

103-56-7760

MOTC-IOT-102-H2DB005

創造綠色港埠之新技術研發(1/4)



交通部運輸研究所

中華民國 103 年 4 月

103-56-7760

MOTC-IOT-102-H2DB005

創造綠色港埠之新技術研發(1/4)

著者：邱永芳、黃茂信、張富東、蔡金吉
張淑淨、王毓正、李賢華、李忠潘

交通部運輸研究所

中華民國 103 年 4 月

創造綠色港埠之新技術研發
(1/4)

交通部運輸研究所

GPN: 1010300590

定價 150 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

創造綠色港埠之新技術研發. (1/4) / 邱永芳等著. -- 初版.
-- 臺北市：交通部運研所，民 103.04
面； 公分
ISBN 978-986-04-1004-4(平裝)

1.港埠管理 2.港埠資訊查詢系統

557

103006874

創造綠色港埠之新技術研發(1/4)

著 者：邱永芳、黃茂信、張富東、蔡金吉、張淑淨、王毓正、李賢華、李忠潘
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 103 年 4 月
印 刷 者：
版(刷)次冊數：初版一刷 75 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站
定 價：150 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：1010300590

ISBN：978-986-04-1004-4 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

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

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：創造綠色港埠之新技術研發(1/4)			
國際標準書號 ISBN978-986-04-1004-4 (平裝)	政府出版品統一編號 1010300590	運輸研究所出版品編號 103-56-7760	計畫編號 102-H2DB005
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：邱永芳、張富東 研究人員：黃茂信、蔡金吉、 蔡瑞舫、張景森、 林賢銘、蔡凱翔 聯絡電話：04-26587101 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：國立臺灣海洋大學、財團法人成大研究發展基金會、國立國立中山大學 計畫主持人：張淑淨、王毓正、劉大綱、李賢華、李忠潘、曾以帆 研究人員：許功穎、蔡丞皓、方鈺淳 地址：基隆市北寧路二號 聯絡電話：02-24629225 地址：臺南市大學路1號 聯絡電話：06-2080172 地址：高雄市鼓山區蓮海路70號 聯絡電話：07-5255069	研究期間 自 102 年 1 月 至 102 年 12 月	
關鍵詞：智慧型海運系統、船舶自動辨識系統、船舶減速、壓艙水管理、港灣結構物			
本研究的主要重點在藉由智慧型海運系統的建置與綠色運輸的節能減碳概念，來提升綠色運輸的新技術。並以研發各類海運資訊系統的整合科技，來創造與達成綠色港埠的最終目標。 本研究首先結合船舶自動識別系統(AIS)、電子海圖(ENC)等先進技術，透過海氣象環境資訊，發展綠色概念的智慧化領航科技；另外研發船舶減速查核機制系統來針對進出港船舶進行監控與管理，期望達成綠色港埠節能減碳的目標。次要的研究子題是對於壓艙水國際公約現狀與國內相關法規進行分析比較，並研擬壓艙水管理法，作為政府執政的參考應用。第三研究子題是將港灣結構上負面之海洋能量，轉變成為有用之能源，且因結構物波能作用減少能延長使用年限，達到科技防災及綠色港埠的目標。最後的研究子題是分析波流作用於防波堤的沖蝕現象，防患沖蝕現象所造成的防波堤破壞，進而維護船隻進出港的航行安全。 本研究成果效益以及後續應用包含有： 1. 智慧型海運系統之智慧化領航技術，可以提供國內各港務公司、海巡署與漁業署等應用，提升運輸安全、效率與效益。 2. 船舶減速查核機制可以提供臺灣港務股份有限公司及其各港務分公司作為制定船舶減速查核機制時之應用參考。 3. 壓艙水管理辦法的研擬，可以提供交通部及交通部航港局作為壓艙水管理與法制化之參考依據。 4. 港灣結構物的波能轉換相關研究，可以提供各港務公司在防波堤設計及施工時的參考。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
103 年 4 月	150	150	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: Research the new technology for green port (4/4)			
ISBN 978-986-04-1004-4 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010300590	IOT SERIAL NUMBER 103-56-7760	PROJECT NUMBER 102-H2DB005
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Yung-Fang Chiu, Fu-Tong Chang PROJECT STAFF: Mao-Hsin Huang, Chin-Chi Tsai, Jui-Fang Tsai, Ching-Sen Chang, Hsien-Ming Lin Kai-Hsiang Tsai PHONE: (04) 26587101 FAX: (04) 26564418			PROJECT PERIOD FROM January 2013 TO December 2013
RESEARCH AGENCY: National Taiwan Ocean University; NCKU Research and Development Foundation; National Sun Yat-sen University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chang Shwu-Jing, Wang Yu-Cheng, Liu Ta-Kang, Lee H.H, Lee Chung-Pan, Tseng, I-Fan PROJECT STAFF: Syu Gong-Ying, Chen-Hao Tsai, Fang Po-chun ADDRESS: 2, PEI-NING RD., KEELUNG 202, Taiwan, R.O.C. PHONE: (02) 24629225 ADDRESS: NO.1, University Road, Tainan, Taiwan 701, ROC PHONE: 06-2080172 ADDRESS: No. 70, Lienhai Rd., Kaohsiung 80424, Taiwan, R.O.C. PHONE: 07-5255067			
KEY WORDS: Automatic Identification System, Maritime Intelligent Transportation System, Long Range Identification and Tracking, Vessel route, Traffic flow rate, Ballast Water Management			
This research chief of purpose is to using new technologies, Maritime Intelligent Transportation System and Automatic Identification System, to enhance the efficiency of the transport ship by analyzing ships dynamic information for “Maritime Intelligent Transportation System (M-ITS)” and “EcoPort System”. To realize maritime intelligent transportation, this paper includes four projects. The first project combines “Automatic Identification system (AIS)” and “Electronic Navigation chart (ENC)” that can improve navigation safety, and decrease vessel collision. Second project is development of Management of Ships Ballast Water and Sediments (BWM) that can solve the problem of ballast water through legal system and won considerable attention by UN and Taiwan. Third project is to establish recycled green energy system to convert the ocean energy into useful power in the harbor. The last project is to concern seabed of the breakwater head erosion and scour that can reduce the collapse of marine structures and the navigational risks. This research benefit and application include: 1. Intelligent Transportation System that can provide Port Corporations, Coast Guard and Fisheries Department and other applications to enhance transportation safety, efficiency and effectiveness. 2. Using the VSRSS gets exact and real-time route data to make a rule for surveillance vessel velocity. 3. The ballast water management can provide the Ministry of Communications as legalization of reference. 4. The recycled green energy system can provide Port Corporations to design and build breakwater.			
DATE OF PUBLICATION April 2014	NUMBER OF PAGES 150	PRICE 150	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目 錄.....	III
圖目錄.....	VI
表目錄.....	IX
第一章 前言	1-1
第二章 港區節能減碳及海上防災之探討.....	2-1
2.1 研究目的	2-1
2.2 AIS 系統運作方式	2-2
2.3 AIS 接收站設置	2-4
2.4 船舶資訊整合系統開發	2-5
2.5 節能減碳相關研究成果	2-12
2.6 海上防災相關研究成果	2-23
2.7 小結	2-28
第三章 港埠船舶減速查核系統	3-1
3.1 減速查核系統開發目的	3-1
3.2 減速查核系統開發方法	3-2
3.3 減速查核系統開發成果	3-5
3.4 小結	3-17
第四章 綠色航路及智慧領航之研究	4-1
4.1 智慧領航計畫研究目的	4-1
4.2 智慧領航計畫研究方法	4-1

4.3 智慧領航計畫研究成果	4-2
4.4 小結	4-23
第五章 壓艙水污染問題與管理法制化	5-1
5.1 壓艙水污染法制化研究目的	5-1
5.2 壓艙水污染法制化研究方法	5-2
5.3 壓艙水污染法制化研究成果	5-10
5.4 小結	5-19
第六章 綠色港灣結構物之波能轉換	6-1
6.1 綠色港灣結構物之波能轉換研究目的	6-1
6.2 綠色港灣結構物之波能轉換研究方法	6-3
6.3 綠色港灣結構物之波能轉換研究成果	6-15
6.4 小結	6-21
第七章 防波堤堤頭沖蝕現象探討	7-1
7.1 防波堤堤頭沖蝕現象研究目的	7-1
7.2 防波堤堤頭沖蝕現象研究方法	7-2
7.3 防波堤堤頭沖蝕現象研究成果	7-2
7.4 小結	7-17
第八章 結論與建議	8-1
8.1 結論	8-1
8.2 建議	8-3
8.3 成果效益及應用情形	8-3
參考文獻	參-1

圖目錄

圖 2.1	AIS 系統概念圖	2-2
圖 2.2	現階段臺灣海域 AIS 接收站設置地點	2-4
圖 2.3	臺灣海域 AIS 接收站設置地點規劃	2-5
圖 2.4	船舶動態地理位置資訊顯示	2-6
圖 2.5	船舶基本資料顯示	2-6
圖 2.6	船舶軌跡匯出與資訊顯示	2-7
圖 2.7	船舶清單查詢	2-7
圖 2.8	船舶歷史位置查詢	2-8
圖 2.9	港口資訊查詢	2-8
圖 2.10	接收站的接收範圍分佈分析	2-9
圖 2.11	船舶相簿清單	2-9
圖 2.12	港口相簿清單	2-10
圖 2.13	網頁討論區	2-11
圖 2.14	會員註冊及管理權限	2-11
圖 2.15	交通流分析統計	2-12
圖 2.16	船位密度分佈調查	2-13
圖 2.17	基隆港船位密度分佈調查	2-14
圖 2.18	基隆港分道航行的船速及航向分佈	2-15
圖 2.19	高碰撞風險時空密集區偵測分析結果	2-16
圖 2.20	臺中港附近往北 60%密集航線分佈	2-17

圖 2.21	臺灣船舶各主要港口航路分佈	2-18
圖 2.22	臺灣各主要港口船舶航行最密集航路	2-18
圖 2.23	臺中港與高雄港最佳化軌跡線(紅色路徑).....	2-19
圖 2.24	臺中港 LNG 運輸船進港軌跡.....	2-20
圖 2.25	臺中港 LNG 運輸船出港軌跡.....	2-21
圖 2.26	港研中心現有操船模擬設備	2-22
圖 2.27	電子海圖顯示器上規劃航行路線	2-22
圖 2.28	操船模擬與 LNG 運輸船航行軌跡比對	2-23
圖 2.29	百麗輪的航行軌跡	2-24
圖 2.30	東昇號貨輪之船舶軌跡	2-25
圖 2.31	信春輪之船舶軌跡	2-26
圖 2.32	OBERON 貨輪之船舶軌跡	2-27
圖 3.1	船舶自動識別系統(AIS)整體架構.....	3-3
圖 3.2	港口區域分段示意	3-4
圖 3.3	船舶減速查核系統架構	3-5
圖 3.4	船舶減速查核系統硬體設備需求	3-6
圖 3.5	AIS 接收解碼模組操作介面	3-7
圖 3.6	自動登入設定操作介面	3-8
圖 3.7	記錄檔解碼模式操作介面.....	3-8
圖 3.8	RS232 序列埠設定操作介面	3-9
圖 3.9	資料庫鏈結設定操作介面.....	3-9

圖 3.10 船舶顯示及資料統計系統操作介面	3-10
圖 3.11 港區基本功能設定	3-11
圖 3.12 船舶即時動態資訊顯示功能	3-11
圖 3.13 船舶軌跡追蹤	3-12
圖 3.14 船舶進出港紀錄查詢功能	3-13
圖 3.15 船舶減速資料庫統計模組介面	3-13
圖 3.16 匯入港棧資料功能操作	3-14
圖 3.17 船舶減速查核彙整資料搜尋功能操作	3-14
圖 4.1 環保署計算遠洋船舶排放量方法與流程	4-5
圖 4.2 基隆港內至港外 20 哩船舶航行路線設定	4-6
圖 4.3 Northern Practice 貨櫃輪的 AIS 航跡	4-8
圖 4.4 進出臺中港船舶航跡之停船漂航狀態偵測	4-9
圖 4.5 曾進出臺中港之船舶於高雄港外停船漂航情況	4-9
圖 4.6 基隆港港口到 15 哩與 20 哩線航行距離排序	4-11
圖 4.7 基隆港進港航跡(黑色方向線)與異常進港航跡(粗線)	4-11
圖 4.8 臺中港進港航跡與異常進港航跡	4-12
圖 4.9 臺中港 10 哩內異常進港航跡	4-13
圖 4.10 臺中港船舶進港停靠碼頭	4-13
圖 4.11 估算排放量的海浬線與航跡	4-15
圖 4.12 兩種推估方式比較結果	4-17
圖 4.13 天秤星號航跡點	4-19

圖 4.14 天秤星號各小時油耗變化.....	4-20
圖 4.15 荷蘭 Steam model 各小時油耗變化	4-20
圖 4.16 天秤星號每日油耗估算值.....	4-21
圖 4.17 荷蘭 Steam model 每日油耗估算	4-21
圖 4.18 基隆港船舶排放量推估空間分布	4-22
圖 4.19 基隆港船舶排放量推估港外空間分布	4-22
圖 5.1 船舶壓艙水風險評估流程圖.....	5-2
圖 5.2 臺中港 98 年度進港船舶壓艙水風險評估結果	5-3
圖 5.3 壓艙水管理流程與相關權責機關示意	5-7
圖 5.4 美國船舶壓艙水管理	5-9
圖 5.5 船舶壓艙水管理權益關係人示意	5-11
圖 6.1 波浪發電防波堤之沒水程度.....	6-6
圖 6.2 波浪發電防波堤之尺寸(正視圖).....	6-6
圖 6.3 波浪發電防波堤之始吋(側視圖).....	6-7
圖 6.4 合田公式計算之波力分析.....	6-9
圖 6.5 ANSYS 模型變形情形：正視圖	6-10
圖 6.6 ANSYS 模型變形情形：側視圖	6-10
圖 6.7 ANSYS 模型變形情形：上視圖	6-11
圖 6.8 ANSYS 分析結果：數據	6-11
圖 6.9 Von Mises 破壞應力分析：正視圖.....	6-13
圖 6.10 Von Mises 破壞應力分析：側視圖.....	6-13

圖 6.11 Von Mises 破壞應力分析：上視圖	6-14
圖 6.12 Von Mises 破壞應力分析數據	6-14
圖 6.13 研究模擬之模型	6-15
圖 6.14 氣室內水位以及空氣流速變化	6-15
圖 6.15 氣室內部波高變化圖	6-16
圖 6.16 監測點編號圖	6-17
圖 6.17 監測點 1 之壓力變化圖	6-17
圖 6.18 監測點 2 之壓力變化圖	6-18
圖 6.19 監測點 3 之壓力變化圖	6-18
圖 6.20 監測點 4 之壓力變化圖	6-19
圖 6.21 監測點 5 之壓力變化圖	6-19
圖 6.22 監測點 6 之壓力變化圖	6-20
圖 6.23 綜合壓力變化圖	6-20
圖 6.24 出口風速變化圖	6-21
圖 7.1 臺中港海域 85~95 年實測地形水深圖	7-2
圖 7.2 臺中港北防波堤堤頭水深測量等深線水深色階圖	7-3
圖 7.3 臺中港北防波堤堤頭水深測量三維立體色階圖	7-4
圖 7.4 臺中港堤頭水深測量斷面位置圖	7-4
圖 7.5 臺中港堤頭地形測量斷面 W1 水深剖面變化圖	7-8
圖 7.6 臺中港堤頭地形測量斷面 W2 水深剖面變化圖	7-8
圖 7.7 臺中港堤頭地形測量斷面 W3 水深剖面變化圖	7-8

圖 7.8	臺中港堤頭地形測量斷面 W4 水深剖面變化圖	7-9
圖 7.9	臺中港堤頭地形測量斷面 W5 水深剖面變化圖	7-9
圖 7.10	臺中港堤頭地形測量斷面 W6 水深剖面變化圖	7-9
圖 7.11	臺中港堤頭地形測量斷面 W7 水深剖面變化圖	7-10
圖 7.12	臺中港堤頭地形測量斷面 W8 水深剖面變化圖	7-10
圖 7.13	臺中港堤頭地形測量斷面 W9 水深剖面變化圖	7-10
圖 7.14	臺中港堤頭地形測量侵淤變化色階圖	7-11
圖 7.15	臺中港堤頭地形測量侵淤變化色階圖	7-12
圖 7.16	堤頭-25m 沖刷洞心堤距、面積、體積變動圖	7-13
圖 7.17	TC 測站，2013 年 05/09~05/28 漲、退潮段流向玫瑰圖	7-14
圖 7.18	TC 測站，底、表層之海流玫瑰圖	7-15
圖 7.19	TC 測站，中層(水下 11m、6m)之海流玫瑰圖	7-15
圖 7.20	TC 測站，海浪波高、週期玫瑰圖	7-16
圖 7.21	TC 測站，波高、週期統計直方圖	7-16
圖 7.22	TC 測站，示性波高、週期聯合機率分布圖	7-17

表目錄

表 2.1	AIS 傳送資訊類別與資訊項目	2-3
表 2.2	AIS 系統應用範圍	2-3
表 3.1	AIS 資訊種類	3-3
表 3.2	各區段離線船速定義	3-4
表 3.3	各區段平均速度與整合平均速度定義	3-4
表 3.4	設備名稱及附屬設備	3-6
表 3.5	船舶圖示所代表船舶種類	3-12
表 3.6	船舶減速查核彙整資料列表	3-15
表 3.7	船舶報到資料報表	3-15
表 3.8	船舶減速成果報表	3-16
表 3.9	船舶減速系統資料分析	3-17
表 4.1	遠洋船舶特性參數預設值	4-7
表 4.2	基隆港進港航跡的航行距離分析結果	4-10
表 4.3	中港不同方向進港航行距離與時間	4-14
表 4.4	估算方法比較結果	4-17
表 5.1	壓艙水管理相關法制整理	5-4
表 5.2	壓艙水管理實施時程(黃余得，2013)	5-7
表 6.1	綜合壓力表	6-21

第一章 前言

本研究係依據中華民國科學技術白皮書 (民國 99 年 12 月 16 日行政院第 3226 次會議核定)所揭示，政府的科技施政目標為在「2020 年我國成為綠能科技與智慧生活的全球創新領航者」。依據本施政目標中之四大目標包括如「學術卓越研究」、「產業技術創新」、「國民幸福安全」、「環境優質永續」等均將與綠能相關之科技創新及產業發展列為重要之目標。緣此，交通部運輸研究所提送科技四年期(102~105 年)的中程綱要計畫「海洋防災科技及永續發展計畫」配合施政目標。而本研究為上述中程綱要計畫之細部計畫之一，其主要研究主軸為規劃及建立運輸部門因應氣候變遷政策決策支援系統，提升運輸部門節能減碳整體效益，另外以建構智慧型運輸系統，發展智慧臺灣(i-Taiwan)運輸服務為宗旨。

本研究屬於整合型的研究計畫案，其研究主題與重點在強化綠色海運及智慧化海運系統的發展與提昇，期能達成運輸科技深入綠色港埠的目標。本研究同時也以有關綠色港埠方面的新技術為發展方向，來探討與分析有關綠色港埠的相關問題，並提出具體可行的解決方案。本研究除本所自辦綠色港埠有關的新科技研發外，亦同時與國內臺灣海洋大學、國立成功大學、國立中山大學等學術研究機構合作，委託辦理有關本研究的相關子計畫，期望藉由集思廣益，能得出解決海洋防災與節能減碳的相關問題。本研究的相關研究成果相當豐碩，本文僅就本年度所獲得之各項研究成果，由第二章起分別描述如下：

第二章「港區節能減碳及海上防災之探討」主要的研究重點在利用船舶自動識別系統(Automatic Identification System,AIS)接收站所獲得的船舶動態資訊，來分析與統計臺灣海域的船舶軌跡與航路分布，藉由船舶最適化的航路選擇，達成船舶節能減碳的成效。另外，經由臺灣海域航路分布分析，得出臺灣海域的航線密集度情況，可以了解臺灣海域高碰撞風險區域，進而提供避險的航線，藉此達成海上防災的效能。

第三章「港埠船舶減速查核系統建置」則是透過 AIS 接收站，接收港口附近的船舶即時動態資訊，再利用自行開發的船舶減速查核應用程式，來即時顯示及計算船舶減速有關的數據，藉由本研究可以提供各港務分公司在船舶減速查核機制上，得到正確且即時的數據資料，達成船舶減速查核之目的，並協助臺灣港務股份有限公司加速「臺灣港群綠色港口推動方案」的推動成效。

第四章「綠色航路及智慧領航之研究」其主要目的在結合船舶動態、電子海圖與海氣象環境資訊，發展沿岸航路與進出港領航的綠色概念智慧化應用服務技術，成果將是航運效率與安全監測、預防、即時反應的重要技術指標。

第五章「壓艙水污染問題與管理法制化之研究」主要目的在研究船舶不當排放壓艙水而導入外來生物種，對於目的地海域之生態環境、人類健康造成重大威脅及嚴重的經濟損失。本研究綜合我國壓艙水的管理措施，並提出適宜的壓艙水管理法草案，供給壓艙水管理機關有力的參考依據。

第六章「綠色港灣結構物之波能轉換探討」主要目的在將可再生的綠能系統應用於港灣結構物中，一方面可以對結構體產生保護作用，另方面可將負面能量轉換成可以利用的再生能源，並能有效的協助港務單位建構綠色港灣系統，達成綠色港埠的目標。

第七章「防波堤堤頭沖蝕現象探討」的研究方法係以臺中港為研究對象，進行臺中港堤頭附近波、流場及海底地形變化特性與機制的觀測、分析與模擬；期望針對臺中港防波堤堤頭沖蝕嚴重情況，提出有效的防制對策與工法，維持航行船舶進出港口時的安全性。

第二章 港區節能減碳及海上防災之探討

本研究第一個子題主要的研究重點在利用船舶自動識別系統(Automatic Identification System,AIS)接收站所獲得的船舶動態資訊檔案(CSV 檔案)轉成 Google earth 軌跡 (KML 檔案)，來分析與統計臺灣海域的船舶軌跡與航路分布;並以迴歸分析、類神經等研究方法獲得最佳化的航線軌跡，藉由航線規劃與建議，提供航行船舶最適化的航路選擇，進而達成航行船舶節省油耗與減輕碳排放量的成效。另外一個重點則是在求出最佳化航路後，經由臺灣海域的船舶特性及航路分布分析，得到台灣附近海域的航線密集度情況，可以提供給航行船舶了解台灣海域高碰撞風險區域，進而提供避險的航線，藉此達成海上防災的效能。

2.1 研究目的

本研究的主要目的在運用目前交通部運輸研究所所架設的 14 處 AIS 接收站，所蒐集的船舶即時資訊及船舶歷史軌跡，來分析與統計行經臺灣海域的船舶特性及航路分布情況，籍以提供航商最佳化的航線，節省航程與時間;除此之外 AIS 所獲得的統計資料更可以作為航政單位及港務公司在航線規劃及航道調度上的重要參考依據，藉此來縮短航程及減少碼頭調度的時間，節省運輸能耗與減低二氧化碳的排放量。

另外，在海上防災方面，本研究運用 AIS 船舶資訊，可以來監控航行於臺灣海域的船舶動態，並且由 AIS 資料庫的歷史資料來分析船舶航行軌跡，藉由船舶航行軌跡的分析與研判，可以判讀出不同船舶在碰撞及船難時，其發生的原因及發生的歷程；藉由災害發生歷程的研判結果，本研究可以提供防救災單位(各港務局或海巡署)來進行必要的防災與救援工作，並可快速釐清船難發生的責任歸屬。本研究亦將 AIS 資料庫導入交通部運輸研究所開發出的操船模擬室，作為模擬驗證與訓練，來提高船舶駕駛的操船經驗與專業素養，減少因人為操作所造成的災害發生機率；因此，無論在節能減碳或海上防災方面，

AIS 相關的應用實在是目前海上航行不可或缺的基礎工具之一。

基於上述研究目的，本節就其主要研究發展的基礎工具，船舶自動識別系統(AIS)分別以其 AIS 系統運作方式、AIS 接收站設置及船舶資訊整合系統開發等三大技術與開發方式，作一簡單的描述。最後本文再針對如何利用 AIS 為工具，在有關船舶節能減碳與海上防災上的應用方法，作一系列的分析與探討，並分述如下。

2.2 AIS 系統運作方式

2.2.1 AIS 系統概念

AIS 系統的主要概念在使得多數船舶之間能夠即時(real time)共享必需的資訊。其特性主要在利用自律型時間分割多元之存取通信技術(Self Organized Time Division Multiple Access: SOTDMA)其 AIS 系統概念圖如圖 2.1 所示。由圖 2.1 顯示，AIS 資訊與電腦間的傳輸通信協定採用開放型電腦互聯(Open Computer Interconnected: OSI) 模式。系統可以透過 RS-232 通訊協定與電腦串聯接收外部發送之 VHF 訊息，再由 TCP/IP 等網路通訊協定與網際網路傳送與鏈結，藉由網際網路可以使外界使用者得到 AIS 的相關訊息，進而利用其資料來分析各項船舶訊息。AIS 的動態資訊亦可經由網際網路連結成為一套完整的資料庫，整合分散各地的接收站所接收的資料，AIS 將可成為點、線、面的涵蓋資訊，將整個臺灣海域的船舶資訊完整呈現。

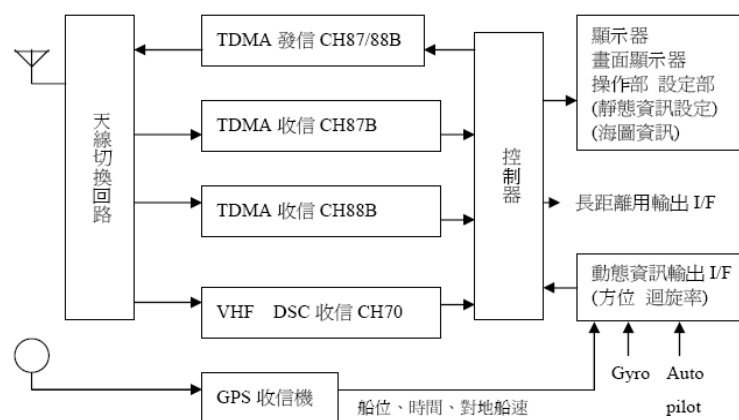


圖 2.1 AIS 系統概念圖

2.2.2 AIS 系統資訊內容

AIS 的傳輸資訊項目可以分為靜態、動態與航程等三種類別；各類別傳送的資訊項目與傳送間隔亦各有不同，其動態資訊項目配合船舶船速之變化每隔 2 秒至 3 分鐘發信乙次。而靜態資訊項目則包含呼號船名、長與寬、船舶種類、定位天線在船上的相對位置等資訊，此資訊每隔 6 分鐘發信乙次。另外，航程資訊類別包含船舶吃水、危險貨物、目的港與預計抵達日期時間等資訊，此資訊每隔 6 分鐘或有變更時發信乙次。其 AIS 傳送資訊類別與資訊項目如表 2.1 所示。

表 2.1 AIS 傳送資訊類別與資訊項目

資料類別	資訊項目	資料類別	資訊項目	資料類別	資訊項目
固定或靜態資訊	MMSI (水上移動業務識別)	動態資訊	船位附帶準確度指示	航程相關資訊	船舶吃水
	呼號		船位時戳 (UTC)		危險貨物 (種類)
	船名		對地航向 (COG)		目的地與預計抵達時間
	IMO 號碼		對地航速 (SOG)		航路計畫 (航路點)
	船舶的長寬		艏向		安全相關的簡訊
	船舶種類與貨載		航行狀態		
	定位天線的位置		轉向速率 (ROT)		

2.2.3 AIS 系統應用範圍

AIS 系統的應用範圍包含了以下項目:AIS 應用在 VTS 系統、強制性船舶報告系統、AIS 之於搜救作業、助航設施、AIS 之於整體資訊系統，其 AIS 系統應用範圍如表 2.2 所示。

表 2.2 AIS 系統應用範圍

AIS 應用在 VTS 系統	航行警告、交通管理資訊、港埠管理資訊。
強制性船舶報告系統	AIS 系統可以提供的靜態、航程相關、與動態資訊中。
AIS 之於搜救作業	AIS 可以用於搜救作業，特別是結合直昇機與水面搜索的海空聯合搜救作業。
助航設施	藉由在固定或浮動的助航設施上安裝 AIS，並適當連結相關感測裝置，將可以對航海人員提供下

	列資訊：位置。狀態。潮流資料。氣候與能見度狀況。
AIS 之於整體資訊系統	支援航程的計畫與監控。此系統將可輔助航政主管單位，監測其管轄範圍內的所有船舶並追蹤危險貨物。

2.3 AIS 接收站設置

2.3.1 AIS 接收站架設情形

本研究於 2009 年起至 2013 年止 5 年間完成基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、蘇澳港、臺北港、嘉義布袋漁港、苗栗外埔漁港、屏東貓鼻頭等 9 處主要港口與澎湖馬公港、澎湖吉貝嶼、蘭嶼開元港、金門水頭港、馬祖碧山等 5 處離島的 AIS 接收站，共計 14 處接收站的設置工作。建置完成之現階段臺灣海域 AIS 接收站設置地點如圖 2.2 所示。

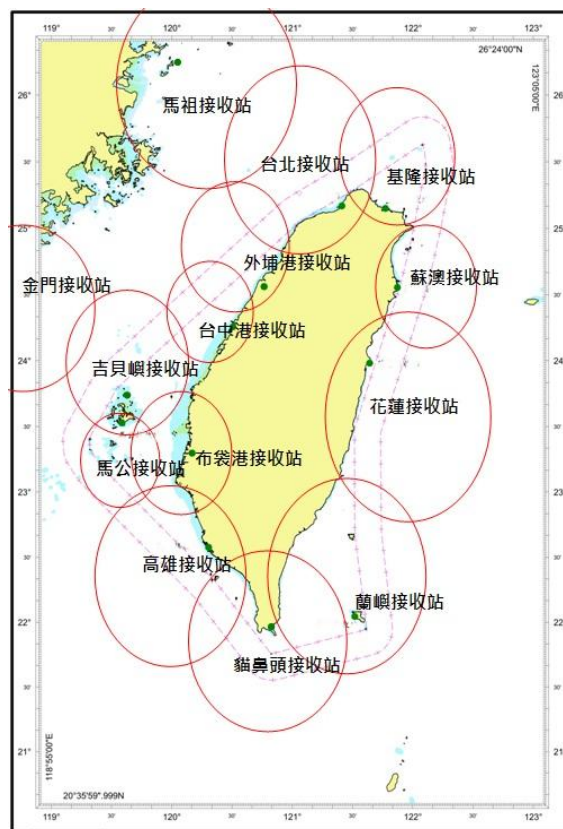


圖 2.2 現階段臺灣海域 AIS 接收站設置地點

2.3.2 AIS 接收站未來規劃

依據本所初步評估，臺灣本島的 AIS 至少需設置 15 座接收站才能充分涵蓋，其臺灣海域 AIS 接收站設置地點規劃如圖 3 所示；離島部分則建議設置澎湖、彭佳嶼、蘭嶼、金門、馬祖、東沙等 6 座基地站來以延伸臺灣海域 AIS 的涵蓋範圍，其臺灣海域 AIS 接收站設置地點規劃如圖 2.3 所示。

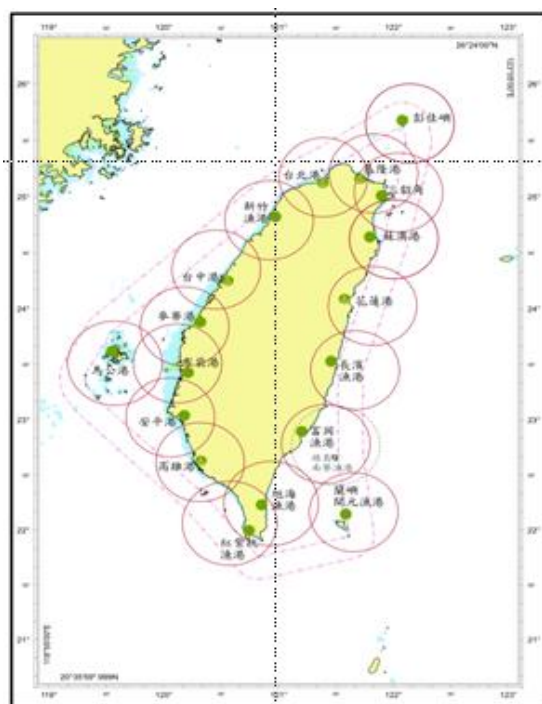


圖 2.3 臺灣海域 AIS 接收站設置地點規劃

2.4 船舶資訊整合系統開發

本研究為了整合臺灣海域 AIS 接收站的船舶資料，開發了一套以 WINDOWS 為系統的作業平台，另以 SQL 為核心的資料庫管理系統，建立了可以讓使用者透過網際網路查詢船舶動態訊息的「臺灣海域船舶動態資訊系統」網站。

本研究所設計的「臺灣海域船舶動態資訊系統」網站，網頁共有「船舶動態地理資訊模組」、「船舶統計分析模組」、「港口資訊與接收站統計分析模組」、「港口與船舶相簿管理模組」、「網頁討論區模組」及「權限控管模組」等六大模組其功能分別介紹如下：

2.4.1 船舶動態地理資訊模組

船舶動態地理資訊模組主要功能有顯示船舶動態位置，船舶基本

資料，船舶數量統計，船舶追蹤、計算船舶距離與方位等子模組。其船舶動態地理位置資訊顯示如圖 2.4 所示；而船舶基本資料顯示與船舶軌跡匯出與顯示則如圖 2.5 及圖 2.6 所示。



圖 2.4 船舶動態地理位置資訊顯示



圖 2.5 船舶基本資料顯示



圖 2.6 船舶軌跡匯出與顯示

2.4.2 船舶統計分析模組

船舶統計分析模組功能包含有船舶清單查詢、船舶進出港查詢、到達與駛離之船舶查詢、船舶歷史位置查詢等統計分析等子模組。其船舶清單查詢如圖 2.7 所示；船舶歷史位置查詢則如圖 2.8 所示。



圖 2.7 船舶清單查詢



圖 2.8 船舶歷史位置查詢

2.4.3 港口資訊與接收站統計分析模組

港口資訊與接收站統計分析模組功能包含有港口停靠數量統計分析、停靠駛離船舶統計(24Hr)、即將到達船舶清單、接收站各項之圖表統計分析等子模組，其港口資訊查詢如圖 2.9 所示。



圖 2.9 港口資訊查詢

港口資訊與接收站統計分析模組最大的用途在統計目前港口停靠的數量，與未來駛離或到達的船舶清單與數量，對於港口的營運與領港規劃是相當有幫助的。而接收站各項之圖表統計分析則可以檢核與查詢各接收站的訊號接收強弱，讓系統管理者來分析改善接收站的接收情況，其接收站的接收範圍分佈分析如圖 2.10 所示。

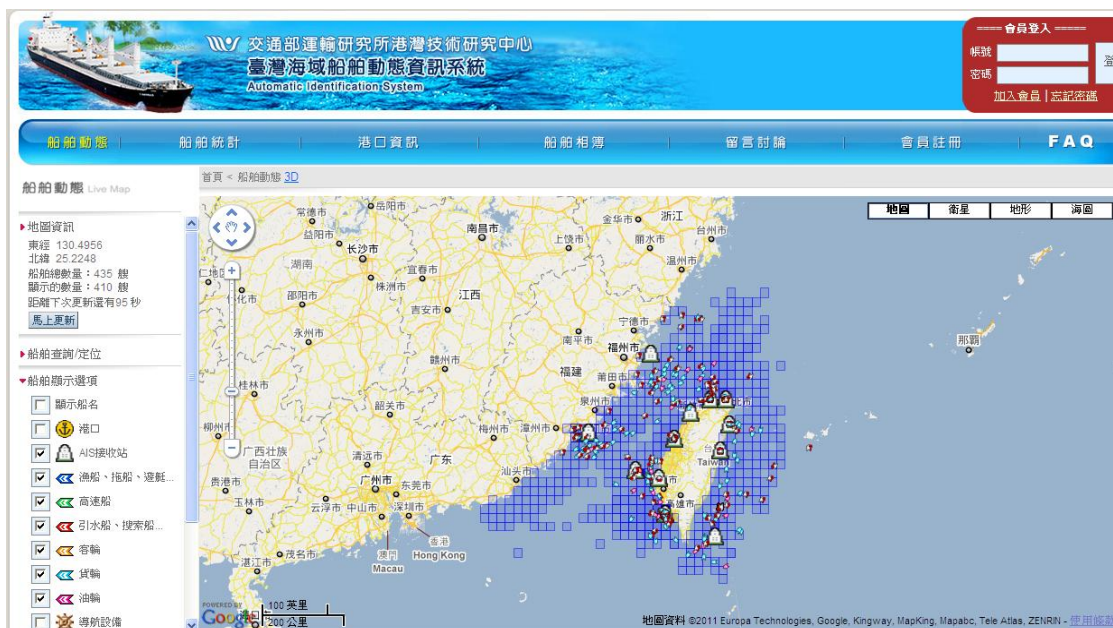


圖 2.10 接收站的接收範圍分佈分析

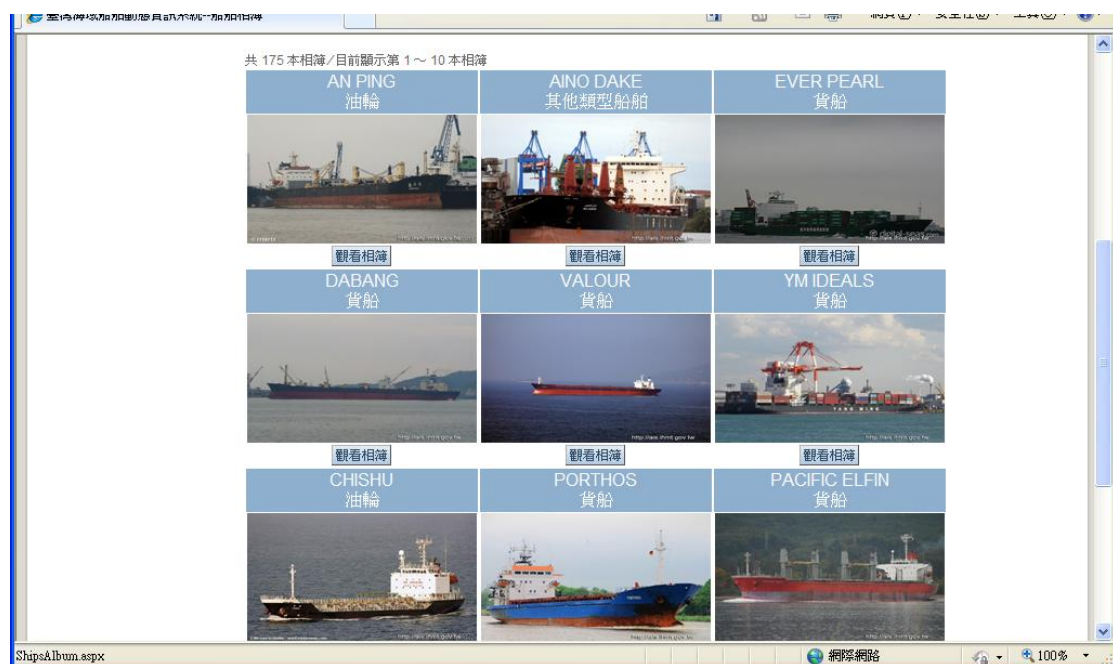


圖 2.11 船舶相簿清單

2.4.4 港口與船舶相簿管理模組

港口與船舶相簿管理模組功能包含船舶相簿清單及港口相簿清單等子模組，其船舶相簿清單如圖 2.11 所示。而港口相簿清單則如圖 2.12 所示。港口與船舶相簿管理模組最大的用途可以讓使用者對於港口的實景與船舶的造型有一個初步的了解；使用者只要註冊就可以將船舶照片上傳給資料庫管理者，其他使用者將可以透過港口、船名、MMSI、呼號等不同方式查詢得到資料庫內現有的照片，是十分實用的一種展示功能。



圖 2.12 港口相簿清單

2.4.5 網頁討論區模組

網頁討論區模組主要功能在提供使用者與管理者一個討論的園地，使用者對於網頁的問題與需求都可以留言或透過討論區獲得管理者的回應。其網頁討論區如圖 2.13 所示。



圖 2.13 網頁討論區

2.4.6 模限控管模組

權限控管模組主要在讓一般使用者能夠透過註冊，可以成為本系統的會員；成為會員後將享有(1).會員可留言或回覆留言，非會員只可看留言。(2).會員可上傳照片。(3).船舶動態更新時間由 90 秒縮短為 30 秒等權益。其會員註冊及權限管理如圖 2.14 所示。

圖 2.14 會員註冊及權限管理

2.5 節能減碳相關研究成果

依據 AIS 系統運作方式、AIS 接收站設置及船舶資訊整合應用等研究方法與分析過程，本研究將 AIS 接收站所蒐集的船舶歷史軌跡及即時訊息進行統計分析，來探討各類船舶的航行特性及分布情況。藉由各類船舶的航行特性及分布分析，可以求得最佳化航路，進一步達成航線規劃及航路建議的終極目標。本文僅就 AIS 的資料整合與應用分析，如何應用在節能減碳及海上防災的案例，來概要說明本研究的相關研究成果與分析方式。研究成果與分析方法則依交通流統計分析、船位密度分佈分析、港口分道航行分析、高碰撞風險分析、港口附近航線密集度分析、臺灣海域主要航路分析、LNG 液態船進出港分析、操船模擬及現場驗證分析等章節分述如下。

2.5.1 交通流統計分析

本研究開發了 1 套交通流分析統計模組，其交通流分析統計如圖 2.15 所示；此交通流分析統計模組可以透過使用者選擇的不同船舶條件，利用使用者自定的船舶穿越地理參考線，來做穿越地理線的交通流分析。經由穿越地理線的交通流分析，可以分析穿越地理參考線的交通流量，更可以針對各類船舶往(來)及返(回)的交通流統計量與航跡密度分佈，來探討區域性的交通流量分布情況，藉由交通流統計量探討，可以預測台灣海域何處為交通流量及密度最高之區域，進行分散航線的規劃，減少碰撞事故發生的機率。

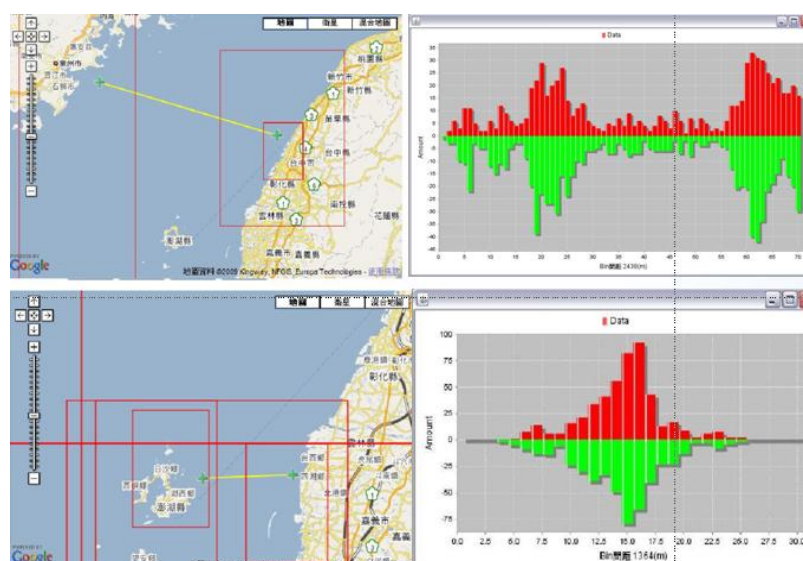


圖 2.15 交通流分析統計

2.5.2 船位密度分佈分析

AIS 應用分析可用於船位密度分佈調查如圖 2.16 所示;本案例分析資料來源為 2012 年 1 月的基隆港 AIS 接收站資料，分析範圍為北緯 25.2055 至 25.2615 東經 121.7275 至 121.7835 間隔 0.001 度（約 100m）網格，以 MapInfo GIS 套裝軟體分析所得的船位密度分布，圖中標示的數值為各網格內的船位數量，圖 2.16 顯示密度最高的位置在北緯 25.22150 東經 121.74145，在 100m×100m 範圍內有 130 筆船位。

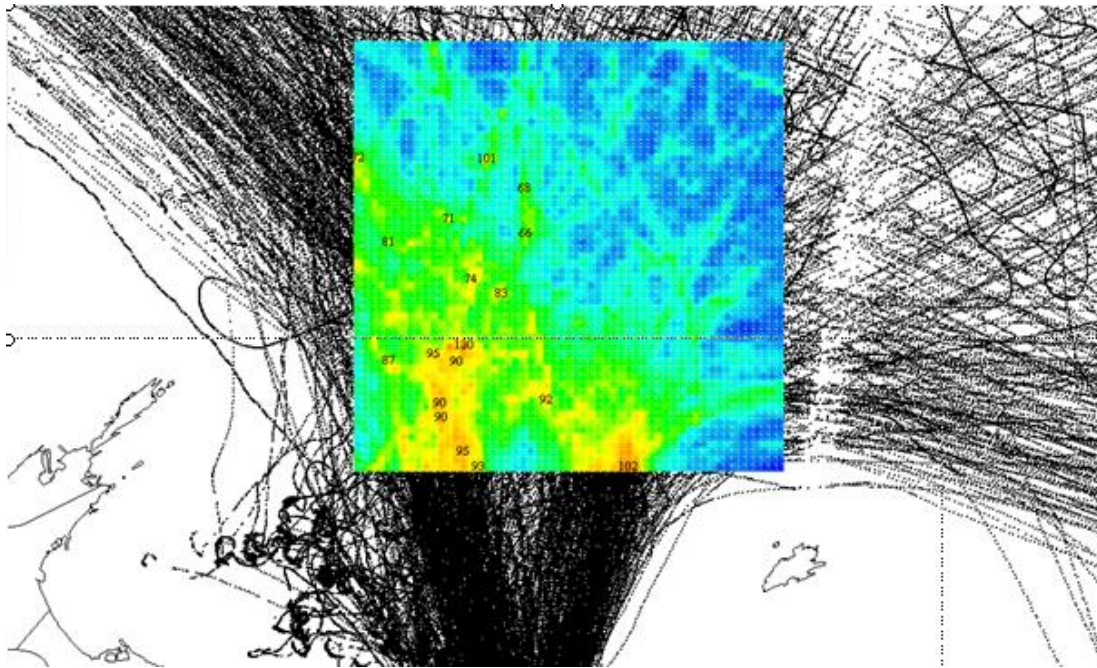


圖 2.16 船位密度分佈調查

另外取基隆港港口船位密度分佈調查為例，基隆港船位密度分佈調查如圖 2.17 所示;資料時間從 2012 年 4 月 7 日起至 2012 年 4 月 14 日為期 1 週，資料範圍為全部行經基隆港被 AIS 所接收之航行資訊，由圖 2.17 顯示基隆港港口附近的交通流分佈，其航向可分為西向、北向、東向及通過外海而不進出基隆港的船舶航線分佈，進一步探討基隆港交通流情況其實是具紊亂且互相交叉的情況。

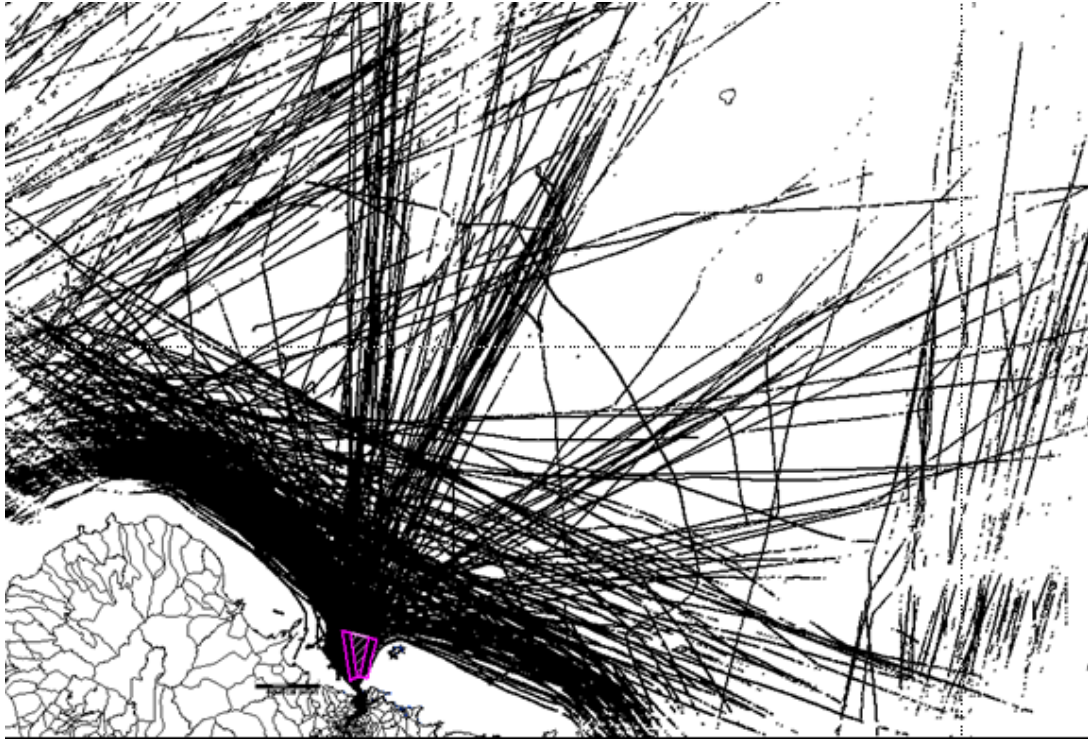


圖 2.17 基隆港船位密度分佈調查

2.5.3 港口分道航行分析

AIS 應用的另一個案例為港口分道航行分析，本研究舉基隆港港口分道航行為例；其基隆港分道航行的船速及航向分佈如圖 2.18 所示；本案例資料來源為基隆港從 2012 年 4 月 7 日起至 2012 年 4 月 14 日止 1 週期間，由交通部運輸研究所所架設的基隆港 AIS 接收站接收之船舶動態軌跡資料，分析結果顯示現行的基隆港分道航行政策與船舶航行軌跡略有出入，由圖 2.18 顯示船舶出港軌跡有明顯偏向左側之驅勢，而在港口禁航區域範圍也滿佈航跡，可以認定船舶進出時皆未能確時遵守分道航行之原則，實有改進之必要，本研究建議基隆港務分公司應該再加強分道航行措施的執行工作，以確保船舶進出基隆港航道的順暢與安全。

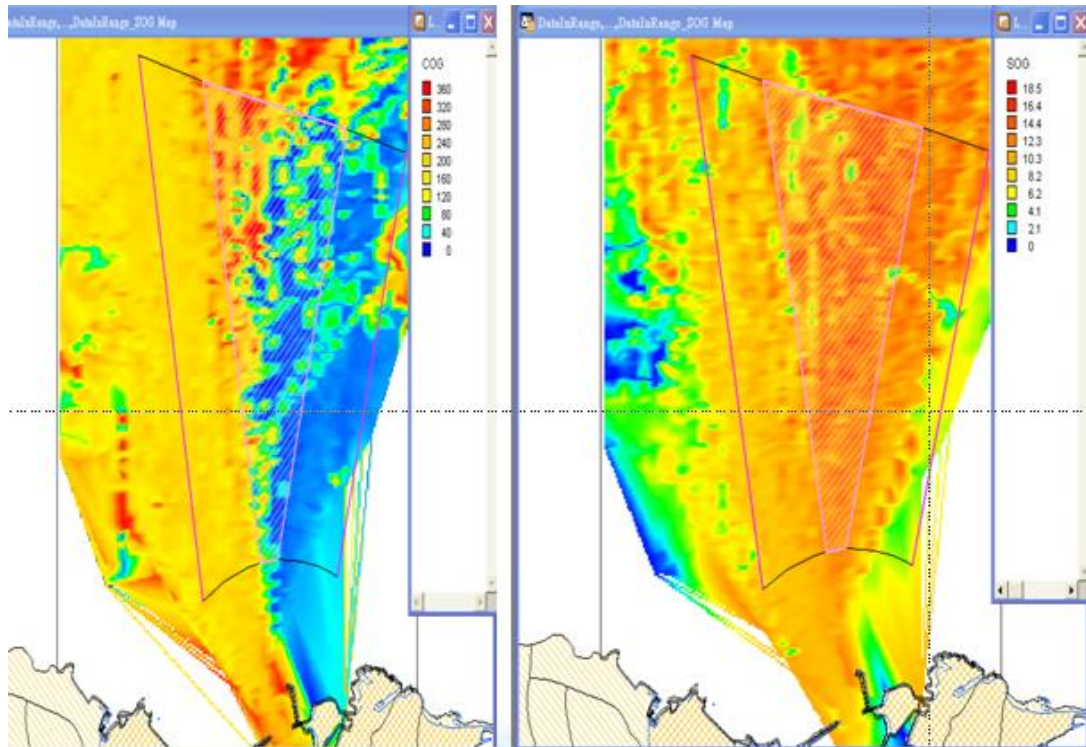


圖 2.18 基隆港分道航行的船速及航向分佈

2.5.4 高碰撞風險分析

AIS 應用的第三個案例為高碰撞風險分析，本計畫取任意一段時間內航速小於 14 節的 AIS 資料(本研究設為 2500 筆，設距離為 0.00025 度、最低點數為 5)來分析；其高碰撞風險時空密集區偵測分析試驗如圖 2.19 所示；由試驗分析結果顯示，AIS 具有船舶高速或轉向時縮短報告傳送時間的特性，而在高速或轉向時所在位置也將是碰撞風險機率最高的地點，因此由 AIS 船舶軌跡的時空密集區偵測分析試驗可以得知，其時空密集區與碰撞風險應有很高的關聯性，避開此一高碰撞風險時空密集區不失為航行安全的選擇之一。

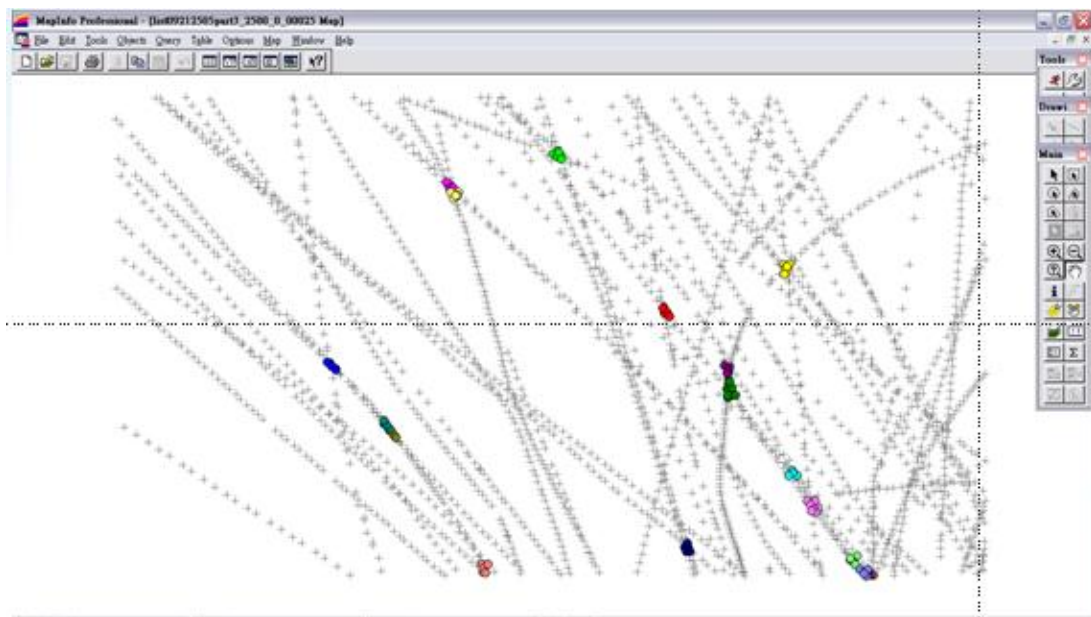


圖 2.19 高碰撞風險時空密集區偵測分析結果

2.5.5 港口附近航線密集度分析

本研究以 2010 年 10 月 1 日起至 2011 年 3 月 31 日止為期半年，分析臺中港現有錨泊區及未來預定南移之錨泊區共 9 條地理線；紅色線條間之區域為各斷面 60%之密集航線區域，黃色線條為各斷面最巔峰航次位置。

本分析的 60%密集航線分佈如圖 2.20 所示；由圖 2.20 得知，臺灣海域航行的船舶航經臺中港之 60%密集度分佈情況，由密集度分佈分析可以作為規劃分道航行之依據。舉例來說，可以以黃色中間線作為分隔區間，黃色右邊為往北航道，黃色左邊為往南航道，如果未來能依此作分道航行依據，那麼便能提升臺灣海域的航行安全。



圖 2.20 臺中港附近往北 60%密集航線分佈

2.5.6 臺灣海域主要航路分析

由 AIS 資料庫的記錄配合本研究之交通流統計與迴歸分析可以得知臺灣船舶各主要港口航路分布如圖 2.21 所示;由圖 2.21 的分析結果顯示,航行於臺灣海域的船舶在各主要港口之間皆有其既定的航道,而這些既定航道也就是臺灣海域航線最密集的分佈區域,經由得出最密集分佈圖,我們可以作為臺灣海域最佳化航道規劃的參考。



圖 2.21 臺灣船舶各主要港口航路分布

本研究亦可以從這些既定且最密集的航路分佈來研判，得到臺灣各主要港口船舶航行最密集航路如圖 2.22 所示。

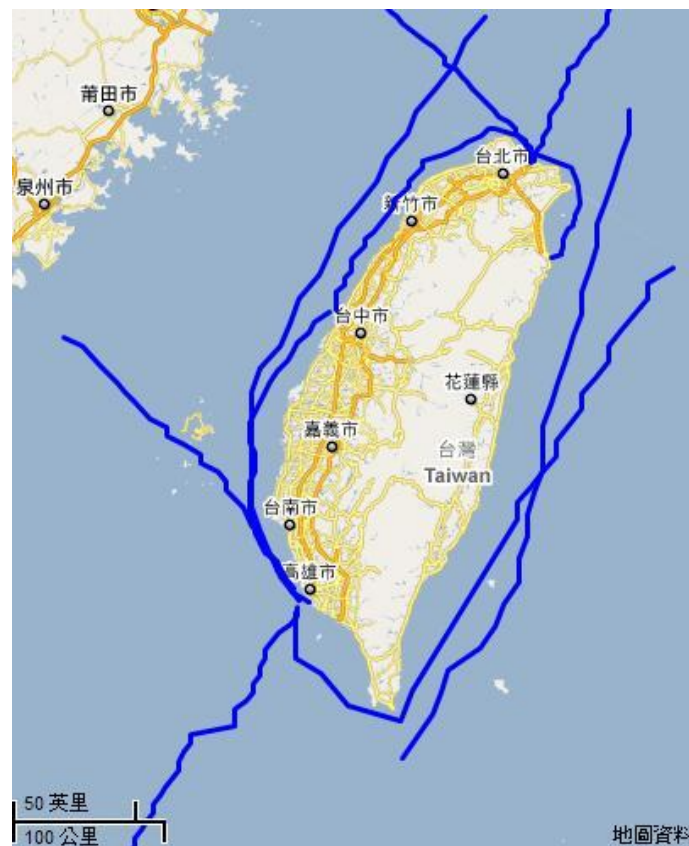


圖 2.22 臺灣各主要港口船舶航行最密集航路

由圖 2.22 最密集航道分佈圖顯示，在某些海域有兩條密集航路線交叉的情況發生，而此交叉情況所在的海域，可視為機率最高的船舶碰撞區域，本研究將可以提供航政機關在規劃臺灣海域整體航路時的避開高碰撞區域的參考依據。

而經過前述的最密集航道分析後，我們可以針對特定港口與港口之間作最佳化的航路分析，本研究列舉臺中港與高雄港之間的航路為例，找出一條臺中港與高雄港最佳化軌跡線(紅色路徑)如圖 2.23 所示，此條軌跡線代表船舶航行於臺中港與高雄港之間最密集的航行路線，也是航商認為最安全且不可能發生碰撞與擱淺的航路，依循前人所經常行駛的路線，吾人可以認定此安全航路應是最佳化的航路，因為大多數的航商基於節省油耗與防止碰撞上的考量，此航路必定是經過長期經驗的累積所得出的航線。因此最佳化航道分析將有助於船舶在航行於特定港口與港口之間，提供非國籍航商一個最有利的選擇與導航的建議。

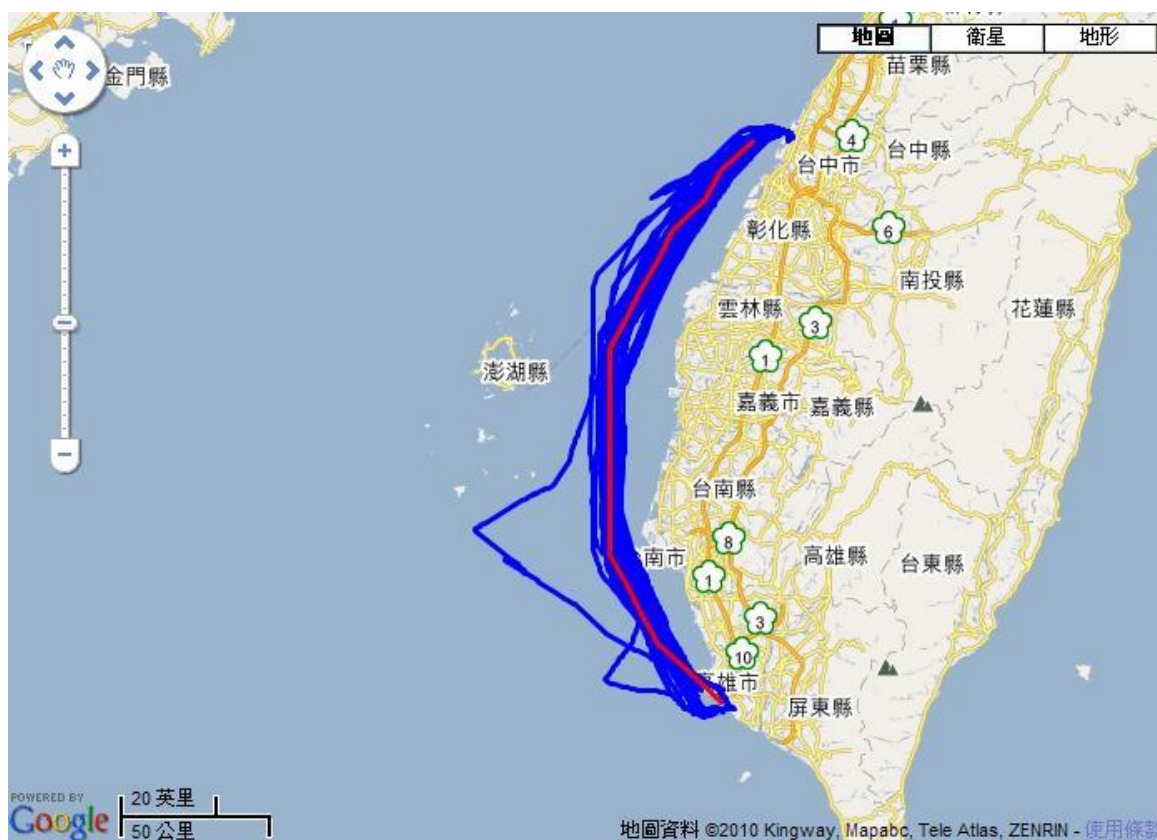


圖 2.23 臺中港與高雄港最佳化軌跡線(紅色路徑)

2.5.7 LNG 液態船進出港分析

本研究在航行安全分析方面，係以台灣中油公司所屬之 TAITAR NO.1 號、TAITAR NO.2 號及 TAITAR NO.3 號等三艘液化天然氣(LNG)運輸船為研究對象，此碼頭為西十三液態天然氣專業碼頭，由於液化天然氣為危險易燃物品，因此特別分析其航道軌跡是否有異常現象發生。本研究先以 2010 年 5 月至 8 月止夏季時段的 5 航次資料分析，其臺中港 LNG 運輸船進港軌跡如圖 2.24 所示、出港軌跡則如圖 2.25 所示。



圖 2.24 臺中港 LNG 運輸船進港軌跡



圖 2.25 臺中港 LNG 運輸船出港軌跡

由圖 2.24 及 2.25 顯示，依照臺中港液化天然氣船進出港與繫泊作業規定，LNG 運輸船靠泊船席時，船首應朝向港外方向，因此 LNG 運輸船需在港內迴船，但是由 AIS 的船舶軌跡顯示(圖 2.24 之黃色圓圈區域)，在各航次迴船時皆無一定的作業準則，常造成靠泊碼頭船席時的距離不一致；因此建議臺中港務分公司應該訂定 LNG 運輸船迴船及停靠船席的標準作業準則，才不致於因 LNG 運輸船迴船及靠泊的不一致產生航安意外事件，影響碼頭靠泊作業。

2.5.8 操船模擬及現場驗證分析

本研究將 AIS 資料庫的船舶軌跡資料應用於操船模擬驗證分析，藉以比對操船人員與海上船舶航行間的差異性，亦得到相當良好的成果。港研中心現有操船模擬設備如圖 2.26 所示；其中操船訓練可以預先在電子海圖顯示器上規劃航行路線如圖 2.27 所示，而此規劃航行路線可以指示訓練學員依據此規劃路線進行操船模擬，操船模擬後之成果可以與 AIS 資料庫中儲存的現場實際 LNG 運輸船航行軌跡進行比對。



圖 2.26 港研中心現有操船模擬設備

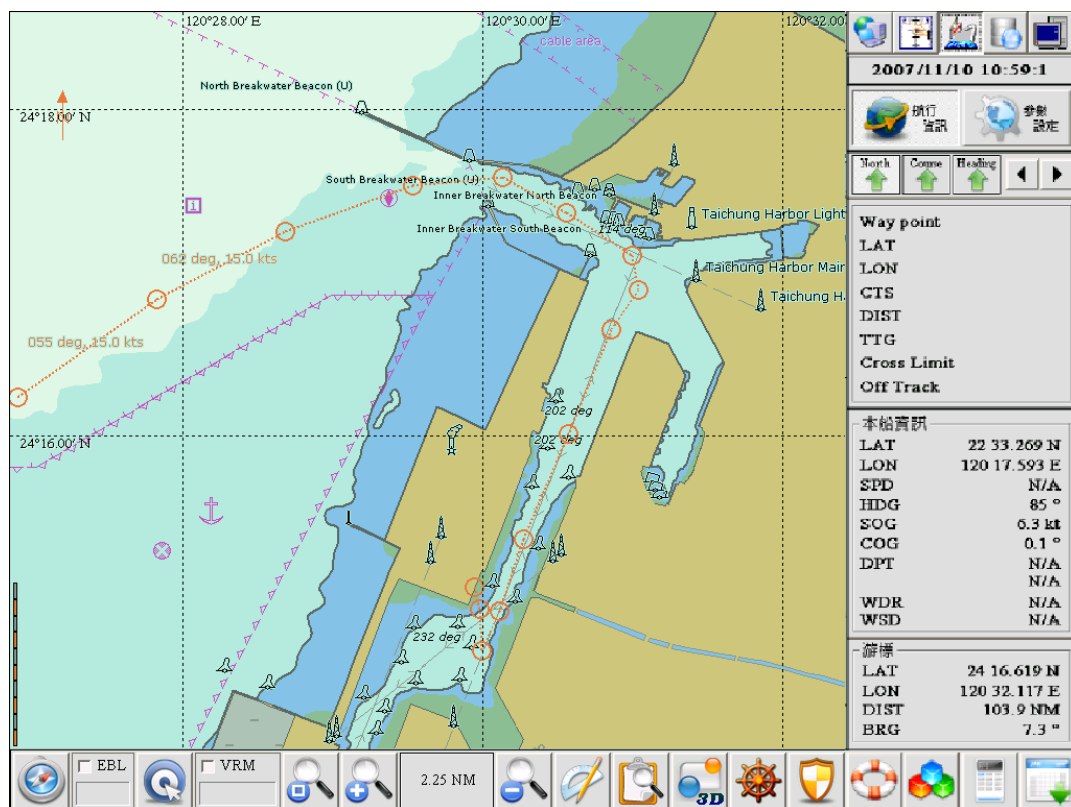


圖 2.27 電子海圖顯示器上規劃航行路線

其操船模擬與 LNG 運輸船航行軌跡比對如圖 2.28 所示。圖 2.28 顯示的黃色軌跡線為現場 LNG 運輸船進港航行軌跡，白色軌跡線為操

船模擬器所操作的航行軌跡，而此兩條軌跡線將可以比對出操船模擬與現場實際航行兩者間的差異性；操船人員將可以藉由修正操船模擬過程來學習現場實際航行的歷程，如此可以讓操船模擬人員學習與真實海上航行的經驗；藉由 AIS 資料庫的船舶軌跡資料應用在操船模擬器的過程，可以讓學員不必在海上實際操船，就可以學習有經驗船長的操船過程，如此將減低海上實際操船的船舶油耗量，而且可以避免因學員操作不純熟所產生錯誤的航安事件發生。

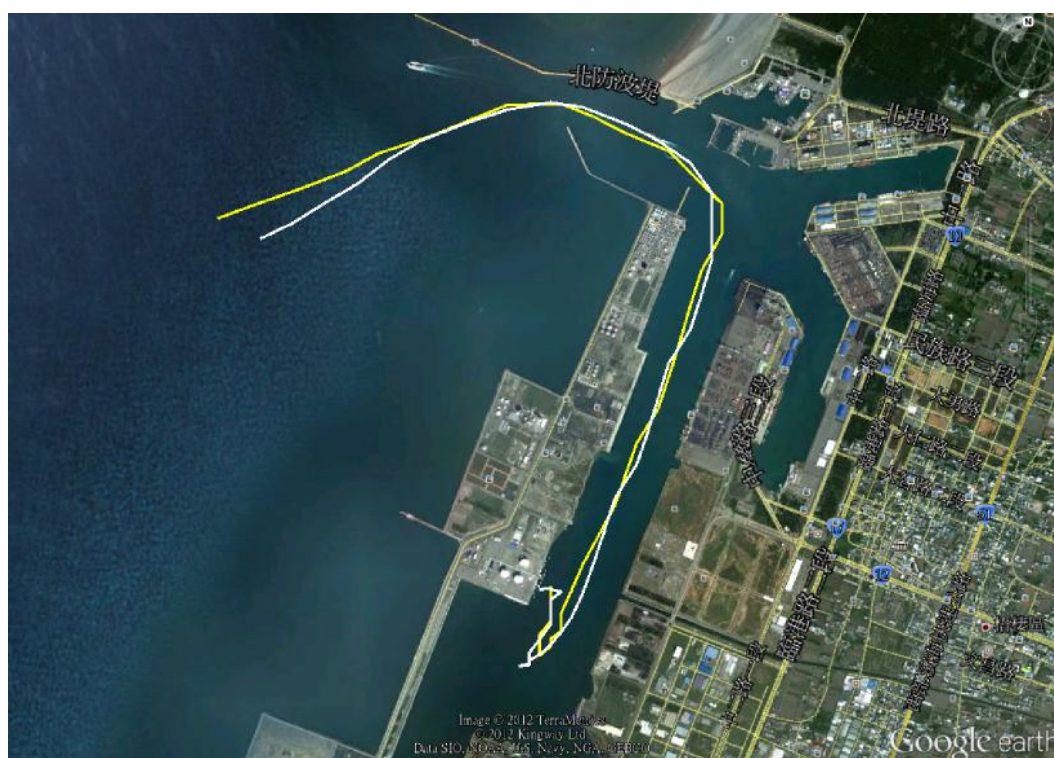


圖 2.28 操船模擬與 LNG 運輸船航行軌跡比對

2.6 海上防災相關研究成果

由於近年來臺灣海域船舶航安事件頻繁，本研究特別利用交通部運輸研究所 AIS 接收站所蒐集的船舶動態歷史資訊，針對各個航安事件，進行分析與探討其出事的原因，並釐清航安事件的責任歸屬。以下為本研究列舉百麗輪客輪事件、東昇號擦撞事件、信春輪擦撞防波堤事件、OBERON 貨輪擱淺事件等四大航安事件，來說明本研究針對海上防災所獲得之研究成果。

2.6.1 百麗輪客輪事件

百麗輪客輪於 2011 年 6 月 11 日航行於布袋至馬公之間，疑係風浪過大或航速過快，致使船上旅客多人受傷送醫。經本研究依據 AIS 資料庫繪出百麗輪的航行軌跡如圖 2.29 所示，由圖 2.29 及分析資料可知以 AIS 記錄的時間點計算該船平均航速約為 38.24km/hr(20.65 節)，另求得最大瞬間航速達 65.13km/hr(35.17 節)左右；因此探究其肇事原因係因航速超過此客輪之最大航速限制，因此船身搖晃過劇，造成航災事件。由本案例可知經由 AIS 資料庫的船舶軌跡分析，可以描述出航安事件發生當時的過程，也可以釐清肇事的原因，由此可知針對船舶航速與歷史軌跡的調查 AIS 資料庫是一項非常有用的工具，將可以幫助航政管理機關快速有效的釐清航安事件，解決航安事件不必要的爭議。

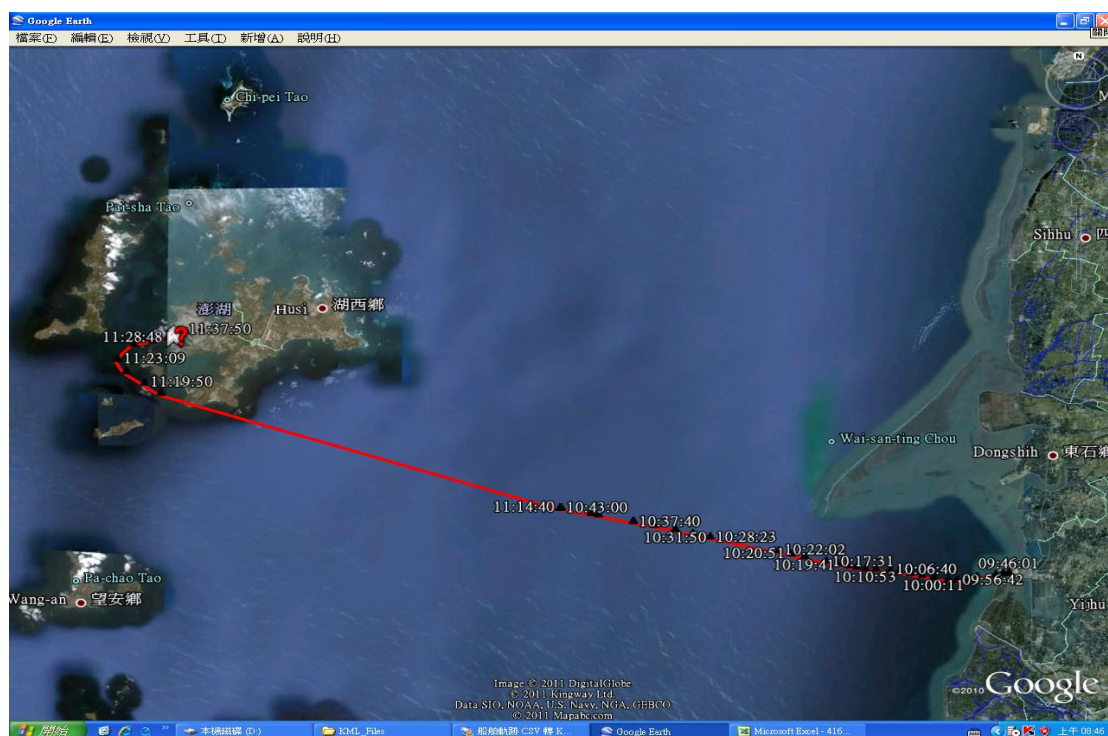


圖 2.29 百麗輪的航行軌跡

2.6.2 東昇號擦撞事件

2011 年 11 月 17 日海巡署接獲天成 168 號漁船通報於臺中港外西北方 7 浬處，與巴拿馬籍「東昇號」貨輪擦撞，船上有 7 人待救，由該中心派艇救援。

為釐清責任歸屬，本研究依據 AIS 資料庫查詢兩船之航行軌跡資料發現，天成 168 號漁船並無裝設 AIS，因此無船舶動態系統軌跡。而根據東昇號貨輪之船舶軌跡如圖 2.30 所示；其航行軌跡於當日 14:38:29 時由原南往北突然改變成由北往南，因此可以得知該輪與天成 168 號漁船擦撞之確實時間與地點，本研究並可計算當時船速，提供鑑識單位判讀肇事原因。經由本航安事件的分析結果可知，天成 168 號漁船因為未裝設 AIS 接收及發射系統，所以其在航行時未能接收鄰近海域船舶動態資料，致使東昇號貨輪已經進入碰撞警戒範圍而不自知，而且也未能讓東昇號貨輪即時查覺它的船位，因此而造成航安事件。由本案例可知積極推動漁船裝設 AIS 發射系統確實有其必要性。

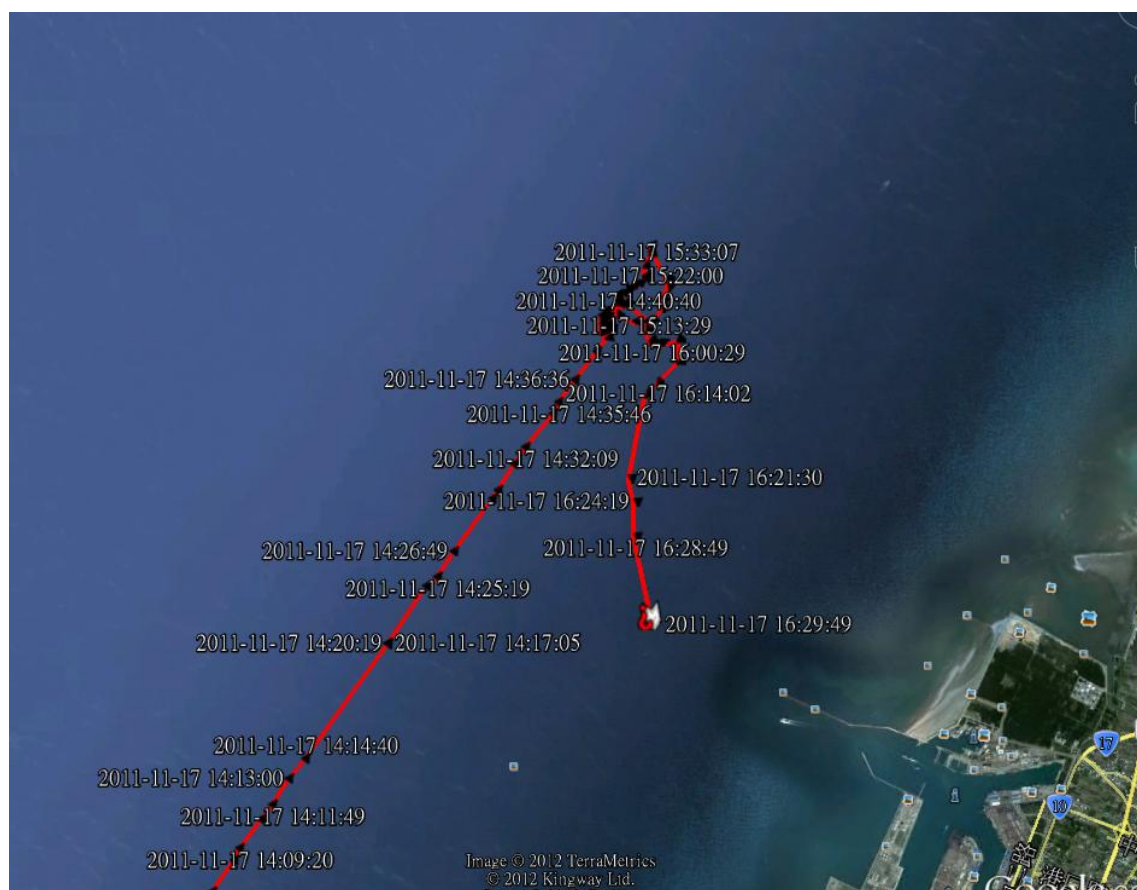


圖 2.30 東昇號貨輪之船舶軌跡

2.6.3 信春輪擦撞防波堤事件

2011 年 12 月 1 日香港籍信春輪貨櫃船進入臺中港航道時，遭受

強烈東北季風吹襲偏離航道，擱淺在臺中港南防波堤。依據 AIS 資料庫查出信春輪之船舶軌跡如圖 2.31 所示；資料顯示該輪沿著臺中港北防波堤進港後，受強烈東北季風吹襲，致使擱淺於南防波堤堤邊。究其原因係因信春輪進入臺中港時東北季風風速過大，致使其航路由原先偏北經過強風吹襲而導致向南撞上南防波堤附近，而以其入港時的船速無法即時修正回原先航路，因而導致釀成本次事件。

本研究經由 AIS 資料庫的船舶軌跡分析與當時的風速情況研判所得出之結果，已將相關數提供給臺中港務局作為未來進出港時風速及船速限制的參考依據。本研究亦同時建議臺中港務局應加強風速過大時船舶進出的管控及引水作業，藉以維護港區的航行安全。

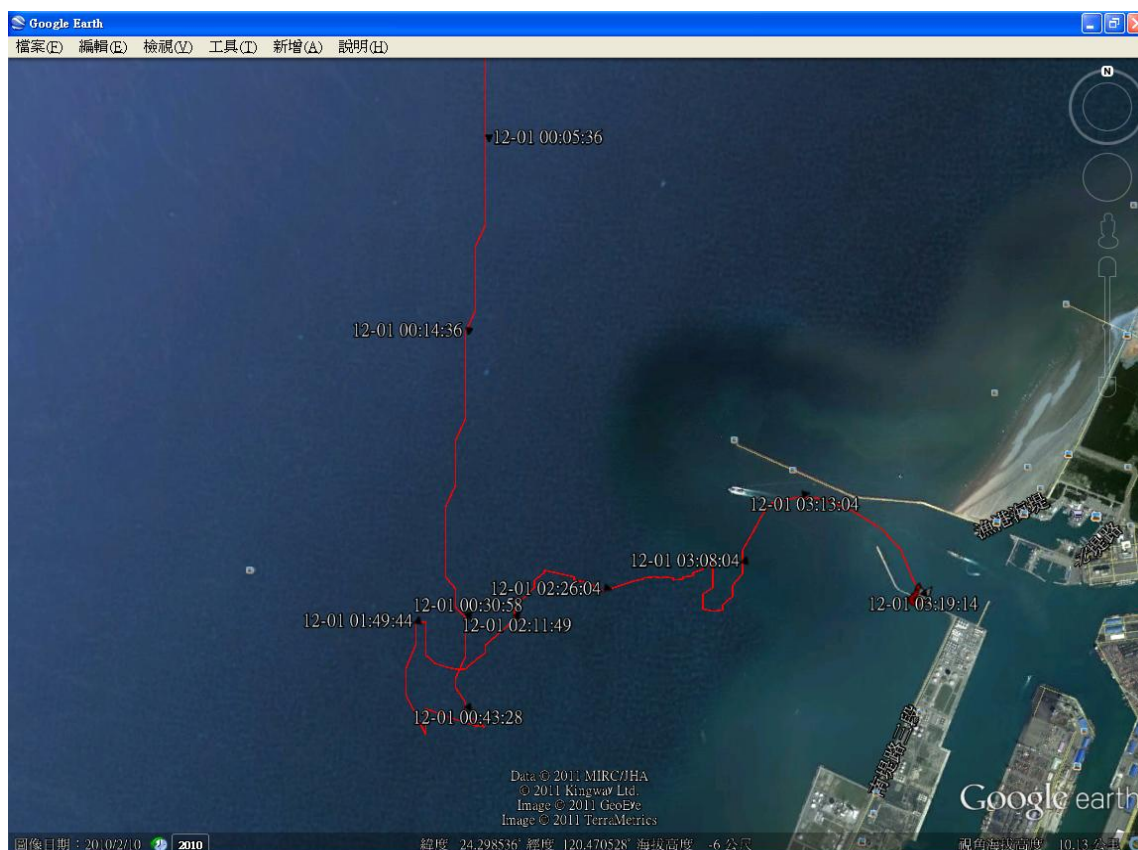


圖 2.31 信春輪之船舶軌跡

2.6.4 OBERON 貨輪擱淺事件

2012 年 2 月 19 日泰國籍 OBERON 貨輪疑似不熟悉水域，在澎湖外海被強風吹離航道，於吉貝嶼外海擱淺，造成燃油外漏事件；依據

AIS 資料庫船舶軌跡與電子海圖比對，OBERON 貨輪之船舶軌跡如圖 4 所示；其航路應由吉貝嶼燈塔北面經過，但該輪卻航入吉貝嶼燈塔與吉貝島之間，致使水深不足而觸礁漏油。由圖 32 及當地海域地形研判，OBERON 貨輪其航行原應經過吉貝嶼北方通過澎湖海域，可能因為對於澎湖海域地形不了解，或因天候不佳偏離既定航線，致使該輪駛入吉貝嶼燈塔與吉貝島之間，因該海域水深過淺而導致擱淺，造成燃油外漏污染海域影響生態的航安事件發生。探究本事件發生的原因，本研究建議澎湖海域應設置 AIS 發射及接收站，並提供 AIS 的警示發送設備，讓通過該海域的船舶能夠透過 AIS 訊息的接收，及早獲得警示訊息，防範船難發生於未然，如此不但可以減低航安事件的發生，也對船難所帶來的油污污染，提供最即時的處置。

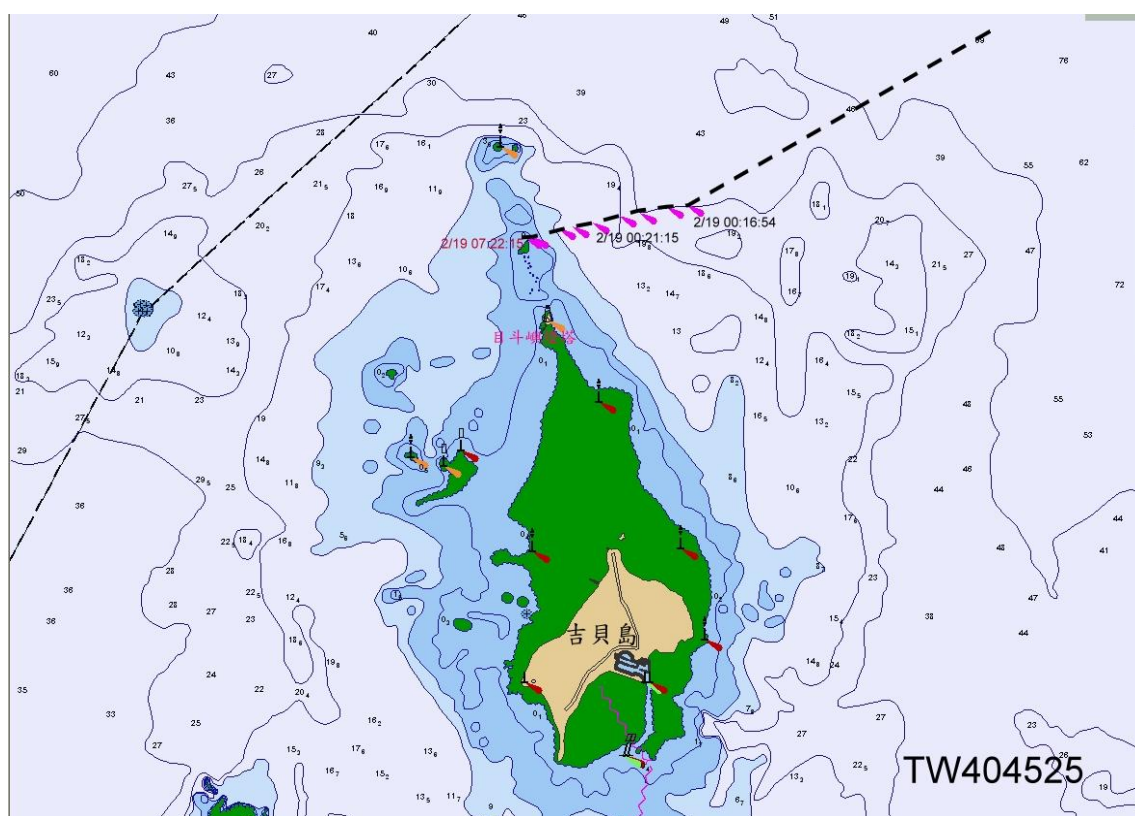


圖 2.32 OBERON 貨輪之船舶軌跡

2.7 小結

為了因應智慧化海運的國際現勢與需求，結合了 GPS 衛星導航與無線通訊技術的船舶自動識別系統(AIS)已日漸成為海上航行的主流設備，本研究依據此一趨勢先期建置了臺灣海域 AIS 接收站及其整合資料庫系統。本文則就 AIS 整合資料庫的船舶即時資訊與歷史軌跡，如何應用在節能減碳與海上防災上的相關研究，並對其獲致的研究成果說明如下：

1. 交通部運輸研究所目前架設有本島 9 處及外島 5 處，共計 14 處的船舶自動識別系統(Automatic Identification System, AIS)接收站，依據本研究實際運作與分析，未來臺灣海域至少需設置 15 處及離島 6 處，共計 21 處的 AIS 接收站才能充分涵蓋；而離島則建議設置澎湖、彭佳嶼、蘭嶼、金門、馬祖、東沙等 6 處接收站。
2. 本研究透過 14 處 AIS 接收站收集的船舶資訊，整合成為 AIS 資料庫，透過資料庫的船舶動態資訊(CSV 檔案)轉成 Google earth 軌跡 (KML 檔案)，並以統計迴歸、類神經等方法獲得最佳化航線規劃與航路分析，作為節能與航安分析的最佳工具。
3. 藉由 AIS 資料庫的資料收集，本研究已完成有關節能減碳及海上防災的相關研究成果。藉由節能減碳的相關研究成果與分析方法，可進行交通流統計分析、船位密度分佈分析、港口分道航行分析、高碰撞風險分析、港口附近航線密集度分析、臺灣海域主要航路分析、LNG 液態船進出港分析、操船模擬及現場驗證分析等研究分析。而藉由海上防災的相關研究成果與分析方法，本研究亦分析了有關百麗輪客輪事件、東昇號擦撞事件、信春輪擦撞防波堤事件、OBERON 貨輪擱淺事件等航安事件，未來可以作為航務主管機關與港務單位於探討航安事件發生原因時，作為重要的佐證資料，藉以釐清航安事件的責任歸屬。

第三章 港埠船舶減速查核系統

本研究第二個子題主要的研究重點是研發綠色港埠有關的新技術，研究源起於臺灣港務股份有限公司所積極推動的「臺灣港群綠色港口推動方案」相關需求，針對進出臺灣主要港口之船舶，建立一套船舶減速查核系統。本研究的方法主要在透過岸上的船舶自動識別系統(AIS)接收站，接收港口附近的船舶即時動態資訊，再利用自行開發的船舶減速查核應用程式，來即時顯示及計算船舶減速有關的數據，未來可以將所獲得的船舶即時資訊與減速數據，納入船舶減速資料庫管理系統中儲存，並於每月或每季進行船舶減速數據的統計及彙整。藉由本計畫可以提供各港務分公司在船舶減速查核機制上，得到正確且即時的數據資料，達成船舶減速查核之目的，並協助臺灣港務股份有限公司加速「臺灣港群綠色港口推動方案」的推動成效。

目前國際上船舶航行與進出港口，皆依靠「智慧型海洋運輸系統」，並已成為趨勢。而智慧型海洋運輸系統的核心配備「船舶自動識別系統」則能有效結合電子通訊、網路資訊等技術，使船舶與港埠管理者能快速的獲得所需之船舶資訊，有助於提升船舶進出港的安全及效率，且透過 AIS 的船舶資訊蒐集及儲存，港埠管理者更能完善進行各項港埠環境的保護與規劃。

近年交通部所屬的臺灣港務股份有限公司積極推動「臺灣港群綠色港口推動方案」，而其中「船舶減速查核系統」主要目的在致力於監控進出港船舶的減速情況，期望有效降低港區二氧化碳的排放量，達到港埠環境保護的目標；所以本計畫主要在透過 AIS 的通訊技術，來追蹤船舶進出港口時的減速情形，並計算出具體的船舶減速數據，藉由具體的船舶減速數據來規劃與建立臺灣各國際港的船舶減速查核機制。

3.1 減速查核系統開發目的

本研究主要目的是依據臺灣港務股份有限公司所推動的「臺灣港群綠色港口推動方案」需求，針對進出臺灣主要港口的船舶，建立一

套船舶減速查核系統。本文所研發的船舶減速查核系統係利用岸上架設的船舶自動識別系統（AIS）接收站，接收港口附近的船舶即時動態資訊及靜態資訊，再利用蒐集到的船舶資訊，透過特定的船舶減速應用程式來計算出各別船舶的減速數據，最後將船舶減速數據儲存於資料庫管理系統中，未來可以運用在各項不同的統計與分析。

藉由船舶減速查核系統的建立，各港務分公司可以即時監控行經港口附近的航行船舶，在不同離港距離區段內的減速情況；本系統除了可以提供港務單位即時觀察船舶進出港資訊外，亦可進一步彙整船舶進出港資訊，輸出各項統計報表，來協助港務單位得到具體船舶減速數據，未來在港區節能減碳獎勵或處罰措施的研擬時作為有力的參考依據，期能加速達成臺灣港務股份有限公司「臺灣港群綠色港口推動方案」的執行成效與推動目標。

3.2 減速查核系統開發方法

依據前述的研究目的，本系統的研究方法係由岸上架設的船舶自動識別系統（AIS）接收站，接收港口附近的船舶即時動態資訊及靜態資訊，納入 AIS 船舶資料庫中，再利用資料庫中的船舶資訊，透過船舶減速查核系統所需的應用程式及模組，來計算出船舶進出港的減速數據，最後將船舶進出港的減速數據製作成使用者所需的統計報表，提供給使用者參考與運用，本文主要的二大研究重點有：設備船舶自動識別系統（AIS）與船舶減速的定義原則，分別概述如下。

3.2.1 船舶自動識別系統(AIS)

AIS(Automatic Identification System)為目前國際海事組織(IMO)所規範的助航設施，其傳遞及接收頻段為海事頻段中的 VHF(Very High Frequency)，介於 156MHz~162Mhz；其訊息為利用時間分割多元存取(TDMA)的廣播方式，傳遞速度可達每分鐘 2250 個訊息；AIS 系統本身不需人為操作，即可在船舶與船舶間、船舶與港口間形成通訊網路，因此具備了自動識別的功能，其船舶自動識別系統（AIS）整體架構如圖 3.1 所示。

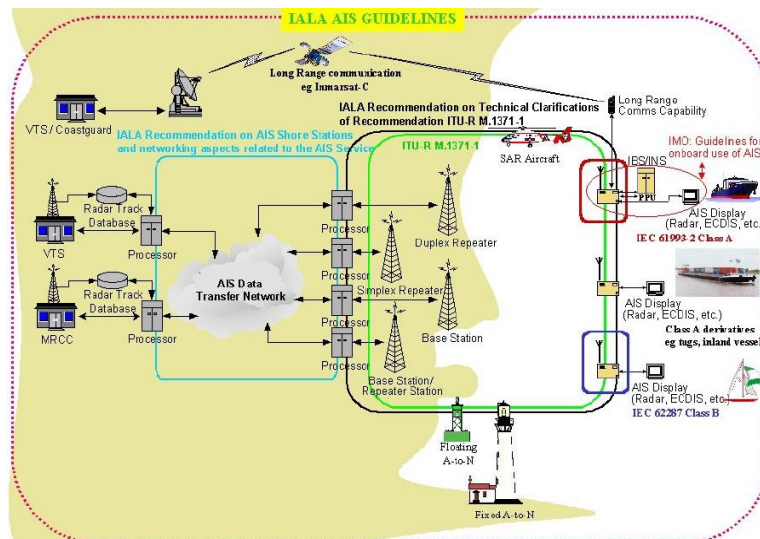


圖 3.1 船舶自動識別系統（AIS）整體架構

船舶自動識別系統（AIS）收發的訊息中包含船舶靜態資訊、航行相關資訊、動態資訊、動態報告及緊急求救消息等，其 AIS 資訊種類如表 3.1 所示。而其訊息回報速率則依據船舶航行狀態，介於 3 秒到 3 分鐘之間，訊號涵蓋範圍可達 25 海浬之遙。鑑於 AIS 系統所具備的國際化及普遍化特性，本研究取其作為船舶減速查核系統的主要核心配備與蒐集資訊來源，將可迅速與國際接軌，並簡化系統的硬體設計與規劃流程，有助於快速建構與整合船舶減速查核系統。

表 3.1 AIS 資訊種類

訊息總類	接收訊息
靜態資訊	• 〈MMSI, Maritime Mobile Service Identities Code〉海上移動業務識別碼 • 〈IMO Number〉國際海事組織編號 • 〈Call Sign〉船舶呼號 • 〈Type of ship〉船舶類型 • 〈Length and beam〉船隻長度與寬度 • 〈GPS Antenna location〉GPS 天線位置
航行相關資訊	• 〈Draught of the ship〉船隻吃水深 • 〈Cargo information〉裝載貨物資訊 • 〈Destination〉航行目的地 • 〈Estimated Time of Arrival, ETA〉預估到達時間
動態資訊	• 〈Position of the ship〉船隻位置 • 〈UTC, Coordination Universal Time〉世界標準時間 • 〈Course Over Ground, COG〉對地航向 • 〈Speed Over Ground, SOG〉對地航速 • 〈Heading〉航向 • 〈Rate of turn〉轉向率 • 〈Navigational status〉航行狀態
動態報告	• 〈Ship speed〉船隻速度 • 〈Ship status〉船隻狀態
緊急求救消息	• 〈Alarm〉警示 • 〈Safety〉緊急求救

3.2.2 船舶減速定義原則

本研究之船舶減速定義原則係依據洛杉磯港船舶減速查核機制所定義之方式，將港口距離區域區分為三個區段，其港口區域分段示意如圖 3.2 所示。

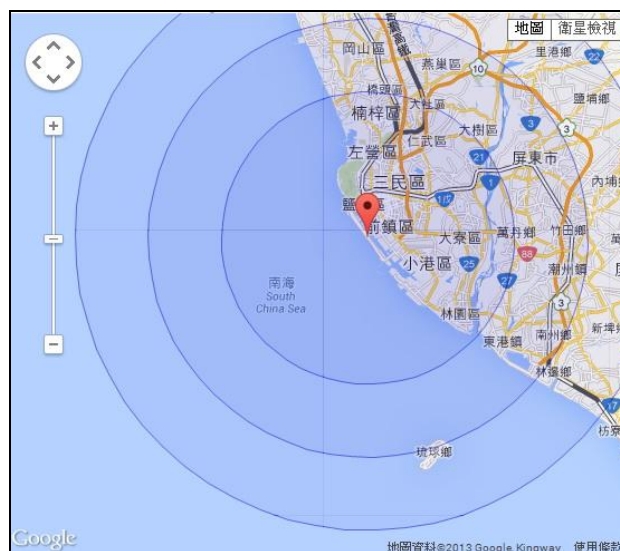


圖 3.2 港口區域分段示意

取得船舶穿越各區段的離線船速後，再並計算各區段間之平均速度，最後計算整合平均速度，其各區段離線船速定義如表 3.2 所示，各區段平均速度與整合平均速度定義如表 3.3 所示。

表 3.2 各區段離線船速定義

第一區段速度 (V1)	第二區段速度 (V2)	第三區段速度 (V3)
通過20nm等距 離線之船速	通過15nm等距 離線之船速	通過10nm等距 離線之船速

表 3.3 各區段平均速度與整合平均速度定義

第一區段平均速度 (A1)	第二區段平均速度 (A2)	第三區段平均速度 (A3)
$20 \times (V1 + V2) / 2$	$15 \times (V2 + V3) / 2$	$10 \times (V3 + 12) / 2$ 或 $10 \times V3$ 擇值小者為計
整合平均速度(Vs)： $(A1 + A2 + A3) / (20 + 15 + 10)$		

以高雄港為例，船舶進出港口之船速係由船舶自動識別系統(AIS)接收站取得船舶即時動態資訊，再藉由本研究設計的船舶減速查核應用程式，計算船舶通過 20、15、10 海浬（三區段距離可以由使用自行設定）時的離線船速，其離線船速分別定義為 V1、V2、V3。

船舶減速查核應用程式會自動判定，當船舶離線船速 V1、V2、V3 完整取得後，進一步計算各區段間之平均速度，分別定義為 A1、A2、A3，取得各區段平均速度 A1、A2、A3 後，依據各區段設定的海浬數做加權平均，獲得整合平均速度 Vs。

船舶減速查核系統即依此整合平均速度 Vs 對 12nm/hr 船速作判斷，當 Vs 小於 12nm/hr，則判定該航次達成船舶減速之目標。

3.3 減速查核系統開發成果

本研究的主要目的在建立一套船舶減速查核系統，所以依據前述的研究方法，本文規劃出了 2 大子系統，各別為「AIS Server 船舶監控系統」與「船舶顯示及資料統計系統」。其中「AIS Server 船舶監控系統」的核心為「AIS 接收解碼模組」程式，其主要功能在接收與解碼 AIS 訊息；而「船舶顯示及資料統計系統」則具備「船舶即時顯示模組」與「船舶減速資料庫統計模組」2 組模組程式，其主要功在即時顯示與統計船舶動態訊息，整個船舶減速查核系統架構如圖 3.3 所示。

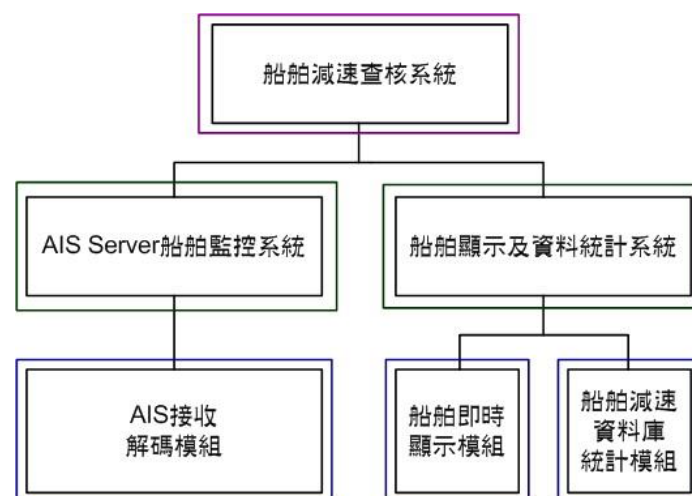


圖 3.3 船舶減速查核系統架構

依上述系統架構，本研究設計出的船舶減速查核系統硬體設備需求如圖 3.4 所示。

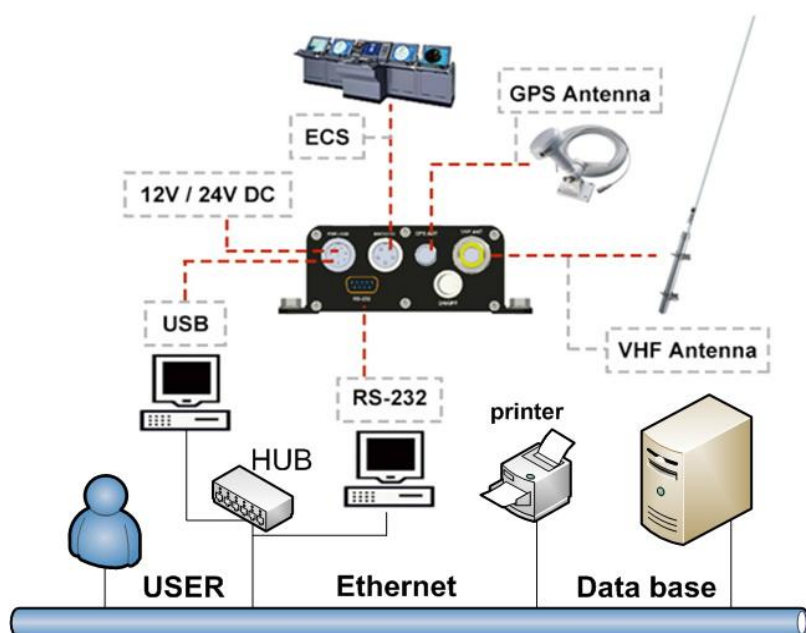


圖 3.4 船舶減速查核系統硬體設備需求

依據系統硬體設備需求，本研究擬定的硬體設備可分為「AIS 岸上基地臺設備」及「船舶減速查核系統顯示及操控主機」2 大主體；其所包含的設備名稱及附屬設備如表 3.4 所示：

表 3.4 設備名稱及附屬設備

設備名稱	附屬設備
AIS 岸上基地臺設備	a.全向性 VHF 天線乙組。 b.AIS 接收器(符合 IMO 國際標準規範)乙組。 c.連結纜線及其他耗材乙式。
船舶減速查核系統 顯示及操控主機	a.電腦主機(包含螢幕、鍵盤滑鼠)乙組。 b.資料儲存設備乙組。 c.網路設備乙組。

依據上述的系統架構及硬體設備需求，本研究研發出了各項應用程式及模組，計有 AIS 接收解碼模組、船舶即時顯示模組及船舶減速資料庫統計模組等，而各項應用程式及模組的運作方式及功能分別描述如下。

3.3.1 AIS Server 船舶監控系統

航行船舶發送之 AIS 訊息內容係依據國際海事組織(International Maritime Organization, 簡稱 IMO)的國際海上人命安全公約(SOLAS)規定，並以 AIVDM/AIVDO 格式編碼，經由海事頻段的 VHF 傳遞；於岸際的基地臺經 AIS 接收機接收訊息後，將訊息流由 RS232 傳送至船舶減速查核系統主機，再透過 AIS Server 船舶監控系統的核心 AIS 接收解碼模組將船舶訊息還原。

本研究依上述編碼格式開發了 AIS Server 船舶監控系統，AIS Server 船舶監控系統的核心 AIS 接收解碼模組操作介面如圖 3.5 所示，AIS 接收解碼模組包含設定選項及開啟(關閉)AIS 接收等 2 個主要功能，其功能則分述如下。

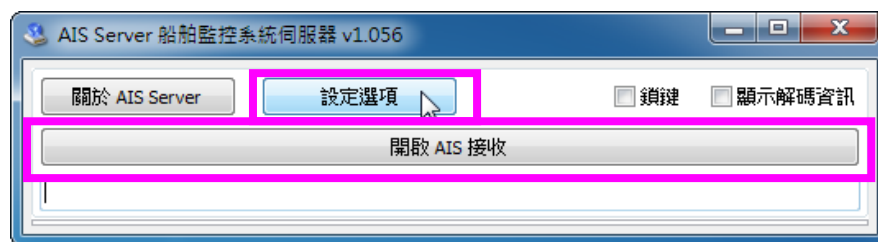


圖 3.5 AIS 接收解碼模組操作介

1.開啟(關閉)AIS 接收功能

開啟(關閉)AIS 接收功能係為 AIS Server 船舶監控系統的啟動及停止控制開關。

2.設定選項功能

設定選項功能具備自動登入設定、記錄檔解碼模式、RS232 序列埠設定及資料庫鏈結設定等 4 個操作介面，其功能及操作分述如下：

(1)自動登入設定操作介面：

自動登入設定操作介面如圖 3.6 所示，此介面主要是預防主機異常關機再啟動後，系統能自動登入並持續運作，藉此設定可以有效降低現場監控人力。

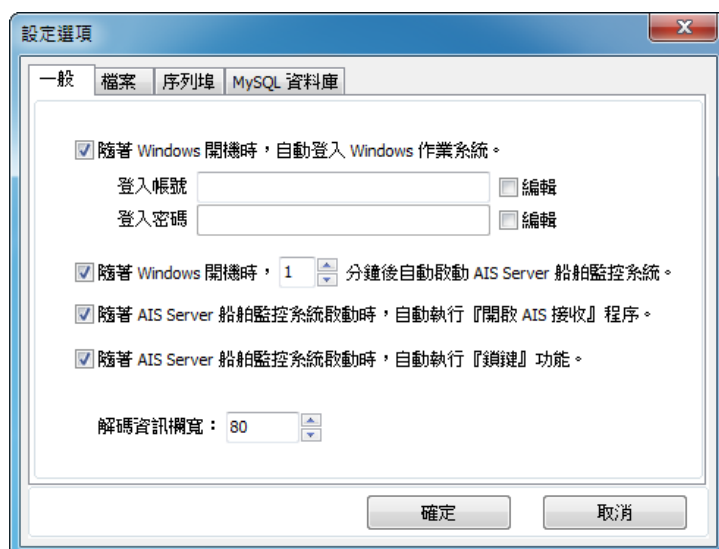


圖 3.6 自動登入設定操作介面

(2) 記錄檔解碼模式操作介面：

記錄檔解碼模式操作介面如圖 3.7 所示，此介面主要為便利使用者於他處取得 AIS 訊息流編碼時，能藉由本系統進行解碼，獲得所需 AIS 資訊內容。

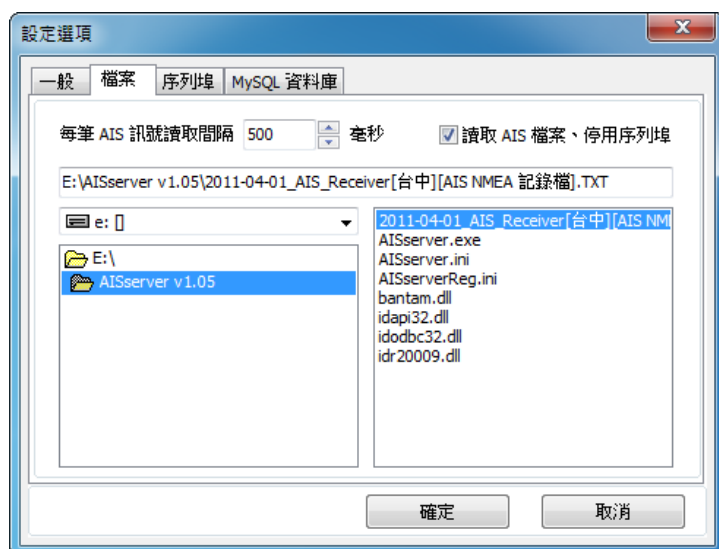


圖 3.7 記錄檔解碼模式操作介面

(3) RS232 序列埠設定操作介面功：

RS232 序列埠設定操作介面如圖 3.8 所示，此介面主要在快速取得船舶減速查核系統主機與 AIS 接收器連接所使用的序列埠，而當系統主機連接 2 臺以上 AIS 接收機時，可透過此介面更替 AIS 接收器。

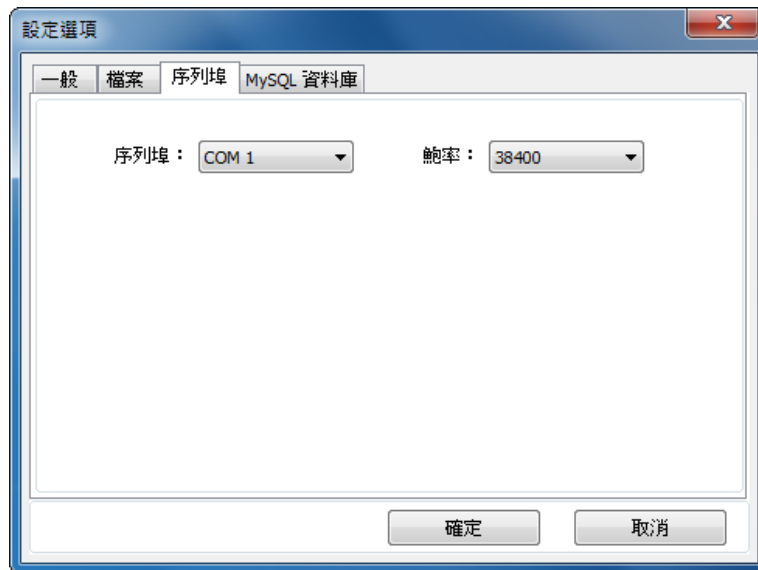


圖 3.8 RS232 序列埠設定操作介面

(4) 資料庫鏈結設定操作介面：

資料庫鏈結設定操作介面如圖 3.9 所示，此功能係在協助使用者透過開放資料庫互連介面(ODBC)，將 AIS Server 船舶監控系統與 MySQL 資料庫進行鏈結，並提供簡易的資料庫備份與定時維護設定。

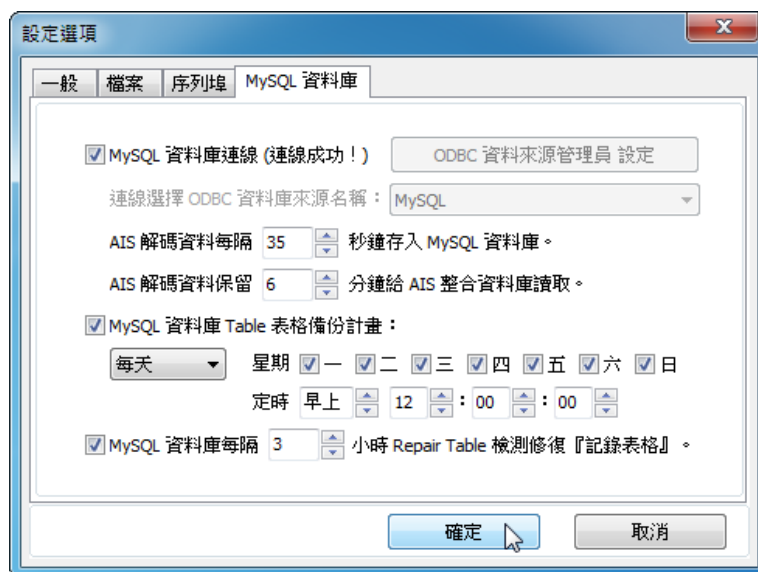


圖 3.9 資料庫鏈結設定操作介面

藉由 AIS Server 船舶監控系統，本研究可以快速建立起船舶資訊資料庫，其內容包含 IMO 規範的靜態資訊(詳表 3.1)、航行相關資訊及動態資訊等 AIS 接收訊息，有助於船舶減速查核系統後續的數據計算與統計分析。

3.船舶顯示及資料統計系統

船舶顯示及資料統計系統操作介面如圖 3.10 所示，其包含「船舶即時顯示模組」與「船舶減速資料庫統計模組」2 組模組程式，2 模組程式的功能分述如下。

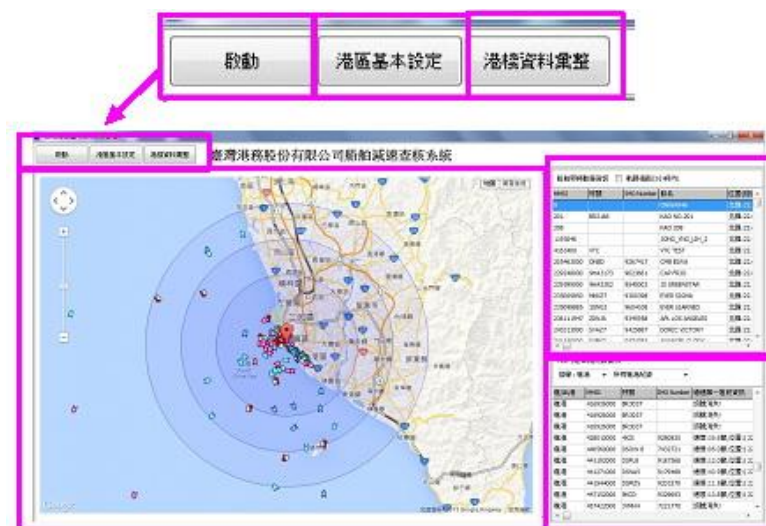


圖 3.10 船舶顯示及資料統計系統操作介面

4.船舶即時顯示模組

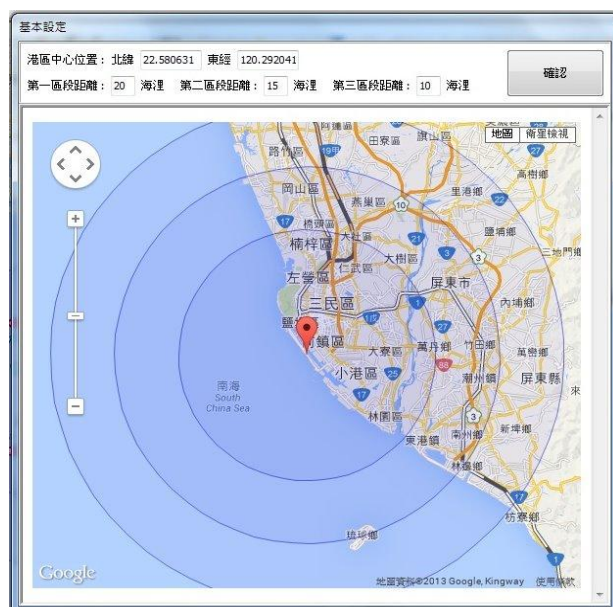
船舶即時顯示模組，其功能係當船舶通過所定義的離港距離區段時，計算出船舶的離線速度、平均速度及整合平均速度等數據，並判斷船舶為進港或出港，再將所得到的數據存入船舶減速資料庫中，且即時顯示船舶資訊及船舶減速數據。其功能包含啟動、港區基本設定、船舶即時動態資訊顯示及船舶進出港紀錄查詢等 4 項功能，其功能分述如下：

(1) 啟動功能：

啟動功能係在控制船舶即時顯示模組程式的啟動及停止。

(2) 港區基本設定功能：

港區基本設定功能如圖 3.11 所示，其主要功能在設定港區中心位置及離港距離。本研究係依據洛杉磯港船舶減速查核機制定義的方式，取 20 海哩、15 海哩、10 海哩，但因為各港口的地形、氣候及海象皆不同，因此在船舶即時顯示模組，提供使用者可以針對各港的不同條件，自行定義港區中心位置及各離港距離區段的海哩數。



(3) 船舶即時動態資訊顯示功能：

船舶即時動態資訊顯示功能如圖 3.12 所示，其主要功能在提供使用者能快速獲得港區附近所有船舶的即時動態資訊。本研究將系統接收到的船舶資訊套繪在 GoogleMaps 上，能讓使用者快速取得船舶目前位置及相關資訊，且依據不同船舶種類，以不同的船舶圖示區分，如此可更簡易觀察港區附近的船舶分佈，其船舶圖示所代表船舶種類如表 3.5 所示。

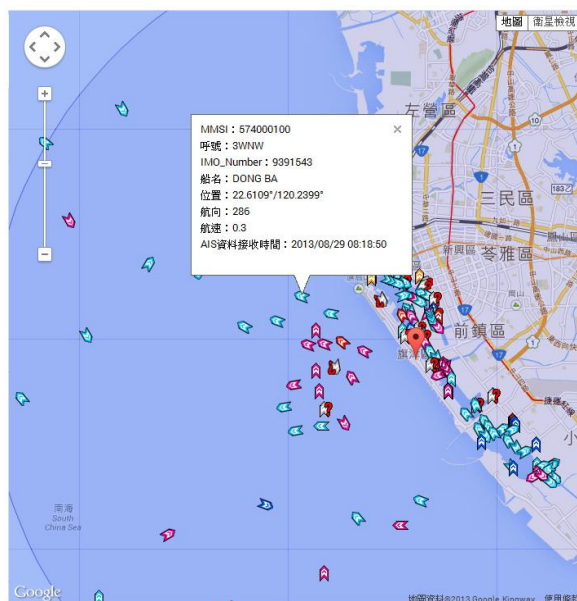


表 3.5 船舶圖示所代表船舶種類

船舶圖示	船舶種類
	未具體說明的船舶
	漁船、拖船、潛水作業船舶、帆船、遊艇
	高速船
	引水船、搜索船、拖駁船、港口補給船舶、執法船舶、醫療運用船舶、載有防污設備的船舶
	客輪
	貨輪
	油輪

船舶即時動態資訊顯示功能，亦具備船舶軌追蹤功能如圖 3.13 所示，本功能保留 3 小時內的船舶航行軌跡。使用者藉此能快速瞭船舶航行路徑，亦可由航行軌跡紀錄的點位，獲知船舶航行的時間與位置，將可作為航行安全管控及緊急應變時使用。

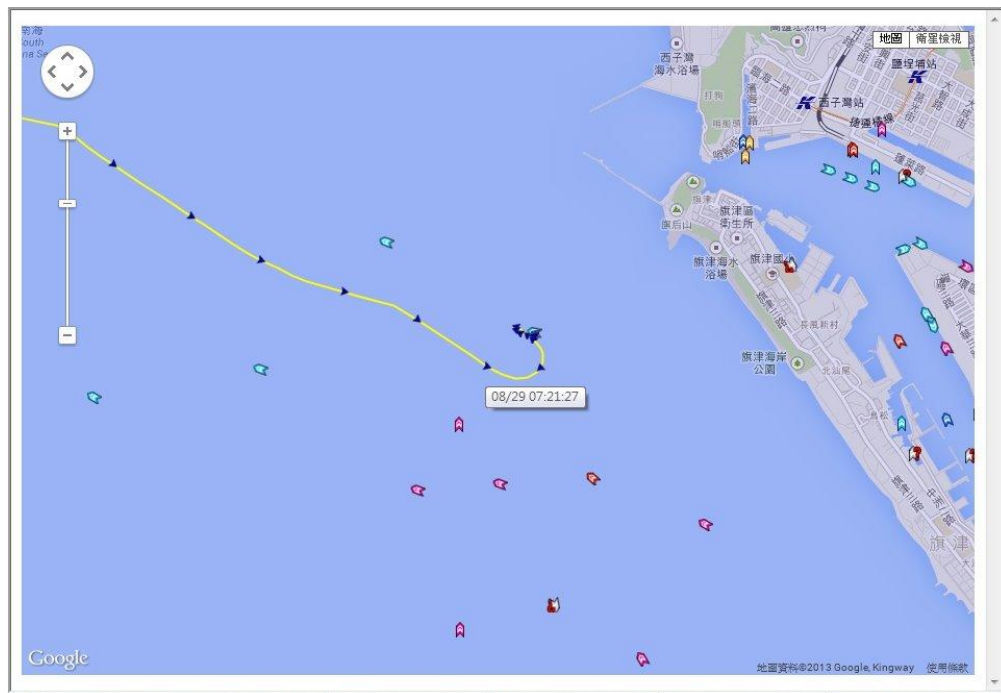


圖 3.13 船舶軌跡追蹤

(4) 船舶進出港紀錄查詢功能：

船舶進出港紀錄查詢功能如圖 3.14 所示，其主要功能係鏈結船舶減速資料庫，將 7 日內的船舶進出港減速資訊列表顯示於螢幕上。使用者可透過 MMSI、呼號、進港及出港等分類來查詢各別船舶進出港是否達成減速的目標。



呼號	IMO Number	通過第一區段資訊
YHLY	8916657	速度:08.0節,位置:(2
V2CL5	305036000	速度:10.3節,位置:(2
V2CL5	305036000	速度:16.2節,位置:(2
VRYM6	8717776	速度:07.8節,位置:(2
5BDT3	9578050	速度:11.9節,位置:(2
5BVK2	9509786	速度:15.6節,位置:(2
5BEV3	9431343	速度:15.9節,位置:(2
5BEV3	9431343	速度:15.7節,位置:(2
5BMJ3	9509803	速度:14.4節,位置:(2
5BMJ3	9509803	速度:11.9節,位置:(2

圖 3.14 船舶進出港紀錄查詢功能

5. 船舶減速資料庫統計模組

點擊船舶顯示及資料統計系統的「港棧資料彙整」後，可啟動船舶減速資料庫統計模組介面如圖 3.15 所示，本模組主要功能係依據臺灣港務股份有限公司需求，製作相關統計報表，然臺灣港務股份有限公司所需統計報表中的船籍及船舶停靠碼頭等資料欄位，無法從 AIS 接收訊息中獲得，因此需將本系統的船舶減速資料庫與各港的港棧系統(MT-NET)資料進行彙整。

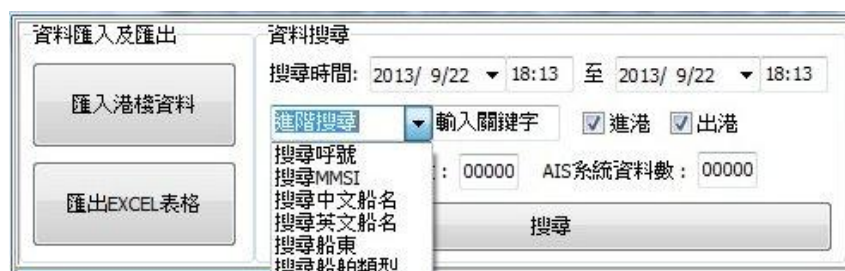


圖 3.15 船舶減速資料庫統計模組介面

依據上述，為了將本系統的船舶減速資料庫與各港的港棧系統資料彙整，本研究規劃採用雲端硬碟的方式進行設計與管理，未來船舶減速查核系統分別在各港區設置後，使用者只需透過雲端硬碟即可將船舶減速資料與港棧系統資料進行整合，因此船舶減速資料庫統計模組具備匯入港棧資料、船舶減速查核彙整資料搜尋及匯出 EXCEL 報表等 3 個主要功能，分述如下：

(1) 匯入港棧資料功能：

匯入港棧資料功能操作如圖 3.16 所示，主要功能係將港棧系統資料與船舶減速查核系統作整合，提供使用者後續的搜尋。

圖 3.16 匯入港棧資料功能操作

(2) 船舶減速查核彙整資料搜尋功能：

船舶減速查核彙整資料搜尋功能操作如圖 3.17 所示，使用者可給定時間範圍、MMSI、中英文船名、船東、船舶類型、進港及出港等不同條件進行搜尋，並獲得船舶減速查核彙整資料列表如表 3.6 所示。此列表包含船籍資料、港棧紀錄、船舶通過各區段離港距離時的速度、位置與時間等，且會依據研究方法的船舶減速定義原則計算出船舶進出港區的整合平均速度，並判斷是否有達成降至 12 節以下的減速目標。

圖 3.17 船舶減速查核彙整資料搜尋功能操作

表 3.6 船舶減速查核彙整資料列表

日期	到達(離開)碼頭	船東	中文船名	英文船名	呼號(CallSign)	IMO Number	通過第一區段	通過第一區段時間	通過第二區段	通過第二區段時間	通過第三區段	通過第三區段時間	平均速度	達成
2013/09/09	11:30	DREAM SHIPPIN	格蘭凱利勝	GLEN CANYON	3EFD9	9302097	19.2	2013/09/09 09:19	19.3	2013/09/09 09:19	19.6	2013/09/09 10:18	18.6	No
2013/09/04	17:30	ALL OCEANS TR	英明	YM IDEALS	3EF56	9319129	13.4	2013/09/04 14:13	13.6	2013/09/04 14:14	14.4	2013/09/04 15:13	13.6	No
2013/09/02	08:50	VIVA MARINE S	威旺 106	VIVA 106	3EGN7	8122385								No
2013/09/05	08:06	SNC SIMEON	長定	EVER STEADY	3EHT6	9300439	16.8	2013/09/03 19:17	17.3	2013/09/03 19:15	15.5	2013/09/03 19:16	16.1	No
2013/09/09	10:40	FRATERNITY SH	雅大達	BEAGLE II	3EHY6	9354583					9.6	2013/09/09 09:09		No
2013/09/02	08:40	HIGH SPEED 1 S	現代可倫坡	HYUNDAI COLO	3EIN7	9323508	11.6	2013/09/02 05:12	12.0	2013/09/02 05:12	7.8	2013/09/02 06:10	10.3	Yes
2013/09/05	14:05	SLOC (PANAMA)	長強	EVER STRONG	3EJG3	9300441	16.8	2013/09/04 13:16	16.2	2013/09/04 14:15	15.7	2013/09/04 15:17	15.7	No
2013/09/09	16:45	SLOC (PANAMA)	長強	EVER STRONG	3EJG3	9300441	17.1	2013/09/09 12:14	14.3	2013/09/09 12:19	9.9	2013/09/09 12:13	13.2	No
2013/09/10	18:35	HIGH SPEED 3 S	現代羅加達	HYUNDAI JAKAR	3EIM4	9323522	14.6	2013/09/10 16:13	13.9	2013/09/10 16:14	14.2	2013/09/10 16:13	13.9	No
2013/09/06	23:30	S.T. LINE S.A.	(韓進馬尼拉	HANJIN MANILA	3EJR4	9412816	15.6	2013/09/06 20:13	13.9	2013/09/06 21:11	11.3	2013/09/06 21:13	13.3	No
2013/09/08	08:50	BARTLETT MAR	維格	NYK VIRGO	3BKX2	9312810	11.2	2013/09/08 04:19	8.7	2013/09/08 05:05	8.7	2013/09/08 06:09	9.6	Yes
2013/09/02	08:00	ORIENTAL PEAR	普豐	PULAU CEBU	3BKX6	9403798			8.5	2013/09/02 05:16	6.0	2013/09/02 06:06		No
2013/09/02	09:25	TRI-TANKSHIP S	薩摩	ACK SATSUMA	3EMU6	9168532	14.3	2013/09/02 06:14	14.7	2013/09/02 06:15	15.1	2013/09/02 07:14	14.4	No
2013/09/05	23:00	TRI-TANKSHIP S	薩摩	ACK SATSUMA	3EMU6	9168532	14.8	2013/09/05 21:15	15.2	2013/09/05 21:15	15.6	2013/09/05 21:14	14.9	No

(3) 匯出 EXCEL 報表功能：

匯出 EXCEL 報表功能，其主要功能是匯出臺灣港務股份有限公司需求的「船舶報到資料報表」與「船舶減速成果報表」2 種報表，分別如表 3.7 及表 3.8 所示。港務單位將可以透過此 2 種報表，來查詢船舶報到及減速情況，可以作為船舶進出港口航行減速查核的依據。

表 3.7 船舶報到資料報表

Microsoft Excel - 2013090120130902.xls																
輸入需要解答的問題																
新組明體																
Q27																
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
分公司提供資料 (一)請以每季船舶報到資料為彙報基準，再填入相關AIS資訊，以利日後評估AIS資料的完整性																
1																
2	(二) 每艘船分進出港兩筆表資料															
3																
4	進出港	簽證號碼	日期	到達(離開)碼頭時間	船東 (operator/船主/Lloyd's Register)	中文船名	英文船名	呼號(Call sign)	IMO number	通過20等速圈		通過15等速圈		通過10等速圈		平均速度
5	進港	AKHH102015231	20130902	07:30	K-BRIGHT SHIPPING S.A.	貴族	MOHTY DANDY	3EBL7	9325673	12.9	2013/9/1 18:47	12.7	2013/9/1 19:11	6.9	2013/9/1 19:41	10.5
6	進港	AKHH102014954	20130902	08:40	HIGH SPEED 1 SHIPPING COMPANY S	現代可倫坡	HYUNDAI COLOMBO	3EIN7	9323508	11.6	2013/9/2 05:21	12	2013/9/2 05:55	7.8	2013/9/2 06:39	10.3
7	出港	AKHH102014954	20130902	15:40	HIGH SPEED 1 SHIPPING COMPANY S	現代可倫坡	HYUNDAI COLOMBO	3EIN7	9323508							
8	進港	AKHH102015282	20130902	09:25	TRI-TANKSHIP S.A.	薩摩	ACK SATSUMA	3EMU6	9168532	14.3	2013/9/2 06:35	14.7	2013/9/2 06:57	15.1	2013/9/2 07:20	14.4
9	出港	AKHH102015282	20130902	12:25	TRI-TANKSHIP S.A.	薩摩	ACK SATSUMA	3EMU6	9168532	15	2013/9/2 14:08	15.2	2013/9/2 14:48	15.6	2013/9/2 15:28	14.9
10	出港	AKHH102014739	20130902	12:30	TRIPOPER SHIPPING S.A.	德尼	MAZDOZ	3HA310	9363677	11.9	2013/9/2 15:38	12.3	2013/9/2 15:12	12.9	2013/9/2 14:42	12.3
11	進港	AKHH102014747	20130902	10:50	PSL-21, INC.	強明	YM ELIKIR	ABCS2	9353266	17	2013/9/2 08:32	17.4	2013/9/2 08:50	17	2013/9/2 09:07	16.6
12	進港	AKHH102015328	20130902	04:55	MINSHENG SHIPPING CO.LTD.	裕門	QI MEN	BQGA	9532044			14	2013/9/2 03:13	14.3	2013/9/2 03:35	
13	出港	AKHH102015328	20130902	10:02	MINSHENG SHIPPING CO.LTD.	裕門	QI MEN	BQGA	9532044			12.9	2013/9/2 11:17	13.8	2013/9/2 10:54	
14	進港	AKHH102015326	20130902	14:18	裕民航運股份有限公司	亞泥二號	ASIA CEMENT NO.2	BLBQ	8611439	8.9	2013/9/2 04:06	9.4	2013/9/2 04:41	8.6	2013/9/2 05:17	9
15	出港	AKHH102015085	20130901	16:40	GULF MEWS SHIPPING LTD	海曉輪	GULF MEWS	C6YQ2	9335135			13.6	2013/9/1 18:37	13.1	2013/9/1 18:14	
16	出港	AKHH102015039	20130901	20:40	KEUM YANG SHIPPING CO., LTD.	金洋輪	KEUMYANG PRIME	DFPW	9428712			11.1	2013/9/2 05:21	10.3	2013/9/2 04:52	
17	進港	AKHH102015300	20130902	08:00	PARA WAY MARINE SHIPPING COME	曉德	GOLAR MAZO	ELXK	9163011							
18	進港	AKHH102014720	20130902	02:30	TRIESTE SHIPPING S.A.	德明	DIMITES Y	ELZU7	9121247	16.1	2013/9/2 04:27	16.3	2013/9/2 04:08	16.9	2013/9/2 03:49	15.9
19	進港	AKHH102014679	20130902	11:50	OA NAVIGATION, S.A.	青島橋	TSING MA BRIDGE	HSVF	9230309	20.8	2013/9/2 09:54	20.9	2013/9/2 10:10	17.6	2013/9/2 10:28	19
20	進港	AKHH102014713	20130901	18:00	CSEI TRANSPORT (PANAMA) COFR.	達祥	CSE HARMONY EXPRESS	HOQO	9257797							
21	出港	AKHH102015135	20130902	03:15	ZALE SHIPHOLDING S.A.	振遠	MOL EXPEDITOR	HFJW	9251389	18.4	2013/9/2 05:40	16.2	2013/9/2 05:21	15.4	2013/9/2 05:02	16
22	出港	AKHH102014770	20130901	21:10	REDERIJ BEMSGRACHT	艾瑪士	BEMSGRACHT	PDXQ	9081291					12.9	2013/9/1 23:03	
23	進港	AKHH102015168	20130901	19:25	DY DRAGON S.A.	文龍三號	WOOLIM DRAGON 3	VYTC5	9411892			13.7	2013/9/1 17:35	14.5	2013/9/1 17:56	
24	進港	AKHH102014746	20130901	21:48	MIL TONG WAY LIMITED.	可倫比亞	COLUMBIA	YRDB9	9252242	16.5	2013/9/1 19:28	17.2	2013/9/1 19:46	17.4	2013/9/1 20:02	16.5
25	出港	AKHH102014746	20130902	06:12	MIL TONG WAY LIMITED.	可倫比亞	COLUMBIA	YRDB9	9252242	14.4	2013/9/2 08:18	14.2	2013/9/2 08:18	14.2	2013/9/2 07:55	
26	出港	AKHH102014874	20130901	22:05	CORCOL (HK) INVESTMENT & DEVELO	杜丹松	MU DAN SONG	YRBE7	9608831	12.5	2013/9/2 00:13	12.4	2013/9/1 23:49	13	2013/9/1 23:25	12.5
27																
分公司提供資料 / 減速成果 /																
新組																
NTM																

表 3.8 船舶減速成果報表

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	高雄港分公司13年09月01日~13年09月02日減速成果														
2	船東(operator)	季進港艘次	平均速度降至12節以下之艘次	平均速度降至12節以下之艘次	季達成率										
3	CSEI TRANSPORT	1	0	1	0.00%										
4	DV DRAGON S.A.	1	0	1	0.00%										
5	FARAWAY MARIT	1	0	1	0.00%										
6	FSL-21, INC.	1	0	1	0.00%										
7	HIGH SPEED 1 SH	1	1	0	100.00%										
8	K-BRIGHT SHIPP	1	1	0	100.00%										
9	MILTONS WAY LA	1	0	1	0.00%										
10	MINSHENG SHIPP	1	0	1	0.00%										
11	OA NAVIGATION	1	0	1	0.00%										
12	TRI-TANKSHIP S.	1	0	1	0.00%										
13	裕民航運股份有	1	1	0	100.00%										
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															

3.3.3 船舶減速資料分析

本系統於 102 年 8 月 22 日在高雄港訊號臺建置完成，並開始進行系統測試，本研究透過本系統擷取資料時間從 102 年 8 月 22 日至 102 年 9 月 12 日止，共 20 天的船舶減速查核資料進行分析。並從高雄港務分公司取得高雄港港棧系統(MT-NET)資料，進行資料整合；資料整合分析結果，高雄港船舶進出港報到資料共計為 1788 艘次，而經本系統資料庫媒合後得到的進出港船舶共計為 1318 艘次，其媒合成功率為 73.71%。探討高雄港港棧系統與本系統資料庫未能 100% 媒合成功的主要原因，可分為以下三種類型：

1. 船舶未實際進出高雄港，由興達港及永安港進出：高雄港港棧系統其資料內容包括進出興達港卸煤碼頭及永安天然氣碼頭等碼頭的船舶報到資訊，與本系統擬定的港口範圍有所不同，因此未能媒合成功；故港務單位的港棧系統資料應該先行去除進出永安港的船舶報到資訊，才能媒合成功。
2. 進出船舶未完整通過所設定的三個離港距離區段：其原因係部份船舶由外海進出港口時，並未發送 AIS 訊號或其 AIS 發送訊號微弱，導致本系統未能獲得船舶通過各離港距離時的數據資料，無法計算該船舶進出的整合平均速度，因此未能媒合成功。

3. 船舶作業範圍小於所設定的三個離港距離區段：其原因係本系統初始設定的離港距離區段分別為 20 海浬、15 海浬、10 海浬，而進出港口的船舶有部份係為近海工作船隻，從未通過所設定的離港距離區段，無法計算該船舶進出的整合平均速度，因此未能媒合成功。

本研究以港棧系統資料與本系統船舶減速資料庫彙整後的結果進行分析，其船舶減速系統(VSRSS)資料分析結果如表 3.9 所示，其中港棧系統船舶進出港報到數，進港為 894 艘次，出港為 894 艘次，合計為 1788 艘次；扣除前述未能媒合成功的船舶艘次，本系統媒合成功進出港資料為進港 677 艘次，出港 641 艘次，合計為 1318 艘次；媒合成功率為 73.71%。而針對船舶減速至 12 節以下的進出港統計分析，進港為 240 艘次，出港為 139 艘次，合計為 379 艘次，其進出港減速至 12 節已下的減速達成率僅為 21.20%，由統計分析結果可知，目前高雄港船舶進出港口減速情況尚未確實執行，因此藉由本研究所設計的船舶減速查核系統，將可以提供高雄港務分公司更全面性的了解船舶進出港的航行情況，有助於推廣與獎勵有關船舶減速查核的施政措施。

表 3.9 船舶減速系統資料分析

船舶減速查核統計表(102 年 8 月 22 日至 102 年 9 月 12 日)					
項目	MT-NET (艘次)	VSRSS (艘次)	減速至 12 節以下 (艘次)	媒合成功率 (%)	減速達成率 (%)
進港	894	677	240	75.73	26.85
出港	894	641	139	71.70	15.55
總計	1788	1318	379	73.71	21.20

3.4 小結

本研究主要目的在針對進出臺灣主要港口的船舶，建立一套船舶減速查核系統，此系統透過船舶自動識別系統(AIS)的船舶資訊蒐集，建立船舶通過使用者所定義不同離港距離的減速數據，納入船舶

減速資料庫後，再與各港口的港棧系統資料進行彙整，於每月或每季提供使用者所需的船舶減速統計報表。本研究於 2013 年 8 月系統建置完成並經測試後，獲得了初步的資料與分析成果，本文提出以下的綜合分析結果：

1. 本研究所建立的船舶減速資料庫，未來除了能利用此資料庫來分析統計船舶資訊外，亦可作為船舶進出港的航路追蹤及船舶在港區附近遇難時的緊急應變運用。
2. 本研究以港棧系統資料與本系統船舶減速資料庫彙整後的結果進行分析，其船舶減速系統資料分析結果，其中港棧系統船舶進出港報到數為 1788 艘次，本系統媒合成功合計為 1318 艘次；媒合成功率為 73.71%。而針對船舶減速至 12 節以下的進出港統計分析，進出港合計為 379 艘次，與港棧系統船舶進出港報到數比較，其進出港減速至 12 節已下的減速達成率僅為 21.20%，由統計分析結果可知，目前高雄港船舶進出港口減速情況尚未確實執行，因此藉由本研究所設計的船舶減速查核系統，將可以提供高雄港務分公司更全面性的了解船舶進出港的航行情況，有助於推廣與獎勵有關船舶減速查核的措施。
3. 本研究檢視所蒐集的船舶進出港口減速數據，發現部分數據不完整，探討高雄港港棧系統與本系統資料庫未能 100%媒合成功的主要原因有：(1)船舶未實際進出高雄港，由興達港及永安港進出，(2)進出船舶未完整通過所設定的三個離港距離區段，(3)船舶作業範圍小於所設定的三個離港距離區段等三種，未來將與臺灣港務股份有限公司探討那些船舶雖未媒合成功，但應納入減速查核的管理與獎勵範圍。
4. 本研究係依據洛杉磯港船舶減速查核機制所採用的 20、15、10 海浬規劃離港距離區段進行測試，未必適合其它不同港埠，建議港務單位應針對所屬港口的地形、氣候、海象等不同條件自行設定其最佳化的離港距離區段，方能使船舶減速查核機制趨於合理與務實。
5. 本研究所採用的 AIS 接收主機，其接收訊號的額定約為 25 海浬，

為了避免訊號干擾或接收站突發性異常等影響，本文建議各港口的 AIS 接收站應增設 1 至 2 站之備援系統，使船舶減速查核系統的監測效果更為提升。

6. 本研究目前以高雄港作為船舶減速查核系統的示範站址，未來將配合臺灣港務股份有限公司所需再增設新站，而各站間將透過雲端硬碟的方式進行鏈結，這有助於提升網路管理效率，且降低資安漏洞的風險。

第四章 綠色航路及智慧領航之研究

本研究第三個子題主要的研究方向是針對綠色航路及智慧領航有關的領域進行探究，本研究為本所與國立臺灣海洋大學張淑淨教授的合作研究計畫。其目的在結合船舶動態、電子海圖與海氣象環境資訊，發展沿岸航路與進出港領航的綠色概念智慧化應用服務技術，將是航運效率與安全監測、預防、即時反應的重要指標與方向。整合船舶動態與電子海圖地理資訊，進行 AIS 巨量資料的時空分析。

4.1 智慧領航計畫研究目的

航運與港埠在國家的經濟與發展中扮演著關鍵角色，為了管理與改善則需選擇可量測的適當指標。依據聯合國貿易與發展會議（UNCTAD 1976）提出的「港埠績效指標（Port Performance Indicators, PPI）」報告，蒐集資料計算指標是為港埠的規劃與控制提供管理資訊。港埠績效指標分為財務指標與營運指標兩大類，只涵蓋船舶裝卸貨物的環節，未涵蓋整個運送鏈中屬於海上航運或港埠航行服務的功能區塊，但所需資料包括「船舶檔案」，用以計算：船舶到達率、等候時間、服務時間、周轉時間...等營運面的指標。船舶檔案資訊項目包括：抵達時間、停泊延遲與延遲原因代碼（分別對應於等待泊位、領港、拖船、輸出貨物等）、靠泊時間...等。

4.2 智慧領航計畫研究方法

近來 AIS 船舶軌跡探勘應用已成為相當熱門的研究議題。例如：美國交通運輸部研究創新科技署設置於大學的運輸暨基礎設施研究教育國家中心(CFIRE)正進行 AIS 資料探勘研究計畫，目的是指出高風險與高交通量的位置、使航行時間的估算更準確、偵測船舶的抵達、指出關鍵交通區域據以投資強化、改善碼頭之運作管理、以及更了解特定區域的船舶交通狀況。瑞典海事局與美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）則以 AIS 分析航行風險，據以排定海道測量的優先序。

本所曾於民國 95 年提出「國內各國際港埠船舶進出港操作效率比較分析」研究報告，對於港埠作業效率營運績效指標與國內外相關研究有詳細的探討。雖然「船舶平均等待時間」的計算都是依據船舶抵港與進港的時間差，但各港計算方法不一致，其結果不宜用於各港比較。船舶抵港時間認定不易，抵港而無法進港時，理應於指定的錨區等待，卻也常見於港外任意錨泊或是漂航的情形，曾被國內研究列為臺灣港口 10 大航行安全憂慮之首，在接近港區海域的多餘等待時間也徒增空汙或溫室氣體的排放量。因此無論是從效率、航安或環保的觀點，船舶活動資料的蒐集都具有其指標意義。

透過船舶自動辨識系統顯示畫面可看到船舶即時動態，也可以選取特定船舶畫出其軌跡。但是若要從巨量的船舶動態資料中取出資訊，應用於可量化之指標，做為改善或相關決策的依據，仍必須再進行船舶軌跡探勘分析與統計。

基於上述研究目的，本研究以船舶節能減碳為主要議題，分別以船舶之油耗與排放量估算、進港相關效率分析及節能減碳資料之自動化蒐集等三大方向進而研究，作一系列的分析與探討。

4.3 智慧領航計畫研究成果

4.3.1 船舶油耗與排放量推估方法

歐盟國家從 2008-2009 年間開始出現以 AIS 估算遠洋船舶空汙排放量的研究報告。報告中指出：「船舶排放量估算方法的關鍵因素是海上交通與船舶相關資訊的可用性...一開始採用的研究方法完全靠船舶的基本資訊，在船舶的活動方面則是作各種假設，可能合理（至少在某種程度上），卻肯定已造成目前這麼高的不確定性（以不同方法估算大約同一年之歐洲港口海上交通排放量，結果不確定性高達 70%）」。

芬蘭氣象研究所 J.P. Jalkanen 等人與 University of Turku 合作於 2009 年提出 Ship Traffic Emission Assessment Model（簡稱 STEAM

model)，利用 AIS 評估海上交通的廢氣排放量，除了分析排放量的時間與空間分佈之外，還加入浪的效應。其估算的燃油消耗量和船東提供的實際值比較，就滾裝客貨輪(Roll on-Roll off cargo/passenger ship, RoPax)的年油耗量而言，誤差在 6%以內。

雖然 STEAM model 可以使用相當詳細的輸入資料項目，但實際應用時因為資料取得的問題，還是得使用相當多的預設/ 假設值。例如：其船種別主要是以 IMO 號碼查詢船舶資料庫，如果沒有 IMO 號碼則取自 AIS 報告，仍無法識別則視為小船（主機 2380kW）；主機燃油含硫的質量百分比預設為 1.5%，輔機燃油的含硫的質量百分比預設為 0.5%；燃油消耗率都預設為 200g/kWh。

為因應 AIS 訊號涵蓋範圍可能有缺口的問題，船舶的航路與燃料消耗量會依據 AIS 訊號作線性內插，但如果連續兩筆 AIS 船位報告之間超過 72 小時，則該段時間內的排放量不予計算。船位內插時也會以兩筆船位報告之間的距離與平均速度檢查其合理性。排放量是 ton/grid cell 或換算為 g/m² 呈現，每個網格取經緯度各 0.08 度(大約 9km)。「負載因子」是以使用的引擎動力比例表示，與船速有關。一般海上巡航或營運速度大約是最大速度的 94%，對應的主機負載因子是 83%。低於此速度時，基於推進功率正比於速度的三次方，負載因子計算公式是：

$$LF = (AS/MS)^3$$

其中 LF 是負載因子（百分比），AS 是實際船速（單位：節），MS 是最大船速（單位：節）。

US EPA 2009 建議此公式計算的 LF 值小於 20%時，應設為 20%。

排放係數 EF 在負載 20%以上被視為固定值，負載低於 20%後，排放係數反而會隨著負載的降低而升高，需另以低負載調整因子進行調校。

主要資料來源是 MarEx 航次表中的抵達、離開、移泊資料，以及「船舶減速計畫（Vessel Speed Reduction Program, VSR）」的船速

表。在此 MarEx 是指 Marine Exchange 組織與 US Coast Guard, POLA, POLB 合作運作的 VTS。

高雄港港內水域最大排放源是港勤船，但尚未納入遠洋船舶與漁船排放量；從文獻看各港口，遠洋船舶都是最大的空氣污染及溫室氣體排放源，建議結合臺灣海域船舶動態資訊系統研究遠洋船舶污染排放，漁船排放量亦可結合漁業署漁業用油補助記錄等相關系統。船舶排放量之能耗項依其對應於進港、調度、停泊、出港等船舶活動之引擎狀況而異。

行政院環保署與本所對於遠洋船舶於我國港口範圍的廢氣排放量估算都已有研究。行政院環保署從 98 年開始執行名為「港區空氣污染物排放清冊建置及管制策略研擬」的兩年期計畫。本所則是在民國 100 年的「臺灣港埠節能減碳效益提升之研究(1/4)」計畫增加遠洋船舶及漁用船舶等兩項港區排放源的排放量調查推估方法，其適用的海域區域是以 20 浬範圍為原則。

依據環保署的研究敘述：「遠洋船舶的空氣污染物排放主要來自三個排放源，主機、輔機、及輔助鍋爐。遠洋船舶的運動狀態可大致區分為三個階段：以主機為主要動力的航行狀態，包括從外海進入港區以及在港區內主要航道行進的部分；第二種是以拖船取代船舶引擎動力的狀態，主要是靠岸停泊時及在碼頭間調度移動時；第三種為停靠在碼頭時的狀態。主機提供船舶航行的動力，通常以船用燃油 (Residual Oil Fuel) 為主要燃料，是船舶航行時最主要的排放來源。其他動力需求如生活用電、機具操作用電等主要由輔機提供。到港內時，主機通常已降到相當低的負載，加上船舶在港內調度時可能需要船首推進器輔助調整方向，所以輔機此時的負載通常最大；船舶還需要生活用水或加熱油管等熱能，在航行時這些熱能可由主機的廢熱節熱器提供，港內調度或停泊時通常改由輔助鍋爐提供。」

估算遠洋船舶排放量的基本方式各國大致相同，在不知實際燃料消耗量的情況下，以主機與輔機的裝機容量以及船舶在不同航行階段的負載因子與時間長度，依下列公式分別計算再予加總：

$$E = \text{Energy} \times EF \times FCF \quad ; \quad \text{Energy} = MCR \times LF \times Act$$

其中各項意義與單位如下：

E：Emission，引擎的排放量（單位：公克）

MCR：Maximum Continuous Rating Power，最大引擎動力（kW）

LF：Load Factor，負載因子（使用的引擎動力比例，無單位）

Act：Activity，活動量（單位：hrs）

EF：Emission Factor，排放係數（單位：g/kW-hrs）

FCF：Fuel Correction Factor，燃料校正係數。

主機的活動量以船舶航行的小時數計，其排放係數與引擎的製造年份、引擎型別及轉速快慢有關。需從船舶註冊資料（勞氏及中國驗船中心）取得進出港口各船舶之最大船速、引擎動力、引擎年份等資料；再與文獻資料比對，以給定適當的排放係數。

輔機的活動量是以船舶調度時間加上停泊的時間作為其活動量。負載因子則需要由文獻中查得一般船舶柴油引擎的操作負荷。其環保署計算遠洋船舶排放量方法與流程如圖 4.1。

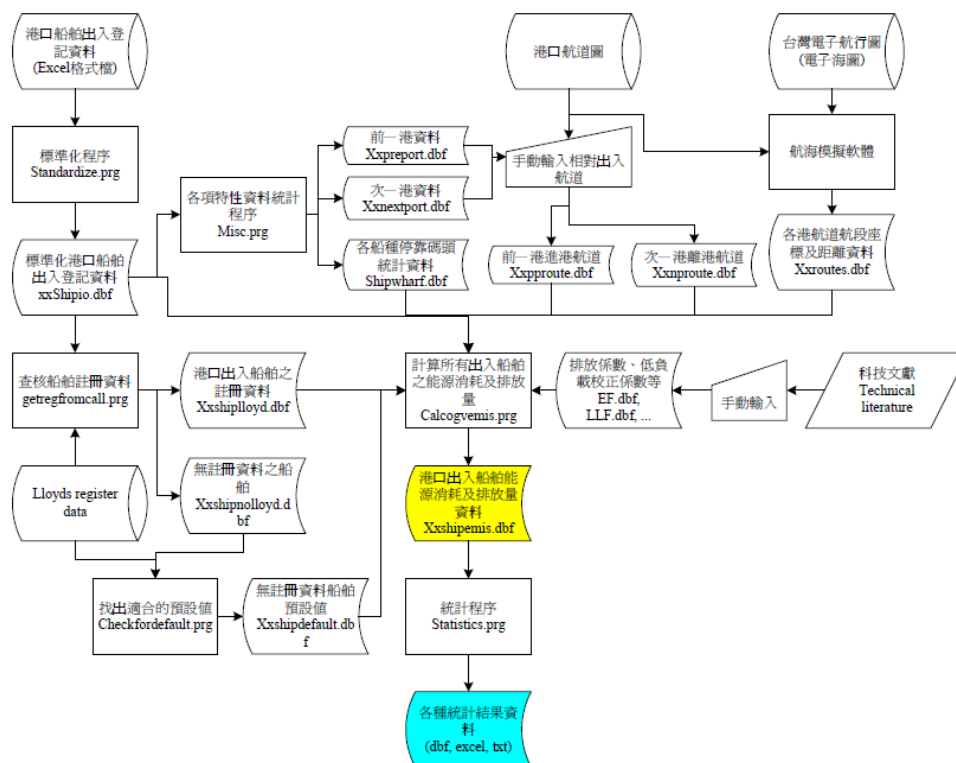


圖 4.1 環保署計算遠洋船舶排放量方法與流程

環保署計畫從各港的遠洋船舶報告資料取得包括進出港船舶名稱、呼號、船種、前一港、次一港、停泊碼頭、實際進港時間及實際出港時間等資訊。藉由此資訊來計算船舶航行距離及在碼頭之停泊時間。當報到船舶未登錄其停泊碼頭時，由所有有登錄碼頭資料的船種中，挑出該船種停泊次數最多的碼頭做為預設值。採用臺灣電子航行圖再配合船舶航行模擬軟體，繪製各港遠洋船舶可能的行進路線，並依不同船種的可能航速進行設定，用以計算各船舶在海上及港區內所需要行走的時間，其中基隆港內至港外 20 浬船舶航行路線設定如圖 4.2 所示。

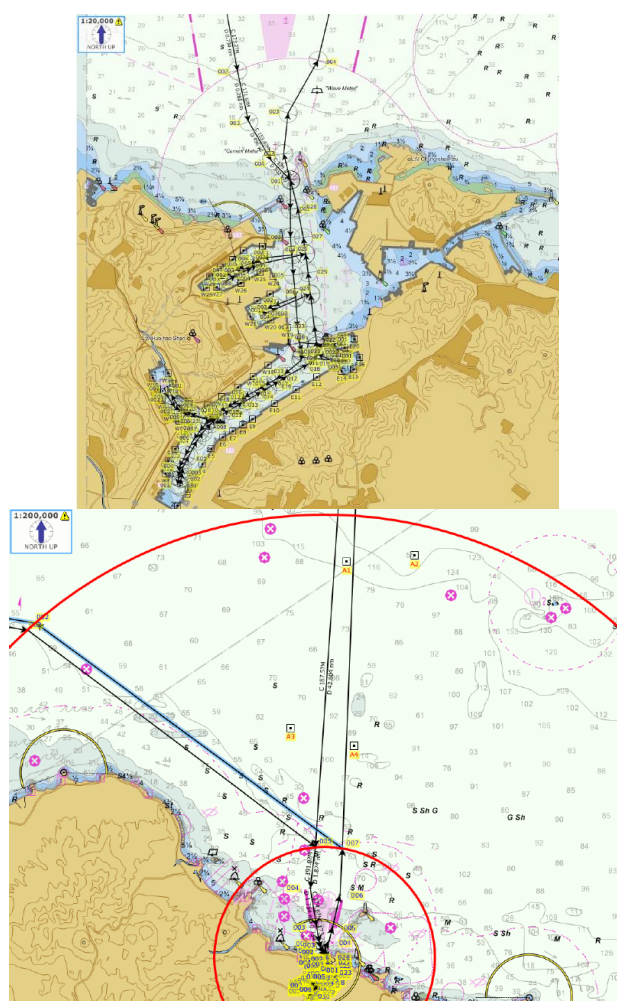


圖 4.2 基隆港內至港外 20 浬船舶航行路線設定

船舶本身的詳細資料，如船名、船呼號、IMO 號、船東、船國籍、建造年份、船重、最大船速、主機數量、總馬力、引擎型號、製造年份等，則另由勞氏註冊資料中依船呼號查找取得。對於找不到資料的船舶，以該港可查找到的船舶資料進行統計，再依船種別分別設

定為預設值。環保署計畫所整理並使用的船種最大船速與主機總動力預設值如表 4.1。

輔機不在船舶註冊要求必須登錄的項目之中，因此幾乎沒有相應的資料；輔助鍋爐的資料也不在船舶註冊資料中，因此只能用文獻值來推估其排放量。國內現有計畫皆參照 Puget Sound 2007 計畫所採用的輔機動力及負載預設值，以及輔助鍋爐能消耗估計值來進行設定。本所於 100 年「臺灣港埠節能減碳效益提升之研究(1/4)」計畫採用的遠洋船舶特性參數預設值如表 4.1 所示。雖然該計畫已採用臺灣海域船舶動態資訊系統的 AIS 船舶動態資料，但是報告中僅提及因資料量大而使得作業時間超過預期甚多，未說明如何使用該資料。101 年的「臺灣港埠節能減碳效益提升之研究(2/4)」計畫報告[24]提到「行駛船速係依據臺灣海域船舶動態資訊系統的 AIS 資料推估」，報告所附期末簡報內的前期計畫檢討則提到將「船舶航速使用單一平均值」改為「分年分港口計算平均值，使航速準確度提高」。

表 4.1 遠洋船舶特性參數預設值

代號	船種	最高轉速 (rpm)	主機最大 功率 (kW)	最大船 速(節)	輔機功 率(kW)	總噸
1	汽車船 (AutoCarrier)	112	13,042	19	3,161	51,756
2	散裝船(Bulk)	123	8,373	14	1,486	31,027
3	貨櫃船 (Containership)	107	32,082	21	6,100	40,942
4	客船(Cruise)	174	21,848	19	6,752	35,915
5	一般貨船 (GeneralCargo)	178	4,540	13	1,195	10,966
6	拖船(ITB)	240	5,195	14	823	1,202
7	其他(Misc)	171	4,934	12	1,455	9,022
8	冷藏船(Reefer)	202	3,843	16	1,382	4,703
9	駛上駛下船(RoRo)	159	8,805	19	1,175	12,407
10	油船(Tanker)	156	7,055	14	2,179	20,052

4.3.2 船舶進出港效率分析

「高雄港實施船舶交通服務系統之效益評估分析」研究，無論是在安全性效益評估方面採用的船舶航跡流檢測法、安全指標法，或是在效率性評估方面採用的通航效益計算法，都尚未能利用 AIS 動態資料。該研究在與港口代理行訪談中特別提及貨櫃船與貨櫃碼頭，對船期準確之要求表達嚴重關切。「進出港排班衝突」對貨櫃船而言，船期損失是最明顯的影響，此外如碼頭待機、追趕船期之燃油消耗、碼頭運轉率、到達下一港口船期延誤、轉口貨耽誤轉運等，很有可能造成一連串不可預期之影響。

雖然我國國際商港的碼頭利用率一般而言並不算太高，但從 AIS 船舶動態不難看到早已到達卻在港外遲遲無法進港的船舶，本文舉 Northern Practice 貨櫃輪的 AIS 航跡如圖 4.3 所示。

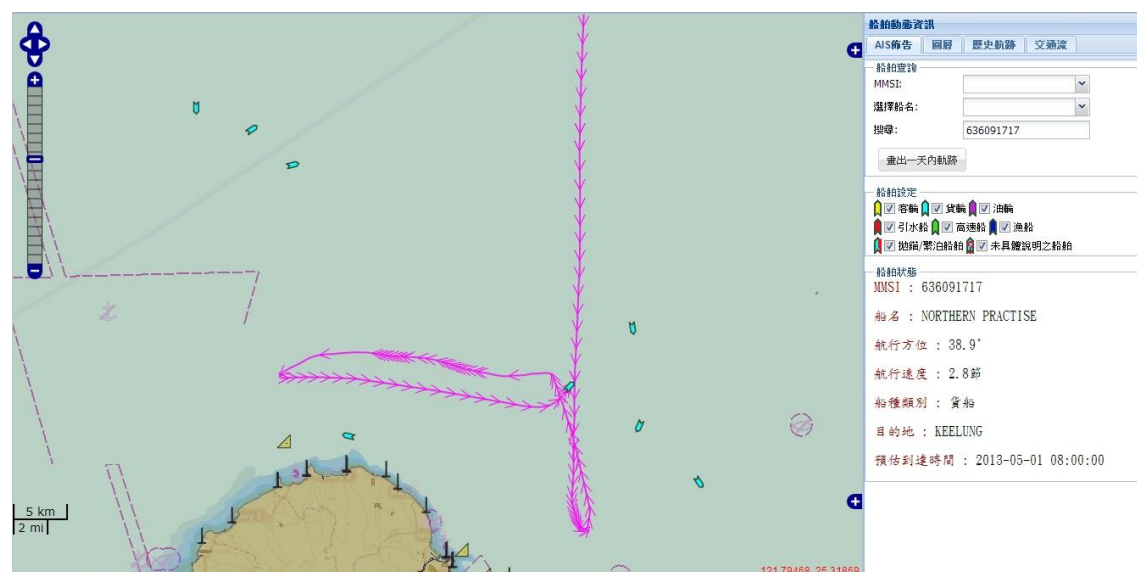


圖 4.3 Northern Practice 貨櫃輪的 AIS 航跡

為了自動偵測在港外漂航的情況，我們首先將各船的 AIS 船位報告依時間先後排序，以中斷超過 1 小時為界將航跡分段，自動分析篩選出有進出臺中港的船舶航跡。然後依航速的變化判斷航行狀態的改變，判斷方式如下：航速降到 0.5 節以下視為進入停船狀態，直到其航速增加到高於 2 節才視為離開停船狀態，除了航跡點以外，進入與離開停船狀態的時間點、時間長度（秒）、狀態都會被記錄下來，提供查詢或統計。以臺中港為例，進出臺中港船舶航跡之停船漂航狀

態偵測如圖 4.4 所示。圖 4.4 中屬於停船狀態的航跡在港內者以紅色顯示，在港外以棕色粗線顯示，綠色是不在停船狀態內的港外航跡。而曾進出臺中港之船舶於高雄港外停船漂航情況如圖 4.5 所示。圖 4.5 中這些船於高雄港內外的停船漂航情形。再以錨泊區與該段航跡的經緯度範圍即可再區分是否錨泊中。

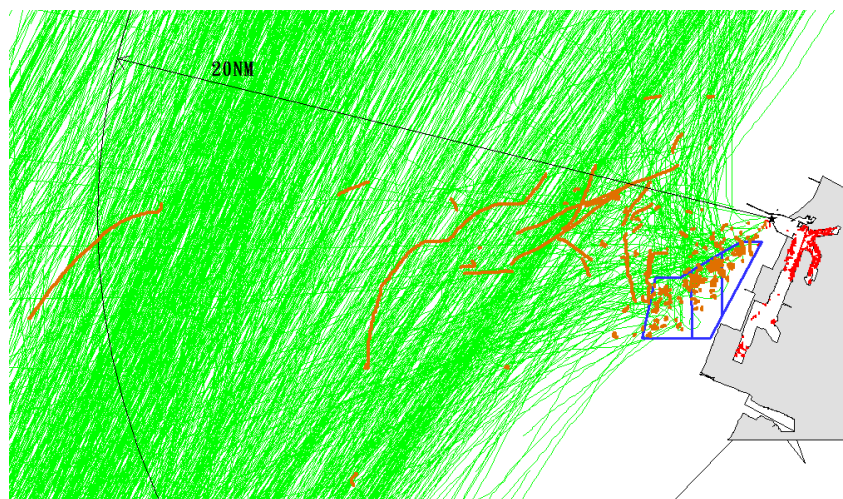


圖 4.4 進出臺中港船舶航跡之停船漂航狀態偵測

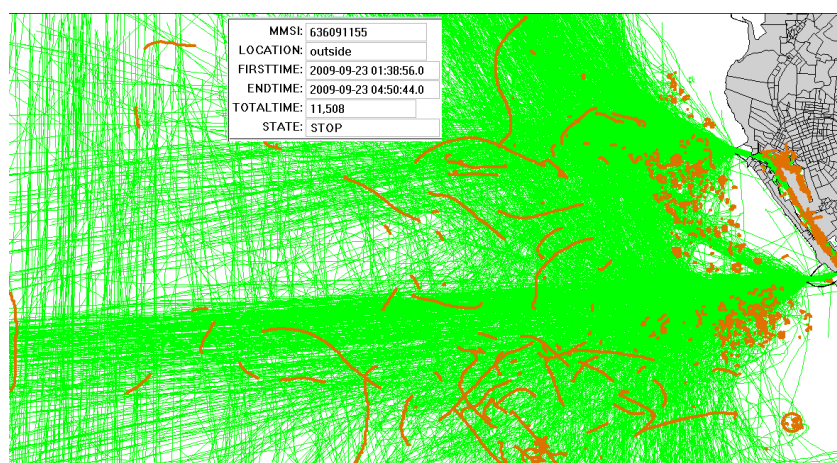


圖 4.5 曾進出臺中港之船舶於高雄港外停船漂航情況

以 AIS 歷史資料，針對基隆港附近記錄到的船隻，使用 JAVA 程式搭配 MySQL 資料庫程式實作，先取一千艘船記錄到的航行軌跡，取出每一記錄之經緯度並依照時間排序，以連續兩點間隔超過一小時為界將航跡分段，就不同艘船(依 MMSI 識別)繪製成一條條航行軌跡線。就這些航行軌跡線偵測出其中 80 條為進港船隻的航行軌跡線，並針對進港船隻的航行距離進行分析。

分析時以港口兩側防波堤中間點為中心，產生 15 海浬與 20 海浬半徑的圓，計算進港航跡線與 15/20 海浬線的交點，航行距離以 15 海里處和 20 海里處到達港口（進防波堤）為偵測區段，若該船 AIS 航路記錄的起點為距離港口處小於 15 海浬則不計算其航行距離，起點為大於 15 海浬小於 20 海浬則僅計算 15 海浬處到達港口的航行距離，起點大於 20 海浬外的船隻，則分別偵測 20 海浬和 15 海浬到達港口的航行距離，最後將各個狀態和所求得的航行距離以線形圖徵物件與屬性方式建成地理資訊系統圖檔（Shape 檔）進行分析。

本研究分析出之基隆港進港航跡的航行距離分析結果如表 4.2，包括：所有進港航跡各項航行距離的最小值、最大值、平均值、標準差，以平均值加上標準差後所得的距離值做為判斷是否異常的界限，統計在各項目中異常的航跡數量。本研究以 15 海浬線到港口的各航跡長度由低到高排列，然後再對應放入 20 海浬線到港口航跡長度的折線比較圖，其中從 20 海浬線到港口航行距離超出 26.4 海浬的異常航跡有 5 條，分屬 5 艘船，包括：客船、貨輪、油輪；從 15 海浬線到港口航行距離超出 19.8 海浬的異常航跡有 4 條。其基隆港港口到 15 浬與 20 浬線航行距離排序如圖 4.6 所示。從圖 4.6 看來，以平均值加標準差確實可做為判斷準則偵測異常航跡。

表 4.2 基隆港進港航跡的航行距離分析結果

基隆港進港航行距離	記錄始於 20 浬外		記錄始於 15 浬外
航跡數(條)	65		68
	港口到 20 浬線	港口到 15 浬線	港口到 15 浬線
最小值(浬)	20	15	15
最大值(浬)	38.1	32.1	32.1
距離平均值 μ (浬)	23.1	17.1	17.1
標準差 σ (浬)	3.3	2.8	2.7
$\mu + \sigma$ (浬)	26.4	19.8	19.8
距離 $> (\mu + \sigma)$ 航跡數	5	4	4

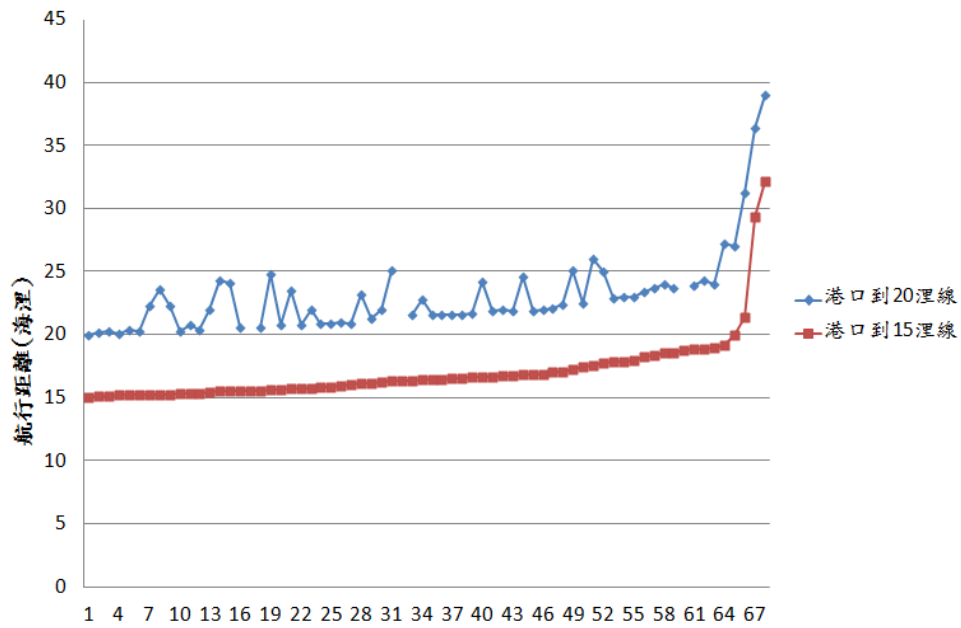


圖 4.6 基隆港港口到 15 浬與 20 浬線航行距離排序

再繪製進港航跡圖，並將這 5 條異常航跡特別標示出來，以判斷是否確有異常狀況，圖 4.7。結果發現這些航跡確實有在港外徘徊或是繞遠路才駛進港口的現象。

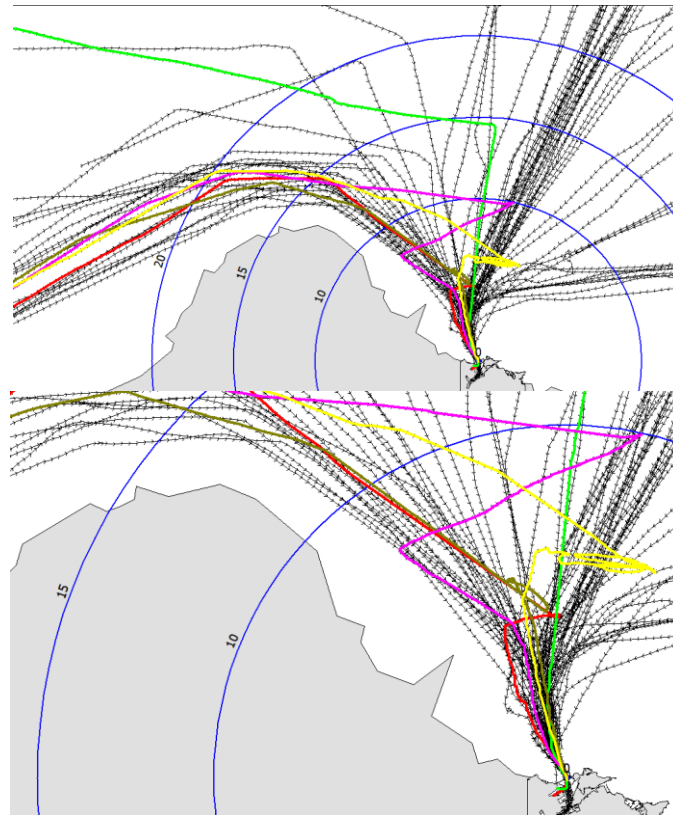


圖 4.7 基隆港進港航跡（黑色方向線）與異常進港航跡（粗線）

接著分析臺中港進港航跡，並改以航行時間進行統計與偵測，從穿越 20 浬距離圈到進港花費的時間統計如下：最小值 4247 秒（約 1.18 小時），最大值 51477（約 14.3 小時），平均值 8839（約 2.46 小時），標準差 5446（約 1.51 小時）。平均值+標準差=14285（約 3.97 小時）。

以此為準，取出進港時間超過 3.97 小時的航跡，依船舶識別分別以不同的顏色繪製其進港航跡，即可看到其異常或延遲的狀況。其臺中港進港航跡與異常進港航跡如圖 4.8 所示；由圖 4.8 中進港航跡（黑色方向線）檢測出異常/延遲航跡（粗線）的結果顯示，黑色虛線是 5、10、15、20 浬的距離圈，其中一條黃色航跡兩次穿越 20 浬距離圈（這是一艘散裝貨輪，進港後停靠 No. 99 碼頭）。而放大檢視臺中港 10 浬內異常進港航跡則如圖 4.9 所示。

另外，臺中港船舶進港停靠碼頭如圖 4.10 所示，經查詢臺中港網站公告的碼頭設施表，No. 10-11，No. 32-35 都是貨櫃碼頭，No. 20-26 是散雜貨碼頭，No. 99 是廢鐵碼頭。

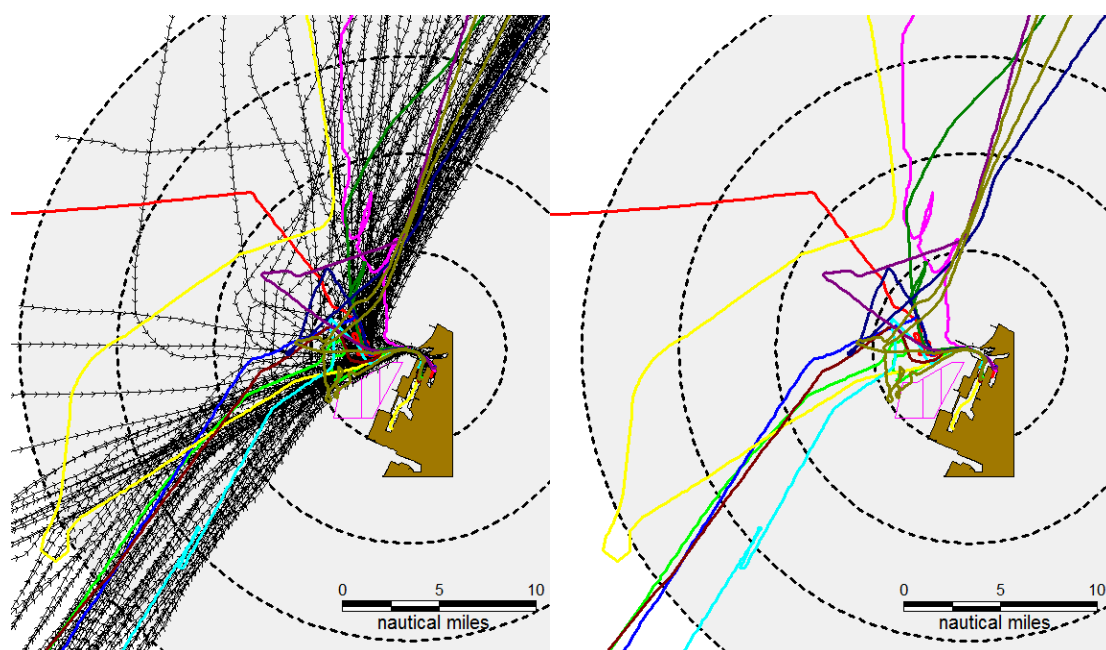


圖 4.8 臺中港進港航跡與異常進港航跡



圖 4.9 臺中港 10 浬內異常進港航跡

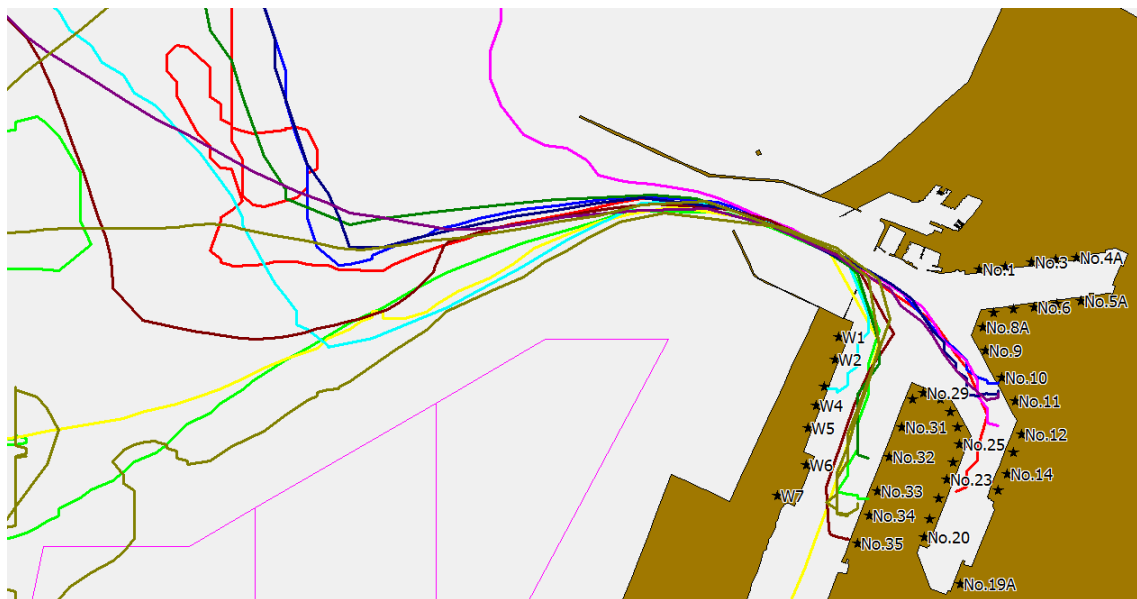


圖 4.10 臺中港船舶進港停靠碼頭

但是受到港口的地理環境與進出港航道設計影響，從各個方向到港的正常航行時間與距離都很可能有差異，因此可以再區分來向。以臺中港為例，同樣從穿越 20 浬距離圈到進入臺中港，從北側來港的路徑較長，分析後的臺中港不同方向進港航行距離與時間如表 4.3 所示。因此可以此分析方法，視實際需求再做區分得更細的統計分析。

表 4.3 中港不同方向進港航行距離與時間

通過 20 哩到進港	全部	北來(取 350 度~27 度)	其他來向
航跡數比例	100%	49.7%	50.3%
距離平均值 μ (哩)	23.35	24.60	22.12
距離標準差 σ (哩)	4.20	2.97	4.83
距離 $\mu + \sigma$ (哩)	27.55	27.57	26.95
時間平均值 μ (秒)	8839	9436	8250
時間標準差 σ (秒)	5446	6046	4706
時間 $\mu + \sigma$ (時)	3.97	4.30	3.60

4.3.3 船舶節能減碳資料自動化蒐集

國內外推估船舶排放量的流程與基本公式雷同，主引擎與輔助引擎排放量的推估程序，兩者最大的差異在於：負載因子 (Load Factor) 與活動量 (Activity Hours)。輔助引擎的負載因子是使用從技術文獻或調查取得的各種類噸位船舶的預設值，主引擎的負載因子主要依據最大航速與實際航速。主引擎的活動量是算航程時間，輔助引擎的活動量則是算調度時間加停留時間。各國推估船舶排放量時所用方法的重大差異就在於和船舶動態有關的活動量與主引擎負載因子。

在主引擎排放量估算方面，活動量的推估是假設船舶在航道上航行，藉航道的距離及船舶行進速度調查資料，估算得各船舶航行的時間，其中船舶行進速度利用臺灣海域船舶動態資訊系統的 AIS 資料推估，主引擎的排放係數參考美國洛杉磯港空汙排放量清冊 (POLA, 2009) 提供的數值，該數值以燃油硫含量 2.7% 推估。

輔助引擎的活動量是以船舶的調度時間加上停泊的時間作為其活動量係數。負載因子則由文獻中 (行政院環保署, 2010) 查得輔助引擎的操作負荷。根據 POLA 空汙排放量清冊使用的數據，輔助引擎的 SO_x 排放係數為 12.3g/kW-hr。

輔助鍋爐排放量估算由文獻值推估，採用 Puget Sound 2007 計畫所採用的輔助鍋爐消耗能量預設值，並根據 POLA（2009）使用的數據，輔助鍋爐的 SO_x 排放係數為 16.5g/kW-hr。

國內相關計畫主要參考的是美國洛杉磯港(POLA)的空汙排放量清冊程序與數據。但是我國國際商港 20 浬內只有距離甚短（以臺中港為例，約 3 浬）的進出港航道，沿岸並未規劃航道，以航道距離和航道各轉向點之間航段的船舶航行速度推估活動量與負載因子的方法即使可用也需要有一較自動化的處理程序。

因此本研究的重點在於船舶排放量資料的自動化蒐集，目標是直接利用 AIS 動態資料產生活動量與主引擎負載因子，用以推估遠洋船舶的空汙排放量。研究成果與分析方法則依以 AIS 系統為首，估算主引擎負載因子與活動量之試驗、活動量與負載因子之方法比較與船舶油耗及排放量的空間分佈分析等章節分述如下。

4.3.4 估算主引擎負載因子與活動量

在船舶排放量估算方面，首先以逐船分析航跡的方式進行。以基隆港為例，以港口入口點為中心產生半徑 10、15、20 海浬這三條海浬線，分析每艘船的 AIS 航跡資料，用以估算排放量的海浬線與航跡（以基隆港為例）如圖 4.11 所示（軌跡線為天秤星號航跡）。

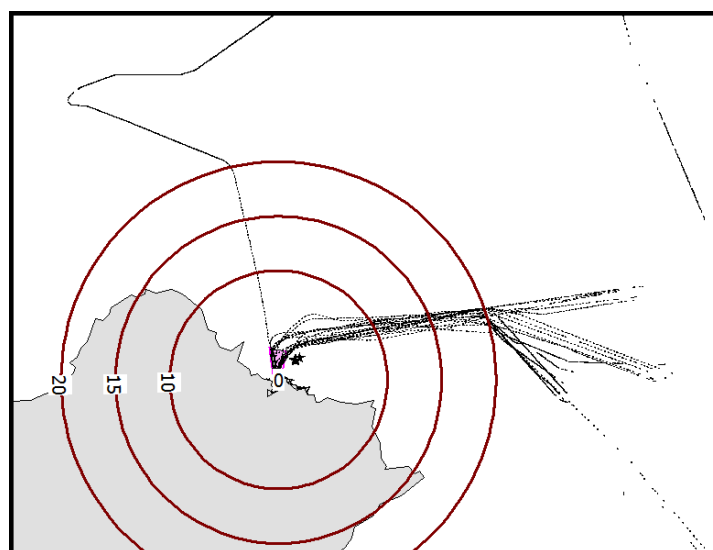


圖 4.11 估算排放量的海浬線與航跡（以基隆港為例）

先以一個月的資料進行試驗，取出某艘船以一個月內的所有動態船位記錄，以船位經緯度標記為點，且依定位時戳排序形成航行軌跡，求出航行軌跡與三條海浬線的交叉點，採用最接近海浬線外以及海浬線內兩筆資料點的對地航速與資料記錄時間平均做為通過海浬線（交叉點）的速度和時間，利用通過兩條海浬線的速度與時間計算出平均速度與時間差，分別視為在該區段內航行的實際船速與活動量 Act。其中發現有時間差異異常的狀況，經檢視可能是 AIS 收訊問題所致。先取時間差小於 4000 秒（大約 1.1 小時）內的活動量資料。接著利用實際船速(AS)與最大船速(MS)計算出負載因子(LF)。再利用最大引擎動力(MCR)、負載因子、活動量(Act)算出消耗的能量 (Energy)， $Energy = MCR \times LF \times Act$ ，接著以消耗的能量、排放係數(EF)、燃料校正係數(FCF)三項乘積求出引擎的排放量(E)， $E = Energy \times EF \times FCF$ 。

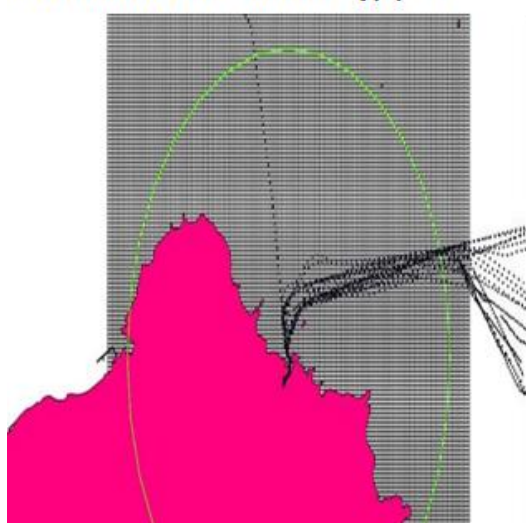
4.3.5 估算活動量與負載因子

從 AIS 船舶動態資料中航速與船位隨時間的變化，可以判別 AIS 航跡中各段的狀態。若要應用於推估船舶排放量，則至少需要知道處於航行、調度與停泊這三種狀態的時間有多長，而且因為主引擎的負載因子隨著實際航速變動，所以航行中的負載因子與活動量應以個別船舶連續兩筆 AIS 動態資料中的時間差與平均船速相乘的方式累加。這樣的計算雖然精細，但是計算成本高，若要再產生排放量的空間分佈，則必須再於連續兩筆資料的平均船位產生點，然後再分網格進行統計。

推估船舶排放量同時取得空間分佈資訊的較佳方法是類似荷蘭 MARIN 的估算程序，每 2 分鐘觀測判斷船舶在哪一個網格內，而且在計算排放量時假設該船在兩分鐘內都在同一網格且維持相同速度。

我們依上述兩種估算程序的概念分別設計程式，並以天秤星號為例比較這兩種方法，其兩種推估方式比較結果如圖 4.12 所示。

內插航跡點之網格式計算



直接以航跡線計算

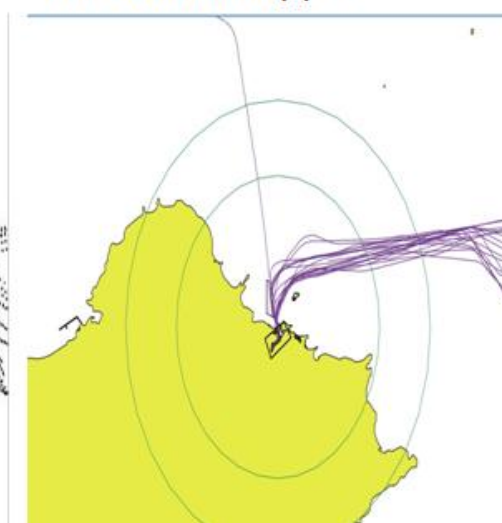


圖 4.12 兩種推估方式比較結果

船舶的活動狀態採用 State Transition (在三種狀態之間轉換) 的方式判斷：航速 <0.5 節進入停泊狀態，直到高於 2 節才離開停泊狀態；航速在 2~6.5 節之間是 (港內) 調度狀態；航速 >6.5 節進入航行狀態，直到低於 2 節才離開航行狀態。

取 2009 年 9 月 4-30 日的天秤星號 AIS 船舶動態資料 (該船航跡分佈於其中 17 天) 計算，其估算方法比較結果如表 4.4，其中排放量是以 NO_x 排放量為例，單位公噸。

表 4.4 估算方法比較結果

項 目	內插航跡點網格式計算	直接以航跡線計算
排放量 20 海浬內(公噸)	7.201	7.917
活動量(停泊時間)	2860min (47.67hr)	2875min (47.92hr)
停泊排放量(公噸)	0.498	0.790
活動量(調度時間)	828min (13.8hr)	663min (11hr)
調度排放量(公噸)	0.331	0.248
活動量(航行時間)	1880min (31.33hr)	1960min (32.67hr)
航行排放量(公噸)	6.372	6.879
總活動量	5568min (92.8hr)	5498min (91.63hr)

1. 直接以航跡計算的方法如下：

在航行時，用 20 海里範圍內並以主引擎當作排放源計算其排放量，其中利用航線中每一筆紀錄到的速度及時間，來計算其 LF，MS 為資料庫紀錄到該艘船隻的最大速度再除以 0.94。而 AS 部分是以記錄到的每兩點速度相加除以 2 當作該段平均船速，經過三次方後得出的 LF 再去乘上兩點的時間差(ACT)，將整條航線的每筆資料做完 LF*ACT 的運算後再去乘上最大主引擎動力(MCR)，則得到 Energy。最後將 Energy*主引擎排放係數 EF*燃料校正係數 FCF，即為最後我們所得到該條航線的排放量。最後將所有劃分為航行狀態線段在二十海里範圍內的排放量及時間加總即為航行時總排放量與 Act。

在停泊和調度的排放量計算中，是以 20 海里為範圍內並以輔助引擎和鍋爐當作排放源計算排放量，分別算出輔助引擎的排放量和輔助鍋爐的排放量最後再相加。

2. 內插航跡點網格排放量計算方式如下：

以 MMSI 為 308188000 的天秤星號為例，從資料庫讀取 2009 年 9 月份開往基隆港的資料，當中有 17 天有紀錄到資料分別是 9/4、9/5、9/6、9/9、9/10、9/11、9/12、9/13、9/16、9/18、9/19、9/20、9/23、9/24、9/26、9/27、9/30，把這幾天資料用程式將資料庫 Record_Time 欄位分成每兩分鐘做為時間區間，利用內插方式分別求出航速、經度、緯度等值。從資料庫中取出最大船速，再以內插出來的 SOG 值當作實際船速，算得每 2 分鐘的負載因子。

為計算 20 海浬內每一網格的排放量，把 20 海浬內區分為港內與港外兩種，港外主要是航行，常用到主引擎，港內分為航行、調度、停泊三種，當 $SOG \geq 6.5$ 時，此時為航行狀態， $0.5 < SOG < 6.5$ 時，此時為調度狀態，調度用到輔助引擎和輔助鍋爐， $SOG < 0.5$ 時為停泊狀態，停泊用到輔助引擎和輔助鍋爐， $SOG = 0$ 時只用到輔助鍋爐。

4.3.6 估算船舶油耗及排放量分佈

以內插航跡點網格排放量計算方式，可以得出每艘船油耗與排放量的逐時變化與空間分佈，再從每艘船的空間分佈統計出所有船舶的排放量分佈。其中油耗的數值目前參考 STEAM model 那篇論文中所用的預設值：每千瓦小時 200 公克(200g/kWh)。

在此仍以天秤星號為例，取 2010 年 10 月 16 日的 AIS 動態資料，當日軌跡都在基隆港 20 浬外，天秤星號航跡點如圖 4.13 所示，中間曾有數小時收不到訊號。

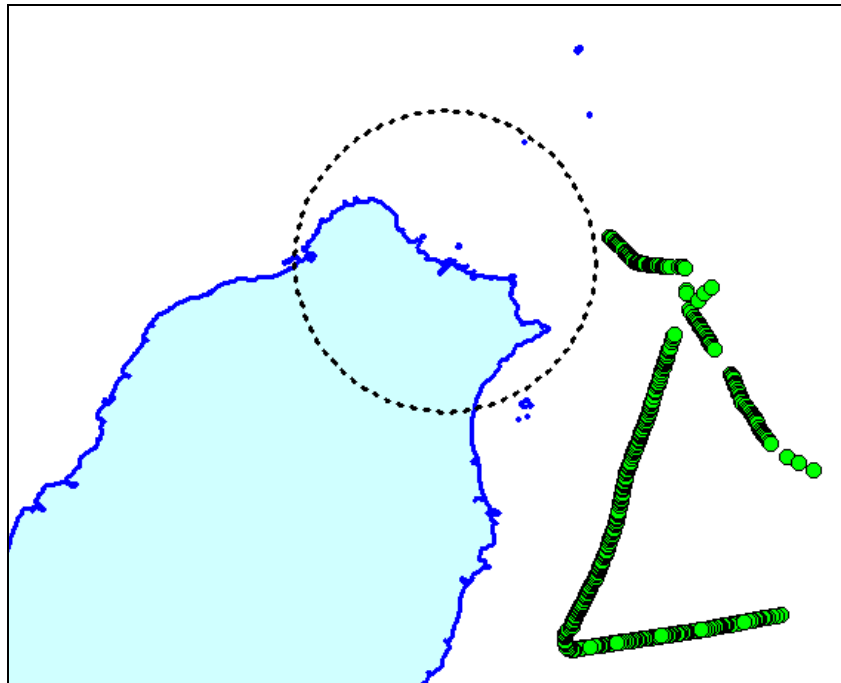


圖 4.13 天秤星號航跡點

分析結果，天秤星號各小時油耗變化如圖 4.14 所示，平均每小時耗油量 4116kg，標準差 963kg，而荷蘭 Steam model 各小時油耗變化則如圖 4.15 所示，兩相比較應屬合理。另外天秤星號每日油耗估算值如圖 4.16 所示，荷蘭 Steam model 每日油耗估算值則如圖 4.17 所示。以上都是只依據沿岸 AIS 接收到資料計算的結果。

基隆港船舶排放量推估空間分佈如圖 4.18 所示，愈紅代表數值愈高，愈綠代表數值愈低。因港區的排放量遠大於港外，為使港外排

放量的分佈情形更明顯；而基隆港船舶排放量推估港外空間分佈則如圖 4.19 所示。

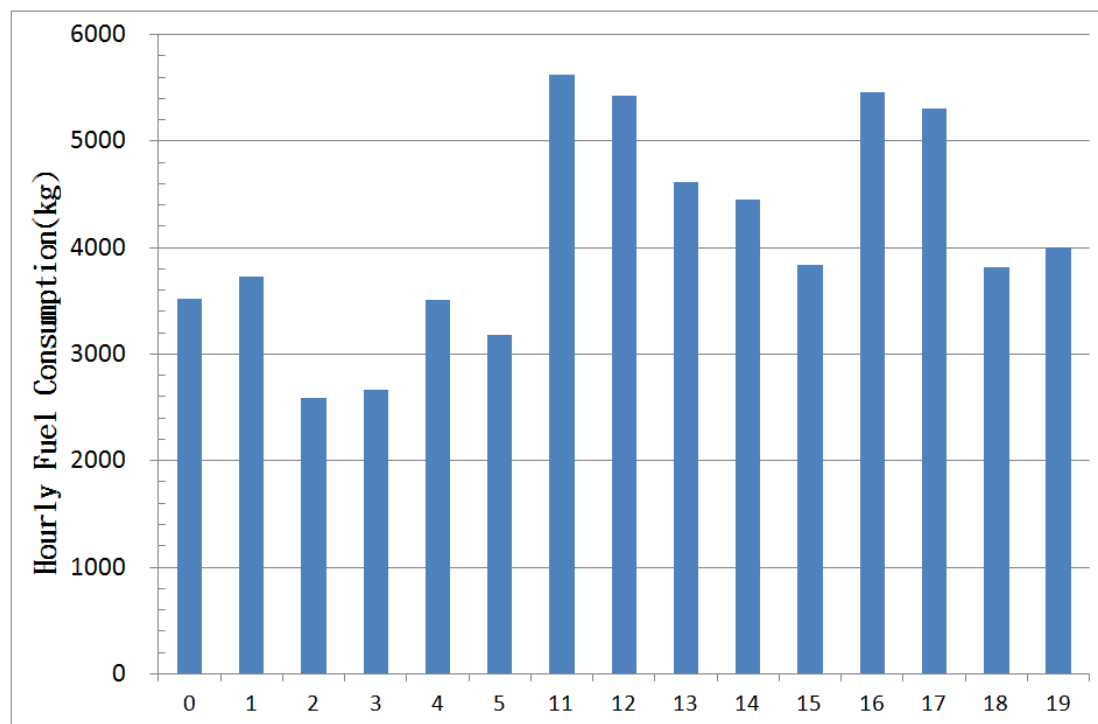


圖 4.14 天秤星號各小時油耗變化

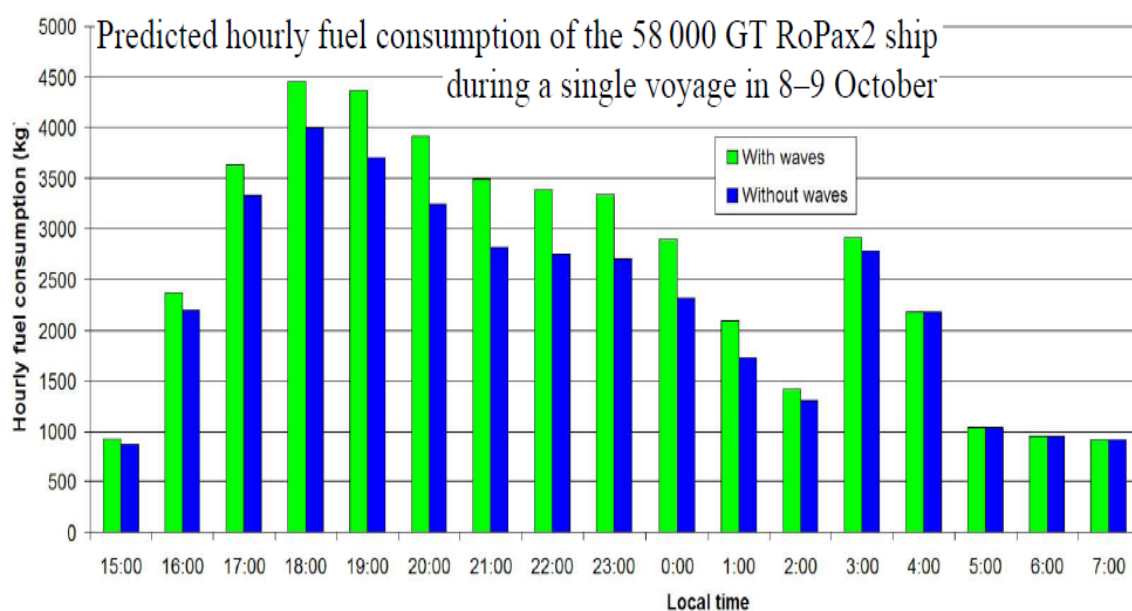


圖 4.15 荷蘭 Steam model 各小時油耗變化

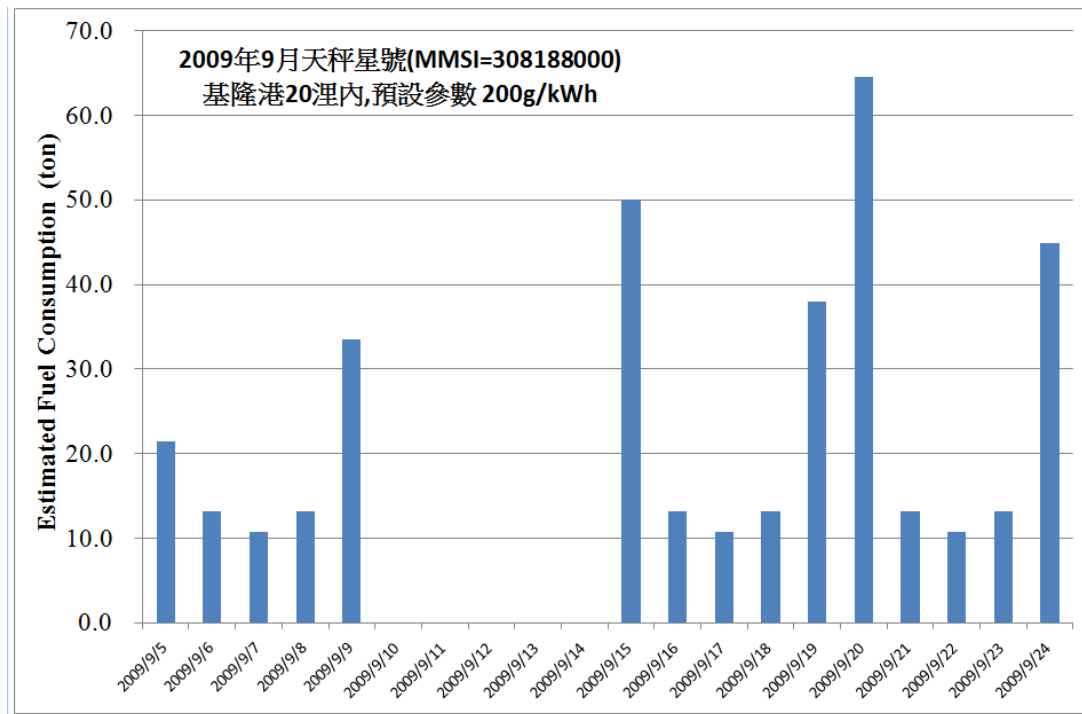


圖 4.16 天秤星號每日油耗估算值

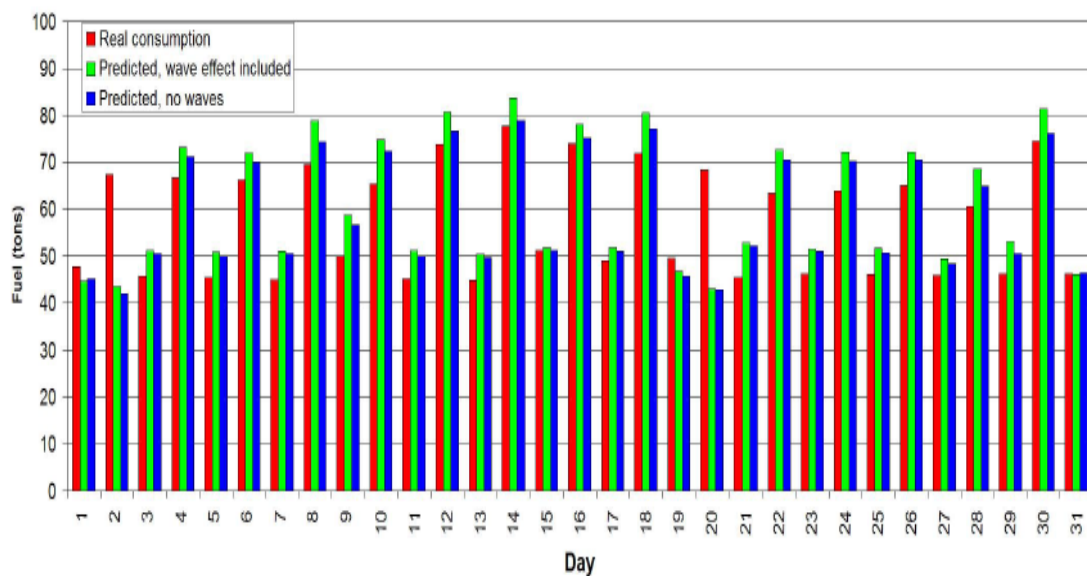


圖 4.17 荷蘭 Steam model 每日油耗估算值

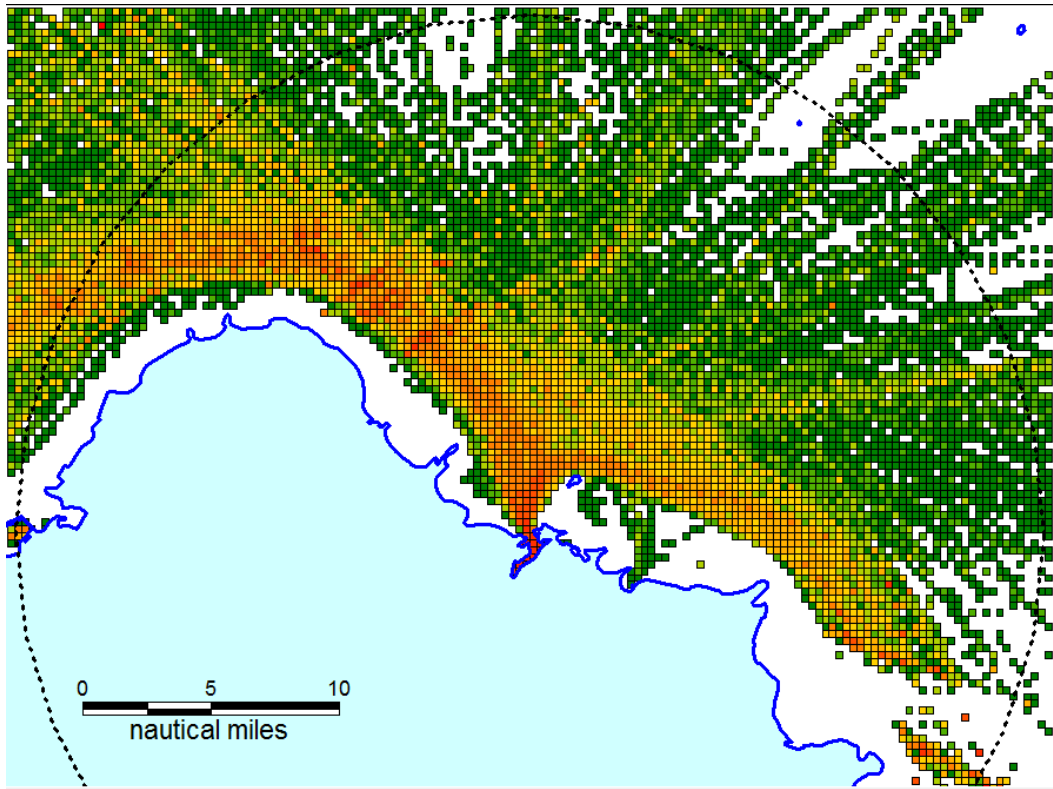


圖 4.18 基隆港船舶排放量推估空間分佈

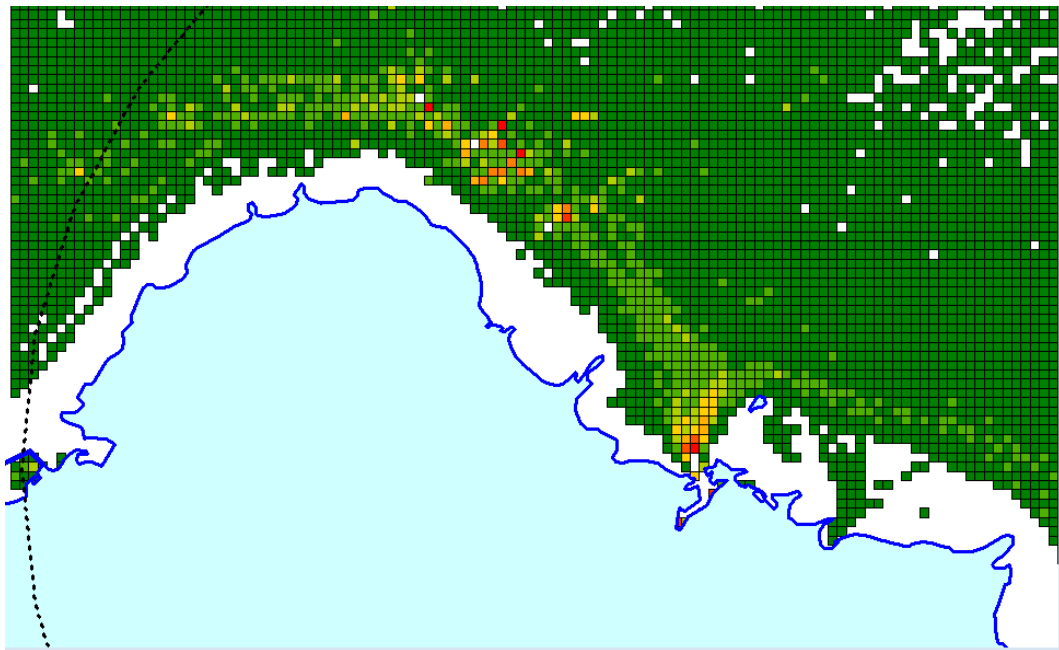


圖 4.19 基隆港船舶排放量推估港外空間分佈

4.4 小結

本研究主要目的在結合船舶動態、電子海圖與海氣象環境資訊，發展沿岸航路與進出港領航的綠色概念智慧化應用服務技術，將是航運效率與安全監測、預防、即時反應的重要指標與方向。在前期 e-化航行與智慧化海運系統的研究基礎下，建立整合船舶動態資料與電子海圖地理資料庫之分析技術與平臺，擴展 AIS 巨量資料之時空分析模組功能，為船舶交通服務之安全性與效率性效益分析提供更完整、真實的量化指標；利用拓樸幾何演算法與空間資訊分析統計技術，就港埠與船舶節能減碳議題中屬於船舶操作面，從船舶活動推估空污排放量資料的自動化蒐集。

分析 AIS 動態航跡的速度變化，偵測取出在港外停船漂航的情形及其時間長度與空間分佈。航跡穿越不同距離圈的角度及其到進港的實際航行時間與距離等，分別以進港航跡長度與航行時間分析偵測可能因等待領港/拖船、碼頭泊位或進出港排程等影響而在港外徘徊或是繞遠路才駛進港口的異常狀況，以及這些船舶進港後靠泊的碼頭位置。可據以檢視後續改善的重點。建立內插 AIS 航跡點以網格式計算自動取得估算船舶排放量所需之負載因子與活動量等參數的方法，以此方法可同時得到排放量的空間分佈，不只適用於港口範圍也適用沿岸。

第五章 壓艙水污染問題與管理法制化

本研究第四個子題主要重點在研究壓艙水污染問題與解決方案，本研究是由本所與成大研究發展基金會王毓正教授所共同合作之研究計畫案，其主要目的在研究船舶不當排放壓艙水而導入外來生物種，對於目的地海域之生態環境、人類健康造成重大的威脅及嚴重的經濟損失已引起國際社會重視，國際上除了有《國際船舶壓艙水及沈積物控管公約》已於 2004 年通過，並有若干國家在公約生效前，為維護自身的海域環境已制訂相關管理制度並有相當程度的執行經驗。可見船舶壓艙水問題之解決確實需要透過法律制度作為依據。然而，船舶壓艙水管理在國內仍屬新興議題，對於船舶壓艙水對於我國海域的影響、相關管理辦法與需求的討論都缺乏資料。本研究將綜整出符合我國需求之壓艙水管理措施，盼能提出適宜的壓艙水管理法草案架構，並舉辦參與式管理座談會以瞭解權益關係人對草案架構之修正建議，供為管理法草案最後修正之參考，提供我國未來管理船舶壓艙水有利的參考。

5.1 壓艙水污染法制化研究目的

船舶不當排放壓艙水而導入之外來生物種，對於目的地海域之生態環境及人類健康可能造成重大的威脅，並進而導致經濟上之嚴重損失，此一問題已引起國際社會高度重視，因此國際海事組織(International Maritime Organization, IMO)已於 2004 年通過了《國際船舶壓艙水及沈積物控管公約》(International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, BWM Convention)，以作為國際間維護海域資源免於受到外來生物種侵害的共同法源依據。船舶壓艙水管理法制化已屬國際間之趨勢，即使臺灣未必能成為 BWM 公約的締約國之一，但一方面由於臺灣經濟貿易高度仰賴船舶運輸，另一方面臺灣港口與近岸水域確實亦存在著外來生物種入侵之風險(劉大綱，2012)，因此在我國如何將壓艙水管理予以法制化乃屬刻不容緩之課題。

5.2 壓艙水污染法制化研究方法

5.2.1 船舶壓艙水規範與國際公約簡介

為了提高港口國官員的有效檢查率，本團隊以三階段篩選出高風險船舶，其船舶壓艙水風險評估流程圖如圖 5.1 所示。第一階段使用 2009-2010 年勞氏港口指南內之港口海水密度，並經過轉換將港口分類，比對全球各來源港口與臺中港海域內溫度與鹽度之相似程度進行初步篩選，以相似程度之高低區分吻合之國家海域或港口，並加入航程分析，藉以了解距離對外來種存活的影响；第二階段篩選使用美國海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)之國家海洋資料中心(National Oceanographic Data Center, NODC) 海上觀測站測量所得之各經緯度溫度與鹽度的長期觀測資料，利用此較為精確之溫度與鹽度資料以群集分析法(Cluster Analysis)中的階層分析法(Hierarchical Clustering Procedure)，進一步將被評為極度風險之港口做分類。第三階段篩選則利用航運型態分析，使用航程、船旗國、壓艙水量、進港次數與藻華發生地區等五項因素篩選船舶，以權重相等之積分方式，更進一步判斷這些船舶所帶來侵襲風險高低，藉以篩選出高風險船舶，以利港口國管制官員檢查。

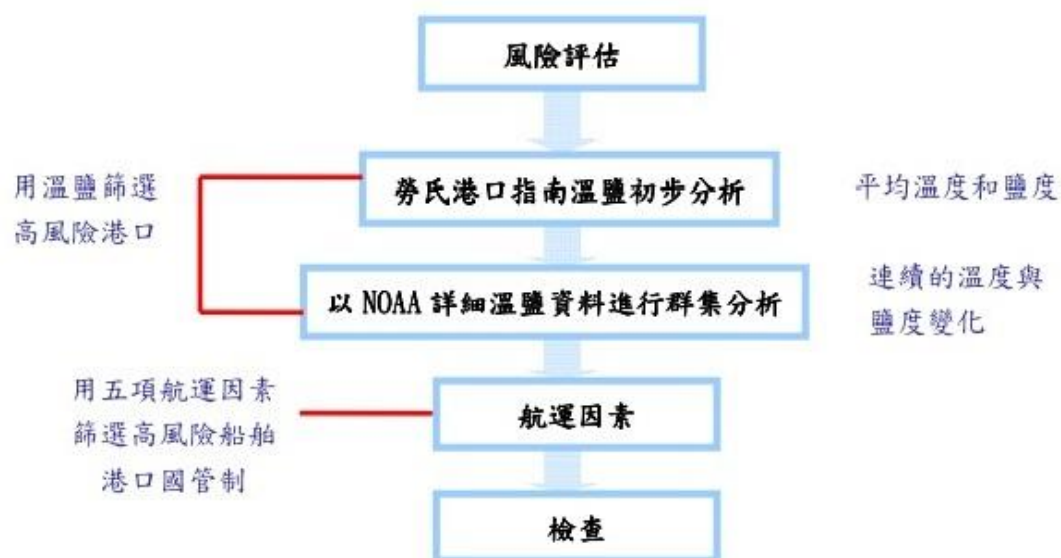


圖5.1 船舶壓艙水風險評估流程圖

臺中港 98 年度進港船舶壓艙水風險評估結果如圖 5.2 所示，透過壓艙水風險評估系統，將原始進港船舶由艘數 1,422 艘，經過三階段篩選，最後列出高風險船舶 132 艘，僅占原始艘數的 9.3%。將此結果與現有之港口國管制系統結合，既可達到壓艙水管理目的並能提高港口國官員行政效率。

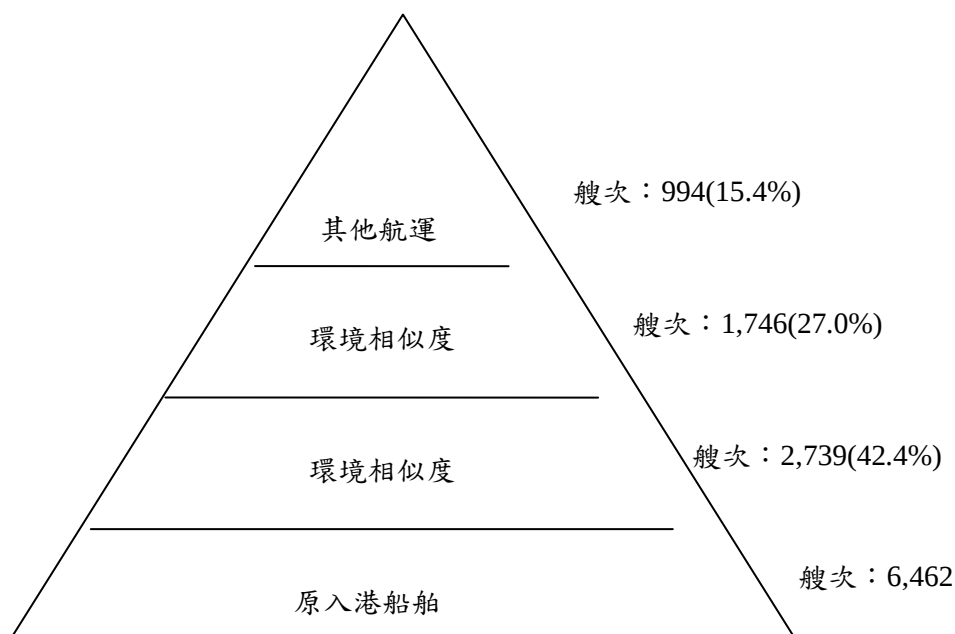


圖5.2 臺中港98年度進港船舶壓艙水風險評估結果

我國航商幾乎都傾向採用船用壓艙水管理系統，而對於使用岸上處置設備的意願較低，主要考量因素是對使用該設備可能會對作業流程造成影響，而使用船上壓艙水管理系統處置正具備了彌補這樣缺點的方便性，因而成為航運公司較傾向採用的方式。但因實務面上許多的不確定性，造成現有船何時安裝設備、選擇何套設備的觀望態度。因此我國公部門應積極研擬船舶使用船用壓艙水管理系統的各项檢查配套措施並提供相關可靠資訊，以協助業者配合時施政府管理政策。而岸上壓艙水收受設施由於技術問題仍有待克服以及目前國際上使用的案例極為少數，但其安全性高且較具公信力，因此可列為未來港口技術開發項目之一，尤以駁船式設備為較可行的應用。

5.2.2 國內壓艙水管理相關法規之現況

壓艙水管理在國內為新興議題，為瞭解我國現有的法規對於船舶壓艙水管理上之規範狀況與密度，以提供未來國內壓艙水管理法制檢討與建構之參考，本團隊擬就現有法規中與船舶壓艙水相關者逐項進行檢視與分析。

船舶壓艙水管理規範範圍廣泛，包括壓艙水水質標準的建立與追蹤、申報制度與資料整理分析、處理設備的驗證核可等等項目，管理對象包含進入我國港口的本國籍與外國籍船舶，由於《船舶法》只能對本國籍船舶進行規範，《商港法》僅能對「商港區域內的污染行為」進行管理，因此我國若要建立船舶壓艙水之法制管理，最相近之母法應為《海洋污染防治法》。但壓艙水目前尚無法明確定義為《海洋污染防治法》中的「其他污染物質」，環保署也無法據此進行壓艙水管理。其中，與壓艙水管理相關法制整理如表 5.1 所示。因此為要實施船舶壓艙水管理亟需在法制上給予具有外來種入侵風險之壓艙水明確的定位。

表5.1 壓艙水管理相關法制整理

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

5.2.3 國際控管船舶壓艙水及沉澱物公約

為了防止、控制因船舶壓艙水所帶來的外來種入侵問題以減少目的地港口之海域生態環境、人類健康及經濟損失，國際海事組織(International Maritime Organization, IMO) 於2004年2月13日通過《船

船壓艙水和沉積物控管國際公約》(International Convention for the Control and Management of Ships Ballast Water and Sediments, BWM)，並於2006年海洋環境保護委員會(Marine Environment Protection Committee, MEPC)第55次會議通過了五個決議案作為公約附錄規則，合稱為《船舶壓艙水和底泥控管規則》(Regulations for The Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments)。為使壓艙水公約能切實可行，海洋環境保護委員會(MEPC)並陸續制訂了14套壓艙水管理技術規範(Technical Guidelines)，目前所有規範都已通過，對於壓艙水公約的實施具有相當重要的指導性。

在定義部分的重要名詞包括「壓艙水」為「控制船舶橫傾、縱傾、吃水、穩性或應力而加裝到船上的水及懸浮物質」；「壓艙水管理」係指「用機械、物理、化學和生物方法，單獨或聯合使用以清除、使無害、或避免加裝和排放壓艙水和沉積物中的有害水生物和病原體」；「證書」係指「國際壓艙水管理證書」；「有害水生物或病原體」係指「該水生物和病原體一旦進入海水，包括河口或進入淡水水體中，會危害環境、人類健康、財產及資源，影響生物多樣性及該種水域的其他合理利用」；而攜載壓艙水的工具——「船舶」係指「在水域環境中運行的任何類型的船舶，包括潛水船、水上船艇、浮動平臺、浮動式儲存裝置和浮動式生產、儲存和卸貨裝置」，但對於設計或建造為無需壓艙水或為密封型壓艙水之船舶、僅在一締約國水域內及公海上營運之船舶以及軍艦、海軍輔助艦、非商用公務船等本公約並不適用。公約於達雙重生效條件的12個月後生效，而生效條件為至少30個國家簽署且商船總噸位總和不少於世界商船總噸位之35%。

壓艙水管理上的技術性條款，首先規定公約適用範圍，包括「有權懸掛締約國國旗的船舶」與「無權懸掛締約國國旗，但在該締約國的權力下營運的船舶」，但對於不攜帶有壓艙水的船舶或永久不排放壓艙水的船舶以及在特定水域內操作的船舶並不適用。為了控制藉由船舶壓艙水和沉積物所帶來的有害水生物和病原體，公約要求締約國遵守公約及其包括附錄規則所規定之標準與要求，並考慮國家情形與能力制定適用於其管轄水域和港口的國家政策，策略或項目，以促進公約目標的實現，並需在進行壓艙清洗或維修的港口和碼頭提供船

船沉積物收受設施。為確保船舶依公約規定實施壓艙水管理，對於進港船舶公約授權締約國可進行船舶檢查，包括三項內容：有效證書、壓艙水記錄簿與壓艙水採樣，但樣品的分析時間不應作為延誤船舶營運、行動或離港的理由，並規定對於船舶的核對與認證以及所有的壓艙水管理措施，都不得對船舶造成不當延誤。若是船舶造成違規的事實，可對違規船提起法律訴訟、將所發生違規事件的情況和證據提供給該船的主管機關或將違規船舶的相關資訊通知下一港口，締約國間也可對於違規船舶的調查與公約的實施進行合作。此外，對於壓艙水管理的科學和技術研究及監測、技術支援等、資訊交流等，公約建議各國能進行合作，尤其是在具有保護環境、人類健康、財產及資源共同利益之地理區的締約國間。

公約附錄規則《船舶壓艙水和底泥控管規則》(Regulations for The Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments)，共包括五部分內容，分別為「A 總則」、「B 船舶管理和控制要求」、「C 某些區域的特殊要求」、「D 壓艙水管理的標準」、「E 壓艙水管理的檢驗與發證要求」，提供了對於壓艙水管理詳細的規定要求。

對於船舶壓艙水管理明確地依照船舶建造日期與壓艙容量來規定實施日期(Regulation B-3)，其壓艙水管理實施時程(黃余得，2013)如表 5.2 所示。在 2009 年之前建造的船舶，如壓艙容量在 1500 至 5000 立方公尺之間並包括 1500 和 5000 立方公尺的船舶，需在 2014 年前須滿足或超過第 D-1 或 D-2 條規定標準的壓艙水管理，在此時間之後，須滿足或超過第 D-2 條規定的標準；如壓艙容量小於 1500 立方公尺和壓艙容量大於 5000 立方公尺的船舶，在 2016 年前須滿足或超過第 D-1 或 D-2 條規定標準的壓艙水管理，在此時間之後，須滿足或超過第 D-2 條規定的標準。在 2009 年或之後建造的船舶，壓艙容量小於 5000 立方公尺，須進行滿足或超出第 D-2 條規定標準的壓艙水管理。在 2009 年或之後但在 2012 年之前建造的船舶，壓艙容量等於或大於 5000 立方公尺的船舶，在 2016 年前須滿足或超過第 D-1 或 D-2 條規定標準的壓艙水管理，在此時間之後，須滿足或超過第 D-2 條規定的標準。在 2012 年或之後建造的船舶，壓艙容量達到或超過 5000 立方公尺，須進行滿足或超出第 D-2 條規定標準的壓艙水管理。

表 5.2 壓艙水管理實施時程(黃余得，2013)

建造年分 (西元年)	壓艙水容量 (立方公尺)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2009 以前	1500~5000	D1 或 D2					D2		
	<1500 or >5000	D1 或 D2							D2
2009 以後	<5000	D2*							
2009-2011	≥ 5000	D1 或 D2							D2
2012 以後		-----			D2				

註：依 A.1005(25)：2009 年建造者，2011/12/31 前應改為 D2。

就壓艙水大洋更換之管理方式而言，則涉及之業務事項包括有「指定壓艙水交換區域」、「規範壓艙水交換方式」、「訂定壓艙水交換標準(Regulation D-1)」以及「壓艙水性能標準(Regulation D-2)」等，而此部分的工作事項往往已超出各國港口管理機關的權責範圍，換言之，實已涉及港口以外海域之管理機關之權責範圍，其壓艙水管理流程與相關權責機關示意如圖5.3所示。

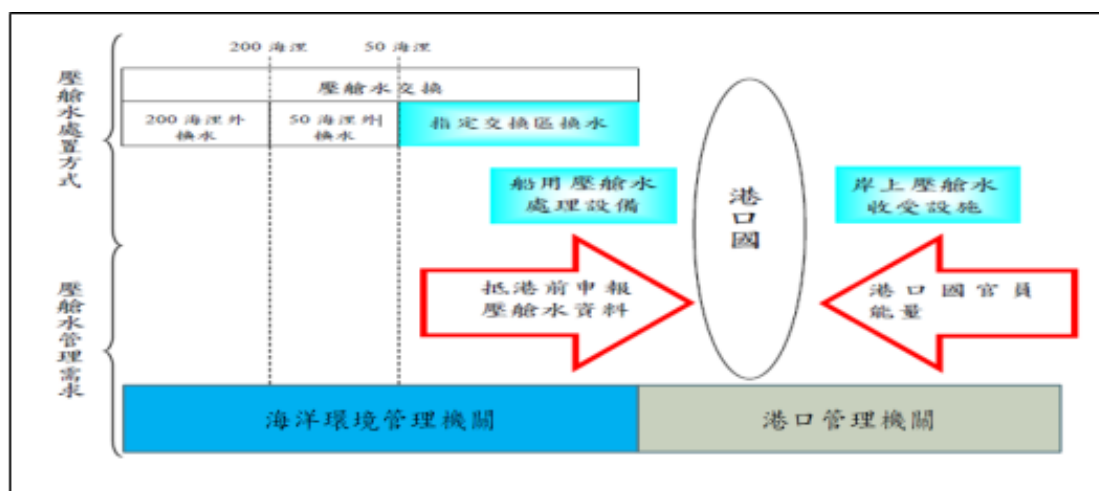


圖 5.3 壓艙水管理流程與相關權責機關示意

儘管就臺灣目前的國際處境來看，未來成為 BWM 公約的締約國之可能性仍舊不高；但如前所述，一方面由於臺灣經濟貿易高度仰賴船舶運輸，另一方面積極預防海洋環境受到外來生物種入侵亦屬必須，再加上透過積極自願性遵守國際公約以爭取國際對於臺灣之認同，本即臺灣向來之立場，因此在研擬壓艙水管理之法制時，即應該

盡可能與 BWM 公約之管理方法與要求保持一致。透過以上對於 BWM 之簡介，不難發現若將公約中之壓艙水管理機制放到內國法層次來看，其不僅將涉及港口管理機關之權責，同時亦必須將港口以外之海域管理機關一併納入，換言之，可能包含的有海洋環境保護管理機關以及海洋秩序與安全管理機關。而相對應地，就相關內國法而言，則主要可能涉及港口管理以及海洋環境保護等法律之修訂。

5.2.4 美國船舶壓艙水管理與實踐

美國壓艙水管理法制之是源自於1990年的《外來有害水生生物防止和控制法》(US Nonindigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control Act, NANPCA)以及之後針對1990年法案在1996年訂出的修正案《國家入侵物種法》(National Invasive Species Act of 1996, NISA)，另外在基於 NISA 的授權下，另制定有《壓艙水處理辦法》以作為具體實施壓艙水管理的法源依據。

在壓艙水管理方面最重要的權責機關有二：美國海岸警衛隊(United States Coast Guard, USCG)以及「專責小組」(Task Force)。後者係由野生動物局(United States Fish and Wildlife Service, USFWS)之局長、陸軍部工兵署土木工程部副部長(Assistant Secretary of the Army (Civil Works), ASA(CW))、大氣海洋局局長(Under Secretary of Commerce for Oceans and

Atmosphere, USC(OA))、農業部部長(Secretary of Agriculture)、美國環境保護署(Environmental Protection Agency, EPA)行政官員及 USCG 的指揮官共同構成。其負責的工作事項主要為壓艙水的前端研究與評估，並負責研究出遏止外來種在美國國境散佈之方法，同時在壓艙水管制的相關事務上作為 USCG 部長的諮詢或共同執行單位，而 USCG 部長除了和專責小組共同進行前端研究調查外，還需要再諮詢過專責小組的前提下制定出管理壓艙水之辦法與標準，其美國船舶壓艙水管理如圖5.4所示。

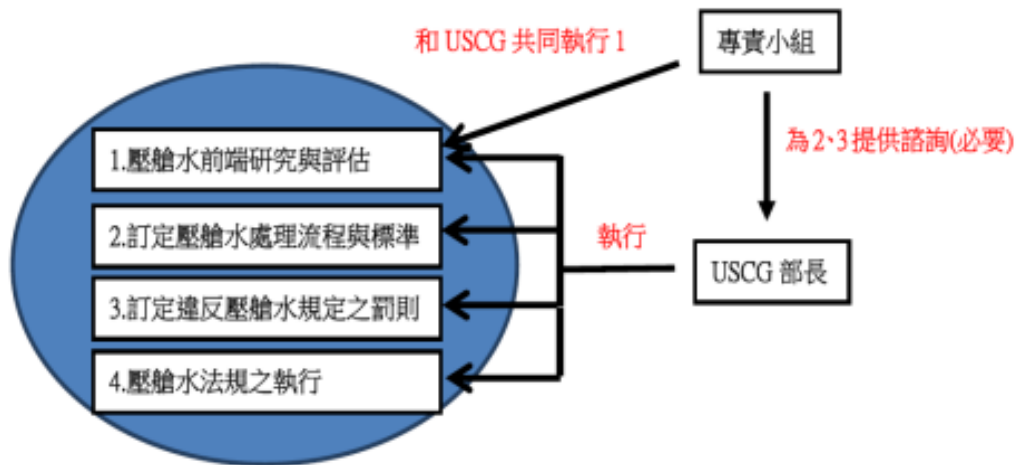


圖 5.4 美國船舶壓艙水管理

特別值得注意的是，NISA 要求專責小組必須為美國水域制定及實施預防水中有害生物入侵和擴散之方案，以監視、控制及研究這些物種，並傳播相關的訊息，而這個方案的內容要能夠確定水中有害生物預防、監測、控制、教育及研究之目標、優先順序及方法。另外，專責小組亦須建立及落實相關措施以盡可能降低水中有害生物入侵美國水域之風險，同時控制已入侵之水中有害生物並把其對於環境、公眾福利與健康的傷害風險減到最低，而此控制的行動包含根除入侵種、減少其數量、適應人類活動方法的處理、配合處理入侵種的公共設施、預防入侵種從現有地區散佈到其他地區。由此可見，在美國乃是透過法律明文規定的方式，確認壓艙水管理乃涉及眾多權責機關之規範事項，並進一步將所有權責機關之所應負責之工作事項予以確定與整合。

此外，基於 NISA 的授權下，另制定有《壓艙水處理辦法》以作為具體實施壓艙水管理的法源依據，其對於船舶壓艙水的處理要求主要有二： 1. 船舶得在 EEZ（專屬經濟海域）外之水體進行壓艙水交換，且是在距離岸邊至少 200 海浬，水深至少 2,00m 之處進行，並須

符合法定之排放標準。2. 亦得透過安裝及操作經過海岸巡防局認可之 BWMS (Ballast water management system)，以符合法定排放標準 (46 CFR part 162)。

至於有關法定排放標準，儘管美國目前所公告之排放標準係與 BWM 公約所訂之標準一致，但美國早期亦曾訂定比 BWM 公約較為嚴格之排放標準，其主要凸顯的意義是，非締約國家在透過自願實踐國際公約的過程當中，除對於公約內容之部分遵守享有一定的選擇空間之外，亦得基於更高的環境保護要求之下，訂定更為嚴格的排放標準。

最後，在罰則的部分，原則上若違反壓艙水管理相關規定時，將會受到27,500美元以下之罰鍰，但主管機關仍得隨著違反法規之日數而採取連續處罰之手段。此外，在具體個案當中若可進一步證實係屬明知而故意違反規定時，則更可進一步透過刑罰處罰 (C 級重罪) 的手段予以制裁。

5.3 壓艙水污染法制化研究成果

5.3.1 壓艙水管理法制化問題分析

權益關係人分析法是近年來在制定管理規範與政策時所普遍採用的一種方式，不同學者對於權益關係人的定義有所不同，如 Freeman(1984)認為權益關係人是指連繫與建立組織的個人或團體，其可影響該組織的未來，Rui et al. (2006) 則指出權益關係人是擁有發言權影響以致決策及成敗的人等。本研究將壓艙水管理之權益關係人定義為：會影響壓艙水管理規範的制定與將受到該規範影響的人，可分為四大群組，分別為公部門、航運公司、船舶設備產業、外部機構，其相互關係，其中船舶壓艙水管理權益關係人示意則如圖5.5所示。公部門中包括交通部航港單位、國營港務公司、環保單位，屬於對壓艙水管理具有直接影響者，包括相關法規之制定與執法；航運公司主要為國內各航商，屬於將受到壓艙水管理規範直接影響者；船舶設備產業包括驗船機構、船舶設備代理商與造船廠三類，屬於將受到壓艙

水管理規範間接影響者；外部機構為民間環保團體與學術界，包括海洋環境、船舶設備、海事、法律等各界學者，其發言與研究對壓艙水管理可能有所影響。

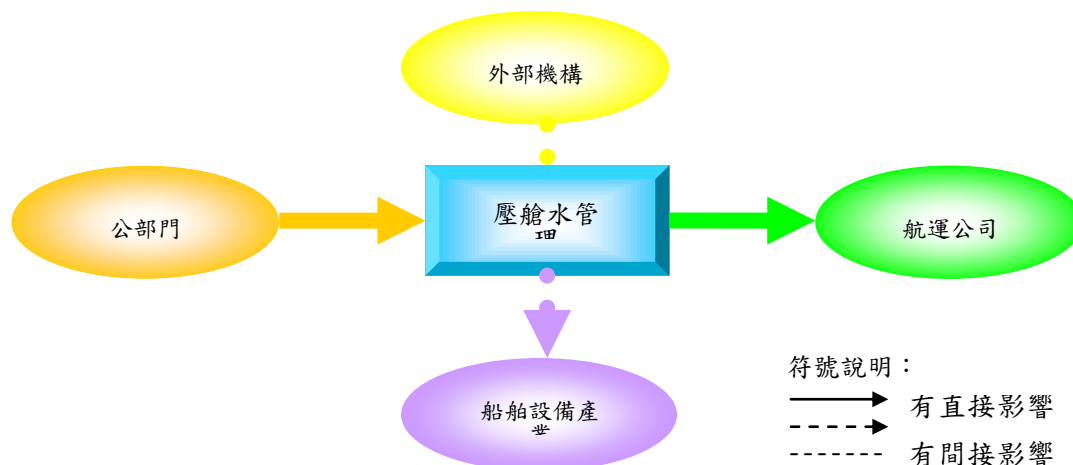


圖 5.5 船舶壓艙水管理權益關係人示意

依據目前《壓艙水公約》的規定，有關壓艙水管理可以採取的管制手段包括有三方面：指定壓艙水交換區、船用壓艙水處理設備以及岸上收受設施。各權益關係人群組對於使用對這三種處置方式管理進入我國港口船舶的可行性看法大致相同。使用船用壓艙水處理設備被視為最適於我國的壓艙水處置方式，其次為指定壓艙水交換區，而岸上收受設施被認為最不可行。未來我國制定壓艙水管理法規時應考慮所規定的辦法是否可行。針對管理事項、岸上收受設施、壓艙水指定交換區、船用壓艙水處理設備及壓艙水排放標準等，分別概述如下。

1. 管理事項

依據目前 BWM 公約的規定，有關壓艙水管理可以採取的管制手段包括有三方面：指定壓艙水交換區、船用壓艙水處理設備以及岸上收受設施。各權益關係人群組對於使用對這三種處置方式管理進入我國港口船舶的可行性看法大致相同。

2. 岸上收受設施

多數認為岸上收受設施被認為最不可行。主要原因是多數認為船舶壓艙水每次要處理的水量遠大於目前的污水處理設備可容納的水

量，因此在技術上有困難。此外岸上收受設施對於港口經營者是一項鉅額投資，當中包括成本與投資報酬率，以及後續的維修保養、操作人員訓練等。另外，岸上收設施還有難解的場地規劃問題，例如廣設於各碼頭恐窒礙難行，但若設施設置不普及，如只有在某些特定碼頭設置，可能影響船舶進出港流程與作業時間。因此，未來壓艙水管理上可能將集中在壓艙水交換區與船用壓艙水處理設備的討論上。

3. 壓艙水指定交換區

多數認為在我國近岸海域劃設指定壓艙水交換區的可行性提出疑慮，原因包括會影響船舶航線，還有對於短航程的船舶，如往來於兩岸的船舶，要在其航程時間內完成換水要求不易達到。再者是受訪者認為指定壓艙水交換區會有監測管理不易的問題。在《壓艙水公約》中 D-1換水標準要求僅是過渡措施，等到進入 D-2後，船舶都需安裝壓艙水處理設備，以我國的立法速度而言，屆時可能已進入到公約 D-2時程，因此有受訪者認為並不需要針對 D-1換水標準制定規則。

4. 船用壓艙水處理設備

所有受訪者均認同最為可行的壓艙水處置方式是要求船舶裝置船用壓艙水處理系統，因此要求船舶設置壓艙水處理設備並進行管理，被視為最適於我國的壓艙水管理之方式。基本上航運公司均視此為國際社會的趨勢，因此新造船都已安裝設備或已預留空間，現有船待公約生效就會安裝設備，因此未來主管機關僅須對於壓艙水處理設備的效能與認證進行查核驗證以及在必要的情形下，針對特殊個案進行壓艙水採樣與化驗，予以管理即可。

5. 壓艙水排放標準

如上所述，要求船舶設置壓艙水處理設備並進行管理是獲得最大共識的管理方式，或甚至未來或許也不排除設置壓艙水指定交換區，二者皆必須以訂定壓艙水排放標準為必要配套措施。然而就此點而言，目前相關權責單位即有不同的認知，例如航政主管機關認為壓艙水排放標準仍涉及環境保護事項，在標準訂定方面仍需要相關環境背景資料作為基礎，因此期待未來能由環保主管機關訂定壓艙水管理之相關標準，以作為航政主管機關執行後端查驗工作之依據。相對於

此，環保主管機關則是認為未來僅須依照 IMO 之管理標準進行管理即可。至於業者則建議或許可考慮國際航線與國內航線船隻的差異，採用不同的管制標準來加以規範。

5.3.2 壓艙水管理法制化之建構方式

航政機關對於本身作為壓艙水管理之相關權責機關並無不同意見，但仍認為不當的壓艙水排放對於海洋環境可能產生的威脅也是海洋環境保護應該處理之問題，因此環保主管機關亦應承擔部分管理權責，此外，如前所述，壓艙水排放標準仍涉及環境保護事項，在標準訂定方面仍需要相關環境背景資料作為基礎，因此期待未來能由環保主管機關訂定壓艙水管理之相關標準，港口管理機關則可以配合執行。再者，認為依照目前商港法的規定，航政機關對於不當排放壓艙水之行為並沒有裁罰的法律依據。

相對於此，環保署則表示壓艙水目前在《海洋污染防治法》中尚未能定義為「污染物質」，因此並非該法納入管制之項目，且壓艙水的管理並非屬於向來之環保業務，除非其中含有廢油、污水等已公告的污染物質。而且環保主管機關對於商港以外之海域範圍進行壓艙水排放之管制，在實際上的執行能力有困難。至於海洋巡防署則表示，其向來皆是依照法律規定配合相關權責機關進行執法。

相關業者則是認為船舶排放的污染物，若還留在船上應由航政主管機關管理，因為船舶設備、證書等均為航政機關的管理職責，但當壓艙水排放入海，造成污染時，則應屬環保署管理的事項。

對於未來船舶壓艙水管理法制化之建構方式，目前主要的討論有三種：1. 制定專法；2. 修正現行法令；3. 直接依據商港法第75條公告管理。

1. 設立專法

亦即透過立法院三讀通過所制定之一部完整獨立之法律，藉以管理壓艙水排放之事宜。對此法制化模式表示贊同者，係認為壓艙水管理涉及眾多事項，包括抵港前壓艙水資料的申報、壓艙水排放標準的

制定與檢驗、壓艙水處理設備的認證與查核等。此外，就目前各相關單位的業務而言，亦有重疊或權責劃分不明確的地方，因此需要透過一部擬定專法較能完善管理。或有認為不當壓艙水的排放將造成海洋環境的威脅，壓艙水所造成的生態問題與其他形式的海洋環境污染不同，因此有必要以專法形式制定規範。

2. 修改現行法律

我國《海洋污染防治法》第29條第1項規定，「船舶之廢（污）水、油、廢棄物或其他污染物質，除依規定得排洩於海洋者外，應留存船上或排洩於岸上收受設施。」與《商港法》第38條第1項「商港區域內，船舶之廢油水、廢棄物或其他污染物質，應留存船上或排洩於岸上收受設施。」，因此可以透過「其他污染物質」此一「不確定法律概念」的解釋，將壓艙水納入此處之「其他污染物質」，即可透過現行法規加以管制。

亦有部分認為壓艙水管理可比照其他船舶污染的管理方式，只要在現有相關法規中增修訂條文即可，例如對於壓艙水處理設備，可在《船舶法》中與船舶設備相關的章節增修條文；對於抵港前壓艙水資料申報，可在《商港法》中與船舶進出港申報規範中增修條文；對於壓艙水排放標準，可參考《海洋污染防治法》體系的放流水標準相關規範增修訂條文。

3. 直接依據商港法第 75 條公告管理

最後，有認為可根據現行商港法第75條之規定，「商港安全及管理事項涉及國際事務者，主管機關得參照國際公約或協定及其附約所定規則、辦法、標準、建議或程式，採用施行」，直接公告管制事項，作為直接參照 BWM 公約來制定壓艙水規範的權力與空間。

不過採取此一立場者，主要係認為船舶應設置之壓艙水處理設施規定，可參照有關國際公約或協定及其附約所訂標準、建議、辦法或程序，予以採用、並發布施行，國內並不需要另外擬定專法，可直接依公約規範採行。然而，不明確的是，船舶應設置之壓艙水處理設施以外之規定，是否可依據商港法第75條予以公告管制，則不見清楚說明。此外，縱使採取此立場者，某程度似乎亦承認必須「立法」，因

為所謂「立法」在行政法規當中，應包含憲法第170條所規定之「立法院三讀通過」之法律，以及法律授權行政機關發布之「法規命令」。而論者所謂參照 BWM 公約所訂之標準、建議、辦法或程序，予以採用、並發布施行，倘若商港法第75條被視為是「法律授權之依據」，則其所發布施行者，其實就是法規命令。再者，國際公約為尊重各國家之主權，不可能鉅細靡遺地進行規範，因此各國仍須視各自國家之狀況與情形，訂定個別之管制程序以及細節事項之規範內容，因此第三種類型之法制化方式其實即是「依據法律授權訂定法規命令」，在此必須先予以釐清。

5.3.3 壓艙水管理法制化模式分析

1. 依據商港法 75 條規定管理可行性

首先必須先釐清的問題是，國際公約是否可以作為我國行政管制之法源，此已涉及「國際公約國內法化」的討論，根據「國際公約國內法化的實踐」研究計畫之報告書（法務部，2009）中的結論「對於一元論國家而言，條約已有國內法效力」，「對於二元論國家而言，國際條約即使經過批准或加入，亦無國內法效力，因此需要制定國內法以實踐國際條約，而且其所採的方式是逐一制定國內法以實踐個別條約」。多數學說皆認為儘管憲法並未明文規定，但基本上「一元論」未能符合憲法第23條及第170條之規範精神。此外大法官釋字第329號解釋亦表示國際條約或國際公約「除經法律授權或事先經立法院同意簽訂，或其內容與國內法律相同者外，條約、公約或協定附有批准條款者，應送立法院審議」，由此可見亦採取「二元論」之立場，換言之，直接以 BWM 公約作為我國壓艙水管理之行政管制的法源依據，顯然不可行。因此，進一步要探討的問題是，商港法第75條是否即為大法官釋字第329號解釋中所謂「經法律授權或事先經立法院同意簽訂」之情形？實則不然，因為該號解釋所針對的是我國「簽訂國際公約或國際條約」的情形，其在經法律授權或事先經立法院同意時，就可以直接生效產生法源之效力。但事實上，就臺灣目前的國際處境來看，未來成為 BWM 公約的締約國之可能性仍舊不高，因此縱使將商港法第75條解釋為釋字第329號中所謂「經法律授權」之情形，亦無法直接以 BWM 公約作為我國壓艙水管理之行政管制的法源依

據。

其次，縱使以商港法第75條為訂定法規命令之授權依據，是否即可直接以 BWM 公約的規範內容作為商港內壓艙水管理之依據？似乎亦存有疑問。類似商港法之規定者，例如航業法第60條「本法未規定事項，涉及國際事務者，主管機關得參照有關國際公約或協定及其附約所訂規則、辦法、標準、建議或程式，採用發布施行」，在學說上一般認為係屬國際公約「須經制定或修正法規始能適用」之類型，換言之，並無所謂直接依據國際公約為行政管制之情形（吳庚，2011；莊國榮，2013）。首先，法律係授權主管機關「參照」，而非「遵照」，換言之，相關國際公約的條文究竟全部或部分為主管機關採納，受管制人民或事業並無法事先知悉，此與憲法上之「法律明確原則」的要求並不符合，因此仍須透過法規命令制定的方式與流程，於發布生效後方能施行，作為管制之法源依據。

再者，非締約國家在透過自願實踐國際公約的過程當中，除可以採取最有利自己國家的立場，選擇就公約內容中對自己之部分遵守之外，亦得基於更高的環境保護要求之下，訂定更為嚴格的排放標準。另外，國際公約為尊重各國家之主權，不可能鉅細靡遺地進行規範，因此各國仍須視各自國家之狀況與情形，訂定個別之管制程序以及細節事項之規範內容，因此第三種類型之法制化方式其實即是「依據法律授權訂定法規命令」，

縱使以商港法第75條作為訂定壓艙水管理之法規命令的授權依據，但仍無法解決兩個問題。首先是管制範圍不足的問題，從商港法第1條至第5條之規定觀之，其管制範圍亦僅限於商港內，但若要使壓艙水的管制措施能夠完全發揮阻絕外來種威脅臺灣海域環境的話，則須在船隻進入港口前即採取積極預防管制的措施，以免外來生物種入侵之預防僅侷限在商港之內，而造成更大的管制漏洞，因此即便依商港法第75條規定作為制定法規命令之授權依據，自然即不能超出母法本身之規範範圍，因此仍無法完全解決壓艙水所可能造成的環境問題。

商港法第75條必須面臨的第二個問題是欠缺罰則規定。BWM 公

約第8條對於任何違反公約要求的行為，不論其發生在何處，都予以禁止並授權給各締約國之主管機關之法律給予制裁。國家內部違法行為之制裁權係屬國家主權中之核心權力，國際公約基本上必須給予最高度的尊重而留任由各國自行透過法規予以規範。為了確保壓艙水管理法規仍被遵守，目前已開始實施壓艙水管理的國家為防止船隻規避管制，均在壓艙水管理法規中制定了罰則，例如美澳針對違反相關文件檢驗之法定義務船隻將處以罰款，美國對於知情而故意違反規定者，並處以刑法制裁。在本研究訪談過程中，作為港口管制第一線的執法者也表示懲處手段對於有效管理的必要性，若無完整的管理辦法、配套措施，作為港口國官員只能對於違規船隻關切、警告、舉證，如果無法可罰、也不扣船，這樣港口國官員後續就很難再去檢核。然而，依照目前法界通說，法律僅得就管制事項之構成要件、申請程序或資格等事項授權予行政機關以法規命令補充，但不得將違法之制裁效果亦一併授權與行政機關。另外，無論從國內行政實務或是國際間之實踐經驗來看，對於重大違反行政法令之行為處以刑罰制裁，實有其必要，而此類之刑罰制裁又同時涉及人民權利之重大侵害，因此依據目前法界通說以及大法官釋字第443號解釋之意旨，係屬必須嚴格保留由法律明訂之事項。就現行商港法觀之，並無就違反商港法第75條規定訂有罰則之規定。此將造成依據商港法第75條所訂定之法規命令欠缺違法效果之結果，導致有效管制上之不利。

2. 壓艙水管理應包含之權責機關

參考目前已開始實施船舶壓艙水管理的國家，其權責機關依其國情與法制架構而有所不同，例如美國以國土安全部下的海岸警衛隊(USCG, United States Coast Guard)為第一線的管制單位，同時在各個重要港口設置USCG之管制窗口，並指派人員進駐，但於制定相關規定時會整合各部會成立專案小組，以研議相關法制問題。而澳洲則以隸屬於洲政府農業、漁業暨林業部之下的檢疫單位(AQIS, Australian Quarantine and Inspection Service)為主要的管制單位。另有少數受訪者認為壓艙水造成的外來種入侵問題是屬於生態問題，應由農業部門或檢疫部門來主管。航運公司群組與外部機構群組的各受訪者對於本題並無一致性的看法，與各受訪者對於政府機關間的運作認

知程度有關。但無論其看法如何，都對我國公部門各單位間能建立合作機制、完善管理壓艙水問題寄予期許。

透過本研究的研究可以發現，若將公約中之壓艙水管理機制放到內國法層次來看，其不僅將涉及港口管理機關之權責，同時亦必須將港口以外之海域管理機關一併納入，換言之，可能包含的有海洋環境保護管理機關以及海洋秩序與安全管理機關。而相對應地，就相關內國法而言，則主要可能涉及港口管理以及海洋環境保護等法律之修訂。就後者機關而言，BWM 公約所規定之 D1管理模式，亦即壓艙水交換區域之設定以及相關之排放標準的訂定等規範事項，就我國目前相關行政機關之分工而言，行政院環境保護署確實屬業務較為直接相關之權責機關。再者，縱使目前 BWM 公約對於 D1之管理模式訂於2017年退場，但事實上目前已有延後退場的高度可能性。再加上臺灣未來若採取自願性遵守 BWM 公約的方式，則在有必要的情形下，仍可繼續沿用壓艙水交換區域管理模式而不受 BWM 公約之影響。再從本研究之前已提及之壓艙水排放標準之訂定以及港口外違反壓艙水違法排放之採樣與取締等事項觀之，皆在在顯示環保署在壓艙水管理事項上的關係密切。

固然隨著行政事項之多元化與繁雜化，偶會出現某一行政事項單靠一特定行政機關之職能無法完全因應獲充分解決問題，壓艙水管理事項即屬此一典型，因為其在我國可能涉及航政主管機關、環保主管機關，以及海岸巡防機關間之協助與配合。對於此一現象，行政程序法第19條第1項即要求，「行政機關為發揮共同一體之行政機能，應於其權限範圍內互相協助」。亦即行政機關執行職務時，遇有因人員、設備不足等事實上之原因，不能獨自執行職務者；或執行職務所必要認定之事實，不能獨自調查者，皆得向無隸屬關係之其他機關請求協助（行政程序法第19條第2項第2、3款）。然而，另一方面被請求機關亦得依據行政程序法第19條第5、6項規定拒絕之。因此，為斧底抽薪解決此一問題，本研究建議應透過在法律層次的修法，例如仿效美國法的規範模式，所有權責機關之所應負責之工作事項予以確定與整合。

3. 壓艙水管理法制化模式之建議

透過以上之分析，本研究首先認為單以商港法第75條作為壓艙水管理之依據，在本質上存在有規範不足之現象。反之，是否必須透過制定一部專屬的法律以作為壓艙水管理之依據，本研究亦採取保留之立場。事實上，要回答是否應制定一部專屬的法律，應先釐清是否透過修訂現行法規之方式仍不足以因應，倘若是的話，再進一步思考制定一部專屬的法律。

然而，本研究若透過同時以下方式對於現行海洋污染防治法及商港法進行修正，未必不能找到理想的規範模式，亦即在兩部法律當中，1. 明確將壓艙水納入「其他污染物」之項目；2. 確立商港內航政機關為壓艙水管理之主管機關，商港以外環保署為壓艙水管理之主管機關；3. 分別授權航政機關與環保署會同共同訂定具法規命令性質之壓艙水管理辦法；4. 對於在商港內或商港外之違反壓艙水管理規範之行為，明確訂定罰則規定，由各自主管機關據以執法。至於航政機關與環保署會同共同訂定之壓艙水管理辦法當中應包含，壓艙水管理方式、管理流程、應檢具接受檢查之文書種類與應記載事項，以及其他相關細節事項。

5.4 小結

檢視並比較過臺灣與國外之法規與權責機關後，目前得到的結論是，即便擁有商港法第75條提供授權依據，得以直接參照 BWM 公約之規定，但仍無法就 BWM 公約得出適合臺灣壓艙水管制的程序規定以及違反法規之罰則；此外，以我國處理海洋污染的歷史經驗觀之，就權責機關的分工而言，並非如美國一般均由 USCG 負責執行，而是由環保署負責進行前端計畫與主導，再加上海巡署或航港局等機關負責後端執行與輔助的工作，故在壓艙水管制上，不論是檢驗程序或罰則的訂定以及權責機關的訂定，都是需要相關部會彼此交流後才能做出適當的決定。

因此，不論最終政府單位決定採取何種方式使臺灣壓艙水管理邁向法制化，修法勢必成為其中不可免的途徑，依《商港法》75條授權而參照國際法規，或是直接修訂現有《海污法》和《商港法》規定把壓艙水列入管制，最終都必須面對訂出壓艙水檢驗流程、壓艙水檢驗

標準與違反罰則等之問題。而考慮到我國處理海洋污染之經驗，不僅是為了對上述問題提出解決之方式，同時也為了釐清不同機關間的權責範圍並訂出之後在壓艙水管理上的合作模式，相關機關的會同機制是必要的一環。

有關《海洋污染防治法》及《商港法》未來的修正方面，本研究認為應包含，1.明確將壓艙水納入「其他污染物」之項目；2.確立商港內航政機關為壓艙水管理之主管機關，商港以外環保署為壓艙水管理之主管機關，海洋巡防署則為協助業務之執行機關；3.分別在兩部法律當中增訂授權條款，授權航政機關與環保署會同共同訂定具法規命令性質之壓艙水管理辦法。此外，分別修正的部分則為，1.在《海染法》中增訂由環保署會同航政機關訂定壓艙水排放標準，但其他法律亦得訂定較嚴格之排放標準；2.在《商港法》中增訂航政主管機關得視商港內之水質情況，在必要時訂定較嚴格之排放標準；3.分別在兩部法律當中，對於在商港內或商港外之違反壓艙水管理規範之行為，明確訂定罰則規定，由各自主管機關據以執法。至於航政機關與環保署會同共同訂定之壓艙水管理辦法當中應包含，壓艙水管理方式、管理流程、應檢具接受檢查之文書種類與應記載事項，及其他相關細節事項。

最後，依據本文的研究可以發現，未來應透過制度化的方式，責成前述相關權責機關彼此之間以積極合作的方式，方能有效解決由壓艙水所帶來之外來種威脅，以使臺灣海域的生態資源能充分得到保護。

第六章 綠色港灣結構物之波能轉換

本研究第五個子題主要重點是將作用於結構物上的波能轉換成可以有效利用的能源；本研究為本所與國立中山大學李賢華教授合作的研究計畫案。本研究主要目的在以可再生之綠能系統應用於港灣結構系統中，一方面對於結構體可產生保護作用，另一方面將負面作用之能量轉換成可資利用之能源，可謂一舉兩得，並能有效的協助建構綠色港灣系統。藉由瞭解海洋波浪與海洋結構互制作用之機制，建立起港灣結構與海洋波浪間之友善關係，將海洋能特別是由波浪作用於港灣結構造成結構振動的能量，進一步加以利用轉換成有用的能源，該能源之利用可包括轉換成電力或將波浪能轉化為其他型式之能源儲存使用。另一方面亦能降低港灣結構物在海洋環境下之運動，使得港灣構造物更加平穩、船舶繫靠或用具之操作也更加便利。

基於上述研究目的，本研究以防坡堤箱堤研究為基礎，針對波浪發電理論說明、結構安全分析及波能轉換分析等三大主題，探討有關港灣結構之能量轉換的應用方法，相關研究心得分述如下。

6.1 綠色港灣結構物之波能轉換研究目的

海洋工程設施之投資一向非常龐大，如水深較深之防波堤每公尺造價達百萬元，堤外拋石及消波設施之費用亦所費不貲，在經濟效益上可節省工程建設及維護費用。本計畫屬於創新前瞻、技術開發之研究，藉由其研究成果不僅可促成學界合作研究，亦可作為政策施政之依據，以改善海洋環境品質，整體研究過程與成果不僅可培育相關人才，亦可增進公共服務設施之品質與效能，並提供功能性較高之港灣結構物，讓臺灣進一步邁入更高品質公共建設的時代。

根據國際能源署可再生能源工作小組，所謂綠色能源是指「從持續不斷地補充的自然過程中得到的能量來源」，舉凡如潮汐能、波浪能等，係大自然中取之不盡，用之不竭的能源，一般具有可回收或可再生的特性。

近年來，由於氣候變遷帶來的大自然警訊，讓各國政府紛紛開始

思考節能減碳的重要性，有些國家轉而投資於核能發電希望達到減碳的效果，但此舉卻因 2011 年 3 月 11 日發生的日本福島核災，讓許多國家原本信心十足的擴建核廠計畫再次受到質疑，因而使綠色能源受到各國學術、政府單位高度重視，使其具有更大的發展空間。

綠色能源需具備可恢復、可補充以及汙染低的特性，而更廣義的說，綠色能源於生產或使用中能降低對於環境的影響。地球上海洋面積佔 71%，而陸地僅 29%，海洋蘊藏豐富的資源與能量，所以充份利用海洋的能量，是人類解決能源危機的一個很好的選擇。海洋能主要包括潮汐能、波浪能、洋流能等動能量和海洋溫差能、海水鹽差能、海洋滲透能等，全世界海洋能的蘊藏量很大，且海洋能源是取之不盡用之不竭的可再生能源，但要面臨的問題也相對的複雜，諸如鹽水的高腐蝕性，甚至有些設備需能承受深海的高壓環境等都需仰賴高成本及技術支援。

1. 潮汐能源:潮汐發電之原理為利用海水潮差驅動水渦輪機來發電。臺灣沿海之潮汐，最大潮差發生在金門、馬祖外島，約可達 5 公尺潮差，較具有發電之潛力。臺灣西部海岸大都是平直沙岸，圍築構造體來儲存漲退潮的海水，需花費較大之工程成本，但是若利用現有港灣地形來開發，在潮差較大的地方如臺中港，仍具有相當之潛力。金門和馬祖在天然條件上發展潮汐發電則具有相對優勢。
2. 海流能源:海流發電是利用海洋中海流的流動推動水輪機發電，一般均在海流流經處設置截流涵洞的沈箱，並在其中設置一座水輪發電機，視發電需要增加多個機組，惟於每組間需預留適當的間隔以避免紊流互相干擾。
3. 波浪能源:海洋波浪是由太陽能源轉換而成的，因為太陽輻射的不均勻加熱與地殼冷卻及地球自轉造成風，風吹過海面又形成波浪，是海洋能源中能量最不穩定的一種能源。波浪能是指海洋表面波浪所具有的動能和勢能，水團相對於海平面發生位移時，使波浪具有勢能，而水質點的運動，則使波浪具有動能。波浪的能量與波高的平方、波浪的運動週期以及迎波面的寬度成正比，能

量傳遞速率和風速有關，也和風與水相互作用的距離（即風區）有關。貯存的能量通過摩擦和湍動而消散，其消散速度的大小取決於波浪特徵和水深，深水海區大浪的能量消散速度很慢，從而導致了波浪系統的複雜性，使它常常伴有局地風和幾天前在遠處產生的風暴的影響。

臺灣四面環海且因屬海島性氣候，沿海地區之波浪受季風影響終年持續不斷，在海洋環境方面大致可分為東、西兩個部分。臺灣東臨太平洋，水深可達數千公尺；西面臺灣海峽，水深則僅約 200 多公尺；北方海域和東海相接；南方則與巴士海峽相鄰。冬天時，臺灣有東北季風的吹拂，而夏天則有西南季風影響，造成海面的擾動及混合，在這樣的往復作用下，風浪、湧浪之形態相當複雜多變。基於上述因素，波浪能源的蘊藏量可說是十分豐富。

波浪發電的部分以臺灣東北角龍洞的波能最高達 11.56kW/m，其次較高者為澎湖、東吉島、國光平臺與成功測站，均達 9kW/m 以上。以目前波浪發電技術，波浪能量大於 10Kw/m 就具有開發價值。因此，東北角海域、鵝鑾鼻外海、花蓮外海、以及澎湖西北海域均具有波浪發電之潛能，總合上述各點我們便以波浪能發電作為海洋能發電主力進行後續之評估發展，期望能將臺灣得天獨厚的海洋能優勢做到最佳的發展應用。

波浪發電是波浪能利用的主要方式，除此之外，波浪能還可以用於抽水、供熱、海水淡化以及製氫等。波浪能利用的關鍵是波浪能轉換裝置。通常波浪能要經過三級轉換：第一級為受波體，它將大海的波浪能吸收進來；第二級為中間轉換裝置，它優化第一級轉換，產生出足夠穩定的能量；第三級為發電裝置，與其它發電裝置類似。

6.2 綠色港灣結構物之波能轉換研究方法

日本運輸省於 1980 年代開始即積極推動有關波浪發電之相關研究，尤其是與防波堤或護岸結構相互結合之發電設施，一般波浪發電之設施型式部外乎直接利用波浪力、水流力或空氣壓力來驅動相關之發電設備。發電設備中大部分亦以傳統渦輪式發電系統為主，日本運

輸省所推動之波浪發電之相關研究中所開發者，即為利用水柱內波能能量變化造成空氣壓力變化而帶動機械能的波力發電裝置，而此發電裝置則結合於沉箱結構中。根據其研究結果，此種沉箱主要功能為使用於防波堤以及護岸，但外加此波浪發電裝置後、除了具備原來之防波以及攔砂機能，還能對波能量加以利用，甚至於對於原防波堤結構具有降低波浪力，而增加其耐久性之附加功效。

6.2.1 波浪發電複合式防波堤應用初步研究

根據前述之理論，本研究將以數值模型進行相關之研究分析。將岸基式振盪水柱波浪發電系統結合於沉箱式防波堤上，故稱為結合波浪發電複合式防波堤，目前暫時選在高雄港第一港口北堤，因其鄰近本研究團隊位置，在資料取得及現地勘查上相對方便。本章中對於波浪發電複合式防波堤之分析，可分為結構安全及波能轉換兩個主要部分，因為防波堤之主要功能在於消減波浪對航道及港池之影響，在設置具發電功能之波能轉換系統後，不能因為附加功能之應用而影響其主要功能。相關分析敘述如下：

1. 結構安全分析：

參考臺灣西部海域高雄港第一港口北側防波堤所在環境條件，初步假設波浪發電複合式防波堤之幾何形狀與尺寸，以高雄港第一港口之颱風 50 年回歸期之波浪資料，透過合田公式計算可能遭受之最大波浪作用力，再透過數值套裝軟體 ANSYS 來模擬波浪發電複合式防波堤之受力後變形情形。

2. 波能轉換分析：

本研究採用 ANSYS CFX 軟體模擬沉箱氣室內之瞬時空氣流場變化圖，討論沉箱氣室內部波浪上部之空氣瞬時流向與速度壓力之關係，對於空氣與波浪共同作用之動態多相流態，因過於複雜則先予忽略。分析時、首先建立波浪發電複合式防波堤模型做為分析依據，並加入時間序列以及波浪與空氣之自由液面行為。根據此模擬，不僅可觀測沉箱氣室內任一時間序列之波浪與空氣之相互作用，亦可適度觀察氣室內空氣流場變化。

在進行本研究之模型分析時，本研究先進行高橋重雄之試驗模擬，雖然能取得之高橋重雄所呈現之試驗成果，並非完整之成果，數據亦相當有限，但至少為目前少數具具體成果之試驗。分析完成後，比較觀察本研究模擬之結果與現場試驗結果是否相近，進而能確認本研究所採用之模擬方法是否接近於真實情況。

6.2.2 結構安全分析

本節主要以港灣結構安全分析為主，利用選址環境與波浪發電複合式防波堤設計、作用在直立岸堤之最大波力估算及 Von Mises stress 破壞應力分析來推估並選用最適當之研究方法。

1. 選址環境與波浪發電複合式防波堤設計

考量高雄港防波堤之水深環境，初步假定波浪發電複合式防波堤之建置位置為高雄港第一港口之北側防波堤之靠海側，水深 7 到 9 公尺。本防波堤迎波面之幾何形狀與尺寸係參考高雄港第一港口之北側防波堤沉箱大小，以及港灣結構物設計規範所給定。

根據前述之理論及前人相關研究，當沉箱長度固定時，其震盪空氣柱所施予葉片之最佳流體功率決定在波浪之週期。所以同樣的，若希望操作之波浪週期選定後，則可以設計沉箱長度以使在該波浪週期下之震盪空氣柱有最佳流速產生，也代表著沉箱氣室在該週期下能獲取最多波浪能量來產生流體功率施予葉片。又沉箱氣室內部壓力會影響沉箱氣室內部震盪水柱運動方程式，其中關鍵因素為沉箱氣室所涵蓋的海水面積與氣室出口面積之面積比，若面積比小則代表著沉箱氣室內部壓力小，亦代表著波浪由複合式防波堤外部傳遞至內部時其震盪水柱波高衰減量小，但因面積比小會導致氣室出口流速低、沉箱氣室所施予葉片的能量也減少；反之，若面積比大則代表著沉箱氣室內部壓力大，亦代表著震盪水柱波高衰減量大，所以同樣會使氣室出口流速降低、施予葉片能量減少。

所以恰當的面積比是必要的，使波浪發電複合式防波堤能擷取最

多的波浪能量來產生最大的氣流速度施予葉片。因此本研究之氣室相關尺寸參考前人研究所給定之建議(Paolo Boccotti, 2005；林, 2008；林, 2012)，再根據高雄港第一港口北堤之水深以及統計波浪條件來設計，本研究暫以每三個氣室為一組，只有中間的氣室有一出風口連接發電系統，而每個相鄰氣室之間有相通的氣流管道，波浪發電防波堤之沒水深度以及尺寸如圖 6.1 至圖 6.3 所示。

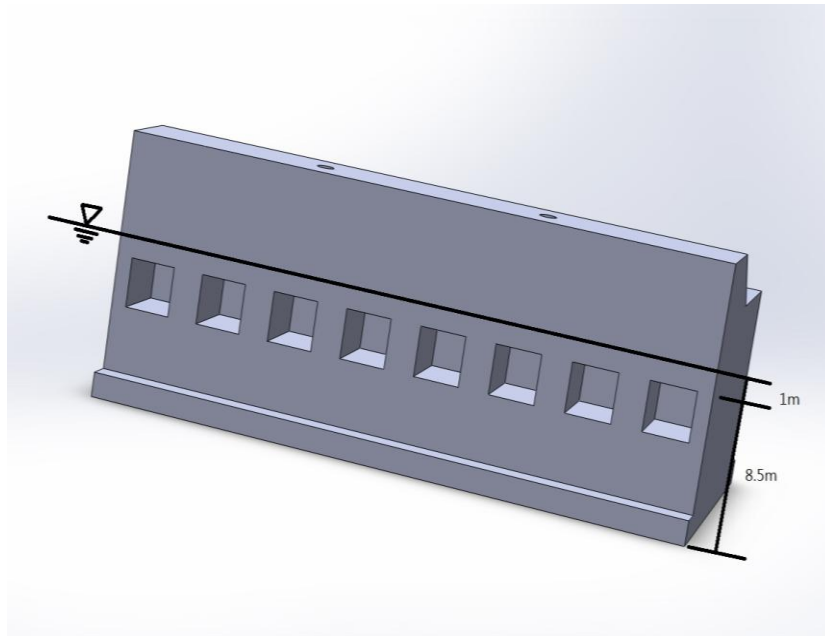


圖 6.1 波浪發電防波堤之沒水深度

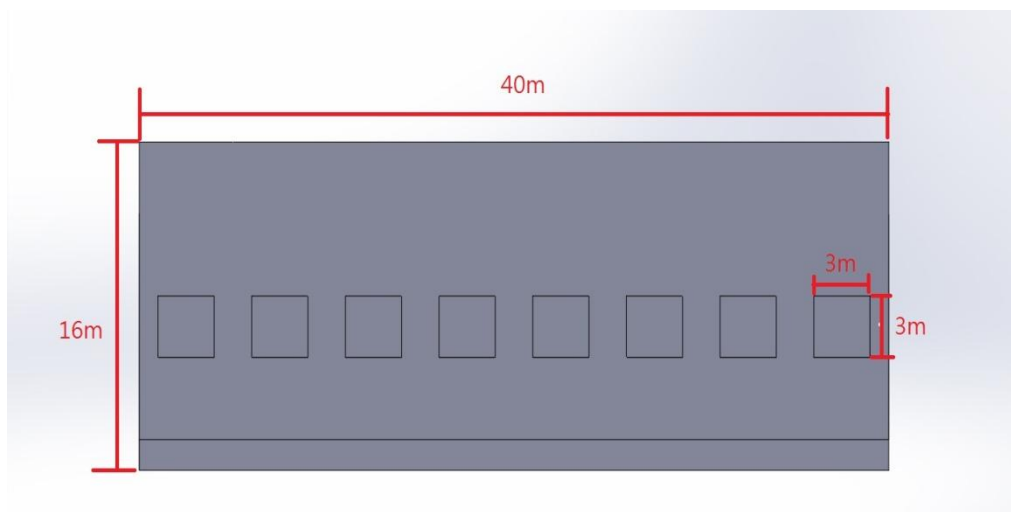


圖 6.2 波浪發電防波堤之尺寸(正視圖)

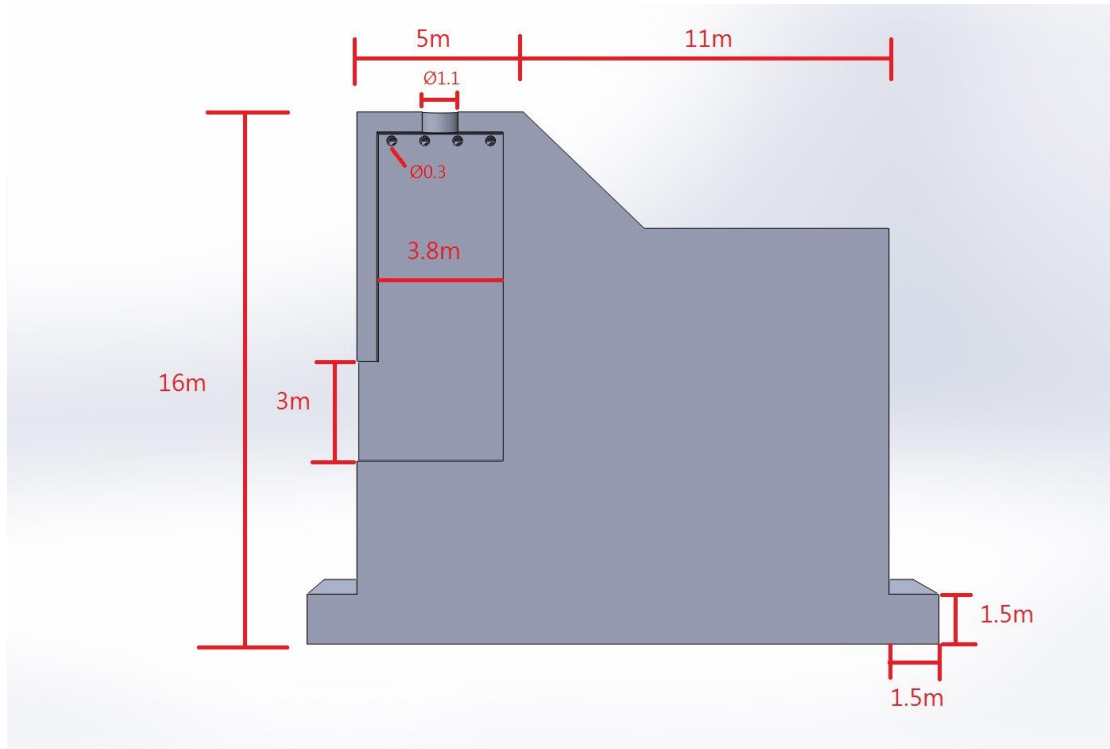


圖 6.3 波浪發電防波堤之尺寸(側視圖)

2. 作用在直立岸堤之最大波力估算

依據港灣構造物設計基準修訂，作用於直立壁之最大波力分布可依合田公式計算，故本研究在結構分析時之波力估算採取合田公式，合田公式之算法於下頁介紹。

由於波浪發電複合式防波堤於迎波面設置開孔，有別於一般防波堤全部阻擋波浪，本研究目前初步計算波浪作用力時，僅將開孔處所受之波壓力扣除，並未探討進入沉箱內之波浪對結構物造成之壓力。高雄颱風 50 年回歸期之入射波，考慮本波浪發電防波堤之迎波面方向，本研究探討防波堤正向入射之波浪 WNW 波向所造成之影響，其

中波高應採用最大波高 $H_{\max} = 1.8H^{\frac{1}{3}}$ 計算，其值約為 9.5 米，週期設定為 10 秒，波長則參考港灣構造物設計基準修訂所給之水深、週期、波長表之建議取用為 75 米。

本研究假設無護基之防波堤置於水平底床上，故直立壁前之水深＝護基方塊中水深較小者，因此海底面波壓與堤趾波壓相等，波浪作用方向假設與防波堤垂直，入射角 $\beta=0$ 。最大波浪作用力位於複合式防波堤與靜水面交接處，大小約為 $94,955(\text{N/m}^2)$ 。

本研究進行數值模擬分析之軟體 ANSYS 是由美國 ANSYS 公司推出的大型有限元分析軟件，ANSYS 軟體主要包括三個部分：前處理 Block，分析計算 Block 和後處理 Block。前處理提供了一個強大的實體建模及網格劃分工具，用戶可以方便地構造有限元模型；分析計算包括結構分析（可進行線性分析、非線性分析和高度非線性分析）、流體動力學分析、電磁場分析、聲場分析、壓電分析以及多物理場的耦合分析，可模擬多種物理介質的相互作用，具有靈敏度分析及優化分析能力；後處理可將計算結果以彩色等高線顯示、梯度顯示、向量顯示、粒子運動軌跡顯示、立體切片顯示、透明及半透明顯示（可看到結構內部）等圖形方式顯示出來，也可將計算結果以圖表、曲線形式顯示或輸出。本研究的使用步驟為：

(1)導入模型:

本研究先以 solid work 建置模型，再導入至 ANSYS 內。

(2)設置材料參數:

根據混凝土結構設計規範修正規定(內政部營建署, 2011) 暴露於氯離子環境有鋼筋腐蝕之虞者常重及輕質混凝土之最低規定強度為 $350(\text{kgf/cm}^2)$ ，再根據其規範計算出彈性係數為 $30(\text{KN/mm}^2)$

(3)設置拘束以及載荷:

結構分析時假設，拘束面為波浪發電複合式防波堤之底面及右側與整體防波堤連結處，荷載為透過合田公式計算之波力分布如圖 6.4 所示。

(4)網格劃分:

網格劃分則依據分析精確度及是否有局部放大觀察之需求而建置，由於網格結點是有限元模型最基本的組成元素，要建立有限元模型，首先生成結點，再由結點連接成單元。

(5)進行求解:

查看分析結果，導出結果數據判斷結果之合理性。

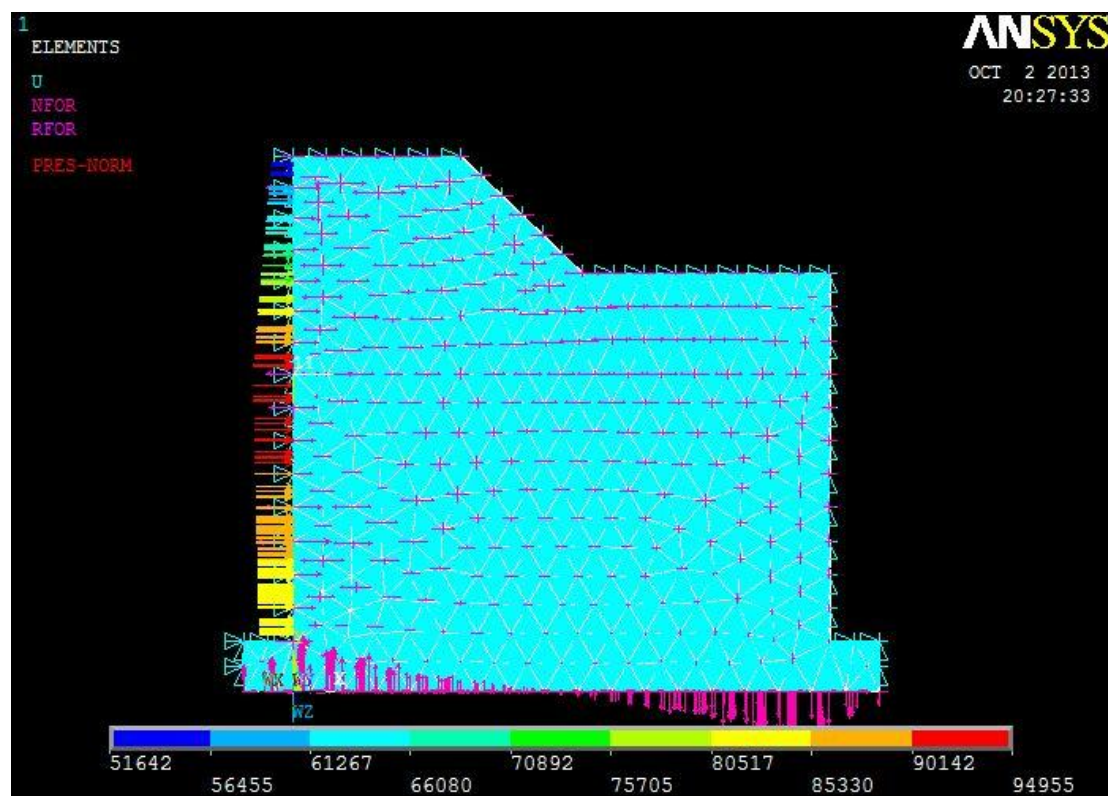


圖 6.4 合田公式計算之波力分布

在 WNW 波向作用下，結合波能轉換系統防波堤結構之變形情形（單位為公尺）如圖 6.5 至圖 6.7 所示；而 ANSYS 分析結果如圖 6.8 所示，各方向之位移最大值，UX 為入紙面方向，最大值約為 0.153mm，UY 向上為正，最大值約為 0.055mm，UZ 向右為正，最大值約為 0.023mm，最大位移量發生在 MX 點，其值約 0.162mm；根據內政部營建署“混凝土結構設計規範修正規定”混凝土最外受壓纖維之極限應變規定為 0.003，雖然從許多相關文獻不同試驗之結果顯示，混凝土之最大破碎壓應變可自 0.003 至 0.008，但一般配比與材料之混凝土在極限彎矩時之應變約在 0.003 至 0.004 間，本波浪發電複合式防波堤壁厚給定為 600mm，換算後最大應變約略為 0.00027，營建署規定之 0.003 約為其 11 倍。顯示在合田公式求得之波浪外力作用下，結合波能轉換系統防波堤結構中混凝土材料之變形相當小，經求出之

應變值亦遠小於混凝土材料允許之最大應變值。

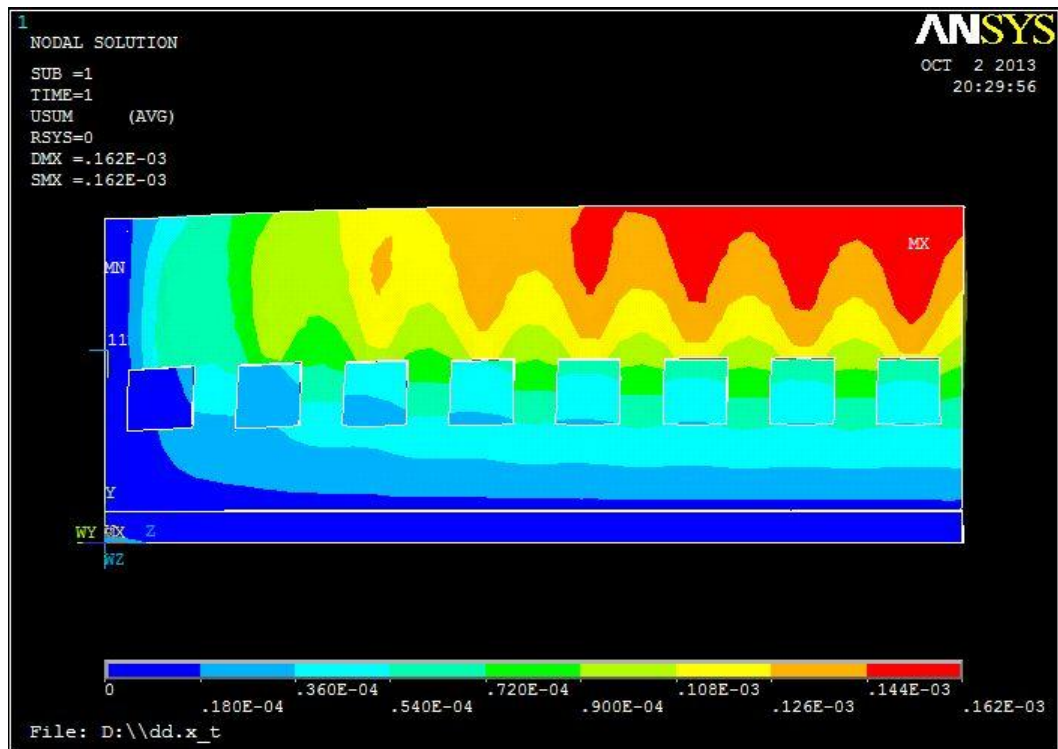


圖 6.5 ANSYS 模型變形情形：正視圖

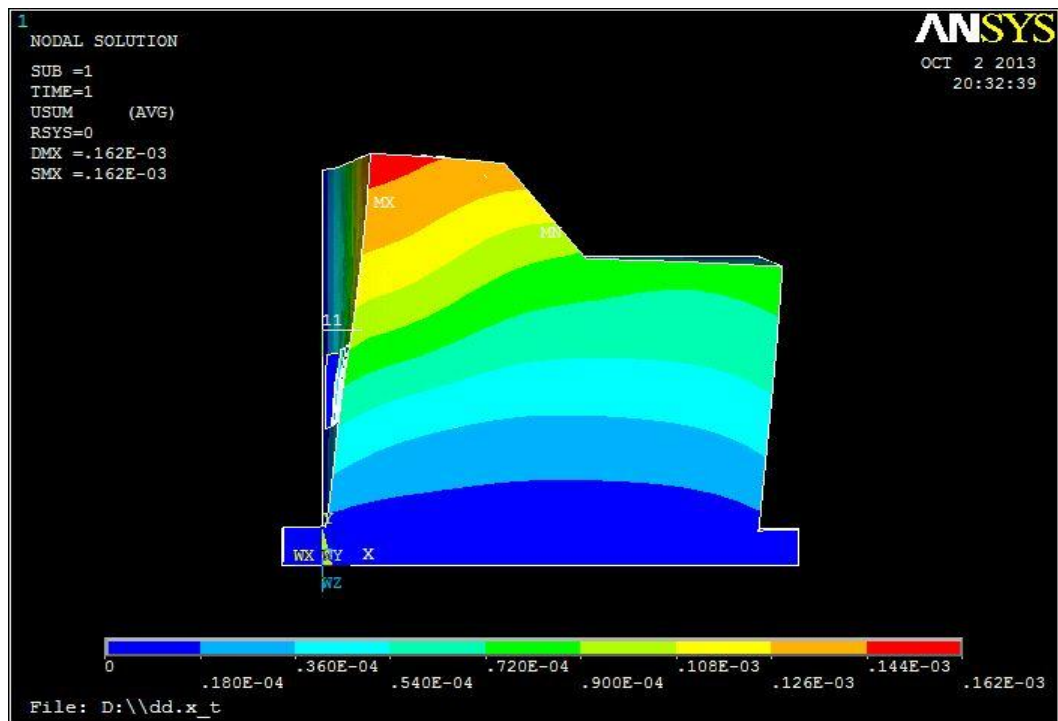


圖 6.6 ANSYS 模型變形情形：側視圖

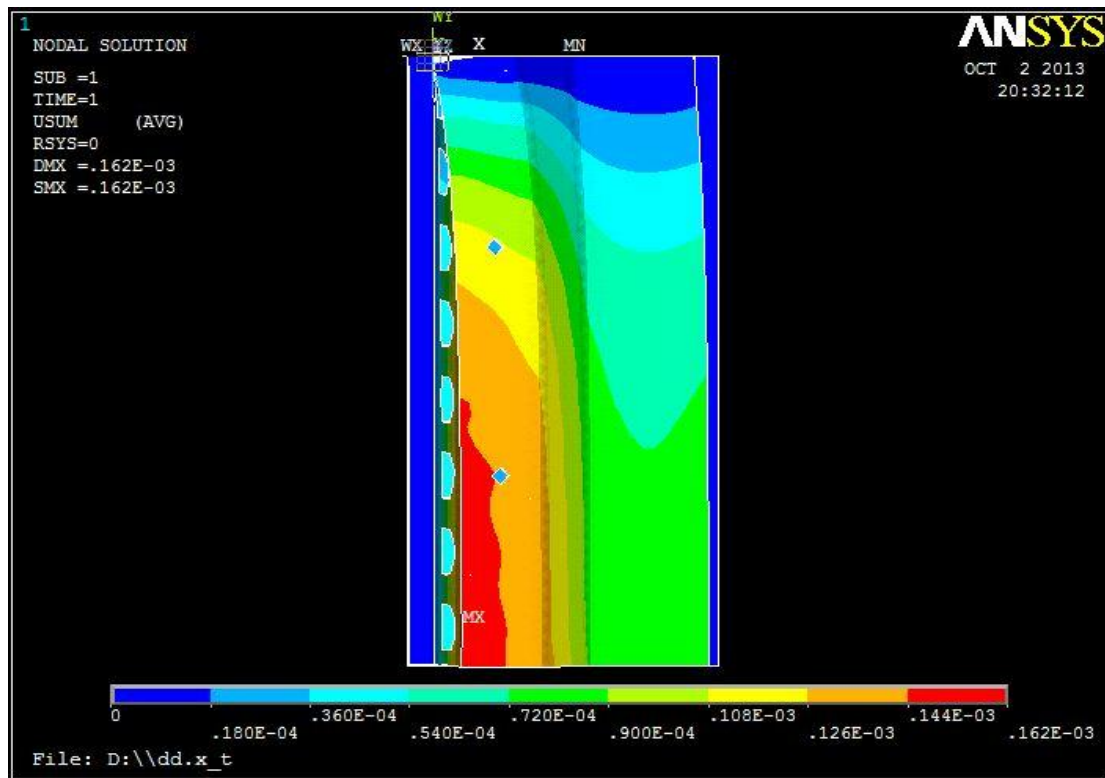


圖 6.7 ANSYS 模型變形情形：上視圖

PRNSOL Command

File

```

14237 0.94426E-05 0.17535E-05 0.52186E-06 0.96182E-05
14238 0.80523E-05 0.10260E-05 0.11783E-05 0.82025E-05
14239 0.15873E-04-0.29930E-05-0.17018E-05 0.16242E-04
14240 0.34190E-05-0.61567E-06-0.19419E-06 0.34794E-05
14241 0.11259E-04-0.21603E-05-0.81186E-06 0.11493E-04
14242 0.77598E-05-0.67055E-05 0.63860E-06 0.10275E-04

```

***** POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING *****

LOAD STEP= 0 SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0

THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE IN THE GLOBAL COORDINATE SYSTEM

NODE	UX	UY	UZ	USUM
MAXIMUM ABSOLUTE VALUES				
NODE	1368	878	4936	1368
VALUE	0.15331E-03	0.54631E-04	0.22912E-04	0.16199E-03

圖 6.8 ANSYS 分析結果：數據

3. Von Mises stress 破壞應力分析

「Von Mises 應力」 σ_{Mises} 之數學式為

$$\sigma_{Mises} = \sqrt{\frac{(\sigma_a - \sigma_b)^2 + (\sigma_b - \sigma_c)^2 + (\sigma_c - \sigma_a)^2}{2}}$$

其中 σ_a 、 σ_b 及 σ_c 為材料點的主應力。於「畸變能破壞理論」中，主要以 Mises 應力來判別材料是否發生破壞。若 Mises 應力小於或等於 降伏應力，材料為安全，反之則為破壞。

由於混凝土材料屬於脆性材料，脆性材料並無明顯的降伏現象，脆性材料之絕對最大的主應力(正向應力)若達到拉伸試驗之破壞強度時即會破裂，因此若結構是由脆性材料製成，必須使用其他準則來判斷材料是否破壞，例如最大正向應力準則。

本研究當初在 ANSYS 內建模時 ELEMENT TYPE 就採用 SOLID 65(混凝土元素)，因此 Von Mises 分布即相等於 1st(σ_a), 2nd(σ_b), 3rd(σ_c) 之主應力分布。而 Von Mises 分布情形如圖 6.9 至 6.11 所示；各主應力以及 von Mises 之最大值如圖 6.12 所示，第一主應力最大值約為 356,300(N/m²)，第二主應力最大值約為 61,873(N/m²)，第三主應力最大值約為 10,624(N/m²)，其最大 von Mises 發生在 MX 點，其值約為 490290(N/m²)。

混凝土之劈裂抗拉強度需依據 CNS 3801 試驗來得知，但常重混凝土抗拉強度一般約為抗壓強度開根號的 0.8 倍 ($0.8\sqrt{f_c}$)，因此由本研究當初給定之混凝土抗壓強度可約略推出抗拉強度約為 4.7MPa，約為破壞應力之 9.5 倍。

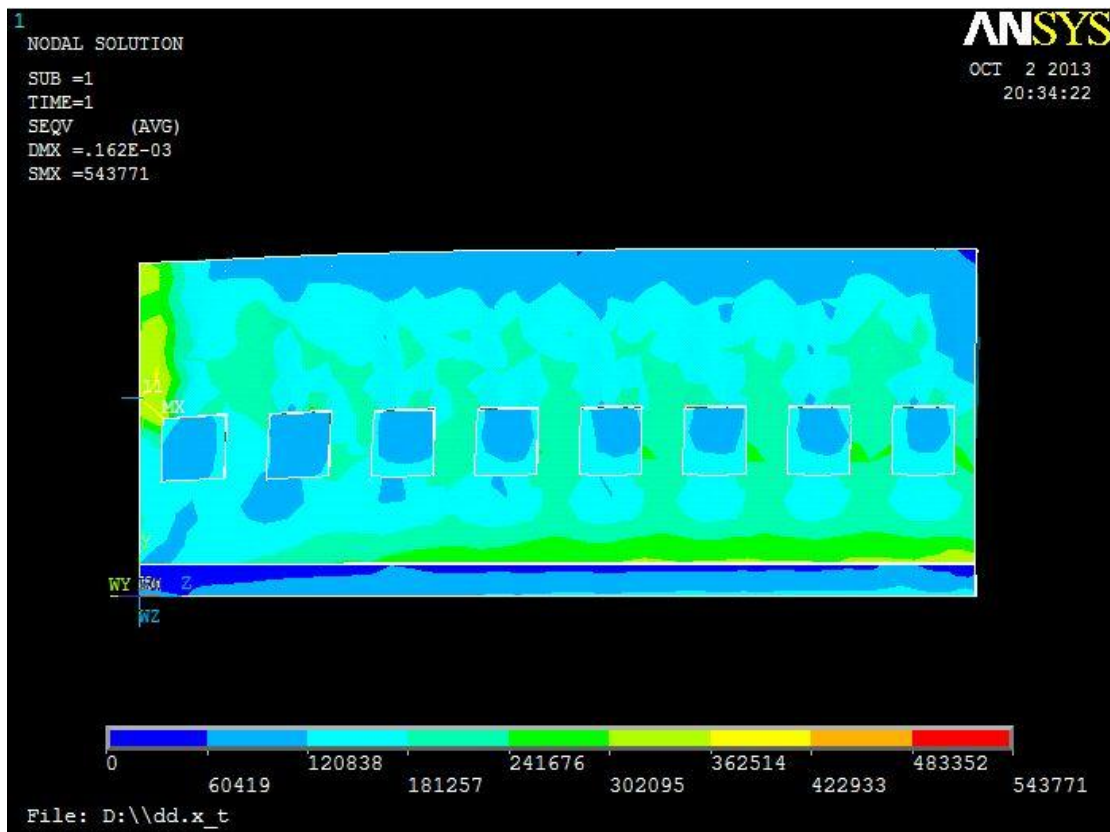


圖 6.9 Von Mises 破壞應力分析：正視圖

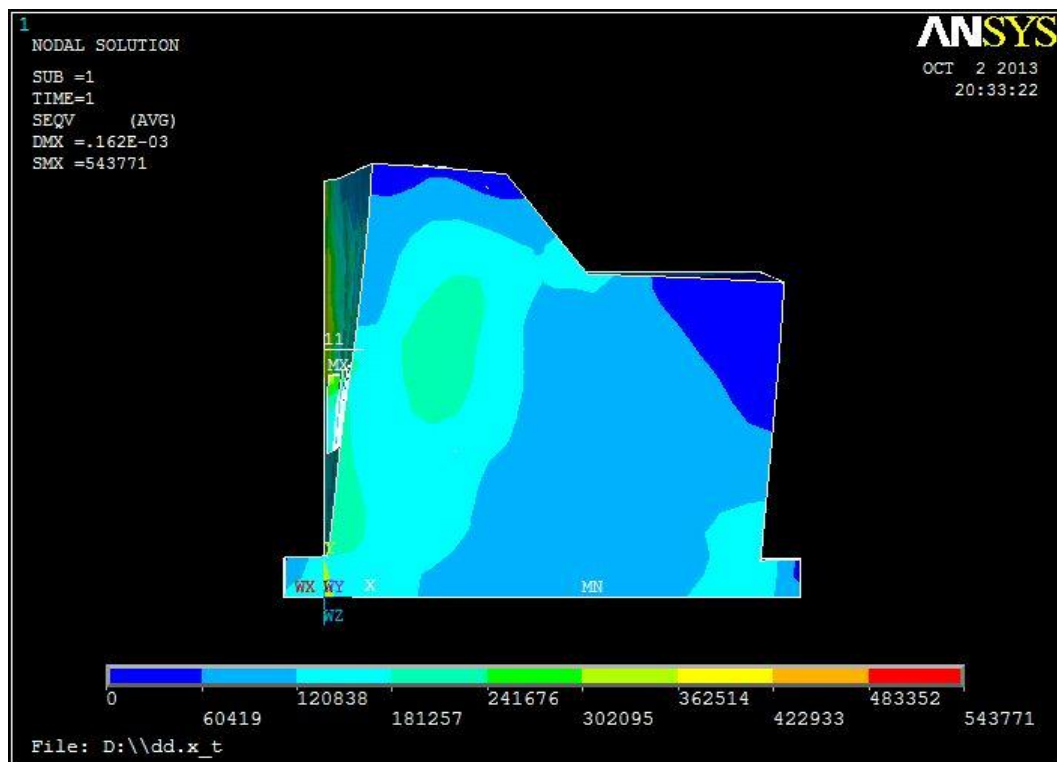


圖 6.10 Von Mises 破壞應力分析：側視圖

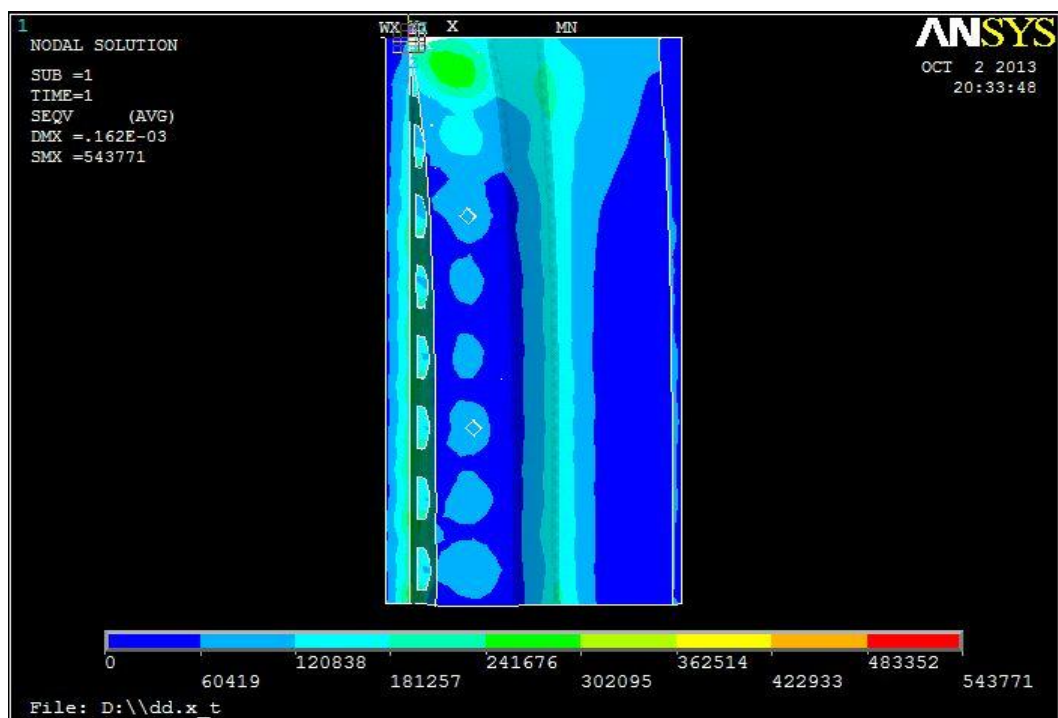


圖 6.11 Von Mises 破壞應力分析上視圖

PRNSOL Command					
File					
7508	45284.	-545.16	-78888.	0.12417E+06	0.10876E+06
7509	49021.	-1030.5	-72647.	0.12167E+06	0.10592E+06
7510	54594.	-1038.4	-69034.	0.12363E+06	0.10724E+06
7511	62302.	-982.34	-68964.	0.13127E+06	0.11370E+06
7512	72140.	-194.25	-70147.	0.14229E+06	0.12323E+06
7513	0.11222E+06	6170.3	-3962.4	0.11619E+06	0.11147E+06
7514	3365.1	-3643.5	-66994.	70359.	67130.
7515	76961.	-1170.7	-0.10153E+06	0.17849E+06	0.15498E+06
7516	3491.1	-618.21	-28357.	31848.	30006.
7517	0.13103E+06	25092.	-0.29231E+06	0.42334E+06	0.38157E+06
7518	0.11558E+06	30494.	-0.23131E+06	0.34689E+06	0.31314E+06
MINIMUM VALUES					
NODE	1287	1229	2180	5687	5687
VALUE	-25499.	-73125.	-0.33835E+06	0.0000	0.0000
MAXIMUM VALUES					
NODE	1153	2939	5933	5132	5132
VALUE	0.35630E+06	61873.	10624.	0.56197E+06	0.49029E+06

圖 6.12 Von Mises 破壞應力分析數據

6.3 綠色港灣結構物之波能轉換研究成果

本研究採用數值軟體 ANSYS CFX 模擬波浪發電複合式防波堤興建於高雄港第一港口北堤之波浪能轉換結果，本研究模擬之模型如圖 6.13 所示，沒水深度為 9.5 米，與酒田港之 OWC 同樣是興建於堤防上，根據表 4.60，參考高雄港第一港口之 50 年回歸期夏季波浪條件，設計波高約為 1 米，週期約為 7 秒，其餘模擬之參數設定皆與上述小結之設置相同，其中本研究在此模擬中加入了氣流速度之變化。而圖 6.13 可以看出模型沒水狀況，可以看出氣室內水位以及空氣流速的變化如圖 6.14 所示。

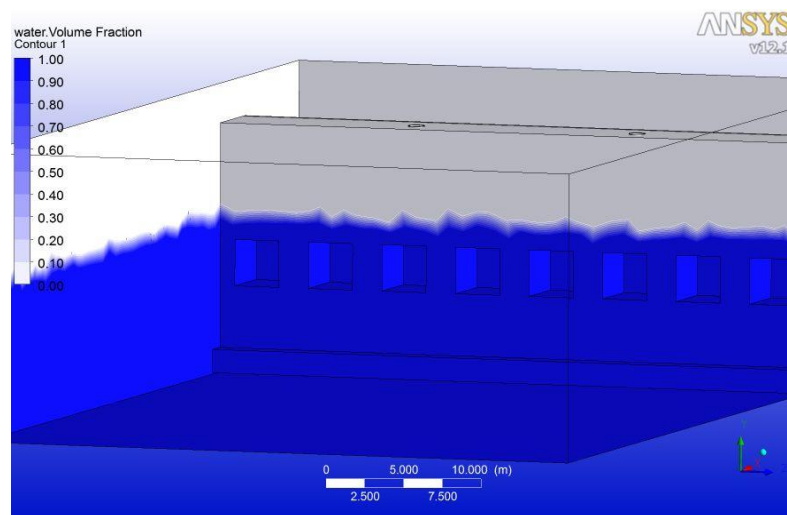


圖 6.13 研究模擬之模型

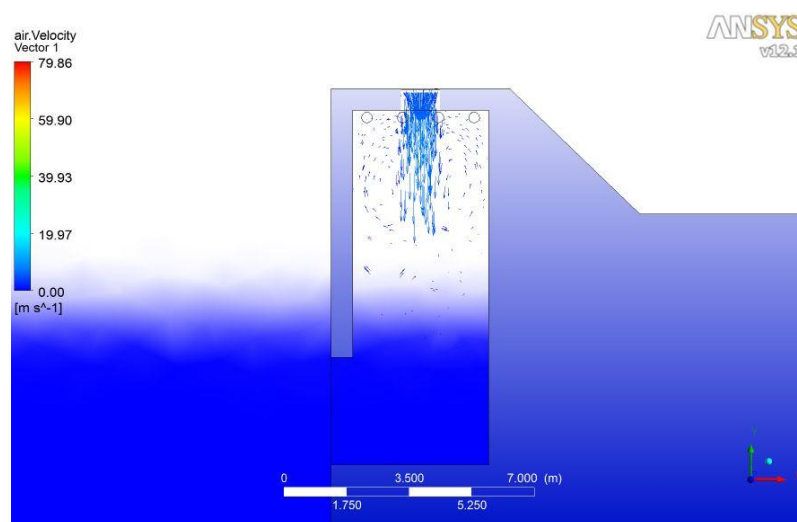


圖 6.14 氣室內水位以及空氣流速的變化

計算結果顯示氣室內部波高如圖 6.15 所示，內部波高最大值為 0.88 米，最小值為 -0.84 米，極值平均值為 0.65 米。本研究設置 6 個壓力監控點，依序編號如圖 6.16 所示，其中單位為 Pa，而圖 6.17 到圖 6.22 為每一監控點之壓力變化，其中編號 2 為氣室之開口，因此壓力明顯小於另外五個監控點。為方便比較每一監控點之大小，本研究將圖 6.17 到 6.22 合併為圖 6.23，由圖 6.23 可明顯看出編號 5、6 明顯大於其他監控點，且值相當之接近，6 個監控點壓力平均值由大到小排列大致為 $5 > 6 > 1 > 4 > 3 > 2$ ，表 6-1 為所有監控點壓力之最大、最小以及平均值。與波浪發電複合式防波堤發電效率最為相關的因素為出風口之氣流速度，圖 6.24 為本研究模型之出風速度變化圖，絕對值之最大值為 33.3m/s，平均風速約為 15m/s。

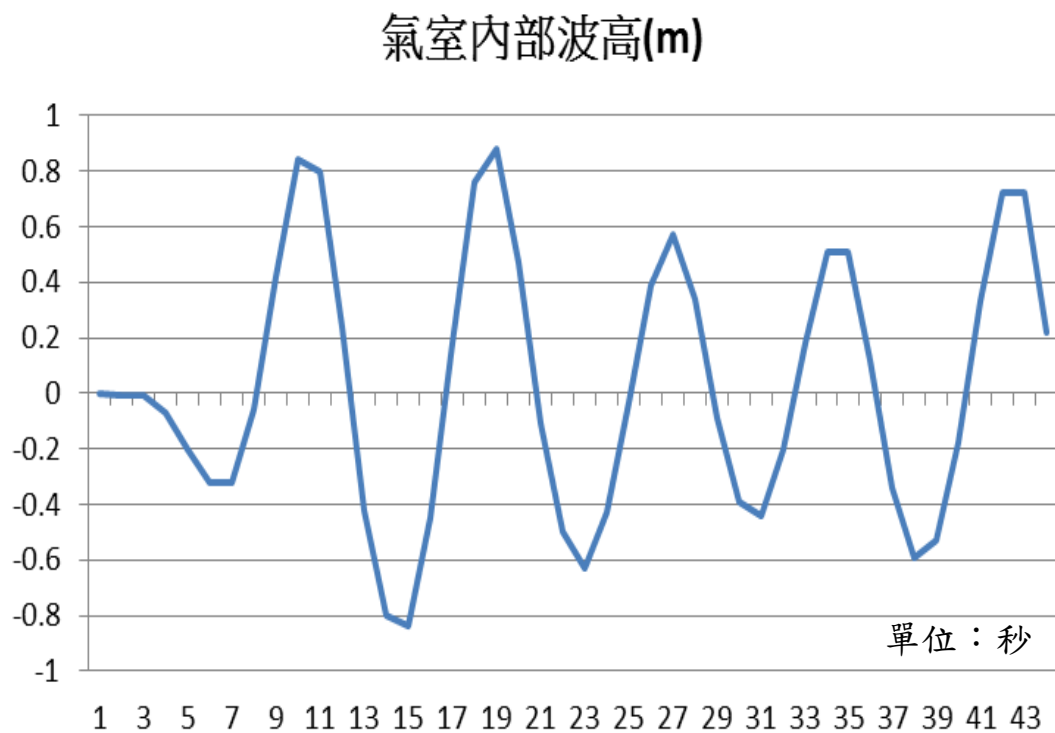


圖 6.15 氣室內部波高變化圖

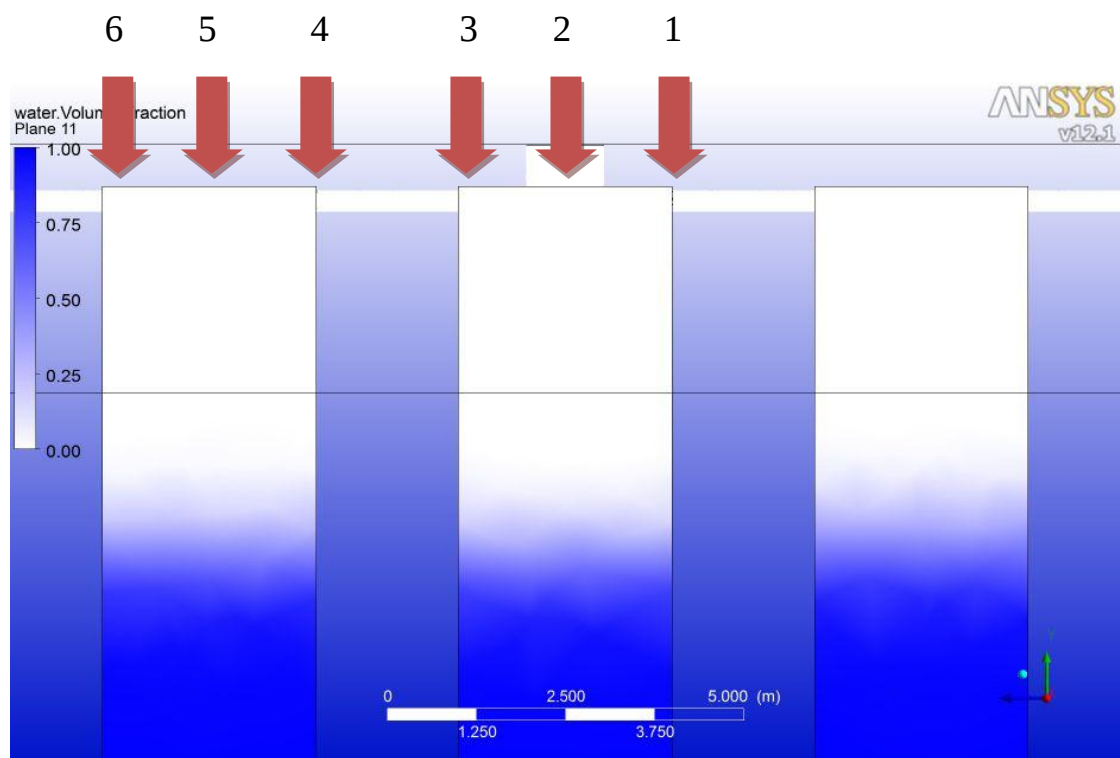


圖 6.16 監測點編號圖

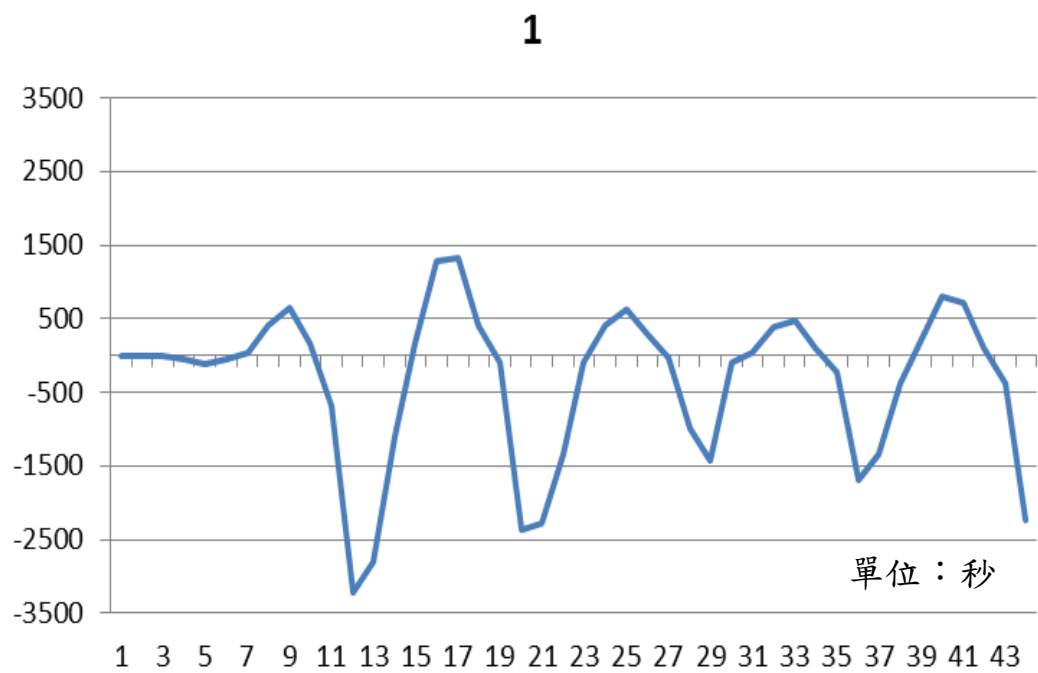


圖 6.17 監測點 1 之壓力變化圖

2

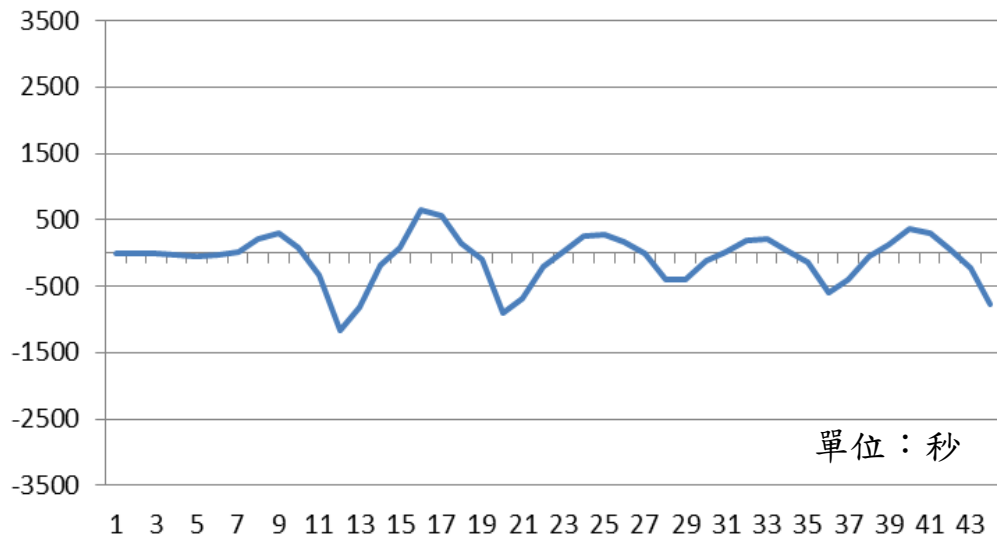


圖 6.18 監測點 2 之壓力變化圖

3

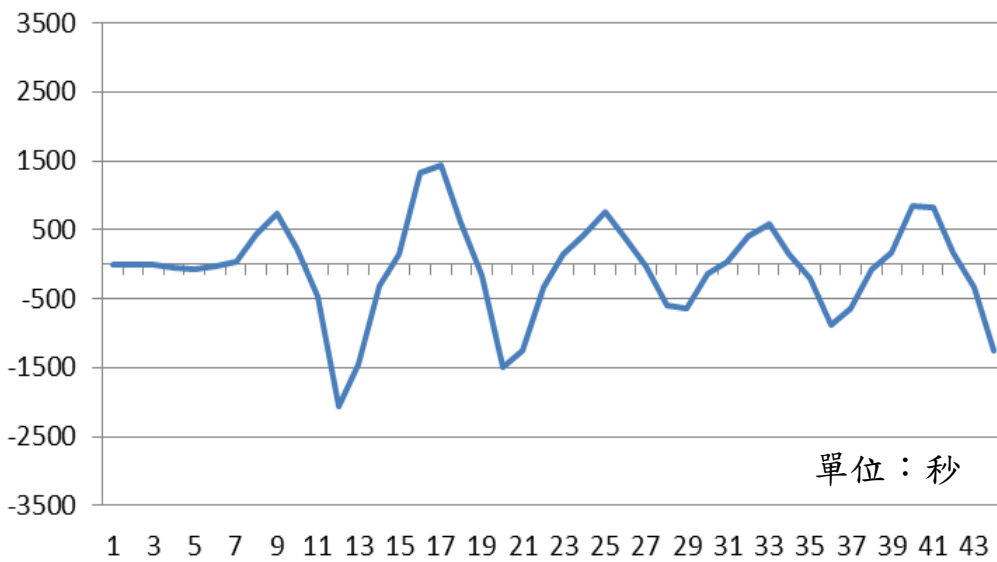


圖 6.19 監測點 3 之壓力變化圖

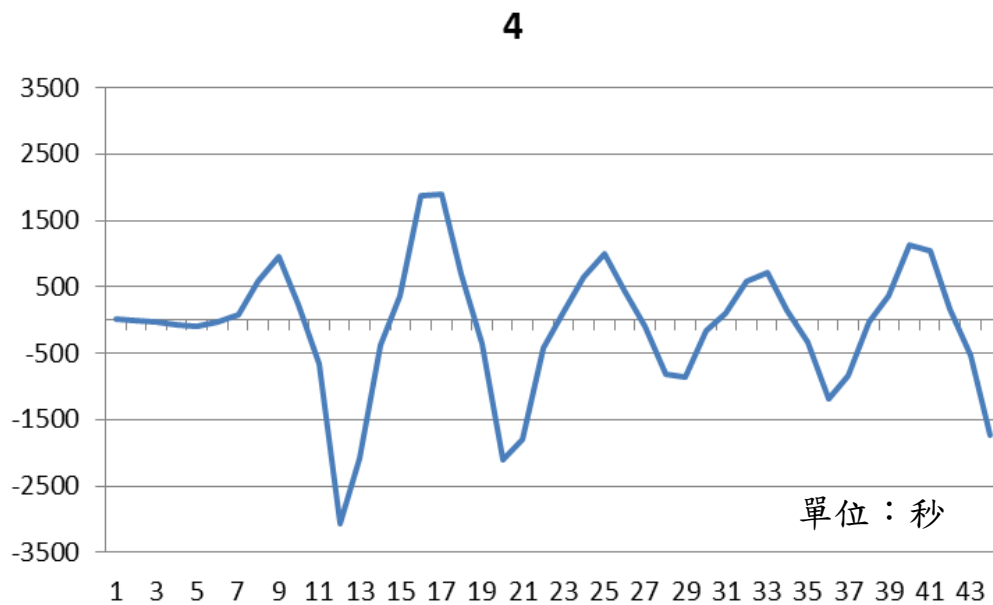


圖 6.20 監測點 4 之壓力變化圖

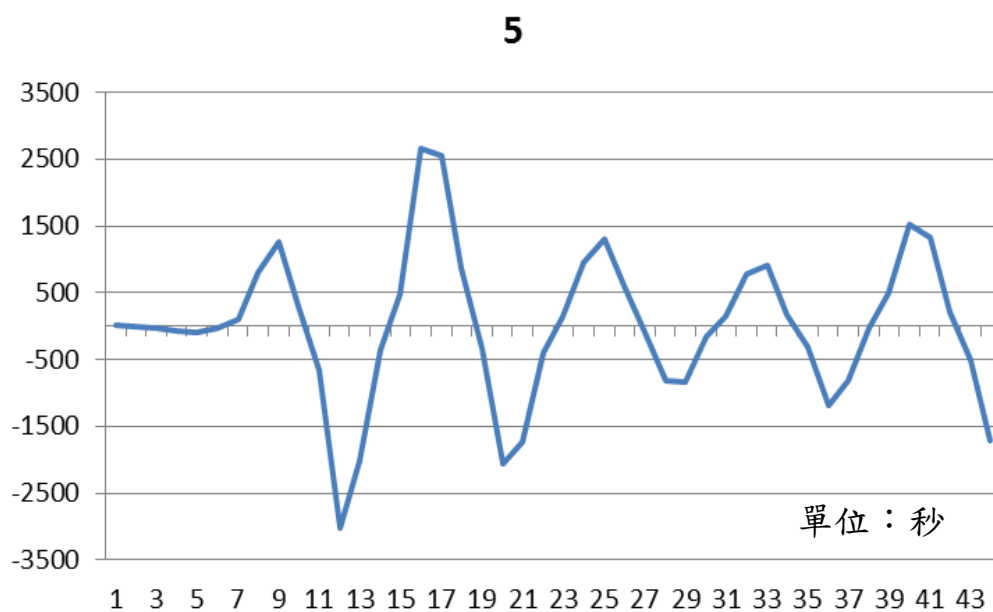


圖 6.21 監測點 5 之壓力變化圖

6

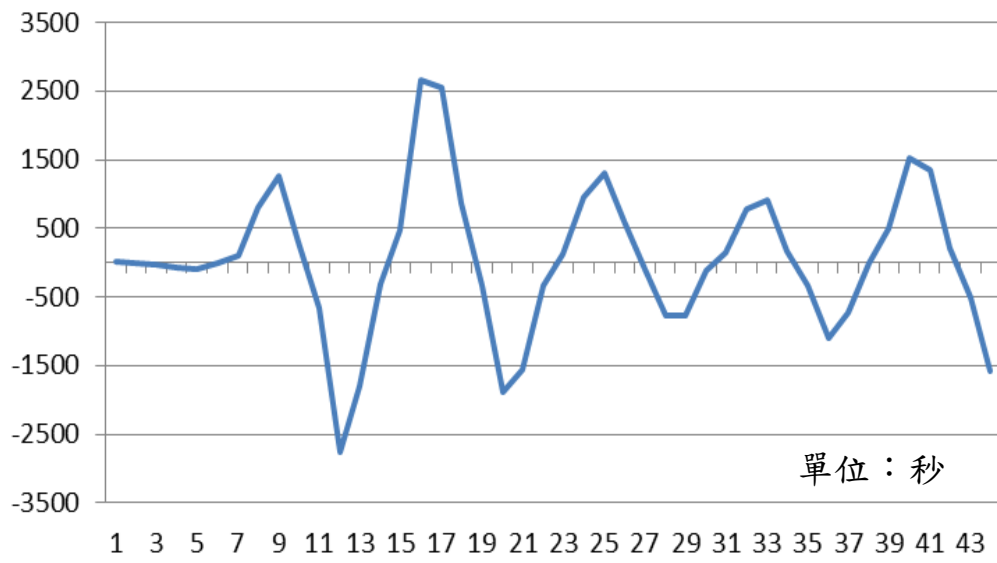


圖 6.22 監測點 6 之壓力變化圖

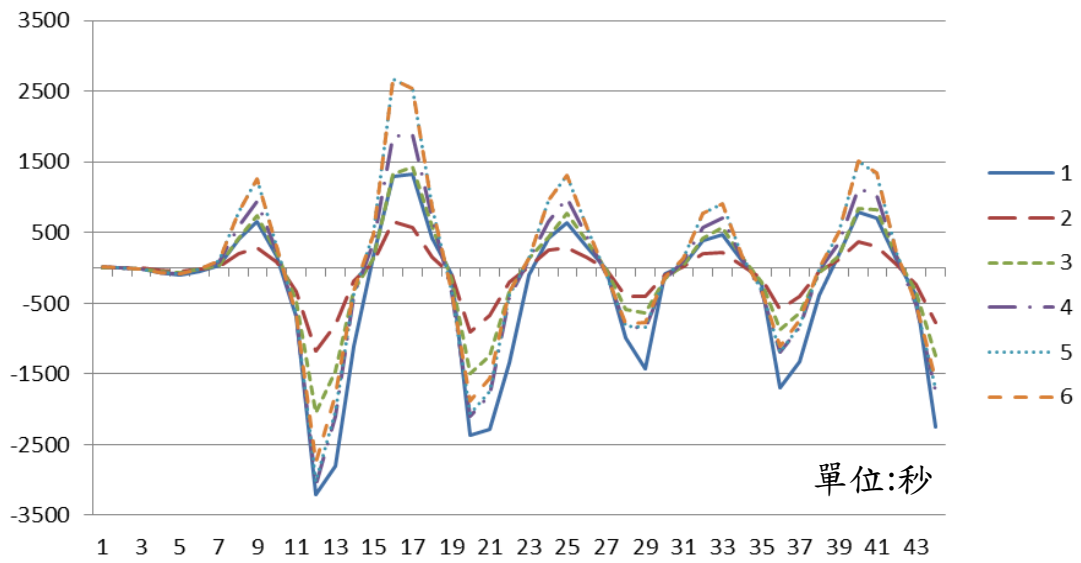


圖 6.23 綜合壓力變化圖

表 6.1 綜合壓力表

	平均值	最大值	最小值
編號 1	719(Pa)	1325(Pa)	-3210(Pa)
編號 2	265(Pa)	648(Pa)	-1172(Pa)
編號 3	505(Pa)	1428(Pa)	-2053(Pa)
編號 4	700(Pa)	1889(Pa)	-3072(Pa)
編號 5	791(Pa)	2664(Pa)	-3017(Pa)
編號 6	759(Pa)	2665(Pa)	-2751(Pa)

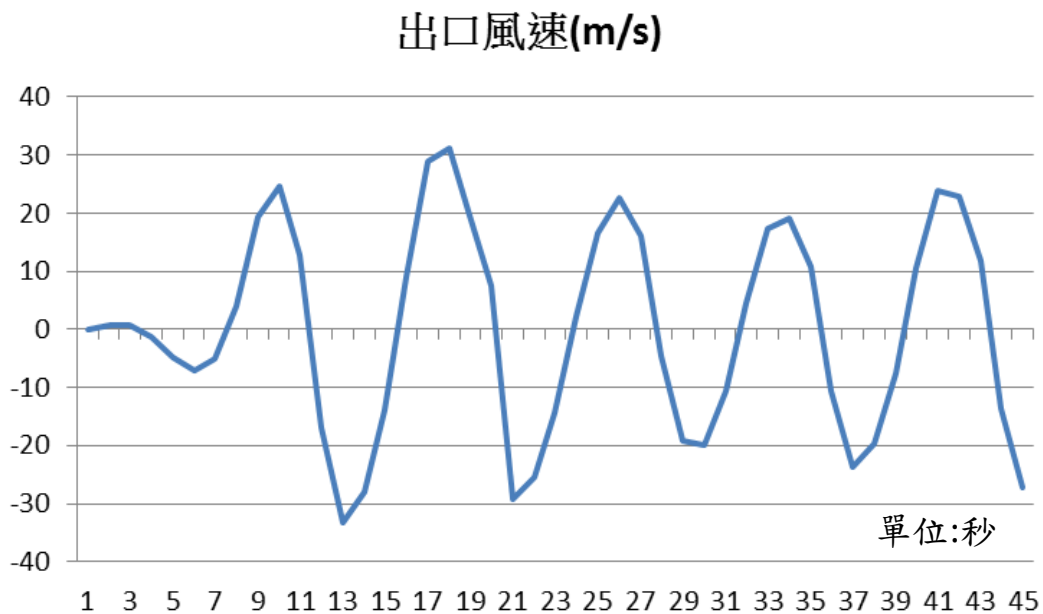


圖 6.24 出口風速變化圖

6.4 小結

本研究目標在結合港灣構造物，發展綠能與產業共生之機制，同時延長港灣結構物之使用年限。其方法為藉由瞭解海洋波浪與海洋結

構互制作用之機制，建立起港灣結構與海洋波浪間之友善關係，將海洋能特別是由波浪作用於港灣結構造成結構振動的能量，進一步加以利用轉換成有用的能源，該能源之利用可包括轉換成電力或將波浪能轉化為其他型式之能源儲存使用。而在工作規劃中亦具體揭櫫；進行以波浪能擷取為主之綠能系統研究。並以結合於港灣構造物波浪能擷取之系統之研究為主。

本研究以 ANSYS 模擬波浪發電複合式防波堤之受力行為及空氣流動反應分析，根據林(2012)指出港灣構造物設計基準修訂建議之波浪估算法所得之波浪作用力與實測所得結果有所差異，尤其在入射波高較大時，建議公式則可能高估波浪發電複合式防波堤前之作用力。因此可以確定，若根據內政部營建署訂定之暴露於氯離子環境混凝土之最低規定強度 $350(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 來設計，本研究分析之結果中顯示，不會對波浪發電複合式防波堤造成危害，未來設計波浪發電複合式防波堤之材料強度可做參考。

本研究中利用 ANSYS CFX 軟體做為計算流體分析之工具，具有相當之準確性。因此針對本計畫之研究對象進行模擬分析時，不僅可依照全比例之模型模擬現場之條件，且得以研究見每一時間點之氣室內水柱高與外界入射波浪互相影響行為，也可評估入射波浪之大小對於沉箱氣室之出風速度以及氣壓之影響，氣室與氣室之間的相通管道也得以觀察。由數值計算方法模擬，有效預測本研究之波浪發電複合式防波堤興建在高雄第一港口北堤，於各種波浪條件做下之相關反應。進而依此尋找最佳化之設計，也可幫助後續研究匹配發電機等設施。

本研究目前屬於初期研究，工作中除了針對各種可再生性能源做較普遍性之調查了解，並進行粗略性之分析，以了解各種型式可再生性能源應用於港灣區域之可行性，實際的應用研究則需要現地了解、進行測量及更精確之分析。

第七章 防波堤堤頭沖蝕現象探討

本研究第六個子題主要的研究重點在探討波浪或海流通過海中結構物時，可能造成結構物臨近底床的沖蝕現象，如此可能導致結構物的破壞或傾倒，危及船舶進出港的航行安全。本研究係由本所與國立中山大學李忠潘教授合作研究的計畫案，本年度採取的研究方式係以臺中港為研究對象，逐年進行臺中港堤頭附近波、流場及海底地形變化特性與機制的觀測、分析與模擬；期望針對臺中港防波堤堤頭沖蝕嚴重情況，提出有效的防制對策與工法，維持航行船舶進出港口時的安全性。

7.1 防波堤堤頭沖蝕現象研究目的

當波浪或海流通過結構物時，可能在結構物臨近底床造成沖蝕，導致結構的破壞甚或傾倒，港灣的防波堤堤頭附近海底地形，即可能因為波浪及海潮流的集中與束縮而造成侵蝕。國內的港灣防波堤堤頭侵蝕的實例中，以臺中港及雲林離島工業區之麥寮工業港最為明顯。以麥寮工業港為例，其北防波堤堤頭之原設計水深為 -22m，根據目前實測的海底地形顯示，堤頭附近海底地形形成一個約 500m× 100m 的深坑，最深處達到 -48m，堤基被沖刷的深度可達 26m。由於防波堤堤頭的海底地形侵蝕，嚴重時將危及防波堤堤身及港灣船隻航行的安全。然而造成侵蝕的原因與機制仍然未明，因此急需進一步的觀察、研究、模擬與驗證，以期提出有效的防制對策與工法，能夠有效的維護防波堤的安全，達到延長防坡堤使用年限的效果。

7.2 防波堤堤頭沖蝕現象研究方法

基於上述的研究目的，本研究研擬的研究方法係透過現場調查、資料蒐集與分析，來瞭解防波堤臨近海域之水動力特性及海岸地形變遷情況。而藉由海氣象及地象資料之統計分析結果，可以建立波、流與海岸地形變化數值模式，以及未來於水工模型試驗時作為基本條件的設定依據。

7.3 防波堤堤頭沖蝕現象研究成果

本研究本年以臺中港海域地形變化為首要調查對象，再針對防波堤堤頭地形量測、防波堤堤頭沖蝕特性分析、防波堤堤頭波流場觀測與分析等三大研究方向進行探索，經本研究的分析與探討，其研究成果分述如下。

7.3.1 海域地形變化

臺中港北鄰大甲溪及大安溪，南鄰大肚溪，於民國 65 年完成主體工程，為因應淤積以及航行安全，陸續延伸北防波堤。

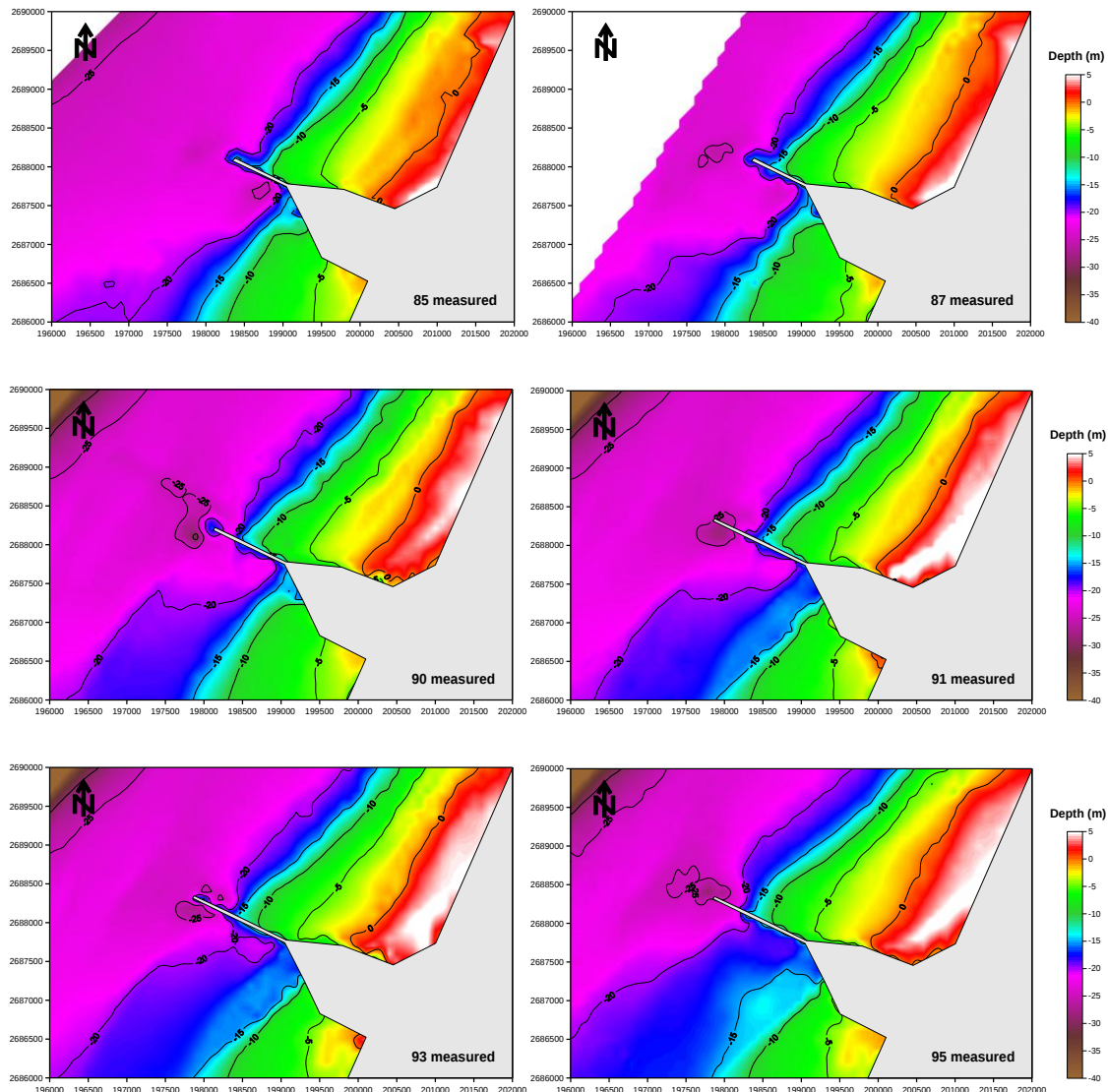


圖 7.1 臺中港海域 85~95 年實測地形水深圖

臺中港於民國 79~84 年延長北防波堤 850 公尺，另於民國 89~91 年再延長北防波堤 480 公尺。而其民國 85 年、87 年、90 年、91 年、93 年及 95 年之實測地形水深則如圖 7.1 所示，由圖中可知北防波堤於延長過程，堤頭產生了掏深。

7.3.2 防波堤堤頭地形量測

多音束測深儀及相關儀器測量臺中港區附近之海岸地形及堤頭附近地形，資料密度為每平方公尺至少 2 筆測深值，覆蓋率 100%，繪製本計畫對鄰近海岸地形變化情形及結構物附近之變化趨勢。地形測量同時若遇防波堤時，則以船隻航行安全為優先考量，避開其旁之消波塊，如圖 7.2 及 7.3 所示。

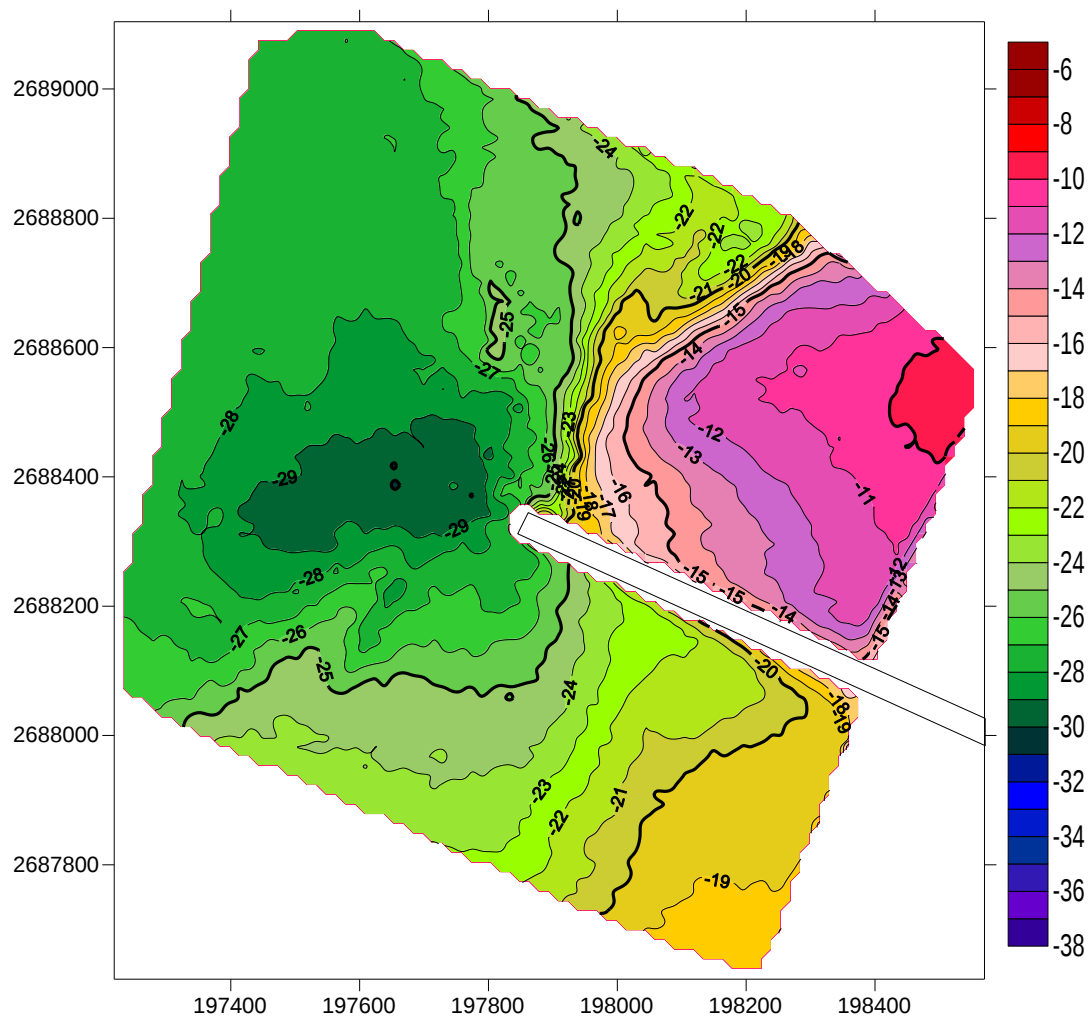


圖 7.2 臺中港北防波堤堤頭水深測量等深線水深色階圖

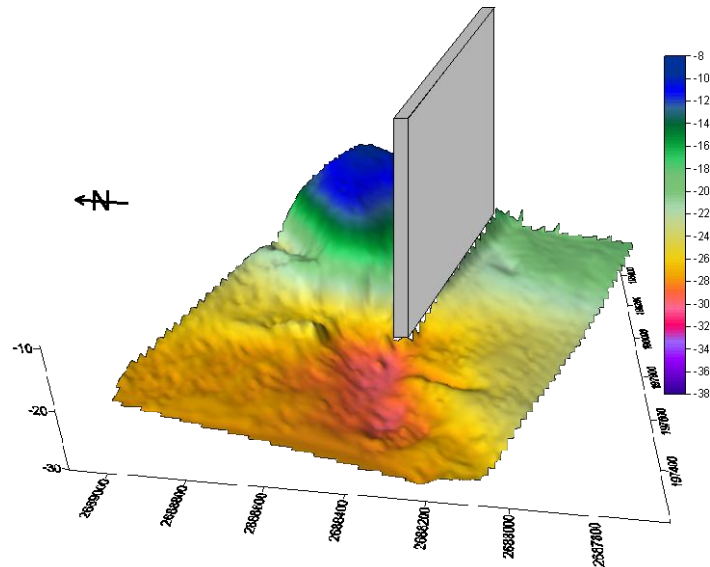


圖 7.3 臺中港北防波堤堤頭水深測量三維立體色階圖

依地形變化特性擷取測量海域計 9 條之斷面水深資料，其中 W1 至 W4 為垂直海堤之斷面，W5 至 W9 為平行海堤之斷面。斷面 W1 與 W2 主要在呈現臺中港北堤堤北外海區域與堤南港域之地形落差變化。斷面 W3 則呈現測區南北向經過掏刷最深區域之水深變化；W6 與 W8 為平行鄰近北堤北側與南測之斷面，主要呈現海堤側邊之水深變化；斷面 W7 為由堤頭開始經過掏刷最深區域之水深變化，斷面位置如圖 7.4 所示，各斷面歷次監測之水深變化比較如圖 7.5 至圖 7.13 所示。

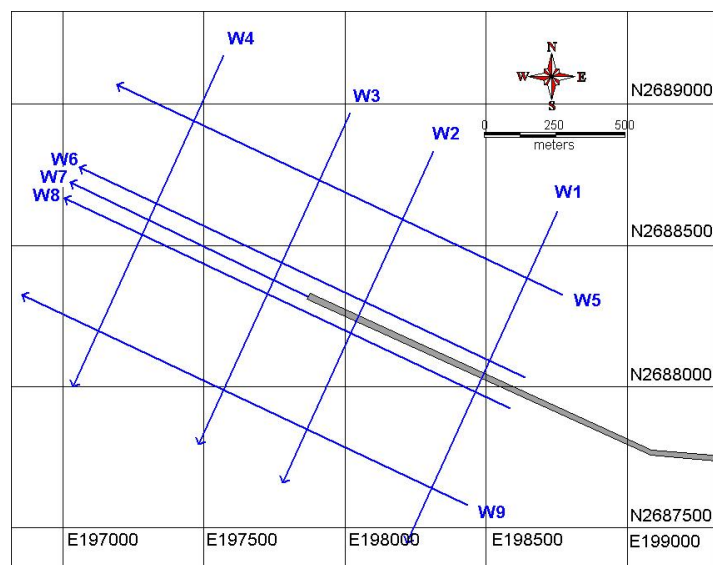


圖 7.4 臺中港堤頭水深測量斷面位置圖

區域所測得水深最淺約為-8.4m，堤頭附近掏刷最深處水深約-30m，等深線於堤身附近大致呈現垂直海堤方向分布，堤頭附近因為波浪反射之掏刷而形成輻射狀之等深線分布，掏刷最深處位於堤頭向外海延伸方向約 142m 處。以北堤堤頭前方附近海域淤積較為明顯，堤內港域水深較深，海堤堤頭附近內外之海域地形高低差約可達 8m。本次測量面積以堤頭為中心點雖超過一平方公里，但小於上季測量範圍。

斷面 W1：於堤頭東側垂直堤身方向，距離堤頭約 680m 處，展現堤防內外之水深高差變化，港域外地勢高於港域內，本斷面附近以侵蝕為主。本斷面高程堤防北側港域外高於堤防南側港域內，形成外(北)高內(南)低之地形變化，水深剖面變化如圖 7.5 所示。

斷面 W2：於堤頭東側垂直堤身方向，距離堤頭約 200m 處，展現堤防內外之水深高差變化，本斷面水深變化約在-11.1~-23.3m 之間；港域外距斷面起點 320m 處形成一離岸潛坵，高程約-11.1m，離岸潛坵南北二側坡降約在 2.2~3.1/100 之間；港域內距斷面起點 700~1160m 間之高程約在-22.8m 至-23.2m 間，平均坡降約為 0.17/100。堤址南北高差約 1.9m，港域外地勢高於港域內，堤址附近高差約達 3.3m，斷面南北側與堤址處侵蝕情形較為明顯，與 102/5 相較高差約 5m，港域內以南斷面海域地形則無明顯變化。本斷面高程堤防北側港域外高於堤防南側港域內，形成外(北)高內(南)低之地形變化，水深剖面變化如圖 7.6 所示。

斷面 W3：於堤頭西側垂直堤身方向，距離堤頭外約 140m 處，展現垂直堤防方向斷面之堤頭掏刷水深高差變化，本斷面水深變化約在-23.3~-29.8m 之間；距斷面起點 670m 處為掏刷最深之處，高程約-29.8m，該斷面於刷深點南北各約 300m 附近為刷深區域，可能受颱風影響，此處有明顯之淤積，坡降約在 1.3/100~1.6/100 間，斷面其餘水深值表現北側約在-23.3~-25.9m 之間，坡降約為 0.8/100；南側斷面水深值表現約在-23.4~-24.9m 之間，坡降約為 0.8/100。與 102/5 相較，在斷面起點 460~815m 附近淤積情形明顯，最大淤積高度約 3.1m。本斷面除刷深區域外，坡降大至平緩。本斷面在掏刷區外南北水深高程

差異不大，坡度以北側斷面較具變化性，水深剖面變化如圖 7.7 所示。

斷面 W4：於堤頭西側垂直堤身方向，距離堤頭外約 630m 處，主要作為與斷面 W3 之水深剖面變化比較，本斷面水深變化約在 -27.1~-27.8m 之間，坡降平緩，歷次測量結果高程差並不明顯。水深剖面變化如圖 7.8 所示。

斷面 W5：於堤頭北側平行堤身方向，距離堤身約 380m 處，展現港域外平行堤防之水深高差變化，本斷面水深變化約在 -9.7~-27.8m 之間；距斷面起點 600m 之高程約在 -8~-10.6m 間，坡降約為 0.47/100；距斷面起點 600~980m 之高程約在 -11.2~-25.5m 間，坡降約為 3.6/100，斷面變化較為陡峭；距斷面起點 980~1,070m 處地形略微隆起約 0.3m；距斷面起點 1,200m 之後，高程變化在 -27.1~-27.8m 間，坡降平緩，高程差不明顯，與 102/5 相較，在斷面起點 900~1,100m 附近淤積較為明顯，最大淤積高度約 1.6m。本斷面平行堤防，可見堤頭附近之刷深情況，水深剖面變化如圖 7.9 所示。

斷面 W6：於堤頭北側平行堤身方向，距離堤身約 60m 處，展現港域外堤身附近之水深高差變化，其斷面變化趨勢與 W5 相似，本斷面水深變化約在 -12.1~-29.9m 之間；距斷面起點 330~720m 之高程約在 -12.2~-16.9m 間，坡降約為 1.3/100；距斷面起點 750~980m 之高程約在 -18.3~-29.6m 間，坡降約為 5.0/100，斷面變化陡峭；距斷面起點 1,140m 之後斷面坡降平緩，高程變化在 -28.6~-27.5m 間，坡降約為 0.4/100，高程差不明顯，與 102/5 相較，在斷面起點 800~1,280m 附近淤積情形明顯，最大淤積高度約 2.5m。本斷面平行堤防，可見堤頭附近之刷深情況，水深剖面變化如圖 7.10 所示。

斷面 W7：平行堤身，垂直堤頭往外海延伸方向，展現堤頭掏刷區域附近之水深高差變化，本斷面水深變化約在 -22.2~-30.0m 之間；堤頭附近水深約 -27.4m，距斷面起點 236m 處為最深處，高程為 -30.0m，堤頭附近淤積情形明顯；距斷面起點 236~500m 之高程約在 -30.0~-27.9m 間，坡降約為 0.8/100，之後斷面高程變化在 -27.7~-27.5m 間坡降平緩，高程變化不明顯，與 102/5 相較，在斷面起點 90~400m 附近淤積情形明顯，最大淤積高度約 3.1m。本斷面表現出正對堤頭

掏刷區之地形變化，水深剖面變化如圖 7.11 所示。

斷面 W8：於堤頭南側平行堤身方向，距離堤身約 60m 處，展現港域內堤身附近之水深高差變化，本斷面水深變化約在-15.7~-29.9m 之間；距斷面起點 710m 至 980m 地形變化較為明顯，高程變化在-24.3m 至-29.8m 間，高程落差約 5.5m；距斷面起點 250m 至 710m 處，高程變化在-17.9~-24.3m 間，坡降約為 1.4/100；距斷面起點 1,100 之後斷面坡降較為平緩，高程變化在-29.6~-27.5m 間，坡降約為 0.7/100，高程差較不明顯。與 102/5 相較，在斷面起點 850~1,300m 附近淤積情形明顯，最大淤積高度約 2.6m。本斷面平行堤防，可見堤頭附近之刷深情況，水深剖面變化如圖 7.12 所示。

斷面 W9：於堤頭南側平行堤身方向，距離堤身約 430m 處，展現港域內平行堤防之水深高差變化，本斷面水深變化約在-18.3~-27.0m 之間；距斷面起點 215m 至 390m 之高程約在-18.4~-19.1m 間，坡降約為 0.4/100；距斷面起點 390~660m 處，高程變化在-19.1~-23.2m 間，坡降約為 1.5/100，斷面變化略微陡峭；距斷面起點 660~1,100m 處坡降相當平緩；距斷面起點 1,200~1,340m 間之高程約在-26.7~-27.0m 間，坡降平緩，高程差不明顯。本斷面在堤防南側港域內由港內往港外逐漸變深，水深剖面變化如圖 7.13 所示，各次斷面資料高程差不明顯。

100/5 第一次與 101/5 第二次之監測結果進行侵淤變化比較，在堤頭北側有很明顯的淤積，高程差最大量約為 9.7m，在 W2 斷面圖與 W6 斷面亦可見其高程之變化；而在堤頭附近有明顯之侵蝕情形，高程差最大量約為 6.44m，在 W3、W7 與 W8 斷面亦可見其高程之變化。在堤頭附近有較明顯之侵淤趨勢外，其餘侵淤情形並不明顯，整體而言 101/5 較 100/5 淤積約 801,508m³，平均高程增加約 39cm。

101/5 第二次與 102/5 第三次之監測結果進行侵淤變化比較，在斷面 W2 與 W3 之間堤頭北側有很明顯的淤積，高程差最大量約為 6.9m，在 W6 斷面亦可見其高程之變化；而在堤頭附近亦呈現淤積之情形，高程差最大量約為 5.6m，在 W3、W7 與 W8 亦可見其高程之變化；在斷面 W3 與 W4 之間則有部分侵蝕之情形，高程差最大量約

為 3m。在堤頭附近有較明顯之侵淤趨勢外，其餘侵淤情形並不明顯，整體而言 102/5 較 101/5 淤積約 1,190,049m³，平均高程增加約 58cm。

102/5 第三次與 102/10 第四次之監測結果進行侵淤變化比較，在斷面 W3 堤頭前方與北側有很明顯的淤積，高程差最大量約為 3.1m，在 W7 斷面亦可見其高程之變化；除在堤頭附近亦呈現淤積之情形外，防波堤南北側之侵蝕情形明顯，其餘外海部分侵淤情形並不明顯，整體而言 102/10 較 102/5 侵蝕約 264,082m³，平均高程降低約 25cm。

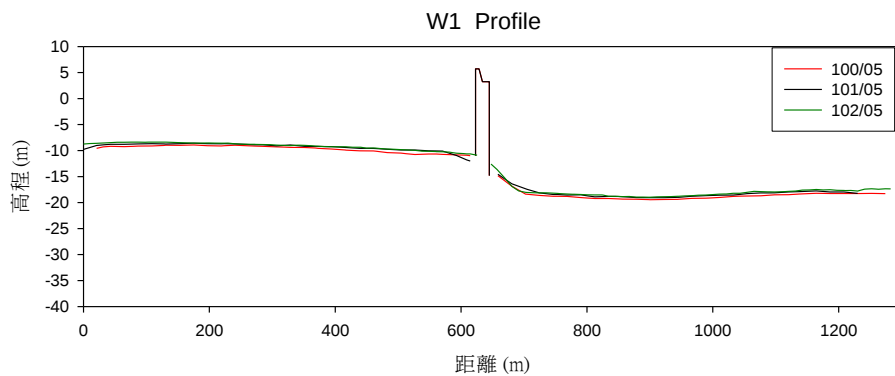


圖 7.5 臺中港堤頭地形測量斷面 W1 水深剖面變化圖

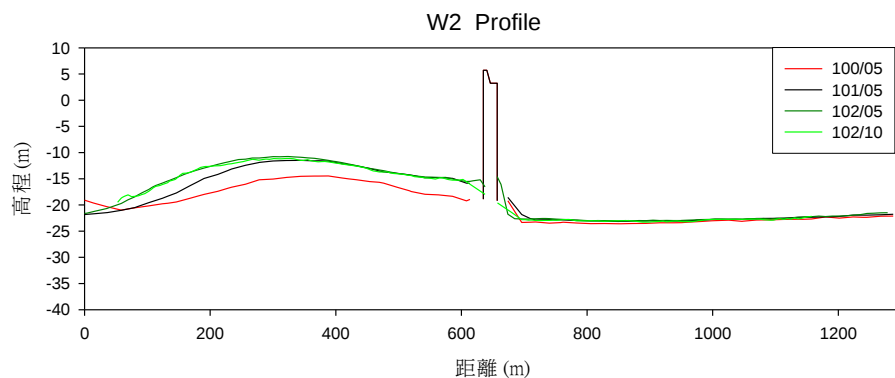


圖 7.6 臺中港堤頭地形測量斷面 W2 水深剖面變化圖

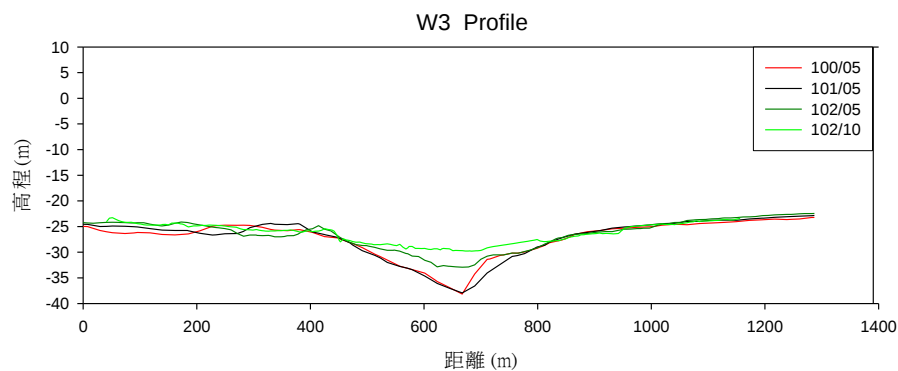


圖 7.7 臺中港堤頭地形測量斷面 W3 水深剖面變化圖

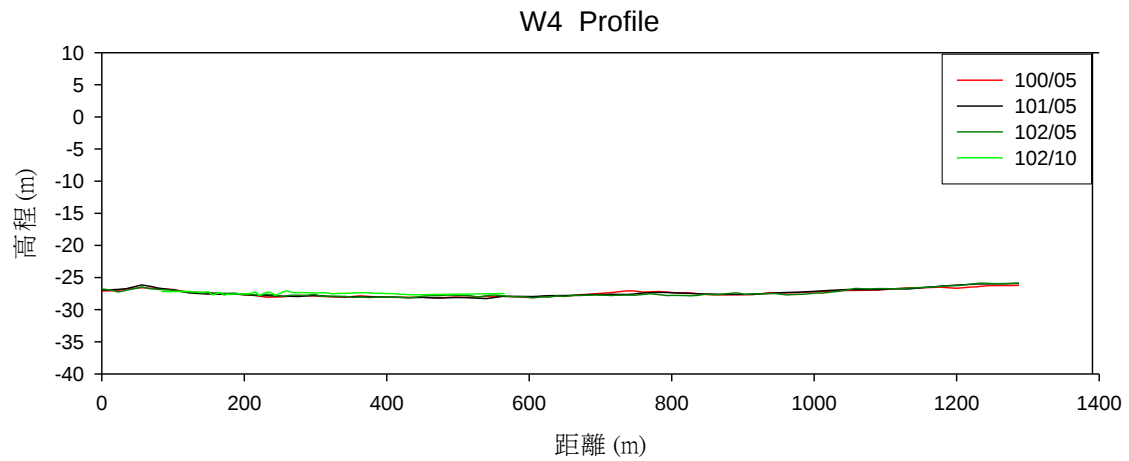


圖 7.8 臺中港堤頭地形測量斷面 W4 水深剖面變化圖

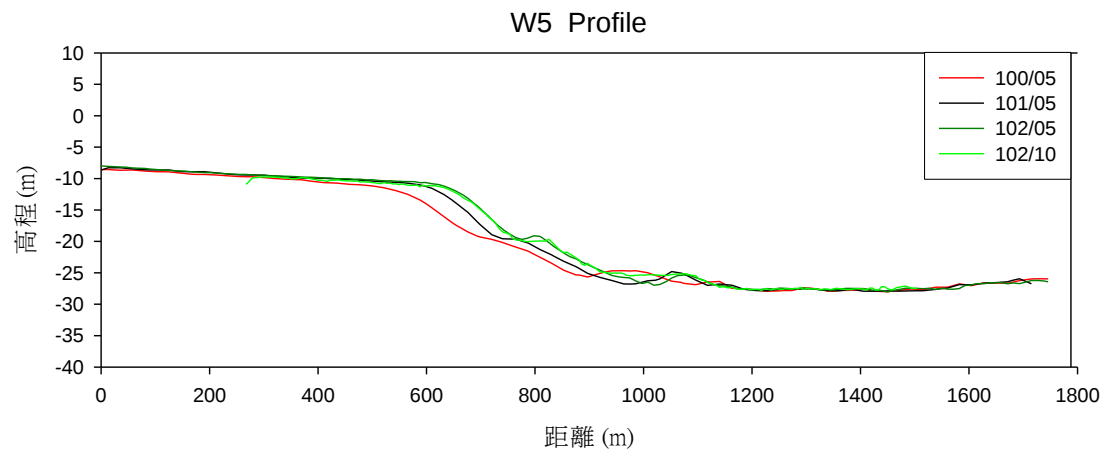


圖 7.9 臺中港堤頭地形測量斷面 W5 水深剖面變化圖

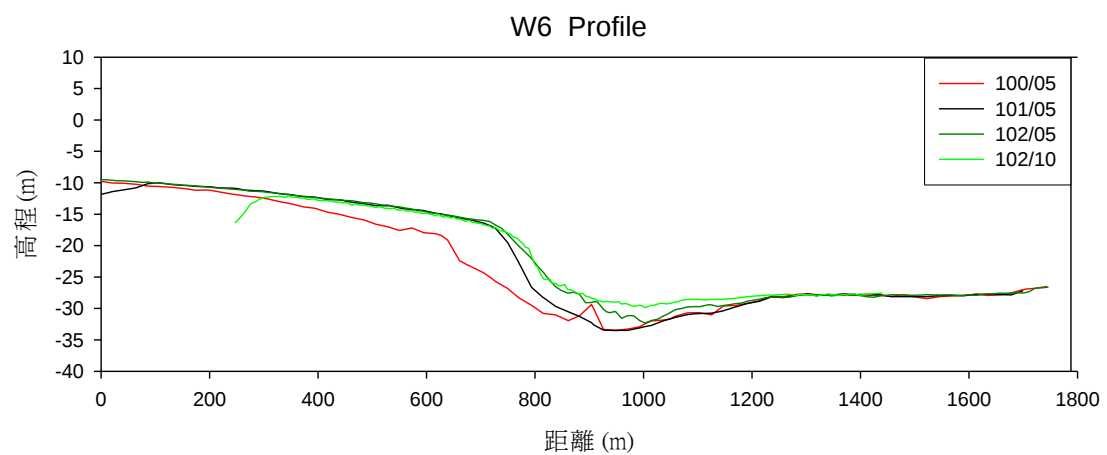


圖 7.10 臺中港堤頭地形測量斷面 W6 水深剖面變化圖

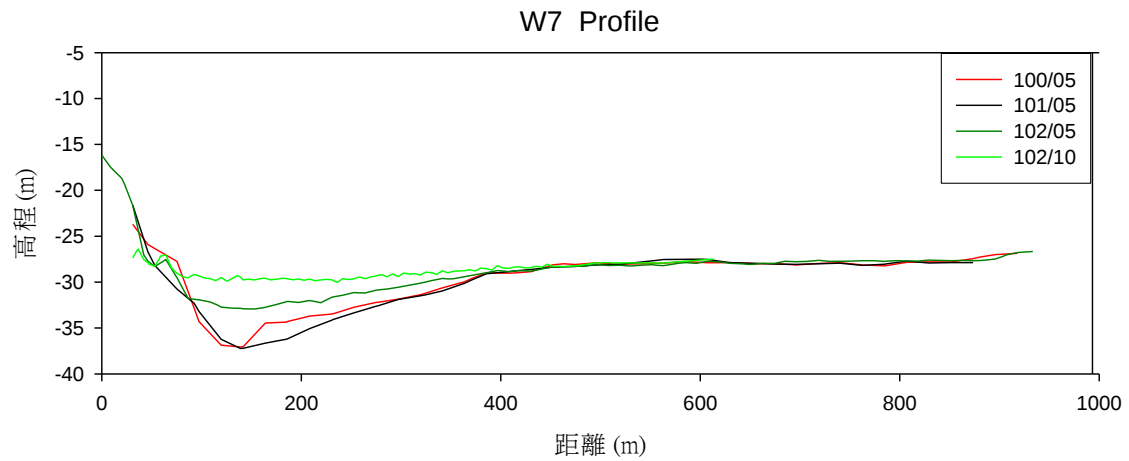


圖 7.11 臺中港堤頭地形測量斷面 W7 水深剖面變化圖

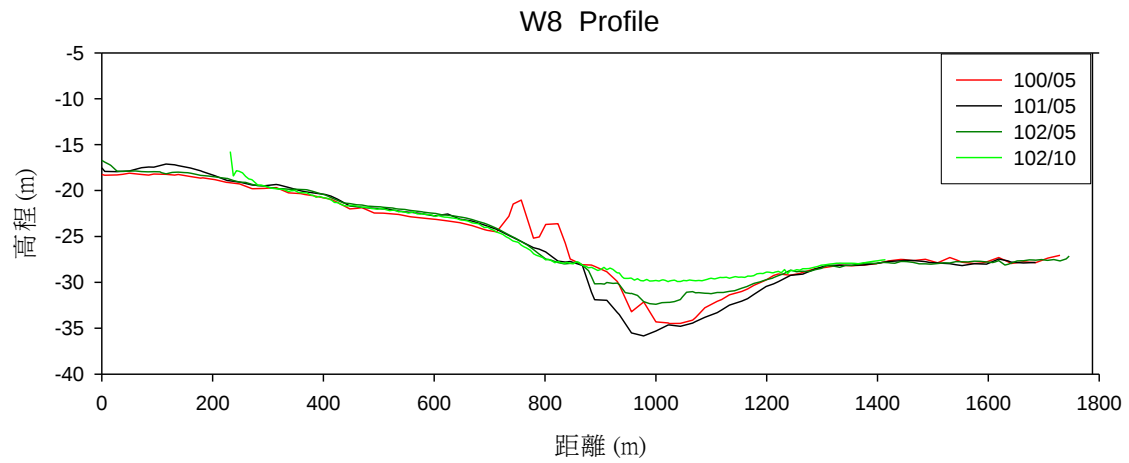


圖 7.12 臺中港堤頭地形測量斷面 W8 水深剖面變化圖

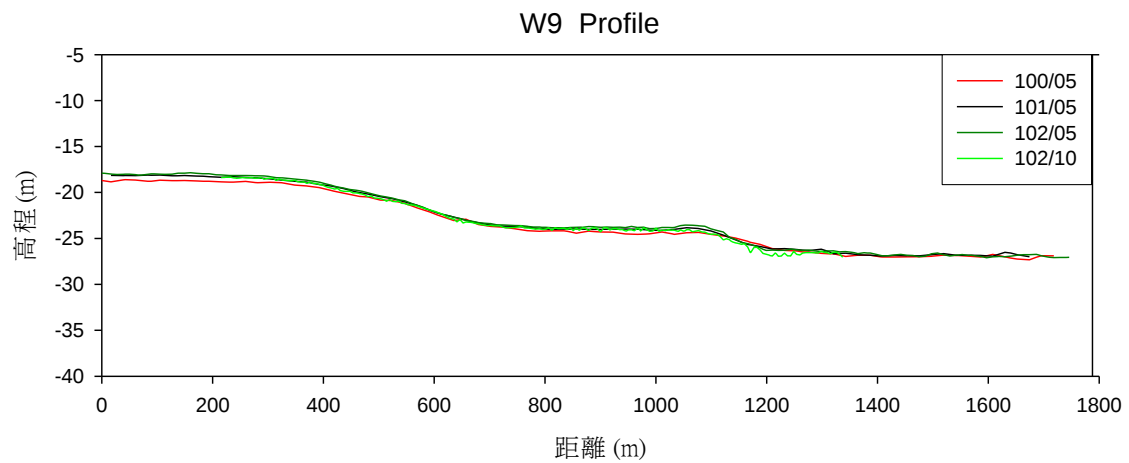
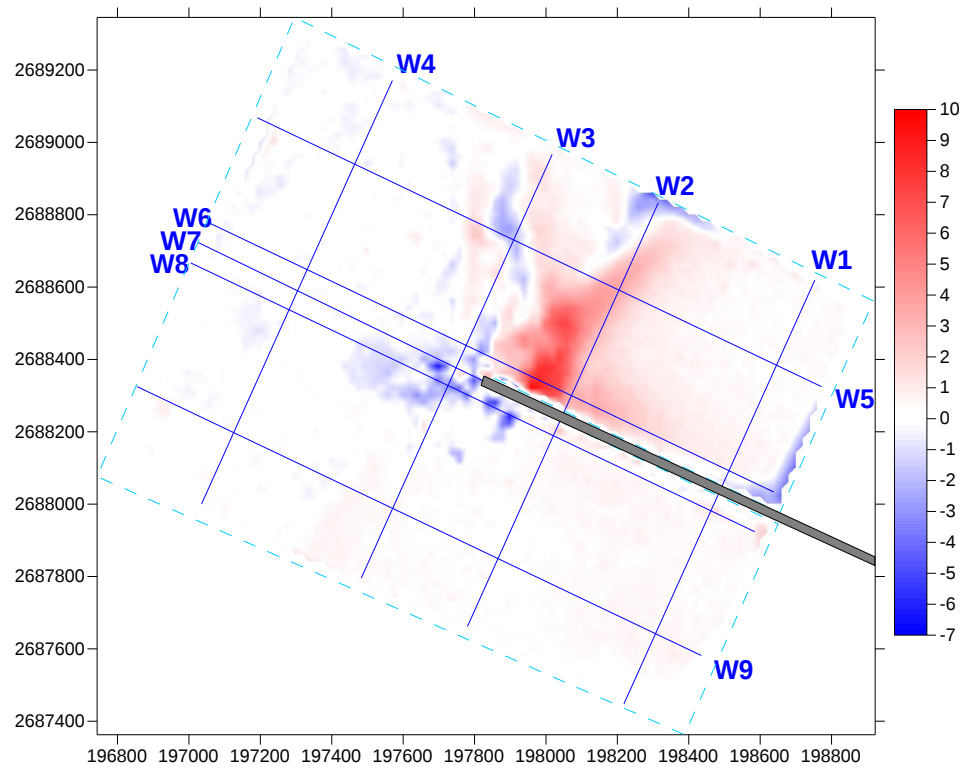
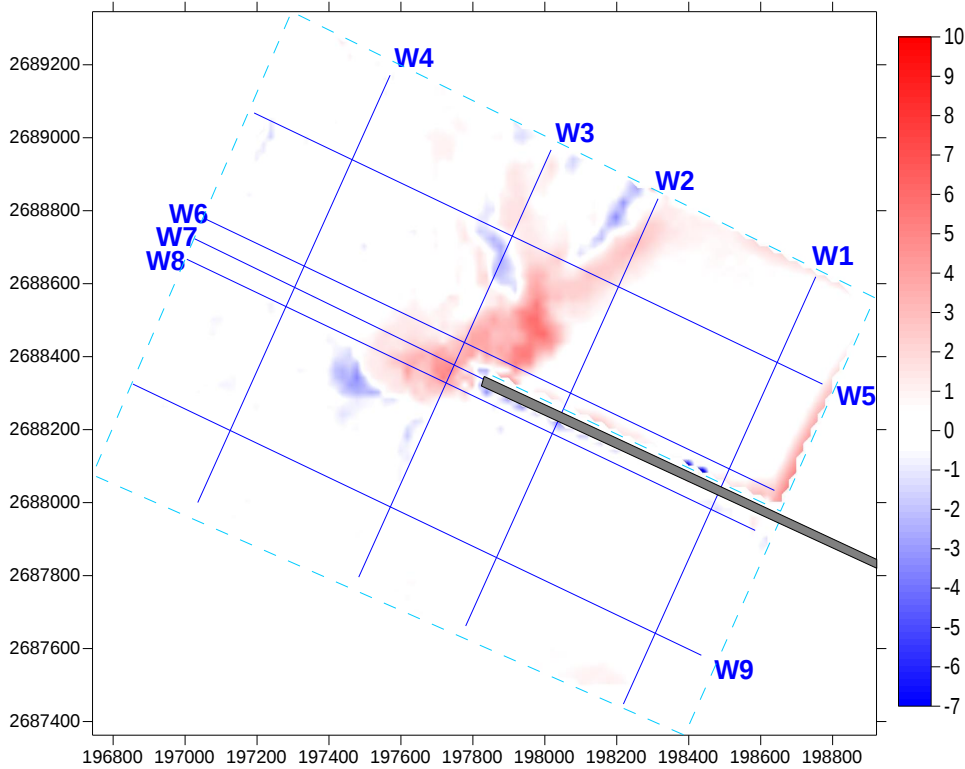


圖 7.13 臺中港堤頭地形測量斷面 W9 水深剖面變化圖

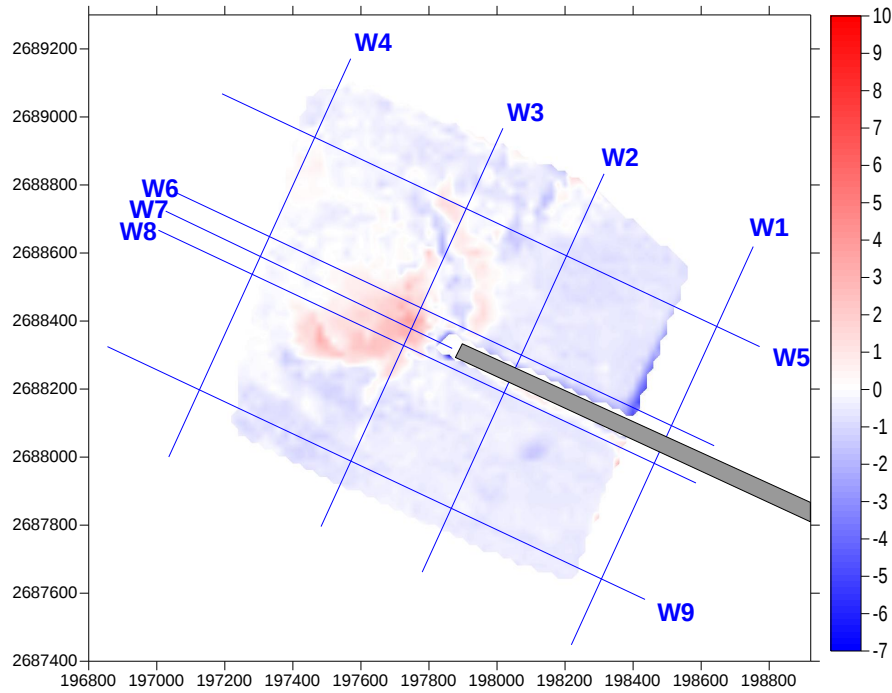


第一次 100/5 與第二次 101/5



第二次 101/5 與第三次 102/5

圖 7.14 臺中港堤頭地形測量侵淤變化色階圖



第三次 102/5 與第四次 102/10

圖 7.15 臺中港堤頭地形測量侵淤變化色階圖

7.3.3 防波堤堤頭沖蝕特性分析

圖 6 為民國 85~87 年與民國 89~95 年間放大後的臺中港北防波堤堤頭附近地形等深線變化圖。其中，-25m 等深線範圍內為一封閉區域，可用以代表水深大於 -25m 的沖刷洞（以下簡稱 -25m 沖刷洞）。民國 85 年時，北防波堤堤頭處附近並無明顯的沖刷洞，而港口存在一處 -25m 沖刷洞。自民國 86 年開始，-25m 沖刷洞在北防波堤堤頭西側形成，隨著時間的增加，至民國 89 年時，沖刷的區域逐漸變廣加深，且向堤頭的位置遷移。民國 90 年時北防波堤向西北側延伸，在堤頭西方至西北方形成二處-25m 沖刷洞，涵蓋範圍略大於民國 89 年之沖刷洞。民國 91 年時，北防波堤再延長，此時 -25m 沖刷洞移動至堤頭周圍。而民國 92 年、93 年時，-25m 沖刷洞則在堤頭兩側形成。民國 94 年時，三處 -25m 沖刷洞在堤頭北側形成，沖刷區域縮小。至民國 95 年時沖刷範圍擴大，形成二處 -25m 沖刷洞。以-25m 等深線為參考深度，計算各年度之形心與堤頭距離（心堤距）、-25m 沖刷洞體積、-25m 等深線截面積如圖 7 所示。最大沖刷

截面積為民國 90 年的 226,200m²，同時也造成最大沖刷體積為 5,903,893m³；心堤距在民國 90 年之後縮小為 158~379m；平均沖刷則介於 25~27m 之間。臺中港自民國 86 年開始 -25m 沖刷洞的沖刷截面積與沖刷體積逐年加大，侵蝕量至民國 90 年時到達最大；民國 90 年至 94 年期間，沖刷洞的沖刷截面積與沖刷體積逐年減小，亦即沖刷洞又逐漸回淤。然而民國 95 年時，沖刷洞又發生嚴重侵蝕現象。

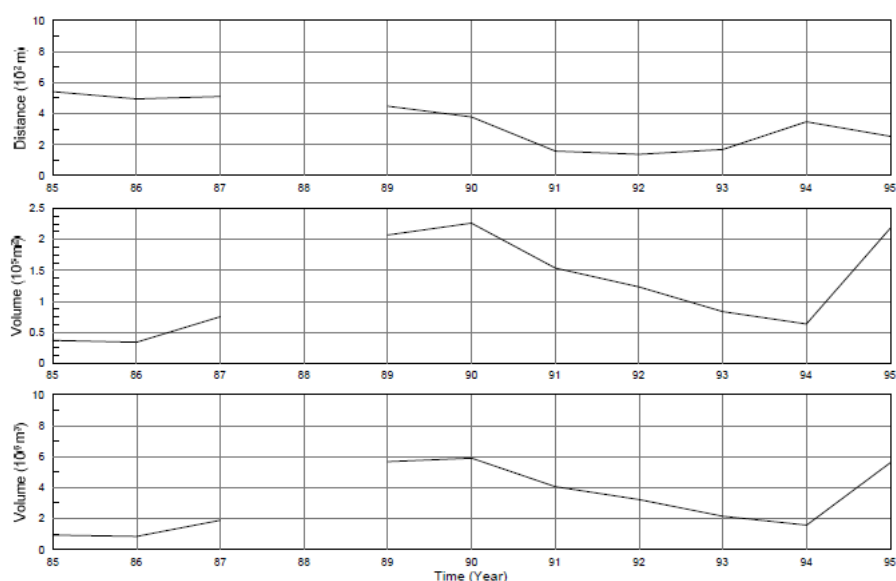


圖 7.16 堤頭-25m 沖刷洞心堤距、面積、體積變動圖

7.3.4 防波堤堤頭波流場觀測與分析

海流及波浪為造成海域所有相關現象的主要物理因素，所收集的資料將可瞭解近岸流場模式，並可做為影響海域現象與環境之評估依據。另也將提供相關之工程設計規劃、海洋污染模式與預測、防治及水工模型試驗等之所需。港灣及近岸工程，如防波堤、填海圍堤等規劃設計與施工，須有詳細之潮波流資料做為參考。海水受天體影響而引發潮流，且因風、浪、海水密度及其他海氣象因素而改變流速及流向，而近岸附近之流況更因地形及附近結構物之影響而改變。為確實掌控區域的諸多環境控制因素，就必須對現地潮波流做一完整調查，如此能得到較準確的推算結果，做為相關研究的參考。

1. 潮汐

潮汐資料是由壓力式感應器轉換水位變化，而相對於儀器架設深度的水深起伏即為潮位變化。儀器置於水深 20m 處。臺中港海域漲退潮時段流向分佈如圖 7.16 所示。退潮段主要流向為 ENE，漲潮段亦以 ENE 為主，但稍向北偏轉，在 NE 向亦有超過 20% 的分量。調合分析顯示主要分潮為 M2，振幅為 1.811m，次要分潮 S2，振幅 0.416m。法國(Defant, 1958)潮型因子 Ff 值為 0.21，屬於半日潮型。美國(Diertrich, 1980)潮型因子 Fa 值為 0.25，屬於半日潮型。

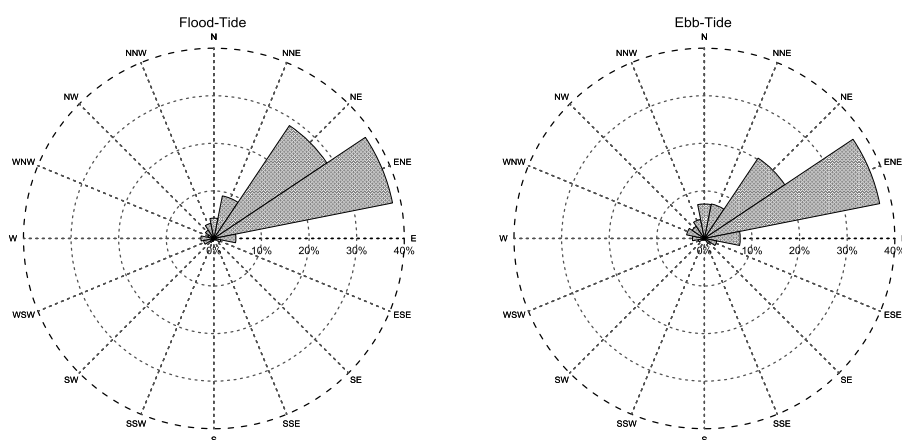


圖 7.17 TC 測站，2013 年 05/09~05/28 漲、退潮段流向玫瑰圖

2. 海流

海流點位實測資料統計資料玫瑰圖如圖 7.17 及圖 7.18 所示。TC 測點的底層流向分佈集中於 W 方位，主要流速分佈區間為 0~25cm/sec，發生機率為 87.68%。中層(水深 11m)流向分佈集中於 W、WSW、ENE 方位，主要流速分佈區間為 0~12.5cm/sec，發生機率為 61.65%。中層(水深 6m)流向分佈集中於 ENE、E 方位，主要流速分佈區間為 0~12.5cm/sec，發生機率為 64.89%。表層流向分佈集中於 ENE、NE 方位，主要流速分佈區間為 0~25cm/sec，發生機率為 80.59%。由圖可明顯看出，流向隨著水深的增加而呈現逐漸轉向的趨勢。

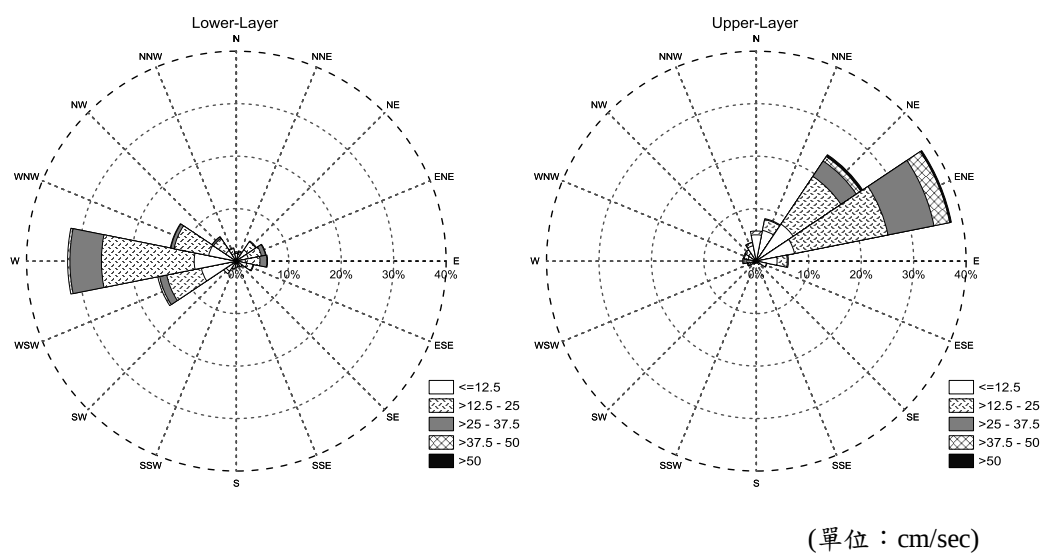


圖 7.18 TC 測站，底、表層之海流玫瑰圖

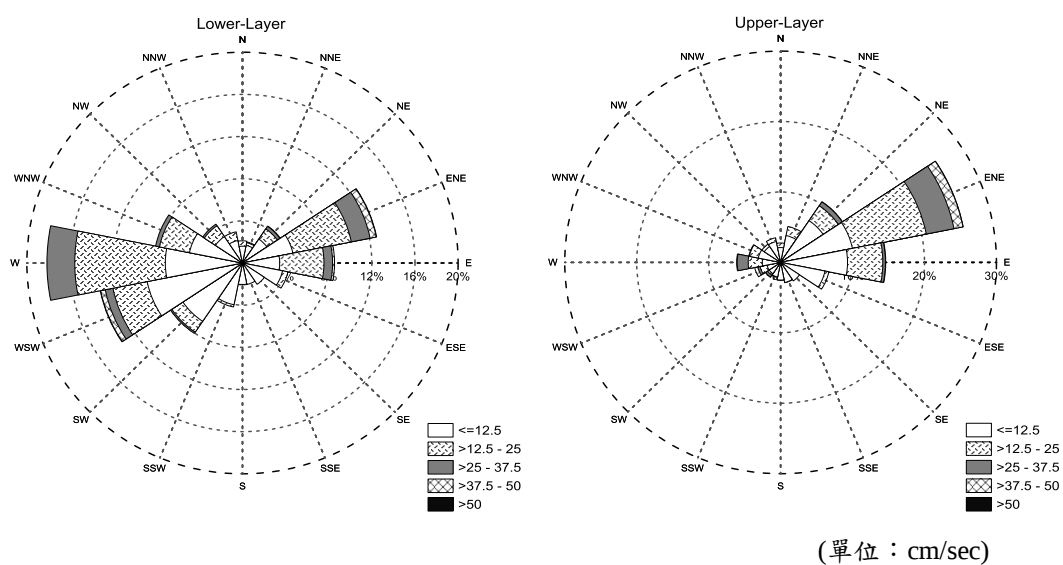


圖 7.19 TC 測站，中層(水下 11m、6m)之海流玫瑰圖

3.波浪

TC 測站的波高統計資料繪製的波浪玫瑰圖如圖 7.19 所示，波高及週期分佈直方圖如圖 7.20 所示，波高、波向聯合機率分佈如圖 7.21 所示。

分析結果顯示，主要波向為 NNE、W，觀測期間內的示性波高($H_{1/3}$)為 67.7cm，對應的示性週期($T_{1/3}$)為 4.97sec。以每小時為統計區間，示性波高主要分佈於 25~50cm，佔約全體的 65.65%，示性週期則集中於 4~5sec 區間。平均波高(H_{mean})為 47.4cm，平均週期(T_{mean}) 4.86sec。最大波高(H_{max})127.0cm，週期(T_{max}) 6.30sec，對應波浪方向為 NNE，此記錄發生的時間為 5 月 11 日 14 時。以觀測點位置而言，東南側為防波堤頭，多數的波浪自 NNE 及 W 向傳來，此結果亦與研究區域的背景資料相符。

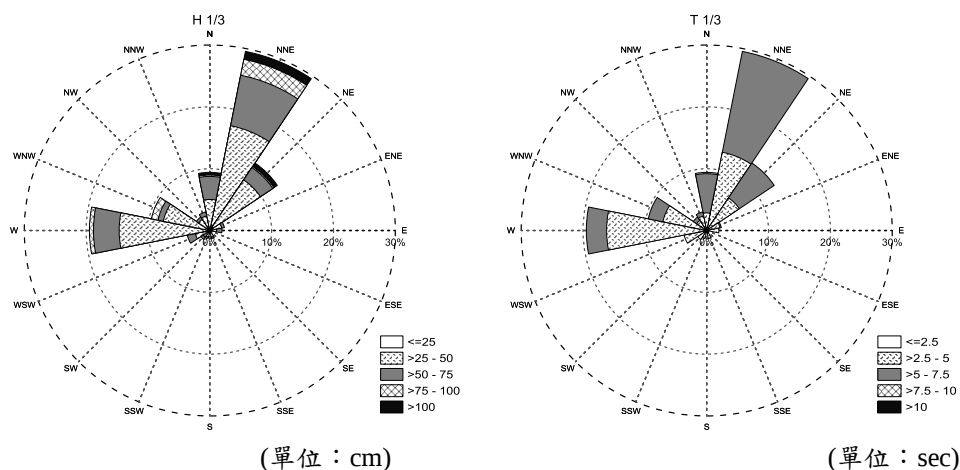


圖 7.20 TC 測站，波浪波高、週期玫瑰圖

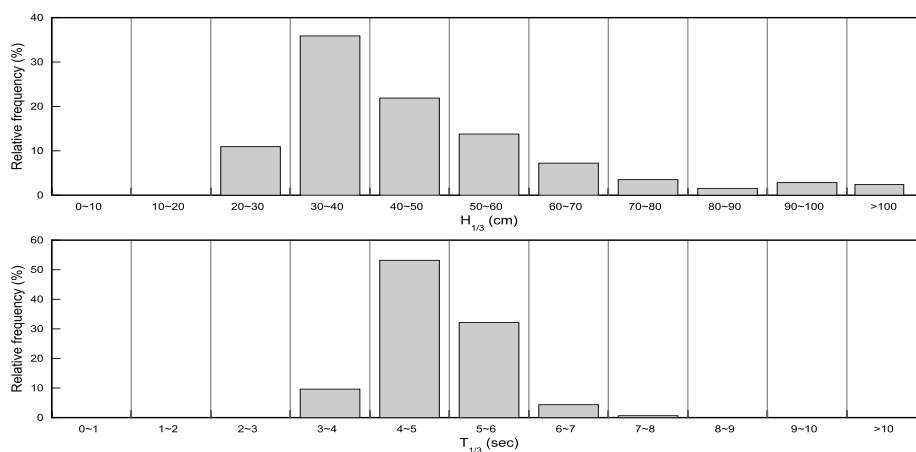


圖 7.21TC 測站，波高、週期統計直方圖

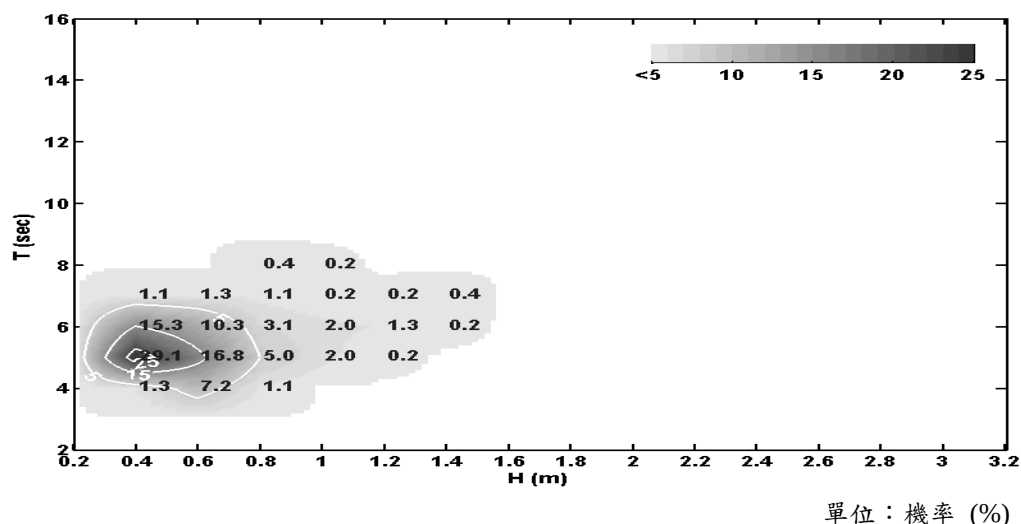


圖 7.22 TC 測站，示性波高、週期聯合機率分佈圖

進一步統計分析，較大流速的分佈機率，可看出，臺中港海域冬季期間流速超過 1.0m/sec (約二節)的發生機率可達 10%，夏季期間流速超過 1.0m/sec 的發生機率亦多介於 2~5%。一般而言，近岸的漂沙行為，波浪多是扮演著啟動底質的角色；底質傳輸的行為，則是海流、潮流、風驅流或波浪引發的近岸流所造成的。然而，隨著水深增大，底床受波浪影響變小，此時潮流則為深水域漂砂傳輸主要驅動力。臺中海流經常性保持高流速狀態，致此港區堤址水深雖達-20m 以上，仍然發生嚴重沖蝕現象，尤其堤頭之處更是明顯。此現象反應出防波堤之堤頭沖蝕現象，主要是潮流所致。而不同的海流方向會引發不同的漂砂方向，長期的淨漂砂量則決定此處海域的侵淤特性。

7.4 小結

臺中港自民國 86 年開始 -25m 沖刷洞的沖刷截面積與沖刷體積逐年加大，侵蝕量至民國 90 年時到達最大；民國 90 年至 94 年期間，沖刷洞的沖刷截面積與沖刷體積逐年減小，亦即沖刷洞又逐漸回淤。然而民國 95 年時，沖刷洞又發生嚴重侵蝕現象。100 年與 101 年測量臺中港海域北防波堤堤頭附近地形，係以單音束測深系統進行水深測量，每年各一測次，消波塊群成像並不明顯。自 102 年起以多音束測深系統進行水深測量，頻率一年二次，堤頭附近消波塊成像較為明顯，略可看出堤頭附近之消波塊群分布，等深線於堤身附近大致呈現垂直海堤方向分布，堤頭附近因為波浪反射之掏刷而形成輻射狀

之等深線分布。100/5 測得水深最淺約為-8m，堤頭附近掏刷最深處水深約-39m，位於堤頭向外海延伸方向約 140m 處；101/5 測得水深最淺約為-7.4m，堤頭附近掏刷最深處水深約-39m，同樣位於堤頭向外海延伸方向約 140m 處；102/5 測得水深最淺約為-6.5m，堤頭附近掏刷最深處水深約-33m，位於堤頭向外海延伸方向約 153m 處；102/10 測得水深最淺約為-8.4m，堤頭附近掏刷最深處水深約-30m。侵淤比較上，101/5 與 100/5 結果相比，在堤頭北側有很明顯的淤積，高程差最大量約為 9.7m，在堤頭附近則有明顯之侵蝕情形，高程差最大量約為 6.4m，在堤頭附近有較明顯之侵淤趨勢外，其餘侵淤情形並不明顯，淤積量約 801,508m³，平均高程增加約 9cm；102/5 與 101/5 結果相比，堤頭北側有很明顯的淤積，高程差最大量約為 6.9m，而在堤頭附近亦呈現淤積之情形，高程差最大量約為 5.6m，侵蝕部份高程差最大量約為 3m，在堤頭附近有較明顯之侵淤趨勢外，其餘侵淤情形並不明顯，淤積量約 1,190,049m³，平均高程增加約 58cm；102/10 與 102/5 結果相比，堤頭前方與北側有很明顯的淤積，高程差最大量約為 3.1m，在堤頭附近呈現淤積之情形外，防波堤南北側之侵蝕情形明顯，其餘外海部分侵淤情形並不明顯，侵蝕量約 264,082m³，平均高程降低約 25cm。

臺中港防波堤鄰近海域的地形侵淤狀態，隨著防波堤長度延伸、海潮流作用與上游河川砂源補注而有明顯的變化。臺中港海域流況明顯大於臺灣其他港域（波浪並無此現象），致此港區堤址水深雖達 -20m 以上，仍然發生嚴重沖蝕現象，尤其堤頭之處更是明顯。此現象反應出二處防波堤之堤頭沖蝕現象，主要是潮流所致。防波堤堤頭附近之漲退潮流速與流向不對稱形成淨流，水流經堤頭後轉向造成速度梯度，此等現象均引起之漂砂不平衡，導致堤頭發生沖刷。由現場流況與沖蝕分析得知，夏季主要流況向北，沖刷洞在堤頭北側，但堤頭南側為較深的水域（如航道），無漂砂向北補注沖刷洞，以致沖蝕加劇。冬季主要流況向南，沖刷洞在堤頭南側形成，但堤頭北側有來自河口的沖積沙，南向漂砂會先將原北側沖刷洞逐漸回填。如此週而復始，在近期形成一個循環的現象。臺中港防波堤鄰近海域的地形侵淤狀態，隨著防波堤長度延伸、海潮流作用與上游河川砂源補注而有明

顯的變化。臺中港海域流況明顯大於臺灣其他港域 (波浪並無此現象)，致此港區堤址水深雖達-20m 以上，仍然發生嚴重沖蝕現象，尤其堤頭之處更是明顯。防波堤堤頭附近之漲退潮流速與流向不對稱形成淨流，水流經堤頭後轉向造成速度梯度，此等現象均引起之漂砂不平衡，導致堤頭發生沖刷。

第八章 結論與建議

本研究主要目的在創造綠色港埠之新技術，其重點為整合臺灣海域船舶動態、電子海圖與海氣象資料等航行資訊，來促進臺灣海域的航行安全。其他合作計畫的研究目標則是研提壓艙水管理法草案及各相關子法，以及結合波能轉換系統，應用在港灣構造物的消能進行評估；最後針對防波堤附近的沖蝕現象進行探討並提出可能的解決方案。本研究可以提供國內各主要港口在創造綠色港埠環境與港灣結構物的新建與維護作為參考。本研究經執行後可以提出以下的結論與建議。

8.1 結論

1. 交通部運輸研究所目前架設有本島 9 處及外島 5 處，共計 14 處的船舶自動識別系統(Automatic Identification System, AIS)接收站，依據本研究實際運作與分析，未來臺灣海域至少需設置 15 處及離島 6 處，共計 21 處的 AIS 接收站才能充分涵蓋；而離島則建議設置澎湖、彭佳嶼、蘭嶼、金門、馬祖、東沙等 6 處接收站。
2. 藉由 AIS 資料庫的資料收集，本研究已完成有關節能減碳及海上防災的相關研究成果。藉由節能減碳的相關研究成果與分析方法，可進行交通流統計分析、船位密度分佈分析、港口分道航行分析、高碰撞風險分析、港口附近航線密集度分析、臺灣海域主要航路分析、LNG 液態船進出港分析、操船模擬及現場驗證分析等研究分析。而藉由海上防災的相關研究成果與分析方法，本研究亦分析了有關百麗輪客輪事件、東昇號擦撞事件、信春輪擦撞防波堤事件、OBERON 貨輪擱淺事件等航安事件，未來可以作為航務主管機關與港務單位於探討航安事件發生原因時，作為重要的佐證資料，藉以釐清航安事件的責任歸屬。
3. 本研究所設計的船舶減速查核系統與高雄港港棧系統資料彙整，從 102 年 8 月 22 日至 102 年 9 月 12 日止，共 20 天的資料進行分析，其結果高雄港船舶進出港報到數為 1788 艘次，媒合成功合計

為 1318 艘次；媒合成功率為 73.71%。而針對船舶減速至 12 節以下的進出港統計分析，進出港合計為 379 艘次，與港棧系統船舶進出港報到數比較，其進出港減速至 12 節已下的減速達成率僅為 21.20%，由統計分析結果可知，目前高雄港船舶進出港口減速情況尚未確實執行，因此藉由本研究所設計的船舶減速查核系統，將可以提供高雄港務分公司更全面性的了解船舶進出港的航行情況，有助於推廣與獎勵有關船舶減速查核的措施。

4. 本研究建立內插 AIS 航跡點以網格式計算自動取得估算船舶排放量所需之負載因子與活動量等參數的方法，以此方法可同時得到排放量的空間分佈，不只適用於港口範圍也適用沿岸。本研究亦利用拓樸幾何演算法與空間資訊分析統計技術，就港埠與船舶節能減碳議題中屬於船舶操作面，從船舶活動推估空污排放量資料的自動化蒐集。
5. 有關臺灣壓艙水管理法制化問題，本研究認為應包含 1.明確將壓艙水納入「其他污染物」之項目；2.確立商港內航政機關為壓艙水管理之主管機關，商港以外環保署為壓艙水管理之主管機關，海洋巡防署則為協助業務之執行機關；3.分別在兩部法律當中增訂授權條款，授權航政機關與環保署會同共同訂定具法規命令性質之壓艙水管理辦法。
6. 本研究利用 ANSYS CFX 做為計算流體分析，具有相當之準確性。模擬分析結果，不僅可全比例模型模擬現場之條件，且可得出每一時間點之氣室內水柱高與外界入射波浪互相影響行為，進而評估入射波浪之大小對於沉箱氣室之出風速度及氣壓之影響。
7. 本年以臺中港防波堤鄰近海域的地形侵淤狀態進行探究，臺中港隨著防波堤長度延伸、海潮流作用與上游河川砂源補注而有明顯的變化。臺中港海域流況明顯大於臺灣其他港域（波浪並無此現象），致此港區堤址水深雖達-20m 以上，仍然發生嚴重沖蝕現象，尤其堤頭之處更是明顯。此現象反應出二處防波堤之堤頭沖蝕現象，主要是潮流所致。防波堤堤頭附近之漲退潮流速與流向不對稱形成淨流，水流經堤頭後轉向造成速度梯度，此等現象均引起

之漂砂不平衡，導致堤頭發生沖刷。

8.2 建議

1. 本研究檢視所蒐集的船舶進出港口減速數據，發現部分數據不完整，探討高雄港港棧系統與本系統資料庫未能 100%媒合成功的主要原因有：(1)船舶未實際進出高雄港，由興達港及永安港進出，(2)進出船舶未完整通過所設定的三個離港距離區段，(3)船舶作業範圍小於所設定的三個離港距離區段等三種，未來將與臺灣港務股份有限公司探討那些船舶雖未媒合成功，但應納入減速查核的管理與獎勵範圍。
2. 本研究係依據洛杉磯港船舶減速查核機制所採用的 20、15、10 海浬規劃離港距離區段進行測試，未必適合其它不同港埠，建議港務單位應針對所屬港口的地形、氣候、海象等不同條件自行設定其最佳化的離港距離區段，方能使船舶減速查核機制趨於合理與務實。
3. 壓艙水管理法制化涉及的各機關與單位的權責，建議由環保署負責進行前端計畫與主導，再加上海巡署或航港局等機關負責後端執行與輔助的工作。在壓艙水管制上，不論是檢驗程序或罰則的訂定以及權責機關的訂定，都是需要相關部會彼此交流後才能做出適當的決定。
4. 本研究建議須針對可再生性能源做普遍性的調查，可以進一步了解不同型式的可再生性能源應用於港灣區域之可行性，未來可以實際的應用於現地及進行更精確地分析。
5. 有關防波堤堤頭沖蝕現象探討，本研究之多音束測深系統水深測量，每年頻率二次左右，建議如果經費許可，水深測量應分季來進行調查，每年最少四次以上，才能針對堤頭附近得沖淤情況，有更深一層的描繪與認識。

8.3 成果效益及應用情形

1. 有關各項綠色港埠新技術的研發成果，可以提供國內各港務分公司、海巡署與漁業署等應用，提升運輸安全、效率與效益。
2. 壓艙水管理法制化研究，可以加速國內海運界有關壓艙水管理的相關技術與國際接軌。
3. 港灣結構物結合波能轉換系統的研究，可以提供各港務分公司於防波堤新建或維護時參考應用，進而達成減低結構物破壞與提供再生能源的雙重功效。
4. 防波堤堤頭沖淤現象探討研究，可以提供各港務分公司在防波堤破壞時，研判其可能發生的情況，並且提出改善對策，進而節省工程經費與施工時間。

參考文獻

1. 邱永芳等，“結合動態船舶與環境資訊之綠色航路智慧領航計畫(1/4)”，運輸研究所專書，2013.
2. 邱永芳等，“我國港灣壓艙水污染問題管理法制化之研究(1/4)”，運輸研究所專書，2013.
3. 邱永芳等，“可循環式綠色能源結合港灣結構以建構綠色港灣之發展研究(1/4)”，運輸研究所專書，2013.
4. 邱永芳等，“港灣防波堤堤頭三維沖蝕特性及防治機制之研究(1/4)”，運輸研究所專書，2013.
5. 邱永芳等，“智慧型航行與監測系統之研究(4/4)”，交通部運輸研究所專書，2012.
6. 邱永芳等，“智慧化海運系統之建立研究(4/4)”，交通部運輸研究所專書，2012.
7. 邱永芳等，“智慧型航行與監測系統之研究(3/4)”，交通部運輸研究所專書，2011.
8. 邱永芳等，“智慧化海運系統之建立研究(3/4)”，交通部運輸研究所專書，2011.
9. 邱永芳等，“智慧型航行與監測系統之研究(2/4)”，交通部運輸研究所專書，2010.
10. 邱永芳等，“智慧化海運系統之建立研究(2/4)”，交通部運輸研究所專書，2010.
11. 邱永芳等，“智慧型航行與監測系統之研究(1/4)”，交通部運輸研究所專書，2009.
12. 邱永芳等，“智慧化海運系統之建立研究(1/4)”，交通部運輸研究所專書，2009.
13. IMO MSC.202 (81), 2006, Adoption of Amendments to the International Convention for the Safety Of Life At Sea, 1974, as Amended.
14. IMO MSC.211 (81), 2006, Arrangements for the Timely Establishment of the Long-Range Identification and Tracking System

15. IMO Resolution MSC.242 (83), 2007, Use of the Long-range Identification and Tracking Information for Maritime Safety and Marine Environment Protection Purposes
16. IMO MSC.263 (84), 2008, Revised Performance Standards and Functional Requirements for the Long-Range Identification and Tracking of ships.
17. IMO MSC.264 (84), 2008, Establishment of the International LRIT Data Exchange on an Interim Basis
18. IMO Resolution MSC.275 (85), 2008, Appointment of the LRIT Coordinator
19. IMO Resolution MSC.276 (85), 2008, Operation of the International LRIT Data Exchange on an Interim Basis
20. IMO MSC.1/Circ.1259, 2008, Interim Revised Technical Specifications for the LRIT System.
21. IMO MSC.1/Circ.1294, 2008, Long-Range Identification and Tracking System Technical Documentation (Part II)
22. IMO MSC.1/Circ.1299, 2008, Transitional Arrangements and Measures for Accelerating the Completion of the Establishment of the LRIT System
23. IMO MSC.1/Circ.1307, 2009, Guidance on the Survey and Certification of Compliance of Ships with the Requirement to Transmit LRIT Information
24. IMO MSC.1/Circ.1308, 2009, Guidance to Search and Rescue Services in Relation to Requesting and Receiving LRIT Information
25. Sebastien Fournier, 2005, A multiagent system for maritime navigation simulation, Proceedings of Oceans-Europe2005, pp.223-225.
26. Petit, M., Ray, C., Claramunt, C., 2008, An adaptive interaction architecture for collaborative GIS, Cartographic and Geographic Information Science. Special issue on Modeling and Visualization for Spatial Decision Support, vol. 35, No.2, pp. 91-102
27. M. Numano, H.Itoh and Y. Niwa, 2001, Sea Traffic Simulation and its Visualization in Multi-PC System, Proceedings of International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM) 2001, pp. 2093-2098, Canberra, Australia

28. C., Claramunt et. al., 2007, Maritime GIS: From Monitoring to Simulation Systems, Proceedings of Information Fusion and Geographic Information Systems (IF&GIS'07), pages 34-44, St. Petersburg, Russia, ISBN 978-3-540-37628-6.
29. Thierry Huet, Taha Osman, Cyril Ray, 2003, Modelling traffic navigation network with a multi agent platform, European Simulation Multiconference (ESM2003), pages 111-117, June 2003, Nottingham, UK, ISBN 3-936150-25-7
30. Frédéric Bertrand, Alain Bouju, Christophe Claramunt, Thomas Devogele, Cyril Ray, 2007, Web architectures for monitoring and visualizing mobile objects in maritime contexts, In Proceedings of the 7th International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems (W2GIS 2007), pages 94-105, Springer-Verlag, LN series in Computer Science (LNCS 4857), Cardiff, UK, November 2007, ISBN 978-3-540-76923-1
31. 張淑淨、陳承德，2005，船舶自動識別系統輔助交通流分析與模擬之研究，第七屆水下技術研討會論文集。
32. Shun Liu, Hideki Hagiwara, etc., 2004, Radar Network System to Observe and Analyze Tokyo Bay Vessel Traffic, IEEE A&E Systems Magazine, Vol. Nov. 2004, pp.3-11.
33. Fujji, Y, H. Yamanouchi and N. Mizuki, 1974, Some Factors Affecting the Frequency of Accidents in Marine Traffic. II- The Probability of Stranding and III-The Effect of Darkness on the Probability of Collision and Stranding, J. of Navigation, Vol. 27, No. 2, pp.239-247
34. P. Kujala, M. Hänninen, T. Arola and J. Ylitalo, 2009, Analysis of the Marine Traffic Safety in the Gulf of Finland, Reliability Engineering and System Safety, Vol.94, Issue 8, pp. 1349-1357
35. IMO COMSAR/Circ.27, 2001, Data Format for a new Combined SAR.2 and SAR.3 Circular Concerning Information on the Current Availability of SAR Services.
36. IMO, LRIT Data Distribution Plan Accessing and Entering Information- Guidance Notes for Contracting Governments.