

115-014-7E14
MOTC-IOT-114-H2CA001c

臺灣港群波流觀測資料統計分析及 通訊技術精進（2/2）-水中無線通 訊系統建置



交通部運輸研究所

中華民國 115 年 3 月

115-014-7E14
MOTC-IOT-114-H2CA001c

臺灣港群波流觀測資料統計分析及 通訊技術精進（2/2）-水中無線通 訊系統建置

著者：羅冠顯、李俊穎、林達遠、曹勝傑、
陳子健、陳孟宏、柯拓宇

交通部運輸研究所

中華民國 115 年 3 月

115

臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(ⅡⅡ)——水中無線通訊系統建置

交通部運輸研究所

GPN: 1011500219

定價 400 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進. (2/2) : 水中無線通訊系統建置 / 羅冠顯, 李俊穎, 林達遠, 曹勝傑, 陳子健, 陳孟宏, 柯拓宇著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部運輸研究所, 民 115.03

面 ; 公分

ISBN 978-986-531-756-0(平裝)

1.CST: 波動 2.CST: 港埠管理 3.CST: 管理
資訊系統 4.CST: 無線電通訊

351.941

115001864

臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(2/2)-水中無線通訊系統建置

著 者：羅冠顯、李俊穎、林達遠、曹勝傑、陳子健、陳孟宏、柯拓宇

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：105004 臺北市松山區敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw (中文版>數位典藏>本所出版品)

電 話：(04)2658-7200

出版年月：中華民國 115 年 3 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 45 冊

書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價：400 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸科技及資訊組・電話：(02)2349-6789

國家書店松江門市：104472臺北市中山區松江路209號・電話：(02)2518-0207

五南文化廣場：400002臺中市中區中山路6號・電話：(04)2226-0330

GPN：1011500219 ISBN：978-986-531-756-0(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分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(2/2)-水中無線通訊系統建置			
國際標準書號(或叢刊號) ISBN 978-986-531-756-0(平裝)	政府出版品統一編號 1011500219	運輸研究所出版品編號 115-014-7E14	計畫編號 114-H2CA001c
本所主辦單位：運輸技術研究中心 主管：蔡立宏 計畫主持人：羅冠顯 研究人員：李俊穎、林達遠、曹勝傑、陳子健、陳孟宏、柯拓宇 聯絡電話：(04)2658-7200 傳真號碼：(04)2657-1329			研究期間 自 114 年 1 月 至 114 年 12 月
關鍵詞：維護保養、統計分析、無線式底碇波流即時觀測系統			
<p>摘要：</p> <p>本計畫 114 年持續針對臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港及澎湖港等 9 個港區，執行波流觀測站維護保養與觀測數據統計分析，並完成之高雄港第二港口無線式底碇波流即時觀測系統建置，相關成果如下。</p> <p>港區營運與海氣象環境息息相關，歷年波流觀測資料統計顯示，高雄港、安平港、布袋港及澎湖港等 4 港，有義波高 H_s 平均皆小於 1 m，布袋港波高最小為 0.46 m，尖峰週期 T_p 平均 6.8 s，波向以 W~N 象限 63.3% 佔比最高，基隆港、蘇澳港、花蓮港、臺中港及臺北港等 5 港，波高平均皆高於 1 m，臺中港波高 1.44 m 為各港中最大，尖峰週期 T_p 平均 6.4 s，波向主要位於 N~E 象限，佔 64.4%；蘇澳港及花蓮港流速皆低於 20 cm/s，蘇澳港流速平均 17.7 cm/s 為各港最低，海流主要在 N~E 及 S~W 兩象限間往復流動，臺北港歷年流速 41.4 cm/s，為 9 港中最高，流向集中在 N~E 與 S~W 象限，流向機率分布與布袋港相似。</p> <p>114 年完成高雄港第二港口無線式底碇波流即時觀測系統建置，以水聲數據機做為 AWAC 及使用者間傳輸介質，將現場監測數據即時回傳，減少近 5 成纜線鋪設長度，提升因纜線受損所衍生水下檢修作業之效率，系統可支援多點感測，有助於海象監測能量提升，設備節電及資料可用率提升，後續仍將持續優化並調整，強化無線傳輸系統之韌性。</p> <p>114 年度各港長期性海象觀測資料及加值應用成果，可提供交通部航港局及臺灣港務股份有限公司等相關單位做為船舶航行、港灣規劃及港埠建設應用參考，提升港埠營運效率與品質，亦可提供政府機關、顧問公司及學術單位等產官學研界做為規劃、設計與研究參考。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
115 年 3 月	162	400	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
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: Statistical analysis of ocean observation data for Taiwan commercial ports and advancement of communication technologies (2/2)- construction of an underwater wireless communication system			
ISBN(OR ISSN) 978-986-531-756-0 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011500219	IOT SERIAL NUMBER 115-014-7E14	PROJECT NUMBER 114-H2CA001c
DIVISION: Transportation Technology Research Center DIVISION DIRECTOR: Li-Hung Tsai PRINCIPAL INVESTIGATOR: Guan-Sian Luo PROJECT STAFF: Chun-Ying Lee, Da-Yuan Lin, Sheng-Chieh, Tsao, Tzu-Chien Chen, Meng-Hung Chen, To-Yu Ko PHONE: 886-4-26587200 FAX: 886-4-26571329			PROJECT PERIOD From January 2025 to December 2025
KEY WORDS: Maintenance, Statistical Analysis, Underwater Wireless Real-Time Wave and Current Observation System			
ABSTRACT: <p>In 2025, this project continued to carry out maintenance of wave and current observation stations and statistical analysis of observational data across nine port areas, including Taipei Port, Keelung Port, Suao Port, Hualien Port, Kaohsiung Port, Anping Port, Budai Port, Taichung Port, and Penghu Port. In addition, the construction of the underwater wireless real-time wave and current observation system at the Second Port of Kaohsiung Port was completed. The associated outcomes are summarized as follows.</p> <p>Port operations are closely associated with the marine and meteorological environment. Statistical analyses of long-term wave and current observation data indicate that, among Kaohsiung Port, Anping Port, Budai Port, and Penghu Port, the mean significant wave height (H_s) is less than 1 m. Budai Port exhibits the smallest wave height, at 0.46 m. The mean peak period (T_p) is 6.8 s, and the predominant wave direction lies within the W–N quadrants, accounting for the highest proportion at 63.3%. In contrast, at Keelung Port, Suao Port, Hualien Port, Taichung Port, and Taipei Port, the mean wave heights all exceed 1 m. Taichung Port records the largest wave height among all ports, at 1.44 m. The mean peak period is 6.4 s, and wave directions are primarily distributed within the N–E quadrants, accounting for 64.4%. Current velocities at both Suao Port and Hualien Port are below 20 cm/s, with Suao Port exhibiting the lowest mean current velocity among all ports, at 17.7 cm/s. The prevailing currents mainly oscillate reciprocally between the N–E and S–W quadrants. Taipei Port exhibits a mean current velocity of 41.4 cm/s, the highest among the nine ports. Current directions are concentrated within the N–E and S–W quadrants, and the directional probability distribution is similar to that of Budai Port.</p> <p>In 2025, the construction of a underwater wireless real-time wave and current observation system was completed at the Second Port of Kaohsiung Port. An acoustic modem is employed as the transmission medium between the AWAC and users, enabling real-time transmission of in situ monitoring data. The system reduces cable deployment length by nearly 50% and enhances the efficiency of underwater maintenance operations necessitated by cable damage. It supports multi-point sensing, thereby improving the capacity for sea state monitoring. Further efforts will continue to focus on reducing power consumption and increasing data availability, while strengthening the resilience of the wireless transmission system.</p> <p>The long-term sea state observation data and value-added application outcomes for each port in 2025 may serve as reference information for relevant agencies, including the Maritime Port Bureau, MOTC and Taiwan International Ports Corporation, Ltd., for applications in vessel navigation, harbor planning, and port infrastructure development, thereby enhancing the efficiency and quality of port operations. In addition, these outcomes may be utilized by government agencies, consulting firms, and academic institutions as references for planning, design, and research purposes.</p>			
DATE OF PUBLICATION March 2026	NUMBER OF PAGES 162	PRICE 400	
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.....	V
表目錄.....	XI
第一章 前言.....	1-1
1.1 研究緣起.....	1-1
1.2 工作內容.....	1-2
第二章 臺灣港群海象觀測系統建置、儀器說明及維護保養.....	2-1
2.1 海象觀測系統建置.....	2-1
2.2 海象觀測儀器簡介.....	2-8
2.3 儀器維護與系統保養.....	2-15
第三章 臺灣港群波流觀測資料分析.....	3-1
3.1 歷年波浪觀測資料分析暨主要分析測站擇定.....	3-1
3.1.1 波高分析.....	3-2
3.1.2 週期分析.....	3-16
3.1.3 波向分析.....	3-25
3.2 歷年海流觀測資料分析.....	3-35
3.2.1 流速分析.....	3-36
3.2.2 流向分析.....	3-51
第四章 無線式底碇波流即時觀測系統建置.....	4-1
4.1 水中通訊數據機選擇.....	4-1
4.2 112 年大型試驗水槽水中通訊測試.....	4-4
4.3 113 年無線式觀測設備海域測試.....	4-10
4.4 114 年高雄港第二港口水中無線通訊即時系統建置.....	4-20
第五章 結論與建議.....	5-1
5.1 結論.....	5-1

5.2 建議.....	5-3
5.3 成果效益及後續應用情形	5-4
參考文獻.....	參-1
附錄一 第 1 次工作會議紀要	附 1-1
附錄二 第 2 次工作會議紀要	附 2-1
附錄三 第 3 次工作會議紀要	附 3-1
附錄四 專家學者座談會議紀錄	附 4-1
附錄五 期末報告審查意見處理情形表	附 5-1
附錄六 期末報告簡報資料	附 6-1

圖目錄

圖 1.1 海象觀測系統位置圖	1-2
圖 2.1 海象觀測系統傳輸架構圖	2-1
圖 2.2 基隆港海象觀測站安裝位置圖	2-3
圖 2.3 蘇澳港海象觀測站安裝位置圖	2-4
圖 2.4 花蓮港海象觀測站安裝位置圖	2-4
圖 2.5 高雄港海象觀測站安裝位置圖	2-5
圖 2.6 安平港海象觀測站安裝位置圖	2-6
圖 2.7 布袋港海象觀測站安裝位置圖	2-6
圖 2.8 臺中港海象觀測站安裝位置圖	2-7
圖 2.9 臺北港海象觀測站安裝位置圖	2-7
圖 2.10 澎湖港海象觀測站安裝位置圖	2-8
圖 2.11 底碇式 AWAC 量測原理及儀器型號示意圖	2-9
圖 2.12 AWAC 聲波訊號傳輸示意圖	2-10
圖 2.13 AWAC 波浪運動示意圖	2-10
圖 2.14 AWAC 音鼓量測波浪變化示意圖	2-10
圖 2.15 底碇式波流觀測系統資料傳輸原理示意圖	2-11
圖 2.16 海氣象資料浮標實體外觀	2-12
圖 2.17 資料浮標水下流速儀實景	2-13
圖 2.18 資料浮標水下流速儀位置	2-13
圖 2.19 資料浮標組成示意圖	2-14
圖 2.20 資料浮標防碰墊組裝示意圖	2-14
圖 2.21 底碇式 AWAC 波流觀測系統維護	2-16
圖 2.22 資料浮標系統維護	2-17
圖 3.1 基隆港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖	3-9
圖 3.2 蘇澳港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖	3-9
圖 3.3 花蓮港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖	3-10
圖 3.4 高雄港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖	3-10
圖 3.5 安平港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖	3-11
圖 3.6 布袋港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖	3-11

圖 3.7 臺中港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖	3-12
圖 3.8 臺北港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖	3-12
圖 3.9 澎湖港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖	3-13
圖 3.10 歷年春季各港波高分布圖	3-13
圖 3.11 歷年夏季各港波高分布圖	3-14
圖 3.12 歷年秋季各港波高分布圖	3-14
圖 3.13 歷年冬季各港波高分布圖	3-15
圖 3.14 歷年全觀測期各港波高分布圖	3-15
圖 3.15 基隆港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖	3-21
圖 3.16 蘇澳港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖	3-21
圖 3.17 花蓮港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖	3-22
圖 3.18 高雄港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖	3-22
圖 3.19 安平港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖	3-23
圖 3.20 布袋港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖	3-23
圖 3.21 臺中港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖	3-24
圖 3.22 臺北港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖	3-24
圖 3.23 澎湖港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖	3-25
圖 3.24 基隆港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖	3-31
圖 3.25 蘇澳港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖	3-31
圖 3.26 花蓮港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖	3-32
圖 3.27 高雄港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖	3-32
圖 3.28 安平港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖	3-33
圖 3.29 布袋港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖	3-33
圖 3.30 臺中港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖	3-34
圖 3.31 臺北港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖	3-34
圖 3.32 澎湖港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖	3-35
圖 3.33 基隆港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖	3-44
圖 3.34 蘇澳港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖	3-44
圖 3.35 花蓮港港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖	3-45
圖 3.36 高雄港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖	3-45
圖 3.37 安平港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖	3-46

圖 3.38	布袋港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖	3-46
圖 3.39	臺中港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖	3-47
圖 3.40	臺北港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖	3-47
圖 3.41	澎湖港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖	3-48
圖 3.42	歷年春季各港流速分布圖	3-48
圖 3.43	歷年夏季各港流速分布圖	3-49
圖 3.44	歷年秋季各港流速分布圖	3-49
圖 3.45	歷年冬季各港流速分布圖	3-50
圖 3.46	歷年全觀測期各港流速分布圖	3-50
圖 3.47	基隆港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖	3-56
圖 3.48	蘇澳港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖	3-56
圖 3.49	花蓮港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖	3-57
圖 3.50	高雄港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖	3-57
圖 3.51	安平港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖	3-58
圖 3.52	布袋港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖	3-58
圖 3.53	臺中港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖	3-59
圖 3.54	臺北港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖	3-59
圖 3.55	澎湖港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖	3-60
圖 4.1	海底傳輸纜線斷裂圖	4-1
圖 4.2	不同型式水下通訊技術傳輸速率-通訊距離關係圖	4-2
圖 4.3	EvoLogics S2C M 18/34 及 S2C M 48/78 數據機訊號增益圖	4-4
圖 4.4	底碇式波流觀測系統資料傳輸原理示意圖	4-5
圖 4.5	底碇式觀測系統指令暨資料傳輸架構	4-5
圖 4.6	國立成功大學水工試驗所大型斷面水槽	4-6
圖 4.7	無線式底碇波流觀測系統大型斷面水槽測試配置	4-6
圖 4.8	水槽測試反射訊號（或路徑）統計	4-9
圖 4.9	水下傳輸直線傳播路徑與反射路徑示意圖	4-9
圖 4.10	無線式底碇波流觀測系統架構	4-10
圖 4.11	113 年海域實測傳輸架構圖	4-12
圖 4.12	113 年海域實測 Remote、Local 端電控箱	4-13
圖 4.13	Remote、Local 端水中不銹鋼箱體設計圖	4-14

圖 4.14 Remote、Local 端不銹鋼密封箱實照.....	4-14
圖 4.15 113 年 11 月 15 日~16 日海域實測位置圖	4-15
圖 4.16 113 年 11 月 15 日~16 日作業過程	4-16
圖 4.17 113 年海測歷程紀錄	4-17
圖 4.18 Remote、Local 端 wpr 檔比對結果.....	4-17
圖 4.19 AWAC AST Dialup 檢查碼 (Checksum) 檢核結果.....	4-18
圖 4.20 數據傳輸時間分布直方圖	4-19
圖 4.21 數據傳輸速率分布直方圖	4-19
圖 4.22 不同封包大小傳輸速率盒鬚圖	4-20
圖 4.23 114 年高雄港水中無線通訊即時系統傳輸架構圖	4-22
圖 4.24 無線系統離、近岸端及現有纜線式不銹鋼儀器架位置圖	4-23
圖 4.25 離、近岸端不銹鋼水密箱體設計圖	4-24
圖 4.26 離岸端電池模組設計圖	4-25
圖 4.27 水中不銹鋼儀器架設計圖	4-25
圖 4.28 原始組件及電控箱試配	4-26
圖 4.29 不銹鋼水密箱體、電池桶製作	4-26
圖 4.30 零組件試組配	4-26
圖 4.31 電池模組安裝配線	4-27
圖 4.32 電控箱體安裝配線	4-27
圖 4.33 離、近岸電控箱體及電池模組完工圖	4-28
圖 4.34 Nortek AWAC AST Dialup 軟體檢核結果	4-29
圖 4.35 無線系統水中不銹鋼儀器架	4-30
圖 4.36 114 年 10 月 28 日現場作業	4-31
圖 4.37 114 年 10 月 29 日現場作業	4-31
圖 4.38 114 年 10 月 30 日現場作業	4-32
圖 4.39 114 年 10 月 31~12 月 8 日通訊情形統計圖	4-34
圖 4.40 114 年第 26 號颱風鳳凰路徑圖	4-34
圖 4.41 近岸端水下纜線受損	4-35
圖 4.42 114 年 11 月 5 日~12 月 8 日無線系統訊號完成性及離線分 布圖.....	4-35
圖 4.43 無線傳輸系統與主、副測站 114 年 11 月 6 日~11 月 10 日 波場分布.....	4-36

圖 4.44 無線傳輸系統與主、副測站 114 年 11 月 6 日~11 月 10 日 流場分布.....	4-37
---	------

表目錄

表 2-1 波流觀測站一覽表	2-2
表 2-2 不同型號 AWAC 波流儀特性比較表	2-9
表 3-1 各港代表測站一覽表	3-1
表 3-2 歷年逐月波浪觀測資料有效記錄時數統計表	3-1
表 3-2 歷年逐月波浪觀測資料有效記錄時數統計表 (續)	3-2
表 3-3 歷年各站分季波高分布統計表	3-7
表 3-3 歷年各站分季波高分布統計表 (續)	3-8
表 3-4 歷年各站分季波浪週期分布統計表	3-19
表 3-4 歷年各站分季波浪週期分布統計表 (續)	3-20
表 3-5 歷年各站分季波向分布統計表	3-29
表 3-5 歷年各站分季波向分布統計表 (續)	3-30
表 3-6 歷年逐月海流觀測資料有效記錄時數統計表	3-35
表 3-6 歷年逐月海流觀測資料有效記錄時數統計表 (續)	3-36
表 3-7 歷年各站分季流速分布統計表	3-42
表 3-7 歷年各站分季流速分布統計表 (續)	3-43
表 3-8 歷年各站分季流向分布統計表	3-54
表 3-8 歷年各站分季流向分布統計表 (續)	3-55
表 4-1 EvoLogics S2C M 18/34 及 S2C M 48/78 數據機規格表	4-3
表 4-2 傳輸固定大小檔案所需時間 (sec)	4-7
表 4-3 傳輸固定大小檔案所需速率 (Byte/sec)	4-8
表 4-4 AWAC Binary wpr 檔案結構	4-11
表 4-5 114 年 10 月 31~12 月 8 日通訊情形統計表	4-33
表 4-5 114 年 10 月 31~12 月 8 日通訊情形統計表 (續)	4-34

第一章 前言

1.1 研究緣起

臺灣地狹人稠四面環海，位處大陸棚與西太平洋交接處，不僅有多變性的海島氣候，又易受大陸性氣候的影響。此外，並常遭受颱風或熱帶性低氣壓帶來的狂風暴雨侵襲，冬季期間東北季風引起之長浪直趨海岸，而瘋狗浪之無常也時有所聞，顯示臺灣地區海象環境的複雜與特殊性。

以往國內相關單位辦理海象觀測，由於不同的開發單位與不同的需求目標，因而形成各自發展，在量測點的規劃及資料格式上非常的紛亂，未能從整體海洋發展上有效且統一整合，以致海象資料引用單位在學術研究或應用上常常造成不必要之盲點與困擾，更造成人力、財力與物力上的浪費。交通部運輸研究所（以下簡稱本所）運輸技術研究中心（以下簡稱運技中心）陸續於臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港及澎湖港等 9 個商港建置長期性海象觀測站（如圖 1.1 所示），本計畫係針對前述商港附近海域所設置之海象觀測站進行維運，並依據歷年所測得波流資料執行統計分析，冀求得到臺灣四周各劃分代表性區域的海象整體特性。本所底碇式波流觀測系統以纜線與外海水中儀器溝通，往昔易受外力破壞，而導致纜線受損，造成即時系統異常，本計畫將嘗試以水中無線數據機，來取代傳統資料傳輸纜線，發展無線式底碇波流觀測系統，於外海執行長期性波流場監測作業。

本計畫之上位綱要計畫為本所之「陸運及港灣設施防災技術研究」，共分為 3 個細部計畫，分別為細部計畫 1：鐵公路、橋梁及港埠設施檢測技術研發、細部計畫 2：港灣海氣象調查與航安科技發展計畫、細部計畫 3：港灣環境防災創新應用研，本計畫為前述細部計畫 2 下之子計畫，執行期程由 111 年起至 114 年共分為 4 期，本(114)年度為第 3 期計畫。研究報告共分為六章，第一章前言，說明本計畫緣起及年度研究項目，第二章針對 9 個港區海象觀測系統建置環境及

觀測儀器，增加本所海象觀測能量，建立臺灣環狀長期性海象觀測網，以期獲取較長期且完整之海象資料。

本計畫各港區海象觀測屬長期性監測，本所持續將歷年海象觀測資料蒐集整理並匯入專屬海象資料庫，利用自動化軟硬體設施掌握即時海象資訊，提供港務及航港等相關單位做為船舶航行、港灣規劃及港埠建設應用參考，提升港埠營運效率與品質，亦可提供政府機關、顧問公司及學術單位等產官學研界做為規劃、設計與研究應用參考。本（114）年度主要工作內容分述如下：

1. 修復臺中港、蘇澳港、花蓮港及高雄港第一港口底碇式波流觀測站；本項工作已由本所「IOT-114-H2C022 蘇澳港、花蓮港、高雄港第一港口及基隆港底碇式波流觀測系統修復」及「IOT-114-H2D045 臺中港底碇式波流即時觀測系統修復」採購案修復完成，並依規辦理驗收。
2. 完成高雄港第二港口水中無線式底碇波流觀測系統建置。
3. 持續辦理各港波流觀測與系統維運，每隔3~4個月至各港現場執行系統維護，提供即時觀測資訊與相關單位應用參考；本項工作已由本所「IOT-114-H2D016 運技中心 114 年度波流觀測站維運搶修、資料品管及加值應用」採購案執行，並依規辦理驗收。
4. 持續蒐集各港波流觀測資料，透過統計分析原理，繪製逐時歷線圖、玫瑰圖與聯合分佈百分比等統計圖表，出版研究報告及專刊，提供產官學研等界參據。

第二章 臺灣港群海象觀測系統建置、儀器說明及維護保養

2.1 海象觀測系統建置

本所各港海象觀測站皆採太陽能供電，控制箱內置資料記錄器、無線傳輸設備及電源控制模組，透過無線傳輸設備將各測站觀測資料回傳至本所運技中心海象資料庫儲存，即時觀測資料發布於本所「臺灣環境資訊網」、「臺灣環境資訊圖臺」及臺灣港務股份有限公司與本所合作研發「商港海氣象資訊系統」，如圖2.1所示。



圖 2.1 海象觀測系統傳輸架構圖

各港海象觀測系統規劃、建置及維運等，均由本所運技中心海象觀測團隊專責執行，觀測站座標、水深及觀測期間等資訊，如表2-1所示，茲將各海象觀測站設置位置分述如下：

表 2-1 波流觀測站一覽表

港口	測站名稱	座標 (WGS84)	設置水深 (m)	觀測期間	觀測儀器
基隆港	底碇式波流觀測 1 站	N 25°9'46.17" E 121°44'59.33"	36~37	2020/06~2023/08	AWAC
	底碇式波流觀測 2 站	N 25°9'37.69" E 121°45'11.20"	29~31	2021/04~2023/08	AWAC
	海氣象資料浮標觀測站	N 25°9'53.0"E 121°45'34.00"	38~40	2023/08~迄今	Buoy
蘇澳港	底碇式波流觀測 1 站	N 24°35'24" E 121°53'8"	25~26	2004/06~迄今	AWAC
	底碇式波流觀測 2 站	N 24°35'26.12" E 121°53'7.86"	26~27	2022/08~迄今	AWAC
花蓮港	底碇式波流觀測 1 站	N 23°58'2" E 121°37'34"	32~33	2004/07~迄今	AWAC
	底碇式波流觀測 2 站	N 23°58'5" E 121°37'35"	38~39	2022/11~迄今	AWAC
高雄港	第一港口 底碇式波流觀測 1 站	N 22°37'00.6" E 120°15'13.3"	13~14	2018/09~迄今	AWAC
	第一港口 底碇式波流觀測 2 站	N 22°37'2.99" E 120°15'12.31"	13~14	2021/05~迄今	AWAC
	第二港口 底碇式波流觀測 1 站	N 22°32'31" E 120°16'55"	21~22	2022/11~迄今	AWAC
	第二港口 底碇式波流觀測 2 站	N 22°32'30.54" E 120°16'59.76"	21~22	2022/11~迄今	AWAC
安平港	底碇式波流觀測 1 站	N 22°57'35" E 120°8'48"	13~15	2003/01~迄今	AWAC
	底碇式波流觀測 2 站	N 22°57'23.37" E 120°8'37.92"	13~15	2024/09~迄今	AWAC
布袋港	底碇式波流觀測站	N 23°22'23.98" E 120°7'7.07"	8~10	2002/01~迄今	AWAC
	海象資料浮標觀測站	N 23°22'25.0" E 120°7'01.0"	8~10	2021/04~迄今	Buoy
臺中港	底碇式波流觀測 1 站	N 24°18'11.75" E 120°28'55.12"	25~29	2004/02~迄今	AWAC
	底碇式波流觀測 2 站	N 24°18'11.38" E 120°28'55.22"	25~29	2022/11~迄今	AWAC
臺北港	底碇式波流觀測站	N 25°10'53.1" E 121°22'28.2"	20~21	2002/12~迄今	AWAC
	海氣象資料浮標觀測站	N 25°10'51" E 121°22'24"	23~24	2021/01~迄今	Buoy
	海象資料浮標觀測站	N 25°9'42.6" E 121°20'54.2"	20~21	2023/10~迄今	Buoy
澎湖港	海氣象資料浮標觀測站	N 23°31'54.0" E 119°41'19"	25~26	2022/10~迄今	Buoy



圖 2.3 蘇澳港海象觀測站安裝位置圖

3. 花蓮港海象觀測系統：採用挪威 Nortek 公司超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC，主站設置於港口綠燈塔外約 700~800 m，2022 年 11 月新增 AWAC 波流觀測副站，如圖 2.4 所示。



圖 2.4 花蓮港海象觀測站安裝位置圖

4. 高雄港海象觀測系統：採用挪威 Nortek 公司超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC，主站原設置於二港口外海（2005 年 8 月～2018 年 8 月），因洲際二期工程執行，外海作業頻繁，不利海象觀測作業執行，遂於 2018 年 9 月將觀測站往北移至一港口紅燈塔外約 500~600 m，2021 年 5 月於第一港口新增 AWAC 波流觀測副站，二港口洲際二期工程完工後，2022 年 11 月於二港口南外防波堤西南方 500 m，布設 AWAC 主、副波流觀測站各 1 處，如圖 2.5 所示。



(a)第一港口



(b)第二港口

圖 2.5 高雄港海象觀測站安裝位置圖

5. 安平港海象觀測系統：採用挪威 Nortek 公司超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC，主站 2003 年 1 月設置於南防波堤外海約 250 m，2024 年 9 月於南防波堤外海約 650 m 新增 AWAC 觀測副站，觀測站位置如圖 2.6 所示。



圖 2.6 安平港海象觀測站安裝位置圖

6. 布袋港海象觀測系統：採用挪威 Nortek 公司超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC，2021 年 4 月新增加拿大 AXYS TECHNOLOGIES INC 公司波浪海流資料浮標（TRIAXYS Directional Wave with Currents Buoy），設置於布袋港區外海，離岸約 1,100 m，如圖 2.7 所示。



圖 2.7 布袋港海象觀測站安裝位置圖

7. 臺中港海象觀測系統：採用挪威 Nortek 公司超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC，主站設置於北防波堤綠燈塔外約 700~800 m，2022 年 11 月新增 AWAC 波流觀測副站，如圖 2.8 所示。



圖 2.8 臺中港海象觀測站安裝位置圖

8. 臺北港海象觀測系統：於離岸 500~600 m 設置挪威 Nortek 公司超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC，2021 年 1 月於外海設置海氣象資料浮標，2023 年 10 月新增海象資料浮標站，如圖 2.9 所示。



圖 2.9 臺北港海象觀測站安裝位置圖

9. 澎湖港海象觀測系統：2022年10月於澎湖龍門外海設置海氣象資料浮標站，執行海域風波流場監測作業，如圖2.10所示。

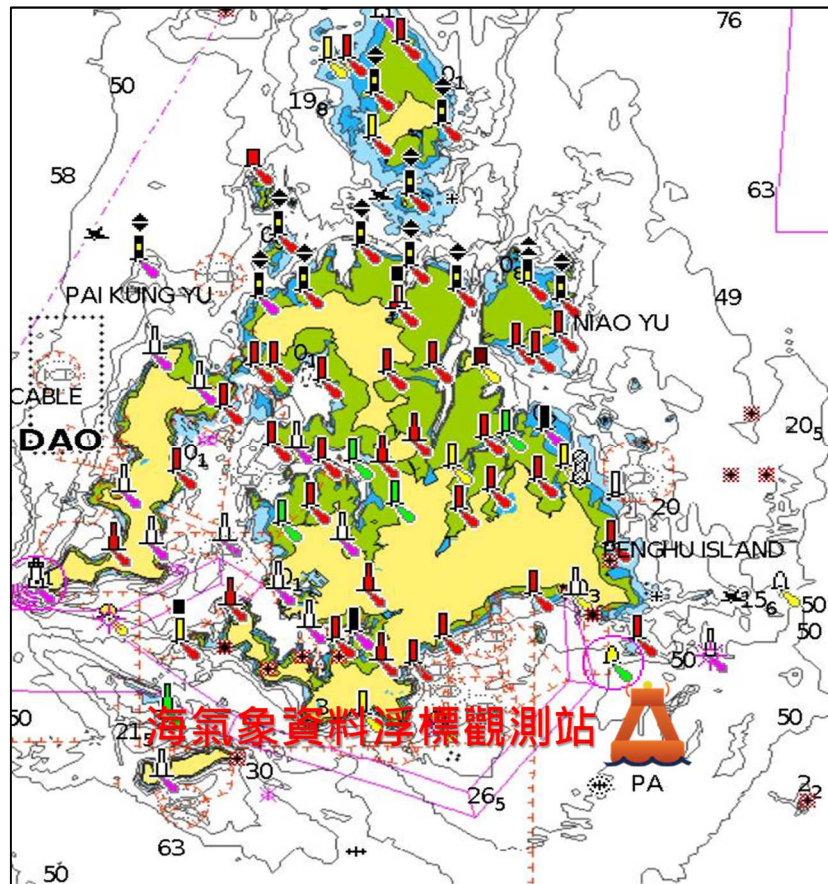


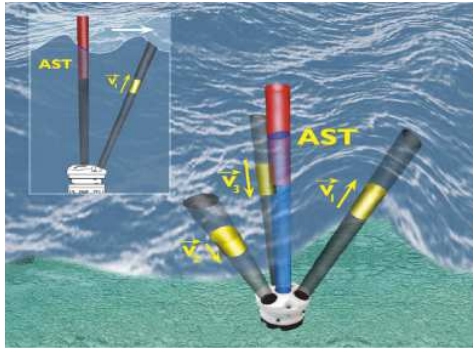
圖 2.10 澎湖港海象觀測站安裝位置圖

2.2 海象觀測儀器簡介

前節已將本所各港波浪及海流觀測站裝設位置分別詳述，以下係針對各港現場所採用海象觀測儀器予以說明：

1. 超音波式表面波高波向與剖面海流儀 (AWAC)

挪威奧斯陸Nortek公司所生產超音波式表面波高波向與剖面海流儀AWAC，依據音鼓發送頻率 (Transmit Frequency) 不同共分為1MHz、600kHz及400kHz等3種，其原理係透過儀器上方音鼓量測設置地點波流及海流運動情形 (如圖2.11所示)，使用者可依據不同觀測環境 (如水深) 及使用需求，選擇適當儀器執行觀測作業，茲將前述3款型號儀器相關量測特性，整理如表2-2。



(a) 超音波量測原理



(b) 1MHz AWAC



(c) 600kHz AWAC



(d) 400kHz AWAC

圖2.11 底碇式AWAC量測原理及儀器型號示意圖

表 2-2 不同型號 AWAC 波流儀特性比較表

	1MHz	600kHz	400kHz
波浪最大量測範圍 (底床至水面距離)	35 m	60 m	100 m
海流最大量測範圍 (底床至水面距離)	25 m	50 m	90 m
量測功能	自記/即時	自記/即時	自記/即時
取樣頻率	1Hz、2Hz	1Hz	0.75Hz
樣本數	512、1024、1200、 2048、2400	512、1024、1200、 2048、2400	512、1024、 1200、2048、 2400

AWAC於波高量測共可分為(1)PUV模式(2)波速量測模式(3)直接量測水面波高變化等3種模式，茲說明如下：

(1) PUV 模式：根據壓力計 (P) 及 U、V 向量流速量測波高，可應用於長週期波量測，但量測深度因壓力變化隨深度衰減而有所限制，如圖 2.12 所示。

(2) 波速量測模式：根據波浪上下運動所形成之波速來計算波高變

化，如圖 2.13 所示。

(3) 直接量測水面波高變化：以儀器本身之音鼓測量由波浪所形成之水面位移變化，可應用於短週期波量測，如圖 2.14 所示。

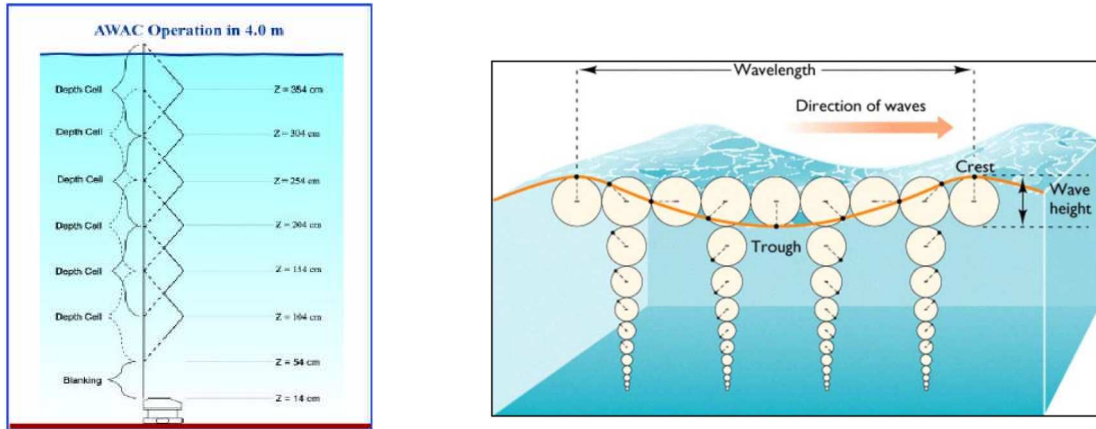


圖2.12 AWAC聲波訊號傳輸示意圖

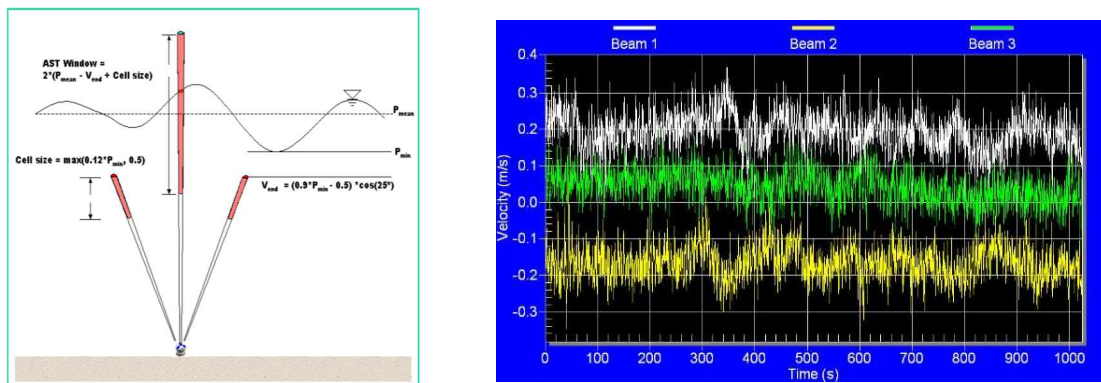


圖2.13 AWAC波浪運動示意圖

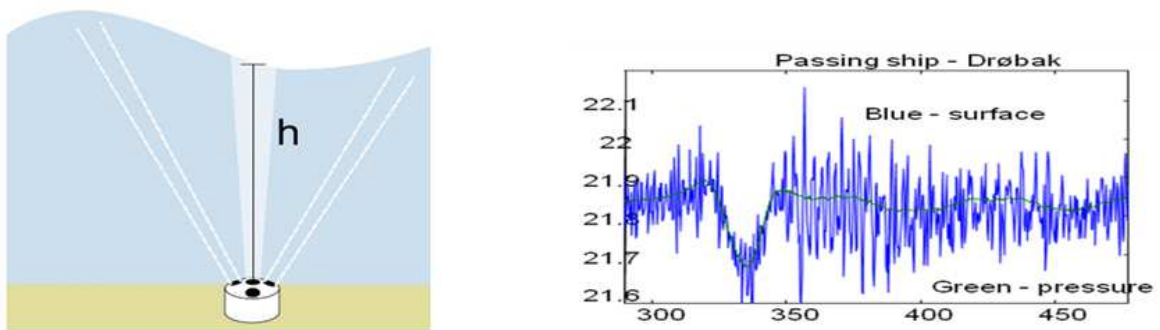


圖2.14 AWAC音鼓量測波浪變化示意圖

本所分別引進1MHz、600kHz兩款AWAC，依據觀測地點水深擇定合適儀器執行安裝，各港波流觀測資料將暫存於儀器記憶體內，資料輸出頻率為1小時，經由海底傳輸電纜將每小時觀測資料傳送至岸上接收系統，透過無線傳輸設備將資料即時回傳至本所運技中心海象資料庫中儲存，有關波流觀測系統架構如圖2.15示。

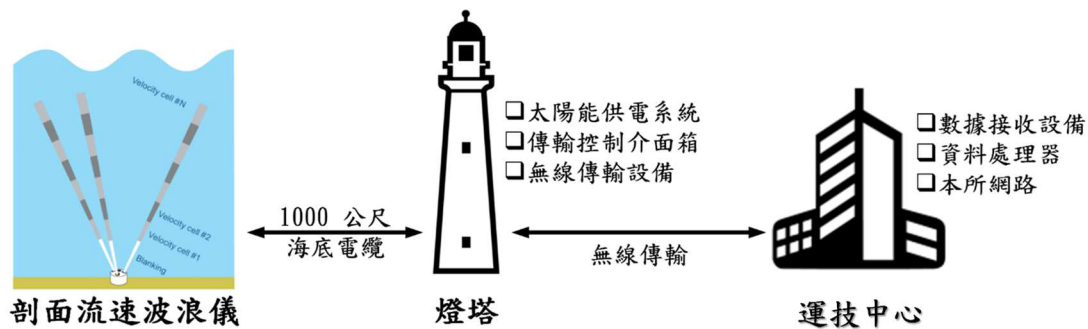


圖2.15 底碇式波流觀測系統資料傳輸原理示意圖

2. 海氣象資料浮標

直徑約2.6 m，搭載風力、波浪及海流觀測設備，浮標殼體由我國自行設計研發，布設於基隆港、臺北港與澎湖港，海氣象資料浮標(圖2.16所示)下方支架加裝聲波式都卜勒剖面流速儀(圖2.17所示)，利用水下訊號傳輸線將資料浮標電力傳送至流速儀，並且將資料傳輸至資料擷取系統，經由系統整合作業，配合流速儀資料格式及資料收發，獲得即時流速剖面資料。經由此種海流觀測方式，可獲得即時且長時間的流速剖面資料。觀測的流速剖面資料為每6分鐘1筆觀測結果，每小時共獲得10筆資料。其中每6分鐘所獲得的資料為這段時間中，自0秒開始每2秒1筆，直到358秒時平均為此6分鐘內平均之資料，每筆流速剖面資料為每1m一層，流速資料標準偏差為0.5 cm/s。資料浮標下方流速儀音鼓至水面之距離為1.5m，而音鼓到第一層流速量測的空白距離為2m，所以第一層流速資料距離海面約為3.5m，如圖2.18所示。資料浮標在海面上受到波浪之影響雖為持續晃動之狀態，但引起的海流量測誤差極小，能確保資料品質，說明如下：

1. 聲波在海水中的傳遞速度約為 1,500 m/s，而臺北港海氣象資料浮標觀測之深度範圍約為 24 m。由剖面流速儀探頭髮射聲波反射至探頭接收回波之時間約為 0.02 sec，相對於最短週期波浪(3 sec)為 1%以下。剖面流速儀理論上可以量測到瞬間流速流向資料，而不受資料浮標隨波晃動的影響。
2. 剖面流速儀量測容許擺動角度為 15° 。資料浮標實際觀測時剖面流速儀傾角為 10° 以下，而以每 1 m 量測一層計算。當剖面流速儀傾斜 10° 時，垂直位置誤差為 3 cm，相當於 3%，於此水深下，傾角對流速觀測代表位置之影響極小。
3. 選用之剖面流速儀有加裝 Bottom Tracking 功能，可以追蹤浮標相對於底床的運動速度，藉由此功能可以將浮標速度對於流速觀測的影響部分去除，求得正確海流之流速。
4. 海流資料品管程序將傾角過大時之資料標記，可確保海流資料品質不受傾角的影響。當剖面流速儀傾角於容許擺動角度之內時，其影響極小，不需修正。



圖2.16 海氣象資料浮標實體外觀

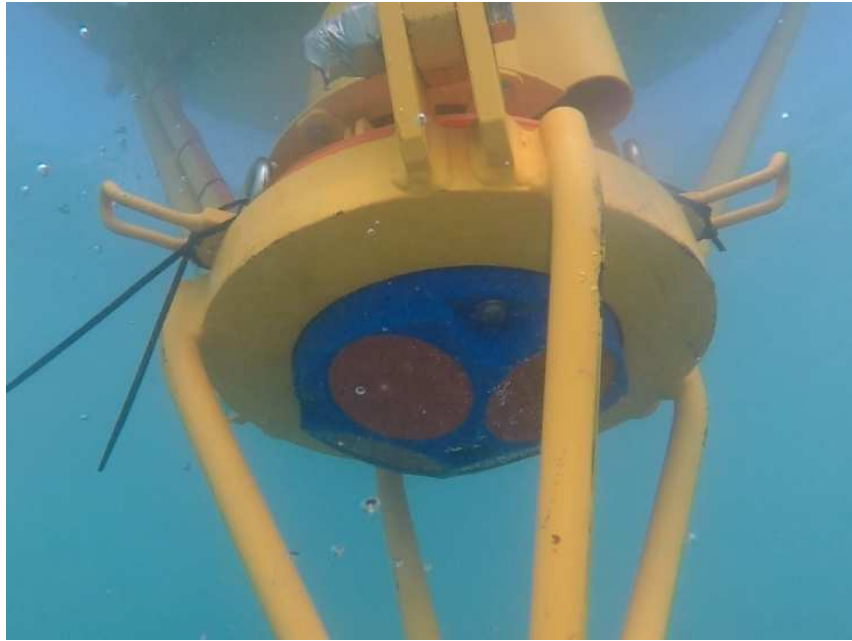


圖2.17 資料浮標水下流速儀實景

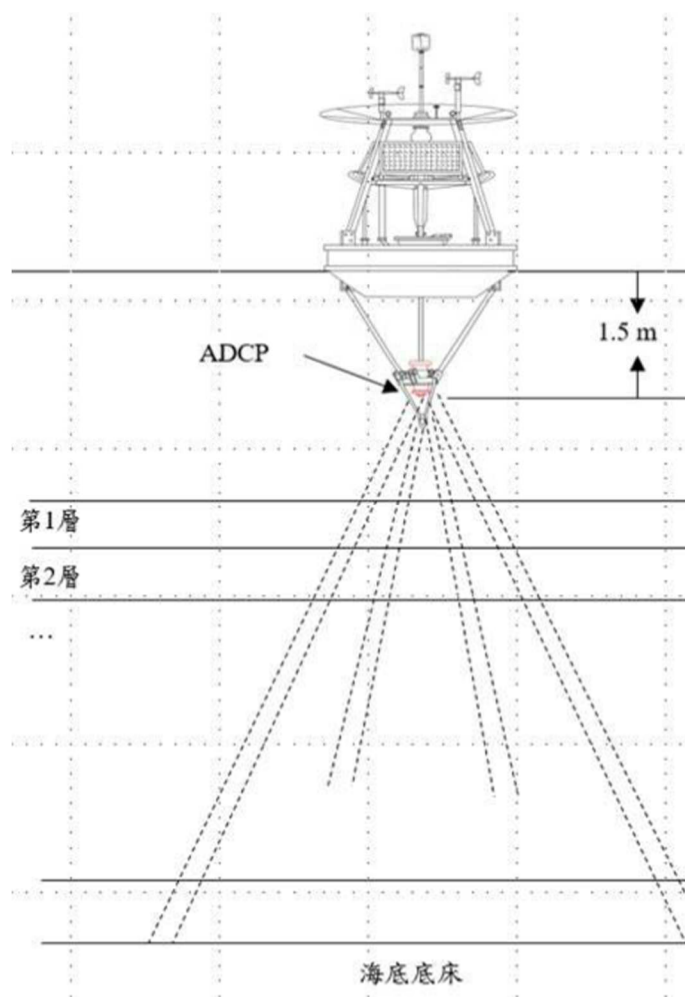


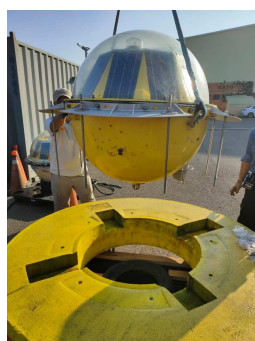
圖2.18 資料浮標水下流速儀位置

3. 海象資料浮標

由加拿大AXYS TECHNOLOGIES INC公司所生產之波浪海流資料浮標TRIAXYS Directional Wave with Currents Buoy，浮標本體直徑約1.1 m，另加裝直徑約2 m防碰墊（圖2.19～圖2.20所示），布設於安平港及布袋港。資料浮標配有10組6W的太陽能板提供電力，電力系統為12V，電源儲存在4顆100Ah之鉛蓄電池，如在日照充足的環境下，可提供浮球連續運作的電力。現場資料以4G通訊即時將觀測數據回傳，並輔以Inmarsat IDP 衛星通訊，在發生斷纜飄移時可即時通報浮標位置，波浪取樣頻率為4 Hz，週期量測範圍1.5 ~ 30 sec，包含波向量測功能，流速量測範圍0 ~ 10 m/s，最大量測深度為40 m。



圖2.19 資料浮標組成示意圖



(a)



(b)

圖2.20 資料浮標防碰墊組裝示意圖

2.3 儀器維護與系統保養

理想港灣環境資料需保持長期且連續不中斷觀測，然而觀測設備常因人為或天然因素，致儀器壞損使觀測資料中斷，且觀測儀器及現場資料處理設備均含電子元件物品，設備受潮勢必將影響資料觀測、儲存及傳送，故長期現場海象觀測資料，需經常性進行儀器設備維護及保養，以維持系統妥善率，舉凡水下作業、岸上儀器維護及電力供應穩定性，均為主要保養任務，為延長系統生命週期，1年執行3-4次定期維護，突發性故障則以緊急搶修方式處理，茲將觀測期間，各海象觀測儀器維護工作內容（圖2.21～圖2.22所示）分別記述如下：

1. AWAC底碇式波流觀測系統維護

- (1) 實施波浪及海流觀測站檢修、觀測儀器箱清潔保養與維護，並檢視潮間帶海底電纜固定狀況。
- (2) 潛水人員水中進行水下端海底電纜線及觀測儀器維護作業，檢視儀器、清潔電池設備及檢查電纜連接頭狀況。
- (3) 檢測各觀測站運行狀況，針對太陽能板及電力系統實施維護及保養。
- (4) 其它臨時突發狀況(如颱風或人為破壞)之故障檢修。

2. 資料浮標維護

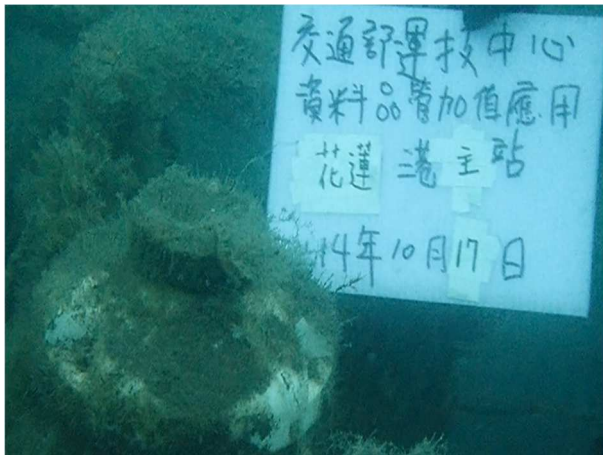
- (1) 作業人員至浮標殼體上，針對太陽能供電設備、資料擷取設備、風速觀測儀（海氣象資料浮標）及警示燈等，實施擦拭及維護保養。
- (2) 潛水員下水針對ADCP實施附著物清除保養，檢視錨碇系統是否有無鬆脫或損壞情形。
- (3) 浮標取回後，需針對殼體上之生物附著物執行清除，觀測儀器需實施保養，確保觀測資料品質。
- (4) 其它臨時突發狀況(如颱風或人為破壞)之故障檢修。



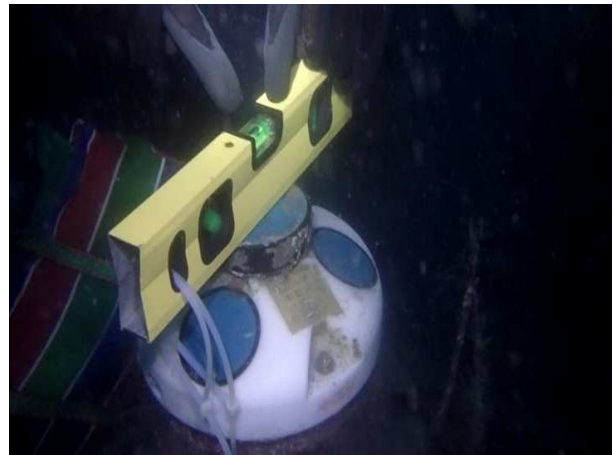
(a) 岸上蓄電池組維護



(b) 太陽能板清潔



(c) 水下觀測儀器清潔前



(d) 水下觀測儀器清潔後



(e) 水下觀測儀器更換



(f) 水下觀測儀器取回

圖2.21 底碇式AWAC波流觀測系統維護



(a) 海氣象資料浮標設備維護



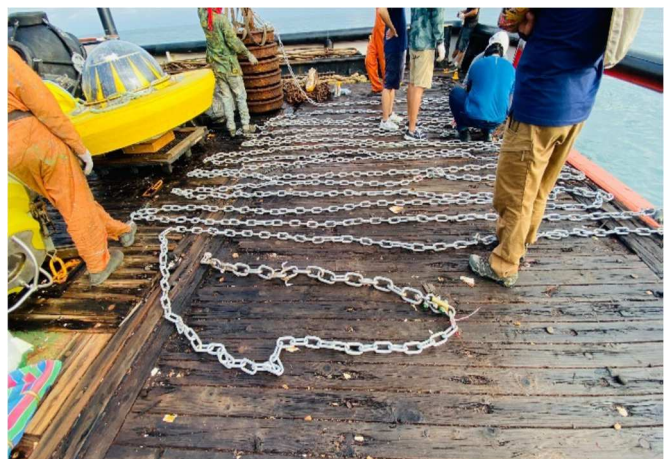
(b) 水下錨碇塊布放



(c) 海氣象資料浮標更換



(d) 海象資料浮標更換



(e) 錨碇系統更換



(f) 海象資料浮標清潔

圖2.22 資料浮標系統維護

第三章 臺灣港群波流觀測資料分析

3.1 歷年波浪觀測資料分析暨主要分析測站擇定

海象研究屬長期性計畫，在統計學上樣本數越多，其統計結果則越具代表性，基隆港測站於2023年8月遷站，2025年統計特性與過往略有差異，讀者於引用上需留意，本計畫波流場歷年觀測資料統計範圍係自上一年度12月起至當年度11月，統計分析現場觀測資料共12個月份，12月至2月間歸屬於冬季，3月至5月為春季，6月至8月為夏季，9月至11月為秋季。波流觀測站配置如2.1節，各港選擇1代表測站，做為觀測資料分析來源，代表測站擇定原則，以設站時間長短及觀測資料完整性為考量，各港代表測站如表3-1所示，臺灣港群歷年逐月波浪場有效記錄時數統計，如表3-2所示。

表3-1 各港代表測站一覽表

港口	代表測站	港口	代表測站
基隆港	底碇式波流觀測 1 站	布袋港	海象資料浮標站
蘇澳港	底碇式波流觀測 1 站	臺中港	底碇式波流觀測 1 站
花蓮港	底碇式波流觀測 1 站	臺北港	底碇式波流觀測站
高雄港	第一港口底碇式波流觀測 1 站	澎湖港	海氣象資料浮標站
安平港	底碇式波流觀測 1 站		

表3-2 歷年逐月波浪觀測資料有效記錄時數統計表

月份	基隆港 2023~2024 (蒐集率%)	蘇澳港 2004~2024 (蒐集率%)	花蓮港 2004~2024 (蒐集率%)	高雄港 2018~2024 (蒐集率%)	安平港 2003~2024 (蒐集率%)	布袋港 2021~2024 (蒐集率%)	臺中港 2004~2024 (蒐集率%)	臺北港 2002~2024 (蒐集率%)	澎湖港 2022~2024 (蒐集率%)
1	740 (99.5%)	11,603 (78%)	14,692 (98.7%)	4,328 (97.0%)	14,044 (85.8%)	2,222 (99.6%)	12,083 (81.2%)	13,285 (81.2%)	1,281 (86.1%)
2	677 (97.3%)	11,619 (85.7%)	12,700 (93.7%)	3,801 (93.2%)	12,189 (81.7%)	2,038 (99.9%)	10,223 (75.4%)	12,162 (81.5%)	1,326 (96.9%)
3	709 (95.3%)	13,693 (92.0%)	13,475 (90.6%)	3,945 (88.4%)	11,698 (71.5%)	2,036 (91.2%)	9,800 (65.9%)	13,601 (83.1%)	1,436 (96.5%)
4	632 (87.8%)	12,530 (87.0%)	12,521 (87.0%)	4,229 (97.9%)	11,667 (73.7%)	1,666 (69.4%)	10,319 (71.7%)	12,921 (81.6%)	1,411 (98.0%)
5	702 (94.4%)	13,131 (88.2%)	12,763 (85.8%)	4,366 (97.8%)	12,450 (76.1%)	2,230 (74.9%)	11,175 (75.1%)	12,889 (78.7%)	1,463 (98.3%)

表3-2 歷年逐月波浪觀測資料有效記錄時數統計表 (續)

月份	基隆港 2023~2024 (蒐集率%)	蘇澳港 2004~2024 (蒐集率%)	花蓮港 2004~2024 (蒐集率%)	高雄港 2018~2024 (蒐集率%)	安平港 2003~2024 (蒐集率%)	布袋港 2021~2024 (蒐集率%)	臺中港 2004~2024 (蒐集率%)	臺北港 2002~2024 (蒐集率%)	澎湖港 2022~2024 (蒐集率%)
6	717 (99.6%)	13,133 (88.8%)	12,577 (87.3%)	4,239 (98.1%)	11,489 (72.5%)	2,150 (74.7%)	13,140 (86.9%)	11,791 (74.4%)	1,411 (98.0%)
7	741 (99.6%)	13,461 (86.2%)	13,573 (88.6%)	4,386 (98.3%)	13,134 (80.2%)	2,005 (67.4%)	14,828 (94.9%)	13,622 (83.2%)	1,467 (98.6%)
8	1,229 (96.6%)	13,469 (86.2%)	14,313 (91.6%)	4,211 (94.3%)	13,113 (80.1%)	1,658 (55.7%)	14,336 (91.8%)	14,035 (85.7%)	1,482 (99.6%)
9	1,409 (97.8%)	14,065 (93.0%)	14,937 (98.8%)	4,089 (81.1%)	12,958 (81.8%)	2,633 (91.4%)	13,602 (90.0%)	12,438 (78.5%)	1,432 (99.4%)
10	1,478 (99.3%)	12,867 (82.4%)	15,274 (97.8%)	4,795 (92.1%)	10,538 (64.4%)	2,901 (97.5%)	12,452 (79.7%)	10,667 (65.2%)	2,209 (99.0%)
11	1,422 (98.8%)	11,757 (77.8%)	13,399 (88.6%)	4,782 (94.9%)	10,405 (65.7%)	2,851 (99.0%)	11,668 (77.2%)	8,966 (56.6%)	2,130 (98.6%)
12	736 (98.9%)	13,132 (88.3%)	14,628 (98.3%)	4,268 (95.6%)	10,973 (70.2%)	2,163 (96.9%)	10,681 (71.8%)	12,030 (73.5%)	1,378 (92.6%)
歷年	11,192 (97.4%)	154,460 (86.1%)	164,852 (92.3%)	51,439 (93.9%)	144,658 (75.3%)	26,553 (83.8%)	144,307 (80.3%)	148,407 (76.9%)	18,426 (96.9%)

3.1.1 波高分析

海上波浪主要由風而生，而波浪的大小受吹風速度、吹風延時及吹風範圍等綜合因素影響，有關各港歷年波高觀測資料分布統計、機率分布，整理如表3-3、圖3.1~圖3.9，各港波高資料分析如下：

基隆港測站2020年6月設置於西防波堤外500~600 m，並於2023年8月執行遷站，遷移後之測站位於舊站西北方約300 m，考量遷站前後水深、地理環境不同，2025年將針對遷站後資料開始統計，2023年8月前資料不列入統計，避免造成數據失真。統計結果顯示，冬季 H_s 最大，波高平均為1.51 m，夏季波高最小，波高平均為0.43 m，就波高分布統計來看，夏季時波高小於0.5m者佔79.8%，17.9%波高介於0.5~1.5 m，1.5~3.0 m佔2.3%，3 m以上為0%。冬季時，港域受東北季風影響，波高小於0.5 m者佔8.9%，近5成波高介於0.5~1.5 m，1.5~3.0 m為34.9%，約為夏季15倍，超過3 m為6.7%，與夏季波場分布截然不同。全期統計之波高平均值為1.08 m，波高小於0.5m佔30%，0.5

~1.5 m間為45.6%，20.6%介於1.5~3.0 m，3 m以上佔3.8%，波高分布以1.5 m以下為主，佔約7成5。

蘇澳港及花蓮港均位處臺灣東部，東臨太平洋，兩港波高分布變化特性相似，綜觀歷年波高統計資料，兩港 H_s 分別為蘇澳港1.3 m及花蓮港1.23 m，波高分布均以0.5~1.5 m間比率最高，分別為蘇澳港69%、花蓮港67.6%，3 m以上波高佔比為蘇澳港2.2%、花蓮港1.4%，四季統計資料，兩港秋、冬季（蘇澳港：秋季1.46 m、冬季1.5 m；花蓮港：秋季1.37 m、冬季1.52 m），因受東北季風影響，波高大於春、夏季（蘇澳港：春季1.17 m、夏季1.08 m；花蓮港：春季1.08 m、夏季0.92 m），波高分布均以0.5~1.5 m比率最高，兩港夏季時西側受陸地阻隔，波高均為四季最小，波高分布以0.5~1.5 m為主，蘇澳港佔76.4%，花蓮港為71.7%，兩港四季3 m以上波高佔比皆低於5%。

高雄港測站設置於第一港口外約500~600 m，自2018年9月起執行港區觀測作業，高雄港位於臺灣西南海域，歷年全期 H_s 平均為0.76 m，波高分布以0.5~1.5 m比率最高，佔比72.9%，波高結構分布，小於0.5 m佔22.5%，1.5~3 m為4.2%，3 m以上佔0.5%。秋、冬季，東北季風期間，波浪受地形阻隔，兩季波高均低於夏季，秋季0.79 m、冬季0.75 m，波高分布均以0.5~1.5 m佔比最高，分別為秋季75%、冬季91%，春季波高為四季最小，約0.58 m，0.5~1.5 m波高佔比最高，佔整季59.3%，波高小於0.5 m比率為40.5%，1.5~3 m為0.2%，夏季時狀況與冬季相反，風與浪均自西南方來，風域不受阻擋，可充分成長，故波高增大，波高0.92 m為四季中最大，0.5~1.5 m佔比最高，佔整季66.4%，波高小於0.5 m為20.7%，1.5~3 m為11.6%，高於其餘三季，3 m以上浪高佔1.3%。

安平港波浪觀測站設置於南防波堤外500 m，歷年全期與四季波高均小於1 m，歷年波高平均0.66 m，0.5~1.5 m佔比51.8%最高，0.5 m以下43.6%次之。春季波高平均0.49 m，為四季中最小，波高分布以0.5 m以下佔比最高，佔整季60.2%，0.5~1.5 m次之，佔39.3%，波高1.5~3.0 m佔0.4%，3 m以上為0.2%。秋、冬季臺灣東北季風盛行，安

平港位處西南海域，季風吹拂至此海域，吹風能量已大幅減弱，且安平港東北側受陸地阻隔，波場不易傳遞，波高平均為秋季0.63 m、冬季0.54 m，波高分布皆以0.5~1.5 m佔比最高，秋季49.2%、冬季為55.8%。夏季時，港域海氣象環境因受颱風、西南季風影響，波高平均0.96 m，為四季最大，波高分布以0.5~1.5 m佔比61.9%最高，小於0.5 m次之，佔整季23.3%，夏季期間，西南季風盛行，風場及波浪場不受阻隔可充分發展，伴隨著汛期間颱風襲擾，對安平海域帶來劇烈之變化，1.5 m以上波高佔14.8%，高於其餘三季。

布袋港海象資料浮標站統計，全期 H_s 平均0.46 m，為本計畫各港最小，波高結構統計，小於0.5 m佔63.5%，0.5~1.5 m佔35.8%，1.5~3.0 m為0.7%，3 m以上0%。冬季波高平均0.5 m，波高0.5 m以下，佔整季53.5%，0.5~1.5 m佔46.5%，夏季平均波高0.47 m，小於0.5 m佔比最高，佔整季65.2%，0.5~1.5 m佔32.8%，1.5~3.0 m為2%，3 m以上整季為0.9%。春季波高平均0.31 m，為四季中最小，此季節東北季風逐漸減弱，西南季風漸漸增強，波高平均以小於0.5 m比率最高，佔整季85.4%，此佔比高於其餘三季，0.5~1.5 m佔14.6%，秋季時，西南季風減弱，逐漸轉變為東北季風，整季波高平均為0.54 m，0.5 m以下波高佔比54.4%，0.5~1.5 m佔44.7%。

臺中港歷年全期 H_s 平均為1.44 m，為本計畫最大，波高分布以0.5~1.5 m佔比46.2%最高，1.5~3.0 m 34.6%次之，波高3 m以上佔6.7%，冬季時，東北季風吹襲至臺灣中部，因地勢影響風力強，助長海域波場發展，波高2.09 m為四季最大，波高分布以1.5~3.0 m佔比59.7%最高，波高小於0.5 m佔2.6%，0.5~1.5 m為22.6%，3 m以上波高佔15.1%，波高3 m以上佔比為各季最高，秋季期間季風型態由西南逐漸轉換至東北，整季波高平均1.77 m，略低於冬季，波高分布以1.5~3.0 m比率最高，佔整季49.9%，3 m以上波高佔8.5%，季節轉換至夏季時，狀況相反，風與浪均自西南方來，惟西南季風吹拂至本海域時，能量大幅減弱，整季波高平均0.8 m，為四季中最小，波高分布以0.5~1.5 m佔比68.7%最高，3 m以上波高僅佔0.8%。

臺北港歷年全期波高平均為1.09 m，波高分布以0.5~1.5 m所佔

比率最高，佔全期50.4%，波高小於0.5 m佔24.8%，1.5~3 m為22.1%，3 m以上為2.7%。臺北港測站位於臺灣西北側海域，秋、冬兩季時，東北季風吹風能量強，平均風速大，因此容易形成大浪，波高大於春夏兩季，以冬季波高平均1.53 m最大，波高分布1.5~3.0 m佔比42.4%，高於其餘三季，約為夏季8.5倍，秋季波高平均1.28 m，略低於冬季，波高分布以0.5~1.5 m佔比53.5%最高，1.5~3 m佔27.4%，波高小於0.5 m佔14.6%，大於3 m佔4.5%。夏季西南季風由臺灣西南方吹拂至臺北港海域，因吹風距離長，吹風能量減弱，對港區影響較輕微，整季波高平均0.67 m，為四季最小，0.5 m以下波高佔整季44.8%，0.5~1.5 m為49.8%，1.5~3 m佔5%，波高3 m以上佔0.4%。春季，臺灣大氣環境由東北季風逐漸轉換為西南季風，整季波高平均0.94 m，波高分布以0.5~1.5 m比率最高，佔整季55.6%，0.5 m以下佔27.6%，1.5~3 m間則仍有15.7%，3 m以上佔1.1%。

澎湖港測站位於龍門外海，歷年全期 H_s 平均為0.89 m，50.5%波高介於0.5~1.5 m，0.5 m以下波高33.5%，1.5~3 m波高佔15.1%，3 m以上波高佔歷年0.9%，春夏季歷年波高機率分布曲線相似，波高統計，春季0.65 m，夏季為0.62 m，波高0.5~1.5 m與0.5 m以下約各佔約50%，以春季為例，0.5 m以下佔48.7%，0.5~1.5 m佔45.3%，秋季時，澎湖測站歷年波高平均1.03 m，0.5~1.5 m波高比率上升至53.2%，0.5 m以下25%，1.5~3 m佔20.4%，冬季澎湖受東北季風影響，波高平均增加至1.24 m，波高分布相較於秋季，小於0.5 m佔比下降至10.4%，0.5~1.5 m上升至58.5%，0.5~1.5 m波高佔比高於其餘三季，1.5~3 m波高佔比達30%，約為夏季8倍，亦表示東北季風對澎湖海域影響甚為顯著。

港區營運與海氣象環境息息相關，臺灣周邊海域因季節變化，所面臨的海氣象條件及風險因子有所不同，各港航管中心於不同季節必需有相對應之調度及規劃策略，茲將本計畫各港歷年四季及全觀測期波高比較，彙整如圖3.10~圖3.14，圖中各港名稱以英文縮寫代表，基隆港 (KL)、蘇澳港 (SA)、花蓮港 (HL)、高雄港 (KH)、安平港 (AP)、布袋港 (BD)、臺北港 (TP) 及澎湖港 (PH)，本節僅針對波場進行論述，水域作業仍需在通盤考量流場、風場及水體濁度等環境因素後，方得規劃執行。春季，臺灣正處東北-西南季風轉換

期，臺灣西南海域之高雄港、安平港及布袋港與離島澎湖，波高平均低於0.7 m，布袋港波高0.31 m為各港最低，北臺灣之臺北港及基隆港因仍受到東北季風影響，波高平均介於0.9~1 m，東部海域蘇澳及花蓮港，波高平均於1~1.2 m間，9港中以臺中港波高平均1.23 m最大。

夏季時，臺灣受西南季風及颱風影響，西南海域高雄及安平港，波高平均較春季增加約0.3~0.5 m，離島澎湖港春夏兩季波高平均變化不大，西南季風吹拂至中部海域，因吹風距離長，吹風能量減弱，臺中港波高平均較春季減少約0.4 m，位處東北角之基隆港，港口西南側受陸地阻隔，波場傳遞不易，波高平均低於春季約0.5 m，此季節，基隆港波高0.43 m，亦為9港最低，地處東部海域之蘇澳港，海域波高平均1.08 m，為此季節最大。秋季，季風型態由西南逐漸轉換為東北，亦屬於季風轉換過渡期，隨著東北季風增強，西南海域高雄、安平及布袋港，東北側受陸地阻隔，波高平均皆未達1 m，布袋港波高平均0.54 m為各港中最小，於此季節中，可發現迎風面之東北及東部海域與中部海域，在東北季風影響下，波高顯著上升，波高成長幅度最大之港口為臺中港，波高比夏季增加0.97 m，此季節之臺中港海域，歷年秋季波高平均達1.77 m，為本計畫9港中最大。

進入冬季，臺中港區受強烈東北季風影響，伴隨著港區平均風速增強，波高平均上升至2.09 m，為本計畫9港最大，相較於夏季，波高增幅1.29 m，航商如於此季節進出臺中港，調度及航程規劃需不斷滾動檢討，避免因港區長時間暫停船舶進港而導致航程延宕，造成額外之損失。除臺中港外，基隆港相較夏季，波高增加1.08 m，海域受東北季風影響，波高明顯上升，此季節西南海域高雄、安平及布袋港，因地形影響波高皆未達1m，基隆、蘇澳、花蓮、臺北與離島澎湖港，在東北季風影響下，波高平均介於1.2~1.5 m。歷年全測期波高平均顯示，如以波高平均1 m為界，大致可將9港分為中北東及西南（含澎湖港）2海域，西南海域高雄、安平、布袋及離島澎湖等4港，歷年全期波高平均皆小於1 m，介於0.5~0.9 m，布袋港波高0.46 m為各港最小，中北東海海域之基隆、蘇澳、花蓮、臺中及臺北等5港，波高平均皆高於1 m，臺中港波高1.44 m為各港最大。

表3-3 歷年各站分季波高分布統計表

基隆港					
季節	波高平均 (m)	Hs<0.5 (%)	Hs0.5~1.5 (%)	Hs1.5~3.0 (%)	Hs>3.0 (%)
春	0.96	21.4	62.6	14.7	1.3
夏	0.43	79.8	17.9	2.3	0.0
秋	1.32	13.7	52.8	27.7	5.8
冬	1.51	8.9	49.4	34.9	6.7
全期	1.08	30.0	45.6	20.6	3.8
蘇澳港					
季節	波高平均 (m)	Hs<0.5 (%)	Hs0.5~1.5 (%)	Hs1.5~3.0 (%)	Hs>3.0 (%)
春	1.17	0.8	82.5	16.2	0.4
夏	1.08	8.8	76.4	11.2	3.6
秋	1.46	2.5	60.9	32.2	4.4
冬	1.50	0.0	54.7	45.0	0.3
全期	1.30	3.1	69.0	25.7	2.2
花蓮港					
季節	波高平均 (m)	Hs<0.5 (%)	Hs0.5~1.5 (%)	Hs1.5~3.0 (%)	Hs>3.0 (%)
春	1.08	2.0	84.3	13.4	0.3
夏	0.92	17.0	71.7	9.4	1.9
秋	1.37	3.8	62.8	30.7	2.8
冬	1.52	0.0	53.3	46.2	0.5
全期	1.23	5.6	67.6	25.3	1.4
高雄港					
季節	波高平均 (m)	Hs<0.5 (%)	Hs0.5~1.5 (%)	Hs1.5~3.0 (%)	Hs>3.0 (%)
春	0.58	40.5	59.3	0.2	0.0
夏	0.92	20.7	66.4	11.6	1.3
秋	0.79	19.8	75.0	4.6	0.6
冬	0.75	9.0	91.0	0.0	0.0
全期	0.76	22.5	72.9	4.2	0.5
安平港					
季節	波高平均 (m)	Hs<0.5 (%)	Hs0.5~1.5 (%)	Hs1.5~3.0 (%)	Hs>3.0 (%)
春	0.49	60.2	39.3	0.4	0.2
夏	0.96	23.3	61.9	12.9	1.9
秋	0.63	46.5	49.2	3.5	0.8
冬	0.54	44.0	55.8	0.2	0.0
全期	0.66	43.6	51.8	4.3	0.7

表3-3 歷年各站分季波高分布統計表 (續)

布袋港					
季節	波高平均 (m)	Hs<0.5 (%)	Hs0.5~1.5 (%)	Hs1.5~3.0 (%)	Hs>3.0 (%)
春	0.31	85.4	14.6	0.0	0.0
夏	0.47	65.2	32.8	2.0	0.9
秋	0.54	54.4	44.7	0.9	0.0
冬	0.50	53.5	46.5	0.0	0.0
全期	0.46	63.5	35.8	0.7	0.0
臺中港					
季節	波高平均 (m)	Hs<0.5 (%)	Hs0.5~1.5 (%)	Hs1.5~3.0 (%)	Hs>3.0 (%)
春	1.23	16.2	53.0	27.3	3.6
夏	0.80	23.7	68.7	6.7	0.8
秋	1.77	5.6	36.0	49.9	8.5
冬	2.09	2.6	22.6	59.7	15.1
全期	1.44	12.5	46.2	34.6	6.7
臺北港					
季節	波高平均 (m)	Hs<0.5 (%)	Hs0.5~1.5 (%)	Hs1.5~3.0 (%)	Hs>3.0 (%)
春	0.94	27.6	55.6	15.7	1.1
夏	0.67	44.8	49.8	5.0	0.4
秋	1.28	14.6	53.5	27.4	4.5
冬	1.53	9.4	42.8	42.4	5.4
全期	1.09	24.8	50.4	22.1	2.7
澎湖港					
季節	波高平均 (m)	Hs<0.5 (%)	Hs0.5~1.5 (%)	Hs1.5~3.0 (%)	Hs>3.0 (%)
春	0.65	48.7	45.3	5.9	0.0
夏	0.62	50.7	44.8	3.6	0.9
秋	1.03	25.0	53.2	20.4	1.4
冬	1.24	10.4	58.5	30.0	1.0
全期	0.89	33.5	50.5	15.1	0.9

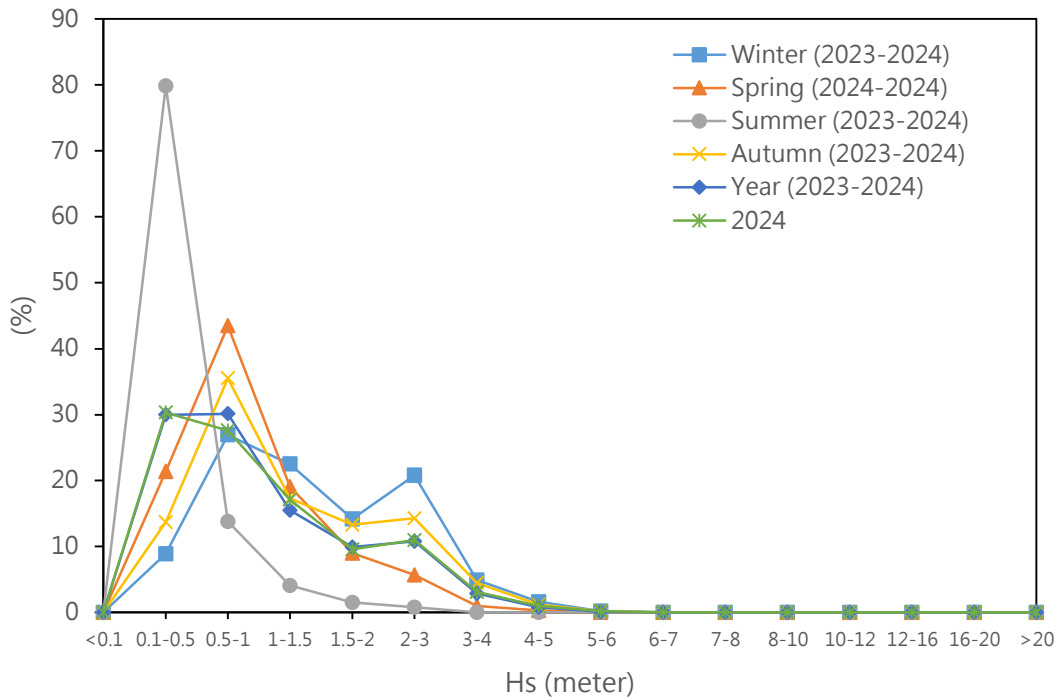


圖3.1 基隆港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

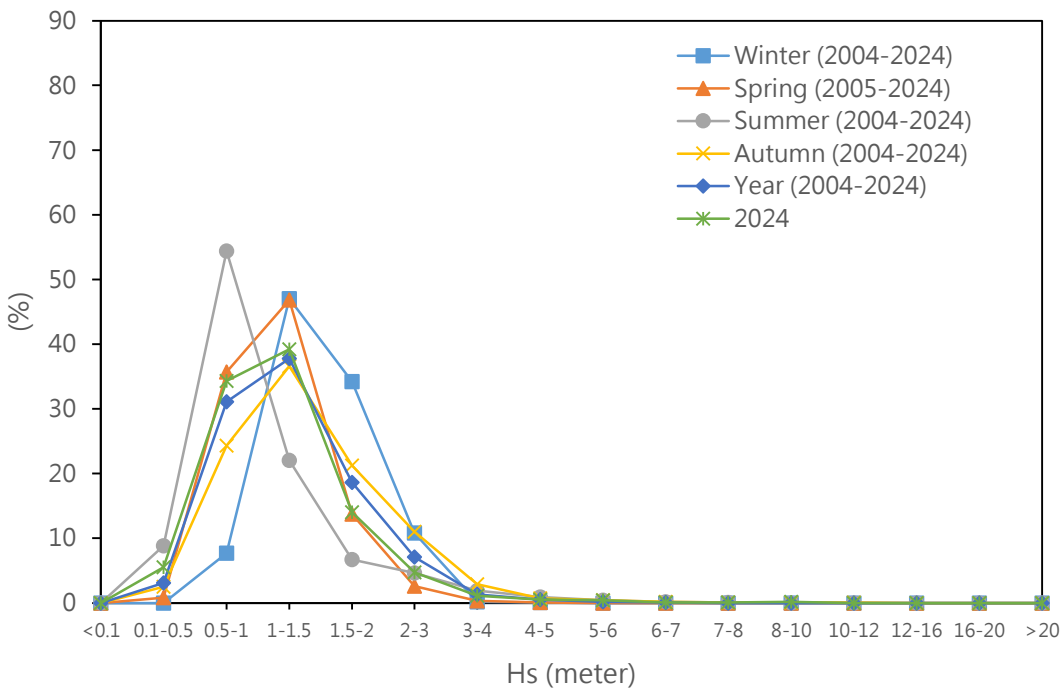


圖3.2 蘇澳港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

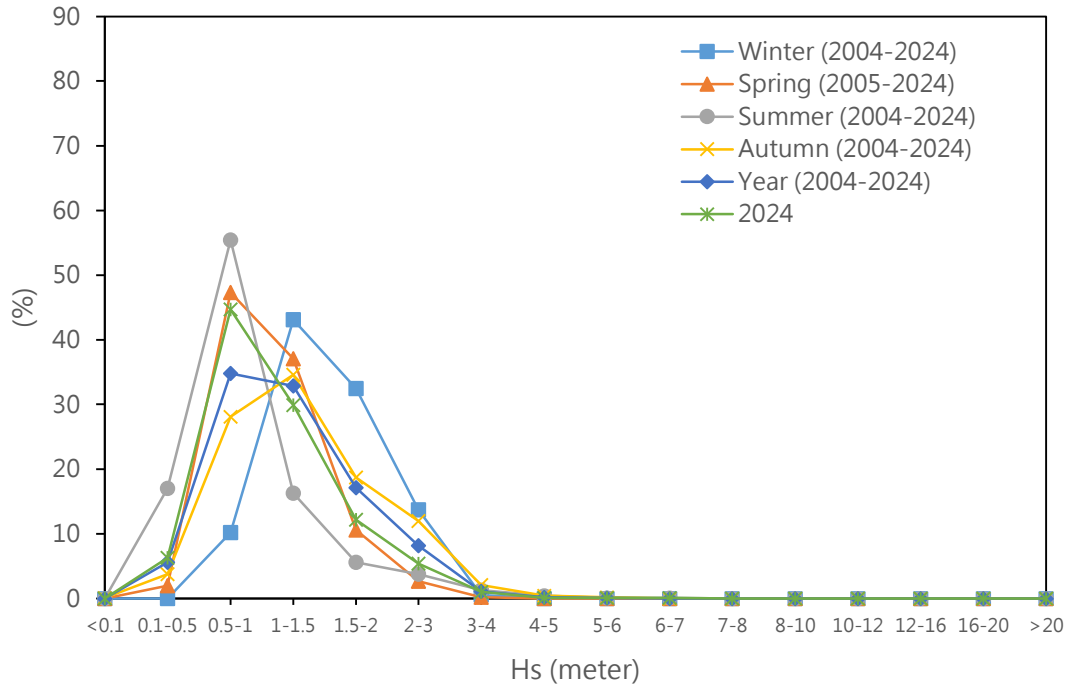


圖3.3 花蓮港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

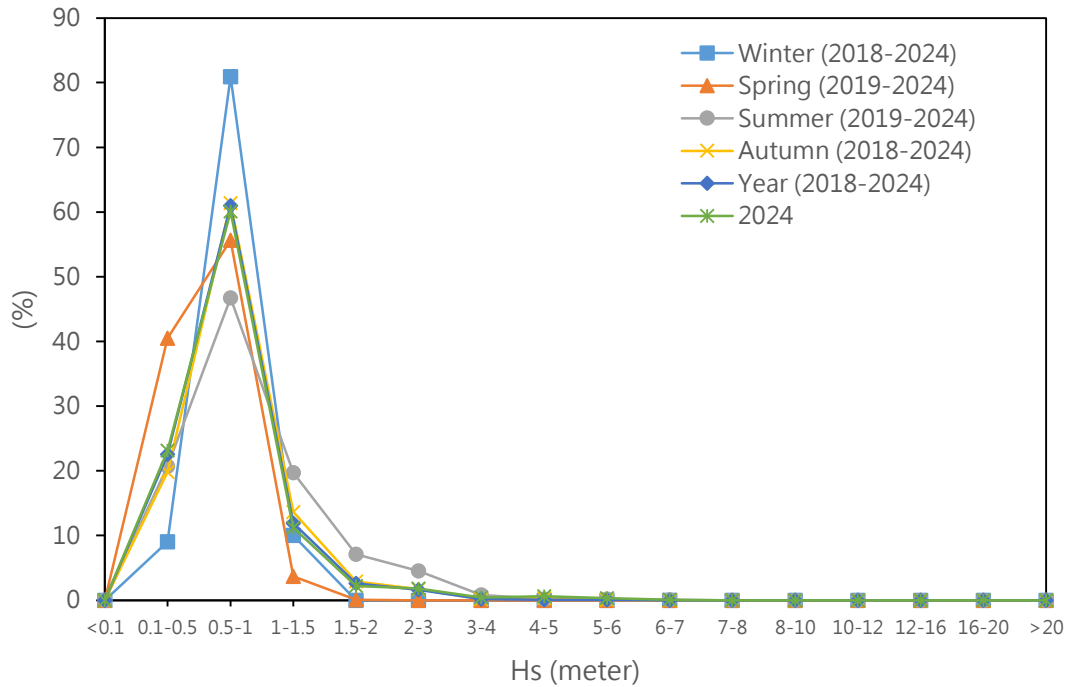


圖3.4 高雄港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

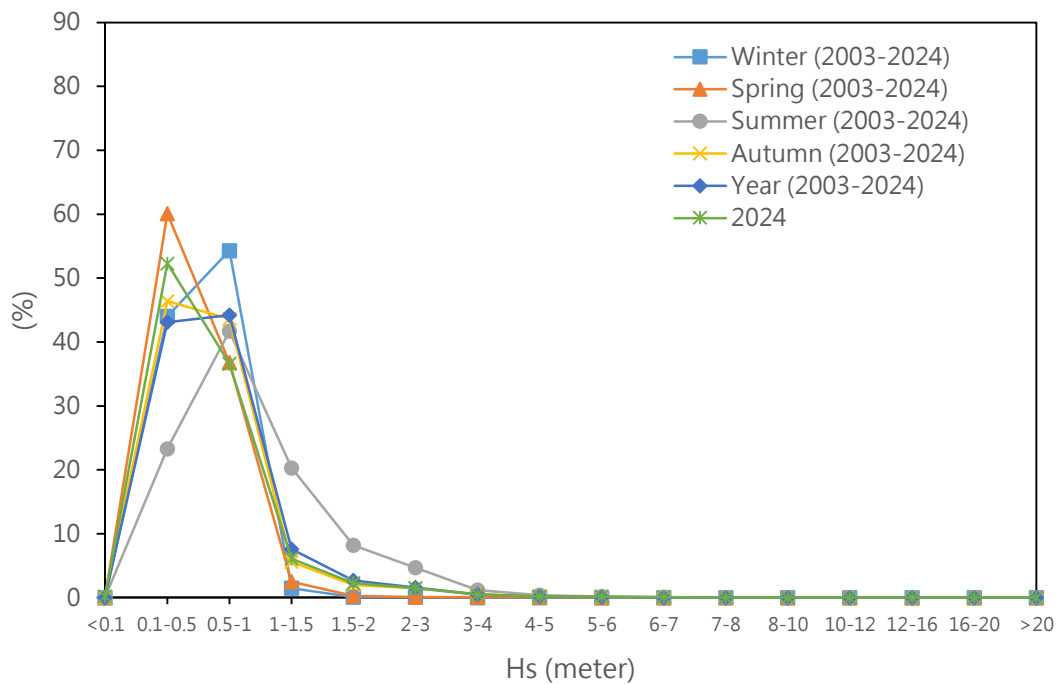


圖3.5 安平港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

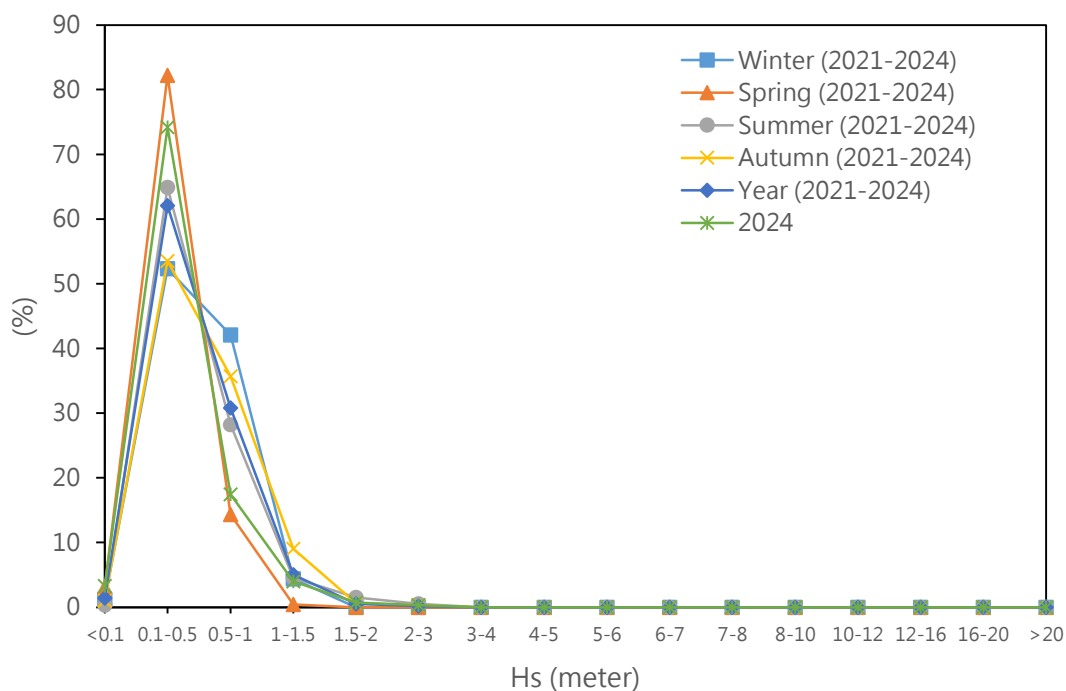


圖3.6 布袋港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

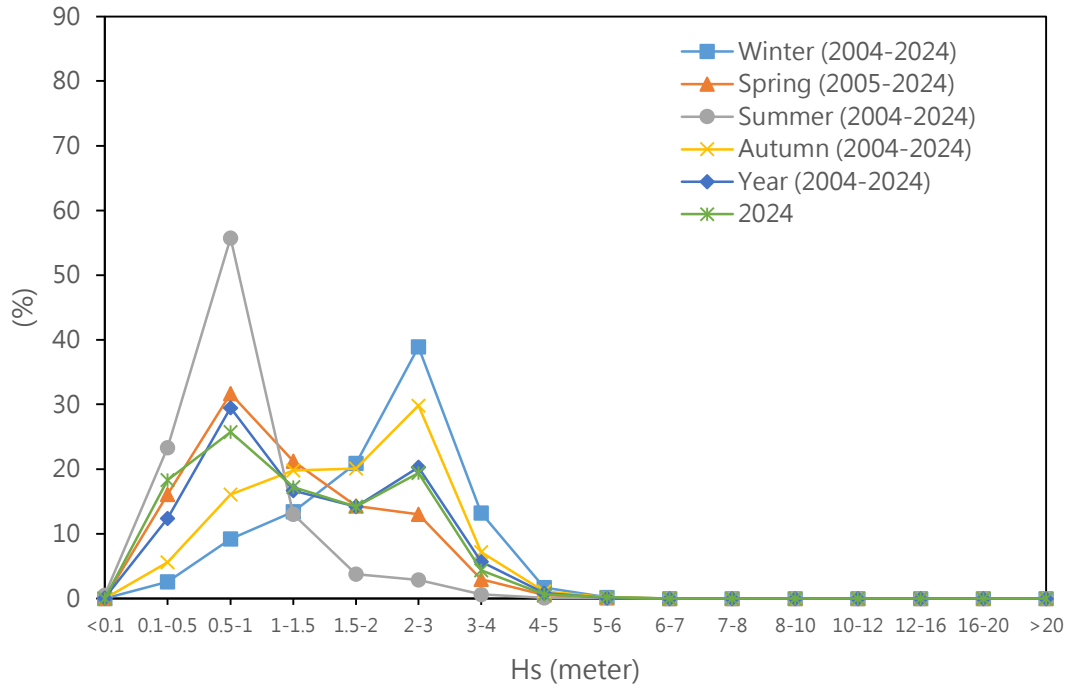


圖3.7 臺中港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

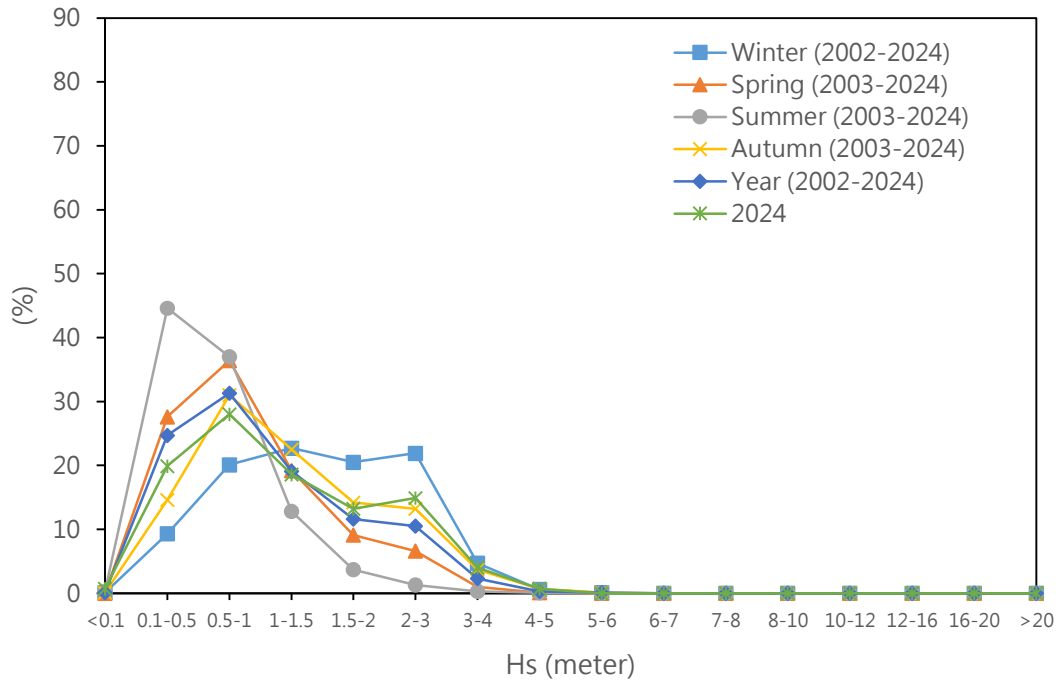


圖3.8 臺北港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

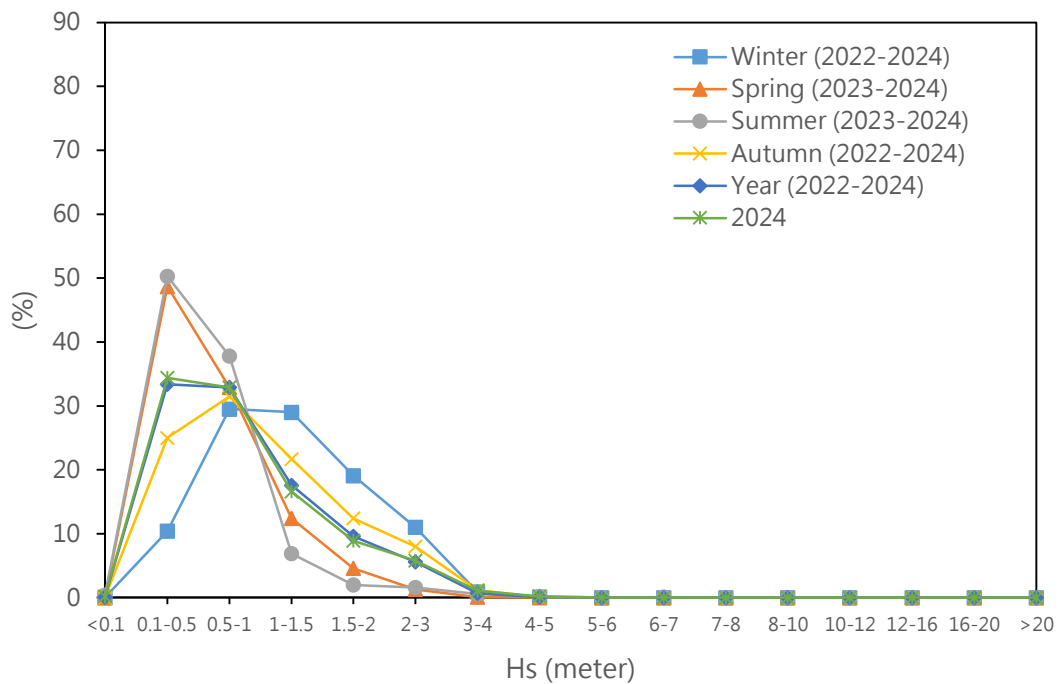


圖3.9 澎湖港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

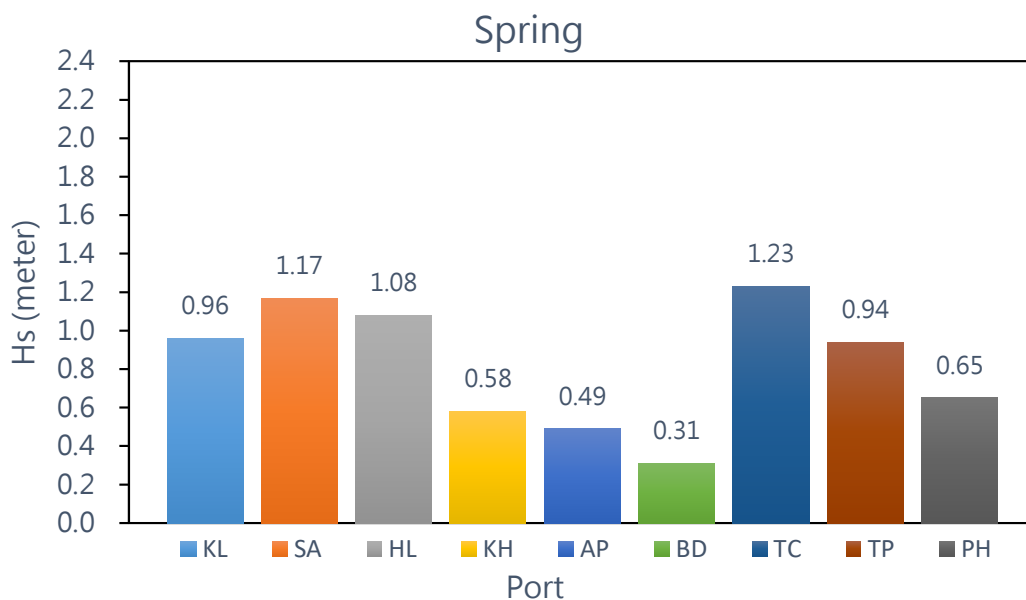


圖3.10 歷年春季各港波高分布圖

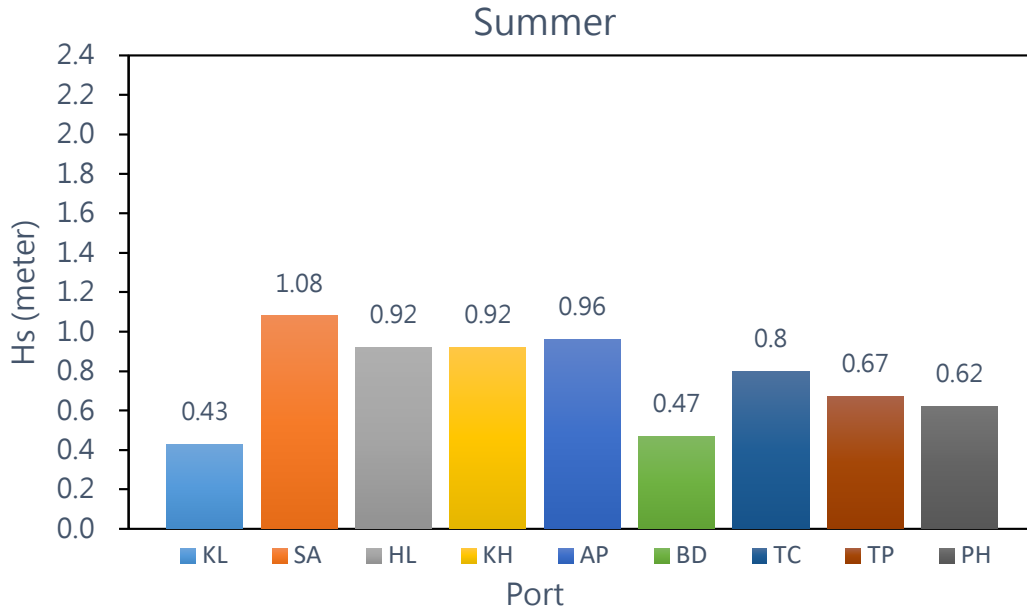


圖3.11 歷年夏季各港波高分布圖

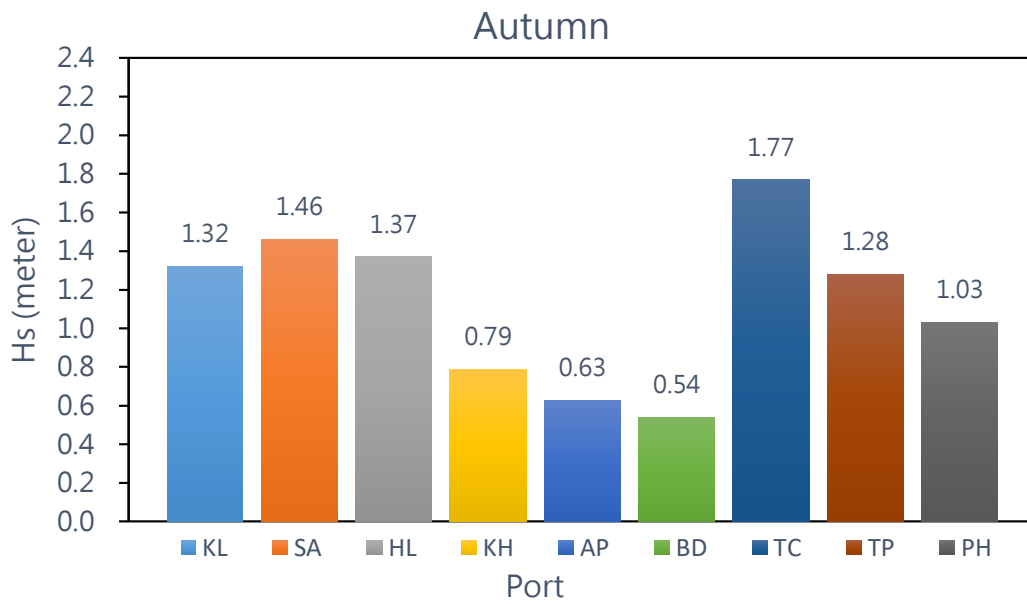


圖3.12 歷年秋季各港波高分布圖

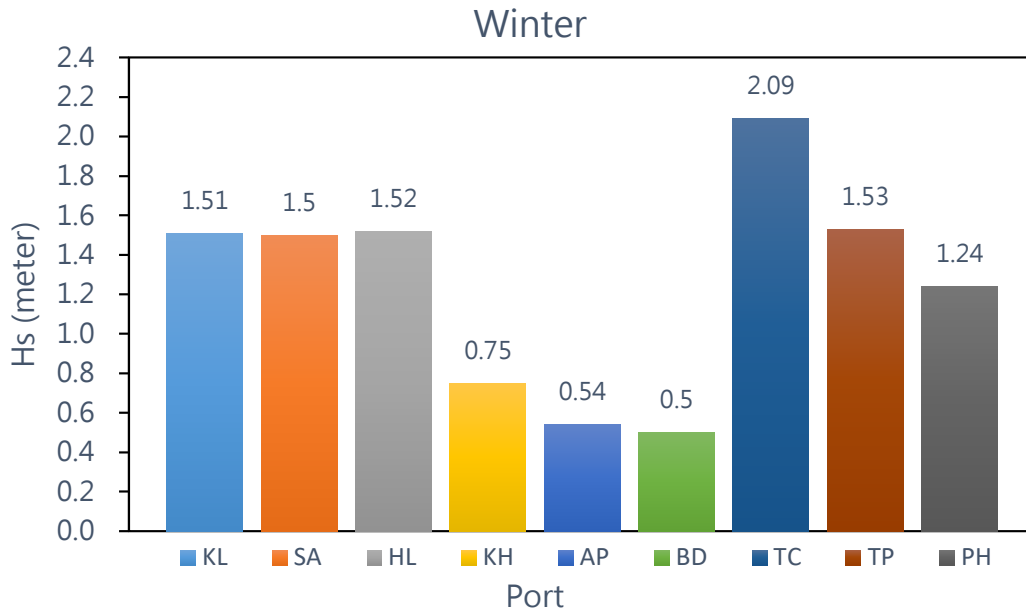


圖3.13 歷年冬季各港波高分布圖

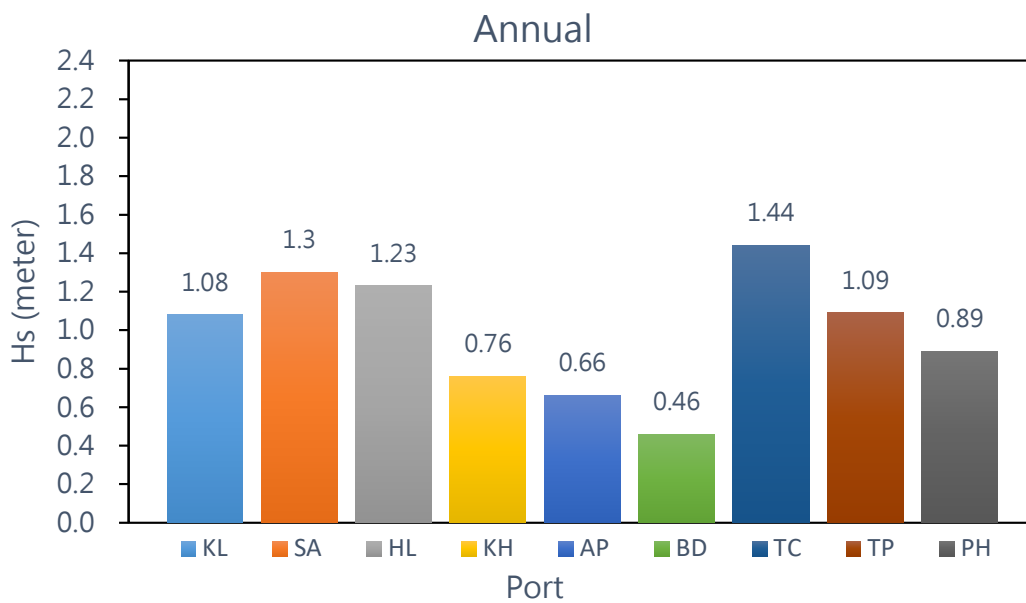


圖3.14 歷年全觀測期各港波高分布圖

3.1.2 週期分析

波浪週期長短與吹風距離、吹風延時及吹風風速等均有相關，吹風距離愈長，時間持續愈久，所造成波浪週期愈長，颱風波浪即為明顯之案例，當颱風距離尚遠，未侵襲本島之際，遠方湧浪已先抵達臺灣拍打海岸，且這種颱風湧浪週期明顯較季風波浪長。有關各港歷年波浪週期觀測資料分布統計、機率分布，整理如表3-4、圖3.15～圖3.23，各港週期資料分析如下：

基隆港歷年波浪尖峰週期 T_P 平均為7.5 s，週期分布以6～8 s間比率最高，佔47.2%，6 s以下17.5%，8～10 s為28.9%，10 s以上佔6.5%，春季尖峰週期平均7.2 s，62.7%週期介於6～8 s，6 s以下14.7%，8～10 s佔20.2%，10 s以上2.4%，夏季週期平均7.3 s，週期以6～8 s佔比35.8%最高，6 s以下次之，佔整季28.9%，8～10 s為22.2%，10 s以上佔13.1%，週期10 s以上佔比高於其餘三季，秋冬兩季週期分布相似，以6～8 s佔比較高，秋季佔46%，冬季48.9%，8～10 s次之，秋季34.2%，冬季35.2%，週期大於10 s兩季各佔約5%，週期小於6 s，秋季佔15%，冬季為10.8%，秋季尖峰週期平均7.6 s，冬季為7.7 s。

蘇澳港及花蓮港均位處臺灣東部，於歷年波浪週期統計變化特性極為相似，蘇澳港全期波浪尖峰週期平均8.4 s，花蓮港8.5 s，兩港波浪週期均以8～10 s佔比最高，蘇澳港41.7%，花蓮港45.8%，四季統計資料顯示，兩港冬季尖峰週期平均皆為8.8 s，皆以8～10 s佔比最高，蘇澳港61.7%，花蓮港63.4%，逾6成，秋季時，蘇花兩港尖峰週期平均同為8.8 s，週期超過10 s比率，高於其餘三季，蘇澳港10 s以上波浪週期佔22.9%，花蓮港亦有22.2%，高於本計畫其餘港口，夏季時，臺灣受颱風襲擾，兩港週期皆以6～8 s佔比最高，蘇澳港佔37.5%，花蓮港36.4%，蘇澳港尖峰週期平均7.8 s，花蓮港則為8 s，兩港10 s以上週期佔比皆逾15%，四季中僅次於秋季，兩港春季尖峰週期平均，蘇澳港8.1 s，花蓮港8.2 s，皆以8～10 s週期佔比最高，逾4成。

高雄港歷年全期尖峰週期平均為6.4 s，週期6 s以下佔比最高，約佔全期45.6%，6～8 s 34.1%次之，8～10 s為15.3%，週期10 s以上5%；

歷年四季統計資料，夏季尖峰週期平均為6.8 s，週期6~8 s佔整季46.7%，此佔比亦為四季中最高，6 s以下波浪週期佔30.2%，10 s以上3.8%，春季尖峰週期平均最短，為5.6 s，整季64.9%波浪週期皆小於6 s，高於其他三季，秋季尖峰週期平均6.8 s，週期6 s以下佔比最高，佔整季41.4%，6~8 s次之，佔31.9%，10 s以上週期佔比8.2%，高於其餘三季，冬季時，高雄港尖峰週期平均為6.5 s，週期6 s以下佔比最高，為46.7%，6~8 s次之，佔30%，週期8~10 s為17.3%，10 s以上佔6%。

安平港歷年波浪尖峰週期平均為6.2 s，週期分布以6 s以下比率最高，佔51.6%，6~8 s次之，佔35.8%，8~10 s 10.9%，10 s以上為1.6%，四季波浪週期統計，夏季尖峰週期平均6.6 s，為四季最長，春季週期平均較短，為5.5 s，秋季尖峰週期平均6.3 s，冬季週期平均為6.2 s；春季時安平港海域，尖峰週期 T_p 以6 s以下佔比最高，佔整季69.1%，6~8 s為26.8%，8 s以上佔3.6%，夏季期間，安平港海域受到西南季風及颱風影響，近4成5波浪週期落於6~8 s，6 s以下佔37%，8~10 s佔16.6%，高於其餘三季，10 s以上為2.2%，秋冬季港區週期皆以6 s以下佔比較高，秋季51.6%，冬季49.7%。

布袋港全期尖峰週期 T_p 平均6.8 s，6~8 s佔36.3%，6 s以下32.7%，8~10 s為24.8%，10 s以上波浪週期佔6.2%，四季週期統計顯示，布袋港冬季尖峰週期平均最長，達7.3 s，秋季週期平均為7.2 s，夏季6.6 s，春季港區週期較短，為6 s；冬季週期有25%小於6 s，6~8 s佔33.3%，8~10 s佔34.3%，週期10 s以上佔7.4%，秋季期間，布袋港6 s以下週期佔26.5%，6~8 s佔34.3%，8~10 s為29.9%，此佔比，四季中僅低於冬季，10 s以上週期佔9.4%，春季時，6 s以下週期佔比近5成，為各季中最高，6~8 s佔35.9%，8~10 s佔13%，有1.5%週期高於10 s，夏季6 s以下週期佔33%，6~8 s佔42.8%，有19.1%週期介於8~10 s，5.2%週期在10 s以上。

臺中港歷年波浪尖峰週期 T_p 統計顯示，港區尖峰週期平均為6.4 s，波浪週期有52.3%於6~8 s，6 s以下有33.5%，8~10 s佔13.1%，10 s以上1.1%，冬季期間，臺中港受東北季風影響，整季尖峰週期平均為7.1 s，週期6~8 s佔比61.8%，8~10 s佔22.3%高於其他三季，秋季週期平均7 s，6~8 s整季佔比最高，為59.8%，僅次於冬季，19.9%波浪週期小於6 s，港區8~10 s週期佔18.1%，10 s以上為2.2%，臺中港春季期間，波浪尖峰週期平均為6.1 s，週期54.7%位於6~8 s，38.6%小於6 s，夏季

週期統計顯示，尖峰週期平均5.6 s，為四季最短，波浪週期55.9%小於6 s，36.4%位於6~8 s，8 s以上佔7.7%。

臺北港歷年全期尖峰週期平均為6.4 s，週期44%小於6 s，38.5%介於6~8 s，8~10 s佔15.3%，10 s以上為2.1%，四季週期統計顯示，臺北港隨著季風型態不同，港區波浪週期結構亦有所差異，春夏季時，東北季風逐漸減弱，西南季風增強，波浪尖峰週期較短，春季6.2 s，夏季5.6 s，兩季皆以6 s以下週期佔比最高，春季48.7%，夏季則達66%，其中，夏季6 s以下佔比，高於其餘各季；秋冬季，西南季風減弱後，東北季風逐漸增強，歷年尖峰週期平均，秋季為6.8 s，冬季7 s，兩季皆以6~8 s週期佔主要部分，秋季41.7%，冬季49.9%，其中，冬季8~10 s佔比24.3%，為各季最高。

澎湖港歷年全期尖峰週期 T_P 平均為7.1 s，44.3%週期介於6~8 s，6 s以下週期佔25.5%，8~10 s為24.8%，週期10 s以上5.4%，四季週期統計顯示，冬季波浪尖峰週期平均7.4 s，週期有33.9%介於8~10 s，6 s以下佔16.2%，6~8 s為44.7%，10 s以上週期佔5.2%，秋季週期平均7.7 s，週期以6~8 s佔比較高，為42.1%，6 s以下14.6%，8~10 s佔33.5%，9.8%週期達10 s以上，春季尖峰週期平均6.4 s，近5成介於6~8 s，35.7%週期少於6 s，8~10 s佔18.8%，10 s以上週期僅佔0.5%，夏季尖峰週期平均6.5 s，43.1%波浪週期介於6~8 s，38.5%週期少於6 s，港區10 s以上週期佔4.3%。

表3-4 歷年各站分季波浪週期分布統計表

基隆港					
季節	T _p 平均 (s)	T _p <6.0 s (%)	T _p 6~8 s (%)	T _p 8~10 s (%)	T _p >10.0 s (%)
春	7.2	14.7	62.7	20.2	2.4
夏	7.3	28.9	35.8	22.2	13.1
秋	7.6	15.0	46.0	34.2	4.9
冬	7.7	10.8	48.9	35.2	5.1
全期	7.5	17.5	47.2	28.9	6.5
蘇澳港					
季節	T _p 平均 (s)	T _p <6.0 s (%)	T _p 6~8 s (%)	T _p 8~10 s (%)	T _p >10.0 s (%)
春	8.1	9.8	37.7	40.9	11.5
夏	7.8	19.9	37.5	26.8	15.8
秋	8.8	3.7	34.3	39.1	22.9
冬	8.8	1.6	23.3	61.7	13.4
全期	8.4	9.0	33.4	41.7	15.9
花蓮港					
季節	T _p 平均 (s)	T _p <6.0 s (%)	T _p 6~8 s (%)	T _p 8~10 s (%)	T _p >10.0 s (%)
春	8.2	7.3	36.7	44.4	11.6
夏	8.0	15.9	36.4	31.5	16.2
秋	8.8	3.0	31.3	43.5	22.2
冬	8.8	0.8	22.2	63.4	13.5
全期	8.5	6.6	31.5	45.8	16.0
高雄港					
季節	T _p 平均 (s)	T _p <6.0 s (%)	T _p 6~8 s (%)	T _p 8~10 s (%)	T _p >10.0 s (%)
春	5.6	64.9	27.6	5.8	1.8
夏	6.8	30.2	46.7	19.3	3.8
秋	6.8	41.4	31.9	18.5	8.2
冬	6.5	46.7	30.0	17.3	6.0
全期	6.4	45.6	34.1	15.3	5.0
安平港					
季節	T _p 平均 (s)	T _p <6.0 s (%)	T _p 6~8 s (%)	T _p 8~10 s (%)	T _p >10.0 s (%)
春	5.5	69.1	26.8	3.6	0.5
夏	6.6	37.0	44.1	16.6	2.2
秋	6.3	51.6	34.4	10.9	3.1
冬	6.2	49.7	37.3	12.3	0.7
全期	6.2	51.6	35.8	10.9	1.6

表3-4 歷年各站分季波浪週期分布統計表 (續)

布袋港					
季節	T _p 平均 (s)	T _p <6.0 s (%)	T _p 6~8 s (%)	T _p 8~10 s (%)	T _p >10.0 s (%)
春	6.0	49.6	35.9	13.0	1.5
夏	6.6	33.0	42.8	19.1	5.2
秋	7.2	26.5	34.3	29.9	9.4
冬	7.3	25.0	33.3	34.3	7.4
全期	6.8	32.7	36.3	24.8	6.2
臺中港					
季節	T _p 平均 (s)	T _p <6.0 s (%)	T _p 6~8 s (%)	T _p 8~10 s (%)	T _p >10.0 s (%)
春	6.1	38.6	54.7	6.5	0.2
夏	5.6	55.9	36.4	6.5	1.2
秋	7.0	19.9	59.8	18.1	2.2
冬	7.1	15.5	61.8	22.3	0.5
全期	6.4	33.5	52.3	13.1	1.1
臺北港					
季節	T _p 平均 (s)	T _p <6.0 s (%)	T _p 6~8 s (%)	T _p 8~10 s (%)	T _p >10.0 s (%)
春	6.2	48.7	37.7	12.6	1.1
夏	5.6	66.0	26.0	6.1	1.8
秋	6.8	34.5	41.7	19.4	4.3
冬	7.0	24.1	49.9	24.3	1.7
全期	6.4	44.0	38.5	15.3	2.1
澎湖港					
季節	T _p 平均 (s)	T _p <6.0 s (%)	T _p 6~8 s (%)	T _p 8~10 s (%)	T _p >10.0 s (%)
春	6.4	35.7	48.2	15.5	0.5
夏	6.5	38.5	43.1	14.0	4.3
秋	7.7	14.6	42.1	33.5	9.8
冬	7.4	16.2	44.7	33.9	5.2
全期	7.1	25.5	44.3	24.8	5.4

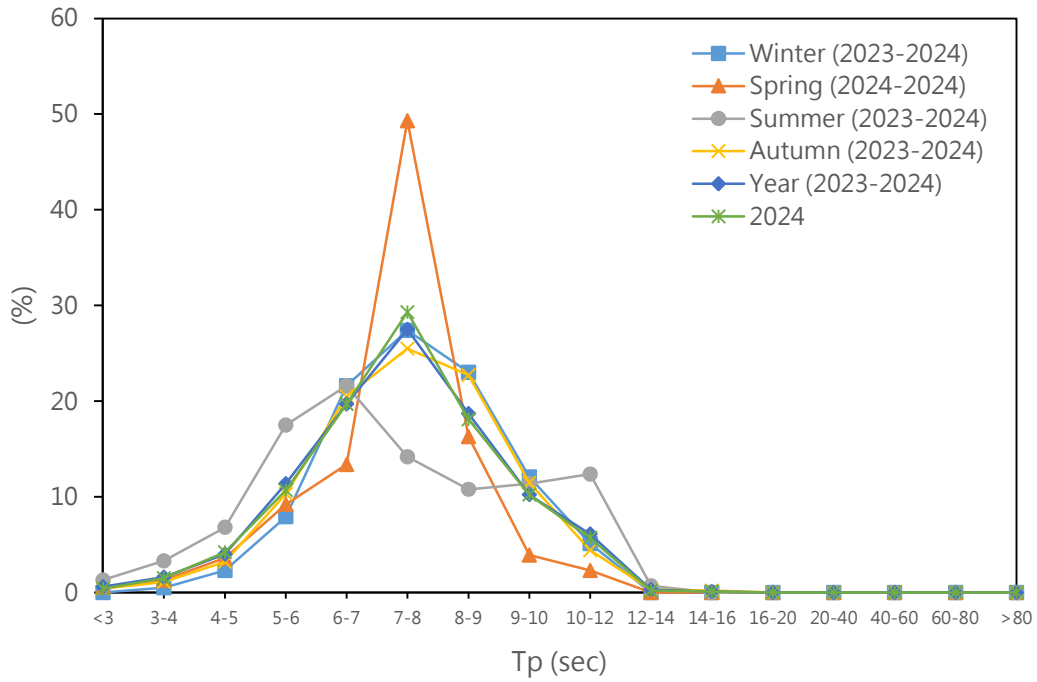


圖3.15 基隆港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

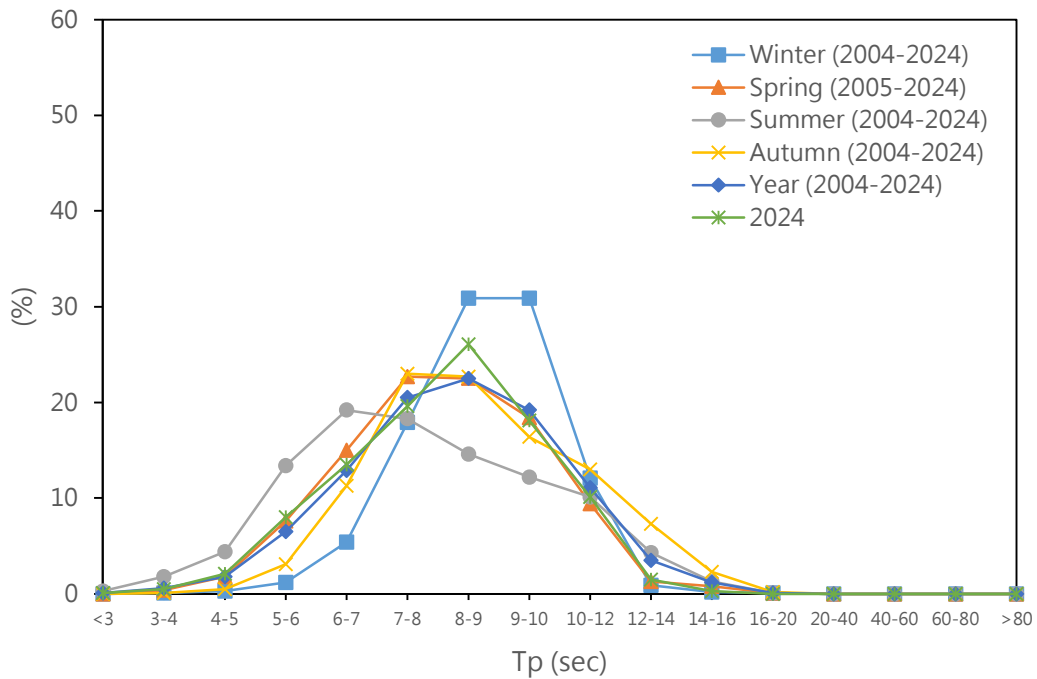


圖3.16 蘇澳港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

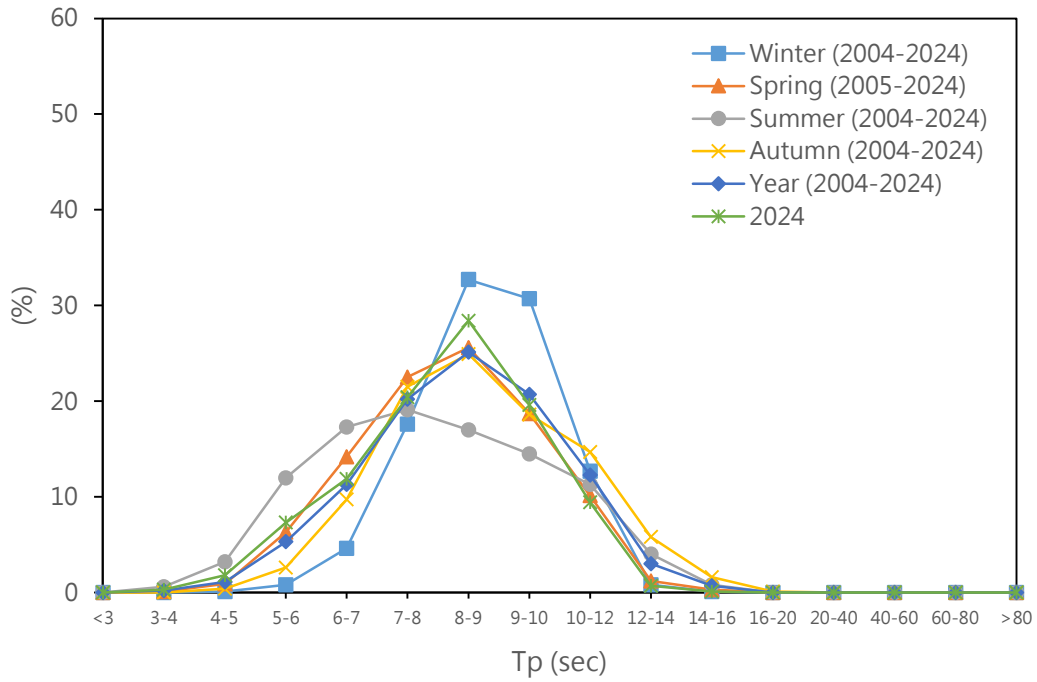


圖3.17 花蓮港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

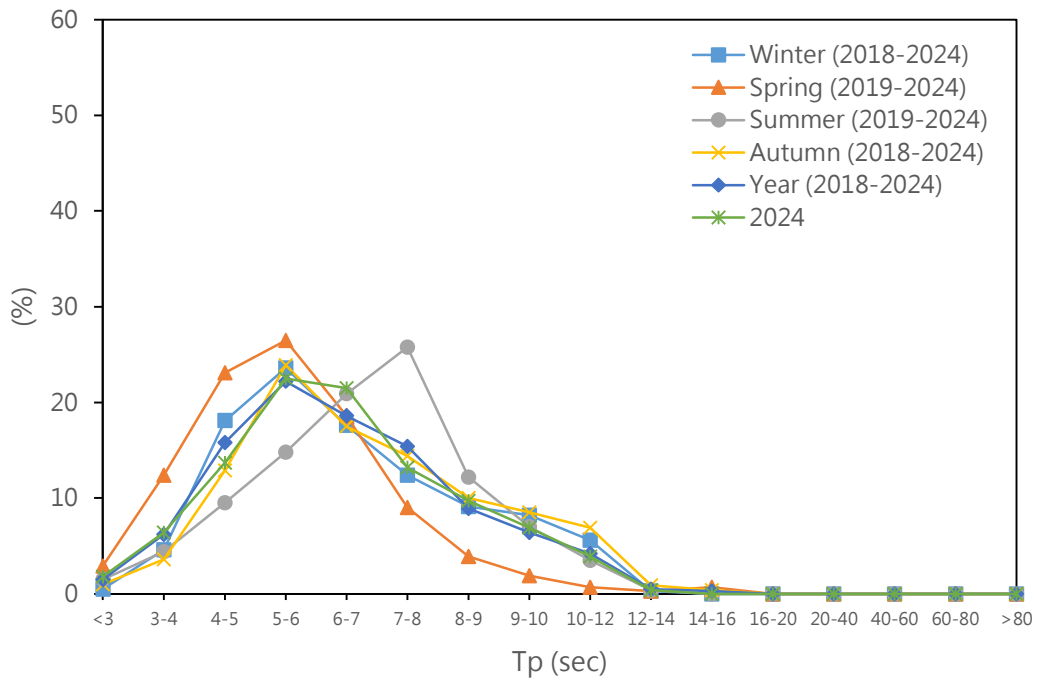


圖3.18 高雄港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

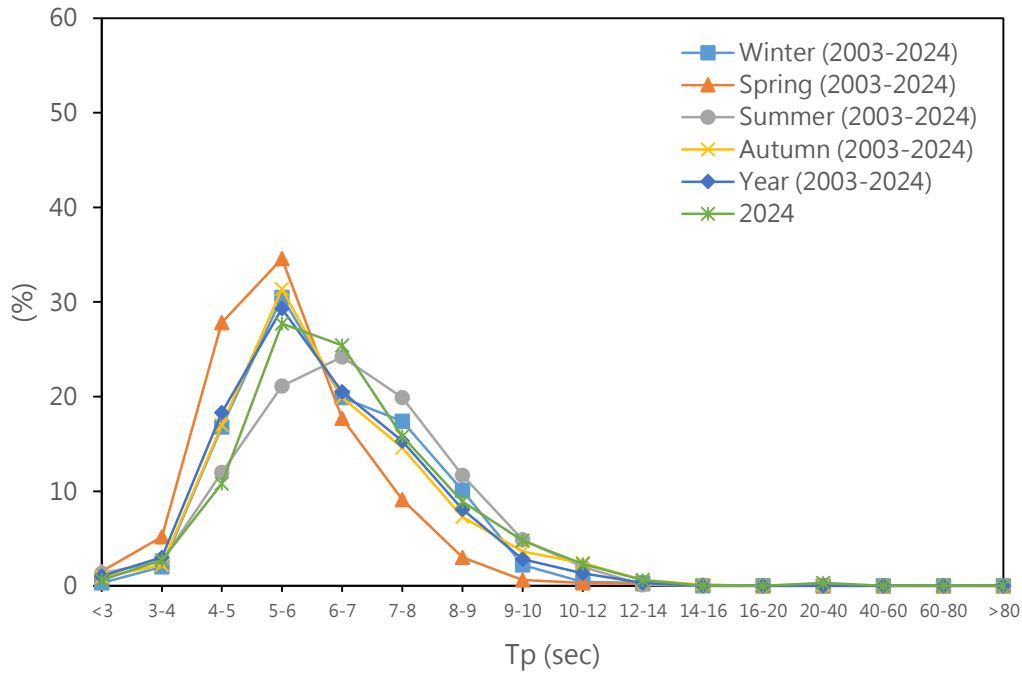


圖3.19 安平港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

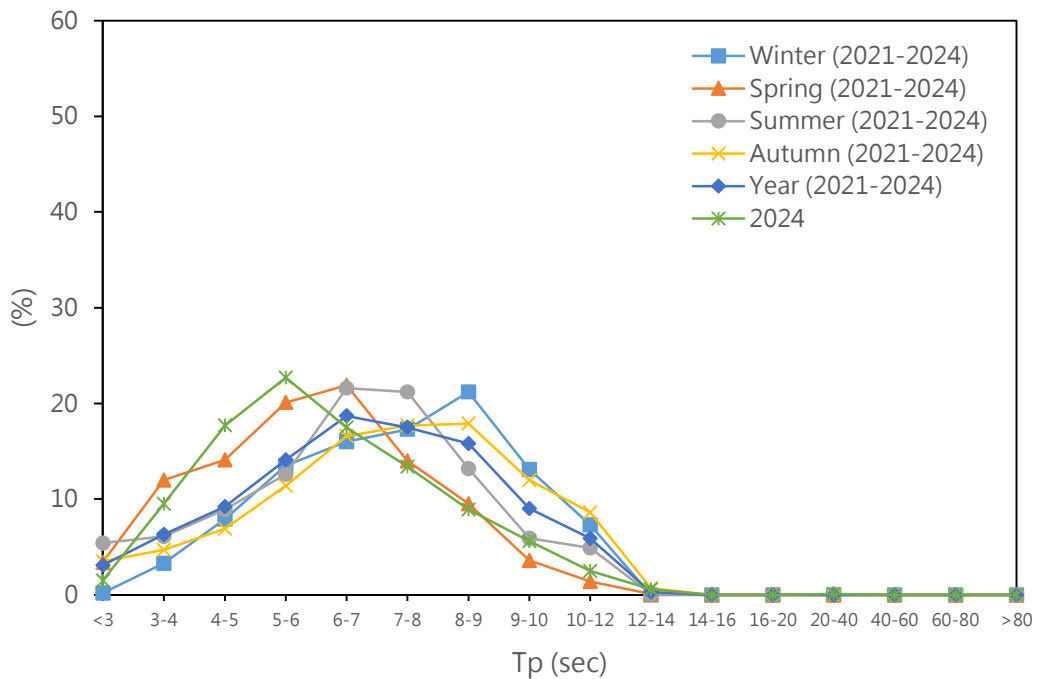


圖3.20 布袋港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

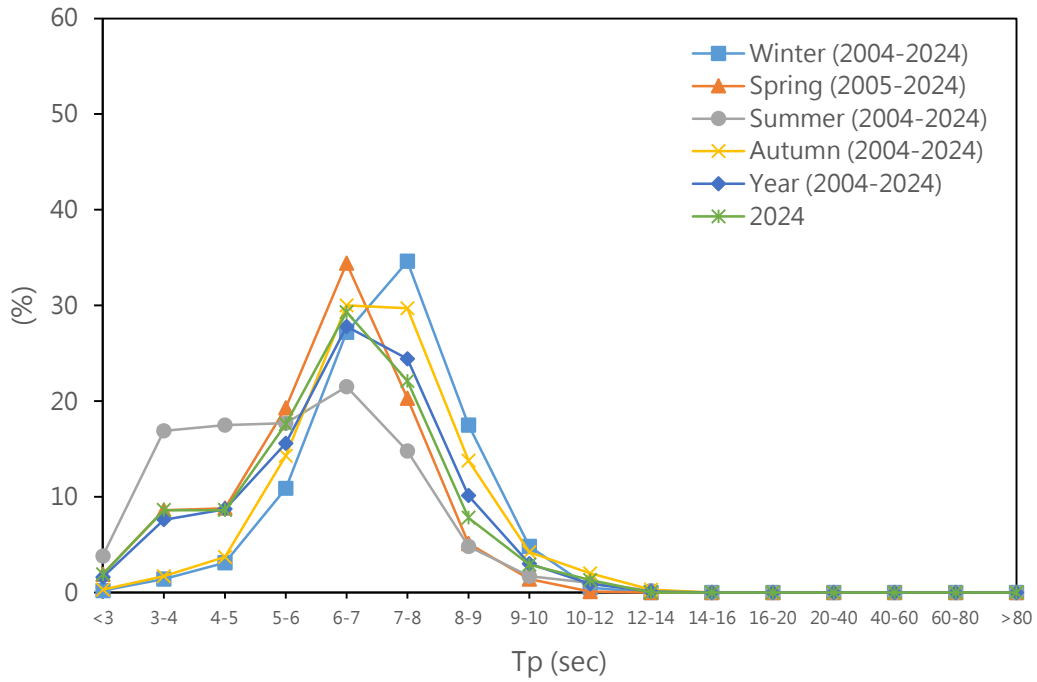


圖3.21 臺中港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

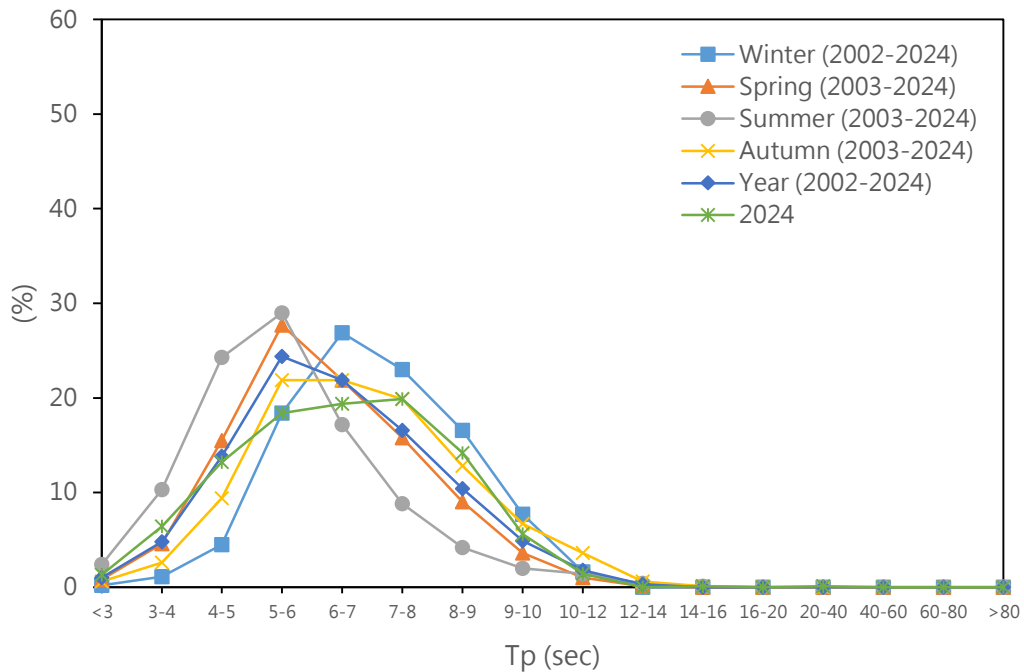


圖3.22 臺北港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

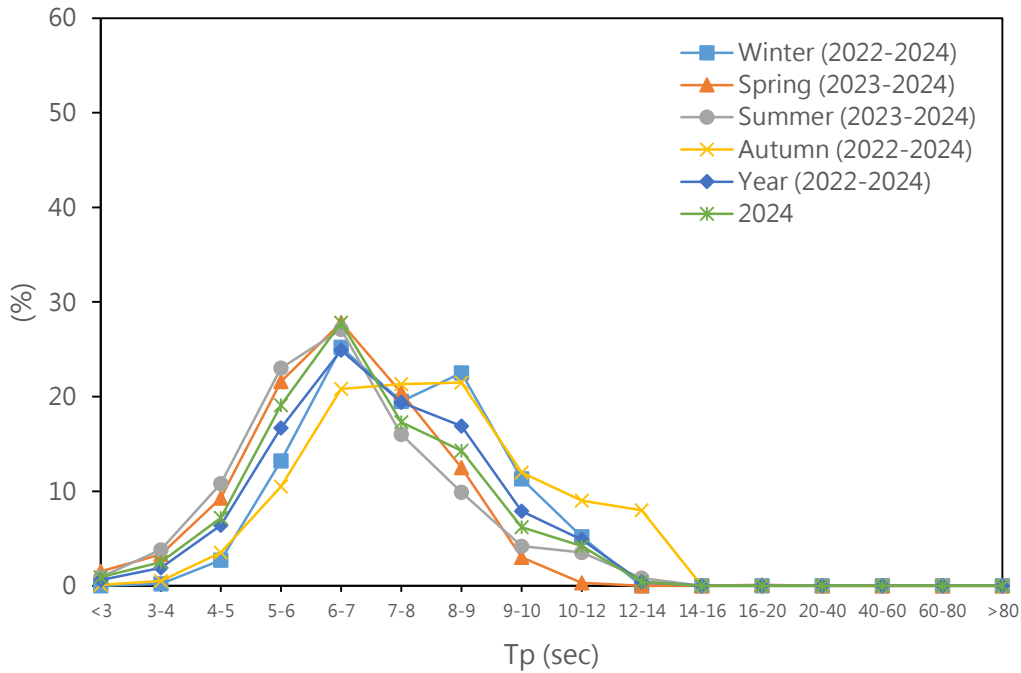


圖3.23 澎湖港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

3.1.3 波向分析

波浪傳播方向在外海主要受風向所決定，此現象可由季風盛行期航照圖或衛星影像看出，但在較淺的水域，由外海來之波浪會受到淺化影響而產生折射，逐漸向垂直岸偏轉，此時如海岸線並非平直，波浪行進途中亦會產生繞射與反射等現象。各港歷年波向觀測資料分布統計（四象限）、機率分布（16分位），整理如表3-5、圖3.24～圖3.32，各港波向資料分析如下：

基隆港測站波向分布因地形影響，歷年波向主要位於N～E象限，佔99.3%，其餘三象限為E～S 0.3%、S～W 0%、W～N 0.4%，主波向為NE，佔56.2%。四季波向統計皆以N～E象限佔比最高，春季99.2%、夏季98%、秋季99.8%及冬季100%，四季主波向皆位於NE向（春季55.9%，夏季45.5%，秋季61.7%，冬季58.5%），季節特性較不明顯，探究其原因，基隆港西南側因受陸地屏障，西南來向波場遭受阻隔，影響波浪傳播，反觀基隆港東北側，為開闊之海域，波浪不受影響，波場可充分發展，因而於基隆港產生此特殊之波場特性。

蘇澳港歷年全期波向分布顯示，E～S象限為主要分布，佔全期

50%，N~E象限次之，佔42.9%，S~W佔6.5%、W~N僅0.5%，主波向為E向，佔29.8%。秋、冬兩季因東北季風影響，波向分布皆以N~E象限佔比最高，分別為秋季54.3%、冬季59.1%，E~S象限次之，比率為秋季40.4%、冬季40.3%，春、夏兩季蘇澳港波向分布主要位於E~S象限間，分別為春季52.6%、夏季65.6%，四季主波向統計，春秋冬三季，均位於E向，夏季主波向稍有偏折，主波向位於ESE向，佔19.5%。

花蓮港歷年全期波向分布以E~S象限83%佔比最高，其餘三象限分別為N~E 16.9%、S~W 0%、W~N 0%，全期主波向位於ESE向，佔38.9%。花蓮港西側為陸地，由西半部而來之波浪受到地形阻隔，而難以傳遞，反觀花蓮港東側，海域廣闊，有利波浪發展傳遞，歷年四季波向統計資料顯示，四季均以E~S象限佔比最高，春季82.3%、夏季96.9%、秋季80.1%及冬季73.4%，四季主波向統計，春季42.7%位於ESE向，夏季SE向佔44.5%，秋季主波向為ESE向，佔40.9%，冬季50%來自E向。

高雄港歷年全期波向統計顯示，波浪場運動方向，主要位於S~W及W~N兩象限，S~W象限佔57.7%，W~N象限為42.3%，N~E及E~S象限佔比皆為0%，歷年全期主波向為WNW，佔比25.1%。歷年四季統計數據，冬季時港區東北側受陸地阻隔，影響東北來向波浪傳遞，反觀高雄港西側海域，無陸地阻擋，地形影響因素降低，波向分布以W~N象限比率最高，佔整季69.5%，整季主波向有44.1%位於WNW向，夏季時，波浪場狀況與冬季節截然不同，港區因受西南季風影響，主風向為S~W象限，風浪不受限制可充分發展，S~W象限佔整季95.5%，此佔比遠高於其他三季，W~N象限佔4.5%，春季波向分布以S~W象限56.5%最高，W~N象限佔43.5%次之，整季主波向統計26.7%位於WNW向，秋季波向以W~N象限51.9%佔比最高，S~W象限佔48.1%，整季波向主要來自W向（34.7%）。

安平港測站設置於南防波堤外海約500 m，港區東側為陸地，影響波場傳遞，西側為開放海域，歷年全期波向統計，主要分布於S~

W及W~N象限，S~W象限佔62.9%，W~N象限28.4%，N~E象限1.9%，E~S象限為6.8%，全期主波向為SW向，佔21%。春季時，季風型態由東北逐漸轉向至向南，S~W象限佔61.7%，W~N象限28.5%，主波向為W向，佔18.9%；夏季期間，西南季風由外海吹拂至安平港海域，主要波向為S~W象限，佔整季87.1%，整季主波向為SW向，佔39.2%，秋季西南季風漸漸轉換為東北季風，S~W象限佔比59.8%最高，W~N象限31.6%次之，冬季時東北季風盛行，波向產生變化，波場北來向比率增加，W~N象限佔比49.6%最高，S~W象限佔42.5%，N~E象限2%，E~S象限為6%，主波向為WNW，佔28.4%。

布袋港歷年波向分布以W~N象限63.3%最高，S~W象限36.2%次之，N~E象限0.4%，E~S象限為0.1%，主波向為WNW向，佔36.1%。布袋港冬季波向以W~N象限91.1%佔比最高，其次是S~W象限，佔8.3%。春季臺灣海域風場產生變化，東北季風逐漸由西南向風場取代，春季位於風場轉換之過渡期，波向以W~N象限62.9%比率最高，S~W象限36.8%次之，N~E象限0.2%，E~S象限為0%。夏季時，布袋港海域受西南季風影響，波向以S~W象限佔比89.3%最高，亦為四季中所佔百分比最高之季節，N~E象限佔0.1%，E~S象限為0%，W~N象限為10.5%。秋季時，西南季風逐漸轉換為東北季風，波向以W~N象限78.9%佔比最高，其次為S~W象限20.4%，N~E象限0.6%，E~S象限0.2%，四季主波向統計，春秋冬三季主波向皆來自WNW向，春季38%，秋季40.3%，冬季57.8%，夏季波浪場則有78.5%來自WSW向。

臺中港位於臺灣中部海域，根據歷年風向統計資料，主風向落於N~E象限，歷年平均風速逾5級，港域東側雖受陸地阻隔影響，惟因吹風能量強，歷年全期波向以N~E象限最高，所佔比率64.4%，其餘分別為E~S象限0.9%、S~W象限9.4%、W~N象限25.3%，全期主波向為NNE向，佔41.1%；秋、冬兩季臺中港海域主要受東北季風影響，平均風速可達6級以上，波場傳遞受吹風速度影響，兩季波向均以N~E象限比率最高，分別為秋季82.2%、冬季87.6%，其中，冬季N~E象限佔比為四季最高，顯示東北季風對本海域之影響，夏季期間西南季風盛行，惟季風由臺灣西南海域吹拂至臺中港時，吹風速度大幅減弱，

整季波向以W~N象限55.4%佔比最高，N~E象限22.6%次之，E~S象限1.6%，S~W象限20.4%，四季主波向統計，春秋冬三季主波向皆來自NNE向，秋冬季佔比逾5成，春季為49.1%，夏季主波向為W向，佔26.9%。

臺北港觀測站離岸約500~600 m，測站東側距淡水河出海口約4 km，西側則為開闊海域，北側為臺灣海峽，歷年全期波向分布統計，N~E象限47.9%佔比最高，W~N象限36.1%次之，E~S象限2.9%，S~W象限13.1%，全期主波向為N向（22.5%）。秋、冬兩季，臺北港受東北季風影響，東向波浪受地形阻隔，不利波場傳播，反觀臺北港北側，為開闊之臺灣海峽，北來向波浪可充分發展，兩季皆以N~E象限佔比最高，秋季59%、冬季62.5%，W~N象限次之，秋冬季佔比皆為31.7%，主波向統計顯示，秋季有26.8%來自N向，冬季則有32.5%波浪來自N向，春季為東北、西南季風轉換期，歷年波向統計以N~E象限53.2%佔比最高，W~N象限35.9%次之，E~S象限2.5%，S~W象限8.5%，整季主波向為NNE向（23.5%），夏季期間，W~N象限44.1%佔比最高，S~W象限33.3%次之，主波向26.2%來自W向。

澎湖港歷年全期波向統計，主波向為ENE向（25%），40.9%波向來自N~E象限，E~S象限27.3%，S~W象限30，W~N象限波浪因受陸地屏障，僅佔1.8%，四季波向統計顯示，秋季時，西南季風逐漸轉變為東北季風，主波向為ENE向（34.8%），N~E象限佔比增加，來到55.8%，E~S象限27%，S~W象限17%，W~N象限0.2%，冬季時，主波向為ENE向（34.5%），澎湖測站受到東北季風影響，N~E象限佔比59.4%，高於其餘三季，E~S象限佔24.3%，S~W象限8.4%，W~N象限為7.9%，春季期間，東北季風逐漸轉換至西南季風，主波向為ENE向，佔26.3%，N~E象限佔比41.7%，E~S象限為34.8%，高於其餘三季，S~W象限佔比23.5%，W~N象限因受地形遮蔽，僅佔0.1%，夏季時，澎湖海域受西南季風影響，主波向統計顯示，41.6%波浪來自S向，N~E象限波場佔3.4%，E~S象限22.9%，S~W象限73.5%，高於其餘三季，W~N象限為0.2%。

表3-5 歷年各站分季波向分布統計表

基隆港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	NE/55.9	99.2	0.2	0.0	0.6
夏	NE/45.5	98.0	0.9	0.1	1.0
秋	NE/61.7	99.8	0.2	0.0	0.0
冬	NE/58.5	100.0	0.0	0.0	0.0
全期	NE/56.2	99.3	0.3	0.0	0.4
蘇澳港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	E/33.0	44.3	52.6	3.1	0.1
夏	ESE/19.5	15.8	65.6	18.4	0.2
秋	E/34.1	54.3	40.4	3.4	1.9
冬	E/36.5	59.1	40.3	0.6	0
全期	E/29.8	42.9	50.0	6.5	0.5
花蓮港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	ESE/42.7	17.7	82.3	0.0	0.0
夏	SE/44.5	3.0	96.9	0.0	0.0
秋	ESE/40.9	19.8	80.1	0.0	0.0
冬	E/50.0	26.6	73.4	0.0	0.0
全期	ESE/38.9	16.9	83.0	0.0	0.0
高雄港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	WNW/26.7	0.0	0.0	56.5	43.5
夏	SW/42.7	0.0	0.0	95.5	4.5
秋	W/34.7	0.0	0.0	48.1	51.9
冬	WNW/44.1	0.0	0.0	30.5	69.5
全期	WNW/25.1	0.0	0.0	57.7	42.3
安平港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	W/18.9	2.0	7.8	61.7	28.5
夏	SW/39.2	1.2	7.1	87.1	4.6
秋	W/21.4	2.6	6.1	59.8	31.6
冬	WNW/28.4	2.0	6.0	42.5	49.6
全期	SW/21.0	1.9	6.8	62.9	28.4

表3-5 歷年各站分季波向分布統計表 (續)

布袋港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	WNW/38.0	0.2	0.0	36.8	62.9
夏	WSW/78.5	0.1	0.0	89.3	10.5
秋	WNW/40.3	0.6	0.2	20.4	78.9
冬	WNW/57.8	0.5	0.1	8.3	91.1
全期	WNW/36.1	0.4	0.1	36.2	63.3
臺中港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	NNE/49.1	75.0	0.7	4.2	20.0
夏	W/26.9	22.6	1.6	20.4	55.4
秋	NNE/54.0	82.2	0.8	5.7	11.4
冬	NNE/55.0	87.6	0.2	4.5	7.7
全期	NNE/41.1	64.4	0.9	9.4	25.3
臺北港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	NNE/23.5	53.2	2.5	8.5	35.9
夏	W/26.2	19.8	2.7	33.3	44.1
秋	N/26.8	59.0	3.8	5.5	31.7
冬	N/32.5	62.5	2.6	3.2	31.7
全期	N/22.5	47.9	2.9	13.1	36.1
澎湖港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	ENE/26.3	41.7	34.8	23.5	0.1
夏	S/41.6	3.4	22.9	73.5	0.2
秋	ENE/34.8	55.8	27.0	17.0	0.2
冬	ENE/34.5	59.4	24.3	8.4	7.9
全期	ENE/25.0	40.9	27.3	30.0	1.8

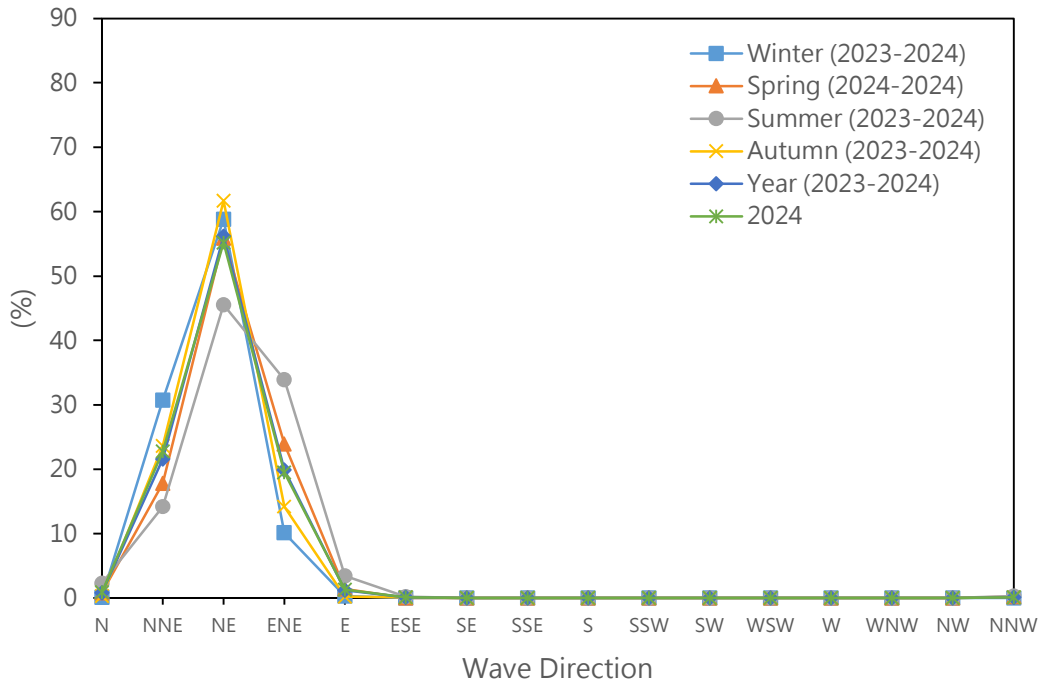


圖3.24 基隆港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

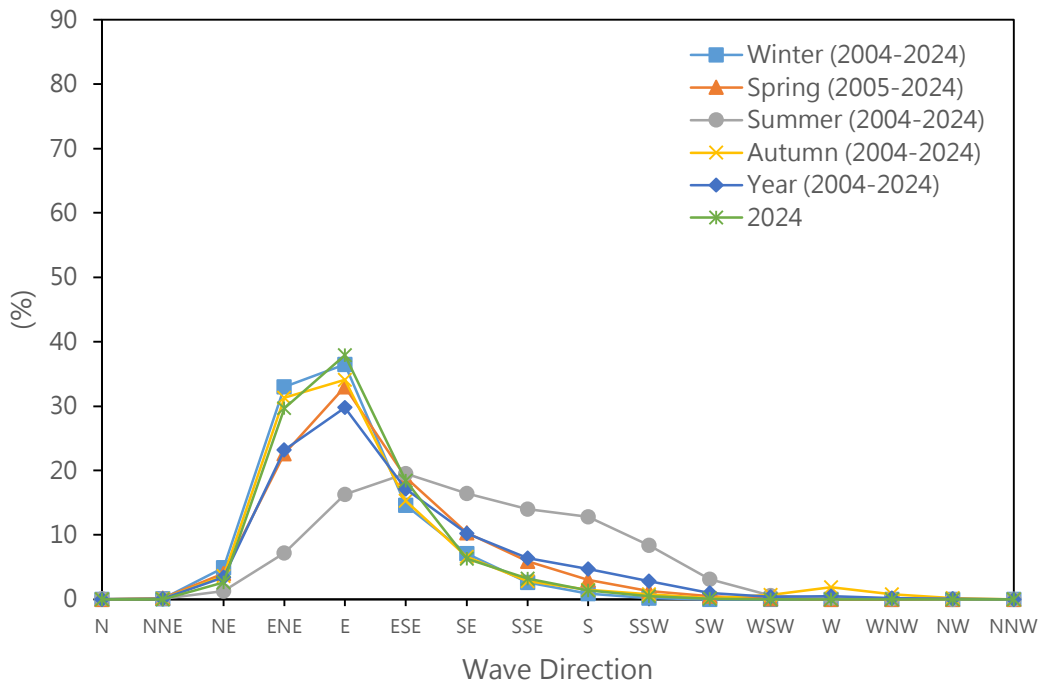


圖3.25 蘇澳港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

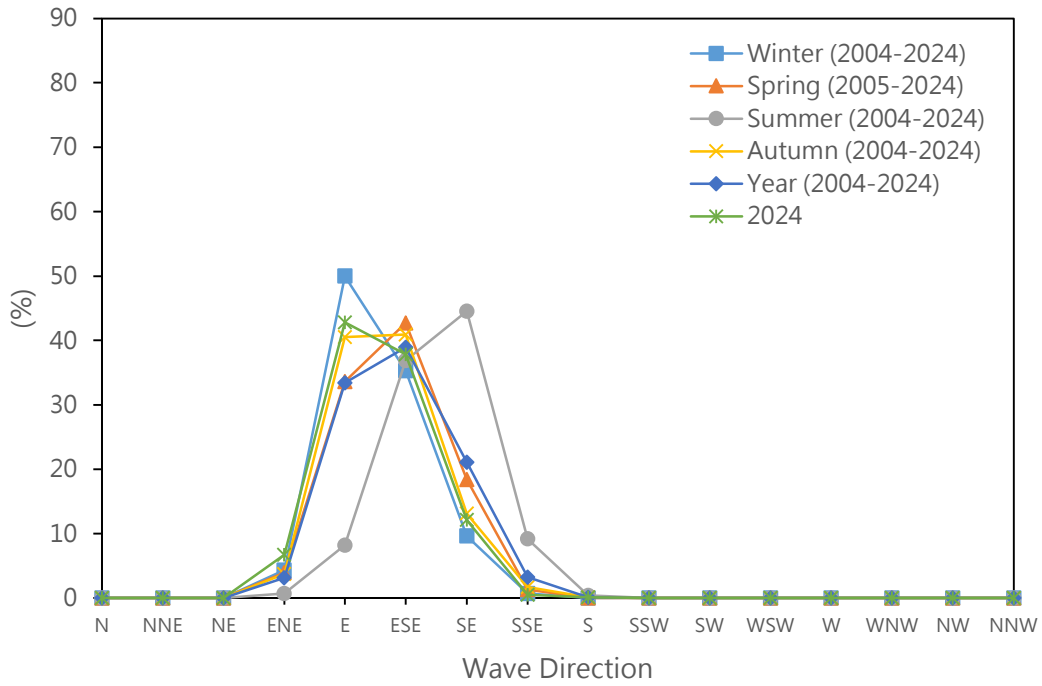


圖3.26 花蓮港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

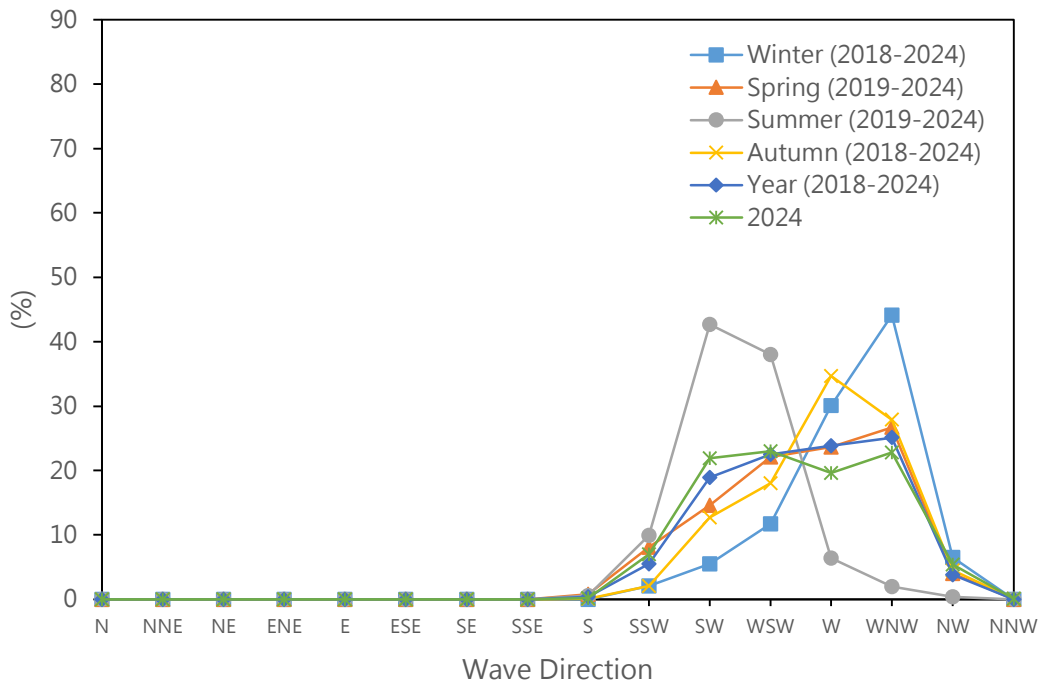


圖3.27 高雄港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

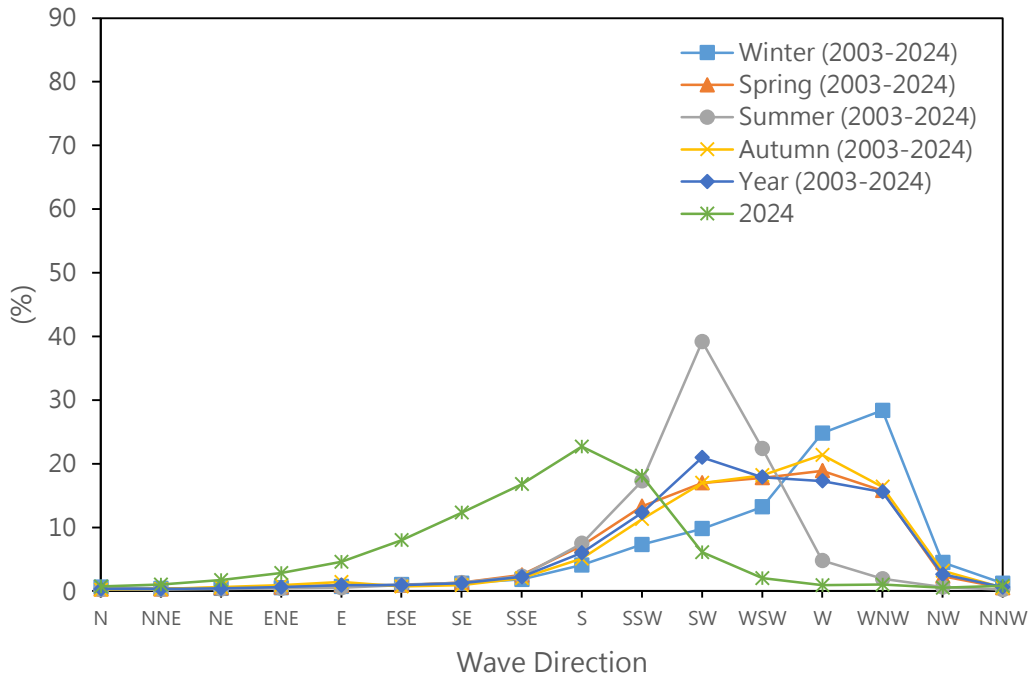


圖3.28 安平港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

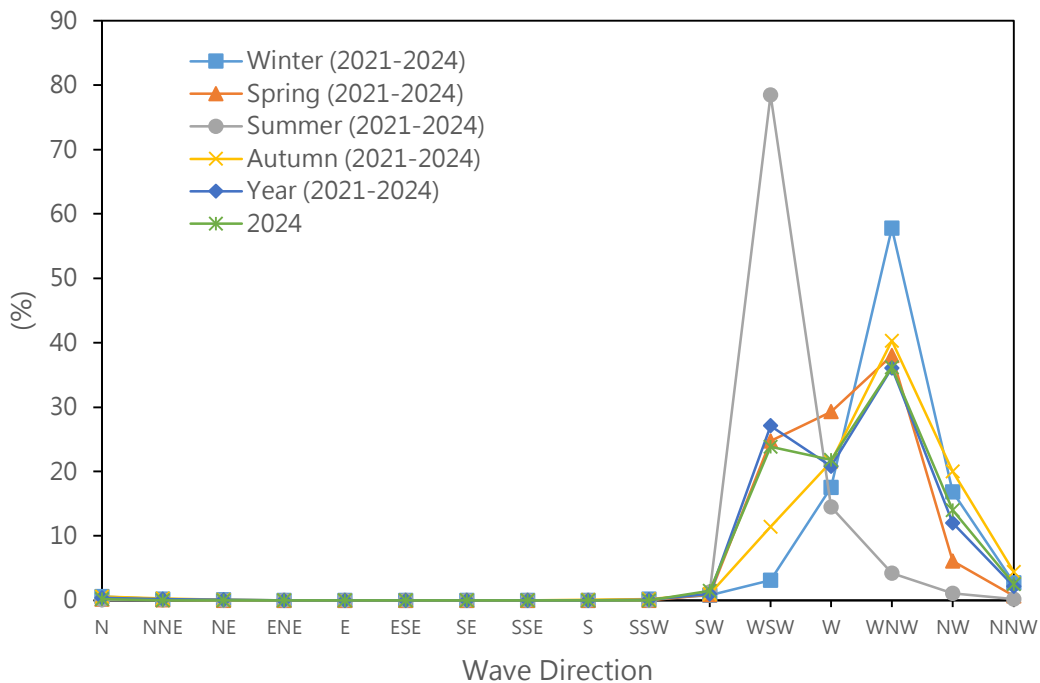


圖3.29 布袋港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

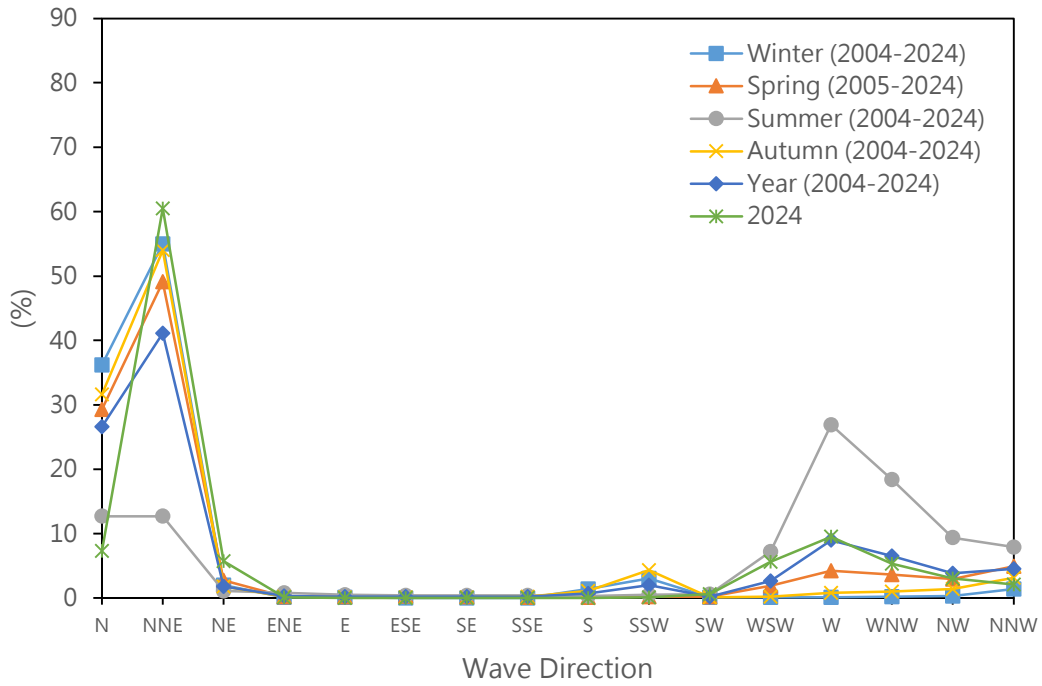


圖3.30 臺中港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

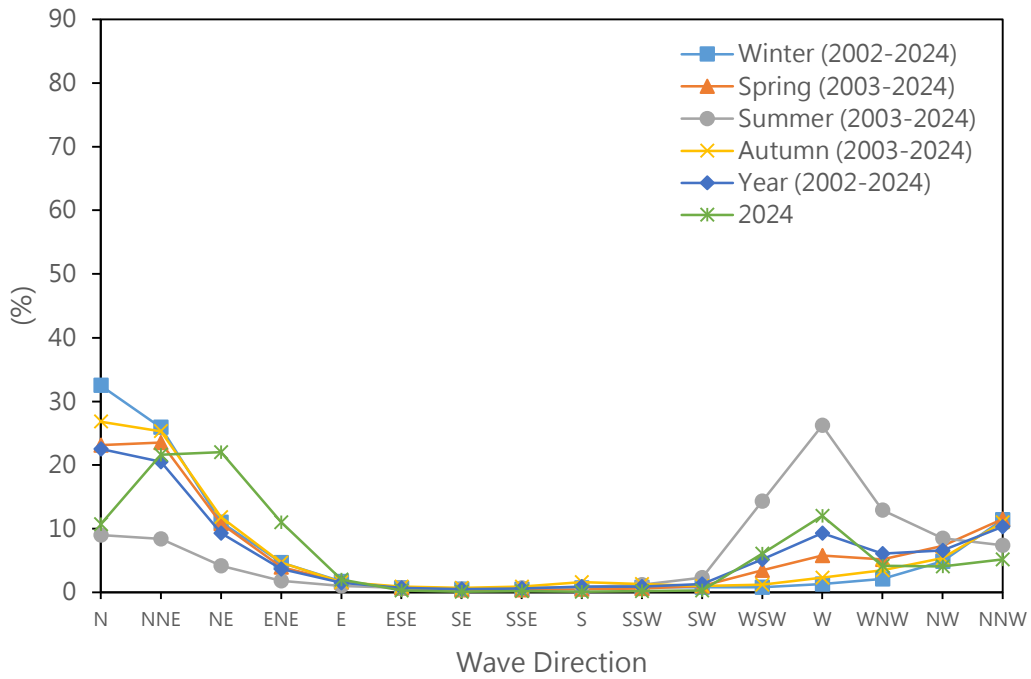


圖3.31 臺北港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

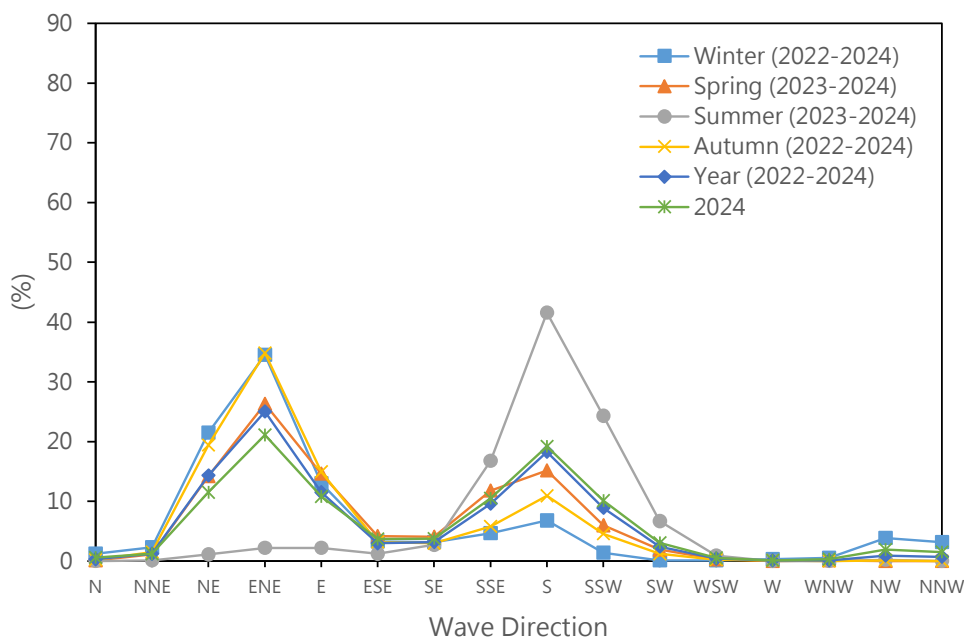


圖3.32 澎湖港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

3.2 歷年海流觀測資料分析

海流觀測站統計區間及代表測站選擇如3.1節所述，定點長期海流觀測資料可用於了解港口附近海域一般性的海流現象（如外廓防波堤、海域工程設施興建前後海流變化），提供工程規劃設計、海岸保護、海岸地形變遷、環境影響評估及水工模型試驗等應用參考，基隆港測站於2023年8月遷站，2025年統計特性與過往略有差異，讀者於引用上需留意，歷年觀測資料統計範圍如3.2節所述，本計畫歷年各商港海流場有效記錄時數統計，如表3-6所示。

表3-6 歷年逐月海流觀測資料有效記錄時數統計表

月份	基隆港 2023~2024 (蒐集率%)	蘇澳港 2004~2024 (蒐集率%)	花蓮港 2004~2024 (蒐集率%)	高雄港 2018~2024 (蒐集率%)	安平港 2002~2024 (蒐集率%)	布袋港 2021~2024 (蒐集率%)	臺中港 2004~2024 (蒐集率%)	臺北港 2002~2024 (蒐集率%)	澎湖港 2022~2024 (蒐集率%)
1	740 (99.5%)	11,772 (79.1%)	14,011 (94.2%)	4,264 (95.5%)	13,806 (84.3%)	2,217 (99.3%)	10,701 (78.6%)	12,714 (77.7%)	1,307 (87.8%)
2	677 (97.3%)	11,664 (86.0%)	12,018 (88.6%)	3,784 (92.7%)	11,561 (77.4%)	2,035 (99.8%)	9,919 (73.1%)	12,376 (82.9%)	1,352 (98.8%)
3	716 (97.6%)	13,736 (92.3%)	12,802 (86.0%)	3,904 (87.5%)	11,195 (68.4%)	2,219 (99.4%)	9,107 (61.2%)	13,633 (83.3%)	1,472 (98.9%)
4	716 (99.4%)	12,605 (87.5%)	11,807 (82.0%)	4,187 (96.9%)	11,044 (69.7%)	2,311 (96.3%)	10,108 (70.2%)	12,512 (79.0%)	1,424 (98.9%)

表3-6 歷年逐月海流觀測資料有效記錄時數統計表 (續)

月份	基隆港 2023~2024 (蒐集率%)	蘇澳港 2004~2024 (蒐集率%)	花蓮港 2004~2024 (蒐集率%)	高雄港 2018~2024 (蒐集率%)	安平港 2002~2024 (蒐集率%)	布袋港 2021~2024 (蒐集率%)	臺中港 2004~2024 (蒐集率%)	臺北港 2002~2024 (蒐集率%)	澎湖港 2022~2024 (蒐集率%)
5	738 (99.2%)	13,164 (88.5%)	12,032 (80.9%)	4,358 (97.6%)	11,889 (72.6%)	2,962 (99.5%)	11,554 (77.6%)	12,583 (76.9%)	1,483 (99.7%)
6	717 (99.6%)	13,086 (88.5%)	11,879 (82.5%)	4,240 (98.1%)	10,907 (68.9%)	2,808 (97.5%)	13,108 (86.7%)	11,149 (70.4%)	1,429 (99.2%)
7	741 (99.6%)	13,510 (86.5%)	11,750 (79.0%)	4,381 (98.1%)	12,128 (74.1%)	2,145 (72.1%)	14,853 (95.1%)	12,713 (77.7%)	1,410 (94.8%)
8	1,229 (96.6%)	13,524 (86.6%)	14,207 (91.6%)	4,208 (94.3%)	11,620 (71.0%)	2,218 (74.5%)	14,238 (91.1%)	13,675 (83.5%)	1,482 (99.6%)
9	1,420 (98.6%)	14,125 (93.4%)	14,301 (94.6%)	4,091 (81.2%)	11,611 (72.1%)	2,529 (87.8%)	13,586 (89.9%)	12,068 (76.2%)	1,439 (99.9%)
10	1,479 (99.4%)	12,891 (81.5%)	14,561 (93.2%)	4,796 (92.1%)	9,187 (56.1%)	2,883 (96.9%)	12,493 (80.0%)	10,322 (63.1%)	2,227 (99.8%)
11	1,422 (98.8%)	11,780 (77.9%)	13,411 (88.7%)	4,782 (94.9%)	10,158 (64.1%)	2,832 (98.3%)	11,707 (77.4%)	8,708 (55.0%)	2,152 (99.6%)
12	736 (98.9%)	12,472 (83.8%)	13,226 (88.9%)	4,254 (95.3%)	12,298 (75.6%)	2,067 (92.6%)	9,636 (64.8%)	10,821 (66.4%)	1,405 (94.4%)
歷年	11,341 (98.7%)	154,329 (86.0%)	156,005 (87.6%)	51,249 (93.5%)	137,404 (71.3%)	29,226 (92.3%)	142,010 (79.0%)	143,274 (74.3%)	18,582 (97.8%)

3.2.1 流速分析

近岸海域之海流場現象，主要外力有潮汐、波力及風力等，海流之組成主要是大範圍長時間之恒流、季風吹襲產生的風吹流及水位變化導致的潮流等因素組成。恒流為大範圍長時段之洋流活動，如臺灣東海岸外的黑潮等，其主流範圍在東海岸外海較為明顯，黑潮支流流經臺灣海峽，故海峽夏季常受黑潮支流影響呈現較強烈之北向流。另風吹流係風經一段時間吹送所引起之近表面流，在季風盛行期此種水之搬運較為可觀。各港歷年海流流速觀測資料分布統計、機率分布，整理如表3-7、圖3.33~圖3.41，流速資料分析如下：

基隆港測站歷年流速平均為21.1 cm/s，為本報告各港最低，69.2%流速低於半節(25.7 cm/s)，半節~1節(25.7~51.4 cm/s)佔28.2%，1~2節(51.4~103 cm/s)佔2.7%，2節(103 cm/s)以上為0%，四季流速分布曲

線相似，皆以半節以下流速佔比最高，均無2節以上流速，春季流速平均20.7 cm/s，70.6%流速低於半節，半節～1節為26.7%，1～2節佔2.7%，夏季流速平均20.5 cm/s，半節以下流速佔71%，半節～1節26.9%，1～2節2%，秋季流速平均21.7 cm/s，半節流以下佔66.9%，半節～1節佔30.3%，1～2節佔2.8%，冬季平均流速21 cm/s，有69.9%流速低於半節，26.9%流速介於半節～1節，1～2節佔3.2%，此佔比高於其餘各季。

蘇澳港歷年全期流速平均17.7 cm/s，79.4%海流流速低於半節，18.4%位於半節～1節，1～2節佔2.2%，2節以上為0%，四季統計資料，春夏秋冬近8成流速皆低於半節流，2節流以上佔比皆為0%，春季時，蘇澳港海域流速平均17.4 cm/s，海流流速80%低於半節，半節～1節18.2%，1～2節佔1.8%，夏季流速平均17.1 cm/s，80.6%流速低於半節，17.6%流速介於半節～1節，1.7%流速於1～2節間，秋季流速平均18.4 cm/s，整季77.8%流速未達半節，半節～1節19.6%，1～2節2.6%，蘇澳港冬季流速平均18 cm/s，79%流速低於半節，18.2%流速介於半節～1節間，1～2節為2.8%。

花蓮港位於蘇澳港南方約70~80 km，歷年全期流速平均18.7 cm/s，流速分布77.6%低於半節，19.4%流速介於半節～1節，1～2節3%，2節以上為0%，四季流速分布與基隆港、蘇澳港相似，7~8成流速低於半節，2節以上之流速趨近於0%，花蓮港春季流速平均18.2 cm/s，78.7%流速低於半節，18.9%介於半節～1節，1～2節佔2.4%，夏季流速平均19.1 cm/s，略高於春季，半節流以下佔76.7%，半節～1節20.1%，1～2節3.2%，秋季流速平均20.4 cm/s，高於其餘三季，未達半節之流速佔73.6%，半節～1節21.6%，1～2節4.7%，冬季流速平均低於其他三季，整季平均17 cm/s，81.6%流速低於半節，16.8%流速介於半節～1節，1～2節佔1.6%。

高雄港歷年流速平均27.3 cm/s，52.9%流速低於半節，38.2%介於半節～1節，8.9%於1～2節，2節以上流速僅佔0.1%，四季流速統計，春季流速平均24.9 cm/s，低於其餘三季，整季半節以下流速佔57.5%，半節～1節37.1%，1～2節為5.4%，高於2節流速為0%，夏季高雄港測

站流速平均為26.9 cm/s，55%流速低於半節，35.7%於半節～1節間，1～2節為9.1%，0.1%流速高於2節，秋季流速平均最高，整季平均29 cm/s，49.3%流速低於半節，39.6%介於半節～1節，1～2節佔11.1%，2節以上流速0.1%，高雄港測站冬季期間流速平均為28 cm/s，僅低於秋季，50.1%流速低於半節，40.2%介於半節～1節，1～2節為9.7%，2節以上為0%。

安平港於高雄港北方約40 km，兩港歷年流速機率分布曲線相似，安平港歷年流速平均23.7 cm/s，半節以下流速佔62.6%，半節～1節間為31.5%，5.8%流速介於1～2節，2節以上流速僅0.1%，春季流速分布與冬季相似，春季流速平均20.4 cm/s，冬季為20.5 cm/s，兩季於半節以下流速皆佔約7成，春季半節～1節流速佔25.9%，冬季則有26.5%介於該區間，兩季1～2節流速佔比，春季3%，冬季2.9%，2節以上流速皆為0%，安平港夏季受西南季風影響，流速平均28.9 cm/s，高於其餘三季，50.1%流速低於半節，38.1%流速介於半節～1節，1～2節間佔11.5%，2節流以上僅佔0.3%，秋季流速平均25.2 cm/s，四季中僅次於夏季，整季有57.6%流速低於半節，36.3%流速介於半節～1節，1～2節佔整季6%，2節流以上僅0.1%。

布袋港歷年流速平均22.3 cm/s，半節流以下佔了66.5%，29.6%流速介於半節～1節間，1～2節佔3.8%，高於2節流速為0%，四季流速統計，春季流速較低，整季平均18.6 cm/s，低於其餘三季，80%低於半節，18.2%介於半節～1節間，1～2節流佔1.9%，整季無2節以上之流速，布袋港夏季期間，港區受西南季風影響，流速平均上升至25 cm/s，高於各季，相較於春季，夏季半節流以下佔比下降至57.8%，半節～1節流上升至36.4%，5.7%流速於1～2節間，整季有0.1%流速高於2節，秋季流速平均23.8 cm/s，四季中僅次於夏季，半節流以下佔59.9%，35.9%流速於半節～1節間，1～2節流佔4.2%，無2節以上流速，布袋港冬季流速平均21.5 cm/s，69.1%流速低於半節，有27.3%流速介於半節～1節間，1～2節流為3.6%，整季無流速高於2節。

臺中港歷年流速平均38 cm/s，各港中僅低於臺北港，近4成流速

介於半節～1節間，有35.7%流速於半節以下，22.2%於1～2節間，2.1%流速高於2節，臺中港冬季在東北季風影響下，平均風速可達6級以上，於此風力環境中，冬季流速平均來到44.5 cm/s，此值高於各港，28%流速介於1～2節間，高於各季，半節流以下佔29.6%，37.7%於半節～1節，4.8%流速高於2節，春季流速較低，平均33 cm/s，半節以下及半節～1節流速各佔約42%，1～2節流有15.4%，0.8%流速高於2節，夏季流速平均37.1 cm/s，42.2%流速介於半節～1節間，1～2節流佔23.3%，僅次於冬季，臺中港秋季期間流速平均為37.9 cm/s，37.4%流速低於半節，38.6%於半節～1節間，1～2節流佔了21.6%，2節以上流速佔2.4%。

臺北港歷年流速平均41.4 cm/s，為本計畫各港最高，1～2節流佔比高達33.1%，此百分比高於其餘港口，1～2節流佔比四季中除夏季佔比25.7%較低外，其餘三季皆高於三成，春季33.9%，秋季37.5%，冬季36.6%，此流場特性，對於從事水域作業之人員，需甚為留意，歷年流速統計，臺北港海域有29.1%流速於半節以下，半節～1節流則有37.3%，2節流以上佔0.5%，四季統計數據顯示，各季高於2節以上之海流佔比約為0.5%，夏季流速平均較低，但仍維持半節以上，整季平均37.9 cm/s，有33.8%流速低於半節，半節～1節間佔40%，春秋冬三季流速平均甚高，春季41.6 cm/s，秋季43.7 cm/s，冬季42.8 cm/s，如前所述，約有1/3流速介於1～2節間。

澎湖港歷年流速平均34.4 cm/s，近5成流速介於半節～1節間，半節以下34.2%，1～2節佔17.7%，全期及四季皆無2節以上之流況，春季流速平均32.9 cm/s，36.7%流速低於半節，半節～1節間47.8%，1～2節15.6%，澎湖測站夏季流速平均34.6 cm/s，37%流速低於半節，42.6%流速介於半節～1節間，1～2節佔比20.4%，秋季流速平均高於其餘三季，整季平均35.9 cm/s，1～2節流佔比20.4%，近3成流速低於半節，48.3%流速於半節～1節間，冬季期間澎湖測站歷年流速平均為33.5 cm/s，高達54.2%流速於半節～1節間，半節流以下佔了32.6%，13.2%海流流速介於1～2節間，此百分比低於其餘三季。

水域工作屬高風險作業，海流流速大小攸關水下作業潛水人員安全，選定平潮作業，避開大潮，潛水員可於較穩定水體中執行任務，可提升人員安全性及作業效率，作業水域流速過高，除了增加潛水員體力負荷，亦伴隨著較高之風險，本節僅針對流場進行探討，實際水域作業，仍需針對波場、風場及水體濁度等環境因素通盤考量，於最佳作業條件下執行。綜整9港歷年流速分布特性，並將各港四季及全期海流流速，彙整如圖3.42～圖3.46，港區代號如3.1.1節所述，春季，東北季風減弱，西南季風逐漸增強，東北角基隆港，東部海域蘇澳及花蓮港，及西南海域布袋、安平與高雄港，流速平均皆低於半節（25.7 cm/s），對於水域作業，提供相對較友善之作業環境，臺北港距基隆港約40 km，歷年春季流速差異甚大，臺北港流速約基隆港2倍，臺中及離島澎湖測站，流速平均皆有半節以上，流速最低之港口為蘇澳港17.4 cm/s，最高之港口為臺北港41.6 cm/s。

夏季，在西南季風影響下，西南海域安平及布袋，流速有明顯增加趨勢，夏季安平港流速平均28.9 cm/s，較春季上升8.5 cm/s，為本季流速成長幅度最高之港口，布袋流速平均25 cm/s，較春季增加6.4 cm/s，增加幅度僅次安平港，同位於西南海域之高雄港，夏季流速漲幅不大，較春季增加2 cm/s，東北角基隆港及東部海域蘇澳、花蓮港，春夏兩季流速差異不大，差異在±1 cm/s內，臺中港及離島澎湖，夏季流速略高於春季，流速增幅約2~4 cm/s，臺北港夏季流速平均37.9 cm/s，較春季降低3.7 cm/s。

入秋後，西南季風減弱，取而代之為逐漸增強的東北季風，各港隨著季節變化，流速消長程度不同，北部之臺北港，入秋季，流速平均上升至43.7 cm/s，較夏季增加5.8 cm/s，為本季流速成長幅度最高之港口，安平、布袋港隨著季節風場變化，對比夏季流速減弱約1~4 cm/s，基隆、蘇澳、花蓮、高雄及臺中港，相較夏季，流速增幅約1~2 cm/s，澎湖測站秋季流速35.9 cm/s，較夏季成長1.3 cm/s。

冬季，隨著東北季風增強，臺中港流速平均達到44.5 cm/s，湍急水流、低溫環境加上混濁水體，都將增加水域作業風險，潛水作業主

管務必全程掌握水域作業狀況，港口地理位置差異，呈現出不同流場特性，對比夏季，來自西南向之風場，冬夏季流速差較明顯之港口為安平、臺中及臺北港，安平港冬季流速平均20.5 cm/s，比夏季降低8.4 cm/s，臺北港冬季流速平均42.8 cm/s，較夏季增加4.9 cm/s，臺中港流速增幅最明顯，冬夏兩季流速差為7.4 cm/s（約1.2倍），而基隆、蘇澳、花蓮、高雄及澎湖，冬夏季流速差約在±2 cm/s內。

歷年全期流向統計，9港中有5港流速平均不到半節，分別為東北角基隆港，東部海域蘇澳、花蓮港及西南海域安平、布袋港，其中，蘇澳與花蓮港流速皆低於20 cm/s，對於港外水域工作而言，平緩的水流有利於潛水員執行水下目標定位搜索，半節流以上港口有高雄港（27.3 cm/s）、臺中港（38 cm/s）、臺北港（41.4 cm/s）及澎湖港（34.4 cm/s），高雄港在西南海域中，有較高之流速，略高於安平及布袋港，臺北港測站位於淡水河口外，歷年觀測流速為9港最高，在水流較湍急水域中作業，加重潛水員體力負荷，而水下能見度不佳，也會增加潛水員心理負擔，作業風險也隨之上升，潛水作業主管務必確實掌握水下人員狀況，以利即時應變。

表3-7 歷年各站分季流速分布統計表

基隆港					
季節	流速平均 (cm/s)	流速<25.7 cm/s (%)	流速25.7~51.4 cm/s(%)	流速51.4~103 cm/s(%)	流速>103 cm/s(%)
春	20.7	70.6	26.7	2.7	0.0
夏	20.5	71.0	26.9	2.0	0.0
秋	21.7	66.9	30.3	2.8	0.0
冬	21.0	69.9	26.9	3.2	0.0
全期	21.1	69.2	28.2	2.7	0.0
蘇澳港					
季節	流速平均 (cm/s)	流速<25.7 cm/s (%)	流速25.7~51.4 cm/s(%)	流速51.4~103 cm/s(%)	流速>103 cm/s(%)
春	17.4	80.0	18.2	1.8	0.0
夏	17.1	80.6	17.6	1.7	0.0
秋	18.4	77.8	19.6	2.6	0.0
冬	18.0	79.0	18.2	2.8	0.0
全期	17.7	79.4	18.4	2.2	0.0
花蓮港					
季節	流速平均 (cm/s)	流速<25.7 cm/s (%)	流速25.7~51.4 cm/s(%)	流速51.4~103 cm/s(%)	流速>103 cm/s(%)
春	18.2	78.7	18.9	2.4	0.0
夏	19.1	76.7	20.1	3.2	0.0
秋	20.4	73.6	21.6	4.7	0.1
冬	17.0	81.6	16.8	1.6	0.0
全期	18.7	77.6	19.4	3.0	0.0
高雄港					
季節	流速平均 (cm/s)	流速<25.7 cm/s (%)	流速25.7~51.4 cm/s(%)	流速51.4~103 cm/s(%)	流速>103 cm/s(%)
春	24.9	57.5	37.1	5.4	0.0
夏	26.9	55.0	35.7	9.1	0.1
秋	29.0	49.3	39.6	11.1	0.1
冬	28.0	50.1	40.2	9.7	0.0
全期	27.3	52.9	38.2	8.9	0.1
安平港					
季節	流速平均 (cm/s)	流速<25.7 cm/s (%)	流速25.7~51.4 cm/s(%)	流速51.4~103 cm/s(%)	流速>103 cm/s(%)
春	20.4	71.0	25.9	3.0	0.0
夏	28.9	50.1	38.1	11.5	0.3
秋	25.2	57.6	36.3	6.0	0.1
冬	20.5	70.6	26.5	2.9	0.0
全期	23.7	62.6	31.5	5.8	0.1

表3-7 歷年各站分季流速分布統計表 (續)

布袋港					
季節	流速平均 (cm/s)	流速<25.7 cm/s (%)	流速25.7~51.4 cm/s(%)	流速51.4~103 cm/s(%)	流速>103 cm/s(%)
春	18.6	80.0	18.2	1.9	0.0
夏	25.0	57.8	36.4	5.7	0.1
秋	23.8	59.9	35.9	4.2	0.0
冬	21.5	69.1	27.3	3.6	0.0
全期	22.3	66.5	29.6	3.8	0.0
臺中港					
季節	流速平均 (cm/s)	流速<25.7 cm/s (%)	流速25.7~51.4 cm/s(%)	流速51.4~103 cm/s(%)	流速>103 cm/s(%)
春	33.0	42.1	41.7	15.4	0.8
夏	37.1	33.9	42.2	23.3	0.6
秋	37.9	37.4	38.6	21.6	2.4
冬	44.5	29.6	37.7	28.0	4.8
全期	38.0	35.7	40.1	22.2	2.1
臺北港					
季節	流速平均 (cm/s)	流速<25.7 cm/s (%)	流速25.7~51.4 cm/s(%)	流速51.4~103 cm/s(%)	流速>103 cm/s(%)
春	41.6	28.9	37.2	33.4	0.5
夏	37.9	33.8	40.0	25.7	0.5
秋	43.7	26.3	35.7	37.5	0.5
冬	42.8	26.9	36.0	36.6	0.4
全期	41.4	29.1	37.3	33.1	0.5
澎湖港					
季節	流速平均 (cm/s)	流速<25.7 cm/s (%)	流速25.7~51.4 cm/s(%)	流速51.4~103 cm/s(%)	流速>103 cm/s(%)
春	32.9	36.7	47.8	15.6	0.0
夏	34.6	37.0	42.6	20.4	0.0
秋	35.9	31.3	48.3	20.4	0.0
冬	33.5	32.6	54.2	13.2	0.0
全期	34.4	34.2	48.1	17.7	0.0

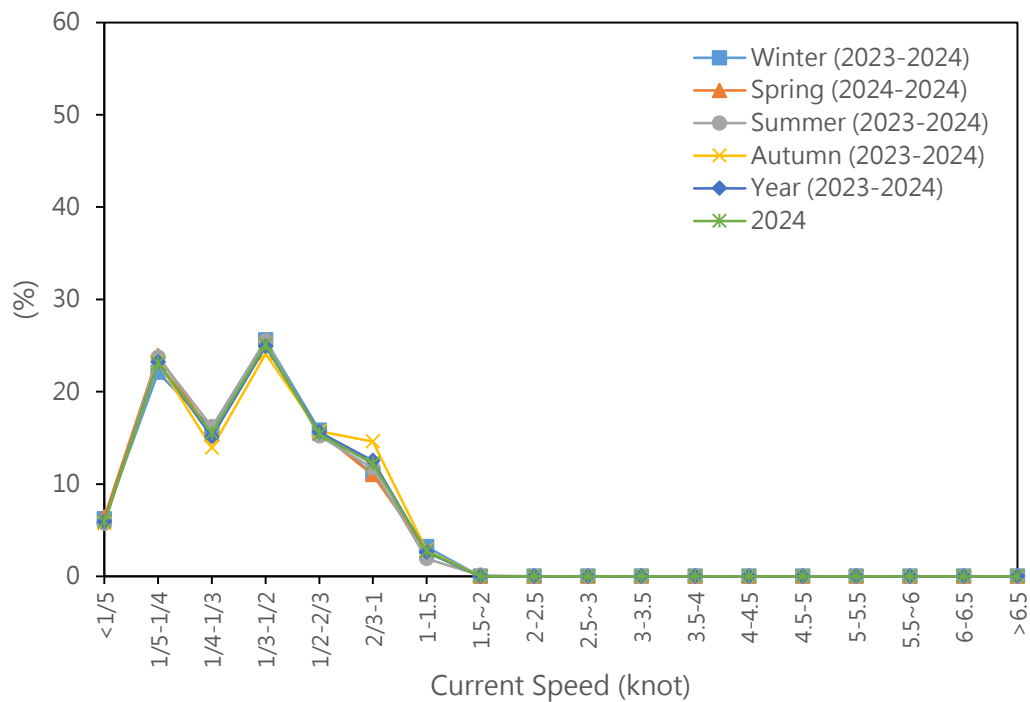


圖3.33 基隆港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

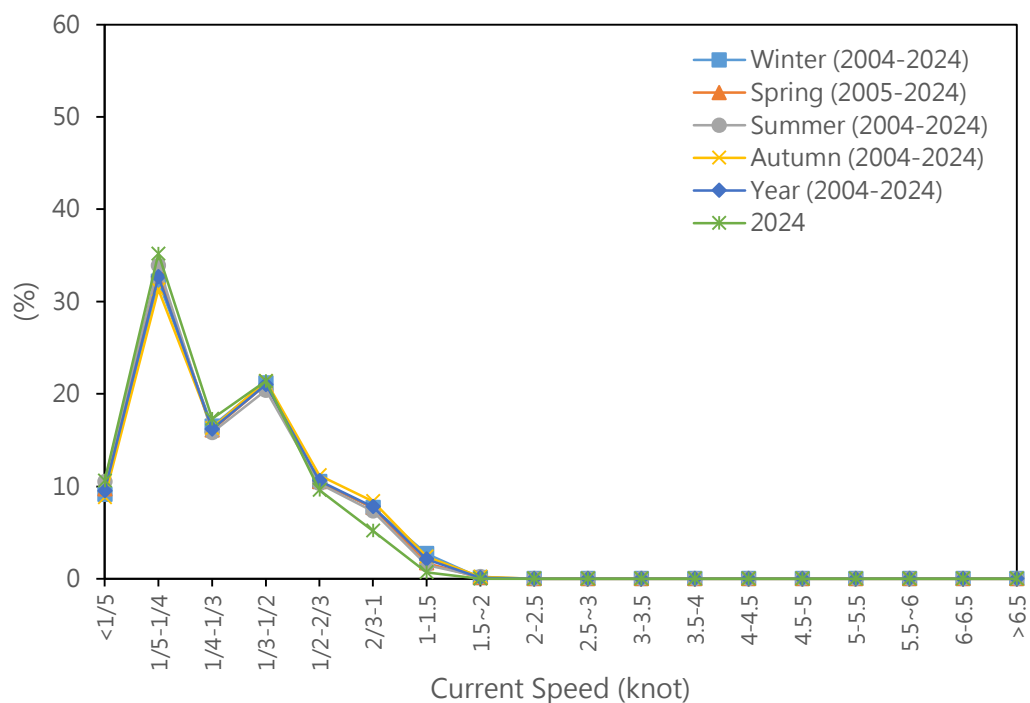


圖3.34 蘇澳港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

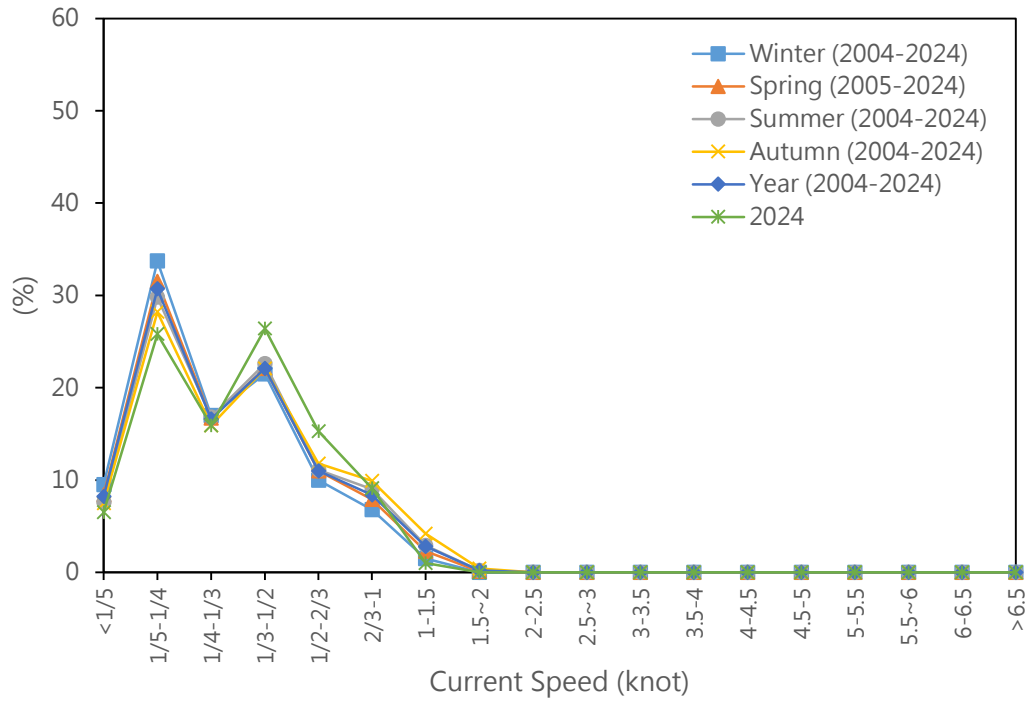


圖3.35 花蓮港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

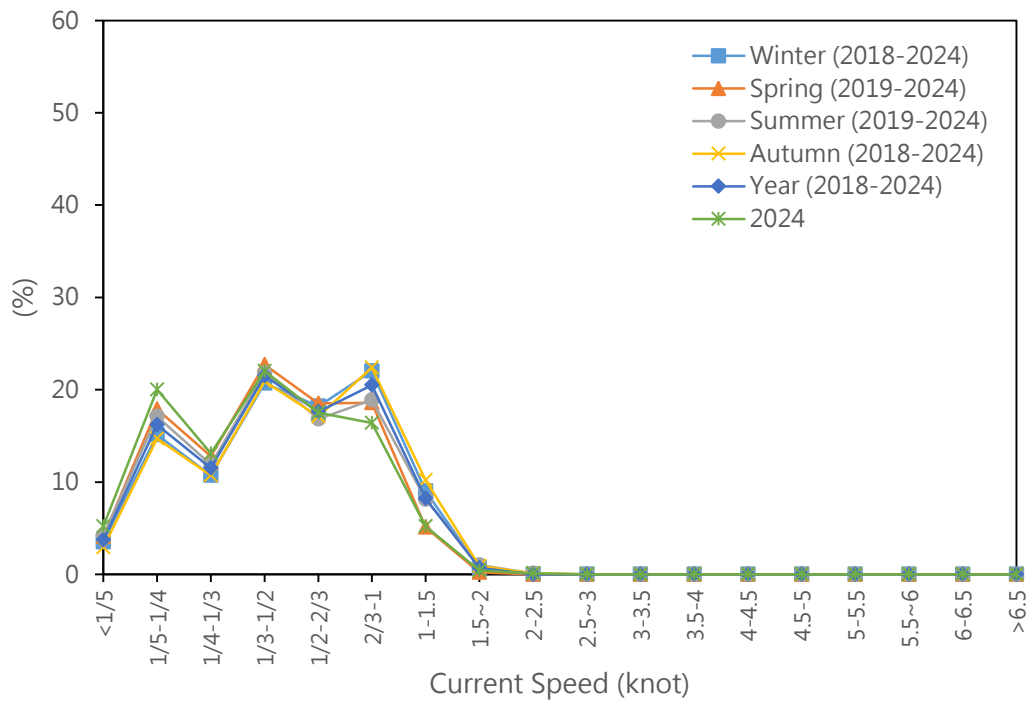


圖3.36 高雄港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

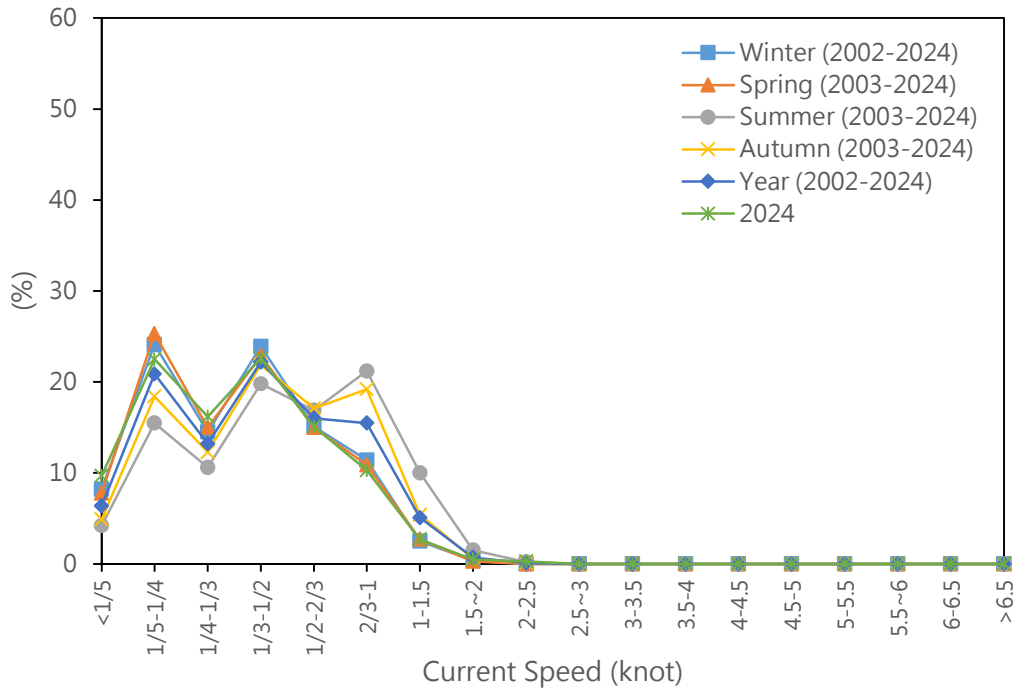


圖3.37 安平港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

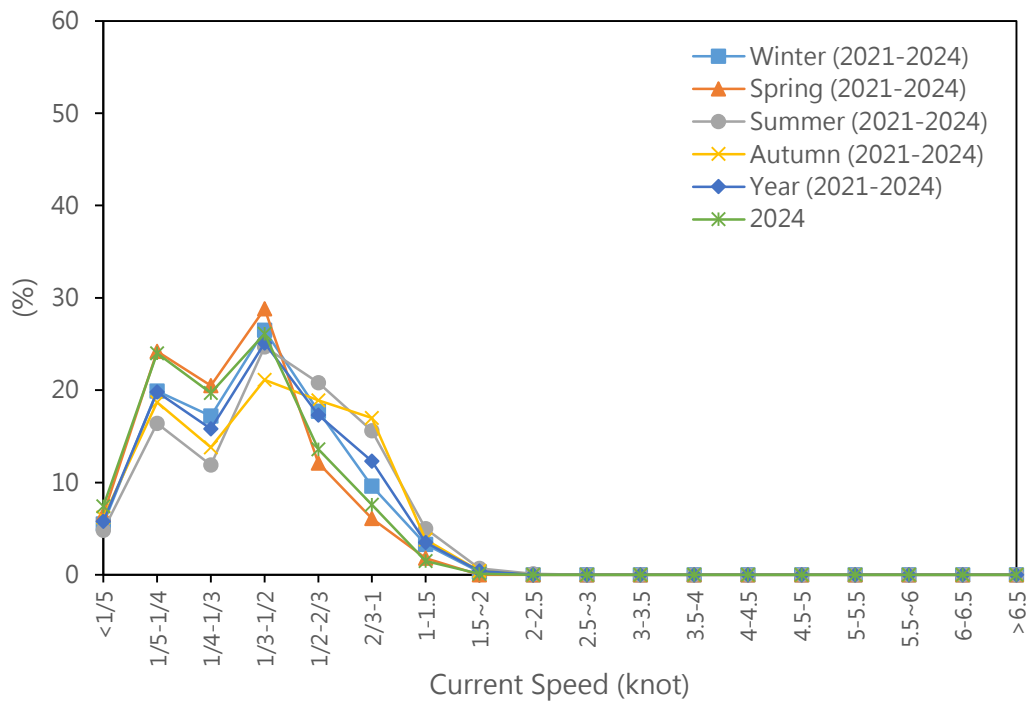


圖3.38 布袋港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

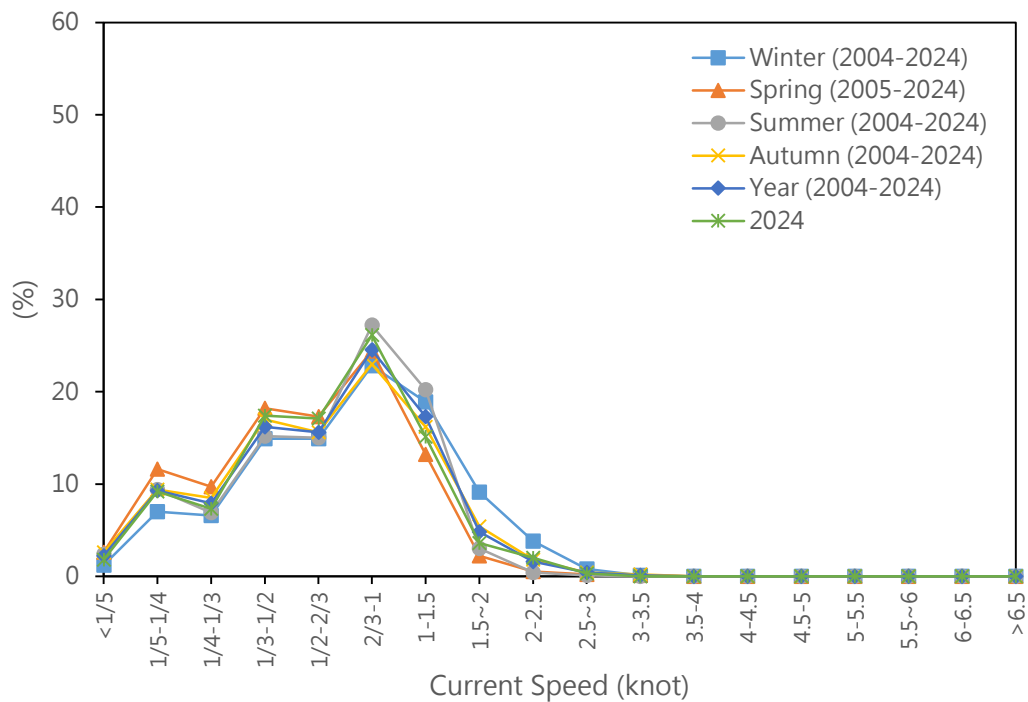


圖3.39 臺中港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

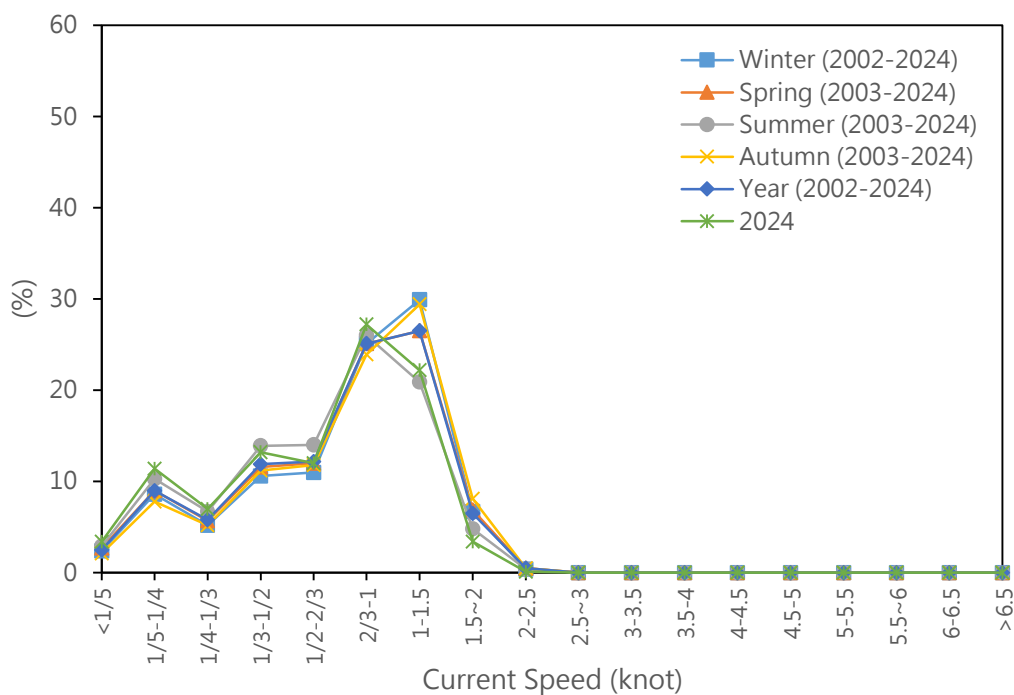


圖3.40 臺北港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

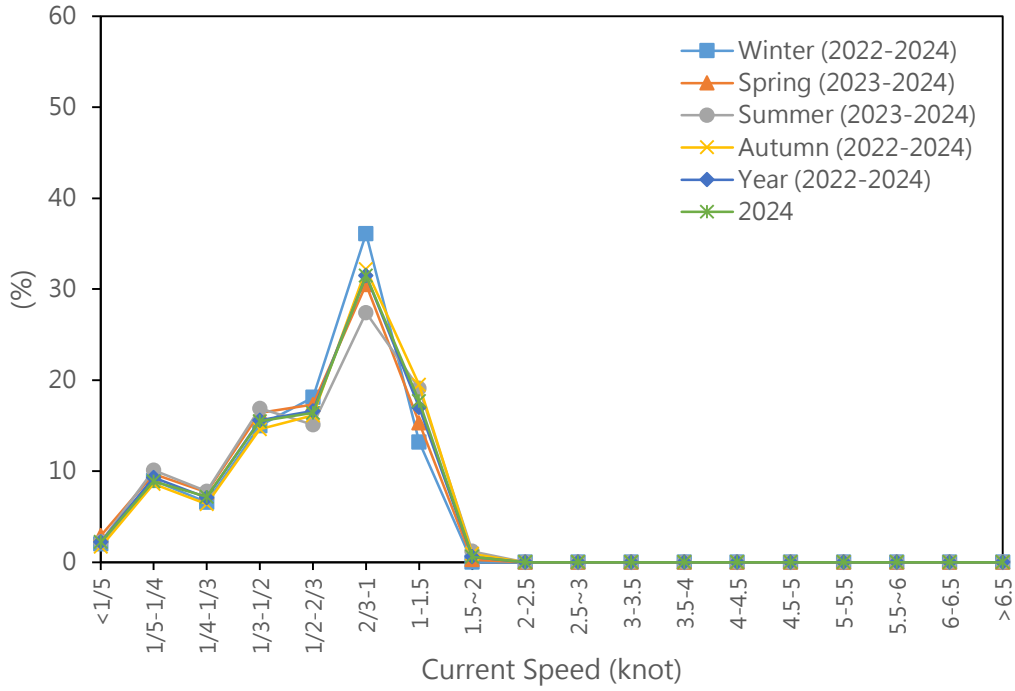


圖3.41 澎湖港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

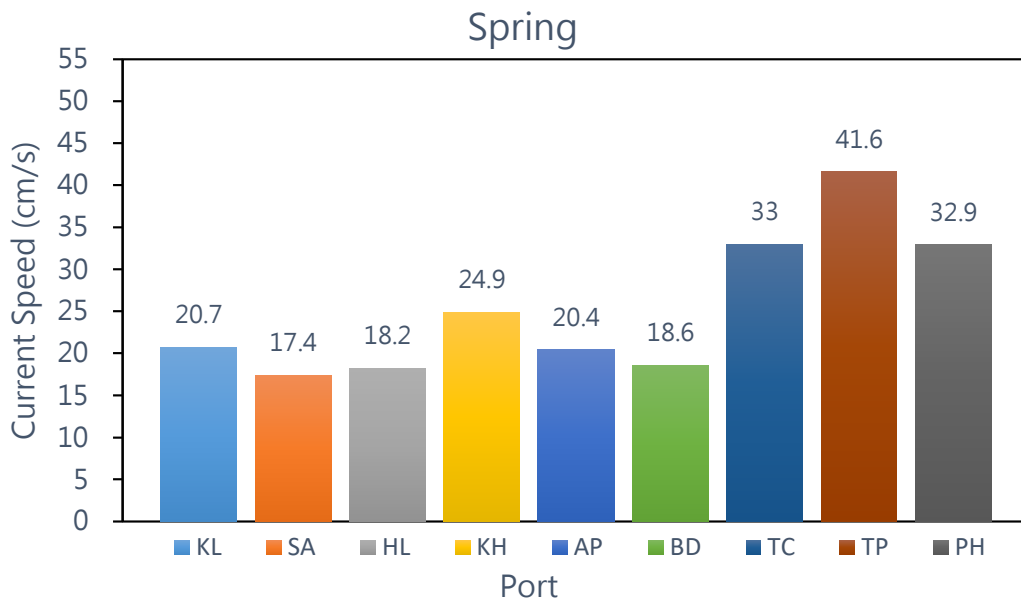


圖3.42 歷年春季各港流速分布圖

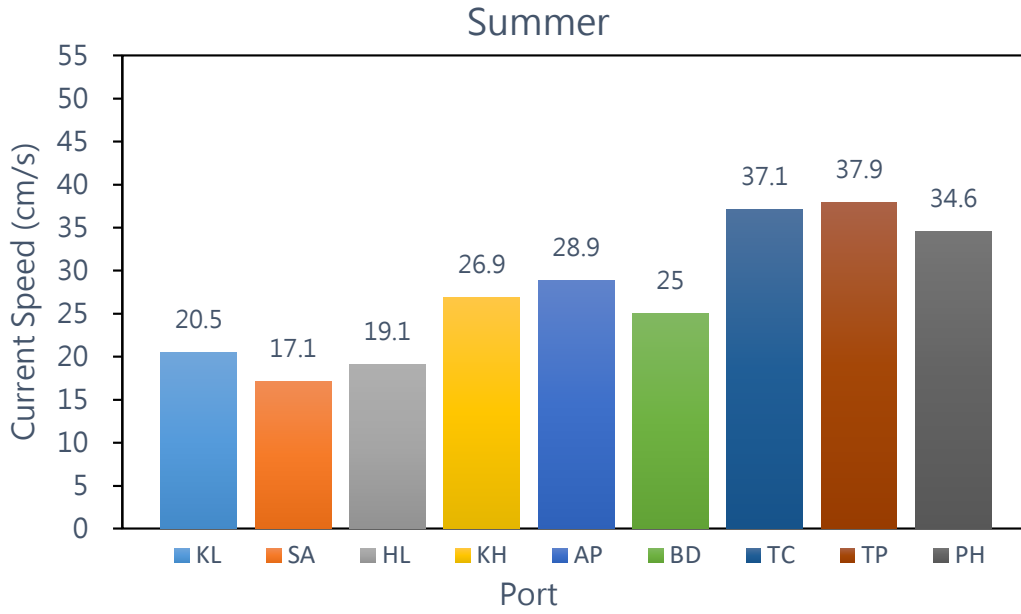


圖3.43 歷年夏季各港流速分布圖

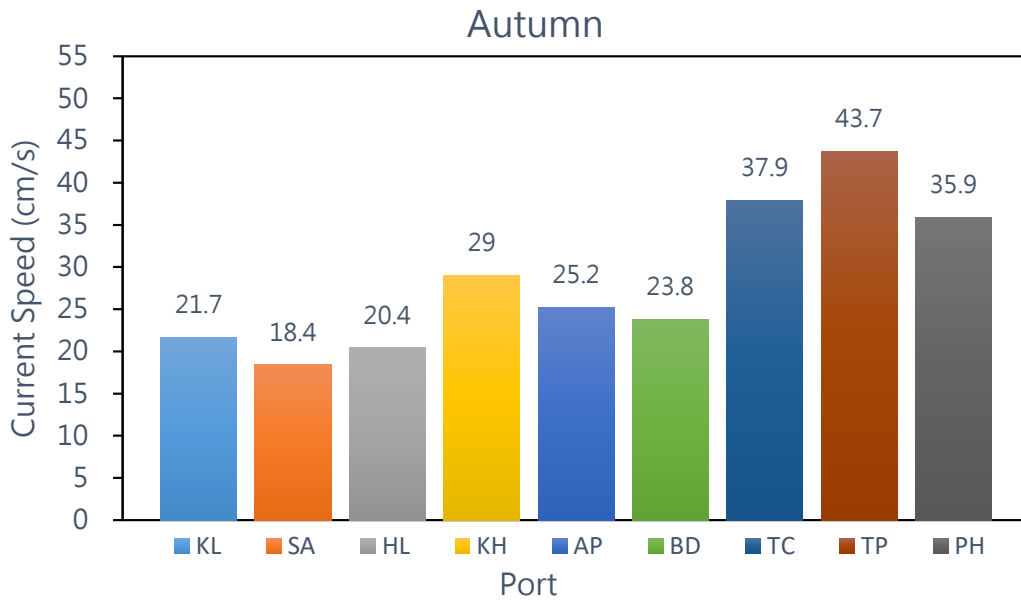


圖3.44 歷年秋季各港流速分布圖

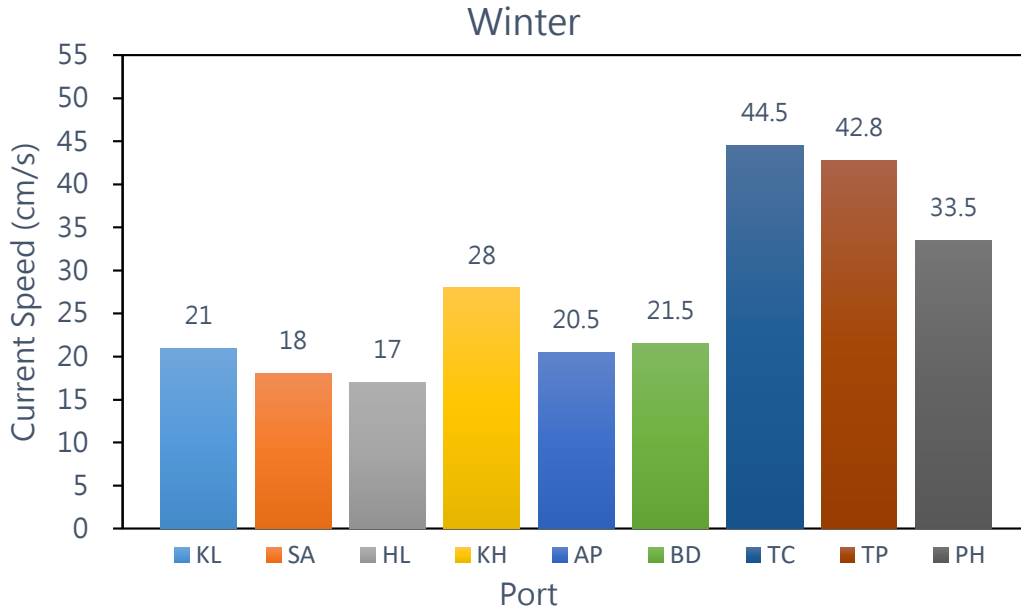


圖3.45 歷年冬季各港流速分布圖

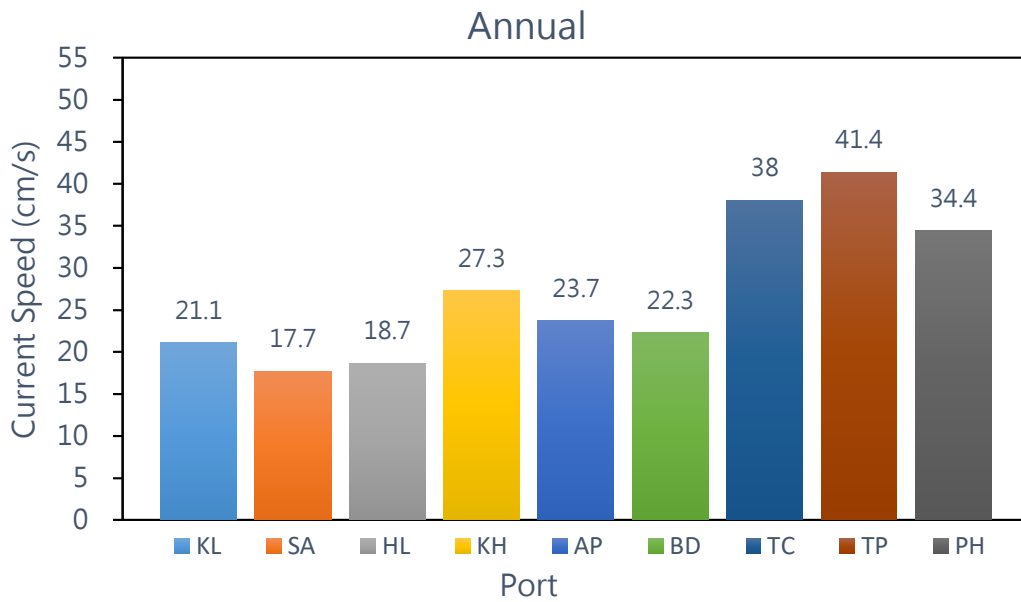


圖3.46 歷年全觀測期各港流速分布圖

3.2.2 流向分析

各港歷年海流流向觀測資料分布統計（四象限）、機率分布（16分位），整理如表3-8、圖3.47～圖3.55，資料分析如下：

基隆港測站鄰近基隆港口，歷年統計資料顯示，海流運動方向於E~S及S~W兩象限間往復流動，有40.7%位於E~S，33.3%於S~W，以16分位劃分，主流為ESE向，佔18.7%。四季統計資料，海流流動方向集中於E~S與S~W兩象限，兩象限總佔比約70~80%，四季運動軌跡相似，季節特性不明顯，夏季時，主流為ESE向（19.8%），四象限佔比分別為N~E象限14%，E~S 40.9%，S~W 28.2%，W~N 16.9%，基隆港冬季期間主流為E向（20.9%），在東北季風影響下，W~N象限佔比減少，佔整季8.7%，低於其餘各季，N~E象限佔12.9%，E~S象限41.9%，S~W象限36.5%。

地處臺灣東部海域之蘇澳港，歷年全期海流主要於N~E及S~W象限間流動，統計數據顯示海流運動軌跡有29.1%位於N~E象限，31.7%於S~W象限，主流為N向，佔比12.8%，四季流向統計，東北季風期間，蘇澳港秋季主流方向位於SSW向，佔11.1%，冬季主流為SW向，佔11%，冬季期間，四象限中海流運動方向佔比最高為S~W象限（35.7%），其次為N~E象限（22.8%），春夏兩季主流皆為N向，佔比約15%，春季海流運動方向整季30.1%位在N~E象限，29.7%位於S~W象限，蘇澳港夏季期間，N~E象限佔36.5%，27%位於S~W象限。

花蓮港歷年流向統計，海流運動軌跡主要位於N~E（29.1%）及S~W（36.6%）兩象限，主流方向為SW向，佔11.4%，四季統計顯示，秋冬兩季主流向皆為SW向，秋季佔13.5%，冬季13%，花蓮港秋冬季時，港區受東北季風影響，約4成海流運動方向位於S~W象限，約25%流向位於N~E象限，春夏兩季主流皆為ENE向，春季佔11.6%，夏季10.7%，夏季時，海流流向有35.1%位於N~E象限，25.9%位於S~W象限。

西南海域之高雄港歷年流向統計顯示，海流運動方向E~S象限及

S~W象限各佔約1/3，26.9%位於W~N象限，N~E象限僅8%，主流為S向(19.2%)，四季統計數據，春秋冬三季主流向皆位於S向，春季19.3%，秋季21.2%，冬季23.7%，海流主要於E~S及S~W象限運動，以冬季為例，高雄港整季有39.8%流向位於E~S象限，33.7%於S~W象限，夏季流向產生偏折，主流位於NNW向，佔13.6%，整季流向33.7%於W~N象限，30.4%在S~W象限，E~S象限22.9%，N~E象限12.9%。

安平港測站歷年流向主要集中在E~S(36.9%)及W~N(36.9%)象限，海流主流方向為SSE，佔15.7%，四季海流運動軌跡一致，主要於E~S及W~N象限週期性往復流動，夏季期間，海流運動軌跡45%於W~N象限，31.2%於E~S象限，S~W象限為18.1%，N~E象限5.7%，安平港冬季流向主要仍以E~S及W~N象限比率較高，但佔比產生變化，相比於夏季，E~S象限佔比上升至39.8%，W~N象限降至30.8%，冬夏兩季流向特性不同，四季主流向統計，春季主流方向為SSE向，佔15.6%，夏季主流向為NW(16.6%)，秋季主流向NW(16.1%)，冬季主流向則為SSE，佔18.5%。

布袋港歷年全期與四季流向集中在N~E及S~W象限，由流向機率分布曲線可發現2處明顯之峰值，歷年主流方向為NNE向，佔25.3%，海流運動方向逾八成落在N~E(45.4%)及S~W(36.1%)象限，其餘E~S象限為12.5%，W~N象限僅6.1%，四季主流方向統計，主流皆位於NNE向，佔比為春季20.4%，夏季28.9%，秋季29.2%，冬季22.1%，布袋港夏季期間，流向46%位於N~E象限，39.6%於S~W象限，冬季時，仍以N~E象限佔比44.3%最高，S~W象限34%次之，整體而言，布袋港四季流向變化不大。

臺中港歷年海流運動方向，以W~N象限38.3%佔比較高，其次依序為S~W象限30.5%，N~E象限27.9%，E~S象限3.2%，主流為N向，佔19%，四季統計資料，秋冬兩季，臺中港受東北季風影響，在高能量風力作用下，S~W象限佔比增加，秋季西南季風逐漸減弱，東北季風增強，41.9%流向位在S~W象限，W~N象限35.3%次之，冬季東北季風吹風能量強且穩定，S~W象限流向佔比上升至54.8%，其次為W~N

象限30.5%，臺中港春夏季海域流向分布與前述秋冬季略有差異，春季以W~N象限41.6%佔比最高，其次為N~E象限31.5%，夏季時，44.5%流向位於W~N象限，42.9%流向於N~E象限，四季主流向統計，春夏季主流方向皆為N向，春季佔20.2%，夏季30.7%，秋冬季海域流向改變，主流方向為WSW向，秋季佔24.5%，冬季32.9%。

臺北港歷年全期及四季流向分布集中在N~E與S~W象限，流向機率分布與布袋港相似，機率曲線呈現2處明顯峰值，E~S及W~N象限各別佔比皆低於10%，全期有45.4%流向在N~E象限，42.4%位於S~W象限，主流位於WSW向，佔23.2%，四季流向統計，海流運動方向集中於N~E與S~W象限，兩象限佔比加總各季皆超過8成，季節特性不明顯，以夏冬兩季為例，夏季時，臺北港外海流向46.4%位於N~E象限，38%於S~W象限，冬季期間，N~E象限佔44.4%，S~W象限為44.9%，主流方向，春秋冬三季皆位於WSW向，春季24.4%，秋季24.2%，冬季25.1%，夏季，臺北港受西南季風影響，主流向位於ENE向，佔20.1%。

澎湖港歷年流向分布以N~E象限50.5%佔比最高，其次依序為E~S象限24.4%，W~N象限16.2%及S~W象限8.8%，主流方向為E向(27.9%)，四季流向統計顯示，S~W象限佔比皆低於10%，春季9.1%，夏季7.3%，秋季9.7%，冬季8.8%，春季，隨著季風型態改變，53.9%流向位於N~E象限，19.5%於E~S象限，W~N象限佔17.4%，夏季西南季風期，N~E象限佔比上升至64.2%，E~S象限12.8%，W~N象限15.7%，秋冬季流向分布與春夏季不同，秋季流向以N~E象限44.3%最高，其次為E~S象限30.1%，冬季流向分布與秋季相似，N~E象限41.3%最高，E~S象限34.1%次之，四季主流向統計，春秋冬三季主流向皆位於E向，春季26.3%，秋季32%，冬季34.7%，夏季流向稍微偏折，主流於ENE向，佔31%。

表3-8 歷年各站分季流向分布統計表

基隆港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	E/21.1	12.9	39.4	35.5	12.2
夏	ESE/19.8	14.0	40.9	28.2	16.9
秋	ESE/19.3	9.8	40.6	33.7	15.9
冬	E/20.9	12.9	41.9	36.5	8.7
全期	ESE/18.7	12.0	40.7	33.3	14.1
蘇澳港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	N/14.6	30.1	18.9	29.7	21.3
夏	N/14.8	36.5	15.4	27.0	21.1
秋	SSW/11.1	26.2	20.2	34.7	19.0
冬	SW/11.0	22.8	21.2	35.7	20.3
全期	N/12.8	29.1	18.8	31.7	20.4
花蓮港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	ENE/11.6	30.3	19.9	35.9	14.0
夏	ENE/10.7	35.1	21.2	25.9	17.8
秋	SW/13.5	25.4	22.5	41.5	10.6
冬	SW/13.0	26.2	16.5	42.4	14.9
全期	SW/11.4	29.1	20.0	36.6	14.2
高雄港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	S/19.3	8.9	34.9	33.8	22.3
夏	NNW/13.6	12.9	22.9	30.4	33.7
秋	S/21.2	6.5	28.8	36.5	28.1
冬	S/23.7	3.7	39.8	33.7	22.8
全期	S/19.2	8.0	31.5	33.6	26.9
安平港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	SSE/15.6	8.9	38.4	17.5	35.2
夏	NW/16.6	5.7	31.2	18.1	45.0
秋	NW/16.1	5.2	38.2	19.5	37.1
冬	SSE/18.5	5.1	39.8	24.4	30.8
全期	SSE/15.6	6.2	36.9	20.0	36.9

表3-8 歷年各站分季流向分布統計表 (續)

布袋港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	NNE/20.4	43.5	13.5	37.2	5.8
夏	NNE/28.9	46.0	6.3	39.6	8.2
秋	NNE/29.2	47.4	12.8	33.7	6.1
冬	NNE/22.1	44.3	17.8	34.0	3.9
全期	NNE/25.3	45.4	12.5	36.1	6.1
臺中港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	N/20.2	31.5	2.3	24.6	41.6
夏	N/30.7	42.9	6.2	6.5	44.5
秋	WSW/24.5	20.0	2.8	41.9	35.3
冬	WSW/32.9	14.0	0.8	54.8	30.5
全期	N/19.0	27.9	3.2	30.5	38.3
臺北港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	WSW/24.4	46.8	4.5	43.2	5.5
夏	ENE/20.1	46.4	6.2	38.0	9.5
秋	WSW/24.2	44.0	4.5	44.0	7.6
冬	WSW/25.1	44.4	4.5	44.9	6.2
全期	WSW/23.2	45.4	4.9	42.4	7.2
澎湖港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	E/26.3	53.9	19.5	9.1	17.4
夏	ENE/31.0	64.2	12.8	7.3	15.7
秋	E/32.0	44.3	30.1	9.7	16.0
冬	E/34.7	41.3	34.1	8.8	15.8
全期	E/27.9	50.5	24.4	8.8	16.2

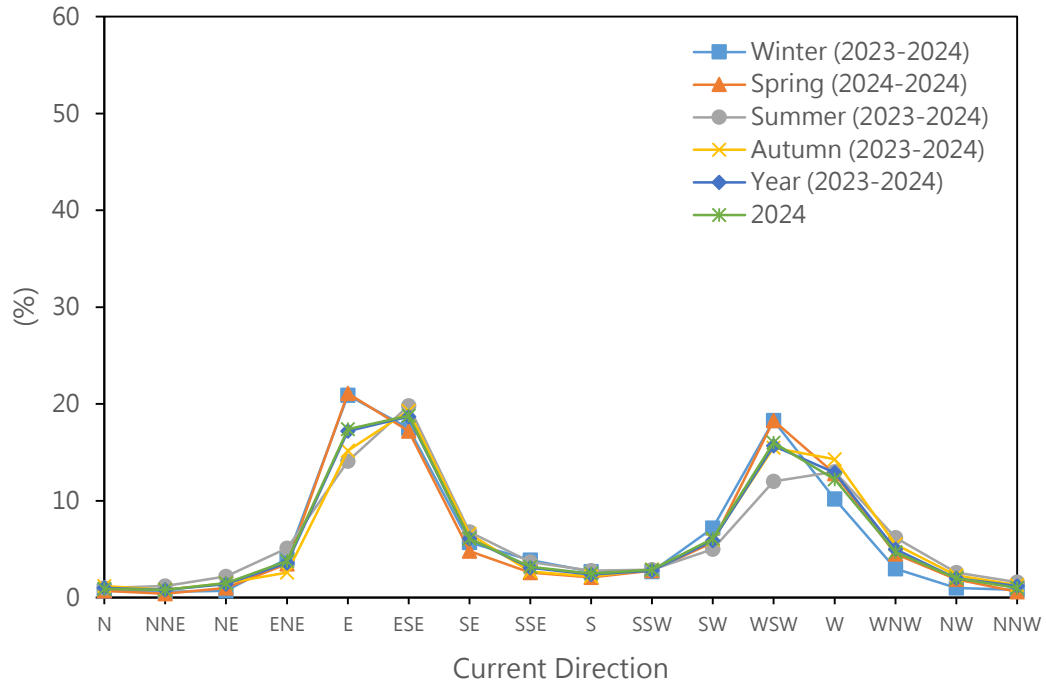


圖3.47 基隆港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

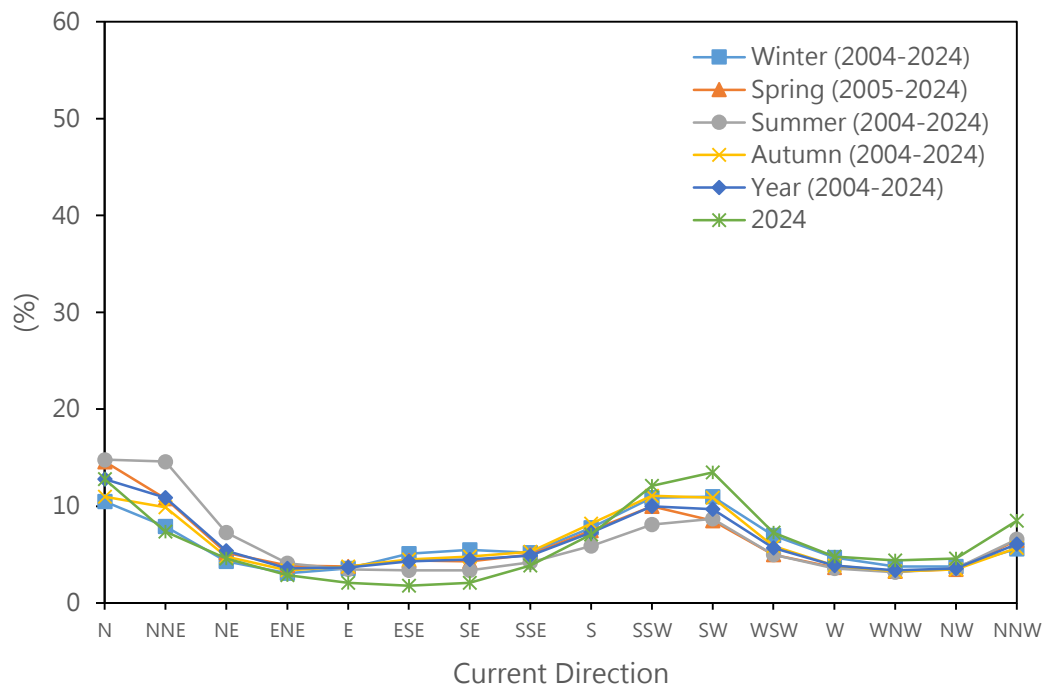


圖3.48 蘇澳港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

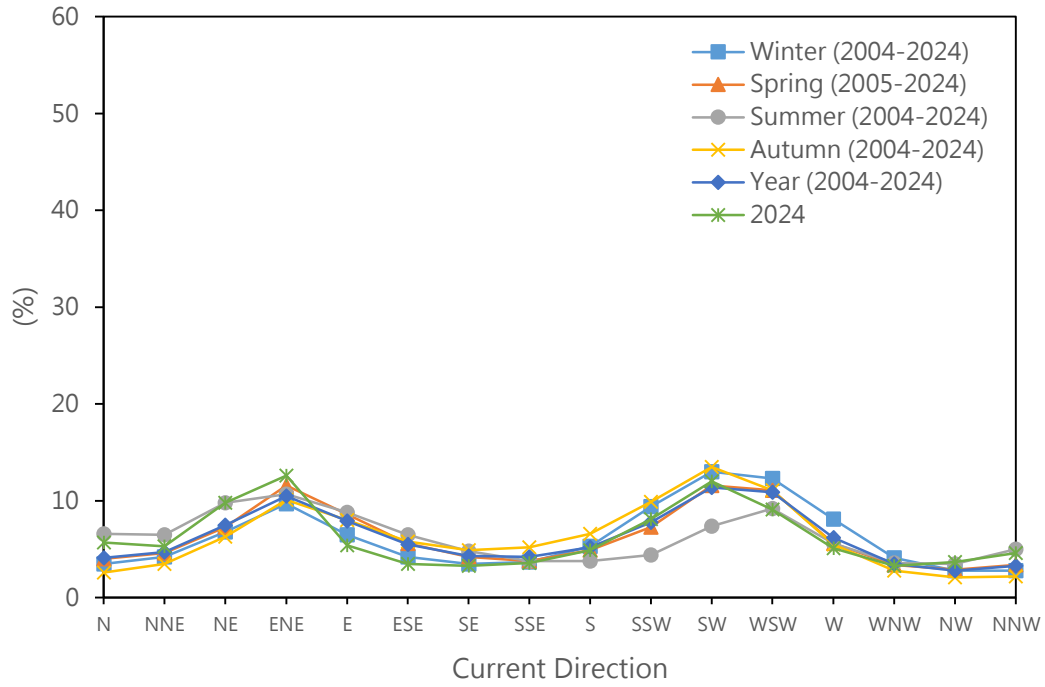


圖3.49 花蓮港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

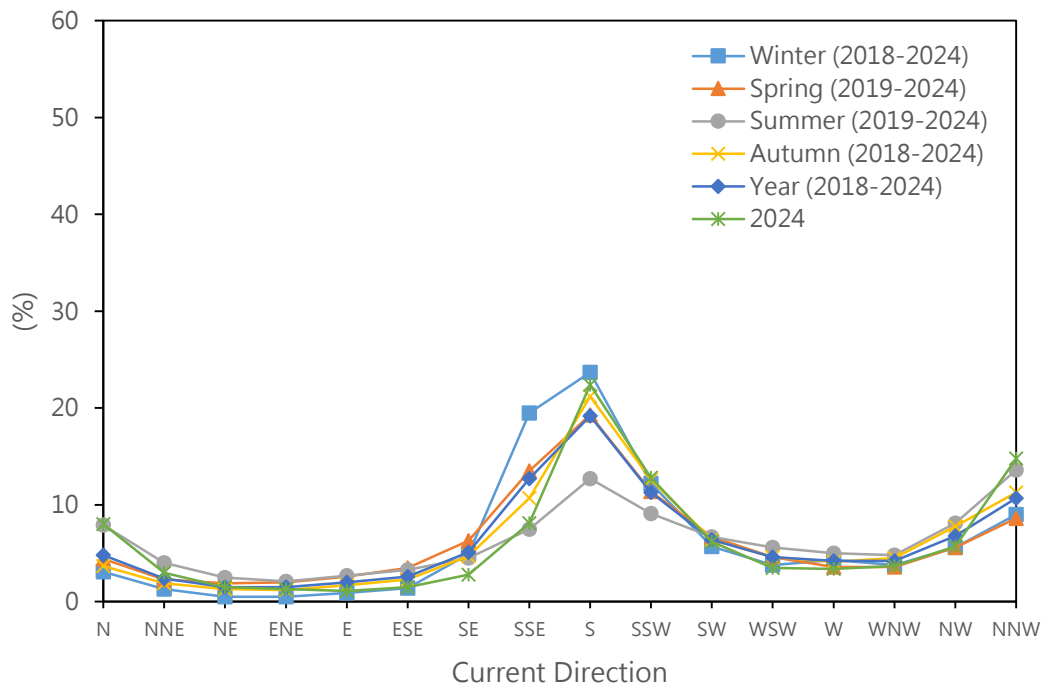


圖3.50 高雄港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

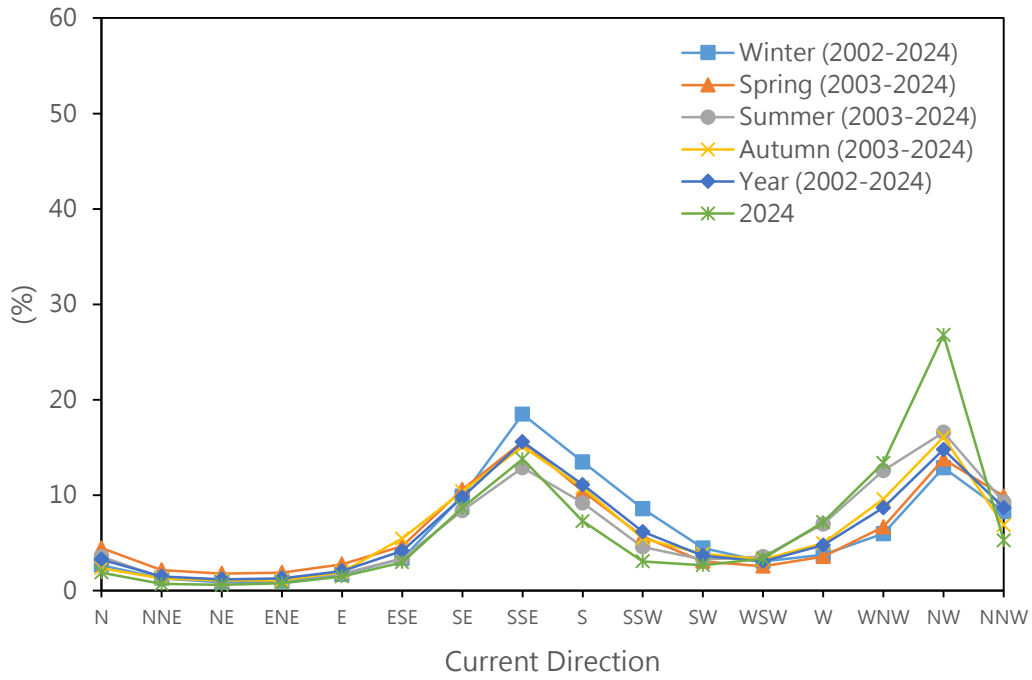


圖3.51 安平港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

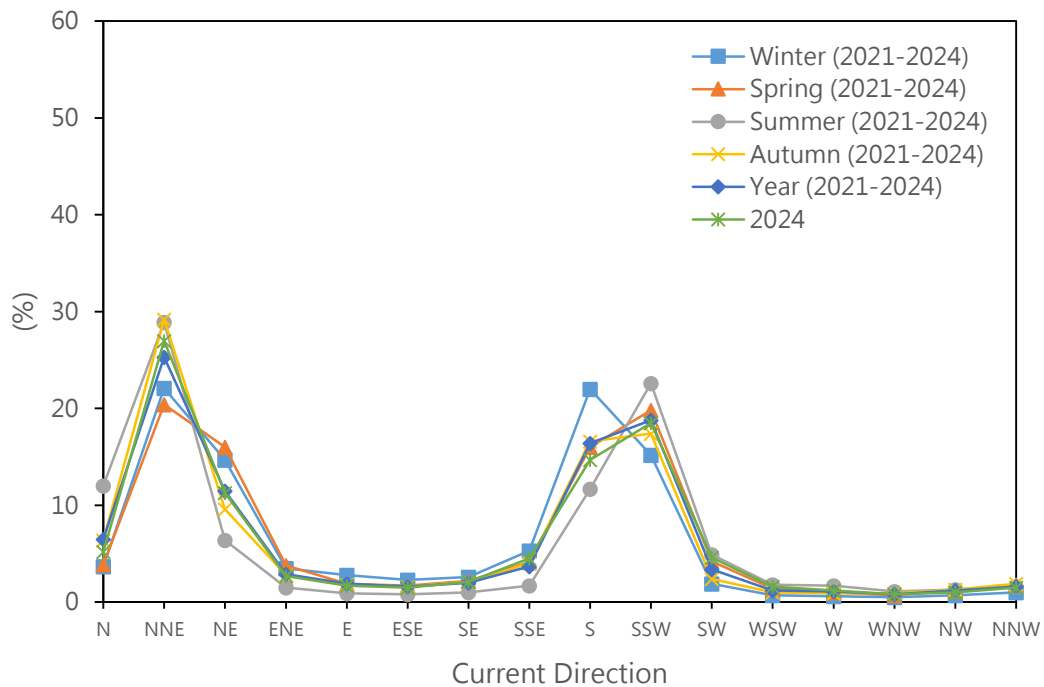


圖3.52 布袋港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

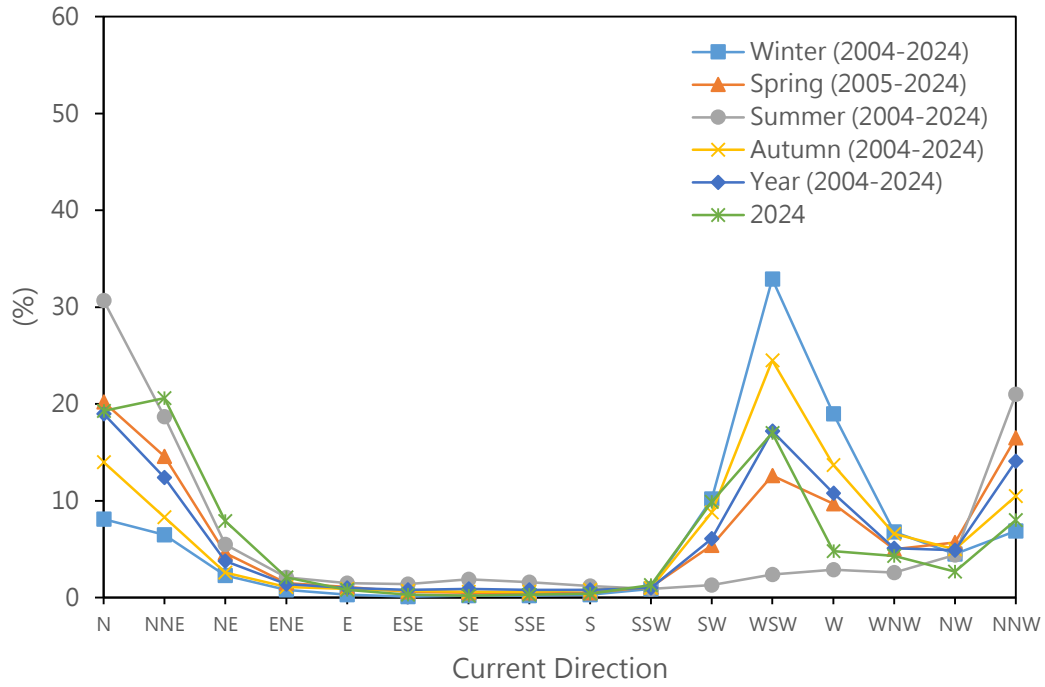


圖3.53 臺中港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

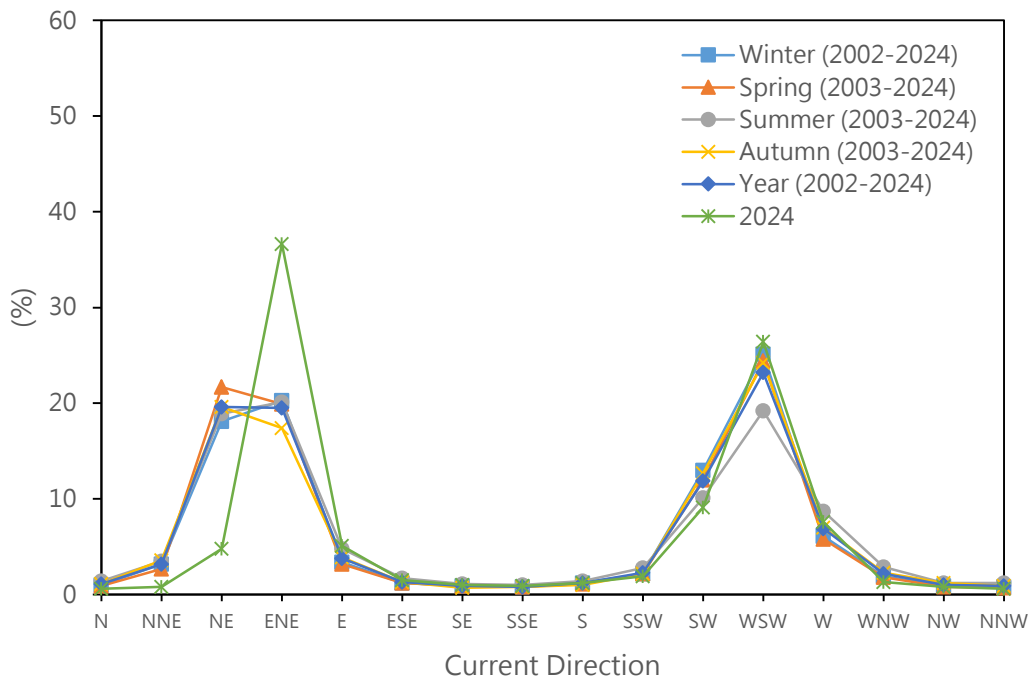


圖3.54 臺北港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

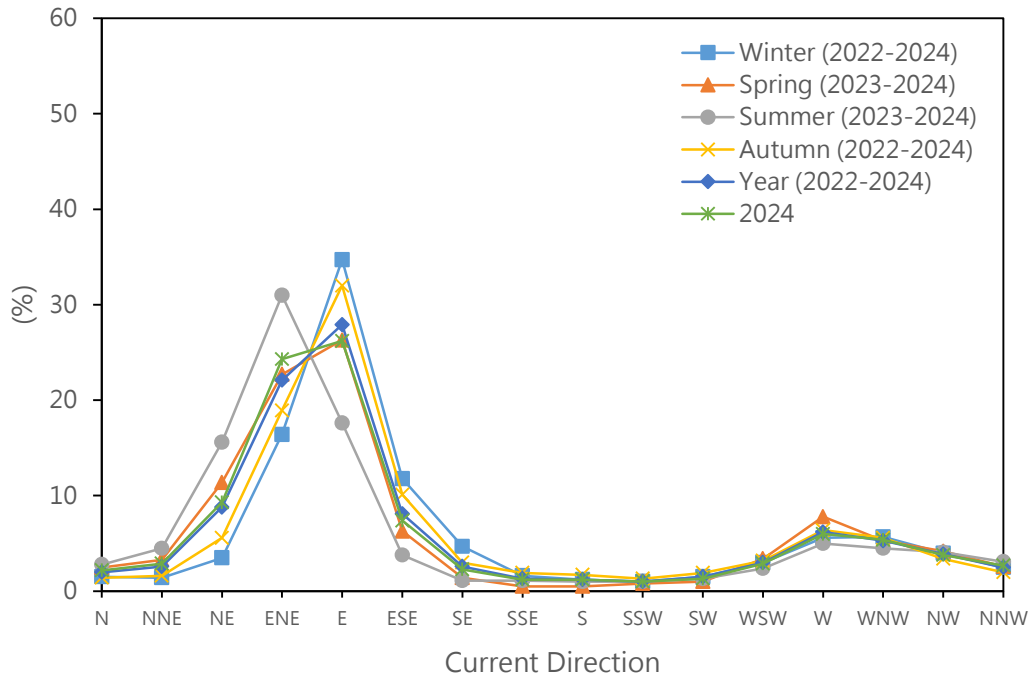
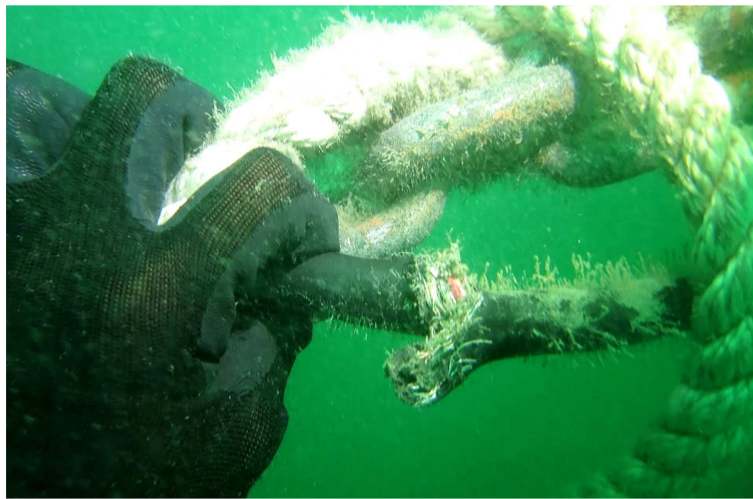


圖3.55 澎湖港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

第四章 無線式底碇波流即時觀測系統建置

4.1 水中通訊數據機選擇

臺灣為典型海島型國家，海上運輸對我國經濟貿易扮演相當重要之角色，如何即時掌握海域海象資訊，為船商、引水人及港區管理單位重要之課題。現行底碇式波流觀測系統透過海底電纜做為水下資料傳輸媒介，此方式易受底拖網作業而使纜線受損，導致即時資料傳輸中斷（如圖4.1所示）。



(a)



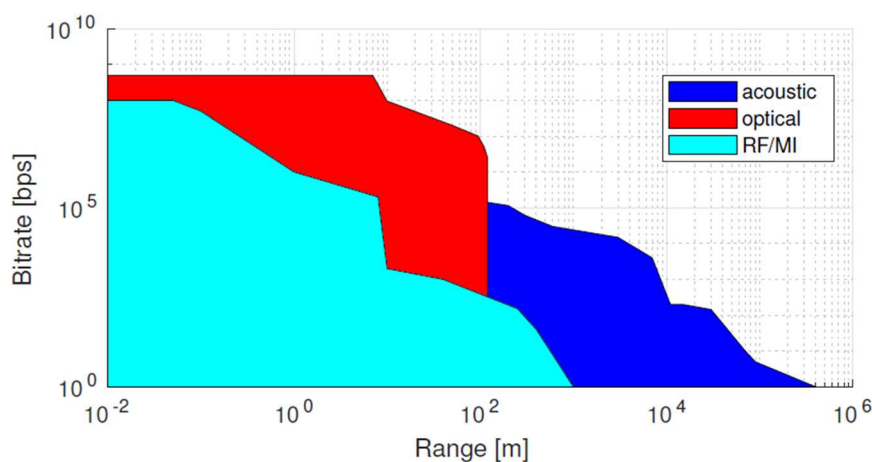
(b)

圖4.1 海底傳輸纜線斷裂圖

陸上無線通訊技術雖已逐漸普及，卻礙於傳輸介質不同無法有效

應用於水下，水中有線傳輸可透過鋪設海底光纜、海底電纜達成，無線傳輸則可藉由光、電磁波及聲納等方式傳送，光及電磁波因傳輸方式較直接，於大氣環境中為較常使用之傳輸方式，但在水中卻存在很大限制，係因其傳輸方式在淡海水中容易被吸收或散射，而導致穿透深度不足，影響傳輸品質與成功率，相對光及電磁波傳輸方式，聲波於水中之穿透力則較佳，如已廣泛應用之聲納。

本計畫參考Filippo Campagnaro等人2020年發表於海洋科學與工程期刊”Wireless Remote Control for Underwater Vehicles”，該文蒐集多款水下射頻、磁感應（MI）、光及水聲等通訊產品，繪製出不同水下通訊技術傳輸速率-通訊距離關係圖（如圖4.2），圖中藍色區域代表水聲通訊，紅色為光通訊，青色為射頻及磁感應通訊，使用者可透過此關係圖，挑選合適通訊設備。本所各商港底碇式波流觀測儀，設置於離岸約500~800 m不等，目前底碇式波流觀測儀AWAC，每半小時回傳1筆觀測數據，換算後每筆raw data檔案大小約25 KB（即0.056 kbps），依此條件對應至前述關係圖，水聲（藍色區）及磁感應/射頻（青色區）通訊應可符合本計畫需求，惟目前市售水中通訊產品多以水聲技術為主，磁感應技術多用於無線充電，基於水中無線通訊設備後續發展考量，及數據機產品線完整度與成熟度，最終選用德國EvoLogics公司所生產水聲通訊數據機，做為本計畫無線式底碇波流即時觀測系統發展機組。



（資料來源：F. Campagnaro, A. Signori, and M. Zorzi, “Wireless Remote Control for Underwater Vehicles”, Journal of Marine Science and Engineering, 2020, Vol.8(10), pp.736-768.）

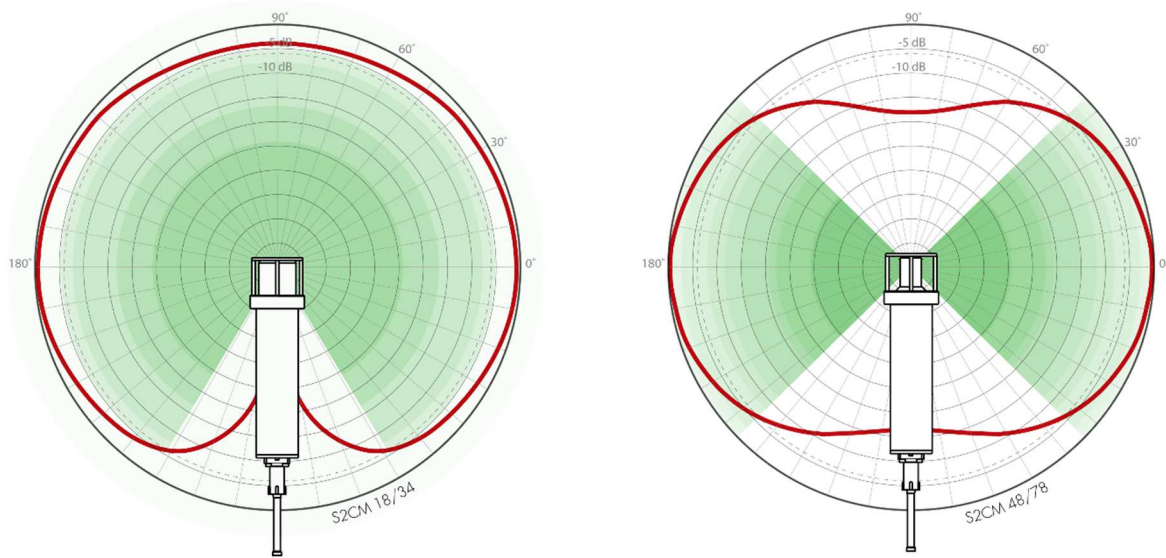
圖4.2 不同型式水下通訊技術傳輸速率-通訊距離關係圖

本計畫規劃以3年來發展水中無線傳輸系統，112年先於國立成功大學水工試驗所大型斷面試驗水槽，進行數據機與AWAC系統整合測試，依據112年室內水槽試驗所獲得資訊，113年將設備移至基隆海域，實施短期非即時性測試，觀察無線系統在實海域之穩定性，無線傳輸系統與本所傳統式纜線傳輸機制不同，離岸監測點與近岸端無實體纜線、錨鍊及編織繩鏈結，如遭外力拖曳位移，搜索不易，爰此，114年將於高雄港第二港口建置無線式底碇波流即時觀測系統，離岸監測點水中儀器架，設置於現有纜線式外海AWAC主、副觀測儀器架旁，此外海監測點經本所多年觀察，海床穩定且無外力拖曳情形，利於無線傳輸系統建置。

水聲通訊數據機部分，本所分別選用EvoLogics公司S2C M 18/34及S2C M 48/78兩款數據機，來進行測試評估，數據機規格表及訊號增益圖（即訊號強度），如表4-1與圖4.3所示。兩款數據機特性不同，S2C M 18/34具有較遠的通訊距離，在相同的通訊距離，耗電量較少，但傳輸速率較低；S2C M 48/78具有較高之傳輸速率，但通訊距離較短，建議值為1000 m，在相同的通訊距離，耗電量較高。112年室內大型水槽及113年基隆海域測試，採用S2C M 18/34機型進行測試，114年高雄第二港口外海，則使用傳輸速率較高之S2C M 48/78機型。

表4-1 EvoLogics S2C M 18/34及S2C M 48/78數據機規格表

儀器型號		S2C M 18/34	S2C M 48/78
規格			
頻率範圍		18 - 34 kHz	48 - 78 kHz
建議通訊距離		2000 m	1000 m
最佳傳輸速率		13.9 kbit/s	31.2 kbit/s
音速模式		全向半球型	水平全向型
耗電量	Stand-by Mode	2.5 mW	2.5 mW
	Listen Mode	5 - 285 mW	5 - 285 mW
	Receive Mode	< 0.8 W	0.8 W
	Transmit Mode	2.8 W, 1000 m	5.5 W, 250 m
8 W, 2000 m		8 W, 500 m	
35 W, 3500 m		18 W, 1000 m	



(a) S2C M 18/34

(b) S2C M 48/78

(資料來源：EvoLogics S2C M 18/34, 48/78 Datasheet.)

圖4.3 EvoLogics S2C M 18/34及S2C M 48/78數據機訊號增益圖

4.2 112 年大型試驗水槽水中通訊測試

本所目前底碇式波流觀測系統資料傳輸原理如圖4.4，傳輸纜線主要供外海觀測儀器AWAC電力及觀測數據傳輸使用，AWAC電力供給有2種方式，(1)海側：附加電池桶供電、(2)陸側：透過海底傳輸纜線供給，儀器本身將優先選擇(2)做為電力來源，如纜線產生異常，則自行切換改由(1)供給電力。每筆觀測數據除儲存於AWAC，亦透過纜線傳送至岸上資料擷取傳輸設備，同步回傳至本所運技中心海氣象監控室儲存，岸上資料擷取傳輸設備除可供應外海AWAC所需電力外，亦為使用者與水下儀器溝通介面，使用者於後臺監控主機對各商港下達資料回傳命令，各港岸上4G\5G數據機收到該命令後，經傳輸纜線對外海AWAC下達命令，儀器收到使用者命令後，該筆觀測數據由AWAC傳出，經由傳輸纜線傳送至岸上4G\5G訊數據，即時回傳至本所運技中心，系統指令系統指令暨資料傳輸架構，如圖4.5所示。

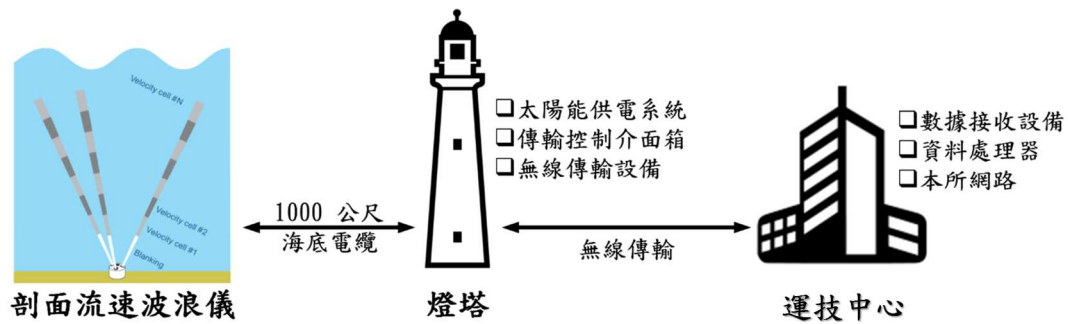


圖4.4 底碇式波流觀測系統資料傳輸原理示意圖

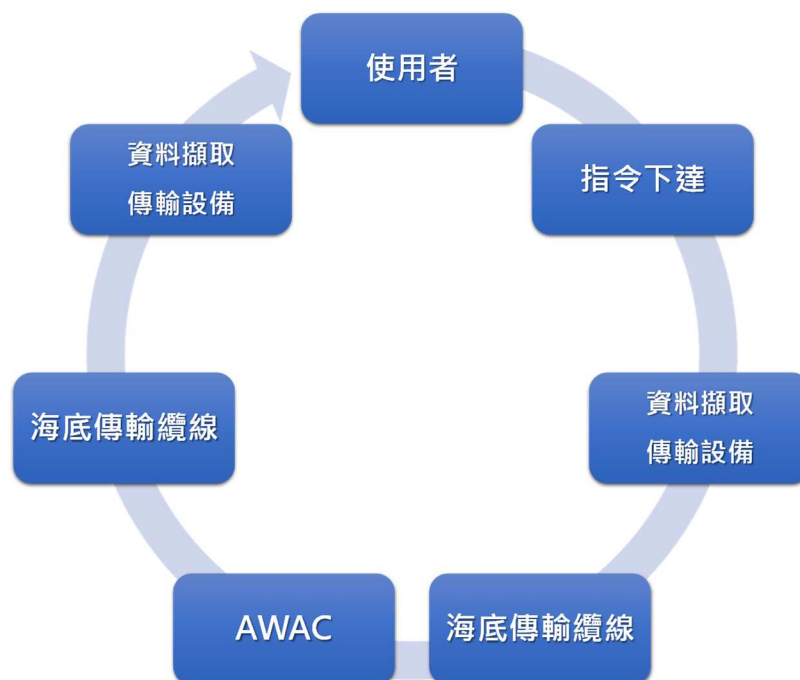
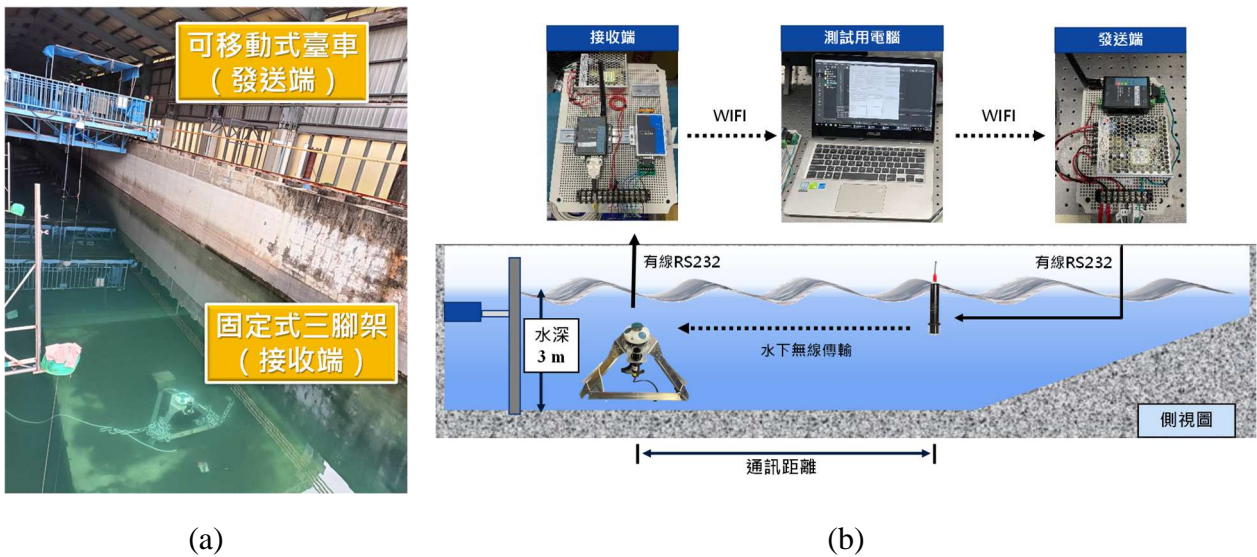


圖4.5 底碇式觀測系統指令暨資料傳輸架構

為瞭解無線式底碇波流觀測系統傳輸特性，本計畫112年於國立成功大學水工試驗所大型斷面試驗水槽（如圖4.6）實施水下通訊測試，斷面水槽尺寸長300 m、寬5 m、深5.2 m。無線通訊系統配置分為發送端、接收端及測試用電腦，發送端置於可移動式臺車，接收端設於固定式三腳架，2端通訊數據機於水中，岸上配有WIFI-RS232訊號轉換器。岸上測試電腦透過WIFI發送訊號至發送端WIFI-RS232轉換器，經RS232傳輸至發送端水下數據機，數據機將訊息傳輸至接收端水下數據機，經RS232傳遞至岸上WIFI-RS232轉換器，最後透過WIFI將資訊回傳至測試用電腦，配置如圖4.7所示。



圖4.6 國立成功大學水工試驗所大型斷面水槽



(a)

(b)

圖4.7 無線式底碇波流觀測系統大型斷面水槽測試配置

表4-2~表4-3為傳輸固定檔案大小資料於不同通訊距離（0、1、3、5、10、15及20 m），所需時間與傳輸速率，同一通訊距離均會施作3組，測試結果顯示：

1. 本計畫所採用之水聲數據機傳輸特性，在相同通訊距離下，傳輸速率隨著檔案大小增加而遞增，即大檔案傳輸可獲得較佳傳輸速率，以通訊距離 3 m、檔案 10 Byte~20 KB 為例：

(1) 10 Byte：0.91、1.66、0.60 Byte/sec。

- (2) 100 Byte : 15.95、13.19、13.22 Byte/sec。
 - (3) 1 KB : 33.04、37.75、37.19 Byte/sec。
 - (4) 10 KB : 37.45、41.49、43.83 Byte/sec。
 - (5) 20KB : 43.20、48.28、43.22 Byte/sec。
2. 於此測試環境，通訊距離大於 5 m 時，傳輸較大 (>10KB) 之檔案，中途傳輸失敗風險大幅上升，研判係因訊號反射干擾所導致。
 3. 隨著通訊距離增加，資料傳輸呈現較不穩定性情形，以檔案大小 100 Byte、通訊距離 15 m 為例，3 組試驗所需秒數為 130.91 s、39.57s 及 60.66 s，傳輸秒數最多相差近 3 倍。
 4. 以目前本所 AWAC 波流場設定，每半小時會即時回傳 1 筆觀測數據 (約 25KB)，允許資料傳輸時間為 2 分 30 秒，試驗水槽測試期間最高傳輸速率為 328.54 Byte/sec，以此傳輸速率傳輸每筆 AWAC 觀測數據約需 80 秒，尚於系統允許資料傳輸時間內，惟不同測試場域 (如外海) 及通訊距離皆會影響傳輸結果，仍需視不同環境調整。

表4-2 傳輸固定大小檔案所需時間 (sec)

水中通訊距離 (m) \ 檔案大小(Byte)	0	1	3	5	10	15	20
10	3.63	2.30	10.96	3.56	16.01	38.01	5.20
	2.70	3.75	6.04	8.00	14.00	2.33	8.77
	3.28	6.14	16.70	1.36	6.19	21.64	28.43
100	7.10	7.33	6.27	30.47	39.17	130.91	16.23
	4.07	10.67	7.58	26.33	15.68	39.57	5.36
	2.76	18.41	7.57	37.03	13.64	60.66	4.51
1000	7.88	27.53	30.27	90.59	80.18	19.47	72.82
	4.42	14.18	26.49	45.43	56.95	33.93	93.08
	5.02	21.24	26.89	94.59	49.44	21.53	86.80
10000	35.34	112.41	267.05	-	-	-	-
	36.33	126.23	241.01	-	-	-	-
	32.11	114.01	228.14	-	-	-	-
20000	60.88	243.21	462.93	-	-	-	-
	70.41	244.87	414.23	-	-	-	-
	66.04	247.90	462.75	-	-	-	-

備註：「-」表示通訊失敗。

表4-3 傳輸固定大小檔案所需速率 (Byte/sec)

水中通訊距離 (m) 檔案大小(Byte)	0	1	3	5	10	15	20
10	2.76	4.34	0.91	2.81	0.62	0.26	1.92
	3.71	2.67	1.66	1.25	0.71	4.29	1.14
	3.05	1.63	0.60	7.33	1.62	0.46	0.35
100	14.08	13.64	15.95	3.28	2.55	0.76	6.16
	24.57	9.38	13.19	3.80	6.38	2.53	18.67
	36.26	5.43	13.22	2.70	7.33	1.65	22.15
1000	126.95	36.32	33.03	11.04	12.47	51.35	13.73
	226.09	70.52	37.75	22.01	17.56	29.47	10.74
	199.24	47.09	37.19	10.57	20.23	46.46	11.52
10000	282.94	88.96	37.45	-	-	-	-
	275.26	79.22	41.49	-	-	-	-
	311.46	87.71	43.83	-	-	-	-
20000	328.54	82.23	43.20	-	-	-	-
	284.07	81.68	48.28	-	-	-	-
	302.83	80.68	43.22	-	-	-	-

備註：「-」表示通訊失敗。

水槽測試雖已滿足數據機原廠所建議之運行環境(長3 m、寬2 m、高2 m, 數據機距水面及固體邊界需1 m), 惟測試結果仍未符合預期, 推斷係因水中通訊遭受干擾, 而導致訊號傳輸不穩定, 為進一步釐清原因, 將測試過程中不同通訊距離時, 發送、接收端所收到數據, 繪製反射訊號(或路徑)統計圖(如圖4.8), 理想通訊狀態下, 於發送端送出1筆數據, 接收端僅會收到1筆資料, 從圖可發現通訊距離為0 m時, 使用者自發送端送出1筆數據, 且訊號完整性接近400(EvoLogics 原廠手冊定義, 訊號完整性低於100, 表示訊號可靠度降低, 可能影響資料完整性及傳輸成功率), 於接收端卻收到2筆, 此現象隨著通訊距離拉長而愈加明顯, 且訊號完整性逐漸遞減, 距離至1 m時, 發送端除偵測到1筆由自身送出之數據, 另收到2筆訊號完整性較差的反射數據, 此情況亦發生於接收端數據機, 通訊距離拉長至10 m以上時, 發送、接收端而外收到6~7筆反射數據, 且訊號完整性普遍低於100, 主頻訊號隨著通訊距離拉長, 因反射影響而使完整性驟減, 最佳及最弱主頻訊號完整性差約300~350, 顯示訊號反射對數據機運作之影響。

試驗水槽測試環境雖已優於數據機原廠建議值, 但訊號於水中之

反射情況仍無法避免，訊號傳遞隨著通訊距離增加，水槽內的反射狀況會愈加明顯，研判每筆傳播出去的訊息會在水中多次反射，水下傳輸直線傳播路徑與反射路徑示意，如圖4.9，影響主頻訊號強度，降低水中通訊品質，造成通訊失敗。AWAC波流觀測模組運作與數據傳輸同時間僅能擇一執行，數據傳輸與AWAC觀測排程重疊時，儀器將自動暫停該次波流場觀測作業，且水聲數據機沒有重傳機制，需要外掛控制器進行資料緩衝（Buffer）、檢驗及排序，將每筆觀測數據先暫存於控制器內，使用者僅需針對控制器內存資料定期抓取，而不影響AWAC觀測排程，依此概念修正圖4.5傳輸架構如圖4.10，做為系統海域測試配置參考。

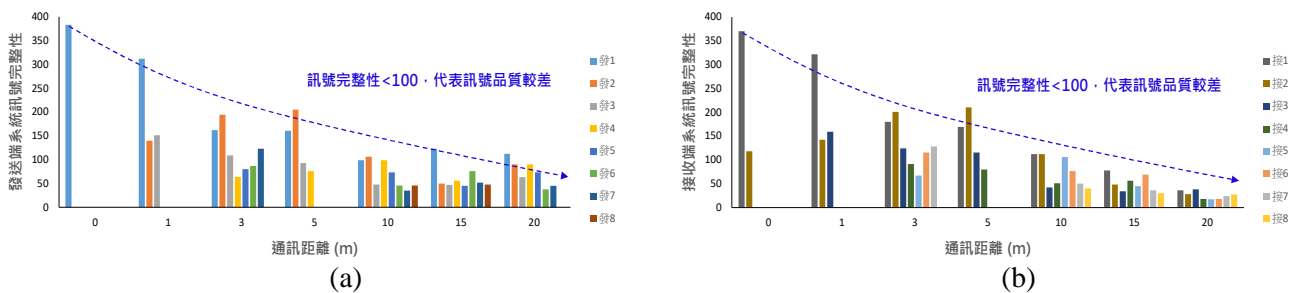


圖4.8 水槽測試反射訊號（或路徑）統計

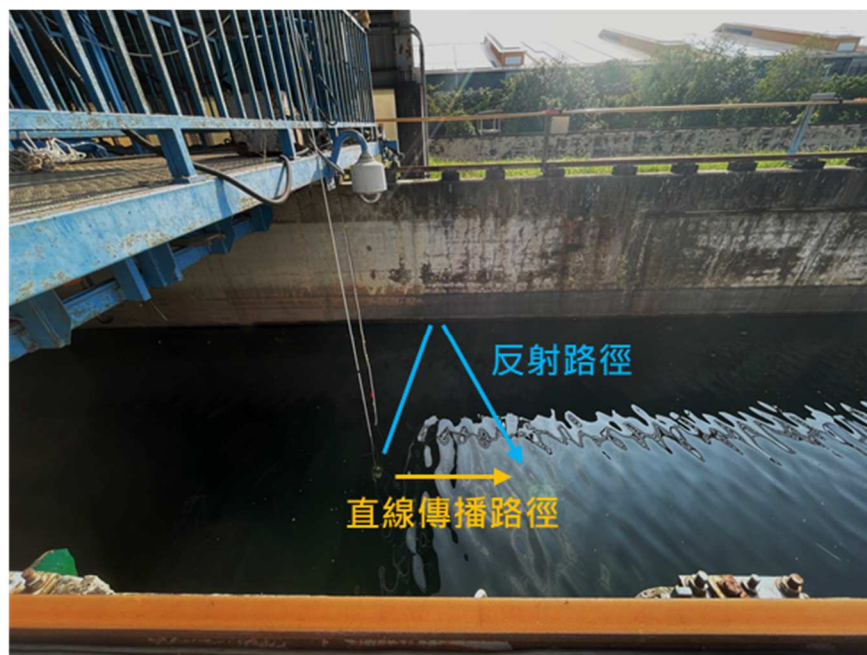


圖4.9 水下傳輸直線傳播路徑與反射路徑示意圖

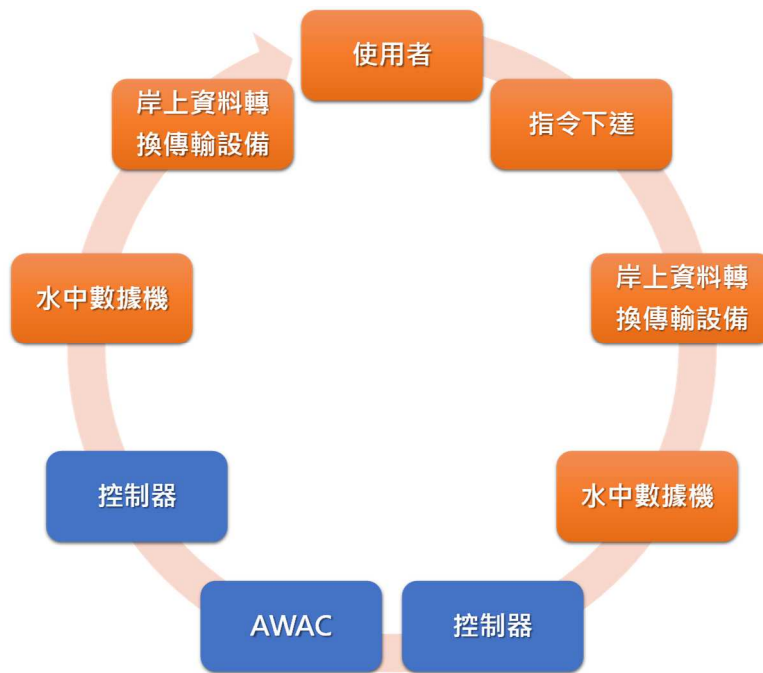


圖4.10 無線式底碇波流觀測系統架構

4.3 113 年無線式觀測設備海域測試

113年賡續於基隆海域實施設備測試，Nortek在AWAC監測數據傳輸採用Binary（二進制），Binary相較於ASCII（American Standard Code for Information Interchange，美國標準資訊交換碼），所需資料長度較短，檔案大小亦不相同。選用Binary做為AWAC資料提取，可獲得最小資料傳輸效果，監測數據由AWAC傳輸後，透過Nortek AWAC AST Dialup軟體將Binary轉譯為ASCII，使用者即可直接針對ASCII數據檔進行分析等應用，AWAC由儀器設定至資料下載，大致可分為以下幾種狀態/模式：

1. 指令模式（Command mode）：儀器等待來自使用者端串列埠之控制器指令，來設定波流量測參數，在5分鐘無操作後，儀器將關閉電源，進入休眠模式。
2. 確認模式（Confirmation mode）：使用者完成波流參數設定（如取樣頻率、量測層數及設置水深等）後，儀器即進入確認模式，等待執行量測。
3. 休眠模式（Sleep mode）：系統關機以節省電力，需發送一中斷信

號，喚醒儀器執行來執行相關作業。

4. 測量模式 (Measurement mode)：系統正在執行波流場監測作業，使用者可發送一中斷信號，終止退出測量模式。
5. 資料下載模式 (Data retrieval mode)：儀器正準備透過串列線傳送數據，60 秒無操作後，將返回測量模式。

AWAC啟動監測後，會依序傳送Velocity Profile、Wave Header、AWAC Stage、Wave Data資料，所有自AWAC傳送的數據會依接收順序，拼貼於1個16進位檔案中，該檔案即為量測時所接收到之Binary wpr檔，其檔案結構如表4-4所示，瞭解指令規則後，即可透過外部控制器啟動儀器量測及資料傳輸，無需再依賴前述AWAC AST Dialup軟體。

表4-4 AWAC Binary wpr檔案結構

順序	標頭(Hex)	資料大小(Byte)	資料說明
1	0xA5 0x05	48	Hardware Config
2	0xA5 0x04	224	Head Config
3	0xA5 0x00	512	Deployment Config
4	0xA5 0x20	(300)不定長	AWAC Velocity Profile
5	0xA5 0x31	60	AWAC Wave Header
6	0xA5 0x42	(744)不定長	AWAC Stage
7	0xA5 0x30	24	AWAC Wave Data(#1)
8	AWAC Wave Data(...)
9	0xA5 0x30	24	AWAC Wave Data(#1024)
10	0xA5 0x20	(300)不定長	AWAC Velocity Profile
11	0xA5 0x31	60	AWAC Wave Header
12	0xA5 0x42	(744)不定長	AWAC Stage
13	0xA5 0x30	24	AWAC Wave Data(#1)

根據表4-3傳輸固定大小檔案所需速率表，可發現傳輸檔案大小與傳輸速率成正相關，單筆傳輸的檔案越大，可獲得較佳傳輸速率，如讓AWAC監測數據直接透過水聲數據機傳輸（112年做法），會使資料以每次20~512 Byte量體零散傳出，大幅降低數據機傳輸效率，而數據機無重傳與封包機制，會使資料產生順序錯亂或遺失狀況，導致該次傳輸作業失敗。要解決此問題，水下控制器加入即相當重要，依圖4.10無線式底碇波流觀測系統架構，設計113年海域實測傳輸架

構如圖4.11。

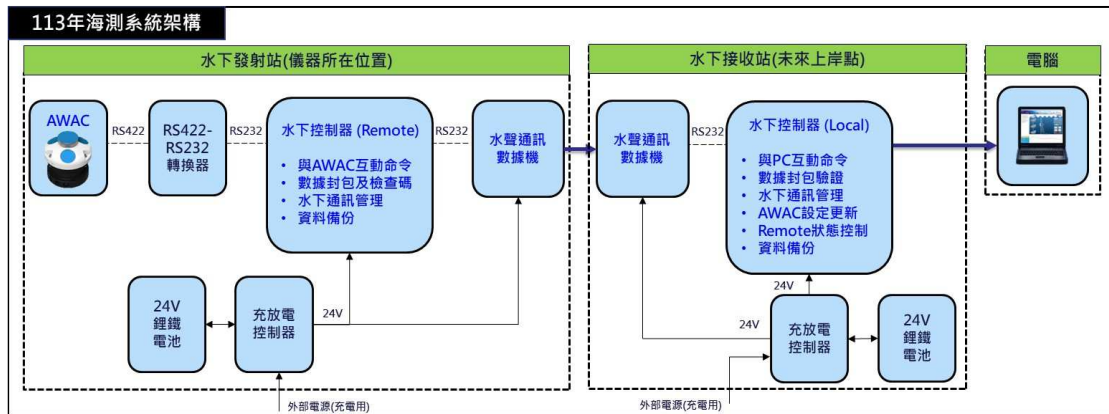


圖4.11 113年海域實測傳輸架構圖

系統分為離岸水下發射站（以下稱Remote端）、近岸水中接收站（以下稱Local端）2部分，Remote端配有AWAC、水中控制器、水聲數據機、24V鋰鐵電池及充放電控制器，Local端含水中控制器、水聲數據機、24V鋰鐵電池與充放電控制器。Remote、Local端功能如下：

1. Remote 端

- (1) 與AWAC交互命令，控制儀器狀態、量測及接收監測數據。
- (2) 將來自AWAC監測數據分批封包，並加上檢查碼，單筆封包數據大小為1038 Byte，最後不足1038 Byte部分，以該次傳輸任務中，檔案所剩餘最終大小傳出。
- (3) 水下通訊順序管理及重傳。
- (4) wpr波流場監測數據備份。
- (5) 休眠省電功能。

2. Local 端

- (1) 與PC交互命令，回傳指令答覆。
- (2) 驗證來自Remote端數據封包是否正確完整。
- (3) 水下通訊順序管理及重傳要求。
- (4) 更新AWAC設定參數與狀態。

- (5) Remote端狀態控制。
- (6) wpr波流場監測數據備份。
- (7) 休眠省電功能。

AWAC原始監測數據wpr檔，分別儲存於AWAC、Remote端及Local端控制器3個位置，與以往纜線傳輸系統僅可由AWAC下載原始監測數據不同。因監測數據將以聲波方式於水體中進行傳輸，外部雜訊干擾可能造成原始數據在傳輸過程中，部分遺失或產生錯誤字元，導致wpr檔解算失敗，因此，本計畫於Remote端與Local端水下控制器間建立一套通訊協議，此協議可用於辨別與驗證指令，能有效解決傳輸過程中可能出現之錯誤問題，確保近岸Local端與離岸Remote端能理解彼此傳輸的資料行為、字串長度及資料編號，使訊息能依序傳輸並完整排列至wpr檔中，圖4.12為Remote、Local端電控箱實體照，箱體防水等級為IP68，113年為短期非即時性測試，爰此，Local端上岸通訊接口無開通。

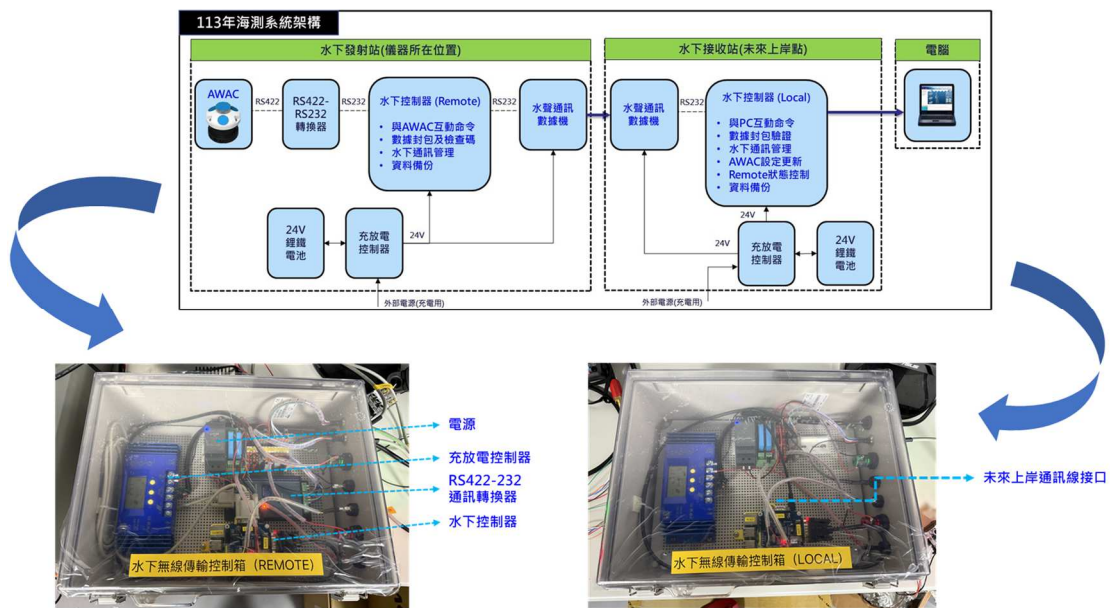
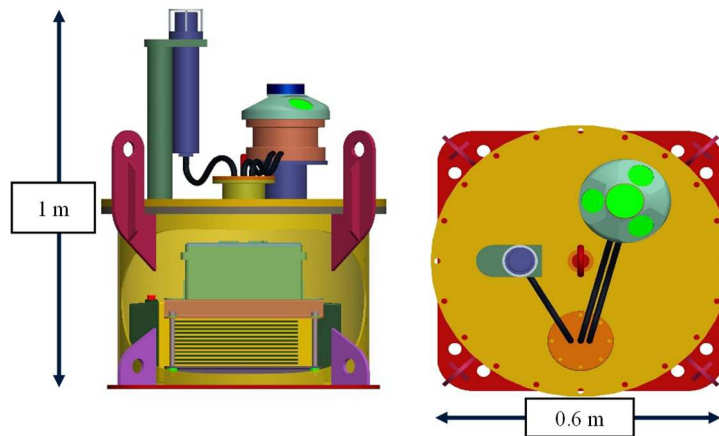


圖4.12 113年海域實測Remote、Local端電控箱

電控箱外包覆不銹鋼水密箱體，增加自重及強化水密性，Remote、Local端水中不銹鋼箱體設計圖及實體照，如圖4.13～圖4.14，Remote端另增可附掛AWAC底座，箱體直徑0.6 m，高度0.45 m，搭載數據機

後總高為1 m，單座總重約210公斤，內含24V-75安培小時鋰鐵電池組。



(a) 箱體尺寸

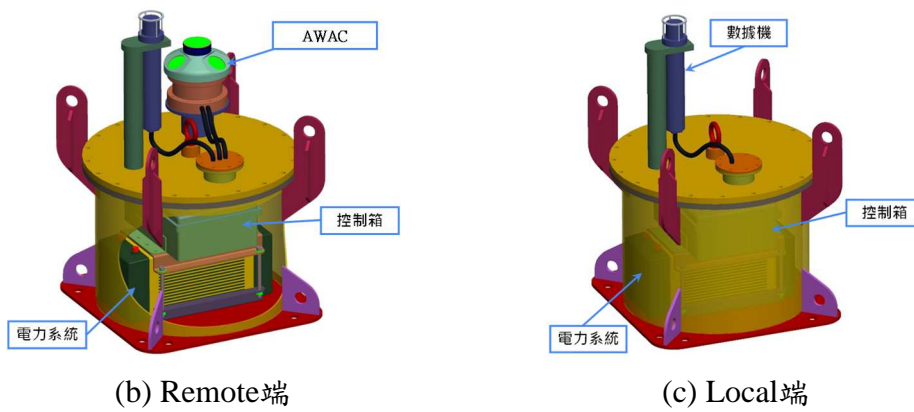


圖4.13 Remote、Local端水中不銹鋼箱體設計圖

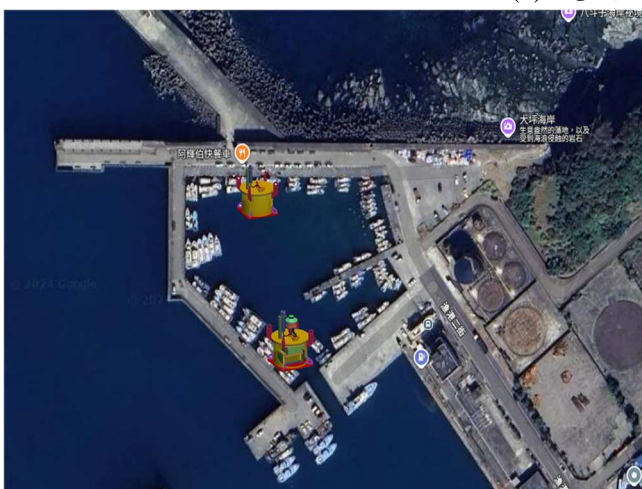


圖4.14 Remote、Local端不銹鋼密封箱實照

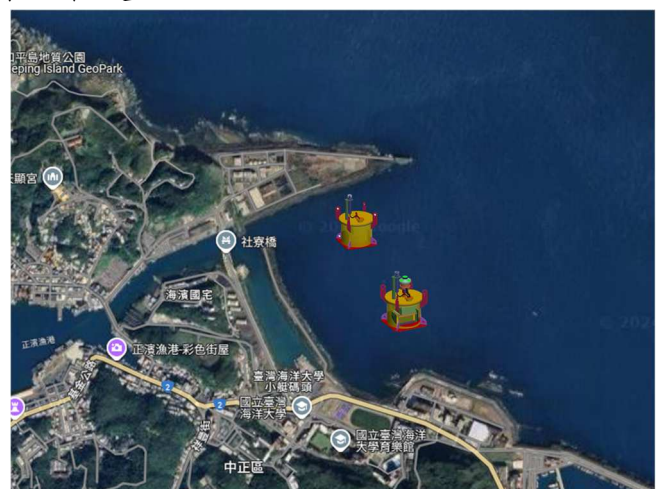
113年海域實測分2天執行，第1天（113年11月15日）試驗場域為基隆八斗子漁港內，WGS84座標N 25° 8'47.1" E 121° 47'34.1"，Remote、Local端距離約120 m，水深5~15 m；第2天（113年11月16日）於和平島東南方海域實施，WGS84座標N 25°9'14.4" E 121°46'41.4"，Remote、Local端相距約150 m，水深25~30 m，海域實測位置及作業過程如圖4.15~圖4.16所示。



(a) 港內、外施作位置

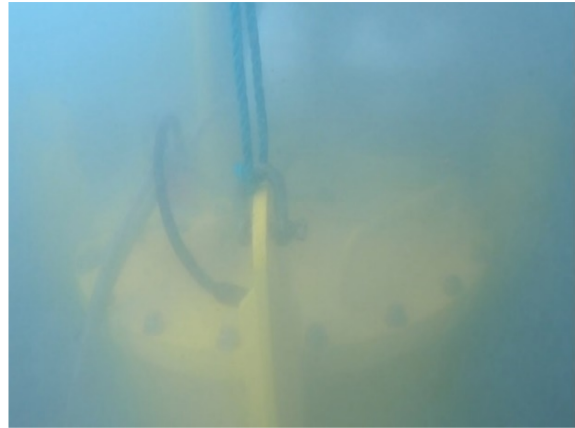


(b) 11月15日港內測試



(c) 11月16日港外測試

圖4.15 113年11月15日~16日海域實測位置圖



(a) 外海箱體下水作業(左)、水下安裝作業(右)



(b) 水下安裝作業(左)、箱體回收拆解分析(右)

圖4.16 113年11月15日~16日作業過程

圖4.17為11月15日~16日無線系統海測歷程紀錄，設備於11月15日上午於八斗子漁港內實施測試，Remote、Local端系統於8:20開機，AWAC於9:20開始傳輸數據，10:25不銹鋼箱體下水，16日上午將港內水下設備移至和平島東南方海域執行港外測試，設備於16日11:43回收。可發現15日9:20~10:25設備雖尚未入水，但數據機於空氣中仍具備一定通訊能力，間歇性傳輸約100筆數據，因不明原因設備10:25入水後不久，Remote、Local兩端即通訊中斷，直至當日17:35開始恢復傳輸，因通訊中斷期間AWAC仍在自主監測海域波流場資料，當系統於17:35恢復傳輸後，Remote端將期間AWAC所蒐集到之數據開始傳輸至Local端，此時可觀察到數據開始產生密集傳輸情況，累積數據傳輸完成後，系統即維持穩定頻率進行傳輸，直到11月16日上午設備移動至外海過程，數據機於9:11通訊再次中斷，直至設備11:43回收。

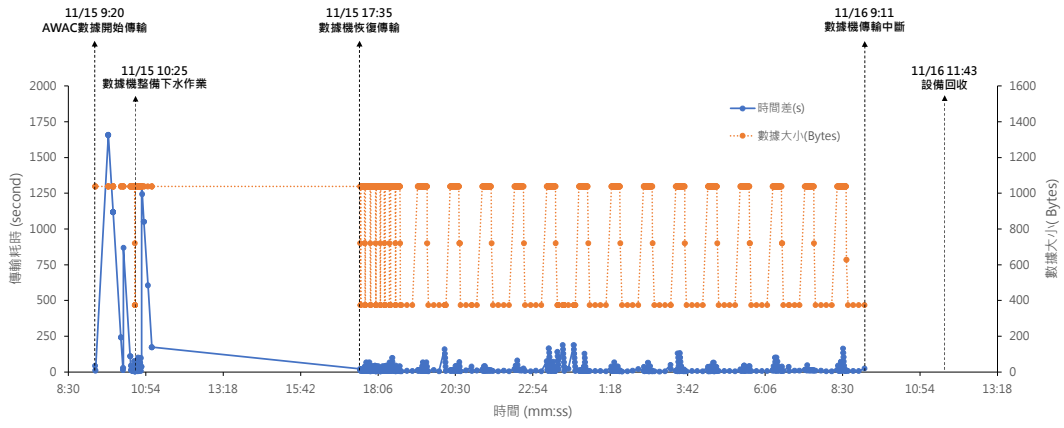


圖4.17 113年海測歷程紀錄

本計畫將回收後Remote、Local端wpr檔進行比對分析（如圖4.18），比對結果顯示，Remote端資料長度大於Local端，其原因是在AWAC回收後，設備仍有足夠電力支應整套設備運作，此時Remote端仍持續在接受來自AWAC的wpr檔，直至電力系統中斷，因與Local端間被障礙物阻擋，Remote端資料無法傳輸至Local端，而產生兩端wpr檔長度/大小會有不一致情形，此現象亦表示系統在兩端通訊異常情況下，Remote端仍可維持數據擷取、備份之功能，待通訊恢復即可進行傳輸，接續比對Remote、Local端wpr檔長度重疊之部分，兩端數據完全一致，表示在本次測試期間，AWAC監測數據可透過Remote端成功並完整傳送至Local端。另透過Nortek AWAC AST Dialup軟體內建檢查碼（Checksum）檢驗功能，針對Remote、Local端wpr檔進行檢核，檢測結果Number of checksum errors值皆為0（如圖4.19），表示AWAC wpr檔經Remote端傳輸至Local端後，數據無產生順序錯亂或遺失情形，進一步驗證了數據正確性。

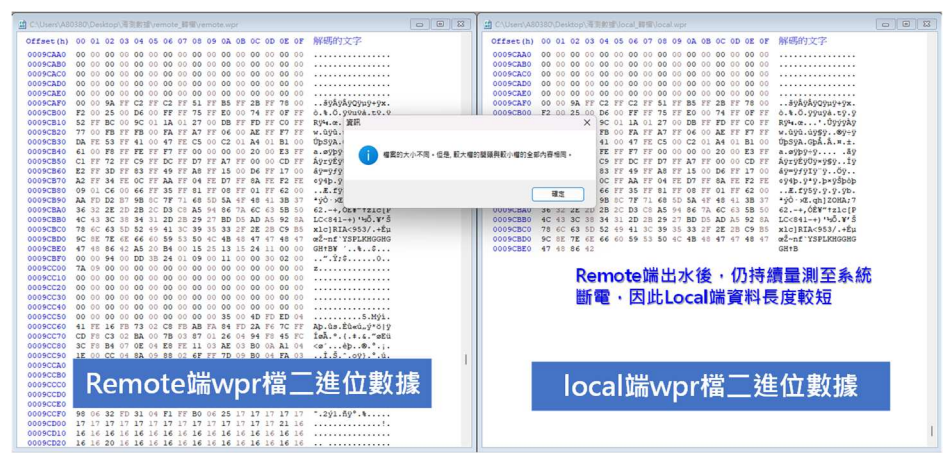


圖4.18 Remote、Local端wpr檔比對結果

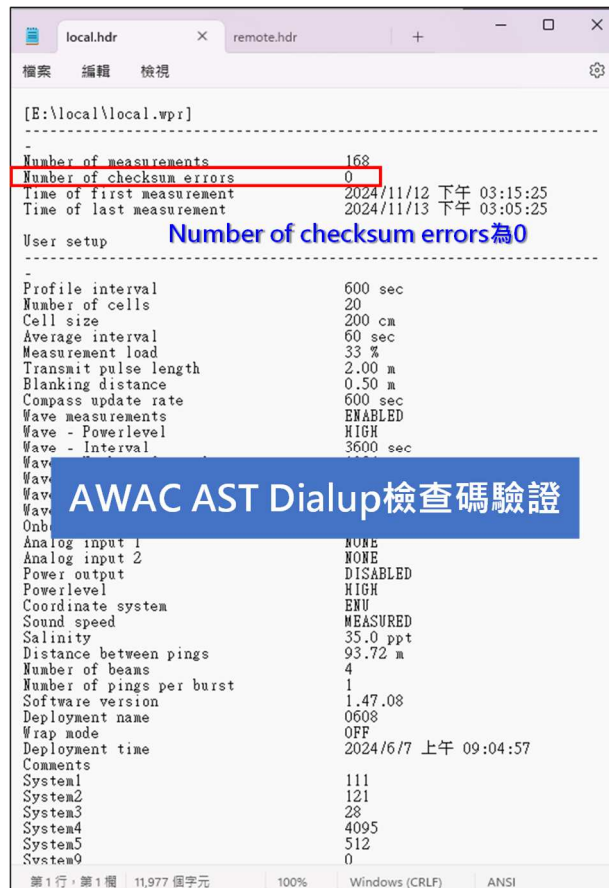


圖4.19 AWAC AST Dialup檢查碼 (Checksum) 檢核結果

擷取圖4.17海測歷程紀錄穩定傳輸區間(11月15日17:35~11月16日9:11)，將傳輸所需時間繪製為直方圖(如圖4.20)，可發現數據傳輸時間分布高度集中於圖左側，表示大多數情況下數據機間可保持穩定的傳輸性能，傳輸過程可能受到外在環境(如聲躁、反射等)干擾，而產生偶發性延遲，以圖右側包絡線尾端為例，2比數據分別發生在113年11月15日 23:50:10，傳輸耗時188.37 s，113年11月16日00:10:24，傳輸耗時188.24 s。將傳輸所需時間、檔案大小轉換為傳輸速率，繪製速率分布直方圖(如圖4.21)，直方圖呈雙峰分布，主要峰值落在100 bytes/s前後，傳輸過程大部分時間處於穩定速率，經計算本次穩定傳輸區間平均速率83.02 bytes/s，約需270 s可完成現行AWAC每半小時傳輸量，搭配控制器數據儲存及排程傳輸功能，可同時兼具儀器觀測、數據傳輸多工處理，滿足海象觀測需求。

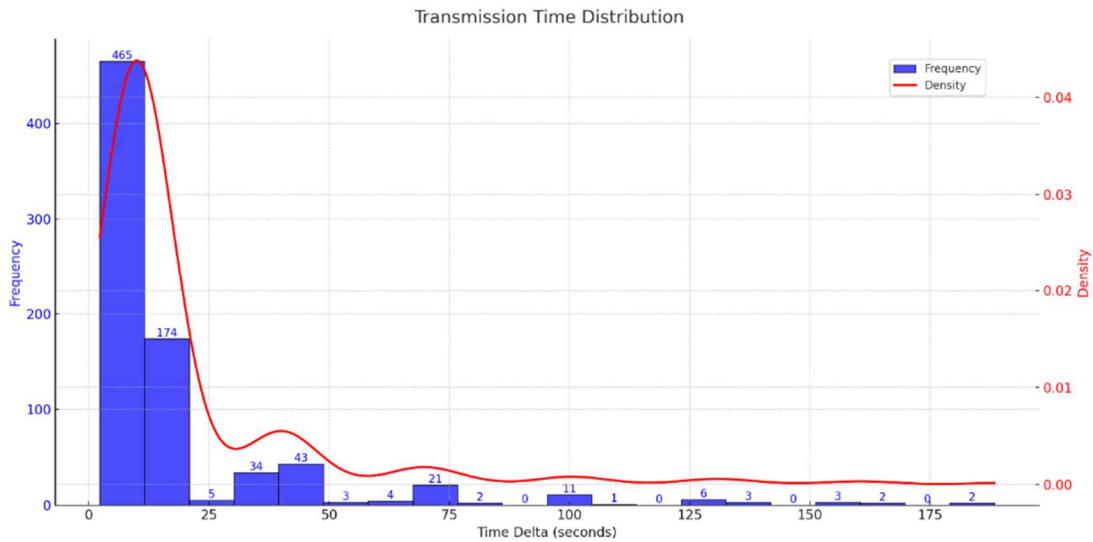


圖4.20 數據傳輸時間分布直方圖

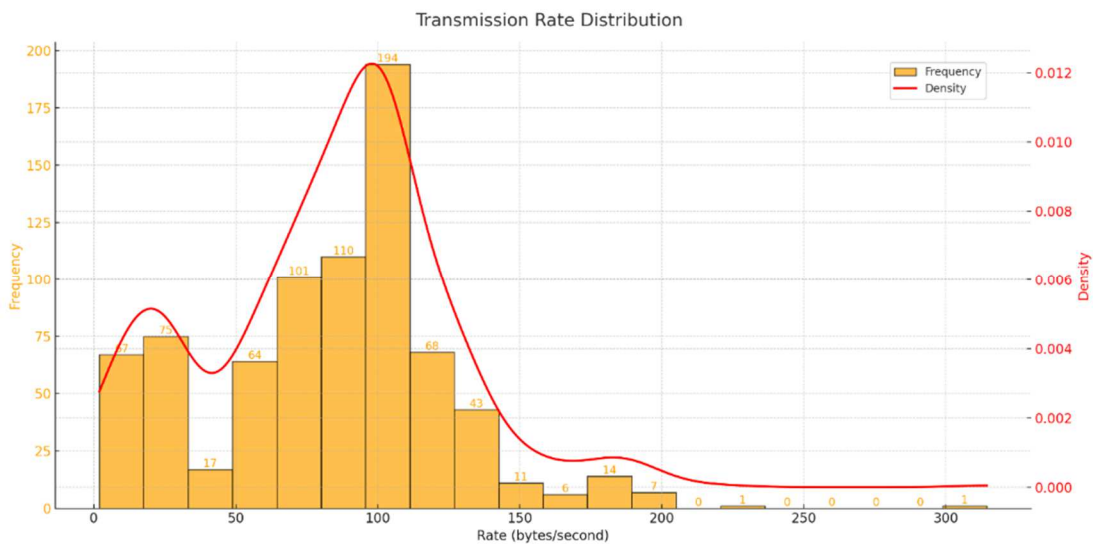


圖4.21 數據傳輸速率分布直方圖

113年水中控制器具備封包機制，此為與112年系統最大之區別，Remote端控制器將來自AWAC wpr檔，分為數個封包，每個封包檔大小為1038 Byte，不足1038 Byte部分，以該次傳輸任務中檔案所剩餘最終大小傳出，根據4.2節112年大型試驗水槽水中通訊測試結論，傳輸速率隨著檔案大小增加而遞增，即「水聲傳輸檔案越大，傳輸速率就越快」，為驗證此特性，將113年海測期間經Remote端送出之封包，以盒鬚圖方式統計繪製如圖4.22，圖中縱軸為封包大小，橫軸為傳輸速率，由圖中可發現，封包大小分為1038、720、628及374 Byte等4種，628 Byte僅1筆，在此不併入討論，就中位數而言，可發現數據機在傳

輸1038 Byte檔案時，傳輸速率約落在100 bytes/s，傳輸720 Byte檔案時，速率降至約85 bytes/s，傳輸374 Byte檔案時，速率下降至接近50 bytes/s，傳輸速率隨著檔案大小增加而上升，此結果與112年室內試驗一致。

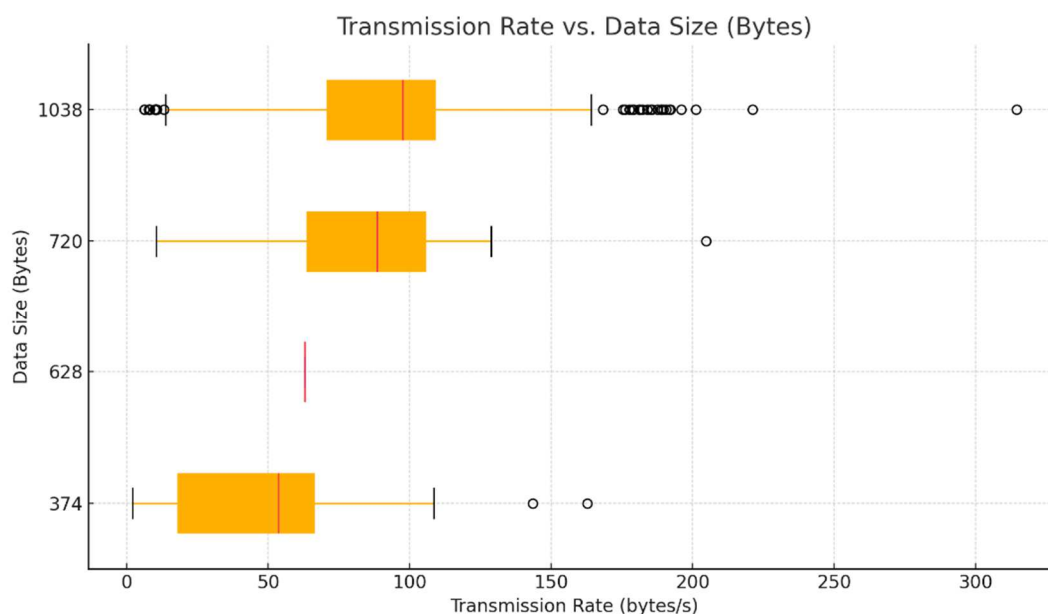


圖4.22 不同封包大小傳輸速率盒鬚圖

113年依據112年大型斷面水槽試驗成果，改良優化無線式底碇波流觀測系統，並加裝控制器管控水聲傳輸系統，控制器可有效處理傳輸過程所產生之延遲與字元錯誤，提升系統傳輸效率及穩定性，海域實測傳輸速率分析結果顯示，數據機平均傳輸速率為83.02 bytes/s，約需270 s可完成AWAC每次觀測所需傳輸量，搭配水中控制器儲存及排程傳輸功能，可兼具儀器觀測、數據傳輸多工處理，滿足海象觀測需求。由傳輸速率盒鬚圖分析結果發現，數據機在傳輸1038 Byte檔案時，傳輸速率約100 bytes/s，傳輸374 Byte檔案時，速率約下降至50 bytes/s，速率隨著檔案大小增加而上升，此結果與112年大型斷面水槽試驗一致。

4.4 114 年高雄港第二港口水中無線通訊即時系統建置

依據113年海域實測傳輸架構（圖4.11），將114年高雄港水中無線通訊即時系統傳輸架構設計如圖4.23，114年著重於系統即時性且

以長期可於海域執行海象觀測任務為發展目標，依據114年系統傳輸架構，系統透過水下無線傳輸技術串接離岸AWAC及岸上資料中心，整套水中無線通訊即時系統由離岸端（即113年Remote端）、近岸端（113年Local端）、岸上通訊站（高雄第二港口紅燈塔）及後台主機4個主要部分所構成，燈塔與近岸端以纜線連結，用於傳送命令、資料及供給近岸端所需電力，離岸端另配置電池模組，離岸端設置於近岸端西南方約250 m（系統位置如圖4.24），鄰近現有纜線式AWAC外海主、副觀測站，兩端各設置1部水聲數據機，傳輸指令及監測數據，各端配置如下：

1. 離岸端（電力由電池模組供給）

(1) Nortek波流觀測儀AWAC

(2) Evologics S2C M 48/78水聲通訊數據機

(3) 離岸端電控箱，安裝於不銹鋼水密箱體內

(4) 24V/22Ah鋰鐵電池模組，安裝於不銹鋼水密箱體內

(5) 3組24V/100Ah鋰鐵電池模組，安裝於3座不銹鋼電池桶

(6) 2 m x 2 m x 1.7 m不銹鋼儀器架

2. 近岸端（電力由岸上太陽能經纜線供給）

(1) Evologics S2C M 48/78水聲通訊數據機

(2) 近岸端電控箱，安裝於不銹鋼水密箱體內

(3) 2 m x 2 m x 1.7 m不銹鋼儀器架

3. 岸上通訊站

(1) 太陽能供電系統

(2) 資料擷取/傳輸設備，含4G數據機

4. 後台主機

(1) 系統後台，儀器設定及監控

(2) 現場監測資料抓取與儲存



圖4.23 114年高雄港水中無線通訊即時系統傳輸架構圖

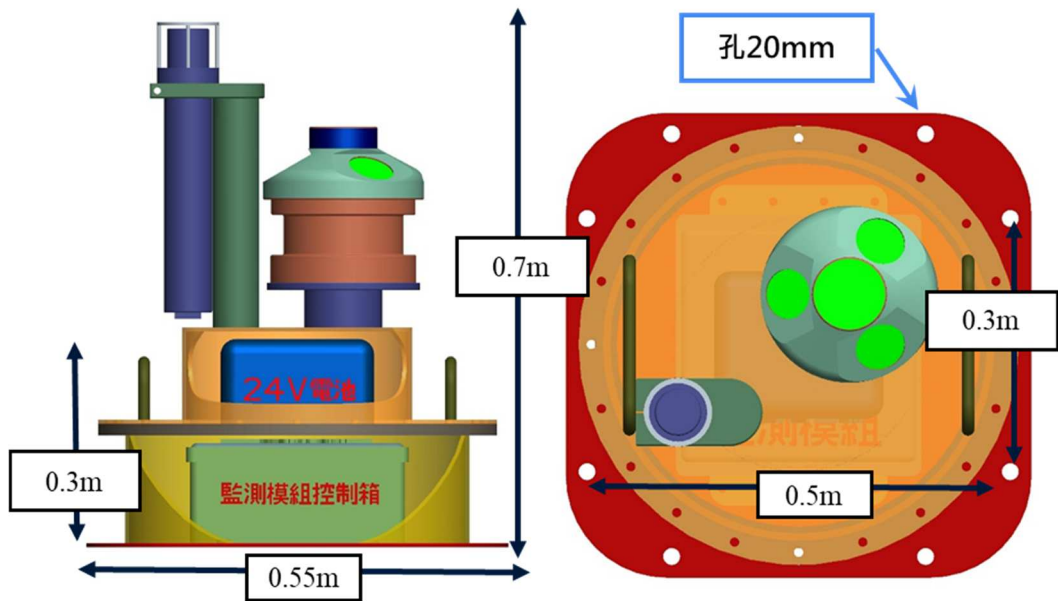


圖4.24 無線系統離、近岸端及現有纜線式不銹鋼儀器架位置圖

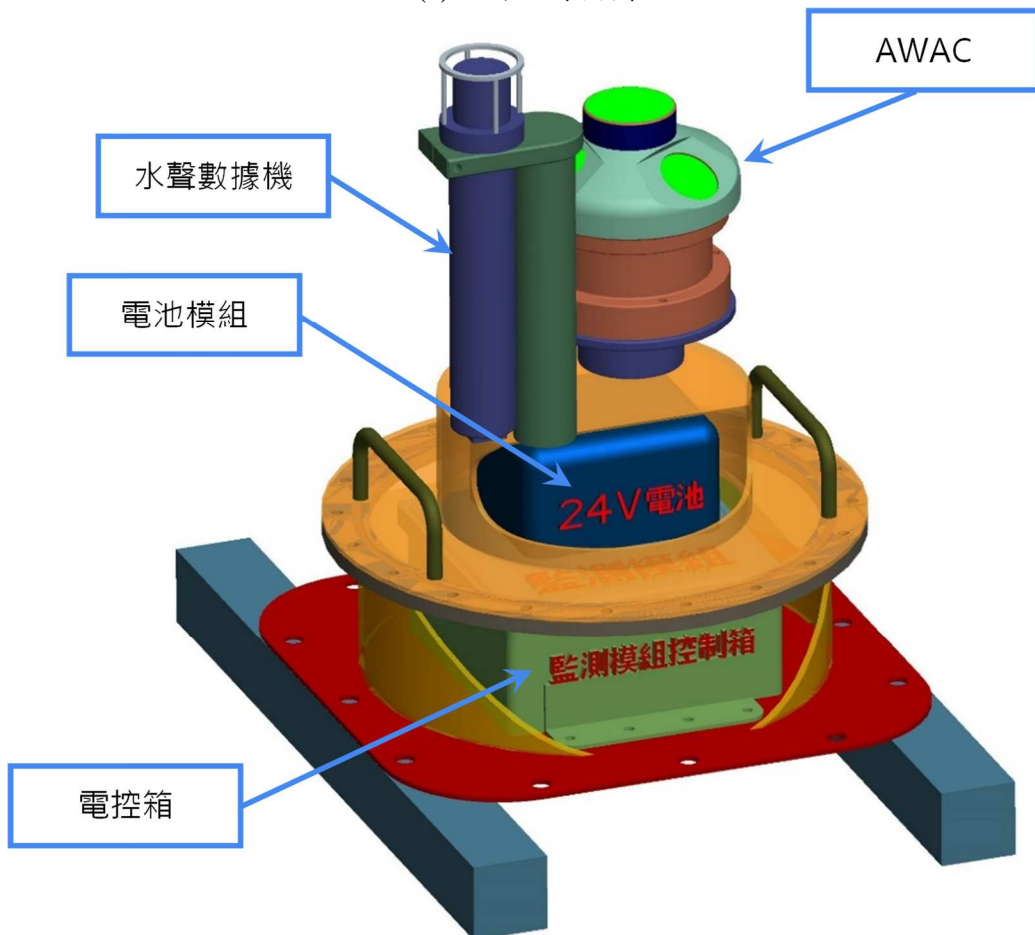
113年所使用之不銹鋼水密箱體總重約210公斤，適用於短期近岸監測，114年目標為於高雄港第二港口外海，建置一套可長期自主運作且具備即時性觀測之無線系統，113年不銹鋼水密箱體勢必需重新設計，且為增加系統抗浪、流性，儀器架本身自重需增加，圖4.25為114年不銹鋼水密箱體設計圖，主要用於保護其內部之電控箱，電控箱為無線傳輸系統核心機構，內含主控制器、通訊模組及電源系統等電子元件，因此不銹鋼水密箱體需確保在高鹽分、壓力水下環境中，讓內部核心仍可正常且穩定運作，箱體空氣中總重約50公斤（含AWAC及數據機等），較113年減少約160公斤，兼具水密性與維運便利性。

系統在離岸端部分無纜線可提供設備運作電力，需額外設計電池模組，考量系統後續維運，電池分為3組，材質為不銹鋼，每組重約35公斤（含鋰鐵電池），初估可提供離岸端約2個月運作，離岸端電池模組設計，如圖4.26。為增加無線傳輸系統抵抗浪、流能力，前述不銹鋼水密箱體、電池組（離岸端）將組裝於2 m x 2 m x 1.7 m不銹鋼儀

器架上，該儀器架底部澆置30 cm厚混凝土基座，空氣中總重約3.5噸，儀器架設計圖，如圖4.27。



(a) 側、俯視圖



(b) 配置示意

圖4.25 離、近岸端不銹鋼水密箱體設計圖

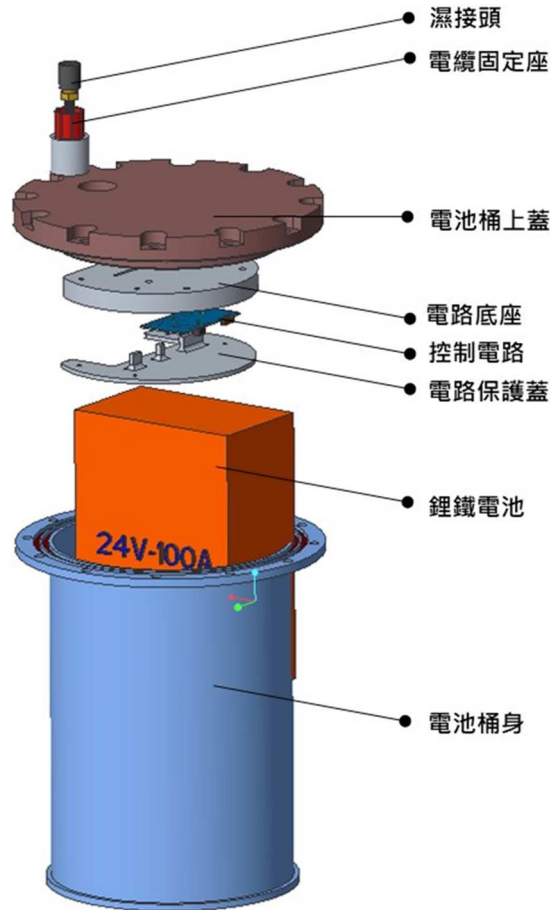
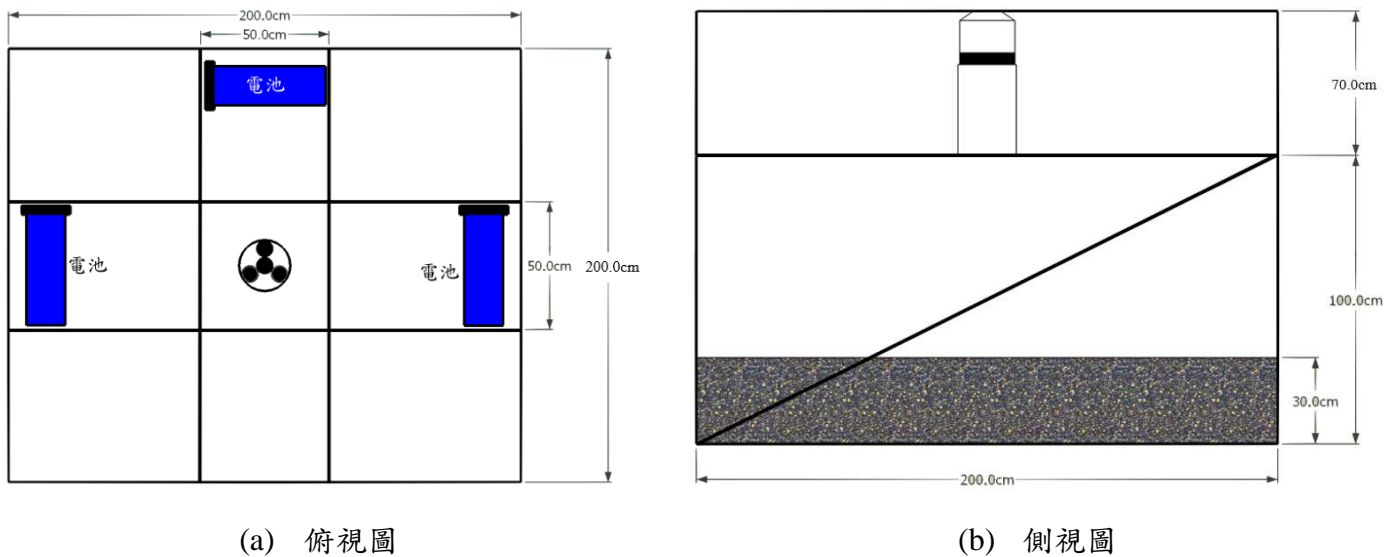


圖4.26 離岸端電池模組設計圖



(a) 俯視圖

(b) 側視圖

圖4.27 水中不銹鋼儀器架設計圖

圖4.28～圖4.32為離、近岸端不銹鋼水密箱、電控箱及3組電池箱體機構，由加工組件整合至完整水下通訊系統過程，歷經電池模組組裝、功能測試，並與電控箱體整合安裝配線，完工照如圖4.33所示。



圖4.28 原始組件及電控箱試配



圖4.29 不銹鋼水密箱體、電池桶製作



圖4.30 零組件試組配



圖4.31 電池模組安裝配線



圖4.32 電控箱體安裝配線



(a) 離、近岸電控箱體



(b) 離、近岸電控箱體及電池模組

圖4.33 離、近岸電控箱體及電池模組完工圖

設備出廠前功能測試部分，2部水聲數據機保持緊貼狀態，並採最低功率設定，由使用者透過水聲數據機向AWAC下達命令啟動量測，AWAC記錄時數約4小時，資料總量約160 KB，儀器將期間量測所得wpr檔，透過水聲數據機傳輸，將傳輸後wpr檔以Nortek AWAC AST Dialup軟體進行檢核，Number of checksum errors值為0（如圖4.34），確認AWAC原始監測檔wpr，經無線系統傳輸後，資料仍可保持正確且完整。

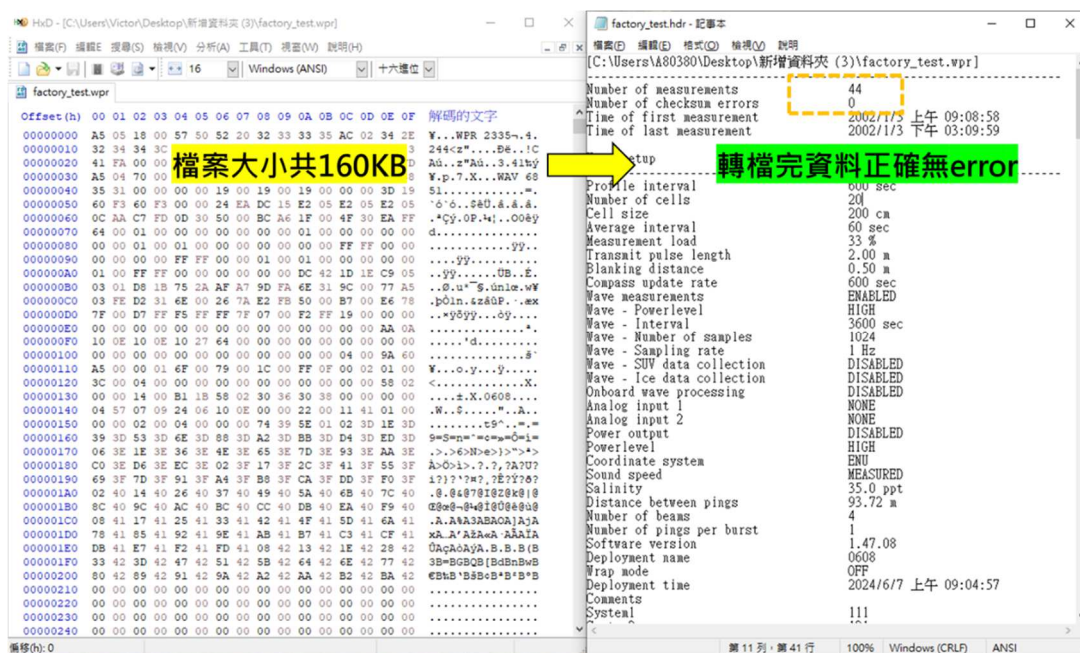


圖4.34 Nortek AWAC AST Dialup軟體檢核結果

系統檢核及測試等作業完成，離、近岸電控箱體及電池模組與2 m x 2 m x 2 m不銹鋼儀器架進行整合（如圖4.35），現地建置作業於114年10月28日開始，系統建置歷程如下：

1. 10月28日（作業過程如圖4.36），5分錨鍊、6分編織繩及海底電纜於陸上加工與整備，將5分粗錨鍊以卸克（Shackle）及插銷對接固定，6分編織繩採雙股布設，每0.5 m以束帶綁將5分錨鍊、6分編織繩及海底電纜綁紮固定，以提升抗拉強度及貼床性，減少纜線飄動及外力對電纜造成之損壞。
2. 10月29日（作業過程如圖4.37），已加工完之錨鍊、編織繩及海底電纜，調運至布放船平整鋪設，連同離、近岸端水中儀器架進行布

放，依事先規劃之路徑依序實施布設，離岸端水中儀器架鄰近現有傳統式纜線外海儀器架，該處海床穩定且無外力拖曳情形。

3. 10月30日（作業過程如圖4.38），近岸端纜線固定保護、太陽能供電設備架設及系統配線。



(a) 近岸端（含不銹鋼水密箱、電控箱、水聲數據機）

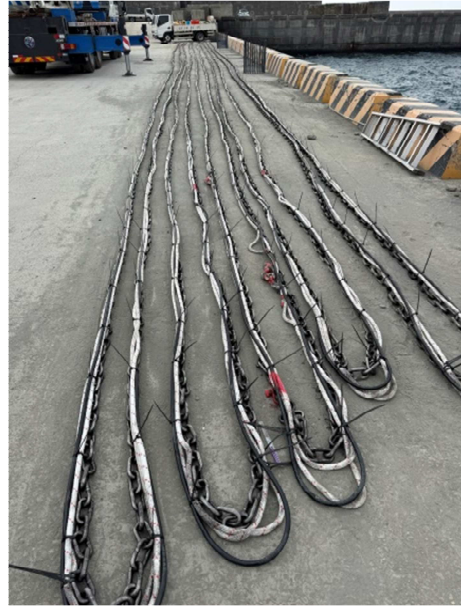


(b) 離岸端（含不銹鋼水密箱、電控箱、水聲數據機、AWAC、電池組）

圖4.35 無線系統水中不銹鋼儀器架



(a) 錨鍊、編織繩及海底電纜綁紮



(b) 錨鍊、編織繩及海底電纜綁紮

圖4.36 114年10月28日現場作業



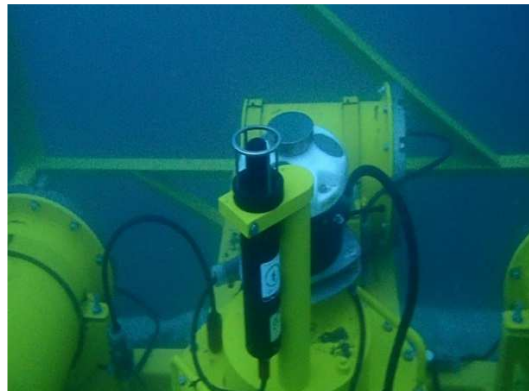
(a) 電纜及近岸端儀器架布放



(b) 離岸端儀器架設置

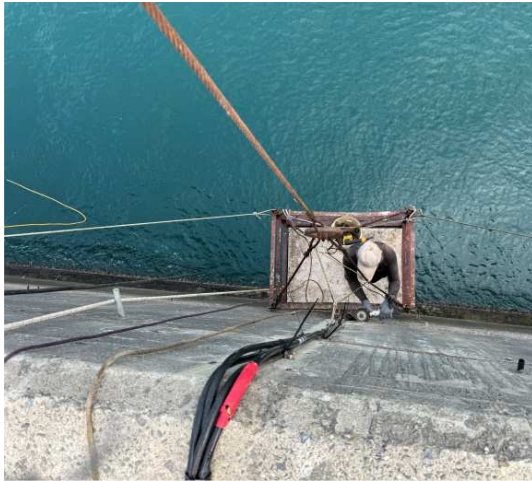


(c) 近岸端設置完成



(d) 離岸端設置完成

圖4.37 114年10月29日現場作業



(a) 纜線上岸點固定



(b) 岸壁纜線保護蓋板設置



(c) 太陽能及傳輸天線安裝



(d) 燈塔內設備安裝配線

圖4.38 114年10月30日現場作業

無線系統於10月31日建置完成，截至12月8日系統資料可用率如表4-5及圖4.39所示，11月11日前平均可用率為65.15%，最高為81.36%，最低為32.75%，11月9日因不明原因，可用率突降至34.28%，於11月10日系統恢復正常後，可用率恢復至79.71%，由通訊情形統計圖可觀察到，系統在11月12日呈離線狀態，此時第26號颱風鳳凰正處於臺灣西南海域（如圖4.40），本所於高雄第二港口波高監測資料顯示，12日有義波高平均3.72 m，波高最大值為5.14 m，颱風逐漸遠離後，即至現場進行檢修，陸域設備完好無損，離岸端設備正常，近岸端無法順利連結，潛水人員下水檢查後發現，近岸端纜線遭不明外力拉扯斷裂（如圖4.41），系統於11月16日修復後，短暫恢復通訊，持續微調水中數據機發射角，系統於11月23日恢復正常。

無線系統11月23日修復後，統計11月23日～12月8日資料平均可用率為51.19%，較前述65.15%下降13.96%，期間可用率最高為70.87%，將11月5日～12月8日無線系統訊號完整性及離線分布繪製如圖4.42，就訊號完整性與系統離線發生頻率2因子分析，11月12日即近岸端纜線受損日可視為前述2因子之分水嶺，12日前訊號完整性雖有低於100情形，普遍仍可維持在100以上，系統離線偶有發生，11月9日系統因不明原因傳輸穩定度不佳，可發現訊號完整性與系統離線時長，均有明顯增加之情形；11月12日近岸端纜線遭外力拉扯損壞後，系統於11月23日修復，可發現訊號完整性低於100情形明顯增加，系統離線發生頻率也較頻繁，期間數次出海調整水中數據機發射仰角，資料可用率雖有提升，但系統傳輸穩定度仍有改善空間，後續將持續調整無線系統，並將各項監測數據回饋EvoLogics原廠，以提升系統穩定度。

圖4.43～圖4.44為高雄港第二港口無線傳輸系統與主、副測站(海纜傳輸) 11月6日～11月10日波流場分布，纜線式主站位於無線式測站西北方約50 m，纜線式副站於無線式測站東北方約90 m，3測站在波浪及海流方向部分，運動軌跡相似，尖峰週期分布相當一致，在波高及流速部分，因測站位置差異，而在觀測數值上有所不同，但趨勢一致。

表4-5 114年10月31～12月8日通訊情形統計表

觀測日期	可用率	觀測日期	可用率
10/31	32.75%	11/9	34.28%
11/1	41.06%	11/10	79.71%
11/2	52.72%	11/11	76.08%
11/3	68.79%	11/12	0.00%
11/4	80.82%	11/13	0.00%
11/5	81.36%	11/14	0.00%
11/6	78.54%	11/15	0.00%
11/7	75.38%	11/16	16.89%
11/8	80.25%	11/17	3.79%

表4-5 114年10月31~12月8日通訊情形統計表 (續)

觀測日期	可用率	觀測日期	可用率
11/18	0.00%	11/29	31.29%
11/19	0.00%	11/30	55.24%
11/20	0.00%	12/1	53.21%
11/21	0.00%	12/2	49.18%
11/22	0.00%	12/3	62.53%
11/23	22.12%	12/4	48.27%
11/24	52.65%	12/5	65.84%
11/25	68.46%	12/6	70.87%
11/26	60.83%	12/7	63.29%
11/27	33.65%	12/8	56.04%
11/28	25.54%	-	-



圖4.39 114年10月31~12月8日通訊情形統計圖



(資料來源：交通部中央氣象署颱風資料庫)

圖4.40 114年第26號颱風鳳凰路徑圖



圖4.41 近岸端水下纜線受損

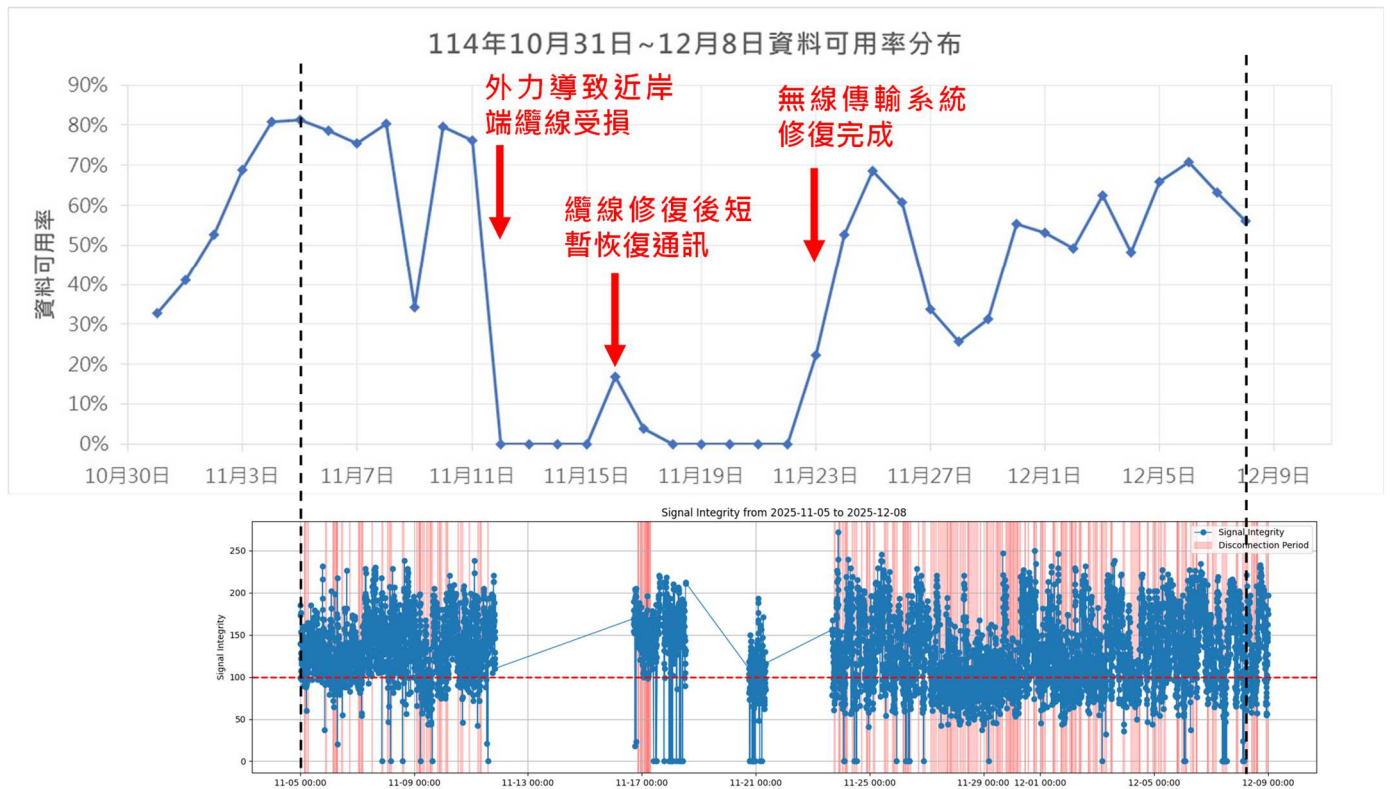
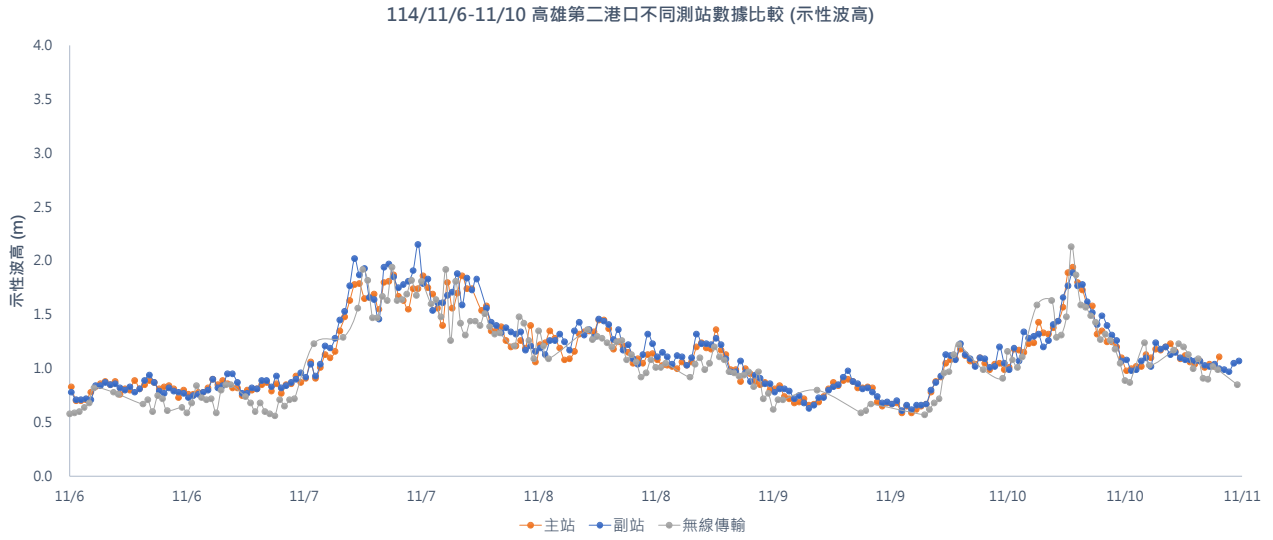
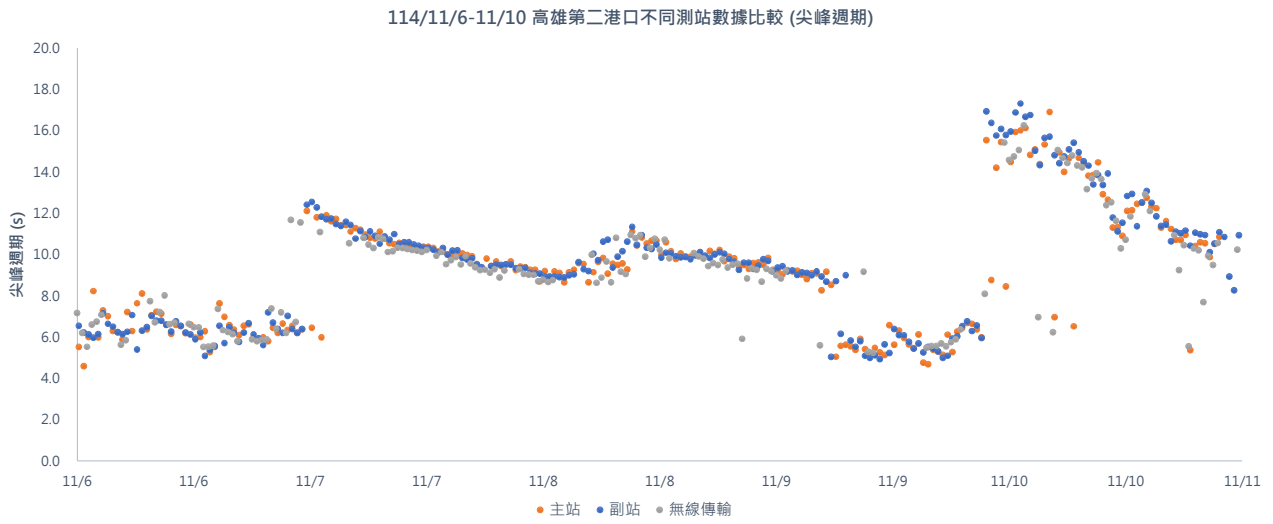


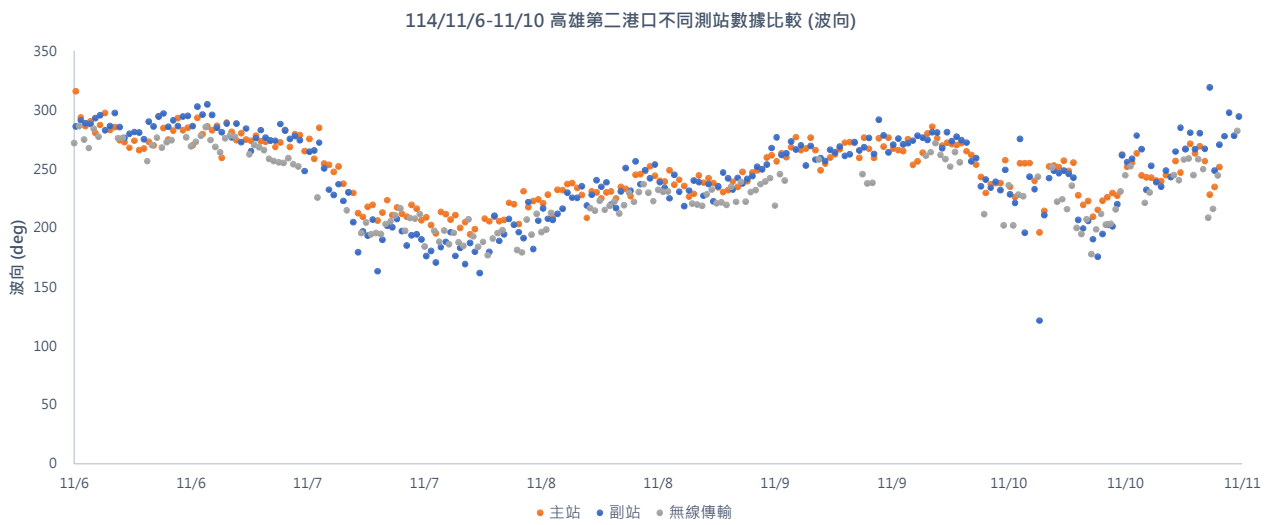
圖4.42 114年11月5日~12月8日無線系統訊號完整性及離線分布圖



(a) 示性波高



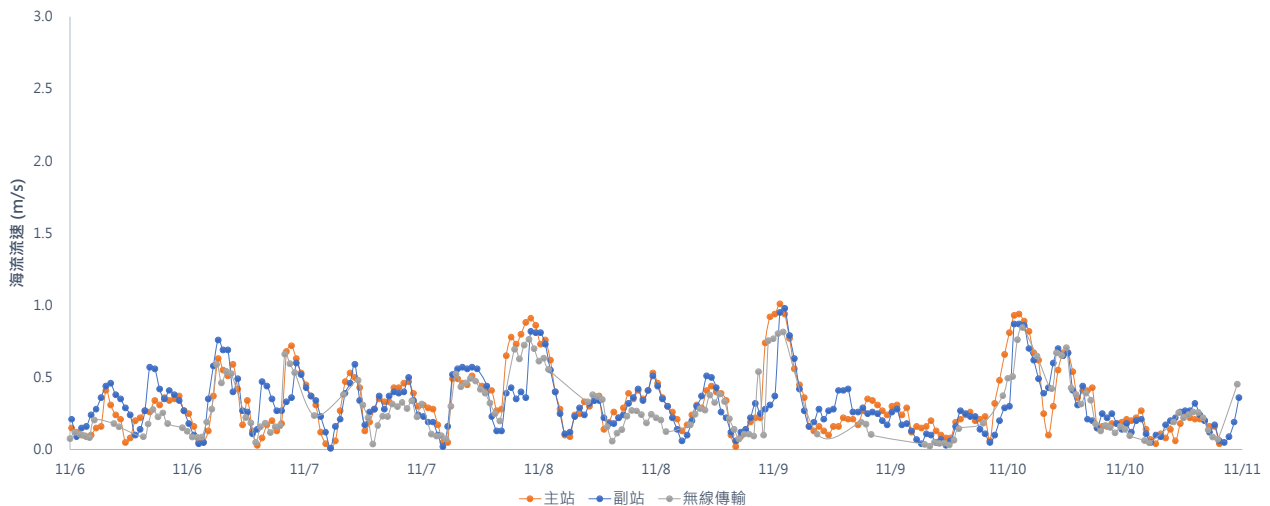
(b) 尖峰週期



(c) 波向

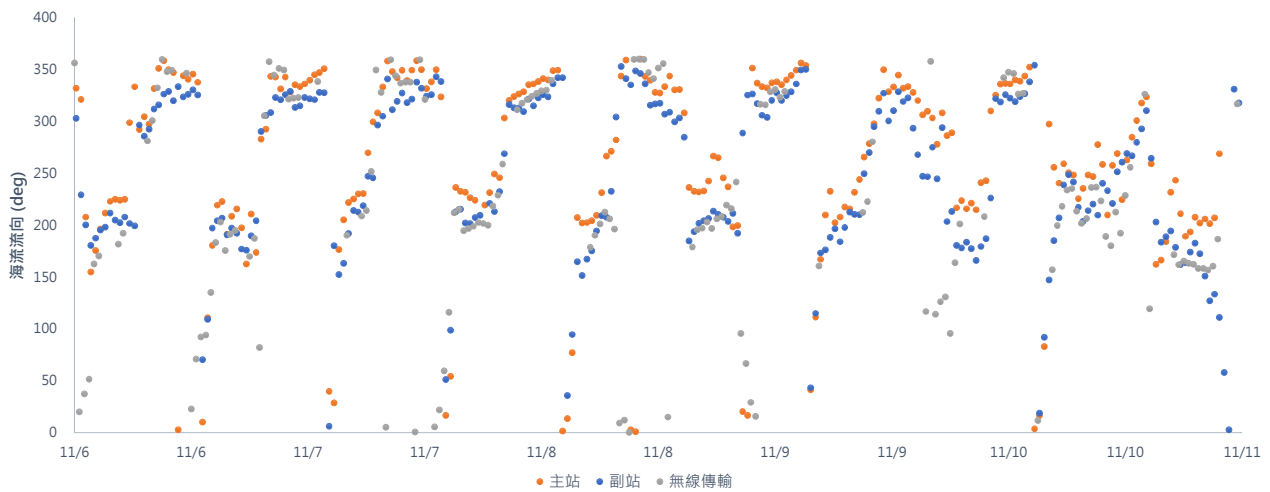
圖4.43 無線傳輸系統與主、副測站114年11月6日~11月10日波場分布

114/11/6-11/10 高雄第二港口不同測站數據比較 (海流流速)



(a) 海流流速

114/11/6-11/10 高雄第二港口不同測站數據比較 (海流流向)



(b) 海流流向

圖4.44 無線傳輸系統與主、副測站114年11月6日~11月10日流場分布

114年完成高雄港第二港口無線式底碇波流即時觀測系統建置，系統傳輸邏輯與113年雷同，差別於114年強化了離、近岸端水中不銹鋼結構，增加系統在惡劣環境下抵抗能力，提升系統監測韌性，在即時功能性部分，以水聲數據機做為AWAC及使用者間傳輸介質，配合近岸端實體傳輸纜線，將現場監測數據即時回傳，相較以往纜線式傳輸系統，纜線鋪設長度減少約5成，提升因纜線受損所衍生水下檢修、線芯修補及纜線重鋪作業效率，縮短潛水員於水中作業時間，降低海域作業風險，無線系統可支援多點感測，於監測海域布設數處離岸監測點，近岸端僅需1處接收站，即可將單點監測擴展至線監測網，強化港口海象監測能量，提升海象觀測網韌性。

在無線系統建置與後續維運經費部分，在建置經費上，目前系統仍有部分功能尚待優化，俟系統優化完成且進入量產階段，期能將經費增幅控制在纜線式系統3成內，維運成本部分，系統維運所需動員之人物力，與纜線式無太大差異，單站每季約新臺幣7~8萬元，針對114年已建置完成之高雄港第二港口無線式底碇波流即時觀測系統，將持續監控系統運作情形並滾動式調整優化，就系統或本所人員後續仍可改善及精進項目如下：

1. 系統節電，離岸端在3座電池模組供應下，目前約可持續監測約2個月，對於海象即時監測系統而言，稍嫌不足，後續將優化設備消耗功率，延長無線系統續行能力。
2. 資料可用率提升，AWAC監測數據已可透過水聲數據機即時回傳，惟可用率仍不太穩定，具體影響原因（如波流場、溫鹽深等環境改變），將持續蒐整相關數據分析，亦將調整系統傳輸邏輯，提升資料可用率。
3. 水中數據傳輸不穩掌握度提升，以AWAC搭配水聲數據機，執行海象即時資訊監測，本所以往較少著墨，因此在系統調校、異常情形判讀及處理，仍需透過經驗不斷累積及國外文獻蒐整，提升系統掌握度。

第五章 結論與建議

本計畫 114 年持續維運及更新臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港及澎湖港等 9 個港區現場海象觀測系統，延長設備生命週期，並完成高雄港第二港口無線式底碇波流即時觀測系統建置，提升本所海象觀測網韌性，即時海象資訊及長期統計資料，可提供航港局、港務公司等相關單位做為商港港區施工、工程規劃設計、防災應變、事故釐清及船舶航行安全應用，提升船舶進出港及停泊之航行安全，維持營運航線、垂釣及遊憩區人員安全，具體研究成果、建議及成果效益彙整如下：

5.1 結論

1. 歷年波流觀測資料分析

- (1) 基隆港：全期有義波高 H_s 平均 1.08 m，99.3% 波向位於 N~E 象限，主波向為 NE 向，波向季節特性不明顯，冬季波高 1.51 m，四季最大，夏季波高最小，為 0.43 m，歷年波浪尖峰週期 T_p 平均 7.5 s，全期流速平均 21.1 cm/s，四季流速分布曲線相似，半節以下流速佔比約 7 成，全期海流運動方向於 E~S 及 S~W 兩象限間往復流動。
- (2) 蘇澳港及花蓮港：蘇澳港及花蓮港位處臺灣東部，東臨太平洋，全期波高、週期分布變化特性相似，歷年蘇澳港波高平均 1.3 m、花蓮港 1.23 m，蘇澳港週期平均 8.4 s、花蓮港 8.5 s，兩港週期皆以 8~10 s 佔比最高，歷年波向皆以 E~S 象限佔比最高，蘇澳港歷年流速平均 17.7 cm/s，花蓮港為 18.7 cm/s，兩港海流運動方向主要集中於 N~E 及 S~W 象限。
- (3) 高雄港：波高平均為 0.76 m，春季波高 0.58 m，為四季最小，夏季風與浪均自西南方來，不受阻擋可充分成長，波高 0.92 m 為四季最大，全期尖峰週期平均為 6.4 s，45.6% 週期小於 6 s，波向主要位於 S~W 及 W~N 兩象限，歷年主波向為 WNW，佔 25.1%，歷年流速平均 27.3 cm/s，52.9% 流速

低於半節，海流運動方向 E~S 及 S~W 象限各佔約 1/3，N~E 象限僅 8%，主流為 S 向，佔 19.2%。

- (4) 安平港：全期波高平均 0.66 m，春季波高 0.49 m 為四季最小，夏季時風與浪均自西南方來，波高平均 0.96 m，為四季最大，全期波浪尖峰週期平均 6.2 s，51.6% 波浪週期小於 6 s，全期波向主要位於 S~W 及 W~N 象限，主波向為 SW 向，佔 21%，歷年流速機率分布曲線與高雄港相似，流速平均 23.7 cm/s，約 6 成流速小於半節，全期流向集中在 E~S 及 W~N 象限，主流為 SSE 向，佔 15.6%。
- (5) 布袋港：全期波高平均 0.46 m，為本計畫各港最小，63.5% 波高小於 0.5 m，秋季波高平均 0.54 m，高於其餘三季，春季波高平均 0.31 m，為四季最小，歷年尖峰週期平均為 6.8 s，全期波向分布以 W~N 象限 63.3% 佔比最高，S~W 象限 36.2% 次之，主波向為 WNW 向，佔 36.1%，全期流速平均 22.3 cm/s，半節流以下佔 66.5%，主流為 NNE 向，佔 25.3%，海流運動方向逾 8 成落在 N~E 及 S~W 象限。
- (6) 臺中港：全期波高平均 1.44 m，為各港最大，冬季波高 2.09 m，四季最大，夏季波高四季最小，平均 0.8 m，歷年波浪尖峰週期平均為 6.4 s，6~8 s 佔比約 5 成，全期波向 64.4% 位於 N~E 象限，主波向為 NNE 向，佔 41.1%，歷年流速平均 38 cm/s，各港中僅低於臺北港，近 4 成流速介於半節~1 節間，歷年海流運動方向，以 W~N 象限 38.3% 佔比較高，其次為 S~W 象限 30.5%，主流為 N 向，佔 19%。
- (7) 臺北港：全期波高平均 1.09 m，冬季波高平均最大，為 1.53 m，夏季波高平均 0.67 m，四季最小，全期週期平均 6.4 s，44% 週期小於 6 s，全期波向以 N~E 象限 47.9% 佔比最高，W~N 象限 36.1% 次之，主波向為 N 向，佔 22.5%，歷年流速平均 41.4 cm/s，為本計畫各港最高，全期流向集中在 N~E 與 S~W 象限，流向機率分布與布袋港相似，機率曲線呈現

2 處明顯峰值，主流位於 WSW 向，佔 23.2%。

- (8) 澎湖港：歷年波高平均 0.89 m，50.5%波高介於 0.5~1.5 m，冬季波高平均 1.24 m，高於其餘三季，全期尖峰週期平均為 7.1 s，近 4 成波向來自 N~E 象限，W~N 象限因受陸地屏障，僅 1.8%，主波向為 ENE 向，佔 25%，歷年流速平均 34.4 cm/s，48.1%流速介於半節~1 節，歷年流向分布以 N~E 象限 50.5%佔比最高，主流為 E 向，佔 27.9%。

2. 無線式底碇波流即時觀測系統建置

- (1) 114 年完成高雄港第二港口無線式底碇波流即時觀測系統建置，透過 2 部水聲數據機，成功將 AWAC 監測數據於水中傳輸，並即時回傳至後台。
- (2) 高雄港第二港口無線式底碇波流即時觀測系統，纜線鋪設總長度比纜線式系統減少近 5 成，無線系統可提升因纜線受損所衍生修復作業之效率，縮短潛水員作業時間，降低海域作業風險。
- (3) 無線傳輸測站與高雄港第二港口纜線式主、副測站波流場監測數據比對，3 測站在波、流向運動軌跡相似，尖峰週期分布相當一致，波高及流速因測站位置差異，而有所不同，但趨勢一致。
- (4) 無線系統已建置完成，且已俱備監測資料即時回傳功能，惟系統節電及資料可用率提升，仍為後續應持續優化首要項目。

5.2 建議

本計畫於海象觀測站更新、現場觀測資料擷取分析或即時系統建立等，皆須投入大量經費與充足人力，並配合專業技能及工作經驗方得完成，針對本計畫年度之工作歷程與成果，茲列舉數點做為後續工作執行改進參考與展望：

1. 國內目前雖已初步進行海象資料庫整合工作，惟觀測設備種類眾多，如何探討國內現有海象觀測儀器使用種類、取樣頻率（Sampling Rate）、適用水深及地形等，為從事港灣與海岸產、官、學、研各界刻不容緩課題。
2. 建立海象觀測站過程中調查與量測資料實屬珍貴，儀器於觀測站附近常有漁民及釣客停留，需加強勸導維護儀器安全，俾使觀測設備及資料擷取系統維持正常，避免國家資源浪費與工作成果損失。
3. 為因應各港工程建設規劃，過去海氣象觀測工作著重於港外(外海)之監測，然近年各港建設已達一定規模程度，因此，對於港埠維護管理之需求增加，建議加強港內海氣象監測，以做為營運規劃設計、船舶航行安全、船席靠泊卸載及碼頭設施施工等作業時的參考依據。

5.3 成果效益及後續應用情形

本計畫各港 114 年海象觀測資料及相關研究成果，已陸續提供產官學研界，做為科研或相關工程作業參考，歷年海象觀測資料提供之單位計有：

1. 公務機關：中央氣象署、國家海洋研究院、臺灣港務股份有限公司、經濟部水利署、高雄市政府、臺中市政府、臺南市政府、宜蘭縣政府、台灣電力股份有限公司、台灣中油股份有限公司及海軍大氣海洋局等。
2. 學校機構：臺灣大學、中山大學、成功大學、財團法人成大計畫發展基金會、臺灣海洋大學、陽明交通大學、高雄海洋科技大學、淡江大學及建國科技大學等。
3. 顧問公司：台灣世曦工程顧問股份有限公司、宇泰工程顧問有限公司、永碁工程顧問有限公司及太乙工程顧問股份有限公司等。
4. 民營機構：宏華營造股份有限公司及匯僑股份有限公司等。

參考文獻

1. F. Campagnaro, A. Signori, and M. Zorzi, “Wireless Remote Control for Underwater Vehicles”, Journal of Marine Science and Engineering, 2020, Vol.8(10), pp.736-768.
2. Nortek Acoustic Wave and Current Profiler (AWAC) user manual.
3. Nortek Classic Integrator’s Guide.
4. EvoLogics S2C M 18/34 Modems Brochure.
5. EvoLogics S2C M 18/34 Datasheet.
6. 蔡立宏、蘇青和、羅冠顯等「108年國際商港風波潮流觀測與特性分析」，交通部運輸研究所，2020年2月。
7. 蔡立宏、蘇青和、廖慶堂等「108年國內商港風波潮流觀測與特性分析」，交通部運輸研究所，2020年2月。
8. 蔡立宏、蘇青和、羅冠顯等「109年臺灣北東港域海象觀測與特性分析」，交通部運輸研究所，2021年2月。
9. 蔡立宏、蘇青和、林達遠等「109年臺灣中南港域海象觀測與特性分析」，交通部運輸研究所，2021年2月。
10. 蔡立宏、李俊穎、羅冠顯等「110年主要商港波流觀測與特性分析」，交通部運輸研究所，2022年3月。
11. 蔡立宏、李俊穎、羅冠顯等「2020年臺灣海氣象觀測資料統計年報(8港域觀測波浪資料)」，交通部運輸研究所，2022年12月。
12. 蔡立宏、李俊穎、林達遠等「2020年臺灣海氣象觀測資料統計年報(8港域觀測海流資料)」，交通部運輸研究所，2022年12月。
13. 蔡立宏、李俊穎、羅冠顯等「2021年臺灣海氣象觀測資料統計年報(8港域觀測波浪資料)」，交通部運輸研究所，2022年12月。
14. 蔡立宏、李俊穎、林達遠等「2021年臺灣海氣象觀測資料統計年報(8港域觀測海流資料)」，交通部運輸研究所，2022年12月。
15. 蔡立宏、李俊穎、羅冠顯等「商港波浪觀測及統計分析」，交通部運輸研究所，2024年3月。
16. 蔡立宏、李俊穎、林達遠等「商港海流觀測及統計分析」，交通部

運輸研究所，2024 年 3 月。

17. 蔡立宏、李俊穎、羅冠顯等「2022 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(8 港域觀測波浪資料)」，交通部運輸研究所，2024 年 3 月。
18. 蔡立宏、李俊穎、林達遠等「2022 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(8 港域觀測海流資料)」，交通部運輸研究所，2024 年 3 月。

附錄一

第 1 次工作會議紀要

113年6月工作會議紀要

會議名稱：本所運輸技術研究中心第二科113年自行研究計畫第1次工作會議

時間：113年6月25日(星期二)上午10時00分至16時30分

地點：本所運輸技術研究中心3樓會議室

主持人：李俊穎科長

紀錄：廖慶堂

出席者：如後附簽到表

主辦單位：本所運輸技術研究中心第二科

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究

1. 蒐集國內外風力觀測技術相關文獻。
2. 分析螺旋槳式風速計與超音波式風速計之量測差異。
3. 蒐集我國商港因強風事件封港之資料。

(二)馬祖港福澳碼頭設計水位之探討

1. 馬祖地區暴潮資料文獻蒐集進度報告。
2. 馬祖地區海氣象設備維運作業情形摘要說明。
3. 馬祖地區南竿福澳港潮位資料統計分析報告。

(三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(1/2)-水中無線通訊設備海域測試

1. 臺灣港群波流觀測系統更新、建置及遷移。
2. 水中無線通訊設備海域測試規劃。

(四)花蓮港湧浪遮蔽試驗(2/3)-消能措施方案評估

1. 港灣消能措施文獻蒐集與回顧。
2. 花蓮港平面水工模型建置優化。
3. 花蓮港內消能設施研擬及佈設規劃。

(五)長週期波斷面模型試驗(2/3)-花蓮港現況碼頭之水動力及改善研究初探

1. 消能碼頭及結構物文獻與資料蒐集研讀。
2. 選定標的碼頭位置及規劃消能碼頭型式。
3. 進行港灣內長週期波作用下斷面試驗前置作業。

(六)智慧航安與海氣象資訊應用探討(3/4)-海氣象資訊於船舶監控預警系統之應用

1. 特高頻資料交換系統(VDES)發展現況說明。
2. 臺灣周圍海域船舶資料蒐集與交通流分析進度。
3. 海氣象資訊於船舶監控預警系統之應用規劃情形。

(七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(2/3)-波浪觀測分析

1. 進行海洋雷達波浪觀測應用相關文獻回顧。
2. 辦理波浪資料品管與檢核工作，報告波浪品管之作業情形。
3. 進行海洋陣列雷達設備維護與保養作業，辦理陣列雷達站架高工作。

(八)海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究(1/2)-系統建置

1. 現有測站資源盤點狀況說明。
2. 海氣象觀測作業數位管理系統委外開發進度說明。
3. 上次工作會議後修正情形說明。

(九)港區水下巡查技術初探(2/3)-水下無人載具測試分析

1. 進行港埠設施分析及測試機型探討。
2. 進行港區水下巡查項目探討。
3. 進行港區 ROV 水下定位測試規劃。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究

1. 討論螺旋槳式風速計與超音波式風速計在不同風速下之差異及風向不確定性。
2. 討論不同年期之超音波式風速計之實驗結果。

- (二)馬祖港福澳碼頭設計水位之探討
 - 1. 馬祖地區暴潮相關報告、迴歸分析資料可信度討論。
 - 2. 馬祖地區歷年潮位資料基準校正方式討論。
- (三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(1/2)-水中無線通訊設備海域測試
 - 1. 臺灣港群波流觀測站建置概況及本年度現場作業期程討論。
 - 2. 討論水中無線通訊設備實際海域測試規劃。
- (四)花蓮港湧浪遮蔽試驗(2/3)-消能措施方案評估
 - 1. 建議評估花蓮港內消能設施型式佈設方式及考量其它方案。
 - 2. 討論花蓮港平面水工模型建置內容。
- (五)長週期波斷面模型試驗(2/3)-花蓮港現況碼頭之水動力及改善研究初探
 - 1. 討論標的碼頭選定方式之評估方式與結果。
 - 2. 評估新消能碼頭型式設計型式之可行性。
- (六)智慧航安與海氣象資訊應用探討(3/4)-海氣象資訊於船舶監控預警系統之應用
 - 1. 蒐集國外 VDES 資料等相關船舶航行安全通訊技術。
 - 2. 辦理芳苑燈塔 VDES 系統之天線移置作業。
 - 3. 整合交通部航港局提供的船舶 AIS 動態資訊。
- (七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(2/3)-波浪觀測分析
 - 1. 討論海洋陣列雷達波浪觀測相關文獻。
 - 2. 比較雷達站品管檢核資料情形。
 - 3. 6月5日出席國家海洋研究院「113年第1次海洋雷達願景工作會議」，討論海洋雷達合作與應用服務推廣事宜。
 - 4. 配合臺中港務分公司「臺中港北側淤沙區漂飛沙整治第四期工程」施工需要，於北側雷達站進行架高作業。
- (八)海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究(1/2)-系統建置

1. 現有測站資源盤點之討論。
2. 既有電子表單資料批次上傳之討論。
3. 系統委外開發進度及建議事項之討論。

(九) 港區水下巡查技術初探 (2/3) - 水下無人載具測試分析

1. 港區水下巡查作業之無人載具分析說明。
2. 港區水下設施之巡查方式說明。
3. ROV 水下定位測試方法討論。

貳、主要結論

(一) 商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究

1. 針對螺旋槳式風速計與超音波式風速計之量測不確定性問題，後續可與氣象署氣象儀器校正實驗室合作進行風洞試驗。
2. 為確保風力量測標準及數據品質，後續可向氣象署大氣觀測組瞭解現行風力編報之解算方式，以求一致性。

(二) 馬祖港福澳碼頭設計水位之探討

1. 建議持續針對馬祖地區暴潮資料文獻進行蒐集工作。
2. 馬祖地區歷年潮位資料基準校正方式建議利用調和分析結果，可降低人為校正所造成長週期水位變化消失之程度。

(三) 臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進 (1/2) - 水中無線通訊設備海域測試

1. 請依規劃期程督導廠商，使本年度波流觀測系統現場相關作業能如期如質完成。
2. 本年度將於實際海域執行水中通訊系統測試，請注意作業期間海況變化，以維人員安全。

(四) 花蓮港湧浪遮蔽試驗(2/3)-消能措施方案評估

1. 須確實掌握花蓮港試驗地形及平面水工模型鋪設進度。
2. 於執行試驗過程中，應滾動檢討港內消能設施型式。

(五) 長週期波斷面模型試驗(2/3)-花蓮港現況碼頭之水動力及改善研究初探

1. 斷面試驗地形及水工模型建置案，需掌握採購規劃時程。
2. 加速進行新消能碼頭型式設計的定案，以免延誤試驗進程。

(六) 智慧航安與海氣象資訊應用探討(3/4)-海氣象資訊於船舶監控預警系統之應用

1. 有關船舶 VDES 或 AIS 訊號，可針對研究特定區域，自行接收訊號解碼使用。
2. 透過與丹麥 Sternula 討論國際 VDES 發展趨勢，藉以學習其系統架構。

(七) 臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(2/3)-波浪觀測分析

1. 有關高頻雷達波浪資料品管與檢核部分，建議持續辦理品管作業，以維持海氣象資料之正確性。
2. 本年度報告書章節規劃尚屬合宜，惟主要研究項目之研究內容建議持續檢討。

(八) 海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究(1/2)-系統建置

1. 本案於建置階段之測站資料建檔，或驗證測試與完成後階段之維護紀錄填報，皆賴同仁配合協助進行。建議於系統提供好用及易用之功能，以增加同仁協助配合意願。
2. 測站維護時資料中斷之時間區間，建議於維護紀錄呈現。

(九) 港區水下巡查技術初探 (2/3) -水下無人載具測試分析

1. 港區水下巡查項目之檢測方法可再進行評估。
2. 水下無人載具之定位方式可再進行補述。

會議簽到表

會議名稱：本所運輸技術研究中心第二科 113 年度自行研究計畫第 1 次工作會議

時間：113 年 6 月 25 日(星期二)上午 10 時 00 分

地點：本所運技中心 3樓會議室

主持人：李俊穎科長 李俊穎

出席單位	簽名	
第一科科長	賴瑞琪	
第三科科長	林雅雯	
第二科		
		黃茂信
		顏震香
		郭煥芬
		陳天呀
		李之濤
		陳孟宏
		劉淑敏
		許靜瑜
		許義宏
		孫遠遠

附錄二
第 2 次工作會議紀要

113年8月工作會議紀要

會議名稱：本所運輸技術研究中心第二科113年自行研究計畫第2次工作會議

時間：113年9月2日(星期一) 10時至16時30分

地點：本所運輸技術研究中心3樓會議室

主持人：李俊穎 科長

紀錄：廖慶堂

出席者：如後附簽到表

主辦單位：本所運輸技術研究中心第二科

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一) 商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究

1. 蒐集國內外風力觀測技術相關文獻。
2. 探討最大瞬間風速與3秒移動平均法之差異，以及平均風向之計算方法差異。
3. 主要商港紊流強度計算及風速機率模型繪製。

(二) 馬祖港福澳碼頭設計水位之探討

1. 馬祖地區海氣象設備維運及建置辦理進度說明。
2. 馬祖地區南竿福澳港潮位資料統計分析報告。

(三) 臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(1/2)-水中無線通訊設備海域測試

1. 臺灣港群波流觀測系統建置情形說明。
2. 波流觀測系統於凱米颱風期間災損報告。
3. 水中無線通訊設備執行進度說明。

(四) 花蓮港湧浪遮蔽試驗(2/3)-消能措施方案評估

1. 花蓮港平面水工模型及消能設施建置。
2. 二廠棚天車操作平台故障修復進度說明。
3. 消能設施佈設方案評估。

(五)長週期波斷面模型試驗(2/3)-花蓮港現況碼頭之水動力及改善研究初探

1. 3種消能碼頭型式規劃完成。
2. 進行港灣內長週期波作用下斷面試驗準備工作。
3. 進行空水槽斷面試驗。

(六)智慧航安與海氣象資訊應用探討(3/4)-海氣象資訊於船舶監控預警系統之應用

1. 特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
2. 臺灣周圍海域船舶資料蒐集與交通流分析。
3. 海氣象資訊於船舶監控預警系統之應用。

(七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(2/3)-波浪觀測分析

1. 辦理波浪資料品管與檢核工作，報告波浪品管之作業情形。
2. 進行波浪資料交互驗證工作，探討凱米颱風海象觀測分析。
3. 進行海洋陣列雷達設備維護與保養，完成架高作業驗收核付。

(八)海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究(1/2)-系統建置

1. 海氣象觀測作業數位管理系統第一版測試狀況說明。
2. 海氣象觀測作業數位管理系統資料建置狀況說明。
3. 上次工作會議及委外契約期中審查後修正情形說明。

(九)港區水下巡查技術初探 (2/3)-水下無人載具測試分析

1. 進行港區水下巡查作業之無人載具分析。
2. 進行港區水下巡查項目探討。
3. 進行港區 ROV 水下定位測試。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究

1. 討論颱風期間平均風速與最大風速之差異。
2. 討論風速機率模型及強陣風比例之呈現方式。

(二)馬祖港福澳碼頭設計水位之探討

1. 馬祖地區潮位資料可信度討論。
 2. 馬祖地區歷年潮位資料基準校正方式討論。
- (三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(1/2)-水中無線通訊設備海域測試
1. 臺灣港群波流觀測系統配置規劃。
 2. 水中無線通訊設備控制器處理邏輯討論。
- (四)花蓮港湧浪遮蔽試驗(2/3)-消能措施方案評估
1. 建議評估花蓮港內消能設施型式佈設方式及考量其它方案。
 2. 討論花蓮港平面水工模型建置優化內容。
- (五)長週期波斷面模型試驗(2/3)-花蓮港現況碼頭之水動力及改善研究初探
1. 討論造波機控制及波高計資料擷取電腦之設置問題。
 2. 評估消能碼頭斷面水工模型試驗規劃期程。
- (六)智慧航安與海氣象資訊應用探討(3/4)-海氣象資訊於船舶監控預警系統之應用
1. 蒐集國外 VDES 資料等相關船舶航行安全通訊技術。
 2. 完成芳苑燈塔 VDES 系統不斷電系統架設。
 3. 完成臺灣周圍海域船舶資料蒐集與交通流繪製。
- (七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(2/3)-波浪觀測分析
1. 討論雷達站品管檢核資料情形。
 2. 討論凱米颱風海象觀測分析情形。
 3. 探討波浪與海流資料交互驗證工作。
- (八)海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究(1/2)-系統建置
1. 海氣象觀測作業數位管理系統第一版問題處理情形之討論。
 2. 海氣象觀測作業數位管理系統資料建置情形之討論。
 3. 港灣季刊投稿內容之討論。
- (九)港區水下巡查技術初探 (2/3)-水下無人載具測試分析

1. 港區水下巡查之無人載具定位方式說明。
2. 港區水下設施之使用儀器巡查方式說明。
3. ROV 水下定位測試方法討論。

貳、主要結論

(一)商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究

1. 考量臺灣港務公司針對颱風期間風力量測之防災應變需要，建議可增加颱風事件之分析內容。
2. 風速機率模型圖之展示方式可清楚看出各月份之風力趨勢，建議可再調整各月份之圖形顏色呈現，以利閱讀。

(二)馬祖港福澳碼頭設計水位之探討

1. 加速進行馬祖地區歷年潮位資料基準校正工作。
2. 建議開始著手進行港灣季刊投稿文章初稿撰寫工作。

(三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(1/2)-水中無線通訊設備海域測試

1. 波流觀測站颱風災損修復請依規劃期程辦理，各港觀測站仍請持續監控，確保觀測系統正常運作。
2. 水中無線通訊設備控制器，需於無人職守狀態自動處理資料傳遞延遲或錯誤等情況，控制器處理邏輯編寫及測試需謹慎留意。

(四)花蓮港湧浪遮蔽試驗(2/3)-消能措施方案評估

1. 須確實掌握花蓮港試驗地形及平面水工模型鋪設進度。
2. 於執行試驗過程中，應滾動檢討港內消能設施型式。

(五)長週期波斷面模型試驗(2/3)-花蓮港現況碼頭之水動力及改善研究初探

1. 斷面試驗地形及水工模型建置案，須儘快如期如質完成。
2. 斷面地形及水工模型設置完成後，應依期程加速進行消能碼頭斷面水工模型試驗，以免延誤後續工作及報告書撰寫進程。

(六)智慧航安與海氣象資訊應用探討(3/4)-海氣象資訊於船舶監

控預警系統之應用

1. 提早規劃針對後續於航港局智慧航安監控船「航港1號」上架設船舶 VDES 相關事宜。
2. 整理有關特高頻資料交換系統 (VDES)本所測試站之接收訊號發展及國際標準制定情形，以利投稿使用。

(七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(2/3)-波浪觀測分析

1. 有關南側雷達站波浪訊號品質較差，請儘速安排人員前往排查，並應建立快速檢查機制，以維持海氣象資料之正確性。
2. 本年度報告書章節規劃尚屬合宜，惟主要研究之平面波浪特性，建議持續分析探討。

(八)海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究(1/2)-系統建置

1. 本案擇日邀同仁一同測試運作，以利發現其他待修正部分。
2. 須持續按步測試並盤點問題，將問題彙整交由開發單位一次處理。並持續定期召開工作會議討論測試與修正情況。
3. 開發完成後須再執行系統弱點掃描。

(九)港區水下巡查技術初探 (2/3) -水下無人載具測試分析

1. 港區水下巡查項目之檢測方法優先順序可再進行評估。
2. 水下無人載具之巡查作業時間可再進行補述。

會議簽到表

會議名稱：本所運輸技術研究中心第二科 113 年度自行研究計畫第 2 次工作會議

時間：113 年 9 月 2 日(星期一)上午 10 時 00 分

地點：本所運技中心 3樓會議室

主持人：李俊穎科長 李俊穎

出席單位	簽名	
第一科科長	賴瑞慈	
第三科科長		
第二科		
		劉淑敏
		郭淑芬
		洪維屏
		李政文
		許師瑜
		蕭安佑
	林建廷	
	顏麗香	

附錄三

第 3 次工作會議紀要

113年10月工作會議紀要

會議名稱：本所運輸技術研究中心第二科113年自行研究計畫第3次工作會議

時間：113年10月29日(星期二)上午10時00分至16時00分

地點：本所運輸技術研究中心3樓會議室

主持人：李俊穎 科長

紀錄：廖慶堂

出席者：如後附簽到表

主辦單位：本所運輸技術研究中心第二科

壹、討論議題/計畫名稱

一、工作進度說明

(一)商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究

1. 蒐集國內外風力觀測技術相關文獻。
2. 進行商港強陣風特性分析。
3. 進行颱風事件分析。

(二) 馬祖港福澳碼頭設計水位之探討

1. 馬祖地區海氣象設備維運及建置辦理進度說明。
2. 馬祖地區南竿福澳港潮位資料統計分析及歷年潮位資料修正結果說明。

(三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(1/2)-水中無線通訊設備海域測試

1. 波流觀測系統運作情形。
2. 統計年報及研究報告進度。
3. 水中無線通訊設備進度。

(四) 花蓮港湧浪遮蔽試驗(2/3)-消能措施方案評估

1. 試驗設備修復及率定佈設。
2. 消能設施研擬及佈設。
3. 觀測資料分析說明。

(五)長週期波斷面模型試驗(2/3)-花蓮港現況碼頭之水動力及改善研究初探

1. 進行港灣內長週期波作用下斷面水工模型試驗。
2. 分析斷面水工模型試驗結果及構思改善提案。
3. 開始撰寫期末報告初稿。

(六)智慧航安與海氣象資訊應用探討(3/4)-海氣象資訊於船舶監控預警系統之應用

1. 特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
2. 臺灣周圍海域船舶資料蒐集與交通流分析。
3. 海氣象資訊於船舶監控預警系統之應用。

(七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(2/3)-波浪觀測分析

1. 辦理波浪資料品管與檢核工作，雷達南站橫向雜訊過高與訊噪比大於10dB，訊號品質不佳與品管改善情況。
2. 進行波浪資料交互驗證工作，探討凱米與山陀兒颱風波浪觀測與方向波譜分析之情形。
3. 進行海洋陣列雷達設備維護與保養，報告於10月8日突發北站電纜線挖掘斷裂改善事件。

(八)海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究(1/2)-系統建置

1. 數位管理系統委外建置契約完工說明。
2. 數位管理系統資料持續建置狀況說明。
3. 114年度工作規劃情形說明。

(九)港區水下巡查技術初探 (2/3)-水下無人載具測試分析

1. 進行港區水下巡查作業之無人載具分析。
2. 進行港區水下巡查項目探討。
3. 進行港區 ROV 水下定位測試數據分析。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究

1. 討論臺中港強風日歷圖之展示方式及應用性。

2. 討論颱風事件之強陣風影響。
- (二)馬祖港福澳碼頭設計水位之探討
1. 馬祖地區潮位資料統計分析結果討論。
 2. 馬祖地區歷年潮位資料基準校正方式討論。
- (三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(1/2)-水中無線通訊設備海域測試
1. 本年度觀測系統採購案執行情形、災損說明及修復規劃。
 2. 水中無線通訊設備控制器處理邏輯測試成果及水密箱體製作。
- (四)花蓮港湧浪遮蔽試驗(2/3)-消能措施方案評估
1. 討論花蓮港平面水工模型試驗條件。
 2. 討論水工模型改善方案內容。
- (五)長週期波斷面模型試驗(2/3)-花蓮港現況碼頭之水動力及改善研究初探
1. 討論消能碼頭斷面水工模型試驗之反射率結果。
 2. 評估碼頭改善提案方向。
- (六)智慧航安與海氣象資訊應用探討(3/4)-海氣象資訊於船舶監控預警系統之應用
1. 完成蒐集國外 VDES 資料等相關船舶航行安全通訊技術。
 2. 完成臺灣周圍海域船舶資料蒐集與交通流繪製。
 3. 完成第46屆海洋工程研討會投稿。
- (七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(2/3)-波浪觀測分析
1. 討論雷達站品管檢核資料情形，探討9月28日雷達訊號品管改善與雷達原廠溝通檢修之情形。
 2. 討論凱米與山陀兒颱風海象觀測分析情形。
 3. 探討波浪與海流資料交互驗證工作，實際與 AWAC 進行波浪與海流資料的比對情形。
- (八)海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究(1/2)-系統建置

1. 數位管理系統資料持續建置狀況之討論。
2. 數位管理系統問題修正建議方案之討論。
3. 數位管理系統浮標儀器管理追蹤之討論。

(九) 港區水下巡查技術初探 (2/3)-水下無人載具測試分析

1. 港區水下巡查之無人載具定位方式說明。
2. 港區水下設施巡查儀器精度說明。
3. ROV 水下定位測試結果討論。

貳、主要結論

(一) 商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究

1. 2024年2起強烈颱風事件對港區之影響極大，建議於期末報告可將相關強陣風分析數據呈現，以提供港務公司參考。
2. 本計畫繪製臺中港強風日歷圖，可清楚看出東北季風期間之強風延續時間及對港口造成之影響，未來可將相關資料提供航港局及港務公司參考應用。

(二) 馬祖港福澳碼頭設計水位之探討

1. 建議將已知基準之歷年潮位資料結合已校正之(原基準偏移)歷年潮位資料進行分析，期獲得保留長周期之結果。
2. 請加速進行港灣季刊投稿文章初稿撰寫工作。

(三) 臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進 (1/2)-水中無線通訊設備海域測試

1. 颱風後現場勘災，務必謹慎小心，年報及研究報告請依預定期程辦理。
2. 水密箱體入水前，箱體密封性需多加測試，避免因水體滲漏造成控制器短路，影響測試成果。

(四) 花蓮港湧浪遮蔽試驗(2/3)-消能措施方案評估

1. 2023~2024年波浪觀測資料分析結果，可做為試驗內容基本資料。
2. 加速進行平面水工模型試驗，避免影響試驗進度。

(五)長週期波斷面模型試驗(2/3)-花蓮港現況碼頭之水動力及改善研究初探

1. 應加速進行消能碼頭斷面水工模型試驗。
2. 依期程分析斷面試驗結果及提出改善提案，如期完成報告書撰寫。

(六) 智慧航安與海氣象資訊應用探討(3/4)-海氣象資訊於船舶監控預警系統之應用

1. 安排規劃後續於航港局智慧航安監控船「航港1號」上架設船舶 VDES 相關事宜。
2. 整理本計畫相關成果，以利投稿港灣季刊使用。

(七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(2/3)-波浪觀測分析

1. 有關雷達站10月份訊號品質劣化，請檢討是否發生於山陀兒颱風後，並敬請安排人員巡查解決，後續應評估建立快速檢查機制，以維持海氣象資料之正確性。
2. 有關 HF 雷達波譜部分，波譜外圍特性似乎消失，以及方向上偏移仍有待確認是否為單點與平面觀測間之差異，建議持續分析探討。

(八)海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究(1/2)-系統建置

1. 系統修正測站資材導致歷程發生衝突等問題，建議系統表單連動保持部分彈性，如即時顯示明確錯誤訊息，減少因人員操作所導致系統問題。
2. 部分測站定義應更為明確，如資料浮標測站含有風速及波流等儀器資料，且需再加以管理其細部儀器之歷程。
3. 港灣季刊請於期限內完成投稿。

(九)港區水下巡查技術初探 (2/3) -水下無人載具測試分析

1. 港區水下巡查項目之檢測方式，可分別進行效益評估。
2. 水下無人載具巡查拍攝影像，未來可進行後續影像拼接處理。

會議簽到表

會議名稱：本所運輸技術研究中心第二科 113 年度自行研究計畫第 3 次工作會議

時間：113 年 10 月 29 日(星期二)上午 10 時 00 分

地點：本所運技中心 3樓會議室

主持人：李俊穎科長 李俊穎

出席單位	簽名	
第一科科長	賴瑞輝	
第三科科長	林雅雯	
第二科	黃茹存	隋子健
	蘇冠廷	孫建廷
	洪維偉	曹騰陽
		李煥庭
		李以信
	劉淑敏	郭煥芬
	柯拓亨	陳孟宏
	林學力	蕭文佐
	何麗堂	許師瑜
	顏麗香	

附錄四

專家學者座談會議紀錄

交通部運輸研究所運輸技術研究中心會議紀錄

會議名稱：114年度本所運輸技術研究中心第二科及第三科自行研究
計畫專家學者座談會議

時間：114年5月14日(星期三) 上午10時

地點：本所運輸技術研究中心2樓會議室

主持人：蔡立宏主任

紀錄：林英爵

出席單位及人員：如後附簽到表

壹、審查意見：

一、張家豪委員：

(一)商港風力觀測站風力資料校正因子探討之研究：

風力限制係船舶進出臺中港重要條件之一，目前航港局訂定之臺中港船舶進港風力管制標準係採用北堤運輸技術研究中心(以下簡稱運技中心)測站及南堤台灣中油股份有限公司(以下簡稱中油公司)測站風力數據之平均值，惟引水人反映中油公司南堤測站之數據並非公開資料，建議改採用南堤運技中心測站。但各測站因設置地點、障礙物、角度不同，測得之風力數據亦不同，如果可透過本研究之校正機制，採用運技中心南北堤兩個測站公開資料重新調整風力管制標準，亦可解決引水人因現行中油公司南堤測站資訊沒公開而無法即時判斷及預測風力大小的問題。

(二)澎湖港設計水位之探討：

1. 本研究之範圍界定無敘明清楚，請釐清是否只探討澎湖港碼頭設計水位，抑或有包括蒐集臺北港等11個商港之潮位觀測資料並進行分析。
2. 另請確認臺灣港務股份有限公司(以下簡稱港務公司)委託代管測站是否有包含馬祖港及金門港，因目前上述二港係由行政院指定連江及金門縣政府代管。

(三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(2/2)-水中無線通訊系統建置：

1. 計畫中說明113年於基隆港、114年於高雄港布設無線底碇式

波流觀測站外，尚會優先針對易斷纜之港口規劃設置上述測站，目前尚有規劃哪些港口要設置。

2. 臺中港時常有海豚洄游至港區，本案利用聲波無線通訊取代傳輸纜線方式傳送資料，是否對海豚等水下生物聽覺造成影響，這部分可能成為另一個保育課題。

(四) 花蓮港湧浪遮蔽試驗(3/3)-消能措施方案評估：

據瞭解運輸研究所長期研究花蓮港港池靜穩度，本案為3年期計畫，今年為第3年，簡報亦說明將會研擬包括通水箱涵、消能碼頭及拋石消能設施等改善方案，由於用在港口公共基礎設施之航港建設基金建設經費逐年減少，在資源有限下，建議各方案可納入財務及經濟效益分析，以提供耗費少卻具改善效益之方案予港務公司參考。

(五) 長週期波斷面模型試驗(3/3)-消能結構物型式之可行性研究：

P34-36 本案3年期計畫第2年(113年)係選定花蓮港7號碼頭規劃改善為消能碼頭型式，第3年(114年)是否亦針對該碼頭之消能碼頭型式予以改良及精進。上述之研究成果是否有可能與第4案消能措施方案予以整合，以有效改善花蓮港內港區之水域靜穩度。

(六) 智慧航安與海氣象資訊應用探討(4/4)-整合船舶智慧航行管理系統：

為了降低我國周邊海域船舶在劇烈海象下發生海難的風險，目前已由航港局協調中央氣象署進行優化災害性天氣及颱風期間近岸12浬淨空措施，依據該署新一代劇烈天氣監測系統(QPEplus)客製化逐3小時預報資料，規劃我國海域海象監控區域及設定預警閥值，當氣象單位預測劇烈海象即將影響某一海域時，航港局會至少於12小時前利用基隆海岸電台NAVTEX、該局海事中心 AIS 信文廣播推播訊息及各港口 VTS 無線電通報等管道通知該海域警戒區滯留船舶勸離近岸12浬，以確保該等船舶在劇烈海象影響前具有充裕時間可航行至安全水域避風。建議未來也可以研議是否結合目前運輸研究所正在研究的特高頻資料交換系統(VDES)進行船舶資訊傳遞。另外航港局之航港1號智慧監控船舶亦可提供運輸研究所做

為測試研究使用。

(七)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(3/3)-船舶觀測分析：

報告中說明海洋陣列雷達船舶觀測資訊運用將有助於船舶航行安全，由於目前政府亦重視非本國籍船舶於領海內航行之國安問題，想瞭解目前海巡署利用岸際雷達監控近岸12浬可疑船舶，如運用海洋陣列雷達是否也可以強化船舶辨識及監控成效。

(八)港區水下巡查技術初探(3/3)-水下無人載具可應用性評估：

本案縱使於港區內水域海流亦非常強勁，是否亦需考量水下無人載具(ROV)抗流能力，以避免影響其檢測及辨識成效。另 ROV 運用面，除可使用於港區水下設施巡查外，當於港區內外沉船海難應變時，抽油業務係為優先處理項目，ROV 是否也可以運用在船體外觀及船艙油櫃探測上，甚至是否也有鑽孔及抽油能力，亦值得研議。

(九)港埠鄰水作業管理影像智慧辨識技術研究：

本案研究範圍係針對馬祖商港福澳碼頭鄰水區域進行影像辨識作業，由於該港係由連江縣政府經營，而非港務公司經營，建請修正。

(十)智慧港口環境資訊平臺探討：

經航港局中部航務中心分析去年臺中港發生之5起海事案件中，部分案件肇因受到風力及海流影響，進出港船舶無法控制航向，導致碰撞防波堤或其他靠泊船舶。本案研究成果倘可提供港務公司建置港區海氣象資訊平臺，利用視覺化及圖形化工具提供即時港區風波潮流等觀測與預測資訊，方便船長或引水人進出港或移泊時可即時參考及判斷，並適切操縱船舶航向及航速，將可降低非人為海事發生風險。

(十一)馬祖海域數值模式建置研究(1/2)-水動力模式研究：

有關研究項目部分，想瞭解如何以生成式AI協助蒐集文獻。其他計畫是否也可以利用AI蒐集資料？

二、江文山委員：

(一)商港風力案，測站校正部分，建議考量納入預報數據，相關

分析多著重在極端數據。

- (二)港群流的觀測類型包含雷達表面流，底碇與航道水平海流等，各項觀測之間的比較探討。
- (三)航安與海氣象資訊應用案，建議考量探討各項海氣象因子，以利瞭解相項因子的重要性。
- (四)部分港的研究有多個單項各別探討，建議考量整合為一個整合性的計畫，提供更全面的成果。
- (五)花蓮碼頭波高預測，除以波高進行模式訓練以外，建議嘗試以波譜進行訓練，並比較其成果。
- (六)相關研究成果建議再考量對外推廣，以凸顯運技中心的研究能量。

三、林芳如委員：

- (一)大部分計畫與中央氣象署(海象氣候組)業務相關，希望相關成果可與該組交流分享。
- (二)感謝提供花蓮港即時影像監測資料，供中央氣象署發展異常波浪預報系統使用。
- (三)108年起中央氣象署即開始發展 schism-wwm 波潮流耦合模式，目前已作業化運作，並和該署 NWW3波浪作業模式結果做比較與相關校驗，相關波浪輸出已經可供波浪預報參考使用，相關報告與研究可提供運技中心建置模式參考。簡報內之計算網格範圍很大，未來是只分析花蓮港區或全部？因模式計算需耗費計算資源，建議可再加以評估。
- (四)單一港區如有多個數值模式模擬，可以系集方式呈現，供使用者一起參考。

四、鍾權宏委員：

- (一)商港風力觀測站風力資料校正因子探討之研究：
 1. 本計畫透過商港風力觀測資料檢核、風速測站相關性分析、各商港主要測站校正機制探討，預期完成「商港主要測站之相關性」，與「商港風力資料檢核機制」，應用面在於「建立各港區之風力資料校正係數與方法，提供港務管理單位做為即時資料修正、推估及模擬預測之應用參據」，以及「訂

定適用商港風力觀測資料校正機制之作業流程」，做為未來運技中心建立自動化及作業化資料檢核及校正之參考依據。請問本研究未來所提出的各港校正係數值(可能內港1個係數、外港1個係數)，將來應用上是預計哪一種方式：(1)港務單位在取得風速資料數列測值時，乘上該校正係數後，基本上就是信賴可靠的風速資料；(2)各港港務單位須先行參照運技中心112年建立9項風力資料品管程序，剔除異常數據後，在使用本研究所提出的修正係數；(3)運技中心港灣系統呈現的風力數據，即透過本研究所提的修正係數做校正後發布，各港港務單位無需自行檢視或修正。

2. 本研究所提修正係數，未來仍會因各港陸續建立的風速計數量位置與環境差異，而持續滾動調整，所以除此修正係數會持續更新外，使用上會是(3)較務實且充分發揮本研究之成效。

(二)花蓮港湧浪遮蔽試驗(3/3)-消能措施方案評估：

1. 本研究根據花蓮港湧浪特性，評估合適之消能方案，並將消能設施布設於花蓮港模型，再接續施以前期探討之湧浪條件，量測消能設施布設前後波高變化情形，進行後續數據處理，比對波浪能量削減成果，所以消能方案的選擇將是本研究重要關鍵，建議儘量蒐集相關國外針對長週期波的實務案例，也包含同樣到(3/3)期本次運技中心自行研究案「長週期波斷面模型試驗(3/3)-消能結構物型式之可行性研究」的方案結果。
2. 本案前兩期研究期間，花蓮港務分公司與運技中心實務交流期間也提到幾個方案(向)，目前所悉可能方向包括：
 - (1)#10~#16碼頭水域，以雙 T 塊堆築擋浪堤，圍築成一有限開口船渠，降低擋浪堤反射波對其他水域之影響。
 - (2)#7碼頭與#12碼頭屬重力式碼頭，改建為消能式碼頭，碼頭後現有大排水溝，可延長水體消能空間。
 - (3)新東堤0k+000~0k+500港側萬代福消波岸壁，增拋40噸雙 T 塊，削減正面入港之湧浪能量。
 - (4)受限航道400公尺長，東側為斜坡，西側為鋼板樁岸壁，

可評估是否有適當消能設施導入的機會。

(三) FUNWAVE 模式港內模擬探討(1/2)-港區波浪模擬建立：

1. 本研究以花蓮港區為主要研究範圍，依其水深地形、海象條件及港內結構特性進行數值模擬分析，模擬範圍涵蓋港外波浪傳遞至港內的過程，考慮波浪在港內的繞射、反射與消能情形，並針對港區內不同區域(如航道、碼頭等) 進行波浪變化的比較與評估。針對以下兩種情境，建議可納入研究案作分析比較：
 - (1) 依據113年10月30日康芮颱風來襲時，運技中心於花蓮港外港所拍攝的最大堤前浪高海氣象紀錄，納入本研究分析其影響。
 - (2) 針對#10~#16碼頭水域，以雙 T 塊或其他形式堆築擋浪堤，圍築成一有限開口船渠，波浪在港內遭遇此擋浪堤之繞射、反射與消能情形，與擋浪堤本身造成反射波對其他水域之影響。
2. 113年10月的康芮颱風，將花蓮港新東堤約1,200公尺里程的第三道胸牆打落至港池，接下來的修復工程也將設計打除混凝土塊拋放至港側堤趾，修築增厚成為堤趾保護工，接下來製作約200顆40噸雙 T 塊，預計嘗試拋放新東堤0k+000~0k+500港側萬代福消波岸壁，完成時機預計在115年6月底，建議運技中心可配合設置相關監測設備，以進行相關研究分析，或於本案可做部分驗證。

(四) 長週期波斷面模型試驗(3/3)-消能結構物型式之可行性研究：

1. 進一步優化第2年的新型消能結構物並評估其可行性部分：
 - (1) 113年(第2期)的研究方案已針對#7碼頭消能碼頭方案提出試驗結果分析，請問預期本(114)期的優化方向為何？
 - (2) 花蓮港形狀似口袋，#7碼頭與#12碼頭都是位於袋底，而#7與#12碼頭後線均有大排水溝，可延長水體消能空間，建議可納入分析評估。
2. 航道消能方案的選擇部分，因航道寬度限制，所以消能方案的選擇上，不宜僅限於拋放預鑄混凝土消波構造(影響有效寬度)，如果國外有不錯的實務案例，縱使工程金額更高(如

岸壁改建為消能岸壁)，此在本階段執行研究方案評估上都
可納入，未來可行性研究階段再去做財務面的考量。

五、鄭志宏委員：

- (一)本案所提各研究案均非常有價值，非常肯定。
- (二)計畫可跟國內外研究單位或機構合作，如港務公司、工業技術研究院、成功大學、高雄科技大學、航港局、中央氣象署、海洋大學、船舶中心、引水人等交流。
- (三)研究內容包含之前研究案，希望可以公開分享。
- (四)未來商港如有擴建案，包含臺北港、臺中港、高雄港、基隆港，希望可以先研議。
- (五)澎湖水位案，希望可以整合海洋大學之成果一併檢討，並納入 LAT 高程討論。
- (六)花蓮研究案，希望可以納入管理機制。
- (七)水下無人載具，港務公司有成果可提供分享。
- (八)消能結構物，希望可以帶入港務公司消波式碼頭結構模型，提供消能碼頭反射係數研究。
- (九)馬祖北竿機場跑道刻正要辦理整建加長，可否協助分析海象。

六、蘇仕峯委員：

- (一)商港風力觀測站風力資料校正因子探討之研究：
 - 1. 各港區風力觀測站校正因子訂定時，可考量未來氣候變遷對極端風力事件的影響。
 - 2. 如何評估測站位置具有代表性？即當初決定設定的位置所獲得的資料是否符合需求。
- (二)澎湖港設計水位之探討：
 - 1. 澎湖港設計水位分析時，是否蒐集歷年相關澎湖地區海岸及港灣工程規劃設計之報告，對這些工程規劃使用之設計水位是否有疑慮？
 - 2. 設計水位分析結果，可注意是否有極端水位發生，因為島嶼地貌和臺灣陸地邊界之潮位有所不同。
 - 3. 可應用到交通部觀光署，例如摩西分海等景點。
- (三)臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進 (2/2)：

水中無線通訊系統建置後，資料傳輸穩定性可與既有有線系統相比。

(四)花蓮港湧浪遮蔽試驗(3/3)-消能措施方案評估：

1. 水工模型試驗結果可結合數值模擬進行驗證，以提高方案適用性。
2. 試驗除了規則波，也要考量真實環境的不規則波。

(五)長週期波斷面模型試驗(3/3)-消能結構物型式之可行性研究：

長波不易消散能量，但可改變港型地貌，產生不同模態週期振盪，降低波高。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(3/3)：

1. 雷達訊號應用可比對現場觀測波浪與數值模擬結果。
2. 可積極與相關使用單位技術交流，例如國家海洋研究院。

(七)港埠鄰水作業管理影像智慧辨識技術研究：

影像辨識系統可針對不同能見度(如濃霧)或夜間進行辨識精度驗證。

(八)花蓮港碼頭波高預測模式作業化成果評估：

9、17、25碼頭波浪觀測可與港外觀測波高建立關係，可以不用模擬資料。港外數據進一步和花蓮浮標比對。

(九)花蓮海域海象模擬分析：

1. SCHISM-WWM 與 SWAN 波浪模擬差異性不大，可以檢視模式之控制方程式。SCHISM 模式不適合用於港區波浪，適合於花蓮港近岸波流場。
2. 網域模擬納入黑潮，中央氣象署利用相同模式。

(十)馬祖海域數值模式建置研究(1/2)：

馬祖島嶼礁岩多，地貌複雜，波浪有明顯繞射現象，利用 MIKE21水動力與波浪模組，如何訂定模式網格邊界潮位條件?(利用 SCHISM-WWM) 島嶼下風處繞射效應利用波浪模組能符合需求嗎?

(十一)FUNWAVE 模式港內模擬探討(1/2)：

可利用「花蓮港湧浪遮蔽試驗(3/3)-消能措施方案評估」之試驗結果進行模式驗證。

(十二)114年度運技中心期刊研討計畫：

1. 建議蒐集近20年知名國際期刊有關港灣工程或管理的論文，先瞭解鄰近國家在港灣方面的研究方向與成果。
2. 鼓勵投稿國際期刊，與國際學術機構合作，提升國際能見度與影響力。

(十三)基隆海域風浪模組模擬參數調校探討

SWAN 可與「花蓮海域海象模擬分析」之模擬結果比較，兩位置海象環境特性接近。

貳、結論：

感謝各位委員提供本所相當寶貴之專業建議，請案關業務同仁將委員意見納入參採，以符合實際應用面，並提升研究成果之廣度及實用性。

參、散會：中午12時15分

附錄五
期末報告審查意見處理
情形表

交通部運輸研究所自辦研究計畫
□期中■期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：MOTC-IOT-114-H2CA001c 臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進（2/2）-水中無線通訊系統建置」

執行單位：交通部運輸研究所運輸技術研究中心第二科

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
一、林佑任委員	
<p>1. 由衷感謝中心為了海象寶貴資料的妥善與即時性，開發水中無線傳輸技術希望解決斷纜問題降低維修需求、設置機動性、災防應變的關鍵備援甚至可以是智慧港灣的基礎，努力發展最新技術並於不同環境克服種種困難，創新與研發過程令人佩服肯定。另外就原四大國際商港而言，臺中港可能因為季風海象惡劣或其他因素也常斷纜造成歷史資料蒐集率低，但又因季風期間風浪大無法檢查修復很困擾，本無線技術若可行，對於臺中港海象調查資料蒐集率應該也會很有幫助。</p> <p>2. 基隆港 112 年八月遷站，考量避免環境不同以前資料不列入統計，但就這 1~2 年短期間由於代表性有待累積，尤其短期間是否有極端事件（颱風）的影響與以前長期資料再比較一下，若有明顯差異建議註記颱風名稱或與以往長期統計有較大差異之原因，讓使用者考量是否再參考以往資料或直接引用本資料。</p> <p>3. 建議表 3-1 可列於圖 1.1 海象觀測系統位置圖之後，可提高對照各港與不同設備平面圖之可讀性，但若為強調第三章所顯示之歷史數據來源測站之用意則仍放 P3.1。</p>	<p>感謝委員肯定。</p> <p>感謝委員建議，過往統計數據仍可於本所歷年研究報告或統計年報查詢，並已於第三章補充測站遷移及資料引用注意事項。</p> <p>感謝委員建議，圖 1.1 為臺灣港群海象觀測網整體配置，表 3-1 主要用以說明第三章分析數據，源自表內代表測站，在呈現用意上有所不同。</p>

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
<p>4. 參見表 4-5 之可用率，中心已經發展控制器具 Buffer 功能是重要關鍵的一步，期待持續研發強化其功能讓事後能補傳補足資料。另 11/9、11/29 未斷纜但可用率特別低的原因，與實際環境因素之影響值得探討，關係到後續實際推廣與適用。</p> <p>5. 可能誤植或遺漏處：</p> <p>(1) 本計畫研究期間應為 114 年，但前言的 P1-2 及 P1-3 中，則都有載明本計畫為 113 年度之計畫，請問是計畫於 114 年執行而資料是使用 113 年的計畫所蒐集資料，還是筆誤請確認。</p> <p>(2) P2-2 表 2-1 建議水深補單位 (m)。</p> <p>(3) P3-27，第四行吹”佛”，應為吹”拂”。</p>	<p>後續將增加系統暫存記憶體空間，預期可提升觀測資料可用率；系統於 11/9、11/29 因不明原因，導致資料可用率驟降，後續將朝溫鹽深及波流場變化進一步分析，釐清可能之原因。</p> <p>已修正。</p>
二、黃清和委員	
<p>1. 臺灣港群風波潮流現場觀測資料蒐集及資料庫建立，為經常性工作宜持續辦理，儀器設備被破壞性風險極高，建議計畫研究經費應逐年提昇。</p> <p>2. 建議各港主站、副站資料應做進一步”相關分析”，同時增加主要港口”異常極端波”概率分析。</p> <p>3. 無線式底碇即時觀測系統，是當前海洋觀測技術重要發展方向，惟在惡劣情況下，即時性與穩定性仍面臨(1)水下通訊頻寬與距離的選擇(2)能源供應與使用壽命的權衡(3)數據跨介面傳輸的穩定性等三大技術挑戰，建議應往</p> <p>(1) 邊緣運算。</p> <p>(2) 混合式架構。</p> <p>(3) 海洋能供電技術，如研究適用</p>	<p>感謝委員肯定。</p> <p>感謝委員建議。</p> <p>感謝委員建議，將列入無線系統後續優化參考。</p>

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
<p>於底碇系統之微型潮流發電或震動發電等，邁向真正的「長期、自主、無線」觀測。</p> <p>(4) 智慧型數據補遺，利用 AI 與機器學習模型，根據歷史觀測數據對通訊中斷期間資料進行修復與預測。</p>	
<p>三、翁健二委員</p>	
<p>1. 本年度計畫的四項主要工作內容之一”修復臺中港、蘇澳港、花蓮港及高雄港第一港口底碇式波流觀測站”。然而，經詳細審閱報告全文(包含摘要、第一二三章)，並未發現針對「修復」臺中港、蘇澳港、花蓮港及高雄港第一港口此四處特定觀測站的具體工作紀錄、執行細節或完成確認。文件雖詳述了預防性與應急性之「維護保養」，卻缺乏對此項工作所要求的矯正性「修復」(Repair)之直接回應，兩者在工程概念與文件紀錄要求上有所不同。綜上所述，此項工作內容並未在報告中，宜再詳述此工作項目是否有完成?</p> <p>2. 報告的「摘要」部分開宗明義地指出:「...並完成高雄港第二港口無線式底碇波流即時觀測系統建置...」,提供了初步且明確的成果概述。進一步檢視文件「目錄」,可見完整的「第四章 無線式底碇波流即時觀測系統建置」專門闡述此項工作,其子標題「4.3 114 年高雄港水中無線通訊即時系統建置」亦直接對應此項目。報告中應注意所呈現的成果專指於「第二港口」,與原始工作項目較為概括的描述(未指明港口)在範疇上略有不同。</p>	<p>有關臺中港、蘇澳港、花蓮港及高雄港第一港口底碇式波流觀測站修復工作，已分別由本所「IOT-114-H2C022 蘇澳港、花蓮港、高雄港第一港口及基隆港底碇式波流觀測系統修復」及「IOT-114-H2D045 臺中港底碇式波流即時觀測系統修復」勞務採購案執行，觀測站均已修復完成，並依規辦理驗收，相關內容已於第一章補充說明。</p> <p>感謝委員建議，已於文中將敘述方式統一。</p>

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
<p>3. 報告「摘要」總結了，「執行...觀測數據統計分析」的成果。而整份報告的核心內容集中體現在「第三章臺灣港群波流觀測資料分析」。此章節結構完整，涵蓋了「波高分析」(3.1.1)、「週期分析」(3.1.2)及「波向分析」(3.1.3)，並輔以大量的統計表格(如表 3-3、表 3-4)與機率分布圖(如圖 3.1 至圖 3.32)，充分展現了數據蒐集、整理與深度分析的成果。</p> <p>4. 為確保報告的可追溯性與稽核完整性，使報告內容與「1.2 工作內容」所列項目完全對應，茲提出以下建議：在報告中增補一個獨立章節或附錄，專門說明項目一中所列特定場站的修復工作細節。內容可包含故障原因、修復過程、完成日期及成果確認等資訊。</p>	<p>感謝委員肯定。</p> <p>感謝委員建議，本計畫透過政府採購法將現場部分勞務工作委由專業廠商協助執行，承攬廠商需於完工時提供成果報告，後續將各案成果文件彙整於附錄，以利工作追溯與稽核。</p>
<p>四、本所運輸技術研究中心</p>	
<p>1. 賴瑞應科長</p>	
<p>(1) 報告展示了從有線轉向無線的重大突破，減少了 5 成纜線鋪設，有效降低檢修難度，研究成果予以肯定。</p> <p>(2) 目前離岸端電池僅能支應約 2 個月監測，對長期即時系統而言稍嫌不足。建議後續可量化各組件(AWAC、控制器、數據機在不同模式下)的具體功耗佔比，並評估將控制器換裝為更低功耗的嵌入式 SoC (系統單晶片)，優化設備消耗功率以延長續航能力。</p> <p>(3) 高雄港實測顯示，即便使用了無線傳輸，近岸端的實體纜線仍可能因颱風受損而導致通訊中</p>	<p>感謝委員肯定。</p> <p>感謝委員建議，將列入無線系統後續優化參考。</p> <p>感謝委員建議，將列入無線系統後續優化參考。</p>

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
<p>斷。建議後續近岸端 (Local) 可考慮增加「浮球式 4G/5G 備援天線」, 當偵測到陸端電纜斷裂時, Local 端自動切換為浮球無線回傳, 實現全路徑無線化。</p>	
<p>2. 李俊穎科長</p>	
<p>(1) 本計畫完成 9 個港區波流維運, 並完成高雄港第二港口無線式底碇波流即時觀測系統建置, 成果完整具實務應用參考。</p> <p>(2) 建議補充概述無線式底碇波流系統建置及維運費用。</p> <p>(3) 建議後續計畫增加安裝建置及維護作業流程, 以建立此項工作之標準化作業。</p>	<p>感謝委員肯定。</p> <p>感謝委員建議, 已於第四章補充說明。</p> <p>感謝委員建議。</p>
<p>3. 蔡世璿副研究員</p>	
<p>(1) P1-2「本 (113) 年度為第 3 期計畫」, 年份與期數有誤。</p> <p>(2) 第四章 4.1 段落出現錯別字 (如為為、辦演), 請統一校對。</p> <p>(3) 目錄第四章節次編號有誤植 (4.3 重複)。</p> <p>(4) 雖無線系統已減少纜線 5 成鋪設長度, 並降低潛水員作業風險, 但本案近岸端仍發生纜線受外力拉扯損壞, 建議可補充受損位置環境與型態, 可能破壞外力, 有與可補強的防護, 以「降低風險」並使「剩餘風險」更明確。</p>	<p>已修正。</p> <p>已修正。</p> <p>已修正。</p> <p>11/12 斷纜發生於近岸端水下, 研判為不明外力拉扯導致, 為提升系統保護強度, 在建置階段, 纜線上岸處均有不銹鋼板覆蓋, 且水下纜線皆以錨鍊及編織繩增加抗拉力。</p>

附錄六

期末報告簡報資料

臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進 (2/2) - 水中無線通訊系統建置

計畫主管：蔡主任立宏、柯副主任正龍、
李科長俊穎

研究人員：羅冠顯、林達遠、曹勝傑

報告人：羅冠顯

中華民國115年1月6日

簡報大綱

- 一 • 臺灣港群海象觀測系統建置及維運
- 二 • 歷年波流場觀測資料分析
- 三 • 無線式底碇波流即時觀測系統建置
- 四 • 結論與建議

一、臺灣港群海象觀測系統建置及維運(1/2)

提供臺灣港群（臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港及澎湖港），碼頭施工、工程規劃設計、防災應變、事故釐清及船舶航行安全應用。



	AWAC	資料浮標	
臺北港	●	●	●
基隆港	●●	●	
蘇澳港	●●		
花蓮港	●●		
高雄第一港口	●●		
高雄第二港口	●●		
安平港	●●		
布袋港			●●
臺中港	●●		
澎湖港		●	

一、臺灣港群海象觀測系統建置及維運(2/2)

◆ 海象觀測系統維運



完成臺灣港群（9港）觀測系統更新及維護運轉



系統定期維護保養 確保觀測資料品質

二、歷年波流場觀測資料分析(1/7)

※波高定義：有義波高 H_s

單位：m

□ 歷年

- 高雄、安平、布袋及澎湖港，波高平均 < 1 m。
- 基隆、蘇澳、花蓮、臺中及臺北港，波高平均皆 > 1 m。
- 波高最大為臺中港 1.44 m；最小布袋港 0.46 m。

□ 歷年春季 (東北->西南)

- 蘇澳、花蓮及臺中港，波高 > 1 m。
- 波高 < 0.5 m，安平及布袋港。

□ 歷年夏季 (西南、颱風)

- 高雄及安平港，波高平均較春季增加約 0.3~0.5 m。
- 季風吹拂至中部海域，吹風能量減弱，臺中港波高較春季減少約 0.4 m。

□ 歷年秋季 (西南->東北)

- 東北、東部海域與中部海域，波高顯著上升，波高增幅最大之港口為臺中港，較夏季增加 0.97 m。

港口	年	春季	夏季	秋季	冬季
基隆	1.08	0.96	0.43	1.32	1.51
蘇澳	1.30	1.17	1.08	1.46	1.50
花蓮	1.23	1.08	0.92	1.37	1.52
高雄	0.76	0.58	0.92	0.79	0.75
安平	0.66	0.49	0.96	0.63	0.54
布袋	0.46	0.31	0.47	0.54	0.50
臺中	1.44	1.23	0.80	1.77	2.09
臺北	1.09	0.94	0.67	1.28	1.53
澎湖	0.89	0.65	0.62	1.03	1.24

□ 歷年冬季 (東北)

- 臺中港受東北季風影響，波高平均上升至 2.09 m，較夏季增幅 1.29 m。
- 航商如於此季節進出臺中港，調度及航程規劃需不斷滾動檢討，避免造成額外損失。



二、歷年波流場觀測資料分析(2/7)

※週期定義：尖峰週期 T_p

□ 歷年

- 東部海域花蓮及蘇澳港因面向太平洋且外海水深較深，週期介於 8.4~8.5 s，8~10s 佔比超過 40%。
- 高雄、安平、布袋、臺中及臺北港，歷年週期 < 7 s。

□ 歷年四季

- 基隆港四季週期 > 7 s，春夏季週期較短，約 7.2~7.3 s。
- 蘇澳及花蓮港，四季週期分布特性相似，秋冬季週期皆為 8.8 s，週期長度，秋冬 > 春夏。
- 高雄及安平港，四季週期均 < 7 s，春季週期最短，皆 < 6 s。

港口	年	春季	夏季	秋季	冬季
基隆	7.5	7.2	7.3	7.6	7.7
蘇澳	8.4	8.1	7.8	8.8	8.8
花蓮	8.5	8.2	8.0	8.8	8.8
高雄	6.4	5.6	6.8	6.8	6.5
安平	6.2	5.5	6.6	6.3	6.2
布袋	6.8	6.0	6.6	7.2	7.3
臺中	6.4	6.1	5.6	7.0	7.1
臺北	6.4	6.2	5.6	6.8	7.0
澎湖	7.1	6.4	6.5	7.7	7.4

□ 歷年四季

- 布袋、臺中、臺北及澎湖港，秋冬季時，受東北季風影響，週期 > 春夏季。



二、歷年波流場觀測資料分析(3/7)

※波向定義：來向

- **基隆港** 歷年主波向56.2%來自NE，港區西南側受陸地屏障，四季主波向皆為N~E象限，季節特性不明顯。
- **蘇澳港** 秋冬季受東北季風影響，N~E象限佔比最高，春夏季波向主要來自E~S象限。
- **花蓮港** 西側受陸地阻隔，四季波向均以E~S象限佔比最高。
- **高雄港** 東北側為陸地，秋冬季W~N象限佔比最高，春夏季受西南季風影響，波向主要來自S~W象限。
- **安平港** 春夏秋季皆以S~W象限佔比最高，冬季北來向波場增加，W~N象限佔比最高。

基隆港					
季節	主波向 (dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	NE/55.9	99.2	0.2	0.0	0.6
夏	NE/45.5	98.0	0.9	0.1	1.0
秋	NE/61.7	99.8	0.2	0.0	0.0
冬	NE/58.5	100.0	0.0	0.0	0.0
年	NE/56.2	99.3	0.3	0.0	0.4
蘇澳港					
春	E/33.0	44.3	52.6	3.1	0.1
夏	ESE/19.5	15.8	65.6	18.4	0.2
秋	E/34.1	54.3	40.4	3.4	1.9
冬	E/36.5	59.1	40.3	0.6	0
年	E/29.8	42.9	50.0	6.5	0.5
花蓮港					
春	ESE/42.7	17.7	82.3	0.0	0.0
夏	SE/44.5	3.0	96.9	0.0	0.0
秋	ESE/40.9	19.8	80.1	0.0	0.0
冬	E/50.0	26.6	73.4	0.0	0.0
年	ESE/38.9	16.9	83.0	0.0	0.0
高雄港					
春	WNW/26.7	0.0	0.0	56.5	43.5
夏	SW/42.7	0.0	0.0	95.5	4.5
秋	W/34.7	0.0	0.0	48.1	51.9
冬	WNW/44.1	0.0	0.0	30.5	69.5
年	WNW/25.1	0.0	0.0	57.7	42.3
安平港					
春	W/18.9	2.0	7.8	61.7	28.5
夏	SW/39.2	1.2	7.1	87.1	4.6
秋	W/21.4	2.6	6.1	59.8	31.6
冬	WNW/28.4	2.0	6.0	42.5	49.6
年	SW/21.0	1.9	6.8	62.9	28.4

二、歷年波流場觀測資料分析(4/7)

※波向定義：來向

- **布袋港** 夏季受西南季風影響，波場近9成來自S~W象限，春秋冬季以W~N象限為主，全年主波向36.1%來自WNW。
- **臺中港** 春秋冬季受東北季風影響，N~E象限佔比最高，夏季W~N象限有較高之佔比。
- **臺北港** 全年主波向22.5%來自N向，春秋冬季N~E象限佔比較高，夏季W~N象限呈現較高之佔比。
- **澎湖港** 春秋冬季，波場主要來自N~E象限，夏季受西南季風影響，南向波浪增加，73.5%波浪來自S~W象限。

布袋港					
季節	主波向 (dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	WNW/38.0	0.2	0.0	36.8	62.9
夏	WSW/78.5	0.1	0.0	89.3	10.5
秋	WNW/40.3	0.6	0.2	20.4	78.9
冬	WNW/57.8	0.5	0.1	8.3	91.1
年	WNW/36.1	0.4	0.1	36.2	63.3
臺中港					
春	NNE/49.1	75.0	0.7	4.2	20.0
夏	W/26.9	22.6	1.6	20.4	55.4
秋	NNE/54.0	82.2	0.8	5.7	11.4
冬	NNE/55.0	87.6	0.2	4.5	7.7
年	NNE/41.1	64.4	0.9	9.4	25.3
臺北港					
春	NNE/23.5	53.2	2.5	8.5	35.9
夏	W/26.2	19.8	2.7	33.3	44.1
秋	N/26.8	59.0	3.8	5.5	31.7
冬	N/32.5	62.5	2.6	3.2	31.7
年	N/22.5	47.9	2.9	13.1	36.1
澎湖港					
春	ENE/26.3	41.7	34.8	23.5	0.1
夏	S/41.6	3.4	22.9	73.5	0.2
秋	ENE/34.8	55.8	27.0	17.0	0.2
冬	ENE/34.5	59.4	24.3	8.4	7.9
年	ENE/25.0	40.9	27.3	30.0	1.8

二、歷年波流場觀測資料分析(5/7)

□ 歷年

- 基隆、蘇澳、花蓮、安平與布袋港流速平均 < 半節。
- 臺北港測站歷年流速高於各港，在水流較湍急水域中作業，加重潛水員體力負荷，也會增加潛水員心理負擔，作業風險也隨之上升。

□ 歷年春季 (東北->西南)

- 基隆、蘇澳、花蓮、高雄、安平及布袋港，流速平均皆 < 半節。
- 基隆、臺北同位於北臺灣，流速差異甚大，臺北港流速約基隆港2倍。

□ 歷年夏季 (西南、颱風)

- 安平及布袋港，流速明顯增加，安平港流速較春季上升8.5 cm/s，為流速成長幅度最高之港口。

□ 歷年秋季 (西南->東北)

- 臺北港流速上升至43.7 cm/s，較夏季增加5.8 cm/s，為流速成長幅度最高之港口。
- 澎湖測站流速35.9 cm/s，較夏季成長1.3 cm/s。

單位：cm/s

港口	年	春季	夏季	秋季	冬季
基隆	21.1	20.7	20.5	21.7	21.0
蘇澳	17.7	17.4	17.1	18.4	18.0
花蓮	18.7	18.2	19.1	20.4	17.0
高雄	27.3	24.9	26.9	29.0	28.0
安平	23.7	20.4	28.9	25.2	20.5
布袋	22.3	18.6	25.0	23.8	21.5
臺中	38.0	33.0	37.1	37.9	44.5
臺北	41.4	41.6	37.9	43.7	42.8
澎湖	34.4	32.9	34.6	35.9	33.5

□ 歷年冬季 (東北)

- 東北季風增強，臺中港流速平均44.5 cm/s，冬夏兩季流速差約1.2倍。
- 基隆、蘇澳、花蓮、高雄及澎湖，冬夏季流速差約在±2 cm/s。



二、歷年波流場觀測資料分析(6/7)

※ 流向定義：去向

- 基隆港海流運動軌跡主要集中於E~S與S~W兩象限，夏秋季主流為ESE向，冬春季主流向為E向。
- 蘇澳港秋冬季受東北季風影響，主流位於SW~SSW向，春夏季主流產生偏折，位於N向。
- 花蓮港秋冬季，港區受東北季風影響，海流運動方向約4成位於S~W象限，主流向統計，秋冬為S W向，春夏為E N E向。
- 高雄港春秋冬季主流向皆位於S向，夏季流向產生變化，主流位於NNW向，佔13.6%。
- 安平港四季海流運動軌跡一致，主要在E~S及W~N象限週期性往復流動。

基隆港					
季節	主流向 (dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春季	E/21.1	12.9	39.4	35.5	12.2
夏季	ESE/19.8	14.0	40.9	28.2	16.9
秋季	ESE/19.3	9.8	40.6	33.7	15.9
冬季	E/20.9	12.9	41.9	36.5	8.7
年	ESE/18.7	12.0	40.7	33.3	14.1
蘇澳港					
春季	N/14.6	30.1	18.9	29.7	21.3
夏季	N/14.8	36.5	15.4	27.0	21.1
秋季	SSW/11.1	26.2	20.2	34.7	19.0
冬季	SW/11.0	22.8	21.2	35.7	20.3
年	N/12.8	29.1	18.8	31.7	20.4
花蓮港					
春季	ENE/11.6	30.3	19.9	35.9	14.0
夏季	ENE/10.7	35.1	21.2	25.9	17.8
秋季	SW/13.5	25.4	22.5	41.5	10.6
冬季	SW/13.0	26.2	16.5	42.4	14.9
年	SW/11.4	29.1	20.0	36.6	14.2
高雄港					
春季	S/19.3	8.9	34.9	33.8	22.3
夏季	NNW/13.6	12.9	22.9	30.4	33.7
秋季	S/21.2	6.5	28.8	36.5	28.1
冬季	S/23.7	3.7	39.8	33.7	22.8
年	S/19.2	8.0	31.5	33.6	26.9
安平港					
春季	SSE/15.6	8.9	38.4	17.5	35.2
夏季	NW/16.6	5.7	31.2	18.1	45.0
秋季	NW/16.1	5.2	38.2	19.5	37.1
冬季	SSE/18.5	5.1	39.8	24.4	30.8
年	SSE/15.6	6.2	36.9	20.0	36.9

二、歷年波流場觀測資料分析(7/7)

※**流向定義：去向**

- **布袋港**四季流向集中在**N~E**及**S~W**象限，**主流**皆位於**NNE**向。
- **臺中港**秋冬季，在東北季風影響下，**S~W**象限佔比最高，主流為**WSW**向，春夏季主流方向改變，以**N**向為主。
- **臺北港**四季流向集中在**N~E**及**S~W**象限，兩象限佔比加總**超過8成**，季節特性不明顯。
- **澎湖港**四季流向統計，**S~W**象限佔比皆**<10%**，春秋冬季主流位於**E**向，夏季流向稍微**偏折**，主流於**ENE**向。

布袋港					
季節	主流向 (dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	NNE/20.4	43.5	13.5	37.2	5.8
夏	NNE/28.9	46.0	6.3	39.6	8.2
秋	NNE/29.2	47.4	12.8	33.7	6.1
冬	NNE/22.1	44.3	17.8	34.0	3.9
年	NNE/25.3	45.4	12.5	36.1	6.1
臺中港					
春	N/20.2	31.5	2.3	24.6	41.6
夏	N/30.7	42.9	6.2	6.5	44.5
秋	WSW/24.5	20.0	2.8	41.9	35.3
冬	WSW/32.9	14.0	0.8	54.8	30.5
年	N/19.0	27.9	3.2	30.5	38.3
臺北港					
春	WSW/24.4	46.8	4.5	43.2	5.5
夏	ENE/20.1	46.4	6.2	38.0	9.5
秋	WSW/24.2	44.0	4.5	44.0	7.6
冬	WSW/25.1	44.4	4.5	44.9	6.2
年	WSW/23.2	45.4	4.9	42.4	7.2
澎湖港					
春	E/26.3	53.9	19.5	9.1	17.4
夏	ENE/31.0	64.2	12.8	7.3	15.7
秋	E/32.0	44.3	30.1	9.7	16.0
冬	E/34.7	41.3	34.1	8.8	15.8
年	E/27.9	50.5	24.4	8.8	16.2



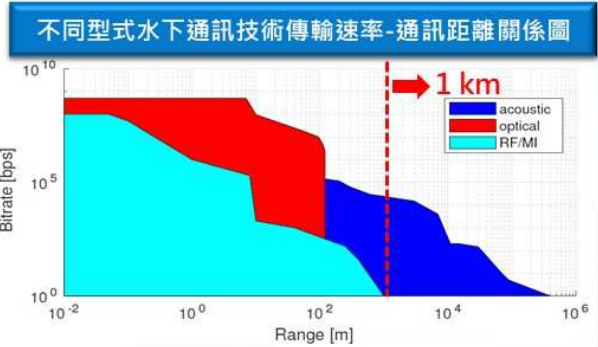
三、無線式底碇波流即時觀測系統建置(1/13)

- 本所現行底碇式波流觀測系統，透過**海底電纜**做為水下資料傳輸媒介，此方式易受底拖網作業而使**纜線受損**，導致即時資料**傳輸中斷**。
- 嘗試將市售水中通訊數據機與底碇式波流即時傳輸系統整合，發展「**無線式底碇波流即時觀測系統**」，於港區執行長期海象監測。



三、無線式底碇波流即時觀測系統建置(2/13)

112年參考Filippo Campagnaro 等人2020年發表於海洋科學與工程期刊“Wireless Remote Control for Underwater Vehicles”，「不同型式水下通訊技術傳輸速率-通訊距離關係圖」。



- 本所港外AWAC波流觀測系統需求
 - 傳輸距離：1 km
 - Raw data檔案大小：每半小時回傳1筆觀測數據 (0.056 kbps)。

水聲通訊數據機規格表

儀器型號	S2C M 18/34	S2C M 48/78	
規格			
頻率範圍	18 - 34 kHz	48 - 78 kHz	
建議通訊距離	2000 m	1000 m	
最佳傳輸速率	13.9 kbit/s	31.2 kbit/s	
音速模式	全向半球型	水平全向型	
耗電量	Stand-by Mode	2.5 mW	
	Listen Mode	5 - 285 mW	
	Receive Mode	< 0.8 W	
	Transmit Mode	2.8 W, 1000 m	5.5 W, 250 m
		8 W, 2000 m	8 W, 500 m
		35 W, 3500 m	18 W, 1000 m

考量產品線完整度以及系統成熟度，選用德國EvoLogics公司所生產水聲通訊數據機，分3年(112-114)發展水中無線傳輸系統。

三、無線式底碇波流即時觀測系統建置(3/13)

纜線式觀測系統

- 水中傳輸媒介為纜線，提供觀測數據、電力傳輸。
- 觀測數據儲存於AWAC，同步透過傳輸纜線回傳。
- 外海AWAC所需電力，
 - ① 優先，岸端太陽能經纜線提供。
 - ② 備援，水中電池組供給。



無線式底碇波流觀測系統

- 海底纜線->2部水聲通訊數據機。
- AWAC電力供給->外海電池組擴充。

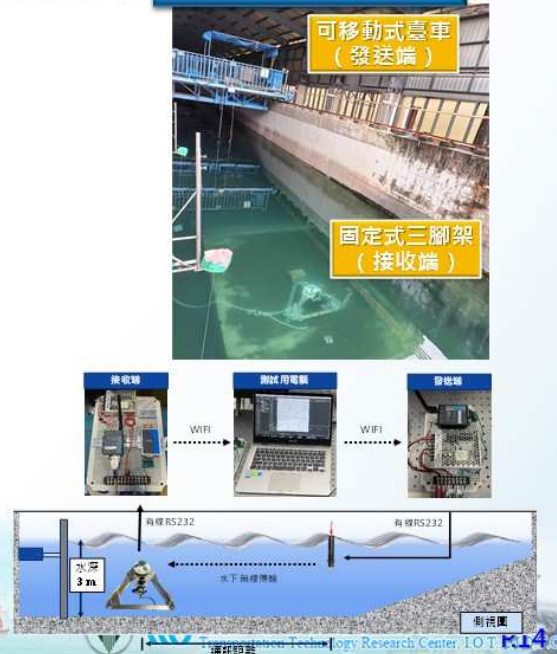


三、無線式底碛波流即時觀測系統建置(4/13)

※112年大型試驗水槽水中通訊測試

- 測試地點：國立成功大學水工試驗所大型斷面試驗水槽
- 水槽尺寸：長300 m、寬5 m、深5.2 m
- 分為發送端、接收端及測試用電腦，水聲數據機設置於發送、接收端，透過WIFI-RS232傳遞/接收訊號。
- 測試通訊距離 ≤ 20 m。

大型斷面水槽測試配置



三、無線式底碛波流即時觀測系統建置(5/13)

※112年大型試驗水槽水中通訊測試

- 在相同通訊距離下，傳輸速率隨著檔案大小增加而遞增，即大檔案傳輸可獲得較佳傳輸速率。
- AWAC 波流觀測模組運作與數據傳輸同時間僅能擇一執行，作業重疊時，儀器將自動暫停該次觀測作業，且水聲數據機沒有重傳機制，需要外掛控制器進行資料緩衝 (Buffer)、檢驗及排序。



三、無線式底碇波流即時觀測系統建置(8/13)

※113年無線式觀測設備海域測試 (短期)

□ 海域實測

- ① 113年11月15日-基隆八斗子漁港內，水深5~15 m，通訊距離約120 m。
- ② 113年11月16日-和平島東南方海域，水深25~30 m，通訊距離約150 m。



三、無線式底碇波流即時觀測系統建置(9/13)

※113年無線式觀測設備海域測試 (短期)

- 傳輸過程可能受到外在環境 (如聲躁、反射等) 干擾，而產生偶發性延遲。
- 海測期間平均速率83.02 Bytes/s，約需270 s可完成AWAC每半小時傳輸量。
- 搭配控制器，執行數據儲存及排程傳輸，同時兼具儀器觀測、數據傳輸多工處理，滿足海象觀測需求。



- 以盒鬚圖分析海測期間主要產生4種數據長度 (1038、720、628及374 Byte)，傳輸速率與檔案大小正相關，與112年室內試驗結果一致。



三、無線式底碛波流即時觀測系統建置(10/13)

※114年高雄港水中無線通訊即時系統建置 (長期)



三、無線式底碛波流即時觀測系統建置(11/13)

※114年高雄港水中無線通訊即時系統建置 (長期)

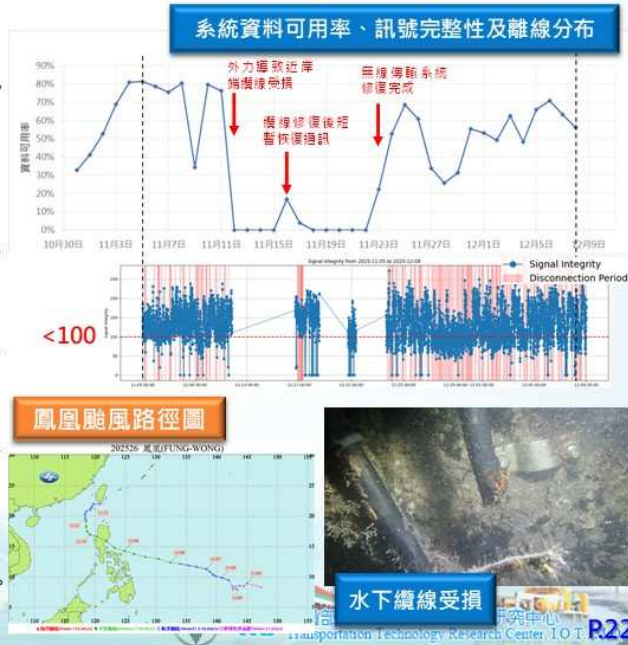
- 113年不銹鋼水密箱重210公斤，適用於短期近岸監測，需重新設計，增加系統抗浪、流能力。
- 114年不銹鋼水密箱重50公斤，較113年減少約160公斤，兼具水密性與維運便利性，保護內部電控箱（主控制器、通訊模組及電源系統等核心機構）。
- 離岸端電池模組考量後續維運，分為3組，材質為不銹鋼，每組重約35公斤（含鋰鐵電池），初估可提供離岸端約2個月運作。
- 不銹鋼水密箱體、電池組（離岸端）安裝於2 m x 2 m x 1.7 m不銹鋼儀器架，總重約3.5噸。



三、無線式底碛波流即時觀測系統建置(12/13)

※114年高雄港水中無線通訊即時系統建置 (長期)

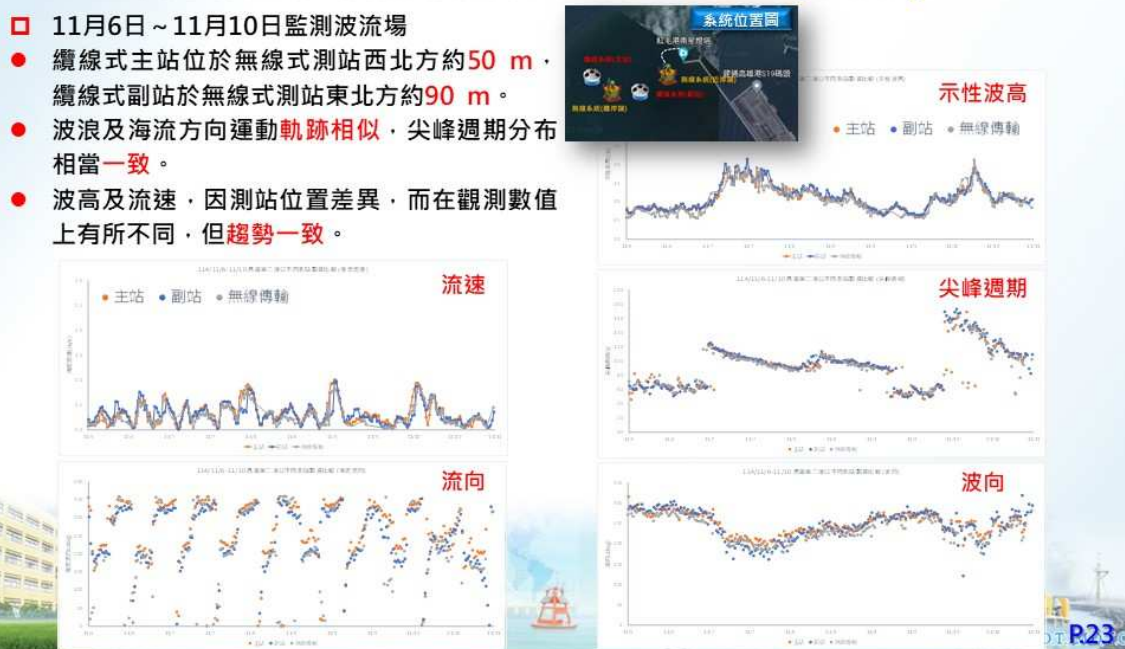
- 系統10月31日建置完成，纜線鋪設長度較纜線式系統減少5成。
- 11月11日前資料可用率平均65.15%，最高81.36%，最低32.75%。
- 11月9日不明原因，訊號完整性 (<100，影響資料完整性及傳輸成功率) 偏低，離線時長增加，可用率突降至34.28%，11月10日系統恢復，可用率上升至79.71%。
- 系統11月12日離線 (鳳凰颱風)，高雄第二港口12日有義波高平均3.72 m，有義波高最大值5.14 m。
- 近岸端纜線遭不明外力拉扯斷裂，系統於11月16日修復後，短暫恢復通訊，持續微調數據機發射角，11月23日恢復正常。
- 11月23日起，訊號完整性低於100情形明顯增加，系統離線頻率也較頻繁。



三、無線式底碛波流即時觀測系統建置(13/13)

※114年高雄港水中無線通訊即時系統建置 (長期)

- 11月6日~11月10日監測波流場
- 纜線式主站位於無線式測站西北方約50 m，纜線式副站位於無線式測站東北方約90 m。
- 波浪及海流方向運動軌跡相似，尖峰週期分布相當一致。
- 波高及流速，因測站位置差異，而在觀測數值上有所不同，但趨勢一致。



四、結論與建議(1/3)

※ 結論

□ 歷年波流場觀測資料分析

- 基隆、蘇澳、花蓮、臺中及臺北港，歷年波高平均 >1 m，波高最大港口為臺中港 1.44 m，最小為布袋港 0.46 m，花蓮及蘇澳港 8~10s 週期佔比超過 4 成；歷年春秋冬季波高最大港口為臺中港，冬季波高 >2 m，蘇澳及花蓮港週期分布特性相似，基隆及花蓮港四季波向一致，季節特性不明顯。
- 基隆、蘇澳、花蓮、安平與布袋港流速平均 $<$ 半節，臺北港流速平均 41.4 cm/s 高於各港；歷年春夏秋季，臺北港流速最高，冬季期間，臺中港流速平均 44.5 cm/s，高於其餘 8 港，冬夏季流速差約 1.2 倍，臺北港四季流向分布集中在 N~E 及 S~W 象限，兩象限佔比加總超過 8 成。

□ 無線式底碇波流即時觀測系統建置

- 完成高雄港第二港口無線式底碇波流即時觀測系統建置，透過水聲數據機，成功將 AWAC 監測數據於水中傳輸，並即時回傳至後台。
- 高雄港第二港口無線式系統，纜線鋪設總長度比纜線式系統減少近 5 成，提升因纜線受損所衍生修復作業之效率，縮短潛水員作業時間，降低海域作業風險。

四、結論與建議(2/3)

※ 結論

□ 無線式底碇波流即時觀測系統建置

- 無線傳輸測站與高雄港第二港口纜線式主、副測站波流場監測數據比對，在波、流向運動軌跡相似，尖峰週期分布相當一致，波高、流速因測站位置差異，而有所不同，但趨勢一致。
- 無線系統已建置完成，且已俱備監測資料即時回傳功能，惟系統節電及資料可用率提升，仍為後續應持續優化首要項目。



四、結論與建議(3/3)

※ 建議

- 建立海象觀測站過程中調查與量測資料**實屬珍貴**，儀器於觀測站附近常有**漁民及釣客**停留，需**加強勸導**維護儀器安全，使觀測設備及資料擷取系統維持正常，**避免**國家資源浪費與工作**成果損失**。
- 過去海氣象觀測工作著重於**港外(外海)**之監測，然近年各港建設已達一定規模程度，因此對於港埠維護管理之需求增加，茲建議未來可加強**港內海象之監測**，以做為營運規劃設計、船舶航行安全、船席靠泊卸載及碼頭設施施工等作業時的**參考依據**。



簡報完畢

敬請指教

