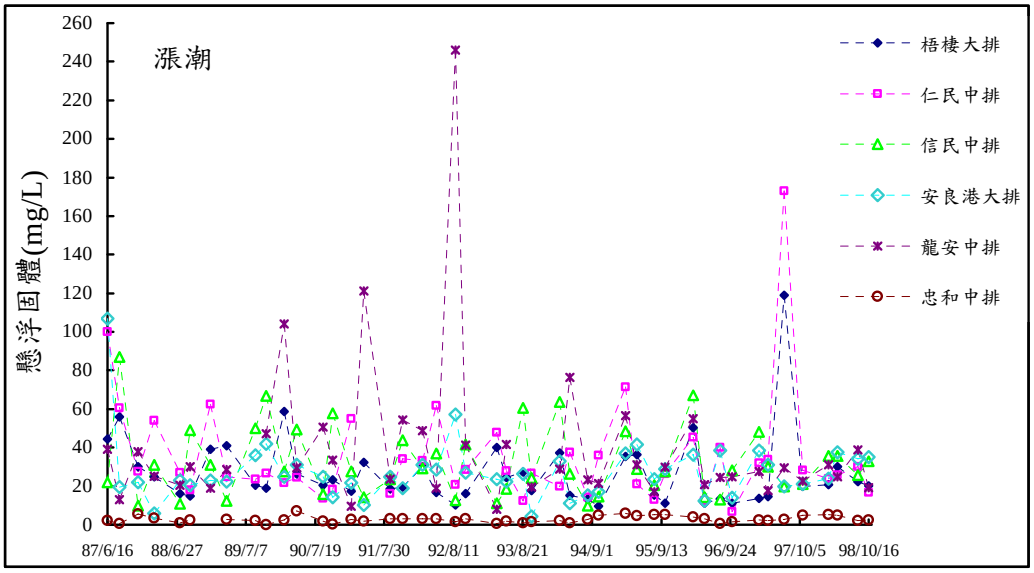


圖 2-38 上游陸域水質之歷年生化需氧量監測值



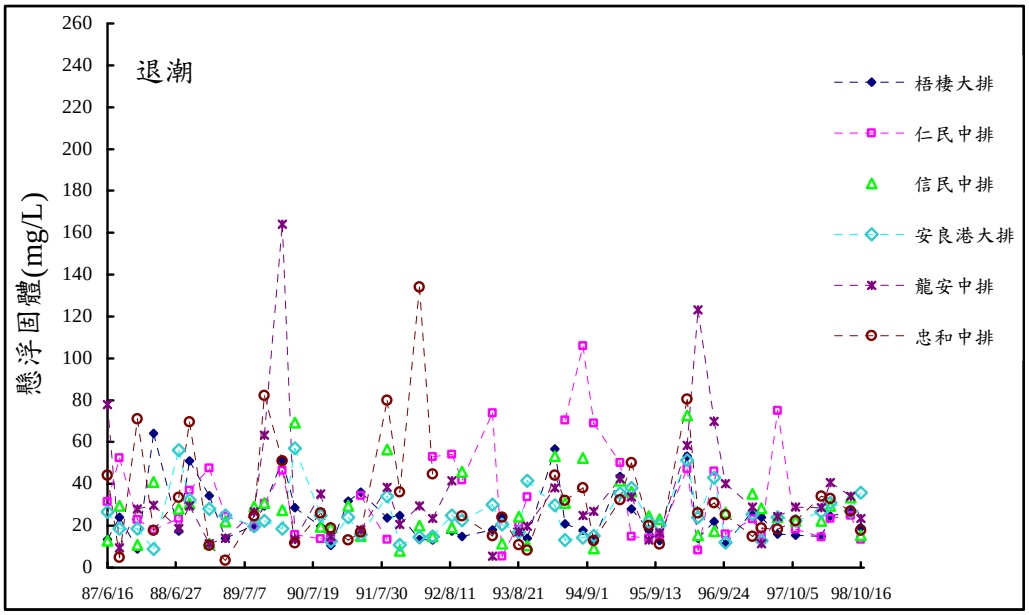
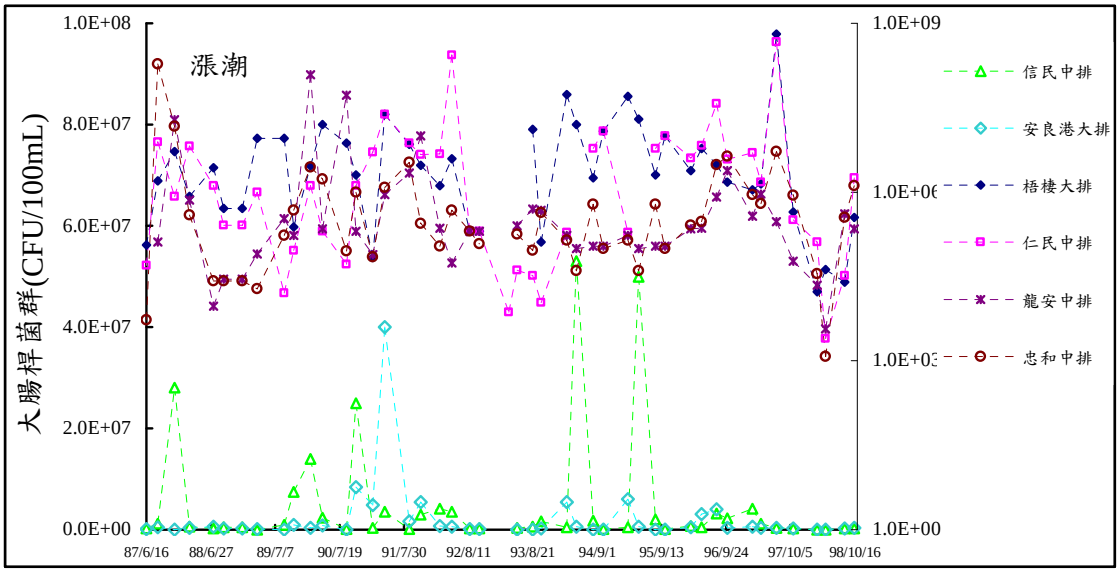


圖 2-39 上游陸域水質之歷年懸浮固體監測值



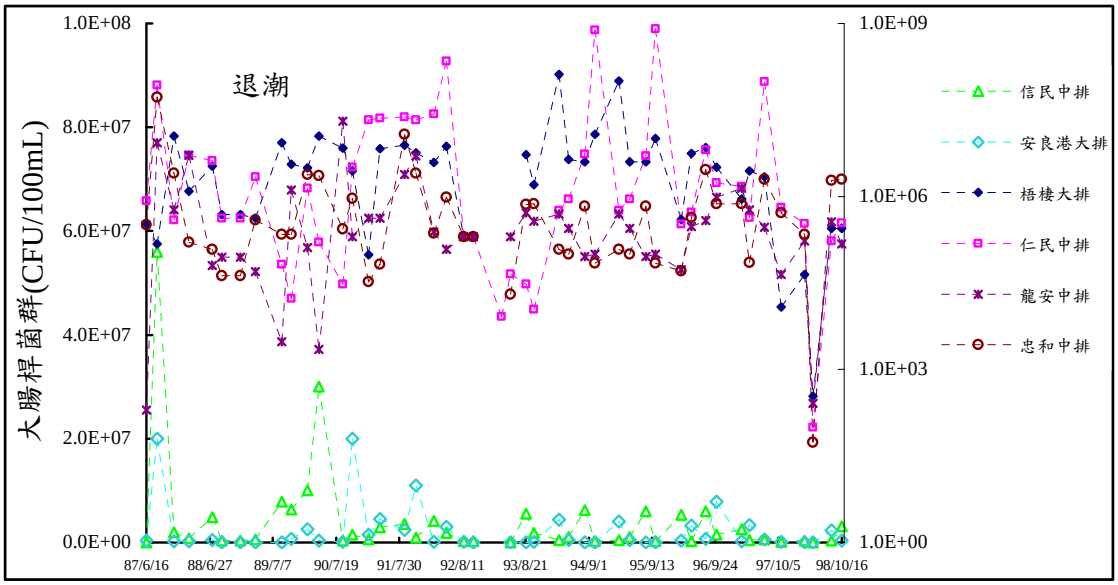
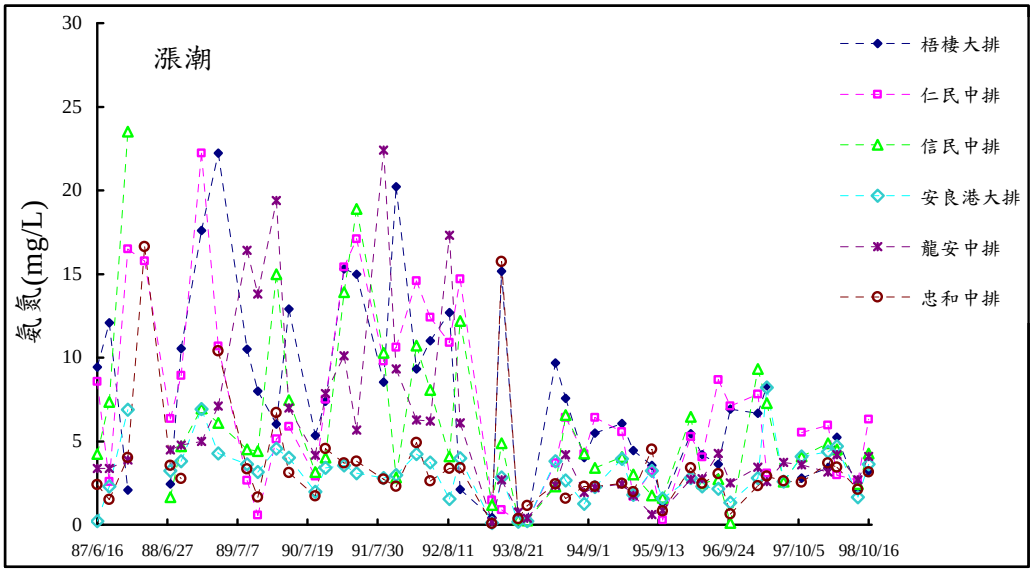


圖 2-40 上游陸域水質之歷年大腸桿菌群監測值



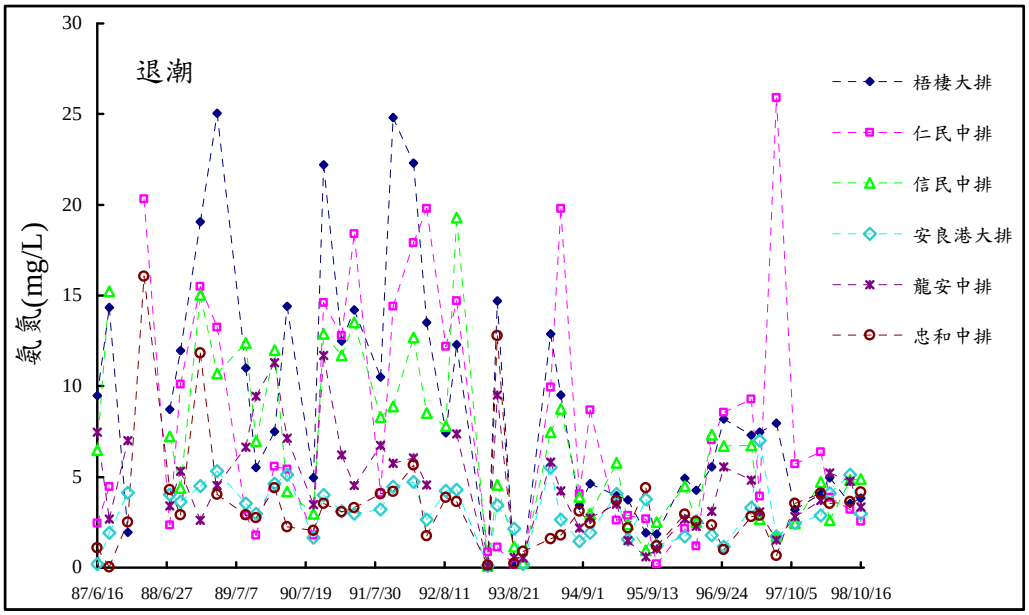
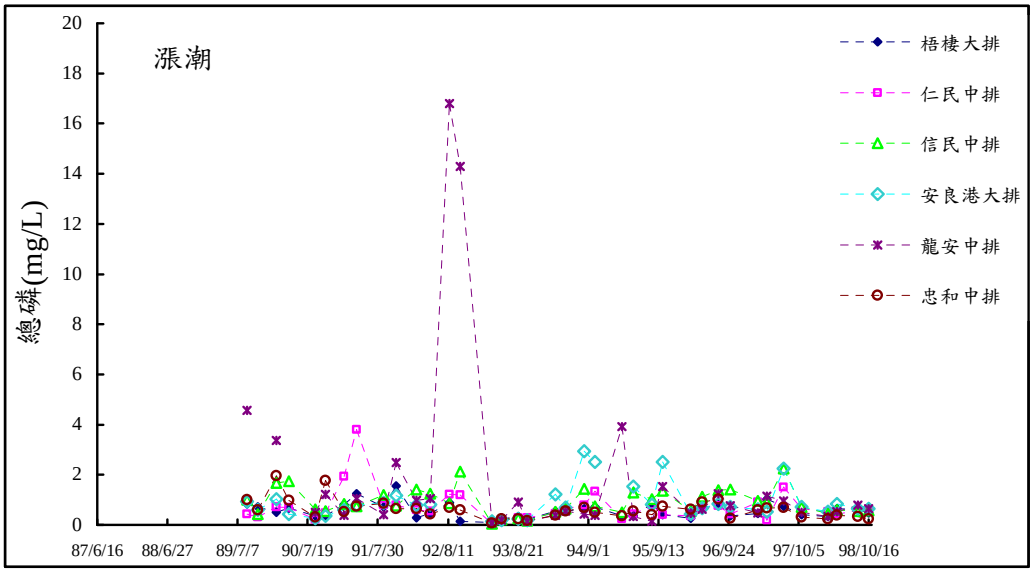


圖 2-41 上游陸域水質之歷年氨氮監測值



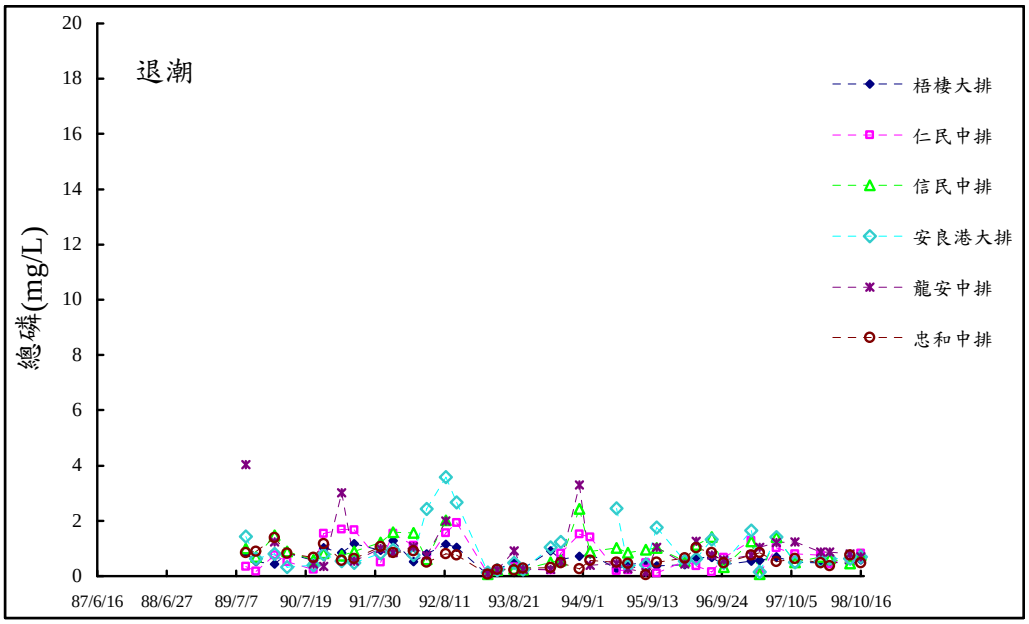


圖 2-42 上游陸域水質之歷年總磷監測值

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。臺中港環境監測調查分析計畫自民國 92 年起開始進行海域生態監測，至民國 98 年間計有 7 年之海域生態資料。

其中依據臺中港務局 98 年度環境調查結果顯示(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。

此外，「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 93 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 2-43)進行調查，其結果摘述如下：

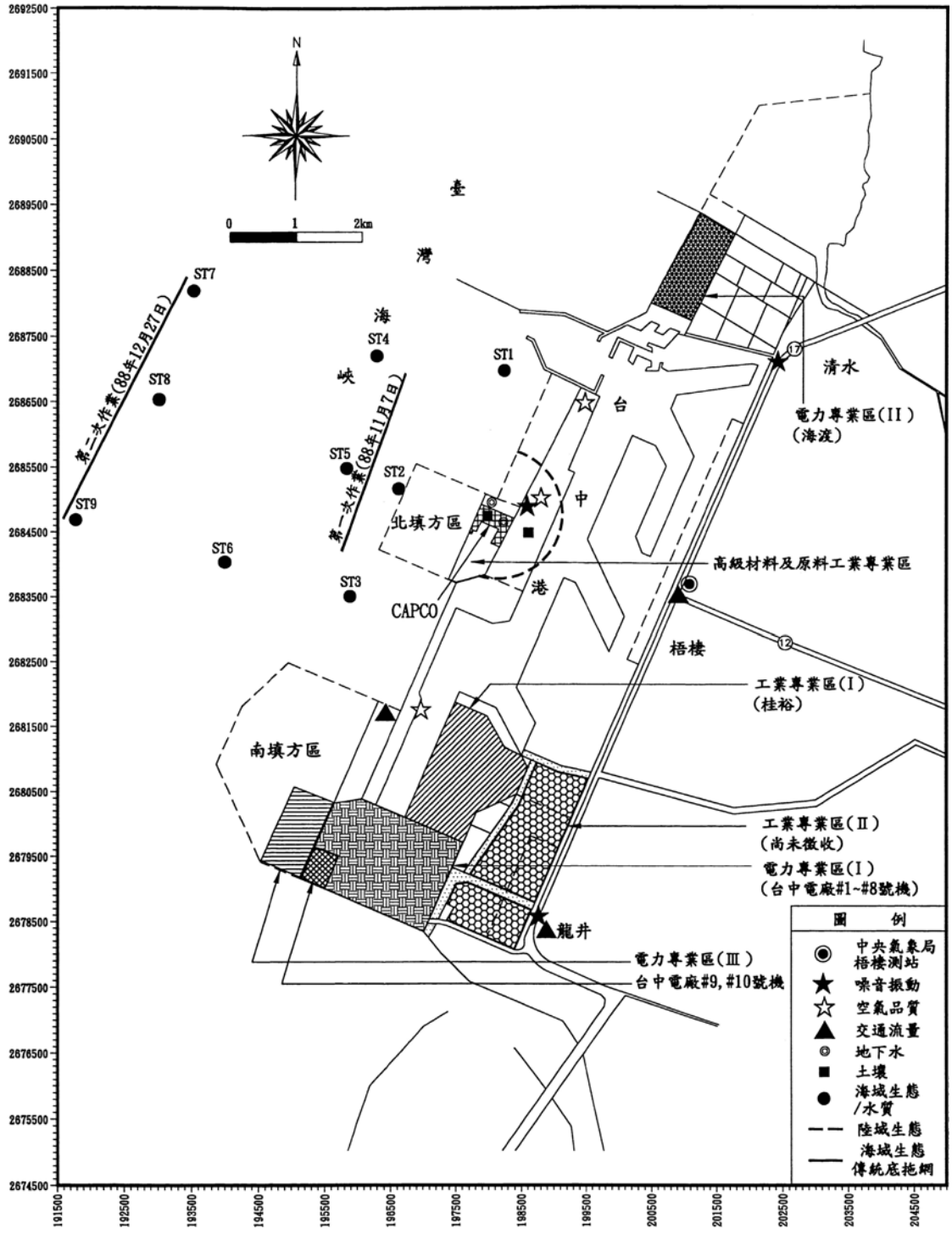


圖 2-43 臺中港西一號碼頭後線第三儲槽及附屬設施興建工程環境影響說明書海域生態監測站位置分佈圖

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 92 年至 97 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。

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：

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

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：

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

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：

$$E = H'/\log_2 S \quad \text{.....(2-3)}$$

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 2-44 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。

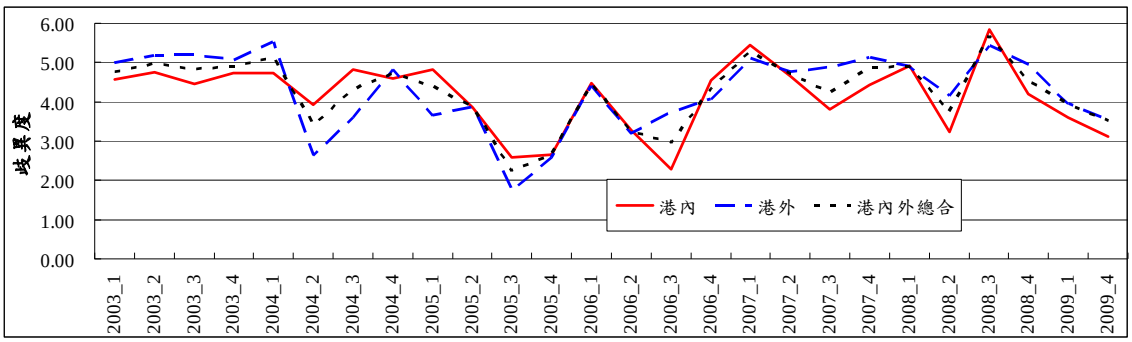


圖 2-44 臺中港海域浮游植物生態多樣性歧異度變化趨勢

圖 2-45 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。

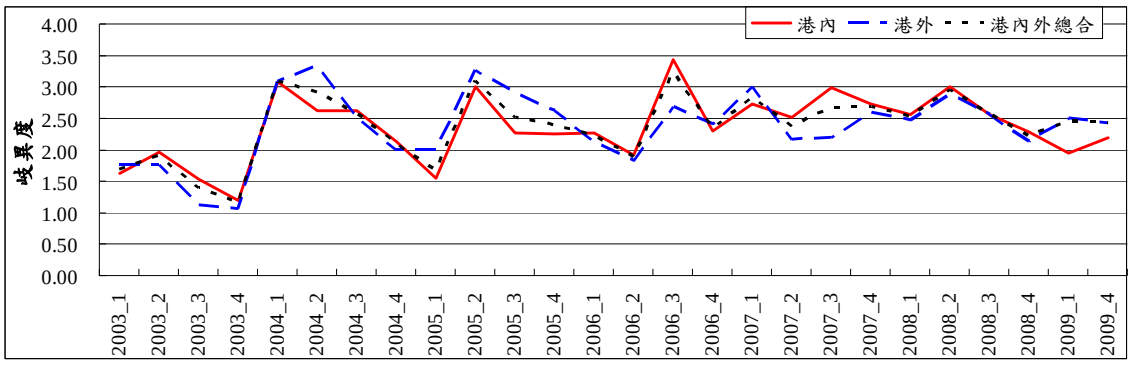


圖 2-45 臺中港海域浮游動物生態多樣性歧異度變化趨勢

臺中港海域底棲動物生態多樣性歧異度變化趨勢如圖 2-46 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 多樣歧異度性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。

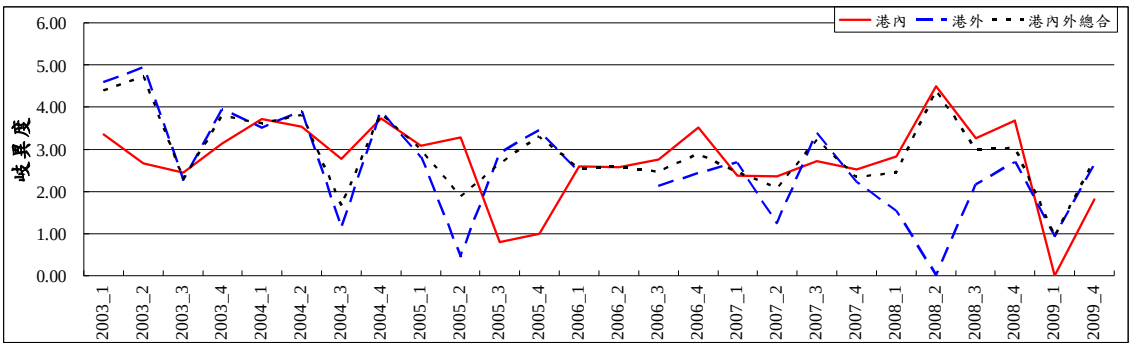


圖 2-46 臺中港海域底棲動物生態多樣性歧異度變化趨勢

圖 2-47 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 2-44 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。

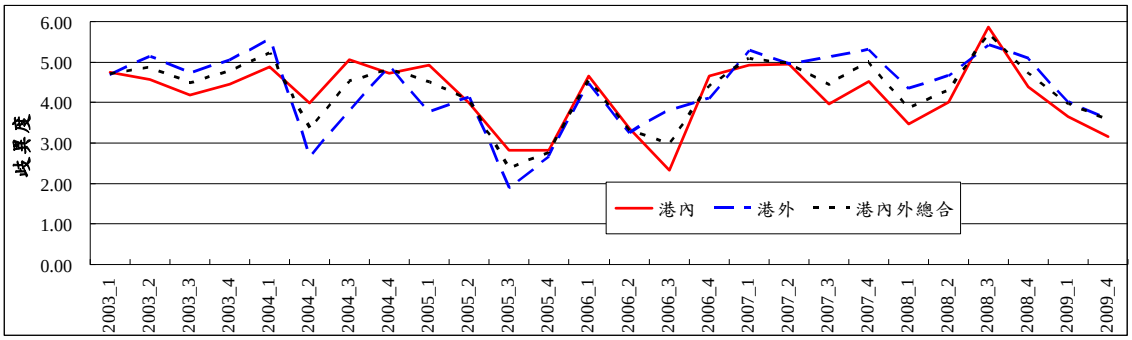


圖 2-47 臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物綜合生態岐異度多樣性變化趨勢

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 2-48 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。由圖 2-48 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。

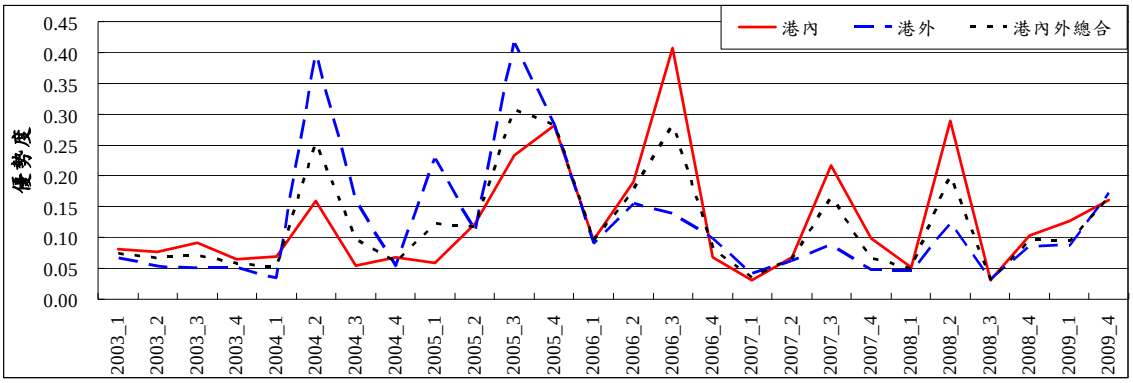


圖 2-48 臺中港海域浮游植物生態優勢度變化趨勢

圖 2-49 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。由圖 2-49 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。

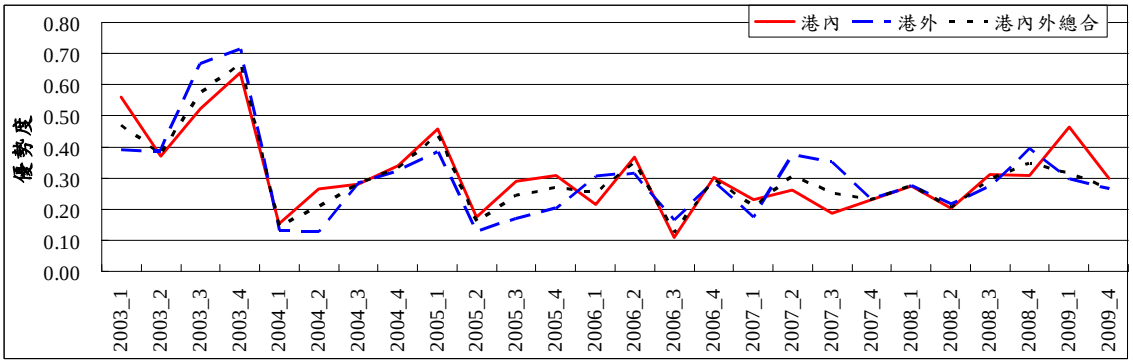


圖 2-49 臺中港海域浮游動物生態優勢度變化趨勢

臺中港海域底棲動物 Simpson 優勢度指數變化趨勢如圖 2-50 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。

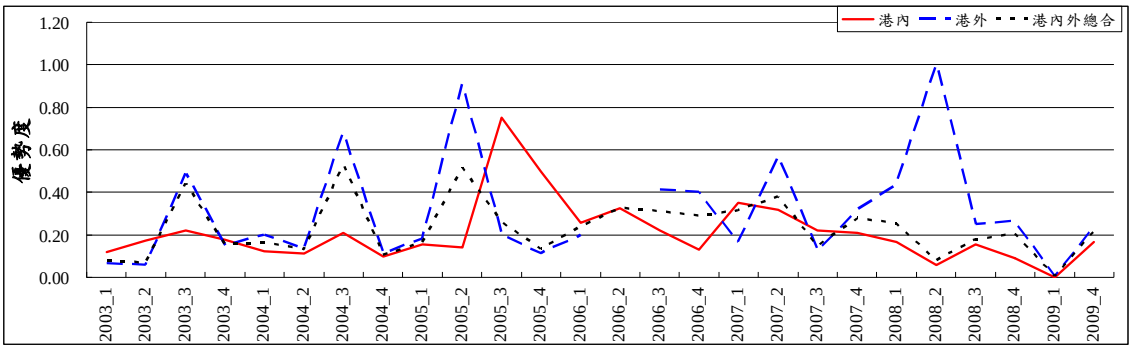


圖 2-50 臺中港海域底棲動物生態優勢度變化趨勢

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 2-51 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 2-48 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。

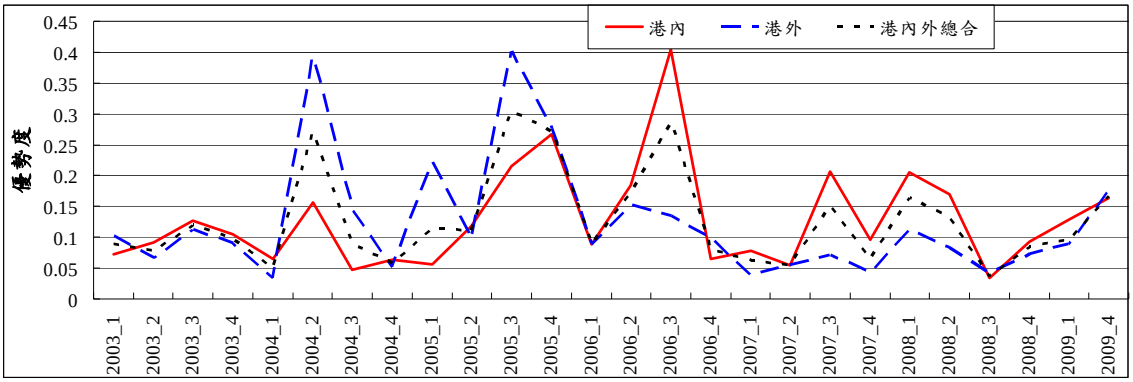


圖 2-51 臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物綜合生態優勢度變化趨勢

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 2-52 至圖 2-55 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 2-52 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 2-52 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。

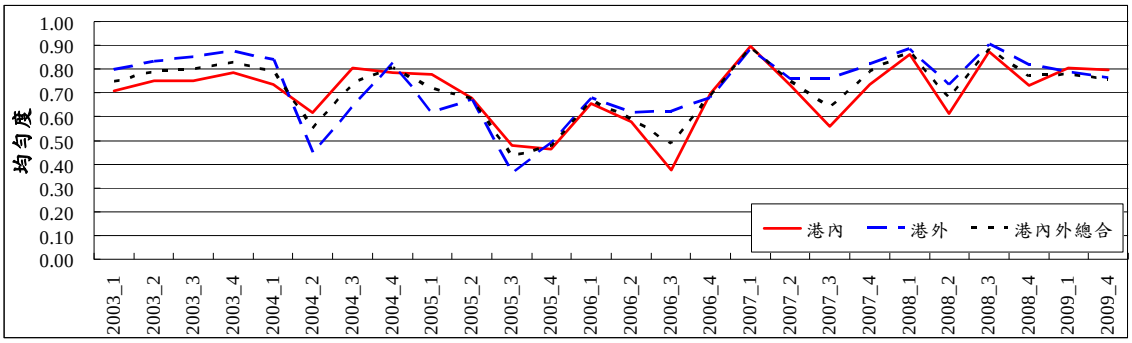


圖 2-52 臺中港海域浮游植物生態均勻度變化趨勢

圖 2-53 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。

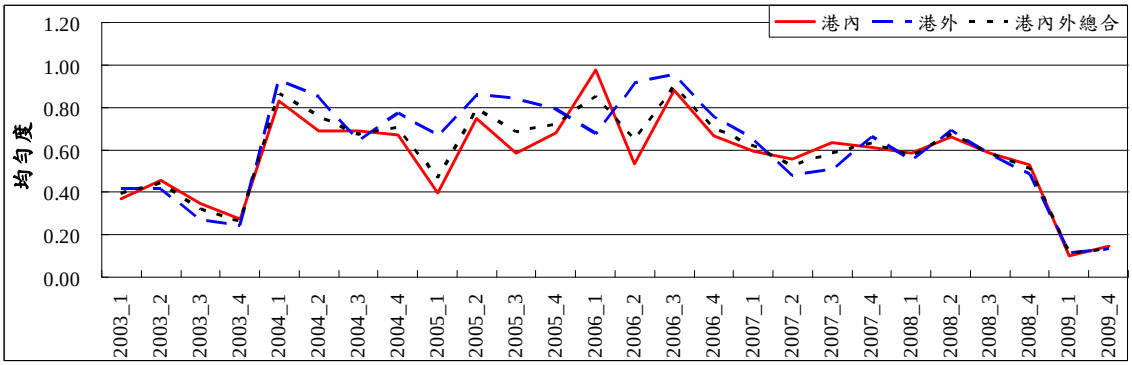


圖 2-53 臺中港海域浮游動物生態均勻度變化趨勢

臺中港海域底棲動物生態均勻度變化趨勢如圖 2-54 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。

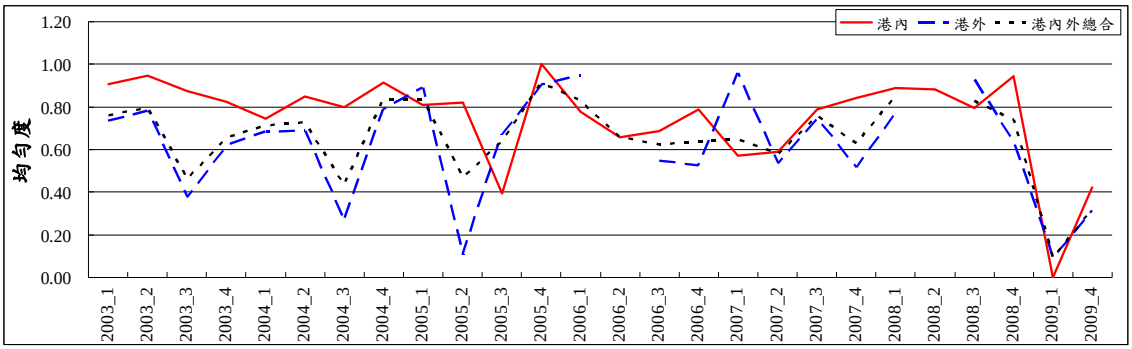


圖 2-54 臺中港海域底棲生物生態均勻度變化趨勢

與先前多樣性歧異度及優勢度之狀況相同，圖 2-55 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 2-52 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。

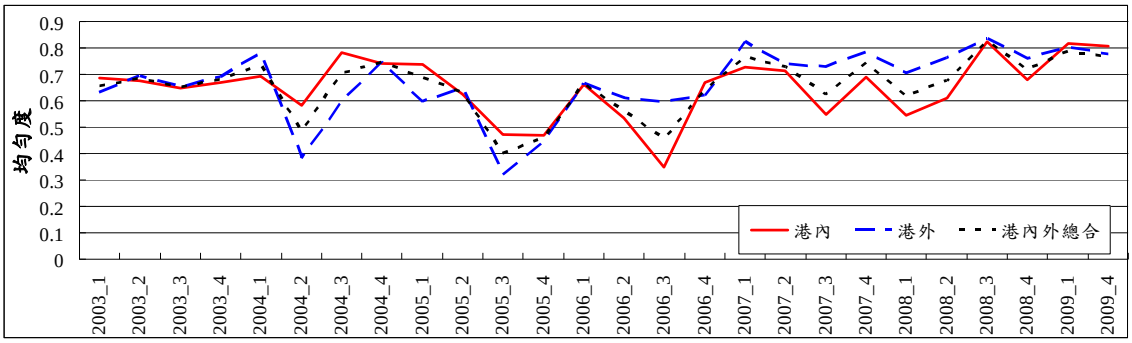


圖 2-55 臺中港海域浮游植物、浮游動物及底棲動物綜合生態均勻度變化趨勢

2.8 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 A. 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《國際船舶壓載水和沉積物控管公約》（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，其中通過船舶壓載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、生境或物種的外來物種」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. 國際船舶壓艙水及沉積物控管公約

制訂國際船舶壓載水和沉積物控管公約從 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載水排放規定；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《國際船舶壓載水和沉積物控管公約》。

國際船舶壓載水和沉積物控管公約正文共 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 個國家簽暑，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沉積物，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　水體採樣調查及分析

本研究係第 2 年在臺中港鄰港區域進行海域水體環境品質調查，為瞭解臺中港海域環境品質之變化，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，調查其海域環境品質。目前海域水質已完成 5 次採樣調查，第 1 年度(98 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；本年度(99 年)採樣調查延續 98 年之近岸水域調查，上半年於 3 月 23 日至 3 月 24 日完成採樣，下半年亦已於 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佈之特性、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。

3.1 測站規劃

3.1.1 測站設置原則

由環保署發布之「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、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。

3.1.2 測站選定

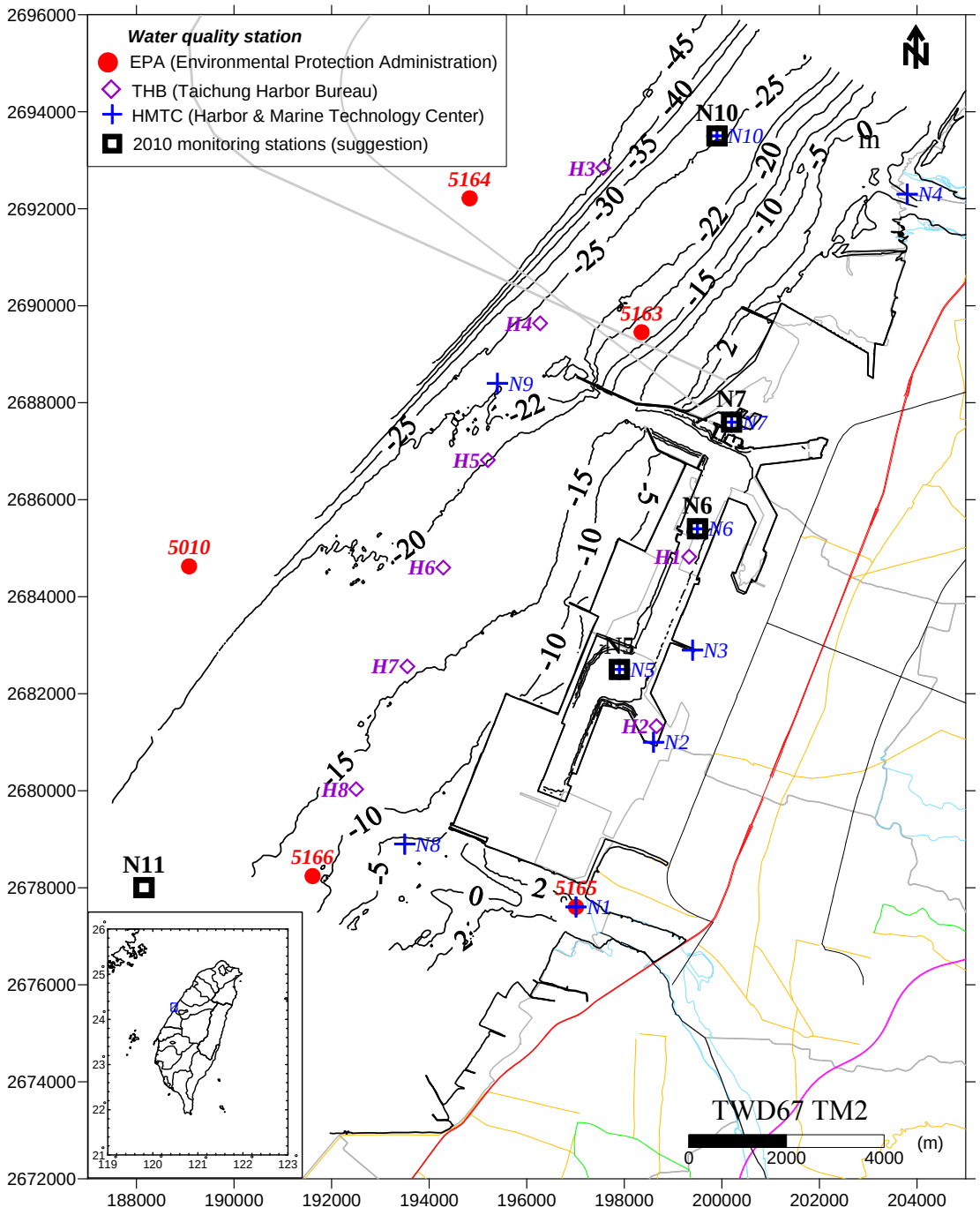
本年度(99 年度)計畫臺中港鄰港海域水質測站設置主要依照上述原則所規劃，並參考 98 年度本研究之測站位置為測點選定之依據。此外，環保署(EPA)長期於臺中港外沿海海域設有 5 處水質測站，以及臺中港務局(THB)於此區域，亦設有港內 2 處與港外 6 處。

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，本研究本年度(99 年)水質調查部份，乃參考前 1 年度測站位置選定原則，選擇臺中港鄰港共 5 個測站(港內 3 處與港外 2 處)，進行表層海域水質調查，點位座標如表 3-1 所示，位置如圖 3-1 所繪，圖示 EPA 表環保署長期於臺中港外沿海海域之水質測站，THB 則代表臺中港務局於此區域所進行之海域水質及生態測站，HMTC 則為本研究第 1 年度(98 年)之海域與港區水質測點。

表 3-1 民國 99 年臺中港鄰港海域水質測站座標

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	197899	2682529	24	14.739	120	29.716
N6		臺中港區	199554	2685329	24	16.259	120	30.688
N7		梧棲漁港港區	200205	2687591	24	17.486	120	31.068
N10	港外	大甲溪外海	199975	2692403	24	20.092	120	30.922
N11		大肚溪外海	188250	2678235	24	12.392	120	24.026



(本研究第 2 年：N5, N6, N7, N10, N11)

圖 3-1 民國 99 年度臺中港鄰港海域水質與生態測站位置

3.2 海域水質調查

3.2.1 採樣方法

參照中華民國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


採樣人員於船筏上操作

3.2.2 採樣頻率

本年度(99 年度)海域水質監測 1 年共 2 次，豐、枯水期間各 1 次，於第 1 年(民國 98 年)起迄今，已於 98 年 4 月 29 日、98 年 6 月 25 日、98 年 9 月 14～15 日、99 年 3 月 23～24 日與 99 年 9 月 7 日～8 日計進行 5 次採樣調查。

3.2.3 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。

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，如分析項目未列入環保署公告之方法中，採用美國公共衛生協會(APHA)等編印之「水與廢水標準檢驗方法」(Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater，20th Edition，APHA，1998)之檢測方法進行分析。其方法依據與方法偵測極限等如表 3-2 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。

3.3 海域水質調查結果

本年度海域水質採樣監測結果詳如表 3-3 及表 3-4，檢測分析之相關紀錄詳列於附錄三至附錄五。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 3-2 水質檢測項目之方法與偵測極限等品質目標

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)]pH 值	電極法	NIEA[(2)] W424.52A	—	±0.1	—	—
◎溶氧量	電極法	NIEA W455.50C	—	≤10%	—	—
◎導電度	導電度計法	NIEA W203.51B	—	≤3%	—	—
鹽度	導電度法	NIEA W447.20C*[(3)]	—	≤5%	—	—
◎水溫	溫度計法	NIEA W217.51A	—	≤3%	—	—
透明度	水中透明度檢測方法	NIEA E220.50C	—	—	—	—
◎五日生化需氧量	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)]	—
◎大腸桿菌群	濾膜法	NIEA E202.53B	—	≤ 0.2	—	—
◎懸浮固體	103~105℃乾燥法	NIEA W210.57A	2.5[#] mg/L	≤20% ≤10%[(7)]	—	—
◎氨氮	靛酚法	NIEA W448.51B	0.02 mg/L	≤10%	80~120%	85~115%
◎總磷	分光光度計/維生素丙法	NIEA W427.52B	0.006 mg/L	≤10%	85~115%	75~125%
葉綠素 a	丙酮萃取法/分光光度計分析法	NIEA E507.02B	—	≤25%	—	—

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168~224 mg/L。

(6).表中各檢項方法偵測極限值原則上每年更新一次。

(7).若因不可抗拒力(如天災、儀器故障)未能執行檢測分析，本實驗室將通知業主，並於樣品有效期限內轉委託經環保署認證之單位執行檢測。轉委託後之分析品質亦須符合上表中品質目標的規定。

表 3-3 民國99年3月臺中港鄰港海域水質採樣調查結果

調查期間：99 年 3 月 23 日至 3 月 24 日

檢項及方法	pH	水溫 ℃	導電度 μmho/cm	鹽度 psu	透明度 m	DO mg/L	DO 飽和度 (%)	BOD mg/L	懸浮固體 mg/L	大腸桿菌群 CFU/100mL	總磷 mg/L	氨氮 mg/L	葉綠素 a μg/L
測站	NIEA W424.52A	NIEA W427.51A	NIEA W203.51B	NIEA W447.20C⊕	NIEA E220.50C	NIEA W455.50C	NIEA W455.50C	NIEA W510.54B	NIEA W210.57A	NIEA E202.53B	NIEA W427.52B	NIEA W448.51B	NIEA W507.02B
N5	8.2(8.20)	23.6	52300	34.3	2.5	9.1(9.14)	132	<2.0(1.6)	3.8	1.8×10^4	0.048	0.12	2.2
N6	8.3(8.27)	24.4	53000	34.9	2.2	7.1(7.06)	103	<2.0(0.5)	3.8	20	<0.020(0.017)	<0.05(0.05)	1.1
N7	8.3(8.27)	24.1	52900	34.9	1.3	7.3(7.29)	107	<2.0(0.8)	4.4	25	0.032	0.11	1.7
N10	8.1(8.07)	24.2	53300	35.1	5.2	6.8(6.81)	101	<2.0(0.7)	7.6	<10	0.042	0.06	1.1
N11	8.1(8.12)	24.8	53800	35.5	6.7	6.5(6.53)	97.5	<2.0(0.3)	<2.5	<10	<0.020(0.016)	<0.05(0.02)	0.5
認證與否	◎	◎	◎			◎	◎	◎	◎	◎	◎		
MDL	—	—	—	—	—	—	—	2.0#	2.5	—	0.006	0.02	—
乙類	7.5-8.5	無	無	無	無	≧5.0		≦3.0	無	無	無	無	無

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。pH 及 DO 檢項括號內數據表實際測值。

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<0.05( )(氨氮)，0.020、0.05 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.氨氮檢項樣品編號 W099032405，樣品濃度為 0.0454mg/L。

表 3-4 民國99年9月臺中港鄰港海域水質採樣調查結果

調查期間：99 年 9 月 7 日至 9 月 8 日

檢項及方法	pH	水溫 ℃	導電度 μmho/cm	鹽度 psu	透明度 m	DO mg/L	DO 飽和度 (%)	BOD mg/L	懸浮固體 mg/L	大腸桿菌群 CFU/100mL	總磷 mg/L	氨氮 mg/L	葉綠素 a μg/L
測站	NIEA W424.52A	NIEA W427.51A	NIEA W203.51B	NIEA W447.20C⊕	NIEA E220.50C	NIEA W455.50C	NIEA W455.50C	NIEA W510.54B	NIEA W210.57A	NIEA E202.53B	NIEA W427.52B	NIEA W448.51B	NIEA W507.02B
N5	8.2(8.208)	31.9	48900	32.2	2.5	4.6(4.56)	73.6	<2.0(0.8)	16.9	2.5×10^2	0.043	0.08	10.3
N6	8.2(8.162)	31.6	49800	32.9	2.1	4.4(4.37)	70.7	<2.0(0.2)	16.4	55	0.027	<0.05(0.04)	3.1
N7	8.2(8.192)	31.4	50100	33.0	1.2	4.4(4.45)	71.8	<2.0(0.3)	10.5	40	0.030	ND	3.4
N10	8.2(8.175)	32.1	50000	32.9	6.6	6.6(6.55)	98.5	<2.0(0.1)	9.2	<10	0.024	<0.05(0.03)	1.1
N11	8.2(8.205)	29.8	50000	33.0	5.2	5.8(5.79)	91.0	<2.0(0.2)	12.0	10	0.048	0.09	0.6
認證與否	◎	◎	◎			◎	◎	◎	◎	◎	◎		
MDL	—	—	—	—	—	—	—	2.0#	2.5	—	0.006	0.02	—
乙類	7.5-8.5	無	無	無	無	≧5.0		≦3.0	無	無	無	無	無

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。pH 及 DO 檢項括號內數據表實際測值。

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<0.05( )(氨氮)，0.020、0.05 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.氨氮檢項樣品編號 W099032405，樣品濃度為 0.0454mg/L。

1. 酸鹼度(pH)

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 之間，很少有超出此範圍者，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表所示，各測站之 pH 值與第 1 年(98 年度)3 次採樣監測結果相較變動不大，皆屬於中性偏鹼範圍，3 月與 9 月計 2 次採樣監測結果均能符合乙類海域水質標準(7.5～8.5)，在港區內各海域測點(N5、N6、N7)之 pH 值介於 8.16～8.27 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)之酸鹼度測值相近，水質穩定無異常值。

	監測日期(民國年/月/日)			測值範圍	平均
本研究監測	98 年	第 1 次	98/4/29	8.1～8.3	8.3
		第 2 次	98/6/25	8.1～8.2	8.1
		第 3 次	98/9/14～15	7.1～8.3	7.8
	99 年	第 4 次	99/3/23～24	8.07～8.27	8.19
		第 5 次	99/9/7～9/8	8.16～8.21	8.19
環保署監測	86~99 年	臺中港沿海二	86/7/8～99/5/5	8.0~8.3	8.18

2. 導電度(Electrical conductivity, EC)

導電度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表所示，各海域測站於 3 月與9 月計2 次採樣監測之導電度測值介於 48900～53800 μmho/cm 間，監測結果皆於正常海水值 45000～55000 μmho/cm 之變動範圍內，且皆以港區外新增之 N11(大肚溪外海)測點為最高，以港區內 N5 測點為最低，整體測站導電度平均值 51410 μmho/cm，雖略高於第 1 年(98 年度)3 次採樣監測結果，但無明顯異常。

	監測日期(民國年/月/日)			測值範圍 (μmho/cm)	平均 (μmho/cm)
本研究監測	98 年	第 1 次	98/4/29	18300～51000	45510
		第 2 次	98/6/25	43600～50200	48970
		第 3 次	98/9/14～15	3510～55200	32459
	99 年	第 4 次	99/3/23～24	52300～53800	53060
		第 5 次	99/9/7～9/8	48900～50100	49760
環保署監測	86~99 年	臺中港沿海二	未監測	未監測	未監測

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表所示，各海域測站於 3 月與9 月計2 次採樣監測之鹽度測值介於 32.2～35.5 psu 間，鹽度變化之趨勢與導電度大致相似，整體測站鹽度平均值 33.9 psu，較第 1 年(98 年度)3 次採樣監測結果高，且本年度 2 次採樣監測結果亦顯示，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 3 處測點(N5、N6、N7)為略高，但略低於環保署長期外海環境水質測站(臺中港沿海二)之鹽度平均測值 33.6psu。

	監測日期(民國年/月/日)			測值範圍 (psu)	平均 (psu)
本研究監測	98 年	第 1 次	98/4/29	10.9～33.5	29.7
		第 2 次	98/6/25	28.2～33.0	32.2
		第 3 次	98/9/14～15	1.8～33.1	19.7
	99 年	第 4 次	99/3/23～24	34.3～35.5	34.9
		第 5 次	99/9/7～9/8	32.2～33.0	32.8
環保署監測	86~99 年	臺中港沿海二	86/7/8～99/5/5	31.4～35.7	33.6

4. 水溫(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，其水溫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表所示，各海域測站於 3 月與9 月計2 次採樣監測之水溫測值介於 23.6～32.1 ℃，整體測站平均水溫 27.8℃，略低於第 1 年(98 年度)3 次採樣監測年平均值 28.9℃，而本年度 2 次監測之平均水溫溫差約±7℃，係屬季節性變化。

	監測日期(民國年/月/日)			測值範圍(℃)	平均(℃)
本研究監測	98 年	第 1 次	98/4/29	24.6～26.4	25.6
		第 2 次	98/6/25	29.2～31.7	30.3
		第 3 次	98/9/14～15	28.8～31.7	30.0
	99 年	第 4 次	99/3/23～24	23.6～24.8	24.2
		第 5 次	99/9/7～9/8	29.8～32.1	31.4
環保署監測	86~99 年	臺中港沿海二	86/7/8～99/5/5	17.8～31.4	25.6

5. 透明度、透視度、懸浮固體(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佈，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表所示，各海域測站於 3 月與9 月計2 次採樣監測之懸浮固體物測值介於 2.5～16.9 mg/L，整體測站平均測值 8.7 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 相近，而本年度 9 月上旬採樣平均測值雖較 3 月下旬調查結果略增，但與第 1 年(98 年度)3 次採樣監測結果相比仍為低，整體透明度相對提高。歷次以南側靠近大肚溪口(N1)處相對最高，

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。

	監測日期(民國年/月/日)			懸浮固體物測值 範圍與平均 (mg/L)	透明度測值 範圍與平均 (m)
本研究監測	98 年	第 1 次	98/4/29	5.4～32.0 (11.5)	0.5～2.5 (1.8)
		第 2 次	98/6/25	6.9～58.6 (13.3)	0.7～2.1 (1.5)
		第 3 次	98/9/14～15	5.6～63.5 (20.1)	調查透視度
	99 年	第 4 次	99/3/23～24	2.5～7.6(4.4)	1.3～6.7 (3.6)
		第 5 次	99/9/7～9/8	9.2～16.9 (13.0)	1.2～6.6 (3.5)
環保署監測	86~99 年	臺中港沿海二	86/7/8～99/5/5	<2.0~33.1(8.5)	未監測

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，氣溫與水溫愈低，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)，台灣海域在冬季時期常因水溫較低及東北季風風浪翻攪而造成溶氧升高。

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，將造成細菌分解而不斷消耗水中之溶氧，產生溶氧之不飽和與偏低。

本年度採樣調查結果如下表所示，各海域測站於 3 月與9 月計2 次採樣監測之溶氧量介於 4.37～9.1 mg/L，除港區外，其餘大多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，而本年度在 3 月下旬調查時，港區內外 5 處海域測點(N5、N6、N7、N10、N11)之溶氧值全數符合乙類海域水質標準(>5 mg/L)，惟測站 N5 與 N7 之溶氧飽和度皆超過 105%，有過飽和現象，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 9 月上旬調查時，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%。

	監測日期(民國年/月/日)			溶氧測值範圍與平均(mg/L)	溶氧飽和度測值範圍與平均(%)
本研究監測	98 年	第 1 次	98/4/29	6.6～10.8(8.3)	92.7～130(109)
		第 2 次	98/6/25	6.2～7.4(6.5)	97.2～117(101)
		第 3 次	98/9/14～15	1.7～11.5(6.2)	24.3～151(87.9)
	99 年	第 4 次	99/3/23～24	6.53～9.14(7.37)	97.5～132(108)
		第 5 次	99/9/7～9/8	4.37～6.55(5.14)	70.7～98.5(81.1)
環保署監測	86~99 年	臺中港沿海二	86/7/8～99/5/5	5.9～8.4(6.9)	未監測

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 3 月與 9 月採樣調查結果如下表所示，港區內外 5 處海域測站(N5、N6、N7、N10、N11)於 2 次採樣監測期間，生化需氧量測值皆<2 mg/L，皆能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)之歷次生化需氧量測值相近，而第 1 年(98 年度)海域部分測站偶有超標之情形於本年度調查期間也未出現，有機性污染程度似有降低趨勢，但仍有待後續觀察。

	監測日期(民國年/月/日)			測值範圍 (mg/L)	平均 (mg/L)
本研究監測	98 年	第 1 次	98/4/29	2.5～4.5	3.7
		第 2 次	98/6/25	<2.0	<2.0
		第 3 次	98/9/14～15	<2.0～63.6	10.0
	99 年	第 4 次	99/3/23～24	<2.0	<2.0
		第 5 次	99/9/7～9/8	<2.0	<2.0
環保署監測	86~87 年	臺中港沿海二	86/7/8～87/11/12	0.3～1.0	0.6

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。

本年度於 3 月與 9 月採樣調查結果如下表所示，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，在本年度 2 次採樣監測中，除港區內 N5 測站曾於 3 月下旬因受局部陸源污染輸入之影響，而有超出甲類海域水質標準(≦1000 CFU/100 mL)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 次採樣監測中皆均低於甲類上限值，整體測站平均測值 1.8×10^3 CFU/100

mL，雖略高於環保署外海環境水質測站(臺中港沿海二) 86～87 年度大腸桿菌群平均測值 1.1×10^3 CFU/100 mL，但與第 98 年度大腸桿菌群年平均值 5.9×10^6 CFU/100 mL 相比為低且有下降趨勢。

	監測日期(民國年/月/日)			測值範圍 (CFU/100 mL)	平均 (CFU/100 mL)
本研究監測	98 年	第 1 次	98/4/29	<10～1.4×10^4	1.6×10^3
		第 2 次	98/6/25	<10～3.9×10^3	4.9×10^2
		第 3 次	98/9/14～15	4.9×10^2～1.2×10^8	1.3×10^7
	99 年	第 4 次	99/3/23～24	<10～1.8×10^4	3.6×10^3
		第 5 次	99/9/7～9/8	<10～2.5×10^2	73
環保署監測	86~87 年	臺中港沿海二	86/7/8～87/11/12	<10～6.2×10^3	1.1×10^3

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 1000 m 以內，隨深度增加而變高，在深於 1000 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 3 月與9 月採樣調查結果如下表所示，在港區內外各海域測點(N5、N6、N7、N10、N11)之總磷測值介於<0.020(0.016)～0.048 mg/L，整體測站平均測值 0.033 mg/L，因總磷無乙類海域水質標準，若以海域最高標準(甲類)衡量，在本年度 2 次採樣監測中，各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。

	監測日期(民國年/月/日)			測值範圍 (mg/L)	平均 (mg/L)
本研究監測	98 年	第 1 次	98/4/29	0.022～0.144	0.050
		第 2 次	98/6/25	0.038～0.090	0.054
		第 3 次	98/9/14～15	0.048～1.87	0.622
	99 年	第 4 次	99/3/23～24	<0.020～0.048	0.031
		第 5 次	99/9/7～9/8	0.024～0.048	0.034
環保署監測	86~87 年	臺中港沿海二	86/7/8～87/11/12	0.01～0.054	0.021

10. 氨氮

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 3 月與9 月採樣調查結果如下表所示，在港區內外各海域

測點(N5、N6、N7、N10、N11)之氨氮測值介於 ND<0.02～0.12 mg/L，因氨氮無乙類海域水質標準，若以海域最高標準(甲類)衡量，各測站之氨氮測值於本年度 2 次採樣監測中均低於甲類上限值(≦0.3 mg/L)，平均測值 0.07 mg/L，略高於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 0.04 mg/L，但與第 1 年(98 年度)3 次採樣監測結果相比為低且有下降趨勢。

	監測日期(民國年/月/日)			測值範圍 (mg/L)	平均 (mg/L)
本研究監測	98 年	第 1 次	98/4/29	0.04～0.43	0.11
		第 2 次	98/6/25	0.11～0.46	0.24
		第 3 次	98/9/14～15	0.09～5.41	2.16
	99 年	第 4 次	99/3/23～24	<0.05～0.12	0.07
		第 5 次	99/9/7～9/8	ND<0.02～0.09	0.06
環保署監測	94~99 年	臺中港沿海二	94/3/9～99/5/5	0.01～0.13	0.04

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 3 月與 9 月採樣調查新增葉綠素 a 測項，在港區內外各海域測點(N5、N6、N7、N10、N11)之葉綠素 a 測值介於 0.5～10.3 μg/L，介於環保署長期外海環境水質測站(臺中港沿海二)之監測變動範圍內，且本年度 2 次採樣監測結果皆以港區外新增之 N11(大肚溪外海)

測點為最低，以港區內 N5 測點為最高。以 USEPA 葉綠素 a 為基準之營養分級顯示，除港區內 N5 測站為優養水體外，其餘港區內外 4 處海域測站(N6、N7、N10、N11)皆屬貧養水體。

	監測日期(民國年/月/日)			測值範圍(μg/L)	平均(μg/L)
本研究監測	98 年	第 1 次	98/4/29	未監測	未監測
		第 2 次	98/6/25		
		第 3 次	98/9/14～15		
	99 年	第 4 次	99/3/23～24	0.5～2.2	1.3
		第 5 次	99/9/7～9/8	0.6～10.3	3.7
環保署監測	86~99 年	臺中港沿海二	86/7/8～99/5/5	<0.1~17.5	1.6

台灣地區地處亞熱帶，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布方式，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。

歸納環保署近海海域水質 86～99 年度長期監測結果，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，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、汞、鋅、鎘等 8 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 3-2)、溶氧量(圖 3-3)、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 3-4)，合格率為 99.6%。由環保署長期監測結果與本研究 98、99 年調查結果皆顯示，臺中港鄰近海域水質狀況普遍良好，如本研究臺中港外 N10、N11 兩海域側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。

本年度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 99 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。而由本研究 9 月調查結果顯示，臺中港外海域水質並無特別異常之處。

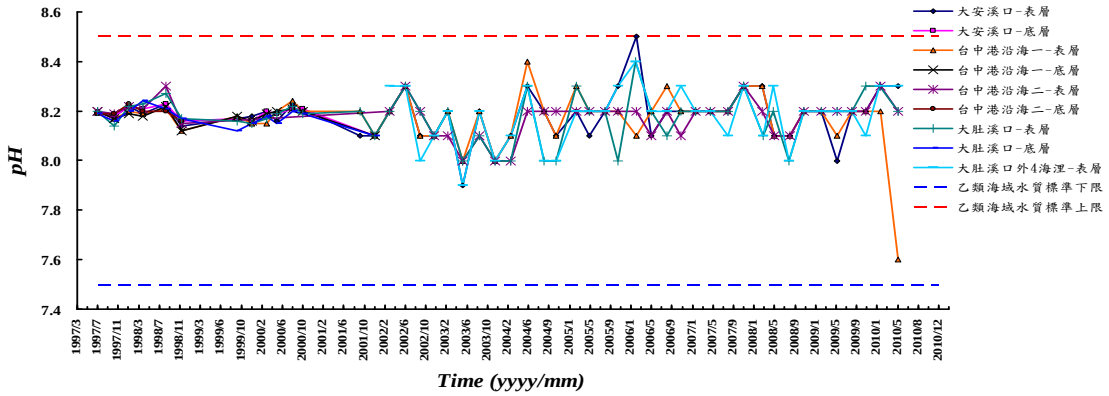


圖 3-2 臺中港鄰近沿海海域之歷年酸鹼度變化

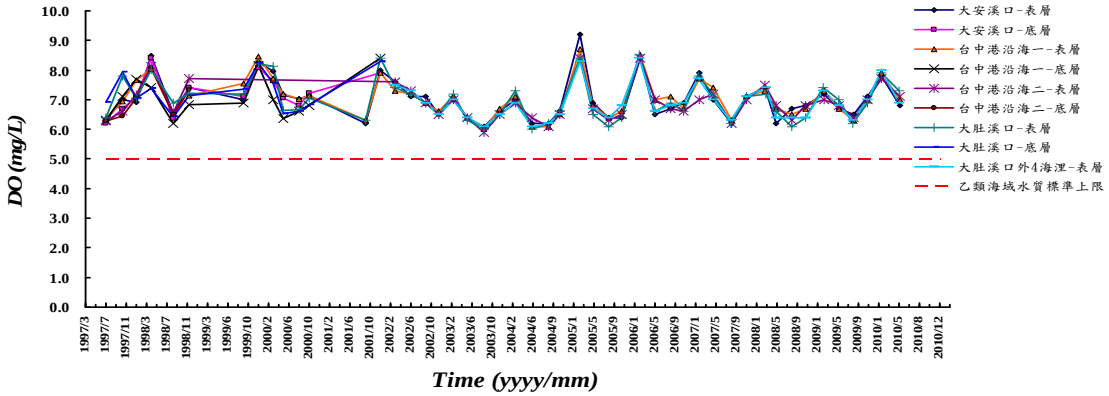


圖 3-3 臺中港鄰近沿海海域之歷年溶氧量變化

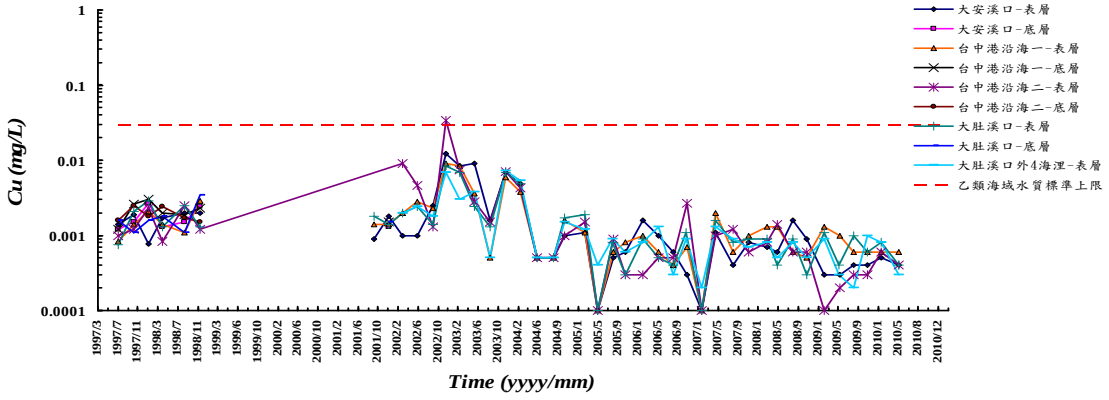


圖 3-4 臺中港鄰近沿海海域之歷年重金屬銅變化

整體而論，臺中港鄰近水體中以陸域水質狀況不佳，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；而生化需氧量及大腸桿菌群常遠高標準，顯示上游排水路受到來自生活、畜牧污水嚴重污染。而匯入台中港域內之梧棲大排、安良大排出口處水質受陸域影響，亦相對較港域內其他處與港外為差，但歷年於港域內水體調查結果，溶氧已呈現出無論是在漲潮或退潮期間，自民國 95 年起至 98 年間，均能符合乙類海水標準之改善趨勢。

由於陸域水質不佳將會影響到臺中港港域內水質，今年 9 月調查復又出現港內溶氧相對偏低且不符乙類海域水質標準之情形，因此需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，持續巡查及取締不法之污染排放，此外於颱風大雨時期，需特別注意來自上游蓄積之陸源污染，可能於此時期流入港域進而造成港域水體品質不佳。再者，港口管理單位可依港務局防制船舶污染登輪檢查實施要點，加強港區污染源之稽查處理，防制港區船舶不當排洩廢油水、投棄垃圾等，以維港域整潔及保護生態環境與水質。並依照環境污染罰則中(船舶排洩有毒物質、廢(污)油水等，其情形嚴重者，可爰依「海洋污染防治法」第廿九、五十三條規定，處新台幣三十萬元以上，一百五十萬元以下罰鍰，並得限期勒令其改善；屆期未改善者，得按日連續處罰)，對於船舶排放污染者施以重罰。

3.4 海域生態調查

3.4.1 樣品採集

依照環境保護署之環境檢驗所公告之採樣調查方法進行，現場調查時將配合水質同步採樣。

1. 海洋浮游植物採樣方法：NIEA E505.50C
2. 海洋浮游動物採樣方法：NIEA E701.20C

3.4.2 採樣頻率

海域生態監測與水質相同，一年共 2 次，豐、枯水期間各 1 次，預定分別於梅雨季節前之枯水期及颱風季節大雨之豐水期間採樣；本年度(99 年)分別於 3 月及 9 月進行採樣調查。

3.4.3 分析項目

包含浮游植物與浮游動物。

1. 浮游植物

進行浮游植物之大類組成、密度分佈之測定，以及 4 項生態指數－豐富度(Margalef's richness)、均勻度(Evenness Index)與歧異度指數(Shannon-weiner diversity)以及 Simpson 優勢度指數(Dominance index)分析。

2. 浮游動物

進行浮游動物之大類組成、密度分佈之測定，以及 4 項生態指數－豐富度(Margalef's richness)、均勻度(Evenness Index)與歧異度指數(Shannon-weiner diversity)以及 Simpson 優勢度指數(Dominance index)分析。

3.5 海域生態調查結果

3.5.1 浮游植物

1. 民國 99 年 3 月調查分析

本年度第 1 次海域浮游植物採樣調查於民國 99 年 3 月 23～24 日完成，所採獲之浮游植物，共計有矽藻門(Bacillariophyta)和金黃藻門(Chrysophyta)等 4 門共 29 種，其中以矽藻門的 20 種為最多(表 3-5)。就各測站所採集到的總個體量而言，以 N7 的 37,544 cells/L 最多，其

次為 N5 的 30,020 cells/L，而以 N11 測站個體數量相對最低，僅有 2,907 cells/L，顯示各測站所採獲到浮游植物的總個體量差異頗大。整體而言，位於臺中港內之測站，如 N5、N6 及 N7 等站，其浮游植物數量較港外測站(N10 及 N11)來得高；而就各測站的物種數而言，則以 N10 測站最高，共發現 20 種(表 3-5)。

浮游性藻類在此海域含量的百分比(表 3-5)，矽藻門中之 *Chaetoceros* spp.及 *Lauderia* spp.兩種類共佔本海域浮游植物總量 76.6%以上，其中以 *Chaetoceros* spp.的含量最高，佔此海域浮游植物總量的 48.8%，為此海域數量最多的浮游性藻類。

2. 民國 99 年 9 月調查分析

本年度第 2 次浮游植物採樣調查於民國 99 年 9 月 7～8 日完成，所採獲之浮游植物，共計有矽藻門(Bacillariophyta)、綠藻門(Chlorophyta)和渦鞭毛藻門(Dinophyta)等 3 門共 37 種，其中以矽藻門的 32 種為最多(表 3-6)。就各測站所採集到的總個體量而言，同樣以 N7 的 21,470 cells/L 最多，其次為 N6 的 11,115 cells/ L，而以 N10 測站個體數量最低，有 7,695 cells/ L，各測站所採獲到浮游植物的總個體量差異頗大，仍以位於臺中港內之測站，如 N5、N6 及 N7 等站，其浮游植物數量較港外測站(N10 及 N11)來得高。就各測站的物種數而言，以 N5 測站最高，共發現 21 種(表 3-6)。

3. 生態調查指數分析

Margalef's 的豐富度指數(Margalef's richness index)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。此數值愈大表示此生物群聚中種類愈豐富。99 年 3 月各測站中以 N10 測站較高，其豐富度為 1.38(表 3-7)，顯示其為調查海域測站中浮游性藻類種類最為豐富之測站，N6 豐富度相對最低，其值為 0.96。99 年 9 月則以 N5 測站較高，其豐富度為 2.06(表 3-7)，N6 豐富度相對最低，其值為 1.72。

Shannon-Wiener 均勻度指數(Evenness index)表示環境中各物種個體數目分配的均勻程度，此數值愈大表示物種間個體數分佈較均勻。99 年 3 月由表 3-7 中可見各測站的均勻度以 N11 最高 (0.70)，顯示此測站於物種及豐度間之分配較其他測站為均勻，均勻度最低值出現於 N7 測站，其值為 0.33，亦顯示出 N7 測站各藻種間數量之差異較大。99 年 9 月之均勻度以港外之 N10 及 N11 最高(0.89)，顯示港外測站於物種及豐度間之分配較其他測站為均勻，均勻度最低值出現於 N5 測站，其值為 0.69，此亦顯示出 N5 測站各浮游藻種間數量之差異較大。

Shannon-weiner 歧異度指數(Shannon-weiner diversity index)，或稱多樣性歧異度指數乃表示物種個體出現失調及不確定性，即表示物種的多樣性，此數值愈大表示物種的多樣性愈高，與物種數與數量均勻程度有關，此數值可提供生物自然集會或群聚組合的訊息，亦可用以解釋當環境遭受衝擊時該地區生物群聚結構之改變與空間之差異，一般來說歧異度較高代表當地生物群聚結構較穩定。99 年 3 月調查結果發現，各測站歧異度介於 1.31～2.81 間，以 N11 測站歧異度最高，顯示該測站採得物種較豐富且數量分配較平均，整體族群較為穩定，歧異度最低則為 N7 測站(表 3-7 及圖 3-5)。99 年 9 月之歧異度介於 3.04～3.76 間，以港外 N11 測站歧異度最高，顯示該測站採得物種較豐富且數量分配較平均，整體族群較為穩定，歧異度最低則為港內之 N5 測站(表 3-7 及圖 3-7)。

Simpson 優勢度指數(Simpson dominance index)為探討族群中優勢物種的存在，當優勢度越大，也顯示此一族群中優勢物種的出現機率越高。99 年 3 月由表 3-7 及圖 3-6 可知各測站以 N7 測站之優勢度最高(0.55)，顯示該站優勢物種所佔比例較其他站來得高，N7 測站浮游植物細胞數量亦為最高，應為該測站之優勢物種大量出現造成，而最低值出現在 N11 測站(0.24)，顯示 N11 測站出現優勢物種機率較低。99 年 9 月以 N5 測站之優勢度較高(0.25，表 3-7 及圖 3-8)，顯示該站優勢物種所佔比例較其他站來得大，以 9 月各站之浮游植物細胞總數量來

看，N7 測站總數量雖最高，但其優勢物種並未造成整體族群太大的影響，而最低值出現在 N11 測站(0.09)，顯示 N11 測站出現優勢物種機率較低。

根據民國 92 至 97 年間於臺中港進行海域生態調查所得之資料，與本年度(99 年)調查結果，進行浮游植物族群之歧異度與優勢度比較分析顯示，99 年 3 月調查之浮游植物歧異度港內外差異不大，而與歷次調查結果相較，3 月調查中港內之歧異度值為歷次最低(表 3-8、圖 3-9)，而港外歧異度在歷次調查結果範圍內，但亦呈現偏低的情形，就總合歧異度而言，其值亦為歷年來最低，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(表 3-8、圖 3-10)，總合優勢度則為歷次調查結果最高值，顯示 3 月調查結果，其浮游植物族群中有部份物種較為優勢，造成整體物種分佈較不均勻。而 9 月調查之浮游植物歧異度同樣於港內外差異不大，而與歷次調查結果相較，99 年 3 月份調查中港內之歧異度值為歷次最低，而港外歧異度在歷次調查結果範圍內，但亦呈現偏低的情形，就總合歧異度而言，亦較歷年來各次調查中較低值，但以優勢度比較的結果來看，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，顯示 9 月調查結果，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。

表 3-5 民國 99 年 3 月臺中港鄰港水質環境調查

浮游植物個體量及含量百分比

測 站 名 稱	N5	N6	N7	N10	N11	百分比（%）
Bacillariophyta (矽藻門)						
Achnanthes spp.		38				0.03
Actinoptychus spp.				19		0.02
Bacteriastrum spp.	1,140	532	285	57		1.84
Biddulphia spp.	114	76		19		0.19
Chaetoceros spp.	14,022	8,512	26,980	2,717	1,292	**48.82**
Coscinodiscus spp.	2,850	4,408	2,641	4,693	285	13.57
Detonula spp.		304				0.28
Diploneis spp.			19		19	0.03
Eucampia spp.			114	209		0.29
Hemiaulus spp.	2,166		152		57	2.17
Lauderia spp.	8,626	10,070	6,726	5,092		**27.83**
Melosira spp.	266			133		0.36
Navicula spp.	228	114	19	190	228	0.71
Nitzschia spp.		76	76	114	380	0.59
Pleurosigma spp.					38	0.03
Rhizosolenia spp.					38	0.03
Surirella spp.				19		0.02
Thalassionema spp.	38				76	0.10
Thalassiosira spp.	114	76	19	247	114	0.52
Thalassiothrix spp.	76			228	95	0.36
Chlorophyta (綠藻門)						
Oocystis spp.		266				0.24
Chrysophyta (金黃藻門)						0.00
Dictyocha spp.	76	38	114	95	19	0.31
Distephanus spp.	38		19	95	19	0.16
Mesocena spp.		38	38	19	190	0.26
Dinophyta (渦鞭毛藻門)						0.00
Ceratium spp.	114		19	57		0.17
Dinophysis spp.	76	76	57			0.19
Oxytoxum spp.				19		0.02
Prorocentrum spp.	38	190	266	228	38	0.69
Protoperidinium spp.	38			95	19	0.14
總計	30020	24814	37544	14345	2907	100.00
種類數	17	15	16	20	16	

浮游植物個體量單位：cells/L

表 3-6 民國 99 年 9 月臺中港鄰港水質環境調查

浮游植物個體量及含量百分比

測 站 名 稱	N5	N6	N7	N10	N11	百分比（%）
Bacillariophyta (矽藻門)						
Achnanthes spp.	760	285	1,520	190	1,045	6.31
Actinoptychus spp.			190	95	285	0.95
Amphora spp.				190		0.32
Asterionella spp.		285				0.47
Asteromphalus spp.	95			95		0.32
Auliscus spp.	95	190				0.47
Biddulphia spp.	190	190	380	760	1,140	4.42
Campyloneis spp.					285	0.47
Chaetoceros spp.	190			570	475	2.05
Climacodium spp.	285	1,425	1,995			6.15
Cocconeis spp.	95					0.16
Coscinodiscus spp.	95	95	285	855	380	2.84
Detonula spp.	190				190	0.63
Diploneis spp.				190	285	0.79
Ditylum spp.	285	190	285			1.26
Eucampia spp.			5,795	855	1,425	13.41
Grammatophora spp.		95				0.16
Hemiaulus spp.	190	570	95			1.42
Lauderia spp.	380		1,615			3.31
Licmophora spp.	95		285			0.63
Mastogloia spp.					95	0.16
Navicula spp.	190	475	285		190	1.89
Nitzschia spp.	285		1,235	380	285	3.63
Plagiogramma spp.		190				0.32
Pleurosigma spp.	285	95	380	665	380	3.00
Rhizosolenia spp.			95			0.16
Skeletonema spp.	190	570	475	285	1,330	4.73
Surirella spp.				95		0.16
Triceratium spp.	4,940	1,710	3,610	1,520	1,140	0.16
Thalassionema spp.	1,140	4,085	2,565	285		**21.45**
Thalassiosira spp.			190			13.41
Thalassiothrix spp.					95	0.32
Chlorophyta (綠藻門)						
Oocystis spp.	190				190	0.63
Microcystis spp.		475	190	95	190	1.58
Dinophyta (渦鞭毛藻門)						
Ceratium spp.				570	190	1.26
Dinophysis spp.		190				0.32
Protoperidinium spp.	190					0.32
總計	10,355	11,115	21,470	7,695	9,595	100.00

浮游植物個體量單位：cells/L

表 3-7 民國 99 年臺中港鄰港水質環境調查各測站浮游植物生態指數

生態指數	99 年度	測站	N5	N6	N7	N10	N11
		年.月	臺中港內			臺中港外	
優勢度	第 1 次	99.03	0.32	0.31	0.55	0.27	0.24
Simpson Dominance	第 2 次	99.09	0.25	0.19	0.14	0.10	0.09
豐富度	第 1 次	99.03	1.08	0.96	0.99	1.38	1.30
Margalef's richness	第 2 次	99.09	2.06	1.72	1.80	1.79	1.96
均勻度	第 1 次	99.03	0.52	0.51	0.33	0.55	0.70
Evenness	第 2 次	99.09	0.69	0.76	0.78	0.89	0.89
歧異度	第 1 次	99.03	2.13	2.00	1.31	2.36	2.81
Shannon-weiner diversity	第 2 次	99.09	3.04	3.10	3.32	3.63	3.76

表 3-8 臺中港海域歷次浮游植物族群歧異度及優勢度指數表

項目	歧異度指數			優勢度指數		
區域 時間	港內	港外	總合	港內	港外	總合
92_1	4.57	4.98	4.76	0.08	0.07	0.07
92_2	4.75	5.17	4.95	0.08	0.05	0.07
92_3	4.45	5.18	4.82	0.09	0.05	0.07
92_4	4.74	5.06	4.89	0.06	0.05	0.06
93_1	4.74	5.51	5.12	0.07	0.03	0.05
93_2	3.93	2.63	3.42	0.16	0.40	0.25
93_3	4.82	3.59	4.32	0.05	0.16	0.10
93_4	4.58	4.83	4.70	0.07	0.05	0.06
94_1	4.82	3.66	4.38	0.06	0.23	0.12
94_2	3.85	3.86	3.85	0.12	0.11	0.12
94_3	2.58	1.74	2.25	0.23	0.41	0.31
94_4	2.66	2.57	2.62	0.28	0.28	0.28
95_1	4.49	4.41	4.45	0.10	0.09	0.09
95_2	3.27	3.18	3.24	0.19	0.16	0.18
95_3	2.28	3.71	2.95	0.41	0.14	0.28
95_4	4.54	4.07	4.34	0.07	0.10	0.08
96_1	5.44	5.09	5.29	0.03	0.04	0.04
96_2	4.67	4.75	4.71	0.07	0.06	0.06
96_3	3.81	4.87	4.23	0.22	0.09	0.17
96_4	4.43	5.13	4.86	0.10	0.05	0.07
97_1	4.91	4.88	4.90	0.05	0.05	0.05
97_2	3.23	4.16	3.73	0.29	0.12	0.20
97_3	5.83	5.43	5.69	0.03	0.03	0.03
97_4	4.20	4.93	4.52	0.10	0.09	0.10
99_1	1.90	2.68	2.11	0.38	0.23	0.34
99_3	2.17	2.56	2.33	0.20	0.10	0.16

註：1.港內測站：N5、N6及N7；港外測站：N10及N11。

2.時間表示方式：前2碼為年份，末1碼為該年度之季節，1表1~3月、2表4~6月、3表7~9月、4表10~12月。

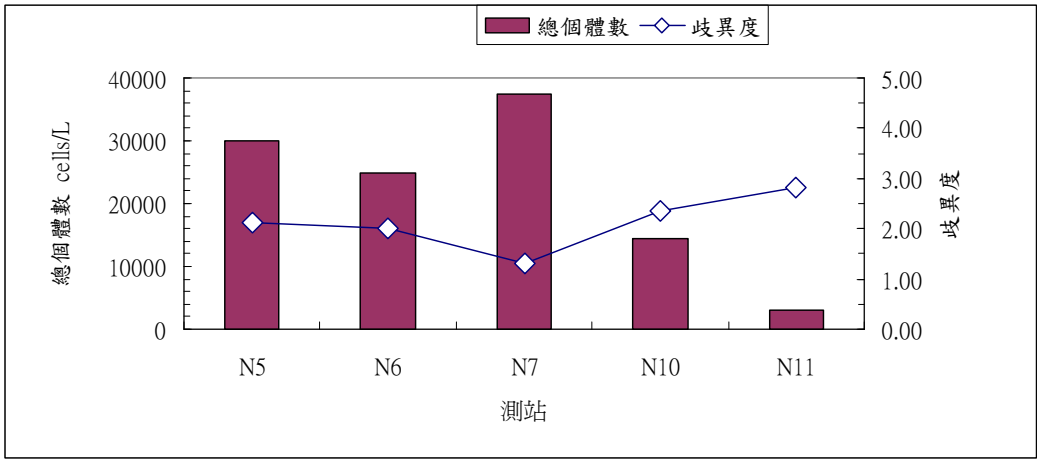


圖 3-5 民國 99 年 3 月浮游植物之細胞總個體數與歧異度之關係

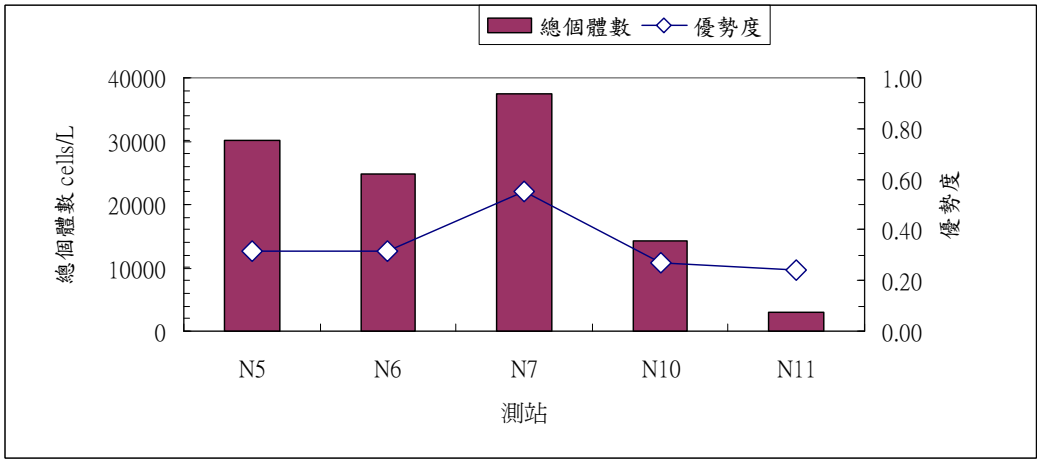


圖 3-6 民國 99 年 3 月浮游植物之細胞總個體數與優勢度之關係

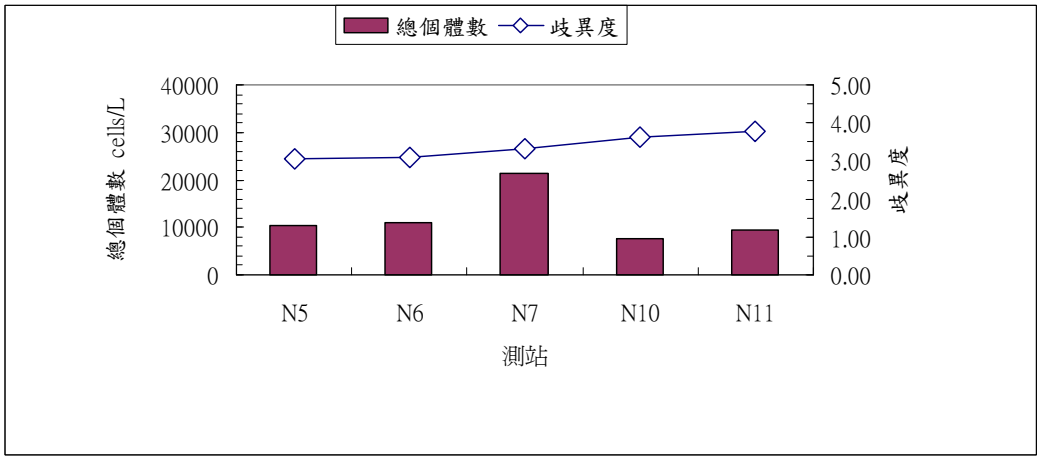


圖 3-7 民國 99 年 9 月浮游植物之細胞總個體數與歧異度之關係

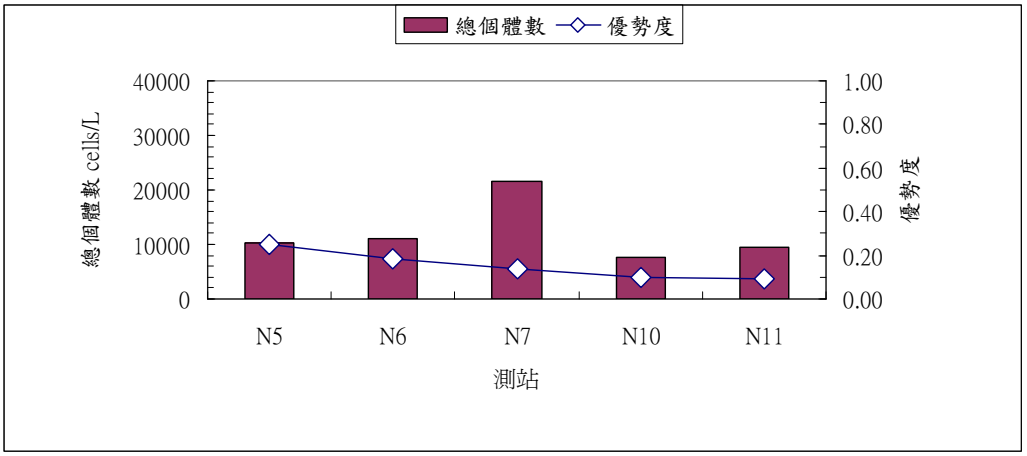
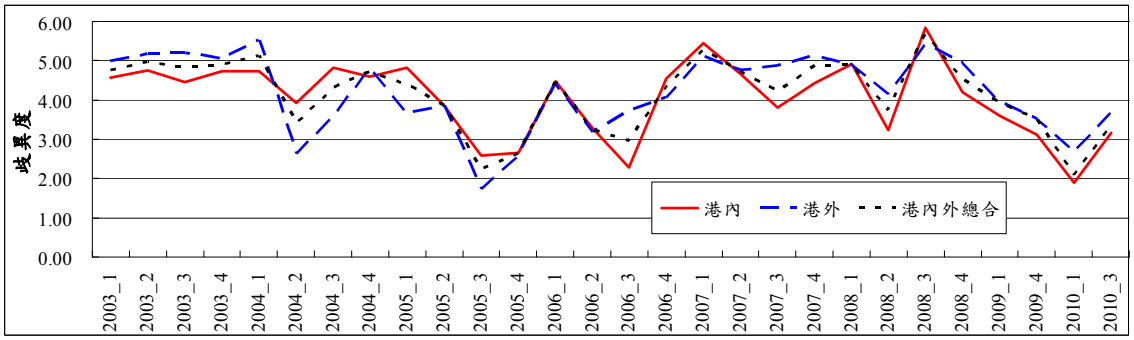
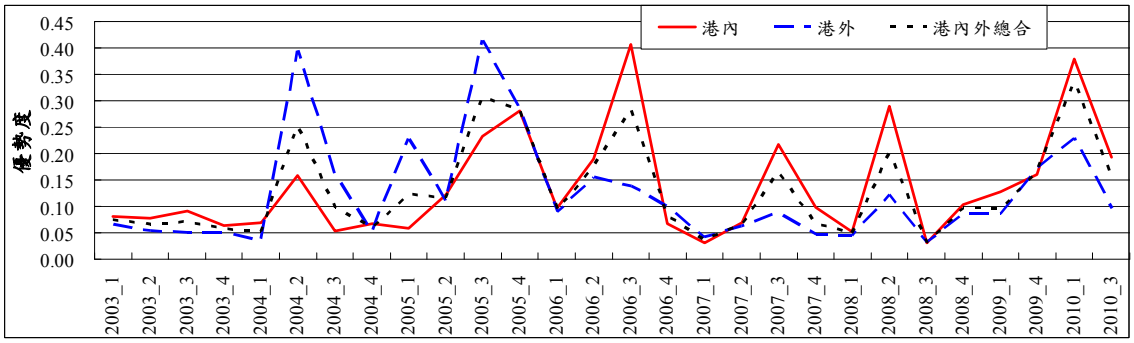


圖 3-8 民國 99 年 9 月浮游植物之細胞總個體數與優勢度之關係



註：1.港內測站：N5、N6 及 N7；港外測站：N10 及 N11。
2.時間表示方式，前 2 碼為年份，末 1 碼為該年度之季節，1 表 1~3 月、2 表 4~6 月、3 表 7~9 月、4 表 10~12 月。

圖 3-9 臺中港海域浮游植物歧異度歷年與本研究調查分析比較圖



註：1.港內測站：N5、N6 及 N7；港外測站：N10 及 N11。
2.時間表示方式，前 2 碼為年份，末 1 碼為該年度之季節，1 表 1~3 月、2 表 4~6 月、3 表 7~9 月、4 表 10~12 月。

圖 3-10 臺中港海域浮游植物優勢度歷年與本研究調查分析比較圖

3.5.2 浮游動物

1. 民國 99 年 3 月調查分析

本年度第 1 次於 3 月所採集到浮游動物的類別共計有原生動物門(Protozoa)刺胞動物(Cnidaria)、櫛板動物(Ctenophora)、軟體動物(Mollusca)、環節動物(Annelida)、節肢動物(Arthropoda)、毛顎動物(Chaetognatha)、棘皮動物(Echinoderm)、原索動物(Protochordata)及脊索動物(Chordata)等共 10 門 26 大類(表 3-9)。各測站之總個體數介於 10,537～643,266 ind./1000 m^3 之間，以 N11 測站的 643,266 ind./1000 m^3 為最多，其次為 N6 測站的 533,259 ind./1000 m^3，N10 測站的豐度則最相對最低，其值為 10,537 ind./1000 m^3(圖 3-11)。各測站的類別數而言，以 N7 測站的 20 個類別數為最多(表 3-9)，N5 及 N6 測站亦有 19 個類別，N10 測之類別數最低，僅有 14 個。

由浮游動物的組成來看(表 3-9)，夜光蟲(Notiluca)及哲水蚤(Calanoida)為主要優勢族群共佔了總豐度的 82.5%以上，夜光蟲所佔比率最高(62.1%)，於各海域中常見浮游動物之一，集中於 N5、N6、N7 及 N11 等測站出現，均佔有相當高的比例，哲水蚤亦為各測站主要物種之一，是許多經濟魚種主要的食物來源，毛顎類(Chaetognatha)、蟹類幼生(Crab zoea)、水母(Medusa)、劍水蚤(Cyclopoida)、魚卵(Fish egg)、棘皮幼生(Echinoderm larvae)等物種，於臺中港海域 3 月份時亦分佈相當廣泛，於各測站皆有出現。

2. 民國 99 年 9 月調查分析

本年度第 2 次於 9 月所採集到浮游動物的類別共計有原生動物門(Protozoa)刺胞動物(Cnidaria)、軟體動物(Mollusca)、環節動物(Annelida)、節肢動物(Arthropoda)、毛顎動物(Chaetognatha)、棘皮動物(Echinoderm)、原索動物(Protochordata)及脊索動物(Chordata)等共 9 門 25 大類(表 3-10)。各測站之總個體數介於 10,689～286,066 ind./1000 m^3

之間，以 N10 測站的 286,066 ind./1000 m^3 為最多，其次為 N11 測站的 135,425 ind./1000 m^3，N5 測站的豐度則最低，其值為 10, 689 ind./1000 m^3(圖 3-12)。各測站的類別數而言，以 N7 測站的 22 個類別數為最多(表 3-10)， N10 及 N11 測站亦有 18 個類別，N5 測之類別數則相對最低(16 個)。

由浮游動物的組成來看(表 3-10)，哲水蚤(Calanoida)為主要優勢族群共佔了總豐度的 63.5%以上，是海域中常見浮游動物，9 月調查中，哲水蚤集中於港外 N10 及 N11 測站出現並為最主要的浮游動物種類，此外，哲水蚤亦為許多經濟魚種主要的食物來源，其他物種如夜光蟲(Noctiluca)、水母(Medusa)、管水母(Siphonophora)、多毛類(Polychaeta)、劍水蚤(Cyclopoida)、橈足類幼生(Copepoda nauplius)、蟹類幼生(Crab zoea)、蝦類幼生(Shrimp zoea)、櫻蝦(Sergestidae)、毛顎類(Chaetognatha)、魚卵(Fish egg)及尾蟲(Appendicularia)等物種，雖然佔總數量之比例不高，但於臺中港海域 9 月份時亦分佈相當廣泛，於各測站皆有出現。

3. 生態調查指數分析

Margalef's 的豐富度指數(Margalef's richness index)由表 3-11 中可知，99 年 3 月浮游動物於 N7 測站中之種類較為豐富，其豐富度為 1.08，其次為 N5 站(1.06)，各測站豐富度差異不大，介於 0.88～1.08 間。99 年 9 月同樣以 N7 測站中之種類較為豐富，其豐富度為 2.03，其次為 N6 站(1.71)，各測站豐富度差異不大，介於 1.35～2.03 間。

以均勻度指數(Evenness index)來看(表 3-11)，99 年 3 月各測站物種個體數目分配的均勻程度差異不大，介於 0.31～0.68，以 N5 測站種類分佈最均勻，其值為 0.68，而以 N6 測站均勻度最低，其值為 0.31，主要原因為 3 月時 N6 測站中出現大量夜光蟲使其均勻度降低。99 年 9 月各測站物種個體數目分配的均勻程度差異不大，介於 0.38～0.69，以 N5 測站種類分佈最均勻，其值為 0.69，而以 N10 測站均勻最低，其值為 0.38，主要原因為 N10 測站中哲水蚤大量出現造成其均勻度降低。

而就 Shannon-weiner 歧異度指數(Shannon-weiner diversity index)而言(表 3-11)，99 年 3 月各測站介於 1.32～2.88 間，測站間差異頗大(圖 3-11)，其中以 N5 測站之歧異度最高(2.88)，顯示該測站浮游動物種類多且數量分配均勻，而歧異度最低為 N6 測站(1.32)，雖 N6 測站種類數較多，但夜光蟲數量極大，高出其他物種約 1 至 2 個數量級，使得物種分配較為不均。99 年 9 月各測站歧異度介於 1.59～2.80 間，同樣測站間差異頗大(圖 3-13)，以 N7 測站之歧異度最高(2.80)，顯示此測站浮游動物種類較多且各種類之數量分配較均勻，而歧異度最低測站為 N10(1.59)，因 N10 測站出現大量哲水蚤，佔該站之總數量 70%以上，造成該站浮游動物總數量大增但各種類數量差異變大，因而使得歧異度偏低。

而以 Simpson 優勢度指數(Simpson dominance index)而言(表 3-11)，99 年 3 月以 N6 測站數值最高(圖 3-12)，說明在 N6 測站中夜光蟲佔有相當優勢的比例，對於族群結構穩定性影響頗大。99 年 9 月則以 N10 測站數值最高(圖 3-14)，說明在 N10 測站中，其優勢種－哲水蚤影響此測站物種分佈相當大。

若以臺中港歷年資料相較，99 年 3 月海域浮游動物之歧異度指數結果港內外差異不大，歧異度值位於歷年變動範圍內(表 3-12 及圖 3-15)，而由歷年資料顯示，93～95 年間歧異度變化相當劇烈，港內外差異也很大，自 96 年之後歧異度變動趨於平緩，直至 99 年 3 月調查逐漸下降，而以優勢度來看，同樣港內外差異不明顯，99 年 3 月調查結果亦介於歷年變動範圍之間(表 3-12 及圖 3-16)。而 99 年 9 月調查結果則顯示出，臺中港海域浮游動物之歧異度指數於港內外差異頗大，港外浮游動物岐異度較港內來得低，但歧異度值仍位於歷年變動範圍內。另由歷年資料顯示，99 年 9 月份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(圖 3-16)，99 年 9 月份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。

表 3-9 民國 99 年 3 月臺中港鄰港水質環境調查
浮游動物平均豐度及含量百分比

樣品編號	N5	N6	N7	N10	N11	百分比(%)
Protozoa 原生動物						
Foraminifera 有孔蟲	102	3,512	341	0	1,725	0.377
Noctiluca 夜光蟲	38,472	404,402	119,066	88	373,083	**62.12**
Cnidaria 刺細胞動物						
Medusa 水母	4,604	6,213	3,408	44	6,898	1.406
Ctenophora 櫛板動物	0	0	0	0	0	
Ctenophora 櫛水母	1,023	270	1,023	0	0	0.154
Mollusca 軟體動物						
Pteropoda 翼足類	2,046	5,133	6,249	0	40,240	3.565
Annelida 環節動物						
Polychaeta 多毛類	0	0	114	0	1,150	0.084
Arthropoda 節肢動物						
Cladocera 枝角類	5,321	4,052	3,408	0	4,599	1.154
Calanoid 哲水蚤	35,198	85,365	39,878	6,753	140,265	**20.42**
Cyclopoid 劍水蚤	3,990	3,242	1,818	352	6,323	1.045
Copepoda nauplius 橈足類幼生	1,023	1,351	1,363	44	0	0.251
Amphipoda 端腳類					4,024	0.267
Crab megalopa 蟹類大眼幼生	205		114	22	2,299	0.175
Crab zoea 蟹類幼生	16,474	3,242	3,181	66	10,922	2.251
Procellana zoea 瓷蟹幼生	205					0.014
Shrimp larva 蝦類幼生	7,776	5,133	6,590	2,816		1.482
Lucifera 瑩蝦類	2,353	810	909		2,299	0.423
Euphausiacea 磷蝦		270			5,749	0.400
Mysidacea 糠蝦				44		0.003
Squilla larva 蝦蛄幼生	205					0.014
Ostracoda 介形類				22		0.001
Chaetognatha 毛顎動物						
Sagittidae 毛顎類	1,432	2,972	1,136	66	40,815	3.084
Echinoderm 棘皮動物						
Echinodermata larvae 棘皮幼生	307	2,161	1,136	22	575	0.279
Protochordata 原索動物						
Appendicularia 尾蟲	205	1,621	341		575	0.182
Thaliacea 海桶		270	227			0.033
Chordata 脊索動物						
Fish egg 魚卵	6,344	2,161	568	176	575	0.653
Fish larva 仔稚魚		1,081	227	22	1,150	0.165
總計	127,286	533,259	191,097	10,537	643,266	100
種類數	19	19	20	14	18	

浮游動物平均豐度單位：ind./1000m^3

表 3-10 民國 99 年 9 月臺中港鄰港水質環境調查

浮游動物平均豐度及含量百分比

測站	N5	N6	N7	N10	N11	百分比(%)
Protozoa 原生動物						
Foraminifera 有孔蟲			42		69	0.02
Noctiluca 夜光蟲	1017	489	3838	17269	19346	8.84
Cnidaria 刺細胞動物						
Polyps 水螅體	17					0.00
Medusa 水母	121	60	417	349	551	0.32
Siphonophora 管水母	276	12	104	698	1102	0.46
Mollusca 軟體動物						
Bivalvia 二枚貝			21			0.00
Pteropoda 翼足類		12	42	5407	1446	1.46
Annelida 環節動物						
Polychaeta 多毛類	103	370	188	1744	275	0.57
Arthropoda 節肢動物						
Cladocera 枝角類			21	14478	826	3.23
Barnacle nauplius 藤壺幼生						
Calanoid 哲水蚤	4017	4190	5236	211584	76284	**63.50**
Cyclopoid 劍水蚤	34	72	146	2093	3167	1.16
Copepoda nauplius 橈足類幼生	259	1648	7823	872	620	2.36
Amphipoda 端腳類		12	63			0.02
Crab zoea 蟹類幼生	1931	2447	6884	3314	1377	3.36
Procellana zoea 瓷蟹幼生	207	24				0.05
Shrimp larva 蝦類幼生	586	824	1356	6454	22376	6.66
Lucifera 螢蝦類				523		0.11
Sergestidae 櫻蝦	17	24	63	523	69	0.15
Euphausiacea 磷蝦			42	174	207	0.09
Chaetognatha 毛顎動物						
Sagittidae 毛顎類	86	12	63	698	4269	1.08
Echinoderm 棘皮動物						
Echinodermata larvae 棘皮幼生	17		42			0.01
Protochordata 原索動物						
Appendicularia 尾蟲	1552	752	3880	349	688	1.52
Thaliacea 海桶			21			0.00
Chordata 脊索動物						
Fish egg 魚卵	448	549	292	19013	2272	4.76
Fish larva 仔稚魚		48	167	523	482	0.26
總計	10689	11545	30748	286066	135425	
種類數	16	17	22	18	18	

浮游動物平均豐度單位：ind./1000m^3

表 3-11 民國 99 年臺中港鄰港水質環境調查各測站浮游動物生態指數

生態指數	99 年度	測站	N5	N6	N7	N10	N11
		年.月	臺中港內			臺中港外	
優勢度	第 1 次	99.03	0.20	0.60	0.44	0.48	0.39
Simpson Dominance	第 2 次	99.09	0.21	0.21	0.18	0.56	0.37
豐富度	第 1 次	99.03	1.06	0.95	1.08	0.97	0.88
Margalef's richness	第 2 次	99.09	1.62	1.71	2.03	1.35	1.44
均勻度	第 1 次	99.03	0.68	0.31	0.44	0.40	0.47
Evenness	第 2 次	99.09	0.69	0.66	0.63	0.38	0.50
歧異度	第 1 次	99.03	2.88	1.32	1.90	1.51	1.97
Shannon-weiner diversity	第 2 次	99.09	2.77	2.69	2.80	1.59	2.10

表 3-12 臺中港海域歷次浮游動物族群歧異度及優勢度指數表

項目	歧異度指數			優勢度指數		
區域 / 時間	港內	港外	總合	港內	港外	總合
92_1	1.62	1.76	1.69	0.56	0.39	0.47
92_2	1.96	1.76	1.89	0.37	0.39	0.38
92_3	1.53	1.12	1.39	0.52	0.67	0.57
92_4	1.20	1.06	1.15	0.64	0.71	0.67
93_1	3.08	3.08	3.08	0.15	0.13	0.14
93_2	2.62	3.32	2.91	0.27	0.13	0.21
93_3	2.62	2.51	2.58	0.28	0.28	0.28
93_4	2.13	1.99	2.09	0.34	0.32	0.33
94_1	1.55	2.00	1.67	0.46	0.38	0.44
94_2	3.00	3.27	3.10	0.17	0.13	0.16
94_3	2.27	2.90	2.52	0.29	0.17	0.24
94_4	2.26	2.62	2.40	0.31	0.20	0.27
95_1	2.27	2.14	2.21	0.21	0.30	0.25
95_2	1.92	1.82	1.89	0.37	0.31	0.35
95_3	3.44	2.68	3.23	0.11	0.17	0.12
95_4	2.30	2.40	2.34	0.30	0.29	0.30
96_1	2.73	3.00	2.84	0.23	0.17	0.21
96_2	2.52	2.17	2.38	0.26	0.37	0.31
96_3	2.98	2.19	2.67	0.19	0.35	0.25
96_4	2.73	2.59	2.68	0.23	0.23	0.23
97_1	2.56	2.47	2.52	0.27	0.27	0.27
97_2	3.00	2.89	2.96	0.20	0.21	0.21
97_3	2.56	2.55	2.56	0.31	0.27	0.30
97_4	2.29	2.13	2.22	0.31	0.39	0.35
99_1	1.81	2.01	1.95	0.47	0.38	0.43
99_3	2.75	1.85	2.39	0.20	0.46	0.31

註：1.港內測站：N5、N6及N7；港外測站：N10及N11。

2.時間表示方式：前2碼為年份，末1碼為該年度之季節，1表1~3月、2表4~6月、3表7~9月、4表10~12月。

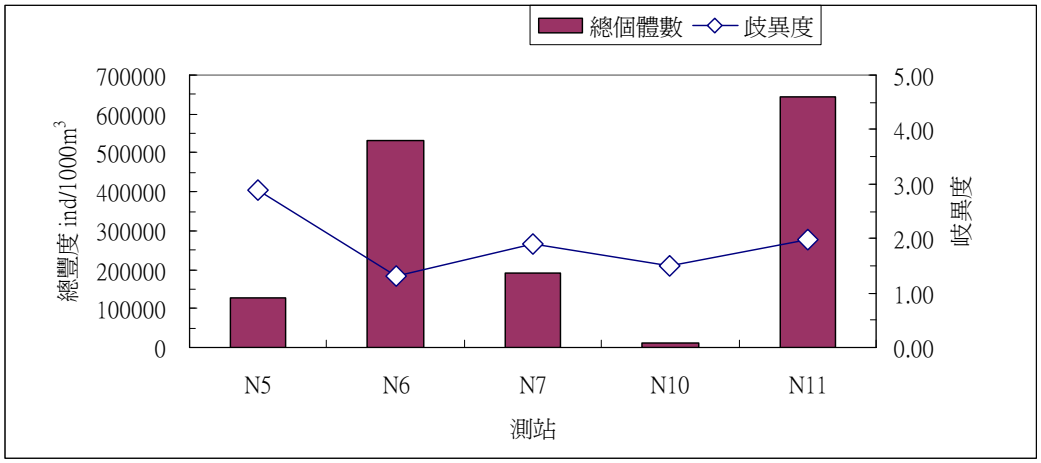


圖 3-11 民國 99 年 3 月浮游動物之細胞總個體數與歧異度之關係

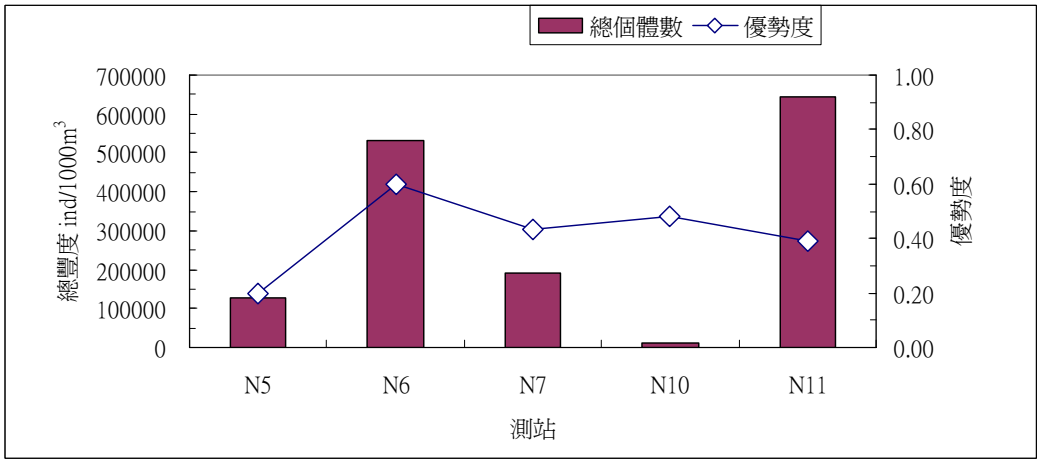


圖 3-12 民國 99 年 3 月浮游動物之細胞總個體數與優勢度之關係

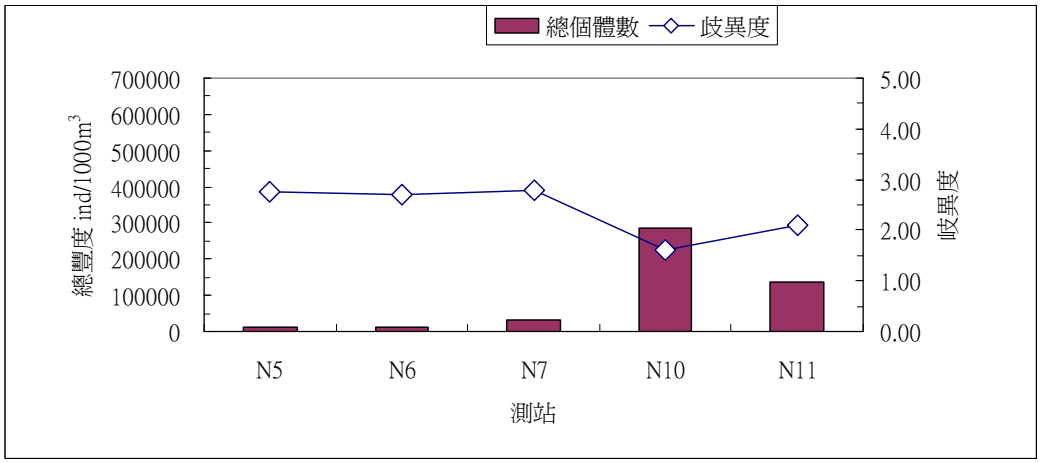


圖 3-13 民國 99 年 9 月浮游動物之細胞總個體數與歧異度之關係

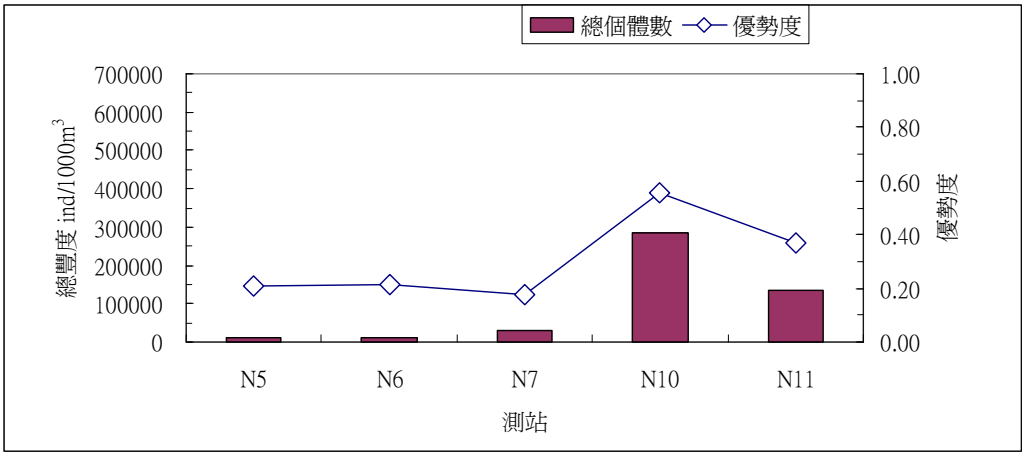
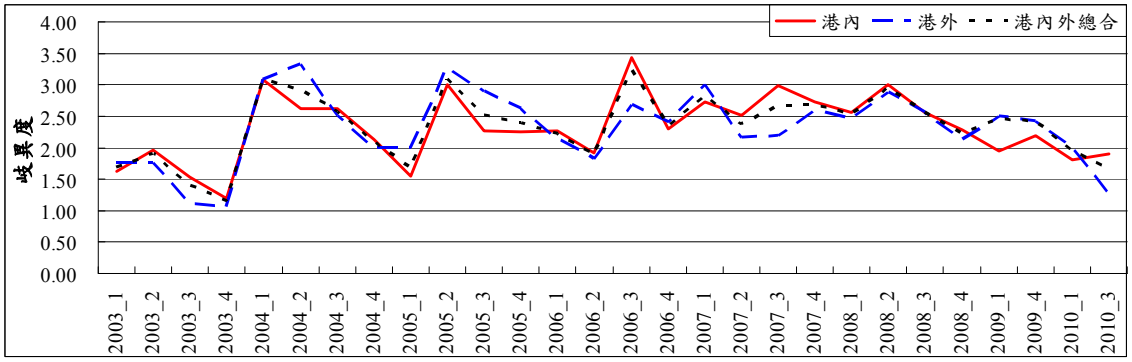
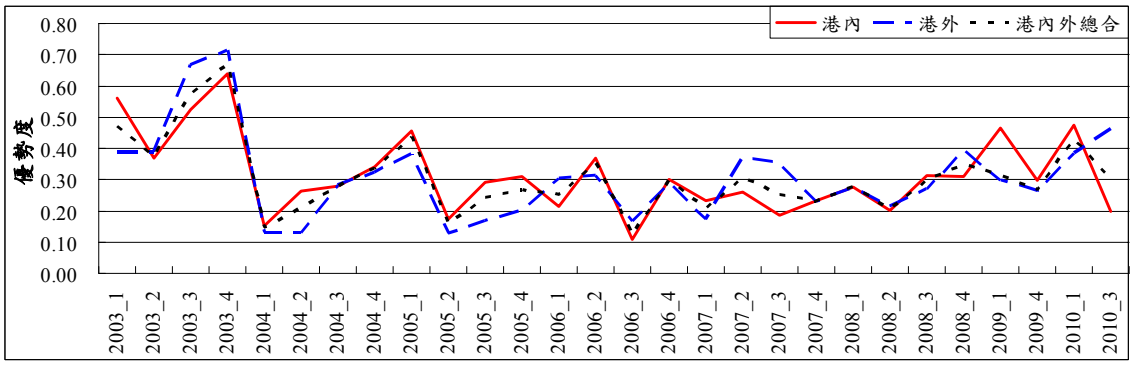


圖 3-14 民國 99 年 9 月浮游動物之細胞總個體數與優勢度之關係



註：1.港內測站：N5、N6 及 N7；港外測站：N10 及 N11。
2.時間表示方式，前 2 碼為年份，末 1 碼為該年度之季節，1 表 1~3 月、2 表 4~6 月、3 表 7~9 月、4 表 10~12 月。

圖 3-15 臺中港海域浮游動物岐異度歷年與本研究調查分析比較圖



註：1.港內測站：N5、N6 及 N7；港外測站：N10 及 N11。
2.時間表示方式，前 2 碼為年份，末 1 碼為該年度之季節，1 表 1~3 月、2 表 4~6 月、3 表 7~9 月、4 表 10~12 月。

圖 3-16 臺中港海域浮游動物優勢度歷年與本研究調查分析比較圖

第四章　近岸海域水體水質與近岸海域水動力機制的相關性

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與海水交換率的影響程度。

4.1 二維水動力模式率定與驗證

4.1.1 水理模式之建立

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

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t}+\frac{\partial (HU)}{\partial x}+\frac{\partial (HV)}{\partial y}=0 \quad \text{.....(4-1)}$$

2. *x*、*y* 方向運動方程式

$$\frac{\partial U}{\partial t}+U\frac{\partial U}{\partial x}+V\frac{\partial U}{\partial y}-fV+g\frac{\partial \zeta}{\partial x}+g\frac{U(U^2+V^2)^{1/2}}{C^2H}-\frac{1}{\rho H}\tau_x^s-(E_{xx}\frac{\partial^2 U}{\partial x^2}+E_{xy}\frac{\partial^2 U}{\partial y^2})=0 \quad \text{.....(4-2)}$$

$$\frac{\partial V}{\partial t}+U\frac{\partial V}{\partial x}+V\frac{\partial V}{\partial y}+fU+g\frac{\partial \zeta}{\partial y}+g\frac{V(U^2+V^2)^{1/2}}{C^2H}$$
$$-\frac{1}{\rho H}\tau_y^s-(E_{yy}\frac{\partial^2 V}{\partial y^2}+E_{xy}\frac{\partial^2 V}{\partial x^2})=0 \quad \text{.....(4-3)}$$

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} 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

$$U=\frac{1}{H}\int_{-h}^{\zeta} udz$$

$$V=\frac{1}{H}\int_{-h}^{\zeta} vdz$$

$$H=\zeta+h$$

h：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。

4.2.1 水理模式之率定驗證

水理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。本計畫應用成大水工所發展之水理模式來模擬臺中港海域之流場特性，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。

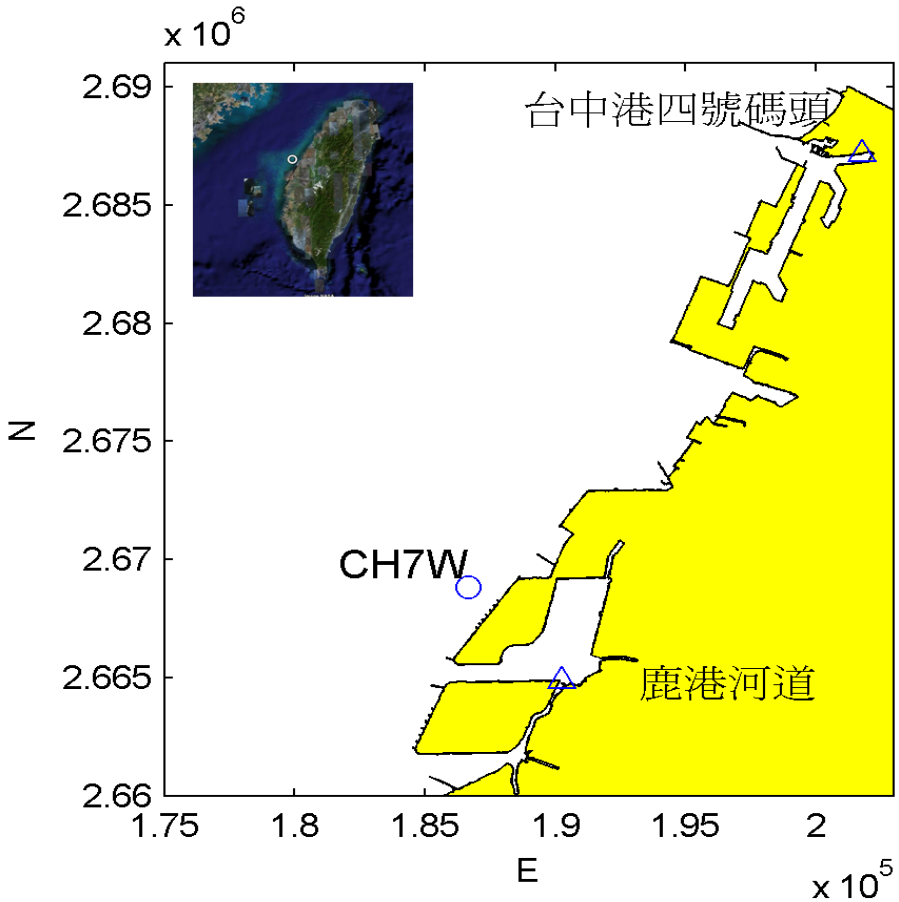
1. 模式模擬區域之選取

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。本計畫藉由海潮流模式模擬臺中港域之水位與潮流變化，其模擬範圍介於交通部設置之臺中港潮位站與成大水工試驗所設置之鹿港潮位站(如圖 4-1 所示)。同時，兩潮位站之水位資料正可作為海潮流模式之邊界條件，而圖中 CH7W 定點海流觀測站為模式驗證之流場資料來源。模擬區域(如圖 4-2 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 32 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 4-3 則為經座標轉換

後之海潮流模擬範圍及地形水深分佈圖。表 4-1 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。

表 4-1 大區域海潮流模式之格網及計算條件

模式面積	31.9 公里×14.8 公里
格網大小	100 公尺×100 公尺
格網數目	319×148
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	3.0 秒



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 4-1 臺中港位置示意圖及測站位置圖

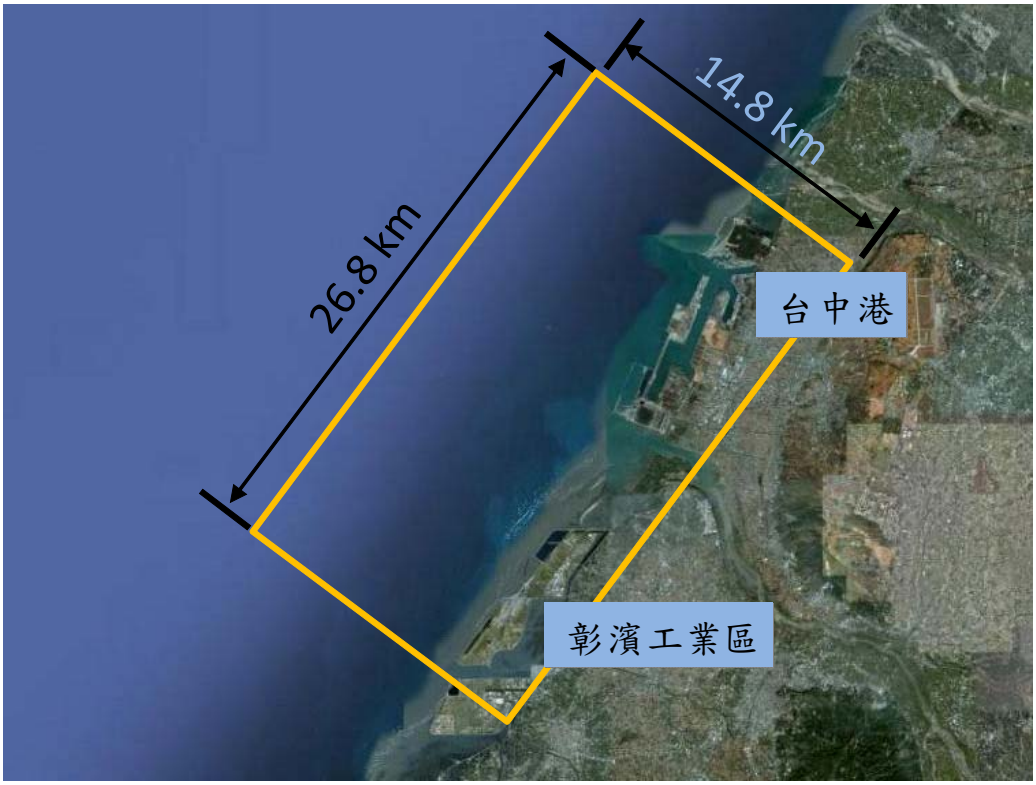


圖 4-2 計畫範圍

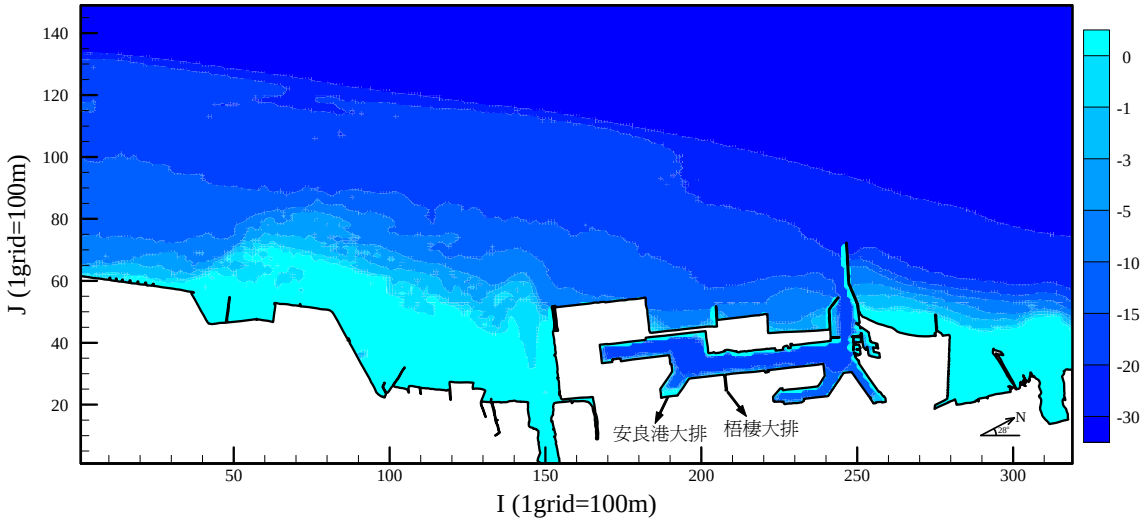


圖 4-3 海潮流模式模擬範圍及地形水深分佈圖

2. 環境背景資料之蒐集整理

環境背景資料包含海域地形水深、潮位、海流與波浪資料：

(1) 地形水深

此區域歷年地形水深的量測作業，臺中港海域部份由臺中港務局定期監測，高程系統為臺中港築港高程系統，其測量範圍大致如 95 年臺中港海域地形水深圖所示(圖 4-4)；彰濱工業區海域的地形水深資料則有成大水工所自民國 79 年起，每年進行 1~2 次之全面測量，圖 4-5 乃 95 年 6~8 月之彰濱工業區全區域海域地形資料。

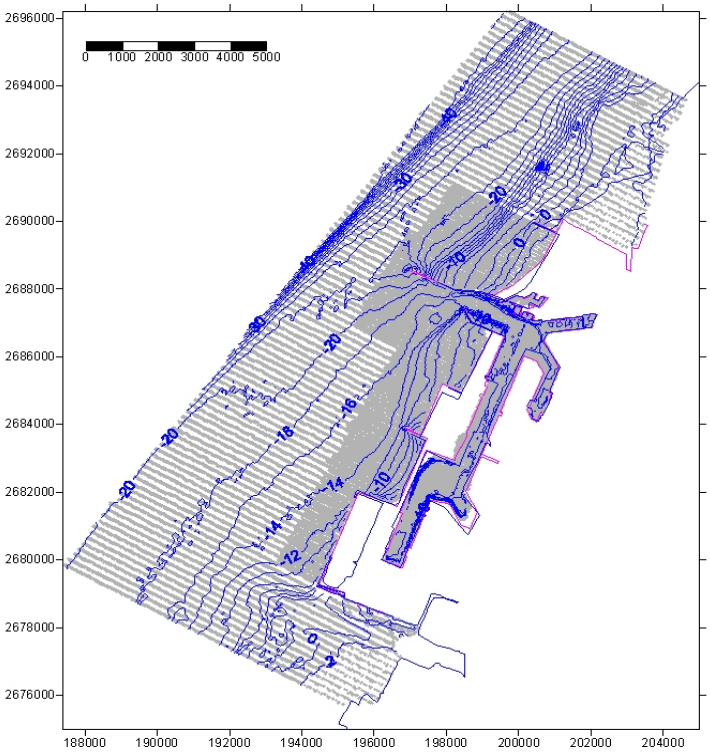


圖 4-4 民國 95 年臺中港海域等水深圖

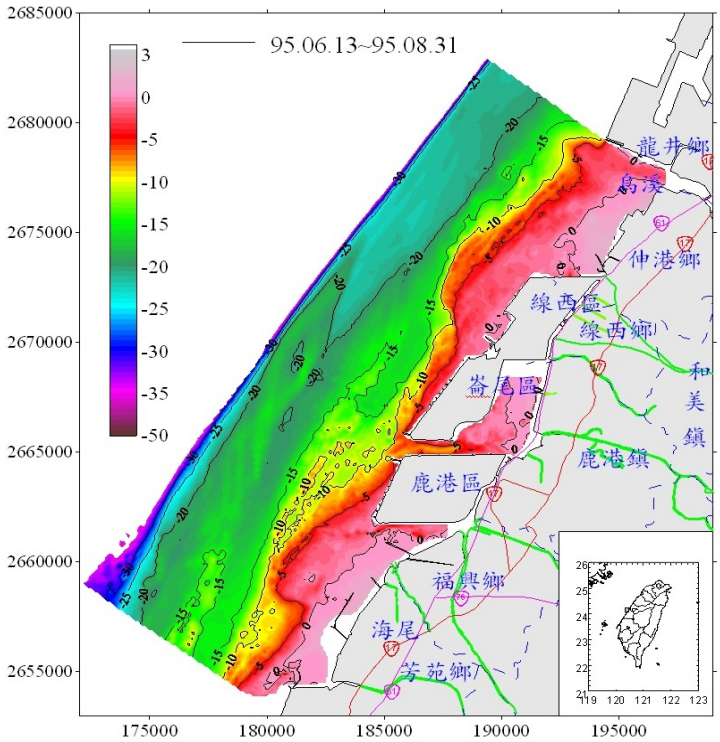


圖 4-5 民國 95 年 8 月彰濱工業區海域地形水深影像圖

將上述兩單位相同年度的水深資料，轉換至中潮高程系統以匯整為海潮流模擬所需之全區域地形水深資料。圖 4-6 與圖 4-7 分別為民國 91 及 96 年的全區域海域地形圖。

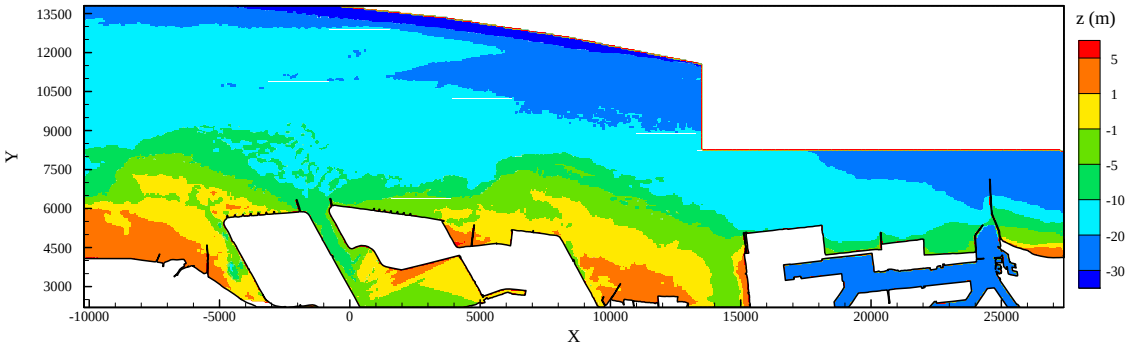


圖 4-6 民國 91 年之地形等水深圖

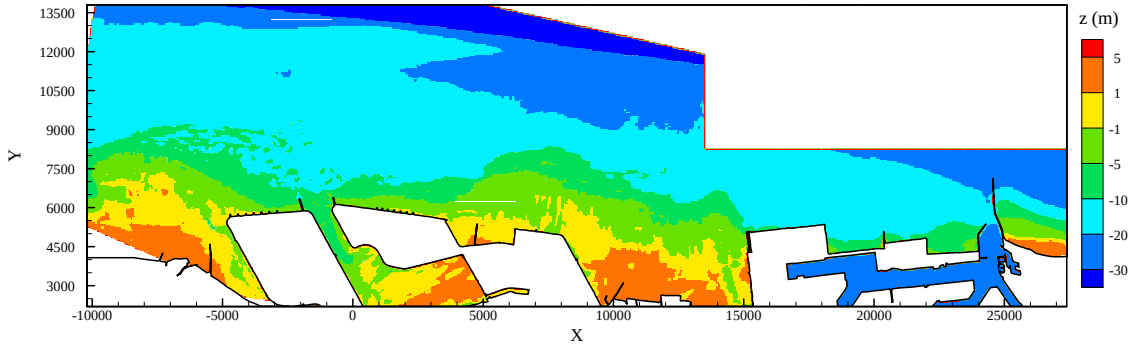


圖 4-7 民國 96 年之地形等水深圖

(2) 潮位

計畫區域之潮位測站，由北而南計有交通部設置之臺中港潮位站與成大水工試驗所設置之鹿港潮位站。區域以南尚有中央氣象局設置並自民國 84 年 10 月開始觀測之王功潮位站，然因王功漁港施工而於民國 87 年 5 月以後撤站。上述三處測站民國 86 年之潮位調和分析值如表 4-2~表 4-4，表中顯示本區海域潮汐成份以 M_2 分潮(半日潮)為主，S_2、N_2 與 K_1 等分潮為輔。M_2 分潮之振幅在王功、鹿港與臺中港分別為 132cm、175cm、175cm，顯示潮差自台灣海峽南北兩側往海峽中部遞增，其最大值可能位於鹿港與臺中港之間。表 4-5 為鹿港潮位站歷年之潮汐觀測統計結果，可知鹿港潮位站民國 88 年 7 月~民國 95 年觀測期間平均潮位為+0.32m，平均潮差約為 3.54m，大潮平均潮差為 4.62m，小潮平均潮差為 2.37m。圖 4-8 為 95 年 8 月臺中港潮位站及鹿港潮位站之逐時潮位記錄，資料期間共歷經兩次大、小潮變化。

表 4-2 王功漁港 1997 年潮位調和分析表

時間：1997/01/01/00:00 至 1998/01/03/00:00				
調和數列時間零點：1997/07/03/12:00				
平均潮位： 11.20 cm				
排序	分潮 名稱	角頻率 (deg/hr)	振幅 (cm)	相位差 (deg)
1	M2	28.9841042	132.2514	328.859122
2	S2	30.0000000	30.7741	58.487422
3	N2	28.4397297	23.1421	42.761810
4	K1	15.0410690	13.3764	289.053410
5	M4	57.9682083	13.0114	233.872674
6	Sa	0.0410686	12.9578	31.965931
7	Msf	1.0158958	9.9566	84.287523
8	L2	29.5284786	9.8426	79.492189
9	Mu2	27.9682045	9.2123	47.305216
10	Ms4	58.9841042	8.7758	322.838823
11	O1	13.9430351	8.5569	227.647498
12	M6	86.9523163	7.8494	175.668233
13	MM	0.5443747	7.4521	285.905276
14	Nu2	28.5125828	7.3346	150.615173
15	K2	30.0821381	7.3079	211.817832
16	2Ms6	87.9682083	6.1576	257.563985
17	Mn4	57.4238319	5.2296	309.562654
18	2Mn6	86.4079361	4.6701	241.493391
19	Mk3	44.0251732	4.5249	235.884587
20	Mo2	42.9271393	4.5246	175.779038
21	P1	14.9589310	4.2415	307.537360
22	Lam2	29.4556255	2.7253	312.395047
23	T2	29.9589329	2.7019	218.803690
24	So3	43.9430351	2.6080	257.968251
25	Mns2	27.4238338	2.4679	112.600248
26	2Sm2	31.0158958	2.3968	4.136531
27	Mp1	14.0251732	2.3609	10.993819
28	Mf	1.0980331	1.7845	193.074811
29	So1	16.0569649	1.7702	177.031890
30	Msn2	30.5443745	1.7619	184.844393

表 4-2(續) 王功漁港 1997 年潮位調和分析表

時間：1997/01/01/00:00 至 1998/01/03/00:00

調和數列時間零點：1997/07/03/12:00

平均潮位： 11.20 cm

排序	分潮 名稱	角頻率 (deg/hr)	振幅 (cm)	相位差 (deg)
31	Sk3	45.0410690	1.6752	331.288540
32	Saa	0.0821373	1.6709	110.284721
33	2Mk6	88.0503464	1.5922	71.909657
34	2Sm6	88.9841080	1.5073	316.367112
35	M3	43.4761581	1.5066	328.364982
36	Q1	13.3986607	1.5049	302.852550
37	Mks2	29.0662422	1.4973	38.677335
38	Msn6	87.4238358	1.4957	303.996437
39	Sn4	58.4397278	1.4333	39.715705
40	Mk4	59.0662422	1.4121	104.055001
41	S4	60.0000000	1.1544	48.918213
42	M1	14.4920254	0.8818	8.057353
43	R2	30.0410671	0.8814	127.095933
44	S1	15.0000000	0.7314	286.213689
45	Ro1	13.4715147	0.7022	58.700059
46	Phi1	15.0821352	0.6565	280.773161
47	Msk6	89.0662384	0.6264	150.108750
48	Sk4	60.0821381	0.5166	211.150567
49	Op2	28.9019661	0.4811	253.355512
50	2N2	27.8593540	0.4453	196.596793
51	Oq2	27.3416958	0.4076	286.231652
52	The1	15.5125895	0.3934	66.276365
53	Pi1	14.9178648	0.3830	91.034954
54	Oo1	16.1391010	0.2512	200.428627
55	Ki1	14.5695477	0.2111	132.101481
56	Vi1	15.1232061	0.1996	359.626378
57	Sgm1	12.9271402	0.1938	167.680695
58	J1	15.5854435	0.0757	300.158738
59	Kj2	30.6265125	0.0514	71.192534
60	2Q1	12.8542862	0.0103	276.513875

實測值與調和分析值之誤差計算結果如下：

平均誤差 = 10.031 cm

均方差 = 13.156 cm

最大誤差 = 121.928 cm

表 4-3 成大水工所鹿港潮位站 1997 年潮位調和分析表

時間：1997/01/01/00:00 至 1998/01/03/00:00				
調和數列時間零點：1997/07/03/12:00				
平均潮位： 30.01 cm				
排序	分潮 名稱	角頻率 (deg/hr)	振幅 (cm)	相位差 (deg)
1	M2	28.9841042	175.4213	308.461290
2	S2	30.0000000	45.6225	35.786263
3	N2	28.4397297	30.9741	22.610603
4	K1	15.0410690	19.8691	271.585406
5	Saa	0.0821373	16.6731	93.727900
6	O1	13.9430351	14.1362	211.584802
7	K2	30.0821381	10.7318	193.937651
8	L2	29.5284786	10.5045	52.710313
9	Mu2	27.9682045	9.7955	42.049973
10	Nu2	28.5125828	7.9772	134.794621
11	P1	14.9589310	7.2776	294.686446
12	M4	57.9682083	5.9416	247.953492
13	Sa	0.0410686	5.6770	34.177002
14	MM	0.5443747	5.2754	264.931990
15	Lam2	29.4556255	4.7517	279.594679
16	S1	15.0000000	4.7047	182.479563
17	Ms4	58.9841042	4.4075	322.202455
18	M6	86.9523163	3.7607	73.262695
19	Mk3	44.0251732	3.2010	239.078382
20	Mo2	42.9271393	2.9691	162.009161
21	2Ms6	87.9682083	2.8306	160.174736
22	T2	29.9589329	2.5473	209.196249
23	Q1	13.3986607	2.4953	277.976968
24	Mn4	57.4238319	2.4094	322.413520
25	Msf	1.0158958	2.3601	22.834942
26	Mns2	27.4238338	2.2349	117.792306
27	Mks2	29.0662422	2.0561	224.787684
28	2Mn6	86.4079361	2.0410	137.157991
29	2Sm2	31.0158958	1.9746	325.981774
30	Op2	28.9019661	1.9700	288.966941

表 4-3(續) 成大水工所鹿港潮位站 1997 年潮位調和分析表

時間：1997/01/01/00:00 至 1998/01/03/00:00

調和數列時間零點：1997/07/03/12:00

平均潮位： 30.01 cm

排序	分潮 名稱	角頻率 (deg/hr)	振幅 (cm)	相位差 (deg)
31	Msn2	30.5443745	1.7376	154.293296
32	R2	30.0410671	1.6854	85.886934
33	So3	43.9430351	1.6272	241.280372
34	Sk3	45.0410690	1.6083	312.043857
35	M1	14.4920254	1.4588	339.829504
36	Mf	1.0980331	1.3348	156.454921
37	M3	43.4761581	1.2488	333.730126
38	S4	60.0000000	1.1869	49.684520
39	Mp1	14.0251732	1.1063	21.022963
40	Kj2	30.6265125	1.0624	118.755910
41	So1	16.0569649	1.0340	173.578160
42	Oq2	27.3416958	1.0313	267.615301
43	Mk4	59.0662422	0.9694	108.633170
44	Sn4	58.4397278	0.9306	32.068042
45	Ro1	13.4715147	0.9154	15.121947
46	2Sm6	88.9841080	0.8852	214.023854
47	Phi1	15.0821352	0.8399	268.647287
48	2N2	27.8593540	0.6525	299.614814
49	Pi1	14.9178648	0.6293	157.091919
50	Msn6	87.4238358	0.5795	194.599644
51	2Q1	12.8542862	0.5626	99.193416
52	2Mk6	88.0503464	0.5595	313.340402
53	Oo1	16.1391010	0.5556	164.380842
54	Vi1	15.1232061	0.5499	170.310403
55	The1	15.5125895	0.5387	9.893206
56	Msk6	89.0662384	0.3706	17.725239
57	Sgm1	12.9271402	0.2538	88.453003
58	Sk4	60.0821381	0.2522	217.356363
59	Ki1	14.5695477	0.2143	24.631721
60	J1	15.5854435	0.1975	181.023650

實測值與調和分析值之誤差計算結果如下：

平均誤差 = 15.479 cm

均方差 = 20.013 cm

最大誤差 = -77.410 cm

表 4-4 臺中港 1997 年潮位調和分析表

時間：1997/01/01/00:00 至 1998/01/03/00:00				
調和數列時間零點：1997/07/03/12:00				
平均潮位： 12.39 cm				
排序	分潮 名稱	角頻率 (deg/hr)	振幅 (cm)	相位差 (deg)
1	M2	28.9841042	175.5274	306.601455
2	S2	30.0000000	49.0828	31.852866
3	N2	28.4397297	34.0124	16.695182
4	K1	15.0410690	21.0139	267.453932
5	O1	13.9430351	16.0576	206.629626
6	K2	30.0821381	12.6416	183.134695
7	L2	29.5284786	11.9118	41.973035
8	Saa	0.0821373	11.3566	143.414028
9	Nu2	28.5125828	8.3383	149.278703
10	Mu2	27.9682045	7.7261	39.353285
11	P1	14.9589310	7.4348	289.259427
12	Sa	0.0410686	6.9255	323.095214
13	Lam2	29.4556255	5.1755	291.369767
14	R2	30.0410671	4.8763	160.434299
15	Q1	13.3986607	3.9749	275.482802
16	2N2	27.8593540	2.3848	133.055335
17	Msf	1.0158958	2.2330	298.301238
18	Op2	28.9019661	2.0505	91.799298
19	M1	14.4920254	2.0385	311.760419
20	Mks2	29.0662422	1.9892	24.598482
21	M6	86.9523163	1.8811	84.647026
22	Pi1	14.9178648	1.6219	120.073980
23	Phi1	15.0821352	1.6111	89.403553
24	2Ms6	87.9682083	1.6028	181.227717
25	S1	15.0000000	1.5975	67.586837
26	2Sm2	31.0158958	1.5824	335.460518
27	Kj2	30.6265125	1.5532	41.412417
28	Oq2	27.3416958	1.5471	301.182016
29	T2	29.9589329	1.5426	163.335363
30	Msn2	30.5443745	1.4540	174.990324

表 4-4(續) 臺中港 1997 年潮位調和分析表

時間：1997/01/01/00:00 至 1998/01/03/00:00

調和數列時間零點：1997/07/03/12:00

平均潮位： 12.39 cm

排序	分潮 名稱	角頻率 (deg/hr)	振幅 (cm)	相位差 (deg)
31	J1	15.5854435	1.4262	248.789272
32	So1	16.0569649	1.2859	74.741724
33	Mf	1.0980331	1.2407	253.215948
34	Vi1	15.1232061	1.1678	21.366566
35	2Mn6	86.4079361	1.1119	155.926332
36	M3	43.4761581	1.0950	349.898736
37	Ms4	58.9841042	0.9684	185.525644
38	So3	43.9430351	0.9673	306.942256
39	M4	57.9682083	0.8785	82.620062
40	2Q1	12.8542862	0.8700	26.285909
41	Mk3	44.0251732	0.8637	273.159491
42	Oo1	16.1391010	0.8544	138.239237
43	Mp1	14.0251732	0.8269	3.618976
44	Sgm1	12.9271402	0.7351	88.885739
45	Mn4	57.4238319	0.7157	120.356109
46	Mo2	42.9271393	0.5768	217.311705
47	The1	15.5125895	0.5716	293.676355
48	Mns2	27.4238338	0.5354	65.047244
49	Ki1	14.5695477	0.4973	211.195019
50	Sn4	58.4397278	0.4964	197.176243
51	Msn6	87.4238358	0.4899	266.989802
52	Sk4	60.0821381	0.4307	323.764550
53	MM	0.5443747	0.4253	65.603034
54	Sk3	45.0410690	0.3759	36.737116
55	2Sm6	88.9841080	0.3750	228.221560
56	2Mk6	88.0503464	0.2710	72.242655
57	S4	60.0000000	0.2049	7.260575
58	Msk6	89.0662384	0.1514	37.598174
59	Ro1	13.4715147	0.1382	164.076117
60	Mk4	59.0662422	0.1059	348.928262

實測值與調和分析值之誤差計算結果如下：

平均誤差 = 15.838 cm

均方差 = 25.394 cm

最大誤差 = 394.367 cm

表 4-5 鹿港潮位站歷年潮位基準高程統計結果(單位：m)

潮　位	88 年 7 月～95 年	96 年 1 月~11 月底
施測期間最高潮位	3.21	3.03
大潮平均高潮位	2.59	2.63
平均高潮位	2.13	2.15
小潮平均高潮位	1.60	1.58
平均潮位	0.32	0.37
小潮平均低潮位	-0.77	-0.55
平均低潮位	-1.41	-1.33
大潮平均低潮位	-2.03	-1.90
施測期間最低潮位	-2.78	-2.10
平均潮差	3.54	3.48

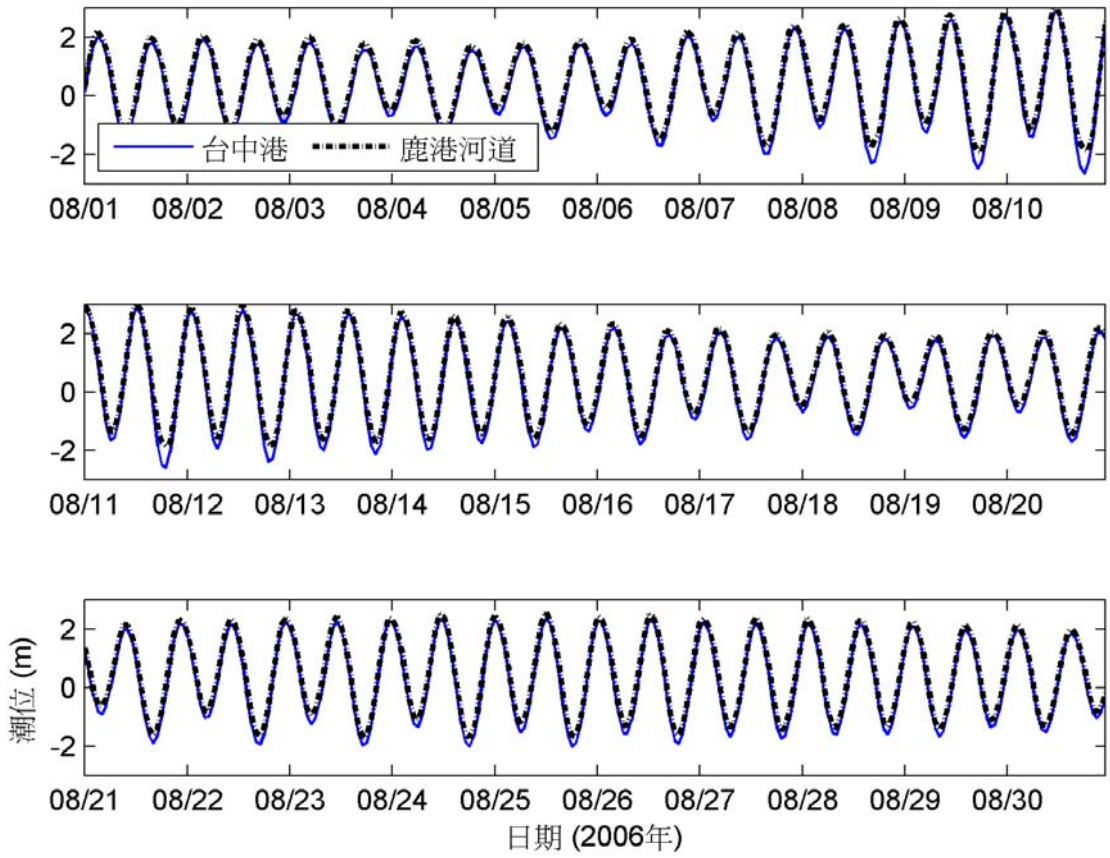


圖 4-8 臺中港驗潮站與鹿港河道驗潮站之水位記錄

(3) 海流

臺中港海域之海流觀測，目前設置於北防波堤堤頭外側 150m 水深 25m 處以 AWCP 儀器量測海流資料(其位置如圖 4-9)，因距堤頭構造甚近，所測得之流況較為紊亂如民國 97 年 4 月記錄(圖 4-10)，圖中流速 VE、VN 分別為東西向與南北向流速，各以東向與北向為正值方向。與港區潮位記錄比較，顯示此測站之流速不隨潮汐作週期變化，而流向亦經常維持同一方向長達十數天之久，不適合模式驗證之用。

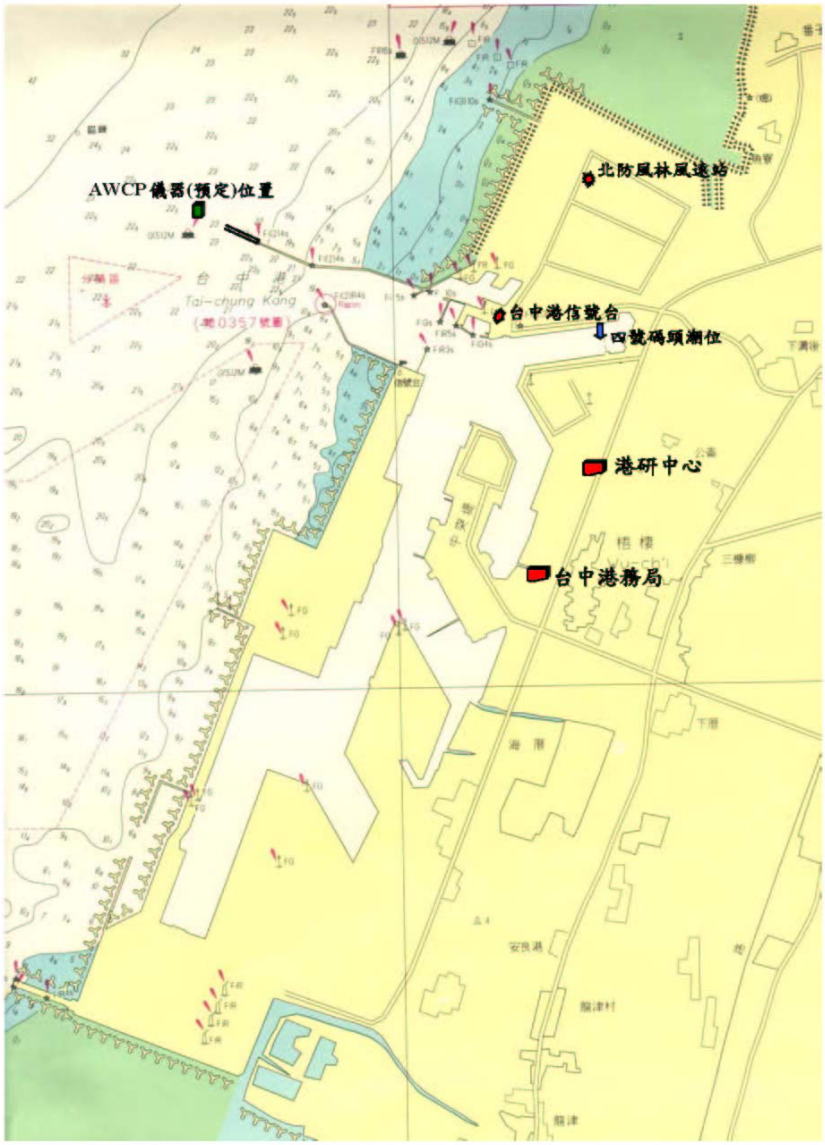


圖 4-9 臺中港海氣象觀測站儀器安裝佈置示意圖

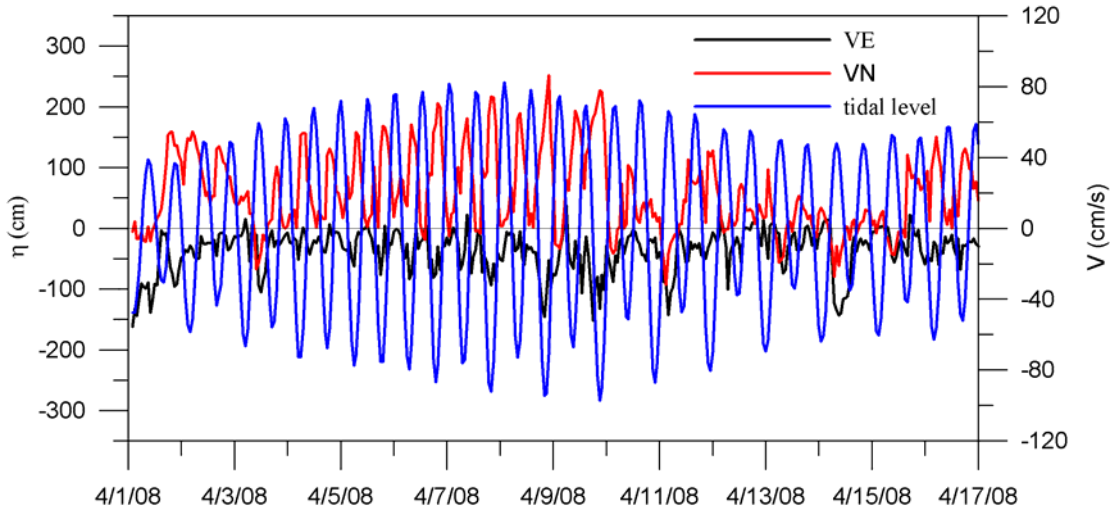


圖 4-10 臺中港北防波堤堤頭(AWCP)海流記錄

然於彰濱海域部份，成功大學水工試驗所自民國 82 年起在此區域進行長期之海流觀測，其中 CH7W 測站為一固定測站。依據歷年資料顯示此測站海流流速超過 50cm/s 的比例在 10%以下，東北季風期可達 5%以上，主要流向為北北東~東北、西南~南南西。海流運動的主要能量在 M_2 潮的頻率上，彰濱附近海域海流的週期性運動以半日潮流為主。

圖 4-11 為成大水工所的 CH7W 定點海流觀測資料，量測期間為自 95 年 8 月 17 日 16 時至 8 月 31 日 23 時。測站水深 13m，其調查方式為在海表面下 3m 錨錠一台自記式海流儀（Valeport-308），採樣頻率為每 5 分鐘一筆資料。在上述海流的觀測期間，潮位曾歷經大、小潮的變化，惟海流之流速隨大、小潮期間作強弱變化的趨勢並不明顯，且流速普遍偏弱，平均約在 30 cm/s 以下。

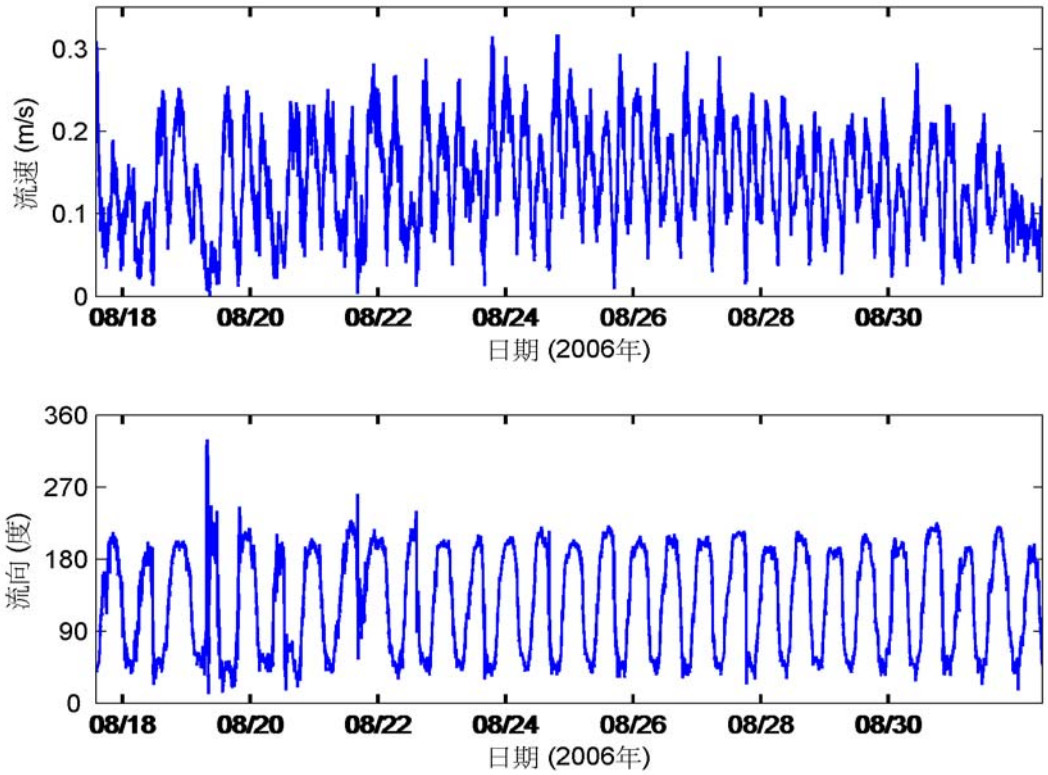
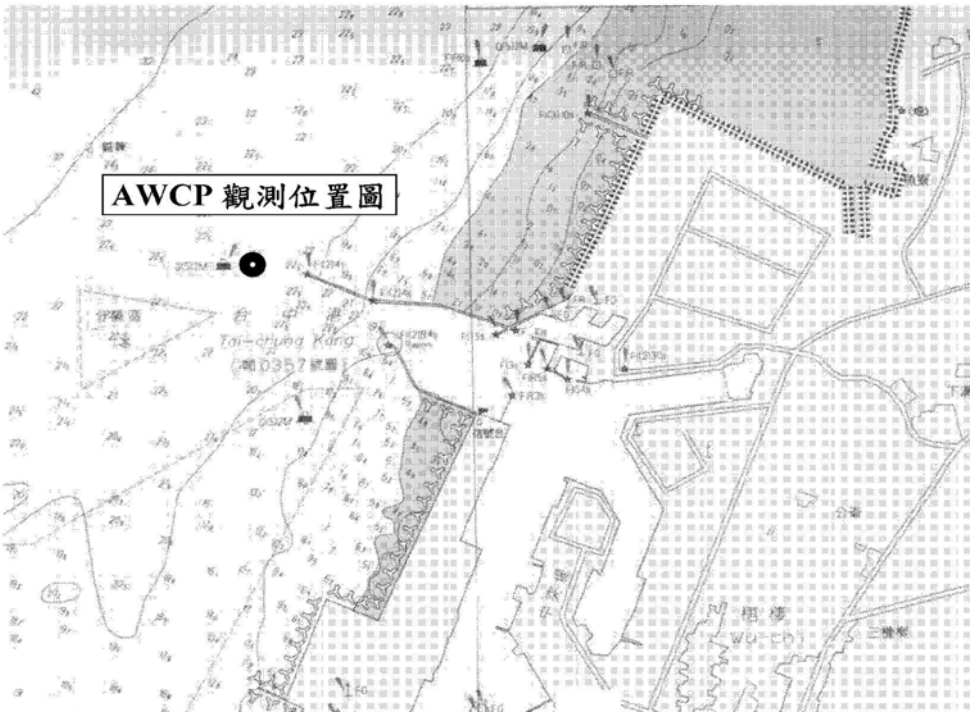


圖 4-11 彰濱海域 CH7W 定點海流觀測站資料

(4) 波浪

依據 2005 年港灣海氣地象觀測資料年報(波浪部分)，臺中港北外廓防波堤堤頭(測站位置如圖 4-12)其波浪特性統計詳列於表 4-6，結果顯示全年平均波高約 1.52m、平均週期約 6.4sec，最多波向為 NNE 向，發生超越機率 90%之示性波高約為 2.98m、示性週期約為 7.73sec。冬季期間平均波高約 2.09m、平均週期約為 6.3sec，主要波向約為 N 向，發生超越機率 90%之示性波高約為 3.5m、示性週期約為 7.8sec。夏季期間平均波高約 1.0m、平均週期約為 6.8sec，主要波向約為 W 向，發生超越機率 90%之示性波高約為 2.0m、示性週期約為 7.4sec。綜合臺中港鄰近海域之波浪特性，冬季期間主要波向為 NNE 向及 N 向，夏季期間主要波向則為 W。冬季期間波高以大於 1m 為最多、夏季期間則多發生波高小於 1m 之波浪。



資料來源：2005 年港灣海氣地象觀測資料年報(波浪部分)，民國 95 年。

圖 4-12 臺中港波浪觀測站位置圖

表 4-6 北外廓防波堤堤頭 TC.A 測站波浪特性統計表(單位：%)

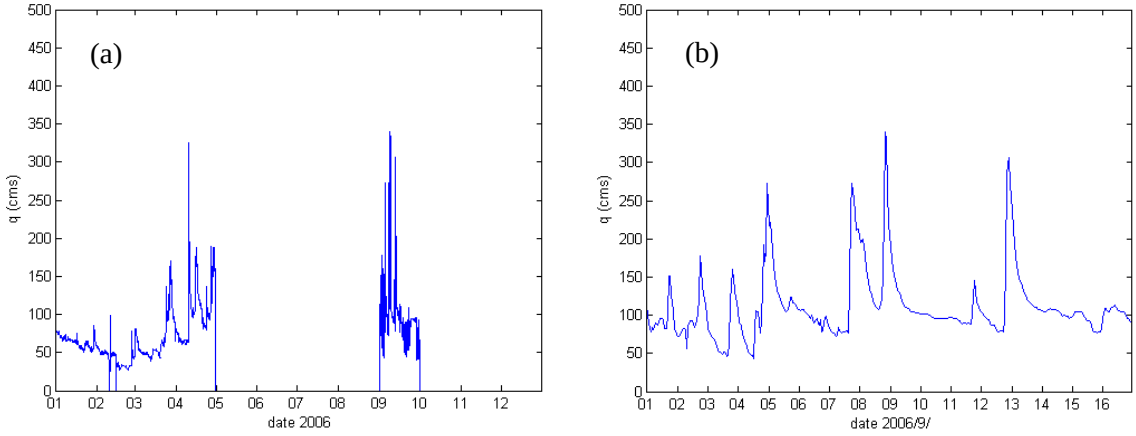
波浪特性	冬季	春季	夏季	秋季	全年
示性波高平均值	2.09	1.19	1.00	1.85	1.52
示性週期平均值	6.3	5.8	6.8	6.4	6.4
最多波向	N	NNE	W	N	NNE
Hs≦1m	16.1	54.6	64.4	23.3	40.2
1m<Hs≦2m	29.2	25.1	25.4	35.3	29.0
2m<Hs	54.7	20.3	10.2	41.3	30.7
Ts≦6sec	47.9	61.8	61.1	43.1	53.2
6sec<Ts≦8sec	45.8	36.3	33.9	46.0	40.4
8sec<Ts≦10sec	6.2	1.9	3.0	9.6	5.4
10sec<Ts	0.0	0.0	0.6	1.3	0.5
波向 N～E	82.3	71.6	29.2	74.8	62.8
波向 E～S	0.0	2.0	3.4	0.3	1.5
波向 S～W	0.1	3.4	22.6	1.1	7.4
波向 W～N	17.6	23.0	44.8	23.8	28.3

(5) 底質粒徑

成功大學水工試驗所曾於 1991 年在彰濱工業區海域進行四次底床質調查，結果顯示彰濱工業區海域-15 公尺水深處至零米線間，其底床質中值粒徑約介於 0.2~0.25mm 間，而在線西區外海水深-15m 以外區域，其中值粒徑有小於 0.2mm 者，推測可能係受到烏溪河川輸砂影響所致。除此之外，崙尾區外海區域之底質中值粒徑亦有大於 0.4mm 者。

(6) 河川流量

根據水利署河川流量資料，烏溪同年度的時流量記錄如圖 4-13(a)所示，該年度 5 月到 9 月之記錄缺漏，然仍可清楚顯示 4 月梅雨季與 9 月颱風盛行季節為典型的豐水期；其餘資料期間則為枯水期。為建立模式，選取與所蒐集背景資料同屬夏季颱風季節(民國 95 年 9 月)的烏溪流量記錄(如圖 4-13(b))。



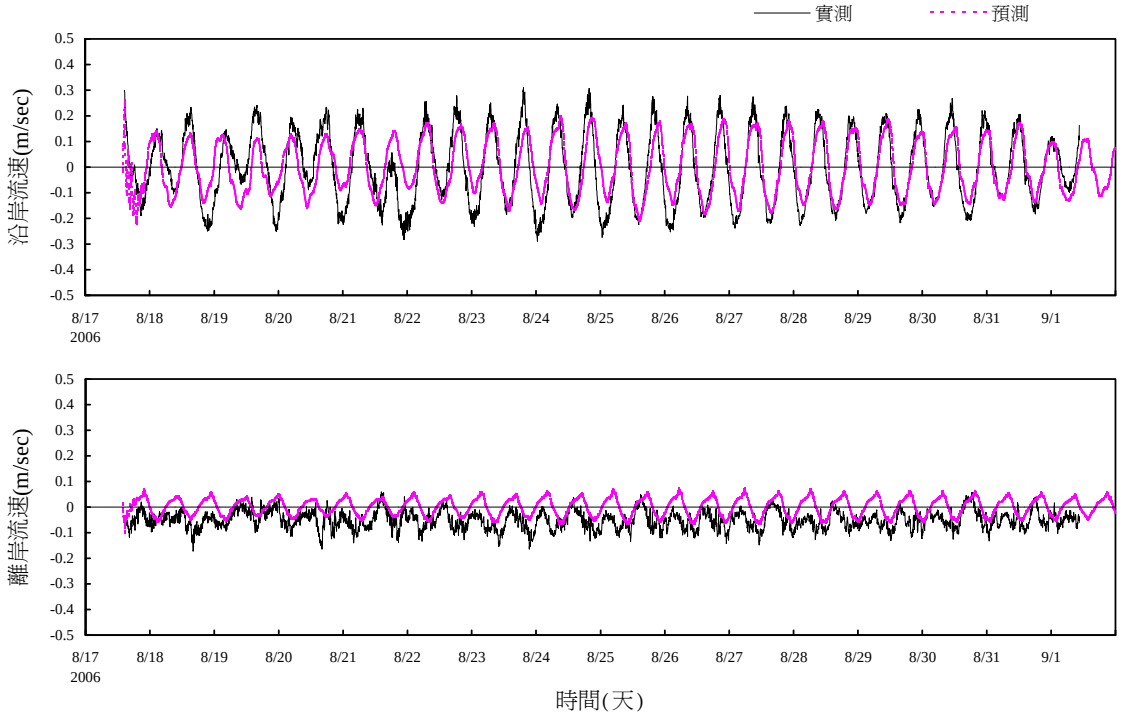
資料來源：水利署資料

圖 4-13 民國 95 年烏溪流量記錄

3. 水理模式之率定

本計畫在流場模式之率定方面，雖臺中港北防波堤堤頭外側之實測海流資料不適合模式驗證之用，但尚可利用彰濱海域之 CH7W 測站實測海潮流資料進行率定。經率定分析，得到最佳模式參數：底床摩

擦係數為 25，與渦動黏性係數為 100。圖 4-14 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。圖 4-15 與圖 4-16 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，此與交通部本所“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 4-14 模式預測與實測流速比較圖

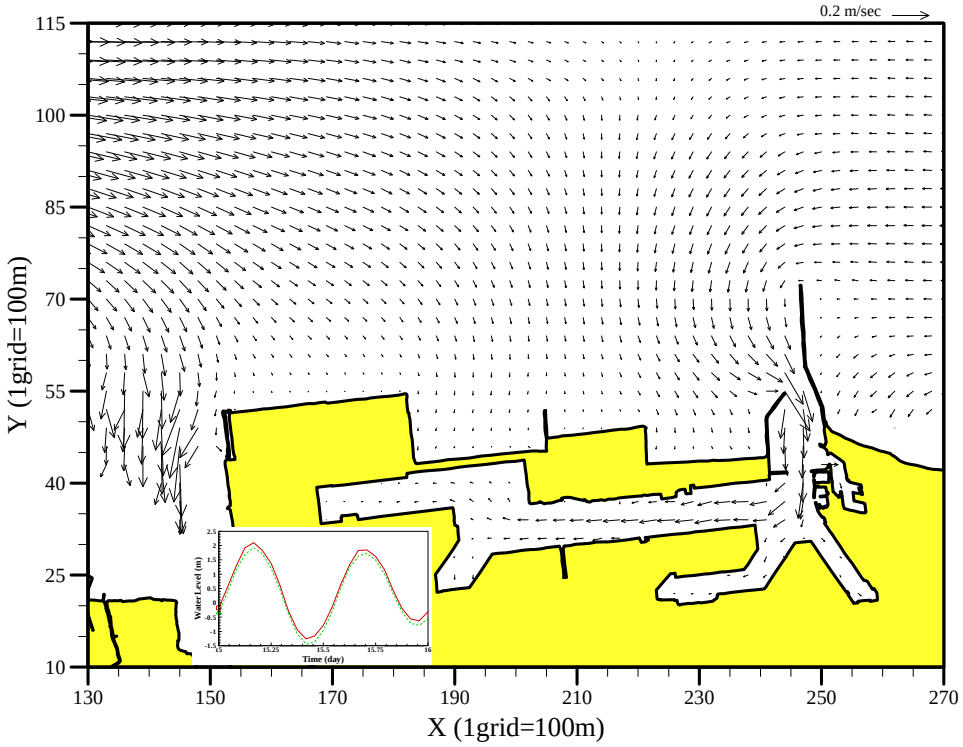


圖 4-15 臺中港附近海域於漲潮時之流場分佈圖

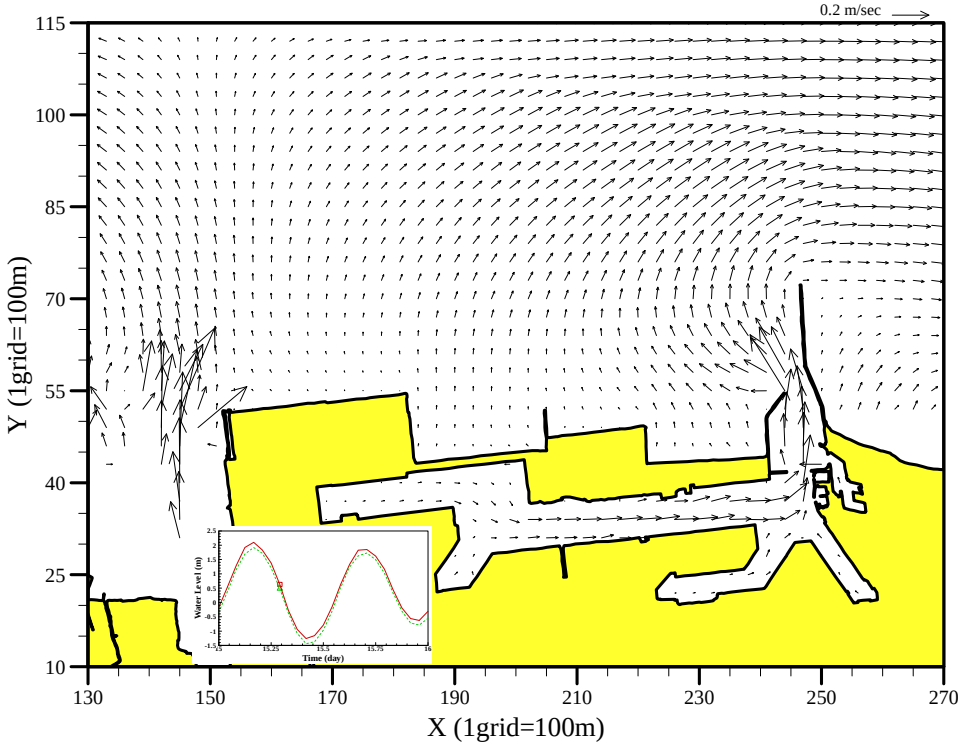


圖 4-16 臺中港附近海域於退潮時之流場分佈圖

4.2 潮汐交換能力之分析

常見研究水體交換的數值模式有：

(1) 質點軌跡模式(particle tracking model)：在已利用水理模式計算得到潮流場的基礎上，進行 Lagrange 質點運動軌跡追蹤計算。Lagrange 質點追蹤計算是研究污染物排放後，隨著海潮流週期性運動的最終去向。所標示的質點穿越所設定的界線，則認為水體已經發生了交換。當所標示的質點第一次到達所設定的界線外，即為水體的停留時間。當系統內的質點數達到穩定時(系統內質點數變化小於 2%)，此時流出系統的質點數與起始點數之比為系統之水體交換率。

(2) 污染物擴散模式(dispersion model)：通過以溶解態的保守物質為系統內的追蹤劑，建立一個對流-擴散型的水體交換數值模式，藉由模擬對流-擴散過程來研究系統內之水體交換過程。濃度稀釋的快慢代表了水質變化的速率，即代表了該系統的交換能力。利用水質擴散模式，可以研究系統內每個格點的交換能力，亦可研究對鄰近海域水質的影響。本節將應用數值模式模擬分析潮流、上游排水以及風速風向等環境因子對臺中港內海水交換率的影響程度。

4.2.1 潮汐交換率(tidal exchange rate)

臺中港區若簡化為如圖 4-17 所示的系統。漲潮時，由海口進入之潮流 Q 中有部分為"新水"，Q_0，其定義為在潮流循環水中未曾進入水道之分量，此新水即有助於稀釋水道中的污染物質。潮汐交換率(Tidal exchange ratio)定義為新加入水道的海水(Q_0)及進入水道之海水(Q)的比值，即

$$\varepsilon = Q_0 / Q_d \quad \text{.....(4-4)}$$

另根據 Fischer(1979)的推導，ε 亦可表示如下：

$$\varepsilon = \left[\frac{S_e}{S_o - S_e}\right]\frac{V_Q}{V_f} \quad \text{.....(4-5)}$$

其中S_e為水道退潮時流出水之平均鹽度；定義如下：

$$S_e = \int_0^{T_e}\int_A SudAdt \Big/ \int_0^{T_e}\int_A udAdt \quad \text{.....(4-6)}$$

其中T_e為退潮時間；A為海口水道退潮之剖面面積；u為退潮流速。S_o為海水鹽度；V_Q為一個潮期時段內河水進入水道系統之體積，即$V_Q = Q_f \times T$；T為潮汐週期；V_f為漲潮時進入水道系統之潮水體積，即潮汐楔(Tidal prism)。假設河水Q_f及廢水Q_e進入水道之流量很小，則$V_f \cong Q \cdot T$，即(4-4)式中可將Q_d以Q取代之。

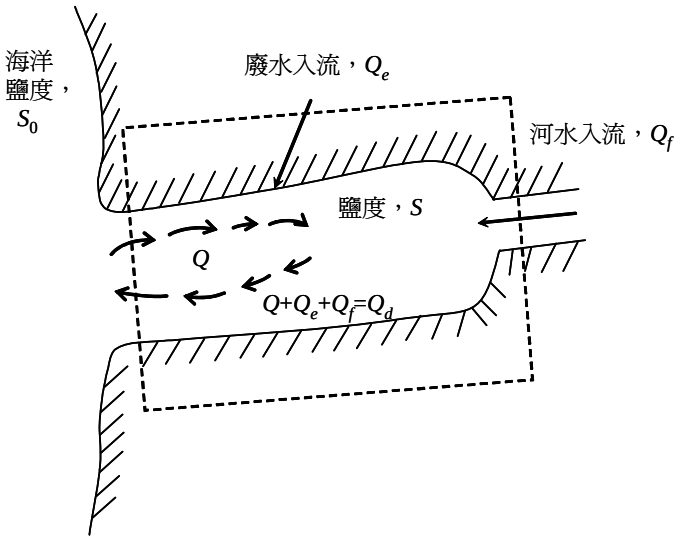


圖 4-17 系統簡化示意圖

由潮汐交換率的推算，可以再推演污染水質滯留時間(Residence time)，根據 Kreeke(1983)的推導，滯留時間的計算式如下：

$$\tau_r = \frac{V}{\varepsilon Q} \quad \text{.....(4-7)}$$

其中V為水道系統之潮汐平均水體體積。(4-7)式中，需先根據現場水體鹽度估計潮汐交換率之值(ε)，再計算滯留時間(τ_r)。

4.2.2 污染物擴散模式(dispersion model)

污染物擴散的計算使用二維水質擴散方程式，如下所示

$$\frac{DC}{Dt}=\frac{\partial}{\partial x}(D_x\frac{\partial C}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(D_y\frac{\partial C}{\partial y})-KC+R_E \quad \text{.....(4-8)}$$

其中

C=污染物濃度

D_x、D_y＝延散係數

K＝污染物之衰減係數

R_E＝污染源

對於保守性物質而言，污染物之衰減係數K取為 0。污染擴散模擬分析的方法，即假設模擬時間開始時於系統內置入C_0濃度的污染物，模式模擬計算 n 天後仍存留於系統中的污染物濃度。而潮汐交換率的計算式如下：

$$C_t=C_0(1-\varepsilon)^n \quad \text{.....(4-9)}$$

其中C_0為污染物之初始濃度；C_t為 n 天末系統內之污染物濃度；n 為計算天數，並假設染料為保守性物質。

污染物擴散模式模擬分析的方法，即假設模擬時間剛開始時於臺中港內存在 5 ppm 的染料物質，模式模擬計算 16 天後仍存留於臺中港系統內的染料濃度。而潮汐交換率則利用(4-9)式計算。

4.2.3 Particle tracking 模式

Particle tracking 模式是描述水質點於海洋動力環境中的運動行為，並將獨立質點的擴散過程視為隨機運動。以二維模式而言，每一個時階(time step)之位置可表示為

$$X_n = X_{n-1} + U\Delta t + \delta_x \quad \text{.....(4-10)}$$

$$Y_n = Y_{n-1} + V\Delta t + \delta_y \quad \text{.....(4-11)}$$

上式中之 *n* 及 *n-1* 各表示新舊時階，*u* 與 *v* 為水平與垂直流速，Δt 為單位時間。水粒子的運動主要係由兩個過程決定之：(1)海水的運動；(2)自身的隨機運動。海水的運動必須由水質點的拉格朗日(Lagrangian)軌跡來追蹤，隨機運動與紊流水平與垂直擴散係數和質點軌跡之時間間隔有關。而此隨機運動過程所產生的軌跡位置在水平與垂直方方向的偏離(δ_x, δ_y)通常可假定滿足下列方程式

$$\delta_x = \xi\sqrt{2E_{xx}\Delta t}; \quad \delta_y = \xi\sqrt{2E_{yy}\Delta t} \quad \text{.....(4-12)}$$

其中，E_{xx} 與 E_{yy} 分別為 *x, y* 方向上的渦動粘性係數；ξ 為隨機偏離函數。Particle tracking 模式模擬分析的方法，即假設模擬時間剛開始時於臺中港不同位置處施放單顆水粒子質點，應用水粒子軌跡模組模擬計算 16 天內水粒子質點的運動軌跡，此可了解臺中港不同位置處其污染物質移動的路徑。

4.2.4 潮汐交換率之計算

本節應用經過率定驗證後之二維水理模式來模擬臺中港在不同環境因子之潮汐交換率的情形，分析之案例如表 4-7 所示。圖 4-18 至圖 4-22 所示為模擬所得不同上游流量時(CASE1~CASE5)在漲潮與退潮時

之濃度分佈圖，圖 4-23 至圖 4-27 所示為模擬所得不同上游流量時(CASE1~CASE5)在退潮時之濃度分佈圖，結果顯示愈接近臺中港出海口，其殘留之染料濃度越小，即愈接近出海口，其海水交換率愈佳。反之，愈遠離出海口，其存留之染料濃度越大，則海水交換率愈小。而在不同上游排水量之情形下，可知上游流量越大，則染料濃度越小，即其海水交換率愈佳。

圖 4-28 與圖 4-33 所示為在不同風速(2 m/sec, 5m/sec , 10 m/sec)情形下，風向為 N 向時(此風向為臺中港域之主要風向)在漲潮與退潮之濃度分佈圖；圖 4-34 與圖 4-39 所示為在不同風速(2 m/sec, 5m/sec , 10 m/sec)情形下，風向為 E 向時在漲潮與退潮之濃度分佈圖；圖 4-40 與圖 4-45 所示為在不同風速(2 m/sec, 5m/sec , 10 m/sec)情形下，風向為 W 向時在漲潮與退潮之濃度分佈圖；圖 4-46 與圖 4-51 所示為在不同風速(2 m/sec, 5m/sec , 10 m/sec)情形下，風向為 S 向時在漲潮與退潮之濃度分佈圖。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。

圖 4-52 為模擬水粒子質點運動軌跡之起始排放位置圖。模擬所得之水粒子質點由起始點排放到第 16 天之運動軌跡路徑如圖 4-53 至圖 4-68 所示。由圖可知，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，如圖 4-60 及圖 4-63~66 所示。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。

表 4-7 模式模擬不同上游流量之案例

上游流量 / 案例	安良港大排(CMS)	梧棲大排(CMS)
CASE1	0	0
CASE2	2	1
CASE3	8	4
CASE4	32	16
CASE5	96	64

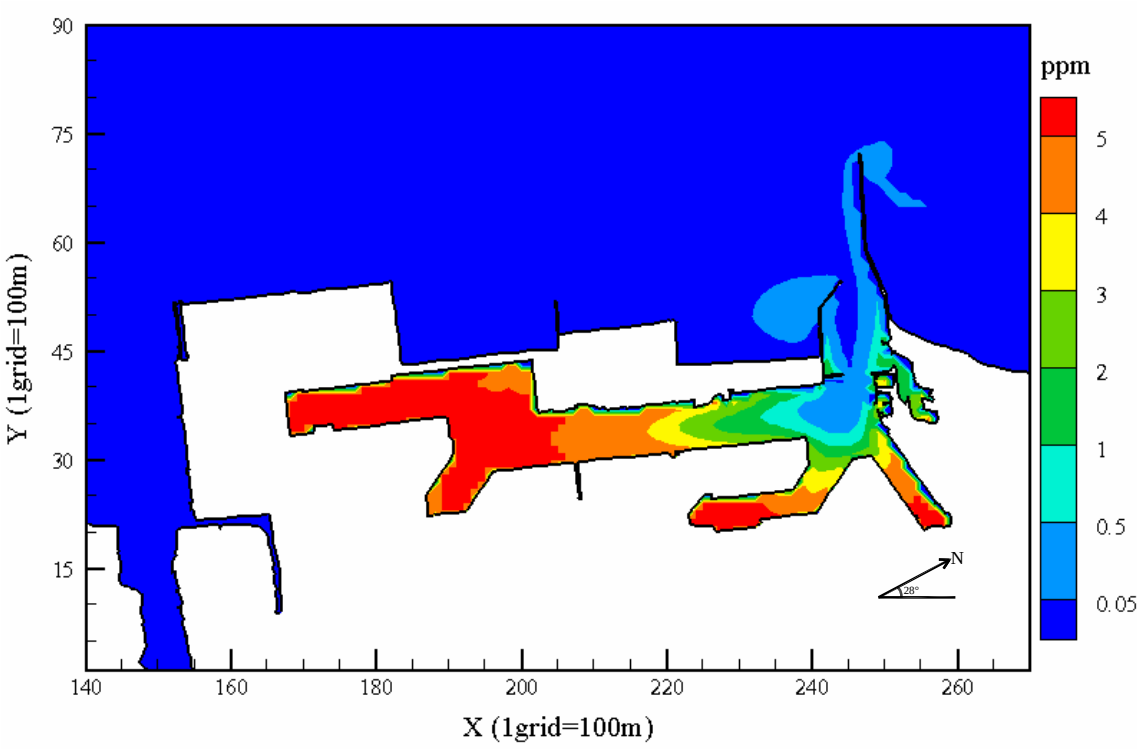


圖 4-18 模式模擬 CASE1 條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

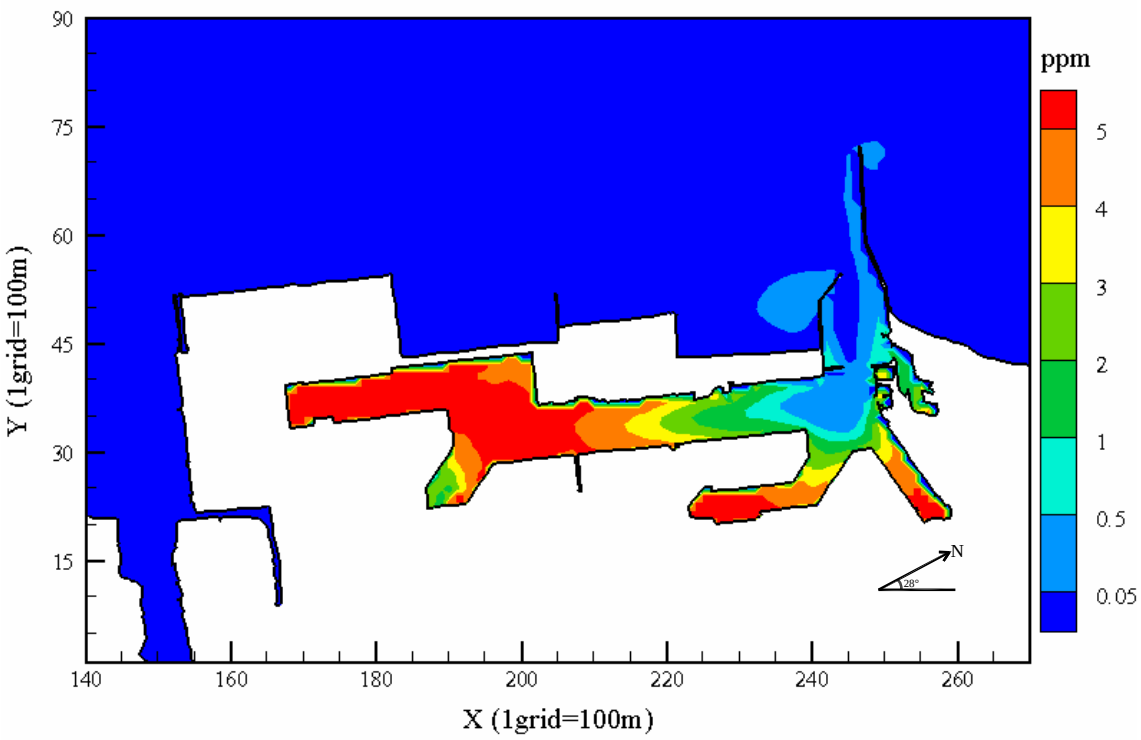


圖 4-19 模式模擬 CASE2 條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

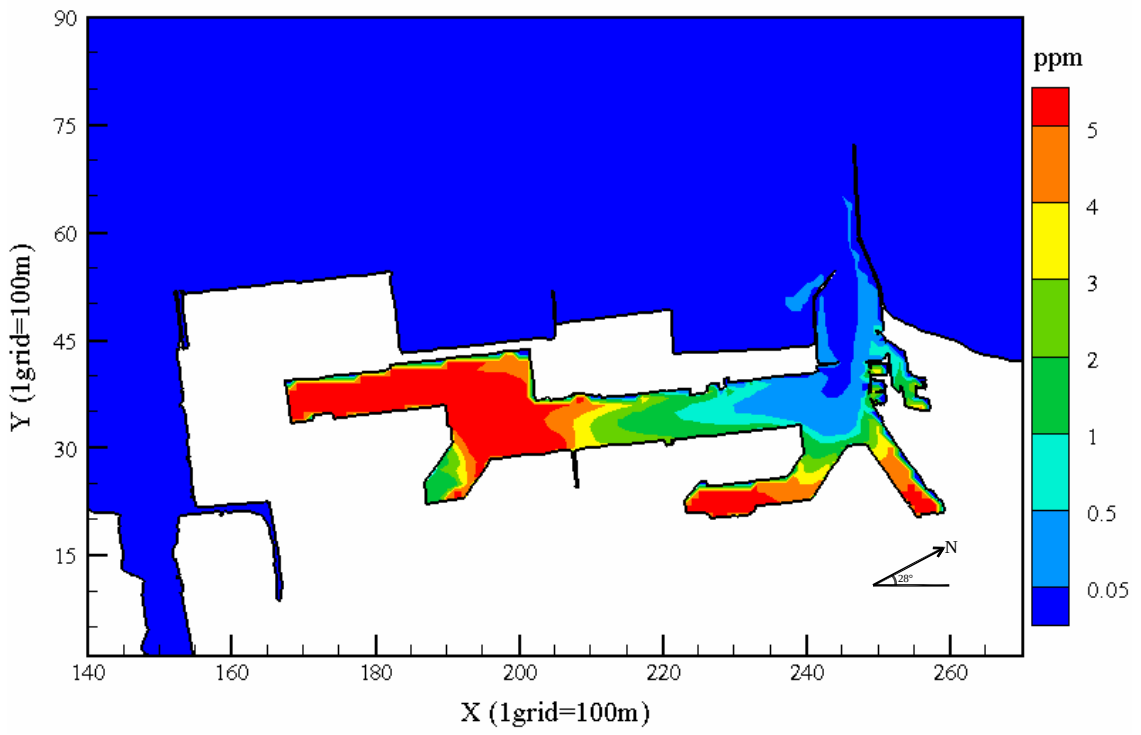


圖 4-20 模式模擬 CASE3 條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

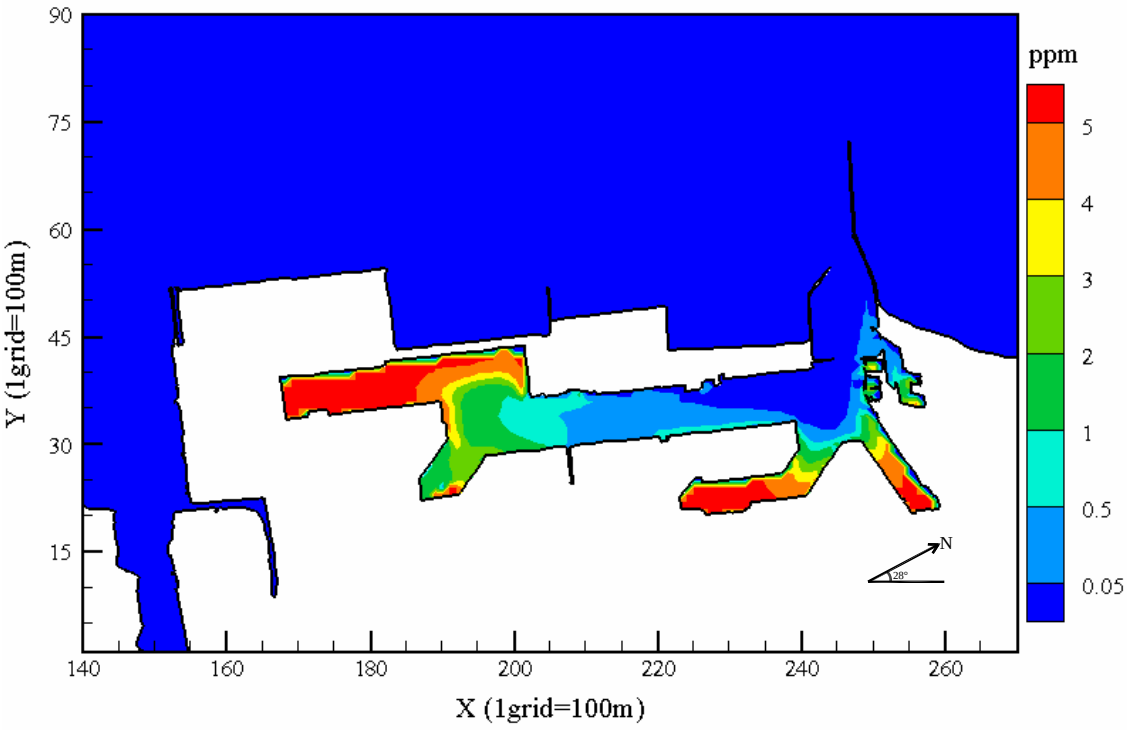


圖 4-21 模式模擬 CASE4 條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

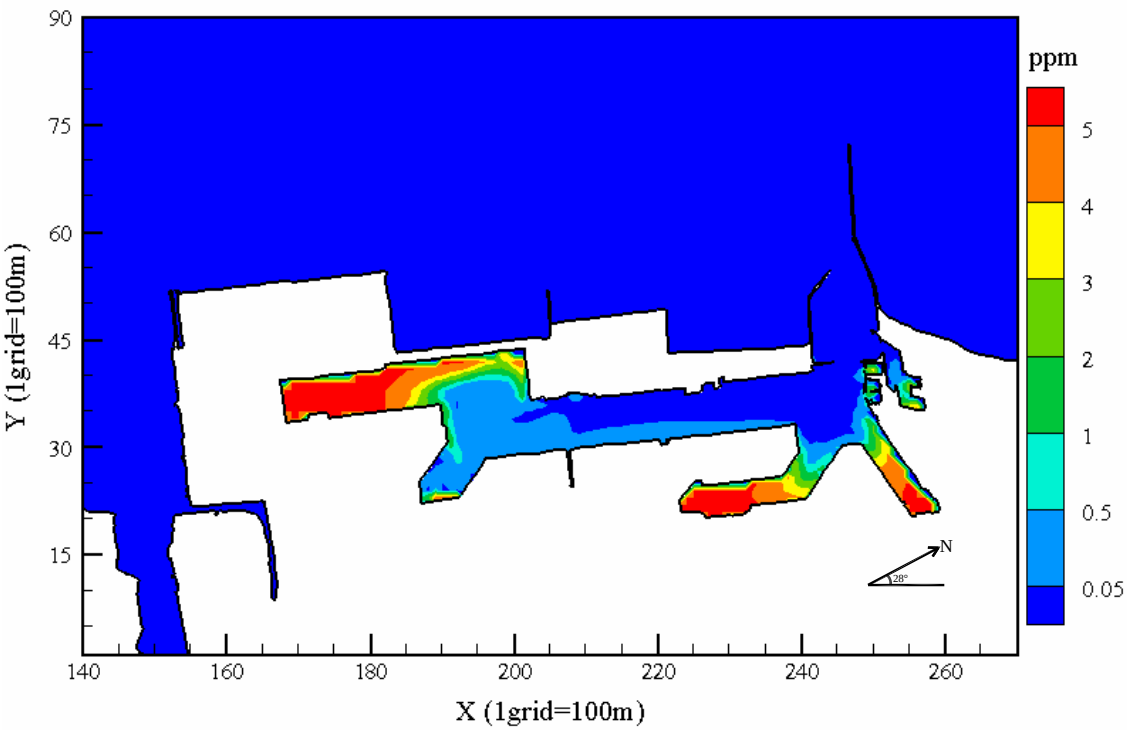


圖 4-22 模式模擬 CASE5 條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

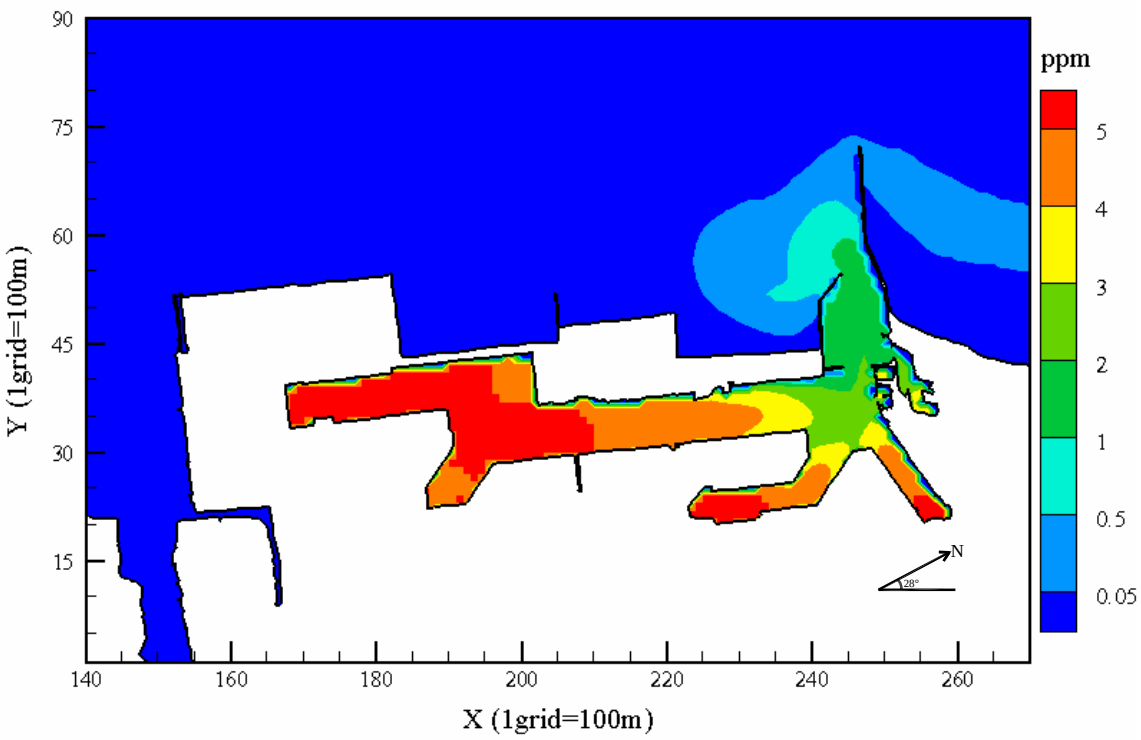


圖 4-23 模式模擬 CASE1 條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

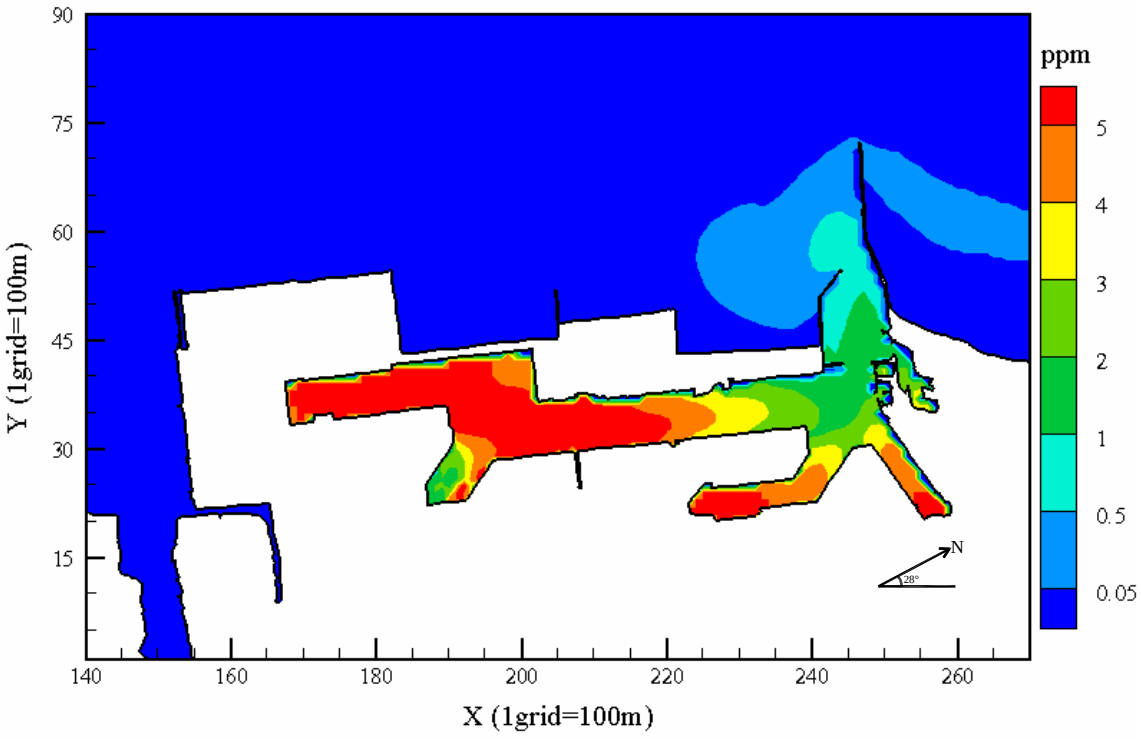


圖 4-24 模式模擬 CASE2 條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

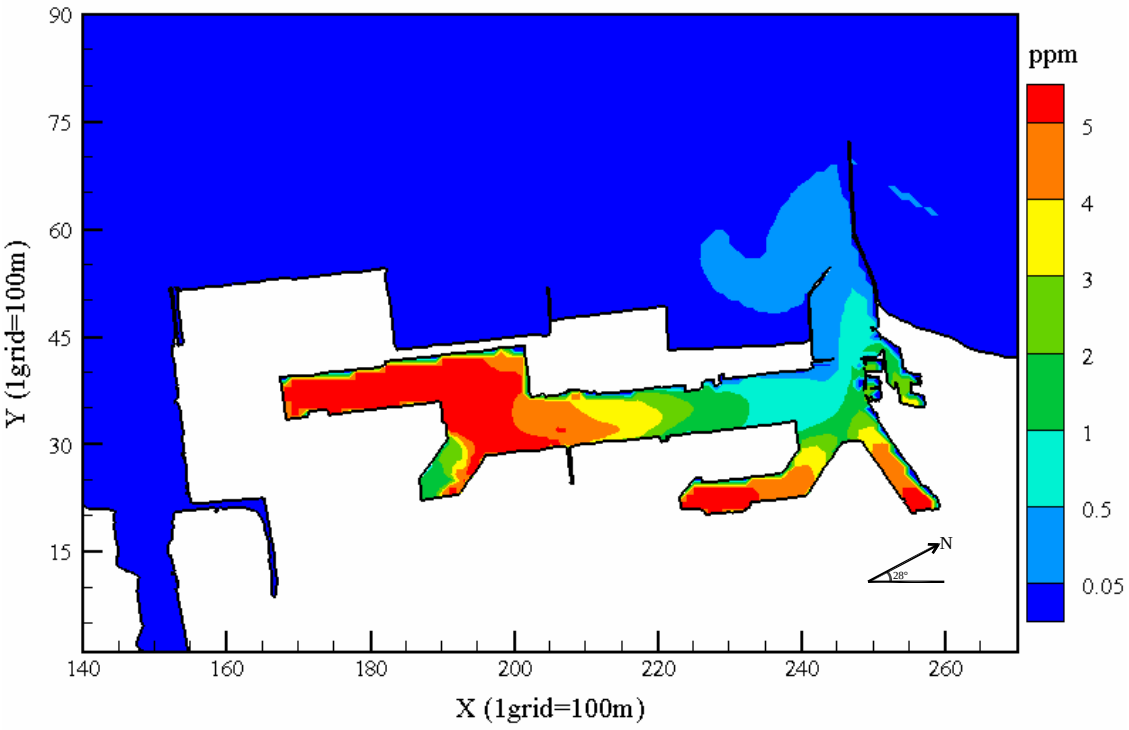


圖 4-25 模式模擬 CASE3 條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

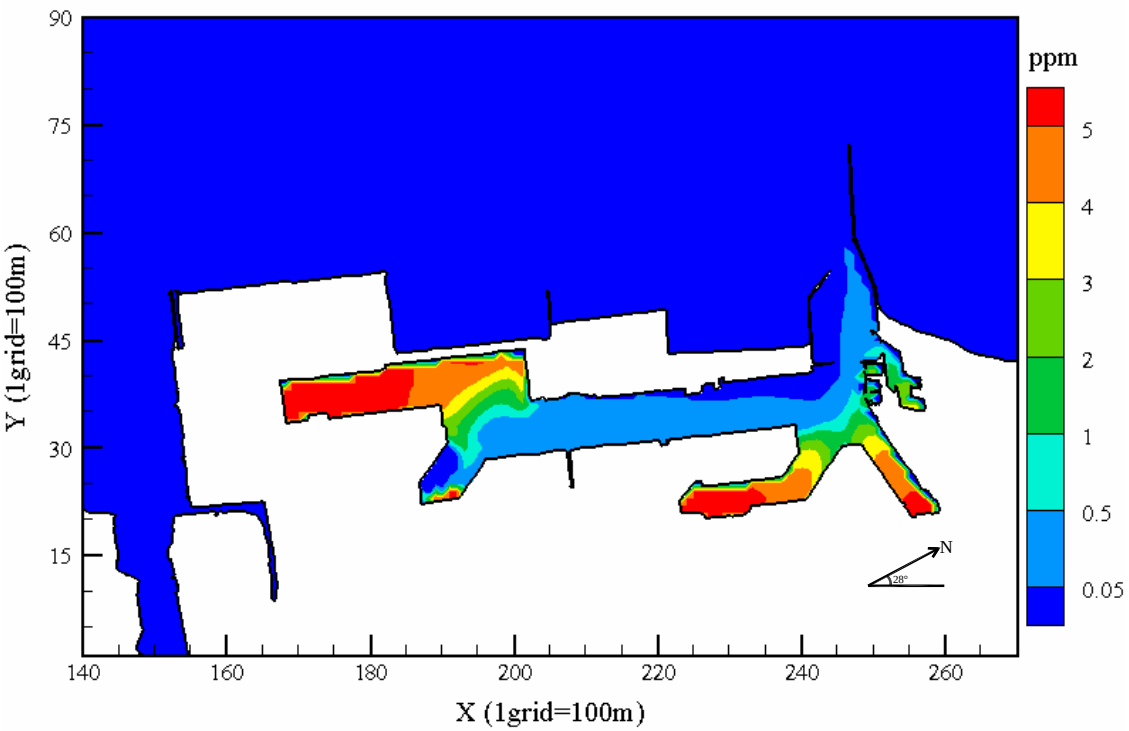


圖 4-26 模式模擬 CASE4 條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

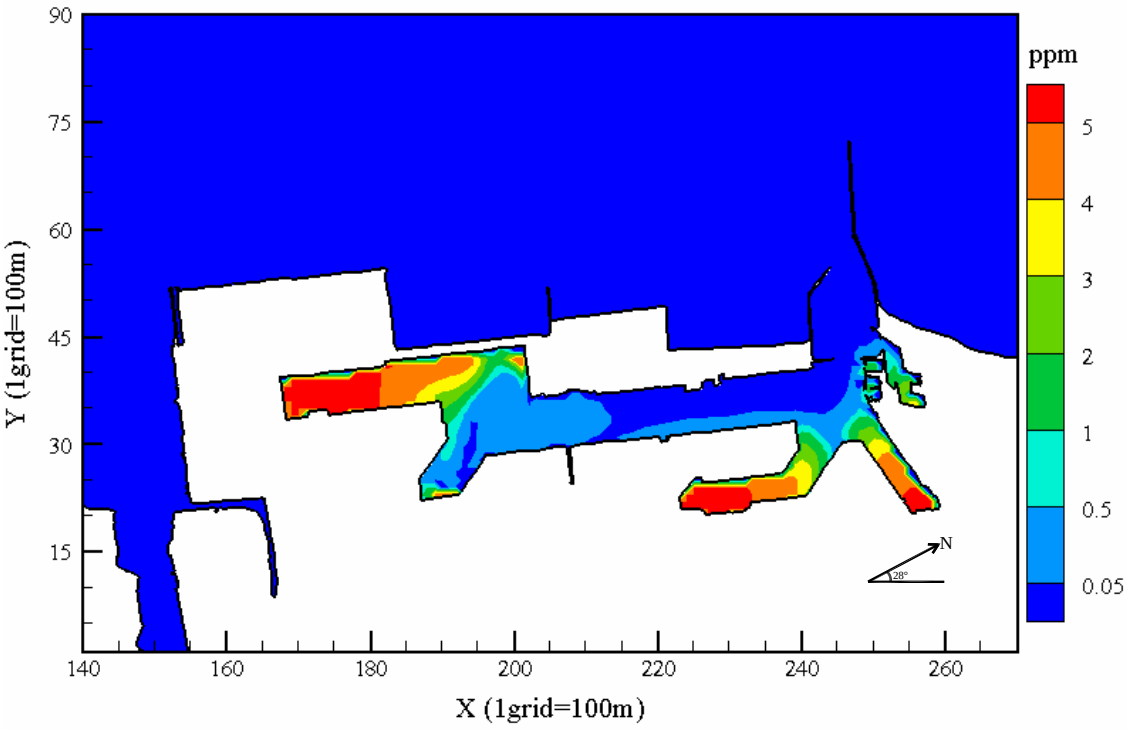


圖 4-27 模式模擬 CASE5 條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

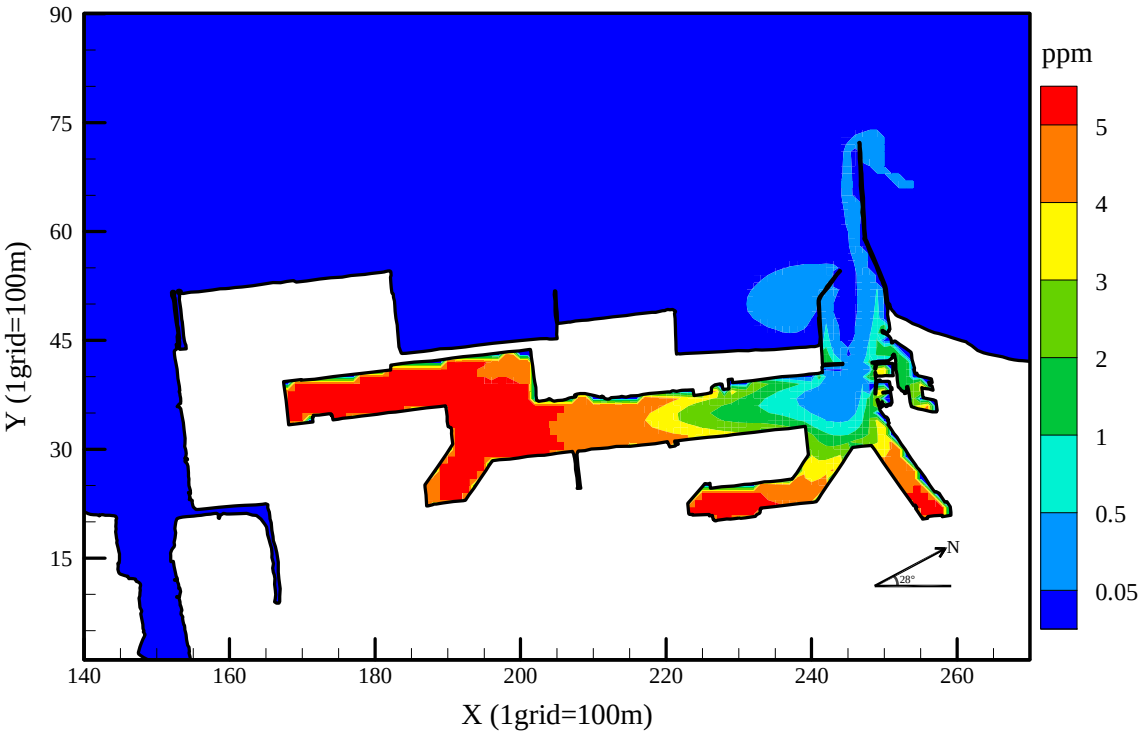


圖 4-28 模式模擬風速為 2m/sec, N 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

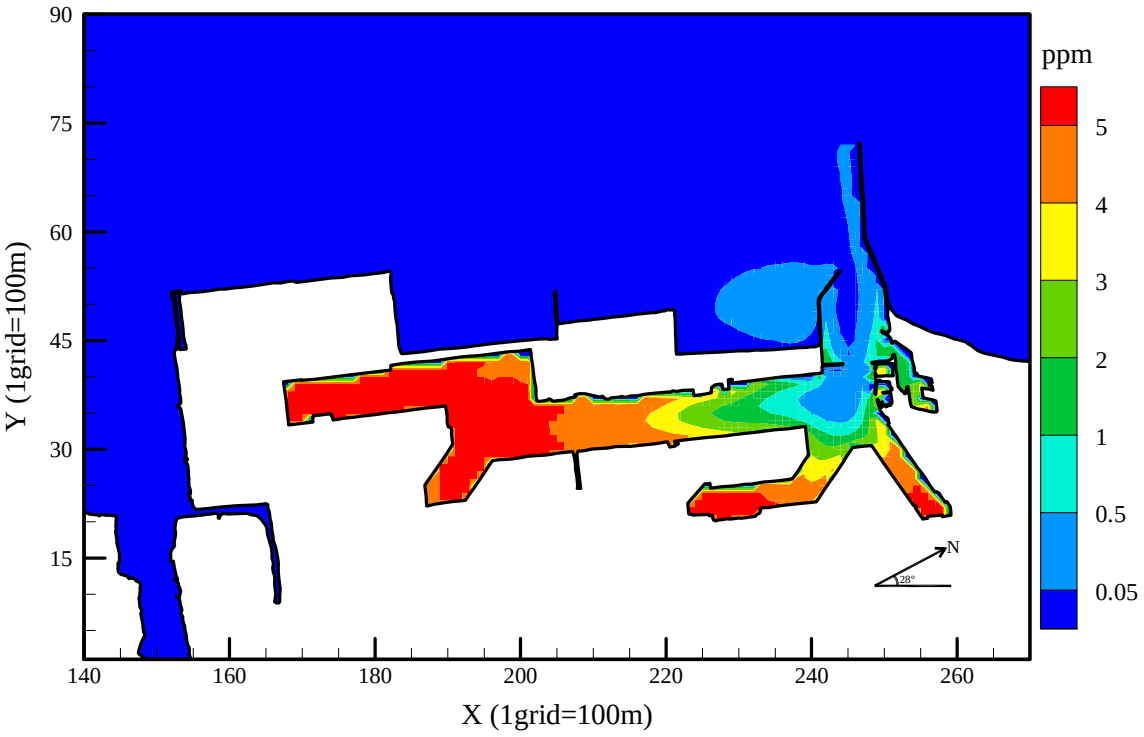


圖 4-29 模式模擬風速為 5m/sec, N 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

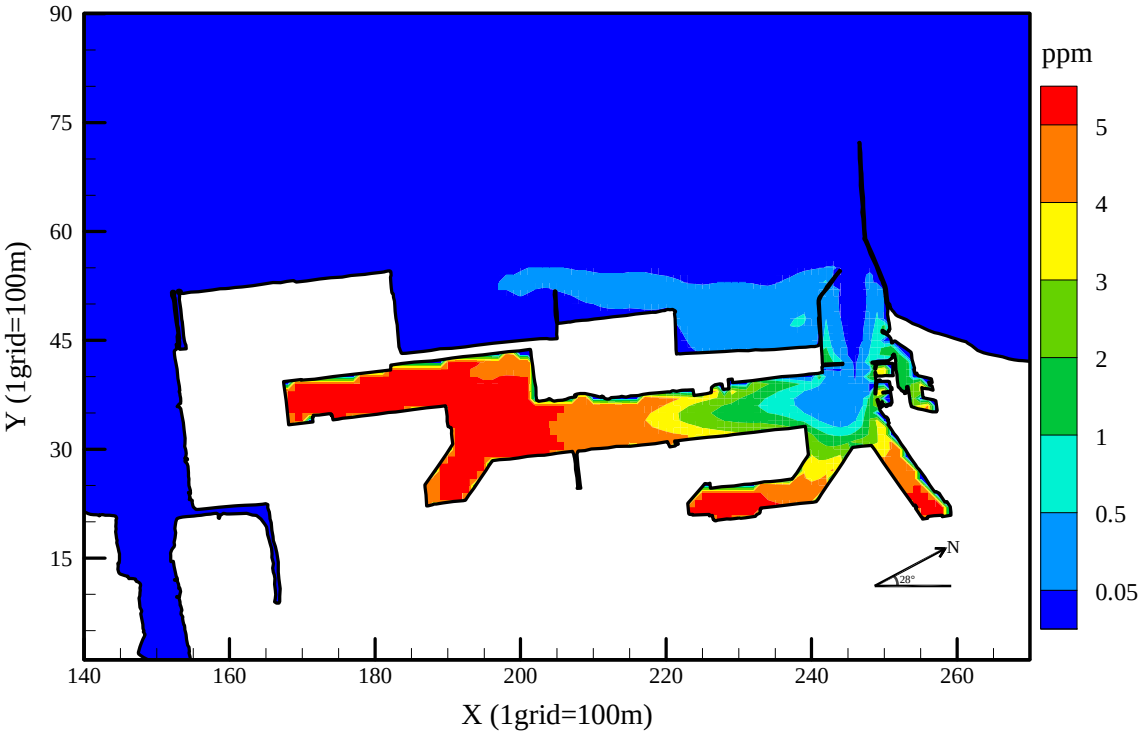


圖 4-30 模式模擬風速為 10m/sec, N 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

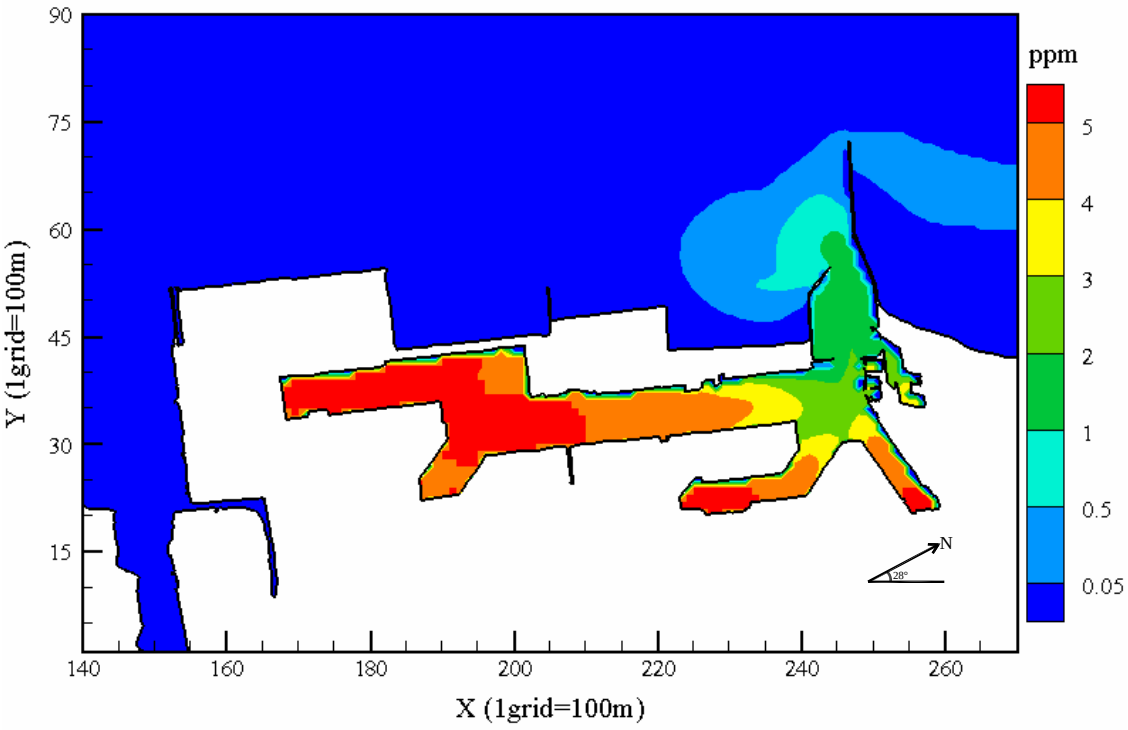


圖 4-31 模式模擬風速為 2m/sec, N 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

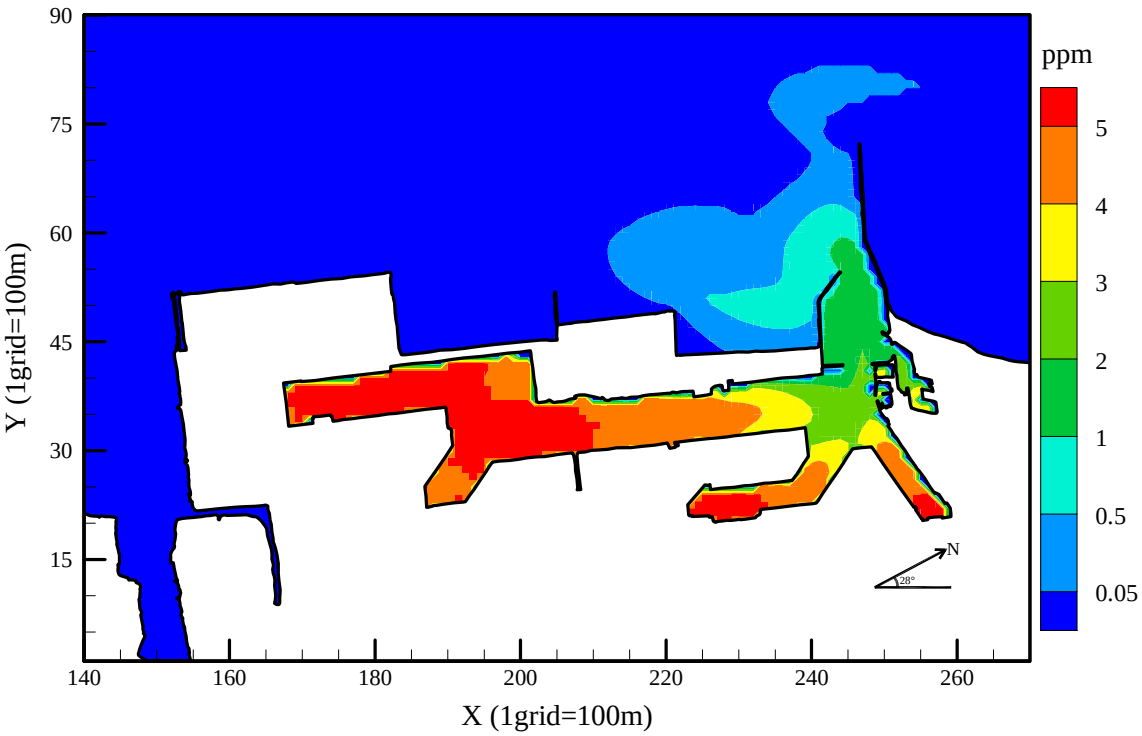


圖 4-32 模式模擬風速為 5m/sec, N 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

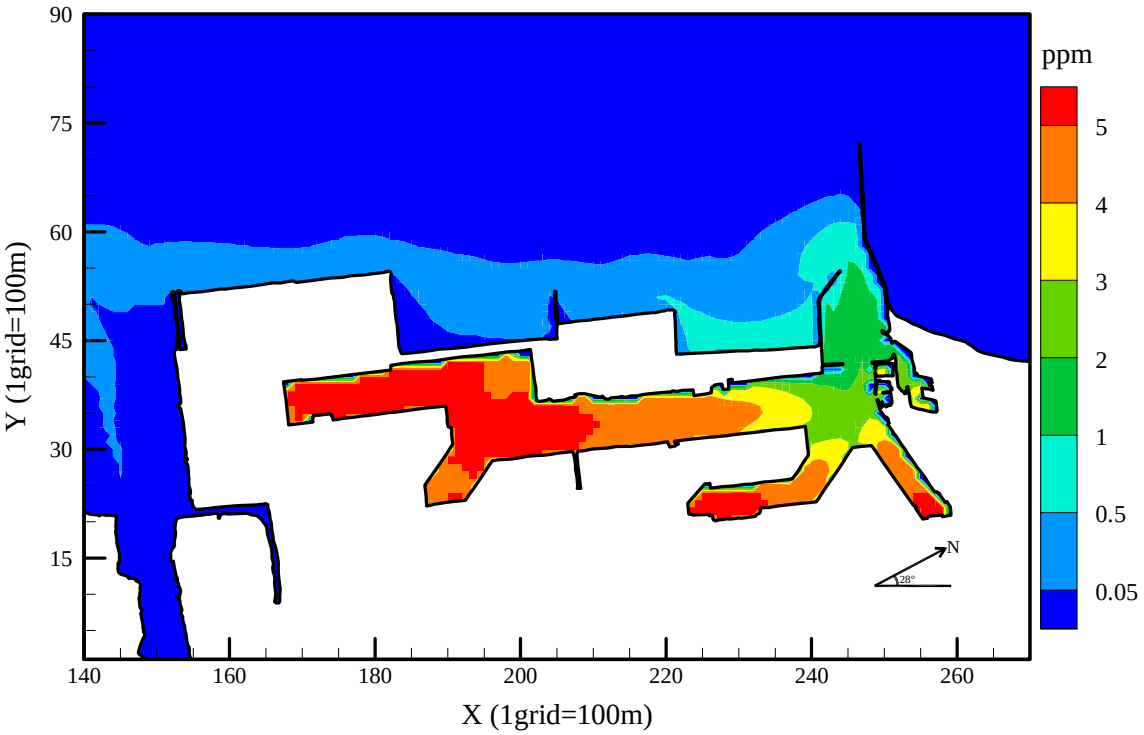


圖 4-33 模式模擬風速為 10m/sec，N 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

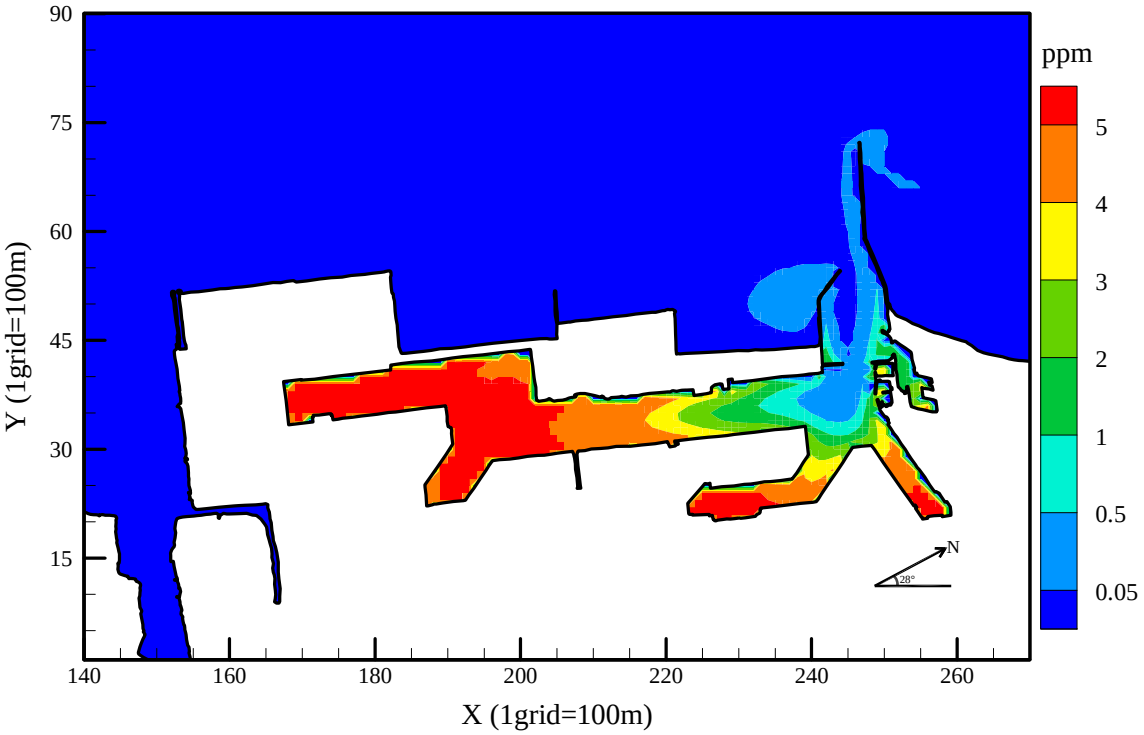


圖 4-34 模式模擬風速為 2m/sec, E 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

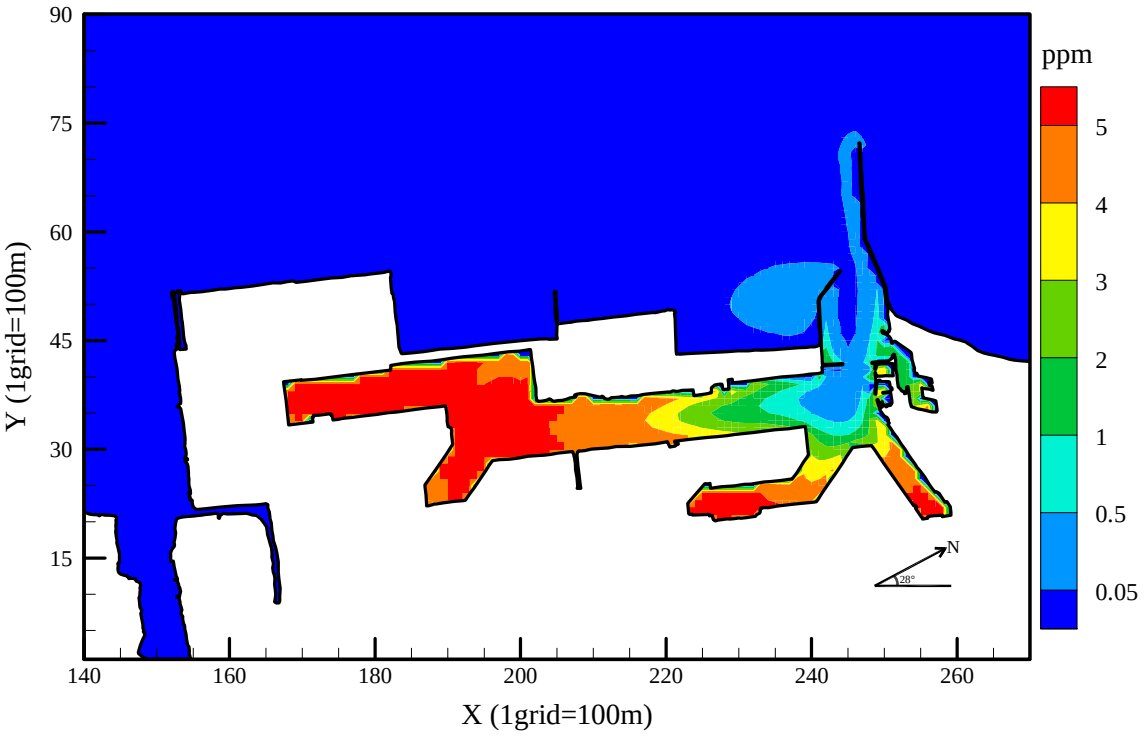


圖 4-35 模式模擬風速為 5m/sec, E 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

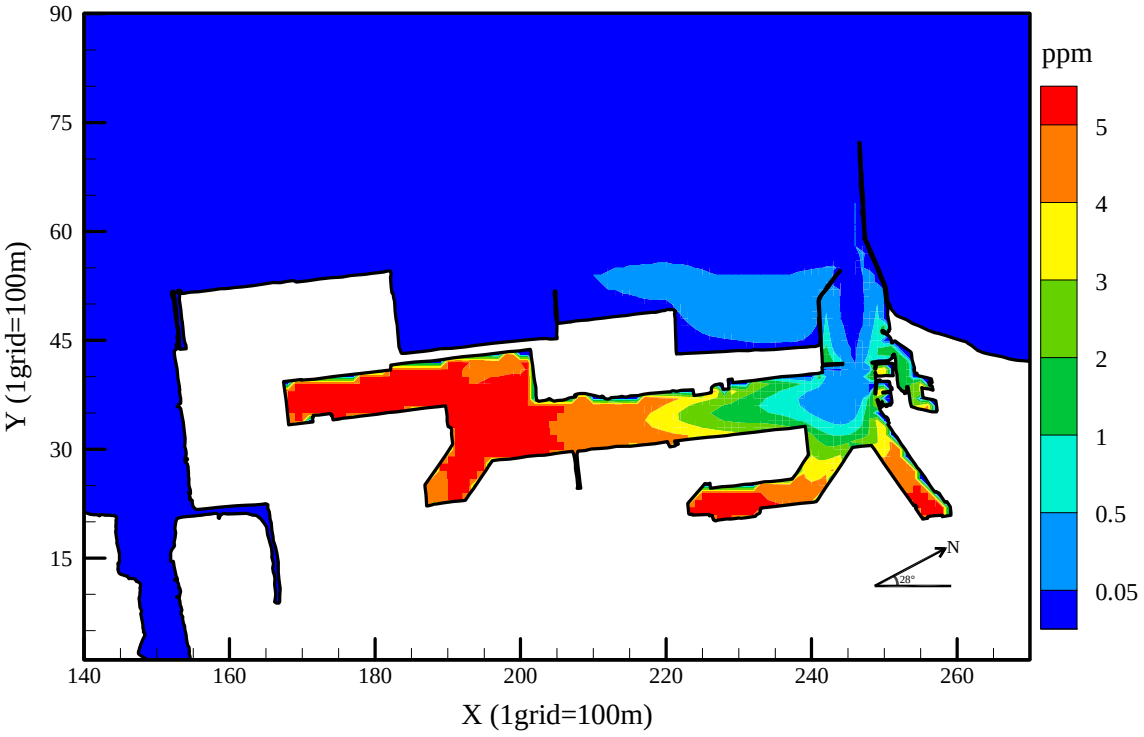


圖 4-36 模式模擬風速為 10m/sec, E 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

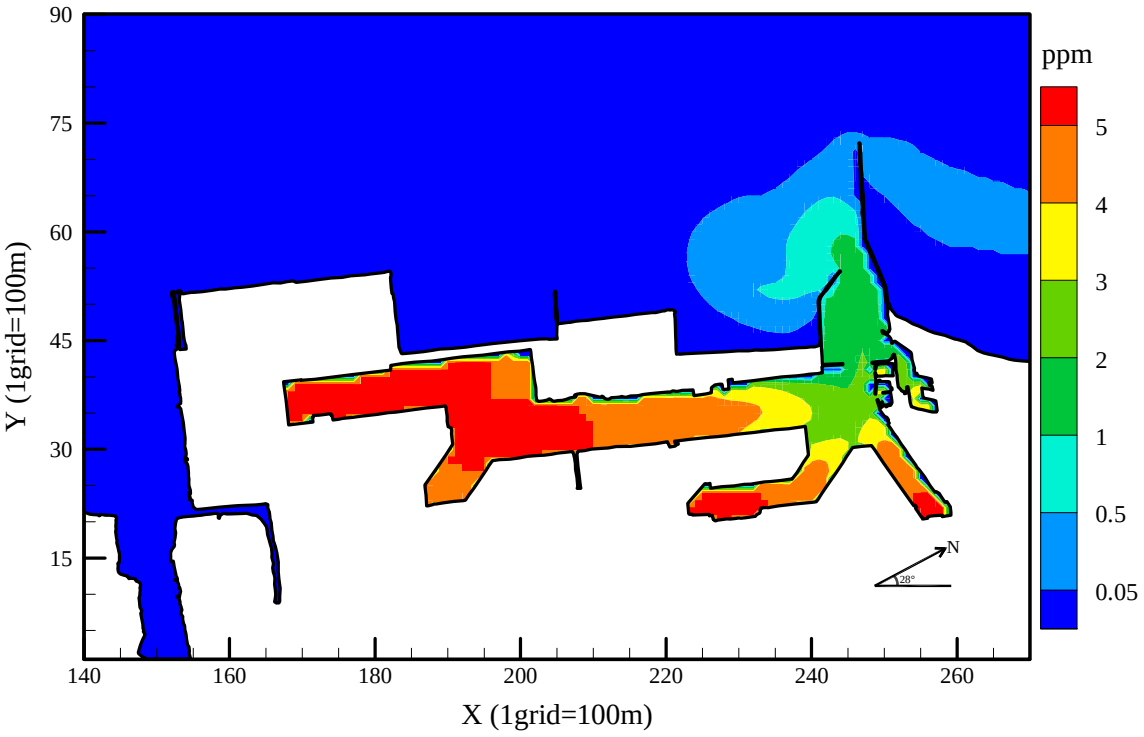


圖 4-37 模式模擬風速為 2m/sec, E 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

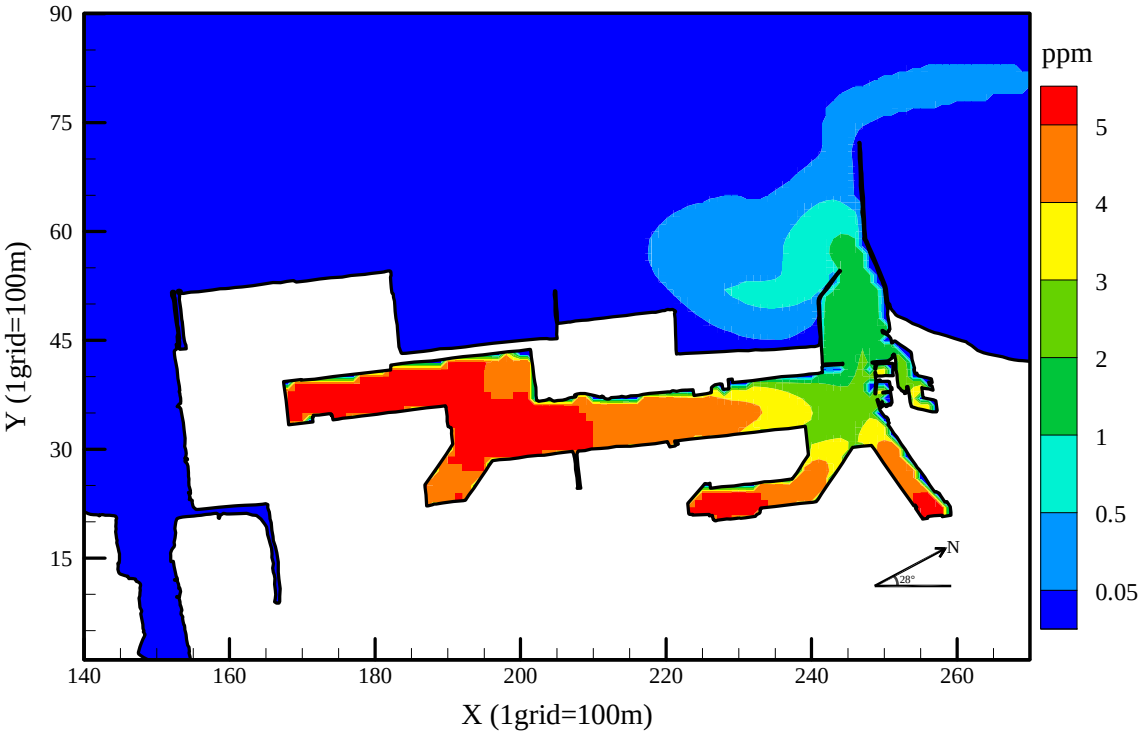


圖 4-38 模式模擬風速為 5m/sec, E 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

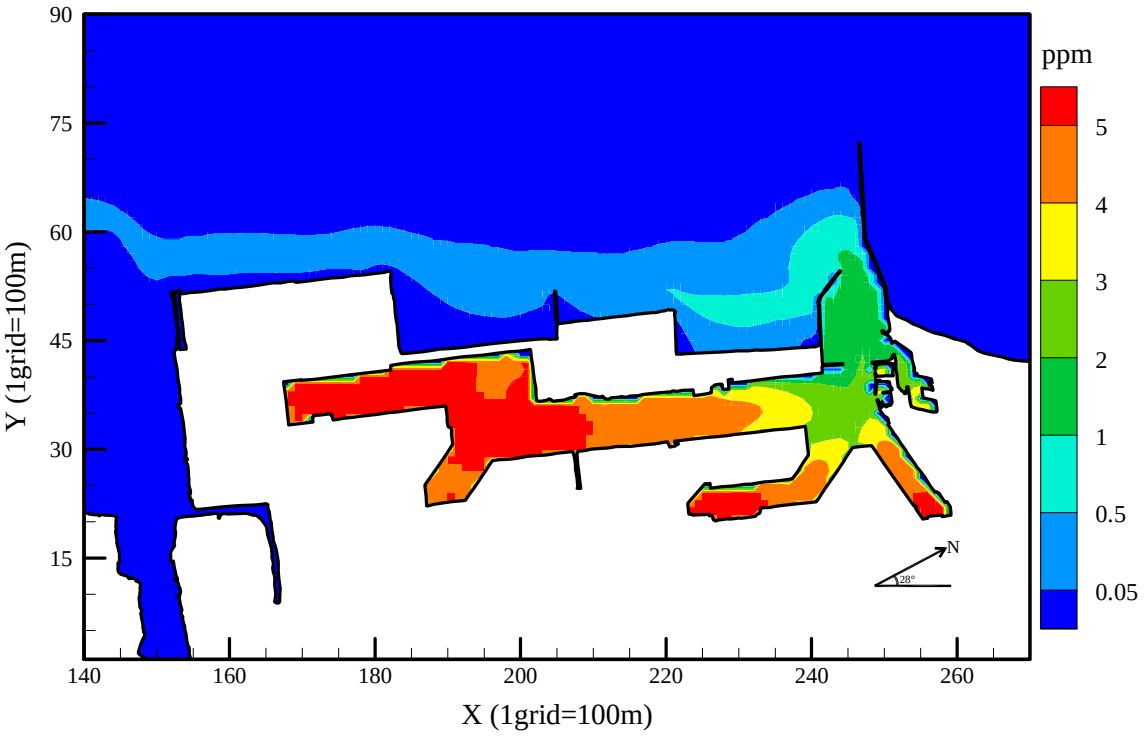


圖 4-39 模式模擬風速為 10m/sec, E 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

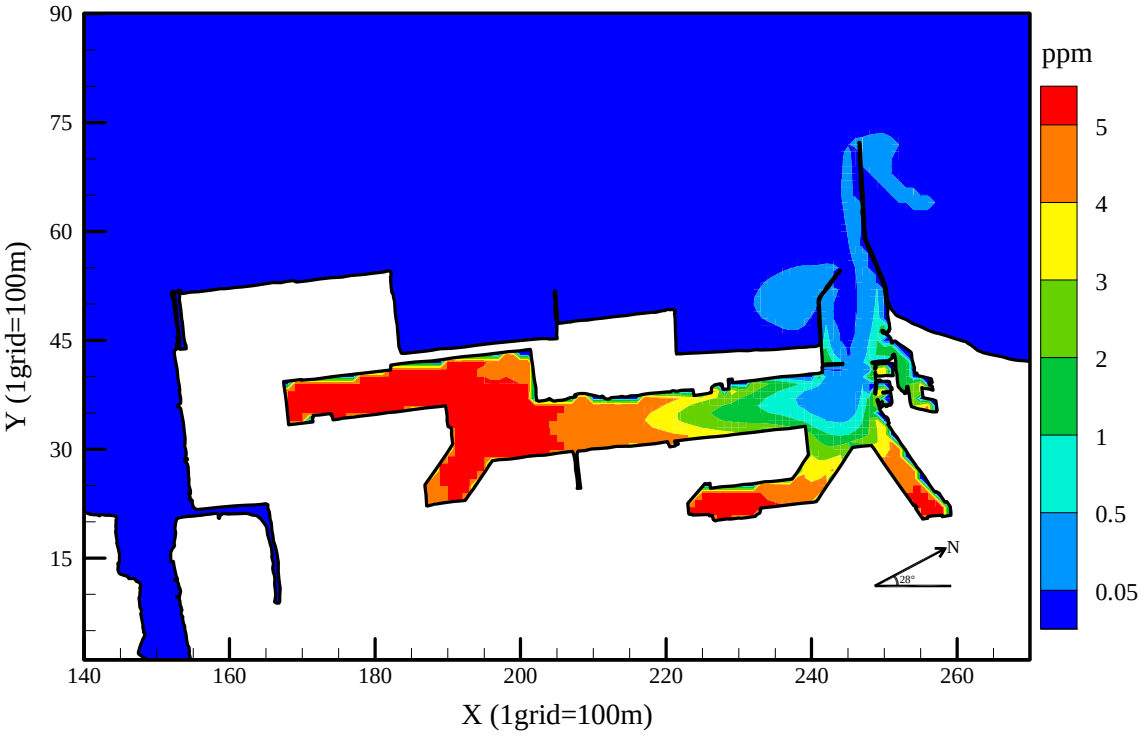


圖 4-40 模式模擬風速為 2m/sec, W 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

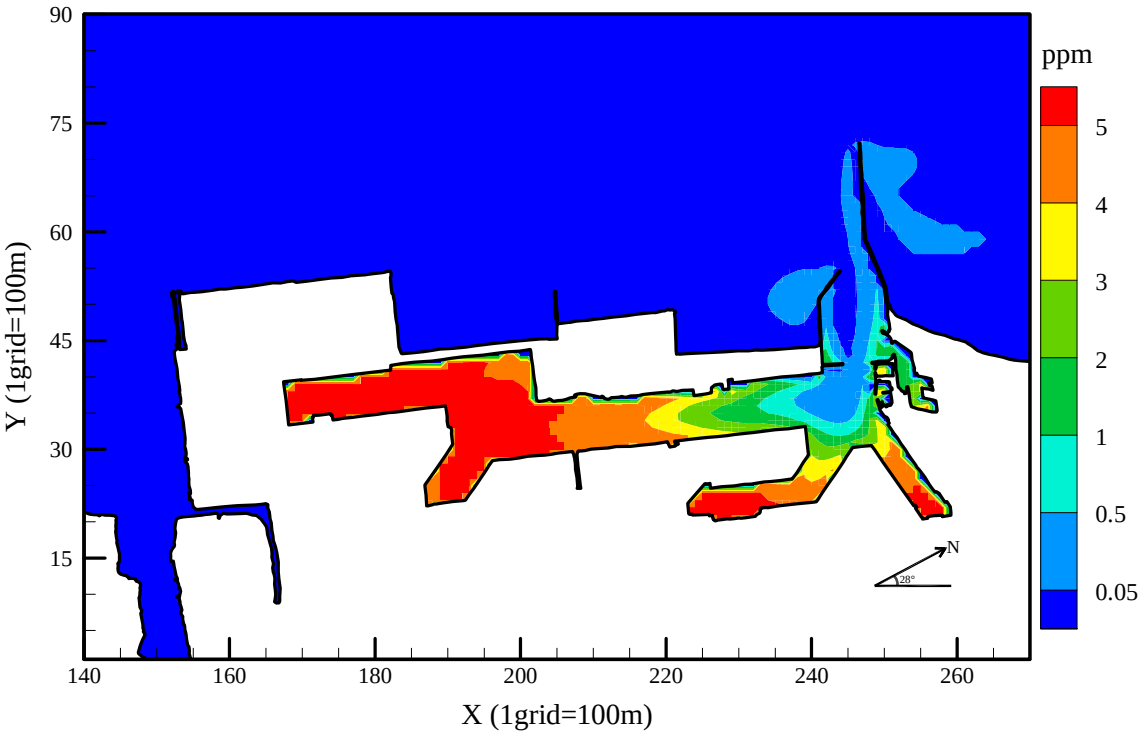


圖 4-41 模式模擬風速為 5m/sec, W 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

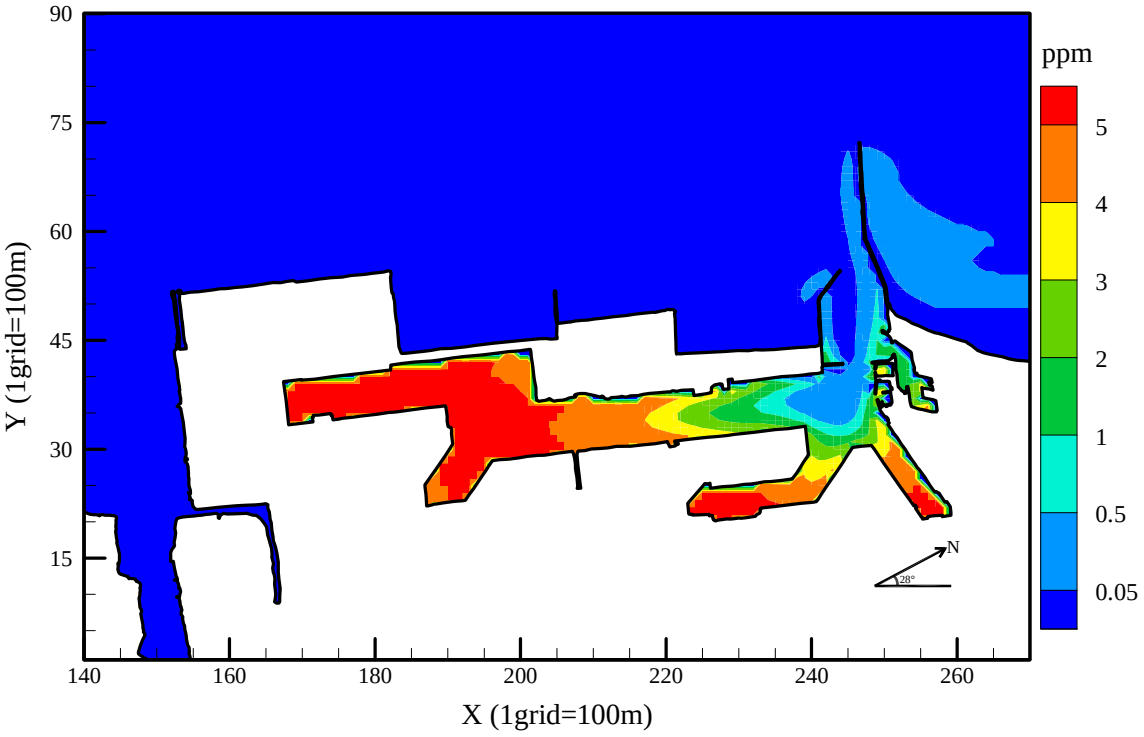


圖 4-42 模式模擬風速為 10m/sec, W 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

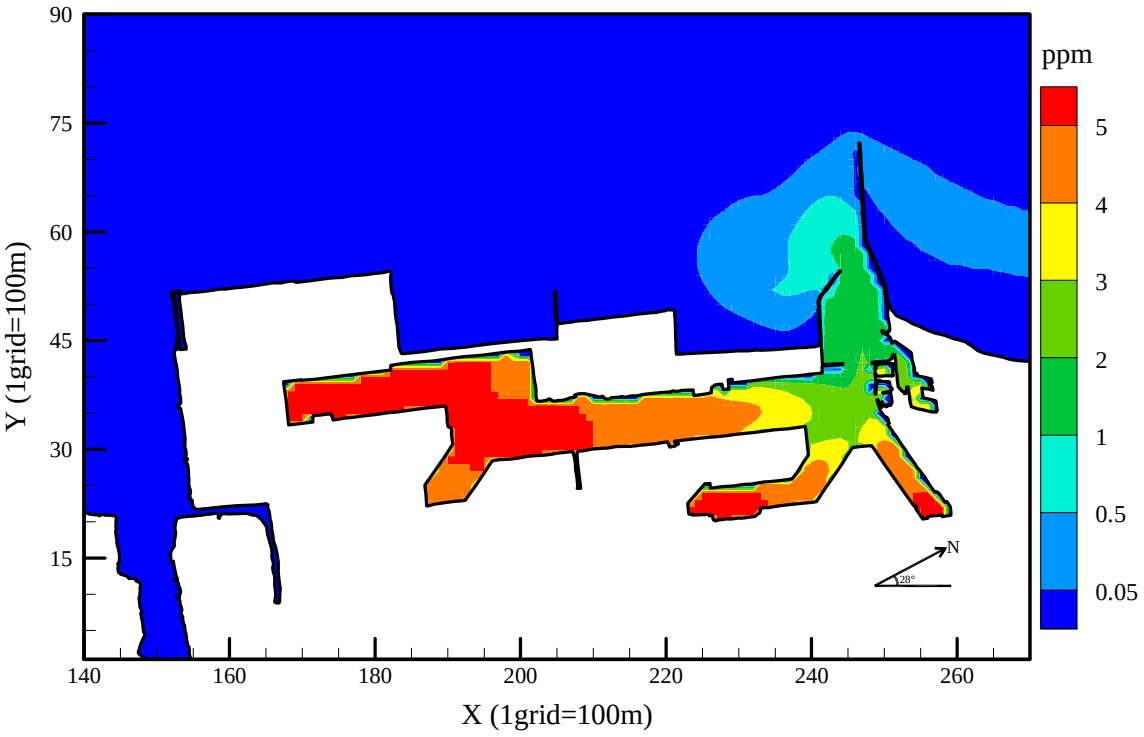


圖 4-43 模式模擬風速為 2m/sec, W 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

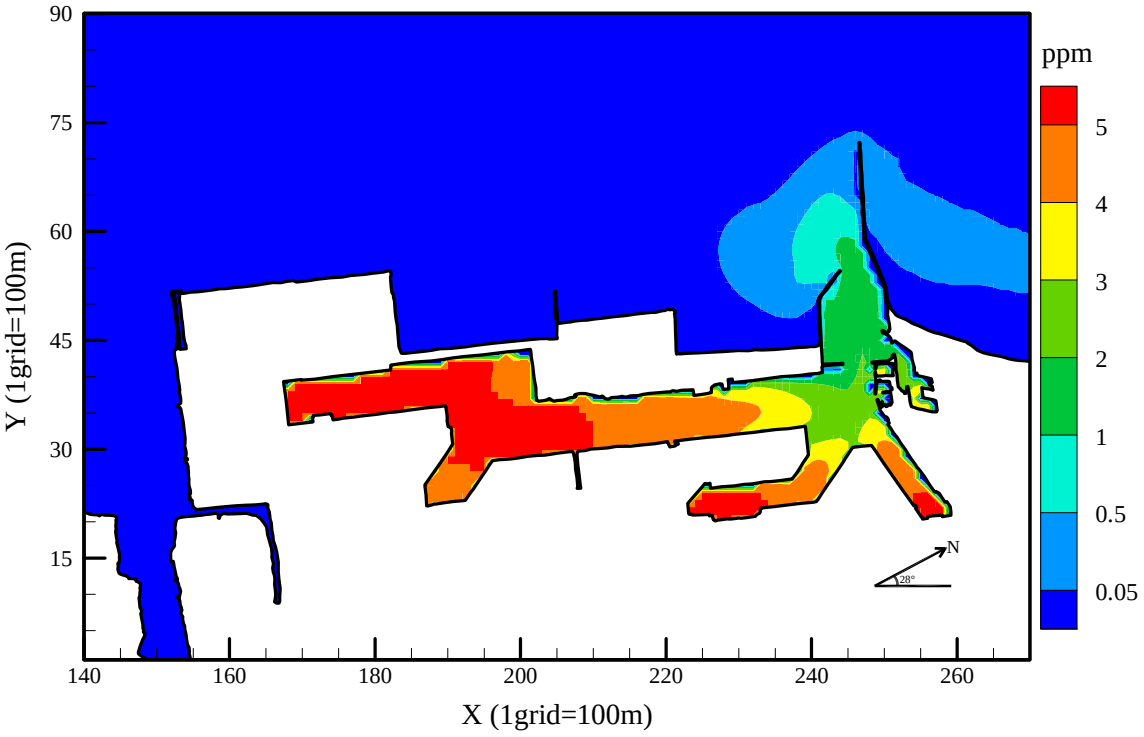


圖 4-44 模式模擬風速為 5m/sec, W 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

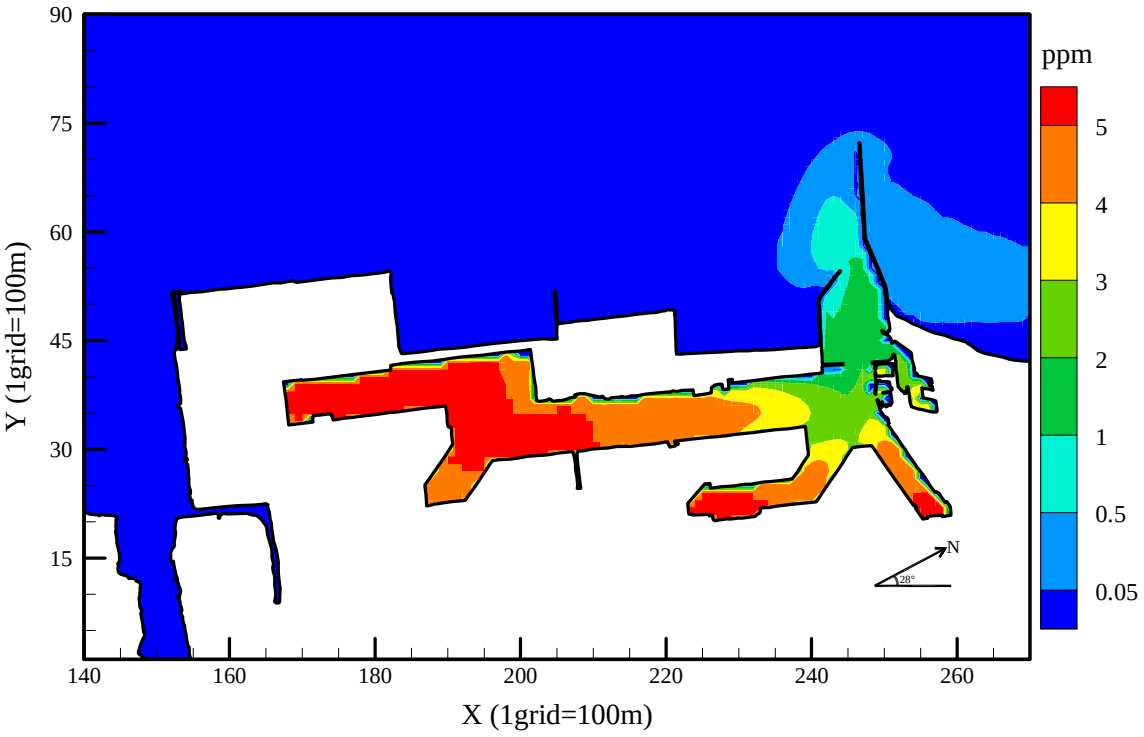


圖 4-45 模式模擬風速為 10m/sec, W 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

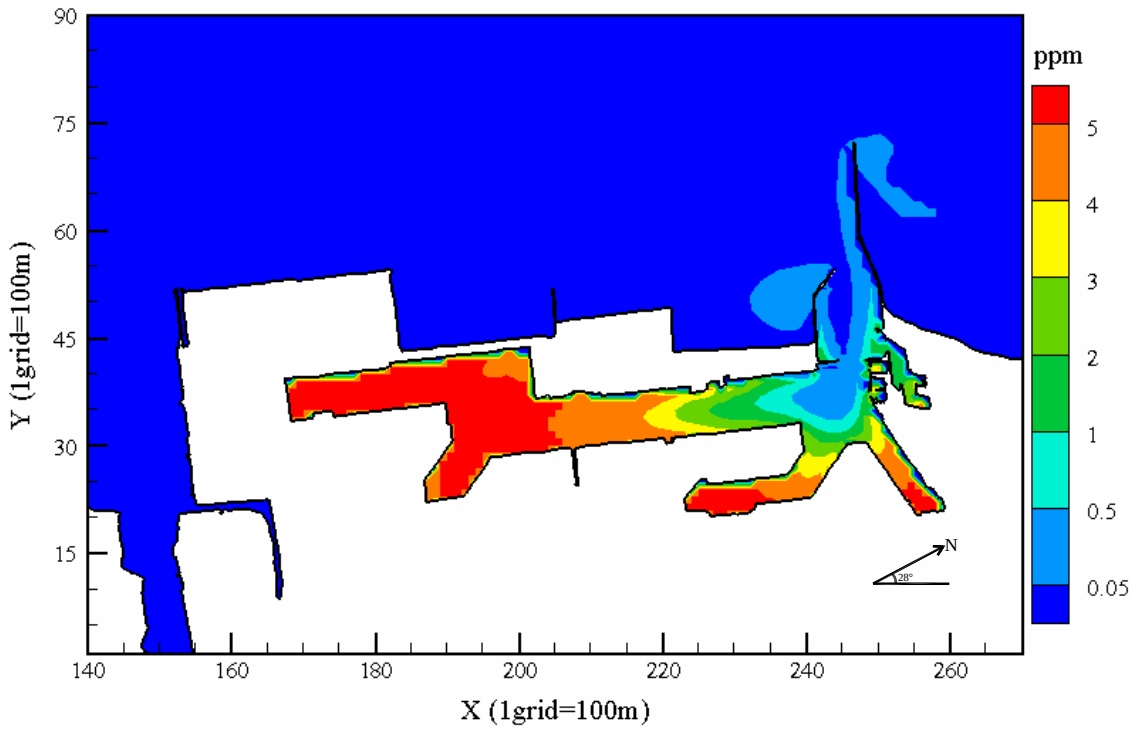


圖 4-46 模式模擬風速為 2m/sec, S 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

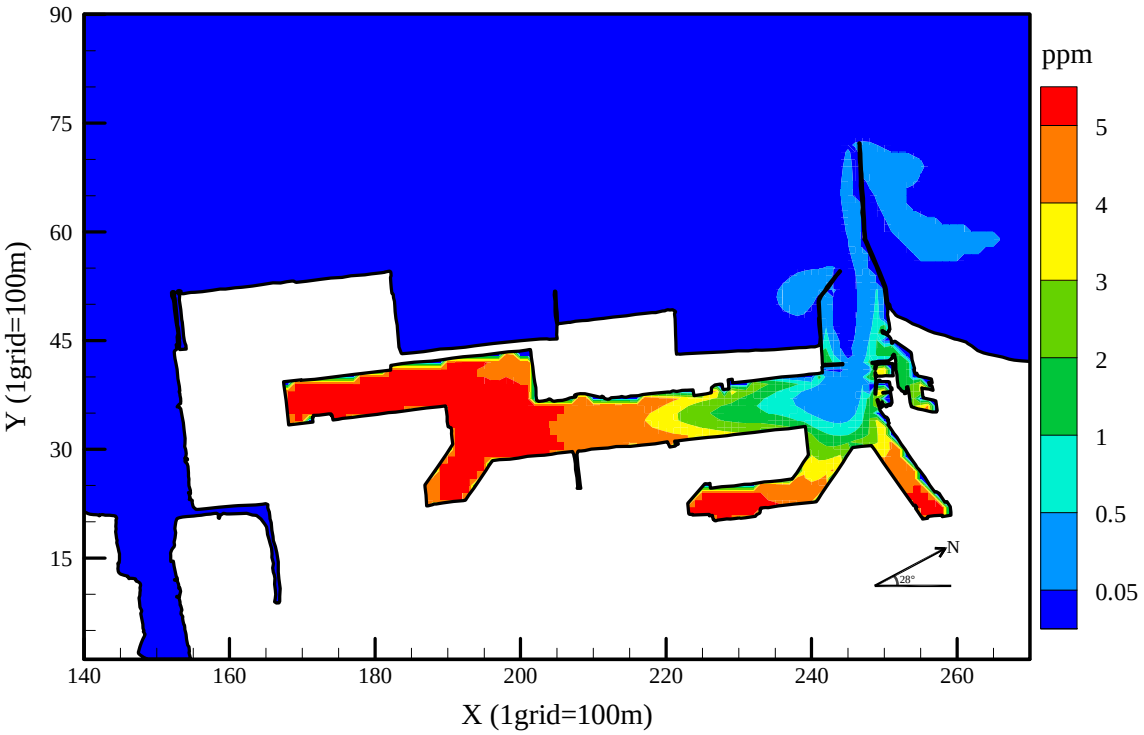


圖 4-47 模式模擬風速為 5m/sec, S 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

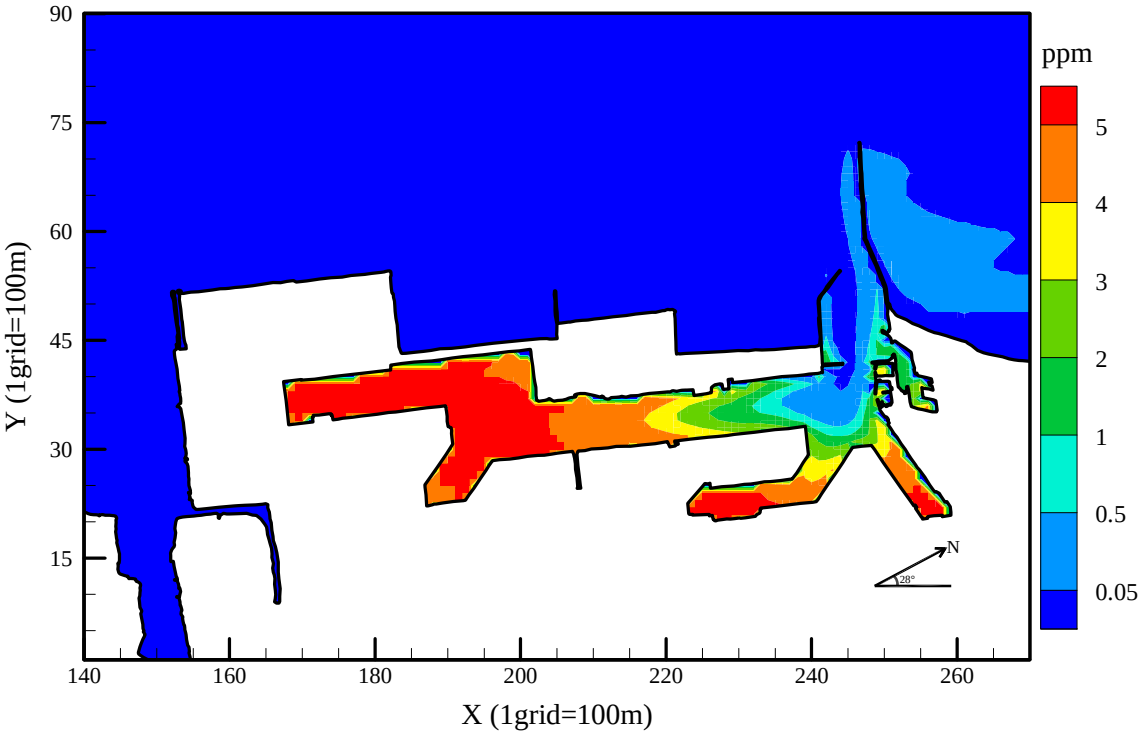


圖 4-48 模式模擬風速為 10m/sec, S 向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

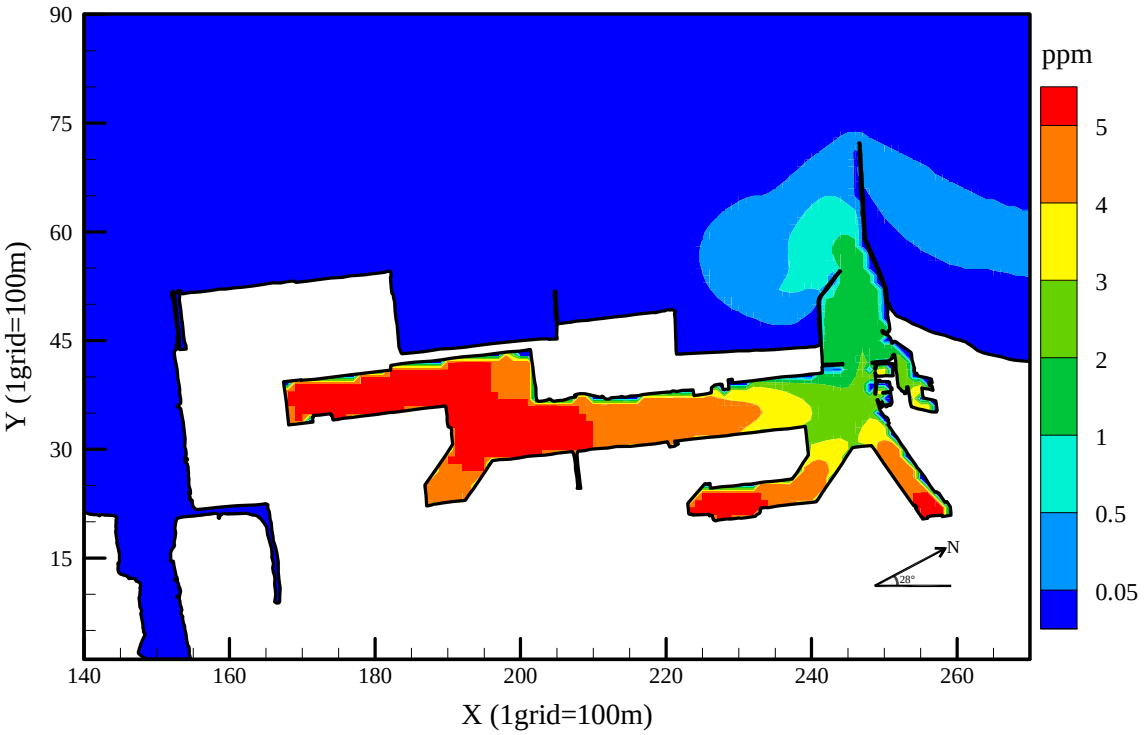


圖 4-49 模式模擬風速為 2m/sec, S 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

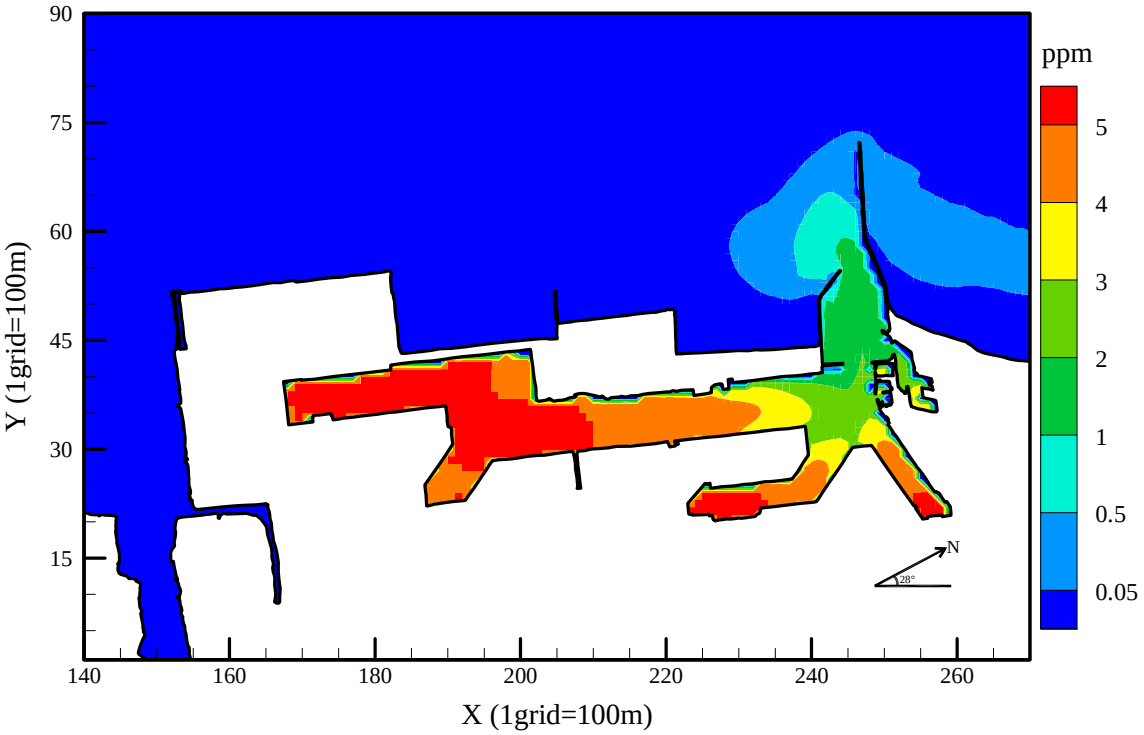


圖 4-50 模式模擬風速為 5m/sec, S 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

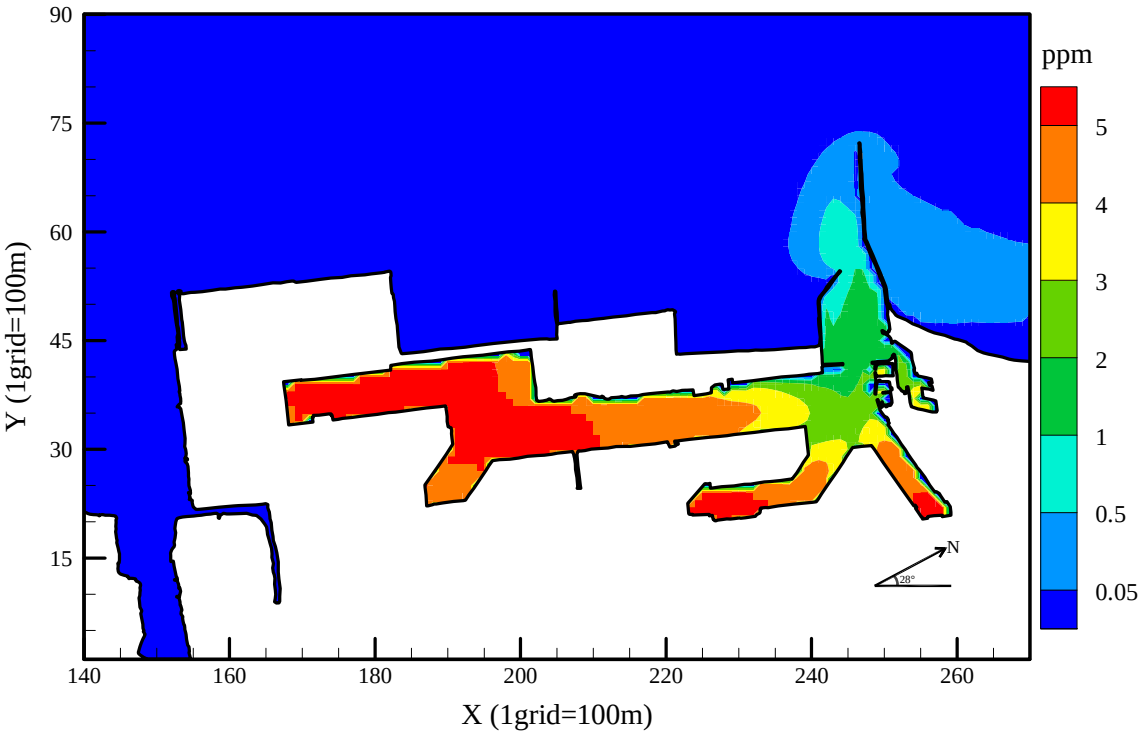


圖 4-51 模式模擬風速為 10m/sec，S 向之條件下，退潮時之染料濃度分佈圖

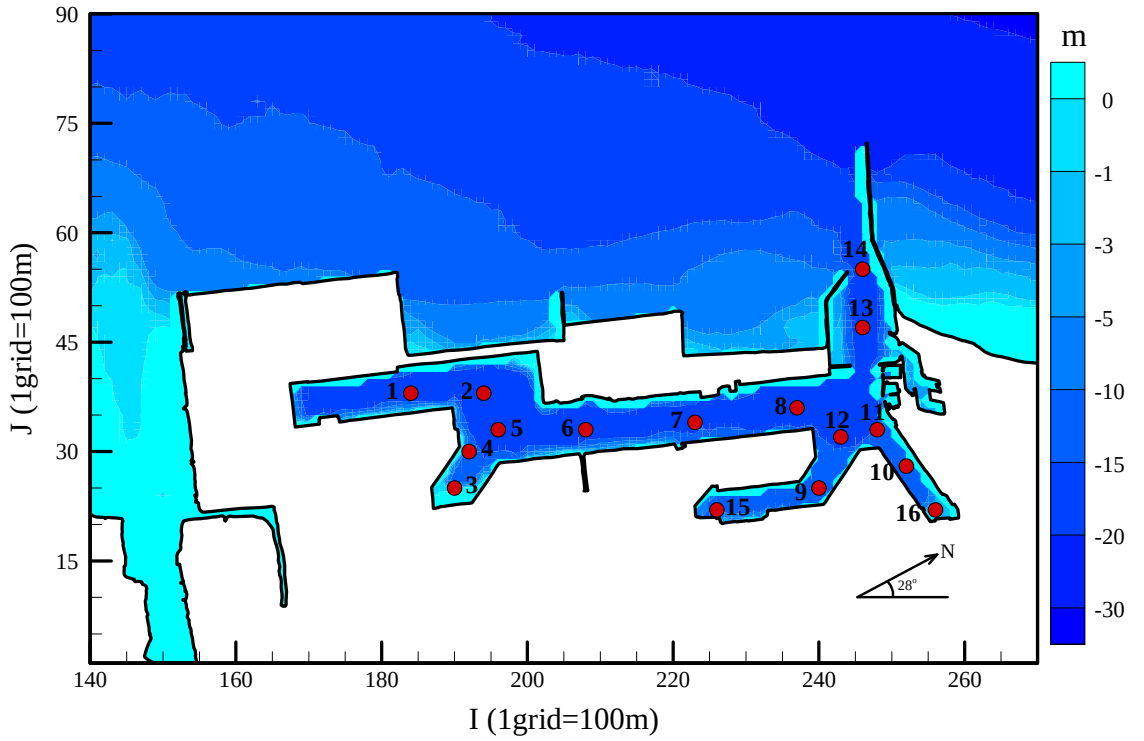


圖 4-52 模擬水粒子質點運動軌跡之起始排放位置圖

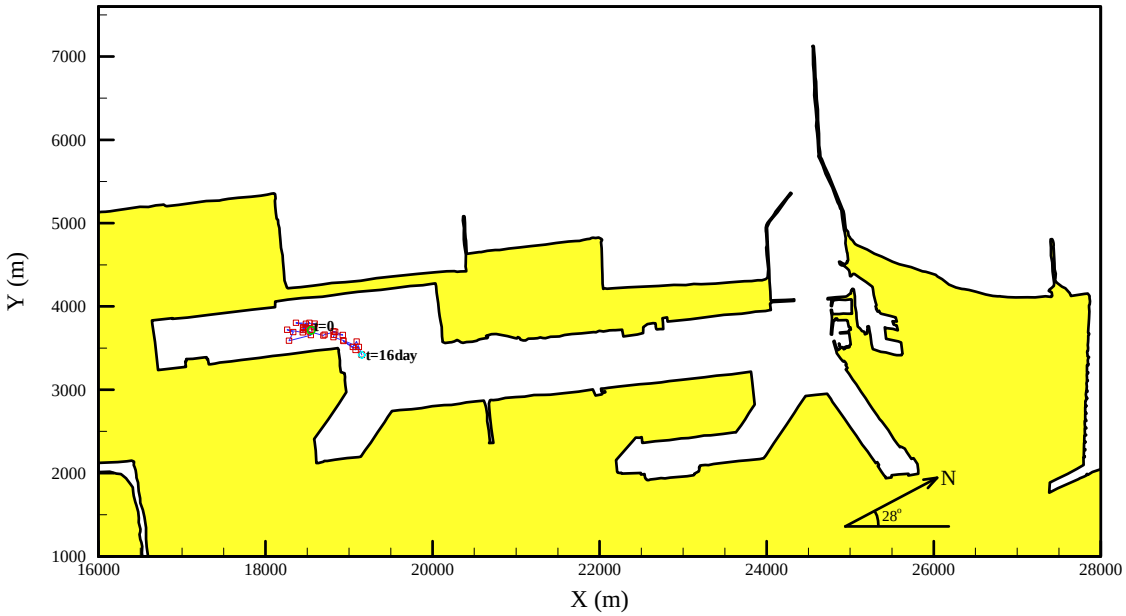


圖 4-53 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 1)到第 16 天時之運動軌跡圖

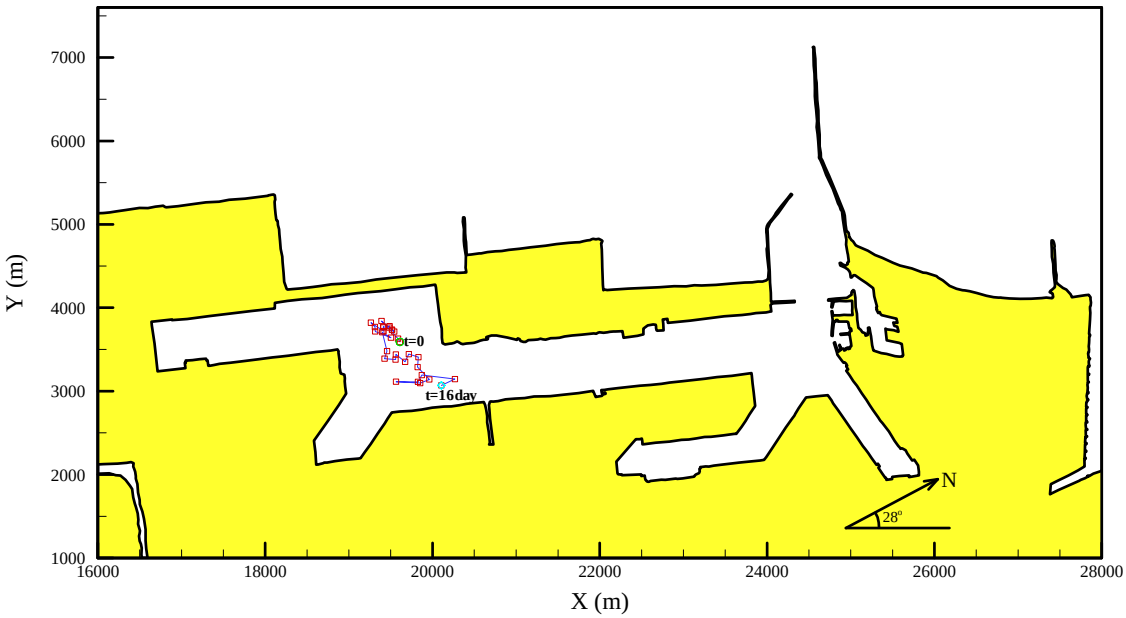


圖 4-54 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 2)到第 16 天時之運動軌跡圖

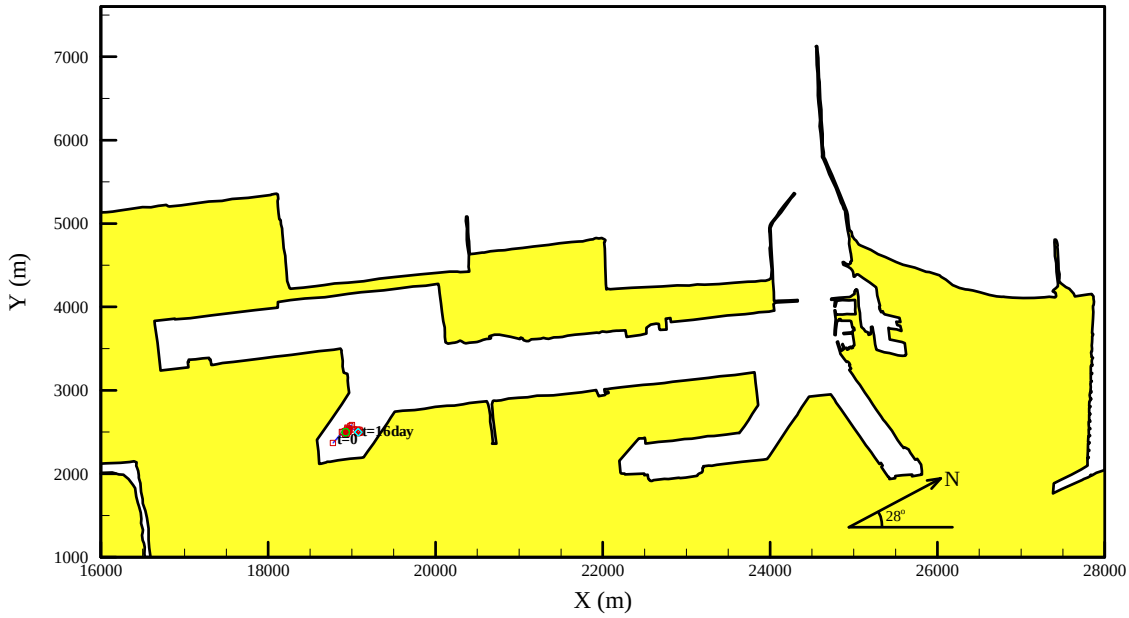


圖 4-55 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 3)到第 16 天時之運動軌跡圖

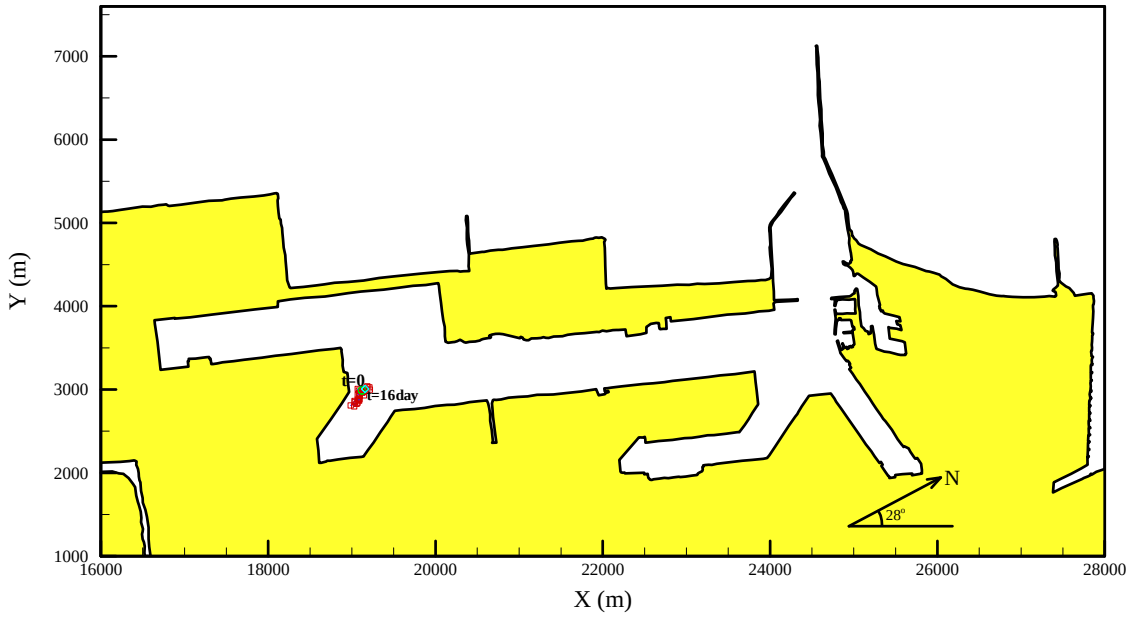


圖 4-56 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 4)到第 16 天時之運動軌跡圖

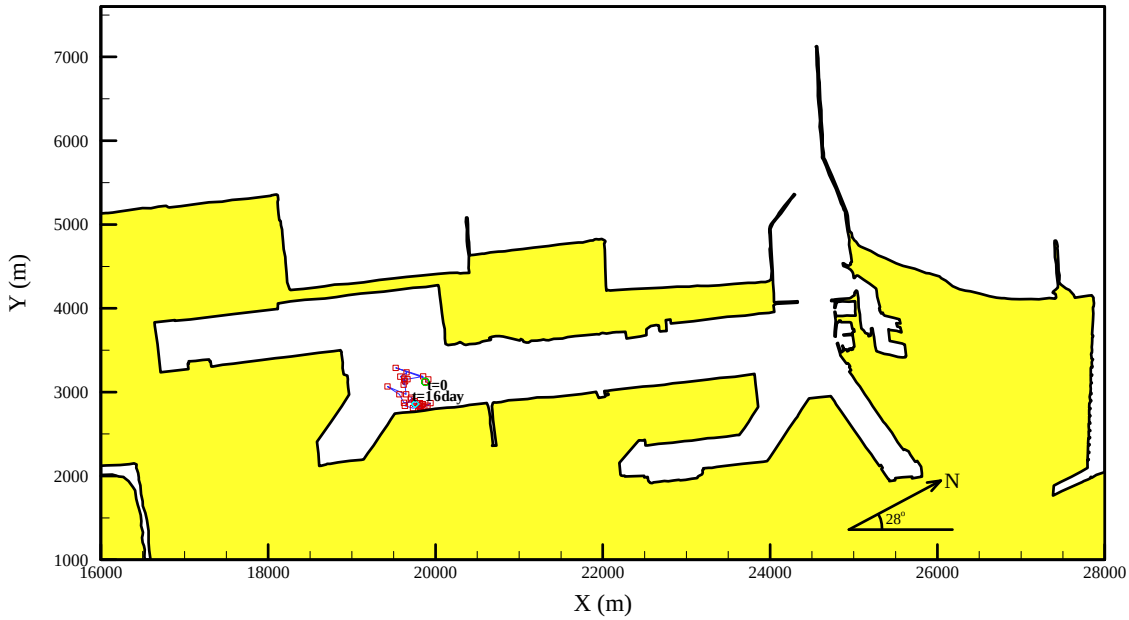


圖 4-57 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 5)到第 16 天時之運動軌跡圖

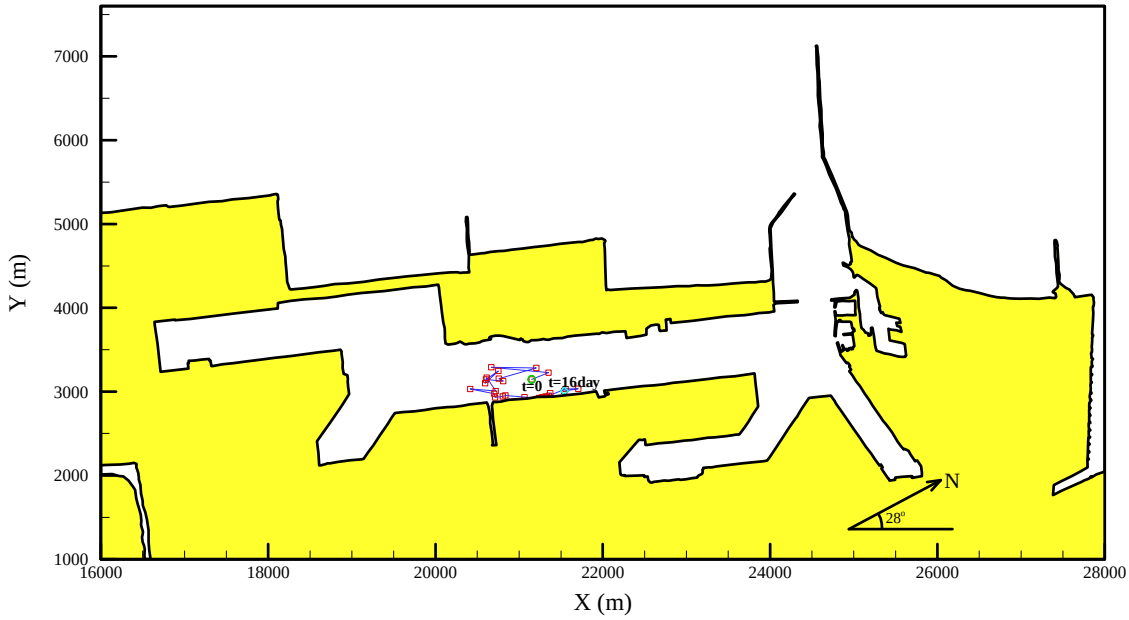


圖 4-58 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 6)到第 16 天時之運動軌跡圖

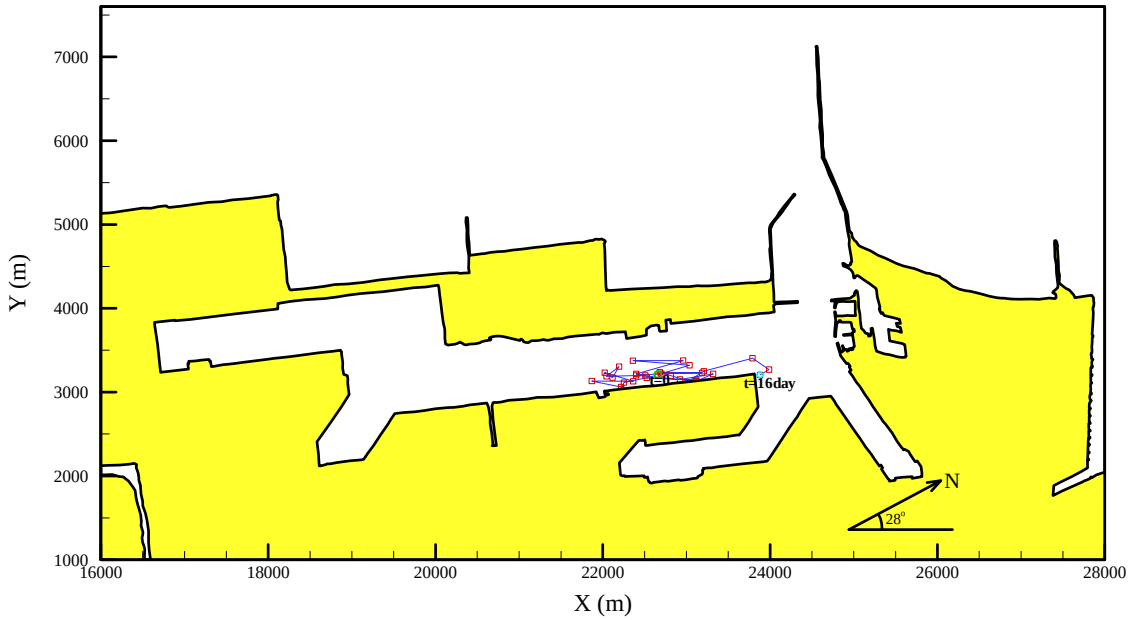


圖 4-59 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 7)到第 16 天時之運動軌跡圖

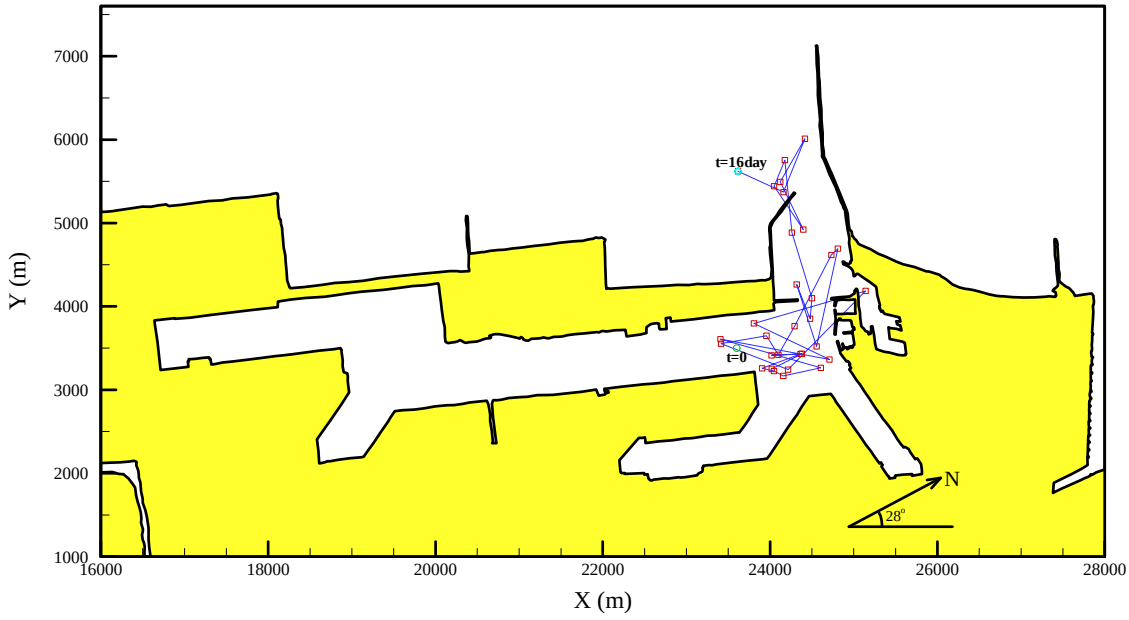


圖 4-60 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 8)到第 16 天時之運動軌跡圖

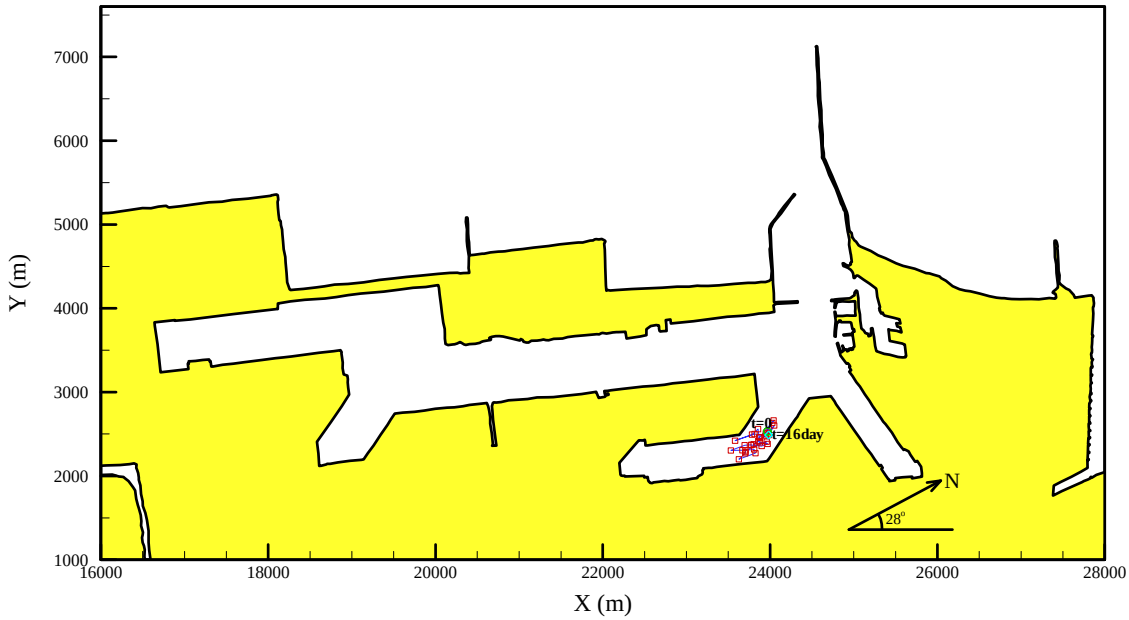


圖 4-61 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 9)到第 16 天時之運動軌跡圖

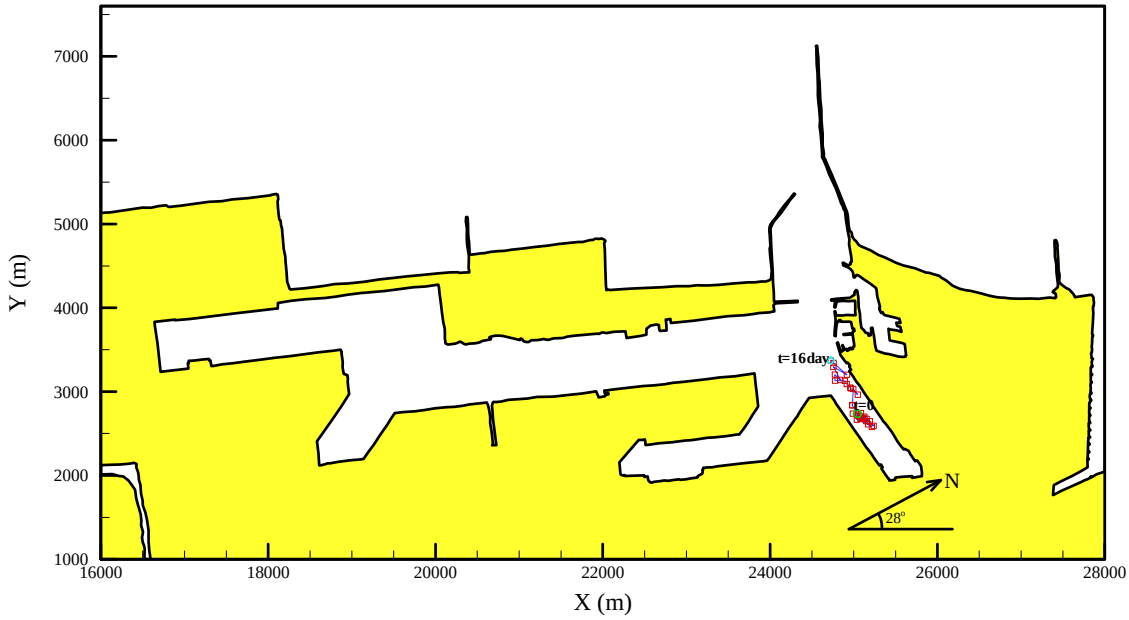


圖 4-62 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 10)到第 16 天時之運動軌跡圖

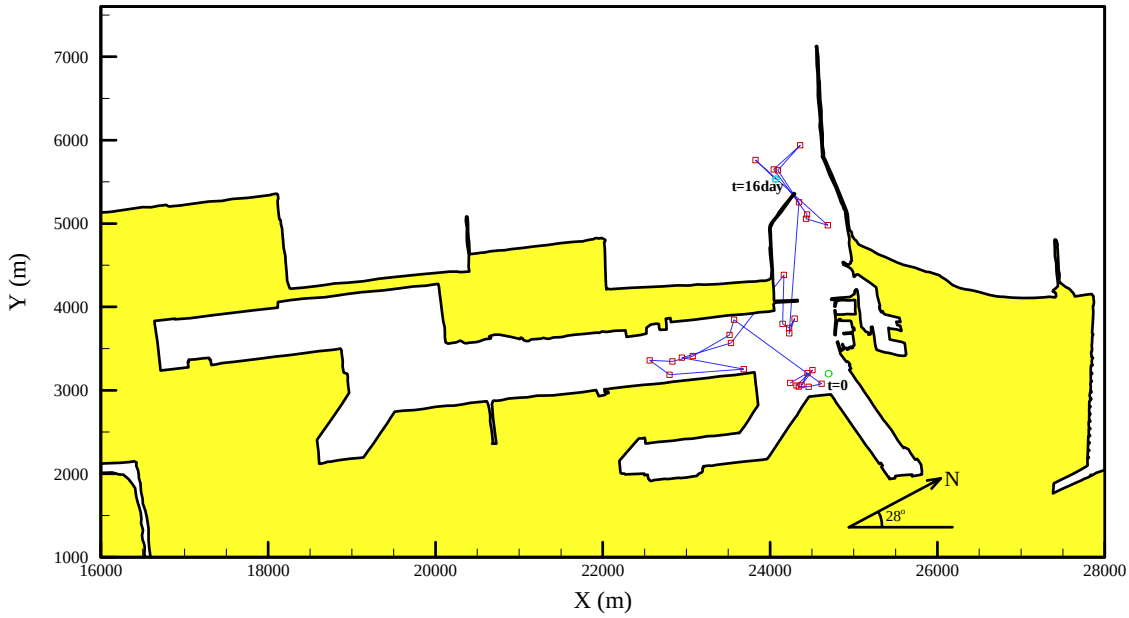


圖 4-63 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 11)到第 16 天時之運動軌跡圖

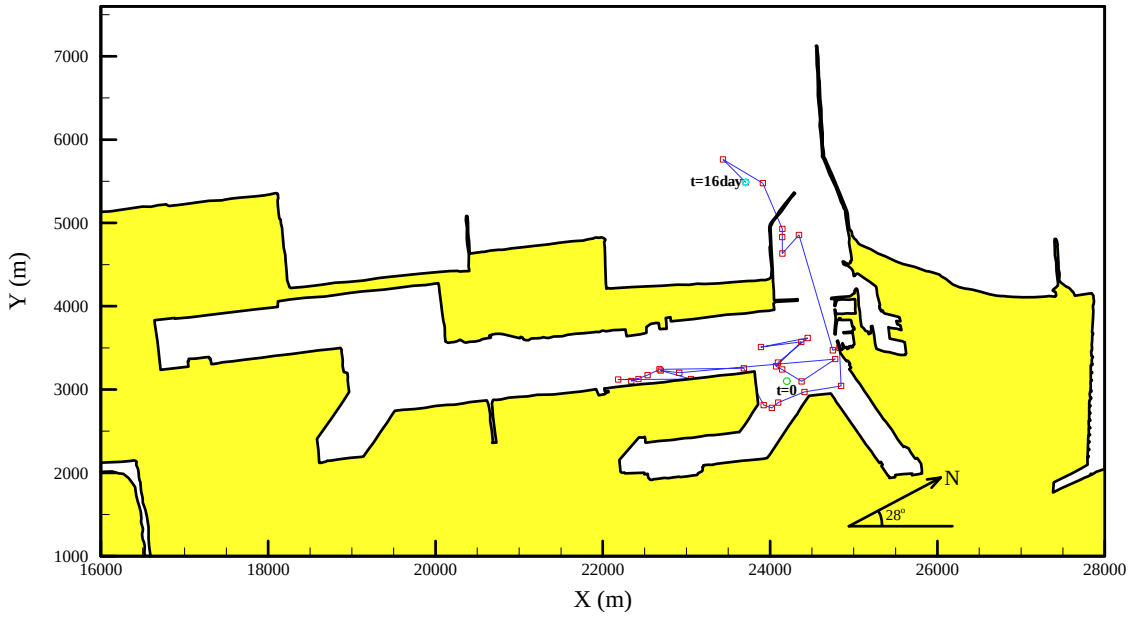


圖 4-64 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 12)到第 16 天時之運動軌跡圖

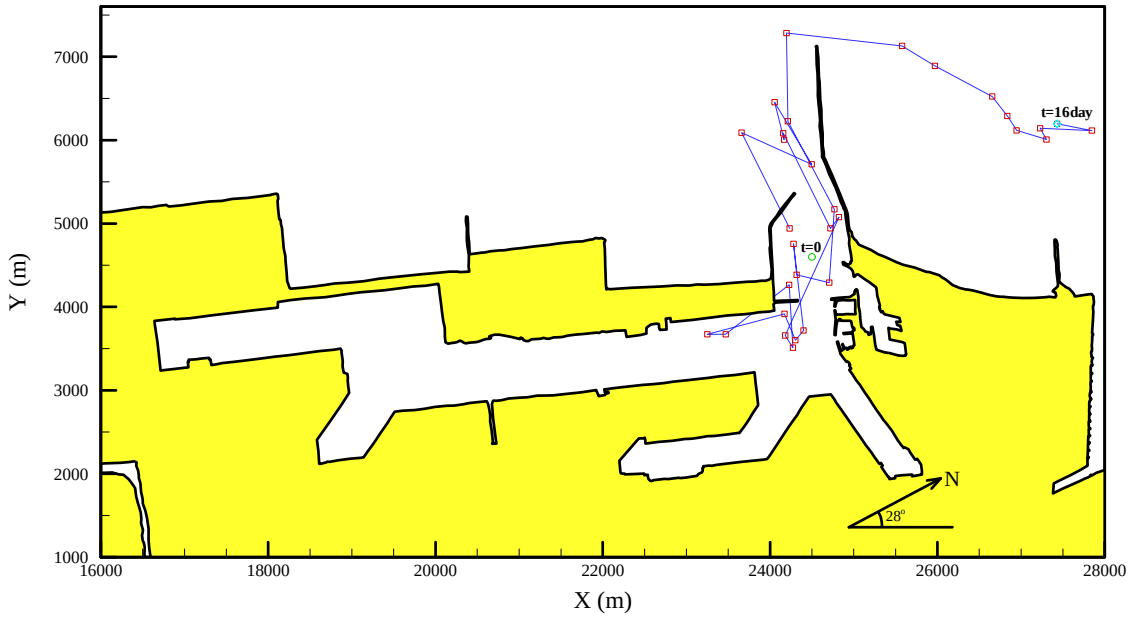


圖 4-65 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 13)到第 16 天時之運動軌跡圖

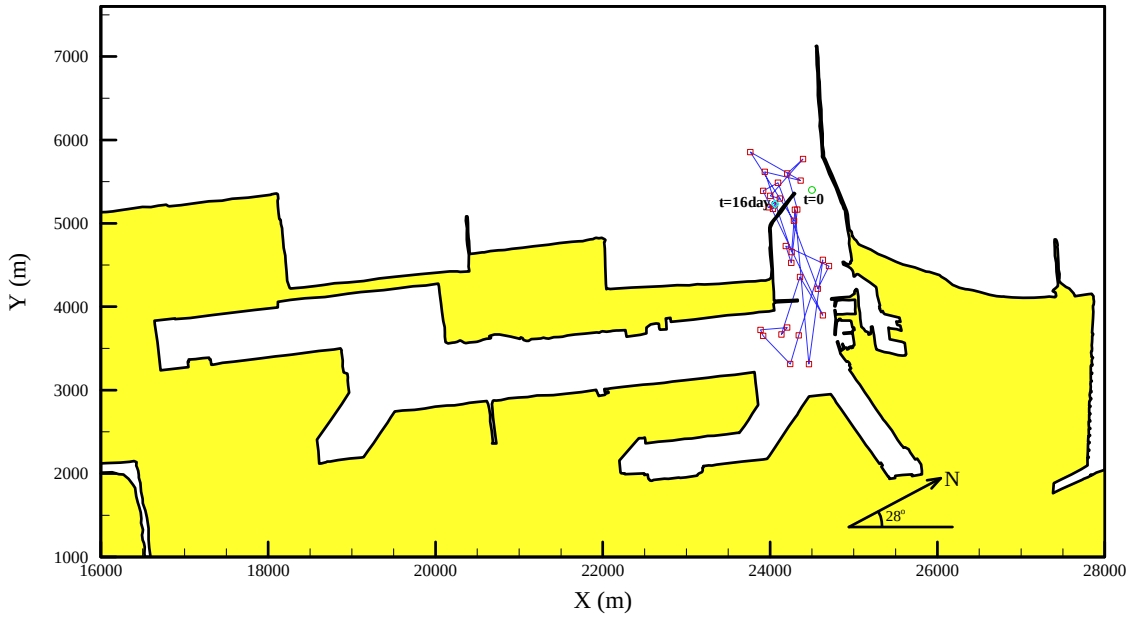


圖 4-66 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 14)到第 16 天時之運動軌跡圖

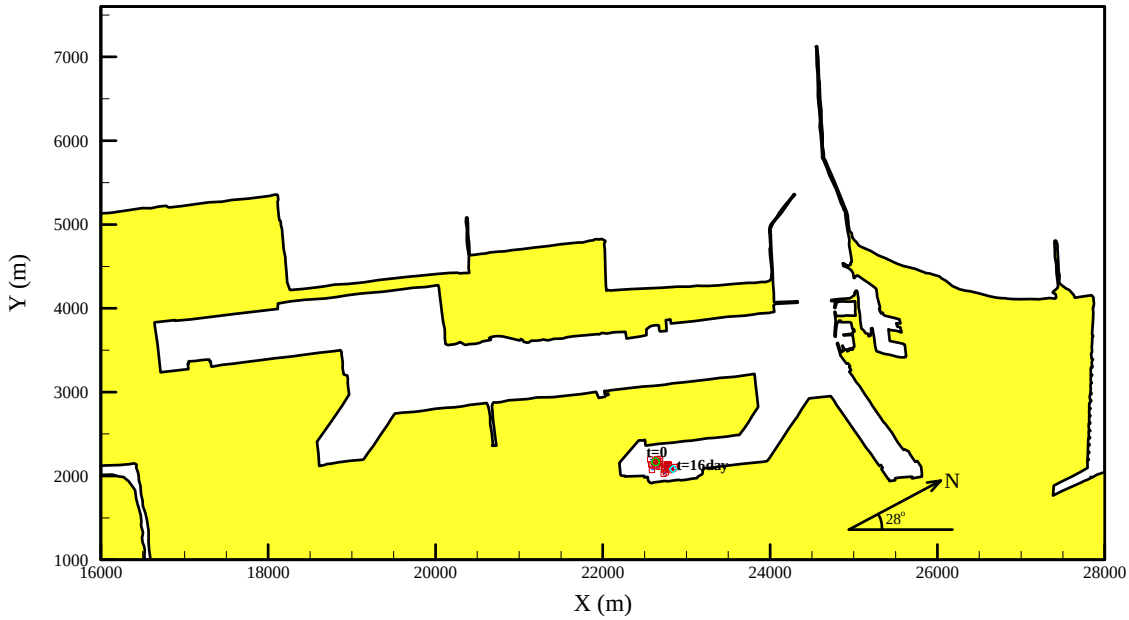


圖 4-67 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 15)到第 16 天時之運動軌跡圖

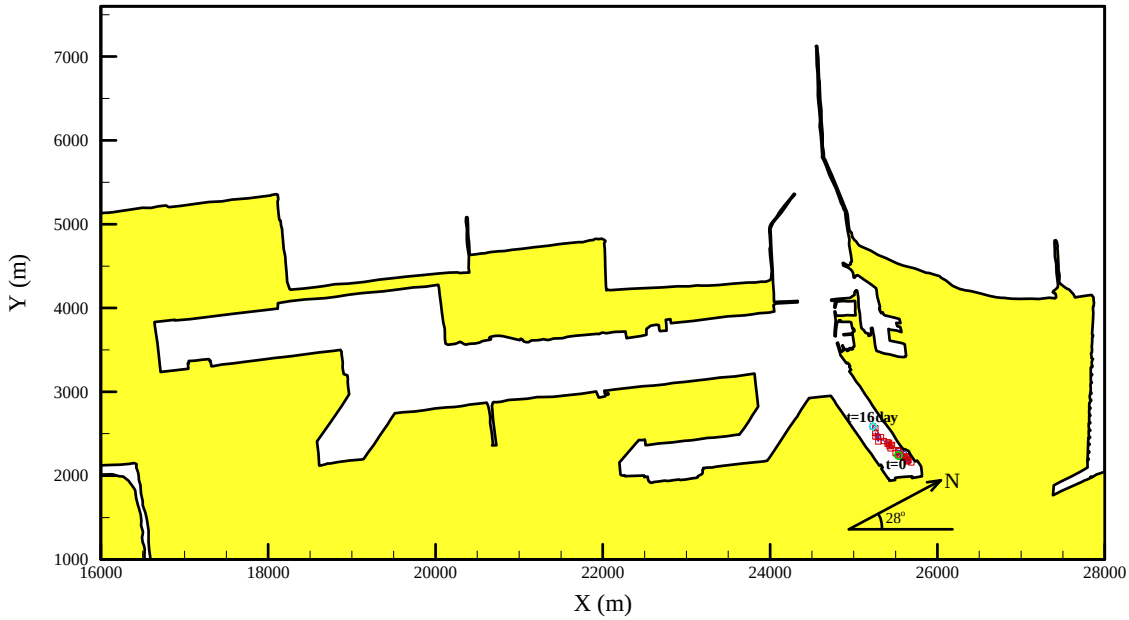


圖 4-68 模式模擬水粒子質點由起始排放(點 16)到第 16 天時之運動軌跡圖

第五章　水質與生態統計分析

相關單位於鄰近臺中港海域所進行之海域環境品質調查工作不一，其中包含環保署於臺中沿海之長期水質監測，此外臺中港務局亦長期針對其營運或工程所需進行調查。以臺中港務局為例，歷年曾於匯入臺中港之排水路、港池及近海進行環境監測，其水質方面所執行的監測項目最多可達 15 項以上，包含一般水文之水質，如水溫、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，故在此使用主成份分析法(PCA: Principle Component Analysis)，利用眾多參數簡化成為少數幾個主成份來解釋與描述其水體主要特性，換言之，主要係希望用較少的變數去分析原來資料中之大部分變異，而這些主成份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之水質、浮游植物、與浮游動物之觀測資料，嘗試解析歷年水質整體變化特性與浮游動、植物豐度間之關係。

5.1 海域水質分析

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。依據臺中港務局「臺中港區環境調查監測分析」1998 年至 2008 年陸域水質監測結果，在溶氧、生化需氧量、懸浮固體、大腸桿菌群、氮氮及總磷等項目多無法符合「陸域水體水質標準」，且以溶氧、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生活污水嚴重污染。此外，由港務局網站公布之臺中港環境品質資料，顯示港域測站之水質符合乙類海域水質標準，僅溶氧及生化需氧量項目偶有低於標準值。由港區水質監測結果顯示，排水渠道水質污染情形較港區嚴重，推測上游排水路排入港區之廢污水，應為臺中港區

主要水質污染源之一。第 1 年(98 年度)曾初步進行水質方面的資料轉換、檢定與分析，但對於資料前處理部份，在轉換為常態分布與檢定上仍有所不足，故改善其相關統計分析方式，嘗試再次針對臺中港海域水質資料進行解析，經統計分析找出臺中港海域水體特性並加以描述說明。

臺中港水質資料庫系統中計有河川水質、海域水質及底泥等三大類監測資料。其中河川水質監測項目共有 21 項，分別為：水溫、pH、溶氧量、生化需氧量、懸浮固體、大腸桿菌群、氨氮、有機氮、硝酸鹽氮、總磷、鉛、銅、鎘、鋅、六價鉻、錳、銀、汞、砷、硒及總凱氏氮。海域水質之監測項目共有 12 項，分別為：水溫、pH、鹽度、溶氧量、生化需氧量、礦物性油脂、大腸桿菌群、酚類、氨氮、總磷、氰化物及有機氮。底泥之監測項目共有 9 項，分別為：總有機物、砷、汞、鉛、鋅、銅、鎘、總鉻及平均粒徑。如此眾多的監測項目，若要掌握其整體趨勢，必需先將眾多之監測細項進行化約。在本研究中係利用主成份分析法(PCA: Principle Component Analysis)將水質等檢測數據進行統計分析，其流程如下：

1. 將資料轉換為常態分布

主成份分析法之理論係架構在常態機率分布之基礎上，故在進行分析前，需要確認監測資料是否呈常態分布。然而，許多水質監測資料多非呈常態分布，因此在進行分析前需要進行常態分布轉換。在本研究中，係使用 X^3 、X^2 、$\sqrt{X}$ 、$\log(X)$ 、$\ln(X)$ 、$1/X$ 、$1/\sqrt{X}$ 、$1/X^2$ 及 $1/X^3$ 計 9 種函數進行轉換，轉換完成後，再以夏皮羅-維克係數(Shapiro-Wilk Statistic).(Shapiro and Wilk 1965)做為判定最符合常態分布之轉換結果，夏皮羅-維克係數之計算過程如下：

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} a_i x_{(i)}\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \quad \text{.....(5-1)}$$

其中：W 為夏皮羅-維克係數；n 為樣本數；,x_i 為樣本；$\bar{x}$ 樣本平均值；$x_{(i)}$為按次序排列之第 i 個樣本；而 a_i 為常數：

$$(a_1,...,a_n)=\frac{m^{\mathrm{T}}V^{-1}}{(m^{\mathrm{T}}V^{-1}V^{-1}m)^{1/2}},\ m=(m_1,...,m_n)^{\mathrm{T}} \quad \text{.....(5-2)}$$

其中：$m_1,\cdots,m_n$ 為按次序排列之第 i 個樣本的期望值，V 為 $m_1,\cdots,m_n$ 的共變異矩陣。在應用上，夏皮羅-維克係數的值愈高，表示資料之機率分佈愈符合常態分佈。

2. 相關性檢定

因主成份分析法之運算主要為去除原始數據之相關性，並以一組新的獨立變數來取代原始數據，原始數據之相關性太高或太低都不適合以主成份分析法進行分析。在本研究中係以皮耳森相關係數(Pearson's correlation coefficient. Pearson, 1920)進行相關性檢定。

皮爾森相關係數指的是母群體中連續變項 x 與 y 之間的線性相關，又簡稱為相關係數(Correlation Coefficient)。樣本相關係數通常以「r」來表示，其計算方式如下：

$$\begin{aligned} r &= \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{x_i-\bar{x}}{s_x}\right)\left(\frac{y_i-\bar{y}}{s_y}\right) \\ &= \frac{1}{n-1}\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-x)(y_i-\bar{y}')}{s_x s_y} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-x)(y_i-y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-x)^2\cdot\sum_{i=1}^{n}(y_i-y)^2}} \end{aligned} \quad \text{.....(5-3)}$$

計算出之相關係數值乃一個沒有單位的數值，其值的範圍介於-1 到+1之間。若 r 等於 0，表示 x 與 y 變項之間沒有線性關係存在；若 r 等於 1，表示 x 與 y 變項呈現完全正向的相關；反之，若 r 等於-1，則表示 x 與 y 變項呈現完全負向的相關。

而不同觀測項目間之線性相關度如下所示：

$$corr(x,y)=\frac{Cov(x,y)}{\sqrt{Var(x)Var(y)}} \quad \text{.....(5-4)}$$

其中 $corr(x,y)$為觀測值 x 與 y 間之皮耳森相關係數；$Cov(x,y)$為觀測值 x 與 y 間之共變異數；$Var(x)$及 $Var(y)$分別為 x 與 y 之變異數。

若兩觀測項目之皮耳森相關係數之絕對值大於 0.9，以統計的觀點會認為此兩觀測項目是觀測到同樣的現象，所以在進行主成份分析時，只要選取其中之一即可；相反的若兩觀測項目之皮耳森相關係數絕對值小於 0.1，以統計的觀點會將此兩觀測項目視為獨立，其本身已經互為主成份，不用再抽取其它主成份。

3. 主成份分析

主成份分析係由 Pearson 於 1901 年提出基礎理論所發展出之多變量統計方法。此多變量統計法之設計是在盡可能保留原始數據資訊的前提下，取若干線性組合，將多維且彼此間具有相關性之原始數據轉換為維數較少且相互獨立之主成份。經過線性轉換後之主成份具有下列特性：

(1) 每一主成份為原始數據的線性組合。

(2) 第一主成份必需能解釋最大的資料變異量。

(3) 接下來的第 N 個主成份能解釋扣除第一、第二...及第 N-1 個主成份後所剩餘的最大資料變異量。

(4) 所有主成份加起來可百分之百解釋原始資料變異量。

(5) 各主成份之間獨立無相關性。

在應用上，可按資料變異量解釋能力，選擇前幾個主成份，並將其視為獨立之新變數來進行分析。從原始數據轉換為主成份之過程可視為一種正交座標變換，其方程式如下：

設 $X=(X_1\cdots X_p)'$ 為 p 維經過標準化之隨機變數，其變異數記為 $Var(X)$。若主成份 Y 為 X 之線性組合：

$$\begin{cases} Y_1=\mathbf{I}_1'X=l_{1,1}X_1+\cdots+l_{p,1}X_p \\ \qquad\qquad \cdots\cdots\cdots \\ Y_p=\mathbf{I}_p'X=l_{p,1}X_1+\cdots+l_{p,p}X_p \end{cases} \quad \text{.....(5-5)}$$

則 Y 的變異數及共變異數分別為：

$$\begin{aligned} &Var(Y_i)=\mathbf{I}_i'Var(X)\mathbf{I}_i \\ &Cov(Y_i,Y_j)=\mathbf{I}_i'Var(X)\mathbf{I}_j \quad \text{.....(5-6)} \\ &i,j=1,\cdots,p \end{aligned}$$

如果使 Y_1 盡可能保留 X 的變異量，最經典的方法是使 Y_1 的變異數盡可能大，而在計算上是求單位矩陣，使得 $\mathbf{I}_1'\mathbf{I}_1=1$。

其它的主成份 Y_i 也希望盡可能多地保留剩餘的 X 變異量，所以在方法上也是同樣使 $Var(Y_i)$ 儘量大，即解 $\mathbf{I}_i$ 以滿足 $\mathbf{I}_i'\mathbf{I}_i=1$；又因在 Y_i 之前的 $Y_1,\cdots,Y_{i-1}$ 已保留的變異量就不必再重覆保留，所以必需另外限制 $Cov(Y_i,Y_j)=0,\ j=1,\cdots,i-1$。

設 $Var(X)$ 的特徵值為 $\lambda_1\geq\lambda_2\geq\cdots\geq\lambda_p\geq 0$，且對應的單位特徵向量為 $v_1,\cdots,v_p$。則 X 的第 i 個主成份為 $Y_i=v_i'X, i=1,\cdots,p$ 且 $Var(Y_i)=\lambda_i$。定義主成份 Y_k 之變異量解釋率 Ψ_k 為：

$$\Psi_k=\frac{\lambda_k}{\sum_{i=1}^{p}\lambda_i} \quad \text{.....(5-7)}$$

則前 m 個主成份之累計變異量解釋率為：

$$\sum_{i=1}^{m}\Psi_i = \frac{\sum_{i=1}^{m}\lambda_i}{\sum_{i=1}^{p}\lambda_i} \quad \text{.....(5-8)}$$

在應用上一般是選取前 m 個變異量解釋力大於 5%的主成份值，而將原始變數之維數由 p 縮減為 m。圖 5-1 乃環境監測資料進行統計分析之流程。

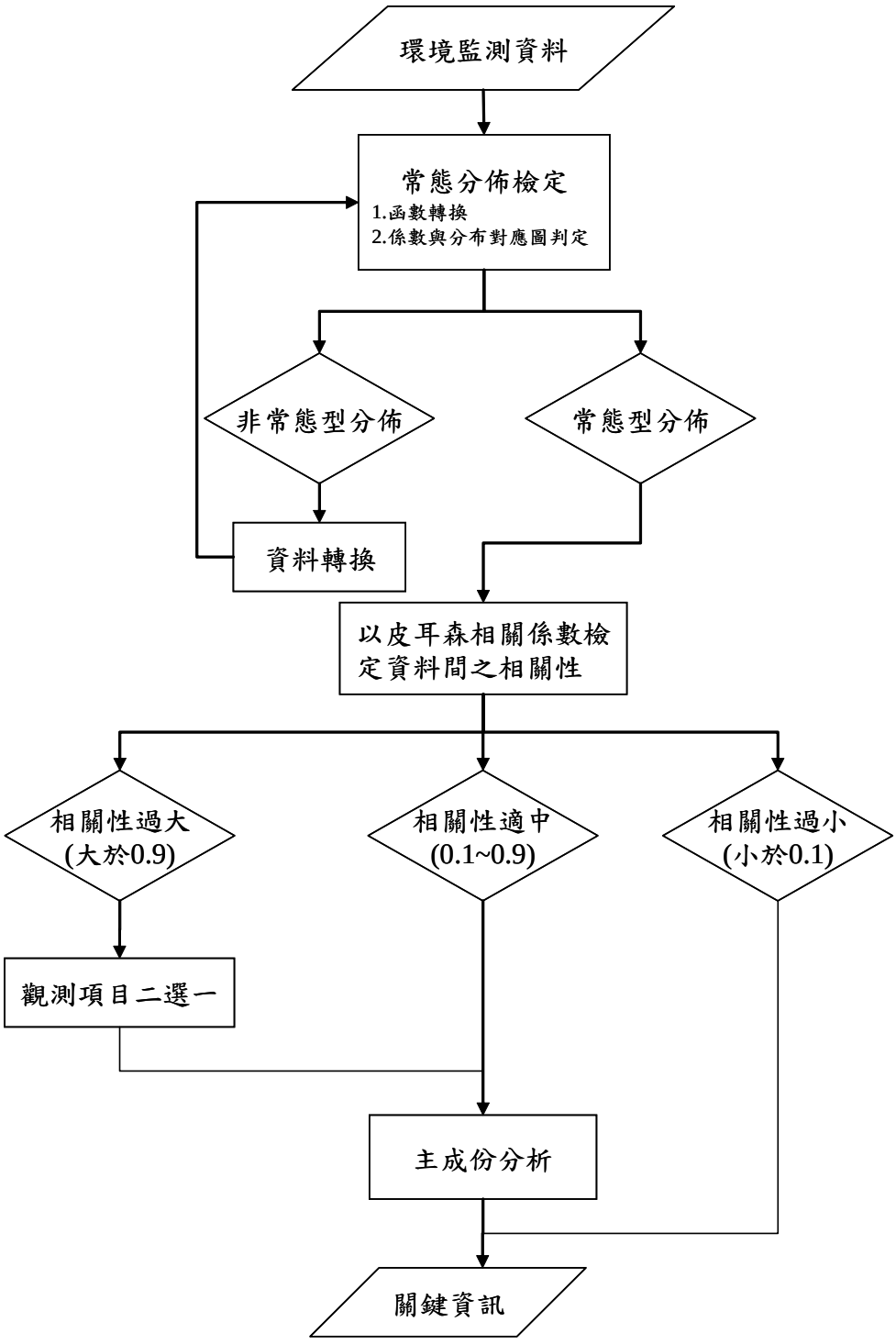


圖 5-1 環境監測資料進行統計分析處理流程

5.2 統計分析結果

臺中港環境監測項目眾多，為掌握環境變動之整體趨勢，需先將不同環境品質之檢測項目進行整理。本年度仍採用主成份分析法，針對海域水質與生態監測資料化約為相互獨立且項目較少之新變數。因主成份分析法之理論基礎係架構在常態機率分布之下，但是大部份之原始水質監測資料皆非呈常能分布，故在進行分析前需要進行常態分布轉換。在本研究中，分別以 X^3 、X^2 、$\sqrt{X}$ 、$\log(X)$ 、$\ln(X)$ 、$1/X$ 、$1/\sqrt{X}$ 、$1/X^2$ 及 $1/X^3$ 等 9 種最常被使用之常態分布轉換函數進行轉換(翁，2008)，並在監測項目名稱前以 cubic_標示數據經過 X^3 轉換、以 square_標示數據經過 X^2 轉換、以 square-root_標示數據經過 $\sqrt{X}$ 轉換、以 log_標示數據經過 $\log(X)$ 轉換、以 ln_標示數據經過 $\ln(X)$ 轉換、以 reciprocal_標示數據經過 $1/X$ 轉換、以 reciprocal square-root_標示數據經過 $1/\sqrt{X}$ 轉換、以 reciprocal square_標示數據經過 $1/X^2$ 轉換、以 reciprocal cubic_標示數據經過 $1/X^3$ 轉換。選取常態分布轉換完成之數據中，夏皮羅-維克係數最高的轉換結果，作為進一步分析之資料。

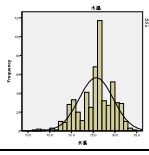
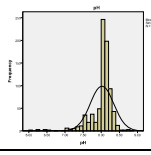
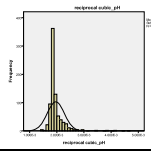
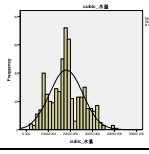
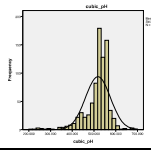
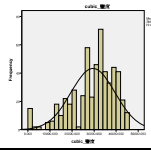
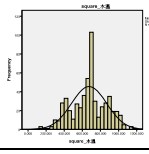
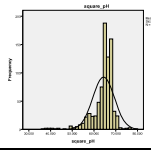
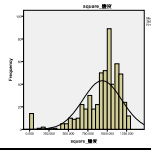
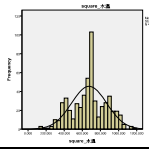
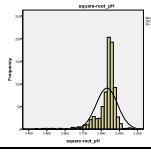
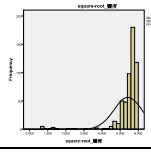
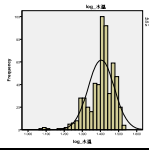
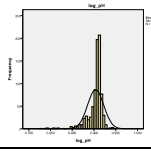
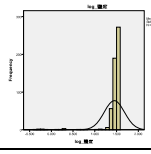
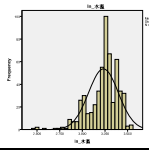
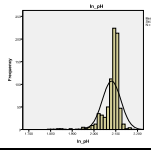
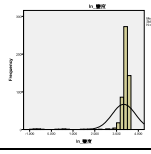
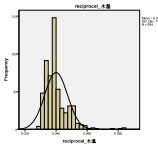
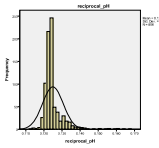
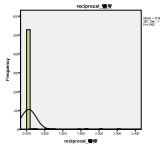
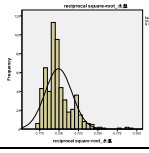
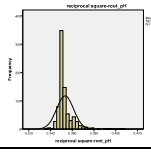
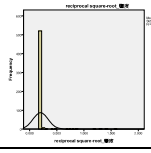
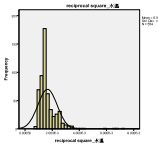
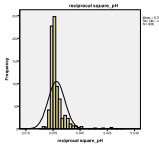
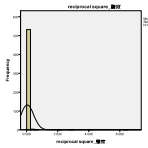
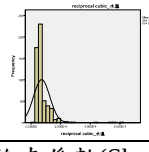
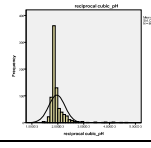
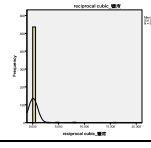
以下就臺中港務局於民國 85 年至 97 年間之海域水質監測資料，試進行常態分布檢定後之結果說明如下：

1. 常態分佈檢定結果

臺中港環境監測資料庫系統中屬於海域水質監測項目共有 12 項，其檢測項目名稱及單位分別為：T(水溫℃)、pH(無單位)、Salinity(鹽度 ‰ 或 psu)、DO(溶氧量 mg/L)、BOD_5(五日生化需氧量 mg/L)、Mineral oil(礦物性油脂 mg/L)、Coliform group(大腸桿菌群 CFU/100 mL)、Phenols(酚類 mg/L)、NH_3-N(氨氮 mg/L)、TP(總磷 mg/L)、CN(氰化物 mg/L)及 N_{org}(有機氮 mg/L)。

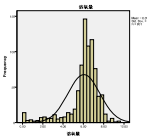
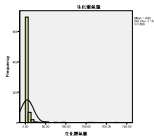
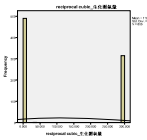
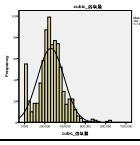
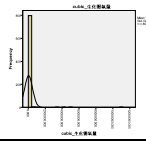
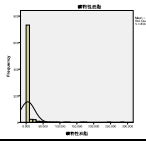
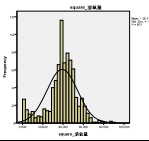
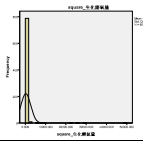
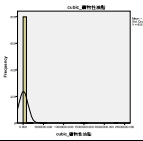
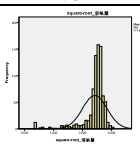
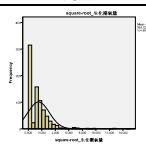
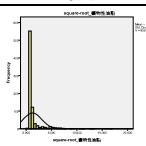
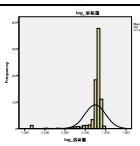
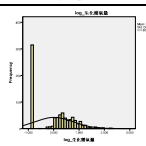
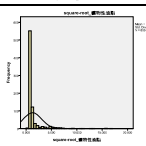
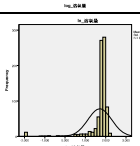
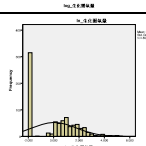
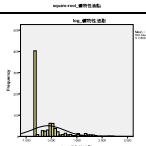
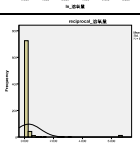
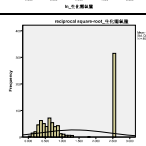
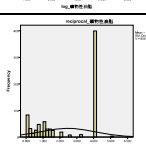
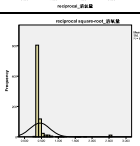
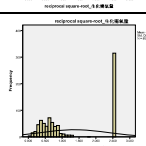
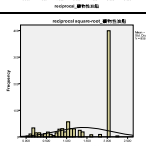
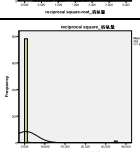
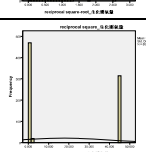
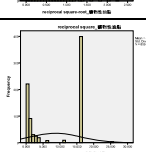
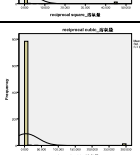
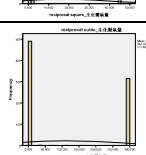
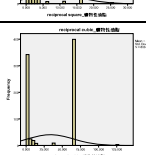
表 5-1 係臺中港海域水質原始監測資料與經過 9 種常態分布函數轉換後之數據頻度分布，以及夏皮羅-維克係數計算結果。

表 5-1 臺中港海域水質原始資料(X)與經過X^3、X^2、$\sqrt{X}$、$\log(X)$、$\ln(X)$、$1/X$、$1/\sqrt{X}$、$1/X^2$及$1/X^3$函數轉換後頻度分布比較

海域水質	T (℃)		pH		Salinity (psu)	
轉換公式	頻度分布	S-W	頻度分布	S-W	頻度分布	S-W
X		972		.779		.667
X^3		981		.838		.935
X^2		.986		.810		.859
$\sqrt{X}$		.955		.761		.498
$\log(X)$		.930		.743		.315
$\ln(X)$		.930		.743		.315
$\frac{1}{X}$		.851		.703		.125
$\frac{1}{\sqrt{X}}$		.896		.723		.186
$\frac{1}{X^2}$		.728		.660		.085
$\frac{1}{X^3}$		.572		.614		.070

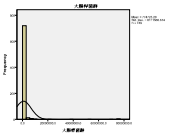
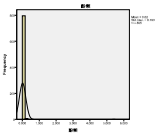
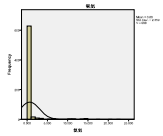
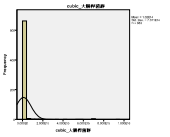
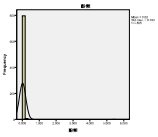
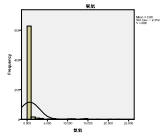
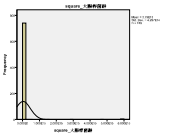
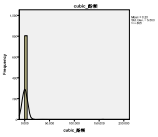
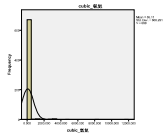
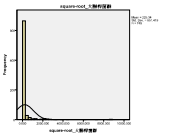
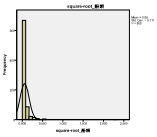
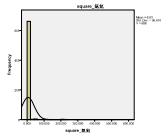
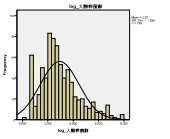
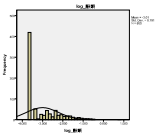
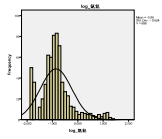
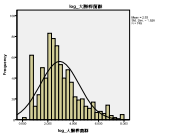
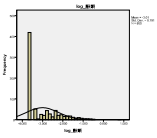
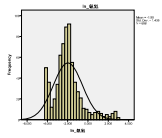
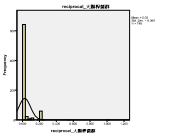
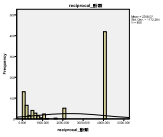
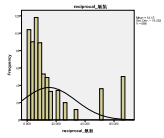
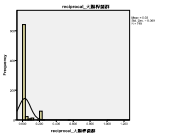
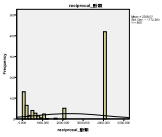
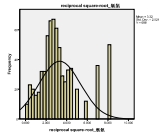
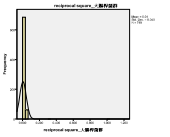
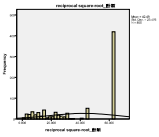
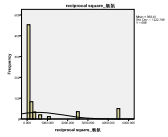
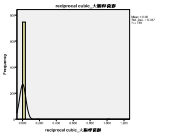
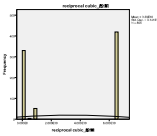
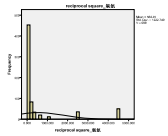
S-W：夏皮羅-維克係數(Shapiro-Wilk Statistic)

表 5-1(續 1) 臺中港海域水質原始資料(X)與經過X^3、X^2、$\sqrt{X}$、$\log(X)$、$\ln(X)$、$1/X$、$1/\sqrt{X}$、$1/X^2$及$1/X^3$函數轉換後頻度分布比較

海域水質	DO (mg/L)		BOD_5 (mg/L)		Mineral oil (mg/L)	
轉換公式	頻度分布	S-W	頻度分布	S-W	頻度分布	S-W
X		.820		.274		.212
X^3		<u>.966</u>		.048		.050
X^2		.948		.079		.075
$\sqrt{X}$		.678		.674		.462
$\log(X)$		.468		<u>.869</u>		.747
$\ln(X)$		.468		<u>.869</u>		.747
$\frac{1}{X}$		.168		.674		.769
$\frac{1}{\sqrt{X}}$		.271		.754		<u>.808</u>
$\frac{1}{X^2}$		.113		.628		.710
$\frac{1}{X^3}$		.103		.621		.687

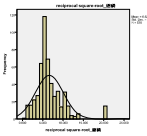
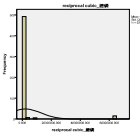
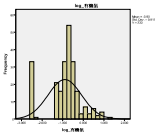
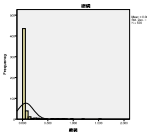
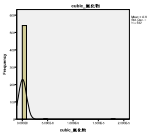
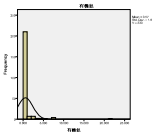
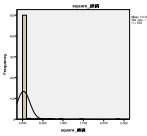
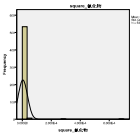
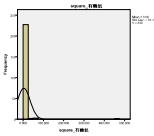
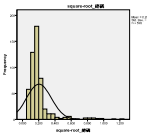
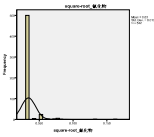
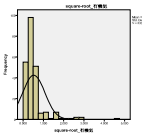
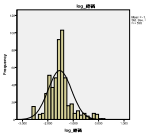
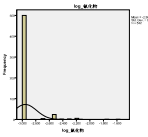
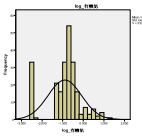
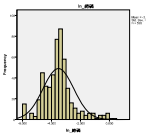
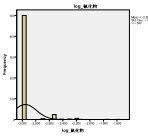
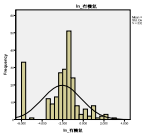
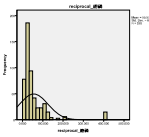
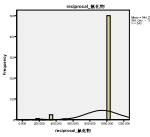
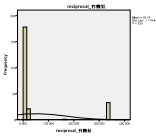
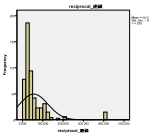
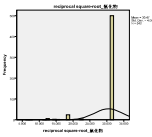
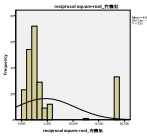
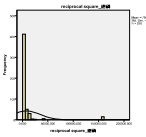
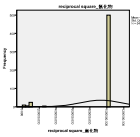
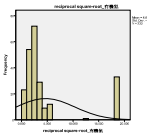
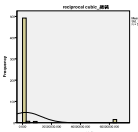
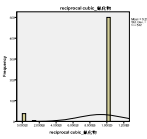
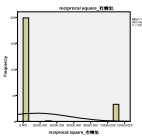
S-W：夏皮羅-維克係數(Shapiro-Wilk Statistic)

表 5-1(續 2) 臺中港海域水質原始資料(X)與經過X^3、X^2、$\sqrt{X}$、$\log(X)$、$\ln(X)$、$1/X$、$1/\sqrt{X}$、$1/X^2$及$1/X^3$函數轉換後頻度分布比較

海域水質	Coliform group (CFU/100 mL)		Phenols (mg/L)		NH_3-N (mg/L)	
轉換公式	頻度分布	S-W	頻度分布	S-W	頻度分布	S-W
X		.104		.040		.281
X^3		.054		.014		.109
X^2		.061		.015		.157
$\sqrt{X}$		.260		.343		.515
$\log(X)$		<u>.947</u>		<u>.772</u>		<u>.916</u>
$\ln(X)$		<u>.947</u>		<u>.772</u>		<u>.916</u>
$\frac{1}{X}$		.398		.722		.696
$\frac{1}{\sqrt{X}}$		.684		.767		.891
$\frac{1}{X^2}$		.093		.674		.490
$\frac{1}{X^3}$		.030		.655		.414

S-W：夏皮羅-維克係數(Shapiro-Wilk Statistic)

表 5-1(續 3) 臺中港海域水質原始資料(X)與經過X^3、X^2、$\sqrt{X}$、$\log(X)$、$\ln(X)$、$1/X$、$1/\sqrt{X}$、$1/X^2$及$1/X^3$函數轉換後頻度分布比較

海域水質	TP (mg/L)		CN (mg/L)		$N_{org.}$ (mg/L)	
轉換公式	頻度分布	S-W	頻度分布	S-W	頻度分布	S-W
X		.348		.172		.283
X^3		.095		.033		.052
X^2		.158		.058		.087
$\sqrt{X}$		.627		.254		.642
$\log(X)$		<u>.938</u>		.295		<u>.896</u>
$\ln(X)$		<u>.938</u>		.295		<u>.896</u>
$\frac{1}{X}$		.580		<u>.304</u>		.461
$\frac{1}{\sqrt{X}}$		.854		<u>.304</u>		.587
$\frac{1}{X^2}$		.275		.300		.420
$\frac{1}{X^3}$		.192		.297		.416

S-W：夏皮羅-維克係數(Shapiro-Wilk Statistic)

其中一般水質項目之水溫、pH 與鹽度及溶氧，多以轉換成平方或立方後之分布有最高之夏皮羅-維克係數值;而來自畜牧生活污水方面的氮、磷類營養鹽、耗氧之五日生化需氧量，以及可代表糞便污染之大腸桿菌群與酚類，則以取對數或自然對數後有較佳之常態分布。此外，來自油類之污染與毒性物質氰化物，則以倒數或倒數開根號有相對較高之夏皮羅-維克係數值。表 5-1 各檢項欄位 S-W 中之夏皮羅-維克係數值註記底線者乃為較近常態分佈之轉換後數據，其中部份檢項之對數或自然對數轉換結果均相近，如大腸桿菌群、酚類與氨氮之對數與自然對數數轉換後，其夏皮羅-維克係數值極相近。

經常態分布轉換後之數據測試結果(表 5-2 至表 5-13)與其分位數對應圖(Q-Q Plot : quantile - quantile plot)如圖 5-2 至圖 5-13，其中 Q-Q 圖中之數據點若愈接近直線，表示該組數據愈符合常態分佈。

其中一般水質之水溫資料常態化測試結果如表 5-2，常態分布分位數對應 Q-Q 圖如圖 5-2 所示；氫離子濃度常態化測試結果如表 5-3，常態分布分位數對應 Q-Q 圖如圖 5-3 所示;鹽度常態化測試結果如表 5-4，常態分布分位數對應 Q-Q 圖如圖 5-4 所示。

而與水體中有機耗氧物質相關之溶氧量常態化測試結果如表 5-5，常態分布分位數對應 Q-Q 圖如圖 5-5 所示；生化需氧量常態化測試結果如表 5-6，常態分布分位數對應 Q-Q 圖如圖 5-6 所示。來自油污染之礦物性油脂常態化測試結果如表 5-7，常態分布分位數對應 Q-Q 圖如圖 5-7 所示。

表 5-2 臺中港海域水質水溫原始資料與轉換後之常態化測試結果

Tests of Normality				
項目		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
水溫 (^{o}C)	原始資料 X	.972	554	.000
cubic_水溫	X^3	.981	554	.000
square_水溫	X^2	.986	554	.000
square-root_水溫	$\sqrt{X}$	.955	554	.000
log_水溫	$\log(X)$	.930	554	.000
ln_水溫	$\ln(X)$	.930	554	.000
reciprocal_水溫	$\frac{1}{X}$	.851	554	.000
reciprocal square-root_水溫	$\frac{1}{\sqrt{X}}$	.896	554	.000
reciprocal square_水溫	$\frac{1}{X^2}$	.728	554	.000
reciprocal cubic_水溫	$\frac{1}{X^3}$	.572	554	.000

原始資料來源：臺中港務局民國 85～97 年環境監測數據

表 5-3 臺中港海域水質氫離子濃度原始資料與轉換後之常態化測試結果

Tests of Normality

項目		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
pH	原始資料 X	.779	806	.000
cubic_pH	X^3	.838	806	.000
square_pH	X^2	.810	806	.000
square-root_pH	$\sqrt{X}$	.761	806	.000
log_pH	$\log(X)$	.743	806	.000
ln_pH	$\ln(X)$	.743	806	.000
reciprocal_pH	$\frac{1}{X}$	.703	806	.000
reciprocal square-root_pH	$\frac{1}{\sqrt{X}}$	.723	806	.000
reciprocal square_pH	$\frac{1}{X^2}$	.660	806	.000
reciprocal cubic_pH	$\frac{1}{X^3}$	.614	806	.000

原始資料來源：臺中港務局民國 85～97 年環境監測數據

表 5-4 臺中港海域水質鹽度原始資料與轉換後之常態化測試結果

Tests of Normality

項目		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
鹽度 (psu)	原始資料 X	.667	542	.000
cubic_鹽度	X^3	.935	542	.000
square_鹽度	X^2	.859	542	.000
square-root_鹽度	$\sqrt{X}$	.498	542	.000
log_鹽度	$\log(X)$	.315	542	.000
ln_鹽度	$\ln(X)$	.315	542	.000
reciprocal_鹽度	$\frac{1}{X}$	.125	542	.000
reciprocal square-root_鹽度	$\frac{1}{\sqrt{X}}$	.186	542	.000
reciprocal square_鹽度	$\frac{1}{X^2}$	.085	542	.000
reciprocal cubic_鹽度	$\frac{1}{X^3}$	.070	542	.000

原始資料來源：臺中港務局民國 85～97 年環境監測數據

表 5-5 臺中港海域水質溶氧量原始資料與轉換後之常態化測試結果

Tests of Normality

項目		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
溶氧量 (mg/L)	原始資料 X	.820	801	.000
cubic_溶氧量	X^3	.966	801	.000
square_溶氧量	X^2	.948	801	.000
square-root_溶氧量	$\sqrt{X}$	.678	801	.000
log_溶氧量	$\log(X)$	.468	801	.000
ln_溶氧量	$\ln(X)$	.468	801	.000
reciprocal_溶氧量	$\frac{1}{X}$	.168	801	.000
reciprocal square-root_溶氧量	$\frac{1}{\sqrt{X}}$	.271	801	.000
reciprocal square_溶氧量	$\frac{1}{X^2}$	.113	801	.000
reciprocal cubic_溶氧量	$\frac{1}{X^3}$	.103	801	.000

原始資料來源：臺中港務局民國 85～97 年環境監測數據

表 5-6 臺中港海域水質生化需氧量原始資料與轉換後之常態化測試結果

Tests of Normality

項目		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
生化需氧量 (mg/L)	原始資料 X	.274	806	.000
cubic_生化需氧量	X^3	.048	806	.000
square_生化需氧量	X^2	.079	806	.000
square-root_生化需氧量	$\sqrt{X}$	.674	806	.000
log_生化需氧量	$\log(X)$	.869	806	.000
ln_生化需氧量	$\ln(X)$	.869	806	.000
reciprocal_生化需氧量	$\frac{1}{X}$	.674	806	.000
reciprocal square-root_生化需氧量	$\frac{1}{\sqrt{X}}$	.754	806	.000
reciprocal square_生化需氧量	$\frac{1}{X^2}$	.628	806	.000
reciprocal cubic_生化需氧量	$\frac{1}{X^3}$	.621	806	.000

原始資料來源：臺中港務局民國 85～97 年環境監測數據

表 5-7 臺中港海域水質礦物性油脂原始資料與轉換後之常態化測試結果

Tests of Normality

項目		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
礦物性油脂 (mg/L)	原始資料 X	.212	806	.000
cubic_礦物性油脂	X^3	.050	806	.000
square_礦物性油脂	X^2	.075	806	.000
square-root_礦物性油脂	$\sqrt{X}$	.462	806	.000
log_礦物性油脂	$\log(X)$	.747	806	.000
ln_礦物性油脂	$\ln(X)$	.747	806	.000
reciprocal_礦物性油脂	$\frac{1}{X}$	.769	806	.000
reciprocal square-root_礦物性油脂	$\frac{1}{\sqrt{X}}$	.808	806	.000
reciprocal square_礦物性油脂	$\frac{1}{X^2}$	.710	806	.000
reciprocal cubic_礦物性油脂	$\frac{1}{X^3}$	.687	806	.000

原始資料來源：臺中港務局民國 85～97 年環境監測數據

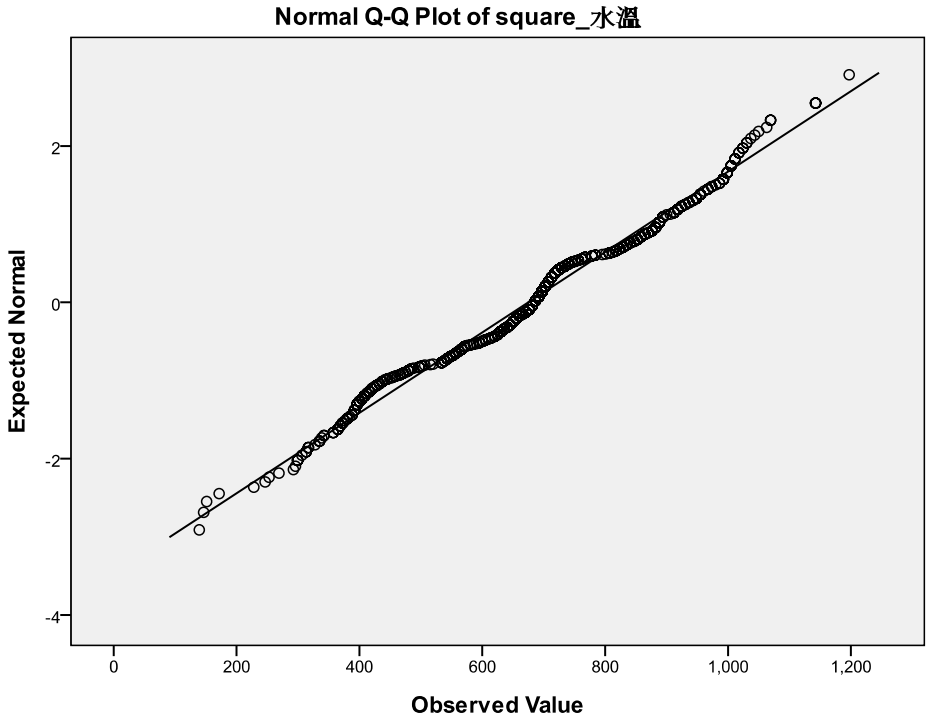


圖 5-2 臺中港海域水質變數 square_水溫之常態分布分位數對應圖

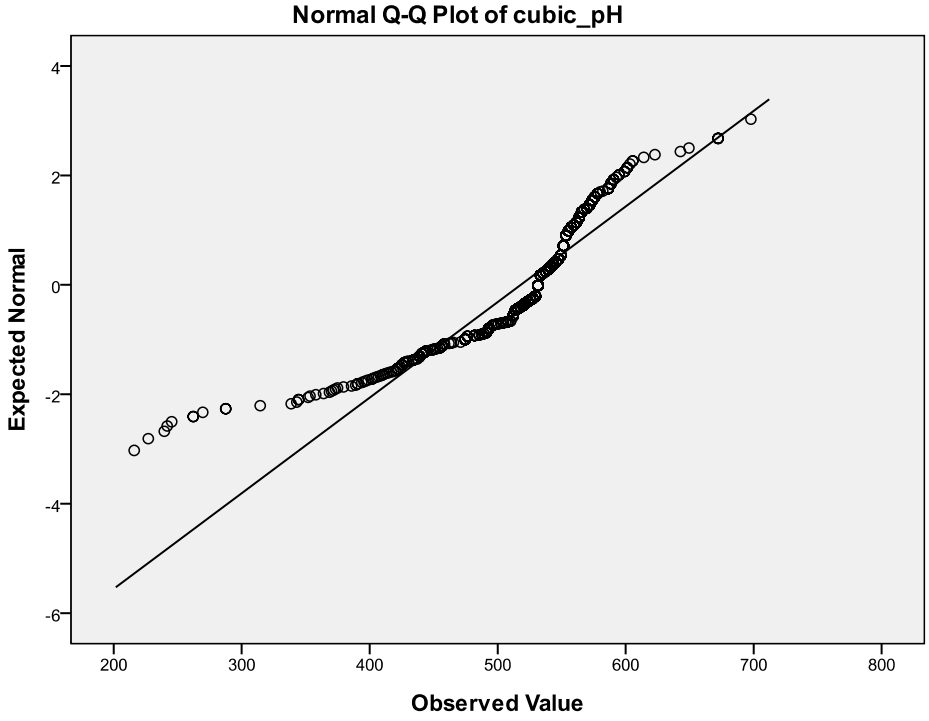


圖 5-3 臺中港海域水質變數 cubic_pH 之常態分布分位數對應圖

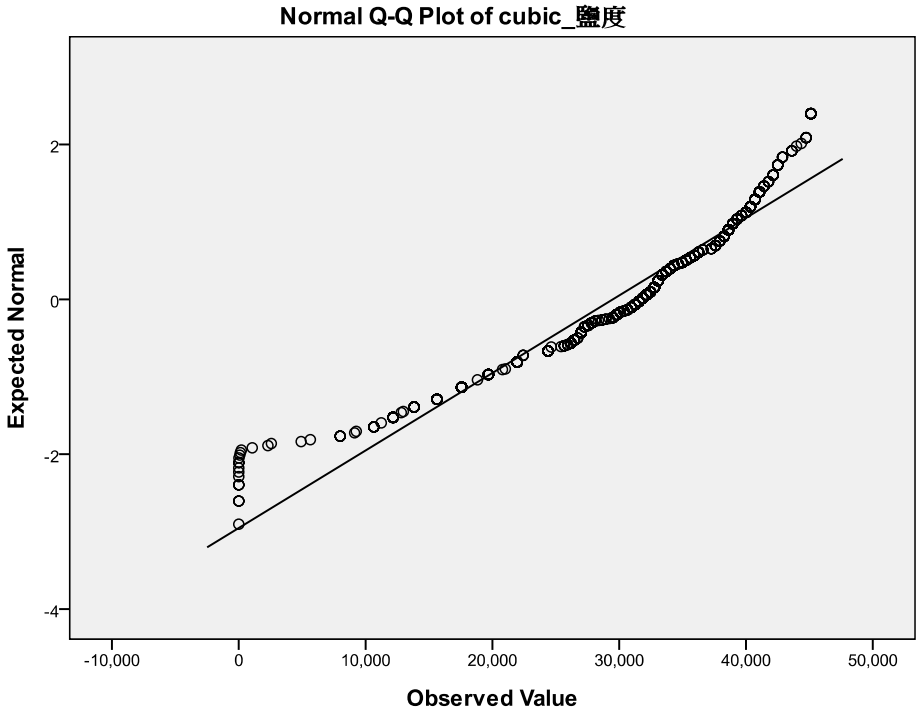


圖 5-4 臺中港海域水質變數 cubic_鹽度之常態分布分位數對應圖

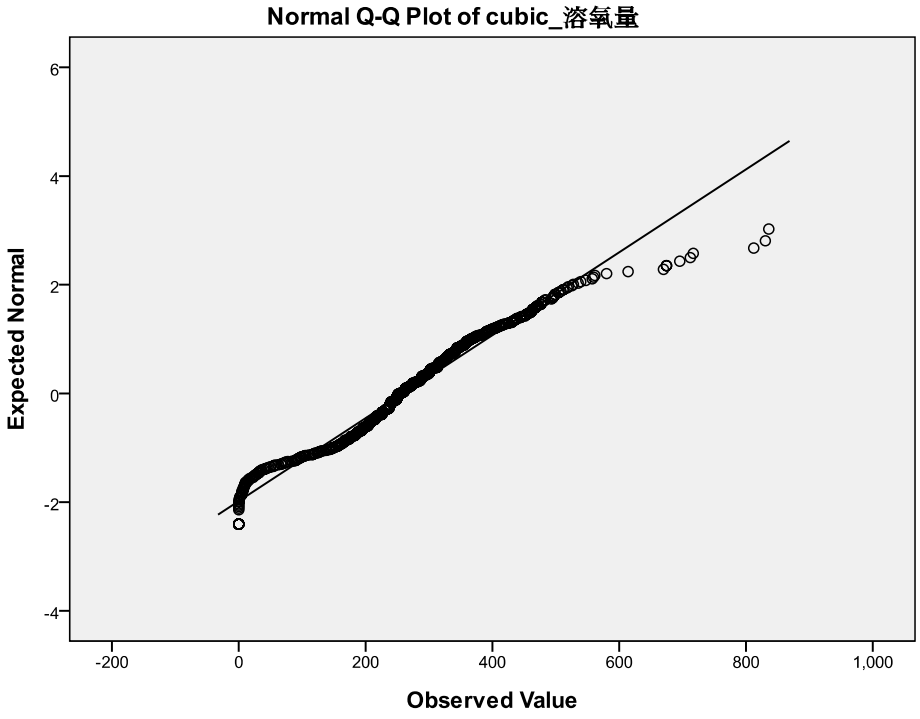


圖 5-5 臺中港海域水質變數 cubic_溶氧量之常態分布分位數對應圖

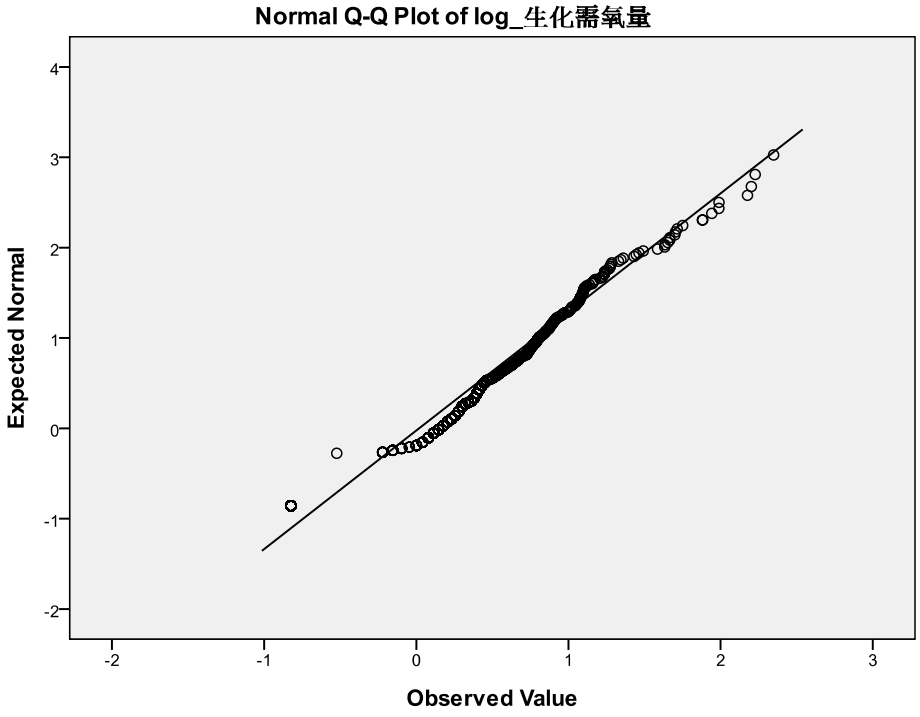


圖 5-6a 臺中港海域水質變數 log_生化需氧量之常態分布分位數對應圖

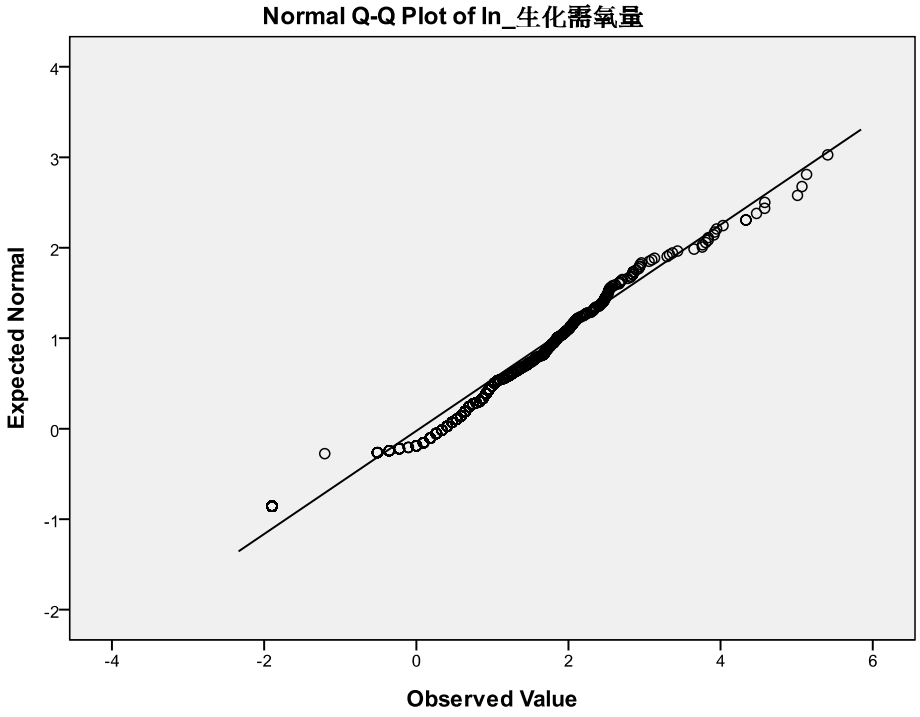


圖 5-6b 臺中港海域水質變數 ln_生化需氧量之常態分布分位數對應圖

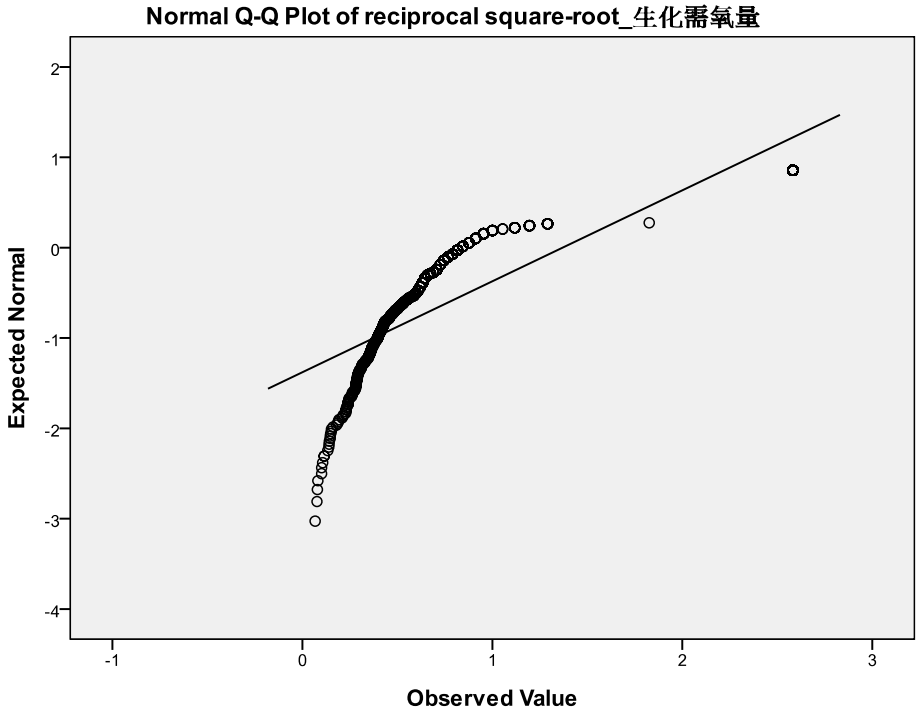


圖 5-7 臺中港海域水質變數 reciprocal square-root_礦物性油脂之常態分布分位數對應圖

來自陸源可能致病之生物性指標大腸桿菌群常態化測試結果如表 5-8，常態分布分位數對應 Q-Q 圖如圖 5-8 所示。人為工業污染之酚類常態化測試結果如表 5-9，常態分布分位數對應 Q-Q 圖如圖 5-9 所示。而來自營養鹽方面之氨氮常態化測試結果如表 5-10，常態分布分位數對應 Q-Q 圖如圖 5-10 所示；總磷常態化測試結果如表 5-11，常態分布分位數對應 Q-Q 圖如圖 5-11 所示。此外具有急毒性之毒化物質氰化物常態化測試結果如表 5-12，常態分布分位數對應 Q-Q 圖如圖 5-12 所示；而有機氮之常態化測試結果如表 5-13，常態分布分位數對應 Q-Q 圖繪於圖 5-13。由上述原始資料與經函數轉換後的常態分布檢定結果可知，部份水質參數如水溫數據分布非常接近常態分配，但亦有部份參數相對之常態分布程度較低，如生化需氧量與氰化物等。

表 5-8 臺中港海域水質大腸桿菌群原始資料與轉換後之常態化測試結果

Tests of Normality

項目		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
大腸桿菌群 (CFU/100 mL)	原始資料 X	.104	749	.000
cubic_大腸桿菌群	X^3	.054	749	.000
square_大腸桿菌群	X^2	.061	749	.000
square-root_大腸桿菌群	$\sqrt{X}$	.260	749	.000
log_大腸桿菌群	$\log(X)$	.947	749	.000
ln_大腸桿菌群	$\ln(X)$	.947	749	.000
reciprocal_大腸桿菌群	$\frac{1}{X}$	.398	749	.000
reciprocal square-root_大腸桿菌群	$\frac{1}{\sqrt{X}}$	.684	749	.000
reciprocal square_大腸桿菌群	$\frac{1}{X^2}$	.093	749	.000
reciprocal cubic_大腸桿菌群	$\frac{1}{X^3}$	.030	749	.000

原始資料來源：臺中港務局民國 85～97 年環境監測數據

表 5-9 臺中港海域水質酚類原始資料與轉換後之常態化測試結果

Tests of Normality

項目		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
酚類	原始資料 X	.040	805	.000
cubic_酚類	X^3	.014	805	.000
square_酚類	X^2	.015	805	.000
square-root_酚類	$\sqrt{X}$	.343	805	.000
log_酚類	$\log(X)$	.772	805	.000
ln_酚類	$\ln(X)$	.772	805	.000
reciprocal_酚類	$\frac{1}{X}$	.722	805	.000
reciprocal square-root_酚類	$\frac{1}{\sqrt{X}}$	.767	805	.000
reciprocal square_酚類	$\frac{1}{X^2}$	.674	805	.000
reciprocal cubic_酚類	$\frac{1}{X^3}$	.655	805	.000

原始資料來源：臺中港務局民國 85～97 年環境監測數據

表 5-10 臺中港海域水質氨氮原始資料與轉換後之常態化測試結果

Tests of Normality

項目		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
氨氮	原始資料 X	.281	688	.000
cubic_氨氮	X^3	.109	688	.000
square_氨氮	X^2	.157	688	.000
square-root_氨氮	$\sqrt{X}$	.515	688	.000
log_氨氮	$\log(X)$	.916	688	.000
ln_氨氮	$\ln(X)$	.916	688	.000
reciprocal_氨氮	$\frac{1}{X}$	.696	688	.000
reciprocal square-root_氨氮	$\frac{1}{\sqrt{X}}$	.891	688	.000
reciprocal square_氨氮	$\frac{1}{X^2}$	.490	688	.000
reciprocal cubic_氨氮	$\frac{1}{X^3}$	.414	688	.000

原始資料來源：臺中港務局民國 85～97 年環境監測數據

表 5-11 臺中港海域水質總磷原始資料與轉換後之常態化測試結果

Tests of Normality

項目		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
總磷	原始資料 X	.348	520	.000
cubic_總磷	X^3	.095	520	.000
square_總磷	X^2	.158	520	.000
square-root_總磷	$\sqrt{X}$	.627	520	.000
log_總磷	$\log(X)$	.938	520	.000
ln_總磷	$\ln(X)$	.938	520	.000
reciprocal_總磷	$\frac{1}{X}$	.580	520	.000
reciprocal square-root_總磷	$\frac{1}{\sqrt{X}}$	.854	520	.000
reciprocal square_總磷	$\frac{1}{X^2}$	.275	520	.000
reciprocal cubic_總磷	$\frac{1}{X^3}$	.192	520	.000

原始資料來源：臺中港務局民國 85～97 年環境監測數據

表 5-12 臺中港海域水質氰化物原始資料與轉換後之常態化測試結果

Tests of Normality

項目		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
氰化物	原始資料 X	.172	542	.000
cubic_氰化物	X^3	.033	542	.000
square_氰化物	X^2	.058	542	.000
square-root_氰化物	$\sqrt{X}$	.254	542	.000
log_氰化物	$\log(X)$	.295	542	.000
ln_氰化物	$\ln(X)$	.295	542	.000
reciprocal_氰化物	$\frac{1}{X}$	.304	542	.000
reciprocal square-root_氰化物	$\frac{1}{\sqrt{X}}$	.304	542	.000
reciprocal square_氰化物	$\frac{1}{X^2}$	.300	542	.000
reciprocal cubic_氰化物	$\frac{1}{X^3}$	.297	542	.000

原始資料來源：臺中港務局民國 85～97 年環境監測數據

表 5-13 臺中港海域水質有機氮原始資料與轉換後之常態化測試結果

Tests of Normality

項目		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
有機氮	原始資料 X	.283	233	.000
cubic_有機氮	X^3	.052	233	.000
square_有機氮	X^2	.087	233	.000
square-root_有機氮	$\sqrt{X}$	.642	233	.000
log_有機氮	$\log(X)$	.896	233	.000
ln_有機氮	$\ln(X)$	.896	233	.000
reciprocal_有機氮	$\frac{1}{X}$	.461	233	.000
reciprocal square-root_有機氮	$\frac{1}{\sqrt{X}}$	.587	233	.000
reciprocal square_有機氮	$\frac{1}{X^2}$	.420	233	.000
reciprocal cubic_有機氮	$\frac{1}{X^3}$	.416	233	.000

原始資料來源：臺中港務局民國 85～97 年環境監測數據

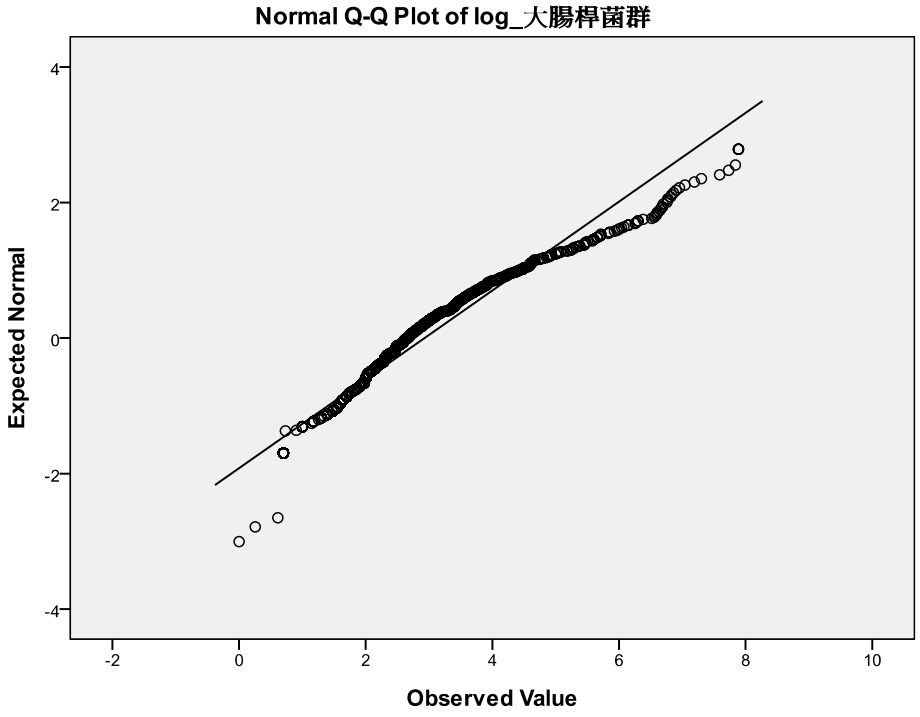


圖 5-8a 臺中港海域水質變數 log_大腸桿菌群之常態分布分位數對應圖

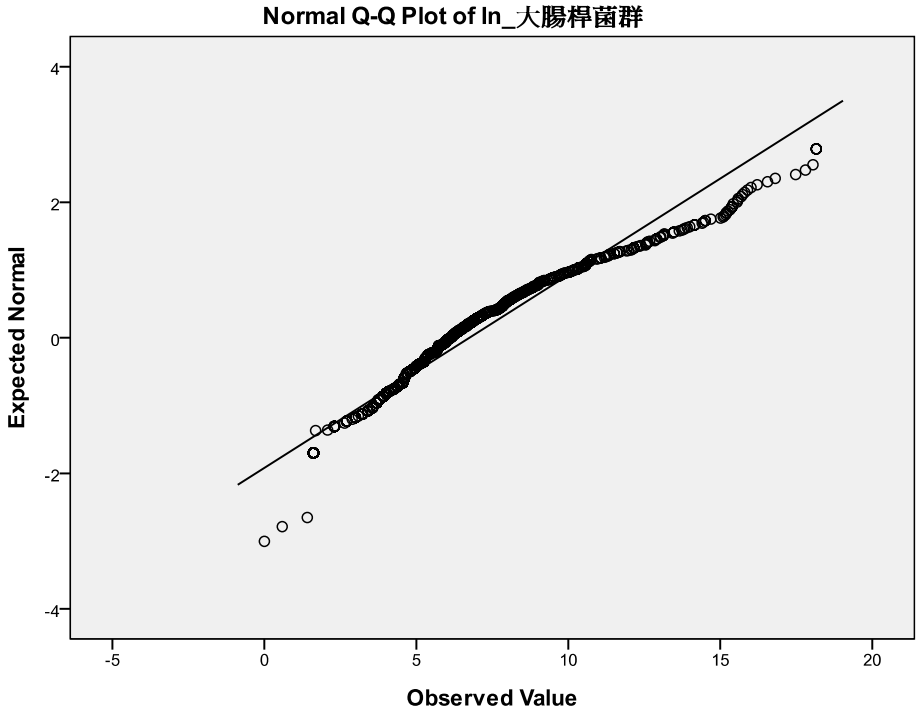


圖 5-8b 臺中港海域水質變數 ln_大腸桿菌群之常態分布分位數對應圖

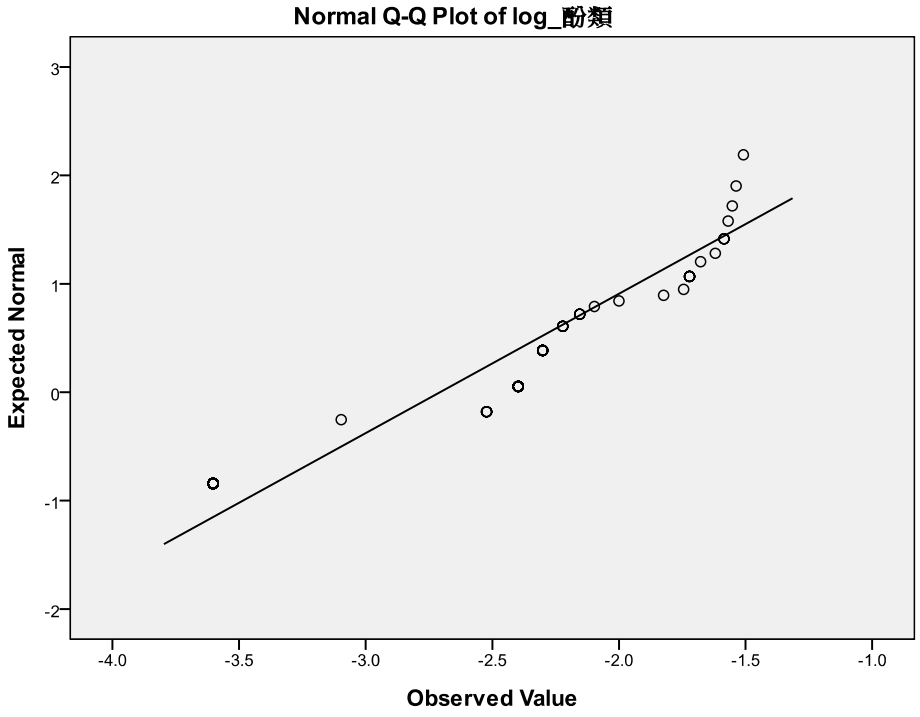


圖 5-9a 臺中港海域水質變數 log_酚類之常態分布分位數對應圖

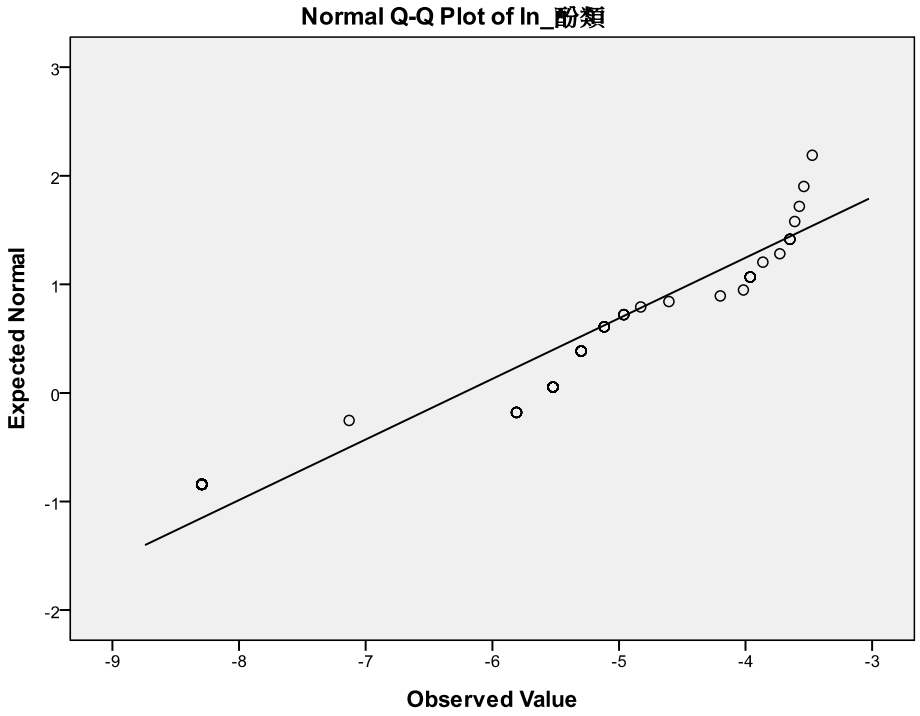


圖 5-9b 臺中港海域水質變數 ln_酚類之常態分布分位數對應圖

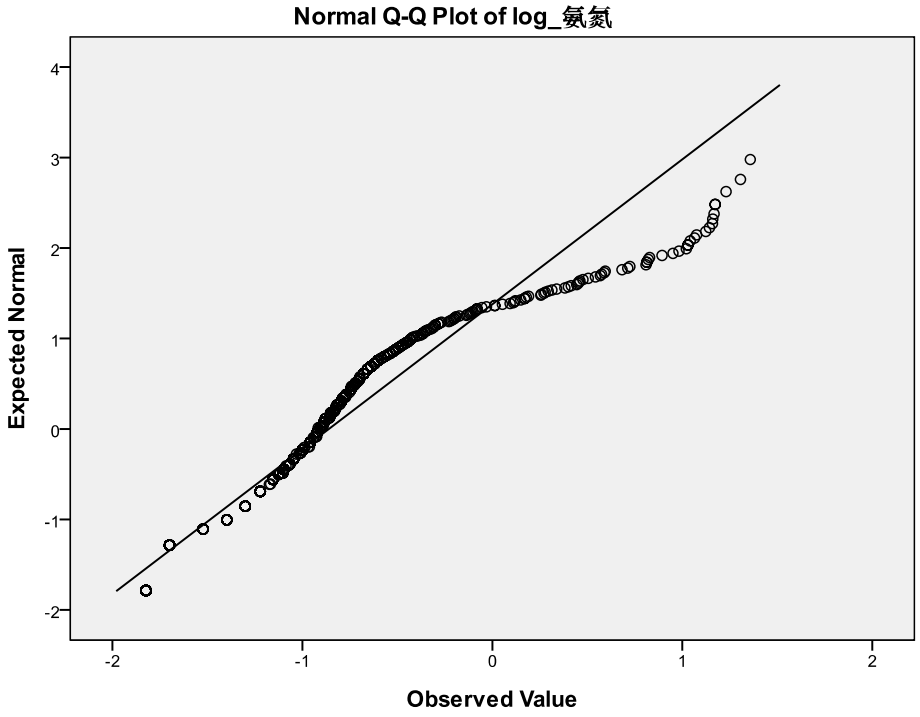


圖 5-10a 臺中港海域水質變數 log_氨氮之常態分布分位數對應圖

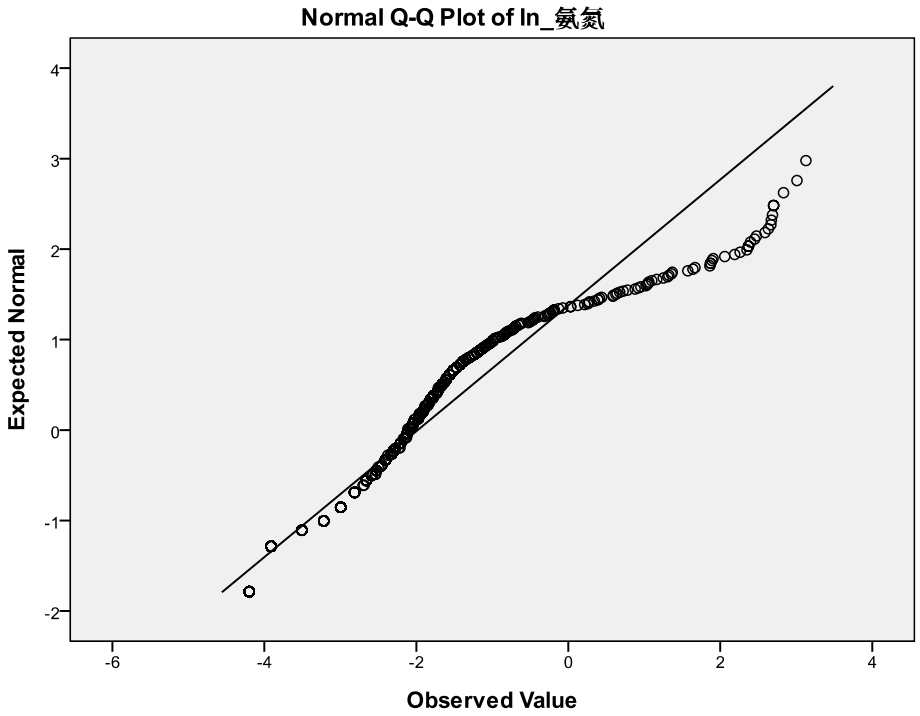


圖 5-10b 臺中港海域水質變數 ln_氨氮之常態分布分位數對應圖

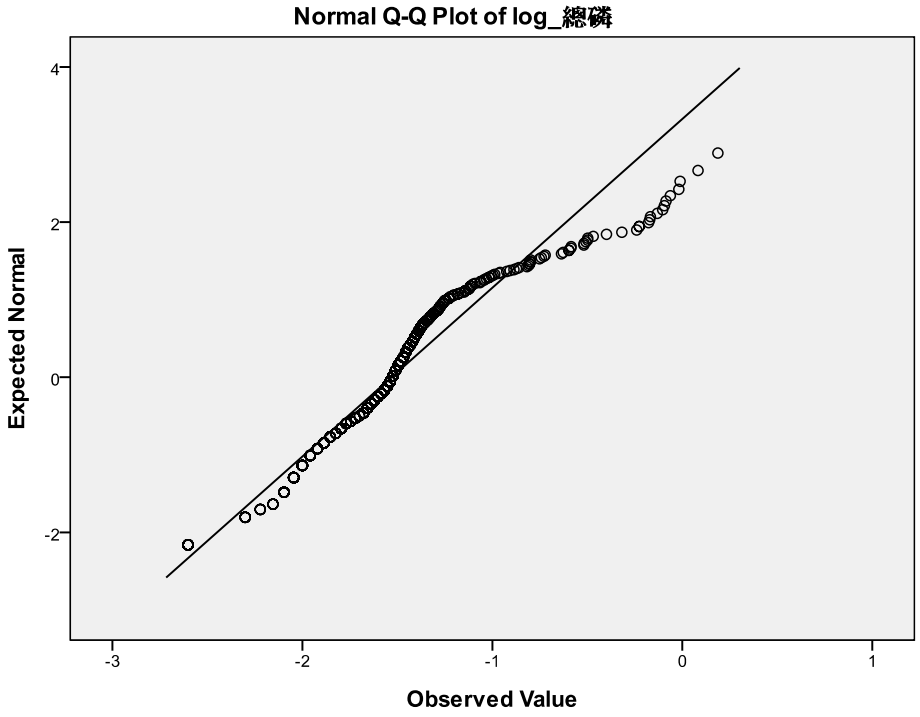


圖 5-11a 臺中港海域水質變數 log_總磷之常態分布分位數對應圖

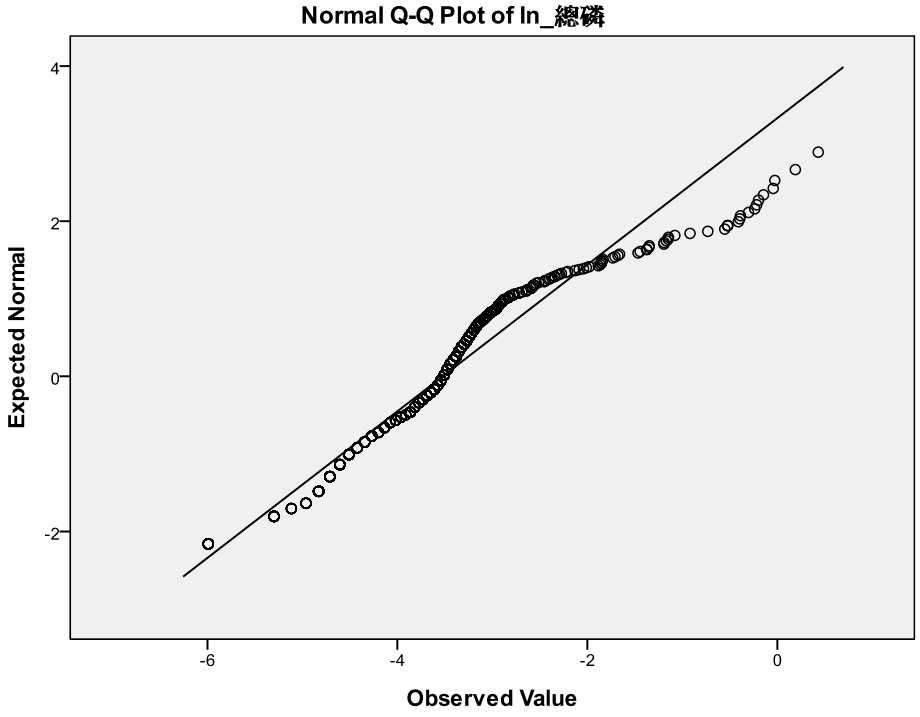


圖 5-11b 臺中港海域水質變數 ln_總磷之常態分布分位數對應圖

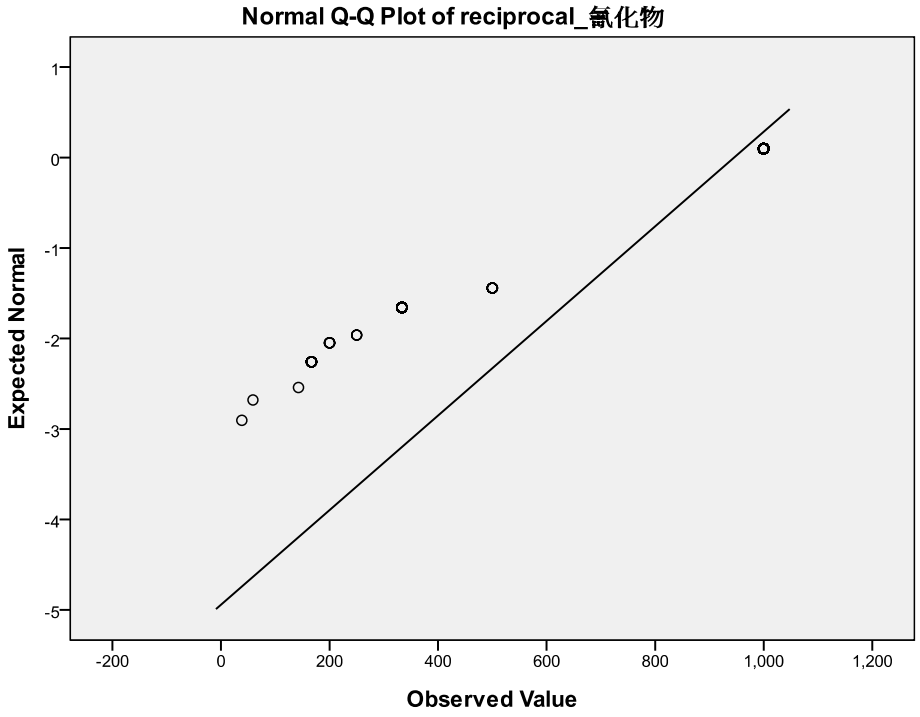


圖 5-12a 臺中港海域水質變數 reciprocal_氰化物之常態分布分位數對應圖

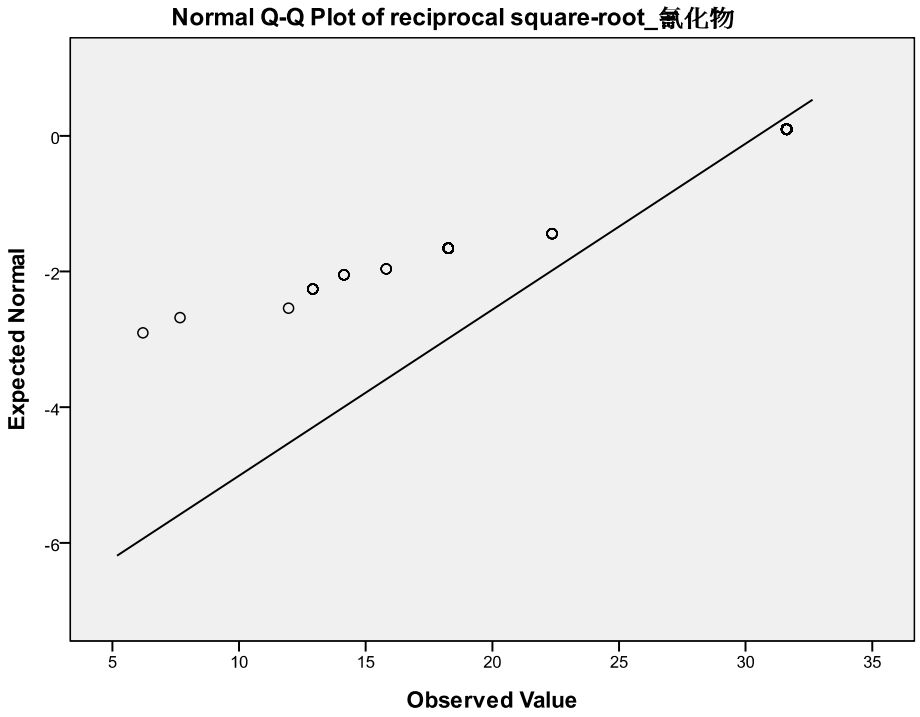


圖 5-12b 臺中港海域水質變數 reciprocal square-root_氰化物之常態分布分位數對應圖

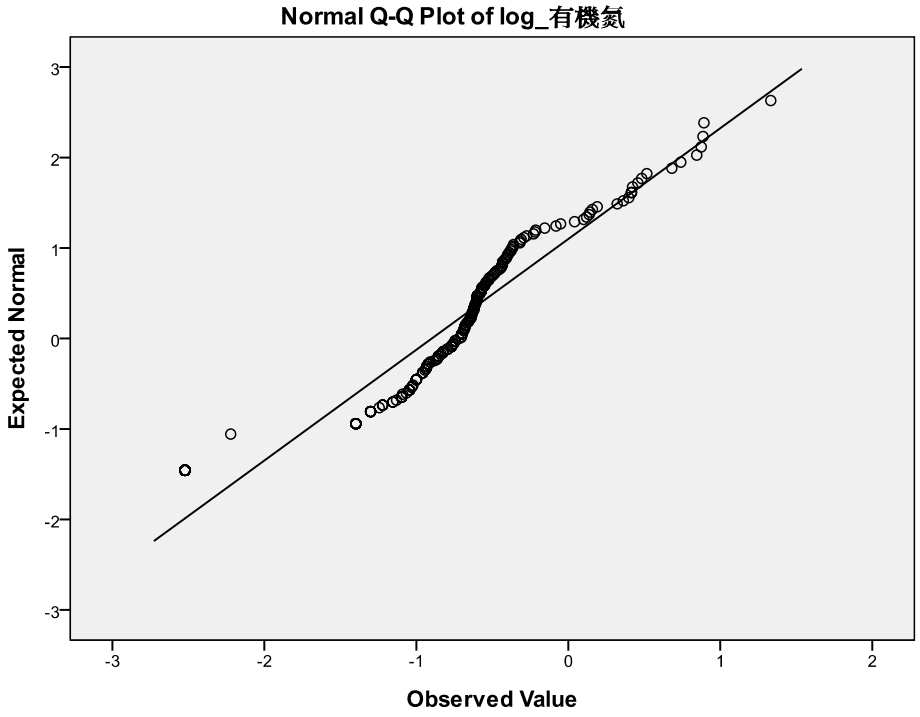


圖 5-13a 臺中港海域水質變數 log_有機氮之常態分布分位數對應圖

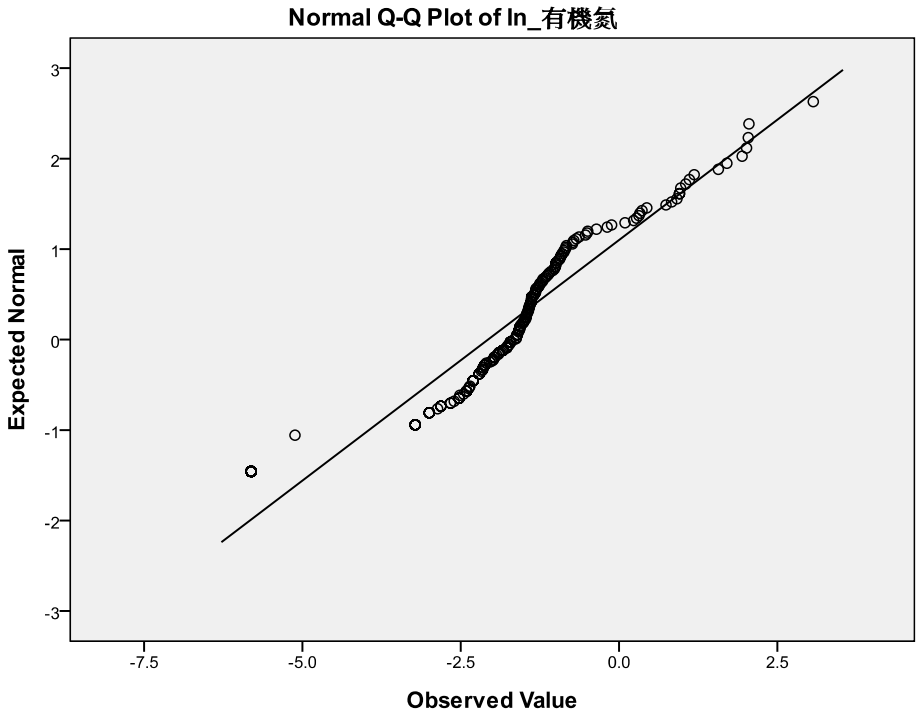


圖 5-13b 臺中港海域水質變數 ln_有機氮之常態分布分位數對應圖

海域水質經過常態分佈轉換與夏皮羅-維克係數之計算後，篩選出相對較高之常態分布轉換變數如下：

(1) square_水溫

(2) cubic_pH

(3) cubic_鹽度

(4) cubic_溶氧量

(5) log_生化需氧量

(6) reciprocal square-root_礦物性油脂

(7) log_大腸桿菌群

(8) log_酚類

(9) log_氨氮

(10) log_總磷

(11) reciprocal square-root_氰化物

(12) log_有機氮

2. 相關性檢定結果

主成份分析法之目的為去除原始數據之相關性，並以新的獨立變數來取代原始數據。因此數據之相關性太高或太低都不適合以主成份分析法進行分析，故在執行主成份分析之前需要先進行相關性檢定。以下說明海域水質監測項目間之相關性檢定結果：

臺中港海域水質相關性檢定經雙尾(2-tailed)檢定計算皮爾森相關係數結果如表 5-14。表中以“*”標示兩監測值之相關性為顯著，以“**”標示兩監測值之相關性為極顯著，N 欄位表示兩項監測值可以配對之資料筆數。

表 5-14 民國 85～97 年臺中港海域水質相關性檢定結果

Correlations

Pearson Correlation		square_ 水溫	cubic_ pH	cubic_ 鹽度	cubic_ 溶氧量	log_ 生化需氧量	reciprocal square-root_ 礦物性油脂	log_ 大腸桿菌群	log_ 酚類	log_ 氨氮	log_ 總磷	reciprocal_ 氰化物	log_ 有機氮
square_ 水溫	C Pearson	1	.076	-.162**	-.324**	.153**	-.059	.077	-.056	.042	.117**	.133**	.078
	Sig. (2-tailed)		.072	.000	.000	.000	.162	.083	.188	.328	.008	.002	.490
	N	554	554	540	553	554	554	512	554	534	518	540	81
cubic_ pH	C Pearson	.076	1	.216**	.381**	-.369**	.216**	-.360**	-.168**	-.462**	-.230**	.079	-.227**
	Sig. (2-tailed)	.072		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.066	.000
	N	554	806	542	801	806	806	749	805	688	520	542	233
cubic_ 鹽度	C Pearson	-.162**	.216**	1	.067	-.607**	.035	-.472**	-.406**	-.536**	-.233**	.102*	.233*
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.117	.000	.423	.000	.000	.000	.000	.018	.037
	N	540	542	542	541	542	542	501	542	536	520	542	81
cubic_ 溶氧量	C pearson	-.324**	.381**	.067	1	-.297**	.195**	-.250**	-.167**	-.370**	-.364**	.087*	-.200**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.117		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.044	.002
	N	553	801	541	801	801	801	744	800	683	519	541	229
log_ 生化需氧量	C Pearson	.153**	-.369**	-.607**	-.297**	1	-.305**	.509**	.340**	.502**	.231**	.129**	.537**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.003	.000
	N	554	806	542	801	806	806	749	805	688	520	542	233
reciprocal square-root_ 礦物性油脂	C Pearson	-.059	.216**	.035	.195**	-.305**	1	-.033	-.176**	.125**	.057	.156**	-.184**
	Sig. (2-tailed)	.162	.000	.423	.000	.000		.368	.000	.001	.191	.000	.005
	N	554	806	542	801	806	806	749	805	688	520	542	233
log_ 大腸桿菌群	C pearson	.077	-.360**	-.472**	-.250**	.509**	-.033	1	.293**	.566**	.260**	-.058	.427**
	Sig. (2-tailed)	.083	.000	.000	.000	.000	.368		.000	.000	.000	.199	.000
	N	512	749	501	744	749	749	749	748	652	487	501	221
log_ 酚類	C Pearson	-.056	-.168**	-.406**	-.167**	.340**	-.176**	.293**	1	.318**	.082	-.086*	.306**
	Sig. (2-tailed)	.188	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.062	.045	.000
	N	554	805	542	800	805	805	748	805	688	520	542	233
log_ 氨氮	C Pearson	.042	-.462**	-.536**	-.370**	.502**	.125**	.566**	.318**	1	.465**	-.006	.291**
	Sig. (2-tailed)	.328	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.000		.000	.896	.000
	N	534	688	536	683	688	688	652	688	688	520	536	233
log_ 總磷	C Pearson	.117**	-.230**	-.233**	-.364**	.231**	.057	.260**	.082	.465**	1	.022	.188
	Sig. (2-tailed)	.008	.000	.000	.000	.000	.191	.000	.062	.000		.616	.093
	N	518	520	520	519	520	520	487	520	520	520	520	81
reciprocal_ 氰化物	C Pearson	.133**	.079	.102*	.087*	.129**	.156**	-.058	-.086*	-.006	.022	1	.[a]
	Sig. (2-tailed)	.002	.066	.018	.044	.003	.000	.199	.045	.896	.616		.000
	N	540	542	542	541	542	542	501	542	536	520	542	81
log_ 有機氮	C Pearson	.078	-.227**	.233*	-.200**	.537**	-.184**	.427**	.306**	.291**	.188	.[a]	1
	Sig. (2-tailed)	.490	.000	.037	.002	.000	.005	.000	.000	.000	.093	.000	
	N	81	233	81	229	233	233	221	233	233	81	81	233

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). *. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed) [a.] Cannot be computed because at least one of the variables is constant.

資料來源：臺中港務局

3. 主成份分析結果

經過常態分佈轉換及相關性檢定，總共選擇使用前處理轉換後之square_水溫、cubic_pH、cubic_鹽度、cubic_溶氧量、log_生化需氧量、reciprocal square-root_礦物性油脂、log_大腸桿菌群、log_酚類、log_氨氮、log_總磷、reciprocal square-root_氰化物、log_有機氮進行主成份分析。在應用上，一般係選擇特徵值(eigenvalues)超過 1 之主成份，並將其視為獨立之新變數來進行分析。表 5-15 為水質監測項目所有主成份之特徵值及解釋變異量百分比，特徵值大於 1 之主成份共計有 4 個，總共可解釋相關海域水質監測資料 70.8%的變異。而藉由觀察表 5-15 與表 5-16 中各個主成份與原始水質監測值間之線性方程式係數，可以得知各主成份與原始水質監測值間之關聯，且線性方程式係數愈高表示兩者間之關聯愈強，此外一般而言，係數之正負則分別代表其正相關或負相關，但須注意彼此間的函數轉換，若其中有資料經過倒數處理後，則其正負的相關性則需反轉而以免誤判。

表 5-15 海域水質主成份之特徵值及解釋變異量百分比

主成份 Component	Initial Eigenvalues 特徵值 Total	解釋變異量百分比 % of Variance	變異量百分比累計 Cumulative %
1	3.237	29.423	29.423
2	1.891	17.188	46.612
3	1.464	13.306	59.918
4	1.201	10.917	70.835
5	.893	8.116	78.951
6	.625	5.681	84.632
7	.499	4.539	89.171
8	.454	4.126	93.297
9	.352	3.202	96.499
10	.293	2.660	99.159
11	.092	.841	100.000

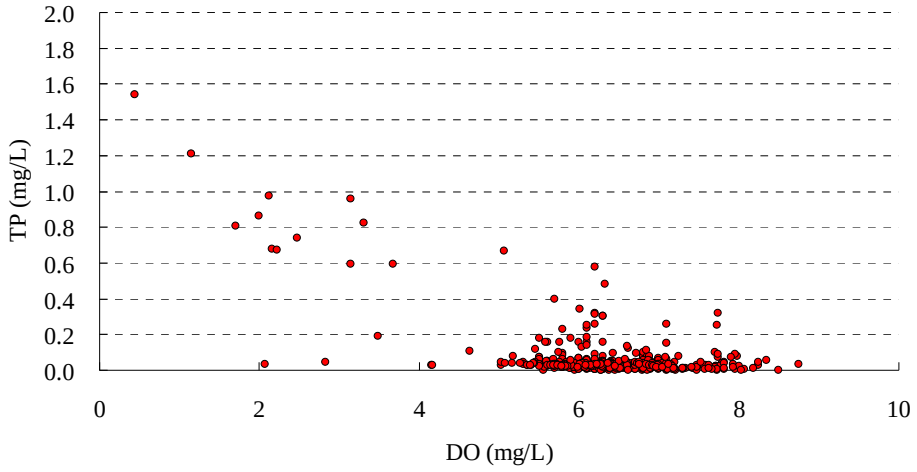
資料來源：臺中港務局民國 85～97 年環境監測

表 5-16 海域水質特徵值大於 1 之主成份相關係數矩陣

項目	主成份 Component			
	1	2	3	4
square_水溫	**.933**	.090	-.212	.019
cubic_pH	.041	.588	-.395	.321
cubic_鹽度	-.144	**-.491**	**.526**	.219
cubic_溶氧量	**-.666**	.472	-.137	.200
log_生化需氧量	.432	**.609**	.435	.050
reciprocal square-root_礦物性油脂	-.361	.303	**.773**	.037
log_大腸桿菌群	.037	**.406**	.123	.655
log_酚類	-.751	.112	-.031	-.196
log_氨氮	**.534**	.274	.383	-.448
log_總磷	**.838**	.014	.040	.109
log_有機氮	.179	-.597	.128	.571

資料來源：臺中港務局民國 85～97 年環境監測

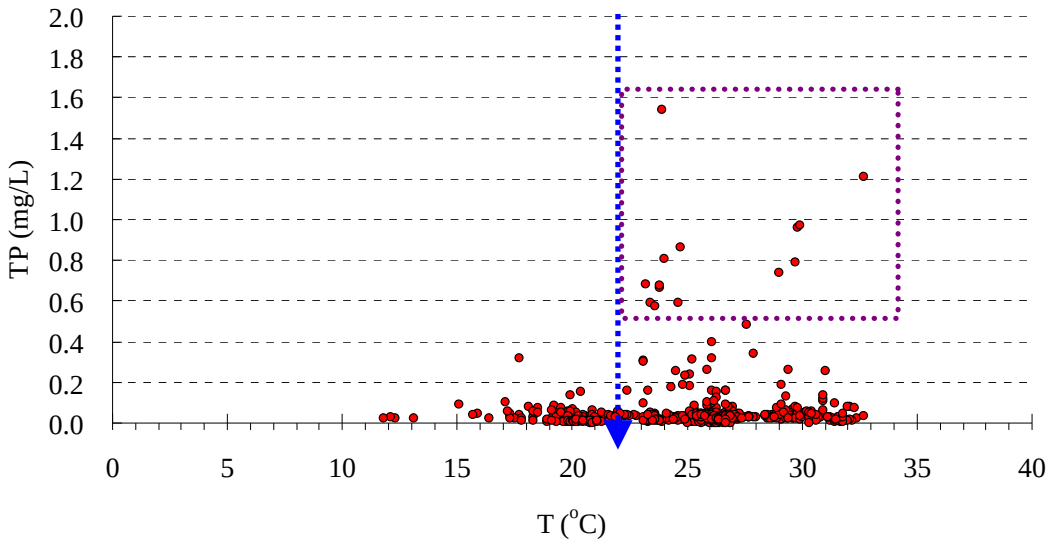
第 1 主成份中顯示氨氮與總磷有較高之正相關，而溶氧量則呈現負相關，鹽度則略呈負相關但不是很明顯，此外水溫亦明顯呈現正相關，其第 1 主成份可能代表的是來自畜牧、生活污染方面的影響，反映出臺中港海域水質在受到氮磷類之營養鹽匯入增加時，其水體將因受到有機物分解耗氧而導致溶氧量之降低，由總磷對溶氧之分布圖亦可看出此負向相關性(圖 5-14)。



(資料來源：臺中港務局民國85～97年)

圖 5-14 臺中港海域水質總磷對溶氧分布

而水中溶氧量變動除受到生物作用影響外，亦與水溫高低造成氣體溶解度改變有關，當水溫高時其體溶解度降低，大氣中的氧氣溶解進入水中的量相對減少，所以第 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。其次第 1 主成份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(圖 5-15)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。初步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。

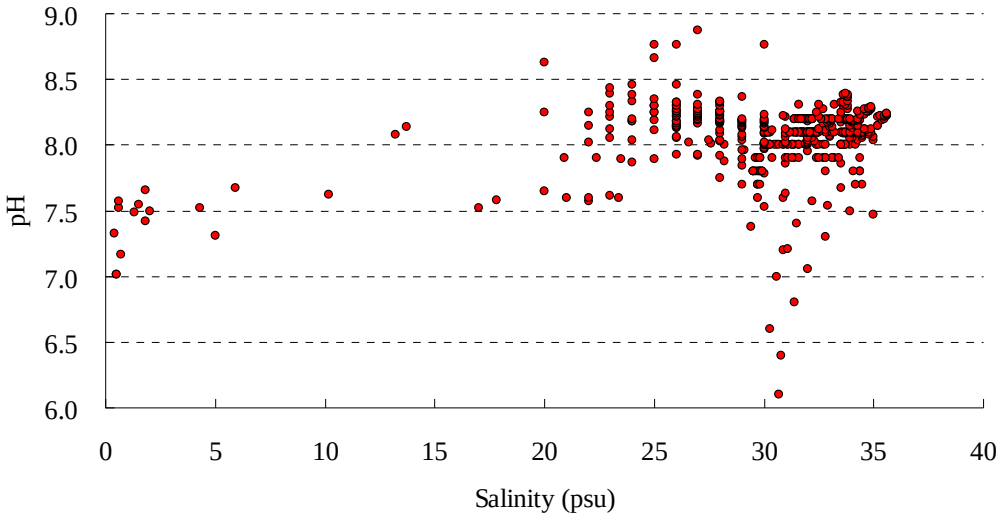


(資料來源：臺中港務局民國85～97年)

圖 5-15 臺中港海域水質總磷對水溫分布

進一步探究一般近岸水體易受到河川排水之陸源性影響，當河水(低鹽度、低 pH)輸入之氮磷類營養鹽近入海水(高鹽度、高 pH)，往往造成其鹽度與 pH 之降低，惟在第 1 主成份中看不出此變化特性，甚至出現鹽度與 pH 略呈負相關之現象。茲將臺中港海域水質之鹽度與 pH

分布作圖(圖 5-16)可知，兩者分布散亂而無特定關係，且異常偏低之pH(<6.5)曾發生於梧棲大排出口入港池與主航道港口處，且伴隨偏低之溶氧。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。



(資料來源：臺中港務局民國85～97年)

圖 5-16 臺中港海域水質 pH 對鹽度分布

以上係就臺中港務局所觀測之海域水質(含港域)統計分析結果所進行之水體特性描述。整體而論，由臺中港務局於民國 85～97 年間之海域水質監測資料經主成份分析後顯示，特徵值高於 1 之主成份計有 4 個，其中第 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。第 3 主成份以礦物性油脂與鹽度間之負相關為主，反映出來自船舶用油與機械潤滑或鍋爐用重油等之污染來源，主要可能來自陸源

而非源自外海。第 4 主成份則主要以有機與無機氮類與大腸桿菌群為主，其中大腸桿菌群與有機氮之正相關，以及與無機之氨氮呈現負相關為主，但尚不易解釋其中複雜之氮循環降解與大腸桿菌群之關聯。

而本研究於第 1 年(98 年度)起至今，亦於臺中港域及近海共進行 5 次水質調查與 2 次生態觀測，已完成 5 次之水質資料可供進一步分析。故以下針對本研究所觀測之水質資料，依同樣方式進行前述之統計分析，以瞭解於 98 與 99 年近 2 年來之水體品質特性。

本研究於民國 98 年 4 月與 6 月曾於大甲溪與大肚溪出海口、梧棲與安良港大排，以及臺中港域與近海共 10 測點進行氫離子濃度指數(或稱酸鹼值)、水溫、鹽度、導電度、透明度、透視度、溶氧與飽和度、生化需氧量、懸浮固體物、總固體物、大腸桿菌群、總磷、氨氮、亞硝酸鹽氮及油脂共計 16 項水質檢測，而後 98 年 9 月則針對匯入港域之可能污染源：梧棲與安良港大排共 2 處進行全潮水質觀測；本年度於 99 年 3 月與 9 月期間，則繼續針對港域與近海共 5 測點進行其中之 13 項水質調查。

由本計畫於 98 年與 99 年調查所得之海域水質數據，經常態分佈轉換與夏皮羅-維克係數之計算後，篩選出相對較高之常態分布變數計有：

(1) cubic _水溫
(2) cubic_pH
(3) cubic_鹽度
(4) cubic_導電度
(5) log_透明度
(6) 溶氧量
(7) square-root _溶氧飽和度
(8) log_生化需氧量
(9) log_大腸桿菌群
(10) reciprocal square-root_懸浮固體物
(11) reciprocal square-root_氨氮

(12) reciprocal square-root_總磷

(13) reciprocal square-root_油脂

上述 13 項海域水質相關性檢定經雙尾(2-tailed)檢定計算皮爾森相關係數結果如表 5-17。由表中可知其兩兩參數間之相關性，其中鹽度與導電度相關係數高達 0.984，此外溶氧量與飽和度相關係數亦達 0.926，均高於 0.9 以上，故於進一步的主成份分析中，鹽度與導電度及溶氧量與飽和度此 4 項中，將取鹽度與溶氧量為代表納入分析。

表 5-18 為 98 至 99 年兩年期間，11 項水質監測項目主成份之特徵值及解釋變異量百分比，其中特徵值大於 1 之主成份共計有 3 個，總共可解釋相關海域水質監測資料 84.5%的變異。

其第 1 主成份同樣顯示來自畜牧、生活污水方面的氨氮與總磷有很高之正相關(圖 5-17)與正值(表 5-19)，且氨氮與總磷亦呈現明顯之負相關，而通常海水的酸鹼度(氫離子濃度指數)偏鹼性且高於內陸淡水，故代表氨氮與總磷的來源係來自陸源之排水。圖中圓點外加正方形數據乃梧棲與安良港大排於 98 年 9 月的全潮水質調查數據，從此圖中亦再次反映出匯入臺中港域之營養鹽污染係來自其大排。此外，第 1 主成份中之水溫則有很高的負關係數值，由於氨氮與總磷係取開根號後之倒數，代表的是原高濃度之數據經轉換後反而會變小，故實際上氨氮與總磷與水溫應同為正相關，圖 5-18 即可看出其相關性，由 4 次觀測資料初步顯示，在水溫超過 28℃時，部份總磷數據的確出現偏高，但此一關係需要謹慎小心推論，因為高濃度總磷均出現在 98 年 9 月的梧棲與安良港大排口，若濾除此群觀測數據(圖 5-19)，則事實上可以反應季節性變化的水溫指標，與總磷間並無明顯之相關性，故在應用與解釋須特別注意，以免造成資訊誤導。

表 5-17 民國 98～99 年臺中港海域水質相關性檢定結果

Pearson Correlation		cubic_水溫	cubic_pH	cubic_鹽度	log_透明度	DO	log_BOD	log_大腸桿菌群	reciprocal square-root_懸浮固體	reciprocal square-root_氨氮	reciprocal square-root_總磷	reciprocal square-root_總油脂	cubic_導電度	squareroot_DO 飽和度
cubic_水溫	C Pearson	1	-.352*	-.332*	-.055	-.483**	-.142	.263	-.491**	-.444**	-.412**	.441**	-.315*	-.356*
	Sig. (2-tailed)		.017	.024	.791	.001	.347	.077	.001	.002	.004	.007	.033	.015
	N	46	46	46	26	46	46	46	46	46	46	36	46	46
cubic_pH	C Pearson	-.352*	1	.795**	.008	.645**	-.576**	-.759**	.327*	.651**	.723**	-.329	.810**	.746**
	Sig. (2-tailed)	.017		.000	.969	.000	.000	.000	.027	.000	.000	.050	.000	.000
	N	46	46	46	26	46	46	46	46	46	46	36	46	46
cubic_鹽度	C Pearson	-.332*	.795**	1	.646**	.488**	-.660**	-.817**	.538**	.694**	.852**	-.246	.984**	.620**
	Sig. (2-tailed)	.024	.000		.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.148	.000	.000
	N	46	46	46	26	46	46	46	46	46	46	36	46	46
log_透明度	C Pearson	-.055	.008	.646**	1	.047	-.365	-.471*	.512**	.427*	.572**	-.279	.641**	.075
	Sig. (2-tailed)	.791	.969	.000		.820	.067	.015	.008	.030	.002	.296	.000	.716
	N	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	16	26	26
DO	C Pearson	-.483**	.645**	.488**	.047	1	-.093	-.318*	.254	.314*	.301*	-.119	.558**	.926**
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.001	.820		.540	.031	.089	.033	.042	.491	.000	.000
	N	46	46	46	26	46	46	46	46	46	46	36	46	46
log_BOD	C Pearson	-.142	-.576**	-.660**	-.365	-.093	1	.707**	-.283	-.501**	-.622**	.028	-.633**	-.321*
	Sig. (2-tailed)	.347	.000	.000	.067	.540		.000	.057	.000	.000	.872	.000	.030
	N	46	46	46	26	46	46	46	46	46	46	36	46	46
log_大腸桿菌群	C Pearson	.263	-.759**	-.817**	-.471*	-.318*	.707**	1	-.385**	-.735**	-.865**	.332*	-.757**	-.493**
	Sig. (2-tailed)	.077	.000	.000	.015	.031	.000		.008	.000	.000	.048	.000	.001
	N	46	46	46	26	46	46	46	46	46	46	36	46	46
reciprocal square-root_懸浮固體	C Pearson	-.491**	.327*	.538**	.512**	.254	-.283	-.385**	1	.462**	.574**	-.083	.564**	.252
	Sig. (2-tailed)	.001	.027	.000	.008	.089	.057	.008		.001	.000	.629	.000	.091
	N	46	46	46	26	46	46	46	46	46	46	36	46	46
reciprocal square-root_氨氮	C Pearson	-.444**	.651**	.694**	.427*	.314*	-.501**	-.735**	.462**	1	.860**	-.516**	.662**	.345*
	Sig. (2-tailed)	.002	.000	.000	.030	.033	.000	.000	.001		.000	.001	.000	.019
	N	46	46	46	26	46	46	46	46	46	46	36	46	46
reciprocal square-root_總磷	C Pearson	-.412**	.723**	.852**	.572**	.301*	-.622**	-.865**	.574**	.860**	1	-.382*	.803**	.413**
	Sig. (2-tailed)	.004	.000	.000	.002	.042	.000	.000	.000	.000		.021	.000	.004
	N	46	46	46	26	46	46	46	46	46	46	36	46	46
reciprocal square-root_總油脂	C Pearson	.441**	-.329	-.246	-.279	-.119	.028	.332*	-.083	-.516**	-.382*	1	-.183	-.135
	Sig. (2-tailed)	.007	.050	.148	.296	.491	.872	.048	.629	.001	.021		.285	.432
	N	36	36	36	16	36	36	36	36	36	36	36	36	36
cubic_導電度	C Pearson	-.315*	.810**	.984**	.641**	.558**	-.633**	-.757**	.564**	.662**	.803**	-.183	1	.667**
	Sig. (2-tailed)	.033	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.285		.000
	N	46	46	46	26	46	46	46	46	46	46	36	46	46
squareroot_DO 飽和度	C Pearson	-.356*	.746**	.620**	.075	.926**	-.321*	-.493**	.252	.345*	.413**	-.135	.667**	1
	Sig. (2-tailed)	.015	.000	.000	.716	.000	.030	.001	.091	.019	.004	.432	.000	
	N	46	46	46	26	46	46	46	46	46	46	36	46	46

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). *. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

表 5-18 海域水質主成份之特徵值及解釋變異量百分比(11 項)

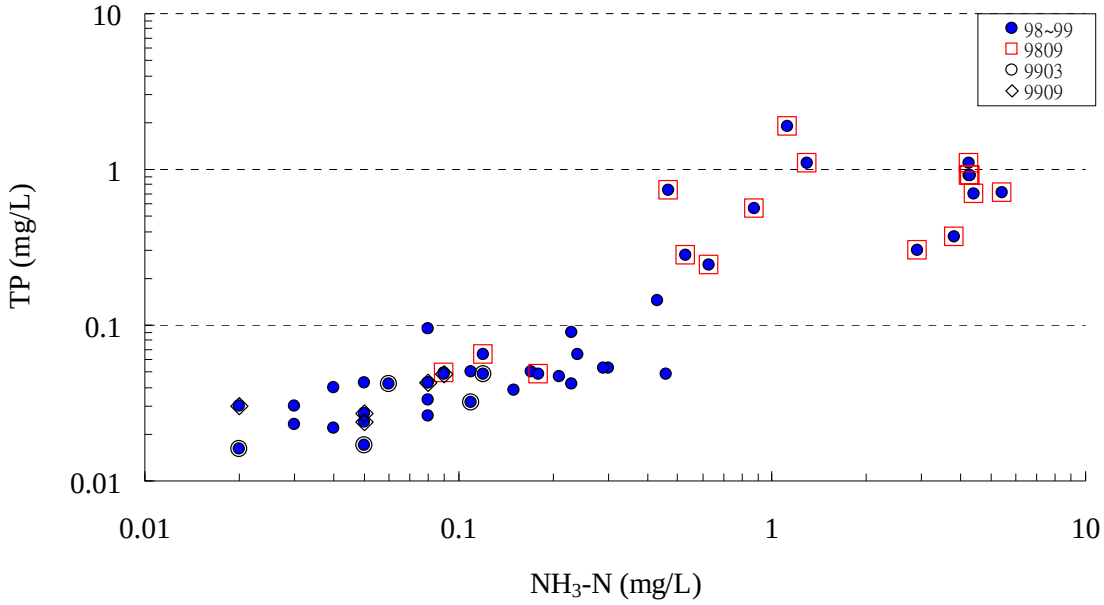
主成份 Component	Initial Eigenvalues		
	特徵值 Total	解釋變異量百分比 % of Variance	變異量百分比累計 Cumulative %
1	5.254	47.765	47.765
2	2.889	26.261	74.026
3	1.154	10.490	84.517
4	.685	6.228	90.745
5	.353	3.206	93.950
6	.288	2.622	96.573
7	.165	1.503	98.076
8	.135	1.228	99.304
9	.042	.383	99.687
10	.019	.169	99.856
11	.016	.144	100.000

資料觀測期間：民國98～99年

表 5-19 海域水質特徵值大於 1 之主成份相關係數矩陣(11 項)

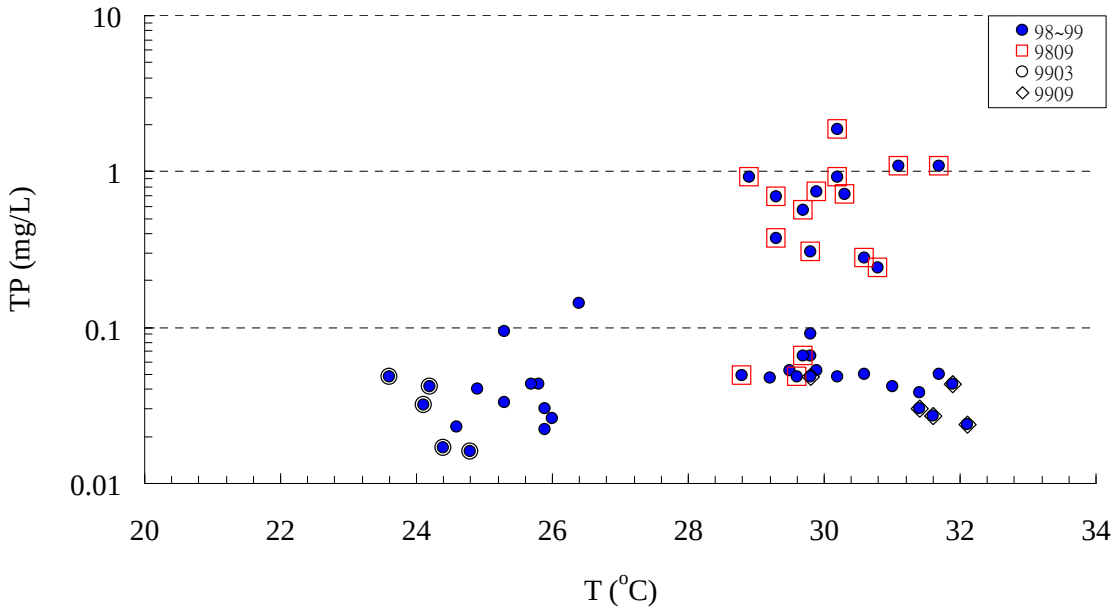
項目	主成份 Component		
	1	2	3
cubic_水溫	-.658	.702	-.037
cubic_pH	.793	-.238	-.015
cubic_鹽度	.414	.715	.318
log_透明度	.752	.515	.251
DO	.482	-.377	.739
log_BOD	.686	-.622	-.011
log_大腸桿菌群	-.463	-.676	.374
reciprocal square-root_懸浮固體	.719	.588	-.040
reciprocal square-root_氨氮	.873	-.236	-.191
reciprocal square-root_總磷	.927	.268	.013
reciprocal square-root_總油脂	-.632	.322	.514

資料觀測期間：民國98～99年



(資料觀測期間：民國 98～99 年)

圖 5-17 臺中港海域水質總磷對氨氮分布



(資料觀測期間：民國 98～99 年)

圖 5-18 臺中港海域水質總磷對水溫分布

整體而論，第 1 主成份仍代表來自陸源淡水的畜牧、生活污水成份(氮磷類)，陸源淡水具有較高的氮磷含量，以及相對較海水為低的 pH 值，而且淡水中帶來之懸浮固體量較高，導致水體的透明度降低，上述這些內陸排水與近岸海水之特性，以及彼此間的相關性，均能夠於第 1 主成份中顯現。第 2 主成份中同樣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性，意味著來自陸源淡水之生物性可能致病指標，當陸源水含量相對較高時將造成鹽度下降，而此時水體含有其他致病菌的機會將大為增高；第 3 主成份則尚不易看出相關水質的關係特性，僅以溶氧量較為顯著，同時隱約與總油脂成負相關，可能反映出當水體油脂濃度增高時，將阻擋大氣中氧溶解於水中的量，同時水中油脂分解將消耗氧氣，因此造成水中總油脂濃度增高時，將導致溶氧量的降低。上述第 1 與第 2 主成份所代表之意義，與臺中港務局於民國 85～97 年間觀測之統計分析結果極為相近，而第 3 主成份雖然代表的是來自油脂方面的特性，但臺中港務局於民國 85～97 年數據反映在其可能的來源為鹽度較低之海淡混合水體，而本計畫 98～99 年調查結果，則是反映在高濃度油脂出現，將降低水中溶氧量的特性。

總結上述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 98～99 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(表 5-20)；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(表 5-21)，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。

由歷年於臺中港沿海水質調查結果可知，本調查區域內近岸水體，主要受到來自陸源生活、畜牧污水經河川排水路匯入所影響，而當每年冬春之際的枯水期間，其內陸排水受水閘門關閉阻擋，導致污染主要累積於內陸。而當進入雨季甚至到了颱風豪大雨之夏秋季節，基於排洪防溢淹，其水閘門將開啟，此時會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，另由梧棲大排出口處與安良港大排出口處部分港域水質濃度偏高情形已改善，水質漸趨良好與本年度調查結果顯示，並未發現有明顯的異常污染情形。

進一步的水質與生態之間的統計分析，由於海域水體環境中的物理、化學及生物因子間的相互影響相當龐大與複雜，需要長期與相當的數據累積後解析，在本計畫有限的實際採樣調查資料限制下，初步先就本年度(民國 99 年)3 月與 9 月之水質與浮游植物之間的調查結果，進行相關性分析。嘗試先就水質改變對浮游生物中的浮游植物雙方面的變動關係上，進行臺中港之港內外沿海水質與浮游植物間的關聯性分析。其中在 3 月時於浮游植物方面計有矽藻、綠藻、金黃藻與渦鞭毛藻，但綠藻僅出現在港內測站 N6；而 9 月時調查除矽藻、綠藻與渦鞭毛藻仍重複出現以外，金黃藻則未被觀測到。經統計之相關係分析後顯示(刮號內數值為 Pearson Correlation 相關係數，Correlation is significant at the 0.01 level)，由表 5-22 中顯示；矽藻出現之種類與水溫有明顯之正向相關(0.869)，而渦鞭毛藻則與水溫呈現明顯之負相關(-0.863)；此外矽藻種類數與鹽度(-0.834)與導電度(-0.827)、溶氧量(-0.800)與溶氧飽和度(-0.780)有相當顯著之負向相關，而與懸浮固體(0.817)有相當顯著之正向相關;渦鞭毛藻種類數亦與溶氧量(0.822)與溶氧飽和度(0.814)有相當顯著之正向相關。綠藻與水質之相關性則相對較矽藻及金黃藻為低，但仍約略可看出綠藻種類數與水溫成正相關，而與鹽度及導電度呈現負相關。

由表 5-22 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。

綜合上述說明可知，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。

上述有限的分析結果仍有諸多不足之處，如本計畫僅於今年度進行兩次之水質生態調查，無法瞭解四季之變化關係。但可於未來後續中進一步探討，即本年度調查結果，可於下年度結合港務局若能釋出之 99 年度，同樣於臺中港沿海所進行的水質與生態四季調查成果，進一步納入統計分析，應可獲致更多生態與水質間的相互關係與其變化特性。

表 5-20 海域水質主成份之特徵值及解釋變異量百分比(9 項)

主成份 Component	Initial Eigenvalues		
	特徵值 Total	解釋變異量百分比 % of Variance	變異量百分比累計 Cumulative %
1	5.315	59.052	59.052
2	1.449	16.097	75.149
3	.918	10.198	85.348
4	.541	6.011	91.359
5	.238	2.641	94.000
6	.205	2.273	96.273
7	.142	1.573	97.846
8	.133	1.483	99.329
9	.060	.671	100.000

資料觀測期間：民國98～99年，其中透明度與油脂不納入分析

表 5-21 海域水質特徵值大於 1 之主成份相關係數矩陣(9 項)

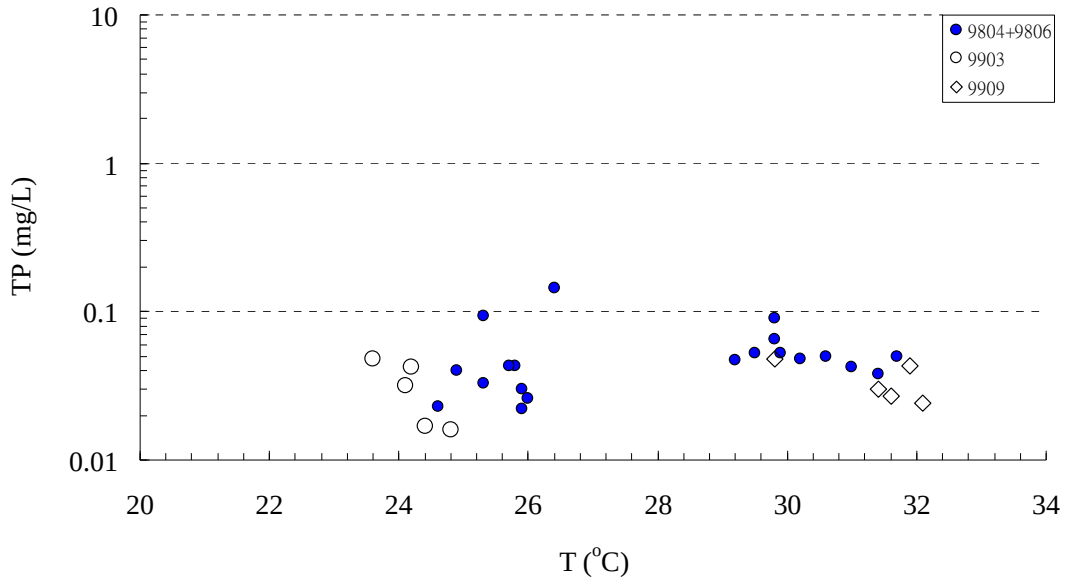
項目	主成份 Component	
	1	2
cubic_水溫	-.478	-.776
cubic_pH	.865	.007
cubic_鹽度	.924	-.087
DO	.530	.529
log_BOD	-.671	.628
log_大腸桿菌群	-.891	.261
reciprocal square-root_懸浮固體	.605	.293
reciprocal square-root_氨氮	.848	-.007
reciprocal square-root_總磷	.935	-.100

資料觀測期間：民國98～99年，其中透明度與油脂不納入分析

表 5-22 臺中港沿海海域水質與浮游植物相關性分析

浮游植物 環境水質因子	矽藻 種類	矽藻 豐度	綠藻 種類	綠藻 豐度	渦鞭毛藻 種類	渦鞭毛藻 豐度	浮游植物 總豐度	浮游植物 總種類數	生態指數 優勢度	生態指數 豐富度	生態指數 均勻度	生態指數 歧異度
酸鹼度	-.227	.621	.287	.216	-.181	-.014	.622	-.377	.401	-.231	-.313	-.326
水溫	.869**	-.510	.709*	.598	-.863**	-.095	-.510	.453	-.699*	.909**	.796**	.822**
導電度	-.834**	.333	-.735*	-.620	.745*	.077	.333	-.533	.591	-.879**	-.677*	-.723*
鹽度	-.827**	.313	-.720*	-.594	.723*	.059	.313	-.539	.589	-.868**	-.667*	-.714*
透明度	.049	-.728*	.012	-.234	.055	.317	-.726*	.031	-.465	.192	.472	.439
溶氧量	-.800**	.507	-.487	-.547	.822**	.306	.509	-.419	.493	-.752*	-.574	-.603
溶氧飽和度	-.780**	.493	-.479	-.555	.814**	.330	.495	-.406	.468	-.726*	-.546	-.574
五日生化需氧量	-.398	.619	-.567	-.509	.729*	.083	.616	.044	.586	-.489	-.670*	-.630
大腸桿菌群	-.326	.416	-.363	-.324	.535	.038	.413	-.119	.182	-.357	-.274	-.278
懸浮固體	.817**	-.426	.623	.682*	-.613	-.124	-.424	.653*	-.496	.860**	.557	.621
氨氮	-.327	.555	-.120	-.164	.530	.347	.559	.058	.501	-.236	-.467	-.426
總磷	.245	.162	.111	-.024	.288	.069	.162	.679*	-.018	.285	-.027	.069
葉綠素 a	.617	-.077	.149	.154	-.309	-.229	-.082	.599	.009	.493	.044	.129

**. Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
*. ..Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



(資料觀測：民國 98～99 年，已濾除 98 年 9 月的梧棲與安良港大排全潮水質數據)

圖 5-19 臺中港海域水質總磷對水溫分布

第六章　船舶排水對臺中港水質影響探討

臺中港是我國第三大的國際商港，總計可容納八十三座大型碼頭，水深 9-16 公尺，包括貨櫃碼頭、散雜貨碼頭、大宗散雜貨碼頭、煤炭碼頭、穀物碼頭、水泥碼頭、管道碼頭，以及客運碼頭等，目前年營運量已超過 9 千餘萬噸。在 2009 年全球國際商港排名為第 86 名。港區不僅集商港、工業港、及漁港於一身，同時也兼具觀光與親水的現代化優質港口，臺中港多功能的定位，除了是臺灣中部最大的國際商港，並且是我國主要能源、重工、石化原料的進口港，憑藉著四通八達的聯外交通優勢，更成為國內最重要的製造、加工出口及物流中心，又是我國境外航運中心指定港，因此蘊藏著無限商機，深具發展潛力(臺中港務局)。

縱使「國際船舶壓艙水及沉積物控管公約」並未達到生效門檻，而臺灣亦非國際海事組織之會員國，但臺中港在臺灣航運運輸上有一定數量，促使臺中港暴露在船舶壓艙水導入外來種之侵襲風險中，未來勢必得順應國際趨勢，建立一套壓艙水管理之辦法因應外來物種入侵的威脅。

臺灣目前對船舶在港內之污水排放有進行嚴格之管制，不易造成影響。然而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可能嚴重影響港域水質原因之一。Endresen (2004)概估全球之壓艙水總運量為每年 3,500 Mton，其中國際與國內貿易各占 2,174 Mton 與 1,300 Mton；此外 Gollasch (2002) 對全球每年壓艙水總排放量之估算為每年 3,000 Mton。全球每日初估約有 3,000~4,000 種生物經由航運擴散至全球各地區，而最近 Streftaris et al.(2005) 之估算值更高達每日 10,000 種，由此可見港域生態與水質的變化明顯受船舶壓艙水之影響。商港內各船舶航運型態，例如其進港頻率及航行時間，亦成為壓艙水後續監測的重要參考依據。本工作項目針對臺中港區域進港船舶排放壓艙水對港域水質之影響，擬先蒐集港區進港船舶之航運資料，並將船舶航運資料做運輸型態分析，透過外來壓艙水排放量之估算進而探討可能之影響結果。工作重點如下：

6.1 資料分析方法

6.1.1 資料來源

由交通部臺中港務局取得 94-98 年度,所有進入臺中港進港船舶航運運輸相關資料，資料內容包含船舶呼號、船名、船籍港、船舶種類、前一港、總噸位、載重噸、航線、進出口貨物噸量等。

6.1.2 排水量分析

以 94-98 年間進入臺中港之船舶資料為依據,分析船舶航運運輸型態，分析資料包含船舶種類、進出口貨量、前一港來源地區等分布與變化情形，但若前一港為臺灣，則取其出發港做分析。先將船舶種類以貨物種類與裝載方式為分類之參考依據，在不同的討論議題中會有部份的分類差異，但大致上分為貨櫃輪、雜貨輪、油輪、客輪、散裝輪、客貨輪、特殊船舶、其他船舶等，八大類型，其中第八類包括未含壓艙水之工作船、交通船、錨船、拖船等，此類船舶則未列入分析範圍。

本研究使用「歐洲模式」(European Form)，如表 6-1 所示，使用此模型估算臺中港壓艙水排放量，其所需之資料包含年度進港艘數(Annual arrivals)、臺中港整體進出口貨物百分比、國內外航線百分比…等。依進出口貨物噸量計算出進出口比例，並將國內外航線分類，了解其所占比例，再將船型分類算出各別船型之進港船舶艘數。使用歐洲模式帶入進出口比例、國內外航線比例、船型、艘數等數值分析船舶帶多少壓艙水入臺中港。

表格內容包含(1)船型；(2)年度進港船舶艘次；(3)船舶載重噸；(4)每船最大壓艙水櫃容量；(5)最大壓艙水櫃容量占載噸之百分比；(6)年度最大壓艙水櫃容量；(7)年度船上壓艙水等，其中船舶載重噸、最大壓艙水櫃容量占載噸之百分比為定值，定值透過平均各船型之船舶載重噸與最大壓艙水櫃容量而得。

計算方法：先計算各船型年度進港船舶艘次之百分比；利用船舶

載重噸、最大壓艙水櫃容量占載噸之百分比此兩定值相乘得到每船最大壓艙水櫃容量；再以年度進港船舶艘次、船舶載重噸、最大壓艙水櫃容量占載噸之百分比三者相乘得到年度最大壓艙水櫃容量；年度最大壓艙水櫃容量與船上壓艙水容量得到年度船上壓艙水，最後各船型壓艙水總量相加，即為年度船上壓艙水量。此年度船上壓艙水量在估計船於進港時船舶保有之壓艙水量，若船舶全部排放時會產生多少壓艙水的估計值。

壓艙水量之估算受到各種船舶貨物操作特性、貨物種類以及貨物量與載重噸之比例影響，除船舶進港資料外，還須參考各類船種之單一貨物運輸量，目前全球對壓艙水量估算有相似之方法，主要還是倚靠港口單位管理，依據航運記錄資料估計壓艙水排放量。在缺乏詳盡之各類船舶貨物裝卸記錄資料下，首先必須先以臺中港務局統計數據計算臺中港進出港貨物總量及各類船型，其中散裝輪之貨物包含玉米、穀物、煤、礦砂...等散裝貨品，油輪則是包含原油和燃料油...等貨物，雜貨輪之貨物則為鋼鐵、機件...等，並依據整體臺中港之各類船舶進港艘次與相關載重噸位，估算整體壓艙水汲取與排放總量。

本年度壓艙水量估算乃改善上年度之工作方法，上年度根據交通部網頁資料計算，由於並無細部資料，故本年度則根據台中港務局每艘船舶之詳細資料計算(各類船型艘數、載重噸與上年度皆有差異，然而以本年度資料較為精確)；並根據模式作者 Gollash 對模式的調整，適度更改船型分類，並且以臺中港每年進港船舶資料為基準，更改進入臺中港船舶各船型平均載重噸，最後修改最後排放量的計算方式。上年度報告以”源自國外壓艙水排放量”為最後壓艙水總排放量，本年度報告則以”年度船上壓艙水量”為最後壓艙水總排放量。上年度報告因作者認為 1DWT 等於 2.8 噸並不準確，並且無法清楚得知船舶壓艙水排放入水道與港口個別的量，且源自國外壓艙水計算方式採用國外貨物百分比計算，此法亦較粗略，本年度故予以刪除，而以 Gollash 建議之”年度船上壓艙水量”為計算之總排放量。

表 6-1 壓艙水排放量估算歐洲模式表格

船型	年度進港船舶艘次		船舶載重噸	每船最大壓艙水櫃容量	最大壓艙水櫃容量占載噸之百分比	年度最大壓艙水櫃容量	船上壓艙水體積	年度船上壓艙水
	船舶數	%	(平均)	(平均)	(平均)	載重噸	載重噸%	載重噸
貨櫃船								
客貨船								
雜貨船								
散裝船								
油輪								
郵輪								
特殊船舶								
總計								

資料來源:Flagella etal., (2006) Shipping traffic amd introduction of non-indigenous organisms: Study case in Italian harbours.

6.1.3 風險評估

風險是一個因為做出了某些行為或是某些行動而產生不願發生的事件，而風險評估就是用來確認這類事件發生的頻率及情況，通常在其評估的過程當中會伴隨著一系列尚未確定的解釋及推估，而壓艙水及底泥帶來的風險便是一種我們不希望在交換壓艙水時會發生的事件。

在分析船舶的來源國及路線之後，有必要為此船舶建立風險程度的判斷，以用來估計可能發生潛在危險的機率，並依此標準加以管理，防止未經安全處理的壓艙水排入港內。《壓艙水公約》之風險評估指導方針 7 中第 6 條對於風險評估所訂定出如表 6-2 的三種方法：(1)環境相似度，透過船舶的來源港與接受港之環境共通性進行比較，調查兩港口環境水體的溫度及鹽度等基本特性、港口中的生物特性等，當兩港口性質相近時，也就代表風險程度較高，會使外來物種入侵的可能性增大；(2)生物地理區特性，可以了解在同一生物地理區的港口環境較為相似，使得外來物種進入後適應性強，對當地原生物種的威脅增高；(3)特定物種評估，因為目前已知有特殊物種的侵襲性較高，便應針對該物種做出詳細的評估，了解可能入侵的機率，並且研擬適當的管理方式來避免來自該物種高風險區域的船舶在港區排放壓艙水。

表 6-2 壓艙水公約規範風險評估之三種方式

評估方式	內容說明
環境相似度評估 (Environmental matching risk assessment)	調查港區的水質：溫度、鹽度等基本資訊，與船舶來源港對照比較，當相似度越高時代表越適合外來種生存，風險也就升高。
生物地理區評估 (Species' biogeographical risk assessment)	比較港區的原生種和外來種的生物地理區特性，了解船舶的來源港是否已有物種入侵至目的港，或由第三港間接入侵至目的港。
特定物種評估 (Species-specific risk assessment)	對於已知有害生物或已經入侵港區的生物進行生物評估，藉此作出必要的預防措施。

另外方針中第 7 條規定了船舶免除檢驗的項目，訂定免除檢驗項目的國家應該提供相關公開資訊，包括了所有的應用設備、風險評估的模式、任何需注意的目標物種、數值標準及其他任何需提供的資訊。若經過評估此船的風險是低的，那麼船舶便可以獲得認可以免除檢驗，但當船舶有中其中一項評估為高風險時，港口國就必須對此船舶的壓艙水記錄簿作更加詳細的調查與檢驗，以確保船上所攜帶的壓艙水是安全的。

表 6-3 列出近期各國或國際間風險評估的發展情形，主要著重在特殊物種的與環境相似度的評估。而各國在其國內已發展風險評估的國家有澳洲、挪威、德國、美國，國際間的合作則有 Globallast。表 6-3 簡述各風險評估的方法，使用環境變數數量、執行期間與目的等。其中，澳洲決策中心、挪威採用特殊物種作為風險評估的方法；而 Globallast、澳洲昆士蘭、北歐、德國則採用環境相似度評估方法來執行風險評估。

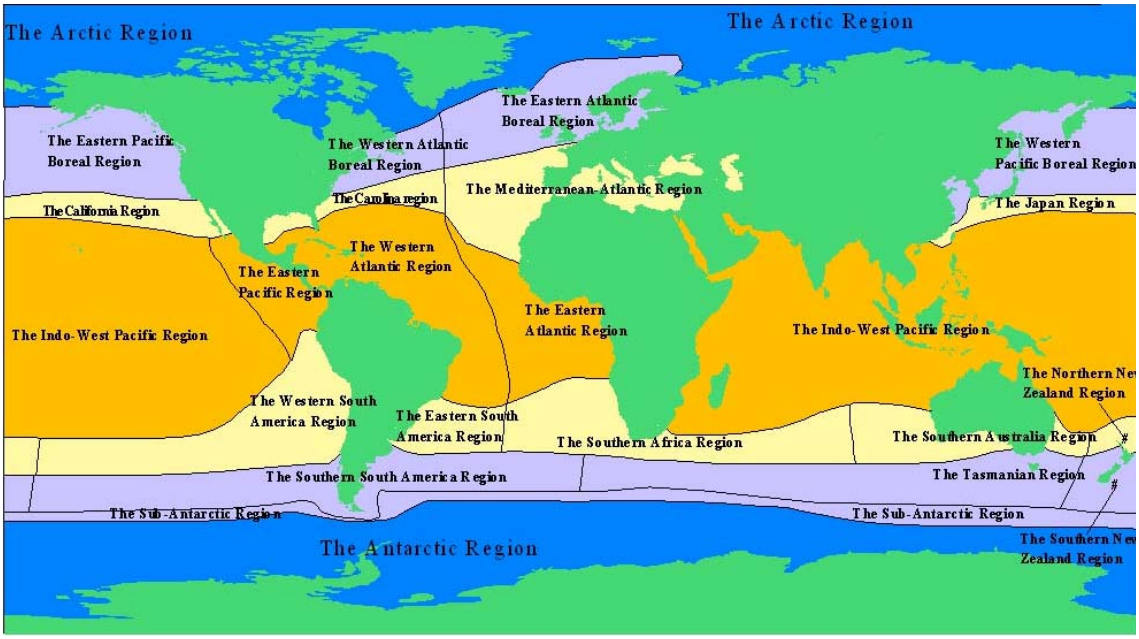
本研究採用環境相似度此方法，比對全球各來源港口與臺中港海域內溫度與鹽度之相似程度，以相似程度之高低區分吻合之國家海域或港口，並在此分析法中加入航程分析，藉以了解距離對外來種存活的影響，距離越短則外來生物在壓載艙內尚未因環境條件改變而死亡之際即被排出，若環境條件與原有地區相似則有可能存活，故侵襲下一港之風險極高。

港口溫度評估使用 Ekman(1953)與 Briggs(1974)的生物地理區域圖，圖 6-1 將生物地理區劃分為四區，分別為熱帶、溫帶、寒帶與極區，劃分在同區的地理區域有較相近的生物物種與特性，藉此分析來源港口所在的生物地理區圖之區位並與臺中港比較。表 6-4 列出各溫度帶之風險高低，和臺中港同屬溫帶區之港口為高風險之地區積分為 3，相鄰之寒帶區或熱帶區為中度風險區積分為 2，位於極區者為低風險區積分為 1 分。

表 6-3 壓艙水風險評估法

名稱	方法摘要	方法	環境變數	endpoint	時間單位	目的	日期	參考文獻
澳洲決策支援系統	生物入侵處理四步驟：來源港傳染、船舶傳染、航程存活率、在接收港的存活率	特殊物種、量化	1	目標物種在接收港完成生命週期	月	辨識低風險路徑、船舶、壓載艙	1997-迄今	Hayes and Hewitt(2000, 2001)
Globallast	地區間的環境相似度、種源港內目標物種的比例、接種引入因子(inoculation factors)	環境相似度、半量化	37	確認並排序港口的風險高低	季	提升意識並建議港口間壓艙水策略管理	2002-2004	Clark et al. (2003)
挪威壓艙水評估	方法一：種源港與來源港的環境吻合度方法二：生物入侵處理四步驟：來源港傳染、船舶傳染、航程存活率、在接收港的存活率	特殊物種、量化	2	目標物種在接收港完成生命週期	月	辨識低風險路徑、船舶、tanks	1998-迄今	Behren et al. (2002); Haugom et al. (2002)
北歐港口風險評估	種源港與來源地區的環境吻合度、列出潛在危險物種	環境相似度、特殊物種、質化	5	N/A-危險分析	年	辨識高風險路徑與北歐國家之物種	1998/1999	Gollasch and Leppakoski (1999)
澳洲昆士蘭港口合作系統	地區間的環境相似度、種源港港內目標物種的比例、接種引入因子(inoculation factors)	環境相似度、半量化	37	確認並排序港口的風險高低	季	提升意識並建議港口間壓艙水策略管理	1995-1997	Hilliard et al. (1997a, b); Hilliard and Raaymakers(1997)
腰鞭毛蟲生物經濟風險評估	評估在地繁殖的可能性、繁衍、外來腰鞭毛蟲的衝擊	特殊物種、量化	1	旅遊業與養殖業衝擊	年	Gymnodinium catenatum 在養殖業與旅遊業的經濟衝擊	1993/1994	AQIS (1994)
德國壓艙水風險評估	種源港與來源港的環境吻合度	環境相似度、特殊物種、質化	2	N/A-危險分析	年	辨識載德國水域高風險的路徑與物種	1992-1996	Gollash(1996)
五大湖風險評估	物種容忍度、在無壓艙水船上物種的濃度	量化	2	目標物種在行程的存活率	航程	對進入五大湖無壓艙水在船上的船進行評估	2002	Maclzaac et al. (2002)

資料來源: Barry C.,(2008), Ballast water risk assessment: principles, processes, and methods.



資料來源：Ekman (1953) Zoogeography of the Sea and Briggs (1974) Marine Zoogeography.

圖 6-1 生物地理區域

表 6-4 溫度吻合風險程度

	來源港			
接受港	極區	寒帶	溫帶	熱帶
極區	高,3	中,2	低,1	低,1
寒帶	中,2	高,3	中,2	低,1
溫帶	低,1	中,2	高,3	中,2
熱帶	低,1	低,1	中,2	高,3

鹽度相似度分析則依據 2009-2010 年的勞氏港口指南內紀錄之港口密度(Lloyds Register/Fairplay, 2009)，將之轉換成當海水溫度 8 度時的鹽度，以各港口平均鹽度之差值來區分入侵風險大小。表 6-5 列出上一港或出發港與臺中港比較之風險評估表，與臺中港鹽度差值上下 3psu，鹽度在 27-34psu 之間的港口列為高風險區域積分為 3，而鹽度值上下差 3-5psu 則為中度風險區積分為 2，鹽度值相差 5psu 以上積分為 1，列為低風險區。

表 6-5 鹽度風險程度

港口	鹽度	高危險	中度危險	低危險
臺中港	30.9	27-34	25-27 34-36	>36 <25

航程風險分析則分析上一港或出發港距臺中港航程距離，以海況平穩航速 20 浬航行為基準，如表 6-6 所示，上一港或出發港口與臺中港之航程可於 3 天抵達者，列為高風險區域，因亞洲區航行至臺中港之行程天數亦大多在 3 天以內，在此短期間，壓艙水內生物存活率較航程長者為高，因此提高外來物種藉由船舶壓艙水排放而進入臺中港區的可能性(Gollasch et al., 2000; Olenin et al., 2000)，故其積分為 3，航程距離三至十天內列為中度風險區，積分為 2，需航行十天方能抵達臺中港的上一港則為低風險區，積分為 1。

表 6-6 航程風險表

航程(浬)	航程(天數)	風險程度
0-1500	<3	高,3
1500-4500	3-10	中,2
>4500	>10	低,1

6.2 結果分析

6.2.1 進港船舶運量等基本資料

由臺中港資料分析得知，舶舶總艘數從 94 年度 5,696 艘至 98 年度 6,462 艘有緩慢上升的趨勢；總噸位也由 73,283,975 噸上升至 86,253,547 噸。在貨物進出口量與貨物吞吐量(進出口貨量加國內航線貨運量)方面，從 94 年至 95 年有明顯成長外，其他年度呈現平穩的趨勢(圖 6-2-6-4)。此五年間，以 96 年度與 98 年度進港艘數最多，但總噸位與貨物進出口量則由 98 年度居冠分別為 86,253,547 噸 48,715,674 噸。而在貨物吞吐量方面，雖然 95 年度總噸位排名第二，但其貨物吞吐量 53,401,514 噸為五年間最多；且由表 6-7 貨物進出口量與吞吐量比較之差可知，95 年度國內運輸貨量位居倒數第二僅有 5,191,435 噸。

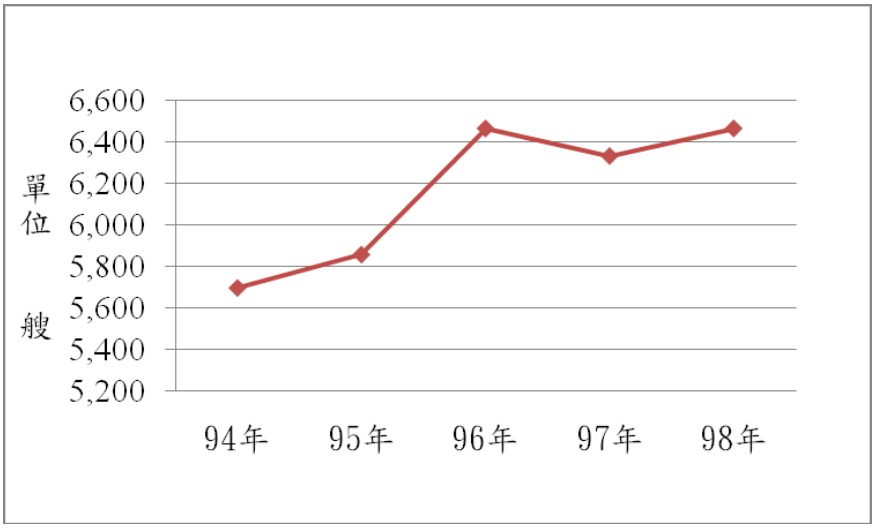


圖 6-2 臺中港 94-98 年船舶艘次變化

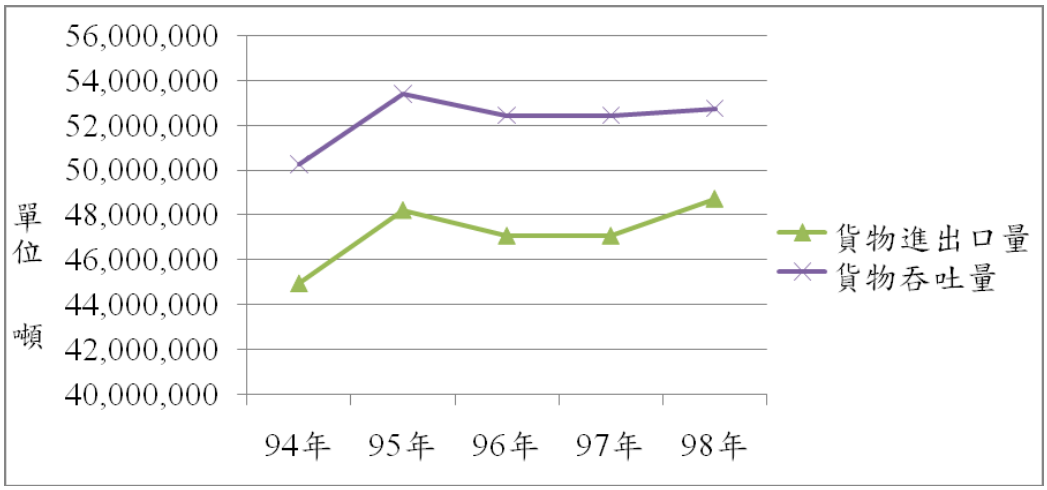


圖 6-3 臺中港 94-98 年度貨物進出口量與吞吐量變化

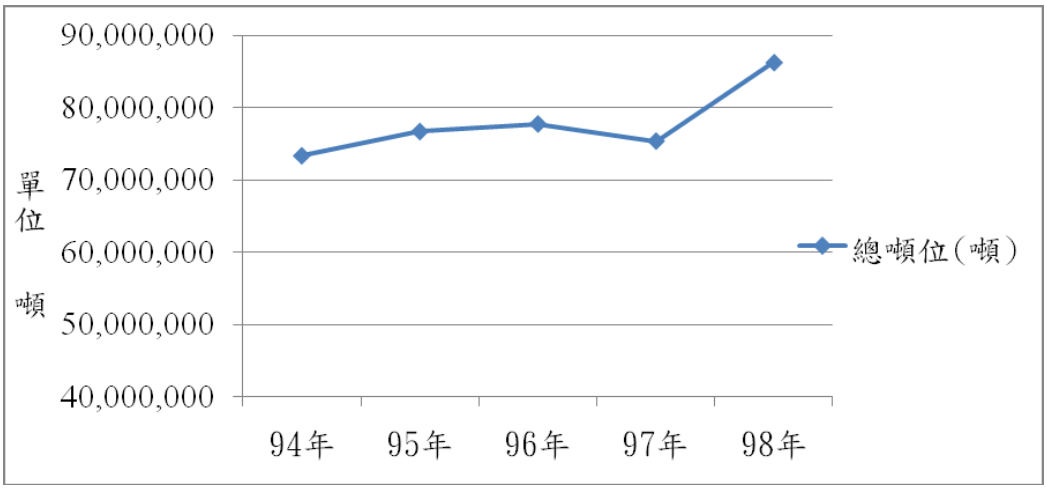


圖 6-4 臺中港 94-98 年船舶總噸位變化

表 6-7 臺中港 94-98 年度艘數、總噸位、貨物量

年度	總艘數	總噸位 (噸)	貨物進出口量 (噸)	貨物吞吐量 (噸)	國內運輸量 (噸)
94 年	5,697	73,283,975	44,951,479	50,256,797	5,305,318
95 年	5,857	76,659,076	48,210,079	53,401,514	5,191,435
96 年	6,462	77,722,824	47,072,337	52,438,020	5,365,683
97 年	6,330	75,329,849	47,072,337	52,438,020	5,365,683
98 年	6,462	86,253,547	48,715,674	52,746,527	4,030,853
總計	30,808	389,249,271	236,021,906	261,280,878	25,258,972

1. 船舶運輸型態分析

船舶航運型態依據貿易需求具有相當廣泛之變化，Barry et al. (2008)建議在規劃壓艙水管理及作業程序時，應將船舶之航運運輸型態列入考慮。航運運輸型態分析是以國外地區航線為主，透過航運型態的分析來探討 94-98 年間臺中港進港船舶種類、船旗國、前一港來源地區之分布情形，將所分析出之臺中港進港船舶航運特性變化，作為臺中港壓艙水導入外來種研究之依據以及後續擬定臺中港壓艙水管理辦法之參考。

一般船舶大多分為貨櫃輪、雜貨輪、礦砂輪、散裝輪、冷藏輪、油輪、液化瓦斯輪、水泥船、客輪...等(廖，2006；林等人，2006)。將船舶種類依照貨物裝載運送與裝卸特性可分成八大類，第一類為以貨櫃裝載貨物之全貨櫃及半貨櫃輪；第二類為可運載乘客與貨物兼具的客貨兩用輪；對於沿用已久之傳統式捆裝貨貨船、裝載件貨或鋼鐵材的貨船為第三類雜貨輪；第四類船舶為裝載散貨之散裝輪，裝載之貨物大多為煤炭、穀類、糖類、礦砂、鹽類、水泥、肥料...等；第五類為運送油品之油輪；載客專用之郵輪為第六類；冷凍船與汽車船則歸類於特殊用途為第七類；最後一類為其他船舶，此類船舶不排壓艙水或僅於內港使用之船舶，包含工作船(工作平臺船、工作駁船)、拖船、交通船、受泥船、挖泥船、拋石船、載重平臺船、測量船、遊艇、錨

船、打樁船、佈管線船、載客小船...等。表 6-8 為臺中港 94-98 年進港船舶種類分類表。

在艘次方面，由表 6-9 可知，以雜貨輪、散裝輪與油輪居多，客貨兩用船與郵輪只有個位數進出港，圖 6-5 顯示各種船型進艘次變化不大，其中雜貨輪進港艘次逐年下降，貨櫃輪較其他船型波動較大，其他船型呈現穩定趨勢(圖 6-6)。

表 6-8 臺中港 94-98 年進港船舶種類

船舶種類	裝載貨物
貨櫃船	全貨櫃、半貨櫃、貨櫃
客貨船	旅客、貨物
雜貨船	鋼鐵、機件、件貨
散裝船	煤炭、穀物、鹽類、礦砂、礦石、水泥、糖類
油輪	原油、油品、化學品、化學液體、固體化學
郵輪	客輪
特殊船舶	冷凍船、汽車船
其它	工作船(工作平臺船、工作駁船)、拖船、交通船、受泥船、挖泥船、拋石船、載重平臺船、測量船、遊艇、錨船、打樁船、佈管線船、載客小船

表 6-9 臺中港 94-98 年進港船舶艘數變化

船型	94 年	95 年	96 年	97 年	98 年	總計
貨櫃船	169	174	188	200	192	923
客貨船	1	4	1	2	5	13
雜貨船	481	504	433	440	362	2,220
散裝船	316	331	355	363	357	1,722
油輪	395	382	407	351	383	1,918
郵輪	0	1	2	2	6	11
特殊船舶	26	29	20	18	25	118
其它	31	39	86	116	92	364
總計	1,419	1,464	1,492	1,492	1,422	7,289

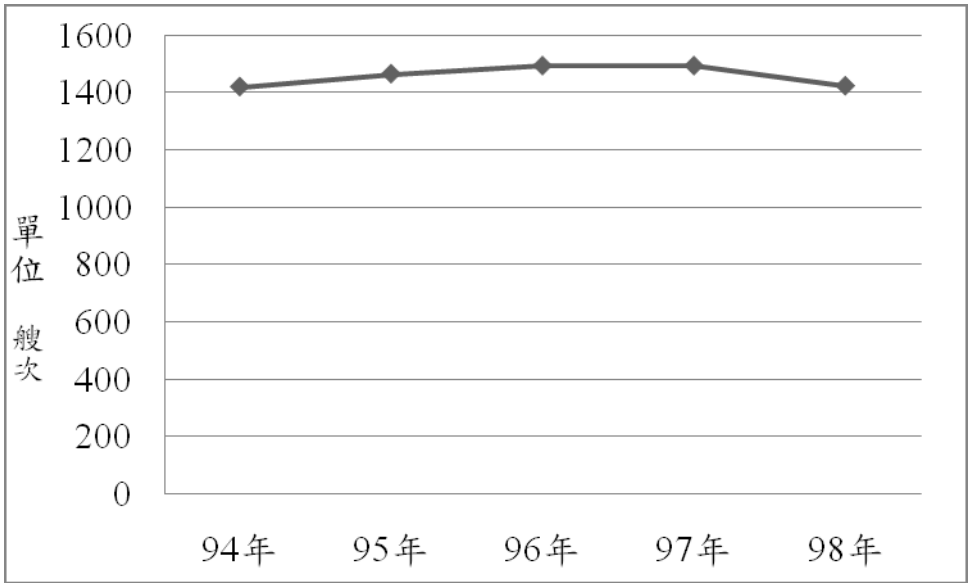


圖 6-5 臺中港 94-98 年度艘次變化

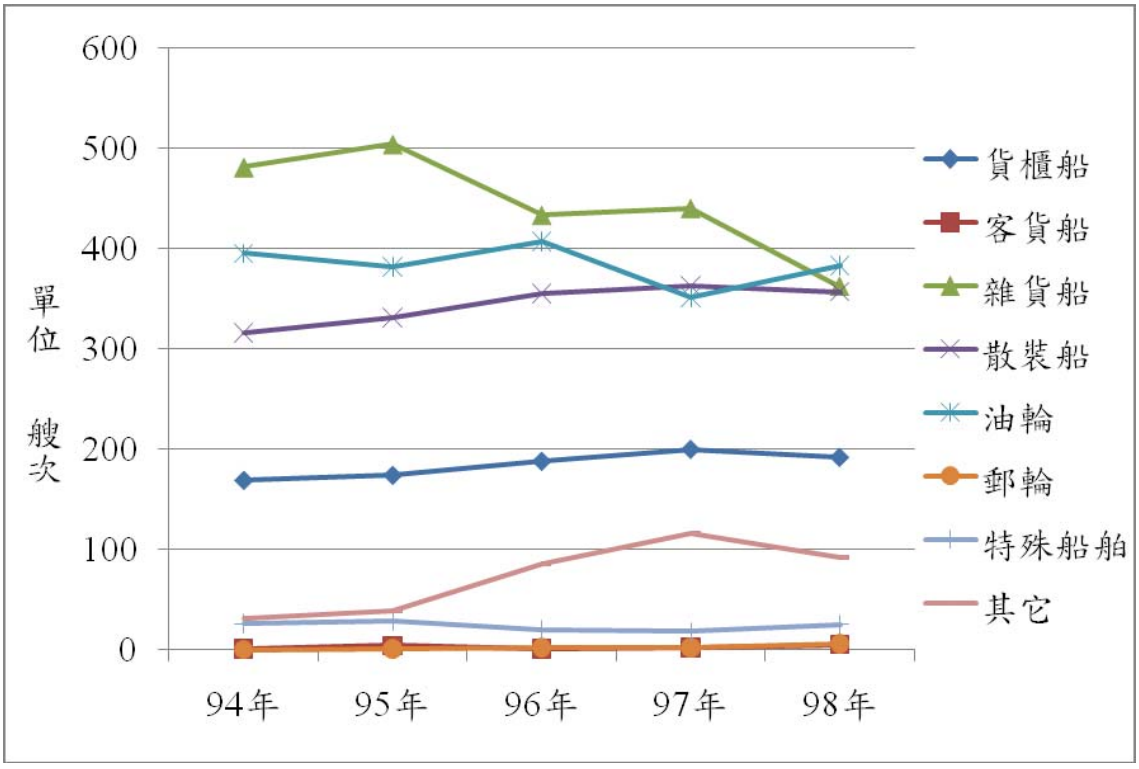


圖 6-6 臺中港 94-98 年進港船舶艘次變化

2. 船舶船旗國

船舶所屬之船籍(船舶國籍)可由該船所懸掛之船旗來辨別(水上千之，2000)，若船籍登記為巴拿馬籍之船舶，應於船舶航行時懸掛巴拿馬國家之國旗，則該船舶之所屬船旗國為巴拿馬，亦即其所擁有之國籍為巴拿馬籍。對於船旗國在船舶管理上之規定，聯合國海洋法公約第 211 條第 2 款規定和第 217 條第 1 款規定分別提及船旗國應制定法律和規章以防止、減少和控制該國船舶對海洋環境的污染，且各船旗國應確保懸掛其國旗或在登記於其國內之船舶，皆能遵守船舶海洋污染防治之相關法規，船旗國應使法律和規章有效執行，不論違反行為在何處發生。

船舶船籍的選擇因素主要在於經濟方面的考量，例如：較低的稅賦徵收、節省營運成本，所謂的權宜船籍(Flag of Convenience, FOC)便是航商為了因應航業高度競爭，圖謀生存發展而將船舶向他國登記入籍，除繳納少許登記費用及常年噸位稅(Annual Fee)外，不須繳納營業稅捐，也較少會顧及船旗國對船舶航行安全及污染標準的檢查，僱用船員標準亦較不受限制，使營運的成本大為降低(林，1997)。換言之，船舶所有人之所以選擇將船舶登記為權宜船籍的原因可分成(水上千之，2000)：

(1) 稅金方面：因稅金的徵收較低，而成為船舶所有人獲得經濟利益的主要來源以及選擇登記為權宜船籍的主要原因。

(2) 安全方面：關於船舶之相關安全規定，在達不到自身國家之檢驗標準時，可能就會選擇將船舶登記至權宜船籍之國家，逃避相關之船舶安全檢驗，讓船舶得以航行運作。

(3) 營運費：權宜船籍的船員費用與營運費用較低，也是船舶所有人選擇登記之主要原因之一。

(4) 國家沒有嚴格的限制：對於權宜船籍之船旗國與船舶兩者之間的關聯較不嚴謹，對於船舶之控管也比較不嚴格。

由此可知，權宜船籍的使用是船舶所有人提高自身競爭優勢的方式，促使其藉由船籍的選擇，獲得較大的營運經濟利益，且因船旗國對於控管船舶方面較為鬆散，故懸掛船旗國國旗之船舶可規避因船舶污染所帶來之責任與賠償。

至 2010 年 12 月 2 日為止，國際海事組織網站上列出許多船旗國國家已簽署壓艙水公約或是已有擬定國內壓艙水管理辦法，如表 6-10 所示，有阿爾巴尼亞、吉里巴斯、馬爾地夫、墨西哥、聖克里斯多福、獅子山和西班牙…等 27 個國家，佔全球商船總噸位的 25.32%，是已簽署壓艙水公約之國家；阿根廷、喬治亞、以色列和立陶宛等 15 個國家則是已在該國家內擬定壓艙水管理辦法。

表 6-11 為全球權宜船籍之國家，表中列出臺中港進港船舶懸掛船旗國國旗艘次的百分比。在 94-98 年間，臺中港進港船舶以懸掛巴拿馬旗之船舶占 51%居冠，其次為南韓與新加坡皆占 8.2%，第三為賴比瑞亞占 7.3%。

目前全球前十大船旗國各別為巴拿馬、賴比瑞亞、巴哈馬、馬紹爾群島、馬爾他、塞浦路斯、英屬地曼島(Isle of Man)、安地卡及巴布達、百慕達和聖文森，截至 2008 年之統計，上述之前五大船旗國同時為權宜船旗國，這些國家同時也掌控了船旗註冊的市場，登記於這國家的船舶噸位由 27.9 百萬載重噸增加至 431.9 百萬載重噸(UNCTAD,2008)，在此前十大船旗國中，居於領先的巴拿馬以 252.6 百萬載重噸佔全世界 22.6%，其次是賴比瑞亞 117.5 百萬載重噸，佔 10.5%。

表 6-10 簽署壓艙水公約或擬定壓艙水管理辦法之國家

國家	簽署壓艙水公約	國內壓艙水管理辦法
阿爾巴尼亞 Albania	●	
安地卡 Antigua & Barbuda	●	
阿根廷 Argentina		●
澳洲 Australia		●
巴貝多 Barbados	●	
巴西 Brazil	●	●
加拿大 Canada	●	●
智利 Chile		●
庫克群島 Cook Islands	●	
克羅埃西亞 Croatia	●	
埃及 Egypt	●	
法國 France	●	
喬治亞 Georgia		●
以色列 Isreal		●
肯亞 Kenya	●	
吉里巴斯 Kiribati	●	
立陶宛 Lithuania		●
賴比瑞亞 Liberia	●	
馬來西亞 Malaysia	●	
馬爾地夫 Maldives	●	
馬紹爾群島 Marshall Islands	●	
茅利塔尼菲 Mauritania	●	
墨西哥 Mexico	●	
荷蘭 Netherlands	●	
紐西蘭 New Zealand		●
奈及利亞 Nigeria	●	
挪威 Norway	●	
巴拿馬 Panama		●
祕魯 Peru		●
南韓 Republic of Korea	●	
聖克里斯多福 Saint Kitts and Nevis	●	
獅子山 Sierra Leone	●	
南非 South Africa	●	
西班牙 Spain	●	
瑞典 Sweden	●	
敘利亞 Syrian Arab Republic	●	
吐窪魯 Tuvalu	●	
美國 United States		●
英國 United Kingdom		●
俄羅斯 Russia		●
烏克蘭 Ukraine		●

註：●代表有簽署壓艙水公約的國家或已有國內壓艙水管理辦法

資料來源：IMO,2010；Lloyd's, 2009

表 6-11 全球權宜船旗之國家

洲別	國名	英文	占臺中港進港艘次(%)
美洲	宏都拉斯	Honduras	0%
	巴拿馬	Panama	51%
	百慕達	Bermuda	0%
	巴哈馬	Bahamas	3%
	巴貝多	Barbados	0%
	貝里斯	Belize	3.4%
	開曼群島	Cayman Islands(UK)	1.2%
	哥斯大黎加	Costa Rica	0%
	馬紹爾群島	Marshall Islands	3.5%
	牙買加	Jamaica	0%
	聖文森	St. Vincent	2%
	荷屬安地列斯	Netherlands Antilles	0%
	海地	Haiti	0%
	玻利維亞	Bolivia	0.1%
	安地卡及巴布達	Antigua and Barbuda	1.8%
亞洲	柬埔寨	Cambodia	3.3%
	蒙古	Mongolia	0.4%
	斯里蘭卡	Sri Lanka	0%
	南韓	South Korea	8.2%
	喬治亞	Georgia	0.4%
	緬甸	Myanmar (Burma)	0.1%
	新加坡	Singapore	8.2%
	黎巴嫩	Lebanon	0%
歐洲	德國國際船舶	German International Ship	0.3%
	法國國際船舶	French International Ship	0.1%
	直布羅陀	Gibraltar(UK)	0%
	馬爾他	Malta	2.6%
	塞浦路斯	Cyprus	2.9%
非洲	索馬利亞	Somalia	0%
	摩洛哥	Morocco	0%
	模里西斯	Mauritius	0%
	赤道幾內亞共和國	The Republic of Equatorial Guinea	0%
	賴比瑞亞	Republic of Liberia	7.3%
	科摩洛	Comoros	0%
	聖多美普林西比民主共和國	Democratic Republic of Sao Tome and Principe	0%
大洋洲	東加	Kingdom of Tonga	0%
	萬納度	Vanuatu	0.2%

資料來源：International Transport Workers' Federation, ITF

94-98 各年臺中港進港船舶前十大主要國籍別進港艘次如表 6-12 所示。主要是由巴拿馬、賴比瑞亞、中華民國、新加坡、韓國、馬爾他、巴哈馬等所組成，其他國家尚有聖文森、貝里斯、馬紹爾群島、荷蘭、柬埔寨和伊朗...等 30 多個國家。此五年間，其中以懸掛巴拿馬旗之船舶年年居冠，第二位則由中華民國與南韓交替，對照表 6-9 船舶變化艘次可知，前十大船旗國總計部分，每年占臺中港總進港艘次的 70%~80%。由圖 6-7~6-8 可知，臺中港進港船舶中以懸掛巴拿馬國旗船舶之艘數居冠占 51%，其次為國輪占 9%，新加坡以及南韓居於第三各占 8%，賴比瑞亞位居第四占 7%，其餘船旗國則占 0 至 4%。

表 6-12 臺中港入港船舶艘次前十大船旗國家

國家	94 年	95 年	96 年	97 年	98 年	總計
臺灣	71	94	114	93	89	461
巴拿馬	558	558	525	543	538	2,722
巴哈馬	30	32	32	35	30	159
貝里斯	40	53	38	27	21	179
柬埔寨	22	44	50	45	16	177
馬紹爾群島	16	30	43	47	51	187
南韓	80	99	93	92	71	435
塞浦路斯	35	28	31	33	29	156
新加坡	73	76	104	89	97	439
賴比瑞亞	62	78	78	88	81	387
總計	987	1,092	1,108	1,092	1,023	5,302

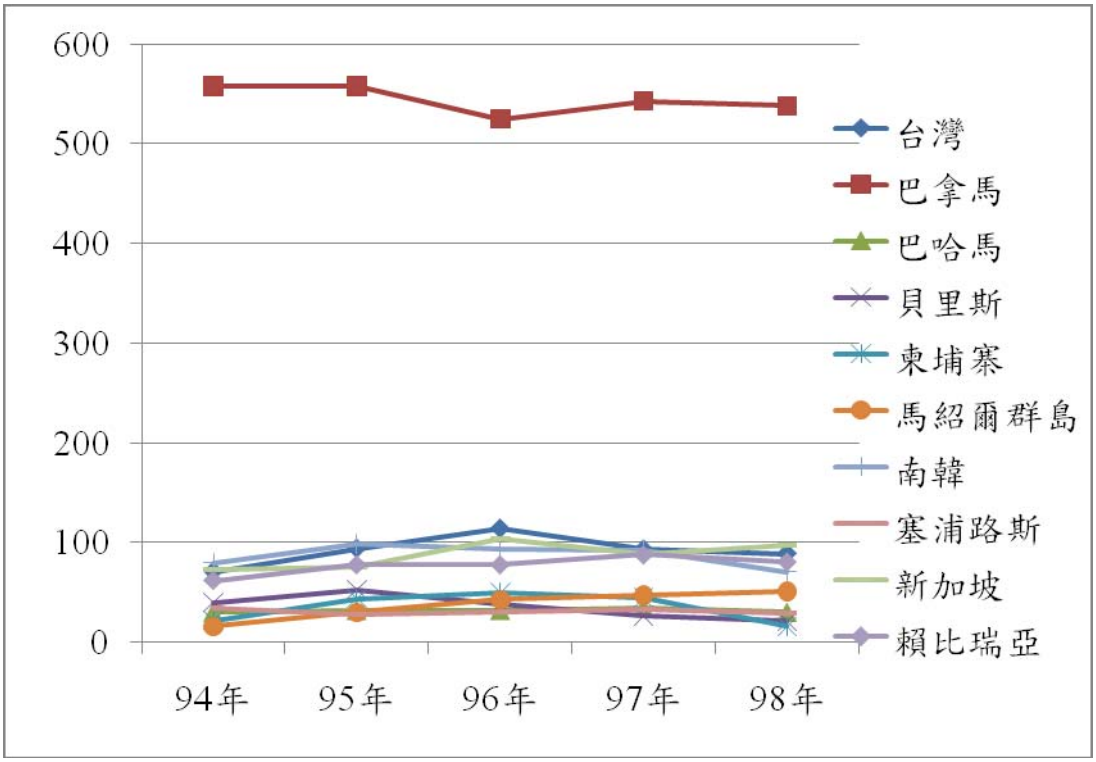


圖 6-7 臺中港 94-98 年進港船舶各船旗國艘次

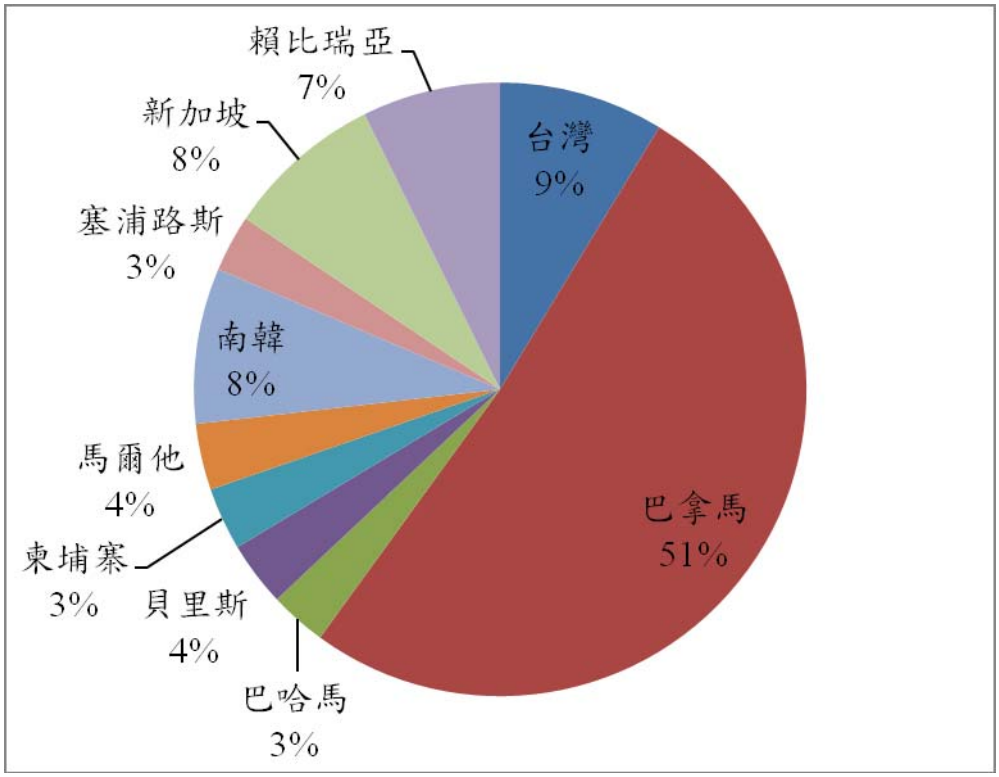


圖 6-8 臺中港 94-98 年進港船舶各船旗國比例

3. 進港船舶前一港所屬國家地區

船舶裝載壓艙水之地區依航線或各國貨物貿易型態而所不同，列出前一港地區主要是為了確認裝載壓艙水來源區域以及辨識壓艙水內所含生物體之來源。

由臺中港務局的數據統計整理成表 6-13 得知，可看出臺中港進港船舶的前一港大多來自於亞洲地區，占 95%，其中 21%來自於國內其他港口，詳細內容見圖 6-9~6-10。表 6-13 顯示臺中港進港船舶上一港多為臺灣港口，但經由整理船型與航線發現，進臺中港的船舶大多為貨櫃船與散裝船，加上本國貿易型態得知，我國須從國外進口工業原料與用品，故可推測其上上港大多為國外，故不可輕忽此種船舶排放壓艙水所帶來之風險。在亞洲其他國家，其中上一港以日本港口數量為最多(6,406 艘)，其次為港澳(5,173 艘)、韓國(3,192 艘)及中國(2,460 艘)；另外尚有亞洲其他國家以及亞洲外其他地區國家。臺中港 94-98 各年進港船舶之來源前一港所屬主要國家百分比，如圖 6-11~6-15 顯示 94 年度至 98 年度臺中港進港船舶上一港來自各洲的比例，94-98 年進港船舶主要前一港所屬區域以亞洲區為主，其次為紐澳地區占 2.3%，其他各洲的比例亦較紐澳少。

若以一般航行於平穩海面時之情況而言，參考目前國內海運公司航期表後，估算由亞洲地區航行至臺中港之航程天數約在一個星期以內；澳洲地區之航程多在 2-3 星期中；非洲地區之航程則需花費約 4 星期；經蘇伊士運河或非洲地區航行至歐洲地區之航程約為 4-5 星期；美洲地區(經巴拿馬運河)之航程則大約為 4 星期左右。

由於全球航運交錯相連之供需互相牽制，以貨櫃輪而言，若要改變船舶航線內所停靠之港口數量或港口順序動線，通常面臨牽一髮而動全身的考驗(陳，2006)，亦即所有單一船舶之運輸航線並非只停靠於單一固定港口，在其航線內通常依據貨物營運之供需來規劃其停靠港口，因此船舶所屬航線僅能用以研判其可能之航行途徑及主要行經洲區別，而非其所停靠之港口洲區。

日本從 1990 年開始至 2006 年都曾發生過藻華事件；韓國為 1999 年至 2006 年間有藻華事件發生；中國大陸與香港則是有害藻華頻傳之地區；菲律賓所發生之 *Prorocentrum minimum* 藻華事件主要造成當地箱網養殖漁業資源的崩盤；其中南中國海區域之國家如中國珠江河口、菲律賓馬尼拉灣、越南、馬來西亞(沙巴)亦是藻華事件頻傳(Wang et al.,2008)，由於上述這些地區都跟臺中港往來密切，因此更要注意壓艙水從這些地區所帶來的藻華或其他生物上的危害。目前國際上所通過之壓艙水管理程序多要求船長要避免在藻華地區汲取壓艙水(IMO, 1997)，因此對於船舶壓艙水導入如有害藻華或毒藻等外來種生物具有較高度之防範意識。

表 6-13 臺中港 94-98 年進港船舶上一港國家累積表

國家	94 年	95 年	96 年	97 年	98 年	94-98 年總計
臺灣	2,309	1,603	736	639	674	5,961
日本	1095	1,403	1487	1313	1108	6,406
韓國	593	540	715	801	543	3,192
港澳	473	871	1420	1422	987	5,173
印尼	308	412	340	352	314	1,726
印度	3	5	9	9	1	27
越南	165	139	143	110	149	706
泰國	101	82	98	97	165	543
菲律賓	62	45	33	64	81	285
新加坡	66	73	96	96	127	458
馬來西亞	144	77	109	98	91	519
緬甸	0	1	3	4	5	13
巴基斯坦	0	0	0	0	1	1
汶萊	0	0	0	0	1	1
中國	69	223	292	391	1485	2,460
孟加拉	0	1	0	0	0	1
柬埔寨	0	0	44	50	46	140
伊朗	0	0	0	0	0	0
斯里蘭卡	1	0	0	0	0	1
紐澳	80	112	142	151	162	647
中東	11	10	31	45	30	127
非洲	7	11	12	8	18	56
中南美	27	19	23	27	36	132
北美	56	62	78	64	76	336
東歐	51	60	66	32	46	255
西歐	15	11	4	4	5	39
南太平洋小島	6	5	7	9	2	29
總計艘數	5,642	5,765	5,888	5,786	6,153	29,234

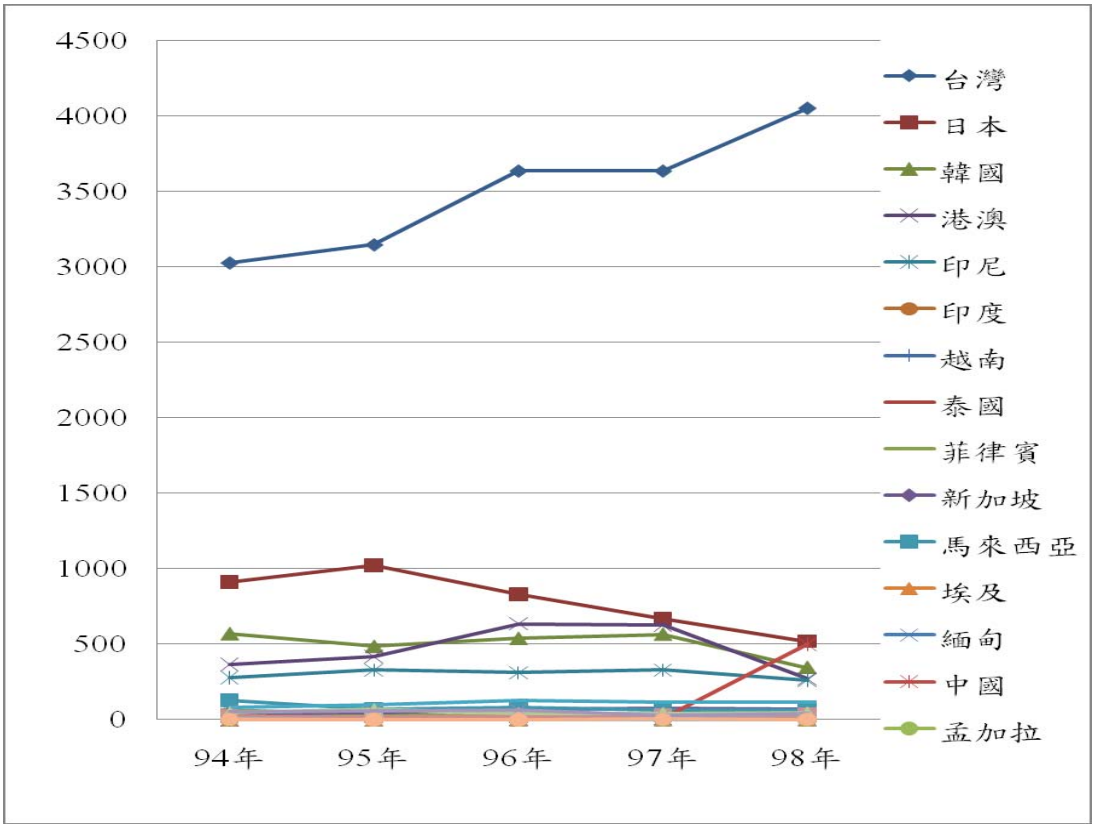


圖 6-9 臺中港 94-98 年進港船舶前一港所屬來源

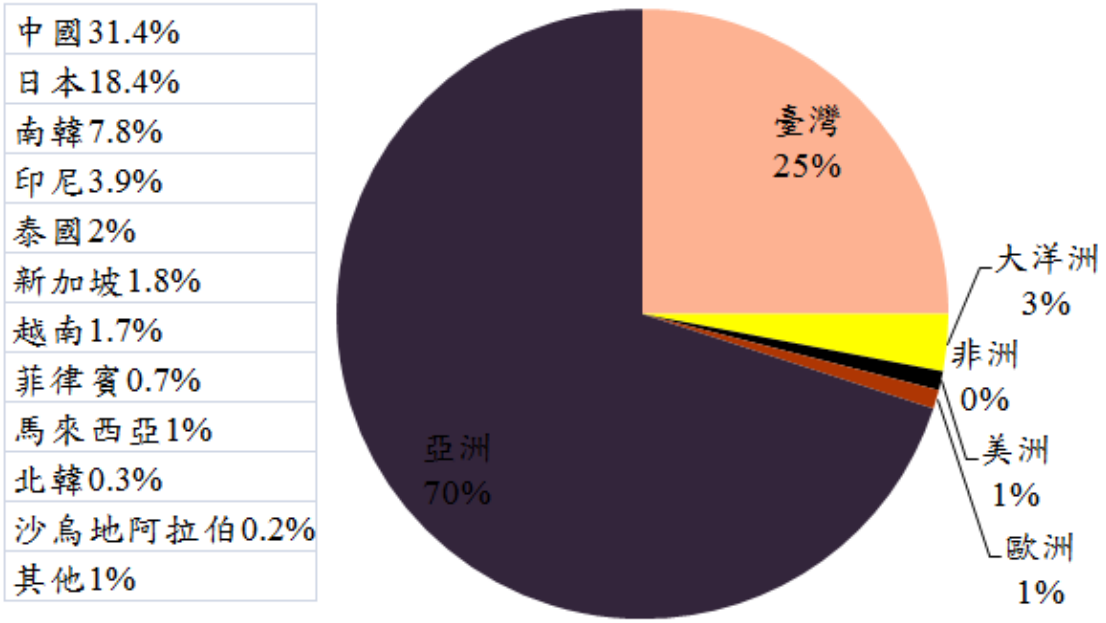


圖 6-10 臺中港 94-98 年進港船舶前一港所屬來源

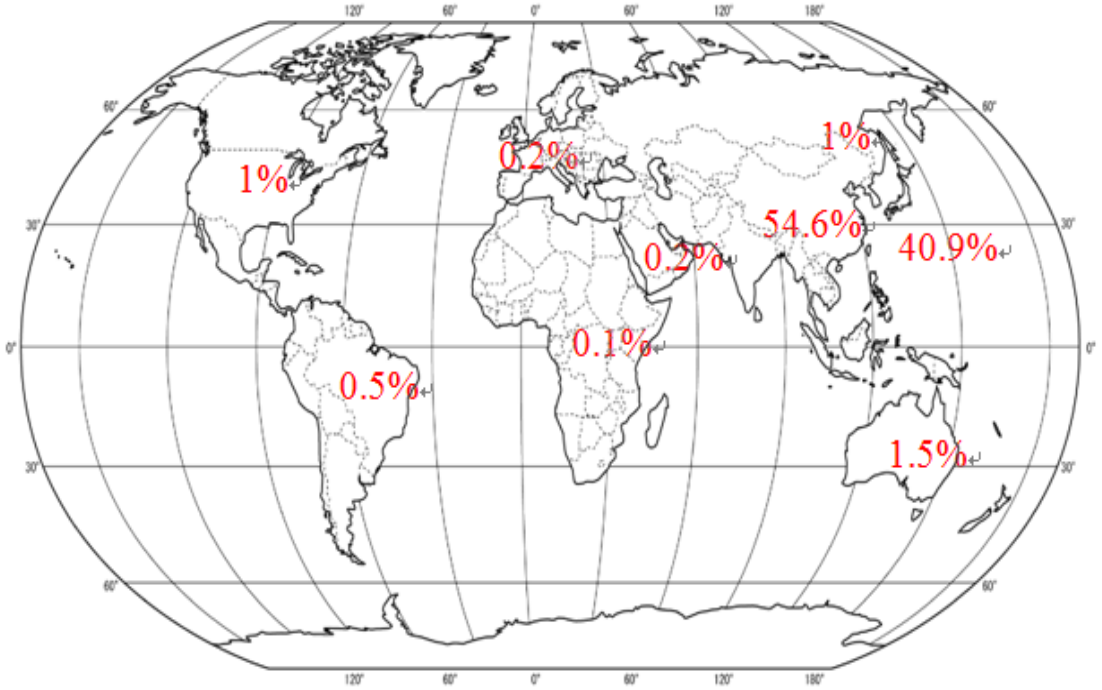


圖 6-11 94 年臺中港進港船舶前一港所屬區域累計百分比

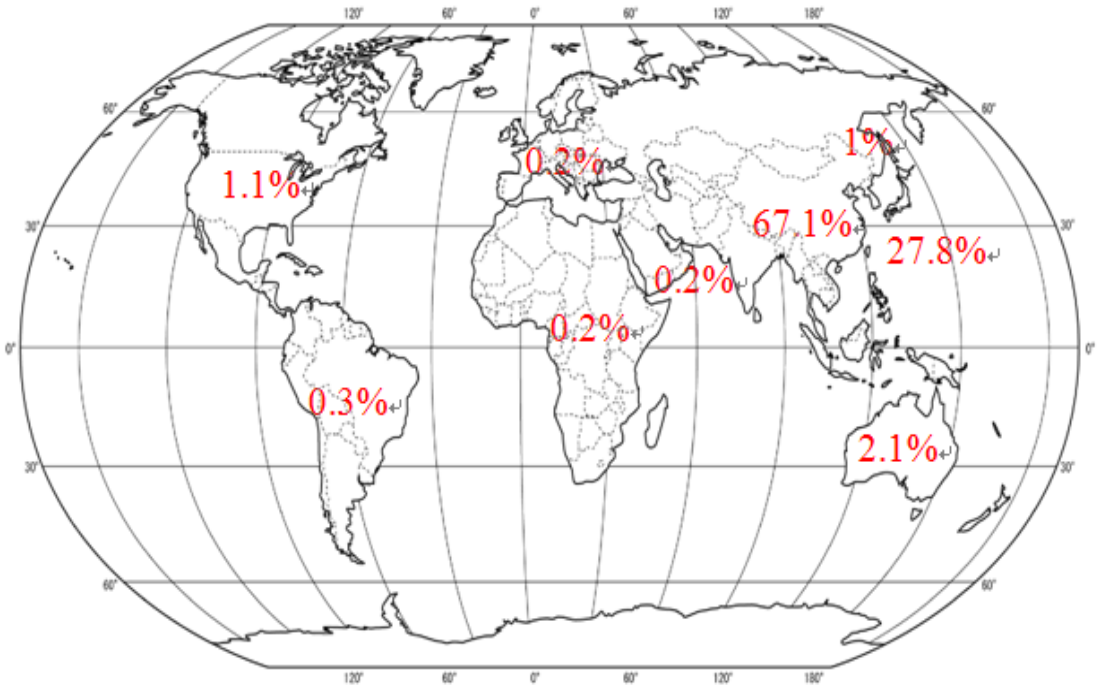


圖 6-12 95 年臺中港進港船舶前一港所屬區域累計百分比

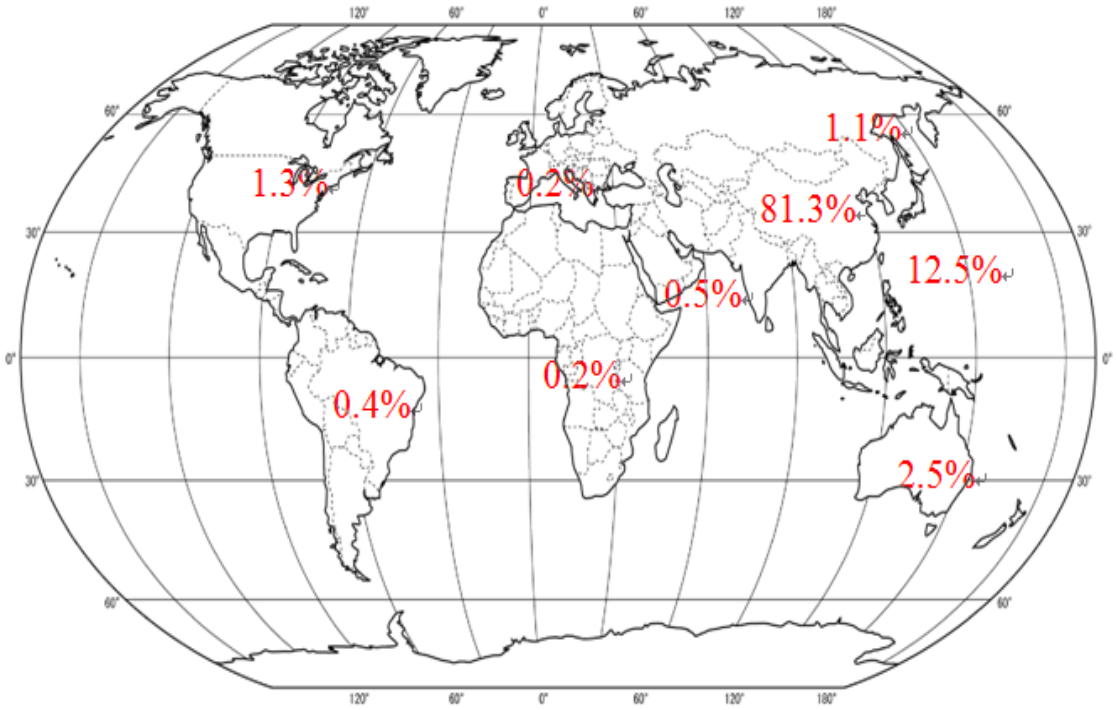


圖 6-13 96 年臺中港進港船舶前一港所屬區域累計百分比

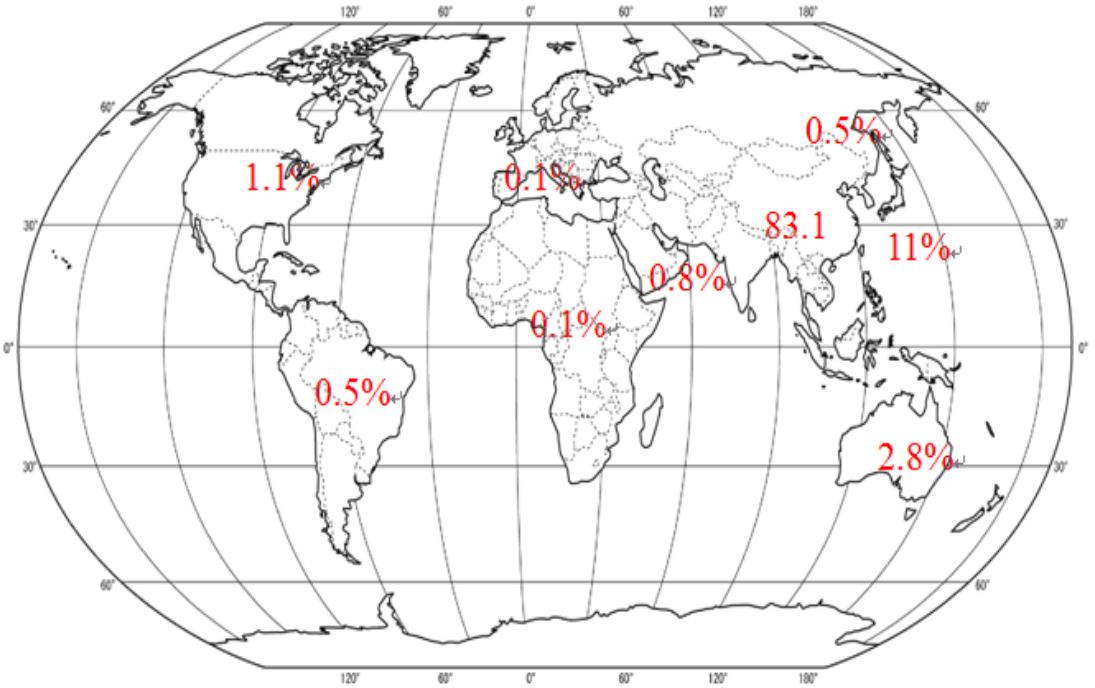


圖 6-14 97 年臺中港進港船舶前一港所屬區域累計百分比

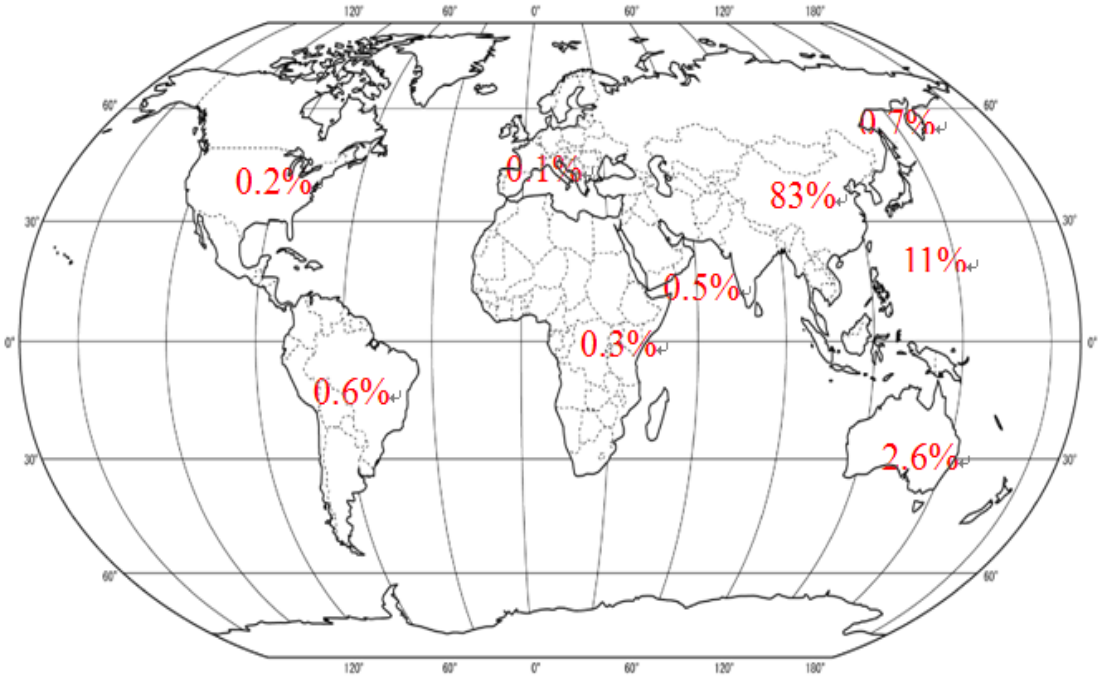


圖 6-15 98 年臺中港進港船舶前一港所屬區域累計百分比

6.2.2 壓艙水排放估算

一般壓艙水排放量可透過港口之航運運輸資料來估算，Gollasch (1995)之歐洲模式(European Form)是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量百分比和國內外船舶艘數百分比，計算外來壓艙水排放量，所需資料包含年度進港艘次(Annual arrivals)、各類船舶之載重噸(DWT of ships)、最大壓艙水櫃容量(Maximum Ballast Tank Capacity per ship)、最大壓艙水櫃容量佔載重噸之百分比(Maximum Ballast Tank Capacity in % of DWT)。

壓艙水的量除了跟船舶型態有關係之外，另外也跟進出港的比例、國內外運輸比例有關係。使用臺中港之航運資料修改相關係數與關係式，其所需資料包含各船舶種類之進港艘次、船舶載重噸位、平均最大壓艙水櫃容量占載重噸之百分比、單一船舶之最大壓艙水櫃容量、年度最大壓艙水櫃容量、各船種之貨物量百分比、壓艙水裝載量佔載重噸之百分比(與各船種之進出口貨物百分比以及整體進出口貨物

量成比例關係)。

表 6-14 列出 94 年度至 98 年度臺中港壓艙水排放量之估算。94 年臺中港船泊在港區內壓艙水量估算為 827,668 噸，其中貨櫃船進港艘數最多(2,414 艘)，船上的壓艙水載有 422,180 噸，而客貨船因進港船型較小故載有的壓艙水量少，只有 35 噸，且本年度無郵輪進港停靠，故無壓艙水排放。95 年臺中港船泊在港區內壓艙水量估算為 794,076 噸，其中貨櫃船進港艘次有 2,521 艘，船上的壓艙水量最多有 447,567 噸，雖然雜貨船進港艘次位居第二，有 1,114 艘，但其船上壓艙水量位居第三，有 164,125 噸，而此進港艘數位居第四的油輪(1,010 艘)的船上壓艙水量為第二，載有 179,216 噸，客貨船最少只有 32 噸。96 年壓艙水量估算為 893,659 噸，其中貨櫃船進港艘數為 2,551 艘，壓艙水載有 530,910 噸，而以 217,168 噸油輪居次，最少為客貨船只有 3 噸，進港艘數也只有 2 艘。97 年壓艙水量估算總共為 795,772 噸，以進港艘數有 2,549 艘的貨櫃船載有 481,957 噸壓艙水居冠，壓艙水量 190,688 噸進港艘數 903 艘的油輪為第二位，進港艘數 6 艘的特殊船舶其載有的壓艙水最少。98 年壓艙水量估算共有 852,681 噸，進港艘數有 3,057 艘的貨櫃船載有 568,323 噸為最多，進港艘數 897 艘的油輪第二載有 191,362 噸，20 艘的客貨船只載有 19 噸。

臺中港 94-98 年的船舶壓艙水總量排放變化圖示圖 6-16 所示，總量來說以 96 年為最多，95 年為最少。在此計算表格內把船舶分成七個種類(依序為貨櫃船、客貨船、雜貨船、散裝船、油輪、郵輪、特殊船舶)計算。圖 6-17 顯示，各類船種每年的壓艙水排放量都各有不同變化，各類船舶的壓艙水排放變化量除了貨櫃船有逐年上升的趨勢外，其他種船型的壓艙水排放量每年皆穩定。

表 6-14 臺中港歷年壓艙水排放量估算

年份	船型	年度進港船舶艘次		船舶載重噸	每船最大壓艙水櫃容量	最大壓艙水櫃容量占載噸之百分比	年度最大壓艙水櫃容量	船上壓艙水體積	船上壓艙水
		船舶數	%	(平均)	(平均)	(平均)	載重噸	載重噸%	載重噸
94 年	貨櫃船	2,414	42.8	17,771	4,940	27.8	11,925,976	3.5	422,180
	客貨船	28	0.5	353	36	10.1	998	3.5	35
	雜貨船	1,082	19.2	17,823	5,169	29.0	5,592,652	3.5	197,980
	散裝船	1,016	18.0	45,648	1,735	3.8	1,762,389	0.1	2,080
	油輪	1,047	18.6	15,181	5,010	33.0	5,245,187	3.9	204,248
	郵輪	0	0.0	0	0	5.9	0	1.2	0
	特殊船舶	50	0.9	20,031	1,943	9.7	97,150	1.2	1,146
	總計	5,637	100.0						827,668
95 年	貨櫃船	2,521	43.8	18,673	5,191	27.8	13,086,748	3.4	447,567
	客貨船	15	0.3	626	63	10.1	948	3.4	32
	雜貨船	1,114	19.3	14,855	4,308	29.0	4,798,969	3.4	164,125
	散裝船	1,034	17.9	49,418	1,878	3.8	1,941,731	0.1	2,214
	油輪	1,010	0.0	14,293	4,717	33.0	4,763,857	3.8	179,216
	郵輪	25	0.4	318	19	5.9	469	1.1	5
	特殊船舶	43	0.7	19,275	1,870	9.7	80,395	1.1	916
	總計	5,762	100.0						794,076
96 年	貨櫃船	2,551	44.5	19,649	5,462	27.8	13,934,639	3.8	530,910
	客貨船	2	0.0	353	36	10.1	71	3.8	3
	雜貨船	1,022	17.8	12,581	3,648	29.0	3,728,757	3.8	142,066
	散裝船	1,057	18.4	43,745	1,662	3.8	1,757,062	0.1	2,231
	油輪	1,034	18.0	15,186	5,011	33.0	5,181,767	4.2	217,168
	郵輪	32	0.6	375	22	5.9	708	1.3	9
	特殊船舶	38	0.7	27,195	2,638	9.7	100,241	1.3	1,273
	總計	5,736	100.0						893,659
97 年	貨櫃船	2,549	44.8	19,714	5,480	27.8	13,969,774	3.5	481,957
	客貨船	6	0.1	291	29	10.1	176	3.5	6
	雜貨船	1,098	19.3	10,825	3,139	29.0	3,446,897	3.5	118,918
	散裝船	978	17.2	43,414	1,650	3.8	1,613,438	0.1	1,855
	油輪	903	15.9	16,862	5,564	33.0	5,024,707	3.8	190,688
	郵輪	29	0.5	308	18	5.9	527	1.2	6
	特殊船舶	123	2.2	17,070	1,656	9.7	203,662	1.2	2,342
	總計	5,686	100.0						795,772
98 年	貨櫃船	3,057	50.0	18,576	5,164	27.8	15,786,739	3.6	568,323
	客貨船	20	0.3	261	26	10.1	527	3.6	19
	雜貨船	993	16.2	8,635	2,504	29.0	2,486,621	3.6	89,518
	散裝船	1,080	17.7	42,412	1,612	3.8	1,740,588	0.1	2,089
	油輪	897	14.7	16,325	5,387	33.0	4,832,363	4.0	191,362
	郵輪	37	0.6	16,298	962	5.9	35,579	1.2	427
	特殊船舶	31	0.5	26,169	2,538	9.7	78,690	1.2	944
	總計	6,115	100.0						852,681

船舶所裝載及排放之壓艙水來源地遍佈世界各地，航行於各國港口間之船舶隨著進出口貿易型態的差異，船舶種類、進港次數或頻率、壓艙水來源港以及排放量之間因而具有多元的變化，針對港口之航運型態進行分析研究，可以得知該港口之航運運輸型態特性為何種模式，進港之主要船舶種類變化與辨別壓艙水裝載之來源港皆有助於壓艙水侵襲風險之評估與掌控。值得注意的是，目前全球壓艙水運輸量或各港口之排放量多為粗估值，除非港口管理單位設置有壓艙水量之專職管理單位，記錄實際之進出港船舶壓艙水排放或汲取量，否則，單靠任何一種估算方式，都是無法掌握確切之壓艙水量變化，例如，雖然可以透過貨物量的進出口差距推算出壓艙水排放量，但貨櫃船所裝卸的進出口貨櫃量差只能估計排放在港口的壓艙水量，卻是無法由此得知在此階段的壓艙水交換量(Niimi, 2004)。因此，對於臺中港壓艙水運輸量之估算，仍有賴於建立一套船舶進出港壓艙水申報系統，協助取得相關之壓艙水裝載排放或交換量。

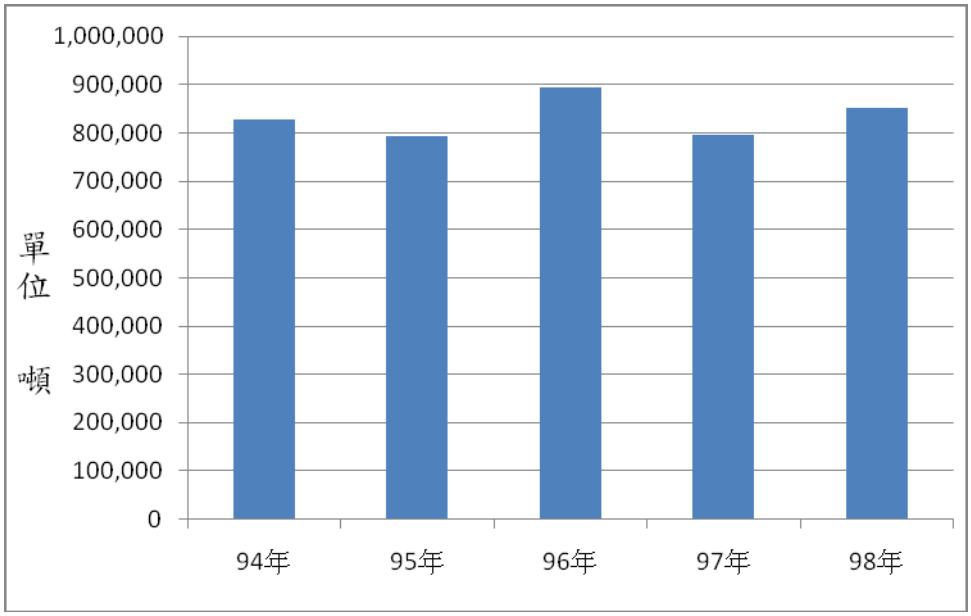


圖 6-16 臺中港 94-98 年壓艙水年度排放量變化

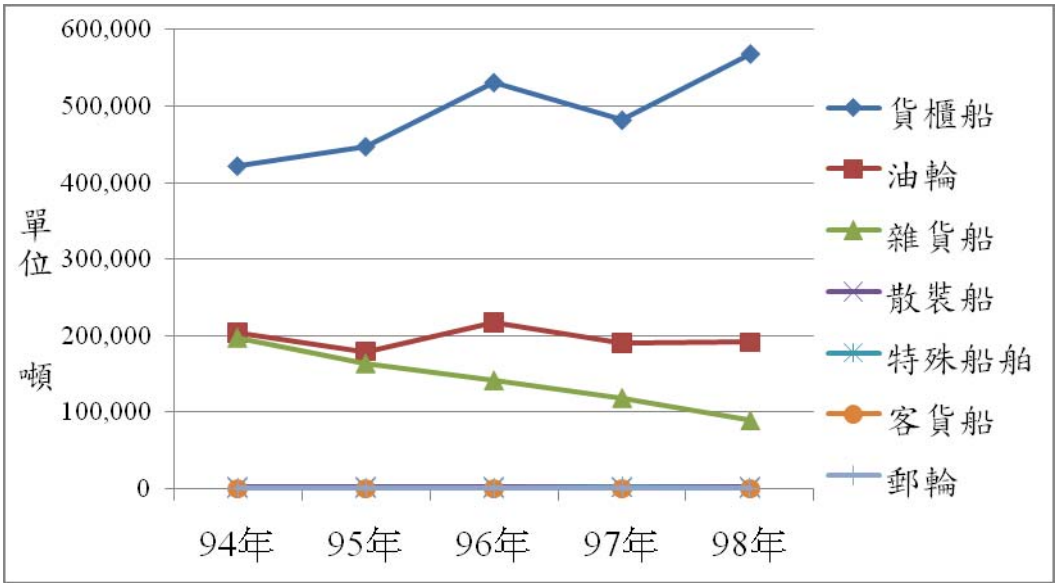


圖 6-17 臺中港 94-98 年各船舶壓艙水年度排放量變化

6.2.3 船舶之生物風險評估

表 6-15 列出五年間造訪臺中港船舶之上一港，港口風險程度由極度危險往下排列，共列出 288 個港口。極度風險區之港口共有 78 個，其中以日本居冠，共有 51 個港口被列為極度風險區。在高風險區中，共有 84 個港口，此類港口大多位於亞洲，其中以中國港口最多，有 22 個被列為高風險區港口。位於中度風險區的港口有 96 個，此類港口則遍佈世界五大洲，但仍有一半以上為亞洲區之港口，其中以馬來西亞與澳洲各佔 10 個，港口數為中度風險區中最多。而有 30 個港口位於低度風險區內，位於此區之港口國大多位於歐、美、非三大洲，因臺中港位於亞洲區之緣故，所以亞洲區之港口僅占少數，例如印尼、泰國、緬甸、印度與孟加拉總共僅佔 7 個港口。在 288 個港口中，亞洲港口總共 201 個，佔 70%，由此可知與臺中港貿易頻繁之港口大多位於亞洲區內，其中位於極度風險區內之港口佔 27%，顯示臺中港遭受外來生物侵襲風險度高。其次位於高風險區之港口除亞洲外，造訪臺中港第二高之國家為澳洲，有 12 個港口位於此區，表示除亞洲區外，管理單位亦應嚴加管控上一港為澳洲港口之船舶。

雖然中國位於極度風險區內之港口數屈居於日本之下，但由表 6-16 得知，上一港造訪次數排名前五名國家中，第一名為中國香港，

此單一港口造訪臺中港次數，明顯高於其他國家之港口，其次為日本東京，五年間造訪次數共有 476 次，遠遠少於香港的 5,112 次，造訪次數為居第三的是中國廈門有 399 次，第四為日本神戶港有 379 次，韓國釜山以 335 次位居第五。雖然日本位於極度風險區港口數為中國的三倍，但前五名港口中的東京與神戶兩港總造訪次數為 855 次，中國的香港與廈門共有 5,511 次，為日本的六倍之多。在高度風險區港口中，上一港造訪次數前六名分別為中國上海、日本四日市、越南胡志明市、南韓木浦、澳洲紐塞、中國江蘇。其中上海造訪次數 1,052 次，遠勝於位居第二名、造訪臺中港 390 次的四日市，而胡志明市與木浦兩港造訪次數則皆在 300 次以上，位居第五的紐塞港次數為 170 次，第六為造訪 114 次的江蘇，其餘位於高度危險區之港口造訪次數在此五年間並未達到 100 次。

在中度風險區中，上一港造訪次數前五名分別為日本石垣、新加坡、泰國曼谷、柬埔寨希哈諾貝克、印尼雅加達。上一港為日本石垣港船舶的造訪次數高達 1,135 次，其次為上一港為新加坡的船舶造訪 443 次，第三為造訪 421 次的曼谷，上一港為希哈諾貝克有 138 次，排名第五的雅加達有 110 次。在低度風險區內，造訪次數最多者為印尼的三馬琳達五年間造訪 305 次，其於港口在五年間未超過 50 次。

圖 6-18 則根據表 6-16 整理出各國港口之數據，點出積分為九，極度危險之港口與造訪次數前十名之港口。此極度風險港口排名前十名之港口依序為：中國香港、日本東京、中國廈門、日本神戶、南韓釜山、日本大阪、南韓蔚山、南韓光陽、中國福建、日本博多。未來應針對這些港口來的船舶應加以管理。

但是此風險評估法仍有其缺失，因為評估因素太少，僅限於溫度、鹽度與航程，並未通盤考慮所有相關影響因素，例如壓艙水量，上一港是否為船旗國、是否有發生過藻華事件等，且此方法以大環境為考慮，對於某些物種可能擁有廣鹽、廣溫特性，對於此方法中的溫鹽限制無法有效了解某些物種對該港口的風險高低。

雖此法只考慮大環境因子，但我國仍可藉由此法，了解各港口風

險高低，針對來自各個風險區港口之船舶，依風險程度不同進行不同程度的查驗，雖然中國港口位於極度風險區之港口數遠少於日本，但由上述分析可知造訪次數較日本頻繁，特別是上一港或出發港為香港的船舶應加以追蹤檢查，以降低外來物種入侵之危害。

表 6-15 各國港口風險區分

風險等級	極度風險區(9)	高風險區(8)	中度風險區(6-7)	低風險區(<5)
	總港口數	總港口數	總港口數	總港口數
	78	84	96	30
國家及港口數	中國 18 日本 51 南韓 9	中國 22 日本 14 南韓 5 印尼 1 俄羅斯 3 紐西蘭 1 馬來西亞 3 越南 5 澳洲 12 菲律賓 13 北韓 4	中國 3 日本 8 南韓 1 印尼 13 俄羅斯 2 紐西蘭 5 馬來西亞 10 越南 1 澳洲 10 巴西 4 泰國 6 沙烏地阿拉伯 1 埃及 1 美國 9 巴布亞新幾內亞 1 巴基斯坦 1 以色列 2 尼加拉瓜 1 伊朗 1 印度 4 西班牙 1 阿根廷 1 南非 5 柬埔寨 1 科威特 1 智利 1 新加坡 1 獅子山 1	印尼 3 俄羅斯 1 巴西 1 泰國 1 沙烏地阿拉伯 3 埃及 1 美國 8 巴拿馬 2 加拿大 1 印度 1 阿拉伯聯合大公國 1 孟加拉 1 英國 1 烏克蘭 1 荷蘭 1 斐濟 1 德國 1 緬甸 1

表 6-16 溫鹽風險評估表

港口	國家	鹽度	鹽度是否吻合	鹽度風險程度	溫度	溫度是否吻合	溫度風險程度	航程(天數)	航程(浬)	航程風險程度	總風險程度	五年間造訪次數
HONG KONG 香港	香港	30.9	Y	3	TJR	Y	3	0.77	371	3	9	5112
TOKYO, TOKYO 東京	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.56	1227	3	9	476
Xiamen=Amoy 福建廈門	中國	30.9	Y	3	TJR	Y	3	0.28	134	3	9	399
KOBE, HYOGO 神戶	日本	22.1-32.2	Y	3	TJR	Y	3	2.10	1007	3	9	379
BUSAN 釜山	南韓	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.65	791	3	9	335
OSAKA, OSAKA 大阪	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.09	1005	3	9	292
ULSAN 蔚山	南韓	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.70	816	3	9	289
KWANGYANG 光陽	南韓	33-34	Y	3	TJR	Y	3	1.56	747	3	9	278
Fuzhou=Foochow 福建福州	中國	22.1-30.9	Y	3	TJR	Y	3	0.26	124	3	9	253
HAKATA, FUKUOKA 博多	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.50	722	3	9	238
JEJU(CHEJU)濟州	南韓	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.35	648	3	9	213
NIIHAMA, EHIME 新居濱港	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	1.94	931	3	9	207
SAKAI, OSAKA 界(阪井)	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.09	1004	3	9	161
MIZUSHIMA, OKAYAMA 水島灘	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.98	951	3	9	144
WANDO 文度	南韓	33-34	Y	3	TJR	Y	3	1.44	690	3	9	135
NAGOYA, AICHI 名古屋	日本	23.4-30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.29	1097	3	9	96
CHIBA 千葉	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.56	1229	3	9	93
Guangzhou=Canton 廣東廣州	中國	33-34	Y	3	TJR	Y	3	0.92	440	3	9	93
YEOSU,YOSU 麗水(麗川)	南韓	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.53	733	3	9	88
KAWASAKI, KANAGAWA 川崎	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.54	1218	3	9	83
Shekou 廣東蛇口	中國	33-34	Y	3	TJR	Y	3	0.82	392	3	9	79
OITA 大分港	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.79	858	3	9	68
MOJI, FUKUOKA 門司	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.68	808	3	9	65
Ningde 福建寧德	中國	33-34	Y	3	TJR	Y	3	0.34	164	3	9	52

表 6-16(續 1) 溫鹽風險評估表

港口	國家	鹽度	鹽度是否吻合	鹽度風險程度	溫度	溫度是否吻合	溫度風險程度	航程(天數)	航程(浬)	航程風險程度	總風險程度	五年間造訪次數
YOKOHAMA, KANAGAWA 橫濱	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.53	1216	3	9	48
NAHA 沖繩	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	0.88	420	3	9	48
Zhangzhou 福建漳州	中國	33-34	Y	3	TJR	Y	3	0.28	134	3	9	48
TOKUYAMA, YAMAGUCHI 德山	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.76	847	3	9	35
TSUKUMI, OITA 津久見	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	1.75	840	3	9	34
KOKURA, FUKUOKA 小倉	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.67	803	3	9	32
FUKUYAMA, HIROSHIMA 福山	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.98	951	3	9	26
CHITA 知多	日本	23.4-30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.29	1097	3	9	20
ONSAN 昂三	南韓	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.70	816	3	9	17
FUNABASHI, CHIBA 船橋	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	2.56	1231	3	9	17
HIBIKINADA 喜必	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	1.66	798	3	9	13
OKINAWA, OKINAWA 琉球	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	0.97	465	3	9	12
KIMITSU 齊米粗	日本	24.6-30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.51	1206	3	9	12
MIIKE 米其, FUKUOKA 三池港	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	1.55	745	3	9	12
KAGOGAWA 加古川	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	2.08	1000	3	9	12
NAGASAKI, NAGASAKI 長崎	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.48	709	3	9	11
Shantou=Swatow 廣東汕頭	中國	30.9	Y	3	TJR	Y	3	0.45	214	3	9	11
MASAN 馬山	南韓	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.63	783	3	9	8
KANDA, FUKUOKA 神田	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	1.71	819	3	9	8
Chiwan 廣東赤灣	中國	30.9	Y	3	TJR	Y	3	0.82	392	3	9	8
Yantian 廣東鹽田	中國	30.9	Y	3	TJR	Y	3	0.76	366	3	9	7
KAINAN, WAKAYAMA 開南	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	2.03	976	3	9	5
KURE, HIROSHIMA 吳港	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.87	898	3	9	5
TOYOHASHI, AICHI 托約哈西	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	2.26	1086	3	9	5

表 6-16(續 2) 溫鹽風險評估表

港口	國家	鹽度	鹽度是否吻合	鹽度風險程度	溫度	溫度是否吻合	溫度風險程度	航程(天數)	航程(浬)	航程風險程度	總風險程度	五年間造訪次數
SAKAISENBOKU(SENBOKU), OSAKA 森布庫	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.09	1004	3	9	5
AMAGASAKI, HYOGO 尼崎	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.10	1006	3	9	5
Quanzhou 福建泉州	中國	30.9	Y	3	TJR	Y	3	0.24	113	3	9	5
HIGASHIHARIMA, HYOGO 東播島	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.08	1000	3	9	4
TOBATA 拖寶塔, FUKUOKA 戶沺	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.66	798	3	9	4
Zhuhai 廣東珠海	中國	33-34	Y	3	TJR	Y	3	0.85	406	3	9	4
MACAO 澳門	澳門	33-34	Y	3	TJR	Y	3	0.85	406	3	9	3
SAKAIDE, KAGAWA 撒給地	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.00	960	3	9	3
FUNABASHI 防內貝虛	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	2.56	1231	3	9	3
TAKASAGO 高砂	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	2.08	1000	3	9	2
HIROHATA 喜若哈達	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	2.09	1002	3	9	2
SHIMIZU 清水	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.38	1142	3	9	2
SAGANOSEKI, OITA 佐賀關	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.75	842	3	9	2
WAKAMATSU, FUKUOKA 若松港	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.68	804	3	9	2
MISHIMA 米西瑪	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	1.96	939	3	9	2
Huangpu 廣東黃埔	中國	33-34	Y	3	TJR	Y	3	0.92	440	3	9	2
SAMCHONPO 三千浦	南韓	33-34	Y	3	TJR	Y	3	1.56	749	3	9	1
KAGOSHIMA,鹿兒島	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	1.47	706	3	9	1
ABOSHI 阿布希	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.08	999	3	9	1
ATSUMI, AICHI 寇見	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.24	1074	3	9	1
KUDAMATSU, YAMAGUCHI 下松	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.77	851	3	9	1
HIROSHIMA 廣島	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.87	899	3	9	1

表 6-16(續 3) 溫鹽風險評估表

港口	國家	鹽度	鹽度是否吻合	鹽度風險程度	溫度	溫度是否吻合	溫度風險程度	航程(天數)	航程(浬)	航程風險程度	總風險程度	五年間造訪次數
KANOKAWA 卡漏卡瓦	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.87	899	3	9	1
MATSUYAMA, EHIME 松山	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	1.85	890	3	9	1
SENDAI, KAGOSHIMA 川內	日本	30.9	Y	3	TJR	Y	3	2.95	1416	3	9	1
NAOSHIMA 內西瑪	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	2.01	963	3	9	1
HIKARI 光	日本	34-35	Y	3	TJR	Y	3	1.79	857	3	9	1
Xiuyu 福建秀嶼	中國	30.9	Y	3	TJR	Y	3	0.21	101	3	9	1
Zhoushan=Majistan(MAJ)浙江舟山	中國	30.9	Y	3	TJR	Y	3	0.74	357	3	9	1
Wenzhou 浙江溫州	中國	29.8	Y	3	TJR	Y	3	0.49	235	3	9	1
Huizhou=Huiyang 廣東惠州(惠陽)	中國	30.9	Y	3	TJR	Y	3	0.73	350	3	9	1
Humen 廣東虎門	中國	33-34	Y	3	TJR	Y	3	0.91	437	3	9	1
Shanghai 上海	中國	33-34	Y	3	WPB	N	2	0.94	450	3	8	1052
YOKKAICHI, MIE 四日市	日本	24.6	N	2	TJR	Y	3	2.29	1098	3	8	390
HOCHIMINH 胡志明,SAIGON 西貢	越南	1.6-30.9	Y	3	IWP	N	2	2.44	1173	3	8	354
MOKPO 木浦	南韓	33-34	Y	3	WPB	N	2	1.46	702	3	8	338
NEWCASTLE, NS 紐塞(新堡)	澳洲	30.9	Y	3	SAUR	Y	3	8.62	4139	2	8	170
Taicang 江蘇太倉	中國	33-34	Y	3	WPB	N	2	0.98	472	3	8	114
Lianyungang 江蘇連雲港	中國	33-34	Y	3	WPB	N	2	1.43	685	3	8	95
VLADIVOSTOK 海參威	俄羅斯	30.9	Y	3	WPB	N	2	2.68	1287	3	8	94
MANILA 馬尼拉	菲律賓	30.9	Y	3	IWP	N	2	1.34	642	3	8	92
KASHIMA, IBARAGI 卡西瑪	日本	30.9	Y	3	WPB	N	2	2.67	1281	3	8	77
NAKHODKA 那科卡	俄羅斯	30.9	Y	3	WPB	N	2	2.67	1280	3	8	69
NAMPO 南浦	北韓	33-34	Y	3	WPB	N	2	1.90	913	3	8	61
BRISBANE 布里斯本	澳洲	35	Y	3	SAUR	Y	3	7.87	3778	2	8	47
VOSTOCHNY PORT 東方大港	俄羅斯	30.9	Y	3	WPB	N	2	2.67	1280	3	8	46

表 6-16(續 4) 溫鹽風險評估表

港口	國家	鹽度	鹽度是否吻合	鹽度風險程度	溫度	溫度是否吻合	溫度風險程度	航程(天數)	航程(浬)	航程風險程度	總風險程度	五年間造訪次數
INCHEUN 仁川	南韓	27.2-30.9	Y	3	WPB	N	2	1.77	850	3	8	44
Ningbo 浙江寧波	中國	30.9	Y	3	WPB	N	2	0.77	371	3	8	44
TARAKAN, KALIMANTAN 打拉根	印尼	30.9	Y	3	IWP	N	2	2.72	1305	3	8	42
DAESAN 大山	南韓	30.9	Y	3	WPB	N	2	1.71	823	3	8	29
BATANGAS 八打雁	菲律賓	30.9	Y	3	IWP	N	2	1.40	671	3	8	27
PORT KEMBLA, NS 坎布拉港	澳洲	30.9	Y	3	SAUR	Y	3	8.83	4239	2	8	27
PYEONGTAEK 派揚提克	南韓	30.9	Y	3	WPB	N	2	1.69	812	3	8	23
SHARK BAY, WA 鯊灣	澳洲	35	Y	3	SAUR	Y	3	6.50	3120	2	8	20
LAHAD DATU, SABAH 拉哈達土	馬來西亞	30.9	Y	3	IWP	N	2	2.53	1214	3	8	16
DAVAO, MINDANAO 納卯	菲律賓	30.9	Y	3	IWP	N	2	2.56	1228	3	8	16
QINDAO 青島	中國	30.9	Y	3	WPB	N	2	1.53	732	3	8	14
Zhangjiagang=Changjiagang 江蘇張家港	中國	33-34	Y	3	WPB	N	2	1.09	523	3	8	12
POHANG 浦項	南韓	30.9	Y	3	WPB	N	2	1.79	861	3	8	11
Nantong 江蘇南通	中國	33-34	Y	3	WPB	N	2	1.04	501	3	8	11
Jiangyin 江蘇江陰	中國	22.1-30.9	Y	3	WPB	N	2	1.10	529	3	8	10
DA NANG (TOURANE)達南,峴港	越南	30.9	Y	3	IWP	N	2	1.77	849	3	8	8
JASAAN/CAGAYAN DE ORO 杰森	菲律賓	33-34	Y	3	IWP	N	2	2.09	1001	3	8	8
KWINANA, WA 卡那那	澳洲	30.9	Y	3	SAUR	Y	3	7.21	3461	2	8	8
CAMPHA 肯伐	越南	33-34	Y	3	IWP	N	2	1.65	791	3	8	7
BATAAN 八丹半島	菲律賓	30.9	Y	3	IWP	N	2	1.30	622	3	8	6
Rizhao=Shijiu 山東日照(石臼)	中國	33-34	Y	3	WPB	N	2	1.50	721	3	8	6
MIRI, SARAWAK 米里	馬來西亞	24.6-30.9	Y	3	IWP	N	2	2.62	1256	3	8	5
ILOILO, PANAY 怡郎	菲律賓	33-34	Y	3	IWP	N	2	1.87	899	3	8	5

表 6-16(續 5) 溫鹽風險評估表

港口	國家	鹽度	鹽度是否吻合	鹽度風險程度	溫度	溫度是否吻合	溫度風險程度	航程(天數)	航程(浬)	航程風險程度	總風險程度	五年間造訪次數
ILIGAN 伊利干	菲律賓	30.9	Y	3	IWP	N	2	2.12	1019	3	8	5
Taizhou 江蘇泰州	中國	30.9	Y	3	WPB	N	2	2.50	1200	3	8	5
Cat Lai 卡萊港	越南	33-34	Y	3	IWP	N	2	2.40	1150	3	8	4
AKITA, AKITA 秋田	日本	30.9	Y	3	WPB	N	2	2.83	1357	3	8	4
BUNBURY, WA 本伯利	澳洲	29.8-30.9	Y	3	SAUR	Y	3	7.34	3522	2	8	4
VUNG TAU 緬它	越南	30.9	Y	3	IWP	N	2	2.40	1150	3	8	3
PULUPANDAN 普魯潘登	菲律賓	33-34	Y	3	IWP	N	2	1.90	912	3	8	3
CEBU 宿移	菲律賓	30.9	Y	3	IWP	N	2	1.86	895	3	8	3
Zhenjiang=Chinkiang 江蘇鎮江	中國	33-34	Y	3	WPB	N	2	1.22	584	3	8	3
GERALDTON, WA 基拉頓	澳洲	35	Y	3	SAUR	Y	3	6.77	3248	2	8	3
FREMANTLE, WA 佛利曼特	澳洲	30.9	Y	3	SAUR	Y	3	7.19	3452	2	8	3
NAMIKATA 愛媛	日本	25.9	N	2	TJR	Y	3	1.90	910	3	8	2
BACOLOD 巴柯洛德	菲律賓	30.9	Y	3	IWP	N	2	1.88	901	3	8	2
SUBIC BAY 蘇比克灣	菲律賓	33-34	Y	3	IWP	N	2	1.24	593	3	8	2
Yangpu 海南洋浦	中國	33-34	Y	3	IWP	N	2	1.45	694	3	8	2
HUNGNAM 興南	北韓	33-34	Y	3	WPB	N	2	2.29	1097	3	8	2
CHUNG JIN 昌進,清津	北韓	33-34	Y	3	WPB	N	2	2.51	1203	3	8	2
NIIGATA, NIIGATA 新瀉	日本	30.9	Y	3	WPB	N	2	2.61	1254	3	8	2
Changzhou 江蘇常州	中國	33-34	Y	3	WPB	N	2	1.12	539	3	8	2
Taizhou 浙江台州	中國	33-34	Y	3	WPB	N	2	0.64	305	3	8	2
Yangzhou 江蘇楊州	中國	33-34	Y	3	WPB	N	2	1.26	603	3	8	2
Qinhuangdao=Chingwantao 河北秦皇島	中國	30.9	Y	3	WPB	N	2	2.10	1010	3	8	2
Jiaxing 浙江嘉興	中國	33-34	Y	3	WPB	N	2	1.62	778	3	8	2
KOTAKINABALU 高打肯南玻	馬來西亞	33-34	Y	3	IWP	N	2	2.35	1130	3	8	1

表 6-16(續 6) 溫鹽風險評估表

港口	國家	鹽度	鹽度是否吻合	鹽度風險程度	溫度	溫度是否吻合	溫度風險程度	航程(天數)	航程(浬)	航程風險程度	總風險程度	五年間造訪次數
ISABELA 依沙貝拉	菲律賓	30.9	Y	3	IWP	N	2	2.24	1075	3	8	1
TABANGAO 塔班溝	菲律賓	30.9	Y	3	IWP	N	2	1.40	671	3	8	1
Maoming 廣東茂名	中國	30.9	Y	3	IWP	N	2	1.15	551	3	8	1
SONG RIM 松林	北韓	33-34	Y	3	WPB	N	2	1.97	945	3	8	1
NAOETSU KO 直江津港	日本	30.9	Y	3	WPB	N	2	2.56	1227	3	8	1
SHIOGAMA 鶴釜	日本	30.9	Y	3	WPB	N	2	2.96	1421	3	8	1
NANAO, ISHIKAWA 七尾港	日本	30.9	Y	3	WPB	N	2	2.53	1214	3	8	1
Dairen=Dalian 遼寧大連	中國	30.9	Y	3	WPB	N	2	1.89	905	3	8	1
Yantai=Chefoo 山東煙臺	中國	28.5	Y	3	WPB	N	2	1.81	867	3	8	1
Changshu 江蘇常熟	中國	33.34	Y	3	WPB	N	2	1.02	488	3	8	1
Dandong 遼寧丹東	中國	30.9	Y	3	WPB	N	2	2.01	965	3	8	1
PORT ADELAID 阿得雷得港	澳洲	30.9	Y	3	SAUR	Y	3	9.88	4744	2	8	1
WHYALLA 懷亞力	澳洲	20.9-34.8	Y	3	SAUR	Y	3	9.95	4775	2	8	1
SYDNEY, NS 雪梨	澳洲	30.9	Y	3	SAUR	Y	3	8.75	4201	2	8	1
ISHIGAKI, OKINAWA 石垣	日本	34-35	N	2	IWP	N	2	0.53	255	3	7	1135
SINGAPORE 新加坡	新加坡	30.9	Y	3	IWP	N	2	3.54	1700	2	7	443
BANGKOK 曼谷	泰國	33-34	Y	3	IWP	N	2	3.53	1696	2	7	421
SIHANOUKBILLE 希哈諾克貝	柬埔寨	30.9	Y	3	IWP	N	2	3.03	1452	2	7	138
JAKARTA, JAVA 雅加達	印尼	30.9	Y	3	IWP	N	2	4.16	1998	2	7	110
CAPE FLATTERY 開普福類特瑞	澳洲	35	Y	3	IWP	N	2	6.03	2894	2	7	71
TANJUNG 坦匠	印尼	34-35	Y	3	IWP	N	2	4.10	1966	2	7	48
TAURANGA 陶蘭加	紐西蘭	30.9	Y	3	SAUR	Y	3	10.26	4925	1	7	42
KUANTAN (TANJONG GELANG)關丹	馬來西亞	30.9	Y	3	IWP	N	2	3.27	1568	2	7	28
SHIMOTSU 下津	日本	14.4	N	1	TJR	Y	3	2.03	976	3	7	27

表 6-16(續 7) 溫鹽風險評估表

港口	國家	鹽度	鹽度是否吻合	鹽度風險程度	溫度	溫度是否吻合	溫度風險程度	航程(天數)	航程(浬)	航程風險程度	總風險程度	五年間造訪次數
BANDJARMASIN 馬辰	印尼	34-35	Y	3	IWP	N	2	4.29	2057	2	7	24
KHANOM 卡怒	泰國	33-34	Y	3	IWP	N	2	3.35	1607	2	7	18
KINUURA 齊努阿	日本	11.8	N	1	TJR	Y	3	2.25	1081	3	7	17
DAMPIER 丹皮爾	澳洲	28.5	Y	3	IWP	N	2	5.63	2701	2	7	16
RICHARDS BAY 理查灣	南非	30.9	Y	3	SZAR	Y	3	13.30	6385	1	7	15
PORT KELANG 克蘭港,巴生港	馬來西亞	24.6-30.9	Y	3	IWP	N	2	3.94	1893	2	7	13
PANJANG 潘將	印尼	30.9	Y	3	IWP	N	2	4.27	2050	2	7	12
PORT HEDLAND, WA 黑德蘭港	澳洲	30.9	Y	3	IWP	N	2	5.60	2687	2	7	12
KANDLA 肯德拉	印度	30.9	Y	3	IWP	N	2	9.30	4466	2	7	9
BUTTERWORTH 北海	馬來西亞	30.9	Y	3	IWP	N	2	4.26	2047	2	7	9
LAEM CHABANG 利加班	泰國	33-34	Y	3	IWP	N	2	3.53	1692	2	7	9
MURORAN, HOKKAIDO 室蘭	日本	30.9	Y	3	WPB	N	2	3.13	1503	2	7	9
SRIRACHA 史里拉喳	泰國	30.9	Y	3	IWP	N	2	3.49	1677	2	7	8
KUROSAKI, FUKUOKA 墨崎	日本	34-35	N	2	WPB	N	2	1.64	787	3	7	8
KOSICHANG 柯西嘉	泰國	33-34	Y	3	IWP	N	2	3.56	1710	2	7	7
LONG BEACH, CA 長堤	美國	30.9	Y	3	CAR	Y	3	12.47	5986	1	7	7
MAP TA PHUT 美普他發	泰國	30.9	Y	3	IWP	N	2	3.39	1626	2	7	6
KAOSHIMA 卡歐西瑪	日本	34-35	N	2	WPB	N	2	2.71	1301	3	7	6
DURBAN 德班	南非	30.9	Y	3	SZAR	Y	3	13.41	6437	1	7	6
LOS ANGELES, CA 洛杉磯	美國	30.9	Y	3	CAR	Y	3	12.47	5986	1	7	6
SAMARANG 三寶壟	印尼	34-35	Y	3	IWP	N	2	4.27	2049	2	7	4
PENANG (GEORGETOWN) 濱榔嶼,PENUNG 檳城	馬來西亞	34	Y	3	IWP	N	2	4.27	2050	2	7	4
TOMAKOMAI,HOKKAIDO 占小牧	日本	30.9	Y	3	WPB	N	2	3.18	1528	2	7	4

表 6-16(續 8) 溫鹽風險評估表

港口	國家	鹽度	鹽度是否吻合	鹽度風險程度	溫度	溫度是否吻合	溫度風險程度	航程(天數)	航程(浬)	航程風險程度	總風險程度	五年間造訪次數
BITUNG 百通	印尼	30.9	Y	3	IWP	N	2	3.03	1453	2	7	3
TANJUNG PELEPAS 丹絨柏樂巴斯	馬來西亞	33-34	Y	3	IWP	N	2	3.58	1718	2	7	3
NAKAGUSUKU, OKINAWA 中城	日本	34-35	N	2	IWP	N	2	0.90	430	3	7	3
VANINO 瓦里諾	俄羅斯	24.6-30.9	Y	3	WPB	N	2	3.69	1770	2	7	3
ISHINOMAKI, MIYAGI 石卷	日本	34-35	N	2	WPB	N	2	2.98	1429	3	7	3
LHOKSUMAWE, SUMATRA 洛克沙馬尾	印尼	34-35	Y	3	IWP	N	2	4.52	2171	2	7	2
RAYONG 羅勇	泰國	30.9	Y	3	IWP	N	2	3.38	1620	2	7	2
MACKAY, QL 美凱	澳洲	30.9	Y	3	IWP	N	2	6.93	3325	2	7	2
PORT ALMA 奧爾馬港	澳洲	30.9	Y	3	IWP	N	2	7.31	3509	2	7	2
RIO DE JANEIRO, RJ 里約熱內盧	巴西	30.9	Y	3	ESA	Y	3	21.56	10351	1	7	2
CAPETOWN 開普敦	南非	30.9	Y	3	SZAR	Y	3	14.82	7114	1	7	2
GEELONG, VI 基朗	澳洲	33.5	Y	3	TSMR	N	2	9.87	4737	2	7	2
MAKASSAR 錫江	印尼	30.9	Y	3	IWP	N	2	3.71	1779	2	7	1
MERAK, JAVA 莫瑞克	印尼	34-35	Y	3	IWP	N	2	4.17	2002	2	7	1
SAMPIT, KALIMANTAN 三皮特	印尼	34-35	Y	3	IWP	N	2	4.05	1945	2	7	1
MANGALORE (NEW MANGALORE)曼加羅	印度	30.9	Y	3	IWP	N	2	7.76	3724	2	7	1
KAKINADA 卡基納達	印度	30.9	Y	3	IWP	N	2	6.86	3294	2	7	1
TUTICORIN 土底科林	印度	30.9	Y	3	IWP	N	2	7.06	3387	2	7	1
CHITTAGONG 吉大港	孟加拉	34	Y	3	IWP	N	2	6.62	3176	2	7	1
KARACHI 喀拉蚩	巴基斯坦	30.9	Y	3	IWP	N	2	9.51	4567	2	7	1
MAGADANSKY, PORT 馬加丹	俄羅斯	30.9	Y	3	WPB	N	2	5.23	2510	2	7	1
SAKAIMINATO, TOTTORI 撒給米那投	日本	34-35	N	2	WPB	N	2	2.00	962	3	7	1

表 6-16(續 9) 溫鹽風險評估表

港口	國家	鹽度	鹽度是否吻合	鹽度風險程度	溫度	溫度是否吻合	溫度風險程度	航程(天數)	航程(浬)	航程風險程度	總風險程度	五年間造訪次數
HAKODATE 函館	日本	30.9	Y	3	WPB	N	2	3.03	1453	2	7	1
VALPARAISO 法耳巴拉索	智利	30.9	Y	3	WSA	Y	3	20.87	10018	1	7	1
PORT SAID 塞得港	埃及	30.9	Y	3	MAR	Y	3	13.93	6688	1	7	1
WHANGAREI 晃加雷灣	紐西蘭	35	N	2	SAUR	Y	3	10.00	4798	2	7	1
HAYPOINT, QL 海角	澳洲	35	N	2	SAUR	Y	3	6.95	3338	2	7	1
SALDANHA BAY 沙丹亞灣	南非	30.9	Y	3	SZAR	Y	3	14.93	7164	1	7	1
EAST LONDON 東倫敦	南非	30.9	Y	3	SZAR	Y	3	13.76	6606	1	7	1
ONSLOW, WA 昂斯羅	澳洲	35	N	2	IWP	N	2	5.81	2789	2	6	303
SURABAYA, JAVA 泗水	印尼	25.9	N	2	IWP	N	2	4.24	2033	2	6	296
BINTULU 平多羅	馬來西亞	19.5	N	1	IWP	N	2	2.78	1333	3	6	82
KUNSAN 群山	南韓	24.6	N	1	WPB	N	2	1.60	770	3	6	70
PASIR GUDANG,巴色古丹	馬來西亞	22.1-25.9	N	2	IWP	N	2	3.55	1705	2	6	62
TACOMA, WN 他科馬	美國	30.9	Y	3	EPB	N	2	11.18	5368	1	6	51
SEATTLE, WN 西雅圖	美國	30.9	Y	3	EPB	N	2	11.14	5348	1	6	47
PORTLAND, ME 波特蘭	美國	30.9	Y	3	WAB	N	2	22.96	11022	1	6	45
BONTANG 邦坦	印尼	27.2	N	2	IWP	N	2	3.15	1513	2	6	41
JUBAIL 約拜耳	沙烏地阿拉伯	30.9-37.3	Y	3	IWP	N	2	11.21	5382	1	6	40
TOWNSVILLE, QL 敦士維	澳洲	35	N	2	IWP	N	2	6.59	3165	2	6	23
HAIPHONG 海防	越南	18.2	N	1	IWP	N	2	1.72	824	3	6	22
Tianjin=Tientsin 天津	中國	14.4-24.6	N	1	WPB	N	2	2.19	1053	3	6	22
OAKLAND, CA 奧克蘭	美國	30.9	Y	3	EPB	N	2	11.84	5681	1	6	13
BANDAR ABBAS 阿巴市	伊朗	32.2	Y	3	IWP	N	2	10.54	5060	1	6	12
LABUAN HADJI, SABAH 納閩	馬來西亞	18.2	N	1	IWP	N	2	2.46	1181	3	6	6

表 6-16(續 10) 溫鹽風險評估表

港口	國家	鹽度	鹽度是否吻合	鹽度風險程度	溫度	溫度是否吻合	溫度風險程度	航程(天數)	航程(浬)	航程風險程度	總風險程度	五年間造訪次數
Lanshan 山東嵐山	中國	14.4	N	1	WPB	N	2	1.46	703	3	6	6
WELLINGTON 惠靈頓	紐西蘭	30.9	Y	3	TSMR	N	2	10.50	5041	1	6	6
SANDAKAN, SABAH 山打根	馬來西亞	23.4	N	1	IWP	N	2	2.35	1128	3	6	5
RIO GRANDE 里約格蘭(大河口)	巴西	36-37	N	2	ESA	Y	3	21.99	10553	1	6	5
ISHIKARI 石狩	日本	34-35	N	2	WPB	N	2	3.25	1562	2	6	4
TUBARAO 土拔瑞歐	巴西	30.9-34.8	Y	3	WAR	N	2	21.41	10279	1	6	4
BAHIA BLANCA 布蘭加	阿根廷	30.9	Y	3	SSA	N	2	21.87	10498	1	6	4
WESTWEGO, LA 威斯衛哥	美國	37	N	2	CL	Y	3	21.31	10229	1	6	4
KAMAISHI, IWATE 斧石	日本	34-35	N	2	WPB	N	2	3.10	1489	2	6	3
GUAM 關島	美國	35-36	N	2	IWP	N	2	3.27	1570	2	6	2
NEW PLYMOUTH 新普利穆斯	紐西蘭	30.9-32.2	Y	3	TSMR	N	2	10.23	4908	1	6	2
LABUAN 拉布安	馬來西亞	18.2	N	1	IWP	N	2	2.46	1181	3	6	1
ASHDOD 阿悉達	以色列	29.8	Y	3	IWP	N	2	14.18	6808	1	6	1
VANIMO 溫尼眸	巴布亞新幾內亞	35-36	N	2	IWP	N	2	4.29	2059	2	6	1
HAIFA 海法	以色列	30.9	Y	3	IWP	N	2	14.28	6853	1	6	1
Zhanjiang=Tsamkong 廣東湛江	中國	33-34	N	1	IWP	N	2	1.23	589	3	6	1
BILBAO 畢爾包	西班牙	30.9	Y	3	EAB	N	2	19.66	9436	1	6	1
CORINTO 科林沱	尼加拉瓜	30.9	Y	3	EPR	N	2	17.06	8189	1	6	1
NELSON 納爾遜	紐西蘭	30.9	Y	3	TSMR	N	2	10.40	4994	1	6	1
HOBART, TS 荷巴特	澳洲	30.9	Y	3	TSMR	N	2	34.34	16482	1	6	1
MELBOURNE,VI 墨爾本	澳洲	32.2	Y	3	TSMR	N	2	34.89	16749	1	6	1
SAMARINDA, KALIMANTAN 三馬林達	印尼	5.4-15.7	N	1	IWP	N	2	3.26	1567	2	5	305
BALIKPAPAN, KALIMANTAN 巴里巴板	印尼	11.8-24.6	N	1	IWP	N	2	3.34	1603	2	5	45

表 6-16(續 11) 溫鹽風險評估表

港口	國家	鹽度	鹽度是否吻合	鹽度風險程度	溫度	溫度是否吻合	溫度風險程度	航程(天數)	航程(浬)	航程風險程度	總風險程度	五年間造訪次數
KALAMA 克拉馬	美國	34	N	2	EPB	N	2	11.22	5385	1	5	26
VANCOUVER, WN 溫哥華	美國	34	N	2	EPB	N	2	11.28	5414	1	5	20
AJMAN 阿茲曼	沙烏地阿拉伯	36-37	N	2	IWP	N	2	10.62	5099	1	5	14
SANTOS, SP 聖多斯	巴西	17-20.8	N	1	ESA	Y	3	21.84	10482	1	5	12
NAPIER 納皮爾	紐西蘭	35	N	2	TSMR	N	2	10.94	5249	1	5	11
RANGOON 仰光	緬甸	33-34	N	1	IWP	N	2	5.79	2780	2	5	10
PORT KEMBIA 肯比亞港	獅子山	35-37	N	2	EAB	N	2	21.31	10228	1	5	9
LOUISIANA 路易西安那	美國	19.5	N	1	CL	Y	3	21.15	10151	1	5	6
DESTREHAN,LA 新奧爾良	美國	19.5	N	1	CL	Y	3	21.34	10244	1	5	5
PARANAGUA, PR 巴拉拉瓜	巴西	18.2-24.6	N	1	ESA	Y	3	21.96	10542	1	5	3
TEXAS CITY, TX 德克薩士	美國	37	N	1	CL	Y	3	21.55	10342	1	5	3
HOUSTON, TX 休士頓	美國	37	N	1	CL	Y	3	21.58	10359	1	5	3
LAUTOKA 勞吐克	斐濟	18.2	N	1	IWP	N	2	8.84	4241	2	5	2
PONTIANAK KALIMANTAN 坤甸	印尼	18.2	N	1	IWP	N	2	3.38	1623	2	5	1
BELAWAN, SUMATRA 百拉萬	印尼	18.2	N	1	IWP	N	2	4.26	2046	2	5	1
CALCUTTA 加爾各答	印度	35-36	N	1	IWP	N	2	7.76	3726	2	5	1
KUWAIT 科威特	科威特	36	N	2	IWP	N	2	11.48	5509	1	5	1
ALBANY 奧巴尼	美國	36-37	N	2	WAB	N	2	22.81	10947	1	5	1
NIKOLAYEV 廟街	烏克蘭	5.4	N	1	MAR	Y	3	16.35	7849	1	5	1
LONGVIEW 長景	美國	34	N	2	EPB	N	2	11.20	5378	1	5	1
ROTTERDAM 鹿特丹	荷蘭	18.2	N	1	EAB	N	2	28.45	13655	1	4	25
VANCOUVER, BC 溫哥華	加拿大	11.8-20.8	N	1	EPB	N	2	10.99	5274	1	4	20
SUEZ 蘇伊士	埃及	37.3	N	1	IWP	N	2	13.75	6601	1	4	4

表 6-16(續 12) 溫鹽風險評估表

港口	國家	鹽度	鹽度是否吻合	鹽度風險程度	溫度	溫度是否吻合	溫度風險程度	航程(天數)	航程(浬)	航程風險程度	總風險程度	五年間造訪次數
CRISTOBAL 克里斯多波	巴拿馬	22.1	N	1	WAR	N	2	18.44	8850	1	4	3
BALBOA 巴波亞	巴拿馬	22.1	N	1	WAR	N	2	18.35	8809	1	4	3
SAN FRANCISCO, CA 舊金山	美國	18.2	N	1	EPB	N	2	11.83	5678	1	4	3
JEBEL ALI 傑貝阿里	阿拉伯聯合大公國	39.3	N	1	IWP	N	2	10.69	5130	1	4	1
JEDDAH 吉達	沙烏地阿拉伯	37.3	N	1	IWP	N	2	12.46	5981	1	4	1
DAMMAN 達曼	沙烏地阿拉伯	37.3	N	1	IWP	N	2	11.15	5353	1	4	1
MURMANSK 莫曼斯克	俄羅斯	14.4	N	1	WPB	N	2	23.77	11411	1	4	1
BREMERHAVEN 不萊梅港	德國	9.3-13.1	N	1	EAB	N	2	21.11	10133	1	4	1
NEWCASTLE UPON TYNE 紐塞	英國	18.2	N	1	EAB	N	2	21.02	10090	1	4	1



圖 6-18 極度危險港口分佈圖

第七章　壓艙水處理方式評估與策略之研擬

7.1 公約中與壓艙水處理相關之規範

目前在壓艙水公約之規範中，有壓艙水收受設施指導方針(G5)、壓艙水管理系統認證指導方針(G8 & G9)等三個相關之規範，以下分別說明及討論。

1. 實施標準與期程

在壓艙水公約附則中，對船舶交換壓艙水有詳細規定。D-1 為壓載水置換標準，船舶根據本規則進行的壓載水置換應達到其所載壓載水量的 95%的置換率。對於公約生效前建造的船舶，注入排出壓載艙三倍容積的水量應被視為等效於上述標準。

D-2 壓載水執行標準，如表 7-1 所述，進行壓載水管理的船舶須排放每立方米少於 10 個單位大於 50 微米的存活生物和每毫升少於 10 個單位小於 50 微米但大於 10 微米的存活生物。指標微生物的排放不應超過特定的濃度，如同人類的健康標準。指標微生物應包括：每 100 毫升小於 1cfu 的有毒霍亂弧菌（O1 和 O139）或 1g 的浮游動物樣品（濕重）小於 1cfu；每 100 毫升小於 250cfu 的大腸桿菌；每 100 毫升小於 100cfu 的腸道球菌。

表 7-1 IMO 壓艙水達標標準(D-2)

生物體種類	可存活的生物體大小	濃度
所有種類	≧ 50μm	＜ 10 個/m^3
	≧ 10μm 且＜ 50μm	＜ 10 個/cm^3
霍亂弧菌（O1 和 O139）	---	＜ 1 CFU/100ml 或 1 CFU/1g 濕重浮游生物
大腸桿菌	---	＜ 250 CFU/100ml
腸道球菌	---	＜ 100 CFU/100ml

對於現有（2009 年以前建造）的船舶：壓載艙容量在 1500m^3～5000m^3 的船舶，在 2014 年之前，其壓艙水管理至少要滿足壓艙水大洋更換標準（D-1），或壓艙水達標標準（D-2），2014 年開始，應滿足壓

艙水達標標準(D-2)。壓載艙容量小於 1500m^3 或大於 5000 m^3 的船舶，在 2016 年以前，其壓艙水管理至少要滿足壓艙水大洋更換標準(D-1)，或壓艙水達標標準(D-2)，2017 年開始，應滿足壓艙水達標標準(D-2)。對於新建造(2009 年以後建造)的船：壓載艙容量小於 5000m^3 的船舶，其壓艙水管理應滿足壓艙水達標標準（D-2)；2009 至 2012 年開始建造，壓載艙容量大於或等於 5000m^3 的船舶，從 2017 年開始，其壓艙水管理至少能夠滿足壓艙水達標標準（D-2)。2012 年開始建造壓艙水容量大於或等於 5000 m^3 的船舶，壓艙水管理應滿足壓艙水達標標準（D-2)。臺中港未來為了提升自身的競爭力，也必須考量建造出壓艙水收受設施，以提供未裝設船上壓艙水處理系統的船舶進出。

表 7-2 IMO 壓艙水管理逐步實施期程

建造日期 (C.D.)	壓艙水容積(Cap.)	2009~ 2010	2011~ 2014	2015~ 2016	≧2017
＜2009	1500m3~ 5000m3	D-1 或 D-2		D-2	
	＜1500m3 or＞5000m3	D-1 或 D-2			D-2
≧2009	＜5000m3	D-2			
2009~ 2012	≧5000m3	D-1 或 D-2			D-2
≧2012	≧5000m3	---	D-2		

2. 壓艙水收受設施指導方針(G5)

設《壓艙水公約》指導方針 G5 的目的並非要求締約方需要提供收受設施，而是鼓勵全球統一的收受設施，使船舶不需指定岸上設施。而 G5 要求收受設施需有能力接收船上的壓艙水且不會因此對環境、人類健康、財產、資源造成影響，並提供管線、歧管、其他設備使他船可在港口使用，並可安全錨泊。

除對收受設施規範外，並建立岸上收受設施相關規定，但是壓艙水交換規定並沒有要求船舶直接將壓艙水排放到岸上壓艙水收受設施中，因此，這一項條約並不是強制性的，沒有強制要求港口國必須建立岸上收受設施的規定。因為對於某些大型港口而言，要額外建立出管線及大型的儲水設備和處理系統恐怕非常困難。此外，現今的船舶也缺乏統一的連接設備，如統一口徑大小的連接管線等，這使得排放

出的壓艙水沒有辦法進入收受設施。不過，所有的船艙在貨物管理上都有標準化的管路，之後也有可能繼續使用此一管路在後續管理壓艙水的部分做出解決方案，額外再加上所需要的設備就可能達到標準化的壓艙水排放管線。

在考慮建立壓艙水收受設施時，指導方針 G5 提供了許多必須要注意的項目：會影響處理設施的各國當地立法、場址選擇、可供使用的船舶大小及船型、處理壓艙水的方式、採樣及分析壓艙水的技術、帶給環境的好處與所花費成本、技術人員的訓練、設備維護、最大處理能力等。這對於初期建造壓艙水收受設施時所必須做的評估項目提出了全面的方案。

3. 壓艙水管理系統認證指導方針(G8 & G9)

為了確保公約中的規定能夠擁有一致性且正確的被使用，G8 提供了達到 D-2 壓艙水管理系統所需要的架構，其中 G8 的主要核心架構整理如下：確立達到壓艙水管理系統所需的測試及達標要求，期望以多次實測來達到所要求的標準；確立管理階層決定適合的設計、建設及操作項目去達到壓艙水管理系統的要求，依照管理壓艙水的初始目標，建立不同策略來達到同樣結果；提供統一的設備應用方式去達到規範所要求的項目；提供設備建造指導方針給製造商和船東，以方便讓他們一開始便建造出合乎要求的設備；由管理階層去確立壓艙水管理系統的合適性並且有能力達到 D-2 所訂定的相關標準。

對於設備的規格應包含壓艙水管理系統、壓艙水處理設備、監控設備。在壓艙水管理系統中，不可包含任何有害物質，除非經過適當的儲存與安全的應用且被執行單位接受，在運作過程若有狀況應有警報警示，若有需要維修應記錄以便查閱；對於壓艙水處理設備的規定應符合船上人員安全且不會對環境造成危害，並附有控制系統進行管控，且設置於安全的地方避免因靜電而產生危險；在監控設備方面，控制設備應可自動監控調整，且應可記錄運作過程並保留至少兩年。船上須具備壓艙水設備相關文件，如設備的配置圖、製造商提供的使用手冊、維修方法與應急程序等。簡單的說，此指導方針是針對於管

理階層人員進行系統認證的重要查核指標，相較於其他 IMO 型式的認證測試，例如船上油水分離或是廢水處理計畫，壓艙水管理系統認證是一個很繁瑣的過程，包含了大量的人力、時間、以及資金。G8 當中要求了有關陸上測試及船上測試至少要達到 6 個月以上，以確保所通過的認證是已經經過嚴密的步驟才取得的。

G9 提供活性物質的使用準則與認證，使用活性物質應符合 D-3：D-1 和 D-2 的附加要求,根據本公約使用的壓載水管理系統必須由主管機關根據組織制定的指導原則批准。壓載水管理系統在使用化學品或生物殺滅劑、使用有機物或生物方法，或改變壓載水的化學或物理性質，須經組織批准且必須對船舶及其設備和船員安全。在排放壓艙水前須經過毒性測試，以確保排放的壓艙水不會對環境與人員造成傷害。使用病毒或菌類當活性物質需要組織同意並符合 D-3 規定，使用的活性物質需經過持久性、生物累積與毒性分析，且申請者應提供測試後的資料報告給組織，讓組織批准取得認證。

4. 壓艙水及底泥收受設施

岸上廢棄物收受設施的設置，主要是為了配合國際公約上的相關規範如國際防止船舶污染公約(International Convention for the Prevention of Marine Pollution from Ships, 1973 as modified by the Protocol of 1978 relating thereto, MARPOL 73/78)，這也表示所有的港口都應該要提供相關的廢棄物收受設施，讓進入港口的船舶使用，以避免船舶產生的廢棄物造成海洋污染。臺中港未來也有可能因應《壓艙水公約》開發及建立岸上壓艙水及底泥收受設施，用來接受船舶所產生之壓艙水及底泥，處理設備種類及設備的形式十分多元，大致可分成固定式、浮水式、行動式…等。

壓艙水卸載點所設置的位置及使用的方便度也是必須考量的重點，倘若船員在使用岸上收受設施時感到收受設施操作不易，就會降低使用收受設施的意願，因此臺中港必須要提供方便的使用位置及簡易通用的操作方法，來降低可能造成的間接影響。影響壓艙水收受設施位置的關鍵因素有：(1)會接收的壓艙水及底泥量；(2)船舶排放壓艙

水的時間；(3)處理設施使用的處理方法及設備規模；(4)使用收受設施的船舶種類以及各項設施操作的要求。

岸上收受設施可以建立在港區中所有可供使用的區域，並且考量到檢疫制度實行時的管理方便性，岸上壓艙水收受設施可以達到相當優良的壓艙水處理品質控管，但是在建置費用方面就高了許多，因為必須建立大口徑的管線來運送船舶所排放的壓艙水。若在起初建立岸上收受設施時有港區土地的考量，可以先利用工作船做為替代方案，一方面使得土地需求降低，一方面減少額外建造管線與壓艙水處理槽的成本。需要排放壓艙水的船舶可以透過統一管線將壓艙水汲取至旁邊的另一艘工作船暫時存放，再經由工作船上的處理設備或是透過工作船將壓艙水連接至岸上廢水設備進行處理後排放。

在建立壓艙水及底泥收受設施的相關設備之前，有許多要考量的因素，除了港區環境等天然條件之外，也必須蒐集港中真正會接受到的壓艙水量及底泥量等資訊。藉由真正需要接收與有可能接收的壓艙水及底泥量，用來推測臺中港真正所需建立的收受設施需求大小，以免建設收受設施之後，接收的量大於可處理的量，或是只有少數的壓艙水量，卻有過多的收受設施，造成資源的浪費。因此，若要在臺中港建立收受設施，應先通過(1)船商與收受設施監造管理者的協商討論，共同規劃操作收受設施的方案，以確保將來處理設施及方法符合國際標準；(2)分析對於收受設施的需求，估計出真正需要處理與未來可能增加的壓艙水及底泥量，以及需要暫存的容量等，並依此建造規模大小合適的處理系統，避免處理設施與實際處理量的差距過大，過與不及皆不能達到最佳效益；(3)評估設立的位置及使用的方便度，藉由提供方便的位置與設施，提高船商對處理系統的使用率，也降低非法排放壓艙水的可能，其中，容易影響收受設施位置的原因有：接受到壓艙水的量、完全排放壓艙水的時間、使用的處理方法、取得便利性、管理的安全性、接受服務的船舶種類以及操作的要求等；（4）考慮整體環境及長期監測，針對臺中港區提出整體規劃方案，以符合實際需求外，還能兼顧整體環境美觀，並能建立長期監測系統，遇到技

術上問題時才能夠加以解決改善。

此外，建立岸上收受設施的收費制度也是必須要積極探討的問題，這直接影響到未來實際營運時的設備維護支出與港口收入，目前國際上船舶使用岸上收受設施，不同國家的港口有不同的收費制度，由於費用的收取多寡與否，對於船商在使用收受設施上也會有潛在性的影響。於是 IMO 列出六種收費制度，如表 7-3 所示，前三種制度在北海地區已經有部分國家正在使用，而後三種方法尚在理論階段，並未有港口國真正執行。

事實上，如美國阿拉斯加的瓦爾迪斯港(Port Valdez)這些主要以原油做為輸出的港口，自從 1970~80 年代就已經建立了大規模的岸邊收受設施來處理原油艙中受油污染的水體，如引擎、幫浦、及儲存艙中的油污水等，世界上也有許多大型港口都有技術和經濟能力去建造像這樣的處理系統，再加上建造出有關生物處理的系統也不算是全新的挑戰，只需在現有的設施上加以改良，便可以使處理油污水的處理系統再進行壓艙水的回收處理作業。未來最佳化的方式，是希望透過岸上壓艙水收受設施回收壓艙水，處理過後也有機會提供乾淨的壓艙水供船舶使用，藉由裝進處理過且清潔的壓艙水使得船舶不需要再進行大洋交換，便可以省去驗證及管理的時間，也是未來可行的方式。

表 7-3 IMO 所列之六種岸上收受設施收費制度

收費制度	實行地區	特色
直接收費	英國、荷蘭	港口收受設施經由其它合約商引進裝設，船商透過經認證的合約商處理廢棄物，港口對合約商收取認證及檢查的費用，確保使用正確的設備及方法來處理壓艙水，可以避免不正確的棄置過程造成環境傷害。
非特定收費	瑞典	收受設施和處理費用一併包含在港口的稅裡面，港口中所有的船舶都必須要付費，平均下來所收取的費用相對較少。但是缺點是會降低船舶安裝壓艙水處理設備的動力，因為他們進港時付的價格通常都低於自身安裝處理設備所需負擔的成本。
免費	德國	收受設施的經費來源全在港口所在地納稅人身上，使用收受設施可以不用再多負擔成本，讓船舶十分願意將壓艙水交由港口的收受設施來處理。但必須搭配法律及罰鍰，以免船舶因為貪圖一時方法而非法於港口中排放壓艙水。
合約制收費	N/A	依照不同類型的船舶，提供最合適的專屬合約。包括壓艙水量、使用收受設施的頻率等，減少管理上的許多麻煩。
固定收費	N/A	這壓艙水費用與港口基本收費分開計算，變成一種附加費用，但是在進入港口時仍要一起繳納。無論該船舶有沒有真正使用收受設備，全部的船舶都需要支付處理費用，當船商認為既然已經成為固定成本，就會去使用處理設施，希望利用這種方法來減少非法的壓艙水排放。
綜合式收費	N/A	全部的船舶收取固定的基本服務費，當船舶使用到收受設施時還要根據壓艙水量再收取額外的費用。這種制度最主要的目的，就是希望在要另外收費的狀況下，大多的船舶上都可以裝設有船舶壓艙水處理設備。

7.2 壓艙水處理技術

由於全面實行 D-2 生物體排放濃度限制的期限日趨逼近，各國也在開發壓艙水處理技術上面持續進行，以便能將設備安裝在船上處理壓載艙中的水體，一般來說，船舶壓艙水可能因為航行地區的不同，具備了淡水到海水等各種水體的特性，通常壓艙水要比含有高濃度底泥或生物體的水體要清澈一些，但是比乾淨水體污濁，整體來看，需要依壓艙水汲取地區或港口的實際情況而定。另外，壓載艙的情況也會對壓艙水造成程度上大小不一的影響，尤其是以船艙的腐蝕程度和

底泥含量差別最大。有了這些特性，再加上壓載艙周圍環境的影響(海水溫度、日照影響船身溫度等)，使得壓載艙的環境差異十分明顯，也進而影響壓艙水，使得水體變異性相當大。

圖 7-1 為科技壓艙水處理方法，將處理方式方為船上與陸上兩大類，在陸地上可由陸上接收設備接收壓艙水或直接置換乾淨的水。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，先淨空壓載艙，再重新打入海水；船上處理設施分為三種，物理分隔、機械處理與化學處理。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、有機化學物質或其他可處理壓艙水內生物之物質等。

而壓艙水的高度變異性會影響各種壓艙水處理方法的效能，必須根據壓艙水的不同特點選擇適當的處理方法。有些處理方法利用海水的化學特性來消滅活性生物；而另一些方法，是利用消毒劑來消滅存在底泥及壓載艙環境中的活性生物。

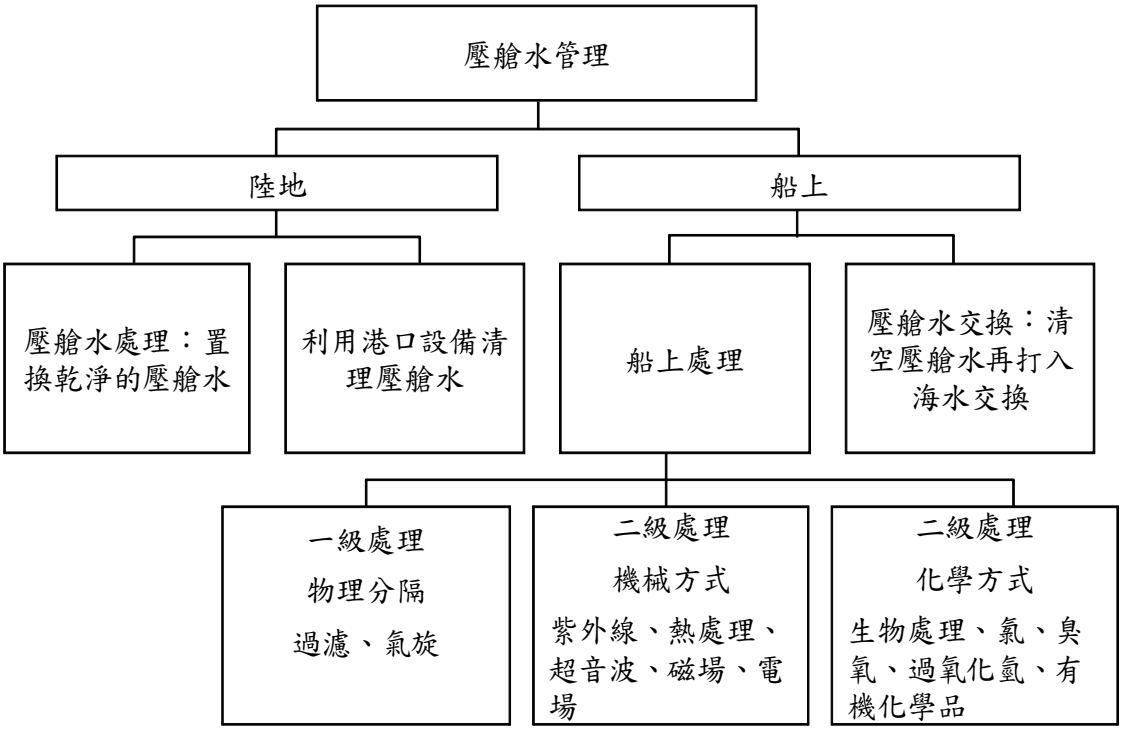


圖 7-1 處理壓艙水之科技方法

7.2.1 物理方式處理

物理方式包含了一般過濾、離心比重分離、Ever-Clear^{TM}…等，利用將水中懸浮物體帶離水體的方式將水中生物體濃度減少，以達到排放的標準。其中，「過濾」方式包含了沙過濾、篩網過濾、布質濾網過濾、膜過濾、…等。利用濾網口徑為 50μm 的過濾系統可以去除絕大部分的浮游動物;而濾網口徑為 40μm 的過濾系統則可處理壓艙水裡中等程度的固體混濁物，也能去除各個生命週期的斑馬貽貝；濾網口徑為 20μm 的過濾系統則還能進一步去除渦鞭毛藻的孢囊,也就是常見發生藻華的藻類。以下分別依照使用的過濾設備不同分別介紹沙過濾和膜過濾兩套系統。

(1)沙過濾

沙過濾器的處理原理是利用物體的萬有引力，這種過濾系統可用於處理飲用水和廢水，包括在水消毒之前降低水的渾濁度、澄清污水和降低水中的生物體含量。去除水中雜質的有效機制包括：滯留粒徑大於濾網口徑的顆粒；稍小一點的顆粒可夾在濾網口中；重顆粒進入不流動區；濾器物質會產生的吸附和黏附作用；絮狀物的增長；生物降解…等。沙過濾的速率約在 5m～30m/h 之間，以此速率用於處理流量為每小時 1000 噸的壓艙水，則過濾面積需要達到 33～200m^2。雖然沙過濾器可減少水中粒徑為 1.5～60μm 顆粒的數量，但這個範圍裡的顆粒部分仍會通過沙過濾器，而且，過濾的速率越快，濾過效率就越低。另外，所有這種類型的沙過濾器都必須在有凝結作用和絮凝作用存在的情形下才能達到應有的成效。

(2)膜過濾

口徑為 0.2μm 的膜過濾系統可有效去除水中細菌，口徑更小的膜過濾系統則可用於去除水中的病毒。除了可以去除細菌外，它還可去除原生動物的孢囊和卵囊。去除病毒的機理是：直接吸附在過濾膜上；病毒先吸附在污染物上形成較大顆粒，使之無法通過過濾膜；病毒吸附在有機物上再被過濾膜濾出。使用膜過濾系統

之前通常需要用口徑為 50～200μm 的過濾系統進行初步過濾，其目的是防止產生淤塞和保護過濾膜不被固體物損壞。

另一項機械方式過濾是「離心比重分離」過濾，壓艙水中的許多微生物都具有特定的比重，並且這些生物的比重與水的比重相近，可以讓生物懸浮於水中，因此活動能力都很強，在沒有外力影響的情況下，這些微生物不會沉澱，這與許多固體物質及油的特性截然不同，固體物質的比重比水大，油的比重比水小，便會自然產生沉澱或是浮在水上。通常來說，渦鞭毛藻的比重會大於 1.05，並且大多數大於 1.10，所以，利用微小的比重差異，便能透過離心的方式能將它們從壓艙水中分離。

過濾裝置不但操作簡單，而且不需要大量的額外空間，處理設備可以安裝在小規模的空間中，如貨櫃大小即可，這使得這套設備在船上得以運用。要注意的是，對於因為安裝處理設備所增加的人力需求也必須計算在成本當中。若要使用較精細的濾網會使整個系統的成本變高，應要將維護成本也計算在其中，但由於過濾系統在維護上所花費的成本十分低廉，所以整體成本也會較其他設備便宜，如表 7-4 所示。

在選擇壓艙水處理方法時，尚須考慮汲取壓艙水時可能帶入大量泥漿、沙土和其他沉澱物；另外，港口的水體中常含有大量的生物體。這表示必須先用物理處理系統首先去除壓艙水中的沉澱物和較大的固體物質，以便進一步實施物理或化學處理，再按照國際的標準對壓艙水進行消毒，使壓艙水存活生物體濃度達到符合接收港所要求的標準。

表 7-4 一般壓艙水過濾設備之裝設成本

處理設備	成　本
整體基本裝設	US $ 290 萬
50μm 濾網	US $ 240 萬
500μm 濾網	US $ 160 萬
2000μm 濾網	US $ 90 萬
水處理單位成本	US $ 117.6 / 1000m^3
整體單位成本	US $ 1000 / 1000m^3

表 7-5 詳細列出物理處理方法，Dardeau et al. (1995)設計回流過濾法控制斑馬貽貝，可移除大於 70%的微生物；Cangelosi et al. (2001)在使用散裝船 M/V Algonorth 與 M/V Regal Princess 在加拿大做實驗，利用與氣旋分離有效的移除 30%的浮游動物，但無法有效減少細菌和病毒，使用多層次過濾法可減少 95%的大型浮游動物與大於 90%的小型浮游動物；Sutherland et al. (2001)結合氣旋與紫外線系統，經分析 *Skeletonama costanum*、*Thalassio sp.*、*copepodes* 三種優勢種，經過處理並沒有在下游港口發現 *copepodes*；Parsons et al. (2000)於駁船上裝置模組系統在明尼蘇達港進行測試，採用不同大小的濾網，50 微米的濾網採用自動回流過濾，100 微米的濾網分別採用氣旋分離與自動回流過濾，分析發現氣旋分離移除效率只有 30%，另外兩種高達 90%；Waite et al. (2003)使用渦漩與 50 微米的濾網和紫外線，流過濾網的浮游動物與小型浮游植物約有 50%在此過程被移除，這證實使用 50 微米的濾網過濾比氣旋更能有效的移除浮游動物幼蟲；Tang et al. (2006, 2009)採用過濾法，針對處理系統的設計、運作與水質參數做調查，觀察在流速 25-75 $m^3h^{-1}m^{-2}$，過濾深度 0.6 至 1.2m 下，發現可有效移除 58%的浮游植物與 50%的浮游動物，若添加促凝劑則浮游植物的移除率上升至 70%，浮游動物上升至 90%；Veldhuis et al. (2006)結合幫浦系統、渦漩與 50 微米的濾網過濾並加入化學藥劑消毒，經過 24 小時的處理後，Phaeocystis 細胞下降 70%；Xiangpeng et al. (2007)使用微小的陶瓷孔洞過濾並結合紫外線，可移除 93%的綠藻。

表 7-5 物理處理方法

方　法	容　量	受測海洋生物	移除比例	參考文獻
過濾	6 ton h^{-1}	斑馬貽貝	>70%	Dardeau JR et al., 1995
過濾/氣旋	Regal Princess 輪 199.8 m^3h^{-1}	浮游動物	30%	Cangelosi et al., 2001
		浮游植物	30%	
		大型浮游動物	95%	
		小型浮游動物	>90%	
		腰鞭毛蟲	95%	
氣旋/紫外線	312-350 m^3h^{-1}	Skeletonama costanum, Thalassio sp., copepodes	無報告	Sutherland et al., 2001
過濾	340 m^3h^{-1}	浮游植物 浮游動物	30-90%	Parsons et al., 2000
渦漩	5.7 m^3h^{-1}	浮游動物	60%	Waite et al., 2003
過濾	25-75 $m^3h^{-1}m^{-2}$	浮游植物	50-80%	Tang et al., 2006, 2009
		浮游動物	70-90%	
過濾	530 m^3h^{-1}	浮游植物	70%	Veldhuis et al., 2006
過濾/氣旋	2 m^3h^{-1}	綠藻	93%	Xiangpeng et al., 2007
氣旋/紫外線	100-3000 m^3h^{-1}	Artemia sp.,	13.7%	Nilsen et al., 2001
		Nauplius larva of Artemia	8.3%	

7.2.2 機械處理方法

機械方法為一級處理，處理方法包括了熱處理、紫外線、超音波；利用海水水體的物理特性將壓艙水中活性生物殺死或是分離，達到標準後再行排放。

「熱處理」是目前可以運用於船舶航行時處理壓艙水的唯一方法。船舶航行時會從引擎產生大量的熱能，通常為了使機械操作保持正常，必須使用冷卻系統將廢熱帶出，因此，來自船舶冷卻系統和排氣裝置的廢熱可以免費獲得處理壓艙水時所需的熱能，由於是重新使用廢熱，也就代表其花費的成本較低，且大致上與大洋交換壓艙水的成本較為相近。這種方法可取得 38℃左右的水溫，並維持數小時，便可以有效地殺滅大多數的冷水生物。然而，由於這樣的水溫與人體體溫較為接近，壓艙水中可能存在的一些特別的耐熱病原體(如沙門桿菌、霍亂弧菌)不受到這種熱處理的影響，會繼續存留在壓艙水當中。另外，還需要對許多生物體進行耐熱測試，以進一步判斷熱處理技術的效果。熱處理技術較不適用於航程短的船舶，這是因為將足夠的熱量傳遞到壓艙水中需要較長時間，另外，這套系統也無法在較冷的水域(如極地水域)中產生功效，因為大量的熱量會透過船艙金屬流失到環境中，使得溫度上升幅度不足以達到消滅生物的效果。

表 7-6 顯示，在熱處理方面，要除去微生物的活性至少溫度要超過 40℃，常用的兩種方法為：使用船上引擎廢熱或鍋爐系統的熱能。將溫度傳達到壓載水艙有以下三種方法：使用引擎冷卻環路連接至壓載水艙、透過冷卻系統反覆壓熱管道、發電機餘熱。但使用熱處理受航程、天氣與能夠使用的廢熱限制，且會增加腐蝕的可能性。Rigby et al. (1999)在散裝船 M/V Iron Whyalla 上進行廢熱處理，可有效的處理不必要的微生物；Thornton et al. (2003)使用 AquaTherm 與 SeaSafe-3 的熱處理法兩者皆可有效處理壓艙水中 99%的微生物；Meshabi et al. (2007)與 Badia et al. (2008)在船上裝置高熱能壓艙水處理系統，最大流速設為每分鐘 85 公升，結果顯示移除了 90%的浮游動物且細菌濃度下降 95%。微波較傳統熱處理有較高的熱能，Boldor et al. (2008)設計一個連

續微波加熱系統流速每分鐘 1 至 2 公升,能量等級設為 2.5 至 4.5 千瓦,溫度 11.8℃至 64.9℃，使受測試的種無法活化；Balasubramanian et al. (2009)則採用相同方法，發現 Artemia cysts 亦無法活化。

另外，關於熱處理方法可能引起船艙腐蝕的部分，目前已經證實影響較小，但是使用熱處理系統可能造成船舶結構產生差異性膨脹，進而影響了船舶的承載能力。若將廢氣裝置作為熱源來源，可使熱處理技術的效率提升，而利用管線將熱量再循環利用的方法，雖然對船舶來說，花費的成本較大，舉例來說：增加利用引擎的熱交換器約為 US $ 94,000，增加船艙管路約每 147,000 噸花費 US $ 50,000，設計處理速率約為 500 m^3/hour 的系統大約花費 US $ 350,000。

另一種物理方法是「紫外線」，紫外線已經在海洋保護的領域中發揮不少作用，也有不少成熟的設備。例如，設於海岸邊的煉油廠，需要使用大量海水來處理廢熱，在將其生產的廢水排放到海水之前，必須保證廢水中的細菌和其他生物體達到 100%的消滅率，於是，紫外線處理便是滿足這種需求的重要方法之一。而紫外線在船舶上的應用則包括消毒飲用水和污水排放前的處理。目前，紫外線已成為最受關注的壓艙水物理處理方法，從短期來看，它也因為成本較低的特點最有發展空間。一般來說，過濾法和離心比重分離法可去除耐受紫外線強的生物，以及那些可干擾紫外線的沉澱物。

紫外線一般使用波長在 240～280nm 的短波。它可破壞生物體的 DNA 結構，達到消滅活性的效果，而且所有的生物體都或多或少地對紫外線敏感。殺滅生物體所需要的劑量取決於紫外線強度(約為 10~20 MW/cm^2)和照射時間的長短，如果劑量使用得當，紫外線可消滅大部分的病毒、細菌、原生動物、真菌、酵母菌和藻類。紫外線並不改變被處理水體的物理性質，因此要比化學處理方法更加環保。對許多僅攜帶少量壓艙水或不需要快速排放壓艙水的船舶，如郵輪、軍艦、貨櫃船、駛上/駛下船...等，這種處理方式是比較可行的。若要除去大部分的細菌,一套處理速率為 1000 m^3/hour 的處理系統約為 US $ 32,600，而每 4000 小時必須要更換一支紫外線燈管，每支成本約是 US $ 500。

紫外線輻射常用來對廢水進行消毒，只要使用適當即可成為有效的抑制病菌的方法且不會產生有害的副產物。紫外線輻射可與生物產生光化學反應如核酸與蛋白質，使用此方法處理的有效性則視生物體的型態與大小。此法大部分與過濾法和渦漩結合使用。表 7-6 顯示，Montani et al. (1995)發現暴露在紫外線兩小時後對 *Gymnodinum sp.*與 *Alexandrium sp.*與 *Chattonella sp* 的控制下降；Xiangpeng et al. (2007)結合紫外線與過濾法檢驗綠藻的活躍性降低 87%；Sassi 等人以 *Artemia salina* 為目標物種在每小時 200 公升的流速中與紫外線 563 $mJcm^{-2}$ 下可移除 78%以上；Sutherland et al. (2003)大規模採用渦漩、50 微米的濾網與紫外線三者搭配實驗，其浮游動物的致死率高達 85%；Cangelosi et al. (2001)在 Regal Princess 輪上使用紫外線測試，發現 *Artemia salina* 致死率高達 99.5%，*Dinoflagellate Prorocentrum* 與 *Tetraselmis sp.*致死率分別為 84.7%與 87.6%；Wright et al. (2007)於 Coral Princess 輪上採用紫外線測試，結果顯示浮游植物、浮游動物與細菌的致死率大於 70%。

目前，關於超音波、磁場、電場技術在壓艙水處理中的應用情況的資料還很少，且大都沒有經過廣泛的測試及驗證。它們對壓艙水中的主要目標生物的作用效果也尚未有結果。但是，將這些方法中的一種或幾種與其他的物理處理方法結合起來，卻可去除一些其他處理方法無法去除的特定生物或病原體。

Gavand et al. (2007)使用超音波聲裂法 1.4 千赫茲測試綠藻的三個成長階段，Dunaliella tertiolecta 移除率達 40%，幼蟲階段則可 100%移除，成蟲則高達 85%，囊胞移除率僅 60%。

表 7-6 機械處理方法

方　法	容　量	受測海洋生物	移除比例	參考文獻
熱	Iron Whyalla 5 萬噸壓艙水	浮游植物 浮游動物 細菌	>98%	Rigby et al., 1999
熱	各種測試	浮游植物 浮游動物 細菌	>99%	Thornton et al., 2003
熱	85Lmin^{-1}	浮游動物	90%	Meshabi et al., 2007
		細菌	95%	Badia et al, 2008
紫外線	無報告	*Gymnodinum sp.* *Alexandrium sp.*	<6%	Montani et al., 1995
		Chattonella sp	<40%	
紫外線	2m^{3}h^{-1}	綠藻	87%	Xiangpeng et al., 2007
紫外線	0.2-1.6 m^{3}h^{-1}	多種類	78-100%	Sassi et al., 2005
紫外線	無報告	浮游植物 浮游動物 細菌	40-99%	Champ et al., 2002
紫外線/漩	312-350 m^{3}h^{-1}	浮游植物 浮游動物 細菌	>85%	Sutherland et al., 2003
紫外線	Regal Princess 輪 100-3000m^{3}h^{-1}	*Artemia salina*	99.5%	Cangelosi et al., 2001
		Dinoflagellate *Prorocentrum*	84.7%	
		Tetraselmis sp.	87.6%	
紫外線/過濾	Coral Princess 輪 無報告	浮游植物 浮游動物 細菌	>70%	Wright et al., 2007
微波	1-2Lmin^{-1}	微藻 *(Nannochloropsis oculata)* 浮游動物*(Artemia)* 牡蠣幼體 *(Crassostrea virginica)*	未活化	Boldor wt al., 2008
微波	1-2Lmin^{-1}	*Artemia cysts*	100%	Balasubramanian et al., 2009
超音波	1-2Lmin^{-1}	*Artemia salina*	100%	Gavand et al., 2007
		幼蟲階段	100%	
		成蟲	85%	
		囊胞	60%	
		Dunaliella tertiolecta	40%	

7.2.3 化學處理方法

化學方法包括了添加次氯酸鈉、SeaKleen®、氫氧自由基、高級氧化技術、添加二氧化氯、臭氧、脫氧或增加二氧化碳、文式脫氧管技術®等；添加化學藥劑進入壓載艙中，將活體生物體殺死後再進行壓艙水排放，不再另外進行過濾，因為 D-2 中要求的生物體濃度標準為活性生物體，因此將活體殺死即可達到標準，為了要進一步消滅壓艙水中剩餘的各種活性生物體，對壓艙水進行的化學消毒動作。而使壓艙水適於排放到接收港口而採取的方法中，目前最為可行的化學處理方法是氯、臭氧、及過氧化氫。

「氯」是歷史悠久、確實且有效的水體消毒劑，特別針對飲用水，它可有效地消滅大多數的病毒和細菌。但由於氯能與海水中的多種成分產生複雜的化學反應，特別是與溴化物的反應，使氯對海水的作用沒那麼明顯。另外值得注意的是，二氧化氯對藻類孢囊消滅非常有效，可以作為綜合壓艙水處理方案的一個良好藥劑。水中若要達到 5 mg/L 的低濃度，成本大約是 US $ 4.9 / 1000 m^3，但若是要於壓艙水消毒之用，約要乘以 20~100 倍的濃度，也就是每 40,000 m^3 的壓艙水使用 4~20 噸的氯；澳洲檢疫與檢查中心估計建立速率為 4,000 m^3/hour 且達到濃度為 2 mg/L 的系統大約花費 US $ 376,500。經氧化的抗生素物質有氯、氧化氯、臭氧與經電氯化學處理的氯，氯是很強的氧化劑，他的有效性取決於溫度、殘留的氯與反應時間，因為化學用品對環境影響重大故使用前須加以評估。表 7-7 顯示，Bolch et al. (1993)測試，氯的濃度達到 500ppm 時可 100%除去 Gymnodinum catenatun cysts 的活性；Zhang et al. (2003)使用每公升 5mg 的次氯酸鈉可有效從壓艙水中移除細菌；Vianna et al. (2003)發現使用氯的可能性與其產生的副產品，如三鹵甲烷，在散裝船 Frotargetina 上測試，浮游動物的致死率高達 99%，浮游植物則是 100%；Gray et al. (2006)使用次氯酸鈉，濃度為 10000mg/L，24 小時後高達 89%的囊胞已無活性；Ichikawa et al. (1992)於實驗室使用二氧化氯，觀察其對 *Gymnodinum catenatum* 與 *Alexandrium catenella* 的反應，當劑量 100 mg/L 時可消滅 97%的上述生物。

表 7-7 化學處理方法

方　法	容　量	受測海洋生物	移除比例	參考文獻
氯	無報告	*Gymnodinum catenatun cysts*	100%	Bolch et al. 1993
次氯酸鈉	5mg L^{-1}	細菌	85.2%-100%	Zhang et al., 2003
		浮游植物	有效	
	2mg L^{-1}	浮游動物 *(Artemia salina)*	15-100%	
氯	散裝船 無報告	細菌 浮游植物 浮游動物	>99%	Vianna et al., 2003
氯氧化物	無報告	*Gymnodinum catenatum* *Alexandrium catenella*	>97%	Ichikawa et al. 1992
氯氧化物	無報告	*Gymnodinum catenatum cysts*	75-98%	Bolch et al., 1993
次氯酸鈉	無報告	囊胞	>89%	Gray et al., 2006
臭氧	400Lh^{-1}	*Bacillus subtilis spores*	無效	Oemcke et al., 2003, 2004
臭氧	400Lh^{-1}	*Dinoflagellate alga Amphidinum sp.*	>98%	Oemcke et al., 2005
臭氧	無報告	浮游動物 浮游植物 細菌	99%	Viitasalo et al., 2005
臭氧	無報告	浮游動物 浮游植物 細菌	90-99%	Perrins et al., 2006
臭氧	無報告	五種海洋有機物	>95%	Jones et al., 2006
臭氧	S/T Tosina(1.3-3.11)*10^3m^3	浮游動物、浮游植物、細菌	>96%	Tamburri et al., 2002
抗生素	無報告	三種淡水微生物	>95%	Sano et al., 2005
抗生素	實驗室規模	細菌	有效	Chelossi et al., 2006
抗生素	實驗室規模	海洋有機物	有效	Faimali et al., 2006
抗生素	實驗室規模	微藻 腰鞭毛藻囊胞菌	有效	Gregg et al., 2007
抗生素	實驗室規模	腰鞭毛藻囊胞	>95%	Wright et al., 2007
抗生素	實驗室規模 船上測試	活體生物質	>99%	de Lafontainet et al., 2008
電解液	1200m^3h^{-1}	浮游植物	>99.99%	Matousek et al., 2006
		Mesozooplankton	>99%	
電解	2.5 m^3h^{-1}	*Artemia*	>95%	Dang et al., 2003
磁分離	100 m^3day^{-1}	紅色浮游植物	>92%	Saho et al., 2002

「臭氧」作為一種消毒劑具有氯和其他化學物所沒有的優點，那就是它不需事先備妥用量，可以直接在船上從空氣中取得。但由於臭氧也會與海水中的溴化物迅速反應，而且需要很大的處理劑量，並有可能會加快船體和設備的腐蝕，因此臭氧成為一種有效的壓艙水消毒劑並不是很方便。但有對於航線僅限於淡水水體的船舶，如航行於北美五大湖的船舶，臭氧在淡水壓艙水處理成效較好。與紫外線相似的是，要達到良好的臭氧處理成效也必須先進行水體的初級處理，並且濾網的口徑要達到 5μm，以去除耐受性較大的生物體。臭氧濃度達到 0.01ppm 即可有消毒的效果，由於製造、監測、保養設備較為嚴格，所以整體來說的成本是高於氯消毒設備的，要建立足夠製造出供 4,000 m^3/hour 的壓艙水使用的臭氧設備約花費 US $ 2,900,000。表 7-7 列出臭氧處理方法，其中 Oemcke et al. (2003, 2004)檢視臭氧對壓艙水內的 *Bacillus subtilis* 胞子的消毒能力，但結果顯示臭氧可控制孢子的成型，臭氧對於移除 *Dinoflagellate alga 與 Amphidinum sp.*的有效性，顯示需要相當高的臭氧量才可移除；Viitasalo et al. (2005)比較臭氧、紫外線、超音波與過氧化氫對移除海水中的浮游動物的有效性，上述方法皆可有效移除 99%的浮游動物；Perrins et al. (2006)檢驗美國港口海水中臭氧化後的總殘餘氧化物濃度，發現若初始總殘餘氧化物濃度在每公升 2 至 5mg 內，則可有效移除海洋生物。

「過氧化氫」也曾經用來處理壓艙水中的多種海洋生物，但是對於蚌類，要達到良好的處理效果所需使用過氧化氫的劑量很大，因此，使用過氧化氫所需的成本相對大了許多，較沒有經濟效益。

抗生素有五大作用，其可破壞細胞壁、改變細胞的滲透性、改變原生質、改變 DNA 或 RNA 與限制酶反應。抗生素分為氧化抗生素與未氧化的抗生素，前者常用與淡水系統因為其可降低有機物在水中的活性。未氧化的抗生素：Sano et al. (2005)使用戊二醛測試在三種淡水生物，發現減少 97%的孵出率，顯示長時間暴露在戊二醛中微生物亦受影響；Chelossi et al. (2006)在實驗室研究抗生素的在壓艙水與冷水中的抗菌效果，測試其最小抑制濃度，發現此方法有成效；Faimali et al.

(2006)使用光分解分子稱為維生素 k，在研究室實測發現缺乏光源可有效減低海洋生物存活；Wright et al. (2007)將萘應用於浮游植物與細菌上，查驗其胡桃酮、內磯松素、維生素 k 等，可有效移除 95%的腰鞭毛藻；Lafontainet et al. (2008)亦在冷水中測試抗生素效用，使用 Preaclean 作為抗生素，結果顯示有機物的生物量在兩天後減少 99%。臭氧可摧毀大量的病毒與細菌但相對的非常不穩定。Matousek et al. (2006)使用次氯酸鈉當電解質，結果顯示可移除 99.99%的浮游植物與中型浮游動物；Dang et al. (2003)每小時 2.5 m^3 的流速電解壓艙水，成功移除 95%的 *Artemia*。Saho et al. (2002)利用超導體磁分離方式，每天可處理 100m^3 的壓艙水，有效移除 92%的浮游植物。

一些使用化學物質進行壓艙水處理的方法近來有較多研究，目前的研究重點主要集中在戊二醛和其他的有機酸消毒劑上。一些沒有攜帶壓艙水進入北美五大湖的船舶(No Ballast Onboard，NOBOB)，可以使用這類化學物對壓載艙的艙底底泥進行消毒，殺滅其中的生物，但它的缺點主要有：(1)費用較高；(2)對水的 pH 值普遍敏感；(3)要達到處理標準的要求通常需要很高的劑量。大多數的化學處理方法都要求化學物質與壓艙水體能夠充分地混合，同時，殘餘化學物質要能維持一定的時間，才能保證處理達到成效。化學處理方法涉及到加藥時的安全操作問題，以及最終排放的壓艙水體中可能含有對環境毒性的殘餘物，都是在研究化學處理方法時需要克服的問題。

整體來說，建造出一座每年可以處理 1150 萬噸的岸上壓艙水處理收受設施的成本大約是 US $ 13,200,000~27,900,000(包括儲存槽、過濾元件、紫外線消毒系統、化學處理系統…等)，加上每單位的壓艙水處理成本約是 US $ 132 / 1000 m^3(包括化學藥劑、電費、設備維護費、人力、以及廢棄物處理…等)，所以估計出整體壓艙水處理費用為 US $ 500~900 / 1,000 m^3。

大多數船舶的操作壓艙水方式皆有所不同，所汲取的壓艙水當中的生物內容也相距甚遠。有些船舶必須在港口汲取壓艙水，而這些港口水體可能含有大量有害細菌和病毒。往往使用單一的方式，其處理

結果未必能符合要求，因此可以將數種處理方法結合起來，達到有效處理壓艙水的目的。例如，船舶可能具有多個處理方式如：機械式的分離系統、物理式紫外線處理系統、及化學式的處理系統等，用來專門處理對紫外線耐受性較高的特殊生物或病原體。然而合併多種處理系統會使操作上更加複雜，並使成本增加，因此一般只有在港口國有特殊要求時才會使用。任何新壓艙水處理技術都應考慮到以下五項主要標準：安全、適應環境、符合實際、實際成本、具有生物有效性。關於現在已經開發出的壓艙水處理技術，皆必須通過海洋保護委員會議(MEPC)通過，並且經過 IMO 秘書處、GESAMP-BWWG(GESAMP - Ballast Water Working Group)以及海洋污染科學專家所組成的壓艙水聯合小組，對各國送審的壓艙水處理系統進行評估，任何的處理系統都必須檢驗核可後才能正式裝載在船舶上提供商業使用。

壓艙水處理系統的成本一直是各國在開發時會遭遇到的難題，由於前置技術發展與建置成本使得處理系統造價並不便宜，不是每一艘船都有能力在船上安裝，另外，在安裝完成後還是必須持續支付相關耗材的開支，有許多以化學方法為主的處理系統都必須添購化學藥劑，除了成本增加外，化學藥劑排入海洋後也會對海洋生物造成不確定的威脅；機械方式處理系統也必須再添購過濾耗材，如濾心、活性碳...等，以維持處理系統的速率與品質穩定；物理方式系統中使用的加熱器、紫外線燈管、冷卻設備...等也必須經常檢測維修，長期使用下來所費不貲，然而，這些成本全部都需由船東負擔，也造成各船公司主動裝設意願並不高，在全面實施 D-2 濃度管制之前，各國應積極開發成本較低且有效的處理技術，吸引更多船舶裝設，臺灣在廢水處理系統上已經有一定程度的發展，未來也可以更加積極發展出新的壓艙水處理系統，除了讓本國籍船舶降低裝設成本及後續營運支出，也可以將技術售出至國外，創造出更多價值。表 7-8 列出目前已初步通過審核的處理技術。

表 7-8 目前已通過審核之壓艙水處理技術

活性物質或系統名稱	製造廠商	方　法	初步審核	最終批准
Peraclean Ocean	Degussa GmbH (德國)	結合過濾與添加 Peraclean (PAA+ H2O2)	MEPC 54	
Electro-Clean	Techcross Ltd. & KORDI (韓國)	電解	MEPC 54	
EctoSysTM electrochemical system	Permascand AB (瑞典)	羥基自由基、活性氯與氫的電化學技術	MEPC 55	
Special Pipe Hybrid System	Japan Association of Marine Safety (日本)	特殊管+臭氧	MEPC 55	
PureBallast	Alfa Laval Wallenius Water AB (瑞典)	過濾+產生自由基的高級氧化技術 裝載時：過濾+高級氧化 排放時：高級氧化	MEPC 56	MEPC 56
NKO BWTS	NK Company Ltd. (韓國)	臭氧	MEPC 56	
Electro-Clean System (ECS)	Techcross Inc. (韓國)	電解	MEPC 54 韓國	MEPC 57 韓國
Triiron tetroxide， PAC and PASA ClearBallast	Hitachi Ballast Water (日本)	絮凝	MEPC 57 日本	
EctoSysTM CleanBallast	Permascand AB (瑞典)	機械分離+電化學單元 裝載：機械分離+電化學 排放：電化學	MEPC 55 瑞典	MEPC 57 德國
GloEn-Patrol TM	PANASIA CO.，Ltd. (韓國)	裝載時：過濾+紫外線 排放時：紫外線	MEPC 57 韓國	
Peraclean Ocean. SEDNA System	Degussa GmbH (德國)	結合過濾與添加 Peraclean (PAA+ H2O2)	MEPC 54 德國	MEPC 57 德國
OceanSaver BWMS	Norwegian Research Council (挪威)	氮氣+電滲透析	MEPC 57 挪威	

7.2.4 案例分析

表 7-9 則列出目前各國處理方法與技術，表中第一個計畫為澳洲檢疫處(Australian Quarantine and Inspection Service, AQIS)所贊助計畫，此計畫由 Rigby 等學者進行研究，利用 Broken Hill Proprietary 公司 141,457DWT 散裝船 Iron Whyalla 做測試，本船航線由澳洲開往日本。Rigby 等學者為解決壓艙水所衍生的問題，發展出替代方法。使用船上主機或冷卻水機械的廢熱加熱海水，沖刷壓載艙使壓艙水溫度達到 37

℃至 38℃，可有效的殺死微生物，並以有毒的腰鞭毛藻為目標物種，初步在研究室實驗的結果，在短時間(30 秒至 90 秒內)加熱至 40℃至 45℃可使 *Gymnodinium catenatum* 此種腰鞭毛藻死亡，如果溫度降低則致死率亦隨著降低。1993 年初步在 Iron Whyalla 做生物檢驗，如圖 7-2 熱循環示意圖所示，由引擎廢熱加熱海水，導入壓載艙內。

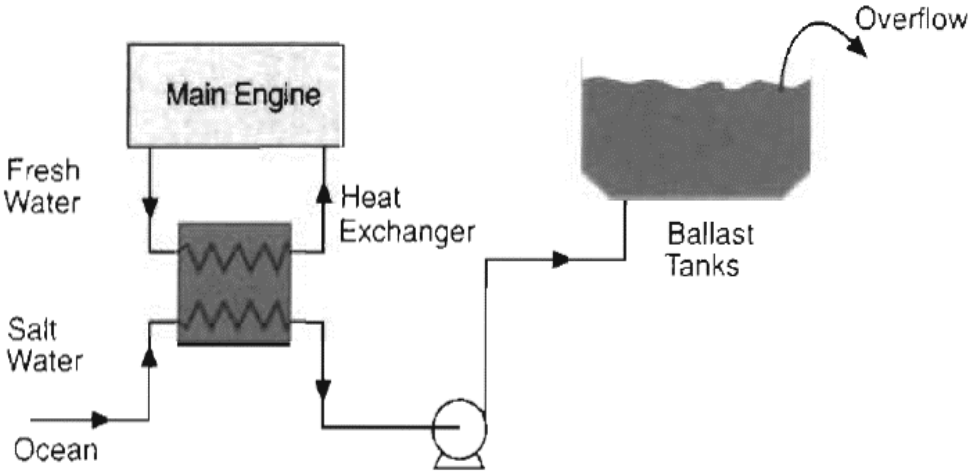


圖 7-2 熱循環示意圖

此法結果顯示沒有浮游動植物存活，但在此試驗中發現船舶引擎的廢熱無法使全部壓載艙的溫度維持在 40℃。圖 7-3 顯示，1997 年由坎培拉港出發航向德黑蘭港之航線圖，此段行程共花費十天，但在此航程之前，先進船塢裝置額外的管路系統，使熱水可順利的打入左右艙，以左邊壓載艙做為測試艙，裝置 50mm 的採樣管並監測溫度，首先從坎培拉港開始測試，周遭海水為 28.5℃，經過 30 小時的熱水沖刷，所有壓載艙皆超過 38℃，結果顯示沒有浮游動物或僅有少數浮游植物存活，在沖刷熱水的此動作消除了大約 90%的浮游生物。此熱處理法不會對環境造成重大傷害，且兼顧船舶穩度，比清空壓載艙在打入海水的方法安全，費用低廉，處理每噸壓艙水只花費美金三分(不包含裝置管路費用)。但此法不適用於短程航線，因時間不足已完成所有壓載艙的熱循環，也不適用於海水溫低於 15 至 20℃的環境，此環境會延長加熱時間。

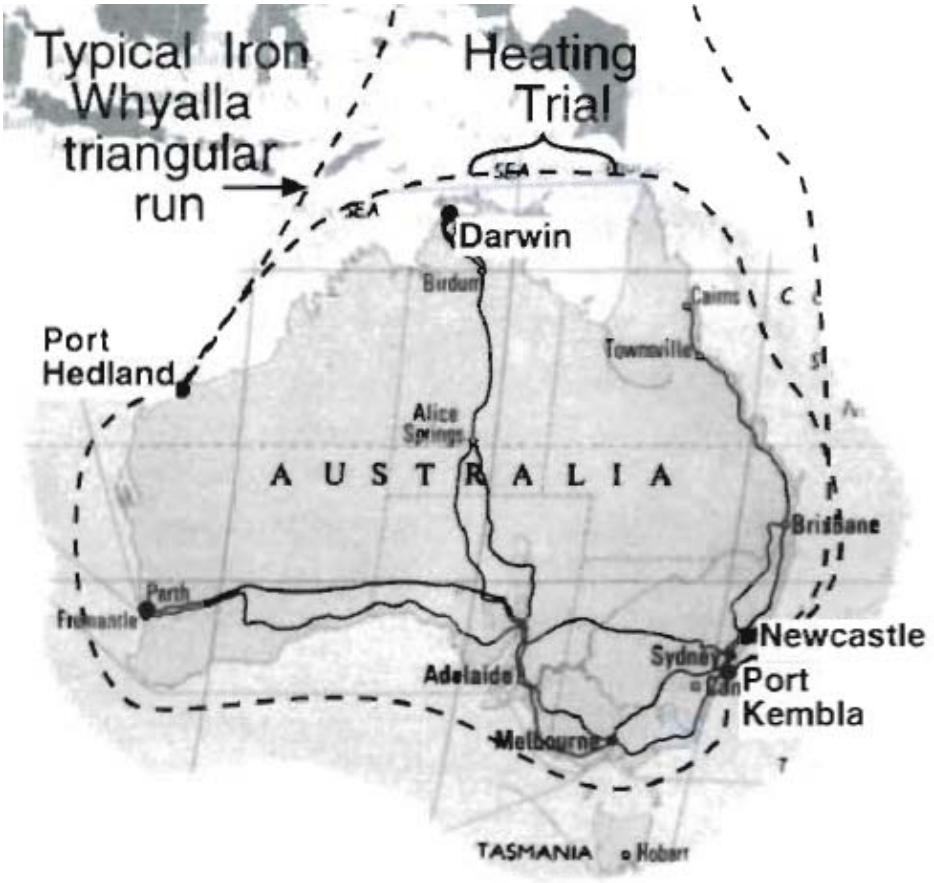


圖 7-3 Iron Whyalla 航線圖

表 7-9 各國壓艙水處理技術

國家	計畫名稱 測試地點	處理方法 金額	研究方法	成效/結果
澳洲	Ballast Water Heating and Sampling Trials on the BHP Ship MV Iron Whyalla MV. Iron Whyalla	熱處理	熱處理：用引擎廢熱加熱壓艙水並採樣	(1)實驗室實驗：有毒腰鞭毛藻囊胞在 38℃下 4.5 小時候被殺死。(2)船上實驗：壓艙水加熱到超過 38℃需 30 小時，但經過熱處理沒有浮游動物或只有少數浮游植物存活。(3)報告結果，熱處理有潛力值得採用，不像化學藥劑會對環境造成危害且具效益，但此法受航程長短與周圍海水水溫影響。
澳洲 	Does Heat Offer a Superior Ballast Water Treatment Option? 	熱處理 AUD250,000	利用熱處理觀察微生物與其活性	新數據顯示當處理溫度達 40-45℃時可有效殺死或使壓載艙內生物失去活性。長時間低溫處理較短時間高溫處理來的有效。
澳洲 	Ports Corporation of Queensland Ballast Water Initiative No. 2: R&D of Ballast Water Treatment Technology 敦士維	改變 pH 值、絮凝、過濾、紫外線與臭氧	採樣：辨識潛在問題物種與壓艙水特性消毒測試：使用臭氧、紫外線與膜過濾測試前先檢查 pH 值、絮凝…等	實驗結果顯示紫外線在移除沉積物與大型微生物上較過濾法有效且具經濟效益。
巴西 	Use of Chlorine for Ballast Water Treatment 散裝船 Frotargentina	氯	使用八個翼艙，四個控制組四個加入氯濃度為 1、3、5、10ppm，六至八天後採樣分析鹽度、pH 值、溫度、溶氧…等	浮游動植物的死亡率高達 76.4%，氯的濃度高低並不影響致死率，但濃度越高會產生三鹵甲烷，因此建議使用低濃度的氯可提升使用效率。
中國 	Effect of the Chlorination Treatment for Ballast Water 大連海事大學	化學殺菌劑 USD40,000	根據中國國家標準測試細菌、浮游植物、端足目動物、鹽水蝦…等	利用次氯酸鈉為殺菌劑，結果顯示用在海水中殺死微生物與細菌是有效的，但使用濃度取決於受測物種為何。
德國 	Process for the Removal of Organisms from Different Waters 德國	化學處理：Peraclean® Ocean Ca. US200,000	採用 Artemia 測試標準測試	(1)實驗室測試：400ppm 的 Peraclean® Ocean 濃度下許多不同的物種完全死亡。(2)船上測試：顯示在 200ppm 的 Peraclean® Ocean 濃度下有 99-100%的浮游動植物死亡。(3)在漢堡田野測試：100ppm 的 Peraclean® Ocean 可完全殺死 Cyclops、Daphnia、Copepode nauplii、Rotifiers,、Ciliates、Nematodes、Cladocera 等物種。
日本 	Unwanted Aquatic Organisms in Ballast Tank- Report of the Ballast Water Management by Heat Treatment using Main Engine Water Cooling Circuit and Findings of the On-Board Research MV Onde Maru，從 Kure 港/日本到 Walcott 港/澳洲	熱處理	分析重新裝載壓艙水後，經熱處理浮游植物存活之可能性	熱處理後減少海洋生物與浮游植物但其囊胞仍可能存活於沉積物中。在此產生如何使溫度一致的問題，在第一個出口口溫度在 43℃但在最遠端只有 35℃。

(資料來源：Global Ballast Water Management Programme, Ballast Water Treatment R&D Director 2ND Edition)

7.3 壓艙水管理策略之研擬

針對臺中港壓艙水管理策略之研擬，首要應先建立申報制度，有完善的申報制度才能了解每艘船舶為臺中港帶來多少壓艙水量與排放多少量入臺中港；了解壓艙水量後，應評估並建立壓艙水交換區，指定區域讓入港船舶排放其壓艙水；進港船舶申報後，依照所回傳的資料進行風險評估作業；最後壓艙水之排放管制是否嚴格執行，仍視港口國是否嚴格確實執行，以便掌控壓艙水量與來源。

1. 申報制度的建立

目前我國並無壓艙水申報制度，故本研究參考美國與澳洲兩國壓艙水回報表格，做為我國未來建立申報制度的參考依據。

美國壓艙水回報的表格，如表 7-10 所示，首要項目便是提出問題，其目的在確定這次回報的理由，判斷這是第一次回報或是做為前次回報時的缺失做補強或更正錯誤之用，讓相關單位能夠更快了解船舶壓艙水狀態。回報表格內容分成六個部分：分別是船舶資料、航運資訊、壓艙水量、壓艙水管理、壓艙水歷史記錄以及負責人的簽名。

第一部分：船舶資料，分別填入「船名」、由 IMO 核發的國際「船舶編號」、船舶所登記的「擁有人或是承租人」、「船舶型態」(包含：散裝船（bc）、駛上駛下船（rr）、貨櫃船（cs）、油輪（ts）、客船（pa）、石油散貨礦石三用船（ob）、雜貨船 （gc）、冷藏船（rf）以及任何額外的船舶型態)、「總噸位」、「國際無線電呼叫號碼」、及完整的「船旗國」名稱等資訊，這個部分用來了解船舶資料，以方便日後追蹤及統計使用。

第二部分：航運資訊，分別填入進入美國專屬經濟海域後或是聖羅倫斯航道(St. Lawrence Seaway)之後第一個所停靠的「抵達港口」全名、「日期」、及船舶進入負責該港時的「代理商」；在進入美國專屬經濟海域之前所停靠的港口及國家便是「前一港」及「前一港口國」；而離開「抵達港口」之後的下一個停靠港及國家則分別填入「次一港」、及

「次一港國家」。

第三部分：壓艙水，計算船上總共可以攜帶的「壓艙水體積」（包含單位）、「壓載艙數量」（不包含飲用水）；並確認目前載有壓艙水的壓載艙體積及數量。

第四部分：壓艙水管理，填入在進入美國專屬經濟海域前已經有交換過壓艙水的壓載艙有幾個，分別使用哪些方法做交換？或是使用替代方案、岸上收受設施的壓載艙個數，並敘述所使用的替代方案；假若船上壓艙水沒有處理過，也必須敘述沒有交換的原因；另外，船上是否備有壓艙水管理計畫？是否有確實履行管理計畫？是否備有IMO 壓艙水處理指導方針？也必須勾選。

第五部分：壓艙水歷史紀錄，記錄所有到達港口國時所有有交換過壓艙水的壓載艙，使用壓載艙代碼一一詳述其交換記錄，包含來源及交換歷程，若左舷與右舷的交換歷史紀錄是相同的，則可以記錄在同一列上；另外，若單一壓載艙有多重壓艙水來源，則在不同行上列出 30 天內的前三大來源，若又大於三個來源，則在第四行標記「多重」以及寫下不包含前三大來源的壓艙水容量（=總壓載艙體積－前三大來源的壓艙水量）以供識別；「壓艙水來源」包含了以歐洲格式（日/月/西元年）記錄的日期、港口全名或是經緯度、壓艙水體積以及以攝氏（℃）表示的溫度；而有實施「壓艙水交換」的時候，則需記下交換完成的日期、交換完畢的終點經緯度、交換體積、使用方法、交換百分比以及風浪和湧浪所計算出的海平面高度；最後，在排放壓艙水時的日期、港口經緯度以及排放體積記錄時，尚須再記錄排放壓艙水時的水體鹽度，並包含單位。

第六部份：職稱及簽名，在壓艙水回報的表格當中，有適當的負責人員簽名負責是相當重要的，代表此人對船上壓艙水管理的負責。

最後，美國依照不同區域進行壓艙水回報表格傳送單位：船舶若行駛至五大湖區，便由水牛城海岸巡防隊港口隊長（COTP Buffalo）接受回報，而且不論美國、加拿大或其他船舶，最遲都必須在進入魁北克省蒙特婁(Montreal, Quebec) 24 小時進行壓艙水報告的回報；而行經

哈德遜河喬治華盛頓橋以北的船舶則回報至紐約海岸巡防隊港口隊長（COTP NY），且是在船舶進入美國領海水域（基線 12 浬之內）之前傳送；船舶行經上述地區之外的其他美國港口，則要求回報至下列三者其一：美國海岸防衛隊，並轉交給史密森松寧環境研究中心（Smithsonian Environmental Research Center, SERC）；國家壓艙水資訊交換中心（National Ballast Information Clearinghouse, NBIC）；傳真至美國海岸防衛隊總指揮，並轉交給國家壓艙水資訊交換中心，用以了解該船舶的壓艙水狀況，以利後續追蹤管理時能有完整的資料可供使用。

根據澳洲 AQIS 所提供的壓艙水回報表格，如表 7-11 所示，可以簡單的分成上、下兩部分，上部分為船舶資訊及相關注意事項，下部分則是詳細的壓載艙使用記錄：

上部分：首要填寫「船舶名稱」、「建造年份」、「IMO 或是勞氏船舶編號」、「無線電呼號」，再加上「日期」、「頁碼」以及船主或負責人的「簽名」。

下部分：詳細的壓載艙記錄皆必須記載於下部分：

A 欄：列出壓載艙及貨艙的數量及最大攜帶量，並以立方公尺為單位。

B 欄：記錄在航程中汲取壓艙水的港口，如果是在大洋中汲取，則記錄當時的經緯度，另外，日期及容量也須記錄。

C 欄：確認每一個抽水泵的抽水速率以估計水量多少，並在每一次交換壓艙水時記錄抽水泵使用編號；使用批次交換法或連續沖洗法/稀釋法時，分別記錄到限定表格當中，且將交換百分比記錄下來，以供檢驗時確認。

D 欄：針對將在澳洲排放的壓艙水做出預估港口、日期、及水量。

最後，進入澳洲的船舶必須在進入領海前 12 小時將報告書傳給 AQIS，以供後續管理及風險評估之用。

表 7-10 美國壓艙水回報表格

壓艙水回報表格

這是一個修正過的壓艙水回報表格嗎？ 是□ 否□

1. 船舶資料

船名：	
IMO 編號：	
擁有人：	
型態：	
總噸位：	
無線電呼號：	
船旗國：	

2. 航運資訊

抵達港：		
抵達日期：		
代理商：		
前一港：	前一港國家：	
下一港：	下一港國家：	

3. 壓艙水使用與體積

確認單位 (m^3， MT， LT， ST)

船上總壓艙水：

容量	單位	壓載艙數量

船上總壓艙水攜帶能力：

容量	體積	船上總壓載艙數量

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： 記錄在抵達港口國時所有要交換壓艙水的壓載艙；如果沒有，跳至第六部份 *(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（℃）	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)
				C										sg
				C										sg
				C										sg
				C										sg
				C										sg
				C										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：

表 7-11 澳洲壓艙水回報表格

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：

所有壓載艙都必須要有記錄-包括空的壓載艙

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-抽空後的剩餘水量記錄在表格。

連續交換法：最少要汲取 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 艙的左舷及右舷)。

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用一種方法）。

進入澳洲水域零壓艙水：將剩餘水體積記錄在表格 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 確認汲取用來做壓艙水的水量和估計現在每小時的輸水量（立方公尺/小時）： 1 號泵：　2 號泵：　3 號泵：						(D) 預估在澳洲港口排放的壓艙水		
									限連續沖洗或稀釋法				
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)	所使用的泵(泵號)	限批次交換法殘留水體積（m^3）	汲取水量（m^3）	交換百分比	壓艙水排放港	排放日期	排放體積（m^3）
壓水艙代號：船首艙=FTP　船尾艙=APT　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）													

2. 建立壓艙水交換區

壓艙水交換區域是各國由於地理環境受限制，或是為了方便管理大洋交換之區域，經過詳細的地形水深、海流分析及航道規劃後所劃設出的一個適合來往船舶在其中交換壓艙水的區域，一般而言，當海流、離岸流越強大、海底深度越深的條件下，該區域便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，舉例來說，美國麻州的緬因灣（Gulf of Maine）是船舶往來頻繁的區域，由於位於美國及加拿大交界處，因此成為十分忙碌的航線，各國船舶也經常在此區域交換壓艙水，使得導入外來物種的風險增高，為了解決這個問題，在圖 7-4 中斜線是經過評估後所建議的壓艙水交換區，從海流來看，不論是位於水深小於 75 公尺或是大於 150 公尺的沿岸流都是十分強烈，且能將水體引出緬因灣不會滯留於灣中，如此的水流可以將船上所排放出的壓艙水與緬因灣海域水體進行交換後再帶出緬因灣，便避免了壓艙水進入沿岸生態系統，可降低可能存在的風險，另外，該壓艙水交換建議區域的水深平均皆超過 100 公尺，雖沒有達到《壓艙水公約》中所規定至少有 200 公尺的深度，但憑藉著旺盛的沿岸流將水體帶離岸邊，以及對於該區域加強管理及環境監控，也能達到有效預防壓艙水污染及管理便利的成效。

3. 建立風險評估準則

臺中港在收到即將進港船舶所傳送過來的壓艙水回報表格後，圖 7-5 便應依照所回傳的船舶航運資訊、壓艙水攜帶狀況、壓艙水交換狀況、進出臺中港的歷史紀錄等進行風險評估作業，當船舶曾經有不良紀錄、壓艙水回報不實、前一港有明確證據顯示發生壓艙水污染事件、在過去 12 個月之內沒有進入過臺中港等事件時，便可以依據港口國管制原則派出港口稽查人員進行登船檢驗壓艙水相關資料，再配合著環境相似度、物種特性等因素進行評估，若經評估後屬低風險船舶，則可以獲得免除檢驗，相反的，若為高風險船舶，則應加強其檢查程度，

以防止有任何污染港區的可能產生。當一艘船舶進港時，由於其中所攜帶的壓艙水量與來源皆屬未知，藉由要求傳送回報表格的資料，再經過風險評估一舉，不但可以明確區分出高、低風險船舶，做出最適當的處理外，更可以有效降低營運時所需的人力、物力，確實達到高效率管理之成效。

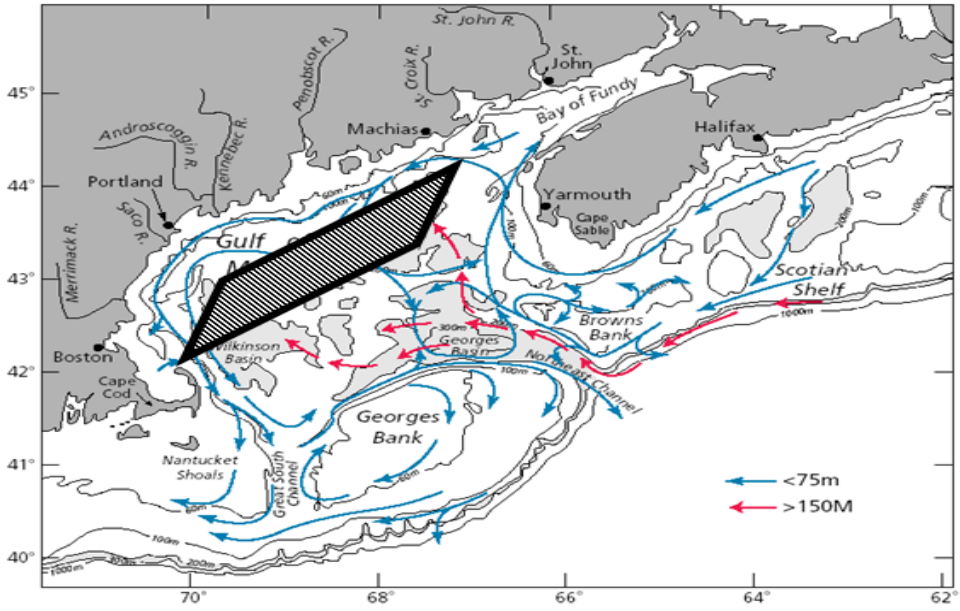


圖 7-4 美國麻州緬因灣建議壓艙水交換區域

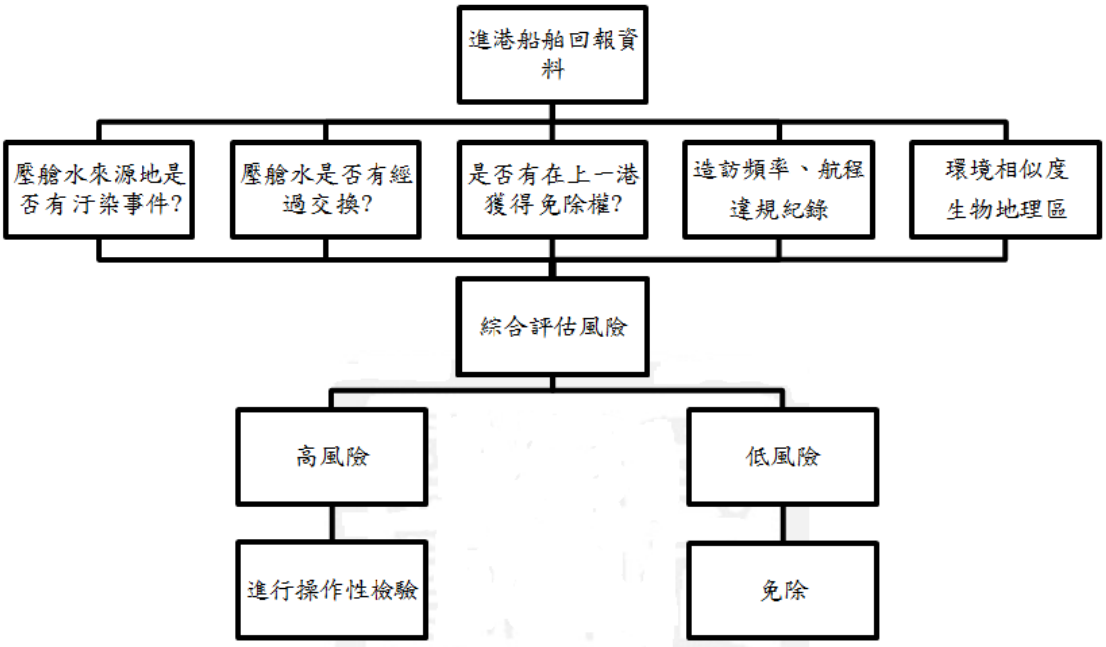


圖 7-5 臺中港未來實行風險評估時之建議步驟

4. 港口國管制

實行港口國管制的目的是要增加船舶的安全性，是防止未受妥善管理的船舶進入港口的最後一道防線，目前的管制已經從單國各自訂定擴大到區域性的管制，《東京備忘錄》便是亞太地區最重要的共管制體系。

在國內，依據《商港法》的規範，外國船舶若是有違反港口國相關規範的事實產生，港口國有權利將該船舶拘留並且要求改善，直到改善完成後才能夠再駛離臺中港，其中第 35 條之 1 中，有關船舶管理規則之訂定的部分為：「船舶排洩有害物質之限制、油輪操作手冊、船舶油貨紀錄簿、船舶污油水收受設備等防止船舶污染海水及商港區域內污染事故之處理等事項之管理規則，由交通部會商有關機關定之。」根據本條文，交通部於 91 年 11 月 26 日由交通部公布「海水污染管理規則」，其中針對於受油污染（第 10、11、14 條）及有毒物質污染（第 16~20 條）之壓艙水做出禁止排放的規範；另外，也有針對油輪操作壓艙水（第 25~27 條）及污油水收受設備（第 35 條）訂定出標準，以確保港口環境水體的安全。但由於目前已知壓艙水污染已不侷限於油污及有毒物質污染，未來國內可增訂有關壓艙水管理之新法，或修訂國內現有法令，補強預防壓艙水造成生物污染之規定，並制定防止外來種入侵之標準，一方面達到符合國際標準之要求，一方面也能確保我國水體環境的生物安全，維持本土之既有生態特性及生物多樣性。

港口檢查分為一般性、操作性及政策性三種：「一般性」檢查包含了船舶的救生設備、消防設備、應急設備、防止污染設備等的書面資料，當臺中港港口管制員發現該船有「明顯理由」（Clear Grounds）可以確定其現有的設備或是船員的情況不符合公約規定，或是對其中細節有懷疑時，便可以進一步進行「操作性」檢查。在發生此類情事時，臺中港的港口管制官員有權登船進行確認，針對不符及不合格項目檢查，並要求改善。另外的「政策性」檢查，是指臺中港需要更有效地對外國船舶進行管制和監督的作業時，可以不定時宣布特定項目的檢查。

一般來說，臺中港的一般性檢查通常是針對於船舶配有的證書及文件進行核對，查看的項目如船舶與船員的實際狀況、機艙配備與住艙設施是否有達到國際要求標準以及基本的船舶衛生條件等，如果船舶上的各項證書齊全且有效，在加上各種檢視範圍皆屬於良好狀態下，便會終止檢查。

未來針對壓艙水部分進行港口國管制，受檢船舶中依照各種船型、船旗國等依據，加以統計分析後便可以找出需要特別加強受檢的目標船舶。因此臺中港可參考《東京備忘錄》之模式，若在同一備忘錄區域中已受過檢查且合格之船舶，在進入臺中港時可避免再次檢查，可使港口國管制之效率更為提升。

5. 管理權責單位

為因應 1992 年生物多樣性公約，我國永續會擬訂生物多樣性行動計畫，詳述具體工作內容與主管機關。此計畫主要理念為保護生物多樣性特別重要的區域，復原、維持特定分類群內物種的族群或減緩這些族群的下降。其中針對外來物種方面主要為控制入侵種主要的潛在入侵途徑與針對威脅生態系、棲地、或物種的主要入侵種建立管理計畫。其中表 7-12 針對入侵種控制提出具體內容。

在控制入侵種威脅此工作項目中，提出七項工作內容，根據不同工作內容有不同管理、協辦單位與工作的完成期限。此七項工作項目都由農委會管理，除了強化外來(入侵)種走私查緝此工作項目，另外加入海巡署與財政部協助。各個項目在協辦單位方面，針對不同性質，加入其他相關單位予以協助，例如在建立外來種輸出入管理機制上，加入國科會、衛生署、環保署、經濟部、財政部等予以協助；在建立風險評估極引入生態影響評估體系上，加入環保署此協辦機關；在建立外來種監測及早期預警機制，則加入海巡署與財政部予以協辦；入侵種生物防治則加入環保署各部會一同協辦；在建立與執行生物技術研發與衍生產品對生物多樣性衝擊之評估能力與管理體系方面，加入衛生署與經濟部等協辦單位。

表 7-12 針對入侵種控制之工作內容

任務：生物多樣性的主要威脅，包括外來入侵種、氣候變化、污染和棲地改變等 工作項目：控制入侵種的威脅		
具體工作內容	主辦機關/完成期限	協辦機關
建置外來種輸出入管理機制（包括物種輸出入管理及檢疫措施）	農委會/(1)建立機制：(2)建立法規：/持續辦理	國科會 衛生署 環保署 經濟部 財政部
建立外來種輸入風險評估及引入生態影響評估體系，並將評估結果據以擬定監（偵）測及防治策略	農委會 /9912	環保署
建立外來種監（偵）測、鑑定及早期預警機制，包含輸入之外來種後續追蹤管理(含寵物管理)	農委會 /持續辦理	海巡署 財政部
強化外來（入侵）種走私查緝	海巡署 農委會 財政部 /持續辦理	
入侵種生物防治：（1）研擬新入侵生物緊急撲滅計畫，並聯合地方政府定期演習。（2）建立已入侵生物長期防治計畫，將入侵種造成之經濟損失及生態衝擊降至最小	農委會 /(1)研擬計畫：/持續辦理；(2)演習及長期防治：定期	環保署 各部會
建立名錄：（1）建立國內外來及入侵生物清單，研析生態、經濟危害及管理策略。（2）建立國際高風險入侵種生物清單，研析入侵管道及預防入侵措施	農委會 /9912	
建立與執行生物技術研發與衍生產品對生物多樣性衝擊之評估能力與管理體系	農委會 國科會 /9912	衛生署 經濟部

參考目前永續會研擬控制外來物種工作內容之架構下，本節所述之申報制度，屬於檢疫與外來種輸出入管理機制，故應納入農委會管理；建立壓艙水交換區與建立風險評估準則因涉及環境與生態影響評估體系，故應由農委會管理輔以環保署共同管理；在港口國管制方面主要應由交通部管轄，管理船舶進出港、檢查船舶安全性與適航證書等。交通部雖在港口國管制上扮演重要角色，然而目前永續會研擬之生物多樣性行動計畫只針對外來物種輸出入、風險評估、防治與建立生物技術研發與衍生產品對生物多樣性衝擊之評估能力與管理等，並未對船舶壓艙水引入外來種部分加強管理，也因此並未將交通部納入，然而管理壓艙水需要許多部門共同合作，進行全方位的策略擬定、執法、及後續環境監測等，故此議題應涉及交通部管理範圍與詳列交通部之工作內容，並會合各部會防堵與監控外來物種由不同途徑入侵之可能性。

第八章　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。依據調查結果配合歷年水質資料，提出臺中港鄰港附近海域水質分佈的特性、影響水質之因素以及與自然條件的相關性，並利用主成份分析法，用較少的變數分析原來資料中大部分變異，這些主成份可用來作為資料解釋上之綜合性指標，解析歷年水質整體變化特性與浮游動、植物豐度間之關係，並針對進入臺中港之船舶進行壓艙水量分析與風險評估，瞭解船舶所攜帶壓艙水量與壓艙水來源港對臺中港域造成風險高低，藉由風險高低訂定檢查作業程序與處理方法。由過去與本年度於臺中港鄰港海域水質調查結果分析與船舶風險評估結果，可獲得下列結論與建議。

8.1 結論

本研究為針對臺中港附近海域進行水體採樣與分析，由過去與本年度於臺中港鄰港海域水質調查結果分析，可獲得下列幾點結論。

1. 本年度 3 月與 9 月採樣監測中，海域水質調查結果與去年相比並無異常，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. 本年度 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 93 年至 95 年間歧異度變化相當劇烈，港內外差異也很大，而至 96 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，港外浮游動物岐異度較港內來得低，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. 本年度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。經率定分析，得到最佳模式參數：底床摩擦係數為 25，與渦動黏性係數為 100。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台中港至彰濱海域之大區域海潮流變化。
5. 應用經過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，其殘留之染料濃度越小，即愈接近出海口，其海水交換率愈佳。反之，愈遠離出海口，其存留之染料濃度越大，則海水交換率愈小。
6. 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。

7. 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。
8. 在壓艙水量調查方面，分析 94-98 年間進入臺中港之船舶，估算船上壓艙水量大約介於八十萬噸上下，其中以貨櫃輪的排放量為主，大約佔總排放量的一半。在風險評估方面，分析上一港與臺中港之間的溫度、鹽度與航程三種因素，發現此五年間造訪臺中港的船舶中，以中國香港為極度風險區，不僅溫度、鹽度與臺中港相似，且航程僅距離 388 浬，五年間造訪次數高達 5,112 次，由此可知距離近與環境相似之港口來的船隻風險程度相對較距離遠且環境不相似的風險高，造訪頻率之高低亦影響風險程度。
9. 目前壓艙水處理技術有物理、機械、化學三大類，而已審核通過的處理方法多為較高階的二級處理方式，有物理、機械方式的紫外線、過濾，化學方式的電解、臭氧等方式。國際海事組織亦列出收受設施的收費制度，而目前英國、荷蘭、瑞典、德國等皆已實施國際海事組織所通過的港口收受設施的收費制度。
10. 除配合壓艙水處理方法處理壓艙水與沉積物外，我國亦應研擬壓艙水管理措施，參考美、澳申報制度，建立適合我國之申報制度，並了解入港船舶的壓艙水量，評估後參考 IMO 提供之標準與美

國緬因州案例，建立壓艙水交換區，指定區域讓入港船舶排放壓艙水。

8.2 建議

1. 本年度應用二維水理模式針對不同環境因子條件下來模擬臺中港海水交換率的情形。建議未來可以進行本海域之水質模擬，以了解臺中港域之整體污染涵容量，此可作為臺中港域管理單位在進行污染防治時之參考依據。
2. 由於陸域水質不佳將會影響到臺中港港域內水質，今年 9 月調查復又出現港內溶氧相對偏低且不符乙類海域水質標準之情形，因此需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，持續巡查及取締不法之污染排放，此外於颱風大雨時期，需特別注意來自上游蓄積之陸源污染，可能於此時期流入港域進而造成港域水體品質不佳。再者，港口管理單位可依港務局防制船舶污染登輪檢查實施要點，加強港區污染源之稽查處理，防制港區船舶不當排洩廢油水、投棄垃圾等，以維港域整潔及保護生態環境與水質，並對於船舶排放污染者，依環境污染罰則施以重罰並得限期勒令其改善。
3. 由歷年水質主成份分析結果中之氮、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。

4. 依據本研究結果，應針對來自中國、日本、南韓的貨櫃輪、雜貨船與油輪進行嚴格的管制。壓艙水方面，因進入臺中港之貨櫃輪連年成長亦是海上運輸主要船型，有大型化的趨勢，雜貨輪與油輪又為排水量大之船型；風險評估方面，上述三國因地緣關係距臺中港非常近，溫鹽環境因素類似，易使外來種入侵臺中港並繁衍，故我國應針對上述因素對不同船型之船舶與來源港，依風險等級高低做不同程度之抽檢與管制，以減少資源的浪費並能達到最大管控效果。
5. 在壓艙水管理層面，計畫中已列舉多項處理方法與實例，但在採用任何一種方式來處理壓艙水時，應考慮當地生態環境是否會因使用上述方法而使生態遭受更大的破壞，使用前盡可能完整的評估臺中港水域環境與外來種的特性，而採用對於臺中港最適當的方式來處理壓艙水。可參考美、澳國家之制度，做適度調整申報制度以符合我國國情，並依據 IMO 標準，參考美國緬因州案例，建立臺中港壓艙水交換區，並藉此申報資料進行風險評估，然而此制度的施行仍須港口國嚴加控管，才能確實掌握各船所帶來的風險高低。後續進行壓艙水處理方式評估時，陳列說明國內、外壓艙水對環境造成之損害的案例，用以證實建立壓艙水管理之重要性。

8.3 成果效益及後續應用情形

本研究分別以文獻資料整理分析、現場調查、理論解析以及數值模擬計算方式，探討目標港灣（臺中港）及鄰港附近水動力以及漂沙機制，說明結構物、海象以及地形條件互制，所產生特殊的波潮流分佈以及侵淤積現象，此結果可提供各港務局相關單位作為未來改善港灣漂沙侵淤積問題之參考；本研究提出各水質及生態調查分析結果以及影響水質之可能污染源，可作為未來進行海域水質、海域生態、系統動力學模擬以及環保與港務單位管理港灣附近排放污染源之參考依據。此外，進行船舶壓艙水排放量與風險評估，並研擬壓艙水處理方

式與管理策略，成果可提供主管港灣設計營運及水質生態單位改善及監控之參考。

本研究內容除提供本所及政府相關單位施政設計參考，亦可提供顧問公司以及學術研究單位進行水動力模擬、漂沙防治及水質生態保護研究參考，上述研究成果擬再節錄整理，預計發表於國內外研討會以及期刊。

1. 本研究並整理臺中海域海象、氣象、地象、水質及生態資料，收集了自 1999 年至 2009 年臺中港港區附近之海氣象觀測資料，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。自 1999 年至 2009 年期間共有 71 個颱風侵襲臺灣海域，平均每年約有 6.5 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。隨著全球暖化效應及氣候變遷的影響，颱風侵襲臺灣之次數也相對增加，收集之資料可供臺中港臨近區域海域工程、規畫、評估等之參考。
2. 本研究並整理了臺中港自 1998 年至 2010 年之相關水質監測資料，並利用主成份分析法分析該區海域之水質資料及各參數之相關性，最後提出港區內水質採樣分析相關作業程序本年度研究所得之成果將可作為未來進行海域水質數值與系統動力學模擬之參考依據，了解上游污染源以及其排放總量，對於港域內污染總量之評估有相當大的助益，本年度調查所得之結果，可提供管理單位作為評估分析之參考依據。
3. 本研究調查臺中港域進港船舶排放壓艙水對港域水質之影響，蒐集進港船舶之航運資料，並依船舶航運資料分析運輸型態，透過外來壓艙水排放量估算探討可能影響的結果。並加入風險評估，分析進入臺中港船舶之上一港對臺中港區的風險大小為何，藉此研擬港區內檢查作業程序，成果可做為未來政府因應國際局勢研擬壓艙水管理法令之依據。

參考文獻

1. Badia G., McCollin T., Josefsen K.D. et al., "On Board Short Time High Temperature Heat Treatment of Ballast Water: a Field Trial under Operational Conditions," *Marine Pollution Bulletin* 56, 127–135 (2008).

2. Balasubramanian S., Ortego J., Rusch K.A. and Boldor D. "Efficiency of Artemia Cysts Removal as a Model Invasive Spore Using a Continuous Microwave System with Heat Recovery," *Environment Science Technology* 42, 9363–9369 (2009).

3. Boldor D., Balasubrama S., Purohit S. and Rusch K.A. "Design and Implementation of a Continuous Microwave Heating System for Ballast Water Treatment," *Environ Science Technology* 42, 4121–4127 (2008).

4. Cangelosi A.A., Knight I.T., Balcer M., Wright D., Dawson R. and Blatchley C. "The Great Lakes Ballast Technology Demonstration project: Biological effectiveness test program (including MV Regal Princess Trials)," *ProcIMO1st Inter Ballast Water Treatment R&D Symposium*, London, UK, 88–94 (2001).

5. Chelossi E. and Faimali M. "Comparative Assessment of Antimicrobial Efficacy of New Potential Biocides for Treatment of Cooling and Ballast Waters," *Science Total Environment* 356, 1–10 (2006).

6. Cucco, A. and Umgiesser, G., "Modeling the Venice Lagoon residence time," *Ecological Modeling* 193, 34-51 (2006).

7. Dang K., Yin P., Sun P. and Song Y. "Application Study of Ballast Water Treatment by Electrolyzing Seawater," *IMO Proc 2nd Inter Baltic Water Treatment R&D Symposium*, 103–111 (2003).

8. Dardeau JR and Elba A. T. "Zebramussel Control with Backwash Filtration Waterpower," *ProcIntConfonHydropower*2, 1256–1264 (1995).

9. de Lafontaine Y., Despatie S.P. and Wiley C. “Effectiveness and Potential Toxicological Impact of the PERACLEAN ® Ocean Ballast Water Treatment Technology,” *Ecology Environment Safety* 71, 355–369 (2008).

10. Faimali M., Garaventa F., Chelossi E. et al. ”A new Photodegradable Molecule as a Low Impact Ballast Water Biocide: Efficacy Screening on Marine Organisms from Different Trophic Level,” *Marine Biology* 149, 7–16 (2006).

11. Fisher, H. B., “Mixing and dispersion ” *Estuaries Annual Review of Fluid Mechnaics* 8, 107-134 (1980).

12. Flagella M., Soria A. and Buia M., “Shipping traffic and introduction of non-indigenous organisms: Study case in two Italian harbours,” *Ocean & Coastal Managemen.* (2006).

13. Gavand M.R., McClintock J.M., Amsler C.D., Peters R.W. and Angus R.A. “Effects of Sonication and Advanced Chemical Oxidants on the Unicellular Green Alga Dunaliella Tertiolecta and Cysts, Larvae and Adults of the Brine Shrimp Artemia Salina: A Prospective Treatment to Eradicate Invasive Organisms from Ballast Water,” *Marine Pollution Bulletin* 54, 1777–1788 (2007).

14. Gray D.K., Duggan I.C. and Mac Isaac H.J. “Can Sodium Hypochlorite Reduce the Risk of Species Introductions from Diapausing Invertebrate Eggs in Non-ballasted Ships?” *Marine Pollution Bulletin* 52, 689–695 (2006).

15. Gregg M.D. and Hallegraeff G.M. “Efficacy of Three Commercially Available Ballast Water Biocides against Vegetative Microalgae, Dinoflagellate Cysts and Bacteria,” *Harm Alga* 6, 567–584 (2007).

16. Gunnarsson, J., Broman, D., Jonsson, P., Olsson, M. and Rosenberg, R., “Interactions between eutrophication and contaminants: Towards a new research Concept for the European aquatic environment,” *Ambio* 24, 383-385 (1995).

17. Herwig R.P., Cordell J.R., Perrins J.C. et al. “Ozone treatment of Ballast Water on the Oil Tanker S/T Tonsina: Chemistry, Biology

and Toxicity," *Marine Ecological Progress Series*324, 33–55 (2006).

18. Ichikawa S., Wakao Y. and Fukuyo Y. "Extermination Efficacy of Hydrogen Peroxide against Cysts of Red Tide Toxic Dinoflagellates and its Adaptability to Ballast Water of Cargo Ships, "*Nip Su Gak* 58, 2229–2233 (1992).

19. Jones A.C., Gensemer R.W., Stubblefield W.A. et al. "Toxicity of Zonated Seawater to Marine Organisms," *Environment Toxic* Chemistry 25, 2683–2691 (2006).

20. Le Pape, D., "Hydrodynamics prevention of eutrophication in the Bay of Brest (France), a modeling approach," *J. of Marine Systems* 12, 171-186 (1997).

21. Matousek R.C., Hill D.W., Herwig R.P. et al. "Electrolytic Sodium Hypochlorite System for Treatment of Ballast Water," *J Ship Prod* 22, 160–171 (2006).

22. Meshabi E., Norman R.A., Vourdachas A. and Qutkez – Badia G, Design of High-temperature Thermal Ballast Water Treatment System. *Proc.IMechE PartM: J Engineering Marine Environ* 39, (2007).

23. Montani S., Meksumpun L. and Ichimi K. "Chemical and Physical Treatments for Destruction of Phytoflagellate Cysts," *J Marine* Biotechnology 2, 179–181 (1995).

24. National Academy of Science (1973) and National Academy of Engineering, *Water Criteria 1972*, EPA R/73/033, p.21, U.S.Environ. Prot. Agency, Washington D.C.

25. Niimi A.J., "Role of container vessels in the introduction of exotic species", *Marine Pollution Bulletin* 49:778-782 (2004).

26. Nilsen B, Nilsen H and Mackey T., *The Optimar ballast system Proc 1st IMO International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, London, UK, 126–136 (2001).

27. Oemcke D.J. and van Leeuwen J. “Chemical and Physical Characterization of Ballast Water. Part 1: Effects on Ballast Water Treatment Processes,” *J Marine Environment Engineering* 7, 47–64 (2003).

28. Oemcke D.J. and van Leeuwen J. “Seawater Ozonation of Bacillus Subtilis Spores: Implications for the Use of Ozone in Ballast Water,” *Ozone Science Engineering* 26, 389–40 (2004).

29. Oemcke D.J. and van Leeuwen J. “Ozonation of the Marine Dinoflagellate Alga Amphidinium sp. – Implications for Ballast Water Disinfection, “ *Water Res* 39, 5119–5125 (2005).

30. Parsons M.G. and Harkins R.W. “The Great Lakes Ballast Technology Demonstration Project filtration mechanical test program,” *Marine Technology* 37, 129–140 (2000).

31. Pearson, K., “On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space, ” *Philosophical Magazine* 2(6), 559-572 (1901).

32. Pearson, K., “Notes on the history of correlation, ” *Biometrika* 13(1), 25-45 (1920).

33. Perrins J.C., Cooper W.J., van Leeuwen J.H. and Herwig R.P. “Ozonation of Seawater from Different Locations: Formation and Decay of Total Residual Oxidant Implications for Ballast Water Treatment,” *Marine Pollution Bulletin* 52, 1023–1033 (2006).

34. Perrins J.C.,Cordell J.R., Ferm N.C.et al. “Mesocosm Experiments for Evaluating the Biological Efficacy of Ozone Treatment of Marine Ballast Water,” *Marine Pollution Bulletin* 52, 1756–1767 (2006).

35. Prandle, D. D., “Modeling study of mixing Cs in the seas of the European continental shelf,” *Philosophical Transctions of the Royal Society of London* 310, 407-436 (1984).

36. Rigby, G.R., Hallegraeff G.M. and Sutton C. “Novel Ballast Water Heating Technique Offers Cost-effective Treatment to Reduce the Risk of Global Transport of Harmful Marine Organisms,” *Marine Ecology Progress Series* 191, 289-293 (1999).

37. Sano L., Steven M., Bartell S.M. and Landrum P.F. “Decay Model for Biocide Treatment of Unballasted Vessels: Application for the Laurentian Great Lakes,” *Marine Pollution Bulletin* 50, 1050–1060 (2005).

38. Sano L., Krueger A.M. and Landrum P.F. “Chronic Toxicity of Glutaraldehyde: Differential Sensitivity of Three Freshwater Organisms,” *Aqua Toxic* 71, 283–296 (2005).

39. Sassi J., Viitasalo S., Rytk ¨onen J. and Lepp¨akoski E. “Experiments with Ultraviolet Light, Ultrasound and Ozone Technologies for Onboard Ballast Water Treatment,” *VTT Tiedotteita-Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus* 2313, 1–80 (2005).

40. Saho N., Isogami H., Mizumori T. and Nishijima N. ”Superconducting Magnetic Separator for Ballast Water Treatment,” *IMO Proc2nd Inter Baltic Water Treatment R&D Symposium*, 125–137 (2002).

41. Shapiro, S. S. and M. B. Wilk, “An analysis of variance test,” *Biometrika* 52: 591 (1965).

42. Signell, R. P., “Modeling tidal exchange and dispersion in Boston harbor, ” *J.G.R.* 97, 15591-15606 (1992).

43. Sutherland T.F., Levings C.D., Elliott C.C. and Hesse W.W. “Effect of a Ballast Water Treatment System on Survivorship of Natural Populations of Marine Plankton,” *Marine Ecological Progress Series* 210, 139–148 (2001).

44. Sutherland T.F., Levings C.D., Petersen S. and Hesse W.W., Mortality of Zooplankton and Invertebrate Larvae Exposed to Cyclonic Pretreatment and Ultraviolet Radiation,” *Marine Technology Soc J* 37:3–12 (2003).

45. Takeoka, “Fundamental concepts of exchange and transport time scales in a coastal sea,” *Continental Shelf Research* 3, 311-326 (1984).

46. Tang Z., Butkus M.A. and Xie Y.F. “The Effects of Various Factors on Ballast Water Treatment Using Crumb Rubber Filtration:

Statistical Analysis," *Environment Engineering Science* 23, 561–569 (2006).

47. Tang Z., Butkus M.A. and Xie Y.F. "Crumb Rubber Filtration: a Potential Technology for Ballast Water Treatment," *Marine Environment Res* 61, 410–423 (2006).

48. Tang Z., Butkus M.A. and Xie Y.F. "Enhanced performance of crumb rubber filtration for ballast water treatment," *Chemistry* 74, 1396–1399 (2009).

49. Thornton G.A. and Chapman J.E. "The Use of Heat for Ballast Water Disinfection – the Aqua Thermal Method," *Proc IMO 2nd International Ballast Water Treatment R&D Symposium*, London, UK, 88–102 (2003).

50. Tsolaki E. and Diamadopoulos E., "Technologies for ballast water treatment: a review," *Wiley Interscience* (2009)

51. Waite T.D., Kazumi J., Lane P.V.Z., Farmer L.L., Smith S.G. and Smith S.L. "Removal of Natural Populations of Marine Plankton by a Large-scale Ballast Water Treatment System," *Marine Ecological Progress Series* 258, 51–63 (2003).

52. Wright D.A., Dawson R., Orano-Dawson C.E. and Moesel S.M. "A Test of the Efficacy of a Ballast Water Treatment System Aboard the Vessel Coral Princess," *Marine Technology* 44, 57–67 (2007).

53. Wright D.A., Dawson S.J., Cutler H.G., Cutler Dawson-Orano C.E. and Graneli E. "Naphthoquinones as Broad Spectrum Biocides for Treatment of Ship's Ballast Water: Toxicity to Phytoplankton and Bacteria," *Water Res* 41, 1294–1302 (2007).

54. Veldhuis M.J.W., Fuhr F., Boon J.P. and Ten Hallers-Tjabbers C.C. "Treatment of Ballast Water; How to Test a System with a Modular Concept," *Environ Technology* 27, 909–921 (2006).

55. Vianna da Silva J.S. and da Costa Fernandes F. "Use of Chlorine for Ballast Water Treatment," *IMO Proc 2nd Inter Baltic Water Treatment R&D Symposium*, 158–164 (2003).

56. Viitasalo S., Sassi J., Rytk ¨onen J. and Lepp¨akoski E. “Ozone, Ultraviolet Light, Ultrasound and Hydrogen Peroxide as Ballast Water Treatments – Experiments with Mesozooplankton in Low-saline Brackish Water,” *J Marine Environment Engineering* 8, 35–55 (2005).

57. Xiangpeng K., Yimin Z., Manxia Z. et al., “Simulated Experiment on Minimizing the Presence Chlorella and Bacteria in Ballast Water by Combination of Micro-hole Filtration and UV Radiation,” *J Adv Oxidant Technology* 10, 186–188 (2007).

58. Yuan, D., Lin, B. and Falconer, R. A., “A modeling study of residence in a macro-tidal estuary,” 71, 401-411 (2007).

59. Zhang S. , Chen X. ,Yang D. et al., “Effects of the Chlorination for Ballast Water,” *IMO Proc 2nd Inter Baltic Water Treatment R&D Symposium*, 148–157 (2003).

60. Zimmerman, J. F. T., “Estuaries residence times,” *Hydrodynamics of Estuaries*, vol. 1, Florida: CRC Press Inc (1988).

61. 翁旭惠，「轉換你的統計資料以合乎常態分配的假設」，*中華民國神經放射線醫學會會刊*，第 36 期，2008 年。

62. 中央氣象局全球資訊網 http://www.cwb.gov.tw。

63. 交通部運輸研究所，*台中港觀測風力資料專刊*(1994-2007 年)，2008 年 9 月。

64. 交通部中央氣象局，*氣候資料年報－地面資料*，1999 年至 2009 年。

65. 交通部運輸研究所，*港灣海氣地象觀測資料年報*，2001 年至 2009 年。

66. 交通部中央氣象局，*潮汐觀測資料年報*，1999 年至 2009 年。

附錄一

台中港區之海氣象資料統計表

(一) 台中及梧棲氣象站之氣象資料統計表

附表1-1　台中氣象站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　台中氣象站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　台中氣象站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　台中氣象站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　台中氣象站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　台中氣象站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　台中氣象站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　台中氣象站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　台中氣象站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　台中氣象站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　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1-12　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1-13　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1-14　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1-15　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1-16　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1-17　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1-18　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1-19　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1-20　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

(二) 台中港風速及風向資料統計表

附表2-1　台中港2001年至2009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
統計值	5.8	26.5	NNE	55.6	27.1	12.8	4.5	62.4	9.5	18.7	9.4	0.1

資料來源：中央氣象局

附表2-2　台中港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：中央氣象局

附表2-3　台中港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：中央氣象局

附表2-4　台中港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：中央氣象局

附表2-5　台中港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：中央氣象局

附表2-6　台中港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：中央氣象局

附表2-7　台中港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：中央氣象局

附表2-8　台中港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：中央氣象局

附表2-9　台中港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：中央氣象局

附表2-10　台中港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：中央氣象局

(三) 台中港海流資料統計表

附表3-1　台中港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：港灣技術研究中心

附表3-2　台中港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：港灣技術研究中心

附表3-3　台中港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：港灣技術研究中心

附表3-4　台中港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：港灣技術研究中心

附表3-5　台中港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：港灣技術研究中心

附表3-6　台中港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：港灣技術研究中心

附表3-7　台中港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：港灣技術研究中心

(四) 台中港示性波高、週期及波向資料統計表

附表4-1　台中港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：港灣技術研究中心

附表4-2　台中港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：港灣技術研究中心

附表4-3　台中港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：港灣技術研究中心

附表4-4　台中港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：港灣技術研究中心

附表4-5　台中港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：港灣技術研究中心

附表4-6　台中港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：港灣技術研究中心

附表4-7　台中港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：港灣技術研究中心

(五) 台中港潮位資料統計表

附表5-1　台中港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　台中港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　台中港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　台中港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　台中港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　台中港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　台中港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　台中港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

潮高單位：公分；基準面相對KP：0cm。資料來源：中央氣象局。

附表5-9　台中港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

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

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

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)]酸鹼度	電極法	NIEA[(2)] W424.52A	—	±0.1	—	—
◎水溫	溫度計法	NIEA W217.51A	—	≤3%	—	—
◎溶氧量	電極法	NIEA W455.50C	—	≤10%	—	—
◎導電度	導電度計法	NIEA W203.51	—	≤3%	—	—
鹽度	導電度法	NIEA W447.20C*[(3)]	—	≤5%	—	—
透明度	水體透明度測定法	NIEA E220.50C	—	—	—	—
◎懸浮固體	103~105℃乾燥法	NIEA W210.57A	2.5[#] mg/L	≤20% ≤10%[(5)]	—	—
◎五日生化需氧量	水中生化需氧量檢測方法	NIEA W510.54B	2.0[#]mg/L	≤15%	168~228 mg/L[(6)]	—
◎大腸桿菌群	濾膜法	NIEA E202.53B	—	≤ 0.2	—	—
氨氮	靛酚法	NIEA W448.51B	0.02 mg/L	≤10%	90~110%	85~115%
◎總磷	分光光度計/維生素丙法	NIEA W427.52B	0.006mg/L	≤10%	85~115%	75~125%
葉綠素 a	丙酮萃取法/分光光度計分析法	NIEA E507.02B	—	≤25%	—	—

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

(6).BOD 的品質目標以濃度表示為 168~228mg/L。

(7).表中各檢項方法偵測極限值原則上每年更新一次。

(8).若本所因不可抗拒力(如天災、儀器故障)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單位執行檢測。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　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)]酸鹼度	×	×	×	×	O	×	×	×	×
◎水溫	×	×	×	×	O	×	×	×	×
◎溶氧量	×	×	×	×	O	×	×	×	×
◎導電度	×	×	×	×	O	×	×	×	×
鹽度	×	×	×	×	O	×	×	×	×
透明度	×	×	×	×	×	×	×	×	×
◎懸浮固體	×	×	O	×	O	×	×	×	×
◎五日生化需氧量	×	×	×	O	O	×	×	×	×
◎大腸桿菌群	×	×	O	×	O	×	O	×	×
氨氮	R≥0.995	O	O	O	O	O	×	×	×
◎總磷	R≥0.995	O	O	O	O	O	×	×	×
葉綠素 a	×	×	×	×	O	×	×	×	×

註：1. ◎代表本檢驗室經環境保護署審查合格之許可項目。

2. O表示執行；×表示不執行。

附表3　本計畫檢測項目品質管制範圍

項　目	空白 樣品	查核 樣品	重複 樣品	添加 樣品
◎[(1)]酸鹼度	×[(2)]	×	±0.1	×
◎水溫	×	×	≤3%	×
◎溶氧量	×	×	≤10%	×
◎導電度	×	×	≤3%	×
鹽度	×	×	≤5%	×
透明度	×	×	×	×
◎懸浮固體	≤1.0mg/L	×	<20% <10%[(3)]	×
◎五日生化需氧量	≤0.2mg/L	168~228mg/L[(4)]	≤15%	×
◎大腸桿菌群	不得檢出	×	≤0.2	×
氨氮	≤2MDL	90~110%	≤10%	85~115%
◎總磷	≤2MDL	85~115%	≤10%	75~125%
葉綠素 a	×	×	≤25%	×

註：1.◎代表本檢驗室經環境保護署審查合格之許可項目。

2.×表示不執行。

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%。

4.BOD 的品質目標以濃度表示為 168~228mg/L。

附表4　本計畫檢驗室主要儀器維護校正項目及頻率

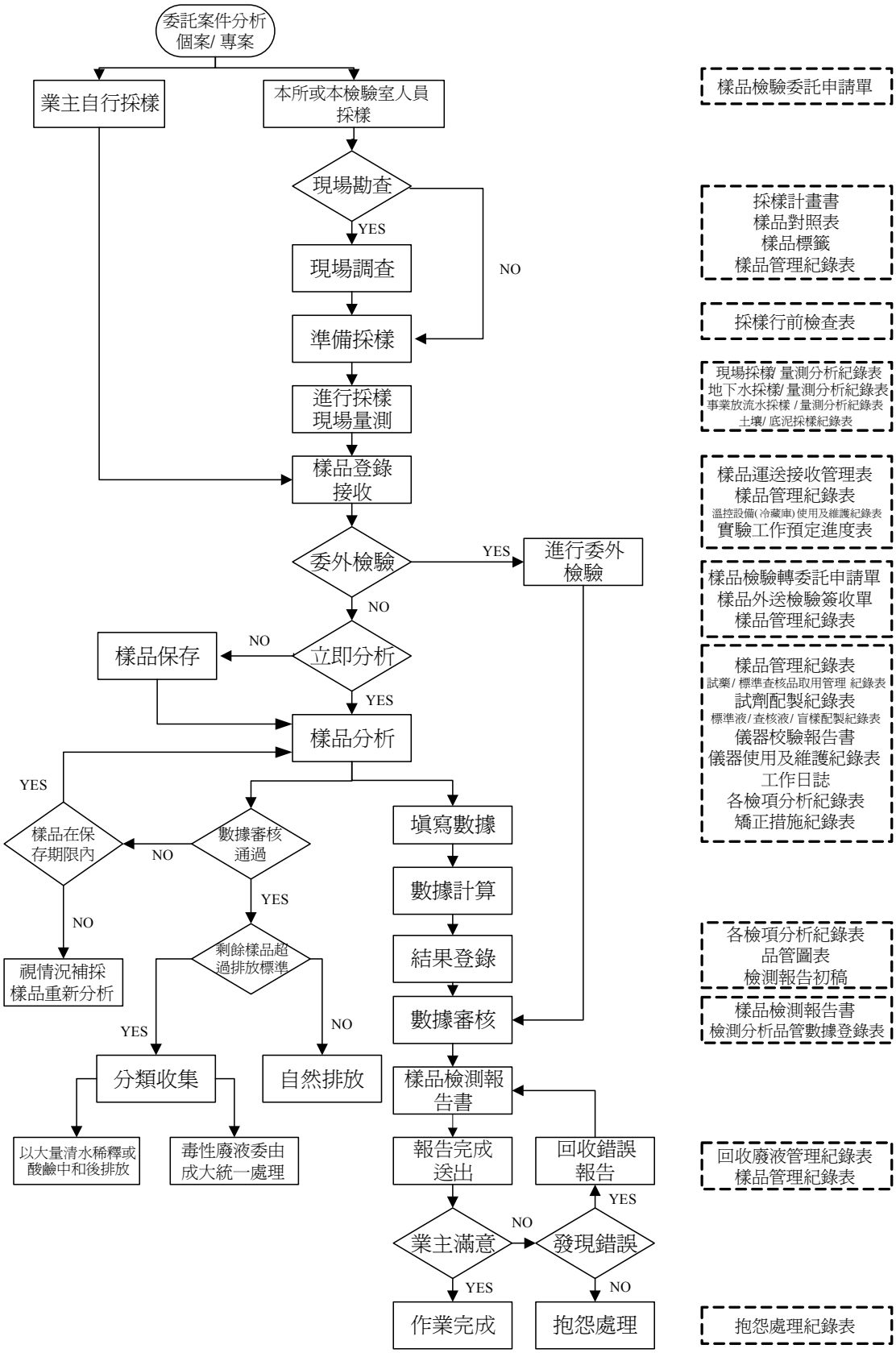
儀器名稱	檢查維護項目	檢查維護頻率	校正項目	校正頻率	備註
電子天平 A&D ER-180A (日本) (數量：1) Mettler AB-204(瑞士) (數量：2) A&D FY-1200　(日本) (數量：1) Mettler PB-3002(瑞士) (數量：2) Denver(美國) M220 (數量：1)	1.清潔秤盤與機身內外 2.更換乾燥劑避免日照、震盪及接近磁性物質 3.防止氣流	視情況 視情況更換	1.零點檢查 2.刻度校正 3.重複性校正 4.重複性與線性量測	第一次稱量前 1 次/月 2 次/年 1 次/年	使用人 儀器負責人或管理員 儀器負責人或管理員 合格校正機構
純水製造機 Millipore 30 PLUS Milli-Q SP (美國) (數量：2)	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	視情況 顯示值判斷 2 次/年 顯示值判斷 顯示值判斷	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%
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
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
排煙櫃	1.清潔機身內外 2.更換活性碳	2 次/月 2 次/年	1.測風速(≧0.5m/sec)	2 次/年	廠商 廠商

附表4　本計畫檢驗室主要儀器維護校正項目及頻率(續1)

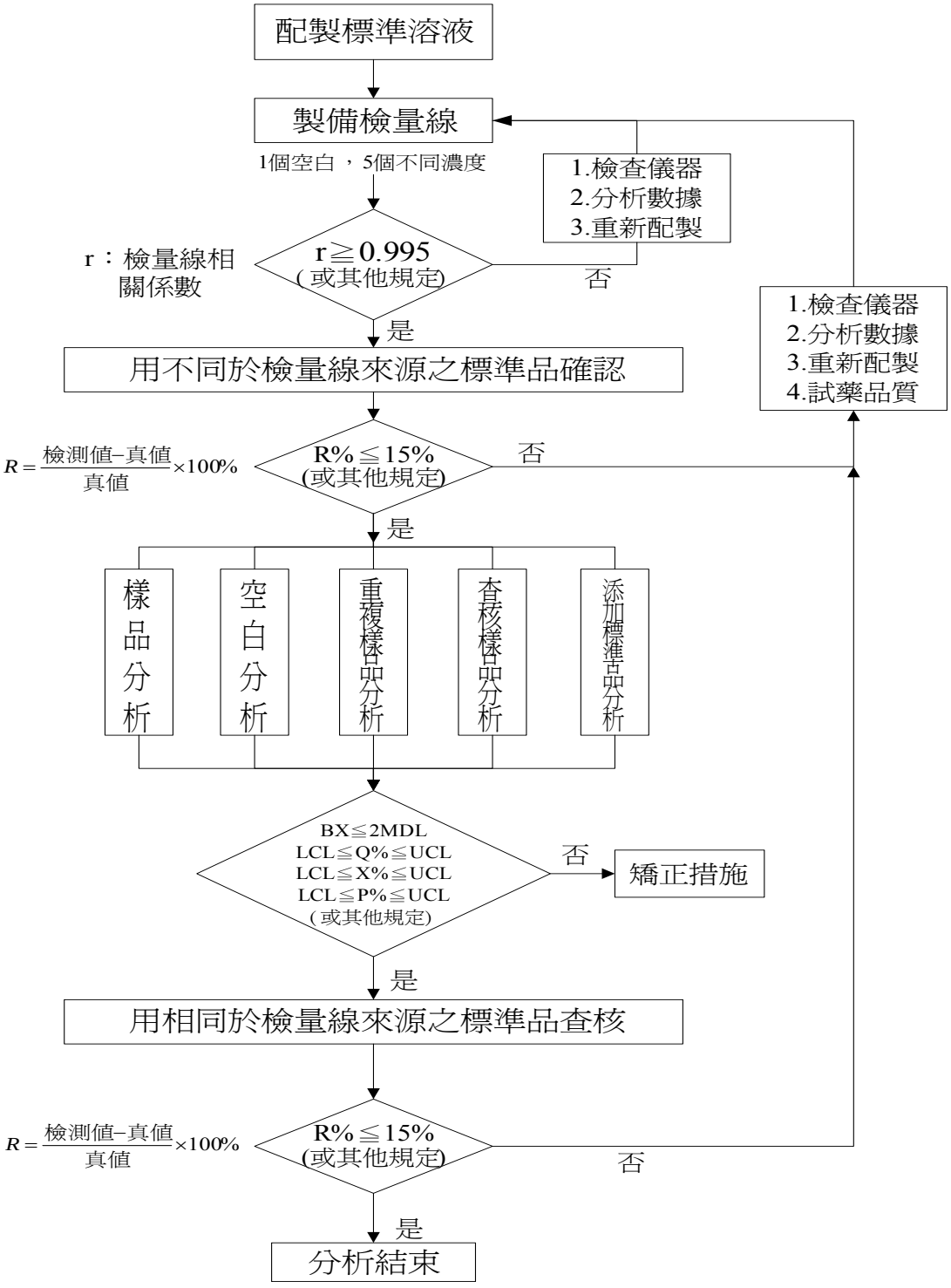
儀器名稱	檢查維護項目	檢查維護頻率	校正項目	校正頻率	備註
高溫高壓滅菌釜 REXALL LS-2(台灣) HIRYARA HVE 50(日本)	1.清潔機身內外	2 次/月			使用人
	2.以滅菌指示帶確認滅菌(溫度)功能	每次使用			使用人
	3.以經校正之留點溫度計量測，確認滅菌時之最高溫度到達121℃	1 次/月			使用人
	4.以孢子滅菌指示劑測試滅菌效果，且整個滅菌循環應在45分鐘內完成	1 次/季			使用人
	5.功能維護保養	1 次/年			廠商執行
分光光度計 HITACHI U-2000(日本) (數量：1) SHIMADZU UV-1601(日本) (數量：1) 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	使用前	使用人
			2.吸光度校正	1 次/季	廠商執行
			3.標準玻片波長校正(Holmium Filter)	1 次/季	廠商執行
			4.迷光檢查	1 次/季	廠商執行
			5.樣品吸光槽配對，線性檢查	1 次/季	儀器負責人或管理員
溶氧儀 WTW OXI320(德國) WTW OXI330(德國) WTW OXI330i(德國)	1.清潔機身	2 次/月	1.系統自我校正(0%與 100%)	使用前	使用人
	2.清潔電極，電極套筒內棉花潤濕	使用後	2.斜率 0.6~1.25	使用前	使用人
	3.更換電極棒薄膜	視情況	3.零點校正	1 次/月	使用人
	4.充填電極	視情況	4.重複性測試	1 次/月	使用人
			5.與滴定法比較	1 次/月	使用人
			6.溫度檢查(同工作溫度計)	1 次/季	儀器負責人
導電度計 WTW LF597(德國) WTW LF330i(德國) WTW Cond 320(德國)	1.清潔機身	2 次/月	1.系統自我檢查	使用前	使用人
	2.清潔電極	使用後	2.單點檢查	使用前	使用人
	3.電極乾燥保存	使用後	3.全刻度檢查	1 次/年	儀器負責人

附表4　本計畫檢驗室主要儀器維護校正項目及頻率(續2)

儀器名稱	檢查維護項目	檢查維護頻率	校正項目	校正頻率	備註
多功能水質分析儀 WTW Multi 340 i	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
pH 計 WTW pH 330i(德國) OAKTON pH -100(美國) Suntex TS-100(台灣) WTW pH 315i(德國) WTW pH 3110(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 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
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(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，分析每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。

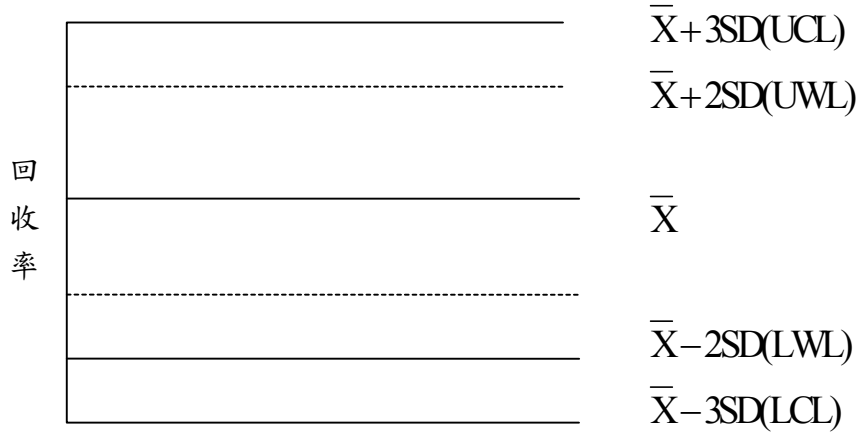
$\overline{X}$=查核樣品回收率之平均值。

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，分析每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。

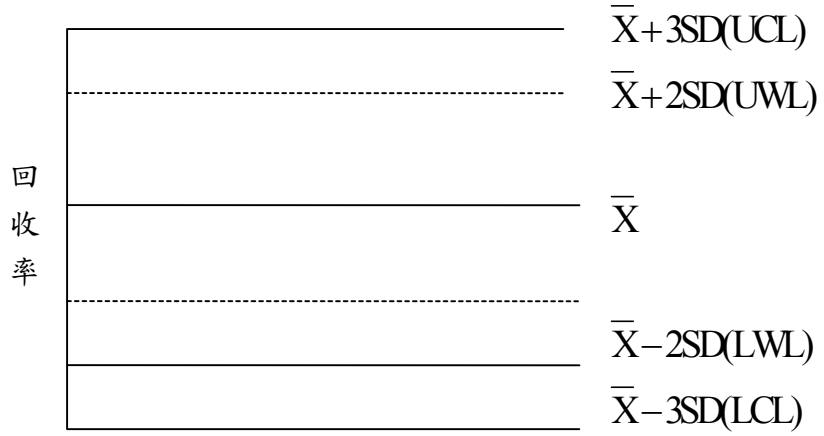
$\overline{X}$=添加樣品回收率之平均值。

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、重複分析、

添加樣品)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。

附錄三

品管數據登錄表

品管數據登錄表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究-99 年 3 月海域(W099032401~02、W099032404~06)

分析日期	分析項目	數據單位	重複樣品分析			查核樣品分析			添加樣品分析				
			樣品編號	分析值 重複值	差異百分比% /差異範圍 R	配製值	分析值	回收率(%)	樣品編號	添加前樣品量(μg)	添加後樣品量(μg)	添加量(μg)	回收率(%)
990323	pH	---	W099032401	8.07 8.07	0	---	---	---	---	---	---	---	---
990324	pH	---	W099032404	8.20 8.20	0	---	---	---	---	---	---	---	---
990323	水溫	℃	W099032401	24.2 24.3	0.4	---	---	---	---	---	---	---	---
990324	水溫	℃	W099032404	23.6 23.6	0	---	---	---	---	---	---	---	---
990323	導電度	μmho/cm	W099032401	53300 53000	0.6	---	---	---	---	---	---	---	---
990324	導電度	μmho/cm	W099032404	52300 52200	0.2	---	---	---	---	---	---	---	---
990323	鹽度	psu	W099032401	35.1 34.9	0.6	---	---	---	---	---	---	---	---
990324	鹽度	psu	W099032404	34.3 34.3	0	---	---	---	---	---	---	---	---
990323	溶氧量	mg/L	W099032401	6.81 6.80	0.1	---	---	---	---	---	---	---	---
990324	溶氧量	mg/L	W099032404	9.14 9.14	0	---	---	---	---	---	---	---	---

註：1."---"表不用分析。

附 3-1

品管數據登錄表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究-99 年 3 月海域(W099032401~02、W099032404~06)

分析日期	分析項目	數據單位	重複樣品分析			查核樣品分析			添加樣品分析				
			樣品編號	分析值 重複值	差異百分比% /差異範圍 R	配製值	分析值	回收率(%)	樣品編號	添加前樣品量(μg)	添加後樣品量(μg)	添加量(μg)	回收率(%)
990326 990330	SS	mg/L	W099032401	7.60 7.60	0	---	---	---	---	---	---	---	---
990324 990329	BOD	mg/L	W099032311◎	5.4904 5.7991	5.5	198	201.04	101.5	---	---	---	---	---
			W099032404	1.5760 1.6367	3.8	198	202.57	102.3	---	---	---	---	---
990324 990325	大腸桿菌群	CFU/100mL	W099032401	<10 <10	---※	---	---	---	---	---	---	---	---
990324 990325	大腸桿菌群	CFU/100mL	W099032404	1.8×10^4 1.8×10^4	0	---	---	---	---	---	---	---	---
990325	氨氮	mg/L	W099032307◎	0.129503 0.123790	4.5	0.30	0.312309	104.1	W099032307◎	3.2311	8.3382	5.0	102.1
990326	總磷	mg/L	W099032406S	0.129944 0.134988	3.8	0.20	0.198886	99.4	W099032406	1.6175	6.4972	5.0	97.6
990325	葉綠素 a	mg/L	W099032401	1.1060 1.1060	0	---	---	---	---	---	---	---	---
以　下　空　白													

註：1."---"表不用分析。　　2."※"表該批次的重複分析因測值過低，故不計差異範圍值。　　(本表)第 2 頁(共 2 頁)

3."◎"表該批次是以別的計畫樣品所做之重複及添加。

主任：　　品保師：

品管數據登錄表

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究-99 年 9 月海域(W099090725~27、W099090819~20)

分析日期	分析項目	數據單位	重複樣品分析			查核樣品分析			添加樣品分析				
			樣品編號	分析值 重複值	差異百分比% /對數差異值 R	配製值	分析值	回收率(%)	樣品編號	添加前樣品量(μg)	添加後樣品量(μg)	添加量(μg)	回收率(%)
990907	pH	---	W099090725	8.208 8.208	0	---	---	---	---	---	---	---	---
990908	pH	---	W099090820	8.205 8.205	0	---	---	---	---	---	---	---	---
990907	水溫	℃	W099090725	31.9 32.0	0.3	---	---	---	---	---	---	---	---
990908	水溫	℃	W099090820	29.8 29.9	0.3	---	---	---	---	---	---	---	---
990907	導電度	μmho/cm	W099090725	48900 48800	0.2	---	---	---	---	---	---	---	---
990908	導電度	μmho/cm	W099090820	50000 50000	0	---	---	---	---	---	---	---	---
990907	鹽度	psu	W099090725	32.2 32.2	0	---	---	---	---	---	---	---	---
990908	鹽度	psu	W099090820	33.0 33.0	0	---	---	---	---	---	---	---	---
990907	溶氧量	mg/L	W099090725	4.56 4.53	0.7	---	---	---	---	---	---	---	---
990908	溶氧量	mg/L	W099090820	5.79 5.80	0.2	---	---	---	---	---	---	---	---

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-99 年 9 月海域(W099090725~27、W099090819~20)

分析日期	分析項目	數據單位	重複樣品分析			查核樣品分析			添加樣品分析				
			樣品編號	分析值 重複值	差異百分比% /對數差異值 R	配製值	分析值	回收率(%)	樣品編號	添加前樣品量(μg)	添加後樣品量(μg)	添加量(μg)	回收率(%)
990909 990913	SS	mg/L	W099090725	17.00 16.80	1.2	---	---	---	---	---	---	---	---
990908 990913	BOD	mg/L	W099090721◎	0.5507 0.6108	---※1	198	197.52	99.8	---	---	---	---	---
990909 990914	BOD	mg/L	W099090812◎	0.7434 0.8529	---※1	198	193.64	97.8	---	---	---	---	---
990908 990909	大腸桿菌群	CFU/100mL	W099090725	2.8×10^2 2.2×10^2	0.1047	---	---	---	---	---	---	---	---
990908 990909	大腸桿菌群	CFU/100mL	W099090819	<10 <10	---※2	---	---	---	---	---	---	---	---
990909	氨氮	mg/L	W099090725	0.077855 0.075145	3.5	0.30	0.318082	106.0	W099090725	1.9425	6.8006	5.0	97.2
990909	總磷	mg/L	W099090725	0.043355 0.041735	3.8	0.20	0.206961	103.5	W099090725	2.1634	7.5133	5.0	107.0
990914	葉綠素 a	μg/L	W099090725	10.2640 10.2640	0	---	---	---	---	---	---	---	---
以　下　空　白													

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。　　(本表)第 2 頁(共 2 頁)

3."※"表該批次的重複分析因測值過低，故分別不計差異百分比值(※1)及對數差異值(※2)。

主任：　　品保師：

附錄四

樣品檢測報告書

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：99.03.23 10:01~15:01 ，99.03.24 09:42~12:18
採樣行程代碼：—　　收樣日期及時間：99.03.24 08:50，15:55
報告日期：990504　　報告編號：FID099W080

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:　水工試驗所所長黃煌煇

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。

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究(2/4)－99年3月

認證	樣品編號及名稱		單位	MDL	W099032401	W099032402	W099032403	W099032404	W099032405	W099032406	W099032407	-	-	-
	檢測項目	檢測方法			N10	N11	運送空白	N5	N6	N7	運送空白	-	-	-
◎	pH	NIEA W424.52A	-	-	8.1(8.07)	8.1(8.12)	-	8.2(8.20)	8.3(8.27)	8.3(8.27)	-	-	-	-
◎	水溫	NIEA W427.51A	℃	-	24.2	24.8	-	23.6	24.4	24.1	-	-	-	-
◎	導電度	NIEA W203.51B	umho/cm	-	53300	53800	-	52300	53000	52900	-	-	-	-
	鹽度	NIEA W447.20C⊕	psu	-	35.1	35.5	-	34.3	34.9	34.9	-	-	-	-
	透明度	NIEA E220.50C	m	-	5.2	6.7	-	2.5	2.2	1.3	-	-	-	-
◎	DO	NIEA W455.50C	mg/L	-	6.8(6.81)	6.5(6.53)	-	9.1(9.14)	7.1(7.06)	7.3(7.29)	-	-	-	-
◎	DO飽和度	NIEA W455.50C	%	-	101	97.5	-	132	103	107	-	-	-	-
◎	BOD	NIEA W510.54B	mg/L	2.0#	<2.0(0.7)	<2.0(0.3)	-	<2.0(1.6)	<2.0(0.5)	<2.0(0.8)	-	-	-	-
◎	SS	NIEA W210.57A	mg/L	2.5#	7.6	<2.5	-	3.8	3.8	4.4	-	-	-	-
◎	大腸桿菌群	NIEA E202.53B	CFU/100mL	-	<10	<10	<10	1.8×10^4	20	25	<10	-	-	-
◎	總磷	NIEA W427.52B	mg/L	0.006	0.042	<0.020(0.016)	-	0.048	<0.020(0.017)	0.032	-	-	-	-
	氨氮	NIEA W448.51B	mg/L	0.02	0.06	<0.05(0.02)	-	0.12	<0.05(0.05)	0.11	-	-	-	-
	葉綠素a	NIEA E507.02B	μg/L	—	1.1	0.5	-	2.2	1.1	1.7	-	-	-	-
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。"#"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。pH及DO檢項括號內數據表實際測值。
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<0.05( )(氨氮)，0.020、0.05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.氨氮檢項樣品編號W099032405，樣品濃度為0.0454mg/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：990907 10:21~12:47 ，990908 09:38~13:22
採樣行程代碼：—　　收樣日期及時間：990907 18:10，990908 17:10
報告日期：991001　　報告編號：FID099W130

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 黃煌煇

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。

計畫名稱：鄰港水質環境調查研究(2/4)－99年9月

認證	樣品編號及名稱		單位	MDL	W099090725	W099090726	W099090727	W099090819	W099090820	W099090728	W099090821	-	-	-
	檢測項目	檢測方法			N5	N6	N7	N10	N11	運送空白	運送空白	-	-	-
◎	pH	NIEA W424.52A	-	-	8.2(8.208)	8.2(8.162)	8.2(8.192)	8.2(8.175)	8.2(8.205)	-	-	-	-	-
◎	水溫	NIEA W427.51A	℃	-	31.9	31.6	31.4	32.1	29.8	-	-	-	-	-
◎	導電度	NIEA W203.51B	μmho/cm	-	48900	49800	50100	50000	50000	-	-	-	-	-
	鹽度	NIEA W447.20C⊕	psu	-	32.2	32.9	33.0	32.9	33.0	-	-	-	-	-
	透明度	NIEA E220.50C	m	-	2.5	2.1	1.2	6.6	5.2	-	-	-	-	-
◎	DO	NIEA W455.50C	mg/L	-	4.6(4.56)	4.4(4.37)	4.4(4.45)	6.6(6.55)	5.8(5.79)	-	-	-	-	-
	DO飽和度		%		73.6	70.7	71.8	98.5	91.0	-	-	-	-	-
◎	BOD	NIEA W510.54B	mg/L	2.0#	<2.0(0.8)	<2.0(0.2)	<2.0(0.3)	<2.0(0.1)	<2.0(0.2)	-	-	-	-	-
◎	SS	NIEA W210.57A	mg/L	2.5#	16.9	16.4	10.5	9.2	12.0	-	-	-	-	-
◎	大腸桿菌群	NIEA E202.53B	CFU/100mL	-	2.5×10^2	55	40	<10	10	<10	<10	-	-	-
◎	總磷	NIEA W427.52B	mg/L	0.006	0.043	0.027	0.030	0.024	0.048	-	-	-	-	-
	氨氮	NIEA W448.51B	mg/L	0.02	0.08	<0.05(0.04)	ND	<0.05(0.03)	0.09	-	-	-	-	-
	葉綠素a	NIEA E507.02B	μg/L	-	10.3	3.1	3.4	1.1	0.6	-	-	-	-	-
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。"#"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。pH及DO檢項配合委託單位要求，於報告值後以括號方式備註實際測值(DO)及實測平均值(pH)。
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<0.05( )(氨氮)，0.05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。

附錄五

現場採樣量測分析記錄表

現場採樣/量測分析紀錄表

計畫名稱：鄭漳　季(月)：春(2)　採樣地點：台中　採樣日期：99.3.23　進出港安檢站簽章

當次高潮位時間：09:48　當次低潮位時間：15:46　潮位站：台中　潮位：□漲 ☑退 ☑不適用

出海船隻名稱：大海二號　船長姓名：蔣益政 潘進　進出港口名稱：梧棲 台中 蔣

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#33/53 校正零點電位：【-19mV】【±25mV】校正斜率或%靈敏度：【-58.9mV】【-54.5】【-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#7/7 電極係數【0.472】溫度係數【nLT】0.01N KCl 測值：【1409】μmho/cm 【1343~1483】

3.溶氧計/電極#5/5 溶氧儀之校正，空氣校正之斜率值：【0.72】※合格參考範圍：【0.6~1.25】，校正時溫度【26.8】℃

4.濁度計#X 第二標準品濃度：【5.44】【54.4】【521】NTU 檢查讀值：【5.55】【55.1】【523】NTU

5.硫酸(A)RH003X-011 6.硝酸(B)— 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(NTU)	水深(m)	備註
N10	90511	表	0	1001	24	20.09	120	20.922	8.07	8.07	24.2	53.3mS/cm	35.1	6.81	100.6	2.97	26.0	ATU平均值 5.2
N10R											24.3	53.0mS/cm	34.9	6.80	100.2	2.88		5.3
N11	90512	表	0	1001	24	12.39	120	24.046	8.12	8.12	24.8	53.8mS/cm	35.5	6.53	97.5	1.75	22.0	6.7/6.8

分析項目	大腸桿菌群	總磷	BOD	SS	重金屬
添加保存劑	—	A	—	—	—
容器容積	無菌袋	G0.5L	P3L/1L	P3L	P1L
樣品合計總數	2+1	2	2	2	2

採樣人員：蔣益政　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為準。 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，混合樣品請填代號 M。 6.容器容積請填寫材質及容量，例如 P3L、G2L。 7.pH 計校正確認合格範圍：±0.05。 8.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：990401　採樣負責人：蔣益政 990323 三峰號 PP0326　記錄人員：蔣益政 990323　第1頁/共1頁

附 5-1

現場採樣/量測分析紀錄表

計畫名稱：鄰港　季(月)：99年3月　採樣地點：台中　採樣日期：99.3.24　進出港安檢站簽章

當次高潮位時間：17:05　當次低潮位時間：11:07　潮位站：台中　潮位：☑漲 ☐退 ☐不適用

出海船隻名稱：大漁二號　船長姓名：李湧進　進出港口名稱：台中　蔣

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#23/23 校正零點電位：【-19mV】【±25mV】校正斜率或%靈敏度：【58.5mV】【-57.4mV】【-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#7/7 電極係數【0.47】溫度係數【n.r.】0.01N KCl 測值：【1430】μmho/cm【1343~1483】

3.溶氧計/電極#5/5 溶氧儀之校正，空氣校正之斜率值：【0.97】※合格參考範圍：【0.6~1.25】，校正時溫度【24.3】℃

4.濁度計#6 第二標準品濃度：【5.44】【54.4】【521】NTU 檢查讀值：【5.48】【54.7】【522】NTU

5.硫酸(A) RH003X-01 6.硝酸(B)＿＿ 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(NTU)	水深(m)	備註
N5	90508	表	0	0942	24	14.739	120	29.716	8.20	8.20	23.6	52.3mS/cm	34.3	9.16	131.8	3.65	17.8	透明度(m) 2.5/2.5/2.6
N5R											23.6	52.2mS/cm	34.3	9.14	131.9	3.53		
N6	90509	表	0	1126	24	16.259	120	30.688	8.27	8.26	24.4	53.0mS/cm	34.9	7.06	103.7	3.74	17.0	2.2/2.2/2.1
N7	90510	表	0	1218	24	17.486	120	31.068	8.27	8.27	24.1	52.9mS/cm	34.9	7.29	106.6	3.87	15.8	1.3/1.3/1.2

分析項目					
	懸浮固體	總磷	BOD	SS	葉綠素a
添加保存劑	—	A	—	—	—
容器容積	無菌袋	G0.5L	P3L/1L	P3L	P1L
樣品合計總數	3+1	3	3	3	3

採樣人員：蔣為政　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為準。 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，混合樣品請填代號 M。 6.容器容積請填寫材質及容量，例如 P3L、G2L。 7.pH 計校正確認合格範圍：±0.05。 8.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：990401　採樣負責人：王修賢 990326 蔣為政 990324　記錄人員：蔣為政 990324　第 1 頁/共 1 頁

現場採樣/量測分析紀錄表

計畫名稱：對港溪　季(月)：99年9月　採樣地點：台中　採樣日期：99.09.07
當次高潮位時間：　當次低潮位時間：　潮位站：　潮位：□漲 □退 ☑不適用　進出港安檢站簽章
出海船隻名稱：大漁二號　船長姓名：陳仁發　進出港口名稱：台中

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#22/22 校正零點電位：【-8mV】【±25mV】校正斜率或%靈敏度：【-57.7】【-56.7】【-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# 7/7 電極係數【0.490】溫度係數【NLT】0.01N KCl 測值：【1400】μmho/cm【1343~1483】
3.溶氧計/電極# 5/5 溶氧儀之校正，空氣校正之斜率值：【0.88】※合格參考範圍：【0.6~1.25】，校正時溫度【30.4】℃
4.濁度計# 2 第二標準品濃度：【5.56】【57.1】【554】NTU 檢查讀值：【5.65】【58.2】【556】NTU
5.硫酸(A) RH0032X-027　6.硝酸(B)＿＿　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 (NTU)	水深 (m)	備註
N5	91578	表	0	1021	24	14.019	120	29.743	8.20	8.20	31.9	48.9	32.2	4.56	73.6	4.97	20.5	透明度 2.5/2.5/2.5 m
N5 P1									8.20	8.20	32.0	48.8	32.2	4.53	73.2	4.98		
N6	91579	表	0	1128	24	16.322	120	30.664	8.16	8.16	31.6	49.8	32.9	4.32	70.7	2.09	20.6	2.1/2.1/2.1
N7	91580	表	0	1247	24	17.483	120	31.065	8.19	8.19	31.4	50.1	33.0	4.45	71.8	6.79	7.0	1.3/1.2/1.2

滿潮後從岸(高)

分析項目	大腸桿菌群 總磷	BOD	SS	葉綠素
添加保存劑	—	A試劑	—	—	—
容器容積	無菌袋	G0.5L	P3L/1L	P3L	P1L
樣品合計總數	3+1	3+3	3	3	3

採樣人員：蔣嘉玟　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為準。 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，混合樣品請填代號 M。 6.容器容積請填寫材質及容量，例如 P3L、G2L。 7.pH 計校正確認合格範圍：±0.05。
8.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：　記錄人員：蔣嘉玟 990907　第 1 頁/共 1 頁

現場採樣/量測分析紀錄表

計畫名稱：鄰港　季(月)：99年9月　採樣地點：谷中　採樣日期：99.09.08　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：清田拾壹　船長姓名：戴瑞賢　進出港口名稱：谷中

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#23/23 校正零點電位：【-8mV】【±25mV】校正斜率或%靈敏度：【-57.7mV】【-56.3mV】【-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#7/7 電極係數【0.480】溫度係數【NLF】0.01N KCl 測值：【1401】μmho/cm【1343~1483】

3.溶氧計/電極#5/5 溶氧儀之校正，空氣校正之斜率值：【0.88】※合格參考範圍：【0.6~1.25】，校正時溫度【30.7】℃

4.濁度計#六 第二標準品濃度：【5.56】【57.1】【554】NTU 檢查讀值：【5.68】【58.2】【555】NTU

5.硫酸(A)RH003X-02 6.硝酸(B)— 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(NTU)	水深(m)	備註
N11	91577	表	0	0938	24	12.39	120	23.998	8.205	8.205	29.8	50.0 mS/cm	33.0	5.79	91.0	9.25	21.1	透明度 5.2/5.2/5.2 m
N11 R1											29.9	50.0 mS/cm	33.0	5.80	91.2	9.15		
N10	91576	表	0	1322	24	20.697	120	20.881	8.175	8.175	32.1	50.0 mS/cm	32.9	6.55	98.5	5.95	28.6	6.6/6.7/6.6

溶氧值供參考

分析項目	大腸桿菌群	總磷	BOD	SS	葉綠素
添加保存劑	—	A	—	—	—
容器容積	無菌袋	G0.5L	P3L/1L	P3L	P1L
樣品合計總數	2+1	2+2	2	2	2

採樣人員：蔣嘉玟　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為準。 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，混合樣品請填代號 M。 6.容器容積請填寫材質及容量，例如 P3L、G2L。 7.pH 計校正確認合格範圍：±0.05。 8.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：99.09.24　採樣負責人：王俗賢 PPOP10 蔣嘉玟 99.09.08　記錄人員：蔣嘉玟 99.09.08

修訂/980512 發行/980601 第 3.1 版 核准/檢驗室主任

附錄六

期中報告審查意見處理情形表

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 (2/4)

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
郭一羽委員：		
1. 什麼是好的水質？什麼是好的生態？應說明清楚。	謝謝指教。水質與生態品質之好或不好？實無一套放諸四海皆準的標準。不同海域環境如高緯度地區或熱帶海域、大洋或近海環境均有所差異。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，因此可以臺中港離岸較遠的外海環境作為比較的參考標準，如環保署於 1997 年起至今於臺中港西北方，離岸約 9km，水深約 50m 之長期測站(台中港沿海二編號 5164)監測成果作參考。	同意
2. 水質與浮游生物之時空變化，及其原因請詳說明。	收集與累積本研究今年第二次之監測成果後，於期末報告中分析說明。	同意
3. 水質與浮游生物的關連如何？	將收集與累積本研究今年第二次之監測成果後，於期末報告中分析說明。	同意
4. 壓艙水處理應具體可行。	目前收集之壓艙水處理技術皆為成熟之技術,惟處理上尚需考慮處理成本及在船上或岸上處理等細節及優缺點，於期末報告中再分析說明壓艙水處理應之可行性。	同意
張憲國委員：		
1. 臺中潮流漲、退潮流向與其他研究相反，且在北側邊界有突出的流速與流向，檢驗數值計算正確性。(圖 4-16)	謝謝指教。將重新檢查流場模擬結果，並於期末報告中說明。	同意
2. P.4-34, 圖 4-17 在平潮流速與漲退潮流速大小比較與一般現象相反。	謝謝指教。將重新檢查流場模擬結果，並於期末報告中說明。	同意
3. 染料濃度計算是否可以配合現場風場模擬。	謝謝指教。將增加現場主要風場之案例分析。	同意
4. 提供港內質點 16 天可以流出港口之範圍。	謝謝指教。將於期末報告中說明。	同意

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
5. 利用常態分佈分析水質樣本是否合宜。	由於水質之主成份分析係以各項樣本的變異程度作為統計基礎，以求得其最大變異的主要特性，為求能有較高的解釋能力，通常會將樣本進行處理轉換為接近常態分佈，方能從眾多樣本中抽離簡化，並找出其整體特性與解釋其最大變異。	同意
王順寬委員：		
1. 水質測站 N10 水深-25m，但 SS 為所有測站最高，其可能的原因為何。	由 98 年 4 月、6 月與 99 年 3 月水質懸浮固體物濃度調查顯示，整體臺中港海域以北側靠近大甲溪口(N4)相對最高，而南側之大肚溪口(N1)次高；港域(N5、N6、N7)與外海(N8、N9、N10、N11)則相對較低且差異不大。其中今年 3 月 23 日於港域與外海調查，位於大甲溪口西北方之測站 N10 於採樣當時正值高平潮期間，可能受到來自陸源大甲溪口輸砂影響而略高(7.6 mg/L)，但與 98 年 4 月(6.0 mg/L)與 6 月(7.4 mg/L)相比差異不大。	同意
2. 水工與臺中港兩測量系統所得的地形資料如何合併為計畫地形資料。	利用 Surfer 軟體直接內插而成。	同意
3. 圖 4-16 中於邊界出現不合理資料，請檢查。	將於期末報告中修正。	同意
4. 圖 4-66 點 13 無法排入外海可能的原因為何。	此為時間標示錯誤，將於期末報告中修正。	同意
5. Eqn.4-4 定義請說明。	此為潮汐交換率之定義。	同意
6. 圖 5-1 虛線流程之適宜性，建議作修改。	謝謝指教，圖 5-1 虛線中乃說明常態分佈檢定之方法與步驟，將於期末報告中調整修改。	同意
何良勝委員：		
1. 部份報告內容，例如 Chap2 之水質調查資料，Chap6 之表 6-11～表 6-15、圖 6-16、圖 6-17 等，請更新資料或檢核。	謝謝指教。將持續收集與更新後並於期末報告中補充。	同意
2. 最近臺中港域附近有重油污染，此情況是否影響本研究水質調查結果，宜請注意。	謝謝指教並將注意後續之相關水質監測結果。位於台中縣清水鎮之大甲溪出海口－高美濕地遭致疑似不肖業者非法傾倒廢油污染案，係 99 年 6 月 29 日晚間於清水大排出海口附近出現大片油污，經環保署與台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。	同意

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. 有關 p.4-37 之模擬結果中，為何 CASE1、CASE2 與 CASE3~5 差異較大？是否表示安良與梧棲大排之排放量的影響性？	此係模擬上游排水不同流量之影響結果。結果說明流量愈大，對於港區內之水質交換率愈佳。	同意
4. 依據本年度之預期工作成果，期末時是否可提出臺中港域水質的對策方式。	謝謝指教。將於全年資料完成後於期末報告中提出港域水質的對策方式。	同意
蔡立宏委員：		
1. p4-23~p4-31 流場向量模擬圖需再檢核或說明原因？漲潮時臺中港區流場為往北，而退潮時應該往南（圖 4-16-10 及 12），漲平潮及退平潮流速應最大(圖 4-17 及 4-17-2)，且在近滿潮及乾潮時流速應該為最小（圖 4-16-13 及 4-17-1）。另接近北防沙堤邊界處，數值激增，似乎不太合理。	謝謝指教。將重新檢查流場模擬結果，並於期末報告中說明。	同意
2. 主成分分析中已對第 1 主成分組成原因作探討及說明，第 2～第 4 主成分能否亦作探討？	謝謝指教。由臺中港務局於民國 85～97 年間之海域水質監測資料經主成份分析後顯示，特徵值高於 1 之主成份計有 4 個，其中第 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。第 3 主成份以礦物性油脂與鹽度間之負相關為主，反映出來自船舶用油與機械潤滑或鍋爐用重油等之污染來源，主要可能來自陸源而非源自外海。第 4 主成份則主要以有機與無機氮類與大腸桿菌群為主，其中大腸桿菌群與有機氮之正相關，以及與無機之氨氮呈現負相關為主，但尚不易解釋其中複雜之氮循環降解與大腸桿菌群之關連。	同意
3. p2-53~p2-63 之 2.7.5 內容及分析圖與第一年報告相同，是否能將資料更新至 98 年？	謝謝指教。待收集到臺中港務局 98 年海域生態監測報告後將於期末補充。	同意
4. p6-27~6-32 之分析統計圖表，與第一年計畫報告內容數據不同，請再檢核或說明原因？	謝謝指教。上年度根據交通部全球資訊網取得之總船舶艘數、總噸位與載重噸資料概算，數據較此次粗略。本年度則根據臺中港每艘船舶之實際基本資料，逐船精算，故在各船型的船舶平均載重噸之係數有所改變，且根據模式作者再次修正之模型，據以調整船型，將多用途船修改為雜貨船，經調整後，使得壓艙水排放量較上次報告為多，然以本年度之計算較為精準。	同意

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
5. 依據歷年水質資料及本計畫調查資料，有無發現污染現象（如：地域性或季節性差異）及原因，並提出防治建議方案。	由歷年歷年及本計畫調查資料顯示，臺中港陸域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，導致溶氧常出現偏低；而生化需氧量及大腸桿菌群常遠高標準值，顯示排水路受到來自生活、畜牧污水嚴重污染；而港域水質受自95 年起溶氧量與生化需氧量多能符合乙類海域水體水質標準。此外，自 97 年底起總磷亦多可符合乙類海域標準，而過去於梧棲大排出口處與安良港大排出口處部分港域水質測項濃度偏高情形已改善，水質漸趨良好。後續將待本年度第二次監測結果完成後，於期末報告中納入進行整體分析，若發現有污染等異常現象，將檢討可能成因並提出改善建議。	同意
6. p3-18 之3.5 節中所應用之分析統計方法均需於 p2-52 之2.7.5 中詳列，英文專有名詞亦需中譯。P 2-48 2.7 節生態資料請增列資料來源。	謝謝指教並將於期末報告中修改與增列。其中 98 年海域生態資料來源係來自臺中港務局官方網站(http://www.tchb.gov.tw/ch/about041.aspx)之 98 年度環境品質監測結果(http://www.tchb.gov.tw/Data/default.htm)。	同意

附錄七

期末報告審查意見處理情形表

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 (2/4)

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
林炤圭委員：		
1. 鄰港水質環境調查對我國的防疫作業相當重要，其不僅直接影響到我國海域生態更關係到國民健康保健，本計劃以臺中港為例建立調查的標準作業方法及流程，未來應考慮擴大應用到各類型之“涉外”港灣。	1. 謝謝委員指教。本計畫目前以臺中港進行實際調查，建議未來以臺中港為例建立調查標準作業流程，應用至各涉外港灣。	同意
2. 應考慮及討論調查作業之永續性運作之作業流程與權責單位。	2. 謝謝委員指教，已於定稿中提出建議。	同意
3. 水溫變化對水質有相當影響，建議是否列入調查事項。	3. 水質採樣調查時均有量測水溫，報告中氣象中的溫度係指氣溫，而水質中的溫度則係指水溫，未避免造成誤解已將水質調查中的溫度改為水溫。	同意
4. 潮汐海水交換能力之討論建議說明圖 4.18～4.22 及圖 4.23 至 4.27 之初始設定條件，並於圖中標示大排位置。討論分析應予量化。	4. 謝謝指教。初始設定條件與大排位置在定稿之 P4-25 最後一段及圖 4-3 補充說明。	同意
5. 本計劃第 1 章未顯示本計劃之重要性。	5. 謝謝指教。已於定稿中修正。	已修正
6. 平面分佈圖均請加正北向標示。	6. 謝謝指教。已於定稿中修正。	已修正
7. 一般大排所排放的是污水，第 4 章所模擬的是否如此？	7. 本計畫在討論港域之水體交換率，故並未模擬水質變化情形。	同意

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
張憲國委員：		
1. 壓艙水對臺中港水質生態是否有影響。	1. 謝謝委員指教。壓艙水主要影響在生態方面，即外來種入侵大量生長而改變生態結構時，則可視壓艙水對臺中港有重大影響。水質污染主要為陸源性排放，若水質符合外來種生長條件時，使得某些外來種大量生長入侵。依本計畫生態調查項目主要以浮游動植物為主，本年度之調查與往年並無顯著差異，且本計畫並未針對壓艙水進行採樣，就此資料無法判斷壓艙水對臺中港之影響，僅能說在浮游動植物部份看不出壓艙水帶來影響。然而就本計畫之風險評估調查，若壓艙水持續排放臺中港，確實有外來種入侵之風險。	同意
2. 壓艙水對臺中港內的水域水質影響程度為何，若以臺中港的壓艙水的處理方案建議為何。	2. 謝謝委員指教。呈上所述，水質影響主要以陸源性排放污染為主，現行壓艙水處理以過濾法去除壓艙水中生物，本計畫列舉相關壓艙水之方法及國內未來應有之管理策略，詳細方法待未來研討。	同意
3. 研擬壓艙水管理等措施等建議後續如何推動執行。	3. 謝謝委員指教。研擬壓艙水管理措施等建議已於定稿中 7.3 節詳述。	同意
4. 水質與生態主成份分析中，不同年份樣本的重要影響因子有些相關係數值有正負相反之情況，如何說明此種現象。	4. 水質主成份分析中的主成份相關係數矩陣表中表 5-16 與表 5-19 中，係分別為不同調查時期之監測數據，且經不同函數轉換為最佳化常態分佈後的統計計算結果，雖然有部份檢項如水溫的相關係數值有正負相反之情況，但與同一主成份中的其他項目水質之相對正負關係，仍維持一致性。如第一主成份均反映出來自陸源畜牧生活方面之氮、磷類與水溫的正向關係，推測係因排入臺中港域的排水路於乾季雨量少期間(冬春之際水溫相對較低)，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(夏秋之際水溫相對較高)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，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，故於主成份分析中呈現氨氮及總磷同時與水溫成正相關之特性。	同意

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
王順寬委員：		
1. 海域污染主要來自陸域排水，節 5-1 中陸域水質多項未符合水質標準，但海域卻能符合乙類海域水質標，可能的原因為何。	1. 來自畜牧、生活方面之陸源污染排放，平時因受排水路下游出口之水閘門關閉影響，造成陸域污水易蓄積於排水路中，且不易向海擴散交換，導致陸域水質多項未能符合地面水質標準。而臺中港區外海域則因廣大海洋的擴散稀釋自淨，使得進入海域之陸源污染物濃度降低，且多能符合乙類海域水質標準。	同意
2. 海域水質以梧棲大排、安良大排出口較差，但陸域水質顯示並非如此，可能的原因為何，與近岸海域水動力機制是否有關。	2. 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；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。而匯入台中港域內之梧棲大排、安良大排出口處水質受陸域影響，亦相對較港域內其他處與港外為差，其中污染物進入臺中港外水體後，主要受近岸海域水動力機制中之潮汐漲退與海潮流流動與擴散所影響，而上游陸域水質則除受污染排放時機與強度變化所主控，同時也受到下游出口處水閘門啟閉所影響。	同意
3. 污染物擴散模式中，是否全港內均為 C_0 = 5ppm 港外 C_0 = 0，如此與實際情況不太一致，是否能瞭解實際港區的擴散效應。	3. 本計畫在討論港域之水體交換率，故並未模擬水質變化情形。	同意
4. 預期成果中有研擬我國壓艙水的管理辦法，但無明顯結論、建議加以說明。	4. 謝謝委員指教。研擬壓艙水管理措施等建議已於 7.3 節討論壓艙水管理策略，並於定稿結論中加強說明，列舉美、澳申報制度管理辦法以及 IMO 與美國緬因州壓艙水交換區之相關辦法規定。	同意

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
何良勝委員：		
1. 報告格式請依本所規定辦理。	1. 遵照辦理，已於定稿中修正。	已修正
2. 建議修正結論部份內容，例如結論內有關圖或表之說明結果，此應以統合結論方式說明。	2. 謝謝指教，已於定稿中修正。	已修正
3. 請補充說明有關臺中港域水質之防治對策。	3. 由於陸域水質不佳將會影響到臺中港港域內水質，今年 9 月調查復又出現港內溶氧相對偏低且不符乙類海域水質標準之情形，因此需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，持續巡查及取締不法之污染排放，此外於颱風大雨時期，需特別注意來自上游蓄積之陸源污染，可能於此時期流入港域進而造成港域水體品質不佳。再者，港口管理單位可依港務局防制船舶污染登輪檢查實施要點，加強港區污染源之稽查處理，防制港區船舶不當排洩廢油水、投棄垃圾等，以維港域整潔及保護生態環境與水質，並對於船舶排放污染者，依環境污染罰則施以重罰並得限期勒令其改善。	同意
4. 建議後續進行壓艙水處理方式評估時，宜陳列說明國內、外壓艙水對環境造成之損害的案例，用以證實建立壓艙水管理之重要性。	4. 謝謝委員指教。已於定稿中提出建議。	同意
蔡立宏委員：		
1. 格式請依本所出版品規定，建議提出水質改善建議方案。結論與建議宜再修正需增加成果效益及後續應用情形。	1. 遵照辦理，已於定稿中修正。	已修正
2. 2.7 節海域生態內容需更新。	2. 海域生態內容已更新增加臺中港務局於 98 年度之兩次調查結果。	已更新
3. p.4-28 不同上游流量漲退潮之染料濃度分布圖中，作用時間、背景濃度需說明交代。	3. 謝謝指教。已於定稿中補充說明。	同意

附錄八

期中簡報

交通部港灣技術研究中心

鄰港水質環境調查研究(2/4)

簡報人：蕭士俊　博士
劉大綱　博士

財團法人成大研究發展基金會

2010/07/13

計畫摘要

為能達到海洋環境永續發展的目標，本計畫擬調查鄰港附近水質環境，依據調查結果配合當地海氣地象資料以及水質生態資料，提出港灣附近水質分佈的特性、影響水質之因素、評估對生態環境之影響以及與自然條件的相關性。

1

一、研究內容及工作項目

- **水體採樣調查與分析**

  針對台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。

- **探討近岸海域水體水質與近岸海域水動力機制的相關性。**
- **探討及評估各參數對生態環境之影響。**
- **壓艙水排放量與風險評估。**
- **壓艙水處理方式評估與管理策略之研擬。**
- **基本資料蒐集分析。**

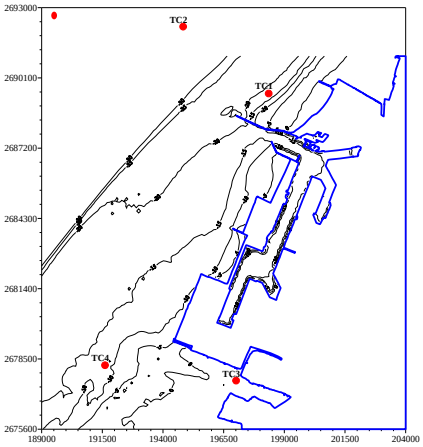
2

3

二 基本資料蒐集分析

台中港區概況

- 本計畫擬調查台中港附近水質環境，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、影響水質之因素、評估對生態環境之影響以及與自然條件的相關性。影響港域水質之原因：河川匯流、大排或伴隨降水等方式船舶排水亦可能為港池污染的來源。



台中港附近海域地形圖

臺中港附近海域海氣象資料蒐集概況

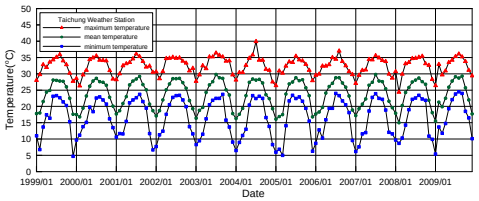
❖ 本計畫擬調查鄰港附近水質環境，依據調查結果配合當地海氣地象資料以及水質生態資料，提出港灣附近水質分佈的特性、影響水質之因素、評估對生態環境之影響以及與自然條件的相關性。

資料類別	測站	經度 / 緯度	觀測期間	觀測單位
波浪	臺中港	24°18’00”N 120°29’10”E	1999/10-2000/08	港研中心
波浪	臺中港	24°18’09.4”N 120°28’38.4”E	2003/08-2009/12	港研中心
海流	臺中港	24°18’10”N 120°28’40”E	2003/08-2009/12	港研中心
風	臺中港	24°18’24”N 120°31’23”E	2001/07-2009/11	港研中心
潮位	臺中港	24°17’22.3”N 120°31’28”E	1999/10-1999/10 2001/04-2009/12	港研中心
潮位	臺中港	24°18’10”N 120°28’30”E	2003/08-2009/12	港研中心
潮位	臺中港	24°17’16”N 120°31’59”E	1999/01-1999/10 2002/01-2008/12	內政部
氣象	臺中	24°08' 51”N 120°40'33”E	1999/01-2009/12	中央氣象局
氣象	梧棲	24°15' 31”N 120°30'54”E	1999/01-2009/12	中央氣象局

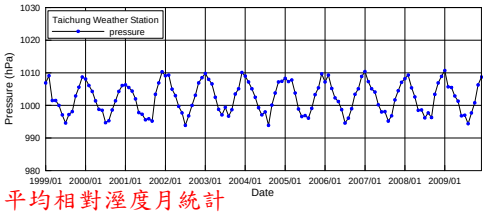
氣象資料統計－台中氣象站

資料來源：氣候資料年報－地面資料，1999年至2007年，交通部中央氣象局。

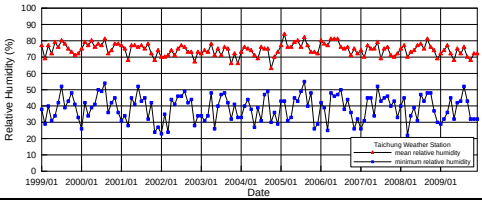
平均、最高及最低氣溫月統計



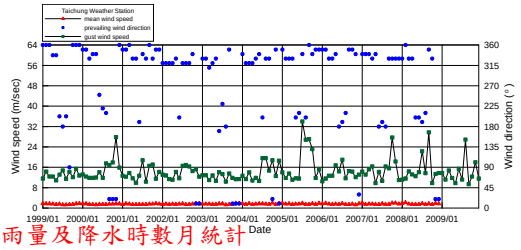
平均氣壓月統計



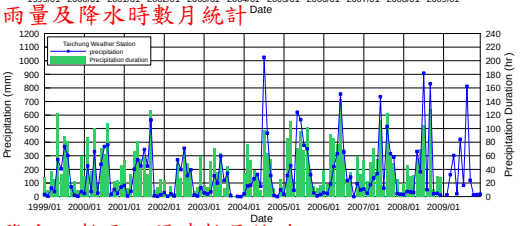
平均相對溼度月統計



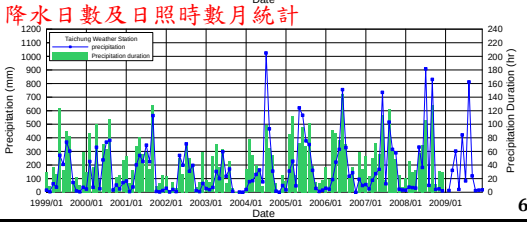
平均風速、最大瞬間風速及最多風向月統計



雨量及降水時數月統計



降水日數及日照時數月統計

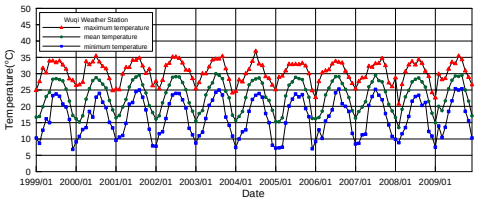


6

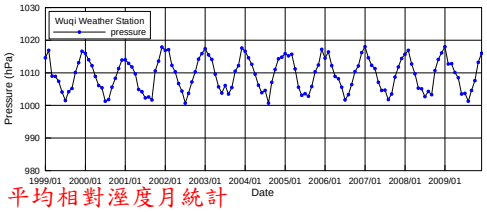
氣象資料統計－梧棲氣象站

資料來源：氣候資料年報－地面資料，1999年至2008年，交通部中央氣象局。

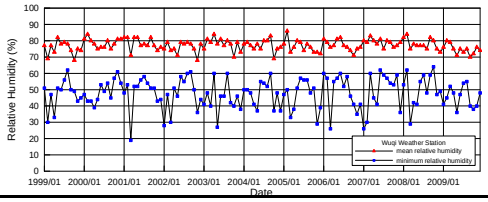
平均、最高及最低氣溫月統計



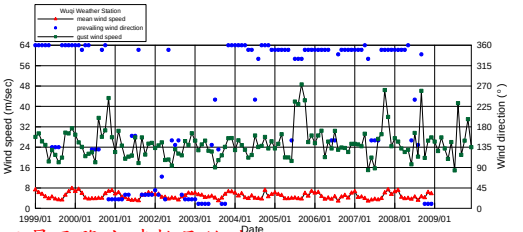
平均氣壓月統計



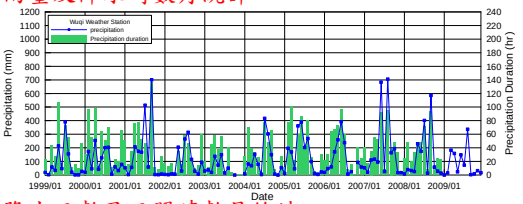
平均相對溼度月統計



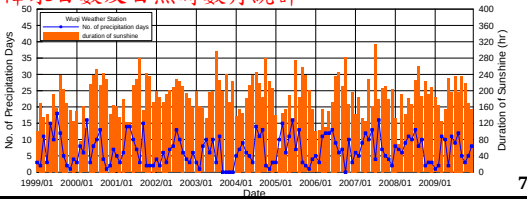
平均風速、最大瞬間風速及最多風向月統計



雨量及降水時數月統計

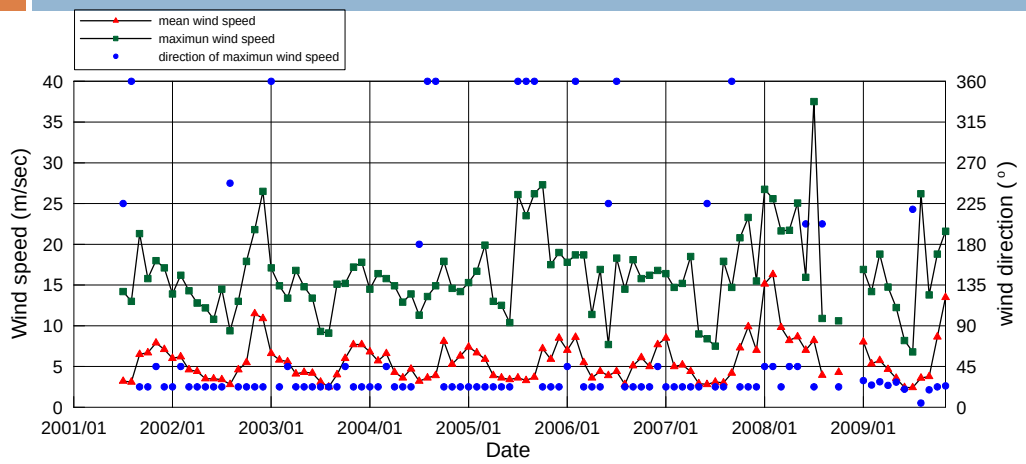


降水日數及日照時數月統計



7

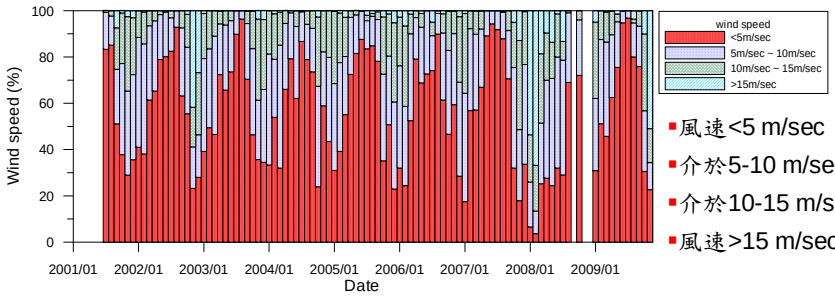
海氣象資料統計
台中港風速及風向之月統計圖



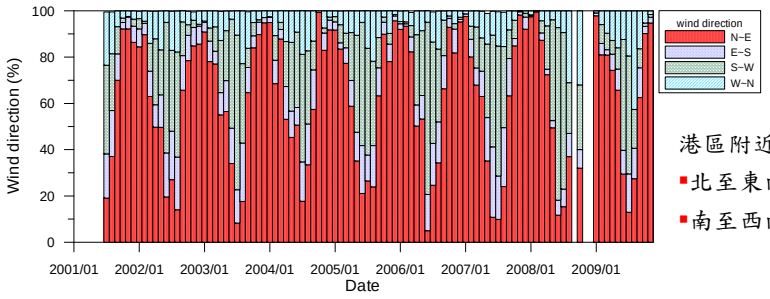
- 歷年之月平均風速介於2.5 m/sec至7 m/sec之間
- 月平均風速大於10 m/sec以上者皆發生在冬季
- 盛行風向多集中在北至東北向
- 歷年之平均風速為5.8cm/sec
- 歷年最大風速為37.5m/sec，其風向為北北西向。

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2001年至2008年，交通部運輸研究所。

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55.6%
- 介於5-10 m/sec之間，約佔27.1%
- 介於10-15 m/sec之間，約佔12.8%
- 風速>15 m/sec，約佔4.5%

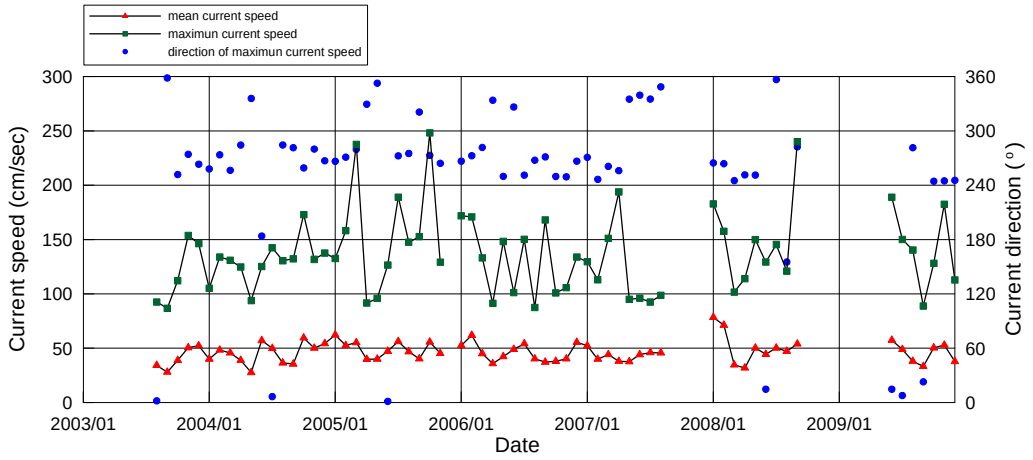


港區附近主要風向為

- 北至東向，約佔62.4%
- 南至西向，約佔18.7%

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2001年至2008年，交通部運輸研究所。

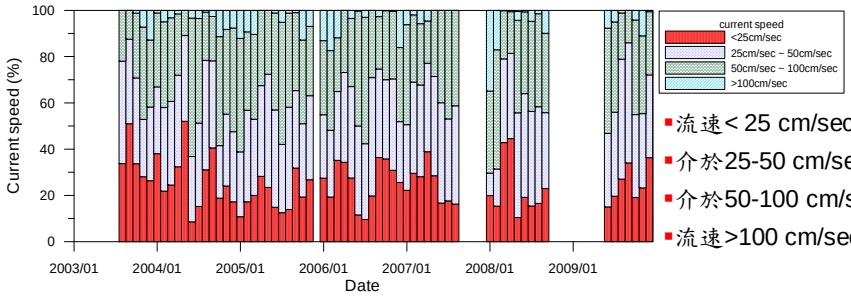
海氣象資料統計
台中港海流流速及流向之月統計圖



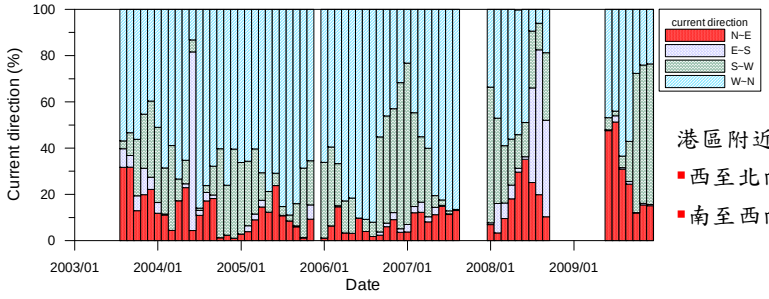
- 歷年之月平均流速介於30 cm/sec至70 cm/sec之間
- 最多流向多集中在西至北向
- 歷年之平均流速為45.9 cm/sec
- 最大流速為248.3 cm/sec，其流向為西向

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2001年至2008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分佈圖



- 流速< 25 cm/sec ，約佔25.7%
- 介於25-50 cm/sec之間，約佔36.2%
- 介於50-100 cm/sec之間，約佔33.2%
- 流速>100 cm/sec，約佔4.9%

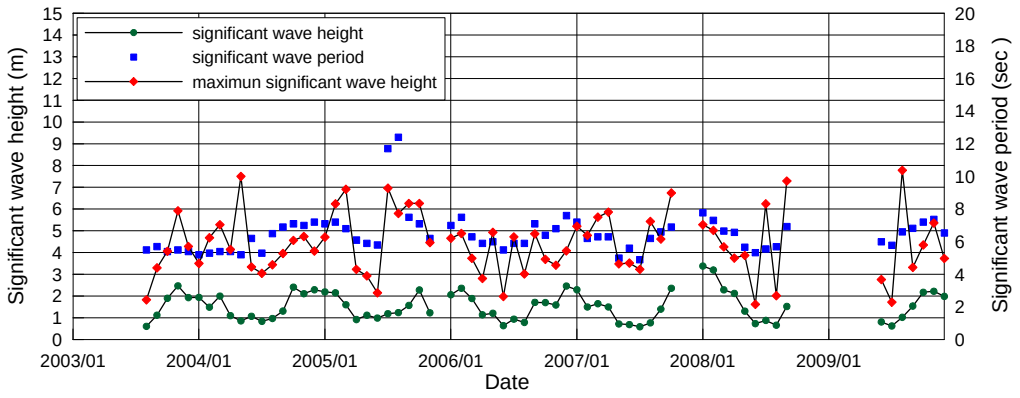


港區附近主要流向為

- 西至北向，約佔56.6%
- 南至西向，約佔22.7%

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2001年至2008年，交通部運輸研究所。

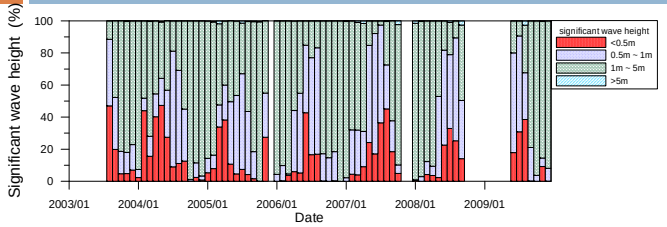
海氣象資料統計
台中港波高及波向之月統計圖



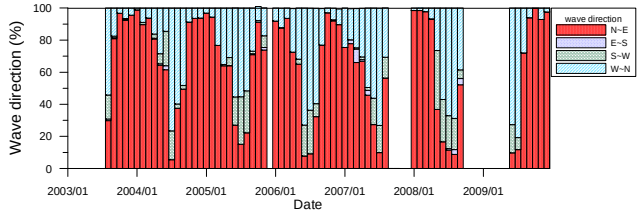
- 歷年之月平均波高小於3 m以下，月平均週期介於4.9 sec至7.8 sec之間。
- 歷年之平均波高為1.54 m
- 歷年最大波高為7.78 m，其週期為8.7 sec，發生於2009年8月7日莫拉克(Morakot)颱風期間 。

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2001年至2007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

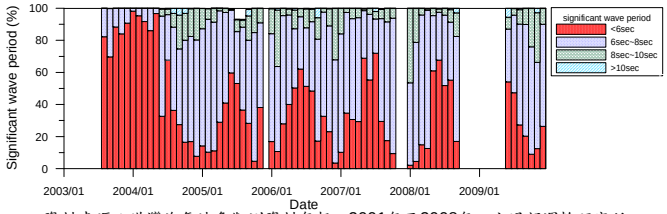


- 波高<0.5 m，約佔13.8%
- 介於0.5 m-1 m之間，約佔26.8%
- 介於1-5 m之間，約佔59%
- 波高>5 m以上，約佔0.3%



港區附近主要波向為

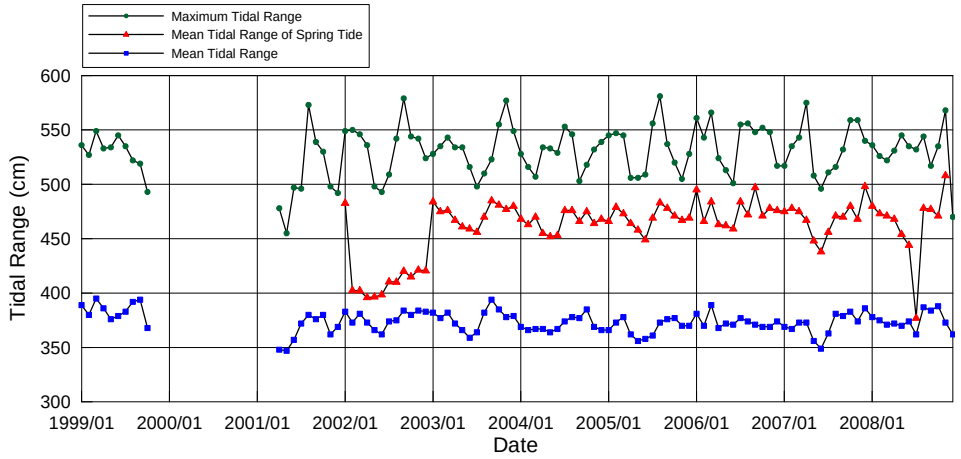
- 北至東向，約佔64.2%
- 西至北向，約佔26.5%。



- 週期<6 sec以下，約佔42.3%
- 介於6 - 8 sec之間，約佔48.3%
- 介於8 - 10 sec之間，約佔8.5%
- 週期>10 sec以上，約佔0.6%

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2001年至2008年，交通部運輸研究所。

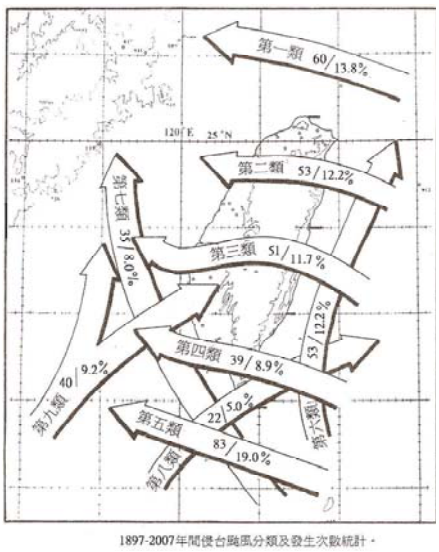
海氣象資料統計－台中港最大潮差、大潮平均潮差及平均潮差之月統計圖



- 最大潮差為613公分
- 大潮平均潮差為462公分
- 平均潮差為375公分

資料來源：潮汐觀測資料年報，1999年至2008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

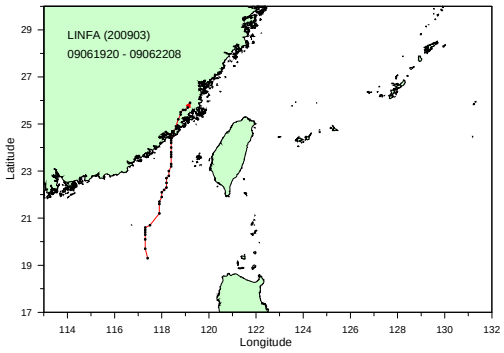
1999年至2009年期間颱風路徑分類統計

颱風路徑分類	發生次數	發生百分比
1	4	5.6%
2	5	7.0%
3	10	14.1%
4	5	7.0%
5	3	4.2%
6	6	8.5%
7	2	2.8%
8	2	2.8%
9	4	5.6%
其他	30	42.3%
合計	71	100.0%

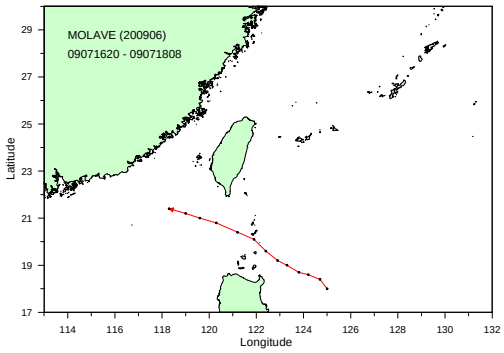
2009年中央氣象局已發佈之颱風警報

編號	中文名稱	英文名稱	警報期間	強度
200903	蓮花	LINFA	06/19～06/22	輕度
200906	莫拉菲	MOLAVE	07/16～07/18	輕度
200908	莫拉克	MORAKOT	08/05～08/10	中度
200917	芭瑪	PARMA	10/03～10/06	中度

2009年颱風警報資料



編號：200903
中文名稱：蓮花
英文名稱：LINFA
警報期間：06/19～06/22
颱風強度：輕度

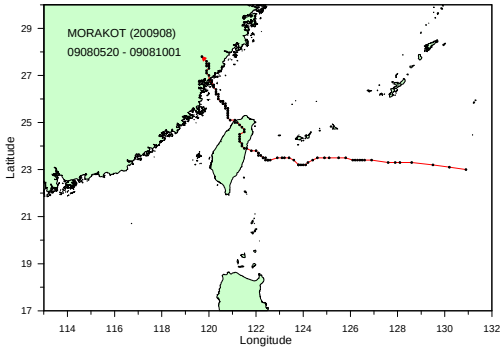


編號：200906
中文名稱：莫拉菲
英文名稱：MOLAVE
警報期間：07/16～07/18
颱風強度：輕度

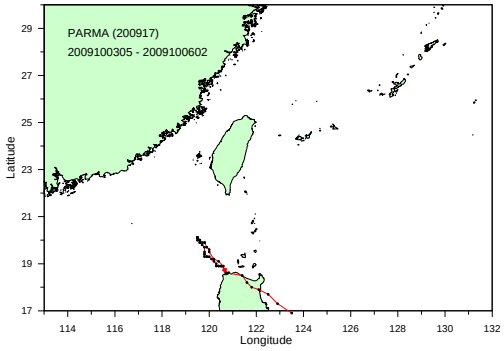
資料來源：交通部中央氣象局

16

2009年颱風警報資料



編號：200908
中文名稱：莫拉克
英文名稱：MORAKOT
警報期間：08/05～08/10
颱風強度：中度



編號：200917
中文名稱：芭瑪
英文名稱：PARMA
警報期間：10/03～10/06
颱風強度：中度

資料來源：交通部中央氣象局

17

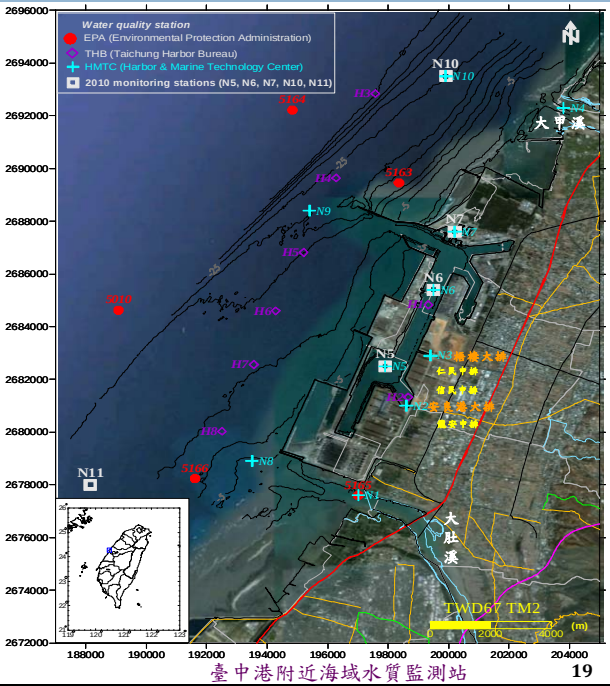
三 水體採樣調查與分析

研究範圍

- 本年度針對臺中港附近海域進行海域水質與生態採樣與分析
- 調查範圍：北起大甲溪南岸，南至大肚溪口，南北縱長約15公里。

研究內容及工作項目

- 水體採樣調查及分析(海域水質與生態)
- 針對臺中港內外海域進行水質與生態採樣調查。
- 水質：【現場測定】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】：大腸桿菌群、生化需氧量、懸浮固體物、氨氮、總磷及葉綠素a。
- 生態：浮游植物與浮游動物。
- 水質與生態統計分析

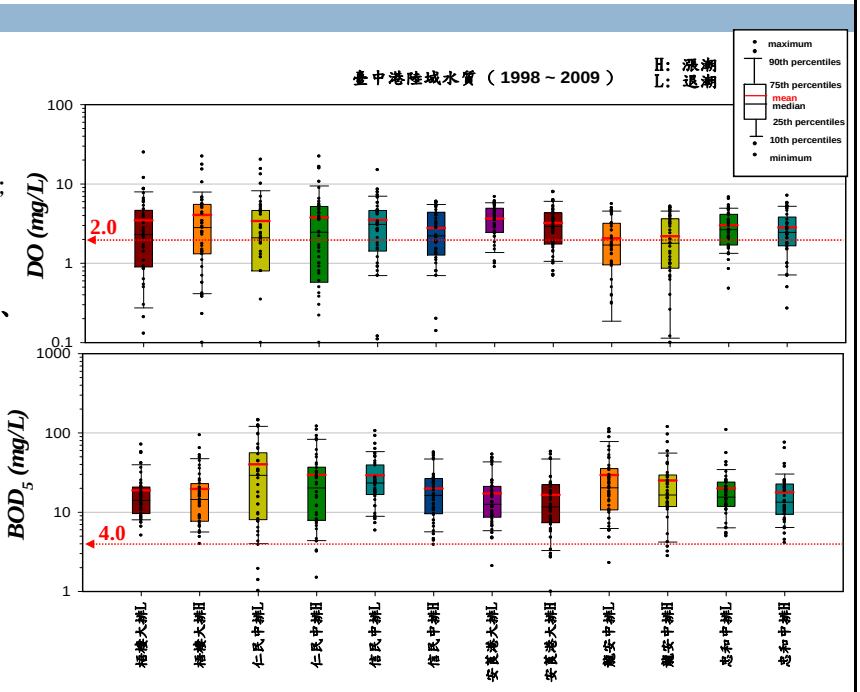


臺中港附近海域水質監測站

臺中港陸域水質

- 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**

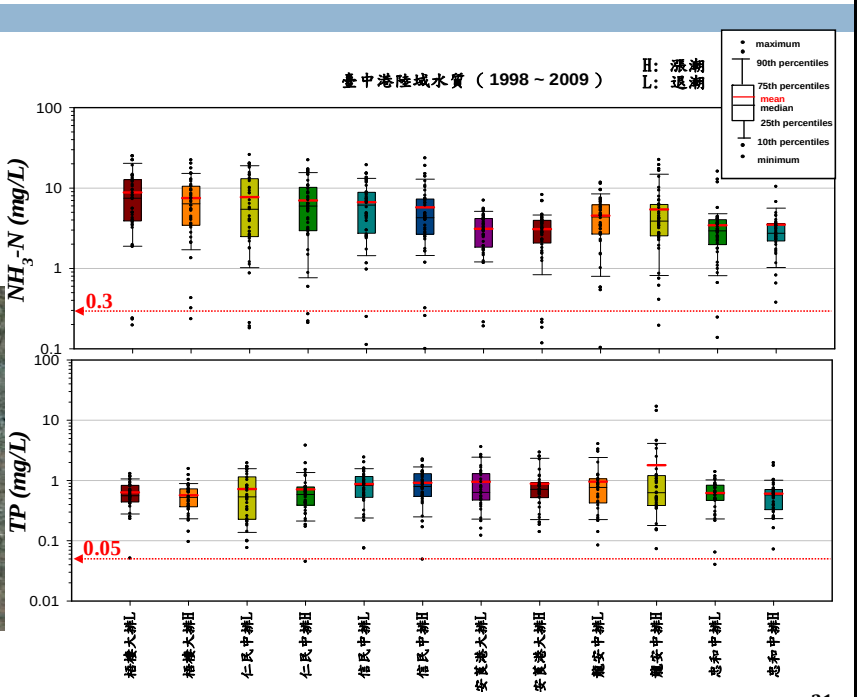




臺中港陸域水質

- **溶氧、生化需氧量、懸浮固體、大腸桿菌群、氨氮**及**總磷**等多無法符合「陸域水體水質標準」





臺中港港內水質

1.行政院環保署於1995~2007年辦理之「台灣北部、中部、南部海域水質監測現況」、
2.港務局進行「台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)、
「台中港區環境調查監測分析」(1996~2009)，
3.中興公司「海渡火力發電廠開發計畫環境影響評估」(1999)

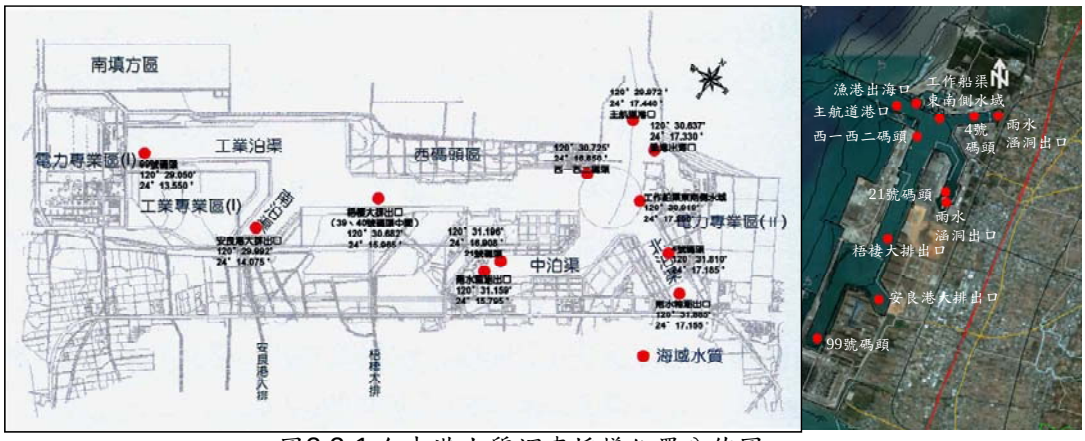


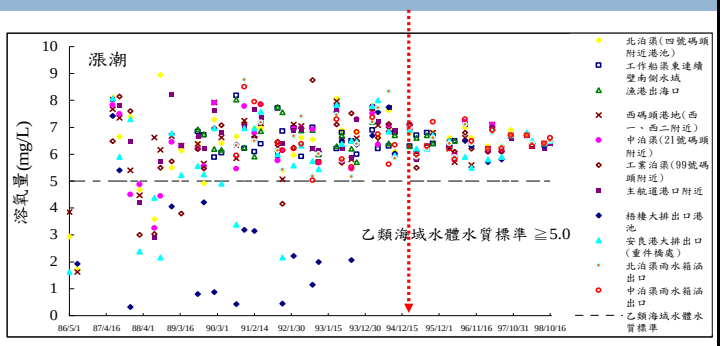
圖2.2-1 台中港水質調查採樣位置分佈圖

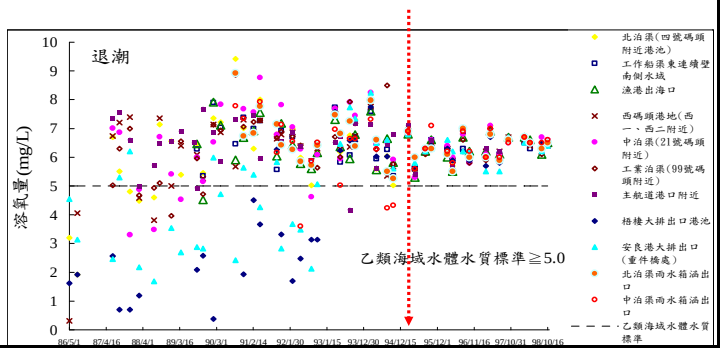
資料來源：臺中港務局「97年度臺中港區環境調查監測分析」

臺中港港內(1997~2009) 歷年-溶氧量

- 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86～93年調查期間皆曾出現不符合乙類海域水體水質標準。
- **自95年起**，各測站**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。







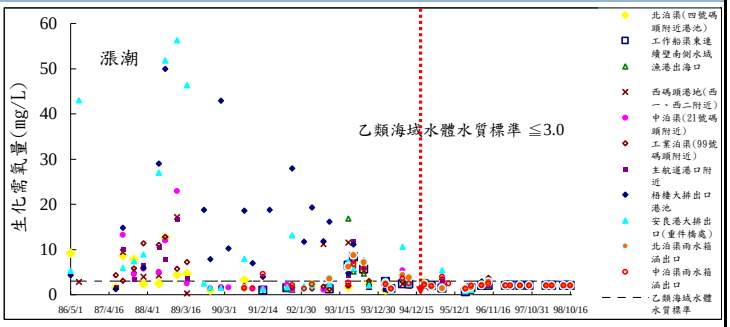
臺中港港內(1997~2009) 歷年-生化需氧量

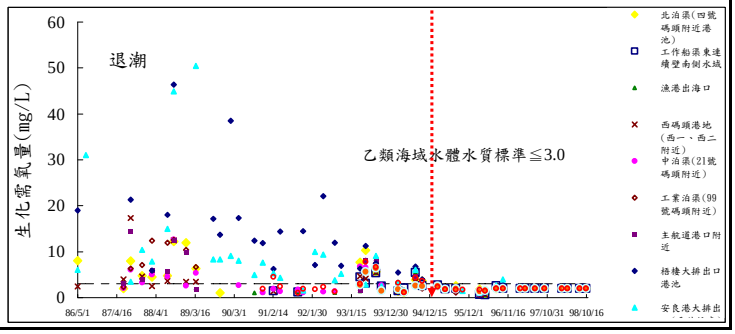
□於86～94年期間，各測站**生化需氧量**大多無法符合乙類海域水體水質標準(≦3.0 mg/L)。

□**安良港大排出口**與**梧棲大排出口**測值相較高於其他區域，並於88年12月測得最高值56.3 mg/L，超出乙類海域上限19倍，顯示此二大排出口水體中有機污染物濃度較高，需消化污染物需氧量多，水域中有機污染嚴重。

□**自95年起**，**生化需氧量**超標現象已明顯改善，多能符合標準，且大多<2.0 mg/L。







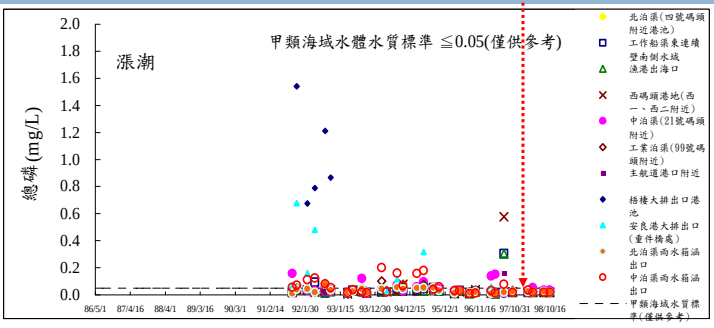
臺中港港內(1997~2009) 歷年-總磷

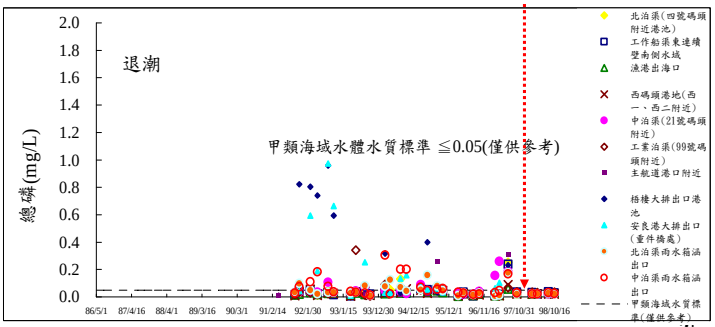
□歷年各測站**總磷**測值介於<0.02 ~ 1.54 mg/L之間。

□**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。

□**自97年底**起**總磷**多可符合乙類海域水體水質標準，而過去位居梧棲大排出口處與安良港大排出口處部分港域水質測項濃度偏高情形已改善，水質漸趨良好。







25

海域水質

- 環保署歷年於台中港沿海設有5處海域水質測站
- 由歷次(1997年7月至2010年1月)水質監測結果顯示，其**酸鹼度**與**溶氧**均能符合其所屬之乙類海域水質標準
- 早期(1997年7月至2001年9月)**總磷**於台中港沿海一與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1月)均能符合參考之甲類標準。
- 重金屬**銅**曾台中港沿海二出現1次略高於海域標準外，其餘均能符合標準。





台灣地區沿海水域水體分類圖

水體採樣調查及分析

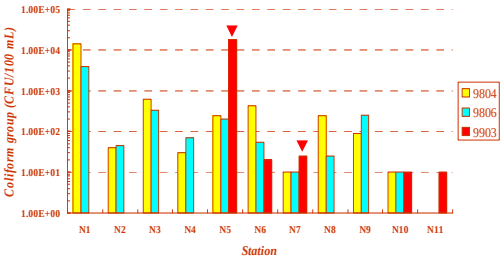
- 本年度(99年度)海域水質監測1年共2次，豐、枯水期間各1次
- 第1年(98年度)起迄今，已於98年4月29日、6月25日、9月14～15日(全潮調查)與99年3月23～24日，計進行4次採樣調查。

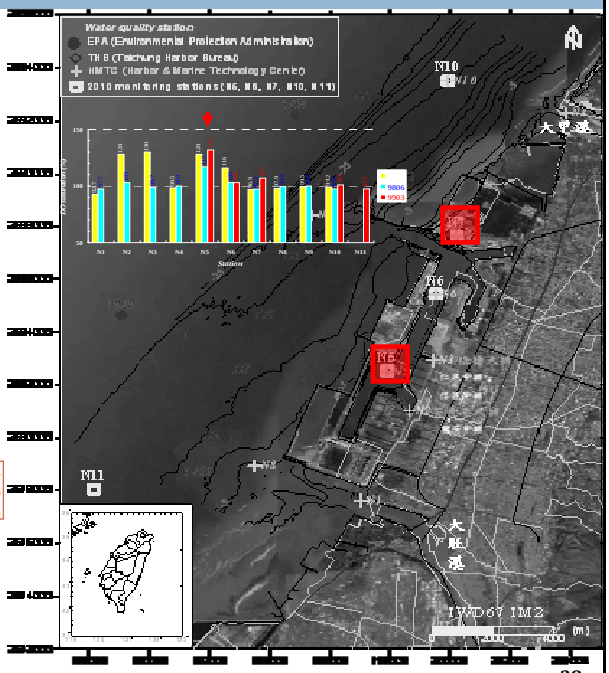
檢項方法 / 項目	pH	水溫 ℃	導電度 μmho/cm	鹽度 psu	透明度 m	DO mg/L	DO 飽和度 (%)	BOD mg/L	懸浮固體 mg/L	大腸桿菌群 CFU/100mL	總磷 mg/L	氨氮 mg/L	葉綠素 a μg/L
	NIEA W424.52A	NIEA W427.51A	NIEA W203.51B	NIEA W447.20C®	NIEA E220.50C	NIEA W455.50C	NIEA W455.50C	NIEA W510.54B	NIEA W210.57A	NIEA E202.53B	NIEA W427.52B	NIEA W448.51B	NIEA W507.02B
N5	8.2(8.20)	23.6	52300	34.3	2.5	9.1(9.14)	132	<2.0(1.6)	3.8	1.8×10^4	0.048	0.12	2.2
N6	8.3(8.27)	24.4	53000	34.9	2.2	7.1(7.06)	103	<2.0(0.5)	3.8	20	<0.020(0.017)	<0.05(0.05)	1.1
N7	8.3(8.27)	24.1	52900	34.9	1.3	7.3(7.29)	107	<2.0(0.8)	4.4	25	0.032	0.11	1.7
N10	8.1(8.07)	24.2	53300	35.1	5.2	6.8(6.81)	101	<2.0(0.7)	7.6	<10	0.042	0.06	1.1
N11	8.1(8.12)	24.8	53800	35.5	6.7	6.5(6.53)	97.5	<2.0(0.3)	<2.5	<10	<0.020(0.016)	<0.05(0.02)	0.5
認證與否	◎	◎	◎			◎	◎	◎	◎	◎	◎		
MDL	–	–	–	–	–	–	–	2.0#	2.5	–	0.006	0.02	–
乙類	7.5-8.5	無	無	無	無	≧5.0		≦3.0	無	無	無	無	無

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。pH及DO檢項括號內數據表實際測值。
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<0.05( )(氨氮)，0.020、0.05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.氨氮檢項樣品編號W099032405，樣品濃度為0.0454mg/L。

水體採樣調查及分析

- 99年3月調查結果有標準者均可符合乙類海域標準
- 與歷次相比位於臺中港區測點N5與N7之大腸桿菌群有增高趨勢
- N5於99 年3月調查時出現溶氧飽和度超過130%，有過飽和現象





28

海域生態

99年3月23~24日調查

- 浮游植物

共計有矽藻門(Bacillariophyta)和金黃藻門(Chrysophyta)等4門共29種，其中以矽藻門的20種為最多

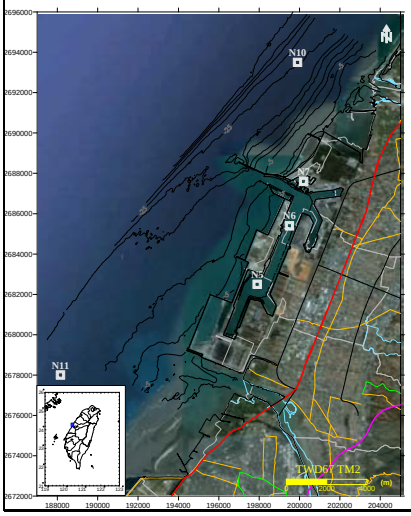


表 3-5-1 臺中港鄰港水質環境調查浮游植物個體量(cells/L)及含量百分比

測 站 名 稱	N5	N6	N7	N10	N11	百分比（%）
Bacillariophyta (矽藻門)						
Achnanthes spp.	0	38	0	0	0	0.03
Actinoptychus spp.	0	0	0	19	0	0.02
Bacteriastrum spp.	1140	532	285	57	0	1.84
Biddulphia spp.	114	76	0	19	0	0.19
Chaetoceros spp.	14022	8512	26980	2717	1292	48.82
Coscinodiscus spp.	2850	4408	2641	4693	285	13.57
Detonula spp.	0	304	0	0	0	0.28
Diploneis spp.	0	0	19	0	19	0.03
Eucampia spp.	0	0	114	209	0	0.29
Hemiaulus spp.	2166	0	152	0	57	2.17
Lauderia spp.	8626	10070	6726	5092	0	27.83
Melosira spp.	266	0	0	133	0	0.36
Navicula spp.	228	114	19	190	228	0.71
Nitzschia spp.	0	76	76	114	380	0.59
Pleurosigma spp.	0	0	0	0	38	0.03
Rhizosolenia spp.	0	0	0	0	38	0.03
Surirella spp.	0	0	0	19	0	0.02
Thalassionema spp.	38	0	0	0	76	0.10
Thalassiosira spp.	114	76	19	247	114	0.52
Thalassiothrix spp.	76	0	0	228	95	0.36
Chlorophyta (綠藻門)						
Oocystis spp.	0	266	0	0	0	0.24
Chrysophyta (金黃藻門)	0	0	0	0	0	0.00
Dictyocha spp.	76	38	114	95	19	0.31
Distephanus spp.	38	0	19	95	19	0.16
Mesocena spp.	0	38	38	19	190	0.26
Dinophyta (渦鞭毛藻門)	0	0	0	0	0	0.00
Ceratium spp.	114	0	19	57	0	0.17
Dinophysis spp.	76	76	57	0	0	0.19
Oxytoxum spp.	0	0	0	19	0	0.02
Prorocentrum spp.	38	190	266	228	38	0.69
Protoperidinium spp.	38	0	0	95	19	0.14
總計	30020	24814	37544	14345	2907	100.00
種類數	17	15	16	20	16	

29

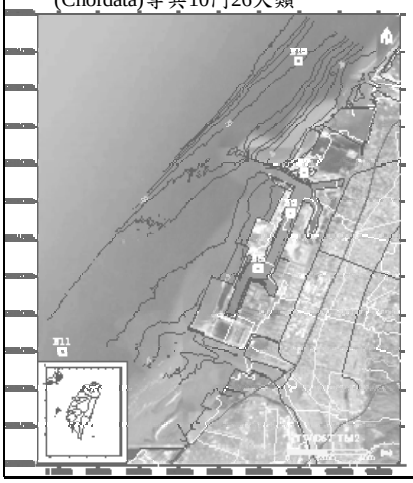
海域生態

99年3月23~24日調查

表3-5-4. 臺中港鄰港水質環境調查浮游動物平均豐度(ind./1000m3)及含量百分比

- 浮游動物

共計有原生動物門(Protozoa)刺胞動物(Cnidaria)、櫛板動物(Ctenophora)、軟體動物(Mollusca)、環節動物(Annelida)、節肢動物(Arthropoda)、毛顎動物(Chaetognatha)、棘皮動物(Echinoderm)、原索動物(Protochordata)及脊索動物(Chordata)等共10門26大類



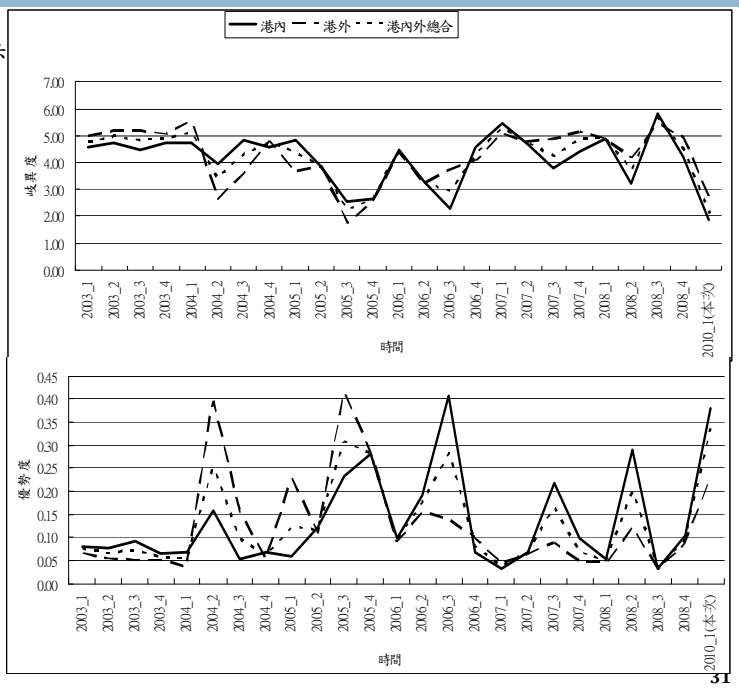
樣品編號		N5	N6	N7	N10	N11	百分比（%）
Protozoa	**原生動物**						
Foraminifera	有孔蟲	102	3512	341	0	1725	0.38
Noctiluca	夜光蟲	38472	404402	119066	88	373083	62.12
Cnidaria	**刺細胞動物**	0	0	0	0	0	
Medusa	水母	4604	6213	3408	44	6898	1.41
Ctenophora	**櫛板動物**	0	0	0	0	0	
Ctenophora	櫛水母	1023	270	1023	0	0	0.15
Mollusca	**軟體動物**						
Pteropoda	翼足類	2046	5133	6249	0	40240	3.56
Annelida	**環節動物**						
Polychaeta	多毛類	0	0	114	0	1150	0.08
Arthropoda	**節肢動物**						0.00
Cladocera	枝角類	5321	4052	3408	0	4599	1.15
Calanoid	哲水蚤	35198	85365	39878	6753	140265	20.42
Cyclopoid	劍水蚤	3990	3242	1818	352	6323	1.04
Copepoda nauplius	橈足類幼生	1023	1351	1363	44	0	0.25
Amphipoda	端腳類	0	0	0	0	4024	0.27
Crab megalopa	蟹類大眼幼生	205	0	114	22	2299	0.18
Crab zoea	蟹類幼生	16474	3242	3181	66	10922	2.25
Procellana zoea	武蟹幼生	205	0	0	0	0	0.01
Shrimp larva	蝦類幼生	7776	5133	6590	2816	0	1.48
Lucifera	螢蝦類	2353	810	909	0	2299	0.42
Euphausiacea	磷蝦	0	270	0	0	5749	0.40
Mysidacea	糠蝦	0	0	0	44	0	0.00
Squilla larva	蝦蛄幼生	205	0	0	0	0	0.01
Ostracoda	介形類	0	0	0	22	0	0.00
Chaetognatha	**毛顎動物**						0.00
Sagittidae	毛顎類	1432	2972	1136	66	40815	3.08
Echinoderm	**棘皮動物**						0.00
Echinodermata larvae	棘皮幼生	307	2161	1136	22	575	0.28
Protochordata	**原索動物**						0.00
Appendicularia	尾蟲	205	1621	341	0	575	0.18
Thaliacea	海樽	0	270	227	0	0	0.03
Chordata	**脊索動物**						0.00
Fish egg	魚卵	6344	2161	568	176	575	0.65
Fish larva	仔稚魚	0	1081	227	22	1150	0.16
		0	0	0	0	0	0.00
總計		127286	533259	191097	10537	643266	100.00
種類數		19	19	20	14	18	

海域生態

✓浮游植物

註：1.港內測站：N5、N6及N7；港外測站：N10及N11。
2.時間表示方式，前2碼為年份，末1碼為該年度之季節，1表1~3月、2表4~6月、3表7~9月、4表10~12月。

- 浮游植物族群比較分析顯示本次(2010年3月)港內外歧異度差異不大
- 與歷次調查結果相較，2010年3月港內之歧異度值為歷次最低，而港外歧異度在歷次調查結果範圍內，但亦呈現偏低的情形，就總合歧異度而言，其值亦為歷年來最低
- 此一情形反映在優勢度上，2010年3月港內優勢度已接近歷年最高值，總合優勢度則為歷次調查結果最高值，顯示2010年3月浮游植物族群中有部份物種較為優勢，造成整體物種分佈較不均勻

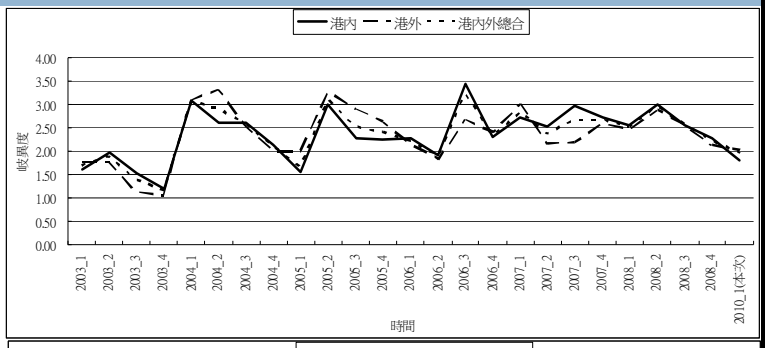


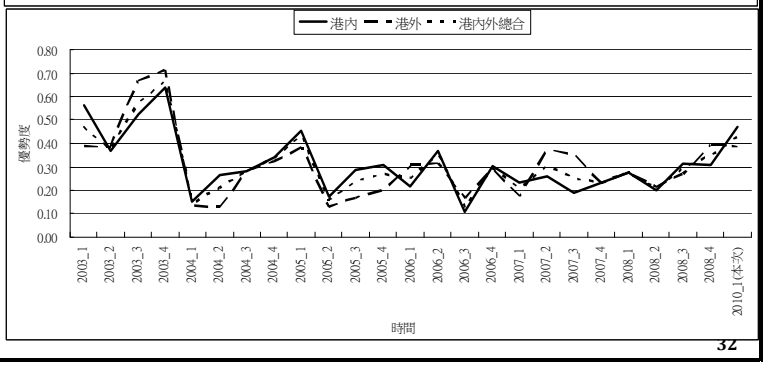
海域生態

✓浮游動物

註：1.港內測站：N5、N6及N7；港外測站：N10及N11。
2.時間表示方式，前2碼為年份，末1碼為該年度之季節，1表1~3月、2表4~6月、3表7~9月、4表10~12月。

- 與臺中港歷年資料相較，本次(2010年3月)海域浮游動物之歧異度指數結果港內外差異不大
- 2010年3月歧異度值位於歷年變動範圍內
- 由歷年資料顯示，從2004至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，而至2010年3月略為下降
- 以優勢度來看，港內外差異同樣不明顯，本次調查結果亦介於歷年變動範圍之間





32

33

四 探討近岸海域水體水質與近岸海域水動力機制的相關性

模式模擬範圍

研究範圍與對象

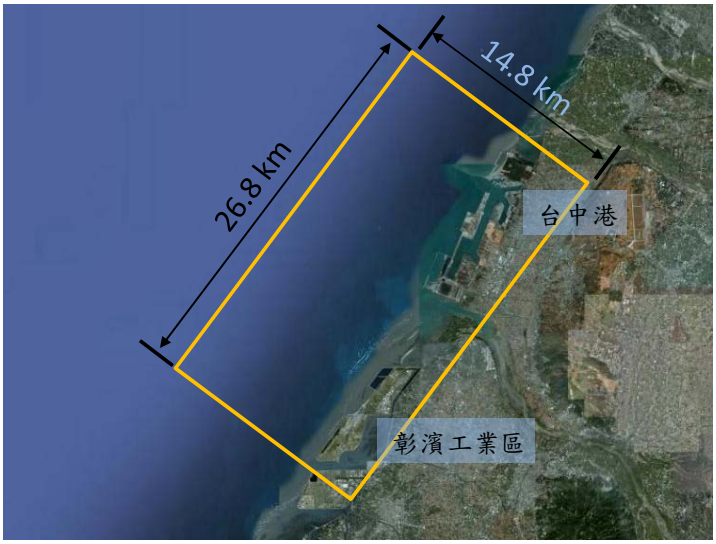


圖1

34

台中港位置示意圖及測站位置圖

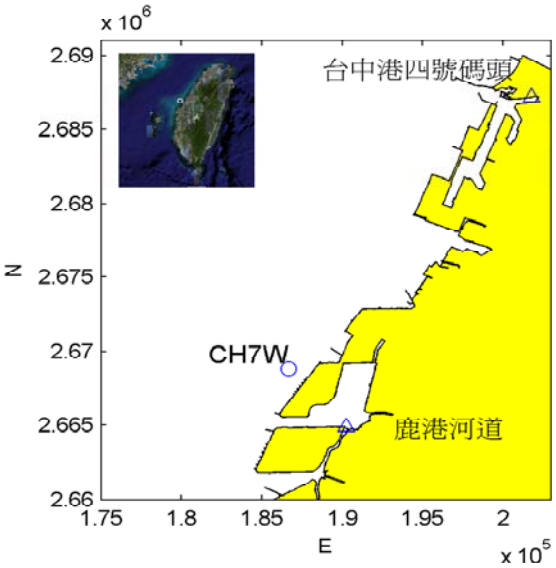


圖2

測站：台中港四號碼頭與鹿港河道之驗潮站(Δ)；
CH7W定點海流觀測站(+o)。

35

研究方法與進行步驟

- 質點軌跡模式(particle tracking model)： Lagrange質點運動軌跡追蹤計算

$$X_n = X_{n-1} + U\Delta t + \delta_x, \qquad Y_n = Y_{n-1} + V\Delta t + \delta_y$$

$$\delta_x = \xi\sqrt{2E_{xx}\Delta t}; \quad \delta_y = \xi\sqrt{2E_{yy}\Delta t}$$

- 水質擴散模式(dispersion model) ：

$$\frac{DC}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x}(D_x\frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(D_y\frac{\partial C}{\partial y}) - KC + R_E$$

$$C_t = C_0(1-\varepsilon)^n$$

37

研究方法與進行步驟

- 二維水理模式(2D Hydrodynamic model) ：

(1) 連續方程式

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial (HU)}{\partial x} + \frac{\partial (HV)}{\partial y} = 0$$

(2) x、y方向運動方程式

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

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

36

水理模式之率定

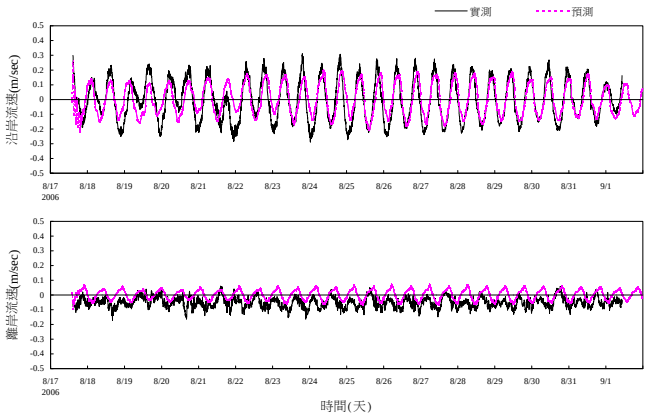


圖4-15 模式預測與實測流速比較圖
(CH7W測站，實測時間：2006年8月17日~9月1日)

→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台中港至彰濱海域之大區域海潮流變化。

38

流場向量圖模擬結果

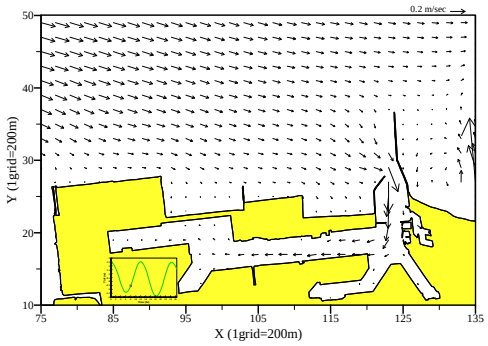


圖4-16 2006年8月25日流場向量圖模擬結果(漲潮,8.0hr)

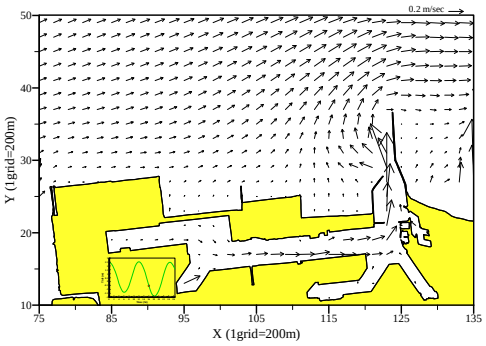


圖4-16 (續11)2006年8月25日流場向量圖模擬結果(退潮,16.0hr)

39

潮汐交換能力之分析

1. 不同上游流量時(CASE1~CASE5)在漲潮與退潮時之濃度分佈圖

表4-7 模式模擬不同上游流量之案例

上游流量 / 案例	安良港大排(CMS)	梧棲大排(CMS)
CASE1	0	0
CASE2	2	1
CASE3	8	4
CASE4	32	16
CASE5	96	64

2. 在不同風速(2 m/sec, 5m/sec , 10 m/sec)與不同風向情形下在漲潮與退潮之濃度分佈圖

3. 模擬不同起始排放位置之水粒子質點運動軌跡圖

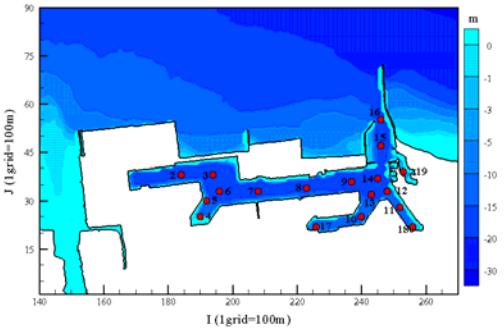
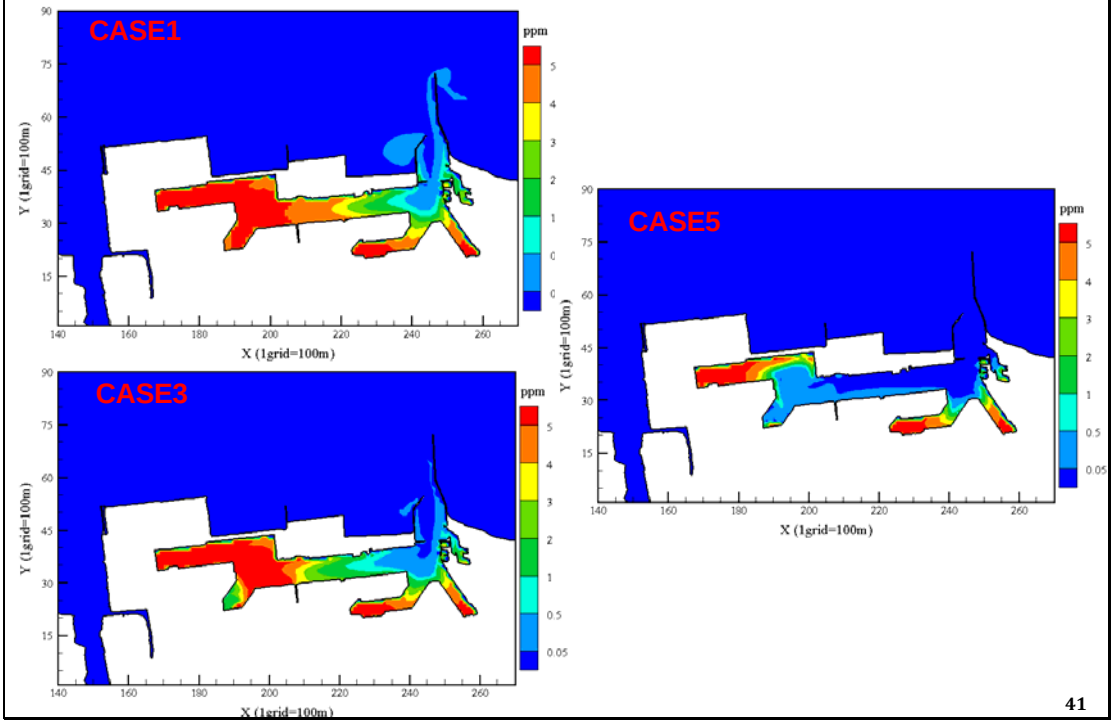


圖4-53 模擬水粒子質點運動軌跡之起始排放位置圖

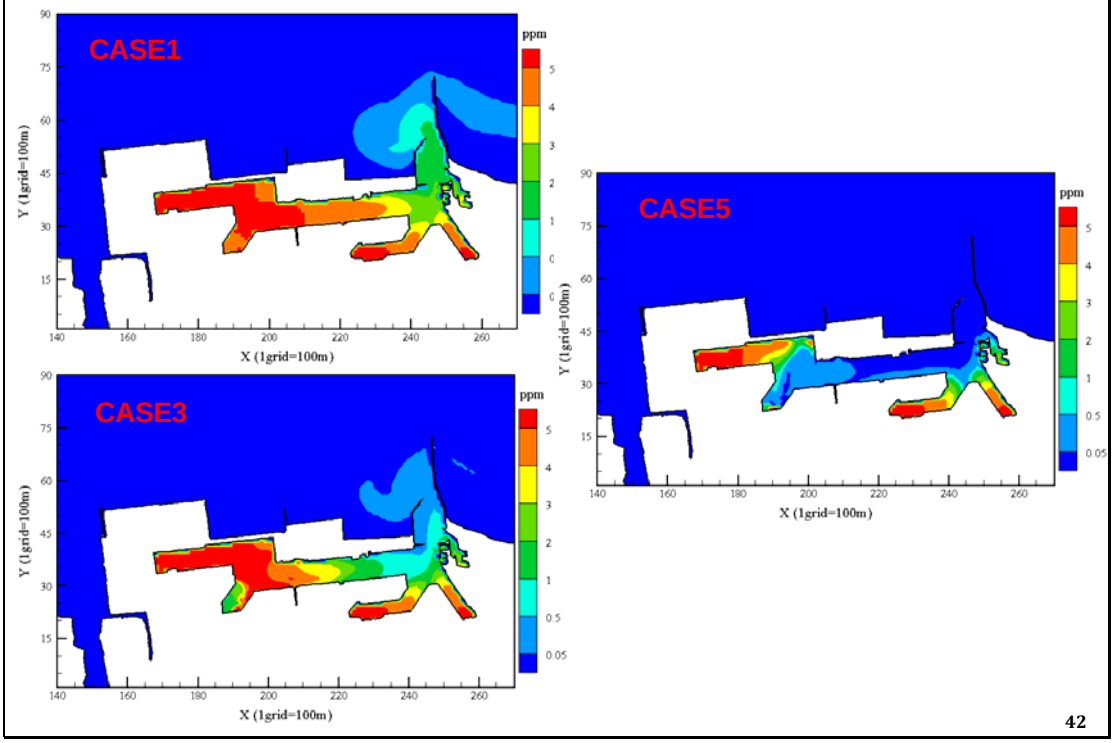
40

模式模擬CASE1,CASE3,CASE5條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖



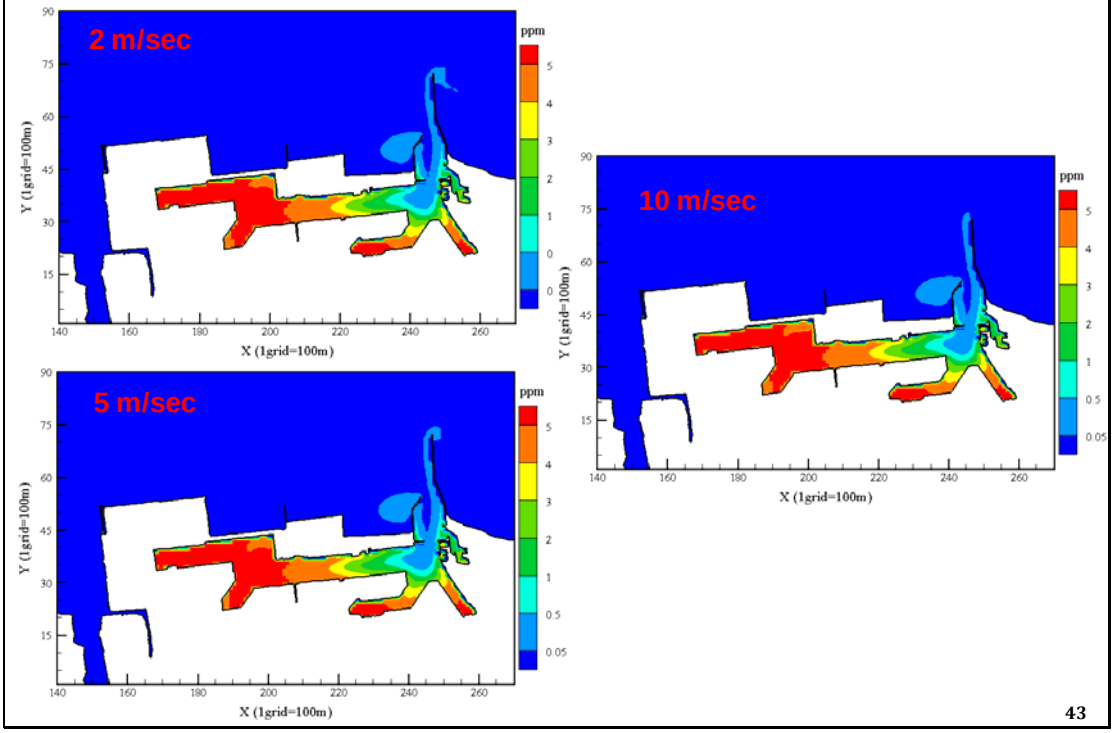
41

模式模擬CASE1,CASE3,CASE5條件下，退潮時之染料濃度分佈圖



42

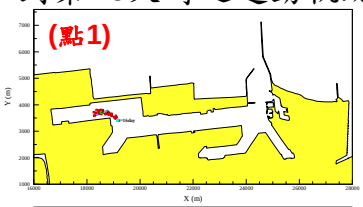
模式模擬風速為2 m/sec, 5 m/sec與 10 m/sec, 在N向之條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖

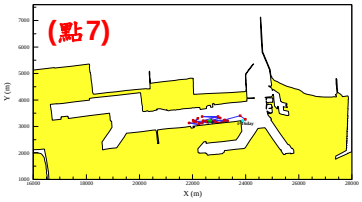


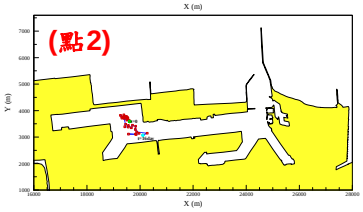
43

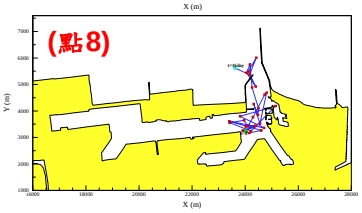
模擬水粒子質點運動軌跡圖

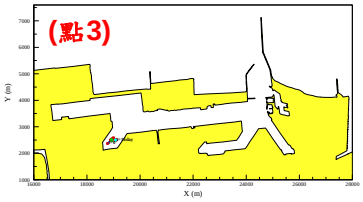
模式模擬水粒子質點由起始排放(點1,點2,點3,點7,點8,點9)到第16天時之運動軌跡圖

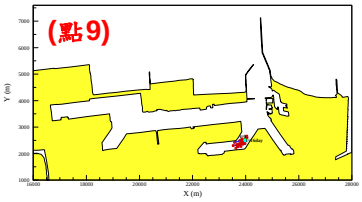








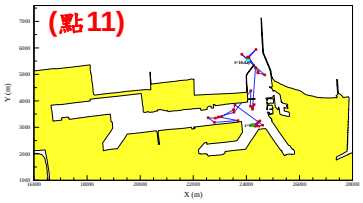


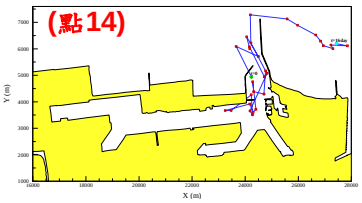


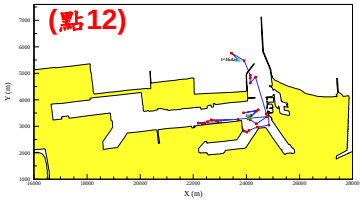
44

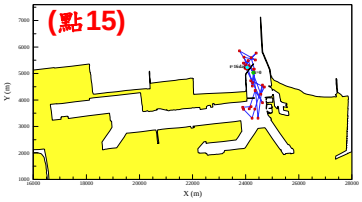
模擬水粒子質點運動軌跡圖

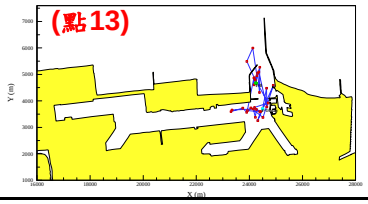
模式模擬水粒子質點由起始排放(點11,點12,點13,點14,點15,點17)到第16天時之運動軌跡圖

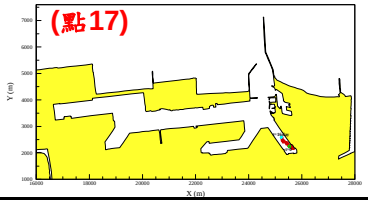










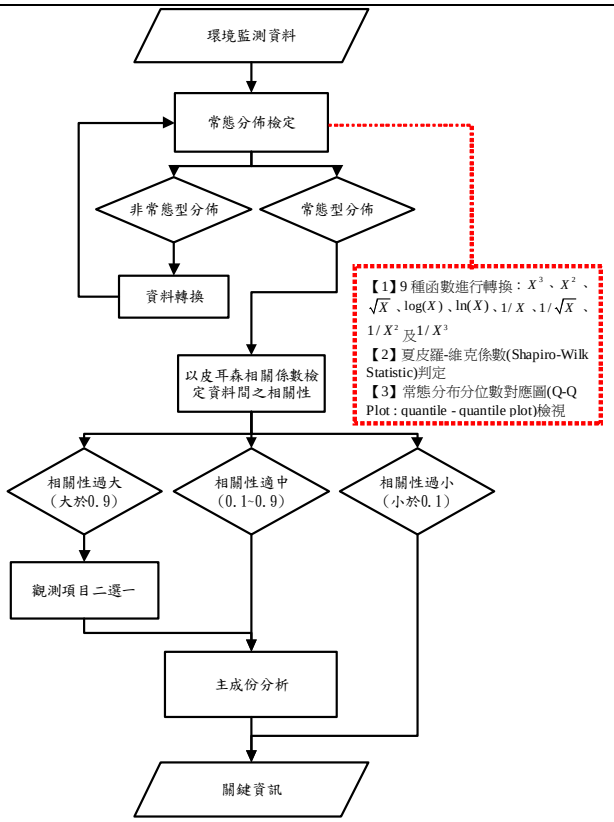


45

五 水質與生態統計分析

資料處理流程

- 資料轉換為常態分布
- 相關性檢定
- 主成份分析



47

水質與生態統計分析

- S-W：夏皮羅-維克係數 (Shapiro-Wilk Statistic)
  - ✓係數值愈高，表示資料之機率分佈愈符合常態分佈

表5-2 臺中港海域水質水溫原始資料與轉換後常態化測試結果

Tests of Normality

		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
水溫 (°C)	原始資料 X	.972	554	.000
cubic_水溫	X^3	.981	554	.000
square_水溫	X^2	.986	554	.000
square-root_水溫	$\sqrt{X}$	.955	554	.000
log_水溫	$\log(X)$	.930	554	.000
ln_水溫	$\ln(X)$	.930	554	.000
reciprocal_水溫	$\frac{1}{X}$	.851	554	.000
reciprocal square-root_水溫	$\frac{1}{\sqrt{X}}$	.896	554	.000
reciprocal square_水溫	$\frac{1}{X^2}$	.728	554	.000
reciprocal cubic_水溫	$\frac{1}{X^3}$	.572	554	.000

原始資料來源：臺中港務局民國85～97年環境監測數據

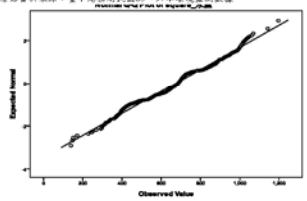
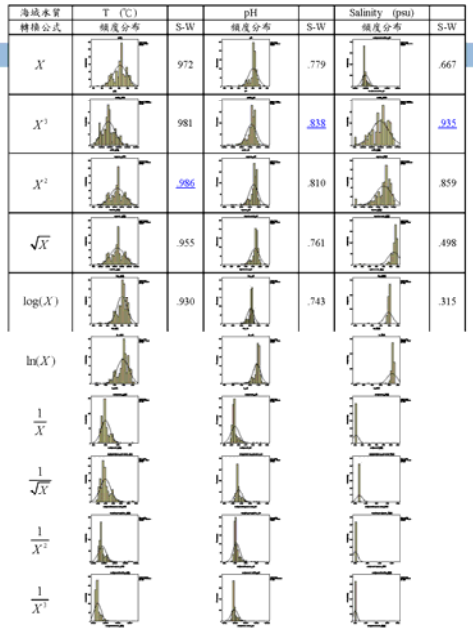


圖5-2 臺中港海域水質變數 square_水溫之常態分布分位數對應圖(Q-Q Plot : quantile - quantile plot)



水質與生態統計分析 (PCA: Principle Component Analysis 主成份分析法)

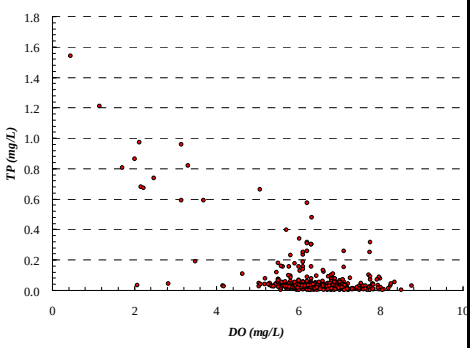
1996～2008 期間

- 第1主成份中顯示氨氮與總磷有較高之正相關，而溶氧量則呈現負相關，鹽度則略呈負相關但不是很明顯，此外水溫亦明顯呈現正相關
- 第1主成份代表來自畜牧、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

表5-16 海域水質特徵值大於1之主成份相關係數矩陣

	主成份Component			
	1	2	3	4
square_水溫	.933	.090	-.212	.019
cubic_pH	.041	.588	-.395	.321
cubic_鹽度	-.144	-.491	.526	.219
cubic_溶氧量	-.666	.472	-.137	.200
log_生化需氧量	.432	.609	.435	.050
reciprocal square-root_礦物性油脂	-.361	.303	.773	.037
log_大腸桿菌群	.037	.406	.123	.655
log_酚類	-.751	.112	-.031	-.196
log_氨氮	.534	.274	.383	-.448
log_總磷	.838	.014	.040	.109
log_有機氮	.179	-.597	.128	.571

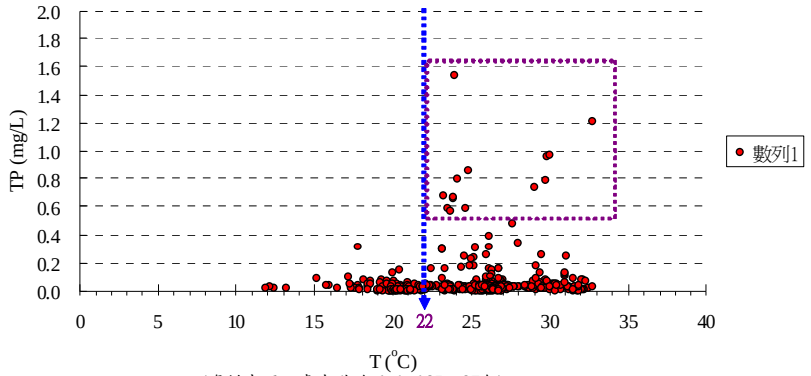
資料來源：臺中港務局民國85～97年環境監測



水質統計分析

1996～2008 期間

- 1主成份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。
- 由臺中港海域水質中之總磷濃度與水溫關係顯示，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。
- 初步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。



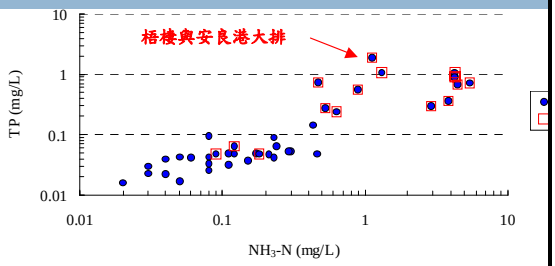
(資料來源：臺中港務局民國85～97年)

圖5-15 臺中港海域水質總磷對水溫分布

水質統計分析

2009～2010 期間

- 第1主成份同樣顯示來自畜牧、生活污水方面的氨氮與總磷有很高之正相關
- 第2主成份中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性，意味著來自陸源淡水之生物性可能致病指標，當陸源水含量相對較高時將造成鹽度下降，而此時水體含有其他致病菌的機會將大為增高



(資料觀測期間：民國98～99年)

圖5-17 臺中港海域水質總磷對氨氮分布

表5-19 海域水質特徵值大於1之主成份相關係數矩陣

	主成份Component		
	1	2	3
cubic_水溫	-.658	.702	-.037
cubic_pH	.793	-.238	-.015
cubic_鹽度	.414	.715	.318
log_透明度	.752	.515	.251
DO	.482	-.377	.739
log_BOD	.686	-.622	-.011
log_大腸桿菌群	-.463	-.676	.374
Reciprocal_square_root_懸浮固體	.719	.588	-.040
Reciprocal_square_root _氨氮	.873	-.236	-.191
Reciprocal_square_root _總磷	.927	.268	.013
Reciprocal_square_root _總油脂	-.632	.322	.514

資料觀測期間：民國98～99年

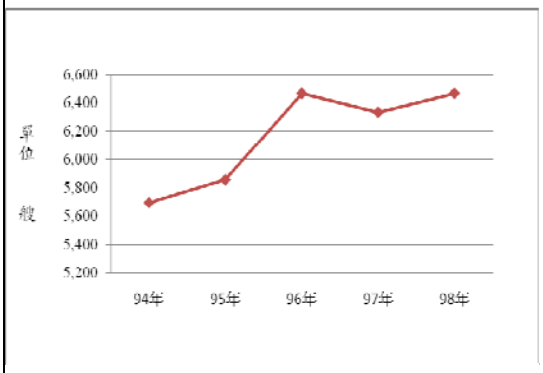
✓由98年9月的全潮水質調查結果，可反映出匯入臺中港域之營養鹽污染係來自其**梧棲與安良港大排**

六 船舶排水對臺中港水質影響

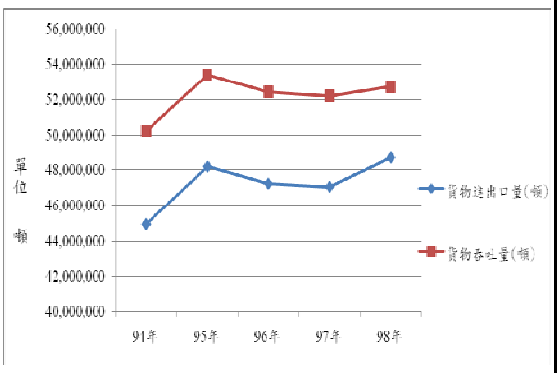
工作方法

- **排水量分析**
  - 本計畫使用「歐洲模式」估算臺中港壓艙水排放量，以94-98年間進入臺中港之船舶資料為依據，分析船舶航運運輸型態，分析資料包含船舶種類、進出口貨量、前一港來源地區等分布與變化情形。
- **風險評估**
  - 環境相似度：透過船舶的來源港與接受港之環境共通性進行比較。
  - 生物地理區：來源港與接受港若在同一生物地理區，港口環境較為相似，使得外來物種進入後適應性強，對當地原生物種的威脅增高。
  - 特定物種評估：目前已知有特殊物種的侵襲性較高，針對該物種做出詳細的評估，了解可能入侵的機率。

進出港船舶基本資料



臺中港94-98年船舶艘數變化



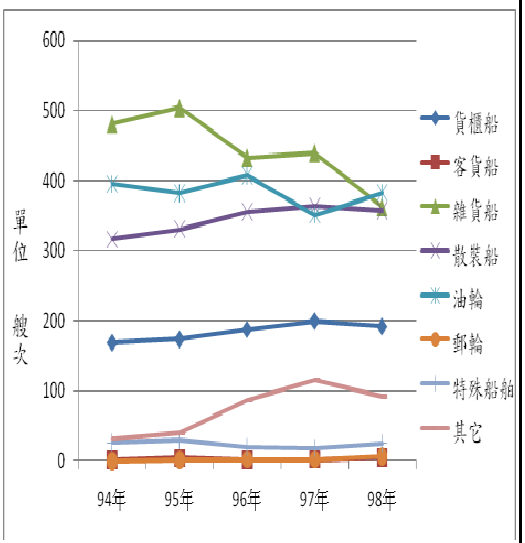
臺中港94-98年度貨物進出口量與吞吐量變化

54

船舶運輸型態分析

船舶種類	裝載貨物
貨櫃船	全貨櫃、半貨櫃、貨櫃
客貨船	旅客、貨物
雜貨船	鋼鐵、機件、件貨
散裝船	煤炭、穀物、鹽類、礦砂、礦石、水泥、糖類
油輪	原油、油品、化學品、化學液體、固體化學
郵輪	客輪
特殊船舶	冷凍船、汽車船
其它	工作船(工作平臺船、工作駁船)、拖船、交通船、受泥船、挖泥船、拋石船、載重平臺船、測量船、遊艇、錨船、打樁船、佈管線船、載客小船

臺中港94-98年進港船舶種類

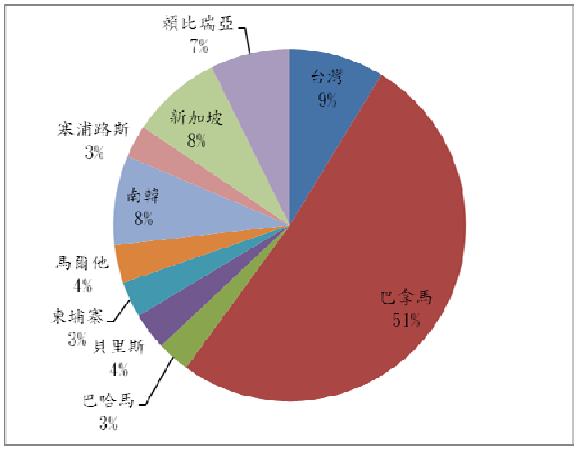


臺中港94-98年進港船舶艘次變化

55

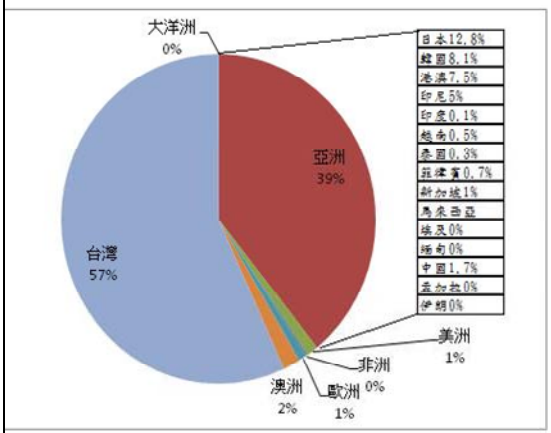
船旗國

- 船籍的選擇在於經濟方面的考量。權宜船籍便是航商為了因應航業高度競爭，而將船舶向他國登記入籍，除繳納少許登記費及常年噸位稅外，不須繳納營業稅捐，也較少顧及對船舶航行安全及污染標準的檢查，僱用船員標準亦較不受限制，使營運的成本大為降低。

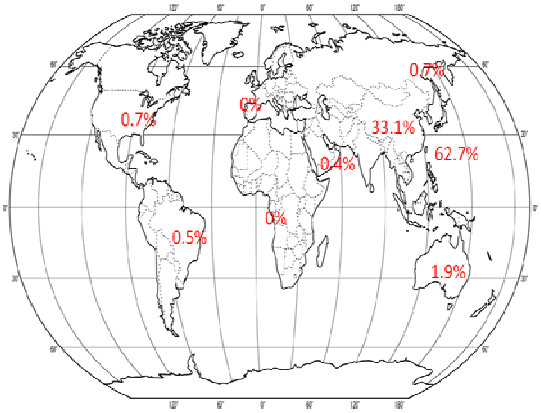


臺中港94-98年進港船舶各船旗國比例

進港船舶前一港所屬國家地區



臺中港94-98年進港船舶前一港所屬來源



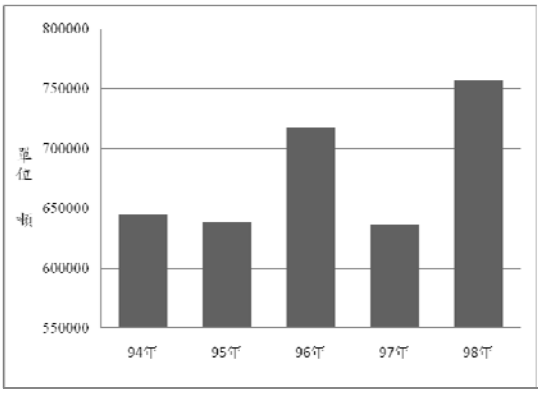
98年臺中港進港船舶前一港所屬區域累計百分比

98年台中港壓艙水排放量估算

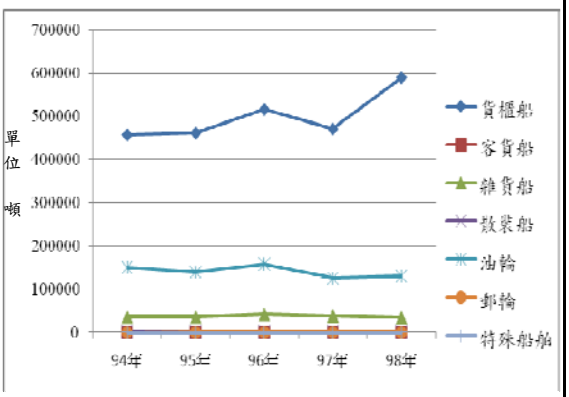
船型	年度進港船舶艘次		船舶載重噸	每船最大壓艙水櫃容量	最大壓艙水櫃容量占載噸之百分比	年度最大壓艙水櫃容量	船上壓艙水體積	年度船上壓艙水
	船舶數	%	(平均)	(平均)	(平均)	載重噸	載重噸%	載重噸
貨櫃船	3,057	49.7	19,257	5,353	27.8	16,365,484	3.6	589,157
客貨船	20	0.3	6,575	664	10.1	13,282	3.6	478
雜貨船	1,028	16.7	3,917	944	24.1	970,429	3.6	34,935
散裝船	1,080	17.5	25,033	951	3.8	1,027,354	0.1	1,233
油輪	897	14.6	11,122	3,670	33.0	3,292,223	4.0	130,372
郵輪	42	0.7	20,000	1,180	5.9	49,560	1.2	595
特殊船舶	31	0.5	1,350	131	9.7	4,059	1.2	49
總計	6,155	100.0						756,819

58

94-98年壓艙水變化



臺中港94-98年壓艙水年度排放量變化



臺中港94-98年各船舶壓艙水年度排放量變化

59

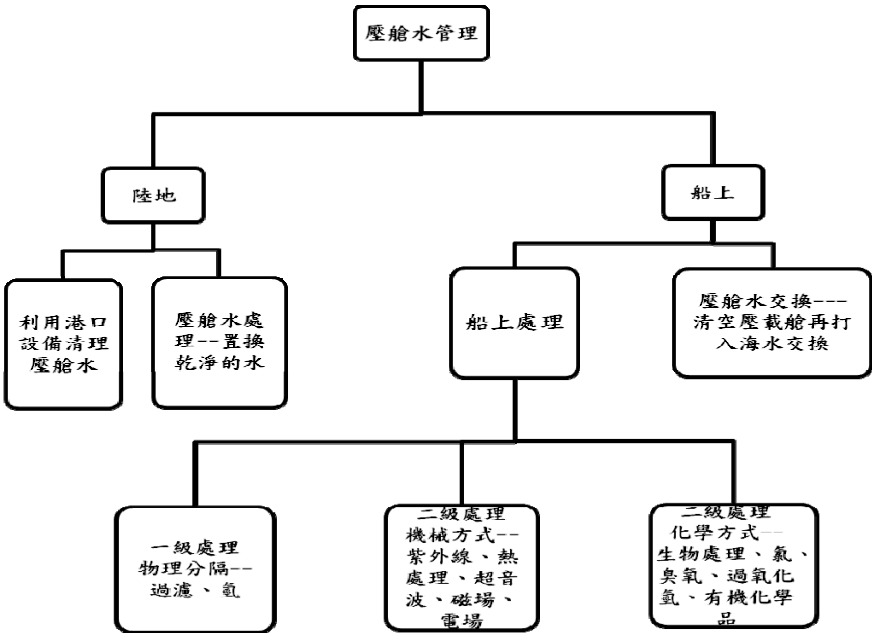
七 壓艙水處理方式評估

公約中與壓艙水處理相關之規範

- **本計畫參考國際海事組織壓艙水公約規範，壓艙水收受設施指導方針(G5)、壓艙水管理系統認證指導方針(G8 & G9)等三個相關之規範，並在期末附上美國與澳洲案例。**
  - 指導方針G5的目的並非要求締約方需要提供收受設施，而是鼓勵全球統一的收受設施，使船舶不需指定岸上設施。
  - G8 & G9主要目的在於針對於管理階層人員進行系統認證的重要查核指標。

- **壓艙水及底泥收受設施**
  - 岸上廢棄物收受設施的設置，主要是配合國際公約上的相關規範如國際防止船舶污染公約，這也表示所有的港口都應該要提供相關的廢棄物收受設施，讓進入港口的船舶使用，以避免船舶產生的廢棄物造成海洋污染。

處理壓艙水之科技方法



62

機械方式處理方法

- 利用將水中懸浮物體帶離水體的方式將水中生物體濃度減少，以達到排放的標準。依照使用的過濾設備不同介紹沙過濾和膜過濾兩套系統。
  - 沙過濾
    沙過濾器的處理原理是利用物體的萬有引力，這種過濾系統可用處理飲用水和廢水，包括在水消毒之前降低水的渾濁度、澄清污水和降低水中的生物體含量。
  - 膜過濾
    口徑更小的膜過濾系統則可用於去除水中的病毒，除可以去除細菌外，還可去除原生動物的孢囊和卵囊。去除病毒的機理是：直接吸附在過濾膜上；病毒先吸附在污染物上形成較大顆粒，使之無法通過過濾膜；病毒吸附在有機物上再被過濾膜濾出。

63

機械處理方法

方 法	容 量	受測海洋生物	移除比例	參考文獻
紫外線	無報告	*Gymnodinum sp.* *Alexandrium sp.*	<6%	Montani et al., 1995
		Chattonella sp	<40%	
紫外線	$2m^3h^{-1}$	綠藻	87%	Xiangpeng et al., 2007
紫外線	0.2-1.6 m^3h^{-1}	多種類	78-100%	Sassi et al., 2005
紫外線	無報告	浮游植物 浮游動物 細菌	40-99%	Champ et al., 2002
紫外線/漩	312-350 m^3h^{-1}	浮游植物 浮游動物 細菌	>85%	Sutherland et al., 2003
紫外線	Regal Princess輪 100-3000m^3h^{-1}	*Artemia salina*	99.5%	Cangelosi et al., 2001
		Dinoflagellate *Prorocentrum*	84.7%	
		Tetraselmis sp.	87.6%	
紫外線/過濾	Coral Princess輪 無報告	浮游植物 浮游動物 細菌	>70%	Wright et al., 2007
熱	Iron Whyalla 5萬噸壓艙水	浮游植物 浮游動物 細菌	>98%	Rigby et al., 1999

64

物理方式處理方法

- 物理方法處理包括了熱處理、紫外線、超音波。
  - 熱處理

    目前運用於船舶航行時處理壓艙水的唯一方法。船舶航行時引擎產生大量熱能，為使機械操作保持正常，須使用冷卻系統將廢熱帶出，因此來自船舶冷卻系統和排氣裝置的廢熱可以免費獲得處理壓艙水時所需的熱能成本較低。
  - 紫外線

    設於海岸邊的煉油廠，需使用大量海水來處理廢熱，在將其生產的廢水排放到海水之前，必須保證廢水中的細菌和其他生物體有100%的消滅率，於是紫外線處理便是滿足這種需求的重要方法之一。目前紫外線為最受關注的壓艙水處理方法，從短期來看也因成本較低而最有發展空間。
  - 其他

    關於超音波、磁場、電場技術在壓艙水處理中的應用情況的資料還很少，且大都沒有經過廣泛的測試及驗證。

65

物理處理方法

方 法	容 量	受測海洋生物	移除比例	參考文獻
過濾	6ton h^{-1}	斑馬貽貝	>70%	Dardeau JR et al., 1995
過濾/氣旋	Regal Princess輪 199.8m^3h^{-1}	浮游動物	30%	Cangelosi et al., 2001
		浮游植物	30%	
		大型浮游動物	95%	
		小型浮游動物	>90%	
		腰鞭毛蟲	95%	
氣旋/紫外線	312-350m^3h^{-1}	Skeletonama costanum, Thalassio sp., copepodes	無報告	Sutherland et al., 2001
過濾	340 m^3h^{-1}	浮游植物 浮游動物	30-90%	Parsons et al., 2000
過濾	25-75 $m^3h^{-1}m^{-2}$	浮游植物	50-80%	Tang et al., 2006, 2009
		浮游動物	70-90%	
過濾	530 m^3h^{-1}	浮游植物增生	70%	Veldhuis et al., 206
過濾/氣旋	2 m^3h^{-1}	綠藻	93%	Xiangpeng et al., 2007
氣旋/紫外線	100-3000 m^3h^{-1}	Artemia sp.,	13.7%	Nilsen et al., 2001
		Nauplius larva of Artemia	8.3%	

66

化學方式處理方法

- 壓艙水適於排放到接收港口而採取的方法中，目前最為可行的化學處理方法是氯、臭氧、及過氧化氫。
  - 氯

    可有效地消滅其中大多數的病毒和細菌。但由於氯能與海水中的多種成分產生複雜的化學反應，特別是與溴化物的反應，使得氯對海水的作用特點就沒那麼明顯。二氧化氯對藻類的孢囊消滅非常有效，可以作為綜合壓艙水處理方案的一個良好藥劑。
  - 臭氧

    不需事先備妥用量，可以直接從空氣中取得。但由於臭氧也會與海水中的溴化物迅速反應，而且需要很大的處理劑量，並有可能會加快船體和設備腐蝕，因此臭氧當壓艙水消毒劑並不是很方便。但有對於航線僅限於淡水水體的船舶，如航行於北美五大湖的船舶，臭氧在淡水壓艙水處理成效較好。

67

化學處理方法

方 法	容 量	受測海洋生物	移除比例	參考文獻
抗生素	無報告	三種淡水微生物	>95%	Sano et al., 2005
抗生素	實驗室規模	細菌	有效	Chelossi et al., 2006
抗生素	實驗室規模	海洋有機物	有效	Faimali et al., 2006
抗生素	實驗室規模	微藻 腰鞭毛藻囊胞菌	有效	Gregg et al., 2007
抗生素	實驗室規模	腰鞭毛藻囊胞	>95%	Wright et al., 2007
抗生素	實驗室規模 船上測試	活體生物質	>99%	de Lafontainet al., 2008
氯	無報告	*Gymnodinum catenatun cysts*	100%	Bolch et al. 1993
次氯酸鈉	5mg L^{-1}	細菌	85.2%-100%	Zhang et al., 2003
		浮游植物	有效	
	2mg L^{-1}	浮游動物 *(Artemia salina)*	15-100%	
氯	散裝船 無報告	細菌 浮游植物 浮游動物	>99%	Vianna et al., 2003
氯氧化物	無報告	*Gymnodinum catenatum* *Alexandrium catenella*	>97%	Ichikawa et al. 1992

目前已審核通過的壓艙水處理技術

活性物質或系統名稱	製造廠商	方 法	初步審核	最終批准
Peraclean Ocean	Degussa GmbH (德國)	結合過濾與添加Peraclean (PAA+ H2O2)	MEPC 54	
Electro-Clean	Techcross Ltd. & KORDI (韓國)	電解	MEPC 54	
EctoSysTM electrochemical system	Permascand AB (瑞典)	羥基自由基、活性氯與氫的電化學技術	MEPC 55	
Special Pipe Hybrid System	Japan Association of Marine Safety (日本)	特殊管+臭氧	MEPC 55	
PureBallast	Alfa Laval Wallenius Water AB (瑞典)	過濾+產生自由基的高級氧化技術 裝載時：過濾+高級氧化 排放時：高級氧化	MEPC 56	MEPC 56
NKO BWTS	NK Company Ltd. (韓國)	臭氧	MEPC 56	
Electro-Clean System (ECS)	Techcross Inc. (韓國)	電解	MEPC 54 韓國	MEPC 57 韓國
Triiron tetroxide， PAC and PASA ClearBallast	Hitachi Ballast Water (日本)	絮凝	MEPC 57 日本	
EctoSysTM CleanBallast	Permascand AB (瑞典)	機械分離+電化學單元 裝載：機械分離+電化學 排放：電化學	MEPC 55 瑞典	MEPC 57 德國
GloEn-Patrol TM	PANASIA CO.， Ltd. (韓國)	裝載時：過濾+紫外線 排放時：紫外線	MEPC 57 韓國	
Peraclean Ocean. SEDNA System	Degussa GmbH (德國)	結合過濾與添加Peraclean (PAA+ H2O2)	MEPC 54 德國	MEPC 57 德國
OceanSaver BWMS	Norwegian Research Council (挪威)	氫氣+電滲透析	MEPC 57 挪威	

八 結論

結論

1. 位於臺中港域梧棲大排與安良港大排之間的南迴轉池處(N5)，99年3月調查時出現溶氧飽和度超過130%，有過飽和現象，推測是港區內營養鹽豐富，水中藻類光合作用旺盛而產生大量氧氣所致，同時該處之大腸桿菌群測值亦相對偏高。本次(99年3月)之海域水質調查結果與去年相比並無異常，且氨氮與總磷濃度相對有降低之趨勢，但仍待持續觀察。
2. 本次(99年3月)調查之浮游植物歧異度於港內外差異不大，而與歷次調查結果相較，本次調查中港內之歧異度值為歷次最低，而港外歧異度在歷次調查結果範圍內，但亦呈現偏低的情形，就總合歧異度而言，其值亦為歷年來最低，此一情形反映在優勢度上，本次港內優勢度已接近歷年最高值，總合優勢度則為歷次調查結果最高值，顯示本次調查結果，其浮游植物族群中有部份物種較為優勢，造成整體物種分佈較不均勻。

結論

3. 以臺中港歷年資料相較，本次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93~95年間歧異度變化相當劇烈，港內外差異也很大，而至96年之後歧異度變動趨於平緩，本次調查亦略為下降。以優勢度來看，同樣於港內外差異不明顯，本次(99年3月)調查結果亦介於歷年變動範圍之間。
4. 經主成份分析後顯示，臺中港域與近海水體品質，可能於高水溫的季節易發生其氮、磷類之營養鹽濃度增高而溶氧偏低之現象。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。初步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，故於此時期常會將內陸水體中過高之氮、磷類污染排入港域與近海。

72

結論

5. 本年度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。本計畫先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。模擬結果與實測值相當吻合，由此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。港內水流多在0.1～0.2 m/s之間，於漲潮時水由港外流入港內，退潮時水由港內流出。乾滿潮時港內流速甚小，大部份區域在0.1m/s以下，堤頭處之流速則較強。整體而言，模擬結果與環境背景資料相同。

73

結論

6. 壓艙水量調查方面，94年至98年間各年進港總艘數呈現穩定成長，且經分析得知57%的船舶上一港仍為臺灣，39%來自亞洲其他地區，如日本、韓國、港澳、印尼、印度等國家，上述地區大多位於熱帶生物地理區域。藉由資料了解船舶上一港與其每年最大能承載多少壓艙水，來推斷臺中港區受外來種入侵風險。
7. 壓艙水處理上目前可行之方式分三類，物理、機械、化學，而已審核通過的處理壓艙水方法多為較高階的二級處理方式。在港口收受設施方面，國際海事組織也列出六種收受設施的收費制度，只有三種以正式使用，而目前英國、荷蘭、瑞典、德國等皆已實施國際海事組織所通過的港口收受設施的收費制度。使用任何處理方式前，盡可能完整的評估臺中港水域環境與外來種的特性，而採用對於臺中港最適當的方式來處理壓艙水。

74

■謝謝各位　敬請指教

附錄九

期末簡報

交通部港灣技術研究中心

鄰港水質環境調查研究(2/4)

簡報人：蕭士俊　博士
劉大綱　博士

財團法人成大研究發展基金會

2010/11/17

計畫摘要

為能達到海洋環境永續發展的目標，本計畫擬調查鄰港附近水質環境，依據調查結果配合當地海氣地象資料以及水質生態資料，提出港灣附近水質分佈的特性、影響水質之因素、評估對生態環境之影響以及與自然條件的相關性。

1

一、研究內容及工作項目

- 水體採樣調查與分析
- 探討近岸海域水體水質與近岸海域水動力機制的相關性。
- 探討及評估各參數對生態環境之影響。
- 壓艙水排放量與風險評估。
- 壓艙水處理方式評估與管理策略之研擬。
- 基本資料蒐集分析。

2

二 基本資料蒐集分析

3

基本資料蒐集分析

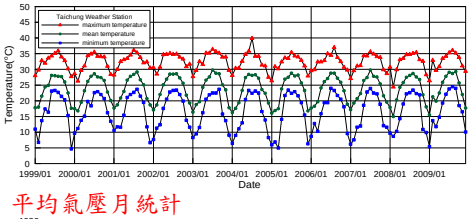
❖ 本計畫擬調查鄰港附近水質環境，依據調查結果配合當地海氣地象資料以及水質生態資料，提出港灣附近水質分佈的特性、影響水質之因素、評估對生態環境之影響以及與自然條件的相關性。

台中港附近海域海氣象、水質與生態資料蒐集概況表

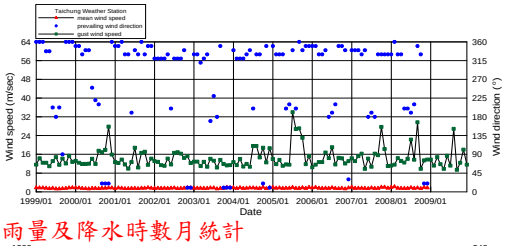
資料類別	測站	經度 / 緯度	觀測期間	觀測單位
波浪	臺中港	24°18'00"N 120°29'10"E	1999/10-2000/08	港研中心
波浪	臺中港	24°18'09.4"N 120°28'38.4"E	2003/08-2009/12	港研中心
海流	臺中港	24°18'10"N 120°28'40"E	2003/08-2009/12	港研中心
風	臺中港	24°18'24"N 120°31'23"E	2001/07-2009/11	港研中心
潮位	臺中港	24°17'22.3"N 120°31'28"E	1999/10-1999/10 2001/04-2009/12	港研中心
潮位	臺中港	24°18'10"N 120°28'30"E	2003/08-2009/12	港研中心
潮位	臺中港	24°17'16"N 120°31'59"E	1999/01-1999/10 2002/01-2009/12	內政部
氣象	臺中	24°08' 51"N 120°40'33"E	1999/01-2009/12	中央氣象局
氣象	梧棲	24°15' 31"N 120°30'54"E	1999/01-2009/12	中央氣象局

氣象資料統計－台中氣象站

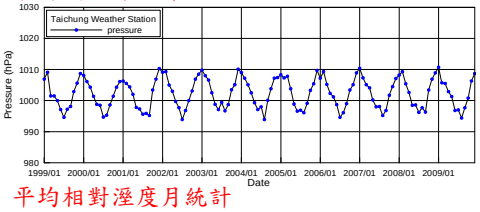
平均、最高及最低氣溫月統計



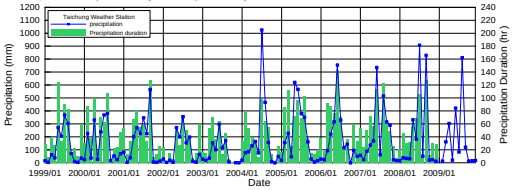
平均風速、最大瞬間風速及最多風向月統計



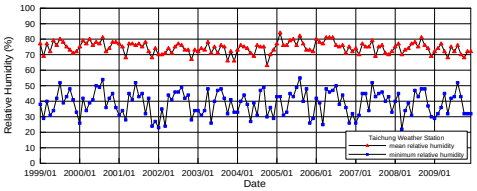
平均氣壓月統計



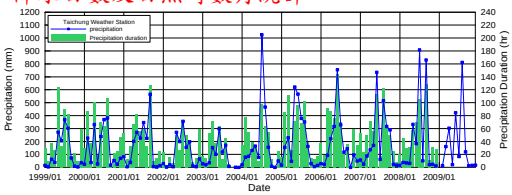
雨量及降水時數月統計



平均相對溼度月統計



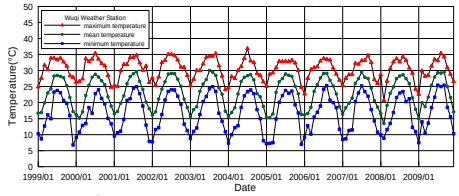
降水日數及日照時數月統計



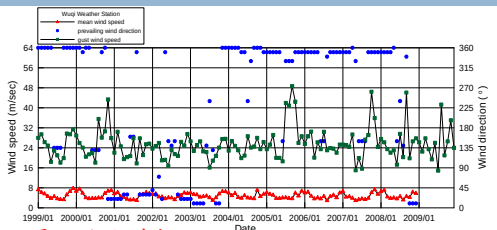
資料來源：氣候資料年報－地面資料，1999年至2009年，交通部中央氣象局。

氣象資料統計－梧棲氣象站

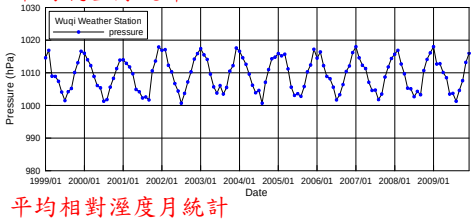
平均、最高及最低氣溫月統計



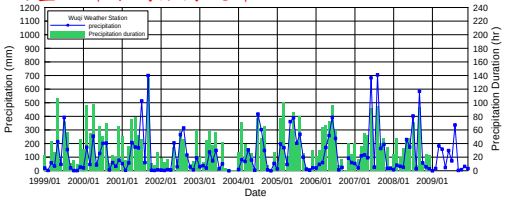
平均風速、最大瞬間風速及最多風向月統計



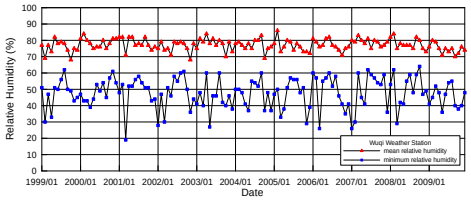
平均氣壓月統計



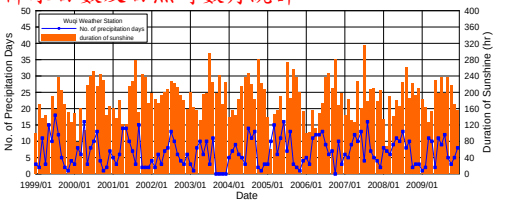
雨量及降水時數月統計



平均相對溼度月統計



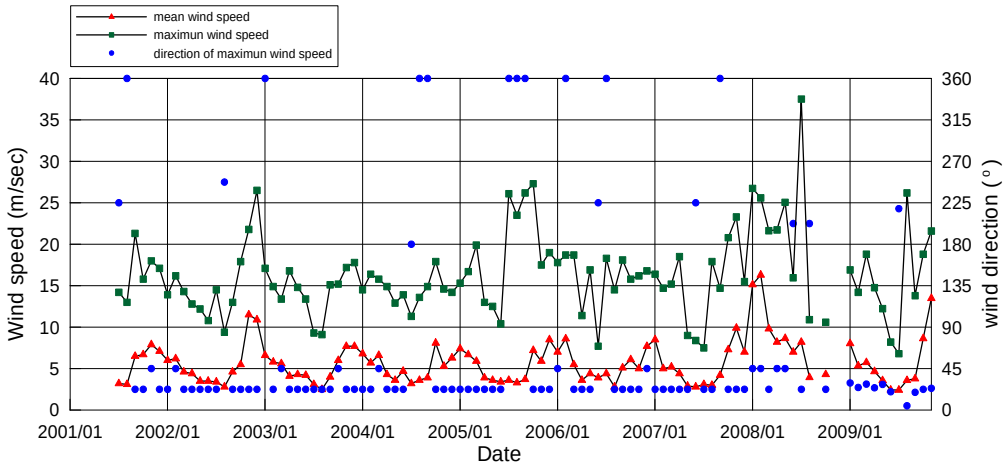
降水日數及日照時數月統計



資料來源：氣候資料年報－地面資料，1999年至2009年，交通部中央氣象局。

6

海氣象資料統計－台中港風速及風向之月統計圖

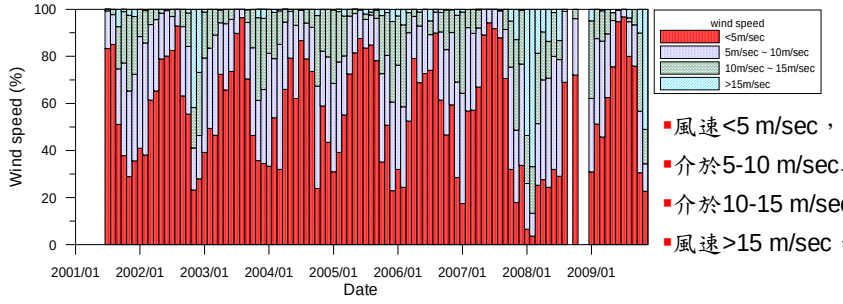


- 歷年之月平均風速介於2.5 m/sec至7 m/sec之間
- 月平均風速大於10 m/sec以上者皆發生在冬季
- 盛行風向多集中在北至東北向
- 歷年之平均風速為5.8cm/sec
- 歷年最大風速為37.5m/sec，其風向為北北西向。

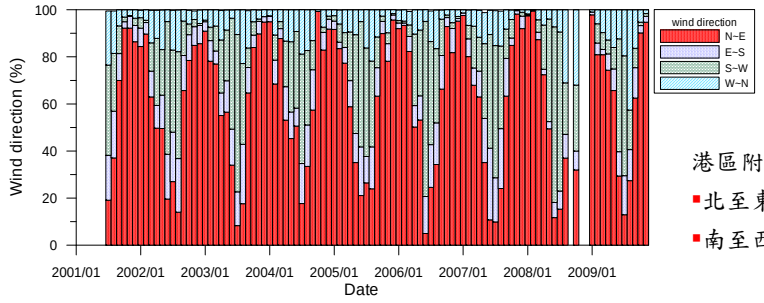
資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2001年至2008年，交通部運輸研究所。

7

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55.6%
- 介於5-10 m/sec之間，約佔27.1%
- 介於10-15 m/sec之間，約佔12.8%
- 風速>15 m/sec，約佔4.5%

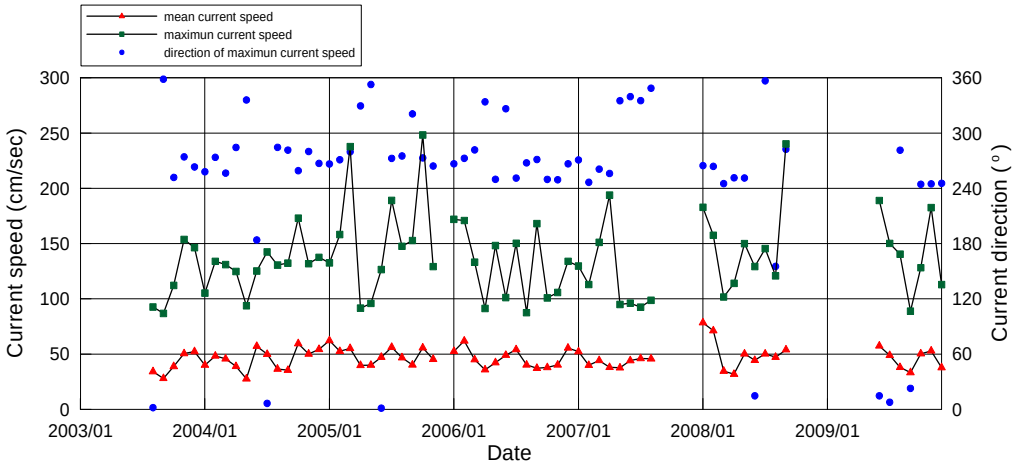


港區附近主要風向為

- 北至東向，約佔62.4%
- 南至西向，約佔18.7%

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2001年至2008年，交通部運輸研究所。

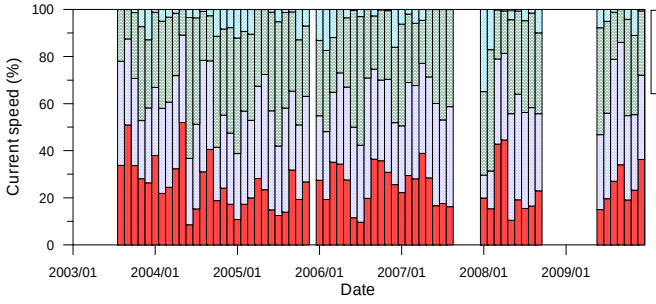
海氣象資料統計－台中港海流流速及流向之月統計圖



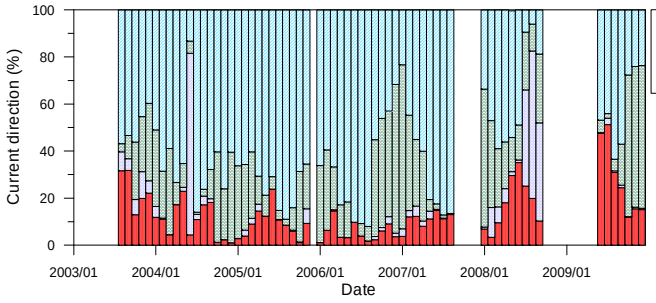
- 歷年之月平均流速介於30 cm/sec至70 cm/sec之間
- 最多流向多集中在西至北向
- 歷年之平均流速為45.9 cm/sec
- 最大流速為248.3 cm/sec，其流向為西向

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2001年至2008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分佈圖



- 流速< 25 cm/sec ，約佔25.7%
- 介於25-50 cm/sec之間，約佔36.2%
- 介於50-100 cm/sec之間，約佔33.2%
- 流速>100 cm/sec，約佔4.9%

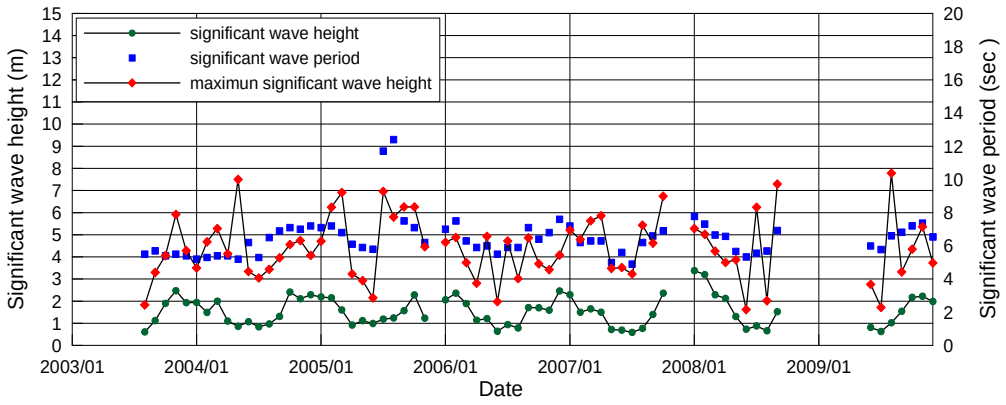


港區附近主要流向為

- 西至北向，約佔56.6%
- 南至西向，約佔22.7%

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2001年至2008年，交通部運輸研究所。 **10**

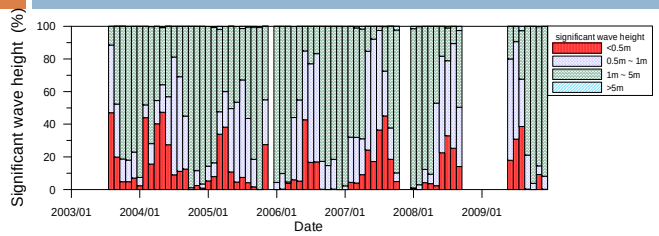
海氣象資料統計－台中港波高及波向之月統計圖



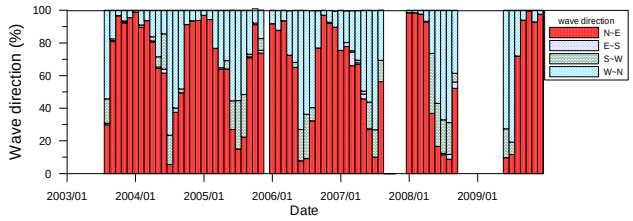
- 歷年之月平均波高小於3 m以下，月平均週期介於4.9 sec至7.8 sec之間。
- 歷年之平均波高為1.54 m
- 歷年最大波高為7.78 m，其週期為8.7 sec，發生於2009年8月7日莫拉克(Morakot)颱風期間 。

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2001年至2008年，交通部運輸研究所。 **11**

海氣象資料統計－台中港波高、週期及波向之月統計分佈圖

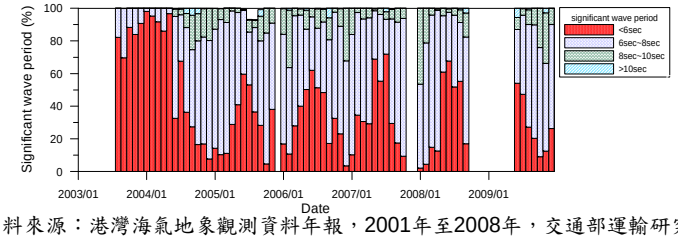


- 波高<0.5 m，約佔13.8%
- 介於0.5 m-1 m之間，約佔26.8%
- 介於1-5 m之間，約佔59%
- 波高>5 m以上，約佔0.3%



港區附近主要波向為

- 北至東向，約佔64.2%
- 西至北向，約佔26.5%。

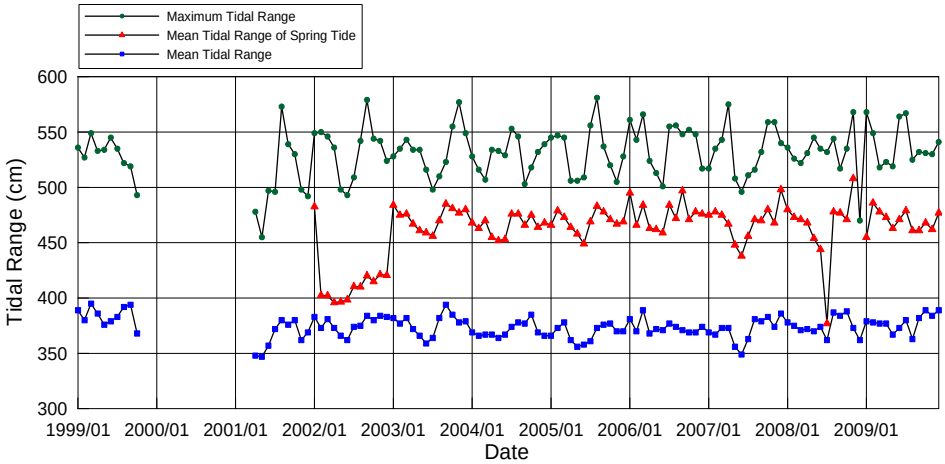


- 週期<6 sec以下，約佔42.3%
- 介於6 - 8 sec之間，約佔48.3%
- 介於8 - 10 sec之間，約佔8.5%
- 週期>10 sec以上，約佔0.6%

資料來源：港灣海氣地象觀測資料年報，2001年至2008年，交通部運輸研究所。

12

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

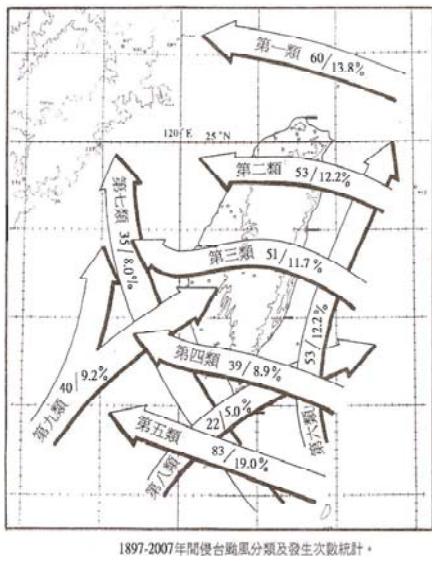


- 最大潮差為619公分
- 大潮平均潮差為463公分
- 平均潮差為375公分

資料來源：潮汐觀測資料年報，1999年至2009年，交通部中央氣象局。

13

歷年颱風資料統計



颱風路徑分類圖

1999年至2009年期間颱風路徑分類統計

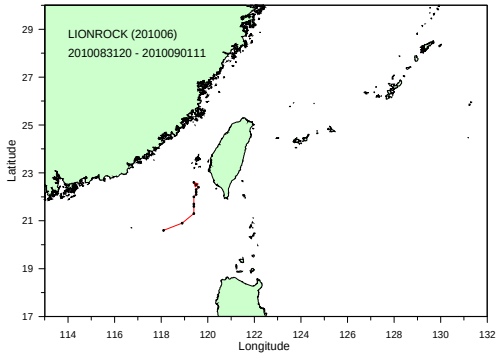
颱風路徑分類	發生次數	發生百分比
1	4	5.6%
2	5	7.0%
3	10	14.1%
4	5	7.0%
5	3	4.2%
6	6	8.5%
7	2	2.8%
8	2	2.8%
9	4	5.6%
其他	30	42.3%
合計	71	100.0%

2009年中央氣象局已發佈之颱風警報

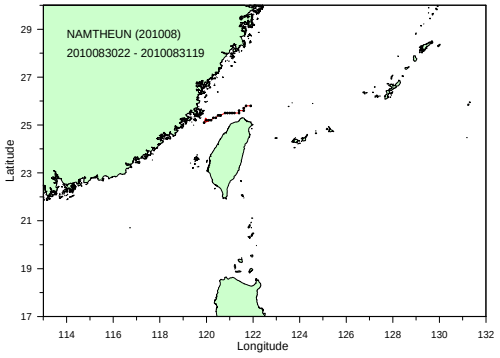
編號	中文名稱	英文名稱	警報期間	強度
200903	蓮花	LINFA	06/19～06/22	輕度
200906	莫拉菲	MOLAVE	07/16～07/18	輕度
200908	莫拉克	MORAKOT	08/05～08/10	中度
200917	芭瑪	PARMA	10/03～10/06	中度

資料來源：交通部中央氣象局

2010年颱風警報資料



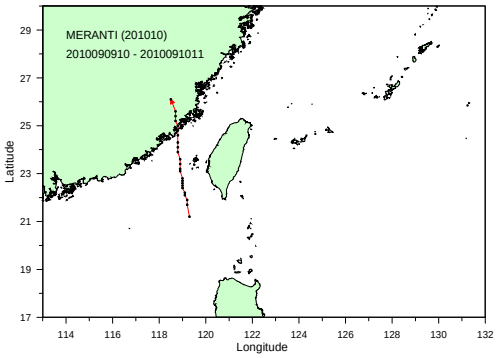
編號：201006
中文名稱：萊羅克
英文名稱：LIONROCK
警報期間：08/31～09/02
颱風強度：輕度

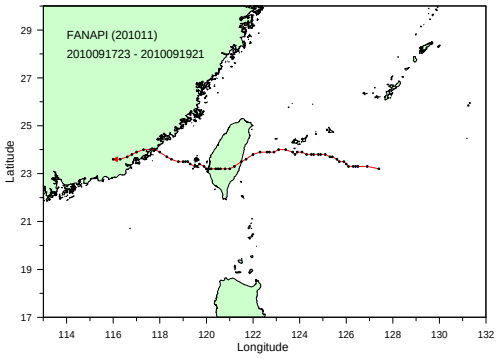


編號：201008
中文名稱：南修
英文名稱：NAMTHEUN
警報期間：08/30～08/31
颱風強度：輕度

資料來源：交通部中央氣象局

2010年颱風警報資料



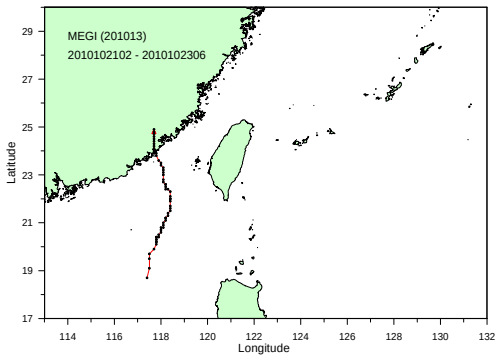


編號：201010
中文名稱：莫蘭蒂
英文名稱：MERANTI
警報期間：09/09～09/10
颱風強度：輕度

編號：201011
中文名稱：凡那比
英文名稱：FANAPI
警報期間：09/17～09/20
颱風強度：中度

資料來源：交通部中央氣象局 16

2010年颱風警報資料



編號：201013
中文名稱：梅姬
英文名稱：MEGI
警報期間：10/21～10/23
颱風強度：中度

資料來源：交通部中央氣象局 17

三 水體採樣調查與分析

海域水質與生態採樣

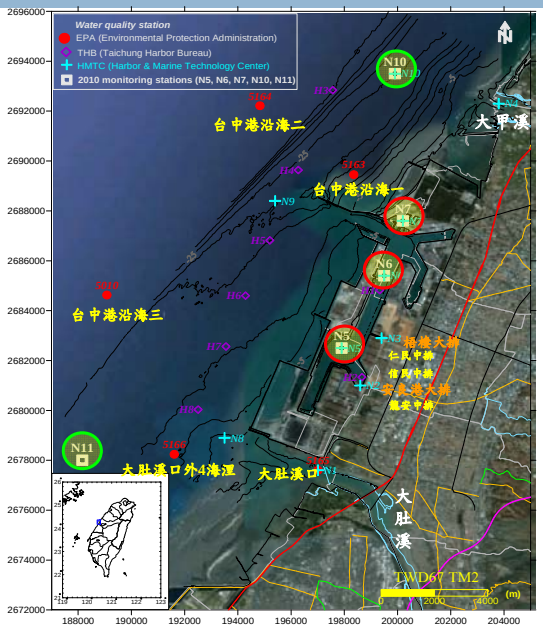
- 本年度於3月(枯水期)及9月(豐水期)針對臺中港附近海域進行二次海域水質與生態採樣調查





本計畫	調查日期	項　目
第一年 98年度	98年4月29日	水質
	98年6月25日	水質
	98年9月14～15日	水質
第二年 99年度	99年3月23～24日	水質、生態
	99年9月7日～8日	水質、生態

測站	位置		二度分帶 (TWD67)	
			X(E)	Y(N)
N5	港域	臺中港區	197899	2682529
N6		臺中港區	199554	2685329
N7		梧棲漁港港區	200205	2687591
N10	港外	大甲溪外海	199975	2692403
N11		大肚溪外海	188250	2678235



臺中港附近海域水質監測站分佈圖

現場採樣照片

N10



N7



採樣當時現場
目視無異常狀況

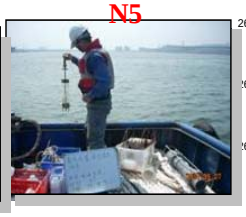
N6

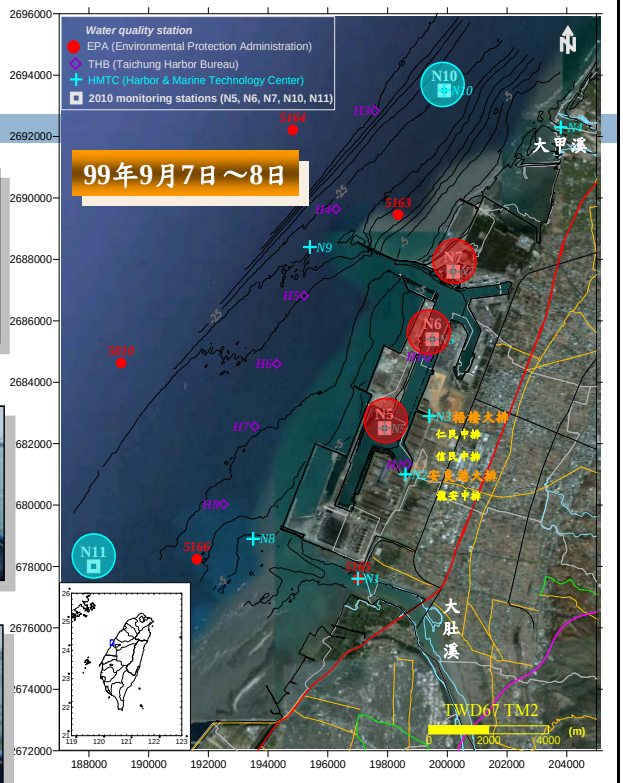


N11



N5





臺中港附近海域水質監測站分佈圖

● 環保署2010年前3季(1、5、8月)於臺中港外鄰近海域調查結果顯示，除1月正磷酸鹽略偏高外，其餘有標準者均能符合乙類海域水質標準。

海域名稱	測站名稱	測站編號	海域分類	採樣日期	時間	採樣深度 (m)	水溫 (℃)	鹽度 (psu)	酸鹼值	溶氧(滴定法 (mg/L)	懸浮固體 (mg/L)	葉綠素a (μg/L)	氨氮 (mg/L)	硝酸鹽氮 (mg/L)	亞硝酸鹽氮 (mg/L)	正磷酸鹽 (mg/L)	矽酸鹽 (mg/L)
台中港沿海	大安溪口	5162	乙	2010/8/20	09:21	1	30.7	30.0	8.2	7.4	5.0	4.8	0.02	0.36	0.007	0.003	1.55
台中港沿海	台中港沿海一	5163	乙	2010/8/20	08:00	1	30.3	32.9	8.2	6.8	2.6	2.8	0.03	0.01	0.001	0.010	0.171
台中港沿海	台中港沿海二	5164	乙	2010/8/20	08:19	1	30.5	33.2	8.2	6.8	3.4	2.0	0.01	0.01	0.001	0.003	0.140
台中港沿海	大肚溪口	5165	乙	2010/8/19	13:16	1	30.8	33.2	8.2	6.4	12.2	1.2	0.03	0.02	0.002	0.018	0.249
台中港沿海	大肚溪口外4海浬	5166	乙	2010/8/19	12:54	1	30.2	32.6	8.3	7.9	2.7	5.7	0.02	0.02	0.004	0.009	0.264
台中港沿海	大安溪口	5162	乙	2010/5/5	09:10	1	25.6	34.2	8.3	6.8	2.4	2.0	0.04	0.02	0.007	0.038	0.257
台中港沿海	台中港沿海一	5163	乙	2010/5/5	08:05	1	26.0	33.8	7.6	7.0	3.1	1.3	0.03	0.03	0.011	0.023	0.193
台中港沿海	台中港沿海二	5164	乙	2010/5/5	08:25	1	25.9	34.3	8.2	7.1	3.8	1.4	0.03	0.03	0.011	0.025	0.182
台中港沿海	大肚溪口	5165	乙	2010/5/4	11:00	1	25.6	34.3	8.2	7.3	5.2	2.3	0.02	0.04	0.013	0.022	0.210
台中港沿海	大肚溪口外4海浬	5166	乙	2010/5/4	10:35	1	25.4	34.1	8.3	6.9	7.2	3.6	0.01	0.03	0.008	0.020	0.182
台中港沿海	大安溪口	5162	乙	2010/1/20	10:48	1	17.9	32.9	8.3	7.8	4.3	1.0	0.01	0.13	0.007	0.102	0.540
台中港沿海	台中港沿海一	5163	乙	2010/1/20	12:05	1	17.7	32.8	8.2	7.9	4.0	1.8	0.02	0.16	0.010	0.065	0.585
台中港沿海	台中港沿海二	5164	乙	2010/1/20	11:50	1	17.8	32.7	8.3	7.7	3.5	1.8	0.03	0.17	0.014	0.144	0.592
台中港沿海	大肚溪口	5165	乙	2010/1/19	12:10	1	19.0	32.4	8.3	7.9	16.8	1.7	0.04	0.19	0.014	0.054	0.674
台中港沿海	大肚溪口外4海浬	5166	乙	2010/1/19	11:30	1	17.6	32.4	8.3	8.0	20.8	1.9	0.04	0.21	0.015	0.065	0.651

海域名稱	測站名稱	測站編號	海域分類	採樣日期	時間	採樣深度 (m)	鎘 (mg/L)	鉻 (mg/L)	銅 (mg/L)	鉛 (mg/L)	鋅 (mg/L)	汞 (mg/L)	氣溫 (℃)
台中港沿海	大安溪口	5162	乙	2010/8/20	09:21	1	0.00001	0.001	0.0003	0.0001	0.001	0.0003	30.5
台中港沿海	台中港沿海一	5163	乙	2010/8/20	08:00	1	0.00001	0.001	0.0005	0.0004	0.0017	0.0003	30.5
台中港沿海	台中港沿海二	5164	乙	2010/8/20	08:19	1	0.00001	0.001	0.0009	0.0007	0.0019	0.0003	30.6
台中港沿海	大肚溪口	5165	乙	2010/8/19	13:16	1	0.00001	0.001	0.0006	0.0009	0.0018	0.0003	30.3
台中港沿海	大肚溪口外4海浬	5166	乙	2010/8/19	12:54	1	0.00001	0.001	0.0009	0.0020	0.0013	0.0003	30.0
台中港沿海	大安溪口	5162	乙	2010/5/5	09:10	1	0.00002	0.001	0.0004	0.0003	0.0027	0.0003	24.3
台中港沿海	台中港沿海一	5163	乙	2010/5/5	08:05	1	0.00006	0.001	0.0006	0.0005	0.0025	0.0003	23.8
台中港沿海	台中港沿海二	5164	乙	2010/5/5	08:25	1	0.00002	0.001	0.0004	0.0003	0.0010	0.0003	24.1
台中港沿海	大肚溪口	5165	乙	2010/5/4	11:00	1	0.00004	0.001	0.0004	0.0004	0.0012	0.0003	26.0
台中港沿海	大肚溪口外4海浬	5166	乙	2010/5/4	10:35	1	0.00001	0.001	0.0003	0.0001	0.0012	0.0003	26.0
台中港沿海	大安溪口	5162	乙	2010/1/20	10:48	1	0.00003	0.001	0.0005	0.0001	0.0013	0.0003	18.3
台中港沿海	台中港沿海一	5163	乙	2010/1/20	12:05	1	0.00002	0.001	0.0006	0.0001	0.0013	0.0003	18.0
台中港沿海	台中港沿海二	5164	乙	2010/1/20	11:50	1	0.00002	0.001	0.0006	0.0001	0.0013	0.0003	18.0
台中港沿海	大肚溪口	5165	乙	2010/1/19	12:10	1	0.00002	0.001	0.0008	0.0001	0.0014	0.0003	21.0
台中港沿海	大肚溪口外4海浬	5166	乙	2010/1/19	11:30	1	0.00002	0.001	0.0008	0.0001	0.0013	0.0003	18.0

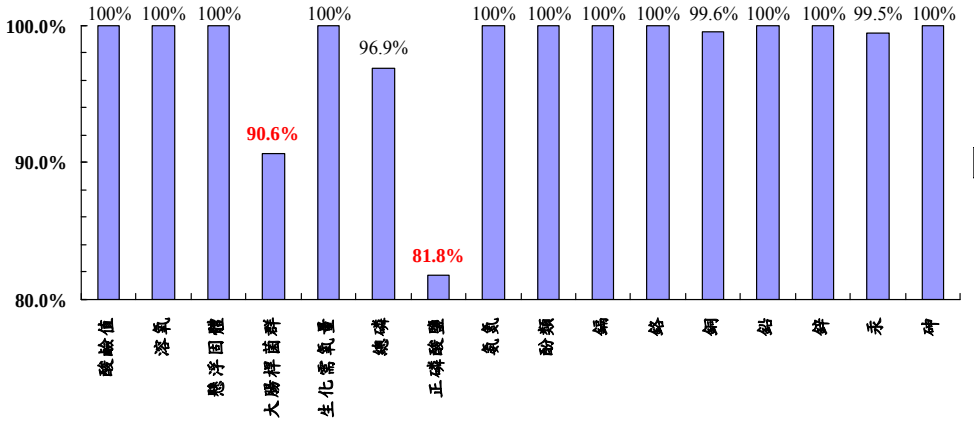
總磷乙類海域水質無標準，甲類：0.05 mg/L

資料來源：http://wqshow.epa.gov.tw/



臺中港外海域水質調查結果

➢ **環保署近海海域水質86～99年度長期監測結果**，臺中港海域若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、汞、鋅、鎘**共計8項水質計算其合格率，則臺中港沿海海域水質總合格率為99.6%。



資料來源：http://wqshow.epa.gov.tw/ 本計畫整理繪製



臺中港鄰港海域水質99年3月枯水期與9月豐水期採樣調查結果

➢ **除臺中港域9月表水質溶氧量略偏低而不符乙類海域水質標準外，其餘有標準者均可符合**

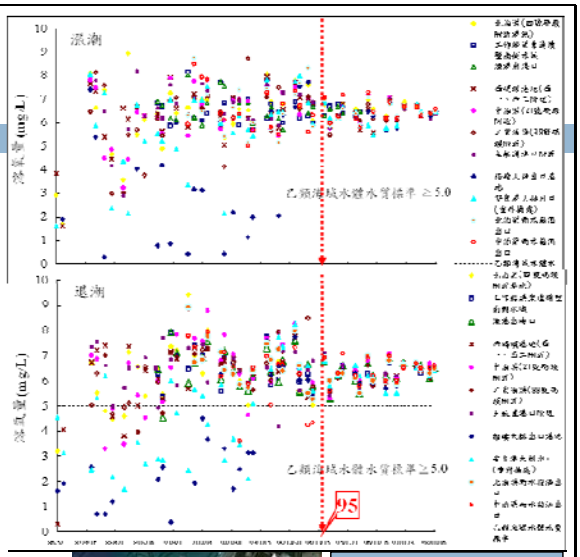
➢ **靠近梧棲與安良港大排出口之測站N5大腸桿菌群含量相對較高**
(乙類海域無標準，甲類: 1,000 CFU/100 mL)

➢ **整體氮磷類亦以N5相對較高**

檢項及方法		pH	水溫 ℃	導電度 μmho/cm	鹽度 psu	透明度 m	DO mg/L	DO 飽和度(%)	BOD mg/L	懸浮固體 mg/L	大腸桿菌群 CFU/100mL	總磷 mg/L	氨氮 mg/L	葉綠素 a μg/L
測站		NIEA W424.52A	NIEA W427.51A	NIEA W203.51B	NIEA W447.20C㊥	NIEA E220.50C	NIEA W455.50C	NIEA W455.50C	NIEA W510.54B	NIEA W210.57A	NIEA E202.53B	NIEA W427.52B	NIEA W448.51B	NIEA W507.02B
N5	9903	8.2(8.20)	23.6	52300	34.3	2.5	9.1(9.14)	132	<2.0(1.6)	3.8	1.8×10^4	0.048	0.12	2.2
	9909	8.2(8.208)	31.9	48900	32.2	2.5	4.6(4.56)	73.6	<2.0(0.8)	16.9	2.5×10^2	0.043	0.08	10.3
N6	9903	8.3(8.27)	24.4	53000	34.9	2.2	7.1(7.06)	103	<2.0(0.5)	3.8	20	<0.020(0.017)	<0.05(0.05)	1.1
	9909	8.2(8.162)	31.6	49800	32.9	2.1	4.4(4.37)	70.7	<2.0(0.2)	16.4	55	0.027	<0.05(0.04)	3.1
N7	9903	8.3(8.27)	24.1	52900	34.9	1.3	7.3(7.29)	107	<2.0(0.8)	4.4	25	0.032	0.11	1.7
	9909	8.2(8.192)	31.4	50100	33.0	1.2	4.4(4.45)	71.8	<2.0(0.3)	10.5	40	0.030	ND	3.4
N10	9903	8.1(8.07)	24.2	53300	35.1	5.2	6.8(6.81)	101	<2.0(0.7)	7.6	<10	0.042	0.06	1.1
	9909	8.2(8.175)	32.1	50000	32.9	6.6	6.6(6.55)	98.5	<2.0(0.1)	9.2	<10	0.024	<0.05(0.03)	1.1
N11	9903	8.1(8.12)	24.8	53800	35.5	6.7	6.5(6.53)	97.5	<2.0(0.3)	<2.5	<10	<0.020(0.016)	<0.05(0.02)	0.5
	9909	8.2(8.205)	29.8	50000	33.0	5.2	5.8(5.79)	91.0	<2.0(0.2)	12.0	10	0.048	0.09	0.6
MDL		無	無	無	無	無	無	無	2.0#	2.5	無	0.006	0.02	無
乙類	海域	7.5-8.5	無	無	無	無	≧5.0		≦3.0	無	無	無	無	無
甲類	海域	7.5-8.5	無	無	無	無	≧5.0		≦2.0	無	≦1000	≦0.05	≦0.3	無

備註：
1.標示 "㊥" 代表該檢測方法係參考環保署公告的方法。 "#"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。pH及DO檢項括號內數據表實際測值。
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<0.05( )(氨氮)，0.020、0.05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。

海域水質現場調查結果



- **99年9月港域內表水溶氧量(4.37~4.56 mg/L)略偏低且不符乙類海域水質標準**(5.0 mg/L)；**港外**鄰近海域水體**則仍可符合**乙類海域水質標準且無異常。
  - 與歷次相比，本年度9月與3月及上一年度(98年)4月與6月相比，9月於臺中港域內溶氧偏低。
  - 由**環保署歷年**(86年7月～99年8月)於**臺中港外鄰近海域**調查顯示，**溶氧均能符合標準**。
- 由**歷年匯入臺中港之陸域水質**分析可知，其**DO**、BOD_5、SS、Coliform group、NH_3-N及TP**多無法符合陸域水質標準**。

監測日期(民國年/月/日)				溶氧測值範圍與平均(mg/L)
本計畫監測	98 年	第 1 次	98/4/29	6.6～10.8(8.3)
		第 2 次	98/6/25	6.2～7.4(6.5)
		第 3 次	98/9/14～15	1.7～11.5(6.2)
	99 年	第 4 次	99/3/23～24	6.53～9.14(7.37)
		第 5 次	99/9/7～9/8	4.37～6.55(5.14)
環保署監測	86~99 年	台中港沿海二	86/7/8～99/8/20	5.9～8.4(6.9)

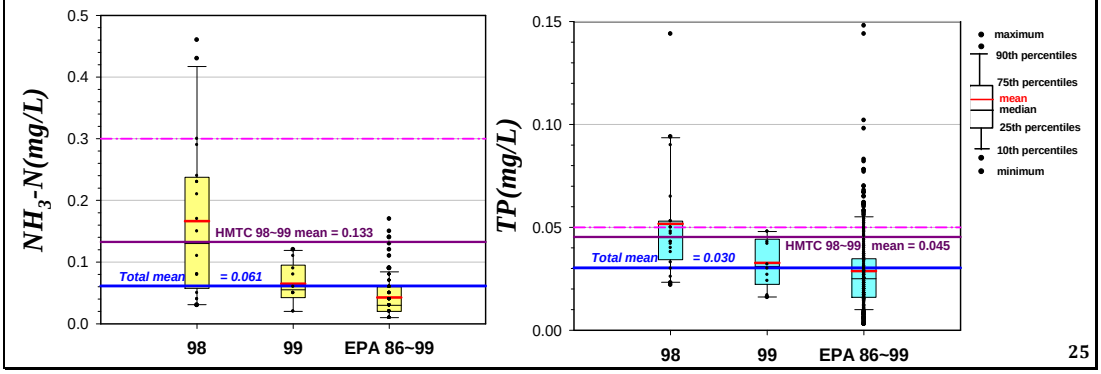


西碼頭港口(**西一、西二**)、中泊渠(**21號碼頭**)、工業泊渠(**99號碼頭**)、**梧棲大排出口**與**安良港大排出口**於**86～93年**期間溶氧曾出現不符合乙類海水水標準。

臺中港海域水質調查結果

- 由環保署長期監測結果與本計畫98、99年調查結果皆顯示，**臺中港鄰近海域水質狀況普遍良好**，如本計畫臺中港外N10、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**、**大腸桿菌群**與**磷**偏高之現象外，大部分水質檢項並無特別異常之處。

- 本年度(99)3月與9月採樣監測中，**海域水質調查結果與去年(98)相比並無異常**，在港區內外各海域測點之**氨氮**平均測值測值為0.06 mg/L，亦低於甲類上限值(≦0.3mg/L)，**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); 且**氨氮**(98平均：0.167 mg/L)與**總磷**(98平均： 0.052 mg/L)**濃度與去年相比有降低之趨勢**，但**整體平均**仍**相對高於臺中港歷年沿海**(EPA 86~99)。

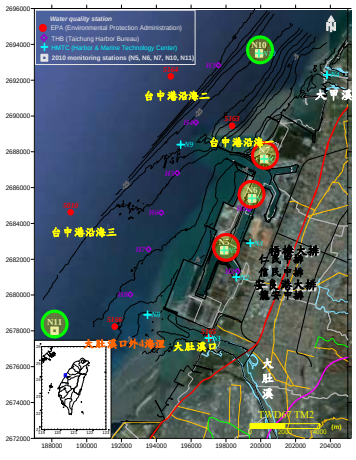


海域生態-枯水期(1/4)　臺中港鄰港水質環境調查浮游植物個體量(cells/L)及含量百分比

99年3月23~24日調查

➢ **浮游植物**

共計有矽藻(Bacillariophyta)、金黃藻(9月未發現Chrysophyta)、綠藻(Chlorophyta)和渦鞭毛藻(Dinophyta)計4門共29種，其中以矽藻門的20種為最多



測站名稱	N5	N6	N7	N10	N11	百分比(%)
Bacillariophyta (矽藻門)						
Achnanthes spp.		38				0.03
Actinoptychus spp.				19		0.02
Bacteriastrum spp.	1,140	532	285	57		1.84
Biddulphia spp.	114	76		19		0.19
Chaetoceros spp.	14,022	8,512	26,980	2,717	1,292	48.82
Coscinodiscus spp.	2,850	4,408	2,641	4,693	285	13.57
Detonula spp.		304				0.28
Diploneis spp.			19		19	0.03
Eucampia spp.			114	209		0.29
Hemiaulus spp.	2,166		152		57	2.17
Lauderia spp.	8,626	10,070	6,726	5,092		27.83
Melosira spp.	266			133		0.36
Navicula spp.	228	114	19	190	228	0.71
Nitzschia spp.		76	76	114	380	0.59
Pleurosigma spp.					38	0.03
Rhizosolenia spp.					38	0.03
Surirella spp.				19		0.02
Thalassionema spp.	38				76	0.10
Thalassiosira spp.	114	76	19	247	114	0.52
Thalassiothrix spp.	76			228	95	0.36
Chlorophyta (綠藻門)						
Oocystis spp.		266				0.24
Chrysophyta (金黃藻門)						
Dictyocha spp.	76	38	114	95	19	0.31
Distephanus spp.	38		19	95	19	0.16
Mesocena spp.		38	38	19	190	0.26
Dinophyta (渦鞭毛藻門)						
Ceratium spp.	114		19	57		0.17
Dinophysis spp.	76	76	57			0.19
Oxytoxum spp.				19		0.02
Prorocentrum spp.	38	190	266	228	38	0.69
Protoperidinium spp.	38			95	19	0.14
總計	30020	24814	37544	14345	2907	100.00
種類數	17	15	16	20	16	

整體而言，位於臺中港內之測站，如N5、N6及N7等站，其浮游植物數量較港外(N10及N11)來得高；而就各測站的物種數而言，則以N10測站最高，共發現20種

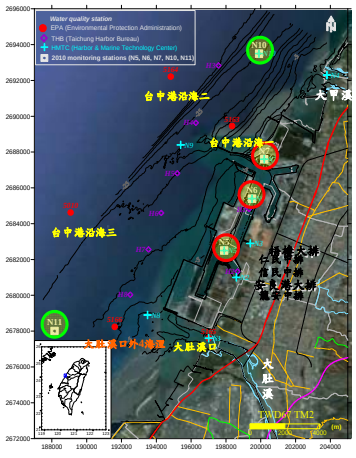
海域生態-豐水期(2/4)　臺中港鄰港水質環境調查浮游植物個體量(cells/L)及含量百分比

99年9月7~8日調查

➢ **浮游植物**

共計有矽藻(Bacillariophyta)、綠藻(Chlorophyta)和渦鞭毛藻(Dinophyta)計3門共37種，其中以矽藻門的32種為最多

➢**本季未發現Chrysophyta (金黃藻門)**



測站名稱	N5	N6	N7	N10	N11	百分比(%)
Bacillariophyta (矽藻門)						
Achnanthes spp.	760	285	1,520	190	1,045	6.31
Actinoptychus spp.			190	95	285	0.95
Amphora spp.				190		0.32
Asterionella spp.		285				0.47
Asteromphalus spp.	95			95		0.32
Auliscus spp.	95	190				0.47
Biddulphia spp.	190	190	380	760	1,140	4.42
Campyloneis spp.					285	0.47
Chaetoceros spp.	190			570	475	2.05
Climacodium spp.	285	1,425	1,995			6.15
Cocconeis spp.	95					0.16
Coscinodiscus spp.	95	95	285	855	380	2.84
Detonula spp.	190				190	0.63
Diploneis spp.				190	285	0.79
Ditylum spp.	285	190	285			1.26
Eucampia spp.			5,795	855	1,425	13.41
Grammatophora spp.		95				0.16
Hemiaulus spp.	190	570	95			1.42
Lauderia spp.	380		1,615			3.31
Licmophora spp.	95		285			0.63
Mastogloia spp.					95	0.16
Navicula spp.	190	475	285		190	1.89
Nitzschia spp.	285		1,235	380	285	3.63
Plagiogramma spp.		190				0.32
Pleurosigma spp.	285	95	380	665	380	3.00
Rhizosolenia spp.			95			0.16
Skeletonema spp.	190	570	475	285	1,330	4.73
Surirella spp.				95		0.16
Triceratium spp.	4,940	1,710	3,610	1,520	1,140	0.16
Thalassionema spp.	1,140	4,085	2,565	285		21.45
Thalassiosira spp.			190			13.41
Thalassiothrix spp.					95	0.32
Chlorophyta (綠藻門)						
Oocystis spp.	190				190	0.63
Microcystis spp.		475	190	95	190	1.58
Dinophyta (渦鞭毛藻門)						
Ceratium spp.				570	190	1.26
Dinophysis spp.		190				0.32
Protoperidinium spp.	190					0.32
總計	10,355	11,115	21,470	7,695	9,595	100.00
種類數	21	17	19	17	19	

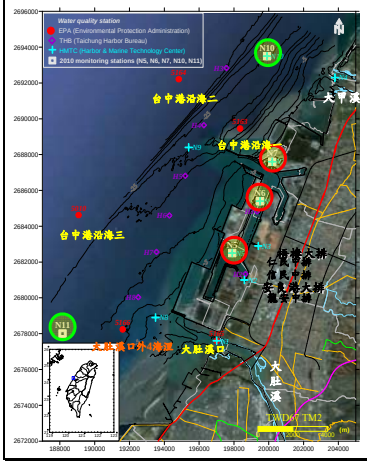
各測站所採獲到浮游植物的總個體量差異頗大，仍以位於臺中港內之測站(如N5、N6及N7)，其浮游植物數量較港外(N10及N11)來得高。就各測站的物種數而言，以N5測站最高，共發現21種

海域生態-枯水期(3/4)

99年3月23~24日 調查

➢ 浮游動物

共計有原生動物(Protozoa)、刺胞動物(Cnidaria)、櫛板動物(9月未發現Ctenophora)、軟體動物(Mollusca)、環節動物(Annelida)、節肢動物(Arthropoda)、毛顎動物(Chaetognatha)、棘皮動物(Echinoderm)、原索動物(Protochordata)及脊索動物(Chordata) 共10門26大類



臺中港鄰港水質環境調查浮游動物平均豐度(ind./1000m³)及含量百分比

樣品編號	N5	N6	N7	N10	N11	百分比(%)
Protozoa 原生動物						
Foraminifera 有孔蟲	102	3,512	341	0	1,725	0.377
Noctiluca 夜光蟲	38,472	404,402	119,066	88	373,083	62.12
Cnidaria 刺細胞動物						
Medusa 水母	4,604	6,213	3,408	44	6,898	1.406
Ctenophora 櫛板動物	0	0	0	0	0	
Ctenophora 櫛水母	1,023	270	1,023	0	0	0.154
Mollusca 軟體動物						
Pteropoda 翼足類	2,046	5,133	6,249	0	40,240	3.565
Annelida 環節動物						
Polychaeta 多毛類	0	0	114	0	1,150	0.084
Arthropoda 節肢動物						
Cladocera 枝角類	5,321	4,052	3,408	0	4,599	1.154
Calanoid 哲水蚤	35,198	85,365	39,878	6,753	140,265	20.42
Cyclopoid 劍水蚤	3,990	3,242	1,818	352	6,323	1.045
Copepoda nauplius 橈足類幼生	1,023	1,351	1,363	44	0	0.251
Amphipoda 端腳類					4,024	0.267
Crab megalopa 蟹類大眼幼生	205		114	22	2,299	0.175
Crab zoea 蟹類幼生	16,474	3,242	3,181	66	10,922	2.251
Procellana zoea 瓷蟹幼生	205					0.014
Shrimp larva 蝦類幼生	7,776	5,133	6,590	2,816		1.482
Lucifera 螢蝦類	2,353	810	909		2,299	0.423
Euphausiacea 磷蝦		270			5,749	0.400
Mysidacea 糠蝦				44		0.003
Squilla larva 蝦蛄幼生	205					0.014
Ostracoda 介形類				22		0.001
Chaetognatha 毛顎動物						
Sagittidae 毛顎類	1,432	2,972	1,136	66	40,815	3.084
Echinoderm 棘皮動物						
Echinodermata larvae 棘皮幼生	307	2,161	1,136	22	575	0.279
Protochordata 原索動物						
Appendicularia 尾蟲	205	1,621	341		575	0.182
Thaliacea 海樽		270	227			0.033
Chordata 脊索動物						
Fish egg 魚卵	6,344	2,161	568	176	575	0.653
Fish larva 仔稚魚		1,081	227	22	1,150	0.165
總計	127,286	533,259	191,097	10,537	643,266	100
種類數	19	19	20	14	18	

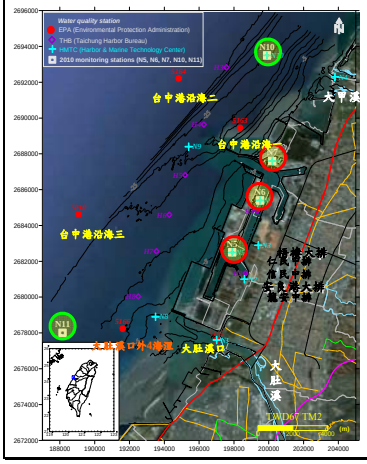
夜光蟲及哲水蚤為主要優勢族群共總豐度的82.5%，夜光蟲所佔比率最高(62.1%)，乃海域中常見浮游動物，集中於N5、N6、N7及N11測站，佔有相當高比例，哲水蚤亦為各測站主要物種，是許多經濟魚種主要食物來源

海域生態-豐水期(4/4)

99年9月7~8日調查

➢ 浮游動物

共計有原生動物(Protozoa)、刺胞動物(Cnidaria)、軟體動物(Mollusca)、環節動物(Annelida)、節肢動物(Arthropoda)、毛顎動物(Chaetognatha)、棘皮動物(Echinoderm)、原索動物(Protochordata)及脊索動物(Chordata) 共9門25大類



臺中港鄰港水質環境調查浮游動物平均豐度(ind./1000m³)及含量百分比

測站	N5	N6	N7	N10	N11	百分比(%)
Protozoa 原生動物						
Foraminifera 有孔蟲			42		69	0.02
Noctiluca 夜光蟲	1017	489	3838	17269	19346	8.84
Cnidaria 刺細胞動物						
Polyps 水螅體	17					0.00
Medusa 水母	121	60	417	349	551	0.32
Siphonophora 管水母	276	12	104	698	1102	0.46
Mollusca 軟體動物						
Bivalvia 二枚貝			21			0.00
Pteropoda 翼足類		12	42	5407	1446	1.46
Annelida 環節動物						
Polychaeta 多毛類	103	370	188	1744	275	0.57
Arthropoda 節肢動物						
Cladocera 枝角類			21	14478	826	3.23
Barnacle nauplius 藤壺幼生						
Calanoid 哲水蚤	4017	4190	5236	211584	76284	63.50
Cyclopoid 劍水蚤	34	72	146	2093	3167	1.16
Copepoda nauplius 橈足類幼生	259	1648	7823	872	620	2.36
Amphipoda 端腳類		12	63			0.02
Crab zoea 蟹類幼生	1931	2447	6884	3314	1377	3.36
Procellana zoea 瓷蟹幼生	207	24				0.05
Shrimp larva 蝦類幼生	586	824	1356	6454	22376	6.66
Lucifera 螢蝦類				523		0.11
Sergestidae 櫻蝦	17	24	63	523	69	0.15
Euphausiacea 磷蝦			42	174	207	0.09
Chaetognatha 毛顎動物						
Sagittidae 毛顎類	86	12	63	698	4269	1.08
Echinoderm 棘皮動物						
Echinodermata larvae 棘皮幼生	17		42			0.01
Protochordata 原索動物						
Appendicularia 尾蟲	1552	752	3880	349	688	1.52
Thaliacea 海樽			21			0.00
Chordata 脊索動物						
Fish egg 魚卵	448	549	292	19013	2272	4.76
Fish larva 仔稚魚		48	167	523	482	0.26
總計	10689	11545	30748	286066	135425	
種類數	16	17	22	18	18	

哲水蚤為主要優勢族群共佔了總豐度的63.5%，9月調查哲水蚤集中於港外N10及N11，並為最主要的浮游動物種類

海域生態-生態指數

臺中港鄰港水質環境99年調查各測站浮游植物生態指數

生態指數	99 年度	測站	N5	N6	N7	N10	N11
		年.月	臺中港內			臺中港外	
優勢度	第 1 次	99.03	0.32	0.31	0.55	0.27	0.24
Simpson Dominance	第 2 次	99.09	0.25	0.19	0.14	0.10	0.09
豐富度	第 1 次	99.03	1.08	0.96	0.99	1.38	1.30
Margalef's richness	第 2 次	99.09	2.06	1.72	1.80	1.79	1.96
均勻度	第 1 次	99.03	0.52	0.51	0.33	0.55	0.70
Evenness	第 2 次	99.09	0.69	0.76	0.78	0.89	0.89
歧異度	第 1 次	99.03	2.13	2.00	1.31	2.36	2.81
Shannon-weiner diversity	第 2 次	99.09	3.04	3.10	3.32	3.63	3.76

豐水期(9月)植浮之豐富度、均勻度與歧異度指數均同步增加；優勢度則降低

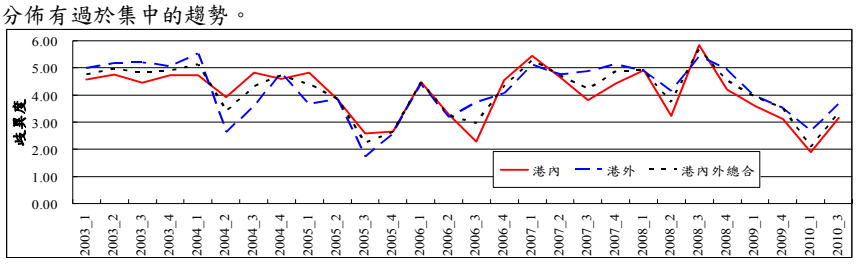
臺中港鄰港水質環境99年調查各測站浮游動物生態指數

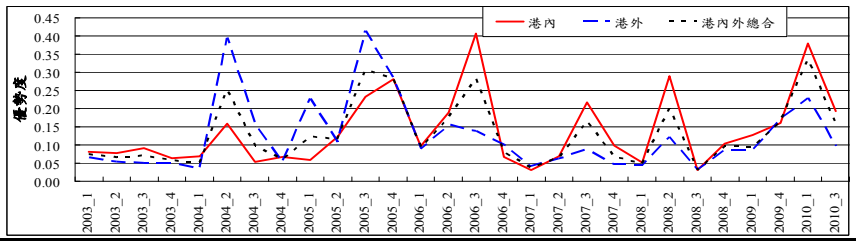
生態指數	99 年度	測站	N5	N6	N7	N10	N11
		年.月	臺中港內			臺中港外	
優勢度	第 1 次	99.03	0.20	0.60	0.44	0.48	0.39
Simpson Dominance	第 2 次	99.09	0.21	0.21	0.18	0.56	0.37
豐富度	第 1 次	99.03	1.06	0.95	1.08	0.97	0.88
Margalef's richness	第 2 次	99.09	1.62	1.71	2.03	1.35	1.44
均勻度	第 1 次	99.03	0.68	0.31	0.44	0.40	0.47
Evenness	第 2 次	99.09	0.69	0.66	0.63	0.38	0.50
歧異度	第 1 次	99.03	2.88	1.32	1.90	1.51	1.97
Shannon-weiner diversity	第 2 次	99.09	2.77	2.69	2.80	1.59	2.10

豐水期(9月)動浮之豐富度、均勻度與歧異度與植浮相同，多呈同步增加趨勢

臺中港海域生態調查結果(1/2)-浮游植物

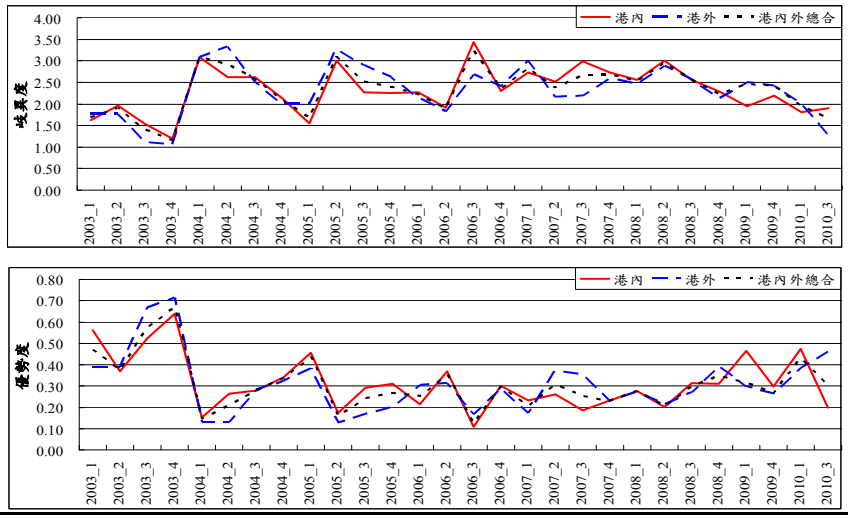
- 99年**3月浮游植物歧異度港內外差異小**，與歷次相比**3月港內歧異度為歷次最低**，而港外歧異度雖歷次範圍內，但亦呈現偏低。就**總合歧異度**而言，其值**亦為歷年來最低**，此一情形反映在優勢度上，**3月港內優勢度已接近歷年最高值**，總合優勢度則為歷次調查結果最高值，顯示**3月矽藻族群中出現部份物種較為優勢，造成整體物種分佈較不均勻。**
- **9月浮游植物歧異度**同樣於**港內外差異不大**，總合歧異度仍較歷次為低，但以優勢度來看，**9月港內外優勢度已比3月降低許多**，總合優勢度亦呈現下降的趨勢，顯示9月浮游植物優勢物種並未造成整體物種分佈有過於集中的趨勢。





臺中港海域生態調查結果(2/2) -浮游動物

- **99年3月海域浮游動物歧異度**顯示**港內外差異小**，在歷年變動範圍內，而由歷年資料顯示，**93～95年間歧異度變化相當劇烈，港內外差異也相對較大**，自96年之後歧異度變動趨於平緩，直至99年3月調查逐漸下降。
- 以**優勢度**來看，同樣**3月港內外差異不明顯**，介於歷年變動範圍。而**9月**臺中港海域浮游動物於**港內外差異頗大**，港內浮游動物較港外來得低，但仍在歷年變動範圍。主要原因為**9月港外大甲溪口外(N10)哲水蚤大量出現**，但其優勢度仍介於歷年變動範圍內。

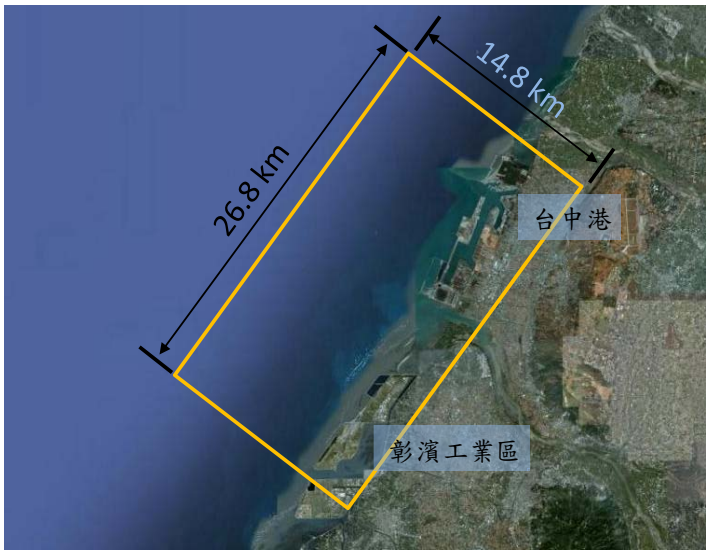


32

四 探討近岸海域水體水質與近岸海域水動力機制的相關性

33

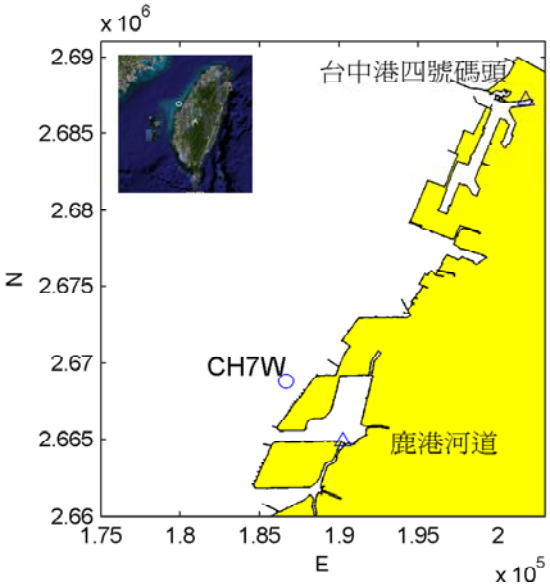
研究範圍與對象



模式模擬範圍

34

台中港位置示意圖及測站位置圖



測站：台中港四號碼頭與鹿港河道之驗潮站(Δ)； CH7W定點海流觀測站(+o)。

35

研究方法與進行步驟

- 二維水理模式(2D Hydrodynamic model) ：
  - 進行台中港域之流場率定與模擬
- 質點軌跡模式(particle tracking model)：
  - Lagrange質點運動軌跡追蹤計算
- 水質擴散模式(dispersion model):
  - 通過以溶解態的保守物質為系統內的追蹤劑，濃度稀釋的快慢代表了水質變化的速率，即代表了該系統的交換能力。

水理模式之率定

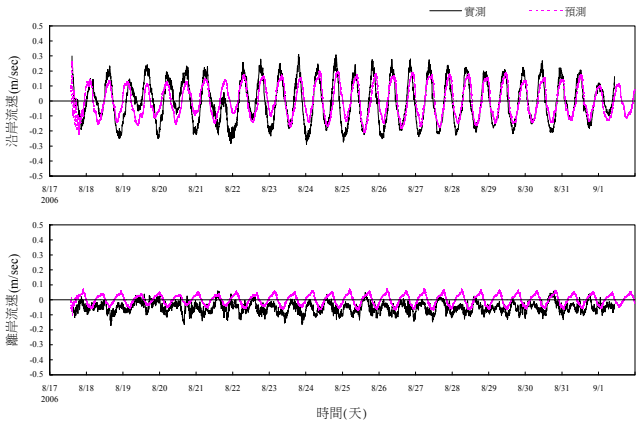
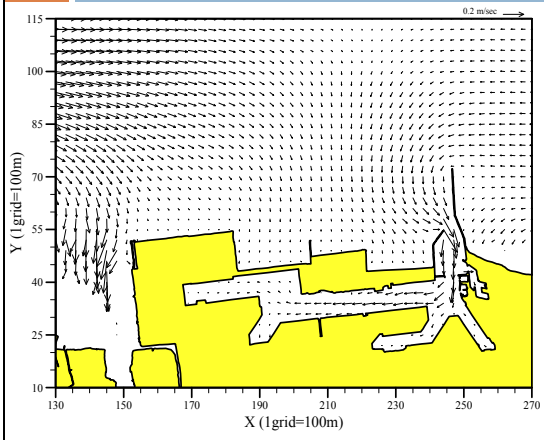
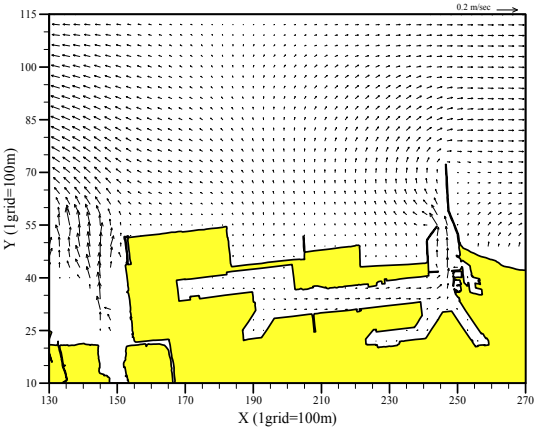


圖4-15 模式預測與實測流速比較圖
(CH7W測站，實測時間：2006年8月17日~9月1日)

→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台中港至彰濱海域之大區域海潮流變化。



漲潮



退潮

→趨勢與”近岸漂沙機制與防治研究(1/4)”之結果相符

38

潮汐交換能力之分析

1. 不同上游流量時(CASE1~CASE5)在漲潮與退潮時之濃度分佈圖

表4-7 模式模擬不同上游流量之案例

案例 \ 上游流量	安良港大排(CMS)	梧棲大排(CMS)
CASE1	0	0
CASE2	2	1
CASE3	8	4
CASE4	32	16
CASE5	96	64

2. 在不同風速(2 m/sec, 5m/sec , 10 m/sec)與不同風向情形下在漲潮與退潮之濃度分佈圖

3. 模擬不同起始排放位置之水粒子質點運動軌跡圖

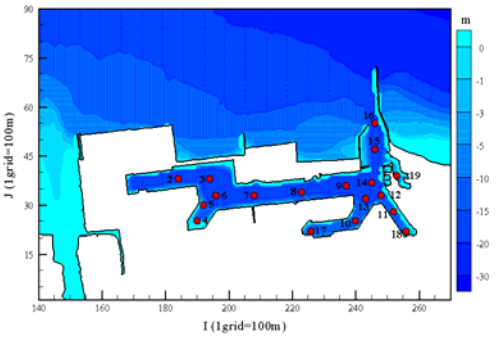
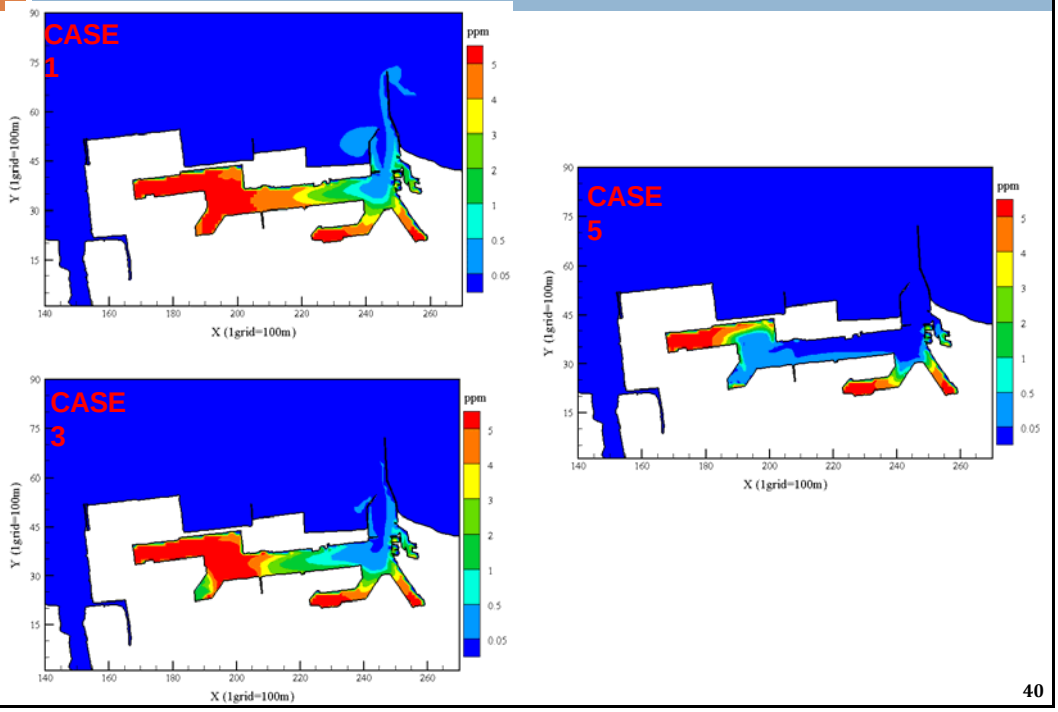


圖4-53 模擬水粒子質點運動軌跡之起始排放位置圖

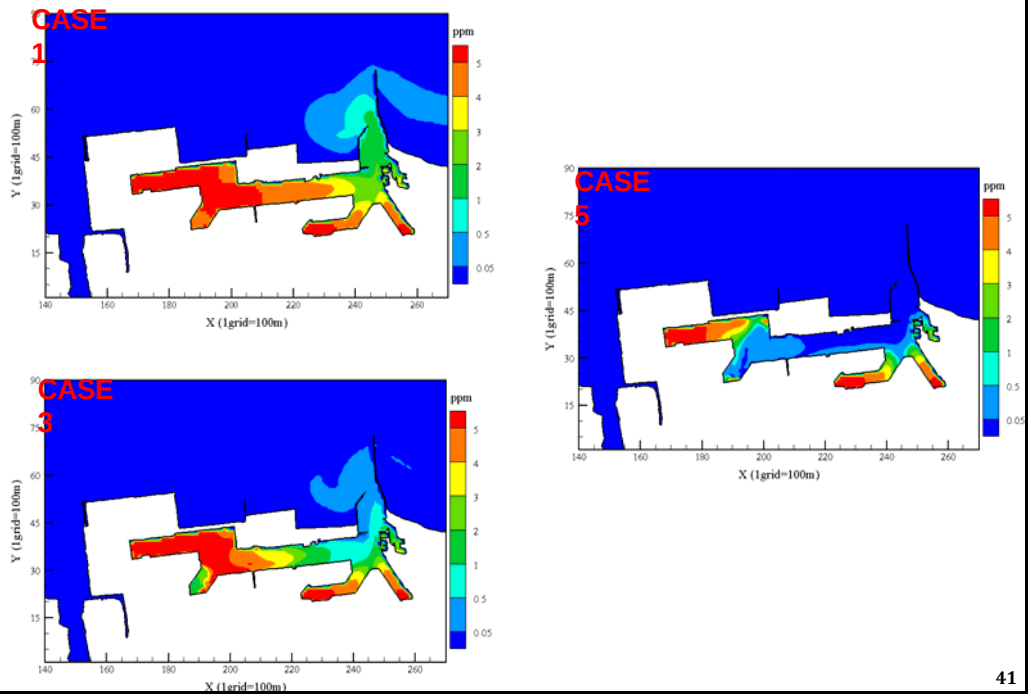
39

模式模擬CASE1,CASE3,CASE5條件下，漲潮時之染料濃度分佈圖



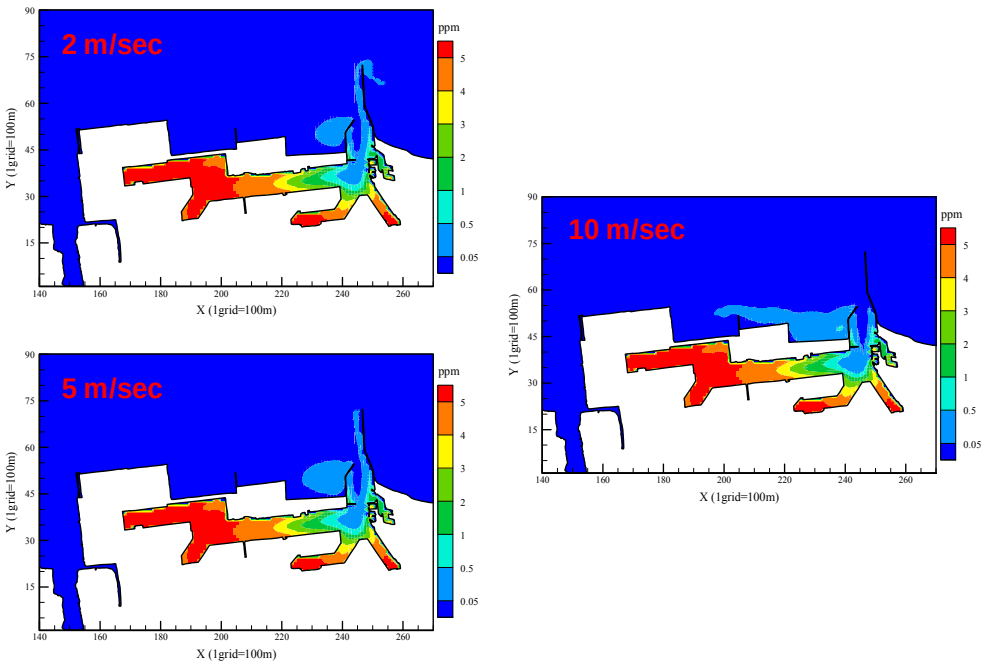
40

模式模擬CASE1,CASE3,CASE5條件下，退潮時之染料濃度分佈圖



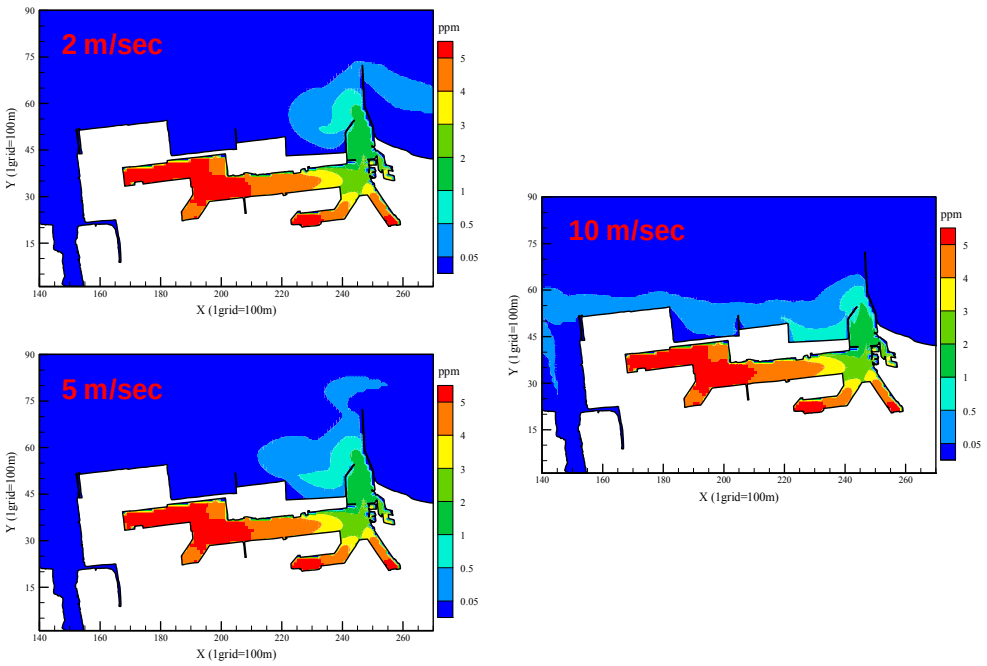
41

模式模擬風速為2 m/sec, 5 m/sec與 10 m/sec, 在N向(此風向為臺中港域之主要風向)之條件下，**漲潮**時之染料濃度分佈圖



42

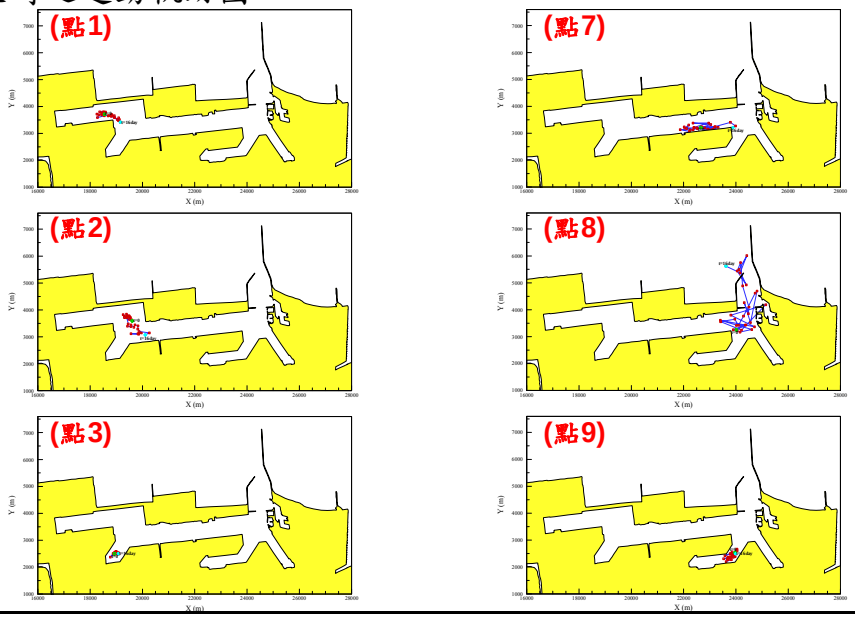
模式模擬風速為2 m/sec, 5 m/sec與 10 m/sec, 在N向(此風向為臺中港域之主要風向)之條件下，**退潮**時之染料濃度分佈圖



43

模擬水粒子質點運動軌跡圖

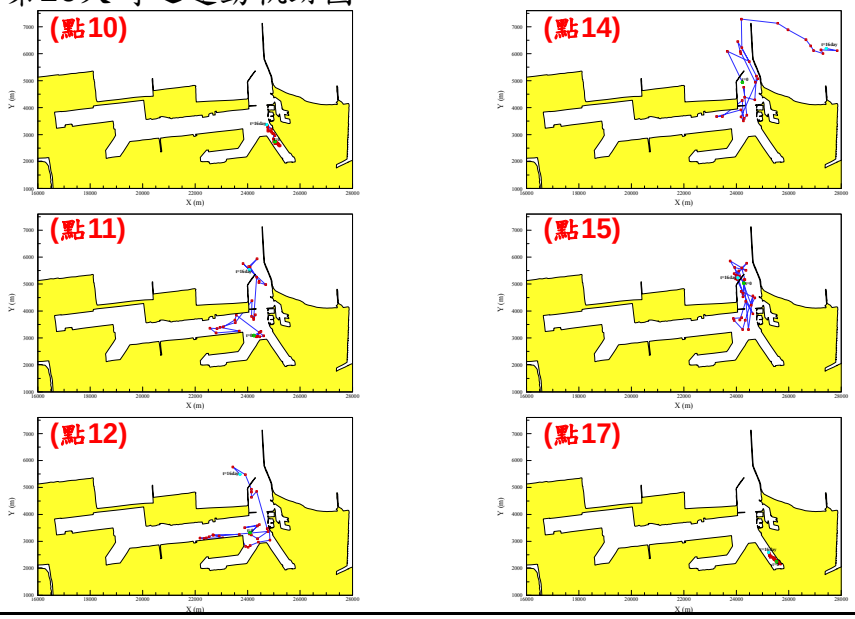
模式模擬水粒子質點由起始排放(點1,點2,點3,點7,點8,點9)到第16天時之運動軌跡圖



44

模擬水粒子質點運動軌跡圖

模式模擬水粒子質點由起始排放(點10,點11,點12,點14,點15,點17)到第16天時之運動軌跡圖



45

五 水質與生態統計分析

46

臺中港及沿海水質：1996～2008期間

水質與生態統計分析(1/4)
(PCA: Principle Component Analysis 主成份分析法)

➢ **第1主成份-來自畜牧、生活污染方面的影響**

➢ 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，水體中**氮**、**磷**類之營養鹽**濃度增高**而**溶氧偏低**。當水溫高於22℃以上時，其總磷濃度多高達0.5 mg/L以上(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，其水閘門多關閉，即陸源營養鹽多被阻擋於水閘門上游；當進入雨季，甚至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、磷類污染排入港域及近海。

海域水質特徵值大於1之主成份相關係數矩陣

	主成份 Component			
	1	2	3	4
square_水溫	**.933**	.090	-.212	.019
cubic_pH	.041	.588	-.395	.321
cubic_鹽度	-.144	**-.491**	**.526**	.219
cubic_溶氧量	**-.666**	.472	-.137	.200
log_生化需氧量	.432	**.609**	.435	.050
reciprocal square-root_礦物性油脂	-.361	.303	**.773**	.037
log_大腸桿菌群	.037	**.406**	.123	.655
log_酚類	-.751	.112	-.031	-.196
log_氨氮	**.534**	.274	.383	-.448
log_總磷	**.838**	.014	.040	.109
log_有機氮	.179	-.597	.128	.571

資料來源：臺中港務局民國85～97年環境監測

➢ **第2主成份-來自陸源淡水之可能致病微生物指標成份之影響**

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**，反映出受人類或動物排泄物污染主要來自陸源淡水。

➢ **第3主成份-來自船舶用油與機械潤滑或鍋爐用重油等之污染來源的影響**

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之來源並非來自外海，而是來自於近岸水體如河口或有淡水排入之商港或漁港。

47

水質與生態統計分析(2/4)

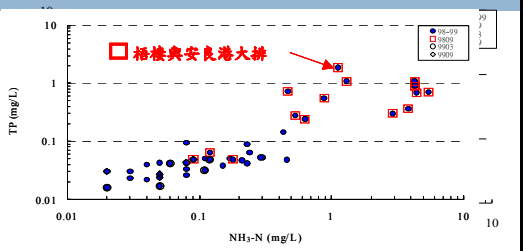
➢第1主成份-來自陸源畜牧、生活污染影響

同樣顯示來自**畜牧**、**生活**污水方面的**氨氮**與**總磷**有很高之**正相關**與正值，且**酸鹼度**與氨氮及總磷亦呈現明顯之**負相關**，而通常海水的酸鹼度(氫離子濃度指數)偏鹼性且高於內陸淡水。陸源淡水具有高氮磷含量以及相對較海水為低的pH，且**淡水**帶來**懸浮固體量**較高，導致**透明度降低**，這些內陸排水與近岸海水之特性，以及彼此間的相關性，均能夠於第1主成份中顯現

海域水質特徵值大於1之主成份相關係數矩陣

	主成份 Component		
	1	2	3
cubic_水溫	-.658	.702	-.037
cubic_pH	**.793**	-.238	-.015
cubic_鹽度	.414	**.715**	.318
log_透明度	.752	.515	.251
DO	.482	-.377	**.739**
log_BOD	.686	**-.622**	-.011
log_大腸桿菌群	-.463	**-.676**	.374
reciprocal square-root_懸浮固體	.719	.588	-.040
reciprocal square-root_氨氮	**.873**	-.236	-.191
reciprocal square-root_總磷	**.927**	.268	.013
reciprocal square-root_總油脂	-.632	.322	**.514**

資料觀測期間：民國98～99年



✓由98年9月全潮水質調查可反映出匯入臺中港域之氮磷類營養鹽污染係來自其**梧棲**與**安良港大排**

➢第2主成份-同樣顯示來自陸源淡水之可能致病微生物指標成份之影響

意味著來自陸源淡水之生物性可能致病指標，當陸源水含量相對較高時將造成**鹽度**下降，而此時水體含有其他致病菌的機會將大為增高。

➢第3主成份-尚不易看出相關水質的關係特性，僅以溶氧量較為顯著

可能反映出當水體油脂濃度增高時，將阻擋大氣中氧氣溶解於水中，同時水中油脂分解將消耗氧氣，造成水中**總油脂濃度增高**時，將導致**溶氧量**的**降低**。

水質與生態統計分析(3/4)
Pearson Correlation

➢ 臺中港內外沿海水質與浮游植物關聯性分析

- 在3月時於浮游植物方面計有矽藻、綠藻、金黃藻與渦鞭毛藻，但綠藻僅出現在港內(N6)；而9月時調查除矽藻、綠藻與渦鞭毛藻仍重複出現外，金黃藻則未觀測到。

- **矽藻**出現之種類與**水溫**有明顯之**正相關**(0.869)，而**渦鞭毛藻**則與**水溫**呈現明顯之**負相關**(-0.863)；此外矽藻種類數與**鹽度**(-0.834)與**導電度**(-0.827)、**溶氧量**(-0.800)與**溶氧飽和度**(-0.780)有相當顯著之**負相關**，而與**懸浮固體**(0.817)有相當顯著之**正相關**。
- **渦鞭毛藻種類數**亦與**溶氧量**(0.822)與**溶氧飽和度**(0.814)有相當顯著之**正相關**。

- **綠藻**與水質之相關性則相對較矽藻及金黃藻為低，但仍約略可看出綠藻種類數與水溫成正相關，而與鹽度及導電度呈現負相關。

臺中港沿海海域水質與浮游植物相關性分析

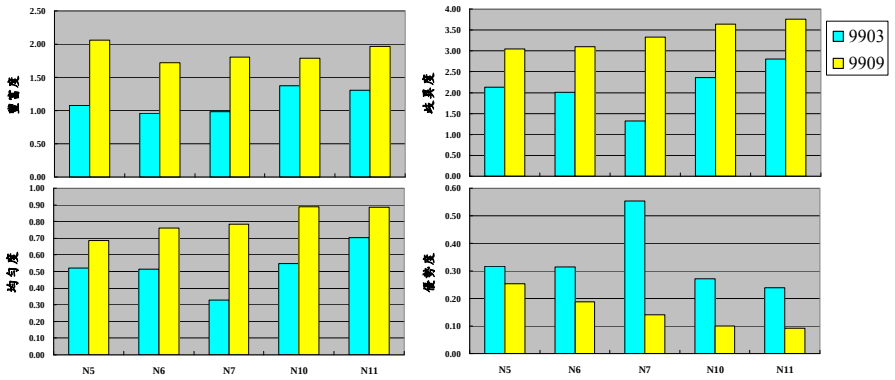
浮游植物	矽藻		綠藻		渦鞭毛藻		浮游植物		生態指數			
環境水質因子	種類	豐度	種類	豐度	種類	豐度	總豐度	總種類數	優勢度	豐富度	均勻度	歧異度
酸鹼度	-.227	.621	.287	.216	-.181	-.014	.622	-.377	.401	-.231	-.313	-.326
水溫	**.869****	-.510	.709*	.598	**-.863****	.095	-.510	.453	-.699*	**.909****	**.796****	**.822****
導電度	**-.834****	.333	-.735*	-.620	.745*	.077	.333	-.533	.591	**-.879****	-.677*	-.723*
鹽度	**-.827****	.313	-.720*	-.594	.723*	.059	.313	-.539	.589	**-.868****	-.667*	-.714*
透明度	.049	-.728*	.012	-.234	.055	.317	-.726*	.031	-.465	.192	.472	.439
溶氧量	**-.800****	.507	-.487	-.547	**.822****	.306	.509	-.419	.493	-.752*	-.574	-.603
溶氧飽和度	**-.780****	.493	-.479	-.555	**.814****	.330	.495	-.406	.468	-.726*	-.546	-.574
五日生化需氧量	-.398	.619	-.567	-.509	.729*	.083	.616	.044	.586	-.489	-.670*	-.630
大腸桿菌群	-.326	.416	-.363	-.324	.535	.038	.413	-.119	.182	-.357	-.274	-.278
懸浮固體	**.817****	-.426	.623	.682*	-.613	-.124	-.424	.653*	-.496	**.860****	.557	.621
氨氮	-.327	.555	-.120	-.164	.530	.347	.559	.058	.501	-.236	-.467	-.426
總磷	.245	.162	.111	-.024	.288	.069	.162	.679*	-.018	.285	-.027	.069
葉綠素 a	.617	-.077	.149	.154	-.309	-.229	-.082	.599	.009	.493	.044	.129

**. Pearson Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
*. ..Pearson Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

水質與生態統計分析(4/4)

➢ **臺中港內外沿海浮游植物與水質間相互關係-季節性浮游植物群聚結構變化與消長**

- 在**春季枯水期(3月調查)**於相對**低水溫**、**高鹽度**及**高溶氧量**與**陸源輸入氮磷類營養鹽較少**的水體環境中，臺中港沿海以**矽藻**的**種類數**相對較**9月豐水期**低，但**港內矽藻豐度則較高**，港外則互有高低。
- 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**，如上游累積之**氮磷類營養鹽**、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3月時低，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。
- 生態指標顯示**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。



50

六 船舶排水對臺中港水質影響

51

工作方法

- **排水量分析**
  - 本計畫使用「歐洲模式」估算臺中港壓艙水排放量，以94-98年間進入臺中港之船舶資料為依據，分析船舶航運運輸型態，分析資料包含船舶種類、進出口貨量、前一港來源地區等變化情形。
- **風險評估**
  - 環境相似度：透過船舶的來源港與接受港之溫度與鹽度相似度進行比較，在本計畫加入航程此項因素。

52

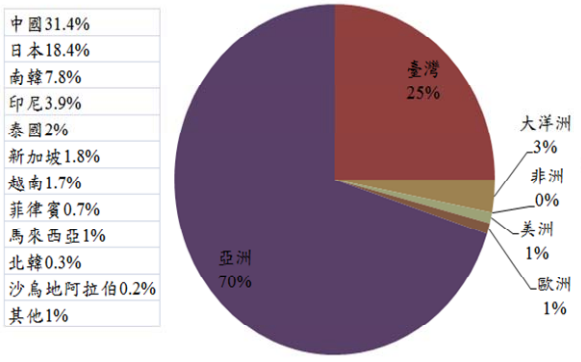
風險評估法

分析項目	接受港	來源港		
	台中港	高風險區	中度風險區	低風險區
	積分	3	2	1
溫度	溫帶	溫帶	寒帶或熱帶	極區
鹽度	30.9	27-34	25-27或 34-36	>36或 <25
航程	---	0-1500浬 或<3天	1500-4500浬 或3-10天	>4500浬 或>10天

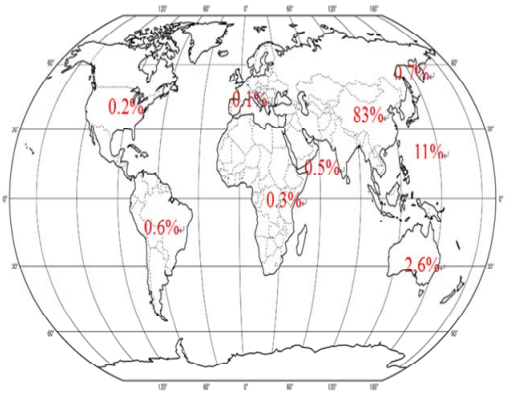
風險積分高低以溫度、鹽度、航程三個項目評估，若三個評估項目皆位於高風險區，則積分為9。

53

進港船舶前一港所屬國家地區



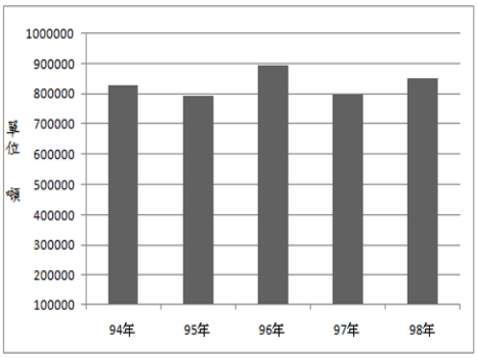
臺中港94-98年進港船舶前一港所屬來源



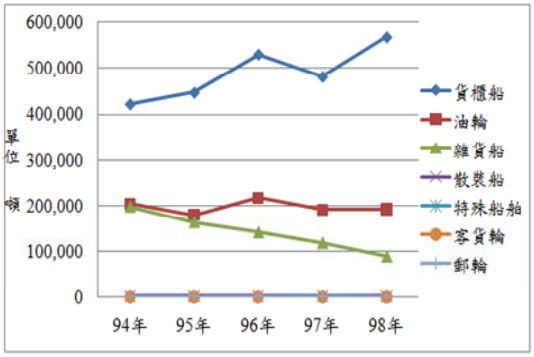
98年臺中港進港船舶前一港所屬區域累計百分比

54

94-98年壓艙水變化



臺中港94-98年壓艙水年度排放量變化



臺中港94-98年各船舶壓艙水年度排放量變化

55

各國港口風險區分

風險等級	極度風險區	高風險區	中度風險區	低風險區
風險積分	9	8	6-7	<5
總港口數	78	84	96	30
國家及港口數	中國18 日本51 南韓9	中國22 日本14 菲律賓13 等11個國家共84個港口	印尼13 馬來西亞10 澳洲10 等28個國家共96個港口	美國8 印尼3 沙烏地阿拉伯3 等18個國家共30個港口

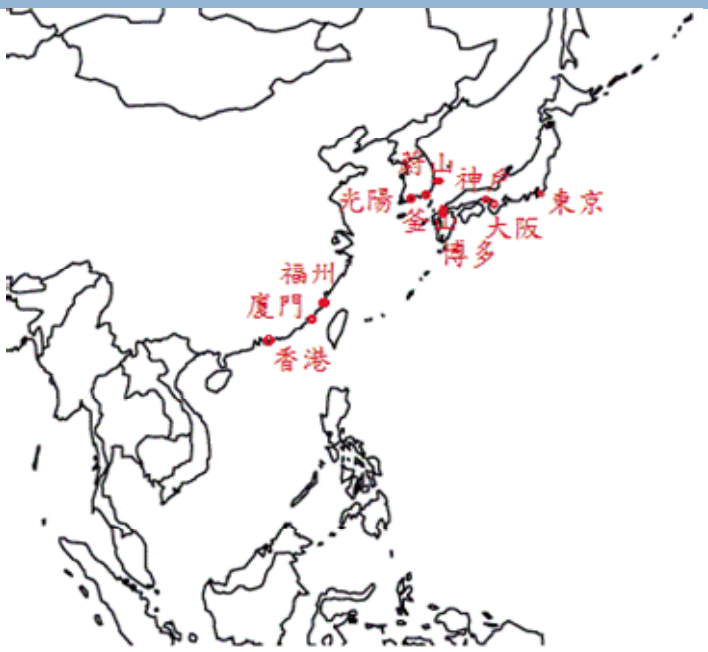
56

風險評估結果

- 在被評選為極度風險港口中(與臺中港溫度、鹽度相似且航程可於三天內抵達者)，所有港口皆分佈於中國、日本、南韓。
- 前十名依序為：香港、東京、廈門、神戶、釜山、大阪、蔚山、光陽、福州、博多。
- 上述前十名港口皆位於亞洲，五年間造訪次數皆超過200次以上，尤以香港造訪次數5,112次最多。在高度風險區港口中前三名分別為：中國上海、日本四日市、越南胡志明市；中度風險區：日本石垣、新加坡、泰國曼谷；低度風險區:印尼三馬琳達、印尼巴里巴板、美國克拉瑪，由此可知各個風險程度之主要威脅港口大多位於亞洲區域。
- 雖然中國港口位於極度風險區之港口數遠少於日本，但造訪次數比日本頻繁，特別是上一港或出發港為香港的船舶應加以追蹤檢查，以降低外來物種入侵之危害。
- 此風險評估法只考慮大環境因子(溫度與鹽度)，但我國仍可藉由此法，了解各港口風險高低，針對來自各個風險區港口之船舶，依風險程度不同進行不同程度的查驗。

57

極度危險港口分佈圖

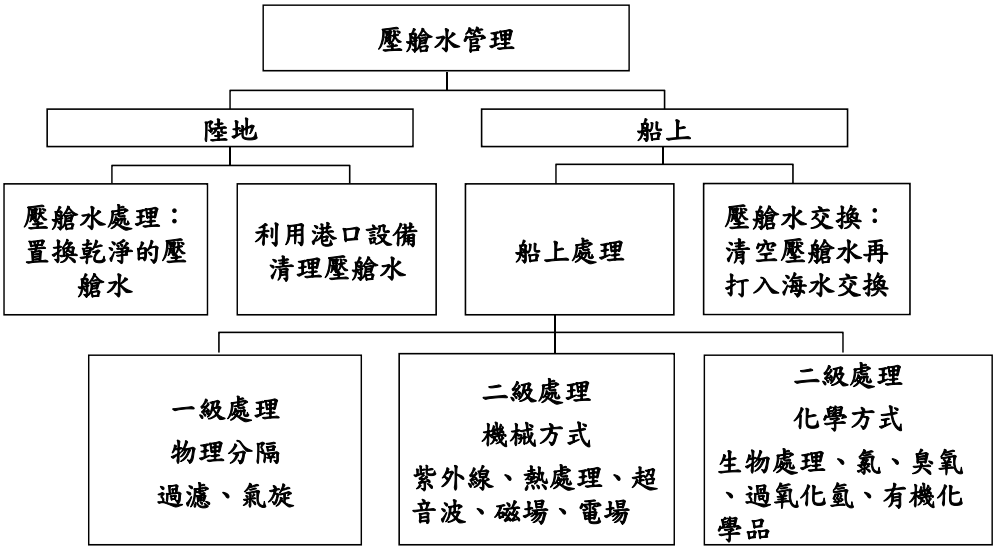


58

七 壓艙水處理方式評估與策略之研擬

59

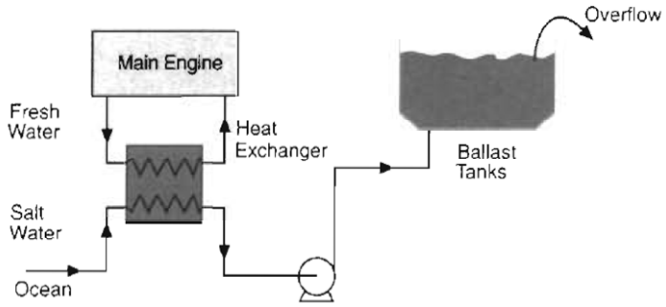
壓艙水處理方式



60

案例分析

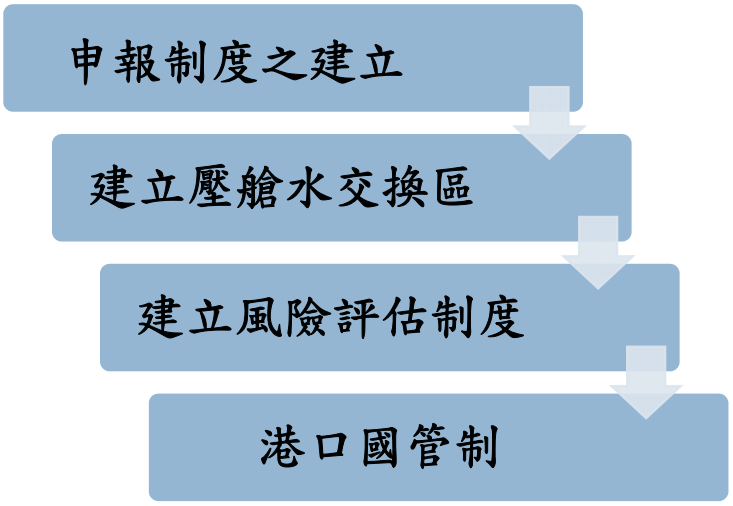
- 船型：散裝船Iron Whyalla
- 方法：熱處理
- 成效：消除大約90%的浮游生物
  對環境不會造成重大傷害



澳洲檢疫處(Australian Quarantine and Inspection Service, AQIS)與Broken Hill Proprietary公司贊助計畫

61

研擬管理策略之步驟



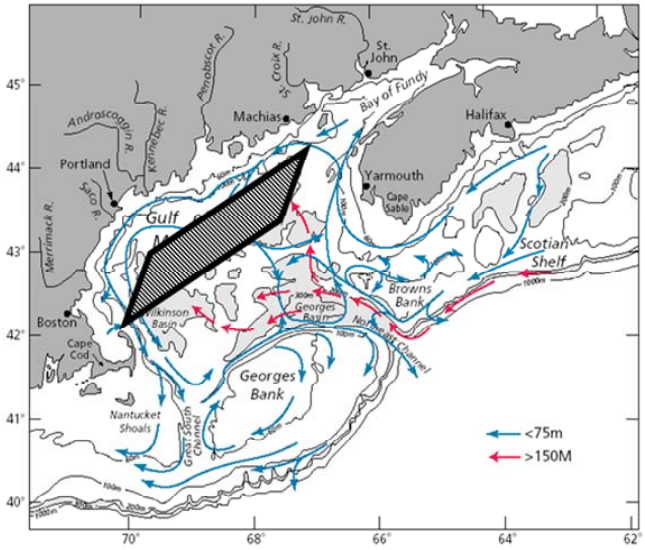
62

申報制度之建立

- 目前我國並無壓艙水申報制度，故參考美國與澳洲兩國壓艙水回報表格，做為我國未來建立申報制度參考依據。
  - 美國：回報表格內容分成六個部分，分別是船舶資料、航運資訊、壓艙水量、壓艙水管理、壓艙水歷史記錄以及負責人的簽名。依照不同區域有不同的回報單位。
  - 澳洲：根據澳洲檢疫處(Australian Quarantine and Inspection Service, AQIS) 所提供的壓艙水回報表格，分成上、下兩部分，上部分為船舶資訊及相關注意事項，下部分則是詳細的壓載艙使用記錄。進入澳洲的船舶必須在進入領海前12小時將報告書傳給AQIS，以供後續管理及風險評估之用。

63

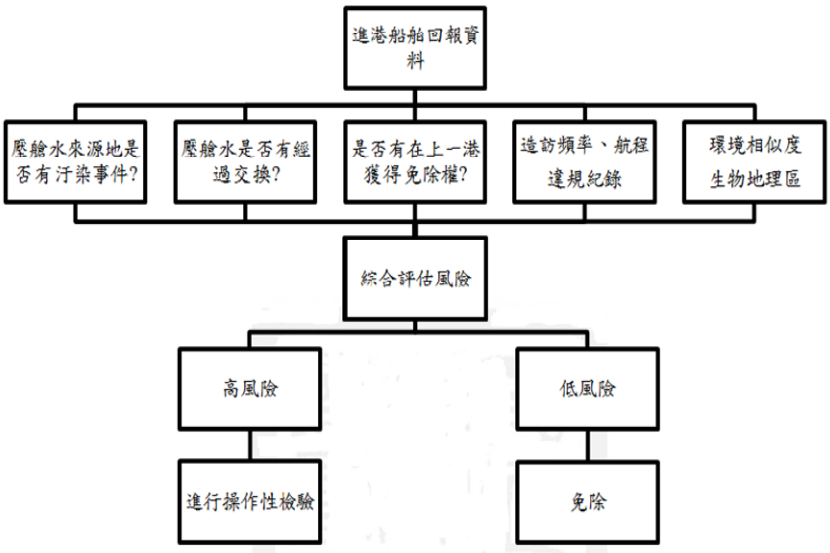
建立壓艙水交換區



美國麻州緬因灣建議壓艙水交換區域

64

建立風險評估制度



臺中港未來實行風險評估時之建議步驟

65

港口國管制

- 實行港口國管制目的為增加船舶安全性，防止未受妥善管理的船舶入港，目前已經從各國各自訂定擴大到區域性管制，《東京備忘錄》便是亞太地區最重要的共管制體系。
- 國內依據《商港法》規範，外國船舶若有違反港口國規範的事實產生，港口國有權將該船拘留並要求改善，直到改善完成才能駛離港口。交通部於91年公布「海水污染管理規則」，針對受油污染及有毒物質污染之壓艙水做出禁止排放規範；另外，也對油輪操作壓艙水及污油水收受設備訂定出標準，以確保港口環境水體的安全。
- 由於目前已知壓艙水污染並不侷限於油污及有毒物質污染，未來國內可增訂有關壓艙水管理新法，或修訂國內現有法令，補強預防壓艙水造成生物污染之規定，並制定防止外來種入侵之標準，一方面達到符合國際標準之要求，一方面也能確保我國水體環境的生物安全，維持本土之既有生態特性及生物多樣性。

66

八 結論

67

結論

1. 本年度(99)3月與9月海域水質調查結果與去年(98)相比，除9月港內溶氧量略偏低外，其餘並無異常。由歷年於臺中港沿海水質調查結果可知，本調查區域內近岸水體，主要受到來自陸源生活、畜牧污水經河川排水路匯入所影響，而當每年冬春之際枯水期間，內陸排水受水閘門關閉阻擋，導致污染累積於內陸。而進入雨季甚至颱風豪大雨之季，基於排洪防溢淹，水閘門開啟，造成大量氮磷類污染物進入近岸水體，使臺中港內水質不佳，因此臺中港域水質需注意夏秋之際內陸污染排入之影響，另由梧棲大排出口處與安良港大排出口處部分港域水質濃度偏高情形已改善，水質漸趨良好。
2. 本計畫先進行流場模式之率定，圖4-15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相當吻合。圖4-19至圖4-23為模擬所得不同上游流量在漲潮與退潮之濃度分佈圖，圖4-24至圖4-28則為退潮時之濃度分佈圖，結果顯示愈接近臺中港出海口，殘留染料濃度越小，即愈接近出海口海水交換率愈佳。反之，愈遠離出海口海水交換率愈小。

68

結論

3. 圖4-29至圖4-52所示為在不同風速(2 m/sec, 5m/sec , 10 m/sec)情形下，不同風向時在漲潮與退潮之濃度分佈圖。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。
4. 水質之主成份分析歸納出臺中港海域水體特性，第1主成份顯現的是來自陸源的氮、磷類營養鹽污染成份；第2主成份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。
5. 由浮游植物與水質關係反映枯水期3月與豐水期9月的浮游植物群聚結構變化與消長，春季枯水期於相對低水溫、高鹽度及高溶氧量的水體環境中，臺中港沿海矽藻種類數相對較9月時低，但港內3月時矽藻豐度則較高，港外則互有高低。當豐水期間帶來較多陸源物質，可能造成9月時矽藻種類數相對增加；渦鞭毛藻種類數則較3月時低，豐度較高，而綠藻在港內外測站均可發現，雖種類數極低但港內外豐度增加。生態指標方面顯示當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。

69

結論

6. 在壓艙水量調查，分析94-98年進入臺中港之船舶，估算船上壓艙水量大約介於八十萬噸上下，其中以貨櫃輪排放量約佔總排放量的一半。在風險評估，分析上一港與臺中港之間的溫度、鹽度與航程，發現此五年間造訪臺中港的船舶中，香港為極度風險區，不僅溫、鹽與臺中港相似，且航程僅距388浬，五年間造訪次數高達5,112次，因此，我國應針對來自香港的貨櫃輪嚴加管制。不僅香港，根據風險評估表，針對不同風險等級船舶應有不同管制方針，以減少資源浪費並達最佳管控效果。

7. 目前壓艙水處理技術有物理、機械、化學三大類，國際海事組織亦列出收受設施的收費制度。除配合上述方法處理壓艙水外，我國亦應研擬壓艙水管理措施，建立申報制度，了解入港船舶壓艙水量，評估後建立壓艙水交換區，並藉申報資料進行風險評估，然而此制度的施行仍須港口國嚴加控管，才能確實掌握各船所帶來的風險高低。

70

■謝謝各位　敬請指教