

113-020-7D59  
MOTC-IOT-112-H2CA001c

# 商港波浪觀測及統計分析



交通部運輸研究所

中華民國 113 年 3 月

113-020-7D59  
MOTC-IOT-112-H2CA001c

# 商港波浪觀測及統計分析

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 113 年 3 月

113

商港波浪觀測及統計分析

交通部運輸研究所

GPN: 1011300230

定價 400 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

商港波浪觀測及統計分析 / 李俊穎, 羅冠顯,  
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  
113.03

面 ; 公分

ISBN 978-986-531-572-6(平裝)

1. CST: 海洋氣象 2. CST: 波動 3. CST: 數值  
分析

444.94

113001489

商港波浪觀測及統計分析

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](http://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 113 年 3 月

印 刷 者：綠凌興業社

版(刷)次冊數：初版一刷 47 冊

本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：1011300230 ISBN：978-986-531-572-6 (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：商港波浪觀測及統計分析			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-572-6 (平裝)	政府出版品統一編號 1011300230	運輸研究所出版品編號 113-020-7D59	計畫編號 112-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 112 年 1 月 至 112 年 12 月
關鍵詞：資料統計分析、水下無線通訊技術、靜穩度分析			
<p>摘要：</p> <p>本計畫 112 年度主要工作為本所臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港及臺中港等 8 個港區波流觀測站維護保養與歷年觀測資料統計分析，以及水下無線通訊技術應用於底碇式波流觀測系統可行性評估、高雄港港內靜穩度分析等加值應用。</p> <p>各港歷年波浪觀測統計資料顯示，全觀測期波高平均布袋港 0.51 m 最小，週期以 6~8 s 為主、W~N 象限波向佔 56%，臺中港 1.5 m 為各港最大，64.5%位於 N~E 象限、週期近 5 成落於 6~8 s。春季期間高雄港、安平港及布袋港波高平均皆小於 1 m，布袋港 0.37 m 為 8 港中最小，整季波向 60.4%落於 W~N 象限，臺中港 1.2 m 最大，N~E 象限佔 74.5%；夏季時，臺灣受西南季風及颱風影響，高雄及安平港波高平均較春季增加約 0.3~0.4 m，基隆港波高平均 0.42 m 為 8 港最低，週期 8 s 以下佔 74.8%，蘇澳港波高平均 1.08 m 為此季節最大，週期 38.8%於 6~8 s 間。進入秋季，東北季風增強並趨於穩定，布袋港 0.56 m 為各港中最小，主要波向 78.5%於 W~N 象限，臺中港因受東北季風影響，波高平均 1.8 m 為各港最大，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 2.1 m，為本計畫最大，N~E 象限佔 86.7%、波浪週期 57.9%位於 6~8 s，相較於夏季，波高增加約 1.3 m。</p> <p>水下無線通訊技術應用於底碇式波流觀測系統可行性評估，無線式底碇波流觀測系統於喚醒階段所需時間，很大程度影響數據機傳輸效率，數據機耗電測試中，數據機傳輸平均功率最高為 53.29 W，符合原廠所提供 55 W 耗電規格，大型斷面水槽水中通訊測試顯示，數據機於最佳狀況下傳輸速率，應可滿足目前每半小時 1 筆觀測數據需求，伴隨著通訊距離拉長，訊號反射影響傳輸效率問題，仍需至實際觀測海域進一步微調系統確認。</p> <p>高雄港港內靜穩度分析結果顯示，112 年 6 月 1 日 0 時至 112 年 6 月 2 日 12 時，因受瑪娃颱風外圍環流影響，港內外波高偏大，而在 112 年 6 月 2 日 13 時至 112 年 6 月 10 日 23 時，港外波高約在 0.6~1.2 m，各港內靜穩度測站波高均小於 0.2 m，造成此現象可能原因係 112 年 6 月 1 日 0 時至 112 年 6 月 2 日 12 時，外海主要風（波）向為北北西，高雄港二港口外海離岸防波堤無法有效遮蔽，茲造成港內波高偏大，導致發生不靜穩現象。卡努颱風期間，港外最大波高達 3.93m，港內靜穩度測站波高小於 0.5 m，研判係因卡努颱風外圍環流所形成主要風（波）向為西北，外海離岸防波堤能有效阻絕波浪入射，因此港內仍處於相對靜穩狀態。</p> <p>本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。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
113 年 3 月	270	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: Wave observation and data statistical analysis in Taiwan Commercial Port			
ISBN(OR ISSN) 978-986-531-572-6 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1011300230	IOT SERIAL NUMBER 113-020-7D59	PROJECT NUMBER 112-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 2023 to December 2023
KEY WORDS: Statistical Analysis Of Observation Data, Underwater Wireless Communication Technology, Static Stability Analysis			
ABSTRACT: <p>The main work in 2023 includes maintenance and statistical analysis of observation data over the years at eight commercial ports marine observation stations including Taipei Port, Keelung Port, Suao Port, Hualien Port, Kaohsiung Port, Anping Port, Budai Port and Taichung Port, underwater wireless communication technology applied to feasibility assessment of the AWAC real-time observation system, and the static stability analysis of Kaohsiung Port.</p> <p>The historical wave statistical data of eight commercial ports shows that Budai Port has the smallest Hs is 0.51 m during the observation period, the wave period is mainly between 6-8 s, and the wave direction in the W-N is 56%. The maximum Hs in Taichung Port is 1.5 m, 64.5% of the wave directions are located in N-E quadrant, and nearly 50% of the wave period is 6-8 s. During the spring, the Hs of Kaohsiung Port, Anping Port and Budai Port are all less than 1 m. The Hs of Budai Port is 0.37 m, which is the smallest among the eight commercial ports, 60.4% of the wave directions in the whole season in W-N quadrant. Taichung Port has a Hs of 1.2 m, which is the highest among the 8 ports, the ratio in N-E quadrant is 74.5%. In summer, Taiwan is affected by the summer monsoon and typhoon. The Hs in Kaohsiung and Anping Ports are about 0.3 - 0.4 m higher than spring. The Hs of Keelung Port is 0.42 m, which is the lowest among the eight commercial ports, and the wave period is less than 8 s, accounting for 74.8%. The Hs of Suao Port is 1.08 m, which is the highest in the season, and the wave period is 38.8% between 6-8 s. In autumn, the winter monsoon strengthens and becomes stable. Budai Port has the smallest Hs of 0.56 m among all ports, and 78.5% of the main wave directions are in W-N quadrant. Due to the influence of winter monsoon, Taichung Port has a Hs of 1.8 m, which is the largest among all ports, and 81.5% of the wave directions are in N-E quadrant. In winter, Taichung Port is affected by the strong winter monsoon, and the Hs increases to 2.1 m. The wave direction N-E quadrant accounts for 86.7%, and the wave period is 57.9% at 6-8 s, which is the largest in this project. The Hs increases by about 1.3 m compared with summer.</p> <p>Feasibility assessment of applying underwater wireless communication technology to AWAC real-time monitoring system, The time required for the wireless AWAC real-time monitoring system in the wake-up phase greatly affects the transmission efficiency of the modem. In the modem power consumption test, the average transmission power of the modem was up to 53.29 W, which was in line with the original equipment specification of 55 W power consumption. The large cross-section tank water communication test shows that the transmission rate of the modem under optimal conditions should be able to meet the current demand for observation data transmission every half hour. As the communication distance is lengthened, the problem of signal reflection affecting transmission efficiency still needs to be confirmed by further fine-tuning the system in actual observation areas.</p> <p>The results of the static stability analysis in Kaohsiung Port show that from 2023/6/1 00:00-2023/6/2 12:00, due to the influence of the outer circulation of Typhoon Mawar, the Hs in both the inner and outer ports were relatively large. However, from 2023/6/2 13:00-2023/6/10 23:00, the Hs outside the port is about 0.6-1.2 m, and the Hs at each static stability monitoring station in the port is less than 0.2 m. The possible reason for this phenomenon is that from 2023/6/1 00:00-2023/6/2 12:00, the main wind (wave) direction in the open sea is NNW, and the offshore embankment of cannot effectively shield the port, causing the internal Hs too high, causing instability in the port. During Typhoon Khanun, the maximum Hs outside the port was 3.93m, and the static stability measuring station inside the port was less than 0.5 m. It is estimated that the main wind (wave) direction formed by the outer circulation of Typhoon Khanun is NW. The offshore embankment can effectively block the waves, so the port is still in a relatively stable state.</p> <p>The long-term ocean observation data and application results of commercial ports in 2023 can provide Maritime Port Bureau, MOTC, Taiwan International Ports Coporation, 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.</p>			
DATE OF PUBLICATION March 2024	NUMBER OF PAGES 270	PRICE 400	
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

# 商港波浪觀測及統計分析

## 目 錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
目錄 .....	III
圖目錄 .....	V
表目錄 .....	XII
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 商港海象觀測系統建置、儀器說明、維護保養及資料分析 .....	2-1
2.1 海象觀測系統建置 .....	2-1
2.2 海象觀測儀器簡介 .....	2-7
2.3 儀器維護與系統保養 .....	2-18
第三章 商港波浪觀測資料分析 .....	3-1
3.1 111 年觀測資料檢核 .....	3-1
3.2 歷年波浪觀測資料分析 .....	3-73
3.2.1 波高分析 .....	3-74
3.2.2 週期分析 .....	3-86
3.2.3 波向分析 .....	3-94
第四章 水下無線通訊技術應用於底碇式波流觀測系統可行性評估 .....	4-1
4.1 水下通訊技術種類及數據機選擇 .....	4-1
4.2 既有底碇式波流觀測系統調整 .....	4-8
4.3 水聲通訊數據機耗電量測試 .....	4-11
4.4 大型試驗水槽水中通訊測試 .....	4-14
第五章 港內靜穩度資料分析—以高雄港為例 .....	5-1

5.1 港內靜穩度測站介紹.....	5-1
5.2 港內靜穩度資料檢核.....	5-6
5.3 港內靜穩度觀測資料分析.....	5-11
5.3.1 港內靜穩度觀測資料蒐集率.....	5-11
5.3.2 觀測資料統計分析.....	5-12
5.3.3 觀測資料靜穩度分析.....	5-14
<b>第六章 結論與建議.....</b>	<b>6-1</b>
6.1 結論.....	6-1
6.2 建議.....	6-3
6.3 成果效益及後續應用情形.....	6-4
<b>參考文獻.....</b>	<b>參-1</b>
<b>附錄一 第 1 次工作會議.....</b>	<b>附 1-1</b>
<b>附錄二 第 2 次工作會議.....</b>	<b>附 2-1</b>
<b>附錄三 第 3 次工作會議.....</b>	<b>附 3-1</b>
<b>附錄四 專家學者座談會議.....</b>	<b>附 4-1</b>
<b>附錄五 期末審查意見及辦理情形說明表.....</b>	<b>附 5-1</b>
<b>附錄六 期末報告簡報資料.....</b>	<b>附 6-1</b>

## 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.....	2-2
圖 2.3 蘇澳港海象觀測站安裝位置圖.....	2-2
圖 2.4 花蓮港海象觀測站安裝位置圖.....	2-3
圖 2.5 高雄港海象觀測站安裝位置圖.....	2-4
圖 2.6 安平港海象觀測站安裝位置圖.....	2-5
圖 2.7 布袋港海象觀測站安裝位置圖.....	2-5
圖 2.8 臺中港海象觀測站安裝位置圖.....	2-6
圖 2.9 臺北港海象觀測站安裝位置圖.....	2-6
圖 2.10 底碇式 AWAC 量測原理及儀器型號示意圖.....	2-7
圖 2.11 AWAC 聲波訊號傳輸示意圖.....	2-8
圖 2.12 AWAC 波浪運動示意圖.....	2-9
圖 2.13 AWAC 音鼓量測波浪變化示意圖.....	2-9
圖 2.14 底碇式波流觀測系統資料傳輸原理示意圖.....	2-10
圖 2.15 海氣象資料浮標實體外觀.....	2-11
圖 2.16 資料浮標水下流速儀實景.....	2-12
圖 2.17 資料浮標水下流速儀位置.....	2-12
圖 2.18 資料浮標組成示意圖.....	2-13
圖 2.19 資料浮標防碰墊組裝示意圖.....	2-13
圖 2.20 港內靜穩度觀測系統架構示意圖.....	2-14
圖 2.21 壓力式波高計規格說明.....	2-15
圖 2.22 資料記錄器及 4G 數據機傳輸模組圖.....	2-16
圖 2.23 太陽能板 (160W).....	2-16
圖 2.24 蓄電瓶.....	2-17
圖 2.25 儀器箱示意圖.....	2-17
圖 2.26 壓力計端不鏽鋼管切割實體及壓力計.....	2-18

圖 2.27 壓力計架設及防碰撞不鏽鋼管爬梯.....	2-18
圖 2.28 底碇式 AWAC 波流觀測系統維護 .....	2-20
圖 2.29 資料浮標系統維護.....	2-21
圖 3.1 基隆港及鄰近波浪觀測站位置示意圖.....	3-4
圖 3.2 蘇澳港及鄰近波浪觀測站位置示意圖.....	3-5
圖 3.3 花蓮港及鄰近波浪觀測站位置示意圖.....	3-5
圖 3.4 高雄港及鄰近波浪觀測站位置示意圖.....	3-6
圖 3.5 安平港及鄰近波浪觀測站位置示意圖.....	3-6
圖 3.6 布袋港及鄰近波浪觀測站位置示意圖.....	3-7
圖 3.7 臺中港及鄰近波浪觀測站位置示意圖.....	3-7
圖 3.8 臺北港及鄰近波浪觀測站位置示意圖.....	3-8
圖 3.9 基隆港主要觀測站 X 與測站 E 觀測波高比較圖 .....	3-9
圖 3.10 基隆港主要觀測站 X 與測站 E 觀測週期比較圖 .....	3-10
圖 3.11 基隆港主要觀測站 X 與測站 E 觀測波向比較圖 .....	3-11
圖 3.12 基隆港主要觀測站 X 與測站 Y 觀測波高比較圖 .....	3-12
圖 3.13 基隆港主要觀測站 X 與測站 Y 觀測週期比較圖 .....	3-13
圖 3.14 基隆港主要觀測站 X 與測站 Y 觀測波向比較圖 .....	3-14
圖 3.15 基隆港主要觀測站 X 與測站 R 觀測波高比較圖 .....	3-15
圖 3.16 基隆港主要觀測站 X 與測站 R 觀測週期比較圖 .....	3-16
圖 3.17 基隆港主要觀測站 X 與測站 R 觀測波向比較圖 .....	3-17
圖 3.18 蘇澳港主要觀測站 X 與測站 E 觀測波高比較圖 .....	3-18
圖 3.19 蘇澳港主要觀測站 X 與測站 E 觀測週期比較圖 .....	3-19
圖 3.20 蘇澳港主要觀測站 X 與測站 E 觀測波向比較圖 .....	3-20
圖 3.21 蘇澳港主要觀測站 X 與測站 Y 觀測波高比較圖 .....	3-21
圖 3.22 蘇澳港主要觀測站 X 與測站 Y 觀測週期比較圖 .....	3-22
圖 3.23 蘇澳港主要觀測站 X 與測站 Y 觀測波向比較圖 .....	3-23
圖 3.24 花蓮港主要觀測站 X 與測站 E 觀測波高比較圖 .....	3-24
圖 3.25 花蓮港主要觀測站 X 與測站 E 觀測週期比較圖 .....	3-25
圖 3.26 花蓮港主要觀測站 X 與測站 E 觀測波向比較圖 .....	3-26

圖 3.27	花蓮港主要觀測站 X 與測站 Y 觀測波高比較圖 .....	3-27
圖 3.28	花蓮港主要觀測站 X 與測站 Y 觀測週期比較圖 .....	3-28
圖 3.29	花蓮港主要觀測站 X 與測站 Y 觀測波向比較圖 .....	3-29
圖 3.30	高雄港主要觀測站 X 與測站 E 觀測波高比較圖 .....	3-30
圖 3.31	高雄港主要觀測站 X 與測站 E 觀測週期比較圖 .....	3-31
圖 3.32	高雄港主要觀測站 X 與測站 E 觀測波向比較圖 .....	3-32
圖 3.33	高雄港主要觀測站 X 與測站 F 觀測波高比較圖 .....	3-33
圖 3.34	高雄港主要觀測站 X 與測站 F 觀測週期比較圖 .....	3-34
圖 3.35	高雄港主要觀測站 X 與測站 F 觀測波向比較圖 .....	3-35
圖 3.36	高雄港主要觀測站 X 與測站 Z 觀測波高比較圖 .....	3-36
圖 3.37	高雄港主要觀測站 X 與測站 Z 觀測週期比較圖 .....	3-37
圖 3.38	高雄港主要觀測站 X 與測站 Z 觀測波向比較圖 .....	3-38
圖 3.39	安平港主要觀測站 X 與測站 E 觀測波高比較圖 .....	3-39
圖 3.40	安平港主要觀測站 X 與測站 E 觀測週期比較圖 .....	3-40
圖 3.41	安平港主要觀測站 X 與測站 E 觀測波向比較圖 .....	3-41
圖 3.42	安平港主要觀測站 X 與測站 Y 觀測波高比較圖 .....	3-42
圖 3.43	安平港主要觀測站 X 與測站 Y 觀測週期比較圖 .....	3-43
圖 3.44	安平港主要觀測站 X 與測站 Y 觀測波向比較圖 .....	3-44
圖 3.45	布袋港主要觀測站 C 與測站 X 觀測波高比較圖 .....	3-45
圖 3.46	布袋港主要觀測站 C 與測站 X 觀測週期比較圖 .....	3-46
圖 3.47	布袋港主要觀測站 C 與測站 X 觀測波向比較圖 .....	3-47
圖 3.48	臺中港主要觀測站 X 與測站 E 觀測波高比較圖 .....	3-48
圖 3.49	臺中港主要觀測站 X 與測站 E 觀測週期比較圖 .....	3-49
圖 3.50	臺中港主要觀測站 X 與測站 E 觀測波向比較圖 .....	3-50
圖 3.51	臺中港主要觀測站 X 與測站 V 觀測波高比較圖 .....	3-51
圖 3.52	臺中港主要觀測站 X 與測站 V 觀測週期比較圖 .....	3-52
圖 3.53	臺中港主要觀測站 X 與測站 V 觀測波向比較圖 .....	3-53
圖 3.54	臺北港主要觀測站 X 與測站 E 觀測波高比較圖 .....	3-54
圖 3.55	臺北港主要觀測站 X 與測站 E 觀測週期比較圖 .....	3-55

圖 3.56	臺北港主要觀測站 X 與測站 E 觀測波向比較圖 .....	3-56
圖 3.57	基隆港主要觀測站 X 與測站 E 波高相關圖 .....	3-57
圖 3.58	基隆港主要觀測站 X 與測站 Y 波高相關圖 .....	3-58
圖 3.59	基隆港主要觀測站 X 與測站 R 波高相關圖 .....	3-59
圖 3.60	蘇澳港主要觀測站 X 與測站 E 波高相關圖 .....	3-60
圖 3.61	蘇澳港主要觀測站 X 與測站 Y 波高相關圖 .....	3-61
圖 3.62	花蓮港主要觀測站 X 與測站 E 波高相關圖 .....	3-62
圖 3.63	花蓮港主要觀測站 X 與測站 Y 波高相關圖 .....	3-63
圖 3.64	高雄港主要觀測站 X 與測站 E 波高相關圖 .....	3-64
圖 3.65	高雄港主要觀測站 X 與測站 F 波高相關圖 .....	3-65
圖 3.66	高雄港主要觀測站 X 與測站 Z 波高相關圖 .....	3-66
圖 3.67	安平港主要觀測站 X 與測站 E 波高相關圖 .....	3-67
圖 3.68	安平港主要觀測站 X 與測站 Y 波高相關圖 .....	3-68
圖 3.69	布袋港主要觀測站 C 與測站 X 波高相關圖 .....	3-69
圖 3.70	臺中港主要觀測站 X 與測站 E 波高相關圖 .....	3-70
圖 3.71	臺中港主要觀測站 X 與測站 V 波高相關圖 .....	3-71
圖 3.72	臺北港主要觀測站 X 與測站 E 波高相關圖 .....	3-72
圖 3.73	基隆港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖 .....	3-80
圖 3.74	蘇澳港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖 .....	3-80
圖 3.75	花蓮港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖 .....	3-81
圖 3.76	高雄港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖 .....	3-81
圖 3.77	安平港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖 .....	3-82
圖 3.78	布袋港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖 .....	3-82
圖 3.79	臺中港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖 .....	3-83
圖 3.80	臺北港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖 .....	3-83
圖 3.81	歷年春季各港波高分布圖 .....	3-84
圖 3.82	歷年夏季各港波高分布圖 .....	3-84
圖 3.83	歷年秋季各港波高分布圖 .....	3-85
圖 3.84	歷年冬季各港波高分布圖 .....	3-85

圖 3.85 歷年全觀測期各港波高分布圖.....	3-86
圖 3.86 基隆港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖.....	3-90
圖 3.87 蘇澳港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖.....	3-90
圖 3.88 花蓮港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖.....	3-91
圖 3.89 高雄港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖.....	3-91
圖 3.90 安平港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖.....	3-92
圖 3.91 布袋港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖.....	3-92
圖 3.92 臺中港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖.....	3-93
圖 3.93 臺北港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖.....	3-93
圖 3.94 基隆港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖.....	3-99
圖 3.95 蘇澳港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖.....	3-99
圖 3.96 花蓮港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖.....	3-100
圖 3.97 高雄港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖.....	3-100
圖 3.98 安平港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖.....	3-101
圖 3.99 布袋港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖.....	3-101
圖 3.100 臺中港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖.....	3-102
圖 3.101 臺北港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖.....	3-102
圖 4.1 底拖網作業示意圖.....	4-1
圖 4.2 海底傳輸纜線斷裂圖.....	4-2
圖 4.3 不同型式水下通訊技術傳輸速率-通訊距離關係圖.....	4-7
圖 4.4 EvoLogics 系列產品傳輸速率及通訊距離參考示意.....	4-8
圖 4.5 EvoLogics S2CM 18/34 訊號增益圖.....	4-8
圖 4.6 底碇式波流觀測系統資料傳輸原理示意圖.....	4-9
圖 4.7 岸上資料擷取傳輸設備.....	4-9
圖 4.8 底碇式觀測系統指令暨資料傳輸示意.....	4-10
圖 4.9 水聲通訊數據機與 AWAC 整合測試.....	4-11
圖 4.10 數據機傳輸模式耗電量測試配置圖.....	4-12
圖 4.11 數據機於不同傳輸強度(分貝)電流/功率圖.....	4-13
圖 4.12 數據機資料傳輸過程與對應電流波型.....	4-14

圖 4.13	成大水工所大型斷面水槽.....	4-15
圖 4.14	無線式底碇波流觀測系統於大型斷面水槽測試配置 .....	4-16
圖 4.15	水槽測試反射訊號（或路徑）統計.....	4-21
圖 4.16	水下傳輸直線傳播路徑與反射路徑示意圖.....	4-22
圖 4.17	無線式底碇波流觀測系統架構圖.....	4-22
圖 5.1	花蓮港港內靜穩度測站位置示意圖.....	5-2
圖 5.2	蘇澳港港內靜穩度測站位置示意圖.....	5-2
圖 5.3	基隆港港內靜穩度測站位置示意圖.....	5-3
圖 5.4	臺北港港內靜穩度測站位置示意圖.....	5-3
圖 5.5	臺中港港內靜穩度測站位置示意圖.....	5-4
圖 5.6	布袋港港內靜穩度測站位置示意圖.....	5-4
圖 5.7	高雄港(一港口)港內靜穩度測站位置示意圖.....	5-5
圖 5.8	高雄港(洲際二期)港內靜穩度測站位置示意圖.....	5-5
圖 5.9	AWAC 布放位置示意圖.....	5-6
圖 5.10	港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之波高時序列圖 .....	5-7
圖 5.11	港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之週期時序列圖 .....	5-7
圖 5.12	港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之波高散佈圖 .....	5-8
圖 5.13	港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之週期散佈圖 .....	5-8
圖 5.14	港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之波高時序列圖 .....	5-9
圖 5.15	港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之週期時序列圖 .....	5-10
圖 5.16	港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之波高散佈圖 .....	5-10
圖 5.17	港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之週期散佈圖 .....	5-11
圖 5.18	高雄港二港口(含洲際二期)各海氣象觀測站位置示意圖.....	5-16
圖 5.19	高雄港二港口北防波堤風力之時序列圖(觀測時間：112 年 6 月).....	5-17
圖 5.20	高雄港二港口北防波堤風力之時序列圖(觀測時間：112 年 7 月).....	5-17
圖 5.21	高雄港二港口北防波堤風力之時序列圖(觀測時間：112 年 8 月).....	5-17
圖 5.22	高雄港二港口風力及波高之時序列圖(觀測時間：112 年 6 月) .....	5-18

圖 5.23 高雄港二港口風力及波高之時序列圖(觀測時間：112 年 7 月)	5-18
圖 5.24 高雄港二港口風力及波高之時序列圖(觀測時間：112 年 8 月)	5-18
圖 5.25 112 年瑪娃颱風颱風路徑圖	5-19
圖 5.26 112 年杜蘇芮颱風颱風路徑圖	5-19
圖 5.27 112 年卡努颱風颱風路徑圖	5-20
圖 5.28 高雄港二港口外海 AWAC 及各港內靜穩度測站之波高時序列圖(觀測時間 112 年 6 月 1 日 0 時至 6 月 10 日 23 時)	5-20
圖 5.29 高雄港二港口外海 AWAC 及各港內靜穩度測站之波高時序列圖(觀測時間 112 年 8 月 1 日 0 時至 8 月 10 日 23 時)	5-21



## 表目錄

表 2-1 不同型號 AWAC 波流儀特性比較表 .....	2-8
表 3-1 111 年各站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 .....	3-73
表 3-3 歷年各站分季波高分布統計表 .....	3-78
表 3-3 歷年各站分季波高分布統計表 (續) .....	3-79
表 3-4 歷年各站分季波浪週期分布統計表 .....	3-88
表 3-4 歷年各站分季波浪週期分布統計表 (續) .....	3-89
表 3-5 歷年各站分季波向分布統計表 .....	3-97
表 3-5 歷年各站分季波向分布統計表 (續) .....	3-98
表 4-1 水下射頻通訊數據機產品比較表 .....	4-4
表 4-2 水下磁感應通訊數據機產品比較表 .....	4-4
表 4-3 水下光通訊數據機產品比較表 .....	4-5
表 4-4 水聲通訊數據機產品比較 .....	4-5
表 4-4 水聲通訊數據機產品比較表 (續) .....	4-6
表 4-5 市售水聲通訊數據機比較表 .....	4-7
表 4-6 EvoLogics S2CM 18/34 電力參數資料表 .....	4-12
表 4-7 數據機於不同傳輸強度 (分貝) 下耗電資訊表 .....	4-13
表 4-8 傳輸固定大小檔案所需時間 (sec) .....	4-19
表 4-9 傳輸固定大小檔案所需速率 (Byte/sec) .....	4-20
表 5-1 各主要商港港內靜穩測站位置說明 .....	5-1
表 5-2 各測站之逐月觀測資料蒐集率統計表 .....	5-12
表 5-3 各測站之逐月波高及週期統計分析表 .....	5-13
表 5-4 KHHS01 測站示性波高、平均週期季聯合機率分布表 .....	5-13
表 5-5 KHHS03 測站示性波高、平均週期季聯合機率分布表 .....	5-14
表 5-6 KHHS04 測站示性波高、平均週期季聯合機率分布表 .....	5-14
表 5-7 港內靜穩度觀測站各測站之遮蔽係數表 .....	5-21
表 5-8 港內靜穩度觀測站各測站之遮蔽係數表 .....	5-21



# 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、布袋港及臺中港等 8 個港區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浪資料執行統計分析，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(112)年度為第 2 期計畫。研究報告共分為五章，第一章前言，說明本計畫緣起及年度研究項目，第二章針對國內 11 個主要商港海象觀測系統建置、維運及觀測資料統計分析，第三章為水下無線傳輸技術應用於

本所底碇式波流觀測系統可行性評估，第四章係蒐集高雄港洲際二期港內波浪資料並執行特性分析，第五章針對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、布袋港及臺中港等 8 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，波浪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(112)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(112)年度主要工作內容分述如下：

1. 更新蘇澳港及安平港主要波浪觀測站、遷移基隆港主、副底碇式波浪觀測站、新增基隆港海氣象資料浮標及新增臺北港海象資料浮標。
2. 持續辦理各港波浪觀測與系統維運，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。
3. 持續蒐集各港波浪觀測資料，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。
4. 完成高雄港洲際二期 S03 及 S13 等碼頭港內靜穩度觀測站建置，搭配港外底碇式波流觀測站及 S06 碼頭港內靜穩度觀測站進行聯合觀測分析作業。



## 第二章 商港海象觀測系統建置、儀器說明、維護保養及資料分析

### 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即時回傳至本所運技中心海象資料庫儲存，如圖2.1所示。



圖 2.1 海象觀測系統傳輸架構圖

有關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，有關本計畫各海象觀測站裝設位置分述如下：

1. 基隆港海象觀測系統：波流觀測站採用挪威 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），原設置於基隆港東防波堤外約

200~300 公尺處，2020 年 6 月遷移至西防波堤外 500~600 公尺（水深約 36~37 公尺），並於 2021 年 4 月新增 AWAC 波流觀測副站 1 處（水深約 29~31 公尺），與既有主站聯合觀測，強化港區波流觀測能量，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：波流觀測站採用挪威 Nortek 公司所生產超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC，設置於東防波堤外約 700~800 公尺處（水深約 25~26 公尺），2022 年 8 月新增 AWAC 波流觀測副站 1 處（水深約 26~27 公尺），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：波流觀測站採用挪威 Nortek 公司所生產超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC，設置於港口綠燈塔外約 700~800 公尺處(水深約 32~33 公尺)，2022 年 11 月新增 AWAC 波流觀測副站 1 處（水深約 38~39 公尺），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：波流觀測站採用挪威 Nortek 公司所生產超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC，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 公尺處（水深約 13~15 公尺），2021 年 5 月於第一港口新增 1 處 AWAC 波流觀測副站（水深約 13~15 公尺），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 公尺處，布設 AWAC 主、副波流觀測站（水深約 21~22 公尺）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：波流觀測站採用挪威 Nortek 公司所生產超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC，設置於南防波堤外海約 500 公尺處，水深約 15 公尺，於 2021 年 8 月新增加拿大 AXYS TECHNOLOGIES INC 公司所生產波浪海流浮球儀 TRIAXYS Directional Wave with Currents Buoy，水深約 11 公尺，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：波流觀測站採用挪威 Nortek 公司所生產超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC，設置水深約 8~10 公尺，2021 年 4 月新增加拿大 AXYS TECHNOLOGIES INC 公司所生產波浪海流浮球儀 TRIAXYS Directional Wave with Currents Buoy，設置於布袋港區外海，離岸約 1,100 公尺，水深約 10 公尺，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：波流觀測站採用挪威 Nortek 公司所生產超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC，設置於北防波堤綠燈塔外約 700~800 公尺處（水深約 25~28 公尺），2022 年 11 月新增 AWAC 波流觀測副站 1 處（水深約 25~28 公尺），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：波流觀測站採用挪威 Nortek 公司所生產超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC，設置於本所外海新設觀測樁旁，離岸約 500~600 公尺，水深約 22 公尺，並於 2021 年 1 月於外海新增 1 處海氣象資料浮標（Data Buoy，以下簡稱 Buoy）站，水深約 24 公尺，如圖 2.9 所示。



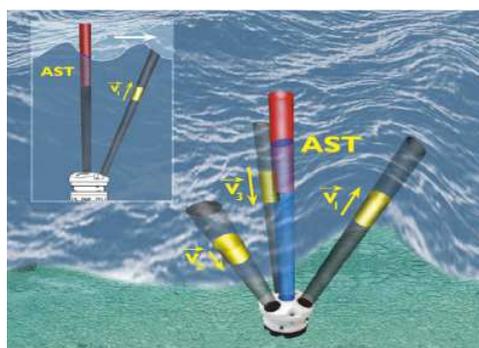
圖 2.9 臺北港海象觀測站安裝位置圖

## 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2.10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2-1。



(a) 超音波量測原理



(b) 1MHz AWAC



(c) 600kHz AWAC



(d) 400kHz AWAC

圖2.10 底碇式AWAC量測原理及儀器型號示意圖

表 2-1 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 公尺	60 公尺	100 公尺
海流最大量測範圍 (底床至水面距離)	25 公尺	50 公尺	90 公尺
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 2.11 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 2.12 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 2.13 所示。

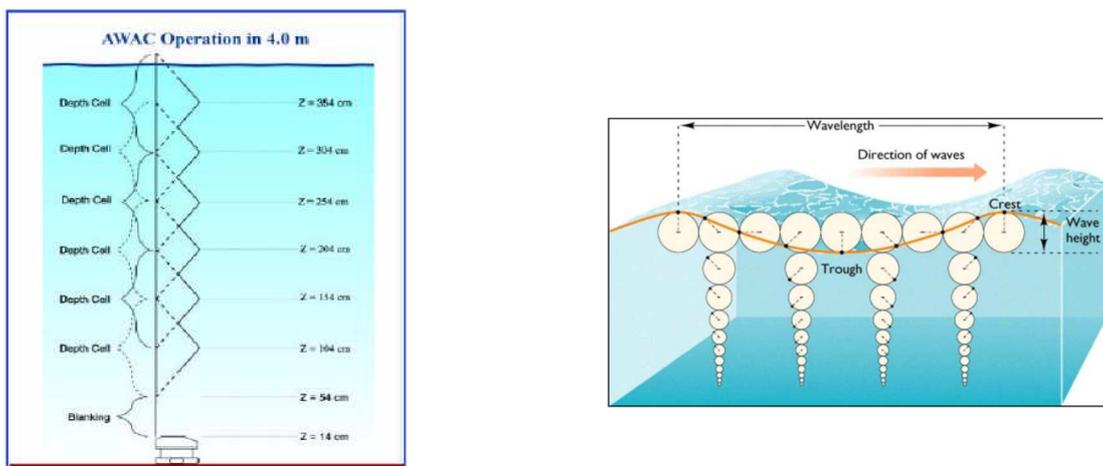


圖2.11 AWAC聲波訊號傳輸示意圖

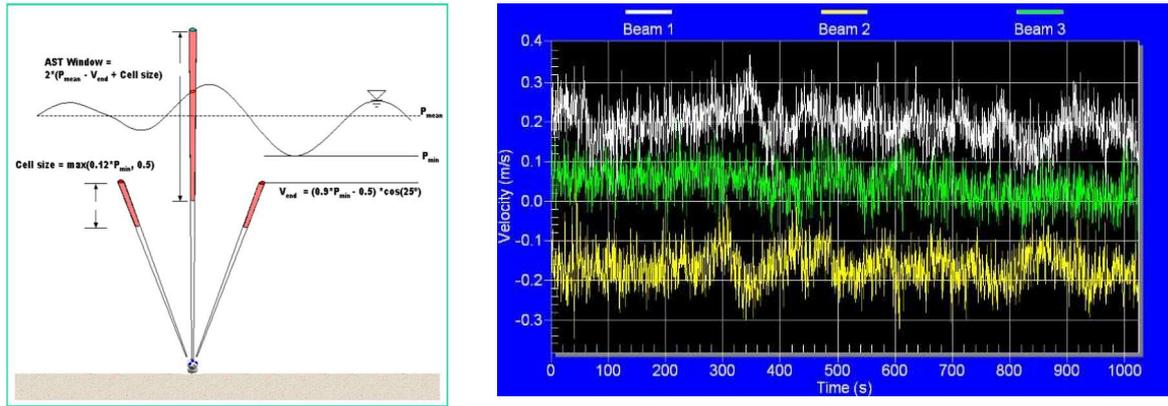


圖2.12 AWAC波浪運動示意圖

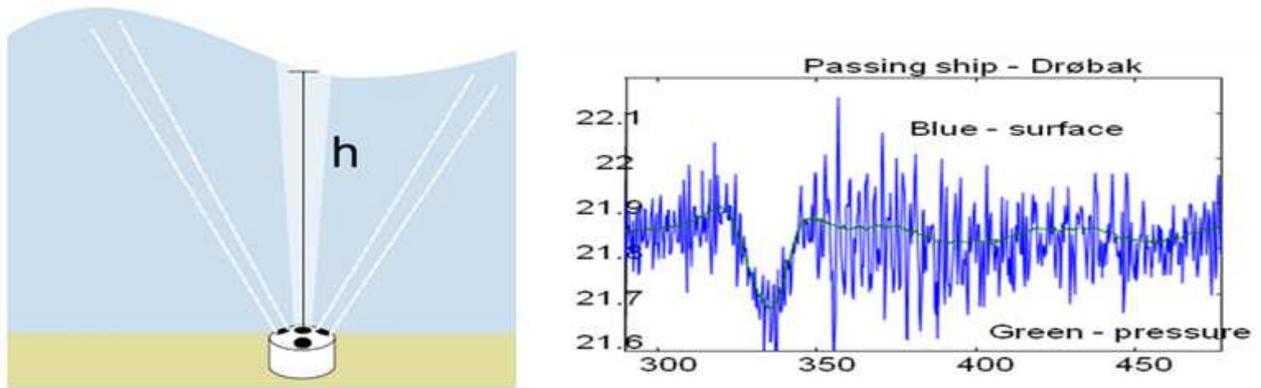


圖2.13 AWAC音鼓量測波浪變化示意圖

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2.14示。

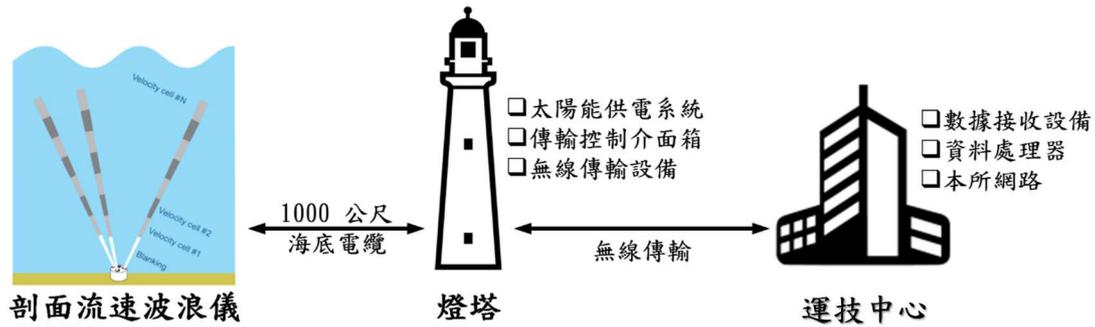


圖2.14 底碇式波流觀測系統資料傳輸原理示意圖

## 2. 海氣象資料浮標

直徑約2.6公尺，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2.15所示）下方支架加裝聲波式都卜勒剖面流速儀（圖2.16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2.17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  $15^\circ$ 。資料浮標實際觀測時剖面流速儀傾角為  $10^\circ$  以下，而以每 1 m 量測一層計算。當剖面流速儀傾斜  $10^\circ$  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2.15 海氣象資料浮標實體外觀

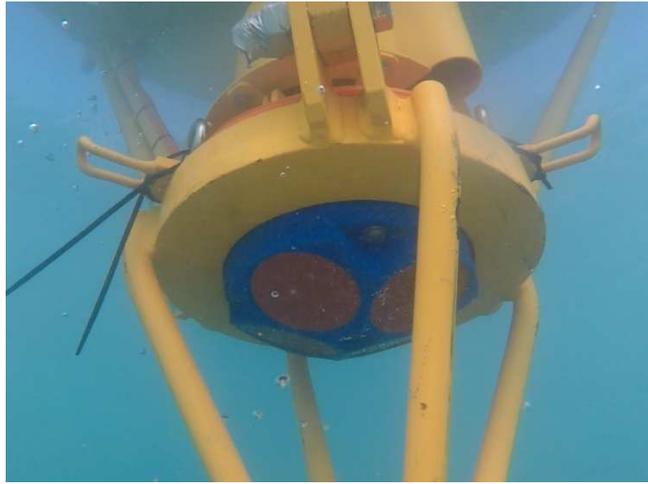


圖2.16 資料浮標水下流速儀實景

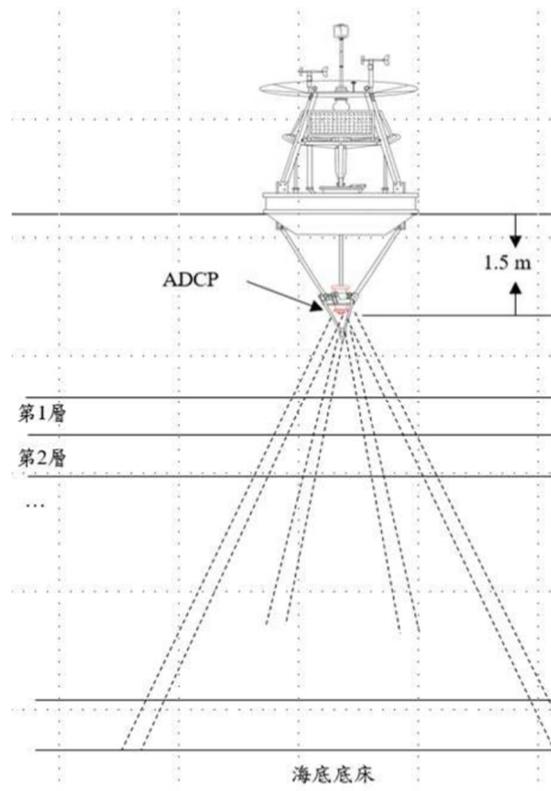


圖2.17 資料浮標水下流速儀位置

### 3. 海象資料浮標

由加拿大AXYS TECHNOLOGIES INC公司所生產之波浪海流浮球儀TRIAXYS Directional Wave with Currents Buoy，浮標本體直徑約1.1公尺，另加裝直徑約2公尺防碰墊（圖2.18~2.19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秒，流速量測範圍0~10公尺/秒，最大量測深度為40公尺。



圖2.18 資料浮標組成示意圖



(a)



(b)

圖2.19 資料浮標防碰墊組裝示意圖

#### 4. 港內靜穩度監測系統

本所於109年起陸續於花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺北港、臺中港、布袋港及高雄港等商港建置港內靜穩度測站，針對港內靜穩度觀測系統，基本組成架構區分為現場波潮觀測系統及遠端監控系統。針對現場監測資料規劃透過4G無線網路將現場波潮觀測系統收錄之監測資訊即時傳回雲端伺服器，於雲端伺服器進行解碼及波浪分析後，再上傳至運技中心資料庫並透過網頁即時展示雲端波浪分析結果及現場系統監測資訊，圖2.20為港內靜穩度觀測系統架構示意圖。

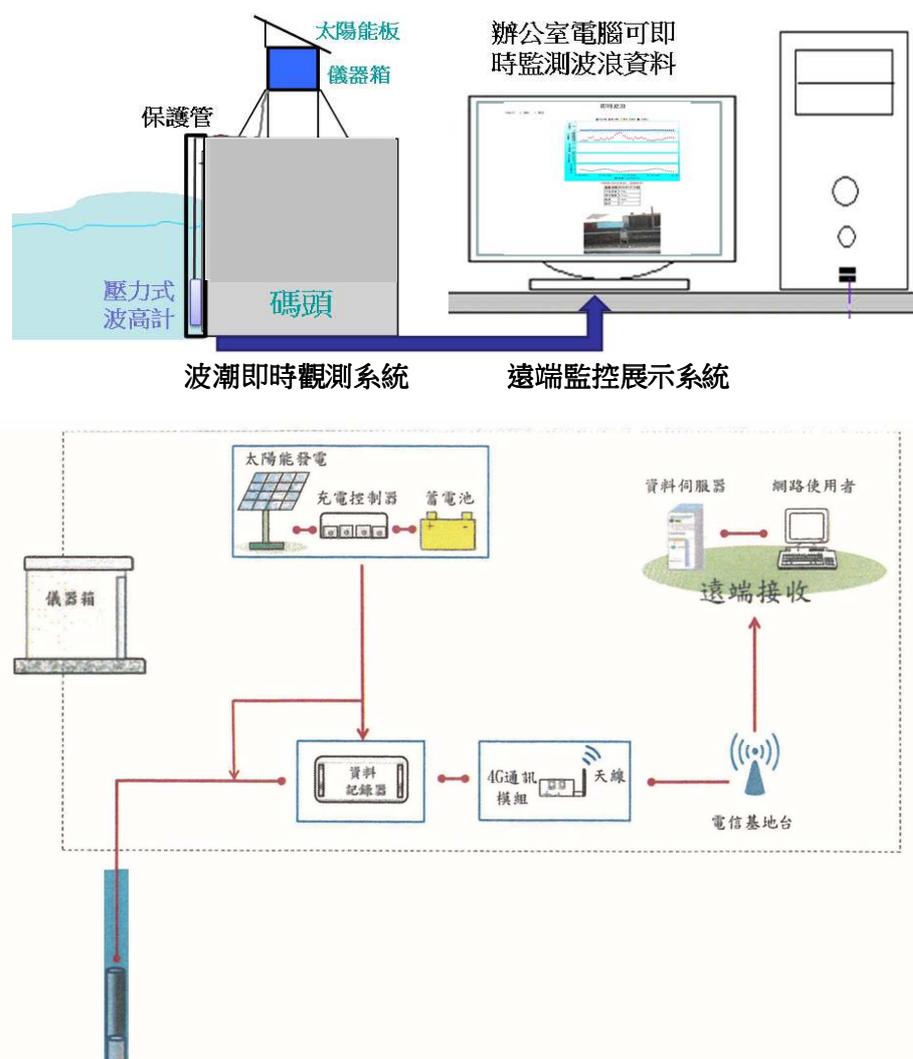


圖2.20 港內靜穩度觀測系統架構示意圖

港內靜穩度觀測系統之基本設備包括壓力式波高計、資料記錄及傳輸系統、供電系統及其他附屬設備(如儀器箱)等4項；各項設備採用的規格或品名說明如下：

(1) 壓力式波高計：

採用的壓力式波高計為類比式輸出訊號之水深液位傳送器 DRUCK-PTX-1830，儀器規格如圖 2.21 所示，顯示符合表 1.1 壓力式波高計規格需求，包括水深測量範圍為 0~10m，量測精準度為±0.1% FS BSL (±1.0 cm) 等。

序號	產品編號	品名規格	數量/單位
1	DRU-PTX-1830	水深液位傳送器 量測範圍：10 mH <sub>2</sub> O (g) 引線長度：15 米，原廠配裝 電源供應：9 to 30 VDC 電流輸出：4 ~ 20 mA, 2 wire 精準度：±0.1% FS BSL 操作溫度範圍：-20 to +60°C 防護等級：IP68 型式：薄膜壓力式水位感應器 (放大器內藏型) 材質：鈦合金 最大承受壓力：2* F.S. 附 CE 認證證書或相關公正單位認證 儀器保固一年	15 PC

圖2.21 壓力式波高計規格說明

(2) 資料記錄及傳輸系統：

採用國立成功大學水工試驗所研發製作的資料記錄器，搭配選購的 4G 數據機傳輸模組，如圖 2.22 所示；研發的資料記錄器基本功能包括資料取樣頻率為 2Hz，將壓力計輸出之電流透過電阻轉換成電壓值記錄儲存，記錄供電系統之電壓值等。同時研發的資料記錄器滿足類比／數位轉換解析度至少 12 bit，內部記憶體至少可存放 15 天波潮量測數據等需求，記錄盒外觀附有 LCD 螢幕可呈現資料記錄器訊息。資料記錄器內儲存的即時觀測的資訊(二進位碼)將透過 4G 數據機傳輸模組傳送至指定的後端伺服

器儲存。



**圖2.22 資料記錄器及4G數據機傳輸模組圖**

(3) 供電系統及設備：

採用太陽能做為波潮即時觀測系統之供電系統，其基本設備包括太陽能板、充電控制器及蓄電瓶等，經系統設備耗電率測試評估後，為達穩定供電需求及滿足至少連續 15 天觀測不中斷，規劃出本項供電系統需求為 160W 太陽能板及 12V、100Ah 蓄電瓶，如圖 2.23 及圖 2.24 所示。



**圖2.23 太陽能板 (160W)**



圖2.24 蓄電瓶

(4) 其他附屬設備：

本計畫規劃的附屬設備除規格需求之儀器箱外，尚包括壓力計保護鋼管及不鏽鋼爬梯，其中壓力計保護鋼管及不鏽鋼爬梯可視為固定及保護壓力計安全之附屬設備。

- a. 儀器箱：依規格需求設計，採用不鏽鋼 304 材質、箱體規格為 50cm×60cm×70cm，另附腳座高 100cm 及太陽能板框架，如圖 2.25 所示。
- b. 壓力計保護鋼管：採用不鏽鋼 304 材質、長度設各測站實際施測水深而定，其中壓力計端不鏽鋼管切割方式，如圖 2.26 所示。
- c. 不鏽鋼爬梯(視碼頭環境狀況製作)：如圖 2.27 所示。

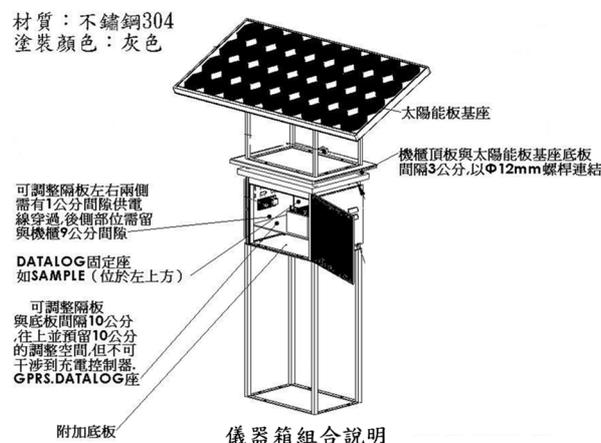


圖2.25 儀器箱示意圖



圖2.26 壓力計端不鏽鋼管切割實體及壓力計



圖2.27 壓力計架設及防碰撞不鏽鋼管爬梯

### 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，茲將觀測期間，各海象觀測儀器維護工作內容（圖2.28~2.29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



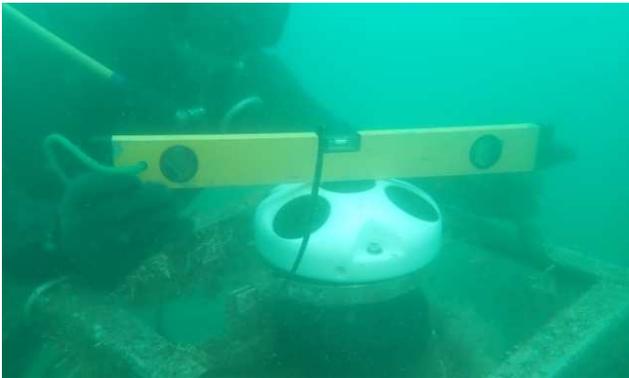
(b)太陽能板清潔



(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

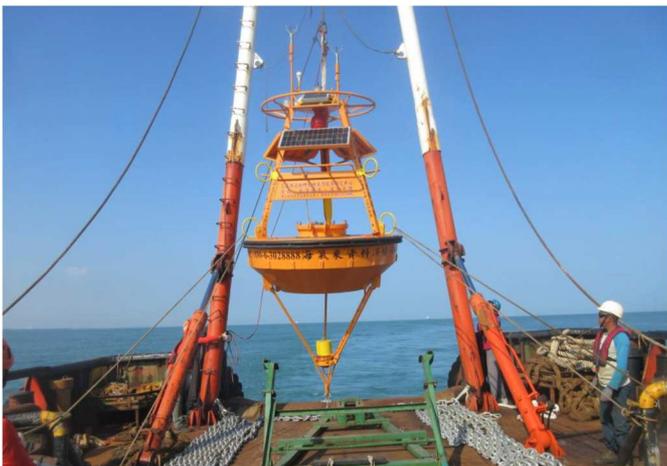
圖2.28 底碇式AWAC波流觀測系統維護



(a) 海氣象資料浮標設備維護



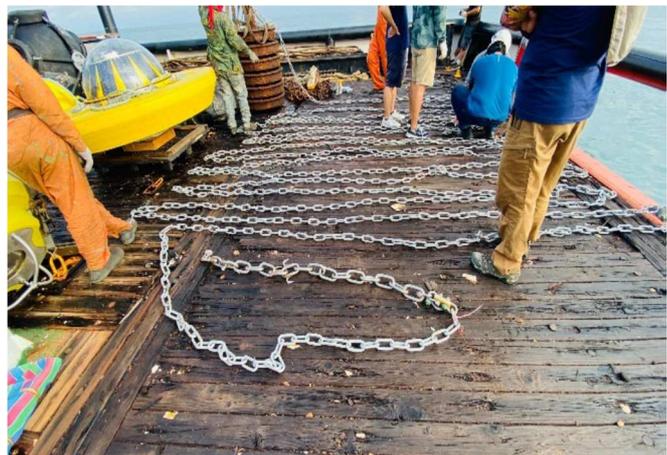
(b) 水下錨碇塊布放



(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2.29 資料浮標系統維護



### 第三章 商港波浪觀測資料分析

#### 3.1 111 年觀測資料檢核

本計畫111年各港波浪觀測站有效記錄時數統計如表3-1所示，資料統計區間為2021年12月～2022年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。

表3-1 111年各站逐月波浪觀測資料有效記錄時數統計表

月份	基隆港 (蒐集率%)	蘇澳港 (蒐集率%)	花蓮港 (蒐集率%)	高雄港 (蒐集率%)	安平港 (蒐集率%)	布袋港 (蒐集率%)	臺中港 (蒐集率%)	臺北港 (蒐集率%)
1	641 (86%)	699 (94%)	741 (100%)	736 (99%)	709 (94%)	734 (99%)	743 (100%)	194 (26%)
2	562 (84%)	657 (98%)	670 (100%)	658 (98%)	663 (99%)	670 (100%)	663 (99%)	653 (97%)
3	621 (83%)	737 (99%)	729 (98%)	725 (97%)	734 (99%)	741 (100%)	738 (99%)	742 (100%)
4	610 (85%)	705 (98%)	712 (100%)	707 (98%)	714 (99%)	715 (99%)	719 (100%)	720 (100%)
5	649 (87%)	733 (99%)	736 (99%)	735 (99%)	727 (98%)	742 (100%)	737 (99%)	744 (100%)
6	626 (87%)	719 (100%)	714 (99%)	716 (99%)	714 (99%)	712 (99%)	711 (99%)	719 (100%)
7	736 (99%)	738 (99%)	743 (100%)	734 (99%)	741 (100%)	735 (99%)	742 (100%)	744 (100%)
8	741 (100%)	739 (99%)	741 (100%)	738 (99%)	728 (98%)	738 (99%)	741 (100%)	739 (99%)
9	717 (100%)	716 (99%)	717 (100%)	713 (99%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)	720 (100%)
10	407 (55%)	736 (99%)	740 (99%)	735 (99%)	741 (100%)	744 (100%)	738 (99%)	711 (96%)
11	498 (69%)	643 (89%)	659 (92%)	654 (91%)	717 (100%)	720 (100%)	652 (91%)	719 (100%)
12	659 (89%)	738 (99%)	741 (100%)	738 (99%)	743 (100%)	734 (99%)	743 (100%)	55 (7%)
年度	7,467 (85%)	8,560 (98%)	8,643 (99%)	8,589 (98%)	8,642 (99%)	8,705 (99%)	8,647 (99%)	7,460 (85%)

本計畫各商港波浪觀測資料來源為本所各商港之主要觀測站(如 2.1節所述)，分別為基隆港1站、蘇澳港1站、花蓮港1站、高雄第一港口港1站、臺中港1站、安平港底碇式測站、布袋港浮標站及臺北港底碇式測站。為確保主要觀測站資料正確性，藉由與本所各港輔助測站、氣象署及水利署測站(如圖3.1~圖3.8)比對分析，剔除謬誤數值，以利本章後續統計分析作業，資料檢核圖表如下：

1. 主要觀測站與鄰近測站觀測波高、週期及波向比較圖(圖 3.9~圖 3.56)，圖中「紅色」代表本計畫採用之主要測站，「藍色」為本所輔助測站或氣象署、水利署測站。
2. 主要觀測站與鄰近測站波高相關圖(圖 3.57~圖 3.72)。
  - (1) 基隆港：本所 AWAC 波浪測站(代號 X)與輔助測站(代號 E)、中央氣象署龍洞浮標(代號 Y)及富貴角浮標(代號 R)，主要測站 X 與輔助測站 E 相距約 400 m，整體而言波高及週期變化趨勢相似，波向則因受地形影響，夏季期間分布情形略有差異，Y 及 R 測站均位處東北角海域，於波高、週期及波向比較圖發現，波高趨勢相近，週期則因尖峰週期與平均週期之區別，造成所有不同，另在波向部分，秋冬兩季時相關性較佳，在春夏兩季因受東北角地形遮蔽影響，造成有所不同。
  - (2) 蘇澳港：本所 AWAC 波浪測站(代號 X)與輔助測站(代號 E)、水利署蘇澳外海浮標站(代號 Y)進行比較檢核，E 測站於 2022 年 8 月建置完成，因與主測站 X 位處同海域，其間無明顯遮蔽物，8~11 月波高、週期及波向量測資料相當一致，呈高度相關性，Y 站比對結果顯示，波高整體趨勢相近，週期則因尖峰週期(AWAC)與平均週期(Buoy)之區別，而有所不同，另在波向部分，X 觀測站與 Y 觀測站趨勢相近。
  - (3) 花蓮港：本所 AWAC 波浪測站(代號 X)與輔助測站(代號 E)、中央氣象署七星潭浮標(代號 Y)波場資料檢核顯示，輔助測站 E 於 2022 年 11 月建置完成，參考樣本數較少，但仍可發現波高、週

期及波向觀測資料與主測站趨勢一致，主測站 X 與 Y 測站波高、週期及波向比較顯示，波高變化趨勢相近，週期則因尖峰週期與平均週期不同而有所差異，另在波向部分，X 測站因受花蓮港東防坡堤遮蔽影響，與 Y 測站約有 45° 角度差存在。

(4) 高雄港：高雄港波場資料來源為本所第一港口 AWAC 波浪測站(代號 X)，與 2021 年 5 月建置完成之一港口輔助測站(代號 E)及 2022 年 11 月設置之第二港口觀測站(代號 F)、水利署彌陀浮標(代號 Z)比對，X 測站與 E 測站相距約 100 m，波高及波向觀測資料相當一致，尖峰週期雖略有不同，整體而言趨勢相近，第二港口測站 F 與 X 測站相距約 8.5 km，僅就 11 月資料比對，兩站波高、週期及波向趨勢相似，待 2023 年資料蒐集較齊全，可進一步分析比對。與水利署浮標站 Z 比對，兩測站距離約 20 km，波高相當一致，波高相關圖分析顯示，兩站呈高度相關，兩測站因觀測方式不同，在波浪週期方面，趨勢相似，惟因尖峰週期與平均週期之區別，造成有所不同，波向檢核結果，兩測站趨勢相近。

(5) 安平港：安平港 AWAC 波浪測站(代號 X)與本所 2021 年 8 月建置之海象浮標觀測站(代號 E)、水利署七股浮標(代號 Y)資料比對，經比對 X 測站與 E 測站波高、週期及波向觀測數據，兩測站距離約 300 m，其間無受遮蔽，波場趨勢相當一致。Y 測站與 X 測站相距約 20 km，波高相關圖分析結果，兩測站夏季期間 6~8 月波高相關性較高，其餘月份 Y 測站均呈現較高之波高觀測值，相關性較差，週期則因尖峰與平均週期差異而有所不同，波向比對顯示，夏季 6~8 月波向觀測資料較一致，其餘月份趨勢差異較明顯，6~8 月臺灣吹西南風，X 與 Y 測站西南海域為開闊海域，波浪場可充分發展，隨著風向改變，波浪傳遞至安平港海域，受到陸地遮蔽而產生影響。

(6) 布袋港：本計畫以布袋港海象浮標觀測站(代號 C)為主要分析測站，並與本所布袋港 AWAC 觀測站(代號 X)進行資料比對，X 測站因儀器異常，3 月底~10 月中上旬無資料，其餘月份比對顯示，

C 及 X 測站相距約 100 m，兩站波高峰值雖略有差異，整體趨勢相當一致，波浪週期趨勢相似，屬中等相關性，波向趨勢相當一致，呈現高度相關性。

(7) 臺中港：臺中港 AWAC 波浪測站（代號 X）與輔助測站（代號 E）、中央氣象署臺中浮標（代號 V）年度觀測資料檢核，E 測站於 2022 年 11 月設置，測站位置緊鄰 X 站，兩站相距約 10 m，本年度樣本數較少，但仍可由 11 月觀測資料發現，兩站波高、週期及波向觀測數據相當一致，呈高度相關性。X 測站與 V 測站分別位處臺中港域南北兩側，波高大小及趨勢相似，波高相關圖顯示，兩測站呈高度相關，波浪週期則因尖峰週期與平均週期區別而有所不同，兩測站波向雖略有差異，整體而言趨勢相近。

(8) 臺北港：臺北港 AWAC 測站（代號 X）與 2021 年 1 月新增之臺北港海氣象資料浮標站（代號 E）進行資料比對，兩站相距約 3 km，X 測站 2021 年 12 月~2022 年 1 月中上旬因儀器異常，造成觀測數據闕漏，僅就其餘月份進行資料分析，波高趨勢相當一致，呈高度相關性，週期則因尖峰與平均週期區別而有所不同，兩測站秋季 10 月、11 月波向呈現較明顯差異，其餘月份波向觀測數據呈中度相關性。



圖3.1 基隆港及鄰近波浪觀測站位置示意圖



圖3.2 蘇澳港及鄰近波浪觀測站位置示意圖

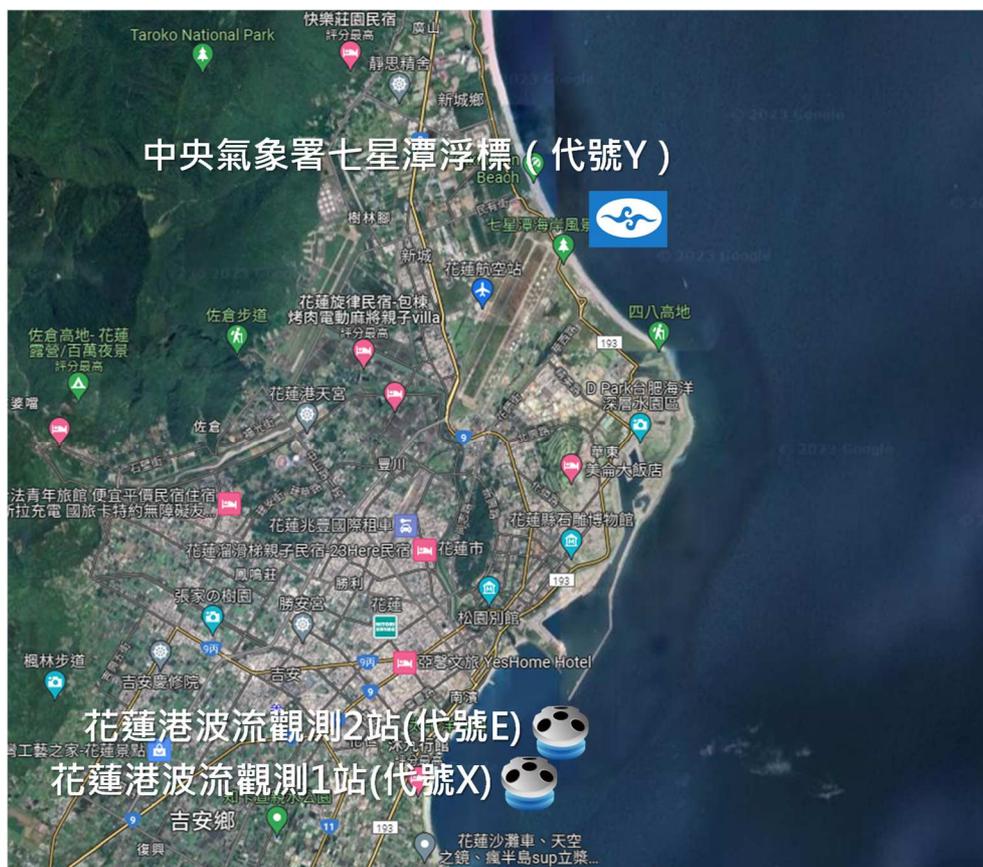


圖3.3 花蓮港及鄰近波浪觀測站位置示意圖



圖3.4 高雄港及鄰近波浪觀測站位置示意圖



圖3.5 安平港及鄰近波浪觀測站位置示意圖



圖3.6 布袋港及鄰近波浪觀測站位置示意圖



圖3.7 臺中港及鄰近波浪觀測站位置示意圖



圖3.8 臺北港及鄰近波浪觀測站位置示意圖

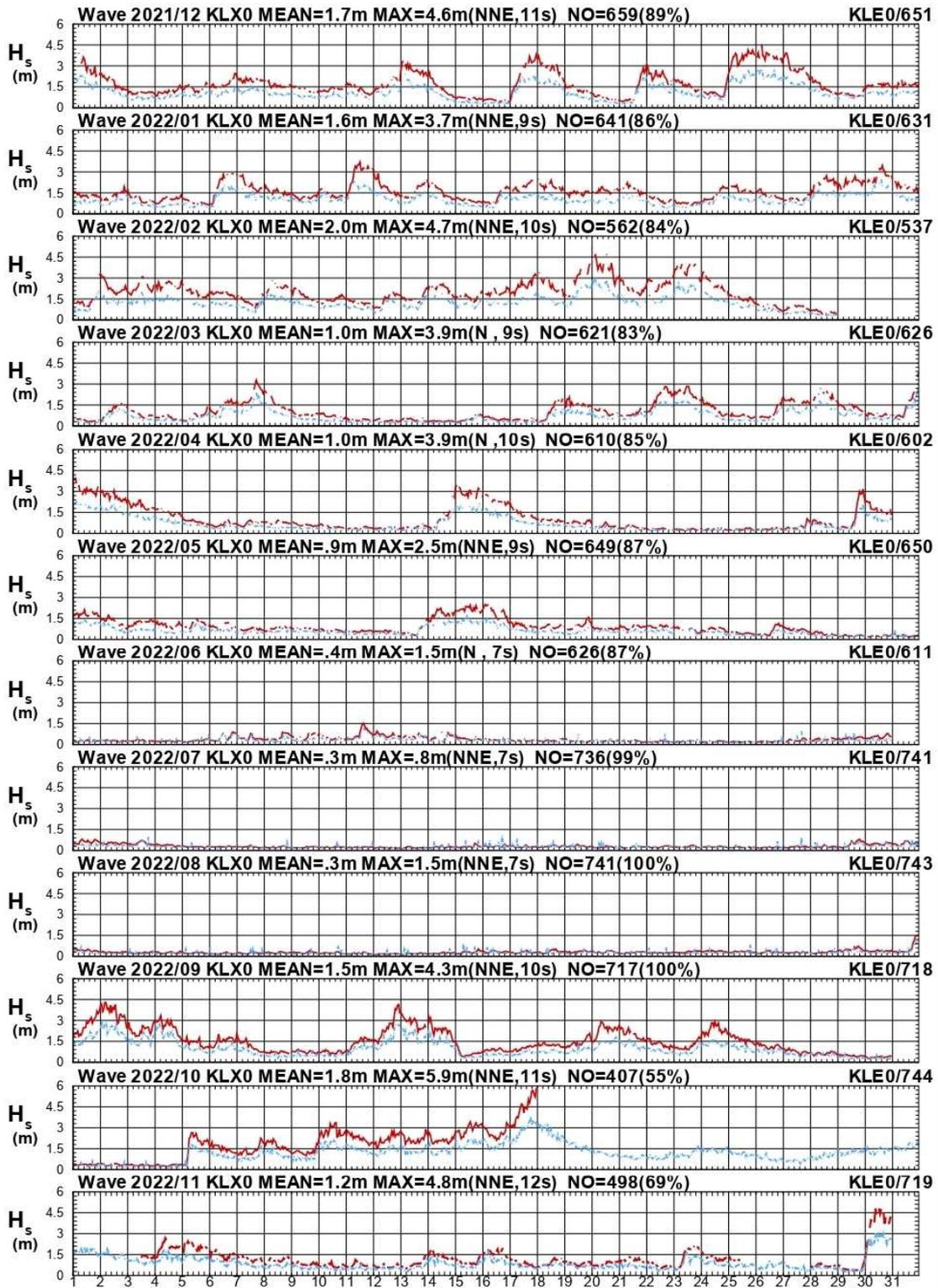


圖3.9 基隆港主要觀測站X與測站E觀測波高比較圖

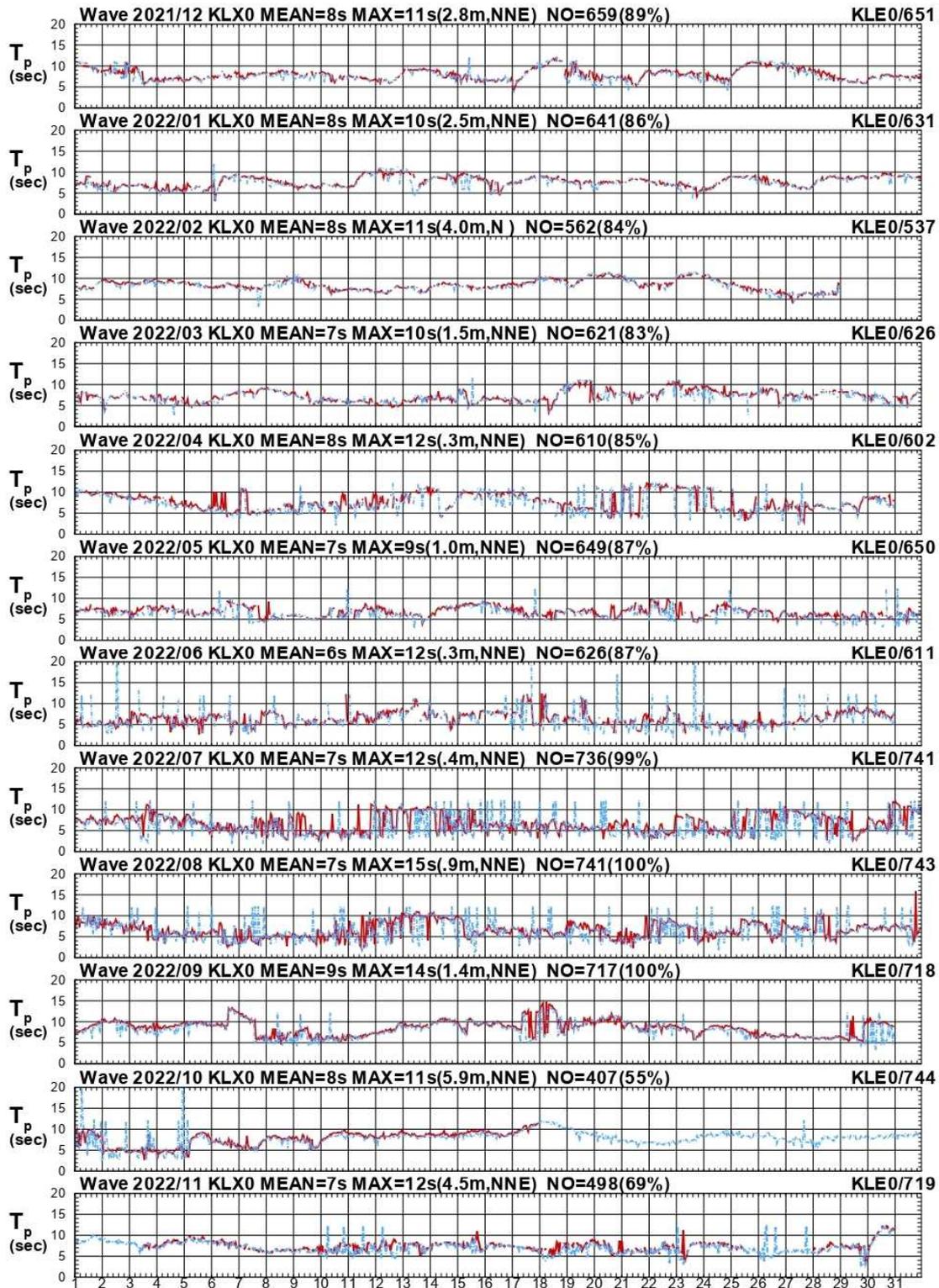


圖3.10 基隆港主要觀測站X與測站E觀測週期比較圖

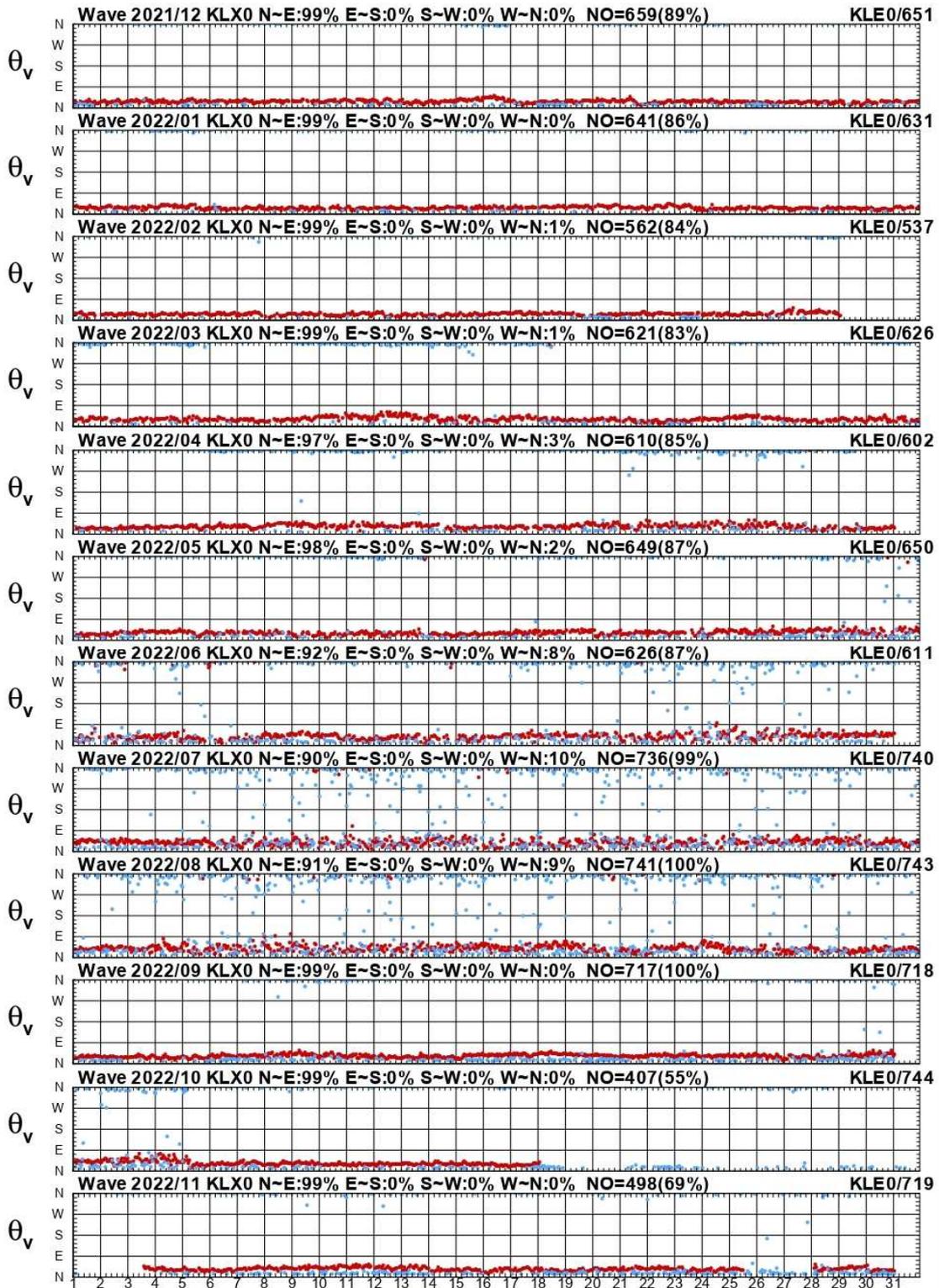


圖3.11 基隆港主要觀測站X與測站E觀測波向比較圖

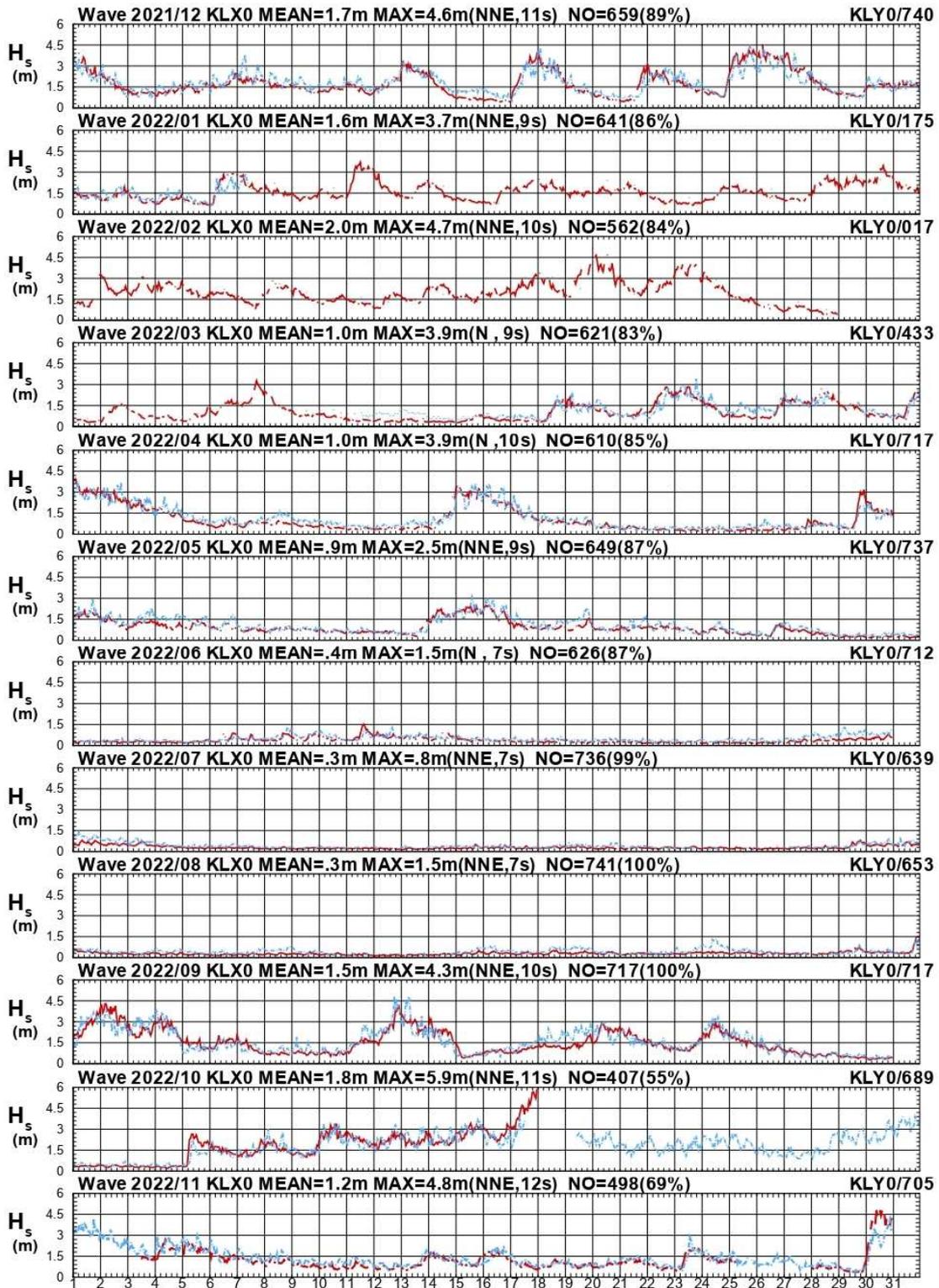


圖3.12 基隆港主要觀測站X與測站Y觀測波高比較圖

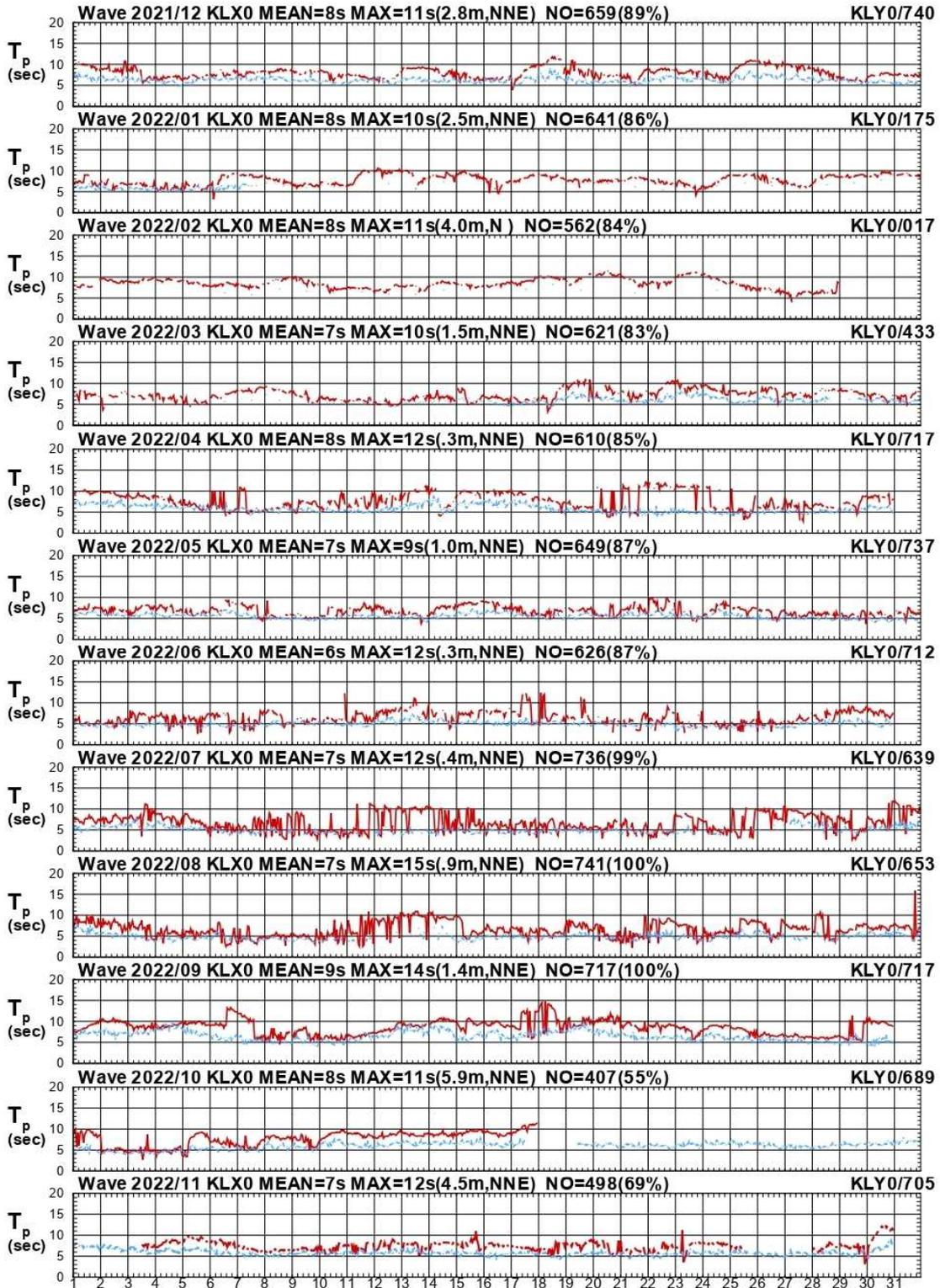


圖3.13 基隆港主要觀測站X與測站Y觀測週期比較圖

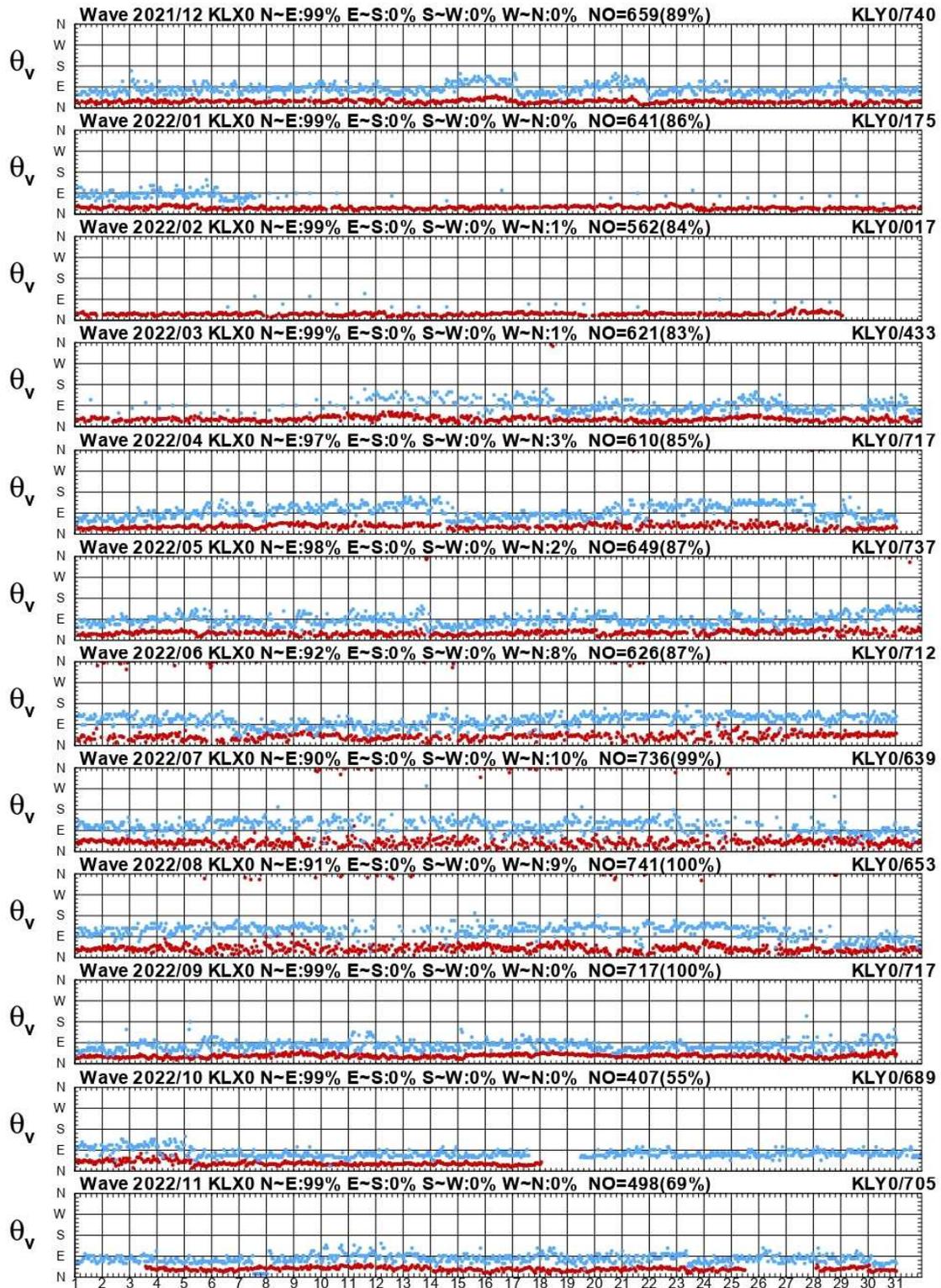


圖3.14 基隆港主要觀測站X與測站Y觀測波向比較圖

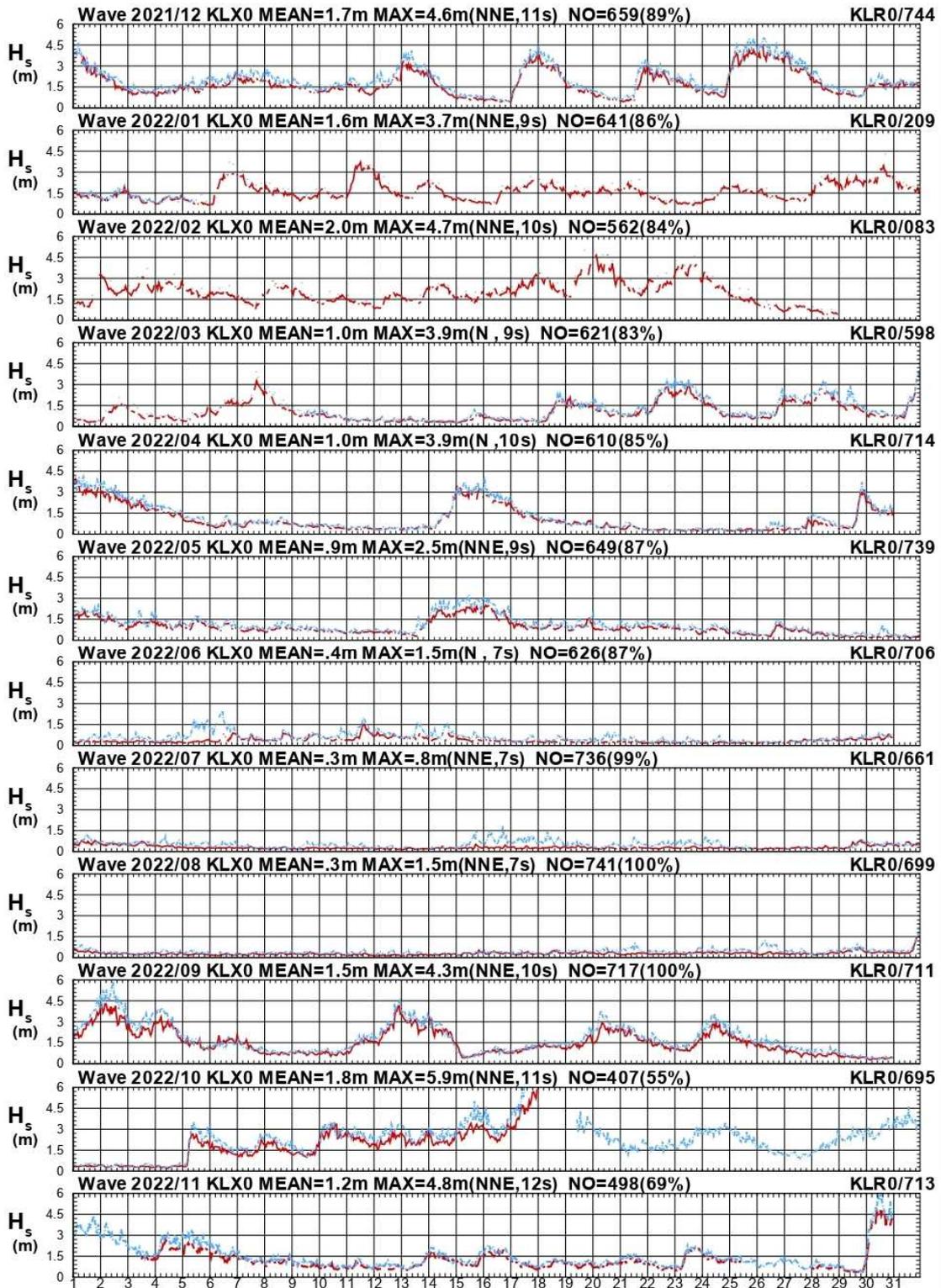


圖3.15 基隆港主要觀測站X與測站R觀測波高比較圖

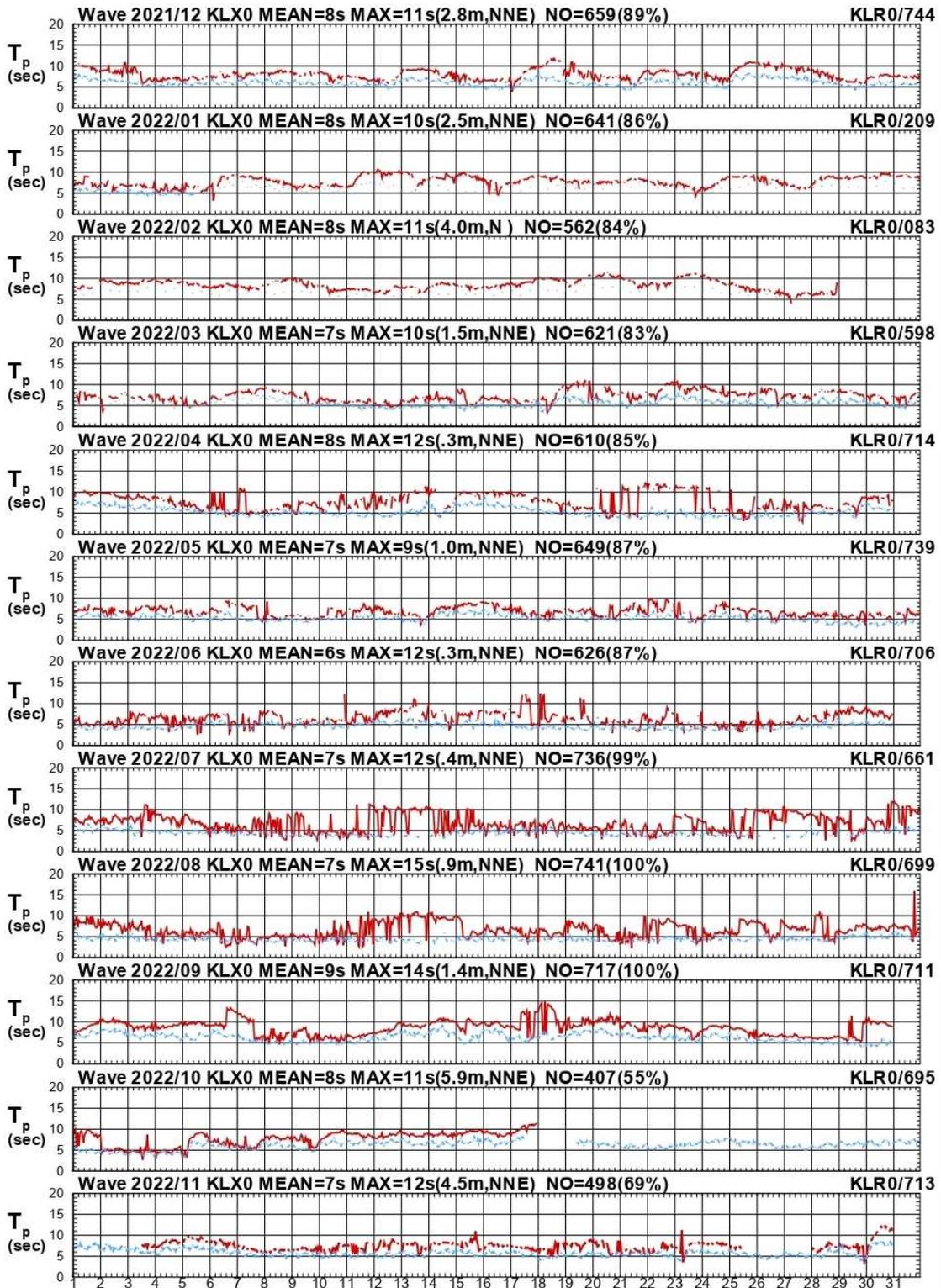


圖3.16 基隆港主要觀測站X與測站R觀測週期比較圖

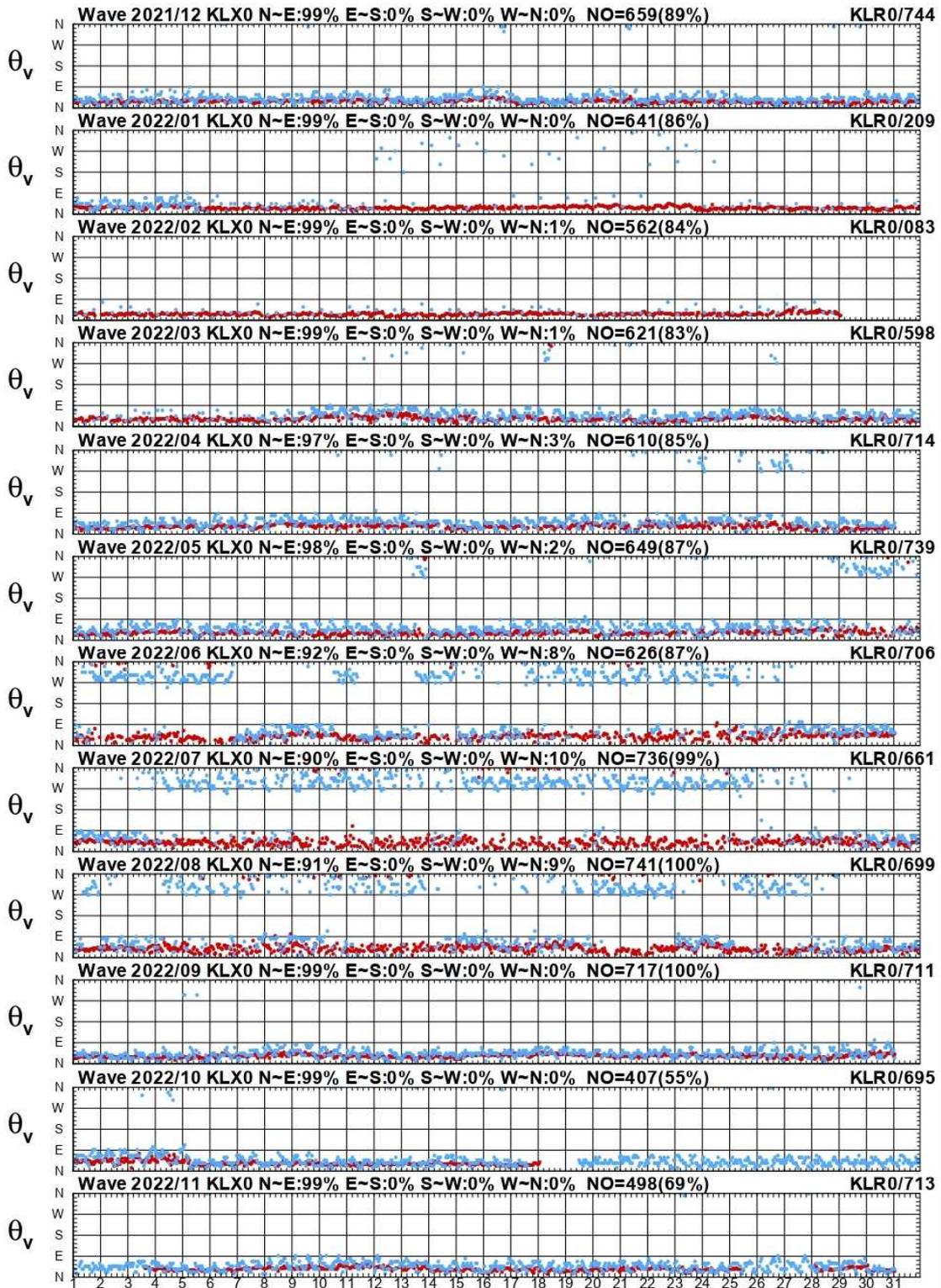


圖3.17 基隆港主要觀測站X與測站R觀測波向比較圖

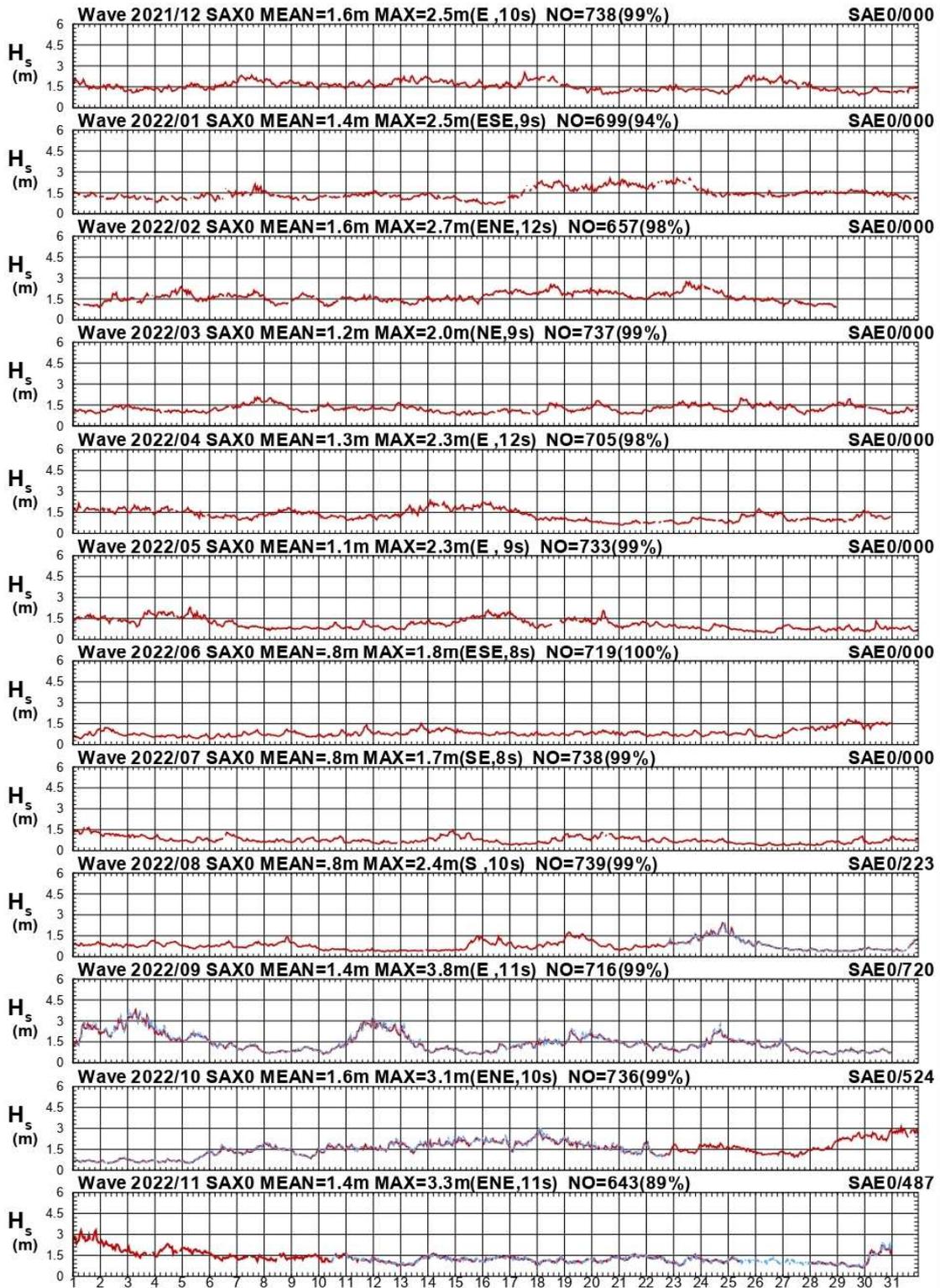


圖3.18 蘇澳港主要觀測站X與測站E觀測波高比較圖

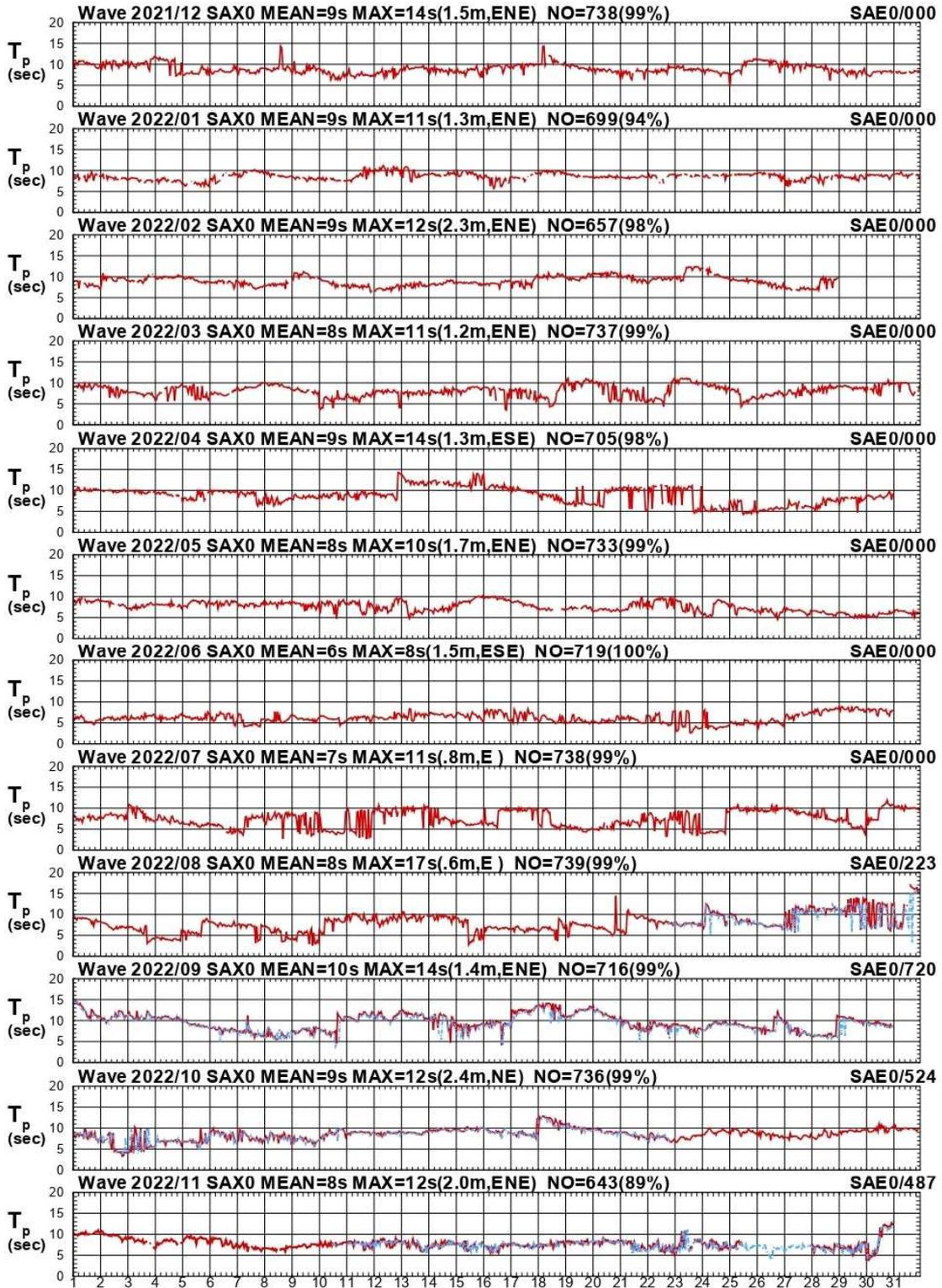


圖3.19 蘇澳港主要觀測站X與測站E觀測週期比較圖

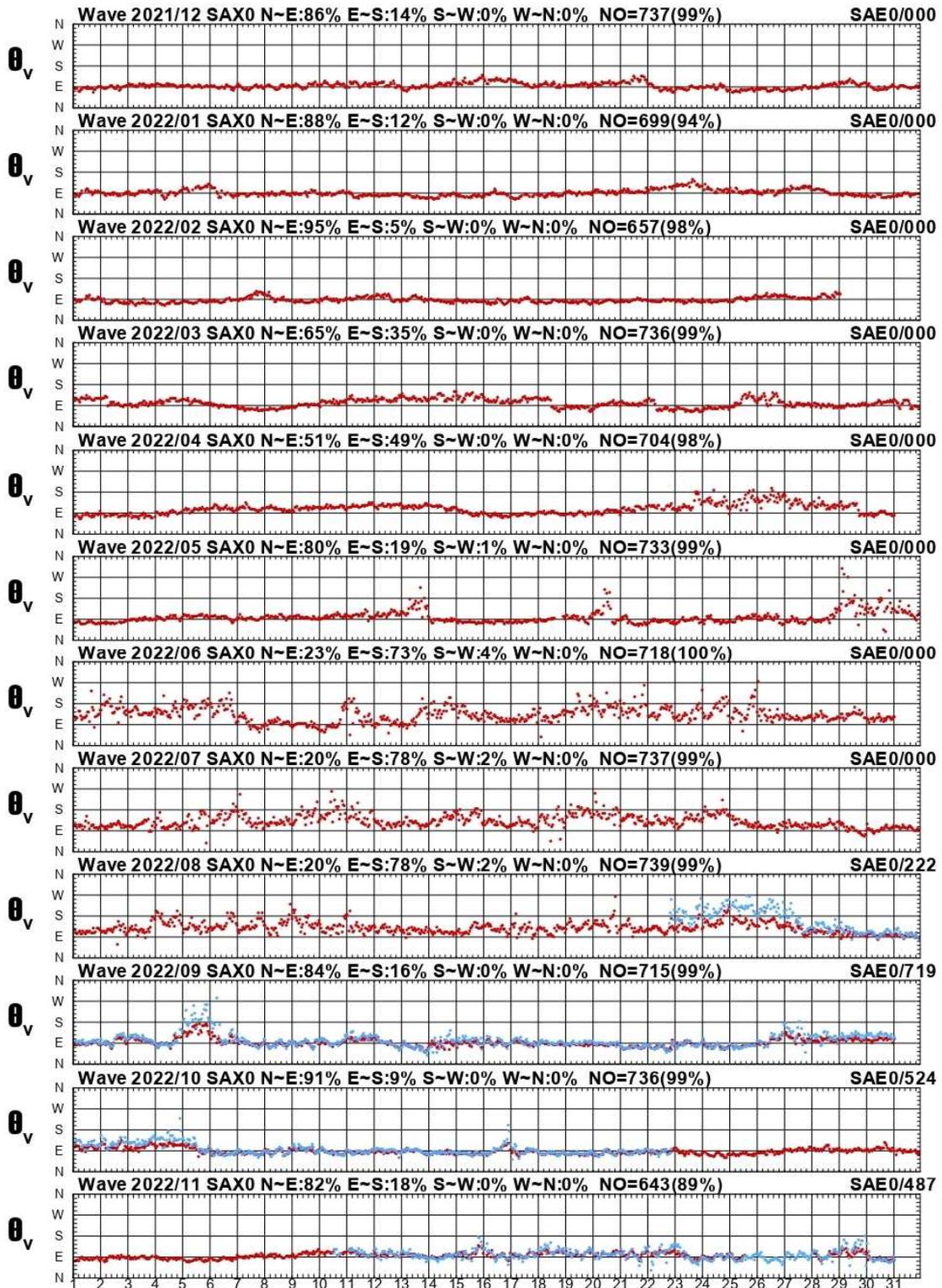


圖3.20 蘇澳港主要觀測站X與測站E觀測波向比較圖

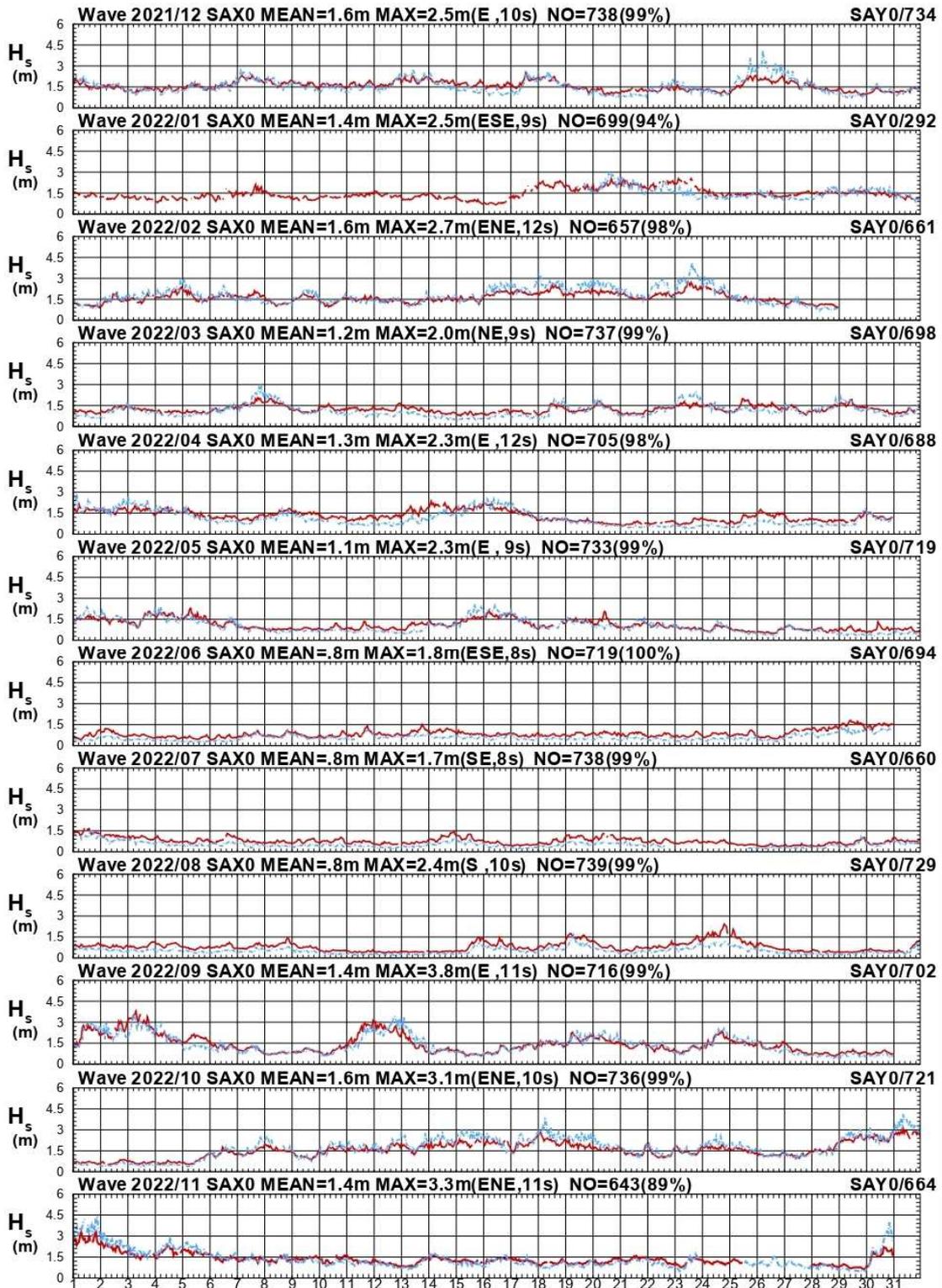


圖3.21 蘇澳港主要觀測站X與測站Y觀測波高比較圖

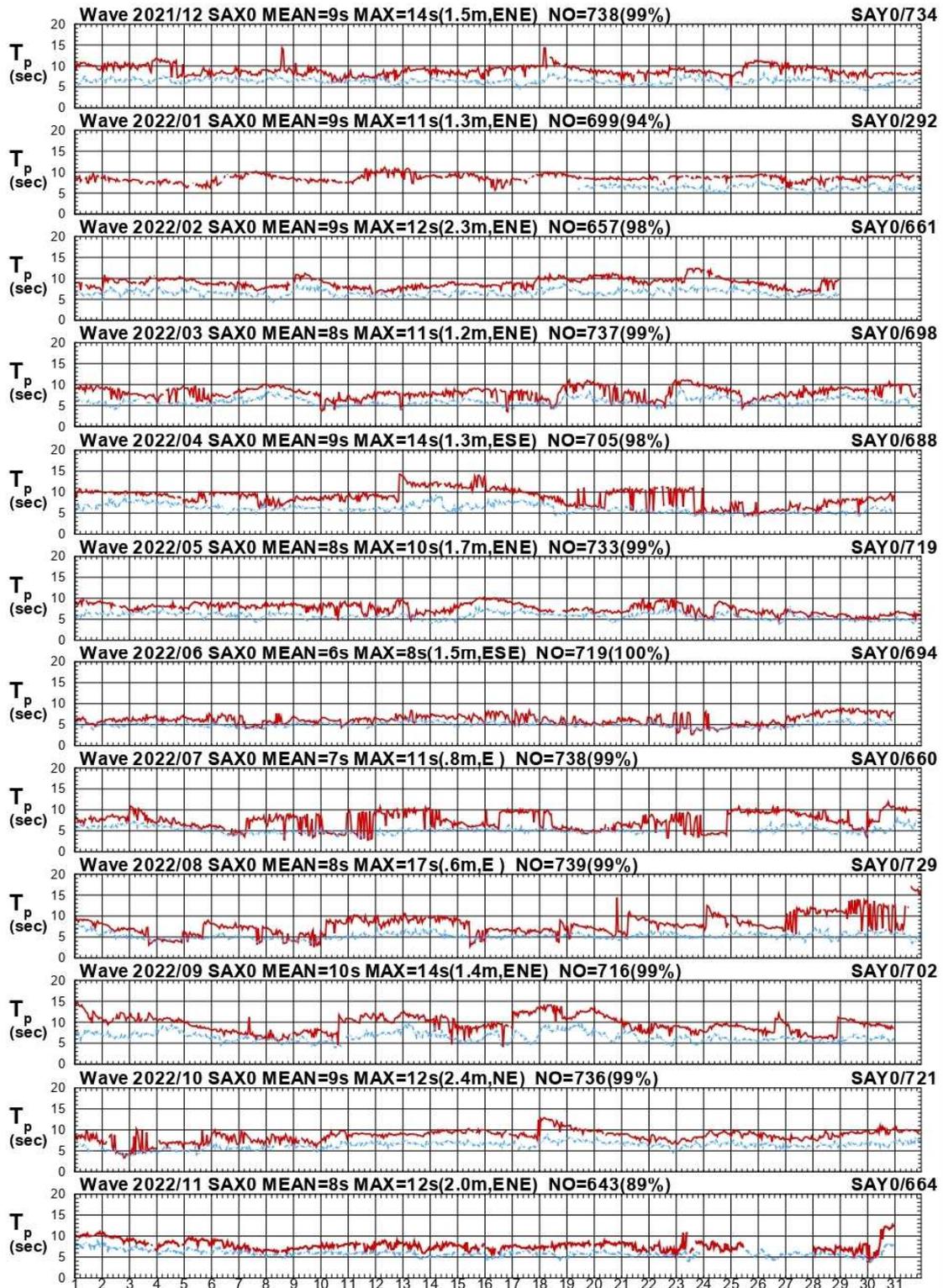


圖3.22 蘇澳港主要觀測站X與測站Y觀測週期比較圖

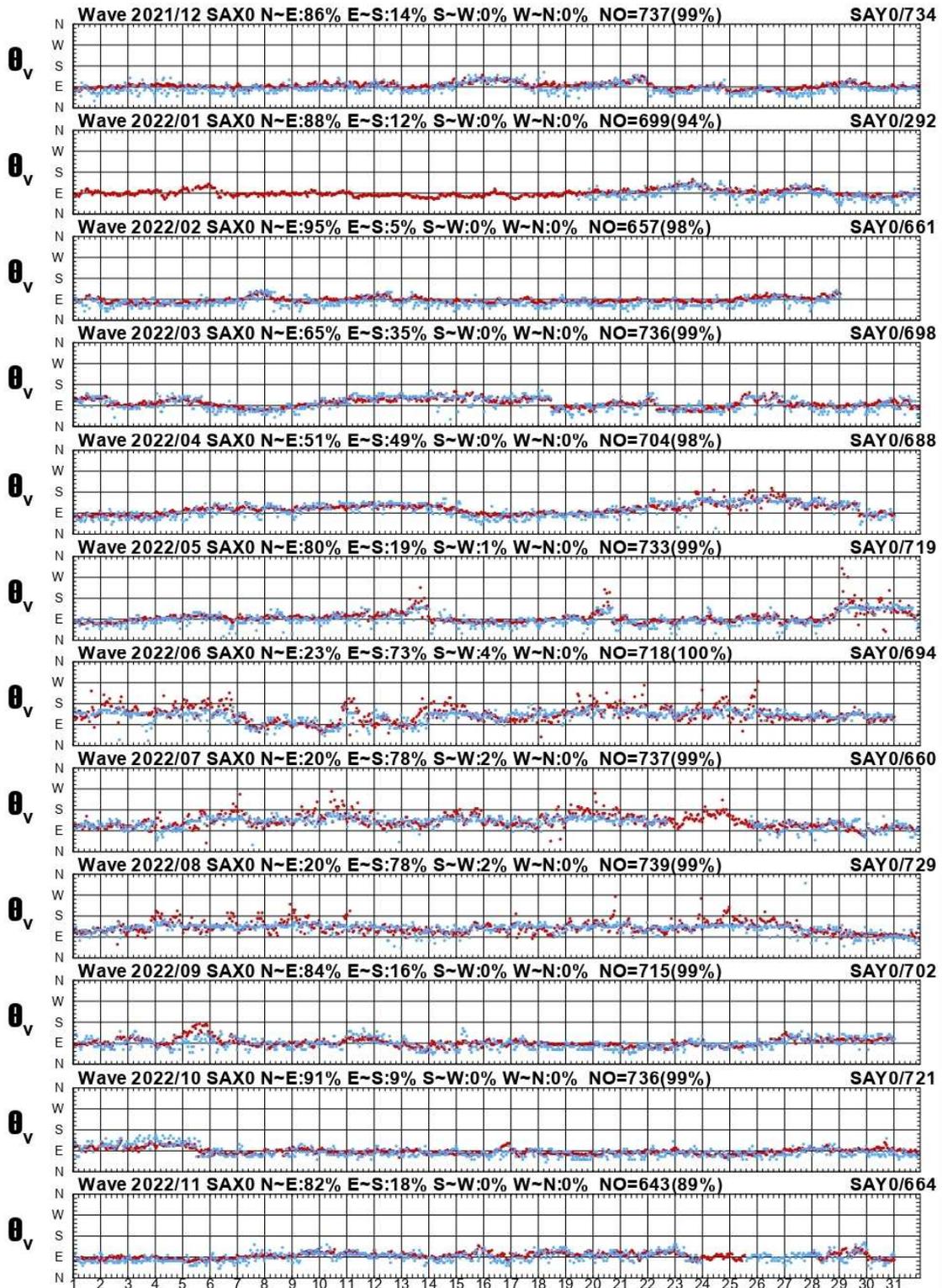


圖3.23 蘇澳港主要觀測站X與測站Y觀測波向比較圖

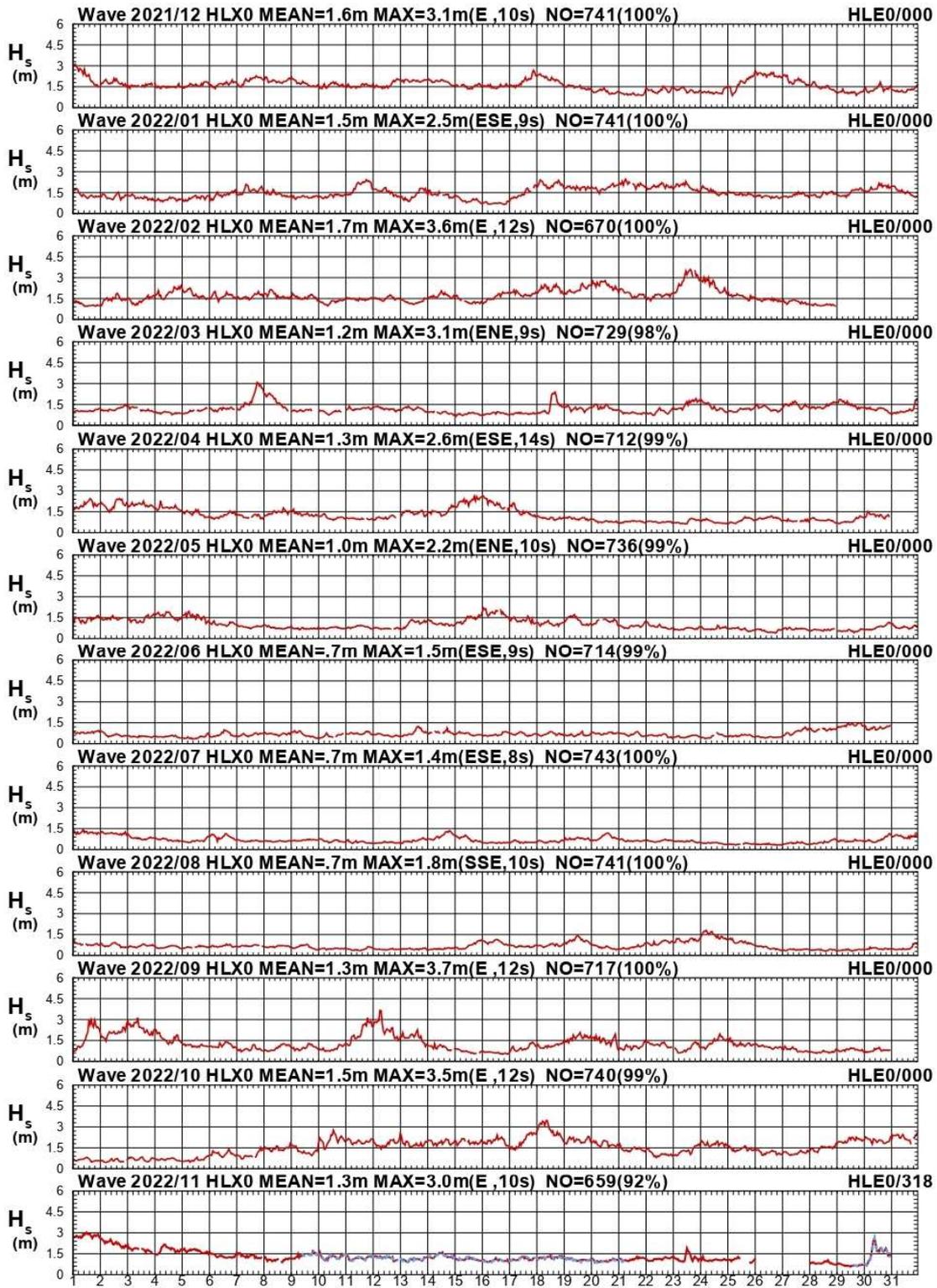


圖3.24 花蓮港主要觀測站X與測站E觀測波高比較圖

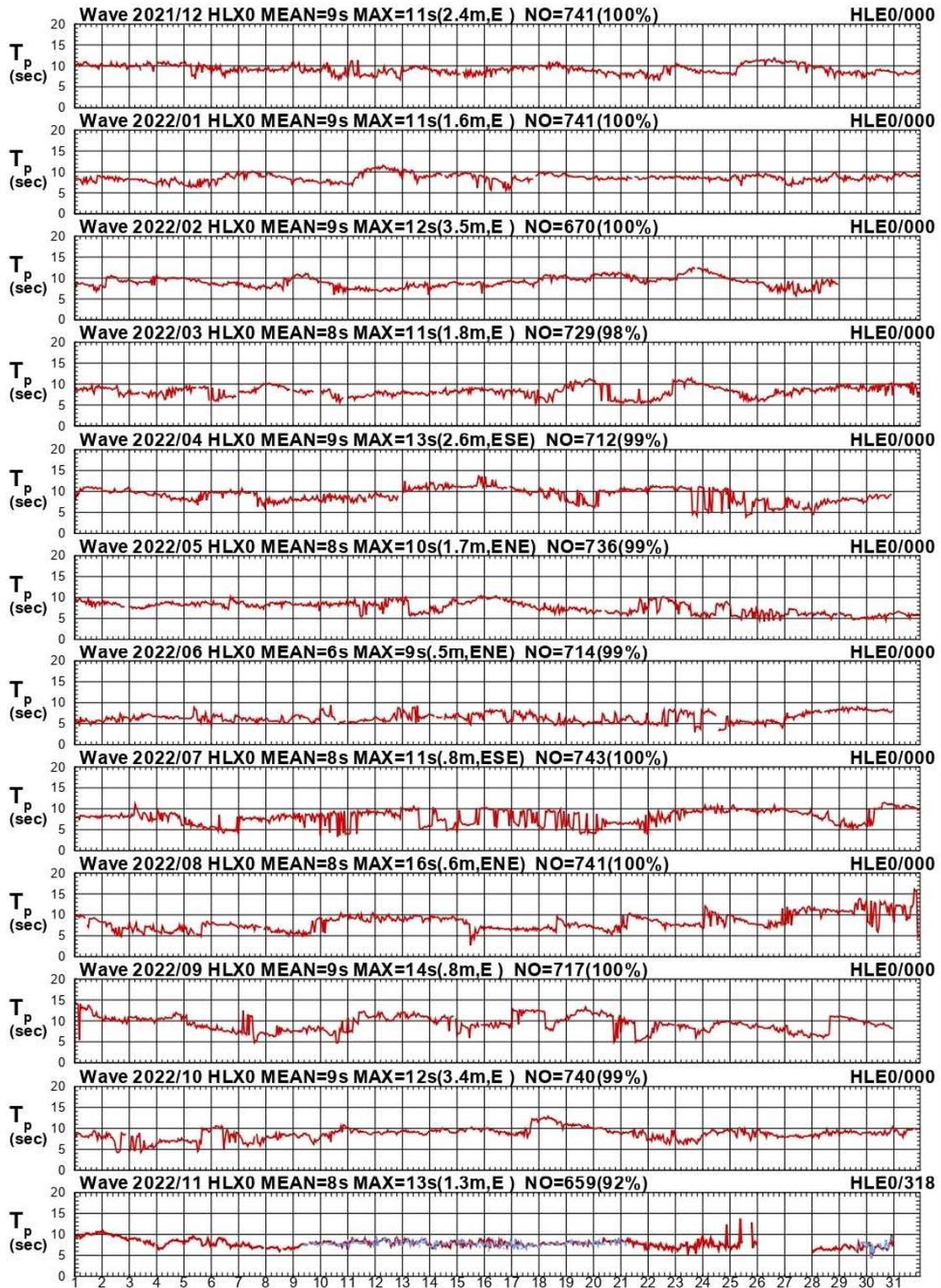


圖3.25 花蓮港主要觀測站X與測站E觀測週期比較圖

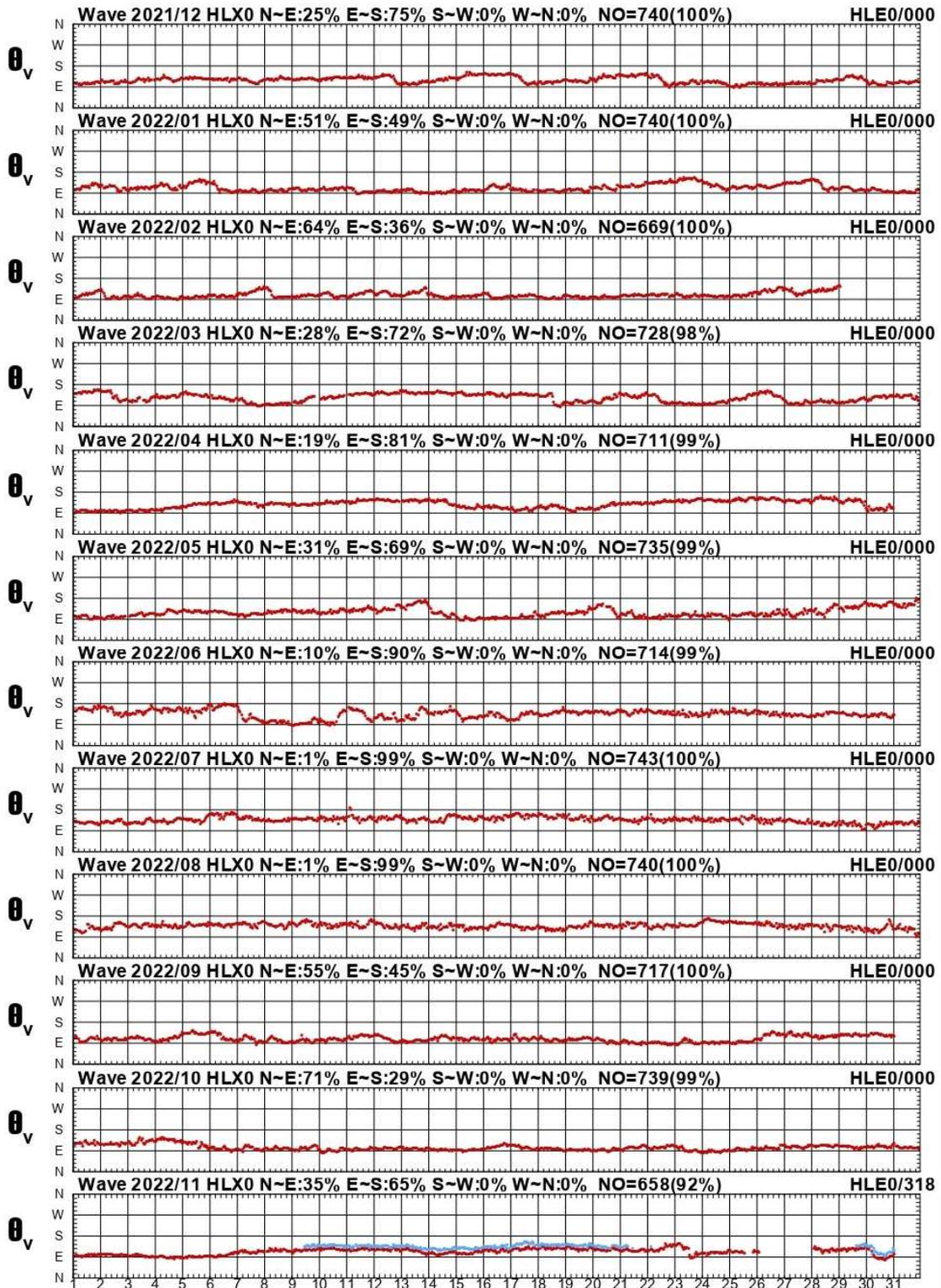


圖3.26 花蓮港主要觀測站X與測站E觀測波向比較圖

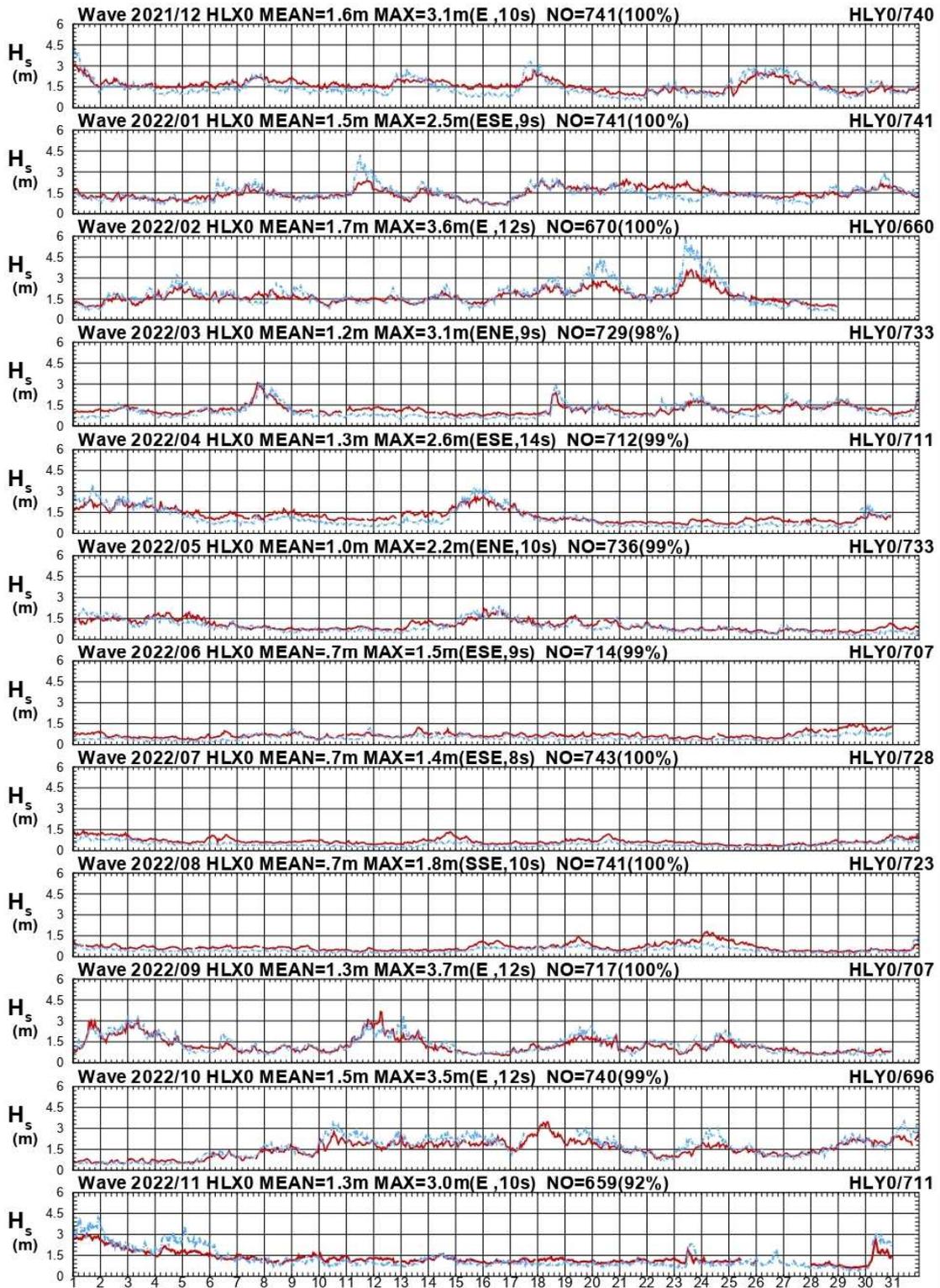


圖3.27 花蓮港主要觀測站X與測站Y觀測波高比較圖

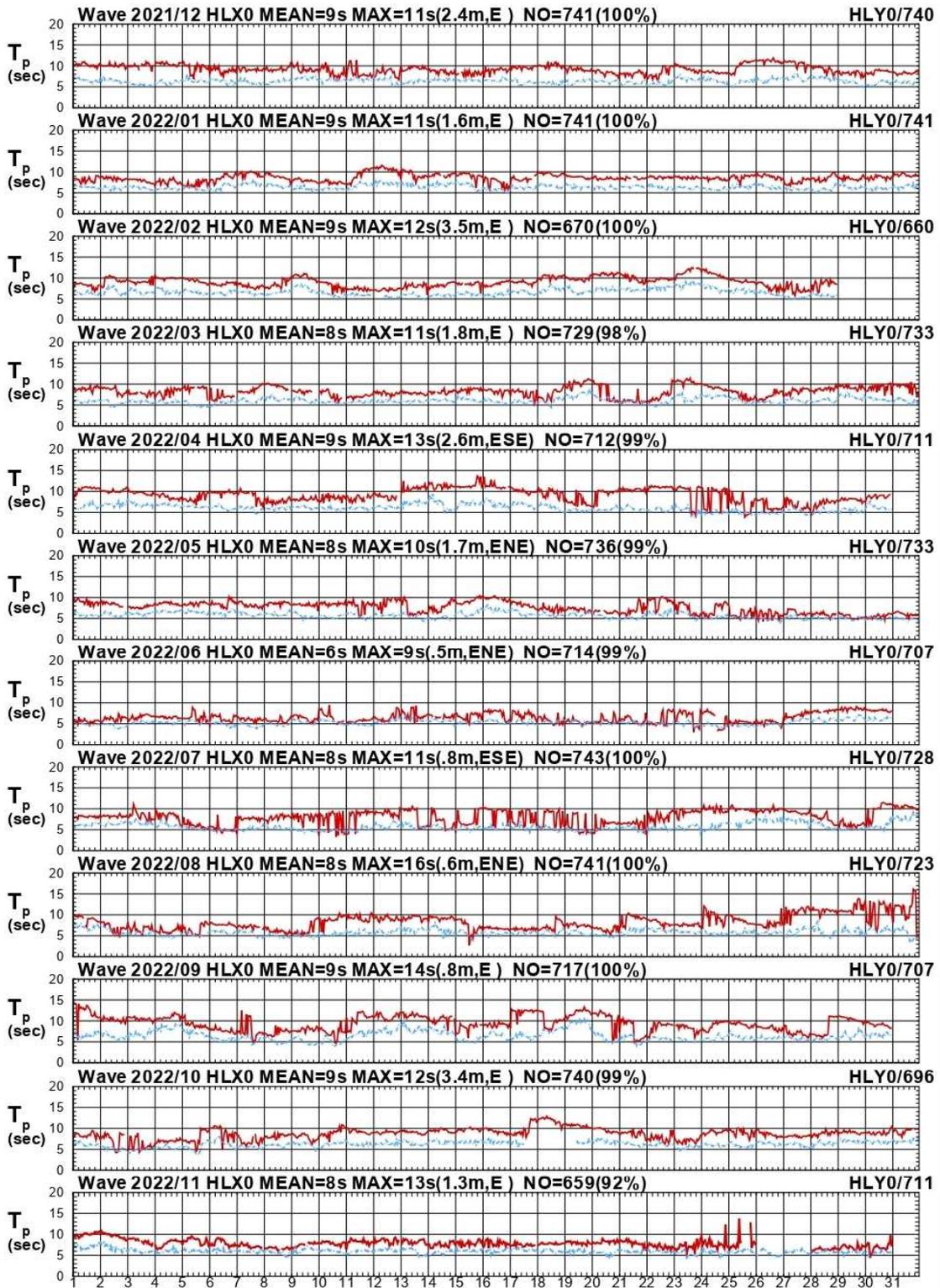


圖3.28 花蓮港主要觀測站X與測站Y觀測週期比較圖

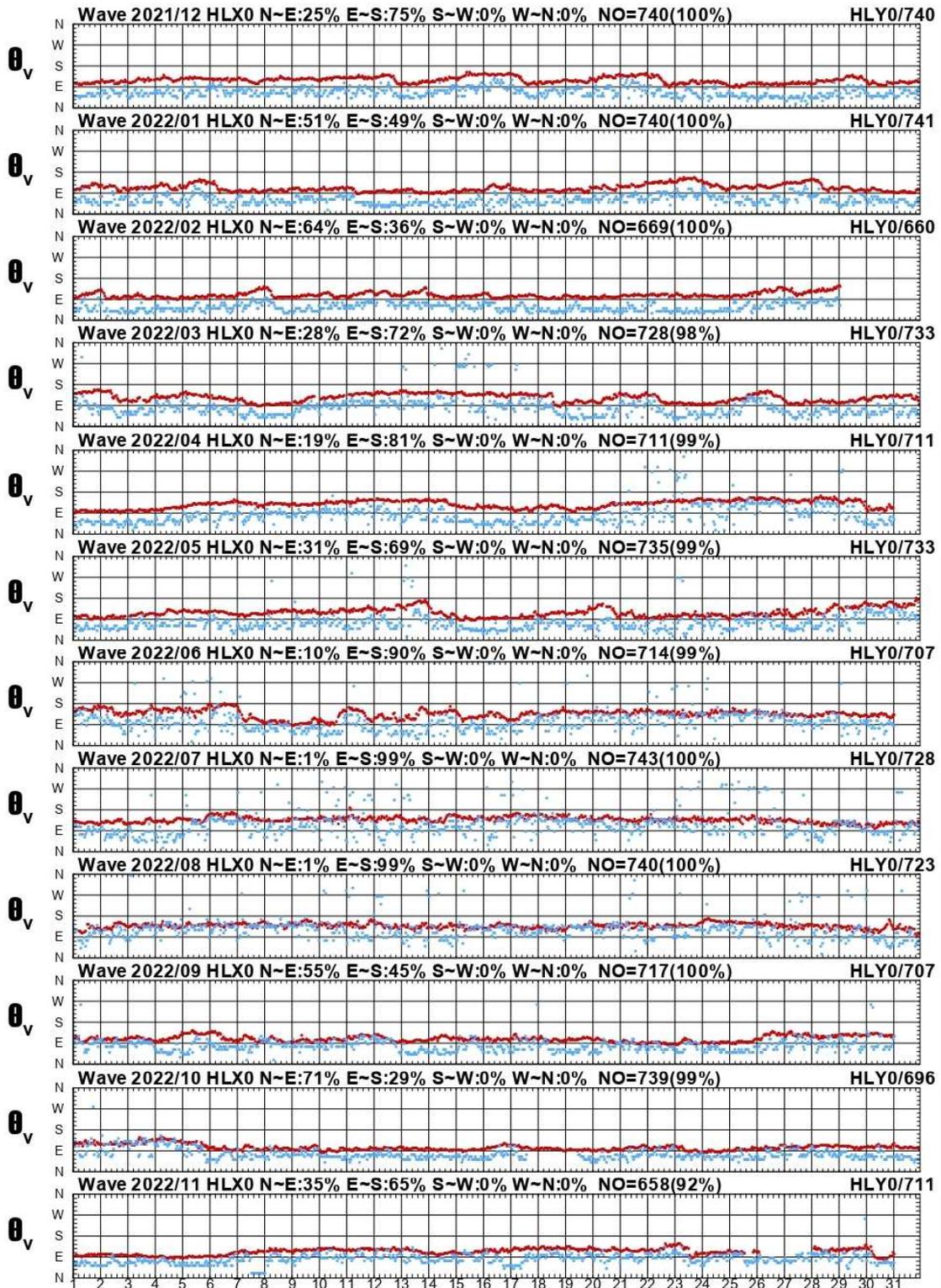


圖3.29 花蓮港主要觀測站X與測站Y觀測波向比較圖

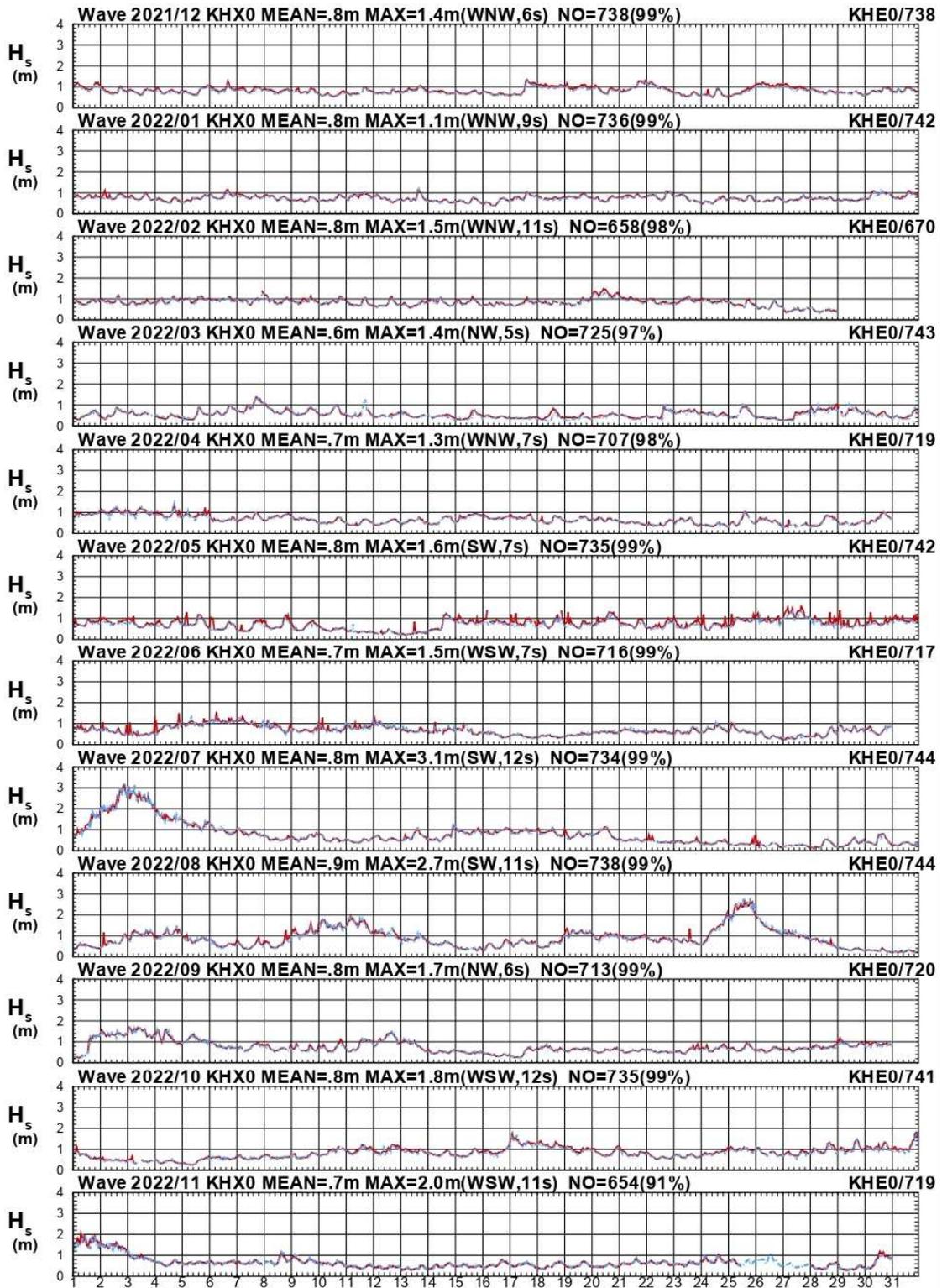


圖3.30 高雄港主要觀測站X與測站E觀測波高比較圖

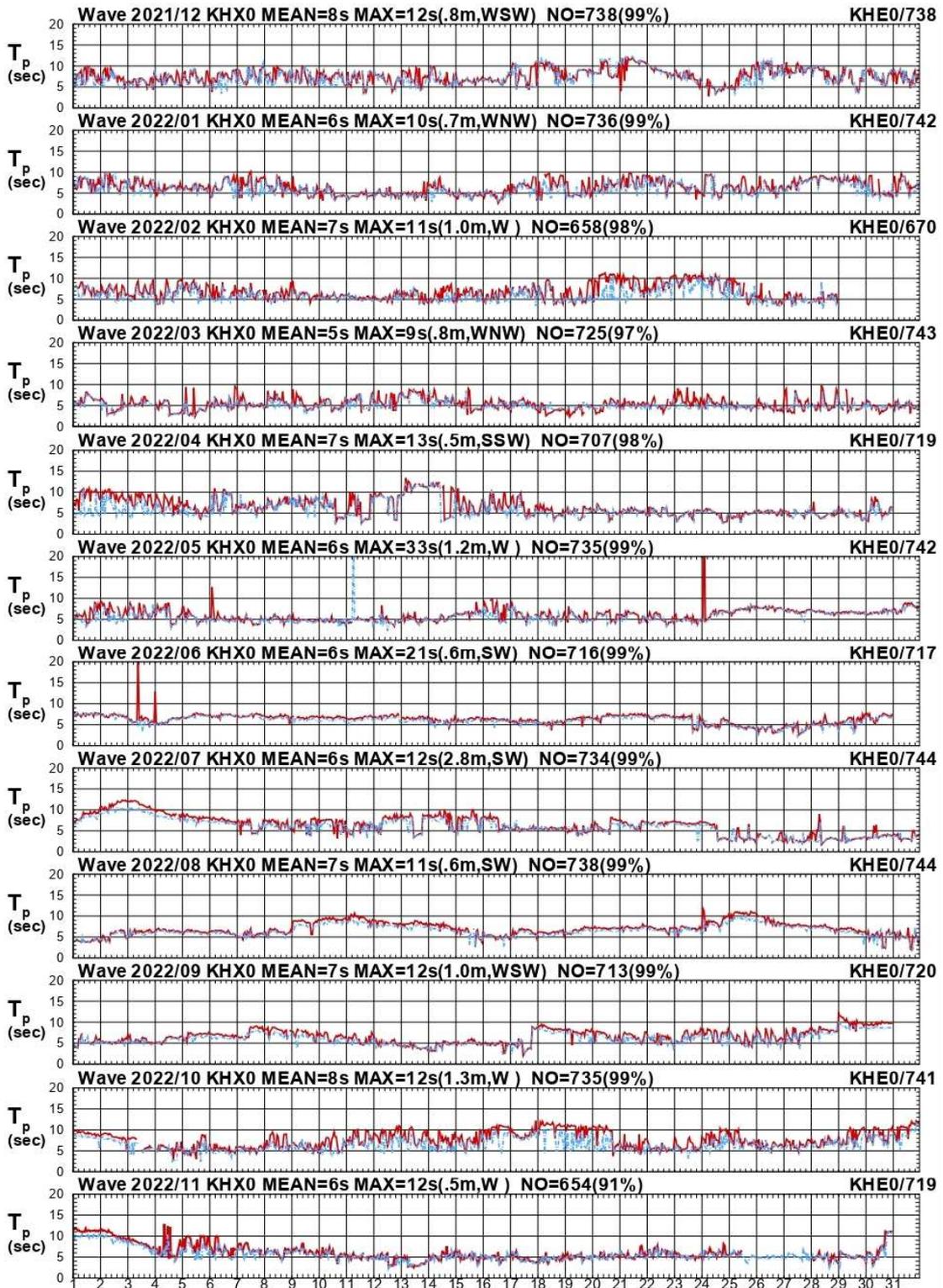


圖3.31 高雄港主要觀測站X與測站E觀測週期比較圖

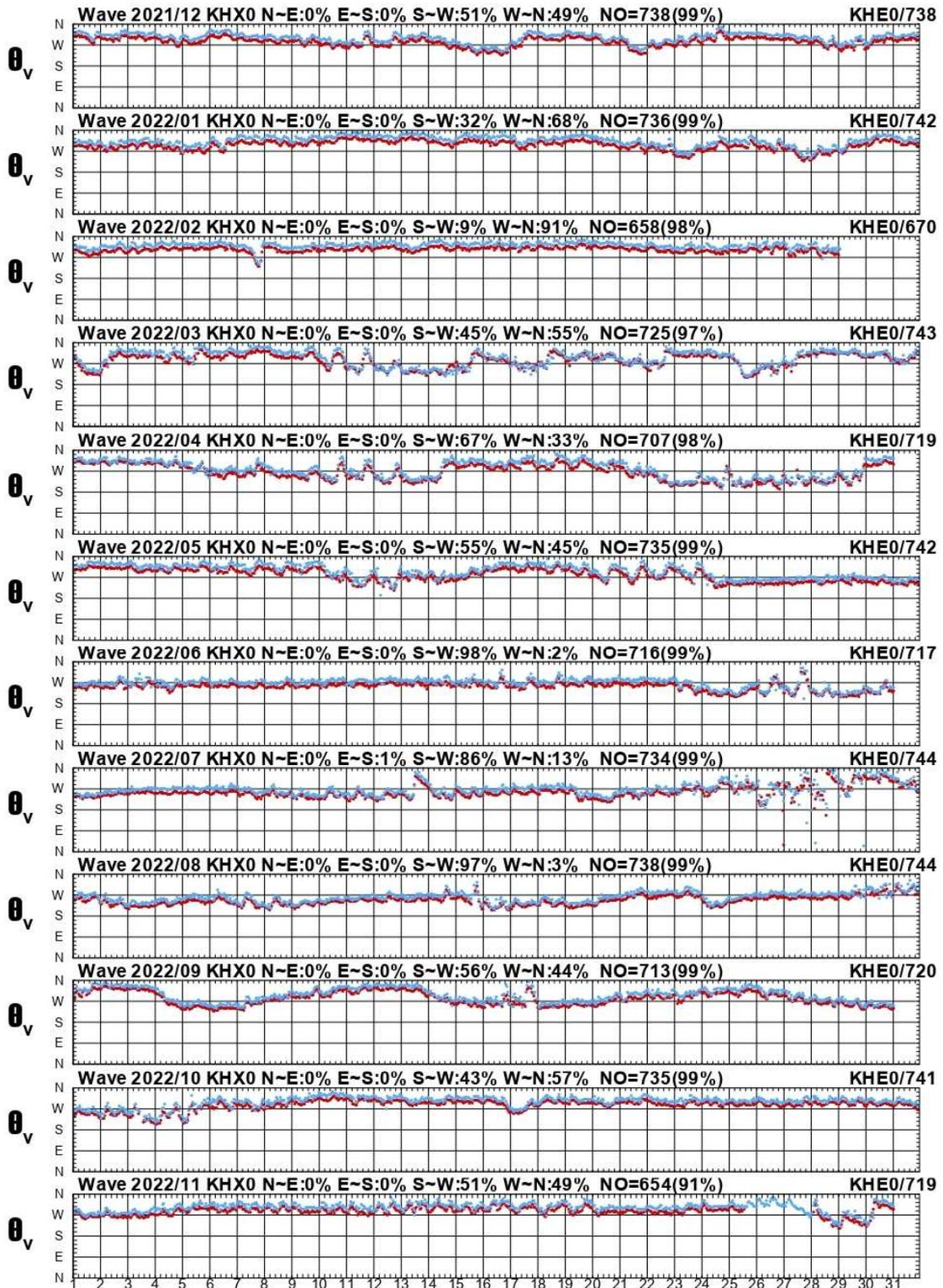


圖3.32 高雄港主要觀測站X與測站E觀測波向比較圖

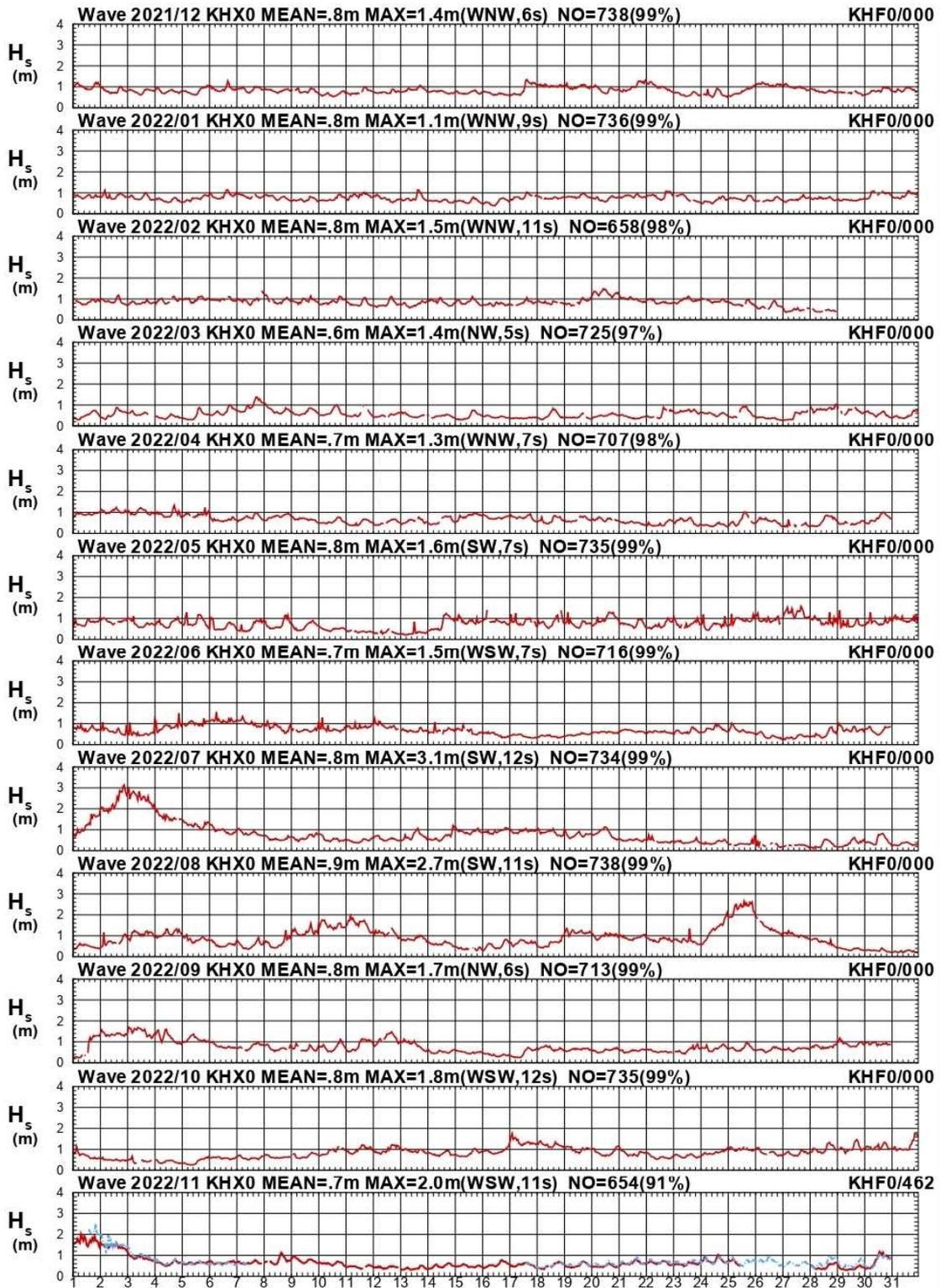


圖3.33 高雄港主要觀測站X與測站F觀測波高比較圖

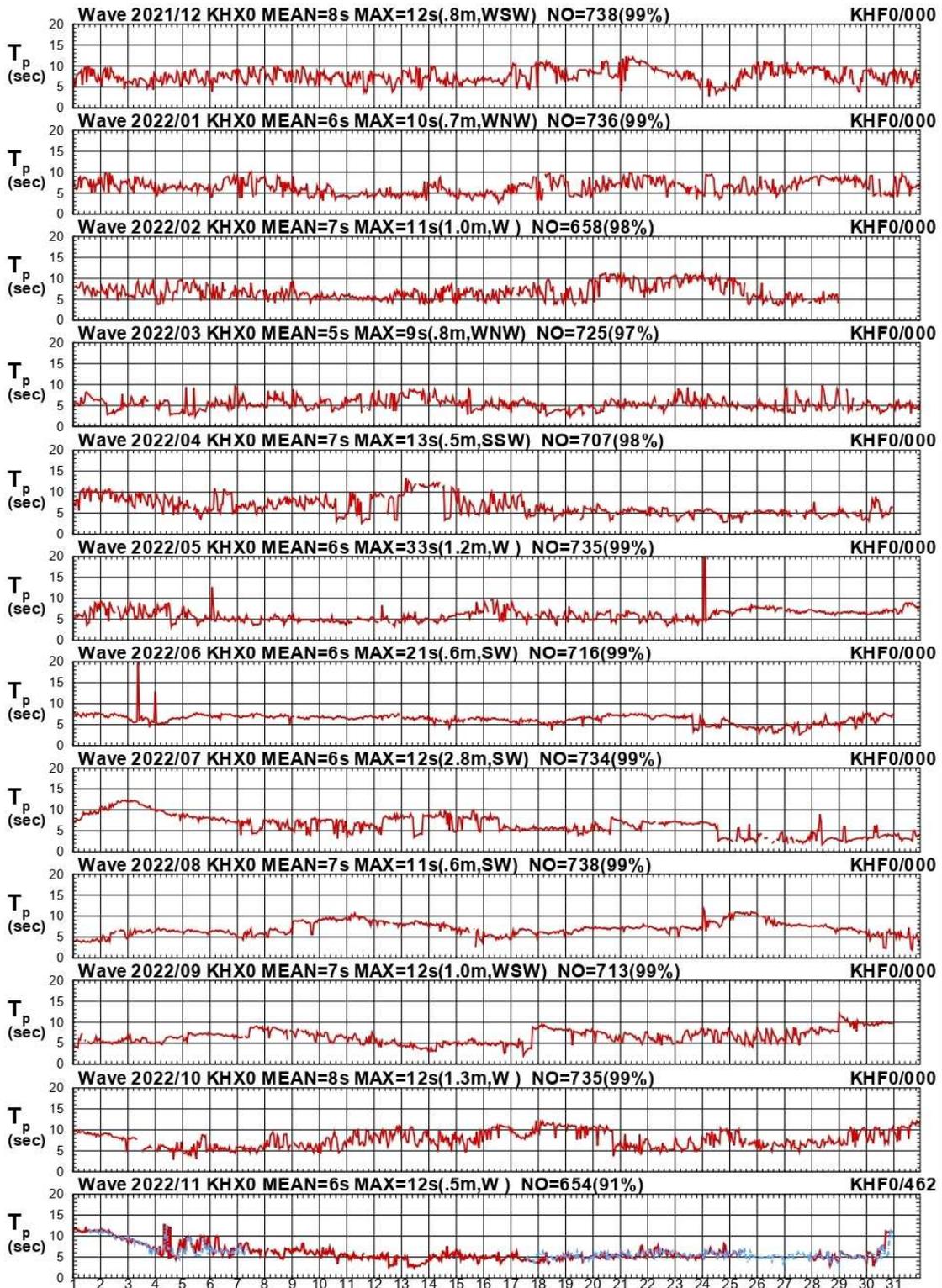


圖3.34 高雄港主要觀測站X與測站F觀測週期比較圖

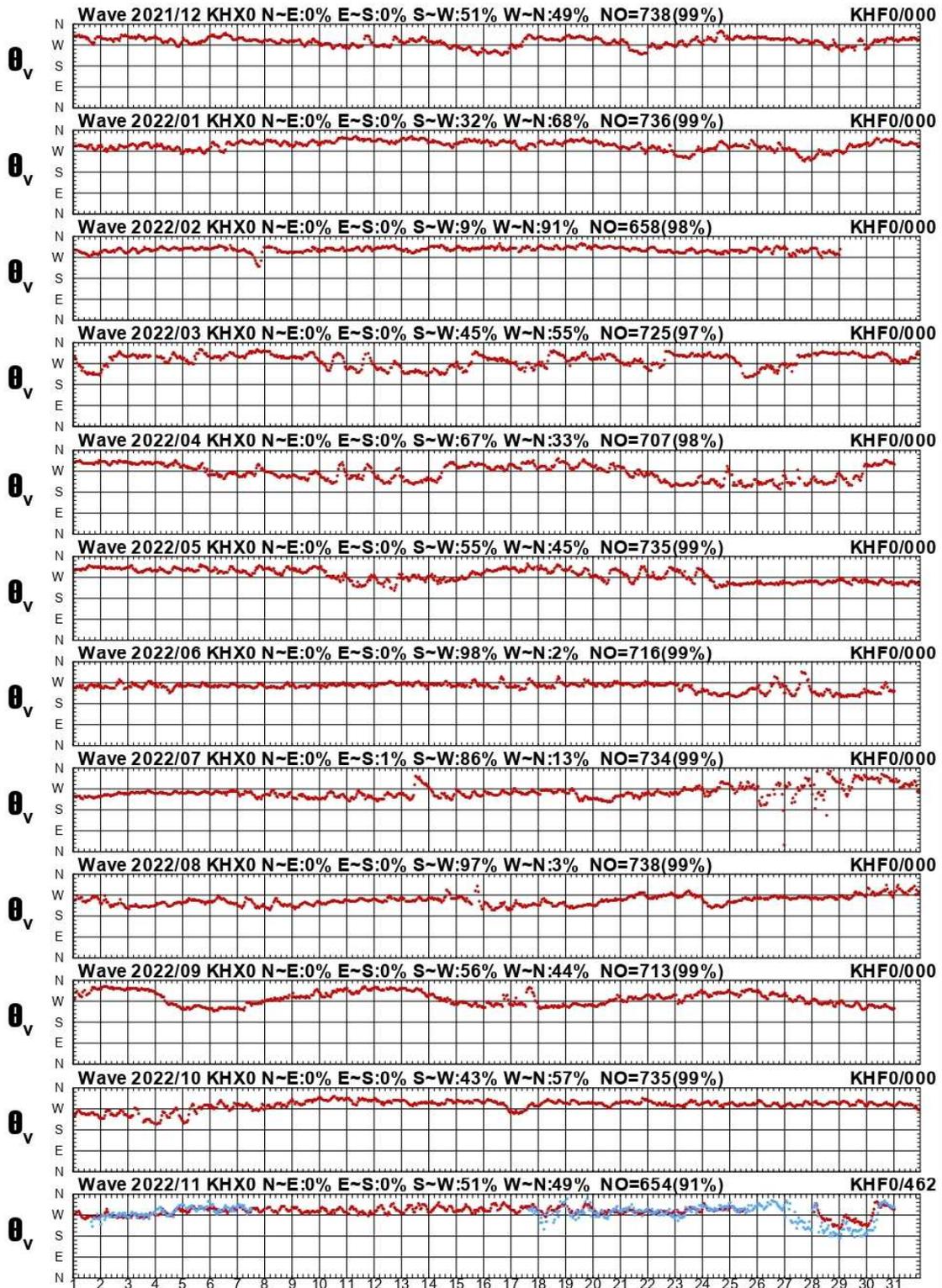


圖3.35 高雄港主要觀測站X與測站F觀測波向比較圖

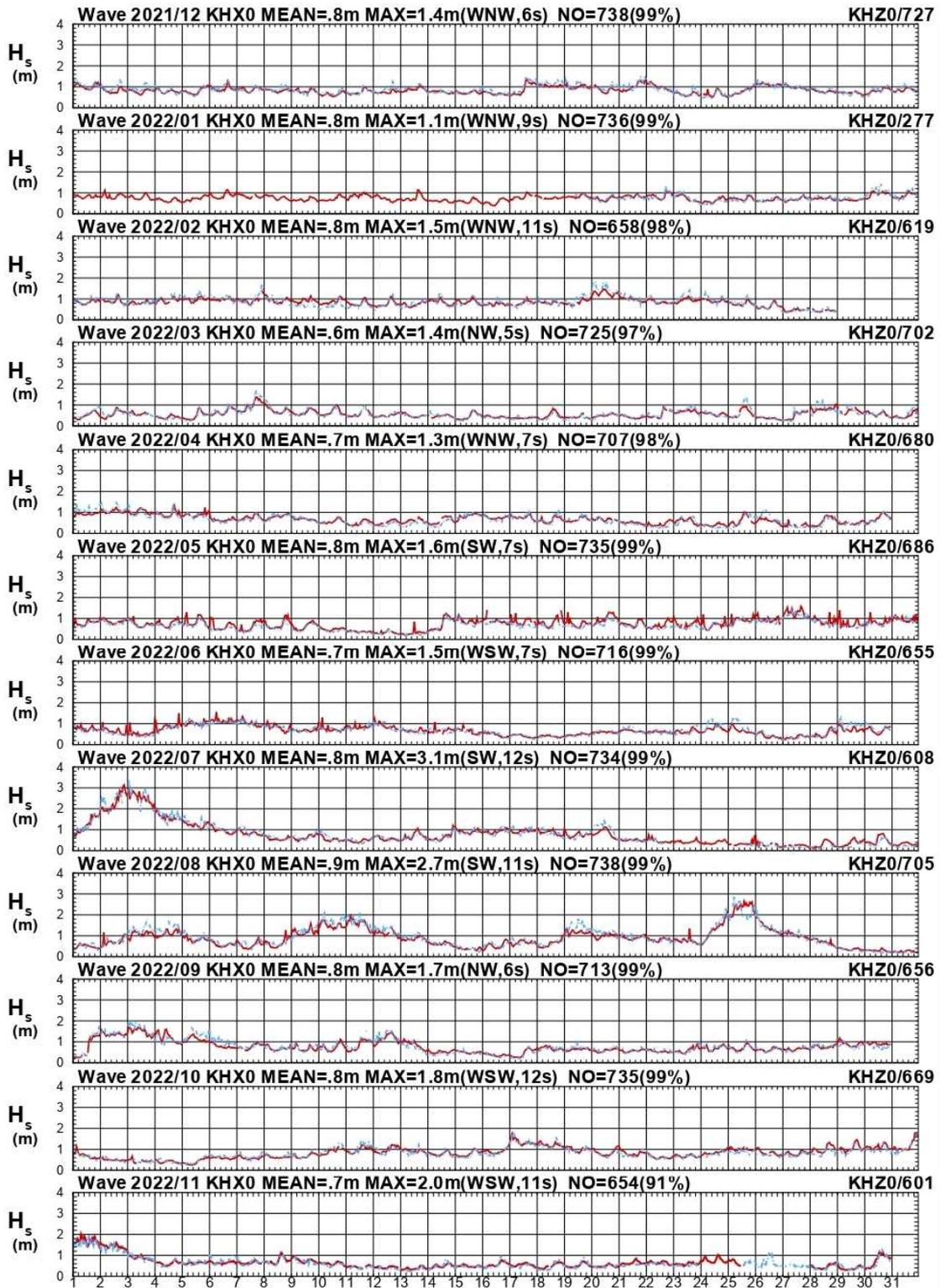


圖3.36 高雄港主要觀測站X與測站Z觀測波高比較圖

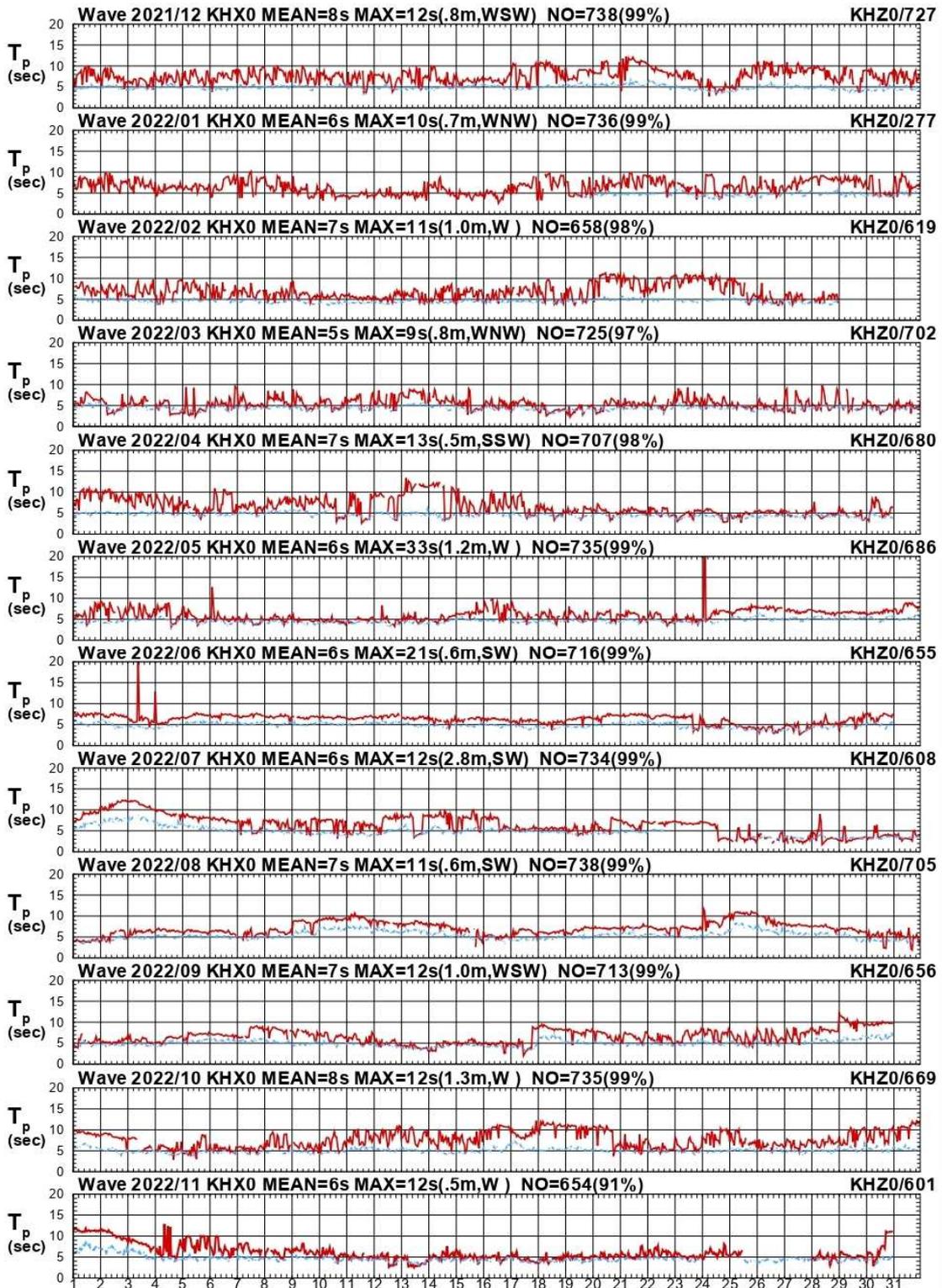


圖3.37 高雄港主要觀測站X與測站Z觀測週期比較圖

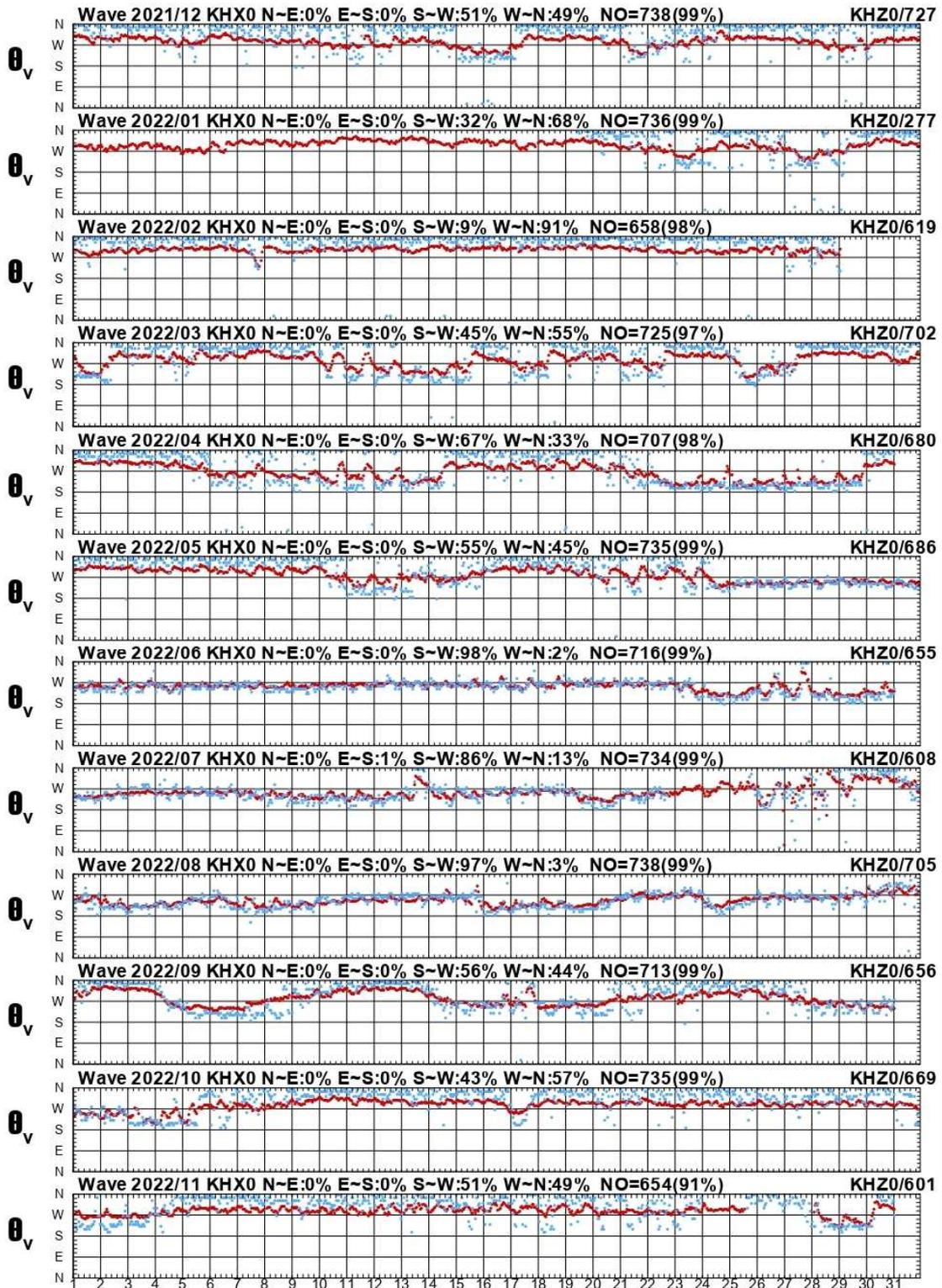


圖3.38 高雄港主要觀測站X與測站Z觀測波向比較圖

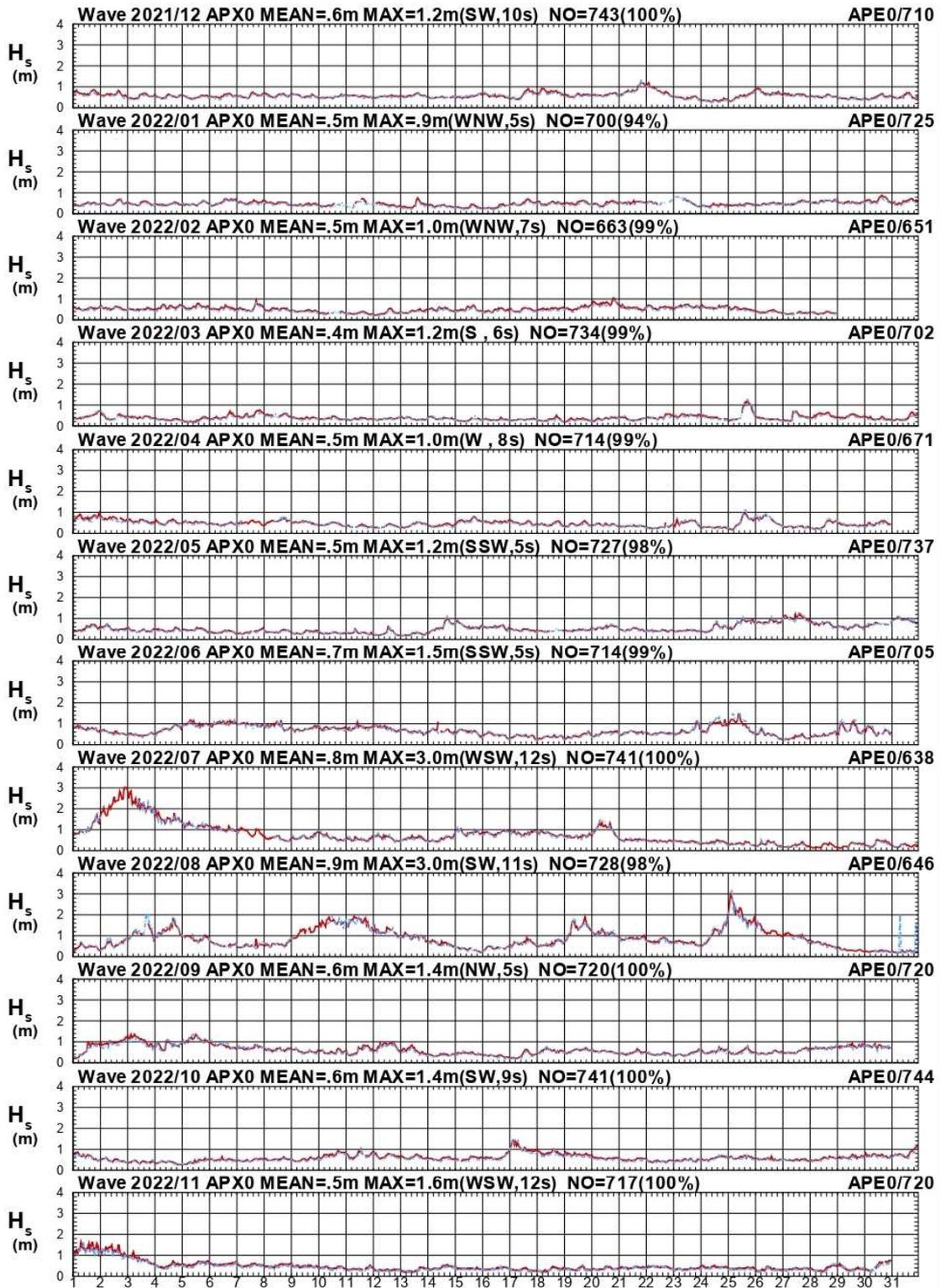


圖3.39 安平港主要觀測站X與測站E觀測波高比較圖

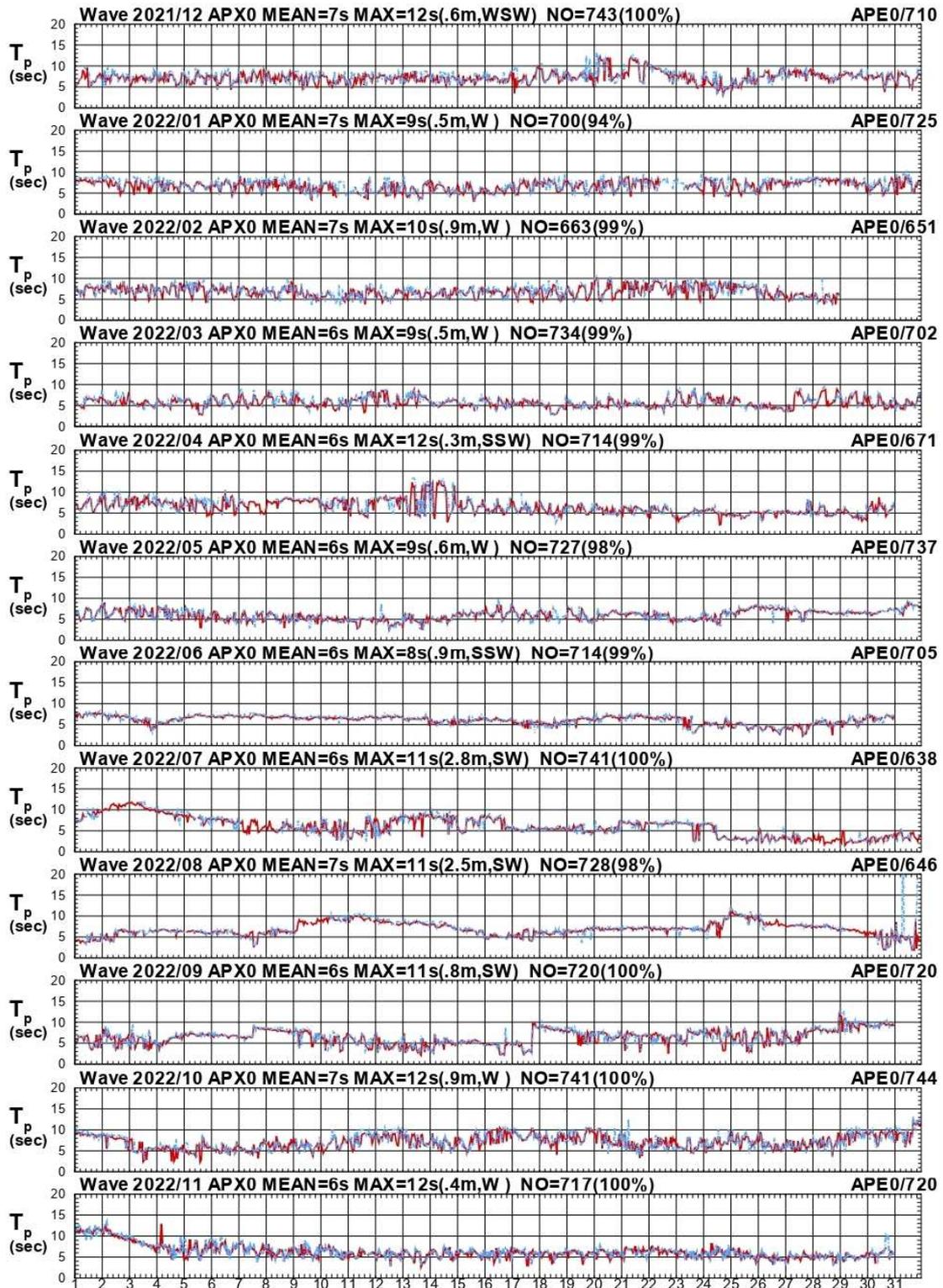


圖3.40 安平港主要觀測站X與測站E觀測週期比較圖

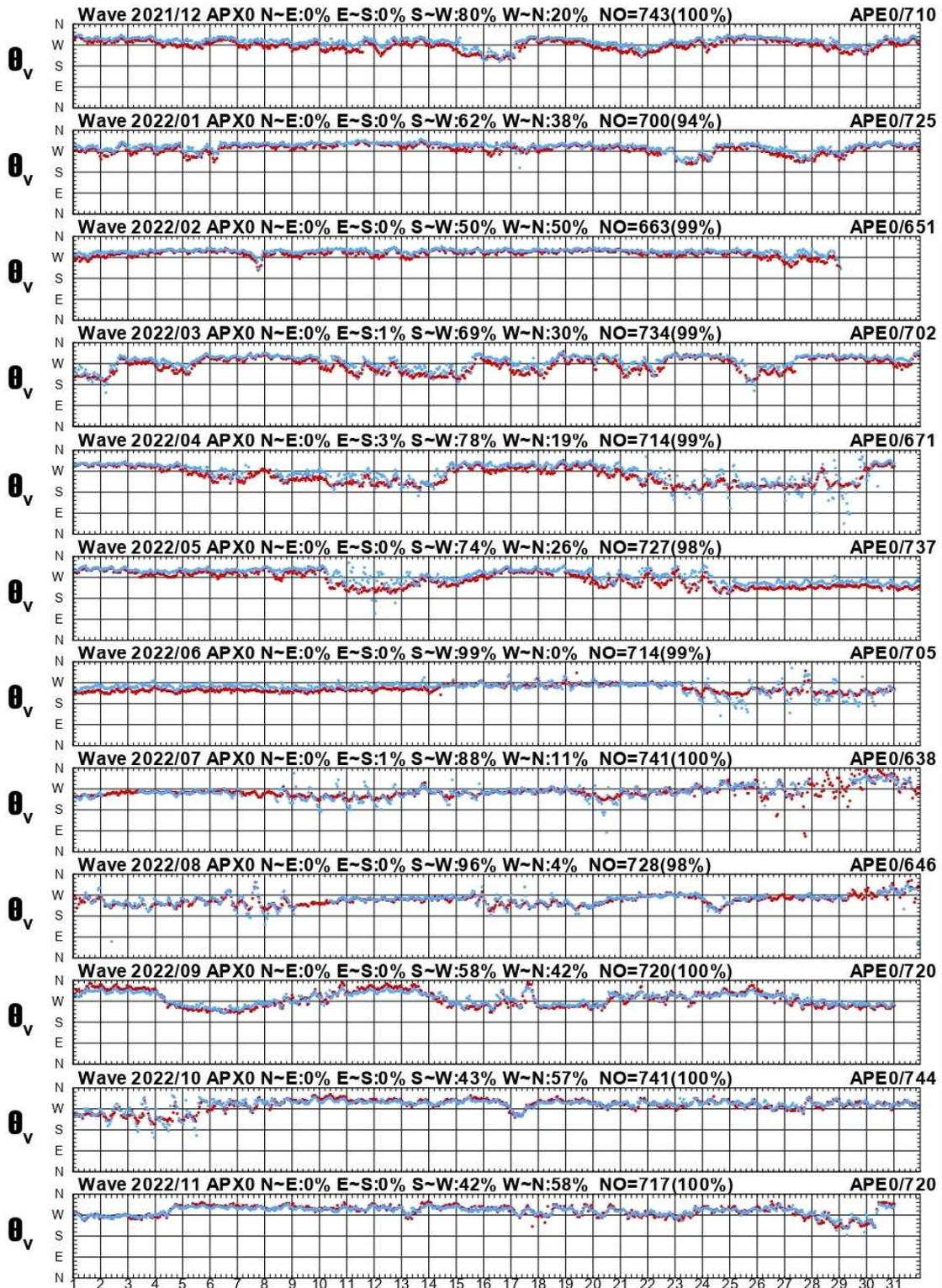


圖3.41 安平港主要觀測站X與測站E觀測波向比較圖

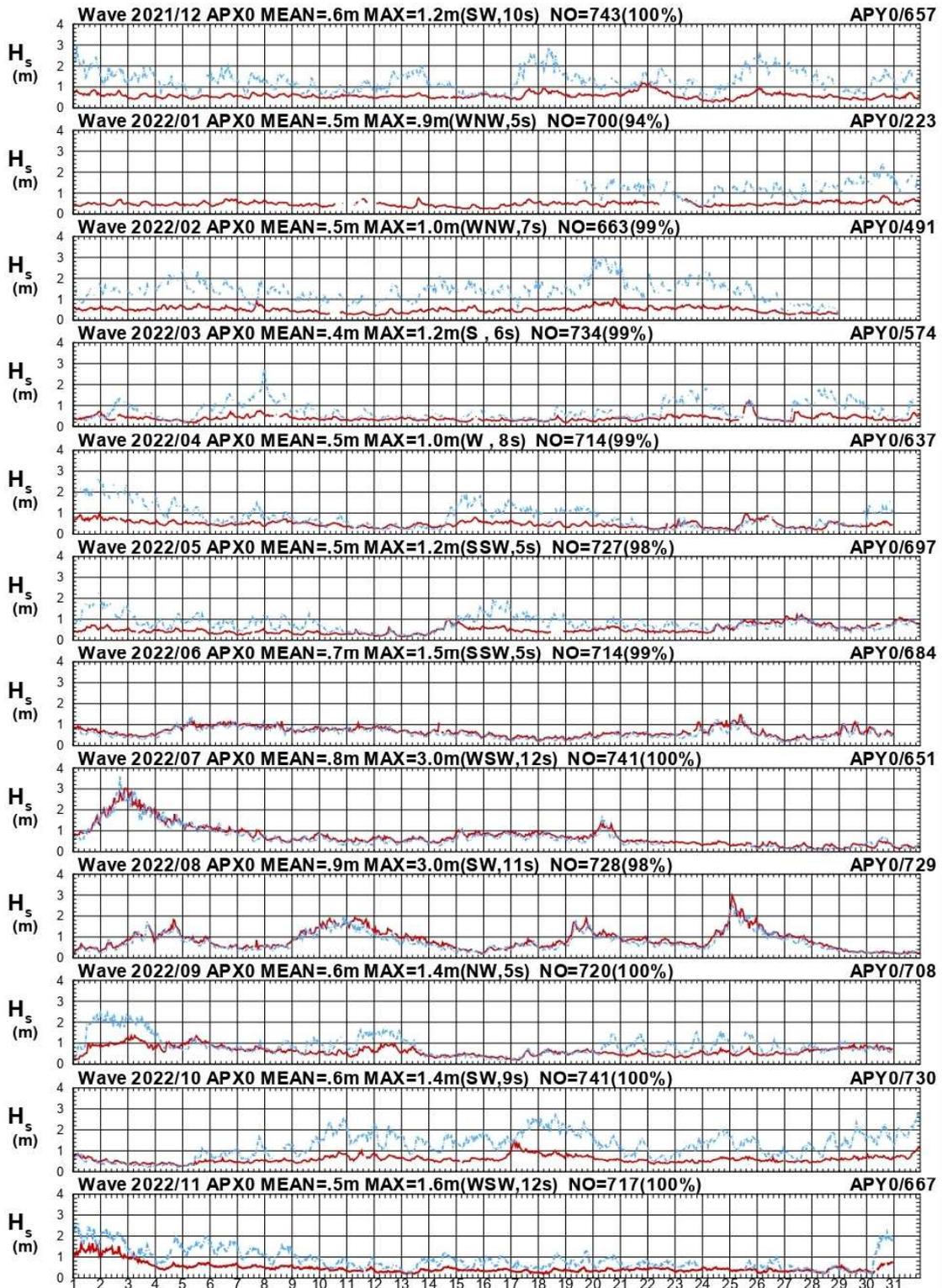


圖3.42 安平港主要觀測站X與測站Y觀測波高比較圖

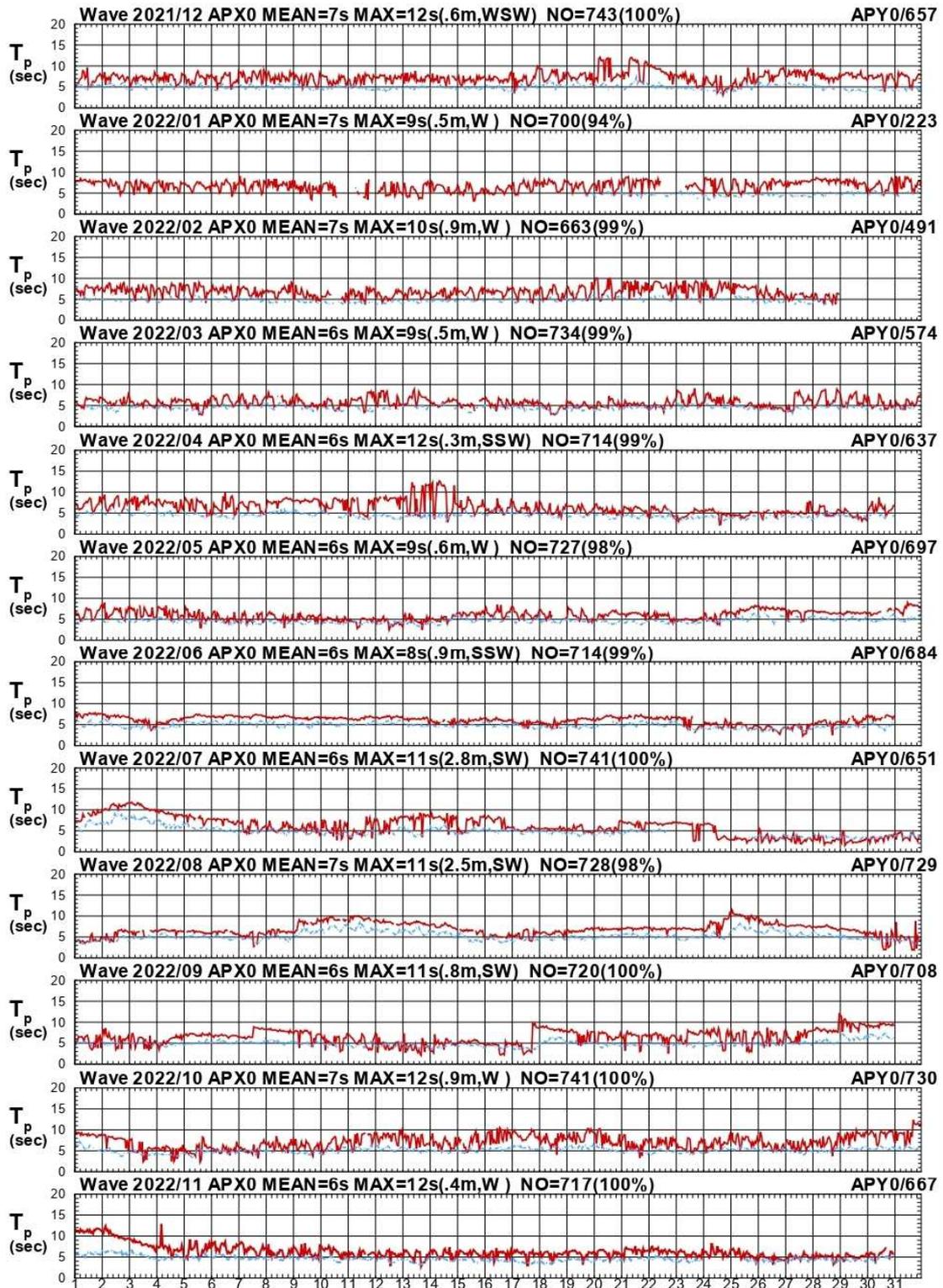


圖3.43 安平港主要觀測站X與測站Y觀測週期比較圖

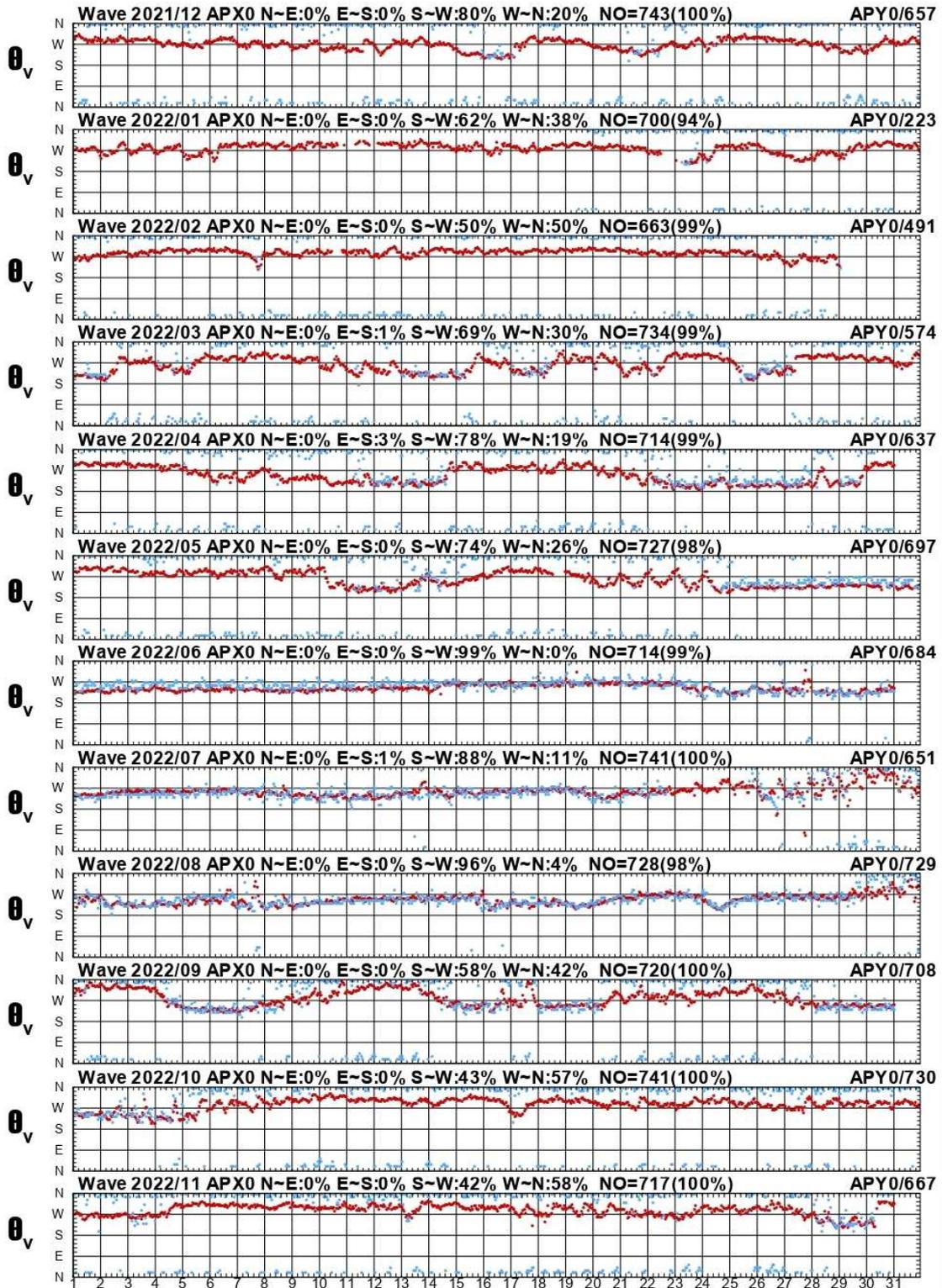


圖3.44 安平港主要觀測站X與測站Y觀測波向比較圖

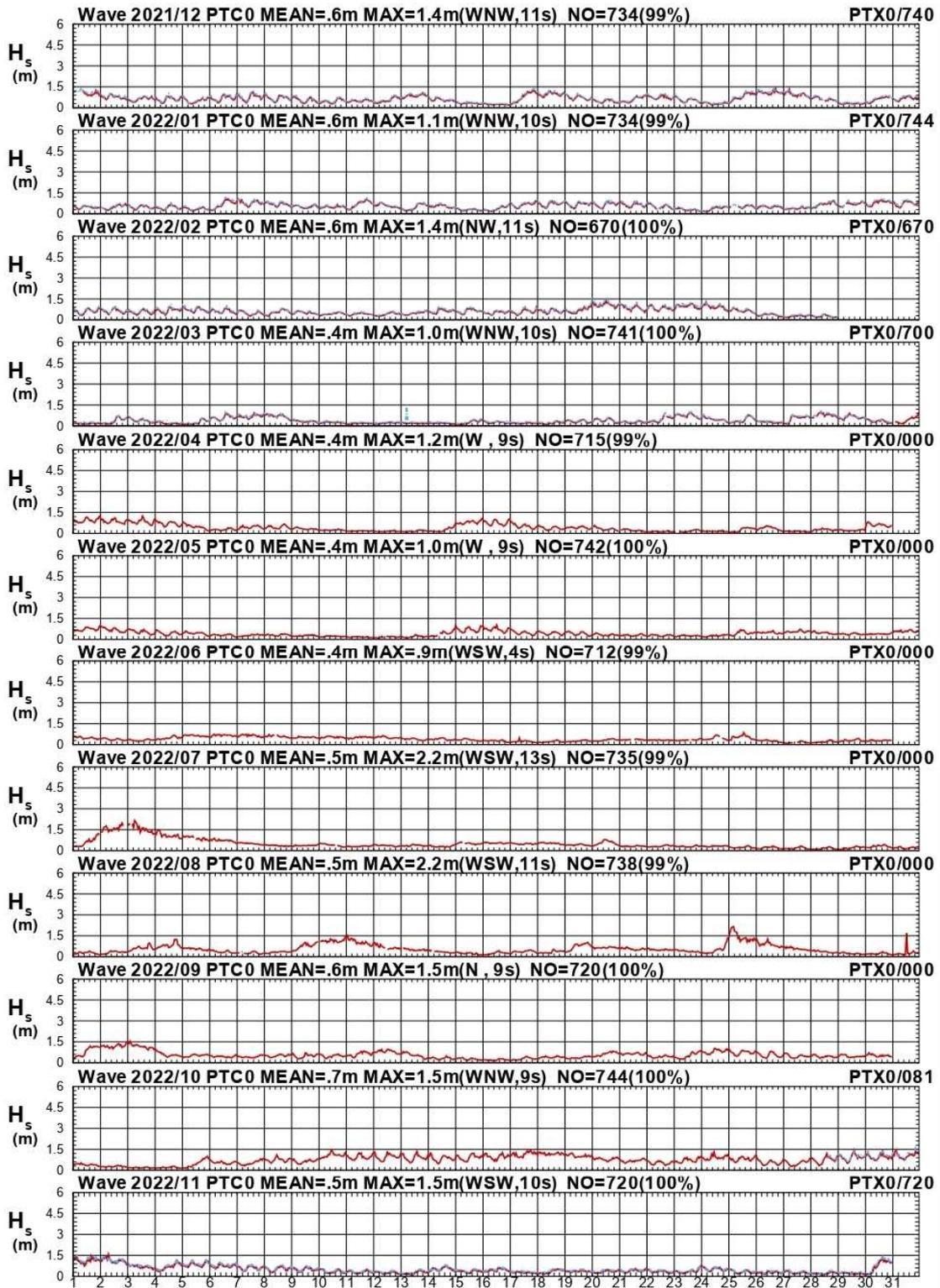


圖3.45 布袋港主要觀測站C與測站X觀測波高比較圖

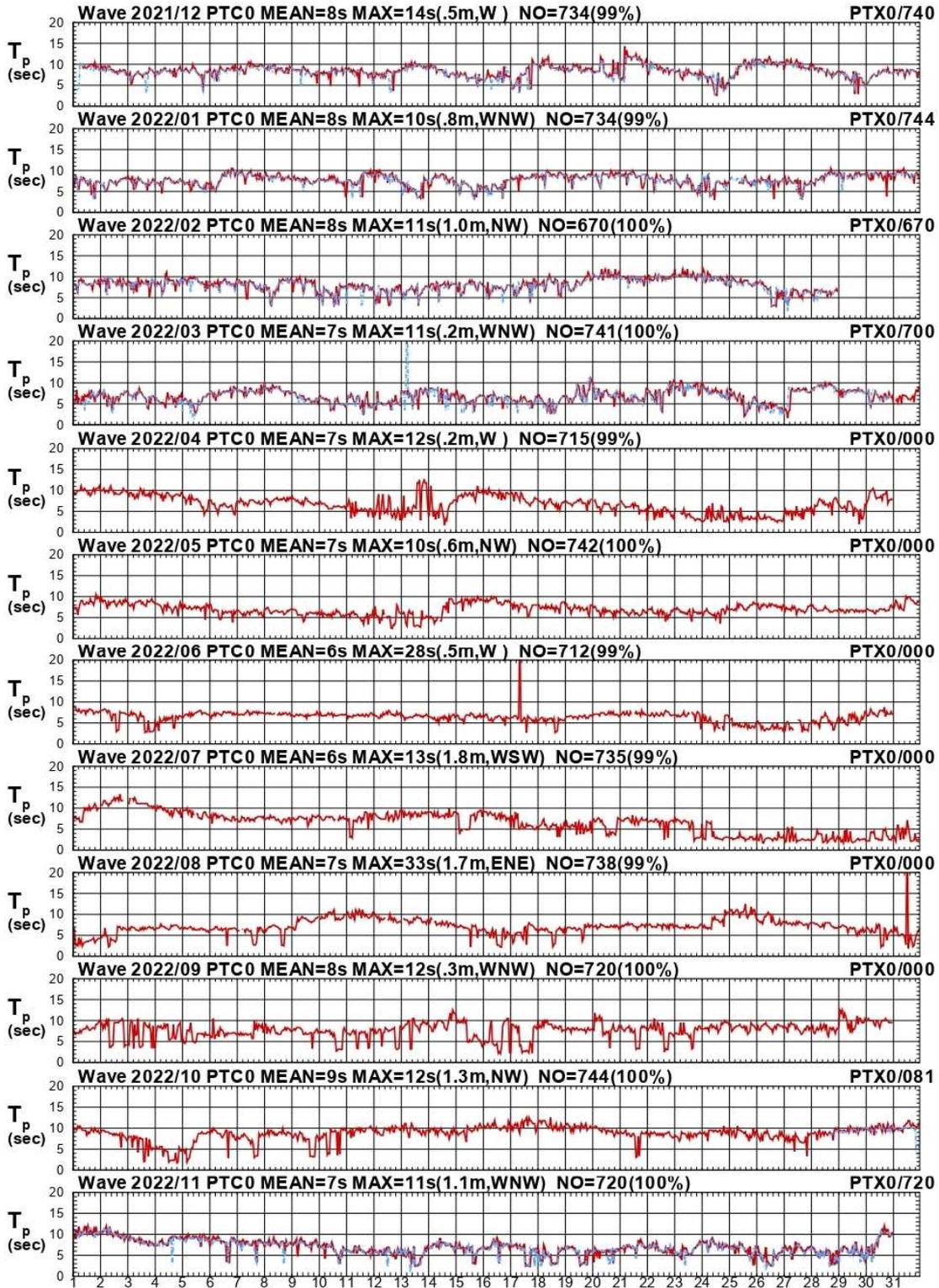


圖3.46 布袋港主要觀測站C與測站X觀測週期比較圖

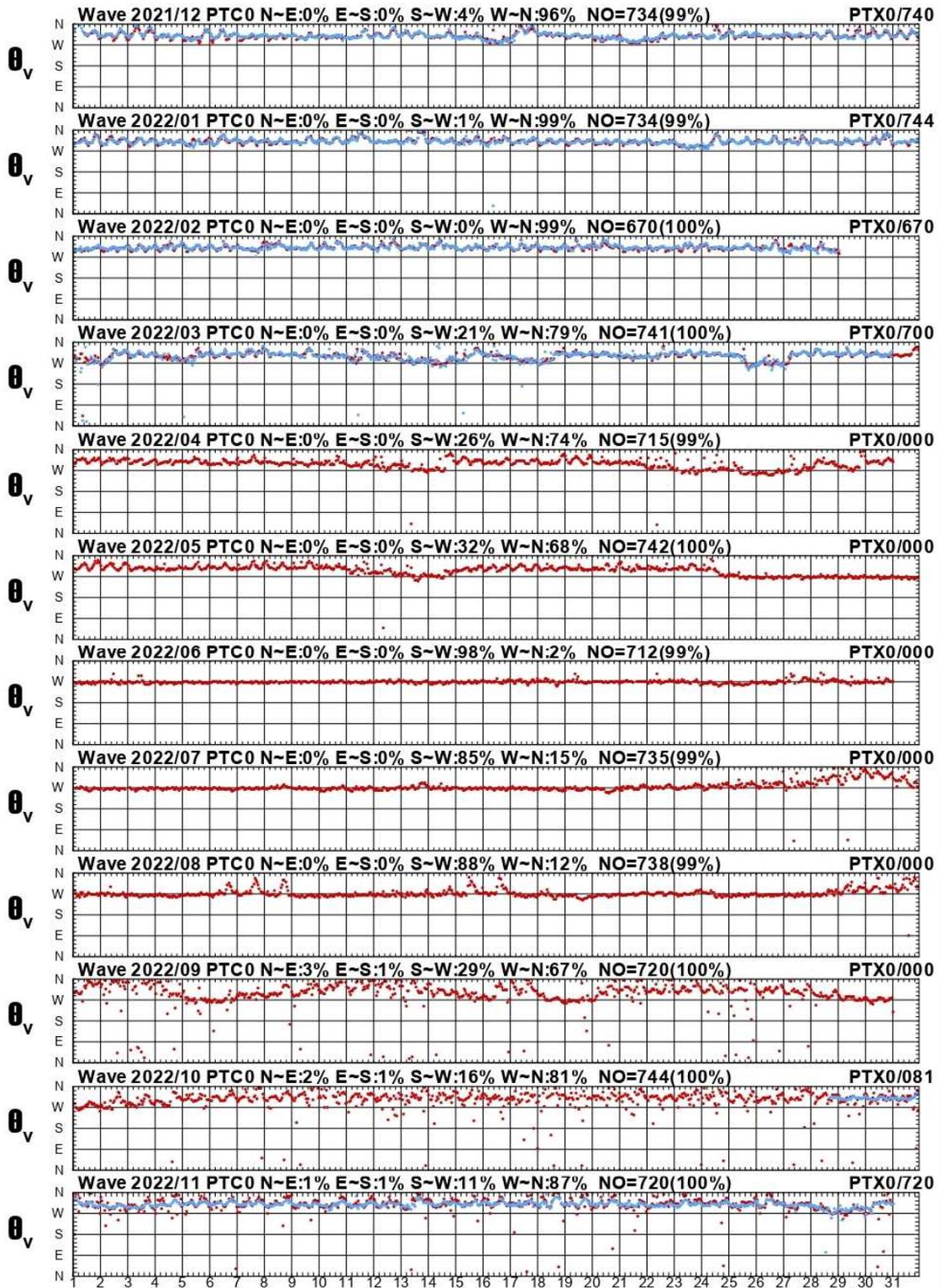


圖3.47 布袋港主要觀測站C與測站X觀測波向比較圖

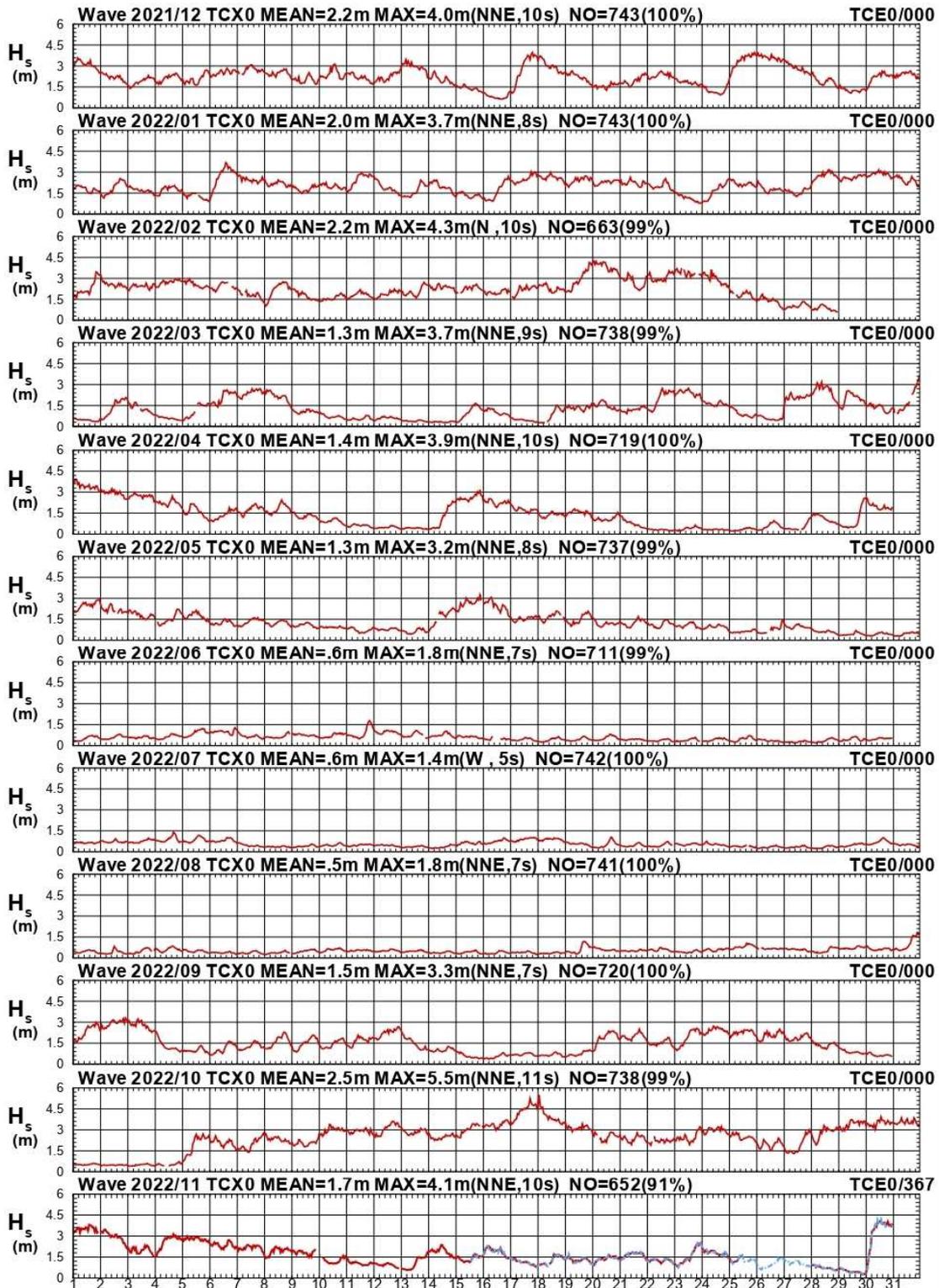


圖3.48 臺中港主要觀測站X與測站E觀測波高比較圖

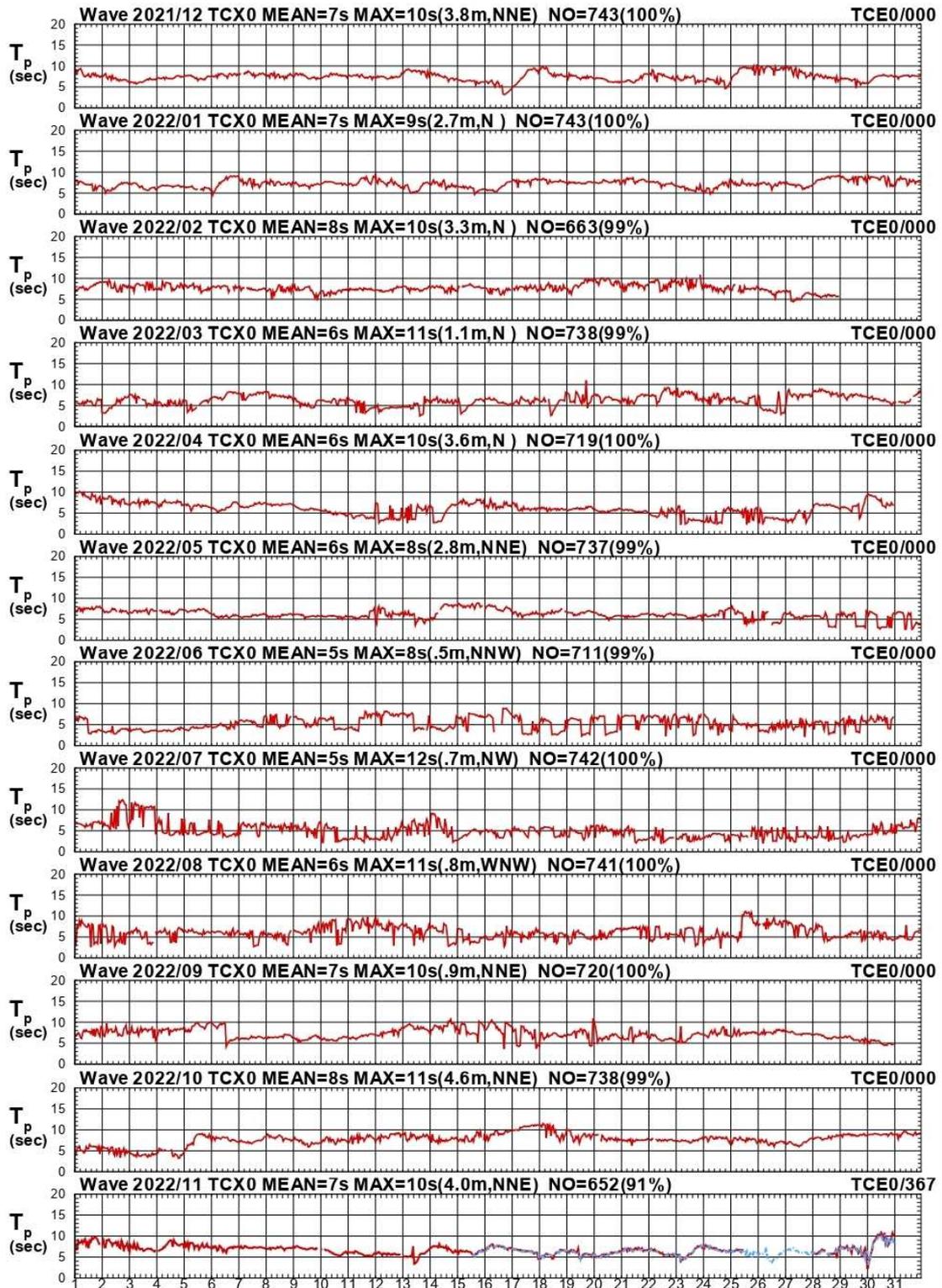


圖3.49 臺中港主要觀測站X與測站E觀測週期比較圖

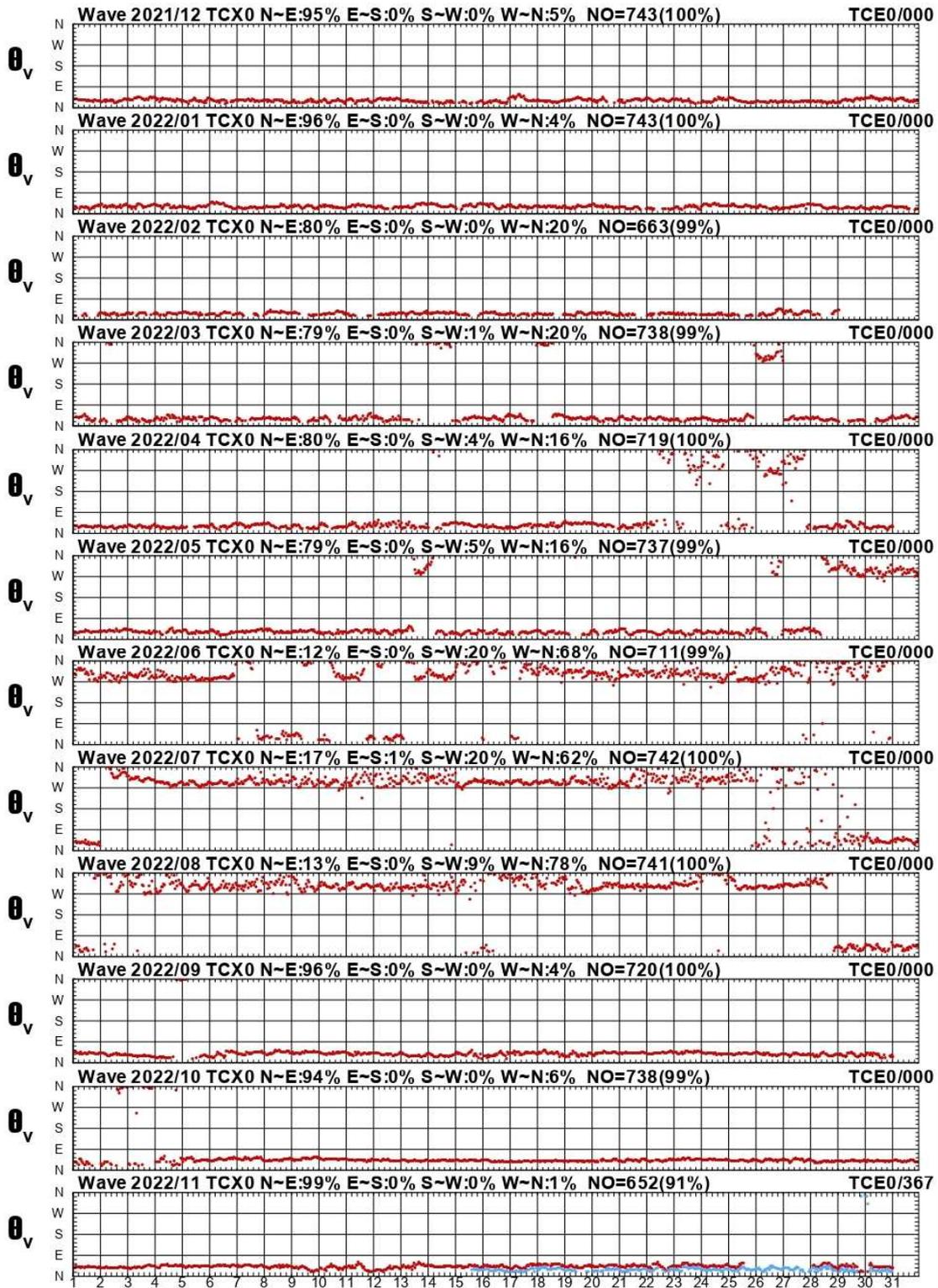


圖3.50 臺中港主要觀測站X與測站E觀測波向比較圖

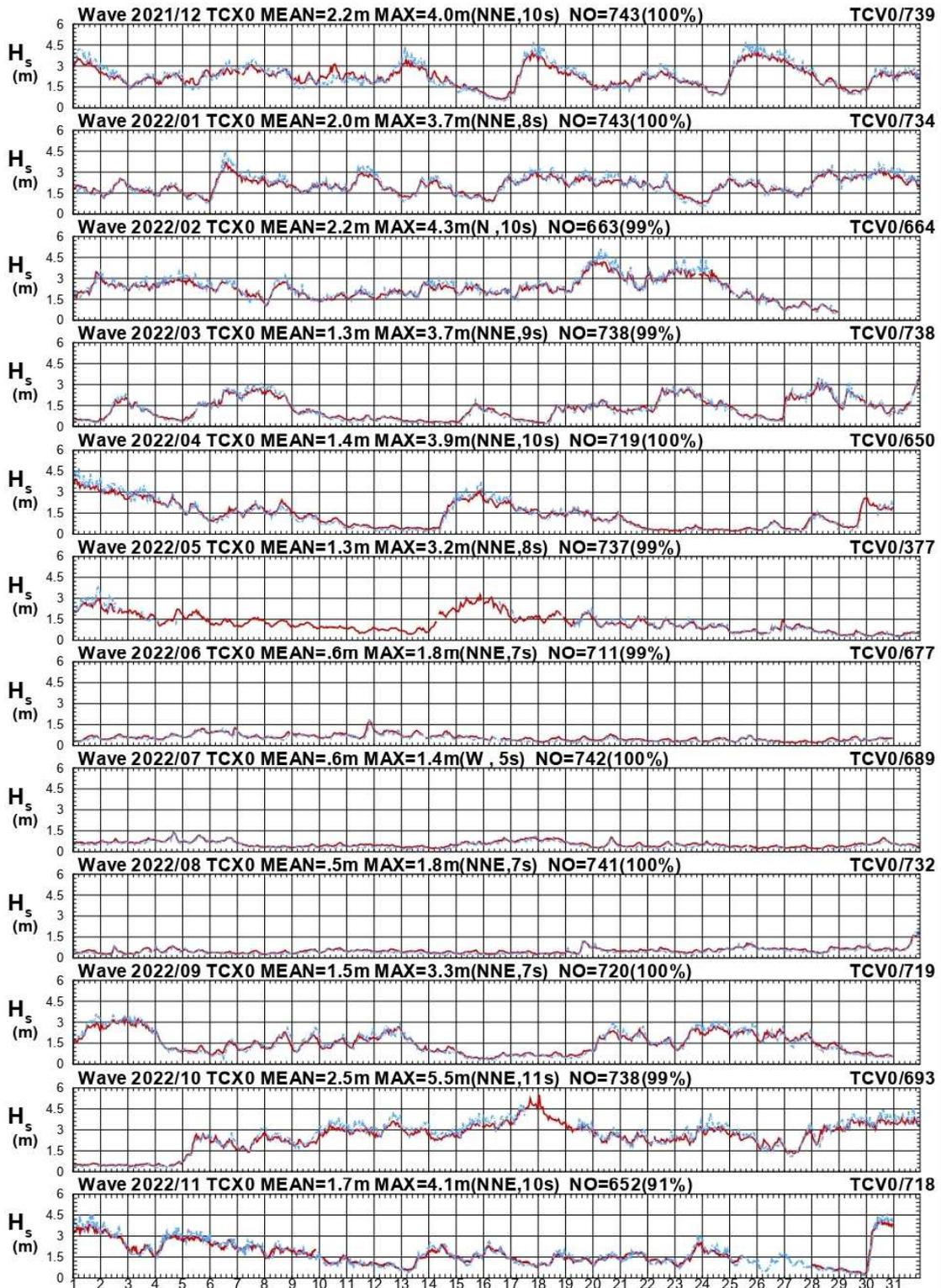


圖3.51 臺中港主要觀測站X與測站V觀測波高比較圖

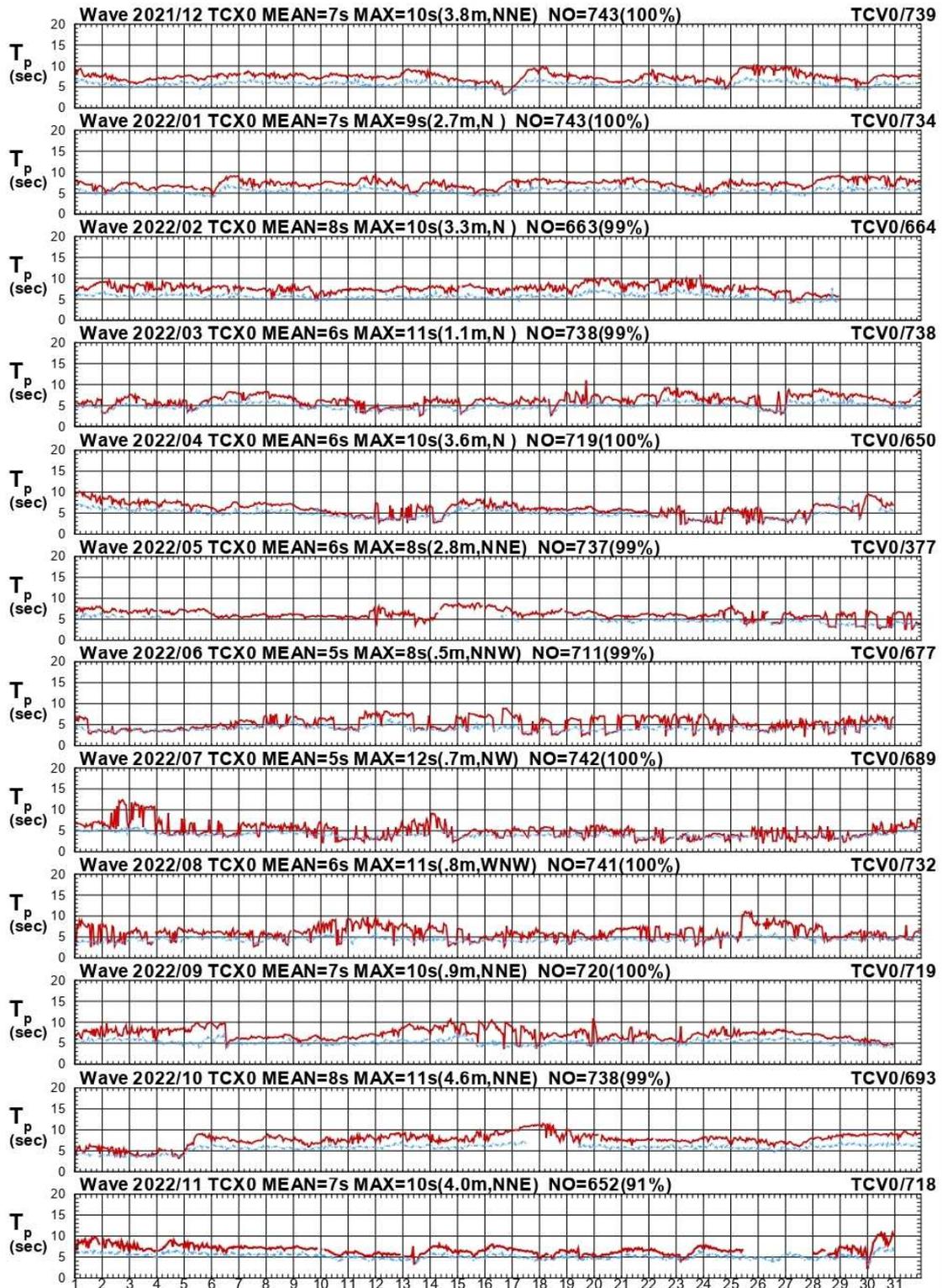


圖3.52 臺中港主要觀測站X與測站V觀測週期比較圖

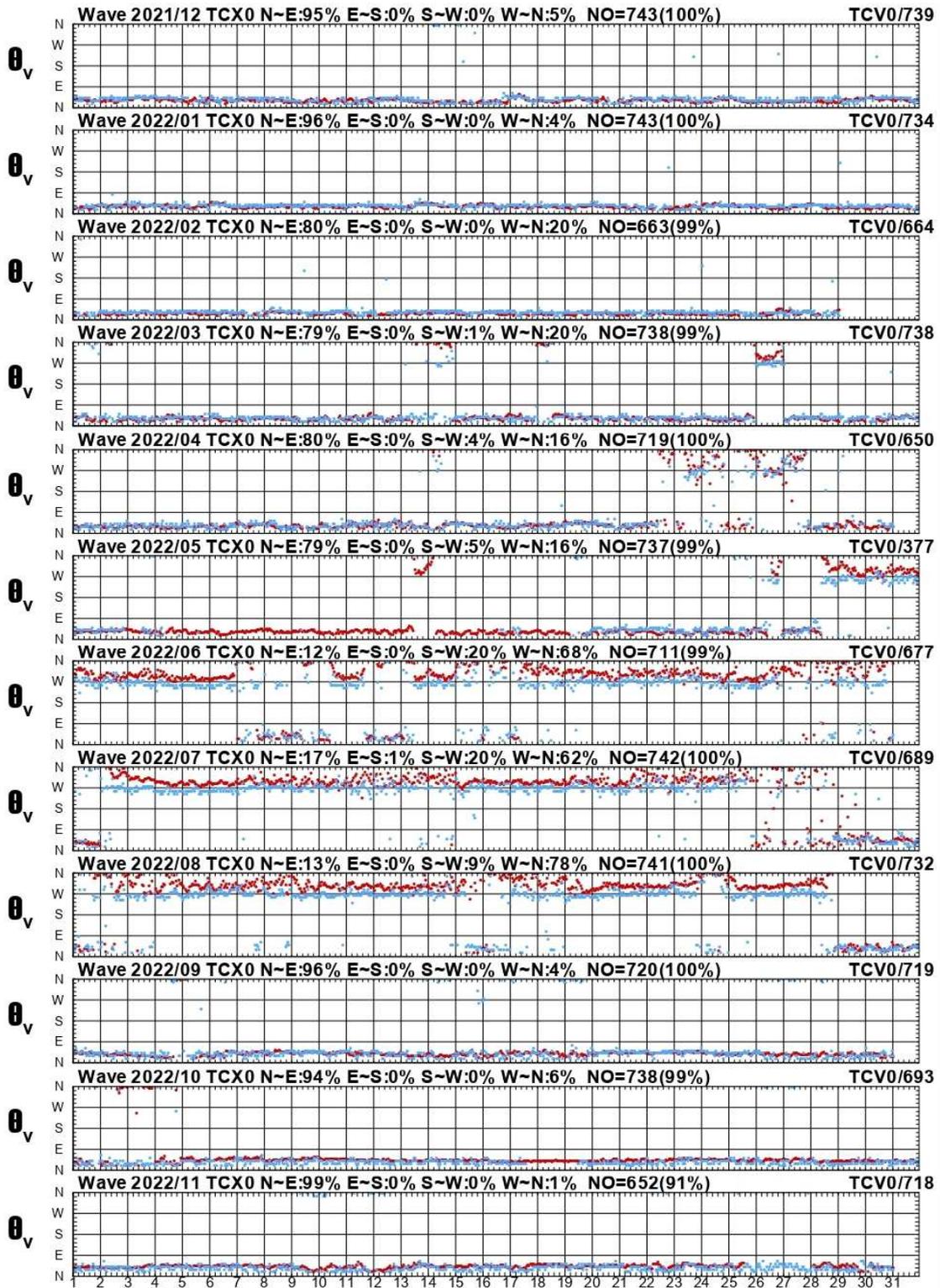


圖3.53 臺中港主要觀測站X與測站V觀測波向比較圖

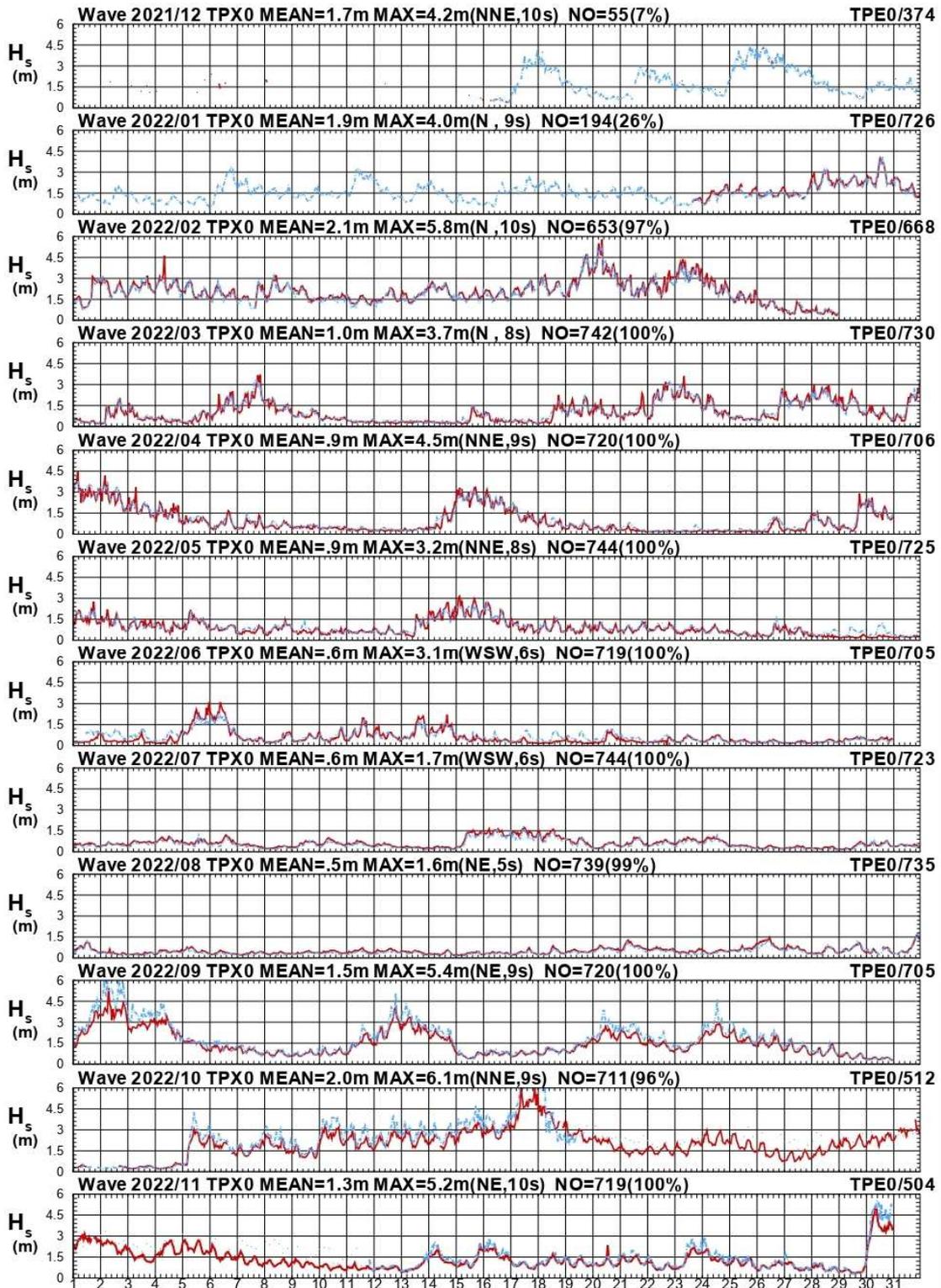


圖3.54 臺北港主要觀測站X與測站E觀測波高比較圖

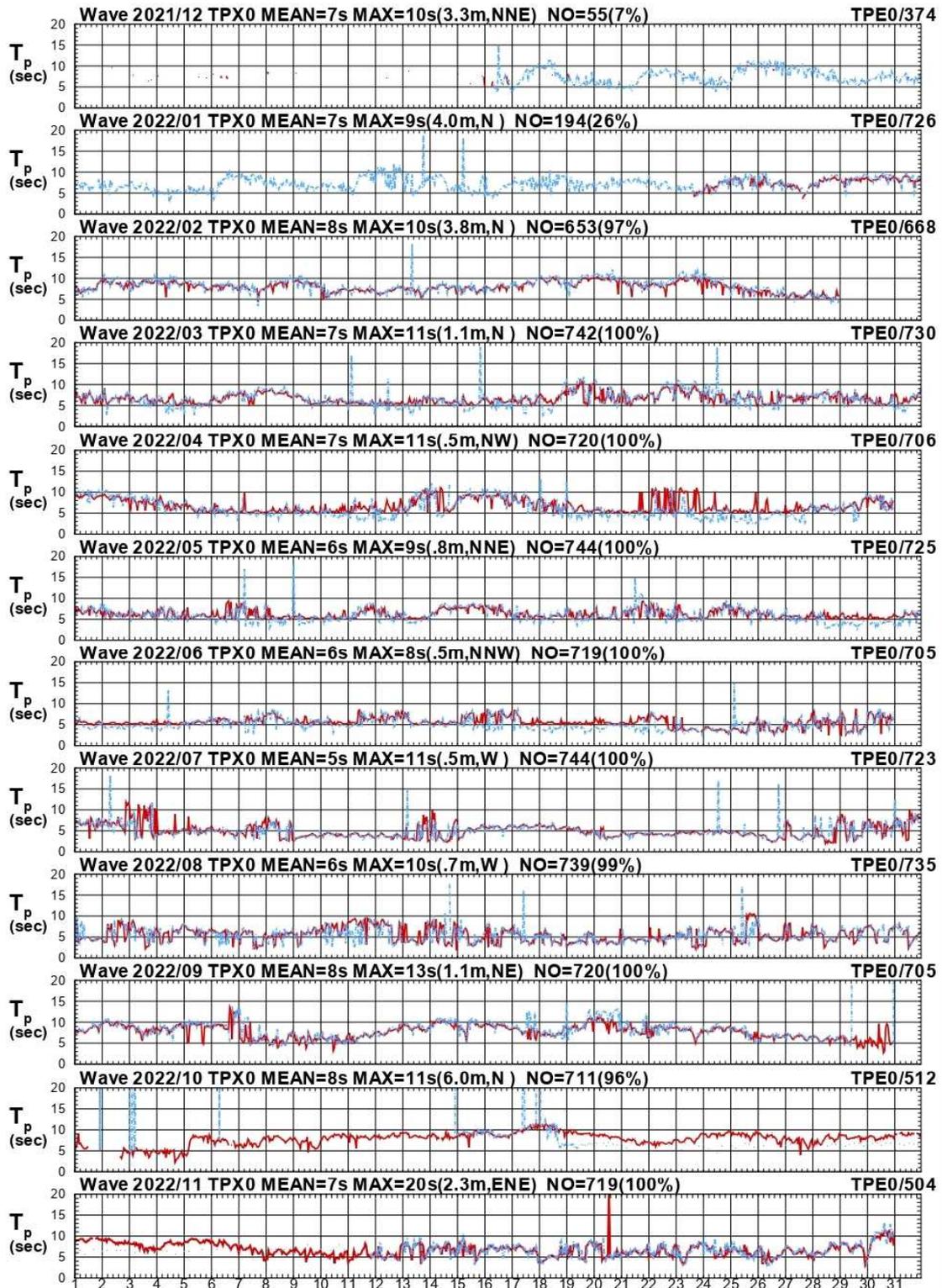


圖3.55 臺北港主要觀測站X與測站E觀測週期比較圖

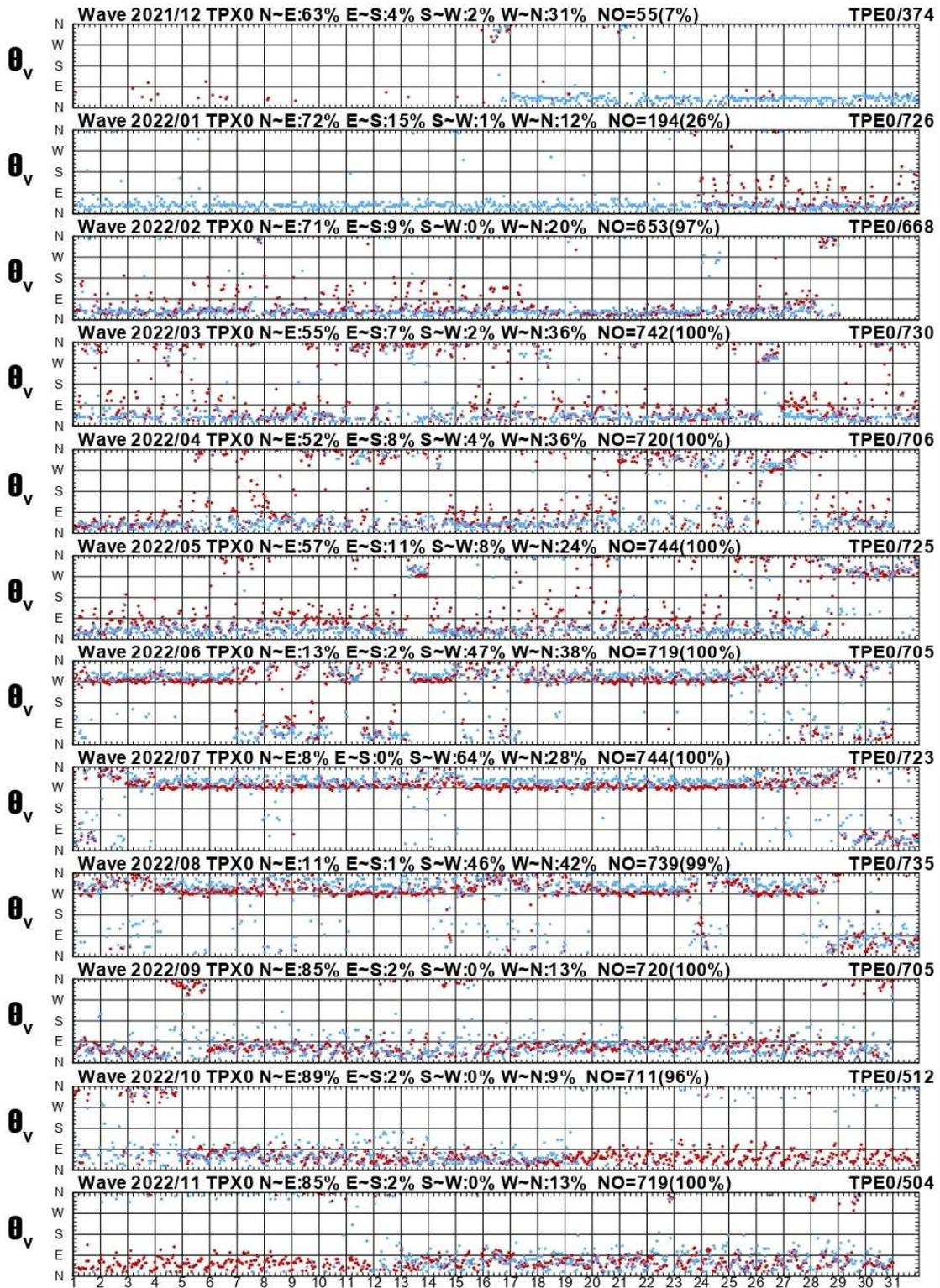


圖3.56 臺北港主要觀測站X與測站E觀測波向比較圖

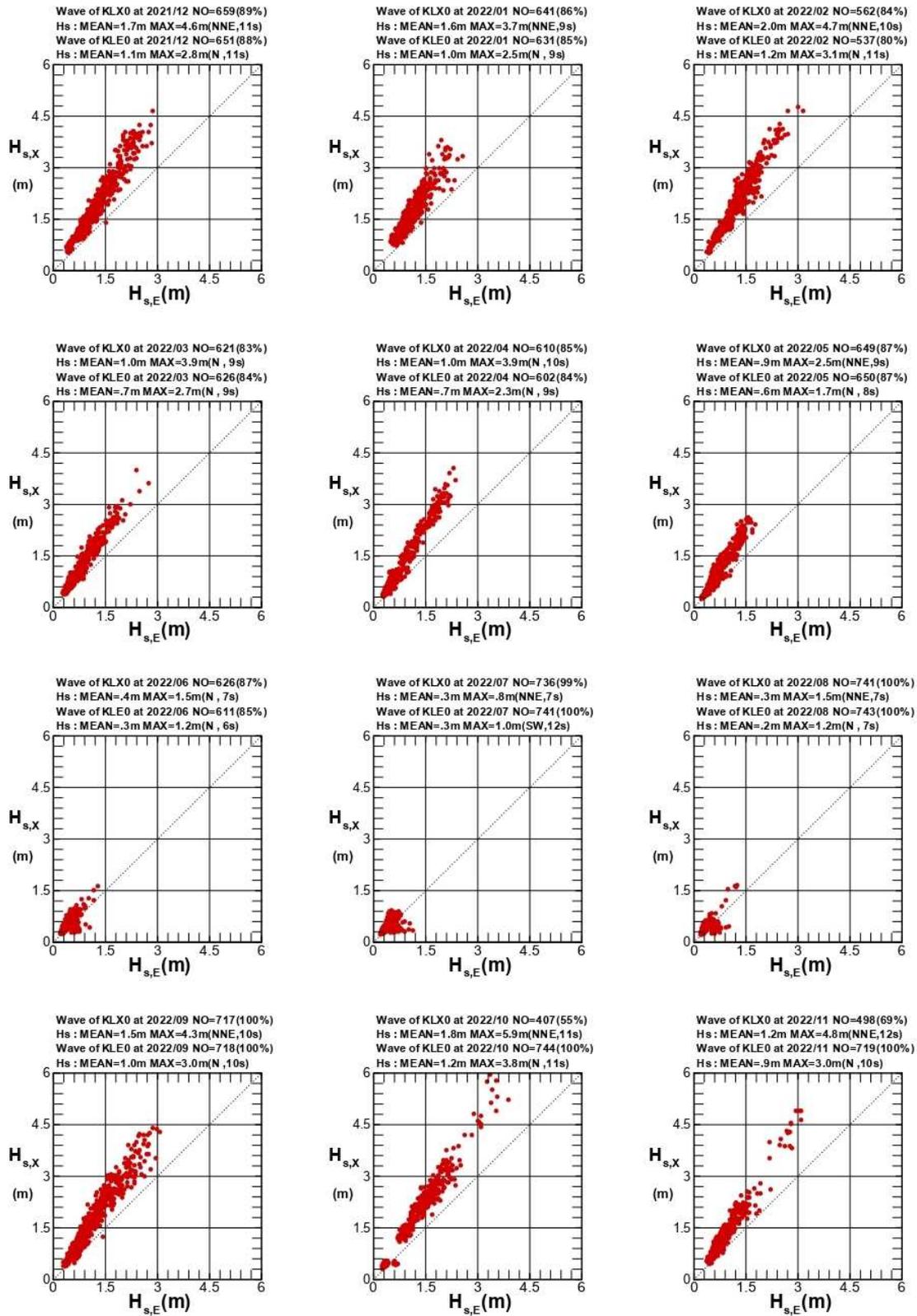


圖3.57 基隆港主要觀測站X與測站E波高相關圖

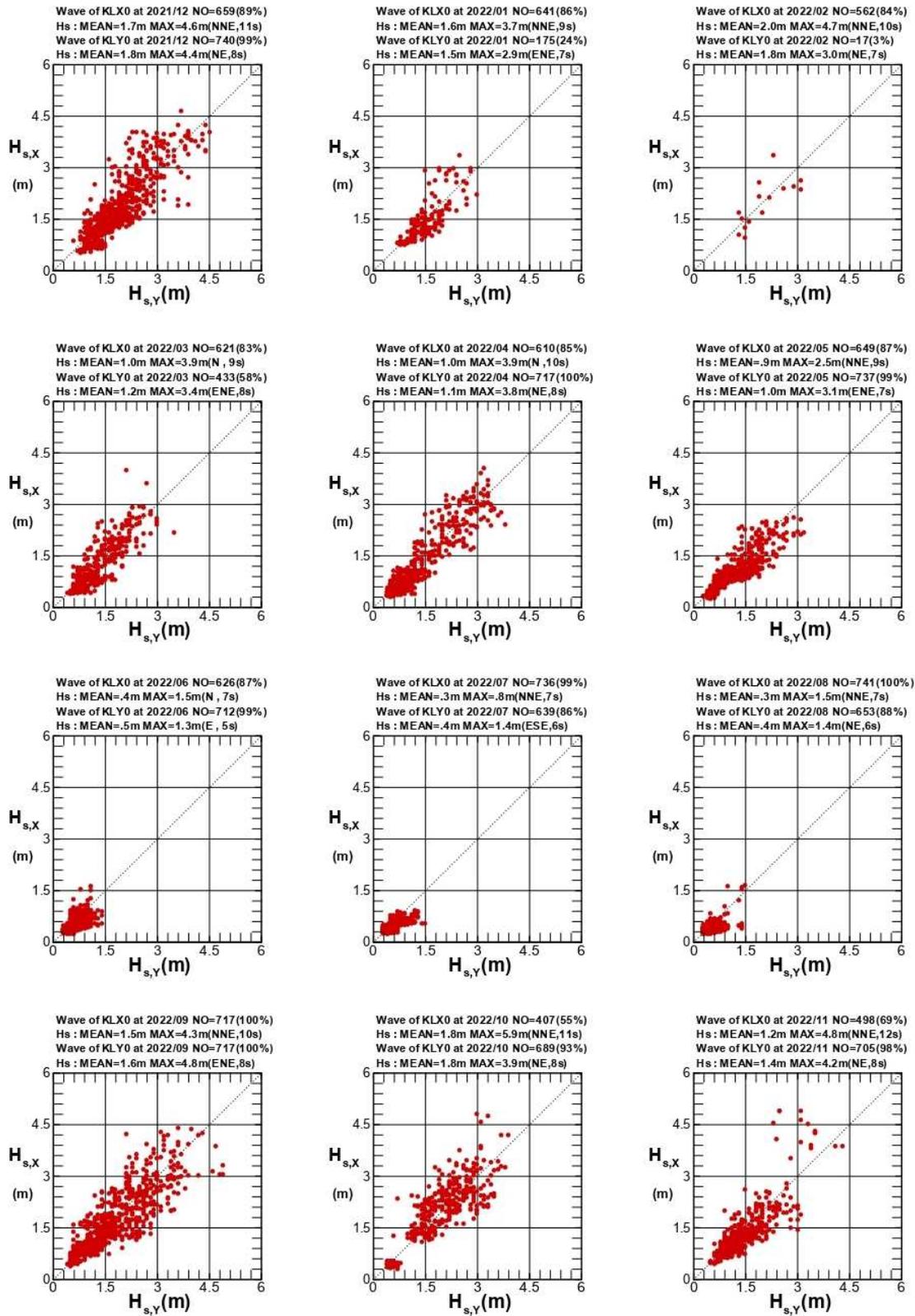


圖3.58 基隆港主要觀測站X與測站Y波高相關圖

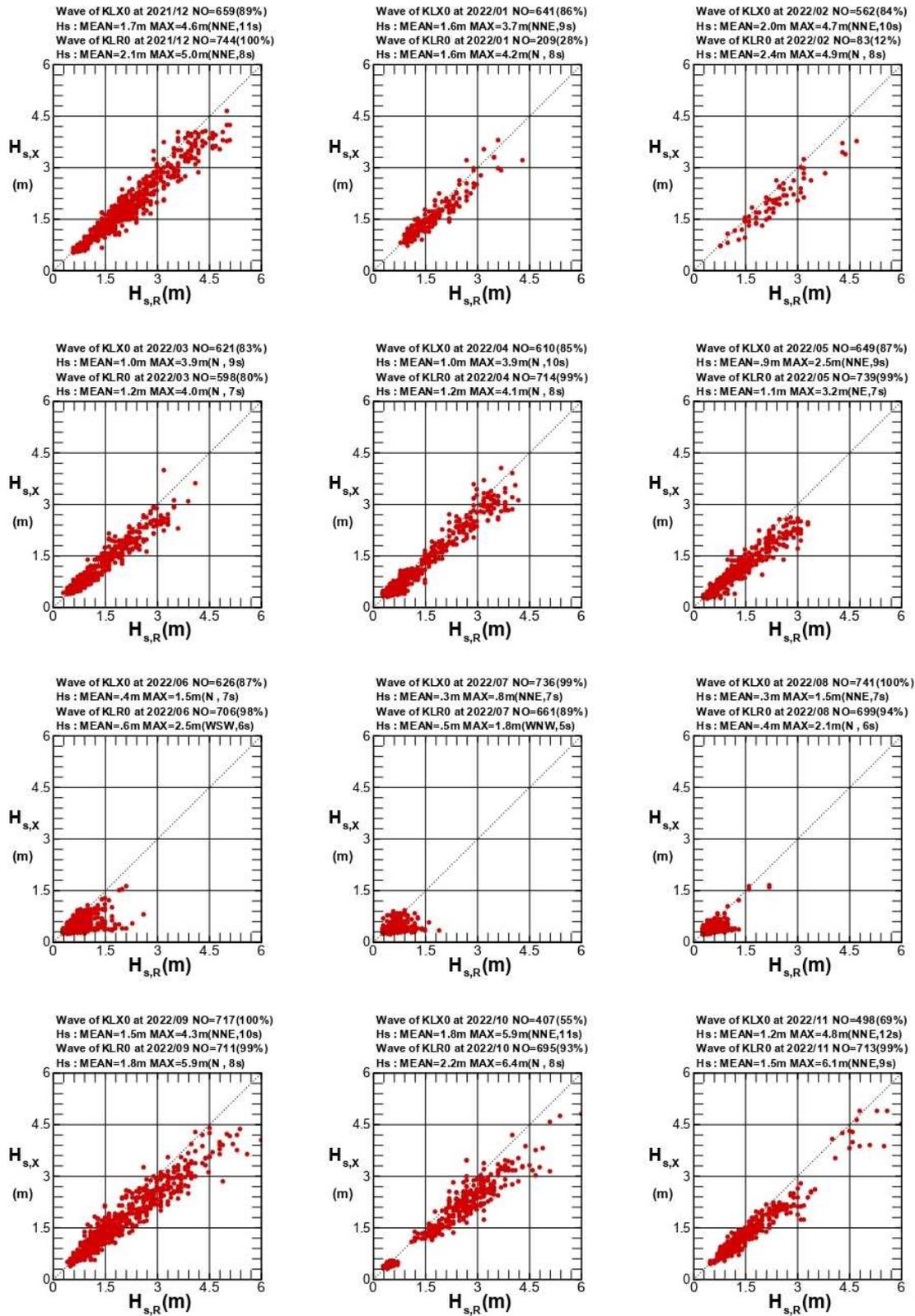


圖3.59 基隆港主要觀測站X與測站R波高相關圖

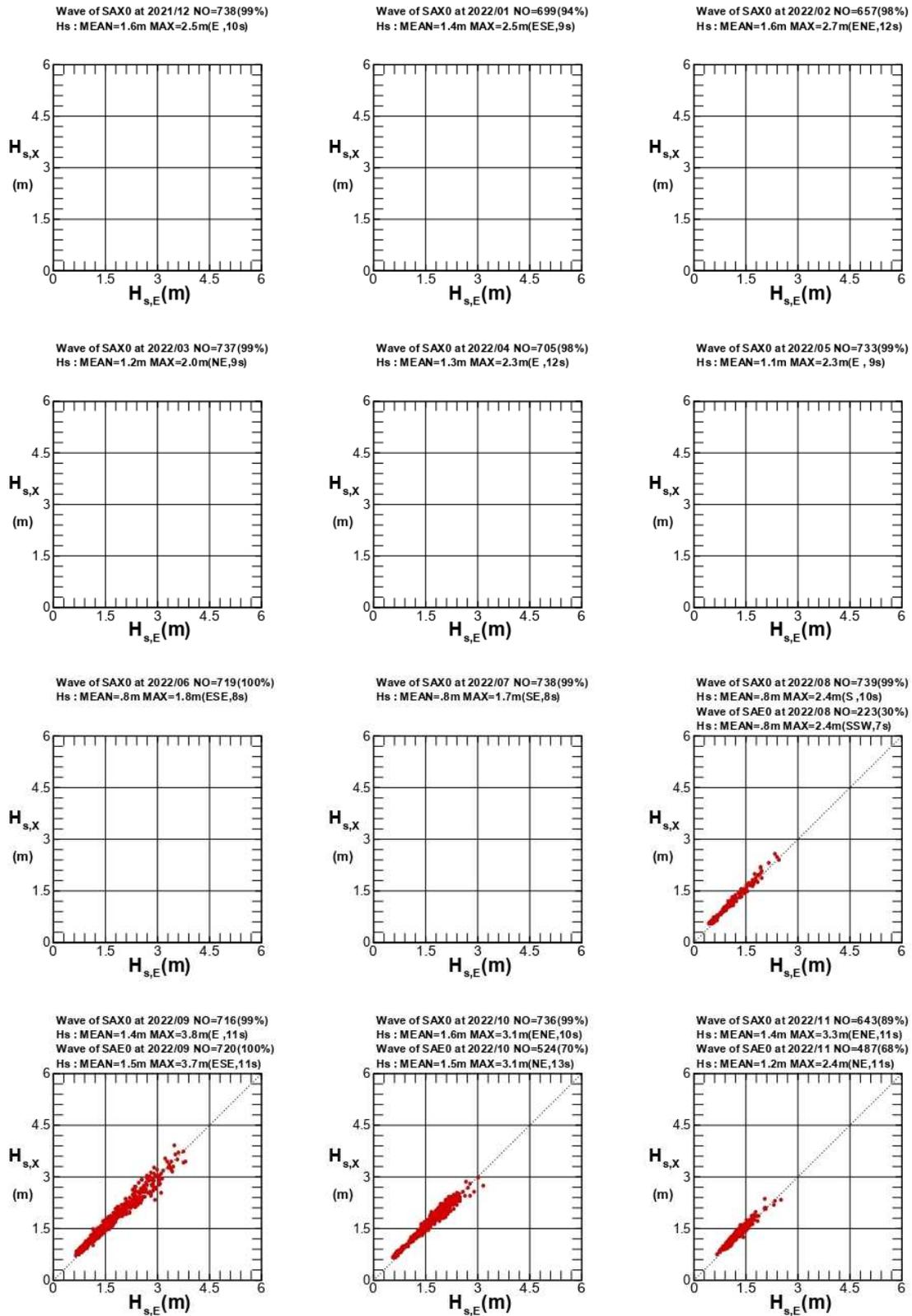


圖3.60 蘇澳港主要觀測站X與測站E波高相關圖

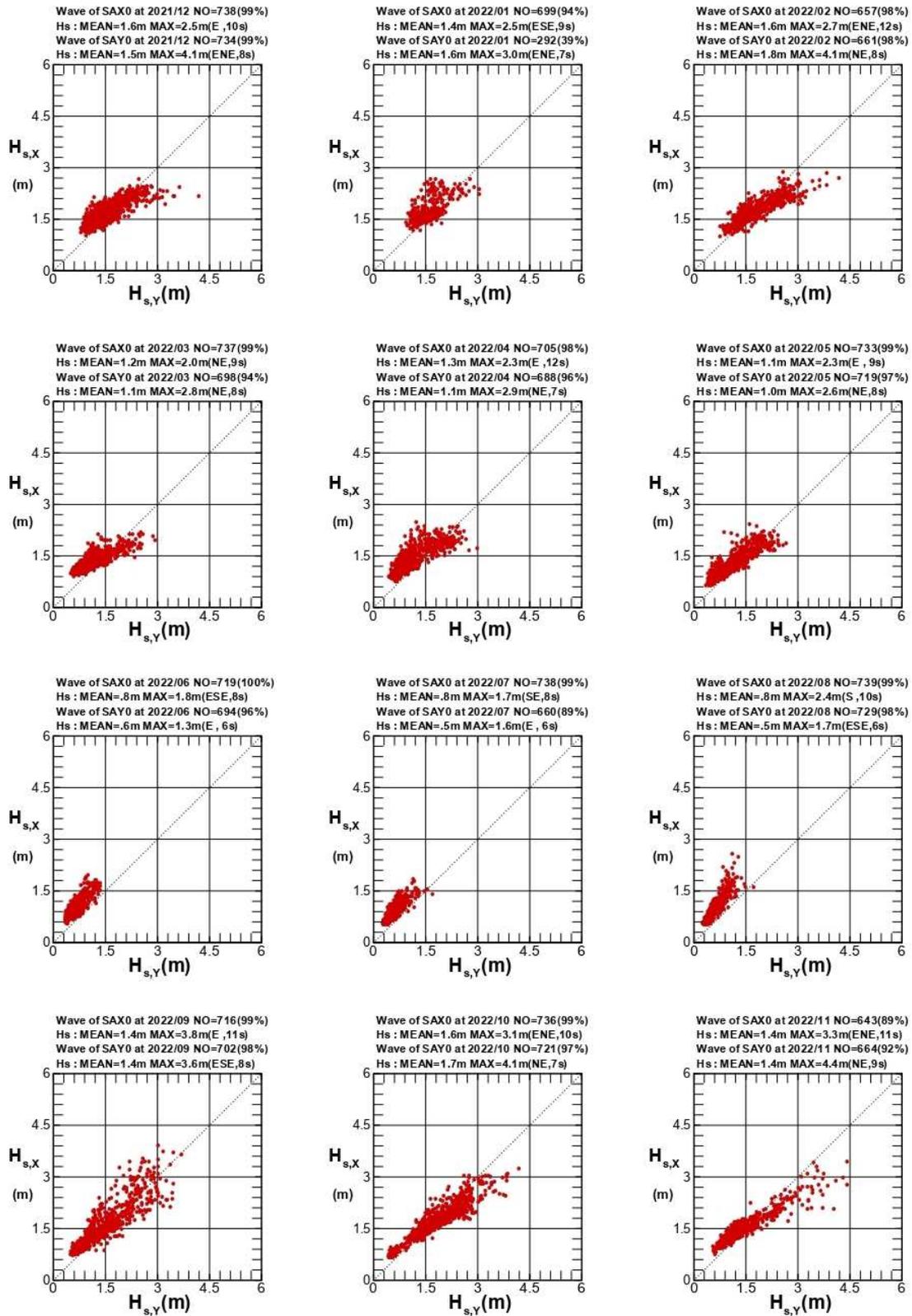


圖3.61 蘇澳港主要觀測站X與測站Y波高相關圖

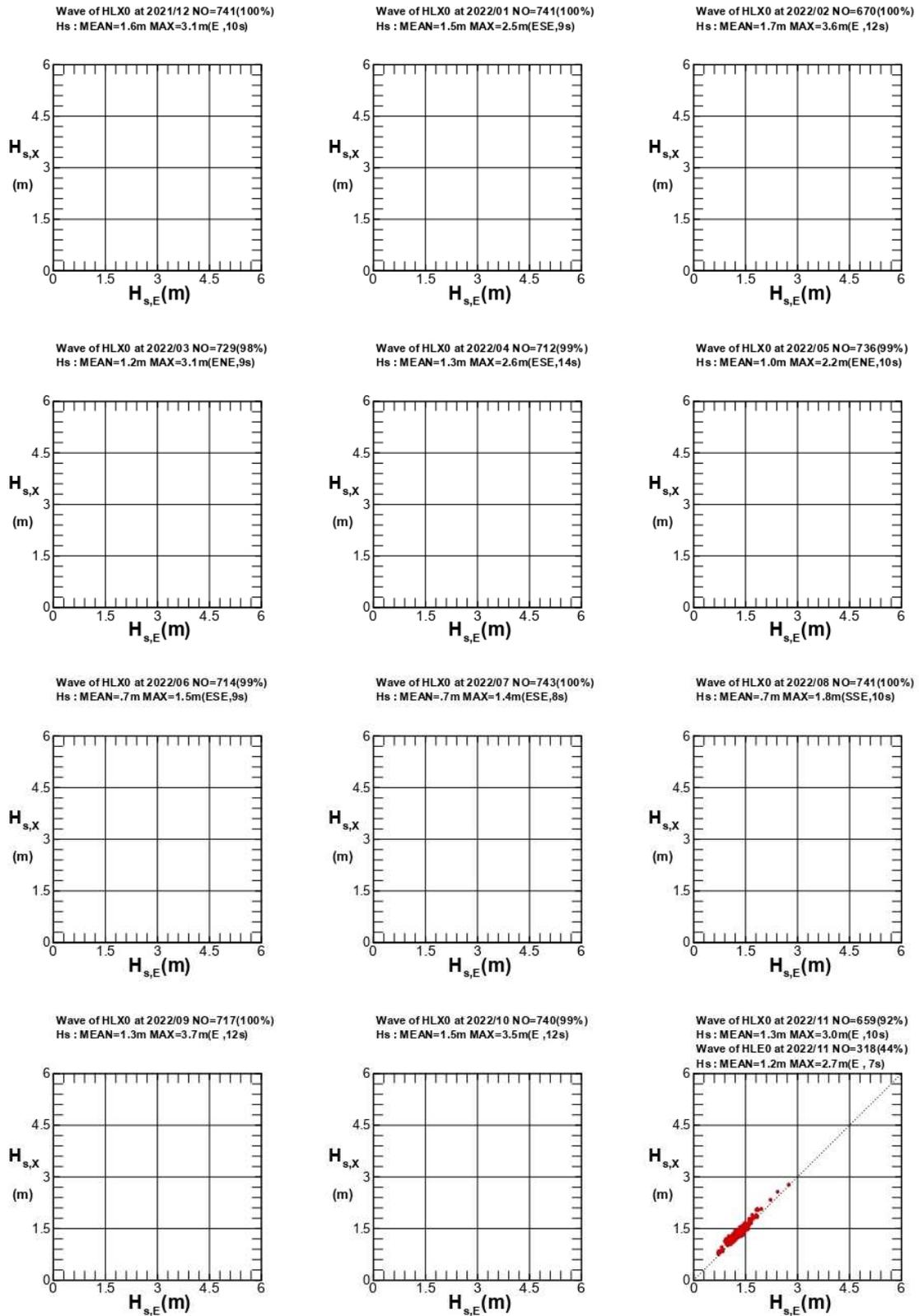


圖3.62 花蓮港主要觀測站X與測站E波高相關圖

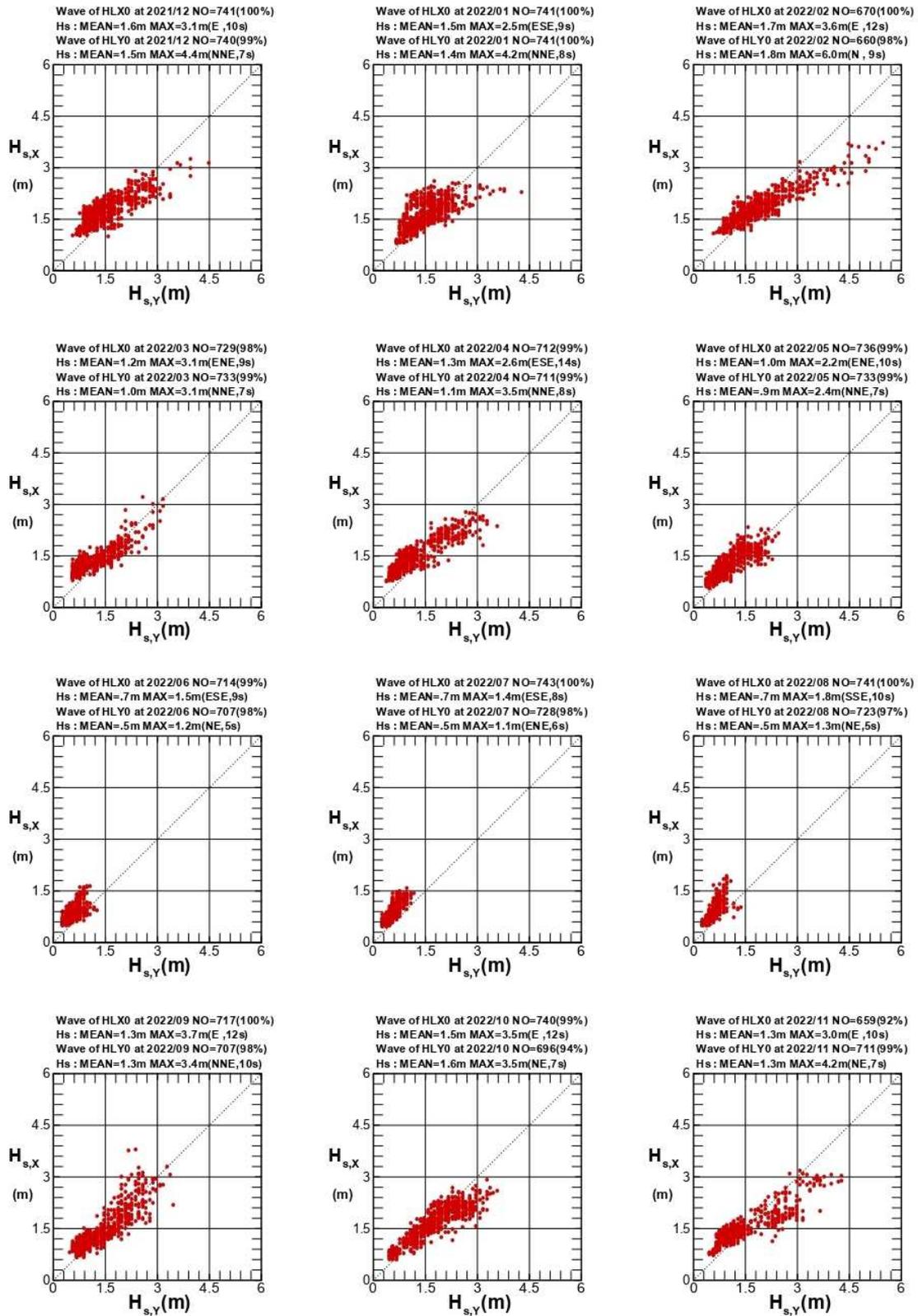


圖3.63 花蓮港主要觀測站X與測站Y波高相關圖

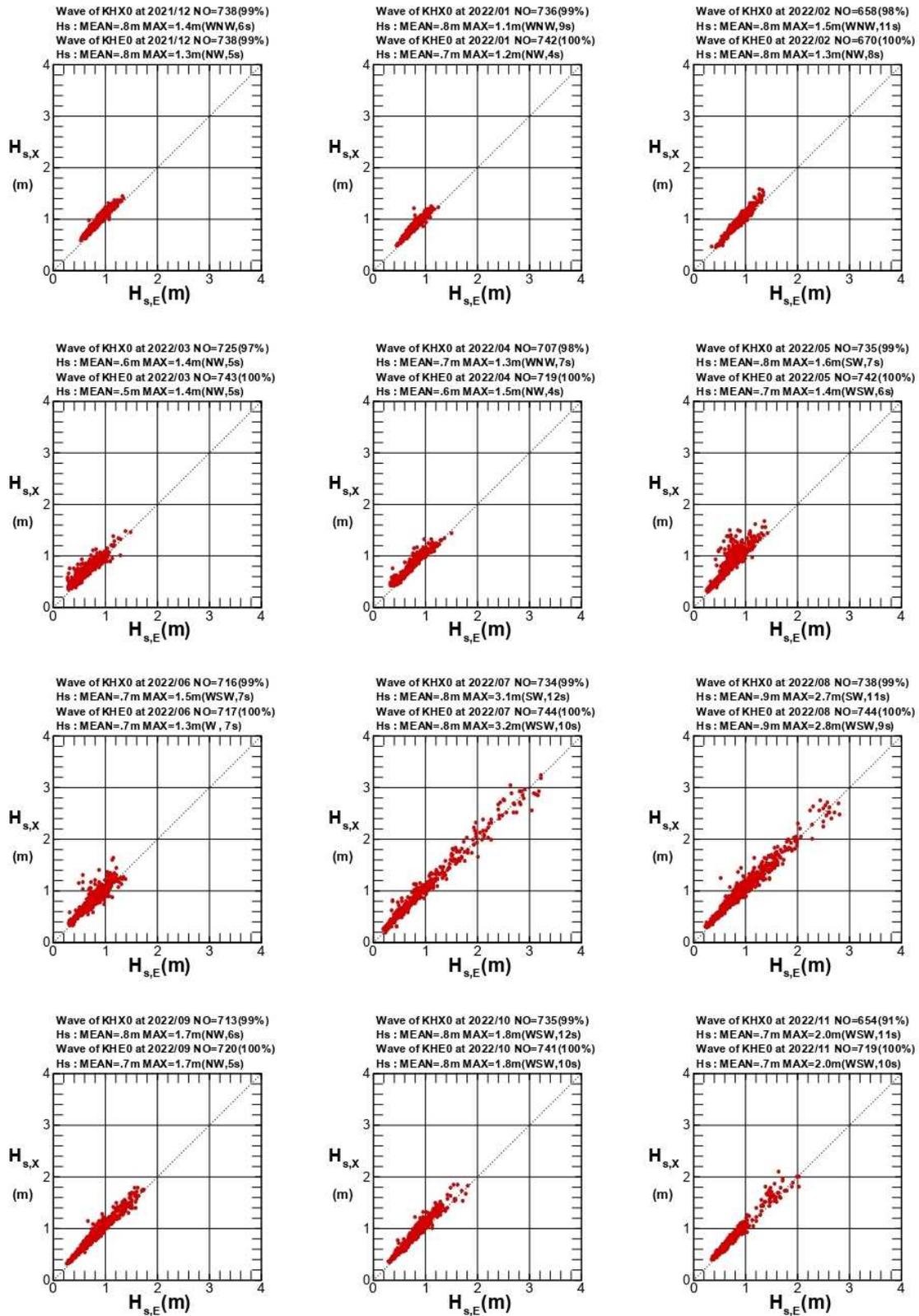


圖3.64 高雄港主要觀測站X與測站E波高相關圖

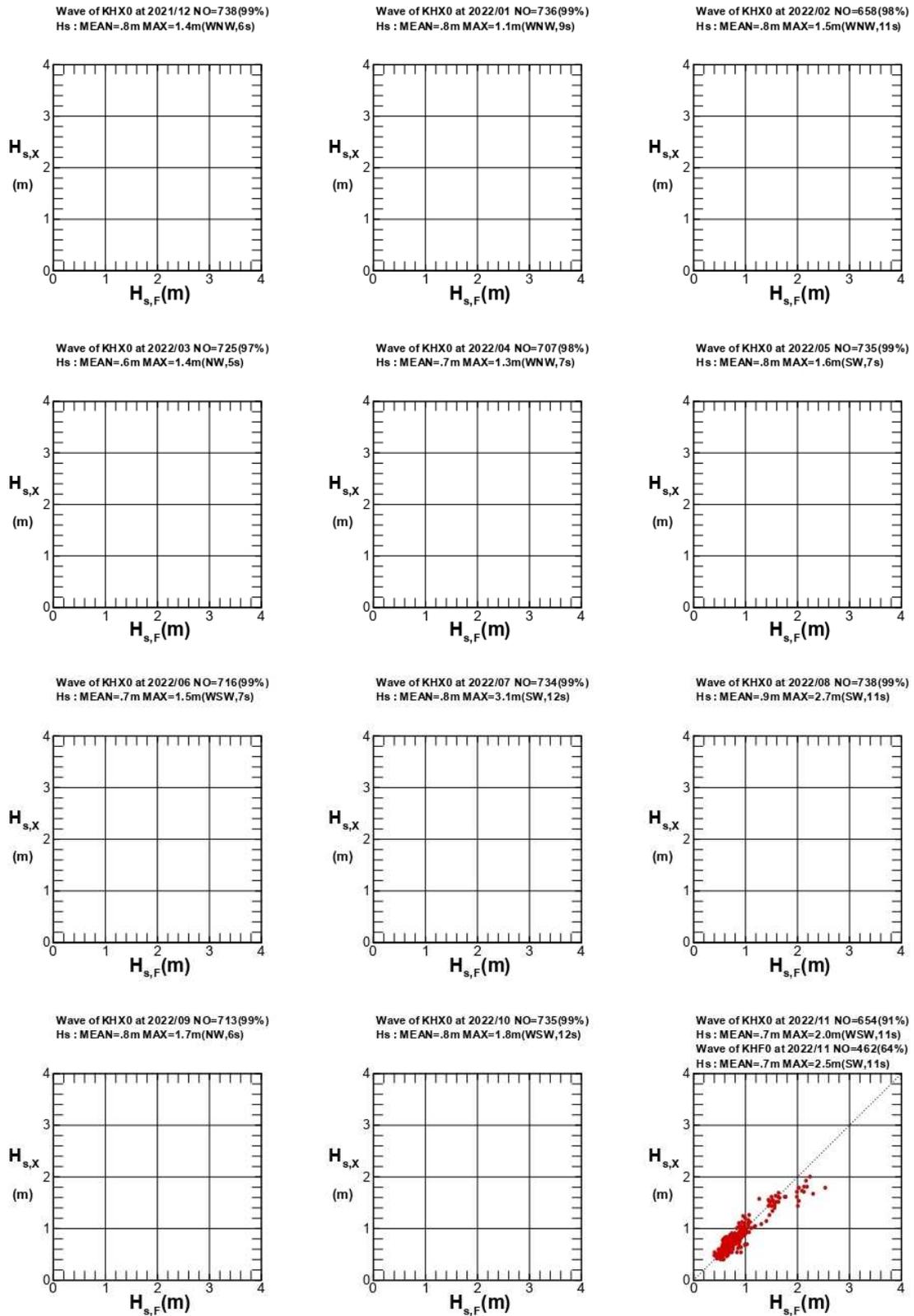


圖3.65 高雄港主要觀測站X與測站F波高相關圖

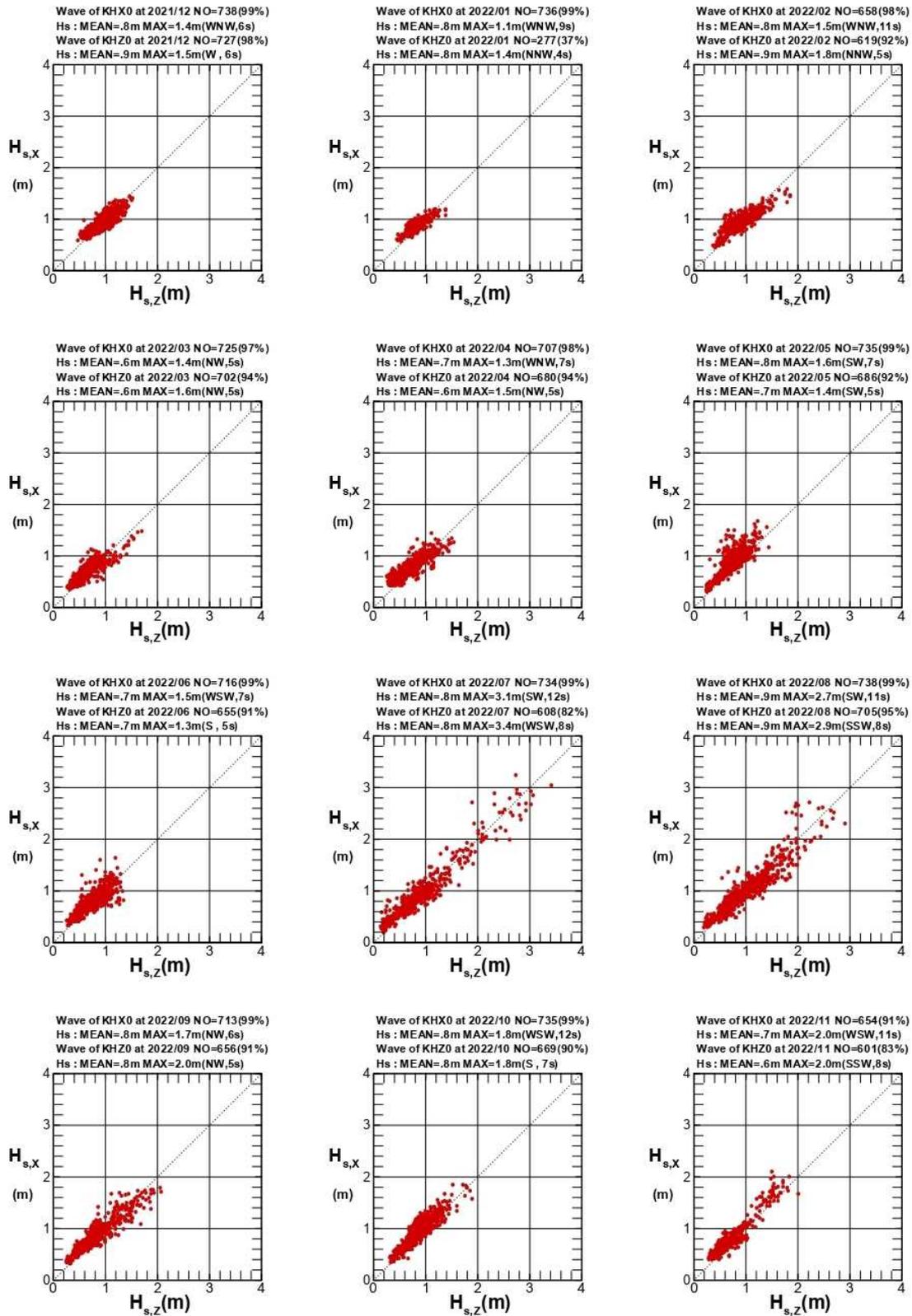


圖3.66 高雄港主要觀測站X與測站Z波高相關圖

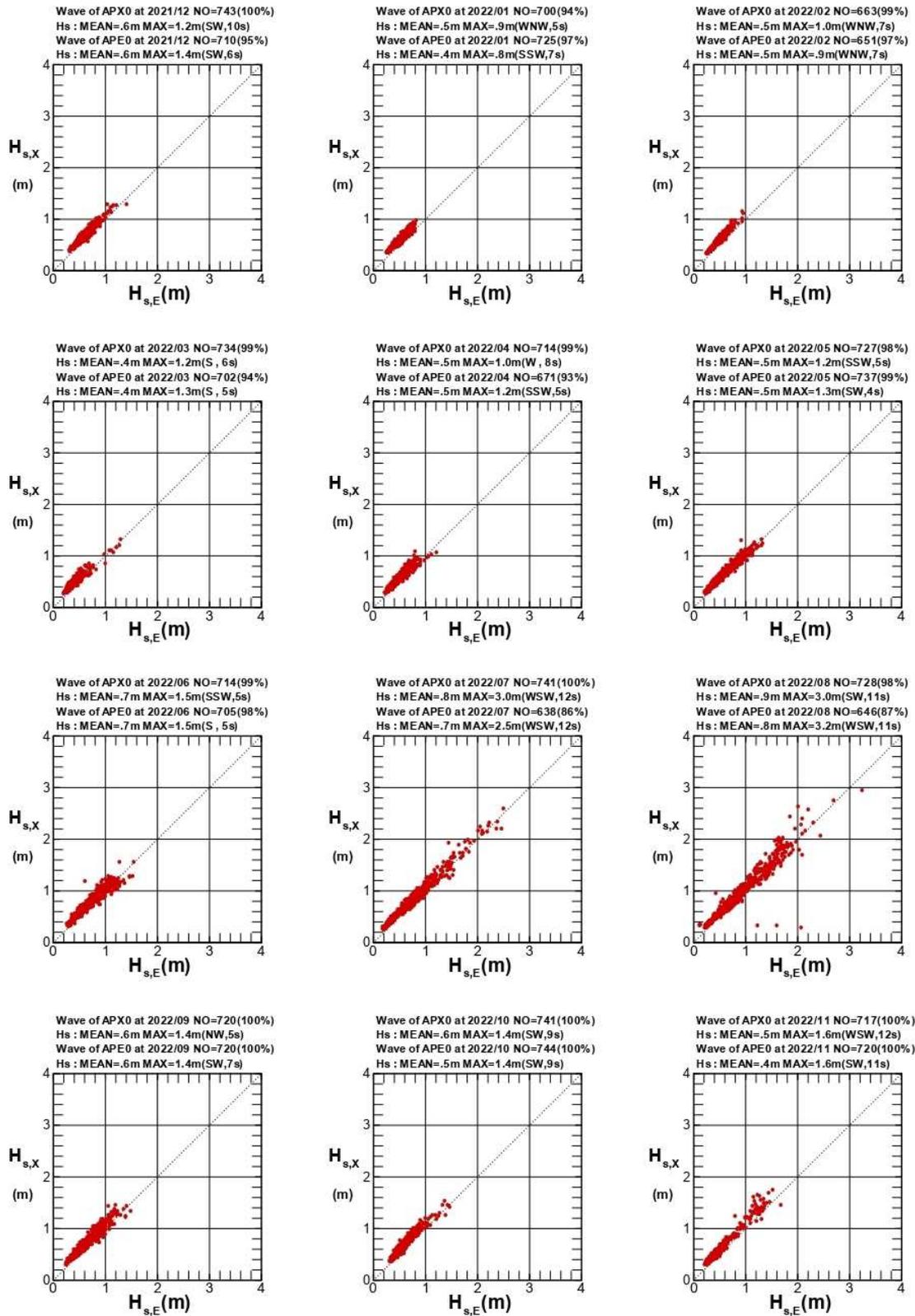


圖3.67 安平港主要觀測站X與測站E波高相關圖

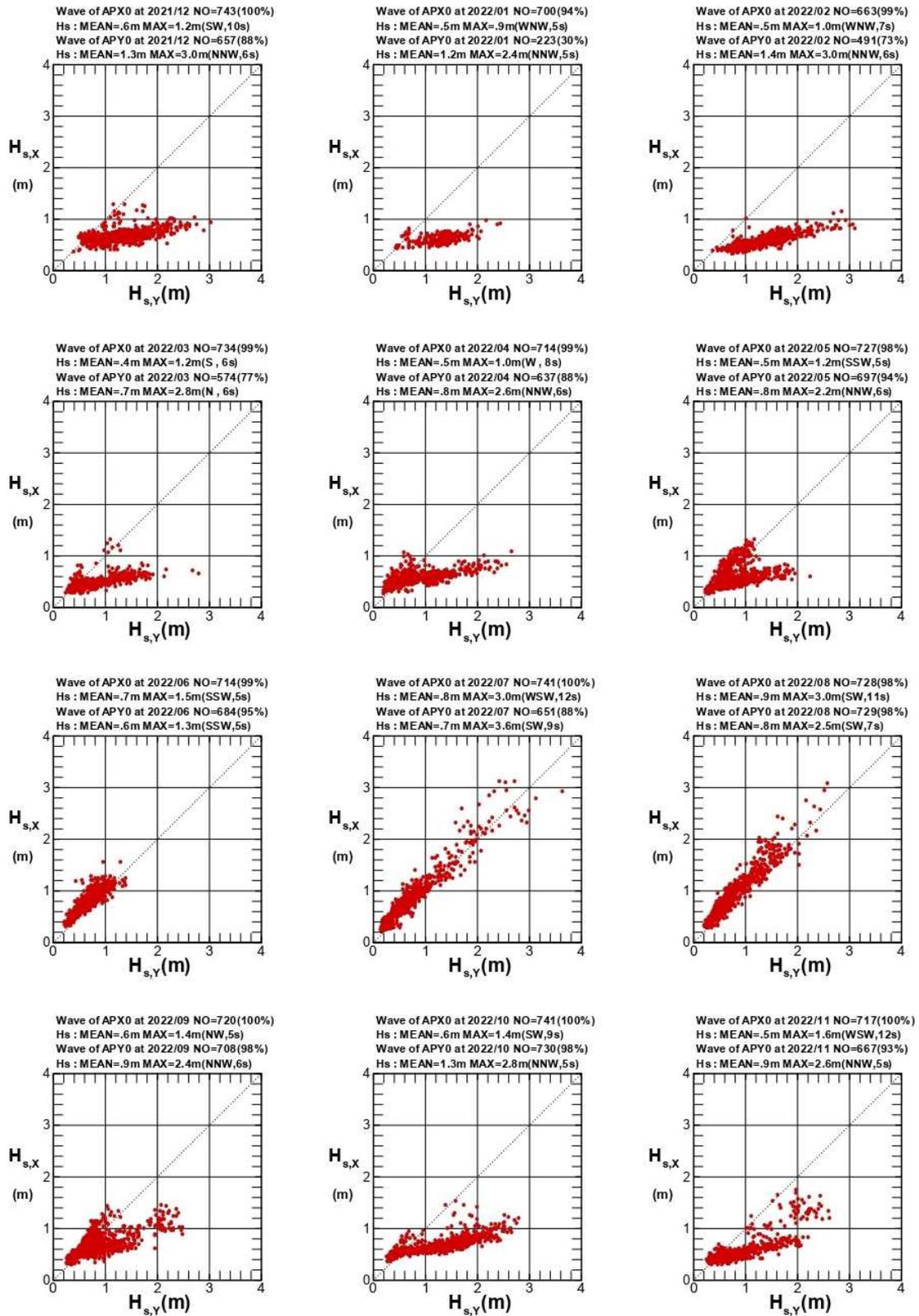


圖3.68 安平港主要觀測站X與測站Y波高相關圖

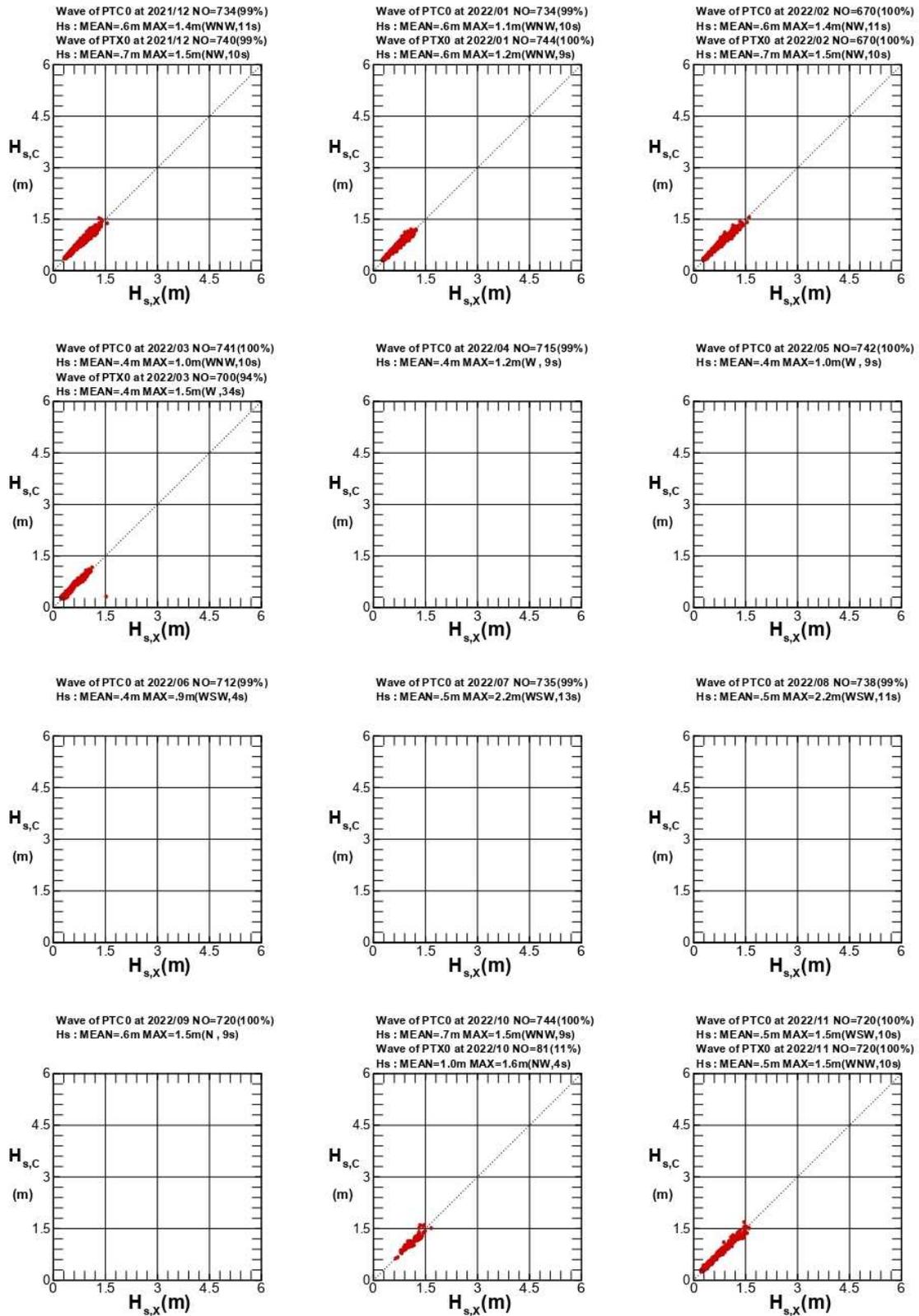


圖3.69 布袋港主要觀測站C與測站X波高相關圖

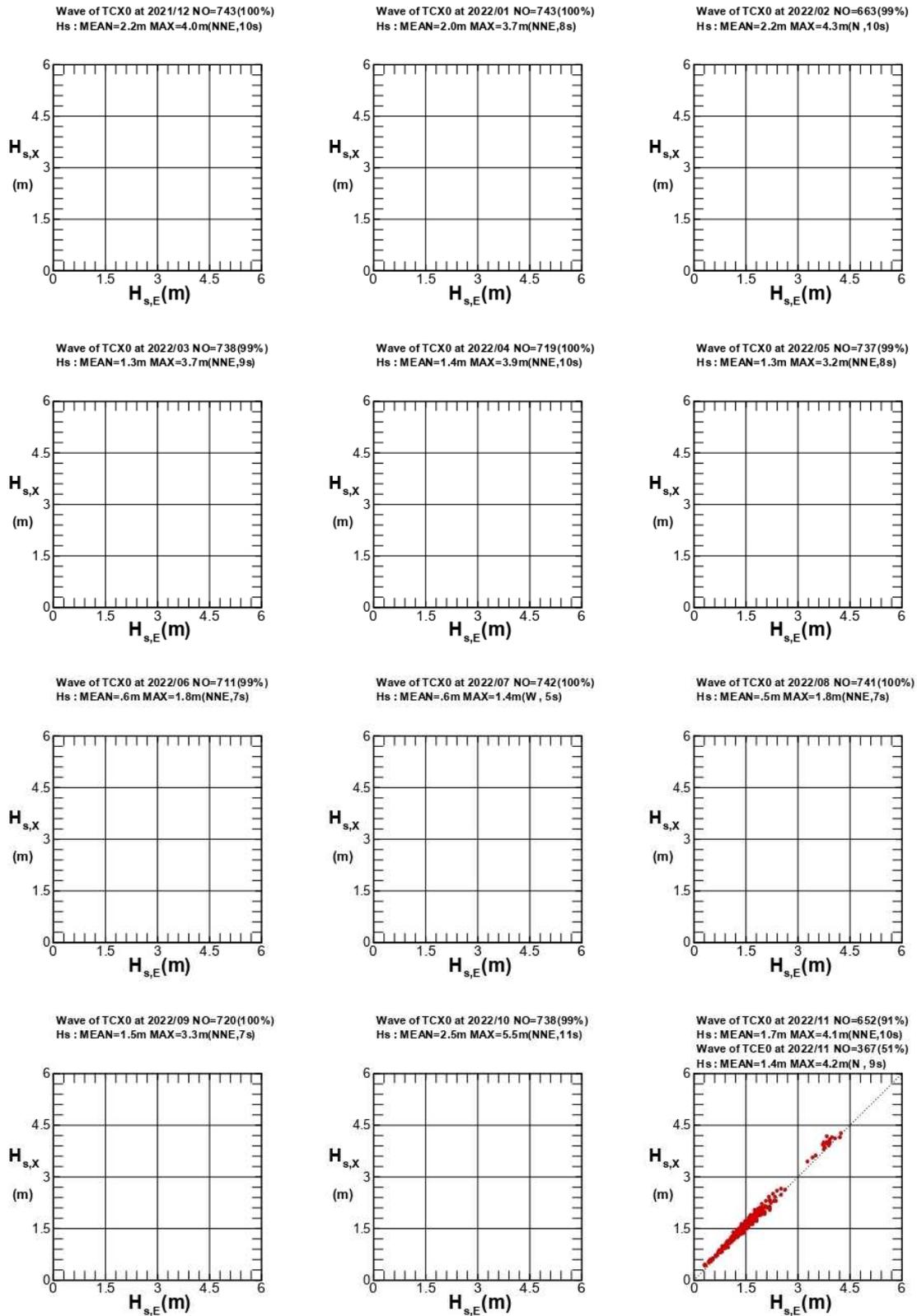


圖3.70 臺中港主要觀測站X與測站E波高相關圖

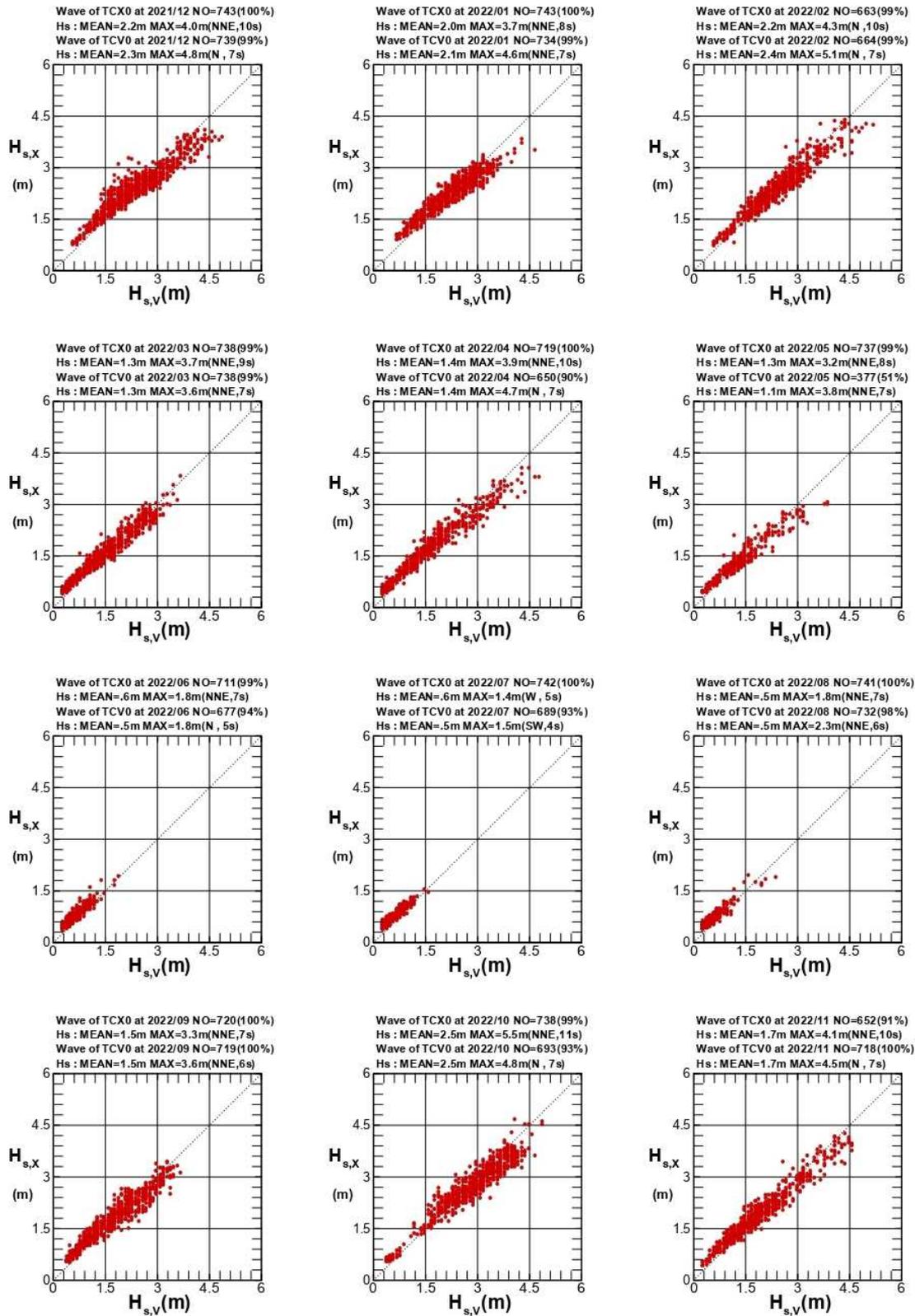


圖3.71 臺中港主要觀測站X與測站V波高相關圖

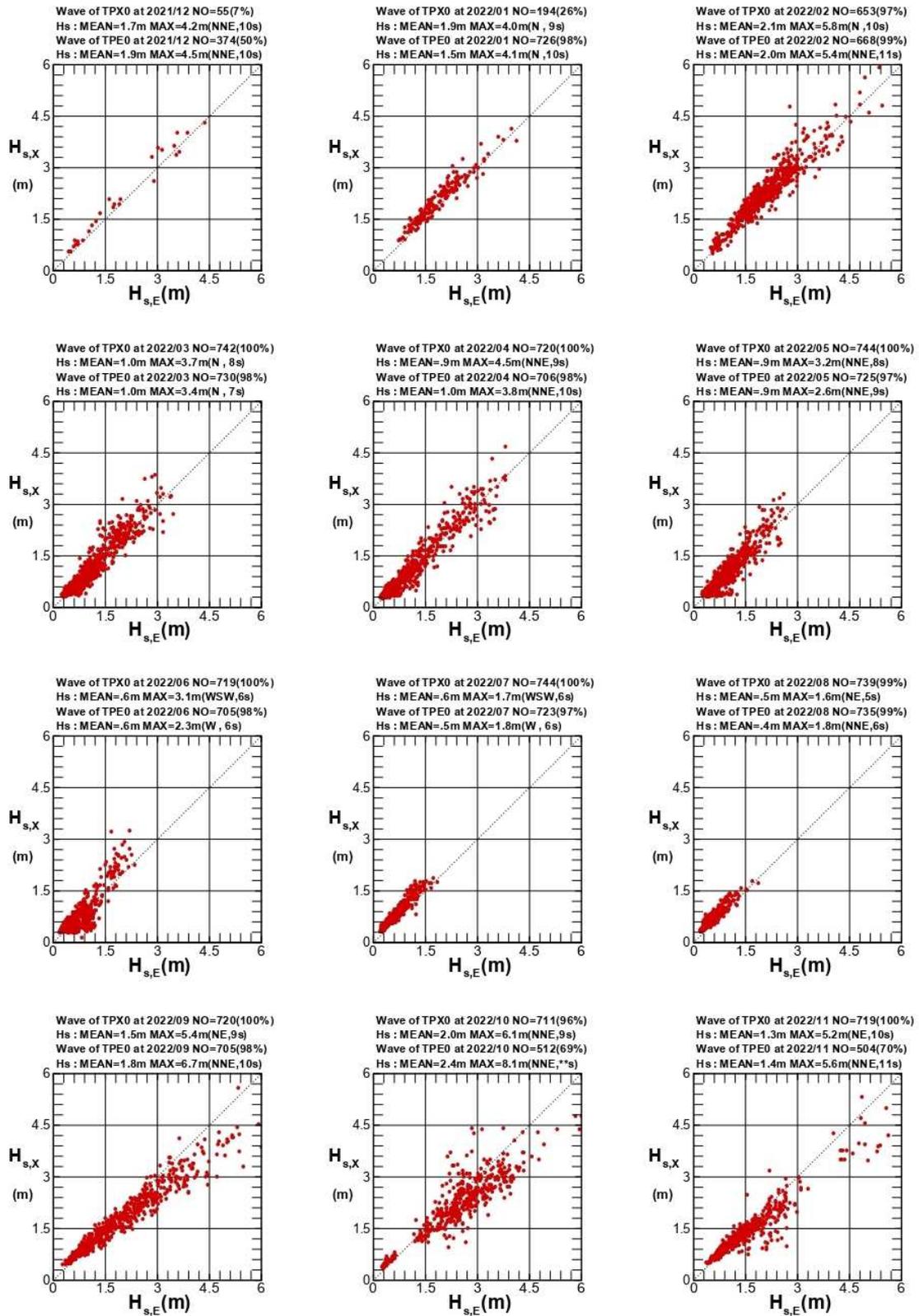


圖3.72 臺北港主要觀測站X與測站E波高相關圖

### 3.2 歷年波浪觀測資料分析

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，歷年觀測資料統計範圍係涵蓋自上一年度12月起至當年度11月，統計分析現場觀測資料共12個月份，有關本計畫歷年各商港波浪觀測站有效記錄時數統計，如表3-2所示。

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 2020~2022 (蒐集率%)	蘇澳港 2002~2022 (蒐集率%)	花蓮港 2002~2022 (蒐集率%)	高雄港 2018~2022 (蒐集率%)	安平港 2003~2022 (蒐集率%)	布袋港 2021~2022 (蒐集率%)	臺中港 2003~2022 (蒐集率%)	臺北港 2002~2022 (蒐集率%)
1	1,320 (89%)	11,648 (82%)	14,632 (98%)	2,850 (96%)	12,560 (94%)	734 (99%)	11,325 (90%)	11,800 (83%)
2	1,142 (85%)	11,636 (90%)	12,693 (94%)	2,436 (90%)	10,823 (89%)	670 (100%)	9,281 (85%)	10,794 (84%)
3	1,252 (84%)	13,814 (93%)	12,872 (91%)	2,468 (83%)	10,429 (88%)	741 (100%)	9,058 (76%)	12,447 (88%)
4	1,227 (85%)	13,105 (91%)	12,530 (97%)	2,801 (97%)	10,953 (85%)	947 (66%)	9,600 (89%)	12,731 (88%)
5	1,336 (90%)	13,496 (91%)	12,759 (95%)	2,894 (97%)	11,706 (87%)	1,486 (100%)	10,362 (87%)	12,271 (92%)
6	1,512 (70%)	12,747 (89%)	12,593 (97%)	2,799 (97%)	10,770 (88%)	1,430 (99%)	11,713 (90%)	10,967 (80%)
7	2,125 (95%)	12,542 (89%)	13,112 (93%)	2,901 (97%)	12,132 (82%)	1,409 (95%)	13,347 (94%)	12,654 (94%)
8	2,084 (93%)	12,708 (85%)	13,538 (96%)	2,730 (92%)	11,681 (87%)	1,479 (99%)	14,194 (95%)	12,677 (90%)
9	2,066 (96%)	13,108 (91%)	13,516 (99%)	2,650 (74%)	11,571 (89%)	1,439 (100%)	13,661 (95%)	11,547 (84%)
10	1,887 (85%)	11,384 (90%)	13,994 (94%)	3,309 (89%)	9,063 (72%)	1,413 (95%)	12,259 (97%)	9,596 (86%)
11	1,880 (87%)	11,048 (96%)	12,678 (93%)	3,346 (93%)	8,977 (78%)	1,417 (98%)	10,968 (95%)	8,222 (76%)
12	1,391 (93%)	12,876 (91%)	14,648 (98%)	2,790 (94%)	9,487 (75%)	734 (99%)	9,972 (89%)	10,583 (71%)
歷年	19,222 (88%)	157,570 (90%)	167,140 (96%)	41,821 (92%)	135,094 (84%)	13,899 (95%)	144,089 (91%)	142,663 (85%)

### 3.2.1 波高分析

海上波浪主要由風而生，而波浪的大小受吹風強度、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3.73～圖3.80所示，各港波高資料分析如下：

基隆港原測站建於基隆港東防波堤外約200～300 m處，2020年6月遷移至西防波堤外500～600 m，水深為36～37 m處，爰歷年資料自2020年6月起計。統計結果顯示，冬季波高最大，波高平均為1.75m，夏季波高最小，波高平均為0.42m，就波高分布統計來看，夏季時波高小於0.5m者佔80.9%，0.5～1.5 m間佔17.4%，1.5～3.0 m間1.3%，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5.7%，0.5～1.5 m間37.1%，1.5～3.0 m為47.9%，超過3 m為9.3%，與夏季波場分布有所差異。全期統計之波高平均值為1.07m，全期波高小於0.5m者佔34.4%，0.5～1.5 m間佔39.1%，1.5～3.0 m間23.2%，3 m以上為3.3%，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 $H_s$ 波高分別為1.29 m（蘇澳港）及1.23 m（花蓮港），波高分布均以0.5～1.5 m間比率最高，分別為69.2%（蘇澳港）、66.6%（花蓮港），四季統計資料，兩港秋、冬季（蘇澳港：秋季1.49 m、冬季1.49 m；花蓮港：秋季1.4 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1.16 m、夏季1.08 m；花蓮港：春季1.1 m、夏季0.9 m），波高分布均以1～2 m間比率最高，兩港夏季時西側受陸地阻隔，波高均為四季最小，分別為1.08 m（蘇澳港）、0.9 m（花蓮港），波高分布以0.5～1.5 m為主。

高雄港第二港口觀測站因洲際二期工程執行，不利海象觀測作業執行，於2018年8月撤站停止觀測作業，同年9月於第一港口設置波流即時觀測站，亦為本計畫高雄港波浪分析資料來源。高雄港位於臺灣西南海域，歷年全期 $H_s$ 波高平均為0.74 m，波高分布以0.5～1.5 m比率最高，佔比72.7%，波高0.5 m以下比率為23.2%，1.5～2 m間為3.9%，

3 m以上佔0.2%。東北季風期間，波浪受地形阻隔，秋、冬兩季波高均低於夏季，秋季0.75 m、冬季0.7 m，波高分布均以0.5~1.5 m佔比最高，分別為秋季78.5%、冬季89.7%，春季波高為四季中最小，約0.6 m，0.5~1.5 m波高佔比最高，佔整季60.9%，波高小於0.5 m比率為38.9%，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，波高為四季中最大，約0.91 m，0.5~1.5 m比率最高，佔整季63.4%，波高小於0.5 m為22.8%，1.5~3 m間為13%，3 m以上浪高約0.8%。

安平港波浪觀測站設置於南防波堤外約500公尺，歷年全期與四季波高均小於1 m，歷年全期波高平均0.65 m，0.5~1.5 m佔比51.9%最高，0.5 m以下43.2%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，約佔整季58.5%，0.5~1.5 m次之，所佔比率為40.9%，波高1.5~3.0 m佔0.4%，大於3 m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，波高分布以0.5~1.5 m佔比最高，秋季48.9%、冬季為57.1%。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61.1%最高，小於0.5 m次之，佔整季23.7%，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。

布袋港海象浮標觀測站統計結果顯示，全期波高平均0.51 m，波高小於0.5 m佔比56.1%最高，0.5~1.5 m 43.1%次之，1.5~3.0 m為0.8%，3 m以上佔0%。四季中，冬季波高平均0.6 m最大，波高0.5~1.5 m佔比62.3%最高，小於0.5 m次之，佔整季37.7%，夏季平均波高0.52 m，波高以小於0.5 m佔比最高，佔整季56.1%，0.5~1.5 m佔41.5%次之，1.5~3.0 m為2.4%，3 m以上整季為0%。春季波高平均0.37 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，布袋港海域波高平均以小於0.5 m比率最高，佔整季77.5%，0.5~1.5 m佔22.5%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

0.56 m，以0.5~1.5 m佔比50.6%最高，波高小於0.5 m次之，佔49.4%。

臺中港歷年全期波高平均為1.50 m，波高分布以0.5~1.5 m佔比45.6%最高，1.5~3.0 m佔34.5%次之，冬季時，東北季風吹襲至臺灣中部，因地勢影響風力強，臺中港海域之波高大，波高2.10 m為四季最大，波高分布以1.5~3.0 m比率59.1%最高，波高小於0.5 m佔3%，0.5~1.5 m為22.6%，3 m以上波高佔15.3%，為各季最高，秋季期間季風型態由西南逐漸轉換至東北，整季波高約1.8 m，略低於冬季，波高分布以大於1.5~3.0 m比率最高，佔整季49.5%，季節轉換至夏季時，狀況相反，風與浪均自西南方來，惟西南季風吹拂至本海域時，能量已大幅減弱，整季波高平均0.8 m，為四季中最小，波高分布以0.5~1.5 m佔比69%。

臺北港歷年全期波高平均為1.08 m，波高分布以0.5~1.5 m所佔比率最高，約佔全期51%，波高小於0.5 m佔25%，1.5~3 m為21.5%，3 m以上為2.5%。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1.51 m最大，波高分布1.5~3 m佔比41.8%，高於其餘三季，秋季波高平均1.27 m，略低於冬季，波高分布以0.5~1.5 m所佔比率54.1%最高，1.5~3 m間26.8%，波高小於5 m佔14.7%，波高大於3 m以上佔比4.5%。夏季西南季風由臺灣西南方吹拂至臺北港海域，因吹風距離長，吹風能量減弱，對港區影響較輕微，整季波高平均0.67 m，為四季中最小，5 m以下波高佔整季45%，0.5~1.5 m間為49.9%，1.5~3 m佔4.8%，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%。

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8商港歷年四季及全觀測期比較彙整如圖3.81~圖3.85。春季，臺灣正處東北-西南季風轉換期，

地處臺灣西南海域之高雄港、安平港及布袋港，波高平均皆小於1 m，布袋港波高平均0.37 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，波高平均近0.9 m，而東部之蘇澳及花蓮港，波高平均約1.1~1.2 m，8港中以臺中港波高平均1.2 m最大。夏季時，臺灣受西南季風及颱風影響，西南海域之高雄及安平港，波高平均較春季增加約0.3~0.4 m，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0.42 m為8港最低，蘇澳港波高平均1.08 m，為此季節最大。秋季，季風型態由西南逐漸轉換為東北，亦屬於季風轉換過渡期，隨著時間進入秋末，東北季風增強並趨於穩定，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，以布袋港0.56 m為各港中最小，臺中港因東北季風影響，秋季波高平均1.8 m為8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2.1 m，為本計畫8商港最大，相較於夏季，波高增幅約1.3 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，除西南海域高雄、安平港及布袋港，因地形影響波高皆未達1m外，其餘基隆、蘇澳、花蓮及臺北港，受東北季風影響，波高平均介於1.5~1.8 m。歷年全觀測期波高平均顯示，以波高平均1 m為界，大致可將8商港分為中北東及西南2海域，地處西南海域高雄、安平及布袋等3港，歷年全期波高平均介於0.51~0.74 m，以布袋港0.51 m為8港最小，而基隆、蘇澳、花蓮、臺中及臺北等5港，波高平均皆高於1 m，臺中港1.5 m則為各港中最大。

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	0.92	31.70	51.40	16.00	0.90
夏	0.42	80.90	17.40	1.30	0.40
秋	1.36	11.00	52.80	32.50	3.70
冬	1.75	5.70	37.10	47.90	9.30
全期	1.07	34.40	39.10	23.20	3.30
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	1.16	1.10	81.60	16.90	0.30
夏	1.08	8.90	76.10	11.60	3.40
秋	1.49	2.20	59.50	33.60	4.60
冬	1.49	0.00	55.90	43.80	0.30
全期	1.29	3.00	69.20	25.80	2.00
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	1.10	2.40	82.50	14.90	0.10
夏	0.90	17.60	70.70	9.80	1.90
秋	1.40	3.60	61.50	32.20	2.80
冬	1.53	0.00	52.00	47.50	0.50
全期	1.23	5.80	66.60	26.30	1.30
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	0.60	38.90	60.90	0.20	0.00
夏	0.91	22.80	63.40	13.00	0.80
秋	0.75	18.80	78.50	2.70	0.00
冬	0.70	10.30	89.70	0.00	0.00
全期	0.74	23.20	72.70	3.90	0.20

表3-3 歷年各站分季波高分布統計表 (續)

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	58.50	40.90	0.40	0.20
夏	0.96	23.70	61.10	13.40	1.90
秋	0.61	47.30	48.90	3.00	0.80
冬	0.54	42.70	57.10	0.20	0.00
全期	0.65	43.20	51.90	4.20	0.70
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	0.37	77.50	22.50	0.00	0.00
夏	0.52	56.10	41.50	2.40	0.00
秋	0.56	49.40	50.60	0.10	0.00
冬	0.60	37.70	62.30	0.00	0.00
全期	0.51	56.10	43.10	0.80	0.00
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	1.20	17.40	51.10	27.20	4.40
夏	0.80	23.20	69.00	6.90	0.90
秋	1.80	5.90	35.50	49.50	9.10
冬	2.10	3.00	22.60	59.10	15.30
全期	1.50	12.90	45.60	34.50	7.00
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	28.00	55.30	15.60	1.10
夏	0.67	45.00	49.90	4.80	0.40
秋	1.27	14.70	54.10	26.80	4.50
冬	1.51	9.50	43.70	41.80	4.90
全期	1.08	25.00	51.00	21.50	2.50

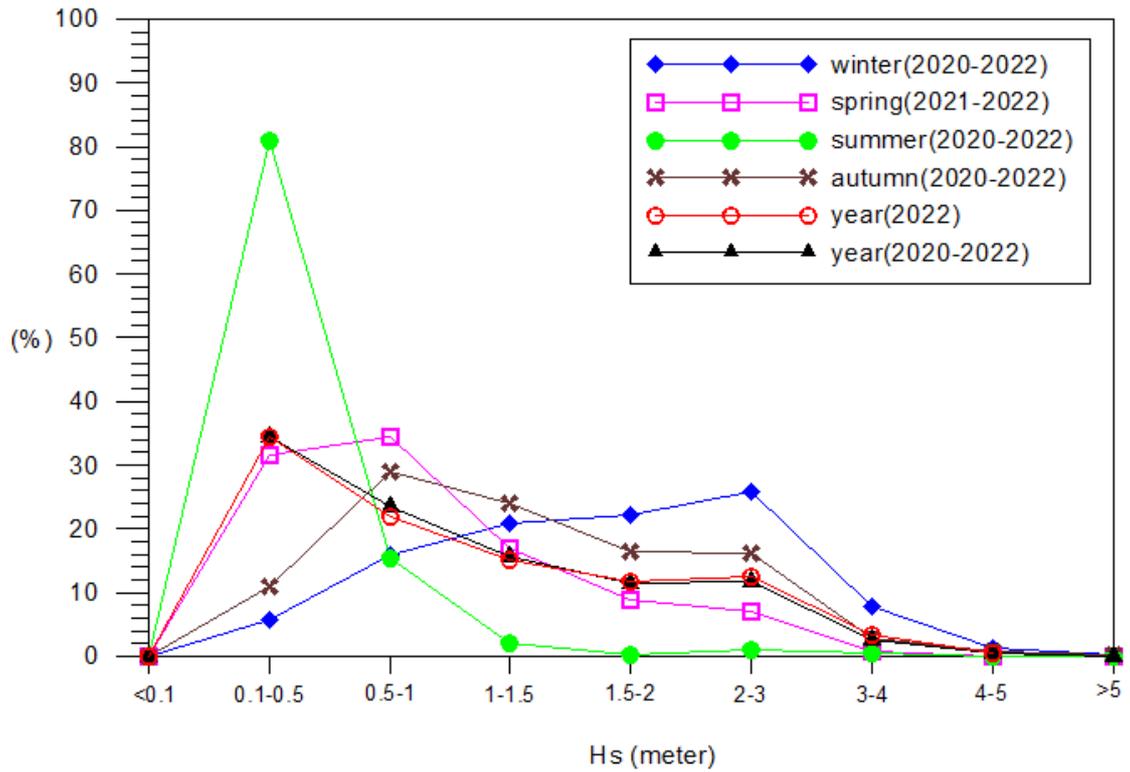


圖3.73 基隆港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

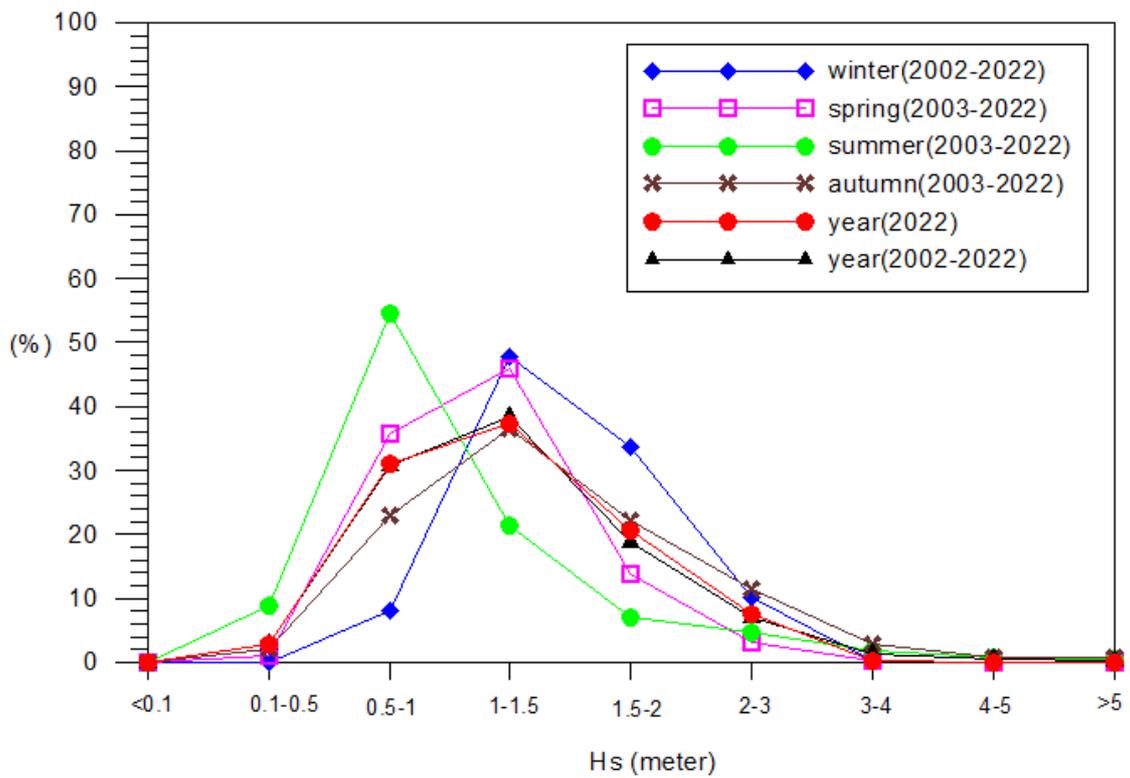


圖3.74 蘇澳港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

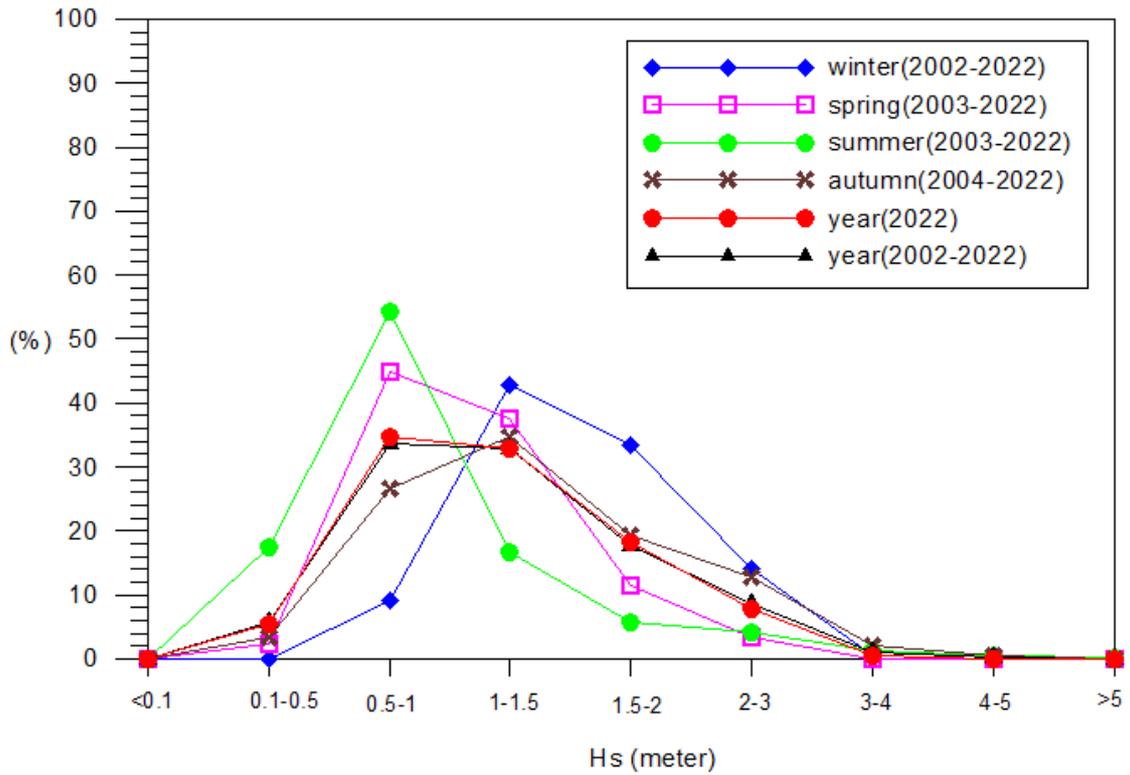


圖3.75 花蓮港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

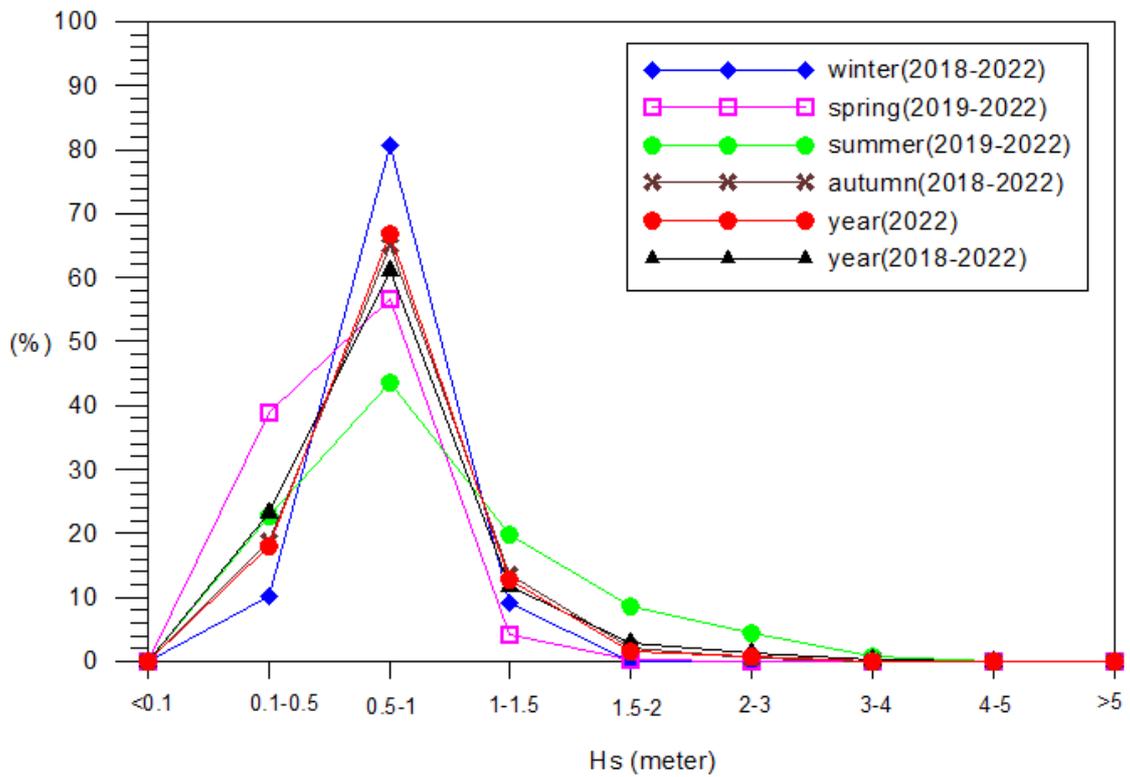


圖3.76 高雄港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

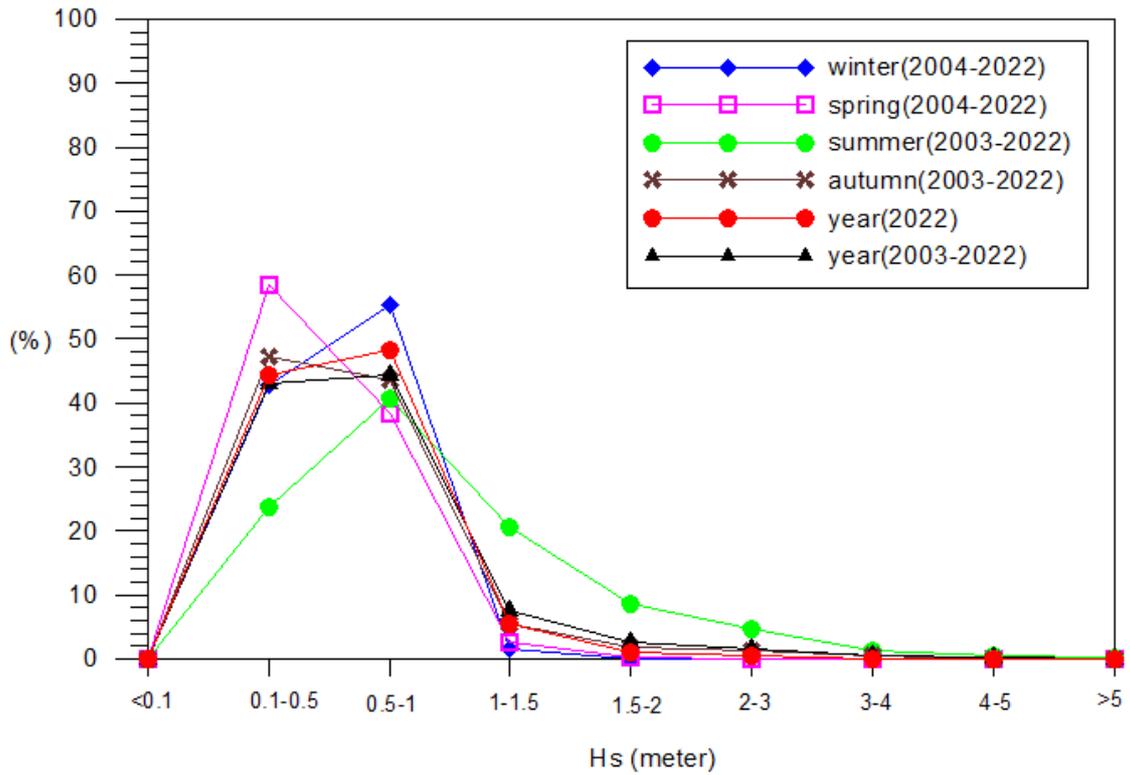


圖3.77 安平港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

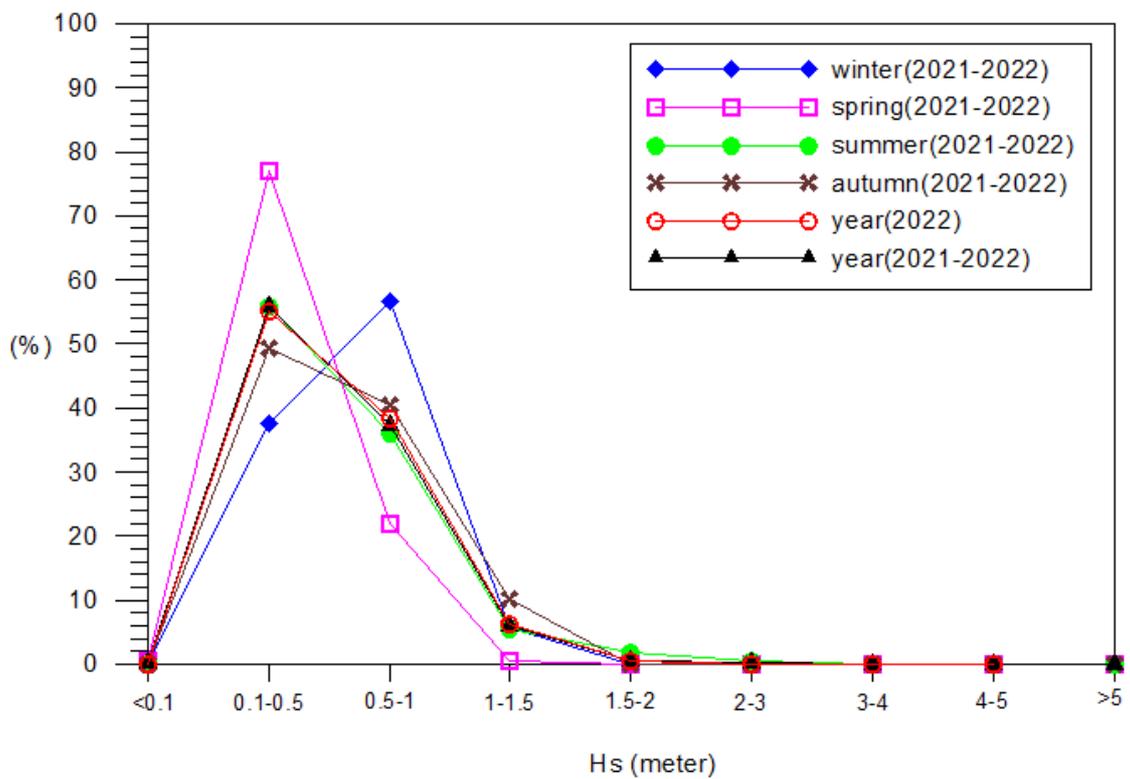


圖3.78 布袋港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

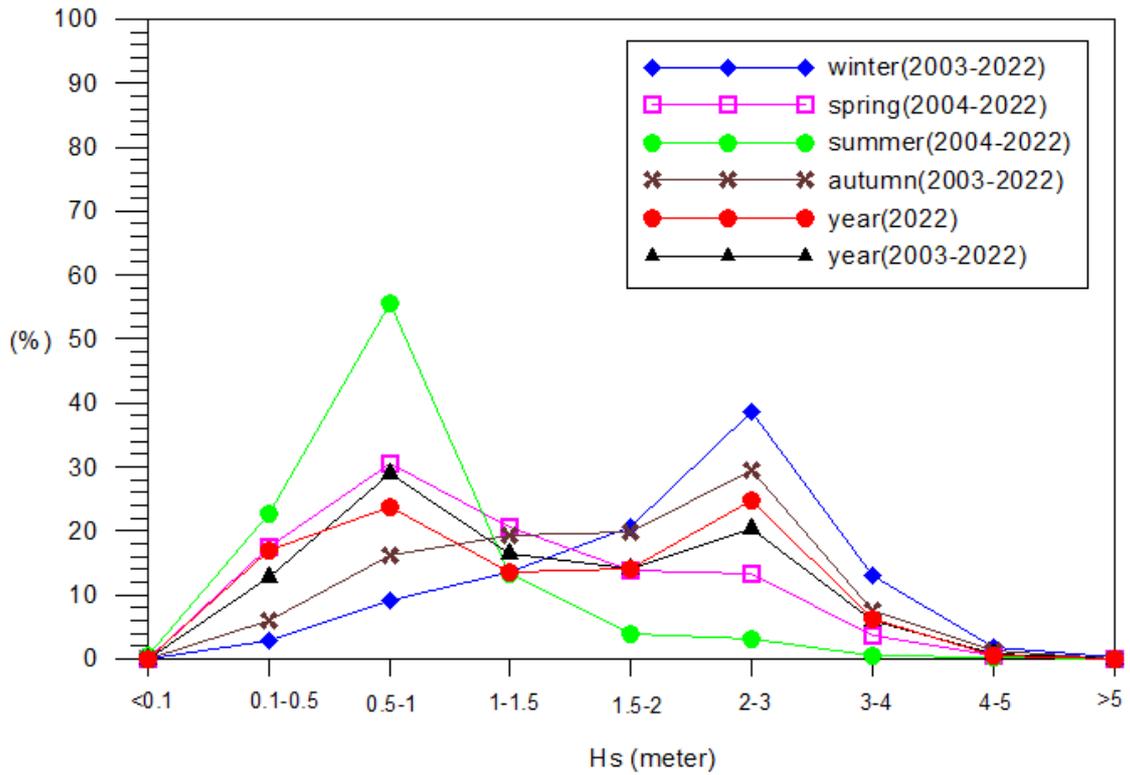


圖3.79 臺中港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

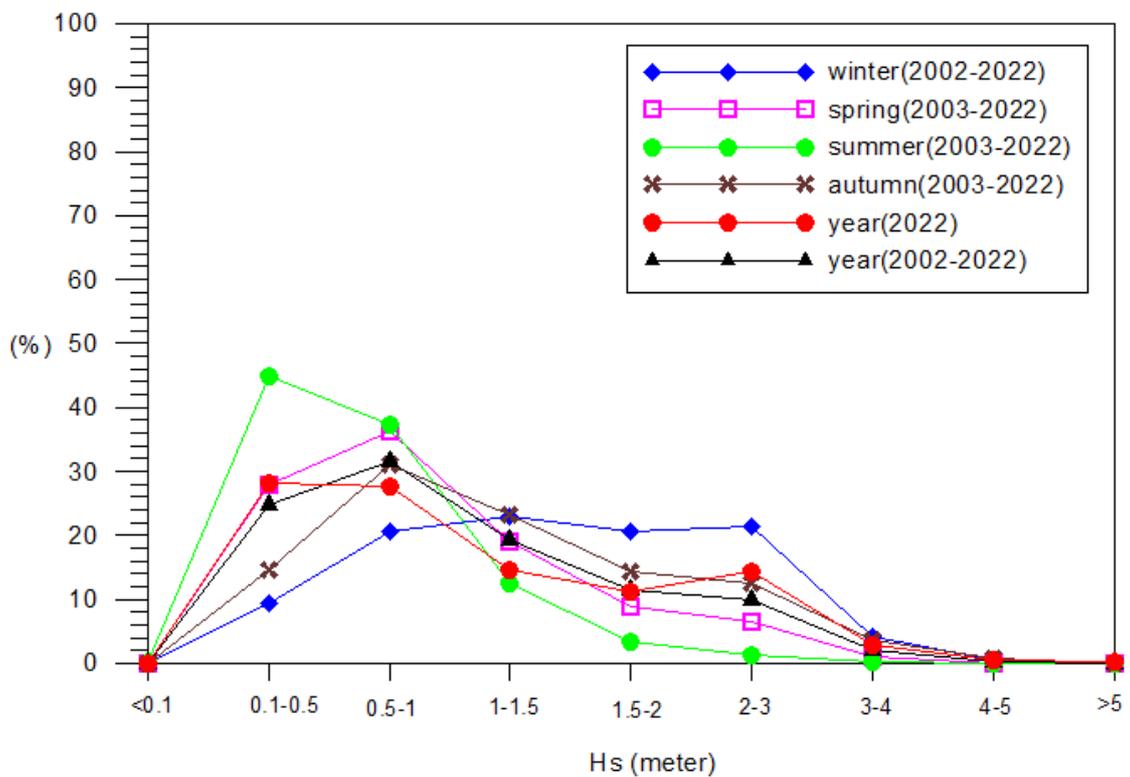


圖3.80 臺北港歷年四季及全觀測期波高機率分布圖

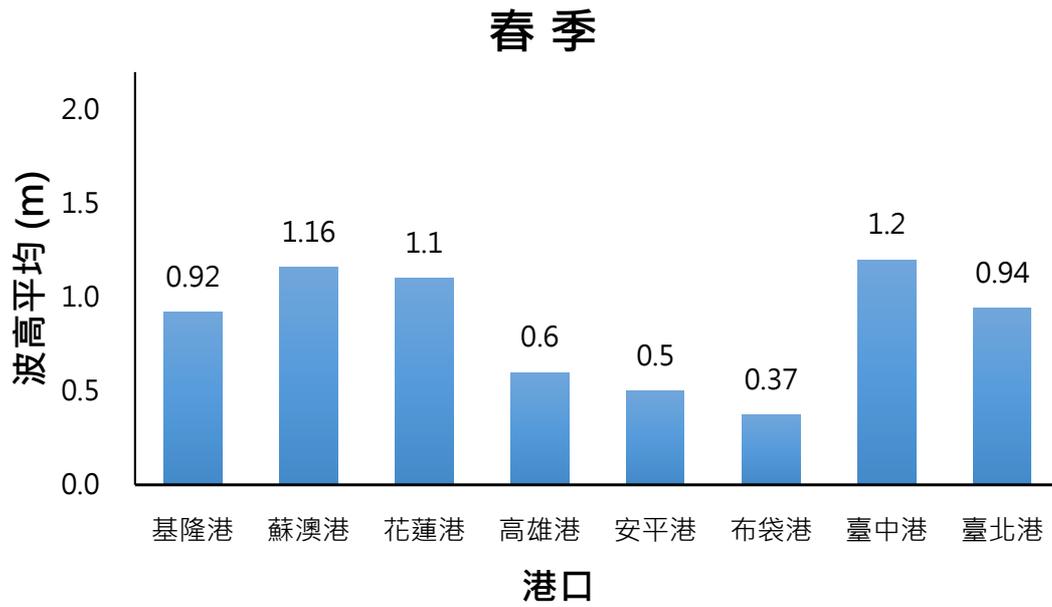


圖3.81 歷年春季各港波高分布圖

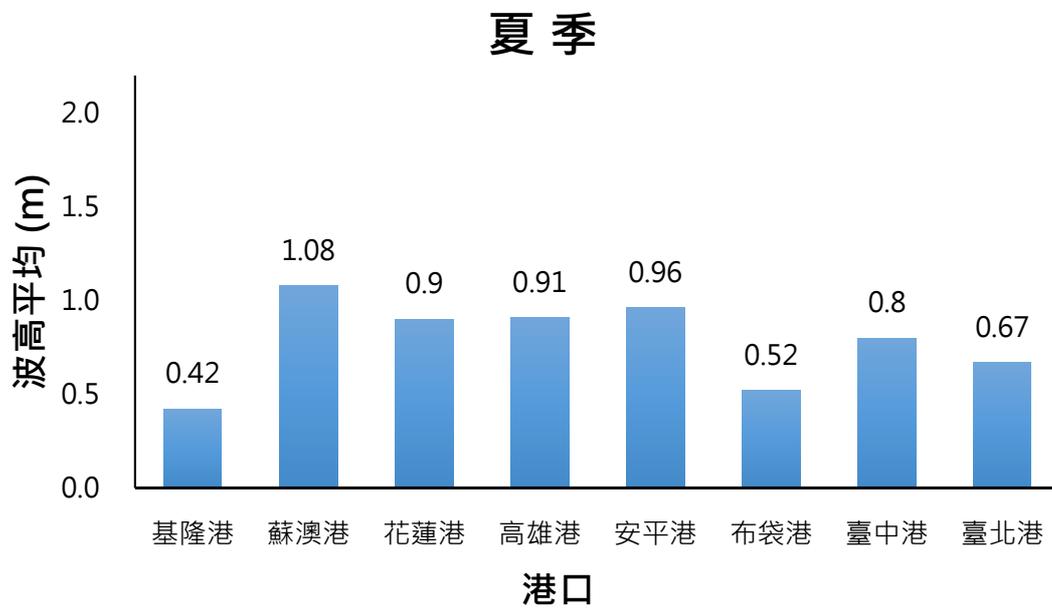


圖3.82 歷年夏季各港波高分布圖

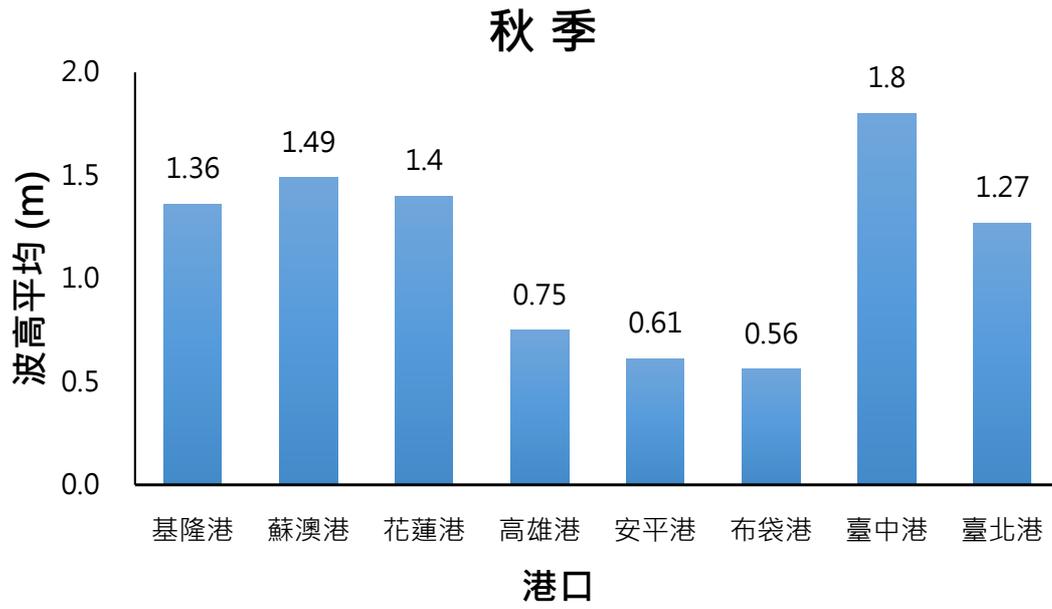


圖3.83 歷年秋季各港波高分布圖

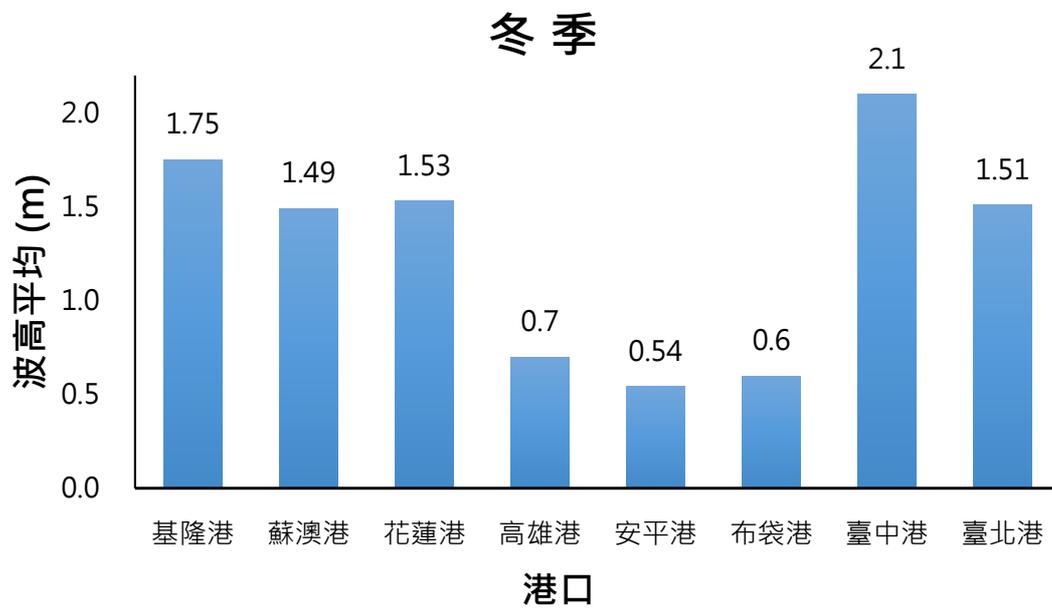


圖3.84 歷年冬季各港波高分布圖

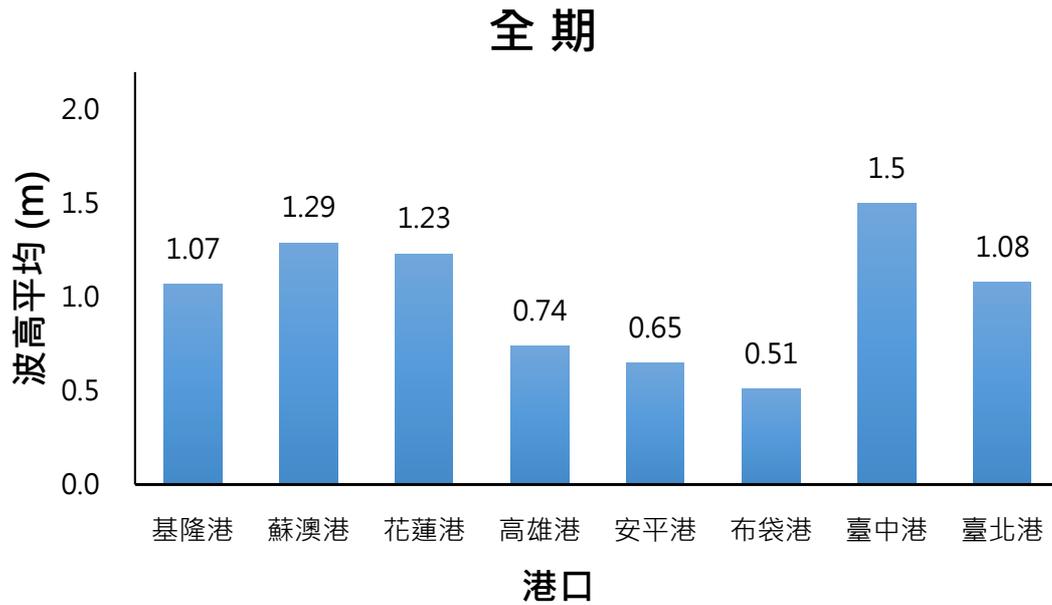


圖3.85 歷年全觀測期各港波高分布圖

### 3.2.2 週期分析

波浪週期長短與吹風距離、吹風延時及吹風大小等均有相關，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3.86～圖3.93所示，各港週期資料分析如下：

基隆港歷年全期波浪週期 $T_p$ 分布以6~8 s間比率最高，佔全期40.9%，6 s以下佔18.7%，8~10 s間約32.5%，10 s以上佔歷年全期7.9%，秋季期間，波浪週期以6~8 s間比率最高，佔整季41.1%，8~10 s間次之，約38.5%，夏季時，週期分布以6~8 s佔比38.3%最高，6 s以下次之，佔整季36.5%。

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，兩港域波浪週期均以8~10 s間比率居多，分別為38.9%（蘇澳港）、43.2%（花蓮港），歷年四季統計資料顯示，冬季期間兩港波浪週期均以8~10 s成份居多（蘇澳港55.1%、花蓮港57.1%），夏季

時，兩港波浪週期分布以6~8 s間佔比較高，分別為38.8%（蘇澳港）、38.1%（花蓮港），兩港秋季期間週期大於10 s以上之比率為本計畫各港最大，分別為蘇澳港23.5%、花蓮港22.8%。

高雄港歷年全期週期分布以6 s以下佔比最高，約佔全期47.5%，6~8 s次之，比率約32.2%，8~10 s間為14.9%，大於10 s為5.3%；歷年四季週期統計資料顯示，冬季波浪週期以6 s以下佔比最高，佔整季46.7%，6~8 s次之，約28.8%，夏季期間，週期以6~8 s比率最高，約為整季46.6%，6 s以下為29.3%，8~10 s為20.7%，週期大於10 s約3.4%，春季波浪週期以6 s以下成份最高，佔整季65.3%。

安平港歷年全期波浪週期Tp分布以6 s以下比率最高，佔全期53.1%，6~8 s約35%，8~10 s為10.4%，10 s以上佔歷年全期1.5%，港區冬季時，波浪週期以6 s以下佔比最高，佔整季52.1%，6~8 s次之，約35.2%，歷年夏季週期分布以6~8 s間比率最高，約44.2%，週期6 s以下次之，佔整季37.2%，春季以6 s以下比率最高，佔全期69.8%，6~8 s約26.1%。

布袋港冬季週期分布，小於6 s者佔9.2%，6~8 s為30.5%，8~10 s為50%，大於10 s者10.3%。春季週期分布小於6 s佔37.1%，6~8 s為41%，8~10 s為19.5%，大於10 s為2.4%。夏季之週期分布小於6 s佔23.6%，6~8 s為46.9%，8~10 s為23%，10 s以上為6.6%。秋季週期小於6 s佔20.3%，6~8 s為31.7%，8~10 s為35.3%，大於10 s為12.7%。布袋港歷年全觀測期間週期分布，以6~8 s 38.4%佔比最高，8~10 s 30.1%次之，6 s以下比率為23.5%，週期10 s以上佔8%。

臺中港歷年波浪週期統計資料顯示，歷年全期波浪週期分布以6~8 s間佔比最高，佔全期50.4%，週期小於6 s次之，約佔35.7%，介於8~10 s為12.8%，波浪週期大於10 s約1.0%。四季波浪週期統計資料，冬季時，波浪週期以6~8 s為主要分布，佔整季57.9%，8~10 s次之，佔21.6%，夏季期間，週期分布以6 s以下佔比54.07%最高，亦為四季中最高，春、秋兩季波浪週期分布均以6~8 s居多，分別為春季51.8%、秋季58%。

臺北港歷年全期波浪週期分布以6 s以下比率最高，佔全期44.8%，6~8 s次之，約38.7%，8~10 s佔比14.8%，10 s以上佔歷年全期2.1%，冬季期間，波浪週期以6~8 s間比率最高，佔整季50%，週期小於6 s

佔25.1%，8~10 s為23.3%，港區秋季時，週期分布以6~8 s比率最高，約41.9%，6 s以下次之，佔整季34.9%，夏季時，港區週期分布以6 s以下為主，佔比66.1%。

表3-4 歷年各站分季波浪週期分布統計表

基隆港				
季節	$T_p < 6.0 \text{ s}$ (%)	$T_p 6 \sim 8 \text{ s}$ (%)	$T_p 8 \sim 10 \text{ s}$ (%)	$T_p > 10.0 \text{ s}$ (%)
春	19.10	46.40	29.30	5.20
夏	36.50	38.30	19.90	5.30
秋	9.70	41.10	38.50	10.80
冬	5.00	37.20	46.90	10.90
全期	18.70	40.90	32.50	7.90
蘇澳港				
季節	$T_p < 6.0 \text{ s}$ (%)	$T_p 6 \sim 8 \text{ s}$ (%)	$T_p 8 \sim 10 \text{ s}$ (%)	$T_p > 10.0 \text{ s}$ (%)
春	11.20	41.00	37.10	10.70
夏	21.00	38.80	25.70	14.60
秋	4.60	34.40	37.50	23.50
冬	4.00	29.00	55.10	12.00
全期	10.40	35.90	38.90	14.80
花蓮港				
季節	$T_p < 6.0 \text{ s}$ (%)	$T_p 6 \sim 8 \text{ s}$ (%)	$T_p 8 \sim 10 \text{ s}$ (%)	$T_p > 10.0 \text{ s}$ (%)
春	7.80	37.80	42.50	12.00
夏	16.80	38.10	29.90	15.20
秋	3.30	32.10	41.80	22.80
冬	3.70	27.00	57.10	12.20
全期	8.00	33.50	43.20	15.40
高雄港				
季節	$T_p < 6.0 \text{ s}$ (%)	$T_p 6 \sim 8 \text{ s}$ (%)	$T_p 8 \sim 10 \text{ s}$ (%)	$T_p > 10.0 \text{ s}$ (%)
春	65.30	25.70	6.90	2.20
夏	29.30	46.60	20.70	3.40
秋	44.10	30.40	16.50	9.00
冬	46.70	28.80	17.30	7.20
全期	47.50	32.20	14.90	5.30

表3-4 歷年各站分季波浪週期分布統計表 (續)

安平港				
季節	$T_p < 6.0 \text{ s} (\%)$	$T_p 6 \sim 8 \text{ s} (\%)$	$T_p 8 \sim 10 \text{ s} (\%)$	$T_p > 10.0 \text{ s} (\%)$
春	69.80	26.10	3.60	0.60
夏	37.20	44.20	16.50	2.10
秋	54.10	33.50	9.60	2.80
冬	52.10	35.20	11.90	0.80
全期	53.10	35.00	10.40	1.50
布袋港				
季節	$T_p < 6.0 \text{ s} (\%)$	$T_p 6 \sim 8 \text{ s} (\%)$	$T_p 8 \sim 10 \text{ s} (\%)$	$T_p > 10.0 \text{ s} (\%)$
春	37.10	41.00	19.50	2.40
夏	23.60	46.90	23.00	6.60
秋	20.30	31.70	35.30	12.70
冬	9.20	30.50	50.00	10.30
全期	23.50	38.40	30.10	8.00
臺中港				
季節	$T_p < 6.0 \text{ s} (\%)$	$T_p 6 \sim 8 \text{ s} (\%)$	$T_p 8 \sim 10 \text{ s} (\%)$	$T_p > 10.0 \text{ s} (\%)$
春	41.40	51.80	6.60	0.20
夏	54.70	37.40	6.60	1.20
秋	23.40	58.00	16.50	2.00
冬	20.00	57.90	21.60	0.50
全期	35.70	50.40	12.80	1.00
臺北港				
季節	$T_p < 6.0 \text{ s} (\%)$	$T_p 6 \sim 8 \text{ s} (\%)$	$T_p 8 \sim 10 \text{ s} (\%)$	$T_p > 10.0 \text{ s} (\%)$
春	48.70	37.60	12.50	1.20
夏	66.10	26.10	6.10	1.70
秋	34.90	41.90	18.60	4.50
冬	25.10	50.00	23.30	1.60
全期	44.80	38.40	14.80	2.10

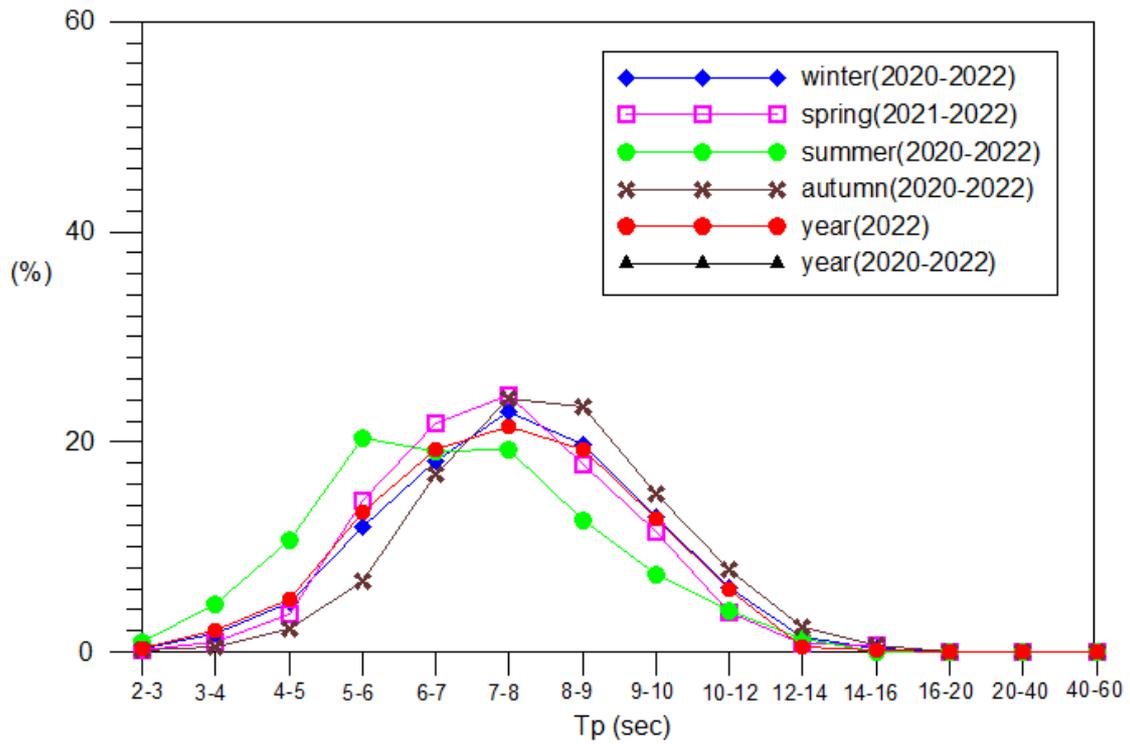


圖3.86 基隆港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

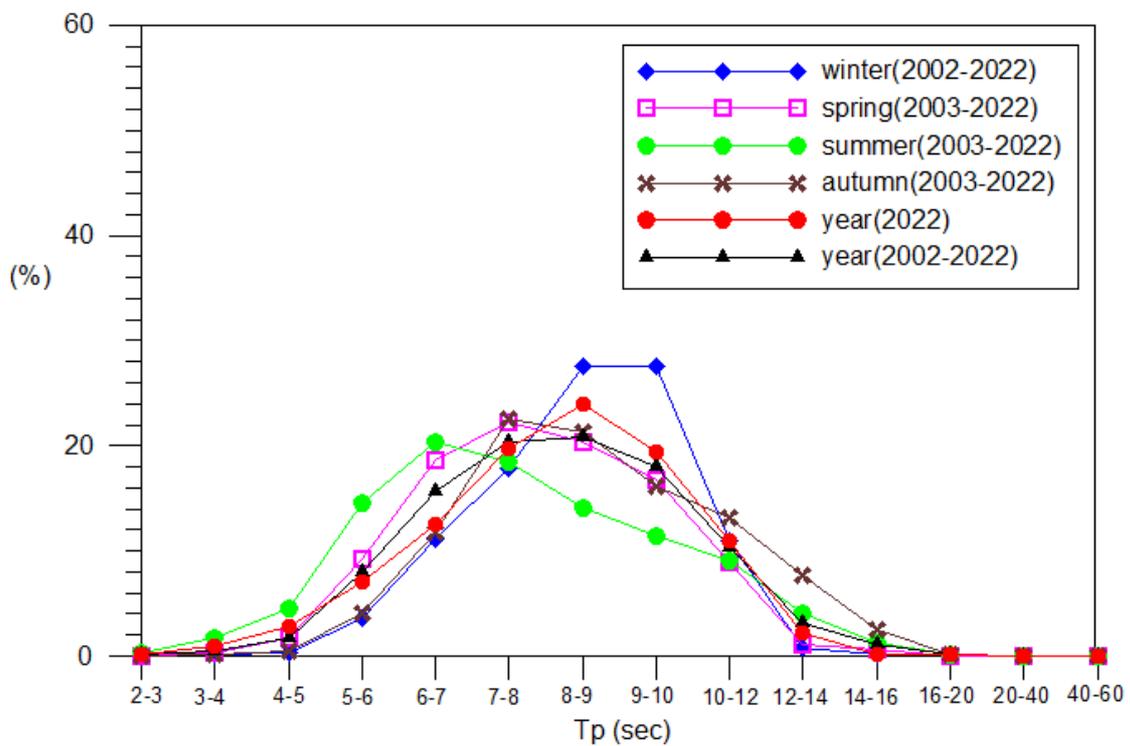


圖3.87 蘇澳港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

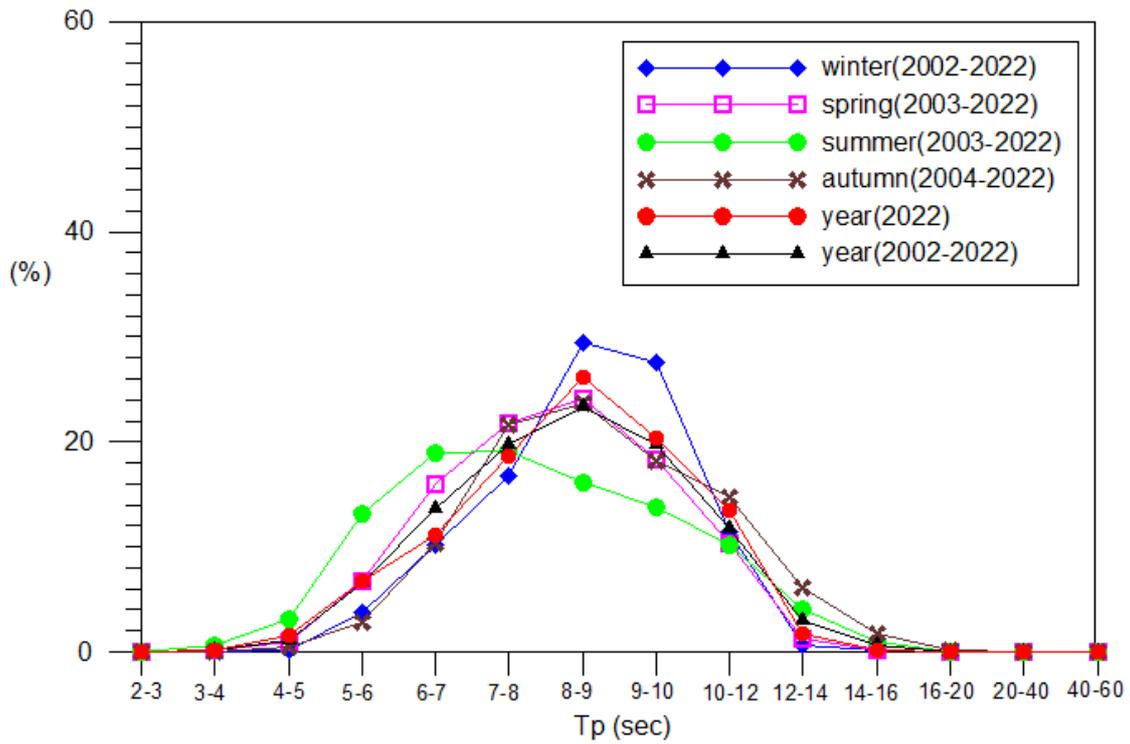


圖3.88 花蓮港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

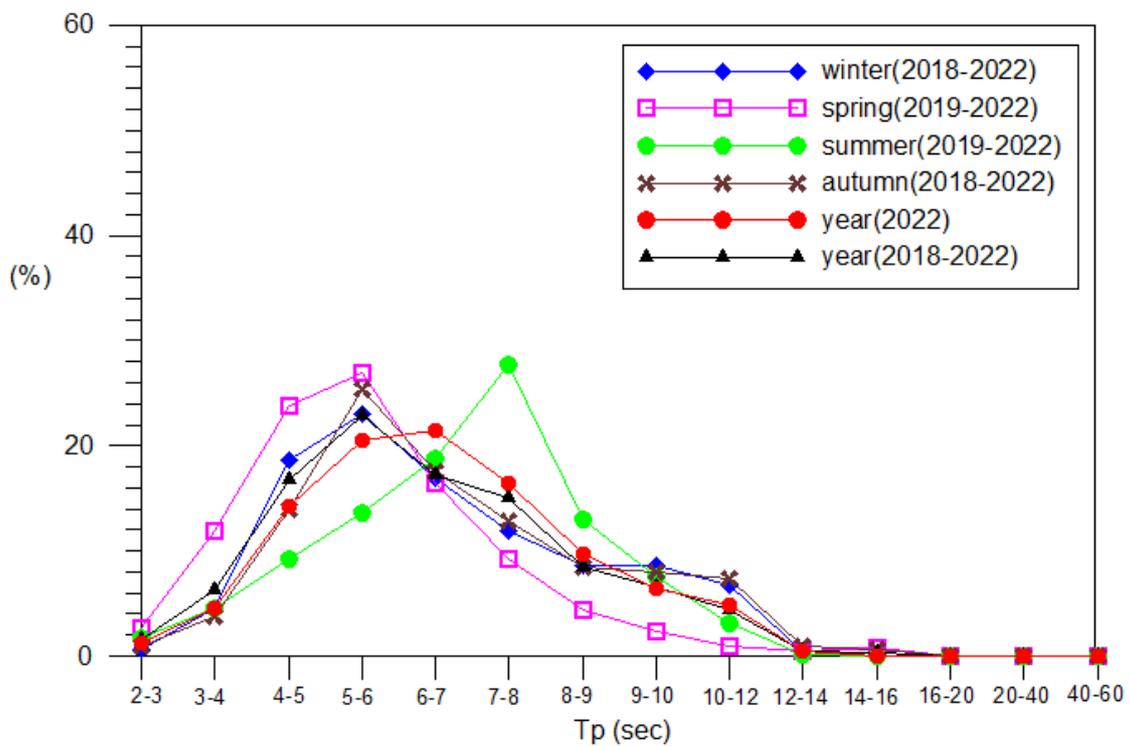


圖3.89 高雄港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

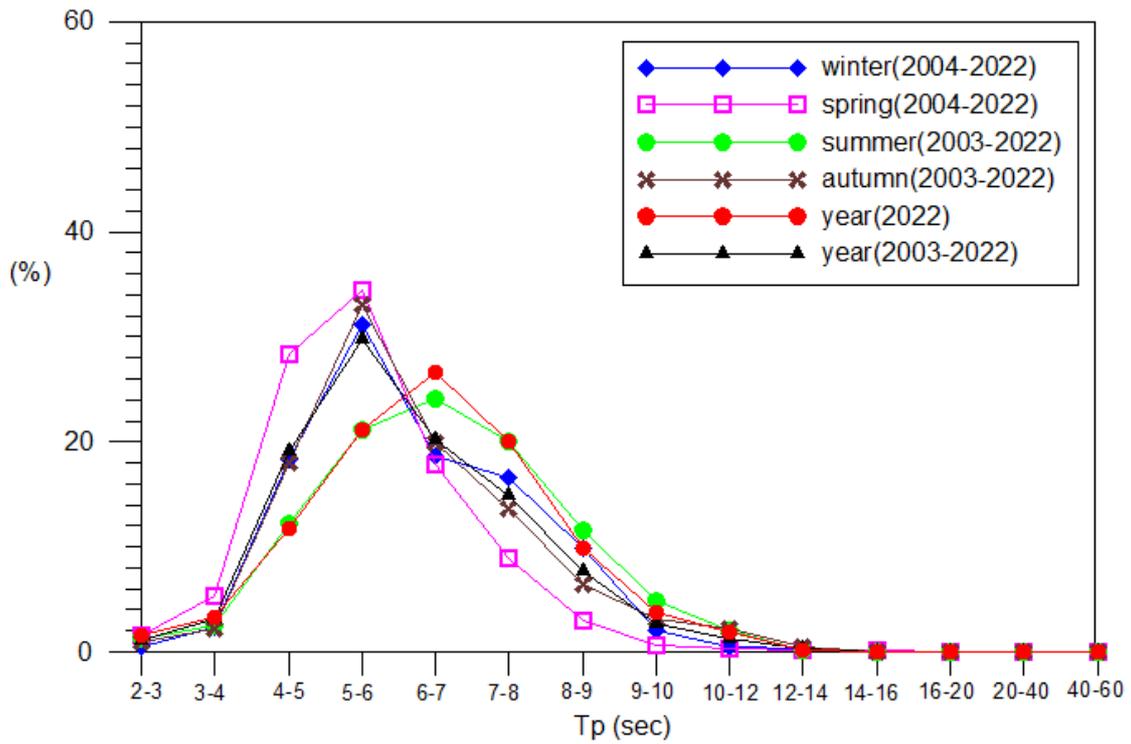


圖3.90 安平港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

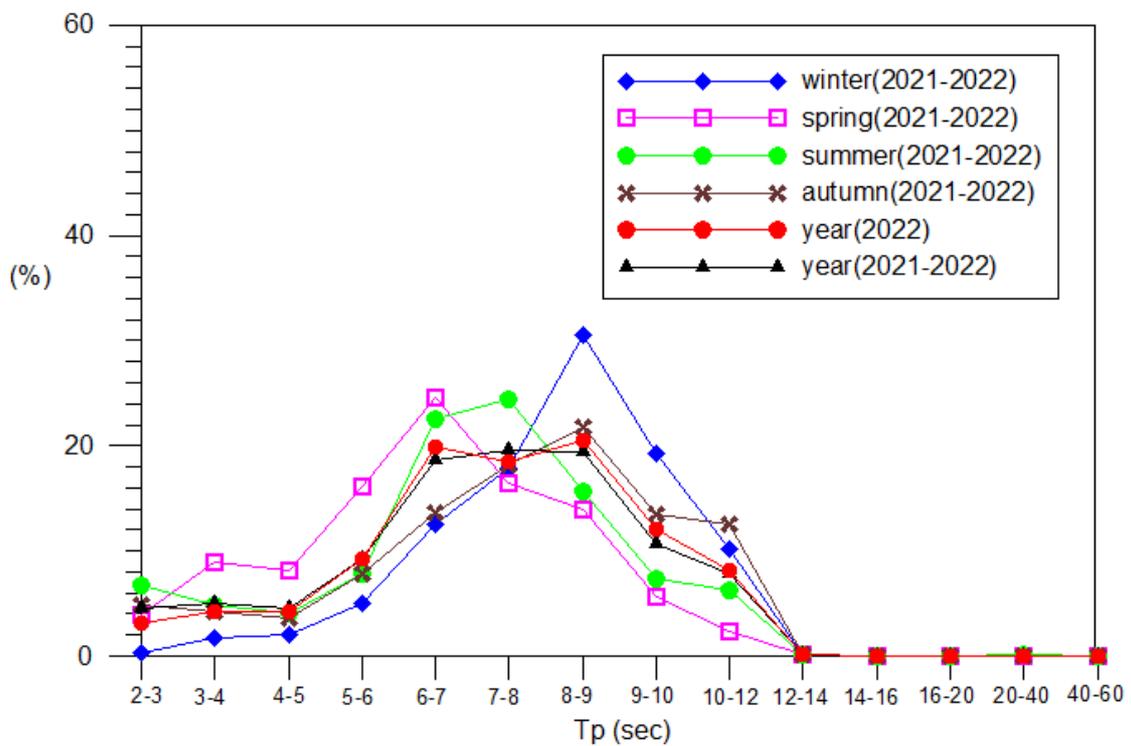


圖3.91 布袋港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

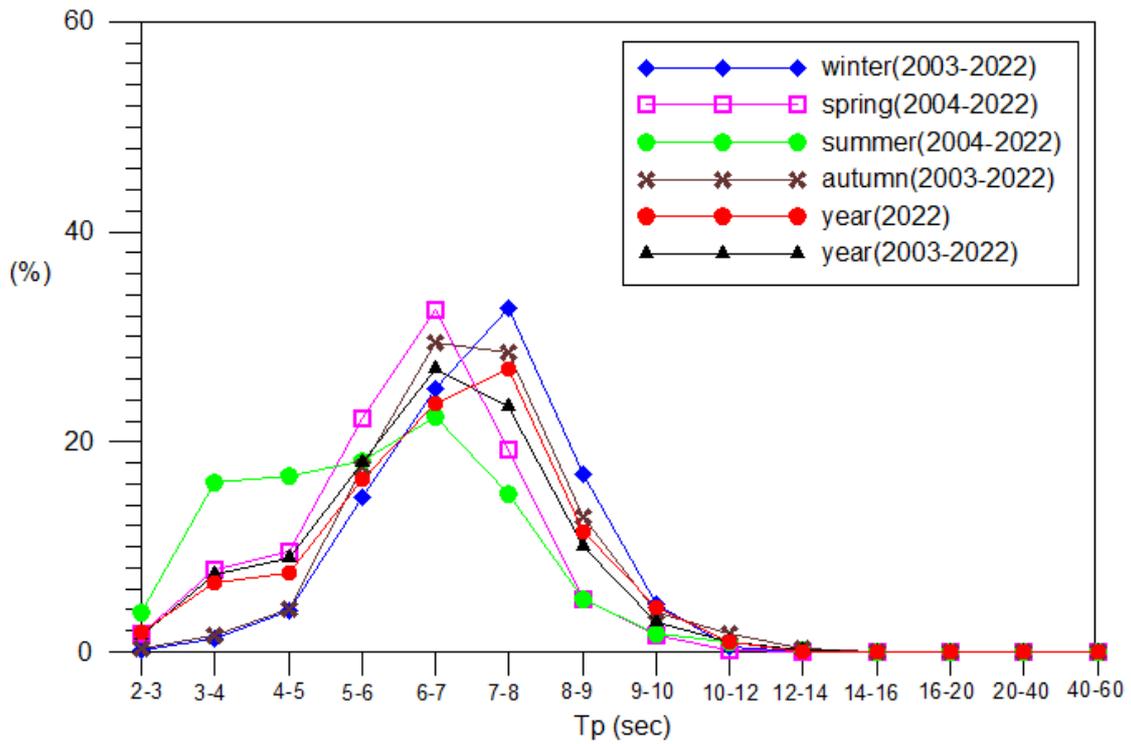


圖3.92 臺中港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

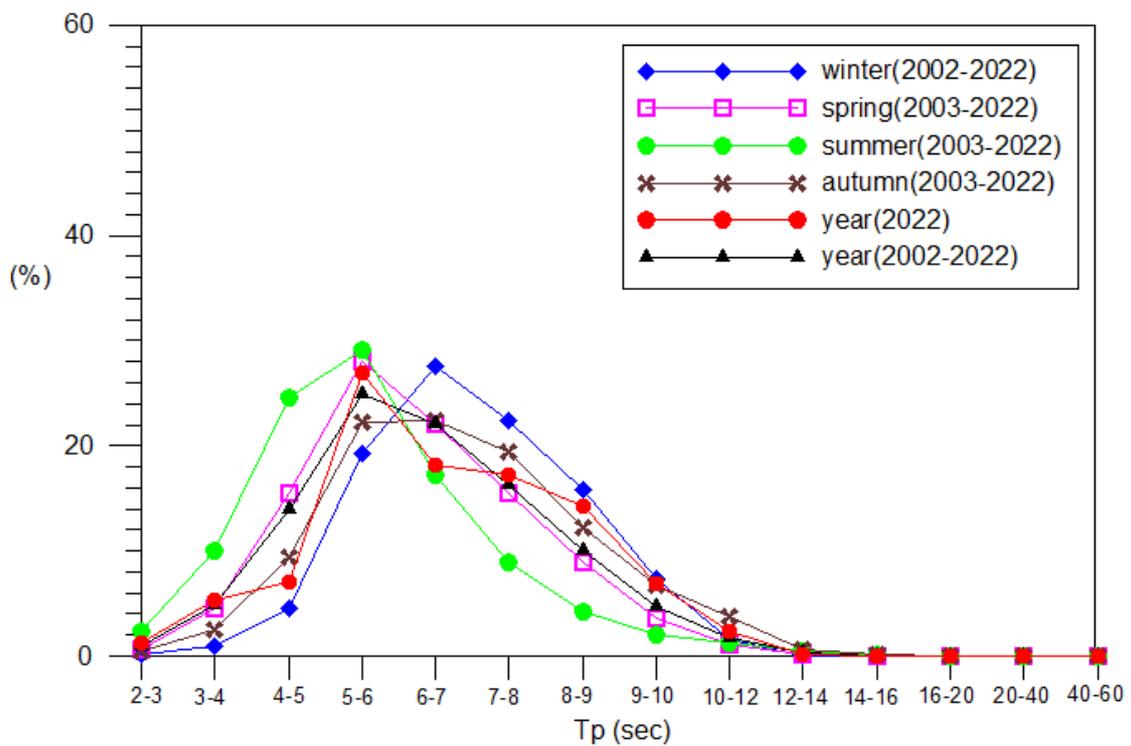


圖3.93 臺北港歷年四季及全觀測期波浪週期機率分布圖

### 3.2.3 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。本計畫將各商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3.94～圖3.101所示，各港波向資料分析如下：

歷年統計資料顯示，基隆港測站位於西防波堤外500~600公尺，波向分布因地形影響，歷年全期以N~E象限為主要分布，佔比96.8%，其餘三象限波向分布分別為E~S 0%、S~W 0%、W~N 3.2%。四季波向統計顯示，皆以N~E象限為主，分別為春季97.7%、夏季91.9%、秋季99.1%及冬季99.7%，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50.7%，N~E象限次之，佔比41.7%，S~W佔7%、W~N僅0.6%。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52.3%、冬季55.8%，E~S象限次之，比率為秋季41.9%、冬季43.5%，春、夏兩季蘇澳港波向分布主要落於E~S象限間，分別為春季54.8%、夏季65%。花蓮港歷年全期波向分布以E~S象限84.2%佔比最高，其餘三象限分別為15.5%（N~E）、0.2%（S~W）、0.1%（W~N）。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象限居多，分別為春季84.6%、夏季96.4%、秋季81.6%及冬季75.5%。

高雄港歷年全期波向統計資料，以S~W象限57.9%佔比最高，W~N象限42.1%次之，其餘二象限佔比皆為0%。歷年四季統計數據顯示，高雄港冬季時，因港區東側受陸地阻隔，影響東北來向波浪傳遞，

反觀高雄港西側海域，無陸地阻擋，地形影響因素降低，波向分布以W~N象限比率最高，佔整季69.7%，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，主波向來自S~W象限，佔整季95.8%，其餘各象限分別為0.0%（N~E）、0.1%（E~S）、4.1%（W~N），春季波向分布為S~W象限 56.4%，W~N象限43.6%，其餘二象限皆為0%，秋季波向分布為S~W象限 46.6%，W~N象限53.4%，N~E及E~S則皆為0%。

安平港測站設置於南防波堤外海約500公尺處，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象限佔比64.4%，S~W象限30.1%，N~E象限1.5%，E~S象限為4%。春季時，季風型態由東北逐漸轉向至向南，S~W象限佔比63.5%，W~N象限30.2%，其餘兩象限佔比6.3%，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90.9%，秋季西南季風漸漸轉換為東北季風，S~W象限佔比58.6%為最高，W~N象限34.9%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51.1%為當季最高，S~W象限佔43.2%，N~E象限1.7%，E~S象限為3.9%。

布袋港冬季波向以W~N象限佔比97.9%最高，其次是S~W象限，佔2.1%，N~E及E~S象限均為0%。春季波向以W~N象限比率最高，佔60.4%，S~W象限次之，佔39.5%，N~E象限0.2%，E~S象限佔0%。夏季時，布袋港海域受西南季風影響，波向以S~W象限佔比90.1%最高，W~N象限9.8%次之，N~E象限為0.1%，E~S象限為0%。秋季波向以W~N象限78.5%佔比最高，其次為S~W象限20.1%，N~E象限1%，E~S象限佔0.3%。綜觀布袋港歷年全觀測期間波向分布，以W~N象限56%最高，S~W象限43.5%次之，N~E象限佔0.4%，E~S象限則為0.1%。

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，所佔比率約64.5%，其餘三象限分別為0.9% (E~S)、9% (S~W)、25.6% (W~N)；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，波場傳遞受吹風強度影響，兩季波向均以N~E象限比率最高，分別為秋季81.5%、冬季86.7%，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，吹風強度大幅減弱，整季波向以W~N象限55.7%佔比最高。

臺北港觀測站離岸約500~600公尺，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象限為主要分布，約佔全期44.8%，W~N象限38.1%次之，E~S象限2.9%，S~W象限14.1%。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52.9%、冬季59.6%，W~N象限居次，秋季為32.9%、冬季34.1%，春季為東北-西南季風轉換期，歷年波向統計以N~E象限52.4%比率最高，W~N象限36.6%次之，E~S象限2.6%，S~W象限8.5%，季節來到夏季，港區因受西南季風影響，南來向波浪成份增加，S~W象限佔比32.5%，為四個季節中最高。

表3-5 歷年各站分季波向分布統計表

基隆港				
季節	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	97.70	0.00	0.00	2.30
夏	91.90	0.10	0.00	8.00
秋	99.10	0.00	0.00	0.90
冬	99.70	0.0	0.00	0.30
全期	96.80	0.00	0.00	3.20
蘇澳港				
季節	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	41.40	54.80	3.50	0.40
夏	14.20	65.00	20.50	0.30
秋	52.30	41.90	3.70	2.10
冬	55.80	43.50	0.70	0.00
全期	41.70	50.70	7.00	0.60
花蓮港				
季節	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	15.40	84.60	0.00	0.00
夏	3.40	96.40	0.10	0.10
秋	18.30	81.60	0.00	0.00
冬	23.50	75.50	0.80	0.20
全期	15.50	84.20	0.20	0.10
高雄港				
季節	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	0.00	0.00	56.40	43.60
夏	0.00	0.10	95.80	4.10
秋	0.00	0.00	46.60	53.40
冬	0.00	0.00	30.30	69.70
全期	0.00	0.00	57.90	42.10

表3-5 歷年各站分季波向分布統計表 (續)

安平港				
季節	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	1.60	4.70	63.50	30.20
夏	0.30	4.20	90.90	4.70
秋	2.80	3.80	58.60	34.90
冬	1.70	3.90	43.20	51.10
全期	1.50	4.00	64.40	30.10
布袋港				
季節	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	0.20	0.00	39.50	60.40
夏	0.10	0.00	90.10	9.80
秋	1.00	0.30	20.10	78.50
冬	0.00	0.00	2.10	97.90
全期	0.40	0.10	43.50	56.00
臺中港				
季節	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	74.50	0.80	3.80	20.90
夏	22.90	1.70	19.60	55.70
秋	81.50	0.80	6.00	11.70
冬	86.70	0.20	4.80	8.20
全期	64.50	0.90	9.00	25.60
臺北港				
季節	N~E (%)	E~S (%)	S~W (%)	W~N (%)
春	52.40	2.60	8.50	36.60
夏	20.30	2.90	32.50	44.30
秋	52.90	4.30	9.90	32.90
冬	59.60	2.70	3.50	34.10
全期	44.80	2.90	14.10	38.10

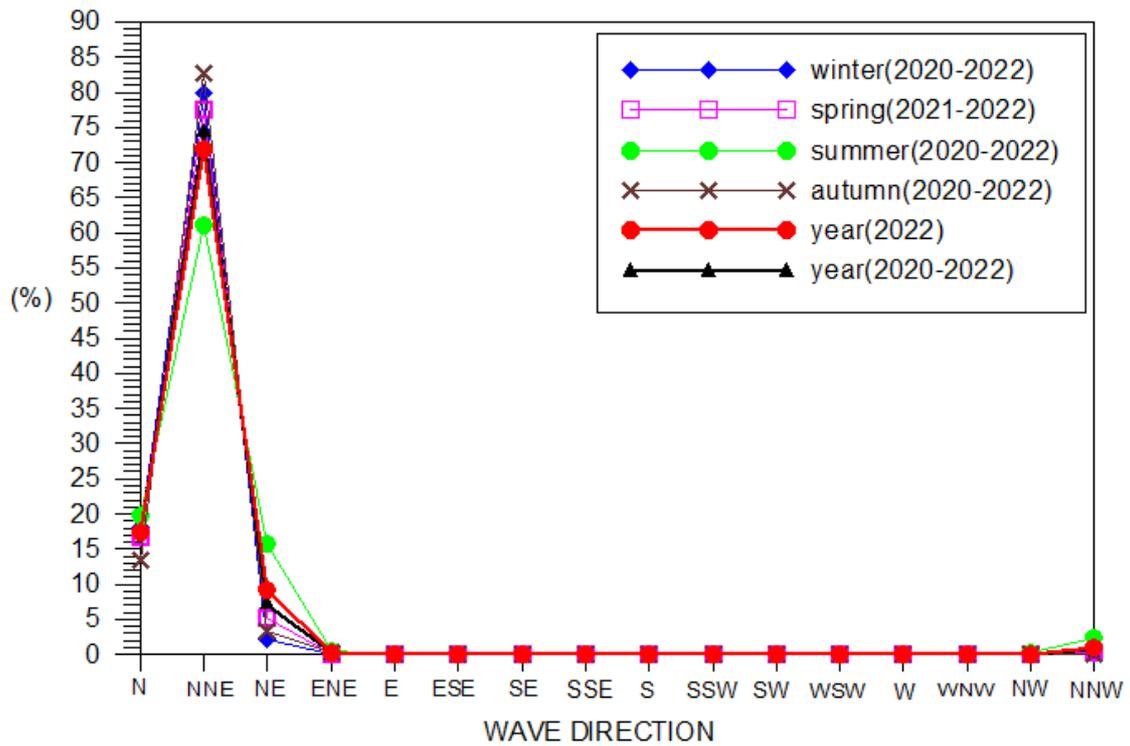


圖3.94 基隆港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

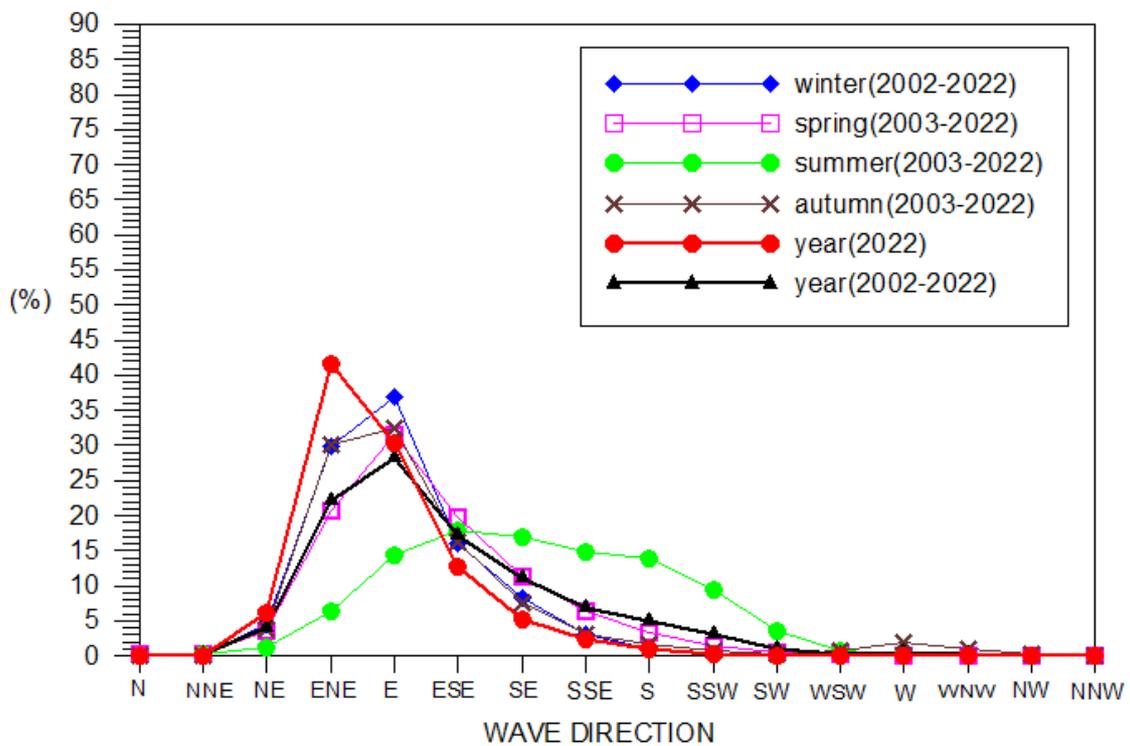


圖3.95 蘇澳港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

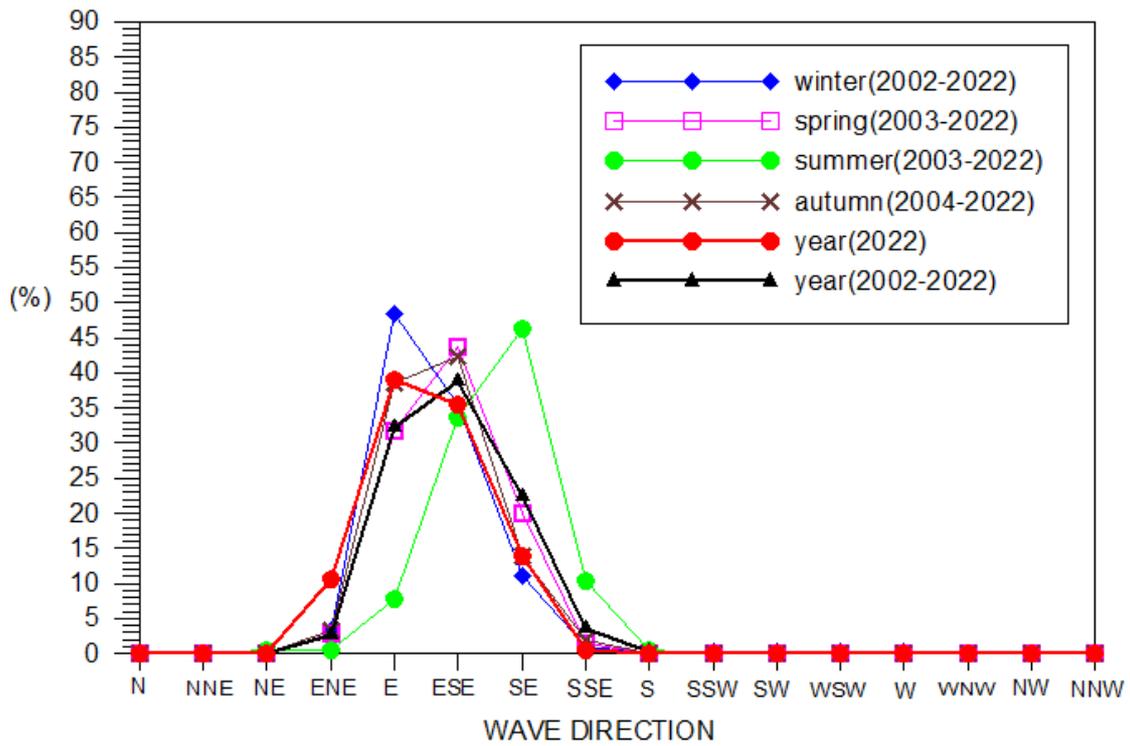


圖3.96 花蓮港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

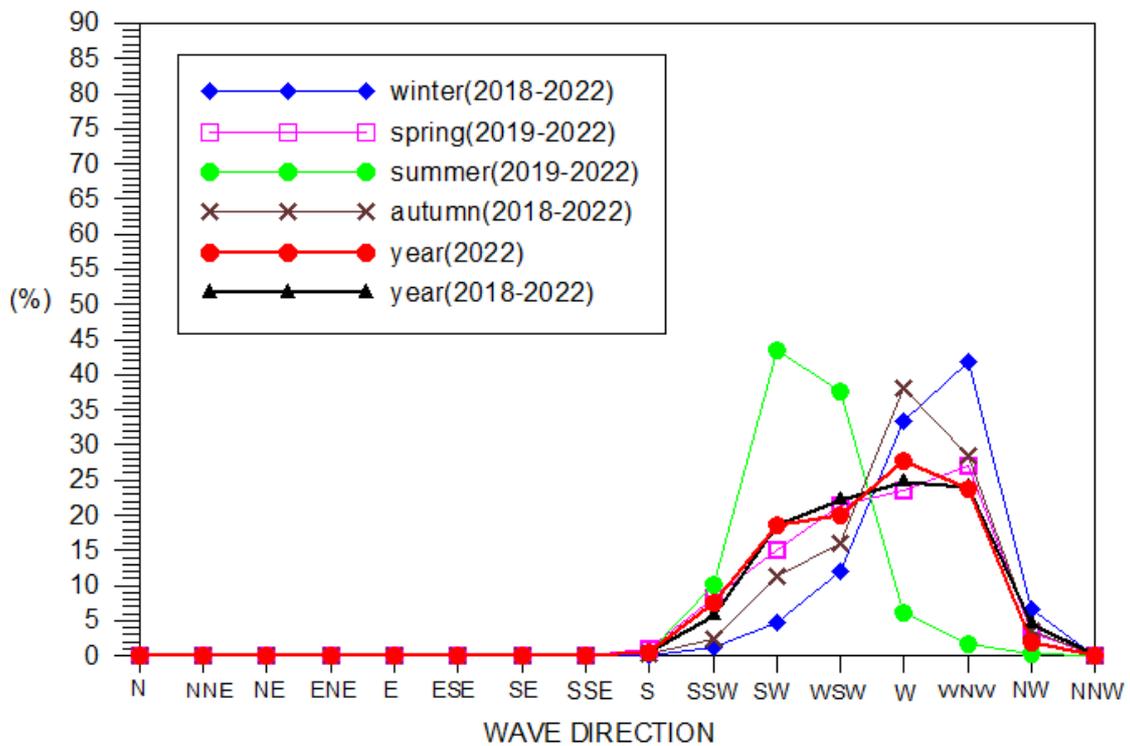


圖3.97 高雄港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

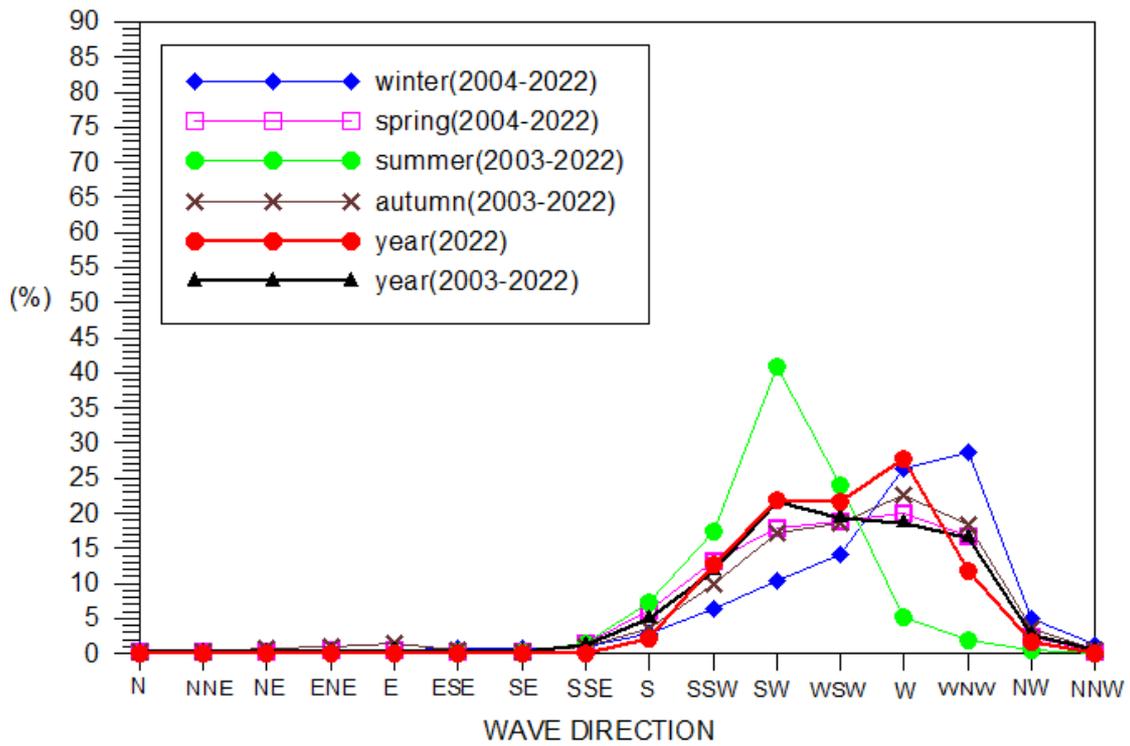


圖3.98 安平港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

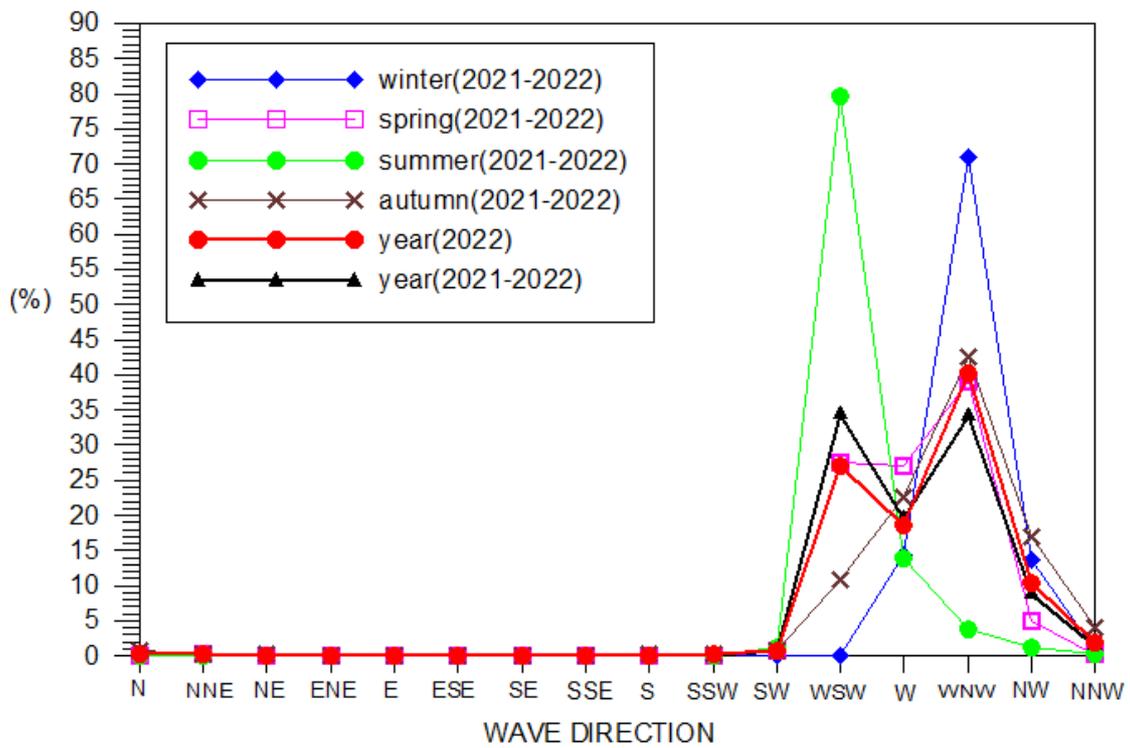


圖3.99 布袋港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

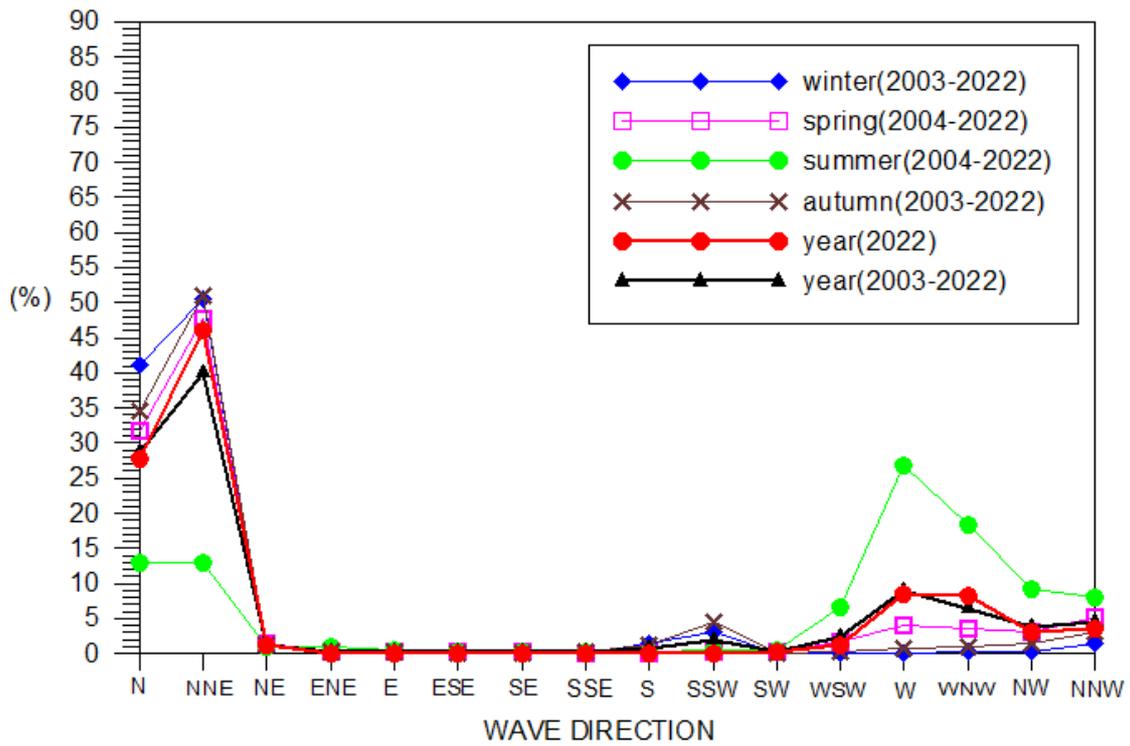


圖3.100 臺中港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

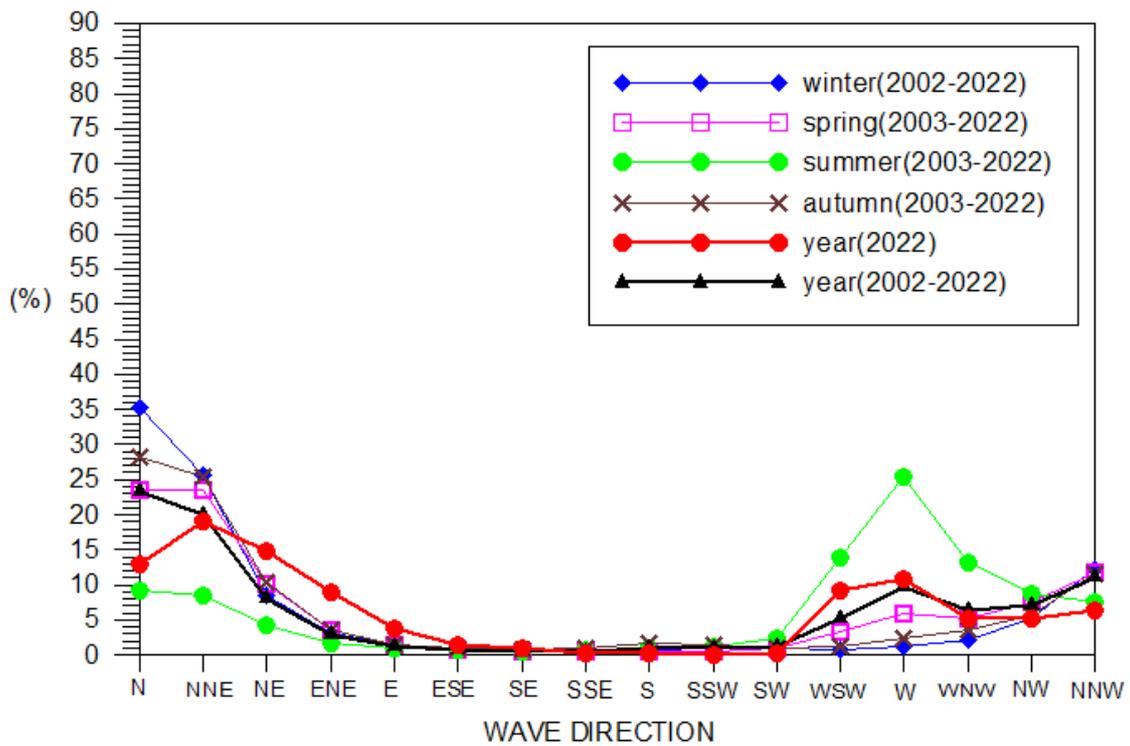


圖3.101 臺北港歷年四季及全觀測期波向機率分布圖

## 第四章 水下無線通訊技術應用於底碇式波流觀測系統可行性評估

### 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，本所已於基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港、臺北港以及離島金門、馬祖與澎湖港等11個港區，設置長期性波流場監測系統，提供港區即時波浪及海流等重要資訊。現行底碇式波流觀測系統係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（如圖4.1所示）而使纜線受損，導致即時資料傳輸中斷（如圖4.2所示）。



(a)



(b)

圖4.1 底拖網作業示意圖（資料來源：國家地理雜誌）



(a)



(b)

**圖4.2 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。本計畫將購買水下通訊數據機，結合本所現有底碇式波流即時傳輸系統，於試驗水槽實地測試，評估其應用於港區執行長期海象監測之可行性。目前技術較為成熟之水下通訊技術，依其技術原理可分為以下3個種類，各項技術傳輸特性如下：

1. 水下射頻通訊 (RF)：水下射頻通訊為利用無線電頻率在水中傳輸資訊的技術，此種技術使用電磁波在水中的傳播特性進行無線通訊，水下射頻通訊使用特殊的水下射頻天線和調製解調設備來傳輸和接收無線信號，於水下遙感、海底資源勘探及水下監測等應用中具有重要價值。然而，水對無線電波的吸收和散射可能限制射頻通訊的傳輸距離和可靠性。
2. 水下光通訊 (Optical)：水下光通訊為利用可見光或紅外線光波在水中傳輸資訊之技術，光通訊使用光纖或特殊的光學傳輸介質將光信號傳輸至水下，其優勢包括高傳輸速率、低延遲和抗干擾能力強，水下光通訊被廣泛應用於水下資訊傳輸、海底觀測及水下ROV通訊等領域。然而，水中的光散射和吸收可能會限制光通訊的距離和可靠性。
3. 水聲通訊 (Acoustic)：水聲通訊為利用聲波在水中傳輸資訊的技術，藉由水中傳播聲音之特性，將聲波轉換成電信號進行傳輸，於水中聲波通常具有較長傳輸距離和穿透能力。水聲通訊常用於水下探測、海洋學研究及水下通訊等領域，聲納系統是其中一種常見的應用，用於聲納圖像生成、目標檢測和通訊。同時，聲波傳輸技術依據頻率還可以分為低頻(LF/<12kHz)、中頻(MF/12kHz~30kHz)與高頻(HF/>30kHz)，具有對位限制少與較不受水質影響之優點。

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，條列不同通訊型式之傳輸速率及其對應之最大通訊距離(如表4-1~表4-4)，並繪

製不同水下通訊技術傳輸速率-通訊距離關係圖（如圖4.3），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（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，磁感應技術則用於無線充電，基於水中無線通訊設備後續發展考量，本計畫將以水聲通訊數據機，測試並評估無線式底碇波流觀測系統發展可行性。

**表4-1 水下射頻通訊數據機產品比較表**

	<b>Manufacturer and Model</b>	<b>Max Range</b>	<b>Bit Rate</b>
<b>RF</b>	WiSub Maelstrom	5 cm	100 Mbps
	CoSaWiFi	10 cm	{10, 50} Mbps
	WFS Seatooth S500	10 cm	10 Mbps
	INESC TEC Dipole	1 m	1 Mbps
	CoSa EF Dipole	[1, 8] m	{0.2, 1} Mbps
	WFS Seatooth Mark IV SR	[5, 7] m	2.4 kbps
	WFS Seatooth Mark IV MR	[30, 45] m	100 bps

**表4-2 水下磁感應通訊數據機產品比較表**

	<b>Manufacturer and Model</b>	<b>Max Range</b>	<b>Bit Rate</b>
<b>MI</b>	Dalhousie Univ. Prototype	10 m	8 kbps
	inductive modems for mooring lines	up to few kilometers from tx using the mooring line, few cm from the mooring line	{1, 2} kbps
	MST Prototype	40 m	1 kbps
	CSS/MISL Prototype	[250, 400] m	{153, 40} bps

表4-3 水下光通訊數據機產品比較表

	Manufacturer and Model	Max Range	Bit Rate
<b>Laser</b>	FUDAN modem	34.5 m	2.70 Gbps
	Oceanit ultra	100 m	1 Gbps
	USTC modem	100 m	500 Mbps
	Sonardyne BlueComm 5000	7 m	500 Mbps
	SA Photonics Neptune	200 m	200 Mbps customized, with beam steering capabilities
	MC100	10 m	95 Mbps
	JAMSTEC modem	50 m	20 Mbps
	<b>LED SR</b>	Sant' Anna OptoCOMM	10 m
Sonardyne BlueComm 100		15 m	5 Mbps
CoSa optical		20 m	2 Mbps
ENEA PoC		1 m	2 Mbps
IST Medusa Optical Modem		10 m	{20, 200} kbps
Aquatec AQUAmodem Op1		1 m	80 kbps
<b>LED MR</b>	Penguin Automated Systems	[10, 300] m	{1.5, 100} Mbps custom
	Sonardyne BlueComm 200	120 m	10 Mbps
	Sonardyne BlueComm 200 UV	75 m	10 Mbps
	MIT AquaOptical modem	50 m	4 Mbps
	Ifremer optical modem	60 m	3 Mbps
	Hydromea Luma 500ER	50 m	500 kbps

表4-4 水聲通訊數據機產品比較表

	Manufacturer and Model	Max Range	Bit Rate
<b>LF</b>	Sercel MATS3G 12 kHz	15 km	{20, 200} bps secure data with coding, {0.8, 7.4} kbps high rate with no coding
	EvoLogics S2C R 7/17	7 km	{1, 7} kbps raw bit rate with no coding, {0.6, 4} kbps net data rate with coding
	WHOI MicroModem	[6, 11] km	{0.2, 5.4} kbps in vertical links
	LinkQuest UWM10000	7 km	5 kbps raw bit rate, 2 kbps payload data rate
	Kongsberg cNODE LF	few kms	up to 4.5 kbps
	Benthos ATM 960 LF	6	{0.08, 2.4} kbps
	AQUATEC AQUAmodem1000	10 km	{0.1, 2} kbps
	AquaSeNT AM-D2000	5 km	{0.375, 1.5} kbps
	DiveNET: Sealink R	2.5 km	{0.56, 1.2} kbps in shallow water
	Develogics HAM.NODE	30 km	145 bps
	DiveNET: Sealink {C,S}	8 km	80 bps in shallow water

表4-4 水聲通訊數據機產品比較表 (續)

	<b>Manufacturer and Model</b>	<b>Max Range</b>	<b>Bit Rate</b>
<b>MF</b>	Sercel MATS3G 34 kHz	5 km	{20, 300} bps secure data with coding, {1, 24.6} kbps high rate with no coding
	LinkQuest UWM2000 series	1 km	17.8 kbps raw bit rate, {0.3:6} kbps payload data rate
	Subnero WNC	[3, 5] km	15 kbps
	EvoLogics S2C R 18/34	3.5 km	{1, 13.9} kbps raw bit rate with no coding, {0.6, 9} kbps net data rate with coding
	Popoto Modem	[1, 8] km	{0.08, 10} kbps
	AquaSeNT AM-OFDM-13A	5 km	{1.5, 9} kbps
	Sonardyne 6G	1.5 km	{0.2, 9} kbps
	Kongsberg cNODE MF	1 km	up to 4.5 kb/s
	Benthos ATM 960 MF, band C	1.5 km	{0.08, 2.4} kbps, 15 kbps possible in very quiet deep ocean environments
	Applicon Seamodem	100 s of m	{0.75, 2} kbps
	DSPComm Aquacom Gen2	8 km	{0.1, 1} kbps
	Blueprint Subsea X150 USBL Beacon	1 km	100 s bps
	DiveNET: Sealink M	1 km	80 bps
	<b>HF</b>	Rutgers MIMO modem	10 s of m
Northeastern SEANet prototype		10 s of m	{41, 250} kbps
BaltRobotics Prototype		[100, 200] m	{1, 115} kbps
MIT Prototype		200 m	100 kbps
FAU Hermes modem prototype		150 m	87.7 kbps
EvoLogics S2C M HS		300 m	2, 62.5 kbps raw bit rate with no coding, {1.2, 35} kbps net data rate with coding
Marecomms ROAM Prototype		0.6 km, 1 km expected	26.7 kbps actual throughput in shallow water, 50 kbps expected in the new version
AHOI modem		200 m	200 bps
Waterlinked M64		200 m	64 bps

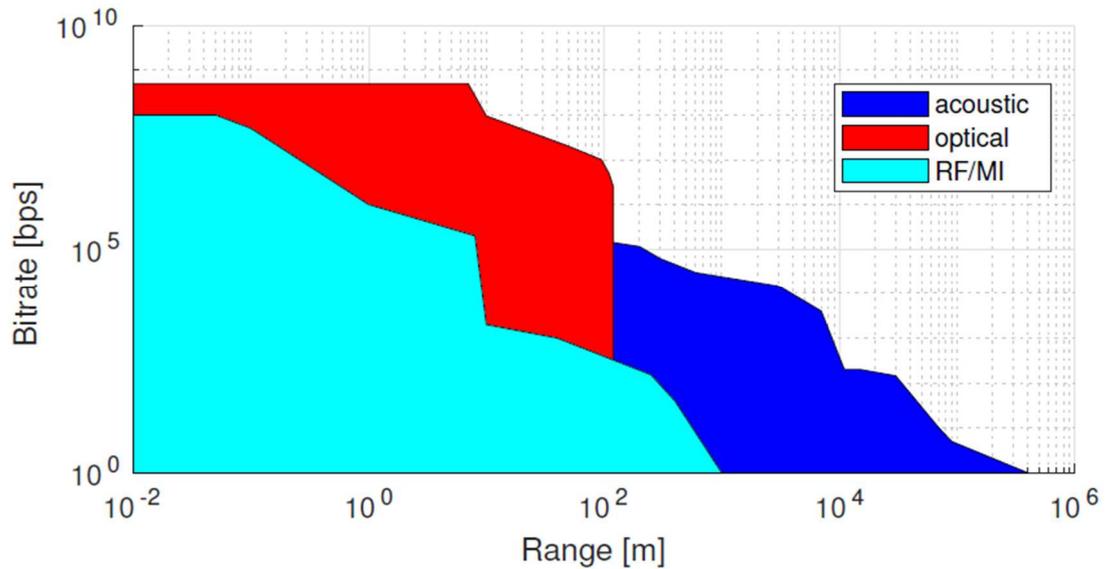


圖4.3 不同型式水下通訊技術傳輸速率-通訊距離關係圖

表4-5為本計畫整理目前市售水聲通訊數據機比較表，考量本所AWAC系統布設需求（1 km通訊距離、0.007 kbps傳輸速率），及數據機產品線完整度與成熟度，最終選用德國EvoLogics之S2CM 18/34中頻數據機（如圖4.4），做為本計畫水下無線通訊系統測試及評估基礎。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4.5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。

表4-5 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
	Sercel 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



圖4.4 EvoLogics系列產品傳輸速率及通訊距離參考示意

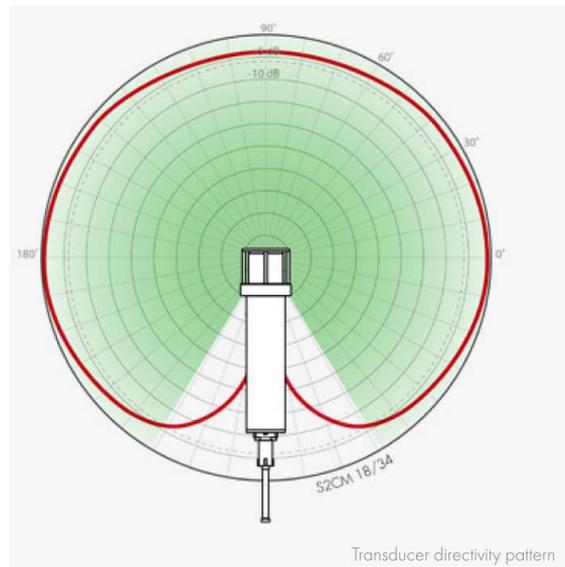


圖4.5 EvoLogics S2CM 18/34訊號增益圖

## 4.2 既有底碇式波流觀測系統調整

本所現有底碇式即時波流觀測系統配置如圖4.6，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4.7），同步回傳至本所

運技中心海氣象監控室儲存。

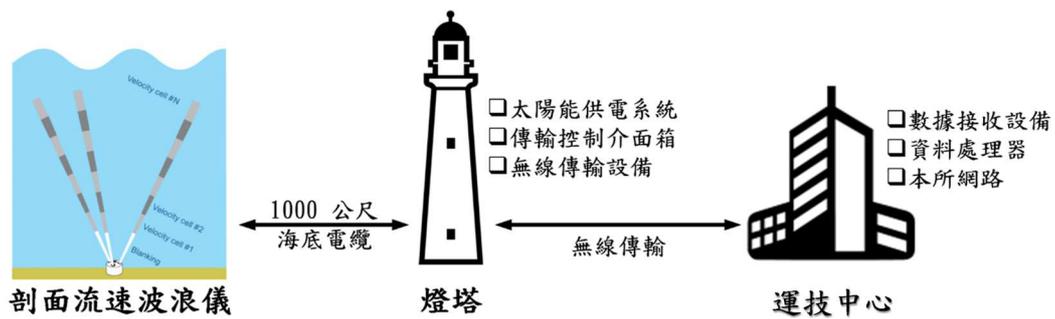


圖4.6 底碇式波流觀測系統資料傳輸原理示意圖

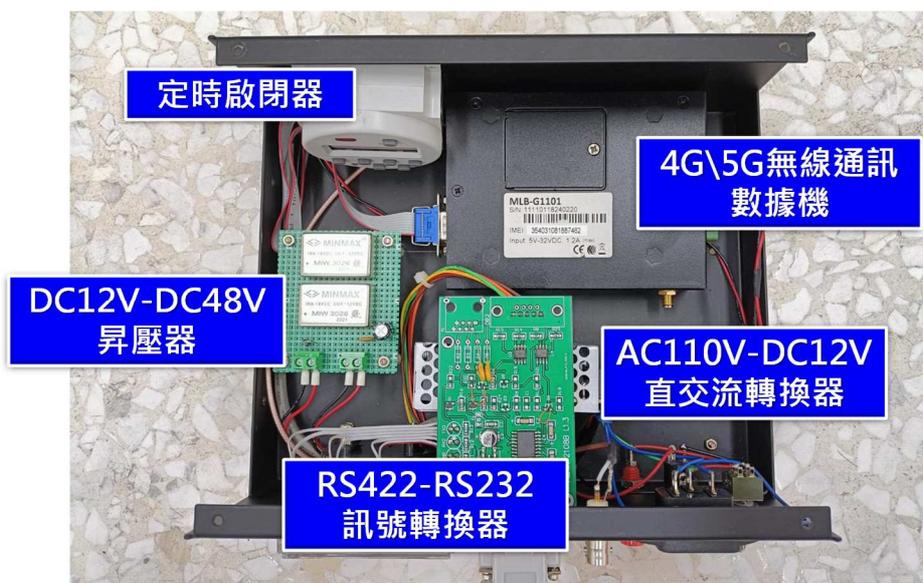


圖4.7 岸上資料擷取傳輸設備

圖4.7 (b)為「岸上資料擷取傳輸設備」內部配置，可區分為幾大功能模組：

1. 電力供應模組：含AC110V-DC12V（直交流轉換）、DC12V-DC48V（昇壓）。
2. 資料傳輸模組：4G\5G無線通訊數據機。
3. 訊號轉換模組：RS422-RS232轉換元件。
4. 其他：定時啟閉器。

岸上資料擷取傳輸設備可透過直流或交流電作動，如輸入端電力為110V交流電，先透過AC110V-DC12V直交流轉換器，將110V交流電轉換為12V直流電，經DC12V-DC48V昇壓模組，將12V電壓增加至48V，經傳輸纜線將電壓送至外海AWAC。設備本身除可供應外海AWAC所需電力外，亦為使用者與水下儀器溝通介面，以本中心為例，使用者於中部梧棲辦公室對各商港下達資料回傳命令，各港岸上4G\5G無線通訊數據機收到該命令後，透過RS422-RS232元件，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，經傳輸纜線至RS422-RS232元件，再透過岸上4G\5G無線通訊數據機即時回傳至本所運技中心，系統指令及資料傳輸邏輯如圖4.8所示。



圖4.8 底碇式觀測系統指令暨資料傳輸示意

爾後如將以水聲通訊數據機取代傳輸纜線，現行系統勢必將進行調整，且外海電池組需擴充，以提供AWAC及水下數據機使用，岸側水聲通訊數據機電力由太陽能供電系統供給，資料於水中之傳輸媒介，將由2臺水聲通訊數據機（無線）取代既有傳輸纜線（明線）。圖4.9為AWAC與水聲通訊數據機整合後於陸域通訊測試配置，本計畫將既有岸上資料擷取傳輸設備拆解，僅保留RS422-RS232訊號轉換元件、AC110V-DC12V直交流轉換器，經測試可透過水聲通訊數據機與AWAC雙向通訊，與既有資料擷取傳輸設備功能相同。



圖4.9 水聲通訊數據機與AWAC整合測試

### 4.3 水聲通訊數據機耗電量測試

表4-6為EvoLogics水下無線數據機原廠所提供，針對數據機在待機（Stand-by）、聽音（Listen）、接收（Receive）及傳輸（Transmit）等模式下所需耗電量，可發現數據機於傳輸情境下所需耗電量最高，最大消耗功率可達55 W。

表4-6 EvoLogics S2CM 18/34電力參數資料表

<b>Consumption</b>	Stand-by Mode	2.5 mW
	Listen Mode	5 - 285 mW
	Receive Mode	less than 0.8 W
	Transmit Mode	2.8 W, 1000 m range
		8 W, 2000 m range
35 W, 3500 m range		
55 W, max. available		
<b>Power Supply</b>	External	24 VDC (12 VDC, 300 VDC options)
	Internal	rechargeable battery

為瞭解數據機在傳輸模式中不同發送強度（分貝）下所產生之電量耗損，本計畫準備86.5x64.5x68 cm測試水槽，水深約50 cm，為使數據機於傳輸過程中，獲得穩定且最佳傳輸速率，經反覆測試，最終將數據機置於水中14 cm處，且採交錯對位配置，如圖4.10所示。發射、接收端分貝設定如下：

- (1) #199（發射端）：分貝0dB/-6dB/-12dB/-20dB
- (2) #198（接收端）：固定-20dB

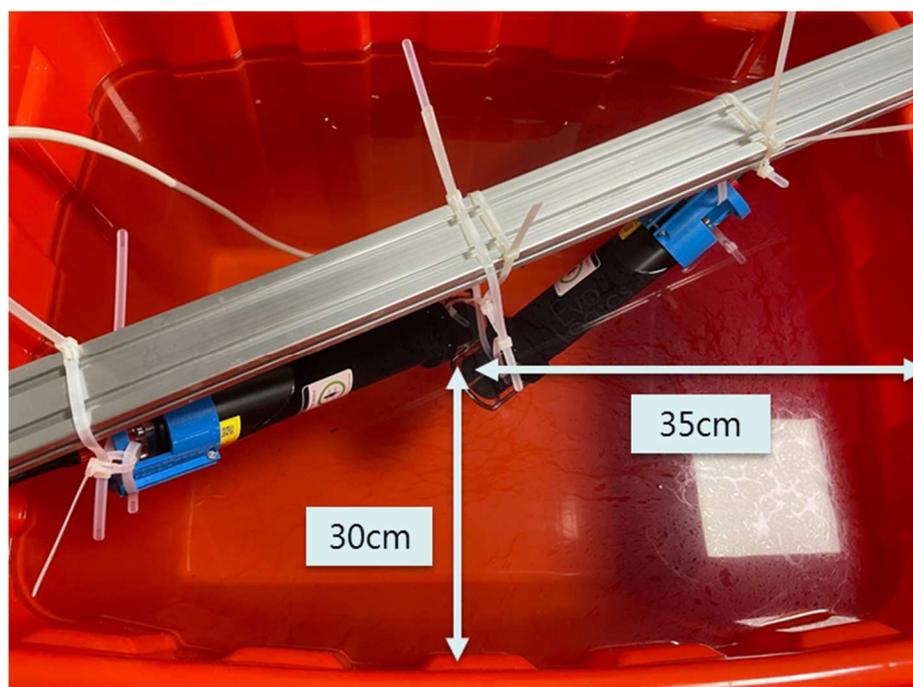


圖4.10 數據機傳輸模式耗電量測試配置圖

圖4.11及表4-7為傳輸模式下不同分貝值耗電數據，傳輸期間最大電流以0dB時2680 mA最高，其餘落在664~832 mA（-6dB：760 mA、-12dB：664 mA、-20dB：832 mA）不等，從圖4.11示波器波型來看，最大電流產生為數據機啟動傳輸瞬間所產生之突波電流，當開始進行資料傳輸時，波型會呈現連續方波訊號，數據機電流會趨於平穩，表4-7中列出不同傳輸分貝於傳輸模式下平均電流，分別為0dB：2237 mA、-6dB：675 mA、-12dB：240 mA、-20dB：116 mA，傳輸平均電流隨著傳輸分貝下降而遞減。測試期間數據機傳輸平均功率最高為0dB狀態下53.29 W，此數據確實符合數據機原廠所提供55 W耗電規格，隨著設定分貝值下降，平均功率最低可降至2.76 W。

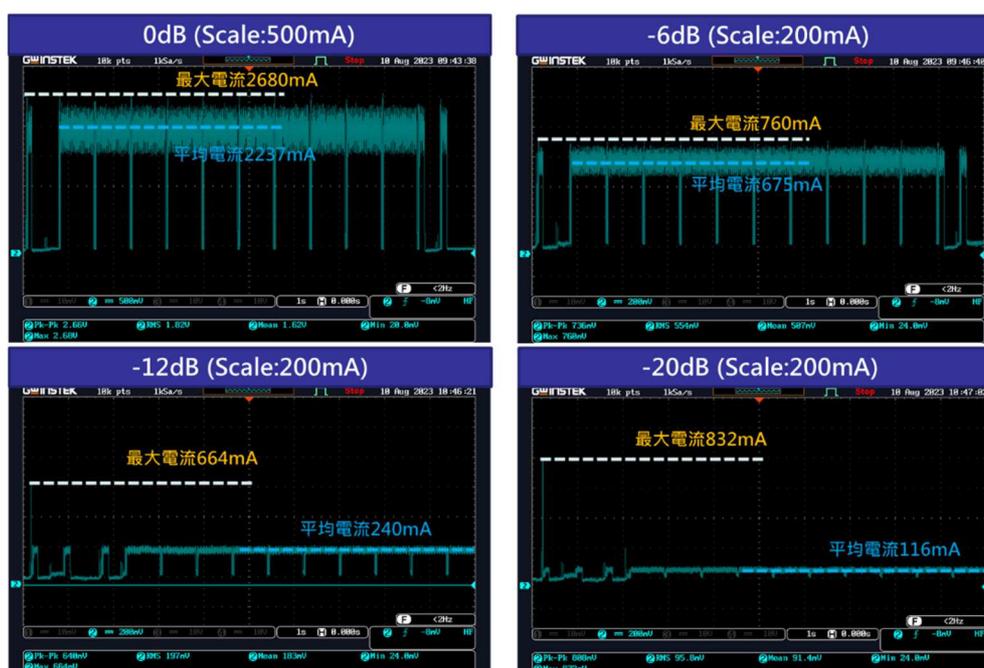


圖4.11 數據機於不同傳輸強度(分貝)電流/功率圖

表4-7 數據機於不同傳輸強度（分貝）下耗電資訊表

	數據機 原廠規格	0dB	-6dB	-12dB	-20dB
傳輸最大電流		2680 mA	760 mA	664 mA	832 mA
傳輸平均電流		2237 mA	675 mA	240 mA	116 mA
傳輸最大功率		63.84 W	18.10 W	15.82 W	19.82 W
傳輸平均功率	55 W	53.29 W	16.08 W	5.72 W	2.76 W

EvoLogics S2CM 18/34水聲通訊數據機，於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幾個階段，不同階段所對應電流波形，如圖4.12。數據機在喚醒的過程中會以固定間隔頻率（目前為4秒）送出一較強喚醒訊號，電流波形產生明顯突波，使發射、接收兩組數據機進入資訊交握狀態，成功後才會進入到資料傳輸階段，數據機進入到傳輸階段後，電流即會呈現穩定且連續方波訊號，因此在傳輸時間上，成功喚醒對方數據機所需時間，很大程度影響數據機傳輸效率，喚醒期間功率消耗的部分，EvoLogics S2CM 18/34於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，數據機喚醒過程所消耗功率對整體耗電量影響不大。

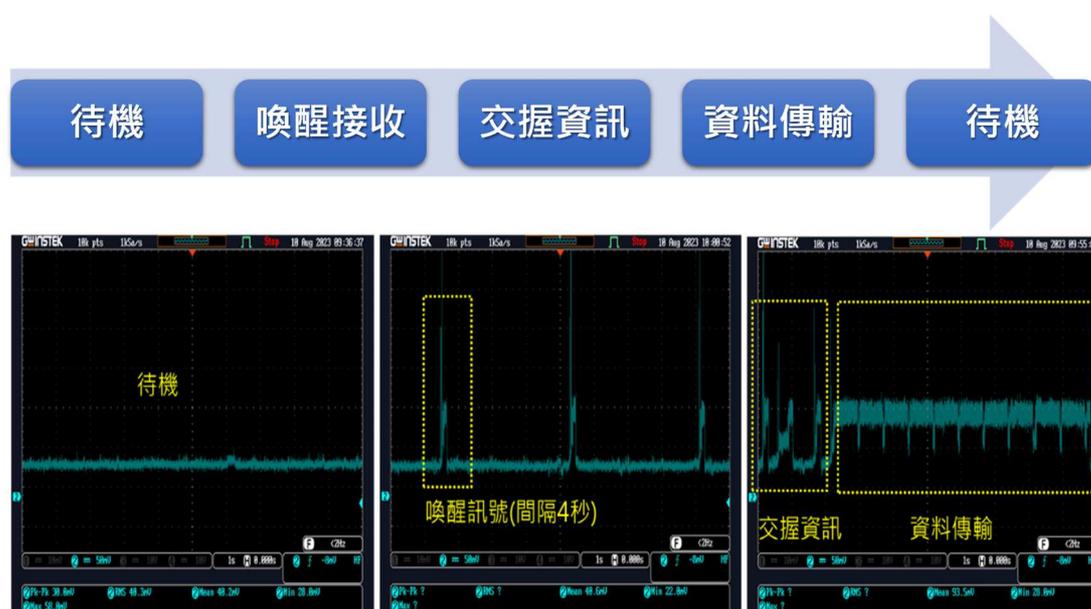


圖4.12 數據機資料傳輸過程與對應電流波形

#### 4.4 大型試驗水槽水中通訊測試

EvoLogics原廠建議，為獲得較佳通訊品質，數據機運行環境至少需長3 m、寬2 m、高2 m，且數據機距水面及固體邊界需1 m，避免訊號反射干擾，為瞭解無線式底碇波流觀測系統傳輸特性，本計畫特於國立成功大學水工試驗所大型斷面試驗水槽（如圖4.13）實施水下通訊測試，斷面水槽尺寸長300 m、寬5 m、高5 m，本計畫現場放水高度為3 m，數據機距水面及底部均約1.5 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，並記錄完成一個資料傳遞循環所需時間，配置如圖4.14所示。

#### ❖ 斷面水槽

##### ■ 大型斷面試驗水槽 ■

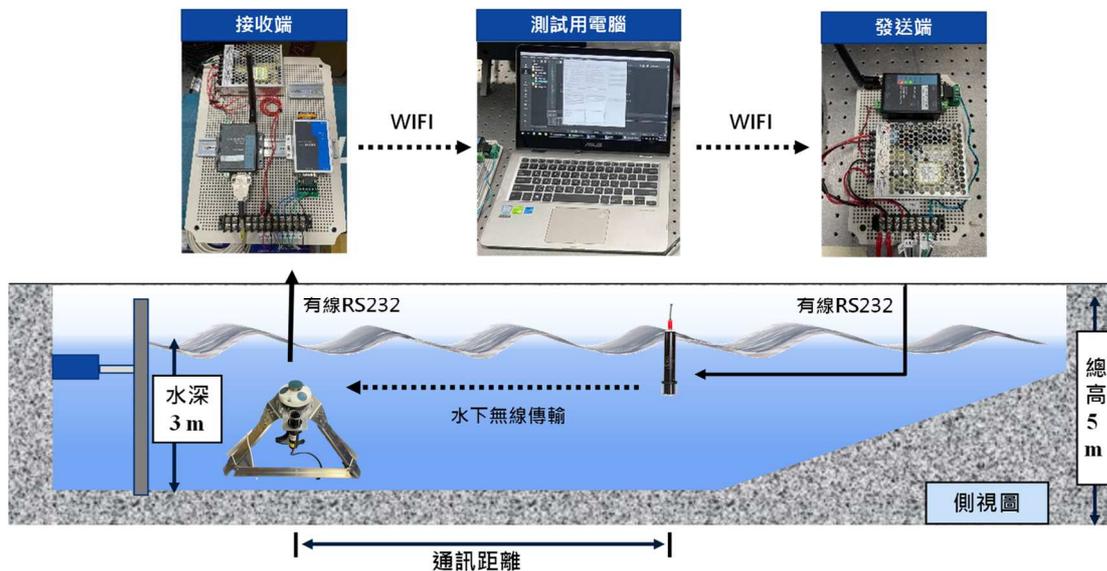
- ▶ 尺寸: 長×寬×深 = 300 m × 5 m × 5 m
- ▶ 特色: 乾背式造波機(Dry-back system, Piston type)
- ▶ 造波能力: 不規則波波高可達1.0 m



圖4.13 成大水工所大型斷面水槽



(a)



(b)

圖4.14 無線式底碇波流觀測系統於大型斷面水槽測試配置

表4-8~表4-9為傳輸固定檔案大小資料於不同通訊距離（0、1、3、5、10、15及20 m），所需時間與傳輸速率，同一通訊距離均會施

作3組，測試結果顯示：

1. 相同通訊距離下，傳輸速率隨著檔案大小增加而遞增，即大檔案傳輸可獲得較佳傳輸速率，以通訊距離3 m、檔案10 Byte~20 KB為例：
  - (1) 10 Byte：0.91、1.66、0.60 Byte/sec。
  - (2) 100 Byte：15.95、13.19、13.22 Byte/sec。
  - (3) 1 KB：33.04、37.75、37.19 Byte/sec。
  - (4) 10 KB：37.45、41.49、43.83 Byte/sec。
  - (5) 20KB：43.20、48.28、43.22 Byte/sec。
2. 隨著通訊距離增加，資料傳輸呈現較不穩定性情形，以檔案大小100 Byte、通訊距離15 m為例，3組試驗所需秒數為130.91 s、39.57s及60.66 s，傳輸秒數最多相差近3倍。
3. 以目前本所AWAC波流場設定，每半小時會即時回傳1筆觀測數據（約25KB），允許資料傳輸時間為2分半，試驗水槽測試期間最高傳輸速率為328.54 Byte/sec，以此傳輸速率傳輸每筆AWAC觀測數據約需80秒，尚於系統允許資料傳輸時間內，惟不同測試場域（如外海）及通訊距離皆會影響傳輸結果，仍需視不同環境調整。
4. 測試過程中觀察到，接收端數據機若能成功開始傳輸且收到字串，字串正確率皆為100%，若無法連線或交握中失敗，接收端將完全無訊息傳入。
5. 於此測試環境，通訊距離大於5 m時，傳輸較大（>10KB）之檔案，中途傳輸失敗風險大幅上升，研判係因訊號反射干擾所導致。

本次測試雖已滿足數據機原廠所建議之運行環境（長3 m、寬2 m、高2 m，數據機距水面及固體邊界需1 m），惟測試結果仍未符合預期，

推斷係因水中通訊遭受干擾，而導致訊號傳輸不穩定，為進一步釐清原因，本計畫將測試過程中不同通訊距離時，發送、接收端所收到數據繪製如圖4.15，理想通訊狀態下，於發送端送出1筆數據，接收端僅會收到1筆資料，從圖可發現通訊距離為0 m時，使用者自發送端送出1筆數據，且訊號完整性接近400(>100代表可接受，<100代表較差)，於接收端卻收到2筆，此現象隨著通訊距離拉長而愈加明顯，且訊號完整性逐漸遞減，距離至1 m時，發送端除偵測到1筆由自身送出之數據，另收到2筆訊號完整性較差的反射數據，此情況亦發生於接收端數據機，通訊距離拉長至10 m以上時，發送、接收端而外收到6~7筆反射數據，且訊號完整性普遍低於100，主頻訊號隨著通訊距離拉長，因反射影響而使完整性驟減，最佳及最弱主頻訊號完整性差約300~350，顯示訊號反射對數據機運作之影響。本次試驗水槽測試，環境雖已優於數據機原廠建議值，但訊號於水中之反射情況仍無法避免，訊號傳遞隨著通訊距離增加，水槽內的反射狀況會愈加明顯，研判每筆傳播出去的訊息會在水中多次反射（如圖4.16），影響主頻訊號強度，降低水中通訊品質，造成通訊失敗。

本計畫嘗試將本所現行AWAC系統與市售水聲通訊數據機整合，歷經水下通訊數據機選擇、AWAC即時通訊架構分析、水下通訊數據機與AWAC改裝整合、大型斷面水槽實地測試，評估無線式底碇波流觀測系統應用於港區，執行長期監測作業之可行性。從目前測試結果來看，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，隨著通訊距離延長，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進一步微調系統確認。AWAC波流觀測模組運作與數據傳輸同時僅能擇一執行，數據傳輸與AWAC觀測排程重疊時，儀器將自動暫停該次波流場觀測作業，如水中無線通訊系統商港實測速率低於目前傳輸需求（25 KB檔案，2分半完成傳輸），建議可於AWAC與數據機間額外加裝控制器緩衝（Buffer），爾後每筆觀測數據先暫存於控制器內，使用者僅需針對控制器內存資料定期抓取，而不影響AWAC觀測排程，依此概念將圖4.8現有底碇式傳輸架構調整如圖4.17，以達到海象即時監控與發布之目標。

表4-8 傳輸固定大小檔案所需時間 (sec)

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

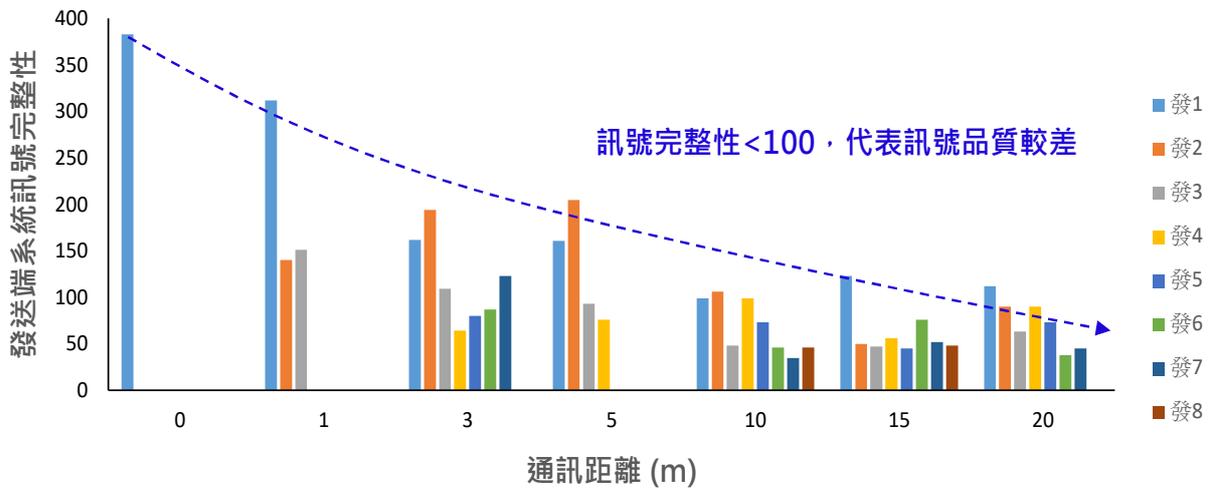
備註：「-」表示通訊失敗。

表4-9 傳輸固定大小檔案所需速率 (Byte/sec)

		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
	1000	282.94	88.96	37.45	-	-	-	-
		275.26	79.22	41.49	-	-	-	-
		311.46	87.71	43.83	-	-	-	-
	20000	328.54	82.23	43.20	-	-	-	-
		284.07	81.68	48.28	-	-	-	-
		302.83	80.68	43.22	-	-	-	-

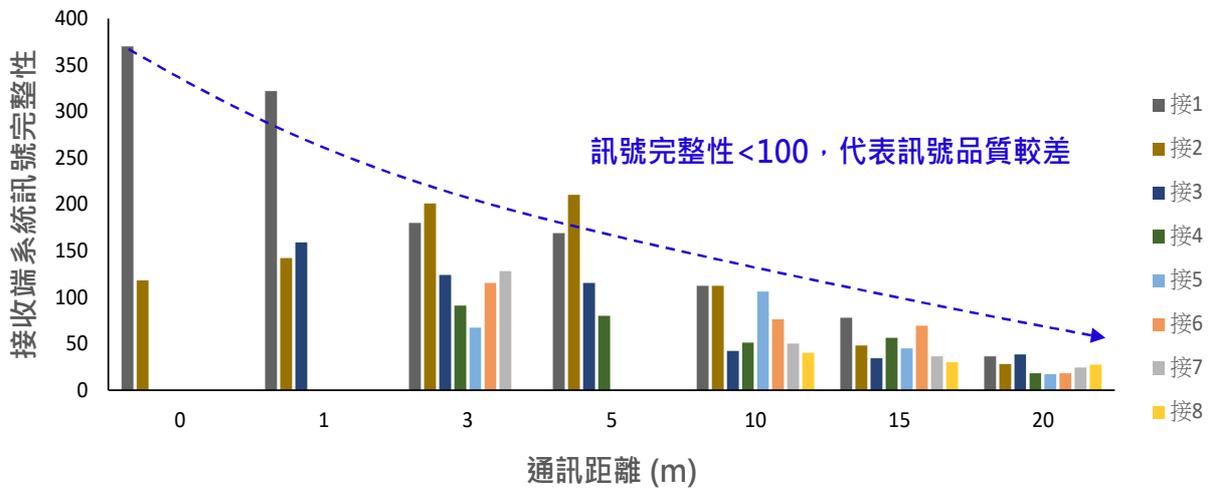
備註：「-」表示通訊失敗。

發送端訊號完整性-通訊距離關係圖



(a)

接收端訊號完整性-通訊距離關係圖



(b)

圖4.15 水槽測試反射訊號（或路徑）統計

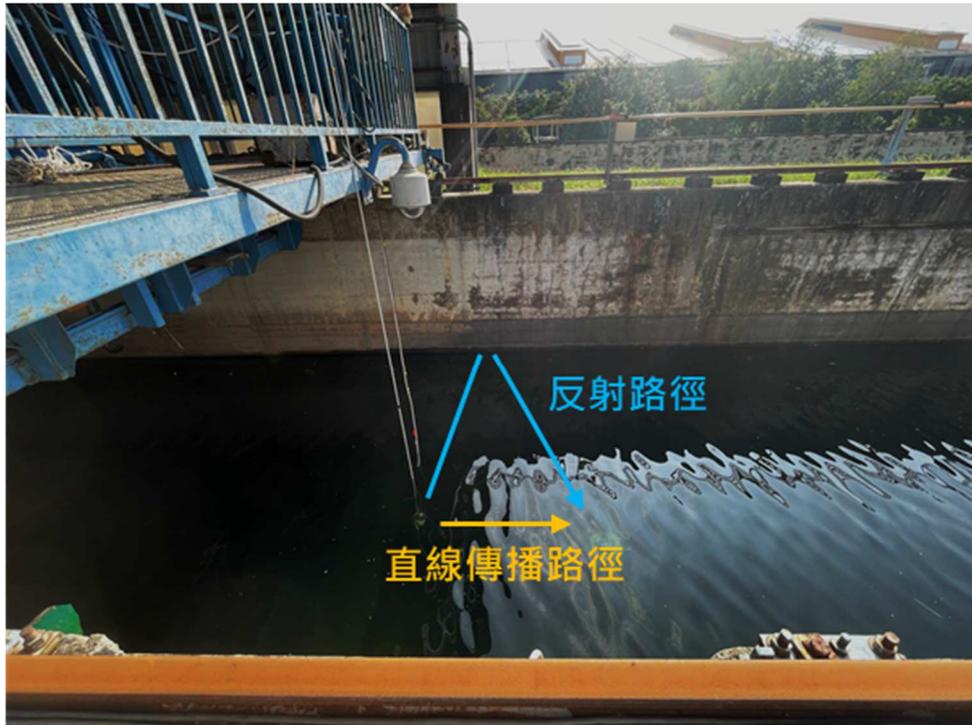


圖4.16 水下傳輸直線傳播路徑與反射路徑示意圖

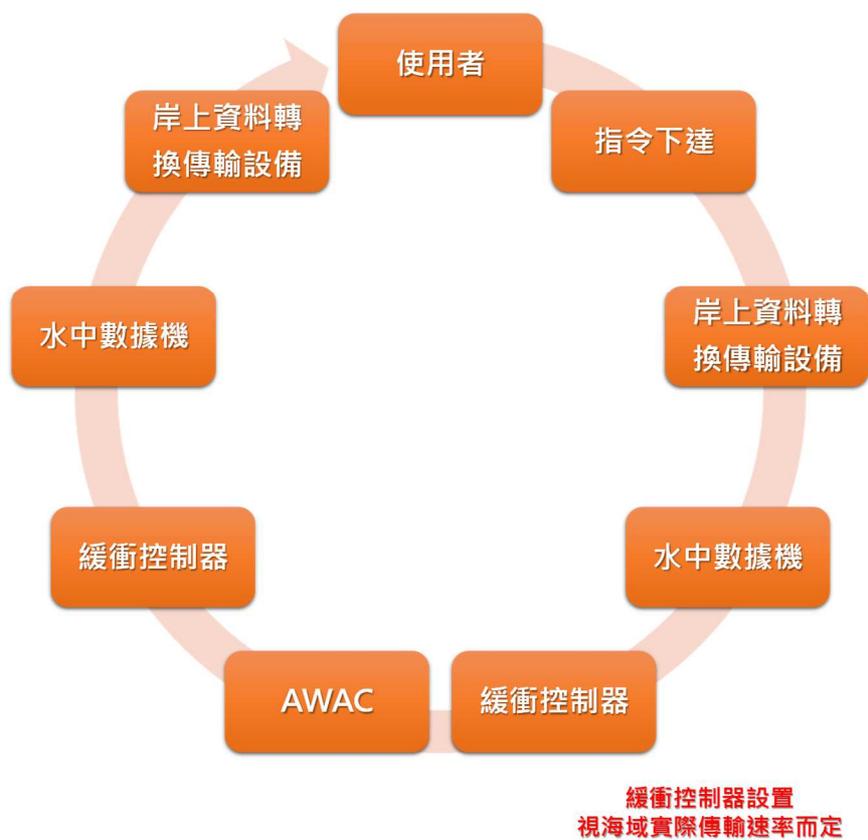


圖4.17 無線式底碇波流觀測系統架構圖

## 第五章 港內靜穩度資料分析－以高雄港為例

### 5.1 港內靜穩度測站介紹

為瞭解國內各主要商港之港內靜穩度，本所於 109 年起陸續於花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺北港、臺中港、布袋港及高雄港等商港建置港內靜穩度測站，共計 16 站，各測站建置地點及位置示意圖，如表 5-1 及圖 5.1~5.8 所示。

表 5-1 各主要商港港內靜穩測站位置說明

港區	測站編號	測站位置	測站座標	
			緯度	經度
花蓮港	HLHS01	9 號碼頭	24°0'02.5"	121°38'14.6"
花蓮港	HLHS02	17 號碼頭	23°59'19.8"	121°38'03.8"
花蓮港	HLHS03	25 號碼頭	23°58'26.0"	121°37'36.4"
蘇澳港	SAHS01	8 號碼頭	24°35'23.0"	121°52'02.0"
基隆港	KLHS01	東 7 碼頭	25°8'21.8"	121°45'02.8"
基隆港	KLHS02	東 12A 碼頭	25°8'36.0"	121°45'29.0"
基隆港	KLHS03	西 27 碼頭	25°9'03.4"	121°44'44.0"
臺北港	TPHS01	北 2 碼頭	25°9'55.4"	121°23'36.6"
臺北港	TPHS03	南 9 碼頭	25°8'46.0"	121°21'46.1"
臺中港	TCHS01	19 號碼頭	24°15'44.2"	120°31'09.5"
臺中港	TCHS02	南迴船池旁	24°14'37.0"	120°29'14.0"
布袋港	BDHS01	東 3 碼頭	23°22'42.3"	120°8'17.9"
高雄港	KHHS01	洲際二期 S5 碼頭	22°31'42.1"	120°19'21.9"
高雄港	KHHS02	8 號碼頭	22°36'52.3"	120°17'08.4"
高雄港	KHHS03	洲際二期 S3 碼頭	22°32'12.8"	120°18'51.9"
高雄港	KHHS04	洲際二期 S13 碼頭	22°32'07.1"	120°18'27.4"

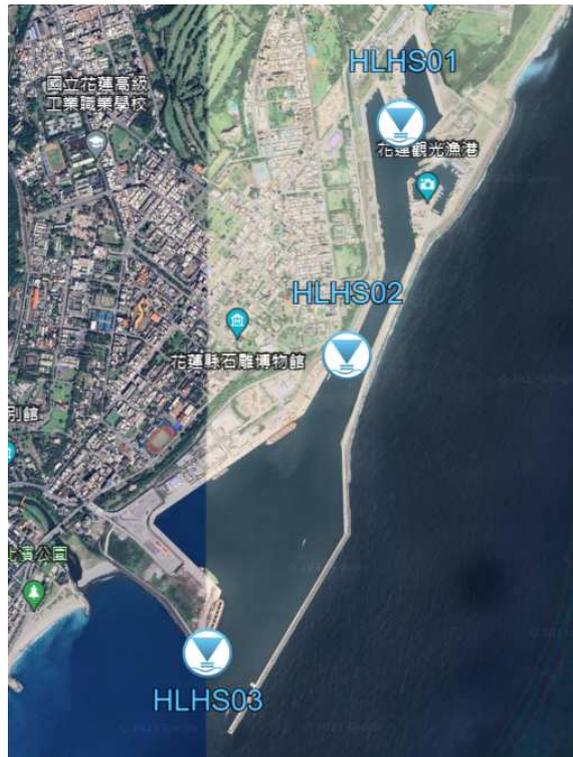


圖 5.1 花蓮港港內靜穩度測站位置示意圖

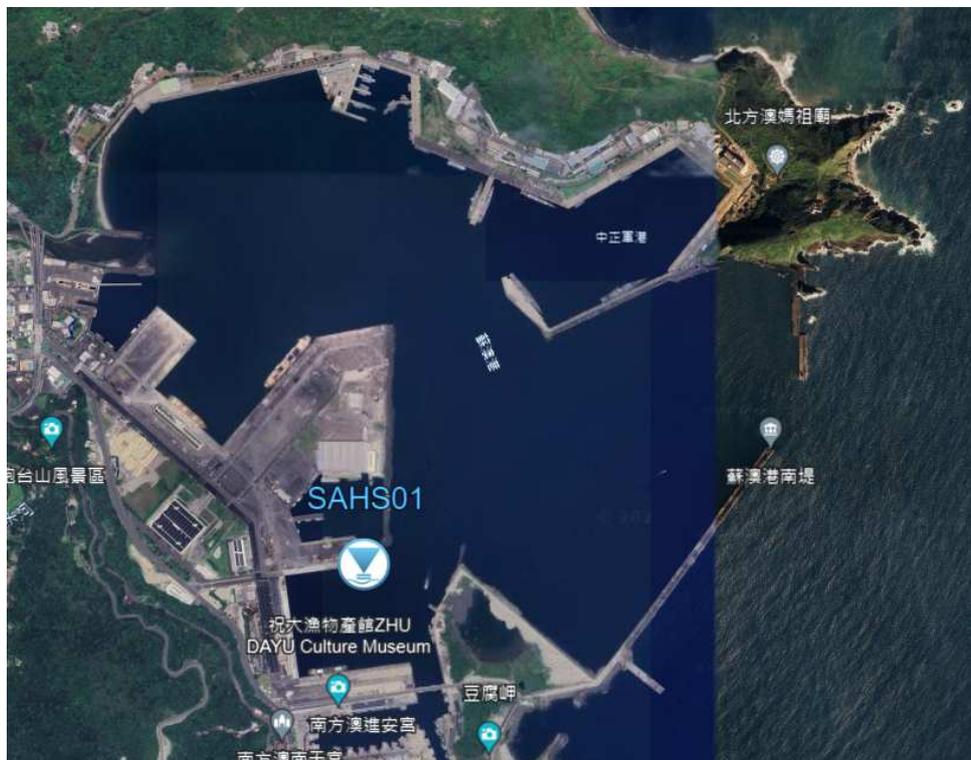


圖 5.2 蘇澳港港內靜穩度測站位置示意圖

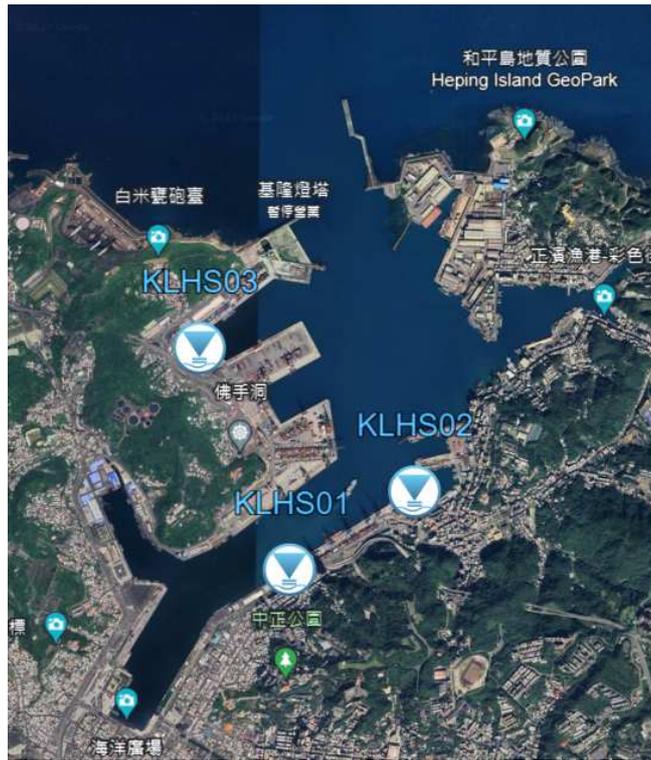


圖 5.3 基隆港港內靜穩度測站位置示意圖

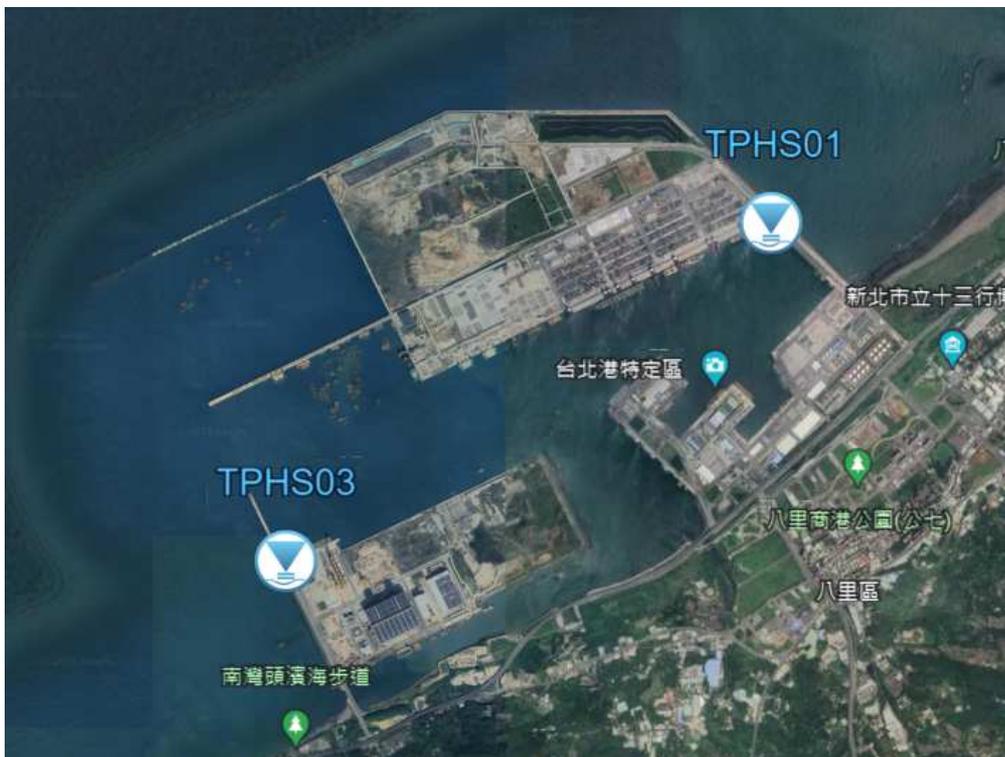


圖 5.4 臺北港港內靜穩度測站位置示意圖

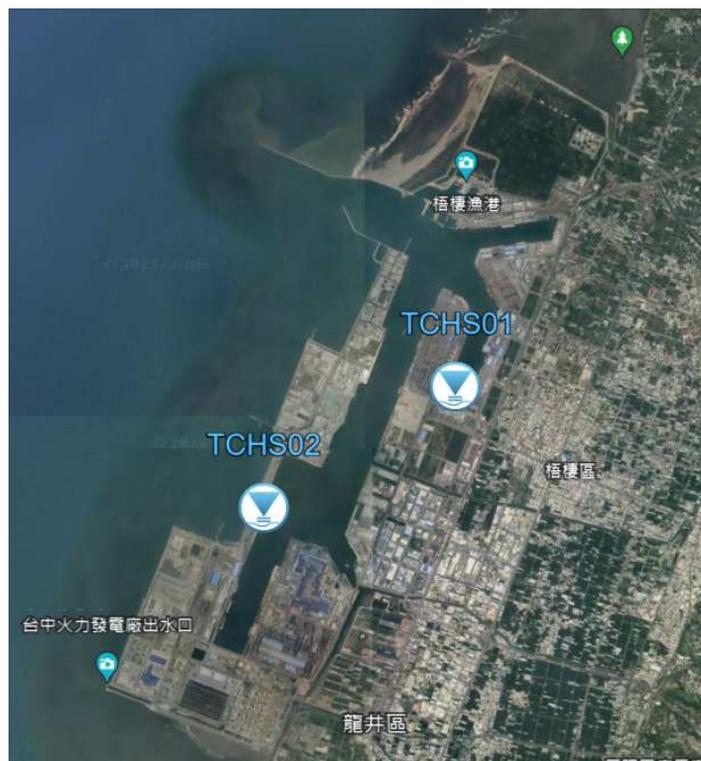


圖 5.5 臺中港港內靜穩度測站位置示意圖

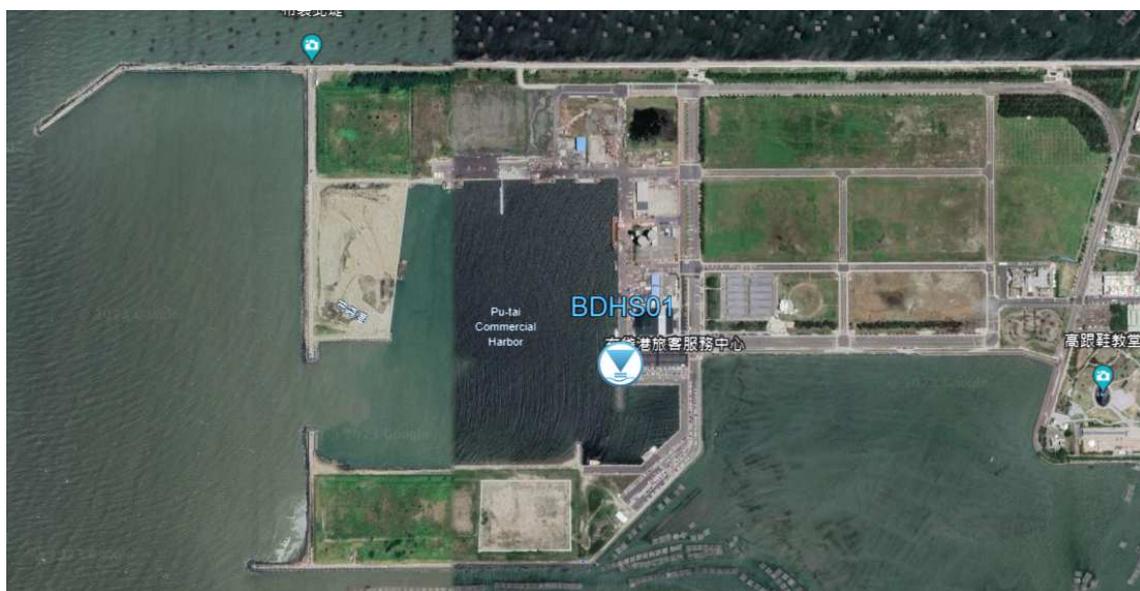


圖 5.6 布袋港港內靜穩度測站位置示意圖



圖 5.7 高雄港(一港口)港內靜穩度測站位置示意圖

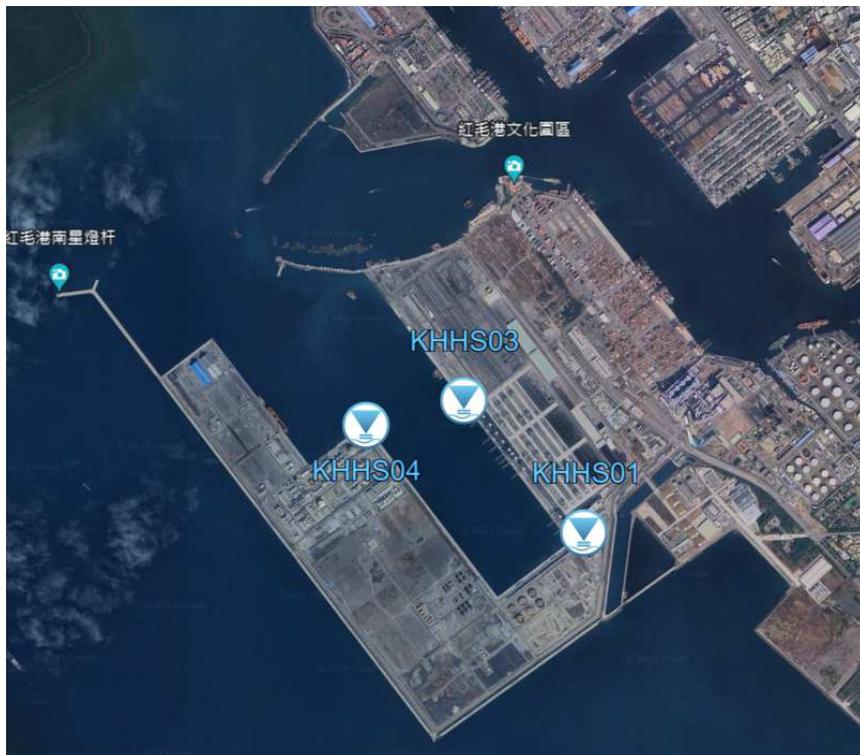


圖 5.8 高雄港(洲際二期)港內靜穩度測站位置示意圖

## 5.2 港內靜穩度資料檢核

為確認港內靜穩度測站觀測資料之正確性，本所於臺北港北 2 碼頭布放超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC(Acoustic Wave and Current profiler) 與港內靜穩度測站 TPHS01 進行比對檢核，探討二者之相關性及差異性，以瞭解港內靜穩度測站之特性，比對檢核時間為 109 年 5 月 26 日至 8 月 2 日及 8 月 4 日至 11 月 3 日等期間，圖 5.9 為 AWAC 布放位置示意圖。

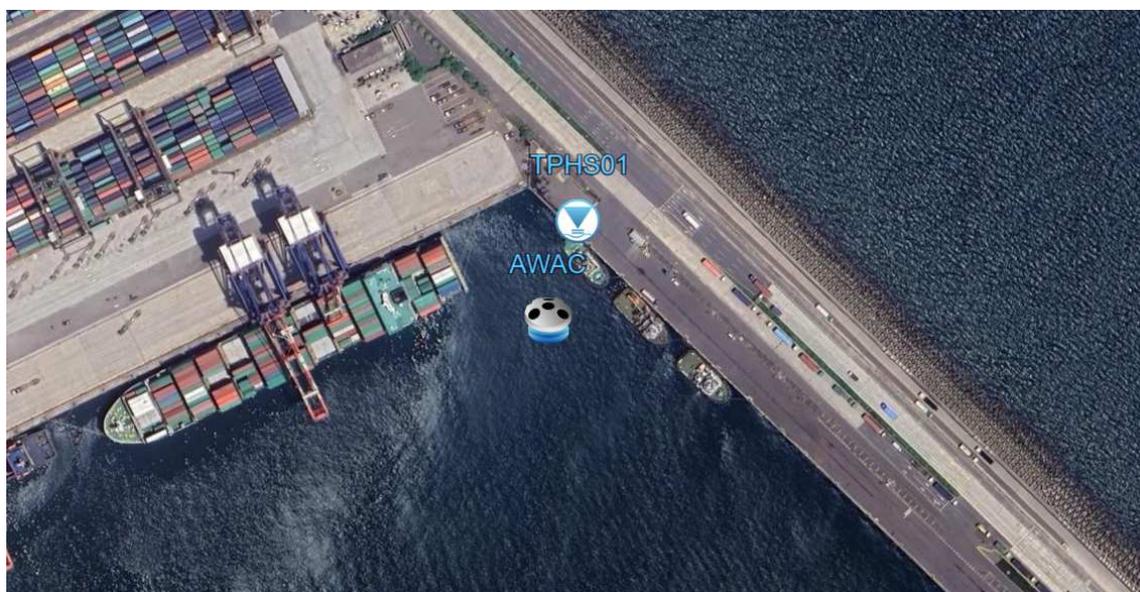


圖 5.9 AWAC 布放位置示意圖

### 1. 檢核時間 109 年 5 月 26 日至 8 月 2 日

圖 5.10 及圖 5.11 分別為港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之波高及週期時序列圖，其中藍線為 TPHS01 觀測資料，橘線為 AWAC 觀測資料，由圖中可看出，兩種觀測設備所觀測之最大波高約在 0.83 公尺，波高變化的趨勢兩者變化一致，週期約在 3~6 秒間變化，TPHS01 所觀測之週期比 AWAC 所觀測之週期略小；圖 5.12 及圖 5.13 分別為港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之波高及週期散佈圖，波高比對結果相關

係數為 0.9646、均方根誤差為 4.93 公分，波浪週期比對結果相關係數為 0.8431、均方根誤差為 0.48 秒。

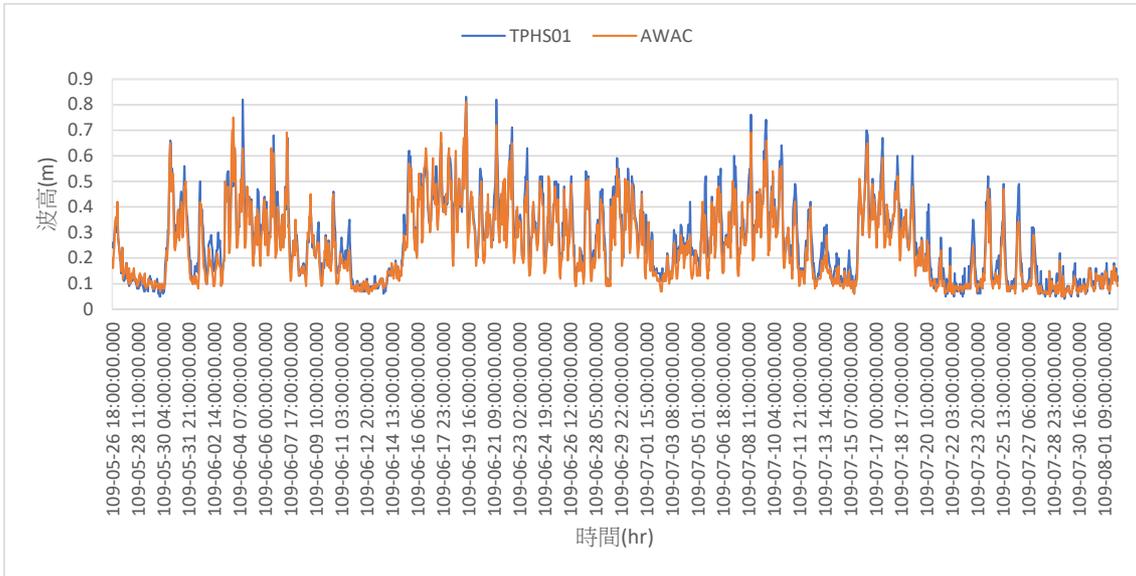


圖 5.10 港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之波高時序列圖

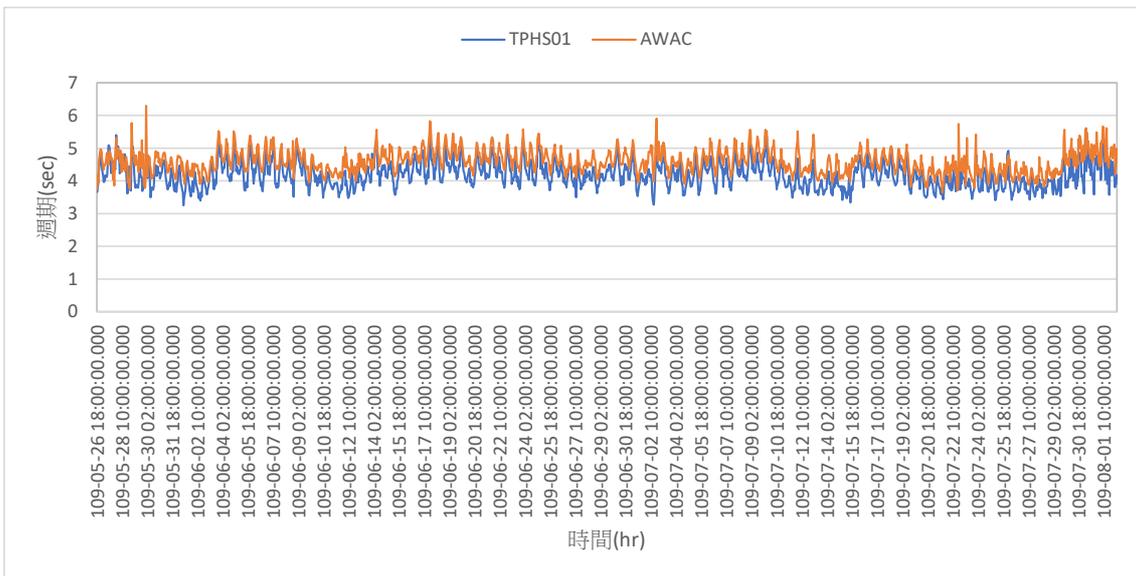


圖 5.11 港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之週期時序列圖

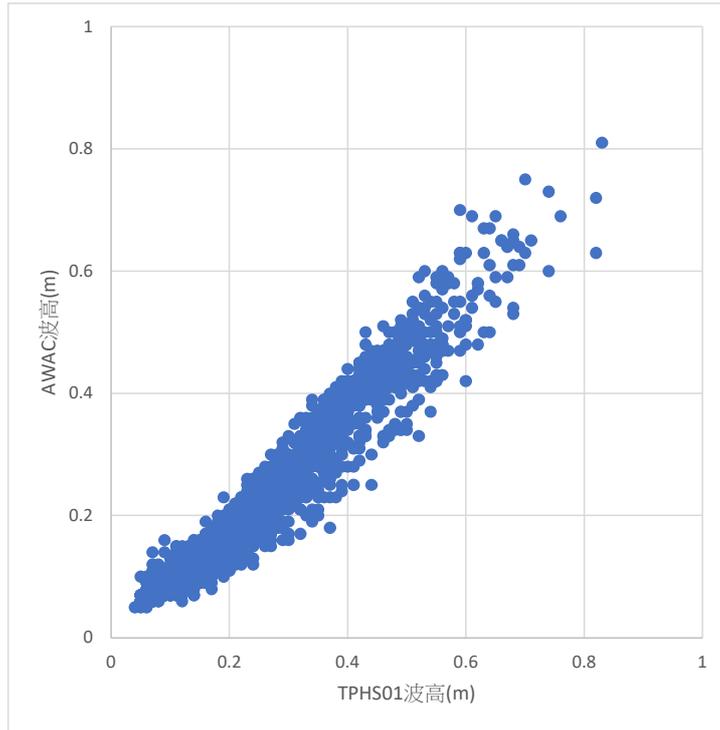


圖 5.12 港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之波高散佈圖

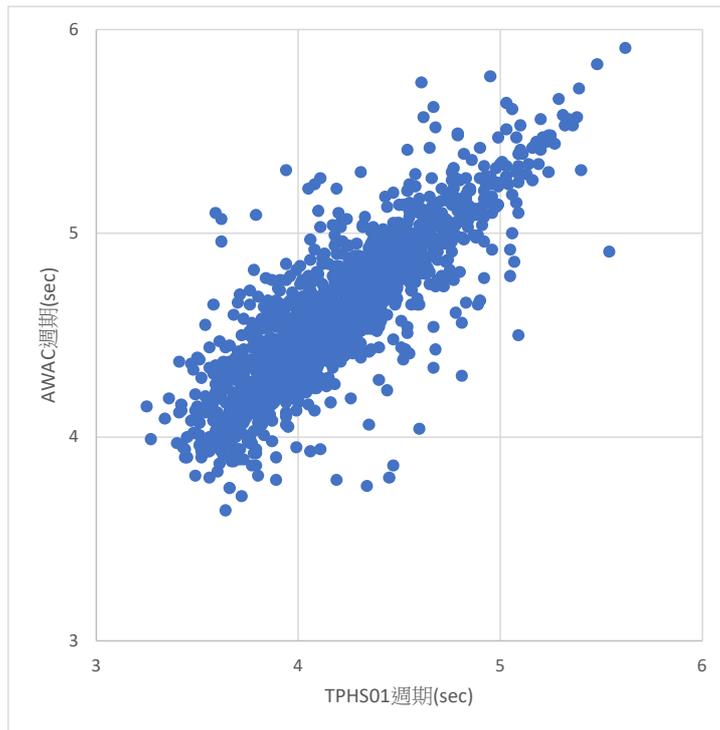


圖 5.13 港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之週期散佈圖

2. 檢核時間 109 年 8 月 4 日至 11 月 3 日

圖 5.14 及圖 5.15 分別為港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之波高及週期時序列圖，其中藍線為 TPHS01 觀測資料，橘線為 AWAC 觀測資料，由圖中可看出，兩種觀測設備所觀測之最大波高約在 0.61 公尺，波高變化的趨勢兩者變化一致，週期約在 3~8 秒間變化，TPHS01 所觀測之週期比 AWAC 所觀測之週期略小；圖 5.16 及圖 5.17 分別為港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之波高及週期散佈圖，波高比對結果相關係數為 0.9697、均方根誤差為 2.44 公分，波浪週期比對結果相關係數為 0.8746、均方根誤差為 0.36 秒。

由前述結果可知，在波高方面，港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 所觀測結果變化趨勢相近，相關係數高達 0.96，屬高度相關，在週期方面港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 所觀測結果變化趨勢亦相近，相關係數為 0.8431 及 0.8746，亦屬高度相關，惟港內靜穩度測站 TPHS01 所觀測之週期比 AWAC 所觀測之週期略小，造成此現象可能原因為港內靜穩度測站須建置於碼頭岸壁，易量測到碼頭岸壁之反射波所致。

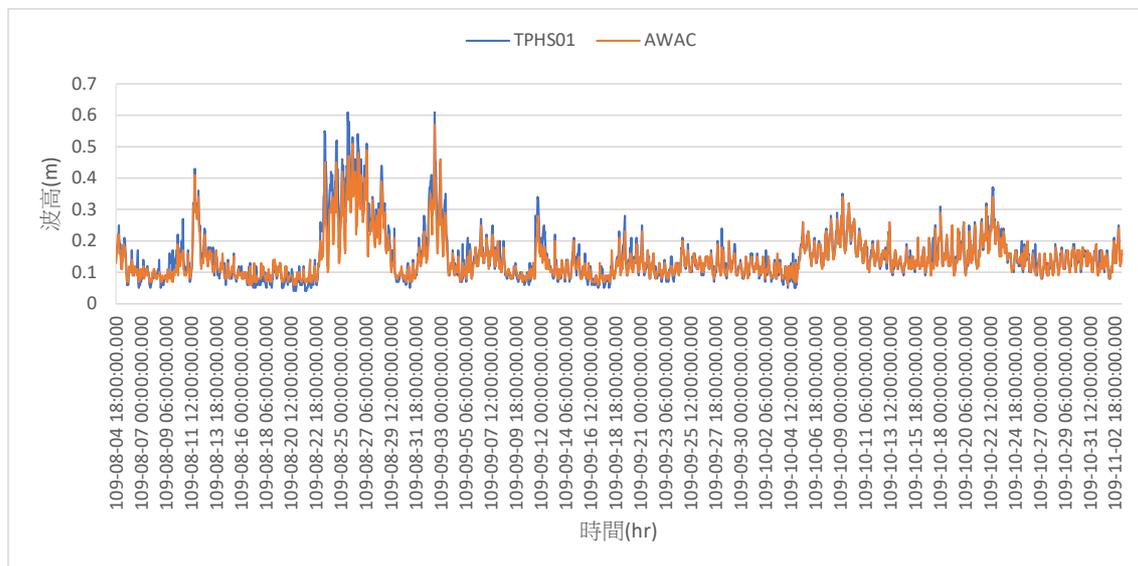


圖 5.14 港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之波高時序列圖

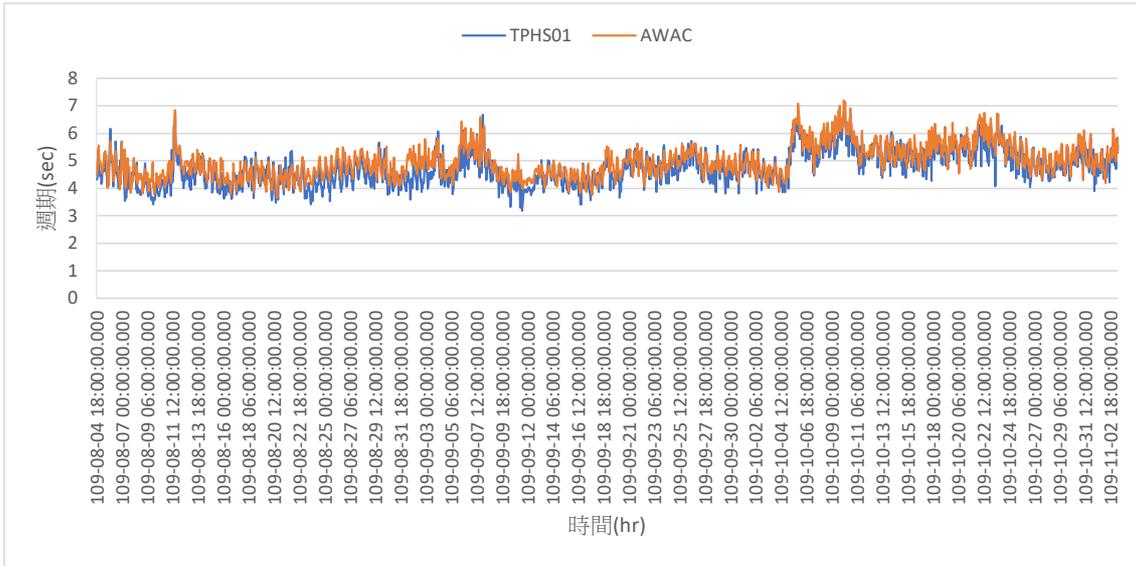


圖 5.15 港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之週期時序列圖

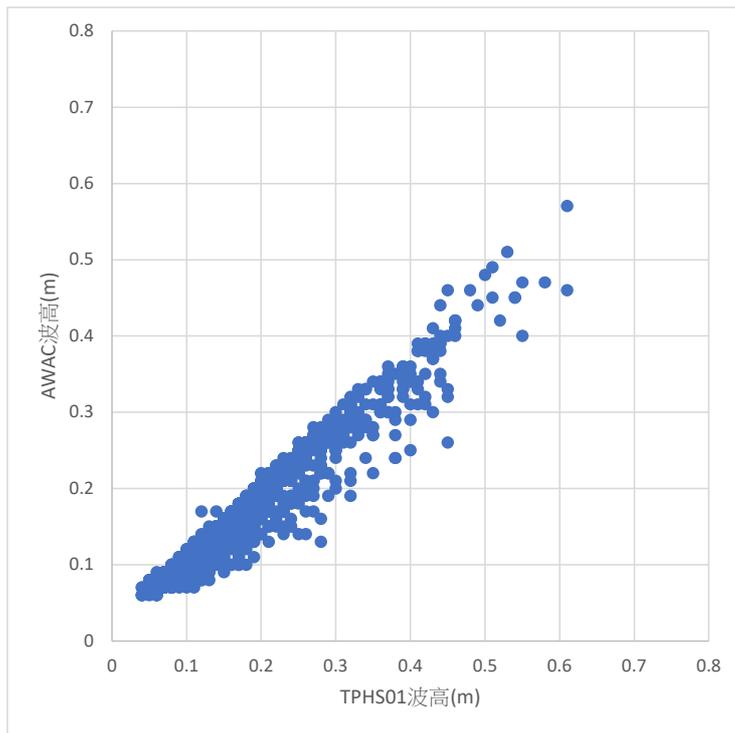


圖 5.16 港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之波高散佈圖

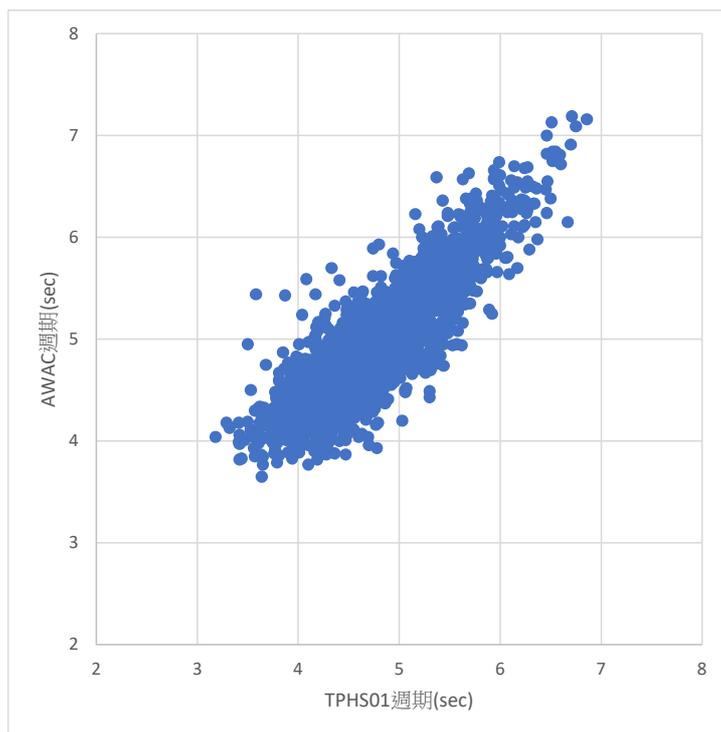


圖 5.17 港內靜穩度測站 TPHS01 與 AWAC 之週期散佈圖

### 5.3 港內靜穩度觀測資料分析

由於亞太地區經濟持續發展，貨櫃運送需求不斷增加，為提升高雄港之國際競爭力，以滿足未來高雄港貨櫃運輸需求，行政院於 93 年間核定同意推動洲際貨櫃中心第一期工程計畫(以下簡稱洲際一期)，100 年 3 月間核定高雄港洲際貨櫃中心第二期工程計畫(以下簡稱洲際二期)，洲際一期現已全數完工，洲際二期於 112 年 5 月正式啟用第七貨櫃中心 S5 至 S3B 碼頭。為瞭解高雄港洲際二期之港內靜穩度，本所分別於 110 年 5 月及 112 年 6 月於洲際二期 S5、S3 及 S13 等碼頭建置港內靜穩度測站，並搭配二港口外海之 AWAC 進行港內靜穩度分析，期能協助港埠單位增強港埠營運管理效能。

#### 5.3.1 港內靜穩度觀測資料蒐集率

表 5-2 為高雄港洲際二期港內靜穩度各測站之 112 年 6 月至 8 月間逐月觀測資料有效記錄統計表，由表 5-2 可知，港內靜穩度測站穩定性極高，各站逐月蒐集率皆達 98% 以上。

表 5-2 各測站之逐月觀測資料蒐集率統計表

測站編號	觀測時間	實測資料數	應測資料數	蒐集率(%)
KHHS01	112/6	2160	2160	100.0
	112/7	2229	2232	99.9
	112/8	2232	2232	100.0
KHHS03	112/6	2159	2160	100.0
	112/7	2232	2232	100.0
	112/8	2232	2232	100.0
KHHS04	112/6	2158	2160	99.9
	112/7	2232	2232	100.0
	112/8	2232	2232	100.0

### 5.3.2 觀測資料統計分析

表 5-3 為高雄港洲際二期港內靜穩度各測站之逐月示性波高及週期統計分析表。由表中可知，KHHS01 測站，平均示性波高介於 0.08~0.12 公尺，最大示性波高為 0.55 公尺，發生時間為 112 年 7 月 28 日，主要原因係受杜蘇芮颱風影響所致，平均週期則介於 4.33~5.19 秒；KHHS03 測站，平均示性波高介於 0.12~0.18 公尺，最大示性波高為 0.82 公尺，發生時間為 112 年 6 月 1 日，主要原因係受瑪娃颱風外圍環流影響所致，平均週期則介於 4.84~4.98 秒；KHHS04 測站，平均示性波高介於 0.13~0.19 公尺，最大示性波高為 1.09 公尺，發生時間為 112 年 6 月 1 日，主要原因係受瑪娃颱風外圍環流影響所致，平均週期則介於 4.83~5.08 秒。

表 5-4~5-6 分別為 KHHS01 測站、KHHS03 測站及 KHHS04 測站之示性波高、平均週期季聯合機率分布表(觀測時間：112/6/1~112/8/31)，由表中可看出，KHHS01 測站以示性波高為 0.05~0.1 公尺且平均週期 4~5 秒之波浪成分居多，KHHS03 測站為示性波高 0.05~0.1 公尺、平均週期 4~5 秒為主，而 KHHS04 測站為示性波高 0.1~0.15 公尺、平均週期 4~5 秒為主。

綜上所述，高雄港洲際二期港內靜穩度各測站所量測之示性波高波高隨著港口向港內遞減，而最大波高均發生於颱風襲台或行經颱風周邊海域期間，後續本文將針對此現象進行港內靜穩度分析作業，以釐清在何種條件下對高雄港洲際二期港內靜穩度會有較大影響。

表 5-3 各測站之逐月波高及週期統計分析表

測站編號	觀測時間	示性波高(公尺)			週期(秒)		
		平均	最小	最大	平均	最小	最大
KHHS01	2023/6	0.08	0.03	0.47	4.33	2.82	9.06
	2023/7	0.12	0.03	0.55	5.19	2.73	10.38
	2023/8	0.11	0.04	0.45	4.54	2.82	10.1
KHHS03	2023/6	0.12	0.02	0.82	4.84	3.37	6.42
	2023/7	0.14	0.04	0.41	4.98	2.98	8.12
	2023/8	0.18	0.06	0.61	4.94	3.14	7.53
KHHS04	2023/6	0.13	0.05	1.09	4.83	3.23	7.29
	2023/7	0.16	0.04	0.51	5.08	2.95	8.66
	2023/8	0.19	0.07	0.83	5.01	3.24	8.66

表 5-4 KHHS01 測站示性波高、平均週期季聯合機率分布表

(觀測時間：112/6/1~112/8/31)

		示性波高(公尺)											sum
		0~0.05	0.05~0.1	0.1~0.15	0.15~0.2	0.2~0.25	0.25~0.3	0.3~0.35	0.35~0.4	0.4~0.45	0.45~0.5	>=0.5	
平均週期(秒)	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1~2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2~3	0	0.6	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7
	3~4	3.4	23.7	3.5	1.4	0.8	0.5	0.3	0.1	0.2	0	0	34.1
	4~5	3.6	27.6	6.7	1.6	0.8	0.6	0.2	0	0	0	0	41
	>=5	0.1	4.5	6.8	5.7	3.4	1.8	0.9	0.7	0.2	0.1	0	24.2
	sum	7.2	56.3	17.1	8.7	5	2.9	1.4	0.9	0.4	0.1	0	

表 5-5 KHHS03 測站示性波高、平均週期季聯合機率分布表

(觀測時間：112/6/1~112/8/31)

		示性波高(公尺)											sum
		0~0.05	0.05~0.1	0.1~0.15	0.15~0.2	0.2~0.25	0.25~0.3	0.3~0.35	0.35~0.4	0.4~0.45	0.45~0.5	>=0.5	
平均週期 (秒)	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1~2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2~3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3~4	0.2	4.3	2.7	1.1	0.4	0.3	0.1	0.1	0	0	0	9.1
	4~5	1.6	22.5	14.4	4.8	1.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.4	0.7	48.4
	>=5	0.5	5.1	11.7	12.2	6.8	3.8	1.6	0.3	0.2	0.1	0.2	42.5
	sum	2.3	31.9	28.8	18.1	8.9	4.7	2.1	0.9	0.7	0.5	0.9	

表 5-6 KHHS04 測站示性波高、平均週期季聯合機率分布表

(觀測時間：112/6/1~112/8/31)

		示性波高(公尺)											sum
		0~0.05	0.05~0.1	0.1~0.15	0.15~0.2	0.2~0.25	0.25~0.3	0.3~0.35	0.35~0.4	0.4~0.45	0.45~0.5	>=0.5	
平均週期 (秒)	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1~2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2~3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3~4	0	4.6	2.7	1.3	0.3	0.2	0.2	0	0	0	0	9.4
	4~5	0.3	16.7	20.4	5	2	0.5	0.7	0.6	0.4	0.3	0.8	47.7
	>=5	0	3	12.1	11.2	7.6	4.8	2.5	1.2	0.3	0.1	0.1	42.8
	sum	0.3	24.4	35.2	17.4	9.9	5.5	3.4	1.9	0.7	0.4	0.9	

### 5.3.3 觀測資料靜穩度分析

圖 5.18 為高雄港二港口(含洲際二期)各海氣象觀測站位置示意圖。圖 5.19~5.21 分別為高雄港二港口北防波堤 112 年 6 月~8 月之風力時序列圖(藍線為風速、橘點為風向)，由圖中可知，在觀測期間，風速超過 7 級風之發生時間點均為颱風襲台或行經颱風周邊海域期間，分別為瑪娃颱風 112 年 6 月 1 日 9 時(風速為 17.35m/sec、風向為 331°)、杜蘇芮颱風 112 年 7 月 28 日 2 時(風速為 24.5m/sec、風向為 154°)及卡努颱風 112 年 8 月 4 日 9 時(風速為 17.82m/sec、風向為 264°)，；圖 5.22~5.24 分別為高雄港二港口北防波堤風力與外海 AWAC 波高 112 年

6月~8月之時序列圖(藍線為風速、橘線為波高)，對應上述風速超過7級風時間點之波高分別為112年6月1日9時波高1.57m、112年7月28日2時波高8.72m及112年8月4日9時波高3.93m，另波高超過2m之時間點為112年6月13日18時波高2.57m(對應風速為7.66m/sec、風向為219°)、112年7月18日10時波高3.19m(對應風速為1.84m/sec、風向為166°)及112年8月31日1時波高4.98m(對應風速為12.57m/sec、風向為141°)。圖5.25~5.27分別為瑪娃颱風、杜蘇芮颱風及卡努颱風之颱風路徑圖，考量高雄港洲際二期港型因素，港嘴開口面向西北方，茲選擇瑪娃颱風112年6月1日及卡努颱風112年8月4日襲臺期間進行港內靜穩度分析。

為瞭解高雄港洲際二期各測站所在碼頭位置之靜穩度，本計畫利用高雄港二港口外海AWAC之波浪觀測資料，與港內靜穩度測站所觀測波浪資料進行遮蔽係數( $K_d$ )計算，計算式如式(5.1)所示。

$$K_d = \text{港內靜穩度測站波高} / \text{高雄港二港口外海 AWAC 波高} \quad (5.1)$$

圖5.28為高雄港二港口外海AWAC及各港內靜穩度測站之波高時序列圖，觀測時間112年6月1日0時至6月10日23時，其中藍色圓點為高雄港二港口外海AWAC波高、黃色米字為港內靜穩度測站KHHS01波高、灰色三角為港內靜穩度測站KHHS03波高及橘色菱形為港內靜穩度測站KHHS04波高。由圖中顯示，在112年6月1日0時至112年6月2日12時間，因受到瑪娃颱風外圍環流影響，港內外波高偏大，而在112年6月2日13時至112年6月10日23時間，港外波高約在0.6~1.2m間，各港內靜穩度測站波高均小於0.2m，造成此現象可能原因係112年6月1日0時至112年6月2日12時間，外海主要風(波)向為北北西，高雄港二港口外海離岸防波堤無法有效遮蔽，茲造成港內波高偏大，導致發生不靜穩現象。表5-7為上述期間各港內靜穩度測站遮蔽係數表。

圖5.29為高雄港二港口外海AWAC及各港內靜穩度測站之波高時序列圖，觀測時間112年8月1日0時至8月10日23時，其中藍色

圓點為高雄港二港口外海 AWAC 波高、黃色米字為港內靜穩度測站 KHHS01 波高、灰色三角為港內靜穩度測站 KHHS03 波高及橘色菱形為港內靜穩度測站 KHHS04 波高。由圖中顯示，在 112 年 8 月 3 日 14 時至 112 年 8 月 9 日 21 時間，因受到卡努颱風外圍環流影響，港外最大波高達 3.93m，而在各港內靜穩度測站波高大多小於 0.5m，主要原因可能係卡努颱風外圍環流所形成主要風(波)向為西北，外海離岸防波堤能有效阻絕波浪入射，因此港內仍處於相對靜穩狀態。表 5-8 為上述期間各港內靜穩度測站遮蔽係數表。



圖 5.18 高雄港二港口(含洲際二期)各海氣象觀測站位置示意圖

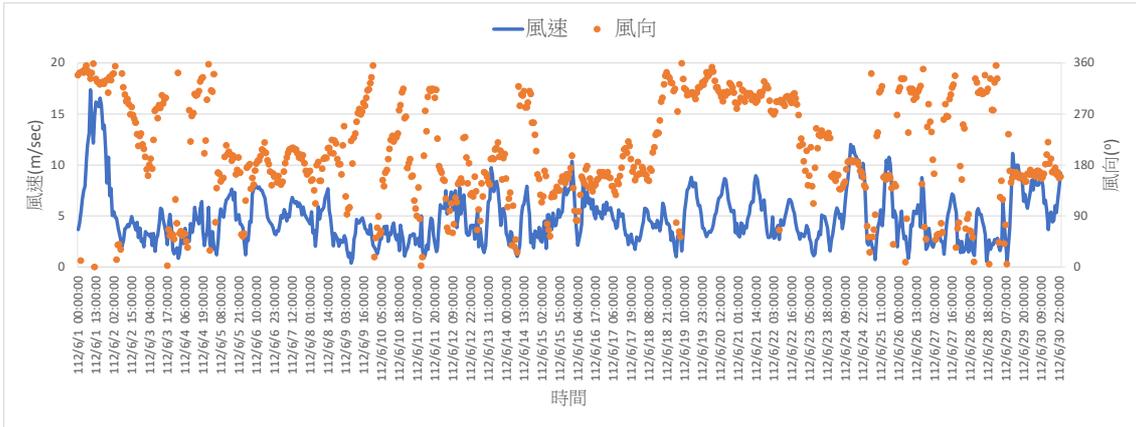


圖 5.19 高雄港二港口北防波堤風力之時序列圖(觀測時間:112 年 6 月)

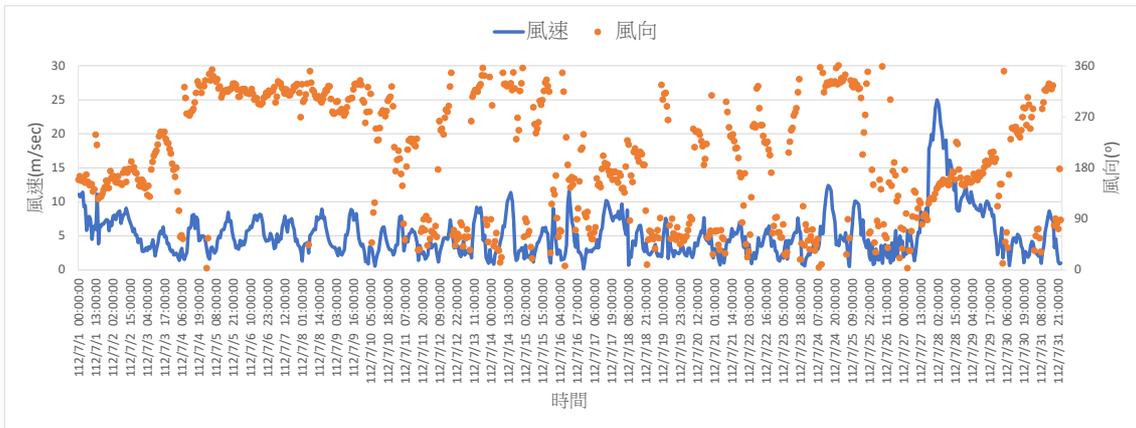


圖 5.20 高雄港二港口北防波堤風力之時序列圖(觀測時間:112 年 7 月)

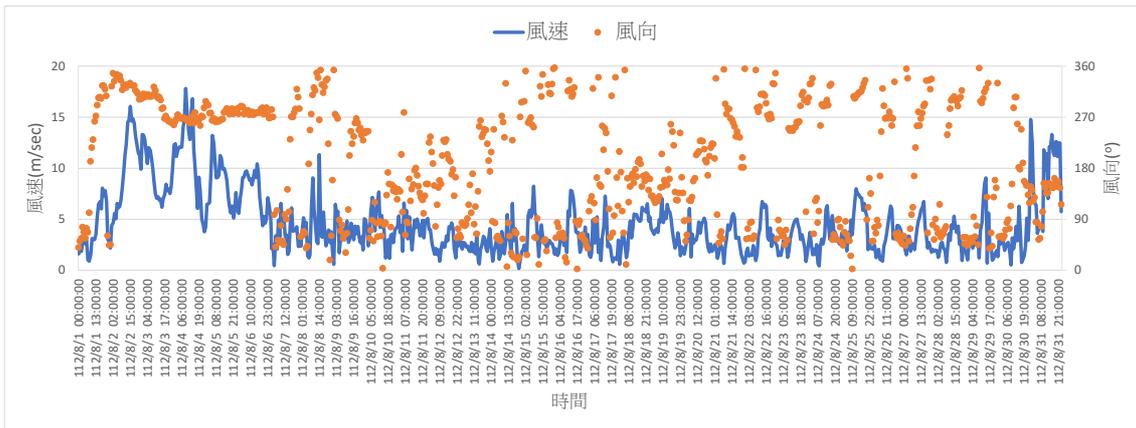


圖 5.21 高雄港二港口北防波堤風力之時序列圖(觀測時間:112 年 8 月)

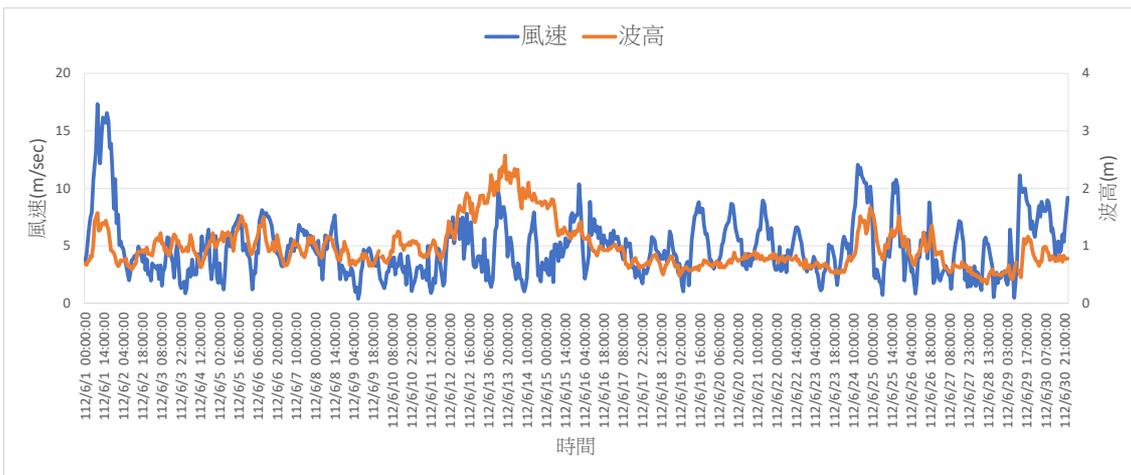


圖 5.22 高雄港二港口風力及波高之時序列圖(觀測時間：112 年 6 月)

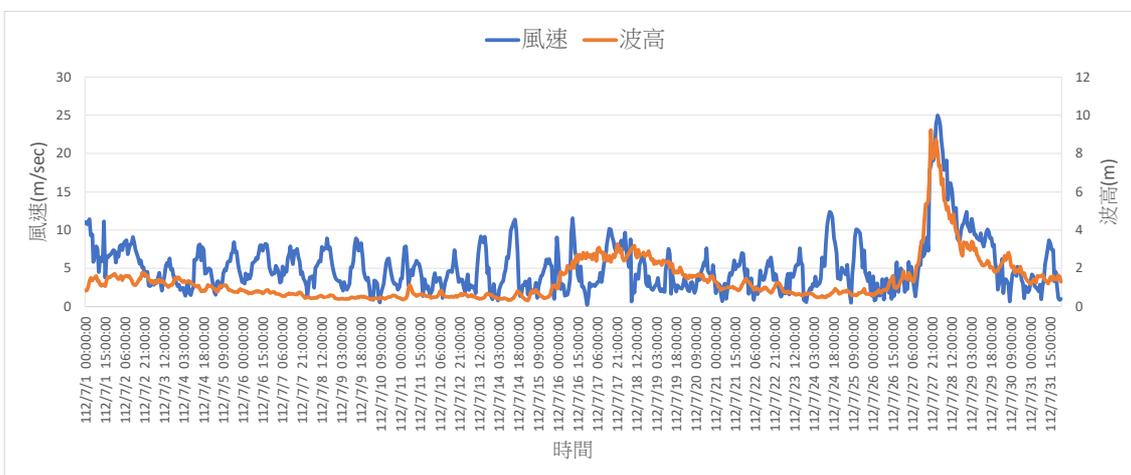


圖 5.23 高雄港二港口風力及波高之時序列圖(觀測時間：112 年 7 月)

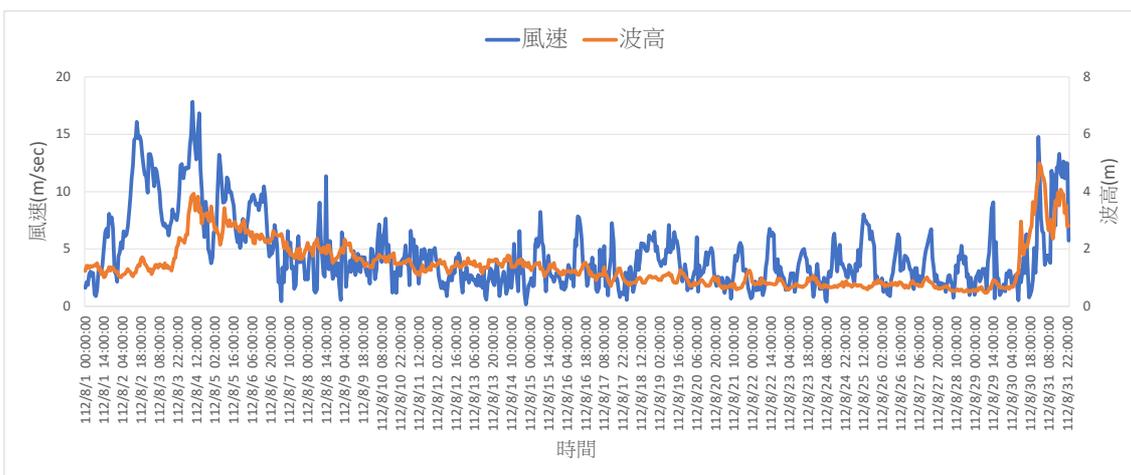


圖 5.24 高雄港二港口風力及波高之時序列圖(觀測時間：112 年 8 月)

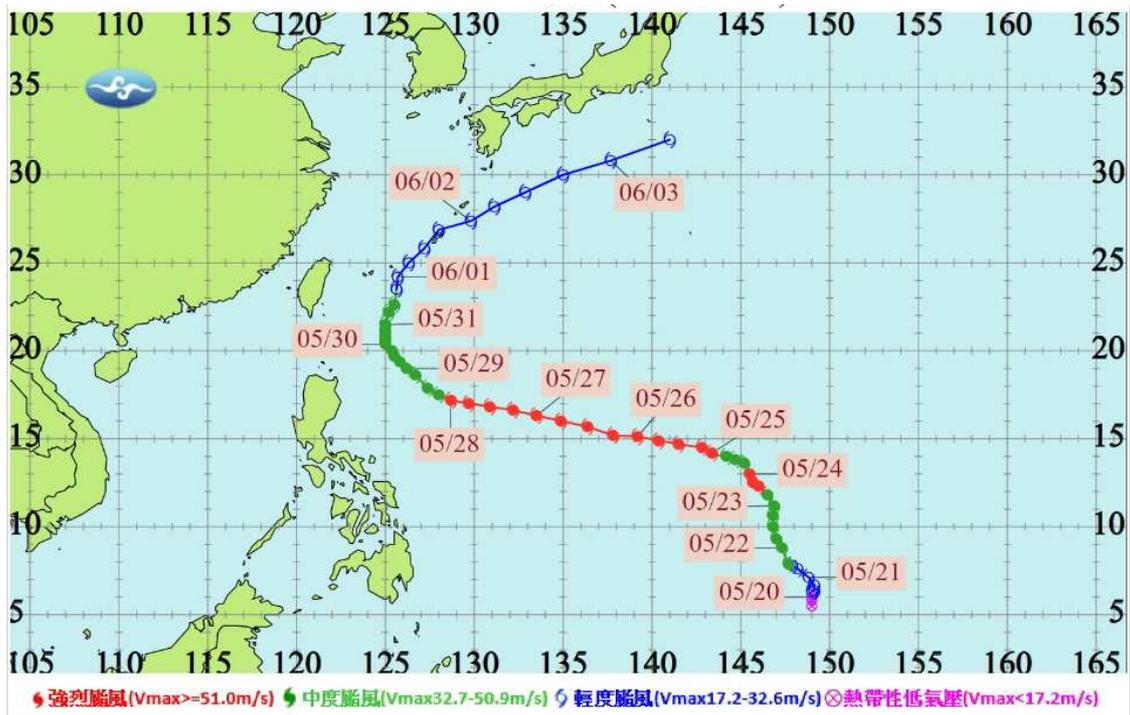


圖 5.25 112 年瑪娃颱風颱風路徑圖 (資料來源：交通部中央氣象署)

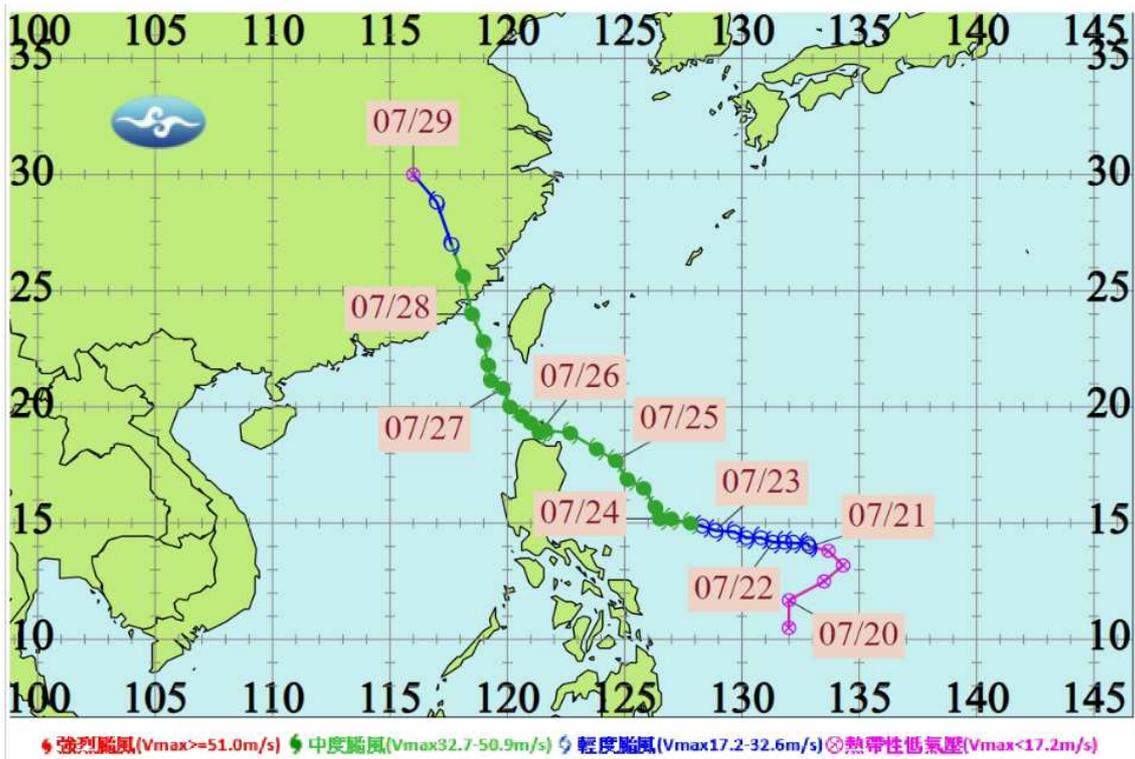


圖 5.26 112 年杜蘇芮颱風颱風路徑圖 (資料來源：交通部中央氣象署)

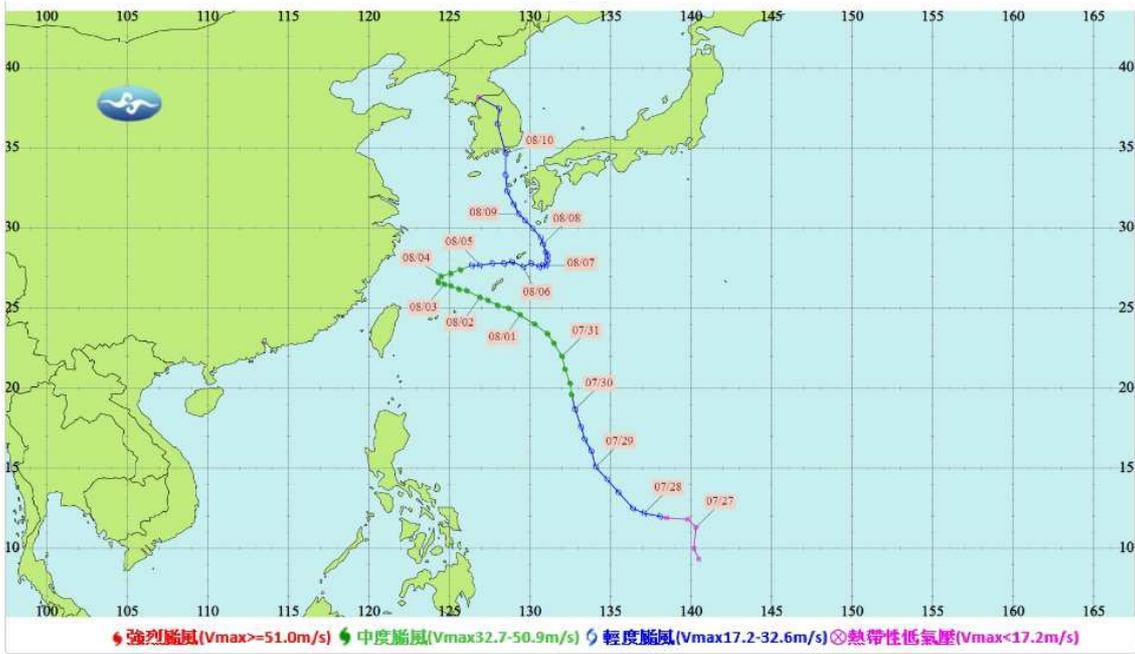


圖 5.27 112 年卡努颱風颱風路徑圖 (資料來源：交通部中央氣象署)

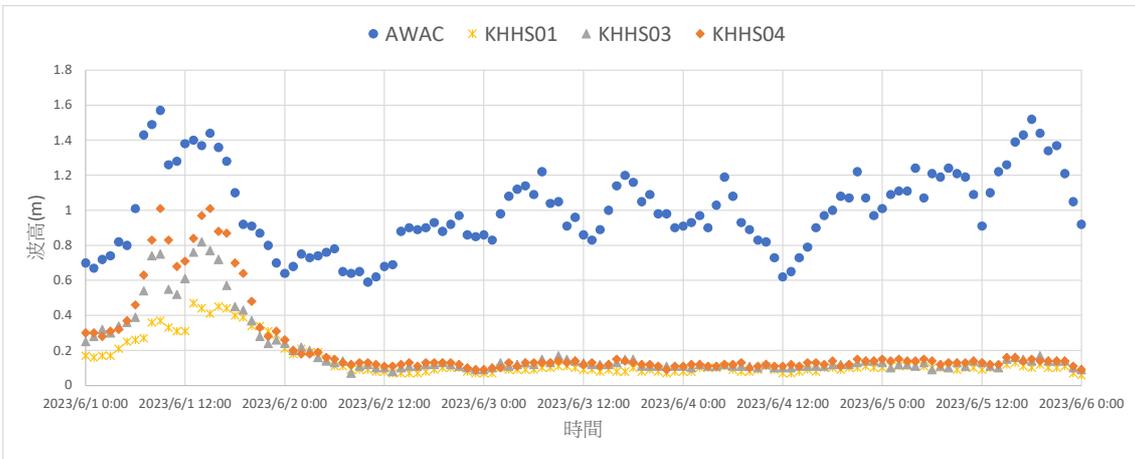


圖 5.28 高雄港二港口外海 AWAC 及各港內靜穩度測站之波高時序列圖(觀測時間 112 年 6 月 1 日 0 時至 6 月 10 日 23 時)

表 5-7 港內靜穩度觀測站各測站之遮蔽係數表

測站編號	測站位置	遮蔽係數*	
		112/6/1 0:00 ~112/6/2 12:00	112/6/2 13:00 ~112/6/10 23:00
KHHS01	洲際二期 S5 碼頭	0.26	0.08
KHHS03	洲際二期 S3 碼頭	0.36	0.11
KHHS04	洲際二期 S13 碼頭	0.42	0.12

\*表中遮蔽係數係觀測時間區段逐時計算遮蔽係數之平均值。

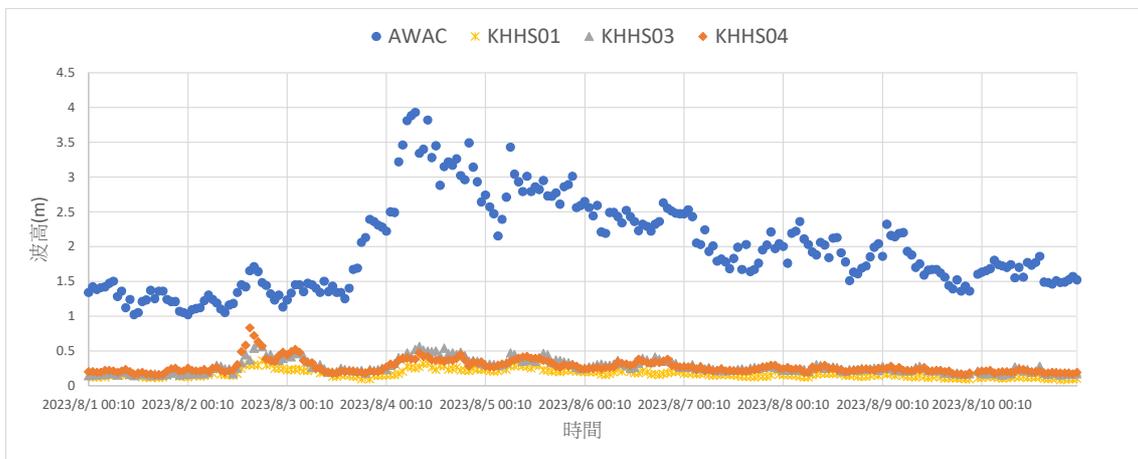


圖 5.29 高雄港二港口外海 AWAC 及各港內靜穩度測站之波高時序列圖(觀測時間 112 年 8 月 1 日 0 時至 8 月 10 日 23 時)

表 5-8 港內靜穩度觀測站各測站之遮蔽係數表

測站編號	測站位置	遮蔽係數*
KHHS01	洲際二期 S5 碼頭	0.08
KHHS03	洲際二期 S3 碼頭	0.11
KHHS04	洲際二期 S13 碼頭	0.15

\*表中遮蔽係數係觀測時間區段逐時計算遮蔽係數之平均值。



## 第六章 結論與建議

本計畫 112 年度持續維運或更新臺北港、基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港及臺中港等 8 個港區現場海象觀測系統，延長設備生命週期，提升本所各商港海象觀測能量，利用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：

### 6.1 結論

#### 1. 商港歷年波浪觀測資料分析

- (1) 基隆港：歷年波高平均為 1.07m，波高分布以小於 1.5 m 為主，佔約 7 成，週期分布以 6~8 s 間比率最高，佔全期 40.9%，全期以 N~E 象限為主要分布，佔比 96.8%，冬季波高最大，波高平均為 1.75m，夏季波高 0.42m 最小，波向季節特性較不明顯，基隆港西南側因受陸地屏障，西南來向波場遭受阻隔，東北側為開闊之海域，波場可充分發展，因而產生此特殊之波場特性。
- (2) 蘇澳及花蓮港：蘇澳港及花蓮港均位處臺灣東部，東臨太平洋，波高分布變化特性相似，波高平均為蘇澳港 1.29 m 及花蓮港 1.23 m，兩港秋、冬季因受東北季風影響，波高大於春、夏季，夏季期間港區西側受陸地阻隔，波高均為四季最小，歷年波浪週期統計變化特性極為相似，均以 8~10 s 佔比最高，兩港歷年波向皆以 E~S 象限比率最高，分布曲線無明顯相似性。
- (3) 高雄港：波高平均為 0.74 m，春季波高 0.6 m 為四季最小，秋、冬兩季波高低於夏季，夏季時，風與浪均自西南方來不受阻擋，可充分成長，波高 0.91 m 為四季最大，全期週期以 6 s 以下 47.5% 佔比最高，波向分布 S~W 象限比率最高，

佔全期約 6 成。

- (4) 安平港：歷年波高平均 0.65 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，全期波浪週期分布以 6 s 以下比率最高，佔 53.1%，波向以 S~W 象限 64.4% 最高。
- (5) 布袋港：波高平均為 0.51 m，為本計畫 8 港中最小，波高分布 0.5 m 以下佔比 56.1%，春季平均波高 0.37 m 為四季中最小，冬季波高平均 0.6 m 最大，歷年波浪週期  $T_p$  分布以 6~8 s 38.4% 佔比最高，8~10 s 30.1% 次之，全期波向以 W~N 象限 56% 比率最高。
- (6) 臺中港：歷年波高平均 1.5 m，為本計畫 8 商港最大，冬季時，因地勢影響風力強，波高 2.1 m 為四季最大，夏季時，西南季風吹拂至臺中港海域，能量已大幅減弱，波高 0.8 m 為四季最小，全期週期分布以 6~8 s 50.4% 佔比最高，波向 N~E 象限佔比達 64.5%。
- (7) 臺北港：波高平均為 1.08 m，臺北港位於臺灣西北側海域，冬季時東北季風吹風能量強，波高平均 1.51 m 為四季最大，夏季時西南季風由臺灣西南方吹拂至臺北港海域，吹風能量減弱，波高平均 0.67 m 為四季最小，歷年週期分布以 6 s 以下 44.8% 佔比最高，全期波向 N~E 象限佔 44.8% 最高，W~N 象限 38.1% 次之。

## 2. 水下無線通訊技術應用於底碇式波流觀測系統可行性評估

- (1) 數據機在傳輸模式中耗電測試，數據機啟動傳輸瞬間會產生突波電流，當開始進行資料傳輸時，數據機電流會趨於平穩，傳輸平均電流隨著傳輸分貝下降而遞減，測試期間數據機傳輸平均功率最高為 0dB 狀態下 53.29 W，符合數據機原廠所提供 55 W 耗電規格，隨著設定分貝值下降，平均功率最低可降至 2.76 W。
- (2) 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，喚醒對方數據機所需時間，很大程度影響數據機傳輸效率，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。

- (3) 大型斷面水槽水中通訊測試，數據機於最佳狀況下傳輸速率，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進一步微調系統確認。

### 3. 高雄港港內靜穩度資料分析

- (1) 112 年 6 月 1 日 0 時至 112 年 6 月 2 日 12 時，高雄港二港口受瑪娃颱風外圍環流影響，港內外波高偏大，而在 112 年 6 月 2 日 13 時至 112 年 6 月 10 日 23 時，港外波高約在 0.6~1.2 m，各港內靜穩度測站波高均小於 0.2 m，造成此現象可能原因係 112 年 6 月 1 日 0 時至 112 年 6 月 2 日 12 時，外海主要風(波)向為北北西，高雄港二港口外海離岸防波堤無法有效遮蔽，茲造成港內波高偏大，導致發生不靜穩現象。
- (2) 112 年 8 月 3 日 14 時至 112 年 8 月 9 日 21 時，高雄港二港口受到卡努颱風外圍環流影響，港外最大波高達 3.93m，而各港內靜穩度測站波高多小於 0.5 m，主要原因可能係卡努颱風外圍環流所形成主要風(波)向為西北，外海離岸防波堤能有效阻絕波浪入射，因此港內仍處於相對靜穩狀態。

## 6.2 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，建議未來可加強港內海氣象之監測，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。
4. 無線式底碇波流觀測系統評估顯示，為達到海象即時監控與發布之目標，建議可於 AWAC 與水聲通訊數據機間額外加裝控制器緩衝，使用者僅需針對控制器內存資料定期抓取，不影響 AWAC 觀測排程。

### 6.3 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：工業技術計畫院、台灣世曦工程顧問股份有限公司、宇泰工程顧問有限公司、永碁工程顧問有限公司及太乙工程顧問股份有限公司等。
4. 民營機構：宏華營造股份有限公司及匯僑股份有限公司等。

本計畫 112 年各港口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民營機構，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. Filippo, Campagnaro. et al, 2020, Wireless Remote Control for Underwater Vehicles, Journal of Marine Science and Engineering.
2. Nortek Acoustic Wave and Current Profiler (AWAC) user manual.
3. 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。
4. 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。
5. 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。
6. 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。
7. 國立成功大學，「110年港內波潮即時監測及調查」，2021年。
8. 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。



附錄一  
第 1 次工作會議



## 112 年 6 月工作會議紀要

會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科 112 年自行研究計畫第 1 次  
工作會議

時間：112 年 6 月 28 日下午 2 時 00 分至 4 時 30 分(第 1 場次)

112 年 6 月 29 日上午 9 時 30 分至 12 時 30 分(第 2 場次)

112 年 7 月 12 日上午 10 時 00 分至 11 時 30 分(第 3 場次)

地點：本所港灣技術研究中心 3 樓會議室

主持人：李俊穎科長 彙整：許師瑜

出席者：如後附簽到表

主辦單位：本所港灣技術研究中心第二科

### 壹、討論議題

#### 一、工作進度說明

##### (一)商港風力觀測與統計分析

1. 商港風力觀測系統維運作業情形摘要說明。
2. 風力觀測資料庫整合及更新進度。
3. 風力觀測資料品管作業精進及方法導入情形。

##### (二)商港潮位觀測與統計分析

1. 整理與彙整主要商港潮位觀測資料。
2. 彙整 2011 至 2020 臺中港潮位觀測資料及侵臺颱風資料。
3. 蒐集國內外相關暴潮研究文獻。

##### (三)商港波浪觀測及統計分析

1. 底碇式波浪觀測系統更新、遷移及海氣象資料浮標建置。
2. 無線式水下波流觀測系統可行性評估。
3. 高雄港洲際二期港內波浪資料特性分析。

##### (四)商港海流觀測及統計分析

1. 商港海流觀測系統維運作業情形說明。

2. 臺北港潮流特性分析初步成果報告。
  3. 年度研究報告章節編排討論。
- (五) 智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析
1. 特高頻資料交換系統 (VDES)發展現況。
  2. 臺灣周圍海域與主要港埠航道交通流量。
  3. 彙整高雄港和基隆港之海氣象觀測資料。
- (六) 臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析
1. 海洋雷達觀測應用相關文獻回顧。
  2. 海洋雷達設備維護與校正作業摘要說明。
  3. 海流監測資料分析與交互驗證工作情形。
- (七) 應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化
1. 臺北港域背景觀測資料蒐集情形說明(包含底碇式波流儀、資料浮標、微波雷達)。
  2. 臺北港微波雷達測站現況說明。
- (八) 港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討
1. 完成港區水下設施巡查項目初步盤點。
  2. 港區水下設施巡查方式探討。
  3. 蒐集國外水下無人載具應用相關文獻。
- (九) 花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置
1. 第二試驗廠棚修繕工程進度說明。
  2. 花蓮港海氣象資料初步彙整。
  3. 模型比尺及試驗條件初步規劃。
- (十) 長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討
1. 蒐集研讀國內長週期波及花蓮港相關研究文獻。
  2. 可能致災的波浪定義與分析。

3. 熟悉斷面水槽目前配置、新增設備及後續研究規劃。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 海氣象觀測儀器盤點情形說明。

2. 各觀測儀器系統架構、維護流程、資料流向、品管方法之彙整。

3. 報告書章節之規劃。

二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

(一)商港風力觀測與統計分析

1. 風力觀測資料庫系統之數據傳輸方式及資安管理作業。

2. 臺灣港務股份有限公司海氣象觀測資料庫(臺中 IDC 機房)與本所臺灣技術研究中心之異地備援機制及資料庫整合工作。

3. 利用紊流強度分析觀測站受鄰近結構物之影響。

(二)商港潮位觀測與統計分析

1. 潮位觀測年報內容討論。

2. 潮汐分潮研議。

3. 颱風路徑與暴潮分析交換意見。

(三)商港波浪觀測及統計分析

1. 商港波浪觀測站建置概況及本年度觀測系統現場相關作業期程。

2. 無線式水下波流觀測系統水下實測期程規劃。

3. 高雄港洲際二期 S03 及 S13 碼頭靜穩度觀測站建置進度。

(四)商港海流觀測及統計分析

1. 剔除極端氣候(如颱風)影響期間觀測資料之潮流特性分析可行性討論。

2. 垂直剖面流分析方法及成果呈現方式討論。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀

## 測應用分析

1. 彙整國內外特高頻資料交換系統(VDES)發展現況。
2. 分析彰化風場航道與離岸風電浮動式風場(苗栗及墾丁外海)各類船舶往(來)及返(回)的交通流統計量與航跡密度。
3. 針對高雄港和基隆港之海事事故，彙整船舶航行軌跡與海氣象狀況。

## (六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 雷達電力系統改善與海洋雷達天線劣化汰舊更新討論。
2. 針對6月15日表面海流監測資料進行分析與驗證討論。
3. 討論期末報告章節規劃與後續工作檢討。

## (七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港底碇式波流儀資料蒐集情形討論。
2. 臺北港資料浮標觀測資料蒐集情形討論。
3. 臺北港微波雷達觀測資料蒐集情形討論。

## (八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 港區水下檢測項目之判定標準討論。
2. 港區水下設施巡查方式說明。
3. 國外水下無人載具應用案例分析。

## (九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 花蓮港季風及颱風波浪資料呈現方式。
2. 水工模型規劃及相關試驗設備材料需求評估。
3. 花蓮港湧浪型態探討。

## (十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 更新造波機測試過程內容，建議於報告書定稿前彙整進度報告書。
2. 考量斷面水槽的尺寸及造波機效能，週期縮尺最大僅能模

擬原型 36 秒的波浪，後續再評估是否以數值方法，模擬更長週期的波浪。

3. 應針對花蓮港的現況及破壞紀錄多加探討，以研擬出適用花蓮港內消減長週期波能的結構物斷面或設施型式。

#### (十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 儀器盤點需補充說明處之討論。
2. 各系統維護程序及資料流向需補充說明處之討論。
3. 報告書文獻回顧可加強處之討論。

## 貳、主要結論

### (一)商港風力觀測與統計分析

1. 目前風力年報已利用 Python 重新編程，並透過公用區分享程式碼，相關研究同仁可參考交流，以精進工作職能。
2. 112 年度海洋工程研討會預定 9 月開始徵稿，階段性研究成果可適時投稿。
3. 建議補充紊流強度之數學定義，以及測站配置與現場圖片，以利瞭解測站與結構物之相對位置。

### (二)商港潮位觀測與統計分析

1. 彙整潮位觀測資料進行統計分析，繪製成圖表並出版統計年報，年報內容擇期再討論。
2. 建議優先擇取有發布陸上颱風警報的歷史颱風做暴潮分析。

### (三)商港波浪觀測及統計分析

1. 請依規劃期程督導現場作業廠商，使本年度波浪觀測系統現場佈放及維護等作業能如期如質完成。
2. 無線通訊數據機目前已可與底碇式波流儀(AWAC)溝通，後續將至國立成功大學水工試驗所斷面水槽實際測試，建議測試期間同步實施造浪，模擬未來應用於港區執行監測作業之情境。
3. 高雄港洲際二期 S03 及 S13 碼頭靜穩度觀測站已建置完成，

請持續掌握觀測站運作情形，並可著手分析船席遮蔽係數。

#### (四)商港海流觀測及統計分析

1. 建議於年度研究報告內增加資料浮標之流速剖面儀設備說明。
2. 潮流特性分析建議延長分析期間，確保分析結果之正確性。
3. 垂直剖面流建議採完整斷面呈現，可擷取年度最大潮或最小潮之觀測資料進行分析，期能獲得具代表性之成果。

#### (五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 針對目前 AIS 所蒐集的船舶資訊與 VDES 系統蒐集資料，建議進行相關資料比對。
2. 建議「彙整特定港口之海氣象觀測資料」與「船舶動態與海氣象資訊應用分析」，兩章節內容要互相連動整合。

#### (六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 本案表面流觀測資料量龐大且時程緊迫，工作量繁重，請相關研究人力與工作安排須合理進行。建議本案未來海流資料提供予應用單位時，須確定資料提供標準與項目，以保海氣象資料之正確性。
2. 本所與國家海洋研究院、中央氣象局及大氣海洋局規劃合作辦理 114-117 年跨部會案件，其年度工作項目建議於後續年度適時配合調整。
3. 高頻雷達訊號應用文獻回顧部分，請盤點過去相關研究成果，以利瞭解過去研究發展階段情形。
4. 表面流觀測資料的統計與比較分析，建議參考中央氣象局於臺中港南側佈放的浮標資料進行比較分析與討論，特別是冬季東北季風期間特性，以及大潮與小潮時段的特性，建議納入分析探討。

#### (七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海

### 象監測技術優化

1. 臺北港底碇式波流儀資料完成蒐集至 112 年 3 月份。
2. 臺北港資料浮標觀測資料完成蒐集至 112 年 6 月份。
3. 建議儘速蒐集臺北港微波雷達觀測資料進行資料比對。
4. 自辦計畫報告中，有關微波雷達測站及各測站之位置平面圖應清楚呈現。

### (八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 目前已蒐集國外水下無人載具應用相關案例，建議可針對國內新興技術應用於港區水下巡查作業之相關文獻，進行補充。
2. 水下無人載具應用於港區發展之架構可再進行補述。
3. 水下無人載具之影像取得及定位測試，預計納入 113 年度計畫辦理。

### (九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 花蓮港季風波浪及颱風波浪資料建議妥善整理。
2. 請評估本案所需相關試驗設備材料。
3. 俟水工模型規劃完成及確認試驗條件後，加強敘述相關過程。

### (十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 更新造波機設備的到貨及測試時程，應確實掌握進度，朝向提前完成的目標執行。
2. 針對造波機效能的測試內容，需先提出斷面配置規劃，以利設置斷面的測試設施。
3. 研究過程及報告書撰寫期間若遇困難，應及時提出，再一同進行討論。

### (十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 本案原工作計畫書階段有納入岸基高頻雷達 2 站及微波雷

- 達 1 站之規劃，惟考量雷達站設備複雜，相關架構及程序尚待後續研究擬定，故本案有關雷達站部分建議先不予規劃。
2. 各種儀器之資料定義、各系統維護頻率及資料流向未列部分，建議再補充說明。
  3. 報告書之文獻回顧章節，建議可參考儀器之說明文件，及納入測站維護與資料品管計畫之參考文獻與投稿文章等。



### 會議簽到表

會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科 112 年度自行研究計畫第 1 次工作會議(第 2 場次)

時間：112 年 6 月 29 日(星期四)上午 9 時 30 分

地點：本所港研中心 3 樓會議室

主持人：李俊穎科長

李俊穎

出席單位	簽名
第一科科長	賴瑞輝
第三科科長	林雅雯
第二科	傅惠珍
	林益遠
	謝佩鈺
	陳宜銘
	劉淑敏
	劉偉芳
	顏所香
	林文子
	李心洋
	陳智恆
	羅冠翹
	邱文志





附錄二  
第 2 次工作會議



# 112 年 8 月工作會議紀要

會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科 112 年自行研究計畫第 2 次  
工作會議

時間：112 年 08 月 31 日(星期四)上午 09 時 30 分至 16 時 30 分

地點：本所港灣技術研究中心 3 樓會議室

主持人：李俊穎科長

彙整：許師瑜

出席者：如後附簽到表

主/協辦單位：本所港灣技術研究中心第二科

## 壹、討論議題

### 一、工作進度說明

#### (一)商港風力觀測與統計分析

1. 商港風力觀測系統維運作業情形。
2. 風力觀測資料庫整合及更新進度。
3. 風力觀測資料品管作業精進及方法導入情形。

#### (二)商港潮位觀測與統計分析

1. 彙整並分析主要商港潮位觀測資料。
2. 彙整 2011 至 2020 臺中港潮位觀測資料及侵臺颱風資料。
3. 期末報告初稿大綱。

#### (三)商港波浪觀測及統計分析

1. 底碇式波浪觀測系統更新、遷移及海氣象資料浮標建置。
2. 無線式水下波流觀測系統可行性評估。
3. 高雄港洲際二期港內波浪資料特性分析。

#### (四)商港海流觀測及統計分析

1. 商港海流觀測系統維運作業情形。
2. 臺北港海流垂直剖面流分析方式。
3. 年度研究報告章節編排檢討。

(五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測  
應用分析

1. 特高頻資料交換系統(VDES)發展現況。
2. 風電工作船軌跡與主要港埠航道交通流量。
3. 彙整高雄港海事案件資料。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 進行海洋雷達觀測應用相關文獻回顧，並完成期刊研討。
2. 報告海洋雷達設備維護與校正作業情形。
3. 報告海流監測資料品質管與檢核工作。
4. 討論海流資料分析驗證情形。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象  
監測技術優化

1. 臺北港域背景觀測資料蒐集情形說明(包含底錠式波流儀、資料浮標、微波雷達)。
2. 臺北港微波雷達測站現況。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 完成水下遙控載具(ROV)功能分析比較。
2. 完成港區水下巡查設施項目盤點及巡查方式探討。
3. 持續蒐集國外水下無人載具應用相關文獻。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 第二試驗廠棚修繕工程及本計畫材料採購進度。
2. 花蓮港海氣象資料彙整。
3. 水工模型平面配置及消波設施配置。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 彙整國內外長週期波及花蓮港相關研究文獻。
2. 選定可能致災的長週期波浪類型，供後續進行分析討論。
3. 規劃測試新設造波機的斷面水槽配置。

### (十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 海氣象觀測儀器盤點系統架構。
2. 各觀測儀器維護流程、資料流向補充說明，自主檢查表之彙整。
3. 報告書撰寫進度。

## 二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

### (一)商港風力觀測與統計分析

1. 風力觀測資料品管機制及整合資料庫系統架構。
2. 商港風力觀測統計年報辦理進度。
3. 商港強風延時統計程式計算結果。

### (二)商港潮位觀測與統計分析

1. 潮位觀測年報出版研議。
2. 調和常數採用 6 個潮汐分潮。
3. 侵臺颱風路徑分析。

### (三)商港波浪觀測及統計分析

1. 蘇澳港測站更新、基隆港測站遷移與海氣象資料浮標建置進度。
2. 無線式水下波流觀測系統水下實測進度。
3. 高雄港洲際二期瑪娃颱風港內靜穩度分析成果探討。

### (四)商港海流觀測及統計分析

1. 臺北港潮流恆流特性分析成果討論。
2. 垂直剖面流資料蒐集、分析方法及成果呈現方式探討。

### (五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 彙整國內外特高頻資料交換系統(VDES)發展現況。
2. 繪製 112 年 12 月 31 日前，航港局核可之非本國籍從事離岸風電工作船舶之許可，及已入級驗船中心(CR)之風電工作船

軌跡。

3. 彙整高雄港之海事事務船舶航行軌跡。

(六) 臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 雷達天線間距量測與卡努颱風後雷達南站自譜與雷達地網情形。

2. 雷達資料(L0 級產品)品管與檢核工作。

3. 針對雷達表面海流觀測與其他觀測資料進行分析與驗證。

4. 雷達表面海流流向之正確性。與後續工作檢討

(七) 應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港底錠式波流儀資料蒐集情形。

2. 臺北港資料浮標觀測資料蒐集情形。

3. 臺北港微波雷達觀測資料蒐集情形。

(八) 港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 水下遙控載具(ROV)功能分析。

2. 港區水下設施巡查項目及方式。

3. 國內外水下無人載具應用案例分析。

(九) 花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 水工模型平面配置調整。

2. 水工模型消能設施佈設方式。

(十) 長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 抵禦長週期波斷面水工模型試驗的成果，建議未來可提供給平面遮蔽試驗做為結構物配置參考。

2. 建議未來可考量進行防波堤的港內外兩側斷面水工模型試驗，針對同一防波堤斷面討論港內外的消波情況。

(十一) 海象觀測作業數位管理規劃

1. 系統架構及資料流向補充處。

2. 現有管理模式及自檢表。
3. 儀器資料格式及欄位。

## 貳、主要結論

### (一)商港風力觀測與統計分析

1. 風力觀測資料品管方法尚屬妥適，原則同意納入臺灣港務股份有限公司之海氣象即時應變系統，並請將品管詳細流程納入期末報告初稿。
2. 風力觀測品管資料之可疑數據處理，建議強化人工品管檢核及回補機制，以避免資料誤刪。
3. 風力觀測統計年報資料，請於 112 年 9 月底前將報告初稿送主管核閱。

### (二)商港潮位觀測與統計分析

1. 依中央氣象署侵臺颱風路徑分析對臺中港潮位影響。
2. 自辦計畫報告請儘速規劃章節及撰寫。

### (三)商港波浪觀測及統計分析

1. 本年度已完成更新、遷移及建置之測站，請持續留意傳輸狀況，颱風期間各測站即時通訊情形亦需加強注意。
2. 水下無線通訊數據機通訊品質易受水面及固體邊界影響，後續觀測儀器架設計需將此因素納入考量。
3. 持續蒐集分析本年度颱風及季風期間之監測數據，測站即時系統運作情形請持續留意。
4. 高雄港洲際二期港內靜穩度請持續掌握冬季季風觀測資料，做為重點分析成果，期能獲得具代表性之成果。

### (四)商港海流觀測及統計分析

1. 請儘速完成海流統計年報初稿。
2. 針對垂直剖面流所蒐集底碇式波流儀及資料浮標等測站資料，建議進行相關資料比對工作。

### (五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測

## 應用分析

1. 針對高雄港海事事務發生案件，建議增加船舶 AIS 航行軌跡。
2. 有關利用 AIS 傳發海氣象觀測資料，建議可參考目前中央氣象署相關研究報告。

### (六) 臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 雷達表面流觀測工作量繁重，有關高頻雷達資料品管與檢核部分，建議持續辦理品管作業，對於海流方向部分，請與 SeaView 原廠討論可能造成此問題的原因，並予以排除，須確保資料演算標準與項目規範，以維持海氣象資料之正確性。
2. 本年度雷達站於 4 月份進行調整，關於海流觀測資料分析，建議探討雷達調整前後表面海流觀測差異。
3. 關於本案主要研究項目內容，建議持續檢討，異常部分請納入分析檢討，並安排後續工作，以確保數據與期末報告之品質。

### (七) 應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港底碇式波流儀資料完成蒐集至 112 年 3 月份。
2. 臺北港資料浮標觀測資料完成蒐集至 112 年 8 月份。
3. 自辦計畫報告請儘速規劃章節及撰寫。

### (八) 港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 目前已蒐集國內外水下無人載具應用相關案例，建議可針對應用於港區水下巡查之案例進行分析比較。
2. 本年度計畫成果可進行彙整，並投稿相關期刊。
3. 水下無人載具之影像取得及定位測試可進行規劃，以利明年計畫進行。

### (九) 花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 水工模型配置，建議後續可與花蓮港務分公司相關單位討論。
2. 俟水工模型規劃完成及確認試驗條件後，加強敘述相關過程。

### (十) 長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 依照報告書章節規劃，開始依序撰寫報告書內容。
2. 分析長週期波作用機制，以構思抵禦長週期波結構物方案。
3. 針對新設造波機部分，持續跟進並調整測試規劃。

(十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 文獻及後續規劃可參考本所港灣構造物維護管理系統及港灣環境資訊網維護之相關規劃。
2. 本中心既有設備管理 E 化系統可供參考，惟現場維護介面建議簡化並留下重要維管資訊。
3. 架構方面，需考量儀器產出原始資料保存之規劃。

### 會議簽到表

會議名稱：本所港灣技術研究中心第二科 112 年度自行研究計畫第 2 次工作會議

時間：112 年 8 月 31 日(星期四)上午 9 時 30 分

地點：本所港研中心 3樓會議室

主持人：李俊穎科長 李俊穎

出席單位	簽名
第一科科長	賴瑞輝
第三科科長	林雅雯
第二科	陳子偉
	劉淑敏
	黃民信
	劉明杰
	林京立
	羅冠勳
	李政廷
	李以澤
	許張堯
	鄧慶芳
	陳智恒
	許義宏
林道遠	
柯拓宇	
曹勝陽	
陳天時	
陳孟宏	
許師瑜	
顏麗香	

附錄三  
第 3 次工作會議



## 112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112年自行研究計畫第3次工作會議

時間：112年10月30日(星期一)上午9時30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 副研究員

彙整：許師瑜

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)商港風力觀測與統計分析

1. 商港風力觀測系統維運作業情形摘要說明。
2. 風力觀測資料分析結果說明。
3. 期末報告撰寫進度。

##### (二)商港潮位觀測與統計分析

1. 完成主要商港潮位資料統計分析。
2. 完成2011至2020臺中港潮位觀測資料及侵臺颱風資料分析。
3. 期末報告初稿大綱概述。

##### (三)商港波浪觀測及統計分析

1. 波浪觀測系統更新、遷移及海氣象資料浮標建置。
2. 水下無線傳輸技術應用於底碇式波流觀測系統可行性評估。
3. 高雄港洲際二期港內波浪資料特性分析。

##### (四)商港海流觀測及統計分析

1. 臺北港海流垂直剖面流分析方式討論。
2. 年度研究報告章節編排檢討及撰寫進度說明。

##### (五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 特高頻資料交換系統(VDES)發展現況。
  2. 船舶動態與海氣象資訊應用分析。
  3. 彙整海事案件資料。
- (六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析
1. 進行海洋雷達觀測應用相關文獻回顧。
  2. 辦理南站雷達天線組更換，報告海洋雷達設備維護與校正作業情形。
  3. 報告海流監測資料品管與檢核工作。
  4. 與國外教授探討海流資料比對結果，討論海流資料分析驗證情形。
- (七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化
1. 臺北港域背景觀測資料蒐集情形說明(包含底碇式波流儀、資料浮標、微波雷達)。
  2. 臺北港微波雷達測站現況說明。
- (八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討
1. 完成港區水下巡查設施項目盤點及巡查方式探討。
  2. 完成水下遙控載具(ROV)功能分析比較及國內外文獻回顧。
  3. 進行水下遙控載具定位試驗之初步規劃。
- (九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置
1. 第二試驗廠棚修繕工程及本計畫材料採購進度說明。
  2. 花蓮港海氣象資料彙整。
  3. 水工模型平面配置及消波設施配置。
- (十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討
1. 彙整長週期波致災案例及分析破壞機制。
  2. 研提長週期波消能結構物方案及未來研究方向。
  3. 期末報告書撰寫。

### (十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 本所海氣象觀測既有管理模式風險之說明。
2. 海氣象觀測數位化管理系統架構規劃說明。
3. 海氣象觀測資料庫管理規劃說明。
4. 報告書撰寫進度說明。

## 二、針對目前研究方向與執行情形進行討論

### (一)商港風力觀測與統計分析

1. 商港風力觀測特性及強陣風分析結果。
2. 商港颱風分析內容及產出項目。
3. 期末報告章節編排。

### (二)商港潮位觀測與統計分析

1. 侵臺颱風路徑分析。
2. 侵臺颱風路徑對臺中港潮位影響分析探討。
3. 年度研究報告章節編排檢討。

### (三)商港波浪觀測及統計分析

1. 商港波浪觀測站運作情形及海氣象資料浮標建置進度。
2. 無線式水下波流觀測系統於大型斷面水槽測試結果。
3. 高雄港洲際二期港內靜穩度分析成果探討。

### (四)商港海流觀測及統計分析

1. 臺北港潮流特性分析成果討論。
2. 垂直剖面流資料蒐集、分析方法及成果呈現方式探討。

### (五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 彙整國內外特高頻資料交換系統(VDES)發展現況。
2. 繪製航港局核可之非本國籍從事離岸風電工作船舶之許可，及已入級驗船中心(CR)之風電工作船軌跡，並針對軌跡異常船舶進行說明。

3. 分析船舶動態與當日海氣象狀況。
  3. 彙整高雄港之海事事故船舶航行軌跡。
- (六) 臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析
1. 辦理南側雷達站資料品管與檢核工作。
  2. 於10月5-6日第45屆海洋工程研討會辦理發表研究成果。
  3. 本所與國家海洋研究院、交通部中央氣象署、國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心與國立成功大學近海水文中心，共同舉辦2023年海洋達人工作坊，進行臺灣海洋雷達遙測發展與技術交流。
  4. 討論雷達表面海流流向之正確性，與後續數據追算工作。
- (七) 應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化
1. 臺北港底碇式波流儀資料蒐集情形討論。
  2. 臺北港資料浮標觀測資料蒐集情形討論。
  3. 臺北港微波雷達觀測資料蒐集情形討論。
- (八) 港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討
1. 水下遙控載具(ROV)功能分析說明。
  2. 港區水下設施巡查項目及方式討論。
  3. 國內外水下無人載具應用案例分析及定位測試之初步規劃。
- (九) 花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置
1. 水工模型消能設施形式之構思。
  2. 花蓮港未來觀光發展議題及港內構造物改善。
- (十) 長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討
1. 針對花蓮港的現況，討論消滅長週期波能的結構物或設施配置方式。
  2. 討論於花蓮港內，設置抵禦長週期波結構物或設施之可行性。
- (十一) 海象觀測作業數位管理規劃
1. 海氣象觀測數位化管理系統架構規劃之討論。

2. 海氣象觀測資料庫管理規劃之討論。
3. 後續工作事項及報告書撰寫之討論。
4. 113年度工作規劃及委外事項之討論。

## 貳、主要結論

### (一)商港風力觀測與統計分析

1. 本計畫原則符合工作計畫書之各項進度，請依限完成期末報告撰擬，並於12月中旬召開期末報告審查。
2. 同一港區不同測站之風力資料比對是否存在時間位相差，建議可進一步檢查。

### (二)商港潮位觀測與統計分析

1. 颱風路徑對臺中港潮位影響討論。
2. 自辦計畫報告書於11月底初稿完成。

### (三)商港波浪觀測及統計分析

1. 已建置完成之資料浮標測站，請留意系統運作情形，霧燈及夜間警示燈須確保正常運作。
2. 大型斷面水槽測試結果顯示，已可透過水下聲學數據機與AWAC溝通，但隨著通訊距離拉長，訊號傳遞呈現不穩定情形，本年度獲取之相關數據，可做為後續開放海域實測應用參考。

### (四)商港海流觀測及統計分析

1. 請儘速完成年度研究報告初稿。
2. 針對垂直剖面流所蒐集底碇式波流儀及資料浮標等測站資料，建議進行相關資料比對工作。

### (五)智慧航安與海氣象資訊應用探討(2/4)-智慧港口之海氣象觀測應用分析

1. 針對電子海圖顯示與資訊系統目前使用本中心舊版 S-57海圖，建議可向國土測繪中心購置新版海圖。
2. 有關利用蘇澳港漁船及漁具濫用 AIS，建議可移除不列入考量，避免誤解。

(六)臺中港海洋陣列雷達訊號應用分析(1/3)-表面流觀測分析

1. 有關高頻雷達資料品管與檢核部分，建議持續辦理品管作業，並儘快完成 SeaView 資料演算工作，以維持海氣象資料之正確性。
2. 本年度報告書建議將原機關單位名稱，修改為組改過後名稱，以免發生名稱錯植與其他誤會。
3. 關於本案主要研究項目內容，建議持續檢討，並儘快完成報告書初稿撰寫工作，以確保期末報告之品質。

(七)應用微波雷達於臺北港域環境監測之研究(2/4)-微波雷達海象監測技術優化

1. 臺北港底碇式波流儀資料完成蒐集至112年3月份，請儘快蒐集後續觀測資料。
2. 臺北港資料浮標觀測資料完成蒐集至112年10月份。
3. 波向資料異常，可能為匯出資料時之設定問題，應再檢視。
4. 請確認後續報告撰寫內容如何搭配主題。

(八)港區水下巡查技術初探(1/3)-水下巡查技術分析探討

1. 就目前已蒐集之港區水下巡查設施及方式，再進行分類及探討，研擬可優先適用於水下無人載具巡查之物件。
2. 本年度計畫成果可進行彙整，並投稿相關期刊。
3. 建議針對目前盤點之港區水下巡查標的物，蒐集合適作業之水下無人載具，以利進行明年定位試驗。

(九)花蓮港湧浪遮蔽試驗(1/3)-試驗規劃及建置

1. 水工模型配置，預計於12月中旬與花蓮港務分公司相關單位討論。
2. 俟水工模型規劃完成及確認試驗條件後，加強敘述相關過程。
3. 請妥善彙整過往相關研究。

(十)長週期波斷面模型試驗(1/3)-長週期波水工模型試驗探討

1. 依照報告書章節規劃，於期程內完成報告書撰寫。

2. 再深入探討長週期波作用機制，加強抵禦長週期波結構物方案內容。

3. 針對新設造波機部分，持續跟進並確認測試規劃。

#### (十一)海象觀測作業數位管理規劃

1. 有關時序列資料及 RAW 檔資料上傳及下載連結，規劃須考量該網址或路徑變更時系統如何管理維護。

2. 後續年度之實施計畫，基礎資料建置為重要步驟，建議強化匯入功能，將既有基本資料表單直接匯入以減少人力負擔；另考慮強化資料匯出功能，將本所需產出資料簡便匯出。系統便易性及其他擴充功能期於後續透過使用者回饋精進。

3. 所內人員訪談請接續進行，並建議邀請測站目前維護廠商進行訪談，討論實際需要及規劃架構是否有其他問題。

### 會議簽到表

會議名稱：本所運輸技術研究中心第二科 112 年度自行研究計畫第 3 次工作會議

時間：112 年 10 月 30 日(星期一)上午 9 時 30 分

地點：本所運技中心 3樓會議室

主持人：李俊穎副研究員 李俊穎

出席單位	簽名
第一科科長	賴瑞尊
第三科科長	林雅雯
第二科	王香莉
	劉月如
	劉淑敏
	柯振亨
	洪謙尚
	曹勝江
	羅冠毅
	林愛真
	邱亞堯
	陳天琦
	陳子健
	郭煥奇
	陳智恆
陳益宏	
黃長信	
許義宏	
李政遠	
林達達	
許師瑜	
李心洲	

附錄四  
專家學者座談會議



## 交通部運輸研究所港灣技術研究中心會議紀錄

壹、會議名稱：本所港灣技術研究中心第一科 112 年自行研究計畫專家學者座談會議

貳、時間：112 年 4 月 24 日(星期一) 下午 2 時

參、地點：本所港灣技術研究中心 2 樓簡報室

肆、主持人：蔡立宏主任

紀錄：賴俊呈

伍、出單位及人員：如簽到表

陸、與會委員意見：

### 一、林委員鎮華

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(2/4)-橋基沖刷數值模型建置與分析

1. 鼎型塊排列方式亦會影響沖刷深度，建議可探討。
2. 是否有設置現場水位及流速監測設備？
3. 本工法設置於橋墩 P24L 有淤積之效果，保護成效如何量化？

(二) 透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化辨識可行性之初步探討

1. 透地雷達 AI 辨識，需要大量資料進行訓練、測試。
2. 目前深度學習以 CNN 為主，故可做圖像識別。
3. 若要即時識別，建議需建置雲端運算。

(三) 多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討

1. 邊坡多尺度主要針對那些圖像？將會影響其適用性、實務應用。
2. 邊坡影像是以處理前/後為基準資料進行學習？

(四) 112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研

究

1. 本計畫以碳鋼金屬於大氣曝露下做腐蝕關聯性探討，如何應用於鋼筋混凝土及鋼構。
2. 腐蝕劣化因子如何回饋至實務構件？

(五) 港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)-新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

港區為地上物、水中物如何即時回饋、即時影像？

(六) 港區地震液化風險評估模式精進(2/5)-臺北港模式精進

港區大多為回填土層，是否有相關監測如水位計、地下土壤含水量及土壤層次監測。

## 二、謝委員明志

港研中心一科 112 年 6 項自辦計畫，在計畫書裡每個計畫的緣起、目的、研究範圍、利害關係人、工作內容及作業時程，都有詳實的描述，是一份架構完整，描述清晰的計畫書。

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估(2/4)-橋基沖刷數值模型建置與分析

本計畫是橋梁沖刷數值模型建置分析，分 4 年執行，是個循序漸進的計畫，規劃完整，且計畫完成後產出之三維水理分析模型具有實用性。

(二) 透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化辨識可行性之初步探討

本計畫是透地雷達應用於省道巡查及 AI 辨識應用，為未來合作計畫的先期研究，藉此可先打下後續研究需求，更能明確知道目的及預期成效。

(三) 多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討

本計畫是空拍影像、深度學習在邊坡地貌變異判識之應用，符合交通部年度施政重點，引進新興科技，值得鼓勵。

(四) 112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研

究

腐蝕環境與碳鋼金屬關聯性，為本土環境資料的調查，全臺灣只有港研中心有這類資料庫的建置，應持續推動。

(五) 港灣構造物巡查檢測作業精進(2/4)-新興科技應用於碼頭設施巡查檢測作業

本計畫是港灣構造物巡查檢測作業精進，也引入新興科技，應用於巡檢及風險判識，是個值得鼓勵的研究業務。

(六) 港區地震液化風險評估模式精進(2/5)-臺北港模式精進

本計畫是港區地震液化風險評估模式精進，針對臺北港進行評估，除了進行地工資料庫更新，也新增了這幾年國內外的液化分析方法，應會更加精確的推估，值得持續推動。

三、何委員鴻文

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估 (2/4)-橋基沖刷數值模型建置與分析

本計畫成果產出之技術指引具有實用性，另地工織布之耐久性為何？

(二) 透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化辨識可行性之初步探討

本計畫期待可擴及使用範圍至省道以外道路。

(三) 多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討

本計畫之利害關係人建議增列各縣市政府。

(四) 112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研究

本計畫建議其成果提供交通部技監室辦理橋梁相關設計規範訂定之參考。

四、吳委員松旺

(一) 鼎型塊織布橋基保護工法之現地試驗與成效評估 (2/4)-橋基沖刷數值模型建置與分析

1. 本計畫是多年期的計畫，在第 1 年的計畫即與高公局中區分局大甲工務段密切的配合，在國道 3 號大甲溪橋現場設置鼎型塊織布橋基保護工法，目前已初步驗證有效減緩向下沖刷作用，尚待長期性觀測及超大豪雨事件來驗證，大甲工務段會持續配合本計畫。
2. 建議本計畫能擬訂鼎型塊織布橋基保護工法現場佈設的標準作業程序，讓現場佈設時有所依循。

(二) 透地雷達應用於省道養護巡查及 AI 智慧化辨識可行性之初步探討

無論省道或者是國道都是線型的，都有一定的長度，標的物很大，所以建議目標要收斂，比如說在行車舒適度不佳的路段做試驗，要收斂調查，這樣對道路主管機關來說會更有幫助。

(三) 多期多尺度影像結合深度學習於邊坡地貌變異判識之初探(2/2)-影像處理方法及公路邊坡影像類型適用性探討

1. 無論是省道或是國道尚需注意路權以外的邊坡，路權外的邊坡產生變異(開發行為)間接影響到省道或國道的邊坡，因為邊坡是一體的，不會說崩塌到國道的路權內就不崩塌，所以建議本計畫需把路權外的邊坡狀況納入探討。
2. 另大甲工務段轄區亦有邊坡場址，例如：後龍至苑裡路段，可提供本計畫做為探討的標的，或是若需要相關空拍圖資進行分析和訓練，也可洽詢大甲工務段提供、合作。

(四) 112 年臺灣地區金屬材料腐蝕環境調查與碳鋼金屬關聯性研究

大甲工務段所轄管國道是最靠近海邊，若是本計畫有需要到大甲工務段的轄區來設置觀測站(點)，大甲工務段樂意配合。

柒、 結論：

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

捌、 散會：下午 4 時 10 分

### 會議簽到表

會議名稱：交通部運輸研究所港灣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：112年4月28日(星期五)上午10時

地點：本所港研中心2樓會議室

主持人：蔡立宏主任 蔡立宏

專家學者：

專家學者	簽名
鍾英鳳 委員	鍾英鳳
羅偉佑 委員	羅偉佑
董東璟 委員	董東璟
張家豪 委員	張家豪
陳冠宇 委員	陳冠宇
翁健二 委員	翁健二

出席單位及人員：

出席單位	職稱	簽名
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	科長	李信穎
	科長	賴瑞惠
	科長	林雅雯

單位	簽名
交通部運輸研究所 港灣技術研究中心	<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>黃茂信</p> <p>羅冠顯</p> <p>洪維序</p> <p>許義宏</p> <p>郭文傑</p> <p>傅性釗</p> <p>曹勝強</p> <p>劉明春</p> </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>李政廷</p> <p>陳劍峰</p> <p>陳智恆</p> <p>林有騰</p> <p>邱元堯</p> <p>蔣敏玲</p> <p>蔡世瑞</p> </div> <div style="width: 30%; text-align: center;"> <p>劉淑敏</p> <p>鄧濤芬</p> <p>蔣展吉</p> <p>劉馮彤</p> </div> </div>

顏研香

謝榮葵

劉煥明

附錄五  
期末審查意見及辦理情形  
說明表



## 附錄五 期末審查意見及辦理情形說明表

### 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-112-H2CA001c 商港波浪觀測及統計分析

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
<p>一、林佑任委員</p> <p>1. 波浪資料是各港的最基本且重要海象環境資料之一，為海事工程施工及港口營運管理的重要參考，有時涉及很重要的施工關鍵的時間點，運技中心提供的預測或即時觀測資料都相當寶貴，這是在臺中港外海進入季風期還在施做北防沙堤延長工程時深刻的體驗感受。運技中心監測技術及項目一直在提升與增加，感謝運技中心的持續努力，如果有港內的波高靜穩度資料，能更進一步提供相關產業發展參考，例如，發展遊艇碼頭。港內季風波浪曾造成臺中港碼頭新建工程廠商採用圍堰乾式施工，結果圍堰被浪沖壞的失敗情形，颱風影響臺灣各地區頂多 1~2 天，但在臺中港平均風速 8 級、陣風 10~11 級，可能發生 5~6 天，水域南北距離狹長可累積能量，可以說影響波高的三要素風速、歷時與風域都已具備，因此，臺中港冬天偏南側的水域浪也不小，還好臺中港最南側水域都是大型吃水深的散裝船比較能抗浪，但一些臨水工程就會受到影響，另外，其他水域雖然風域沒有那麼長，但是長時間的歷時與高風速，其實也會有不小的浪，因此，能辦</p>	<p>感謝委員肯定。</p>

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
<p>理港內波高水位量測也會很有幫助，最好能有各水域的資料，尤其目前中泊渠底端遊艇碼頭業務單位已經招標出去，港內波高有很好參考價值。以下提出幾點請教或建議。</p> <p>2. 波流測站遷移會影響歷史資料的比對信心，基隆港及高雄港遷移測站的考量為何?施工如果不是浚挖該區影響纜線安全或水域消失，為何因為施工要遷移?另外，輔助測站副站選擇座落點位之考量為何?</p> <p>3. 有關海氣象浮標選用剖面流速儀提及加裝 Bottom Tracking 功能，可以追蹤浮標相對底床的運動速度，如果海床本身覆蓋有懸浮泥層與表層沉泥，類似 Suspended Load 及 Bed Load 也在移動，與浮標有些同步移動現象是否會干擾判斷，還是儀器於海床錨錠有參考物可追蹤。</p> <p>4. 圖 2.21 之規格說明寫法，建議再確認，例如，測量範圍 10mH<sub>2</sub>O(g)，網路查此 1830 型號有 7、11、14 或 21m 以上等等，好像沒有 10m，另外(g)何義?另精準度建議直接填寫量程範圍，代替 FS BSL。</p>	<p>基隆港底碇式波流觀測站原設置於東防波堤外 200~300 m 處 (水深約 48~50 m)，需派遣潛水員定期更換觀測儀器，考量該作業水深對潛水員風險較高，爰於 2020 年 6 月遷站，移至西防波堤外 500~600 m (水深約 36~37 m)，原東防波堤外測點已於 2023 年 8 月改以海氣象資料浮標廣續執行觀測作業；原設置於二港口外海底碇式波流觀測站，因洲際二期工程執行，外海作業頻繁，海底資料傳輸電纜時有異常情形發生，爰於 2018 年 9 月將觀測站往北遷移至一港口外海，洲際二期工程現已完竣，二港口外海波流場觀測作業已於 2022 年 11 月重新布站執行觀測作業。各港輔助觀測站選址，以鄰近主要觀測站，且不超出港域界線為原則，達到資料交相比對驗證與即時海象資訊發布之目的。</p> <p>ADCP 的 Bottom Tracking 功能確實有可能受到漂砂 Suspended Load 或 Bed Load 移動速度影響，譬如於河道使用 ADCP 執行觀測時，河川流速快 Suspended Load 或 Bed Load 現象較為明顯，在海域中，超過終端水深之底床地形已甚少變化，底床漂砂現象相較河川較不明顯，而本所資料浮標布放水深均超過終端水深，後續仍會持續觀察此現象對於海流場監測之影響。</p> <p>感謝委員建議，壓力式波高計係客製化產品，可依使用者需求調整。(g)為 gauge 之縮寫，係屬表壓力量測。精準度係指量測值之誤差範圍。精準度表示方式已於文中補充。</p>

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
5. P2-16，蓄電池容量規格，應該是100 安培小時，不能只寫 100A。	感謝委員建議，已於文中修正。
6. P2-18，圖 2.26 所示壓力計端點的不鏽鋼管開孔感覺壓力計，似乎直接完全露在海中沒有保護，一般水工試驗在使用孔隙水壓計都會用包覆網保護，避免碰撞或雜物進入。本儀器如果沒有採取保護措施，海生物等是否有可能會干擾，還是因為長期泡水都不需保護，反而因海生物附著影響波高監測。	感謝委員建議，壓力式波高計定期維護約每 2~3 個月進行 1 次，每次均將壓力式波高計取出水面，進行壓力式波高計探頭清潔工作，以避免海生物生長。
7. 有關波流觀測系統現場維護工作，若委外辦理，其合約是否訂有故障時，甲方通知廠商必須到場或完成修護之時限，另外，就維護品質是否可管控或可要求廠商須依照維護手冊辦理或研提維護作法(規定維護頻率、工具、技巧步驟)，做為管制維護工作依據。	為維持波流觀測系統監測能量，本所每年均委外辦理系統定期、緊急搶修作業，承攬廠商需依據本所訂定之運維規範，每季辦理定期維護 1 次，系統非預期性異常時，則需依本所派工單指示內容，派遣潛水員及工作船到場協助系統檢修。
8. 有關基隆測站波向資料，X 站位置位於 E 與 Y 站之間，似乎 E、Y 及 R 波向一致，而 X 站波向由 10 月 18 日開始突然跟大家都不一致，且甚至差距 90 度以上，到 11 月 3 日又變成比較一致，好像是有點問題，可能不只是地形因素，建議進一步確認(P3-11、14、17)。	感謝委員建議，已於文中統一修正。
9. P3-82，圖 3.78 波高機率分布圖有 5m 以上出現的機率高於 1.5m~3m 情形，請確認圖形正確性。	感謝委員建議，已於文中統一修正。
10. 為避免斷纜影響監測品質與即時性，發展無線傳輸值得肯定，但感覺供電會是很大的問題，是否有克服方法，另外，通訊距離拉長才 10m，訊號完整性不佳的情形與該型號使用範圍、規格內容有很大出入，德國製造商品之性能不應該如	感謝委員建議，本年度大型斷面試驗水槽測試，因訊號反射導致通訊品質不佳，113 年將至商港外海實際測試，屆時即可知悉開放海域實測相關資訊，做為後續無線傳輸系統發展參考。未來系統供電方式，將視前述實測結果，評估無線式底碇波流觀測系統不同階段所需耗電量，做為外海既

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
<p>此差，是否其在開放水域測試結果會較理想，因為較不受反射作用影響。</p> <p>11. 港內靜穩度部分，TPHS01 與 AWAC 週期時序圖中，TPHS01 週期較 AWAC 觀察值小，似乎是波壓計與聲波原理比較有較遲鈍的感覺，圖 5.11 有些點週期差異超過 1 秒以上，週期只有 4~5 秒其實差異不小，建議確認原因。如為距離碼頭岸壁之差異及反射之影響，或許不同位置之波高會有不同意義，但要先看需求為何，再來確認未來宜如何布設儀器較有代表性。</p> <p>12. 5.3.2 節，觀測資料統計分析部分，由於港內之設施設備不像抵禦外海的海堤防波堤如此抗浪能力強大，可能少數幾個大浪就會扯斷打壞，例如，貴中心儀器設備或繫船纜繩，是否除了分析示性波高外，在港內 <math>H_{1/10}</math> 可能也有重要參考價值。</p>	<p>有電池組擴充及更換頻率規劃設計參考。</p> <p>感謝委員建議，有關壓力式波高計與 AWAC 檢核工作，其中兩者分析方式均以壓力分析計算波浪，後續將持續確認其差異原因。</p> <p>感謝委員建議，壓力式波高計可利用頻譜方式及零上切法計算波高，目前展示皆以頻譜方式所得之示性波高呈現，後續若有需求，亦可展示零上切法計算出之各種波高資料。</p>
<p>二、張金機委員</p> <p>1. 統計年報 P2-4，最大波高、平均波高及示性波高等名詞，請說明清楚，最大波高不等於最大示性波高，同樣平均波高不是平均示性波高，週期是否全採用尖峰週期應說明。</p> <p>2. 觀測所用儀器在安裝後必需做驗證，如何驗證應設法解決。</p> <p>3. 資料年報圖表不易判讀，因屬資料庫可以接受。</p> <p>4. 利用 AWAC 儀器，不宜設在太大水深，會造成波高小時週期偏長，如</p>	<p>感謝委員建議，有關波高及週期等定義，已於波浪統計年報第一章說明。</p> <p>感謝委員建議，目前採用之 AWAC 波流觀測儀，於歷次下水執行觀測作業前，均會針對儀器羅盤、測壓器及時間等功能進行校正，每筆觀測數據亦會與鄰近測站進行驗證比對，以確保觀測數據正確性。</p> <p>感謝委員建議，係依據委員所提意見調整編修。</p> <p>感謝委員建議，目前針對深水域觀測，均依 AWAC 觀測儀原廠建議，選用合適型號</p>

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
<p>P3-30，4月22、23日波高約小於0.5m，P3-31週期接近10s，P3-11，6月25日趨勢一致。</p> <p>5. 資料分析所用圖表應具可讀性，如P3-9~P3-56波高、週期及波向等延時比較，無法判讀且紅藍線代表測站未標示。</p> <p>6. 同一港口兩相鄰測站，以基隆為例，兩站距離約400m，波高不應存在那麼大差異，因此，顯示校驗重要性，安平港X與E兩相鄰測站，波高關係良好，但X測站與Y測站除6~8三個月外，Y測站波高明顯偏大許多。</p>	<p>儀器執行觀測作業。</p> <p>感謝委員建議，已於文中補充說明。</p> <p>基隆港E測站因受東堤遮蔽影響，導致波高普遍低於X測站，本所已於2023年將E測站向西北外海延伸，以改善東堤所產生之遮蔽效應；安平港X測站（底碇式波流儀）及E測站（海象資料浮標）均由本所建置，兩測站相距約300m，且其間無遮蔽，波場比對結果相當一致，Y測站資料來源為水利署，與本所X測站相距約20km，夏季期間6~8月波高相關性較高，其餘月份Y測站均呈現較高波高觀測值，相關性較差。</p>
<p>三、張家豪委員</p> <p>1. 首先肯定運研所運技中心長期以來針對各商港風潮波流等海氣象進行觀測及分析，蒐集與分析成果對於各港相關單位及從業人員有極大的參考價值，昨（27）日本中心召開臺中港港區航安會議，會後引水人辦事處侯主任即說明各領港非常仰賴運研所建置之港灣環境資訊網相關觀測資訊，對於引領港區船舶進出港航行安全有極大助益，在此亦表示感謝之意。</p> <p>2. P2-1，基隆港波流觀測站原設置於東防波堤外200~300m處，2020年遷移至西防波堤外500~600m，由於地形、水深不同，各測站觀測數值亦有差異性，遷移前後觀測之數值可能會影響該港波浪預測分析，研究單位如何調校因應？</p>	<p>感謝委員肯定。</p> <p>考量基隆港測站遷移前後水深、地形差異，測站遷移前後觀測數據於資料庫必需分別儲存，避免影響資料統計分析正確性。</p>

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
<p>3. P2-9, 說明各港波流觀測資料由海底傳輸電纜傳送至岸上接收系統, 再透過無線傳輸設備將資料回傳至運技中心資料庫, 此處的岸上接收系統在圖示上以燈塔表示, 由於航港局轄管燈塔不一定在商港內, 欲確認是否為傳送至各商港堤口之(紅綠)燈桿較為合理。</p> <p>4. P2-18, 目前研究單位針對海象觀測儀器之維護保養頻率為何?因涉及系統的妥善率及資料蒐集的正確性, 在維護保養過程中是否遭遇到相關困難?</p> <p>5. P3-2, 研究單位設置之測站與中央氣象署或水利署在各港設置之浮標測站相距不遠, 分析結果亦說明相鄰測站觀測數據變異不大, 爰建議在儀器型式、觀測方法、取樣頻率與資料蒐集上可與相關單位整合及資源共享。此外, 由於設備建置經費有限, 新設之測站亦可布設於新港區或亟需調查分析之位置。</p> <p>6. P4-14, 無線式底碇式波流觀測系統, 研究單位於大型斷面水槽測試結果未如預期, 研究單位研判可能因水中通訊易受干擾導致訊號不穩定, 爰於研究結論建議仍需至實際觀測海域進一步微調系統予以確認, 但由於觀測海域之外在環境更為複雜, 建議應再審慎評估相同設備移至實際海域測試, 抑或需要更換其他通訊設備再測試, 方能達到預期成果。</p>	<p>各商港岸上接收系統, 多設置於堤口紅、綠燈塔內, 避免浪襲造成設備損壞。</p> <p>目前各波流測站約一季維護 1 次, 維護期間偶遇漁網纏繞水下儀器架, 影響潛水員作業安全, 爰需加強並落實潛水員勤前教育, 以維作業人員安全。</p> <p>感謝委員建議, 將列入本計畫測站規劃布設參考。</p> <p>感謝委員建議, 將列入無線式底碇波流觀測系統後續發展參考。</p>
<p>四、本所運輸技術研究中心</p> <p>1. 鄭登鍵副研究員</p> <p>(1) 本案蒐集、調查、量測資料實屬珍貴, 且應用廣泛, 研究成果值</p>	<p>感謝委員肯定。</p>

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
<p>得肯定，如報告中建議，如何維持且保護相關儀器或利用新式之科技（如本案探討之無線傳輸），在能維持現有成果之下降低維護成本及節省人力，值得後續試驗及持續探討。</p>	
<p>(2) 第 4 章水下無線傳輸耗電量測試，並說明儀器消耗功率，是否有評估若未來採無線傳輸儀器靠電池桶供電，其供電時間是否適用？又如何充電或更換電池？</p>	<p>本計畫預計於 113 年至實測海域執行傳輸測試，屆時將估算無線式底碇波流觀測系統不同階段所需耗電量，做為外海既有電池組擴充及更換頻率參考。</p>
<p>2. 李俊穎科長</p>	
<p>(1) 本年度測站亦有多次維護作業，建議可摘錄維護情形放入報告內補述做為後續測站維護參考。</p>	<p>感謝委員建議，將納入後續年度報告撰寫參考。</p>
<p>(2) 現階段大多資料為同一設備，但後續年度可能會因應不同設備會需要整合不同儀器間資料，建議後續可再另案考量評估。</p>	<p>感謝委員建議。</p>
<p>(3) 水下傳輸檔案大小，目前所測試最大量為 20000 位元組，建議後續可測試到 25KB 以上，以及要測試傳輸中斷後續傳情形，來滿足實際傳輸需求。</p>	<p>感謝委員建議，將列入 113 年實測海域作業內容。</p>
<p>(4) 報告內說明水下通訊會受到斷面水槽所侷限，建議可轉至實際港區進行測試。</p>	<p>感謝委員建議，將於 113 年至實際海域實施傳輸測試。</p>
<p>(5) 在案例討論靜穩度觀測時，建議補充高雄二港口港內外測站含離岸堤，並補充波向歷線圖，以及適當放入颱風路徑圖、當時衛星雲圖或風場及波場圖輔助說明可更明確。</p>	<p>感謝委員建議，已於文中統一補充。</p>
<p>(6) 表 5-7 及表 5-8，遮蔽係數建議說明是否為統計時間之平均值？</p>	<p>感謝委員建議，已於文中統一補充。</p>

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
<p>(7) 報告內若採用 excel 製圖部分有些模糊,建議調整圖軸及文字由原預設灰色改成黑色。</p> <p>3. 林雅雯科長</p> <p>(1) 第 3-2 頁提及週期因尖峰週期與平均週期之區別,造成有所不同,圖 3.9~圖 3.56 建議有圖例或說明。</p> <p>(2) 第四章水下無線傳輸,建議可以考慮配合目前科技產品,採間接方式由 AWAC 以光通訊傳輸至數據機,再傳至岸上,因光通訊速度快,傳輸距離及時間短,較不會有額外干擾,未來科技產品到位後再 1 次傳輸至岸上。</p> <p>(3) 第 4-19 及 4-20 頁,表 4-8 及表 4-9 檔案大小 1000 及 2000Byte 水中通訊距離 5m 以上,是否通訊失敗,建議於表格下方增加備註。</p> <p>(4) 第 4-21 頁,圖 4.15 縱軸發送端系統訊號完整性,為何是 400? 建議補充說明。</p> <p>(5) 建議未來可研析高雄港二港口靜穩度,當外海不同波向時 KHHS04 之遮蔽係數,是否如瑪娃颱風北北西的風(波)向較不靜穩?</p>	<p>感謝委員建議,已於文中統一調整。</p> <p>感謝委員建議,已於文中補充說明。</p> <p>感謝委員建議,將列入本計畫後續研究參考。</p> <p>感謝委員建議,已於表下備註說明。</p> <p>感謝委員建議,已於文中補充說明。</p> <p>感謝委員建議,後續將持續進行觀測工作,期獲得更多資料供更一步分析。</p>

# 附錄六

## 期末報告簡報資料



# 商港波浪觀測及統計分析

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、林達遠

中華民國112年12月28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

• 水下無線通訊技術應用於底碇式波流觀測系統可行性  
評估

四

• 高雄港港內靜穩度分析

五

• 結論與建議

## 一、商港海象觀測系統建置及維運(1/2)

提供基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、安平港、布袋港、臺中港及臺北港，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 ▲ 112年新建觀測站

	資料浮標		
	AWAC		
基隆港	●●	▲	
蘇澳港	●●		
花蓮港	●●		
高雄港 (第一港口)	●●		
高雄港 (第二港口)	●●		
安平港	●		●
布袋港	●		●
臺中港	●●		
臺北港	●	●	▲

交通部運輸研究所運輸技術研究中心 Transportation Technology Research Center, I.O.T. P.2

## 一、商港海象觀測系統建置及維運(2/2)

### ◆ 海象觀測系統維運



完成環臺海象觀測網 (8港)  
觀測系統更新及維護運轉



交通部運輸研究所運輸技術研究中心 Transportation Technology Research Center, I.O.T. P.3

## 二、歷年波浪觀測資料分析(1/11)

※波高定義：有義波高Hs



單位：m

港口	年	春季	夏季	秋季	冬季
基隆	1.09	0.92	0.42	1.40	1.75
蘇澳	1.29	1.16	1.08	1.49	1.49
花蓮	1.23	1.10	0.90	1.40	1.53
高雄	0.74	0.60	0.91	0.75	0.70
安平	0.65	0.50	0.96	0.61	0.54
布袋	0.71	0.70	0.52	0.60	1.10
臺中	1.50	1.20	0.80	1.80	2.10
臺北	1.08	0.94	0.67	1.27	1.51

### □歷年

- 以波高平均**1 m**為界，大致可將8商港分為中北東及西南2海域，西南海域**高雄、安平及布袋**等3港，歷年波高平均介於0.65~0.74 m (<1 m)。
- 基隆、蘇澳、花蓮、臺中及臺北**等5港，波高平均皆>1 m。
- 臺中港1.5 m**為各港最大，**安平港0.65 m**為8港最小。

## 二、歷年波浪觀測資料分析(2/11)

※波高定義：有義波高Hs



單位：m

港口	年	春季	夏季	秋季	冬季
基隆	1.09	0.92	0.42	1.40	1.75
蘇澳	1.29	1.16	1.08	1.49	1.49
花蓮	1.23	1.10	0.90	1.40	1.53
高雄	0.74	0.60	0.91	0.75	0.70
安平	0.65	0.50	0.96	0.61	0.54
布袋	0.71	0.70	0.52	0.60	1.10
臺中	1.50	1.20	0.80	1.80	2.10
臺北	1.08	0.94	0.67	1.27	1.51

### □歷年春季 (東北->西南)

- 西南海域**高雄港、安平港及布袋港，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**近0.9 m**。
- 東部海域**蘇澳及花蓮港，波高平均約**1.1~1.2 m**。
- 8港中**臺中港**波高平均1.2 m最大，**安平港0.50 m**為各港最低。

## 二、歷年波浪觀測資料分析(3/11)

單位：m

※波高定義：有義波高Hs



港口	年	春季	夏季	秋季	冬季
基隆	1.09	0.92	0.42	1.40	1.75
蘇澳	1.29	1.16	1.08	1.49	1.49
花蓮	1.23	1.10	0.90	1.40	1.53
高雄	0.74	0.60	0.91	0.75	0.70
安平	0.65	0.50	0.96	0.61	0.54
布袋	0.71	0.70	0.52	0.60	1.10
臺中	1.50	1.20	0.80	1.80	2.10
臺北	1.08	0.94	0.67	1.27	1.51

### □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。
- 西南季風吹拂至中部海域，因吹風距離長，吹風能量減弱，臺中港波高平均較春季時減少約0.4 m。
- 東北角基隆港，港口西南側受陸地阻隔，波高平均0.42 m為8港最低，蘇澳港波高平均1.08 m，為此季節最大。

Transportation Technology Research Center, I.O.T. P.6

## 二、歷年波浪觀測資料分析(4/11)

單位：m

※波高定義：有義波高Hs



港口	年	春季	夏季	秋季	冬季
基隆	1.09	0.92	0.42	1.40	1.75
蘇澳	1.29	1.16	1.08	1.49	1.49
花蓮	1.23	1.10	0.90	1.40	1.53
高雄	0.74	0.60	0.91	0.75	0.70
安平	0.65	0.50	0.96	0.61	0.54
布袋	0.71	0.70	0.52	0.60	1.10
臺中	1.50	1.20	0.80	1.80	2.10
臺北	1.08	0.94	0.67	1.27	1.51

### □歷年秋季（西南->東北）

- 進入秋末，東北季風增強並趨於穩定，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0.6 m為各港中最小，臺中港因東北季風影響，波高平均1.8 m為8港中最大。

Transportation Technology Research Center, I.O.T. P.7

## 二、歷年波浪觀測資料分析(5/11)

單位：m

※波高定義：有義波高Hs



港口	年	春季	夏季	秋季	冬季
基隆	1.09	0.92	0.42	1.40	1.75
蘇澳	1.29	1.16	1.08	1.49	1.49
花蓮	1.23	1.10	0.90	1.40	1.53
高雄	0.74	0.60	0.91	0.75	0.70
安平	0.65	0.50	0.96	0.61	0.54
布袋	0.71	0.70	0.52	0.60	1.10
臺中	1.50	1.20	0.80	1.80	2.10
臺北	1.08	0.94	0.67	1.27	1.51

### □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2.1 m，為8商港最大，波高較夏季增幅約1.3 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。

交通部運輸研究所運輸技術研究中心 Transportation Technology Research Center, I.O.T. P.8

## 二、歷年波浪觀測資料分析(6/11)

單位：%

※週期定義：尖峰週期Tp



港口	<6.0 s	6~8 s	8~10 s	>10 s
基隆	18.30	40.70	33.10	7.90
蘇澳	10.40	35.90	38.90	14.80
花蓮	8.00	33.50	43.20	15.40
高雄	47.50	32.20	14.90	5.30
安平	53.10	35.00	10.40	1.50
布袋	23.10	36.30	27.60	13.00
臺中	35.70	50.40	12.80	1.00
臺北	44.80	38.40	14.80	2.10

### □ 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>8s所佔比例超過50%。
- 西南海域高雄、安平港及北部海域臺北港，歷年週期以<6s為主。
- 臺中港、基隆港及布袋港，則以6~8s比例最高。

交通部運輸研究所運輸技術研究中心 Transportation Technology Research Center, I.O.T. P.9

## 二、歷年波浪觀測資料分析(7/11)

### □ 歷年四季

- **基隆港**冬季波浪週期以**8~10s**比率最高，佔整季**46.9%**，夏季則以**6~8s**佔比**38.3%**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**，兩港冬季波浪週期均以**8~10s**為主，佔比**逾50%**，**秋季**週期**>10s**比率為本計畫各港**最高**，分別為蘇澳港**23.5%**、**花蓮港22.8%**。
- **高雄港**春、秋及冬季週期均以**<6s**為主，夏季以**6~8s**佔比最高，約為整季**46.6%**。

### ※週期定義：尖峰週期Tp

單位：%

基隆港				
季節	<6.0 s	6~8 s	8~10 s	>10 s
春	19.10	46.40	29.30	5.20
夏	36.50	<b>38.30</b>	19.90	5.30
秋	9.10	40.30	39.90	10.70
冬	5.00	37.20	<b>46.90</b>	10.90
蘇澳港				
季節	<6.0 s	6~8 s	8~10 s	>10 s
春	11.20	41.00	37.10	10.70
夏	21.00	38.80	25.70	14.60
秋	4.60	34.40	37.50	<b>23.50</b>
冬	4.00	29.00	<b>55.10</b>	12.00
花蓮港				
季節	<6.0 s	6~8 s	8~10 s	>10 s
春	7.80	37.80	42.50	12.00
夏	16.80	38.10	29.90	15.20
秋	3.30	32.10	41.80	<b>22.80</b>
冬	3.70	27.00	<b>57.10</b>	12.20
高雄港				
季節	<6.0 s	6~8 s	8~10 s	>10 s
春	<b>65.30</b>	25.70	6.90	2.20
夏	29.30	<b>46.60</b>	20.70	3.40
秋	<b>44.10</b>	30.40	16.50	9.00
冬	<b>46.70</b>	28.80	17.30	7.20



## 二、歷年波浪觀測資料分析(8/11)

### □ 歷年四季

- **安平港**春、秋及冬季，波浪週期以**<6s**為主，春季佔比**近70%**，夏季週期分布以**6~8s**比率最高，約**44.2%**。
- **布袋港**春、夏季週期分布以**6~8s**佔比最高，秋、冬季週期以**8~10s**比率較高，約佔**整季1/3**。
- **臺中港**春、秋及冬季，波浪週期以**6~8s**為主要分布，佔比**逾50%**，夏季**西南季風**期間，週期**<6s**佔比**54.07%**最高。
- **臺北港**春、夏季時，波浪週期**<6s**為主，夏季佔比**近70%**，秋、冬季時，港區受**東北季風**影響，週期**6~8s**比率最高。

### ※週期定義：尖峰週期Tp

單位：%

安平港				
季節	<6.0 s	6~8 s	8~10 s	>10 s
春	<b>69.80</b>	26.10	3.60	0.60
夏	37.20	<b>44.20</b>	16.50	2.10
秋	<b>54.10</b>	33.50	9.60	2.80
冬	<b>52.10</b>	35.20	11.90	0.80
布袋港				
季節	<6.0 s	6~8 s	8~10 s	>10 s
春	33.50	<b>37.40</b>	17.50	11.60
夏	27.40	<b>43.00</b>	23.30	6.30
秋	18.40	30.70	<b>35.20</b>	15.70
冬	11.10	33.20	<b>34.80</b>	20.90
臺中港				
季節	<6.0 s	6~8 s	8~10 s	>10 s
春	41.40	<b>51.80</b>	6.60	0.20
夏	<b>54.70</b>	37.40	6.60	1.20
秋	23.40	<b>58.00</b>	16.50	2.00
冬	20.00	<b>57.90</b>	21.60	0.50
臺北港				
季節	<6.0 s	6~8 s	8~10 s	>10 s
春	<b>48.70</b>	37.60	12.50	1.20
夏	<b>66.10</b>	26.10	6.10	1.70
秋	34.90	<b>41.90</b>	18.60	4.50
冬	25.10	<b>50.00</b>	23.30	1.60



## 二、歷年波浪觀測資料分析(9/11)

單位：%

※波向定義：來向

港口	N~E	E~S	S~W	W~N
基隆	95.00	1.90	0.00	3.10
蘇澳	41.70	50.70	7.00	0.60
花蓮	15.50	84.20	0.20	0.10
高雄	0.00	0.00	57.90	42.10
安平	1.50	4.00	64.40	30.10
布袋	1.70	1.20	39.90	57.20
臺中	64.50	0.90	9.00	25.60
臺北	44.80	2.90	14.10	38.10



### □歷年

- 波場受儀器布放點位地形及風向等因素影響，**北部海域**(臺北港、基隆港)及**中部海域**(臺中港)，歷年主要波向位於**N~E**象限。
- 東部海域**蘇澳港及花蓮港，主要波向為**E~S**象限，**西南海域**安平港及高雄港為**S~W**，**布袋港**則為**W~N**。

交通部運輸研究所運輸技術研究中心  
Transportation Technology Research Center, I.O.T. P.12

## 二、歷年波浪觀測資料分析(10/11)

### □歷年四季

※波向定義：來向

單位：%

- 基隆港**四季主要波向皆為**N~E**象限，季節特性較不明顯，港區**西南側**因受**陸地屏障**，西南來向波場遭受阻隔，東北側則為**開闊海域**，波場可充分發展，因而產生此特殊波場特性。
- 蘇澳港**秋、冬兩季受東北季風影響，波向分布以**N~E**象限佔比最高，**春、夏**兩季波向主要落於**E~S**象限間。
- 花蓮港**西側受陸地**阻隔**，波浪難以傳遞，反觀**東側**，海域**廣闊**，有利波浪場發展，歷年四季波向均以**E~S**象限佔比最高。
- 高雄港**東側受陸地阻隔，影響秋、冬季時來自**東北向**之波浪傳遞，波向分布以**W~N**象限比率最高，**夏、春季**因受**西南季風**影響，風浪不受限制可充分發展，主波向來自**S~W**象限。

基隆港				
季節	N~E	E~S	S~W	W~N
春	97.70	0.00	0.00	2.30
夏	91.90	0.10	0.00	8.00
秋	93.30	5.80	0.00	0.90
冬	99.70	0.0	0.00	0.30
蘇澳港				
季節	N~E	E~S	S~W	W~N
春	41.40	54.80	3.50	0.40
夏	14.20	65.00	20.50	0.30
秋	52.30	41.90	3.70	2.10
冬	55.80	43.50	0.70	0.00
花蓮港				
季節	N~E	E~S	S~W	W~N
春	15.40	84.60	0.00	0.00
夏	3.40	96.40	0.10	0.10
秋	18.30	81.60	0.00	0.00
冬	23.50	75.50	0.80	0.20
高雄港				
季節	N~E	E~S	S~W	W~N
春	0.00	0.00	56.40	43.60
夏	0.00	0.10	95.80	4.10
秋	0.00	0.00	46.60	53.40
冬	0.00	0.00	30.30	69.70

交通部運輸研究所運輸技術研究中心  
Transportation Technology Research Center, I.O.T. P.13

## 二、歷年波浪觀測資料分析(11/11)

### □ 歷年四季

- **安平港**春、夏及秋季波向均以**S~W**象限比率最高，夏季因受西南季風影響，**S~W**象限佔**90%**，冬季時波向產生變化，**北來向**比率增加，**W~N**象限佔比**51.1%**為當季最高。
- **布袋港**夏季時，海域受西南季風影響，**S~W**象限佔比**87.1%**為最高，餘春、秋及冬季則以**W~N**象限比率最高，秋、冬季均**逾80%**。
- **臺中港**秋、冬兩季受**東北季風**影響，平均風速可達6級以上，兩季波向均以**N~E**象限比率最高，佔比**逾80%**，夏季西南季風吹拂至臺中港時，吹風強度大幅減弱，以**W~N**象限**55.7%**佔比最高。
- **臺北港**秋、冬兩季因東北季風影響，皆以**N~E**象限佔比最高，所佔比率均**逾50%**，夏季時，港區受西南季風影響，**南來向**波浪成份增加，**S~W**象限佔比**32.5%**，為四個季節中最高。

※波向定義：來向

單位：%

安平港				
季節	N~E	E~S	S~W	W~N
春	1.60	4.70	63.50	30.20
夏	0.30	4.20	90.90	4.70
秋	2.80	3.80	58.60	34.90
冬	1.70	3.90	43.20	51.10
布袋港				
季節	N~E	E~S	S~W	W~N
春	2.40	2.10	35.40	60.10
夏	0.00	0.00	87.10	12.80
秋	1.00	0.40	18.00	80.60
冬	4.10	3.20	7.80	84.90
臺中港				
季節	N~E	E~S	S~W	W~N
春	74.50	0.80	3.80	20.90
夏	22.90	1.70	19.60	55.70
秋	81.50	0.80	6.00	11.70
冬	86.70	0.20	4.80	8.20
臺北港				
季節	N~E	E~S	S~W	W~N
春	52.40	2.60	8.50	36.60
夏	20.30	2.90	32.50	44.30
秋	52.90	4.30	9.90	32.90
冬	59.60	2.70	3.50	34.10

交通部運輸研究所運輸技術研究中心 Transportation Technology Research Center, I.O.T. P.14

## 三、水下無線通訊技術應用於底碇式波流觀測系統可行性評估(1/18)

- 本所現行底碇式波流觀測系統，係透過**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**水下通訊數據機**與**底碇式波流即時傳輸系統**整合，於試驗水槽實地測試，評估「**無線式底碇波流觀測系統**」應用於港區執行長期海象監測可行性。

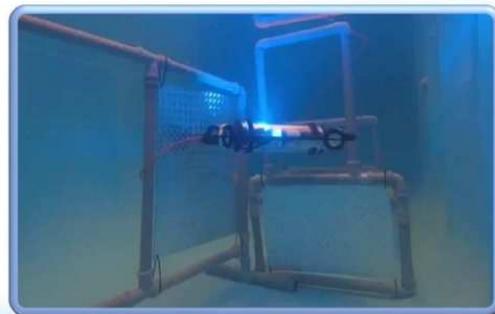


交通部運輸研究所運輸技術研究中心 Transportation Technology Research Center, I.O.T. P.15

### 三、水下無線通訊技術應用於底碇式波流觀測系統 可行性評估(2/18)

- 隨著**聲波 (Acoustic)**、**光學 (Optical)**及**射頻 (RF)**等無線通訊技術不斷發展，前述技術正逐步被**應用**於水中相關作業，如ROV (Remotely Operated Vehicle)。
- 不同通訊技術**傳輸速率與距離**各有不同，因應水下作業需求量持續增加，市面上已出現多款可用於**水中通訊之數據機**，然而不同通訊技術所適用範圍有所不同，**通訊距離及水域環境**等因素，均可能影響數據機**通訊品質**。

國外光通訊ROV實例



### 三、水下無線通訊技術應用於底碇式波流觀測系統 可行性評估(3/18)

- 根據Filippo Campagnaro等人2020年發表於海洋科學與工程期刊“Wireless Remote Control for Underwater Vehicles”。
- 比較分析多款水下無線通訊數據機，探討其**優劣特性**，並提出不同通訊技術**傳輸距離與速率分布**相關性，提供使用者於水下通訊數據機選用時參考。
- 將**水聲通訊**、**光通訊**、**射頻通訊**及**磁感應(MI)**等無線通訊技術特性臚列如下：

#### 水聲數據機 (Acoustic Modem)

- 最大通訊距離
  1. LF : 2.5~few km
  2. MF : 1~8km
  3. HF : < 1km
- 適用於**長距離**(數百公尺~數公里)傳輸。
- 優點：**不易受水質影響**。
- 缺點：
  1. 在淺水域易受固定物訊號反射影響。
  2. 速率較低。
  3. 受環境噪音影響。



### 三、水下無線通訊技術應用於底碛式波流觀測系統 可行性評估(4/18)

□ 將水聲通訊、光通訊、射頻通訊及磁感應(MI)等無線通訊技術特性臚列如下：

#### 光通訊數據機 (Optical Modem)

- 最大通訊距離
  1. Laser : 7~200 m
  2. LED SR : 1~20 m
  3. LED MR : 50~300 m
- 適用於中距離(數公尺~百公尺)傳輸。
- 使用雷射或LED進行通訊，較適合用在深水域之傳輸需求場域。
- 優點：傳輸速率高(達Mbps或Gbps以上)。
- 缺點：淺水域易受水質混濁(衰減)及環境光(雜訊)影響傳輸品質。

#### 射頻通訊數據機 (RF Modem)

- 最大通訊距離：0.5~45 m
- 適用於短距離(數十公尺)作業。
- 優點：能夠克服聲學跟光學的缺點。
- 缺點：傳輸距離較短(僅數十公尺)。

#### 磁感應數據機 (MI Modem)

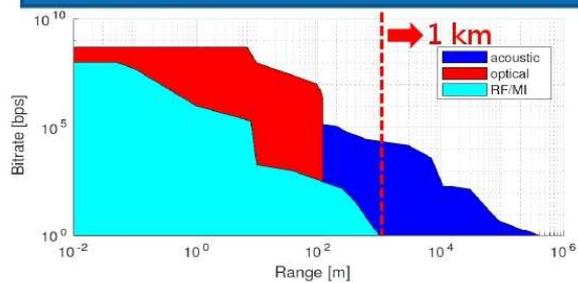
- 最大通訊距離：40 m~ few km
- 多用於無線充電產品。



### 三、水下無線通訊技術應用於底碛式波流觀測系統 可行性評估(5/18)

- 本所港外AWAC波流觀測系統需求
  1. 傳輸距離：1 km
  2. 操作深度：12~38 m
  3. Raw data檔案大小：每半小時回傳1筆25 KB (即0.007 kbps) 觀測數據。
- 水聲通訊數據機，較符合系統需求
  1. LF : 2.5~30 km
  2. MF : 1~8km
  3. HF : < 1km
- 保留測站未來遷移或外推之彈性，挑選波長中頻(MF)數據機。
- 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。

不同型式水下通訊技術傳輸速率-通訊距離關係圖



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
	Sitel 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
HF	Popoto Modem S1000LI	20-40kHz	10.24kbps	4km	2km
	EvoLogics S2C M HS	120-180kHz	62.5kbps	0.3km	2km

### 三、水下無線通訊技術應用於底碇式波流觀測系統 可行性評估(6/18)

#### ※既有底碇式波流觀測系統調整

- 現有系統觀測數據、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**。
- AWAC電力供給方式
  - 優先：**岸端共電**系統由傳輸纜線供給。
  - 備用：**海側附加電池桶**供電。



### 三、水下無線通訊技術應用於底碇式波流觀測系統 可行性評估(7/18)

#### ※既有底碇式波流觀測系統調整

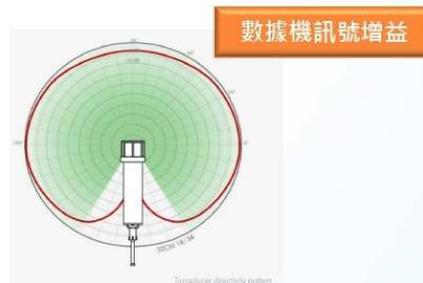
- 「無線式底碇波流觀測系統」
  - 海底傳輸**纜線**->2部水聲通訊**數據機**。
  - AWAC**電力**供給->外海電池組**擴充**。
  - 岸上資料擷取傳輸設備**調整**。
- 經測試可透過水聲通訊**數據機**與AWAC雙向**通訊**，與既有資料擷取傳輸設備功能**相同**。



### 三、水下無線通訊技術應用於底碇式波流觀測系統 可行性評估(8/18)

#### ※水聲通訊數據機耗電量測試

- 依據數據機原廠所提供資訊，**傳輸階段**所需耗電量最高，最大消耗功率可達55 W。
- 為瞭解傳輸階段下不同發送強度（分貝）電量耗損，設定測試條件
  - 發射端：分貝 0dB/-6dB/-12dB/-20dB
  - 接收端：固定-20dB



傳輸模式耗電量測試配置



P.22

### 三、水下無線通訊技術應用於底碇式波流觀測系統 可行性評估(9/18)

#### ※水聲通訊數據機耗電量測試

- 傳輸**最大電流**，數據機啟動傳輸**瞬間**所產生之**突波**電流，當開始進行資料傳輸時，數據機電流會趨於**平穩**。
- 傳輸**平均電流**，隨著傳輸分貝下降而遞減。
- 測試期間平均功率最高為0dB狀態下53.29 W，符合數據機原廠55 W耗電規格，隨著設定分貝值下降，平均功率最低可降至**2.76 W**。

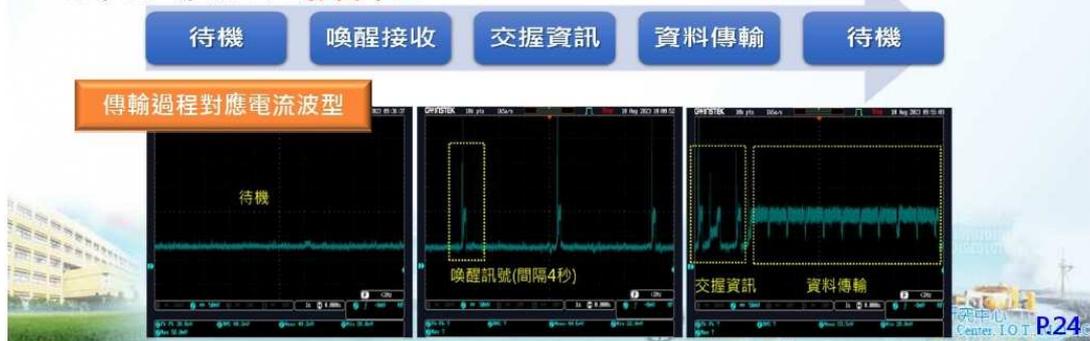
	數據機 原廠規格	0dB	-6dB	-12dB	-20dB
傳輸最大電流		2680 mA	760 mA	664 mA	832 mA
傳輸平均電流		2237 mA	675 mA	240 mA	116 mA
傳輸最大功率		63.84 W	18.10 W	15.82 W	19.82 W
傳輸平均功率	55 W	<b>53.29 W</b>	16.08 W	5.72 W	<b>2.76 W</b>

P.23

### 三、水下無線通訊技術應用於底碛式波流觀測系統 可行性評估(10/18)

#### ※水聲通訊數據機耗電量測試

- 數據機喚醒過程會以固定間隔頻率送出一較強喚醒訊號，電流波型產生明顯突波，使數據機進入資訊交握狀態，成功後才會進到資料傳輸階段，進入傳輸階段後，電流即會呈現穩定且連續方波訊號。
- 在傳輸時間上，成功喚醒對方數據機所需時間，很大程度影響數據機傳輸效率，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。



### 三、水下無線通訊技術應用於底碛式波流觀測系統 可行性評估(11/18)

#### ※大型試驗水槽水中通訊測試

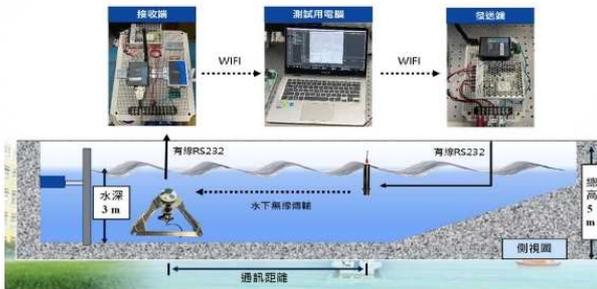
- 為瞭解無線式底碛波流觀測系統傳輸特性，特於成大水工所大型斷面試驗水槽實施水下通訊測試。
- EvoLogics建議，數據機運行環境至少需3 m x 2 m x 2 m，距水面及固體邊界需1 m，避免訊號反射干擾。
- 現場放水高度為3 m，數據機距水面及底部各約1.5 m。



### 三、水下無線通訊技術應用於底碛式波流觀測系統 可行性評估(12/18)

#### ※大型試驗水槽水中通訊測試

- 系統配置：發送端、接收端及測試用電腦。
- 訊號傳遞：測試電腦 -> WIFI -> WIFI-RS232轉換器 (發) -> RS232 -> 水下數據機 (發) -> 水下數據機 (接) -> RS232 -> WIFI-RS232轉換器 (接) -> WIFI -> 測試電腦。
- 記錄完成一個資料傳遞循環所需時間。



### 三、水下無線通訊技術應用於底碛式波流觀測系統 可行性評估(13/18)

#### ※大型試驗水槽水中通訊測試

- 傳輸固定檔案大小資料於不同通訊距離所需時間與傳輸速率，同一通訊距離施作3組，測試結果顯示：

- 隨著通訊距離增加，資料傳輸呈現較不穩定性情形，以檔案大小100 Byte、通訊距離15 m為例，3組試驗所需秒數為130.91 s、39.57s及60.66 s，傳輸秒數最多相差近3倍。
- 測試過程中觀察到，接收端數據機若能成功開始傳輸且收到字串，字串正確率皆為100%，若無法連線或交握中失敗，接收端將完全無訊息傳入。

傳輸固定大小檔案所需時間 ( sec )

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

### 三、水下無線通訊技術應用於底碛式波流觀測系統 可行性評估(14/18)

#### ※大型試驗水槽水中通訊測試

##### □ 測試結果顯示：

- 相同通訊距離下，**傳輸速率**隨著檔案大小增加而**遞增**，即大檔案傳輸可獲得**較佳**傳輸速率。
- AWAC每半小時即時回傳1筆觀測數據（約25KB），允許資料傳輸時間為**2分半**，測試期間最高傳輸速率為328.54 Byte/sec，以此傳輸速率約**需80秒**，尚於允許傳輸時間內，惟不同測試**場域**（如外海）及**通訊距離**皆會影響傳輸結果，仍需視不同環境**調整**。
- 於此測試環境，通訊距離大於5 m時，傳輸較大（>10KB）之檔案，中途傳輸**失敗風險**大幅上升，研判係因**訊號反射**干擾所導致。

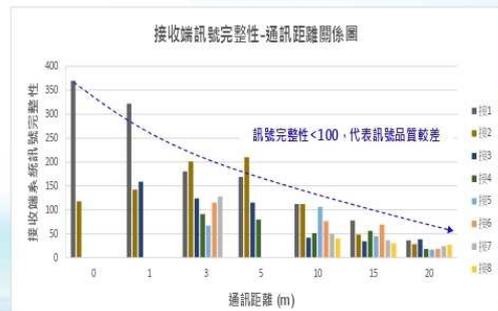
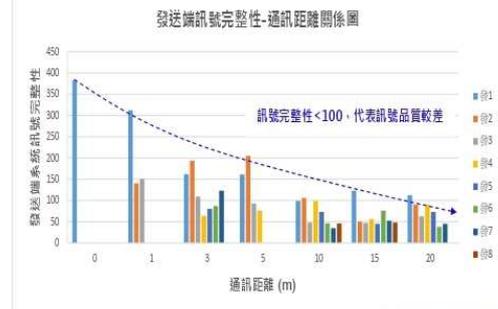
傳輸固定大小檔案所需速率 ( Byte/sec )

		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	-	-	-	-	

### 三、水下無線通訊技術應用於底碛式波流觀測系統 可行性評估(15/18)

#### ※大型試驗水槽水中通訊測試

- 雖已**滿足**數據機原廠所建議運行環境（3 m x 2 m x 2 m，距水面及固體邊界1 m），測試結果仍**未符合**預期。
- 推斷水中通訊遭受**干擾**，而導致訊號傳輸**不穩定**，理想通訊狀態下，發送端送出1筆數據，接收端僅會收到1筆資料。
- 從「訊號完整性-通訊距離關係圖」可發現：
  - 通訊距離**0 m**，發送端送出1筆數據，接收端卻收到2筆。
  - 通訊距離**1 m**，發送端除偵測到1筆由自身送出之數據，另收到2筆訊號完整性較差反射數據。

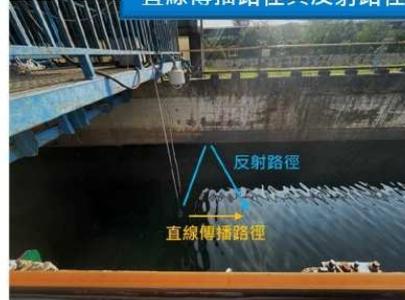


### 三、水下無線通訊技術應用於底碇式波流觀測系統 可行性評估(16/18)

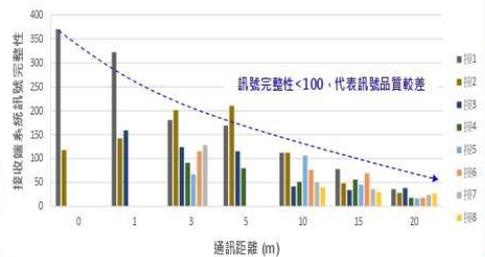
#### ※大型試驗水槽水中通訊測試

- 從「訊號完整性-通訊距離關係圖」可發現：
  - 通訊距離拉長至10 m以上，發送、接收端而外收到6~7筆反射數據，且訊號完整性普遍<100。
  - 訊號**反射**隨著通訊距離拉長而愈加**明顯**，訊號完整性**遞減**(>100可接受，<100較差)，可明顯看出訊號反射對數據機**運作影響**。
- 試驗水槽測試，環境雖已優於原廠建議值，但訊號於水中之反射情況仍**無法避免**。
- 訊號傳遞隨著通訊距離增加，水槽內的反射狀況會愈加明顯，研判每筆傳播出去之訊息會在水中**多次反射**，影響**主頻訊號強度**，**降低**水中通訊品質，造成通訊失敗。

直線傳播路徑與反射路徑示意



接收端訊號完整性-通訊距離關係圖



### 三、水下無線通訊技術應用於底碇式波流觀測系統 可行性評估(17/18)

#### ※小結

- 本計畫嘗試將本所AWAC系統與**水聲通訊數據機**整合，評估無線式底碇波流觀測系統應用於港區，執行長期監測作業之**可行性**。
- 從測試結果來看，數據機於**最佳**狀況下傳輸速率，應可**滿足**現行每半小時1筆觀測數據需求。
- 隨著通訊**距離延長**，因**訊號反射**導致傳輸**效果驟減**問題，仍需至實際觀測海域進一步**微調**系統確認。



無線式底碇波流觀測系統架構圖



### 三、水下無線通訊技術應用於底碛式波流觀測系統 可行性評估(18/18)

#### ※小結

- AWAC波流觀測模組運作與數據傳輸同時僅能擇一執行，數據傳輸與AWAC觀測排程重疊時，儀器將自動暫停該次波流場觀測作業。
- 如水中無線通訊系統於商港實測速率低於目前傳輸需求（25 KB檔案，2分半完成傳輸），建議可於AWAC與數據機間額外加裝控制器緩衝（Buffer）。
- 爾後每筆觀測數據先暫存於控制器內，使用者僅需針對控制器內存資料定期抓取，而不影響AWAC觀測排程，以達到海象即時監控與發布之目標。



無線式底碛波流觀測系統架構圖

### 四、高雄港港內靜穩度分析(1/10)

#### ※港內靜穩度測站介紹

- 為瞭解國內各主要商港之港內靜穩度，本所於109年起陸續於**花蓮港、蘇澳港、基隆港、臺北港、臺中港、布袋港及高雄港**等商港建置港內靜穩度測站，共計**16**站。

港區	測站編號	測站位置	測站座標	
			緯度	經度
花蓮港	HLHS01	9號碼頭	24°0'02.5"	121°38'14.6"
花蓮港	HLHS02	17號碼頭	23°59'19.8"	121°38'03.8"
花蓮港	HLHS03	25號碼頭	23°58'26.0"	121°37'36.4"
蘇澳港	SAHS01	8號碼頭	24°35'23.0"	121°52'02.0"
基隆港	KLHS01	東7碼頭	25°8'21.8"	121°45'02.8"
基隆港	KLHS02	東12A碼頭	25°8'36.0"	121°45'29.0"
基隆港	KLHS03	西27碼頭	25°9'03.4"	121°44'44.0"
臺北港	TPHS01	北2碼頭	25°9'55.4"	121°23'36.6"
臺北港	TPHS03	南9碼頭	25°8'46.0"	121°21'46.1"
臺中港	TCHS01	19號碼頭	24°15'44.2"	120°31'09.5"
臺中港	TCHS02	南迴船池旁	24°14'37.0"	120°29'14.0"
布袋港	BDHS01	東3碼頭	23°22'42.3"	120°8'17.9"
高雄港	KHHS01	洲際二期S5碼頭	22°31'42.1"	120°19'21.9"
高雄港	KHHS02	8號碼頭	22°36'52.3"	120°17'08.4"
高雄港	KHHS03	洲際二期S3碼頭	22°32'12.8"	120°18'51.9"
高雄港	KHHS04	洲際二期S13碼頭	22°32'07.1"	120°18'27.4"

## 四、高雄港港內靜穩度分析(2/10)

### ※港內靜穩度資料檢核

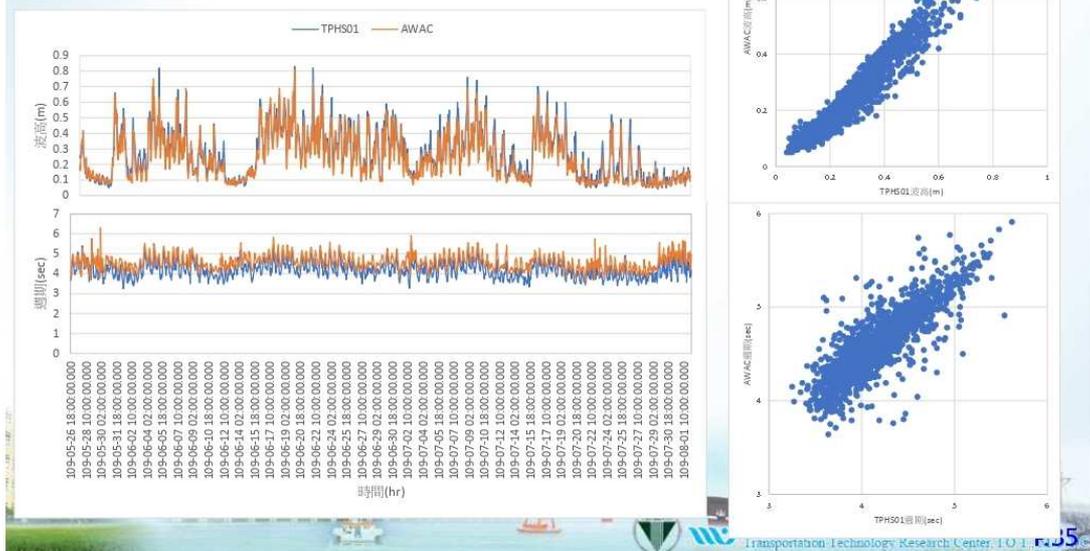
- 利用超音波式表面波高波向與剖面海流儀AWAC ( Acoustic Wave and Current profiler ) 與港內靜穩度觀測站TP01進行比對檢核，探討二者之相關性及差異性，比較檢核時間為**109年5月26日至8月2日**及**8月4日至11月3日**等期間。



## 四、高雄港港內靜穩度分析(3/10)

### ※港內靜穩度資料檢核

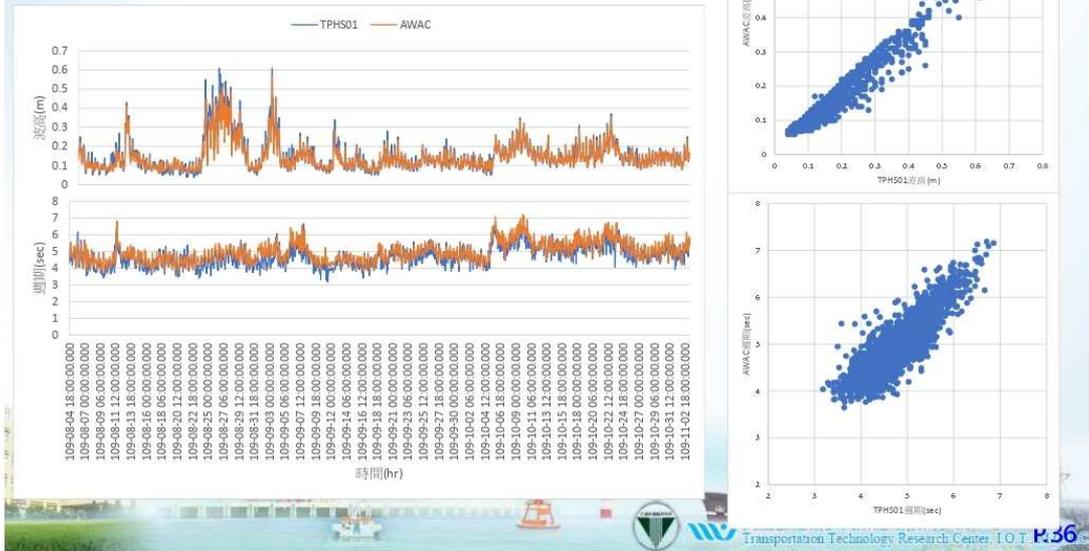
- 觀測資料驗證 - 109年5月26日至8月2日



## 四、高雄港港內靜穩度分析(4/10)

### ※港內靜穩度資料檢核

□ 觀測資料驗證 - 109年8月4日至11月3日



## 四、高雄港港內靜穩度分析(5/10)

### ※港內靜穩度資料分析

□ 為瞭解高雄港洲際二期之港內靜穩度，本所分別於110年5月及112年6月於洲際二期S5、S3及S13等碼頭建置港內靜穩度測站，並搭配二港口外海之AWAC進行港內靜穩度分析。



## 四、高雄港港內靜穩度分析(6/10)

### ※港內靜穩度資料分析

#### ▣ 逐月波高及週期統計分析表

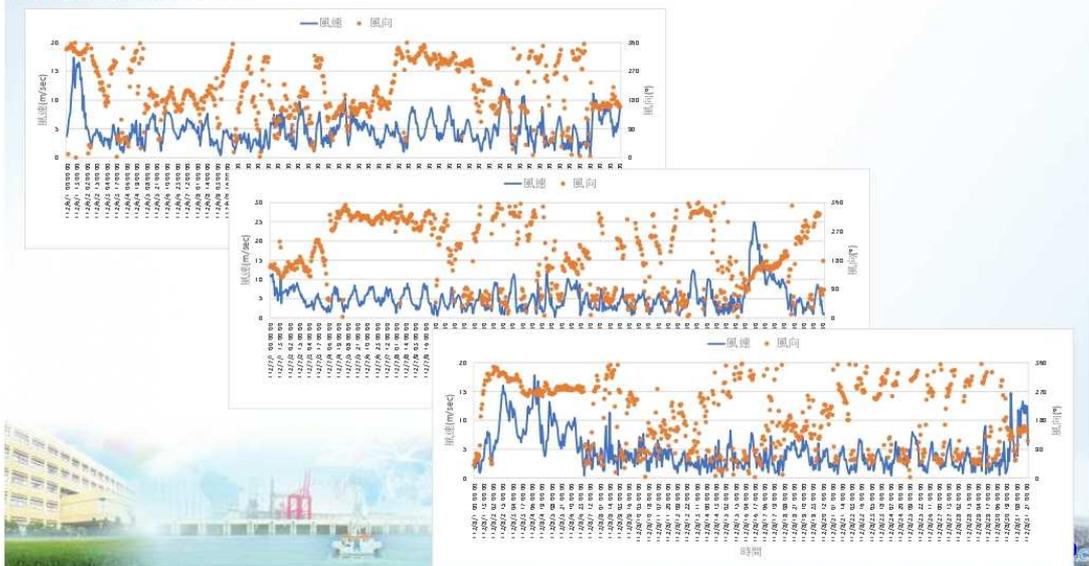
測站編號	觀測時間	示性波高(公尺)			週期(秒)		
		平均	最小	最大	平均	最小	最大
KHHS01	2023/06	0.08	0.03	0.47	4.33	2.82	9.06
	2023/07	0.12	0.03	0.55	5.19	2.73	10.38
	2023/08	0.11	0.04	0.45	4.54	2.82	10.1
KHHS03	2023/06	0.12	0.02	0.82	4.84	3.37	6.42
	2023/07	0.14	0.04	0.41	4.98	2.98	8.12
	2023/08	0.18	0.06	0.61	4.94	3.14	7.53
KHHS04	2023/06	0.13	0.05	1.09	4.83	3.23	7.29
	2023/07	0.16	0.04	0.51	5.08	2.95	8.66
	2023/08	0.19	0.07	0.83	5.01	3.24	8.66



## 四、高雄港港內靜穩度分析(7/10)

### ※港內靜穩度資料分析

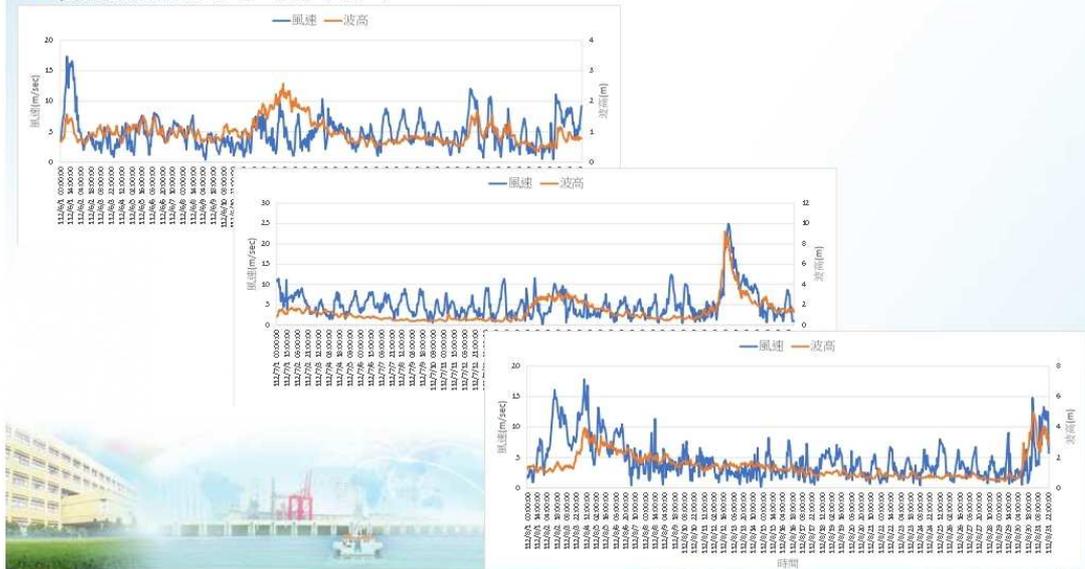
#### ▣ 風力時序列圖



## 四、高雄港港內靜穩度分析(8/10)

### ※港內靜穩度資料分析

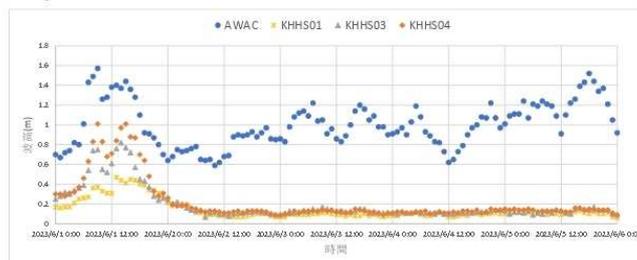
#### □ 風力及波高之時序列圖



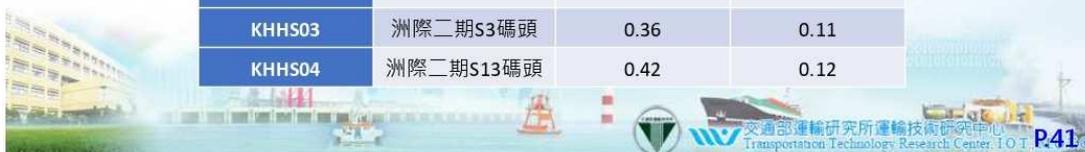
## 四、高雄港港內靜穩度分析(9/10)

### ※港內靜穩度資料分析

#### □ 波高時序列圖(觀測時間112年6月1日0時至6月10日23時)



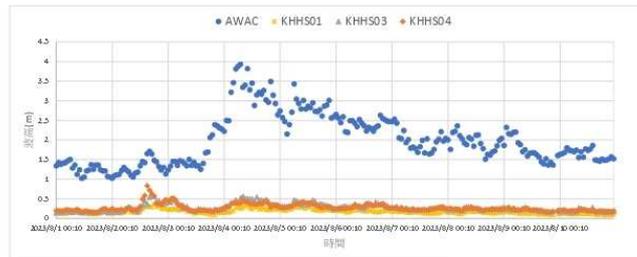
測站編號	測站位置	遮蔽係數	
		112/6/1 0:00 ~112/6/2 12:00	112/6/2 13:00 ~112/6/10 23:00
KHHS01	洲際二期S5碼頭	0.26	0.08
KHHS03	洲際二期S3碼頭	0.36	0.11
KHHS04	洲際二期S13碼頭	0.42	0.12



## 四、高雄港港內靜穩度分析(10/10)

### ※港內靜穩度資料分析

#### □ 波高時序列圖(觀測時間112年8月1日0時至8月10日23時)



測站編號	測站位置	遮蔽係數
KHHS01	洲際二期S5碼頭	0.08
KHHS03	洲際二期S3碼頭	0.11
KHHS04	洲際二期S13碼頭	0.15



## 六、結論與建議(1/4)

### ※ 結論

#### □ 商港歷年波浪觀測資料分析

- **全觀測期**，波高平均**安平港**0.65 m最小，週期以6 s以下為主，S~W象限波向佔64.4%，**臺中港**1.5 m最大，64.5%位於N~E象限，週期**近5成**落於6~8 s。
- **春季**，高雄港、安平港及布袋港波高平均皆**小於1 m**，以安平港**0.65 m**最小，整季波向63.5%落於S~W象限，**臺中港**1.2 m最大，N~E象限佔74.5%。
- **夏季**，臺灣受西南季風及颱風影響，高雄及安平港波高平均較春季增加約**0.3~0.4 m**，基隆港波高平均0.42 m為**8港最低**，週期8 s以下佔74.8%，**蘇澳港**波高平均1.08 m為此**季節最大**。
- **秋季**，東北季風**增強並趨於穩定**，布袋港**0.6 m**為各港中最小，主要波向80.6%於W~N象限，**臺中港**因受東北季風影響，波高平均**1.8 m**為各港最大，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**2.1 m**，為本計畫最大，N~E象限佔86.7%、波浪週期57.9%位於6~8 s，相較於夏季，波高增幅約**1.3 m**。



## 六、結論與建議(2/4)

### ※ 結論

#### □ 水下無線通訊技術應用於底碛式波流觀測系統可行性評估

- 傳輸模式耗電測試，數據機啟動傳輸瞬間會產生突波電流，當開始進行資料傳輸時，數據機電流會趨於平穩，測試期間數據機傳輸平均功率最高為 53.29 W，符合數據機原廠所提供 55 W 耗電規格，隨著設定分貝值下降，平均功率最低可降至 2.76 W。
- 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，數據機喚醒所需時間，將影響數據機傳輸效率，喚醒階段所產生瞬間電流突波，於傳輸過程中佔比不高，所消耗功率對整體耗電量影響較小。
- 大型斷面水槽水中通訊測試，數據機於最佳狀況下傳輸速率，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問題，仍需至實際觀測海域進一步微調系統確認。



## 六、結論與建議(3/4)

### ※ 結論

#### □ 高雄港港內靜穩度資料分析

- 112/6/1 00:00 ~ 6/2 12:00，高雄港二港口受瑪娃颱風外圍環流影響，港內外波高偏大，而在 112/6/2 13:00 ~ 6/10 23:00，港外波高約在 0.6~1.2 m，各港內靜穩度測站波高均小於 0.2 m，造成此現象可能原因係 112/6/1 00:00 ~ 6/2 12:00，外海主要風(波)向為北北西，高雄港二港口外海離岸防波堤無法有效遮蔽，茲造成港內波高偏大，導致發生不靜穩現象。
- 112/8/3 14:00 ~ 8/9 21:00，高雄港二港口受到卡努颱風外圍環流影響，港外最大波高達 3.93m，而各港內靜穩度測站波高多小於 0.5 m，主要原因可能係卡努颱風外圍環流所形成主要風(波)向為西北，外海離岸防波堤能有效阻絕波浪入射，因此港內仍處於相對靜穩狀態。



## 六、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**。
- 無線式底碇波流觀測系統評估顯示，為達到海象**即時**監控與發布之目標，建議可於AWAC與水聲通訊數據機間額外加裝控制器**緩衝**，使用者僅需針對控制器內存資料定期抓取，**不影響**AWAC觀測排程。

# 簡報完畢

# 敬請指教

