

114-021-7D90
MOTC-IOT-113-H2CA001c

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



交通部運輸研究所

中華民國 114 年 3 月

114-021-7D90
MOTC-IOT-113-H2CA001c

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

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 114 年 3 月

臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(一)(二)：水中無線通訊設備海域測試

交通部運輸研究所

GPN : 1011400225

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.(1/2): 水中無線通訊設備海域測試 / 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 114.03

面 ; 公分

ISBN 978-986-531-658-7(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

114001963

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

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 114 年 3 月

印 刷 者: 綠凌興業社

版(刷)次冊數: 初版一刷 48 冊

本書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 臺中市區中山路6號・電話: (04)2226-0330

GPN: 1011400225 ISBN: 978-986-531-658-7 (平裝)

著作財產權人: 中華民國(代表機關: 交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利, 欲利用本著作全部或部分內容者, 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（1/2）-水中無線通訊設備海域測試			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-658-7 (平裝)	政府出版品統一編號 1011400225	運輸研究所出版品編號 114-021-7D90	計畫編號 113-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：04-26587200 傳真號碼：04-26560661			研究期間 自 113 年 1 月 至 113 年 12 月
關鍵詞：維護保養、統計分析、水中無線通訊系統			
摘要： 本計畫 113 年持續針對臺北、基隆、蘇澳、花蓮、高雄、安平、布袋、臺中及澎湖等 9 個港區，執行波流觀測站維護保養與觀測數據統計分析，並嘗試發展水中無線通訊系統，相關成果如下。 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 0.49 m，尖峰週期 T_p 平均 7 s，波向以 W~N 象限 58.4% 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 1.45 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 63.9%；基隆港、蘇澳港及花蓮港流速皆低於 20 cm/s，基隆港流速平均 17.5 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，安平港、布袋港流速同為 23.9 cm/s，流速半節以上港口有高雄港（27.9 cm/s）、臺中港（38.1 cm/s）、臺北港（41.6 cm/s）及澎湖港（34.2 cm/s），臺北港流速平均為 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。113 年度已於基隆海域完成水中無線通訊設備海域測試，結果顯示控制器可有效處理數據在傳輸過程所產生之延遲與字元錯誤，測試期間平均速率 83.02 bytes/s，約需 270 s 可完成 AWAC 數據傳輸，傳輸速率分析發現，速率隨著檔案變大而上升，與 112 年室內水槽試驗成果一致，114 年將延長通訊距離，分析水聲通訊隨著距離增加、底床及水深改變後的傳輸特性。 113 年度各商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。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
114 年 3 月	195	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 in Taiwan commercial ports and advancement of communication technology (1/2)- underwater wireless communication equipment sea testing			
ISBN(OR ISSN) 978-986-531-658-7 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011400225	IOT SERIAL NUMBER 114-021-7D90	PROJECT NUMBER 113-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: 886-4-26560661			PROJECT PERIOD From January 2024 to December 2024
KEY WORDS: Maintenance, Statistical Analysis, Underwater Wireless Communication Systems			
ABSTRACT: This plan will continue to carry out maintenance and statistical analysis of observation data for 9 port areas including Taipei, Keelung, Suao, Hualien, Kaohsiung, Anping, Budai, Taichung and Penghu in 2024, and try to develop underwater wireless communication systems, the relevant results are described below. Port operations are closely related to the ocean and weather environment. Statistics of ocean observation data over the years show that the H_s of Kaohsiung Port, Anping Port, Budai Port and Penghu Port are all less than 1 m. The H_s of Budai Port is 0.49 m, which is the smallest among the ports, and the T_p is 7 seconds, the highest proportion of wave directions is in the W-N quadrant, accounting for 58.4%. The H_s of Keelung Port, Suao Port, Hualien Port, Taichung Port and Taipei Port is all higher than 1 m. The H_s of Taichung Port is 1.45 m, which is the largest among all ports and the T_p is 6.4 seconds, the wave direction is mainly located in the N-E quadrant (63.9%). The current velocity in Keelung Port, Suao Port and Hualien Port is all lower than 20 cm/s. The average velocity of Keelung Port is 17.5 cm/s, which is the lowest among all ports, the current direction mainly flows between N-E and S-W quadrants. The current velocity in Anping and Budai Port is both 23.9 cm/s. Ports with current velocity higher than 25.7 cm/s (1/2 knot) include Kaohsiung Port (27.9 cm/s), Taichung Port (38.1 cm/s), Taipei Port (41.6 cm/s) and Penghu Port (34.2 cm/s). The average current velocity of Taipei Port is the highest among the 9 ports. The current mainly flows in N-E and S-W quadrants, and the current direction probability distribution is similar to that of Budai Port. A test of underwater wireless communication equipment was completed in the waters adjacent to Keelung Port in 2024. The results showed that the controller can effectively handle delays and character errors caused by the data transmission process. During the test, the average transmission rate of the modem was 83.02 bytes/s. Monitored by AWAC It takes about 270 seconds for the data to be transferred. Analysis of the modem transfer rate found that the transfer rate increased as the file size became larger, which is consistent with the results of the 2023 water tank test. In 2025, the communication distance will be extended and the transmission characteristics of underwater acoustic communication will be analyzed as the communication environment changes. The long-term ocean observation data and application results of commercial ports in 2024 can provide Maritime Port Bureau, MOTC, Taiwan International Ports Corporation, Ltd and other relevant units as reference for ship navigation, harbor planning and port construction applications. It can also be used as a reference for planning, design and research by government agencies, engineering consultants and academic institution.			
DATE OF PUBLICATION March 2025	NUMBER OF PAGES 195	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.....	IX
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 水中無線通訊設備海域測試.....	4-1
4.1 水下通訊技術種類及數據機選擇	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	4-7
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	4-3
圖 4.3	EvoLogics 系列產品傳輸速率及通訊距離參考示意	4-3
圖 4.4	EvoLogics S2CM 18/34 訊號增益圖	4-3
圖 4.5	底碇式波流觀測系統資料傳輸原理示意圖	4-4
圖 4.6	岸上資料擷取傳輸設備	4-4
圖 4.7	底碇式觀測系統指令暨資料傳輸架構	4-5
圖 4.8	國立成功大學水工試驗所大型斷面水槽	4-5
圖 4.9	無線式底碇波流觀測系統大型斷面水槽測試配置	4-6
圖 4.10	無線式底碇波流觀測系統架構圖	4-7
圖 4.11	113 年海域實測傳輸架構圖	4-11
圖 4.12	控制器邏輯驗證架構圖	4-13

圖 4.13 wpr 檔驗證- Remote 端（左）、PC 端原始資料（中）、 Local 端（右）	4-13
圖 4.14 113 年海域實測 Remote、Local 端控制箱	4-14
圖 4.15 Remote、Local 端水中不鏽鋼箱體設計圖	4-15
圖 4.16 Subconn Micro Circular 濕接頭	4-16
圖 4.17 Remote、Local 端不鏽鋼密封箱實照	4-16
圖 4.18 2024 年 11 月 15 日～16 日海域實測位置圖	4-17
圖 4.19 2024 年 11 月 15 日～16 日實測作業圖	4-18
圖 4.20 113 年度海測歷程紀錄	4-19
圖 4.21 Remote、Local 端 wpr 檔比對結果	4-20
圖 4.22 AWAC AST Dialup 檢查碼（Checksum）檢核結果	4-20
圖 4.23 數據傳輸時間分布直方圖	4-21
圖 4.24 數據傳輸速率分布直方圖	4-21
圖 4.25 不同封包大小傳輸速率盒鬚圖	4-22

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 AWAC 波流場監測過程指令及資料時序	4-9
表 4-2 AWAC Binary wpr 檔案結構	4-9
表 4-3 112 年大型試驗水槽不同通訊距離與檔案大小傳輸速率表 ...	4-10
表 4-4 通訊協議格式表	4-12

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(113)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系統維運情形進行說明，第三章為本研究主要港區波流場資料統計分析，第四章為無線式底碇波流觀測設備海域測試，第五章為本報告年度研究成果及後續相關建議說明。



圖 1.1 海象觀測系統位置圖

1.2 工作內容

本計畫研究範圍包含臺北港、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 個商港附近海域現場海象觀測與調查，目前各港區海象觀測系統均已具備即時傳輸功能，各測站觀測資料經過篩選、品質過濾、剔除謬誤後，波流觀測資料將匯入本所

海象專屬資料庫儲存，經整理後依月、季及年執行統計分析，並繪製圖表、出版專刊及研究報告，提供相關單位參考應用。本（113）年度持續針對前述各港海象設備辦理維護運轉、汰舊換新，並引進較精密觀測儀器，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（113）年度主要工作內容分述如下：

1. 更新高雄港第二港口（副站）、蘇澳港（副站）及臺中港（副站）底碇式波流觀測站；新增安平港（副站）底碇式波流觀測站；遷移花蓮港（副站）底碇式波流觀測站。
2. 完成水中無線通訊設備海域測試，做為無線式底碇波流觀測系統發展應用參考。
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。
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	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	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
	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
	底碇式波流觀測 1 站	N 22°32'31" E 120°16'55"	21~22	2022/11~迄今	AWAC
	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	底碇式波流觀測站	N 22°57'35" E 120°8'48"	13~15	2003/01~迄今	AWAC
	海象資料浮標觀測站	N 22°57'28.2" E 120°8'55.0"	12~13	2021/08~迄今	Buoy
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

1. 基隆港海象觀測系統：採用挪威 Nortek 公司所生產超音波式表面波高波向與剖面海流儀（Acoustic Wave and Current profiler，以下簡稱 AWAC），主站設置於西防波堤外 500~600 m，2021 年 4 月新增 AWAC 波流觀測副站，基於水域作業安全性考量，於 2023 年 8 月將主、副測站往西北向遷移約 350 m，2023 年 8 月新增基隆海氣象資料浮標，與 AWAC 測站聯合執行港區觀測作業，如圖 2.2 所示。



圖 2.2 基隆港海象觀測站安裝位置圖

2. 蘇澳港海象觀測系統：採用挪威 Nortek 公司超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC，主站設置於東防波堤外約 700~800 m，2022 年 8 月新增 AWAC 波流觀測副站，如圖 2.3 所示。

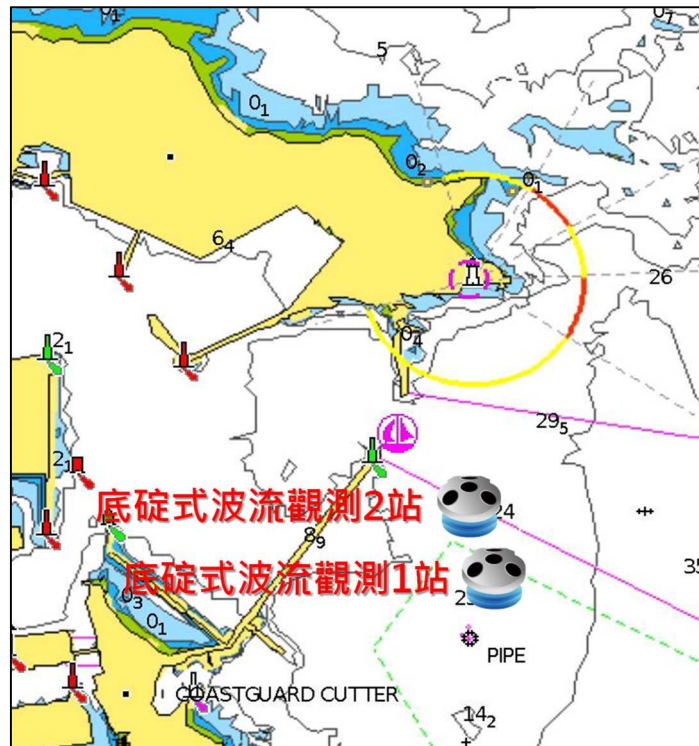


圖 2.3 蘇澳港海象觀測站安裝位置圖

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，設置於南防波堤外海約 500 m，2021 年 8 月新增加拿大 AXYS TECHNOLOGIES INC 公司所生產波浪海流資料浮標（TRIAXYS Directional Wave with Currents Buoy），與 AWAC 觀測站聯合觀測，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。

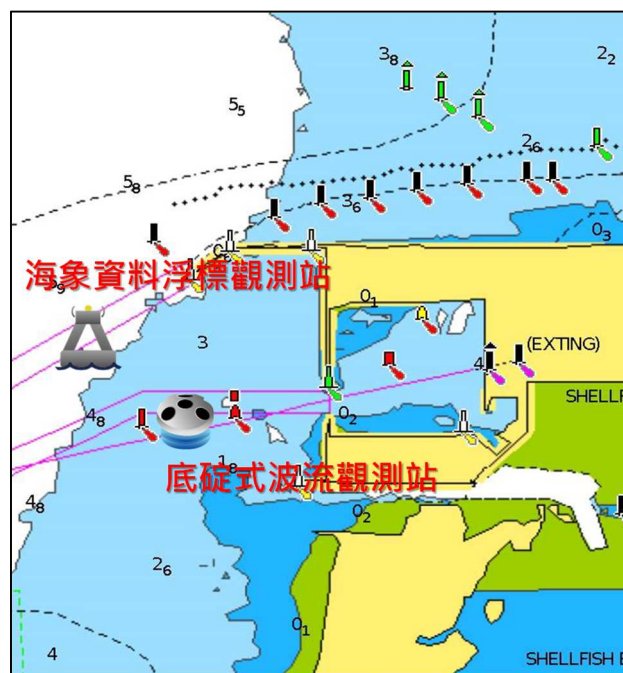


圖 2.7 布袋港海象觀測站安裝位置圖

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。

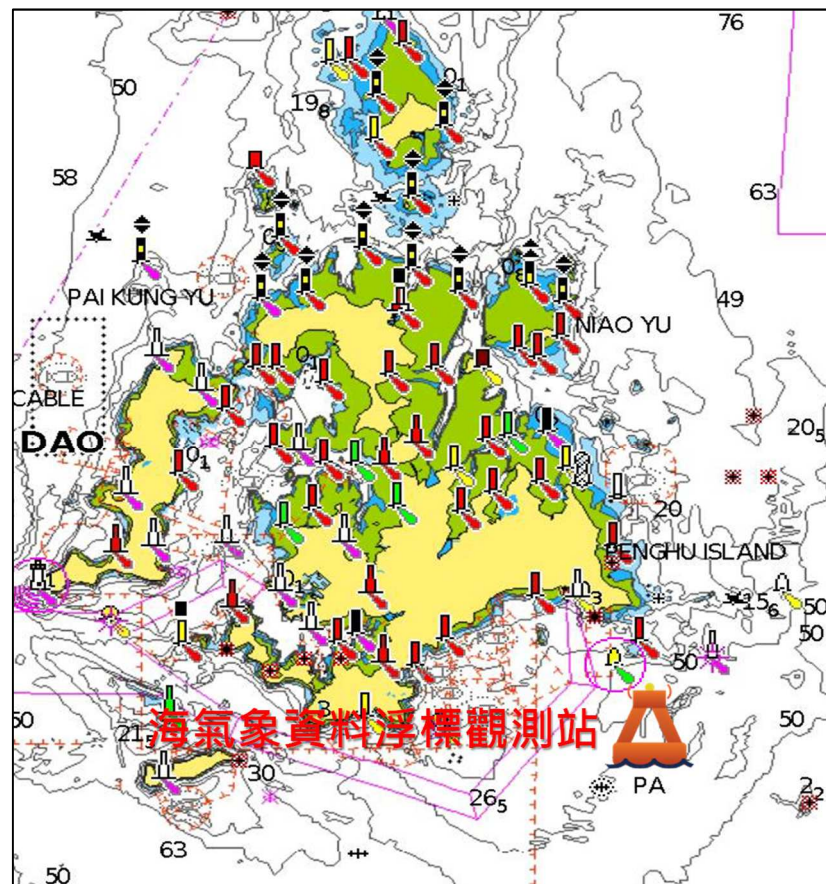


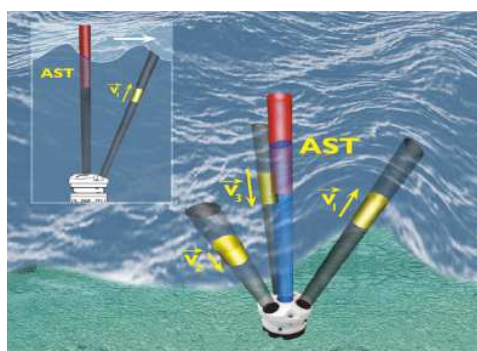
圖 2.10 澎湖港海象觀測站安裝位置圖

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。

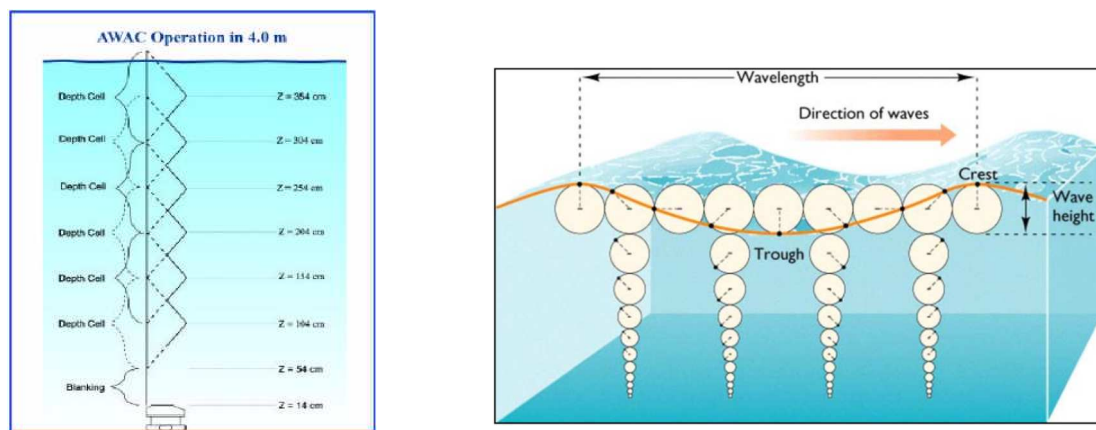


圖2.12 AWAC聲波訊號傳輸示意圖

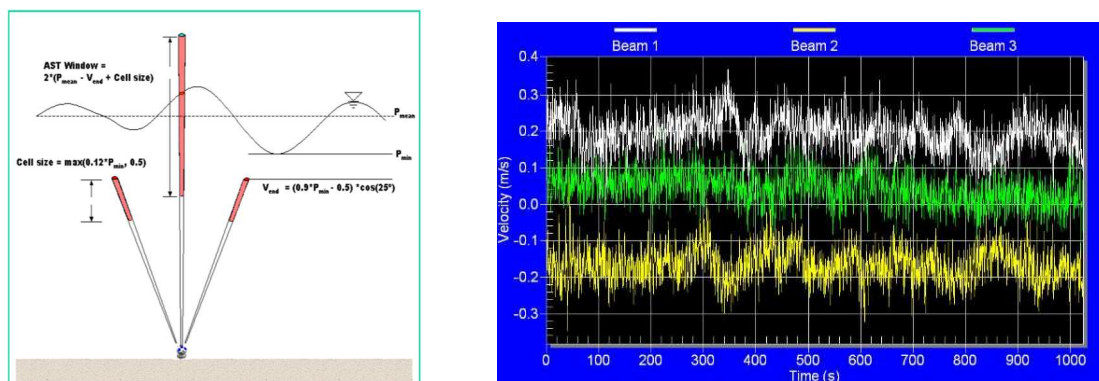


圖2.13 AWAC波浪運動示意圖

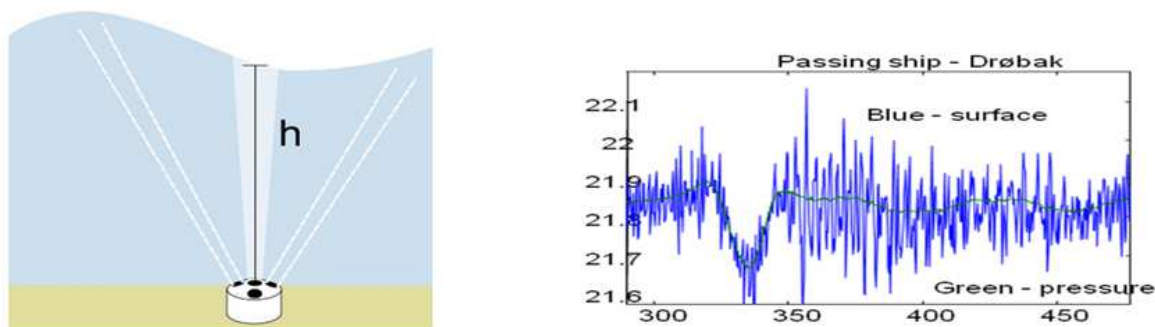


圖2.14 AWAC音鼓量測波浪變化示意圖

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。

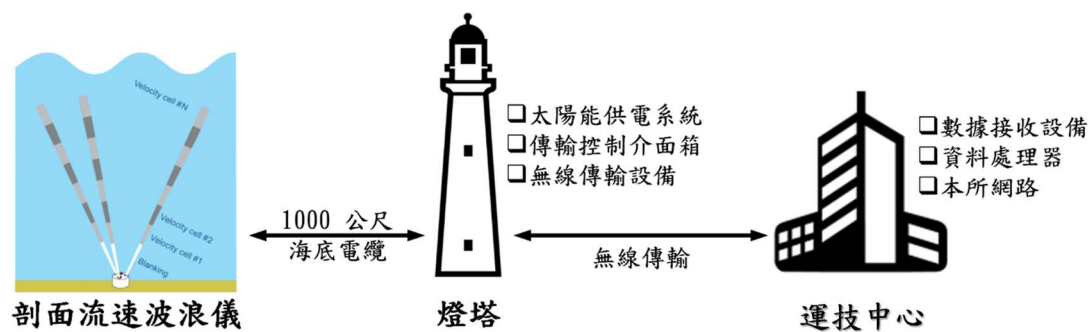


圖2.15 底碇式波流觀測系統資料傳輸原理示意圖

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

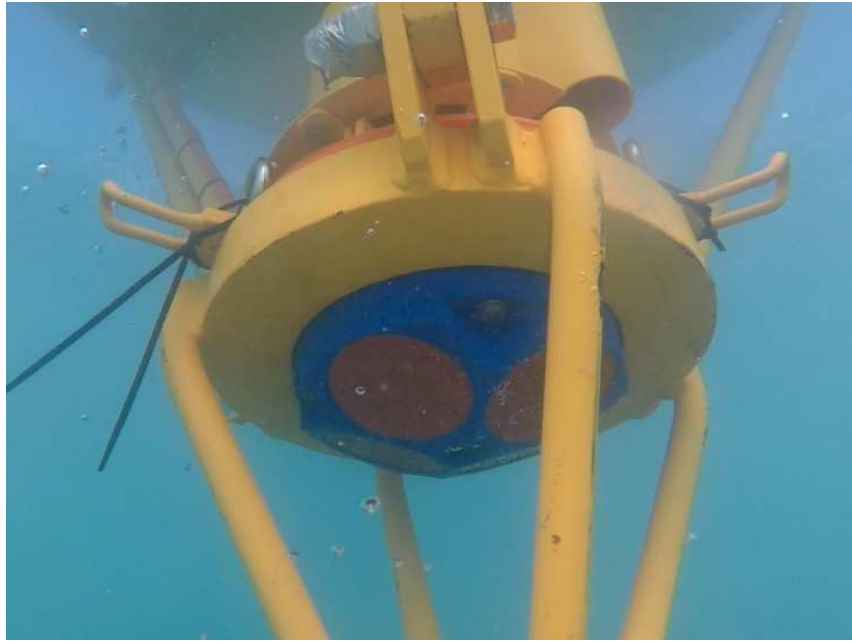


圖2.17 資料浮標水下流速儀實景

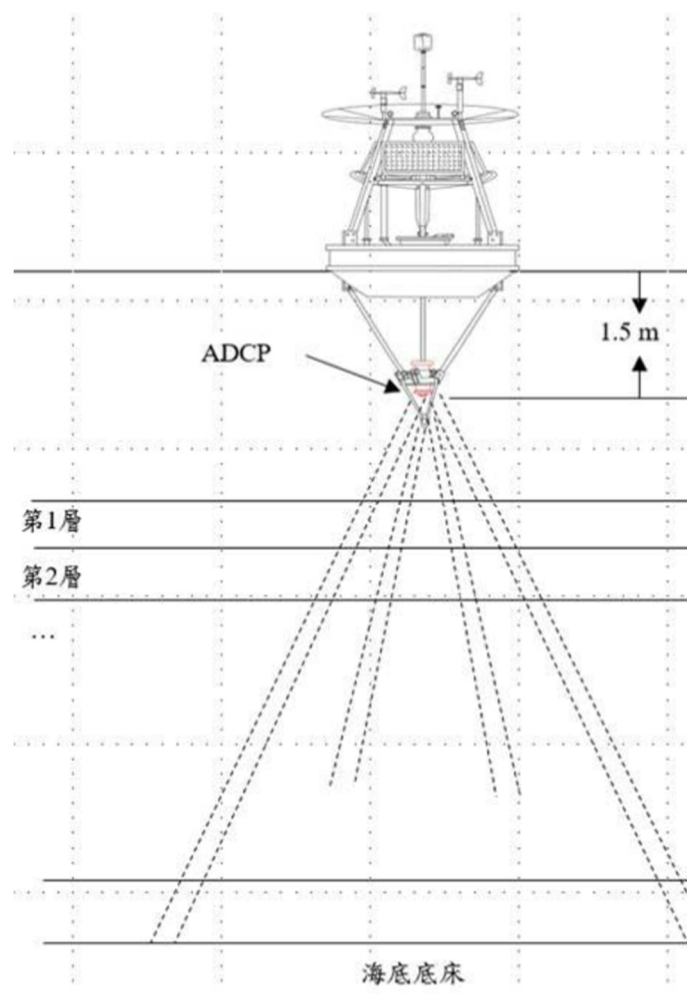


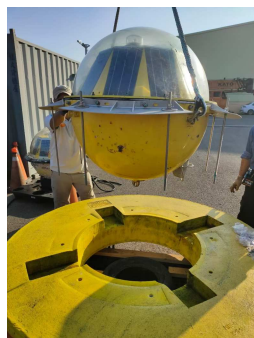
圖2.18 資料浮標水下流速儀位置

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



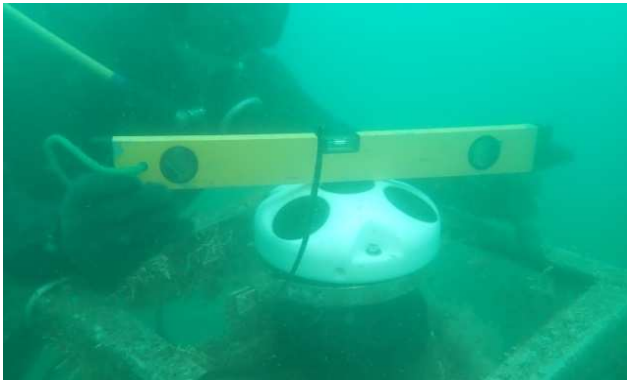
(b)太陽能板清潔



(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



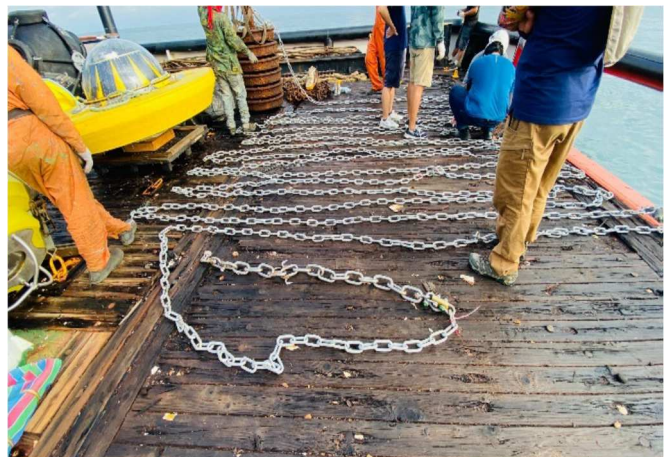
(b) 水下錨碇塊布放



(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，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 2020~2023 (蒐集率%)	蘇澳港 2004~2023 (蒐集率%)	花蓮港 2004~2023 (蒐集率%)	高雄港 2018~2023 (蒐集率%)	安平港 2003~2023 (蒐集率%)	布袋港 2021~2023 (蒐集率%)	臺中港 2004~2023 (蒐集率%)	臺北港 2002~2023 (蒐集率%)	澎湖港 2022~2023 (蒐集率%)
1	2,043 (91.5%)	10,878 (77%)	13,952 (98.7%)	3,590 (96.5%)	13,303 (85.1%)	1,478 (99.3%)	11,341 (80.2%)	12,541 (80.3%)	669 (89.9%)
2	1,814 (90%)	10,947 (85.1%)	12,006 (93.3%)	3,105 (91.8%)	11,493 (80.8%)	1,342 (99.9%)	9,528 (74.1%)	11,466 (80.6%)	645 (96%)
3	1,996 (89.4%)	13,058 (92.4%)	12,733 (90.1%)	3,212 (86.3%)	10,954 (70.1%)	1,485 (99.8%)	9,058 (64.1%)	12,857 (82.3%)	715 (96.1%)
4	1,947 (90.1%)	12,417 (90.8%)	11,801 (86.3%)	3,517 (97.7%)	10,953 (72.4%)	1,655 (98.5%)	9,599 (70.2%)	12,731 (84.2%)	699 (97.1%)
5	2,079 (93.1%)	10,905 (91.3%)	12,029 (85.1%)	3,629 (97.6%)	11,706 (74.9%)	2,230 (99.9%)	10,431 (73.8%)	12,271 (78.5%)	731 (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 2020~2023 (蒐集率%)	蘇澳港 2004~2023 (蒐集率%)	花蓮港 2004~2023 (蒐集率%)	高雄港 2018~2023 (蒐集率%)	安平港 2003~2023 (蒐集率%)	布袋港 2021~2023 (蒐集率%)	臺中港 2004~2023 (蒐集率%)	臺北港 2002~2023 (蒐集率%)	澎湖港 2022~2023 (蒐集率%)
6	2,232 (95.6%)	12,414 (88.2%)	11,858 (86.7%)	3,519 (97.8%)	10,770 (71.2%)	2,093 (96.9%)	12,428 (86.3%)	11,071 (73.2%)	703 (97.6%)
7	2,869 (96.4%)	12,717 (85.5%)	12,829 (88%)	3,644 (98%)	12,402 (79.4%)	1,641 (73.5%)	14,087 (94.7%)	13,398 (85.8%)	728 (97.8%)
8	2,237 (75.2%)	12,730 (85.6%)	13,569 (91.2%)	3,471 (93.3%)	12,370 (79.2%)	2,223 (99.6%)	13,592 (91.3%)	13,420 (85.9%)	741 (99.6%)
9	2,066 (71.7%)	13,351 (92.7%)	14,217 (98.7%)	3,369 (78%)	12,247 (81%)	2,157 (99.9%)	12,884 (89.5%)	12,266 (81.1%)	713 (99%)
10	1,887 (63.4%)	12,127 (81.5%)	14,533 (97.7%)	4,052 (90.8%)	9,798 (62.7%)	2,157 (96.6%)	11,709 (78.7%)	10,340 (66.2%)	1,468 (98.7%)
11	1,880 (65.3%)	11,037 (76.6%)	12,680 (88.1%)	4,062 (94%)	9,687 (64.1%)	2,131 (98.7%)	10,969 (76.2%)	8,258 (54.6%)	1,414 (98.2%)
12	2,015 (90.3%)	12,413 (87.8%)	13,890 (98.3%)	3,530 (94.9%)	10,230 (68.8%)	1,419 (95.4%)	9,970 (70.5%)	11,286 (72.2%)	707 (95%)
歷年	25,065 (83.2%)	146,994 (86.2%)	156,097 (91.9%)	42,700 (92.8%)	135,913 (74.1%)	22,011 (96.1%)	135,596 (79.3%)	141,905 (77.1%)	9,933 (97.2%)

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，於2023年8月執行遷站，考量遷站前後水深、地理環境不同，113年僅統計至遷站前，遷站後資料將於114年分析，避免造成統計數據失真。統計結果顯示，冬季 H_s 最大，波高平均為1.78 m，夏季波高最小，波高平均為0.45 m，就波高分布統計來看，夏季時波高小於0.5m者佔79%，0.5～1.5 m間佔18.4%，1.5～3.0 m間2.2%，3 m以上為0.4%。冬季時，港域受東北季風影響，波高小於0.5 m者佔4.2%，0.5～1.5 m間38%，1.5～3.0 m為47.7%，超過3 m為10%，與夏季波場分布有所差異。全期統計之波高平均值為1.09m，全期波高小於0.5m者佔33.9%，0.5～1.5 m間佔39.3%，1.5～3.0 m間23.2%，3 m以上為3.6%，波高分布以小於1.5

m為主，佔約7成。

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68.7%、花蓮港67.2%，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1.49 m、冬季1.52 m；花蓮港：秋季1.36 m、冬季1.53 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1.09 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0.75 m，波高分布以0.5~1.5 m比率最高，佔比73.2%，波高結構分布，小於0.5 m佔22.3%，0.5~1.5 m間為73.2%，1.5~3 m為4.2%，3 m以上佔0.3%。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0.74 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76.3%、冬季91.3%，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60%，波高小於0.5 m比率為39.8%，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0.93 m為四季中最大，0.5~1.5 m佔比最高，佔整季65.3%，波高小於0.5 m為20.5%，1.5~3 m為13.2%，為四季最高，3 m以上浪高約1%。

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，歷年全期波高平均0.66 m，0.5~1.5 m佔比52.4%最高，0.5 m以下42.6%次之。春季波高平均0.5 m，為四季中最小，波高分布以0.5 m以下佔比最高，佔整季58.9%，0.5~1.5 m次之，所佔比率為40.5%，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，波高平均分別為秋季0.61 m、冬季0.54 m，波高分布皆以0.5~1.5 m佔比最高，秋季49.1%、冬季為57.6%。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61.4%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15.3%，高於其餘三季。

布袋港海象資料浮標站統計結果顯示，全期 H_s 平均0.49 m，波高結構統計，小於0.5 m佔60.4%最高，0.5~1.5 m 38.8%次之，1.5~3.0 m為0.6%，3 m以上0.2%。四季中，冬季波高平均0.61 m最大，0.5~1.5 m佔比64.5%最高，小於0.5 m次之，佔整季35.5%，夏季平均波高0.53 m，小於0.5 m佔比最高，佔整季61.2%，0.5~1.5 m佔35.9%次之，1.5~3.0 m為2%，3 m以上整季為0.9%。春季波高平均0.36 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77.9%，0.5~1.5 m佔22.1%居次，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0.48 m，小於0.5 m比率61.3%最高，0.5~1.5 m次之，佔38.7%。

臺中港歷年全期 H_s 平均為1.45 m，為本計畫最大，波高分布以0.5~1.5 m佔比46.4%最高，1.5~3.0 m 34.6%次之，波高3 m以上佔6.8%，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2.12 m為四季最大，波高分布以1.5~3.0 m佔比59.9%最高，波高小於0.5 m佔2.2%，0.5~1.5 m為22.1%，3 m以上波高佔15.7%，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1.76 m，略低於冬季，波高分布以1.5~3.0 m比率最高，佔整季50%，3 m以上波高佔8.3%，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，能量已大幅減弱，整季波高平均0.81 m，為四季中最小，波高分布以0.5~1.5 m佔比69.8%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50.5%，波高小於0.5 m佔25%，1.5~3 m為21.9%，

3 m以上為2.6%。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0.5~1.5 m佔比43%，高於其餘三季，秋季波高平均1.26 m，略低於冬季，波高分布以0.5~1.5 m所佔比率54.3%最高，1.5~3 m佔26.5%，波高小於0.5 m佔14.9%，波高大於3 m佔4.3%。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，為四季中最小，0.5 m以下波高佔整季44.9%，0.5~1.5 m間為49.7%，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55.3%，0.5 m以下佔28%，1.5~3 m間則仍有15.6%，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，51.4%波高介於0.5~1.5 m，0.5 m以下波高32.5%，1.5~3 m波高佔15.5%，3 m以上波高佔歷年0.6%，春夏季歷年波高機率分布曲線相似，平均波高統計，春季0.65 m，夏季為0.66 m，波高0.5~1.5 m與0.5 m以下約各佔半數，以春季為例，0.5 m以下佔47.6%，0.5~1.5 m佔47.1%，秋季時，澎湖測站歷年波高平均為0.96 m，0.5~1.5 m波高比率上升至51.6%，0.5 m以下28.5%，1.5~3 m佔19.2%，冬季澎湖受東北季風影響，波高平均增加至1.26 m，波高小於0.5 m佔比下降至5.3%，0.5~1.5 m上升至62.5%，此佔比高於其餘三季，1.5~3 m波高佔比達31.9%，約為夏季7~8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

皆小於1 m，布袋港波高平均0.36 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0.9~0.95 m，東部海域蘇澳及花蓮港，波高平均介於1~1.2 m間，9港中以臺中港波高平均1.24 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，對臺中港區影響較輕微，波高平均較春季時減少約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，基隆港波高0.45 m亦為9港最低，地處東部海域之蘇澳港，海域波高平均1.09 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0.48 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，波高顯著上升，在東北季風影響下，基隆港波高平均較夏季增加0.91 m，波高成長幅度最大之港口為臺中港，波高平均比夏季增加0.95 m，此季節之臺中港海域，歷年秋季波高平均達1.76 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2.12 m，為本計畫9港最大，相較於夏季，波高增幅1.31 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1.33 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1 m，餘基隆、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1.2~1.8 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，波高介於0.5~0.9 m間，布袋港波高平均最小，為0.49 m，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，其中以臺中港1.45 m為各港中最大。

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	0.93	30.0	53.1	15.9	0.9
夏	0.45	79.0	18.4	2.2	0.4
秋	1.36	11.0	52.8	32.5	3.7
冬	1.78	4.2	38.0	47.7	10.0
全期	1.09	33.9	39.3	23.2	3.6
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	82.3	16.4	0.4
夏	1.09	8.3	76.4	11.7	3.6
秋	1.46	2.6	61.0	32.1	4.4
冬	1.52	0.0	53.3	46.3	0.4
全期	1.30	3.0	68.7	26.1	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	2.1	83.8	13.8	0.3
夏	0.92	16.6	71.7	9.7	1.9
秋	1.36	3.9	62.8	30.5	2.8
冬	1.53	0.0	52.2	47.2	0.5
全期	1.23	5.6	67.2	25.8	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	39.8	60.0	0.2	0.0
夏	0.93	20.5	65.3	13.2	1.0
秋	0.74	20.4	76.3	3.2	0.1
冬	0.75	8.7	91.3	0.0	0.0
全期	0.75	22.3	73.2	4.2	0.3
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	0.50	58.9	40.5	0.4	0.2
夏	0.96	23.3	61.4	13.4	1.9
秋	0.61	47.2	49.1	3.1	0.7
冬	0.54	42.3	57.6	0.2	0.0
全期	0.66	42.6	52.4	4.4	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	0.36	77.9	22.1	0.0	0.0
夏	0.53	61.2	35.9	2.0	0.9
秋	0.48	61.3	38.7	0.1	0.0
冬	0.61	35.5	64.5	0.0	0.0
全期	0.49	60.4	38.8	0.6	0.2
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	1.24	15.8	53.0	27.4	3.8
夏	0.81	22.6	69.8	6.8	0.8
秋	1.76	5.9	35.8	50.0	8.3
冬	2.12	2.2	22.1	59.9	15.7
全期	1.45	12.1	46.4	34.6	6.8
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	28.0	55.3	15.6	1.1
夏	0.67	44.9	49.7	5.0	0.4
秋	1.26	14.9	54.3	26.5	4.3
冬	1.53	9.1	43.0	42.6	5.3
全期	1.09	25.0	50.5	21.9	2.6
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	47.6	47.1	5.2	0.1
夏	0.66	49.7	45.1	4.2	1.0
秋	0.96	28.5	51.6	19.2	0.7
冬	1.26	5.3	62.5	31.9	0.3
全期	0.89	32.5	51.4	15.5	0.6

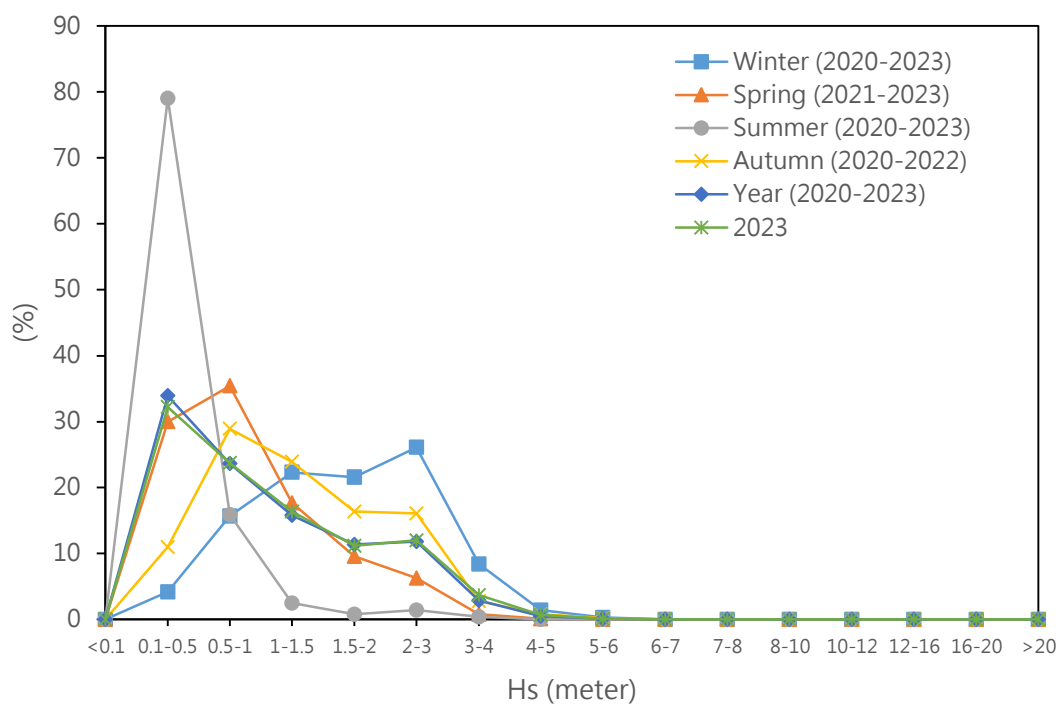


圖3.1 基隆港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

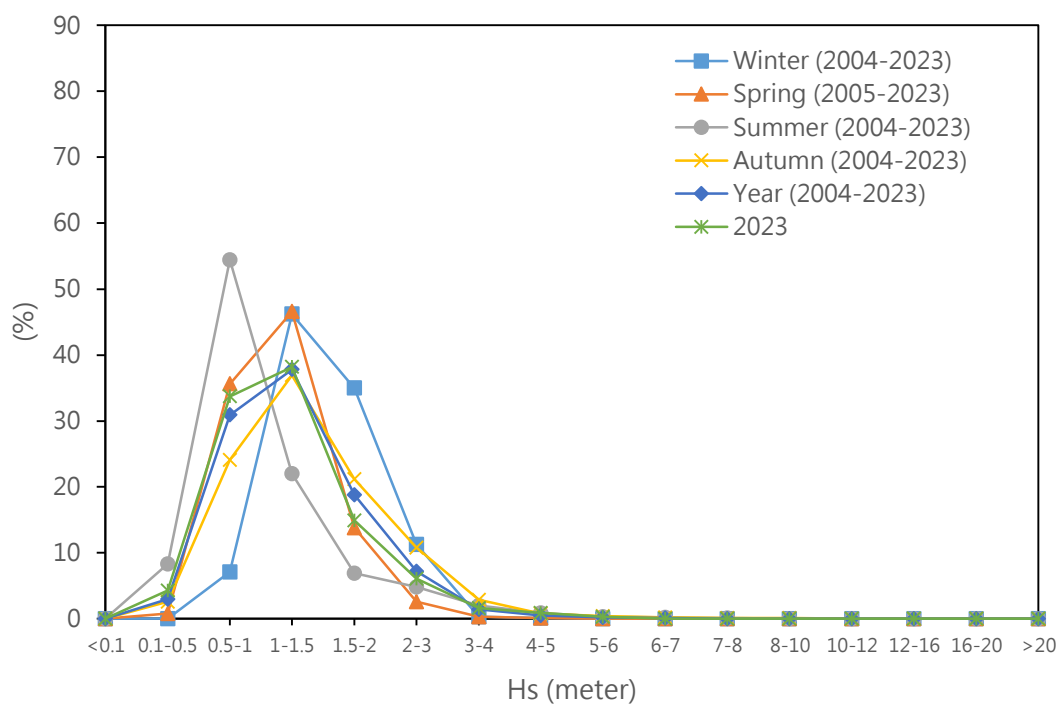


圖3.2 蘇澳港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

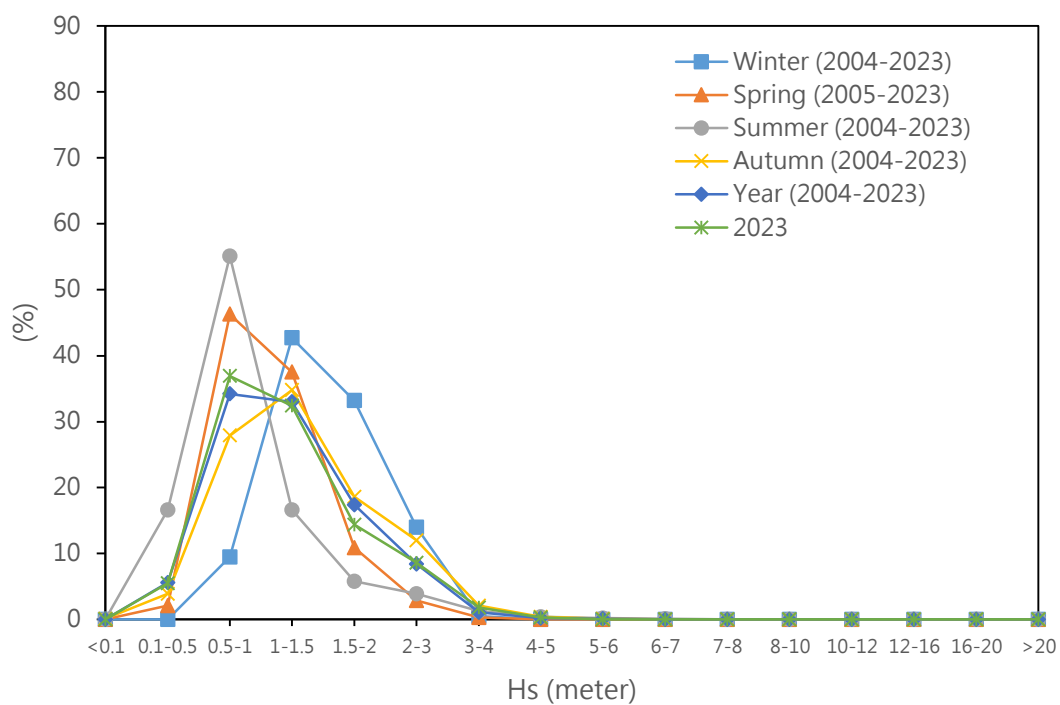


圖3.3 花蓮港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

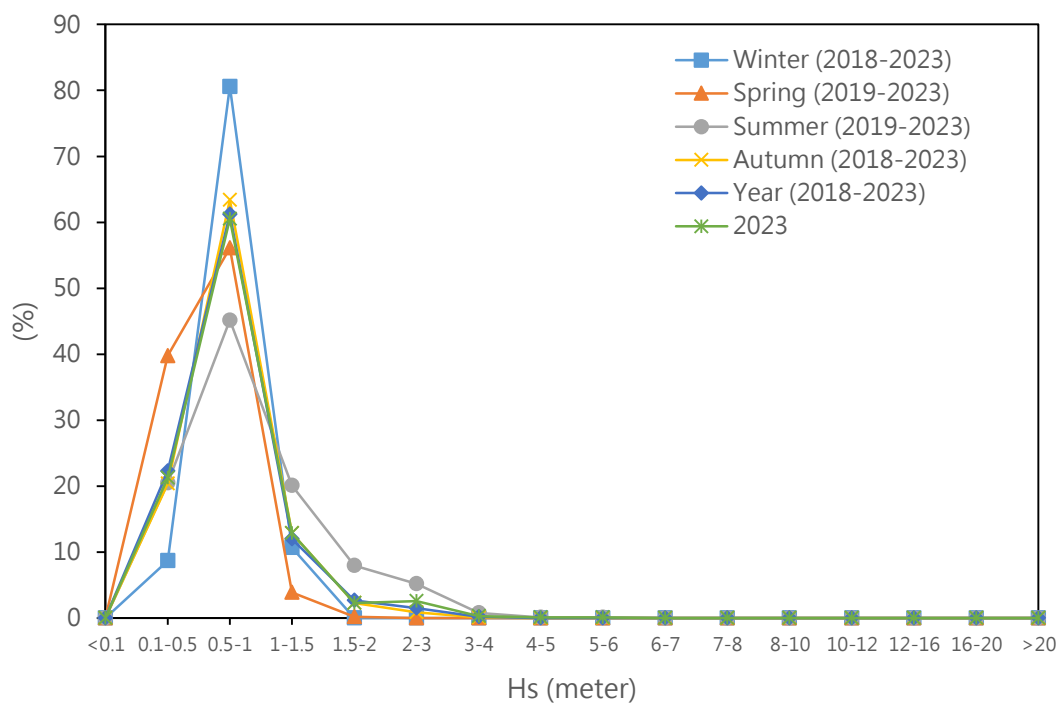


圖3.4 高雄港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

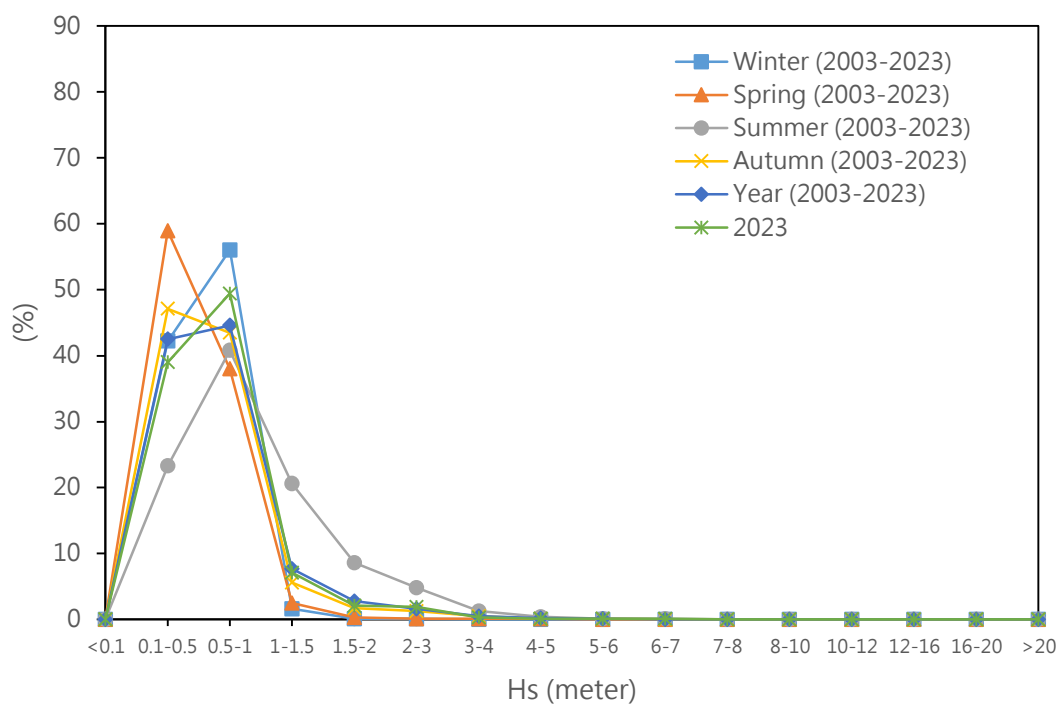


圖3.5 安平港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

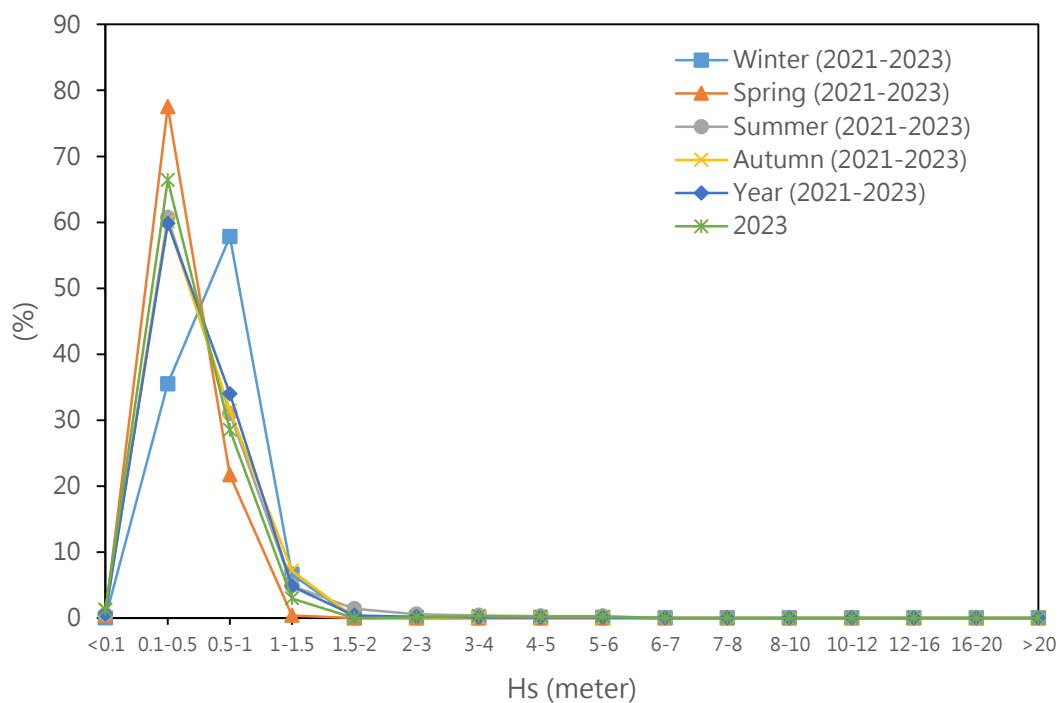


圖3.6 布袋港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

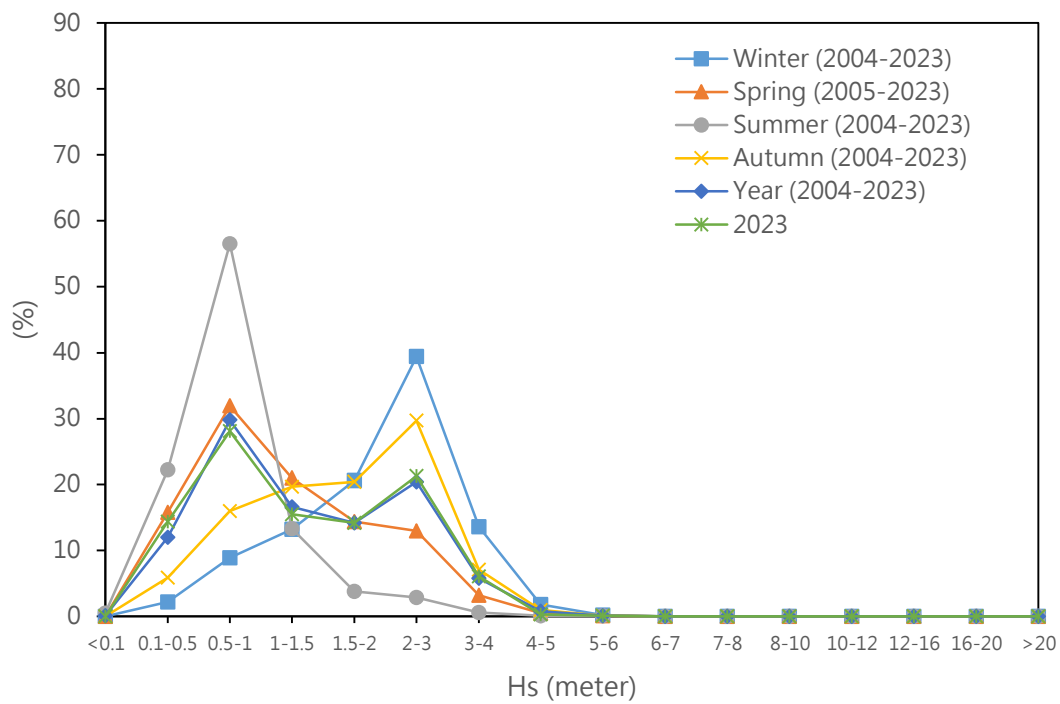


圖3.7 臺中港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

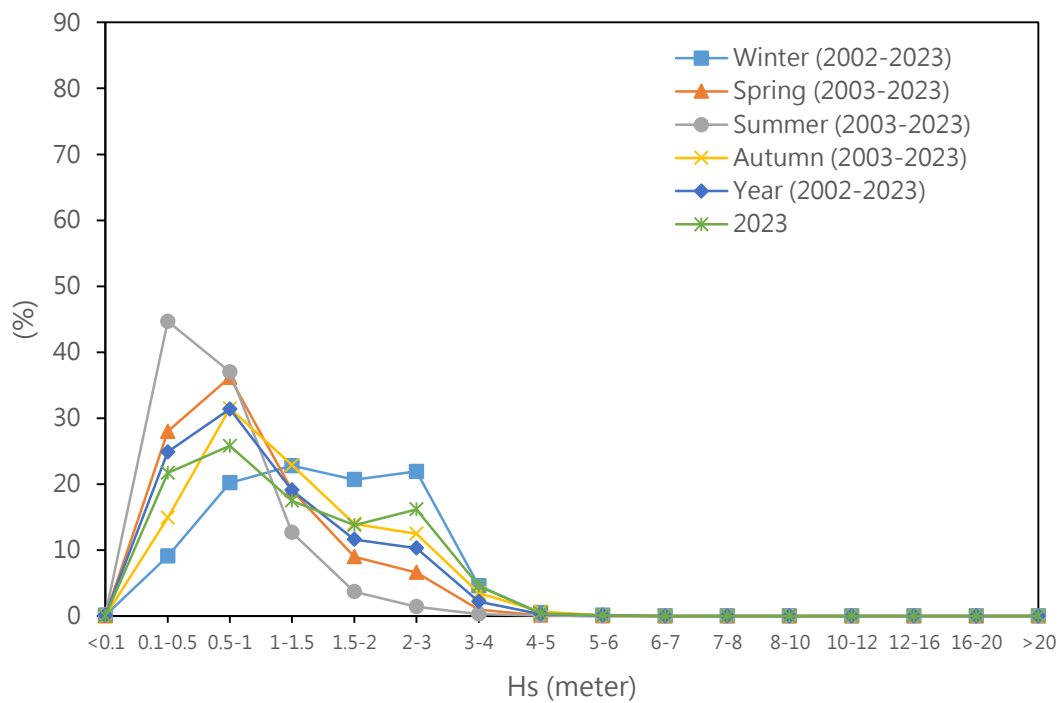


圖3.8 臺北港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

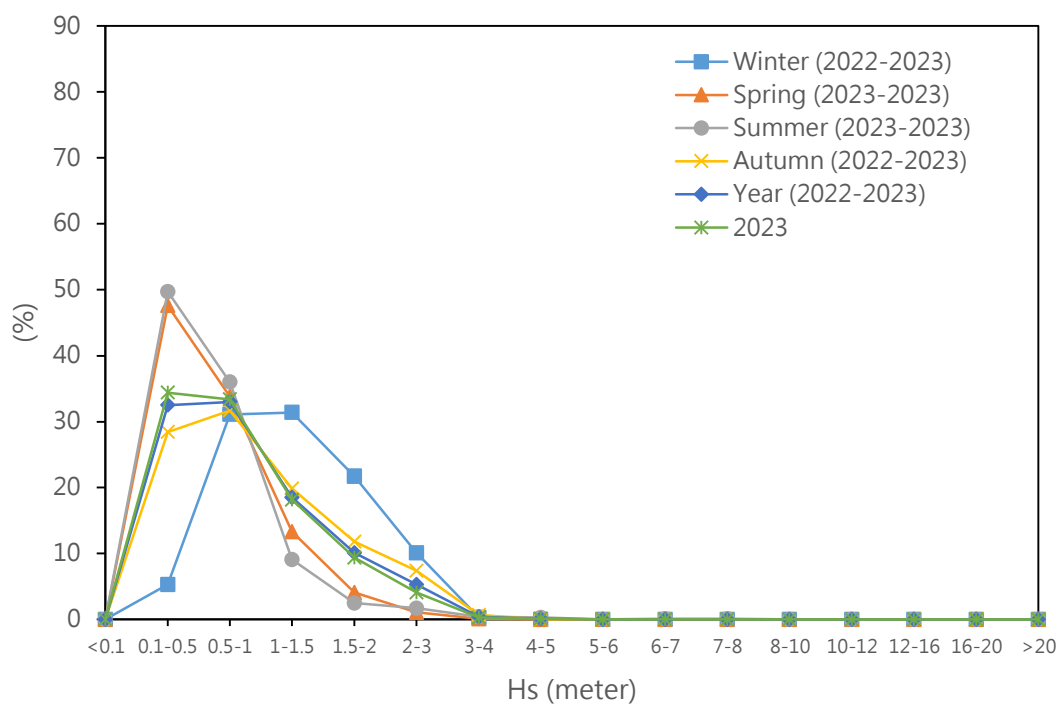


圖3.9 澎湖港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

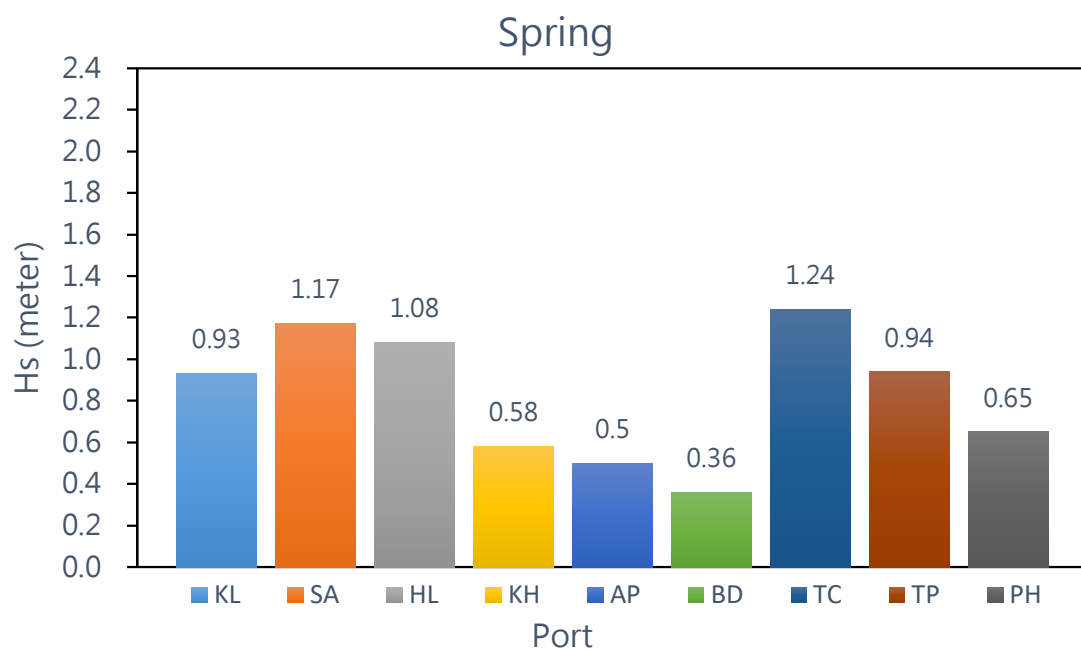


圖3.10 歷年春季各港波高分布圖

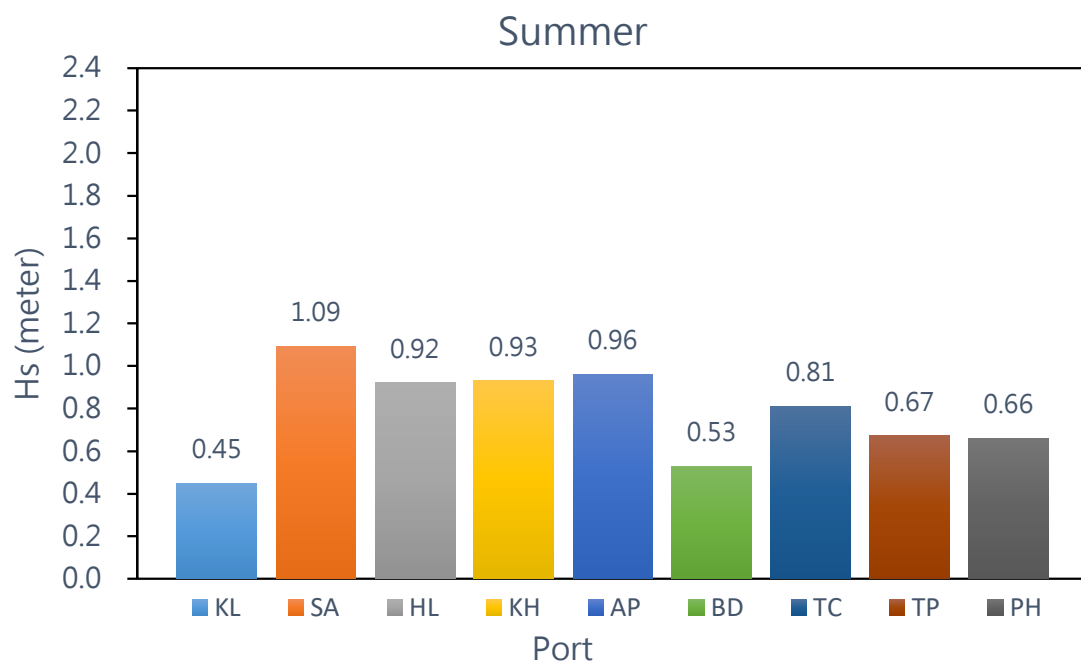


圖3.11 歷年夏季各港波高分布圖

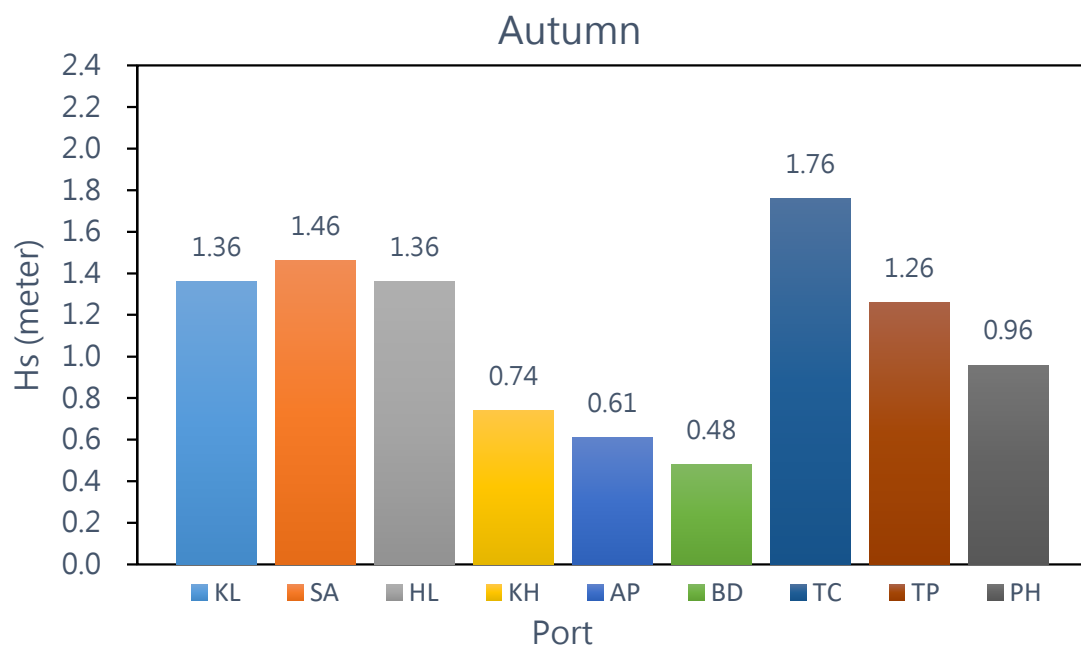


圖3.12 歷年秋季各港波高分布圖

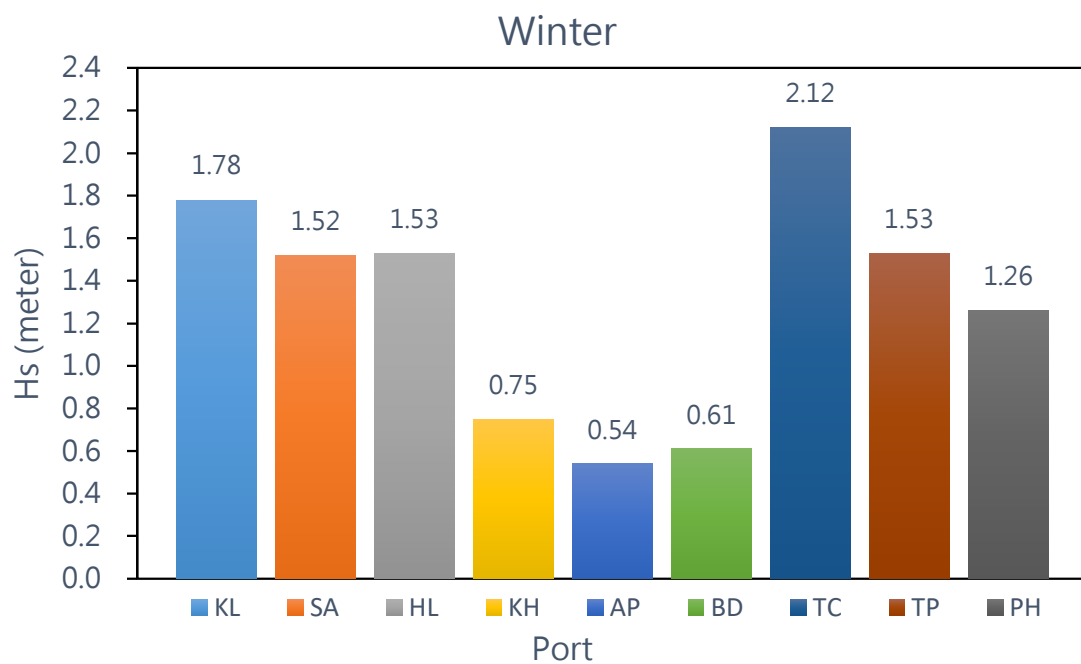


圖3.13 歷年冬季各港波高分布圖

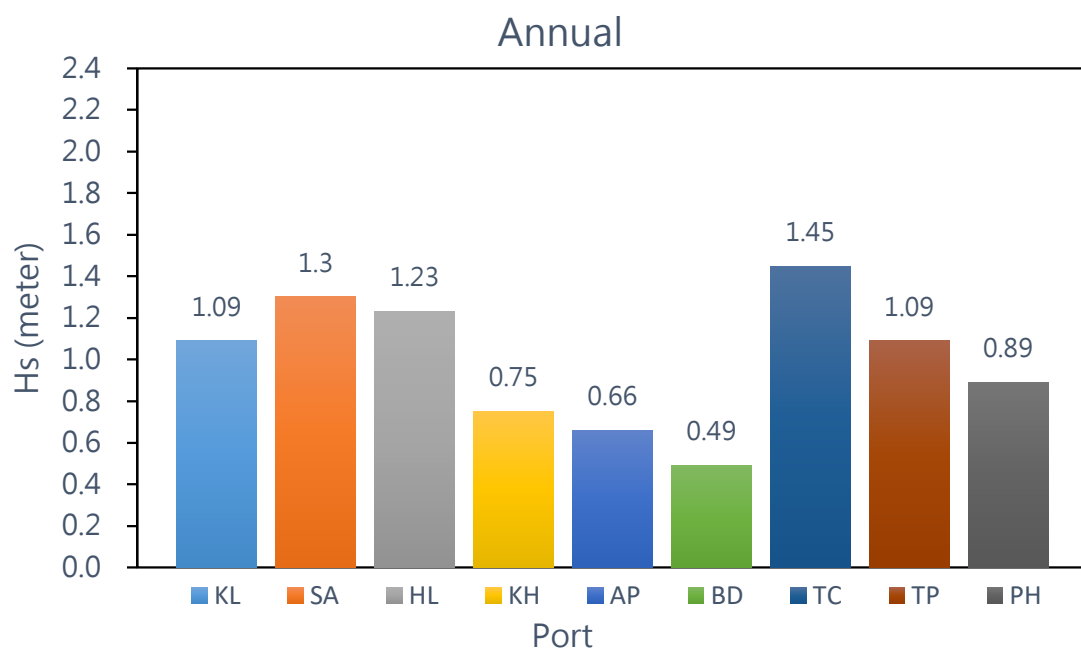


圖3.14 歷年全觀測期各港波高分布圖

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：

基隆港歷年全期波浪尖峰週期 T_p 平均為7.6 s，週期分布以6～8 s間比率最高，佔42.2%，6 s以下18.3%，8～10 s為32%，10 s以上佔7.6%，秋季尖峰週期平均為8 s，波浪週期以6～8 s間比率最高，佔整季41.1%，8～10 s次之，約38.5%，週期10 s以上佔10.8%，為四季中佔比最高，冬季尖峰週期平均最長，週期平均為8.2 s，波浪週期44.9%落於8～10 s，6～8 s佔41%，週期6 s以下僅佔4.5%，10 s以上則為9.5%，夏季尖峰週期平均最短，週期平均6.9 s，基隆港週期分布以6～8 s佔比37.3%最高，6 s以下次之，佔整季35.7%，8～10 s為20.6%，10以上6.4%，春季尖峰週期平均7.3 s，以6～8 s佔比50.3%最高，8～10 s 26.8%次之，6 s以下18.8%，10 s以上佔4.1%。

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，花蓮港為8.5 s，兩港波浪週期均以8～10 s佔比最高，蘇澳港41.6%，花蓮港45.7%，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61.8%，花蓮港63.5%，均逾六成，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，皆高於其餘三季，蘇澳港10 s以上波浪週期佔23.2%，花蓮港亦有22.5%，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37.8%，花蓮港36.6%，蘇澳港尖峰週期平均7.9 s，花蓮港則為8.1 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，逾四成。

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45.9%，6~8 s 33.9%次之，8~10 s為15%，週期10 s以上5.2%；歷年四季統計資料，夏季港口尖峰週期平均最長，週期平均為6.9 s，週期6~8 s佔整季47.1%，此佔比亦為四季中最高，6 s以下波浪週期佔28.6%，10 s以上4.3%，春季尖峰週期平均最短，為5.6 s，整季65.2%波浪週期皆小於6 s，秋季尖峰週期平均6.7 s，週期6 s以下佔比最高，佔整季44.1%，6~8 s次之，佔32.7%，10 s以上週期佔比7.4%，高於其餘三季，冬季時，高雄港尖峰週期平均為6.6 s，週期6 s以下佔比最高，為46.1%，6~8 s次之，佔29.3%，週期8~10 s為17.8%，10 s以上佔6.7%

安平港歷年全期波浪尖峰週期平均為6.1 s，週期分布以6 s以下比率最高，佔52.3%，6~8 s次之，佔35.5%，8~10 s 10.7%，10 s以上為1.5%，四季波浪週期統計，秋冬季安平港週期平均皆為6.2 s，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；安平港海域春季時，尖峰週期 T_p 以6 s以下佔比最高，佔整季69.6%，6~8 s為26.2%，8 s以上僅4.3%，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36.5%次之，8~10 s佔比16.9%，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53.3%，冬季50.7%。

布袋港全期尖峰週期 T_p 平均為7 s，6~8 s佔40.2%，6 s以下26%，8~10 s為27.3%，10 s以上波浪週期佔6.6%，四季週期統計顯示，布袋港冬季尖峰週期平均最長，達8.1 s，秋季週期平均7 s，夏季6.9 s，春季港區週期較短，為6.4 s；布袋港海域冬季期間，波浪尖峰週期近5成落於8~10 s，6~8 s佔29.9%，6 s以下為9.8%，春夏秋三季，波浪週期皆以6~8 s佔比較高，春季44.4%，秋季36%，夏季48.2%，夏季週期6~8 s佔比高於其餘三季。

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33.3%，8~10 s佔13.3%，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61.7%，8~10 s佔23%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，20.4%波浪週期小於6 s，港區8~10 s週期佔17.6%，10 s以上為2.1%，臺中港春季期間，波浪尖峰週期平均為6.1 s，週期有55%位於6~8 s，38%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55.6%小於6 s，36.6%位於6~8 s，8 s以上佔7.9%。

臺北港歷年全期尖峰週期平均為6.4 s，週期44.2%小於6 s，38.5%介於6~8 s，8~10 s佔15.1%，10 s以上為2.2%，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48.8%，夏季則達65.8%，其中，夏季6 s以下佔比，高於其他各季；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50.1%，其中，冬季8~10 s佔比24.1%，高於其餘三季。

澎湖港歷年全期尖峰週期 T_p 平均為7.3 s，43.7%週期介於6~8 s，6 s以下週期佔22%，8~10 s為28.4%，週期10 s以上5.9%，四季週期統計顯示，冬季波浪尖峰週期平均8.2 s，週期有5成介於8~10 s，遠高於其他三季，6 s以下僅佔6.3%，6~8 s為33.5%，10 s以上週期佔9.5%，秋季週期平均7.4 s，週期以6~8 s佔比較高，為46.7%，6 s以下17.6%，8~10 s佔29.5%，6.1%週期達10 s以上，春季尖峰週期平均最短，為6.6 s，近5成介於6~8 s，33.3%週期少於6 s，8~10 s佔16.4%，10 s以上週期僅佔0.7%，夏季尖峰週期平均6.9 s，42.4%波浪週期介於6~8 s，32.6%週期少於6 s，港區10 s以上週期佔7.2%。

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	7.3	18.8	50.3	26.8	4.1
夏	6.9	35.7	37.3	20.6	6.4
秋	8.0	9.7	41.1	38.5	10.8
冬	8.2	4.5	41.0	44.9	9.5
全期	7.6	18.3	42.2	32.0	7.6
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	9.9	37.6	40.9	11.7
夏	7.9	19.5	37.8	26.8	15.9
秋	8.8	3.9	34.3	38.6	23.2
冬	8.8	1.4	23	61.8	13.8
全期	8.4	8.9	33.4	41.6	16.1
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	7.2	36.4	44.5	11.9
夏	8.1	15.4	36.6	31.5	16.5
秋	8.8	3.1	31.5	42.8	22.5
冬	8.8	0.8	21.9	63.5	13.8
全期	8.5	6.5	31.5	45.7	16.3
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	65.2	26.3	6.4	2.2
夏	6.9	28.6	47.1	20.0	4.3
秋	6.7	44.1	32.7	15.7	7.4
冬	6.6	46.1	29.3	17.8	6.7
全期	6.4	45.9	33.9	15.0	5.2
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	69.6	26.2	3.7	0.6
夏	6.6	36.5	44.4	16.9	2.2
秋	6.2	53.3	34.4	9.6	2.7
冬	6.2	50.7	36.2	12.3	0.8
全期	6.1	52.3	35.5	10.7	1.5

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	6.4	35.1	44.4	18.8	1.7
夏	6.9	25.1	48.2	21.0	5.7
秋	7.0	29.7	36.0	25.8	8.5
冬	8.1	9.8	29.9	49.1	11.2
全期	7.0	26.0	40.2	27.3	6.6
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	38.0	55.0	6.8	0.2
夏	5.6	55.6	36.6	6.6	1.3
秋	7.0	20.4	59.8	17.6	2.1
冬	7.1	14.8	61.7	23.0	0.5
全期	6.4	33.3	52.3	13.3	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	48.8	37.5	12.6	1.2
夏	5.6	65.8	26.1	6.2	1.8
秋	6.8	35.2	41.7	18.8	4.4
冬	7.0	24.1	50.1	24.1	1.7
全期	6.4	44.2	38.5	15.1	2.2
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	6.6	33.3	49.6	16.4	0.7
夏	6.9	32.6	42.4	17.8	7.2
秋	7.4	17.6	46.7	29.5	6.1
冬	8.2	6.3	33.5	50.6	9.5
全期	7.3	22.0	43.7	28.4	5.9

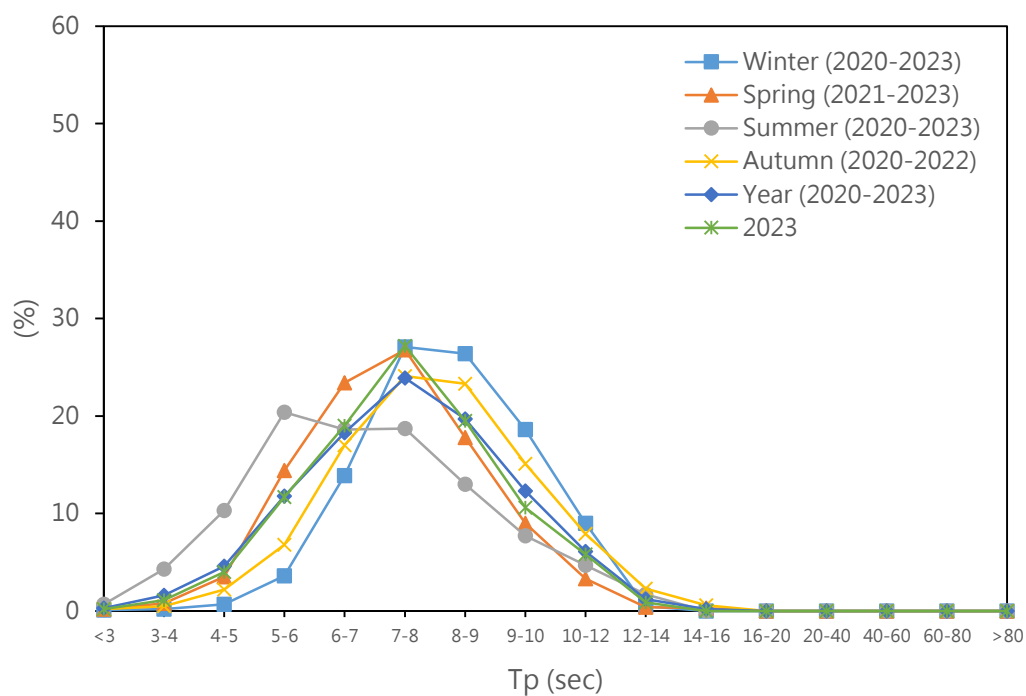


圖3.15 基隆港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

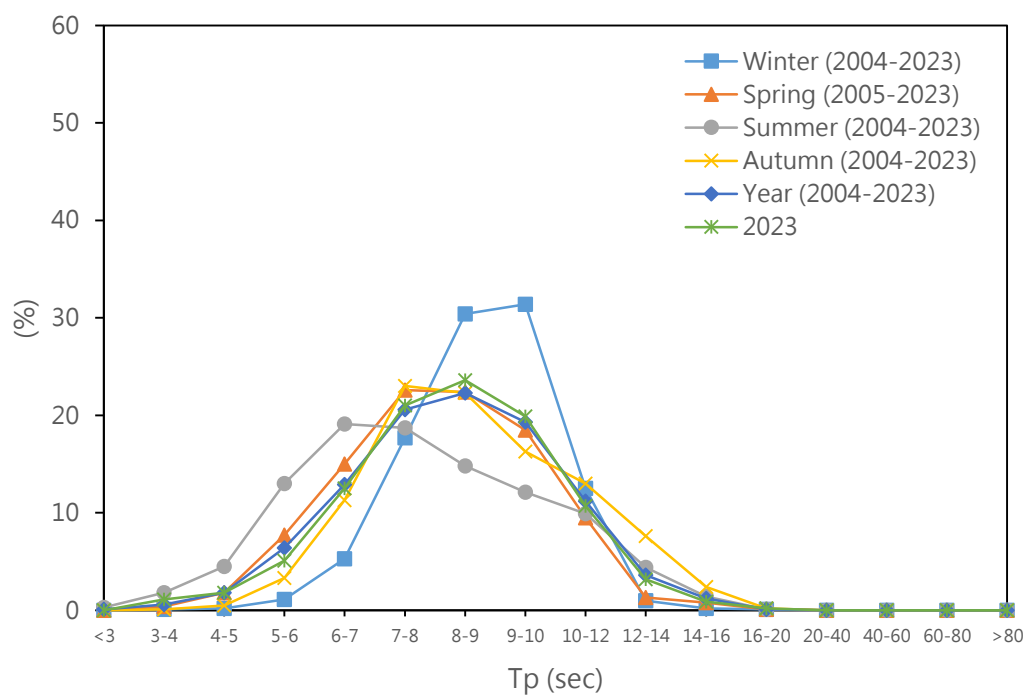


圖3.16 蘇澳港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

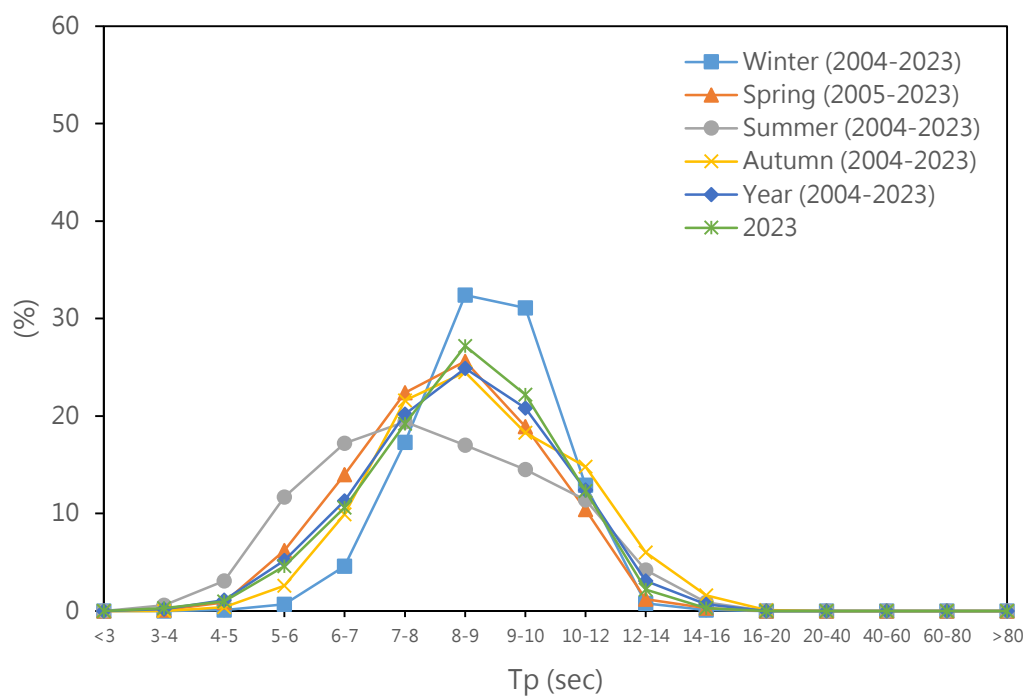


圖3.17 花蓮港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

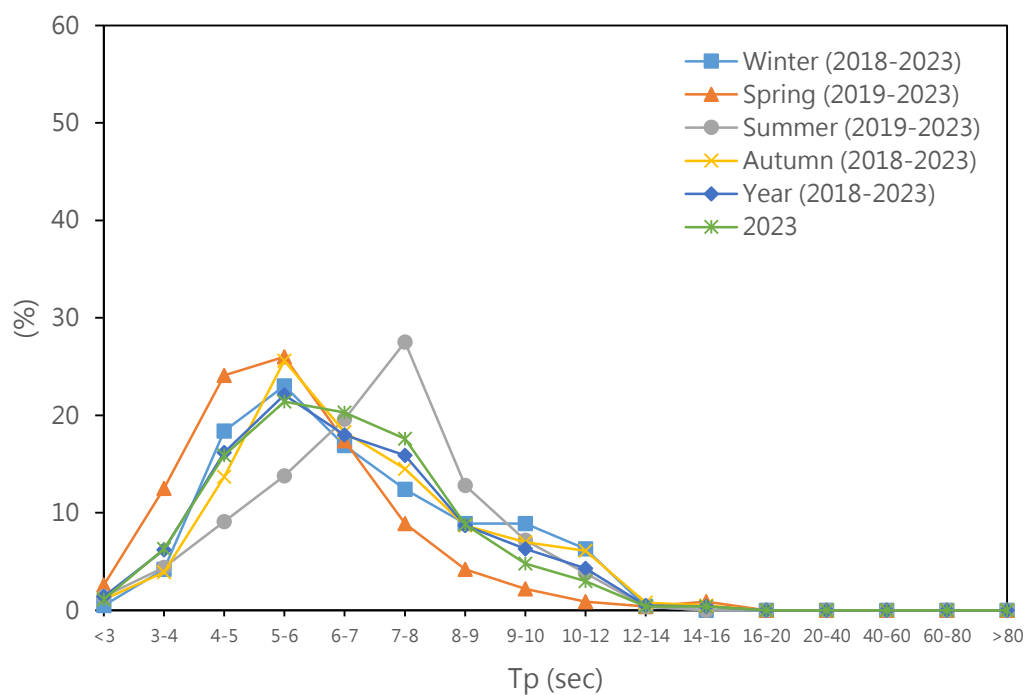


圖3.18 高雄港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

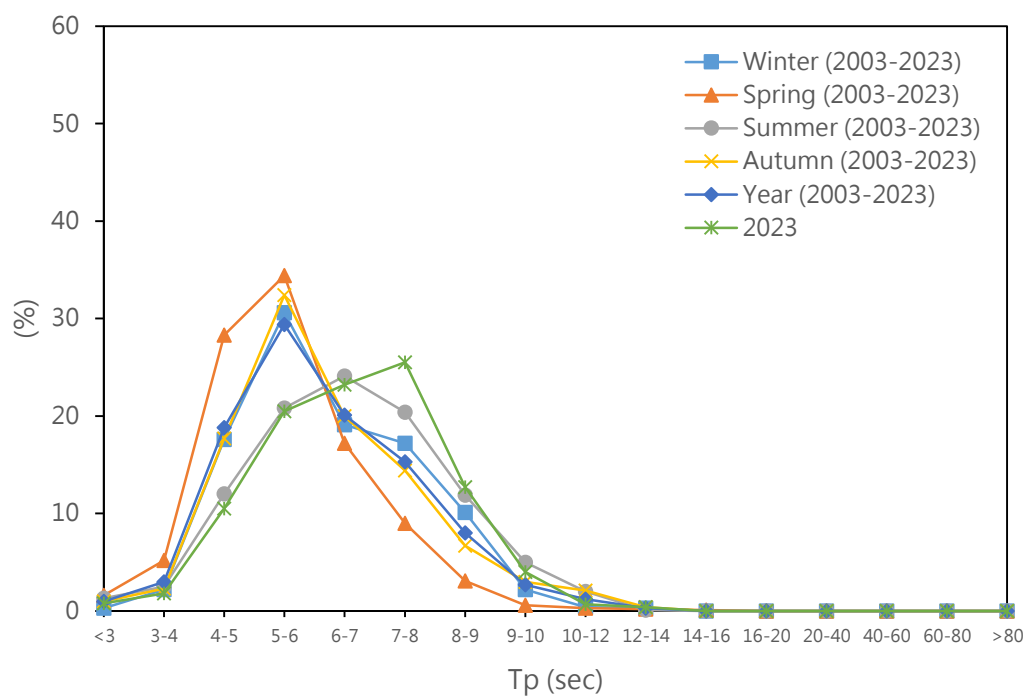


圖3.19 安平港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

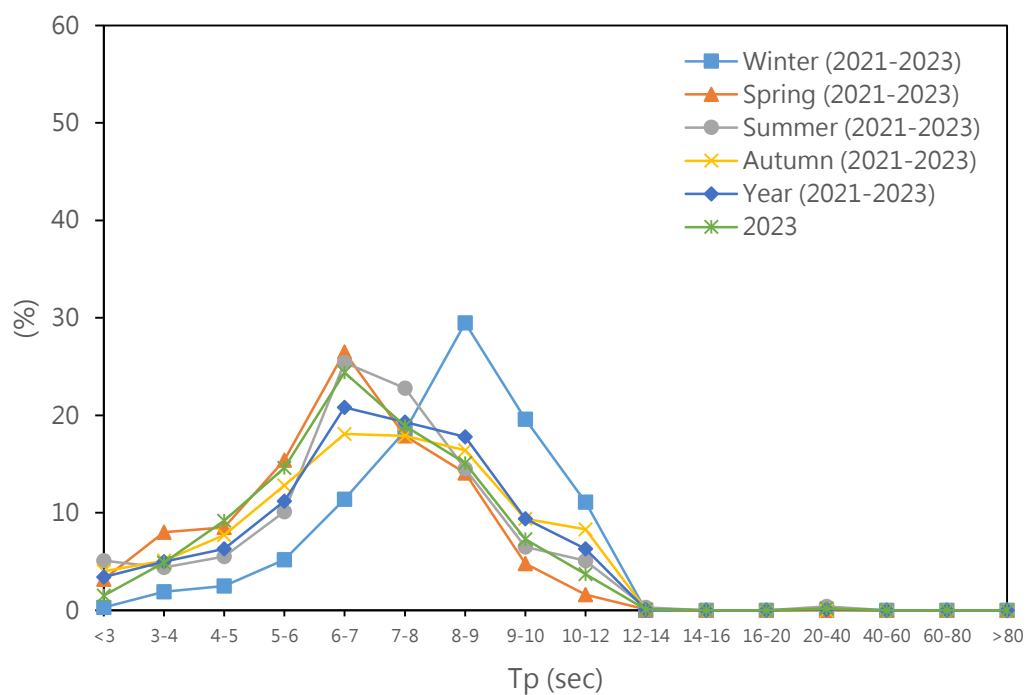


圖3.20 布袋港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

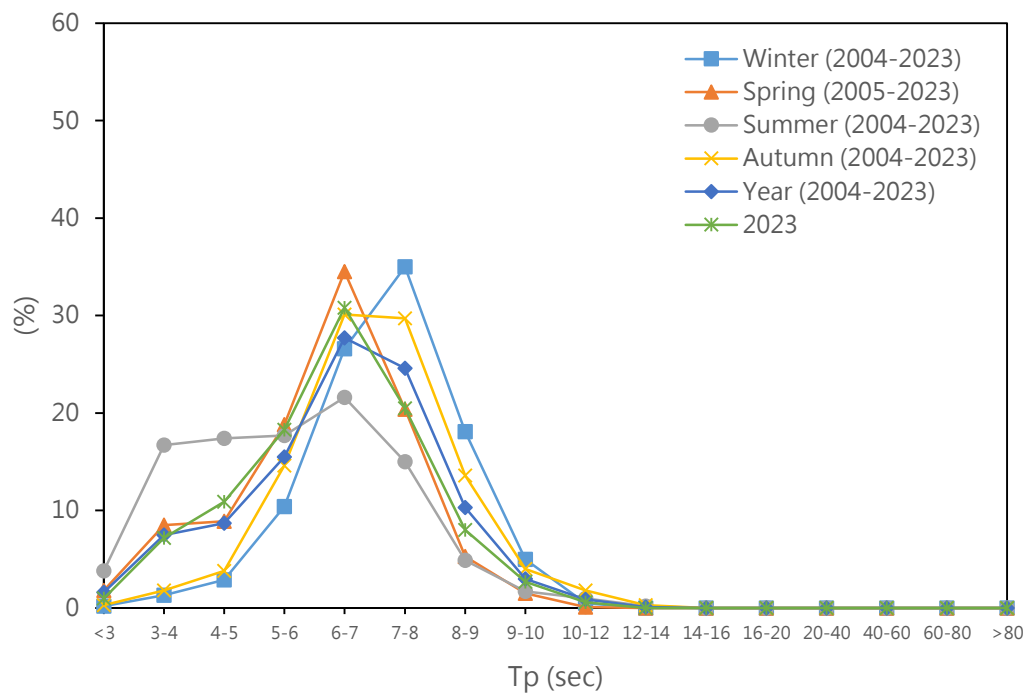


圖3.21 臺中港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

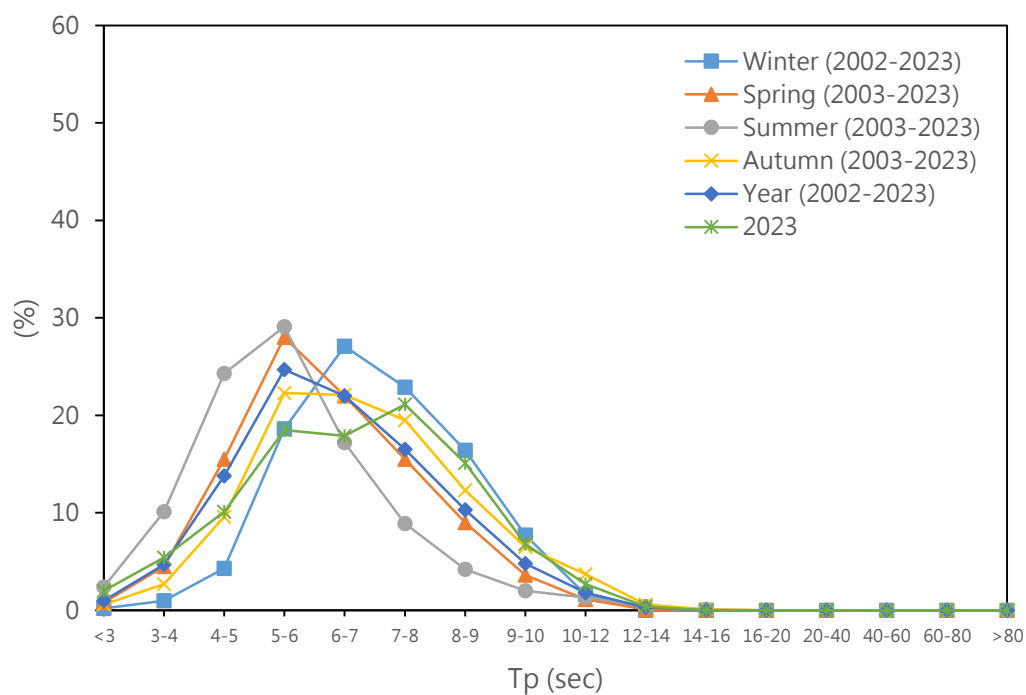


圖3.22 臺北港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

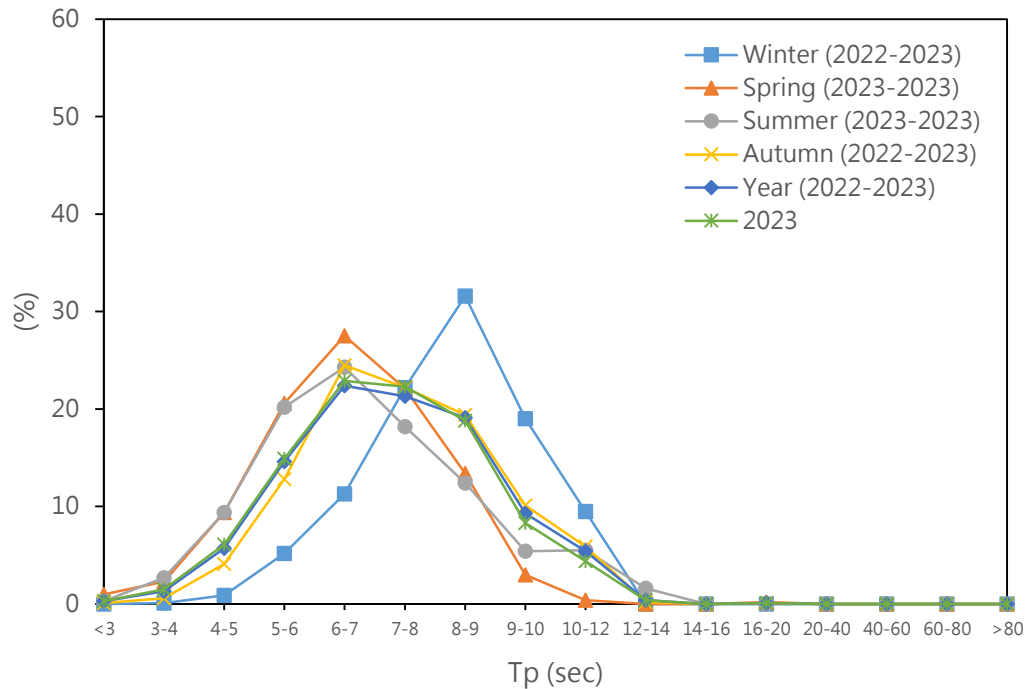


圖3.23 澎湖港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

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：

基隆港測站位於西防波堤外500~600 m，波向分布因地形影響，歷年全期以N~E象限為主要分布，佔97%，主波向位於NNE，佔比75%，其餘三象限波向分布分別為E~S 0%、S~W 0%、W~N 2.9%。四季波向統計顯示，皆以N~E象限為主，春季98.3%、夏季92.2%、秋季99.1%及冬季99.8%，四季主波向皆位於NNE，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50.2%，N～E象限次之，佔比42.4%，S～W佔6.8%、W～N僅0.6%，主波向為E向，佔29%。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54.5%、冬季58.2%，E～S象限次之，比率為秋季39.9%、冬季41.2%，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53.1%、夏季65.3%，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%。

花蓮港歷年全期波向分布以E～S象限83.6%佔比最高，其餘三象限分別為N～E 16.3%、S～W 0%、W～N 0%，全期主波向位於ESE向，佔39%。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83%、夏季97.1%、秋季80.5%及冬季74.3%，四季主波向為，春季43%位於ESE向，夏季SE向佔46%，秋季主波向為ESE向，佔42%，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%，W～N象限為43%，N～E及E～S象限佔比皆為0%，歷年全期主波向為WNW，佔比26%。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71.5%，整季主波向有45%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95.7%，其餘各象限分別為N～E 0%、E～S 0%、W～N 4.2%，春季波向分布以S～W象限56.4%最高，W～N象限43.6%次之，其餘象限皆為0%，整季主波向統計27%位於WNW向，秋季波向以W～N象限53.1%佔比最高，S～W象限 46.8%居次，N～E及E～S則皆為0%，整季波向主要來自W向（36%）。

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64.5%，S~W象限30.1%，N~E象限1.5%，E~S象限為4%，全期主波向為SW向，佔22%。春季時，季風型態由東北逐漸轉向至向南，S~W象限佔63.5%，W~N象限30.3%，主波向為W向，佔20%；夏季期間，西南季風由外海吹佛至安平港海域，主要波向為S~W象限，佔整季91.1%，整季主波向為SW向，佔41%，秋季西南季風漸漸轉換為東北季風，S~W象限佔比60.2%最高，W~N象限33.6%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52.5%為當季最高，S~W象限佔42.1%，N~E象限1.6%，E~S象限為3.7%，整季主波向有30%位於WNW向。

布袋港歷年全觀測期間波向分布，以W~N象限58.4%最高，S~W象限33.3%次之，N~E象限7.4%，E~S象限為0.9%，主波向為WNW向，佔32%。布袋港冬季波向以W~N象限92.4%佔比最高，其次是S~W象限，佔6.7%。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，春季則位於風場轉換之過渡期，波向以W~N象限59.3%比率最高，S~W象限28.5次之，N~E象限10.5%，E~S象限為1.8%。夏季時，布袋港海域受西南季風影響，波向以S~W象限佔比69.7%最高，亦為四季中所佔百分比最高之季節，N~E象限佔16.7%，E~S象限為1.3%，W~N象限為12.3%。秋季時，西南季風逐漸轉換為東北季風，波向統計以W~N象限78%佔比最高，其次為S~W象限21.1%，N~E象限0.7%，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32%，秋季42%，冬季58%，夏季波浪場則有60%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63.9%，其餘分別為E~S象限0.9%、S~W象限9.3%、W~N象限25.9%，全期主波向為NNE向，佔40%；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81.5%、冬季87%，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56.1%佔比最高，N~E象限22.7%次之，E~S象限1.7%，S~W象限19.6%，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48%，夏季主波向為W向，佔27%。

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47.3%佔比最高，W~N象限36.7%次之，E~S象限2.9%，S~W象限13.1%，全期主波向為N向（23%）。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57.9%、冬季61.4%，W~N象限次之，秋冬季佔比皆為32.6%，主波向統計顯示，秋季有27%來自N向，冬季時則有34%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52.6%佔比最高，W~N象限36.4%次之，E~S象限2.5%，S~W象限8.4%，整季主波向為NNE向（24%），夏季期間，W~N象限44.2%佔比最高，S~W象限32.9%次之，主波向統計顯示26%來自W向。

澎湖港歷年全期波向統計，主波向為ENE向（28%），46.4%波向來自N~E象限，E~S象限26%，S~W象限27.5%，W~N象限波浪因受陸地屏障，僅佔0.1%，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（38%），N~E象限佔比增加，來到57.8%，E~S象限26.8%，S~W象限15.2%，W~N象限0.2%，冬季時，主波向為ENE向（42%），澎湖測站受到東北季風影響，N~E象限佔比達74.6%，高於其餘三季，E~S象限佔19.4%，S~W象限6%，W~N象限為0%，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%，N~E象限佔比下降至45.4%，E~S象限為33.8%，高於其餘三季，S~W象限佔比上升至20.7%，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，44%波浪來自S向，N~E象限波場佔2.2%，E~S象限23%，S~W象限增加至74.8%，高於其餘三季，W~N象限為0%。

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	NNE/77.0	98.3	0.0	0.0	1.7
夏	NNE/61.0	92.2	0.1	0.0	7.7
秋	NNE/83.0	99.1	0.0	0.0	0.9
冬	NNE/82.0	99.8	0.0	0.0	0.2
全期	NNE/75.0	97.0	0.0	0.0	2.9
蘇澳港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	E/33.0	43.7	53.1	3.2	0.1
夏	ESE/19.0	15.3	65.3	19.3	0.2
秋	E/33.0	54.5	39.9	3.5	2
冬	E/36.0	58.2	41.2	0.6	0
全期	E/29.0	42.4	50.2	6.8	0.6
花蓮港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	ESE/43.0	17.0	83.0	0.0	0.0
夏	SE/46.0	2.8	97.1	0.1	0.0
秋	ESE/42.0	19.4	80.5	0.0	0.0
冬	E/50.0	25.6	74.3	0.0	0.0
全期	ESE/39.0	16.3	83.6	0.0	0.0
高雄港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	WNW/27.0	0.0	0.0	56.4	43.6
夏	SW/43.0	0.0	0.0	95.7	4.2
秋	W/36.0	0.0	0.0	46.8	53.1
冬	WNW/45.0	0.0	0.0	28.5	71.5
全期	WNW/26.0	0.0	0.0	57.0	43.0
安平港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	W/20.0	1.6	4.6	63.5	30.3
夏	SW/41.0	0.3	4.0	91.1	4.6
秋	W/23.0	2.6	3.6	60.2	33.6
冬	WNW/30.0	1.6	3.7	42.1	52.5
全期	SW/22.0	1.5	4.0	64.5	30.1

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/32.0	10.5	1.8	28.5	59.3
夏	WSW/60.0	16.7	1.3	69.7	12.3
秋	WNW/42.0	0.7	0.2	21.1	78.0
冬	WNW/58.0	0.8	0.1	6.7	92.4
全期	WNW/32.0	7.4	0.9	33.3	58.4
臺中港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	NNE/48.0	74.9	0.8	3.9	20.5
夏	W/27.0	22.7	1.7	19.6	56.1
秋	NNE/52.0	81.5	0.8	6.0	11.8
冬	NNE/53.0	87.0	0.2	4.8	8.0
全期	NNE/40.0	63.9	0.9	9.3	25.9
臺北港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	NNE/24.0	52.6	2.5	8.4	36.4
夏	W/26.0	20.1	2.8	32.9	44.2
秋	N/27.0	57.9	3.9	5.6	32.6
冬	N/34.0	61.4	2.7	3.3	32.6
全期	N/23.0	47.3	2.9	13.1	36.7
澎湖港					
季節	主波向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	ENE/26.0	45.4	33.8	20.7	0.1
夏	S/44.0	2.2	23.0	74.8	0.0
秋	ENE/38.0	57.8	26.8	15.2	0.2
冬	ENE/42.0	74.6	19.4	6.0	0.0
全期	ENE/28.0	46.4	26.0	27.5	0.1

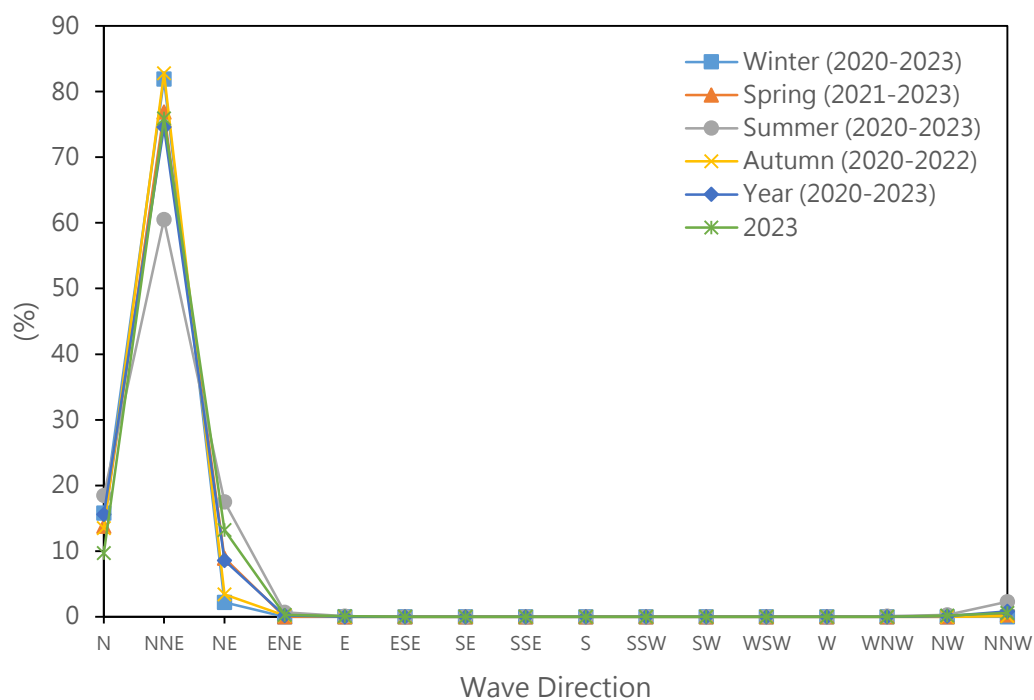


圖3.24 基隆港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

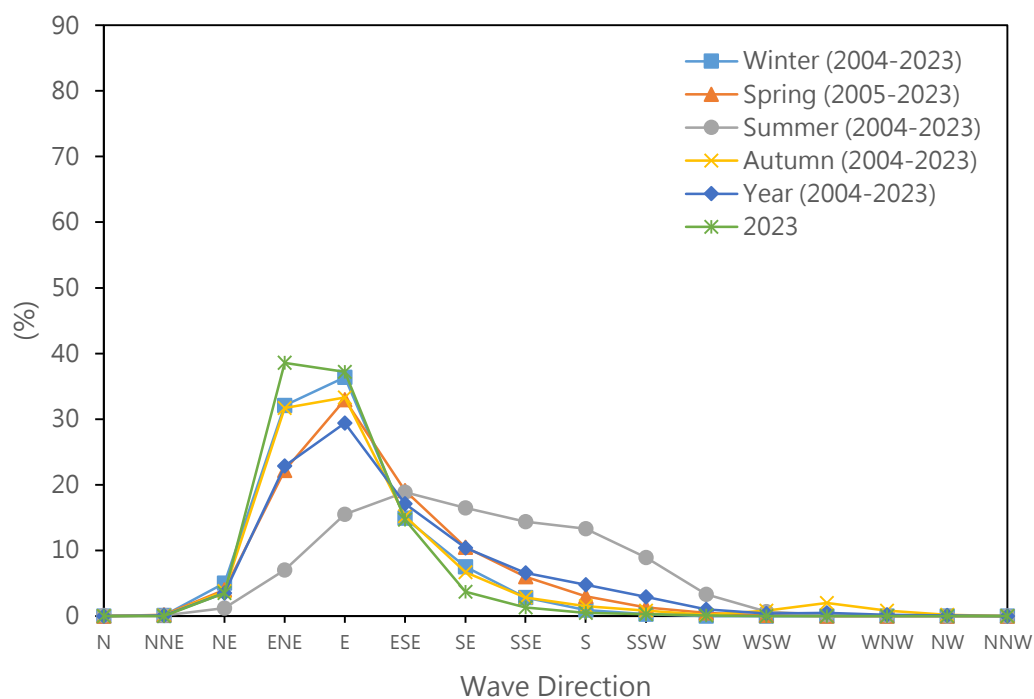


圖3.25 蘇澳港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

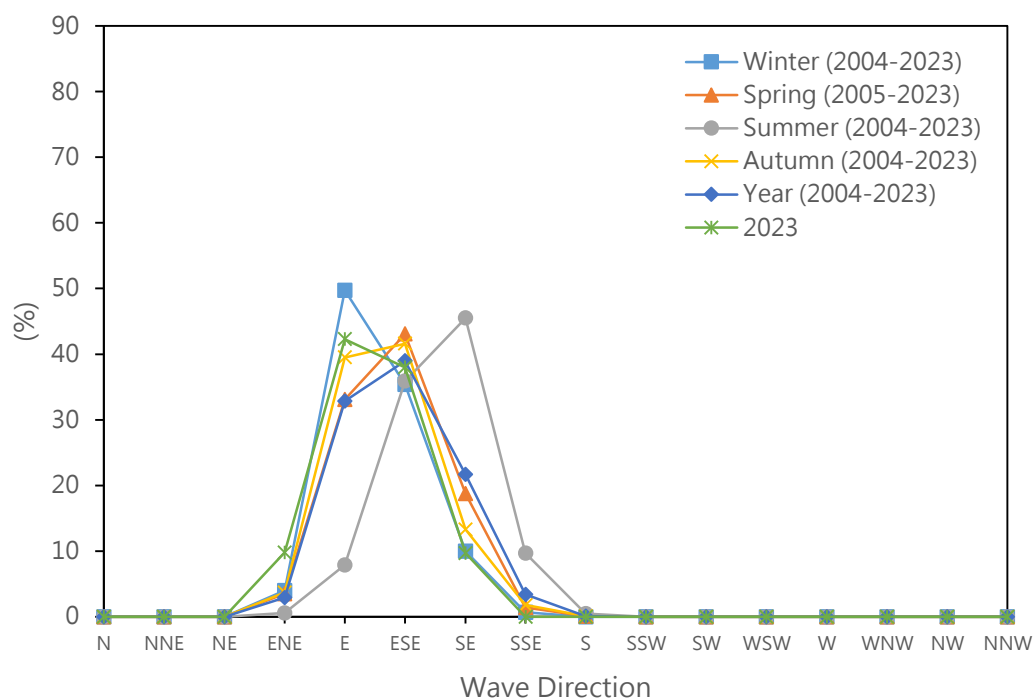


圖3.26 花蓮港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

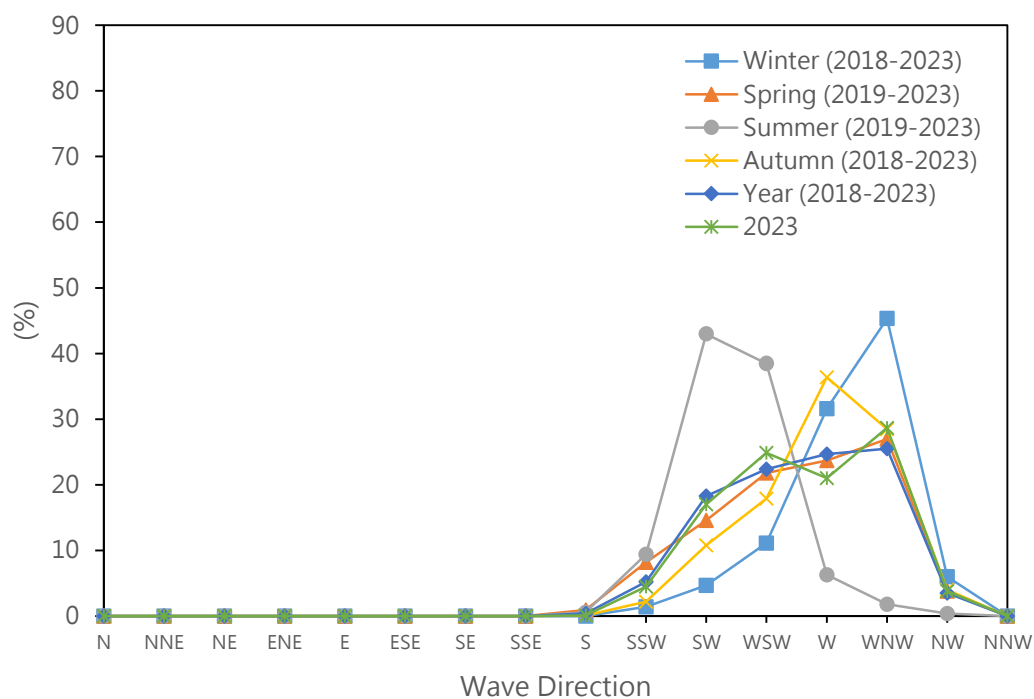


圖3.27 高雄港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

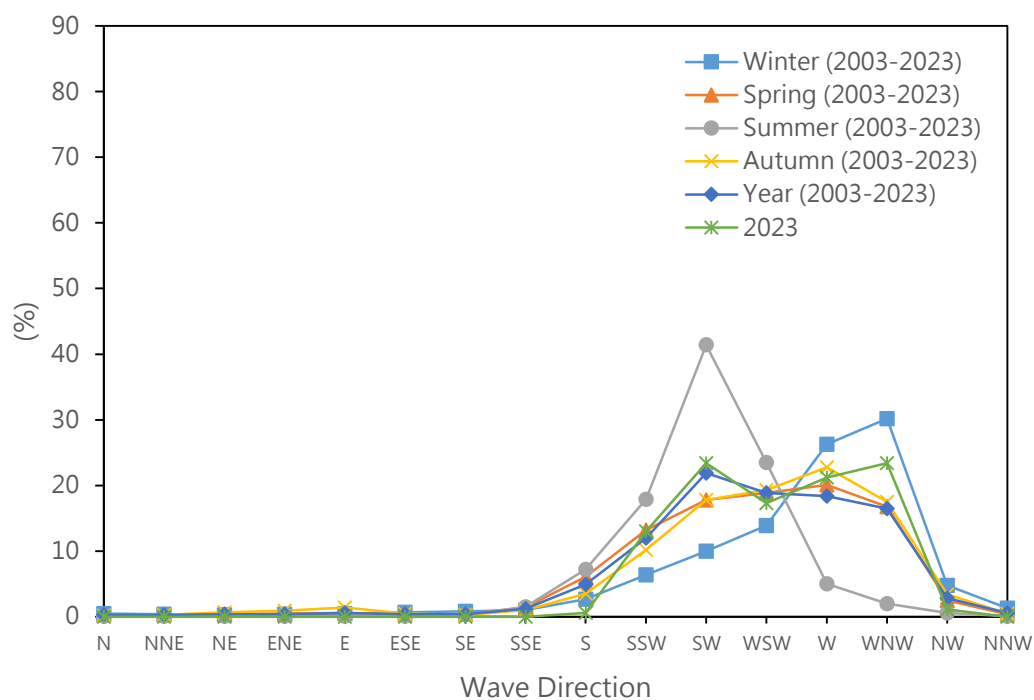


圖3.28 安平港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

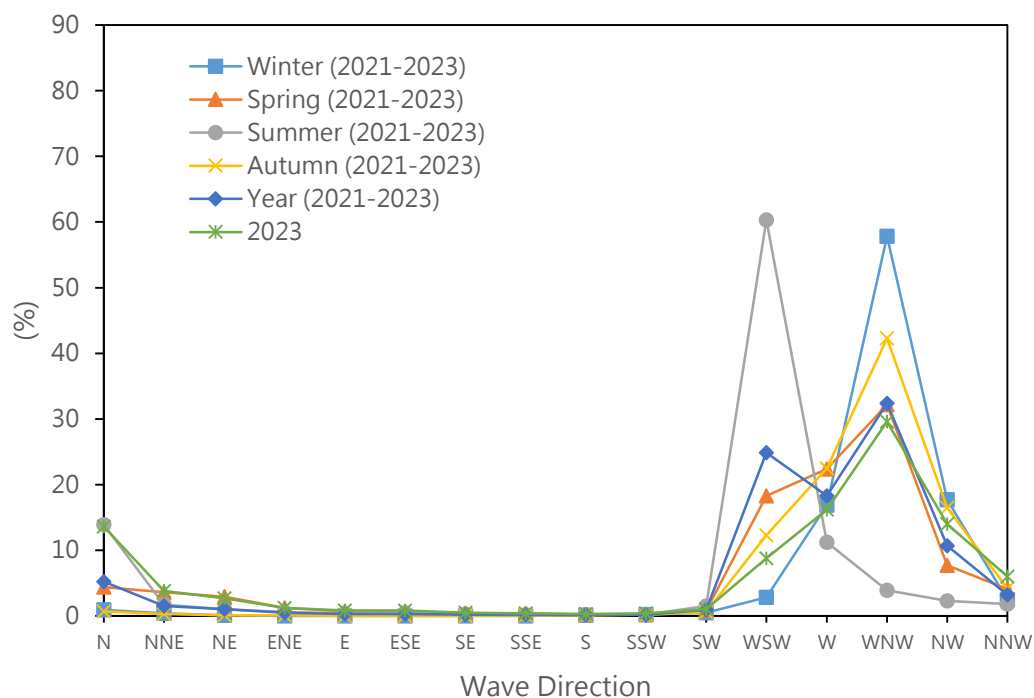


圖3.29 布袋港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

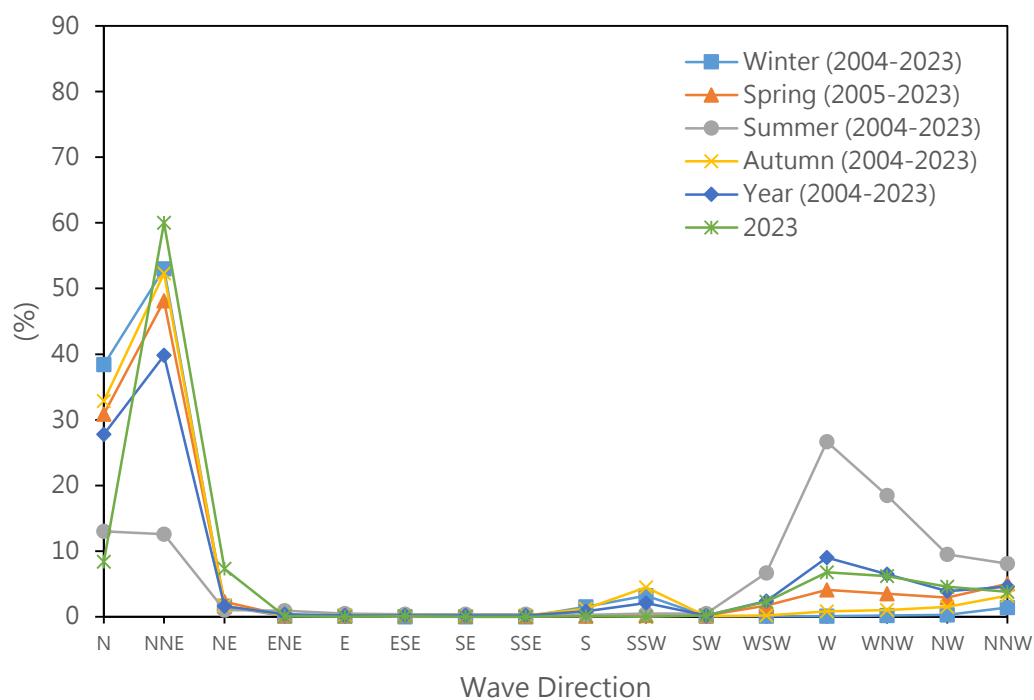


圖3.30 臺中港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

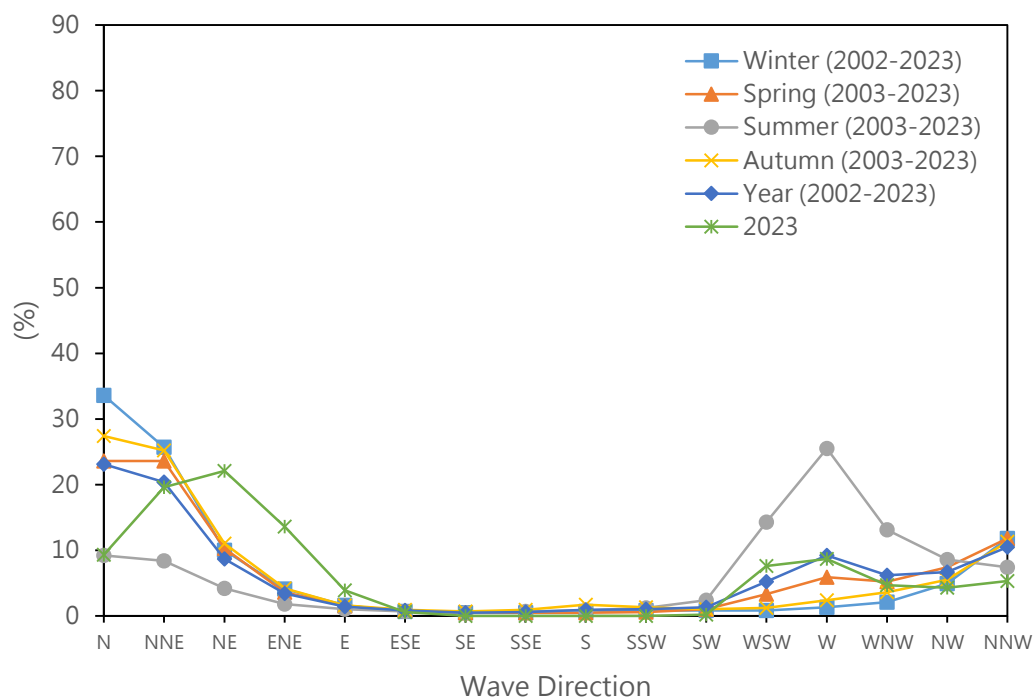


圖3.31 臺北港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

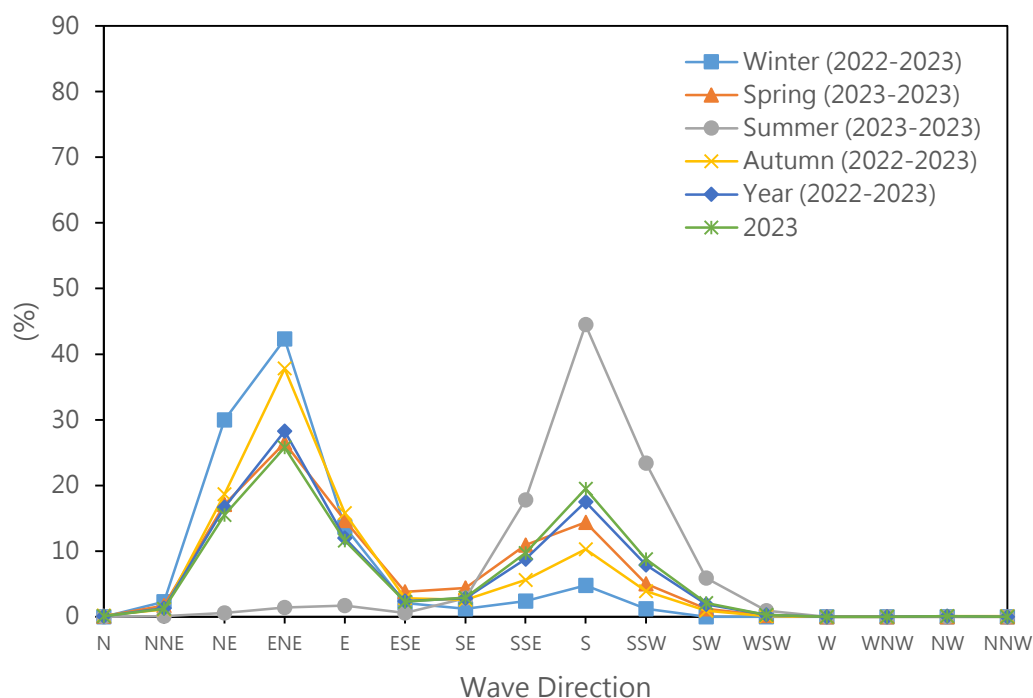


圖3.32 澎湖港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

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，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 2020~2023 (蒐集率%)	蘇澳港 2004~2023 (蒐集率%)	花蓮港 2004~2023 (蒐集率%)	高雄港 2018~2023 (蒐集率%)	安平港 2002~2023 (蒐集率%)	布袋港 2021~2023 (蒐集率%)	臺中港 2004~2023 (蒐集率%)	臺北港 2002~2023 (蒐集率%)	澎湖港 2022~2023 (蒐集率%)
1	2,043 (91.5%)	11,047 (78.1%)	13,271 (93.9%)	3,590 (96.5%)	13,065 (83.6%)	1,476 (99.2%)	10,959 (77.5%)	11,970 (76.6%)	686 (92.2%)
2	1,814 (90%)	10,992 (85.4%)	11,324 (88%)	3,105 (91.8%)	10,873 (76.4%)	1,342 (99.9%)	9,224 (71.7%)	11,680 (82.1%)	658 (97.9%)
3	1,996 (89.4%)	13,101 (92.7%)	12,061 (85.3%)	3,213 (86.4%)	10,456 (66.9%)	1,485 (99.8%)	8,365 (59.2%)	12,889 (82.5%)	728 (97.8%)
4	1,947 (90.1%)	12,491 (91.3%)	11,087 (81%)	3,518 (97.7%)	10,334 (68.3%)	1,593 (94.8%)	9,388 (68.6%)	12,322 (81.5%)	704 (97.8%)

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 2020~2023 (蒐集率%)	蘇澳港 2004~2023 (蒐集率%)	花蓮港 2004~2023 (蒐集率%)	高雄港 2018~2023 (蒐集率%)	安平港 2002~2023 (蒐集率%)	布袋港 2021~2023 (蒐集率%)	臺中港 2004~2023 (蒐集率%)	臺北港 2002~2023 (蒐集率%)	澎湖港 2022~2023 (蒐集率%)
5	2,079 (93.1%)	12,938 (91.5%)	11,297 (79.9%)	3,638 (97.8%)	11,151 (71.4%)	2,230 (99.9%)	10,810 (76.5%)	11,967 (76.6%)	740 (99.5%)
6	2,232 (95.6%)	12,367 (87.9%)	11,159 (81.6%)	3,520 (97.8%)	10,189 (67.4%)	2,093 (96.9%)	12,396 (86.1%)	10,429 (69%)	710 (98.6%)
7	2,872 (96.5%)	12,766 (85.8%)	11,007 (77.9%)	3,646 (98%)	11,390 (72.9%)	1,637 (73.3%)	14,110 (94.8%)	12,509 (80.1%)	666 (89.5%)
8	2,237 (75.2%)	12,785 (85.9%)	13,463 (91.1%)	3,473 (93.4%)	10,909 (69.8%)	2,218 (99.4%)	13,494 (90.7%)	13,062 (83.6%)	739 (99.3%)
9	2,067 (71.8%)	13,411 (93.1%)	13,581 (94.3%)	3,371 (78%)	10,908 (72.1%)	2,103 (97.4%)	12,868 (89.4%)	11,909 (78.8%)	719 (99.9%)
10	1,887 (63.4%)	12,149 (81.6%)	13,820 (92.9%)	4,052 (90.8%)	4,459 (54.1%)	2,146 (96.1%)	11,750 (79%)	9,996 (64%)	1,484 (99.7%)
11	1,870 (64.9%)	11,060 (76.8%)	12,708 (88.2%)	4,062 (94%)	9,446 (62.5%)	2,122 (98.2%)	11,008 (76.4%)	8,002 (52.9%)	1,433 (99.5%)
12	2,015 (90.3%)	11,753 (83.1%)	12,488 (88.3%)	3,531 (94.9%)	11,559 (74.5%)	1,330 (89.4%)	8,925 (63.1%)	10,077 (64.8%)	722 (97%)
歷年	25,059 (83.2%)	146,860 (86.1%)	147,266 (87%)	42,719 (92.9%)	128,739 (70%)	21,775 (95.1%)	133,297 (78%)	136,812 (74.3%)	9,989 (97.7%)

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：

基隆港位於臺灣東北角，歷年流速機率分布曲線與位於東側海域之蘇澳及花蓮港相似，基隆港測站歷年全期流速平均為17.5 cm/s，為本報告各港最低，79.3%流速低於半節(25.7 cm/s)，半節～1節(25.7～

51.4 cm/s)佔19.8%，1～2節(51.4～103 cm/s)佔0.9%，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較高，達7～8成，春季流速平均16.9 cm/s，低於其餘三季，81.4%流速低於半節，半節～1節為17.7%，1～2節佔0.9%，大於2節以上流速為0%，夏季流速平均較高，整季平均18.1 cm/s，半節以下流場佔77.4%，半節～1節21.8%，1～2節0.8%，2節以上0%，秋季風場漸漸轉由東北季風主導，整季流速平均為17.2 cm/s，半節流以下佔79.7%，半節～1節佔19.7%，1～2節佔0.7%，2節以上0%，冬季時，基隆港79.1%海流流速低於半節，半節～1節19.5%，1～2節1.4%，高於其餘各季，2節以上仍為0%。

蘇澳港歷年全期流速平均17.8 cm/s，79.1%海流流速低於半節，18.6%位於半節～1節，1～2節佔2.3%，2節以上為0%，四季統計資料，春夏秋冬7～8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17.2 cm/s，80.4%流速低於半節，17.9%流速介於半節～1節，1.7%流速於1～2節間，秋季流速平均18.5 cm/s，整季77.4%流速未達半節，半節～1節19.9%，1～2節2.7%，蘇澳港冬季流速平均18.2 cm/s，78.6%流速低於半節，18.5%流速介於半節～1節間，1～2節為2.9%。

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77.7%低於半節，19.1%流速介於半節～1節，1～2節3.1%，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18.1 cm/s，79%流速低於半節，18.4%介於半節～1節，1～2節佔2.6%，夏季流速平均19.1 cm/s，略高於春季，半節流以下佔77%，半節～1節19.7%，1～2節3.3%，秋季流速平均20.5 cm/s，高於其餘三季，未達半節之流速佔73.7%，半節～1節21.4%，1～2節4.8%，冬季流速平均低於其他三季，整季平均17 cm/s，81.7%流速低於半節，16.7%流速介於半節～1節，1～2節佔1.6%。

高雄港歷年流速平均27.9 cm/s，51.4%流速低於半節，39%介於半

節～1節，9.5%於1～2節間，2節以上流速僅佔0.1%，四季流速統計，春季流速平均低於其餘三季，整季平均25.4 cm/s，半節以下流速佔56.5%，半節～1節間37.8%，1～2節為5.7%，高於2節兩速為0%，夏季高雄港測站流速平均為27.7 cm/s，52.7%流速低於半節，37.7%於半節～1節間，1～2節流速為9.5%，0.2%流速高於2節，秋季流速平均高於其餘三季，整季平均29.2 cm/s，48.7%流速低於半節，39.7%介於半節～1節，1～2節佔比增加至11.5%，2節以上流速僅0.1%，高雄港測站冬季期間流速平均為29 cm/s，僅低於秋季，48%流速低於半節，40.9%介於半節～1節，1～2節為11.1%，2節以上流速為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23.9 cm/s，半節以下流速佔62.1%，半節～1節間為31.9%，6%流速介於1～2節，2節以上流速僅0.1%，春季流速分布近似冬季，春季流速平均20.6 cm/s，冬季為20.9 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26.3%，冬季則有27.6%介於該區段，兩季1～2節流速佔比，春季3.2%，冬季3.1%，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29.1 cm/s，高於其餘三季，49.8%流速低於半節，38.2%流速介於半節～1節，1～2節間佔11.8%，2節流以上僅佔0.2%，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23.9 cm/s，半節流以下佔了62.6%，有32.4%流速介於半節～1節間，1～2節流佔4.7%，高於2節流僅0.3%，四季流速統計，春季流速較低，整季平均20.4 cm/s，低於其餘三季，74.2%低於半節，23.1%介於半節～1節間，1～2節流佔2.6%，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26.4 cm/s，高於各季，相較於春季，夏季半節流以下佔比下降至54.9%，半節～1節流上升至37.8%，6.9%流速於1～2節間，整季有0.3%流速高於2節，秋季流速平均23.9 cm/s，半節流以下佔62.9%，32.6%流速於半節～1節間，1～2節流佔3.7%，0.7%流速高於2節，布袋港冬季流速平均24.7 cm/s，四季中僅次於夏季，58.2%流速低於半節，有36.4%流速

介於半節～1節間，1～2節流為5.4%，整季無流速高於2節。

臺中港歷年流速平均38.1 cm/s，本計畫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，22.4%於1～2節間，2%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45.2 cm/s，此值高於各港，28.9%流速介於1～2節間，高於各季，半節流以下佔28.6%，37.6%於半節～1節，4.9%流速高於2節，春季流速較低，平均33.2 cm/s，半節以下及半節～1節流速各佔約42%，1～2節流有15.7%，0.9%流速高於2節，夏季流速平均37 cm/s，41.9%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37.4 cm/s，38.2%流速低於半節，38.3%於半節～1節間，1～2節流佔了21.3%，2節以上之流速為2.2%。

臺北港歷年流速平均41.6 cm/s，為本計畫各港最高，1～2節流佔比高達33.4%，此百分比高於其餘港口，四季中除夏季佔比25.6%較低外，其餘三季皆高於3成，春季33.9%，秋季37.8%，冬季37.5%，此流場特性，對於從事水域作業之人員，需甚為留意，歷年全期流速統計，臺北港海域有28.9%流速於半節以下，半節～1節流則有37.2%，2節流以上佔0.5%，四季統計數據顯示，各季高於2節以上之海流佔比皆為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，33.9%流速低於半節，半節～1節間佔40%，1～2節流有25.6%，春秋冬三季如前述有1/3流速介於1節至2節間，整季流速平均甚高，春季41.9 cm/s，秋季43.8 cm/s，冬季43.3 cm/s。

澎湖港歷年流速平均34.2 cm/s，近5成流速介於半節～1節間，半節以下34.5%，1～2節佔17.2%，全期及四季皆無2節以上之流況，春季流速平均31.7 cm/s，39.2%流速低於半節，半節～1節間47.5%，1～2節13.4%，澎湖測站夏季流速平均33.9 cm/s，38.9%流速低於半節，41.9%流速介於半節～1節間，1～2節佔比上升至19.2%，秋季流速平均高於其餘三季，整季平均36.6 cm/s，1～2節流佔比22.1%，高於各季，約3成流速低於半節，47.6%流速於半節～1節間，冬季期間澎湖

測站歷年流速平均為32.7 cm/s，高達57.2%流速於半節～1節間，半節流以下佔了32.4%，10.4%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，東部海域之蘇澳及花蓮港，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，西南海域高雄、安平及布袋港，流速高於前述蘇花測站，安平及布袋流速平均20～21 cm/s，高雄測站流速近半節；基隆、臺北兩測站相距約40 km，歷年春季流速差異甚大，臺北港流速約基隆港2.5倍，臺北港41.9 cm/s流速，亦為春季各測站之最高值，臺中及離島澎湖測站，流速平均皆有半節以上，本季僅低於臺北測站。

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，安平港流速平均29.1 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26.4 cm/s，較春季增加6 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，相較春季增加2.3 cm/s，東北海域基隆、蘇澳及花蓮港，春夏兩季流速差異不大，臺中港及離島澎湖，夏季流速略高於春季，流速上升約2～4 cm/s，臺北港夏季流速平均37.9 cm/s，低於春季4 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，位在北邊之臺北港，進入秋季後，流速平均上升至43.8 cm/s，較夏季增加約6 cm/s，亦為本季流速成長幅度最高之港口，東北角之基隆港，則呈現出不同特性，流速平均17.2 cm/s，略低於夏季，蘇澳、花蓮、高雄及臺中港，相較夏季，流速變化差異不大，安平、布袋港隨著季節風場變化，對比夏季流速減弱約2～4 cm/s，澎

湖測站秋季流速36.6 cm/s，較夏季成長2.7 cm/s。

冬季，隨著東北季風增強，臺中港流速平均達到45.2 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，各港中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20.9 cm/s，比夏季降低8.2 cm/s，臺北港流速平均43.3 cm/s，較夏季增加5.4 cm/s，臺中港流速增幅最為明顯，冬夏兩季流速差為8.2 cm/s（約1.2倍），而基隆、蘇澳、花蓮、高雄、布袋及澎湖，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，分別為東北海域基隆、蘇澳及花蓮港，流速皆於20 cm/s以下，西南海域安平與布袋港，流速同為23.9 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（27.9 cm/s）、臺中港（38.1 cm/s）、臺北港（41.6 cm/s）及澎湖港（34.2 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，全期觀測流速為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	16.9	81.4	17.7	0.9	0.0
夏	18.1	77.4	21.8	0.8	0.0
秋	17.2	79.7	19.7	0.7	0.0
冬	17.7	79.1	19.5	1.4	0.0
全期	17.5	79.3	19.8	0.9	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	17.2	80.4	17.9	1.7	0.0
秋	18.5	77.4	19.9	2.7	0.0
冬	18.2	78.6	18.5	2.9	0.0
全期	17.8	79.1	18.6	2.3	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	18.1	79.0	18.4	2.6	0.0
夏	19.1	77.0	19.7	3.3	0.0
秋	20.5	73.7	21.4	4.8	0.1
冬	17.0	81.7	16.7	1.6	0.0
全期	18.7	77.7	19.1	3.1	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	25.4	56.5	37.8	5.7	0.0
夏	27.7	52.7	37.7	9.5	0.2
秋	29.2	48.7	39.7	11.5	0.1
冬	29.0	48.0	40.9	11.1	0.0
全期	27.9	51.4	39.0	9.5	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	20.6	70.5	26.3	3.2	0.0
夏	29.1	49.8	38.2	11.8	0.2
秋	25.2	57.6	36.3	6.0	0.1
冬	20.9	69.3	27.6	3.1	0.0
全期	23.9	62.1	31.9	6.0	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	20.4	74.2	23.1	2.6	0.0
夏	26.4	54.9	37.8	6.9	0.3
秋	23.9	62.9	32.6	3.7	0.7
冬	24.7	58.2	36.4	5.4	0.0
全期	23.9	62.6	32.4	4.7	0.3
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	33.2	41.8	41.6	15.7	0.9
夏	37.0	34.2	41.9	23.3	0.6
秋	37.4	38.2	38.3	21.3	2.2
冬	45.2	28.6	37.6	28.9	4.9
全期	38.1	35.7	39.9	22.4	2.0
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	41.9	28.4	37.2	33.9	0.5
夏	37.9	33.9	40.0	25.6	0.5
秋	43.8	26.1	35.6	37.8	0.5
冬	43.3	26.3	35.8	37.5	0.5
全期	41.6	28.9	37.2	33.4	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	31.7	39.2	47.5	13.4	0.0
夏	33.9	38.9	41.9	19.2	0.0
秋	36.6	30.3	47.6	22.1	0.0
冬	32.7	32.4	57.2	10.4	0.0
全期	34.2	34.5	48.3	17.2	0.0

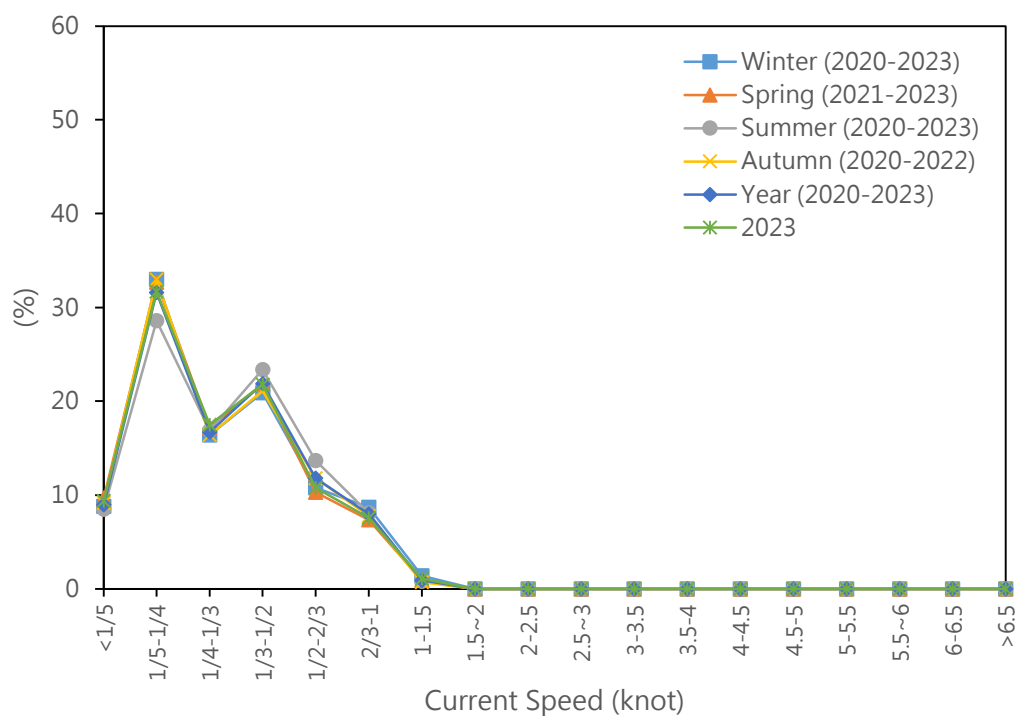


圖3.33 基隆港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

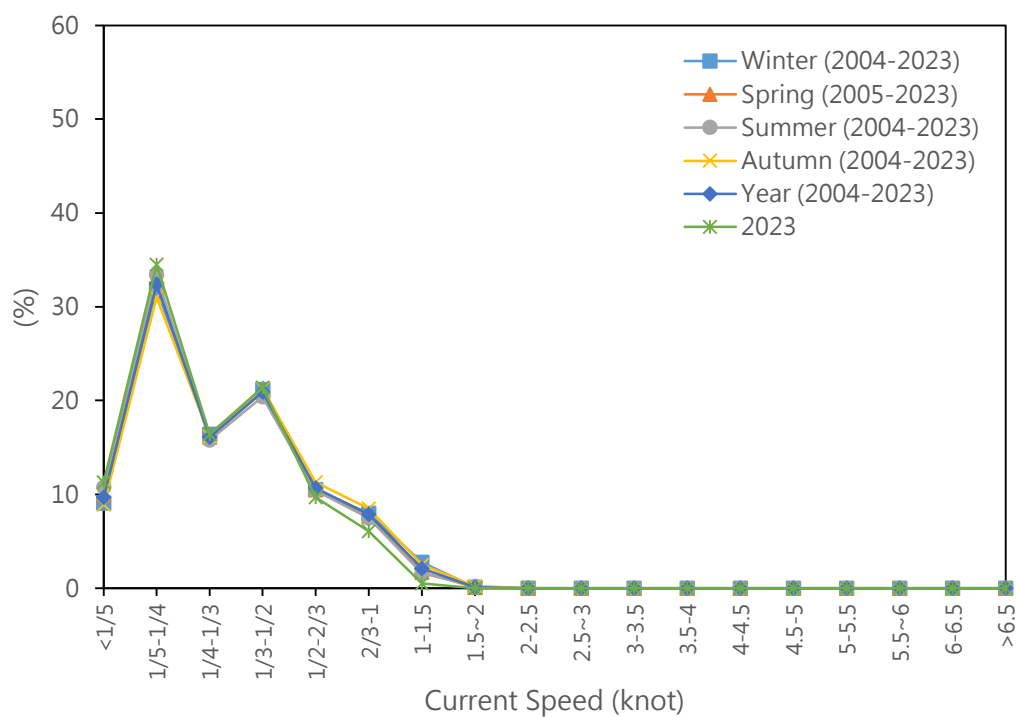


圖3.34 蘇澳港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

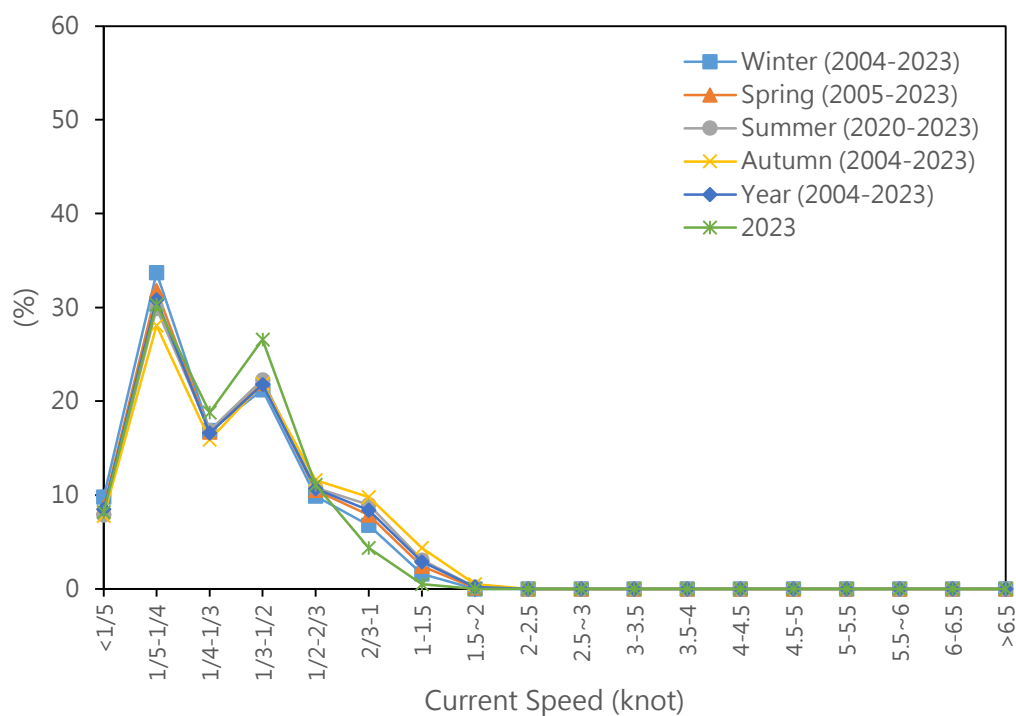


圖3.35 花蓮港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

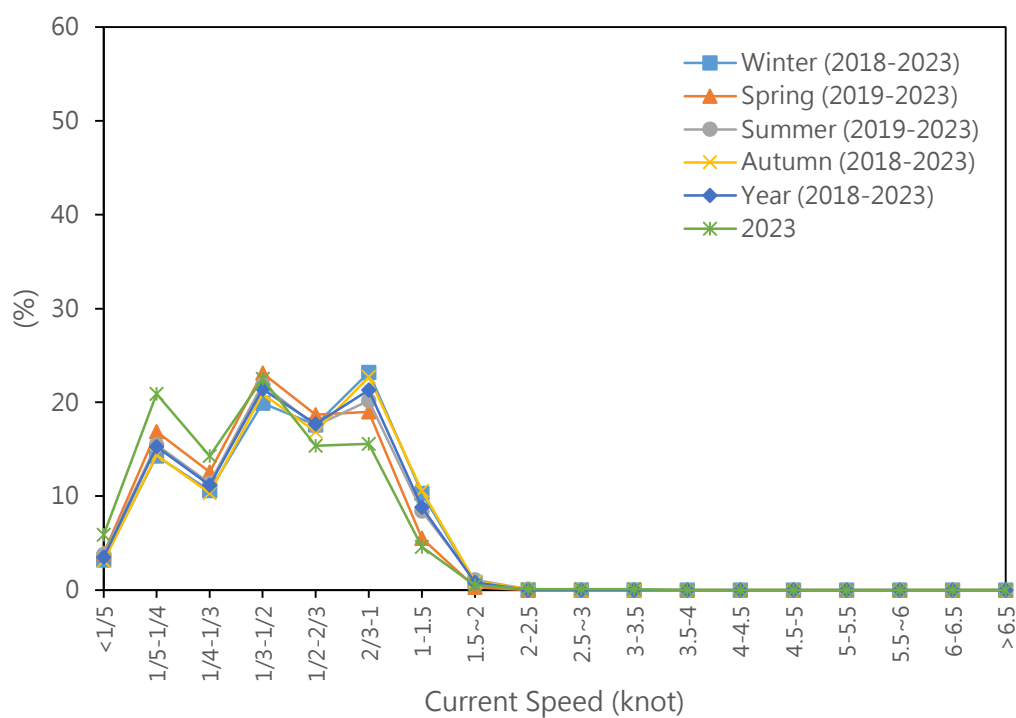


圖3.36 高雄港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

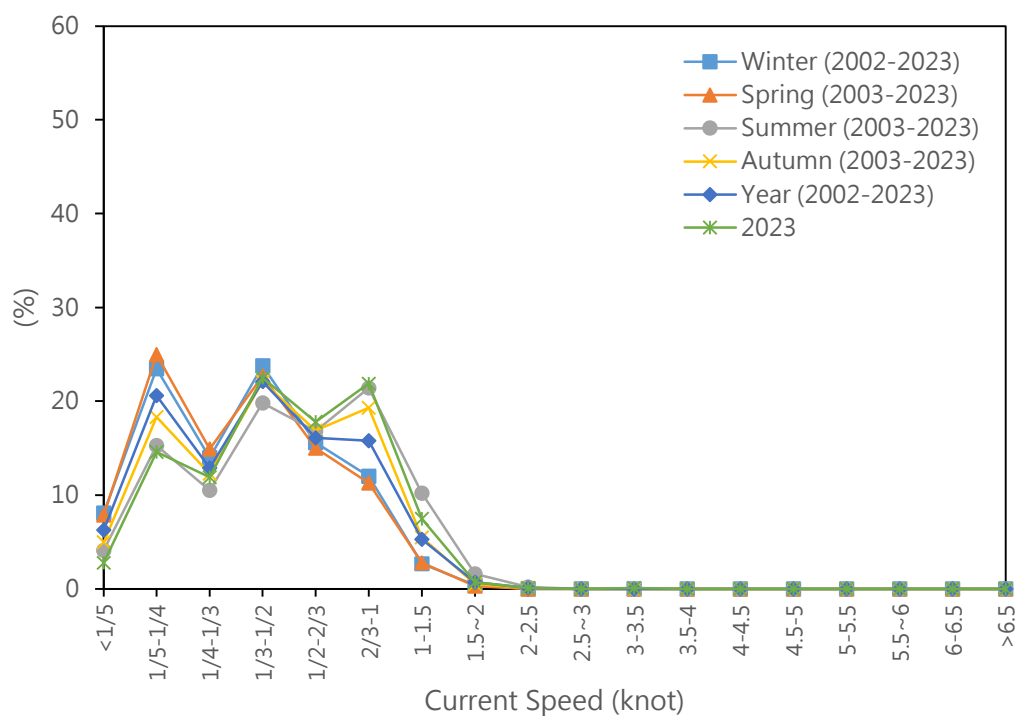


圖3.37 安平港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

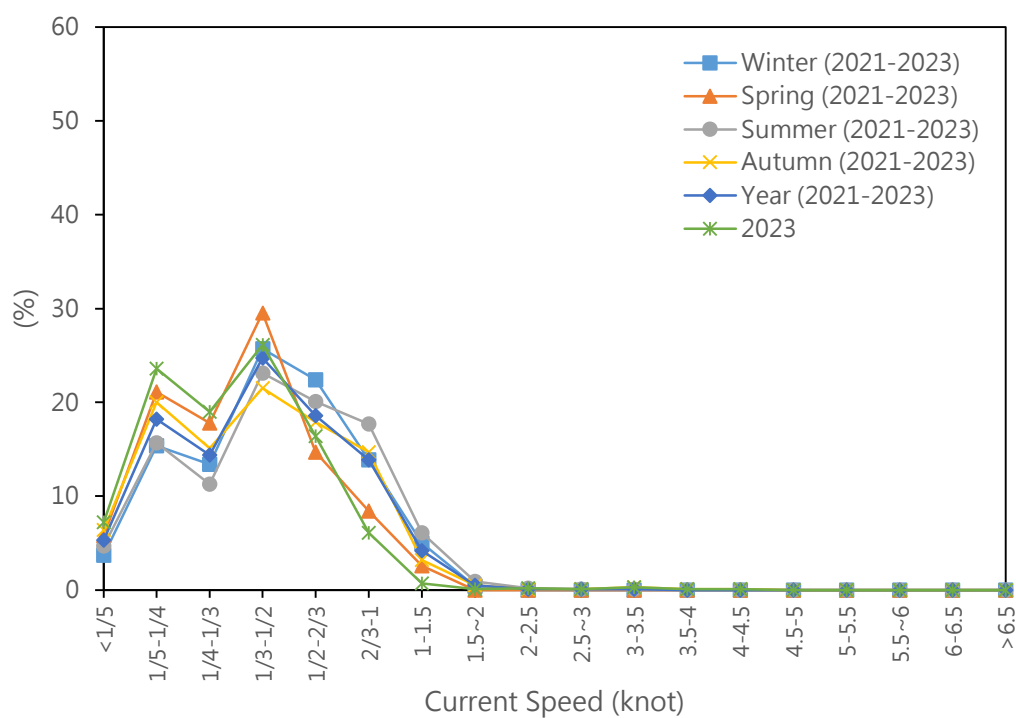


圖3.38 布袋港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

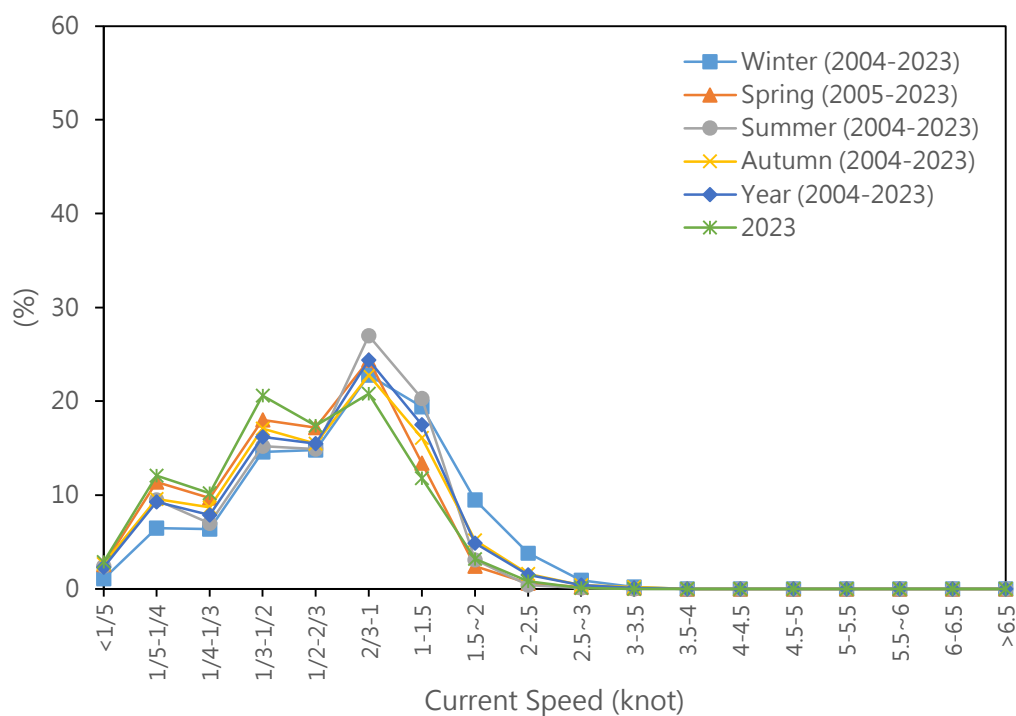


圖3.39 臺中港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

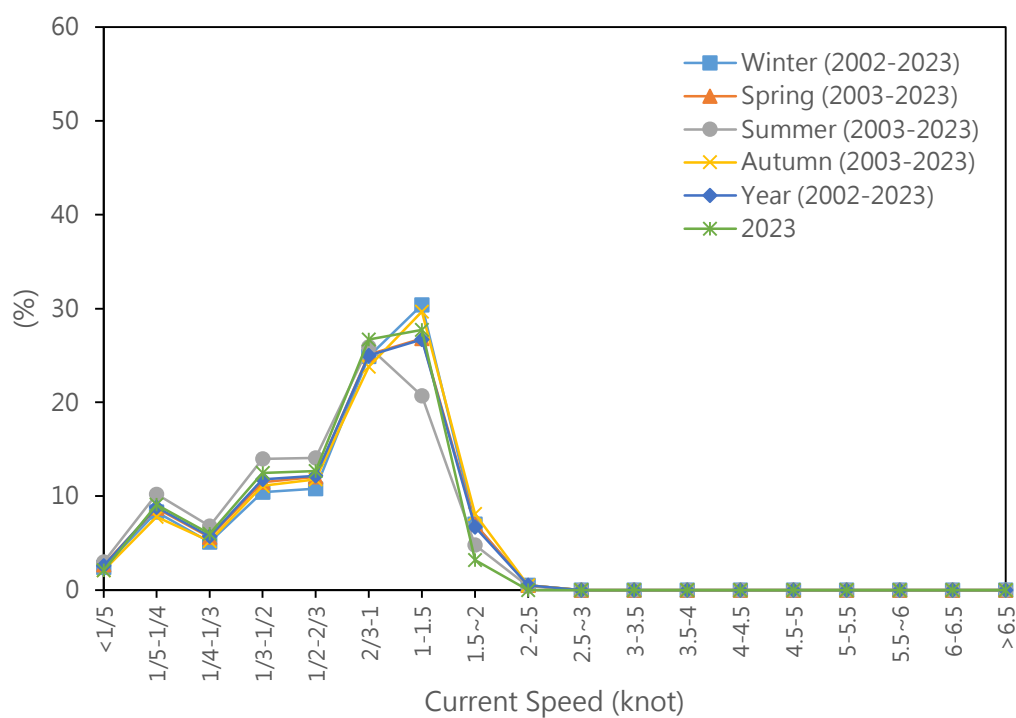


圖3.40 臺北港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

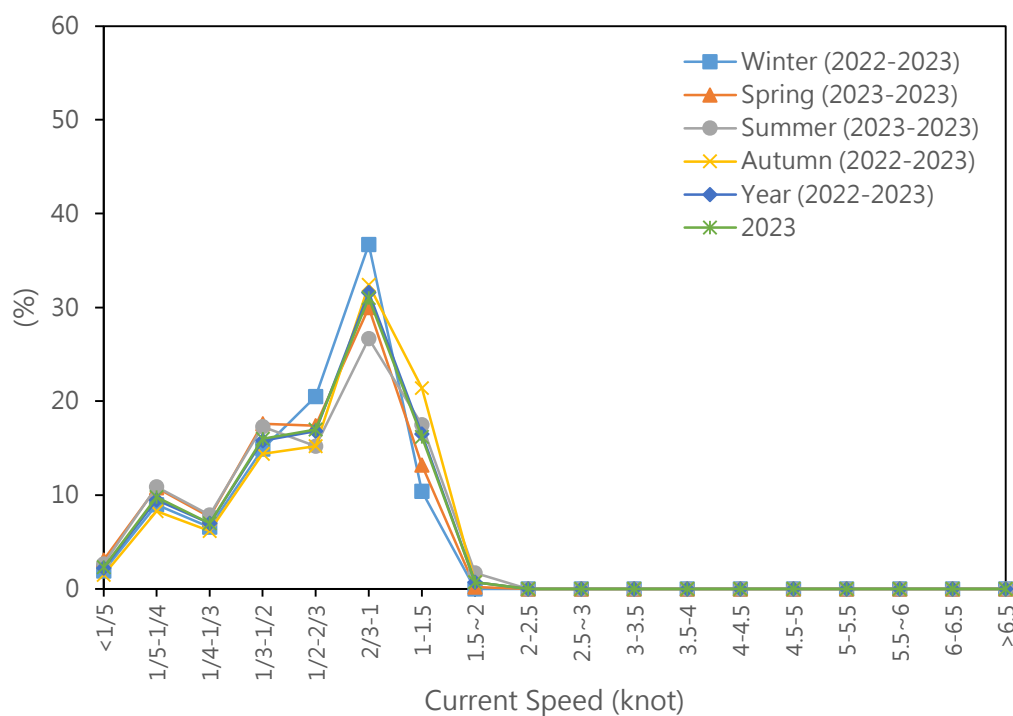


圖3.41 澎湖港歷年四季及全觀測期海流流速機率分布圖

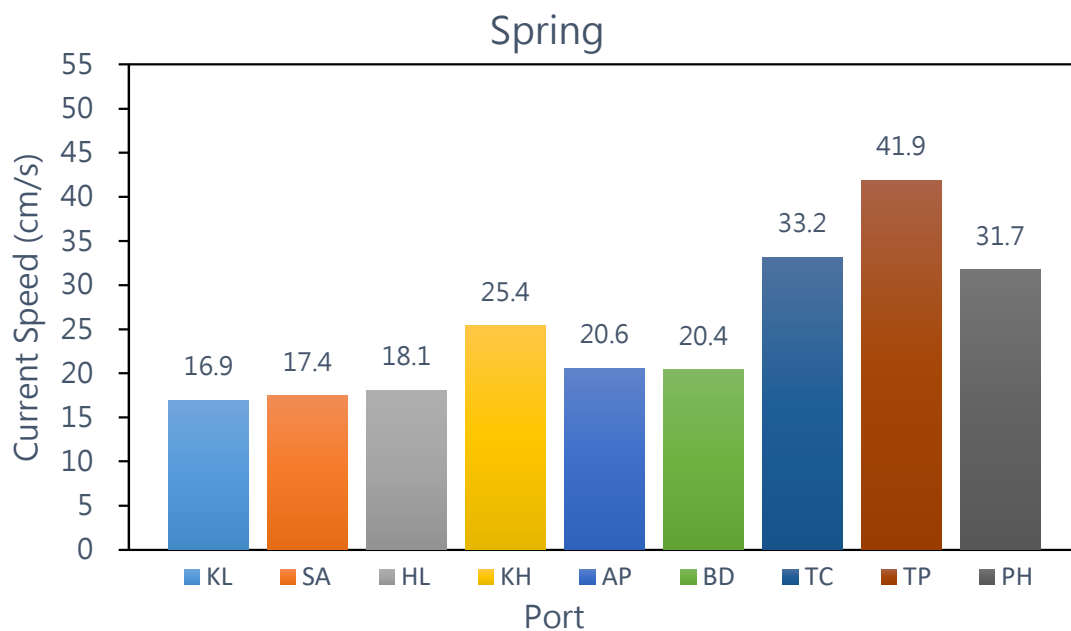


圖3.42 歷年春季各港流速分布圖

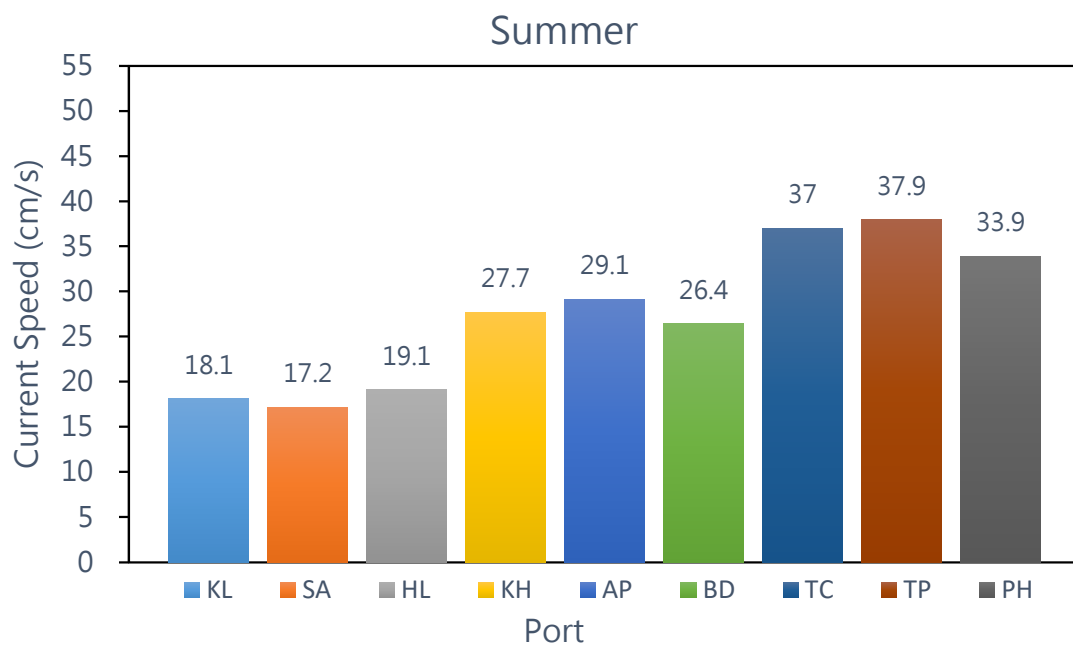


圖3.43 歷年夏季各港流速分布圖

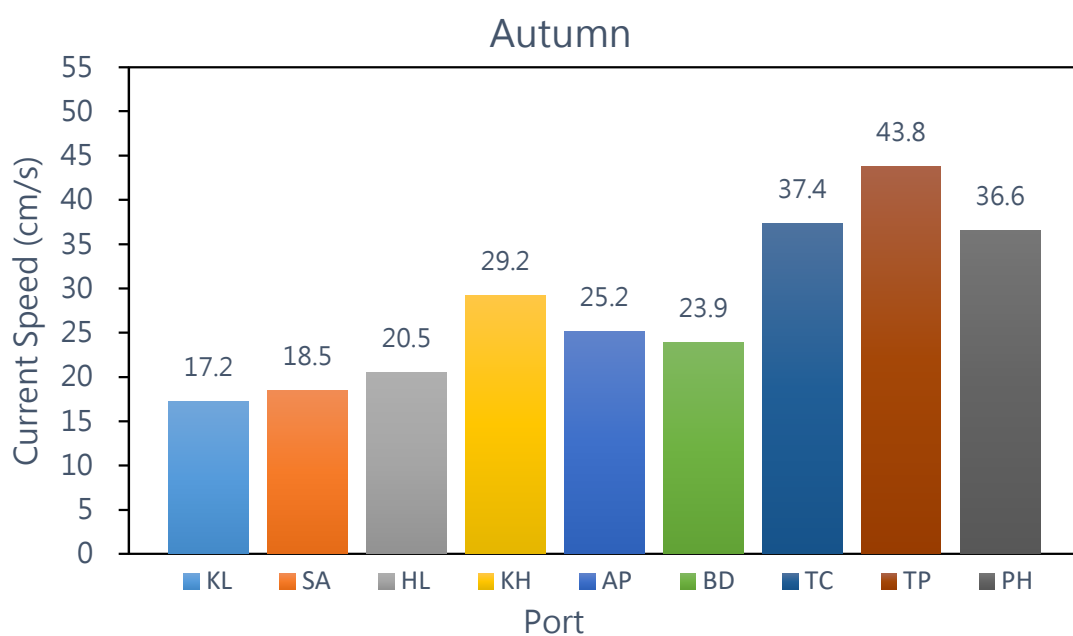


圖3.44 歷年秋季各港流速分布圖

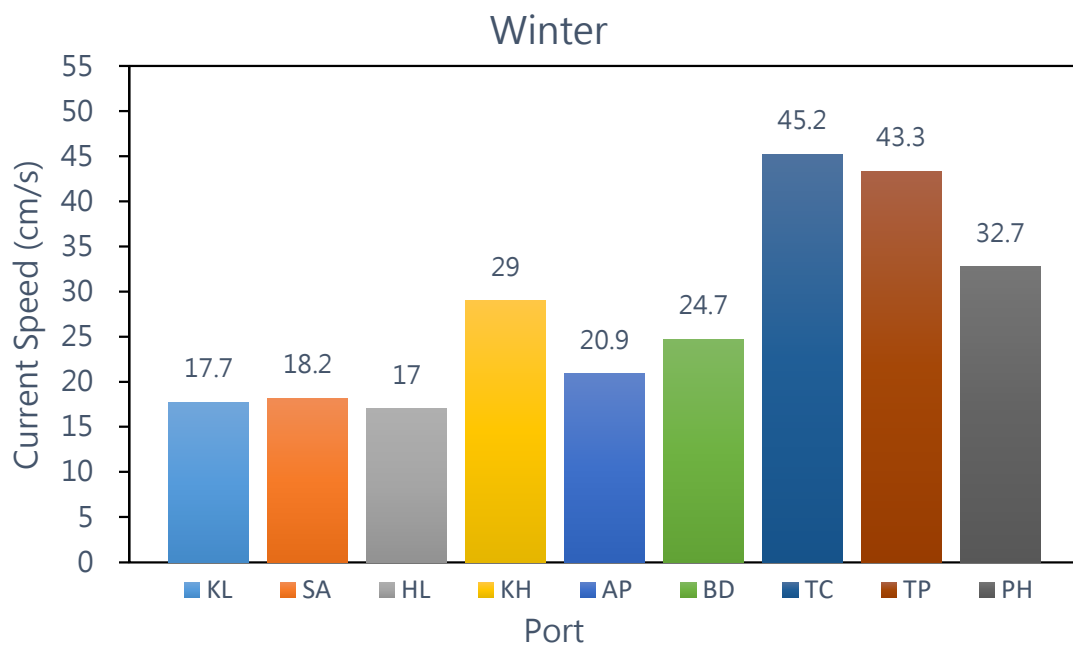


圖3.45 歷年冬季各港流速分布圖

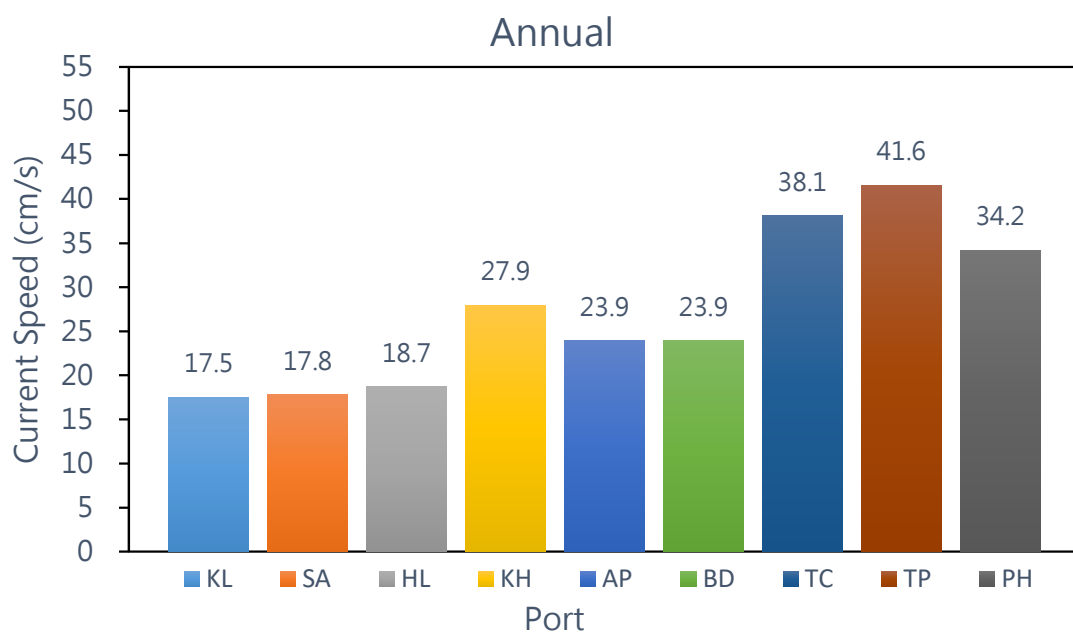


圖3.46 歷年全觀測期各港流速分布圖

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N~E及S~W兩象限間往復流動，全期有34.2%位於N~E，31.4%於S~W，以16分位劃分，主流為E向，佔11.7%，四季統計資料，海流運動軌跡主要亦集中於N~E與S~W兩象限間，基隆港冬季期間，主流方向為ENE向（17.4%），流場運動有41.3%位於N~E象限，31.7%於S~W象限，夏季時，主流向為SW（9.4%），海流流向有31.8%於N~E象限，其餘有各約1/4佔比流向分別位於S~W象限及W~N象限。

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29.4%位於N~E象限，31.2%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，蘇澳港秋冬兩季主流方向皆位於SSW向，秋季11%，冬季10.8%，以冬季為例，海流運動方向佔比最高為S~W象限（35.1%），其次為N~E象限（23.4%），春季主流方向為N向，有14.6%佔比，海流運動方向整季30.4%位在N~E象限，29.3%位於S~W象限，蘇澳港夏季主流方向為NNE向（14.9%），N~E象限佔37%，26.7%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（28.8%）及S~W（36.7%）兩象限，主流方向為SW向，佔11.4%，四季統計顯示，春秋冬三季主流向皆為SW向，春季11.4%，秋季13.5%，冬季13%，夏季主流為ENE向（10.6%），與前述三季截然不同，海流運動方向有34.6%位於N~E象限，其餘象限為S~W象限26.2%，E~S象限21.8%，W~N象限17.4%，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，其次則為N~E象限，兩季皆佔約25%。

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%位於W~N象限，N~E象限僅7.8%，主流為S向（18.6%），四季統計數據，春秋冬三季主流向皆位於S向，春季17.6%，

秋季21%，冬季23.1%，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40.1%流向位於E~S象限，34.8%於S~W象限，夏季流向產生偏折，主流位於NNW向，佔比13.2%，整季流向33.4%於W~N象限，31.2%在S~W象限，E~S象限23.5%，N~E象限11.9%。

安平港測站歷年流向主要集中在E~S（37.3%）及W~N（35.9%）象限，海流主流方向為SSE，佔15.7%，四季海流運動軌跡一致，主要在E~S及W~N象限週期性往復流動，夏季西南季風期間，海流運動軌跡44.7%於W~N象限，31.4%於E~S象限，S~W象限為18.1%，N~E象限5.8%，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，E~S象限佔比上升至40.2%，W~N象限降至29.3%，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（15.4%），冬季主流向則為SSE，佔18.8%。

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，全期主流方向為NNE向，佔24.7%，海流運動方向逾八成落在N~E及S~W象限，45.3%位於N~E象限，36.5%在S~W象限，其餘E~S象限為12%，W~N象限僅6.2%，四季主流方向統計，春夏秋季主流均位於NNE向，春季20.9%，夏季27.2%，秋季27%，冬季東北季風期間，流向產生偏折，主流向為S向，佔23.1%，布袋港夏季西南季風期間，流向45.3%位於N~E象限，39.3%於S~W象限，冬季東北季風期，仍以N~E象限佔比45.5%最高，S~W象限佔36.6%，整體而言，布袋港四象限流向分布於夏冬兩季變化不大。

臺中港歷年海流運動方向，以W~N象限39.1%佔比較高，其次依序為S~W象限30.5%，N~E象限27.1%，E~S象限3.4%，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，且高於春夏季，秋季西南季風逐漸減弱，東北季風增強，42.1%流向位在S~W象限，W~N象限35.4%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54.7%，其次為W~N象限31.6%，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43.1%佔比最高，其次為N~E象限30.1%，夏季時，45%流向位於W~N象限，41.8%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20.5%，夏季30.3%，秋冬季海域流向改變，主流方向為WSW向，秋季24.1%，冬季33.4%。

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%，四季流向統計如前所述，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，夏季西南季風期間，臺北港外海流向46.3%位於N~E象限，37.9%於S~W象限，冬季臺北港在東北季風吹拂下，N~E象限佔44.3%，S~W象限為44.8%，主流方向，春秋冬三季皆位於WSW向，春季24.3%，秋季24.2%，冬季25%，夏季，臺北港受西南季風影響，主流向位於NE向，佔19.6%。

澎湖港歷年流向分布以N~E象限48.4%佔比最高，其次依序為E~S象限26.3%，W~N象限16.2%及S~W象限9.1%，主流方向為E向（29.4%），四季流向統計顯示，S~W象限佔比皆低於10%，春季8.5%，夏季8%，秋季9.8%，冬季9.6%，春季，隨著季風型態改變，55.1%流向位於N~E象限，18.5%於E~S象限，W~N象限佔17.8%，夏季西南季風期，N~E象限佔比上升至63%，E~S象限13.6%，W~N象限15.3%，秋冬季流向分布與春夏季不同，秋季流向以N~E象限42.7%最高，其次為E~S象限31.5%，冬季則以E~S象限38.3%佔比較高，N~E象限為36.5%，四季主流向統計，春秋冬三季主流向皆位於E向，春季28.8%，秋季33.9%，冬季33.1%，夏季流向稍微偏折，主流於ENE向，佔28.7%。

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/14.3	34.0	19.5	33.2	13.3
夏	SW/9.4	31.8	15.8	27.5	25.0
秋	SW/12.5	30.5	16.5	34.2	18.8
冬	ENE/17.4	41.3	15.7	31.7	11.2
全期	E/11.7	34.2	16.8	31.4	17.5
蘇澳港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	N/14.6	30.4	19.1	29.3	21.1
夏	NNE/14.9	37.0	15.4	26.7	21.0
秋	SSW/11.0	26.1	20.6	34.5	18.8
冬	SSW/10.8	23.4	22.1	35.1	19.5
全期	N/12.8	29.4	19.2	31.2	20.1
花蓮港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	SW/11.4	30.0	20.4	35.7	13.9
夏	ENE/10.6	34.6	21.8	26.2	17.4
秋	SW/13.5	25.4	22.3	41.6	10.7
冬	SW/13.0	25.8	16.8	42.5	14.8
全期	SW/11.4	28.8	20.3	36.7	14.1
高雄港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	S/17.6	9.0	37.1	32.1	21.9
夏	NNW/13.2	11.9	23.5	31.2	33.4
秋	S/21.0	7.0	31.9	34.6	26.5
冬	S/23.1	3.2	40.1	34.8	21.9
全期	S/18.6	7.8	33.0	33.2	26.0
安平港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	SSE/15.6	9.3	38.7	17.9	34.1
夏	NW/16.6	5.8	31.4	18.1	44.7
秋	NW/15.4	5.3	38.9	19.6	36.1
冬	SSE/18.8	5.2	40.2	25.3	29.3
全期	SSE/15.7	6.4	37.3	20.4	35.9

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/20.9	44.0	12.7	38.0	5.3
夏	NNE/27.2	45.3	6.6	39.3	8.8
秋	NNE/27.0	46.1	14.1	32.4	7.3
冬	S/23.1	45.5	15.8	36.6	2.1
全期	NNE/24.7	45.3	12.0	36.5	6.2
臺中港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	N/20.5	30.1	2.3	24.5	43.1
夏	N/30.3	41.8	6.5	6.7	45.0
秋	WSW/24.1	19.6	2.9	42.1	35.4
冬	WSW/33.4	13.0	0.7	54.7	31.6
全期	N/19.0	27.1	3.4	30.5	39.1
臺北港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	WSW/24.3	46.7	4.5	43.2	5.6
夏	NE/19.6	46.3	6.2	37.9	9.6
秋	WSW/24.2	44.1	4.5	44.0	7.5
冬	WSW/25.0	44.3	4.5	44.8	6.4
全期	WSW/23.0	45.4	4.9	42.4	7.3
澎湖港					
季節	主流向(dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	E/28.8	55.1	18.5	8.5	17.8
夏	ENE/28.7	63.0	13.6	8.0	15.3
秋	E/33.9	42.7	31.5	9.8	16.1
冬	E/33.1	36.5	38.3	9.6	15.6
全期	E/29.4	48.4	26.3	9.1	16.2

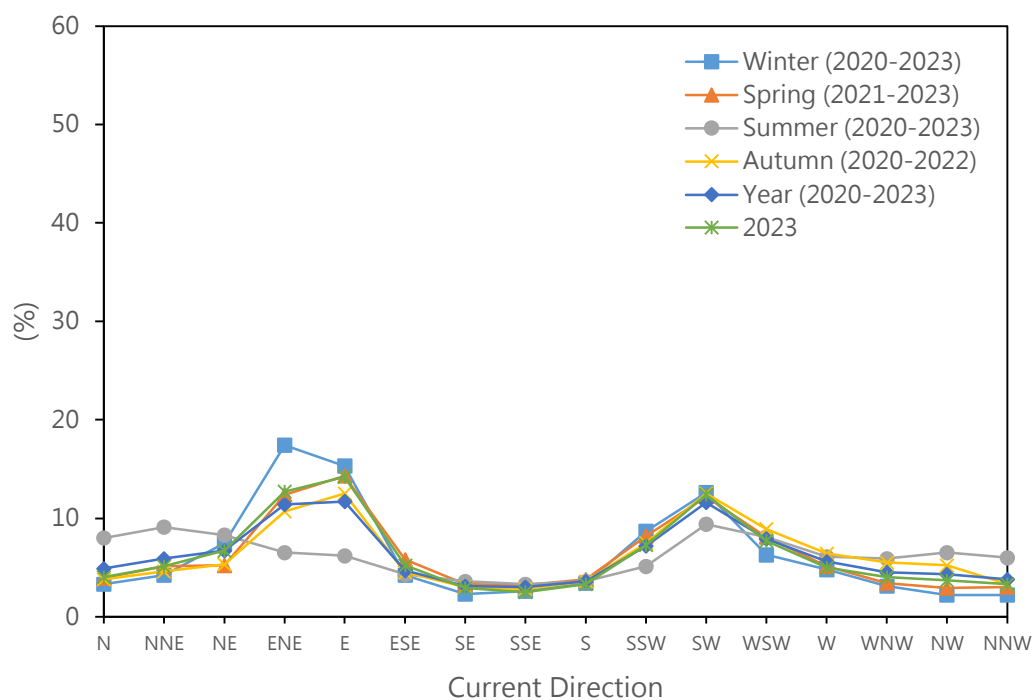


圖3.47 基隆港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

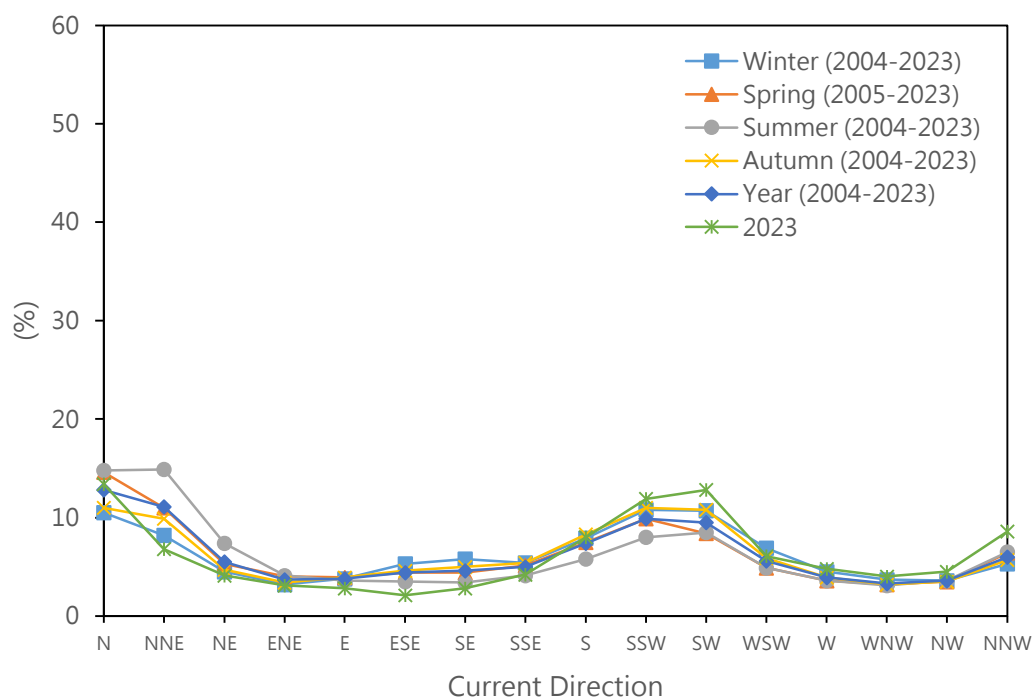


圖3.48 蘇澳港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

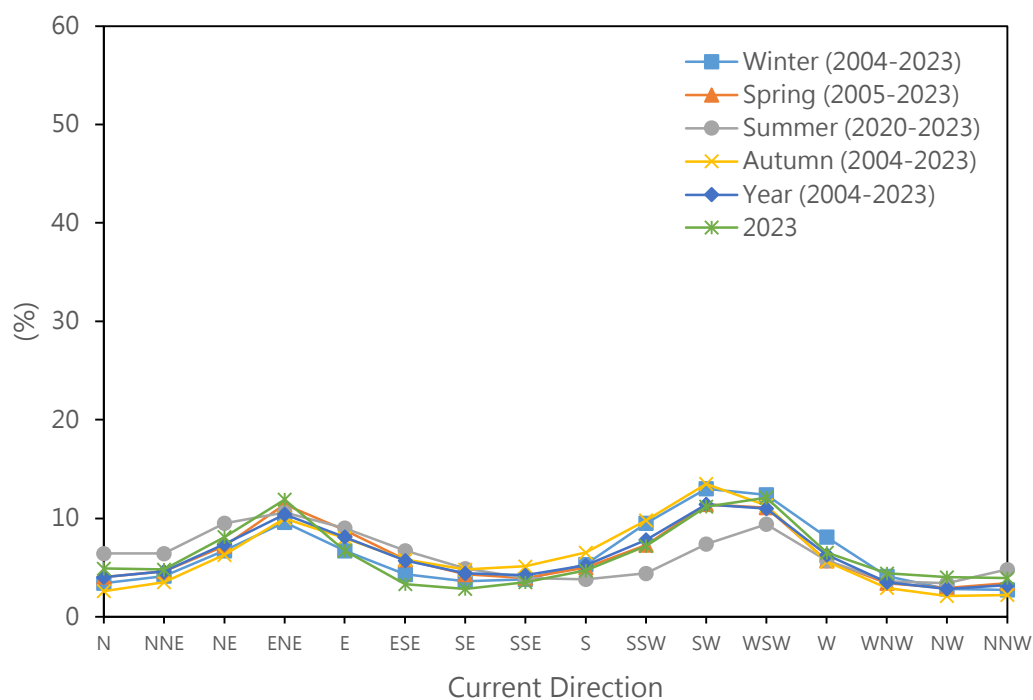


圖3.49 花蓮港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

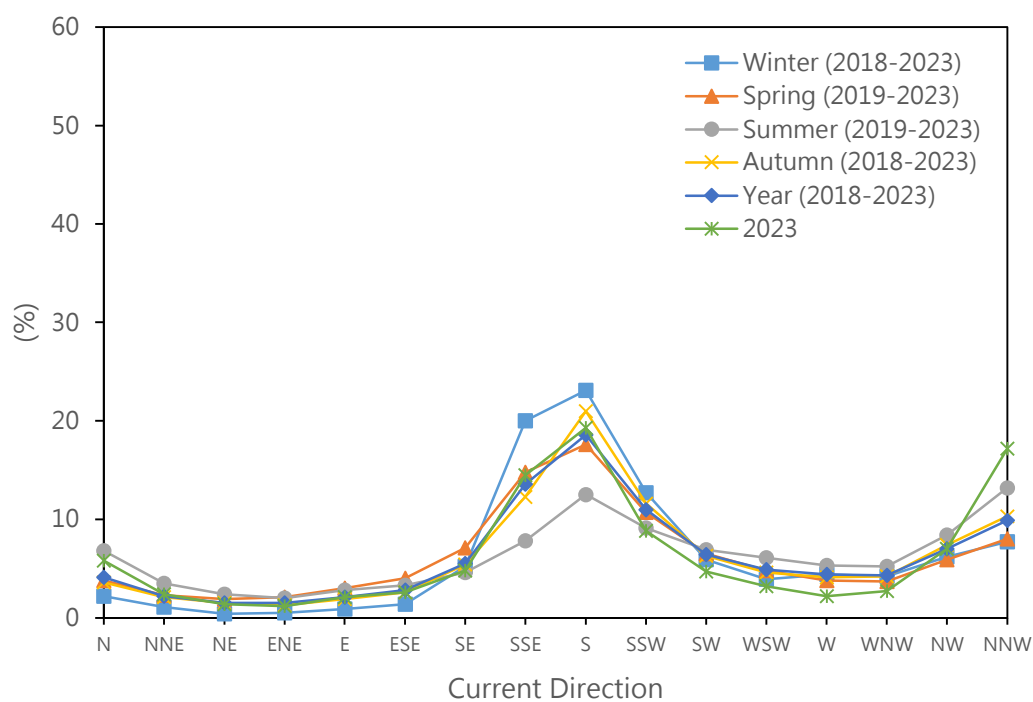


圖3.50 高雄港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

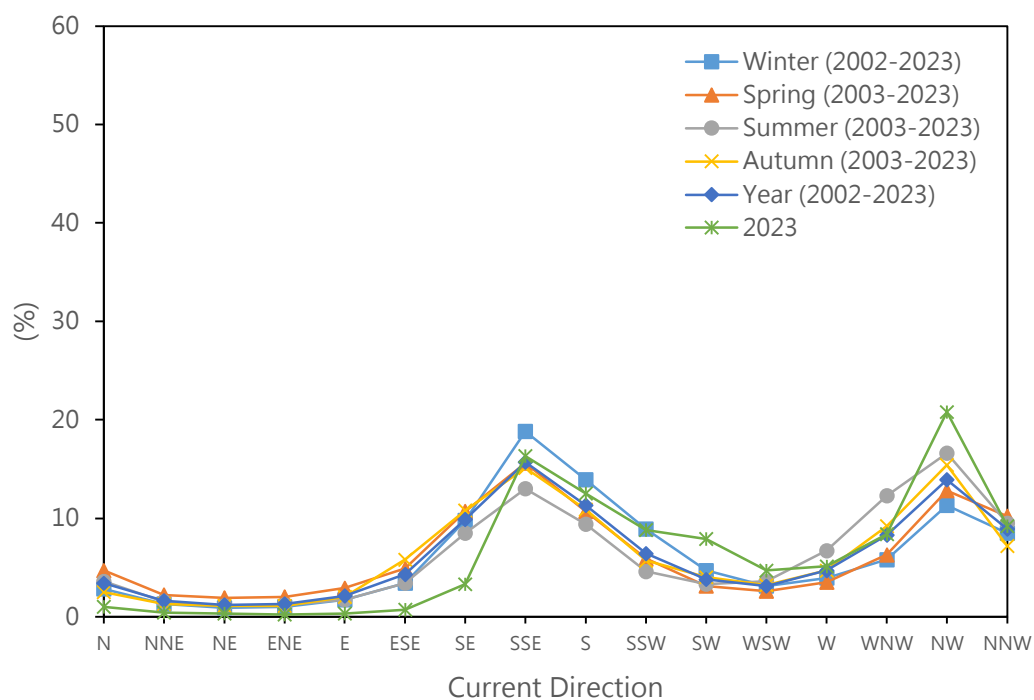


圖3.51 安平港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

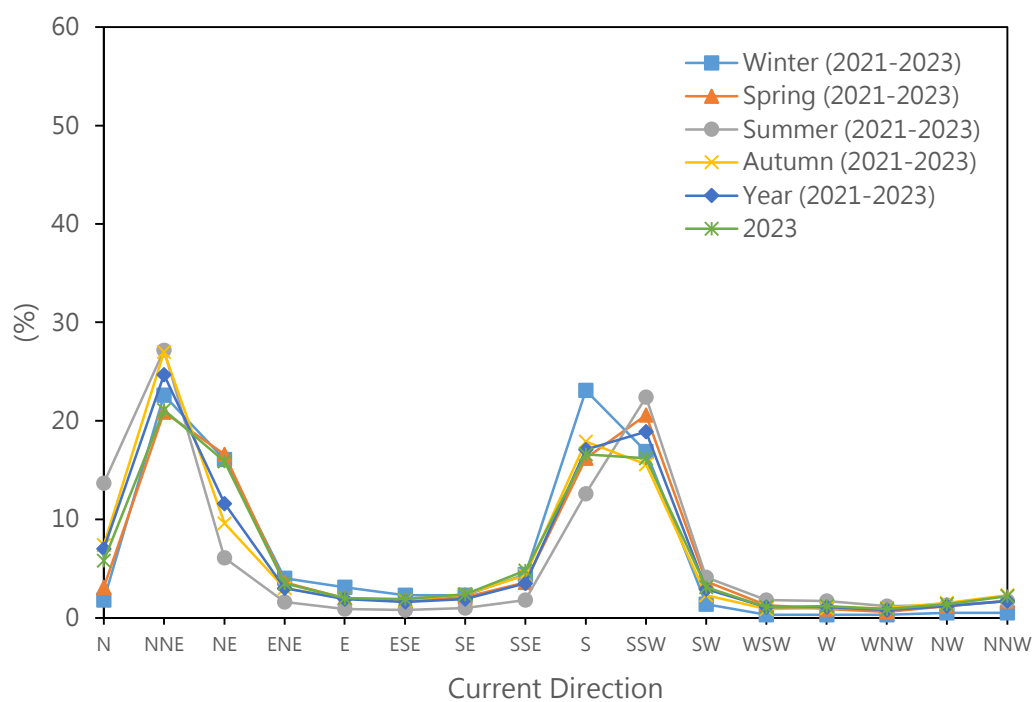


圖3.52 布袋港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

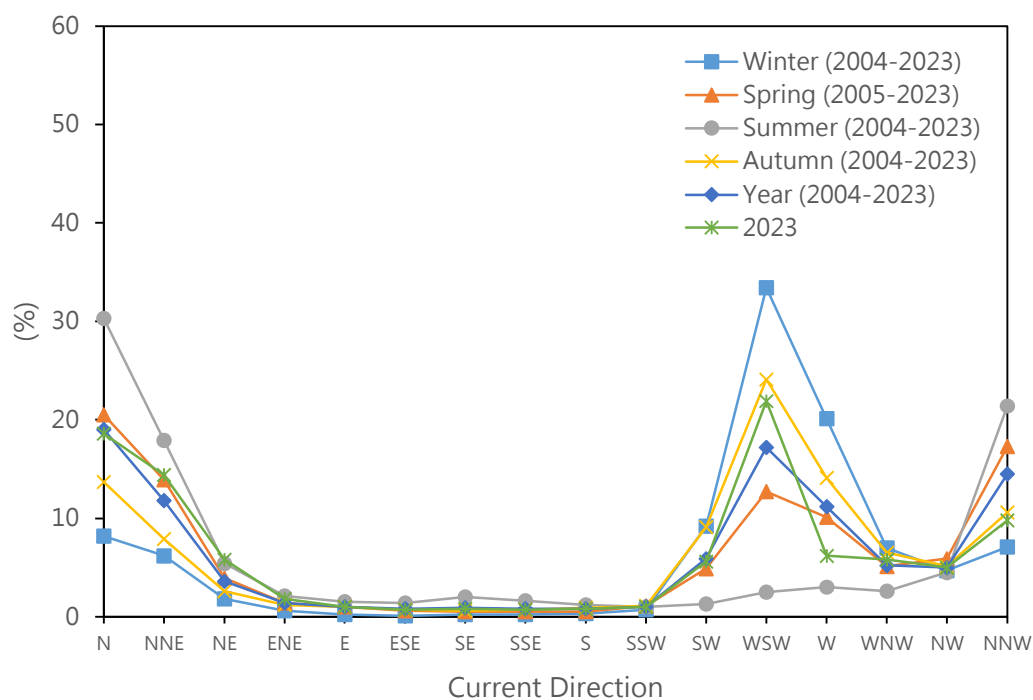


圖3.53 臺中港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

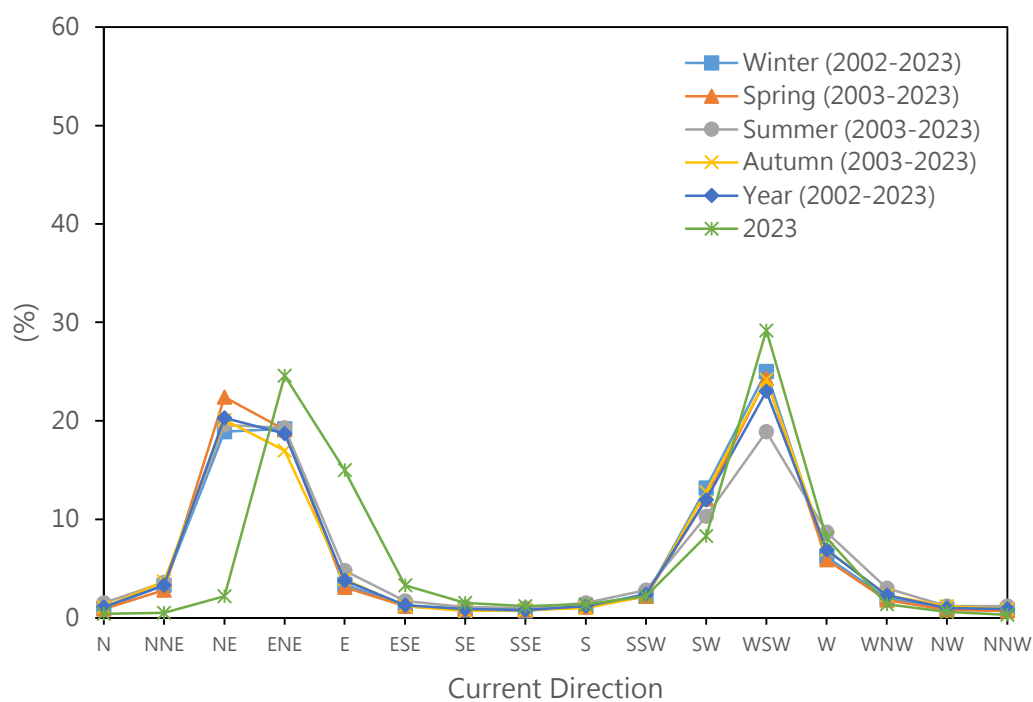


圖3.54 臺北港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

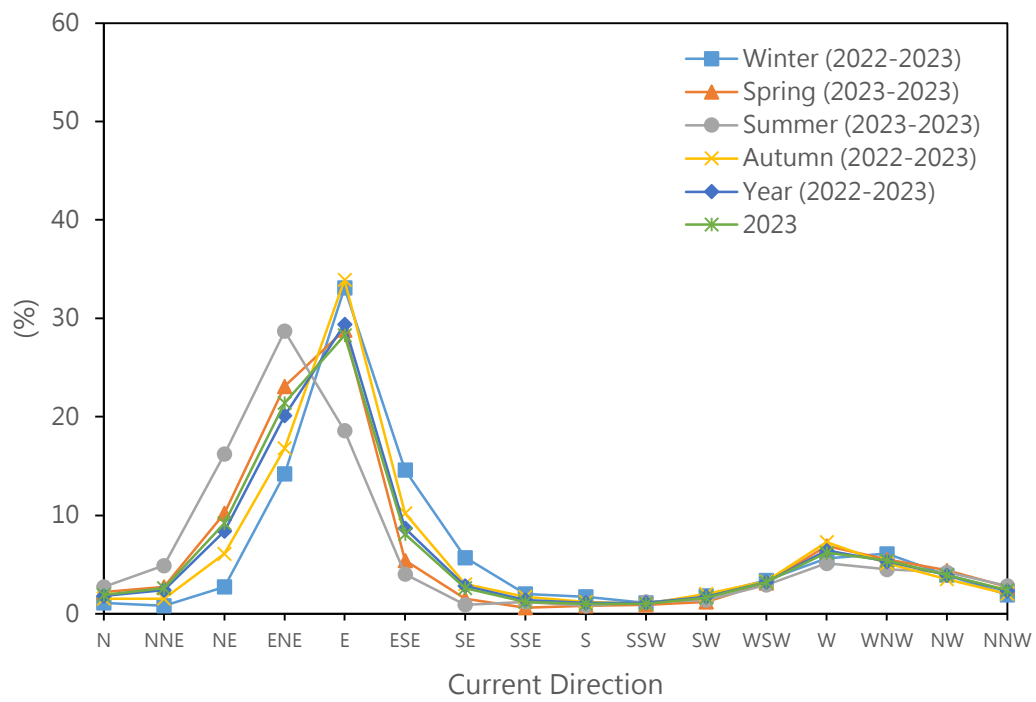
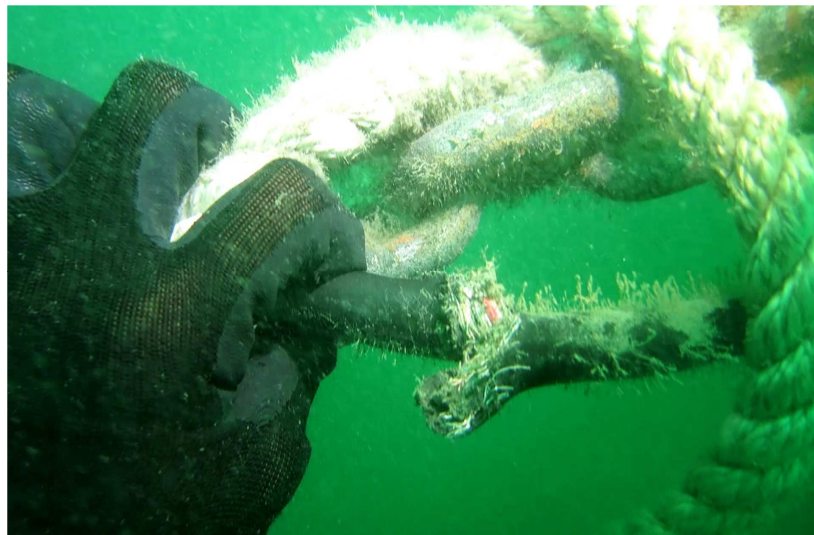


圖3.55 澎湖港歷年四季及全觀測期海流流向機率分布圖

第四章 水中無線通訊設備海域測試

4.1 水下通訊技術種類及數據機選擇

臺灣為為典型海島型國家，海上運輸對我國經濟貿易辦演相當重要之角色，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)



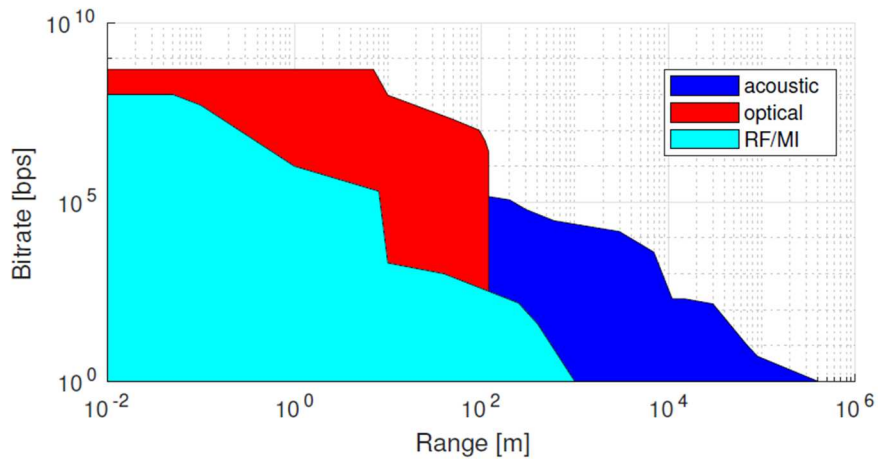
(b)

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，為保留測站未來遷移或外推之彈性，本計畫將水下直線通訊距離定為1 km，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0.007 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 S2CM 18/34中頻水聲通訊數據機（如圖4.3），做為本計畫水下無線通訊系統測試及評估的基礎，該數據機傳輸速率13.9 kbps，最大通訊距離為3.5km，操作深度可達2 km，有利於外海觀測站監測距離的延伸。

S2CM 18/34數據機音束模式為全向半球型，可於海床上橫向通訊或垂直發射至海表面之浮標進行通訊，訊號增益分布如圖4.4所示，增益為相對理想源所接收或發射之訊號功率，故該圖能表示各方向上之訊號增強程度（即訊號強度），圖中可見S2CM 18/34數據機於橫向具有最高增益值0dB，天線頂端增益值較低約-5dB。



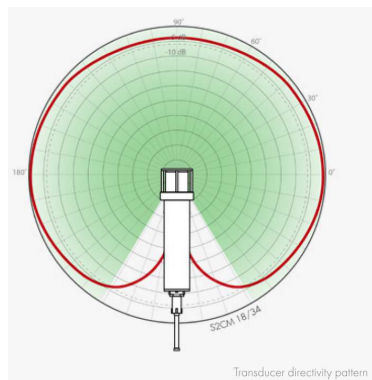
(資料來源：F. Campagnaro, A. Signori, and M. Zorzi, “Wireless Remote Control for Underwater Vehicles”, Journal of Marine Science and Engineering, 2020, Vol.8(10), pp.736-768.)

圖4.2 不同型式水下通訊技術傳輸速率-通訊距離關係圖



(資料來源：EvoLogics S2C M 18/34 Modems Brochure.)

圖4.3 EvoLogics系列產品傳輸速率及通訊距離參考示意



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

圖4.4 EvoLogics S2CM 18/34訊號增益圖

4.2 112 年大型試驗水槽水中通訊測試

本所現有底碇式即時波流觀測系統配置如圖4.5，本所採用的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（如圖4.6），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，系統指令及資料傳輸邏輯如圖4.7所示。

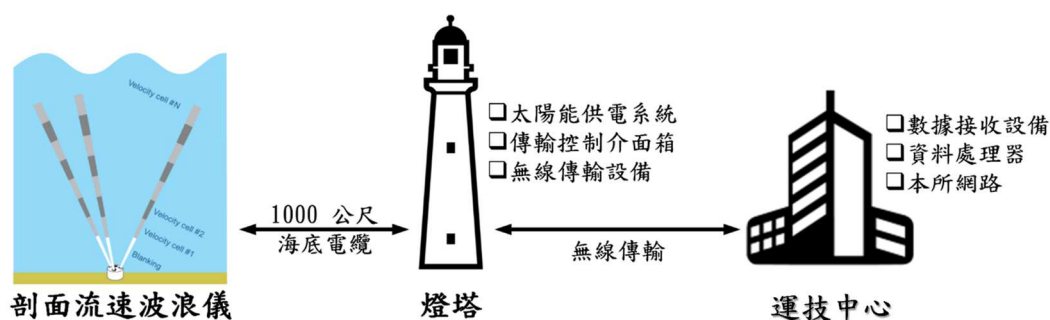


圖4.5 底碇式波流觀測系統資料傳輸原理示意圖

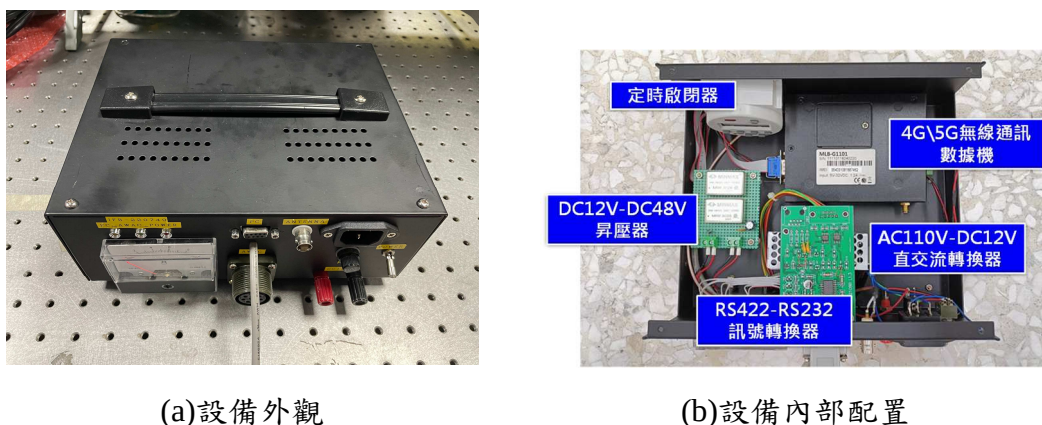


圖4.6 岸上資料擷取傳輸設備



圖4.7 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年特於國立成功大學水工試驗所大型斷面試驗水槽（如圖4.8）實施水下通訊測試，斷面水槽尺寸長300 m、寬5 m、高5 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4.9所示。

※ 斷面水槽

■ 大型斷面試驗水槽 ■

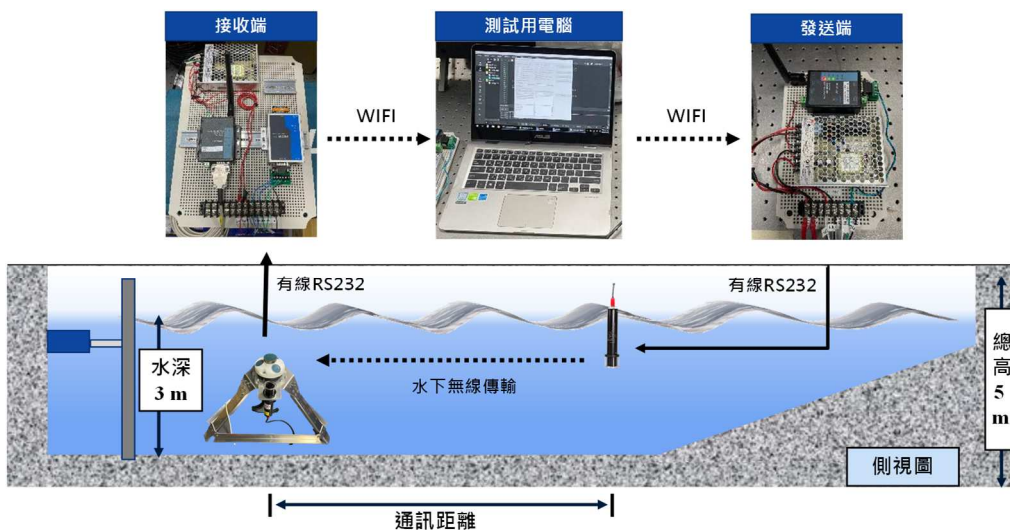
- ▶ 尺寸: 長×寬×深 = 300 m × 5 m × 5 m
- ▶ 特色: 乾背式造波機(Dry-back system, Piston type)
- ▶ 造波能力: 不規則波波高可達1.0 m



圖4.8 國立成功大學水工試驗所大型斷面水槽



(a)



(b)

圖4.9 無線式底碇波流觀測系統大型斷面水槽測試配置

依據112年大型斷面水槽試驗，歸納出以下幾點結論，做為113年系統於實海域優化參考：

1. 數據傳輸過程會歷經待機、喚醒接收端、資訊交握、資料傳輸及復歸回待機狀態數個階段，喚醒階段所產生之瞬間電流突波，在整個傳輸過程中佔比不高，所消耗功率對整體耗電量影響不大。

2. 數據機於最佳狀況下之傳輸速率，應可滿足現行每半小時 1 筆觀測數據需求，隨著通訊距離拉長，因訊號反射導致傳輸效果驟減之問題，仍需至實際觀測海域微調系統確認。
3. 水聲傳輸檔案越大，傳輸速率就越快，伴隨著傳輸失敗的風險也越高，傳輸速率隨著通訊距離增加而產生不穩定狀況。
4. AWAC 波流觀測模組運作與數據傳輸同時僅能擇一執行，作業重疊時，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，進一步將圖 4.8 傳輸架構調正如圖 4.10。

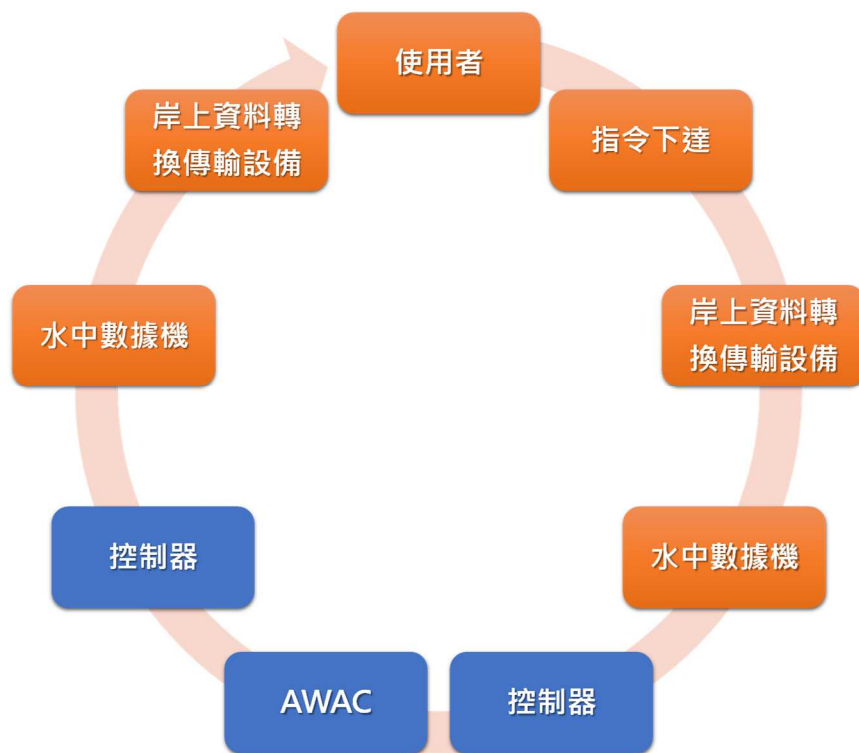


圖4.10 無線式底碇波流觀測系統架構圖

4.3 113 年無線式觀測設備海域測試

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，以符點數2.345678為例，ASCII需要8個Byte來儲存，Binary僅需4個Byte，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 s 無操作後，將返回測量模式。

表4-1為AWAC由啟動量測到完成工作之指令及資料時序列，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，加上前面所接收到之Config資料，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4-2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4-1 AWAC波流場監測過程指令及資料時序

順序	指令 (ASCII)	功能說明	順序	指令 (ASCII)	功能說明
1	II	取得儀器目前狀態	12	RC	取得現在時間
2	ID	取得儀器ID	13	RC	取得現在時間
3	GA	取得完整Config	14	SR	開始量測
4	RC	取得現在時間	15	--	(量測進行中)
5	SC	設定現在時間	16	--	(按下停止量測)
6	RC	取得現在時間	17	II	取得儀器目前狀態
7	II	取得儀器目前狀態	18	@@@@@ @K1W%!Q	中斷指令
8	ID	取得儀器ID	19	II	取得儀器目前狀態
9	GA	取得完整Config	20	II	取得儀器目前狀態
10	CC	更新Depolyment Config	21	MC	回到指令模式
11	GC	取得Deployment Config	22	II	取得儀器目前狀態

表4-2 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)

表4-3為112年大型試驗水槽不同通訊距離與檔案大小之傳輸速率表，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（如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。

表4-3 112年大型試驗水槽不同通訊距離與檔案大小傳輸速率表

		水中通訊距離 (m)						
		0	1	3	5	10	15	20
檔案大小 (Byte)	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	-	-	-	-

為解決前述問題，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概念，設計113年海域實測傳輸架構如圖4.11，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)Binary 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)Binary wpr波流場監測數據備份。
- (7)休眠省電功能。

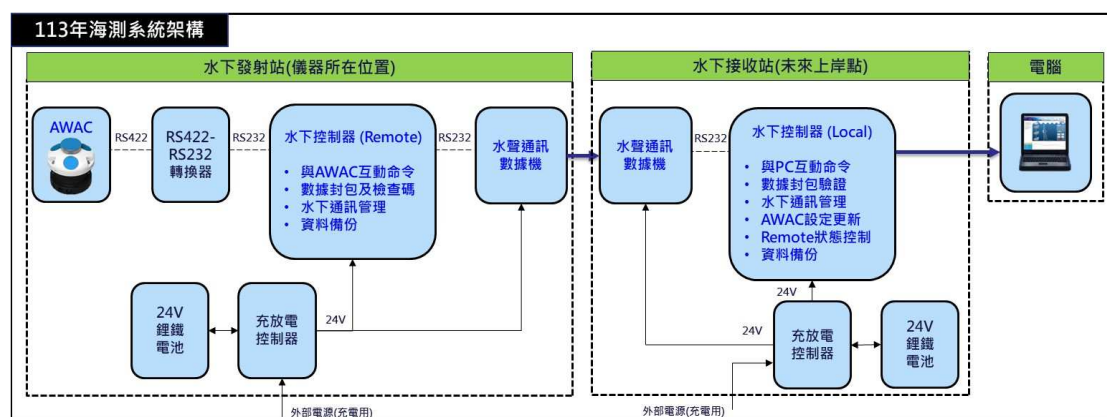


圖4.11 113年海域實測傳輸架構圖

由圖4.11可知未來AWAC原始監測數據wpr檔，將分別儲存於AWAC、Remote端控制器及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，Remote端與Local端水下控制器間必需建立一套通訊協議，有關通訊協議格式設計如表4-4所示，資料結構包含以下要素：

1. 資料字元數
2. 8 Byte 標頭（Header）
3. 指令行為描述
4. 4 Byte 流水號
5. 2 Byte 的 Modbus CRC16 檢查碼

表4-4 通訊協議格式表

	Header									Data	CRC
Byte	0	1	2	3	4	5	6	7	8~11	12~n	n+1~n+2
說明	FD	00	00	00	指令	讀寫	資料長度		流水號	資料	檢查碼

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。考慮到系統未來需於無人職守情況下，執行使用者所交付之命令，在系統產生異常時，控制器需有能力判別並除錯，圖4.12為控制器邏輯驗證架構，此處暫以PC替代AWAC，隨機產生字元錯誤、0~20 s資料傳遞延遲情境，並於數據傳輸完成後，比對PC端、Local端控制器及Remote端控制器中之wpr檔，圖4.13比對結果顯示PC、Local及Remote端wpr檔吻合，證明該通訊協議的穩定性與可靠性，在系統運行過程中，控制器可有效處理水下傳輸中潛在的錯誤與延遲問題。

電腦 (替代AWAC)

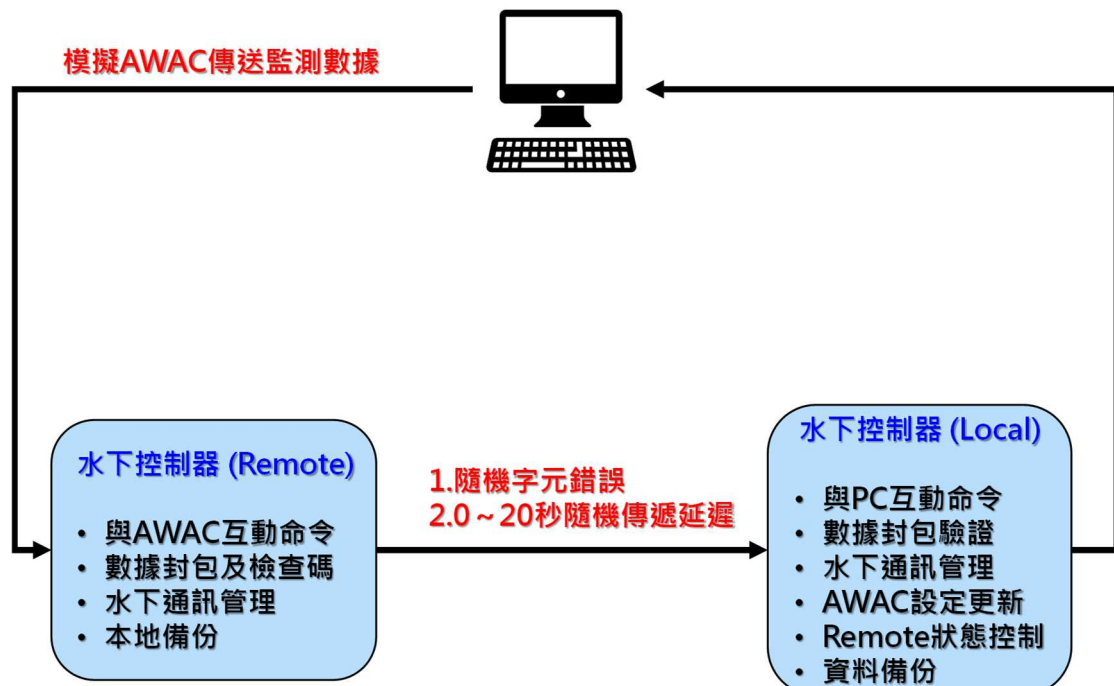


圖4.12 控制器邏輯驗證架構圖

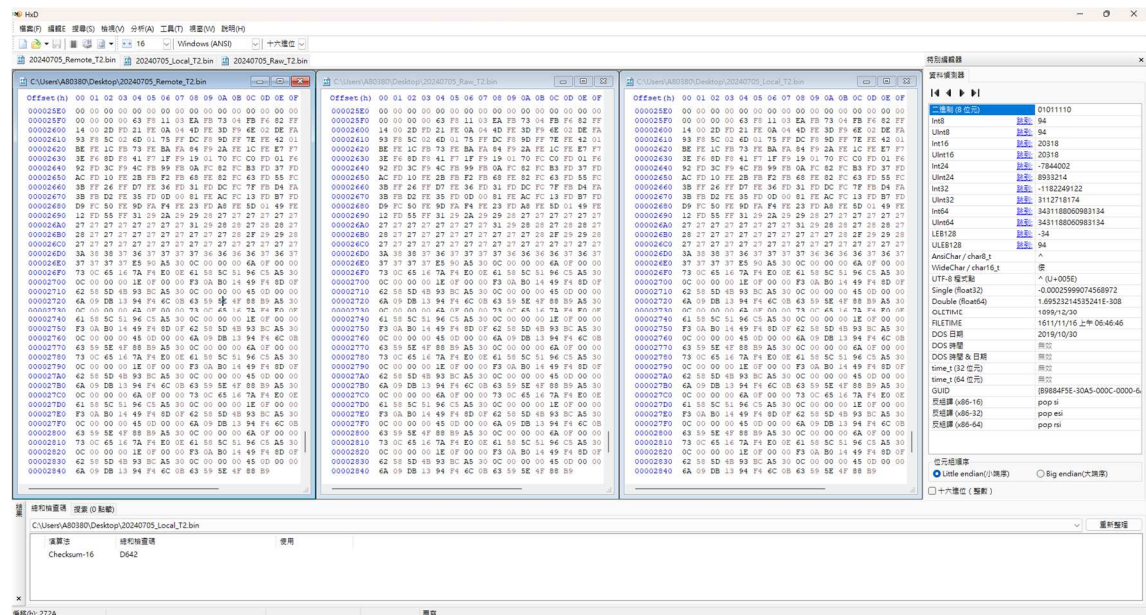


圖4.13 wpr檔驗證- Remote端 (左)、PC端原始資料 (中)、Local端 (右)

控制器執行邏輯驗證通過後，即著手進行圖4.11海域傳輸架構實體製作，圖4.14為Remote、Local端控制箱外觀實照，箱體防水等級為IP68，Local端上岸通訊接口尚未接續，該接口將銜接114年布設之岸

端纜線，並將來自AWAC監測數據透過岸上傳輸設備，回傳至本所運技中心。

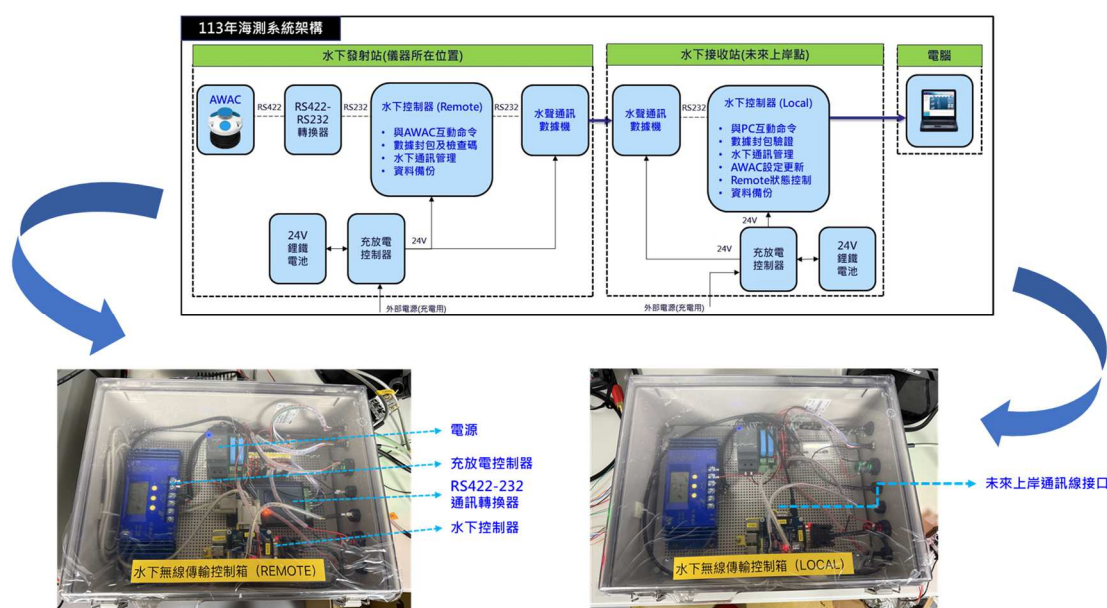
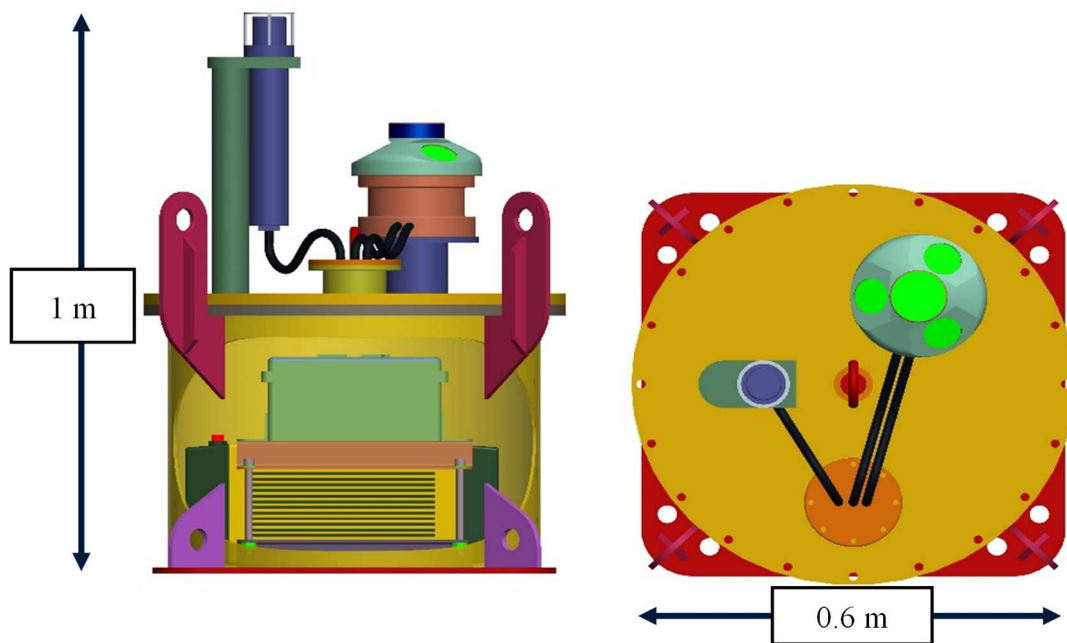
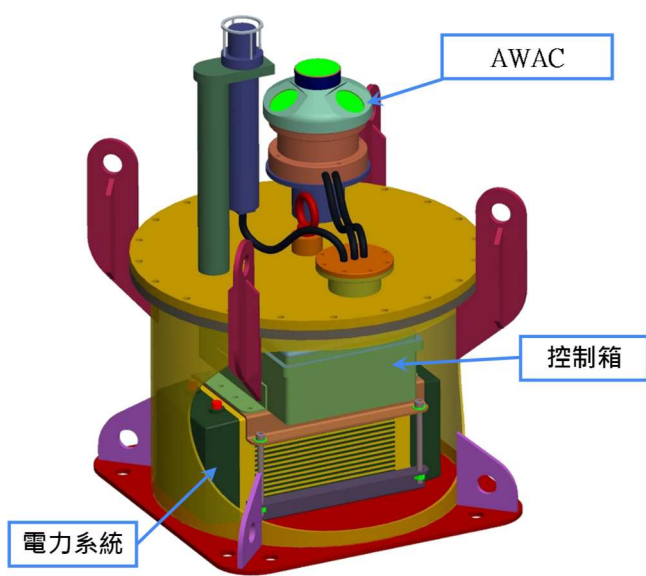


圖4.14 113年海域實測Remote、Local端控制箱

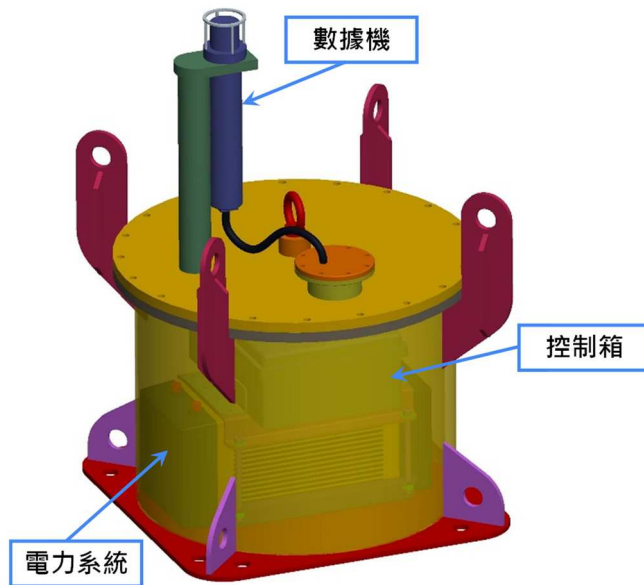
113年度主要測試無線式底碇波流觀測設備，在實際海域中系統運作情形，期間所蒐集之相關資訊，將提供114年度即時監測系統建置參考。控制箱雖有防水功能，惟設備入水後水壓力恐造成箱體損壞或滲漏，導致設備故障或破損，本計畫另設計不銹鋼水密箱體，控制箱置於其內部，分別製作Remote、Local端2座（如圖4.15），Remote端另增可附掛AWAC之底座，箱體直徑0.6 m，高度0.45 m，搭載數據機後總高為1 m，單座總重約210公斤，內含24V-75安培小時鋰鐵電池組及IP68電控箱體，箱體內部透過O-ring與矽油施作防水，AWAC及水下無線數據機在濕接頭（含連接線）部分，選用與本所目前現場同款之Subconn Micro Circular接頭（如圖4.16），該接頭經本所多年現場實測，布放水域由10~40 m不等，其水密性及耐久度皆可符合本所需求，用以做為不銹鋼水密箱體內外通訊媒介，水密箱體實際完成照如圖4.17所示。



(a) 箱體尺寸



(b) Remote端



(c) Local端

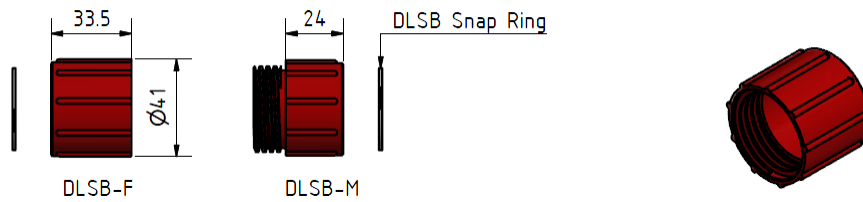
圖4.15 Remote、Local端水中不鏽鋼箱體設計圖



(a) 公接頭



(b) 接頭形式



(c) 鎖扣形式

圖4.16 Subconn Micro Circular濕接頭

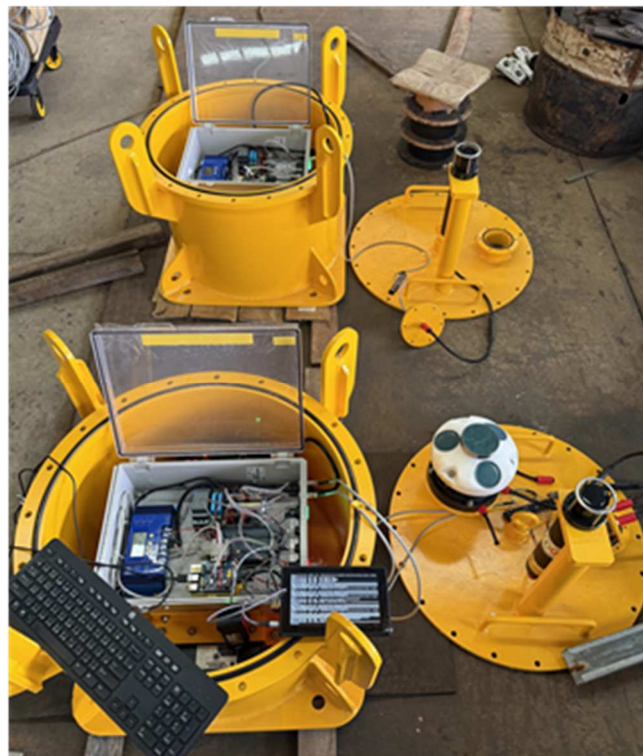
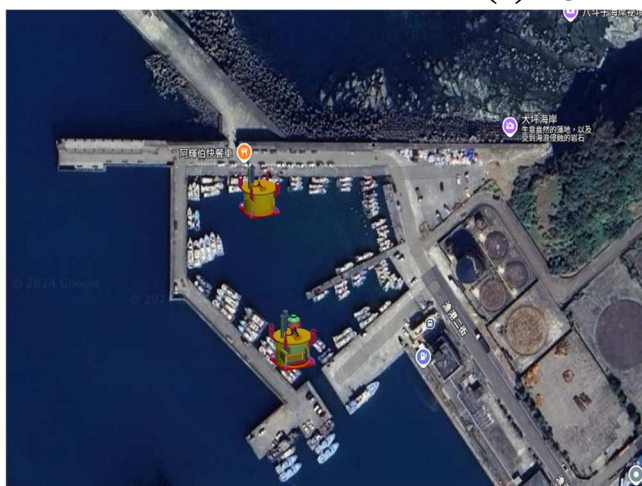


圖4.17 Remote、Local端不鏽鋼密封箱實照

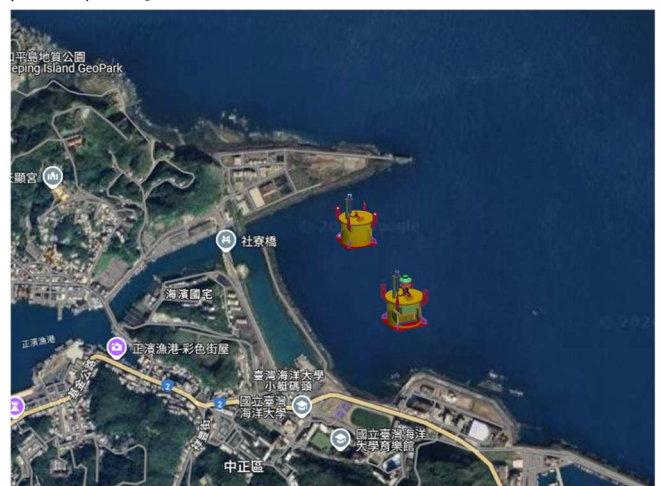
海域實測分2天執行，第1天（2024年11月15日）試驗場域為基隆八斗子漁港內，WGS84座標N 25°8'47.1" E 121°47'34.1"，Remote、Local端距離約120 m，水深5~15 m；第2天（2024年11月16日）於和平島東南方海域實施，WGS84座標N 25°9'14.4" E 121°46'41.4"，Remote、Local端相距約150 m，水深25~30 m，施放位置及作業過程如圖4.18～圖4.19所示。



(a) 港內、外施作位置



(b) 11月15日港內測試

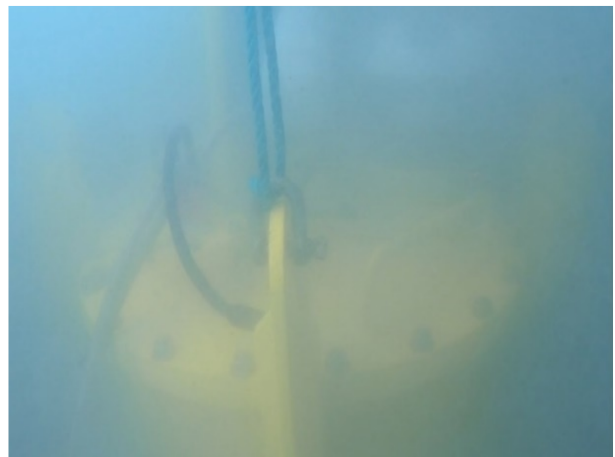


(c) 11月16日港外測試

圖4.18 2024年11月15日~16日海域實測位置圖



(a) 港內安裝(左)、海上拖運(右)



(b) 外海箱體下水作業(左)、水下安裝作業(右)



(c) 水下安裝作業(左)、箱體回收拆解分析(右)

圖4.19 2024年11月15日～16日實測作業圖

圖4.20為11月15日～16日系統運作歷程，設備於11月15日上午開始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。有關Remote、Local兩端在供電正常下，為何通訊產生異常，囿於即時模組尚未建置，在分析控制器紀錄檔後，仍無法確切釐清異常原因，114年即時系統上線後，將有助於異常狀況排除及系統優化。

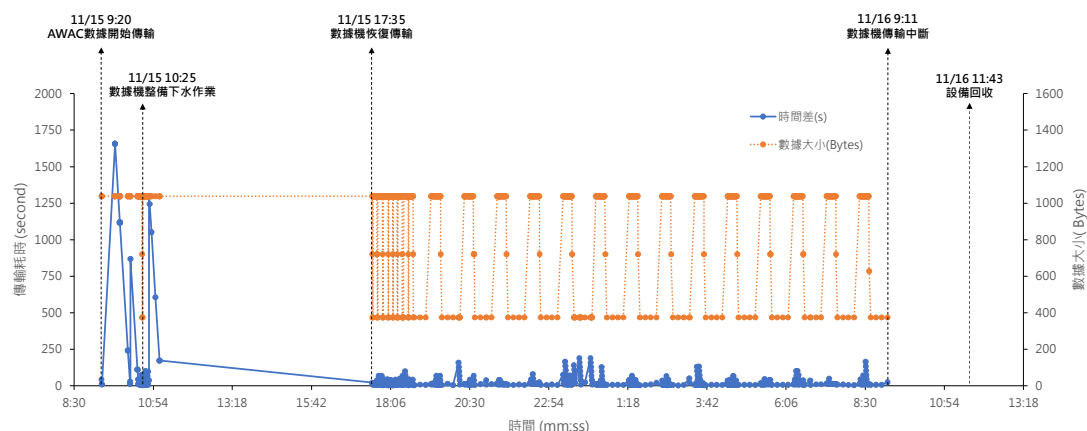


圖4.20 113年度海測歷程紀錄

為瞭解Remote、Local兩端測試期間數據內容是否一致，本計畫將回收後Remote、Local端Binary wpr檔進行比對分析（如圖4.21），比對結果顯示，Remote端資料長度會大於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4.22），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，驗證了數據正確性，114年度可逐步將兩端橫向通訊距離拉長，分析水聲通訊隨著底床及水深變化，系統穩定性及數據正確性。

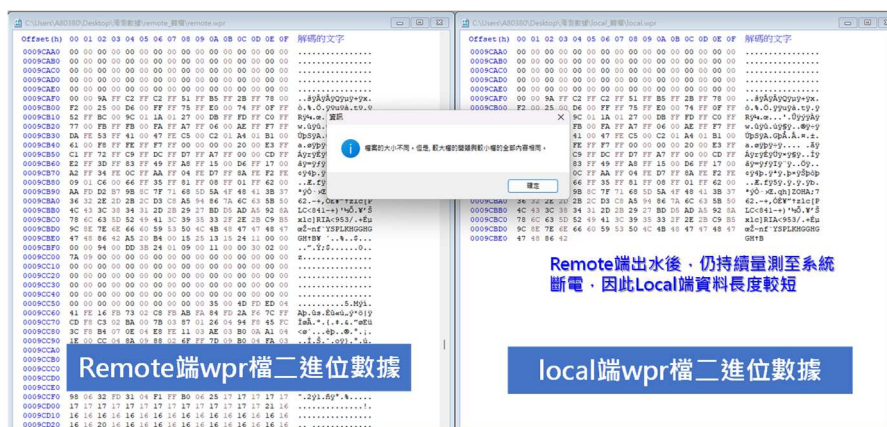


圖4.21 Remote、Local端wpr檔比對結果

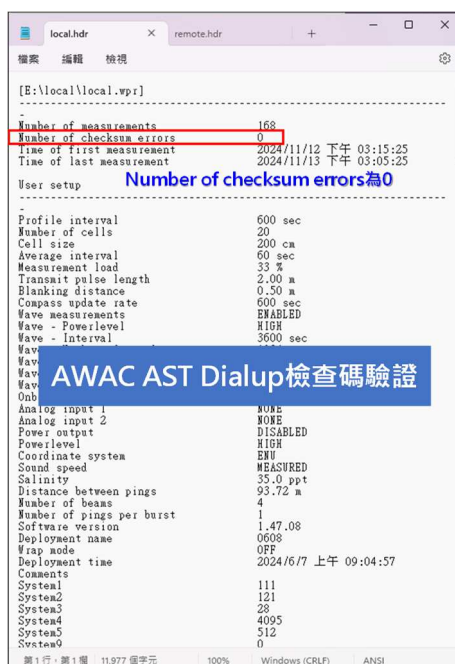


圖4.22 AWAC AST Dialup檢查碼（Checksum）檢核結果

擷取圖4.20海測歷程紀錄穩定傳輸區間(11月15日17:35~11月16日9:11)數據評估傳輸效能，將傳輸所需時間繪製為直方圖(如圖4.23)，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2024年11月15日 23:50:10，傳輸耗時188.37 s，2024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4.24)，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。

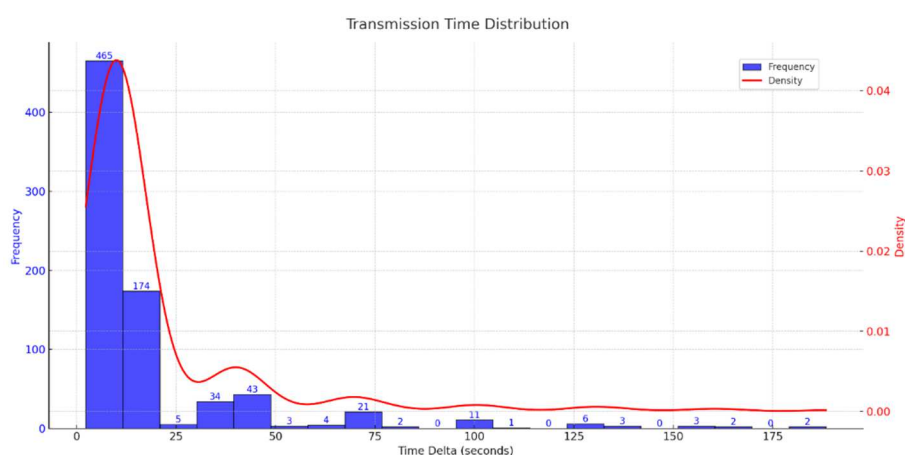


圖4.23 數據傳輸時間分布直方圖

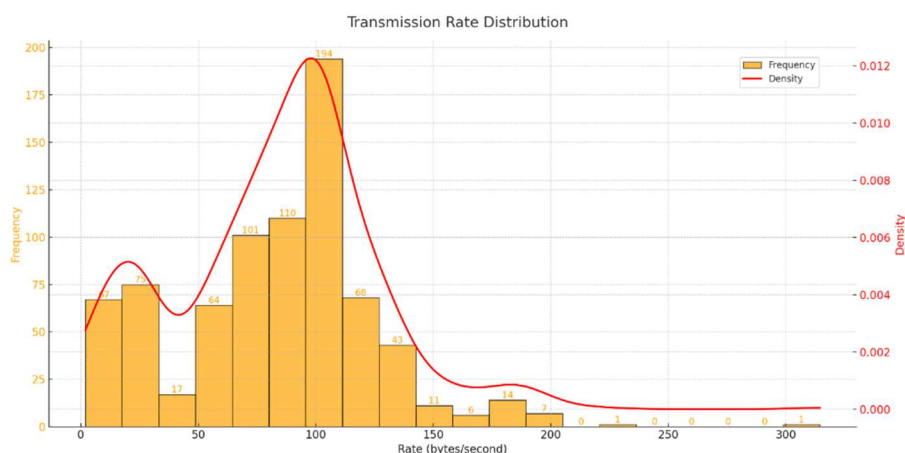


圖4.24 數據傳輸速率分布直方圖

如前所述，113年度所設置之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可得知，水聲傳輸特性為「水聲傳輸檔案越大，傳輸速率就越快」，為驗證此特性，將113年度海測期間經Remote端送出之封包，以盒鬚圖方式統計繪製如圖4.25，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。

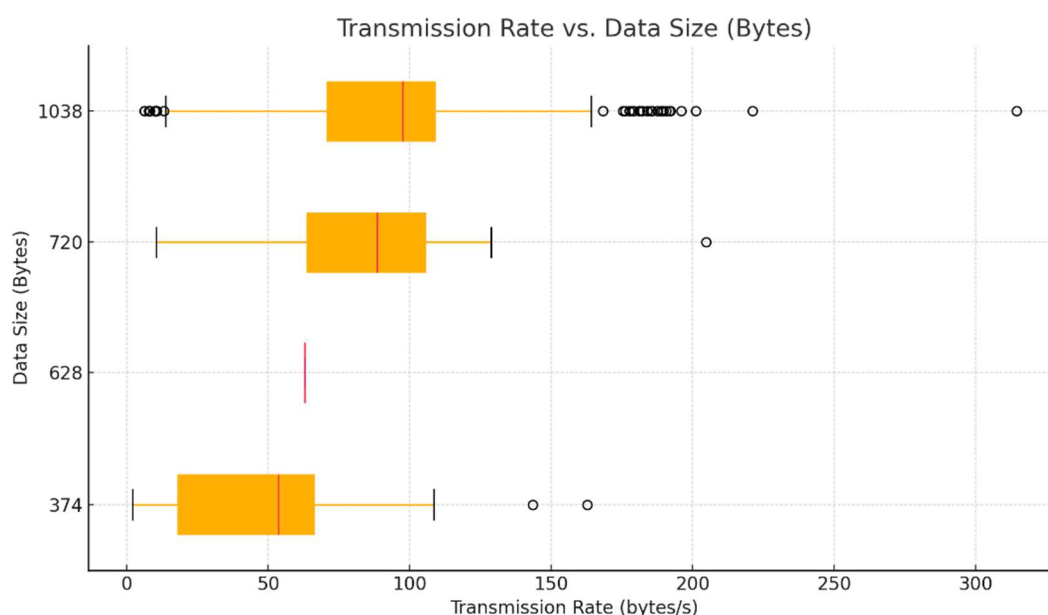


圖4.25 不同封包大小傳輸速率盒鬚圖

113年依據前年度室內試驗成果，將無線式底碇波流觀測系統改良優化，加上控制器來管控水聲傳輸系統，提升傳輸效率、穩定性及無線系統長期於外海執行波流場監測作業之可行性，無線式底碇波流監測系統可提升建置、檢修及維運等階段作業效率，縮短潛水員水中作業時間，降低海域作業風險，系統可於監測海域布設多處監測點，

近岸端僅需設置1處接收站，將單點監測擴展至線監測網，強化港口海象監測能量，茲將113年度研究成果及系統後續執行重點分述如下：

1. 113年度依據112年室內試驗成果，於無線傳輸系統中增加控制器，來優化傳輸效率，結果顯示控制器可處理傳輸過程所產生之延遲與字元錯誤。
2. 113年度海測期間發生通訊異常中斷情形，囿於即時模組尚未建置，無法確切釐清異常原因，114年即時系統上線後，將有助於異常狀況排除及系統優化。
3. 依據傳輸速率分析結果，本次海測平均速率為83.02 bytes/s，約需270 s可完成AWAC每半小時傳輸量，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。
4. 傳輸速率盒鬚圖分析，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年室內水槽試驗一致。
5. 113年度成功於實海域完成100 m以上橫向傳輸，114年將延長Remote、Local端通訊距離，分析水聲通訊隨著距離增加、底床及水深改變後之傳輸特性。
6. 113年度不銹鋼密封箱體可用於短期水中觀測，但以長期性外海觀測作業而言，仍需與本所現行2 m x 2 m x 1.7 m不銹鋼儀器架進行融合改裝，避免颱風期間水體劇烈變動，而產生傾斜或位移，影響觀測作業執行。

第五章 結論與建議

本計畫 113 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，並嘗試發展無線式底碇波流觀測系統，以水中無線數據機取代傳統資料纜線，提升本所各商港海象觀測能量，透過自動化軟硬體設施掌握即時海象資訊，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 1.09 m，波向 97% 位於 N~E 象限，主波向為 NNE，波向季節特性不明顯，冬季波高 1.78 m，四季最大，夏季波高最小，0.45 m，波浪尖峰週期 T_p 平均 7.6 s，全期流速平均 17.5 cm/s，為本報告各港最低，四季流速分布曲線相似，半節以下流速佔比達 7~8 成，全期海流運動方向於 N~E 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，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 象限比率最高，蘇澳港歷年流速平均 17.8 cm/s，花蓮港為 18.7 cm/s，兩港海流運動方向主要於 N~E 及 S~W 象限間流動。
- (3) 高雄港：波高平均為 0.75 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 0.93 m 為四季最大，全期尖峰週期平均為 6.4 s，週期 6 s 以下佔比最高，波向主要位於 S~W 及 W~N 兩象限，全期主波向

為 WNW，佔比 26%，歷年流速平均 27.9 cm/s，51.4%流速低於半節，海流運動方向 E~S 象限及 S~W 象限各佔約 1/3，N~E 象限僅 7.8%，主流為 S 向（18.6%）。

- (4) 安平港：全期波高平均 0.66 m，春季波高 0.5 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 6.1 s，6 s 以下比率最高，全期波向主要於 S~W 及 W~N 象限，主波向為 SW 向(22%)，全期流速機率分布曲線與高雄港相似，流速平均 23.9 cm/s，半節以下流速佔 62.1%，全期流向集中在 E~S 及 W~N 象限，主流方向為 SSE，佔 15.7%。
- (5) 布袋港：全期波高平均 0.49 m，冬季波高平均 0.61 m，高於其餘三季，春季波高平均 0.36 m，為四季最小，全期尖峰週期平均為 7 s，全期波向分布以 W~N 象限 58.4%最高，S~W 象限 33.3%次之，主波向為 WNW 向，佔 32%，全期流速平均 23.9 cm/s，半節流以下佔 62.6%，主流方向為 NNE 向（24.7%），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 1.45 m，為本計畫各港最大，冬季波高 2.12 m，四季最大，夏季波高四季最小，平均 0.81 m，歷年波浪尖峰週期平均為 6.4 s，全期波向以 N~E 象限最高，佔 63.9%，主波向為 NNE 向（40%），歷年流速平均 38.1 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 39.1%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，6 s 以下週期佔 44.2%，全期波向以 N~E 象限 47.3%佔比最高，W~N 象限 36.7%次之，主波向為 N 向（23%），歷年流速平均 41.6 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%。

- (8) 澎湖港：歷年波高平均為 0.89 m，波高 51.4% 介於 0.5~1.5 m，冬季波高平均 1.26 m，高於其餘三季，全期尖峰週期平均為 7.3 s，46.4% 波向來自 N~E 象限，W~N 象限因受陸地屏障，僅 0.1%，主波向為 ENE 向（28%），歷年流速平均 34.2 cm/s，近 5 成流速介於半節~1 節，歷年流向分布以 N~E 象限 48.4% 佔比最高，主流方向為 E 向（29.4%）。

2. 無線式底碇波流觀測設備海域測試

- (1) 依據 112 年室內試驗成果，113 年於無線傳輸系統中增加控制器，來優化傳輸效率，結果顯示控制器可處理傳輸過程所產生之延遲與字元錯誤。
- (2) 海測平均速率為 83.02 bytes/s，約需 270 s 可完成 AWAC 每半小時傳輸量，未來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。
- (3) 傳輸速率盒鬚圖分析，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 年室內水槽試驗一致。
- (4) 113 年成功於實海域完成 100 m 以上橫向傳輸，114 年將延長 Remote、Local 端通訊距離，分析水聲通訊隨著距離增加、底床及水深改變後之傳輸特性。

5.2 建議

本計畫於海象觀測站更新建置、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。
4. 113 年水中無線通訊系統不銹鋼密封箱體可用於短期水中觀測，但以長期性外海觀測作業而言，仍需與本所現行不銹鋼儀器架進行融合改裝，避免颱風期間水體劇烈變動，而產生傾斜或位移，影響觀測作業執行。

5.3 成果效益及後續應用情形

本計畫依據年度目標持續更新維運各港長期性海象觀測站，將海象觀測資料進行特性分析、資料庫建檔與年報專刊製作，歷年來本所提供海象觀測資料之單位計有：

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、永基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。

本計畫 113 年各港附近海域海象觀測資料及相關研究成果，已陸續提供國內計畫單位及公營機構，做為計畫或相關工程作業參考，本所建置之長期性觀測網站查詢系統，亦可協助並提供臺灣港務公司各港務分公司所屬船舶交通管理系統參考應用。

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 年港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 年港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	賴瑞璽	
第三科科長	林雅雯	
第二科		
	黃茂信	
		顏震香
	羅冠勳	郭淑芬
	洪維麟	陳天呀
	李欣豪	李之鴻
	柯拓平	陳孟宏
	曹勝傑	劉淑敏
	洪子仁	許師瑜
	林受文	許義宏
	邱慶堯	孫達達

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	賴瑞惠	
第三科科長		
第二科		
	李仁澤	
	陳子健	劉淑敏
	黃易行	郭淑芬
	蘇冠群	洪維屏
	林夏以	李政文
	曹勝仁	許師瑜
	許義宏	蕭安佑
	許文宏	林建宏
	陳天時	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。

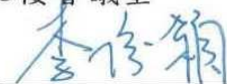
會議簽到表

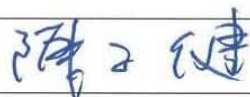
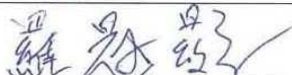
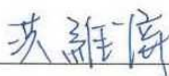
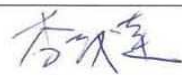
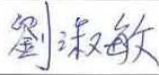
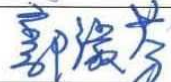
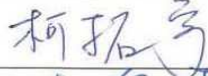
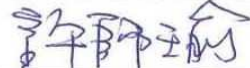
會議名稱：本所運輸技術研究中心第二科 113 年度自行研究計畫第 3 次工作會議

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



出席單位	簽名	
第一科科長		
第三科科長		
第二科		
		
		
		
		
		
		
		
		



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

壹、會議名稱：交通部運輸研究所運輸技術研究中心第二科與第三科自行研究計畫專家學者座談會議

貳、時間：113 年 4 月 29 日(星期一)上午 10 時

參、地點：本所運輸技術研究中心 2 樓會議室

肆、主持人：蔡立宏主任

紀錄：蔡世璿

伍、出席單位及人員：如後附簽到表

陸、審查意見：

一、交通部中央氣象署呂國臣副署長

有關運輸技術研究中心(以下簡稱運技中心)第二科和第三科自行研究計畫分別有9項及6項研究，其內容符合運技中心自行研究計畫的需求。在個別計畫方面有以下幾點建議：

- (一)在商港風力觀測技術精進部分，風力觀測的定義一致性很重要，例如風速觀測的採樣頻率和平均秒數等，聯合國氣象組織規定平均風為連續 600 秒紀錄之平均值，期間連續 3 秒之最大平均值為瞬間風(或陣風)，船舶觀測亦同，惟因各類群使用有其特殊性，例如航空飛行上之平均風採 120 秒平均。在儀器校驗部分，若有需要可送到中央氣象署新北園區新建的風洞進行。
- (二)馬祖港福澳碼頭潮位站旁即是中央氣象署的潮位站，2 站是否有合作或整併機制，可進一步去瞭解。
- (三)關於臺灣港群觀測的統計資料精進部分，須注意無線電傳輸和電力供應技術。
- (四)關於智慧航安的海氣象資料應用的探討，可以依使用者角度進行客製化監測與預警；惟對公眾發布部分，可參考中央氣象署發布之港口客製化天氣預報，若需要有較特殊之天氣或海象預報，可逕與中央氣象署合作，評估是否採共同發布。
- (五)臺中港陣列雷達的訊號處理應用於海流與波浪，已有一定的技術，但在落地應用上，仍有許多技術開發備受期待。這部分未來建議能有跨單位的交流與合作。
- (六)觀測資料系統的建置需要有資料治理的觀念，在大數據需求日增趨

勢下，包含的資料一致性、格式、品管、資料履歷和生命週期，還有觀測儀器變遷等，都需要長時且階段性的規劃。

二、海洋委員會國家海洋研究院翁健二副院長

(一)第 1 案，商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究：

- 1.研究中分別用超音波風速計與螺旋槳風速計進行比對，但 2 者設備後續的比對方式，建議再詳細論述。
- 2.經費概估表中儲存伺服器概估費用為 30 萬元，建議增加規格說明。

(二)第 3 案，臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(1/2)：

- 1.建議說明觀測傳輸方式改成無線後，通訊距離、傳輸速率與電力搭配的問題。
- 2.112 年於室內水槽進行研究，而 113 年則在開放海域進行驗證測試，惟測試環境條件不同應如何比對？

(三)第 7 案，臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(2/3)：

- 1.請說明 112 年與 113 年探討雙雷達系統平面波浪觀測時，其特性與執行內容的差異。
- 2.計畫書中提及空間解析度為 500 公尺方能判讀，然而部分船舶長度小於 500 公尺的部分如何監測判讀？
- 3.114 年延續 113 年船舶判讀研究，透過 AIS 進行船舶航安研究，而微波雷達有進行船舶監測，在陣列雷達則較少，其 2 者差異應注意。

(四)第 8 案，海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究(1/2)，建議於系統建置前先行律定資料庫系統資料格式。

(五)第 9 案，港區水下巡查技術初探(2/3)，建議可參考臺灣港務股份有限公司於 110 年港區水下無人載具及擴充設備應用研究，已初步探討之相關內容。

(六)第 10 案，運技中心網頁資訊安全現況分析與探討，建議分析後可提出改善方法，如狀況處理、事先預防等。

(七)第 12 案，花蓮港碼頭波高預測模式作業化研究，請說明計畫經費於文字概述為 1,670 仟元，與總計畫經費 5 萬元之差異。

三、臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司鄭智文總工程司

(一)第 1 案，商港風力觀測技術精進及強風特性分析研究，建議後續可應用風速與延時在不同高度風力梯度之推算與模擬，以提供港區大

型船舶受高度較高之風壓對於航行操控之影響。

(二)第3案，臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(1/2)：

- 1.經費概估無水聲通訊數據機。
- 2.建議可增加電力損耗、船舶通過干擾、底泥及水域混濁干擾之校正與應用。
- 3.建議可建立港區即時波流資訊與颱風長浪預測及潮位之關聯模型。

(三)第4案，花蓮港湧浪遮蔽試驗(2/3)，今年評估消能設施布設於花蓮港之模型，除評估設施布設前後波高變化情形以外，應增加布設前後波浪頻率(週期)之變化。

(四)第6案，智慧航安與海氣象資訊應用探討(3/4)：

- 1.針對船舶於不利航行之海氣象水域，可提高預測及識別，並對船舶操航及港口管理單位，雙方提出危險預警。
- 2.建議研究範圍可擴大至港口外之錨泊區，或商港區域範圍外之領海。
- 3.建議系統可針對船舶運動狀態與航行軌跡，深度學習及識別其是否受局部海流與風力紊亂影響，或船舶機械故障之情形，並提早提出警示。
- 4.建議可結合港區塔臺雷達系統，針對刻意關掉 AIS 應答機之船舶，提出警告。

(五)第7案，臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(2/3)，建議可針對海域受油污染時之波高壓抑特性，觀測海域污染之分布及趨勢，並預測未來流向及範圍。

(六)第8案，海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究(1/2)，於過往觀測取得之 Raw data 整理與比對時，應要求建立資料之校正與回歸標準作業程序，以利後續更精確之研究與模型建立。

(七)第9案，港區水下巡查技術初探(2/3)，建議水下無人載具可結合機械手臂，以利取樣及強化定位能力。

(八)第12案，花蓮港碼頭波高預測模式作業化研究：

- 1.有關經費概估為 1,670 千元，與計畫經費概估表有異。
- 2.建議可蒐集過往資料，經校正及回歸後，導入深度學習及人工智能，強化預測模型，提高預測準確度。

四、國立中山大學陳冠宇教授

(一)第 1 案，商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究：

1.建議說明儀器不確定性的檢驗方式。

2.建議是否以某些參數(如 Gustiness)為中心，較易突顯？

(二)第 2 案，馬祖港福澳碼頭設計水位之探討，建議說明水位以中潮系統為準，是以大地水準面亦或引測求得？

(三)第 3 案，臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(1/2)，聲波通訊在淺水域易有多重反射，建議藉由例證說明其適合應用於港域。

(四)第 4、5 案，花蓮港湧浪遮蔽試驗(2/3)、長週期波斷面模型試驗(2/3)，花蓮港震盪乃亞重力波(約 100 多秒的週期)引致，建議透過相關例證說明可有效消能與模擬。

(五)第 6 案，智慧航安與海氣象資訊應用探討(3/4)，111 年與 114 年、112 年與 113 年的工作項目有重覆。

(六)第 7 案，臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(2/3)，建議波流觀測儀器 AWAC 遠離防波堤，以利與雷達的觀測結果進行驗證比較。

(七)第 8 案，海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究(1/2)，數位管理系統之建置是否有自動化品管、自動即時回傳與自動補遺(年報)的功能？

(八)第 9 案，港區水下巡查技術初探(2/3)，是否引進 ROV？

(九)第 10 案，運技中心網頁資訊安全現況分析與探討，建議可列入各資料庫。

(十)第 12 案，花蓮港碼頭波高預測模式作業化研究，港池震盪造成的困擾可能更要注意流所造成的斷纜狀況。

(十一)第 13、15 案，評估 SCHISM 模式於港區波浪模擬可行性、評估 FUNWAVE 模式於港內波浪模擬可行性，建議說明採用模式之原因與應用的方向。

五、臺灣港務股份有限公司花蓮港務分公司鄭璟生處長(書面意見)

(一)第 4 案，花蓮港湧浪遮蔽試驗(2/3)：

1.本計畫著重於如何透過佈設消能設施，評估消能工法對於各湧浪條件下之波能削減成效。在消能選址方面，花蓮港新舊東防波堤

交界處起算 500 公尺處係常受颱風損壞之弱點(沉箱編號 #1~#22)，建議可選擇新東堤 0k+000~0k+500 港側規劃設置消能設施，此外，建議可選擇佈放消能設施位址如以下 3 處：

- (1) 束縮航道(有效寬度僅 100 公尺)之兩側，設施方案宜檢討不得影響操船空間。
- (2) 7 號碼頭。
- (3) 12 號碼頭。

2. 參考歷年運技中心於花蓮港港池共振研究與相關研討論文，曾有 1 方案檢討是否於花蓮港港形底部(#7、#12 碼頭)設置通水箱涵的方案，讓能量能透過此箱涵予以遲滯消散。因 #7 碼頭與 #12 碼頭後線基地均有大排，是有機會透過拓寬大排斷面的方式，以此發揮一定程度的消能功效，規模也較小，故提請本案考量在消能設施的選擇方案方面，有無機會就此一併納入研究。
3. 本案模型的平面佈置目前仍以花蓮港現有港形為基礎，做為規劃配置可行的消能設施方案，如有其他港形變化的空間，是否可考慮 #10 至 #16 碼頭間設置具消能設施的擋浪堤，於內部研究案內先有最初步的探討，臺灣港務股份有限公司亦於 114 年起提編 2,500 萬元預算辦理「花蓮港港池共振削減方案暨可行性評估」。
4. 有關新東堤 0k+000~0k+500 港側規劃設置消能設施，如設施方案為通用型之鼎形塊或林克塊，臺灣港務股份有限公司可從 114 年度預算內優先試拋，以利驗證。

(二) 第 5 案，長週期波斷面模型試驗(2/3)：

1. 本案為評估選定花蓮港內港 1 座碼頭，探討更新為消能碼頭，並規劃於第 3 年期規劃設置束縮航道的消能斷面或設施，以削減長週期波波能，並建立模型。請問選定花蓮港內港 1 座碼頭探討更新為消能碼頭，是否也做斷面模型？
2. 內港碼頭的選擇建議優先考量 #7 與 #12 碼頭。
3. 未來消能碼頭仍須有靠泊需求，即消能碼頭仍需安裝防舷材與繫船柱，故建議設施方案的評估要納入此實務需求。

(三) 第 12 案：花蓮港碼頭波高預測模式作業化研究

1. 據悉花蓮港在通告港內船隻避湧的決策判斷，除運技中心建置的「花蓮港區靜穩展示」系統外，亦仰賴觀察 CCTV 鏡頭對準外港堤口

水尺的刻度觀測值，本研究成果預期提出建置 113 年度花蓮港碼頭波高預測模式，提供未來 2 日於#9、#17、#25 等 3 處之波高預測值，建議其模擬值時間尺度宜在小時以內，以爭取監控中心決策時間與航商移泊時間。

2.建議系統所呈現的波高預測值可參考監控中心發佈通告所採之警戒值，同目前系統根據預測波高所作出的紅黃綠 3 色燈號告警

六、國立成功大學董東璟主任（書面意見）

- (一)提送之 15 項計畫均有其重要性與必要性，予以支持。
- (二)關於「商港風力觀測技術精進及強風特性分析之研究」計畫，建議本案產出應確定能符合利害關係者(stakeholder)的需求。
- (三)關於「馬祖港福澳碼頭設計水位之探討」計畫，各潮位參數之定義(算法)宜和相關機關(如中央氣象署)一致或有所說明(若定義不同)。
- (四)關於「臺灣港群波流觀測資料統計分析及通訊技術精進(1/2)」計畫，第 1 年度水下無線通訊現場測試是否有訂相關達成指標以評估其妥善率？第 2 年度工作標題註明要建置，但工作項目內容似乎僅為建置評估，現場海洋狀況與實驗室不同，建議測試妥當後始開始進行建置。
- (五)關於「花蓮港湧浪遮蔽試驗(2/3)」計畫，建議有系統且完整地蒐集並說明過去數十年來關於花蓮港港池不穩度之相關研究成果或作為，以給予本計畫清楚之定位。
- (六)關於「長週期波斷面模型試驗(2/3)」計畫，計畫第 2 年和第 3 年仍在進行文獻蒐集，建議重點工作著重在水動力分析與改善試驗研究，此外，長波試驗條件如何定義，應有明確說明。
- (七)關於「智慧航安與海氣象資訊應用探討(3/4)」計畫，計畫中的 VDES 等船舶通訊技術發展是如何達到船舶監控預警的應用，請詳細說明。此外，「預警」之標的為何？建議更明確闡述。
- (八)關於「臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(2/3)」計畫，應特別著重在觀測結果正確性的探討。
- (九)關於「海氣象觀測作業數位管理系統建置之研究(1/2)」計畫，如何整合管理不同觀測系統、測站型式、儀器類別等，建置符合運技中心需求之管理系統應有妥善規劃。
- (十)關於「港區水下巡查技術初探(2/3)」計畫，取得之水下影像如何進

行分析、解讀，為計畫成敗關鍵，建議可引入 AI 判識技術。

- (十一)關於「運技中心網頁資訊安全現況分析與探討」計畫，支持目前辦理方案。
- (十二)關於「商港能見度告警機制探討」計畫，目標是要提出告警機制，抑或告警標準，建請釐清。
- (十三)關於「花蓮港碼頭波高預測模式作業化研究」計畫，建議確認計畫目標為預測某幾個碼頭的波高？統計模式用以預測局部地區特性，是否具有足夠能力，需稍加留意。
- (十四)關於「評估 SCHISM 於港區波浪模擬可行性」計畫，運技中心原已有 TaiCOMS 模式可用來進行風浪模擬、潮汐和水動力模擬，引入 SCHISM 模式之定位為何？建請詳細考慮。
- (十五)關於「馬祖海氣象特性分析」計畫，建議著重在 Mike21 HD 模式的海流模擬結果之驗證。
- (十六)關於「評估 FUNWAVE 模式於港內波浪模擬可行性」計畫，建請強化模擬結果之驗證。

柒、結論：

感謝委員提供本所自行研究計畫之專業建議，請案關同仁將委員意見納為執行計畫重要參採依據，俾以達到成果實際應用目的，以及提升研究成果之廣度及實用性。

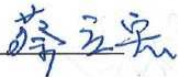
捌、散會：中午 12 時 40 分

會議簽到表

會議名稱：交通部運輸研究所運輸技術研究中心第二科與第三科自行
研究計畫專家學者座談會議

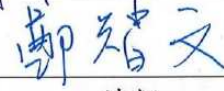
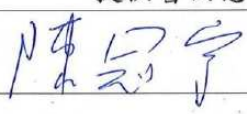
時間：113 年 4 月 29 日(星期一)上午 10 時

地點：本所運輸技術研究中心 2 樓簡報室

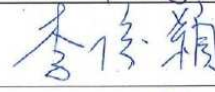
主持人：蔡立宏主任 

紀錄：蔡世璿

專家學者：

專家學者	簽名
呂國臣委員	
翁健二委員	
鄭智文委員	
鄭璟生委員	請假 提供書面意見
董東璟委員	請假 提供書面意見
陳冠宇委員	

出席單位與人員：

出席單位	職稱	簽名
交通部運輸研究所 運輸技術研究中心	科長	
	副研究員	
	科長	

單位	簽名
交通部運輸研究所 運輸技術研究中心	陳建宏 羅冠毅 洪維倫 傅怡創 蔣敏玲 黃茂仁 林有騰 許義宏 李政達 蔡世瑄 林夏和 陳冠廷 曹勝陽 劉清彬

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-113-H2CA001c 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」

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	
1. 感謝運輸技術研究中心(以下簡稱運技中心)長期持續的為監測而努力，中心的資料蒐集技術日益進步，並且為了資料的傳輸穩定而發展水下無線傳輸技術，感謝並肯定中心的努力。	感謝委員肯定。
2. 圖 2.1 示意流程圖中，從測量儀器到監控中心的過程中間只有畫無線傳輸系統，會誤解中間所有過程已經無線傳輸了，反而忽略其實儀器到岸上接收的過程希望能採用無線傳輸技術就是本研究目前正在研究當中，建議儀器與無線傳輸系統中間插入一個岸上接點的示意符號，表示儀器到岸上接點目前還是纜線傳輸訊號與送電，避免誤解。	謝謝委員建議，已於文中調整修正。
3. P2-5 有關安平港採用加拿大所生產之資料浮標部分，因為其他儀器(AWAC)的內容描述，除了波高與海流的功能，也有波向功能，建議本浮標若有波向的功能，也在此寫出來明示其產生並提供資訊的能力。	安平港所採用的加拿大 TRIAXYS Data Buoy，俱備波向量測功能，已於文中補充說明。
4. P2-8 有關 AWAC 3 種測量波高模式，實際測量結果是以哪一種模式產出之資料為準，3 種模式彼此如何支援，請概述介紹。	AWAC 根據設定可分別由壓力、波速及 AST(音鼓量測)模式來觀測波場，於一般海氣象環境中，本所設定優先以 AST 模式來監測，颱風期間，因水位劇烈變化，AST 偶有數據失真情形，爰改以壓力模式監測。
5. 請問 P2-13 加拿大生產的浮標是否無風速測量功能?若有，建議於內容	本所採用之加拿大 TRIAXYS Data Buoy，無風場量測功能。

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
說明。	
6. P2-15 有關觀測儀器的維護，是否有固定保養維護頻率？或故障檢修時一起保養維護？	為延長系統生命週期，目前 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。
7. P3-1 與 P3-35 有關波浪觀測資料的蒐集率與海流資料的蒐集率部分，波浪資料蒐集率優於海流資料蒐集率，例如臺中港 3 月有高達約近 5%，長期均為同一台底碇式測站，如果損壞遺失也是一起失效，其差異原因為何？	AWAC 設有 4 組音鼓做為波流場監測，本所於波浪場監測，多選用 AST(颱風除外) 方式監測，此時儀器將以正中心第 4 組音鼓所蒐集之數據來計算波高，並搭配第 1~3 組音鼓計算波向，反觀海流場僅需使用第 1~3 組音鼓蒐集數據，第 4 組音鼓未使用，依據往昔紀錄，偶有波高監測數據異常，而海流未受影響之案例，因而使波浪與海流場產生不同資料搜集率之情形。
8. P3-2 有關 3.1.1 波高分析說明波浪大小受吹風強度、吹風延時及吹風範圍等綜合因素影響，建議吹風強度改為吹風速度會比較精確，強度用來描述颱風強度之推估用，關係到幾個物理量，包含中心最大風速與氣壓及雲的特徵，建議區別。另外 P3-16 波浪週期長短的影響因子中，吹風距離、延時及吹風大小，也請把吹風大小改成吹風風速比較精準。	感謝委員建議，已於文中調整修正。
9. P3-3 及 P3-4 有關波高的內容，除了蘇澳港、花蓮港與臺中港沒有描述 3 m 以上的波高，其餘各港均特別有提到 3 m 以上波高的佔比%，而這 3 個港則都有受到強烈季風影響，尤其臺中港 3 m 以上的佔比應該無法忽略，建議 3 m 以上波高一樣也納入內容說明。	感謝委員建議，已於文中補充說明。
10. 另外有關波高的內容描述方式，是以各高度區間的佔比方式說明，如小於 0.5、0.5~1.5、1.5~3、3 m 以上，可以明確說明統計的結果區間分布，但實際應用上，不論是工程	感謝委員建議。

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
施工使用或航行使用，都是超過某一波高就如何限制或管制，例如沉箱拖航施工可能設定小於 0.5 m，海上船隻拋石施工小於 1 m，類似平均過繼時間的概念，也會與實際可工作時數或天數有關。因此就實用性而言，除了低於 0.5 m 之佔比描述外，建議如果也能以超過某一數值以上的所有佔比(不是區間)來描述，在實用性上比較直接友善使用。 11. P3-6 第二段中間秋季說明，建議秋末的性質說明後句點與後面數據做區隔，避免混淆以為是秋末的數據物理性質。 12. P4-7 圖 4.10 中，岸上轉換傳輸設備與水中數據機是用纜線連在一起的設備(有 2 組是指現場是同一套設備?)，另外 AWAC 與左右側的控制器是一起的設備，建議各以同色塊區別較清楚。 13. P4-17 有關無線傳輸現場試驗，請問以目前的電力容量，可以在現場無線傳輸撐幾天?如何克服電力限制強化實用性。	感謝委員建議，已於文中修正。 聲波數據機 2 部為 1 套，離岸 AWAC 端及近岸端各設置 1 部，做為使用者與 AWAC 間溝通媒介，近、離岸端分別設有水中控制器 1 組。感謝委員建議，已將 AWAC 與控制器以相同色塊顯示。 113 年主要針對聲波系統於開放海域傳輸特性及穩定性等進行測試，提供 114 年即時系統優化參考，待 114 年系統上線後，將可較準確評估系統耗電量並予優化，以實現長期執行港區海象監測之目標。
二、黃清和委員 1. 研究報告第一章~第三章為長期歷年來經常性之工作，雖實施多年，確有其必要，值得肯定，惟建議除資料蒐集、分析及提供各單位參考外，運技中心亦應就長年蒐集之風、波、潮及流資料，進一步分析在氣候變遷影響下，各港波高、週期、水位及暴潮之長期變化有何影響，並做進一步之防範工作。 2. 請補充說明為何選擇 S2CM 18/34	感謝委員肯定及建議，有關海氣象觀測資料加值應用，本所近年針對港區進行強風特性分析、暴潮分析及設計水位探討等課題，有關氣候變遷對海氣象之長期變化影響，將列入後續研究議題評估。 無線傳輸介質有光、電磁波及聲波等，本

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
做為水下通訊設備?其技術規格、通訊距離及抗干擾能力有哪些優勢?並說明其實務應用層面及成果效益之考量為何? 3. 實際海域測試時, Remote 端與 Local 端通訊中斷原因為何?是否因海面波浪造成設備晃動、水體溫度變化效應、海水鹽度變化及潮汐變化之影響所致, 抑或其他人為因素, 如船隻航行噪音干擾、港區其他工程活動影響、漁業活動干擾以及設備本身因素, 如天線方向偏移等諸多因素所致, 未來應如何改善? 4. 請說明控制器加入封包機制後, 如何確認資料傳輸後完整性與正確性? 5. 請問系統如何解決海域環境中可能遇到的干擾問題(如船隻噪音、海流變化等)?其次, 未來系統整合現有觀測網時, 如何確保系統之穩定性與可靠性?	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”, 挑選適合本所底碇式波流監測系統的傳輸方式, 經研究發現, 聲波可符合本所底碇式系統所需之離岸監測距離及傳輸速率, 考量市售數據機產品線完整度與成熟度, 最終選用德國 EvoLogics S2CM 18/34 數據機, 做為本計畫水下無線通訊系統測試及評估的基礎, 該數據機傳輸速率 13.9 kbps, 最大通訊距離為 3.5km, 操作深度可達 2 km, 有利於外海觀測站監測距離的延伸。 113 年即時連線功能尚未開發, Remote、Local 兩端為自記式運作, 測試期間波高約 1~3 m, 海域無工程活動進行, 數據機為全向性, 可 360 度連結溝通, 調出測試期間紀錄文檔判讀, 仍無法確切釐清系統異常原因, 即時通訊功能預計 114 年上線, 屆時可即時監測無線系統運作情形, 以利異常狀態排除及系統調整優化。 為確保資料封包後, 由 Remote 端傳輸至 Local 端後, Binary 資料仍可維持完整, 且內容為正確無受干擾, 本計畫建立了一套通訊協議, 用於辨別與驗證指令, 有效解決傳輸過程中可能出現之錯誤問題, 確保 Local、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。 為避免監測數據在無線傳輸過程受到外部雜訊干擾, 而造成原始數據失真, 本計畫加入了控制器, 控制器本身可自主排除資料傳輸過程中所面臨之傳輸延遲或字元錯誤等情形, 並於 Remote、Local 端建立一套通訊協議, 來確保原始資料完整性與正確性, 未來與本所既有觀測網整合後, 將

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
6. Binary 封包大小設定為 1,038 byte 的考量為何?是否有最佳化的可能? 7. 其他技術細節相關如控制器的電源管理策略如何延長系統運作時間，以及水密箱體的設計考量因素、如何確保長期水下運作的可靠性等，建議能再補充說明。 8. 最後，請問系統建置與成本評估為何?如何提升系統的性價比以及在商業應用層面上，此系統的市場潛力與應用範圍為何?	持續滾動式調整並優化系統，以提升無線系統穩定性，並與既有纜線式傳輸系統之監測數據比對驗證，確保數據可靠性。 目前系統設定為 Binary 資料滿足 1 KB(1,024 byte) 大小後，即封包並傳輸，1,024 byte 加上控制器額外附加上之檢查碼，約 14 byte，即產生 1,038 byte 檔案格式，感謝委員建議，後續將評估封包最佳化之機制。 感謝委員建議，控制器設有休眠省電功能，來延長系統運作時間，水密箱體主要保護內部控制箱，避免水壓造成控制箱損壞或滲漏，長期性監測作業仍需將本所現行不銹鋼儀器架進行改裝，避免颱風期間水體劇烈變動，而使設備產生傾斜或位移，造成系統異常，相關內容已於文中補充說明。 無線式底碇波流監測系統可提升建置、檢修及維運等階段作業效率，縮短潛水員水中作業時間，降低海域作業風險，系統可於監測海域布設多處監測點，近岸端僅需設置 1 處接收站，將單點監測擴展至線監測網，強化港口海象監測能量，現階段系統仍處於開發階段，尚無法精準評估系統上線後所需建置及維運等費用，114 年將延長通訊距離，即時系統亦會上線，屆時即可較準確估算無線系統各階段所需投入之經費成本。
三、張家豪委員 1. 本計畫研究範圍係調查分析 9 個商港之海象觀測資料。據了解，金門縣政府於 111-115 年金門港埠建設計畫中之「各港區鄰近海域海氣象環境觀測調查」委託運技中心辦理「海象觀測站建置與維運及船席即時水深系統建置與維運」，目前正依約辦理中，如果該港觀測站建置完	感謝委員建議。

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
成，相關觀測資料建議也可納入未來延續性計畫研究範圍。	
2. 近日查詢「港灣環境資訊網」及「商港海氣象資訊系統」內各商港海氣象資訊，北部臺北港、基隆港海流流速有 0.6-0.7 節，南部布袋港、安平港及高雄港流速約 0.1-0.2 節，但臺中港測得的流速為 0，亦即無海流觀測資料，是否為觀測儀器故障？如確屬故障，應儘速修復，以確保觀測資料不中斷。	感謝委員建議，臺中港底碇式波流觀測站於颱風期間損壞，預計 114 年第 2 季修復。
3. 由於觀測儀器會受到海底生物附著或人為破壞而影響其功能，加上 3.1 節觀察臺中港歷年逐月波浪觀測資料，蒐集率 7-8 成，較其他港為低，蒐集率較低推測與儀器故障有關，目前觀測站之保養維護的頻率 1 年幾次？是否有臨時維修機制？另臺中港蒐集率較低，是否有需要增加保養維護頻率及提升維修時效？	臺中港觀測站設置初期較不穩定，導致觀測系統偶有異常，近年將外海觀測儀器架重新設計，並調整纜線上岸地點，以提升系統穩定性，為延長波流觀測系統生命週期，目前 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。感謝委員建議，針對蒐集率偏低之測站，將加強維護保養頻率。
4. 無線式底碇波流觀測設備今年海域實際測試完成 100 m 以上橫向傳輸，且成效良好，114 年 Remote 與 Local 端通訊距離會延長多少？可否與目前各港安裝之底碇波流觀測設備離岸距離接近，以縮短研究時程。	感謝委員建議，本所外海底碇式波流觀測站距岸（外堤燈塔）約 500~800 m 不等，114 年將以此為目標，延伸 Remote 與 Local 端通訊距離。
5. 有關本研究 5.2 建議一節之第 2 點說明「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」，臺中港是否有類似情形？如有，建議可以協請海巡署加強勸離及取締。	感謝委員建議。
6. 目前各港波流觀測站大多設置在防波堤外一定距離，因此本計畫 5.2 建議一節之第 3 點提出「…過去海氣象觀測工作著重於港外之監	各港內設置靜穩度觀測系統，即時提供靜穩度資訊，供管理單位參採應用。感謝委員建議，有關臺中港北迴船池監測系統，本所將列入設站評估。

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
測，…對於港埠維護管理之需求增加，建議加強港內海氣象監測…」，未來運技中心是否有港內相關觀測站建置規劃?另12月23日本中心曾召開港安會議，討論今年11月14日臺中港北泊渠一起商港碰撞事故，引水人有提到北迴船池因為進出航道、北中泊渠、南北航道及淺水與工作船渠匯流處，水流較為複雜，因此增加船泊進出港操航困難度，未來如要增設港內觀測站，建議可研議考量於該處設置。	
四、本所運輸技術研究中心 1. 賴瑞應科長 (1) 本計畫進行9個港區的波流觀測及設備保養工作，也將觀測後資料進行品質管及統計分析後提供給產官學研各單位應用，以提升我國港埠的營運效率與品質，研究成果豐碩值得肯定。 (2) 本計畫也完成水下無線傳輸技術應用於底碇式波流觀測系統之實際測試，做為本所後續海象觀測系統優化之參考應用，研究成果予以肯定。 (3) 本計畫子題為水中無線通訊設備海域測試，建議於第一章前言增加論述進行水中無線通訊設備海域測試的緣由，第五章結論與建議也在章節開始時補充相關論述。 2. 李俊穎科長 (1) 本研究案已彙整商港波流觀測資料基本統計，並加入水中無線通訊評估測試，成果豐碩值得肯定。 (2) 建議第二章內加入波流觀測站	感謝委員肯定。 感謝委員肯定。 感謝委員建議，已於文中補充說明。 感謝委員肯定。 感謝委員建議，已於文中增列補充。

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
一覽表，並建議考量修改圖2.2~2.10 改放入海圖做為底圖。 (3) 第四章建議補述觀測系統架構，若採水中無線通訊可行性。 (4) 參考文獻內建議補述運技中心年報及水中通訊文獻。 3. 傅怡釗副研究員 報告書英文、數字格式請依本所出版品規定辦理修正。	感謝委員建議，已於文中補充說明。 感謝委員建議，已於文中補充。 感謝委員建議。

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 (1/2) - 水中無線通訊設備海域測試

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、廖慶堂、
曹勝傑

報告人：羅冠顯

中華民國113年12月30日

簡報大綱

一

• 商港海象觀測系統建置及維運

二

• 歷年波浪觀測資料分析

三

• 歷年海流觀測資料分析

四

• 水中無線通訊設備海域測試

五

• 結論與建議



一、商港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。



● 既有觀測站 ▲ 113年新建觀測站

	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、商港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

提升觀測資料品質

二、歷年波浪觀測資料分析(1/11)

※波高定義：有義波高 H_5

單位：m



港口	年	春季	夏季	秋季	冬季
基隆	1.09	0.93	0.45	1.36	1.78
蘇澳	1.30	1.17	1.09	1.46	1.52
花蓮	1.23	1.08	0.92	1.36	1.53
高雄	0.75	0.58	0.93	0.74	0.75
安平	0.66	0.50	0.96	0.61	0.54
布袋	0.49	0.36	0.53	0.48	0.61
臺中	1.45	1.24	0.81	1.76	2.12
臺北	1.09	0.94	0.67	1.26	1.53
澎湖	0.89	0.65	0.66	0.96	1.26

□ 歷年

- 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)2海域，西南海域高雄、安平、布袋及澎湖港，波高平均介於0.5~0.9 m (<1 m)。
- 中北東海域基隆、蘇澳、花蓮、臺中及臺北港，波高平均皆>1 m。
- 臺中港1.45 m為各港最大，布袋港0.49 m為9港最小。

二、歷年波浪觀測資料分析(2/11)

※波高定義：有義波高 H_5

單位：m



港口	年	春季	夏季	秋季	冬季
基隆	1.09	0.93	0.45	1.36	1.78
蘇澳	1.30	1.17	1.09	1.46	1.52
花蓮	1.23	1.08	0.92	1.36	1.53
高雄	0.75	0.58	0.93	0.74	0.75
安平	0.66	0.50	0.96	0.61	0.54
布袋	0.49	0.36	0.53	0.48	0.61
臺中	1.45	1.24	0.81	1.76	2.12
臺北	1.09	0.94	0.67	1.26	1.53
澎湖	0.89	0.65	0.66	0.96	1.26

□ 歷年春季 (東北->西南)

- 西南海域高雄、安平及布袋港與離島澎湖港，波高平均皆<1 m。
- 北臺灣臺北及基隆港，因仍受到東北季風影響，波高平均0.9~0.95 m。
- 東部海域蘇澳及花蓮港，波高平均1~1.2 m。
- 9港中臺中港波高平均1.24 m最大，布袋港0.36 m為各港最低。

二、歷年波浪觀測資料分析(3/11)

※波高定義：有義波高 H_5



單位：m

港口	年	春季	夏季	秋季	冬季
基隆	1.09	0.93	0.45	1.36	1.78
蘇澳	1.30	1.17	1.09	1.46	1.52
花蓮	1.23	1.08	0.92	1.36	1.53
高雄	0.75	0.58	0.93	0.74	0.75
安平	0.66	0.50	0.96	0.61	0.54
布袋	0.49	0.36	0.53	0.48	0.61
臺中	1.45	1.24	0.81	1.76	2.12
臺北	1.09	0.94	0.67	1.26	1.53
澎湖	0.89	0.65	0.66	0.96	1.26

□ 歷年夏季（西南、颱風）

- 西南海域高雄及安平港，波高平均較春季增加約0.3~0.4 m，離島澎湖港春夏兩季波高變化不大。
- 西南季風吹拂至中部海域，因吹風距離長，吹風能量減弱，臺中港波高較春季減少約0.4 m。
- 東北角基隆港，港口西南側受陸地阻隔，波高平均0.45 m為各港最低，蘇澳港波高平均1.09 m為此季最大。

二、歷年波浪觀測資料分析(4/11)

※波高定義：有義波高 H_5



單位：m

港口	年	春季	夏季	秋季	冬季
基隆	1.09	0.93	0.45	1.36	1.78
蘇澳	1.30	1.17	1.09	1.46	1.52
花蓮	1.23	1.08	0.92	1.36	1.53
高雄	0.75	0.58	0.93	0.74	0.75
安平	0.66	0.50	0.96	0.61	0.54
布袋	0.49	0.36	0.53	0.48	0.61
臺中	1.45	1.24	0.81	1.76	2.12
臺北	1.09	0.94	0.67	1.26	1.53
澎湖	0.89	0.65	0.66	0.96	1.26

□ 歷年秋季（西南->東北）

- 東北季風增強並趨於穩定，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0.95 m。
- 臺中港海域波高平均達1.76 m，為本計畫9港中最大，布袋港波高平均0.48 m為各港中最小。

二、歷年波浪觀測資料分析(5/11)

※波高定義：有義波高 H_s



單位：m

港口	年	春季	夏季	秋季	冬季
基隆	1.09	0.93	0.45	1.36	1.78
蘇澳	1.30	1.17	1.09	1.46	1.52
花蓮	1.23	1.08	0.92	1.36	1.53
高雄	0.75	0.58	0.93	0.74	0.75
安平	0.66	0.50	0.96	0.61	0.54
布袋	0.49	0.36	0.53	0.48	0.61
臺中	1.45	1.24	0.81	1.76	2.12
臺北	1.09	0.94	0.67	1.26	1.53
澎湖	0.89	0.65	0.66	0.96	1.26

□ 歷年冬季（東北）

● 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 2.12 m，為9港最大，波高較夏季增幅 1.31 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，造成額外損失。

二、歷年波浪觀測資料分析(6/11)

※週期定義：尖峰週期 T_p



港口	T_p 平均 (s)	<6.0 s (%)	6~8 s (%)	8~10 s (%)	>10 s (%)
基隆	7.6	18.3	42.2	32.0	7.6
蘇澳	8.4	8.9	33.4	41.6	16.1
花蓮	8.5	6.5	31.5	45.7	16.3
高雄	6.4	45.9	33.9	15.0	5.2
安平	6.1	52.3	35.5	10.7	1.5
布袋	7.0	26.0	40.2	27.3	6.6
臺中	6.4	33.3	52.3	13.3	1.1
臺北	6.4	44.2	38.5	15.1	2.2
澎湖	7.3	22.0	43.7	28.4	5.9

□ 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8.4~8.5s，8~10s所佔比例超過40%。

□ 高雄、安平、臺中及臺北港，歷年週期≤7s。

□ 布袋、基隆及澎湖港，歷年週期7~7.6s。

二、歷年波浪觀測資料分析(7/11)

□ 歷年四季

- **基隆港** 冬季週期平均最長，為**8.2s**，波浪週期44.9%落於8~10s，夏季週期最短，為**6.9s**，週期以6~8s佔比37.3%最高。
- **蘇澳港及花蓮港** 位處臺灣東部，四季波浪週期分布**特性相似**，兩港秋冬季週期均為8.8s，冬季期間兩港週期8~10s佔比皆逾**6成**以上。
- **高雄港** 夏季週期最長，為**6.9s**，週期6~8s佔整季47.1%，**春季**週期最短，為5.6s，整季**65.2%**波浪週期皆小於6s。
- **安平港** 夏季週期平均**6.6s**，為四季最長，春季週期平均較短，為**5.5s**，整季**69.6%**週期小於6s。

安平港					
季節	T _p 平均(s)	T _p <6.0s (%)	T _p 6~8s (%)	T _p 8~10s (%)	T _p >10.0s (%)
春	5.5	69.6	26.2	3.7	0.6
夏	6.6	36.5	44.4	16.9	2.2
秋	6.2	53.3	34.4	9.6	2.7
冬	6.2	50.7	36.2	12.3	0.8

※週期定義：尖峰週期T_p

基隆港					
季節	T _p 平均(s)	T _p <6.0s (%)	T _p 6~8s (%)	T _p 8~10s (%)	T _p >10.0s (%)
春	7.3	18.8	50.3	26.8	4.1
夏	6.9	35.7	37.3	20.6	6.4
秋	8.0	9.7	41.1	38.5	10.8
冬	8.2	4.5	41.0	44.9	9.5

蘇澳港					
季節	T _p 平均(s)	T _p <6.0s (%)	T _p 6~8s (%)	T _p 8~10s (%)	T _p >10.0s (%)
春	8.1	9.9	37.6	40.9	11.7
夏	7.9	19.5	37.8	26.8	15.9
秋	8.8	3.9	34.3	38.6	23.2
冬	8.8	1.4	23	61.8	13.8

花蓮港					
季節	T _p 平均(s)	T _p <6.0s (%)	T _p 6~8s (%)	T _p 8~10s (%)	T _p >10.0s (%)
春	8.2	7.2	36.4	44.5	11.9
夏	8.1	15.4	36.6	31.5	16.5
秋	8.8	3.1	31.5	42.8	22.5
冬	8.8	0.8	21.9	63.5	13.8

高雄港					
季節	T _p 平均(s)	T _p <6.0s (%)	T _p 6~8s (%)	T _p 8~10s (%)	T _p >10.0s (%)
春	5.6	65.2	26.3	6.4	2.2
夏	6.9	28.6	47.1	20.0	4.3
秋	6.7	44.1	32.7	15.7	7.4
冬	6.6	46.1	29.3	17.8	6.7

二、歷年波浪觀測資料分析(8/11)

□ 歷年四季

- **布袋港** 冬季週期最長，達**8.1s**，週期近5成落於8~10s，春季週期較短，為**6.4s**。
- **臺中港** 冬季期間，受東北季風影響，週期平均**7.1s**，各季最長，**61.7%**週期於6~8s，**夏季**週期5.6s，為四季最短，波浪週期**55.6%**於6s以下。
- **臺北港** 春夏季期間，東北季風減弱，西南季風增強，週期較短，皆以**6s以下**佔比最高，**秋冬季**時，西南季風減弱後，東北季風逐漸增強，週期均以**6~8s**佔比最高。
- **澎湖港** 冬季週期最長，為8.2s，5成介於8~10s，遠高於其他三季，春季週期最短，為6.6s，近5成介於6~8s。

※週期定義：尖峰週期T_p

布袋港					
季節	T _p 平均(s)	T _p <6.0s (%)	T _p 6~8s (%)	T _p 8~10s (%)	T _p >10.0s (%)
春	6.4	35.1	44.4	18.8	1.7
夏	6.9	25.1	48.2	21.0	5.7
秋	7.0	29.7	36.0	25.8	8.5
冬	8.1	9.8	29.9	49.1	11.2

臺中港					
季節	T _p 平均(s)	T _p <6.0s (%)	T _p 6~8s (%)	T _p 8~10s (%)	T _p >10.0s (%)
春	6.1	38.0	55.0	6.8	0.2
夏	5.6	55.6	36.6	6.6	1.3
秋	7.0	20.4	59.8	17.6	2.1
冬	7.1	14.8	61.7	23.0	0.5

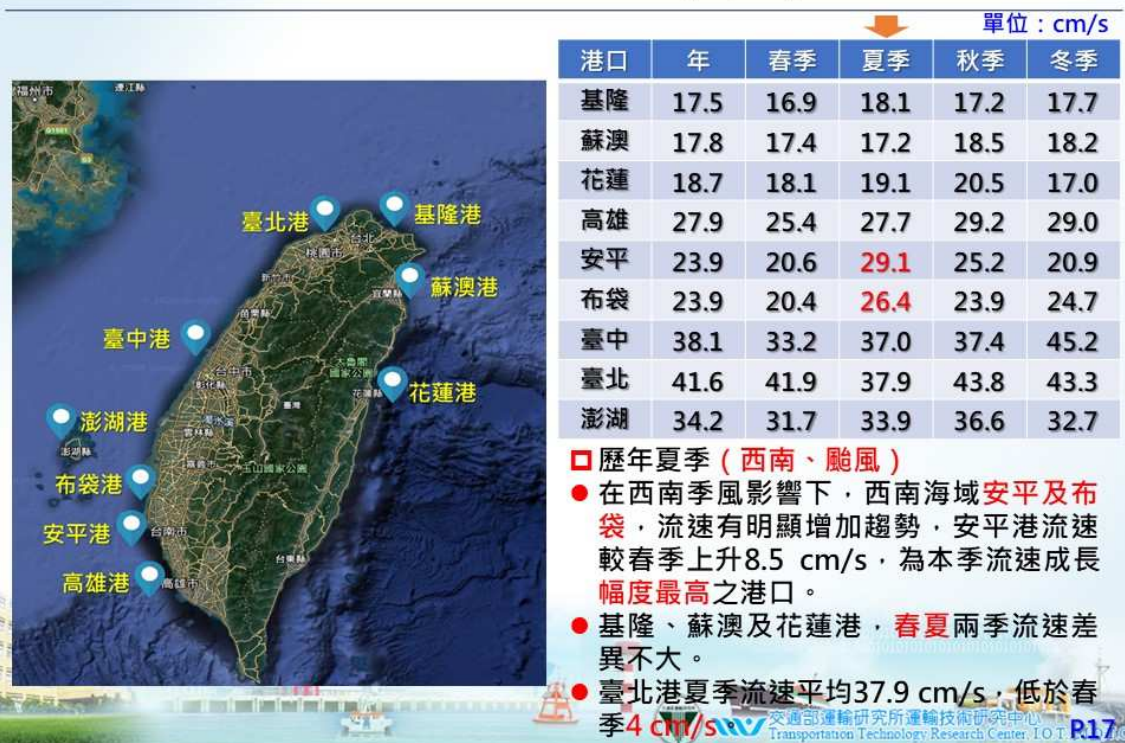
臺北港					
季節	T _p 平均(s)	T _p <6.0s (%)	T _p 6~8s (%)	T _p 8~10s (%)	T _p >10.0s (%)
春	6.2	48.8	37.5	12.6	1.2
夏	5.6	65.8	26.1	6.2	1.8
秋	6.8	35.2	41.7	18.8	4.4
冬	7.0	24.1	50.1	24.1	1.7

澎湖港					
季節	T _p 平均(s)	T _p <6.0s (%)	T _p 6~8s (%)	T _p 8~10s (%)	T _p >10.0s (%)
春	6.6	33.3	49.6	16.4	0.7
夏	6.9	32.6	42.4	17.8	7.2
秋	7.4	17.6	46.7	29.5	6.1
冬	8.2	6.3	33.5	50.6	9.5

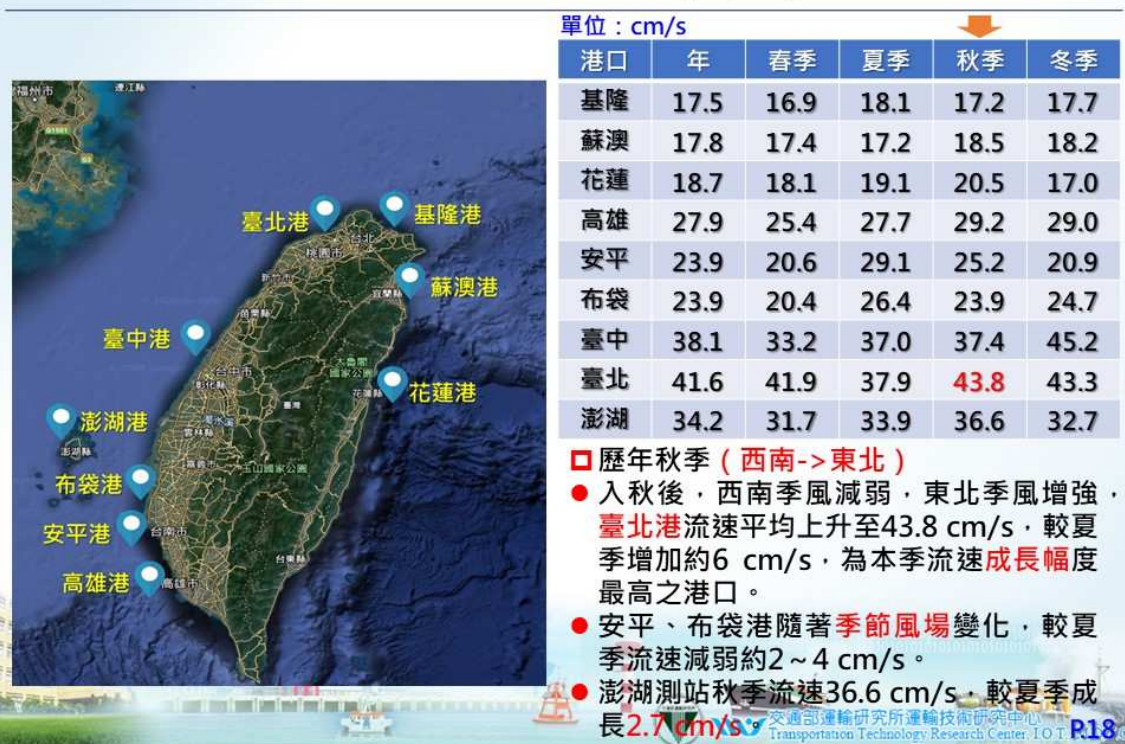
三、歷年海流觀測資料分析(2/8)



三、歷年海流觀測資料分析(3/8)



三、歷年海流觀測資料分析(4/8)



三、歷年海流觀測資料分析(5/8)



三、歷年海流觀測資料分析(6/8)

※流向定義：去向

港口	主流向 (dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
基隆	E/11.7	34.2	16.8	31.4	17.5
蘇澳	N/12.8	29.4	19.2	31.2	20.1
花蓮	SW/11.4	28.8	20.3	36.7	14.1
高雄	S/18.6	7.8	33.0	33.2	26.0
安平	SSE/15.7	6.4	37.3	20.4	35.9
布袋	NNE/24.7	45.3	12.0	36.5	6.2
臺中	N/19	27.1	3.4	30.5	39.1
臺北	WSW/23	45.4	4.9	42.4	7.3
澎湖	E/29.4	48.4	26.3	9.1	16.2

□ 歷年

- 基隆、蘇澳、花蓮、布袋及臺北港，歷年海流運動軌跡，皆於N~E與S~W兩象限間往復流動。
- 其餘各港觀測流向，則因港口所在位置不同，而產生不同特性。



交通部運輸研究所運輸技術研究中心
Transportation Technology Research Center, I.O.T. R20

三、歷年海流觀測資料分析(7/8)

□ 歷年四季

- 基隆港海流運動軌跡主要集中於N~E與S~W兩象限，冬季主流方向為ENE向，夏季主流向為SW向。
- 蘇澳港東北季風期間，秋冬兩季主流方向皆位於SSW向，春季主流方向為N向，佔14.6%，夏季主流方向為NNE向。
- 花蓮港春秋冬三季主流向皆為SW向，夏季主流為ENE向，與其餘三季截然不同，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。
- 高雄港春秋冬三季主流向皆位於S向，夏季流向產生偏折，主流位於NNW向，佔比13.2%。
- 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。

※流向定義：去向

基隆港					
季節	主流向 (dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	E/14.3	34.0	19.5	33.2	13.3
夏	SW/9.4	31.8	15.8	27.5	25.0
秋	SW/12.5	30.5	16.5	34.2	18.8
冬	ENE/17.4	41.3	15.7	31.7	11.2
蘇澳港					
季節	主流向 (dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	N/14.6	30.4	19.1	29.3	21.1
夏	NNE/14.9	37.0	15.4	26.7	21.0
秋	SSW/11.0	26.1	20.6	34.5	18.8
冬	SSW/10.8	23.4	22.1	35.1	19.5
花蓮港					
季節	主流向 (dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	SW/11.4	30.0	20.4	35.7	13.9
夏	ENE/10.6	34.6	21.8	26.2	17.4
秋	SW/13.5	25.4	22.3	41.6	10.7
冬	SW/13.0	25.8	16.8	42.5	14.8
高雄港					
季節	主流向 (dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	S/17.6	9.0	37.1	32.1	21.9
夏	NNW/13.2	11.9	23.5	31.2	33.4
秋	S/21.0	7.0	31.9	34.6	26.5
冬	S/23.1	3.2	40.1	34.8	21.9
安平港					
季節	主流向 (dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	SSE/15.6	9.3	38.7	17.9	34.1
夏	NW/16.6	5.8	31.4	18.1	44.7
秋	NW/15.4	5.3	38.9	19.6	36.1
冬	SSE/18.8	5.2	40.2	25.3	29.3

三、歷年海流觀測資料分析(8/8)

□歷年四季

- **布袋港** 四季流向集中在**N~E**及**S~W**象限，春夏秋季**主流**均位於**NNE**向，**冬季**東北季風期間，流向**產生偏折**，主流向為**S**向。
- **臺中港** 秋冬兩季，臺中港受東北季風影響，在**風力**作用下，**S~W**象限佔比增加，春夏季主流方向皆為**N**向，**秋冬季**海域**流向改變**，主流方向為**WSW**向。
- **臺北港** 四季流向分布集中在**N~E**與**S~W**象限，兩象限佔比加總各季皆**超過8成**。
- **澎湖港** 四季流向統計顯示，**S~W**象限佔比皆**低於10%**，**春秋冬**三季主流向皆位於**E**向，**夏季**流向稍微**偏折**，主流於**ENE**向，佔**28.7%**。

※流向定義：去向

布袋港					
季節	主流向 (dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	NNE/20.9	44.0	12.7	38.0	5.3
夏	NNE/27.2	45.3	6.6	39.3	8.8
秋	NNE/27	46.1	14.1	32.4	7.3
冬	S/23.1	45.5	15.8	36.6	2.1
臺中港					
季節	主流向 (dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	N/20.5	30.1	2.3	24.5	43.1
夏	N/30.3	41.8	6.5	6.7	45.0
秋	WSW/24.1	19.6	2.9	42.1	35.4
冬	WSW/33.4	13.0	0.7	54.7	31.6
臺北港					
季節	主流向 (dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	WSW/24.3	46.7	4.5	43.2	5.6
夏	NE/19.6	46.3	6.2	37.9	9.6
秋	WSW/24.2	44.1	4.5	44.0	7.5
冬	WSW/25	44.3	4.5	44.8	6.4
澎湖港					
季節	主流向 (dir/%)	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	E/28.8	55.1	18.5	8.5	17.8
夏	ENE/28.7	63.0	13.6	8.0	15.3
秋	E/33.9	42.7	31.5	9.8	16.1
冬	E/33.1	36.5	38.3	9.6	15.6

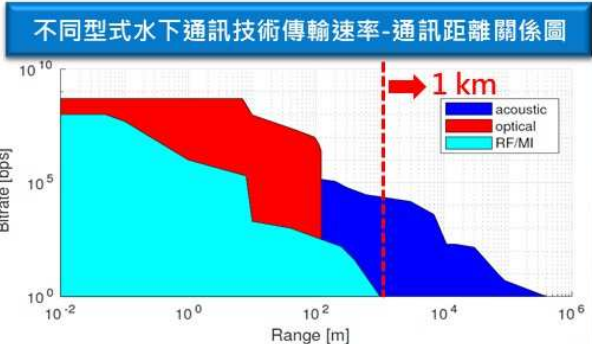
四、水中無線通訊設備海域測試(1/14)

- 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「**無線式底碇波流觀測系統**」，於港區執行長期海象監測。



四、水中無線通訊設備海域測試(2/14)

- 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
 - 操作深度：12~38 m
 - Raw data檔案大小：每半小時回傳1筆25 KB (即0.007 kbps) 觀測數據。

市售水聲通訊數據機比較表

通訊型式	產品	頻帶	傳輸速率	最大傳輸距離	最大操作深度
LF	DiveNET Sealink-S	5-15kHz	0.08kbps	8km	0.4km
	Evologics S2C R 7/17	7-17kHz	6.9kbps	8km	6km
	Sibel MATS 3G 34 KHz	30-39kHz	24.6kbps	5km	6km
MF	Evologics S2CM 18/34 WISE	18-34kHz	13.9kbps	3.5km	2km
	Subnero WNC-M25MPS3	20-32kHz	15kbps	3-5km	2km
	LinkQuest UWM2000	26-44kHz	6.6kbps	1.5km	2km
	Popoto Modem S1000LI	20-40kHz	10.24kbps	4km	2km
HF	Evologics S2C M HS	120-180kHz	62.5kbps	0.3km	2km

- 考量產品線完整度以及系統成熟度，最終選用德國EvoLogics之S2CM 18/34中頻數據機。

四、水中無線通訊設備海域測試(3/14)

現有纜線式觀測系統

- 觀測數據、電力傳輸，媒介為海底傳輸纜線。
- 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，優先由岸端共電系統經傳輸纜線供給，備用電力為附加電池桶供應。

既有底碇式波流觀測系統架構圖



無線式底碇波流觀測系統

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

不銹鋼水中儀器架



四、水中無線通訊設備海域測試(4/14)

※112年室內水槽試驗

- ❑ 數據傳輸過程會歷經待機、喚醒接收端、資訊交握、資料傳輸及復歸回待機狀態數個階段，**喚醒階段**所產生之瞬間電流突波，在整個傳輸過程中佔比不高，所消耗功率對整體**耗電量**影響不大。
- ❑ 數據機於最佳狀況下之傳輸速率，應可滿足現行每半小時1筆(25 KB) **傳輸需求**，隨著通訊距離拉長，因**訊號反射**導致傳輸效果驟減之問題，仍需至實際觀測海域微調系統確認。



四、水中無線通訊設備海域測試(5/14)

※112年室內水槽試驗

- ❑ 水聲傳輸**檔案越大**，傳輸速率就**越快**，伴隨著傳輸失敗的風險也越高，傳輸速率隨著通訊距離增加而產生不穩定狀況。
- ❑ AWAC波流觀測模組運作與數據傳輸同時僅能**擇一執行**，作業重疊時，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。



四、水中無線通訊設備海域測試(6/14)

※113年海域測試

- 112年水槽試驗發現，單筆傳輸檔案越大，可獲得較佳傳輸速率，但如讓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零散傳出，大幅降低數據機傳輸效率。
- 數據機自身無重傳與封包機制，會使資料產生順序錯亂或遺失狀況，導致該次傳輸失敗，因此控制器加入相當重要。
- 依據112年傳輸架構圖，加入控制器，分為離岸水下發射站（Remote端）、近岸水中接收站（Local端）2部分。



四、水中無線通訊設備海域測試(7/14)

- AWAC原始監測數據wpr檔，將分別儲存於AWAC、Remote端控制器及Local端控制器3個位置。
- 為避免原始數據在水中傳輸時，因外部雜訊干擾，造成部分遺失或產生錯誤字元，導致wpr檔解算失敗。
- 於Remote、Local端水下控制器建立一套通訊協議，用於辨別與驗證指令，解決傳輸過程中可能出現之錯誤問題。
- 系統未來需於無人職守情況下，執行使用者所交付之命令，在系統產生異常時，控制器需有能力判別並除錯，因此需驗證控制器邏輯。



四、水中無線通訊設備海域測試(8/14)

-
- The diagram illustrates the system architecture for monitoring AWAC data transmission. A computer (labeled '電腦 (替代AWAC)') acts as the central monitoring unit. It receives data from the '模擬AWAC傳送監測數據' (Simulated AWAC data transmission monitoring data) and sends control signals to the '控制器邏輯驗證架構' (Controller logic verification architecture). The system is divided into two main control paths: '水下控制器 (Remote)' (Underwater controller - Remote) and '水下控制器 (Local)' (Underwater controller - Local). The Remote controller handles tasks such as interacting with AWAC, data packaging and verification, underwater communication management, and local backup. The Local controller handles tasks such as interacting with the PC, data packaging, underwater communication management, AWAC parameter updates, Remote status control, and data backup. The system also monitors for '1. 隨機字元錯誤' (Random character errors) and '2. 0 ~ 20 秒隨機傳遞延遲' (0 ~ 20 second random transmission delay).
- The screenshot shows the 'AWAC數據傳輸監控系統' (AWAC data transmission monitoring system) interface. It displays three main data panels: 'Remote端' (Remote end), 'PC端(原始資料)' (PC end (original data)), and 'Local端' (Local end). Each panel shows a list of data points, including time, depth, and other parameters. The interface also includes a '系統狀態' (System status) section on the right, showing various system parameters and a '系統配置' (System configuration) section at the bottom.



四、水中無線通訊設備海域測試(9/14)

- 113年海域實測控制箱**

 - Remote、Local端控制箱內含控制器、通訊轉換器及電源設備等，控制箱置於**不銹鋼筒**內。
 - 不銹鋼筒直徑0.6 m、搭載數據機後總高為1 m，總重約210公斤。
 - Remote端含AWAC儀器，外部數據機、AWAC，透過水密接頭，與內部控制箱**連結溝通**。

水下控制箱(遙遠端配置)

 - AWAC
 - RS422-232 轉換器
 - 24V 電源電路
 - 遙控電壓控制
 - 水下控制箱 (Remote)
 - AWAC儀器及外部數據機
 - 水下通訊電纜
 - 資料傳輸

水下控制箱(本岸端配置)

 - 本岸控制箱
 - 水下控制箱 (Local)
 - AWAC儀器及外部數據機
 - 水下通訊電纜
 - 資料傳輸
 - 24V 電源電路
 - 遙控電壓控制

控制箱與不銹鋼筒整合

1 m

0.6 m

AWAC

控制箱

電力系統

Remote端

Local端

數據機

電力系統

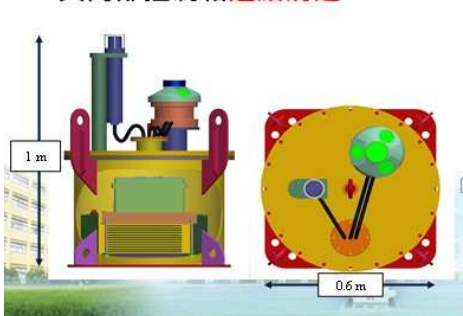
遙控電壓控制

RS422-232 通訊轉換器

水下控制箱

AWAC儀器及外部數據機

水下通訊電纜

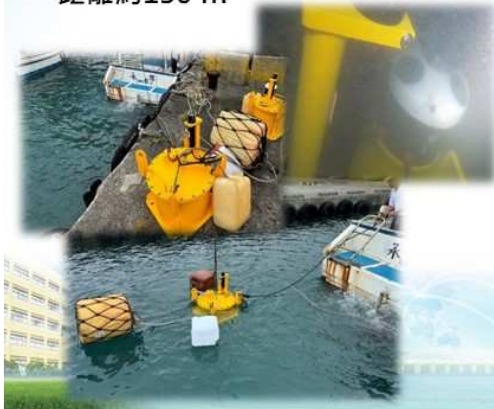


四、水中無線通訊設備海域測試(10/14)

■ 海域實測

① 2024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 2024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。



113年海域實測位置



交通部運輸研究所運輸技術研究中心 Transportation Technology Research Center IOT R32

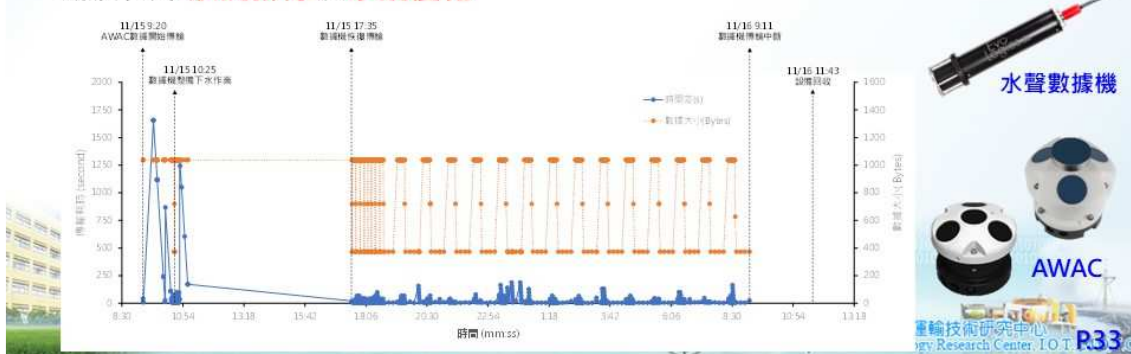
四、水中無線通訊設備海域測試(11/14)

■ Remote、Local端於11月15日 8:20開機，9:20 AWAC數據傳輸，10:25不銹鋼箱體入水，16日上午設備移至和平島東南方海域，11:43設備回收。

■ 11月15日9:20~10:25設備尚未入水，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。

■ 可同時執行**海象監測**及**數據傳輸**(多工處理)。

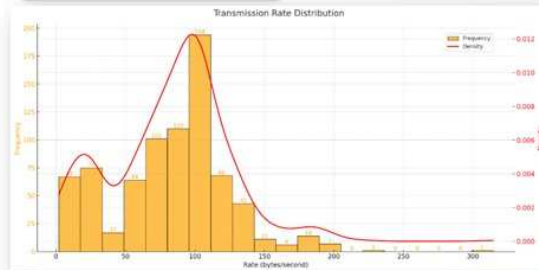
■ Remote、Local端供電正常，通訊產生異常(**位置不佳、聲噪或反射等**)，分析控制器紀錄檔後，仍無法確切釐清異常原因，114年**即時系統**上線，有助於異常**狀況排除**及**系統優化**。



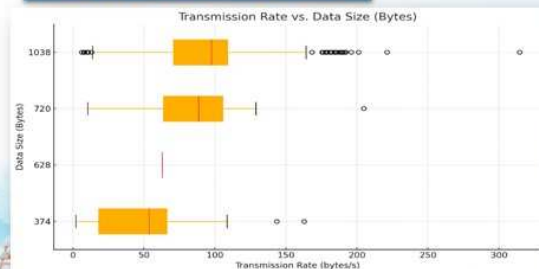
四、水中無線通訊設備海域測試(14/14)

- 與112年最大差異，113年加入控制器，將AWAC wpr檔**拆分**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。
- 112年測試結論「水聲傳輸檔案越大，傳輸速率就越快」，為**驗證**海測是否**具有此特性**，將傳輸速率依數據封包大小拆分，以盒鬚圖統計。
- 海測期間主要產生4種數據長度(1038、720、628及374 Byte)，發現傳輸速率隨著檔案大小增加而上升，與112年室內試驗**結果一致**。

傳輸速率分布直方圖



不同封包大小傳輸速率盒鬚圖



五、結論與建議(1/4)

※ 結論

□ 歷年波浪觀測資料分析

- **全觀測期**，布袋港0.49 m最小，週期平均7s，波向主要來自W～N象限，佔58.4%，**臺中港**1.45 m最大，63.9%波向位於N～E象限，週期平均6.4s。
- **春季**，高雄港、安平港、布袋港及澎湖港波高皆**小於1 m**，以布袋港**0.49 m**最小，週期平均6.4s，波浪59.3%來自W～N象限，**臺中港**1.24 m最大，N～E象限佔74.9%，週期平均6.1s。
- **夏季**，受西南季風及颱風影響，高雄及安平港波高較春季增加約**0.3～0.4 m**，基隆港波高平均0.45 m為**各港最低**，週期平均6.9s，92.2%波浪來自N～E象限，蘇澳港波高1.09 m為**夏季最大**，週期平均7.9s，波浪65.3%位於E～S象限。
- **秋季**，東北季風**增強並趨於穩定**，布袋港**0.48 m**為各港最小，週期平均7s，波向78%位於W～N象限，**臺中港**因受東北季風影響，波高平均**1.76 m**為各港最大，週期平均7s，波向81.5%位於N～E象限。
- **冬季**，臺中港區受強烈**東北季風**影響，波高平均上升至**2.12 m**，為各港最大，波高較夏季增幅1.31 m，週期平均7.1s，87%波浪來自N～E象限，本季中波高最低之港口為**安平港**，0.54 m。

五、結論與建議(2/4)

※ 結論

□ 歷年海流觀測資料分析

- **全觀測期**，基隆港、蘇澳港、花蓮港、安平港及布袋港，流速平均**低於半節**，**臺北港**流速 41.6 cm/s，為9港最高，海流主要於N~E與S~W兩象限間**往復流動**。
- **春季**，東北季風減弱後，西南季風逐漸增強，**蘇澳及花蓮港**流速平均皆低於半節，臺北港流速**41.9 cm/s**，高於各港，流向集中在N~E與S~W象限，兩象限佔比加總**超過8成**。
- **夏季**，在**西南季風**影響下，安平及布袋港流速相較於春季，有**明顯上升**之趨勢，本季流速**成長幅度**最高之港口為**安平港**，比春季上升8.5 cm/s，海流主要在E~S及W~N象限週期性往復流動。
- **秋季**，臺北港流速平均上升至**43.8 cm/s**，較**夏季**增加約6 cm/s，為流速**成長幅度**最高之港口，**澎湖測站**流速36.6 cm/s，較夏季成長2.7 cm/s。
- **冬季**，隨著東北季風**增強**，臺中港流速平均達到45.2 cm/s，較夏季增加**1.2倍**，流速增幅明顯，在東北季風影響下，S~W象限**佔比**上升至54.7%。

五、結論與建議(3/4)

※ 結論

□ 水中無線通訊設備海域測試

- 依據112年室內試驗成果，於無線傳輸系統中增加**控制器**，來優化傳輸效率，結果顯示控制器可處理傳輸過程所產生之**延遲與字元錯誤**。
- 海測平均速率為**83.02 bytes/s**，約需**270 s**可完成AWAC每半小時傳輸量，未來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。
- 傳輸速率分析顯示，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年室內水槽試驗**一致**。
- 本年度成功於實海域完成100 m以上橫向傳輸，114年將延長Remote、Local端**通訊距離**，分析水聲通訊隨著距離增加、底床及水深改變後之**傳輸特性**。

五、結論與建議(4/4)

※ 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**。
- 本年度水中無線通訊系統不銹鋼密封箱體可用於**短期**水中觀測，但以**長期性**外海觀測作業而言，仍需與本所現行不銹鋼儀器架進行**融合改裝**，避免颱風期間水體劇烈變動，而產生傾斜或位移，**影響觀測**作業執行。

簡報完畢

敬請指教



