105-069-7900
MOTC-IOT-104-H2DA001a

104 年臺灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究(3/4)

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 105 年 6 月

105-069-7900
MOTC-IOT-104-H2DA001a

104 年臺灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究(3/4)

著 者：曾相茂、何良勝、曾俊傑

交 通 部 運 輸 研 究 所

中 華 民 國 105 年 6 月

105

104年臺灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究(3/4)

交通部運輸研究所

GPN：1010500852

定價 350 元

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

臺灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究. 104 年. (3/4) / 曾相茂, 何良勝, 曾俊傑著.
-- 初版. -- 臺北市 : 交通部運研所, 民 105.06
面 ; 公分
ISBN 978-986-04-8860-9(平裝)

1.海洋氣象 2.港埠 3.臺灣

444.94 105009343

104 年臺灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究 (3/4)

著　　者：曾相茂、何良勝、曾俊傑
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：臺北市敦化北路 240 號
網　　址：www.ihmt.gov.tw (中文版＞中心出版品)
電　　話：(04)26587176
出版年月：中華民國 105 年 6 月
印 刷 者：群彩印刷科技股份有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 70 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站
定　　價： 350 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880
國家書店松江門市：臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02)25180207
五南文化廣場：臺中市中山路 6 號 • 電話：(04)22260330

GPN：1010500852　　ISBN：978-986-04-8860-9（平裝）
著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)
本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：104 年臺灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究(3/4)

國際標準書號	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號	計畫編號
ISBN978-986-04-8860-9（平裝）	1010500852	105-069-7900	104-H2DA001a

主辦單位：港灣技術研究中心
主管：邱永芳
計畫主持人：曾相茂
研究人員：何良勝、羅冠顯、曾俊傑
參與人員：楊怡芸、陳進冰
聯絡電話：04-26587193

研究期間
自 104 年 01 月
至 104 年 12 月

關鍵詞：海氣象觀測網、半日潮、全日潮、風速、波高、流速

摘要：

今年(1)基隆港風觀測結果，冬季平均風速最高，達 5.08m/s，全年平均風速值為 3.49m/s；波浪觀測結果，年平均 Hs 波高為 1.16m，本年度測得 Hs 極大值 6.11m；海流觀測結果，年平均流速為 28.78cm/s，年流速極大值為 185.9cm/s；水位以全日潮為主，半日潮為輔，主要為複合潮。(2)蘇澳港風觀測結果，冬季平均風速最高為 4.28m/s，全年平均風速值為 3.79m/s；波浪觀測結果，年平均 Hs 波高為 1.33m，本年度測得 Hs 極大值 16.44m；海流觀測結果，年平均流速為 14.54cm/s，年流速極大值為 224.9cm/s；水位以全日潮為主，半日潮為輔，主要為複合潮。(3)花蓮港風觀測結果，冬季平均風速最高為 4.02m/s，全年平均風速值為 3.32m/s；波浪觀測結果，年平均 Hs 波高為 1.20m，本年度測得 Hs 極大值 8.94m；海流觀測結果，年平均流速為 16.54cm/s，年流速極大值為 102.7cm/s；水位以全日潮為主，半日潮為輔，主要為複合潮。(4)高雄港風觀測結果，冬平均風速最高為 5.38m/s，全年平均風速值為 4.61m/s；波浪觀測結果，年平均 Hs 波高為 0.77m，本年度測得 Hs 極大值 5.8m；海流觀測結果，年平均流速為 19.12cm/s，年流速極大值為 127.1cm/s；水位以全日潮為主，半日潮為輔，主要為複合潮。(5)臺中港風觀測結果，冬季平均風速最高為 12.89m/s，全年平均風速值為 9.06m/s；波浪觀測結果，年平均 Hs 波高為 1.37m，本年度測得 Hs 極大值 10.95m；海流觀測結果，年平均流速為 28.86cm/s，年流速極大值為 259.7cm/s；水位主要為複合潮，但半日潮的成份大於全日潮。依據本計畫完成之工作成果，歷年來觀測數據已提供給政府機關及多所學術單位作進一步利用，而本所建立各港口長期觀測網站查詢系統及海氣象資料庫，可協助及提供各港務局所屬船舶交通管理系統所迫切需要之海氣象資料。另一方面為彌補觀測站受局部之限制，配合本所其他研究計畫提供資料而在港口附近海域之海氣象資料以推導方式進行比對，以期獲得較全面性、完整之海象資料特性。

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
105 年 6 月	402	350	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。

機密等級：
□密□機密 □極機密 □絕對機密
（解密條件：□ 年 月 日解密，□公布後解密，□附件抽存後解密，
□工作完成或會議終了時解密，□另行檢討後辦理解密）
■普通

備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。

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

TITLE: Measurement of the Environmental Data in the Ocean and Atmosphere Near the International Harbors in Taiwan (3/4)

ISBN	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
978-986-04-8860-9 (pbk)	1010500852	105-069-7900	104-H2DA001a

DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER
DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Hsiang – Mao Tseng
PROJECT STAFF: Liang-Sheng Ho, Guan-Sian Luo, Jun-Jie Tseng
PHONE: 886-4-26587193
FAX: 886-4-26571329

PROJECT PERIOD
FROM January 2015
TO December 2015

KEY WORDS: Weather observational net, semi-diurnal tides, diurnal tides, wind speed, significant wave height, current speed

ABSTRACT:

This year (1) Keelung Harbor wind observations, the average winter maximum wind speed, up to 5.08m / s, the annual average wind speed is 3.49m / s; wave observations, the average wave height Hs is 1.16m, the maximum value measured Hs year 6.11m; ocean current observations, the average flow rate of 28.78cm / s, the maximum value in velocity 185.9cm / s; full-tide level mainly semidiurnal tide, giving the main composite tide. (2) Suao Harbor wind observations, the average winter wind speed up to 4.28m / s, the annual average wind speed is 3.79m / s; wave observations, the average wave height Hs is 1.33m, the maximum value measured Hs year 16.44 m; ocean current observations, the average flow rate of 14.54cm / s, the maximum value in the flow rate of 224.9cm / s; full-tide level mainly semidiurnal tide, giving the main composite tide. (3) Haulien Harbor wind observations, the average winter wind speed up to 4.02m / s, the annual average wind speed is 3.32m / s; wave observations, the average wave height Hs is 1.20m, the maximum value measured Hs year 8.94m; Current observations, the average flow rate of 16.54cm / s, the maximum value in velocity 102.7cm / s; full-tide level mainly semidiurnal tide, giving the main composite tide. (4) Kaohsiung harbor wind observations, winter average wind speed of up to 5.38m / s, the annual average wind speed is 4.61m / s; wave observations, the average wave height Hs 0.77m, measured 5.8m Hs maxima year; Current observations, the average flow rate of 19.12cm / s, the maximum value in the flow rate of 127.1cm / s; full-tide level mainly semidiurnal tide, giving the main composite tide. (5) Taichung harbor wind observations, the average winter wind speed of up to 12.89m / s, the annual average wind speed is 9.06m / s; wave observations, the average wave height Hs is 1.37m, the maximum value measured Hs year 10.95m; Current observations, the average flow rate of 28.86cm / s, the maximum value in velocity 259.7cm / s; water main composite tide, but semidiurnal tide ingredients is greater than the whole day. Based on the results of this project work completed over the years observed data have been provided to government agencies and a number of academic institutions for further use, and this long-term observation of the harbor established website and sea meteorological database system, can assist and provide each Harbor bureaus vessel traffic management system is an urgent need for a sea of meteorological data.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
June 2016	402	350	☐RESTRICTED ☐CONFIDENTIAL ☐SECRET ☐TOP SECRET ■UNCLASSIFIED

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

目　錄

頁 次

中文摘要 ..... Ⅰ

英文摘要 ..... Ⅱ

目錄 ..... Ⅲ

圖目表 III

表目錄 III

第一章　海氣象資料蒐集與資料庫建置 1-1

1.1　前言 1-1

1.2　資料庫作業概述 1-3

1.2.1 波浪資料庫 1-3

1.2.2 海流資料庫 1-3

1.2.3 風速、風向資料庫 1-4

1.2.4 潮汐資料庫 1-4

第二章　臺灣五個國際港區海氣象現場觀測調查概述 2-1

2.1　本所五個國際港區海氣象觀測儀器回顧與演進 2-1

2.1.1 海氣象觀測的目的 2-2

2.1.2 臺灣地區五個國際港區觀測儀器的演進 2-2

2.1.3 儀器型式 2-4

2.2　臺灣五個國際港區觀測站的現況概述 2-5

2.2.1 基隆港 2-5

2.2.2 蘇澳港.....2-6
2.2.3 花蓮港.....2-7
2.2.4 高雄港 2-7
2.2.5 臺中港 2-8
2.3 臺灣五個國際港區海氣象觀測站儀器介紹 2-10
2.3.1 儀器介紹.....2-11
2.3.2 系統硬體架構.....2-12
2.3.3 AWCP 系統資料處理架.....2-12
2.4 系統資料處理.....2-14
2.4.1 前處理 2-14
2.4.2 中處理 2-14
2.4.3.後處理 2-15
第三章　2015 年基隆港海氣象資料分析與特性.....3-1
3.1　觀測方法.....3-1
3.1.1 波浪的量測.....3-1
3.1.2 水位的量測.....3-1
3.1.3 海流的量測.....3-1
3.1.4 溫度的量測.....3-2
3.2　基隆港海氣象觀測站基本資料分析與特性.....3-2
3.2.1 海流、水位.....3-2
3.2.2 波浪.....3-2

3.2.3 颱風波浪.....3-3
第四章　2015 年蘇澳港海氣象資料分析與特性.....4-1
4.1　觀測方法.....4-1
4.1.1 波浪的量測.....4-1
4.1.2 水位的量測.....4-1
4.1.3 海流的量測.....4-2
4.1.4 溫度的量測.....4-2
4.2　蘇澳港基本資料分析與特性.....4-2
4.2.1 海流、水溫、水位.....4-2
4.2.2 波浪.....4-3
4.2.3 颱風波浪.....4-3
第五章　2015 年花蓮港海氣象資料分析與特性.....5-1
5.1　觀測方法.....5-1
5.1.1 波浪的量測.....5-1
5.1.2 水位的量測.....5-1
5.1.3 海流的量測.....5-1
5.1.4 溫度的量測.....5-1
5.2　花蓮港基本資料分析與特性.....5-2
5.2.1 海流、水溫、水位.....5-2
5.2.2 波浪.....5-2
第六章　2015 年高雄港海氣象資料分析與特性.....6-1

6.1 觀測方法.....6-1
6.1.1 波浪的量測.....6-1
6.1.2 水位的量測.....6-1
6.1.3 海流的量測.....6-1
6.1.4 溫度的量測.....6-2
6.2 高雄港基本資料分析與特性.....6-2
6.2.1 海流.....6-2
6.2.2 波浪.....6-2
第七章 2015 年臺中港海氣象資料分析與特性.....7-1
7.1 觀測方法.....7-1
7.1.1 波浪的量測.....7-2
7.1.2 水位的量測.....7-2
7.1.3 海流的量測.....7-2
7.1.4 溫度的量測.....7-2
7.2 臺中港基本資料分析與特性.....7-2
7.2.1 海流、水位.....7-2
7.2.2 波浪.....7-3
第八章 2015 年颱風觀測資料分析.....8-1
8.1 前言.....8-1
8.2 2014 年之颱風波浪特性.....8-1
8.3 量測期間颱風概況.....8-2

8.4 淺談瘋狗浪之預警.....8-7
第九章 歷年來觀測資料分析.....9-1
9.1 海氣象資料應用.....9-1
9.2 歷年來波浪資料分析.....9-2
9.2.1 波高、週期、波向統計.....9-2
9.3 歷年來海流資料分析.....9-5
9.4 歷年來風速風向資料分析.....9-7

第十章 結論與建議.....10-1
10.1 結論.....10-1
10.2 建議.....10-4
10.3 成果效益及後續應用情形.....10-6
參考文獻 R-1
附錄一、 104 年高雄港二港口北堤外海海象觀測站 AWCP 施工報告書.....附錄 1-1
附錄二、水理的臺灣海峽長度-海洋工程學刊.....附錄 2-1
附錄三、第 37 屆海洋工程研討會第 77-82 頁「AWCP 之波浪監測紀錄分析與其統計特性」.....附錄 3-1
附錄四、 第 37 屆海洋工程研討會第 83-88 頁「臺灣東海岸颱風長浪演化歷程之共通特性」.....附錄 4-1
附錄五、104 年天氣分析與預報研討第 A5-11「臺灣五大商港海域之波浪觀測與長浪之辨識」.....附錄 5-1

附錄六、海洋工程學刊_14 卷 3 期_04「臺灣近海及七大商港海域之潮流橢圓特性 ..... 附錄 6-1
附錄七、期末審查二聯表 ..... 附錄 7-1

圖 目 錄

圖 2.1　100 年 8 月完成之基隆港海氣象觀測站儀器安裝佈置示意圖 2-17
圖 2.2　101 年 8 月完成之蘇澳港海氣象測站儀器安裝佈置示意圖 2-17
圖 2.3　102 年 7 月完成之花蓮港海氣象觀測站儀器安裝佈置示意圖 2-18
圖 2.4　104 年 9 月完成之高雄港海氣象觀測站儀器安裝佈置示意圖 2-18
圖 2.5　103 年 8 月完成之臺中港海氣象觀測站儀器安裝佈置示意圖 2-19
圖 2.6　本所海氣象長期觀測監測系統架構圖 2-20
圖 2.7　海氣象觀測站監測系統網站 2-20
圖 2.8　AWCP 波高波向與剖面海流即時傳送監測系統示意圖 2-21
圖 2.9　五個國際港區海氣象觀測站系統架構示意圖 2-21
圖 2.10　AWCP 監測系統波浪量測模式說明圖 2-22
圖 2.11　AWCP 監測系統海流量測模式說明圖 2-22
圖 2.12　AWCP 監測系統資料前處圖 2-23
圖 2.13　AWCP 監測系統之壓力式波浪水位變化圖 2-23
圖 2.14　AWCP 監測系統之波高、週期、潮位、流速、流向、波向之逐時變 2-23
圖 2.15 AWCP 系統傳回本所接收站經過前處理後結果狀 2-24
圖 2.16 AWCP 系統傳回本所接收站經過中處理後結果狀況 2-25
圖 2.17 臺灣五個國際港區潮位觀測資料轉換成即時傳輸顯示圖 2-25

圖 2.18 基隆港、蘇澳港、花蓮潮位站 2011 年 3 月 11 日 12 時到 13 日 12 時日本 3 月 11 日 13:47 大地震引發強烈海嘯傳遞抵達之狀況.....2-25
圖 2.19 基隆港、高雄港、臺中港潮位站 2011 年 3 月 11 日 12 時到 13 日 23 時日本 3 月 11 日 13:47 大地震引發強烈海嘯傳遞抵達之狀況.....2-26
圖 2.20 基隆港 AWCP 觀測站 3 月 11 日 18:10 至 18:44 及 19:10 至 19:44 之壓力式水位變化狀況圖.....2-26
圖 3.1 2015 年 1 月基隆港波、流、潮、風逐時歷線圖 3-4
圖 3.2 2015 年 2 月基隆港波、流、潮、風逐時歷線圖 3-5
圖 3.3 2015 年 3 月基隆港波、流、潮、風逐時歷線圖 3-6
圖 3.4 2015 年 4 月基隆港波、流、潮、風逐時歷線圖 3-7
圖 3.5 2015 年 5 月基隆港波、流、潮、風逐時歷線圖 3-8
圖 3.6 2015 年 6 月基隆港波、流、潮、風逐時歷線圖 3-9
圖 3.7 2015 年 7 月基隆港波、流、潮、風逐時歷線圖 3-10
圖 3.8 2015 年 8 月基隆港波、流、潮、風逐時歷線圖 3-11
圖 3.9 2015 年 9 月基隆港波、流、潮、風逐時歷線圖 3-12
圖 3.10 2015 年 10 月基隆港波、流、潮、風逐時歷線圖 3-13
圖 3.11 2015 年 11 月基隆港波、流、潮、風逐時歷線圖 3-14
圖 3.12 2015 年 12 月基隆港波、流、潮、風逐時歷線圖 3-15
圖 3.13 2015 年 1 月基隆港測站-波浪玫瑰圖 3-16
圖 3.14 2015 年 2 月基隆港測站-波浪玫瑰圖 3-16
圖 3.15 2015 年 3 月基隆港測站-波浪玫瑰圖 3-16
圖 3.16 2015 年 4 月基隆港測站-波浪玫瑰圖 3-16
圖 3.17 2015 年 5 月基隆港測站-波浪玫瑰圖 3-17

圖 3.18　2015 年 6 月基隆港測站-波浪玫瑰圖 3-17
圖 3.19　2015 年 7 月基隆港測站-波浪玫瑰圖 3-17
圖 3.20　2015 年 8 月基隆港測站-波浪玫瑰圖 3-17
圖 3.21　2015 年 9 月基隆港測站-波浪玫瑰圖 3-18
圖 3.22　2015 年 10 月基隆港測站-波浪玫瑰圖 3-18
圖 3.23　2015 年 11 月基隆港測站-波浪玫瑰圖 3-18
圖 3.24　2015 年 12 月基隆港測站-波浪玫瑰圖 3-18
圖 3.25　2015 年 1 月基隆港測站-上層海流玫瑰圖 3-19
圖 3.26　2015 年 2 月基隆港測站-上層海流玫瑰圖 3-19
圖 3.27　2015 年 3 月基隆港測站-上層海流玫瑰圖 3-19
圖 3.28　2015 年 4 月基隆港測站-上層海流玫瑰圖 3-19
圖 3.29　2015 年 5 月基隆港測站-上層海流玫瑰圖 3-20
圖 3.30　2015 年 6 月基隆港測站-上層海流玫瑰圖 3-20
圖 3.31　2015 年 7 月基隆港測站-上層海流玫瑰圖 3-20
圖 3.32　2015 年 8 月基隆港測站-上層海流玫瑰圖 3-20
圖 3.33　2015 年 9 月基隆港測站-上層海流玫瑰圖 3-21
圖 3.34　2015 年 10 月基隆港測站-上層海流玫瑰圖 3-21
圖 3.35　2015 年 11 月基隆港測站-上層海流玫瑰圖 3-21
圖 3.36　2015 年 12 月基隆港測站-上層海流玫瑰圖 3-21
圖 3.37　2015 年 1 月基隆港測站-風玫瑰圖 3-22
圖 3.38　2015 年 2 月基隆港測站-風玫瑰圖 3-22
圖 3.39　2015 年 3 月基隆港測站-風玫瑰圖 3-22
圖 3.40　2015 年 4 月基隆港測站-風玫瑰圖 3-22
圖 3.41　2015 年 5 月基隆港測站-風玫瑰圖 3-23

圖 3.42 2015 年 6 月基隆港測站-風玫瑰圖 3-23
圖 3.43 2015 年 7 月基隆港測站-風玫瑰圖 3-23
圖 3.44 2015 年 8 月基隆港測站-風玫瑰圖 3-23
圖 3.45 2015 年 9 月基隆港測站-風玫瑰圖 3-24
圖 3.46 2015 年 10 月基隆港測站-風玫瑰圖 3-24
圖 3.47 2015 年 11 月基隆港測站-風玫瑰圖 3-24
圖 3.48 2015 年 12 月基隆港測站-風玫瑰圖 3-24
圖 4.1 2015 年 1 月蘇澳港波、流、潮、風逐時歷線圖 4-5
圖 4.2 2015 年 2 月蘇澳港波、流、潮、風逐時歷線圖 4-6
圖 4.3 2015 年 3 月蘇澳港波、流、潮、風逐時歷線圖 4-7
圖 4.4 2015 年 4 月蘇澳港波、流、潮、風逐時歷線圖 4-8
圖 4.5 2015 年 5 月蘇澳港波、流、潮、風逐時歷線圖 4-9
圖 4.6 2015 年 6 月蘇澳港波、流、潮、風逐時歷線圖 4-10
圖 4.7 2015 年 7 月蘇澳港波、流、潮、風逐時歷線圖 4-11
圖 4.8 2015 年 8 月蘇澳港波、流、潮、風逐時歷線圖 4-12
圖 4.9 2015 年 9 月蘇澳港波、流、潮、風逐時歷線圖 4-13
圖 4.10 2015 年 10 月蘇澳港波、流、潮、風逐時歷線圖 4-14
圖 4.11 2015 年 11 月蘇澳港波、流、潮、風逐時歷線圖 4-15
圖 4.12 2015 年 12 月蘇澳港波、流、潮、風逐時歷線圖 4-16
圖 4.13 2015 年 1 月蘇澳港測站-波浪玫瑰圖 4-17
圖 4.14 2015 年 2 月蘇澳港測站-波浪玫瑰圖 4-17
圖 4.15 2015 年 3 月蘇澳港測站-波浪玫瑰圖 4-17
圖 4.16 2015 年 4 月蘇澳港測站-波浪玫瑰圖 4-17
圖 4.17 2015 年 5 月蘇澳港測站-波浪玫瑰圖 4-18

圖 4.18　2015 年 6 月蘇澳港測站-波浪玫瑰圖 4-18
圖 4.19　2015 年 7 月蘇澳港測站-波浪玫瑰圖 4-18
圖 4.20　2015 年 8 月蘇澳港測站-波浪玫瑰圖 4-18
圖 4.21　2015 年 9 月蘇澳港測站-波浪玫瑰圖 4-19
圖 4.22　2015 年 10 月蘇澳港測站-波浪玫瑰圖 4-19
圖 4.23　2015 年 11 月蘇澳港測站-波浪玫瑰圖 4-19
圖 4.24　2015 年 12 月蘇澳港測站-波浪玫瑰圖 4-19
圖 4.25　2015 年 1 月蘇澳港測站-上層海流玫瑰圖 4-20
圖 4.26　2015 年 2 月蘇澳港測站-上層海流玫瑰圖 4-20
圖 4.27　2015 年 3 月蘇澳港測站-上層海流玫瑰圖 4-20
圖 4.28　2015 年 4 月蘇澳港測站-上層海流玫瑰圖 4-20
圖 4.29　2015 年 5 月蘇澳港測站-上層海流玫瑰圖 4-21
圖 4.30　2015 年 6 月蘇澳港測站-上層海流玫瑰圖 4-21
圖 4.31　2015 年 7 月蘇澳港測站-上層海流玫瑰圖 4-21
圖 4.32　2015 年 8 月蘇澳港測站-上層海流玫瑰圖 4-21
圖 4.33　2015 年 9 月蘇澳港測站-上層海流玫瑰圖 4-22
圖 4.34　2015 年 10 月蘇澳港測站-上層海流玫瑰圖 4-22
圖 4.35　2015 年 11 月蘇澳港測站-上層海流玫瑰圖 4-22
圖 4.36　2015 年 12 月蘇澳港測站-上層海流玫瑰圖 4-22
圖 4.37　2015 年 1 月蘇澳港測站-風玫瑰圖 4-22
圖 4.38　2015 年 2 月蘇澳港測站-風玫瑰圖 4-23
圖 4.39　2015 年 3 月蘇澳港測站-風玫瑰圖 4-23
圖 4.40　2015 年 4 月蘇澳港測站-風玫瑰圖 4-23
圖 4.41　2015 年 5 月蘇澳港測站-風玫瑰圖 4-24

圖 4.42 2015 年 6 月蘇澳港測站-風玫瑰圖 4-24
圖 4.43 2015 年 7 月蘇澳港測站-風玫瑰圖 4-24
圖 4.44 2015 年 8 月蘇澳港測站-風玫瑰圖 4-24
圖 4.45 2015 年 9 月蘇澳港測站-風玫瑰圖 4-25
圖 4.46 2015 年 10 月蘇澳港測站-風玫瑰圖 4-25
圖 4.47 2015 年 11 月蘇澳港測站-風玫瑰圖 4-25
圖 4.48 2015 年 12 月蘇澳港測站-風玫瑰圖 4-25
圖 5.1 2015 年 1 月花蓮港波、流、潮、風逐時歷線圖 5-4
圖 5.2 2015 年 2 月花蓮港波、流、潮、風逐時歷線圖 5-5
圖 5.3 2015 年 3 月花蓮港波、流、潮、風逐時歷線圖 5-6
圖 5.4 2015 年 4 月花蓮港波、流、潮、風逐時歷線圖 5-7
圖 5.5 2015 年 5 月花蓮港波、流、潮、風逐時歷線圖 5-8
圖 5.6 2015 年 6 月花蓮港波、流、潮、風逐時歷線圖 5-9
圖 5.7 2015 年 7 月花蓮港波、流、潮、風逐時歷線圖 5-10
圖 5.8 2015 年 8 月花蓮港波、流、潮、風逐時歷線圖 5-11
圖 5.9 2015 年 9 月花蓮港波、流、潮、風逐時歷線圖 5-12
圖 5.10 2015 年 10 月花蓮港波、流、潮、風逐時歷線圖 5-13
圖 5.11 2015 年 11 月花蓮港波、流、潮、風逐時歷線圖 5-14
圖 5.12 2015 年 12 月花蓮港波、流、潮、風逐時歷線圖 5-15
圖 5.13 2015 年 1 月花蓮港測站-波浪玫瑰圖 5-16
圖 5.14 2015 年 2 月花蓮港測站-波浪玫瑰圖 5-16
圖 5.15 2015 年 3 月花蓮港測站-波浪玫瑰圖 5-16
圖 5.16 2015 年 4 月花蓮港測站-波浪玫瑰圖 5-16
圖 5.17 2015 年 5 月花蓮港測站-波浪玫瑰圖 5-17

圖 5.18　2015 年 6 月花蓮港測站-波浪玫瑰圖 5-17
圖 5.19　2015 年 7 月花蓮港測站-波浪玫瑰圖 5-17
圖 5.20　2015 年 8 月花蓮港測站-波浪玫瑰圖 5-17
圖 5.21　2015 年 9 月花蓮港測站-波浪玫瑰圖 5-18
圖 5.22　2015 年 10 月花蓮港測站-波浪玫瑰圖 5-18
圖 5.23　2015 年 11 月花蓮港測站-波浪玫瑰圖 5-18
圖 5.24　2015 年 12 月花蓮港測站-波浪玫瑰圖 5-18
圖 5.25　2015 年 1 月花蓮港測站-上層海流玫瑰圖 5-19
圖 5.26　2015 年 2 月花蓮港測站-上層海流玫瑰圖 5-19
圖 5.27　2015 年 3 月花蓮港測站-上層海流玫瑰圖 5-19
圖 5.28　2015 年 4 月花蓮港測站-上層海流玫瑰圖 5-19
圖 5.29　2015 年 5 月花蓮港測站-上層海流玫瑰圖 5-20
圖 5.30　2015 年 6 月花蓮港測站-上層海流玫瑰圖 5-20
圖 5.31　2015 年 7 月花蓮港測站-上層海流玫瑰圖 5-20
圖 5.32　2015 年 8 月花蓮港測站-上層海流玫瑰圖 5-20
圖 5.33　2015 年 9 月花蓮港測站-上層海流玫瑰圖 5-21
圖 5.34　2015 年 10 月花蓮港測站-上層海流玫瑰圖 5-21
圖 5.35　2015 年 11 月花蓮港測站-上層海流玫瑰圖 5-21
圖 5.36　2015 年 12 月花蓮港測站-上層海流玫瑰圖 5-21
圖 5.37　2015 年 1 月花蓮港測站-風玫瑰圖 5-22
圖 5.38　2015 年 2 月花蓮港測站-風玫瑰圖 5-22
圖 5.39　2015 年 3 月花蓮港測站-風玫瑰圖 5-22
圖 5.40　2015 年 4 月花蓮港測站-風玫瑰圖 5-22
圖 5.41　2015 年 5 月花蓮港測站-風玫瑰圖 5-23

圖 5.42 2015 年 6 月花蓮港測站-風玫瑰圖 5-23
圖 5.43 2015 年 7 月花蓮港測站-風玫瑰圖 5-23
圖 5.44 2015 年 8 月花蓮港測站-風玫瑰圖 5-23
圖 5.45 2015 年 9 月花蓮港測站-風玫瑰圖 5-24
圖 5.46 2015 年 10 月花蓮港測站-風玫瑰圖 5-24
圖 5.47 2015 年 11 月花蓮港測站-風玫瑰圖 5-24
圖 5.48 2015 年 12 月花蓮港測站-風玫瑰圖 5-24
圖 6.1 2015 年 1 月高雄港波、流、潮、風逐時歷線圖 6-4
圖 6.2 2015 年 2 月高雄港波、流、潮、風逐時歷線圖 6-5
圖 6.3 2015 年 3 月高雄港波、流、潮、風逐時歷線圖 6-6
圖 6.4 2015 年 4 月高雄港波、流、潮、風逐時歷線圖 6-7
圖 6.5 2015 年 5 月高雄港波、流、潮、風逐時歷線圖 6-8
圖 6.6 2015 年 6 月高雄港波、流、潮、風逐時歷線圖 6-9
圖 6.7 2015 年 7 月高雄港波、流、潮、風逐時歷線圖 6-10
圖 6.8 2015 年 8 月高雄港波、流、潮、風逐時歷線圖 6-11
圖 6.9 2015 年 9 月高雄港波、流、潮、風逐時歷線圖 6-12
圖 6.10 2015 年 10 月高雄港波、流、潮、風逐時歷線圖 6-13
圖 6.11 2015 年 11 月高雄港波、流、潮、風逐時歷線圖 6-14
圖 6.12 2015 年 12 月高雄港波、流、潮、風逐時歷線圖 6-15
圖 6.13 2015 年 1 月高雄港測站-波浪玫瑰圖 6-16
圖 6.14 2015 年 2 月高雄港測站-波浪玫瑰圖 6-16
圖 6.15 2015 年 3 月高雄港測站-波浪玫瑰圖 6-16
圖 6.16 2015 年 4 月高雄港測站-波浪玫瑰圖 6-16
圖 6.17 2015 年 5 月高雄港測站-波浪玫瑰圖 6-17

圖 6.18　2015 年 6 月高雄港測站-波浪玫瑰圖 6-17
圖 6.19　2015 年 7 月高雄港測站-波浪玫瑰圖 6-17
圖 6.20　2015 年 8 月高雄港測站-波浪玫瑰圖 6-17
圖 6.21　2015 年 9 月高雄港測站-波浪玫瑰圖 6-18
圖 6.22　2015 年 10 月高雄港測站-波浪玫瑰圖 6-18
圖 6.23　2015 年 11 月高雄港測站-波浪玫瑰圖 6-18
圖 6.24　2015 年 12 月高雄港測站-波浪玫瑰圖 6-18
圖 6.25　2015 年 1 月高雄港測站-上層海流玫瑰圖 6-19
圖 6.26　2015 年 2 月高雄港測站-上層海流玫瑰圖 6-19
圖 6.27　2015 年 3 月高雄港測站-上層海流玫瑰圖 6-19
圖 6.28　2015 年 4 月高雄港測站-上層海流玫瑰圖 6-19
圖 6.29　2015 年 5 月高雄港測站-上層海流玫瑰圖 6-20
圖 6.30　2015 年 6 月高雄港測站-上層海流玫瑰圖 6-20
圖 6.31　2015 年 7 月高雄港測站-上層海流玫瑰圖 6-20
圖 6.32　2015 年 8 月高雄港測站-上層海流玫瑰圖 6-20
圖 6.33　2015 年 9 月高雄港測站-上層海流玫瑰圖 6-21
圖 6.34　2015 年 10 月高雄港測站-上層海流玫瑰圖 6-21
圖 6.35　2015 年 11 月高雄港測站-上層海流玫瑰圖 6-21
圖 6.36　2015 年 12 月高雄港測站-上層海流玫瑰圖 6-21
圖 6.37　2015 年 1 月高雄港測站-風玫瑰圖 6-22
圖 6.38　2015 年 2 月高雄港測站-風玫瑰圖 6-22
圖 6.39　2015 年 3 月高雄港測站-風玫瑰圖 6-22
圖 6.40　2015 年 4 月高雄港測站-風玫瑰圖 6-22
圖 6.41　2015 年 5 月高雄港測站-風玫瑰圖 6-23

圖 6.42 2015 年 6 月高雄港測站-風玫瑰圖 6-23
圖 6.43 2015 年 7 月高雄港測站-風玫瑰圖 6-23
圖 6.44 2015 年 8 月高雄港測站-風玫瑰圖 6-23
圖 6.45 2015 年 9 月高雄港測站-風玫瑰圖 6-24
圖 6.46 2015 年 10 月高雄港測站-風玫瑰圖 6-24
圖 6.47 2015 年 11 月高雄港測站-風玫瑰圖 6-24
圖 6.48 2015 年 12 月高雄港測站-風玫瑰圖 6-24
圖 7.1 2015 年 1 月臺中港波、流、潮、風逐時歷線圖 7-4
圖 7.2 2015 年 2 月臺中港波、流、潮、風逐時歷線圖 7-5
圖 7.3 2015 年 3 月臺中港波、流、潮、風逐時歷線圖 7-6
圖 7.4 2015 年 4 月臺中港波、流、潮、風逐時歷線圖 7-7
圖 7.5 2015 年 5 月臺中港波、流、潮、風逐時歷線圖 7-8
圖 7.6 2015 年 6 月臺中港波、流、潮、風逐時歷線圖 7-9
圖 7.7 2015 年 7 月臺中港波、流、潮、風逐時歷線圖 7-10
圖 7.8 2015 年 8 月臺中港波、流、潮、風逐時歷線圖 7-11
圖 7.9 2015 年 9 月臺中港波、流、潮、風逐時歷線圖 7-12
圖 7.10 2015 年 10 月臺中港波、流、潮、風逐時歷線圖 7-13
圖 7.11 2015 年 11 月臺中港波、流、潮、風逐時歷線圖 7-14
圖 7.12 2015 年 12 月臺中港波、流、潮、風逐時歷線圖 7-15
圖 7.13 2015 年 1 月臺中港測站-波浪玫瑰圖 7-16
圖 7.14 2015 年 2 月臺中港測站-波浪玫瑰圖 7-16
圖 7.15 2015 年 3 月臺中港測站-波浪玫瑰圖 7-16
圖 7.16 2015 年 4 月臺中港測站-波浪玫瑰圖 7-16
圖 7.17 2015 年 5 月臺中港測站-波浪玫瑰圖 7-17

圖 7.18　2015 年 6 月臺中港測站-波浪玫瑰圖 7-17
圖 7.19　2015 年 7 月臺中港測站-波浪玫瑰圖 7-17
圖 7.20　2015 年 8 月臺中港測站-波浪玫瑰圖 7-17
圖 7.21　2015 年 9 月臺中港測站-波浪玫瑰圖 7-18
圖 7.22　2015 年 10 月臺中港測站-波浪玫瑰圖 7-18
圖 7.23　2015 年 11 月臺中港測站-波浪玫瑰圖 7-18
圖 7.24　2015 年 12 月臺中港測站-波浪玫瑰圖 7-18
圖 7.25　2015 年 1 月臺中港測站-上層海流玫瑰圖 7-19
圖 7.26　2015 年 2 月臺中港測站-上層海流玫瑰圖 7-19
圖 7.27　2015 年 3 月臺中港測站-上層海流玫瑰圖 7-19
圖 7.28　2015 年 4 月臺中港測站-上層海流玫瑰圖 7-19
圖 7.29　2015 年 5 月臺中港測站-上層海流玫瑰圖 7-20
圖 7.30　2015 年 6 月臺中港測站-上層海流玫瑰圖 7-20
圖 7.31　2015 年 7 月臺中港測站-上層海流玫瑰圖 7-20
圖 7.32　2015 年 8 月臺中港測站-上層海流玫瑰圖 7-20
圖 7.33　2015 年 9 月臺中港測站-上層海流玫瑰圖 7-21
圖 7.34　2015 年 10 月臺中港測站-上層海流玫瑰圖 7-21
圖 7.35　2015 年 11 月臺中港測站-上層海流玫瑰圖 7-21
圖 7.36　2015 年 12 月臺中港測站-上層海流玫瑰圖 7-21
圖 7.37　2015 年 1 月臺中港測站-風玫瑰圖 7-22
圖 7.38　2015 年 2 月臺中港測站-風玫瑰圖 7-22
圖 7.39　2015 年 3 月臺中港測站-風玫瑰圖 7-22
圖 7.40　2015 年 4 月臺中港測站-風玫瑰圖 7-22
圖 7.41　2015 年 5 月臺中港測站-風玫瑰圖 7-23

圖 7.42 2015 年 6 月臺中港測站-風玫瑰圖 7-23
圖 7.43 2015 年 7 月臺中港測站-風玫瑰圖 7-23
圖 7.44 2015 年 8 月臺中港測站-風玫瑰圖 7-24
圖 7.45 2015 年 9 月臺中港測站-風玫瑰圖 7-24
圖 7.46 2015 年 10 月臺中港測站-風玫瑰圖 7-24
圖 7.47 2015 年 11 月臺中港測站-風玫瑰圖 7-24
圖 7.48 2015 年 12 月臺中港測站-風玫瑰圖 7-24
圖 8.1 2015 年西太平洋所有發生的颱風概況示意圖.....8-7
圖 8.2 2015 年中央氣象局有發警報颱風列表示意圖.....8-7
圖 8.3 2015 年西太平洋所有發生的颱風概況示意圖.....8-8
圖 8.4 2014 年西太平洋所有發生的颱風概況示意圖.....8-8
圖 8.5 2015 年 5 月 7 日至 5 月 14 日之第 6 號紅霞(NOUL)強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖 8-9
圖 8.6 2015 年 05 月 03 日至 05 月 12 日第 6 號之紅霞(NOUL) 強烈颱風路徑圖.....8-9
圖 8.7 2015 年 05 月 10 日 08 時第 6 號之紅霞(NOUL) 強烈颱風之地面天氣圖.....8-10
圖 8.8 2015 年 05 月 10 日 13 時第 6 號之紅霞(NOUL) 強烈颱風之紅外線雲圖.....8-10
圖 8.9 2015 年 7 月 6 日至 7 月 13 日之第 9 號之昌鴻(CHAN-HOM)中度颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖 8-11
圖 8.10 2015 年 07 月 04 日至 07 月 13 日第 9 號之昌鴻(CHAN-HOM) 中度颱風路徑圖.....8-11
圖 8.11 2015 年 7 月 7 日 14 時第 10 號之蓮花(LINFA) 輕度颱風之地面天氣圖 8-12
圖 8.12 2015 年 7 月 9 日 21 時第 9 號之昌鴻(CHAN-HOM) 中度颱風之紅外線雲圖 8-12

圖 8.13　2015 年 07 月 03 日至 07 月 11 日第 10 號之蓮花(LINFA)輕度颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖 8-13
圖 8.14　2014 年 07 月 02 日至 07 月 10 日第 10 號之蓮花(LINFA)輕度颱風路徑圖 8-13
圖 8.15　2015 年 7 月 7 日 14 時第 10 號之蓮花(LINFA) 輕度颱風之地面天氣圖 8-14
圖 8.16　2015 年 7 月 9 日 7 時 30 分第 10 號之蓮花(LINFA) 輕度颱風之紅外線雲圖 8-14
圖 8.17　2015 年8 月 5 日至 08 月 11 日第 13 號之蘇迪勒(SOUDELOR) 強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖 8-15
圖 8.18　2015 年08 月 01 日至 08 月 09 日第 13 號之蘇迪勒(SOUDELOR) 強烈颱風路徑圖 8-15
圖 8.19　2015 年 8 月 4 日 19 時第 13 號之蘇迪勒(SOUDELOR) 強烈颱風之紅外線雲圖 8-16
圖 8.20　2015 年 8 月 6 日 14 時第 13 號之蘇迪勒(SOUDELOR) 強烈颱風之地面天氣圖 8-16
圖 8.21　2015 年 8 月 12 日至 08 月 28 日第 15 號之天鵝(GONL)強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖 8-17
圖 8.22　2015 年08 月 14 日至 08 月 26 日第 15 號之天鵝(GONL)強烈颱風路徑圖.....8-17
圖 8.23　2015 年 8 月 20 日 20 時第 15 號之天鵝(GONL)強烈颱風風之紅外線雲圖 8-18
圖 8.24　2015 年 8 月 21 日 2 時第 15 號之天鵝(GONL)強烈颱風風之地面天氣圖 8-18
圖 8.25　2015 年 9 月 26 日至 10 月 2 日第 21 號杜鵑(DUJUAN) 強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖 8-19
圖 8.26　2015 年09 月 20 日至 09 月 30 日之第 21 號杜鵑(DUJUAN) 強烈颱風路徑圖.....8-19

圖 8.27 2015 年9 月28 日15 時第21 號杜鵑(DUJUAN) 強烈颱風之紅外線雲圖.....8-20
圖 8.28 2015 年9 月28 日15 時第21 號杜鵑(DUJUAN) 強烈颱風之地面天氣圖.....8-20
圖 8.29 2015 年9 月28 日15 時中央氣象局之雷達回波圖.....8-21
圖 8.30 2015 年9 月28 日累積雨量圖.....8-21
圖 8.31 2015 年5 月紅霞颱風基隆港測站風、浪、潮、流歷線圖.....8-22
圖 8.32 2015 年5 月紅霞颱風蘇澳港測站風、浪、潮、流歷線圖.....8-23
圖 8.33 2015 年5 月紅霞颱風花蓮港測站風、浪、潮、流歷線圖.....8-24
圖 8.34 2015 年5 月紅霞颱風高雄港測站風、浪、潮、流歷線圖.....8-25
圖 8.35 2015 年5 月紅霞颱風臺中港測站風、浪、潮、流歷線圖.....8-26
圖 8.36 2015 年7 月昌鴻颱風基隆港測站風、浪、潮、流歷線圖.....8-27
圖 8.37 2015 年7 月昌鴻颱風蘇澳港測站風、浪、潮、流歷線圖.....8-28
圖 8.38 2015 年7 月昌鴻颱風花蓮港測站風、浪、潮、流歷線圖.....8-29
圖 8.39 2015 年7 月昌鴻颱風高雄港測站風、浪、潮、流歷線圖.....8-30
圖 8.40 2015 年7 月昌鴻颱風臺中港測站風、浪、潮、流歷線圖.....8-31
圖 8.41 2015 年7 月蓮花颱風基隆港測站風、浪、潮、流歷線圖.....8-32
圖 8.42 2015 年7 月蓮花颱風蘇澳港測站風、浪、潮、流歷線圖.....8-33

圖 8.43 2015 年 7 月蓮花颱風花蓮港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-34
圖 8.44 2015 年 7 月蓮花颱風高雄港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-35
圖 8.45 2015 年 7 月蓮花颱風臺中港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-36
圖 8.46 2015 年 8 月蘇迪勒颱風基隆港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-37
圖 8.47 2015 年 8 月蘇迪勒颱風蘇澳港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-38
圖 8.48 2015 年 8 月蘇迪勒颱風花蓮港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-39
圖 8.49 2015 年 8 月蘇迪勒颱風高雄港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-40
圖 8.50 2015 年 8 月蘇迪勒颱風臺中港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-41
圖 8.51 2015 年 8 月天鵝颱風基隆港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-42
圖 8.52 2015 年 8 月天鵝颱風蘇澳港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-43
圖 8.53 2015 年 8 月天鵝颱風花蓮港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-44
圖 8.54 2015 年 8 月天鵝颱風高雄港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-45
圖 8.55 2015 年 8 月天鵝颱風臺中港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-46
圖 8.56 2015 年 9 月杜鵑颱風基隆港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-47
圖 8.57 2015 年 9 月杜鵑颱風蘇澳港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-48

圖 8.58 2015 年 9 月杜鵑颱風花蓮港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-49
圖 8.59 2015 年 9 月杜鵑颱風高雄港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-50
圖 8.60 2015 年 9 月杜鵑颱風臺中港測站風、浪、潮、流歷線圖 8-51
圖 8.61 2015 年 03 月 15 日至 03 月 23 日之第 3 號巴威(BAVI) 輕度颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖 8-52
圖 8.62 2015 年 03 月 11 日至 03 月 23 日第 3 號之巴威(BAVI)輕度颱風路徑圖 8-52
圖 8.63 2015 年 04 月 1 日至 04 月 8 日之第 4 號梅沙(MAYSAK) 強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖 8-53
圖 8.64 2015 年 03 月 27 日至 04 月 07 日第 4 號之梅沙(MAYSAK) 強烈颱風路徑圖 8-53
圖 8.65 2015 年 05 月 14 日至 05 月 22 日之第 7 號白海豚(DOLPHIN) 強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖 8-54
圖 8.66 2014 年 05 月 07 日至 05 月 20 日第 7 之號白海豚(DOLPHIN)強烈颱風路徑圖 8-54
圖 8.67 2015 年 07 月 5 日至 07 月 13 日之第 11 號之南卡(NANGKA)強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖 8-55
圖 8.68 2015 年 07 月 03 日至 07 月 18 日第 11 號之南卡(NANGKA)強烈颱風路徑圖 8-55
圖 8.69 2015 年 07 月 6 日至 07 月 13 日之第 9 號昌鴻(CHAN-HOM) 中度颱風、第 10 號蓮花(LINFA) 輕度颱風、第 11 號南卡(NANGKA) 強烈颱風、第 12 號哈洛拉(HALOLA) 強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖 8-56

圖 8.70　2015 年 07 月 14 日至 07 月 26 日第 12 號之哈洛拉(HALOLA)中度颱風路徑圖.....8-56
圖 8.71　2015 年 08 月 18 日至 08 月 25 日之第 15 號天鵝(GONL)強烈颱風　及第 16 號閃電(ATSANI)強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖.....8-57
圖 8.72　2015 年 08 月 15 日至 08 月 25 日之第 16 號閃電(ATSANI)強烈颱風路徑圖.....8-57
圖 8.73　2015 年 10 月 1 日至 10 月 10 日之第 22 號彩虹(MUJIGAE)中度颱風及 23 號彩霞(CHOI-WAN) 輕度颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖.....8-58
圖 8.74　2015 年 10 月 1 日至 10 月 10 日之第 22 號彩虹(MUJIGAE)中度颱風及 23 號彩霞(CHOI-WAN) 輕度颱風路徑圖 8-58
圖 8.75　2015 年 10 月 13 日至 10 月 25 日之第 24 號之巨爵(KOPPU)強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖 8-59
圖 8.76　2015 年 10 月 12 日至 10 月 22 日第 24 號之巨爵(KOPPU) 強烈颱風路徑圖.....8-59
圖 8.77　2015 年 11 月 22 日至 11 月 28 日之第 26 號烟花(IN-FA) 中度颱風　臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖 8-60
圖 8.78　2015 年 11 月 18 日至 11 月 26 日之第 26 號烟花(IN-FA)中度颱風路徑圖 8-60
圖 9.1　基隆港 2005~2015 年四季及全觀測期波高機率分佈圖 9-3
圖 9.2　蘇澳港 2005~2015 年四季及全觀測期波高機率分佈 9-3
圖 9.3　花蓮港 2005~2015 年四季及全觀測期波高機率分佈 9-3
圖 9.4　高雄港 2005~2015 年四季及全觀測期波高機率分佈 9-3
圖 9.5　臺中港 2005~2015 年四季及全觀測期波高機率分佈 9-3
圖 9.6　基隆港 2005~2015 年四季及全觀測期波浪週期機率分佈圖 9-4

圖 9.7　蘇澳港 2005~2015 年四季及全觀測期波浪週期機率分佈圖 9-4
圖 9.8　花蓮港 2005~2015 年四季及全觀測期波浪週期機率分佈圖 9-4
圖 9.9　高雄港 2005~2015 年四季及全觀測期波浪週期機率分佈圖 9-4
圖 9.10　臺中港 2005~2015 年四季及全觀測期波浪週期機率分佈圖 9-4
圖 9.11　基隆港 2005~2015 年四季及全觀測期波向機率分佈圖 9-4
圖 9.12　蘇澳港 2005~2015 年四季及全觀測期波向機率分佈圖 9-4
圖 9.13　花蓮港 2005~2015 年四季及全觀測期波向機率分佈圖 9-5
圖 9.14　高雄港 2005~2015 年四季及全觀測期波向機率分佈圖 9-5
圖 9.15　臺中港 2005~2015 年四季及全觀測期波向機率分佈圖 9-5
圖 9.16　基隆港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流速機率分佈圖 9-6
圖 9.17　蘇澳港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流速機率分佈圖 9-6
圖 9.18　花蓮港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流速機率分佈圖 9-6
圖 9.19　高雄港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流速機率分佈圖 9-6
圖 9.20　臺中港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流速機率分佈圖 9-6
圖 9.21　基隆港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流向機率分佈圖 9-6
圖 9.22　蘇澳港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流向機率分佈圖 9-7
圖 9.23　花蓮港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流向機率分佈圖 9-7

圖 9.24 高雄港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流向機率分佈圖 9-7
圖 9.25 臺中港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流向機率分佈圖 9-7
圖 9.26 基隆港 2005~2015 年四季及全觀測期風速機率分佈圖 9-8
圖 9.27 蘇澳港 2005~2015 年四季及全觀測期風速機率分佈圖 9-8
圖 9.28 花蓮港 2005~2015 年四季及全觀測期風速機率分佈圖 9-8
圖 9.29 高雄港 2005~2015 年四季及全觀測期風速機率分佈圖 9-8
圖 9.30 臺中港 2005~2015 年四季及全觀測期風速機率分佈圖 9-8
圖 9.31 基隆港 2005~2015 年四季及全觀測期風向機率分佈圖 9-8
圖 9.32 蘇澳港 2005~2015 年四季及全觀測期風向機率分佈圖 9-9
圖 9.33 花蓮港 2005~2015 年四季及全觀測期風向機率分佈圖 9-9
圖 9.34 高雄港 2005~2015 年四季及全觀測期風向機率分佈圖 9-9
圖 9.35 臺中港 2005~2015 年四季及全觀測期風向機率分佈圖 9-9
圖 10.1 五個國際港區 2015 年每月平均風速風向分佈圖表 10-7
圖 10.2 五個國際港區 2015 年每月最大風速及對應風向分佈圖表 10-8
圖 10.3 五個國際港區 2015 年每月平均流速流向分佈圖表 10-9
圖 10.4 五個國際港區 2015 年每月最大流速及對應流向分佈圖表 10-10
圖 10.5 五個國際港區 2015 年每月 Hs 最大波高及對應波向分佈圖表 10-11
圖 10.6 五個國際港區 2015 年每月 Hs 最大波高及 Tp 平均週期分佈圖表 10-12

表 目 錄

表 1.1　現有波浪資料概況表.....1-5
表 1.1(續)現有波浪資料概況表.....1-6
表 1.2　現有海流資料概況表.....1-7
表 1.3　現有風速、風向資料概況表.....1-8
表 1.4　現有潮汐資料概況表.....1-9
表 1.5　臺灣五個國際港區觀測站波浪資料蒐集概況表.....1-10
表 1.6　臺灣五個國際港區觀測站海流資料蒐集概況表.....1-11
表 1.7　臺灣五個國際港區觀測站風資料蒐集概況表.....1-12
表 1.8　臺灣五個國際港區觀測站潮汐資料蒐集概況表.....1-13
表 3.1　基隆港測站示性波高、示性週期及波向統計表.....3-25
表 3.2　基隆港測站示性波高分佈百分比(%)統計表.....3-25
表 3.3　基隆港測站示性週期分佈百分比(%)統計表.....3-26
表 3.4　基隆港測站示性波向分佈百分比(%)統計表.....3-26
表 3.5　基隆港測站海流流速及流向統計表.....3-27
表 3.6　基隆港測站海流流速分佈百分比(%)統計表.....3-27
表 3.7　基隆港測站海流流向分佈百分比(%)統計表.....3-27
表 3.8　基隆港測站風速及風向統計表.....3-28
表 3.9　基隆港測站風速分佈百分比(%)統計表.....3-28
表 3.10　基隆港測站風向分佈百分比(%)統計表.....3-28
表 4.1　蘇澳港測站示性波高、示性週期及波向統計表.....4-26
表 4.2　蘇澳港測站示性波高分佈百分比(%)統計表.....4-26
表 4.3　蘇澳港測站示性週期分佈百分比(%)統計表.....4-27

表 4.4　蘇澳港測站示性波向分佈百分比(%)統計表.....4-27
表 4.5　蘇澳港測站海流流速及流向統計表.....4-28
表 4.6　蘇澳港測站海流流速分佈百分比(%)統計表.....4-28
表 4.7　蘇澳港測站海流流向分佈百分比(%)統計表.....4-28
表 4.8　蘇澳港測站風速及風向統計表.....4-29
表 4.9　蘇澳港測站風速分佈百分比(%)統計表.....4-29
表 4.10　蘇澳港測站風向分佈百分比(%)統計表.....4-29
表 5.1　花蓮港觀測示性波高、示性週期及波向統計表.....5-25
表 5.2　花蓮港測站示性波高分佈百分比(%)統計表.....5-25
表 5.3　花蓮港測站示性週期分佈百分比(%)統計表.....5-26
表 5.4　花蓮港測站示性波向分佈百分比(%)統計表.....5-26
表 5.5　花蓮港測站海流流速及流向統計表.....6-27
表 5.6　花蓮港測站海流流速分佈百分比(%)統計表.....6-27
表 5.7　花蓮港測站海流流向分佈百分比(%)統計表.....5-27
表 5.8　花蓮港測站風速及風向統計表.....5-28
表 5.9　花蓮港測站風速分佈百分比(%)統計表.....5-28
表 5.10　花蓮港測站風向分佈百分比(%)統計表.....5-28
表 6.1　高雄港測站示性波高、示性週期及波向統計表.....6-25
表 6.2　高雄港測站示性波高分佈百分比(%)統計表.....6-25
表 6.3　高雄港測站示性週期分佈百分比(%)統計表.....6-26
表 6.4　高雄港測站示性波向分佈百分比(%)統計表.....6-26
表 6.5　高雄港測站海流流速及流向統計表.....6-27
表 6.6　高雄港測站海流流速分佈百分比(%)統計表.....6-27
表 6.7　高雄港測站海流流向分佈百分比(%)統計表.....6-27

表 6.8　高雄港測站風速及風向統計表.....6-28
表 6.9　高雄港測站風速分佈百分比(%)統計表.....6-28
表 6.10　高雄港測站風向分佈百分比(%)統計表.....6-28
表 7.1　臺中港測站示性波高、示性週期及波向統計表.....7-25
表 7.2　臺中港測站示性波高分佈百分比(%)統計表.....7-25
表 7.3　臺中港測站示性週期分佈百分比(%)統計表.....7-26
表 7.4　臺中港測站示性波向分佈百分比(%)統計表.....7-26
表 7.5　臺中港測站海流流速及流向統計表.....7-27
表 7.6　臺中港測站海流流速分佈百分比(%)統計表.....7-27
表 7.7　臺中港測站海流流向分佈百分比(%)統計表.....7-27
表 7.8　臺中港測站風速及風向統計表.....7-28
表 7.9　臺中港測站風速分佈百分比(%)統計表.....7-28
表 7.10　臺中港測站風向分佈百分比(%)統計表.....7-28
表 8.1　2015 年五個國際港區觀測站颱風最大波浪之波高、週期及波向資料表.....8-61
表 8.1(續) 2015 年五個國際港區觀測站颱風最大波浪之波高、週期及波向資料表.....8-62
表 8.1(續) 2015 年五個國際港區觀測站颱風最大波浪之波高、週期及波向資料表.....8-63
表 8.1(續) 2015 年五個國際港區觀測站颱風最大波浪之波高、週期及波向資料表.....8-64
表 8.2　2015 年 9 個強烈颱風梅沙、紅霞、白海豚、南卡、蘇迪勒、天鵝、閃電、杜鵑及巨爵等接近中心最高時，持續風速各國之強度比較表。.....8-65

第一章

海氣象資料蒐集與資料庫建置

第一章　海氣象資料蒐集與資料庫建置

1.1 前言

臺灣地區地狹人稠，四面環海，又位於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，在在顯示了臺灣地區海氣象環境的複雜與特殊。

以往國內相關單位辦理海氣象觀測，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，以致海氣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、物力上的浪費；海氣象資料包括風、波浪、潮位、海流為主，這些項目觀測的範圍龐大，各單位需求也不相同，尤其觀測地點又位於偏僻之漁港，觀測環境惡劣，同時海上觀測儀器相當昂貴，折損率高，海上按裝更具有高危險性，因此往往造成沒有一個機構有能力獨立執行，現在正逢政府人事精簡，人員普遍不足，所以目前在事權統一機構無法立即成立的狀態下，要如何分工，由那一個單位來作統一整合工作，並推動海上海氣象觀測業務，以節省經費、人力、物力以達到事半功倍之效果，乃屬當務之急。

自民國 1986 年開始，本所港研中心即著手進行臺灣五個國際港區附近海域長期性海氣象資料之蒐集、觀測、整理及分析歸納，冀求得到臺灣四周各劃分代表性區域的海氣象整體特性。近三十來已獲致頗佳的成果並提供港灣工程界及學者專家參考依據。本(2015)年度計畫是 2013 年度起長期研究之第三年計畫，汰舊換新引進較精密的觀測儀器，將五個國際港區建立為一環狀之長期海氣象觀測網，以期獲得較長期的海氣象資料，2008 年度第二次更新完成花蓮港觀測站，2009 年度第二次臺中港汰舊換新重新安裝完成於原觀測站，2010 年

度第三次更新完成高雄二港口觀測站，2011 年度第三次更新完成基隆港觀測站，2012 年度第三次更新完成蘇澳港觀測站，2013 年第三次更新完成花蓮港觀測站，2014 年第三次更新完成臺中港觀測站，而今(2015)年已第四次更新完成高雄港觀測站。另一方面為彌補觀測站受局部之限制，配合本所其他研究計畫提供資料而在港口附近海域之海氣象資料以推導方式進行比對，以期獲得較全面性、完整之海象資料特性。綜觀現今國內於現場觀測及資料庫之建立，本所港研中心業已累積相當可觀之經驗與成果，在船舶操航安全資訊及港灣與海岸建設開發所需資料資訊之提供及研究探討方面亦有許多的成效。

本所港研中心成立主旨任務為協助港灣建設與海岸開發所遭遇的問題，均由本所港研中心提供所需資料或協助觀測。故海氣象資料之觀測及資料庫之建立實為必需，而此項業務需有長期觀測經驗，豐富學術基礎、充分專業人力方能盡其功。由於此任務需要，本計畫在五大國際港區及其附近海域蒐集了相當多的海象資料。並配合行政院研考會推動政府機關電子資料流通之業務，首先將臺灣五個國際港區之海氣象資料透過資訊網路提供國內外船舶業者與港務管理單位有關人員查詢。本所港研中心所建立之海氣觀測站與其他單位之觀測站共同整合成臺灣四周長期海氣象觀測網。未來藉由該觀測網所提供之完整、正確海氣象資料，將使船舶航行安全、港埠作業更順暢、海洋開發保護有成效。

五個國際港區之海象觀測應是屬於長期的監測，因此建議中央政府將此項業務改列為經常性業務，而且在政府未成立一專案機構前，理應由本所港研中心負責五個國際港海氣象觀測，以長期目標之遠景做有系統規劃及建立，並將資料收集整理後納入資料庫，並利用自動化與電腦化之軟、硬體設施來掌握時效蒐集海象資訊，可與 VMS 相輔相成，最終的目標是配合未來建立全國海洋資料中心前做資料庫整合之推動與發展之一份子。

1.2 資料庫作業概述

目前本計畫之觀測網站已具備即時資料傳輸功能，資料庫除繼續辦理臺灣四周五個國際港區附近海域觀測站之建立與維修及有關波浪、海流、潮汐、風及颱風現場調查觀測外，另蒐集各相關單位之海氣象資料(包括中央氣象局、海軍氣象中心、經濟部水利署、國立臺灣大學海洋研究所、國家海洋研究中心、臺南水工試驗所、國立中山大學海洋科技研究中心以及其他學術研究單位)。並將蒐集資料先進行篩選、過濾品質、及惕除謬誤者後，再進行資料格式統一工作，並將其切割以月為基本單位的資料檔。不過對於某些波浪資料之水位變化則以時為單位；而資料之時間間隔則隨資料種類、觀測儀器以及觀測目的而有不同。將整理後海氣象資料先依站、年、季及月進行基本統計分析，然後再依不同的種類進行不同項目的分析，並將結果繪圖或製做成表格，再將其整理成圖集及表格上網路以供查詢之用。

資料庫資料規劃成波浪、海流、風、潮汐四大項目概述如下：

1.2.1 波浪資料庫

有關波浪資料蒐集如表 1.1、表 1.1(續)及表 1.5 所示，表中為各波浪測站、量測時間及其他相關資料。由於波浪量測儀器種類不一，其使用格式也不盡相同，因此，資料須先經過處理原始水位變化紀錄，再處理波高與週期，最後再依所需格式作一分析整理。可供一般使用者查詢參考的項目，大致有(1)示性波高、週期各區間百分比；(2)示性波高、週期聯合分佈圖、表；(3)示性波高極端值分佈。(已整理出版 2014 年之年報)。

1.2.2 海流資料庫

蒐集之臺灣近岸海域的海流資料測站及其相關資料如表 1.2 及表 1.6 所示。海流資料包括流速、流向，X、Y 分量流速與流向、離岸流速等，取上述資料依月、年時段分別統計各方向、各流速的分佈百分比。(詳請參閱 2014 年之年報)。

1.2.3 風資速、風向資料庫

有關風測站的選擇是以近岸或離島地區為考量，經蒐集整理後之風速、風向測站資料如表 1.3 及表 1.7 所示。風速、風向資料一般依月、年，歷年的時段分別予以統計其區間所佔之百分比，並標示各時段風速大小與對應風向之關係。一般而言，上述的風速、風向統計資料已能滿足大部份使用者的需求。(詳請參閱 2014 年之年報)。

1.2.4 潮汐資料庫

所有相關資料如表 1.4 及表 1.8 所示。潮汐資料因僅記錄水位變化而較為單純，利用潮位計紀錄水位的變化值，分別截取每日的高、低潮位與對應發生時間，再依此資料計算分析所需數據，目前在不少有心人員努力下，已有數種資料庫已稍具規模。本所港研中心目前已完成歷年來各測站之潮汐資料品質校核之完整年報，並建立初步資料庫以供網上查詢。(詳請參閱 2014 年之年報)。

表 1.1　現有波浪資料概況表

測站名稱	代號	時　　間	觀測單位	備　註
臺中港	TC	1971/0712-1977/1215 1981/1108-1981-1204 1986/1202-1987/0107 1988/0311-1988/0420 1987/0306-1987/0324 1989/0823-1989/0918 1989/1108-1989/1206 1994/10　-1998/12 1999/10　-2000/08 2003/07　-2015/12	中港局 運研所港研中心	缺 1973/0521-1973/0912 1973/1024-1973/1207 1974/1201-1974/1231 1975/1101-1976/0304 1976/0722-1976/1002 1976/1110-1977/0630 1977/0929-1977/1107 缺 2000/02- 2000/03 缺 2005/1116- 2005/1231
興達港	SD	1984/06　-1992/06	運研所港研中心	缺 1985/06
大鵬灣	TP	1990/11　-1994/02 1978/09　-1984/12	高港局	缺 1995/03　-1995/07
新　港	SK	1980/06　-1999/06	中央氣象局	缺 1981/10；983/01-1983/12 1984/10-1985/11
鹽　寮	YL	1982/04　-1983/03	臺電	
觀　音	KI	1981/12　-1984/06	運研所港研中心	缺 1982/10-1983/04 1984/02-1984/04
基　隆	KL	1983/06　-1990/04 1987/0710-1987/0919 1988/0308-1990/09 1995/08　-1996/08 1999/01　-1999/10 2001/06　-2015/12	基港局 運研所港研中心	缺 1983/08、1983/10-11
高雄	KH	2000/12　-2001/10 2002/06　-2005/1006 2005/0820-2015/12	運研所港研中心	高雄中洲觀測站 2005 年 10 月 6 日取消。2005 年 8 月 20 日已改在二港口外約 700 公尺之新觀測站

表 1.1(續)　現有波浪資料概況表

測站名稱	代號	時　　間	觀測單位	備　註
蘇　澳	SA	1984/07-1984/10 1986/07 1986/0908-1986/1102(IN) 1986/0418-1986/1207(OUT) 1987/0610-1987/0715(IN) 1987/0101-1987/0204(OUT) 1987/0610-1987/0715(OUT) 1987/0701-1988/0531(IN) 1987/0701-1987/1023(OUT) 1999/01　-2002/02 2002/07　-2015/12	蘇澳港分局 運研所港研中心	
鼻頭角	BT	1980/10-1988/06	中央氣象局	缺 1982/07 1983/11 1984/03-06 1984/08-11
花蓮港	HL	1984/06-1984/09 1988/0122-1988/0129 1989/1229-2015/12	運研所港研中心	缺 1984/08
東吉島	DG	1977/12 1981/07-1999/12	中央氣象局	缺 1986/06-1985/01 1985/08
小琉球	LC	1977/01-1999/12	中央氣象局	缺 1978/02 1978/07-08 1980/08-09 1981/05-10 1982/01-04 1983/01-12 1985/07-08
外傘頂洲	WA	1990/11-1991/03 1989/0909-1989/1130 1989/0131-1989/0330	運研所港研中心	

表 1.2　現有海流資料概況表

測站名稱	代號	時　　間	觀測單位	儀器型號
臺中港	TC	1981/11-1981/12 1982/04-1982/05 1982/08 1983/03 1985/12-1986/01 1986/03-1986/04 1986/12-1987/03 1988/03-1988/04 1992/01-1992/03 1994/10-1998/06 1999/10-2000/08 2003/07-2015/12	中港局 運研所港研中心	RCM-4 海流儀 RCM-7 海流儀 RCM-7 海流儀 RCM-7 海流儀 AWCP AWCP
興達港	SD	1984/08-1985/11	運研所港研中心	
紅　柴	HT	1982/12 1984/02-1984/11	運研所港研中心	
蘇　澳	SA	1984/09-1986/11 1999/09-2000/10 2002/07-2015/12	運研所港研中心	RCM-9 AWCP
觀　音 (永安)	YA	1982/02-1982/05 1983/05-1994/06	運研所港研中心	
蘭　嶼	LY	1983/06	運研所港研中心	
花蓮港	HL	1989/12-1990/01 1990/03-1995/06 2000/09-2015/12	運研所港研中心	RCM-9 AWCP
外傘頂洲	WA	1989/03-1989/03	運研所港研中心	
高雄港	KH	2000/12-2001/10 2002/06-2005/1006 2005/0820-2015/12	運研所港研中心 中洲站 二港口站	AWCP 高雄中洲站已取消改在二港口外 700 公尺

表 1.3　現有風速、風向資料概況表

測站名稱	代號	時　　間	觀測單位	備 註
臺中港	TC	1971/01-2000/08 2001/07-2015/12	中港局、 運研所港研中心	
興達港	SD	1984/06-1985/08(IN) 1984/07-1985/03(OUT)	臺電火力發電廠	內港 新港
大鵬灣	TP	1990/11-1995/06 1979/01-1984/12	高港局	
大武	TW	1965/01-1983/12	中央氣象局	
臺東	TT	1965/01-1987/12	中央氣象局	
新港	SK	1965/01-1983/10	中央氣象局	
花蓮	HL	1965/01-2004/12 2001/07-2015/12	中央氣象局 運研所港研中心	
鹽寮	YL	1982/01-1982/08(CC) 1982/01-1983/12(ABDE)	臺電能源開發處	共五個測站
觀音	KI	1981/12/1983/08	運研所港研中心	
澎湖	PH	1965/01-1999/12	中央氣象局	
東吉島	DG	1965/01-1987/12	中央氣象局	
彭佳嶼	PG	1965/04-1987/11	中央氣象局	
東沙	TS	1971/01-1987/12	海軍氣象中心	
南沙	NS	1971/01-1987/12	海軍氣象中心	
蘭嶼	LY	1965/01-1987/10	中央氣象局	
基隆	KL	1984/01-2004/12 2001/06-2015/12	中央氣象局 運研所港研中心	
蘇澳	SA	1984/01-2003/12 2002/06-2015/12	中央氣象局 運研所港研中心	
高雄	KS	1984/01-2003/12 2002/06-2015/12	中央氣象局 運研所港研中心	
梧棲	WC	1984/01-2000/08	中央氣象局	
外傘頂洲	WA	1988/01-1998/06	水利局	
鹿港	LK	1988/01-1998/06	水利局	
後安寮	AL	1988/01-1998/06	水利局	
溫港	WK	1988/01-1998/06	水利局	
曾文	TW	1992/05-1998/06	水利局	

表 1.4　現有潮汐資料概況表

測站名稱	代號	時間	觀測單位	備註
臺中港	TC	1971/03-1999/10 1982/10-2000/11 2001/04-2015/12	中港局 運研所港研中心 運研所港研中心	
興達港	SD	1984/06-1985/11	臺電火力發電廠	
高雄港	KS10 KS02	1971/01-2009/12 1990/07-2015/12 1988/01-2015/12	高港局 運研所港研中心 高港局	
花蓮港	HL	2001/07-2015/12	運研所港研中心	
蘇澳港	SA	1976/01-1994/01 1994/07-2015/12	中央氣象局 運研所港研中心	
基隆港	KL	1981/01-2002/10 2001/07-2015/12	中央氣象局 運研所港研中心	
永安	YA	1986/04-1989/03	運研所港研中心	
塭港	WK	1988/01-2001/08	水利局	
三條崙	SL	1988/01-2001/08	水利局	
將軍	JJ	1988/01-2001/08	水利局	
竹圍	CW	1988/01-2001/08	水利局	
芳苑	FU	1988/05-2001/08	水利局	
富岡	FK	1988/01-2001/08	水利局	
蟳廣嘴	KT	1988/01-2001/08	水利局	

表 1.5　台灣五個國際港區觀測站波浪資料蒐集概況表

序號	資料類別	港區名稱	測站	緯度 經度	觀測 期間	觀測單位	備註 (觀測儀器)
1	波浪	基隆港 (KL)	B (1)	25°10’00”N 121°44’50” E	2001/06-2006/05	港研中心	AWCP
2	波浪	基隆港 (KL)	A (2)	25°09’47”N 121°44’57” E	2006/08-2013/01	港研中心	AWCP
3	波浪	基隆港 (KL)	C (1)	25°09’57”N 121°45’17” E	2011/08-2015/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
4	波浪	基隆港 (KL)	3 (1)	25°09’48.5”N 121°45’28.6” E	1999/01-1999/10	港研中心	
5	波浪	蘇澳港 (SA)	V (1)	24°35’51.5”N 121°54’42.8” E	1999/11-2000/10	港研中心	
6	波浪	蘇澳港 (SA)	A (2)	24°35’23”N 121°53’07” E	2002/07-2015/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
7	波浪	花蓮港 (HL)	S (2)	23°55’43.6”N 121°37’1.35” E	2005/07-2005/11	港研中心	AWCP
8	波浪	花蓮港 (HL)	N (2)	23°58’10”N 121°37’10” E	2005/07-2005/11	港研中心	AWCP
9	波浪	花蓮港 (HL)	M (2)	23°58’00”N 121°37’30” E	2000/09-2015/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
10	波浪	高雄港 (KH)	A (1)	22°34’29”N 120°15’40” E	2000/12-2005/10	港研中心	AWCP
11	波浪	高雄港 (KH)	R (2)	22°32’33.9”N 120°17’38.4” E	2005/08-2015/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
12	波浪	臺中港 (TC)	A (2)	24°18’09.4”N 120°28’55.9” E	2003/08-2015/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
13	波浪	臺中港 (TC)	(1)	24°18’00”N 120°29’10” E	1999/10-2000/08	港研中心	AWCP
14	波浪	臺中港 (TC)	1 (1)	24°19’5.8”N 120°30’52.4” E	1994/09-1997/03	港研中心	
15	波浪	臺中港 (TC)	2 (2)	24°18’00”N 120°29’4.4” E	1994/10-1996/02	港研中心	
16	波浪	臺中港 (TC)	4 (2)	24°16’54.7”N 120°29’22.1” E	1994/09-1995/12	港研中心	

表 1.6　台灣五個國際港區觀測站海流資料蒐集概況表

序號	資料類別	港區名稱	測站	緯度 經度	觀測 期間	觀測單位	備註 (觀測儀器)
1	海流	基隆港 (KL)	B (1)	25°10’00”N 121°44’50” E	2001/06-2006/05	港研中心	AWCP
2	海流	基隆港 (KL)	A (2)	25°09’50”N 121°44’50” E	2006/08-2013/01	港研中心	AWCP
3	海流	基隆港 (KL)	C (1)	25°09’57”N 121°45’17” E	2011/08-2015/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
4	海流	蘇澳港 (SA)	V (1)	24°35’51.5”N 121°54’42.8” E	1999/11-2000/05	港研中心	RCM
5	海流	蘇澳港 (SA)	A (2)	24°35’23”N 121°53’07” E	2002/08-2015/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
6	海流	花蓮港 (HL)	S (2)	23°55’43.6”N 121°37’1.35” E	2005/07-2005/11	港研中心	AWCP
7	海流	花蓮港 (HL)	S (2)	23°58’10”N 121°37’10” E	2005/07-2005/11	港研中心	AWCP
8	海流	花蓮港 (HL)	S (2)	23°585’00”N 121°37’30” E	2000/09-2015/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
9	海流	高雄港 (KH)	A (1)	22°34’29”N 120°15’40” E	2000/12-2005/08	港研中心	AWCP
10	海流	高雄港 (KH)	R (2)	22°32’33.9”N 120°17’38.4” E	2005/08-2015/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
11	海流	高雄港 (KH)	I,J (1)	22°30’37.6”N 120°19’30.7” E	1992/01-1992/12	港研中心	RCM7 (上下兩層)
12	海流	高雄港 (KH)	O,Q (1)	22°29’27.9”N 120°18’17.8” E	1992/01-1992/12	港研中心	RCM7 (上下兩層)
13	海流	臺中港 (TC)	A (1)	24°18’00”N 120°29’10” E	1999/10-2000/08	港研中心	AWCP
14	海流	臺中港 (TC)	A (2)	24°18’09.5”N 120°28’55.9” E	2003/07-2015/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
15	海流	臺中港 (TC)	1 (1)	24°19’5.8”N 120°30’52.4” E	1994/09-1997/03	港研中心	RCM-9
16	海流	臺中港 (TC)	2 (1)	24°18’00”N 120°29’4.4” E	1994/10-1996/02	港研中心	RCM-9
17	海流	臺中港 (TC)	N (1)	24°17’58”N 120°29’06” E	1995/09-1996/02	港研中心	RCM-9
18	海流	臺中港 (TC)	4 (1)	24°16’54.7”N 120°29’22.1” E	1994/09-1995/12	港研中心	RCM-9

表 1.7　台灣五個國際港區觀測站風資料蒐集概況表

序號	資料類別	港區名稱	測站	緯度 經度	觀測期間	觀測單位	備註 (觀測儀器)
1	風	基隆港 (KL)	1 (2)	25°09’19”N 121°45’10” E	2002/06-2015/12 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計 2011 年 10 月改為 Gill 二維超音波式風速計
2	風	蘇澳港 (SA)	2 (2)	24°35’33”N 121°51’56” E	2002/06-2015/12 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計 2012 年 10 月改為 Gill 二維超音波式風速計
3	風	花蓮港 (HL)	W (2)	22°36’59”N 120°17’19” E	1981/02-2015/12 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計 2007 年 12 月改為 Gill 三維超音波式風速計
4	風	高雄港 (KH)	X (2)	22°36’53.8”N 120°31’34.3” E	2002/06-2015/12 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計 2010 年 10 月改為 Gill 二維超音波式風速計
5	風	臺中港 (TC)	7 (2)	22°36’53.8”N 120°31’34.3” E	1971/01-1981/01	台中港務局	Young Brand 風速計
6	風	臺中港 (TC)	7 (2)	24°18’24”N 120°31’23” E	1981/02-2015/12 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計 2009 年 09 月改為 Gill 二維超音波式風速計
7	風	臺中港 (TC)	3 (1)	24°18’48”N 120°31’31” E	1994/01-1996/03	港研中心	
8	風	臺中港 (TC)	B (1)	24°17’58”N 120°28’57” E	1996/09-1997/11 2010/10-2015/12 (觀測中)	港研中心	Young Brand 風速計 2009 年 09 月改為 Gill 二維超音波式風速計

表 1.8　台灣五個國際港區觀測站潮汐資料蒐集概況表

序號	資料類別	港區名稱	測站	緯度 經度	觀測期間	觀測單位	備註 (觀測儀器)
1	潮位	基隆港 (KL)	1 (2)	25°09’19”N 121°45’10” E	1966/01-2000/12	基隆港務局	浮筒式自記式
2	潮位	基隆港 (KL)	2 (2)	25°09’19”N 121°45’10” E	2002/07-2015/12 (觀測中)	港研中心	Water Log 潮位計
3	潮位	基隆港 (KL)	B (1)	25°10’00”N 121°44’50” E	2001/06-2006/05	港研中心	AWCP
4	潮位	基隆港 (KL)	A (2)	25°09’50”N 121°44’50” E	2006/08-2015/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
5	潮位	蘇澳港 (SA)	2 (2)	24°35’33”N 121°51’56” E	1994/07-2015/12 (觀測中)	港研中心	Water Log 潮位計
6	潮位	蘇澳港 (SA)	A (2)	24°35’23”N 121°53’07” E	2002/07-2015/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
7	潮位	花蓮港 (HL)	T (1)	23°58’30.6”N 121°37’6.9” E	2001/07-2015/12 (觀測中)	港研中心	Water Log 潮位計
8	潮位	花蓮港 (HL)	3 (2)	23°58’0.34”N 121°37’33.74” E	2000/09-2015/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
9	潮位	高雄港 (KH)	1 (2)	22°32’30”N 120°17’40” E	1971/01-2015/12 (觀測中)	高雄港務局 及港研中心	Water Log 潮位計
10	潮位	高雄港 (KH)	2 (2)	22°36’59”N 120°17’19” E	1988/01-2015/12 (觀測中)	高雄港務局	
11	潮位	高雄港 (KH)	A (2)	22°34’29”N 120°15’40” E	2000/12-2005/08	港研中心	AWCP
12	潮位	高雄港 (KH)	R (2)	22°32’33.9”N 120°17’38.4” E	2005/08-2015/12 (觀測中)	港研中心	AWCP
13	潮位	臺中港 (TC)	8 (1)	24°17’22.3”N 120°31’27.6” E	1989/12-2015/12 (觀測中)	港研中心	Water Log 潮位計
14	潮位	臺中港 (TC)	 (2)	24°18’00”N 120°29’10” E	1999/10-2000/08	港研中心	AWCP
15	潮位	臺中港 (TC)	A (2)	24°18’09.4”N 120°28’38.4” E	2003/07-2015/12 (觀測中)	港研中心	AWCP

註：測站(1)為由海軍水道海圖上直接採取的經緯度座標；測站(2)為直接採自衛量導航系統之位置，係以 WGS84 座標系統為基準量測的經緯度座標。

第二章

臺灣五個國際港海氣象現場觀測調查概述

第二章 臺灣五個國際港海氣象現場觀測調查概述

2.1 本所五個國際港海氣象觀測儀器回顧與演進

一般而言在海上從事科學研究調查、現場資料蒐集及海事工程都需使用到海洋及氣象觀測儀器。若依海洋觀測儀器研究的領域，大致上可分類成下述幾種應用類型，海洋物理儀器(如氣象，海流、波浪、潮汐、鹽溫深儀、音響釋放儀等)、海洋生物儀器(如浮游生物網)、海洋化學儀器(如水質、水色、沉積物、海水取樣器、南森瓶、溶氧量等)、地球物理儀器(如地形、地質、水深、地熱、取樣器、測深儀、運動感應元件、震測設備、聲速儀、水下定位系統、海底地震儀、地磁與重力儀等)、及漁業用儀器(科學漁探機、網深記錄器等)，其實有的儀器在不同的領域及研究都會同時使用到，如定位系統、音響釋放儀等。

因各觀測機構任務不同，所使用相關觀測儀器特性及收集之資料精度、格式亦不一。所以在建立台灣自動觀測網之前，應先整合各相關單位有關海洋調查、觀測之年度計劃。使得任務導向之海洋觀測得以整合。以獲取整合性觀測資料。

由於海洋調查研究，須要龐大的經費及人力，因此首先應整體規劃調查工作，避免調查機構及調查項目之重複，以提高效率。再則需引進先進的調查量測技術與設備、儀器，才能較快而有效地獲得充分的資料。同時，由於調查所得之各項資料均很寶貴，因此須依取得目的及方便使用之形式加以分析整理。如此俾能有效利用，因此資料之統籌管理系統建立非常重要。

本所因任務須要，目前僅在海洋物理量測方面，且觀測項目僅是指風、波浪、潮汐及海流為主。本文從儀器做個簡略的回顧，與其近幾年來的發展做個簡單的介紹。在回顧海氣象觀測儀器演變前，先就它的資料存取方式介紹。大約可分為兩大類，一為直讀式，它是藉由電纜線

或無線傳輸方式直接傳送到岸上接收站記錄器或電腦中；另一類為自記式，它將現場蒐集到的資料存在儀器中，待使用者回收後再將裡面所儲存的檔案轉存到電腦裡。

2.1.1 海氣象觀測的目的

1.風速觀測目的：

(1)計算風壓(2)計算風波(3)法線佈置之檢討(4)推算工程及裝卸作業可能日數(5)推定船舶進出港操船之難易(6)煙害、公害、飛沙對策之檢討。

2.波浪觀測目的：

(1)港灣計劃之制定(2)設計波浪之決定(3)港內靜穩度推算(4)施工管理(5)防災對策及災害解析(6)波浪推算(7)各種調查及研究。

3.潮位觀測目的：

(1)決定基本水準面(2)決定潮位調和分析常數(3)水深測量時求取每個時刻之水位(4)異常水位(暴潮)的決定。

4.流況觀測目的：

(1)瞭解港灣、海岸、航道等處地形與流之關係(2)預報潮流(3)預報將來地形改變之流況(4)綜合波浪觀測結果，瞭解漂沙動態(5)推定操船之難易(6)海岸侵蝕對策。

2.1.2 臺灣地區五個國際港口觀測儀器的演進

第一階段：國內早期在50年代中辦理波浪觀測大多採用目測法，在淺海水域設立覘標式波高儀，觀測員利用望遠鏡或經緯儀直接讀取波峰與波谷時浮標高度，測得淺海高潮時粗略且有限之波浪資料。60年代初期引進階段式波高儀及直結式波高儀；在防波堤等海上構造物安裝階段電阻式波高儀直接記錄堤前類比波形，或在淺海安裝

直結式波高儀，量取海底波壓變化，再轉換為水面波浪。兩種型式波高計，雖可連續紀錄海上波浪變化，但仍無法取得長期可靠之外海波浪資料。

第二階段：70年代規劃建設台中港，籌備處成立後有感於過去波浪資料殘缺不全，除再度於低潮位時水深4.5m及8m處設置波浪觀測桿，利用經緯儀安裝記錄器，追縱浮標漲落記錄波形。台中港工程局成立後，積極展開各項資料調查，1971年初在北防波堤外海低潮位下水深19m處安裝超音波式波高儀一台(如圖2.1)，每隔兩小時紀錄外海波高20分鐘，開始我國波浪觀測新紀元；其後採用超音波式波高儀儀器的有中央氣象局於1976年在小琉球水深34m處設站；高雄港務局為規劃大鵬灣為輔助港，於1978年在大鵬灣外海水深13m處設立長期波浪觀測站。氣象局在1980年初著手規劃設置鼻頭角、東吉與成功(新港)測站，使氣象局同時擁有四個長期波浪觀測站。1983年6月基隆港務局在港口外水深56m處設立新測站；蘇澳港分局也在1984年於蘇澳港外海水深29m處安裝超音波式波高儀。接著本所在1981年2月1日成立後,1986年開始將各港之波高儀資料記錄在個人電腦上並負責連線，將蒐集的資料傳回本所處理與分析。

第三階段：1981年至1996年11月在臺中港附近海域及1989年12月至2000年8月，在花蓮港附近海域使用荷蘭DATAWELL之WAVERIDER浮球式波浪儀，詳如2.1.3儀器型式第2項浮球式波高波向波浪說明(如圖2.2)。

第四階段：從2000年8月陸續在花蓮港、2000年12月高雄港、2001年7月基隆港、2001年8月花蓮港、2002年8月蘇澳港、2003年6月臺中港建立完成臺灣五個國際港表面波高波向與剖面海流即時傳送監測系統，廣泛使用挪威 NORTEK 公司出品之AWCP 超音波式波向波高與剖面海流儀器，詳如2.3臺灣五個國際港海氣象觀測站儀器介紹(如圖2.5~圖2.20)。

2.1.3 儀器型式

國內波浪觀測儀器主要有超音波式波高儀，浮球式波高儀及壓力式波高儀三種，其他型式波高儀雖曾引進但不普遍。

1. 超音波式波高儀可以長時間連續紀錄海面波浪資料，廣泛被安裝在台灣四周長期測站，包括氣象局的小琉球、鼻頭角、成功及東吉四個長期測站及基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港(大鵬灣)及臺中港五個國際港口測站。超音波式波高儀設置水深範圍較大(約10m至60m)，可以取得即時波浪資料，作為海上作業之依據；可依需要調整記錄時間，取樣頻率為其主要優點。但設置費用昂貴，需舖設電纜線，安裝費時費力，故障維修不易；在惡劣海象測取波浪極端值容易造成誤差為其缺點。

   以量測音速而求得波高。其形狀是一個倒置的回音測深儀，聲音波束由海底射向海面，然後海面反射回海底之接受器。此種系統之缺點在於音束中有一固定的散開角，所以會使表面波浪形中的小波浪失其真狀,早期使用的如日本海上電機公司出品的超音波式(如圖2.1)，從2000年8月起本所廣泛使用挪威 NORTEK 公司出品之 AWCP 超音波式波向波高與剖面海流儀器(如圖2.3)。

2. 浮球式波高波向波浪儀(如圖2.2)，內部電池約可維持七個月(70 CM直徑)到十二個月(90 CM直徑)的電力，波浪資料可經由天線傳輸到陸上控制站，或利用浮球內儲存量測的資料。此種儀器可以適用於較大水深，短、中期觀測站採用，港研中心外傘頂洲測站、花蓮港及臺中港(短期替代站)、臺大海洋研究所在CBK測站及台電蘇澳測站、鹽寮測站、中華工程淡水測站等均安裝浮球式波浪儀、浮球式波浪儀具有容易安裝、機動性強，可隨時取得即時資料，具備隨需要隨時可調整記錄時間及取樣頻率等優點；而其缺點則是浮球在惡劣海象或人為外力容易遭受破壞，使得資料中斷，並且無法感應較長週期(約大於20sec)波浪資料；因為浮球浮在自由水面，當波浪通過時，浮球隨著表面水分子作橢圓運動，此時裝設於浮球內之加速

度計能感應水面上、下運動所產生之垂直加速度，加速度變化對時間積分二次後，即為Lagranian座標系之水位變化(以求其位移)，本所常使用之儀器如荷蘭Datawell之WAVERIDER浮球式波浪儀。

3. 壓力式波浪儀(如圖2.4) ，內部用乾電池及卡帶式(Solid State RAM)儲存量測的資料(約512KB) ，每隔二小時記錄10分鐘，約可使用20天，適合於淺水地區短期波浪觀測使用。通常壓力式波浪儀安裝在海底(水深較大除外)，較不易遭受破壞，容易安裝，機動性大為其優點；但不能取得即時資料，品質較難掌握，海象不佳時水下安裝困難，不適合長期觀測站採用，且安裝在較大水深(大於20公尺水深)及短週期波浪(2.5秒以下)未能感應到精確的資科。在淺水域量測表面波浪最容易之方法，大概就是用一個壓力感應器安放於水底。我們將壓力變遷與時間之關係作一分析，就可以得到表面的段面圖，如英國NBA DNW5，美國Wods Hole之PACER及SP2200(如圖2.4)。

2.2 五個國際港觀測站的現況概述

本所臺灣五個國際港到2015年12月底前均將陸續建立起波浪、海流、潮位及風之觀測站，目前五個國際港海氣象觀測站，由本所港研中心及各當地港務分公司協助本中心研究人員出海安裝觀測站儀器、觀測站資料的收集、整理及觀測站儀器的維護等，如基隆港分公司(前基隆港務局測量隊與基隆港務局蘇澳分局前測量隊)、花蓮港分公司(前花蓮港務局工務組設計科)、高雄港分公司(前高雄港務局測量隊)及臺中港分公司(前臺中港務局勘測隊)等五個單位，臺灣北區五個國際港之海氣象觀測站詳述如下：

2.2.1基隆港

1. 基隆港海氣象觀測站：2001年6月原安裝在基隆港東防波堤頭外水深44公尺處(如附圖2.1)，因基隆港務局決定東防波堤從2006年5月開始施工往北延長200公尺，工期約3年，因此，2006年8月中旬，海氣象觀測站第二次更新，使用挪威NORTEK公司之波高波向與剖面海

流即時傳送監測系統,配合施工改安裝在西防外海水深36公尺處(如圖2.1)；2010年11月東防波堤往北延長200公尺之工期完工後，本所港研中心於2011年8月下旬，在新東防波堤堤頭外200公尺, 水深48公尺處(如附圖2.1)，海氣象觀測站第三次更新，同樣安裝挪威NORTEK公司之波高波向與剖面海流即時傳送監測系統。

2. 基隆港潮位站與風速站：2011年10月並同時更新安裝在西防波堤光華燈塔附近之壓力式潮位儀及超音波式風速風向即時傳送監測系統，至今都在正常運轉中且資料完整。

2.2.2 蘇澳港

1. 蘇澳港海氣象觀測站：2002年7月19日本所在蘇澳港港口外700公尺附近水深25尺處,如圖2.2安裝一部挪威NORTEK公司之波高波向與剖面海流即時傳送監測系統,2004年9月22日船隻收錨時被錨碇之鉄錨拉到，以致海底電纜遭受到外力拉扯而受損，本所人員努力下在兩個多餘月，即12月2日重新更新鋪換放一段長200公尺之海底電纜，恢復完成海氣象觀測站整套系統即時監測之功能；到2007年已滿五年儀器與電纜漸漸老化故障頻繁，因此2007年10月中旬第二次更新海氣象觀測站，亦使用挪威NORTEK公司之波高波向與剖面海流即時傳送監測系統，同樣安裝在原地水深25公尺處(如圖2.2)；2012年8月第三次更新,同樣安裝在原地水深25公尺處；2015年8月8日蘇迪勒強烈颱風侵襲時，海底電纜遭到大浪拉扯而斷裂，雖然無法即時將資料傳回港研中心，但AWCP儀器立即轉換成自記方式繼續量測，12月10日重新鋪放電纜後，目前已正常運轉量測。

2. 蘇澳港潮位站與風速站:2003年6月本所港研中心在基隆港務局蘇澳港分局勘測隊原測站安裝一具壓力式潮位儀及Young公司之風速風向即時傳送監測系統，到2008年已滿五年儀器漸漸老化故障頻繁，因此2008年8月中旬更新日本KAIJO公司之三維超音波式風速儀與

壓力式潮位儀即時傳送監測系統，2012年10月第三次更新為Gill之二維超音波式風速儀與壓力式潮位儀之即時傳送監測系統，至今都在正常運轉中且資料完整。

2.2.3 花蓮港

1. 花蓮港海氣象觀測站：1989年12月至2000年8月，在花蓮港附近海域使用荷蘭DATAWELL之WAVERIDER浮球式波浪儀。2001年8月中旬安裝挪威NORTEK公司之波高波向與剖面海流即時傳送監測系統，在2003年9月1日受到杜鵑颱風外圍環流影響，以致海底電纜遭受到外力拉扯受損已不堪使用，本所人員亦同時在兩個月內即2003年10月22日重新更換鋪放一條海底電纜，恢復達成即時監測之功能；到2008年已滿七年儀器與電纜漸漸老化故障頻繁，因此2008年8月中旬第二次更新，使用與前同品牌的挪威NORTEK公司之波高波向與剖面海流即時傳送監測系統，安裝在原測站水深33公尺附近處；2013年8月中旬第三次更新安裝同品牌的挪威NORTEK公司之波高波向與剖面海流即時傳送監測系統,安裝在原地水深33公尺處(如圖2.3)；目前正常運轉量測。

2. 花蓮港潮位站與風速站:潮位站則是本所港研中心2001年6月在白燈塔附近安裝一具壓力式潮位儀，但在2007年8月17日受到大雷雨侵襲中之閃電擊中，導致觀測中之潮位儀嚴重受損， 2007年11月30日第二次更新，在原測站重新安裝一組壓力式潮位儀及花蓮港務局大樓樓頂安裝一組三維超音波式風速風向即時傳送監測系統，2013年10月第三次更新，至今都在正常運轉中且資料完整。

2.2.4 高雄港

1. 高雄港海氣象觀測站：2000年12月中旬經會勘後選定在高雄一港口與二港口間，亦即高雄市中區污水處理廠附近海域，安裝一組波高

波向與剖面海流即時傳送監測系統，海底電纜沿著污水排放管鋪設，擬進行長期觀測。2001年6月23日奇比颱風經過形成之外圍環流影響以致海底電纜遭受到外力拉扯受損後，暫時以自記方式量測，2002年6月20日重新更換海底電纜以達成即時監測之功能；但在12月中旬，受到雙拖網漁船拉斷，暫時以自記方式量測中，雖無法達到即時傳送資料的功能，但還能用自記方式繼續量測調查得到寶貴的資料；2005年8月本所經會勘後再選定在高雄二港口紅燈塔西南外約700公尺安裝一組波高波向與剖面海流即時傳送監測系統，海底電纜沿著海床鋪設如圖2.4，進行長期觀測，至2010年超過五年，因此於2010年8月第三次更新，在原測站附近重新更新儀器及海底電纜，2013年5月18日起兩個AWCP儀器系統組，在半個月內陸續遭外力破壞，電纜都已斷成支離破碎且一組AWCP儀遺失，經與高雄港務分公司連絡，得知可能是港正在擴建施工的工作船挖斷的原因，即時改用自記方式量測，2014年3月中旬AWCP觀測站的修理完成正常運轉中；至今(2015)年又超過五年，因此於2015年9月第四次更新，但因高雄港洲際二期工程計畫，已施工二年，預計2018年3月完工，如在原地安裝儀器會影響量測資料的品資，因此改在高雄二港口北防波堤西北西外約600公尺附近安裝量測之儀器及海底電纜，目前正常運轉量測。

2. 高雄港潮位站與風速站：2003年6月本所港研中心在十號碼頭原站安裝一具壓力式潮位儀及風速風向即時傳送監測系統，至2015年已使用5年以上，因此在10月在原測站重新安裝一組二維超音波式風速風向風速及壓力式潮位儀之即時傳送監測系統。另於高雄港二港口南防波堤堤頭紅燈塔，亦安裝一組二維超音波式風速風向風速及風速站，至今狀況良好。

2.2.5 台中港

1. 臺中港海氣象觀測站：波浪觀測方面，因台中港務局北防波堤延長工程開始展開整平拋石工作，影響到本所港研中心海氣象觀測站海中儀器的安全，2000年8月18日暫時停止量測並將設備收回。直到2003年5月臺中港務局北防波堤延長工程完成後，本所隨即在2003年7月5日隨即安裝完成(挪威NORTEK公司)波高波向與剖面海流即時傳送監測系統，安裝地點在臺中港北防波堤堤頭，290度左右150公尺之外、水深25公尺處(如附圖2.5)，但2008年9月28日因連續二個強烈颱風下了超大豪雨，雨水從北邊的大甲溪與大安溪流出攜帶著大量的砂石，將整座高2.5公尺的AWCP儀器埋剩10公分左右，並將海底電纜沖斷，本所隨即在2009年6月20日，重新安裝完成新的波高波向與剖面海流即時傳送監測系統一套，安裝地點在臺中港北防波堤堤頭，290度左右570公尺之外、水深23公尺處(如附圖2.5)，2013年11月30日突然無法正常傳回資料，經過7次日出海檢查，從北防波堤下水之海底電纜約300公尺長已有3部份斷裂，但因東北季風增強無法出海作業，暫時用自記方式量測，決定在2014年8月中旬第三次重新更新安裝一組AWCP儀器系統，安裝地點在原測站附近；2015年8月8日蘇迪勒強烈颱風侵襲時，海底電纜也遭到大浪拉扯而斷裂，雖然無法即時將資料傳回港研中心，但AWCP儀器立即轉換成自記方式繼續量測，12月23日重新完成鋪放電纜，目前已正常運轉量測。

2. 臺中港潮位站與風速站：1981年2月1日本所成立時，由於地緣之便，臺中港務局將位於南內堤堤頭之潮位站轉交由本所負責維修及資料分析，1979年潮位站由原先的南內堤堤頭，位移至現在的四號碼頭。由先前的浮筒式自記的(史蒂芬 A-71 型)儀器，更換為美國 HANDAR 公司的無線傳送壓力式自動感應儀器，1999年10月 18 日因 921 集集大地震臺中港務局重新整修 1～4 號碼頭，而將潮位站拆除。2001年3月31日碼頭整修完成後重新安裝壓力式潮位儀在潮位站內，2009、2014年每5年更新一次儀，目前資料傳輸一切正常；風速測站則在1981年2月1日本所成立時在臺中港北防沙堤風林

內，2000年3月受雷擊嚴重損壞，2001年6月重新安裝一組風速站，在2009年7月23日已使用8年，在原地重新更新儀器，如圖2.5。2005年9月本所另在台中港北防波堤堤頭安裝一具潮位儀與在白燈塔頂安裝風速儀一具，但本觀測站位於北防波堤堤頭，因風浪大，儀器故障較頻繁，雖然常易損壞，須常常更新儀器，但為探討臺中港冬季強勁的東北風的特性，臺中港北防波堤堤頭風速資料是可代表此地區的風力特性。2009年9月及2014年9月每5年更新一次，在二站原測站重新安裝二維超音波式風速風向風速儀之即時傳送監測系統。二個觀測站都使用無線電式與GSM數據傳送機傳回本所港研中心，目前資料傳輸一切正常。

2.3 臺灣五個國際港海氣象觀測站儀器介紹

台灣地區國際港附近海域海氣象調查研究，已於民國75年開始作有系統之資料整理，並建立初期之電腦資料處理系統，每年配合國家經建中所投入海象觀測經費、人力與站網有系統整合，逐漸完成基隆港、蘇澳港、花蓮港、臺中港及高雄港等五個國際港之長期海氣象觀測網站。

本所在第一個五年(89-93)的中程計畫期間，汰舊換新引進較精密的觀測儀器即挪威 NORTEK 公司出品之AWCP 超音波式波向波高與剖面海流儀，建立完成五個國際港長期觀測網站，以期獲得較長期的海氣象資料，以後第二個(94-97年) 中程計畫、第三個(98-101年) 中程計畫及現在正在執行的第四個(102-105年) 中程計畫，長期獲得較全面性完整之海氣象特性。

本所在臺灣五個國際港到目前(2015年12月底)均已建立起波浪、海流、潮位及風之觀測站(如圖2.5~圖2.9)，由本所港研中心第二科負責現場觀測站規劃、設計、安裝、建立後資料的收集、整理及儀器的維護。

本所有關臺灣地區五個國際港海氣象觀測系統架構如示意圖2.5。針對已建立之資料即時回報系統與網際網路(或區域網路)的連結進行初步的規劃及先導型系統的測試。各測站的即時觀測資料可不必侷限於本中心海象觀測中央接收站才能查詢，而可以在任何地點，透過網際網路即可接收及掌握各測站的觀測資訊，例如各國際港口之船舶交通管理單位或航運交通單位等。

本所港研中心五個國際港海氣象觀測站，是從2000年起到2015年間已經陸續在基隆港(2001年6月安置2006年8月第二次更新，2011年8月又第三次更新)、蘇澳港(2002年7月建置2007年10月第二次更新，2012年8月又第三次更新)、花蓮港(2001年8月建置2008年8月第二次更新，2013年8月又第三次更新)、高雄港(2000年第一次建置，2005年8月第二次更新，2010年7月第三次更新，2015年9月再第四次更新) 、臺中港(2003年7月建置，2009年6月第二次更新，2014年8月再第三次更新)裝設了海氣象觀測站；五個國際港已建立完成一個長期連續觀測網站系統(如圖2.5)。並將各海氣象觀測站之資料每小時傳回本所港研中心，資料品管步驟是經過本所港研中心人員手動處理後，再直接經由本所港研中心網路，立即提供至本所港研中心三科經過港灣環境資訊網提供全球人員使用參閱。

2.3.1儀器介紹

引進海氣象觀測技術，是改進提昇預報作業和海洋學術研究的基礎，近年來由於新觀測儀器的問世，使得一些傳統觀測技術有了重大的突破，不僅朝向自動化、多元化，更使海氣象觀測在時間及空間的解析度大幅增加，即時觀測之資料的傳送更迅速，對海洋科學的研究與預報技術的提昇極為重要。因此，促使海氣象觀測作業邁向現代化，全方位提昇海象測報能力，整合國內其他單位海氣象觀測站，建立全國海氣象觀測網，同時進行即時資料之交換。與相關單位共同發展整合性資料庫

管理系統，完成全國海氣象資料庫，是本所港灣技術研究中心未來積極努力的首要目標。

目前，本所港研中心，如圖2-5，五個國際商港裝設了五組海氣象觀測儀器(如圖2.9)，現場安裝於各港港口外附近海床上之超音波式感應器是固定在海底床上處(如圖2.10)，訊號經海底電纜傳回岸上接收儀，蘇澳港、花蓮港、高雄二港口及臺中港之海氣象觀測站是將海底電纜由堤頭上岸後直接進入燈塔,與接收儀連接後接由3G電訊方式之GPRS數據傳送機傳送回本所港研中心之原始資料。

104年10月前是由2G電訊方式之GSM數據傳送機傳送回本所港研中心之原始資料;今年10月後改換成3G電訊方式之GPRS數據傳送機傳送回本所港研中心之原始資料。緣由於行動無線通訊的進步，目前各大電信業者已經推出最新4G服務，根據國家通訊傳播委員會(NCC)表示，中華電信、台灣大哥大和遠傳三家業者的2G執照十五年有效期，將在民國104年12月到105年10月間陸續到期，並且2G與4G部分頻率相互重疊，各大電信業者會基於維護成本及上網速率頻寬考量，勢必會減少2G維護營運而轉至4G服務，NCC通訊營管處也呼籲2G手機用戶應盡早轉換到3G或4G。

目前本中心所有使用的行動無線通訊，尚停留在2G傳統無線撥接方式，將現場端AWCP觀測資料回傳至中心，並且每一站每月必須支付約5000~7000元五個站共約須3~4萬元龐大的通訊月租費，相較於3G無限制上網及每一站低於仟元固定費率方案，以及2G面臨淘汰停止服務的時程壓力下，勢必要儘早汰換及升級建置準備，以維持目前臺灣國際港所有即時海象觀測資訊的回報及訊息的掌握。五個國際港的海氣象觀測站都改換為3G電訊方式之GPRS數據傳送機傳送回本所港研中心再由資料處理器處理(如圖2.7)。先將原始資料前處理，再將風、波、潮、流等資料再轉入資料庫做中處理步驟，最後處理步驟後再提供到本所港研中心之電腦室或各港務局及學術單位各別分析參考及應用。

2.3.2 系統硬體架構

1. AWCP波高波向與剖面海流儀
2. 水下傳輸電纜
3. 資料傳輸介面箱
4. 上資料傳輸系統
5. 統資料擷取顯示及分析軟體。

2.3.3 AWCP 系統資料處理架構

1. AWCP 量測海象資料內容(如圖 2.10)：
   (1) 剖面流速、流向(三軸向或地球座標)
   (2) 波高(Hs、H1/3、Hmax、H1/10)，波向(主波向及次波向)，週期(Tp、Tmean)
   (3) 水位變化、水溫

2.系統運作模式：

(1) 自記式及長期即時傳送監控。

量測深度範圍：10m到60m。

速度範圍：±10m/s以內。

(如圖2.11)所示聲波訊號沿著相同的波束，被同一個探頭發送及接收，量測被水流所帶動的懸浮粒子的流速量測的流速為該水層的平均流速都卜勒效應及量測模式，AWCP是利用都卜勒效應原理測量水流速度。如果視聲源相對於接收器而移動，則其頻率會有所偏移。運用其所產生的頻率差來計算流速其原理與高速公路測速照相偵測來往車輛的速度類似，高速公路本身視為一股水流，來往其中的車輛則視為被這股水流所帶動的懸浮粒子

AWCP是以都卜勒方式量測流速其技術優於傳統的流速量測是因為(如圖2.12)：

(1) 只要一個AWCP即能量測整個剖面水層

(2) 不需要考慮水層中的障礙物對儀器本身所造成的干擾

(3) 沒有需替換的零件（如螺旋槳等）

(4) 不需作定期校正

(5) 不會因有附著物而產生量測的干擾

3. 波向量測：

(1) 四組聲波陣列形成一向位陣列(圖2.12)監測波浪行進路線。

(2) 選擇最接近水面層的流速層,根據其垂直速度變化判斷波浪行進方向。

(3) 可同時監測不同行進方向的波浪變化。

4. 波高量測:共有三種模式

(1)PUV模式：如(圖2.11)根據壓力計(P)及U，V向量流速量測波高適合量測長週期波，但由於壓力變化隨深度衰減而有所限制(約為25M) 。

(2)波速量測模式：根據由波浪上下運動所形成的波速來計算波高變化(如圖2.13) 。

(3)直接量測水面波高變化：以置中的聲波探頭直接打到水面量測由波浪所形成的水面位移變化，量測頻率高(達4Hz)可量測短週期波(如圖2.14) 。

(4)AWAC來量測波浪其優點：

a. 多種量測模式適用不同量測情形

b. 可分析不同方向所形成的波浪

c. 可置放於較深位置量測波浪

2.4 系統資料處理

2.4.1 前處理

在一定的時間間隔系統軟體將自動的與所有的波浪及流速剖面感應器系統建立通訊連接，從波浪及流速剖面感應器內的記錄器下載資料並儲存於資料庫中。每一個步驟都由電腦上顯示的通訊狀態列監控。軟體顯示目前傳輸狀態、時間、成功與否及目前記錄資料位址，以供日後判斷傳輸失敗原因。

將傳回到接收站之原始資料經統計後顯示列表(如圖2.15)：

2.4.2中處理

五個國際港之風、波、潮、流歷史資料及即時資料轉入資料庫轉換處理

1. 具有自動搜尋及掃描磁碟資料夾功能,能自動及過濾讀取：潮位org及raw檔；風速風向1he檔;溫度raw檔。
2. 將上述之org、1he、raw檔轉換並傳送至資料庫。
3. 自動比對站名、日期時間資料存入自動濾除資料重複功能。
4. 五港氣象潮位站統計圖及展示軟體擴充,從資料庫讀取最新潮位、風速及風向之讀值。
5. 新增潮位、風速及風向之各站觀測統計圖形資料。
6. 修改並調整文字顯示個別日期之潮位、風速及風向之各站最新觀測資料內容。(如圖2.16) AWCP系統傳回本所港研中心五樓接收站，經過以上中處理後得到的結果狀況。

7. 新增潮位觀測資料即時傳輸顯示系統，當太平洋海嘯警報發報後本所港研中心接收站,改每秒即時接收五港之潮位資料, 在海嘯初達波抵達臺灣時即能與預警做比對，以免造成重大災害，如圖2.17至圖2.20顯示。

2.4.3.後處理

最後處理步驟才提供到本所港研中心之電腦室或各港務局及學術單位各別分析參考及應用。探討分析臺灣地區國際港附近海域海氣象特性與建立整合性觀測資料庫，擬定本計畫之研究範疇。工作為長期性之觀測與配合本所其他研究計畫所須之任務觀測，建立e化航運，提升船舶運輸航行安全，促進港埠營運效率；建立近岸防救災預警與搜救系統，減低災害損失；建置海氣象及近岸環境監測與服務系統並建立資料庫以促進測報現代化；促進觀測技術現代化，提升量測精確性與測報能力。

圖2.1 日本kaijo海上電機公司出品的超音波式波高儀

圖2.2 荷蘭Datawell公司出品的浮球式波高波向儀

圖2.3 挪威Nortek公司出品的AWCP超音波式波高波向與剖面海流儀海氣象觀測站監控室示意圖

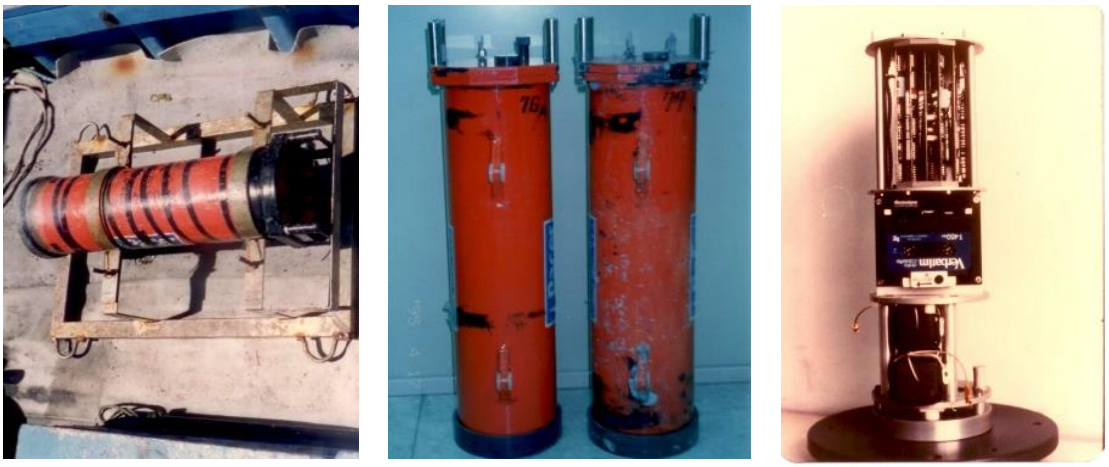


圖2.4 美國Paroscientific公司出品的Facer壓力式波浪儀及英國NBA公司出品的DNW-5壓力式波浪儀

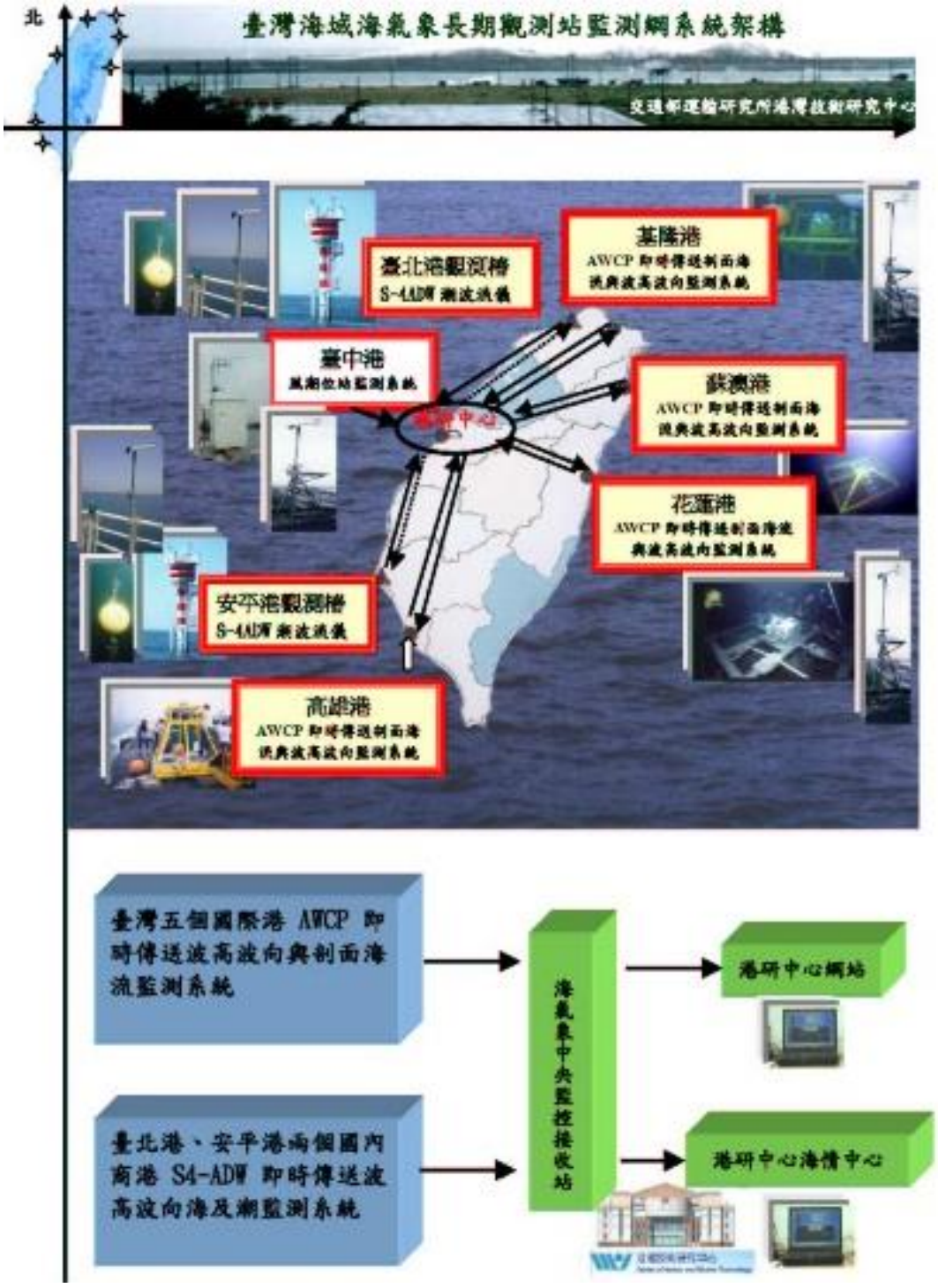


圖 2.5 本所海氣象長期觀測系統架構圖

圖2.6 臺灣五個國際港海氣象長期聯合觀測網站系統架構示意圖

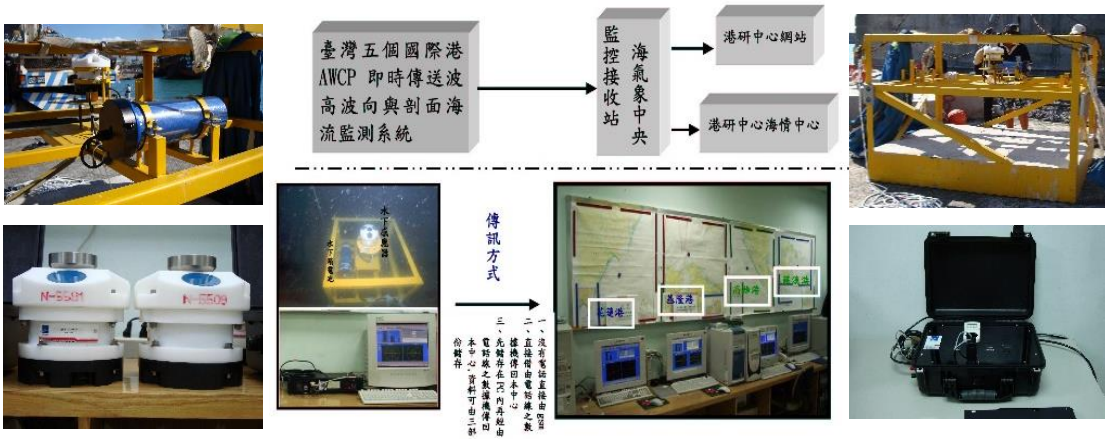


圖 2.7 臺灣五個國際港海氣象長期聯合觀測網監測系統

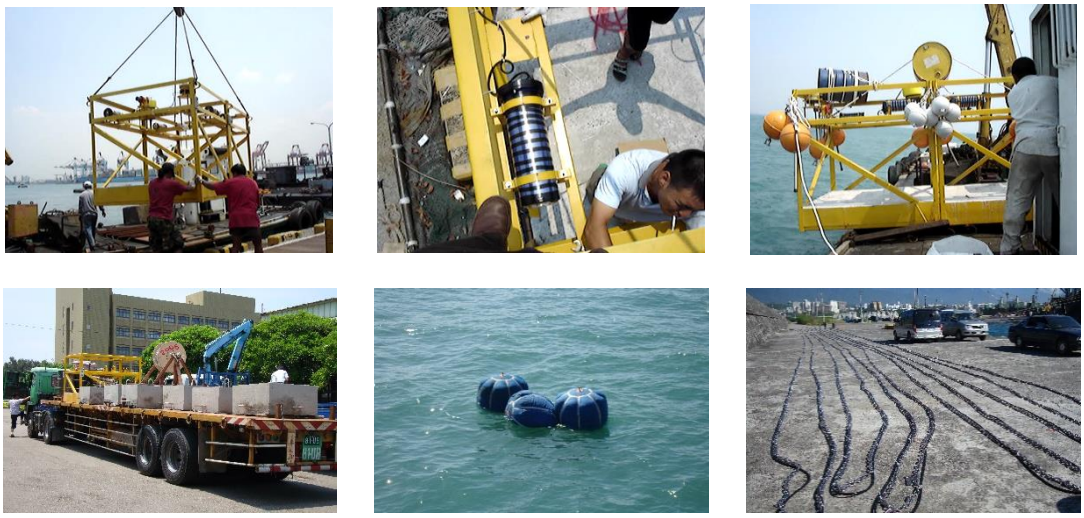


圖2.8　AWCP系統現場安裝作業示意圖

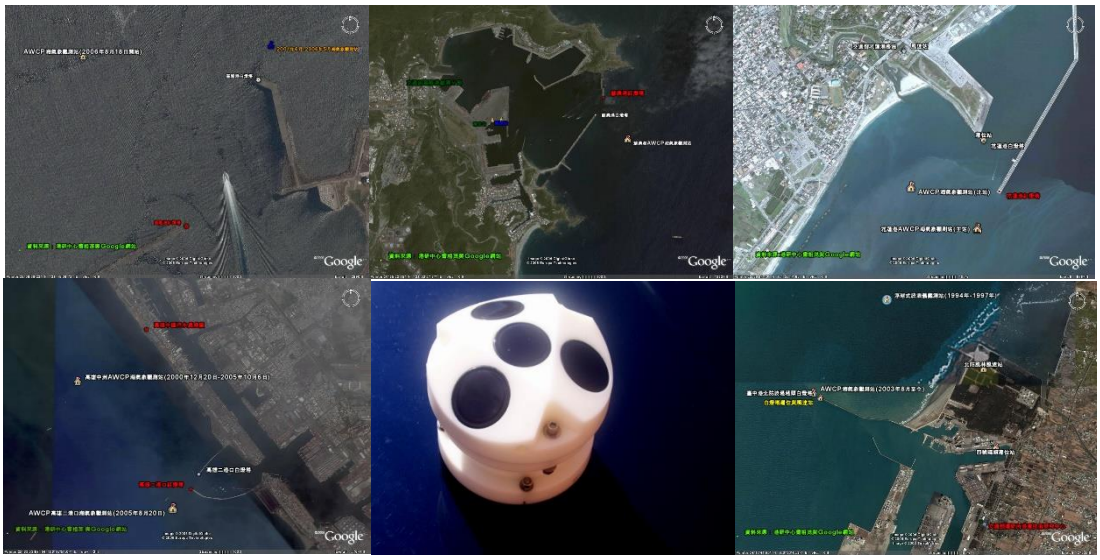


圖2.9 臺灣五個國際港海氣象長期聯合觀測站儀器安裝佈置位置示意圖

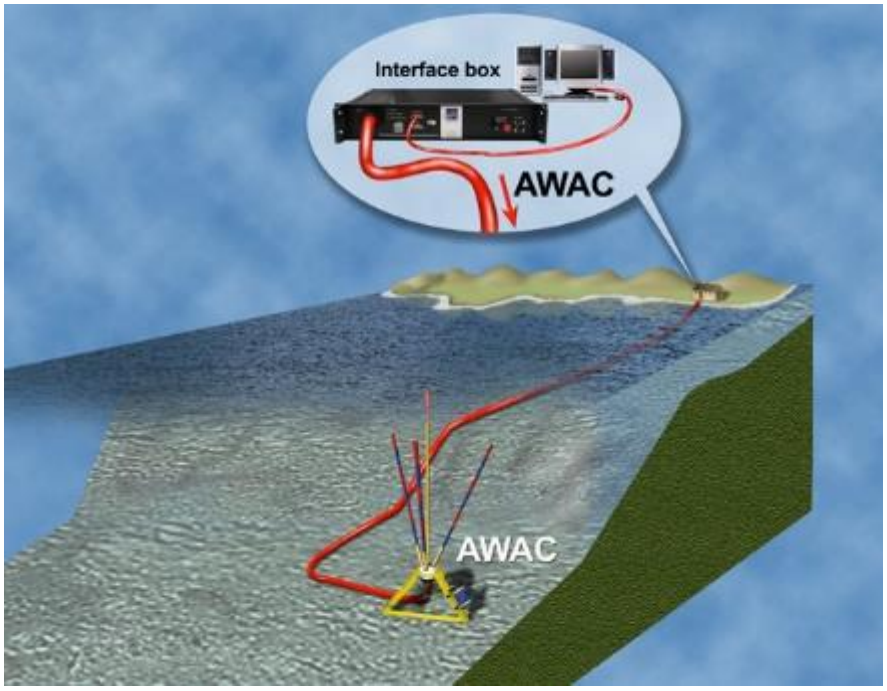


圖2.10 即時傳輸系統硬體構示意圖

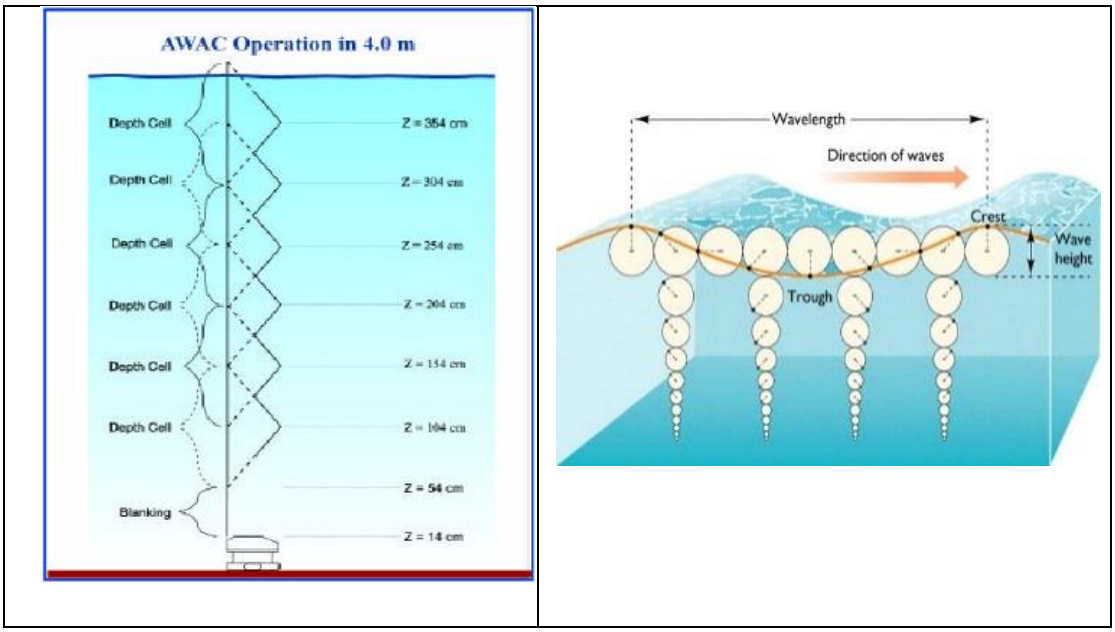


圖2.11 AWCP聲波訊號傳訊示意圖

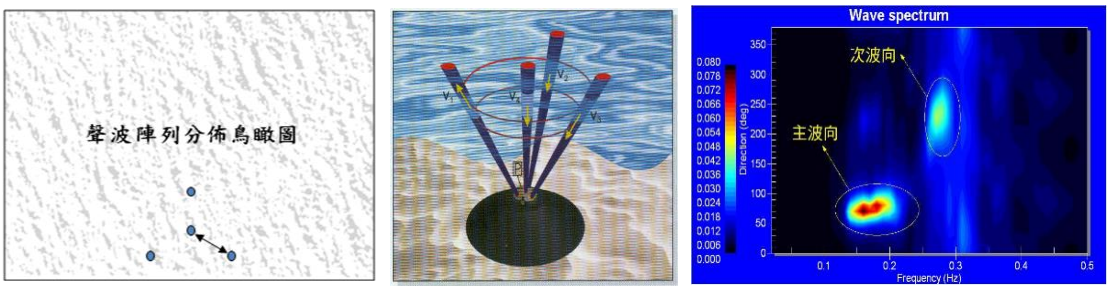


圖 2.12 AWCP 以都卜勒方式量測流速流向示意圖

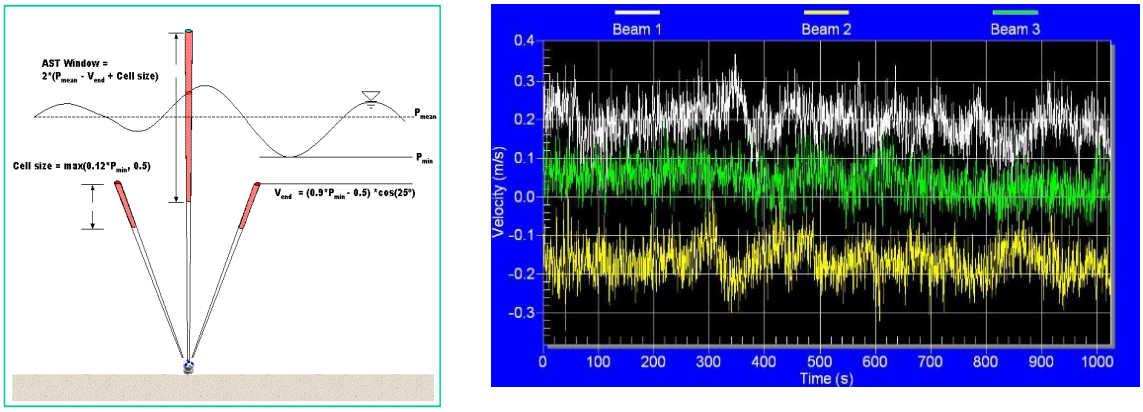


圖 2.13 AWCP 波浪上下運動示意圖

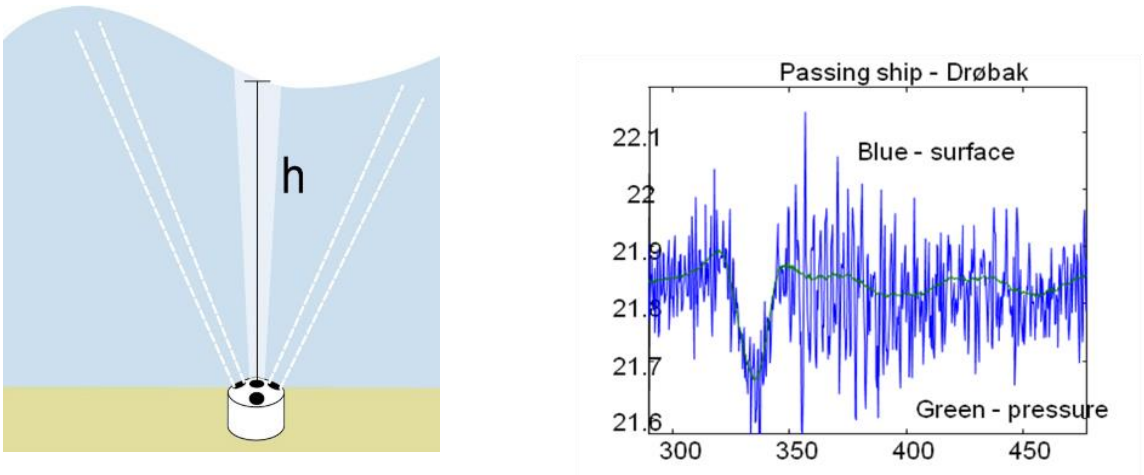
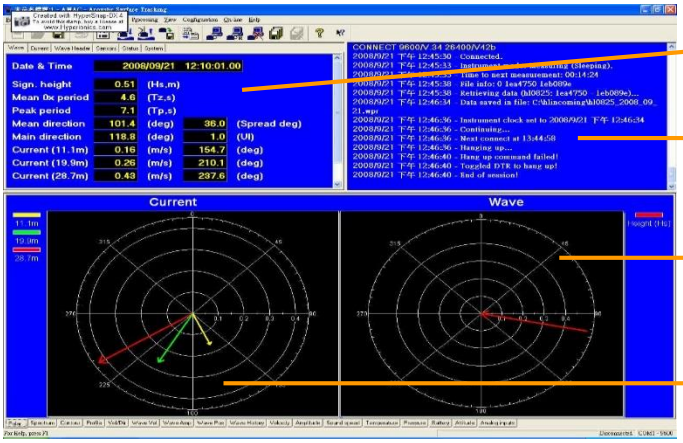


圖2.14　AWCP監測系統之聲波探頭直接打到水面量測由波浪所形成的水面位移變化示意圖

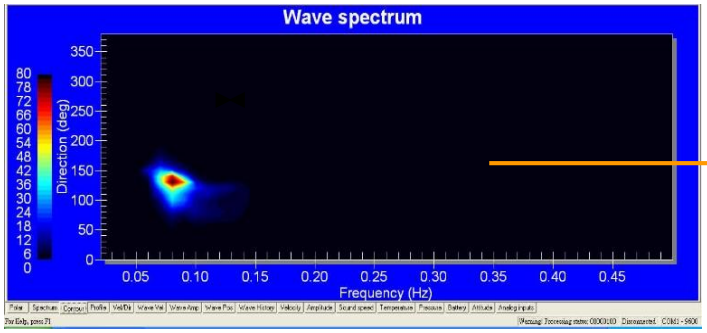


波浪資料量測值剖面流速流向

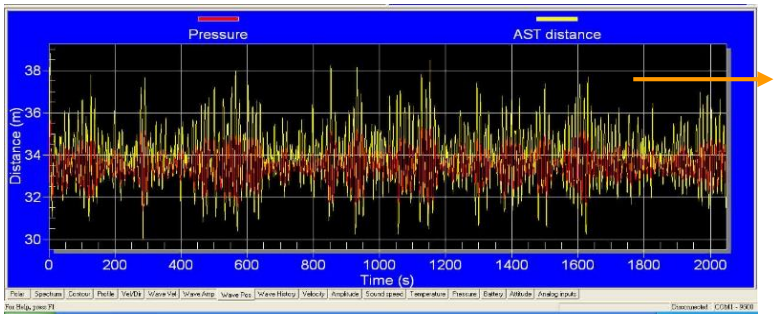
通訊記錄狀況

波浪來向

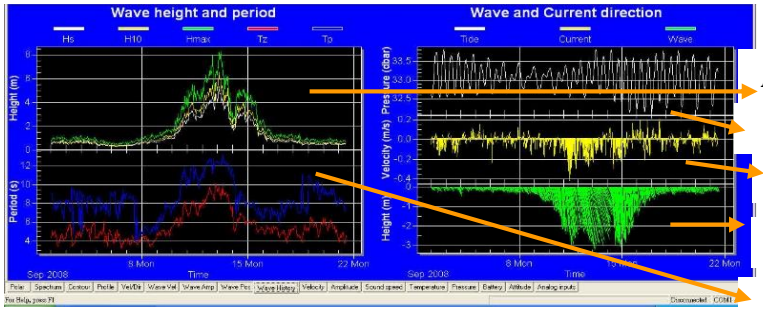
上中下層海流去向
多重視窗波浪資料



3D波浪能量顯示



壓力式(紅線)及
超音波式(黃線)
波浪即時資料顯示



AWCP監測系統之波高

水位

流速流向

波高波向逐時变化圖

週期

圖2.15　AWCP系統傳回本所接收站經過前處理後結果狀況

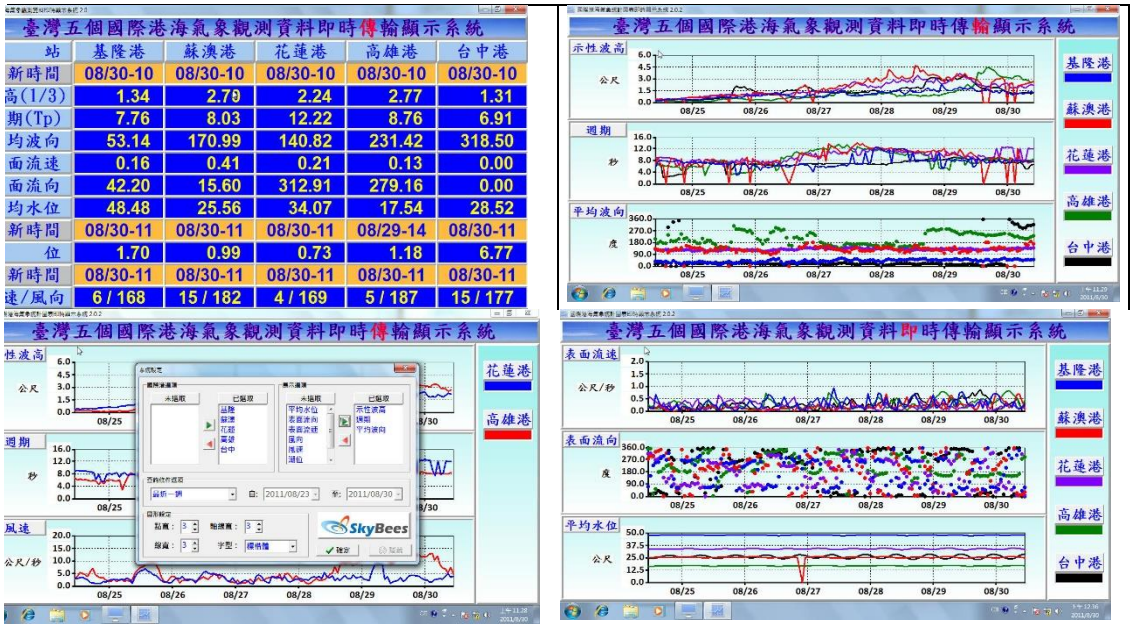


圖2.16　AWCP系統傳回本所接收站經過中處理後結果狀況

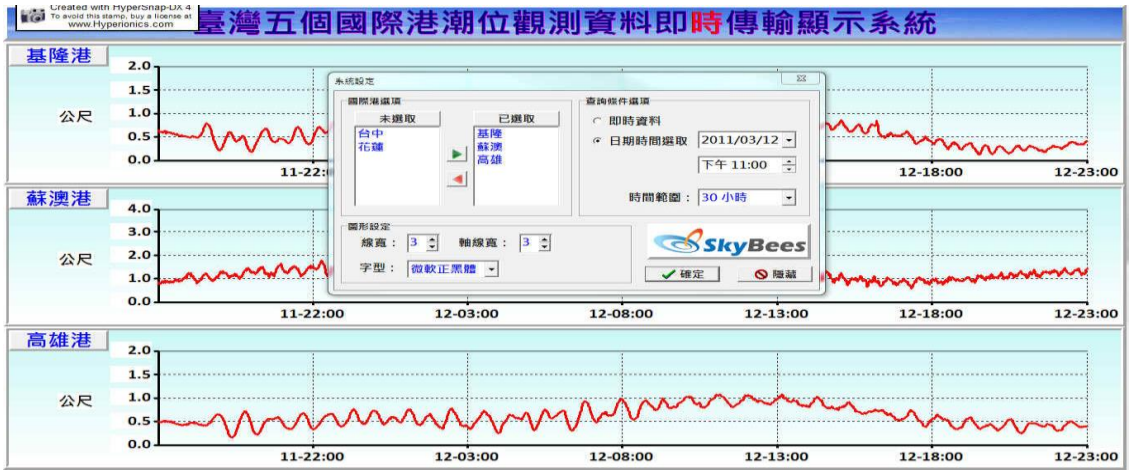


圖2.17 臺灣五個國際港潮位觀測資料轉換成即時傳輸顯示圖

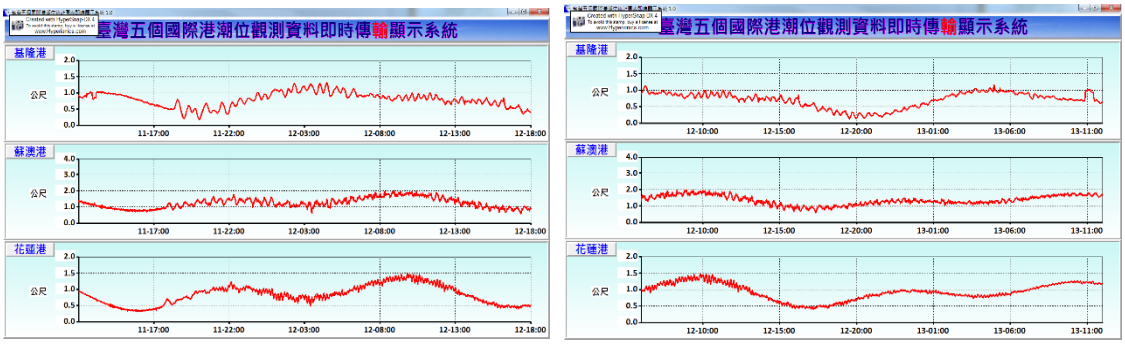


圖2.18　基隆港、蘇澳港、花蓮潮位站2011年3月11日12時到13日12時
日本3月11日13:47大地震引發強烈海嘯傳遞抵達之狀況

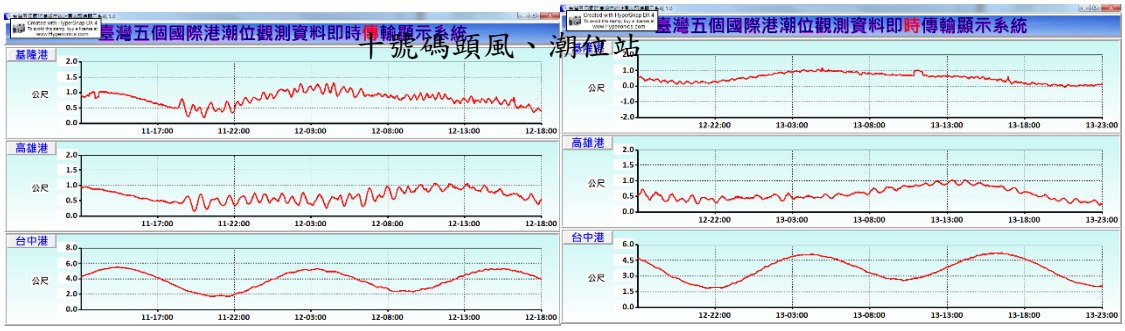


圖2.19 基隆港、高雄港、臺中港潮位站2011年3月11日12時到13日23時日本3月11日13:47大地震引發強烈海嘯傳遞抵達之狀況

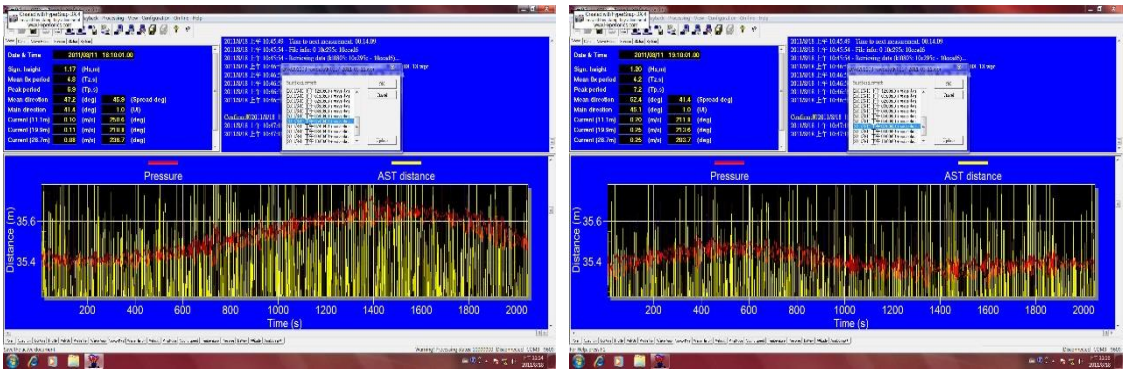


圖2.20 基隆港AWCP觀測站 3月11日18:10至18:44及19:10至19:44之壓力式水位變化狀況圖

第三章

2015 年基隆港海氣象資料分析與特性

第三章　2015 年基隆港海氣象資料分析與特性

3.1 觀測方法

基隆港海氣象觀測站是使用挪威 NORTEK 公司的波高波向與剖面海流即時傳送監測系統之 AWCP 儀器，因基隆港東防波堤自 2006 年 5 月起往北延長 200 公尺約四年的工期，因此本所之觀測站自 2006 年 7 月起將觀測站儀器安裝地點更改在基隆港西防波堤外水深 36 公尺位置，2010 年 11 月基隆港務局電話通知已完工，所以 2011 年 8 月，本所又將 AWCP 海象觀測站安裝在東防波堤堤頭北方約 200 公尺，水深 48 公尺位置。潮位站與風速站同在 2011 年 10 月在原位置(基隆港光華燈塔附近屬基隆港務局測量隊之潮位站)更新安裝一組壓力式潮位儀及二維超音波式風速風向，以 GPRS 即時傳送監測系統方式傳訊回本所港研中即時傳送監測系統，詳如圖 2.9。

3.1.1 波浪的量測

取樣頻率都設定為 1Hz，每小時取樣 2048 筆資料，亦即波高精度在每 1 秒間隔內分別量測所得速度 U、V、W 向量與壓力量，量測取得之資料再作整合而得到波高、波向的資料。

3.1.2 水位的量測

壓力感應器所測得之壓力訊號可轉換為水位訊號，取樣頻率亦設定為每小時觀測 6 分鐘之平均水位值。

3.1.3 海流的量測

剖面海流流速的量測可以依照使用在不同水深即自固定在海床上之儀器位置到水表面來設定量測不同的間距，基隆港海氣象觀測站水深 48 公尺，因此間距設定為 2 公尺,每小時第 0 分至 10 分期間連續量測 600 秒，再將總和平均代表其每一間距層之海流流速、流向等資料，記錄在感應器內，並隔每小時之第 44 分開始，經由海底電纜傳訊回到接收站，再經由數據傳送機，直接傳回本中心電腦中儲存。

3.1.4 溫度的量測

內建於感應器上，操作環境在-4℃~40℃間其精度 0.1℃；全部之原始資料先儲存於水中感應儀器之記錄器中，俟全部量測結束後，即每小時之第 44 分鐘後，再經由海底電纜傳回本中心各觀測站之電腦儲存。俟本所港研中心接收站取得之原始波浪記錄，經利用程式轉換可做波高、波向及週期的統計分析與波譜分析，可提供各港務局之船舶交通管理系統 VMS 連線做即時傳送，以及學術單位進一步分析研究參考。

3.2 基隆港海氣象觀測站基本資料分析與特性

3.2.1 海流、水位

如圖 3.1~圖 3.12 為 2015 年 01 月 01 日~2015 年 12 月 31 日間在基隆港東防波堤紅燈塔外海蒐集之海流、水溫、水位之原始記錄資料，記錄資料甚為良好，資料為上層逐時變化圖，所觀測之海流流向有週期性往復運動，海流運動方向主要集中在沿海岸平行方向，且隨潮流漲落改變方向；主軸為東與西向，即退潮時段流向為東，漲潮時段流向為西，大潮時其流速甚強，最大流速約可達 1.5~2.0 節左右。

綜觀其水位，可見此地區以全日潮為主，半日潮為輔(如圖 3.1~圖 3.12 所示)主要為複合潮。

3.2.2 波浪

如圖 3.1 至圖 3.3 及、圖 3.11 至圖 3.12 為 2015 年 1、2、3、11 及 12 月的冬季波浪資料，因自 2015 年 112 月 19 日至 2015 年 11 月 25 日止，AWCP 海象觀測儀器故障沒有資料外，基本上是東北季風盛行的型態，經計算出之玫瑰統計圖(如圖 3.14 至圖 3.15 及圖 3.23 至圖 3.24)顯示，有義波高大部份在 2~5 公尺間，週期一般在 6-8 秒間，波向以東北為主。

圖 3.5~圖 3.10 為 2015 年 5 月~10 月間的波浪資料，主要可分為夏季波浪與颱風波浪，但觀測站受陸上遮蔽及夏季西南風較弱，因此可看出是以颱風來襲或颱風行經附近海域而引起較大的波浪為主。

3.2.3 颱風波浪

基隆港之颱風波浪之逐時波浪變化圖如圖 3.3~圖 3.11，其實測有義波高(1) 巴威颱風 3 月 18 日 9 時測得最大有義波高 0.72 公尺、週期 13.8 秒，波浪來向 65.6 度；(2) 梅沙颱風於 4 月 4 日 11 時測得最大之有義波為 0.65 公尺、週期 11.1 秒，波浪來向 60.9 度；(3) 有發佈警報的紅霞颱風於 5 月 12 日 10 時測到最大之有義波為 1.81 公尺、週期 7.2 秒，波浪來向 24.2 度；(4) 白海豚颱風 5 月 21 日 22 時測得最大有義波高為 1.38 公尺、週期 5.9 秒，波浪來向 26.6 度；(5) 有發佈警報的昌鴻颱風 7 月 07 日 20 時測得最大有義波高為 2.13 公尺、週期 8.4 秒，波浪來向 23.8 度；(6) 有發佈警報的蓮花颱風 7 月 05 日 06 時測得最大有義波高為 1.31 公尺、週期 8.2 秒，波浪來向 33.4 度；(7) 南卡颱風 7 月 18 日 02 時測得最大有義波高為 0.99 公尺、週期 9.5 秒，波浪來向 13.7 度；(8) 哈洛拉颱風 7 月 26 日 06 時測得最大有義波高為 0.93 公尺、週期 11.3 秒，波浪來向 64.7 度；(9) 有發佈警報的蘇迪勒颱風 8 月 08 日 10 時測得最大有義波高為 8.06 公尺、週期 12.7 秒，波浪來向 60.9 度；(10) 有發佈警報的天鵝颱風 8 月 20 日 13 時測得最大有義波高為 1.04 公尺、週期 10.1 秒，波浪來向 62.5 度；(11) 閃電颱風 8 月 23 日 15 時測得最大有義波高為 2.22 公尺、週期 7.7 秒，波浪來向 5.6 度；(12) 有發佈警報的杜鵑颱風 9 月 28 日 18 時測得最大有義波高為 7.09 公尺、週期 10.2 秒，波浪來向 39.4 度。；(13) 彩虹颱風 10 月 04 日 11 時測得最大有義波高為 1.12 公尺、週期 6.7 秒，波浪來向 50.3 度；(14) 彩霞颱風 10 月 09 日 13 時測得最大有義波高為 4.83 公尺、週期 13.9 秒，波浪來向 42.3 度；(15) 巨爵颱風 10 月 22 日 18 時測得最大有義波高為 3.65 公尺、週期 7.8 秒，波浪來向 32.3 度；(16) 烟花颱風 11 月 25 日 21 時測得最大有義波高為 3.56 公尺、週期 9.1 秒，波浪來向 359.5 度。

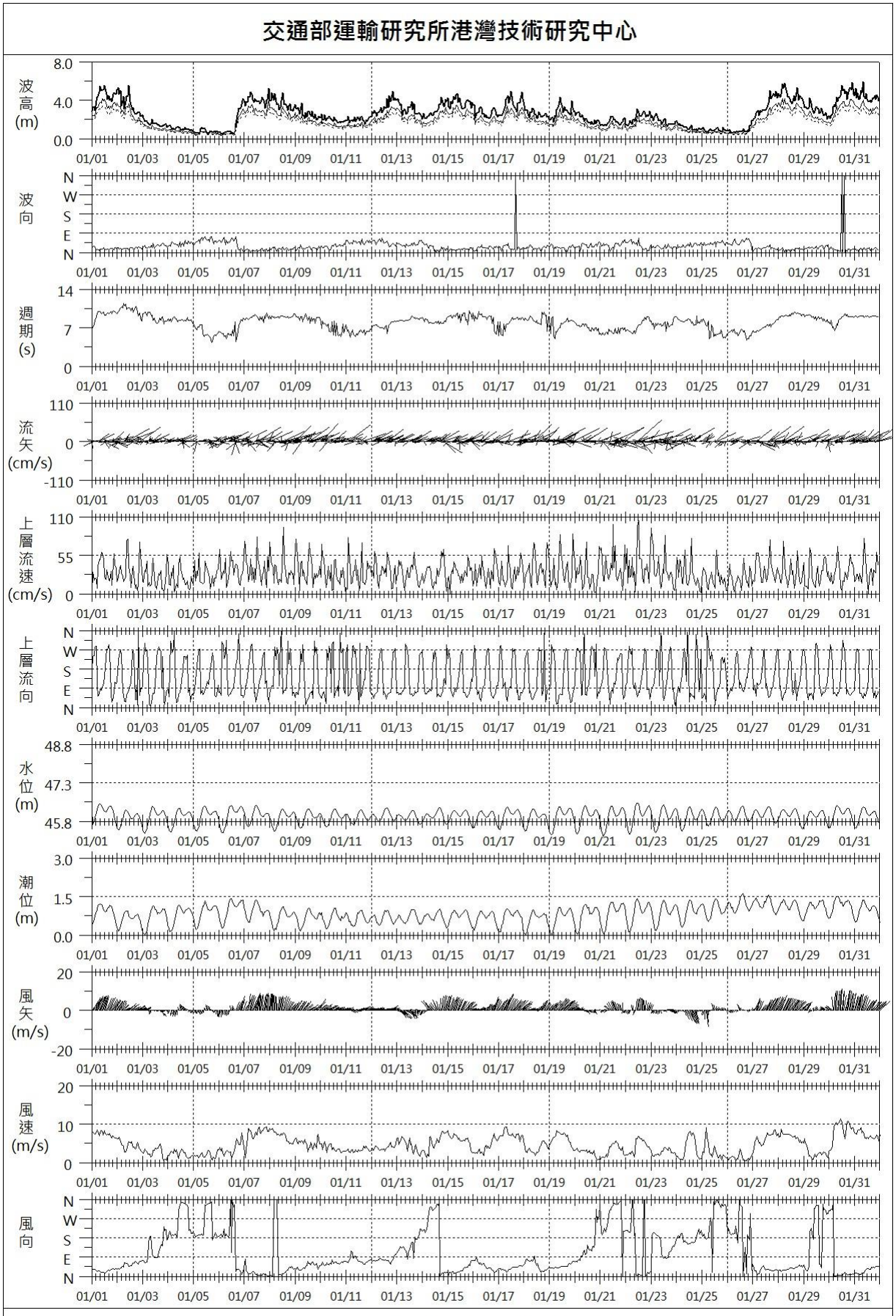


圖3.1 2015年1月基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

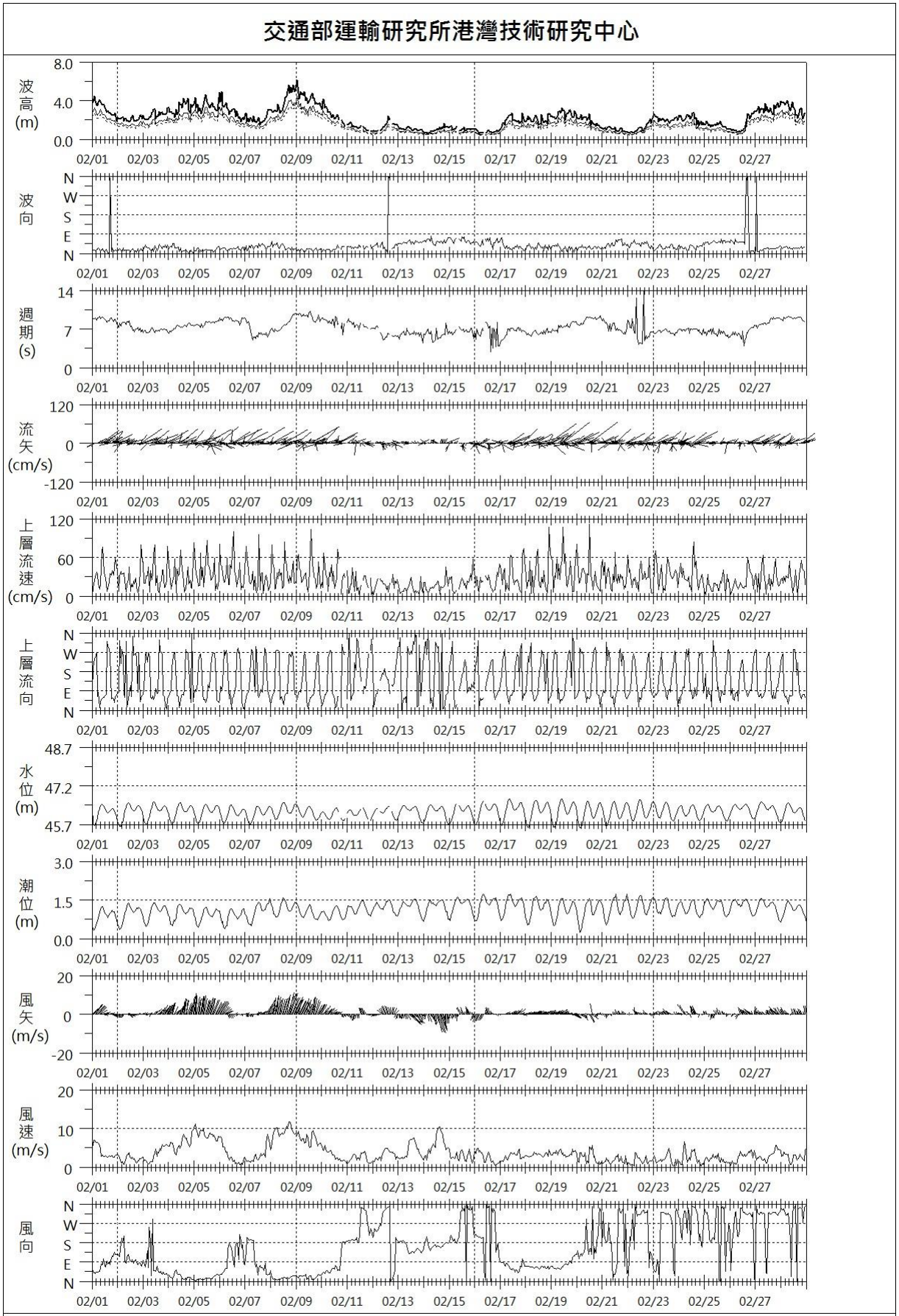


圖3.2 2015年2月基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

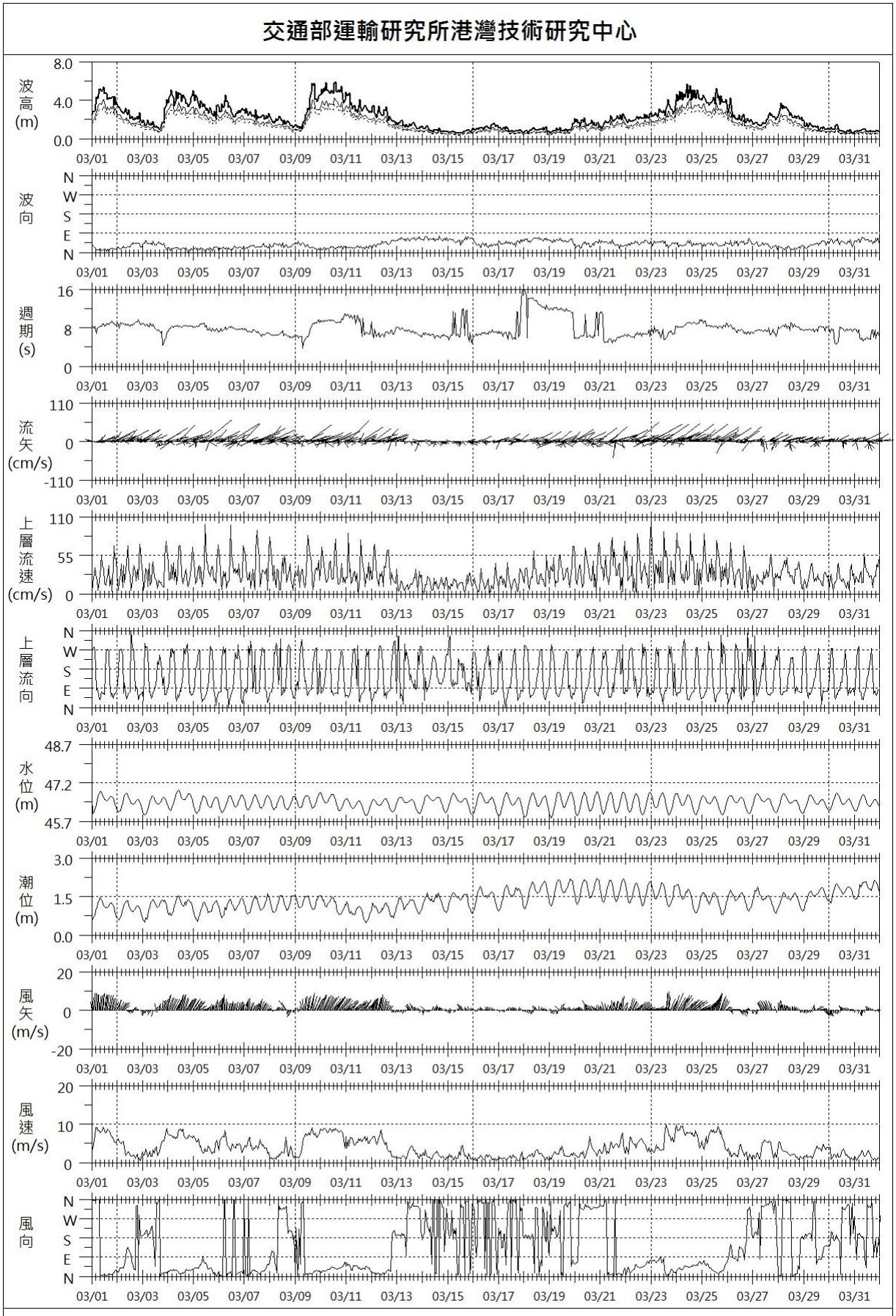


圖3.3 2015年3月基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

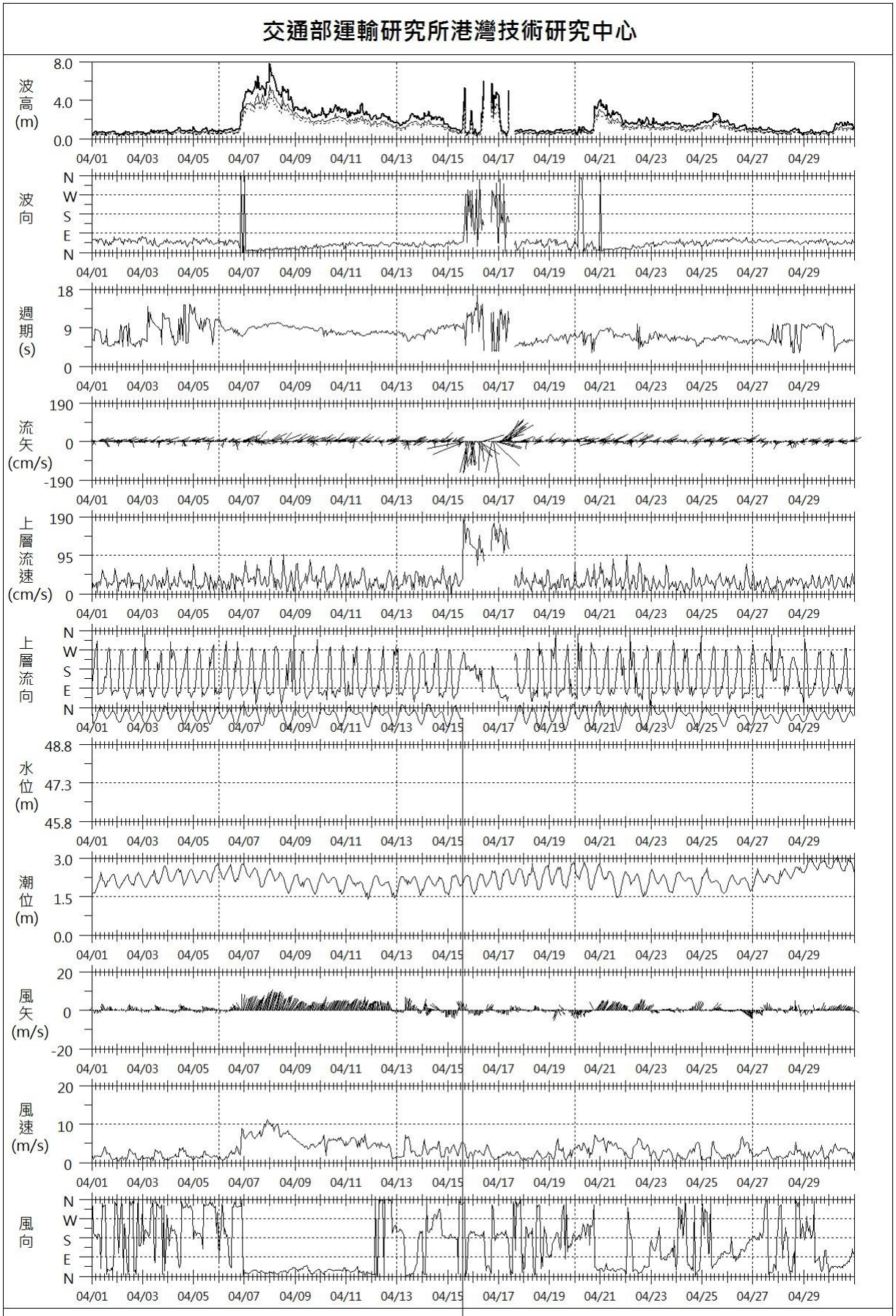


圖3.4 2015年4月基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

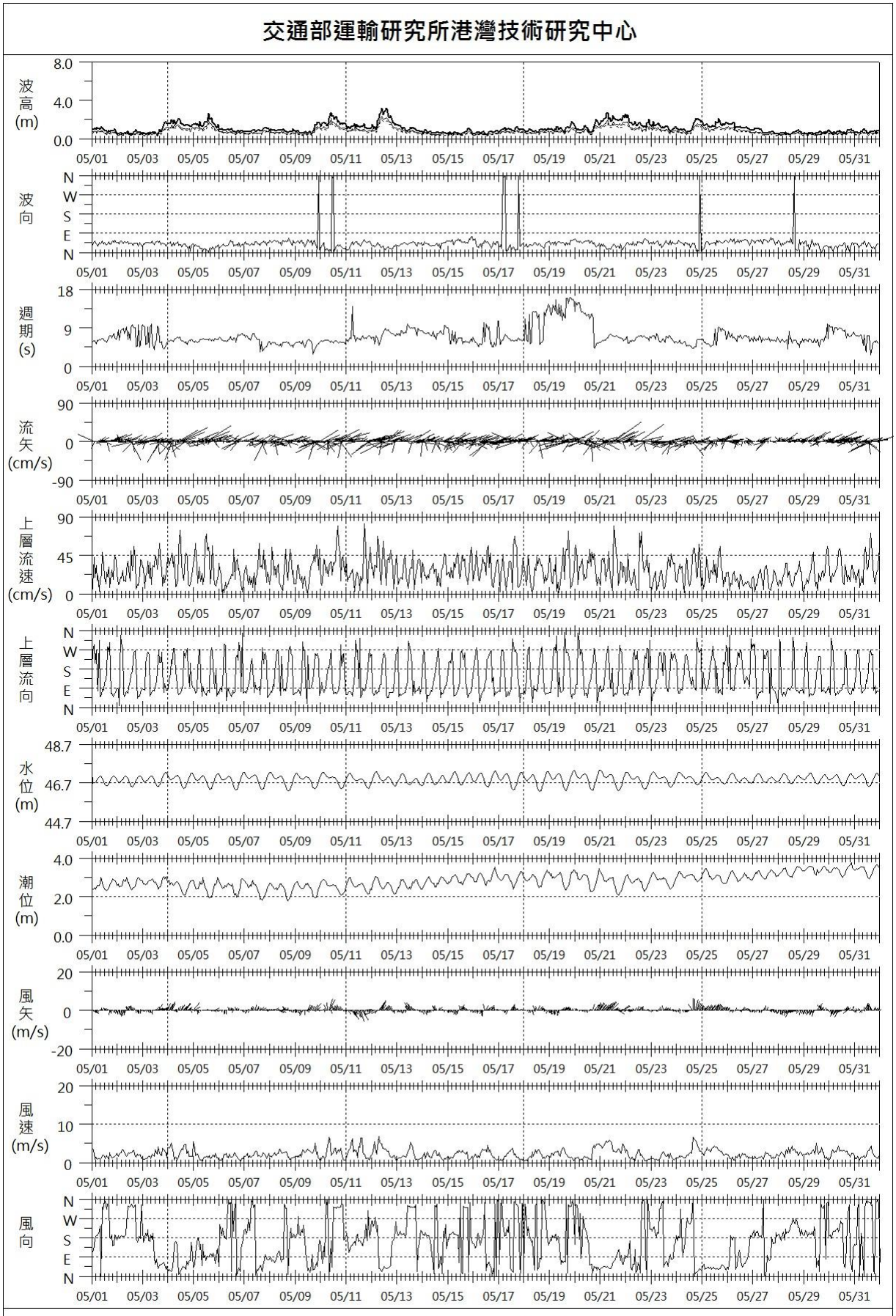


圖3.5 2015年5月基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

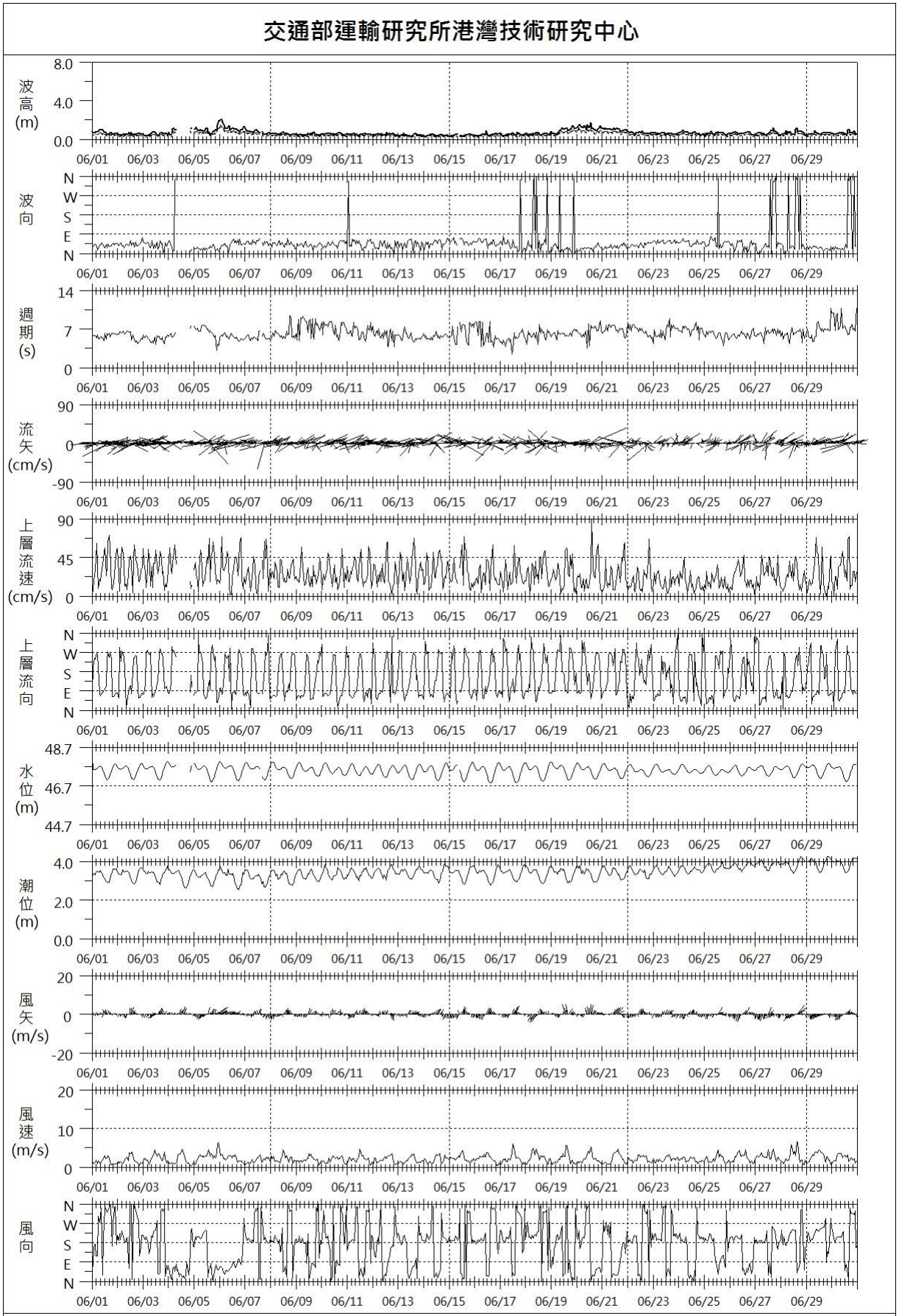


圖3.6 2015年6月基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

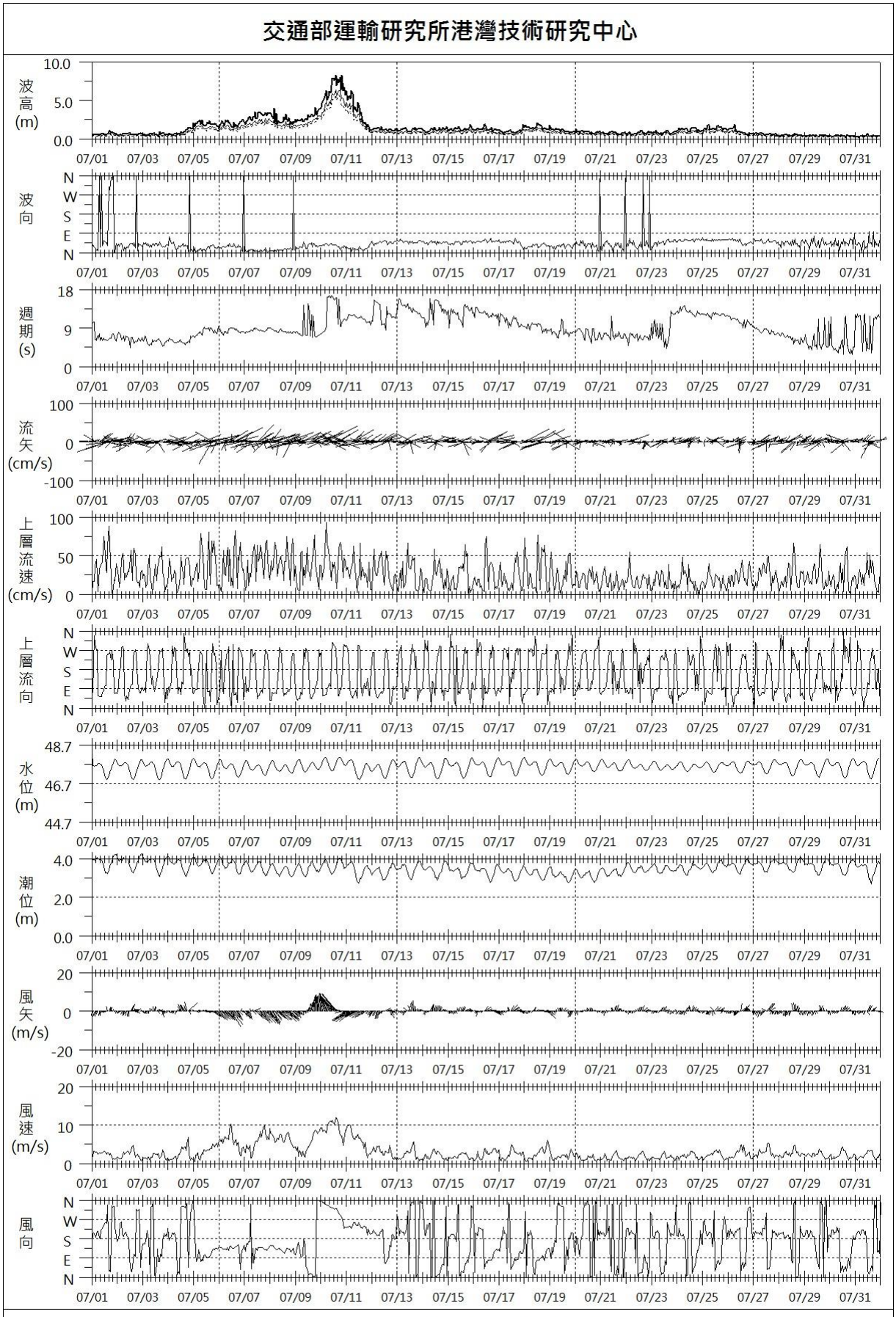


圖3.7 2015年7月基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

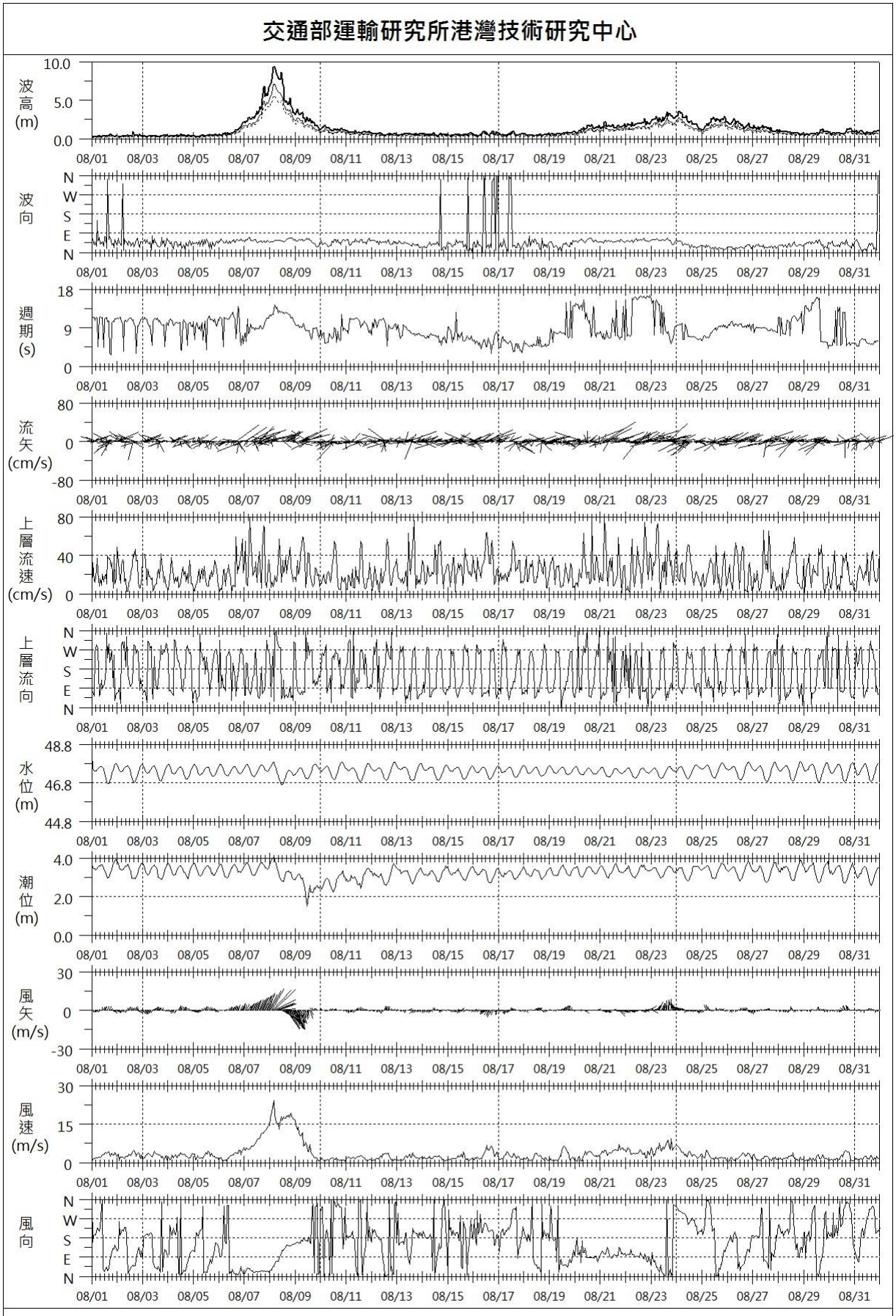


圖3.8 2015年8月基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

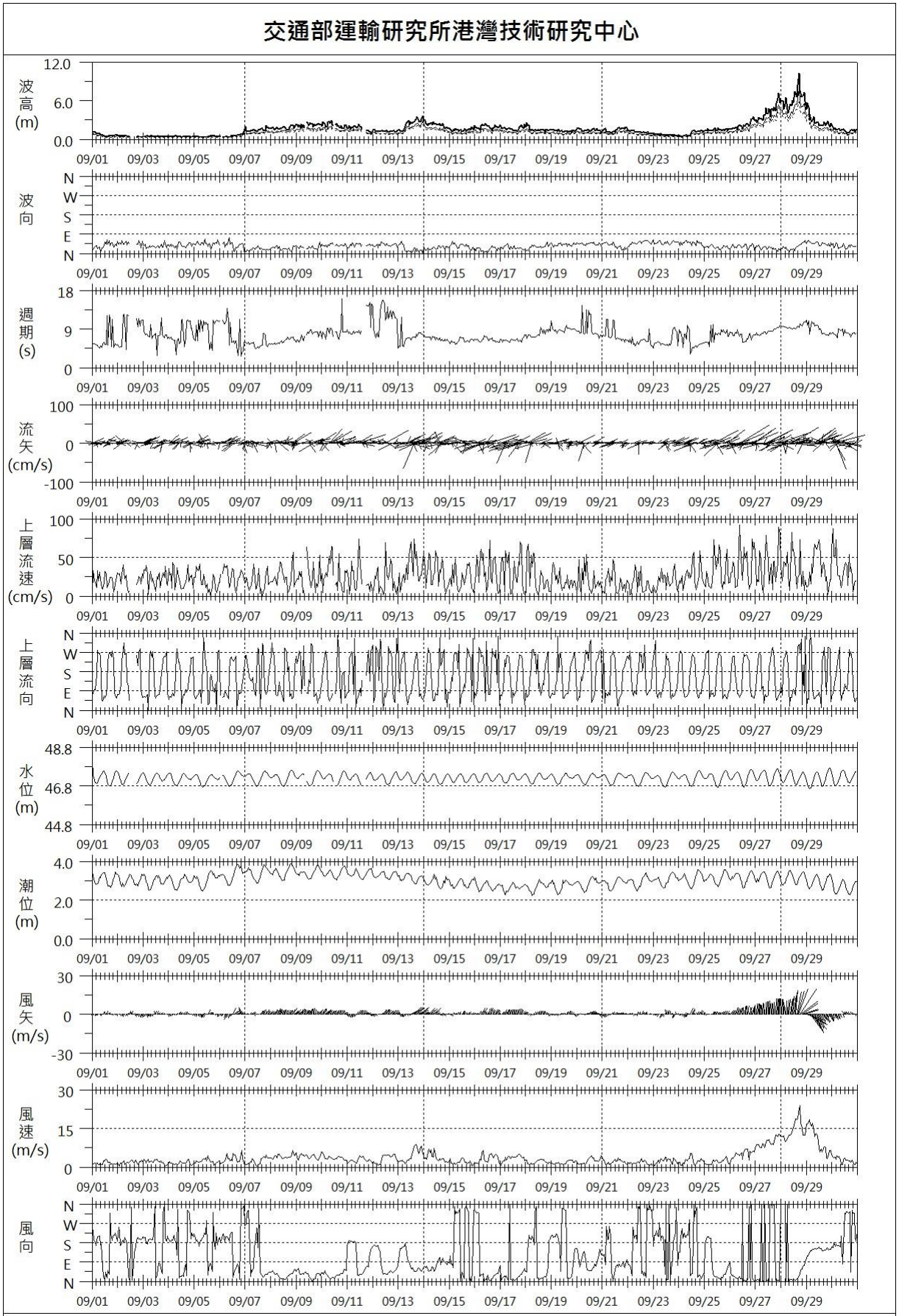


圖3.9 2015年9月基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

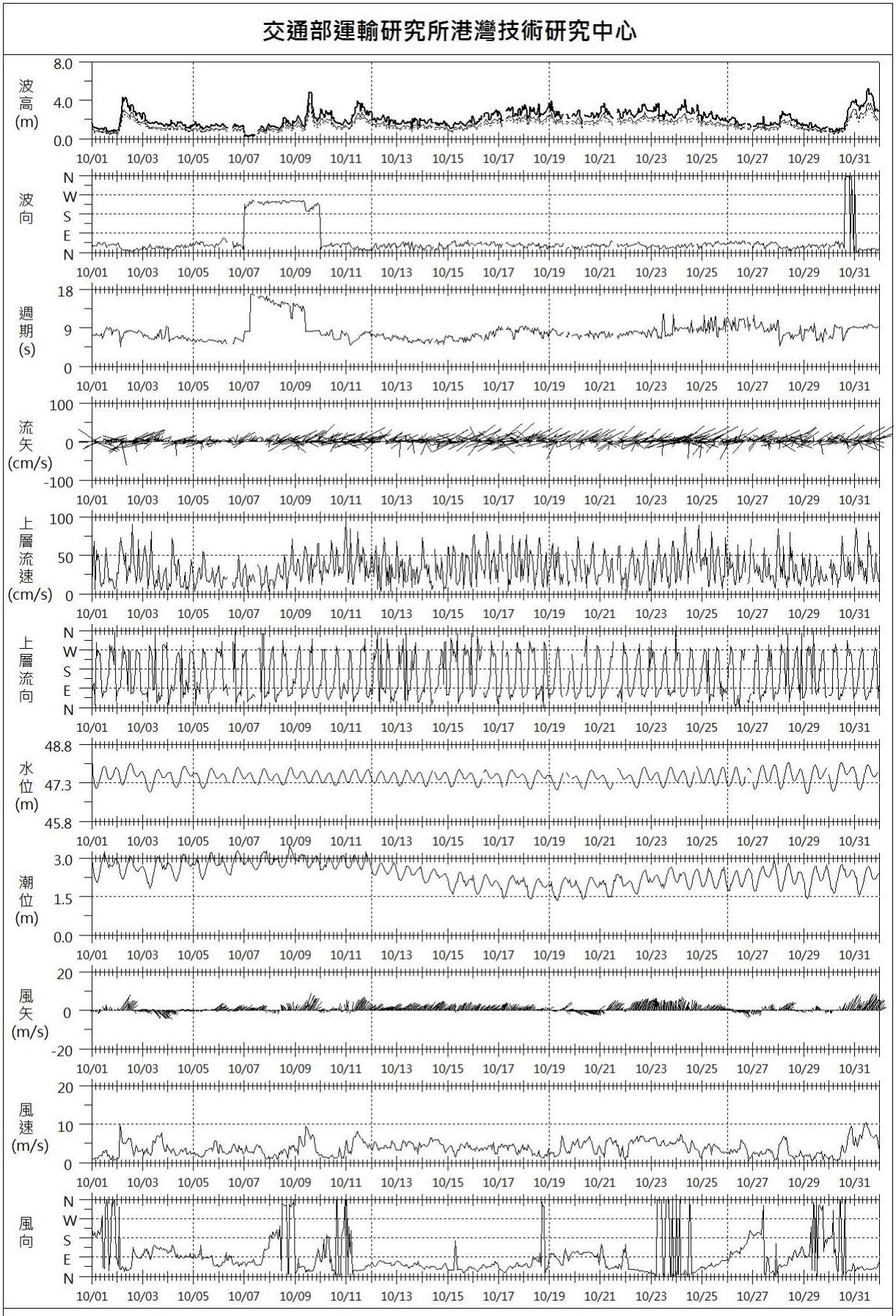


圖3.10 2015年10月基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

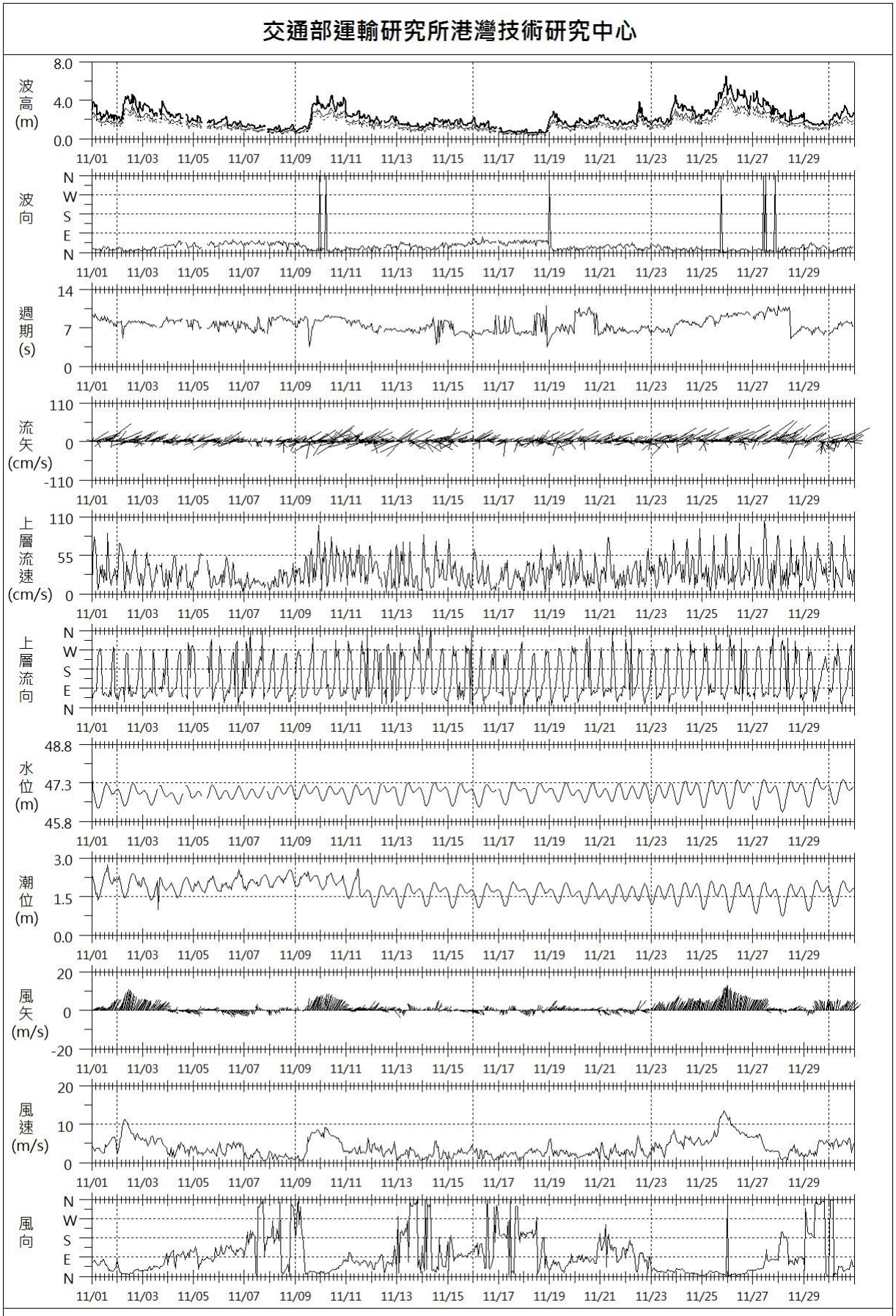


圖3.11 2015年11月基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

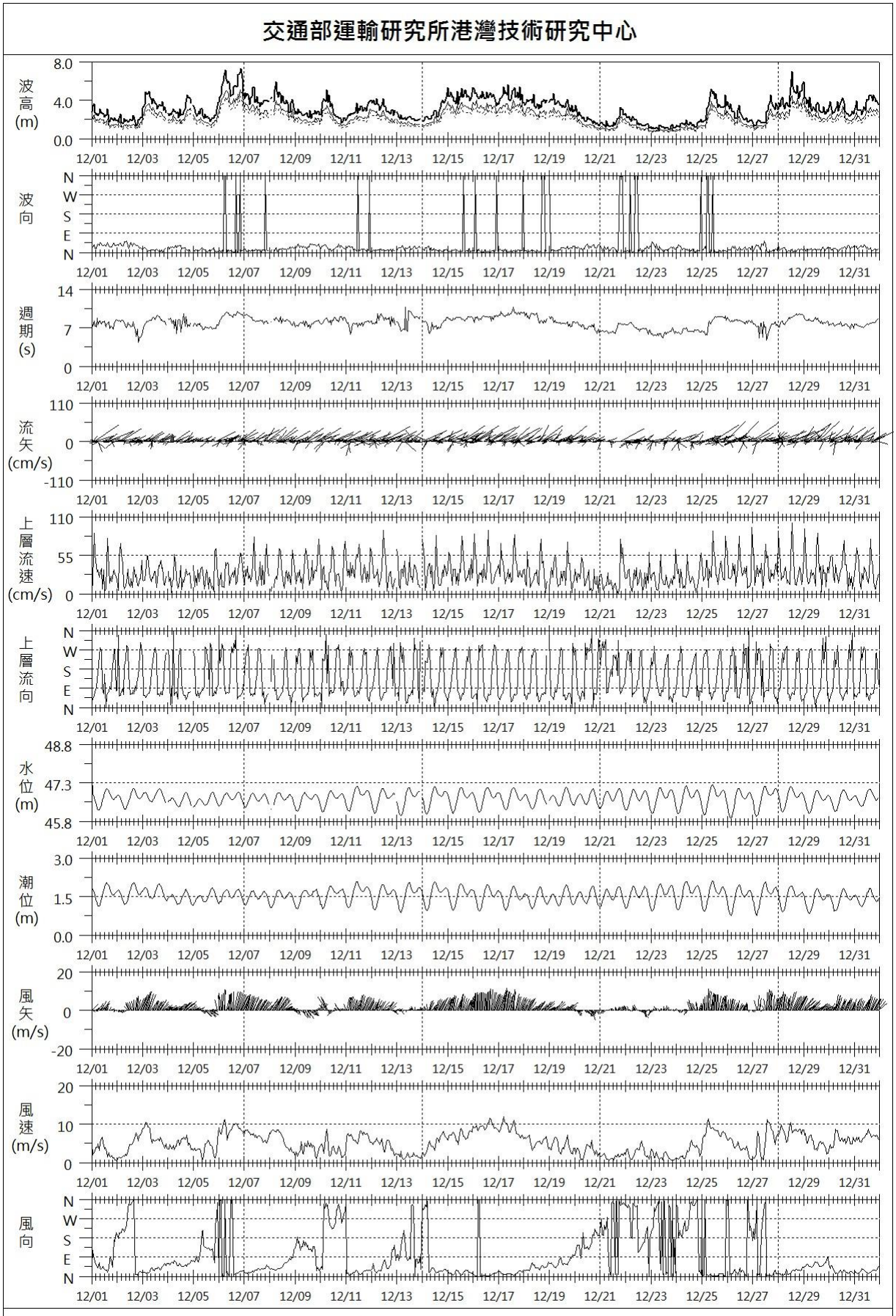


圖3.12 2015年12月基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

基隆港波浪玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/01/01 00:10 - 2015/01/31 23:10
筆數： 744

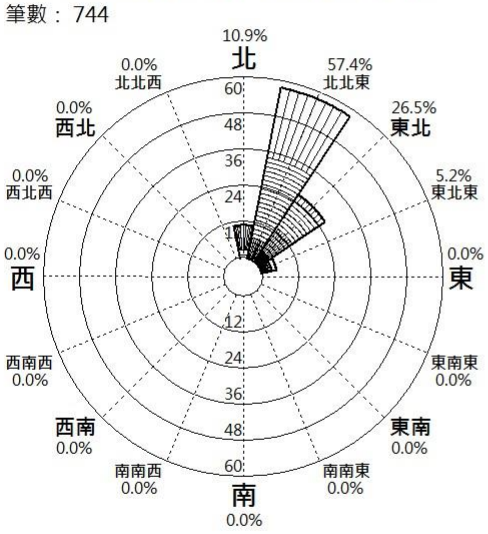


圖3.13 2015年1月基隆港測站波浪玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/02/01 00:10 - 2015/02/28 23:10
筆數： 660

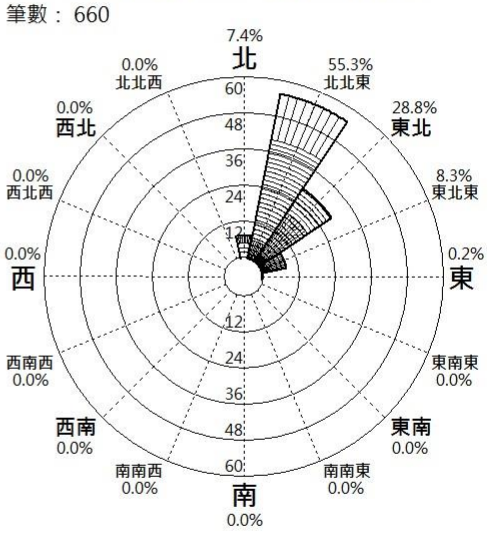


圖3.14 2015年2月基隆港測站波浪玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/03/01 00:10 - 2015/03/31 23:10
筆數： 744

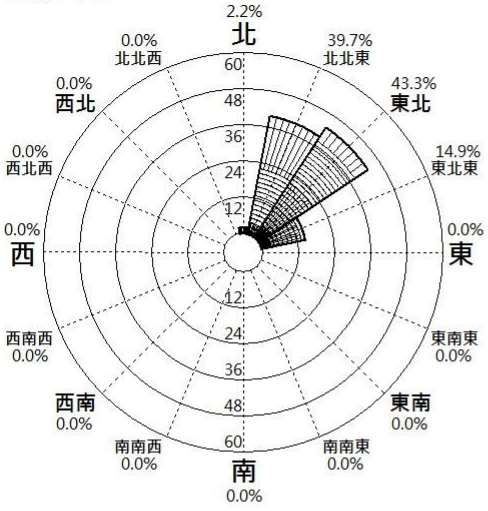


圖3.15 2015年3月基隆港測站波浪玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/04/01 00:10 - 2015/04/30 23:10
筆數： 709

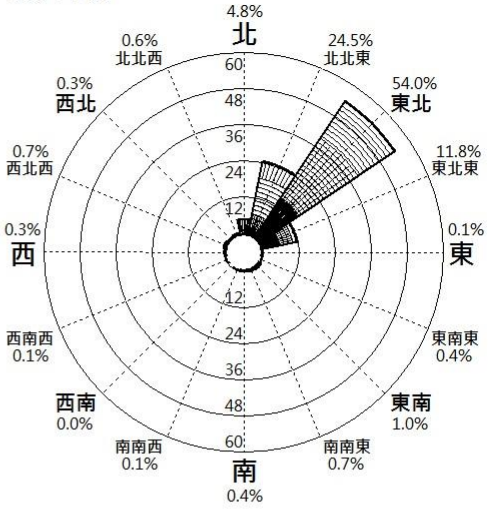
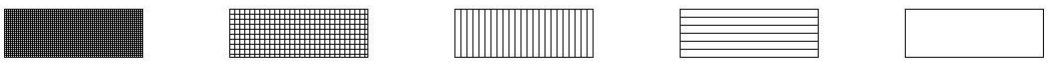


圖3.16 2015年4月基隆港測站波浪玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

基隆港波浪玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/05/01 00:10 - 2015/05/31 23:10
筆數： 744

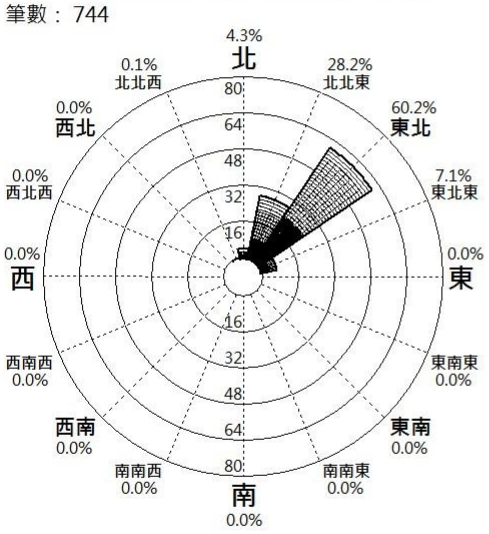


圖3.17 2015年5月基隆港測站波浪玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/06/01 00:10 - 2015/06/30 23:10
筆數： 705

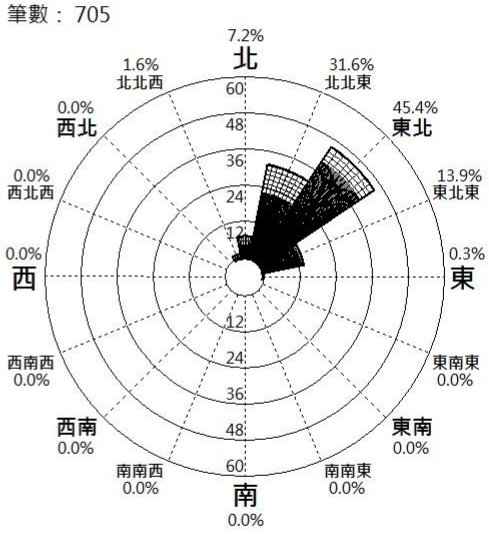


圖3.18 2015年6月基隆港測站波浪玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/07/01 00:10 - 2015/07/31 23:10
筆數： 744

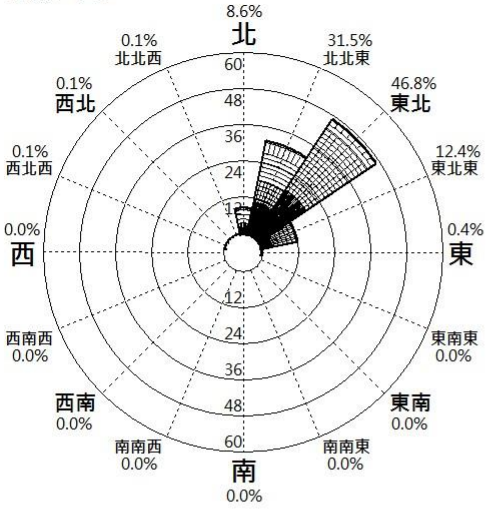


圖3.19 2015年7月基隆港測站波浪玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/08/01 00:10 - 2015/08/31 23:10
筆數： 744

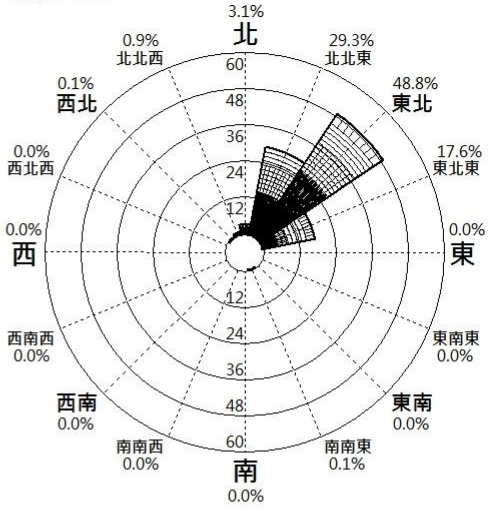
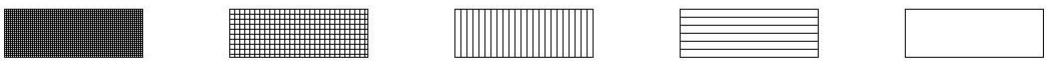


圖3.20 2015年8月基隆港測站波浪玫瑰圖



0.05 - 0.5m　0.5 - 1m　1 - 2m　2 - 5m　> 5m

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

基隆港波浪玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/09/01 00:10 - 2015/09/30 23:10
筆數： 708

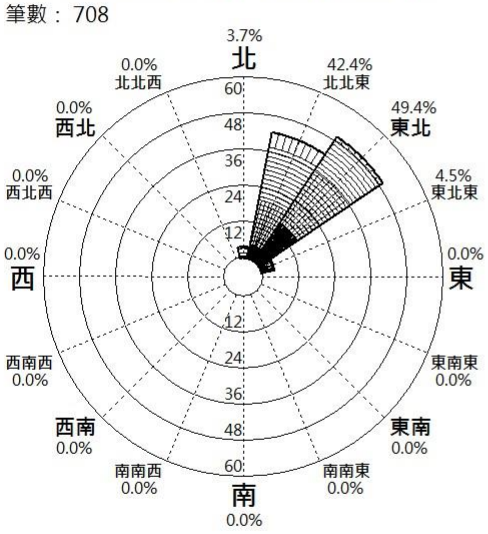


圖3.21 2015年9月基隆港測站波浪玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/10/01 00:10 - 2015/10/31 23:10
筆數： 717

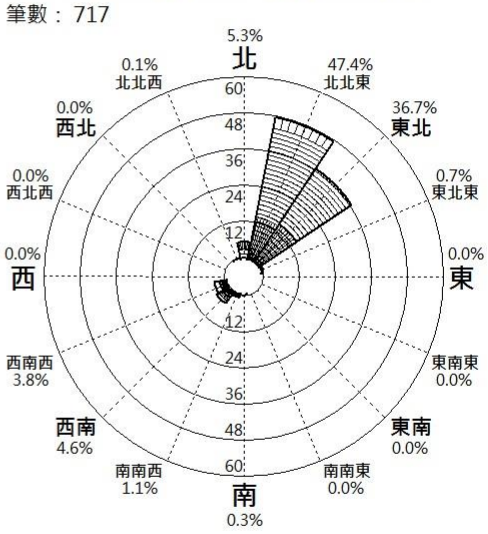


圖3.22 2015年10月基隆港測站波浪玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/11/01 00:10 - 2015/11/30 23:10
筆數： 706

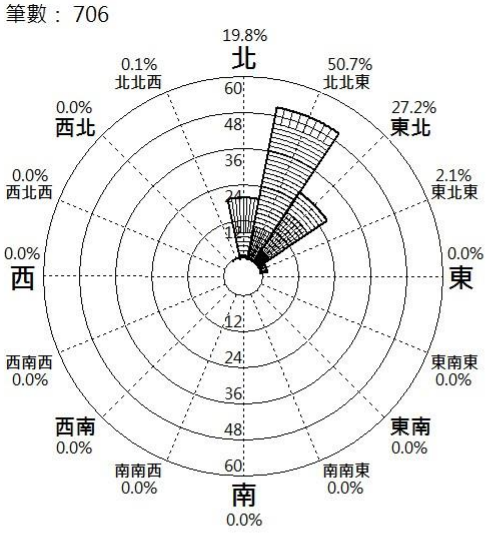


圖3.23 2015年11月基隆港測站波浪玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/12/01 00:10 - 2015/12/31 23:10
筆數： 734

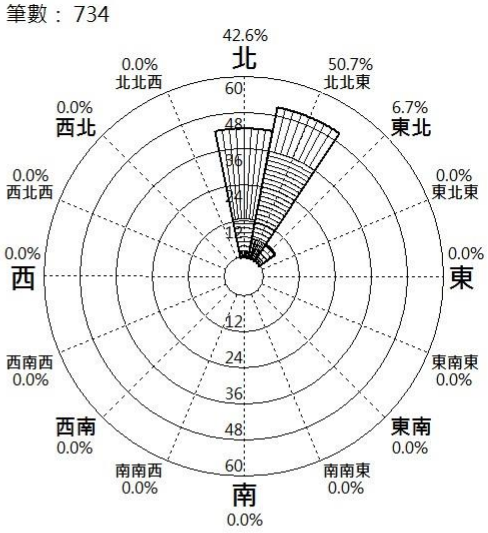
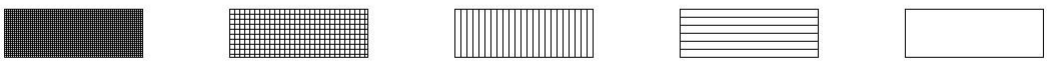


圖3.24 2015年12月基隆港測站波浪玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

基隆港海流玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/01/01 00:10 - 2015/01/31 23:10
筆數： 744

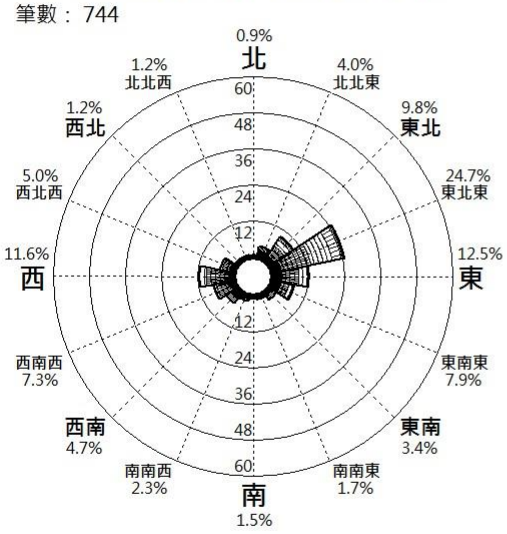


圖3.25 2015年1月基隆港測站海流玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/02/01 00:10 - 2015/02/28 23:10
筆數： 660

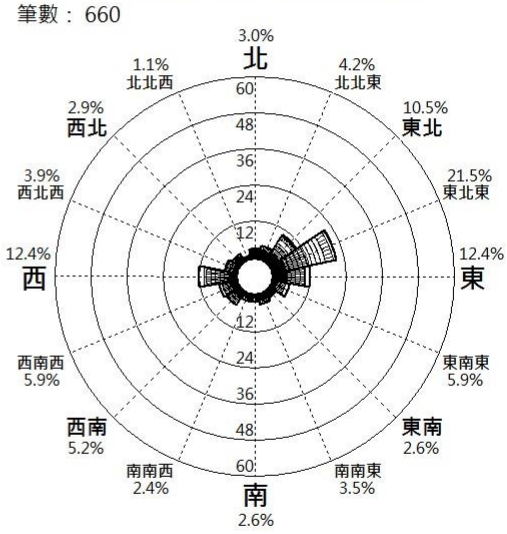


圖3.26 2015年2月基隆港測站海流玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/03/01 00:10 - 2015/03/31 23:10
筆數： 744

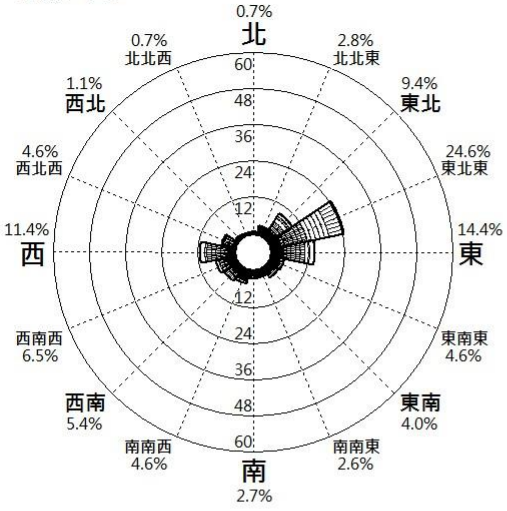


圖3.27 2015年3月基隆港測站海流玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/04/01 00:10 - 2015/04/30 23:10
筆數： 709

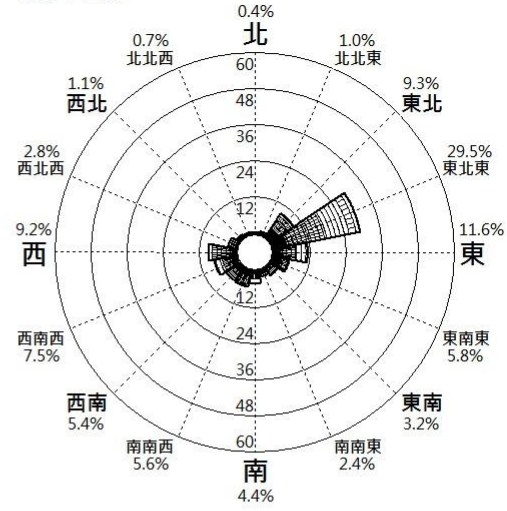


圖3.28 2015年4月基隆港測站海流玫瑰圖

1 - 20cm/s　20 - 40cm/s　40 - 60cm/s　60 - 80cm/s　> 80cm/s

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

基隆港海流玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/05/01 00:10 - 2015/05/31 23:10
筆數： 744

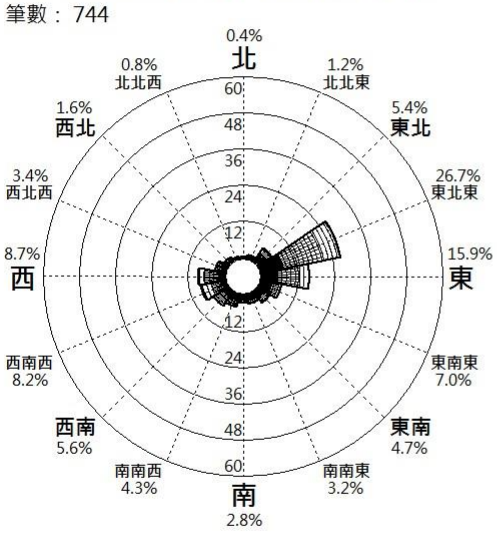


圖3.29 2015年5月基隆港測站海流玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/06/01 00:10 - 2015/06/30 23:10
筆數： 705

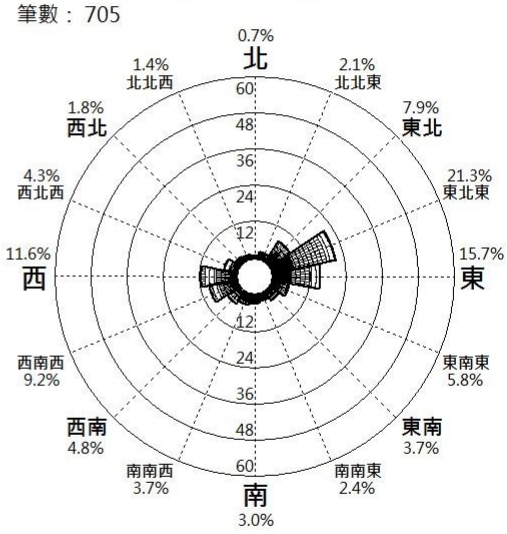


圖3.30 2015年6月基隆港測站海流玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/07/01 00:10 - 2015/07/31 23:10
筆數： 744

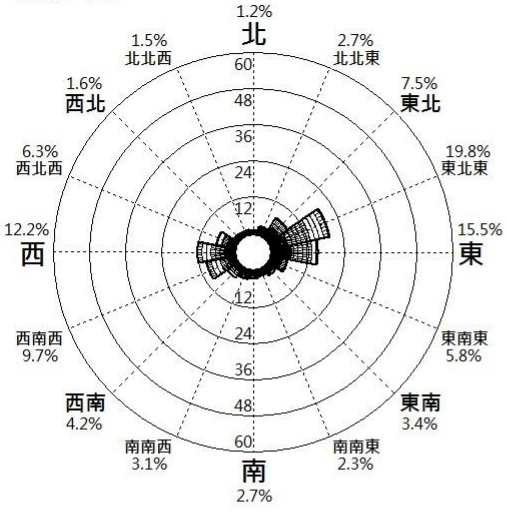


圖3.31 2015年7月基隆港測站海流玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/08/01 00:10 - 2015/08/31 23:10
筆數： 744

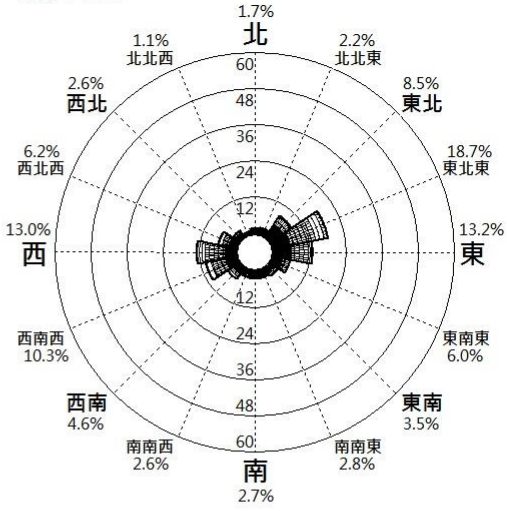
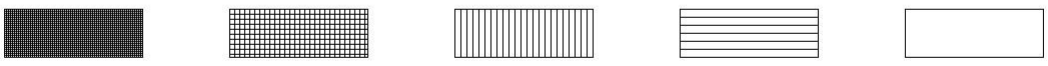


圖3.32 2015年8月基隆港測站海流玫瑰圖



1 - 20cm/s　20 - 40cm/s　40 - 60cm/s　60 - 80cm/s　> 80cm/s

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

基隆港海流玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/09/01 00:10 - 2015/09/30 23:10
筆數： 708

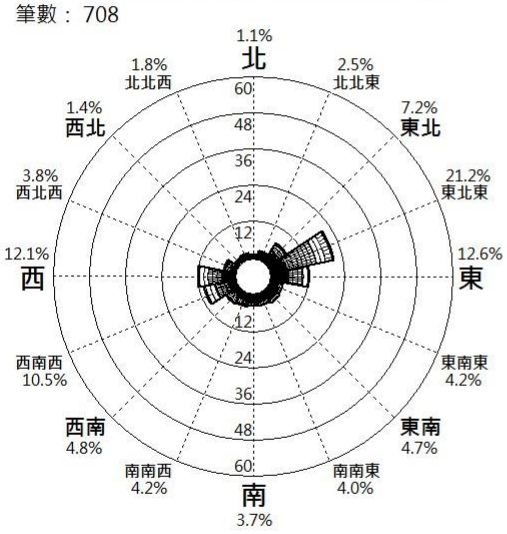


圖3.33 2015年9月基隆港測站海流玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/10/01 00:10 - 2015/10/31 23:10
筆數： 717

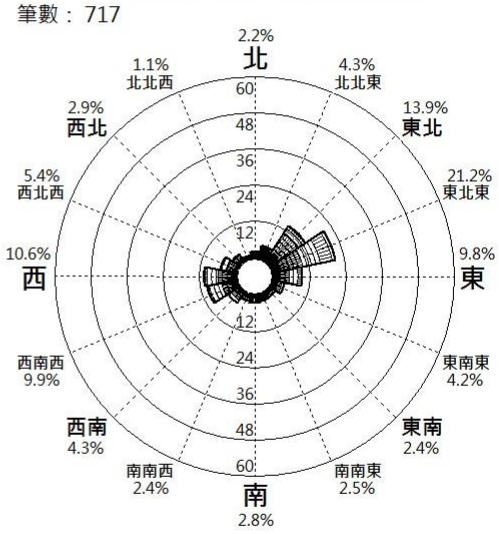


圖3.34 2015年10月基隆港測站海流玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/11/01 00:10 - 2015/11/30 23:10
筆數： 706

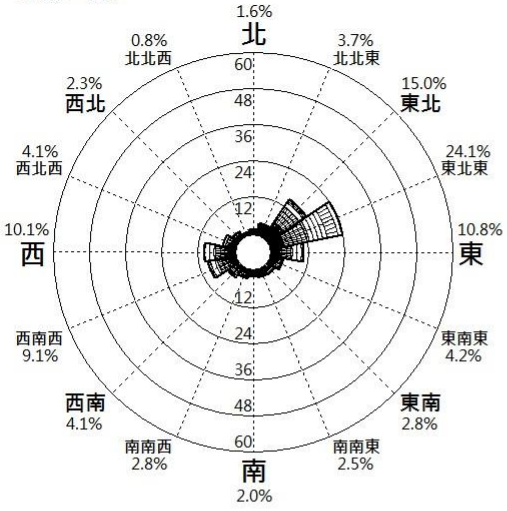


圖3.35 2015年11月基隆港測站海流玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/12/01 00:10 - 2015/12/31 23:10
筆數： 734

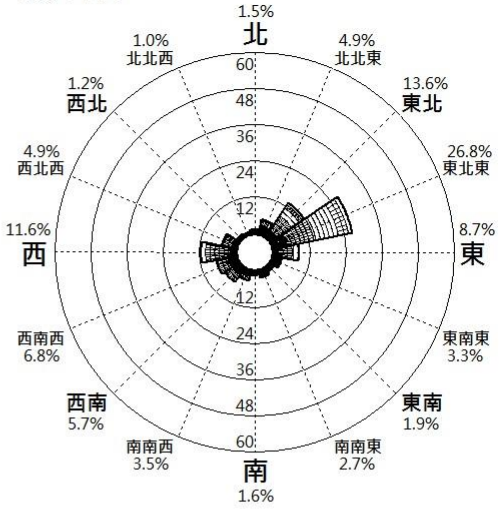
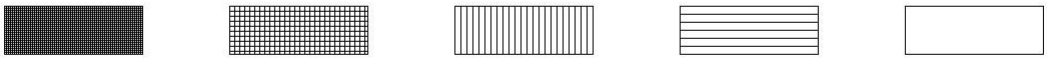


圖3.36 2015年12月基隆港測站海流玫瑰圖



1 - 20cm/s　20 - 40cm/s　40 - 60cm/s　60 - 80cm/s　> 80cm/s

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

基隆港風速風向玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/01/01 00:00 - 2015/01/31 23:00
筆數： 744
靜風： 0.0%

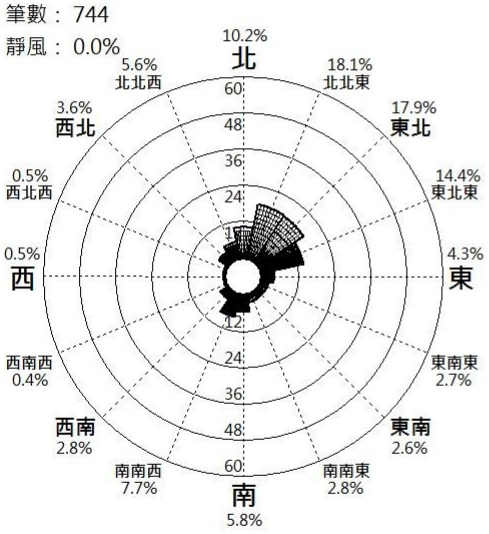


圖3.37 2015年1月基隆港測站風速風向玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/02/01 00:00 - 2015/02/28 23:00
筆數： 672
靜風： 0.0%

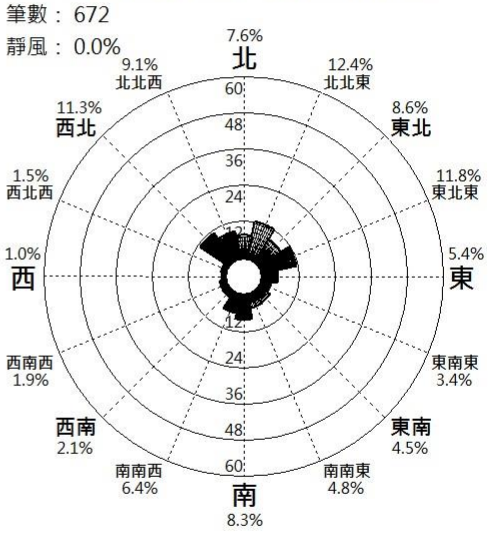


圖3.38 2015年2月基隆港測站風速風向玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/03/01 00:00 - 2015/03/31 23:00
筆數： 744
靜風： 0.0%

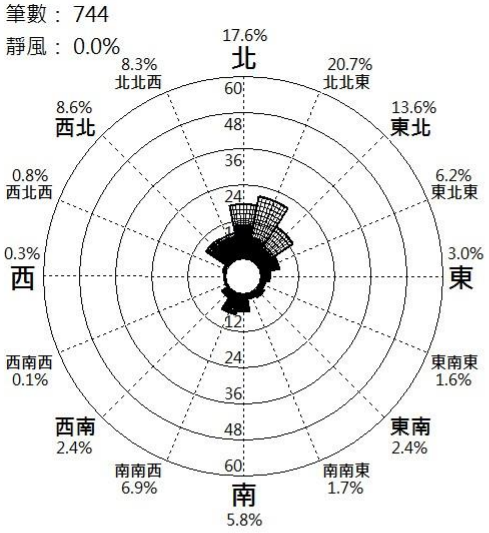


圖3.39 2015年3月基隆港測站風速風向玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/04/01 00:00 - 2015/04/30 23:00
筆數： 720
靜風： 0.0%

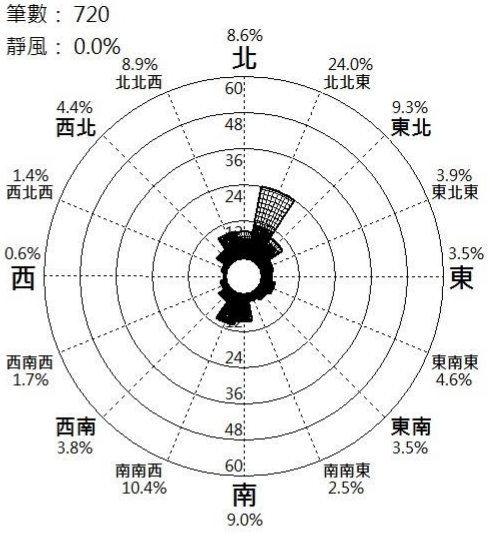
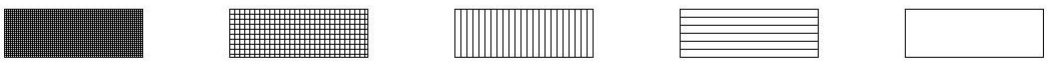


圖3.40 2015年4月基隆港測站風速風向玫瑰圖



0.2 - 5m/s　5 - 10m/s　10 - 15m/s　15 - 20m/s　> 20m/s

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

基隆港風速風向玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/05/01 00:00 - 2015/05/31 23:00
筆數： 744
靜風： 0.0%

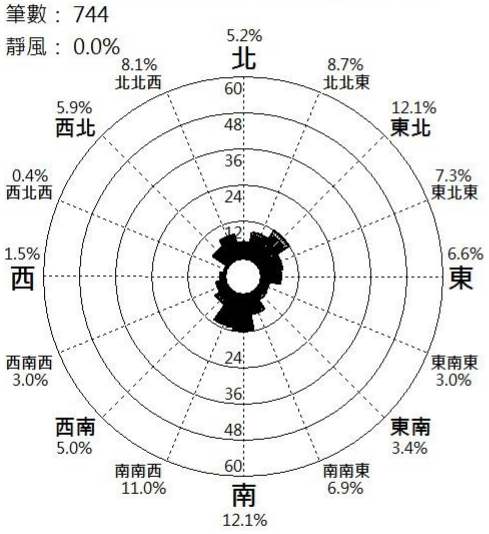


圖3.41 2015年5月基隆港測站風速風向玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/06/01 00:00 - 2015/06/30 23:00
筆數： 720
靜風： 0.0%

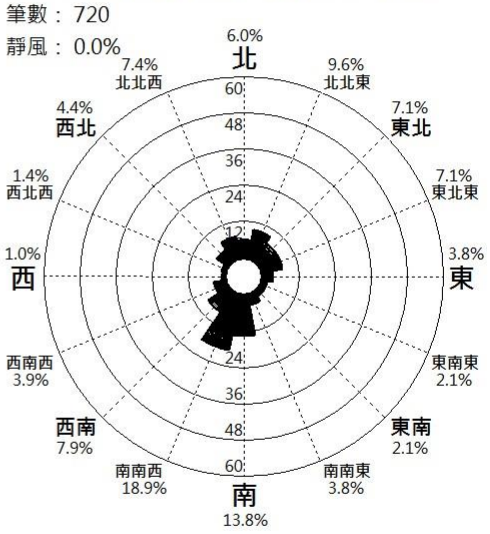


圖3.42 2015年6月基隆港測站風速風向玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/07/01 00:00 - 2015/07/31 23:00
筆數： 744
靜風： 0.0%

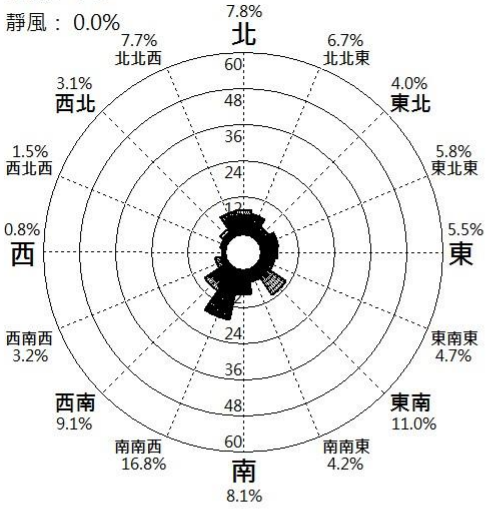


圖3.43 2015年7月基隆港測站風速風向玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/08/01 00:00 - 2015/08/31 23:00
筆數： 744
靜風： 0.0%

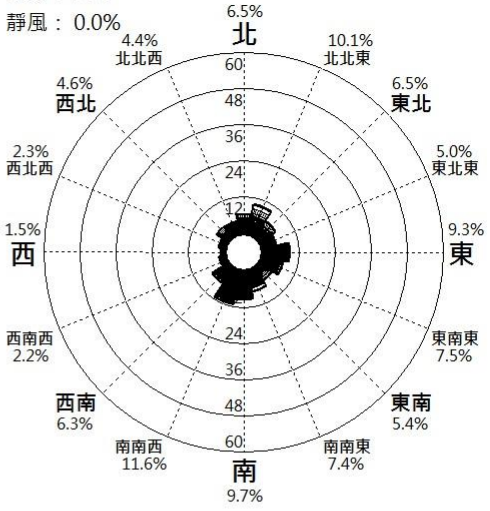
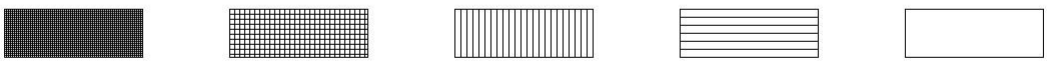


圖3.44 2015年8月基隆港測站風速風向玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

基隆港風速風向玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/09/01 00:00 - 2015/09/30 23:00
筆數： 720
靜風： 0.0%

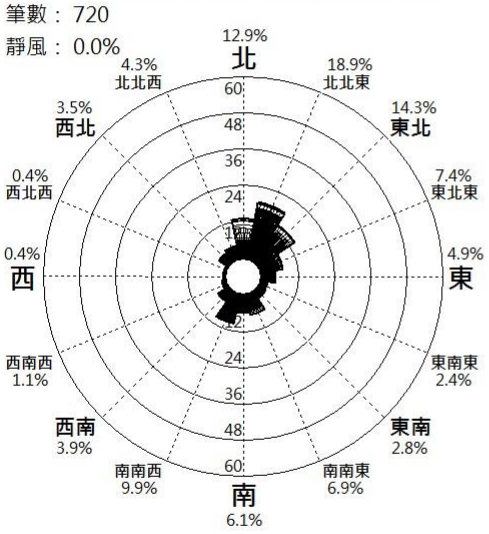


圖3.45 2015年9月基隆港測站風速風向玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/10/01 00:00 - 2015/10/31 23:00
筆數： 744
靜風： 0.0%

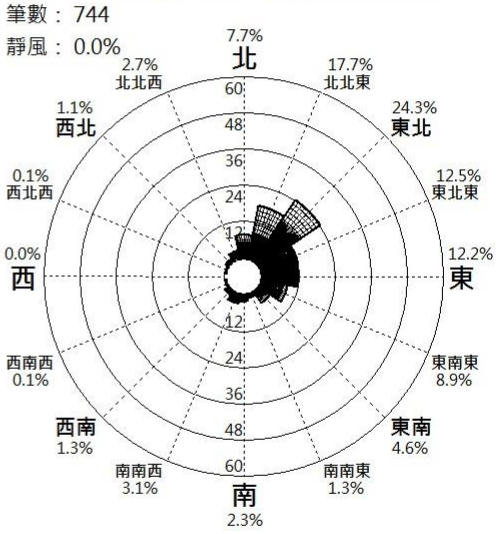


圖3.46 2015年10月基隆港測站風速風向玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/11/01 00:00 - 2015/11/30 23:00
筆數： 719
靜風： 0.0%

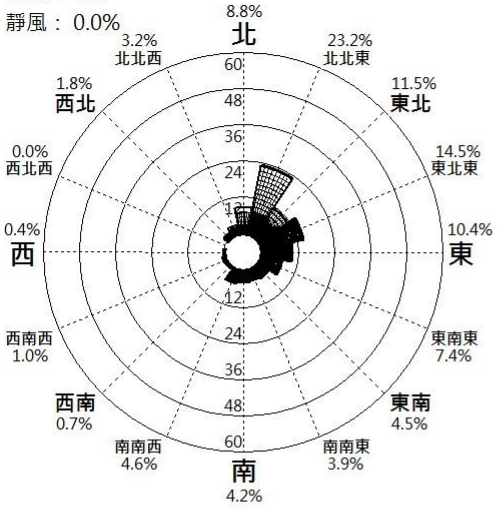


圖3.47 2015年11月基隆港測站風速風向玫瑰圖

站名： 基隆
日期： 2015/12/01 00:00 - 2015/12/31 23:00
筆數： 744
靜風： 0.0%

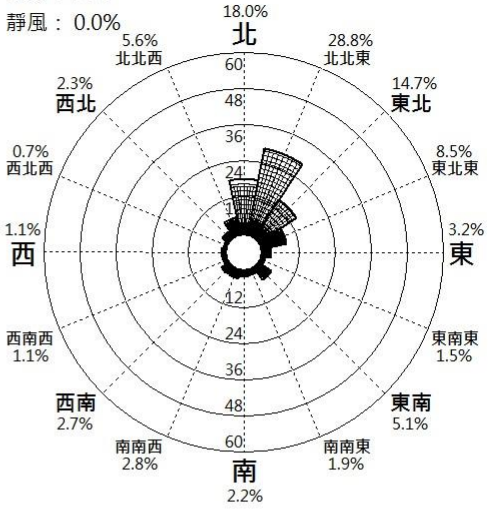
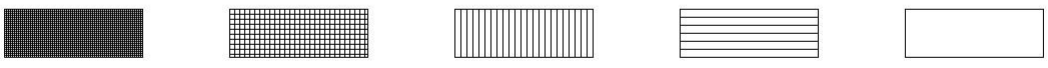


圖3.48 2015年12月基隆港測站風速風向玫瑰圖



0.2 - 5m/s　5 - 10m/s　10 - 15m/s　15 - 20m/s　> 20m/s

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

表3.1 基隆港測站示性波高、示性週期及波向統計表

年/月	觀測點數	H1/3 平均值 (m)	T1/3 平均值 (m)	H1/3 最大值 (m)	週期 (s)	波向 (來向)	H1/3 < 0.5m (%)	H1/3 0.5~1m (%)	H1/3 1~5m (%)	H1/3 >5m (%)	波向 北~東 (%)	波向 東~南 (%)	波向 南~西 (%)	波向 西~北 (%)	T1/3 < 6s (%)	T1/3 6~8s (%)	T1/3 8~10s (%)	T1/3 >10s (%)
2015/01	744(100%)	1.66	7.9	3.49	11.5	北北東	6.5	17.2	76.3	0.0	99.6	0.0	0.0	0.4	11.7	31.6	54.3	2.4
2015/02	660(98%)	1.36	7.2	3.76	13.8	東北	4.7	28.8	66.5	0.0	98.9	0.0	0.0	1.1	14.7	54.2	30.6	0.5
2015/03	744(100%)	1.42	7.8	3.58	15.8	東北	6.7	32.1	61.2	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	10.5	49.6	29.6	10.3
2015/04	709(98%)	1.08	7.7	4.62	16.7	東北	24.4	35.3	40.3	0.0	94.6	2.4	0.6	2.4	23.0	35.8	31.6	9.6
2015/05	744(100%)	0.68	6.9	1.91	16.1	東北	34.4	51.1	14.5	0.0	98.8	0.0	0.0	1.2	37.0	43.8	11.2	8.1
2015/06	705(98%)	0.41	6.2	1.22	10.9	東北	79.6	19.6	0.9	0.0	96.3	0.0	0.0	3.7	46.4	47.0	6.2	0.4
2015/07	744(100%)	0.88	9.1	5.64	16.5	東北	34.4	42.7	21.9	0.9	97.7	0.3	0.0	2.0	12.8	28.5	21.9	36.8
2015/08	744(100%)	0.84	8.8	5.56	16.6	東北	48.3	24.5	26.7	0.5	97.7	0.1	0.0	2.2	18.4	23.7	24.5	33.5
2015/09	708(98%)	1.04	7.7	6.11	16.0	東北	22.2	37.7	39.8	0.3	100.0	0.0	0.0	0.0	22.0	40.4	24.6	13.0
2015/10	717(96%)	1.29	8.1	3.23	16.8	東北	2.5	32.8	64.7	0.0	89.3	0.0	9.8	1.0	10.9	45.5	32.4	11.3
2015/11	706(98%)	1.36	7.5	3.68	11.0	北北東	4.8	26.9	68.3	0.0	99.0	0.0	0.0	1.0	10.8	50.6	35.8	2.8
2015/12	734(99%)	1.93	7.9	4.39	10.7	北北東	0.0	10.1	89.9	0.0	96.3	0.0	0.0	3.7	4.8	46.3	48.4	0.5

表3.2 基隆港測站示性波高分佈百分比(%)統計表

H1/3(m) 年/月	0 ~ 0.5	~ 1.0	~ 1.5	~ 2	~ 3	~ 4	~ 5	~ 6	~ 7	~ 8	~ 10	~ 12	~ 16	~ 50	合計(%)
2015/01	6.5	17.2	20.4	21.6	30.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/02	4.7	28.8	28.5	19.8	16.2	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/03	6.7	32.1	21.1	14.9	21.4	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/04	24.4	35.3	16.8	12.8	6.2	3.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/05	34.4	51.1	12.1	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/06	79.6	19.6	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/07	34.4	42.7	10.1	5.9	3.1	1.9	0.9	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/08	48.3	24.5	13.4	7.1	3.1	1.5	1.6	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/09	22.2	37.7	25.8	6.9	3.2	2.7	1.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/10	2.5	32.8	30.0	26.9	7.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/11	4.8	26.9	36.5	14.7	15.6	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/12	0.0	10.1	20.8	24.0	37.9	6.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

表3.3 基隆港測站示性週期分佈百分比(%)統計表

T1/3(秒)

年/月	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 9	9 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 16	16 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 200	合計(%)
2015/01	0.0	0.0	0.7	11.0	14.1	17.5	33.6	20.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	0.2	0.8	1.8	12.0	32.0	22.3	22.3	8.3	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	0.0	0.1	1.7	8.6	24.6	25.0	22.7	6.9	6.5	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	0.0	2.0	4.8	16.2	17.2	18.6	15.0	16.6	5.6	3.8	0.1	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/05	0.3	0.9	6.9	28.9	30.1	13.7	6.6	4.6	2.0	5.8	0.3	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	0.1	1.7	9.1	35.5	31.2	15.7	5.0	1.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	0.4	1.6	3.6	7.1	12.4	16.1	14.8	7.1	15.7	20.2	0.9	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	0.5	1.2	6.9	9.8	11.7	12.0	10.1	14.4	20.8	10.8	1.9	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/09	0.6	0.6	4.5	16.4	18.9	21.5	17.1	7.5	8.8	4.1	0.1	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/10	0.0	0.0	0.4	10.5	20.8	24.7	23.8	8.5	4.2	5.7	1.4	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	0.0	0.4	0.8	9.5	28.2	22.4	22.8	13.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	0.0	0.0	0.3	4.5	13.9	32.4	34.5	13.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表3.4 基隆港測站波向分佈百分比(%)統計表

波向

年/月	北	北北東	東北	東北東	東	東南東	東南	南南東	南	南南西	西南	西南西	西	西北西	西北	北北西	合計(%)
2015/01	10.9	57.4	26.5	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	7.4	55.3	28.8	8.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	2.2	39.7	43.3	14.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	4.8	24.5	54.0	11.8	0.1	0.4	1.0	0.7	0.4	0.1	0.0	0.1	0.3	0.7	0.3	0.6	100.0
2015/05	4.3	28.2	60.2	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	100.0
2015/06	7.2	31.6	45.4	13.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	100.0
2015/07	8.6	31.5	46.8	12.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	100.0
2015/08	3.1	29.3	48.8	17.6	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	100.0
2015/09	3.7	42.4	49.4	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/10	5.3	47.4	36.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.1	4.6	3.8	0.0	0.0	0.0	0.1	100.0
2015/11	19.8	50.7	27.2	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	100.0
2015/12	42.6	50.7	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表3.5 基隆港測站流速及流向統計表

年/月	觀測點數	流速 平均值 (cm/s)	流速/流向 最大值 (cm/s)(去向)	流速 <25cm/s (%)	流速 25~50cm/s (%)	流速 50~75cm/s (%)	流速 >75cm/s (%)	流向 北~東 (%)	流向 東~南 (%)	流向 南~西 (%)	流向 西~北 (%)
2015/01	744	030.5	104.4 / 東北東	43.7	43.4	10.5	2.4	46.1	19.2	21.4	13.3
2015/02	660	028.4	111.0 / 東北	50.5	36.8	10.0	2.7	45.2	18.8	22.6	13.5
2015/03	744	028.7	103.5 / 東北東	50.9	36.3	10.5	2.3	46.4	17.9	21.9	13.8
2015/04	709	035.7	185.9 / 西	39.6	44.9	9.0	6.5	47.5	17.8	25.5	9.2
2015/05	744	026.7	082.0 / 東北東	50.3	41.4	7.9	0.4	44.4	21.4	25.3	9.0
2015/06	705	026.0	088.7 / 東北東	53.9	37.2	8.8	0.1	43.1	17.9	26.0	13.0
2015/07	744	026.1	093.2 / 東北東	55.2	33.5	10.3	0.9	40.9	18.3	24.7	16.1
2015/08	744	023.3	079.7 / 東北東	60.6	33.2	5.8	0.4	37.6	19.2	26.6	16.5
2015/09	708	026.0	091.9 / 東北東	55.6	33.6	9.9	0.8	40.1	19.4	27.1	13.4
2015/10	717	033.1	094.7 / 東	40.4	40.6	16.3	2.6	47.8	13.1	24.7	14.4
2015/11	706	031.0	104.1 / 東北	44.5	40.2	12.0	3.3	50.1	14.6	21.7	13.6
2015/12	734	029.9	100.6 / 東北東	46.0	40.1	10.6	3.3	51.8	11.9	21.9	14.4

表3.6 基隆港測站流速分佈百分比(%)統計表

流速(cm/s)

年/月	0 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 20	20 ~ 25	25 ~ 30	30 ~ 35	35 ~ 40	40 ~ 45	45 ~ 50	50 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100	100 ~ 120	120 ~ 150	150 ~	合計(%)
2015/01	3.0	6.9	8.7	13.6	11.6	11.6	11.0	9.1	5.5	6.2	6.0	5.5	1.2	0.1	0.0	0.0	100.0
2015/02	3.8	10.2	12.6	11.2	12.7	10.9	10.0	7.4	4.7	3.8	6.8	4.1	1.1	0.8	0.0	0.0	100.0
2015/03	4.3	7.8	10.9	13.6	14.4	10.5	7.9	7.9	5.6	4.3	5.5	5.5	1.6	0.1	0.0	0.0	100.0
2015/04	1.8	4.5	9.7	10.9	12.7	11.4	11.4	9.4	7.8	4.8	5.1	4.5	1.0	1.6	1.6	1.8	100.0
2015/05	4.6	6.3	13.3	14.7	11.4	11.6	10.2	8.9	7.0	3.8	6.0	2.2	0.1	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	3.8	10.2	13.2	14.5	12.2	11.3	8.5	7.1	6.4	3.8	6.0	2.8	0.1	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	6.0	14.7	10.3	13.4	10.8	10.5	8.1	4.6	5.5	4.8	5.4	5.4	0.5	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	6.0	13.6	14.9	13.6	12.5	11.0	8.5	6.5	4.7	2.6	4.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/09	6.4	10.6	13.0	15.0	10.7	10.7	8.8	5.2	5.4	3.5	5.6	4.4	0.7	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/10	2.0	6.7	8.6	12.1	11.0	9.1	8.5	8.4	7.3	7.4	9.1	8.4	1.5	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	2.5	7.9	11.0	12.9	10.1	10.9	8.4	7.1	7.8	6.1	6.9	6.1	2.0	0.3	0.0	0.0	100.0
2015/12	3.3	7.4	11.6	10.6	13.2	13.2	9.0	8.0	6.0	3.8	6.7	5.0	2.0	0.1	0.0	0.0	100.0

表3.7 基隆港測站流向分佈百分比(%)統計表

流向

年/月	北	北北東	東北	東北東	東	東南東	東南	南南東	南	南南西	西南	西南西	西	西北西	西北	北北西	合計(%)
2015/01	0.9	4.0	9.8	24.7	12.5	7.9	3.5	1.7	1.5	2.3	4.8	7.3	11.6	5.0	1.2	1.2	100.0
2015/02	3.0	4.2	10.5	21.5	12.4	5.9	2.6	3.5	2.6	2.4	5.2	5.9	12.4	3.9	2.9	1.1	100.0
2015/03	0.7	2.8	9.4	24.6	14.4	4.6	4.2	2.6	2.7	4.6	5.4	6.5	11.4	4.6	1.1	0.7	100.0
2015/04	0.4	1.0	9.3	29.5	11.6	5.8	3.2	2.4	4.4	5.6	5.4	7.6	9.2	2.8	1.1	0.7	100.0
2015/05	0.4	1.2	5.4	26.7	15.9	7.0	4.7	3.2	2.8	4.3	5.6	8.2	8.7	3.4	1.6	0.8	100.0
2015/06	0.9	2.1	7.9	21.3	15.7	5.8	3.7	2.4	3.0	3.7	4.8	9.2	11.8	4.3	1.8	1.6	100.0
2015/07	1.2	2.7	7.5	19.9	15.5	5.8	3.4	2.6	3.0	3.1	4.2	9.7	12.2	6.3	1.6	1.5	100.0
2015/08	1.7	2.3	8.5	18.7	13.2	6.2	3.5	2.8	2.7	2.6	4.6	10.5	13.0	6.2	2.6	1.1	100.0
2015/09	1.1	2.5	7.2	21.2	12.6	4.2	4.7	4.0	3.7	4.2	4.8	10.5	12.1	3.8	1.6	1.8	100.0
2015/10	2.2	4.3	13.9	21.2	9.8	4.2	2.4	2.5	2.8	2.4	4.3	9.9	10.6	5.4	2.9	1.1	100.0
2015/11	1.6	3.7	15.0	24.1	10.8	4.2	2.8	2.5	2.0	2.8	4.1	9.1	10.1	4.1	2.3	0.8	100.0
2015/12	1.5	4.9	13.6	26.8	8.7	3.3	1.9	2.7	1.6	3.5	5.7	6.8	11.6	4.9	1.4	1.0	100.0

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

表3.8 基隆港測站風速及風向統計表

年/月	觀測點數	風速 平均值 (m/s)	風速/風向 最大值 (m/s)(來向)	風速 <5m/s (%)	風速 5~10m/s (%)	風速 10~15m/s (%)	風速 >15m/s (%)	風向 北~東 (%)	風向 東~南 (%)	風向 南~西 (%)	風向 西~北 (%)	靜風 (%)
2015/01	744	4.5	11.4 / 北	57.7	41.1	1.2	0.0	61.4	11.0	15.2	12.4	0.0
2015/02	672	3.6	11.7 / 北北東	78.6	19.8	1.6	0.0	41.7	18.2	16.2	24.0	0.0
2015/03	744	3.8	9.9 / 北	69.2	30.8	0.0	0.0	53.5	8.2	13.4	24.9	0.1
2015/04	720	3.2	11.2 / 北北東	80.6	18.6	0.8	0.0	44.3	15.8	21.0	18.9	0.0
2015/05	744	2.2	6.8 / 東北	96.6	3.4	0.0	0.0	33.6	20.7	27.3	18.4	0.0
2015/06	720	2.1	6.5 / 東北	98.8	1.3	0.0	0.0	29.2	13.3	40.3	17.2	0.0
2015/07	744	3.0	11.9 / 西北	84.5	13.8	1.6	0.0	24.1	24.3	35.5	16.1	0.0
2015/08	744	3.3	24.1 / 東北	86.2	8.5	2.3	3.1	30.0	27.8	28.0	14.2	0.0
2015/09	720	3.6	24.0 / 北北東	83.6	10.3	3.9	2.2	53.5	15.3	19.4	11.8	0.0
2015/10	744	3.7	10.3 / 北北東	76.5	23.3	0.3	0.0	65.6	21.2	6.0	7.1	0.0
2015/11	719	3.8	13.4 / 北	72.7	24.9	2.4	0.0	61.6	21.6	9.3	7.5	0.0
2015/12	744	5.1	11.9 / 北	48.7	48.1	3.2	0.0	67.7	11.2	8.3	12.8	0.0

表3.9 基隆港測站風速分佈百分比(%)統計表

風速(m/s) 年/月	0 ~ 1	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 14	14 ~ 16	16 ~ 18	18 ~ 20	20 ~ 30	30 ~	合計(%)
2015/01	3.8	11.3	16.1	17.5	9.0	10.1	12.1	12.0	7.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	6.4	21.3	22.9	17.7	10.3	5.5	3.4	4.0	6.8	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	6.5	25.1	16.4	12.0	9.3	8.2	8.5	6.0	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	9.3	26.7	18.3	15.3	11.0	8.3	5.6	2.4	2.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/05	12.1	37.9	27.8	14.0	4.8	2.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	9.9	38.6	32.6	13.5	4.2	0.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	7.0	32.8	25.4	13.3	6.0	3.8	3.8	2.6	3.8	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	9.1	32.0	23.3	14.4	7.4	4.0	2.7	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	1.5	0.8	0.3	0.0	100.0
2015/09	6.0	24.9	26.1	16.4	10.3	3.9	2.1	1.9	2.4	1.5	2.1	0.7	1.0	0.6	0.3	0.0	100.0
2015/10	3.9	14.5	20.2	19.8	18.1	11.7	7.7	2.2	1.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	5.1	17.1	24.2	16.8	9.5	9.5	7.6	4.6	3.2	1.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	4.2	11.8	9.1	12.5	11.0	12.9	11.3	10.1	13.8	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表3.10 基隆港測站風向分佈百分比(%)統計表

風向 年/月	北	北北東	東北	東北東	東	東南東	東南	南南東	南	南南西	西南	西南西	西	西北西	西北	北北西	靜風(%)
2015/01	10.2	18.1	17.9	14.4	4.3	2.7	2.6	2.8	5.8	7.7	2.8	0.4	0.5	0.5	3.6	5.6	0.0
2015/02	7.6	12.4	8.6	11.8	5.4	3.4	4.5	4.8	8.3	6.4	2.1	1.9	1.0	1.5	11.3	9.1	0.0
2015/03	17.6	20.7	13.6	6.2	3.0	1.6	2.4	1.7	5.8	6.9	2.4	0.1	0.3	0.8	8.6	8.3	0.0
2015/04	8.6	24.0	9.3	3.9	3.5	4.6	3.5	2.5	9.0	10.4	3.8	1.7	0.6	1.4	4.4	8.9	0.0
2015/05	5.2	8.7	12.1	7.3	6.6	3.0	3.4	6.9	12.1	11.0	5.0	3.0	1.5	0.4	5.9	8.1	0.0
2015/06	6.0	9.6	7.1	7.1	3.8	2.1	2.1	3.8	13.8	18.9	7.9	3.9	1.0	1.4	4.4	7.4	0.0
2015/07	7.8	6.7	4.0	5.8	5.5	4.7	11.0	4.2	8.1	16.8	9.1	3.2	0.8	1.5	3.1	7.7	0.0
2015/08	6.5	10.1	6.5	5.0	9.3	7.5	5.4	7.4	9.7	11.6	6.3	2.2	1.5	2.3	4.6	4.4	0.0
2015/09	12.9	18.9	14.3	7.4	4.9	2.4	2.8	6.9	6.1	9.9	3.9	1.1	0.4	0.4	3.5	4.3	0.0
2015/10	7.7	17.7	24.3	12.5	12.2	8.9	4.6	1.3	2.3	3.1	1.3	0.1	0.0	0.1	1.1	2.7	0.0
2015/11	8.8	23.2	11.5	14.5	10.4	7.4	4.5	3.9	4.2	4.6	0.7	1.0	0.4	0.0	1.8	3.2	0.0
2015/12	18.0	28.8	14.7	8.5	3.2	1.5	5.1	1.9	2.2	2.8	2.7	1.1	1.1	0.7	2.3	5.6	0.0

第四章

2015 年蘇澳港海氣象資料分析與特性

第四章　2015 年蘇澳港海氣象資料分析與特性

4.1 觀測方法

蘇澳港在 1998 年 12 月開始使用荷蘭 DATAWELL 公司製造的浮球式波浪儀，取樣頻率固定為 2.56Hz，每小時整點開始以無線電方式由基隆港務局蘇澳港分局原測量隊本所港研中心之接收站接收儀收取波浪資料訊息，記錄於電腦內，共 20 分鐘，因此每小時可以接收到 3072 筆完整資料，但已於 2002 年 2 月故障停止使用，本所在 2002 年另重新新增購挪威 NORTEK 公司波高波向與剖面海流即時傳送監測系統的 AWCP 儀器，在蘇澳港港口外 700 公尺附近水深 25 公尺處建立長期之海氣象觀測站，於 2007 年 8 月在原位置第一次更新，2012 年 8 月在原位置第二次更新，繼續長期觀測蒐集海象資料，詳如圖 2.5~2.9，目前正常運轉量測中，至今資料完整。2003 年 6 月 25 日在蘇澳港原潮位站地點安裝一組壓力式潮位儀與附近八卦形建築物上安裝一組美製 YOUNG 公司的風速風向儀，兩站皆用 GSM 數據傳送機傳訊方式，2008 年 10 月在原位置第一次更新儀器，氣象站改用三維超音波式風速風向儀，2012 年 10 月在原位置第二次更新儀器，氣象站改用二維超音波式風速風向儀，可即時傳回本所港研中心之即時傳送監測系統，詳如圖 2.9。

4.1.1 波浪的量測

取樣頻率都設定為 1Hz，每小時取樣 2048 筆資料，亦即波高精度在每 1.0 秒間隔內分別量測所得速度 U、V、W 向量與壓力量，量測取得之資料再作整合而得到波高、波向的資料。

4.1.2 水位的量測

壓力感應器所測得之壓力訊號可轉換為水位訊號，取樣頻率亦設定為每小時觀測 10 分鐘之平均水位值。

4.1.3 海流的量測

剖面海流流速的量測可以依照使用在不同水深即自固定在海床上之儀器位置到水表面來設定量測不同的間距，蘇澳港觀測站水深 25 公尺，所以間距設定為 1 公尺，每小時連續量測 600 秒，再將總和平均代表其數樣每一間距層之海流流速、流向等資料，記錄在感應器內，並每隔 1 小時經由海底電纜傳訊回接收站之電腦中儲存。

4.1.4 溫度的量測

內建於感應器上，操作環境在-4℃~40℃間其精度 0.1℃；全部之原始資料先儲存於水中感應儀器之記錄器中，俟全部量測結束後，即每小時 44 分鐘後再經由海底電纜傳回各觀測站之電腦儲存。俟本所港研中心接收站取得之原始波浪記錄，經利用程式轉換可做波高、波向的統計分析與波譜分析，可提供各港務分公司之船舶交通管理系統 VMS 連線做即傳送與學術單位進一步分析研究參考。

4.2 蘇澳港基本資料分析與特性

4.2.1 海流、水溫、水位

如圖 4.1~圖 4.12 為 2015 年 1 月 1 日~2015 年 12 月 31 日間在蘇澳港海氣象觀測站外海處蒐集之波浪、海流、水溫、水位之原始記錄資料，記錄資料甚為良好，資料為海流之上層逐時變化圖；水位與水溫，所觀測之海流流向有週期性往復運動，海流運動方向主要集中在沿海岸平行方向，且隨潮流漲落改變方向；主軸為北~北北東與南南西向，即退潮時段流向為北~北北東，漲潮時段流向為南南西，大潮時其流速甚強，最大流速約可達 1.5 節左右，詳如圖 4.25 至圖 4.36。

綜觀其水位，可見此地區以半日潮為主，全日潮為輔(如圖 4.1~圖 4.12 所顯示)主要為複合潮。

4.2.2 波浪

如圖 4.1~圖 4.12 為蘇澳港外海觀測站處之資料，2015 年 1 月至 2015 年 12 月間所蒐集之波浪逐時變化圖，可看出與花蓮港觀測站所測得資料非常相似，波浪變化其夏季颱風大小、行徑路徑及冬季東北季風強弱息息相關，從 12 月到翌年 2 月是東北季風盛行的型態，今年基本上從 6 月到 9 月都是在颱風侵襲臺灣附近海域的型態，這些都反應在實測波浪的變化上。

4.2.3 颱風波浪

蘇澳港之颱風波浪之逐時波浪變化圖如圖 4.3~圖 4.11，其實測有義波高(1) 巴威颱風 3 月 18 日 14 時測得最大有義波高 2.22 公尺、週期 12.9 秒，波浪來向 124.9 度；(2) 梅沙颱風於 4 月 4 日 14 時測得最大之有義波為 3.65 公尺、週期 13.8 秒，波浪來向 138.7 度；(3) 有發佈警報的紅霞颱風於 5 月 11 日 21 時測到最大之有義波為 3.14 公尺、週期 12.4 秒，波浪來向 168.4 度；(4) 白海豚颱風 5 月 18 日 18 時測得最大有義波高為 2.17 公尺、週期 15.4 秒，波浪來向 118.9 度；(5) 有發佈警報的昌鴻颱風 7 月 10 日 0 時測得最大有義波高為 4.92 公尺、週期 14.7 秒，波浪來向 115.8 度；(6) 有發佈警報的蓮花颱風 7 月 05 日 17 時測得最大有義波高為 2.24 公尺、週期 10.3，波浪來向 168.2 度；(7) 南卡颱風 7 月 15 日 0 時測得最大有義波高為 3.46 公尺、週期 13.1 秒，波浪來向 119.6 度；(8) 哈洛拉颱風 7 月 24 日 15 時測得最大有義波高為 1.2 公尺、週期 7.1 秒，波浪來向 217.1 度；(9) 有發佈警報的蘇迪勒颱風 8 月 08 日 03 時測得最大有義波高為 16.02 公尺、週期 14.6 秒，波浪來向 106.8 度；(10) 有發佈警報的天鵝颱風 8 月 20 日 18 時測得最大有義波高為 5.58 公尺、週期 13.4 秒，波浪來向 58.1 度；(11) 閃電颱風 8 月 21 日 23 時測得最大有義波高為 6.06 公尺、週期 13.8 秒，波浪來向 63.3 度；(12) 有發佈警報的杜鵑颱風 9 月 28 日 16 時測得最大有義波高為 16.44 公尺、週期 14.7 秒，波浪來向 29.1 度。；(13) 彩虹颱風 10 月 04 日 00 時測得最大有義波高為 1.04 公尺、週期 7.1 秒，波浪來向 73.0 度；(14) 彩霞颱風 10 月 08 日 14 時測得最大有義波高為 2.03 公尺、週期 10.1 秒，波浪來向 112.8 度；(15) 巨爵颱風 10 月 22 日 18 測得最

大有義波高為 2.63 公尺、週期 10.1 秒，波浪來向 77.6 度；(16) 烟花颱風 11 月 25 日 02 時測得最大有義波高為 3.22 公尺、週期 12.3 秒，波浪來向 51.9 度。

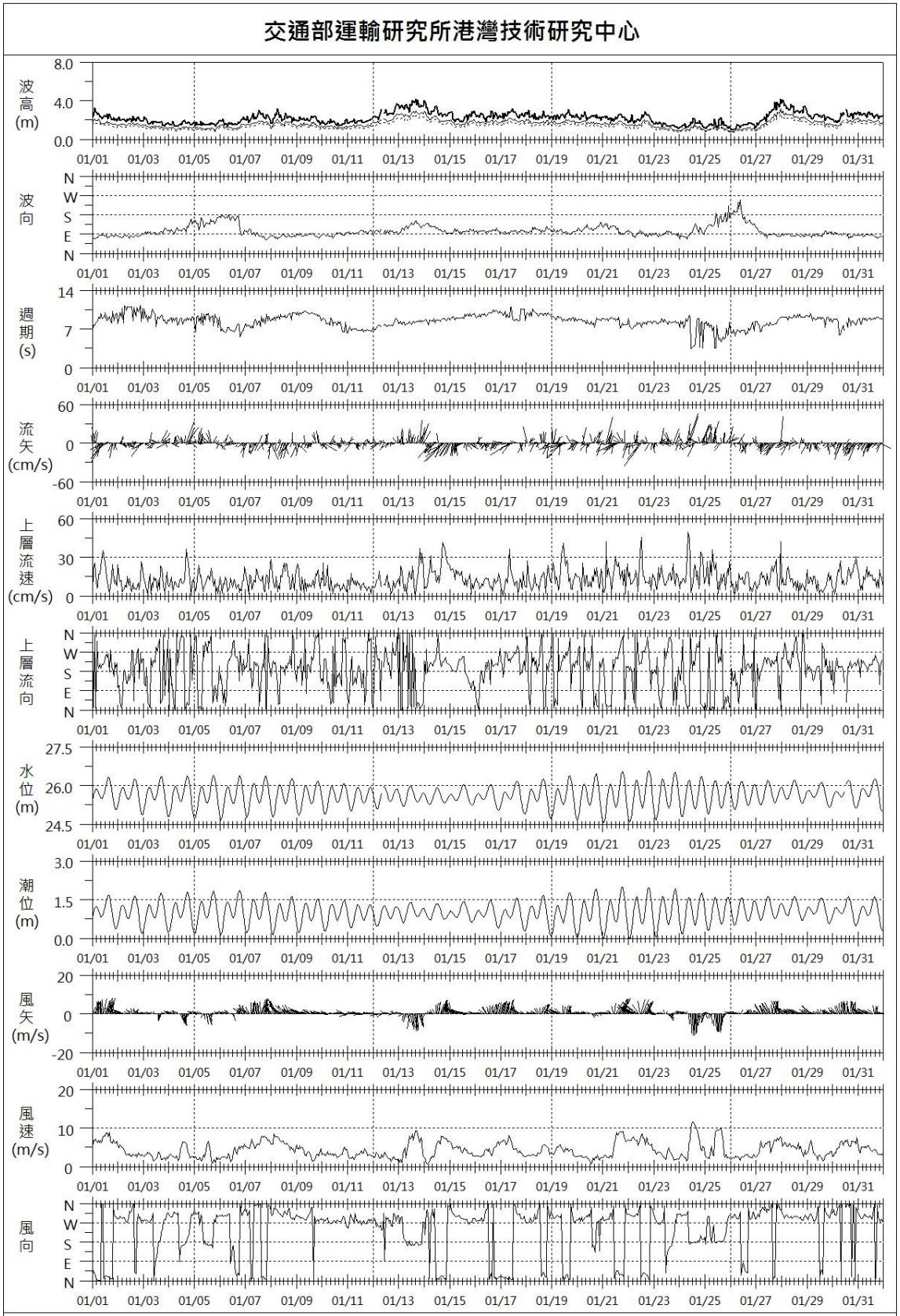


圖4.1 2015年1月蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

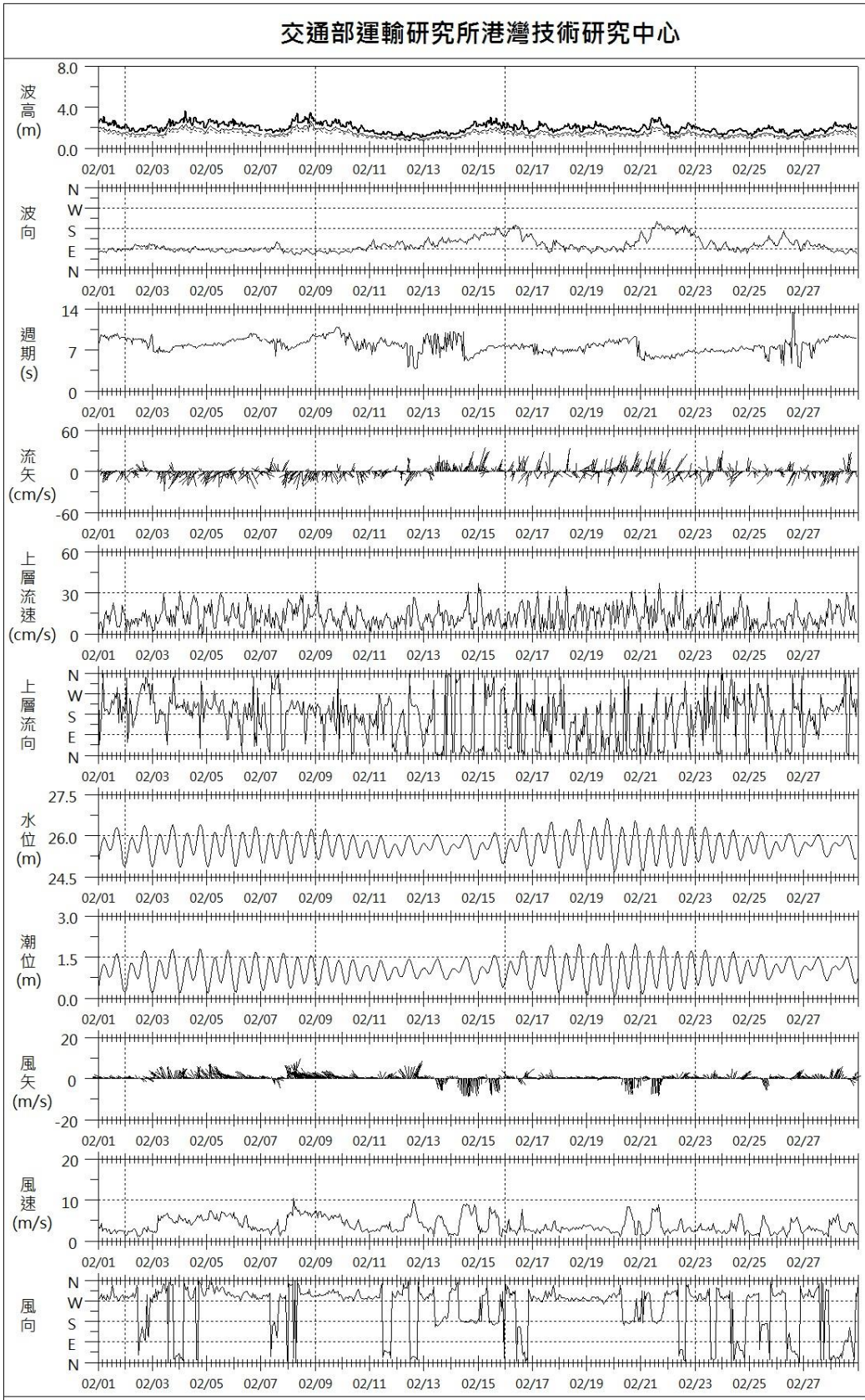


圖4.2 2015年2月蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

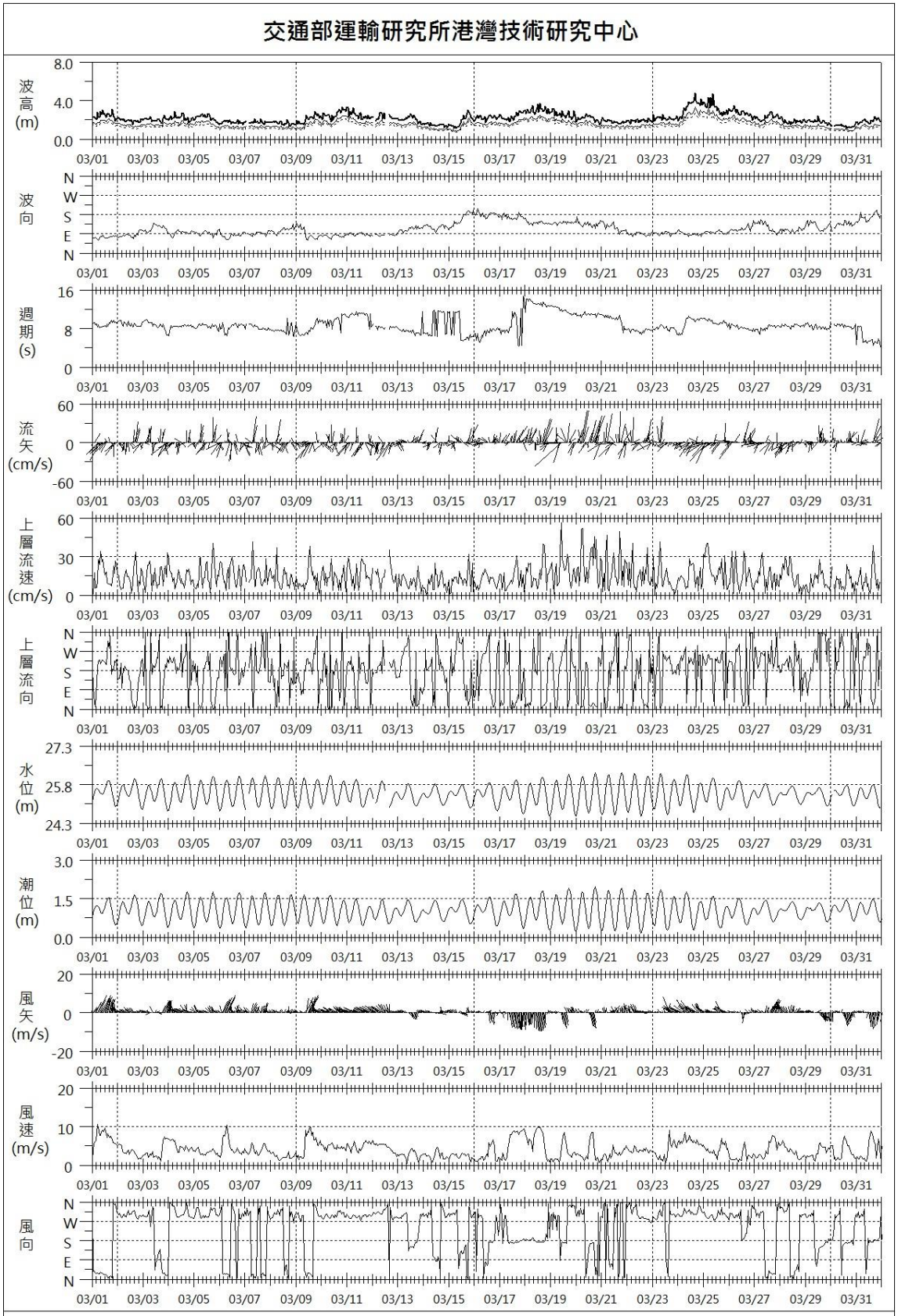


圖4.3 2015年3月蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

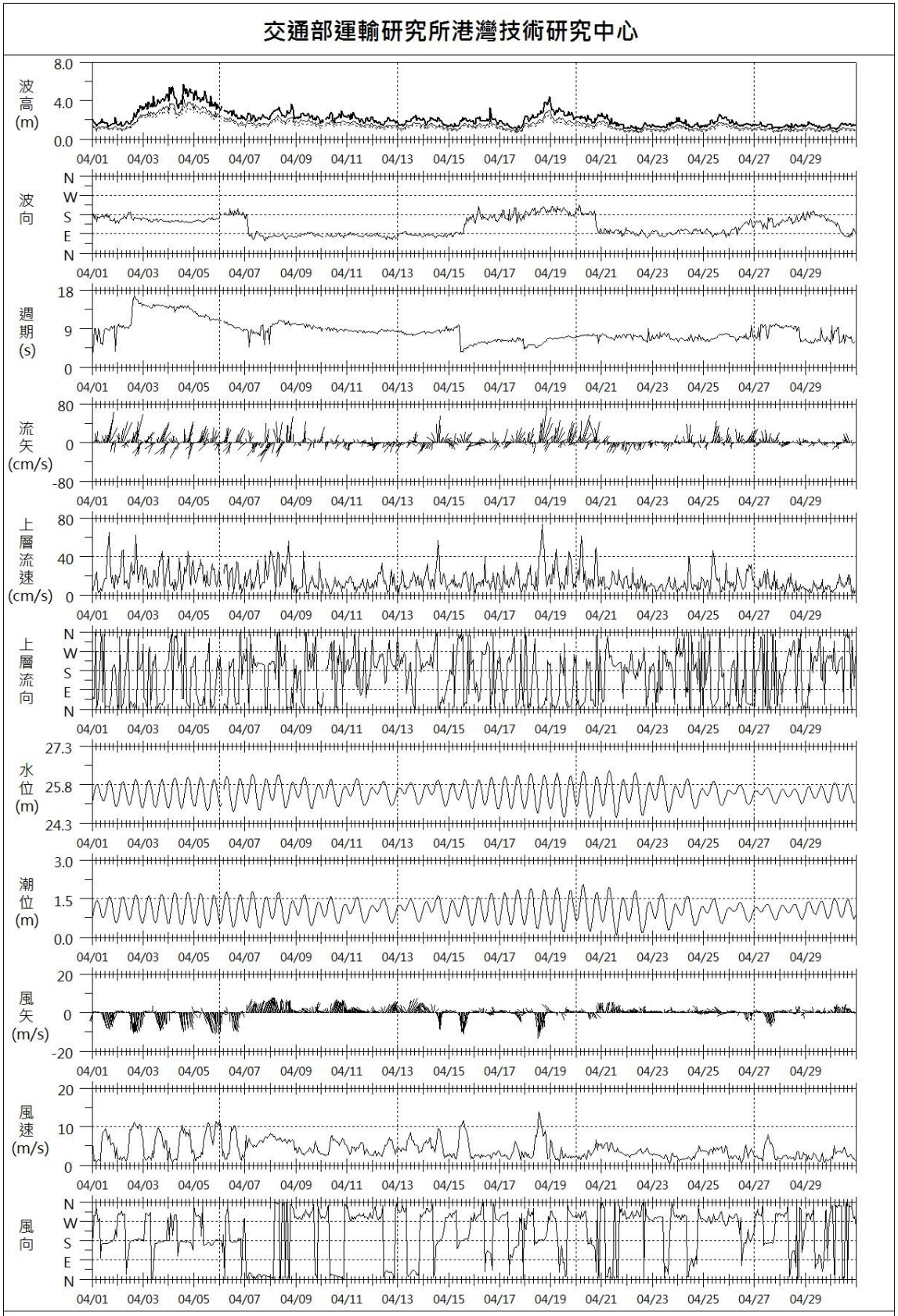


圖4.4 2015年4月蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

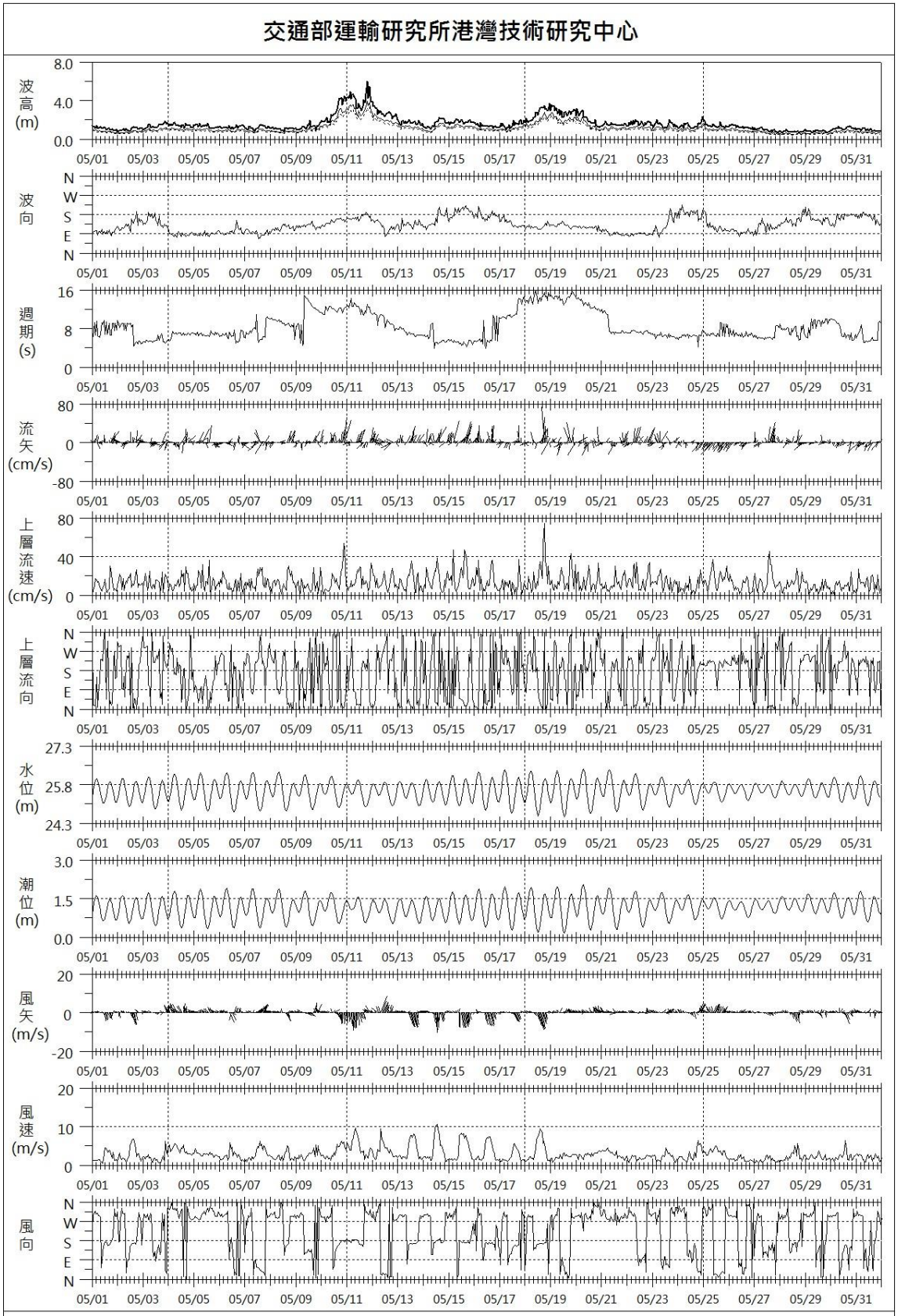


圖4.5 2015年5月蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

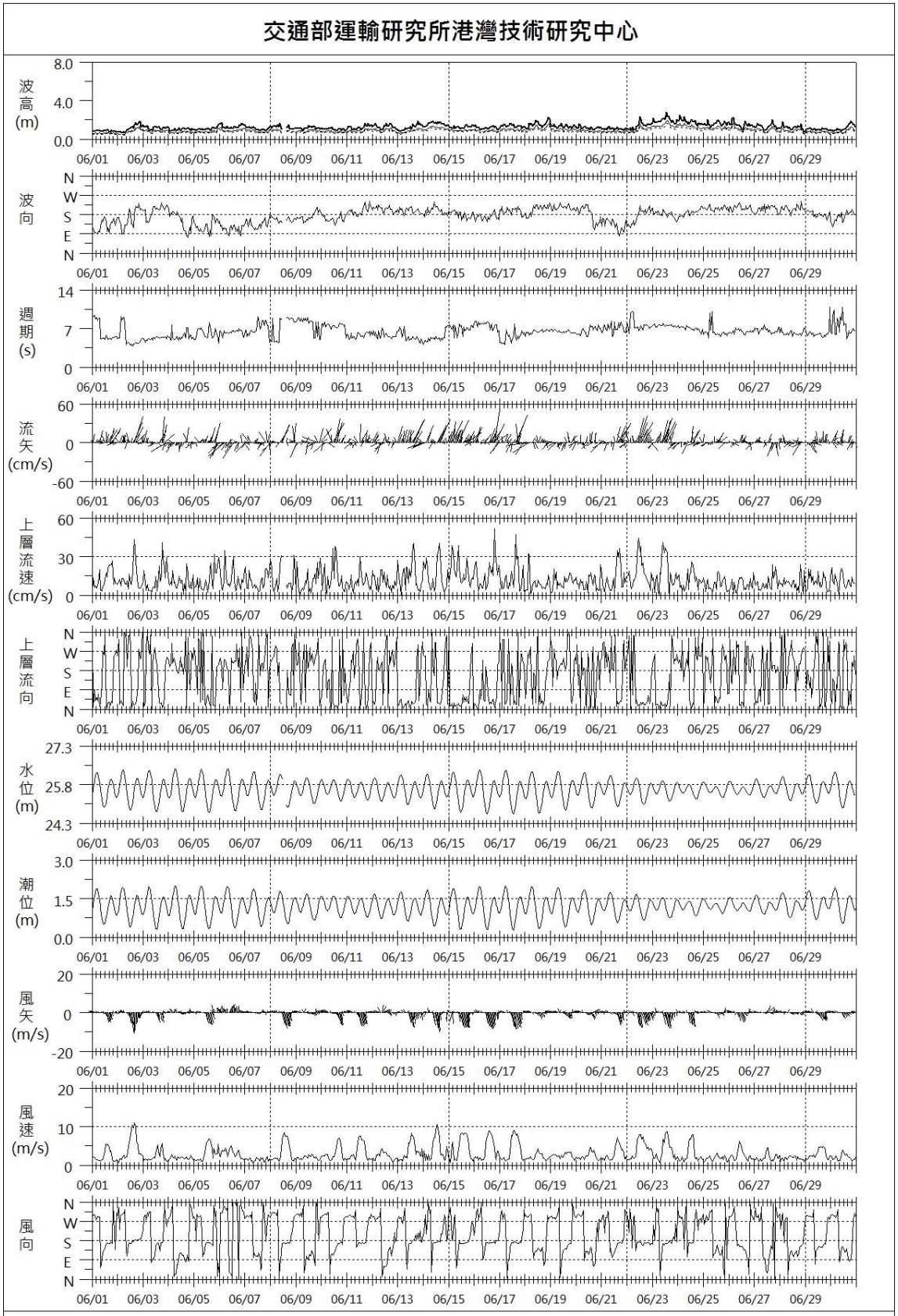


圖4.6 2015年6月蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

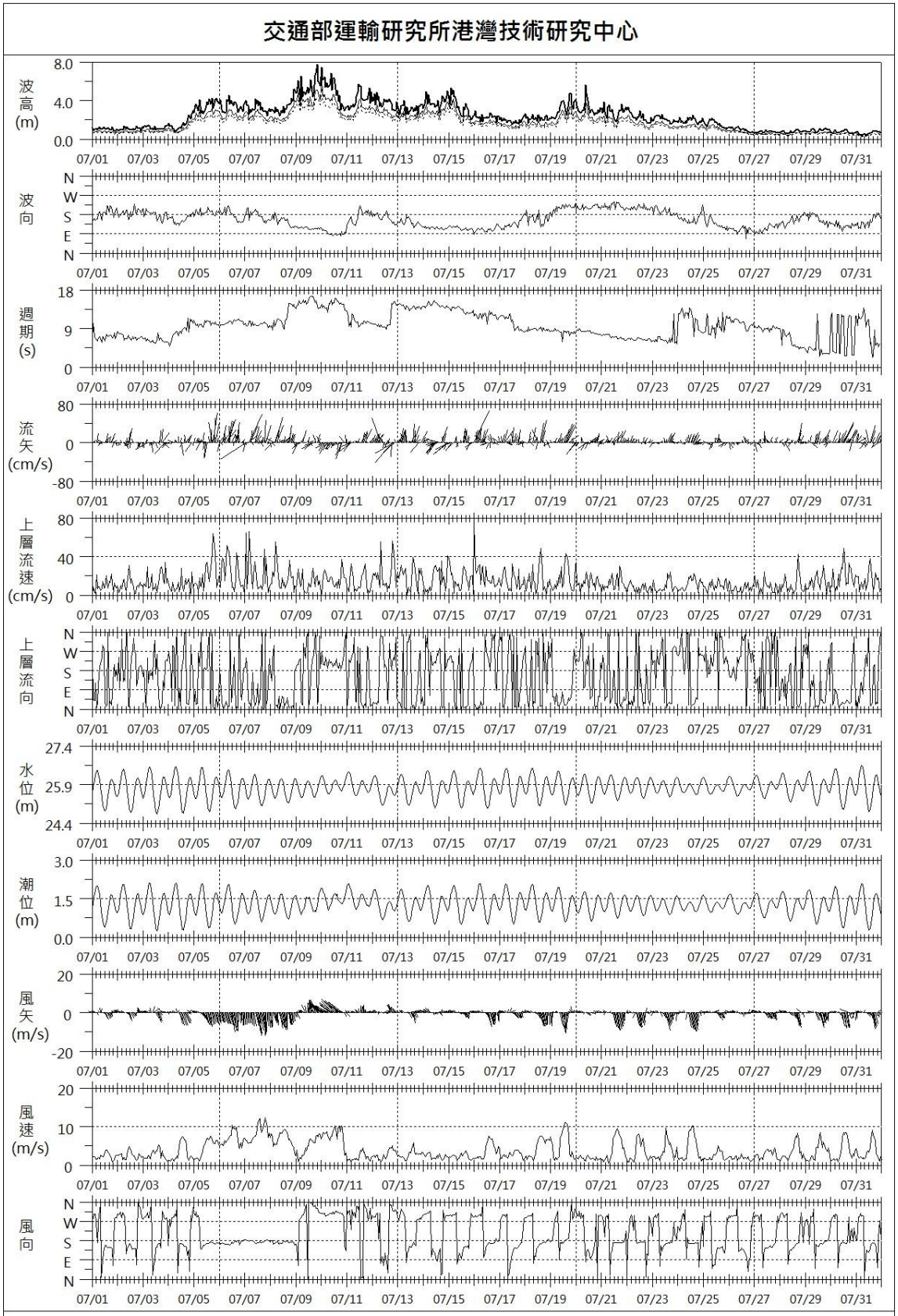


圖4.7 2015年7月蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

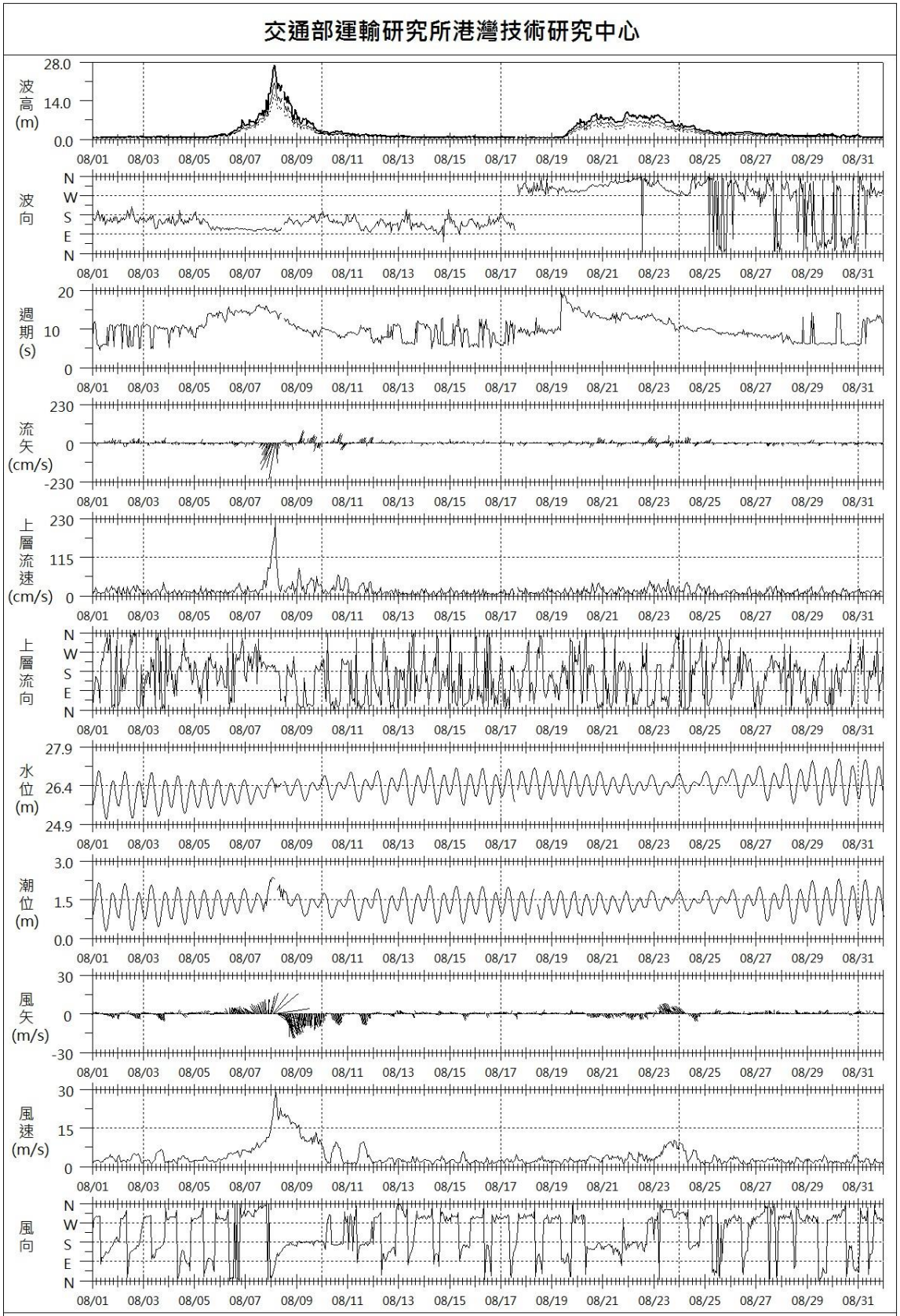


圖4.8 2015年8月蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

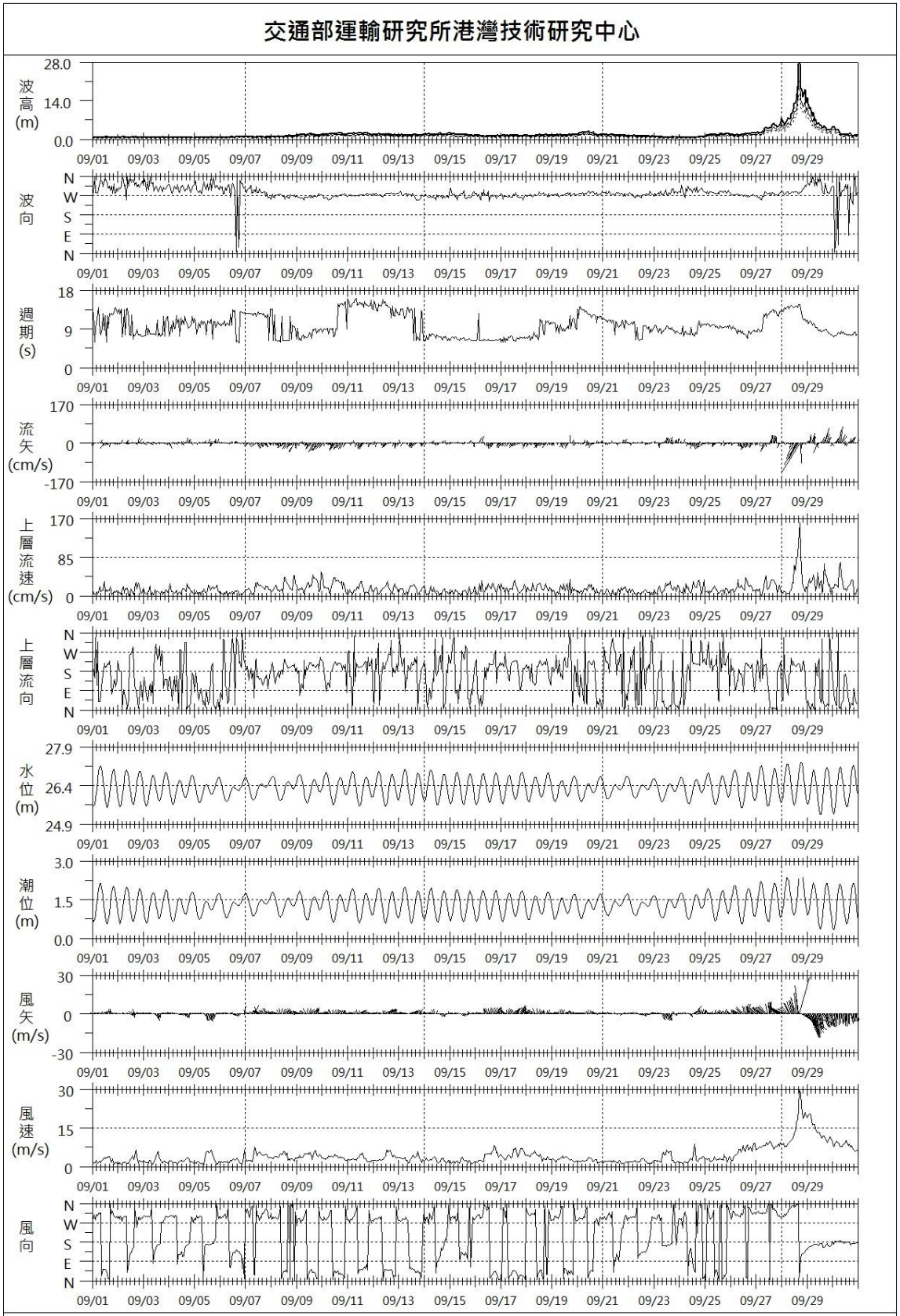


圖4.9 2015年9月蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

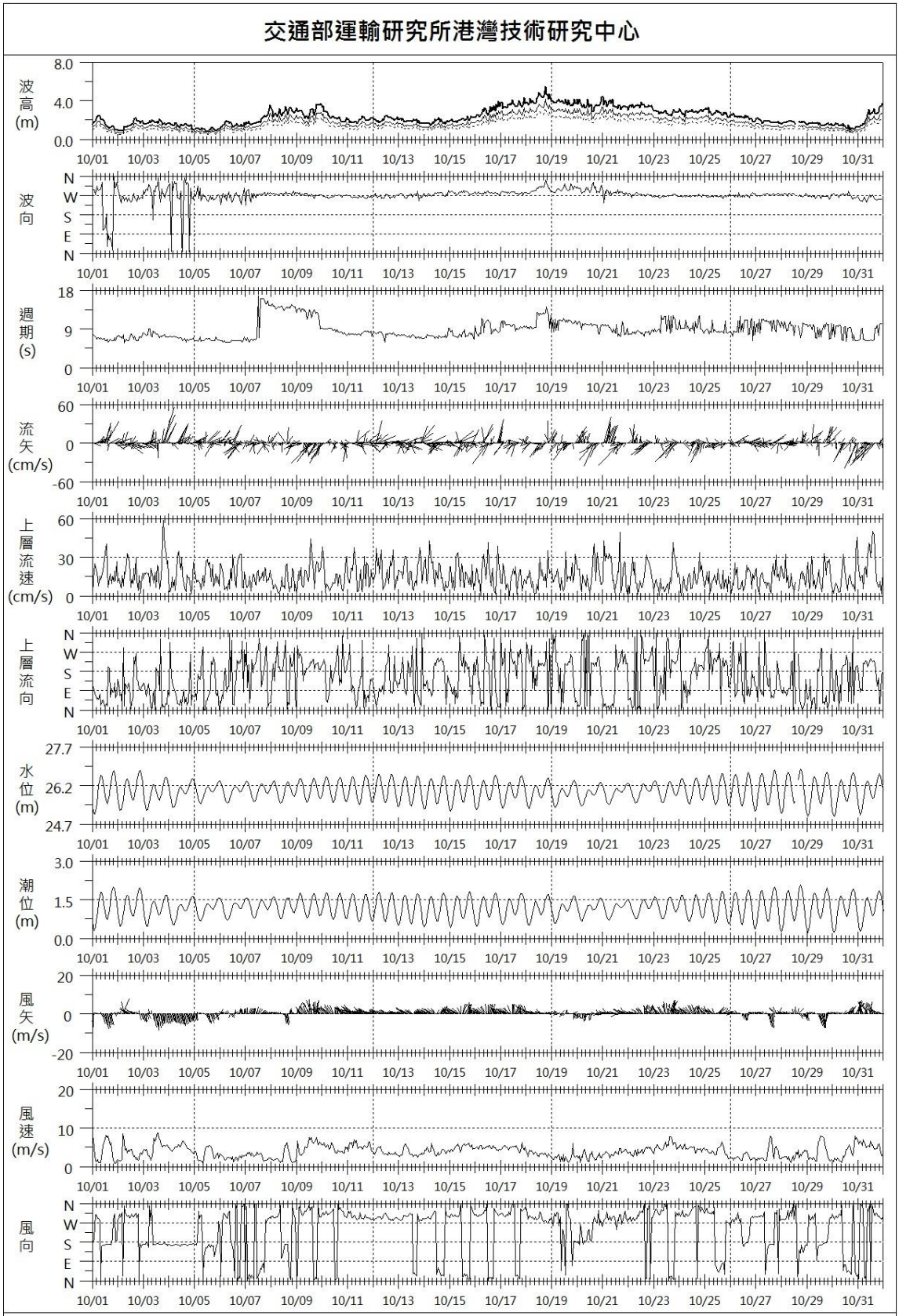


圖4.10 2015年10月蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

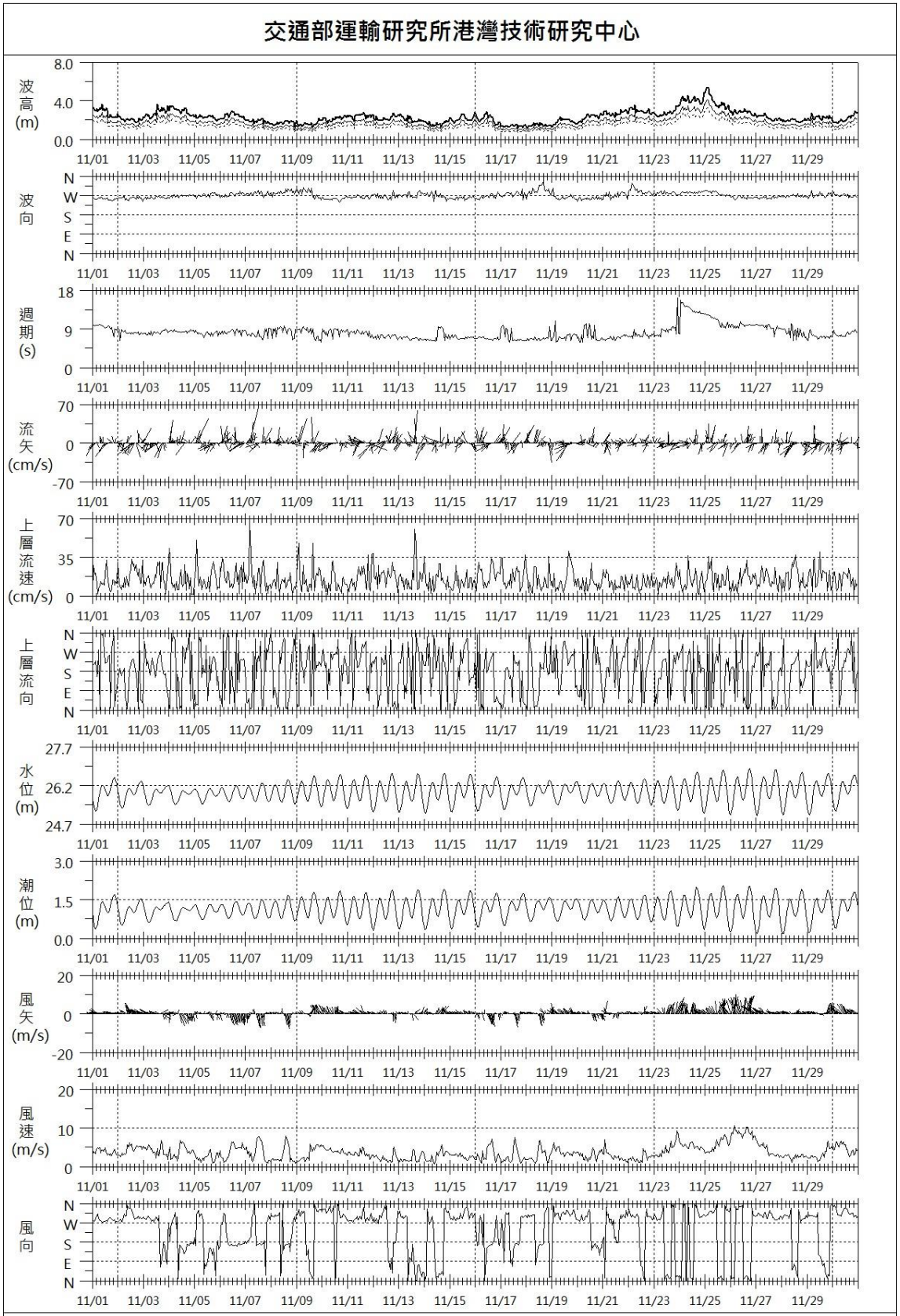


圖4.11 2015年11月蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

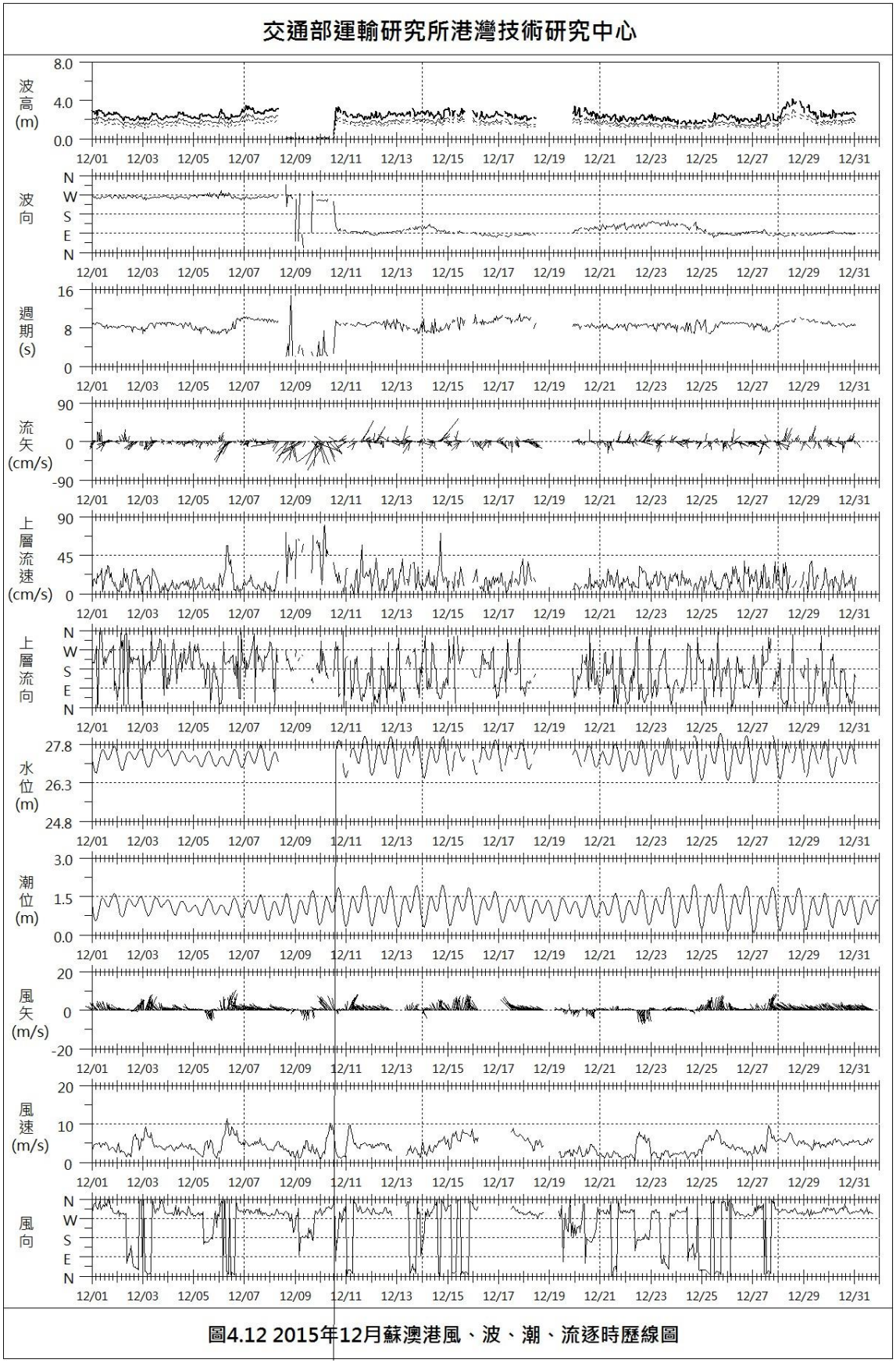


圖4.12 2015年12月蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

蘇澳港波浪玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/01/01 00:10 - 2015/01/31 23:10
筆數： 742

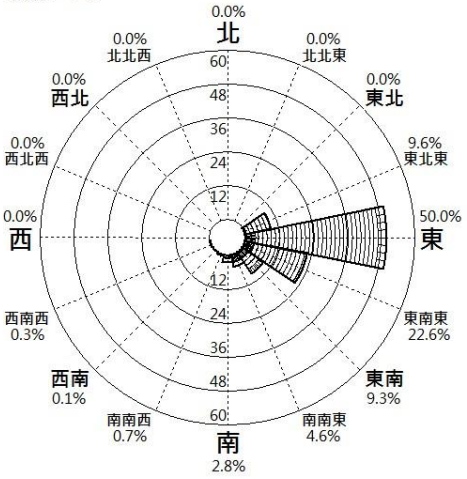


圖4.13 2015年1月蘇澳港測站波浪玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/02/01 00:10 - 2015/02/28 23:10
筆數： 671

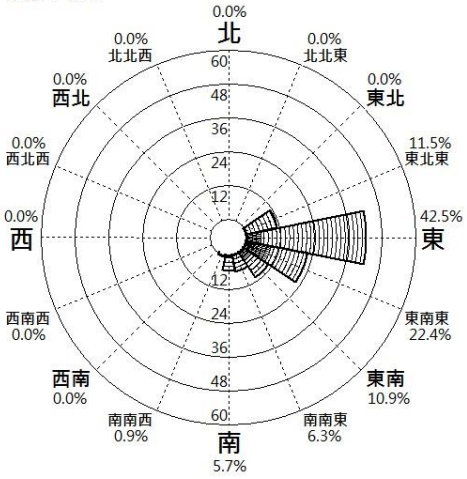


圖4.14 2015年2月蘇澳港測站波浪玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/03/01 00:10 - 2015/03/31 23:10
筆數： 735

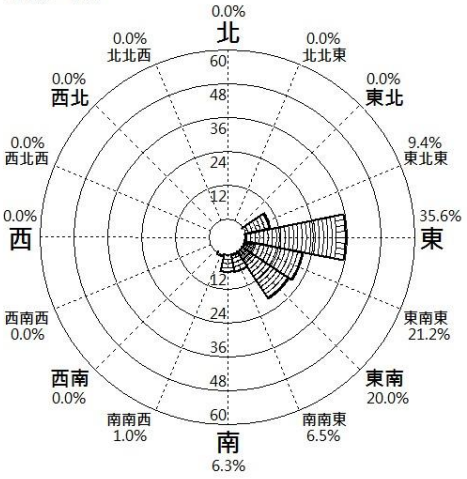


圖4.15 2015年3月蘇澳港測站波浪玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/04/01 00:10 - 2015/04/30 23:10
筆數： 717

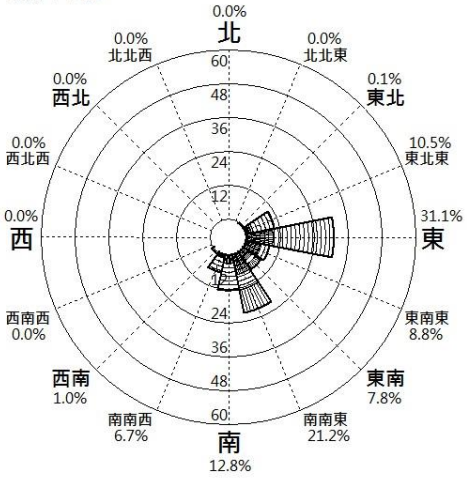
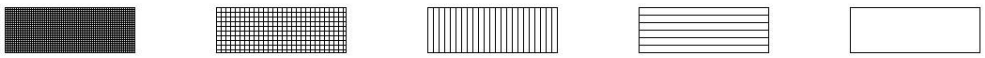


圖4.16 2015年4月蘇澳港測站波浪玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

蘇澳港波浪玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/05/01 00:10 - 2015/05/31 23:10
筆數： 744

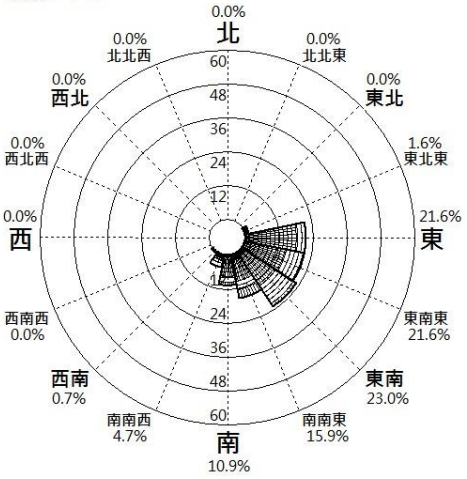


圖4.17 2015年5月蘇澳港測站波浪玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/06/01 00:10 - 2015/06/30 23:10
筆數： 716

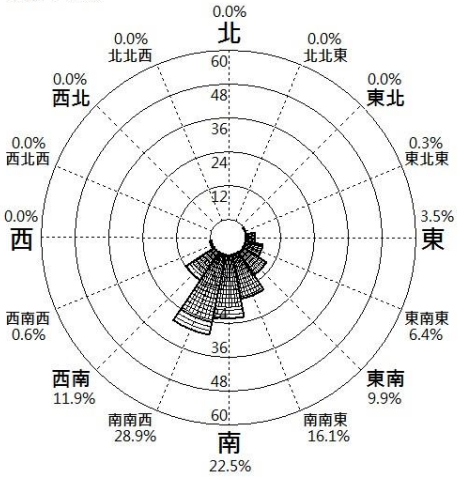


圖4.18 2015年6月蘇澳港測站波浪玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/07/01 00:10 - 2015/07/31 23:10
筆數： 744

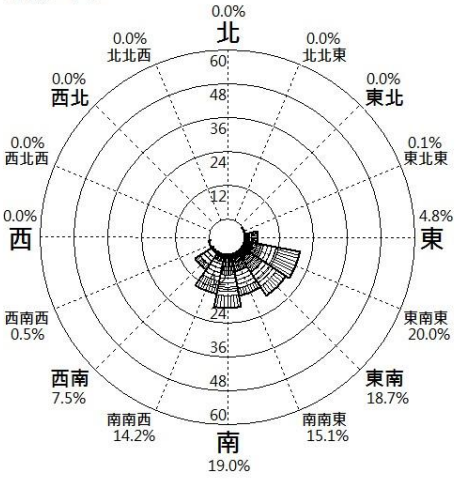


圖4.19 2015年7月蘇澳港測站波浪玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/08/01 00:10 - 2015/08/31 23:10
筆數： 741

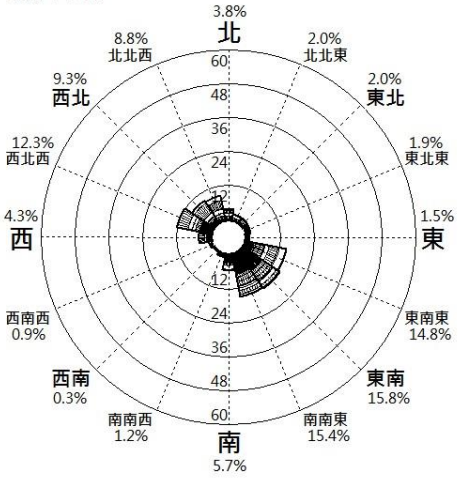
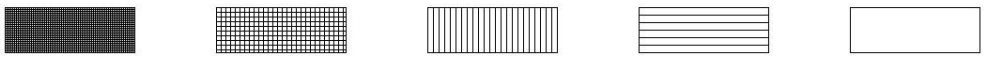


圖4.20 2015年8月蘇澳港測站波浪玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

蘇澳港波浪玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/09/01 00:10 - 2015/09/30 23:10
筆數： 720

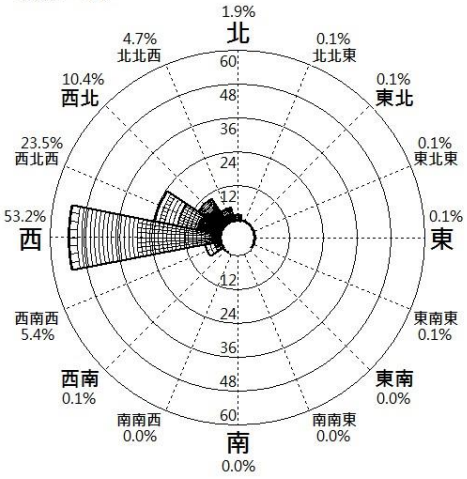


圖4.21 2015年9月蘇澳港測站波浪玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/10/01 00:10 - 2015/10/31 23:10
筆數： 740

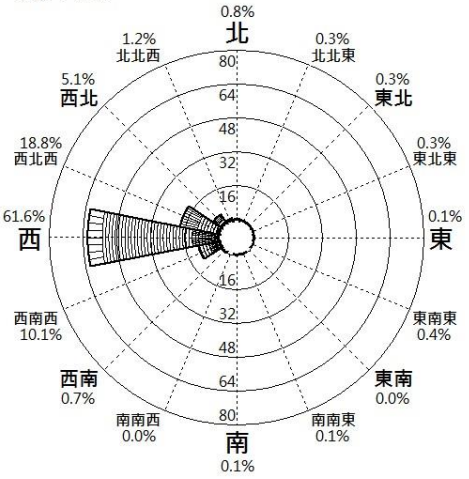


圖4.22 2015年10月蘇澳港測站波浪玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/11/01 00:10 - 2015/11/30 23:10
筆數： 720

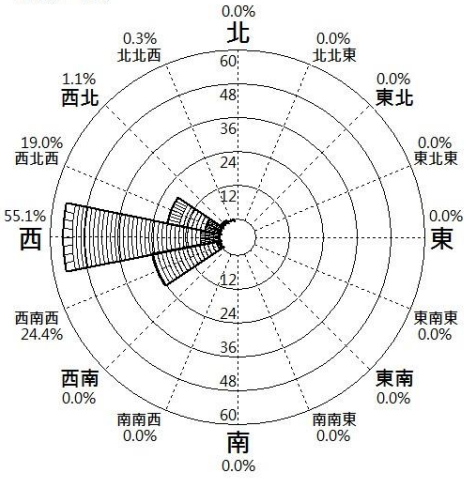


圖4.23 2015年11月蘇澳港測站波浪玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/12/01 00:10 - 2015/12/31 01:10
筆數： 629

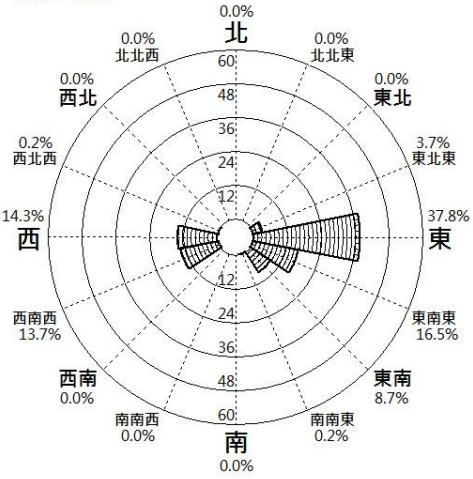
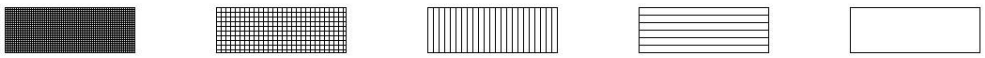


圖4.24 2015年12月蘇澳港測站波浪玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

蘇澳港海流玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/01/01 00:10 - 2015/01/31 23:10
筆數： 742

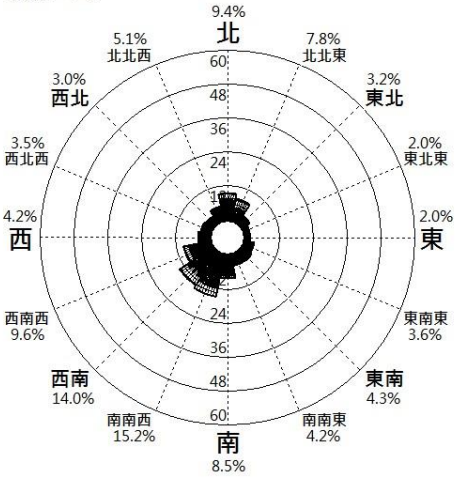


圖4.25 2015年1月蘇澳港測站海流玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/02/01 00:10 - 2015/02/28 23:10
筆數： 671

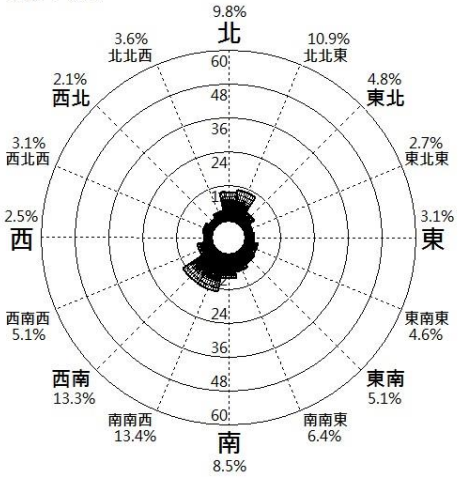


圖4.26 2015年2月蘇澳港測站海流玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/03/01 00:10 - 2015/03/31 23:10
筆數： 735

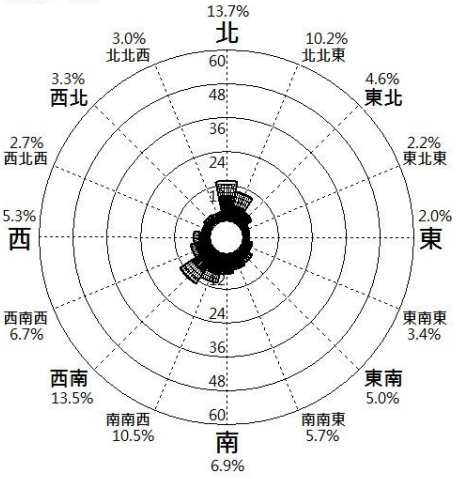


圖4.27 2015年3月蘇澳港測站海流玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/04/01 00:10 - 2015/04/30 23:10
筆數： 717

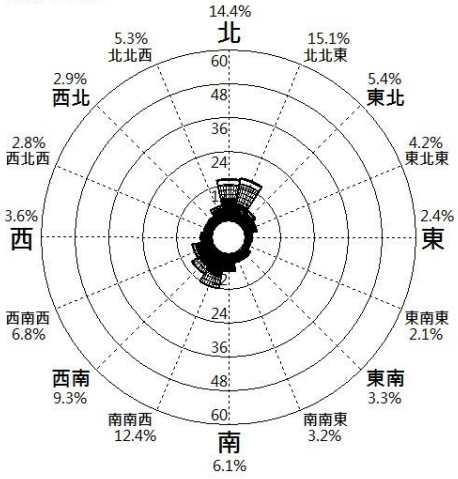
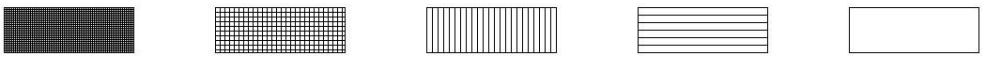


圖4.28 2015年4月蘇澳港測站海流玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

蘇澳港海流玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/05/01 00:10 - 2015/05/31 23:10
筆數： 744

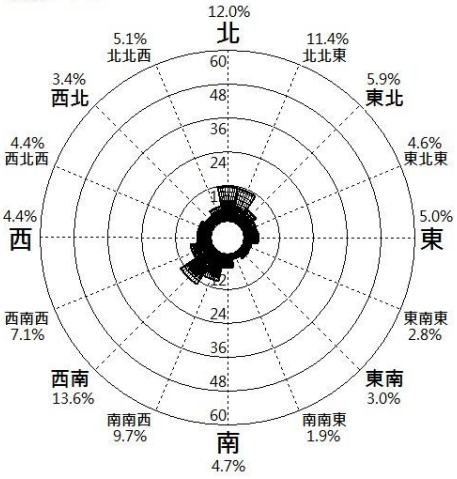


圖4.29 2015年5月蘇澳港測站海流玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/06/01 00:10 - 2015/06/30 23:10
筆數： 716

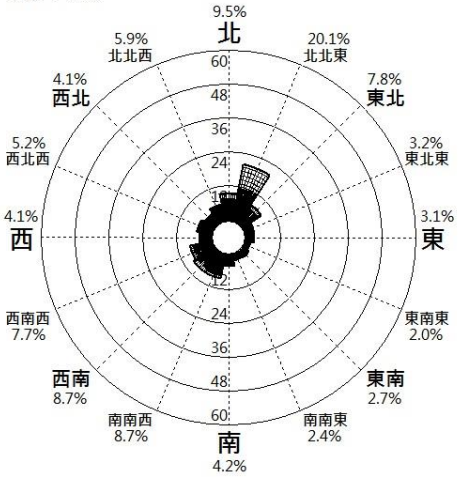


圖4.30 2015年6月蘇澳港測站海流玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/07/01 00:10 - 2015/07/31 23:10
筆數： 744

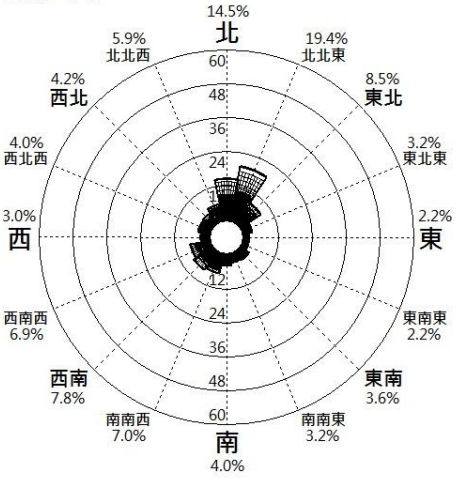


圖4.31 2015年7月蘇澳港測站海流玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/08/01 00:10 - 2015/08/31 23:10
筆數： 741

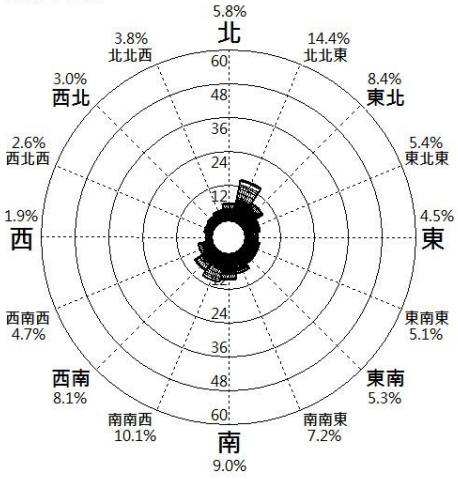
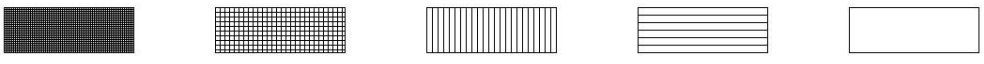


圖4.32 2015年8月蘇澳港測站海流玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

蘇澳港海流玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/09/01 00:10 - 2015/09/30 23:10
筆數： 720

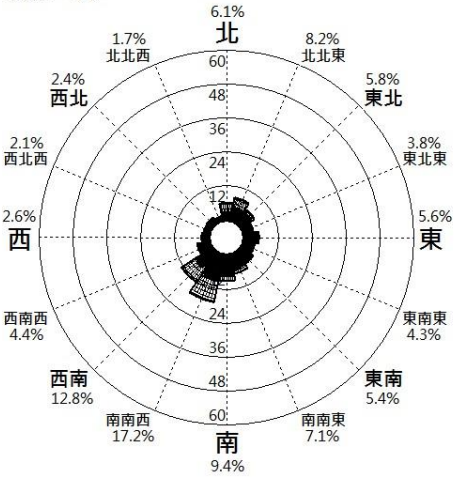


圖4.33 2015年9月蘇澳港測站海流玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/10/01 00:10 - 2015/10/31 23:10
筆數： 740

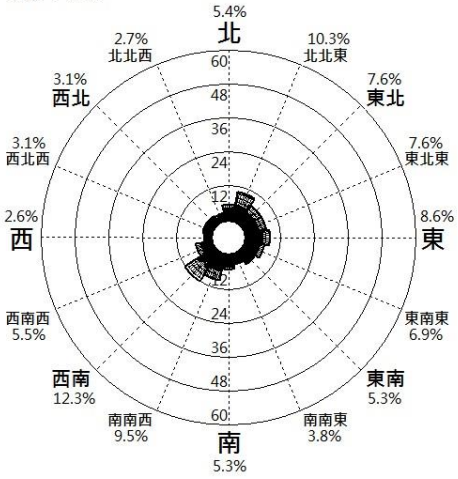


圖4.34 2015年10月蘇澳港測站海流玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/11/01 00:10 - 2015/11/30 23:10
筆數： 720

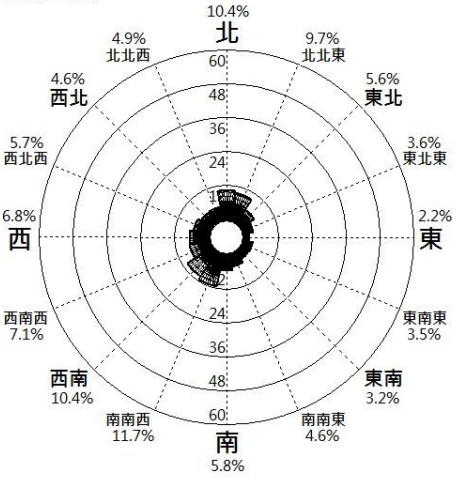


圖4.35 2015年11月蘇澳港測站海流玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/12/01 00:10 - 2015/12/31 01:10
筆數： 629

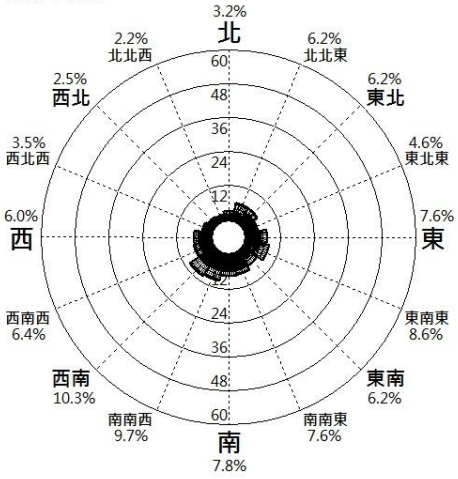
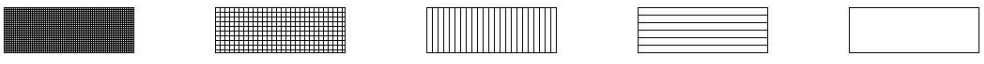


圖4.36 2015年12月蘇澳港測站海流玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

蘇澳港風速風向玫瑰圖

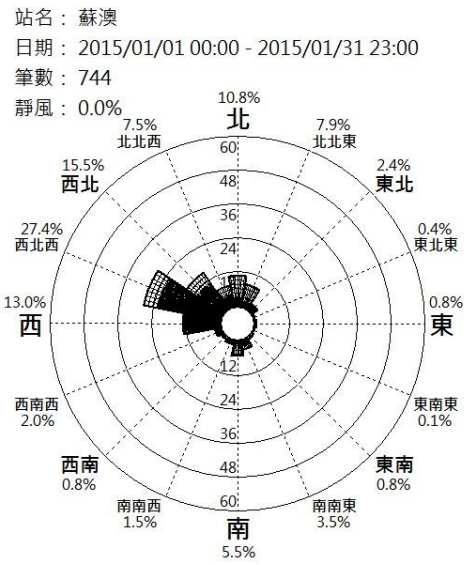


圖4.37 2015年1月蘇澳港測站風速風向玫瑰圖

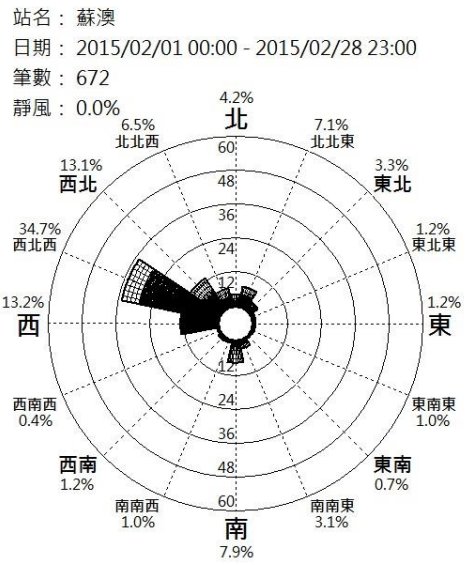


圖4.38 2015年2月蘇澳港測站風速風向玫瑰圖

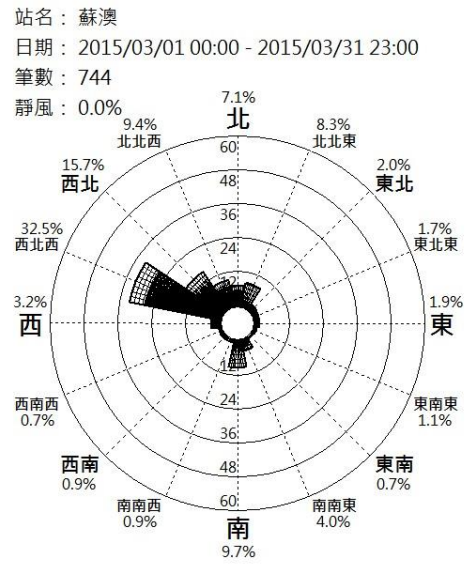


圖4.39 2015年3月蘇澳港測站風速風向玫瑰圖

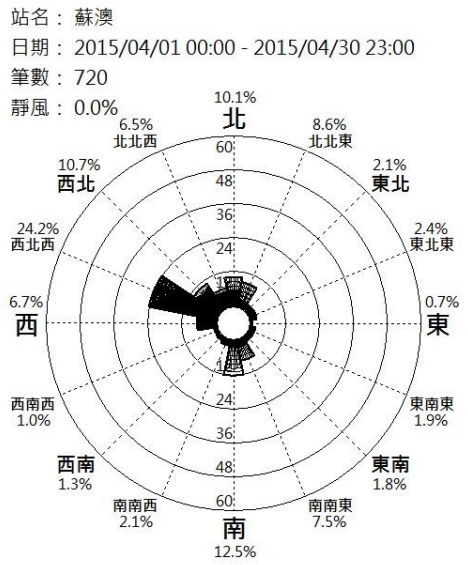
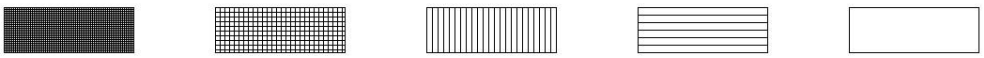


圖4.40 2015年4月蘇澳港測站風速風向玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

蘇澳港風速風向玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/05/01 00:00 - 2015/05/31 23:00
筆數： 744
靜風： 0.0%

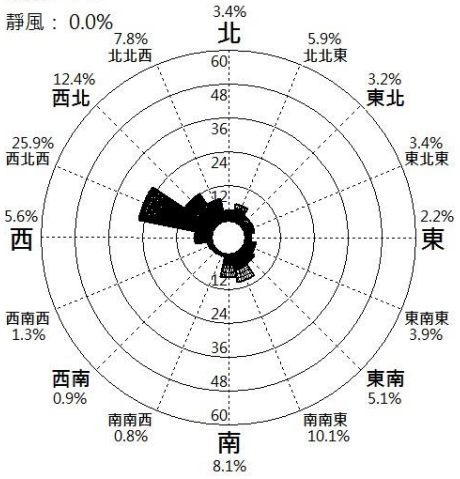


圖4.41 2015年5月蘇澳港測站風速風向玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/06/01 00:00 - 2015/06/30 23:00
筆數： 720
靜風： 0.0%

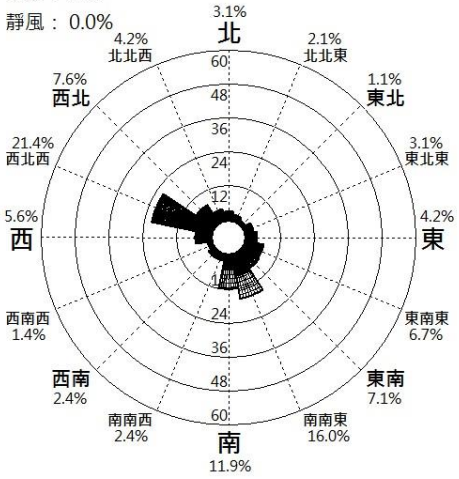


圖4.42 2015年6月蘇澳港測站風速風向玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/07/01 00:00 - 2015/07/31 23:00
筆數： 744
靜風： 0.0%

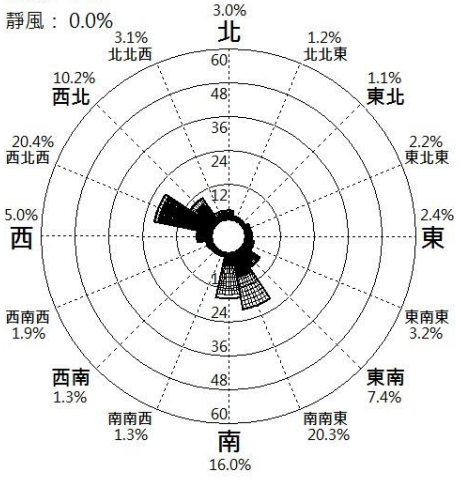


圖4.43 2015年7月蘇澳港測站風速風向玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/08/01 00:00 - 2015/08/31 23:00
筆數： 744
靜風： 0.0%

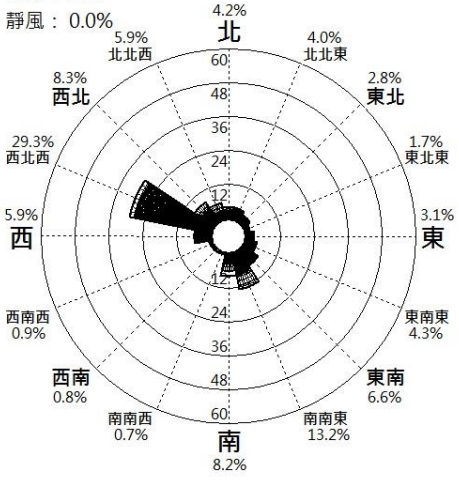
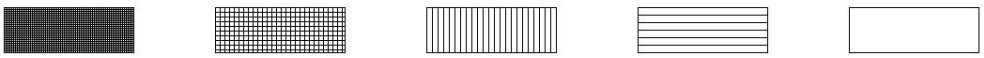


圖4.44 2015年8月蘇澳港測站風速風向玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

蘇澳港風速風向玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/09/01 00:00 - 2015/09/30 23:00
筆數： 720
靜風： 0.0%

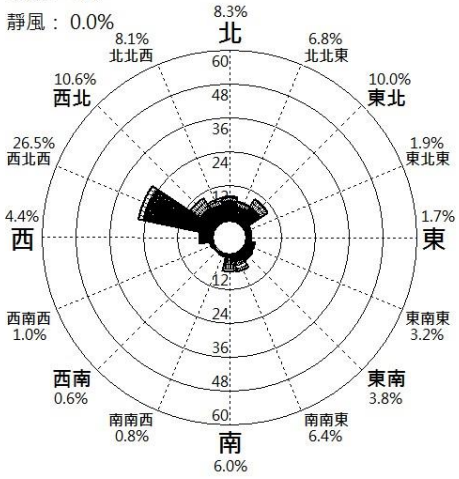


圖4.45 2015年9月蘇澳港測站風速風向玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/10/01 00:00 - 2015/10/31 23:00
筆數： 744
靜風： 0.0%

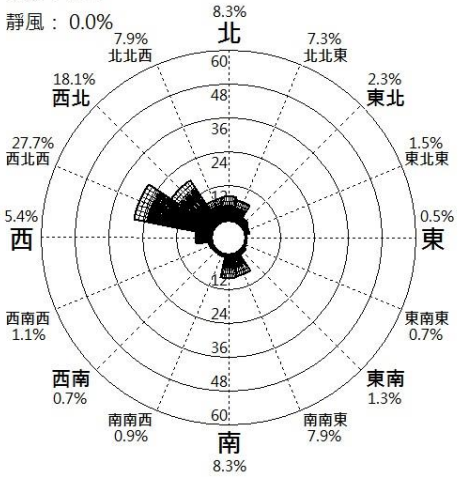


圖4.46 2015年10月蘇澳港測站風速風向玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/11/01 00:00 - 2015/11/30 23:00
筆數： 720
靜風： 0.0%

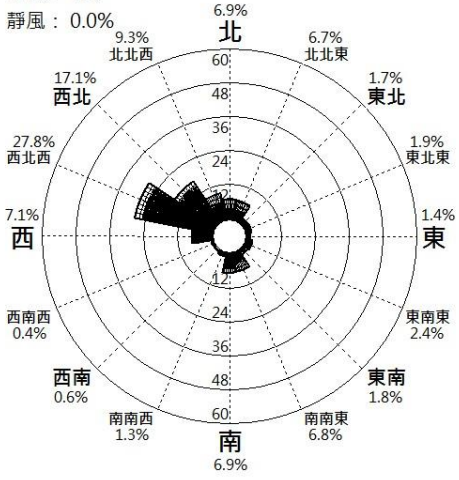


圖4.47 2015年11月蘇澳港測站風速風向玫瑰圖

站名： 蘇澳
日期： 2015/12/01 00:00 - 2015/12/31 18:00
筆數： 684
靜風： 0.0%

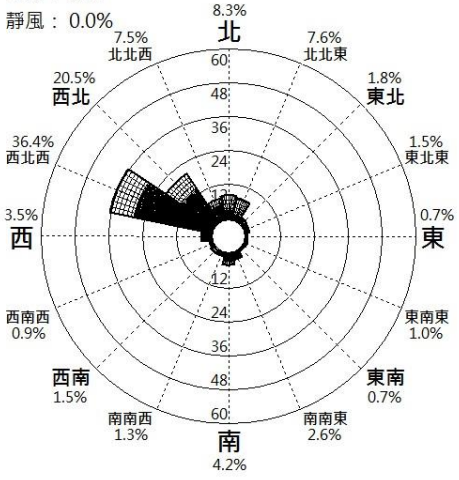
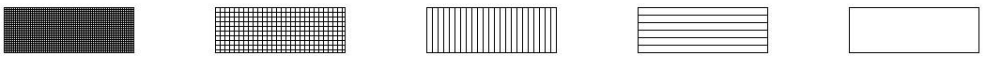


圖4.48 2015年12月蘇澳港測站風速風向玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

表4.1 蘇澳港測站示性波高、示性週期及波向統計表

年/月	觀測點數	H1/3 平均值 (m)	T1/3 平均值 (m)	H1/3 最大值 (m)	週期 (s)	波向 (來向)	H1/3 < 0.5m (%)	H1/3 0.5~1m (%)	H1/3 1~5m (%)	H1/3 >5m (%)	波向 北~東 (%)	波向 東~南 (%)	波向 南~西 (%)	波向 西~北 (%)	T1/3 < 6s (%)	T1/3 6~8s (%)	T1/3 8~10s (%)	T1/3 >10s (%)
2015/01	742(100%)	1.38	8.4	2.66	11.3	東南東	0.0	14.2	85.8	0.0	34.5	63.6	1.9	0.0	3.1	26.1	65.1	5.7
2015/02	671(100%)	1.25	7.8	2.38	13.4	東南東	0.0	18.5	81.5	0.0	35.6	60.4	4.0	0.0	9.1	49.6	39.3	1.9
2015/03	735(99%)	1.37	8.7	2.72	14.8	東南東	0.0	9.5	90.5	0.0	28.0	68.0	3.9	0.0	4.6	28.4	45.6	21.4
2015/04	717(100%)	1.33	8.3	3.65	16.7	東南	0.0	32.1	67.9	0.0	30.4	57.0	12.6	0.0	12.3	39.3	33.1	15.3
2015/05	744(100%)	1.01	8.4	3.31	15.8	東南	4.2	62.6	33.2	0.0	10.9	78.2	10.9	0.0	18.1	40.2	16.4	25.3
2015/06	716(99%)	0.80	6.5	1.62	10.9	南	1.5	84.6	13.8	0.0	1.7	44.6	53.8	0.0	36.0	53.4	9.9	0.7
2015/07	744(100%)	1.53	9.6	5.25	16.5	南南東	10.6	22.3	66.9	0.1	2.6	65.5	32.0	0.0	11.0	20.3	25.9	42.7
2015/08	741(100%)	1.85	10.1	16.02	19.3	南南西	29.0	26.3	37.1	7.6	7.6	51.0	5.0	36.4	8.5	16.5	25.0	50.1
2015/09	720(100%)	1.22	9.8	16.44	16.0	西北西	21.1	39.0	36.8	3.1	0.8	0.1	27.9	71.1	1.1	32.4	25.1	41.4
2015/10	740(99%)	1.42	8.8	3.25	16.7	西	0.4	23.0	76.6	0.0	1.2	0.7	40.5	57.6	1.8	41.1	32.7	24.5
2015/11	720(100%)	1.39	8.2	3.22	16.1	西	0.0	14.3	85.7	0.0	0.0	0.0	56.7	43.3	0.7	52.1	39.9	7.4
2015/12	629(85%)	1.40	8.3	2.49	14.6	南南東	4.9	0.2	94.9	0.0	25.4	42.3	29.6	2.7	4.6	21.9	69.5	4.0

表4.2 蘇澳港測站示性波高分佈百分比(%)統計表

H1/3(m) 年/月	0 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 1.5	1.5 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 16	16 ~ 50	合計(%)
2015/01	0.0	14.2	51.1	28.3	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/02	0.0	18.5	61.5	19.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/03	0.0	9.5	62.7	22.0	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/04	0.0	32.1	43.0	12.8	10.3	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/05	4.2	62.6	19.5	7.4	5.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/06	1.5	84.6	13.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/07	10.6	22.3	20.4	17.5	22.6	5.8	0.7	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/08	29.0	26.3	11.6	6.5	4.7	6.2	8.1	3.2	3.2	0.9	0.8	0.8	0.7	0.1	100.0
2015/09	21.1	39.0	28.9	1.8	3.3	2.1	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.0	0.3	100.0
2015/10	0.4	23.0	36.6	21.5	18.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	0.0	14.3	53.1	25.1	7.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	4.9	0.2	54.2	38.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表4.3 蘇澳港測站示性週期分佈百分比(%)統計表

T1/3(秒)

年/月	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 9	9 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 16	16 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 200	合計(%)
2015/01	0.0	1.1	0.3	1.8	8.5	17.7	39.6	25.5	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	0.0	0.6	1.2	7.3	17.6	32.0	23.4	15.9	1.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	0.0	0.1	1.0	3.5	7.2	21.2	33.9	11.7	16.7	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	0.0	0.8	2.6	8.8	20.9	18.4	17.3	15.8	6.4	8.6	0.3	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/05	0.0	0.3	3.1	14.8	25.8	14.4	7.5	8.9	9.7	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	0.0	0.1	7.5	28.4	32.7	20.7	8.1	1.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	1.5	2.3	3.0	4.3	11.8	8.5	13.4	12.5	18.7	23.3	0.8	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	0.0	0.0	0.9	7.6	11.6	4.9	10.3	14.7	22.8	25.8	1.5	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/09	0.0	0.0	0.0	1.1	15.3	17.1	11.3	13.9	17.1	24.0	0.3	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/10	0.0	0.0	0.0	1.8	17.6	23.5	17.2	15.5	14.9	8.9	0.7	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	0.0	0.0	0.0	0.7	23.5	28.6	24.6	15.3	3.2	4.0	0.1	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	3.8	0.3	0.3	0.2	3.0	18.9	44.8	24.6	3.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表4.4 蘇澳港測站波向分佈百分比(%)統計表

波向

年/月	北	北北東	東北	東北東	東	東南東	東南	南南東	南	南南西	西南	西南西	西	西北西	西北	北北西	合計(%)
2015/01	0.0	0.0	0.0	9.6	50.0	22.6	9.3	4.6	2.8	0.7	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	0.0	0.0	0.0	11.5	42.5	22.4	10.9	6.3	5.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	0.0	0.0	0.0	9.4	35.6	21.2	20.0	6.5	6.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	0.0	0.0	0.1	10.5	31.1	8.8	7.8	21.2	12.8	6.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/05	0.0	0.0	0.0	1.6	21.6	21.6	23.0	15.9	10.9	4.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	0.0	0.0	0.0	0.3	3.5	6.4	9.9	16.1	22.5	28.9	11.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	0.0	0.0	0.0	0.1	4.8	20.0	18.7	15.1	19.0	14.2	7.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	3.8	2.0	2.0	1.9	1.5	14.8	15.8	15.4	5.7	1.2	0.3	0.9	4.3	12.3	9.3	8.8	100.0
2015/09	1.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	5.4	53.2	23.5	10.4	4.7	100.0
2015/10	0.8	0.3	0.3	0.3	0.1	0.4	0.0	0.1	0.1	0.0	0.7	10.1	61.6	18.8	5.1	1.2	100.0
2015/11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.4	55.1	19.0	1.1	0.3	100.0
2015/12	0.0	0.2	0.3	3.7	38.2	16.5	8.7	0.2	0.0	0.0	0.3	16.1	15.3	0.3	0.3	0.0	100.0

表4.5 蘇澳港測站流速及流向統計表

年/月	觀測點數	流速 平均值 (cm/s)	流速/流向 最大值 (cm/s)(去向)	流速 <25cm/s (%)	流速 25~50cm/s (%)	流速 50~75cm/s (%)	流速 >75cm/s (%)	流向 北~東 (%)	流向 東~南 (%)	流向 南~西 (%)	流向 西~北 (%)
2015/01	742	013.0	049.6 / 北北東	92.0	8.0	0.0	0.0	18.6	18.1	45.4	17.9
2015/02	671	012.7	036.7 / 北北東	93.7	6.3	0.0	0.0	26.7	22.4	37.4	13.6
2015/03	735	014.5	056.2 / 西南	87.1	12.5	0.4	0.0	25.7	18.1	39.3	16.9
2015/04	717	015.8	073.4 / 北	82.3	16.6	1.1	0.0	35.0	12.6	34.2	18.3
2015/05	744	013.2	074.4 / 北	89.8	9.8	0.4	0.0	33.6	12.5	34.8	19.1
2015/06	716	012.2	051.6 / 北	91.5	8.4	0.1	0.0	39.0	11.3	29.3	20.4
2015/07	744	014.6	074.3 / 北北東	84.4	14.4	1.2	0.0	41.9	11.8	25.5	20.7
2015/08	741	015.7	224.9 / 南	85.7	11.6	1.3	1.3	33.9	23.6	30.1	12.4
2015/09	720	015.8	160.6 / 南南西	85.0	13.3	1.0	0.7	25.3	23.1	42.6	9.0
2015/10	740	015.4	058.5 / 北北東	82.8	17.0	0.1	0.0	34.9	21.6	32.4	11.1
2015/11	720	015.0	066.4 / 北北東	87.1	12.5	0.4	0.0	26.5	15.4	35.0	23.1
2015/12	629	016.5	080.2 / 南南西	82.7	14.1	2.9	0.3	22.7	31.5	33.1	12.7

表4.6 蘇澳港測站流速分佈百分比(%)統計表

流速(cm/s)

年/月	0 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 20	20 ~ 25	25 ~ 30	30 ~ 35	35 ~ 40	40 ~ 45	45 ~ 50	50 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100	100 ~ 120	120 ~ 150	150 ~	合計(%)
2015/01	11.9	27.5	28.6	15.8	8.4	4.3	1.6	1.1	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	14.6	24.6	27.6	15.9	11.0	4.0	1.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	11.8	25.7	21.6	17.3	10.6	7.2	2.4	1.5	1.0	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	9.8	27.2	22.0	14.2	9.1	6.0	4.5	2.5	1.5	2.1	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/05	13.7	28.9	24.1	15.1	8.1	5.1	2.6	1.3	0.3	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	17.7	31.4	24.3	10.2	7.8	2.9	3.1	1.3	1.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	15.9	26.3	20.8	13.2	8.2	6.7	4.0	1.5	1.5	0.7	0.7	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	14.8	26.5	23.5	12.6	8.4	5.3	2.8	2.0	0.9	0.5	0.9	0.4	0.5	0.1	0.3	0.4	100.0
2015/09	12.6	22.4	22.8	16.9	10.3	6.0	3.6	2.2	0.7	0.8	0.4	0.7	0.3	0.1	0.0	0.1	100.0
2015/10	9.9	24.6	20.1	17.7	10.5	8.6	4.9	1.8	1.1	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	9.0	24.6	23.1	17.4	13.1	6.0	4.2	1.7	0.3	0.4	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	11.4	22.3	21.9	15.3	11.8	7.2	3.7	1.9	1.0	0.5	1.6	1.4	0.2	0.0	0.0	0.0	100.0

表4.7 蘇澳港測站流向分佈百分比(%)統計表

流向

年/月	北	北北東	東北	東北東	東	東南東	東南	南南東	南	南南西	西南	西南西	西	西北西	西北	北北西	合計(%)
2015/01	9.4	7.8	3.2	2.0	2.0	3.6	4.3	4.3	8.5	15.2	14.0	9.7	4.2	3.5	3.0	5.1	100.0
2015/02	10.0	10.9	4.8	2.7	3.1	4.6	5.1	6.6	8.5	13.4	13.3	5.2	2.7	3.1	2.4	3.7	100.0
2015/03	13.9	10.2	4.8	2.2	2.4	3.5	5.0	5.9	7.2	10.5	13.5	6.7	5.3	2.7	3.3	3.0	100.0
2015/04	14.4	15.1	5.4	4.2	2.4	2.2	3.3	3.3	6.1	12.4	9.5	6.8	3.6	2.8	3.1	5.3	100.0
2015/05	12.0	11.4	5.9	4.7	5.1	3.1	3.0	1.9	4.7	9.8	13.6	7.1	4.4	4.7	3.4	5.2	100.0
2015/06	9.6	20.1	8.1	3.4	3.1	2.0	2.7	2.5	4.2	8.7	8.7	7.7	4.1	5.3	4.2	5.9	100.0
2015/07	14.7	19.4	8.5	3.2	2.2	2.2	3.6	3.4	4.0	7.1	7.8	6.9	3.0	4.0	4.3	5.9	100.0
2015/08	5.9	14.6	8.4	5.4	4.6	5.1	5.4	7.2	9.0	10.1	8.1	4.9	1.9	2.7	3.0	3.8	100.0
2015/09	6.1	8.3	6.0	3.8	5.7	4.3	5.4	7.1	9.4	17.4	12.9	4.6	2.6	2.1	2.5	1.8	100.0
2015/10	5.5	10.5	7.6	7.6	8.6	6.9	5.3	3.8	5.3	9.5	12.4	5.5	2.6	3.1	3.1	2.7	100.0
2015/11	10.4	9.7	5.7	3.6	2.2	3.5	3.2	4.6	5.8	11.8	10.4	7.1	6.8	5.7	4.6	4.9	100.0
2015/12	3.5	6.4	6.2	4.9	7.6	8.6	6.2	7.6	8.1	9.9	10.3	6.4	6.0	3.5	2.5	2.2	100.0

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

表4.8 蘇澳港測站風速及風向統計表

年/月	觀測點數	風速 平均值 (m/s)	風速/風向 最大值 (m/s)(來向)	風速 <5m/s (%)	風速 5~10m/s (%)	風速 10~15m/s (%)	風速 >15m/s (%)	風向 北~東 (%)	風向 東~南 (%)	風向 南~西 (%)	風向 西~北 (%)	靜風 (%)
2015/01	744	4.3	11.6 / 南	64.8	34.3	0.9	0.0	17.1	7.5	9.7	65.7	0.1
2015/02	672	3.8	10.3 / 北北東	71.3	28.6	0.1	0.0	14.0	10.9	7.3	67.9	0.0
2015/03	744	4.0	10.6 / 北北東	69.9	29.8	0.3	0.0	16.8	12.4	7.3	63.6	0.0
2015/04	720	4.1	13.8 / 南	69.3	26.9	3.8	0.0	19.2	18.6	11.5	50.7	0.1
2015/05	744	2.8	10.5 / 南	87.9	11.8	0.3	0.0	14.5	26.5	6.5	52.6	0.0
2015/06	720	2.9	11.0 / 南	84.7	14.7	0.6	0.0	8.9	42.1	9.6	39.4	0.0
2015/07	744	3.8	12.3 / 南	71.6	26.2	2.2	0.0	6.2	45.4	8.9	39.5	0.0
2015/08	744	3.9	28.7 / 東南東	80.8	13.0	2.8	3.4	11.6	31.2	6.5	50.8	0.1
2015/09	720	4.2	29.9 / 北北東	75.6	19.2	2.8	2.5	23.2	18.8	4.6	53.5	0.0
2015/10	744	3.9	8.6 / 南	73.0	27.0	0.0	0.0	15.2	16.4	5.9	62.5	0.0
2015/11	720	3.6	10.5 / 北	78.5	21.1	0.4	0.0	15.0	16.4	5.1	63.5	0.0
2015/12	684	4.3	11.4 / 北北東	66.8	32.7	0.4	0.0	14.3	7.5	5.8	72.4	0.0

表4.9 蘇澳港測站風速分佈百分比(%)統計表

風速(m/s) 年/月	0 ~ 1	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 14	14 ~ 16	16 ~ 18	18 ~ 20	20 ~ 30	30 ~	合計(%)
2015/01	0.5	6.5	26.6	17.6	13.6	12.9	12.1	5.2	4.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/02	0.1	10.7	34.1	17.3	9.1	11.2	10.4	4.5	2.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/03	1.7	16.3	21.8	16.9	13.2	12.1	7.8	4.4	5.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/04	1.3	17.1	23.9	16.8	10.3	8.6	8.3	4.9	5.1	3.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/05	5.1	32.3	30.1	12.9	7.5	5.1	2.8	1.7	2.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/06	1.8	42.5	25.3	8.8	6.4	3.5	4.4	3.8	3.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/07	1.5	28.2	24.3	11.3	6.3	6.0	6.7	6.5	7.0	1.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/08	2.2	27.6	32.5	12.1	6.5	3.4	3.0	1.6	5.1	2.0	0.4	0.5	0.9	1.1	1.2	0.0	100.0
2015/09	1.3	21.7	25.6	16.5	10.6	5.7	4.3	3.5	5.7	1.7	1.0	0.1	0.6	1.0	1.0	0.0	100.0
2015/10	0.4	12.4	18.1	21.9	20.2	17.1	6.3	3.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/11	1.3	18.6	23.1	20.6	15.0	10.4	5.6	2.2	2.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/12	0.7	11.4	16.5	14.8	23.4	16.1	8.3	4.7	3.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0

表4.10 蘇澳港測站風向分佈百分比(%)統計表

風向 年/月	北	北北東	東北	東北東	東	東南東	東南	南南東	南	南南西	西南	西南西	西	西北西	西北	北北西	靜風(%)
2015/01	10.8	7.9	2.4	0.4	0.8	0.1	0.8	3.5	5.5	1.5	0.8	2.0	13.0	27.4	15.5	7.5	0.0
2015/02	4.2	7.1	3.3	1.2	1.2	1.0	0.7	3.1	7.9	1.0	1.2	0.4	13.2	34.7	13.1	6.5	0.0
2015/03	7.1	8.3	2.0	1.7	1.9	1.1	0.7	4.0	9.7	0.9	0.9	0.7	3.2	32.5	15.7	9.4	0.0
2015/04	10.1	8.6	2.1	2.4	0.7	1.9	1.8	7.5	12.5	2.1	1.3	1.0	6.7	24.2	10.7	6.5	0.0
2015/05	3.4	5.9	3.2	3.4	2.2	3.9	5.1	10.1	8.1	0.8	0.9	1.3	5.6	25.9	12.4	7.8	0.0
2015/06	3.1	2.1	1.1	3.1	4.2	6.7	7.1	16.0	11.9	2.4	2.4	1.4	5.6	21.4	7.6	4.2	0.0
2015/07	3.0	1.2	1.1	2.2	2.4	3.2	7.4	20.3	16.0	1.3	1.3	1.9	5.0	20.4	10.2	3.1	0.0
2015/08	4.2	4.0	2.8	1.7	3.1	4.3	6.6	13.2	8.2	0.7	0.8	0.9	5.9	29.3	8.3	5.9	0.0
2015/09	8.3	6.8	10.0	1.9	1.7	3.2	3.8	6.4	6.0	0.8	0.6	1.0	4.4	26.5	10.6	8.1	0.0
2015/10	8.3	7.3	2.3	1.5	0.5	0.7	1.3	7.9	8.3	0.9	0.7	1.1	5.4	27.7	18.1	7.9	0.0
2015/11	6.9	6.7	1.7	1.9	1.4	2.4	1.8	6.8	6.9	1.3	0.6	0.4	7.1	27.8	17.1	9.3	0.0
2015/12	8.3	7.6	1.8	1.5	0.7	1.0	0.7	2.6	4.2	1.3	1.5	0.9	3.5	36.4	20.5	7.5	0.0

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

第五章

2015 年花蓮港海氣象資料分析與特性

第五章　2015 年花蓮港海氣象資料分析與特性

5.1 觀測方法

花蓮港觀測站使用挪威 NORTEK 公司的 AWCP 即時傳送剖面海流與波浪監測系統儀器(詳見圖 2.9)。

5.1.1 波浪的量測

取樣頻率都設定為 1Hz，每小時取樣 2048 筆資料，亦即波高精度在每 1.0 秒間隔內分別量測所得速度 U、V、W 向量與壓力量，量測取得之資料再作整合而得到波高、波向的資料。

5.1.2 水位的量測

壓力感應器所測得之壓力訊號可轉換為水位訊號，取樣頻率亦設定為每小時觀測 6 分鐘之平均水位值。

5.1.3 海流的量測

剖面海流流速的量測可以依照使用在不同水深即自固定在海床上之儀器位置到水表面來設定量測不同的間距，花蓮港觀測站水深 33 公尺，間距設定為 2 公尺，每小時連續量測 600 秒，再將總和平均代表其數樣每一間距層之海流流速、流向等資料，記錄在感應器內，並每隔 1 小時經由海底電纜傳訊回接收站之電腦中儲存。

5.1.4 溫度的量測

內建於感應器上，操作環境在-4℃~40℃間其精度 0.1℃；全部之原始資料先儲存於水中感應儀器之記錄器中，俟全部量測結束後即每小時 44 分鐘後再經由海底電纜傳回各觀測站之電腦儲存。待本中心接收站取得之原始波浪記錄，經利用程式轉換可做波高、波向的統計分析與波譜分析，可提供各港務分公司之船舶交通管理系統 VMS 連線做即傳送與學術單位進一步分析研究參考。

5.2 花蓮港基本資料分析與特性

5.2.1 海流、水溫、水位

如圖 5.1~圖 5.12 為 2015 年 1 月 1 日~2015 年 12 月 31 日間在花蓮港東防波堤外海處蒐集之海流、水溫、水位之原始記錄資料，其上層逐時變化圖顯示觀測之海流主要是以長週期海流以及潮流所組合而成，再由圖 5.25~圖 5.36 之流玫瑰圖表示。因受地形影響主要以東北東—西南附近運動為主。一般而言，每日流速變化的幅度振幅約為 10~40 cm/sec，東北季風產生之風驅流則視風速大小而定。

其水溫記錄保持在 25℃±1℃左右，但是受到颱風及東北季風通過時才會引發水溫強烈的下降。

由水位記錄顯示花蓮港觀測站的潮流運動以半日週期為主，全日週期為輔。

5.2.2 波浪

如附錄圖 5.1~圖 5.12 為 2015 年 1 月至 2015 年 12 月間花蓮港的波浪資料，主要分為冬季、夏季及颱風波浪。

1. 冬季季風波浪

   從圖 5.1~圖 5.2；以及圖 5.11 至圖 5.12 與圖 5.37 至圖 5.48 之風玫瑰圖顯示出基本上是東北季風盛行的型態，經計算出之有義波高大部份在 2 公尺以下，週期一般在 6~8 秒間；波向以東與東南東為主。

2. 夏季季風波浪

   夏季季風在花蓮地區以東南風為主，風向較不穩定，風速較冬季弱，然而，本省地處太平洋西岸熱帶地區，夏秋季常常會有颱風侵襲或行經附近海域而引起較大之波浪。在颱風未到達前，本地區海域所產生的波浪，以來自菲律濱東部海域及颱風形成後傳播而來的湧浪為主，如圖 5.6~圖 5.10 顯示，波高小於 1 公尺以下為主，週期 6~8 秒，波向為以東南東為主。

3. 颱風波浪

花蓮港之颱風波浪之逐時波浪變化圖如圖 5.3~圖 5.11，其實測有義波高 (1) 巴威颱風 3 月 18 日 15 時測得最大有義波高 1.76 公尺、週期 13.4 秒，波浪來向 137.2 度；(2) 梅沙颱風於 4 月 4 日 18 時測得最大之有義波為 2.35 公尺、週期 12.9 秒，波浪來向 137.9 度；(3) 有發佈警報的紅霞颱風於 5 月 11 日 18 時測到最大之有義波為 2.45 公尺、週期 12.2 秒，波浪來向 149.9 度；(4) 白海豚颱風 5 月 18 日 19 時測得最大有義波高為 1.49 公尺、週期 12.9，波浪來向 133.9 度；(5) 有發佈警報的昌鴻颱風 7 月 09 日 23 時測得最大有義波高為 3.27 公尺、週期 14.0，波浪來向 124.0 度；(6) 有發佈警報的蓮花颱風 7 月 05 日 23 時測得最大有義波高為 2.32 公尺、週期 10.0，波浪來向 143.5 度；(7) 南卡颱風 7 月 15 日 09 時測得最大有義波高為 2.10 公尺、週期 13.9 秒，波浪來向 122.47 度；(8) 哈洛拉颱風 7 月 24 日 17 時測得最大有義波高為 1.27 公尺、週期 12.5 秒，波浪來向 116.1 度；(9) 有發佈警報的蘇迪勒颱風 8 月 08 日 00 時測得最大有義波高為 8.42 公尺、週期 14.0 秒，波浪來向 111.3 度；(10) 有發佈警報的天鵝颱風 8 月 21 日 11 時測得最大有義波高為 4.22 公尺、週期 14.0 秒，波浪來向 137.4 度；(11) 閃電颱風 8 月 22 日 23 時測得最大有義波高為 3.66 公尺、週期 11.8 秒，波浪來向 37.8 度；(12) 有發佈警報的杜鵑颱風 9 月 28 日 14 時測得最大有義波高為 5.88 公尺、週期 14.4 秒，波浪來向 39.4 度。；(13) 彩虹颱風 10 月 03 日 09 時測得最大有義波高為 1.25 公尺、週期 8.1 秒，波浪來向 49.4 度；(14) 彩霞颱風 10 月 08 日 17 時測得最大有義波高為 2.06 公尺、週期 14.2 秒，波浪來向 122.8 度；(15) 巨爵颱風 10 月 21 日 02 時測得最大有義波高為 2.37 公尺、週期 7.7 秒，波浪來向 30.2 度；(16) 烟花颱風 11 月 25 日 02 時測得最大有義波高為 2.13 公尺、週期 11.9 秒，波浪來向 359.5 度。

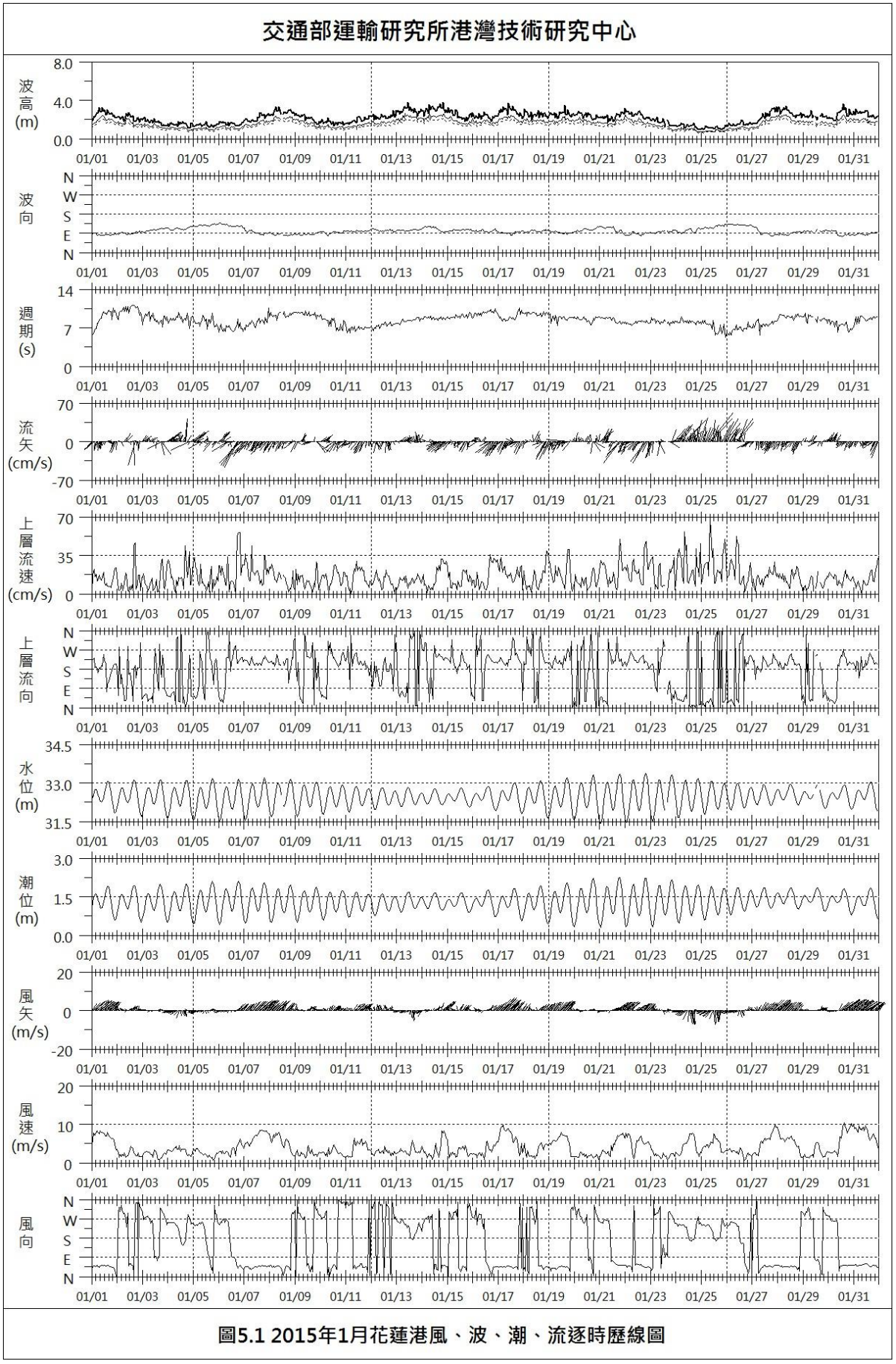


圖5.1 2015年1月花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

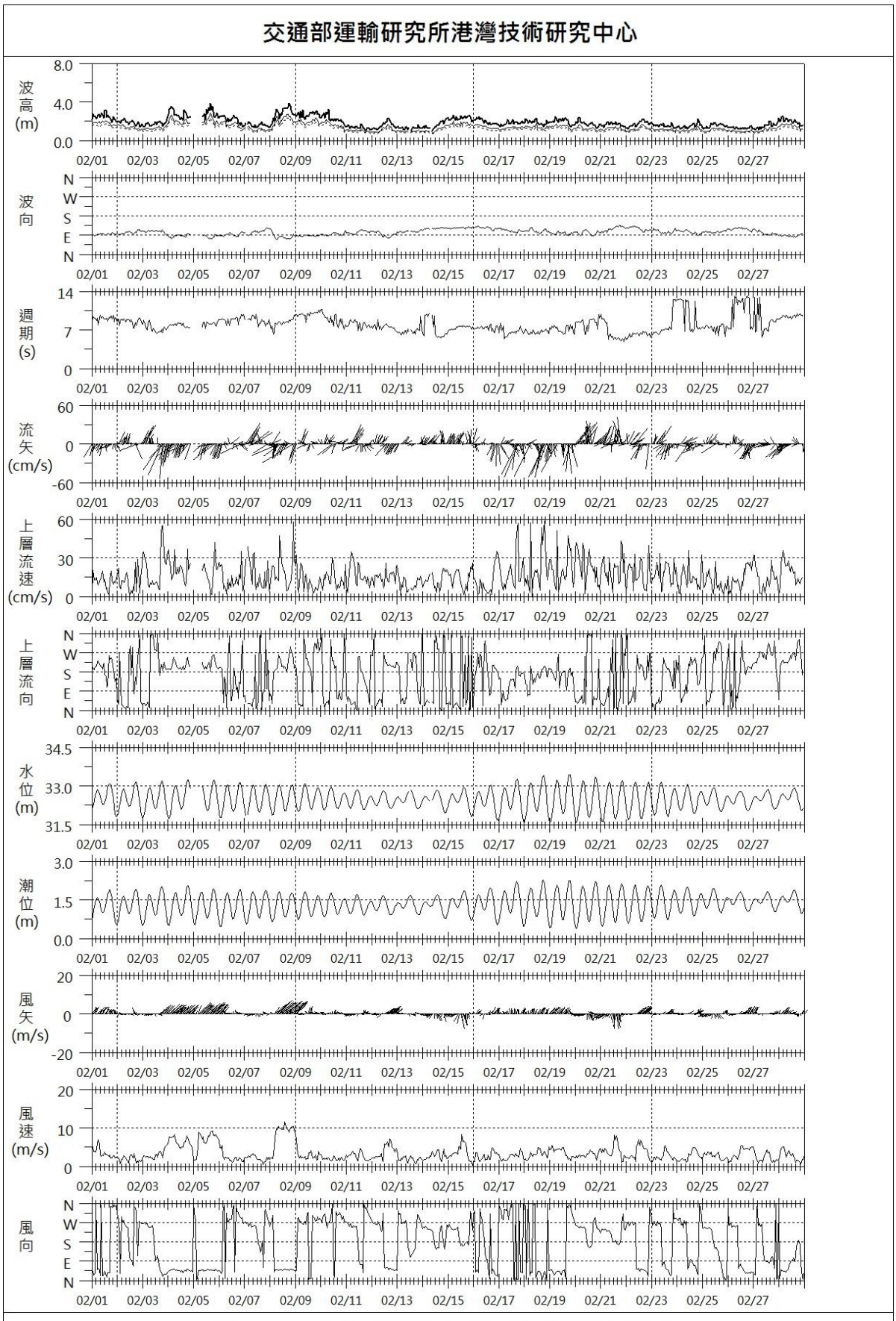


圖5.2 2015年2月花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

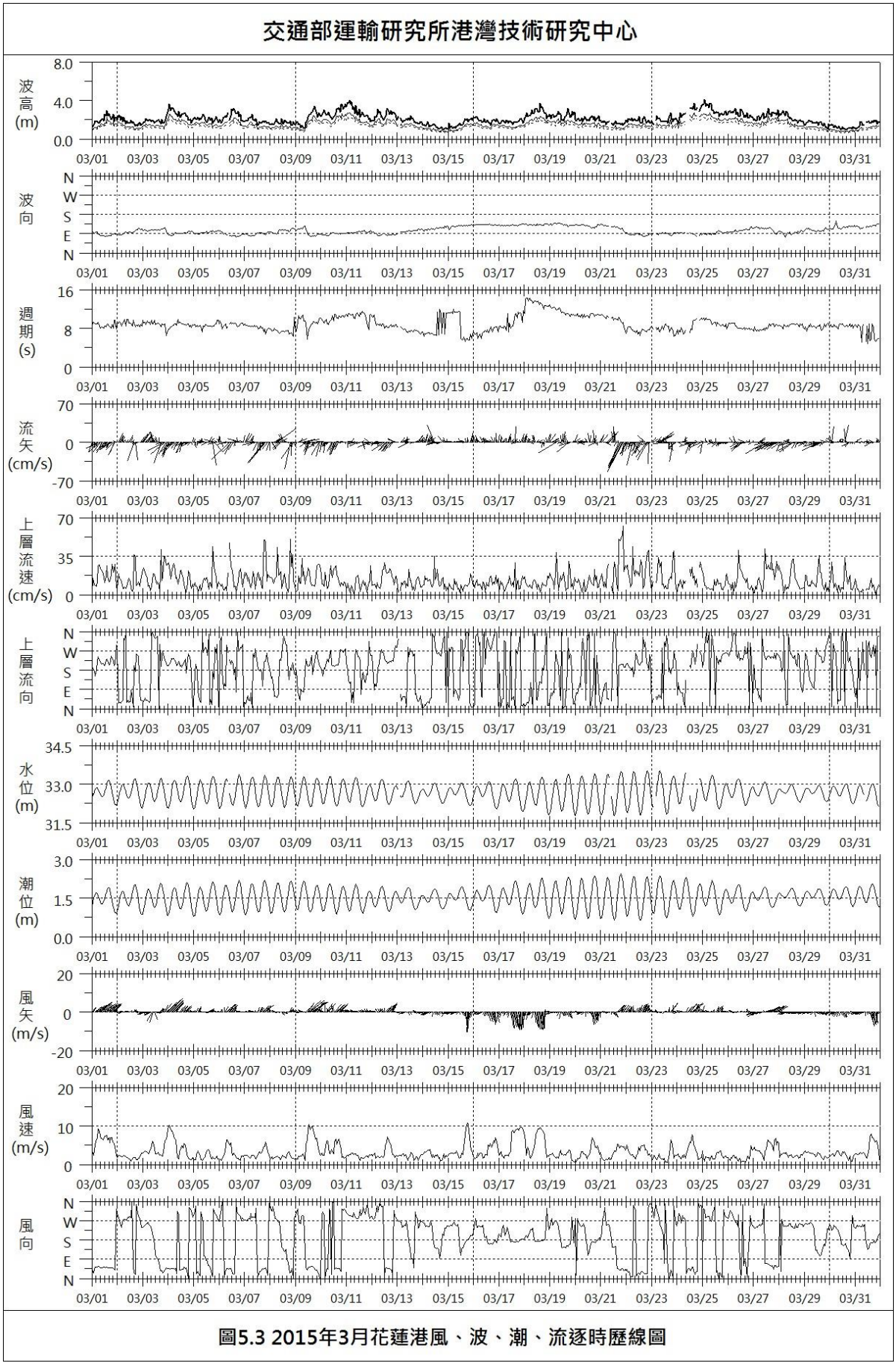


圖5.3 2015年3月花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

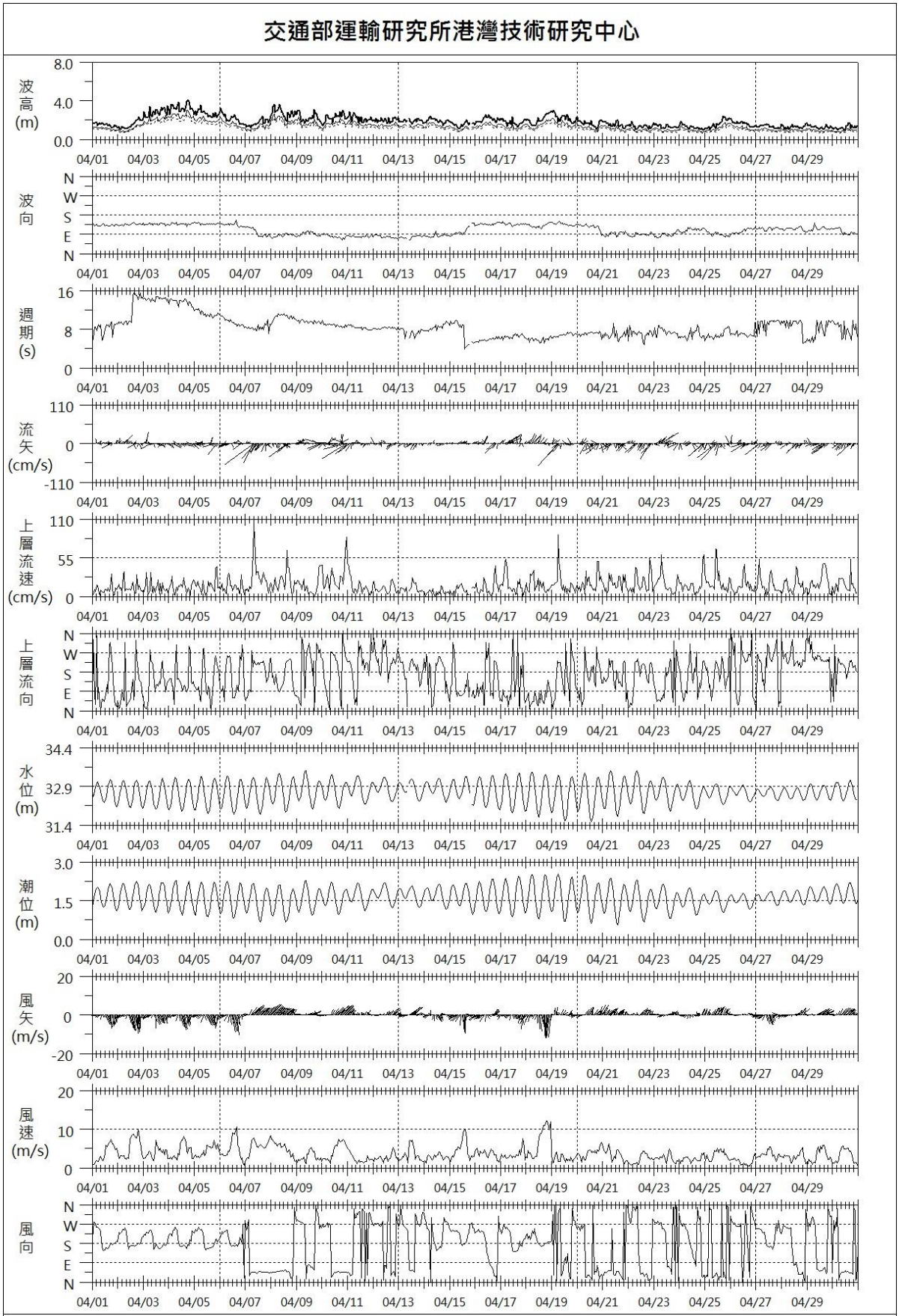


圖5.4 2015年4月花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

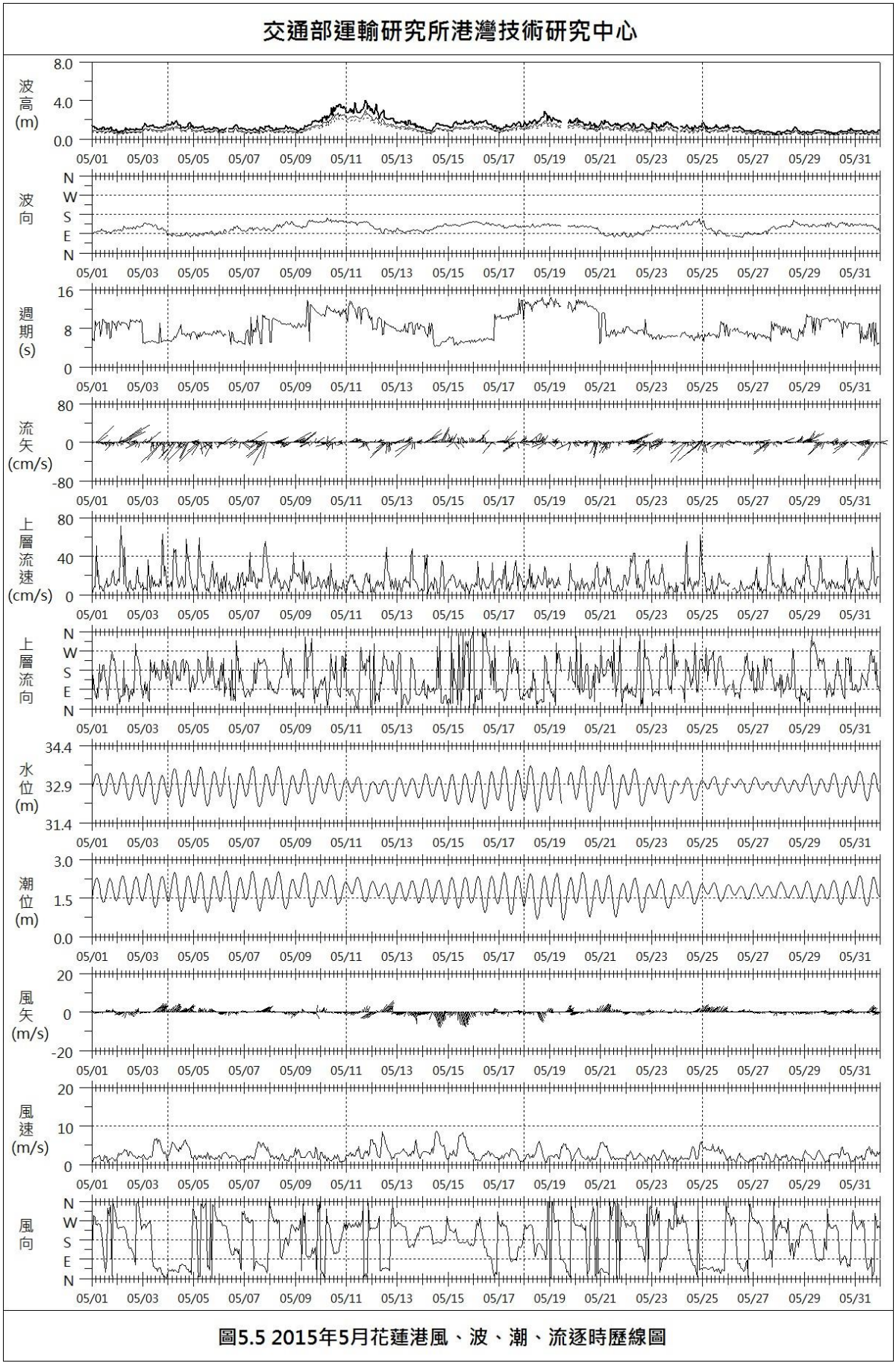


圖5.5 2015年5月花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

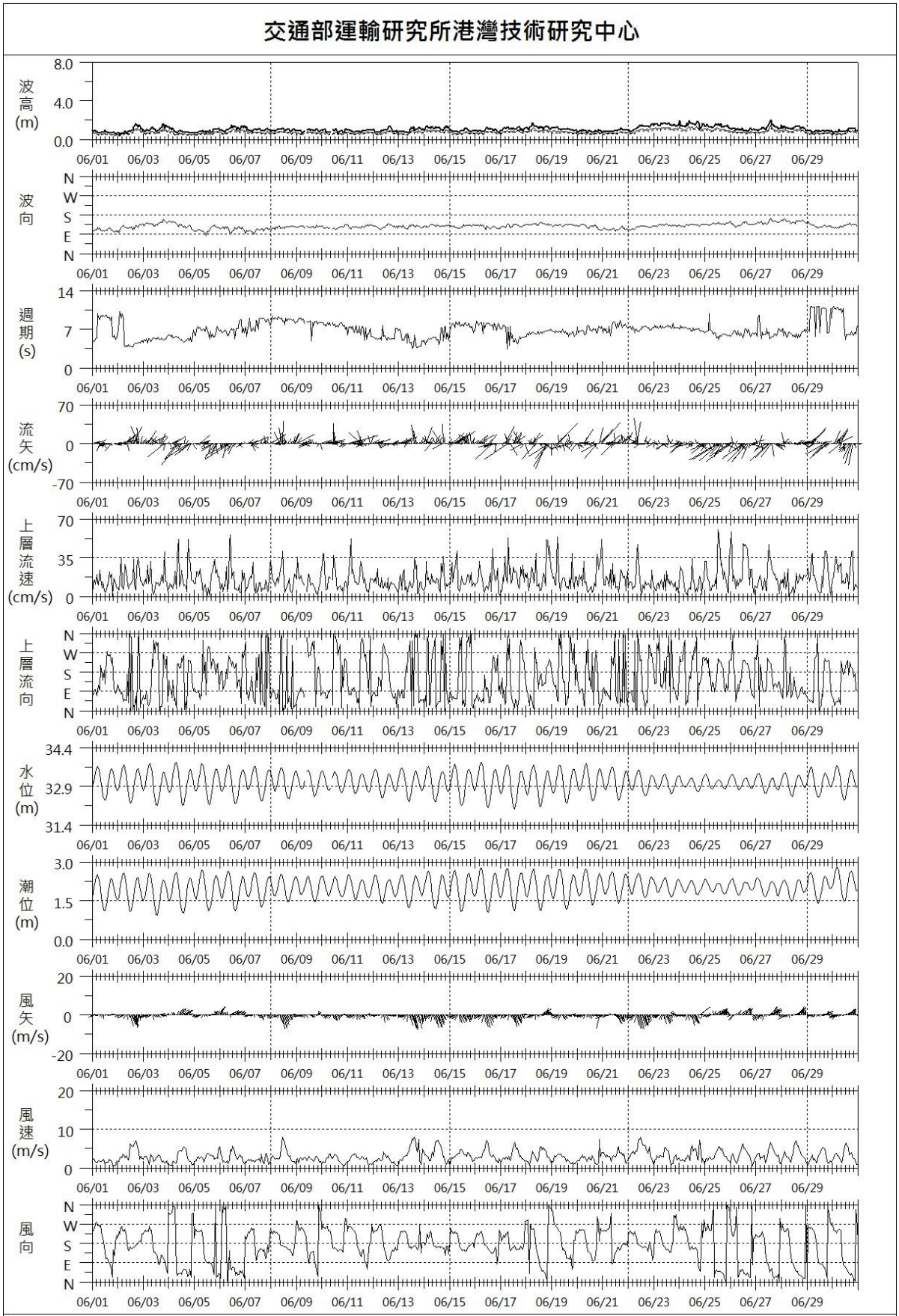


圖5.6 2015年6月花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

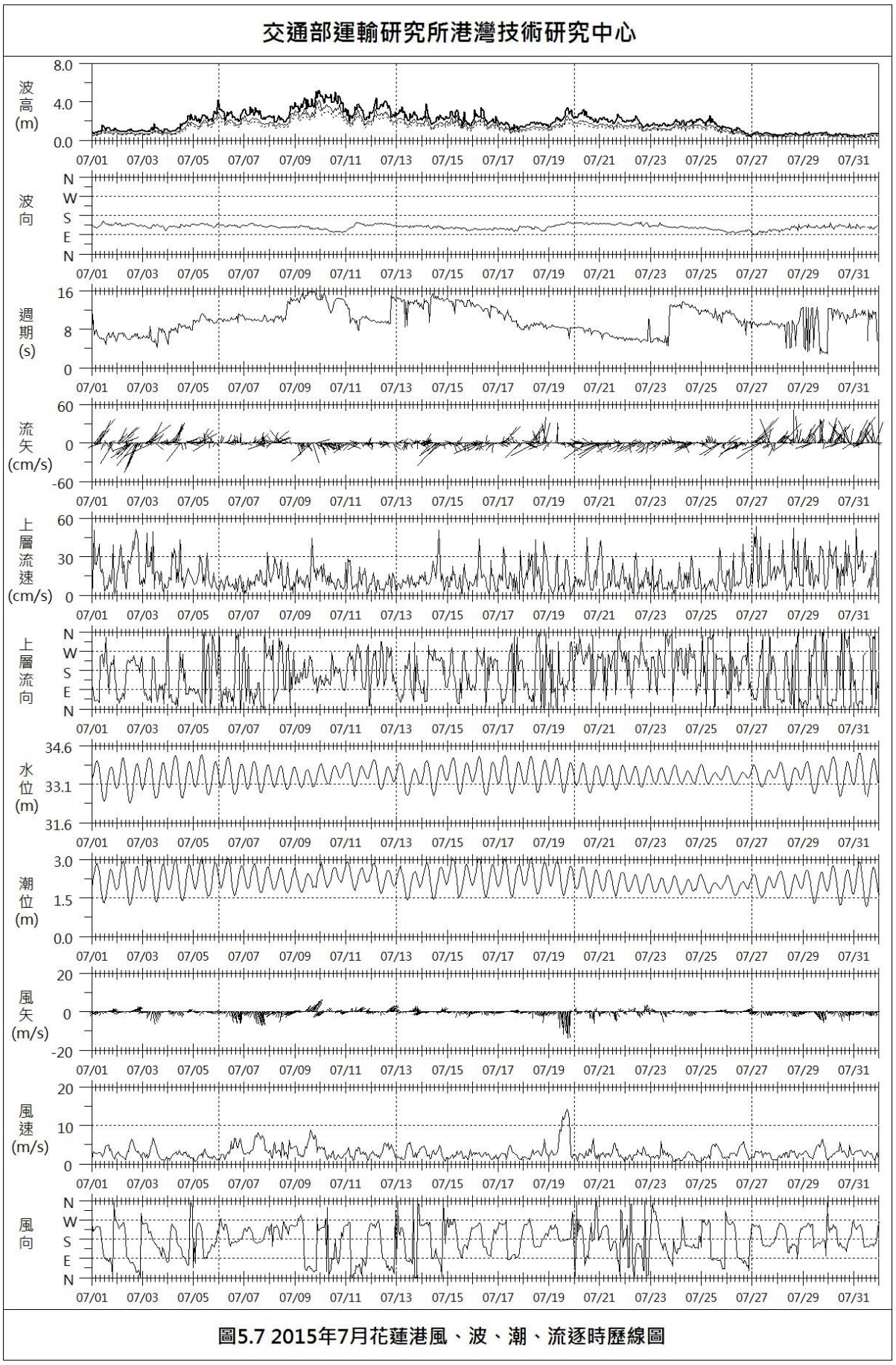


圖5.7 2015年7月花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

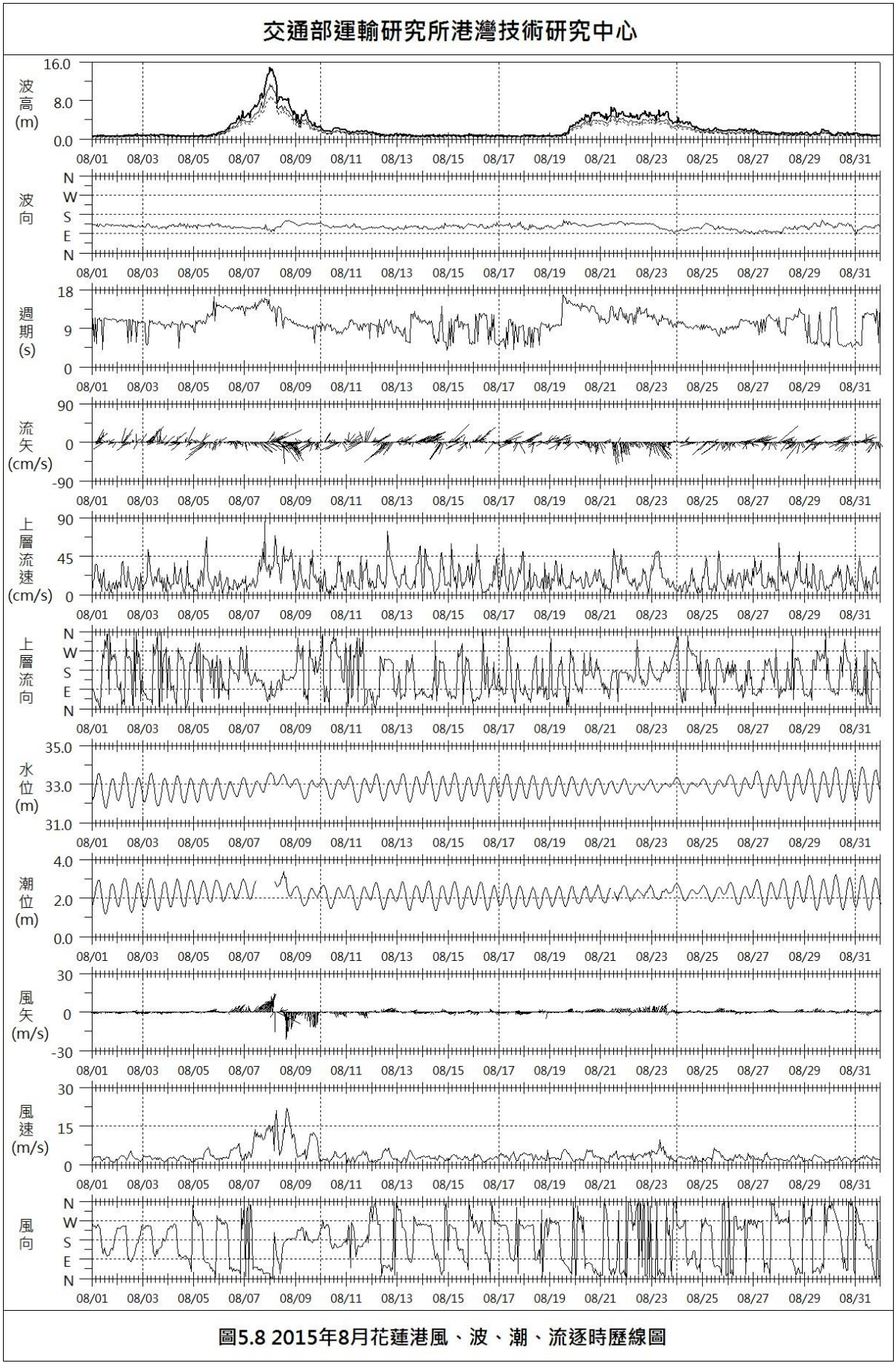


圖5.8 2015年8月花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

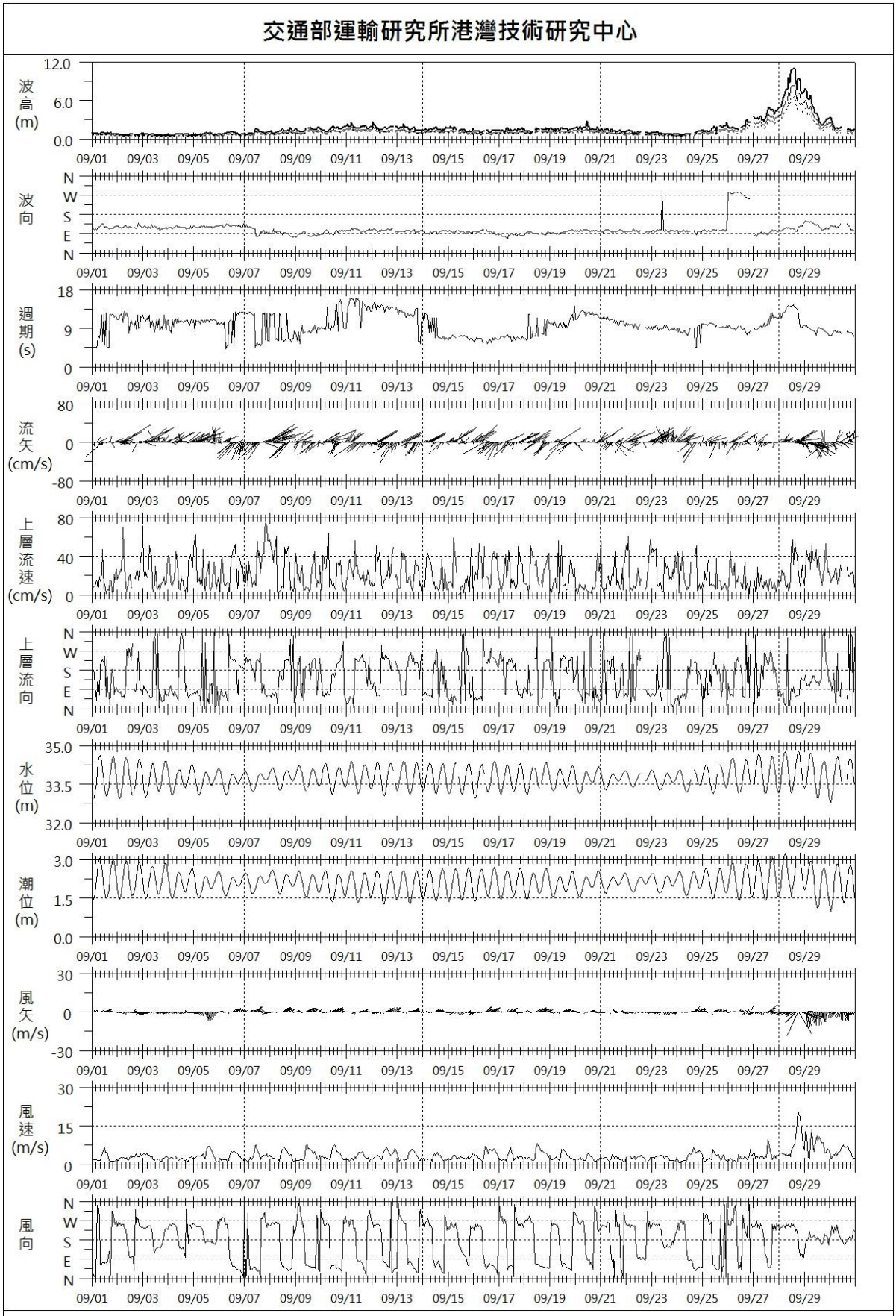


圖5.9 2015年9月花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

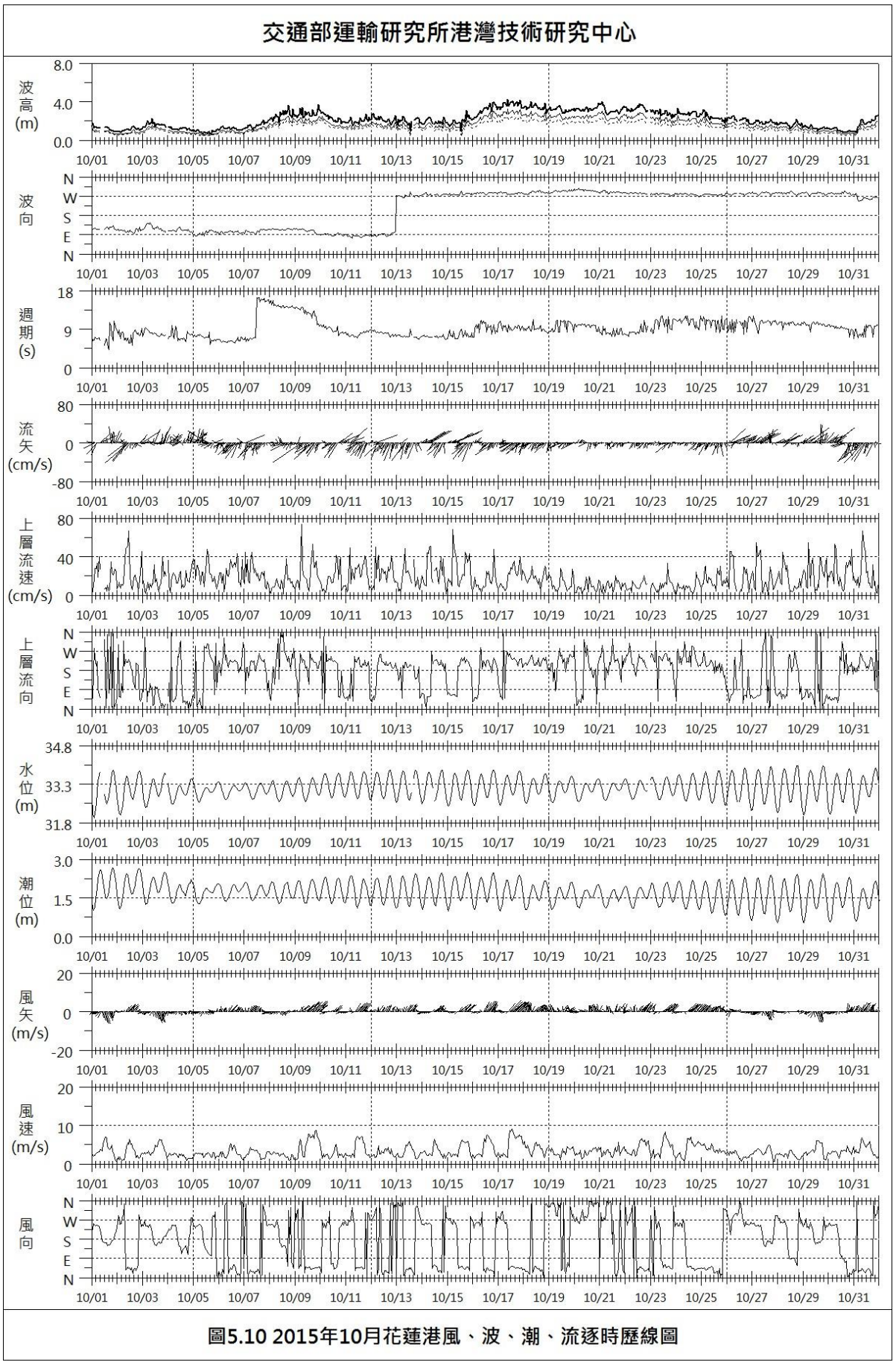


圖5.10 2015年10月花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

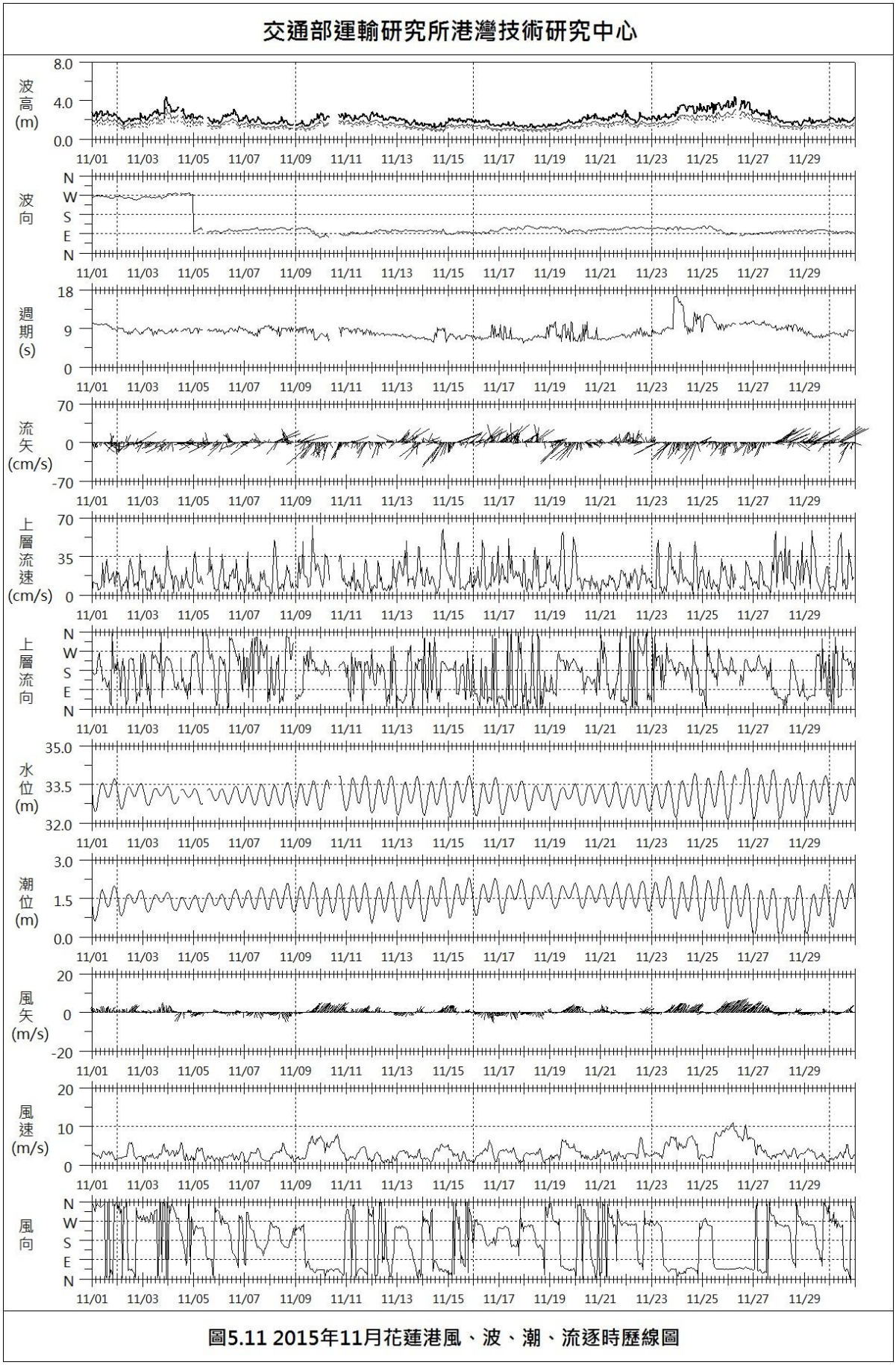


圖5.11 2015年11月花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

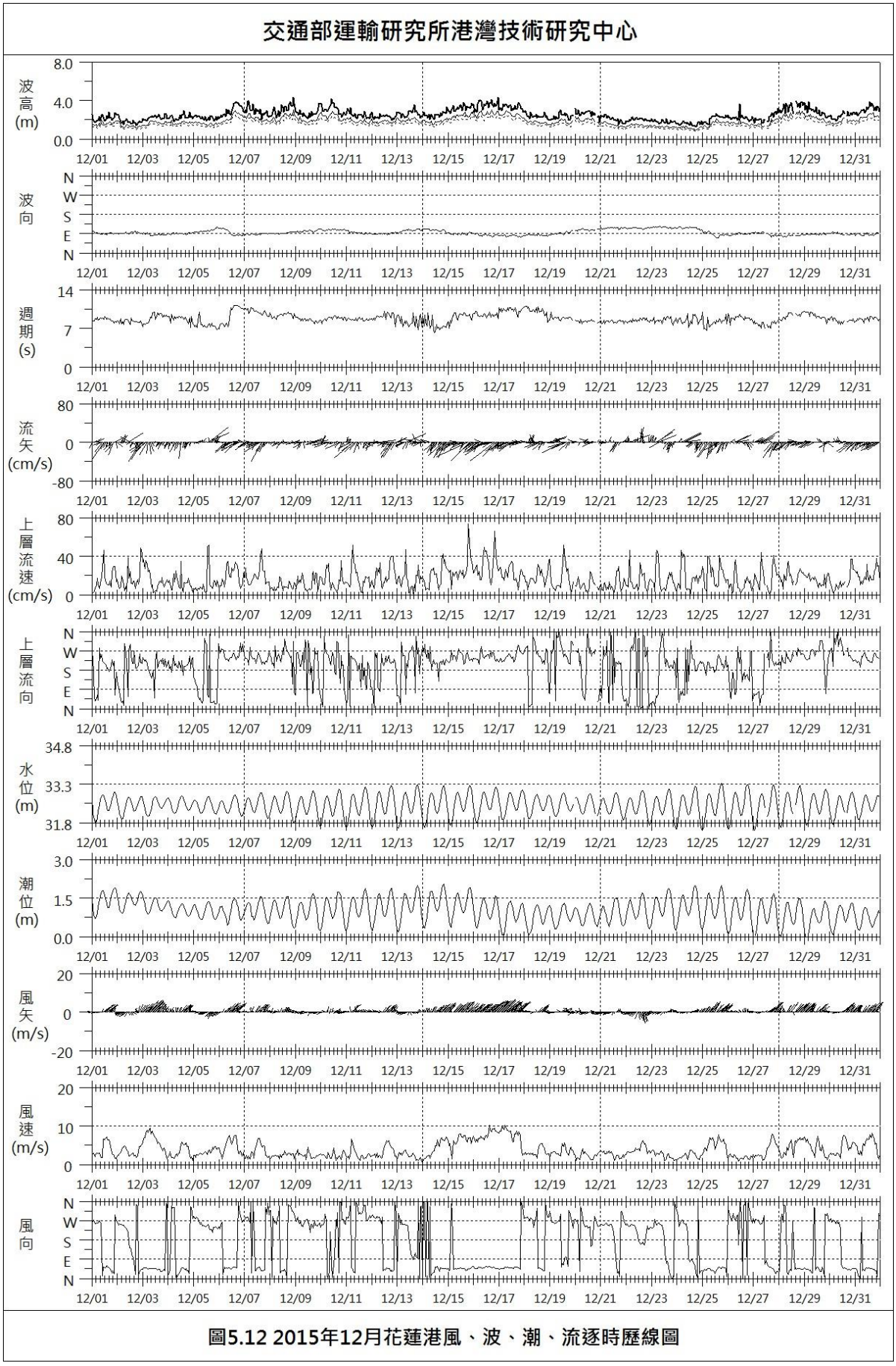


圖5.12 2015年12月花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

花蓮港波浪玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/01/01 00:10 - 2015/01/31 23:10
筆數： 740

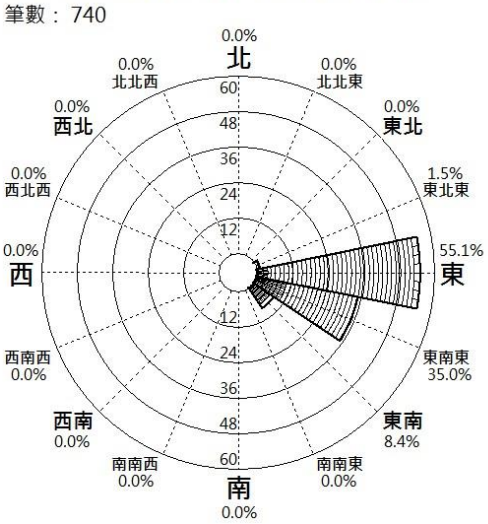


圖5.13 2015年1月花蓮港測站波浪玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/02/01 00:10 - 2015/02/28 23:10
筆數： 658

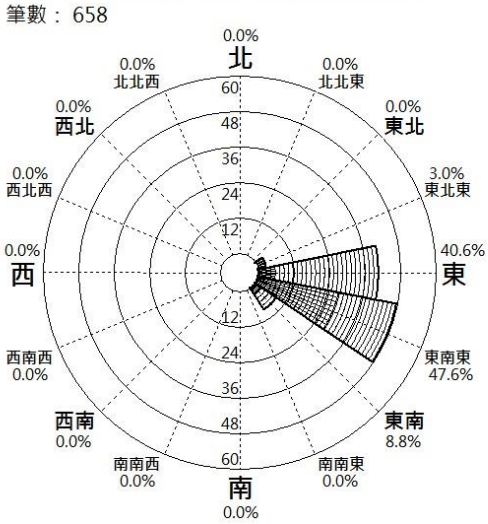


圖5.14 2015年2月花蓮港測站波浪玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/03/01 00:10 - 2015/03/31 23:10
筆數： 733

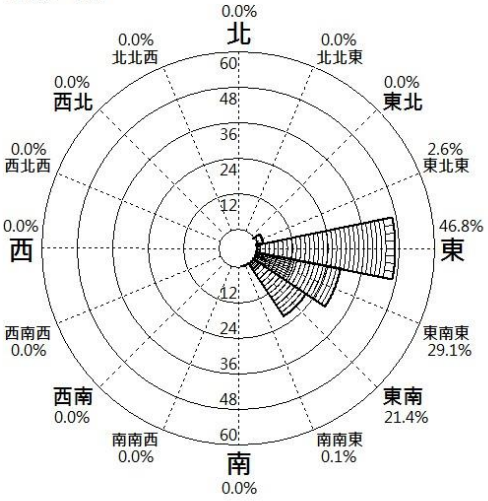


圖5.15 2015年3月花蓮港測站波浪玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/04/01 00:10 - 2015/04/30 23:10
筆數： 716

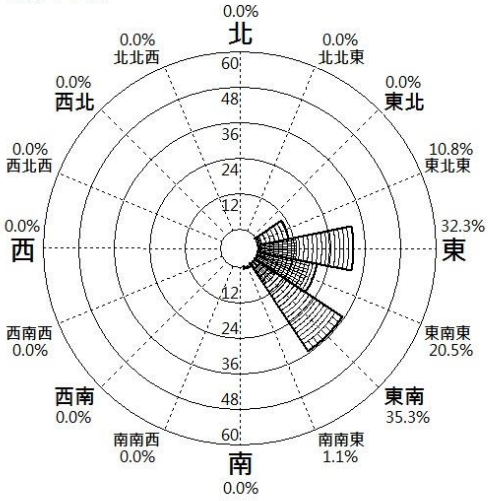
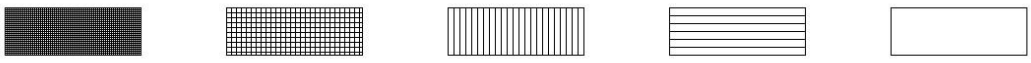


圖5.16 2015年4月花蓮港測站波浪玫瑰圖



0.05 - 0.5m　0.5 - 1m　1 - 2m　2 - 5m　> 5m

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

花蓮港波浪玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/05/01 00:10 - 2015/05/31 23:10
筆數： 733

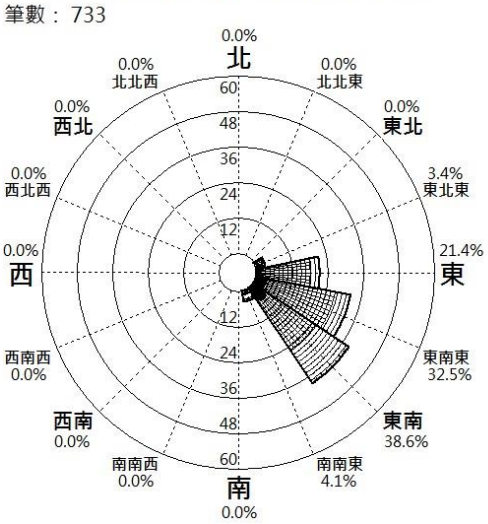


圖5.17 2015年5月花蓮港測站波浪玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/06/01 00:10 - 2015/06/30 23:10
筆數： 716

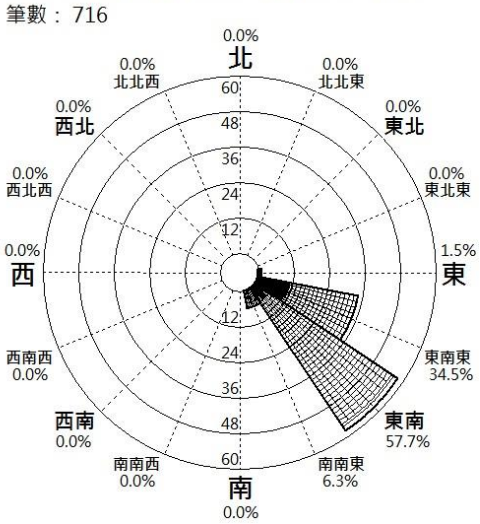


圖5.18 2015年6月花蓮港測站波浪玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/07/01 00:10 - 2015/07/31 23:10
筆數： 742

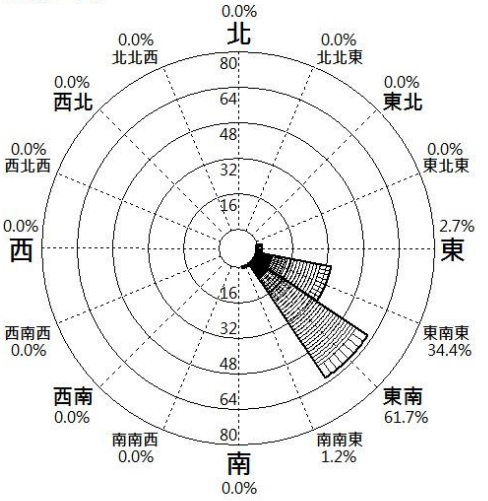


圖5.19 2015年7月花蓮港測站波浪玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/08/01 00:10 - 2015/08/31 23:10
筆數： 743

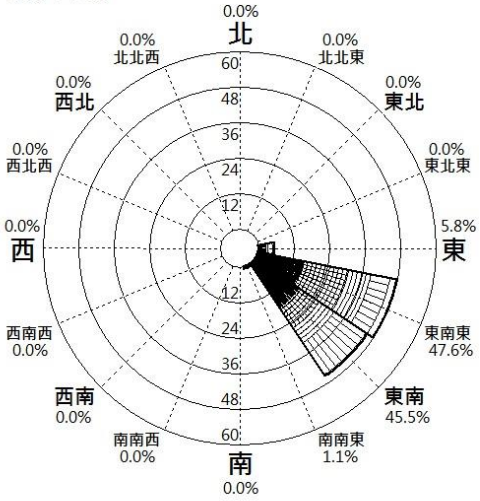
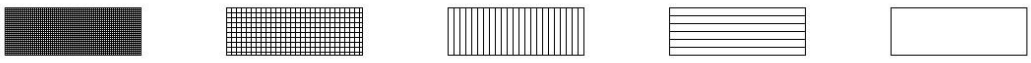


圖5.20 2015年8月花蓮港測站波浪玫瑰圖



0.05 - 0.5m　0.5 - 1m　1 - 2m　2 - 5m　> 5m

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

花蓮港波浪玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/09/01 00:10 - 2015/09/30 23:10
筆數： 700

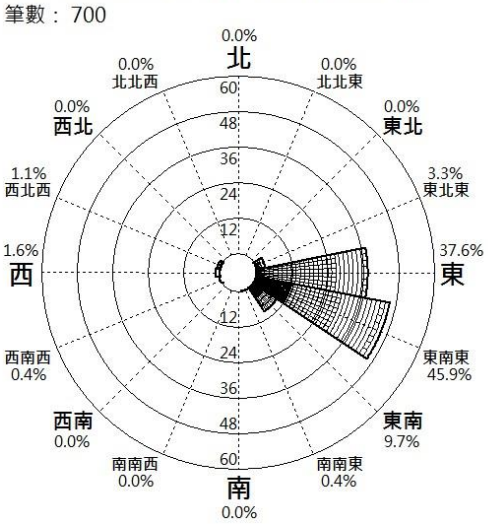


圖5.21 2015年9月花蓮港測站波浪玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/10/01 00:10 - 2015/10/31 23:10
筆數： 734

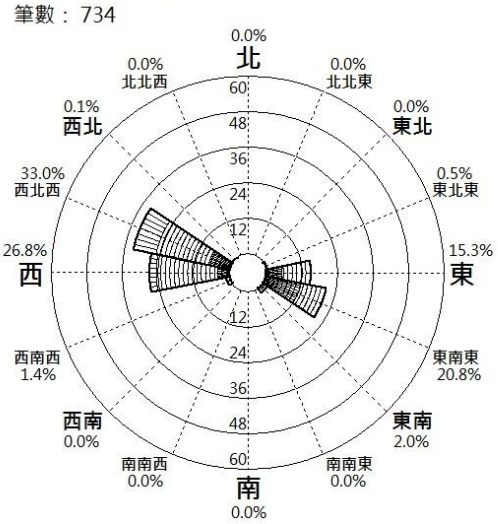


圖5.22 2015年10月花蓮港測站波浪玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/11/01 00:10 - 2015/11/30 23:10
筆數： 704

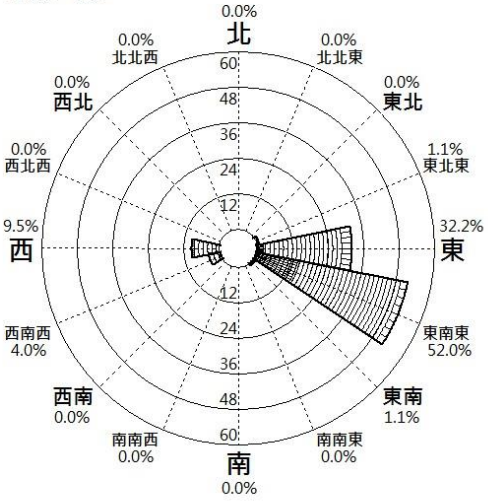


圖5.23 2015年11月花蓮港測站波浪玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/12/01 00:10 - 2015/12/31 23:10
筆數： 739

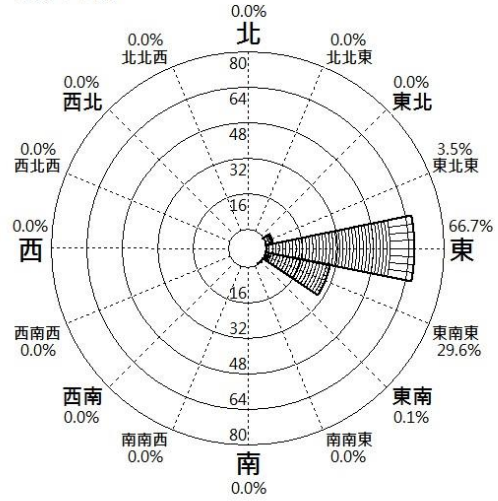
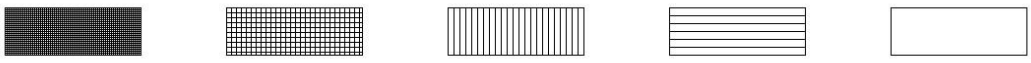


圖5.24 2015年12月花蓮港測站波浪玫瑰圖



0.05 - 0.5m　0.5 - 1m　1 - 2m　2 - 5m　> 5m

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

花蓮港海流玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/01/01 00:10 - 2015/01/31 23:10
筆數： 740

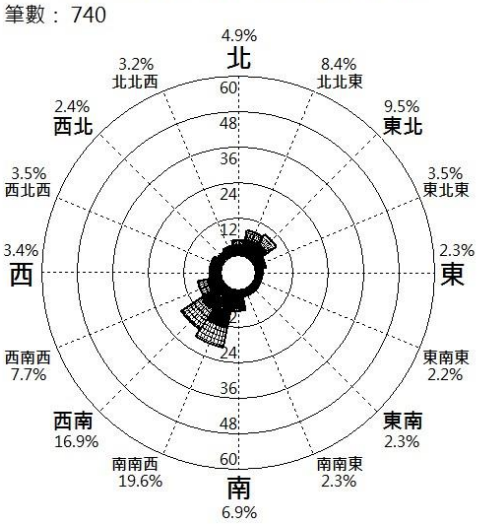


圖5.25 2015年1月花蓮港測站海流玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/02/01 00:10 - 2015/02/28 23:10
筆數： 658

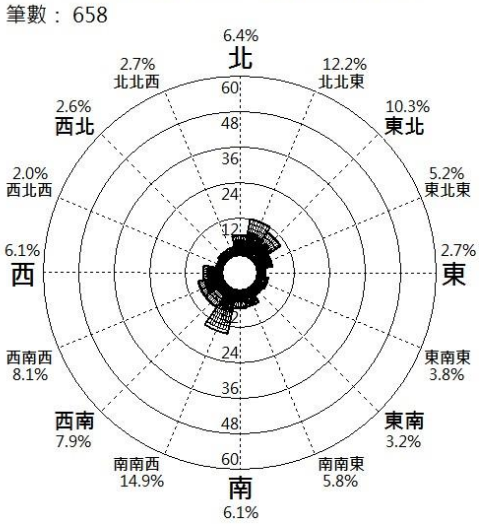


圖5.26 2015年2月花蓮港測站海流玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/03/01 00:10 - 2015/03/31 23:10
筆數： 733

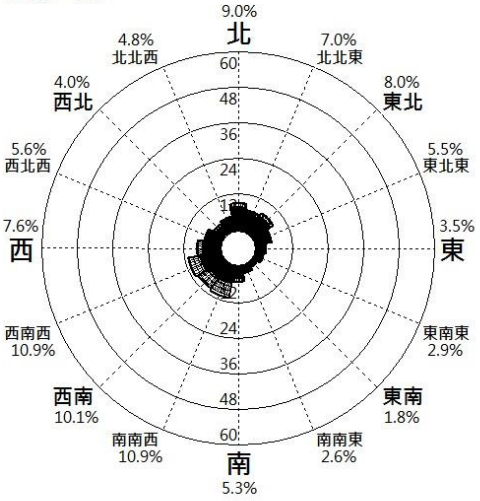


圖5.27 2015年3月花蓮港測站海流玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/04/01 00:10 - 2015/04/30 23:10
筆數： 716

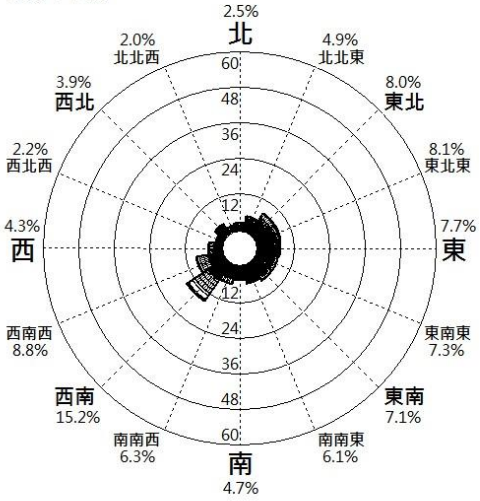
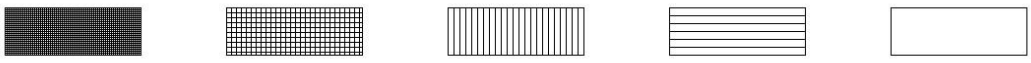


圖5.28 2015年4月花蓮港測站海流玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

花蓮港海流玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/05/01 00:10 - 2015/05/31 23:10
筆數： 733

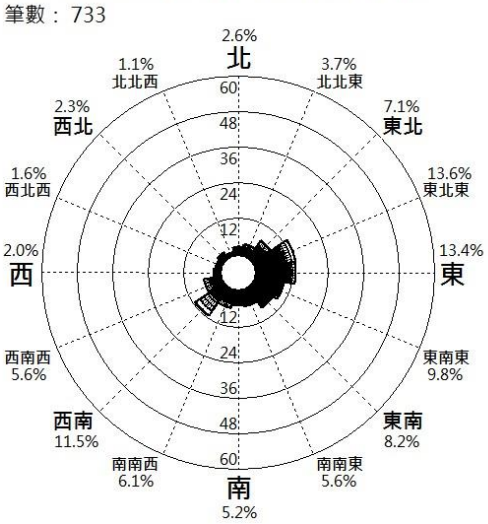


圖5.29 2015年5月花蓮港測站海流玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/06/01 00:10 - 2015/06/30 23:10
筆數： 716

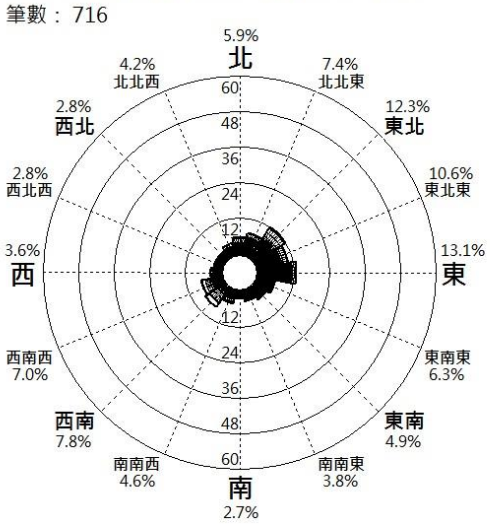


圖5.30 2015年6月花蓮港測站海流玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/07/01 00:10 - 2015/07/31 23:10
筆數： 742

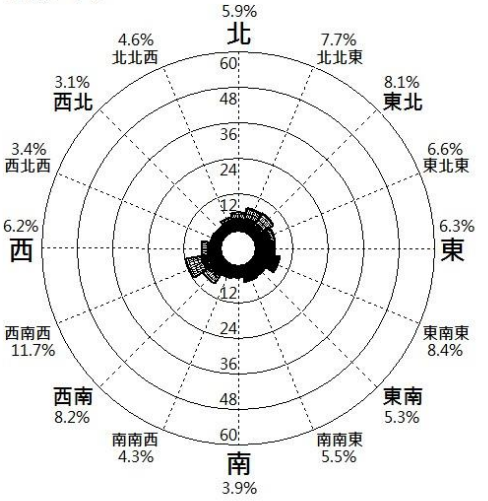


圖5.31 2015年7月花蓮港測站海流玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/08/01 00:10 - 2015/08/31 23:10
筆數： 743

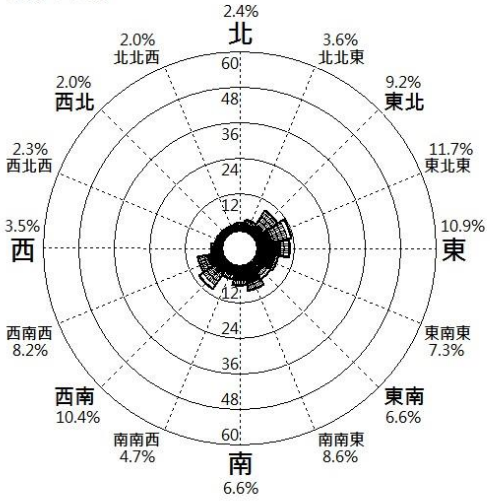
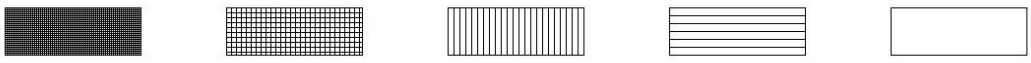


圖5.32 2015年8月花蓮港測站海流玫瑰圖



1 - 20cm/s　20 - 40cm/s　40 - 60cm/s　60 - 80cm/s　> 80cm/s

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

花蓮港海流玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/09/01 00:10 - 2015/09/30 23:10
筆數： 700

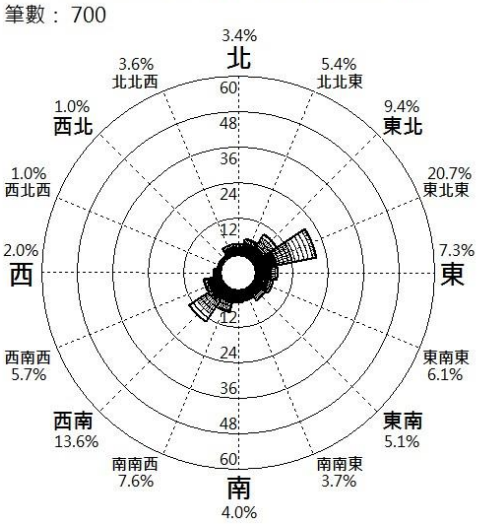


圖5.33 2015年9月花蓮港測站海流玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/10/01 00:10 - 2015/10/31 23:10
筆數： 734

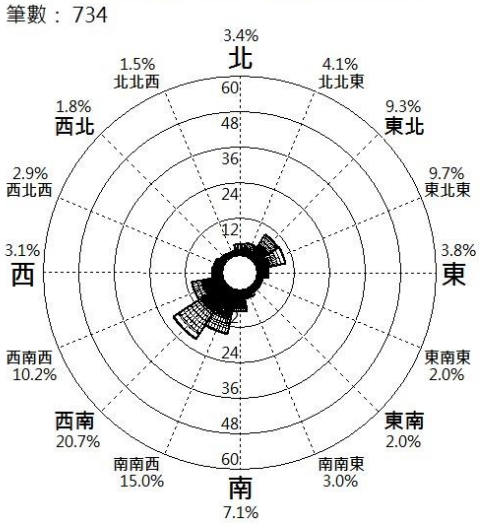


圖5.34 2015年10月花蓮港測站海流玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/11/01 00:10 - 2015/11/30 23:10
筆數： 704

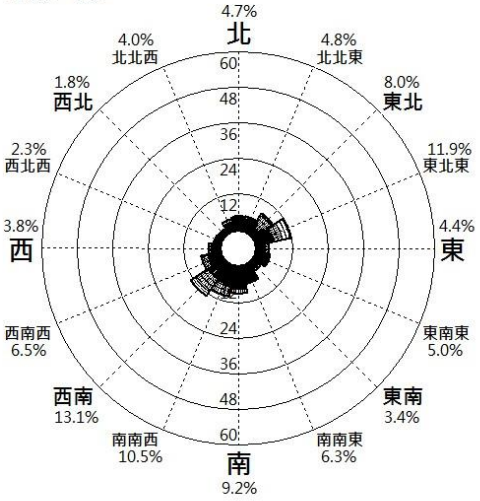


圖5.35 2015年11月花蓮港測站海流玫瑰圖

站名： 花蓮
日期： 2015/12/01 00:10 - 2015/12/31 23:10
筆數： 739

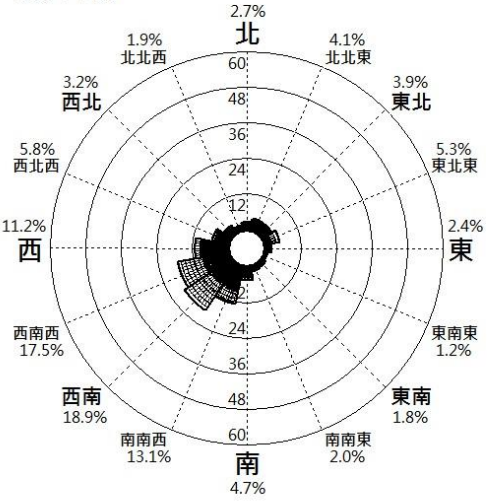
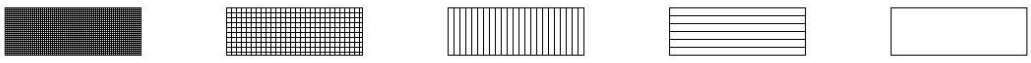


圖5.36 2015年12月花蓮港測站海流玫瑰圖



1 - 20cm/s　20 - 40cm/s　40 - 60cm/s　60 - 80cm/s　> 80cm/s

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

花蓮港風速風向玫瑰圖

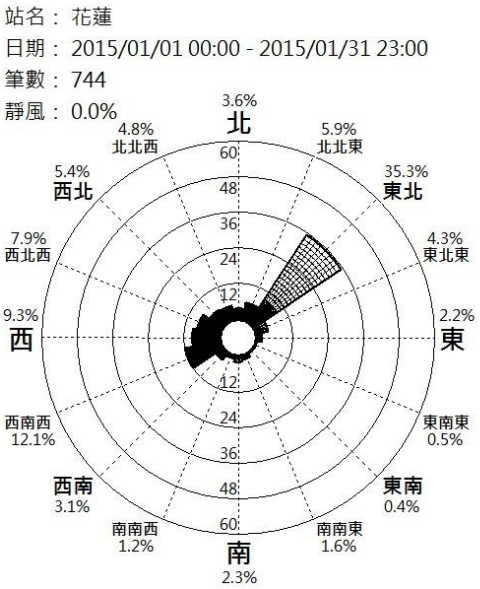


圖5.37 2015年1月花蓮港測站風速風向玫瑰圖

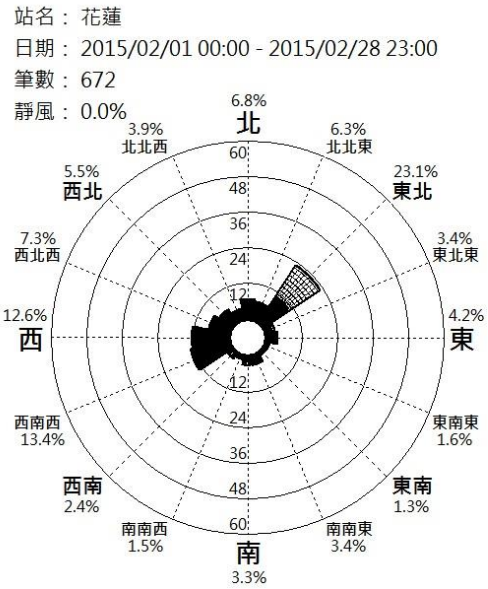


圖5.38 2015年2月花蓮港測站風速風向玫瑰圖

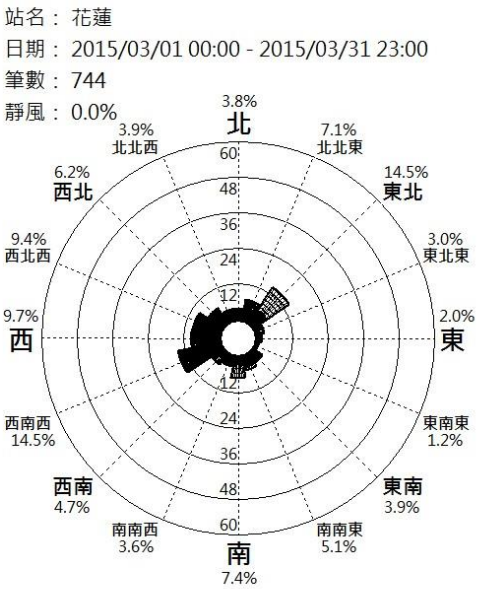


圖5.39 2015年3月花蓮港測站風速風向玫瑰圖

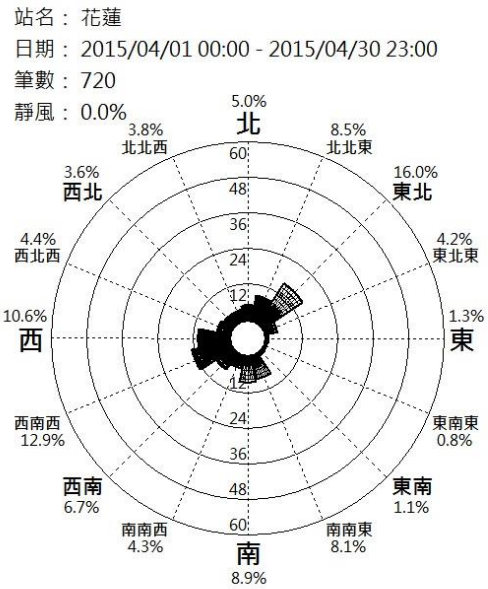
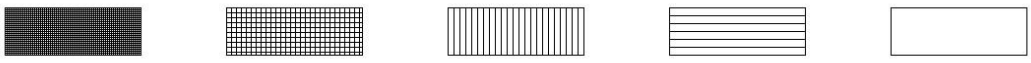


圖5.40 2015年4月花蓮港測站風速風向玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

花蓮港風速風向玫瑰圖

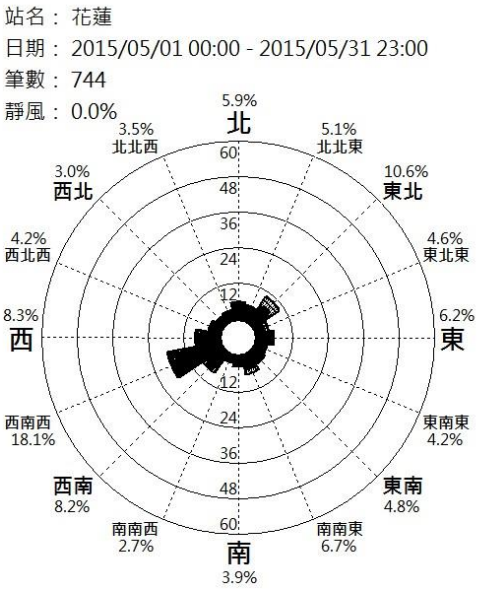


圖5.41 2015年5月花蓮港測站風速風向玫瑰圖

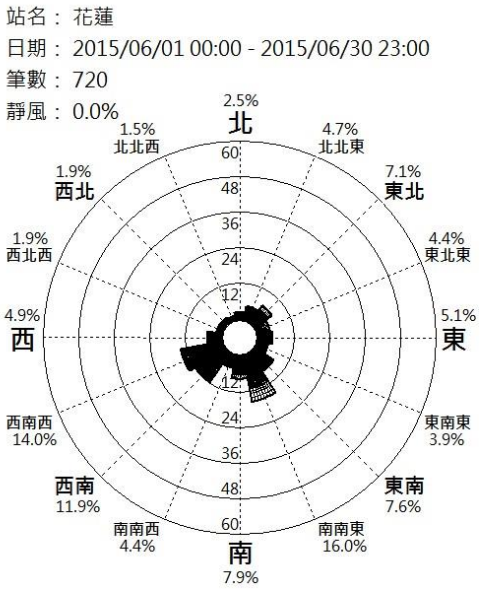


圖5.42 2015年6月花蓮港測站風速風向玫瑰圖

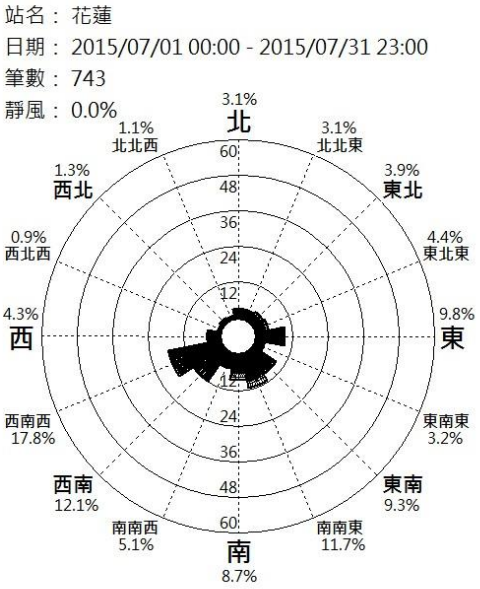


圖5.43 2015年7月花蓮港測站風速風向玫瑰圖

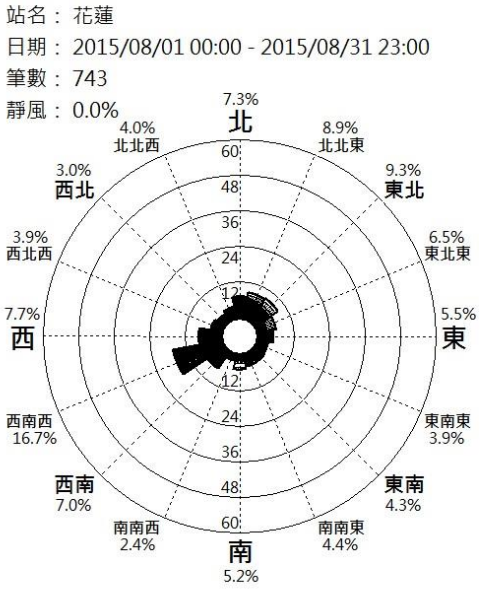
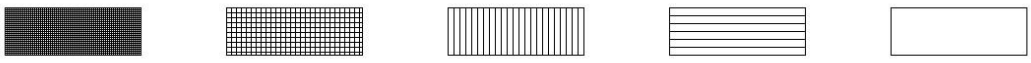


圖5.44 2015年8月花蓮港測站風速風向玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

花蓮港風速風向玫瑰圖

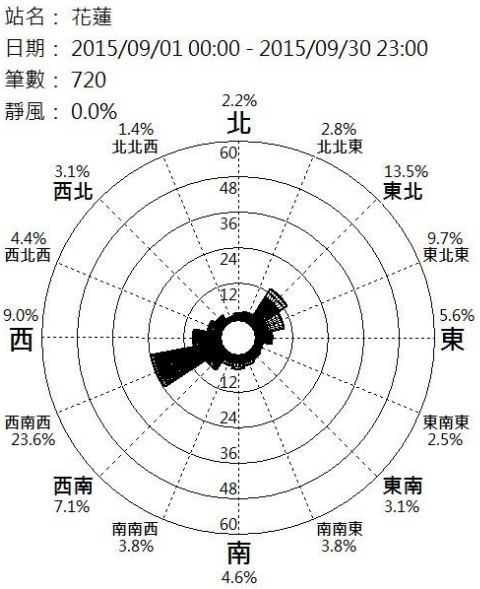


圖5.45 2015年9月花蓮港測站風速風向玫瑰圖

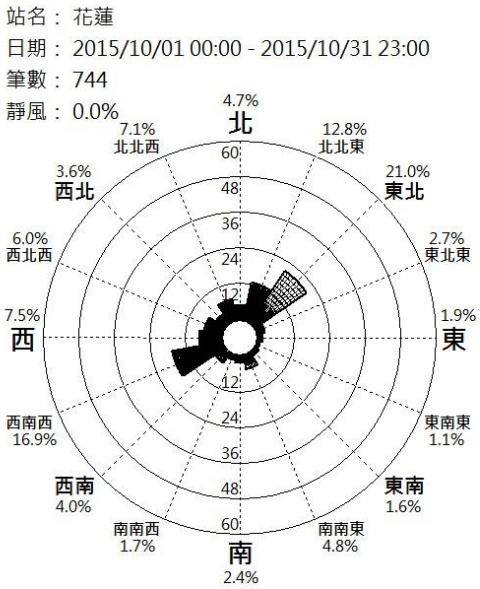


圖5.46 2015年10月花蓮港測站風速風向玫瑰圖

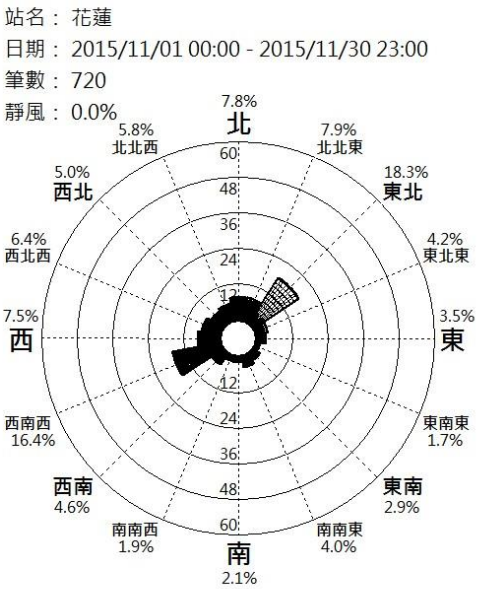


圖5.47 2015年11月花蓮港測站風速風向玫瑰圖

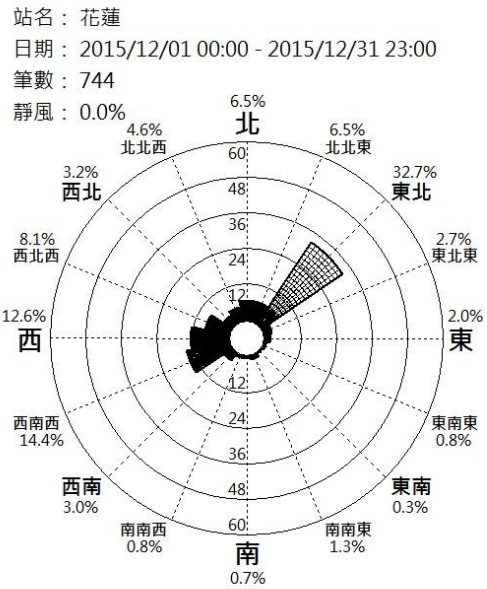
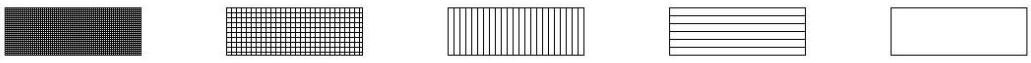


圖5.48 2015年12月花蓮港測站風速風向玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

表5.1 花蓮港測站示性波高、示性週期及波向統計表

年/月	觀測點數	H1/3 平均值 (m)	T1/3 平均值 (m)	H1/3 最大值 (m)	週期 (s)	波向 (來向)	H1/3 < 0.5m (%)	H1/3 0.5~1m (%)	H1/3 1~5m (%)	H1/3 >5m (%)	波向 北~東 (%)	波向 東~南 (%)	波向 南~西 (%)	波向 西~北 (%)	T1/3 < 6s (%)	T1/3 6~8s (%)	T1/3 8~10s (%)	T1/3 >10s (%)
2015/01	740(99%)	1.37	8.4	2.20	11.1	東	0.0	20.0	80.0	0.0	24.6	75.4	0.0	0.0	1.6	32.3	62.7	3.4
2015/02	658(98%)	1.18	8.0	2.33	13.1	東南東	0.0	33.7	66.3	0.0	20.7	79.3	0.0	0.0	5.6	49.2	38.3	6.8
2015/03	733(99%)	1.30	8.9	2.32	14.3	東南東	0.0	16.4	83.6	0.0	23.7	76.3	0.0	0.0	3.1	25.0	50.9	21.0
2015/04	716(99%)	1.17	8.4	2.52	15.5	東南東	0.0	39.4	60.6	0.0	31.0	69.0	0.0	0.0	10.5	36.2	38.1	15.2
2015/05	733(99%)	0.87	8.3	2.57	14.4	東南東	10.1	62.8	27.1	0.0	14.7	85.3	0.0	0.0	19.1	33.2	24.1	23.6
2015/06	716(99%)	0.65	6.8	1.19	11.1	東南	13.5	83.2	3.2	0.0	0.1	99.9	0.0	0.0	30.0	51.0	15.4	3.6
2015/07	742(100%)	1.22	9.9	3.44	16.0	東南	16.2	20.6	63.2	0.0	0.1	99.9	0.0	0.0	9.7	14.4	30.1	45.8
2015/08	743(100%)	1.40	10.1	8.94	16.7	東南東	32.3	27.3	36.9	3.5	0.5	99.5	0.0	0.0	12.5	4.4	29.1	54.0
2015/09	700(97%)	1.07	9.7	6.55	16.1	東南東	16.9	47.3	34.3	1.6	12.6	84.3	1.0	2.1	6.1	19.4	31.4	43.0
2015/10	734(99%)	1.32	9.2	2.55	16.4	南南西	1.5	28.3	70.2	0.0	7.5	31.2	4.5	56.8	1.6	30.9	37.9	29.6
2015/11	704(98%)	1.33	8.3	2.63	16.4	東南	0.0	16.8	83.2	0.0	9.2	77.3	10.2	3.3	1.1	44.6	45.9	8.4
2015/12	739(99%)	1.57	8.8	2.53	11.1	東	0.0	2.8	97.2	0.0	42.6	57.4	0.0	0.0	0.0	18.3	73.2	8.5

表5.2 花蓮港測站示性波高分佈百分比(%)統計表

H1/3(m) 年/月	0 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 1.5	1.5 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 16	16 ~ 50	合計(%)
2015/01	0.0	20.0	40.1	37.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/02	0.0	33.7	49.7	14.1	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/03	0.0	16.4	56.6	23.1	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/04	0.0	39.4	42.7	14.4	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/05	10.1	62.8	19.5	5.5	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/06	13.5	83.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/07	16.2	20.6	34.0	17.5	11.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/08	32.3	27.3	12.5	3.9	8.5	10.2	1.7	1.7	1.7	0.7	0.5	0.0	0.0		100.0
2015/09	16.9	47.3	24.7	3.6	3.3	1.1	1.6	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/10	1.5	28.3	33.4	25.7	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/11	0.0	16.8	56.8	19.2	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0
2015/12	0.0	2.8	42.9	39.5	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		100.0

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

表5.3 花蓮港測站示性週期分佈百分比(%)統計表

T1/3(秒) 年/月	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 9	9 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 16	16 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 200	合計(%)
2015/01	0.0	0.0	0.0	1.6	9.2	23.1	39.6	23.1	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	0.0	0.0	0.3	5.3	20.5	28.7	23.1	15.2	2.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	0.0	0.0	0.1	3.0	5.3	19.6	37.4	13.5	16.9	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	0.0	0.1	0.8	9.5	19.8	16.3	20.8	17.3	6.7	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/05	0.0	0.0	4.4	14.7	19.5	13.6	12.0	12.1	12.3	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	0.0	2.0	6.6	21.5	26.0	25.0	12.0	3.4	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	0.3	1.2	1.5	6.7	8.0	6.5	12.5	17.5	19.7	26.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	0.0	0.1	2.7	9.7	1.6	2.8	8.3	20.7	31.5	21.8	0.7	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/09	0.0	0.0	2.4	3.7	9.7	9.7	13.0	18.4	20.7	22.1	0.1	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/10	0.0	0.0	0.1	1.5	10.2	20.7	19.9	18.0	21.1	7.9	0.5	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	0.0	0.0	0.0	1.1	17.3	27.3	28.1	17.8	5.8	2.0	0.6	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	16.2	45.3	27.9	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表5.4 花蓮港測站波向分佈百分比(%)統計表

波向 年/月	北	北北東	東北	東北東	東	東南東	東南	南南東	南	南南西	西南	西南西	西	西北西	西北	北北西	合計(%)
2015/01	0.0	0.0	0.0	1.5	55.1	35.0	8.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	0.0	0.0	0.0	3.0	40.6	47.6	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	0.0	0.0	0.0	2.6	46.8	29.1	21.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	0.0	0.0	0.0	10.8	32.3	20.5	35.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/05	0.0	0.0	0.0	3.4	21.4	32.5	38.6	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	34.5	57.7	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	34.4	61.7	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	47.6	45.5	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/09	0.0	0.0	0.0	3.3	37.6	45.9	9.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.4	1.6	1.1	0.0	0.0	100.0
2015/10	0.0	0.0	0.0	0.5	15.3	20.8	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	26.8	33.0	0.1	0.0	100.0
2015/11	0.0	0.0	0.0	1.1	32.2	52.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	0.0	0.0	0.0	3.5	66.7	29.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表5.5 花蓮港測站流速及流向統計表

年/月	觀測點數	流速 平均值 (cm/s)	流速/流向 最大值 (cm/s)(去向)	流速 <25cm/s (%)	流速 25~50cm/s (%)	流速 50~75cm/s (%)	流速 >75cm/s (%)	流向 北~東 (%)	流向 東~南 (%)	流向 南~西 (%)	流向 西~北 (%)
2015/01	740	016.0	068.1 / 東北	83.5	15.4	1.1	0.0	26.2	9.9	50.8	13.1
2015/02	658	016.3	058.4 / 南南西	82.1	16.4	1.5	0.0	32.1	16.4	38.0	13.5
2015/03	733	013.6	062.5 / 南南西	89.4	10.0	0.7	0.0	27.4	10.6	39.4	22.5
2015/04	716	015.9	102.7 / 西南	83.1	14.5	2.0	0.4	26.1	26.3	36.9	10.8
2015/05	733	014.2	071.4 / 東北東	88.0	10.5	1.5	0.0	33.2	32.6	27.1	7.1
2015/06	716	015.8	060.4 / 西南西	84.4	14.0	1.7	0.0	38.3	24.3	22.6	14.8
2015/07	742	014.8	053.3 / 東北	83.8	15.4	0.8	0.0	29.1	23.9	29.4	17.7
2015/08	743	019.1	085.7 / 東	71.9	24.5	3.5	0.1	31.6	31.8	27.9	8.7
2015/09	700	021.1	074.4 / 東北東	65.7	29.6	4.7	0.0	42.4	19.6	30.6	7.4
2015/10	734	017.9	073.2 / 西南	77.0	21.4	1.6	0.0	26.8	11.9	52.9	8.4
2015/11	704	016.9	063.2 / 西南	79.3	18.9	1.8	0.0	30.5	20.0	38.4	11.1
2015/12	739	016.8	073.3 / 西南西	80.6	18.5	0.8	0.0	15.7	7.7	59.4	17.2

表5.6 花蓮港測站流速分佈百分比(%)統計表

流速(cm/s)

年/月	0 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 20	20 ~ 25	25 ~ 30	30 ~ 35	35 ~ 40	40 ~ 45	45 ~ 50	50 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100	100 ~ 120	120 ~ 150	150 ~	合計(%)
2015/01	9.9	22.7	20.1	19.2	11.6	7.3	3.8	1.6	1.8	0.9	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	10.3	19.6	22.6	17.8	11.7	8.5	4.0	2.4	1.1	0.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	11.6	31.8	22.4	14.5	9.1	5.3	1.6	1.4	1.0	0.7	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	12.0	24.4	22.3	16.2	8.1	5.6	4.1	1.5	2.2	1.1	1.3	0.7	0.3	0.1	0.0	0.0	100.0
2015/05	13.8	27.6	25.5	13.8	7.4	3.1	2.3	2.6	1.4	1.1	1.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	9.6	21.8	26.7	17.2	9.1	4.7	3.6	2.7	1.7	1.3	1.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	12.4	28.8	20.6	13.7	8.2	5.4	4.3	2.6	2.3	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	7.9	19.8	20.5	14.9	8.7	9.3	5.9	5.2	2.3	1.7	3.0	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/09	9.3	21.7	14.9	12.6	7.3	7.6	5.3	6.3	5.7	4.7	3.4	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/10	9.0	21.9	19.9	14.3	11.9	7.5	4.4	4.2	3.0	2.3	1.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	9.9	24.0	22.3	14.5	8.5	7.0	4.3	2.7	2.6	2.4	1.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	8.4	21.8	21.4	17.3	11.8	7.2	5.1	3.0	1.9	1.4	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表5.7 花蓮港測站流向分佈百分比(%)統計表

流向

年/月	北	北北東	東北	東北東	東	東南東	東南	南南東	南	南南西	西南	西南西	西	西北西	西北	北北西	合計(%)
2015/01	4.9	8.5	9.5	3.8	2.3	2.2	2.4	2.3	6.9	19.6	16.9	7.8	3.4	3.6	2.4	3.5	100.0
2015/02	6.4	12.2	10.3	5.2	2.7	3.8	3.2	5.9	6.1	14.9	7.9	8.1	6.1	2.0	2.6	2.7	100.0
2015/03	9.1	7.1	8.0	5.5	3.5	2.9	1.8	2.6	5.3	10.9	10.1	10.9	7.6	5.7	4.0	4.9	100.0
2015/04	2.7	4.9	8.0	8.1	7.7	7.3	7.1	6.3	4.9	6.4	15.2	8.9	4.5	2.2	3.9	2.0	100.0
2015/05	2.6	3.7	7.1	13.6	13.6	9.8	8.2	5.6	5.3	6.1	11.5	5.6	2.0	1.8	2.3	1.1	100.0
2015/06	5.9	7.4	12.3	10.6	13.3	6.3	4.9	3.8	2.7	4.6	7.8	7.1	3.6	2.8	2.8	4.2	100.0
2015/07	5.9	7.7	8.1	6.6	6.3	8.4	5.3	5.8	3.9	4.4	8.2	11.7	6.3	3.5	3.2	4.6	100.0
2015/08	2.4	3.6	9.2	11.7	10.9	7.3	6.6	8.6	6.6	4.7	10.4	8.2	3.5	2.3	2.0	2.0	100.0
2015/09	3.4	5.4	9.6	20.7	7.3	6.1	5.1	3.7	4.0	7.7	13.6	5.7	2.0	1.0	1.0	3.6	100.0
2015/10	3.5	4.1	9.3	9.7	3.8	2.0	2.2	3.0	7.1	15.0	20.7	10.2	3.3	2.9	1.8	1.5	100.0
2015/11	4.7	4.8	8.0	11.9	4.5	5.0	3.4	6.3	9.2	10.5	13.1	6.7	3.8	2.3	1.8	4.0	100.0
2015/12	2.7	4.1	3.9	5.3	2.4	1.2	1.8	2.0	4.7	13.1	18.9	17.5	11.2	5.8	3.4	1.9	100.0

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

表5.8 花蓮港測站風速及風向統計表

年/月	觀測點數	風速 平均值 (m/s)	風速/風向 最大值 (m/s)(來向)	風速 <5m/s (%)	風速 5~10m/s (%)	風速 10~15m/s (%)	風速 >15m/s (%)	風向 北~東 (%)	風向 東~南 (%)	風向 南~西 (%)	風向 西~北 (%)	靜風 (%)
2015/01	744	4.0	10.3 / 東北	67.5	32.1	0.4	0.0	48.5	5.4	20.8	25.3	0.0
2015/02	672	3.3	11.5 / 東北	83.8	15.2	1.0	0.0	37.6	10.6	26.3	25.4	0.1
2015/03	744	3.3	10.7 / 南	81.5	17.9	0.7	0.0	27.6	15.9	30.0	26.6	0.0
2015/04	720	3.6	12.1 / 南	79.0	19.7	1.3	0.0	31.7	16.0	32.2	20.1	0.0
2015/05	744	2.6	8.6 / 南南東	91.7	8.3	0.0	0.0	26.5	21.6	34.8	17.1	0.0
2015/06	720	2.9	8.0 / 南	88.6	11.4	0.0	0.0	20.0	34.2	37.8	8.1	0.0
2015/07	743	2.9	14.2 / 南	90.7	8.3	0.9	0.0	19.2	34.1	40.1	6.6	0.0
2015/08	743	3.4	22.0 / 南	86.0	8.9	3.9	1.2	30.0	18.6	33.0	18.4	0.0
2015/09	720	3.4	20.7 / 南南西	82.9	15.3	1.3	0.6	30.8	14.3	41.4	13.5	0.0
2015/10	744	3.3	9.1 / 東北	82.9	17.1	0.0	0.0	39.5	10.5	26.7	23.3	0.0
2015/11	720	3.2	11.0 / 東北	83.6	15.8	0.6	0.0	35.3	11.4	28.5	24.9	0.0
2015/12	744	3.8	10.2 / 東北東	72.3	27.4	0.3	0.0	46.1	4.0	24.5	25.4	0.0

表5.9 花蓮港測站風速分佈百分比(%)統計表

風速(m/s) 年/月	0 ~ 1	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 14	14 ~ 16	16 ~ 18	18 ~ 20	20 ~ 30	30 ~	合計(%)
2015/01	1.1	17.5	25.9	13.4	9.5	9.8	8.1	7.0	7.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	1.5	23.5	31.8	15.6	11.3	5.7	2.8	3.0	3.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	2.4	24.2	35.1	14.0	5.8	6.3	4.8	2.3	4.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	2.6	15.7	28.5	18.9	13.3	9.0	4.3	3.9	2.5	0.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/05	6.6	33.2	29.0	15.1	7.8	4.7	1.9	1.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	5.0	23.3	32.8	18.3	9.2	6.4	3.1	1.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	3.6	26.5	35.0	16.4	9.2	4.0	2.4	1.2	0.7	0.3	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	2.2	23.1	35.1	19.8	5.8	5.5	1.7	0.7	0.9	1.9	1.5	1.1	0.0	0.4	0.3	0.0	100.0
2015/09	0.7	21.1	31.7	18.2	11.3	6.9	4.6	2.4	1.4	0.7	0.6	0.0	0.1	0.3	0.1	0.0	100.0
2015/10	1.2	17.2	34.8	19.4	10.3	7.9	6.0	2.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	4.3	22.2	28.3	20.7	8.1	5.6	4.4	3.5	2.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	0.3	16.9	30.5	15.5	9.1	9.4	8.7	4.7	4.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表5.10 花蓮港測站風向分佈百分比(%)統計表

風向 年/月	北	北北東	東北	東北東	東	東南東	東南	南南東	南	南南西	西南	西南西	西	西北西	西北	北北西	靜風(%)
2015/01	3.6	5.9	35.3	4.3	2.2	0.5	0.4	1.6	2.3	1.2	3.1	12.1	9.3	7.9	5.4	4.8	0.0
2015/02	6.8	6.3	23.1	3.4	4.2	1.6	1.3	3.4	3.3	1.5	2.4	13.4	12.6	7.3	5.5	3.9	0.0
2015/03	3.8	7.1	14.5	3.0	2.0	1.2	3.9	5.1	7.4	3.6	4.7	14.5	9.7	9.4	6.2	3.9	0.0
2015/04	5.0	8.5	16.0	4.2	1.3	0.8	1.1	8.1	8.9	4.3	6.7	12.9	10.6	4.4	3.6	3.8	0.0
2015/05	5.9	5.1	10.6	4.6	6.2	4.2	4.8	6.7	3.9	2.7	8.2	18.1	8.3	4.2	3.0	3.5	0.0
2015/06	2.5	4.7	7.1	4.4	5.1	3.9	7.6	16.0	7.9	4.4	11.9	14.0	4.9	1.9	1.9	1.5	0.0
2015/07	3.1	3.1	3.9	4.4	9.8	3.2	9.3	11.7	8.7	5.1	12.1	17.8	4.3	0.9	1.3	1.1	0.0
2015/08	7.3	8.9	9.3	6.5	5.5	3.9	4.3	4.4	5.2	2.4	7.0	16.7	7.7	3.9	3.0	4.0	0.0
2015/09	2.2	2.8	13.5	9.7	5.6	2.5	3.1	3.8	4.6	3.8	7.1	23.6	9.0	4.4	3.1	1.4	0.0
2015/10	4.7	12.8	21.0	2.7	1.9	1.1	1.6	4.8	2.4	1.7	4.0	16.9	7.5	6.0	3.6	7.1	0.0
2015/11	7.8	7.9	18.3	4.2	3.5	1.7	2.9	4.0	2.1	1.9	4.6	16.4	7.5	6.4	5.0	5.8	0.0
2015/12	6.5	6.5	32.7	2.7	2.0	0.8	0.3	1.3	0.7	0.8	3.0	14.4	12.6	8.1	3.2	4.6	0.0

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

第六章

2015 年高雄港海氣象資料分析與特性

第六章　2015 年高雄港海氣象資料分析與特性

6.1 觀測方法

2000 年 12 月中旬選定在高雄一港口與二港口間亦即高雄市中區污水處理廠附近海域，沿著污水排放管鋪設一條長約 2300 公尺之海底電纜及安裝臺組挪威 NORTEK 公司的 AWCP 即時傳送波高波向與剖面海流即時傳送監測系統儀器，2004 年委託國立臺灣大學海洋研究所在高雄港一港口北側及二港口南側建立海流觀測站，經過壹年量測未受到漁船作業之影響，因此 2005 年 8 月，本所經會勘後，選定在高雄二港口紅燈塔西南外約 700 公尺，安裝臺組波高波向與剖面海流即時傳送監測系統，海底電纜沿著海床鋪設如圖 2.9，擬進行長期觀測，2010 年 8 月在原位置第一次更新。2003 年 7 月 7 日在高雄港十號碼頭建立完成一座壓力式潮位站與美製 YOUNG 公司之風速風向站，以 GSM 數據機傳訊方式可做即時傳送監測系統，2010 年 10 月在原位置第一次更新儀器，氣象站改用二維超音波式風速風向儀，並在高雄二港口南防波堤堤頭，增設一組二維超音波式風速風向儀，改用 GPRS 傳訊方式，可將資料每小時即時傳回本所港研中心之即時傳送監測系統，詳如圖 2.9。

6.1.1 波浪的量測

取樣頻率都設定為 1Hz，每小時取樣 2048 筆資料，亦即波高精度在每 1.0 秒間隔內分別量測所得速度 U、V、W 向量與壓力量，量測取得之資料再作整合而得到波高、波向的資料。

6.1.2 水位的量測

壓力感應器所測得之壓力訊號可轉換為水位訊號，取樣頻率亦設定為每小時觀測 6 分鐘之平均水位值。

6.1.3 海流的量測

剖面海流流速的量測可以依照使用在不同水深即自固定在海床上之儀器位置到水表面來設定量測不同的間距，新站高雄二港口北防波堤觀測站

水深 13 公尺，間距設定為 1 公尺；每小時連續量測 600 秒，再將總和平均代表其數樣每一間距層之海流流速、流向等資料，記錄在感應器內，每隔三個月左右收回儀器，資料下載後經處理分析後儲存在電腦中。

6.1.4 溫度的量測

內建於感應器上，操作環境在-4℃~40℃間其精度 0.1℃；全部之原始資料先儲存於水中感應儀器之記錄器中，每隔三個月左右收回儀器，資料下載後經處理分析後儲存在電腦內。待本所港研中心接收站取得之原始波浪記錄，經利用程式轉換可做波高、波向的統計分析與波譜分析，可供各港務分公司之船舶交通管理系統 VMS 連線做即傳送與學術單位進一步分析研究參考。

6.2 高雄港基本資料分析與特性

6.2.1 海流

如圖 6.1~圖 6.12 為 2015 年 1 月~2015 年 12 月在高雄二港口附近本所港研中心觀測站所蒐集到之海流、水溫、水位之原始記錄資料，資料表示為上、中、下層之海流流速、流向逐時變化圖；由圖中顯示，此觀測站之流速、流向有週期性往復運動，運動方向主要集中在沿岸平行方向，即北北西—南南東為主，其流向與漲退潮無明顯的關係。由其水位可知主要以全日潮流為主，其次為半日潮流，並有複合潮流產生。

6.2.2 波浪

由波浪資料分析分別考慮夏季季風波浪及颱風波浪，整理如下說明。

1. 夏季季風波浪

夏季季風在高雄地區以西南風主,風速較冬季季風弱,在颱風未到達前,本地區海域所產生的波浪，以來自菲律賓海域及南海或西太平洋風場中傳播而來的湧浪為主，且颱風來襲時及颱風經過後，所引進之西南氣流會造成風浪，故夏季季風波浪之波高比冬季季風波浪稍高，波高大部份小於 1.5m，週期亦都在 9 秒以下。

2. 颱風波浪

高雄港之颱風波浪之逐時波浪變化圖如圖 6.3~圖 6.11，其實測有義波高 (1) 巴威颱風 3 月 17 日 14 時測得最大有義波高 1.25 公尺、週期 5.1 秒，波浪來向 171.4 度；(2) 梅沙颱風於 4 月 8 日 18 時測得最大之有義波為 0.95 公尺、週期 4.8 秒，波浪來向 324.5 度；(3) 有發佈警報的紅霞颱風於 5 月 11 日 16 時測到最大之有義波為 1.07 公尺、週期 4.8 秒，波浪來向 315.7 度；(4) 白海豚颱風 5 月 18 日 20 時測得最大有義波高為 0.49 公尺、週期 14.1 秒，波浪來向 209.4 度；(5) 有發佈警報的昌鴻颱風 7 月 08 日 21 時測得最大有義波高為 2.79 公尺、週期 6.54 秒，波浪來向 213.9 度；(6) 有發佈警報的蓮花颱風 7 月 08 日 21 時測得最大有義波高為 3.77 公尺、週期 9.9 秒，波浪來向 238.3 度；(7) 南卡颱風 7 月 19 日 20 時測得最大有義波高為 3.06 公尺、週期 8.8 秒，波浪來向 217.1 度；(8) 哈洛拉颱風 7 月 25 日 11 時測得最大有義波高為 1.4 公尺、週期 8.2 秒，波浪來向 259.2 度；(9) 有發佈警報的蘇迪勒颱風 8 月 08 日 13 時測得最大有義波高為 5.8 公尺、週期 9.9 秒，波浪來向 61.2 度；(10) 有發佈警報的天鵝颱風 8 月 21 日 21 時測得最大有義波高為 1.03 公尺、週期 12.5 秒，波浪來向 49.3 度；(11) 閃電颱風 8 月 23 日 16 時測得最大有義波高為 2.01 公尺、週期 7.8 秒，波浪來向 259.7 度；(12) 有發佈警報的杜鵑颱風 9 月 28 日 23 時測得最大有義波高為 3.03 公尺、週期 6.7 秒，波浪來向 29.6 度。；(13) 彩虹颱風 10 月 03 日 20 時測得最大有義波高為 2.05 公尺、週期 10.7 秒，波浪來向 214.4 度；(14) 彩霞颱風 10 月 09 日 18 時測得最大有義波高為 0.57 公尺、週期 4.6 秒，波浪來向 288.7 度；(15) 巨爵颱風 10 月 19 日 18 時測得最大有義波高為 0.96 公尺、週期 7.1 秒，波浪來向 256.0 度；(16) 烟花颱風 11 月 26 日 07 時測得最大有義波高為 0.84 公尺、週期 9.7 秒，波浪來向 254.6 度。

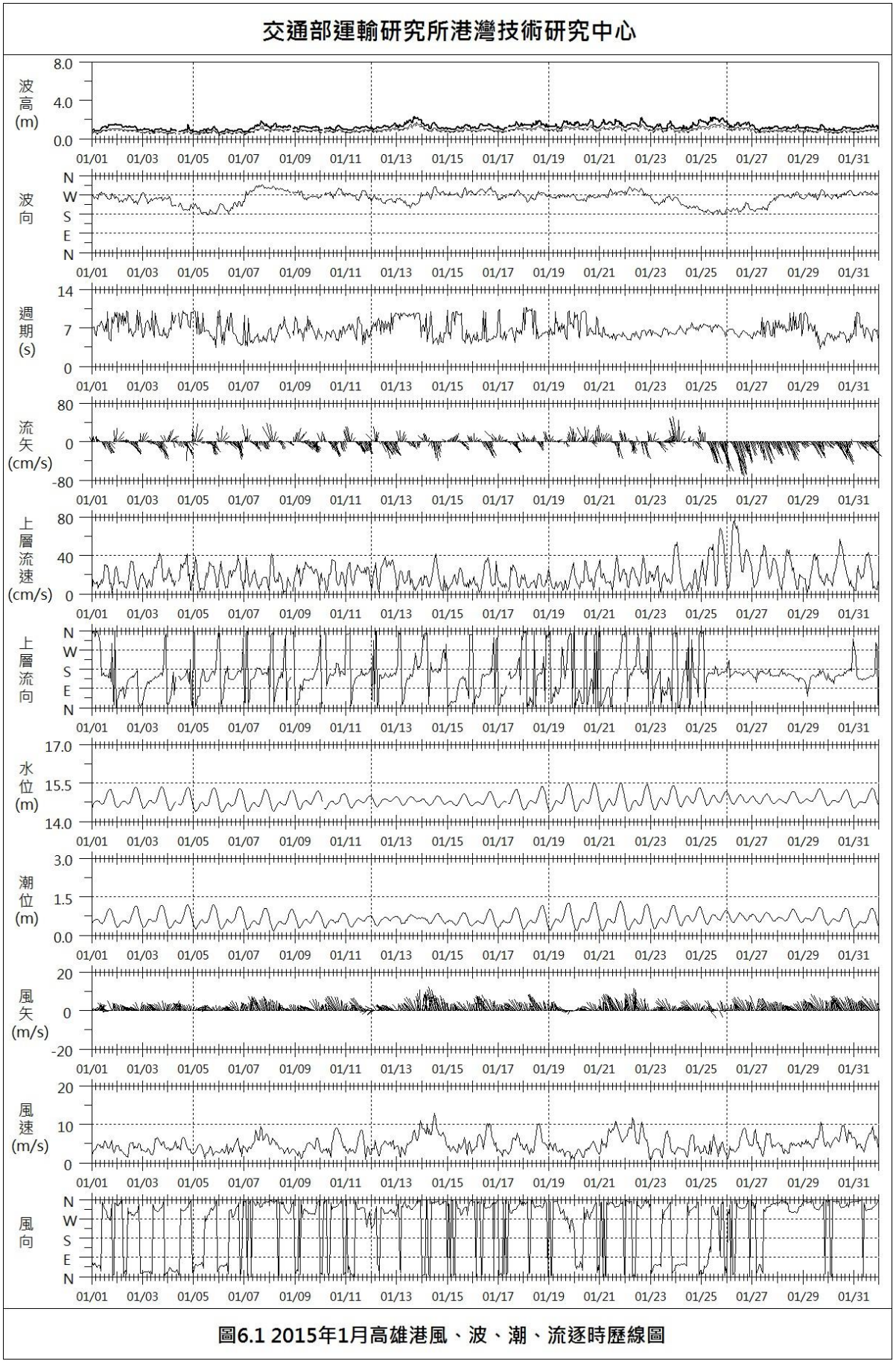


圖6.1 2015年1月高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

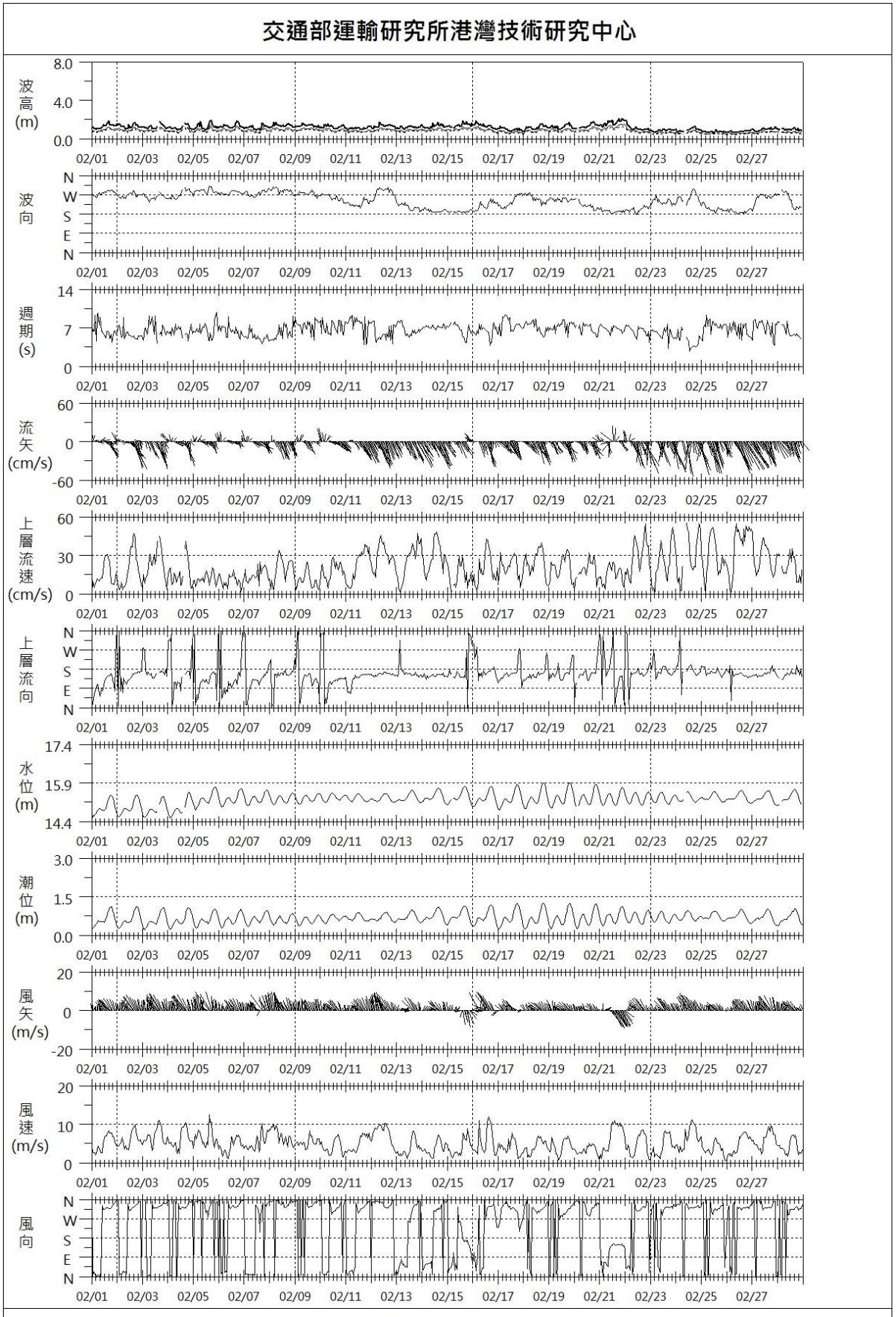


圖6.2 2015年2月高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

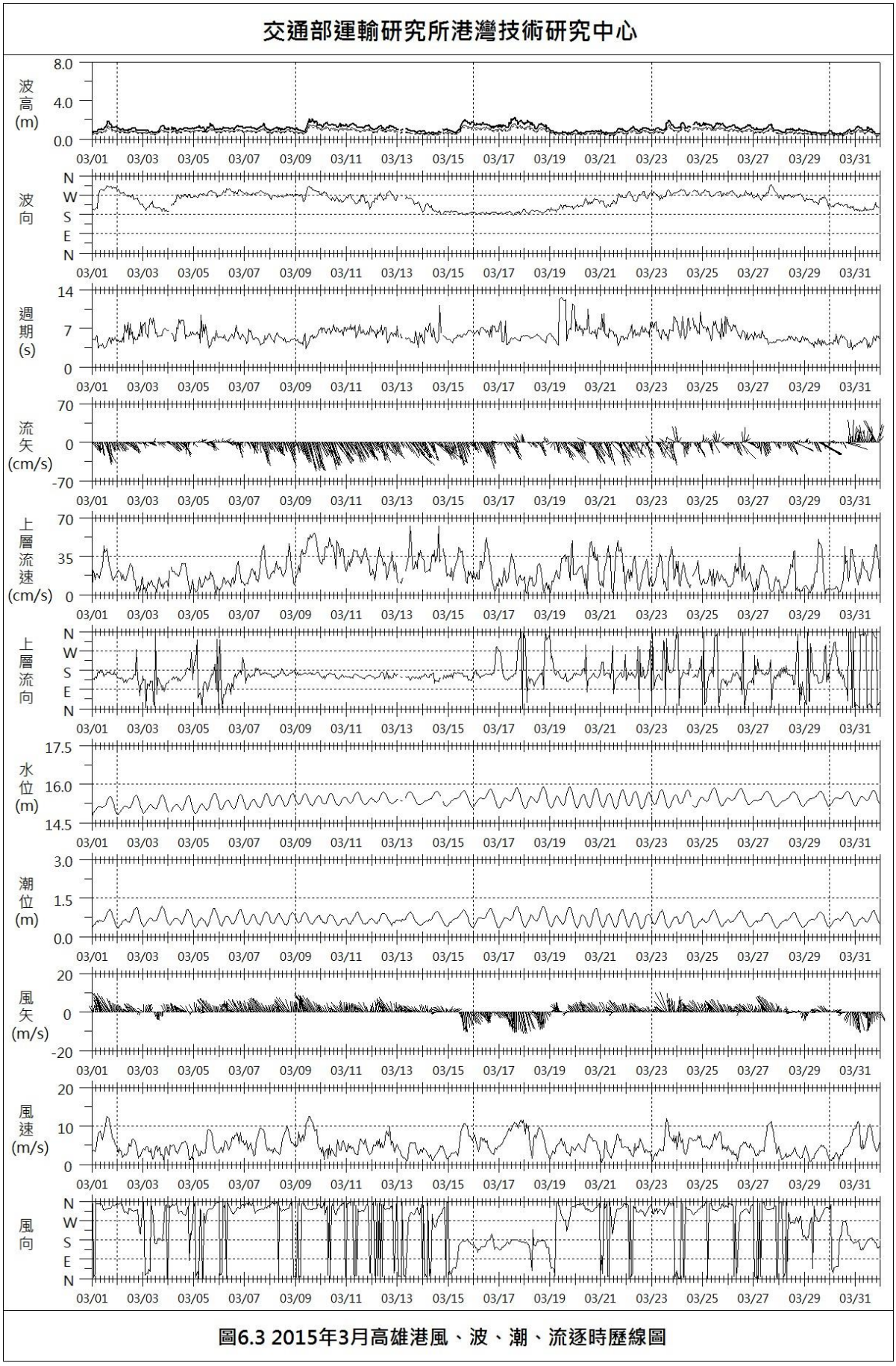


圖6.3 2015年3月高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

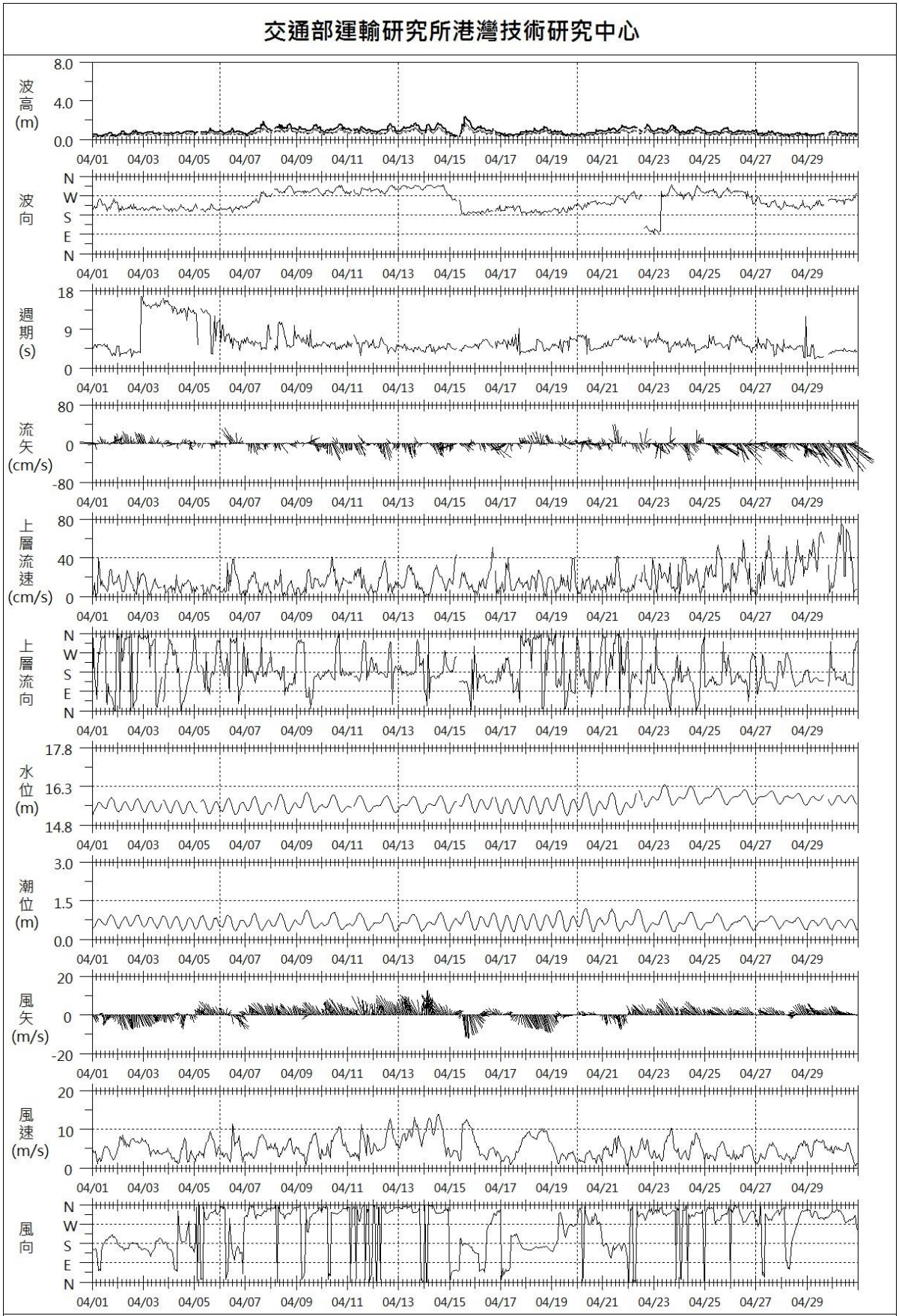


圖6.4 2015年4月高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

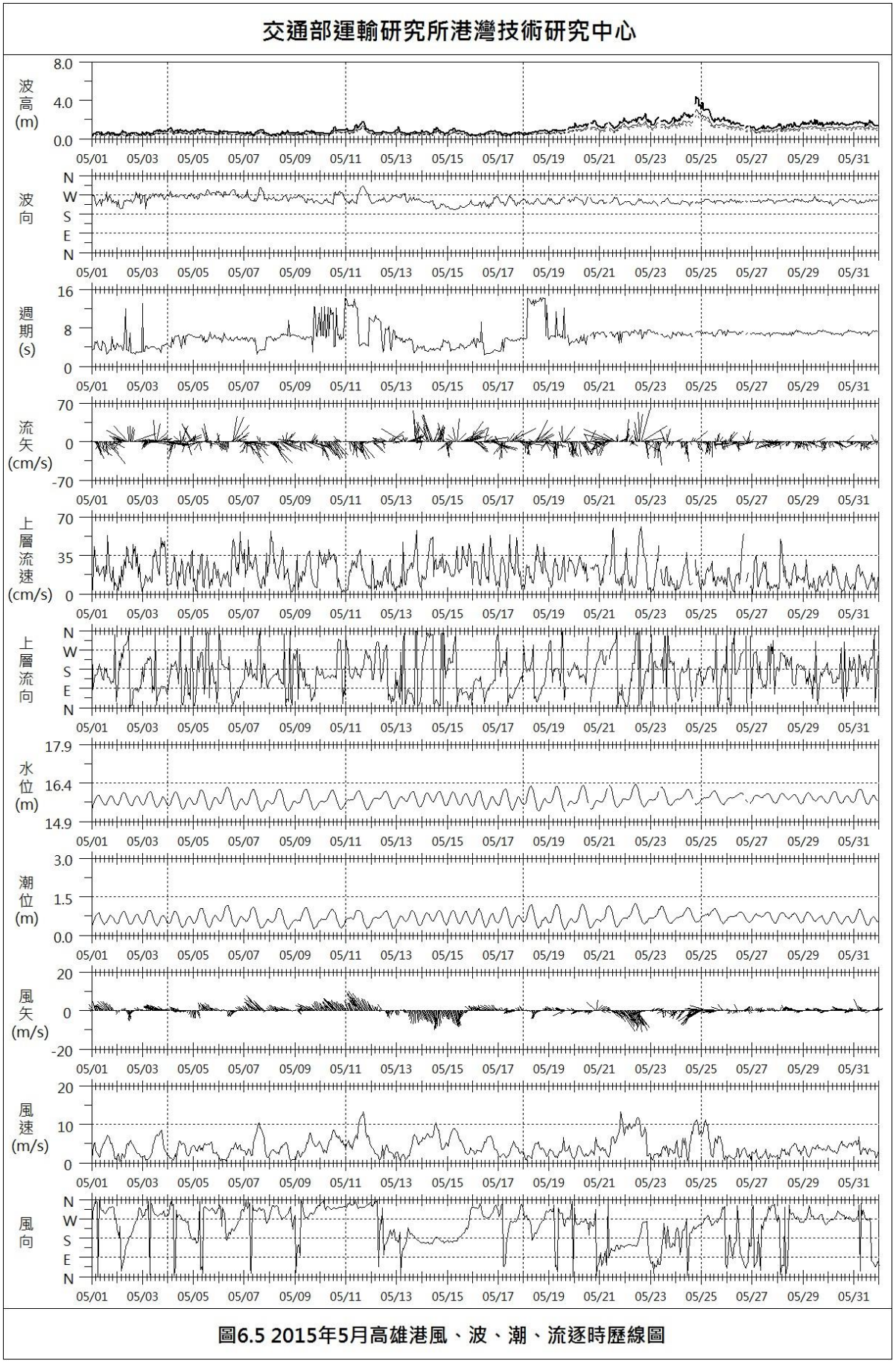


圖6.5 2015年5月高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

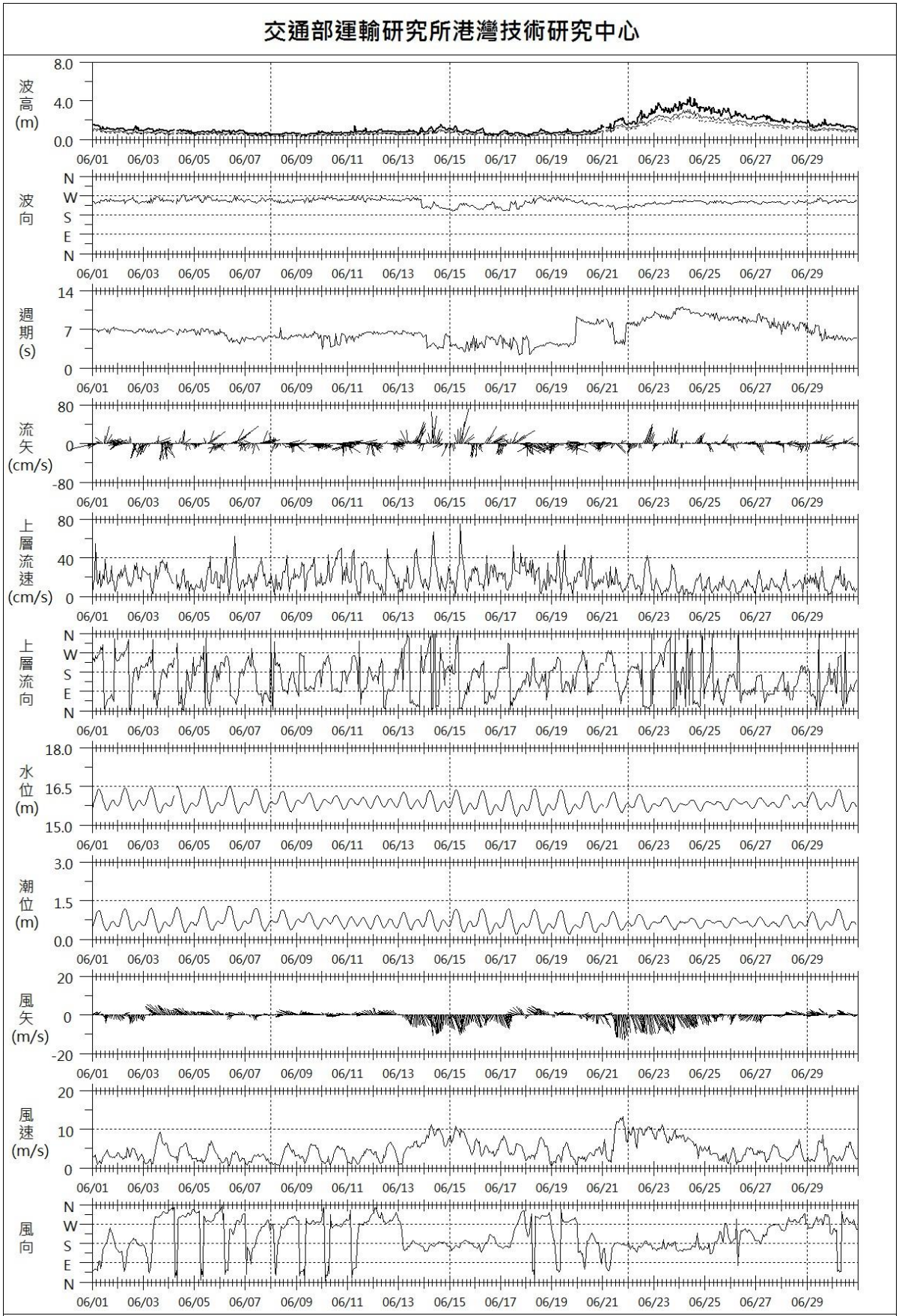


圖6.6 2015年6月高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

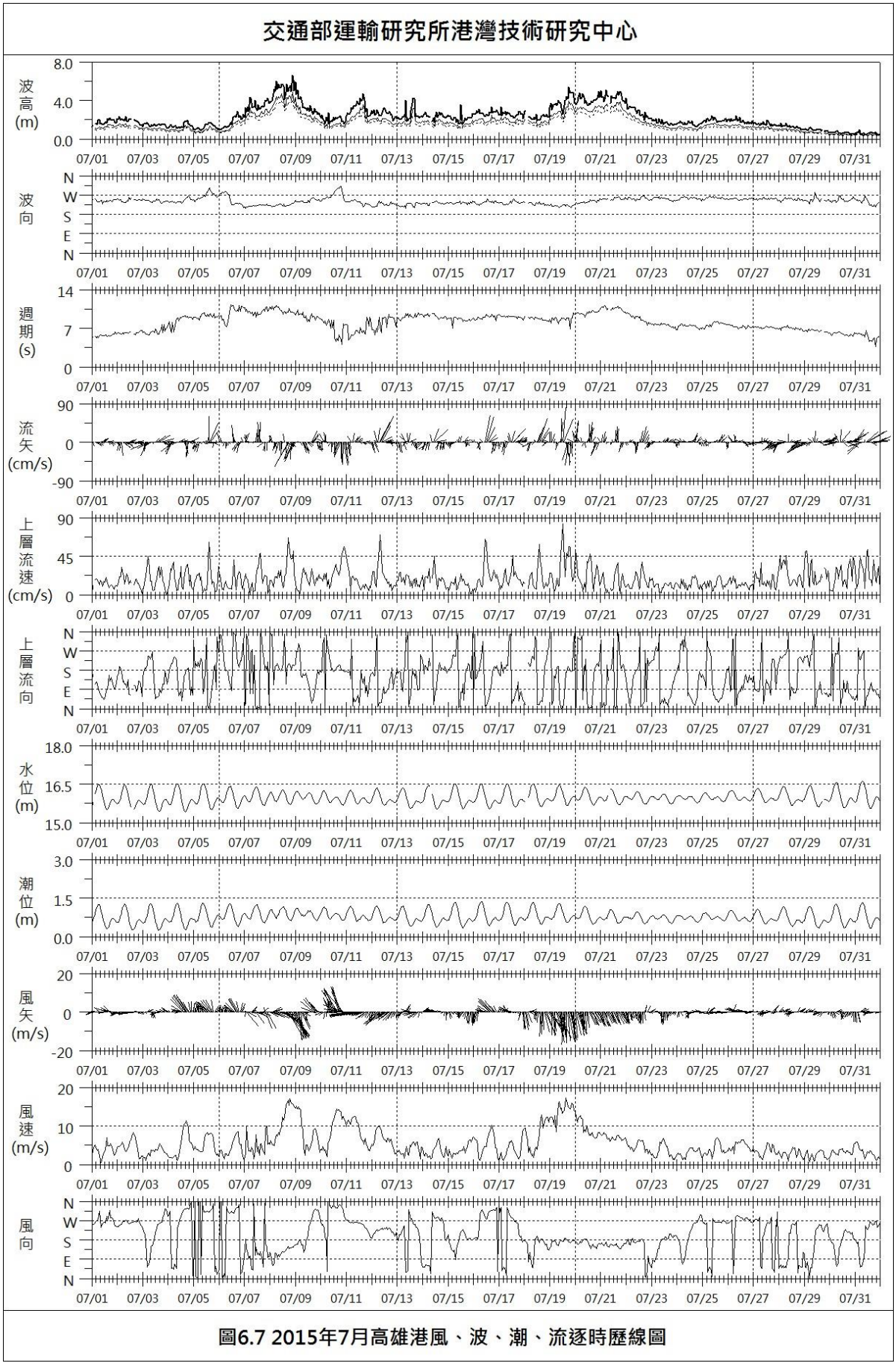


圖6.7 2015年7月高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

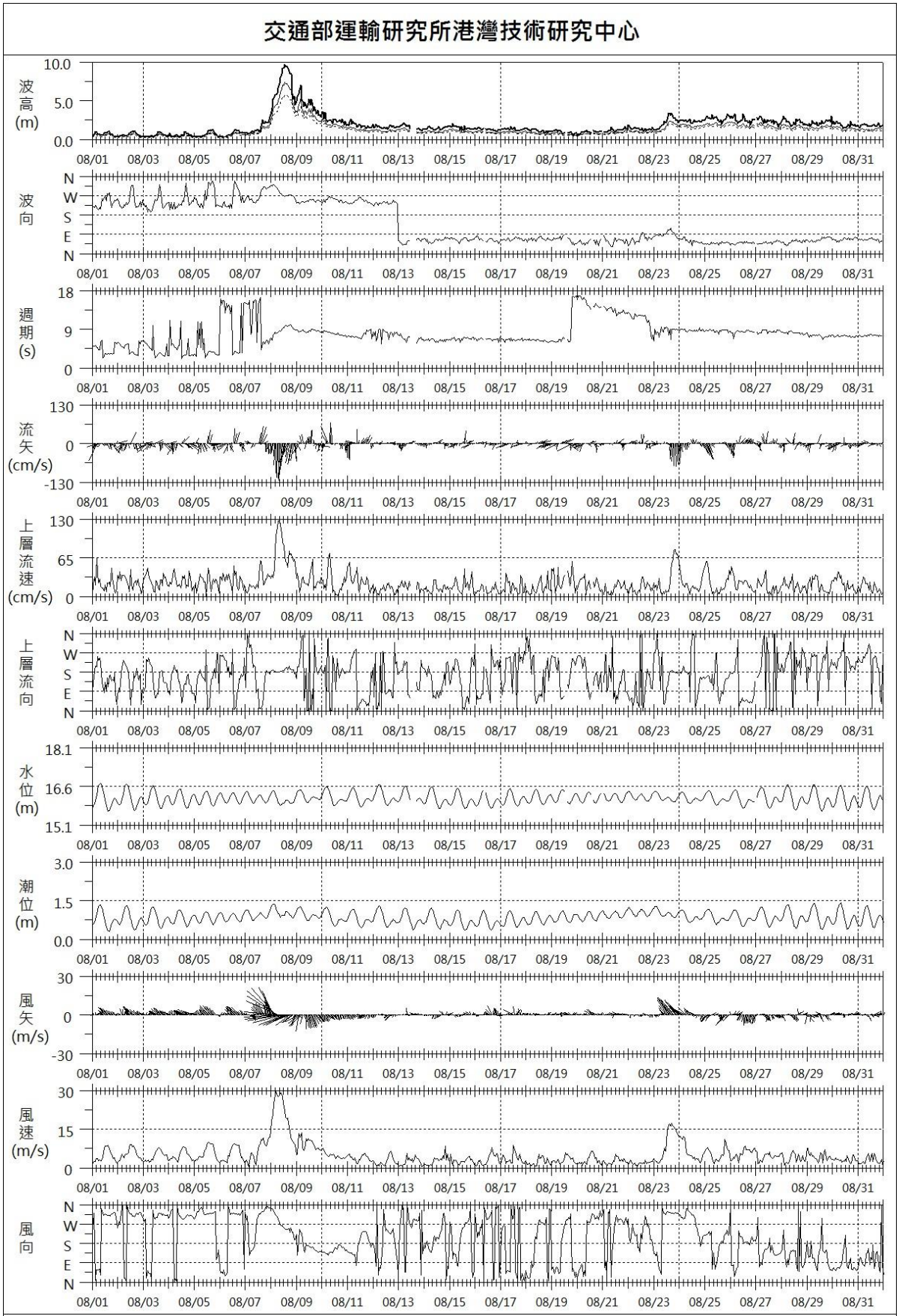


圖6.8 2015年8月高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

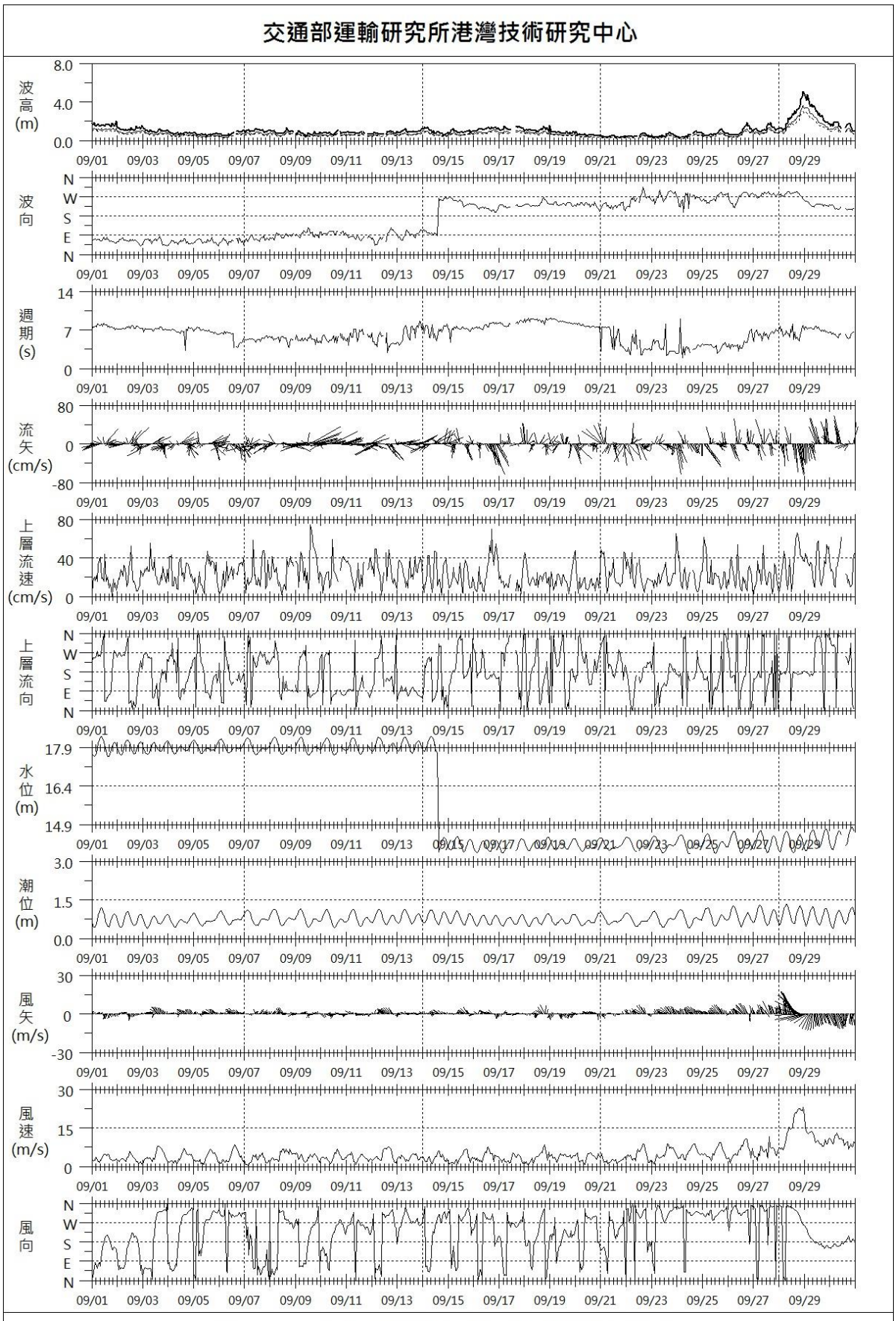


圖6.9 2015年9月高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

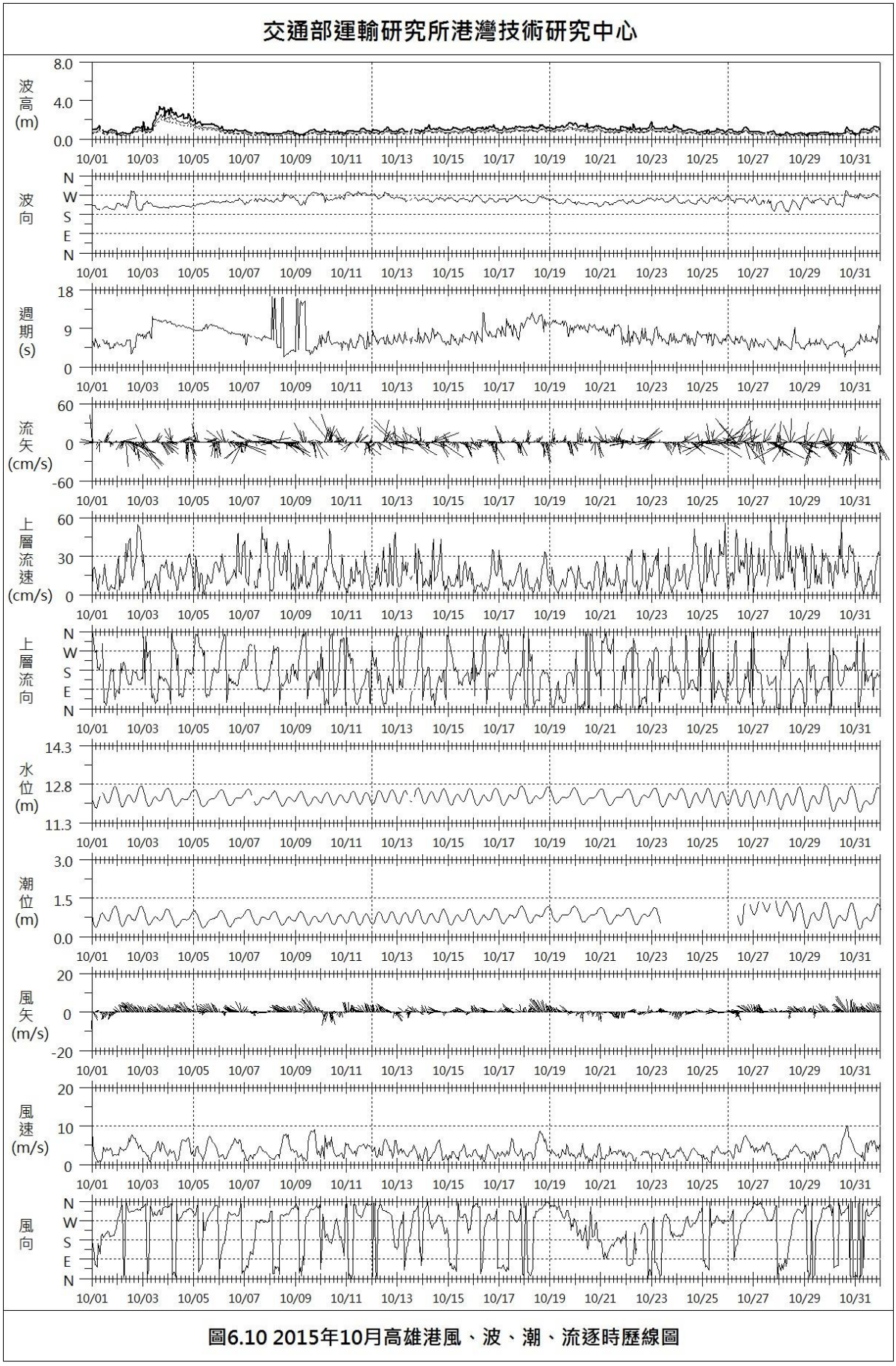


圖6.10 2015年10月高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

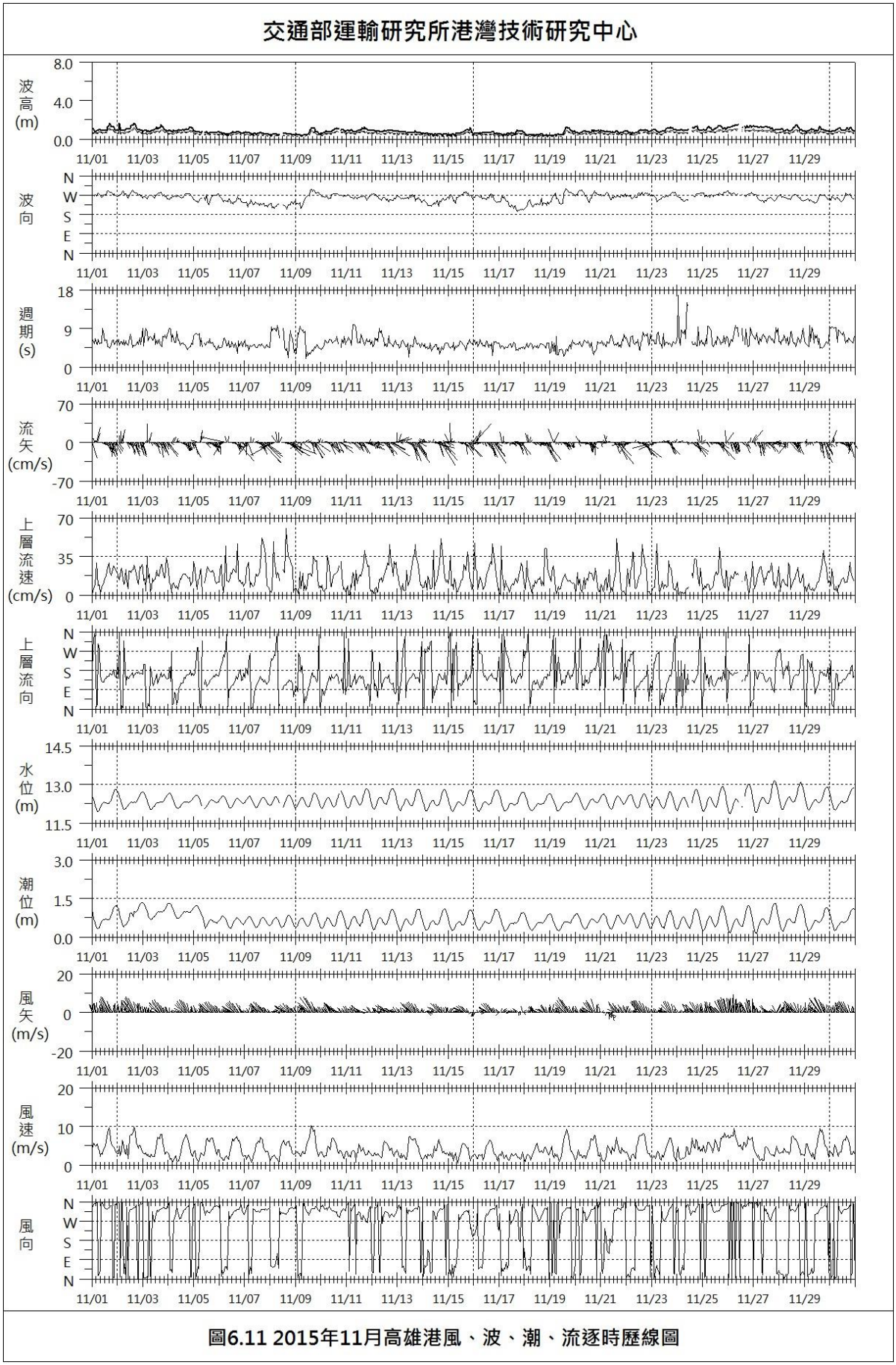


圖6.11 2015年11月高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

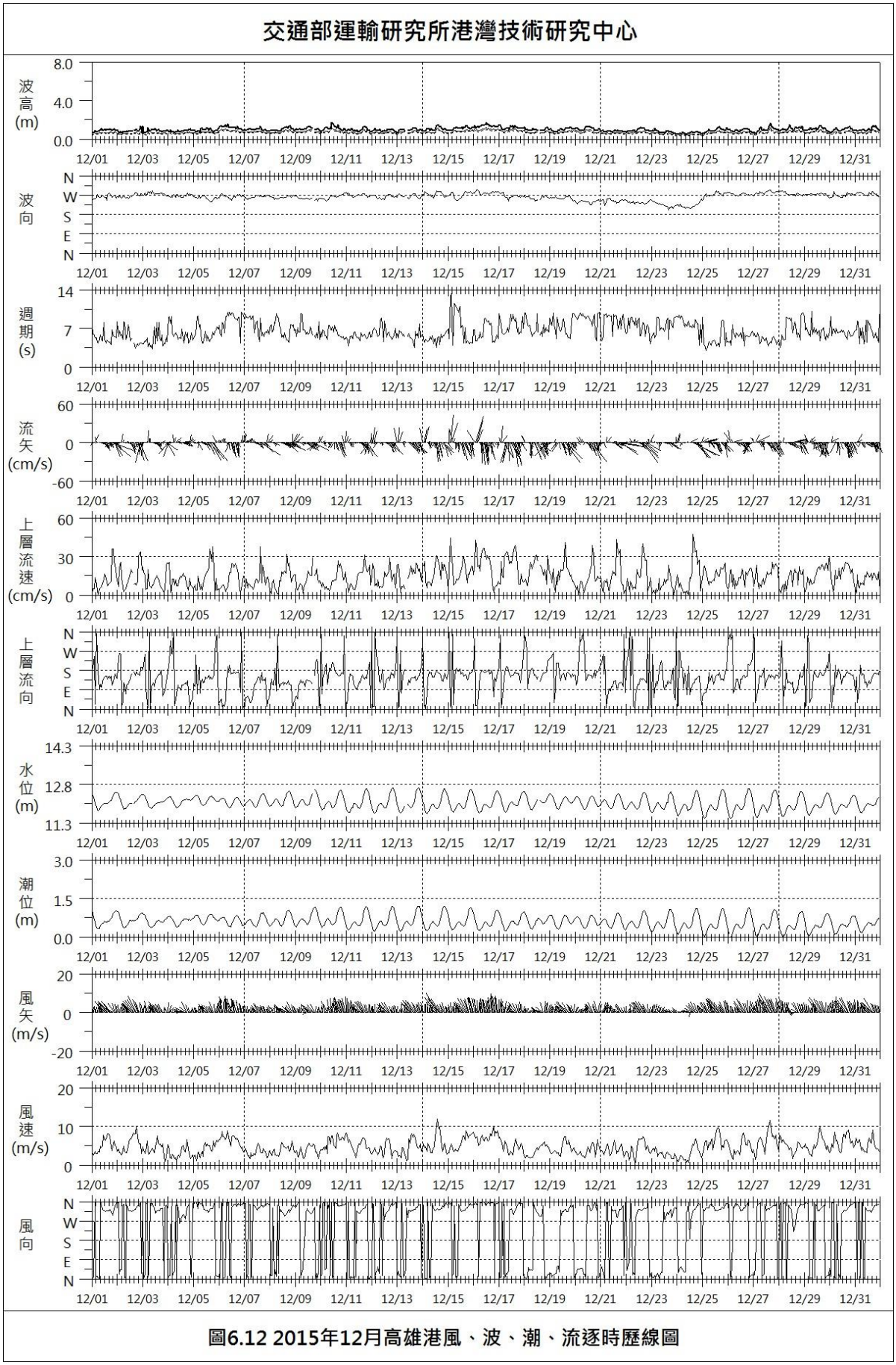


圖6.12 2015年12月高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

高雄港波浪玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/01/01 00:10 - 2015/01/31 23:10
筆數： 738

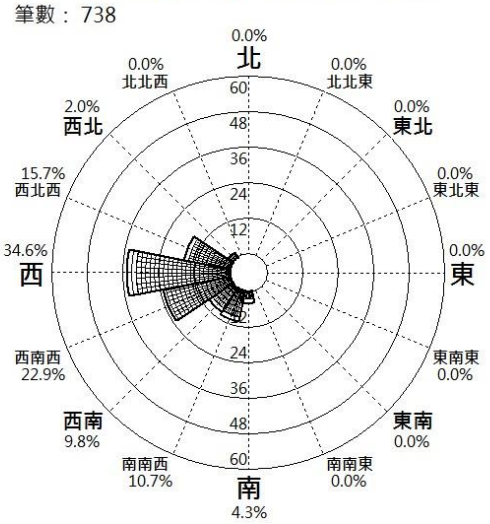


圖6.13 2015年1月高雄港測站波浪玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/02/01 00:10 - 2015/02/28 23:10
筆數： 664

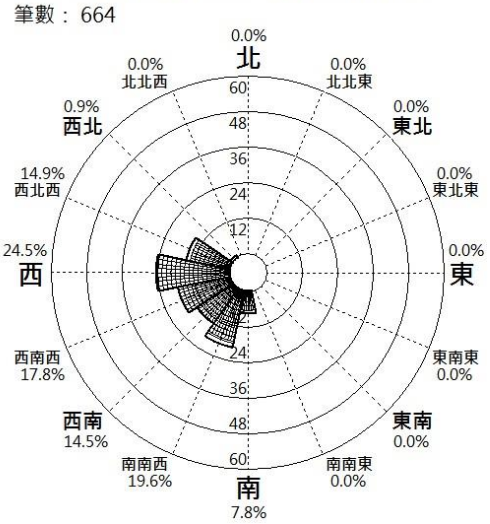


圖6.14 2015年2月高雄港測站波浪玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/03/01 00:10 - 2015/03/31 23:10
筆數： 733

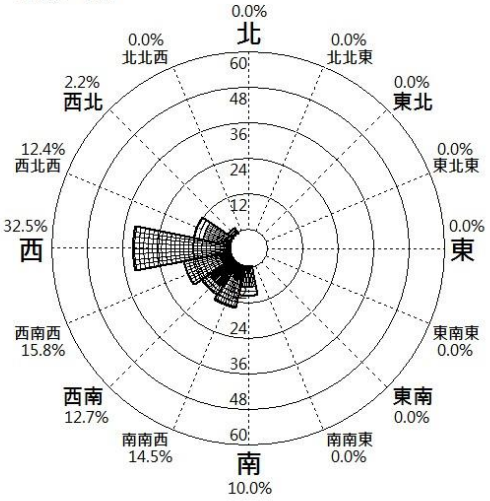


圖6.15 2015年3月高雄港測站波浪玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/04/01 00:10 - 2015/04/30 23:10
筆數： 704

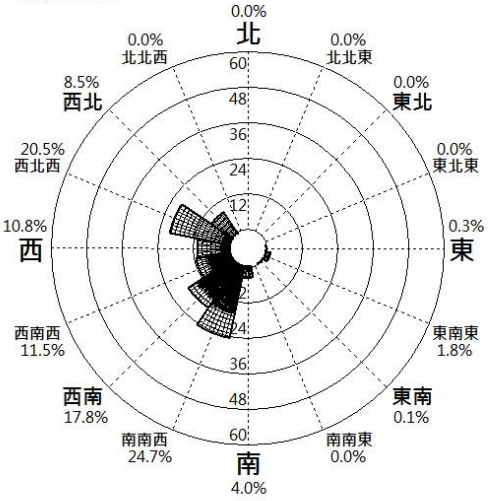
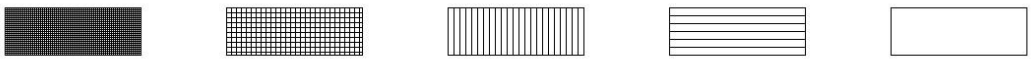


圖6.16 2015年4月高雄港測站波浪玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

高雄港波浪玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/05/01 00:10 - 2015/05/31 23:10
筆數： 733

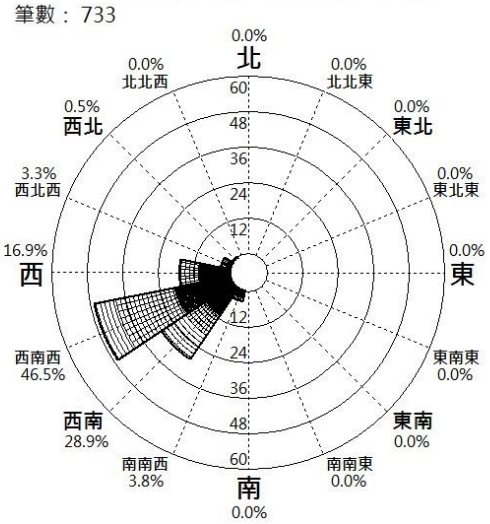


圖6.17 2015年5月高雄港測站波浪玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/06/01 00:10 - 2015/06/30 23:10
筆數： 710

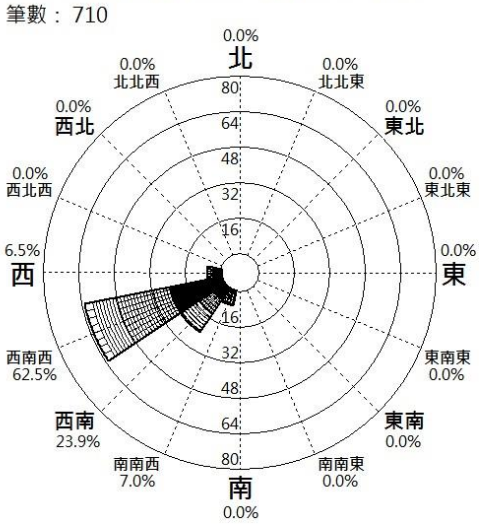


圖6.18 2015年6月高雄港測站波浪玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/07/01 00:10 - 2015/07/31 23:10
筆數： 732

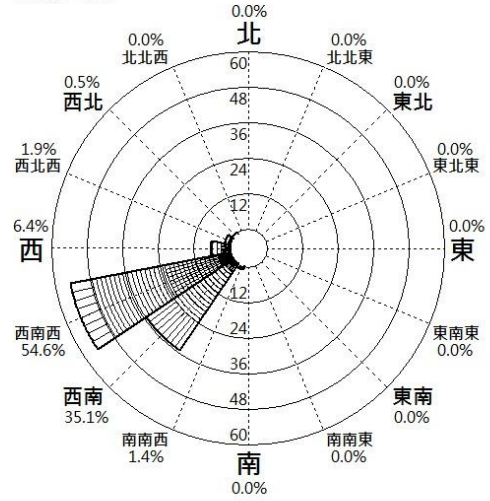


圖6.19 2015年7月高雄港測站波浪玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/08/01 00:10 - 2015/08/31 23:10
筆數： 729

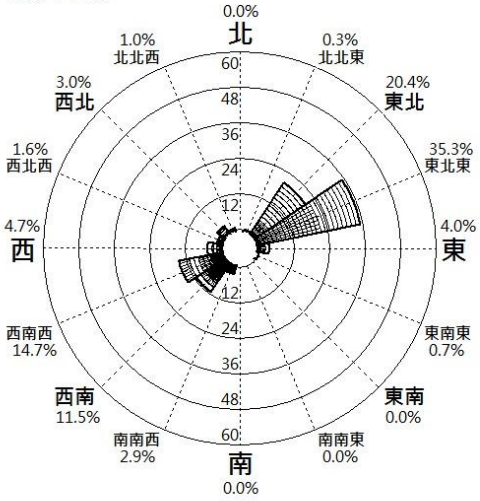
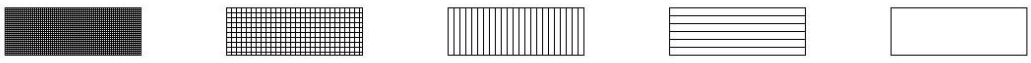


圖6.20 2015年8月高雄港測站波浪玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

高雄港波浪玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/09/01 00:10 - 2015/09/30 23:10
筆數： 696

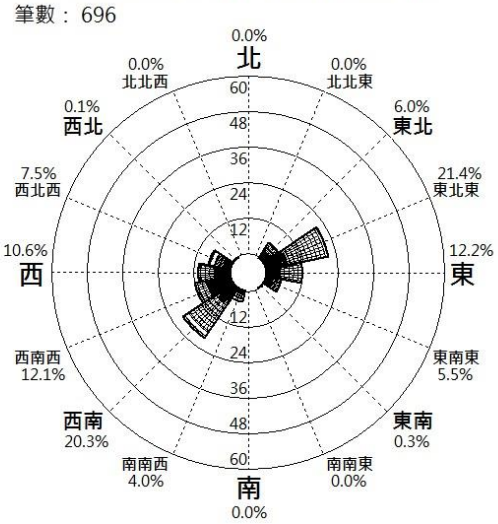


圖6.21 2015年9月高雄港測站波浪玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/10/01 00:10 - 2015/10/31 23:10
筆數： 738

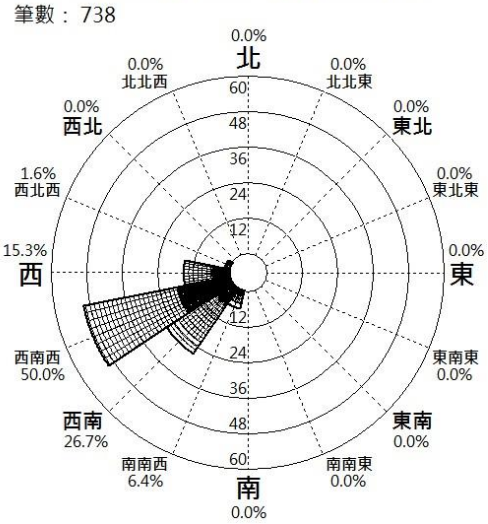


圖6.22 2015年10月高雄港測站波浪玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/11/01 00:10 - 2015/11/30 23:10
筆數： 708

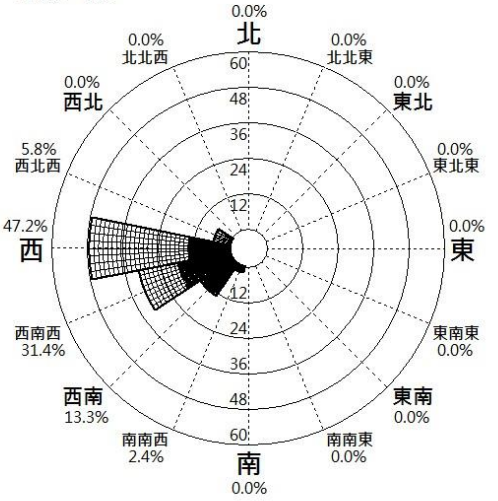


圖6.23 2015年11月高雄港測站波浪玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/12/01 00:10 - 2015/12/31 23:10
筆數： 738

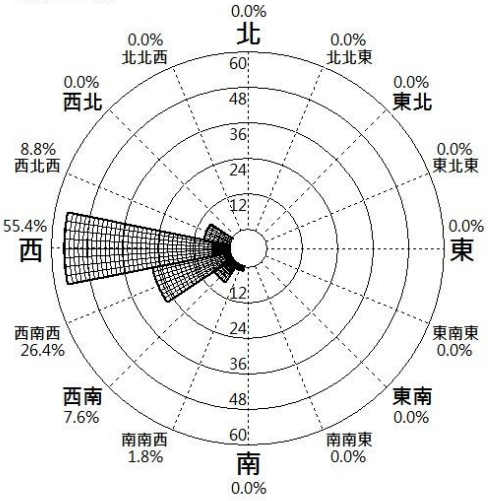
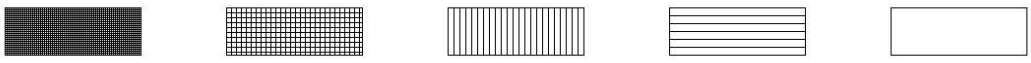


圖6.24 2015年12月高雄港測站波浪玫瑰圖



0.05 - 0.5m　0.5 - 1m　1 - 2m　2 - 5m　> 5m

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

高雄港海流玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/01/01 00:10 - 2015/01/31 23:10
筆數： 738

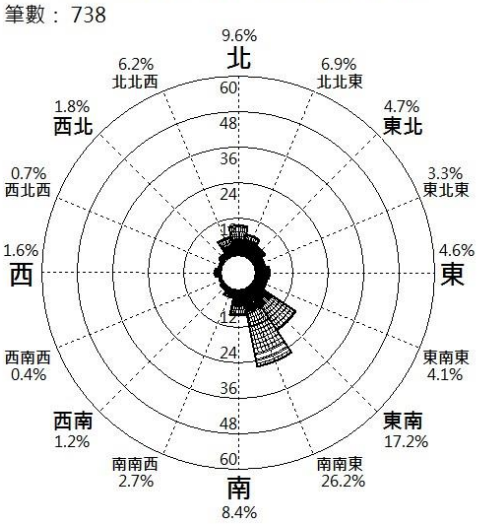


圖6.25 2015年1月高雄港測站海流玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/02/01 00:10 - 2015/02/28 23:10
筆數： 664

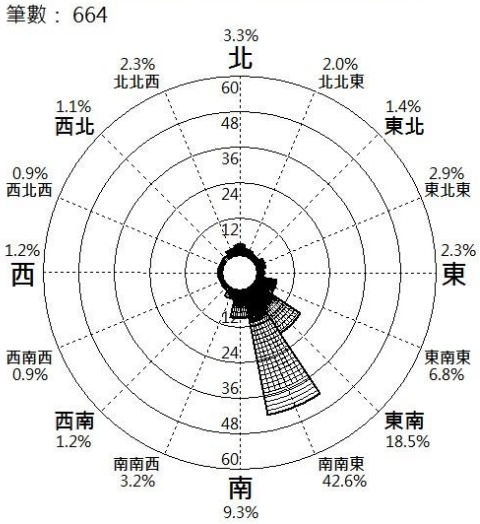


圖6.26 2015年2月高雄港測站海流玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/03/01 00:10 - 2015/03/31 23:10
筆數： 733

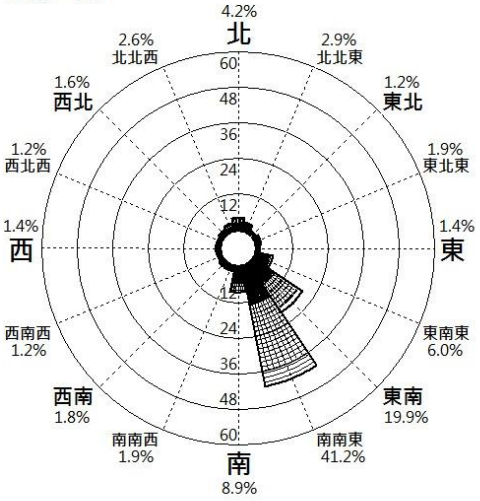


圖6.27 2015年3月高雄港測站海流玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/04/01 00:10 - 2015/04/30 23:10
筆數： 704

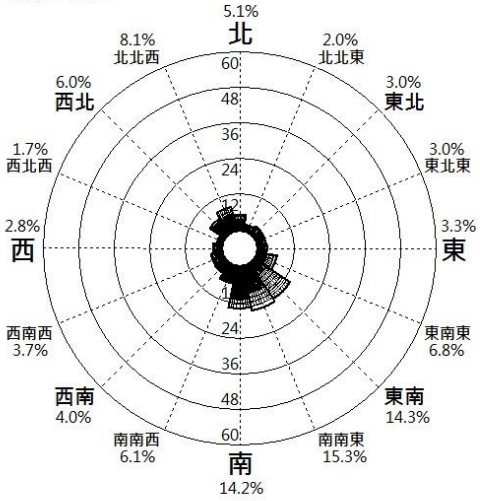
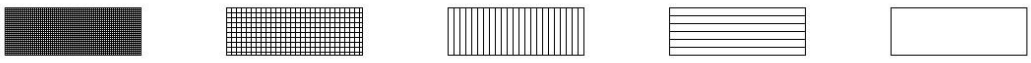


圖6.28 2015年4月高雄港測站海流玫瑰圖



1 - 20cm/s　20 - 40cm/s　40 - 60cm/s　60 - 80cm/s　> 80cm/s

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

高雄港海流玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/05/01 00:10 - 2015/05/31 23:10
筆數： 733

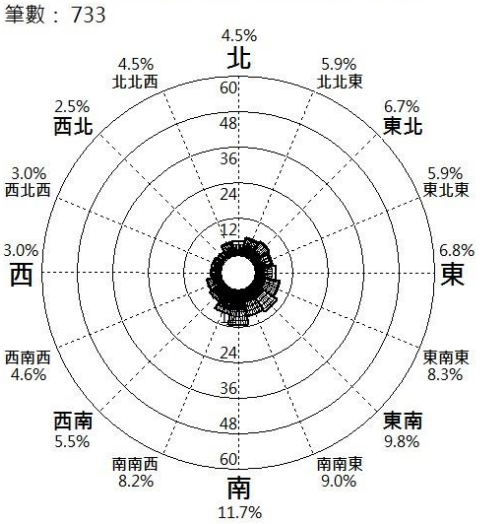


圖6.29 2015年5月高雄港測站海流玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/06/01 00:10 - 2015/06/30 23:10
筆數： 710

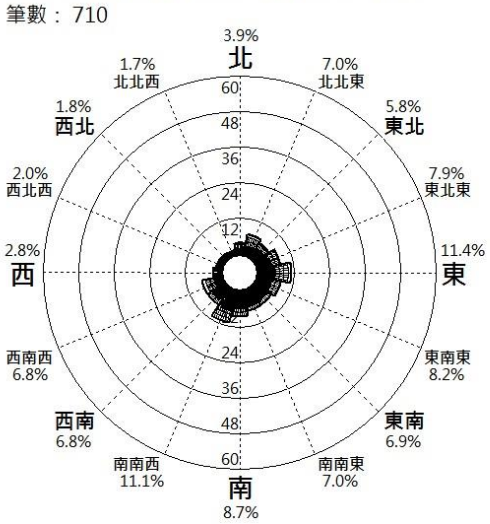


圖6.30 2015年6月高雄港測站海流玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/07/01 00:10 - 2015/07/31 23:10
筆數： 732

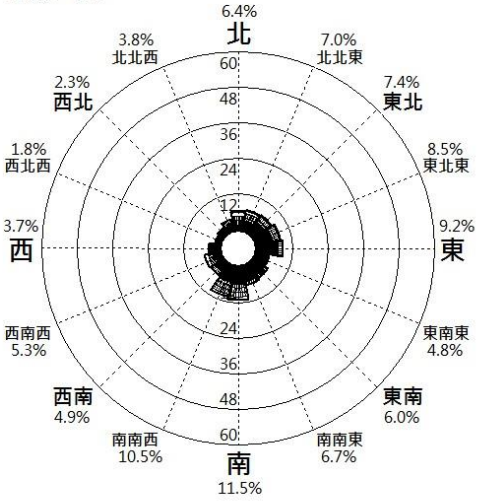


圖6.31 2015年7月高雄港測站海流玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/08/01 00:10 - 2015/08/31 23:10
筆數： 729

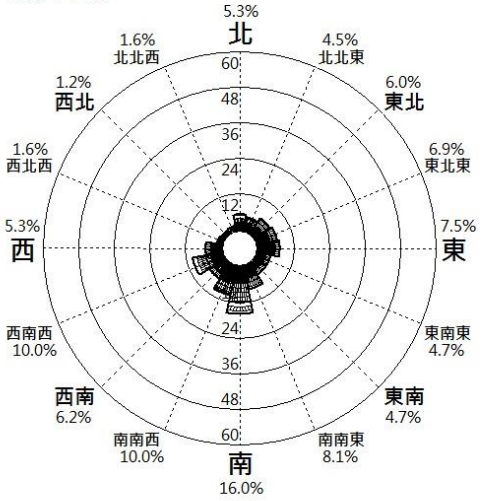
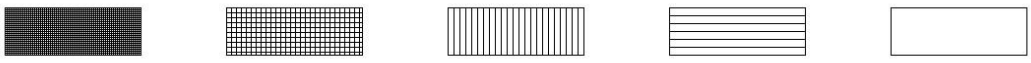


圖6.32 2015年8月高雄港測站海流玫瑰圖



1 - 20cm/s　20 - 40cm/s　40 - 60cm/s　60 - 80cm/s　> 80cm/s

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

高雄港海流玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/09/01 00:10 - 2015/09/30 23:10
筆數： 696

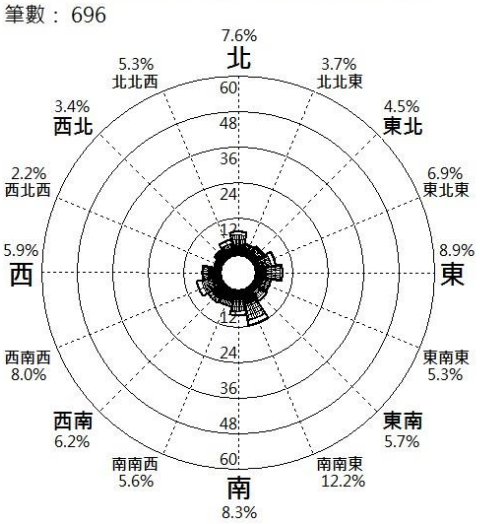


圖6.33 2015年9月高雄港測站海流玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/10/01 00:10 - 2015/10/31 23:10
筆數： 738

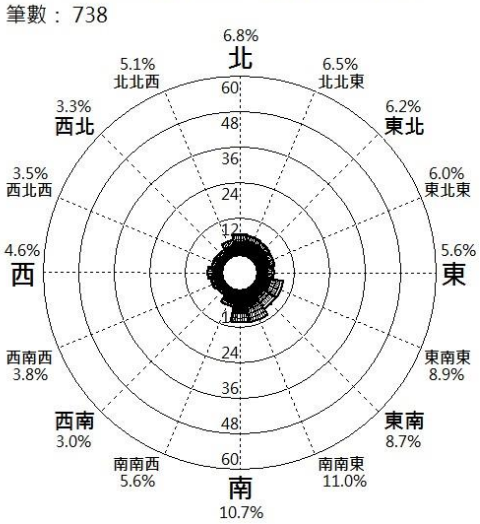


圖6.34 2015年10月高雄港測站海流玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/11/01 00:10 - 2015/11/30 23:10
筆數： 708

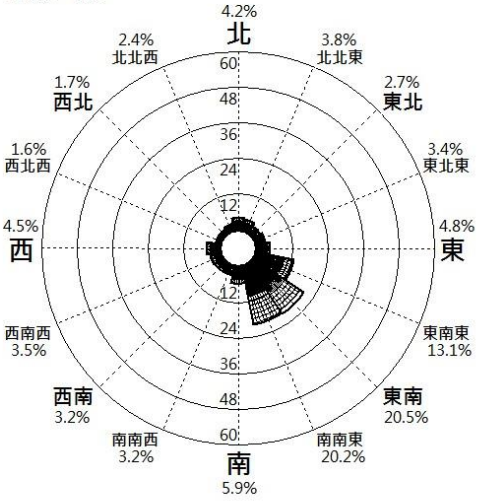


圖6.35 2015年11月高雄港測站海流玫瑰圖

站名： 高雄
日期： 2015/12/01 00:10 - 2015/12/31 23:10
筆數： 738

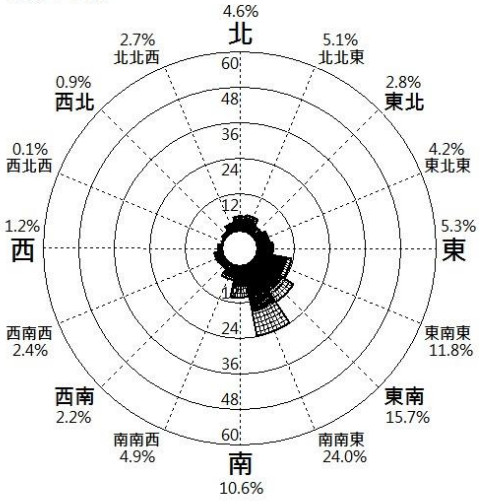
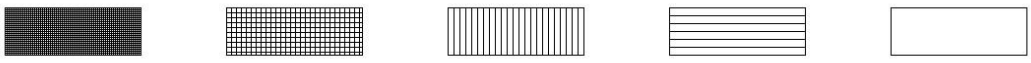


圖6.36 2015年12月高雄港測站海流玫瑰圖



1 - 20cm/s　20 - 40cm/s　40 - 60cm/s　60 - 80cm/s　> 80cm/s

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

高雄港風速風向玫瑰圖

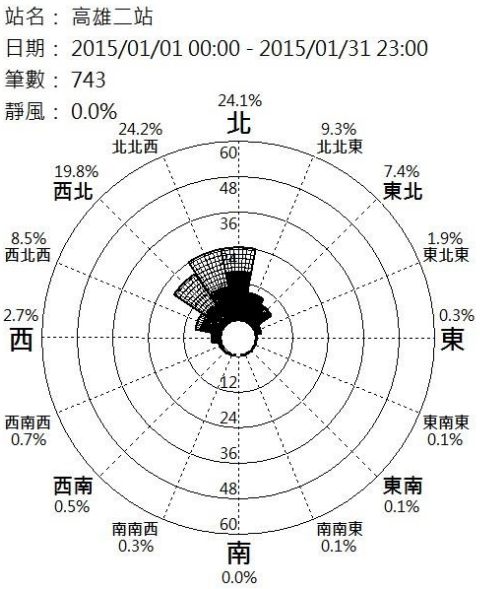


圖6.37 2015年1月高雄港測站風速風向玫瑰圖

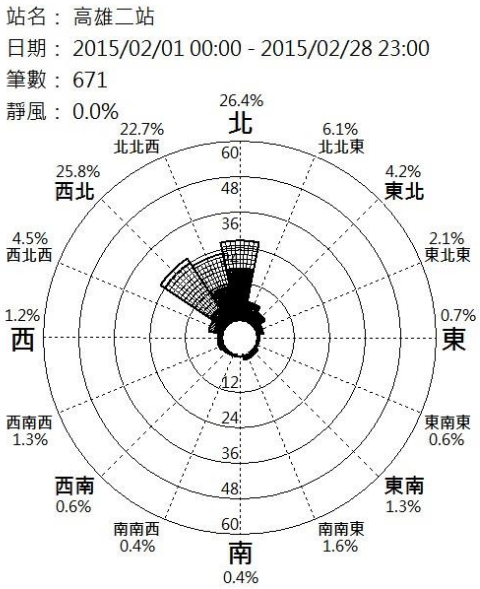


圖6.38 2015年2月高雄港測站風速風向玫瑰圖

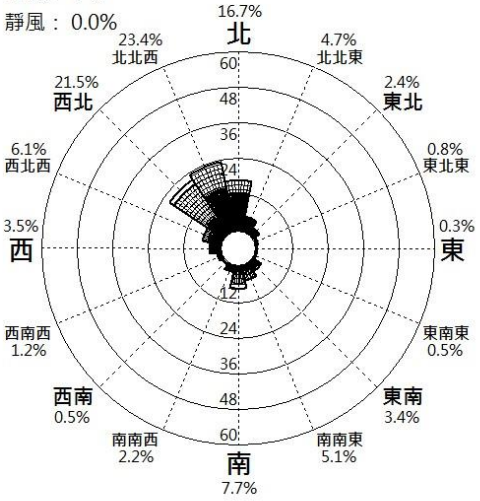


圖6.39 2015年3月高雄港測站風速風向玫瑰圖

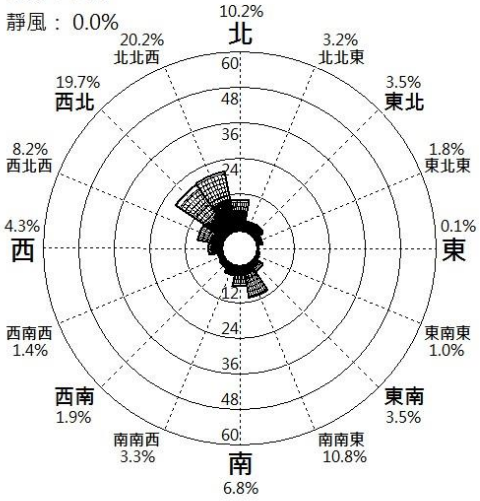
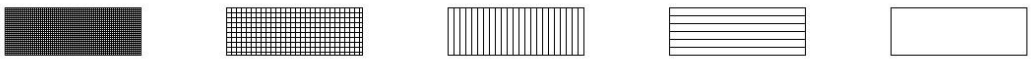


圖6.40 2015年4月高雄港測站風速風向玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

高雄港風速風向玫瑰圖

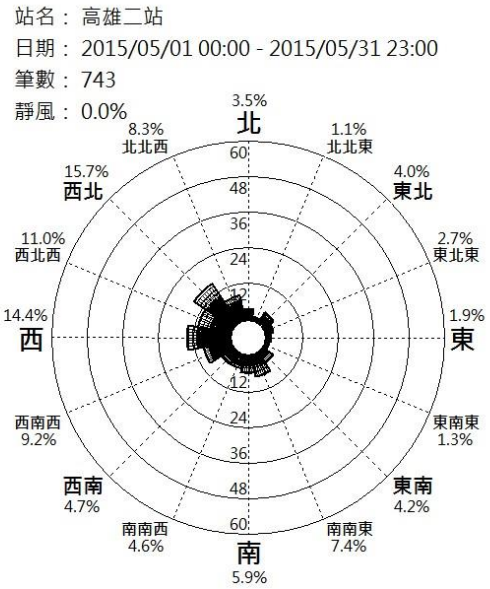


圖6.41 2015年5月高雄港測站風速風向玫瑰圖

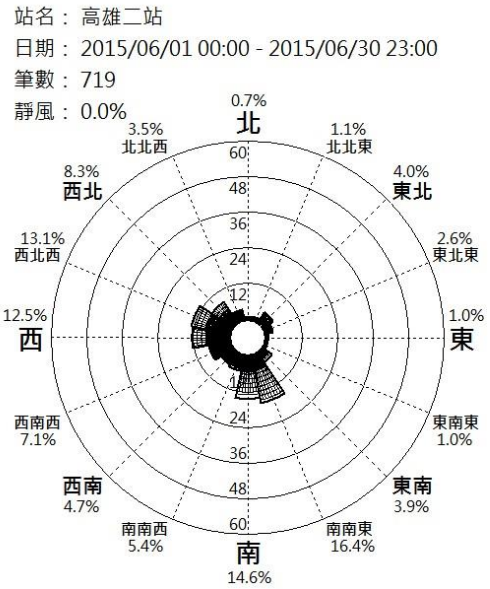


圖6.42 2015年6月高雄港測站風速風向玫瑰圖

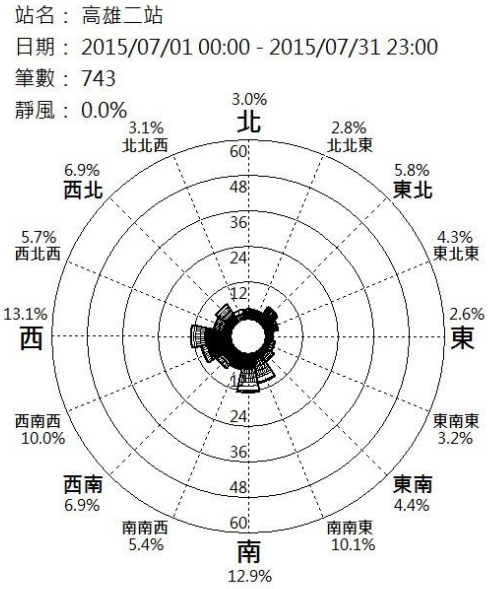


圖6.43 2015年7月高雄港測站風速風向玫瑰圖

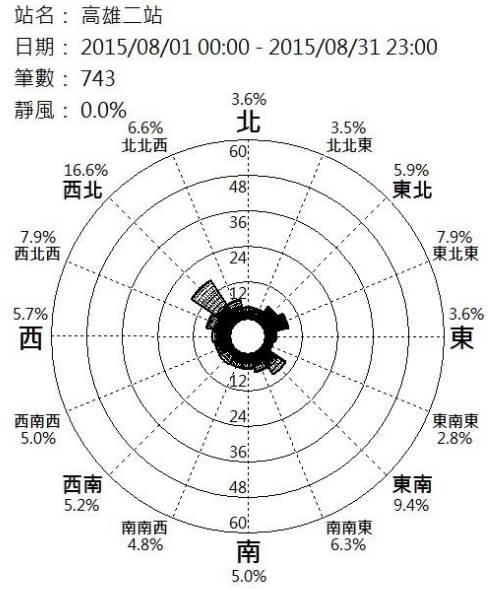
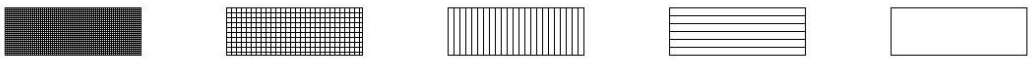


圖6.44 2015年8月高雄港測站風速風向玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

高雄港風速風向玫瑰圖

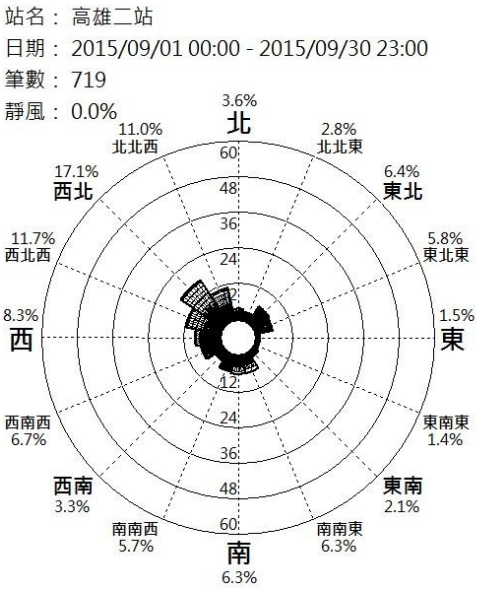


圖6.45 2015年9月高雄港測站風速風向玫瑰圖

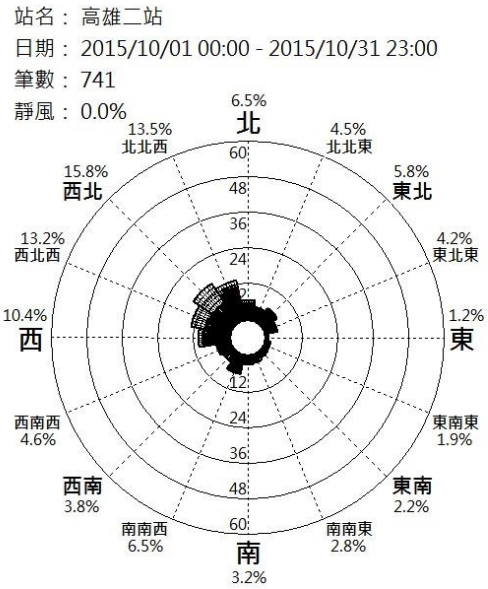


圖6.46 2015年10月高雄港測站風速風向玫瑰圖

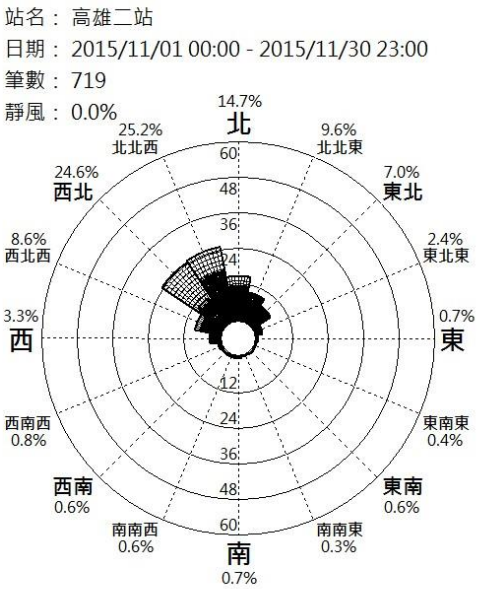


圖6.47 2015年11月高雄港測站風速風向玫瑰圖

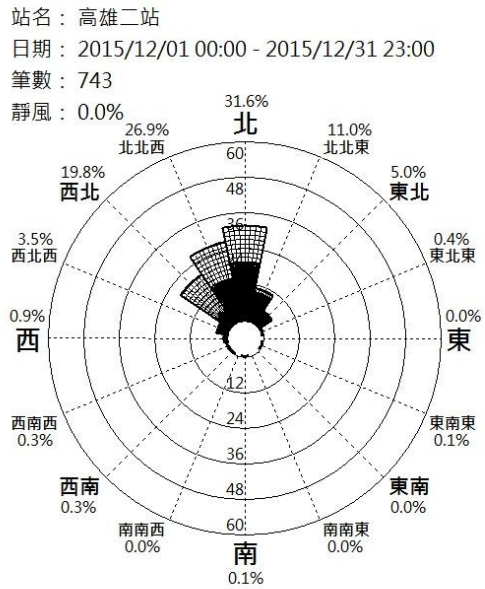
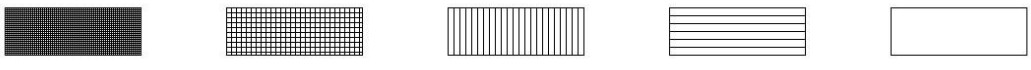


圖6.48 2015年12月高雄港測站風速風向玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

表6.1 高雄港測站示性波高、示性週期及波向統計表

年/月	觀測點數	H1/3 平均值 (m)	T1/3 平均值 (m)	H1/3 最大值 (m)	週期 (s)	波向 (來向)	H1/3 < 0.5m (%)	H1/3 0.5~1m (%)	H1/3 1~5m (%)	H1/3 >5m (%)	波向 北~東 (%)	波向 東~南 (%)	波向 南~西 (%)	波向 西~北 (%)	T1/3 < 6s (%)	T1/3 6~8s (%)	T1/3 8~10s (%)	T1/3 >10s (%)
2015/01	738(99%)	0.78	6.7	1.44	10.7	西南西	3.5	84.8	11.7	0.0	0.0	0.7	66.3	33.1	38.3	42.1	16.8	2.7
2015/02	664(99%)	0.75	6.6	1.27	9.8	西南西	7.7	86.6	5.7	0.0	0.0	0.6	71.7	27.7	34.3	53.2	12.5	0.0
2015/03	733(99%)	0.69	5.9	1.31	12.6	西南西	18.6	73.0	8.5	0.0	0.0	1.1	67.9	31.0	60.8	32.6	4.9	1.6
2015/04	704(98%)	0.55	6.0	1.42	16.5	西南西	42.3	56.3	1.4	0.0	0.0	2.4	62.5	35.1	67.0	21.7	1.3	9.9
2015/05	733(99%)	0.68	6.2	2.48	14.3	西南西	42.7	39.2	18.1	0.0	0.0	0.0	90.6	9.4	43.2	48.6	1.6	6.5
2015/06	710(99%)	0.80	6.5	2.47	11.0	西南西	33.7	40.6	25.8	0.0	0.0	0.0	99.6	0.4	43.7	33.2	20.7	2.4
2015/07	732(98%)	1.43	8.1	4.05	11.3	西南西	6.7	23.1	70.2	0.0	0.0	0.0	95.9	4.1	10.7	35.8	44.5	9.0
2015/08	729(98%)	1.11	7.9	5.80	16.8	東南	15.8	39.6	43.2	1.4	58.7	1.9	32.2	7.1	18.0	39.1	28.8	14.1
2015/09	696(97%)	0.64	6.2	3.03	9.1	南	38.1	53.0	8.9	0.0	33.5	11.9	41.5	13.1	40.5	47.4	12.1	0.0
2015/10	738(99%)	0.64	7.1	2.11	16.5	西南西	32.2	60.7	7.0	0.0	0.0	0.0	92.3	7.7	36.2	34.3	19.8	9.8
2015/11	708(98%)	0.52	5.9	1.02	16.7	西南西	45.1	54.8	0.1	0.0	0.0	0.0	73.6	26.4	65.0	25.0	9.5	0.6
2015/12	738(99%)	0.62	6.5	1.07	13.3	西	12.1	87.8	0.1	0.0	0.0	0.0	66.9	33.1	45.3	31.2	22.5	1.1

表6.2 高雄港測站示性波高分佈百分比(%)統計表

H1/3(m) 年/月	0 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 1.5	1.5 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 16	16 ~ 50	合計(%)
2015/01	3.5	84.8	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	7.7	86.6	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	18.6	73.0	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	42.3	56.3	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/05	42.7	39.2	15.4	1.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	33.7	40.6	12.8	8.7	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	6.7	23.1	33.3	17.5	15.7	3.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	15.8	39.6	25.2	12.3	3.0	2.1	0.5	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/09	38.1	53.0	4.9	1.4	2.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/10	32.2	60.7	3.9	2.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	45.1	54.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	12.1	87.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

表6.3 高雄港測站示性週期分佈百分比(%)統計表

T1/3(秒) 年/月	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 9	9 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 16	16 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 200	合計(%)
2015/01	0.0	1.4	11.2	25.7	26.6	15.6	3.9	12.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	0.2	1.7	8.7	23.8	24.2	28.9	10.2	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	0.0	4.1	22.4	34.4	23.5	9.1	4.0	1.0	0.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	3.3	10.1	27.7	26.0	15.2	6.5	0.4	0.9	1.7	7.8	0.4	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/05	3.5	11.5	9.7	18.6	32.7	15.8	0.1	1.5	1.0	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	1.3	6.8	12.0	23.7	25.1	8.2	11.4	9.3	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	0.0	0.1	1.1	9.4	16.4	19.4	22.5	22.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	3.2	6.4	2.5	5.9	21.1	18.0	25.0	3.8	1.9	10.4	1.8	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/09	2.3	8.6	12.1	17.5	17.8	29.6	11.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/10	0.9	3.7	9.1	22.5	18.6	15.7	9.3	10.4	7.5	2.0	0.3	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	1.7	3.7	22.5	37.1	16.1	8.9	5.6	3.8	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	0.0	3.4	14.9	27.0	19.6	11.5	11.9	10.6	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表6.4 高雄港測站波向分佈百分比(%)統計表

波向 年/月	北	北北東	東北	東北東	東	東南東	東南	南南東	南	南南西	西南	西南西	西	西北西	西北	北北西	合計(%)
2015/01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	10.7	9.8	22.9	34.6	15.7	2.0	0.0	100.0
2015/02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	19.6	14.5	17.8	24.5	14.9	0.9	0.0	100.0
2015/03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	14.5	12.7	15.8	32.5	12.4	2.2	0.0	100.0
2015/04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.8	0.1	0.0	4.0	24.7	17.8	11.5	10.8	20.5	8.5	0.0	100.0
2015/05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	28.9	46.5	16.9	3.3	0.5	0.0	100.0
2015/06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	23.9	62.5	6.5	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	35.1	54.6	6.4	1.9	0.5	0.0	100.0
2015/08	0.0	0.3	20.4	35.3	4.0	0.7	0.0	0.0	0.0	2.9	11.5	14.7	4.7	1.6	3.0	1.0	100.0
2015/09	0.0	0.0	6.0	21.4	12.2	5.5	0.3	0.0	0.0	4.0	20.3	12.1	10.6	7.5	0.1	0.0	100.0
2015/10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	26.7	50.0	15.3	1.6	0.0	0.0	100.0
2015/11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	13.3	31.4	47.2	5.8	0.0	0.0	100.0
2015/12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	7.6	26.4	55.4	8.8	0.0	0.0	100.0

表6.5 高雄港測站流速及流向統計表

年/月	觀測點數	流速 平均值 (cm/s)	流速/流向 最大值 (cm/s)(去向)	流速 <25cm/s (%)	流速 25~50cm/s (%)	流速 50~75cm/s (%)	流速 >75cm/s (%)	流向 北~東 (%)	流向 東~南 (%)	流向 南~西 (%)	流向 西~北 (%)
2015/01	738	019.8	075.5 / 南南東	72.0	25.7	2.0	0.3	21.3	56.0	8.1	14.6
2015/02	664	021.1	055.3 / 南	66.7	31.2	2.1	0.0	8.7	75.6	8.9	6.8
2015/03	733	021.1	062.4 / 東南	66.8	31.2	1.9	0.0	8.7	74.1	8.3	8.9
2015/04	704	017.4	074.8 / 東南	78.7	18.0	3.3	0.0	11.8	46.6	21.3	20.3
2015/05	733	019.9	061.0 / 北北東	69.2	28.4	2.5	0.0	24.1	36.3	26.2	13.4
2015/06	710	018.1	075.3 / 北北東	76.6	22.4	0.8	0.1	28.0	32.3	31.4	8.3
2015/07	732	018.7	082.7 / 北	78.1	19.1	2.6	0.1	31.1	27.9	28.3	12.7
2015/08	729	022.2	127.1 / 南	67.9	26.5	4.1	1.5	25.0	27.8	38.4	8.8
2015/09	696	023.6	074.4 / 東北東	60.6	35.3	4.0	0.0	21.8	34.1	26.4	17.7
2015/10	738	017.4	058.6 / 東南東	76.0	22.5	1.5	0.0	24.5	38.6	19.1	17.8
2015/11	708	015.9	060.2 / 東南東	83.1	16.2	0.7	0.0	15.0	60.7	14.5	9.7
2015/12	738	014.4	047.1 / 東南東	88.8	11.2	0.0	0.0	16.4	63.3	14.0	6.4

表6.6 高雄港測站流速分佈百分比(%)統計表

流速(cm/s)

年/月	0 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 20	20 ~ 25	25 ~ 30	30 ~ 35	35 ~ 40	40 ~ 45	45 ~ 50	50 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100	100 ~ 120	120 ~ 150	150 ~	合計(%)
2015/01	6.2	15.6	20.9	14.8	14.5	9.1	8.0	4.5	2.2	2.0	0.9	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	5.7	14.8	16.0	15.5	14.8	9.9	8.0	6.2	3.8	3.3	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	6.3	13.6	17.6	14.7	14.6	9.0	8.7	5.9	5.5	2.2	1.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	13.8	21.2	20.3	12.5	10.9	6.5	3.8	3.6	2.7	1.4	1.6	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/05	8.3	16.8	15.6	14.2	14.3	11.2	7.5	4.5	3.3	1.9	2.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	7.3	16.8	24.4	15.2	13.0	8.6	7.2	3.2	2.0	1.4	0.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	4.8	19.0	21.6	20.1	12.7	6.8	4.8	3.0	2.6	1.9	1.9	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	6.4	14.7	17.6	15.6	13.6	9.7	7.5	4.7	2.2	2.3	2.1	2.5	0.3	0.4	0.4	0.0	100.0
2015/09	3.6	10.5	17.5	14.4	14.7	8.8	9.1	8.9	4.7	3.9	2.9	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/10	10.4	21.4	17.6	15.9	10.7	8.7	5.7	4.7	2.7	0.7	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	12.3	21.8	19.4	15.8	13.8	7.1	4.5	1.7	1.7	1.3	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	12.1	24.1	20.7	19.6	12.2	5.0	3.3	2.3	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表6.7 高雄港測站流向分佈百分比(%)統計表

流向

年/月	北	北北東	東北	東北東	東	東南東	東南	南南東	南	南南西	西南	西南西	西	西北西	西北	北北西	合計(%)
2015/01	9.6	6.9	4.9	3.3	4.6	4.1	17.2	26.2	8.4	2.8	1.2	0.4	1.6	0.8	1.8	6.2	100.0
2015/02	3.5	2.0	1.4	2.9	2.3	6.8	18.5	42.6	9.5	3.2	1.2	0.9	1.2	0.9	1.1	2.3	100.0
2015/03	4.4	3.0	1.2	2.0	1.5	6.1	19.9	41.2	8.9	1.9	1.8	1.2	1.4	1.2	1.6	2.6	100.0
2015/04	5.1	2.0	3.0	3.1	3.3	6.8	14.5	15.3	14.2	6.3	4.0	3.7	2.8	1.8	6.0	8.1	100.0
2015/05	4.5	5.9	6.7	5.9	6.8	8.3	10.0	9.0	11.7	8.2	5.5	4.6	3.0	3.0	2.5	4.5	100.0
2015/06	3.9	7.0	5.8	7.9	11.4	8.2	6.9	7.0	8.9	11.1	6.8	6.8	2.8	2.0	1.8	1.7	100.0
2015/07	6.4	7.0	7.4	8.6	9.2	4.8	6.1	6.7	11.5	10.5	4.9	5.3	3.7	1.8	2.3	3.8	100.0
2015/08	5.3	4.5	6.0	6.9	7.5	4.7	4.7	8.1	16.0	10.0	6.2	10.0	5.3	1.8	1.2	1.6	100.0
2015/09	7.6	3.7	4.5	6.9	8.9	5.3	5.7	12.2	8.5	5.6	6.2	8.0	5.9	2.2	3.4	5.3	100.0
2015/10	6.9	6.5	6.2	6.1	5.6	8.9	8.8	11.0	10.8	5.6	3.0	3.8	4.7	3.5	3.3	5.3	100.0
2015/11	4.2	4.0	2.7	3.4	5.1	13.4	20.5	20.2	5.9	3.2	3.2	3.5	4.7	1.6	1.7	2.7	100.0
2015/12	4.6	5.1	2.8	4.3	5.3	11.8	16.0	24.1	10.8	5.1	2.2	2.4	1.4	0.1	0.9	2.8	100.0

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

表6.8 高雄港測站風速及風向統計表

年/月	觀測點數	風速 平均值 (m/s)	風速/風向 最大值 (m/s)(來向)	風速 <5m/s (%)	風速 5~10m/s (%)	風速 10~15m/s (%)	風速 >15m/s (%)	風向 北~東 (%)	風向 東~南 (%)	風向 南~西 (%)	風向 西~北 (%)	靜風 (%)
2015/01	743	4.8	12.8 / 北北西	62.4	35.7	1.9	0.0	26.8	0.7	2.3	70.3	0.0
2015/02	671	5.1	12.5 / 西北	53.5	42.2	4.3	0.0	24.3	4.2	3.1	68.4	0.0
2015/03	743	5.0	12.5 / 西北	58.1	36.7	5.1	0.0	15.3	13.9	8.9	61.9	0.0
2015/04	719	5.1	13.9 / 西北	54.1	40.5	5.4	0.0	11.5	19.5	11.4	57.6	0.0
2015/05	743	4.0	13.3 / 東南	71.6	25.4	3.0	0.0	10.2	17.0	27.7	45.1	0.0
2015/06	719	4.4	13.3 / 南	63.6	32.5	3.9	0.0	8.8	28.4	30.2	32.7	0.0
2015/07	743	5.4	17.3 / 南	58.3	29.6	9.7	2.4	15.5	25.6	37.0	21.9	0.0
2015/08	743	4.8	29.5 / 西北	67.0	25.2	4.7	3.1	21.4	21.7	20.1	36.9	0.0
2015/09	719	4.7	23.0 / 西	68.7	24.9	4.5	1.9	18.2	13.2	23.4	45.2	0.0
2015/10	741	3.5	10.0 / 西北	80.8	18.9	0.3	0.0	17.8	8.6	22.8	50.7	0.0
2015/11	719	3.9	10.1 / 西北	71.9	28.0	0.1	0.0	25.3	1.8	3.2	69.7	0.0
2015/12	743	4.7	12.0 / 北北西	59.1	40.1	0.8	0.0	29.5	0.1	0.9	69.4	0.4

表6.9 高雄港測站風速分佈百分比(%)統計表

風速(m/s) 年/月	0 ~ 1	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 14	14 ~ 16	16 ~ 18	18 ~ 20	20 ~ 30	30 ~	合計(%)
2015/01	0.4	3.8	14.8	24.0	19.5	12.4	8.7	6.7	7.8	1.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	1.0	6.3	14.5	18.2	13.6	11.2	12.7	9.1	9.2	4.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	0.9	5.7	13.3	18.3	19.9	12.4	9.7	6.3	8.3	4.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	0.8	6.4	13.8	19.5	13.6	13.9	10.3	6.8	9.5	3.8	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/05	4.0	16.7	19.1	17.8	14.0	9.3	6.5	4.6	5.1	2.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	3.2	13.1	18.1	17.0	12.2	12.7	7.5	4.9	7.5	3.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	0.5	9.7	15.5	20.1	12.5	9.6	9.2	5.0	5.9	4.2	3.6	3.4	0.9	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	3.1	13.9	20.9	17.0	12.2	9.8	5.4	4.6	5.4	2.8	1.2	0.9	0.7	0.5	1.6	0.0	100.0
2015/09	2.2	11.0	19.7	18.9	16.8	7.5	7.6	4.7	5.0	2.4	1.5	1.0	0.0	0.1	1.4	0.0	100.0
2015/10	3.4	13.9	27.0	24.0	12.6	9.6	5.1	3.0	1.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	1.5	11.8	25.3	20.3	12.9	9.5	9.3	6.1	3.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	0.9	5.1	14.1	21.1	17.8	14.5	12.0	8.2	5.4	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表6.10 高雄港測站風向分佈百分比(%)統計表

風向 年/月	北	北北東	東北	東北東	東	東南東	東南	南南東	南	南南西	西南	西南西	西	西北西	西北	北北西	靜風(%)
2015/01	24.1	9.3	7.4	1.9	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.3	0.5	0.7	2.7	8.5	19.8	24.2	0.0
2015/02	26.4	6.1	4.2	2.1	0.7	0.6	1.3	1.6	0.4	0.4	0.6	1.3	1.2	4.5	25.8	22.7	0.0
2015/03	16.7	4.7	2.4	0.8	0.3	0.5	3.4	5.1	7.7	2.2	0.5	1.2	3.5	6.1	21.5	23.4	0.0
2015/04	10.2	3.2	3.5	1.8	0.1	1.0	3.5	10.8	6.8	3.3	1.9	1.4	4.3	8.2	19.7	20.2	0.0
2015/05	3.5	1.1	4.0	2.7	1.9	1.3	4.2	7.4	5.9	4.6	4.7	9.2	14.4	11.0	15.7	8.3	0.0
2015/06	0.7	1.1	4.0	2.6	1.0	1.0	3.9	16.4	14.6	5.4	4.7	7.1	12.5	13.1	8.3	3.5	0.0
2015/07	3.0	2.8	5.8	4.3	2.6	3.2	4.4	10.1	12.9	5.4	6.9	10.0	13.1	5.7	6.9	3.1	0.0
2015/08	3.6	3.5	5.9	7.9	3.6	2.8	9.4	6.3	5.0	4.8	5.2	5.0	5.7	7.9	16.6	6.6	0.0
2015/09	3.6	2.8	6.4	5.8	1.5	1.4	2.1	6.3	6.3	5.7	3.3	6.7	8.3	11.7	17.1	11.0	0.0
2015/10	6.5	4.5	5.8	4.2	1.2	1.9	2.2	2.8	3.2	6.5	3.8	4.6	10.4	13.2	15.8	13.5	0.0
2015/11	14.7	9.6	7.0	2.4	0.7	0.4	0.6	0.3	0.7	0.6	0.6	0.8	3.3	8.6	24.6	25.2	0.0
2015/12	31.6	11.0	5.0	0.4	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.3	0.9	3.5	19.8	26.9	0.0

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

第七章

2015 年臺中港海氣象資料分析與特性

第七章　2015 年臺中港海氣象資料分析與特性

7.1 觀測方法

臺中港觀測站使用挪威 NORTEK 公司的 AWCP 即時傳送剖面海流與波浪監測系統儀器(詳見圖 2.9)。

7.1.1 波浪的量測

取樣頻率都設定為 1Hz，每小時取樣 2048 筆資料，亦即波高精度在每 1.0 秒間隔內分別量測所得速度 U、V、W 向量與壓力量，量測取得之資料再作整合而得到波高、波向的資料。

7.1.2 水位的量測

壓力感應器所測得之壓力訊號可轉換為水位訊號，取樣頻率亦設定為每小時觀測 6 分鐘之平均水位值。

7.1.3 海流的量測

剖面海流流速的量測可以依照使用在不同水深即自固定在海床上之儀器位置到水表面來設定量測不同的間距，臺中港海氣象觀測站水深 25 公尺間距設定為 1 公尺，每小時連續量測 600 秒，再將總和平均代表其每一間距層之海流流速、流向等資料，記錄在感應器內，並每隔 1 小時經由海底電纜傳訊回接收站之電腦中儲存。

7.1.4 溫度的量測

內建於感應器上，操作環境在-4℃~40℃間其精度 0.1℃；全部之原始資料先儲存於水中感應儀器之記錄器中，俟全部量測結束後即每小時之第 44 分鐘後再經由海底電纜傳回各觀測站之電腦儲存。待本所港研中心接收站取得之原始波浪記錄，經利用程式轉換可做波高、波向的統計分析與波譜分析，可供各港務局之船舶交通管理系統 VTMS 連線做即時傳送與學術單位進一步分析研究參考。

7.2 臺中港基本資料分析與特性

7.2.1 海流、水位

如圖 7.1~圖 7.12 為 2015 年 1 月 01 日~2015 年 12 月 31 日間在臺中港北防波堤白燈塔外海處蒐集之海流、水溫、水位之原始記錄資料，記錄資料甚為良好，資料為上層逐時變化圖，所觀測之海流流向有週期性往復運動，海流運方向主要集中在沿海岸平行方向，且隨潮流漲落改變方向；主軸為東與西向，即退潮時段流向為東，漲潮時段流向為西，大潮時其流速甚強，最大流速約可達 1.5~2.0 節左右。綜觀其水位，如圖 7.1~7.12 內之潮汐部份所示為 2015 年 1 月至 2015 年 12 月典型的逐時潮位變化圖，臺中港潮位主要成份為半日潮，全日潮為輔；亦即臺中港的潮汐主要由全日潮及半日潮組成的複合潮，但半日潮的成份大於全日潮。

7.2.2 波浪

由波浪資料分析分別考慮夏季季風波浪及颱風波浪，整理如下說明。

1. 冬季季風波浪

如圖 7.1、圖 7.1 及圖 7.12 為 2015 年 1、2、12 月，可顯示在冬季波浪資料，基本上當東北季風鋒面過境亦是東北季風盛行的型態，經計算出之玫瑰統計圖(如圖 7.13、圖 7.14 及圖 7.24)顯示，有義波高大部份在 2~5 公尺間，週期一般在 6-8 秒間，波向以北至北北東為主。

2. 颱風波浪

臺中港之颱風波浪之逐時波浪變化圖如圖 7.3~圖 7.11，其實測有義波高(1) 巴威颱風 3 月 18 日 19 時測得最大有義波高 1.19 公尺、週期 4.9 秒，波浪來向 29.3 度；(2) 梅沙颱風於 4 月 8 日 01 時測得最大之有義波為 3.64 公尺、週期 9.7 秒，波浪來向 8.9 度；(3) 有發佈警報的紅霞颱風於 5 月 12 日 14 時測到最大之有義波為 1.86 公尺、週期 6.2 秒，波浪來向 17.0 度；(4) 白海豚颱風 5 月 21 日 10 時測得最大有義波高為 2.05 公尺、週期 7.5 秒，波浪來向 17.4 度；(5) 有發佈警報的昌鴻颱風 7 月 10 日 17 時測得最大有義波高為 2.91 公尺、週期 8.5 秒，波浪

來向 15.9 度；(6) 有發佈警報的蓮花颱風 7 月 06 日 22 時測得最大有義波高為 3.0 公尺、週期 9.3 秒，波浪來向 16.5 度；(7) 南卡颱風 7 月 20 日 04 時測得最大有義波高為 1.39 公尺、週期 5.3 秒，波浪來向 34.4 度；(8) 哈洛拉颱風 7 月 24 日 18 時測得最大有義波高為 1.04 公尺、週期 3.8 秒，波浪來向 45.3 度；(9) 有發佈警報的蘇迪勒颱風 8 月 08 日 05 時測得最大有義波高為 10.95 公尺、週期 9.1 秒，波浪來向 358.0 度；(10) 有發佈警報的天鵝颱風 8 月 22 日 04 時測得最大有義波高為 2.39 公尺、週期 7.6 秒，波浪來向 17.2 度；(11) 閃電颱風 8 月 22 日 18 時測得最大有義波高為 2.83 公尺、週期 8.1 秒，波浪來向 1.3 度；(12) 有發佈警報的杜鵑颱風 9 月 28 日 19 時測得最大有義波高為 8.68 公尺、週期 10.0 秒，波浪來向 9.6 度。；(13) 彩虹颱風 10 月 06 日 16 時測得最大有義波高為 2.8 公尺、週期 6.6 秒，波浪來向 28.2 度；(14) 彩霞颱風 10 月 09 日 17 時測得最大有義波高為 3.17 公尺、週期 8.4 秒，波浪來向 13.8 度；(15) 巨爵颱風 10 月 21 日 01 時測得最大有義波高為 4.35 公尺、週期 8.1 秒，波浪來向 19.4 度；(16) 烟花颱風 11 月 26 日 04 時測得最大有義波高為 3.52 公尺、週期 8.4 秒，波浪來向 14.5 度。

3. 夏季季風波浪

夏季月份之風玫瑰圖(如圖 7.42 至圖 7.45)，顯示風向集中在南及南南西方向為主，風速在 5~10m/s 佔 16%左右，是屬夏季季風型態。由於夏季季節動量傳遞作用明顯常使臺中港風速出現日變化，所以臺中港的風速常於午後漸增大，傍晚開始減弱，而於午夜至翌日清晨風速最小，如圖 7.6~圖 7.9 及各月份之風玫瑰圖(圖 7.42~圖 7.45)所顯示。

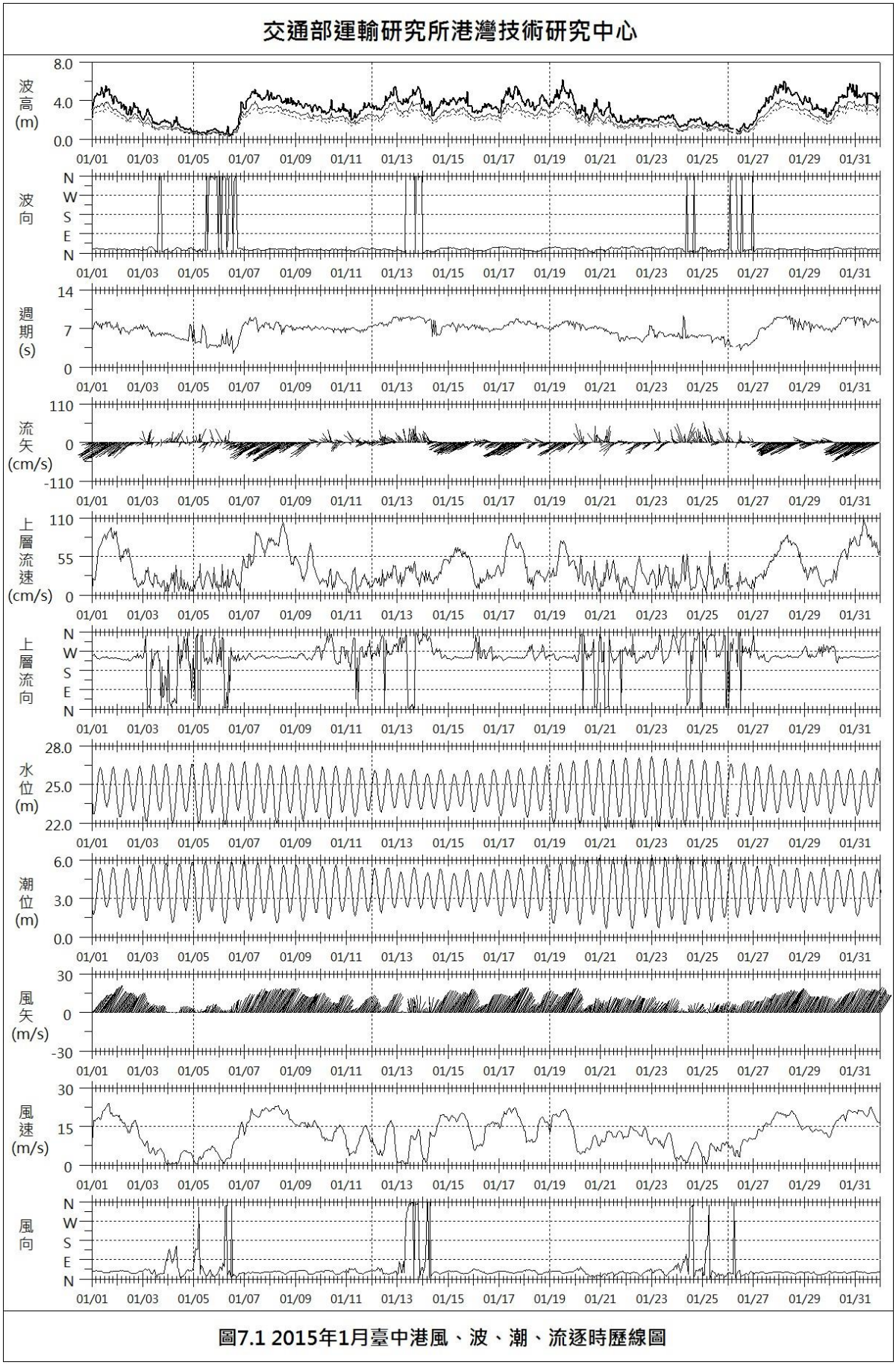


圖7.1 2015年1月臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

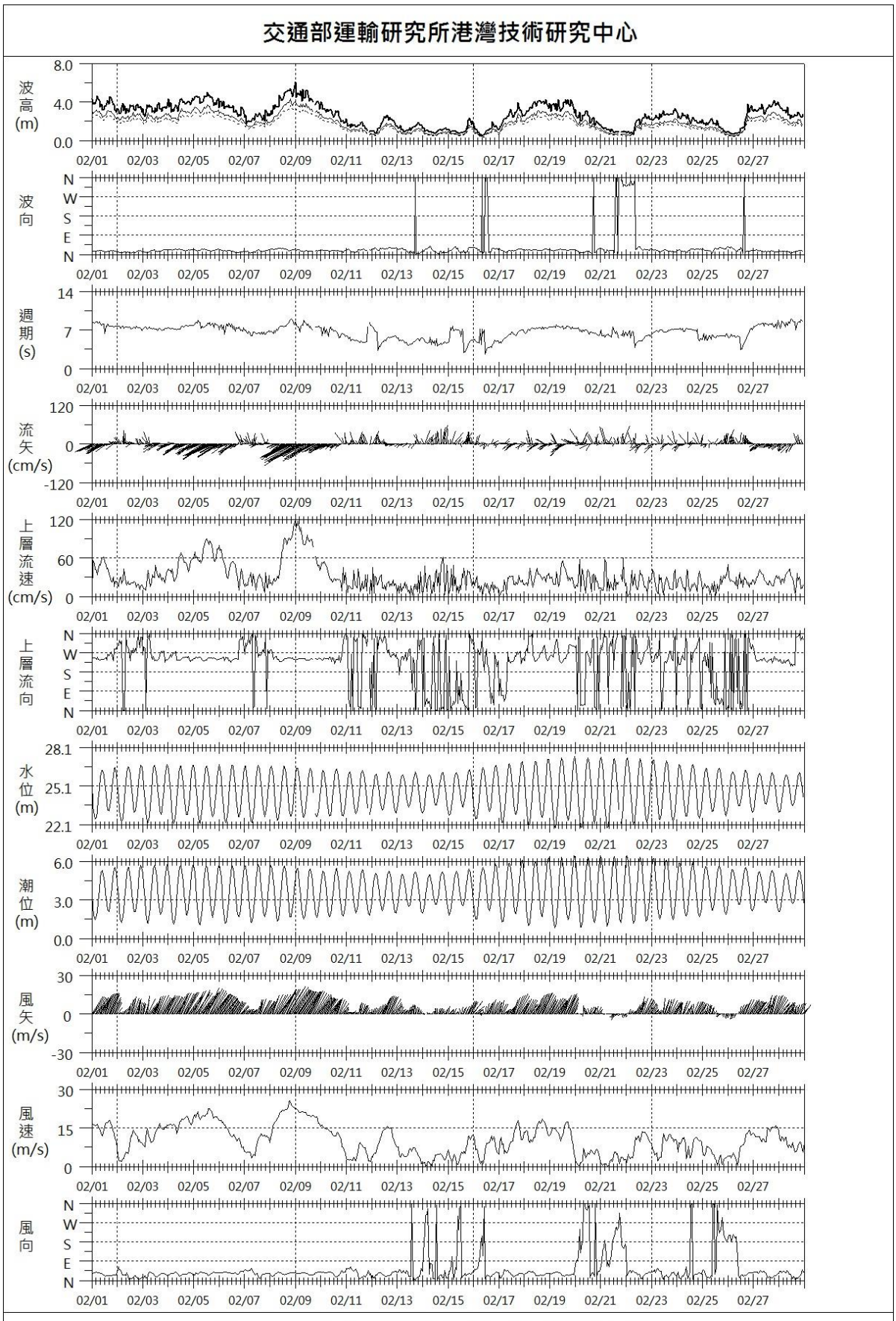


圖7.2 2015年2月臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

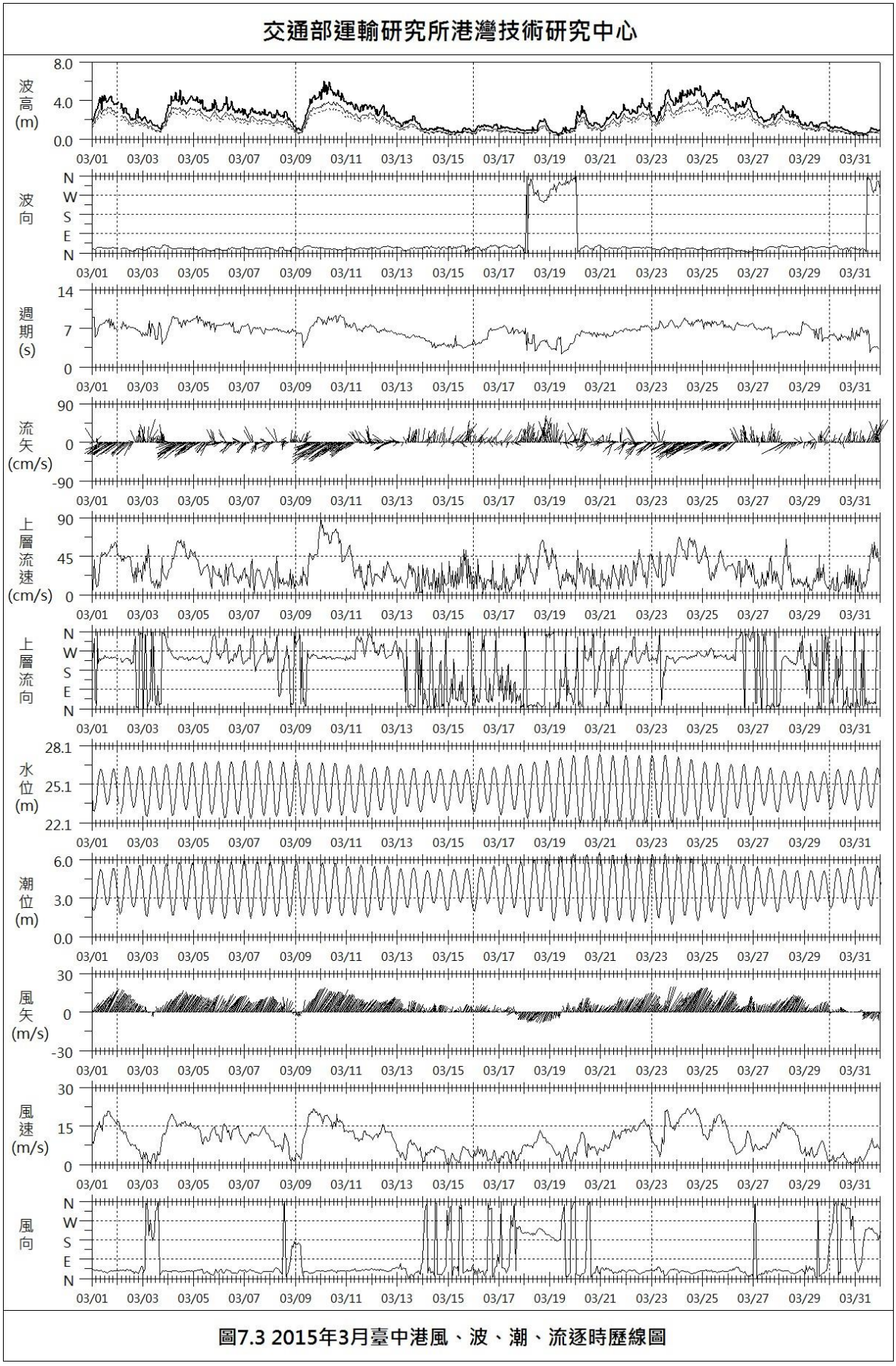


圖7.3 2015年3月臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

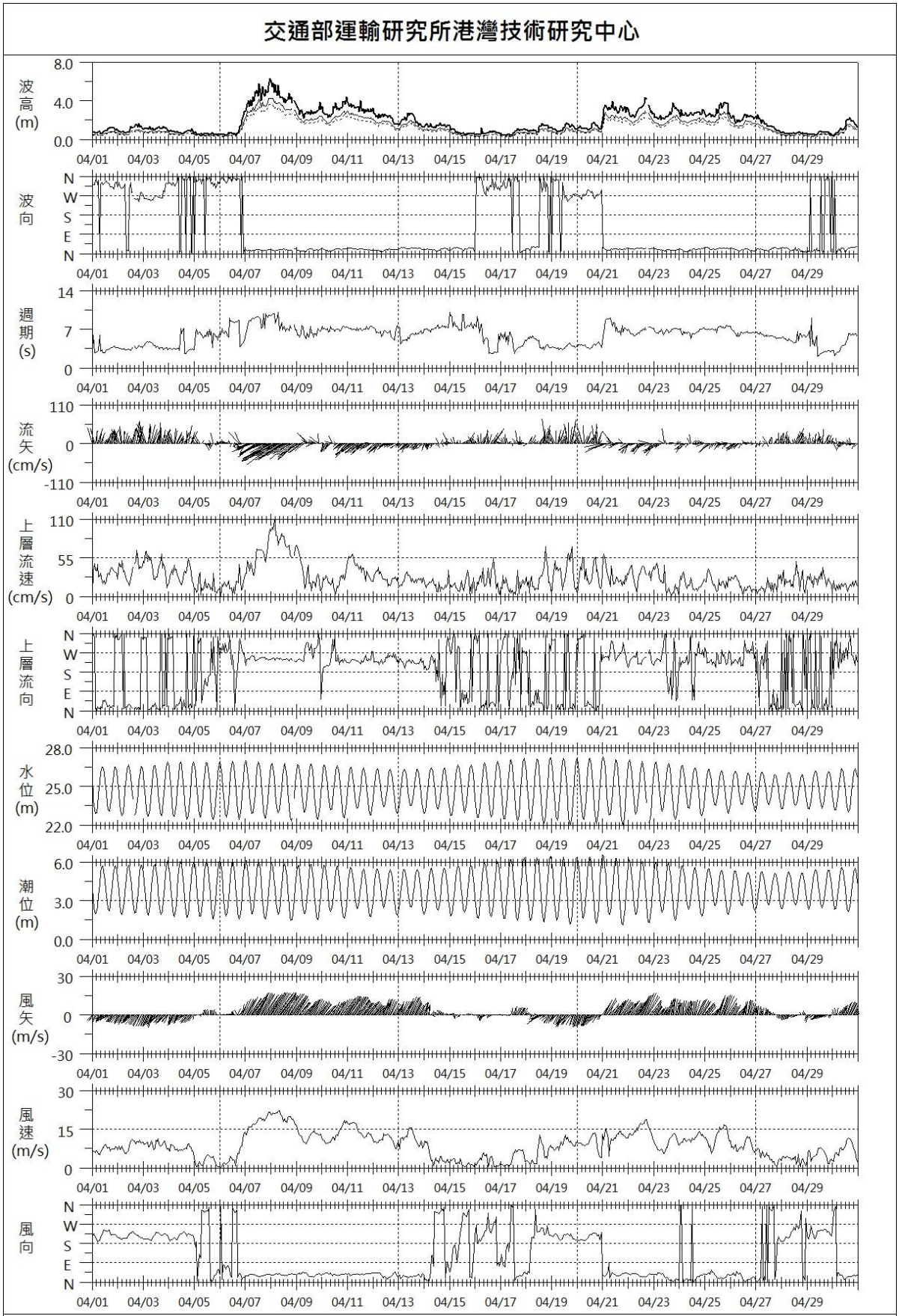


圖7.4 2015年4月臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

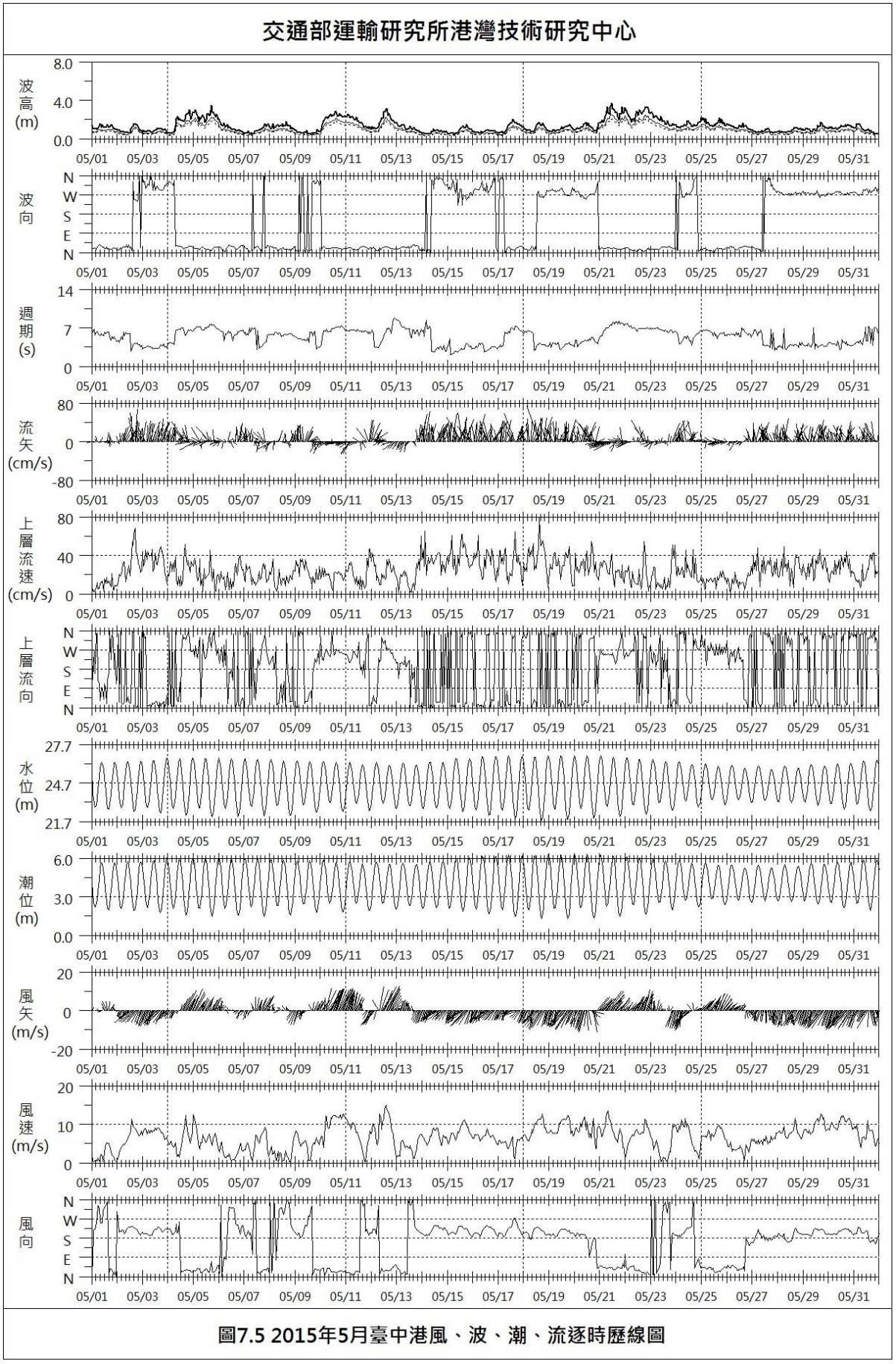


圖7.5 2015年5月臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

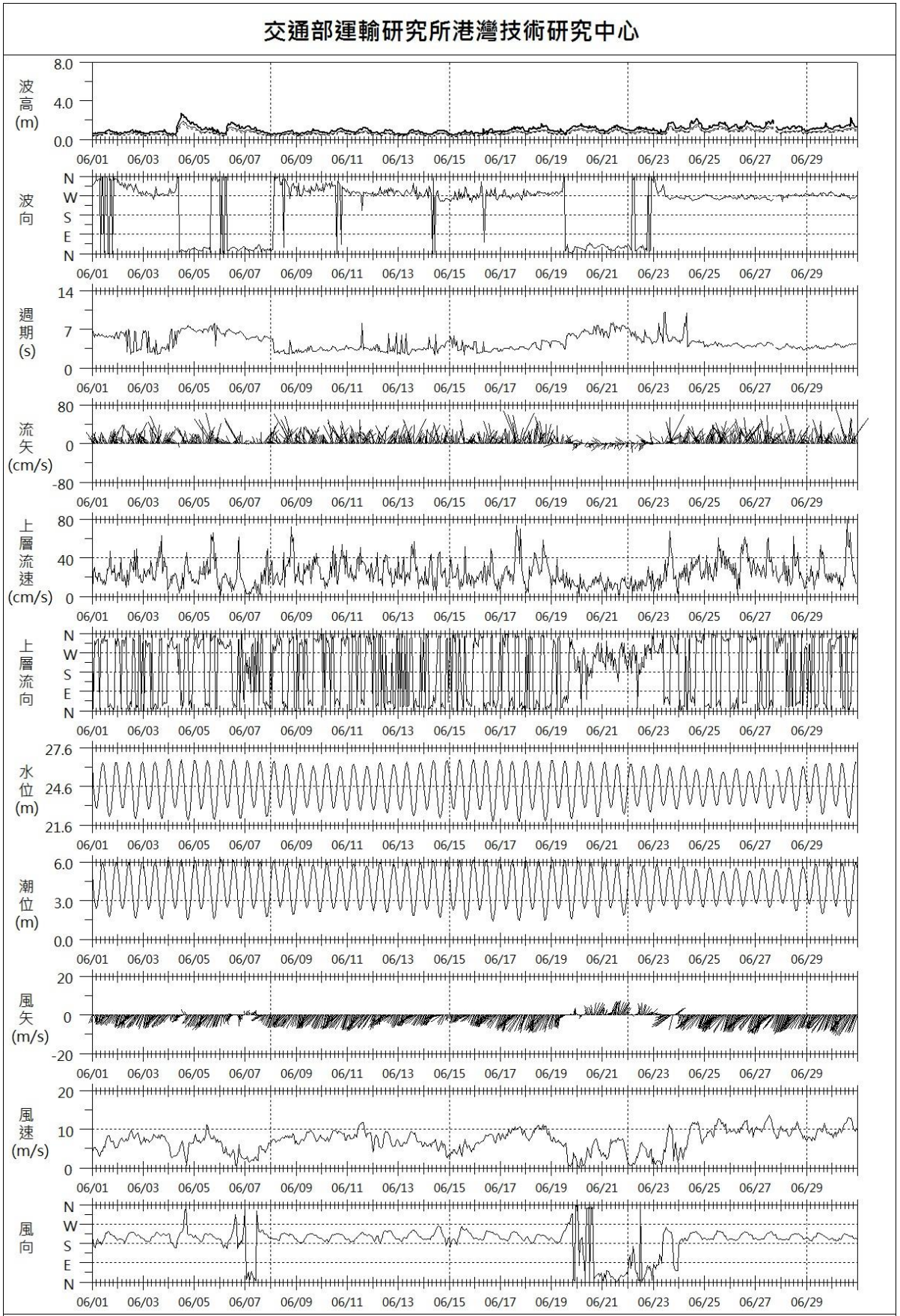


圖7.6 2015年6月臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

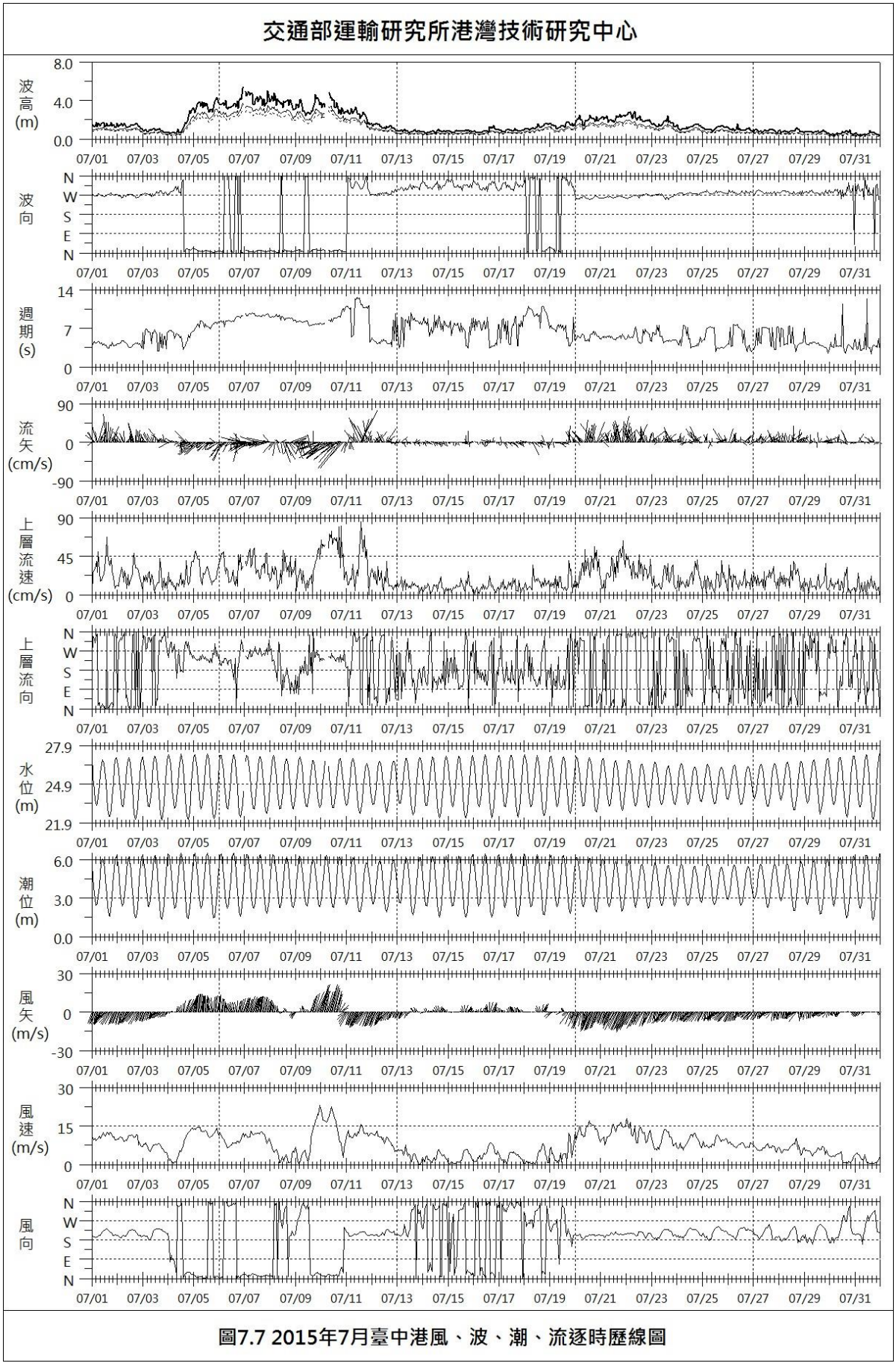


圖7.7 2015年7月臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

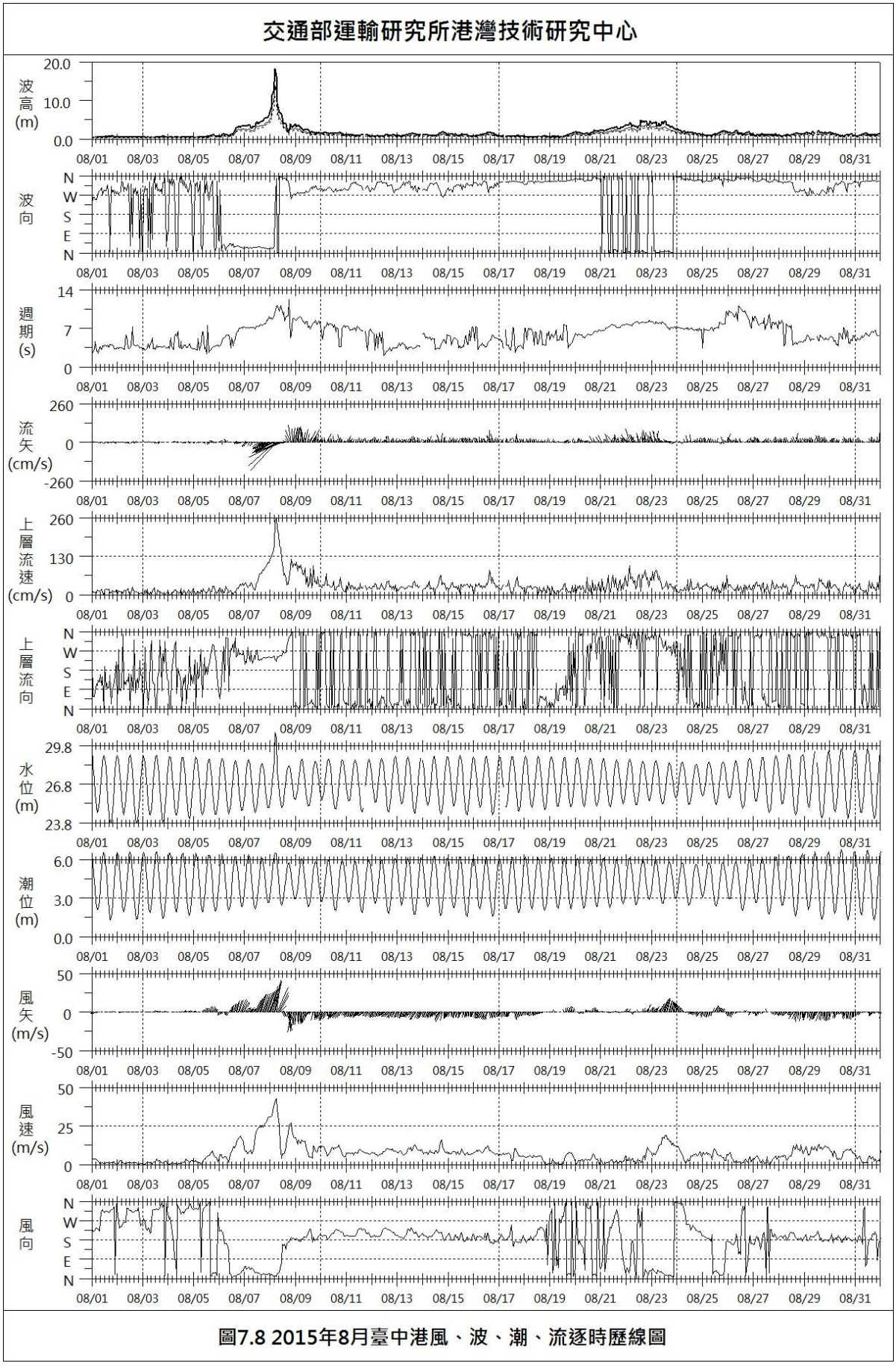


圖7.8 2015年8月臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

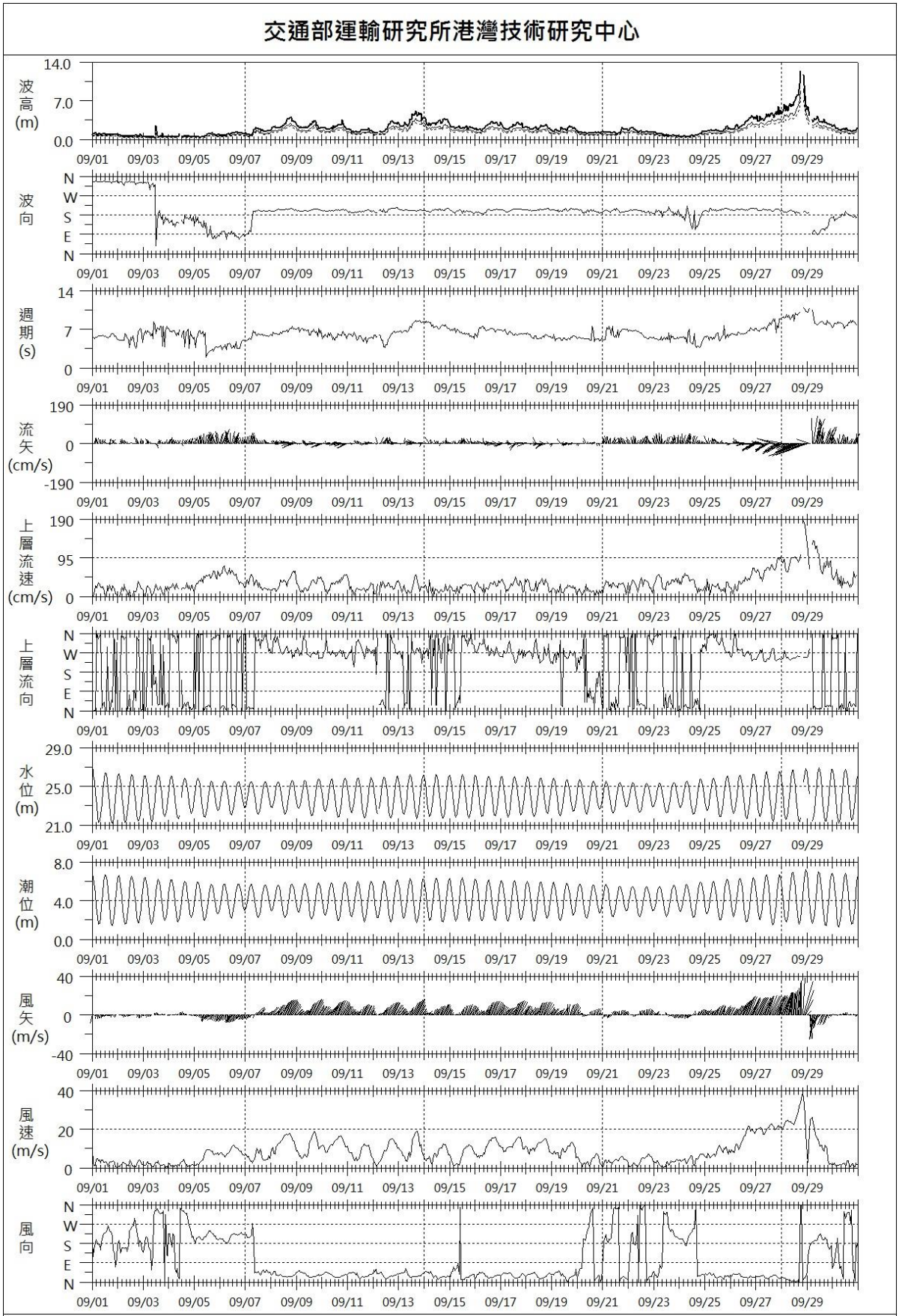


圖7.9 2015年9月臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

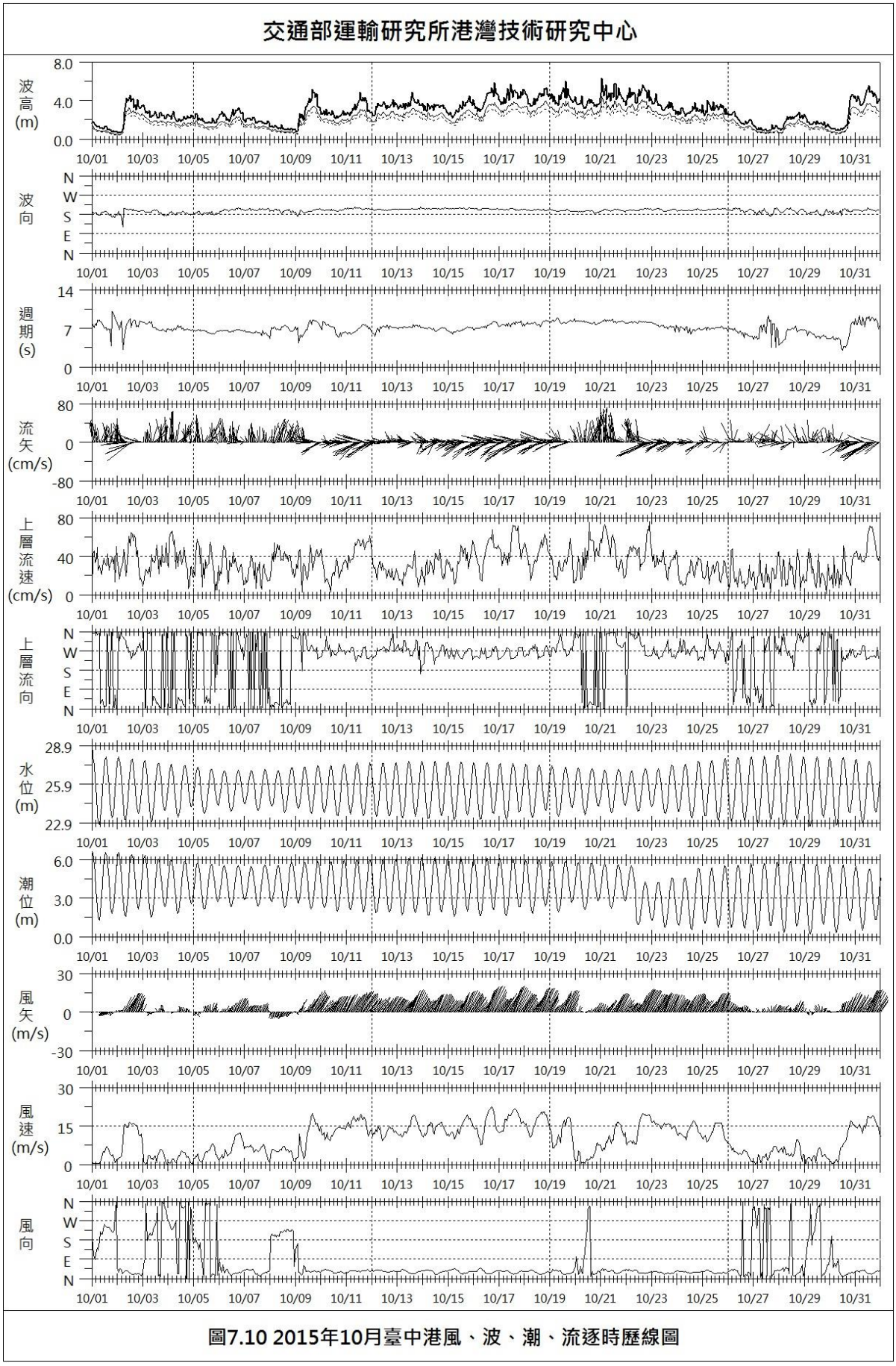


圖7.10 2015年10月臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

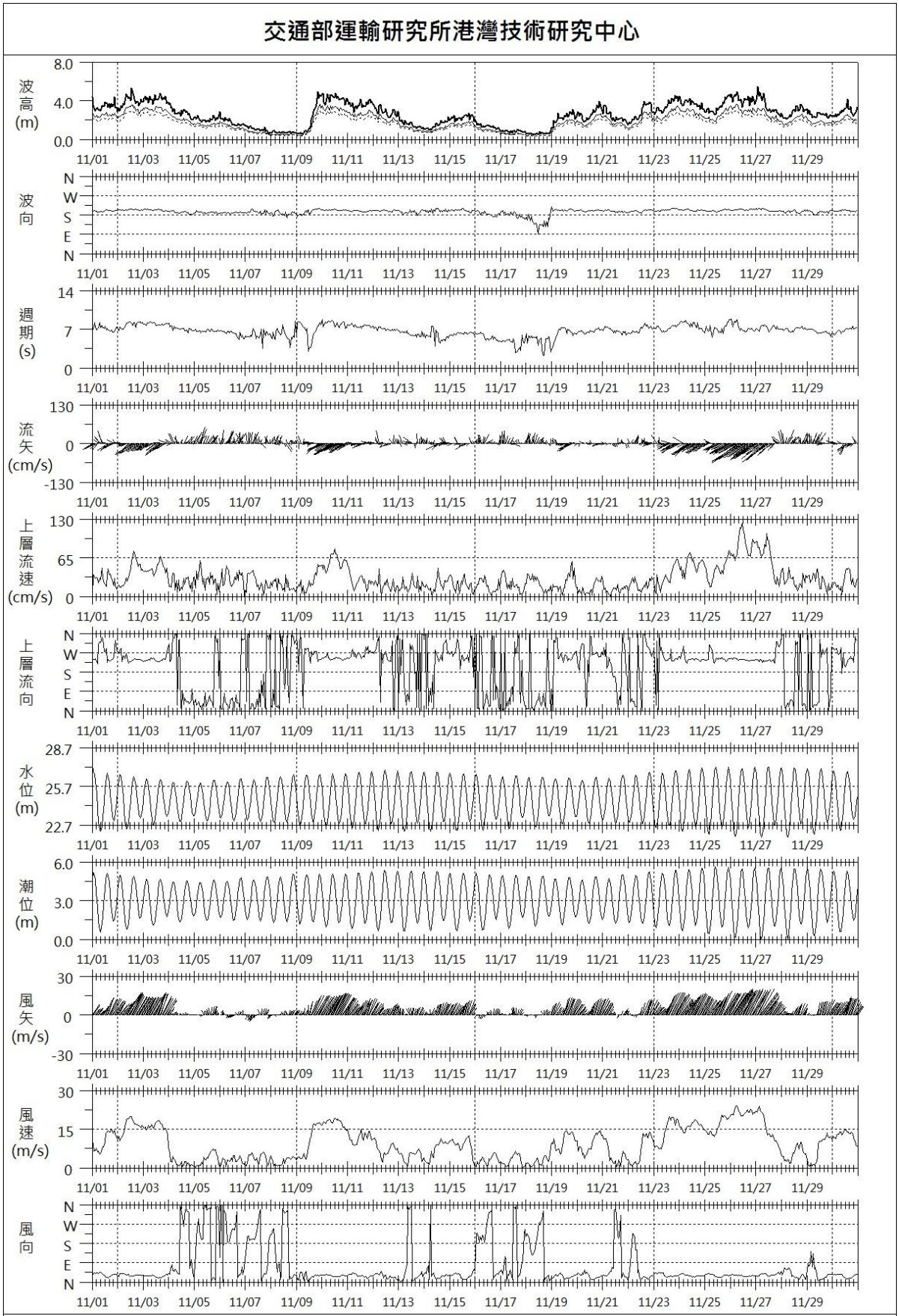


圖7.11 2015年11月臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

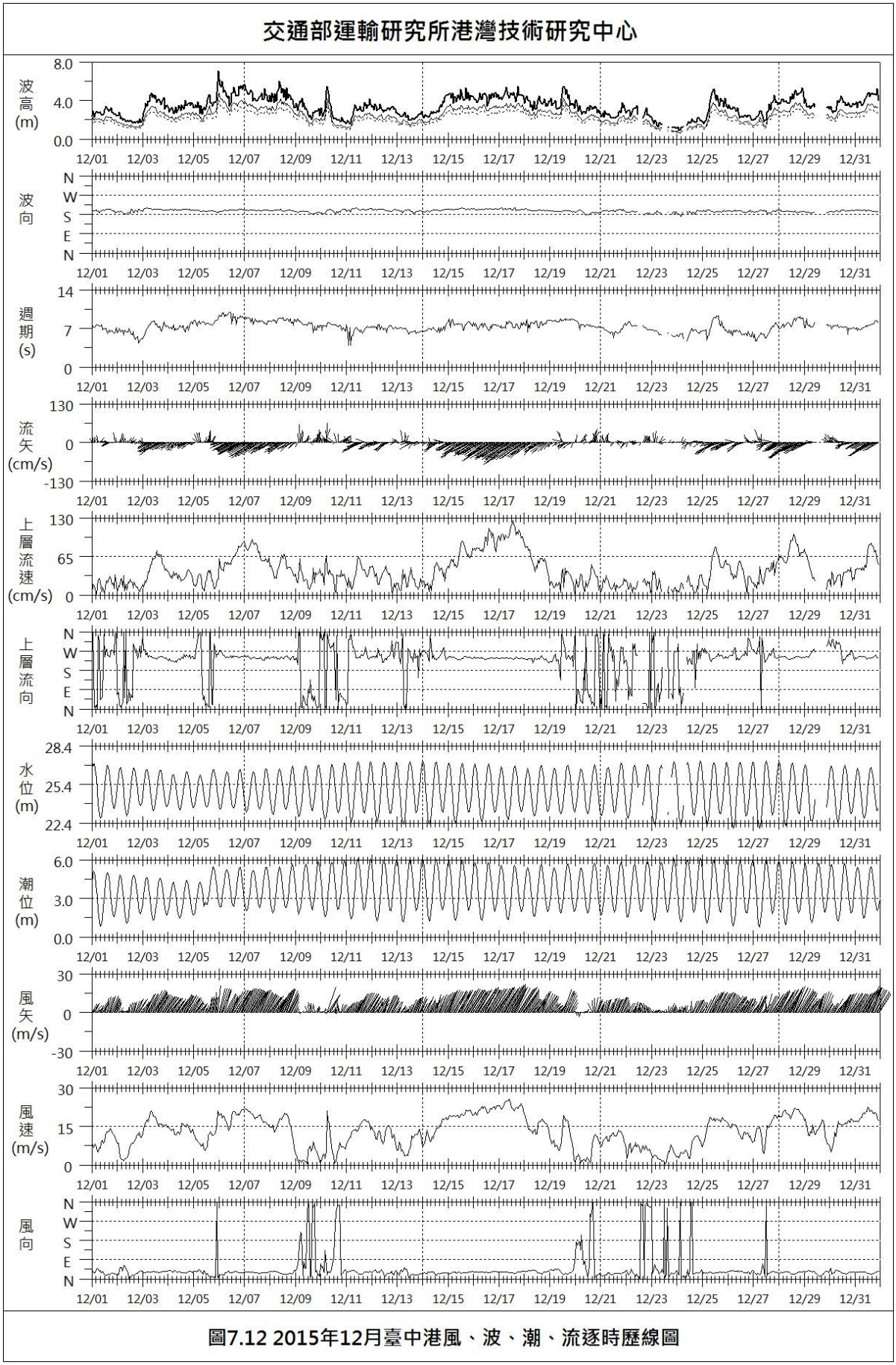


圖7.12 2015年12月臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

臺中港波浪玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/01/01 00:10 - 2015/01/31 23:10
筆數： 741

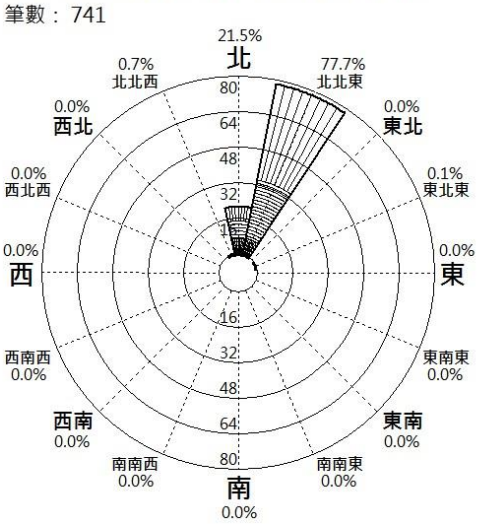


圖7.13 2015年1月臺中港測站波浪玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/02/01 00:10 - 2015/02/28 23:10
筆數： 669

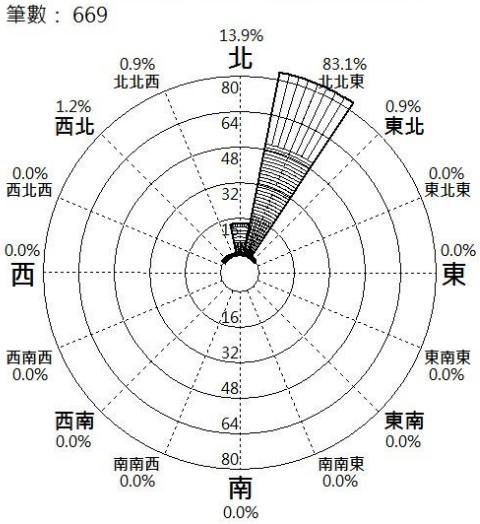


圖7.14 2015年2月臺中港測站波浪玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/03/01 00:10 - 2015/03/31 23:10
筆數： 742

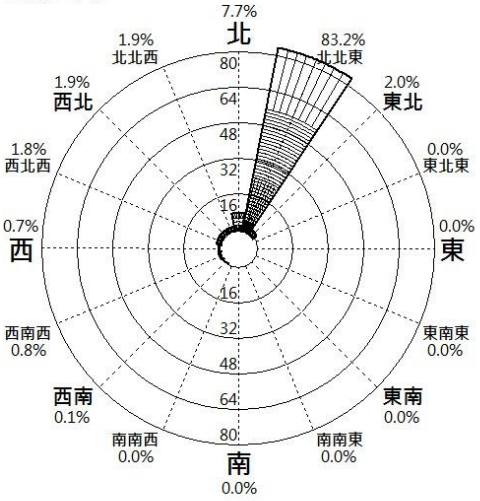


圖7.15 2015年3月臺中港測站波浪玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/04/01 00:10 - 2015/04/30 23:10
筆數： 716

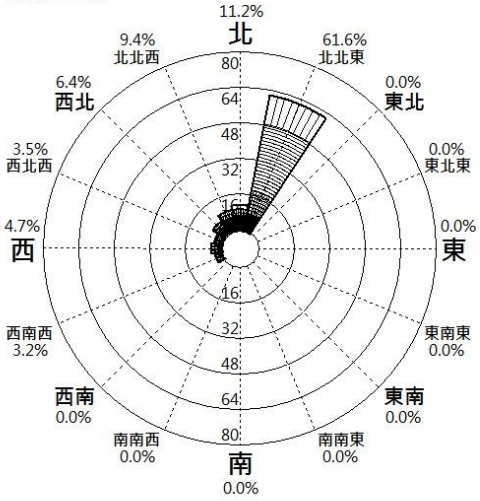
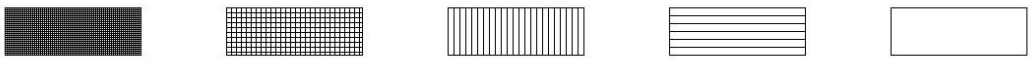


圖7.16 2015年4月臺中港測站波浪玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

臺中港波浪玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/05/01 00:10 - 2015/05/31 23:10
筆數： 741

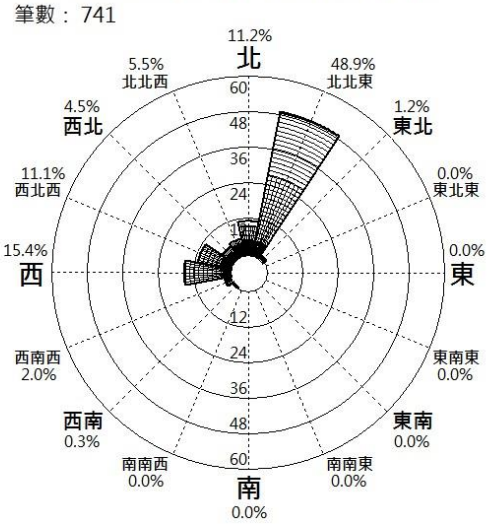


圖7.17 2015年5月臺中港測站波浪玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/06/01 00:10 - 2015/06/30 23:10
筆數： 719

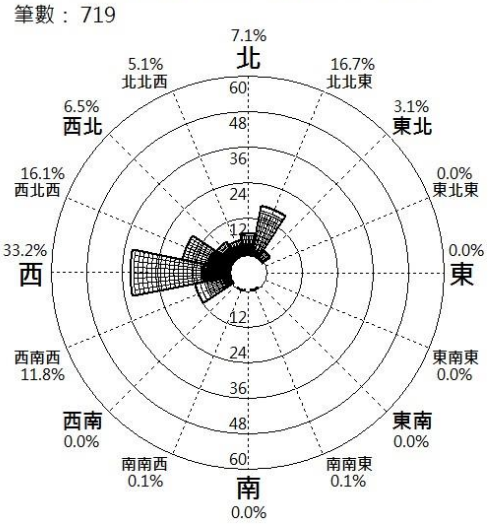


圖7.18 2015年6月臺中港測站波浪玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/07/01 00:10 - 2015/07/31 23:10
筆數： 739

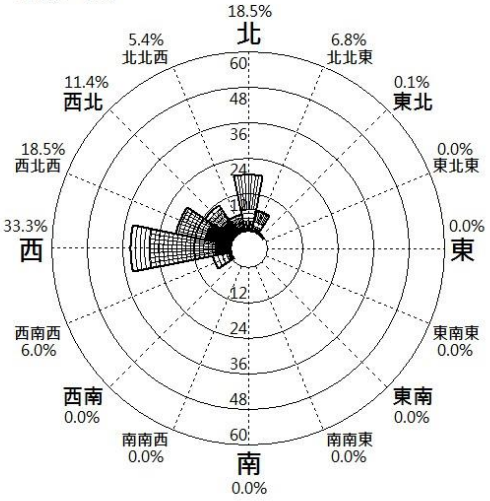


圖7.19 2015年7月臺中港測站波浪玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/08/01 00:10 - 2015/08/31 23:10
筆數： 739

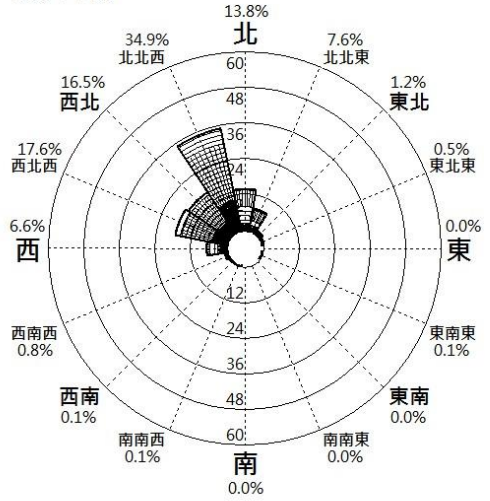
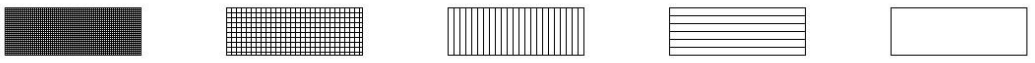


圖7.20 2015年8月臺中港測站波浪玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

臺中港波浪玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/09/01 00:10 - 2015/09/30 23:10
筆數： 714

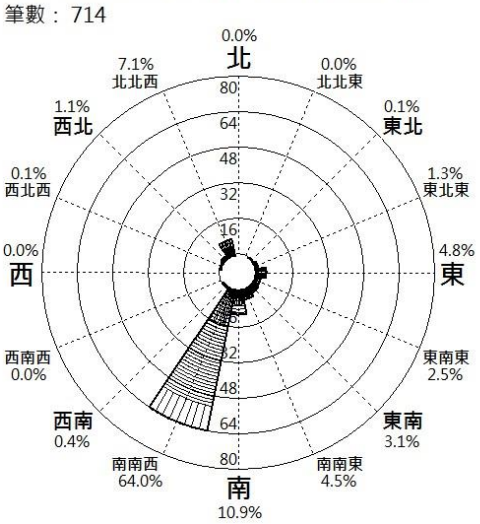


圖7.21 2015年9月臺中港測站波浪玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/10/01 00:10 - 2015/10/31 23:10
筆數： 744

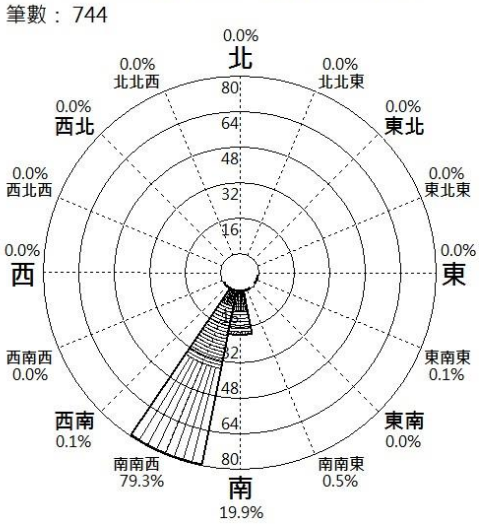


圖7.22 2015年10月臺中港測站波浪玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/11/01 00:10 - 2015/11/30 23:10
筆數： 720

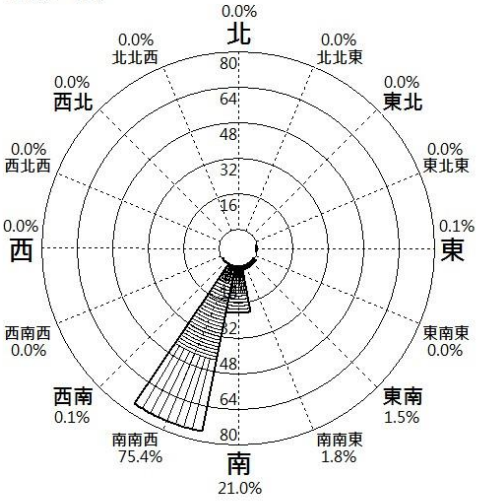


圖7.23 2015年11月臺中港測站波浪玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/12/01 00:10 - 2015/12/31 22:10
筆數： 722

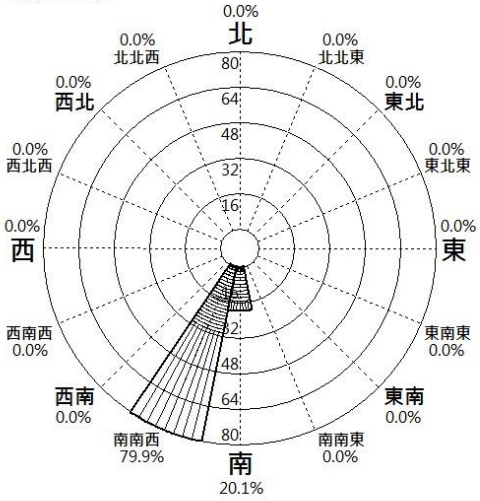
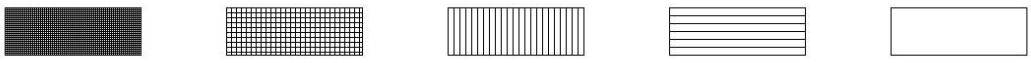


圖7.24 2015年12月臺中港測站波浪玫瑰圖



0.05 - 0.5m　0.5 - 1m　1 - 2m　2 - 5m　> 5m

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

臺中港海流玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/01/01 00:10 - 2015/01/31 23:10
筆數： 741

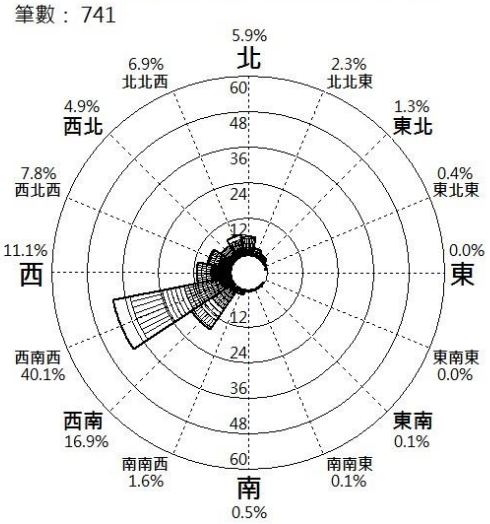


圖7.25 2015年1月臺中港測站海流玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/02/01 00:10 - 2015/02/28 23:10
筆數： 669

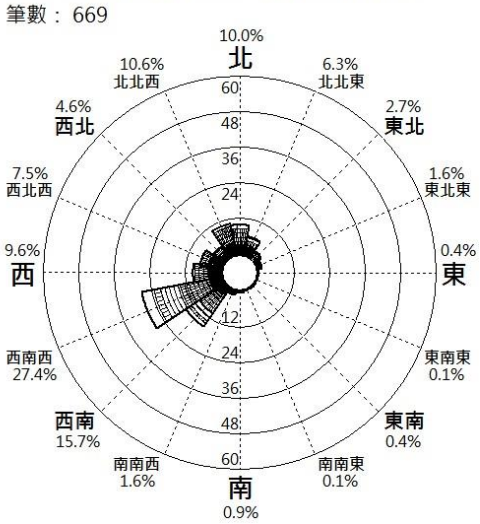


圖7.26 2015年2月臺中港測站海流玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/03/01 00:10 - 2015/03/31 23:10
筆數： 742

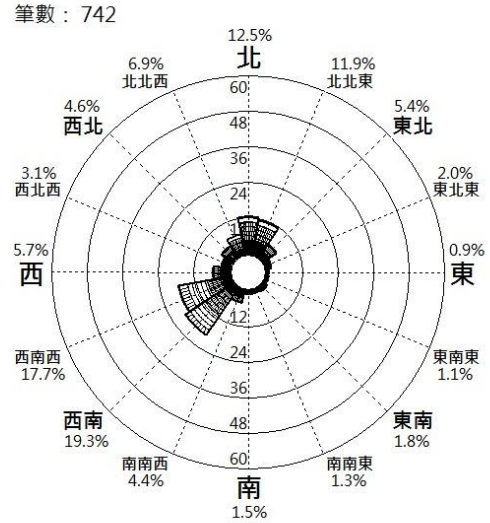


圖7.27 2015年3月臺中港測站海流玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/04/01 00:10 - 2015/04/30 23:10
筆數： 716

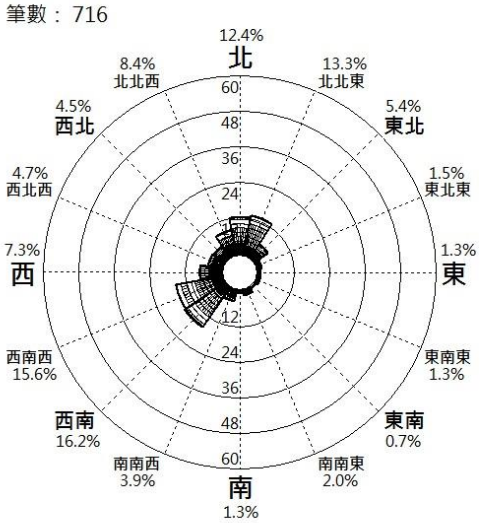
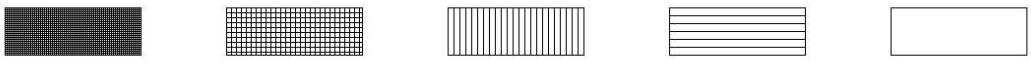


圖7.28 2015年4月臺中港測站海流玫瑰圖



1 - 20cm/s　20 - 40cm/s　40 - 60cm/s　60 - 80cm/s　> 80cm/s

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

臺中港海流玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/05/01 00:10 - 2015/05/31 23:10
筆數： 741

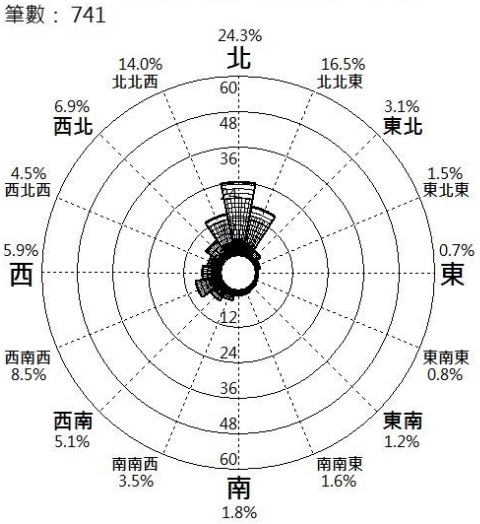


圖7.29 2015年5月臺中港測站海流玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/06/01 00:10 - 2015/06/30 23:10
筆數： 719

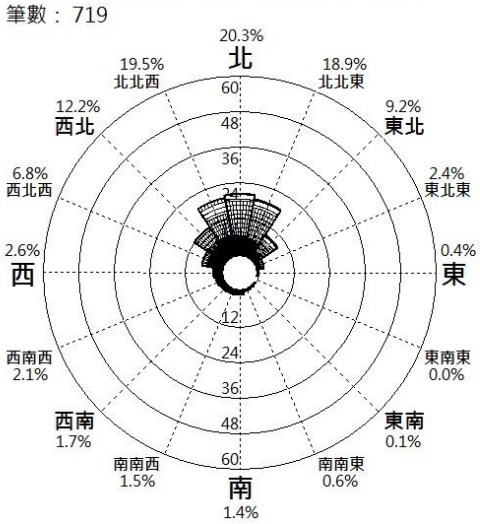


圖7.30 2015年6月臺中港測站海流玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/07/01 00:10 - 2015/07/31 23:10
筆數： 739

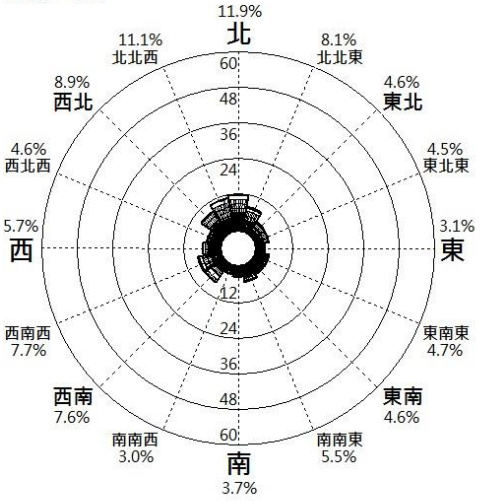


圖7.31 2015年7月臺中港測站海流玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/08/01 00:10 - 2015/08/31 23:10
筆數： 739

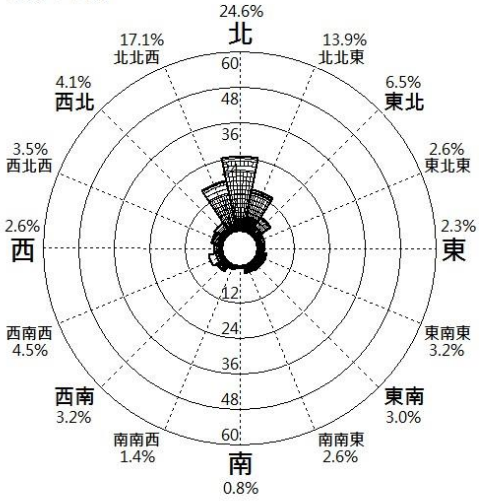
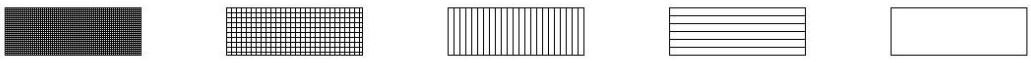


圖7.32 2015年8月臺中港測站海流玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

臺中港海流玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/09/01 00:10 - 2015/09/30 23:10
筆數： 714

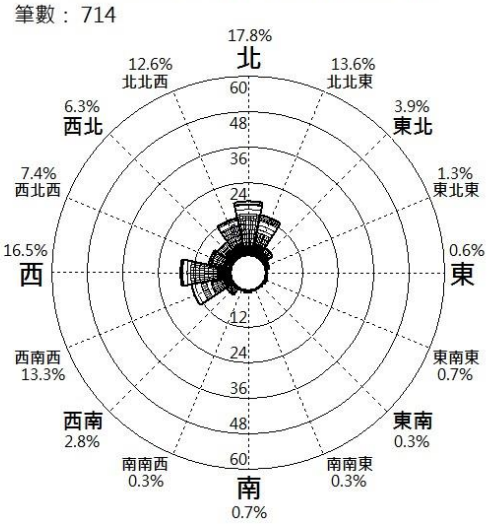


圖7.33 2015年9月臺中港測站海流玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/10/01 00:10 - 2015/10/31 23:10
筆數： 744

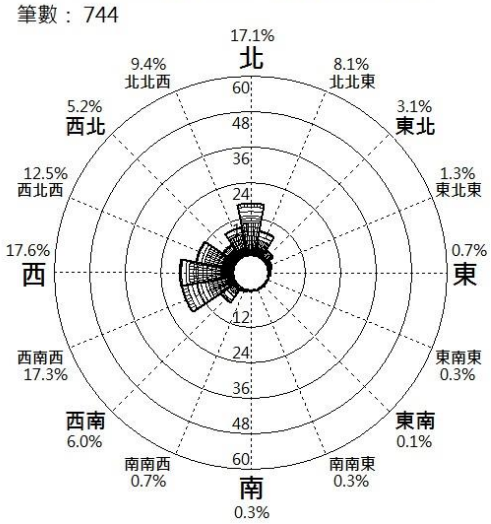


圖7.34 2015年10月臺中港測站海流玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/11/01 00:10 - 2015/11/30 23:10
筆數： 720

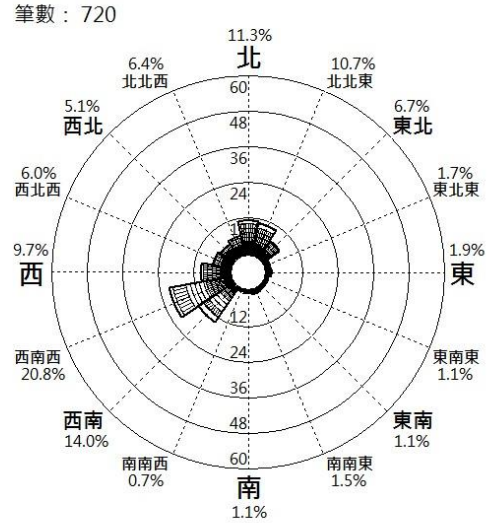


圖7.35 2015年11月臺中港測站海流玫瑰圖

站名： 台中
日期： 2015/12/01 00:10 - 2015/12/31 22:10
筆數： 722

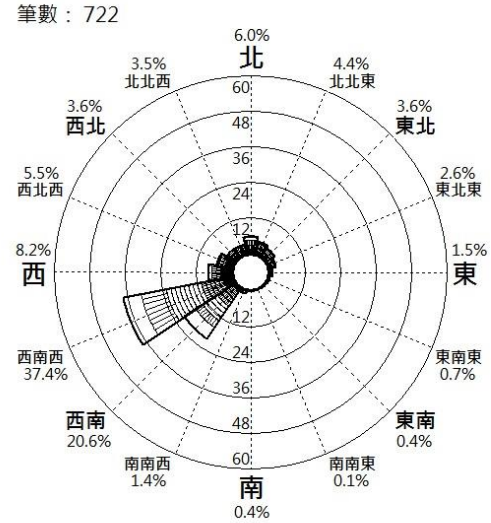
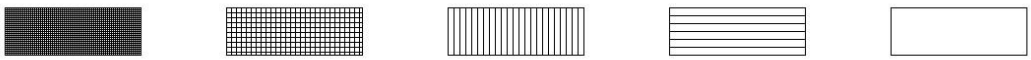


圖7.36 2015年12月臺中港測站海流玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

臺中港風速風向玫瑰圖

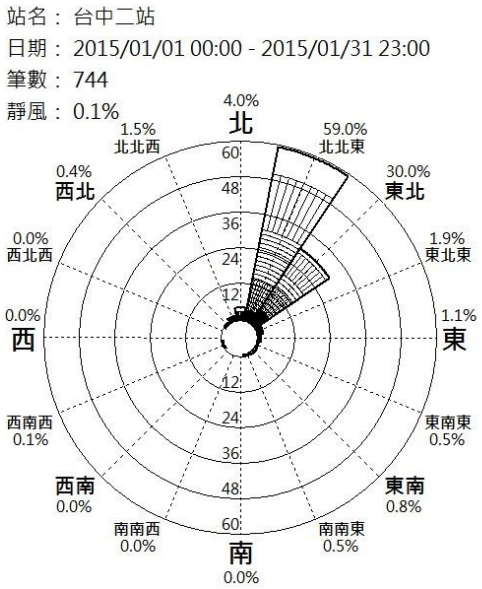


圖7.37 2015年1月臺中港測站風速風向玫瑰圖

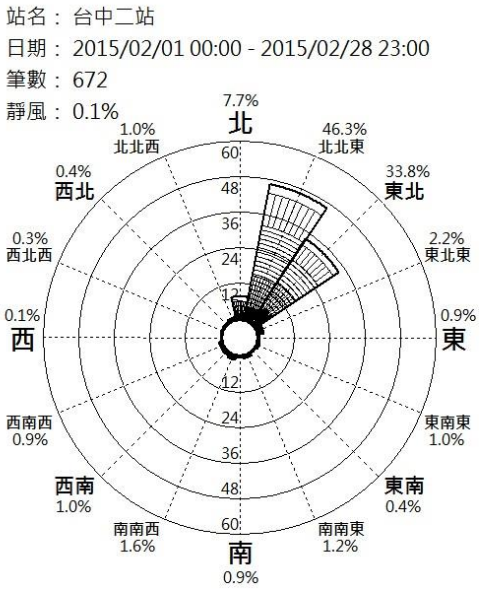


圖7.38 2015年2月臺中港測站風速風向玫瑰圖

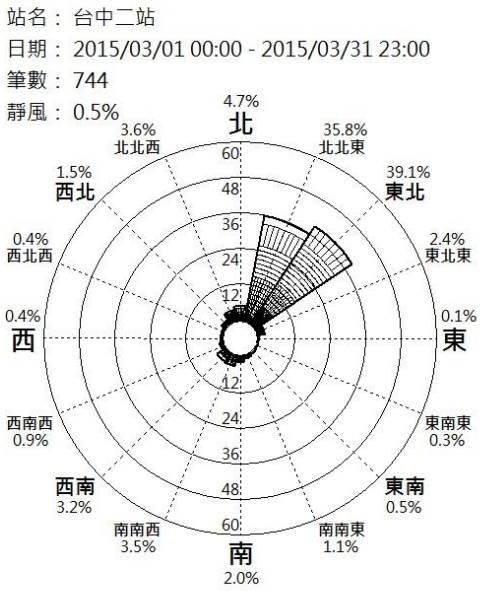


圖7.39 2015年3月臺中港測站風速風向玫瑰圖

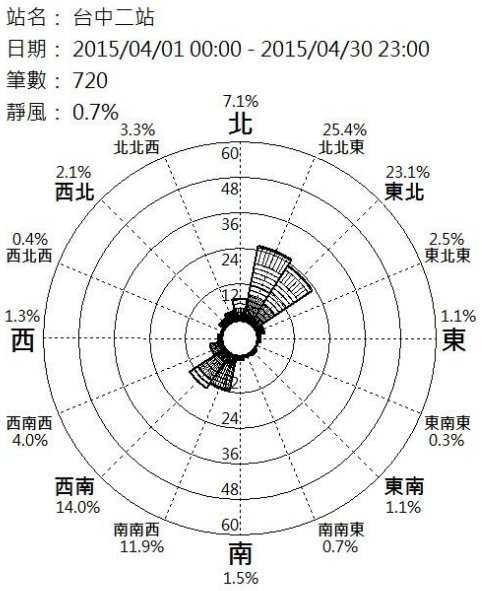
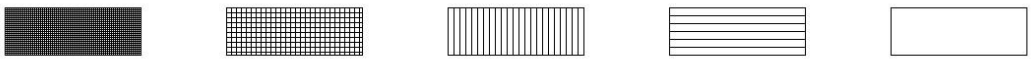


圖7.40 2015年4月臺中港測站風速風向玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

臺中港風速風向玫瑰圖

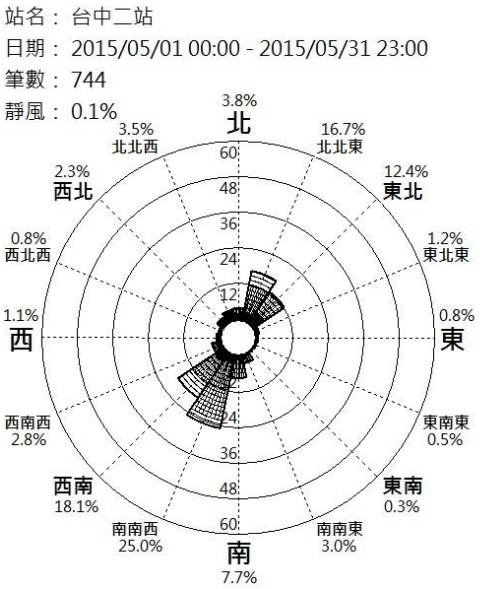


圖7.41 2015年5月臺中港測站風速風向玫瑰圖

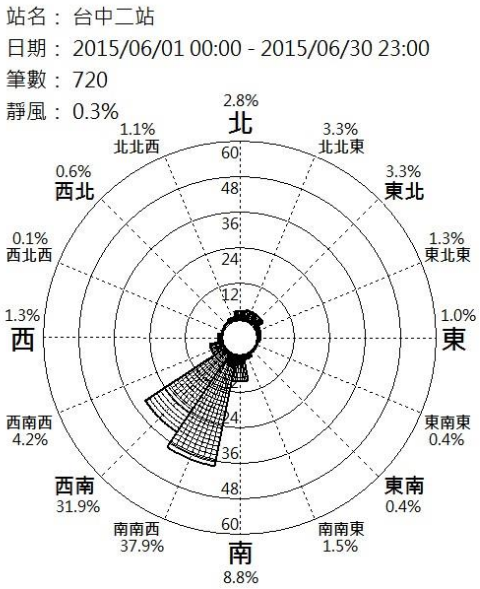


圖7.42 2015年6月臺中港測站風速風向玫瑰圖

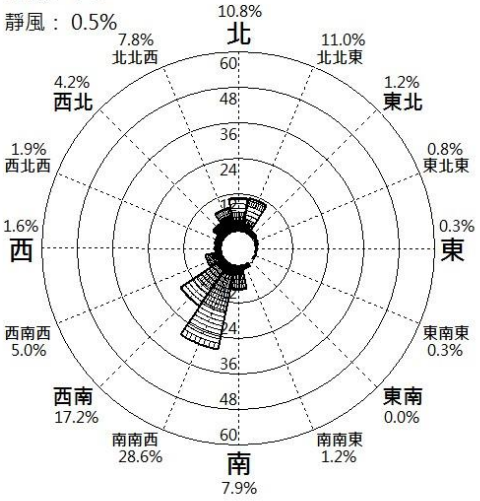


圖7.43 2015年7月臺中港測站風速風向玫瑰圖

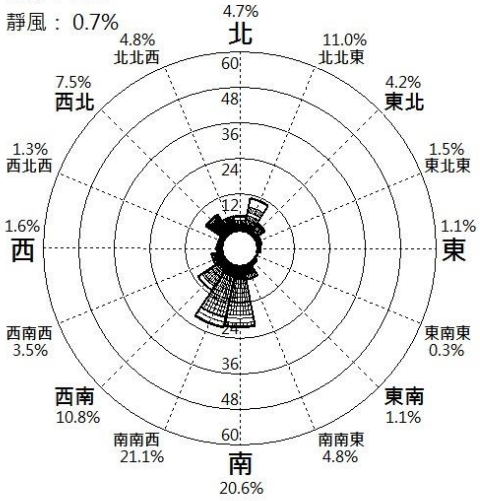
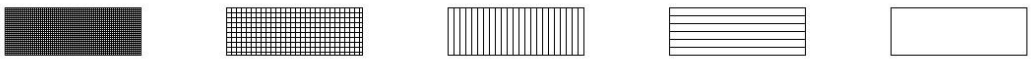


圖7.44 2015年8月臺中港測站風速風向玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

臺中港風速風向玫瑰圖

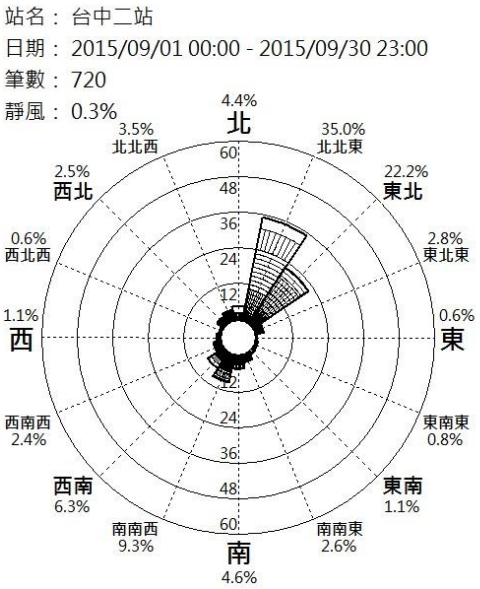


圖7.45 2015年9月臺中港測站風速風向玫瑰圖

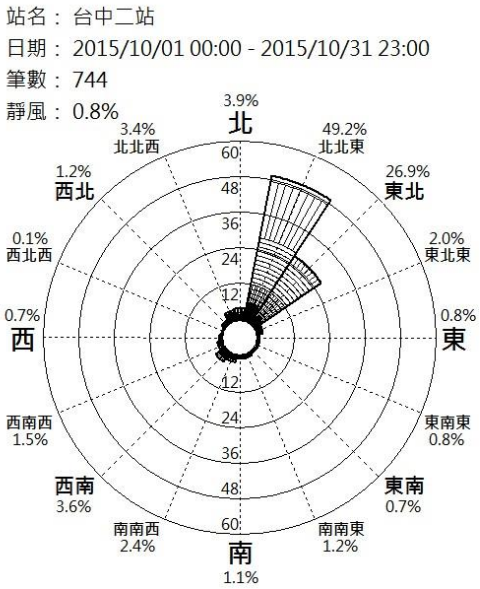


圖7.46 2015年10月臺中港測站風速風向玫瑰圖

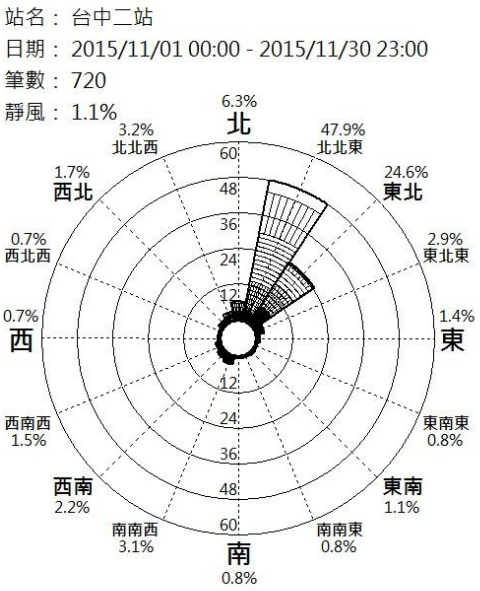


圖7.47 2015年11月臺中港測站風速風向玫瑰圖

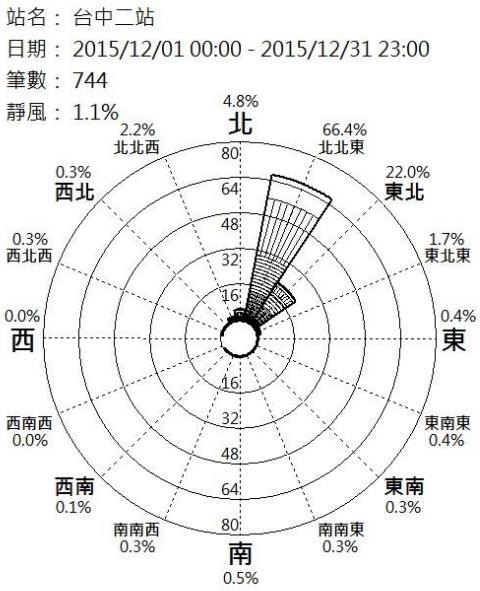
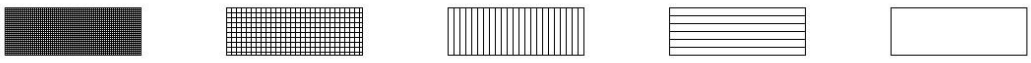


圖7.48 2015年12月臺中港測站風速風向玫瑰圖



交通部運輸研究所港灣技術研究中心

表7.1 臺中港測站示性波高、示性週期及波向統計表

年/月	觀測點數	H1/3 平均值 (m)	T1/3 平均值 (m)	H1/3 最大值 (m)	週期 (s)	波向 (來向)	H1/3 < 0.5m (%)	H1/3 0.5~1m (%)	H1/3 1~5m (%)	H1/3 >5m (%)	波向 北~東 (%)	波向 東~南 (%)	波向 南~西 (%)	波向 西~北 (%)	T1/3 < 6s (%)	T1/3 6~8s (%)	T1/3 8~10s (%)	T1/3 >10s (%)
2015/01	741(100%)	1.93	6.9	3.50	9.3	東北	4.2	11.6	84.2	0.0	93.8	0.0	0.0	6.2	25.9	54.1	20.0	0.0
2015/02	669(100%)	1.61	6.6	3.59	9.0	北北東	3.4	22.6	74.0	0.0	96.4	0.0	0.0	3.6	30.2	58.9	10.9	0.0
2015/03	742(100%)	1.53	6.5	3.27	9.4	東北	6.6	27.6	65.8	0.0	92.0	0.0	1.2	6.7	31.9	54.2	13.9	0.0
2015/04	716(99%)	1.14	5.8	3.64	10.0	東南東	25.0	29.9	45.1	0.0	67.6	0.0	5.3	27.1	46.4	45.9	7.4	0.3
2015/05	741(100%)	0.82	5.3	2.05	8.8	東南	21.5	53.6	25.0	0.0	58.4	0.0	7.4	34.1	59.2	39.1	1.6	0.0
2015/06	719(100%)	0.63	4.6	1.53	10.1	西南	30.2	61.8	8.1	0.0	22.9	0.1	28.5	48.4	78.7	20.0	1.1	0.1
2015/07	739(99%)	1.05	6.3	3.00	12.6	西南	19.6	44.5	35.9	0.0	21.5	0.0	16.4	62.1	48.7	24.8	21.9	4.6
2015/08	739(99%)	1.01	5.9	10.95	12.2	西	26.3	44.2	28.6	0.9	16.8	0.1	2.6	80.5	52.0	34.9	11.0	2.2
2015/09	714(99%)	1.25	6.2	7.70	10.9	南南西	16.9	26.1	56.3	0.7	3.5	16.5	71.6	8.4	45.7	43.6	9.7	1.1
2015/10	744(100%)	1.82	7.1	3.49	10.1	南南西	1.6	14.8	83.6	0.0	0.0	6.3	93.7	0.0	11.7	67.2	21.0	0.1
2015/11	720(100%)	1.59	6.7	3.03	8.9	南南西	9.4	14.2	76.4	0.0	0.1	6.7	93.2	0.0	20.1	70.1	9.7	0.0
2015/12	722(97%)	2.09	7.3	4.02	10.0	南南西	0.0	3.0	97.0	0.0	0.0	1.5	98.5	0.0	8.9	67.2	23.8	0.1

表7.2 臺中港測站示性波高分佈百分比(%)統計表

H1/3(m) 年/月	0 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 1.5	1.5 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 16	16 ~ 50	合計(%)
2015/01	4.2	11.6	15.1	18.5	42.8	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	3.4	22.6	17.6	21.7	31.8	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	6.6	27.6	15.8	19.7	27.5	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	25.0	29.9	12.6	19.6	10.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/05	21.5	53.6	15.7	8.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	30.2	61.8	7.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	19.6	44.5	12.6	8.0	15.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	26.3	44.2	11.8	5.3	10.0	0.9	0.5	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	100.0
2015/09	16.9	26.1	29.3	13.9	10.1	2.7	0.4	0.4	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/10	1.6	14.8	19.8	18.0	41.3	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	9.4	14.2	21.9	21.3	33.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	0.0	3.0	15.8	26.3	47.9	6.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表7.3 臺中港測站示性週期分佈百分比(%)統計表

T1/3(秒) 年/月	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 9	9 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 16	16 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 200	合計(%)
2015/01	0.3	3.8	6.1	15.8	21.1	33.1	17.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/02	0.3	1.9	9.7	18.2	22.7	36.2	10.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/03	0.8	7.1	8.6	15.4	29.4	24.8	12.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	4.7	17.7	9.8	14.1	27.1	18.9	4.5	2.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/05	3.4	23.8	15.5	16.6	30.5	8.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	10.7	34.9	20.6	12.5	14.0	6.0	0.8	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	1.8	16.5	18.3	12.2	9.3	15.4	12.9	9.1	3.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	2.8	22.2	12.2	14.7	13.5	21.4	7.2	3.8	2.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/09	0.4	5.2	5.3	34.7	29.3	14.3	7.4	2.2	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/10	0.1	1.2	1.6	8.7	33.5	33.7	20.3	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	0.8	1.7	3.3	14.3	39.3	30.8	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	0.0	0.0	1.1	7.8	26.0	41.1	20.9	2.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表7.4 臺中港測站波向分佈百分比(%)統計表

波向 年/月	北	北北東	東北	東北東	東	東南東	東南	南南東	南	南南西	西南	西南西	西	西北西	西北	北北西	合計(%)
2015/01	21.5	77.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	100.0
2015/02	13.9	83.1	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.9	100.0
2015/03	7.7	83.2	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	0.7	1.8	1.9	1.9	100.0
2015/04	11.2	61.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	4.7	3.5	6.4	9.4	100.0
2015/05	11.2	48.9	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.0	15.4	11.1	4.5	5.5	100.0
2015/06	7.1	16.7	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	11.8	33.2	16.1	6.5	5.1	100.0
2015/07	18.5	6.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	33.3	18.5	11.4	5.4	100.0
2015/08	13.8	7.6	1.2	0.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.8	6.6	17.6	16.5	34.9	100.0
2015/09	0.0	0.0	0.1	1.3	4.8	2.5	3.1	4.5	10.9	64.0	0.4	0.0	0.0	0.1	1.1	7.1	100.0
2015/10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5	19.9	79.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	1.5	1.8	21.0	75.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.1	79.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0

表7.5 臺中港測站流速及流向統計表

年/月	觀測點數	流速 平均值 (cm/s)	流速/流向 最大值 (cm/s)(去向)	流速 <25cm/s (%)	流速 25~50cm/s (%)	流速 50~75cm/s (%)	流速 >75cm/s (%)	流向 北~東 (%)	流向 東~南 (%)	流向 南~西 (%)	流向 西~北 (%)
2015/01	741	037.0	107.3 / 西南西	40.6	32.8	17.1	9.4	7.6	0.3	64.1	28.1
2015/02	669	030.5	119.5 / 西南	48.4	36.8	9.0	5.8	17.3	1.3	49.9	31.4
2015/03	742	028.1	086.8 / 西南	49.3	39.9	10.1	0.7	27.0	5.4	45.3	22.4
2015/04	716	027.4	108.0 / 西南西	54.3	35.5	8.1	2.1	27.7	5.4	40.2	26.7
2015/05	741	024.6	078.6 / 北北西	55.5	41.6	2.8	0.1	36.0	4.9	21.9	37.2
2015/06	719	024.1	078.6 / 北北西	61.5	33.4	5.0	0.1	41.3	1.4	6.8	50.5
2015/07	739	020.6	085.3 / 北北東	69.6	25.0	5.0	0.4	24.6	19.5	22.3	33.6
2015/08	739	029.5	259.7 / 西南	51.2	36.8	6.5	5.5	39.4	10.7	10.7	39.2
2015/09	714	032.6	185.8 / 西南西	45.1	38.5	10.8	5.6	28.6	2.0	23.9	45.5
2015/10	744	032.7	075.9 / 西南西	32.0	54.6	13.3	0.1	18.8	0.9	31.2	49.1
2015/11	720	030.4	123.8 / 西南西	48.6	36.0	11.7	3.8	25.6	5.4	41.1	27.9
2015/12	722	040.9	126.2 / 西南	32.5	36.7	17.9	12.9	15.0	1.7	64.1	19.3

表7.6 臺中港測站流速分佈百分比(%)統計表

流速(cm/s)

年/月	0 ~ 5	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 20	20 ~ 25	25 ~ 30	30 ~ 35	35 ~ 40	40 ~ 45	45 ~ 50	50 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100	100 ~ 120	120 ~ 150	150 ~	合計(%)
2015/01	1.6	4.7	9.6	11.5	13.2	8.8	8.1	6.7	5.0	4.2	6.2	14.0	5.8	0.5	0.0	0.0	100.0
2015/02	3.0	8.1	9.1	15.2	13.0	11.5	10.8	6.1	5.7	2.7	6.0	3.4	4.2	1.2	0.0	0.0	100.0
2015/03	3.0	9.6	12.7	13.3	10.8	10.0	10.2	6.7	7.0	5.9	5.5	5.0	0.3	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/04	3.4	7.5	14.5	14.5	14.4	11.2	8.0	6.8	6.0	3.5	4.5	3.8	1.7	0.3	0.0	0.0	100.0
2015/05	3.2	8.4	12.1	17.1	14.6	11.9	11.3	9.2	5.7	3.5	1.6	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	2.9	7.5	14.7	19.1	17.2	10.6	9.6	5.4	4.9	2.9	2.8	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	6.4	20.4	17.7	14.2	10.8	9.3	6.2	3.8	3.5	2.2	3.4	1.8	0.3	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/08	7.4	8.5	10.7	12.4	12.0	15.2	9.9	6.4	3.0	2.4	3.2	3.7	2.7	0.8	0.5	1.1	100.0
2015/09	3.5	4.8	11.2	12.5	13.2	9.8	10.6	8.7	5.3	4.1	5.9	5.6	3.1	0.7	0.7	0.4	100.0
2015/10	0.9	3.5	8.3	9.5	9.7	12.4	13.4	12.0	9.0	7.8	9.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/11	3.2	7.6	13.3	11.8	12.6	10.6	9.4	6.1	5.6	4.3	5.7	6.5	2.4	0.7	0.1	0.0	100.0
2015/12	2.2	5.5	7.6	7.9	9.3	8.3	8.7	6.8	7.1	5.8	8.4	11.8	7.6	2.8	0.1	0.0	100.0

表7.7 臺中港測站流向分佈百分比(%)統計表

流向

年/月	北	北北東	東北	東北東	東	東南東	東南	南南東	南	南南西	西南	西南西	西	西北西	西北	北北西	合計(%)
2015/01	5.9	2.3	1.3	0.4	0.0	0.0	0.1	0.1	0.5	1.6	16.9	40.1	11.1	7.8	4.9	6.9	100.0
2015/02	10.2	6.3	2.7	1.8	0.4	0.1	0.4	0.1	0.9	1.6	15.7	27.4	9.6	7.5	4.6	10.6	100.0
2015/03	12.5	11.9	5.4	2.0	0.9	1.1	1.8	1.3	1.5	4.4	19.3	17.7	5.7	3.1	4.6	6.9	100.0
2015/04	12.4	13.3	5.4	1.5	1.3	1.3	0.7	2.0	1.3	4.1	16.2	15.6	7.3	4.9	4.5	8.4	100.0
2015/05	24.3	16.5	3.1	1.5	0.7	0.8	1.3	1.6	1.8	3.5	5.1	8.5	5.9	4.5	6.9	14.0	100.0
2015/06	20.3	18.9	9.2	2.4	0.4	0.0	0.1	0.6	1.5	1.5	1.7	2.1	2.8	6.8	12.2	19.5	100.0
2015/07	12.2	8.1	4.6	4.5	3.1	4.9	4.7	5.7	3.7	3.0	7.6	7.7	5.7	4.6	8.9	11.1	100.0
2015/08	28.7	13.9	6.5	2.6	2.4	3.2	3.0	2.6	0.8	1.4	3.2	4.5	2.6	3.5	4.1	17.1	100.0
2015/09	19.5	13.6	3.9	1.3	0.6	0.7	0.3	0.3	0.7	0.3	2.8	13.3	16.5	7.4	6.3	12.6	100.0
2015/10	17.1	8.1	3.1	1.3	0.7	0.3	0.1	0.3	0.3	0.7	6.0	17.3	17.6	12.5	5.2	9.4	100.0
2015/11	11.3	10.7	6.7	1.7	1.9	1.1	1.1	1.5	1.1	0.7	14.2	20.8	9.7	6.0	5.1	6.4	100.0
2015/12	6.0	4.4	3.6	2.6	1.5	0.7	0.4	0.1	0.4	1.4	20.6	37.4	8.2	5.5	3.6	3.5	100.0

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

表7.8 臺中港測站風速及風向統計表

年/月	觀測點數	風速 平均值 (m/s)	風速/風向 最大值 (m/s)(來向)	風速 <5m/s (%)	風速 5~10m/s (%)	風速 10~15m/s (%)	風速 >15m/s (%)	風向 北~東 (%)	風向 東~南 (%)	風向 南~西 (%)	風向 西~北 (%)	靜風 (%)
2015/01	744	12.2	23.9 / 北北東	15.5	21.8	23.8	39.0	94.4	2.3	0.1	3.2	0.0
2015/02	672	10.2	25.5 / 東北	25.0	23.5	28.9	22.6	89.0	3.4	4.2	3.4	0.1
2015/03	744	9.5	22.0 / 北北東	24.2	29.3	28.8	17.5	80.0	3.1	8.9	8.1	0.0
2015/04	720	8.7	22.2 / 東北	26.8	33.1	28.2	11.9	57.1	3.2	31.9	7.8	0.0
2015/05	744	6.7	15.0 / 北北東	28.0	57.1	14.8	0.1	33.2	6.2	52.0	8.6	0.0
2015/06	720	7.0	13.7 / 西南	22.1	64.3	13.6	0.0	10.7	3.9	82.2	3.2	0.0
2015/07	744	7.6	23.1 / 北北東	31.3	35.5	27.8	5.4	20.4	3.5	57.3	18.8	0.0
2015/08	744	6.8	42.5 / 北	39.9	41.1	11.3	7.5	20.0	16.0	47.3	16.7	0.0
2015/09	720	8.3	38.7 / 北	37.8	27.8	20.7	13.8	64.2	6.9	21.1	7.8	0.1
2015/10	744	9.9	22.3 / 北北東	27.7	20.7	26.5	25.1	81.0	4.0	8.2	6.7	0.0
2015/11	720	9.1	24.1 / 北北東	33.6	22.6	23.5	20.3	81.1	3.1	8.1	7.8	0.0
2015/12	744	12.9	25.6 / 北北東	11.8	20.7	25.7	41.8	93.7	1.5	0.5	4.3	0.0

表7.9 臺中港測站風速分佈百分比(%)統計表

風速(m/s) 年/月	0 ~ 1	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	7 ~ 8	8 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 14	14 ~ 16	16 ~ 18	18 ~ 20	20 ~ 30	30 ~	合計(%)
2015/01	3.5	2.7	2.4	2.6	4.3	5.0	3.5	4.0	9.3	9.5	9.4	10.8	10.8	11.0	11.3	0.0	100.0
2015/02	2.4	3.9	5.2	5.8	7.7	6.3	3.6	4.3	9.4	14.3	10.0	9.1	6.8	5.8	5.5	0.0	100.0
2015/03	3.2	4.0	5.4	5.1	6.7	6.6	6.2	6.9	9.7	11.0	12.5	8.9	5.8	5.1	3.0	0.0	100.0
2015/04	4.2	6.3	5.8	5.3	5.3	3.8	6.5	8.8	14.0	14.4	11.9	4.0	4.9	2.6	2.2	0.0	100.0
2015/05	4.4	5.0	4.0	6.6	7.9	10.5	13.2	14.0	19.5	11.4	3.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/06	2.4	3.3	5.4	4.6	6.4	7.5	14.0	17.5	25.3	11.4	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
2015/07	8.6	5.5	4.3	5.6	7.3	7.9	8.7	7.5	11.3	14.9	9.5	5.2	2.0	0.8	0.7	0.0	100.0
2015/08	9.5	11.2	7.8	6.5	5.1	9.1	7.8	10.6	13.6	7.9	3.0	1.6	2.0	0.5	2.4	1.3	100.0
2015/09	5.7	9.4	7.6	8.6	6.4	5.6	5.8	6.3	10.1	11.8	5.6	5.4	3.1	1.9	6.0	0.7	100.0
2015/10	5.1	4.4	6.6	6.3	5.2	7.0	3.8	3.6	6.3	8.5	11.3	14.1	9.1	6.3	2.3	0.0	100.0
2015/11	5.8	8.8	6.0	8.1	5.0	7.8	3.3	3.6	7.9	8.8	10.8	6.9	6.7	5.7	4.9	0.0	100.0
2015/12	0.9	2.8	2.8	2.8	2.4	4.3	3.1	4.4	8.9	9.3	11.7	10.8	12.1	11.0	12.6	0.0	100.0

表7.10 臺中港測站風向分佈百分比(%)統計表

風向 年/月	北	北北東	東北	東北東	東	東南東	東南	南南東	南	南南西	西南	西南西	西	西北西	西北	北北西	靜風(%)
2015/01	4.0	59.0	30.0	1.9	1.2	0.5	0.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.4	1.5	0.0
2015/02	7.7	46.3	33.8	2.2	0.9	1.0	0.4	1.2	0.9	1.6	1.0	0.9	0.1	0.3	0.4	1.0	0.0
2015/03	4.7	35.8	39.1	2.4	0.1	0.3	0.5	1.1	2.0	3.5	3.2	0.9	0.4	0.5	1.5	3.6	0.3
2015/04	7.1	25.4	23.1	2.5	1.1	0.3	1.1	0.7	1.5	11.9	14.0	4.0	1.3	0.4	2.2	3.3	0.0
2015/05	3.8	16.7	12.4	1.2	0.8	0.5	0.3	3.0	7.7	25.0	18.1	3.0	1.1	0.8	2.3	3.5	0.0
2015/06	2.8	3.3	3.3	1.4	1.0	0.4	0.4	1.5	8.8	37.9	31.9	4.2	1.3	0.1	0.6	1.1	0.0
2015/07	10.8	11.2	1.2	0.8	0.3	0.3	0.0	1.2	7.9	28.6	17.2	5.0	1.6	2.0	4.2	7.8	0.0
2015/08	4.7	11.0	4.2	1.5	1.1	0.3	1.1	4.8	20.6	21.1	10.8	3.5	1.6	1.3	7.5	4.8	0.1
2015/09	4.4	35.0	22.2	2.8	0.6	0.8	1.1	2.6	4.6	9.3	6.3	2.4	1.1	0.6	2.6	3.6	0.0
2015/10	3.9	49.2	26.9	2.0	0.8	0.8	0.7	1.2	1.2	2.4	3.6	1.5	0.8	0.3	1.2	3.5	0.0
2015/11	6.3	47.9	24.6	3.1	1.5	0.8	1.1	0.8	0.8	3.1	2.2	1.5	0.7	0.7	1.7	3.2	0.0
2015/12	4.8	66.4	22.0	1.7	0.4	0.4	0.3	0.3	0.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.3	0.3	2.2	0.0

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

第八章

2015年
颱風觀測資料分析

第八章 2015 年颱風觀測資料分析

8.1 前言

臺灣地處西太平洋，基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港及臺中港於每年夏季常受颱風波浪侵襲，而造成港灣結構物受損，例如 1994 年 7 月 10 日提姆颱風、1997 年 8 月 30 日安珀颱風，2000 年 8 月 22 日碧利斯颱風皆造成花蓮港東防波堤胸牆損壞情形。

2015 年本所於基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港以及臺中港附近海域持續進行海氣象觀測，其中測得多次寶貴的颱風波浪資料，觀測期間颱風季節內對臺灣本島有關是直接侵襲、附近海域過境或遠方之颱風傳來的湧浪，本研究報告涵蓋本年度計畫期間之各颱風來襲時所量測得之所有海象資料，就初步調查資料及分析結果提出初步之研究報告，以供做進一步的探討分析。

8.2 2015 年之颱風波浪特性

2015 年 1 月 14 日在菲律賓東方海域生成的第一個颱風米克拉(Mekkhala)，至 12 月 12 日之茉莉(Melor)颱風止，西北太平洋只有 27 個颱風。其中 1 月生成 1 個颱風，2 月生成 1 個颱風，3 月生成 2 個颱風，4 月生成 1 個颱風，5 月生成 2 個颱風，6 月生成 1 個颱風，7 月生成 4 個颱風，8 月生成 4 個颱風， 9 月生成 5 個颱風，10 月份生成 4 個，11 月份生成 1 個，最後 12 月份生成 1 個，2015 年西北太平洋所發生的颱風概況如圖 8-1，其中如圖 8.2 是本(2015)年中央氣象局有警報 4 個強烈颱風、1 個中度颱風及 1 個輕度颱風共 6 次海上陸上颱風警報。

臺灣地處西北太平洋，花蓮港每年夏季常受颱風波浪侵襲，而造成港灣結構物受損，例如 1990 年 6 月 23 日歐菲莉颱風、1994 年 7 月 10 日提姆颱風、1997 年 8 月 30 日安珀颱風，2000 年 8 月 22 日碧利斯颱風、2005 年 10 月 2 日龍王颱風皆造成花蓮港東防波堤胸牆與港研中心之風速風向站損壞以及 2015 年本所在蘇澳港與臺中港之海氣觀測站 AWCP 海底電纜及風速站的太陽能板供電系損壞，重新鋪放安裝。

2015 年 5 月 10 日起至 9 月 29 日止，4 個強烈 1 個中度 1 個輕度颱風，共有 6 個颱風經過臺灣直接影響到臺灣本島，但也有 10 個雖然在遠方但颱風形成之長浪傳達到臺灣，因伴隨颱風所衍生之湧浪，未達到海上或陸上警報的發佈，但其造成的災害性不容小覷，特別是在陽光普照、風和日麗之天氣下，在風景秀麗、地質景觀天成之臺灣東北部及 西南部礁岩海岸。可能是由颱風形成之長浪(瘋狗浪)傳到臺灣侵襲所造成的傷亡。依據相關研究報告之調查及分析統計，自 2003 年至 2013 年之過去十年間，至少曾造成 57 人死亡、6 人失蹤、7 人受傷。而自 2000 年至 2012 年間，侵襲案件總計有 253 件，共造成 380 人落海；平均每年 21 案例、29 人受害。而這僅是曾受到媒體報導的案件，其他未被紀錄者應更多，可見瘋狗浪的災害性不容小覷。

8.3 量測期間颱風概況

2015 年西北太平洋颱風自 5 月 10 日起編號第 6 號紅霞颱風形成起(如圖 8-2 所示) 至 9 月 29 日之第 21 號杜鵑颱風止，根據中央氣象局資料顯示西北太平洋侵襲臺灣附近海域共有 6 個颱風。其中 5 月生成 1 個颱風，7 月生成 2 個颱風，8 月生成 2 個颱風，9 月生成 1 個颱風。即 (1) 5 月 3 日至 5 月 12 日之強烈颱風紅霞(NOUL)，如圖 8.5~8.8；(2) 7 月 4 日至 7 月 13 日之中度颱風昌鴻(CHAN-HOM)，如圖 8.9~8.12；(3) 7 月 2 日至 7 月 10 日之輕度颱風蓮花(LINFA)，如圖 8.13~8.16；(4) 8 月 1 日至 8 月 9 日之強烈颱風蘇迪勒(SOUDELOR)，如圖 8.17~8.20；(5) 8 月 14 日至 8 月 26 日之強烈颱風天鵝(GONL)，如圖 8.21~8.24；(6) 9 月 20 日至 9 月 30 日之強烈颱風杜鵑(DUJUAN)，如圖 8.25~8.30。

2015 年共有 16 個颱風直接或間接影響到臺灣；6 個中央氣象局已發佈的海上陸上颱風警報直接侵襲臺灣的颱風及 10 個未直接侵襲臺灣且距離 2000~3000 公里的颱風，但其長浪已到達臺灣而影響基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港及臺中港等海氣象(風、波、潮、流)觀測站量測到之逐時變化資料圖(如圖 8.31 至圖 8.78)。所以自 2015 年 3 月 13 日至 11 月 26 日期間，總共有 16 個颱風各觀測站量測到最高之波浪資料其有義波高、週期及波向(來

向)如表 8.1 表示。

(1) 今年編號為第 6 號的第一個影響臺灣地區就是強烈颱風紅霞(NOUL)，自 5 月 4 日在關島西南方海面形成後往西轉西北方向緩慢移動，10 日 8 時其中心在鵝鑾鼻南南東方海面，暴風圈逐漸接近巴士海峽及臺灣東南部海面；20 時起其強度逐漸減弱，暴風半徑亦逐漸減小，並逐漸向北轉東北移動。11 日 20 時其中心在臺東東北東方海面繼續向東北方向移動，蘭嶼綠島已脫離其暴風圈，對臺灣近海威脅亦已解除，詳如圖 8.5-8.8 所顯示。當颱風進入臺灣東南部海域時，基隆港其有義波 0.72 公尺，蘇澳港其有義波 3.14 公尺，花蓮港其有義波 2.45 公尺，高雄港其有義波 1.07 公尺，臺中港其有義波高 1.86 公尺，詳如表 8-1 及圖 8-31 至圖 8-35。

(2) 第二個編號為第 9 號的中度颱風昌鴻(CHAN-HOM)， 7 月 3 日清晨在菲律賓東方海面形成熱帶性低氣壓，距離臺灣還有四千公里以上，生成後向西轉西北緩慢移動，9 日 5 時其中心在琉球東南方海面，暴風圈逐漸接近臺灣東北部陸地逐漸構成威脅。10 日 17 時，其暴風圈掠過臺灣東北部鼻頭角，23 時其強度逐漸減弱，對陸地威脅已解除。11 日上午 11 時其中心在臺北北方海面，向北北西轉北移動，對臺灣北部海面威脅也已解除，對臺灣未有重大災情發生，詳如圖 8.9-8.12。當颱風暴風圈掠過臺灣東北部海域時，基隆港其有義波 5.64 公尺，蘇澳港其有義波 4.92 公尺，花蓮港其有義波 3.27 公尺，高雄港其有義波 2.79 公尺，臺中港其有義波有 2.91 公尺，詳如表 8-1 及圖 8.36 至圖 8.40。

(3) 今年第三個編號第 10 號的輕度颱風蓮花(LINFA)，當前第 9 號的昌鴻颱風在臺灣北部海面通過中，7 月 3 日氣象局又偵測到熱帶性低氣壓在菲律賓東方海面形成，生成後大致偏西移動，穿越呂宋島北方後逐漸改向北移動，6 日 5 時其中心在台灣鵝鑾鼻南南西方海面，暴風圈已進入巴士海峽，且移動緩慢。7 日後逐漸由北北東轉西北移動，9 日 5 時其中心在臺灣海峽南部向西移動，朝香港方向前進，對台灣近海威脅已解除。詳如圖 8.13-8.16。基隆港其有義波高 1.31 公尺，蘇澳港其有義波高達 2.44 公尺，花蓮港其有義波高達 2.32 公尺，高雄港其有義波高達 3.77 公

尺，臺中港其有義波高 3.0 公尺，詳如表 8-1 及圖 8.41 至圖 8.45。

(4) 今年編號為第 13 號也是第一個直接登陸而影響臺灣地區的強烈颱風蘇迪勒(SOUDELOR)，自 8 月 1 日在關島附近生成後穩定向西北西移動並快速增強，4 日午後雖略有減弱，但仍以中度颱風之上限持續往西移動逼近臺灣，7 日 17 時其中心在花蓮東南東方海面，暴風圈逐漸接觸臺灣陸地。8 日 4 時 40 分左右中心由花蓮秀林鄉登陸，11 時在雲林縣臺西鄉出海，同日 22 時左右由福建進入大陸，中央氣象局解除陸上海上警報，臺灣受蘇迪勒颱風的影響，造成多處道路坍方，全臺停電户數逾 400 萬户。詳如圖 8.17-8.20。此颱風造成基隆港其有義波高達 8.06 公尺，蘇澳港其有義波高達 16.02 公尺，花蓮港其有義波高達 8.42 公尺，高雄港其有義波高達 5.80 公尺，臺中港其有義波高 10.95 公尺，詳如表 8-1 及圖 8.46 至圖 8.50。

(5) 今年編號第 15 號的強烈颱風天鵝(GONL)，8 月 15 日 2 時在關島的東方海面發展為颱風後往西北西方向移動，20 日移動至菲律賓東北方海面，21 日晚間至 22 日清晨逐漸向北轉北北東方移動，22 日至 23 日其中心持續向北北東移動，暴風圈經過臺灣東方海面，23 日 20 時其中心在臺北東南東方海面加速遠離，對台灣近海威脅已解除，詳如圖 8.21-8.24，此颱風造成基隆港其有義波 1.04 公尺，蘇澳港其有義波高達 5.58 公尺，花蓮港其有義波高達 4.22 公尺，高雄港其有義波高達 1.03 公尺，臺中港其有義波高 2.39 公尺，詳如表 8-1 及圖 8.51 至圖 8.55

(6) 今年編號第 21 號第二個直接登陸臺灣的強烈颱風杜鵑(DUJUAN)，9 月 20 日在關島的西北方海面發展為颱風後向西北轉西北西方向移動，27 日 17 時其中心在花蓮東南東方海面，暴風圈逐漸向臺灣東半部海面和陸地接近，28 日 17 時 40 分其中心由宜蘭南澳鄉登陸，29 日 1 時於彰化芳苑鄉出海，同日 10 時左右由金門北方進入大陸。風及豪雨造成鐵公路及航空交通多班停駛。詳如圖 8.25-8.30，此颱風造成基隆港其有義波高達 7.09 公尺，蘇澳港其有義波高 16.44 公尺，花蓮港其有義波高達 5.88 公尺，高雄港其有義波高達 3.03 公尺，臺中港其有義波高達 8.68 公尺，詳如表 8-1 及圖 8.56 至圖 8.60。

8.4 淺談瘋狗浪之預警

本計畫的颱風波浪只作基本資料分析與特性研究，由於資料量龐大，工作項目又多，因此無法作全面且完整的分析，往後將另行深入的研究歸納，例如各觀測站之颱風風浪與湧浪的分類或分離技巧，將在後續的研究中深入探討、研發。

近幾年如 2013 年 11 月 9 日海燕颱風從菲律賓中南部橫掃而過，因颱風距離臺灣 1500 公里遠，所以中央氣象局沒有發佈颱風警報，但颱風的湧(長)浪傳到台灣東北海岸造成 8 死 8 傷。2014 年 7 月 8 日，在新北市野柳風景特定區，據媒體報導有遊客一家九口 歡欣協同出遊，當於 17 時左右行經野柳地質公園觀景步道時，卻突然遭到高約二層樓之大浪侵襲，並同時造成七人受傷。接著於 2014/07/04 生成於關島之浣熊(NEOGURI)颱風，正由西北向轉北北西向接近臺灣，並於 7 月 7 日凌晨兩點增強為強烈颱風，且於 7 日至 8 日期間，最接近臺灣東部海岸。僅管中央氣象局研判其直撲臺灣之機率不大而未發布颱風警報，但仍提醒沿海居民及趁暑假到海邊遊憩之民眾，要嚴防巨浪但還是發生不幸事件。2015 年如表 8.2 為 2015 強烈颱風梅沙、紅霞、白海豚、南卡、蘇迪勒、天鵝、閃電、杜鵑及巨爵等 9 個颱風接近中心最高時，持續風速各國之強度比較表顯示，如今年(2015)4 月 3 日約 6 時中颱梅莎距離台灣還超過 1000 公里，這次受梅莎外圍環流所引起之長浪影響，全臺沿海皆有長浪出現，在苗栗縣苑裡鎮出海口、花蓮縣新城鄉七星潭、秀林鄉崇德海灘，以及臺東縣三仙臺等處亦因而傳出遊客慘遭溺斃的消息，共有 5 人罹難。

綜合以上曾造成傷亡輕重不等之瘋狗浪不幸侵襲事件可確認，其共通原因跟過境或接近臺灣鄰近海域之颱風，具有密切之關聯性。而從瘋狗浪之侵襲時間與當時之海氣象狀況可進一步判定，無論是否為發布警報之颱風，也不論颱風的移動路徑與強弱，伴隨颱風移動風暴所造成之湧浪，明確應可視為是導致瘋狗浪不幸侵襲事件之最主要決定因素。

每當遠洋已成形的颱風，尤其是不會到台灣海面附近，而中央氣象局又沒發海上或陸上警報的颱風，一般人就忽略它會對台灣的東北海岸及西南海岸的威脅，所以特別注意本中心在蘇澳港、花蓮港及高雄港海象觀測站，即

時傳回的資料內其波浪的週期與波高有沒有異樣，並跟電視媒體或報紙所報出在海邊造成民眾傷亡或財產損失的瘋狗浪侵襲事件之時間關聯性做比對，得到結果在過去10年間瘋狗浪侵襲的案件，大部份都在遠洋無警報的颱風，在臺灣沿岸造成了波浪的週期10秒以上及示性波高1.5公尺以上的長浪所造成，如圖8.61-8.78所顯示，大部份如當波浪週期大於10秒以上，至少還大約有10小時的時間後才會有示性波高1.5公尺以上的長浪，而造成人民的傷亡的長浪事件，跟報告中瘋狗浪之預警分級所稱可對照亦相當穩合，因此引發異常大浪的重要機制與關鍵原因。如報告中結論「湧浪在近岸之群波非線性演化本質與在特定局部海域地形下之波能聚積與堆疊效應，應是引發瘋狗浪或異常大浪的重要機制與關鍵原因。

現今之科技研究之成就，欲對瘋狗浪之準確發生時間與地點進行預測或預報，僅管尚有諸多物理課題層面待突破與辯證，但就防護、避災、減災、消災之各項防災目標而言，本研究認為：現階段應可依據即時監測湧浪特性之變化，而簡速地從預警著手。

至於起動或結束預警之時機，本研究建議：以交通部運輸研究所港灣技術研究中心在蘇澳港與花蓮港海象測站之即時波浪監測特性作為準據，無論季節是夏季或冬季，也無論天氣是風和日麗或狂風暴雨，當該指定二個海象測站之一所監測到波浪之示性波高大於1.5公尺、且其示性週期在甚短期間內由通常小於10秒之風浪，突然轉變為超過10秒以上之湧浪時，即應發布「瘋狗浪警報」；而當波浪之示性週期再度減降回復至10秒以下時，「瘋狗浪警報」即可解除。

最終的目的是可以不須再增加國家太多的財力，而利用本所港研中心現有的「五個國際港海氣象觀測資料即時傳輸系統」的資料，就能做成【瘋狗浪簡速的預警系統】， 並減少民眾國人無畏的傷亡。

颱風列表

年份	編號	中文名稱	英文名稱	侵臺路徑分類	警報期間	近臺強度	生命期近中心最低氣壓(hPa)	近臺近中心最大風速(m/s)	近臺7級風暴風半徑	近臺10級風暴風半徑	警報發布報數
2015	201527	茉莉	MELOR	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201526	烟花	IN-FA	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201525	蔷薇	CHAMPI	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201524	巨爵	KOPPU	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201523	彩雲	CHOI-WAN	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201522	彩虹	MUJIGAE	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201521	杜鵑	DUJUAN	2	2015-09-27 08:30 2015-09-29 17:30	強烈	925	51	220	80	20
2015	201520	科羅旺	KROVANH	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201519	梵高	VAMCO	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201518	艾陶	ETAU	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201517	奇羅	KILO	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201516	閃電	ATSANI	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201515	天鵝	GONI	---	2015-08-20 17:30 2015-08-23 20:30	強烈	925	51	200	80	26
2015	201514	莫拉菲	MOLAVE	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201513	蘇迪勒	SOUDELOR	3	2015-08-06 11:30 2015-08-09 08:30	中度	930	48	300	100	24
2015	201512	哈洛拉	HALOLA	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201511	南卡	NANGKA	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201510	蓮花	LINFA	---	2015-07-06 08:30 2015-07-09 05:30	輕度	975	30	120	30	24
2015	201509	昌鴻	CHAN-HOM	---	2015-07-09 05:30 2015-07-11 11:30	中度	935	48	280	100	19
2015	201508	鯨魚	KUJIRA	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201507	白海豚	DOLPHIN	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201506	紅霞	NOUL	---	2015-05-10 08:30 2015-05-11 20:30	強烈	925	51	200	80	13
2015	201505	海神	HAISHEN	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201504	梅沙	MAYSAK	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201503	巴威	BAVI	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201502	無花果	HIGOS	---	---	---	---	---	---	---	---
2015	201501	米克拉	MEKKHALA	---	---	---	---	---	---	---	---

圖 8.1　2015 年西太平洋所有發生的颱風列表示意圖

有發警報颱風列表

年份	編號	中文名稱	英文名稱	侵臺路徑分類	警報期間	近臺強度	生命期近中心最低氣壓(hPa)	近臺近中心最大風速(m/s)	近臺7級風暴風半徑	近臺10級風暴風半徑	警報發布報數
2015	201521	杜鵑	DUJUAN	2	2015-09-27 08:30 2015-09-29 17:30	強烈	925	51	220	80	20
2015	201515	天鵝	GONI	---	2015-08-20 17:30 2015-08-23 20:30	強烈	925	51	200	80	26
2015	201513	蘇迪勒	SOUDELOR	3	2015-08-06 11:30 2015-08-09 08:30	中度	930	48	300	100	24
2015	201510	蓮花	LINFA	---	2015-07-06 08:30 2015-07-09 05:30	輕度	975	30	120	30	24
2015	201509	昌鴻	CHAN-HOM	---	2015-07-09 05:30 2015-07-11 11:30	中度	935	48	280	100	19
2015	201506	紅霞	NOUL	---	2015-05-10 08:30 2015-05-11 20:30	強烈	925	51	200	80	13

圖 8.2　2015 年中央氣象局有發警報颱風列表示意圖

(資料來源：中央氣象局網上)

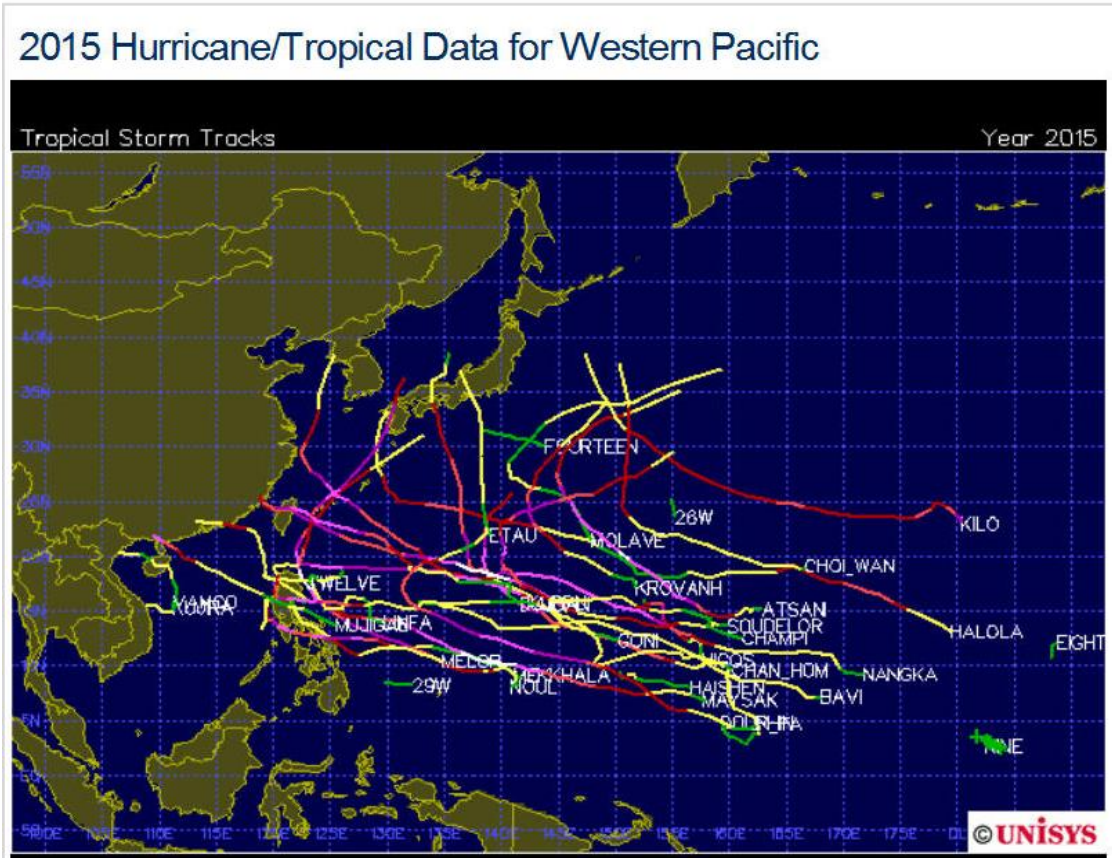


圖 8.3　2015 年西太平洋所有發生的颱風概況示意圖

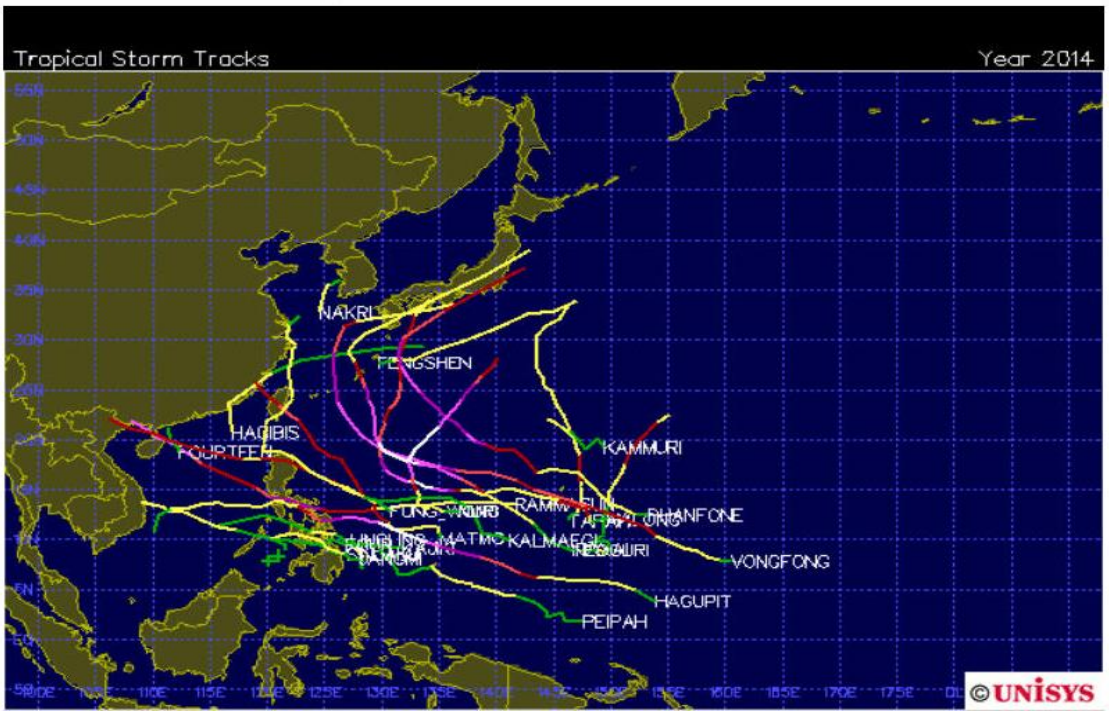


圖 8.4　2014 年西太平洋所有發生的颱風概況示意圖

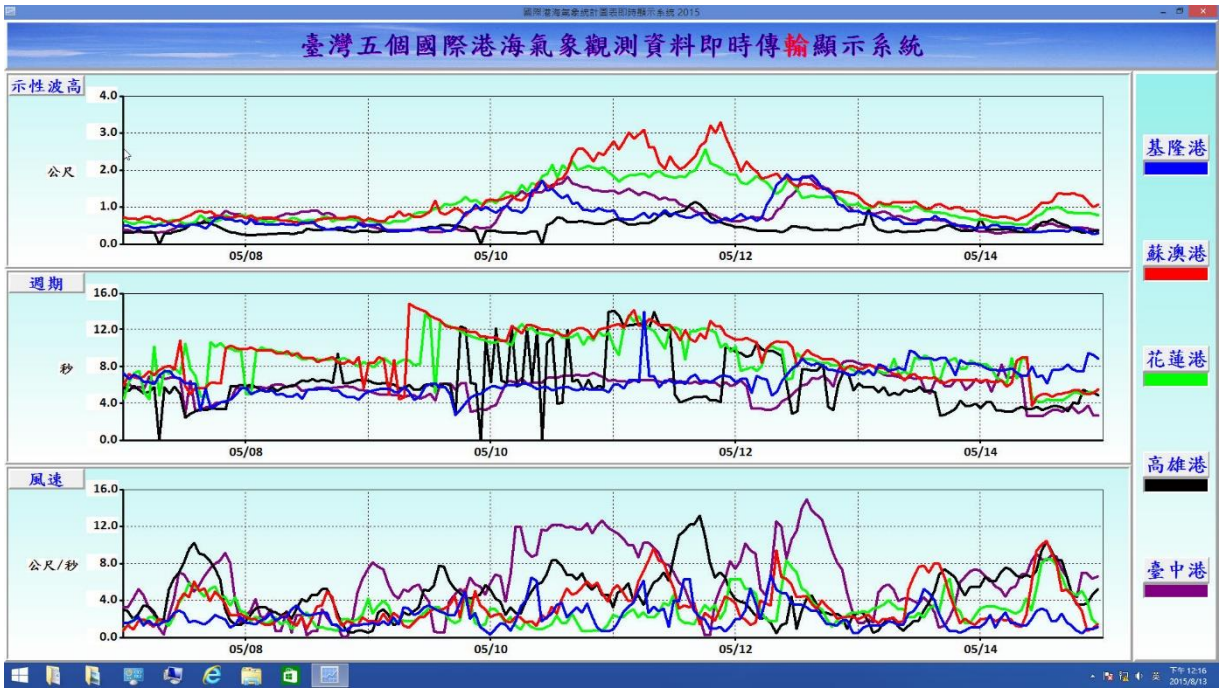


圖 8.5　2015 年 5 月 7 日至 5 月 14 日之第 6 號紅霞(NOUL)強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖

圖 8.6　2015 年 05 月 03 日至 05 月 12 日第 6 號之紅霞(NOUL) 強烈颱風路徑圖
(資料來源：中央氣象局網站)

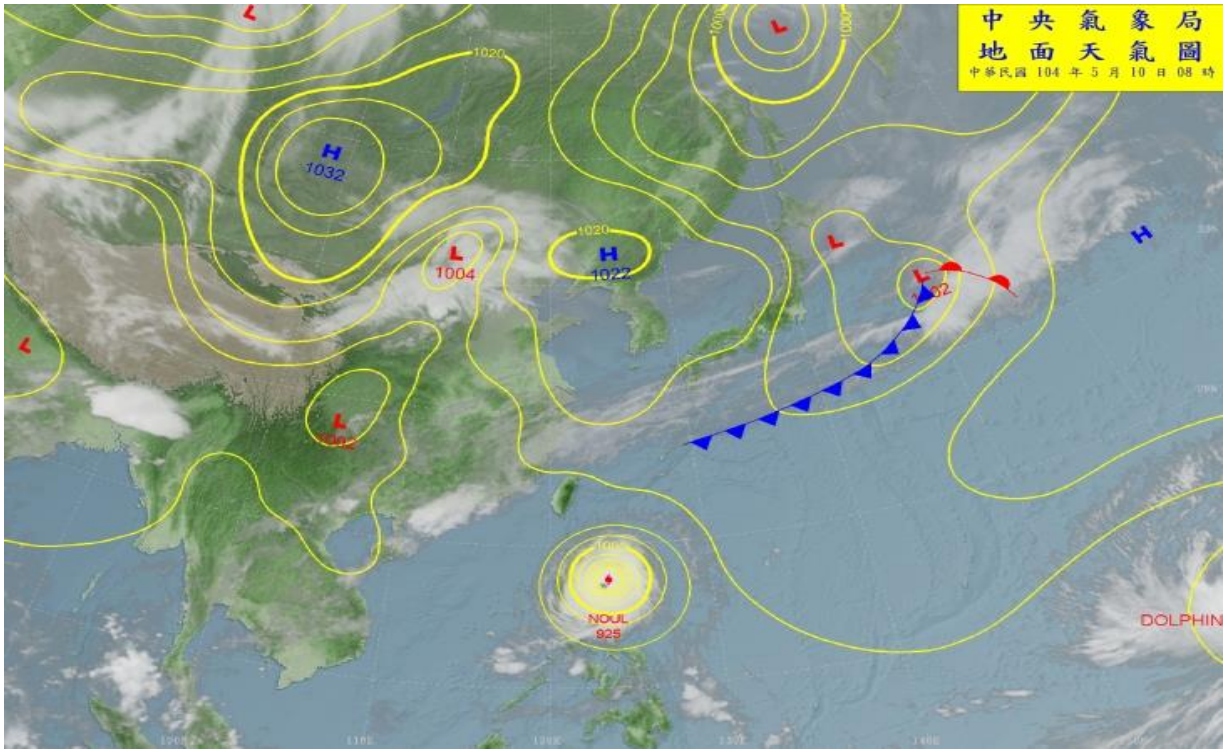


圖 8.7　2015 年 05 月 10 日 08 時第 6 號之紅霞(NOUL) 強烈颱風之地面天氣圖
(資料來源：中央氣象局網站)

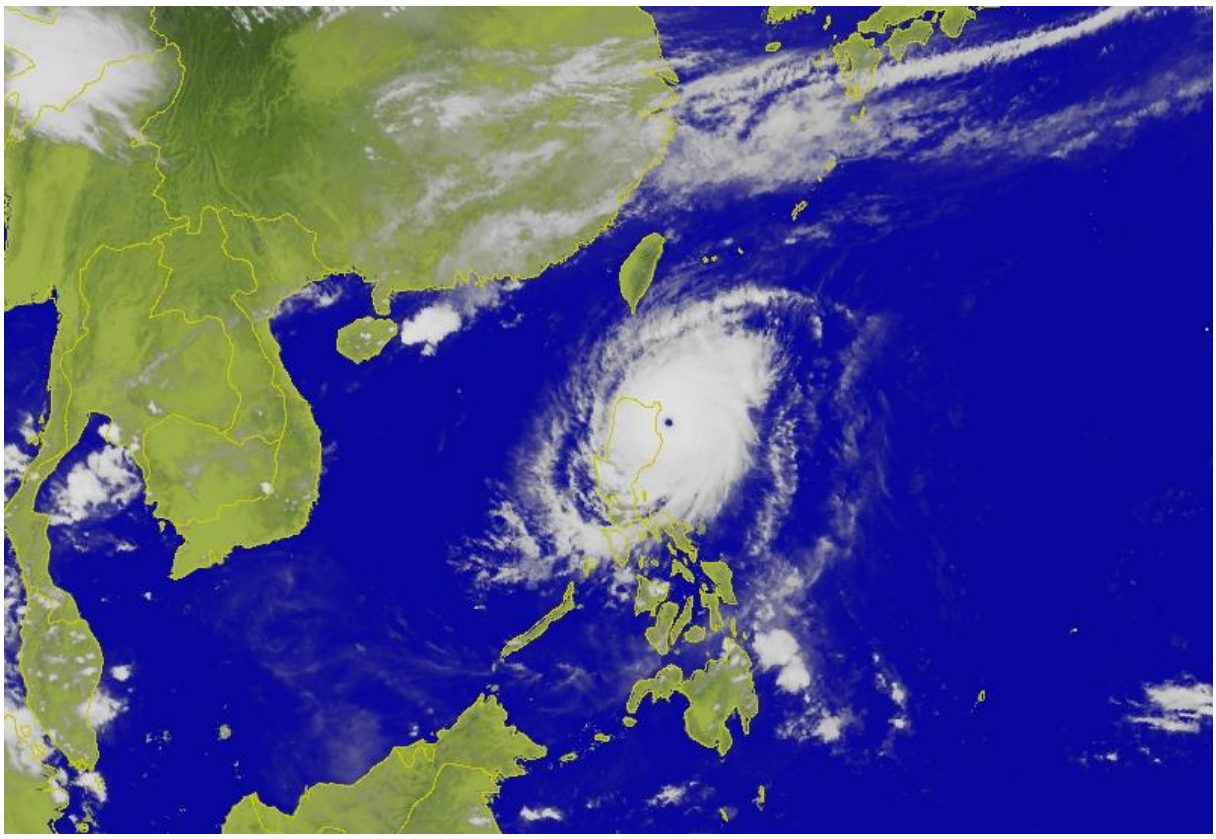


圖 8.8　2015 年 05 月 10 日 13 時第 6 號之紅霞(NOUL) 強烈颱風之紅外線雲圖
(資料來源：中央氣象局網站)

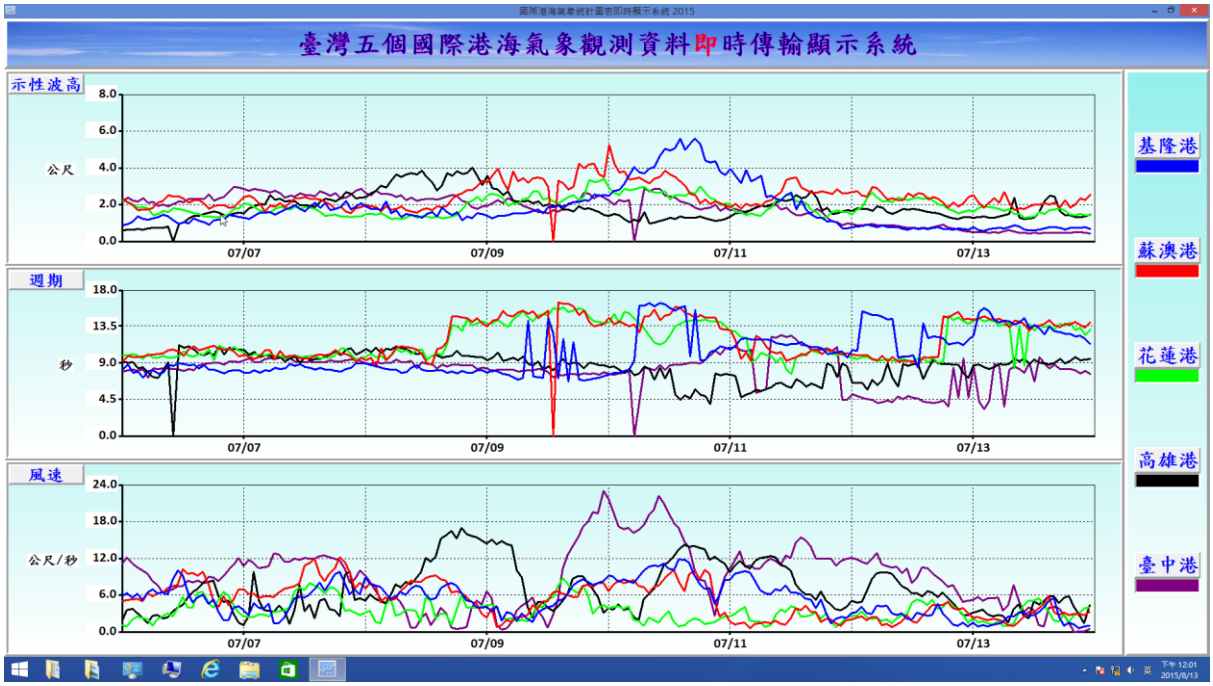


圖 8.9　2015 年 7 月 6 日至 7 月 13 日之第 9 號之昌鴻(CHAN-HOM) 中度颱風
臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖

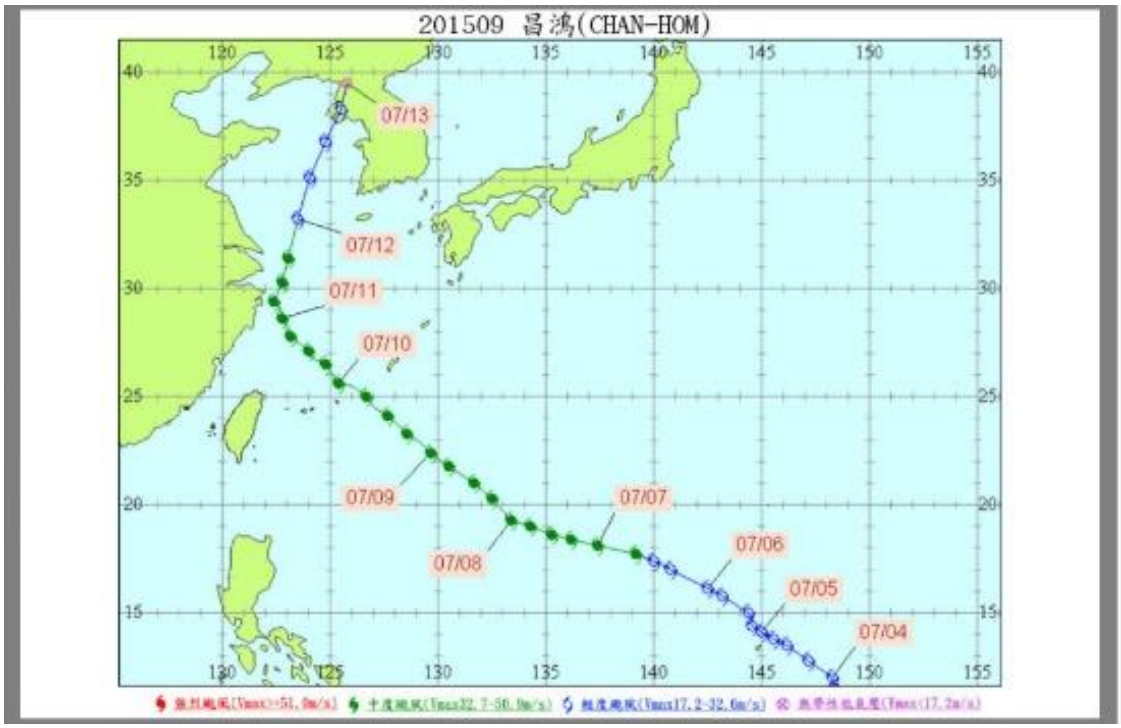


圖 8.10　2015 年 07 月 04 日至 07 月 13 日第 9 號之昌鴻(CHAN-HOM) 中度颱風路徑圖

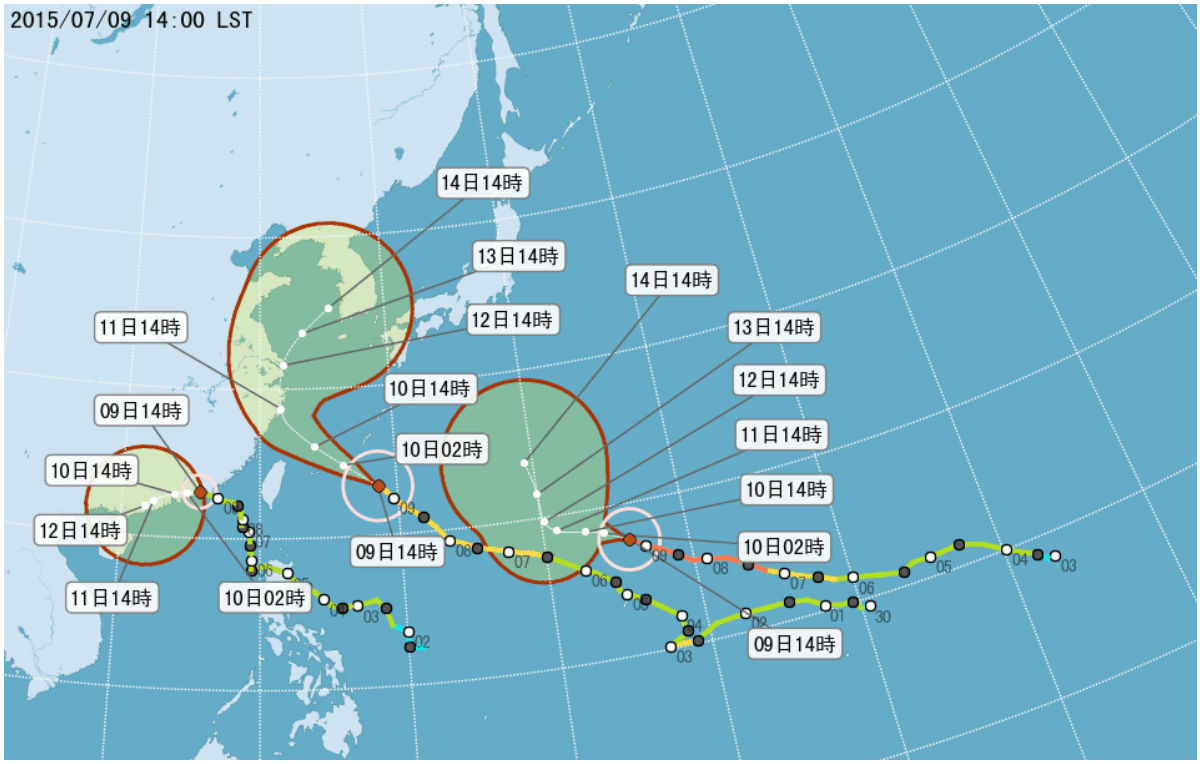


圖 8.11　2015 年 7 月 7 日 14 時第 10 號之蓮花(LINFA) 輕度颱風之地面天氣圖
（資料來源：中央氣象局網站）

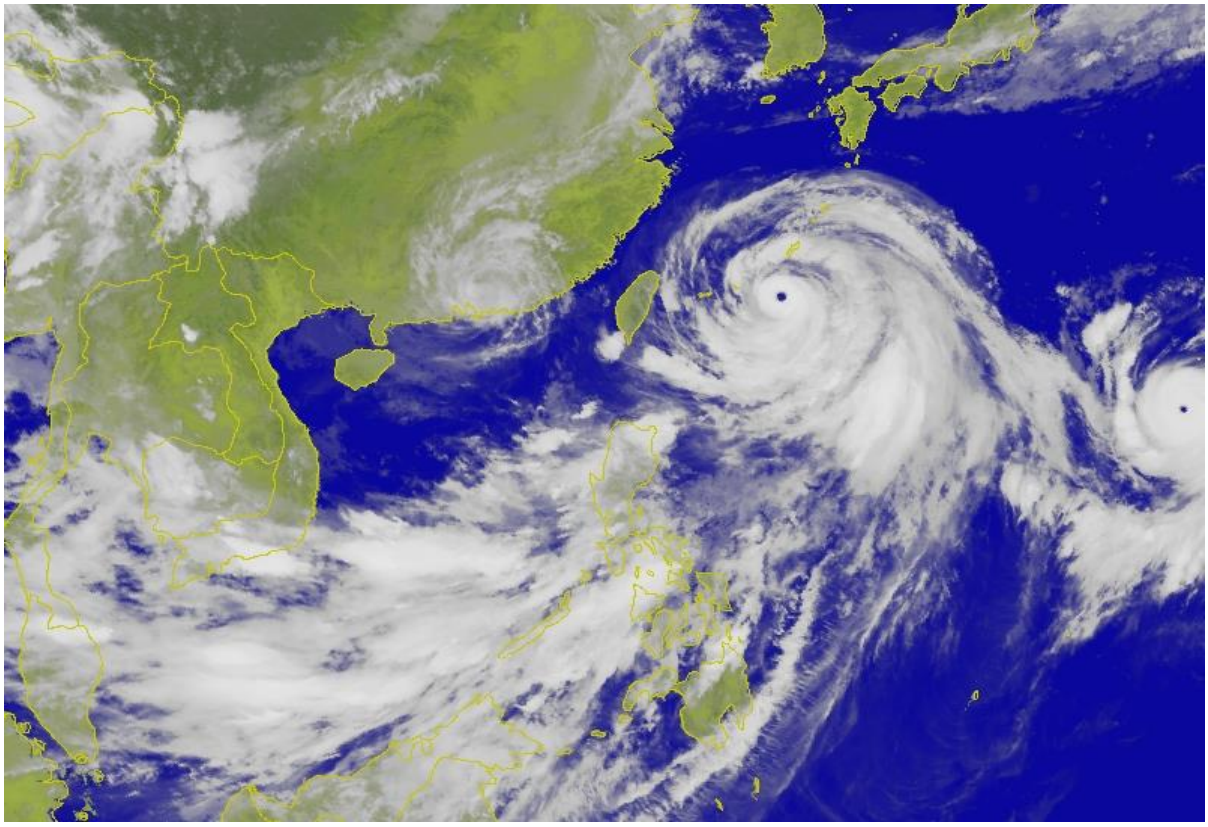


圖 8.12　2015 年 7 月 9 日 21 時第 9 號之昌鴻(CHAN-HOM) 中度颱風之紅外線雲圖
(資料來源：中央氣象局網站)

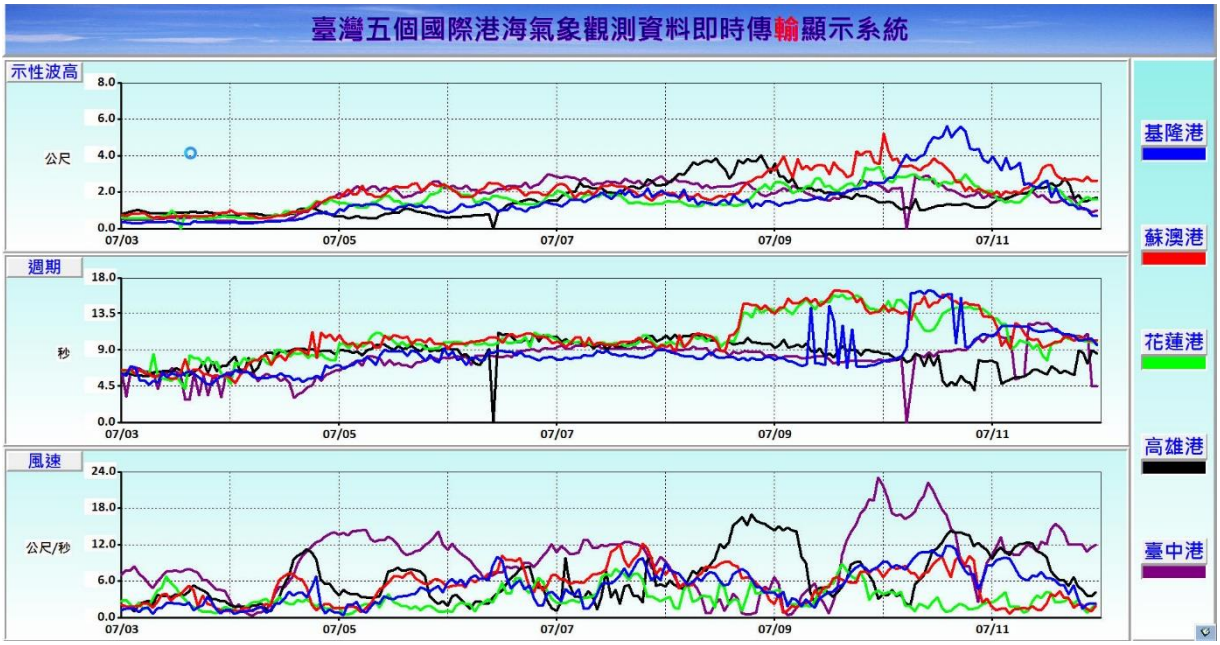


圖 8.13 2015 年 07 月 03 日至 07 月 11 日第 10 號之蓮花(LINFA) 輕度颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖

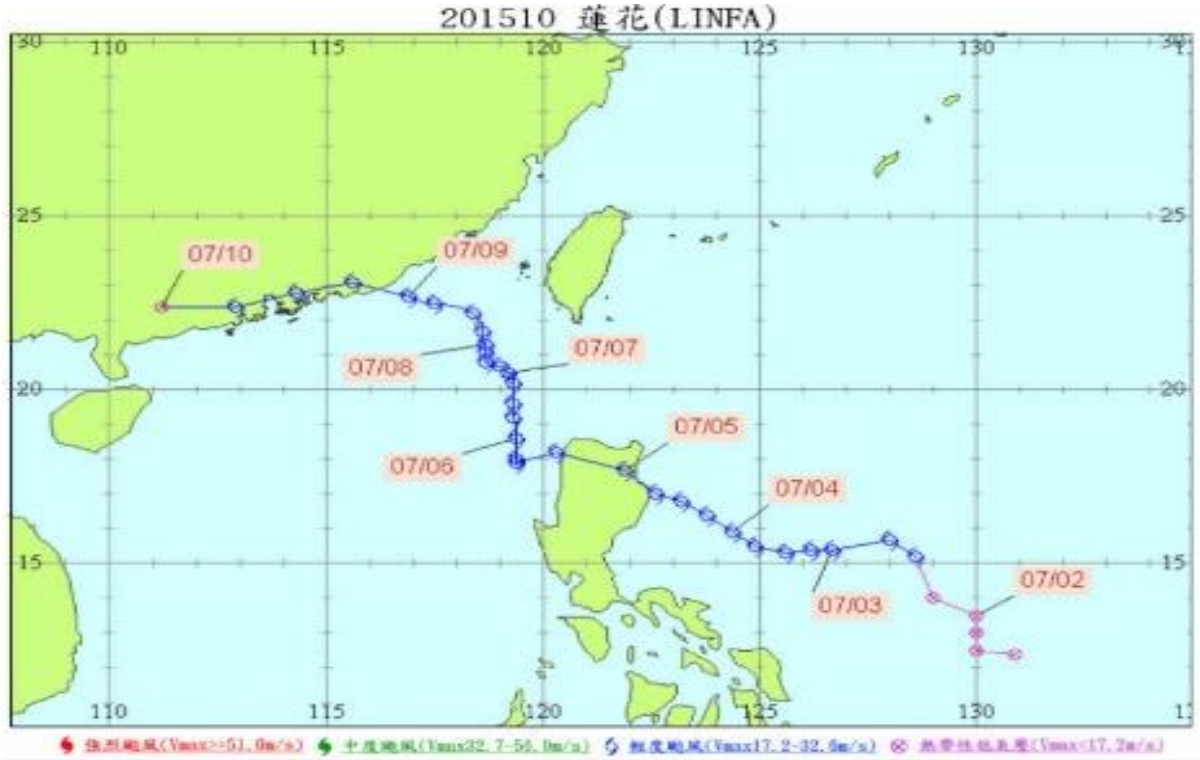


圖 8.14　2014 年 07 月 02 日至 07 月 10 日第 10 號之蓮花(LINFA) 輕度颱風路徑圖

(資料來源：中央氣象局網站)

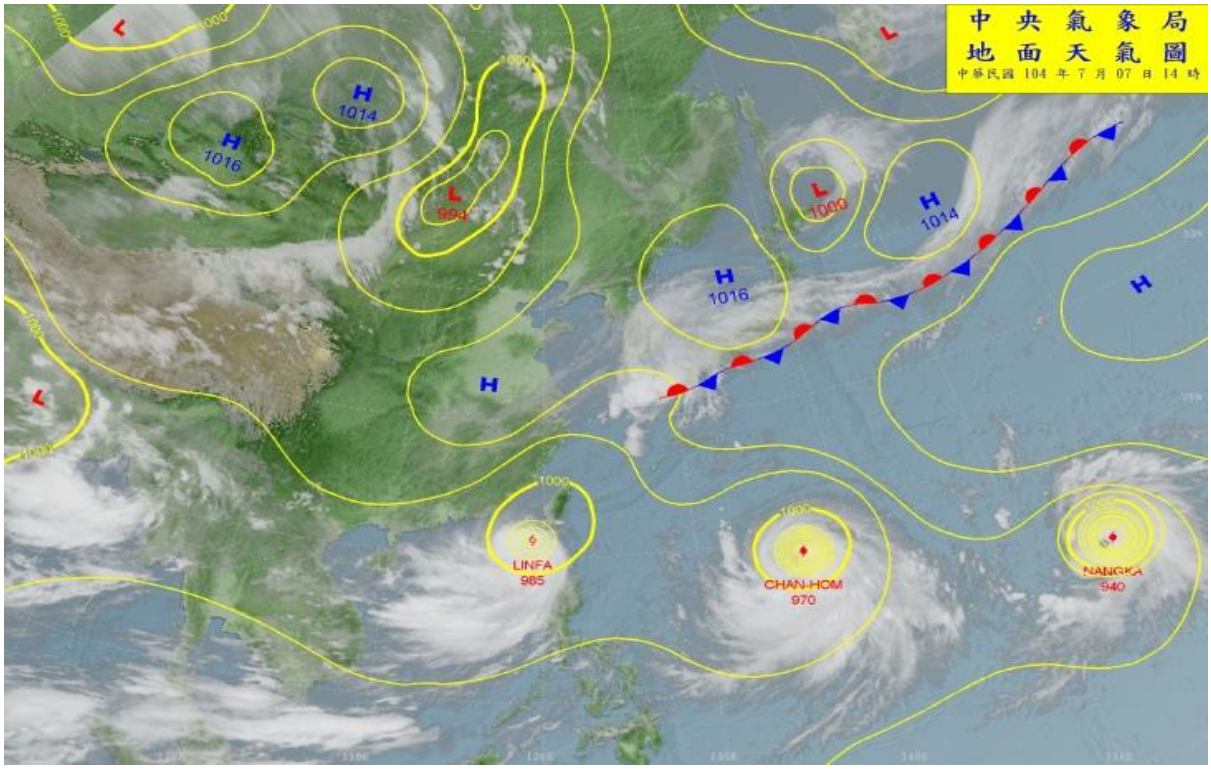


圖 8.15　2015 年 7 月 7 日 14 時第 10 號之蓮花(LINFA) 輕度颱風之地面天氣圖
（資料來源：中央氣象局網站）

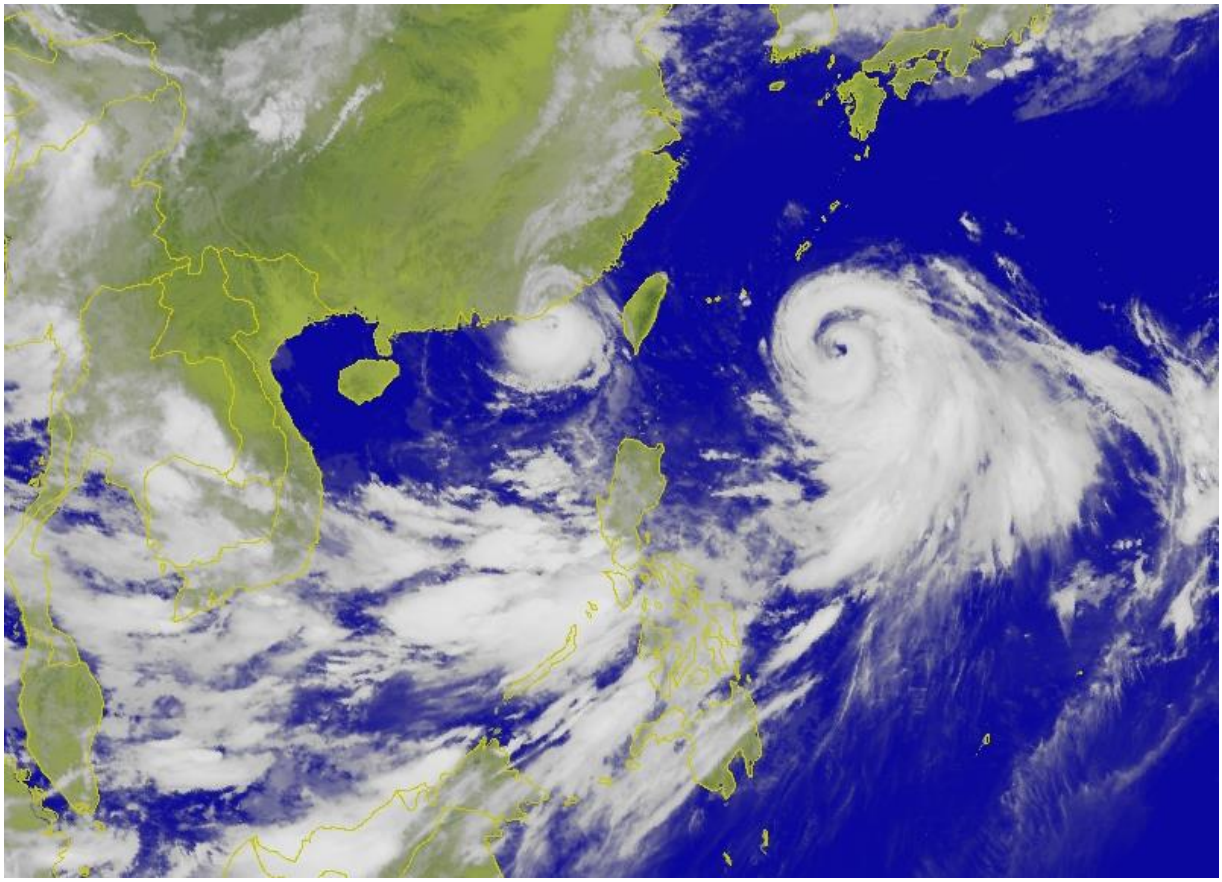


圖 8.16　2015 年 7 月 9 日 7 時 30 分第 10 號之蓮花(LINFA) 輕度颱風之紅外線雲圖
(資料來源：中央氣象局網站)

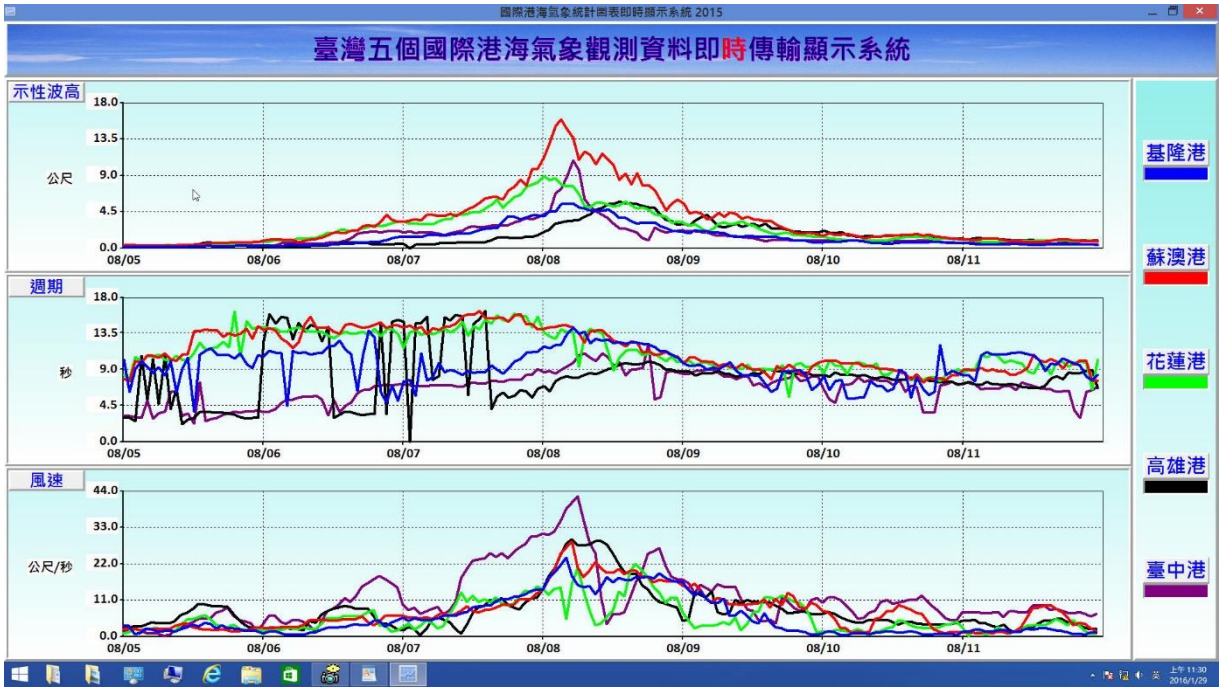


圖 8.17　2015 年 8 月 5 日至 08 月 11 日第 13 號之蘇迪勒(SOUDELOR) 強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖

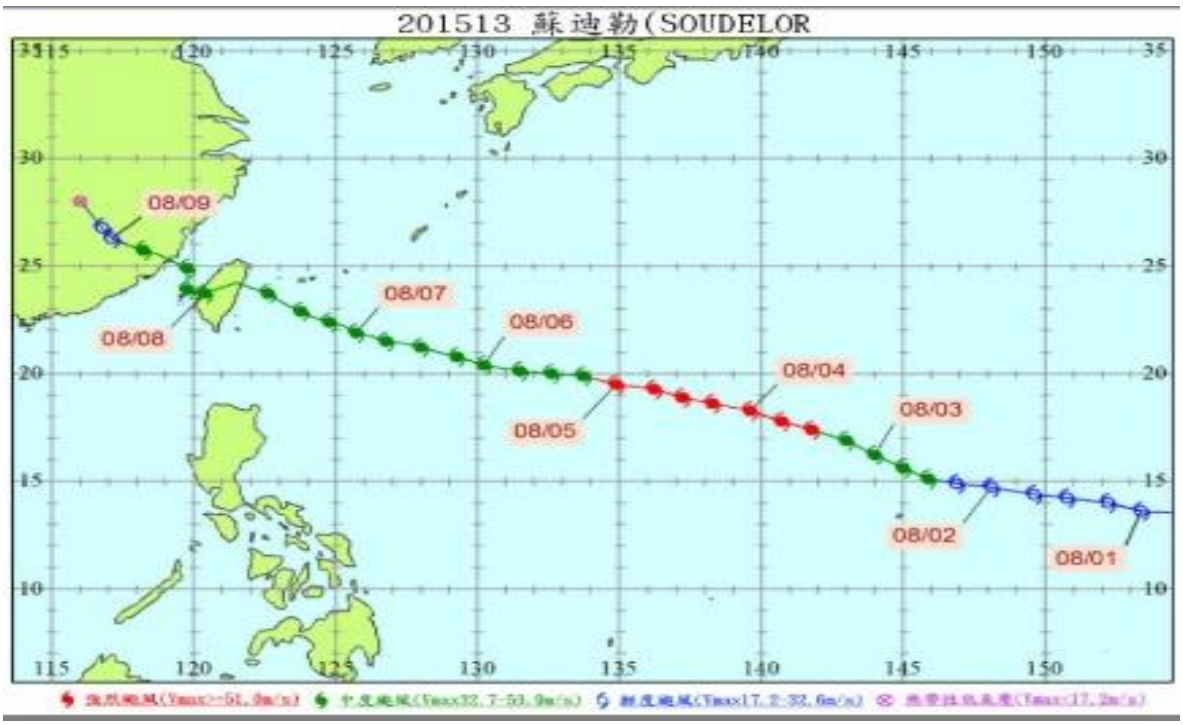


圖 8.18　2015 年 08 月 01 日至 08 月 09 日第 13 號之蘇迪勒(SOUDELOR) 強烈颱風路徑圖
(資料來源：中央氣象局網站)

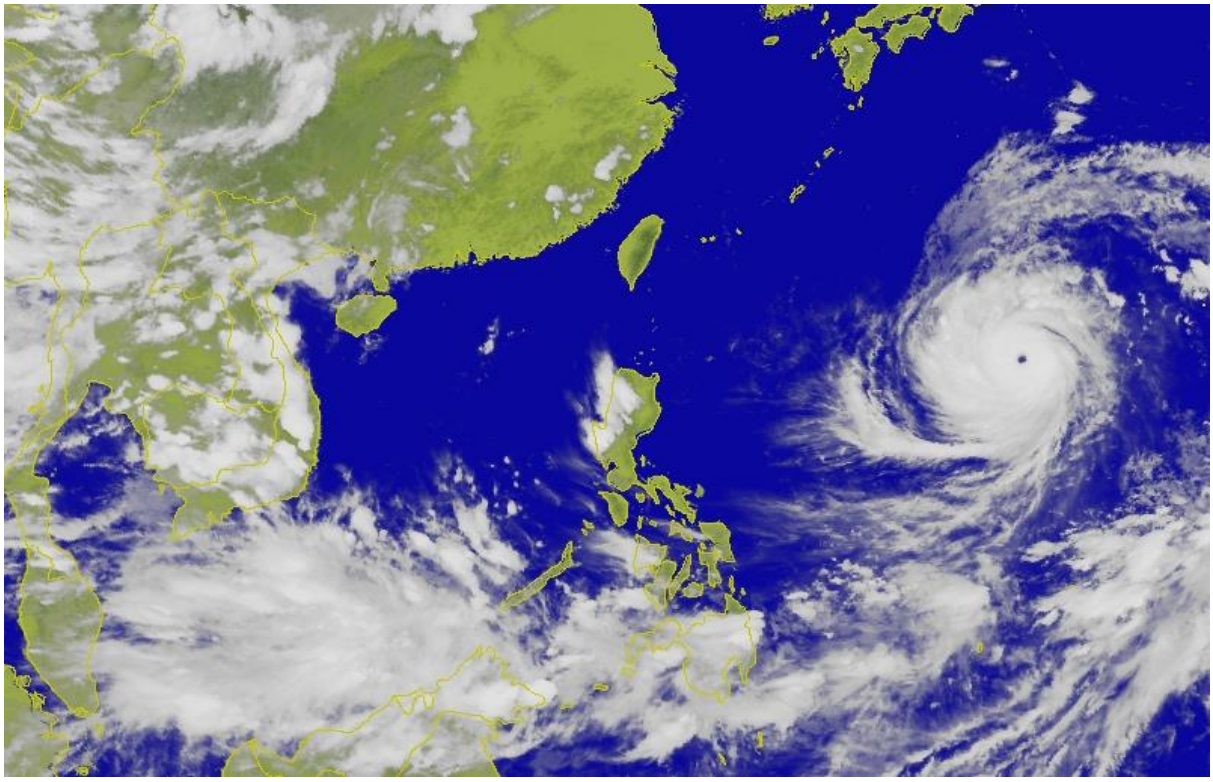


圖 8.19　2015 年 8 月 4 日 19 時第 13 號之蘇迪勒(SOUDELOR) 強烈颱風之紅外線雲圖(資料來源：中央氣象局網站)

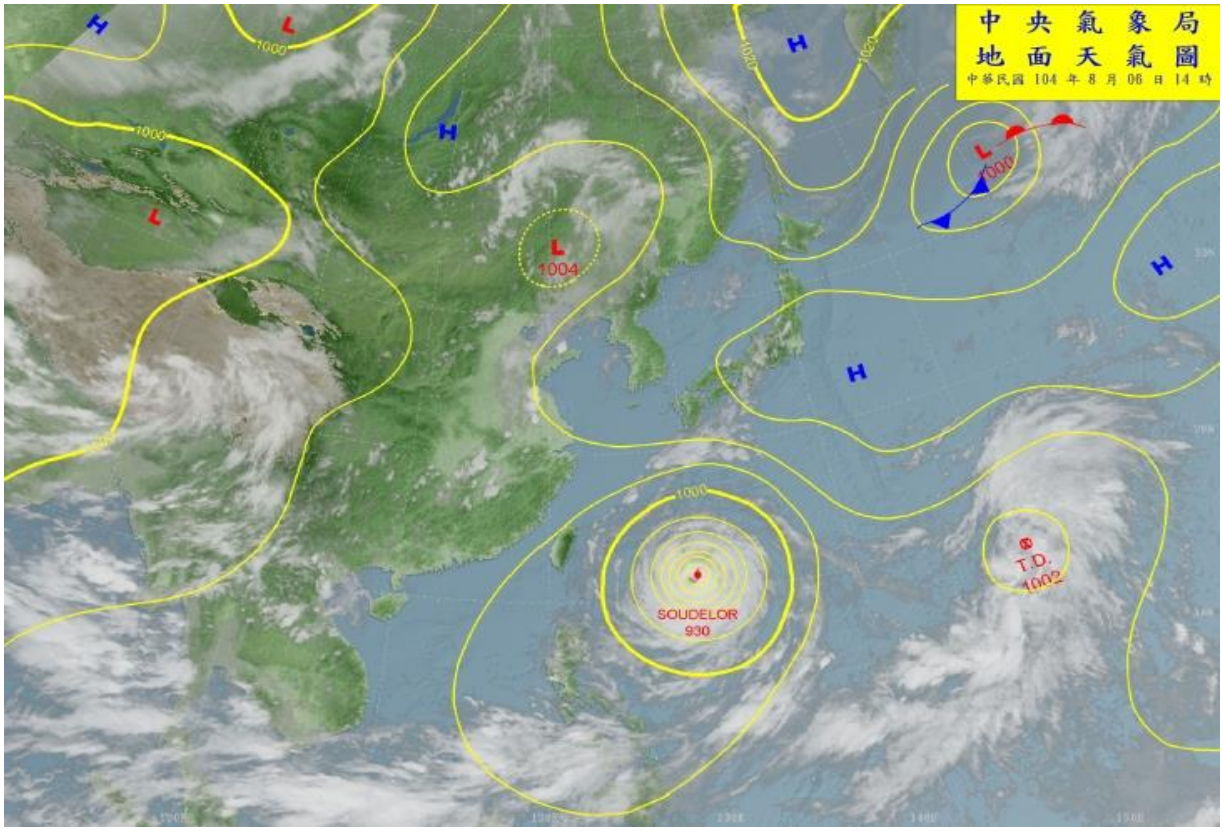


圖 8.20　2015 年 8 月 6 日 14 時第 13 號之蘇迪勒(SOUDELOR) 強烈颱風之地面天氣圖(資料來源：中央氣象局網站)

圖 8.21　2015 年 8 月 12 日至 08 月 28 日第 15 號之天鵝(GONL)強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖

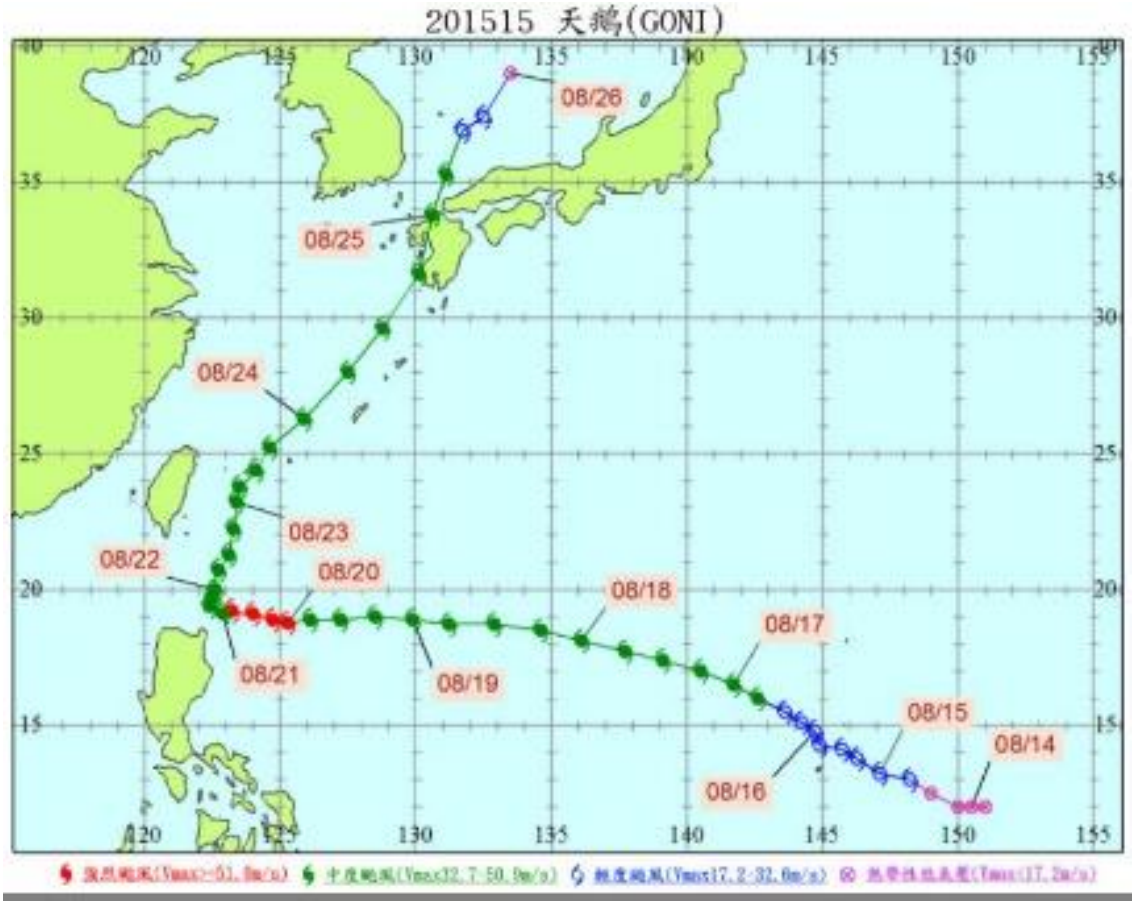


圖 8.22　2015 年 08 月 14 日至 08 月 26 日第 15 號之天鵝(GONL)強烈颱風路徑圖
(資料來源：中央氣象局網站)

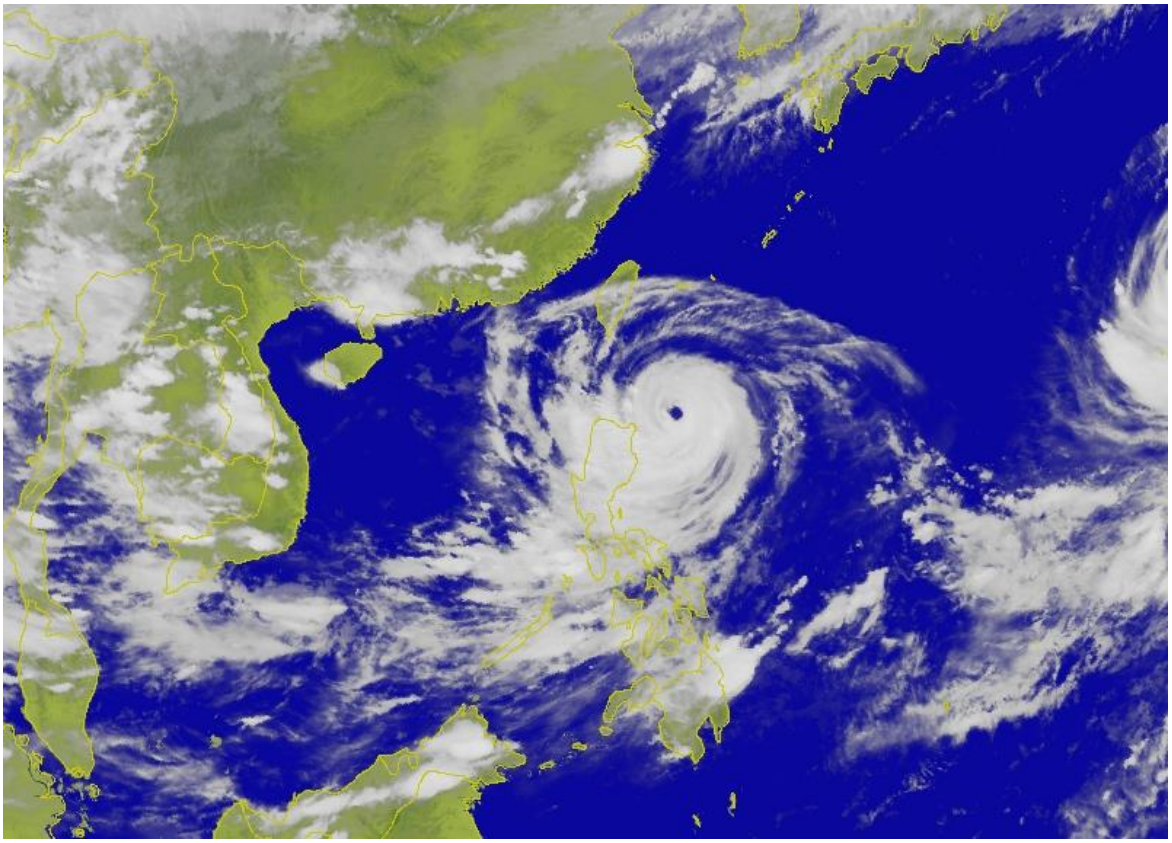


圖 8.23　2015 年 8 月 20 日 20 時第 15 號之天鵝(GONL)強烈颱風風之紅外線雲圖(資料來源：中央氣象局網站)

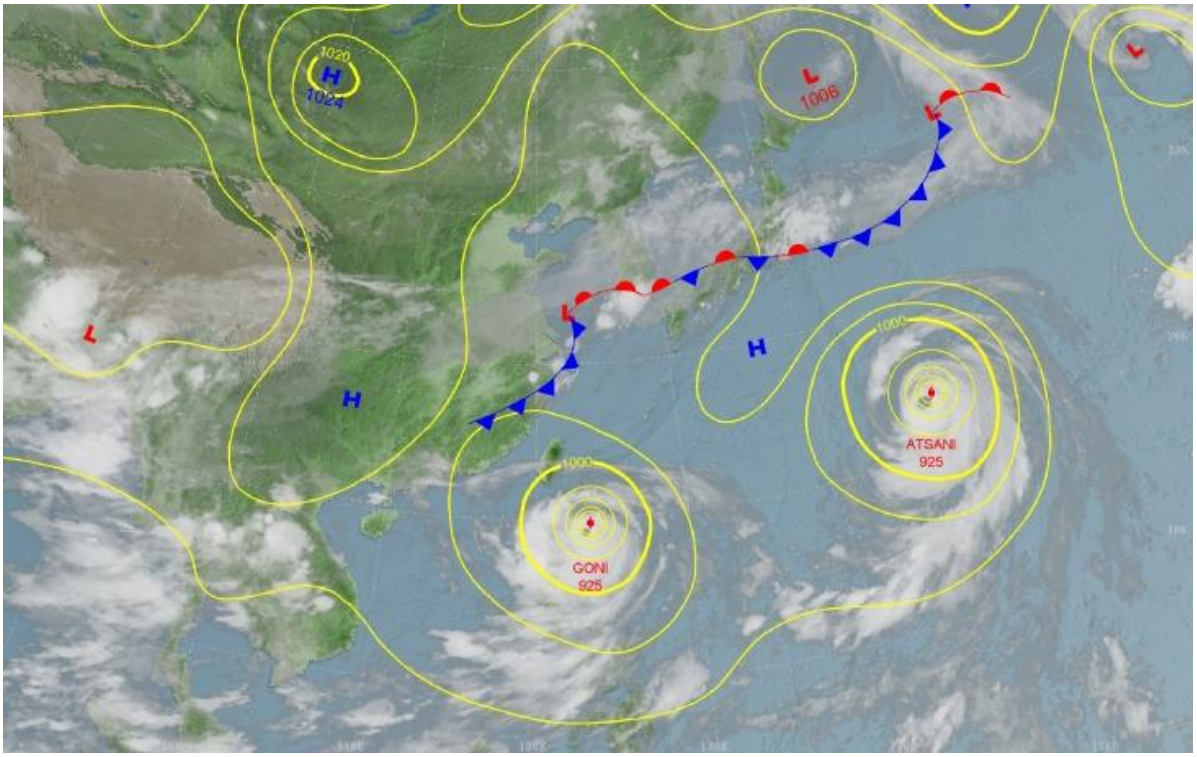


圖 8.24　2015 年 8 月 21 日 2 時第 15 號之天鵝(GONL)強烈颱風風之地面天氣圖(資料來源：中央氣象局網站)

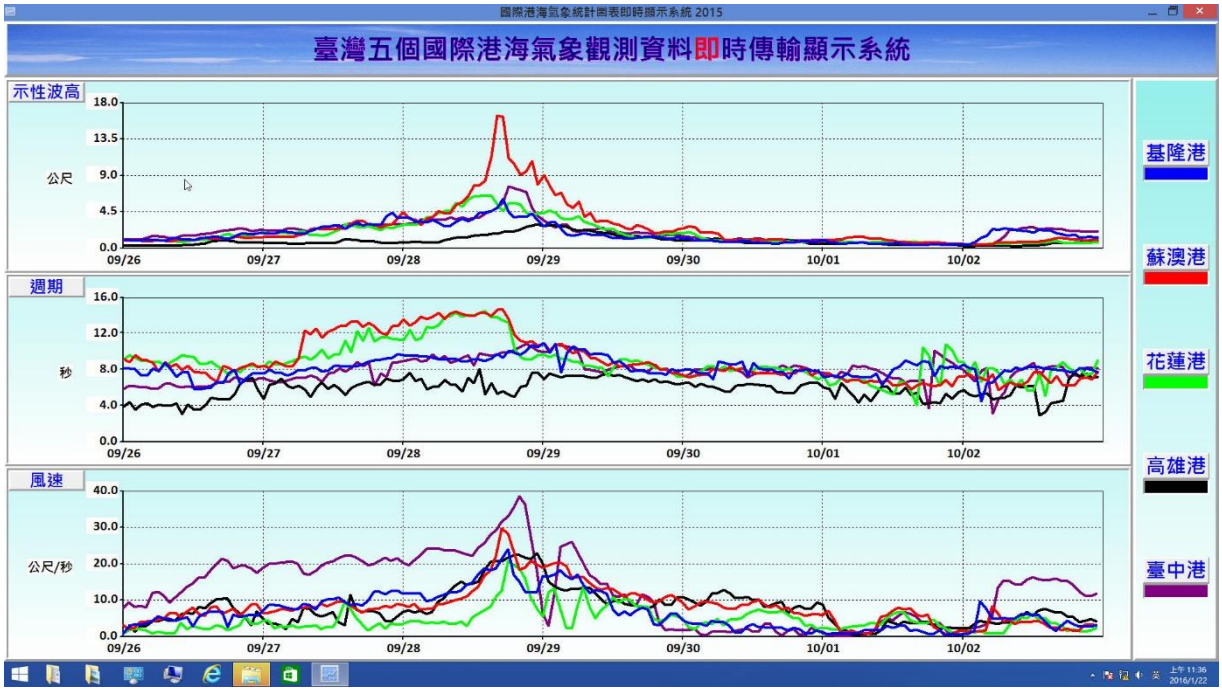


圖 8.25　2015 年 9 月 26 日至 10 月 2 日第 21 號杜鵑(DUJUAN) 強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖

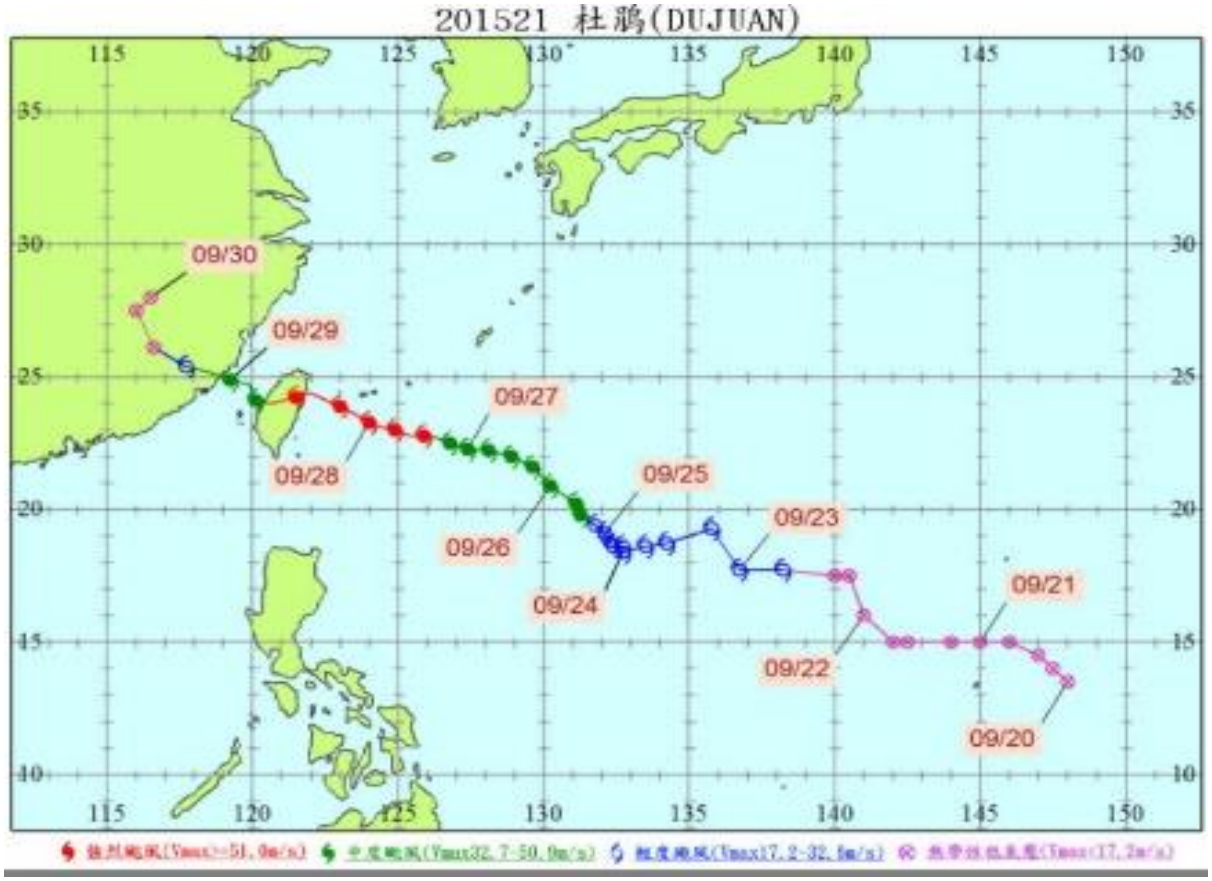


圖 8.26　2015 年 09 月 20 日至 09 月 30 日之第 21 號杜鵑(DUJUAN) 強烈颱風路徑圖
(資料來源：中央氣象局網站)

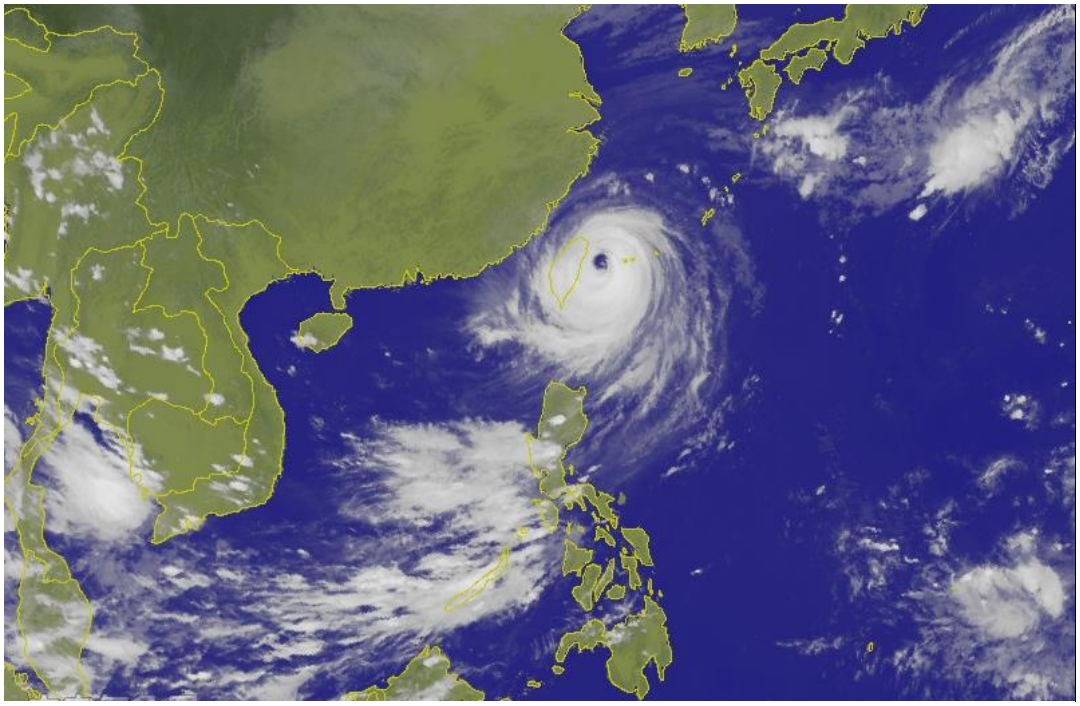


圖 8.27　2015 年 9 月 28 日 15 時第 21 號杜鵑(DUJUAN) 強烈颱風之紅外線雲圖(資料來源：中央氣象局網站)

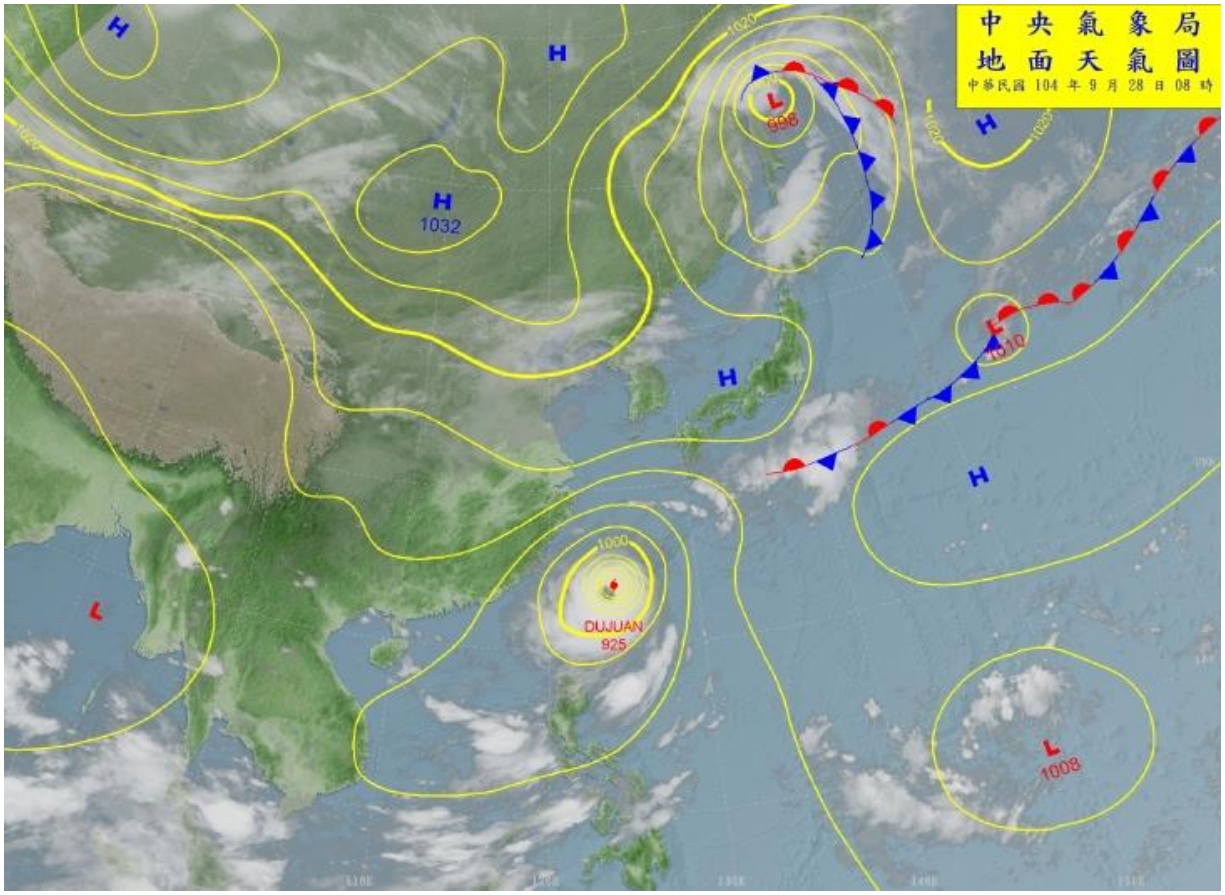


圖 8.28　2015 年 9 月 28 日 15 時第 21 號杜鵑(DUJUAN) 強烈颱風之地面天氣圖(資料來源：中央氣象局網站)

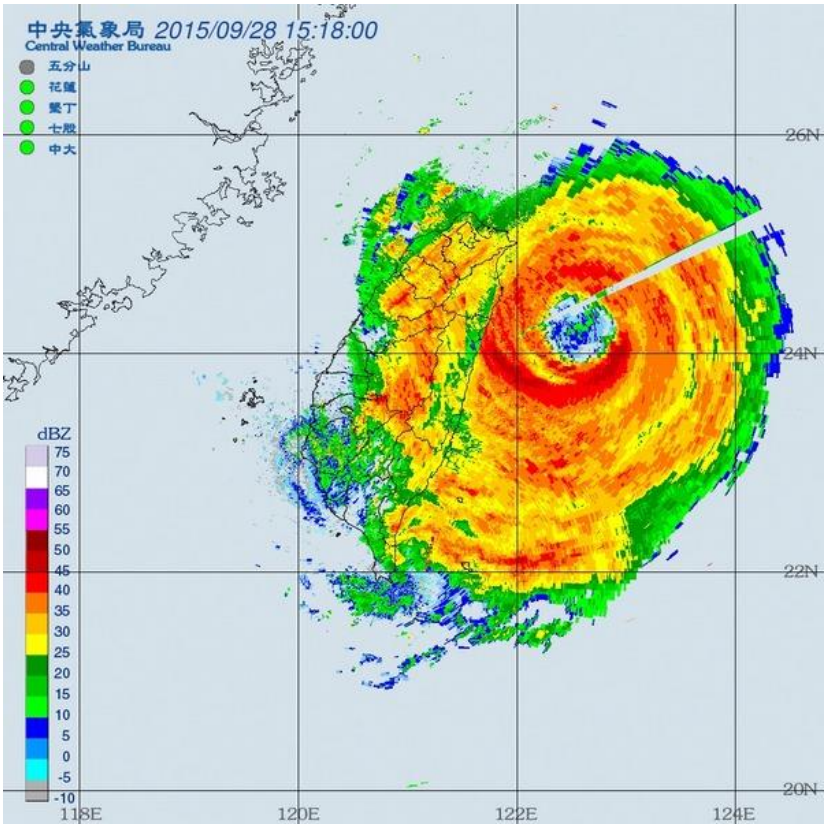


圖 8.29　2015 年 9 月 28 日 15 時中央氣象局之雷達回波圖

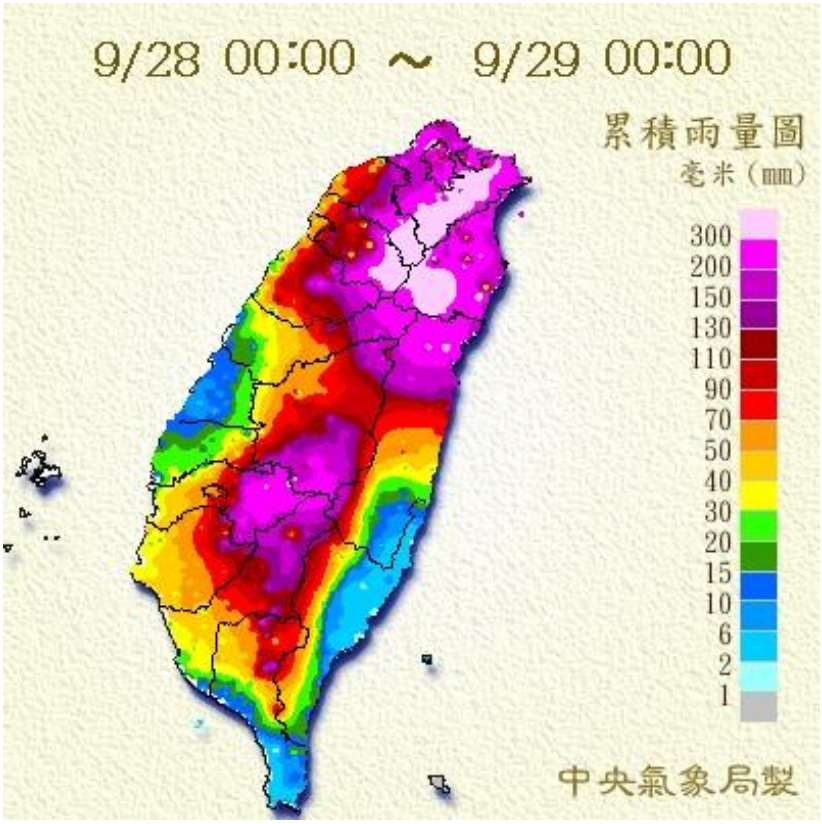


圖 8.30　2015 年 9 月 28 日累積雨量圖

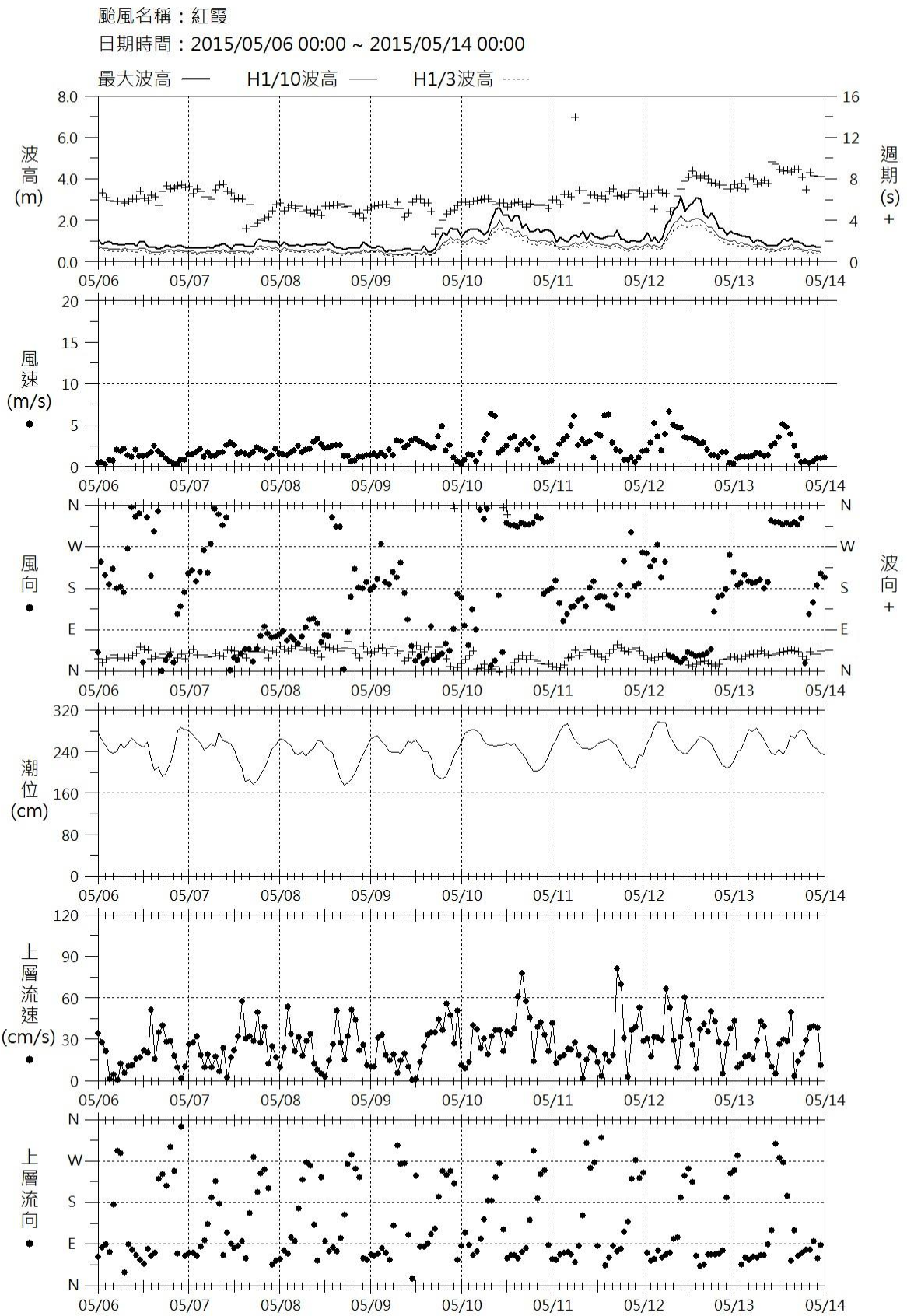


圖8.31 2015年5月紅霞颱風基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

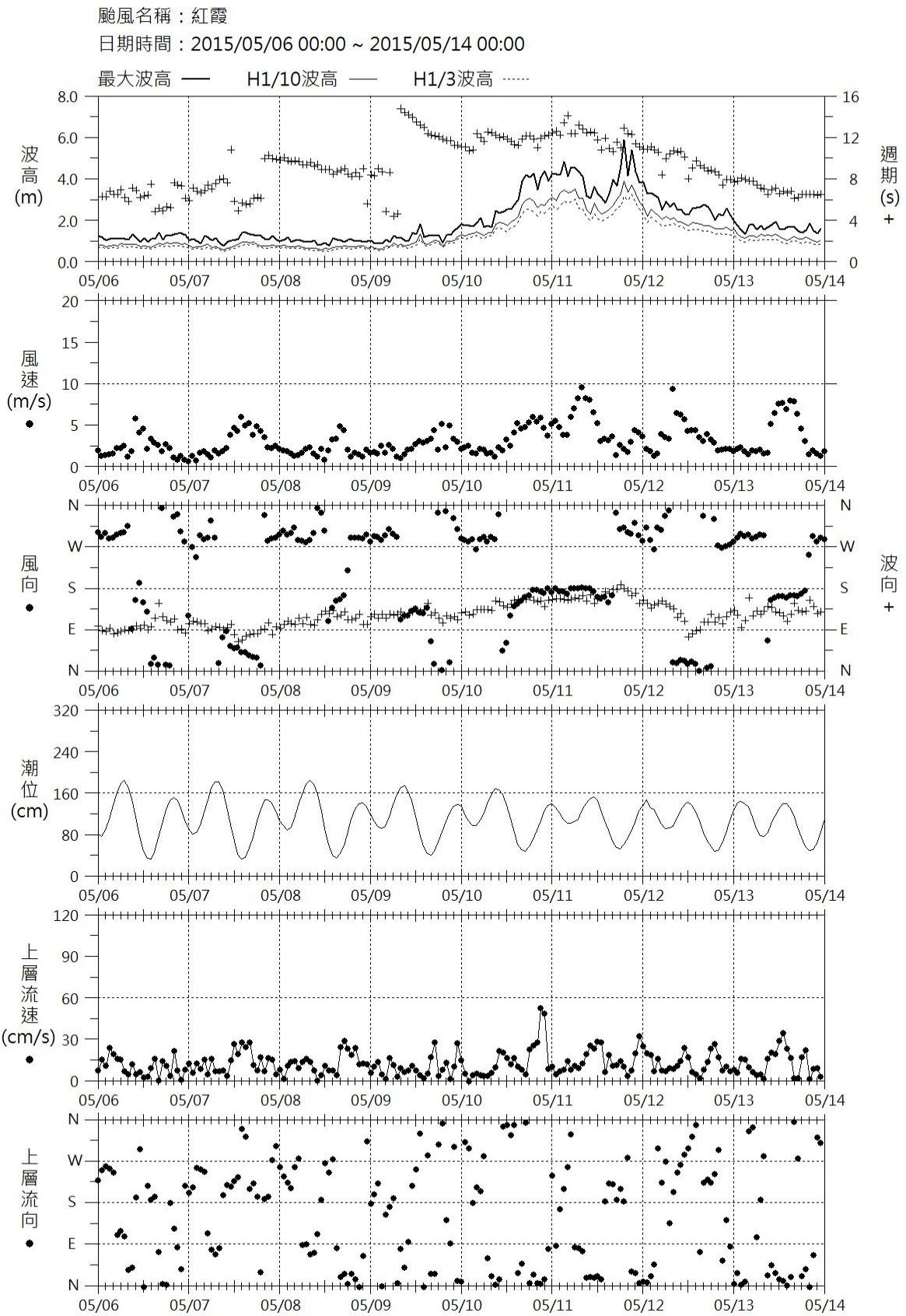


圖8.32 2015年5月紅霞颱風蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

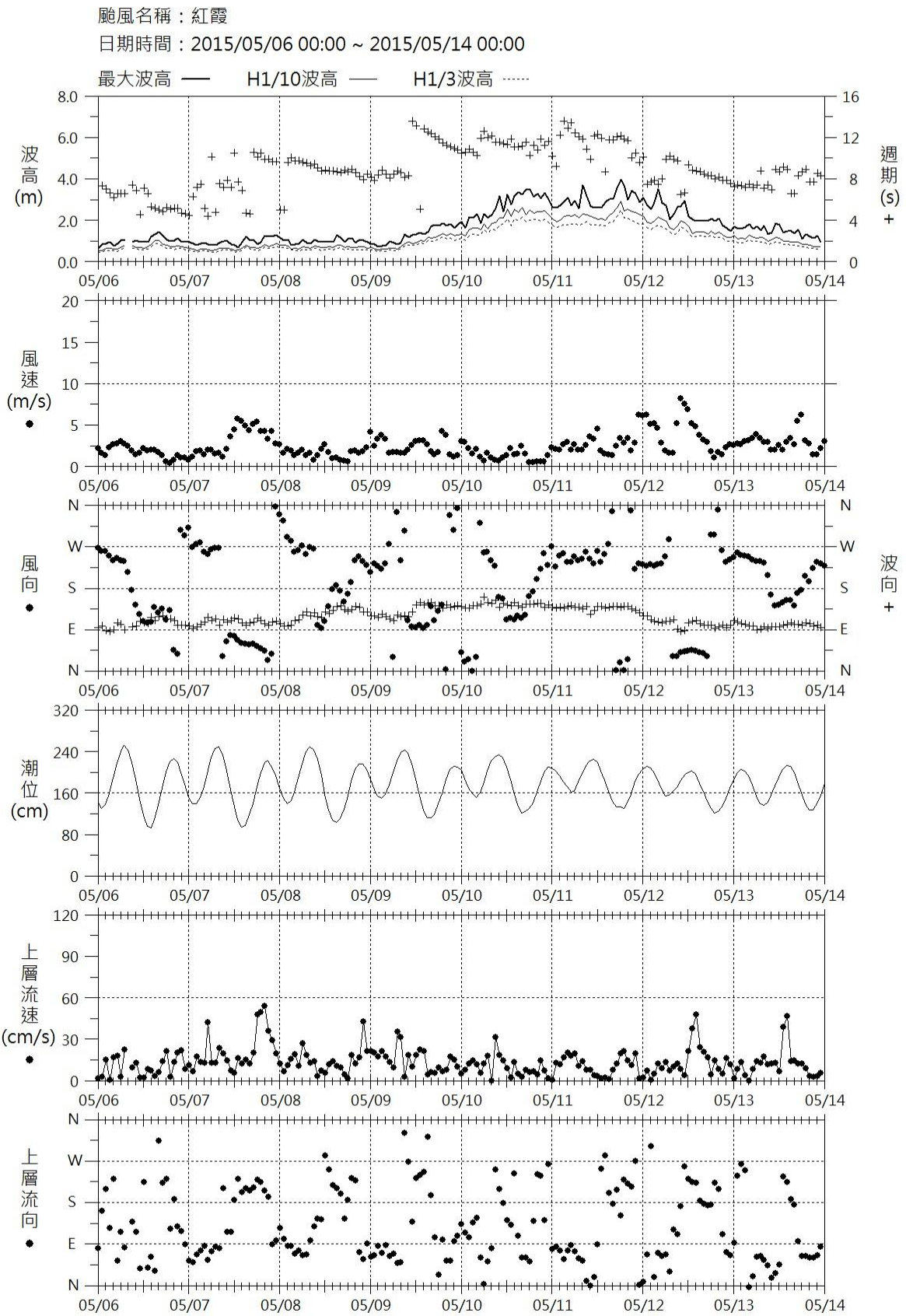


圖8.33 2015年5月紅霞颱風花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

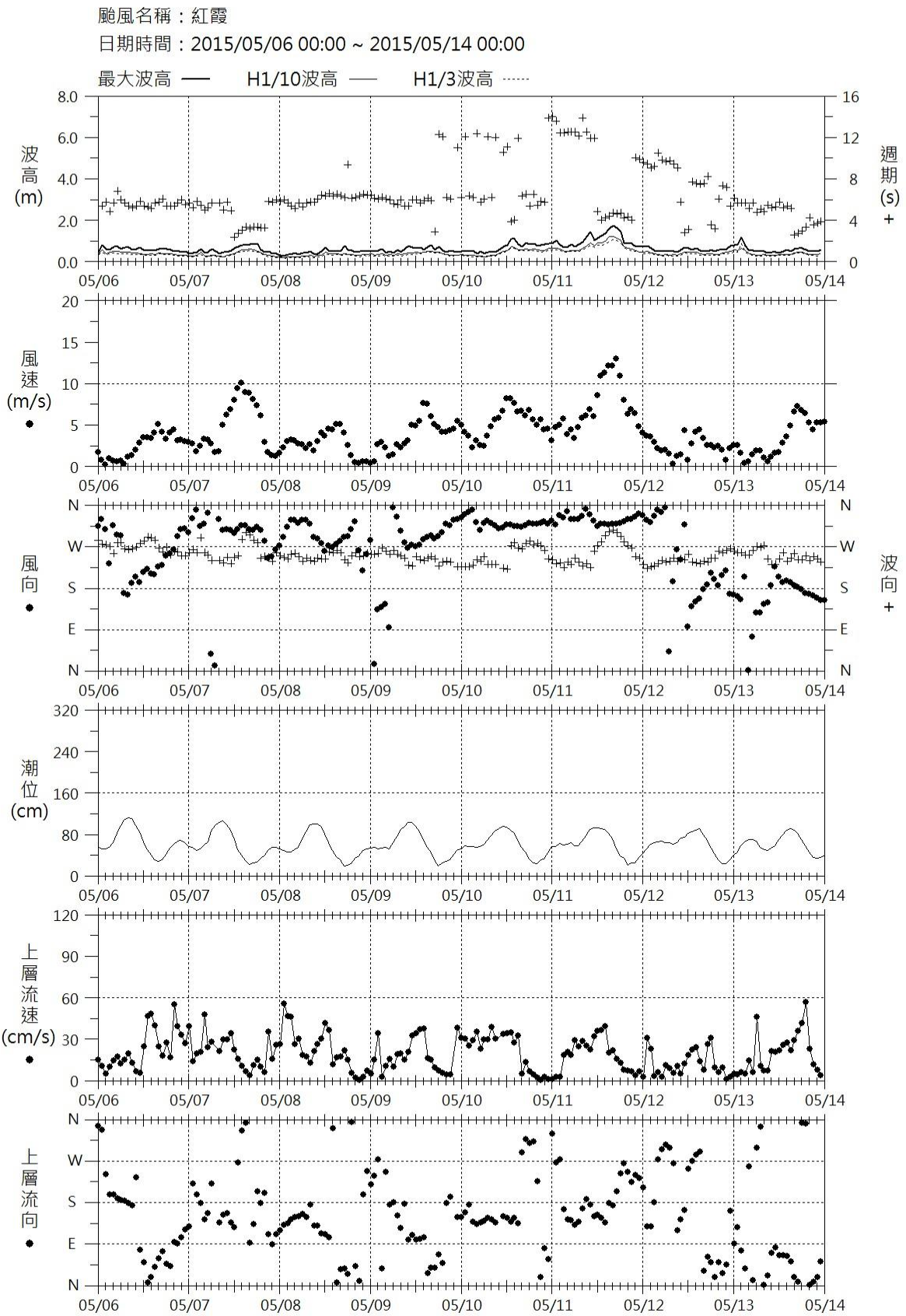


圖8.34 2015年5月紅霞颱風高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

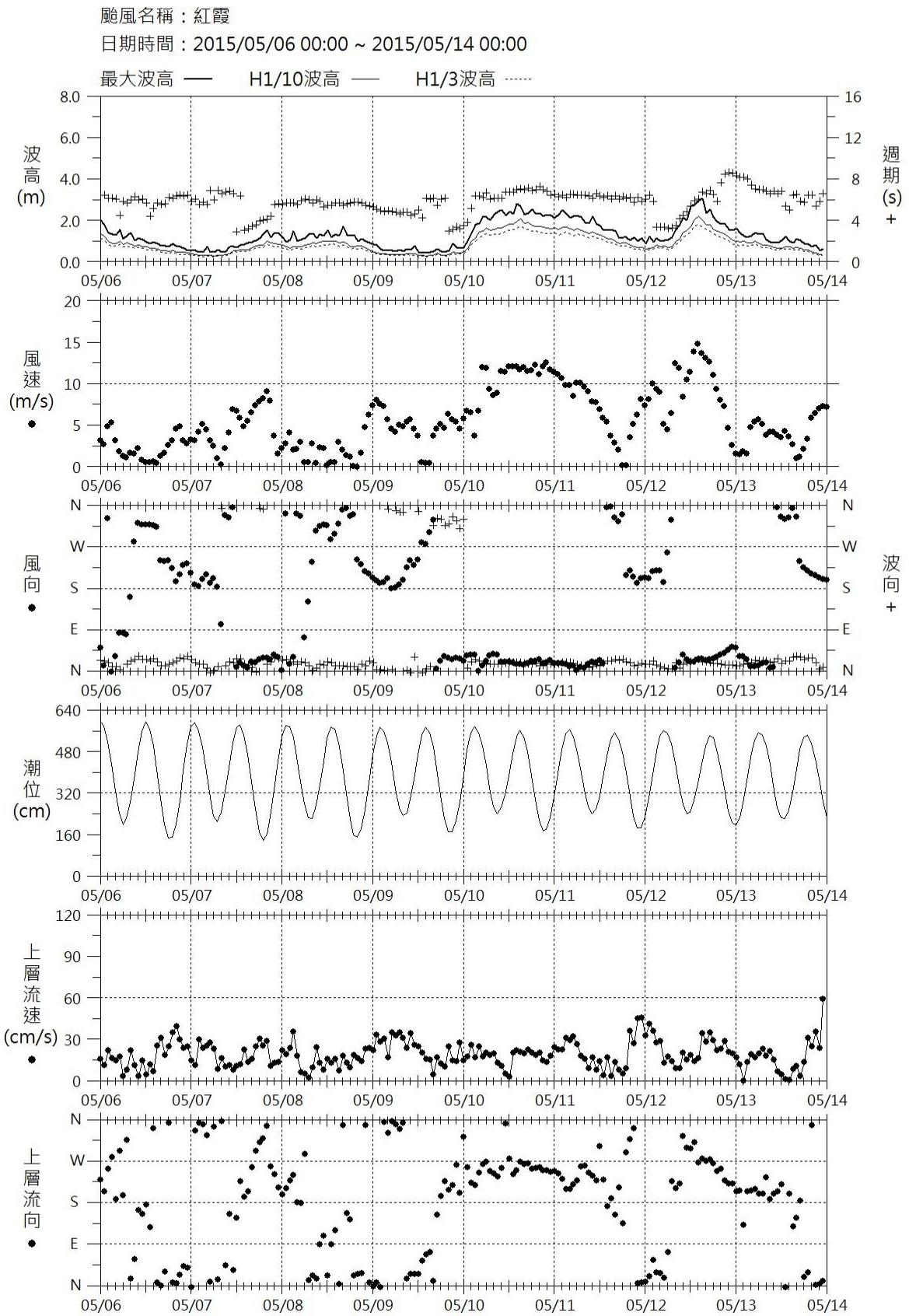


圖8.35 2015年5月紅霞颱風臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

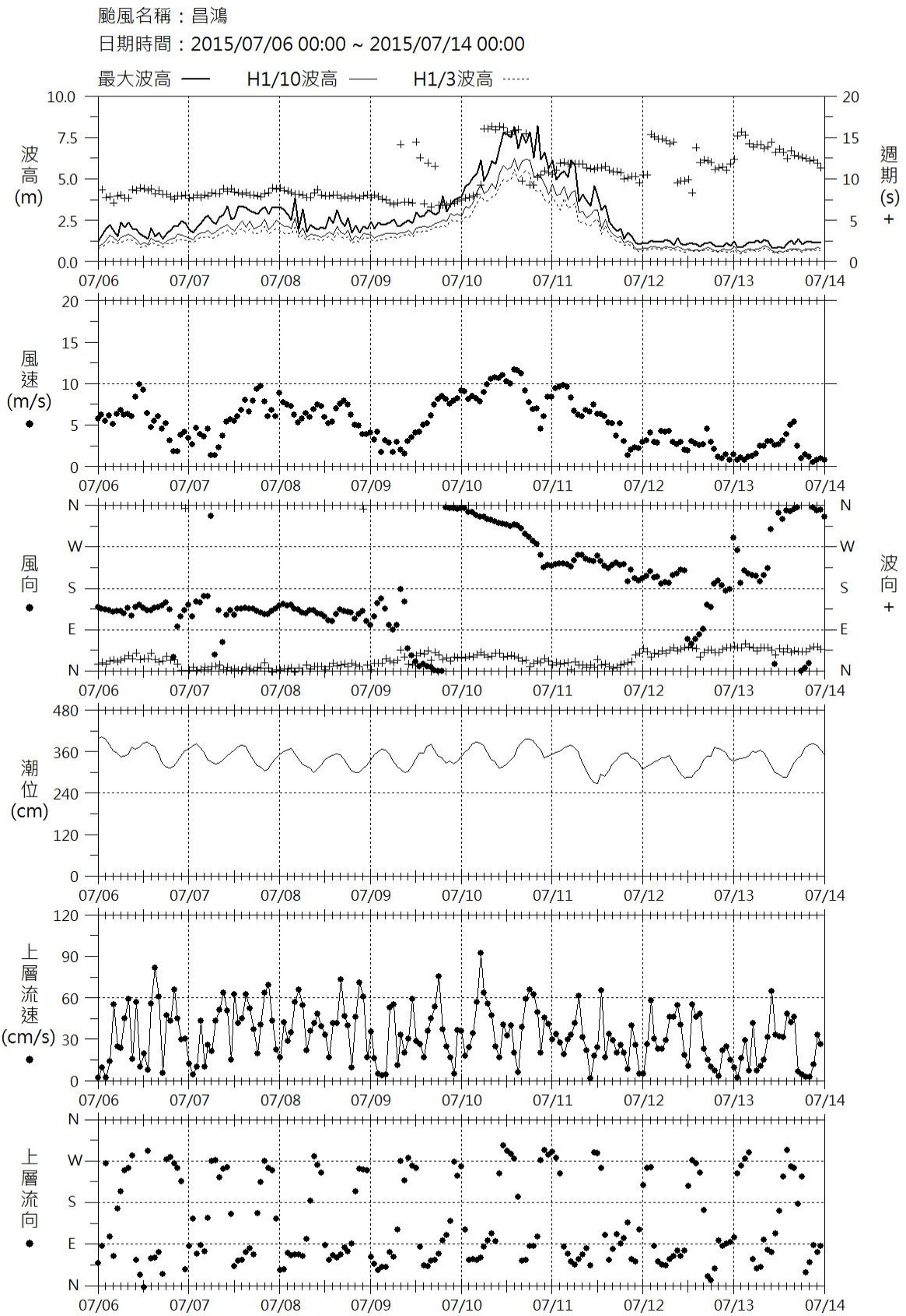


圖8.36 2015年7月昌鴻颱風基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

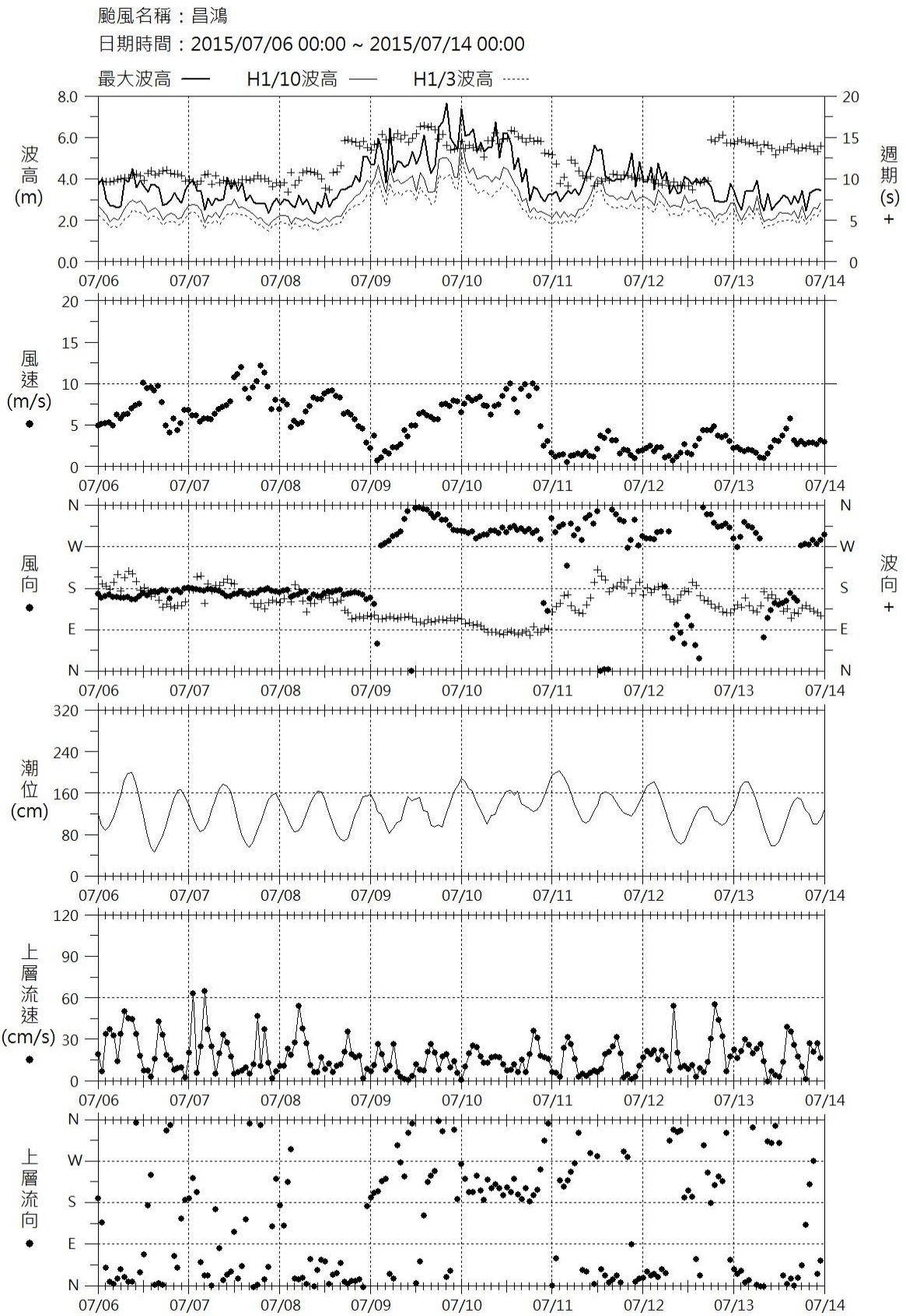


圖8.37 2015年7月昌鴻颱風蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

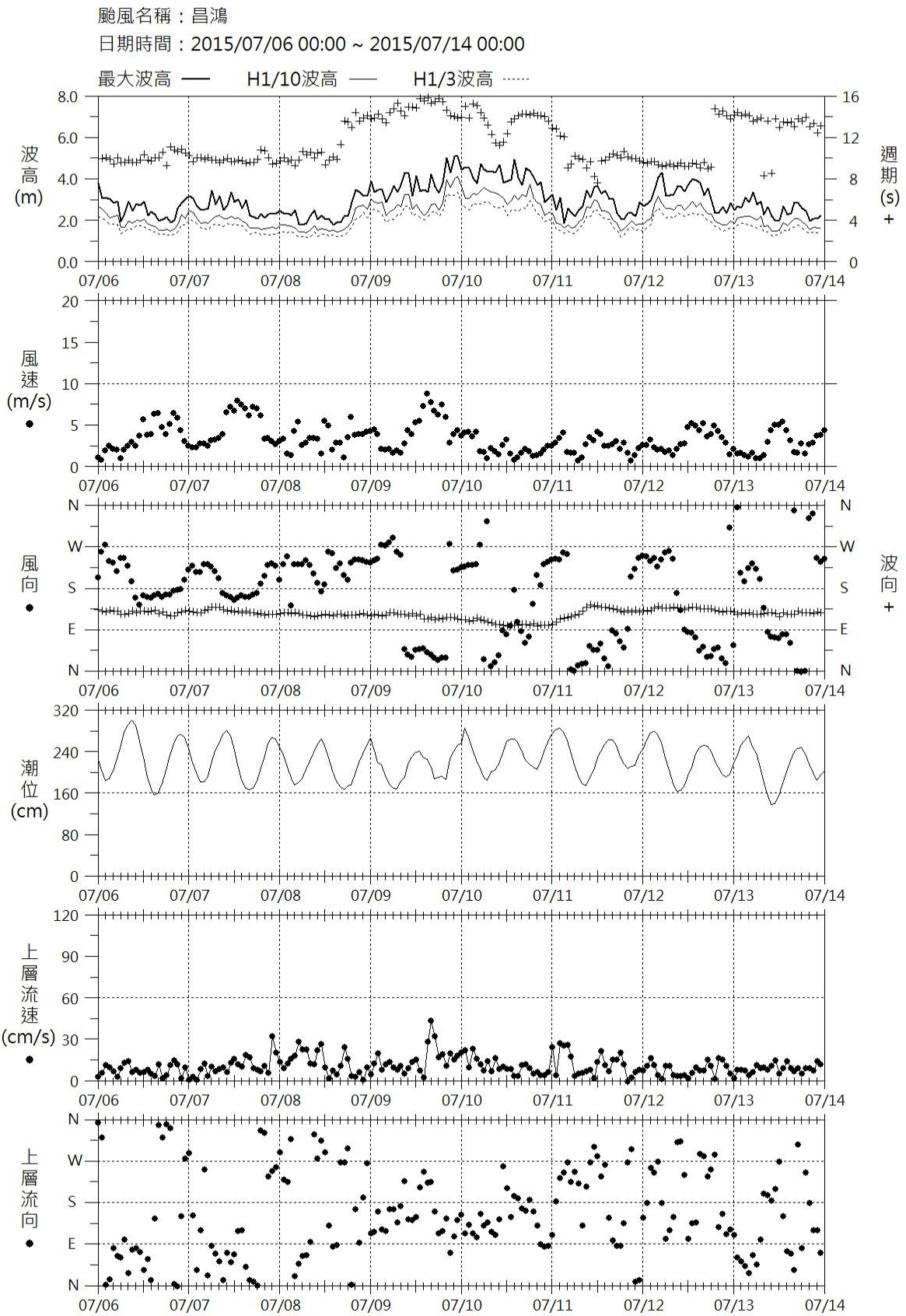


圖8.38 2015年7月昌鴻颱風花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

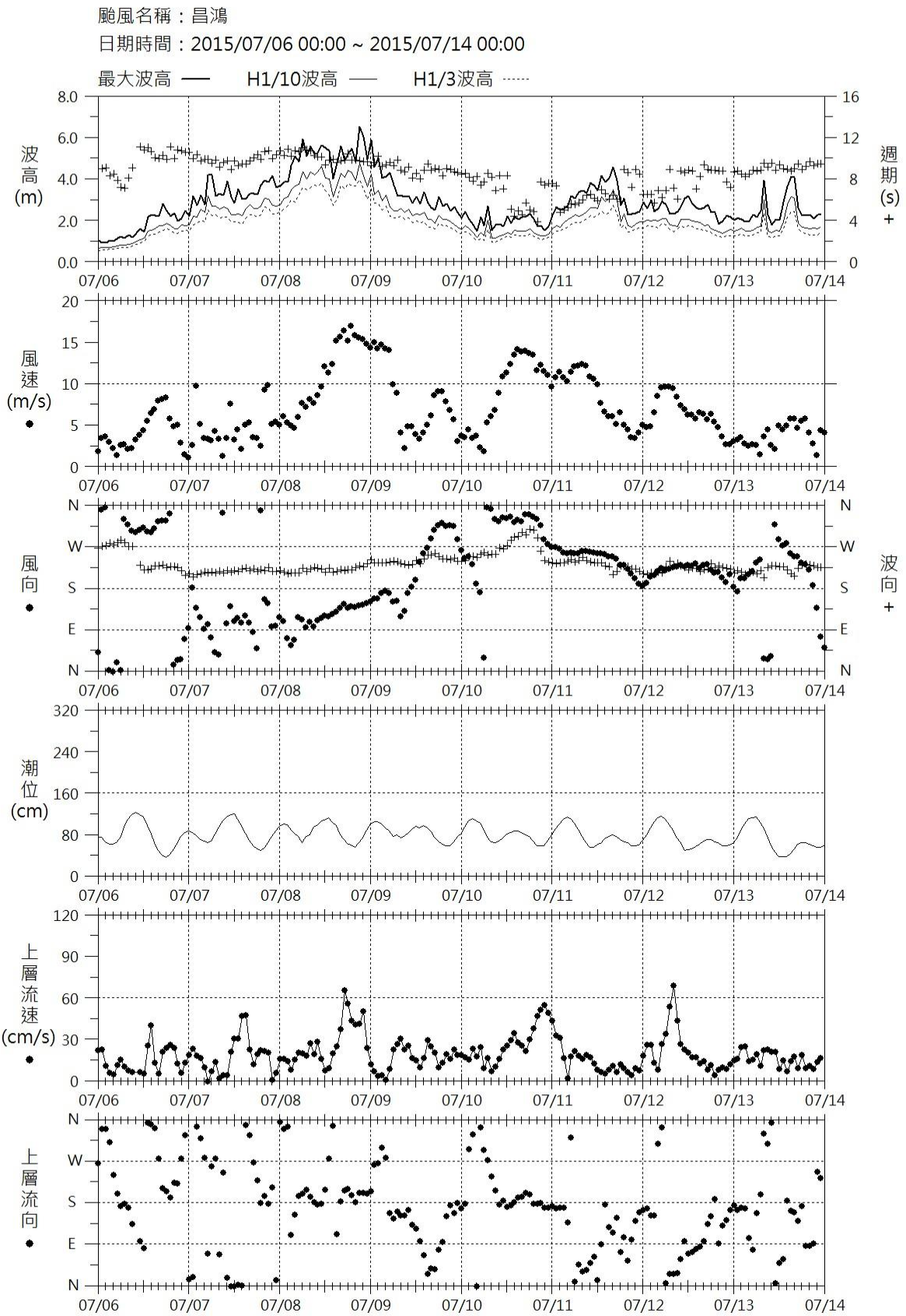


圖8.39 2015年7月昌鴻颱風高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

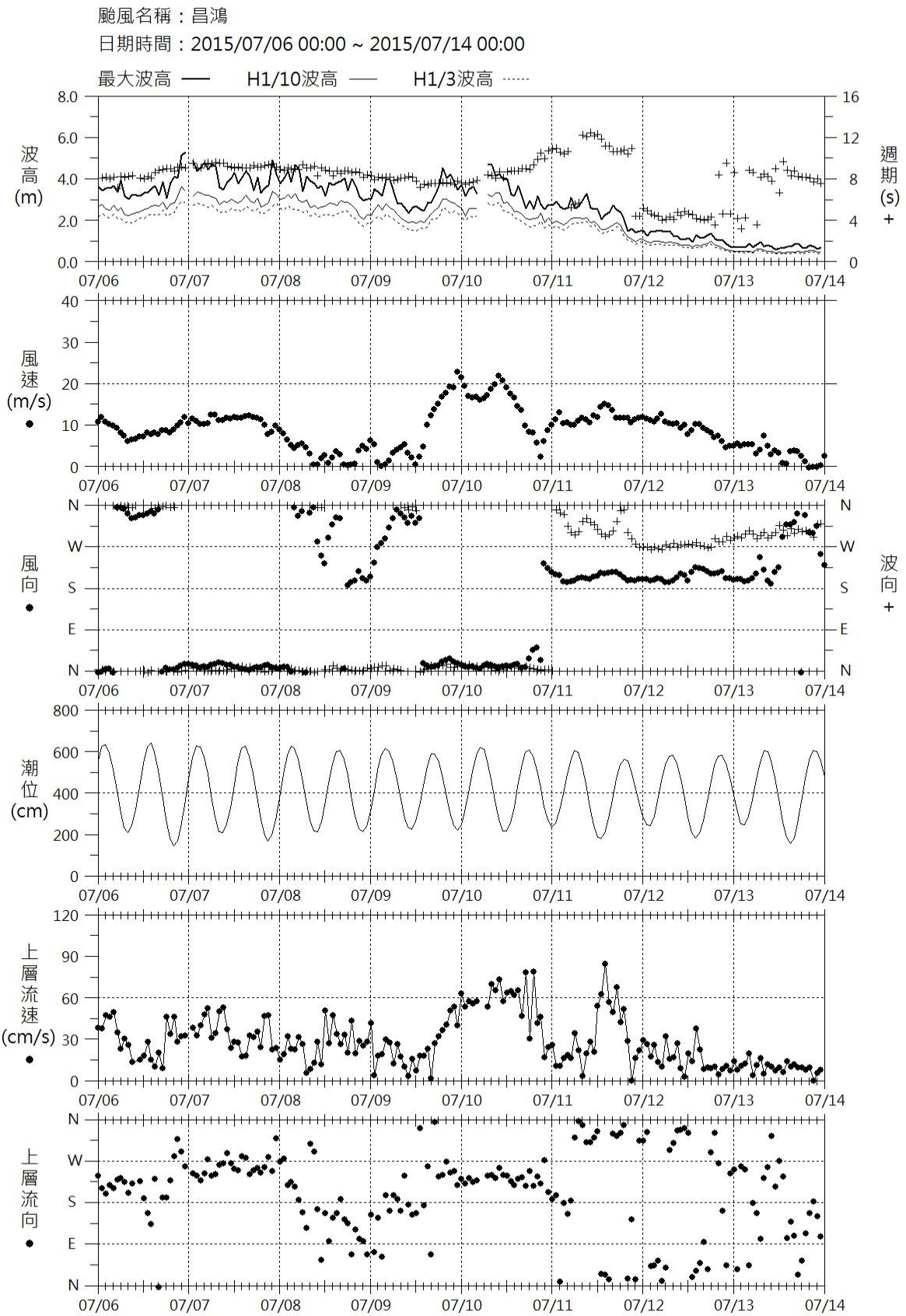


圖8.40 2015年7月昌鴻颱風臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

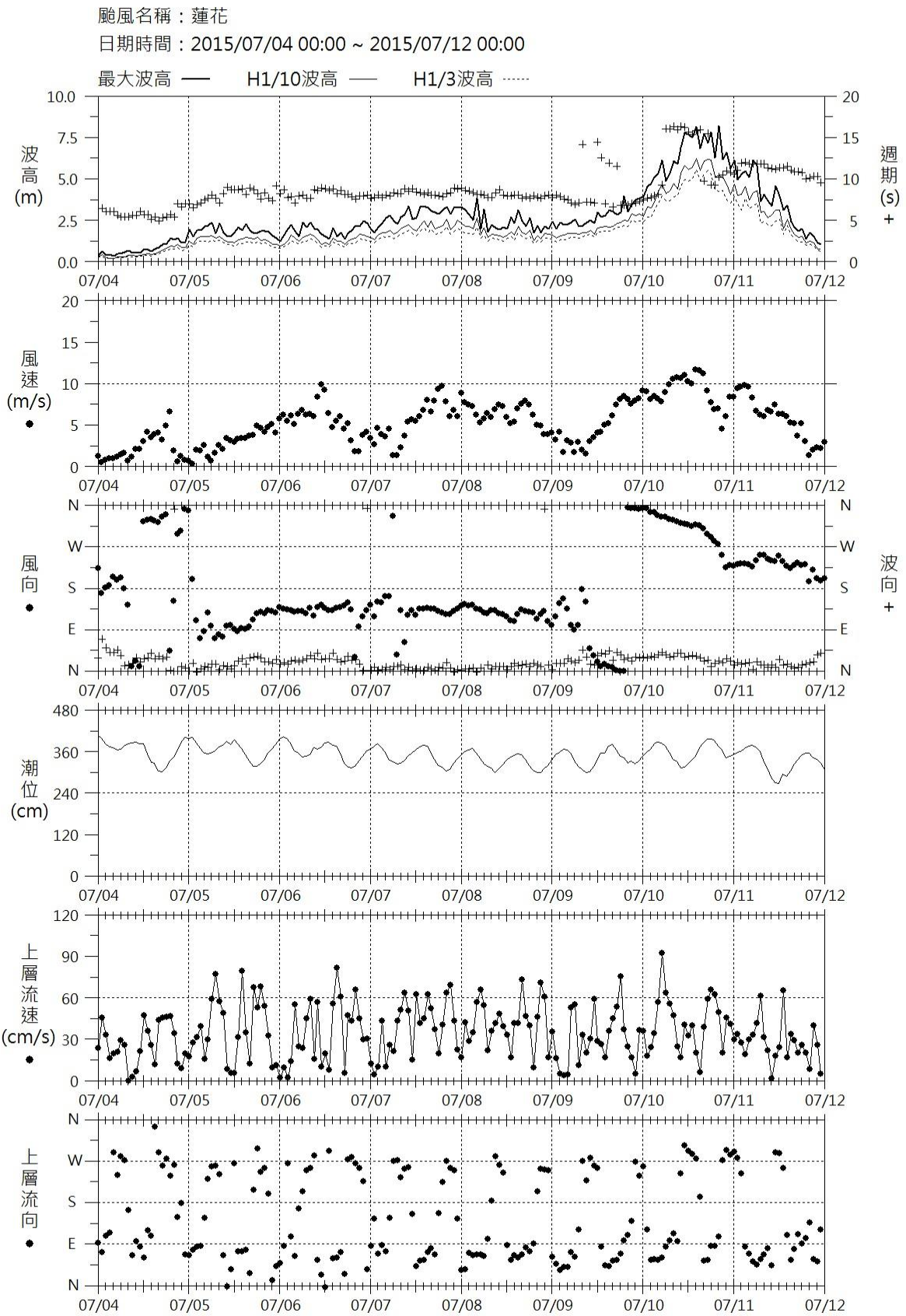


圖8.41 2015年7月蓮花颱風基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

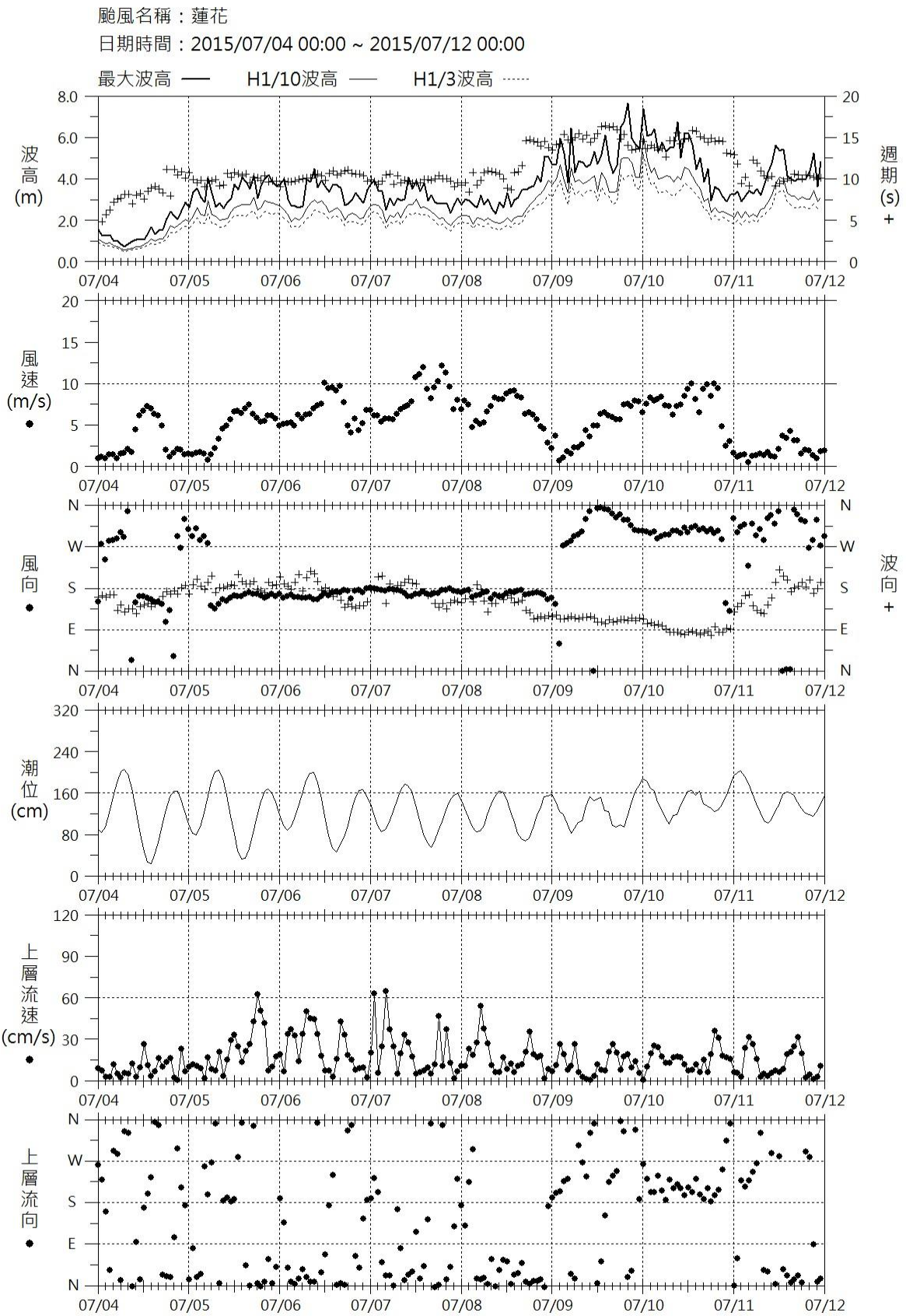


圖8.42 2015年7月蓮花颱風蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

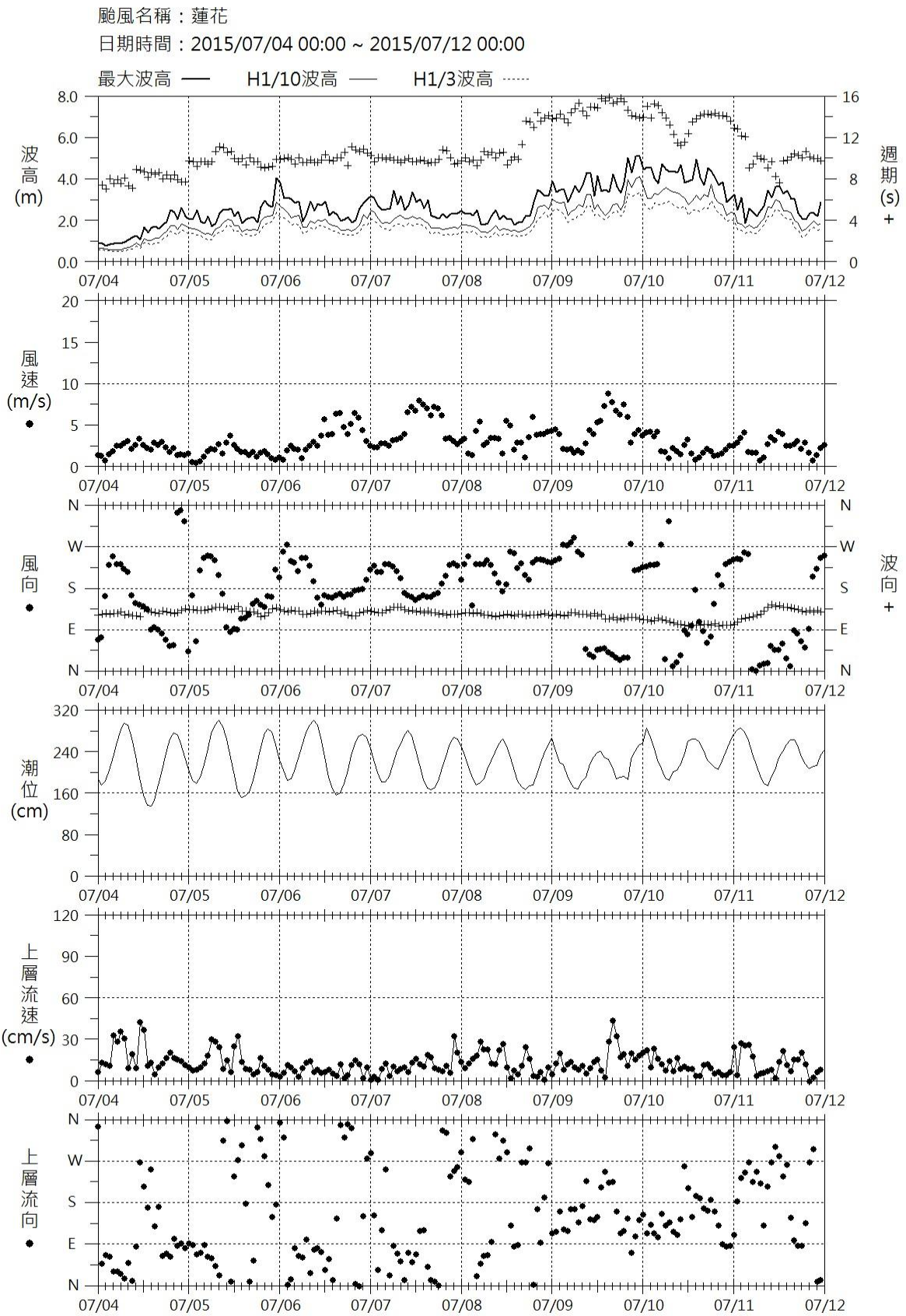


圖8.43 2015年7月蓮花颱風花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

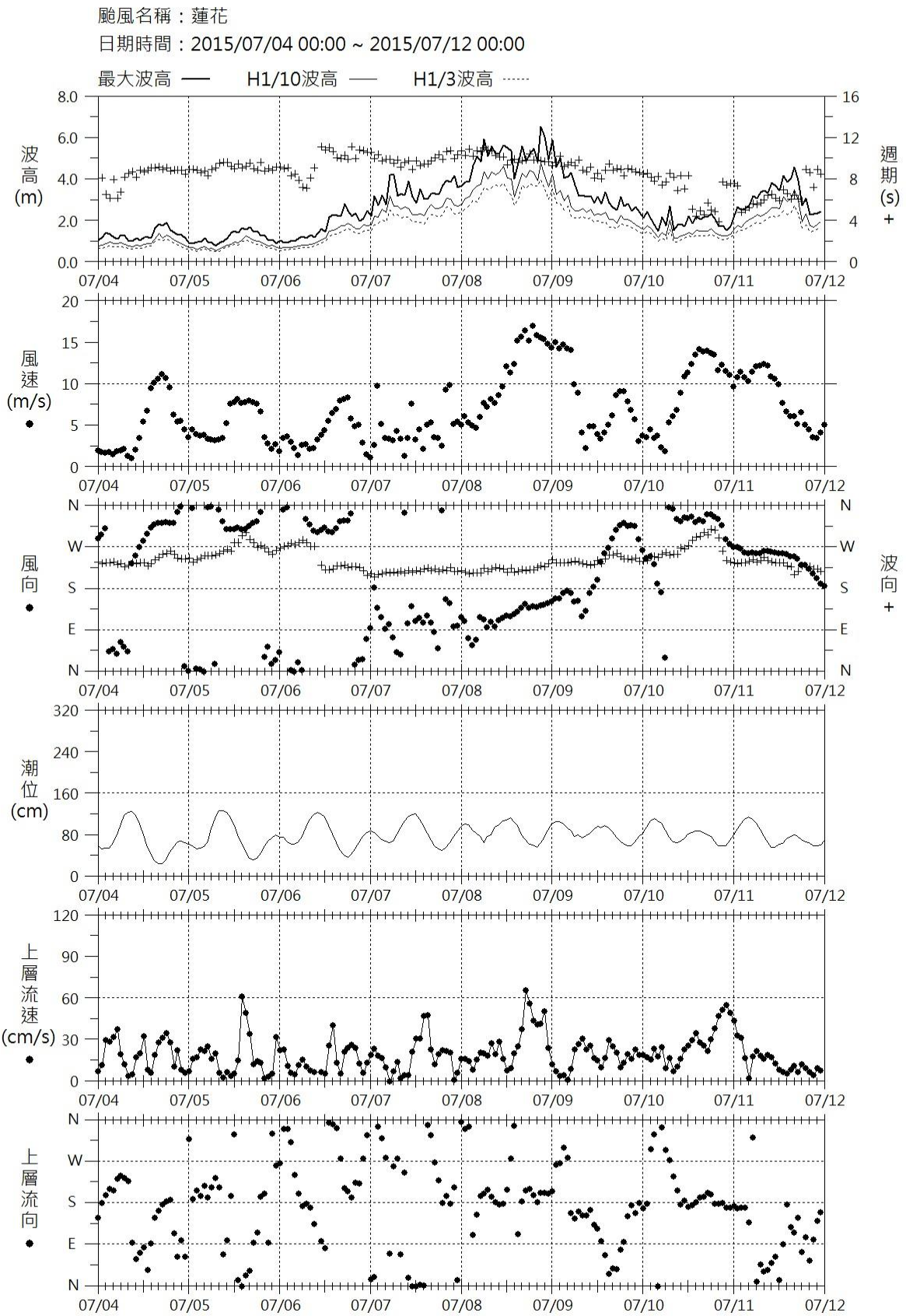


圖8.44 2015年7月蓮花颱風高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

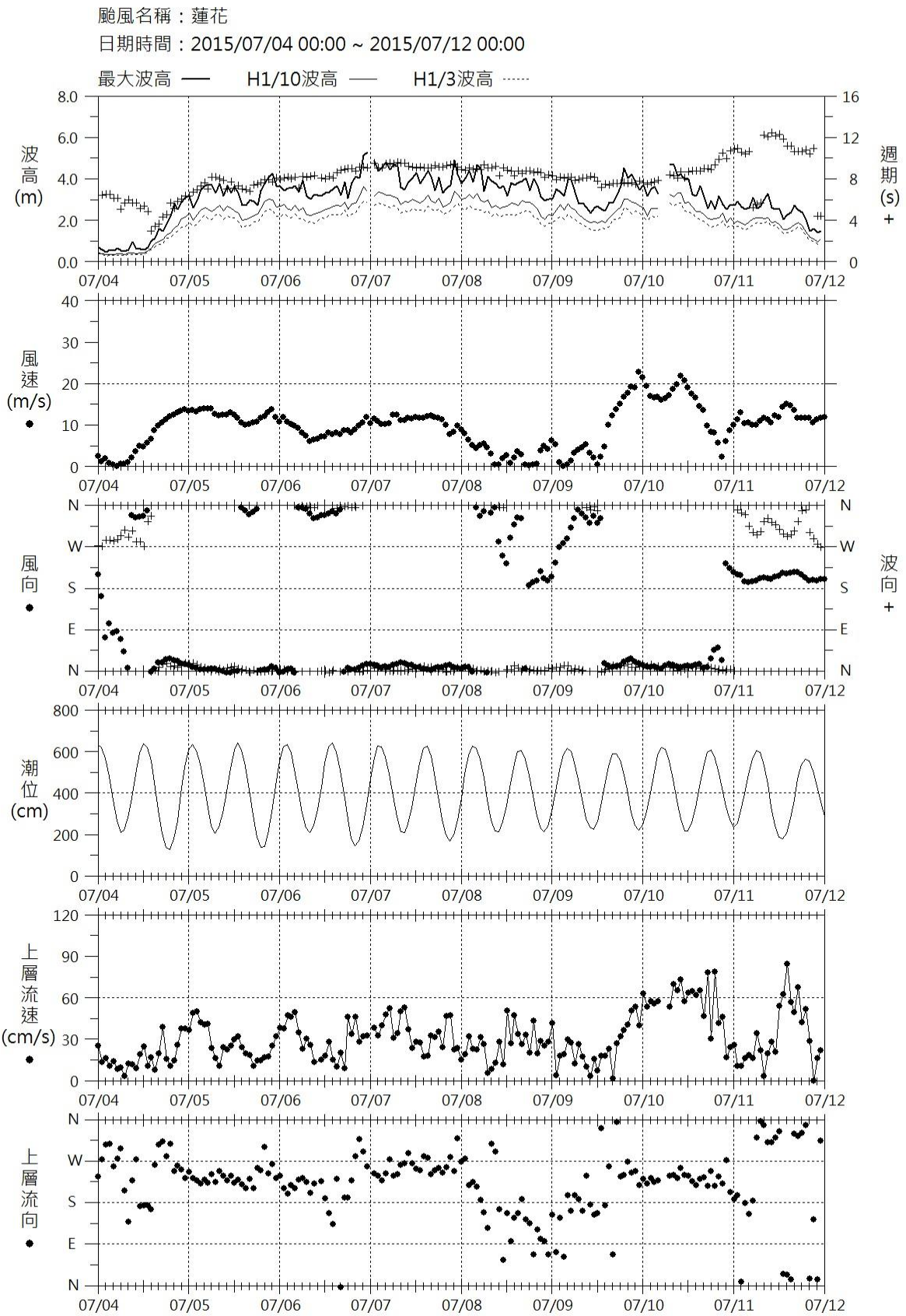


圖8.45 2015年7月蓮花颱風臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

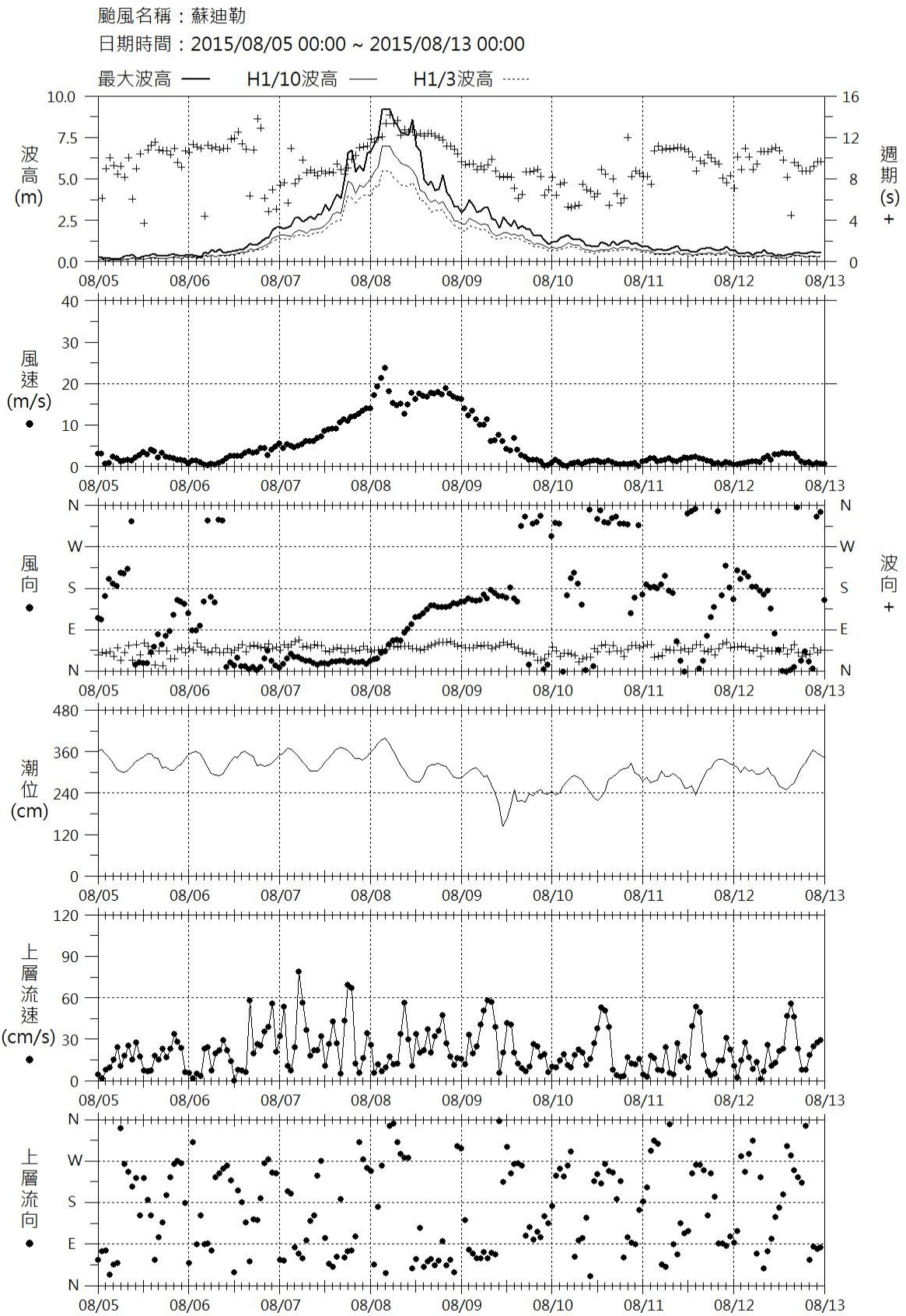


圖8.46 2015年8月蘇迪勒颱風基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

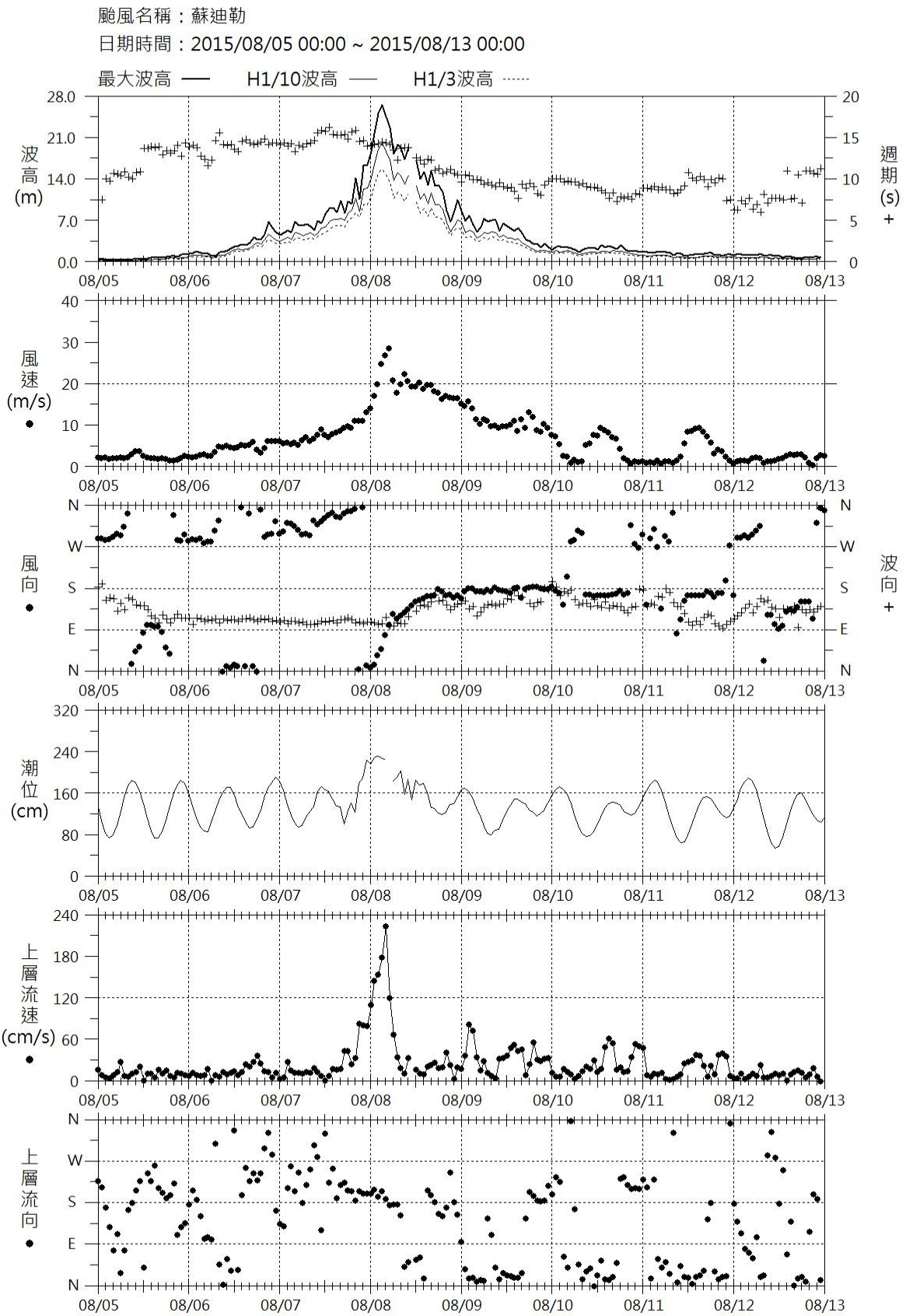


圖8.47 2015年8月蘇迪勒颱風蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

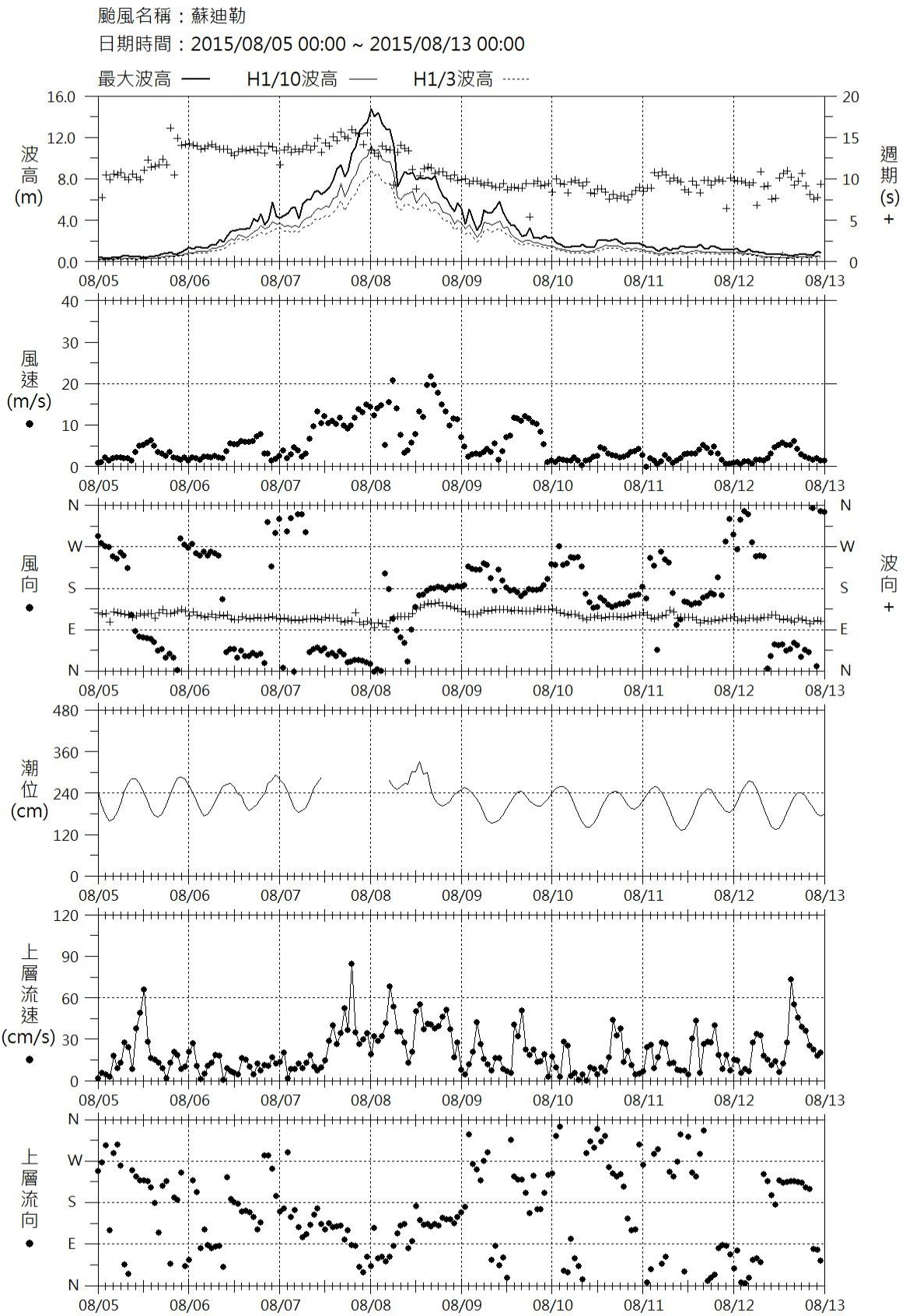


圖8.48 2015年8月蘇迪勒颱風花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

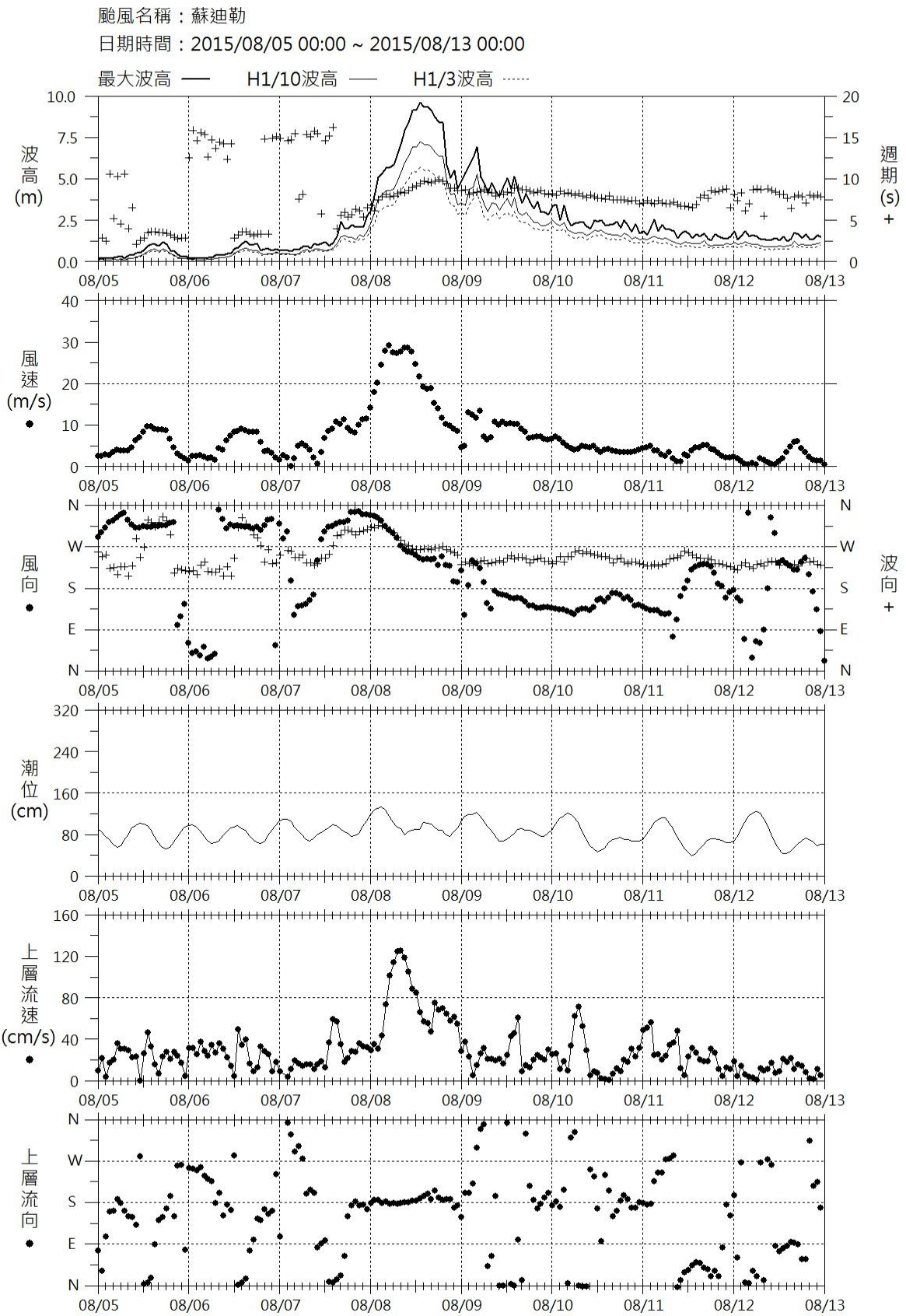


圖8.49 2015年8月蘇迪勒颱風高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

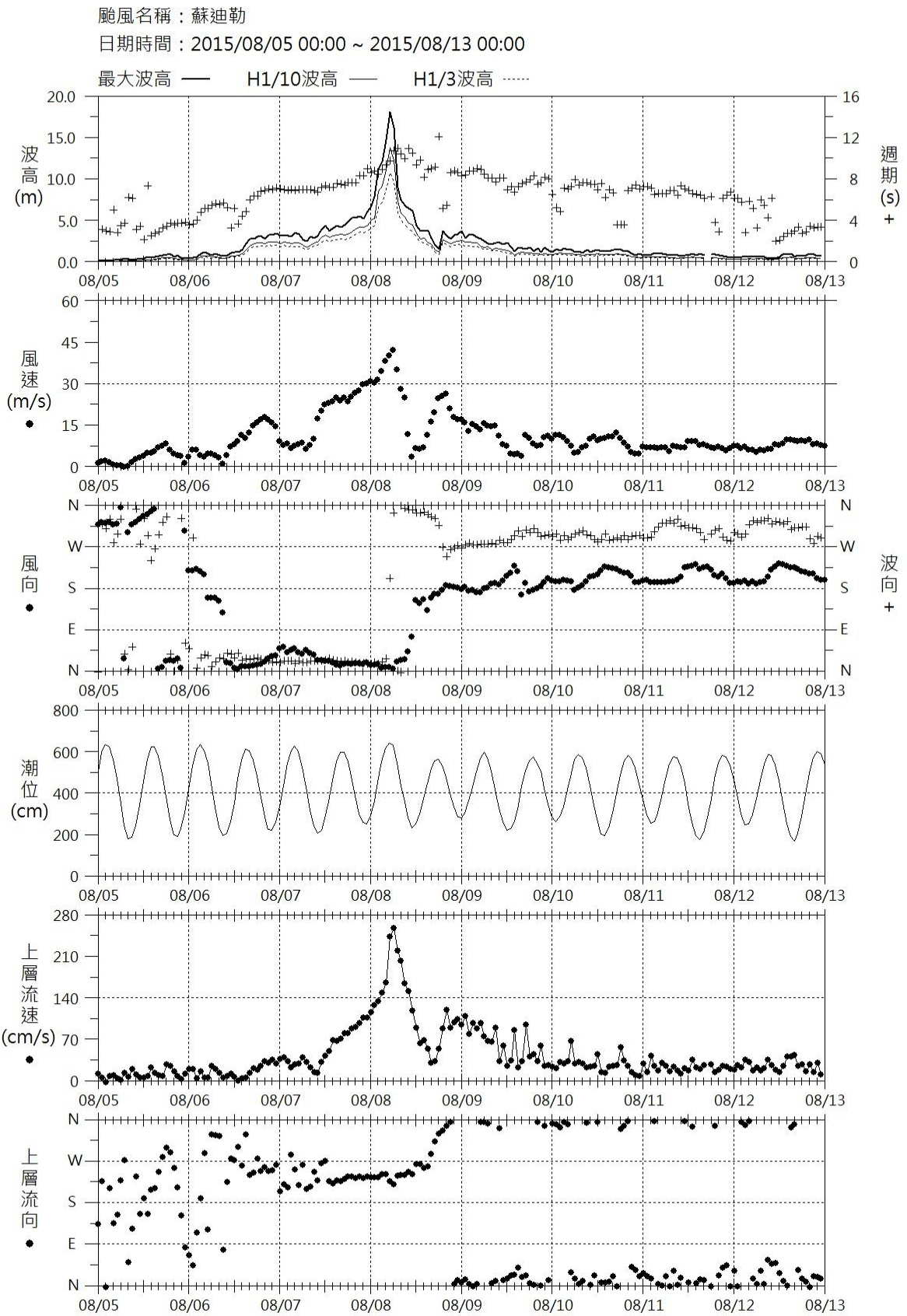


圖8.50 2015年8月蘇迪勒颱風臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

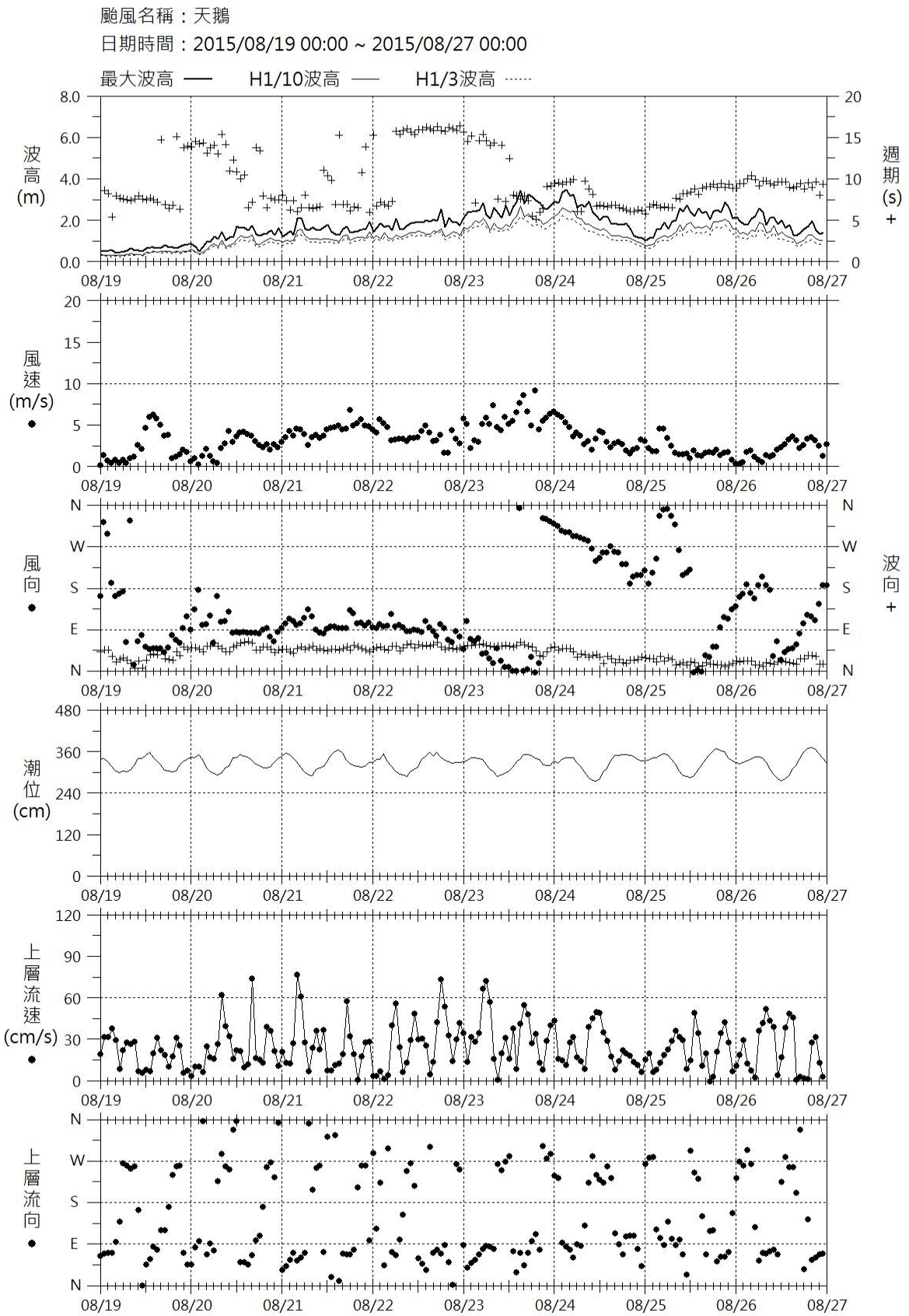


圖8.51 2015年8月天鵝颱風基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

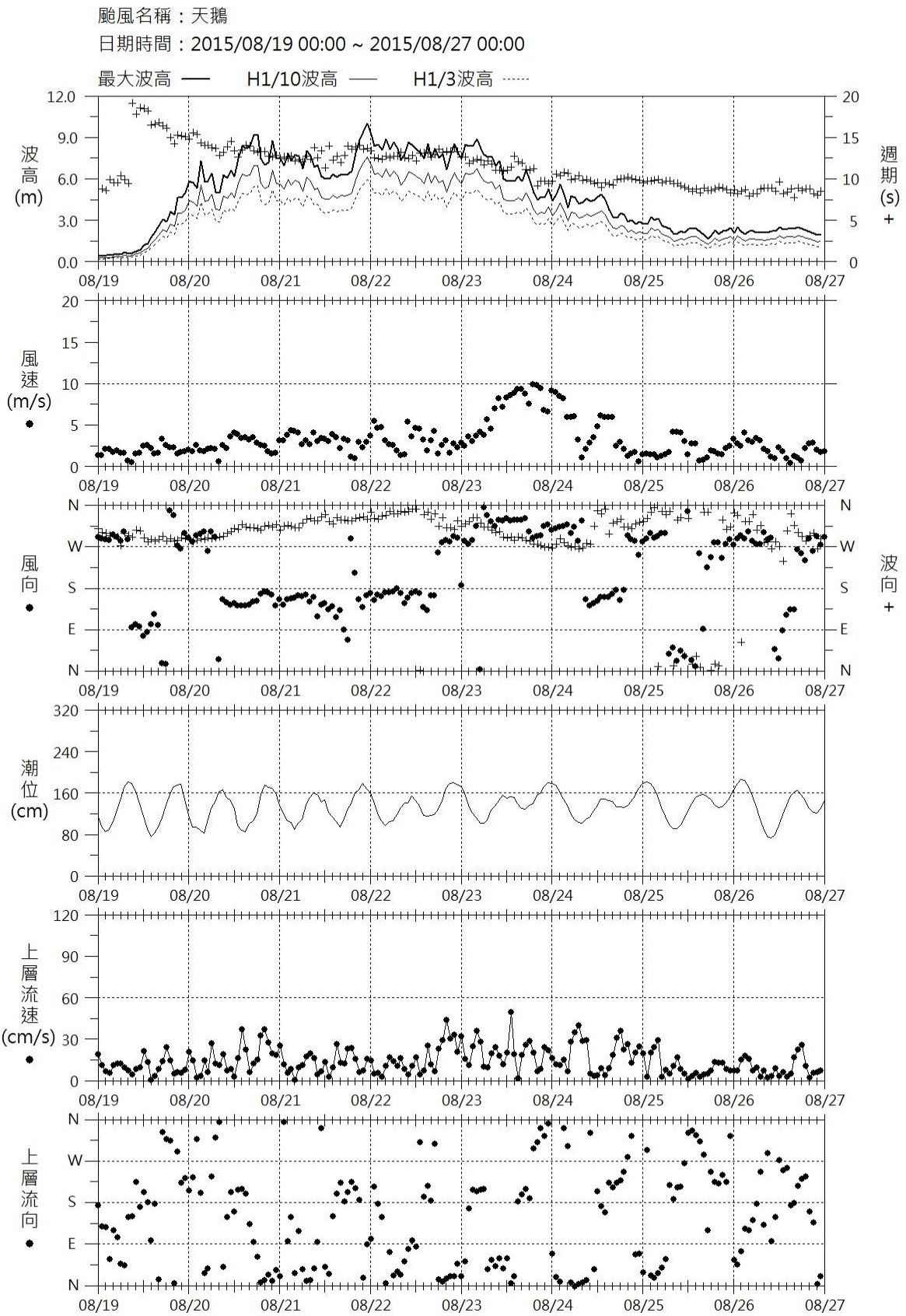


圖8.52 2015年8月天鵝颱風蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

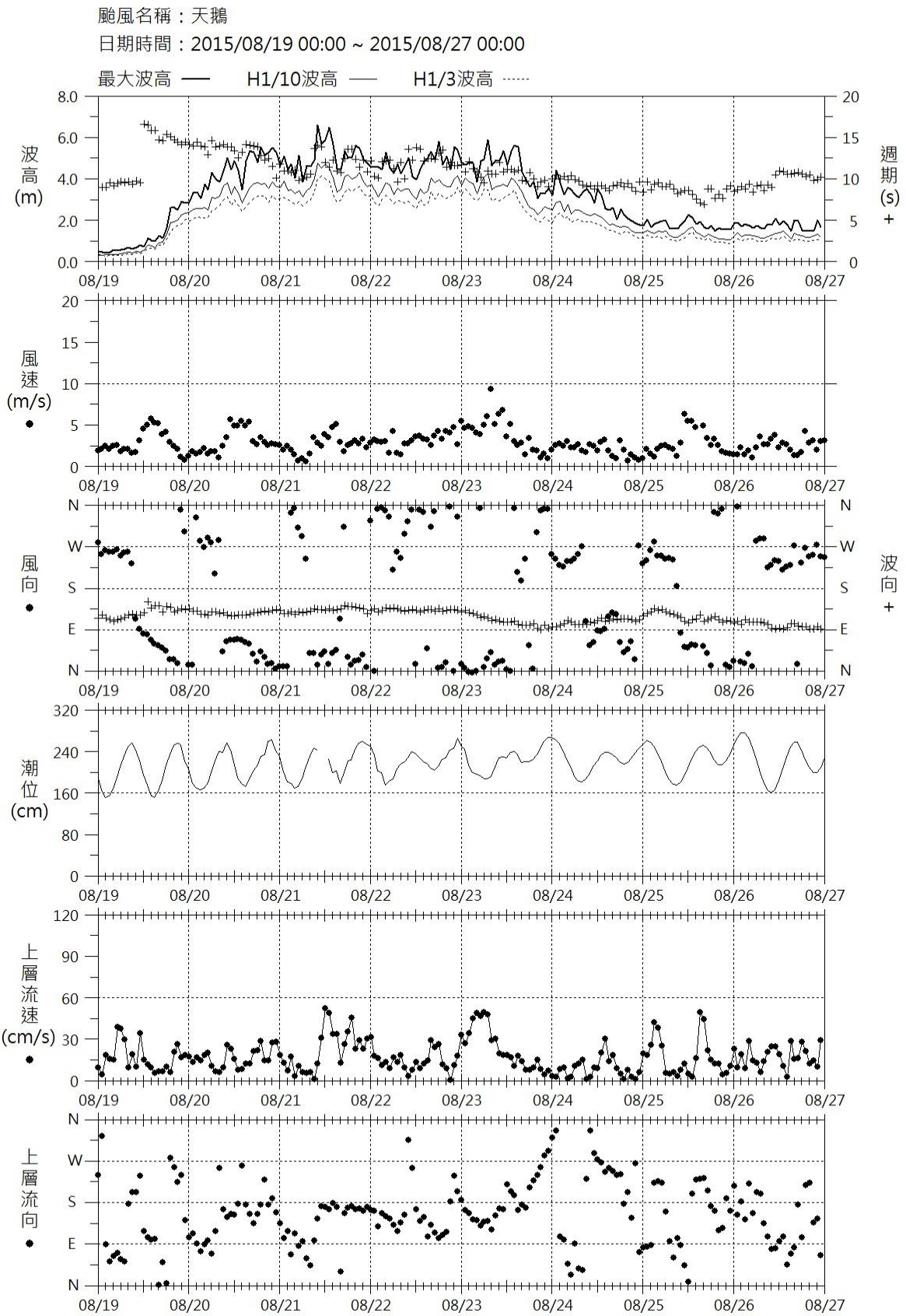


圖8.53 2015年8月天鵝颱風花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

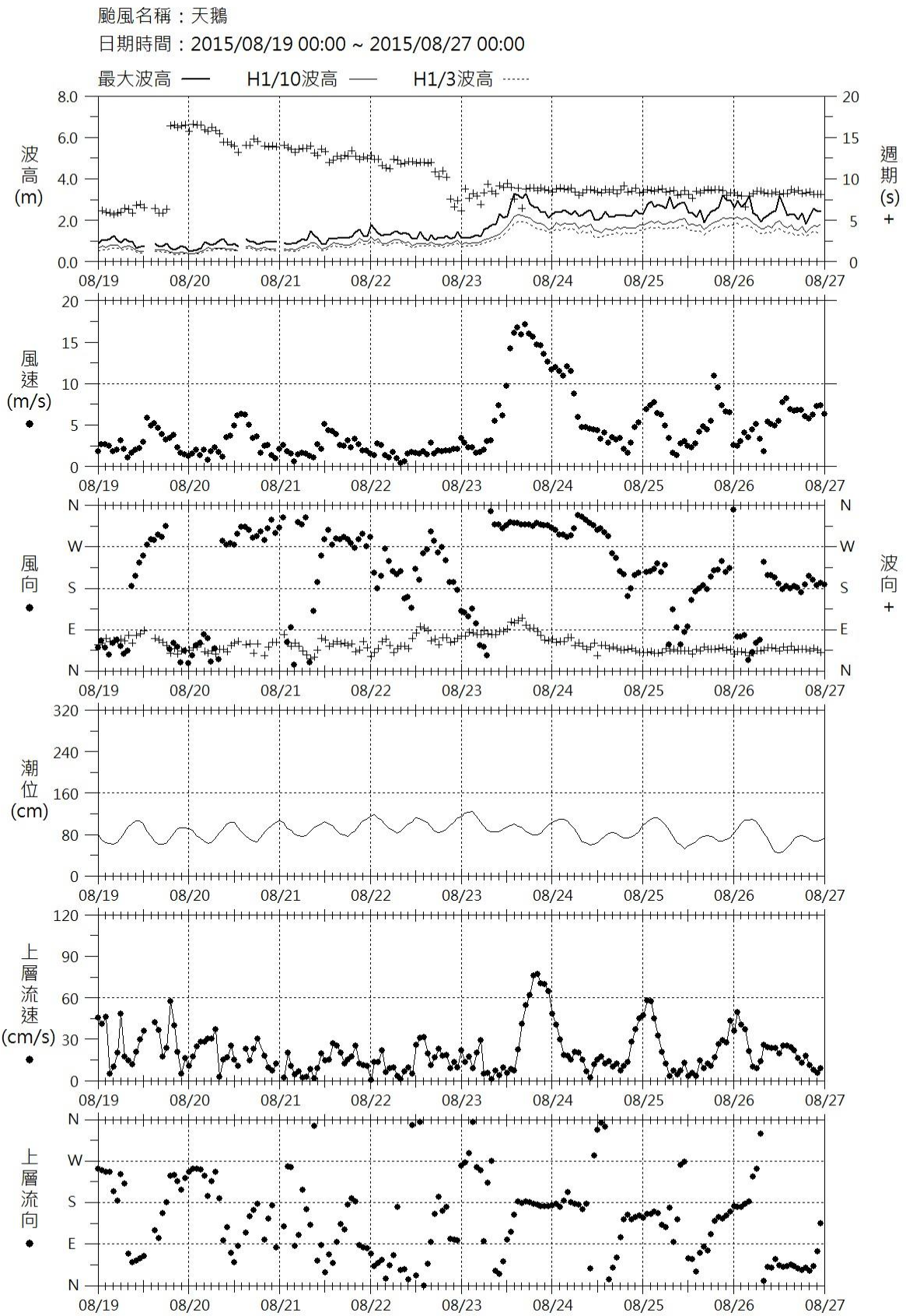


圖8.54 2015年8月天鵝颱風高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

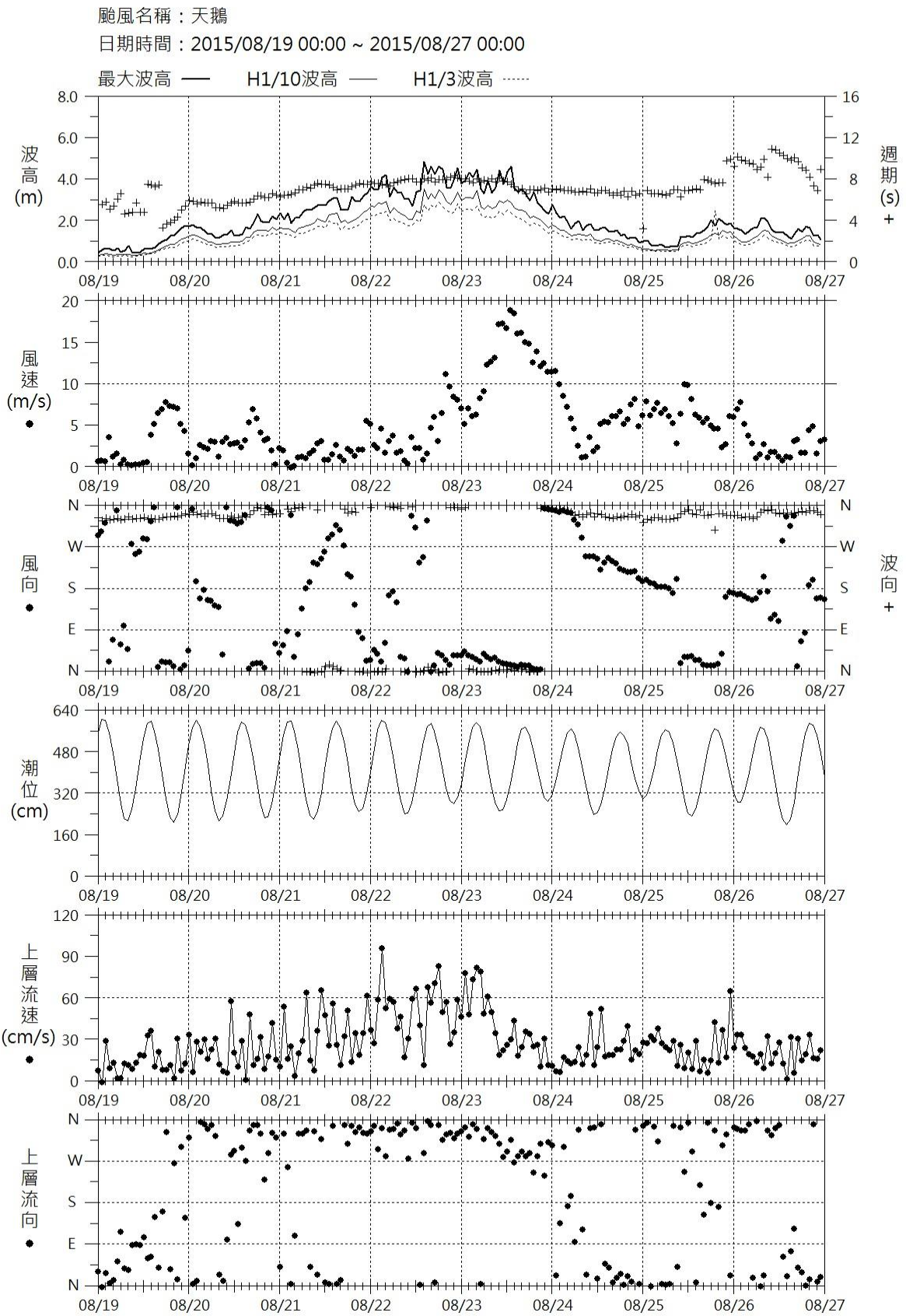


圖8.55 2015年8月天鵝颱風臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

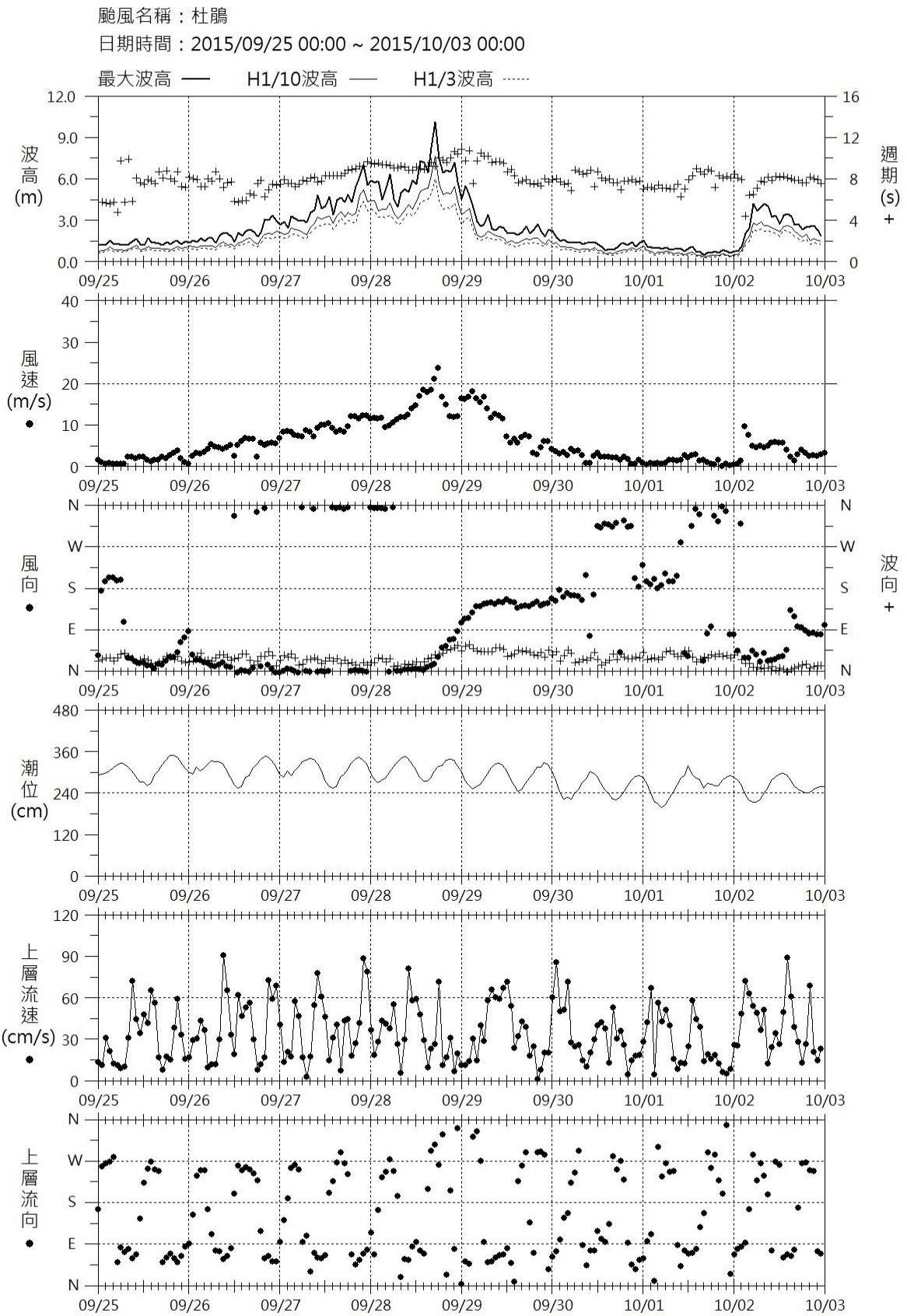


圖8.56 2015年9月杜鵑颱風基隆港風、波、潮、流逐時歷線圖

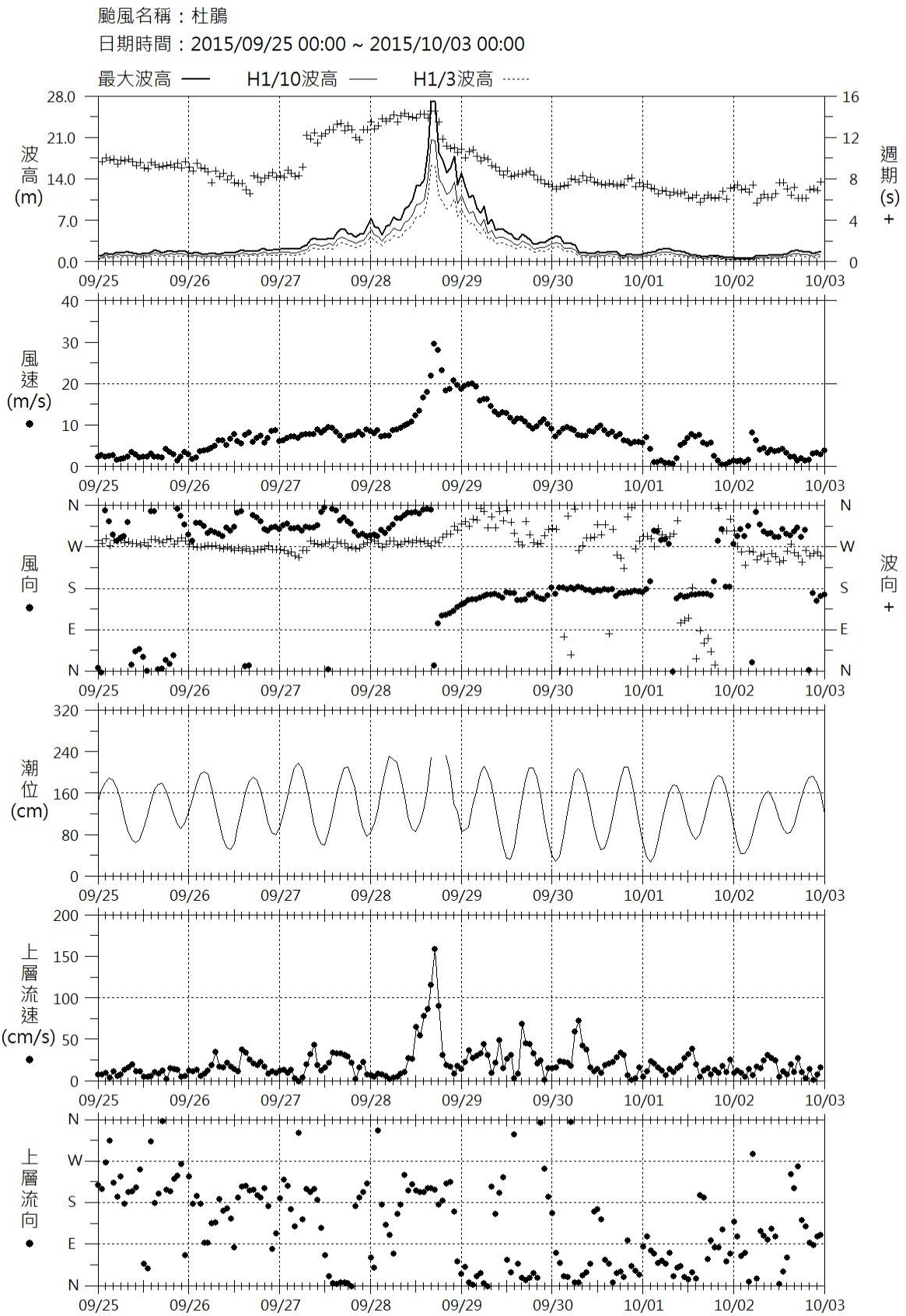


圖8.57 2015年9月杜鵑颱風蘇澳港風、波、潮、流逐時歷線圖

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

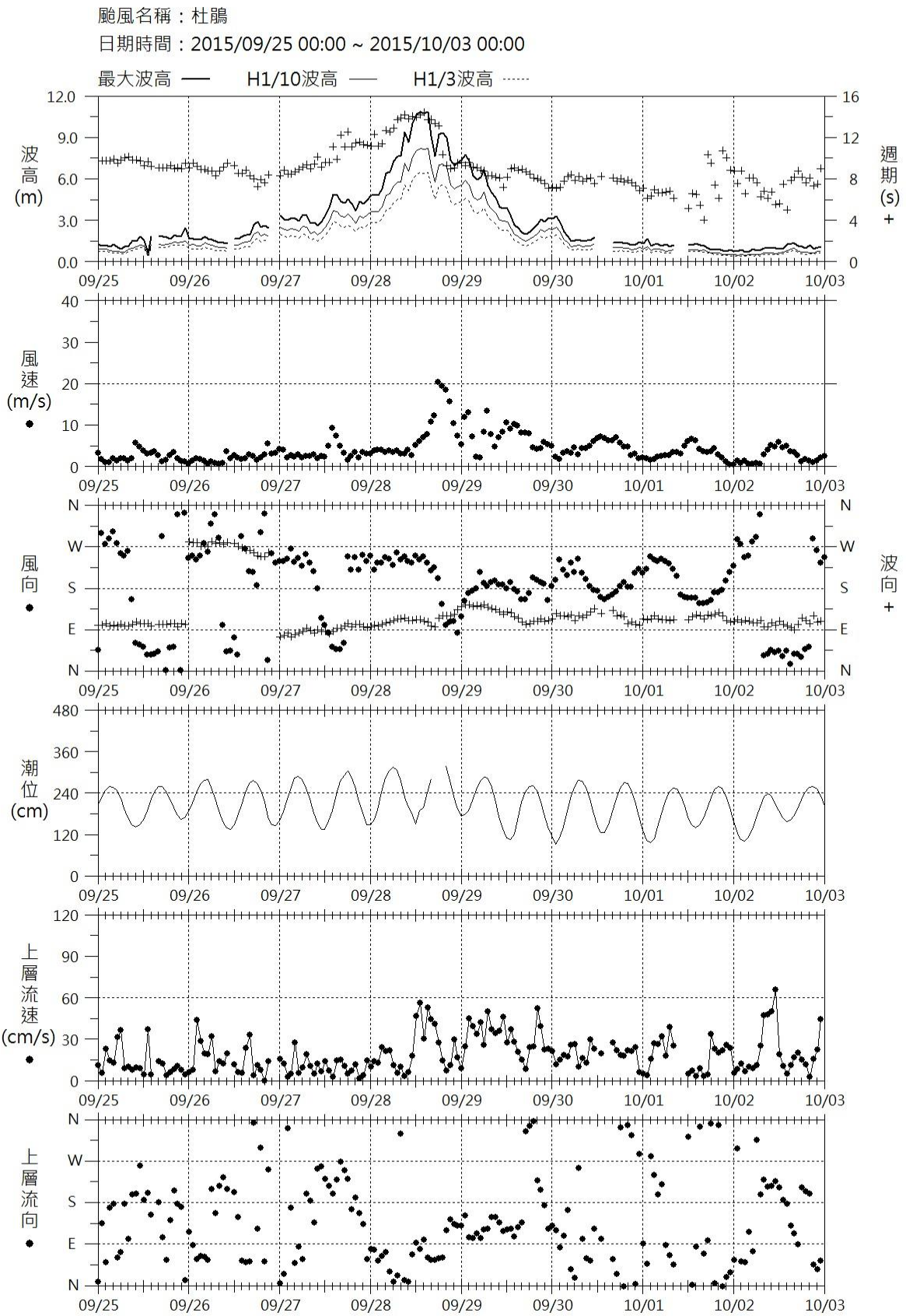


圖8.58 2015年9月杜鵑颱風花蓮港風、波、潮、流逐時歷線圖

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

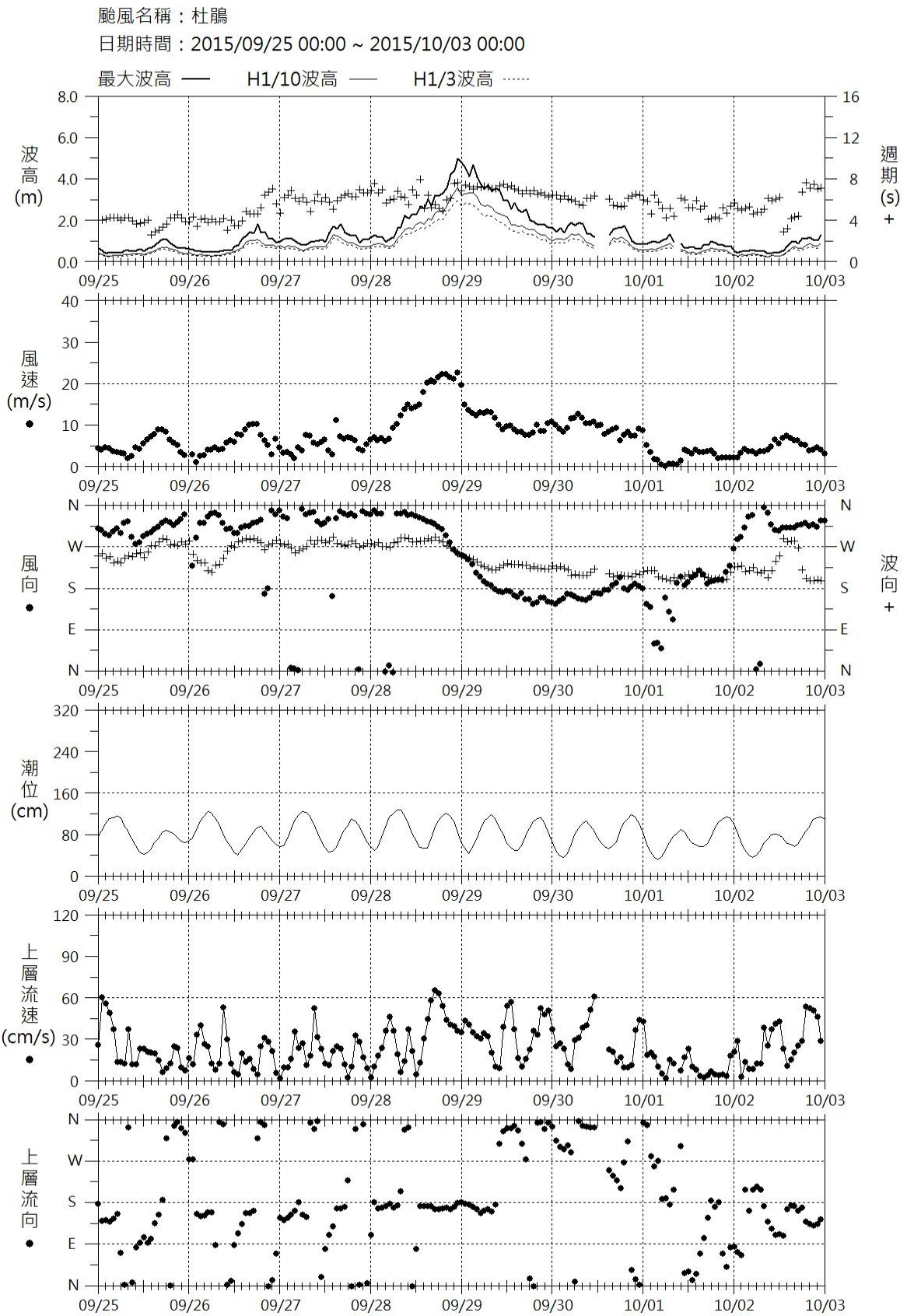


圖8.59 2015年9月杜鵑颱風高雄港風、波、潮、流逐時歷線圖

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

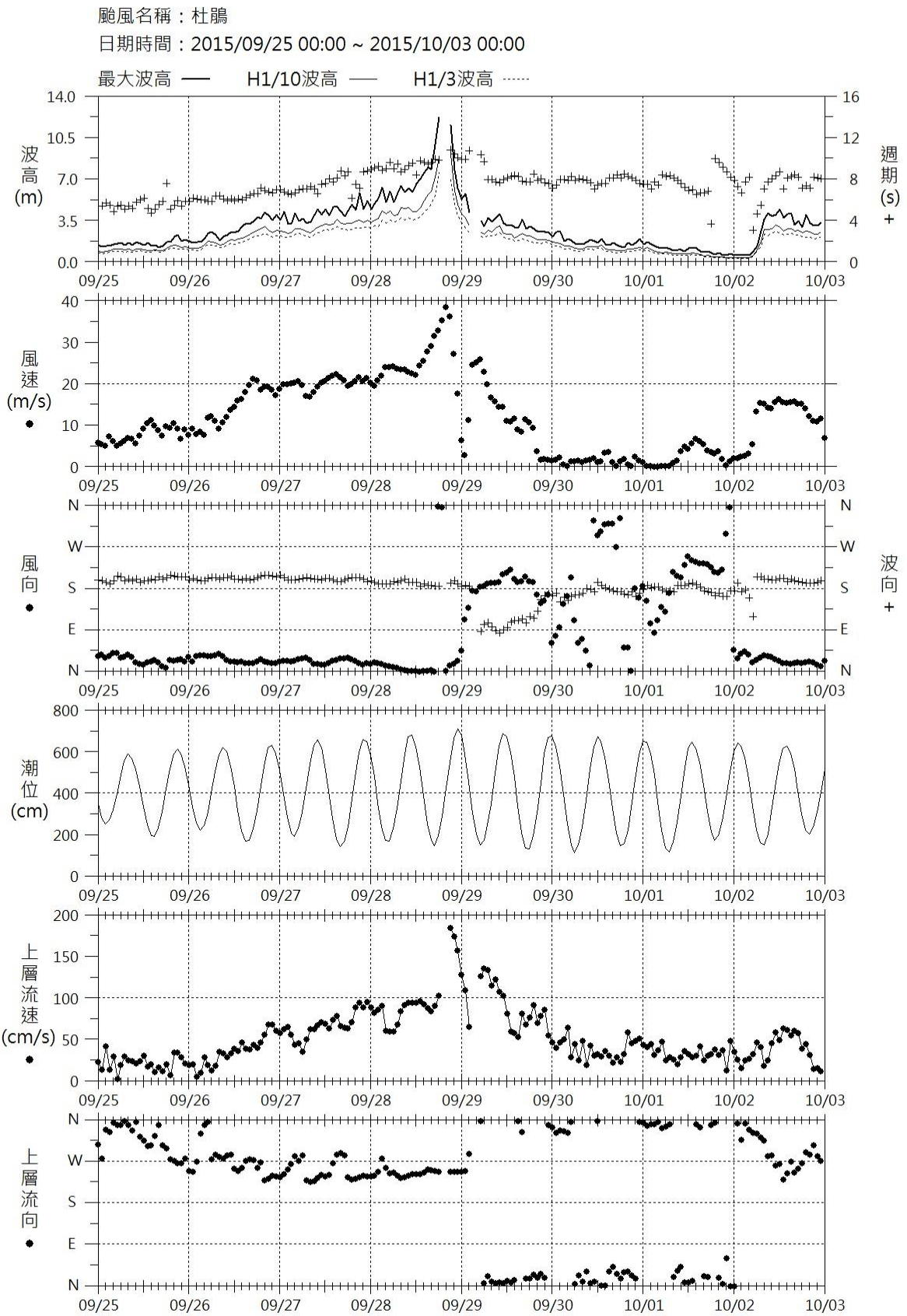


圖8.60 2015年9月杜鵑颱風臺中港風、波、潮、流逐時歷線圖

圖 8.61　2015 年 03 月 15 日至 03 月 23 日之第 3 號巴威(BAVI) 輕度颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖

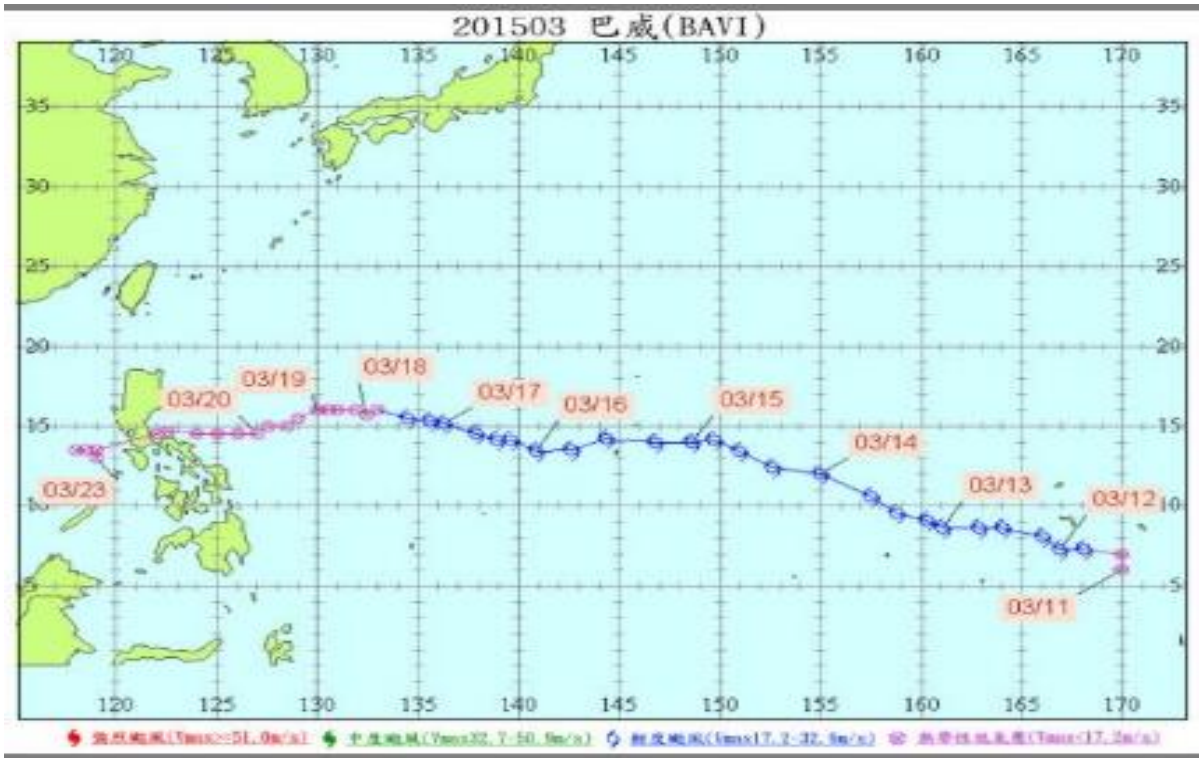


圖 8.62　2015 年 03 月 11 日至 03 月 23 日第 3 號之巴威(BAVI)輕度颱風路徑圖

圖 8.63　2015 年 04 月 1 日至 04 月 8 日之第 4 號梅沙(MAYSAK) 強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖

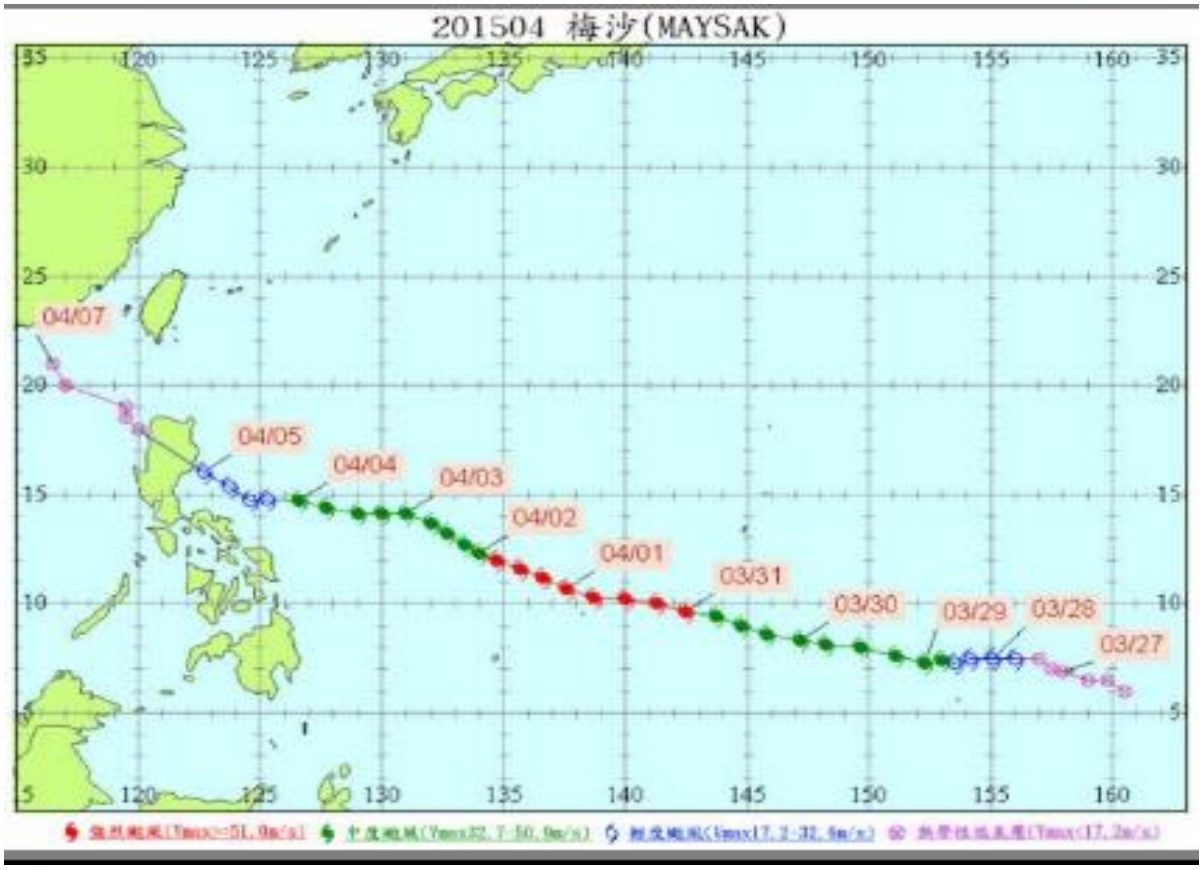


圖 8.64　2015 年 03 月 27 日至 04 月 07 日第 4 號之梅沙(MAYSAK) 強烈颱風路徑圖

圖 8.65 2015 年 05 月 14 日至 05 月 22 日之第 7 號白海豚(DOLPHIN) 強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖

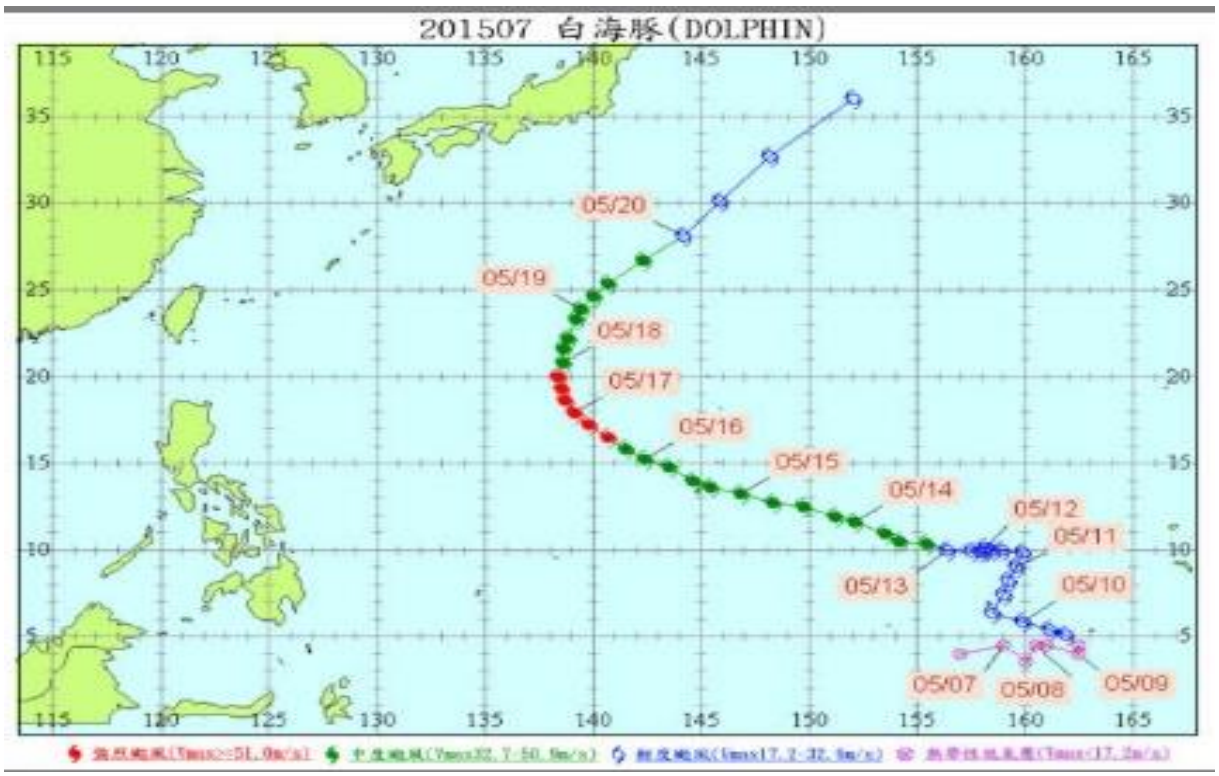


圖 8.66　2014 年05 月07 日至05 月20 日第 7 之號白海豚(DOLPHIN)強烈颱風路徑圖

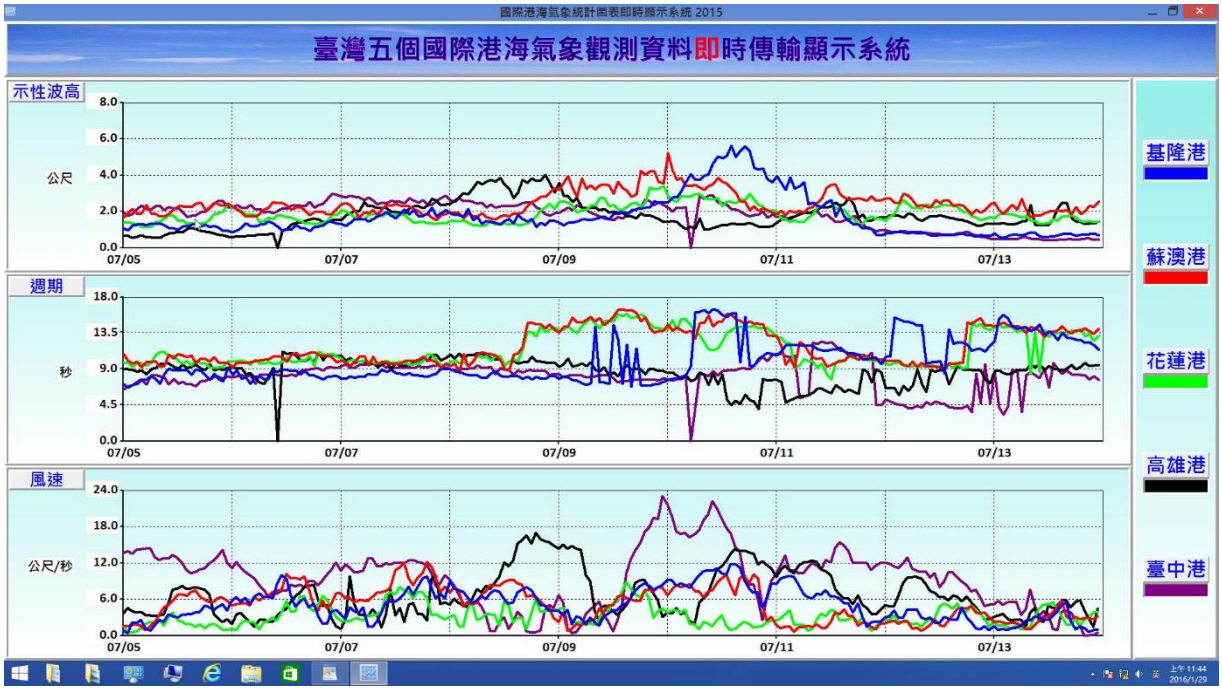


圖 8.67 2015 年 07 月 5 日至 07 月 13 日之第 11 號之南卡(NANGKA)

強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖

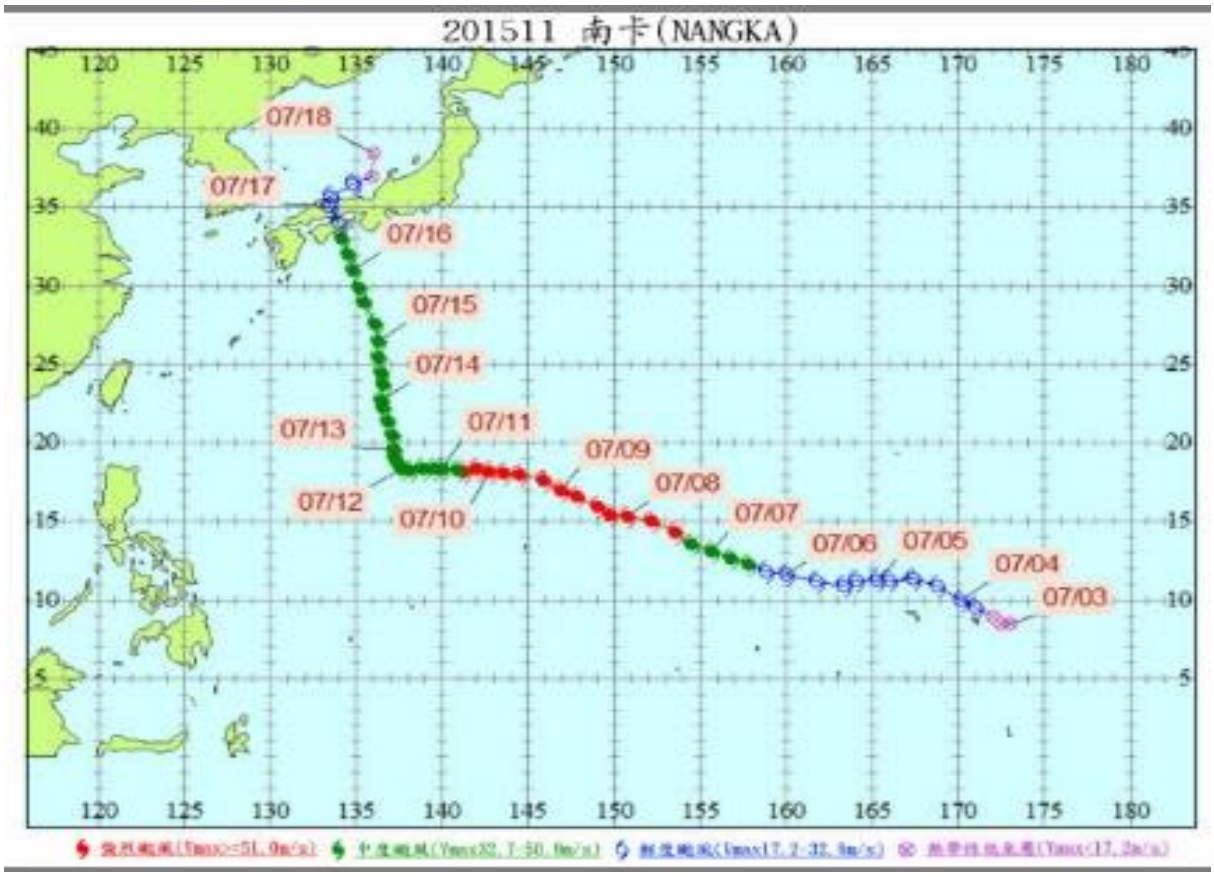


圖 8.68 2015 年 07 月 03 日至 07 月 18 日第 11 號之南卡(NANGKA)強烈颱風路徑圖

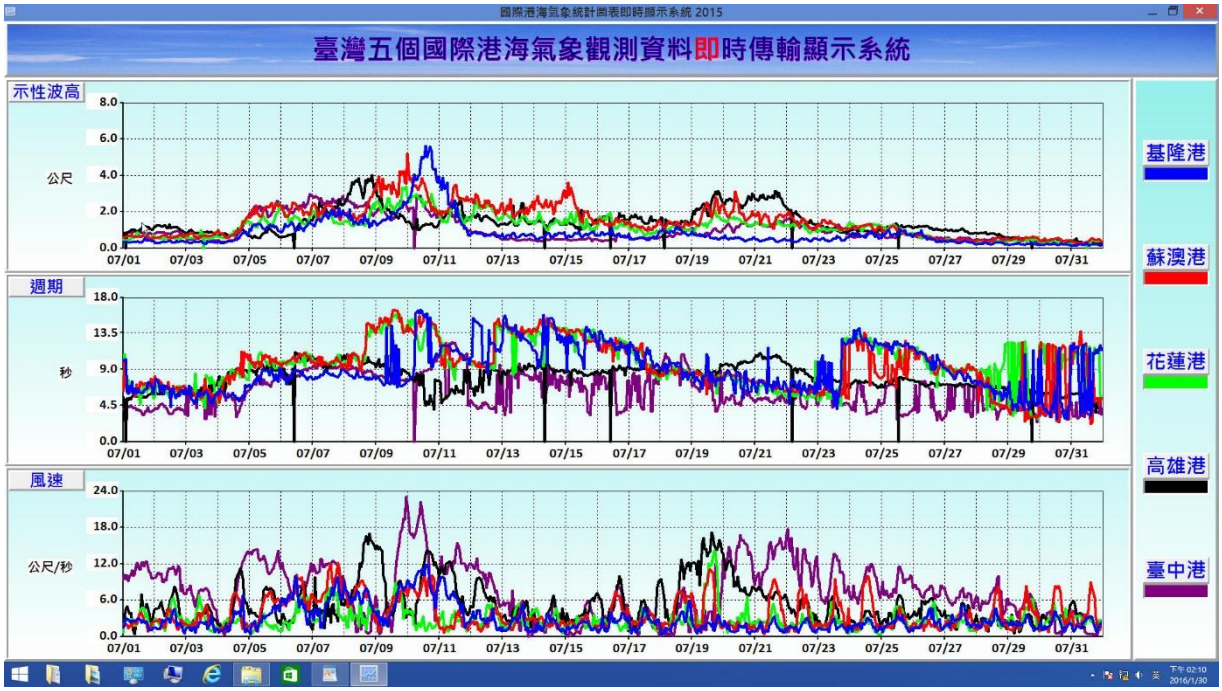


圖 8.69　2015 年 07 月 6 日至 07 月 13 日之第 9 號昌鴻(CHAN-HOM)中度颱風、第 10 號蓮花(LINFA) 輕度颱風、第 11 號南卡(NANGKA) 強烈颱風、第 12 號哈洛拉(HALOLA) 強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖

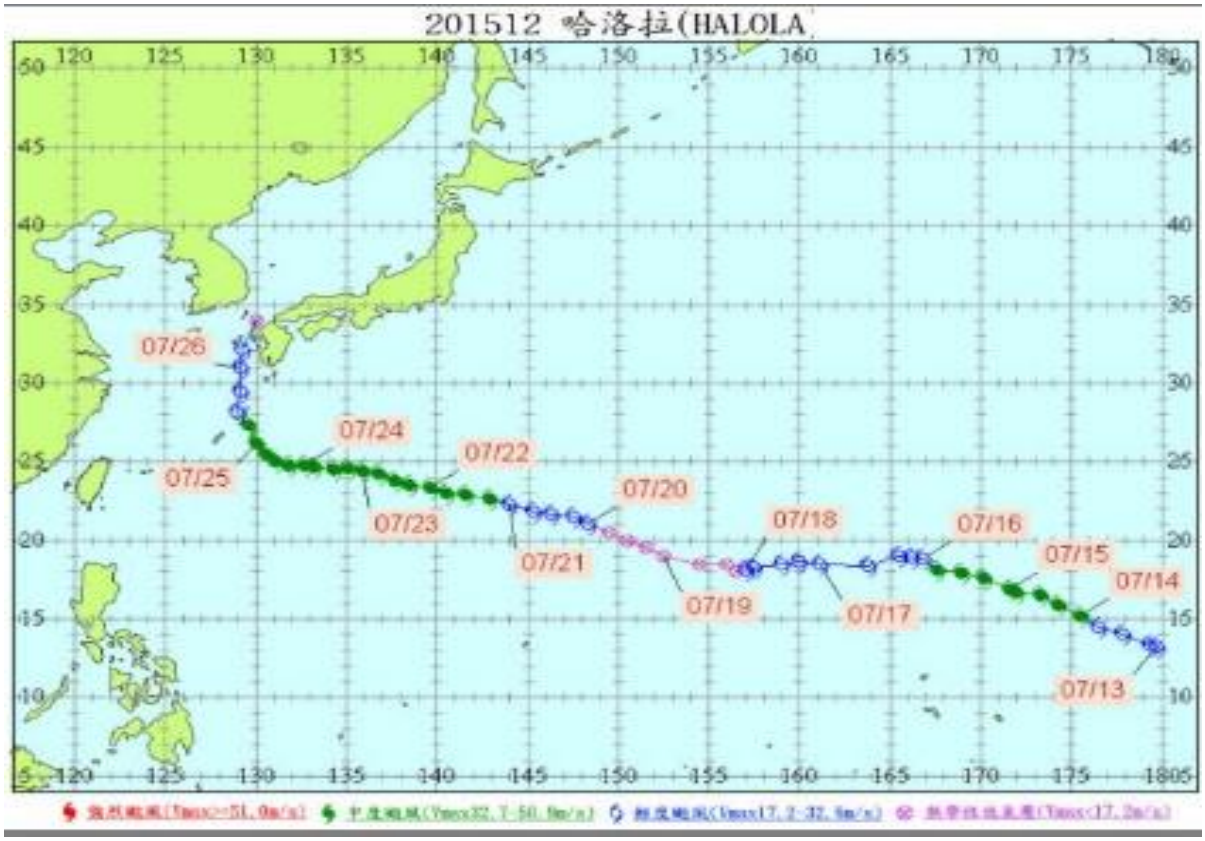


圖 8.70　2015 年 07 月 14 日至 07 月 26 日第 12 號之哈洛拉(HALOLA)中度颱風路徑圖

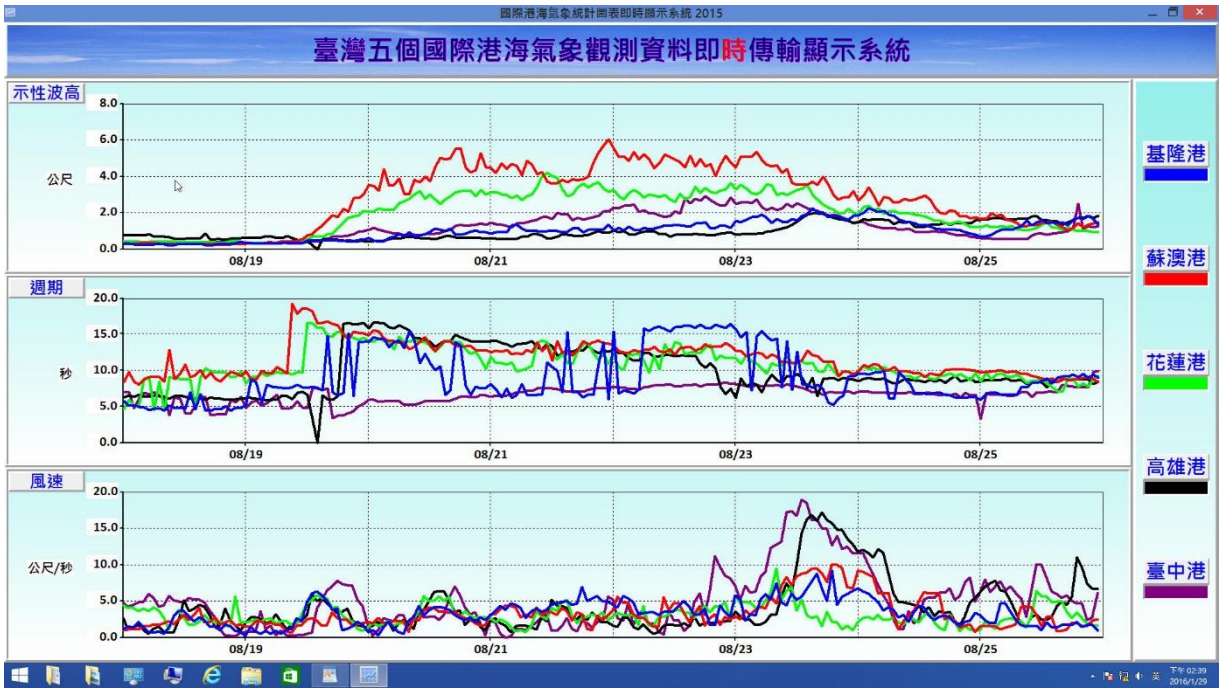


圖 8.71　2015 年 08 月 18 日至 08 月 25 日之第 15 號天鵝(GONL)強烈颱風及第 16 號閃電(ATSANI)強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖

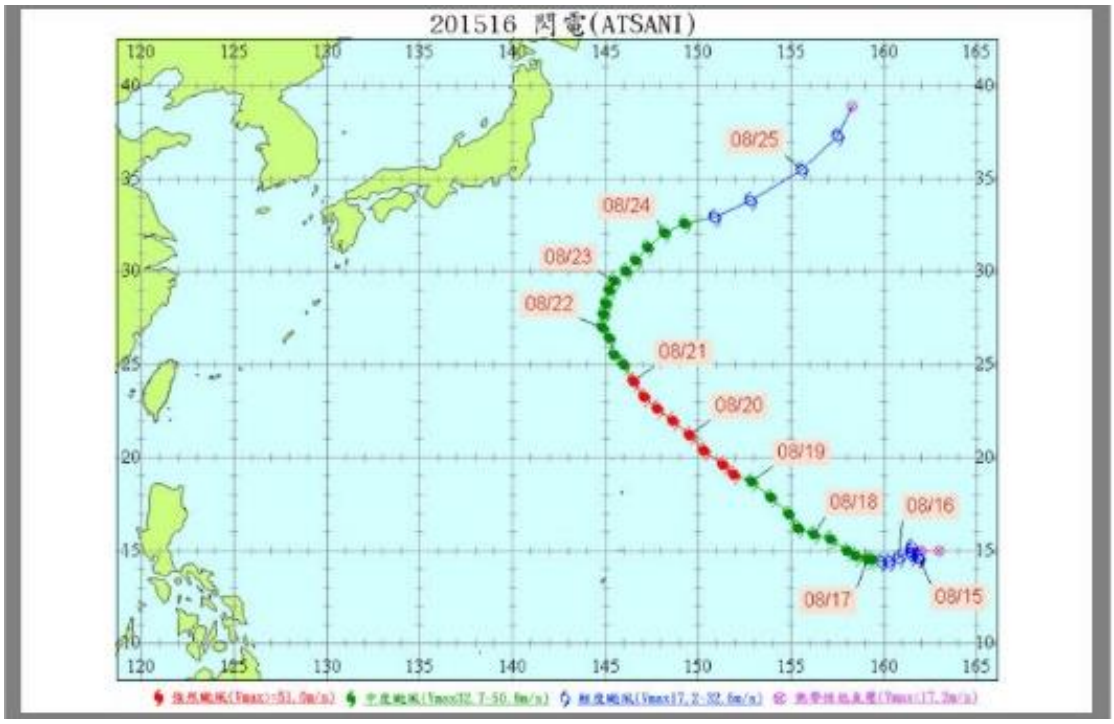


圖 8.72　2015 年 08 月 15 日至 08 月 25 日之第 16 號閃電(ATSANI)強烈颱風路徑圖

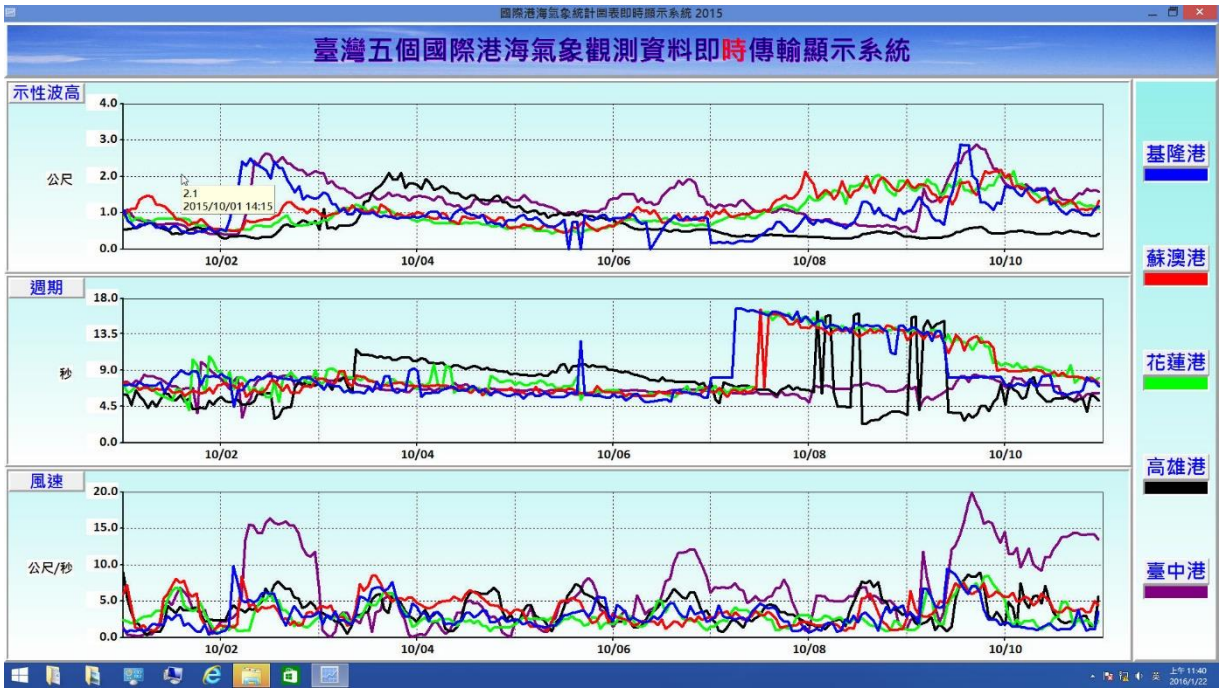


圖 8.73　2015 年 10 月 1 日至 10 月 10 日之第 22 號彩虹(MUJIGAE) 中度颱風及 23 號彩霞(CHOI-WAN) 輕度颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖

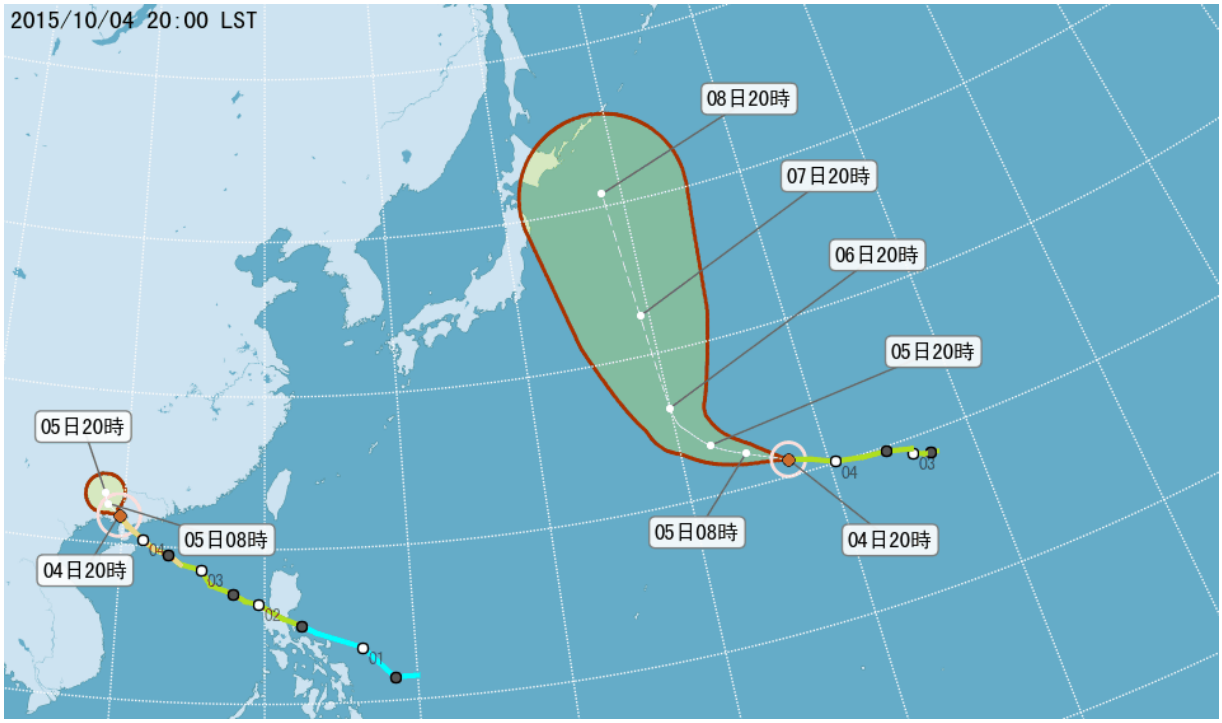


圖 8.74　2015 年 10 月 1 日至 10 月 10 日之第 22 號彩虹(MUJIGAE) 中度颱風及 23 號彩霞(CHOI-WAN) 輕度颱風路徑圖

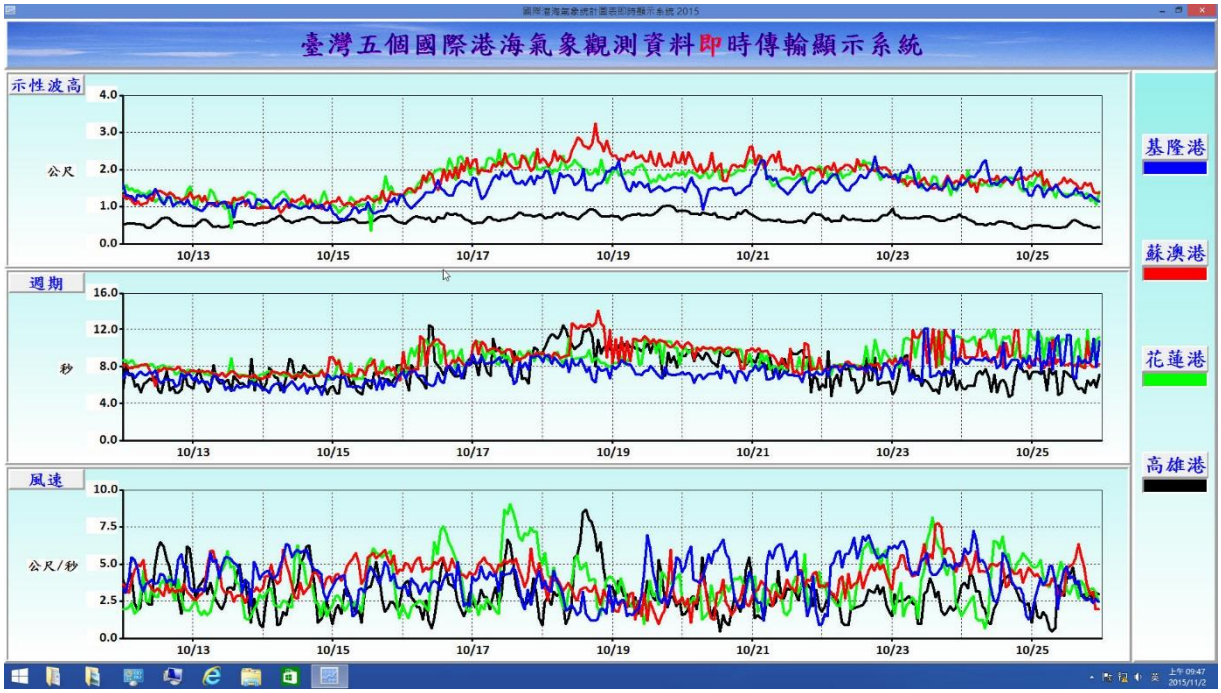


圖 8.75　2015 年 10 月 13 日至 10 月 25 日之第 24 號之巨爵(KOPPU) 強烈颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖

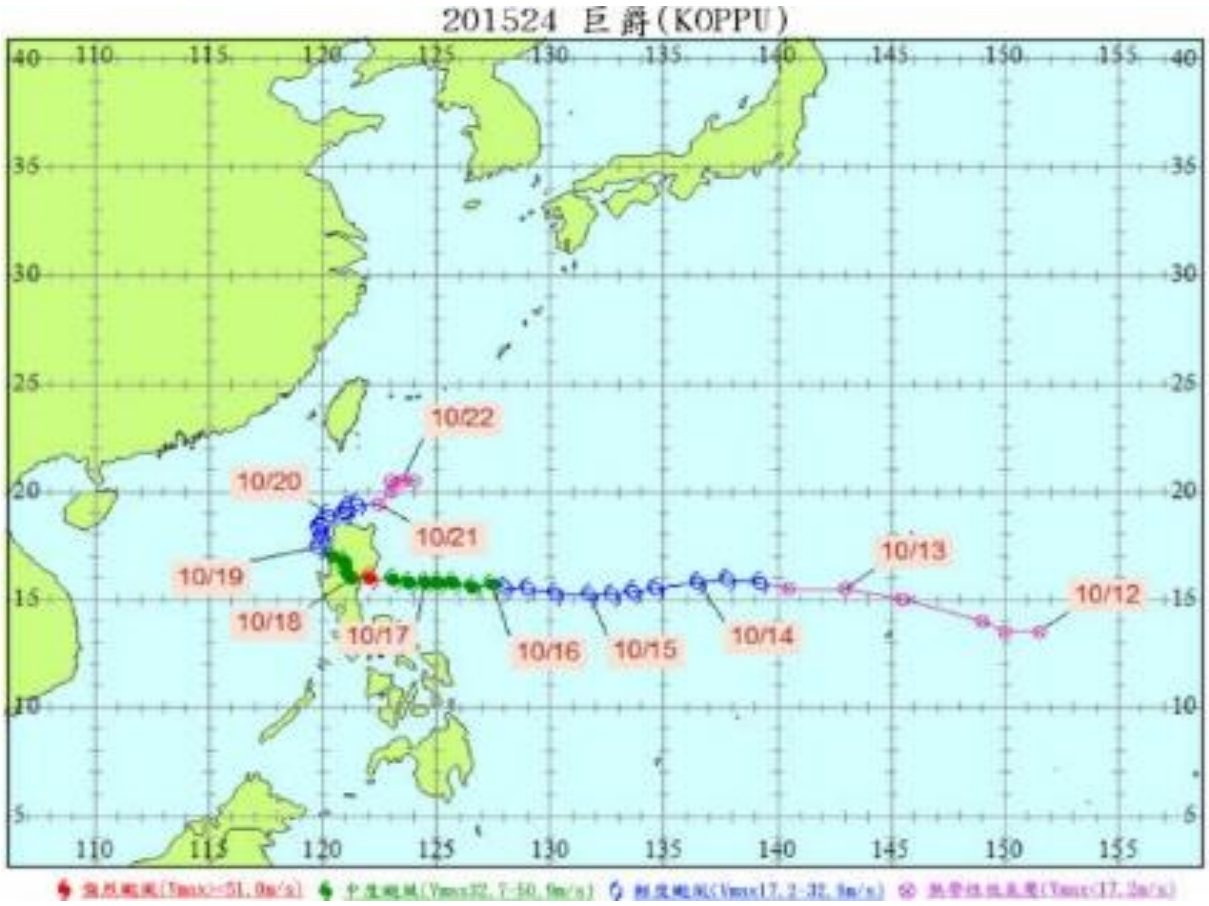


圖 8.76　2015 年 10 月 12 日至 10 月 22 日第 24 號之巨爵(KOPPU) 強烈颱風路徑圖

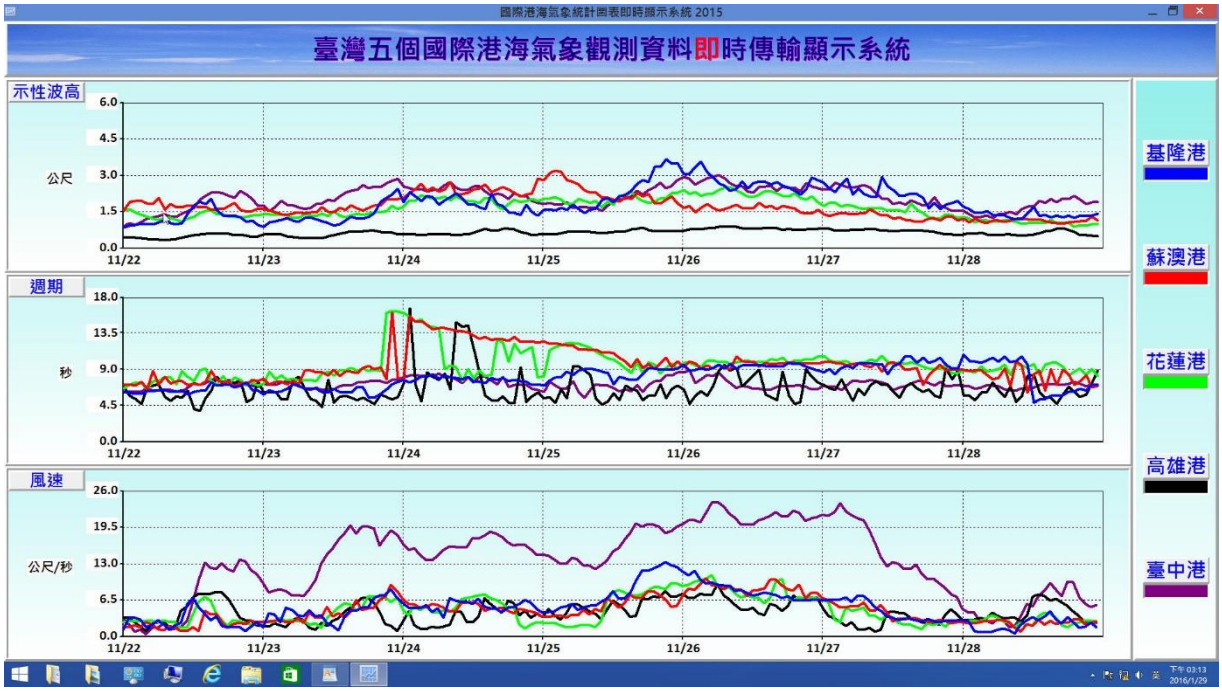


圖 8.77　2015 年 11 月 22 日至 11 月 28 日之第 26 號烟花(IN-FA) 中度颱風臺灣五個國際港實測之波高、週期、風速逐時歷線圖

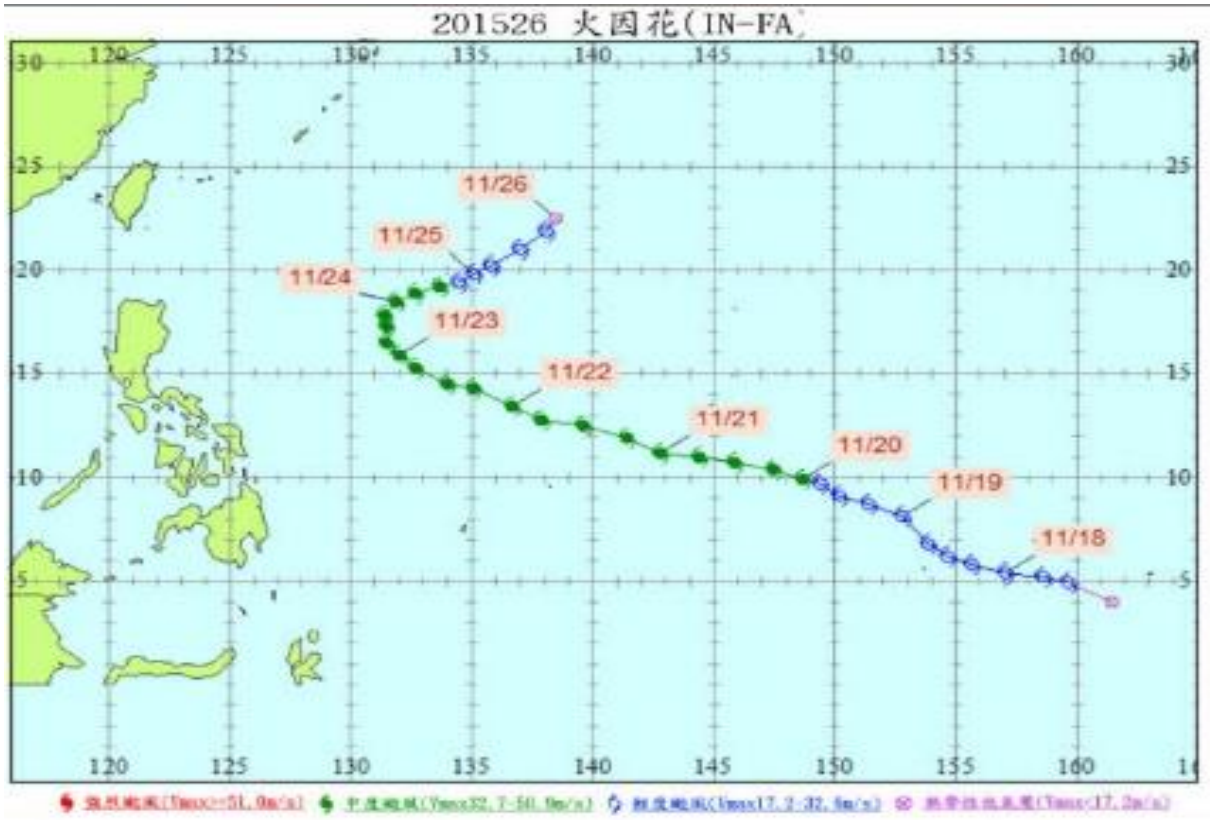


圖 8.78　2015 年 11 月 18 日至 11 月 26 日之第 26 號烟花(IN-FA)中度颱風路徑圖 (資料來源：中央氣象局網站)

表 8.1　2015 年五個國際港觀測站颱風最大波浪之波高、週期及波向資料表

颱風名字	觀測站	時間	$H_{1/3}$(公尺)	$T_{1/3}$(秒)	波向(來向)
巴威 (輕度)	基隆港	03 月 18 日 09 時	0.72	13.75	65.61
	蘇澳港	03 月 18 日 14 時	2.22	12.9	124.9
	花蓮港	03 月 18 日 15 時	1.76	13.4	137.2
	高雄港	03 月 17 日 14 時	1.25	5.1	171.4
	臺中港	03 月 18 日 19 時	1.19	4.9	29.3
梅沙 (強烈)	基隆港	04 月 04 日 11 時	0.65	11.1	60.9
	蘇澳港	04 月 04 日 14 時	3.65	13.8	138.7
	花蓮港	04 月 04 日 18 時	2.35	12.9	137.9
	高雄港	04 月 08 日 18 時	0.95	4.8	324.5
	臺中港	04 月 08 日 01 時	3.64	9.7	8.9
紅霞 (強烈) 發佈警報	基隆港	05 月 12 日 10 時	1.81	7.2	24.2
	蘇澳港	05 月 11 日 21 時	3.14	12.4	168.4
	花蓮港	05 月 11 日 18 時	2.45	12.2	149.9
	高雄港	05 月 11 日 16 時	1.07	4.8	315.7
	臺中港	05 月 12 日 14 時	1.86	6.2	17.0
白海豚 (強烈)	基隆港	05 月 21 日 22 時	1.38	5.9	26.6
	蘇澳港	05 月 18 日 18 時	2.17	15.4	118.9
	花蓮港	05 月 18 日 19 時	1.49	12.9	133.9
	高雄港	05 月 18 日 20 時	0.49	14.1	209.4
	臺中港	05 月 21 日 10 時	2.05	7.5	17.4
昌鴻 (中度) 發佈警報	基隆港	07 月 10 日 20 時	5.64	15.9	33.8
	蘇澳港	07 月 10 日 00 時	4.92	14.7	115.8
	花蓮港	07 月 09 日 23 時	3.27	14.0	124.0
	高雄港	07 月 08 日 21 時	2.79	6.54	213.9
	臺中港	07 月 10 日 07 時	2.91	8.5	15.9

表 8.1(續)　2015 年五個國際港觀測站颱風最大波浪之波高、週期及波向資料表

颱風名字	觀測站	時間	$H_{1/3}$(公尺)	$T_{1/3}$(秒)	波向(來向)
蓮花 (輕度) 發佈警報	基隆港	07 月 05 日 06 時	1.31	8.2	33.4
	蘇澳港	07 月 05 日 17 時	2.44	10.3	168.2
	花蓮港	07 月 05 日 23 時	2.32	10.0	143.5
	高雄港	07 月 08 日 21 時	3.77	9.9	238.3
	臺中港	07 月 06 日 22 時	3.00	9.3	16.5
南卡 (強烈)	基隆港	07 月 18 日 02 時	0.99	9.5	13.7
	蘇澳港	07 月 15 日 00 時	3.46	13.1	119.6
	花蓮港	07 月 15 日 09 時	2.10	13.9	122.4
	高雄港	07 月 19 日 20 時	3.06	8.8	217.1
	臺中港	07 月 20 日 04 時	1.39	5.3	34.4
哈洛拉 (中度)	基隆港	07 月 26 日 06 時	0.93	11.3	64.7
	蘇澳港	07 月 24 日 15 時	1.20	7.1	217.1
	花蓮港	07 月 24 日 17 時	1.27	12.5	116.1
	高雄港	07 月 25 日 11 時	1.40	8.2	259.2
	臺中港	07 月 24 日 18 時	1.04	3.8	45.3
蘇迪勒 (強烈) 發佈警報	基隆港	08 月 08 日 10 時	8.06	12.67	60.9
	蘇澳港	08 月 08 日 03 時	16.02	14. 6	106.8
	花蓮港	08 月 08 日 00 時	8.42	13.97	111.3
	高雄港	08 月 08 日 13 時	5.80	9.9	61.2
	臺中港	08 月 08 日 05 時	10.95	9.1	358.0
天鵝 (強烈) 發佈警報	基隆港	08 月 20 日 13 時	1.04	10.1	62.5
	蘇澳港	08 月 20 日 18 時	5.58	13.4	58.1
	花蓮港	08 月 21 日 11 時	4.22	14.0	137.4
	高雄港	08 月 21 日 21 時	1.03	12.5	49.3
	臺中港	08 月 22 日 04 時	2.39	7.6	17.2

表 8.1(續)　2015 年五個國際港觀測站颱風最大波浪之波高、週期及波向資料表

颱風名字	觀測站	時間	$H_{1/3}$(公尺)	$T_{1/3}$(秒)	波向(來向)
閃電 (強烈)	基隆港	08 月 23 日 15 時	2.22	7.7	5.6
	蘇澳港	08 月 21 日 23 時	6.06	13.8	63.3
	花蓮港	08 月 22 日 23 時	3.66	11.8	37.8
	高雄港	08 月 23 日 16 時	2.01	7.8	259.7
	臺中港	08 月 22 日 18 時	2.83	8.1	1.3
杜鵑 (強烈) 發佈警報	基隆港	09 月 28 日 18 時	7.09	10.2	39.4
	蘇澳港	09 月 28 日 16 時	16.44	14.7	29.1
	花蓮港	09 月 28 日 14 時	5.88	14.4	14.9
	高雄港	09 月 28 日 23 時	3.03	6.7	29.6
	臺中港	09 月 28 日 19 時	8.68	10.0	9.6
彩虹 (強烈)	基隆港	10 月 04 日 11 時	1.12	6.7	50.3
	蘇澳港	10 月 04 日 00 時	1.04	7.1	73.0
	花蓮港	10 月 03 日 09 時	1.25	8.13	49.4
	高雄港	10 月 03 日 20 時	2.05	10.7	214.4
	臺中港	10 月 06 日 16 時	2.80	6.6	28.2
彩霞 (中度)	基隆港	10 月 09 日 13 時	4.83	13.9	42.3
	蘇澳港	10 月 08 日 14 時	2.03	10.1	112.8
	花蓮港	10 月 08 日 17 時	2.06	14.2	122.8
	高雄港	10 月 09 日 18 時	0.57	4.6	288.7
	臺中港	10 月 09 日 17 時	3.17	8.4	13.8
巨爵 (強烈)	基隆港	10 月 22 日 18 時	3.65	7.8	32.3
	蘇澳港	10 月 21 日 00 時	2.63	10.1	77.6
	花蓮港	10 月 21 日 02 時	2.37	7.7	30.2
	高雄港	10 月 19 日 18 時	0.96	7.1	256.0
	臺中港	10 月 21 日 01 時	4.35	8.1	19.4

表 8.1(續)　2015 年五個國際港觀測站颱風最大波浪之波高、週期及波向資料表

颱風名字	觀測站	時間	$H_{1/3}$(公尺)	$T_{1/3}$(秒)	波向(來向)
烟花 (中度)	基隆港	11 月 25 日 21 時	3.56	9.1	359.5
	蘇澳港	11 月 25 日 02 時	3.22	12.3	51.9
	花蓮港	11 月 25 日 02 時	2.13	11.9	45.4
	高雄港	11 月 26 日 07 時	0.84	9.7	254.6
	臺中港	11 月 26 日 04 時	3.52	8.4	14.5

表 8.2　2015 年 9 個強烈颱風梅沙、紅霞、白海豚、南卡、蘇迪勒、天鵝、閃電、杜鵑及巨爵等接近中心最高時，持續風速各國之強度比較表。

颱風名稱 活動日期	中華民國 中央氣象局	聯合颱風 警報中心	日本氣象廳
第 4 號梅沙(MAYSAK) 3 月 27 日~4 月 07 日	10 分鐘平均： 195km/h	1 分鐘平均： 260km/h	10 分鐘平均： 195km/h
第 6 號紅霞(NOUL) 5 月 03 日~5 月 12 日	10 分鐘平均： 205km/h	1 分鐘平均： 260km/h	10 分鐘平均： 205km/h
第 7 號白海豚(DOLPHIN) 5 月 07 日~5 月 20 日	10 分鐘平均： 185km/h	1 分鐘平均： 260km/h	10 分鐘平均： 185km/h
第 11 號南卡(NANGKA) 7 月 03 日~7 月 18 日	10 分鐘平均： 185km/h	1 分鐘平均： 250km/h	10 分鐘平均： 185km/h
第 13 號蘇迪勒(SOUDELOR) 8 月 01 日~8 月 09 日	10 分鐘平均： 215km/h	1 分鐘平均： 215km/h	10 分鐘平均： 215km/h
第 15 號天鵝(GONI) 8 月 14 日~8 月 26 日	10 分鐘平均： 185km/h	1 分鐘平均： 215km/h	10 分鐘平均： 185km/h
第 16 號閃電(ATSANI) 8 月 15 日~8 月 25 日	10 分鐘平均： 185km/h	1 分鐘平均： 260km/h	10 分鐘平均： 185km/h
第 21 號杜鵑(DUJUAN) 9 月 20 日~9 月 30 日	10 分鐘平均： 205km/h	1 分鐘平均： 230km/h	10 分鐘平均： 205km/h
第 24 號巨爵(KOPPU) 10 月 12 日~10 月 22 日	10 分鐘平均： 185km/h	1 分鐘平均： 240km/h	10 分鐘平均： 185km/h

(維基百科 2015 年太平洋颱風季)

第九章

歷年來觀測資料分析

第九章 歷年來觀測資料分析

9.1 海氣象資料應用

港研中心二十年來，在台灣地區幾個國際港區附近海域，進行海氣象等資料觀測站建立長期觀測，將海氣象資料以靜態及動態方式透過資訊網路提供國內船舶業者及有關人員查詢，提供國內外各種方便的資訊服務。且隨著港埠業務之增加及船舶交通管理系統之建立，五個國際港區之長期即時觀測網站建立甚為重要，如何將五個國際港區之海氣象資料透過資訊網路提供國內外各種方便的資訊服務，及各機關間的資訊交換則為重要目標。

海氣象資料目前包括的項目有：風力(颱風)、波浪、潮汐、海流等項。含蓋之港口則主要為基隆、蘇澳、花蓮、高雄及臺中等五個主要港口。一般風力、波浪、潮汐、海流皆為定點的長期觀測（測點）。海氣象資料特性皆與時間相關，如風力、波浪、流場等與季節（春夏秋冬）皆有相關，潮位也與日及月的變化有關。因此時間也是海氣象資料特性考慮重要因子。

海氣象資料之資料蒐集及處理，主要分(1)現場觀測及資料蒐集(2)資料分析及品管(3)資料管理(4)本所海情中心展示等四個步驟。

海氣象資料依應用分類可分(1)即時資料(2)當年資料(3)歷年資料等三種。

(1)即時資料：應用於海岸防災、船舶進港　管理等需求，目前現場觀測資料蒐集及傳輸至港研中心之工作，由基本研究計畫及代理計畫執行，這由本所港研中心第二科負責，而有關集中展示之項目及內容，目前由港研中心第三科之海情中心負責，即時資料此部分提供之資訊特點為:當天、前幾天、後幾天(模擬)等詳細之數據檔、歷線圖等。

(2)當年資料：包括港研中心現場觀測資料或外來資料，由相關基本研究及代理計畫執行，有關資料處理及分析工作由各計畫研究人員負責。當年資料於(a)相關計畫研究計畫報告(b)當年海氣地象年報(光碟片) (c) 港研中心 GIS 系統展示(d) 港研中心網路上，等提供相關資訊。此部分提供之資訊特點為:當年在一年中詳細完整之數據檔、月報表、月歷線圖、統計表、統計圖等。

(3)歷年資料：包括港研中心現場觀測資料或外來資料，由相關基本研究及代理計畫執行，有關資料處理及分析工作由各計畫研究人員

負責。歷年資料於(a)相關計畫研究計畫報告(b)海氣地象專刊(光碟片) (c) 港研中心 GIS 系統展示(d) 港研中心網路上，等提供相關資訊。此部分提供之資訊特點為：長期或代表性之統計量、統計表、統計圖等。

海氣象資料分析及展示結果，有資料檔、說明檔、報表或統計表、資料圖或統計圖(靜態或動態)、年報及專刊等分析之結果，將配合中心海情中心管理系統，建立海氣象資料分析及查詢系統，最後將歷年及即時等海氣象資料以靜態及動態方式,透過資訊網路提供國內船舶業者、研究機構，及國內外各種方便的資訊服務。

9.2 歷年來波浪資料分析

臺灣四周海域波浪的現象主要由東北季風及西南季風兩個時期交替影響，另外在夏天有劇烈天氣系統颱風影響，呈現出季節性變化。基隆、高雄兩港海域分居臺灣島西海岸北、南兩端,且兩港海岸線走向完全不同，基隆港兩邊海岸線走向為東-西，高雄港海岸線則為西北-東南，而臺中港海域居臺灣中部海岸線走向為北北東-西南西，蘇澳、花蓮兩港都居臺灣東部面臨太平洋，海岸線走向為北北東-西南西，波浪特性受地理位置、陸地遮蔽情況等不同的影響，故兩地波浪現象季節變化特性亦有差異。

本節五個國際港區歷年分季(春 3-5 月；夏 6-8 月；秋 9-11 月；冬 12、1、2 月)統計結果，綜括 2005 年至 2015 年歷年來基隆、蘇澳、花蓮、高雄及臺中港，紀錄時數以波高、週期聯合機率分佈表統計表結果為主。

9.2.1 波高、週期、波向統計

海上波浪主要由風而生，而波浪的大小由吹風強度、持續時間及吹風風域綜合之影響來決定。(1)基隆港海域位於台灣北部，觀測站位置離海岸約 1 公里多，南邊有陸地屏障，北方則為開闊的海洋，當冬季吹襲東北季風時，平均風速大，方向為由海面往基隆港海岸吹，吹風距離甚長，因此容易形成大浪。在西南季風期間，基隆港平均風力較東北季風為弱，且因南邊有陸地屏障，基隆港海域夏日有礙於形成大浪，所以夏天的平均波高小於冬季。唯在夏季有颱風發生時，有異常大浪發生。(2)高雄港位居台灣西南部，冬季東北季風吹襲至台灣南部時風力本較北部為弱，且因海岸線走向為西北-東南，高雄二港口海域因北邊有陸地屏障，故高雄二港口海域之波高小。夏季時則狀況相反，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。此與基隆港季節波高變化趨勢相反。兩港之季節平均波高型態雖然完全不同，但全年中 Hs 波高極值卻都出現在夏季，這是由於西南季風與颱風侵襲的影響。(3)臺中港海域之觀測，冬季東北季風

吹襲至台灣中部時因地勢影響風力強，且因海岸線走向為北北東-南南西，故臺中港海域之波高大，最多波向為北北東向，平均週期約 7-8 秒。夏季時則狀況相反，風與浪均自西南方來，最多波向約為西向，週期平均約 6-7 秒，波高多發生在小於 1 公尺之波浪。(4) 蘇澳港與花蓮港，波浪特性因東邊面臨太平洋，受地理位置影響，故兩港波浪現象隨季節及颱風之變化特性相似，冬季風速較夏季大，因此冬季示性波高大部份在 2 公尺以下，週期一般在 6-8 秒間，波向在東北東-東南東為主，夏秋季常常有颱風侵襲或行經附近海域而來的湧浪為主，平時沒有颱風波高小於 1 公尺以下為主，週期 6-8 秒，波向為東南東為主。

總結來說，由於臺灣的大氣環流現象，受東北季風期間影響較長，且東北季風強度之大於夏季西南季風，故分居臺灣西海岸北、中、南及東各地的海域相關統計可參見圖 9.1 至圖 9.15。

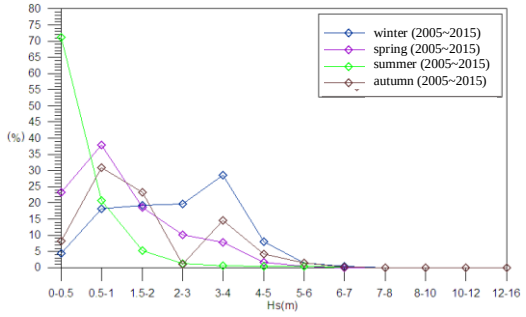


圖 9.1 基隆港 2005~2015 年四季及全觀測期波高機率分佈圖

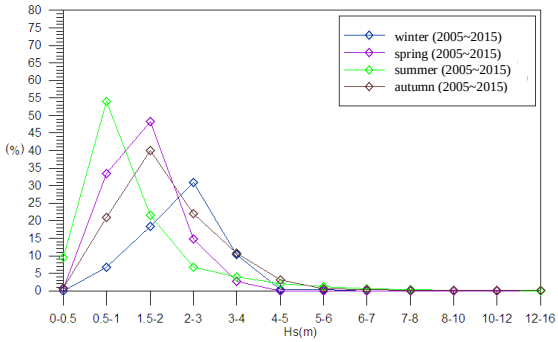


圖 9.2 蘇澳港 2005~2015 年四季及全觀測期波高機率分佈圖

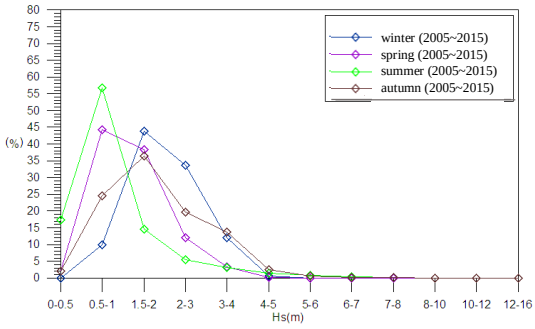


圖 9.3 花蓮港 2005~2015 年四季及全觀測期波高機率分佈圖

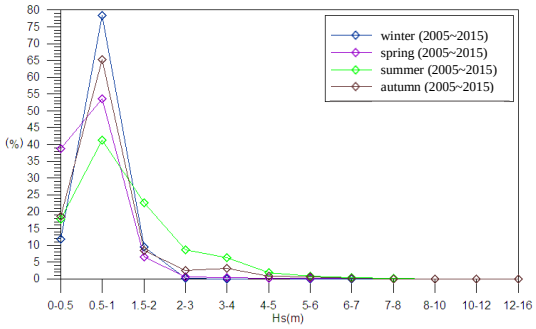


圖 9.4 高雄港 2005~2015 年四季及全觀測期波高機率分佈圖

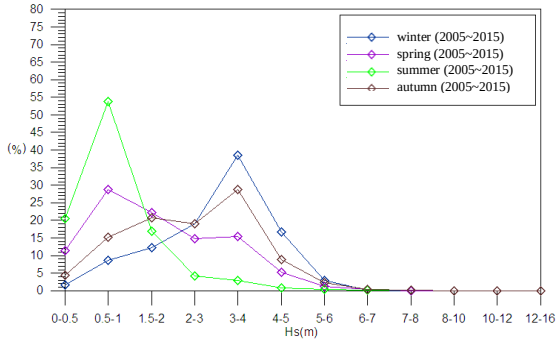


圖 9.5 臺中港 2005~2015 年四季及全觀測期波高機率分佈圖

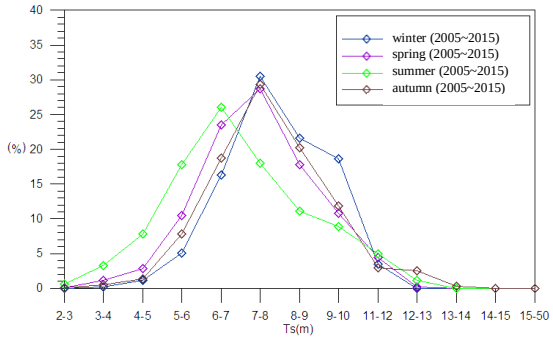


圖 9.6 基隆港 2005~2015 年四季及全觀測期波浪週期機率分佈圖

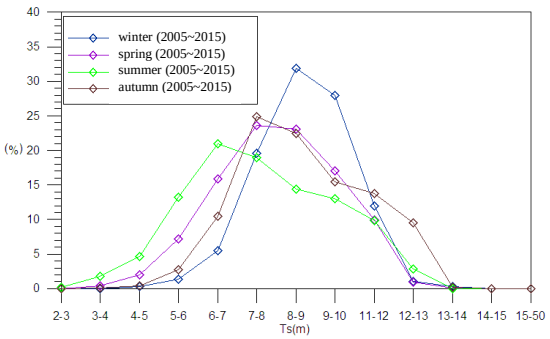


圖 9.7 蘇澳港 2005~2015 年四季及全觀測期波浪週期機率分佈圖

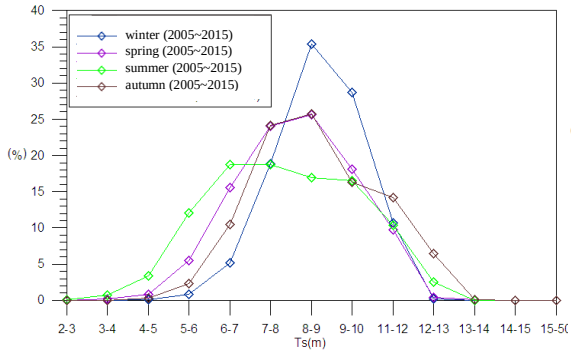


圖 9.8 花蓮港 2005~2015 年四季及全觀測期波浪週期機率分佈圖

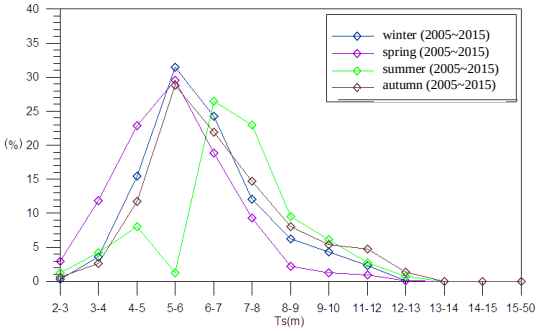


圖 9.9 高雄港 2005~2015 年四季及全觀測期波浪週期機率分佈圖

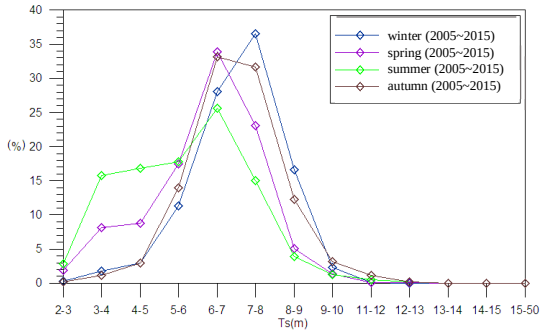


圖 9.10 臺中港 2005~2015 年四季及全觀測期波浪週期機率分佈圖

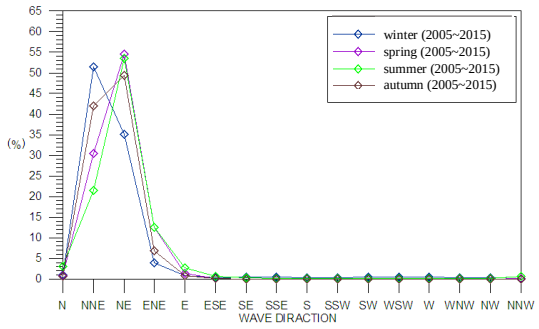


圖 9.11 基隆港 2005~2015 年四季及全觀測期波向機率分佈圖

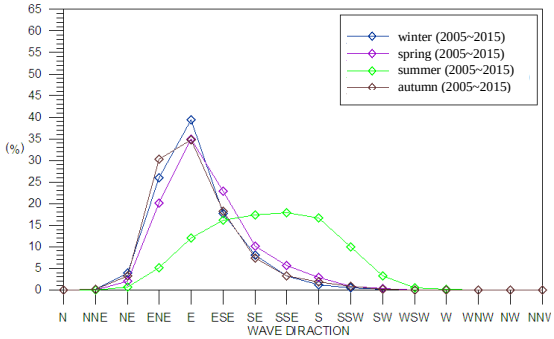


圖 9.12 蘇澳港 2005~2015 年四季及全觀測期波向機率分佈圖

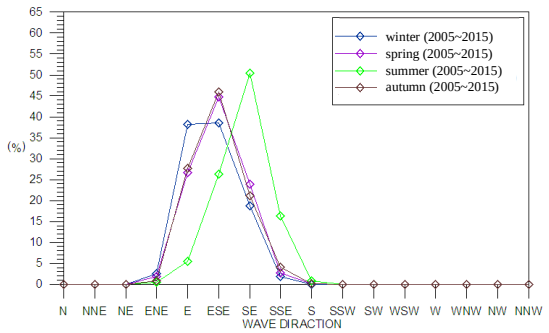


圖 9.13 花蓮港 2005~2015 年四季及全觀測期波向機率分佈圖

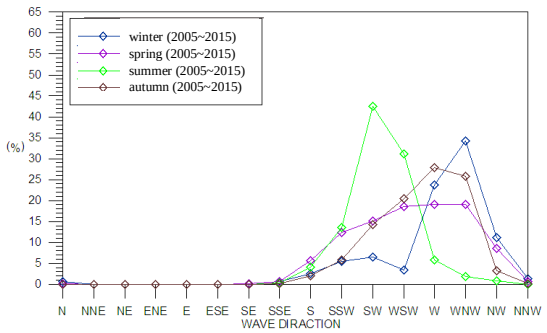


圖 9.14 高雄港 2005~2015 年四季及全觀測期波向機率分佈圖

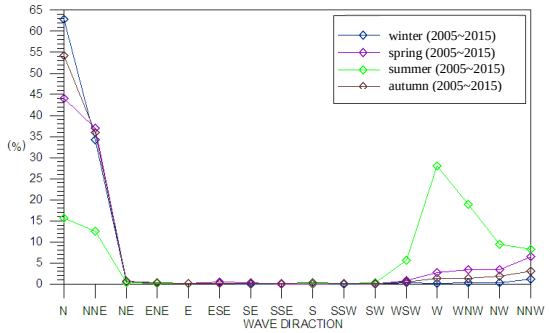


圖 9.15 臺中港 2005~2015 年四季及全觀測期波向機率分佈圖

9.3 歷年來海流資料分析

由圖 9.16 至圖 9.25 可知，基隆港所觀測之海流流向有週期性往復運動，海流運動方向主要集中在沿海岸平行方向，且隨潮流漲落改變方向；主軸為東與西向，即退潮時段流向為東，漲潮時段流向為西，大潮時其流速甚強，最大流速約可達 1.5~2.0 節左右。綜觀其水位，可見此地區以全日潮為主，半日潮為輔主要為複合潮。

蘇澳港所觀測之海流流向有週期性往復運動，海流運動方向主要集中在沿海岸平行方向，且隨潮流漲落改變方向；主軸為北~北北東與南南西向，即退潮時段流向為北~北北東，漲潮時段流向為南南西，大潮時其流速甚強，最大流速約可達 1.5 節左右。其水位以半日潮為主，全日潮為輔，主要為複合潮。

由水位記錄顯示花蓮港觀測站的潮流運動以半日週期為主，全日週期為輔。花蓮港東防波堤外海處蒐集之海流，主要是以長週期海流以及潮流所組合而成。因受地形影響主要以東北東—西南附近運動為主。一般而言，每日流速變化的幅度振幅約為 10~40 cm/sec，東北季風產生之風驅流則視風速大小而定。

在高雄二港口附近所蒐集到之海流資料，流速、流向有週期性往復運動，運動方向主要集中在沿岸平行方向，即北北西—南南東為主，其流向

與漲退潮無明顯的關係。由其水位可知主要以全日潮流為主，其次為半日潮流，並有複合潮流產生。

在臺中港北防波堤白燈塔外海處蒐集之海流，所觀測之海流流向有週期性往復運動，海流運方向主要集中在沿海岸平行方向，且隨潮流漲落改變方向；主軸為東與西向，即退潮時段流向為東，漲潮時段流向為西，大潮時其流速甚強，最大流速約可達 1.5~2.0 節左右。綜觀其水位，臺中港潮位主要成份為半日潮，全日潮為輔；亦即臺中港的潮汐主要由全日潮及半日潮組成的複合潮，但半日潮的成份大於全日潮。

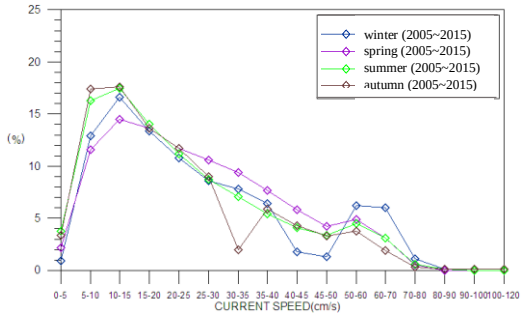


圖 9.16 基隆港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流速機率分佈圖

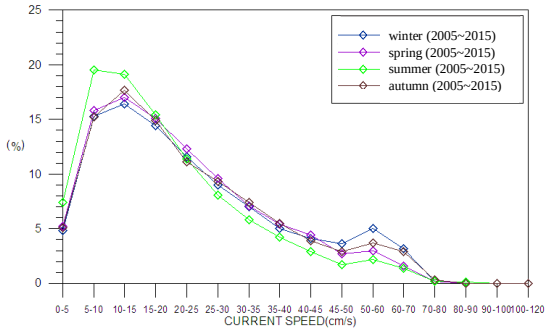


圖 9.17 蘇澳港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流速機率分佈圖

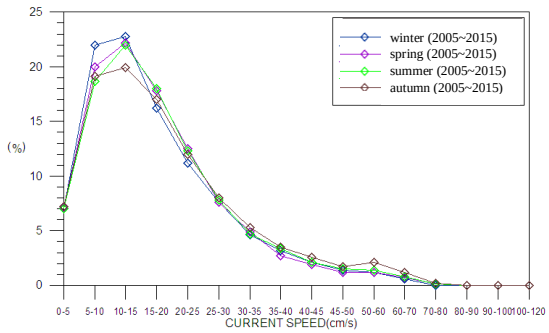


圖 9.18 花蓮港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流速機率分佈圖

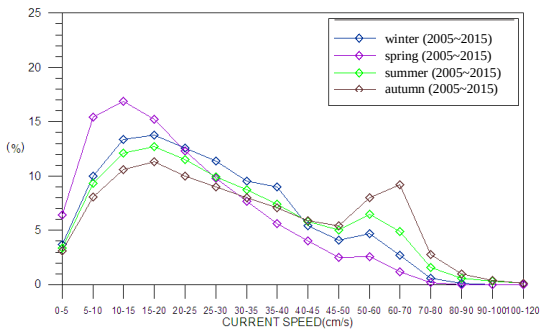


圖 9.19 高雄港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流速機率分佈圖

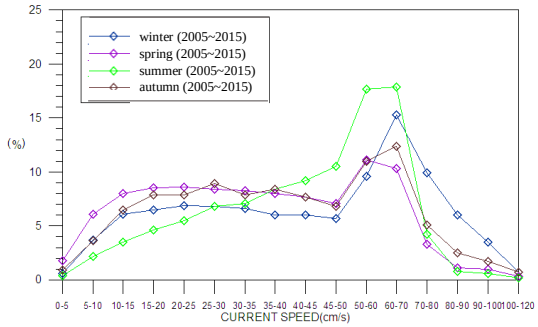


圖 9.20 臺中港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流速機率分佈圖

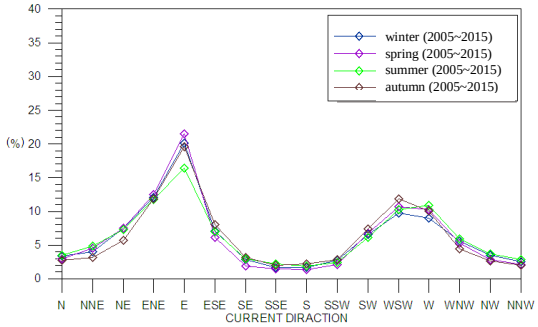


圖 9.21 基隆港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流向機率分佈圖

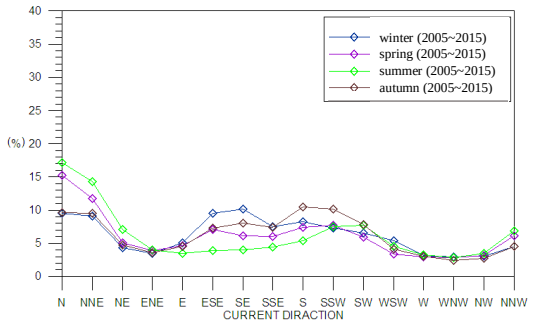


圖 9.22 蘇澳港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流向機率分佈

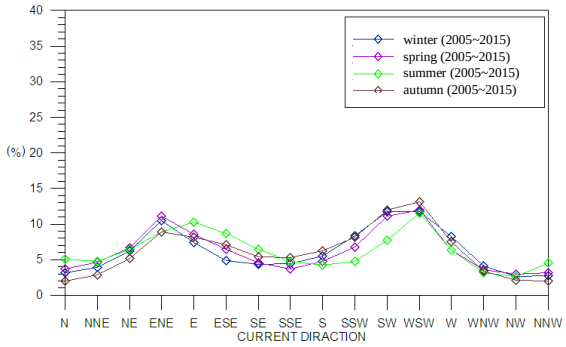


圖 9.23 花蓮港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流向機率分佈圖

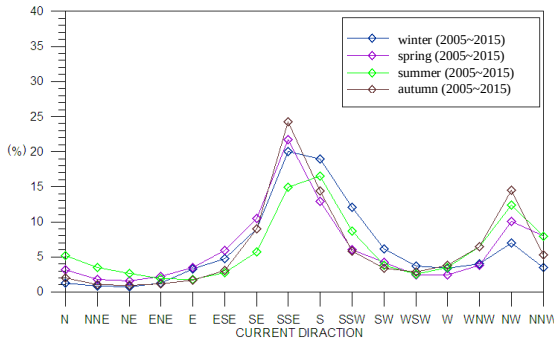


圖 9.24 高雄港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流向機率分佈圖

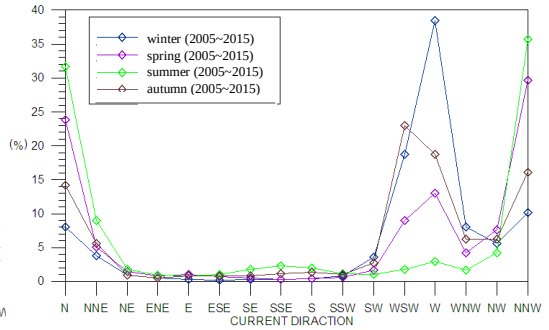


圖 9.25 臺中港 2005~2015 年四季及全觀測期海流流向機率分佈圖

9.4 歷年來風速風向資料分析

由於臺灣海域風的現象主要由東北季風及西南季風交替影響，故呈現出季節性變化亦十分顯著。以下之風資料統計均以 10 分鐘平均風速、10 分鐘平均風向資料為準。針對五個國際港區(2005 年至 2013 年)觀測期間資料加以分析，由圖 9.26 至圖 9.35 顯示(1) 基隆港冬季因東北季風強而隱定，平均風速較高，但因觀測站地形位置關係, 南邊有陸地屏障，基隆港海域夏季西南風較弱，所以四季風向較散佈，唯在夏季有颱風發生時，常有異常風速發生。(2) 蘇澳及花蓮兩港因東邊面臨太平洋，受地理位置影響，故兩港風速現象隨季節及颱風之變化特性相似，但因夏季有颱風侵襲時風速較大，但風速分佈在 5 米/秒以下者佔 80%，總結來說，由於臺灣的大氣環流現象，受東北季風期間影響較長，且東北季風強度之大於夏季西南季風，故分居臺灣西海岸北、中、南及東各地(3)至於高雄港海域位居臺灣西南部，但因臺灣西部並無顯著高山阻擋，但冬季東北季風順著西部走廊直吹襲高雄沿海已減弱，故冬季東北季風風速超過 5 米/秒以上，約只佔 5-10%左右。夏季風速分佈在 5 米/秒以下者佔 80%，5~10 米/秒之區間佔全部之 15 %，大於 10 米/秒者佔 5%。(4)臺中港風防林站冬季因東北季風強而穩定，冬季觀測最大 10 分鐘平均風速在 20-25 米/秒，風速分佈在 8-10 米/秒之區間佔 15.0%；風向主要集中在北北東方向，大約佔 50%，夏季

風速分佈在 5 米/秒以下者佔 60%，5~10 米/秒之區間佔全部之 29.1%以上，大於 10 米/秒者佔 9.4%，風向主要在南-南南西，約佔 40%。春秋兩季較相似，觀測風速分佈在 5 米/秒以下者佔 30%，5~10 米/秒之區間佔全部之 40%以上，大於 10 米/秒者佔 20%，風向主要在北北東-東北區間，約佔 50%左右。

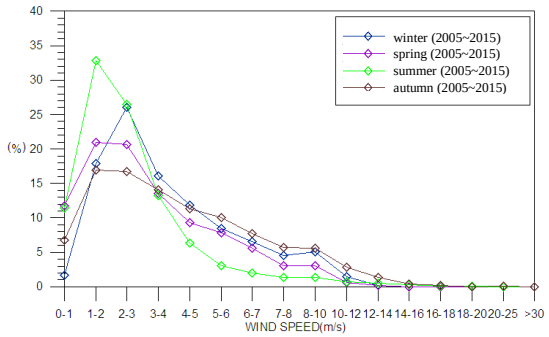


圖 9.26　基隆港 2005~2015 年四季及全觀測期風速機率分佈圖

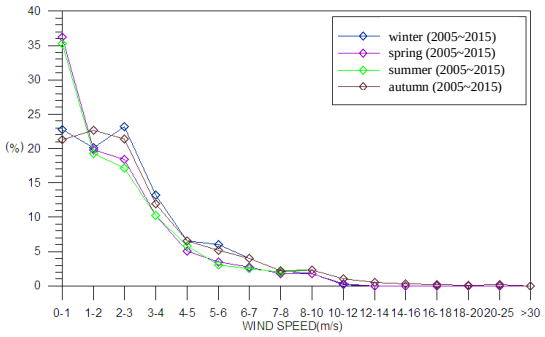


圖 9.27　蘇澳港 2005~2015 年四季及全觀測期風速機率分佈圖

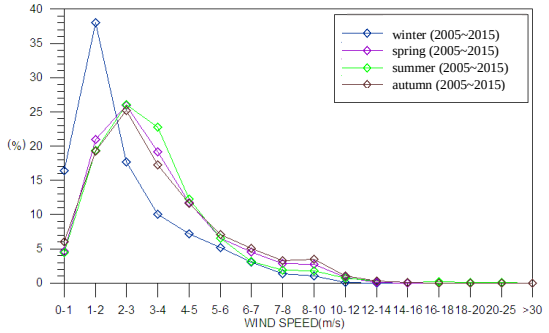


圖 9.28　花蓮港 2005~2015 年四季及全觀測期風速機率分佈圖

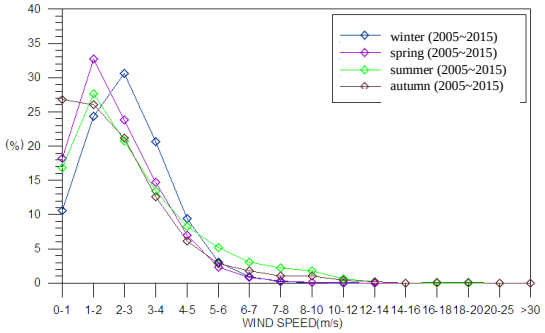


圖 9.29　高雄港 2005~2015 年四季及全觀測期風速機率分佈圖

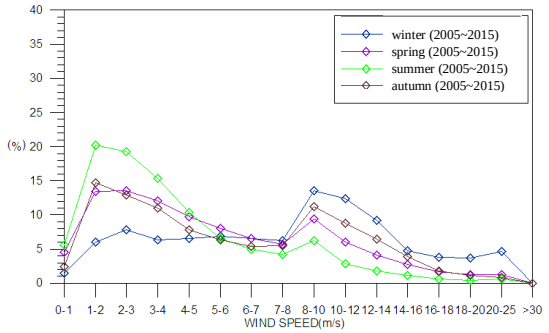


圖 9.30　臺中港 2005~2015 年四季及全觀測期風速機率分佈圖

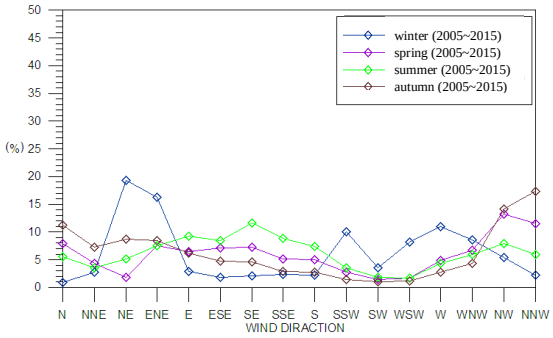


圖 9.31　基隆港 2005~2015 年四季及全觀測期風向機率分佈圖

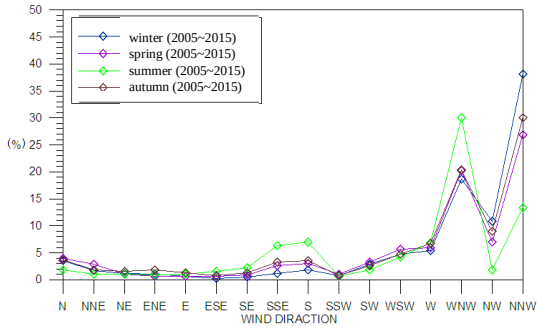


圖 9.32　蘇澳港 2005~2015 年四季及全觀測期風向機率分佈圖

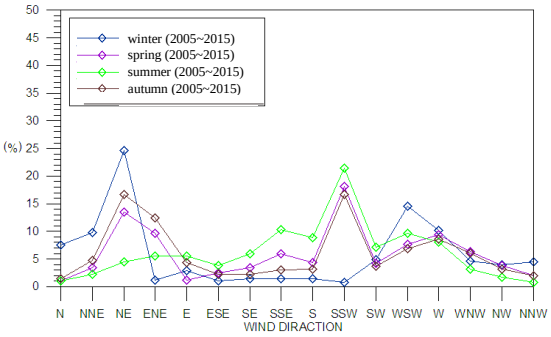


圖 9.33　花蓮港 2005~2015 年四季及全觀測期風向機率分佈圖

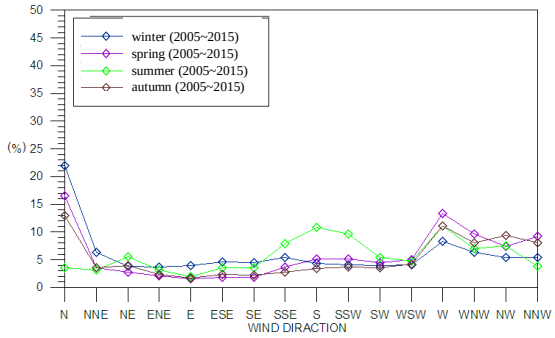


圖 9.34　高雄港 2005~2015 年四季及全觀測期風向機率分佈圖

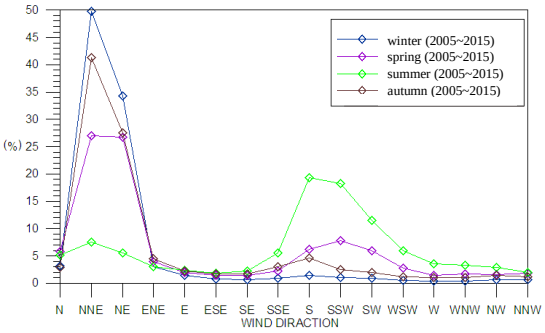


圖 9.35　臺中港 2005~2015 年四季及全觀測期風向機率分佈圖

第十章

結論與建議

第十章　結論與建議

依據前述政策目標，本研究計畫以四年時間(民國 102~105 年)賡續更新建置與維護臺灣基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港及臺中港等五個國際港附近海域之長期性海氣象(風、波、潮、流)觀測站，自動擷取傳輸系統及現場作業方式持續觀測蒐集海氣象資料，為首要工作，同時以觀測站所獲得資料進行資料庫的建檔與年報、專刊之製作，以及配合相關性計畫之內容，辦理各港海域海氣象特性分析、建立即時性的船舶動態管理操作模式與電子資訊化港灣構造物維護管理資訊系統，及近岸漂沙監測系統等應用性工作，可用於提供相關營運、工程、研究單位作為環評、規劃、設計、施工、環境監控之重要參考資訊，以具體可行之工作項目，完成本研究之目標。

10.1 結論

本(104)年度本研究計畫針對基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港及臺中港等五個國際港附近海域之長期性海氣象(風、波、潮、流)觀測網站，自動擷取傳輸系統及現場作業方式持續觀測蒐集海氣象資料，所得之資料研究分析(如圖 10.1~10.6)，綜合前述各章節說明，彙整結論如下。

1. 基隆港本(2015)年 01 月 1 日至 12 月 31 日間所觀測之資料統計，風的觀測，平均風速最高在冬季的 12 月，達 5.08 m/s，風向則以 NNE 為主，全年平均風速為 3.49 m/s，而本年測得逐時平均風速極值為 24.10 m/s；波浪觀測，波浪主要可分為夏季波浪與颱風波浪，但觀測站受陸上遮蔽及夏季西南風較弱，因此可看出是以東北季風甚盛時或颱風來襲、颱風行經北部或附近海域而引起較大的波浪為主。年平均 Hs 波高為 1.16 m，本年度波高最大，平均波高 1.93 m，冬季週期較夏季長，主波向集中在 NNE~NE 方位，本年測得 Hs 極值為 6.11 m；海流觀測，年平均流速約 28.78 cm/s，流速平均不大；年流速極值為 185.9 cm/s。海流流向有週期性往復運動，海流運動方向主要集中在沿海岸平行方向，且隨潮流漲落改變方向；

主軸為東北東與西南西向，即退潮時段流向為東北東，漲潮時段流向為西南西，大潮時其流速甚強，最大流速約可達約 2 節左右。其水位以全日潮為主，半日潮為輔，主要為複合潮。

2. 蘇澳港本(2015)年 01 月 1 日至 12 月 31 日間所觀測之資料統計，風的觀測，平均風速最高在冬季的 1 月，達 4.28 m/s，風向則以 NW 為主，全年平均風速為 3.79 m/s，而本年測得逐時平均風速極值為 29.90 m/s；波浪觀測，蘇澳港外海觀測站處之資料，本(2015)年 1 月至 12 月間所蒐集之波浪逐時變化圖，可看出波浪變化是夏季期間颱風大小、行徑路徑及冬季東北季風強弱息息相關，從 12 月到翌年 2 月是東北季風盛行的型態，6 月到 10 月基本上是颱風侵襲臺灣附近海域的型態，這些都反應在實測波浪的變化上。年平均 Hs 波高為 1.33 m，本年度波高最大，平均波高 1.85 m，冬季週期較夏季長，主波向集中在 ENE~SE 方位，本年測得 Hs 極值為 16.44m；海流觀測，年平均流速約 14.54 cm/s，流速平均不大；年流速極值為 224.9 cm/s。海流流向有週期性往復運動，海流運動方向主要集中在沿海岸平行方向，且隨潮流漲落改變方向；主軸為北~北北東與南南西向，即退潮時段流向為北~北北東，漲潮時段流向為南南西，大潮時其流速甚強，最大流速約可達 1.5 節左右。其水位以半日潮為主，全日潮為輔，主要為複合潮。

3. 花蓮港本(2015)年 01 月 1 日至 12 月 31 日間所觀測之資料統計，風的觀測，平均風速最高在冬季的 1 月，達 4.02 m/s，風向則以 NNE 為主，全年平均風速為 3.32 m/s，而本年測得逐時平均風速極值為 22.0 m/s；波浪觀測，波浪主要可分為夏季波浪與颱風波浪，但觀測站受陸上遮蔽及夏季西南風較弱，因此可看出是以東北季風甚盛時或颱風來襲、颱風行經東南部海域或附近海域而引起較大的波浪為主。年平均 Hs 波高為 1.20 m，本年度波高最大，平均波高 1.57 m，冬季週期較夏季長，主波向集中在 ENE~SSE 方位，本年測得 Hs 極值為 8.94 m；海流觀測，年平均流速約 16.54 cm/s，流速平

均不大；年流速極值為 102.7 cm/s。海流流向有週期性往復運動，海流運動方向主要集中在沿海岸平行方向，且隨潮流漲落改變方向；主軸為北北東與南南西向，即退潮時段流向為北北東，漲潮時段流向為南南西，大潮時其流速甚強，最大流速約可達約 1.5 節左右。。由水位記錄顯示花蓮港觀測站的潮流運動以半日週期為主，全日週期為輔。

4. 高雄港本(2015)年 01 月 1 日至 12 月 31 日間所觀測之資料統計，風的觀測，平均風速最高在夏季的 7 月，達 5.38 m/s，風向則以 SSW 為主，全年平均風速為 4.61 m/s，而本年測得逐時平均風速極值為 29.5 m/s；波浪觀測，波浪主要可分為夏季波浪與颱風波浪，但觀測站受陸上遮蔽，波浪主要受發生在南海的颱風影響，其次亦受到旺盛西南氣流的影響，東北季風影響較小。年平均 Hs 波高為 0.77 m，本年度波高最大，平均波高 1.43 m，主波向集中在 SW~WNW 方位，本年測得 Hs 極值為 5.8 m；海流觀測，年平均流速約 19.12 cm/s，流速平均不大；年流速極值為 127.1 cm/s。海流流向有週期性往復運動，海流運動方向主要集中在沿海岸平行方向，且隨潮流漲落改變方向；主軸為東北東與西南西向，即退潮時段流向為西北，漲潮時段流向為南南東為主，大潮時其流速甚強，最大流速約可達約 2 節左右。其水位以全日潮為主，半日潮為輔，主要為複合潮。大都以全日潮及半日潮為主，海流受到潮流的影響較大。

5. 臺中港本(2015)年 01 月 1 日至 12 月 31 日間所觀測之資料統計，風的觀測，平均風速最高在冬季的 12 月，達 12.89 m/s，風向則以 NNE 為主，全年平均風速為 9.06 m/s，而本年測得逐時平均風速極值為 42.5 m/s，冬季風向主要分佈在北北東及東北方向，其中又以北北東佔大部份，風速在 10~15m/s 佔 30%左右；夏季風向集中在南及南南西方向為主，風速在 5~10m/s 佔 40%左右，是屬夏季季風型態。由於夏季季節動量傳遞作用明顯常使臺中港風速出現日變化，所以臺中港的風速常於中午前漸增大，傍晚開始減弱，而於午夜至

翌日清晨風速最小。波浪觀測，波浪主要可分為冬季東北季風與颱風波浪，但觀測站受陸上遮蔽及夏季西南風較弱，因此可看出是以東北季風甚盛時或颱風來襲期間，颱風行經北部或附近海域而引起較大的波浪為主。年平均 Hs 波高為 1.37 m，本年度波高最大，平均波高 2.09 m，冬季週期較夏季長，主波向集中在 NNE ~NE 方位，本年測得 Hs 極值為 10.95 m 颱風的波浪，基本上當東北季風鋒面過境亦是東北季風盛行的型態，有義波高大部份在 2~5 公尺間，週期一般在 6-8 秒間，波向以北至北北東為主。夏季西南季風期間波高為 1 公尺左右。海流觀測，年平均流速約 28.86 cm/s，流速平均不大；年流速極值為 259.7 cm/s。海流成份主要為冬季東北季風增強時，強制裂流之成份較為明顯，流向為西向；東北季風減弱後則以恆流為主，流向為北北西，最大流速約可達 2~3 節左右。夏季因港外附近海域恆流流速較潮流大，因此以北向恆流為主。其水位主要成份為半日潮，全日潮為輔；亦即臺中港的潮汐主要由全日潮及半日潮組成的複合潮，但半日潮的成份大於全日潮。

10.2 建議

海氣象觀測工作需耗費龐大經費與人力，尤其長期性之觀測資料的擷取與分析建檔，更需專業及經驗之累積。本計畫工作成果除提供本所相關計畫之分析應用外，並有效提供國內公務機關、大學、顧問公司與民間企業等相關機構，從事學術研究、環境評估與相關性工作等多面向參考應用，本資源分享之原則，已節省國家相當經費與人力。

本計畫應用之現場觀測儀器、資料分析方法，及統一化格式之海氣象資料庫與年報皆須具備熟練之工作經驗與智識技能，因此，結合相關產、官、學、研等共同研討、探詢更佳之工作方式及解析方法，當對國內海洋自然環境保護、海氣象監測技術與培育港灣研究專業人才，有極大助益。

本計畫之工作項目不論海氣象觀測站之更新建置、現場資料之擷取與分析或模式系統之建立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。因此，針對本計畫本年度之工作歷程與完成成果，下列數點是為後續工作執行之改進參考與展望：

1. 資料之取得、研究人員專業技能之訓練及經費之支援以作為儀器之汰舊換新與保養維護，是為本計畫之第一要件。
2. 建立海氣象觀測站之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，因此，必須勸導漁民注意儀器安全，俾使觀測儀器與資料擷取維持正常，避免國家資源浪費與工作成果的損失。
3. 國內目前雖已初步進行有關海氣象資料庫之整合工作，惟其觀測儀器使用種類、資料擷取與分析方式等前端性工作仍各行其為，欠缺整合統一之工作。因此，如何探討國內現有海氣象觀測儀器使用種類與方式、各種水深、地形之適用情況、觀測資料分析之等級、檢核與應用方式等，是為從事港灣與海岸產、官、學、研等各界刻不容緩之課題。

10.3 成果效益及後續應用情形

本計畫依據計畫目標以建置與維護臺灣五國際港附近海域之長期性海氣象觀測站為首要工作，並將相關觀測資料進行各港域之海氣象特性分析、資料庫建檔與後續年報、專刊之製作；同時配合計畫內容建立港池安全操作系統，及近岸漂沙監測系統等應用性工作。

歷年來本所港研中心接受相關海氣象資料申請而提供之學術及公民營單位計有：

公務機關：中央研究院地球研究所、中央研究院環境變遷中心、中央氣象局、基港局港埠工程處、高雄港務分公司、海巡署海洋總局、水利署水規所、台中市政府、台南縣政府、台中發電廠、台中港供油中心、海軍大氣海洋局等。

學校機構：臺灣大學海洋研究所、中山大學(海科中心、海工系、

海下所、海資系)、成功大學水工所、財團法人成大研究發展基金會、臺灣海洋大學(河工系、海環系) 、交通大學土木系、高雄師大地理系、高雄海科大海工系、私立建國科技大學。

顧問公司：工研院、台灣世曦公司、宇泰公司、永碁工程顧問公司，太乙顧問公司。

民營機構：宏華營造公司、匯僑股份有限公司等。

依據本計畫年度完成之工作成果，相關各港口附近海域之海氣象觀測資料已提供國內研究單位與公民營機構辦理研究計畫或相關工程作業之參考依據，且各港口長期觀測網站查詢系統及海氣象資料庫，可協助及提供各港務分公司所屬船舶交通管理系統所迫切需之海氣象資料。

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

	基隆		蘇澳		花蓮		高雄		臺中	
年/月	平均風速	平均風向	平均風速	平均風向	平均風速	平均風向	平均風速	平均風向	平均風速	平均風向
2015/01	4.52	35.69	4.28	316.30	4.02	34.60	4.76	339.95	12.21	29.48
2015/02	3.59	30.98	3.83	302.35	3.34	27.11	5.07	337.31	10.15	29.17
2015/03	3.78	21.43	3.97	312.42	3.27	51.38	5.02	324.80	9.51	31.31
2015/04	3.18	25.34	4.11	279.48	3.59	151.15	5.10	316.65	8.73	24.87
2015/05	2.18	56.10	2.80	260.45	2.60	108.35	4.03	265.53	6.65	206.44
2015/06	2.13	122.96	2.90	176.52	2.92	164.72	4.42	209.05	7.03	212.54
2015/07	2.99	134.69	3.78	185.79	2.90	172.07	5.38	210.65	7.55	229.36
2015/08	3.29	87.87	3.86	205.17	3.39	69.81	4.82	289.42	6.82	194.64
2015/09	3.62	39.39	4.18	340.95	3.42	146.25	4.67	292.29	8.26	25.69
2015/10	3.70	50.66	3.88	311.40	3.31	18.62	3.47	306.68	9.87	28.52
2015/11	3.77	41.59	3.62	315.46	3.22	19.16	3.95	333.83	9.06	27.86
2015/12	5.08	24.58	4.26	318.29	3.80	23.41	4.68	342.88	12.89	28.55

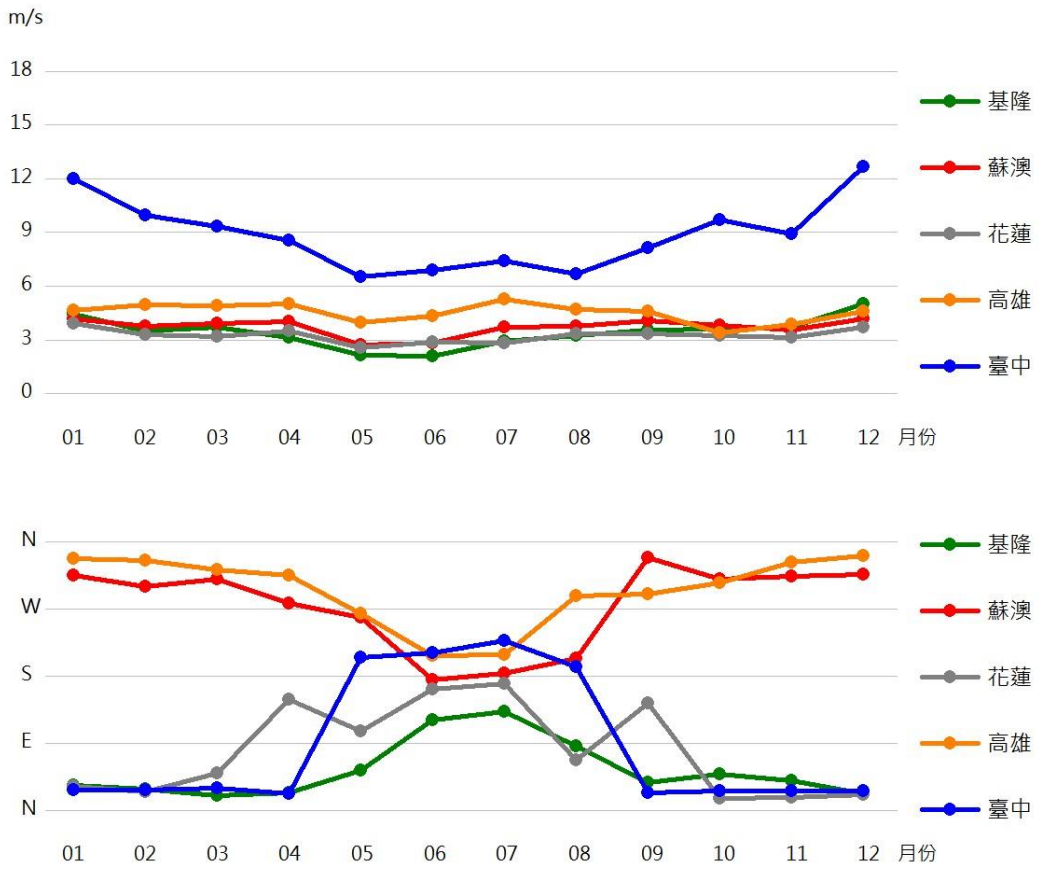


圖10.1 五個國際港2015年每月平均風速風向分佈圖表

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

	基隆		蘇澳		花蓮		高雄		臺中	
年/月	最大風速	對應風向	最大風速	對應風向	最大風速	對應風向	最大風速	對應風向	最大風速	對應風向
2015/01	11.40	4.20	11.60	178.20	10.30	54.20	12.80	346.60	23.90	27.90
2015/02	11.70	13.70	10.30	18.40	11.50	54.50	12.50	323.10	25.50	35.00
2015/03	9.90	10.00	10.60	28.90	10.70	178.90	12.50	322.60	22.00	26.40
2015/04	11.20	13.10	13.80	182.20	12.10	181.00	13.90	319.60	22.20	37.90
2015/05	6.80	37.20	10.50	179.10	8.60	167.30	13.30	146.00	15.00	29.10
2015/06	6.50	40.40	11.00	180.30	8.00	169.70	13.30	175.60	13.70	228.70
2015/07	11.90	321.60	12.30	179.50	14.20	177.20	17.30	187.50	23.10	20.10
2015/08	24.10	46.20	28.70	102.60	22.00	181.90	29.50	309.20	42.50	8.70
2015/09	24.00	33.60	29.90	15.30	20.70	205.00	23.00	259.00	38.70	3.80
2015/10	10.30	32.10	8.60	174.10	9.10	53.80	10.00	325.30	22.30	23.80
2015/11	13.40	7.40	10.50	4.10	11.00	46.10	10.10	322.50	24.10	31.90
2015/12	11.90	7.70	11.40	23.10	10.20	57.70	12.00	328.60	25.60	30.10

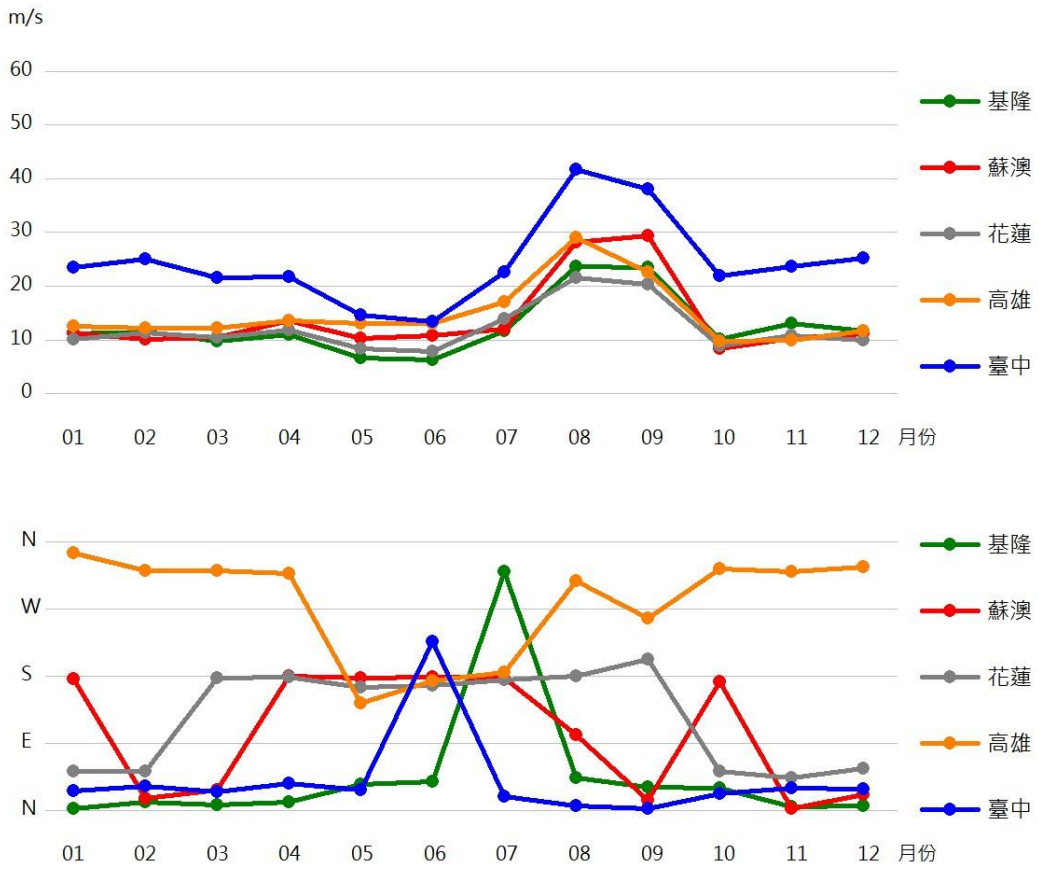
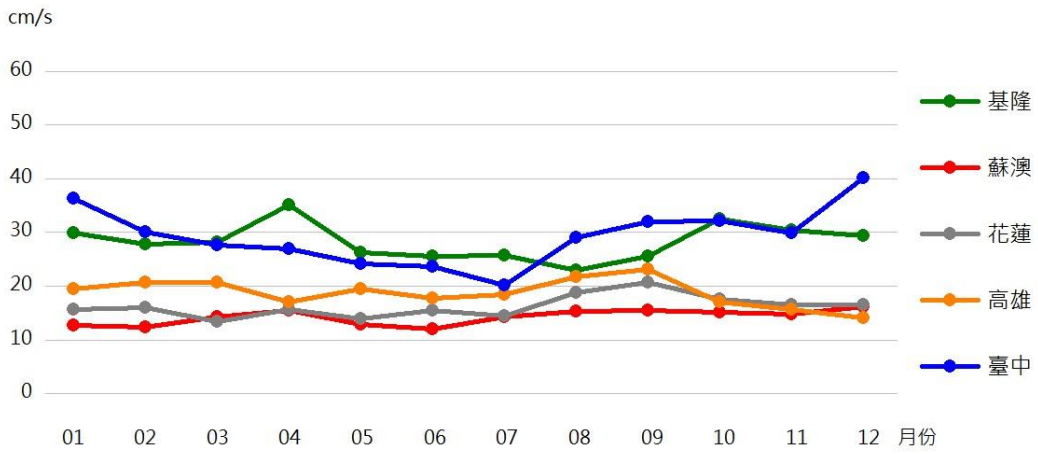


圖10.2 五個國際港2015年每月最大風速及對應風向分佈圖表

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

	基隆		蘇澳		花蓮		高雄		臺中	
年/月	平均流速	平均流向	平均流速	平均流向	平均流速	平均流向	平均流速	平均流向	平均流速	平均流向
2015/01	30.50	70.40	13.04	234.75	16.03	220.71	19.77	136.50	36.97	252.97
2015/02	28.38	68.67	12.69	206.39	16.30	204.25	21.12	152.63	30.53	266.22
2015/03	28.71	70.16	14.52	264.85	13.59	245.33	21.07	149.67	28.07	273.47
2015/04	35.70	90.72	15.78	351.60	15.93	202.95	17.37	147.55	27.37	291.11
2015/05	26.73	94.80	13.24	338.68	14.18	135.67	19.89	125.13	24.59	346.73
2015/06	25.98	85.72	12.18	359.87	15.83	69.37	18.08	124.79	24.11	354.89
2015/07	26.13	72.33	14.57	3.05	14.77	332.71	18.72	123.91	20.60	321.01
2015/08	23.30	69.44	15.66	163.87	19.14	126.32	22.16	180.51	29.52	343.36
2015/09	25.99	88.45	15.77	192.24	21.09	90.52	23.64	138.57	32.65	314.15
2015/10	33.11	60.28	15.44	115.28	17.94	207.16	17.41	122.86	32.73	299.14
2015/11	31.02	66.75	15.02	279.97	16.85	168.06	15.89	142.84	30.36	267.90
2015/12	29.86	58.64	16.51	169.75	16.80	233.91	14.39	144.32	40.87	248.62



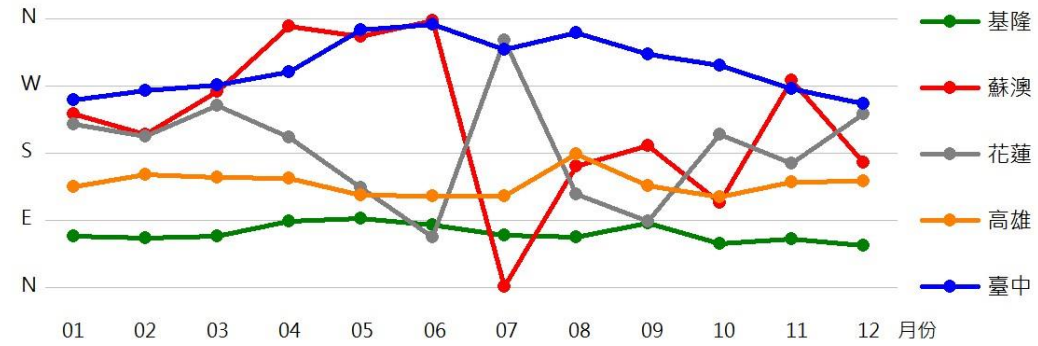
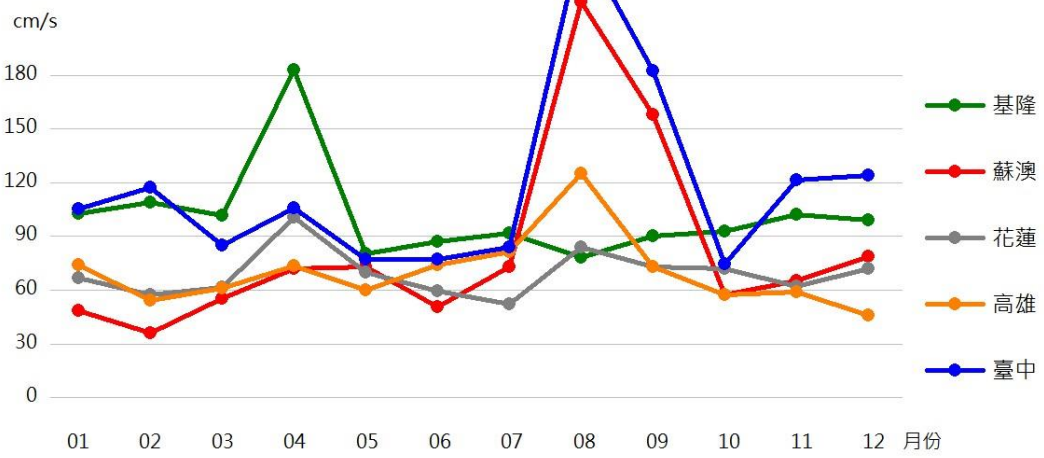


圖10.3 五個國際港2015年每月平均流速流向分佈圖表

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

	基隆		蘇澳		花蓮		高雄		臺中	
年/月	最大流速	對應流向	最大流速	對應流向	最大流速	對應流向	最大流速	對應流向	最大流速	對應流向
2015/01	104.40	74.27	49.60	18.11	68.10	39.16	75.50	163.70	107.30	238.68
2015/02	111.00	52.76	36.70	17.30	58.40	205.99	55.30	169.26	119.50	234.95
2015/03	103.50	60.74	56.20	228.46	62.50	208.49	62.40	132.79	86.80	234.00
2015/04	185.90	259.18	73.40	7.75	102.70	234.03	74.80	142.93	108.00	240.42
2015/05	82.00	77.74	74.40	355.14	71.40	59.27	61.00	15.11	78.60	340.76
2015/06	88.70	66.12	51.60	9.37	60.40	240.21	75.30	13.35	78.60	341.98
2015/07	93.20	63.08	74.30	24.74	53.30	41.04	82.70	5.13	85.30	26.69
2015/08	79.70	72.63	224.90	190.58	85.70	90.67	127.10	181.40	259.70	222.57
2015/09	91.90	59.44	160.60	211.37	74.40	64.61	74.40	60.20	185.80	250.11
2015/10	94.70	81.50	58.50	16.17	73.20	235.46	58.60	108.31	75.90	247.69
2015/11	104.10	54.11	66.40	13.49	63.20	229.81	60.20	111.15	123.80	237.30
2015/12	100.60	69.71	80.20	210.66	73.30	245.39	47.10	117.82	126.20	232.73



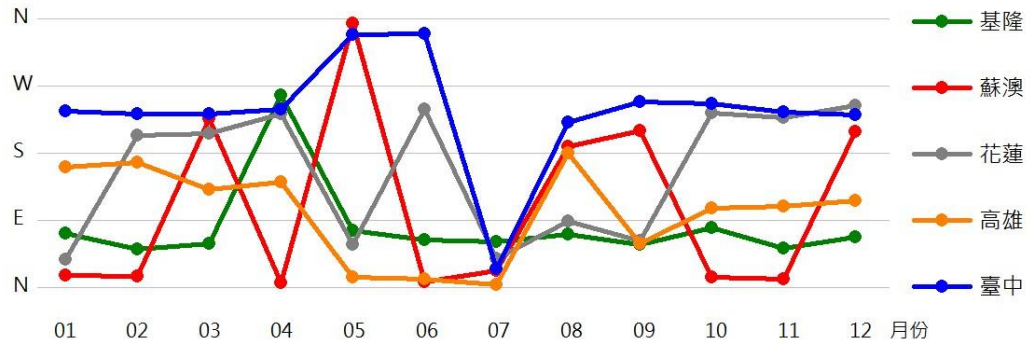


圖10.4 五個國際港2015年每月最大流速及對應流向分佈圖表

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

	基隆		蘇澳		花蓮		高雄		臺中	
年/月	最大波高	對應波向	最大波高	對應波向	最大波高	對應波向	最大波高	對應波向	最大波高	對應波向
2015/01	3.49	21.47	2.66	80.93	2.20	98.82	1.44	226.72	3.50	18.17
2015/02	3.76	12.35	2.38	74.94	2.33	74.72	1.27	193.47	3.59	19.62
2015/03	3.58	19.64	2.72	92.22	2.32	93.56	1.31	177.80	3.27	15.91
2015/04	4.62	16.81	3.65	144.51	2.52	124.48	1.42	178.86	3.64	14.90
2015/05	1.91	24.73	3.31	167.60	2.57	142.17	2.48	231.85	2.05	20.36
2015/06	1.22	27.79	1.62	165.26	1.19	161.96	2.47	247.41	1.53	13.63
2015/07	5.64	36.21	5.25	116.23	3.44	115.91	4.05	231.78	3.00	3.11
2015/08	5.56	56.97	16.02	106.82	8.94	107.46	5.80	267.12	10.95	205.33
2015/09	6.11	38.71	16.44	276.24	6.55	115.34	3.03	259.71	7.70	187.17
2015/10	3.23	14.14	3.25	341.30	2.55	275.01	2.11	210.04	3.49	205.13
2015/11	3.68	1.09	3.22	293.08	2.63	262.25	1.02	284.09	3.03	202.88
2015/12	4.39	359.55	2.49	86.31	2.53	75.94	1.07	266.58	4.02	192.19

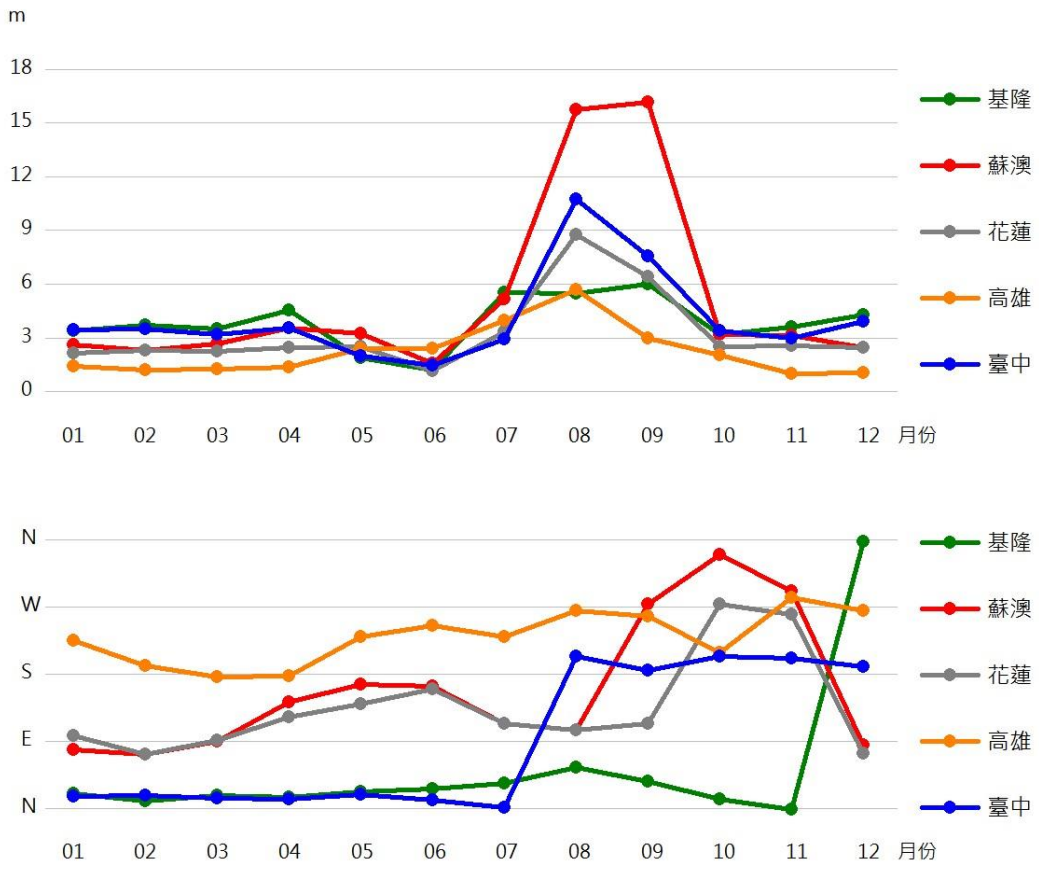
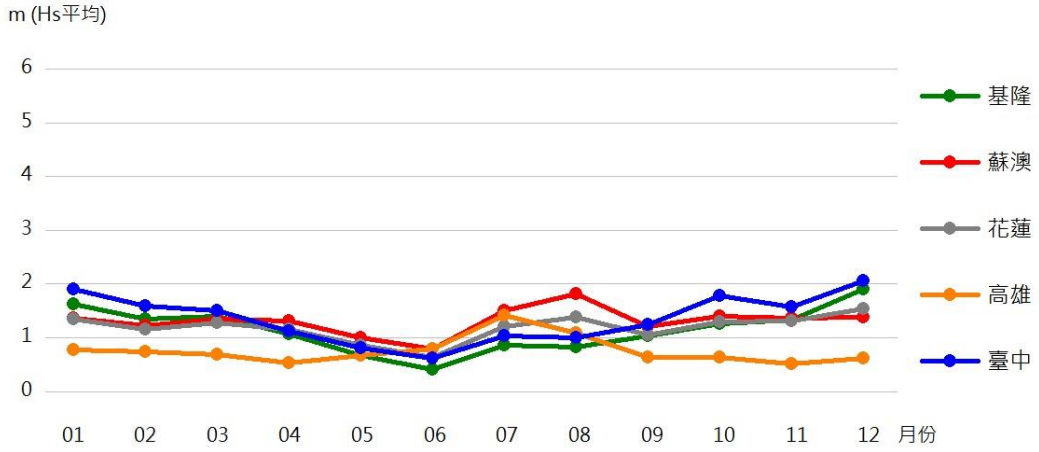


圖10.5 五個國際港2015年每月Hs最大波高及對應波向分佈圖表

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

	基隆		蘇澳		花蓮		高雄		臺中	
年/月	Hs平均	Tp平均	Hs平均	Tp平均	Hs平均	Tp平均	Hs平均	Tp平均	Hs平均	Tp平均
2015/01	1.66	7.93	1.38	8.42	1.37	8.37	0.78	6.71	1.93	6.85
2015/02	1.36	7.24	1.25	7.76	1.18	8.02	0.75	6.60	1.61	6.62
2015/03	1.42	7.84	1.37	8.74	1.30	8.85	0.69	5.86	1.53	6.46
2015/04	1.08	7.68	1.33	8.29	1.17	8.41	0.55	6.03	1.14	5.81
2015/05	0.68	6.95	1.01	8.36	0.87	8.27	0.68	6.23	0.82	5.30
2015/06	0.41	6.22	0.80	6.49	0.65	6.82	0.80	6.45	0.63	4.59
2015/07	0.88	9.13	1.53	9.59	1.22	9.90	1.43	8.06	1.05	6.32
2015/08	0.84	8.85	1.85	10.07	1.40	10.15	1.11	7.89	1.01	5.89
2015/09	1.04	7.68	1.22	9.76	1.07	9.74	0.64	6.23	1.25	6.24
2015/10	1.29	8.10	1.42	8.83	1.32	9.16	0.64	7.11	1.82	7.06
2015/11	1.36	7.53	1.39	8.15	1.33	8.31	0.52	5.87	1.59	6.68
2015/12	1.93	7.88	1.40	8.33	1.57	8.75	0.62	6.55	2.09	7.31



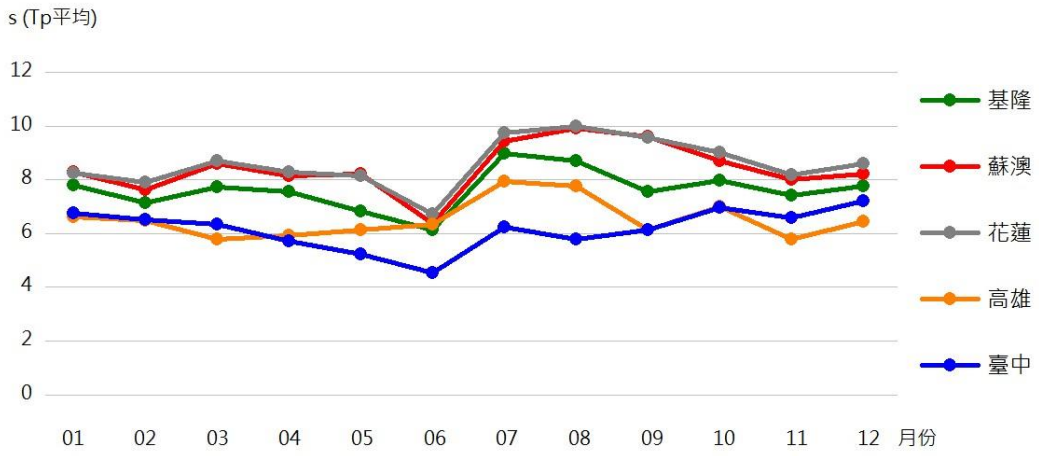


圖10.6 五個國際港2015年每月Hs平均波高及Tp平均週期分佈圖表

參考文獻

參考文獻

1. 曾相茂、廖慶堂、陳佳興、何良勝等(2005)台灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究(1/4)，交通部運輸研究所港灣技術研究中心。

2. 曾相茂、陳佳興、何良勝等(2006)台灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究(2/4)，交通部運輸研究所港灣技術研究中心。

3. 曾相茂、陳佳興、何良勝等(2007)台灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究(3/4)，交通部運輸研究所港灣技術研究中心。

4. 曾相茂、陳佳興、何良勝等(2008)台灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究(4/4)，交通部運輸研究所港灣技術研究中心。

5. 曾相茂、陳佳興、何良勝等(2009)台灣主要港口海域長期性海氣象觀測及資料特性應用之研究(1/4)，交通部運輸研究所港灣技術研究中心。

6. 曾相茂、陳佳興、何良勝等(2010)台灣主要港口海域長期性海氣象觀測及資料特性應用之研究(2/4)，交通部運輸研究所港灣技術研究中心。

7. 曾相茂、何良勝、陳佳興等(2011) 臺灣國際港口海氣象觀測技術及資料分析，海氣象觀測資料應用暨港灣結構物安全及檢測作業研討會。

8. 曾相茂、何良勝、陳佳興等(2011)台灣主要港口海域長期性海氣象觀測及資料特性應用之研究(3/4)，交通部運輸研究所港灣技術研究中心。

9. 曾相茂、何良勝、曾俊傑等(2012)台灣主要港口海域長期性海氣象觀測及資料特性應用之研究(4/4)，交通部運輸研究所港灣技術研究中心。

10. 曾相茂、何良勝、曾俊傑等(2013)台灣主要港口海域長期性海氣象觀測及資料特性應用之研究(1/4)，交通部運輸研究所港灣技術研究中心。
11. 曾相茂、何良勝、曾俊傑等(2014)台灣主要港口海域長期性海氣象觀測及資料特性應用之研究(2/4)，交通部運輸研究所港灣技術研究中心。

交通部運輸研究所

高雄港二港口北堤 AWCP 海象即時海纜重新佈放及架設工作

施工報告書

一、 採購案編號：

二、 採購案標的名稱：高雄港二港口北堤 AWCP 即時海象觀測海纜汰舊換新佈放及架設工作

三、施工日期：104 年 9 月 9 日~104 年 9 月 19 日

1.施工人員：詮瑩公司洪復昌等二人。

2.水下施工：台灣潛水公司陳靜觀等三人。

3.協助督導：港研中心曾相茂研究員等二員。

4.工作船隻：明亮 5 號工作船及昇平號娛樂漁船。

四、工作項目:

(一)高雄港二港口北堤外海現場海象即時觀測系統佈設

104 年 9 月 9 日至 9 月 10 日

本公司即至北堤實施岸堤管路打通工程。

104 年 9 月 11 日

上午貨車至貴中心載運相關器材及海纜等等相關物料至高雄港二港口安檢站堆放。

104 年 9 月 12 日

實施海纜與編織繩接合，接合完畢後隨即實施海纜測試正常。

104 年 9 月 14 日

海纜與編織繩吊放至明亮 5 號工作船上，另配合貴中心將 AWCP 安裝固定於儀器架上，再一次測試 AWCP 及海纜組合後測試正常，隨即報關出港實施儀器架及海纜佈放工程，二港口北堤儀器架位置: 22° 33.382 N 120° 17.3987 E。岸置人員隨即趕至北堤將施工相關器材搬運至綠燈塔，另岸置人員備便與船上佈放人員實施海纜上岸後，纜線之先期固定等等事宜。

104 年 9 月 15 日

船上工作人員運輸壓重水泥塊由港外向內佈放，岸置人員則續實施岸堤管路打通及相關儀器架設。

104 年 9 月 16 日

船上工作人員續執行運輸壓重水泥塊由港外向內佈放及閃光浮燈標及壓重水泥塊與海纜接合工程，岸置人員則實施海纜固定及海纜穿管岸堤佈放，相關通信裝備測試工程。

104 年 9 月 17 日

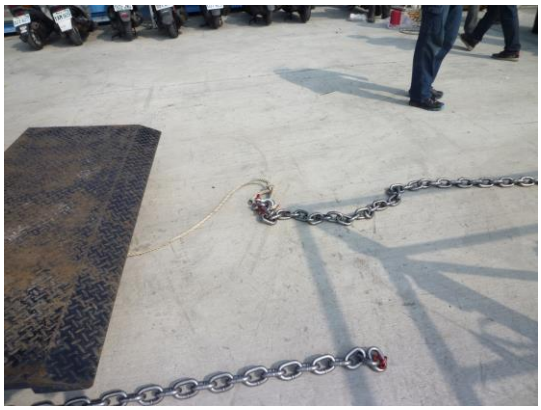
船上工作人員執行水下海纜固定工程，岸置人員則實施儀器架工程，經測試後一切均正常運作。

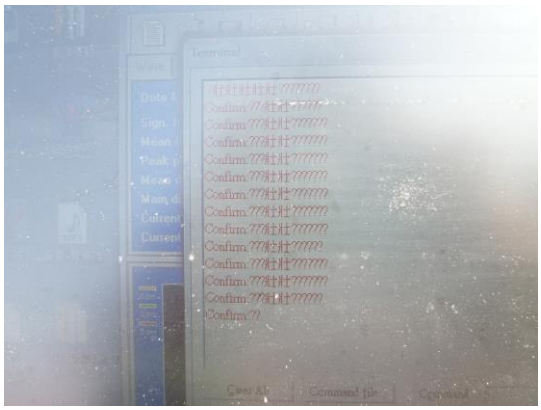
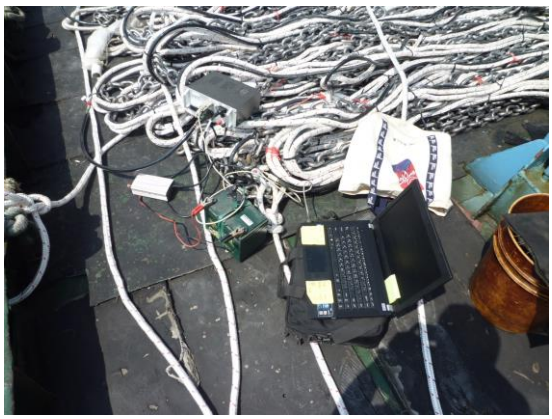
104 年 9 月 18 至 9 月 19 日

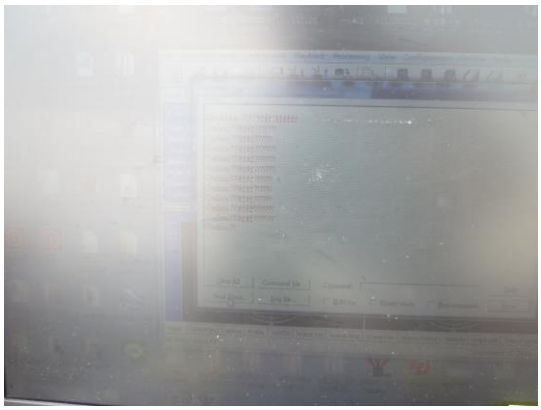
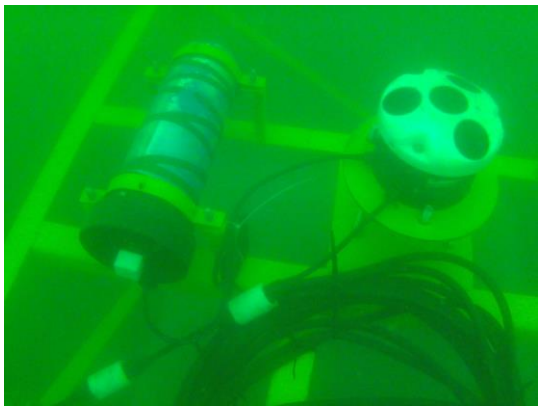
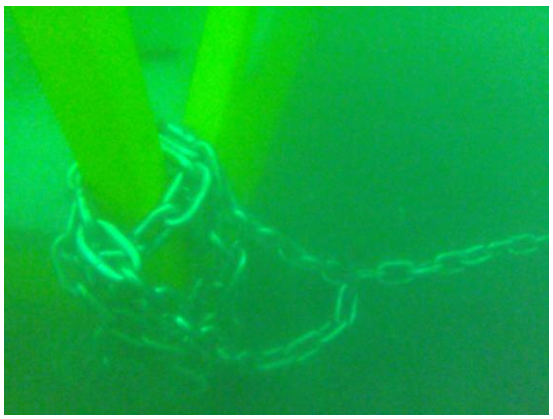
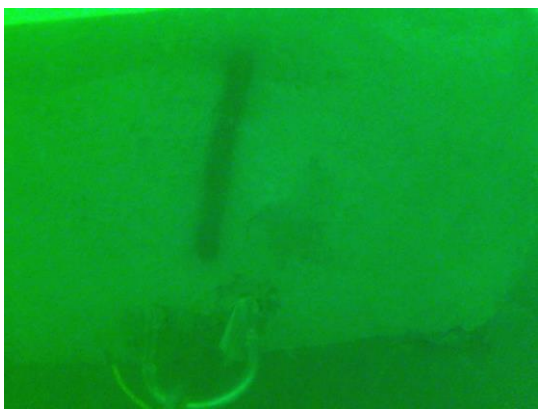
岸堤管路實施水泥回填。

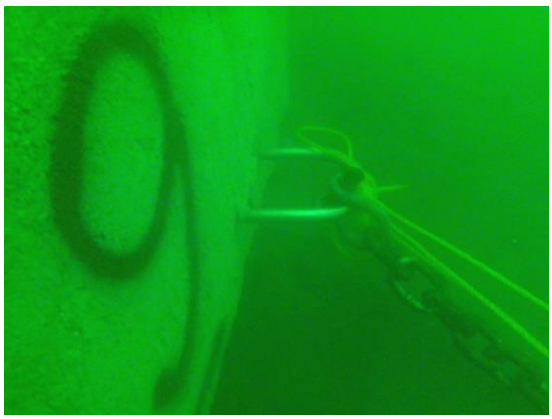
工作及安裝現場施工照片如下:

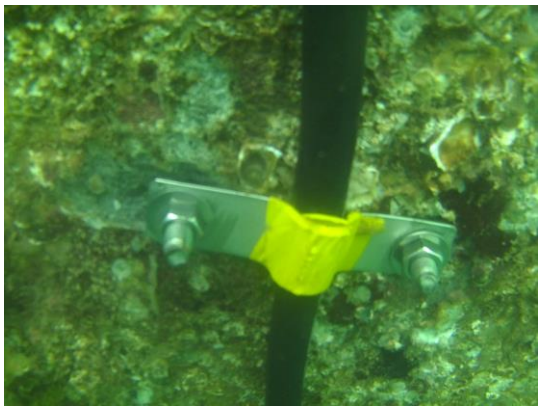
圖一:工作人員進行纜線槽施工	圖二:工作人員進行纜線槽施工
圖三:裝備由港研中心起運	圖四：裝備由港研中心起運
圖五：裝備運抵高雄二港口	圖六：裝備運抵高雄二港口

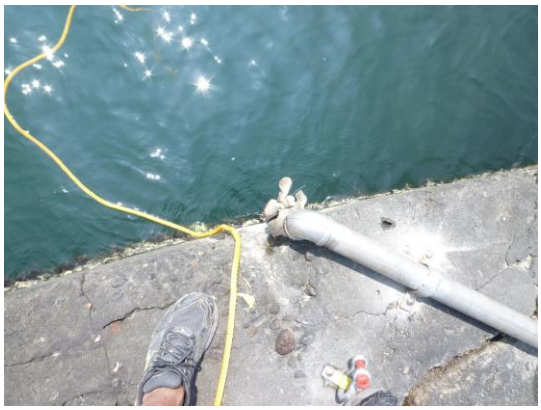
圖七：裝備運抵高雄二港口	圖八：裝備運抵高雄二港口
	
圖九：進行鐵鍊及纜線連接	圖十：進行鐵鍊及纜線連接
圖十一：進行鐵鍊及纜線連接	圖十二：進行鐵鍊及纜線連接

圖十三：進行 AWCP 與纜線連接測試	圖十四：進行 AWCP 與纜線連接測試
	
圖十五：AWCP 與纜線測試良好	圖十六：纜線上架
	
圖十七：AWCP 與電池桶上架登船	圖十八：錨鏈上船後再次測試

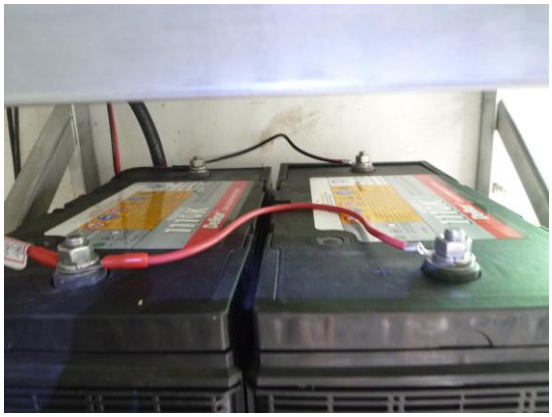
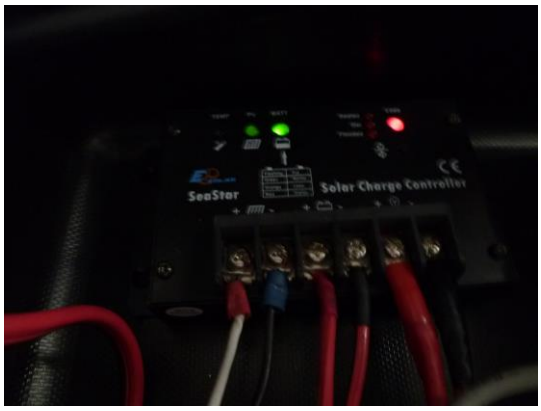
	
圖十九：測試 ok	圖二十：儀器架佈放入海
	
圖二十一：AWCP 入海情形	圖二十二：錨鍊與儀器架綁縛良好
	
圖二十三：錨鍊與水泥塊綁縛良好	圖二十四：錨鍊與水泥塊綁縛良好

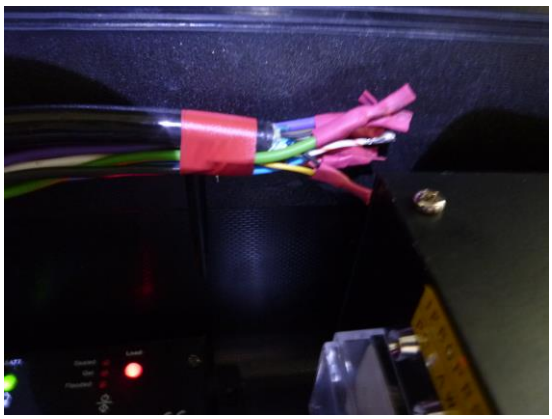
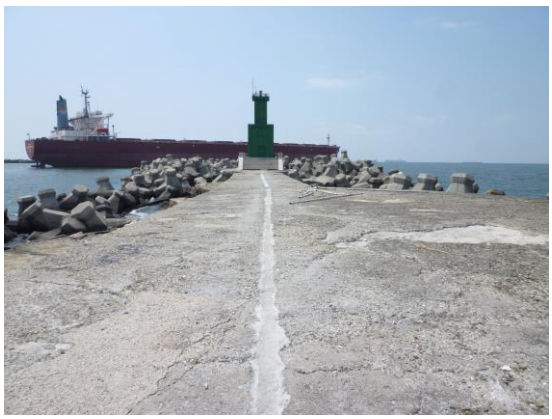
圖二十五：錨鍊與水泥塊綁縛良好	圖二十六：錨鍊與水泥塊綁縛良好
	
圖二十七：錨鍊與水泥塊綁縛良好	圖二十八：錨鍊與水泥塊綁縛良好
圖二十九：錨鍊與水泥塊綁縛良好	圖三十：纜線上岸處固定良好

	
圖三十一：纜線上岸處固定良好	圖三十二：纜線上岸處固定良好
圖三十三：纜線與錨鏈安置良好	圖三十四：纜線上岸處固定良好
圖三十五：AWCP 連接測試	圖三十六：AWCP 連接測試

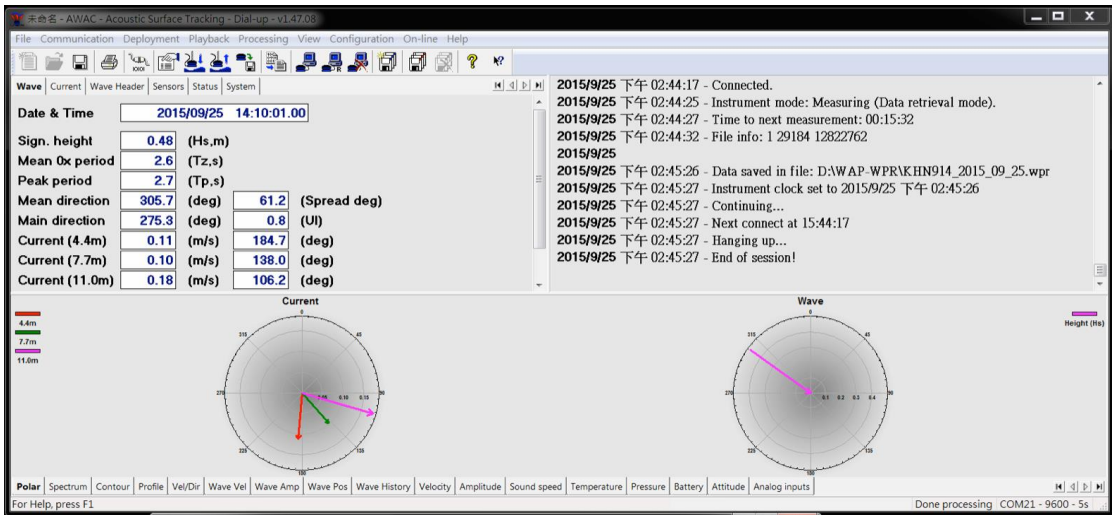
	
圖三十七：纜線岸上保護固定	圖三十八：纜線岸上保護固定
圖三十九：纜線水下保護固定	圖四十：纜線岸上保護固定
圖四十一：纜線岸上保護固定	圖四十二：纜線岸上保護固定

圖四十三：纜線岸上保護固定	圖四十四：纜線岸上保護固定
圖四十五：纜線岸上保護固定	圖四十六：纜線岸上保護固定
圖四十七：燈塔內儀器架固定	圖四十八：燈塔太陽能板

圖四十九：太陽能板安裝	圖五十：GPRS 天線安裝
	
圖五十一：太陽能板及天線安裝	圖五十二：蓄電池安裝(100AH,12VDC)
	
圖五十三：充電控制器運作良好	圖五十四：介面相連接良好

	
圖五十五:電池充電正常	圖五十六：水下纜線與控制線連接良好
圖五十七：太陽能及天線固定良好	圖五十八：太陽能及天線固定良好
	
圖五十九：纜線固定良好	圖六十：堤面施工完成

GPRS 連線良好資料一切正常:



THE HYDRAULIC LENGTH OF THE TAIWAN STRAIT

Wen-Jye Juang[1*] Hsiang-Mao Tseng[1] Hsien-Kuo Chang[2]

[1] Researcher, Center of Harbor and Marine Technology, Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications, Taichung 435, Taiwan, R.O.C.
[2] Professor, Department of Civil Engineering, National Chiao Tung University, Hsinchu 300, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

The ports of Keelung (KL) and Kaohsiung (KH) respectively located at north and south ends of the Taiwan Strait (TS). On the particular effects of the Asia Continental Shelf (ACS), the tidal appearances of KL and KH were found almost symmetric. Applying the harmonic analyses on the tidal records of KL and KH during 1989~1991, the yearly results show that the significant constituents both of M2 and K1 appear with similar amplitudes, and near constant phase-lag differences of 60^o presented for KL relative to KH. To link the particularly tidal characteristics shown at KL and KH, synthetic tides only composed of M2 and K1 constituents that exhibited as a high frequency harmonic and a low frequency modulation are examined. It is confirmed that the synthetic tides of KL and KH are same, besides a phase-lag of 60^o appeared in modulation. By relating the phase-lag to spatial distance between KL and KH and proposing TS with averaged water depth of 50 ~ 60 m, we further identify that the hydraulic (characteristic) length of TS is about 637.7 ~ 698.3 km. it topographically consists with the typical cross-section width of the ACS around the west coast of Taiwan.

Key words: Tidal appearances, Harmonic analysis, Shelf width, Hydraulic (characteristic) length, The Taiwan Strait.

*Corresponding author, E-mail: jye@mail.ihmt.gov.tw

水理的臺灣海峽長度

莊文傑[1*] 曾相茂[1] 張憲國[2]

[1] 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員
[2] 國立交通大學土木工程學系教授

摘要

基隆港與高雄港分別位處在臺灣海峽的南、北兩端，在臺灣海峽特殊的地形水深影響下，兩港之潮汐波形，很特殊地約略具有相互之對稱性。針對兩港 1989~1991 年之實測潮位逐時紀錄，分年各別進行調和分析，可得兩港主要之半日分潮及全日分潮，分別為 M2 與 K1，而且其在各分年不僅具有近似之分潮振幅，在兩港間更相對地分別具有近乎增、減60^o之固定相位角差。依據此一兩港間主要分潮所展現之關聯性，建構包含高、低頻波動特性之簡化合成潮波，進而可確認兩港間之合成潮波，不僅具有相同之高頻波形，而以包絡調變波展現之低頻波形，彼此間除了存在60^o之相位角差外，總體波形亦相同。因此，若進一步將兩港間合成潮波之固定相位角差轉換為潮波傳播之空間距離，則在平均水深約為 50 ~ 60 m 情況下，臺灣海峽之特徵水理(裡)長度，可推估約為 637.7 ~ 698.3 km，而且此長度，實際與鄰接在臺灣西部近海之典型東亞大陸棚架地形剖面寬度相當。

關鍵詞：潮波、調和分析、陸架寬度、水理特徵長度、臺灣海峽

---

*通訊作者 E-mail: jye@mail.ihmt.gov.tw

一、前言

臺灣海峽海域濱處在東亞大陸棚架邊緣內側，為聯接東海與南海的重要通道，其鄰近之海域環境及水深地形如圖 1 所示。航行上，臺灣海峽，係指介於臺灣西岸與廣東蓮花峰角(22°56'N, 116°29'E)至福建閩江口策馬山麓(26°05'N, 119°32'E)間，即臺灣灘向西北延展 30 浬之一片水域(NMOO, 2010)。地理上，臺灣海峽，係指臺灣與中國大陸之間的狹窄海域，其為西太平洋的一部分，北以臺灣富貴角與中國福建省平潭島(又稱海壇島)連線為界並與東海接壤；南則是以臺灣鵝鑾鼻與中國福建省東山島連線為界(Wang, 2009)，並鄰接南海與巴士海峽(呂宋海峽)。南北總長約 300 公里，平均寬度 180 公里，平均水深 60 米(Jan, 2002)。

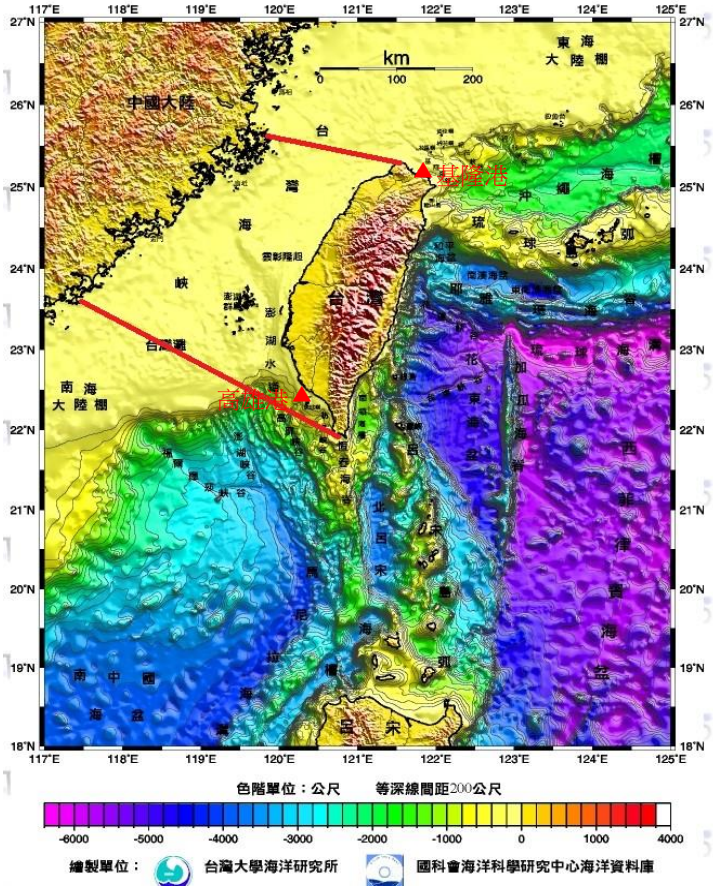


圖 1 地理上之臺灣海峽(紅線界內範圍)及鄰近之海域環境與水深地形(資料來源：國科會海洋科學研究中心海洋資料庫，1998)

在臺灣海峽海域內，基於地理與水理的特殊性，潮波具有甚獨特的波動型態與振盪特性(Lin et al., 2000b；Juang and Chiang, 2000、2005a)。通過臺灣海峽中線並環繞臺灣近岸

海域，可得其上之水深地形剖面與對應的潮波具體振盪型態，如圖 2 所示(Juang and Chiang, 2003)。由圖觀察可確知，波動總體具有清晰地部分重複駐波型態，且其波腹點明顯約展現在臺灣海峽的中段海域；兩個波結點則分別展現於鄰近東亞大陸棚架緣(Asia continental shelf)南、北端之水深突變海域，即在臺灣南端，約位在安平至恆春海脊間，而在北端，則明確位在基隆近岸海域。兩個波結點之距離，自恆春海脊至基隆近海，估計約 650 公里。

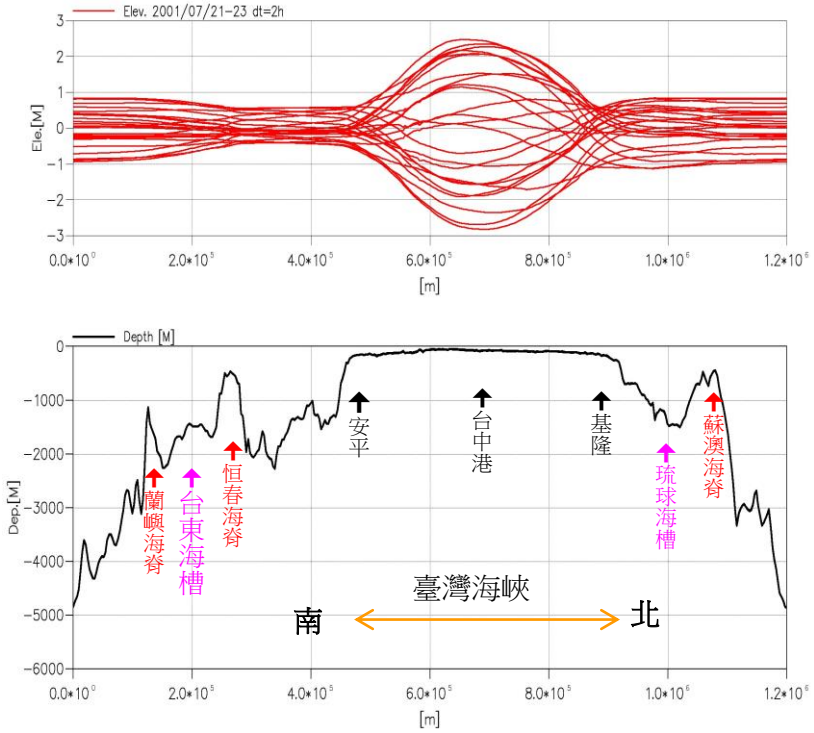


圖 2 通過臺灣海峽中線並環繞臺灣近岸海域之潮波振盪型態(上)與對應之陸架地形剖面(下)(Juang and Chiang, 2003)

學理上，探討波動之傳播振盪特性，除了應掌握波動內在本質的週期與振幅特性外，尚需掌握影響波動特性變化之外在水深地形特性。對於臺灣海峽海域內最主要之半日型潮波(Hwung et al., 1986)，Lin et al. (2001)及 Juang and Chiang (2000、2003、2005b)分別即曾從水理(hydraulic)觀點，探討圖 3 所示之東亞大陸棚架地形及棚架緣突變水深對潮波振盪特性之影響，並提出當臺灣海峽海域在平均水深約 60 米、特徵長度(characteristic length)近似達 650 公里之情況下，半日型潮波將會因陸棚架緣突變水深所造成之強反射效應及地形抓陷(trapping)效應而引致波動共振(resonance)。尤其值得注意的是，在圖 3 中，沿臺灣西部海岸，北起龍洞、南至安平，約略等深之東亞大陸棚架長度，即約 650 公里，這洽與臺灣海峽半日型潮波展現共振之特徵長度相符合。另外，Jan et al. (2002、2004)採用臺灣

海峽通識性之地理(geographic)認知，即在平均水深約 60 米、而總長度近似 350 分里之條件下，主張半日型潮波由北而南以單一方向入射臺灣海峽海域後，其將因水深淺化、臺灣灘(平均水深不及 30 米)南側之陡變深水海域所造成之反射、及海峽地形長度滿足 1/4 波長等因素，致使波動振幅亦會展現異常放大之共振特性。

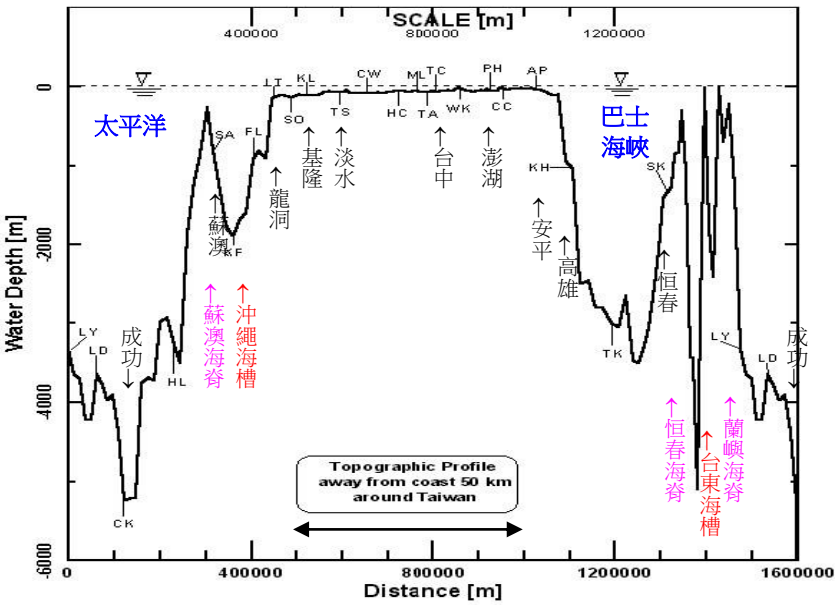


圖 3 自臺灣東部之蘭嶼起至綠島止，以逆時鐘方向環繞臺灣本島，在離岸約 50 公里的近海所萃取之典型陸架地形剖面(Lin et al., 2001)

在海岸工程領域，臺灣海峽通常係泛指南、北兩端分別以高雄港與基隆港為界之臺灣西部近岸海域。在該海域內，由於關聯特異波動型態與共振機制闡釋之「水裡」特徵長度，國內迄今尚無定論。因此，基於不同地點、同時期之潮位紀錄，應隱含有豐富的波動特性資訊認知，本研究將從基隆港與高雄港 1989 年至 1991 年同期間之分年逐時潮位紀錄著手，首先，介紹其實測潮汐波形之特殊關聯性；其次，透過固定分潮成分之調和分析，研究其主要分潮調和常數之相關性；最後，藉最主要分潮振幅與相位所展現之特殊相對差異關係，建構包含高、低頻波動特性之簡化合成潮波，並從波動傳播之水理觀點出發，判定臺灣海峽之水理長度(hydraulic length)。

二、基隆港與高雄港潮汐波形之相關性

為準確衡量潮汐波形之相關性，避免氣象潮位的混雜干擾，克服實測潮位紀錄因儀器故障、更新及維護等特定因素而存在期距不等(數小時至數月)的斷續缺漏情況，因而應用電子海圖軟體 MIKE C-Map (DHI, 2003)進行天文潮位之逐時迴報(hindcast)，可得基隆港與

高雄港 2003 年 9 月含括大、小潮期間，每半小時一筆之天文潮位，如圖 4 所示。觀察圖 4 可知，僅管基隆港與高雄港分別位處在臺灣海峽的南、北兩端，但潮波彼此之振幅變化仍頗為近似，潮差亦甚相當，兩港間之波形，彼此更約略具有上(峰)、下(谷)對稱特性。亦即若是以高雄港之潮位時序作為對照基礎，進而將基隆港同時期之潮位時序，先作上、下對稱之轉換，再調整潮時使其提早 8.5 小時，然後直接作比較，結果可得如圖 5 所示。觀察圖 5 可知，基隆港經對稱與延時調整後之波形，相對於高雄港，其均方根誤差(rms)僅約 6 公分，而其相關係數(correlation coefficient)可高達 0.964。很明確地，兩港間之潮汐，不僅波動特性甚相符合，而且尚具有密切之關聯性。

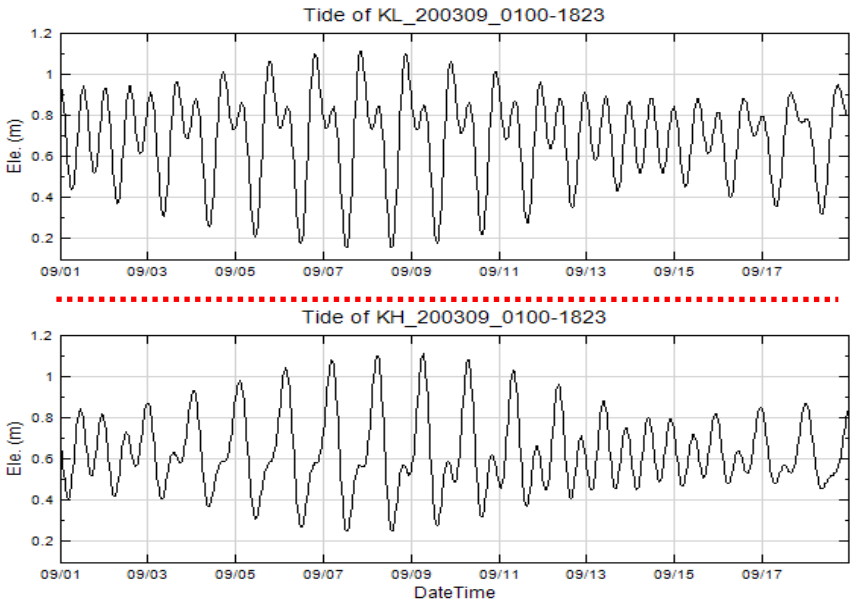


圖 4 基隆港(上)與高雄港(下)2003 年 9 月含括大、小潮期間每半小時一筆之迴報天文潮位與其相互之對稱性(紅點線表示波形對稱線)

為詳細探討圖 5 所示基隆港與高雄港天文潮波之關聯性，蒐集整理兩港 1989 年至 1991 年之逐時實測潮汐紀錄，再考量紀錄期距長、短對於應含括天文分潮之分析影響(Foreman, 1977；Emery and Thomson, 2001)，本研究因此應用 Juang et al. (2006)所自行研發、固定含括十三個長、短週期分潮成分之 HIS (Harmonic Interpolation Supplements)調和內差補遺模式，各別進行兩港分年之調和分析，因而可得半日型 M2、S2 及全日型 K1、O1 等四個主要分潮之調和分析常數及其各別相對差異之分析結果，如表 1 所示。觀察表 1 可知，在各分年，基隆港與高雄港之最主要半日型分潮 M2，很殊地，與全日型分潮 K1 及 O1，具有極相近似之振幅；而且 M2、S2 與 K1、O1 分潮振幅之相對差異均甚有限，其中，M2 分

潮振幅之最大相對差均在 5 公分以下，而 S2、K1、O1 則皆小於 1.5 公分，很明顯地，兩港雖分別位在臺灣海峽的南、北兩端，但其主要分潮之振幅，卻具有極特殊的一致性。

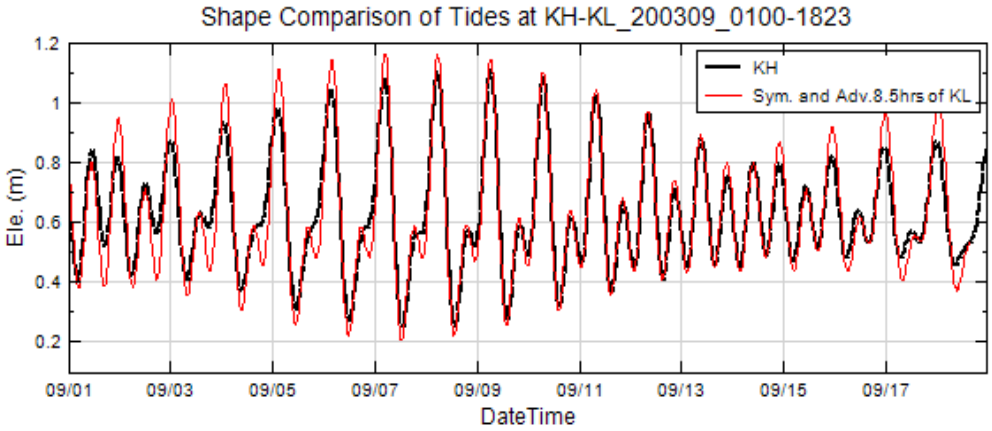


圖 5 高雄港天文潮位時序(黑)與將基隆港同時期潮位時序先作上、下對稱之轉換，再調整提早 8.5 小時潮時(紅)之相互對照比較

表 1 基隆港(KL)與高雄港(KH)實測潮位之分年調和分析所得主要天文分潮之調和分析常及其相對振幅及相位角差

分潮	年別	驗潮站	振幅 (m)	振幅差 KH-KL(m)	相位 (θ°)	相位差 KH-KL(θ°)
M2	1991	KH	0.173	-0.044	10.62	+56.88
		KL	0.217		313.74	
	1990	KH	0.169	-0.046	271.82	+60.05
		KL	0.215		211.77	
	1989	KH	0.170	-0.043	168.51	+60.82
		KL	0.214		107.69	
S2	1991	KH	0.070	+0.012	07.55	+48.72
		KL	0.058		318.83	
	1990	KH	0.068	+0.014	08.81	+50.53
		KL	0.054		318.28	
	1989	KH	0.066	+0.011	09.76	+55.07
		KL	0.055		314.69	
K1	1991	KH	0.182	-0.013	211.92	-60.31
		KL	0.195		272.23	
	1990	KH	0.184	-0.015	210.60	-59.34
		KL	0.199		269.94	
	1989	KH	0.190	-0.014	207.84	-59.18
		KL	0.204		267.02	
O1	1991	KH	0.174	+0.008	210.20	-47.27
		KL	0.166		257.47	
	1990	KH	0.182	+0.011	111.60	-45.19
		KL	0.171		156.79	

	1989	KH	0.185	+0.007	11.49	-47.04
		KL	0.178		58.53	

至於各主要分潮分年之相位角，以高雄港相對於基隆港之相位角差而言，再由表 1 觀察可知，M2 與 S2 半日型分潮各別約提早60^o與50^o，亦即高雄港半日潮之滿潮時，約比基隆港提早 1/6 週期或 2 小時，或半日潮之滿潮時，基隆港比高雄港落後約 10 小時(5/6 週期)；而就 K1 與 O1 全日型分潮而言，其各別反而約延遲60^o與47^o，亦即高雄港全日潮之滿潮時，約比基隆港落後 1/6 週期或 4 小時，或全日潮之滿潮時，基隆港比高雄港約提早 20 小時(5/6 週期)。

為詳細探討以上基隆港與高雄港在各分年主要分潮振幅與相位角所陳現特殊相對差異性之意義，於表 1 中，針對 1991 年兩港之調和分析常數，僅擇其共通之最主要半日型分潮 M2 與全日型分潮 K1，應用各別分潮之振幅，彷照圖 4，先行各別建構合成天文潮位；而後，以兩港各分潮相對所分別具有增、減60^o之相位，另行各別建構合成天文潮位；再參考圖 5，將基隆港之合成潮位時序，簡單地作上、下對稱之轉換與 8.5 小時之潮時提早調整，而後，將以上應用不同方式所建構之基隆港合成潮位時序變化，綜合與高雄港之合成潮位作對照比較，結果如圖 6 所示，觀察圖 6 可見，無論波形、振幅、或相位，彼此確實皆高度地相互吻合，因而可確認，兩港天文潮波存在特殊關聯性之主要原因，實際應是共通之最主要半日分潮 M2 與全日分潮 K1 各別具有相似之振幅，以及約是固定(60^o)之相對相位角差所造成。

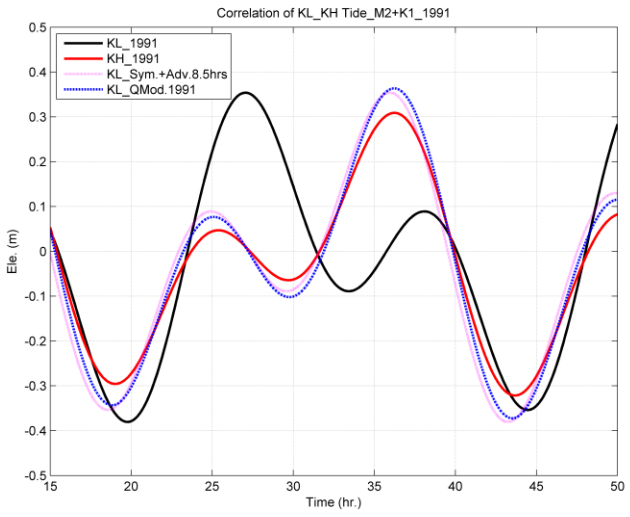


圖 6 高雄港(紅)及基隆港(黑)直接應用 1991 年 M2 與 K1 分潮調合分析常數所合成之天文潮位及基隆港分別應用相對相位角差特性(藍)與波形對稱且潮時提早特性(粉紅)所得合成天文潮位之對照比較

高雄港與基隆港合成天文潮波之密切關聯性，除了可概念性以圖 5 及圖 6 簡要地展現外，在表 1 中，半日型與全日型主要分潮所展現彼此振幅相當、而相對相位角差近似固定之恆常性，其所蘊含之具體意義，可再進一步作如后之闡釋與應用。

針對分別位在臺灣海峽南、北兩端海域之高雄港與基隆港，各別僅擇其最主要之半日型分潮 M2 與全日型分潮 K1(參見表 1)，並設定(A 、 ω_2 、 ϕ)與(B 、 ω_1 、 φ)分別為其對應之分潮振幅、頻率、與相位角，因而合成天文潮位(η)之時序(t)可共通表示為

$$\eta = A\times\cos(\omega_2 t+\phi)+B\times\cos(\omega_1 t+\varphi) \tag{1}$$

或

$$\eta = (A+B)\cos(\omega^- t+\theta^-)\times\cos(\omega^+ t+\theta^+)-(A-B)\sin(\omega^- t+\theta^-)\times\sin(\omega^+ t+\theta^+) \tag{2}$$

式中，

$$\omega^- = \frac{\omega_2-\omega_1}{2}\ ;\ \omega^+ = \frac{\omega_2+\omega_1}{2} \tag{3}$$

$$\theta^- = \frac{\phi-\varphi}{2}\ ;\ \theta^+ = \frac{\phi+\varphi}{2} \tag{4}$$

檢視式(2)可知，若僅以 M2 與 K1 分潮調和分析常數合成天文潮位，則其實際波形將由具90^o相位角差的高頻(ω^+)正、餘弦簡諧波，以及振幅分別為$(A+B)\cos(\omega^- t+\theta^-)$與$(A-B)\sin(\omega^- t+\theta^-)$且相位角差亦洽是$90^o$之低頻($\omega^-$)正、餘弦包絡調變(modulation)波所組成，而且低頻包絡調變波之振幅時變性，將主控總體波形之陳現。針對高雄港及基隆港，若將表 1 中 1991 年兩港最主要之 M2 與 K1 分潮調和分析常數代入式(1)或式(2)中計算，因而可得由低頻包絡調變波與高頻簡諧波所構成之具體合成天文潮位時序，如圖 7 所示。

為更清楚闡釋式(2)及圖 7 所陳示兩港波形之意涵，依據表 1，若再進一步應用 1991 年兩港最主要之 M2 與 K1 分潮所具有近似相同振幅之特性，即若$A\cong B$，則式(2)可再簡化，並以僅具有單一低頻餘弦包絡調變波振幅之單一高頻餘弦簡諧波表示為

$$\eta \approx 2A\cos(\omega^- t+\theta^-)\times\cos(\omega^+ t+\theta^+) \tag{5}$$

將基隆港與高雄港之合成天文潮時序，分別再以η_{KL}及η_{KH}表示，因而可得

$$\eta_{KL} \approx 2A_{KL}\cos(\omega^- t+\theta^-_{KL})\times\cos(\omega^+ t+\theta^+_{KL}) \tag{6}$$

$$\eta_{KH} \approx 2A_{KH}\cos(\omega^- t+\theta^-_{KH})\times\cos(\omega^+ t+\theta^+_{KH}) \tag{7}$$

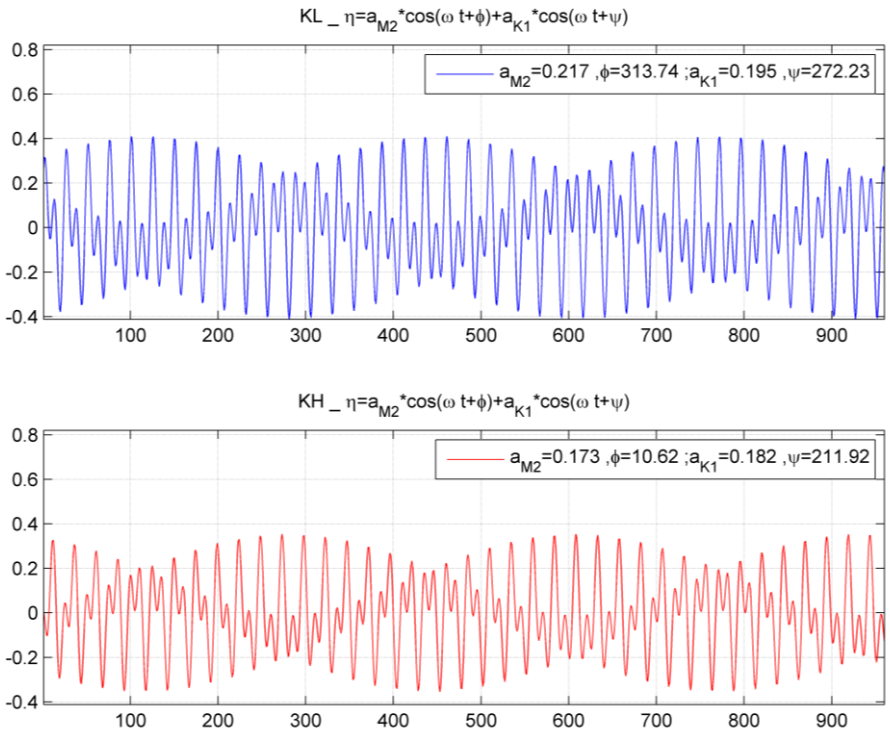


圖 7 基隆港(上)與高雄港(下)各別依據其 M2 與 K1 最主要分潮之振幅與相位角所合成之天文潮位時序及其具體波形之對照比較

再應用表 1 中 1991 年兩港最主要 M2 與 K1 分潮調和分析常數所具有之特殊相關性，即

$$\left.\begin{aligned} A_{KH} &\approx A_{KL} \\ \phi_{KH} &\approx \phi_{KL} + 60^o \\ \varphi_{KH} &\approx \varphi_{KL} - 60^o \end{aligned}\right\} \tag{8}$$

並將式(8)代入式(7)中化簡，則高雄港之合成天文潮時序，實際可以基隆港最主要 M2 與 K1 分潮調和分析常數表示為

$$\eta_{KH} \approx 2A_{KL}\cos(\omega^- t + \theta_{KL}^- + 60^o) \times \cos(\omega^+ t + \theta_{KL}^+) \tag{9}$$

比較式(6)與式(9)，經相互對照後可知，基隆港與高雄港，很清楚地兩港間具有近似相同的合成天文潮位時序，有所不同的，僅是高雄港低頻包絡調變波之潮時相位，比基隆港約提早 60^o 而已。若將該潮時相位延遲(phase lag)以由 M2 與 K1 分潮所構成之低頻($\omega^- =$

$2\pi/T^{-}$)包絡波週期($T^{-} \approx$ 48 hrs)進行估算，因而可得基隆港低頻包絡調變波之潮時，約比高雄港落後$T^{-}/6$ ，即約 8 小時。這不僅可驗證圖 4 至圖 6 中兩港間潮汐波形與潮時延遲所陳示之特殊相關性，更可進一步確認，在表 1 中基隆港與高雄港間 M2 與 K1 分潮各分年所具有振幅相當、相位角差固定之恆常性，實際即在陳現兩港間之天文潮波(含高頻簡諧波與低頻包絡調變波)，參見圖 7，除了低頻包絡調變波彼此間相對存在60^{o}的相位角差，或相當約 8 小時的潮時延遲外，總體波動特性是密切關聯，而且是近似相同的。

三、臺灣海峽之水理長度

參照圖 4 至圖 6，依據表(1)及式(6)與式(9)在基隆港與高雄港兩商港海域所陳現總體波動特性之密切關聯性，假定兩港間低頻包絡調變波所存在固定60^{o}之相位角差，係由空間位置差異所引致，則於臺灣海峽海域內，若設定一平面二維右手卡氏(Cartesian)座標系統(X,Y)，並取其中軸線為 X 軸，且以由北而南為正向，再設定式(6)與式(9)中低頻包絡調變波之波長為L^{-}，或其週波數為k^{-} $(=2\pi/L^{-})$，即令

$$k^{-}X_{KL} = \theta_{KL}^{-} \tag{10}$$

$$k^{-}X_{KH} = \theta_{KL}^{-} + \frac{2\pi}{6} \tag{11}$$

因而可得

$$k^{-}(X_{KH} - X_{KL}) = \frac{2\pi}{6} \tag{12}$$

或

$$X_{KH} - X_{KL} = \frac{L^{-}}{6} \tag{13}$$

這說明，在臺灣海峽海域內，位處在南端之高雄港，其相對於北端基隆港之距離，可應用低頻包絡調變波波長之 1/6 進行估算。至於其波長，應用潮波所屬之淺水波分散關係(Lin et al., 2000a)：

$$\omega^{-} = C^{-} \cdot k^{-} \tag{14}$$

式中，C^{-} 表示波速，且$C^{-} = \sqrt{g\,d}$ ，而 g 、 d 分別為海域之重力加速度與水深。再依據式(3)，透過 M2 與 K1 分潮頻率所約具有$\omega_2 \approx 2\omega_1$之關係，因而可將低頻包絡調變波之頻率($\omega^{-}$)表示為

$$\omega^{-} = \omega_1 / 2 \tag{15}$$

或

$$\bar{\omega} = \omega_2 / 4 \tag{16}$$

而週波數($\bar{k}$)或與其對應之波長($\bar{L}$)，在海域之水深固定下，應用式(14)，即可將其分別以 M2 與 K1 高頻分潮波之波長 L_2 與 L_1 表示為

$$\bar{L} = 2L_1 \tag{17}$$

或

$$\bar{L} = 4L_2 \tag{18}$$

因此，在高雄港與基隆港間，若潮汐波動傳播之示性距離(characteristic distance)可用以表示相關之水理長度(hydraulic length)或“水裡長度”(underwater length)，則其將明確可藉式(17)及式(18)作聯結，並依據式(13)逕予估量。

針對位在東亞大陸棚架上之臺灣海峽海域(參見圖 1 與圖 3)，假設其平均水深為 50 ~ 60 米(Juang and Chiang, 2000；Jan, 2002)，仍應用式(14)所示之淺水波分散關係，因而可得 K1 分潮之 L_1 約為 1913.0 ~ 2095.0 km，或 M2 分潮之 L_2 約為 956.3 ~ 1048.0 km，所以，先行依據式(17)或式(18)，可推算低頻包絡調變波之波長約為 3825.2 ~4192.0 km，而後，依據式(13)，進而可得高雄港相對於基隆港之距離($X_{KH} - X_{KL}$)，約為 637.7 ~ 698.3 km；或從兩港間潮波傳播運動之水理觀點出發(Lin et al., 2000b)，可估量臺灣海峽之示性距離或特徵水理長度，約介在 637.7 至 698.3 公里間。將其與圖 3 所示鄰接在臺灣西部近海之典型陸架地形剖面寬度(Lin et al., 2001)相互對照比較，可確認彼此甚相一致且吻合。

此外，配合式(10)、式(11)，並觀察式(6)與式(7)可知，存在臺灣海峽海域內之低頻包絡調變波，由於其時空相位函數具有 $\omega t + kX$ 之形式，這意謂在以海峽中軸線由北而南定義為正 X 軸向之座標系統上，其實際具有負 X 方向之波速，或其波動傳播行進方向，應為由南而北。

引用 Juang and Chiang (2006)所建構之擬真潮波同潮圖(cotidal chart)，如圖 8 所示，並將此一波動傳播特性，再與圖中同潮時線(co-phase lines)之分布趨勢相互驗證，進而可確認，在臺灣海峽海域東側之臺灣西南部沿岸，擬真潮波之行進方向，確實為由南而北。又依據 Juang and Chiang (2006)對臺灣海峽海域潮波系統之主張，可證實潮波明確具有相向凱文波(Kelvin waves) (Pedlosky, 1979)相交會之旋轉潮波特性。惟值得特別注意的是，所探討之潮波，應以合成全日型與半日型高頻分潮波所衍生之低頻包絡調變波為對象。

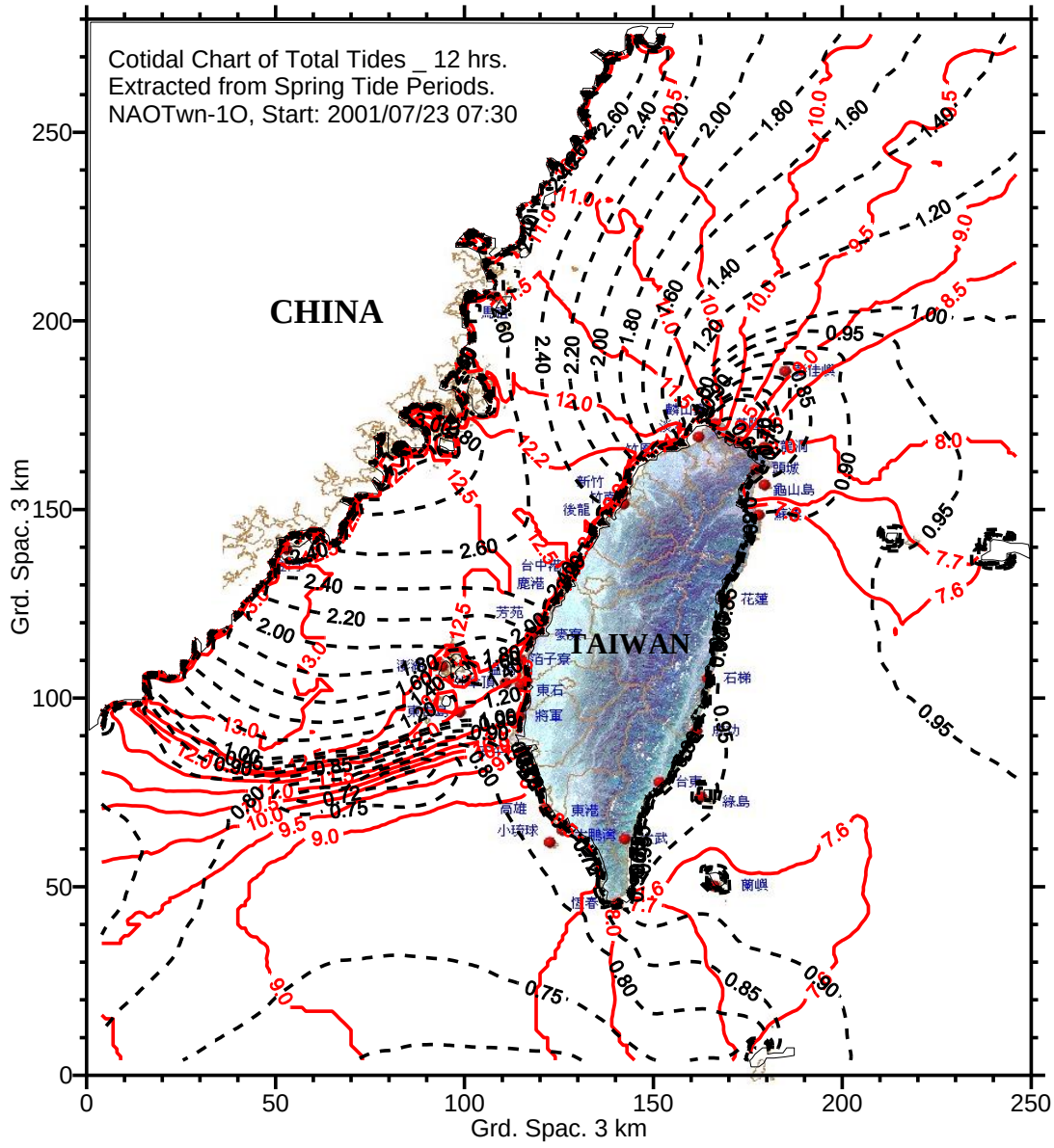


圖 8 臺灣環島海域 Juang and Chiang (2006)應用十三個長、短週期主要分潮所建構之擬真潮波同潮圖(—同潮時線；– – –同振幅線)

四、結論

高雄港與基隆港雖然分別位處臺灣海峽海域之南、北兩端，但檢視其各自之實測潮汐波形，可發現彼此具有甚為特殊之對稱性。應用 1989 年至 1991 年同期間之分年逐時潮位紀錄，進行固定分潮成分之調和分析，可見兩港之最主要分潮，各自均為 M2 與 K1，且其分潮振幅約略相同；相對之相位角差，也近乎固定分別作 60^o 之增、減。藉此一兩港間最主要分潮振幅與相位角差之獨特關聯係，建構兩港各自之合成天文潮位，可得兩港各自

之潮汐波形，實際皆係由相同振幅並具同樣低頻包絡調變波型態之高頻簡諧波所構成，有所差異的，僅是高雄港低頻包絡調變波之潮時相位，比基隆港約提早 60^o，或潮時提早約 8 小時而已。因此，再從空間波動傳播之觀點出發，除了可判定臺灣海峽東側海域，潮波係順沿臺灣西部近岸，由南而北傳播行進外，相關波動特性，尚可據以證實臺灣海峽內之潮波系統，明確具有相向凱文波相交會之旋轉潮波特性，更可用以推算，臺灣海峽之水理長度，約為 637.7 ~ 698.3 km，而此長度，明確與鄰接在臺灣西部近海之典型東亞大陸棚架地形剖面之特徵寬度相當。

參考文獻

1. DHI (2003) *MIKE C-Map*, CM-93/3 Electronic Chart Database, Professional Version 146, Danish Hydraulic Institute.
2. Emery, W. J. and Thomson, R. E. (2001) *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*, second and revised Edition, Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
3. Foreman, M. G. G. (1977) *Manual for Tidal Heights Analysis and Prediction - Revised Edition (Jul., 1996)*, Pacific Marine Science Report 77-10, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Victoria, B.C., Canada.
4. Hwung, H. H., Tsai, C. L. and Wu, C. C. (1986) "Studies on the correlation of tidal elevation changes along the western coastline of Taiwan," *Proc. 20th International Conference on Coastal Engineering*, Vol. 1, Taipei, Taiwan, pp. 293-305. (In Chinese)
5. Jan, S. (2002) "Omnifarious exploration of the Taiwan Strait," *Science Monthly*, Vol. 33, No. 2, pp. 127-131. (In Chinese)
6. Jan, S., Chern, C. S. and Wang, J. (2002) "Transition of tidal waves from the East to South China Seas over the Taiwan Strait: Influence of the abrupt step in the topography," *Journal of Oceanography*, 58(6), 837-850.
7. Jan, S., Chern, C. S., Wang, J. and Chao, S. Y. (2004) "The anomalous amplification of M2 tide in the Taiwan Strait," Geophysical Research Letters, 31(7), L07308, pp.1-4.
8. Juang, W. J. and Chiang, C. C. (2000) *Study of Tidal Currents Simulations around Taiwan*, Technical Report, Government Publications No. 009254890291, Center of Harbor and Marine Technology, Institute of Transportation, R.O.C. (In Chinese)
9. Juang, W. J. and Chiang, C. C. (2003) "Confirmation of the Tidal Oscillation Patterns in the Taiwan Strait," *Proceedings of the 25th International Conference on Coastal Engineering*, Keelung, Taiwan, pp. 31-38. (In Chinese)
10. Juang, W. J. and Chiang, C. C. (2005a) "The Tidal Waves System around Coasts of Taiwan," *Proceedings of the 27th International Conference on Coastal Engineering*, Taichung, Taiwan, pp. 154-161. (In Chinese)
11. Juang, W. J. and Chiang, C. C. (2005b) *Effects of Topographies on Tidal Oscillation in the Taiwan Strait*, Technical Report, Government Publications No. 1009401031, Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications, R.O.C. (In Chinese)
12. Juang, W. J. and Chiang, C. C. (2006) "The Cotidal Charts of the Seas around Taiwan," *Proceedings of the 28th International Conference on Coastal Engineering*, Kaohsiung, Taiwan, pp. 325-330. (In Chinese)

13. Juang, W. J., Tseng, H. M. and Chiang, C. C. (2006) "Gaps of Tidal Data Supplements and Applications on Storm Surge Extracting," *Proceedings of the 28th International Conference on Coastal Engineering*, Kaohsiung, Taiwan, pp. 277-282. (In Chinese)
14. Lin, H., Lyu, G. N. and Song, J. Y. (2000a) Study of the Tidal Waves System and Coastal Evolution Simulations on the East China Sea, Science Press, China. (In Chinese)
15. Lin, M. C., Juang, W. J. and Tsay, T. K. (2000b) "Applications of the Mild-Slope Equation to Tidal Computations in the Taiwan Strait," *J. Oceanography*, Vol. 56, pp. 625-642.
16. Lin, M. C., Juang, W. J. and Tsay, T. K. (2001) "Anomalous amplification of semidiurnal tides along the western coast of Taiwan," *Ocean Engineering*, Vol. 28, No. 9, pp. 1171-1198.
17. NMOO (2010) *SAILING DIRECTIONS - Coast of Taiwan*, Edition 6, Pub. No. 4 (A), Naval Meteorological and Oceanographic Office, R.O.C. (In Chinese)
18. Pedlosky, J. (1979) *Geophysical fluid dynamics*, Springer-Verlag, New York.
19. Wang, S. (2009) "The Taiwan Strait," Encyclopedia of Taiwan, Ministry of Culture, R.O.C. (In Chinese. http://taiwanpedia.culture.tw/web/content?ID=1459)

第 37 屆海洋工程研討會論文集　國立中興大學　2015 年 11 月
Proceedings of the 37th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Chung Hsing University, November 2015

AWCP 之波浪監測紀錄分析與其統計特性

莊文傑[1]　曾相茂[1]　張憲國[2]

[1] 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員
[2] 交通大學土木工程學系教授

摘要

AWCP 為超音波式波向波高與剖面海流儀之簡稱。目前，在國內五大商港海域，其均配掛音波式(AST)與壓力式(Press)感應計同時作定點海面波動監測。監測紀錄，經應用零上切法與波譜法作外部分析與檢核，可確認系統僅應用其 AST 紀錄，並採用波譜法進行波動特性之後處理分析，而後再藉平均波動能譜值(m_0)，進一步與個別波統計特性作關聯。各式分析週期及波高之統計關聯係數，與一般實測波動甚具一致性，故可判定監測波高的機率密度函數，應與 Weibull 分佈相符合。此外，基於深水底床上以壓力計監測海面波動所自然具有之低通濾波效果，因此，依據 AWCP 之 Press 紀錄，以零上切法分析所得之個別波統計週期，均比 AST 長；而以 FFT 進行能譜分析，所得頻域亦明顯比 AST 狹窄且偏低。很特別的是，系統分析之尖峰週期(T_P)，當示性波高(H_S)約低於 1.5m 時，在相鄰時刻經常具有劇烈之高低變動性，惟此特性，與儀器功能之正常性及紀錄傳輸品質之正確性均不相關，其純粹係因高、低頻段波動能量消長或長、短週期波動成分之波能大小存在些微差異所造成。也因此，T_P 應用於辨識長浪，將極具優異性。

關鍵詞：零上切分析、波譜分析、個別波統計、尖峰週期、長浪

Analyzing the Data and Investigating the Statistic Character of Waves Measured by AWCP

Wen-Jye Juang*　Hsiang-Mao Tseng　Hsien-Kuo Chang

* Researcher, Center of Harbor and Marine Technology, Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications, Taiwan (R.O.C.)

ABSTRACT

AWCP is the abbreviation of Acoustic Doppler Wave and Current Profilers. It equipped with both of the AST (Acoustic Surface Tracking) and pressure gauges to monitor the waves at the 5 major ports of Taiwan. To insight the post analyzing processes of AWCP, two external analysis programs of zero-cross-up associated with the power spectrum are applied, then it is verified that only the records of AST are adopted for further spectrum analyses. After that the zeroth moment of power spectrum are correlated to the characters of wave statistics. By comparing the miscellaneous coherent ratios between various wave periods as well as wave heights with the general wave statistics, the measured wave heights recognized the distribution function as Weibull. Besides, due to the essential low pass effects of the waves measured by bed-mounted pressure gauges, the statistic periods analyzed from the pressure data with applying the zero-cross-up method are longer than that of AST. So as to the frequency band width of power spectra that is more narrower and lower. Additionally, when adopting the periods of the peak frequency, T_p to show the wave characters, one will frequently find jerks in adjacent hours, in particular, for the wave heights less than 1.5m due to the essential growth and decline of the peak power. Therefore, T_p is excellent for presenting the long waves.

Keywords: Zero-cross-up; Spectrum analysis; Wave statistic; Peak frequency; Long waves

一、前言

AWCP 係 Acoustic Doppler Wave and Current Profiler 之簡稱，本文將其中譯為超音波式波向波高與剖面海流儀。

交通部運輸研究所港灣技術研究中心，為科學研究與工程應用之需要，近 15 年來，積極布建及改善國內五大商港之海氣象(風、浪、潮、流)即時監測與傳輸顯示系統，其中，高雄港自 2000 年 12 月起、基隆港自 2001 年 6 月起、花蓮港自 2001 年 8 月起、蘇澳港自 2002 年 7 月起、臺中港自 2003 年 6 月起，分別即廣泛使用挪威 NORTEK 公司製造之 AWCP，並應用其配載之音波式(AST)與壓力式(Pressure)感應計，同時進行海面波動之即時監測(曾等，2015)。

目前，波浪監測係逐時從第十分鐘開始，以 1 Hz 之取樣率，連續施測 2048 筆紀錄，並依時序儲存於.wad 檔案中。此外，經儀器自身內建之後處理系統，尚將示性波高(H_s)、最大波高(H_{max})、1/3 最大波高($H_{1/3}$)、1/10 最大波高($H_{1/10}$)、主波向、次波向、以及尖峰週期(T_p)、二階譜週期(T_{m02})、平均週期(T_m)等代表波浪特性之逐時分析結果，儲存於.wap 檔案中，並以 H_s 及 T_p，分別陳示監測波浪之逐時變化歷程，如圖 1 所示。

應用 AWCP 進行波浪監測，僅管透過儀器自身內建之後處理系統，可逐時獲得監測波浪之各項分析特性，但為詳細比較應用 AST 及 Pressure 感應計作定點波動監測之差異，確認系統之後處理功能及分析程序，驗證個別波的統計特性與波浪頻譜之關聯，探討採用尖峰週期辨識長浪之優異性，因此，進行本研究。

二、資料擷取與分析

針對今(2015)年 3 月中旬無警報發布之第 3 號巴威(BAVI)颱風期間，自國內五大商港 AWCP 之系統資料庫中，首先，參見圖 1，選擇對臺灣東部海岸波動特性陳現具有指標性之蘇澳港(莊、曾，2015)，並從.wad 檔案之時序紀錄中，萃取其 AST 及 Pressure 之逐時實測紀錄；接著，再將以 dbar 為單位之波壓紀錄，應用定值轉換係數，將波壓轉換為水位；最後，應用以 Matlab 語言所自行開發之個別波零上切(zero up cross)與波譜(spectrum)分析程式，同時進行個別波統計與波浪頻譜分析，因而即可透過外部分析程序，求得最大波高(H_{max})與週期(T_{max})、1/3 最大波高($H_{1/3}$)與週期($T_{1/3}$)、1/10 最大波高($H_{1/10}$)與週期($T_{1/10}$)、平均波高($\overline{H}$ 或 H_z)與週期($\overline{T}$ 或 T_z)等個別波統計特性，以及平均波動能譜(m_0)、尖峰週期(T_p)、二階譜週期(T_{m02})、一階譜週期(T_{m01})等波譜特性。

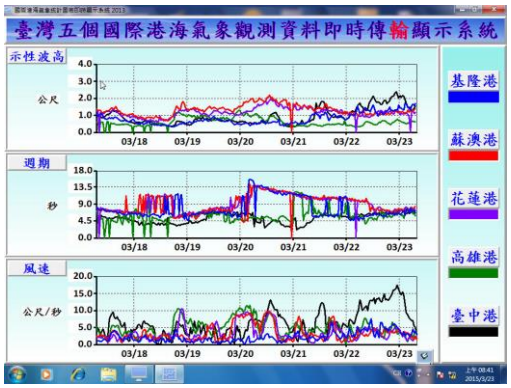


圖 1 國內五大商港海氣象即時監測與傳輸顯示系統應用 AWCP 監測巴威颱風波浪所得示性波高(上)、尖峰週期(中)與平均風速(下)之逐時變化歷程

三、AWCP 之波壓_水位轉換

基於海面下波動隨水深之遞減特性，應用壓力計監測海面波動，其壓力值之大小，通常將取決於波動週期之長短及儀器布放位置之深淺。

蘇澳港 AWCP 布放水深(h)約 28 米，儀器架高離底床約 50 公分，所配載壓力計之紀錄單位為 dBar(~1m)。為將儀器布置水深(z)處之實測壓力，換算為海面波動，因此必須應用波動之分散關係

$$\omega^2 = gk\tanh kh \tag{1}$$

計算壓力感應因子 K_p

$$K_p = \cosh k(z+h)/\cosh kh \tag{2}$$

及壓力_水位轉換係數 F_p ($=1/K_p$)。上列式中，$\omega = 2\pi/T$，T 為波動週期；k 為週波數；g 為重力加速度。

應用蘇澳港 AWCP 之系統分析檔案(.wap)，依據式(1)，分別選用 Tm02 及 Tp/1.1 作為波動週期，因而由式(2)計算可得逐時變化之壓力_水位轉換係數 F_p，如圖 2 所示。

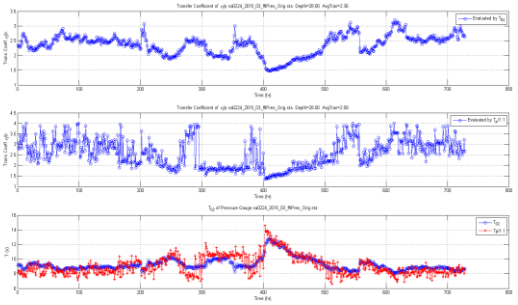


圖 2 在蘇澳港之 AWCP 系統分析檔案(.wap)內波動週期 T_{m02} 及 $T_p/1.1$ 之逐時比較(下)及其分別對應之壓力_水位轉換係數 F_p (上、中)

觀察圖 2，首先，比較波動週期 T_{m02} 及 Tp/1.1 之逐時變化可見，除了因週期定義之差異，致使 $T_p/1.1$ 比 T_{m02} 具有較大之逐時變動性外，兩者之變化趨勢，實際甚相近似。其次，依據式(2)可見，不論以 T_{m02} 或 $T_p/1.1$ 作為波動週期，F_p 之逐時變化皆會隨波動週期之長短而作增減變化，亦即在水深固定下，若波動週期較長，則 F_p 小；反之，若波動週期較短，則 F_p 大。僅管如此，為簡化壓力實測紀錄之處理流程，本文於參考圖 2 中 F_p 之平均值後，將其取為定值並設定為 2.6。

四、應用音波與壓力計定點監測波動特性之差異

針對蘇澳港 AWCP 之音波(AST)及壓力(Press)感應計紀錄，經以零上切法分析其 $T_{1/3}$ 與 $H_{1/3}$ 之逐時變化，可得各別之結果如圖 3 所示。觀察圖 3 可見，依據 Press 逐時紀錄所分析之週期($T_{1/3}$)，明顯會較 AST 長。另外，圖 4 所示為 AST 及 Press 單一小時紀錄之頻譜分析結果比較，觀察圖 4 亦可清礎看出，AST 之頻域，明顯比 Press 寬。這說明布置於深水底床上之壓力式感應計，很自然地具有低通濾波之效果，且相對於音波式感應計而言，其在監測當時僅能感測較長週期之波動。

接著，在圖 3 及圖 4 中，比較波高之逐時變動或單時之能譜可見，依據 AST 及 Press 紀錄所分析之 $H_{1/3}$ 或最大之能譜值，實際甚相近似，惟自 Press 紀錄分析所得之波高，由於定值壓力_水位轉換係數之應用，在部分週期較長處($T_{1/3}$ 大於 10 秒)，容易因轉換係數高估而略為偏大。因此，為詳實陳示監測波動特性，AWCP 紀錄之分析，應以 AST 為主。

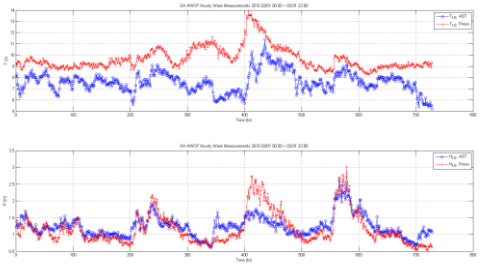


圖 3 以零上切法分析 AWCP 之 AST 及 Press 紀錄所得 $T_{1/3}$(上)與 $H_{1/3}$(下)之時變性比較

僅針對 AST 紀錄，若以 FFT 進行能譜分析，則可得 T_p、T_{m01}、T_{m02} 等週期及波高 H_S ($= 4\sqrt{m_o}$) 之逐時變化，如圖 5 所示。觀察圖 5 可知，尖峰週期 T_p，相對於 T_{m01} 與 T_{m02} 而言，不僅週期較長，普遍大於 2 秒外，相鄰時刻之 T_p，更具有較大之高低變動性，特別是當波高 Hs 約低於 1.5 m 時。

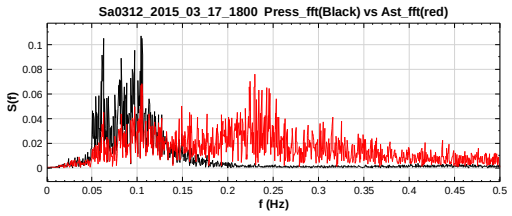


圖 4 蘇澳港 AWCP 於 2015/03/17 18:00 分析 AST(紅)與 Press(黑)實測紀錄所得之波動頻譜比較

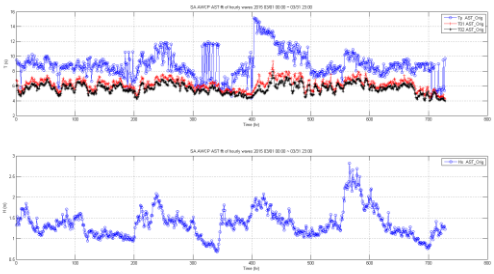


圖 5 以 FFT 能譜分析 AWCP 之 AST 紀錄所得 T_p、T_{m01}、T_{m02}(上)及 H_S(下)之時變性比較

進一步再以圖 3 所示應用零上切法分析 AST 及 Press 紀錄所得 $T_{1/3}$ 與 $H_{1/3}$ 之時序變化為基礎，並分別與圖 5 所示以 FFT 分析 AST 紀錄所得之 T_p 與 H_S 作比較，結果如圖 6 所示。在圖 6 中，先觀察圖中之週期時序變化可見，AST 紀錄經由能譜分析後所得之 T_p，僅管在相鄰時序上易有突然昇降之跳動現象，但其值卻大多介在以 AST 及 Press 紀錄分析所得之 $T_{1/3}$ 間，且低 T_p 值(短週期)約與 AST 之 $T_{1/3}$ 相

近似，而高 T_p 值(長週期)則會趨近於 Press 之結果。這說明以 FFT 分析 AST 紀錄所得之 T_p，可應用以詳實地陳示監測波動時序內混合有長、短週期成分之消長變異特性。

隨後，觀察圖 6 中之波高時序變化可見，應用 AST 之時序紀錄，經以 FFT 分析所得之 H_S，實際上與應用零上切法分析所得之 $H_{1/3}$ 甚相近似，惟與由 Press 紀錄分析所得之 $H_{1/3}$ 相比較，在部分時序上仍存在差異。這說明若欲應用 Press 紀錄進行監測波動之波高分析與陳示時，波壓—水位轉換函數之時變性，必須能準確掌握，若僅採用定值，必會引入分析誤差。

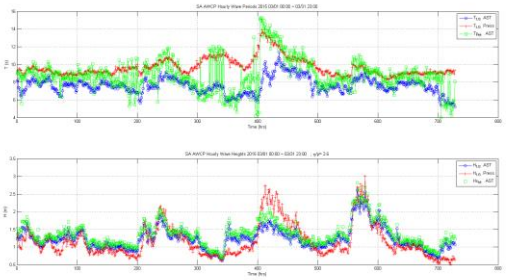


圖 6 AWCP 之 AST(藍)與 Press(紅)紀錄分別經以零上切法分析其 $T_{1/3}$ 及 $H_{1/3}$ 後再與 AST 紀錄經以 FFT 分析 T_p 及 H_s(綠)後所得週期(上)與波高(下)之比較

五、系統分析程序之驗證

自蘇澳港 AWCP 之.wap 檔案內，可直接將各式系統分析之波高與週期，逐時序分別比較如圖 7 所示。由圖觀察可見，在系統分析之波動週期特性上，並無 T_{max}、$T_{1/10}$、$T_{1/3}$ 等個別波統計資訊，而其用以作為系統展示依據之 T_p，在時序上不僅也有突然昇降之跳動現象，與週期長短近似相同之 T_{m02} 與 T_m 相比較，長短之差距，概約均在 2 秒以上，造成差異之主因，應係當監測波動混合有長、短週期之成分時，T_p 僅單獨與具有最大波能成分之週期相對應之故。而在波高特性上，H_{max} 與 T_p 相同，亦具有時序突變性，且值明顯大於 $H_{1/10}$，但 $H_{1/10}$ 僅比 $H_{1/3}$ 略大，至於 $H_{1/3}$，則與 H_S 近似相同。

基於 AST 及 Press 紀錄用以分析波動週期及波高之差異，因此，驗證系統分析程序之紀錄，將僅以 AST 為依據。至於分別應用零上切法所分析之 T_Z、$H_{1/3}$及以FFT波譜法所分析之 T_{m02}、H_S ($=4\sqrt{m_o}$) 之時序變化比較，可整理結果如圖 8 所示。

先觀察比較圖 8 中週期之時序變化可見，系統分析與以 AST 紀錄經波譜分析所得之 T_{m02} 結果近似一致，但皆比零上切法所分析之 T_Z 略小；接著，再觀察比較圖 7 中波高之時序變化可見，系統分析與以 AST 紀錄經波譜分析所得之 H_S 結果亦相一致，但與零上切法之 $H_{1/3}$ 略具差異。這說明 AWCP 之系統分析程序，應係依據 AST 紀錄並僅採用 FFT 能譜法進行後處理分析。至於其與個別波統計特性之關聯，經相關檢核驗證，可確認其實際係透過與波浪平均波動能譜之關聯係數作計算，例如：$H_S=4\sqrt{m_o}$；$H_{1/3}=3.77\sqrt{m_o}$；$H_{1/10}=4.73\sqrt{m_o}$；$H_{max}=1.8\,H_{1/3}$。

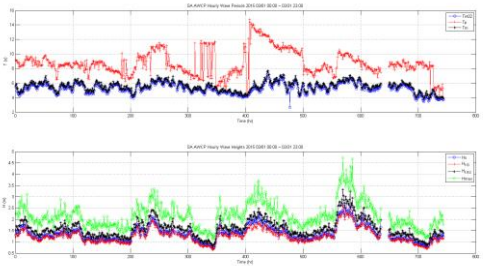


圖 7 AWCP 之波動紀錄經系統分析所得各項週期(上)與波高(下)逐時變化之對照比較

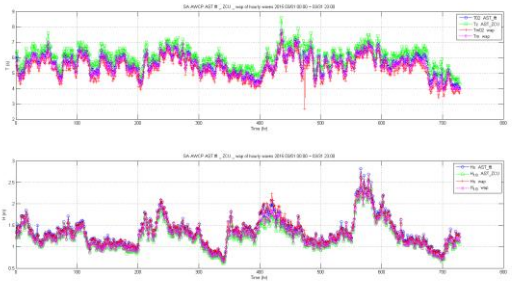


圖 8 以 AWCP 之 AST 紀錄分別經以零上切法及波譜法分析 T_Z、$H_{1/3}$ 及 T_{m02}、H_S 再與系統相關週期(上)與波高(下)分析結果之驗證比較

六、個別波統計特性與波浪頻譜之關聯性

依據 AWCP 之系統分析結果，個別波之各項週期與波高統計特性及其與波浪頻譜之關聯性，經計算整理可得如圖 9 所示，而其關聯係數為

T_p / T_m = 1.0~3.0；　T_{m02} / T_m = 0.9~1.0；

$H_{\max} / H_{1/3}$ = 1.4~2.2；　$H_{1/10} / H_s$ = 1.2；

$H_{1/3} / H_s$ =0.9

至於，應用 AST 之逐時紀錄，並分別進行零上切法

及 FFT 波譜分析，因而可得各項週期與波高之關聯性，如圖 10 所示，而其關聯係數為

T_{max}/T_z = 1.0~1.5； $T_{1/10}/T_z$ = 1.2~1.7；

$T_{1/3}/T_z$ = 1.2~1.5； $H_{max}/H_{1/3}$ = 1.5~2.5；

$H_{1/10}/H_Z$ =2.0； $H_{1/3}/H_Z$ =1.5；

$H_{1/10}/\sqrt{m_0}$ =4.7； $H_{1/3}/\sqrt{m_0}$ =3.7；

$H_Z/\sqrt{m_0}$ =2.2

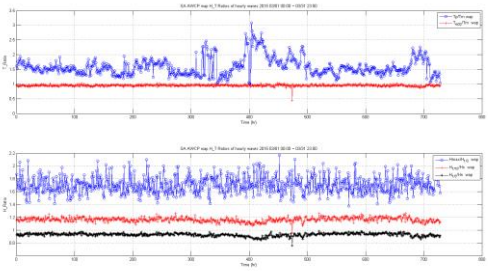


圖 9 AWCP 系統分析個別波週期(上)及波高(下)與波浪頻譜之統計關聯性

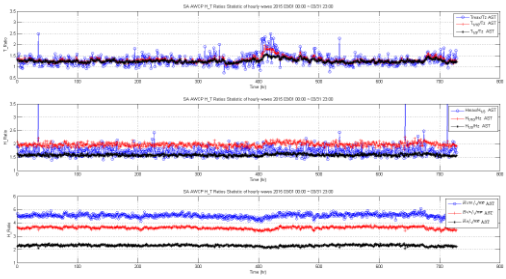


圖 10 蘇澳港 AWCP 之 AST 紀錄經以零上切法及波譜法分析所得各項個別波週期(上)及波高(中、下)與波浪頻譜之統計關聯性

將上列統計關聯係數與郭(2001)對一般實測波動所整理列述之結果相互參照比較，可確認彼此甚具一致性。因此，可據以證實：僅管本研究僅以蘇澳港 AWCP 定點波動監測之 AST 紀錄進行分析，但所得分析波高的機率密度函數，明確符合 Weibull 分佈，而且可判定：本研究應用 Matlab 語言所自行開發之個別波零上切法與波譜法分析程式，具有實際應用之準確性與可靠度。

七、相鄰時刻尖峰週期快速變動之意涵

現場監測之不規則波動，實際皆混合有長、短週期之波動成分。因此，當對逐時之監測紀錄進行波動頻譜分析後，若依定義，取具有最大波能之頻率為主頻率(f_p)，則該主頻率所對應之週期，即為尖峰週期(T_p)。

在圖 1 所示之國內五大商港海氣象即時監測與傳輸顯示系統中，波動週期係以尖峰週期陳示，因此，在特定時段，特別是當示性波高約低於 1.5m 時，經常可觀察到尖峰週期具有劇烈之高低變動性，而這一現象，通常會讓人對監測儀器功能之正常性及監測紀錄傳輸品質之正確性產生疑慮，進而可能誤判波動特性。但在同時期，若波動週期可改以圖 5 或圖 7 所示之 T_{m01} 或 T_{m02} 陳示，則從其逐時之穩定性，即可排除所有之疑慮與誤判。

為探討造成尖峰週期陳示劇烈高低變動性之原因，在圖 5 或圖 7 中，於 2015 年 3 月 17 日，檢選 16 時及 18 時之 AST 實測紀錄，並進行波動能譜分析，因而可得結果分別如圖 11 及圖 12 所示。

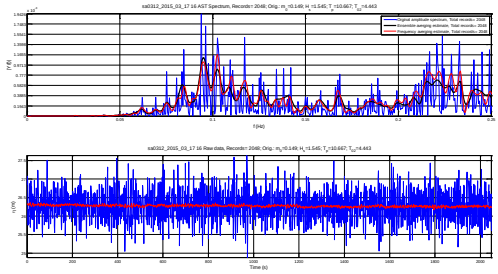


圖 11 分析 2015/03/17 16:00 蘇澳港 AWCP 之 AST 實測紀錄(下)所得之波動能譜(上)

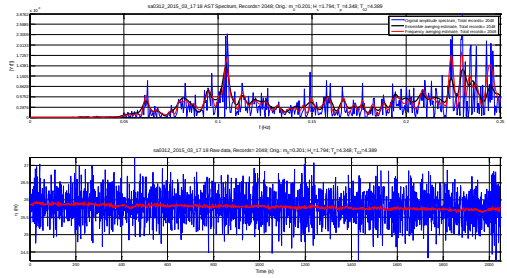


圖 12 分析 2015/03/17 18:00 蘇澳港 AWCP 之 AST 實測紀錄(下)所得之波動能譜(上)

在圖 11 中，經分析所得之平均波動能譜 m_0=0.149m^2、H_S=1.54m、T_P=10.67s、T_{m02}=4.44s，且在 0.22Hz 之高頻及 0.09Hz 之低頻區段，各具有強度近似相當之高能量值，惟當時因低頻之能量值略高於高頻，致使 T_P 依定義而以 10.67 秒之長週期為代表。至於在圖 12 中，經分析所得之平均波動能譜 m_0=0.201m^2 、H_S=1.79m、T_P=4.35s、T_{m02}=4.39s，且在 0.23Hz 之高頻及 0.11Hz 之低頻區段，亦各具

有強度近似相當之高能量值，惟在此一時序上，因高頻之能量值略高於低頻，致使 T_P 依定義而以 4.35 秒之短週期為代表。

對照比較以上採取能譜法分析波動特性之結果可證實：AWCP 之 AST 實測紀錄，僅管在相鄰時刻，其經由能譜法分析所得之 H_S 與 T_{m02} 近似相當，但因高、低頻段波動能量消長所造成之些微差異，將自然地促使尖峰週期具有劇烈之高低變動性，因此，在實測波動之長浪辨識應用上(莊、曾，2015)，採用尖峰週期將比依據 T_{m01} 或 T_{m02} 更具優異性。此外，當尖峰週期具有急遽振盪性時，意謂實際之波動，其在高、低頻段之波能甚相當，故高、低之變動值，均可視為當時之代表週期，只是依定義，尖峰週期僅能與具有最大波能之頻率對應而已。

八、結論

應用 AWCP 進行定點海面波動監測，經對其音波式(AST)與壓力式(Press)感應計之實測紀錄，分別以零上切法及波譜法逐時分析波動特性，再與系統分析結果相對照比較後，可得研究結論如下：

1. 確認 AWCP 系統，係僅依據其 AST 紀錄，並採用 FFT 能譜法，進行波動特性之後處理分析。至於其個別波之統計特性，則實際係透過與波浪平均波動能譜(m_0)之關聯係數作計算。
2. AWCP 之 Press 實測紀錄，係以壓力(dBar)為單位，因此，壓力_水位之轉換，必須先應用系統或由 AST 分析所得之波動週期 T_{m02} 及 $T_p/1.1$ 作逐時計算。採用定值之波壓—水位轉換係數，在部分週期較長時段，將促使轉換值偏大。
3. 布置於深水底床上之壓力式感應計，對於海面波動實際具有低通濾波效果，因此，依據 AWCP 之 Press 波動紀錄，以零上切法分析所得之個別波統計週期，均比 AST 長；而以 FFT 進行能譜分析，所得頻域亦明顯比 AST 窄且偏低、。
4. 依據 AWCP 之 AST 實測紀錄所分析之尖峰週期 T_P，當對應時段之示性波高約低於 1.5m 時，經常在相鄰時刻具有劇烈之高低變動性，而這一特性，與儀器功能之正常性及紀錄傳輸品質之正確性均不相關，其純粹係因高、低頻段波動能量消長或波能大小存在些微差異所造成。
5. AWCP 之各項分析週期與波高，其統計之關聯係數與一般實測波動甚具一致性。因此，可證實應用 AWCP 作定點波動監測所得分析波高的機率密度函數，亦明確符合 Weibull 分佈。
6. 本研究應用 Matlab 語言所自行研發之個別波零上切法與波譜法分析程式，具有實際應用之準確性與可靠度。

參考文獻

1. 郭一羽(2001)*海岸工程學*，第三章_不規則波理論，文山書局，初版。
2. 曾相茂、何良勝、曾俊傑(2015) *103 年臺灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究(2/4)*，交通部運輸研究所，MOTC-IOT-103-H2DA001a 基本研究報告，共 373 頁。
3. 莊文傑、曾相茂(2015)「臺灣五大商港海域之波浪觀測與長浪之辨識」，*104 年天氣分析與預報研討會論文集*，A5 海象測報與應用。

第 37 屆海洋工程研討會論文集　國立中興大學　2015 年 11 月
Proceedings of the 37th Ocean Engineering Conference in Taiwan
National Chung Hsing University, November 2015

臺灣東海岸颱風長浪演化歷程之共通特性

莊文傑 [1]　曾相茂 [1]

[1] 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員

摘要

經綜合檢視 2013~2015 年部分颱風期間國內五大商港近岸之逐時波浪監測紀錄可發現，當西太平洋海域有颱風形成並向臺灣鄰近海域行進時，則無論中央氣象局是否對其可能之侵襲威脅發布海上或陸上颱風警報，颱風所衍生之長浪(湧浪)，均會傳達臺灣東部近海，且甚特別地皆可於蘇澳港及花蓮港近岸之逐時波浪監測紀錄中，透過示性波高(H_S)與尖峰週期(T_P)之時變性清晰陳示。至於，近岸波浪之共通特性，於無颱風生成之平常期間，示性波高一般不及 1 公尺、且尖峰週期約介在 4~8 秒間；而在有颱風生成期間，長浪將促使示性波高漸次增大、尖峰週期並會提昇至 10 秒以上，主要之演化歷程，依據波高與週期之時變性，可區分為(1)啟始到達；(2)群聚成長；(3)堆疊擁積；(4)發達成熟；及(5)減衰消退等五個重要階段。其中，啟始到達階段，可自颱風最初形成之時間開始，應用尖峰週期約 12 秒之深水群波傳播速度(~809 km/day)估算；群聚成長階段，可由尖峰週期是否超越 8 秒判別；堆疊擁積階段，可以尖峰週期約自 10 秒以下突昇至 12 秒以上，而且示性波高由小逐漸成長至大於 1.5 公尺作辨識；發達成熟階段，係指示性波高維持在相對較大值之特定期間；減衰消退階段，則可以示性波高及尖峰週期分別由大逐漸減小至低於 1.5 公尺或 10 秒作確認。

關鍵詞：颱風長浪、湧浪、演化歷程、群聚成長、堆疊擁積、減衰消退

The Common Evolution Characteristics of Swell Appeared on the East Coasts of Taiwan

Wen-Jye Juang [*]　Hsiang-Mao Tseng

[*] Researcher, Center of Harbor and Marine Technology, Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications, Taiwan (R.O.C.)

ABSTRACT

Once there are Typhoons formed in the western Pacific Ocean and west approaching , the evolutions of swell presented by the time variants of the significant wave height (H_S) associated with the peak period (T_P) can be well monitored on the east coasts of Taiwan, especially on the coastal seas of Suao and Hualien. Surveying the swell events occurred in 2013~2015, we find that sea is generally calm with H_S less than 1 m and T_P no more than 8 s before swell impact on, and then the evolutions of swell exhibiting common characteristics such that it may be summed up in 5 stages of arriving, grouping, accumulating, maturating, and dissipating. At the arriving stage, the arriving time can be estimated by the deep water group velocity that is about 809 km/day by letting T_P =12 s. In the grouping stage, T_P going rise over 8 s. During the accumulating stage, T_P getting greater than 10 s and H_S growing bigger than 1.5 m. When H_S reaching its maximum while oscillating around sometimes, the maturating stage is confirmed,. On H_S decaying and dropping down to 1.5 m, T_P retrieving less than 10 s as well, then the dissipating stage is identified.

Keywords: Swell; Wave evolutions; Arriving; Grouping; Accumulating; Maturating; Dissipating

一、前言

學理上，因風而起之波浪，統稱為風浪(wind waves)。風浪之大小或所挾帶能量之高低，主要取決於具有特定強度風速之風域範圍及其持續吹襲之時間，主要特性，常以波高(H)、週期(T)或頻率(f)作陳現。湧浪(swells)，係專指脫離風域或失去原生風力影響之風浪，其為近岸波浪之主要構成成分，由於其一般具有較規則之波動或較長之週期，所以，通俗上亦稱為“長浪”。

海洋中以及近岸海域之波浪，一般包涵風浪及湧浪兩部分，週期普遍低於 30 秒，其中，週期約介在 8~10 秒間之波浪，相對性地具有較大之波動能量(Munk, 1951)，紀錄中，波浪之最大波高，可達 34 公尺(Horikawa, 1978)。另外，基於波動之分散(dispersion)特性，週期長短不一之波浪，將具有不同之傳播速度。而長浪，因其能離開移動中之原生風域，故波動傳播速度，實際皆比風域之移動速度快。所以，近岸之長浪，通常會與遠域移動之風暴或颱風具有密切關聯性。

在西北太平洋及南海海域，基於海洋環境與地理位置之特殊性，每年夏、秋季節(6~11 月)，平均有高達 26.32 個颱風會形成，其中，約有 3 至 4 個會侵襲臺灣(氣象局，2014)。僅管每年直接對臺灣陸岸或近海侵襲之颱風並不頻繁，但只要有颱風形成，其所衍生之長浪，必定可挾帶甚大之能量，且可長距離傳播。當其抵達近岸後，由於波能消散不易，加以水深變淺、灣澳地形窄縮及人造結構物之影響，因此，先來後到之長浪，常會因波動本質之非線性群聚演化及阻塞作用而擁積及推疊，以致波高大幅放大，甚至在無任何海、陸颱風警報發布之風和日麗天氣下，仍會形成突如其來的巨浪，甚或引發瘋狗浪(梁，2008；Liang, 2012；莊、曾，2014；氣象局，2014)，進而對民眾之生命財產造成危害。

對於颱風長浪，梁、林(1978)即已著手進行推算研究，並於隨後提出預報方法且持續改善預報準確度(梁，1982、2008；梁 等，2010)，另外，為科學研究與工程應用之需要，交通部中央氣象局及運輸研究所港灣術研究中心，分別自 1995 年 10 月及 2000 年 12 月起，即著手更新提昇以往之波浪監測設備，且在臺灣環島海域陸續布建資料浮標及應用超音波式波向波高與剖面海流儀器(AWCP)進行長期之波浪監測，監測結果並提供國內學者作相關分析、模擬、推算及預報與預警等研究應用(錢，2006；Doong and Kao, 2007；許 等，2011、2012；滕 等，2012；陳 等，2013；張，2015；莊、曾，2015)。

颱風，為臺灣首要的災變天氣，而伴隨颱風所生成之長浪，則似如影隨形之危險海怪。為充分瞭解其神出鬼沒之演化特性，有效防範其侵襲，減小其危害，建構預警措施，達成防災需要，本文將以交通部運輸研究所港灣技術研究中心(IHMT)在國內五大商港近海所建置之海氣象(風、浪、潮、流)即時監測與傳輸顯示系統為基礎，並自 2013 至 2015 年期間，從其資料庫中，檢選並彙整部分曾發布及未曾發布海、陸颱風警報期間之長期連續波浪監測紀錄，再針對臺灣近海，配合颱風之移動路徑、位置、距東部海岸之距離及強度變動等資訊，陳示颱風長浪之實際演化歷程，並探索其共通特性。

二、臺灣近海監測之颱風長浪

在 IHMT 統合建置之國內五大商港海氣象即時監測與傳輸顯示系統中，波浪皆採用挪威 NORTEK 公司出品之 AWCP，同時掛載壓力計，進行長時間連續之監測(曾 等，2015)。目前，波浪監測係以 1 Hz 之取樣率，逐序從每小時第十分鐘開始，逐時施測 2048 筆紀錄。監測所得之逐時紀錄，經儀器自身之分析及後處理功能，可直接測得示性波高(H_s)、最大波高(H_{max})、1/3 最大波高($H_{1/3}$)、1/10 最大波高($H_{1/10}$)、主波向、次波向、以及尖峰週期(T_p)、二階譜週期(T_{m02})、平均週期($\bar{T}$)等波浪代表特性。其中，波浪之尖峰週期(T_p)，因其係指波浪逐時頻譜中，具有最大波能之頻率(f_p)所對應之週期，故可較準確地應用於辨識長浪之顯著性。所以，既有系統係以示性波高(H_s)及及尖峰週期(T_p)陳現監測波浪之特性。

依據中央氣象局颱風資料庫內之歷史颱風資訊(http://rdc28.cwb.gov.tw/TDB/ntdb/pageControl/typhoon)，並自 IHMT 國內五大商港海氣象即時監測與傳輸顯示系統中，檢選 2013 年 7 月發布海陸颱風警報之第 7 號強烈颱風_蘇力(SOULIK)、2014 年 7 月無颱風警報之第 8 號颱風_浣熊(NEOGURI)、2015 年 3 月無颱風警報之第 4 號颱風_梅沙(MAYSAK)及

2015 年 5 月發布海上颱風警報之第 6 號強烈颱風_紅霞(NOUL)，進而可彙整各颱風期間監測波浪之示性波高與尖峰週期及十分鐘平均風速之逐時變化或演化歷程，分別如圖 1 至圖 4 所示。

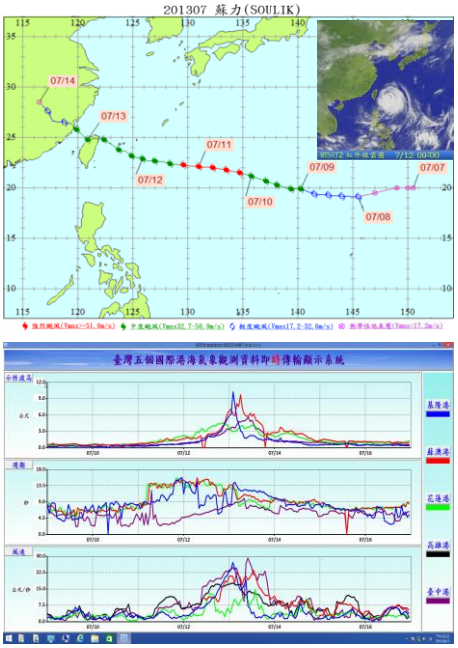


圖 1 蘇力颱風(2013/07)之移動路徑(上)與國內五大港颱風長浪示性波高(下-上)、尖峰週期(下-中)與平均風速(下-下)之演化歷程

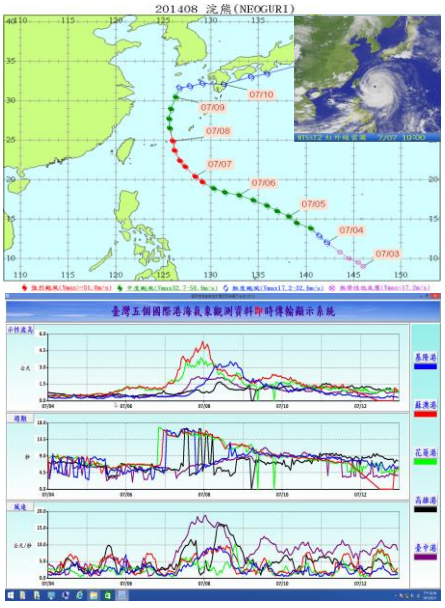


圖 2 浣熊颱風(2014/07)之移動路徑(上)與國內五大港颱風長浪示性波高(下-上)、尖峰週期(下-中)與平均風速(下-下)之演化歷程

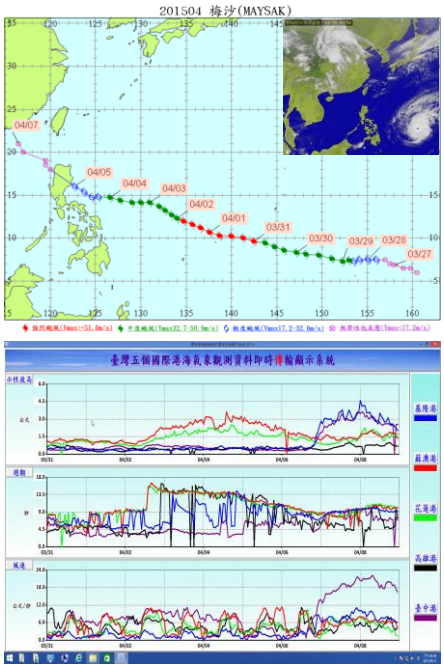


圖 3 梅沙颱風(2015/03)之移動路徑(上)與國內五大港颱風長浪示性波高(下-上)、尖峰週期(下-中)與平均風速(下-下)之演化歷程

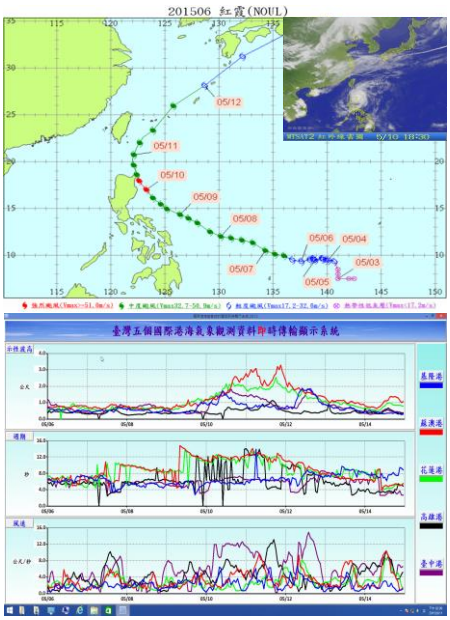


圖 4 紅霞颱風(2015/05)之移動路徑(上)與國內五大港颱風長浪示性波高(下-上)、尖峰週期(下-中)與平均風速(下-下)之演化歷程

針對基隆、臺中、高雄、蘇澳、花蓮等國內五大商港近岸海域，先就風力，綜合觀察圖 1 至圖 4 可見，在颱風形成前之一般期間，除了季風期之外，

各港之風力，皆以具有日週期變動性之海陸風為主要，且隨天氣晴朗程度之變化，每日較小風速，約在 2 m/s 以下；較大風速，則約介在 6~10 m/s 間，並且約發生於每日正午(12 時)之前後約 2 小時。可見，天氣大多是風和日麗，晴空萬里。再就波浪而論，在颱風初生成時期，因海陸風作用所生成之風浪甚微弱，各港之示性波高，普遍不及 1 公尺，尖峰週期亦偏短，大多小於 10 秒，海況可謂風平浪靜。

在颱風形成後，配合颱風移動路徑，對照颱風之位置、強度變化及距東部海岸之距離，再綜合檢視圖 1 至圖 4 可見，因颱風所衍生之長浪，隨著颱風逐漸靠進，將促使各港近海波浪之示性波高及尖峰週期，同時開始演化。其中，位處臺灣東部海域之蘇澳及花蓮港，無論是面對發布警報之颱風或僅是過境之颱風，更無論天氣之陰晴與風力之強弱，該兩港監測波高與週期之演化歷程，皆甚相近似，且皆比位處西部海域之基隆港、臺中港及高雄港明顯。尤其特殊的是，兩港之示性波高，在達到相對較大之時間前約 10 小時，尖峰週期均會明確發生突昇，並自低於 10 秒超越至 12 秒以上，隨後，示性波高即會漸漸增大，並超越 1.5 公尺，終至波濤洶湧。

此外，就各颱風期間，再詳細比較蘇澳及花蓮港間波浪之演化歷程可見，無論颱風路徑之影響，蘇澳港尖峰週期發生突昇之時間，實際皆與花蓮港相近似，且蘇澳港之示性波高，通常會大於花蓮港，這一現象意謂，在臺灣環島海域進行颱風波浪監測，波高與週期之演化歷程，均可以蘇澳港作代表，並且以其為指標。

三、颱風長浪之共通演化歷程

颱風形成時，皆屬輕度颱風等級，近中心附近，10 分鐘平均之最大風速，應達 17.2~32.6 m/s，初始移動行進速度較慢，每小時約 10 至 15 公里，爾後逐漸加速到每小時 15 至 25 公里(氣象局，2014)。而為確認颱風長浪在傳達臺灣東部近岸海域之完整演化歷程，因此，有必要先行對其傳播速度進行估算。

假設颱風在遼闊海洋中具無限吹送距離，則依據 Tucker (1991)之研究，可得發展成熟之颱風波浪，其尖峰週期及示性波高與海面上 19.5 m 處風速 $U_{19.5}$ 之關係，分別可表示為

$$T_p = 0.729U_{19.5} \quad (1)$$

$$H_s = 0.0213U_{19.5}^2 \quad (2)$$

取輕度颱風 $U_{19.5}$ 之風速為 17 m/s，則可得颱風波浪在原生海域之尖峰週期最小約是 12 秒、示性波高約為 6.2 公尺，波浪特性歸屬於深水波，傳播速度，以群波速度(C_g)計算，估計最少約可達每日 809 公里，或相當於每小時 33.7 公里，因而可順利脫離原生之移動行進風域而成為颱風長浪。

掌握颱風長浪之波動傳播速度，再針對生成於 2015 年 3 月無颱風警報之梅沙颱風，重新整理蘇澳港之颱風長浪與風力，可得詳細之演化歷程，如圖 5 所示。

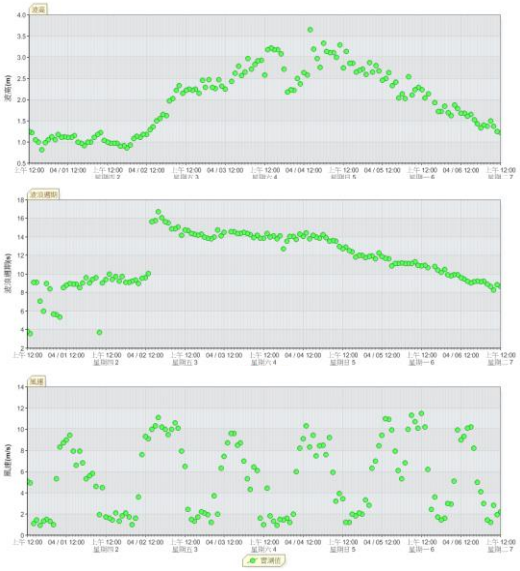


圖 5 在蘇澳港監測梅沙颱風(2015/03)之長浪示性波高(上)、尖峰週期(中)與平均風速(下)之演化歷程

配合圖 3，觀察圖 5 可見，梅沙颱風在 03/28 形成後，由於其距臺灣東海岸之距離約 3500 公里，若以每日約 800 公里之颱風長浪傳播速度估算，則長浪應約於 4 日後，或在 04/01 前後，前導波群方會傳達蘇澳港近海，在此之前，日間海陸風明顯，最大風速可達 10 m/s，天氣應是艷陽高照，但近海波浪仍屬於經常性風浪，故示性波高較小，低於 1 公尺、尖峰週期較短，介在 4 至 8 秒間；自 04/01 00:00 以後至 04/02 12:00 間，雖然當時之颱風位置距離東部海岸仍約有 2000 公里，但隨著颱風接近與強度之變化，長浪開始群聚成長，只是示性波高仍維持小

於 1 公尺，但尖峰週期已逐漸增長至 8~10 秒；04/02 12:00 以後，颱風距離東部海岸約 1500 公里，此時由於先行後進長浪之堆疊擁積，尖峰週期因而自 10 秒突然躍昇至約 16 秒，示性波高亦隨即逐漸增大，並於 04/02 15:00 超越 1.5 公尺；自此後約 10 小時，即約於 04/03 01:00 後，由於長浪之持續堆疊擁積，終致使長浪發達成熟，尖峰週期穩定維持在約 14 秒，而示性波高，大幅增長至 2.5 公尺以上，且最大可達 3.5 公尺，在此期間內，海面應是波濤洶湧；持續維持至 04/05 12:00 之後，示性波高逐漸降低、尖峰週期亦自 12 秒持續減小，長浪已明顯在減衰消退；終至 04/07 12:00 後，海面再次回復至波高小於 1 公尺、週期小於 9 秒之經常性風浪。

同樣地，再檢視生成於 2015 年 5 月發布海上颱風警報之強烈颱風_紅霞，並重新整理蘇澳港之颱風長浪與風力，可得詳細之演化歷程，如圖 6 所示。

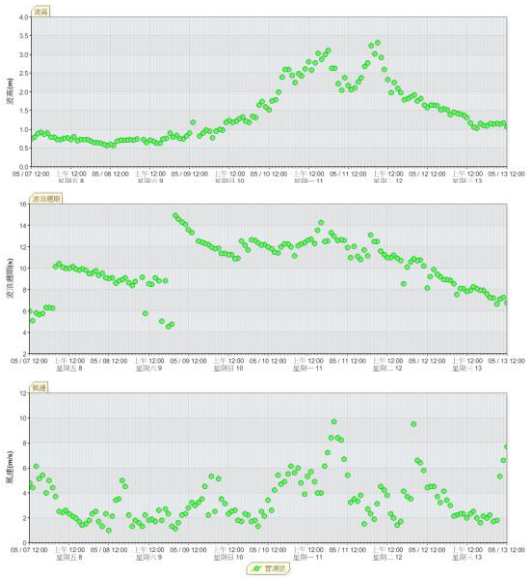


圖 6 在蘇澳港監測紅霞颱風(2015/05)之長浪示性波高(上)、尖峰週期(中)與平均風速(下)之演化歷程

配合圖 4，觀察圖 6 可見，紅霞颱風在 05/04 形成後，距臺灣東海岸之距離約 2000 公里，若以每日約 800 公里之颱風長浪傳播速度估算，則長浪應約於 3 日後，或在 05/07 前後，前導波群即會傳達蘇澳港近海，在此之前，海陸風最大風速約僅達 6 m/s，天氣尚算晴朗，故近海波浪係屬經常性風浪，示性波高低於 1 公尺、尖峰週期介在 4 至 8 秒間；自 05/07 20:00 以後至 05/09 04:00 間，雖然當時之颱風位置距離東部海岸仍約有 1000~1500 公里，但隨著颱風接近，長浪已開始群聚成長，只是示性波高仍維持小於 1 公尺，但尖峰週期已逐漸增長至 8~10 秒；05/09 08:00 以後，颱風距離東部海岸約 700 公里，此時由於先行後進長浪之堆疊擁積，尖峰週期因而自 9 秒突然躍昇至約 15 秒，示性波高亦隨即逐漸增大，並於 05/10 09:00 超越 1.5 公尺；自此後約 10 小時，即約於 05/10 18:00 後，由於長浪之持續堆疊擁積，終致使長浪發達成熟，尖峰週期穩定維持在約 12 秒，而示性波高，大幅增長至 2.5 公尺以上，且最大可達 3.5 公尺，在此期間內，海面應是波濤洶湧，惟其日間海陸風明顯，最大風速可達 10 m/s，天氣仍應是艷陽高照；持續維持至 05/11 20:00 之後，颱風過境東部海域並逐漸遠離，示性波高隨即逐漸降低、尖峰週期亦自 12 秒持續減小，長浪已明顯在減衰消退；終至 05/13 12:00 後，海面再次回復至波高小於 1 公尺、週期小於 8 秒之經常性風浪。

綜合檢視圖 1 至圖 4，並參考圖 5 及圖 6，依據蘇澳港分別在 2013 年 7 月蘇力颱風(發布海陸颱風警報)、2014 年 7 月浣熊颱風(無颱風警報)、2015 年 3 月及 5 月梅沙颱風(無颱風警報)與紅霞颱風(發布海上颱風警報)期間之波浪與風力逐時監測紀錄，因而可將臺灣東部近岸颱風長浪演化之共通特性，統整為下列五個重要歷程階段：

1、 啟始到達：自颱風最初形成之位置及與蘇澳港之距離，應用尖峰週期約 12 秒之深水群波傳播速度(~809 km/day)所估算前導波群之啟始影響時間。在本階段前，海況一般較平靜，示性波高較小，低於 1 公尺、尖峰週期較短，介在 4 至 8 秒間。

2、 群聚成長：自啟始到達時間起，長浪開始群聚成長，海況仍舊平靜，示性波高仍維持小於 1 公尺，但尖峰週期已逐漸增長至 8~10 秒間。

3、 堆疊擁積：隨著颱風接近，先行後進長浪逐漸積疊，尖峰週期自小於 10 秒突然躍昇至大於 12 秒，示性波高逐漸增大，並於隨後超越 1.5 公尺。

4、 發達成熟：自堆疊擁積階段尖峰週期突然躍昇後約 10 小時，長浪尖峰週期穩定維持在約 12 秒以上，而示性波高，大幅增長至 2.5 公尺以

上，甚至輕易即可達 3.5 公尺。在此期間內，不論是否為發布警報之颱風或僅是過境，颱風通常將最靠近臺灣東部海域，以致即使在風和日麗天氣下，海面仍應是波濤洶湧。

5、 減衰消退：尖峰週期自 12 秒持續減小，示性波高逐漸降低。當尖峰週期回降至 10 秒以下，或示性波高低於 1.5 公尺時，則海況將漸次回復為風平浪靜，或趨向於經常性風浪。

四、結論

當西太平洋海域有颱風形成並向臺灣鄰近海域行進時，則無論中央氣象局是否對其可能之侵襲威脅發布海上或陸上颱風警報，颱風所衍生之長浪(湧浪)，均會傳達臺灣東部近海，且甚特別地皆可於蘇澳港及花蓮港近岸之逐時波浪監測紀錄中，透過示性波高(H_S)與尖峰週期(T_P)之時變性，藉(1)啟始到達；(2)群聚成長；(3)堆疊擁積；(4)發達成熟；及(5)減衰消退等五個重要階段清晰陳現。

參考文獻

1. 梁乃匡、林文宗(1978)「薇拉颱風波浪實測與推算之比較」，*第 2 屆海洋工程研討會論文集*，第 23-27 頁。
2. 梁乃匡(1982)「颱風湧浪的預報方法」，*第 6 屆海洋工程研討會論文集*，第 5.1-5.19 頁。
3. 錢維安(2006)*模糊-類神經混合網路之颱風波浪推算模式*，國立交通大學土木工程研究所博士論文。
4. 梁乃匡(2008)「颱風湧浪與怪浪的預報」，*第 10 屆水下技術研討會暨國科會成果發表會論文集*。
5. 梁乃匡、林俊傑、曾相茂(2010)「颱風湧浪預報經驗法的探討」，*海洋工程學刊*，第 10 卷，第 2 期，第 87-120 頁。
6. 許城榕、陳炫杉、陳陽益(2011)「有限水深波譜風浪及湧浪劃分」，*第 33 屆海洋工程研討會論文集*，第 133-138 頁
7. 許城榕、陳炫杉、陳陽益(2012)「風浪及湧浪方向頻譜劃分應用於海象預報」，*101 年天氣分析與預報研討會論文集*，海象測報與應用，中央氣象局，第 467-472 頁。
8. 滕春慈、呂理弘、范揚洺、張志強(2012)「風湧浪觀測之分析研究」，*101 年天氣分析與預報研討會論文集*，海象測報與應用，中央氣象局，第 439-441 頁。
9. 陳蔚瑋、何良勝、張憲國、劉勁成、江玟德(2013)「以 M5 最小化模式樹建立颱風波浪推算模式之研究」，*第 35 屆海洋工程研討會論文集*，第 149-154 頁。
10. 氣象局(2014a)*氣象百科_海象問答_波浪*，中央氣象局編印。(http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/marine/wave001.htm)
11. 氣象局(2014b)*氣象百科_颱風百問*，中央氣象局編印。(http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/typhoon.pdf)
12. 莊文傑、曾相茂(2014)「淺談瘋狗浪之預警」，*第 36 屆海洋工程研討會論文集*，第 95-100 頁。
13. 張高瑋(2015)*考慮海陸風及湧浪特性的波高與風速之迴歸分析*，國立交通大學土木工程學系碩士論文。
14. 莊文傑、曾相茂(2015)「臺灣五大商港海域之波浪觀測與長浪之辨識」，*104 年天氣分析與預報研討會論文集*，A5 海象測報與應用，中央氣象局。
15. 曾相茂、何良勝、曾俊傑(2015)*103 年臺灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究(2/4)*，交通部運輸研究所，MOTC-IOT-103-H2DA001a 基本研究報告，共 373 頁。
16. Doong, D.J. and C.C. Kao (2007) Typhoon Induced Swell, *Proceedings of East Asian Workshop for Marine Environments*, Tainan, Taiwan, Nov. 26-28, 2007
17. Horikawa, K. (1978)*Coastal Engineering _An Introduction to Ocean Engineering*, Chapter 2, University of Tokyo, Japan.
18. Liang, N.K. (2012)The freak wave potential of typhoon swell, *Journal of Marine Science and Technology*, 20(4), 467-471.
19. Tucker, M.J. (1991)*Waves in Ocean engineering : Measurement, Analysis, Interpretation*, Ellis Horwood Series in Marine Science, E. Horwood, New York, , 431p.

臺灣五大商港海域之波浪觀測與長浪之辨識

莊文傑[1]　　曾相茂[1]

交通部運輸研究所港灣技術研究中心/研究員[1]

摘　要

在太平洋海域，當有颱風形成時，對臺灣近海而言，不論其是否為發佈警報之颱風，所衍生之長浪，均可透過國內五大商港近海監測波浪之尖峰週期(T_p)及示性波高(H_s)，清礎地陳現其逐時演化歷程。又對於由東而西自太平洋向臺灣東部海域行進或過境之颱風，在蘇澳港或花蓮港近海所監測長浪之演化歷程，特別具有指標性，故可作為長浪判釋之依據。至於颱風長浪，尖峰週期通常會大於10秒，且其在蘇澳港近海之演化一般可區分為(1)啟始到達；(2)群聚成長；(3)堆疊擁積；(4)成熟飽滿；及(5)減衰消退等五個重要歷程階段。其中，啟始到達階段之辨識，可應用尖峰週期約12秒之深水群波傳播速度(~809km/day)估算；堆疊擁積階段之辨識，可以長浪之示性波高是否由小逐漸成長至大於1.5公尺為基準；而有關減衰消退階段之辨識，則可以示性波高是否由大逐漸減小至低於1.5公尺為基準。

關鍵字：長浪、湧浪、風浪、颱風、波浪監測

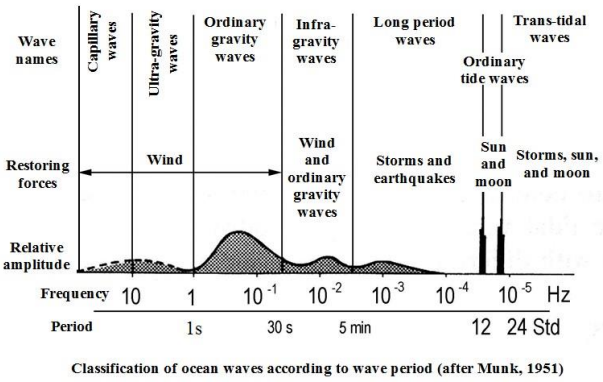
一、前言

海洋中之波浪，通常係因風力之作用而衍生，故有「無風不起浪」之俗諺。在海洋學之領域中，此種因風(移動風暴、颱風、或強烈季風)而起之波動，統稱為風浪(wind waves)。風浪之大小或所挾帶能量之高低，主要取決於具有特定風速之風域(風力作用場域)範圍及風力之持續吹襲時間。主要特性之表達，藉助於波高(H)以及週期(T)或頻率(f)。

Munk(1951)將具有不同產生動力之各類型波動型態及其所對應之波浪名稱，依其對應之顯要週期區間，整理如圖1所示。由圖觀察可見，因風而起之風浪，其主要週期大多小於30秒，而且，週期約在8~10秒間之風浪，相對性地具有最大之波動能量，紀錄中，風浪之最大波高，可達34公尺(Horikawa, 1978)。

湧浪(swells)，學理上係專指離開風域或失去原生風力影響之風浪，故與颱風或強烈季風之存在息息相關。一般而言，由於其比風浪具有較規則之波動或較長之週期，因此，通俗上亦稱為“長浪”。

在海洋中，基於波動之分散(dispersion)特性，週期長短不一之風浪，因而具有不同之傳播速度。而長浪，因其能離開移動中之原生風域，故波動傳播速度，通常較風域之移動速度快，所以，即使天氣風和日麗，近海仍會存在長浪。此外，因其在生成期間所挾帶之能量甚大，故可傳播之距離甚遠，當其抵達近岸後，由於波能消散不易，加以水深變淺、灣澳地形窄縮、及人造結構物之影響，因此，先來後到之長浪，常會因波動本質之非線性群聚演化及阻塞作用而擁積及推疊，以致波高大幅放大，甚至在岸邊引發突如其來的巨浪，或衍生瘋狗浪(梁，2008；梁 等，2010；莊、曾，2014；氣象局，2014)，進而對民眾之生命財產造成危害。



Classification of ocean waves according to wave period (after Munk, 1951)

圖1 以週期差異為基準之波動分類

颱風，為臺灣首要的「災變天氣」。在西北太平洋及南海海域，每年夏、秋季節(6~11月)，平均有高達26.32個颱風會形成，其中，約有3至4個會侵襲臺灣(氣象局，2014)。在海、陸、空各領域，由於其伴隨之強風巨浪，通常會造各類型重大天然災害，故國內現行較完善且最常施行的防減災策略與作為，大多係以發布警報之颱風為對象。對於未發布警報之颱風及因其而引發長浪之危害，卻常因無具體預警措施與作為而屢屢被輕忽。鑑此，本文將從國內五個國際港之既有波浪觀測談起，再以颱風與長浪之密切關聯性為基礎，藉今年5月僅發布海

上颱風警報之紅霞(NOUL)颱風與無警報之白海豚(DOLPHIN)颱風之波浪逐時觀測紀錄，據以探討長浪之演化特性，並提供簡易之辨識準則。

二、波浪的監測

為科學研究與工程應用之需要，我國內政部國土測繪中心、經濟部水利署、交通部中央氣象局、觀光局及運輸研究所港灣技術研究中心等政府機構，以及海軍氣象中心、國立臺灣大學海洋研究所、國研院台灣海洋科技研究中心、臺南水工試驗所等學術研究單位，在臺灣環島近海均建置有風、浪、流、潮等海氣象監測站，並經管監測紀錄與資訊分析。其中，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，早自民國七十五年開始，即著手進行臺灣五個國際港區附近海域長期性海氣象資料之蒐集、觀測、整理及分析歸納，近三十來並已獲致頗豐碩之研究調查成果(曾 等，2015)。

國內五個國際港既有波浪資料之蒐集，其起始時間分別為：臺中港自1971、基隆港自1983、蘇澳港自1984、花蓮港亦自1984、高雄港自2000。而為建置各港之海氣象(風、浪、潮、流)即時監測與傳輸顯示系統，高雄港自2000年12月起、基隆港自2001年6月起、花蓮港自2001年8月起、蘇澳港自2002年7月起、臺中港自2003年6月起，分別即廣泛使用挪威NORTEK公司出品之超音波式波向波高與剖面海流儀器(AWCP)，如圖2所示，進行長時間連續之海面波浪及海流監測(曾 等，2015)。目前，波浪監測係以1 Hz之取樣率，逐序從每小時第十分鐘開始，逐時施測2048筆紀錄。

AWCP之主要優點包括：設置水深範圍較大(約10m至60m)、可以取得即時波浪資料、並可依需要調整記錄時間及取樣頻率；但缺點則有設置費用昂貴、安裝需費時費力鋪設電纜線、故障維修不易、在惡劣海象下，測取波浪極端值容易造成誤差。所量測之波浪紀錄，經儀器自身之分析及後處理功能，可直接測得示性波高(H_s)、最大波高(H_{max})、1/3最大波高($H_{1/3}$)、1/10最大波高($H_{1/10}$)、主波向、次波向、以及尖峰週期(T_p)、二階譜週期(T_{m02})、平均週期($\bar{T}$)等波浪代表特性。

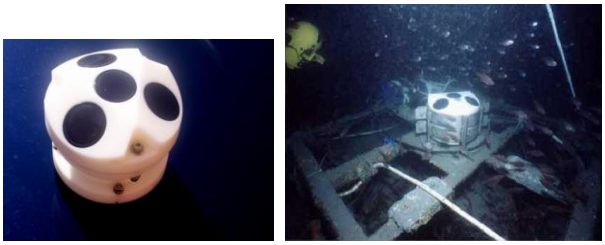


圖2 國內自2000年以後廣泛應用於近海波浪監測之超音波式波向波高與剖面海流儀AWCP(左)及其在水下量測佈置(右)示意圖

今(2015)年5月4日及5月9日，在太平洋海域分別有編號第06號之中度颱風「紅霞」及編號第07號之輕度颱風「白海豚」相繼形成，並均大約以每小時10至20公里之行進速度由東而西移動，相關移動路徑潛勢預報圖及衛星雲圖，分別如圖3與圖4所示。由圖觀察可見，紅霞颱風在5月9~10日接近菲律賓陸地前，強度曾由中度轉為強烈，且基於其對臺灣海域之威脅性，中央氣象局曾對其發布海上颱風警報；而白海豚颱風在向臺灣海域接近期間，於5月16~18日，強度亦曾由中度轉為強烈，但因其對臺灣海域不具威脅性，故中央氣象局未曾對其發布颱風警報。

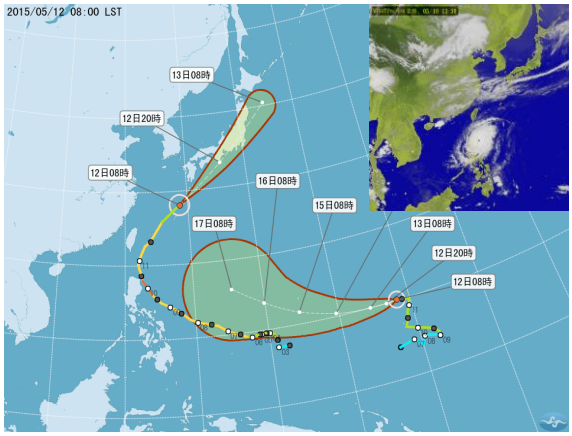


圖3 今(2015)年5月4日在太平洋海域所形成編號第06號之中度颱風「紅霞」之移動路徑圖及05/10 13:30之衛星雲圖(取自中央氣象局網站)

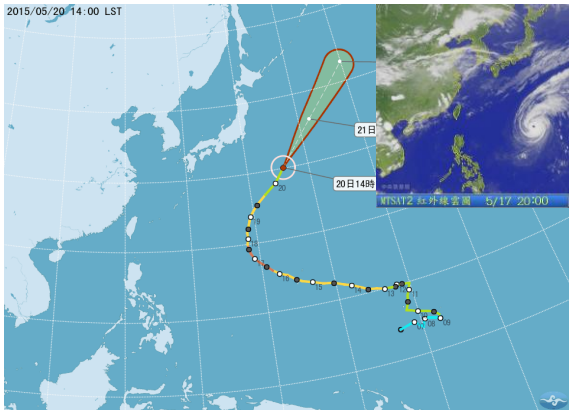


圖4 今(2015)年5月9日在太平洋海域所形成編號第07號之輕度颱風「白海豚」之移動路徑圖及5/17 20:00之衛星雲圖(取自中央氣象局網站)

在國內五個國際港近海，應用AWCP對波浪進行監測，因而可得「紅霞」颱風及「白海豚」颱風影響期間之逐時波浪紀錄，分別如圖5與圖6所示。

在不同颱風之影響下，就波高之大小而言，由圖5與圖6觀察可見，臺灣東部近海波浪之監測波高，由於未受臺灣本島陸地岬頭地形遮蔽之影響，

一般皆會大於西部近海。另外，在東部近海，逐時波高之變化趨勢，約略近似相同，但很特別的是，蘇澳港之波高，通常會比花蓮港大。

再就週期之逐時變化趨勢而論，臺灣東部近海之波浪，亦皆比西部近海具有較長之週期。而且在東部近海之蘇澳港與花蓮港，彼此之波浪週期，與波高相似，甚特殊地亦約略具有甚相近似之逐時變化特性，特別是在波浪週期由短而長之突變發生時間。

綜合圖5與圖6，從國內五個國際港近海觀測波浪之逐時變化特性比較可知，針對相同之颱風影響，只要其行進路徑係由太平洋海域接近臺灣東部海域，則波浪週期與波高之逐時變化特性，將可以蘇澳港或花蓮港作為代表與指標。兩者相較，蘇澳港更優於花蓮港。因此，對於臺灣環島海域相關長浪之辨識與討論課題，建議均可以蘇澳港之逐時觀測波浪特性作為代表。

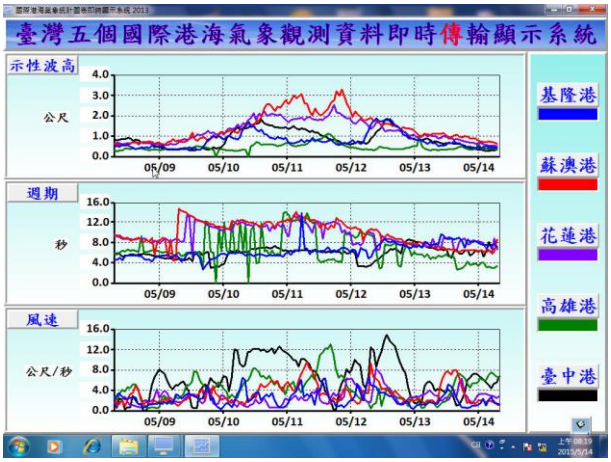


圖5 紅霞颱風影響期間(05/09~05/14)在國內五個國際港近海所監測之逐時波浪紀錄 (上：示性波高 H_s；中：尖峰週期T_p；下：風速)

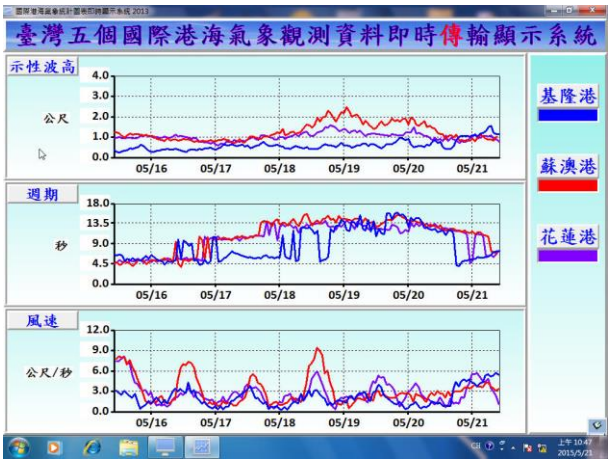


圖6 白海豚颱風影響期間(05/16~05/21)在國內三個國際港近海所監測之逐時波浪紀錄 (上：示性波高 H_s；中：尖峰週期T_p；下：風速)

三、長浪的傳播速度

因風而起之風浪，參見圖1，其主要週期大多小於30秒，再參照圖5及圖6可見，若長浪之尖峰週期(T_p)平均以12秒代表，則在太平洋中，長浪將判屬深水波，且其波動傳播速度將可以群波速度(C_g)估算如下：

$$C_g = \frac{1.56}{2} T_p \qquad (1)$$

=0.78*12 m/s

=9.36m/s

=33.7 km/hr

=809 km/day

掌握波動傳播速度，依據颱風行進路徑與距岸距離，進而即可估計波浪自形成後，其前導波群可對特定近海波浪測站產生影響衝擊之到達時間。

以今(2015)年5月4日及5月9日在太平洋海域相繼形成之中度颱風「紅霞」及輕度颱風「白海豚」為例，若以長浪每日約傳播809公里之速度為基礎，則先從圖3可見，紅霞颱風在5月4日初生成時，距離蘇澳港波浪測站之距離約2400 km，因此，伴隨颱風衍生之長浪，估計應於3日後，亦即於5月7日，其前導波群即會傳播至臺灣東部近海；而至5月12日，颱風自臺灣東部近海開始北轉離開後，距離蘇澳港之最近距離僅約200 km，故可預期，伴隨颱風所衍生長浪之影響，應可自5月12日當日起即開始減弱消退。

至於白海豚颱風，從圖4可見，其在5月9日初生成時，距離蘇澳港波浪測站之距離約4600 km，因此，當時伴隨颱風衍生之長浪，預期可於約6日後，亦即5月15日，其前導波群將會傳播至臺灣東部海岸；而至5月18日，颱風自臺灣東部外海開始北轉離開時，距離蘇澳港之最近距離約2000 km，故可預期，伴隨颱風所衍生長浪之影響，應可自5月21日起減弱消退。

綜合而論，在蘇澳港，欲篩選近海實測波浪紀錄，據以檢視或辨識颱風所衍生長浪的演化特性，從以上應用群波速度所估計之起始影響與減弱消退期間，針對「紅霞」颱風，應為2015年5月7日至5月12日，共約6天；而針對「白海豚」颱風，則其應為2015年5月16日至5月21日，亦共約6天。

四、近岸長浪之演化歷程

波高與週期，兩者共同是描述波浪特性之重要參數，故而欲清礎陳現及檢視近岸長浪之演化歷程，應將兩者綜合聯結。

另外，如前所述，在太平洋海域，自颱風形成後，其所衍生長浪之逐時變化或演化特性，可應用蘇澳港海象測站之監測波浪作為指標，至於其對蘇澳港近海之起始影響與減弱消退期間，則可依據長

浪之傳播速度(~809 km/day)進行估算。因此，在2015年5月7日至5月12日共約6天之「紅霞」颱風影響期間；及在2015年5月16日至5月21日亦共約6天之「白海豚」颱風影響期間，整理蘇澳港近海波浪逐時監測之示性波高(H_s)、尖峰週期(T_p)及近海十分鐘平均風速等分析結果，分別可得如圖7與圖8所示。

在圖7與圖8中，首先，觀察近海逐時風速之變化特性可見，蘇澳港近海風速之強弱，明確具有日週期之變動性，每日較小風速，約在2 m/s以下；較大風速，則約介在6~10 m/s間，並且約發生於每日正午(12時)之前後約2小時。因此，可判定該風力，並非源自於遠域之颱風，而明確係因當地海—陸溫差效應所衍生之「海陸風」。海陸風速越強，代表天氣愈晴朗。也因此，從「海陸風」之明顯性，進而可判定，在「紅霞」及「白海豚」颱風影響期間，蘇澳港僅管風和，但卻日不麗，天氣很明顯是非常晴朗而炎熱地。

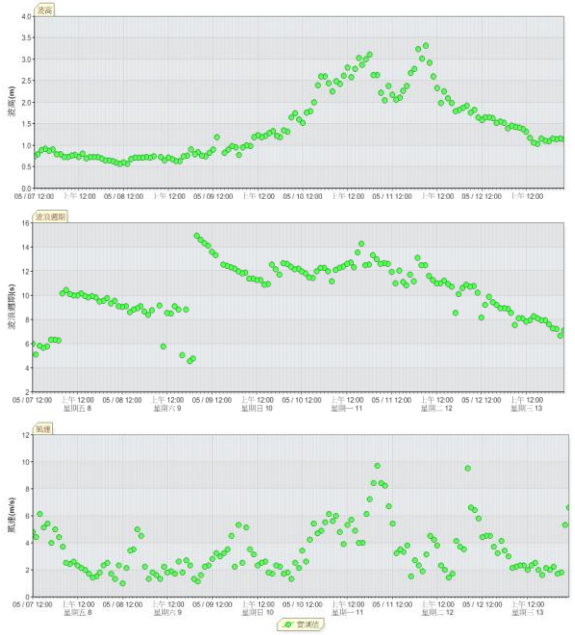


圖7 蘇澳港近海在紅霞颱風長浪起始影響至減弱消退期間(05/07 ~ 05/13)之示性波高H_s(上)、尖峰週期T_p(中)及平均風速(下)逐時演化歷程

其次，針對近岸長浪之演化歷程(莊、曾，2014)，在2015年5月7日至5月12日共約6天之「紅霞」颱風影響期間，由圖7之波高與週期之逐時變化觀察可見，當紅霞颱風之前導長浪波群，於5月7日中午前初抵蘇澳港近海時，波高甚小，不及1.0公尺，而週期多在6秒上下，波浪係屬於日常天氣下之經常性風浪，總體海象，尚算風平浪靜；及至5月7日晚上約8時，僅管波高仍偏小，但週期已自6秒突然增長至約10秒，可見，長浪波群已陸續抵達；再至5月9日早上約8時許，雖然波高仍保持在1.0公尺以下，但波浪週期再次從10秒大幅躍升，最大至約15秒左右，這顯示海域之波動特性，明確已由風浪轉變為長浪；而後，由於長浪波能之不易消散性，外加先來後到長浪波群之陸續堆疊擁積，故長浪之波高，自此時期開始，即將緩緩成長而增高，並約於5月10日星期日(母親節)早上約8時許，波高超過1.5公尺；及至5月10日晚上6時至5月11日早上6時間，長浪演化臻於成熟，波高超過2.5公尺；接著，在5月11日晚上約8時前，演化成熟之波高，最大可達約3.5公尺，但接續由於颱風行進速度及強度之轉變，促使發展已臻成熟之長浪，波高會在2.5公尺上下陳現振盪；最後，隨著颱風自臺灣東部近海開始北轉離開，促使保持在成熟飽滿狀態之長浪，陸續會因堆疊擁積效應減弱而衰退，最高約達3.5公尺之波高，因而會逐漸降低，週期亦會從12秒以上逐漸減縮；及至5月12日下午約2時，波高已快速降低至小於1.5公尺、週期小於10秒；而至5月13日中午約12時許，波高已回降至約1.0公尺、週期趨近於6秒，這意謂颱風衍生之長浪已完全消散，近海波浪再次又回復為日常天氣下之風浪。於圖7中，特別值得一提的是，海陸風速之日週期性強弱變動，並不會使風浪之波高與週期，陳現對應之日週期性增減。

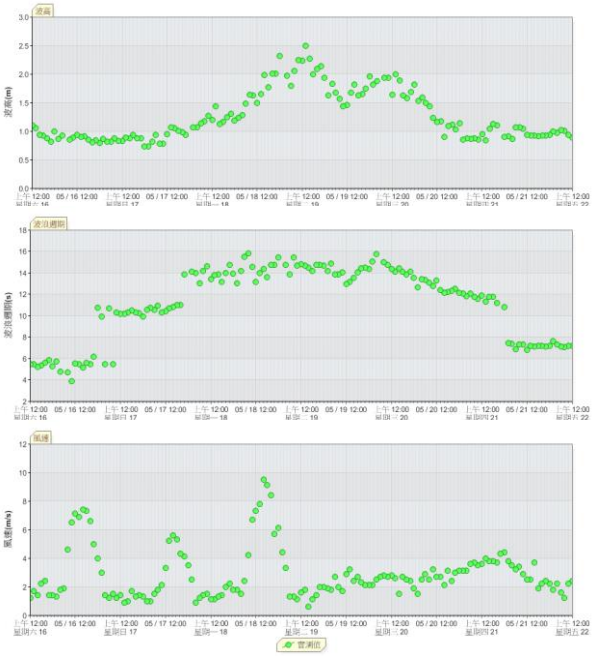


圖8 蘇澳港近海在白海豚颱風長浪起始影響至減弱消退期間(05/16 ~ 05/22)之示性波高H_s(上)、尖峰週期T_p(中)及平均風速(下)逐時演化歷程

再於2015年5月16日至5月22日亦共約6天之「白海豚」颱風影響期間，由圖8之波高與週期觀察可見，當白海豚颱風之前導長浪波群，於5月16

日中午前初抵蘇澳港近海時，波高甚小，亦不及1.0公尺，而週期亦多在6秒上下，波浪係屬於日常天氣下之高頻風浪，總體海象，亦可稱風平浪靜，具有日週期性強弱變動之海陸風速，亦不會對風浪之波高與週期，陳現對應之日週期性增減；及至5月16日晚上約6時，僅管波高仍偏小，但週期已自6秒突然增長至約10秒，可見，長浪波群已陸續抵達；再至5月17日下午約5時許，與紅霞颱風長浪相似，雖然波高仍保持在1.0公尺以下，但波浪週期之變化，再次從10秒大幅躍升至14秒以上，且最長週期約可達16秒左右，這顯示海域之波動特性，明確已由風浪轉變為長浪；而後，由於長浪波能之不易消散性，再外加先來後到長浪波群之陸續堆疊擁積，故長浪之波高，自此時期開始，即將緩緩成長而增高，並約於5月18日早上約9時許，波高超過1.5公尺；及至5月18日下午2時至5月19日清晨，長浪演化臻於成熟，波高均超過2.0公尺，且最大可達約2.5公尺；接著，在5月20日清晨以前，演化成熟之波高，再次由於颱風行進速度及強度之轉變，促使發展已臻成熟之長浪，波高會在2.0公尺上下陳現振盪；最後，隨著颱風自臺灣東部外海開始北轉離開，促使原來保持在成熟飽滿狀態之長浪，陸續會因堆疊擁積效應減弱而衰退，波高因而逐漸降低，週期亦會從12秒以上逐漸減縮；及至5月20日中午約12時，僅管週期仍維持在12秒左右，但波高已快速降低至小於1.5公尺；而至5月21日早上約7時許，波高已回降至約1.0公尺、週期趨近於8秒，這再次顯示出颱風衍生之長浪已完全消散，近海波浪又回復為日常天氣下之風浪。於圖8中，特別值得一提的是，颱風長浪之演化，通常與當地之天氣及風力或「海陸風」無關。。

五、長浪的辨識

颱風在初形成時皆屬輕度颱風等級，因此，其近中心附近10分鐘平均之最大風速，應達17.2~32.6 m/s，或蒲福風級8~11級(氣象局，2014)。在此種遠域強風持續作用下，於廣濶海面所衍生之波浪，尖峰週期(T_p)通常會大於10秒(Semedo et al., 2011)。至於尖峰週期，學理上係指波浪頻譜中，具有最大波能之頻率(f_p)所對應之週期。所以，在太平洋海域，無論形成颱風之遠近、強弱或有無發佈颱風警報，只要颱風係由東而西向臺灣東部海域行進或過境，則在蘇澳港近海所監測之波浪，檢視其尖峰週期是否大於10秒，即可作為辨識長浪之簡易基準。

以國內五個國際港近海波浪之逐時監測分析結果(參見圖5及圖6)及蘇澳港之長浪演化歷程(參見圖7與圖8)為基礎，配合上列所述長浪之簡易辨識基準，再結合長浪示性波高(H_s)之逐時變化，進而可將長浪之辨識，更清楚地區分為(1)啟始到達；(2)群聚成長；(3)堆疊擁積；(4)成熟飽滿；及(5)減衰消退等五個重要歷程階段。

以圖7所示紅霞颱風在蘇澳港近海所觀測之長浪演化歷程為例，依波動傳播速度估計，長浪應於5月7日啟始到達蘇澳港近海，且在此時期(約於5月7日20時)，觀測波浪之尖峰週期(T_p)，會從一般週期約6秒之風浪，開始轉變為超越10秒之長浪，但因當時近海之長浪，僅處於前導波群到達階段，故其波高(H_s)，依舊甚小，普遍不及1.0公尺，故而仍以週期約6秒之風浪作為主要之示性指標；及至5月9日8時前，隨著颱風之接近，長浪開始群聚成長，且所具有之波能，已逐漸超越風浪，故尖峰週期得以持續維持於10秒左右之準長浪；而後，長浪進入堆疊擁積階段，尖峰週期會作第二階段之躍昇，並隨著颱風強度之逐漸變化，長浪之示性波高，隨即逐漸增大，並於5月10日8時，超越1.5公尺，而於5月10日中午，在綠島海域即傳出7名浮潛客，因為颱風長浪轉大，7人體力不支無法游回岸邊，最後靠浮潛教練和海巡署人員合力搶救，才順利上岸；自此時間之後約10小時，即約於5月11日6時，由於先來後到長浪之持續堆疊與擁積，終致使長浪成熟飽滿，示性波高，因而可達3.0公尺以上；再持續約24小時，即在5月12日以後，由於颱風強度減弱及中心位置北轉偏移，故長浪開始進入減衰消退階段，並在5月12日14時以後，波高已降低至1.5公尺，週期亦逐漸往10秒趨近，直至5月13日12時以後，近海波浪又回復為週期約6秒之經常性風浪。

同樣地，再以圖8所示白海豚颱風在蘇澳港近海所觀測之長浪演化歷程為例，依波動傳播速度估計，長浪應於5月16日啟始到達蘇澳港近海，且在此時期(約於5月16日18時)，觀測波浪之尖峰週期(T_p)，會從一般週期約6秒之風浪，開始轉變為超越10秒之長浪，但因當時近海之長浪，僅處於前導波群到達階段，故其波高(H_s)，依舊甚小，普遍不及1.0公尺，故而仍以週期約6秒之風浪作為主要之示性指標；及至5月17日17時前，隨著颱風之接近，長浪開始群聚成長，且所具有之波能，已逐漸超越風浪，故尖峰週期得以持續維持於10秒左右之準長浪；而後，長浪進入堆疊擁積階段，尖峰週期會作第二階段之躍昇，並隨著颱風強度之逐漸變化，長浪之示性波高，隨即逐漸增大，並於5月18日9時，超越1.5公尺；自此時間之後約10小時，即約於5月19日0時，由於先來後到長浪之持續堆疊與擁積，終致使長浪成熟飽滿，示性波高，約可達2.5公尺；再持續約24小時，即在5月20日以後，由於颱風強度減弱及中心位置北轉偏移，故長浪開始進入減衰消退階段，並在5月20日12時以後，波高已降低至小於1.5公尺，週期亦逐漸往10秒趨近，直至5月21日7時以後，近海波浪又回復為波高小於1.0公尺，週期約6秒之經常性風浪。

為了工程設計與防災應用，通常採用之最大波高，依合田(1990)之建議，其約可達示性波高之1.6 ~ 2.0倍。至於，異常大波浪(freak waves)，則一般係以波高大於示性波高之2.0倍(Sand et al., 1990)作界定。因此，颱風長浪之示性波高，若如紅霞颱風可演化至3.5公尺，則最大波高將可能高達5.6~7.0公尺。也因此，在長浪達成成熟飽滿前之堆疊擁積階段，對親海民眾之生命安全與近海人民之財產保全，均將極具威脅性。故而在長浪辨識上，除了尖峰週期應大於10秒之基準外，示性波高達成成熟飽滿階段前後之判識，亦甚重要。而其間，最重要的當然是掌握長浪演化是否已發展至(3)堆疊擁積階段，以及確認是否進入(5)減衰消退歷程。

在紅霞颱風及白海豚颱風期間，依據圖7與圖8所示蘇澳港之長浪(尖峰週期大於10秒)演化歷程，再綜合以往相關之研究經驗(莊、曾，2014)，有關其堆疊擁積階段之辨識，可以長浪之示性波高是否由小逐漸成長至大於1.5公尺為基準；而有關減衰消退階段之辨識，則可以示性波高是否由大逐漸減小至低於1.5公尺為基準。至於，處在成熟飽滿階段之長浪，其示性波高通常會高達1.5公尺以上。

六、結論

波浪之尖峰週期(T_p)，係指波浪頻譜中，具有最大波能之頻率(f_p)所對應之週期；而其示性波高(H_s)又與1/3最大波高($H_{1/3}$)相近似，故兩者綜合適可應用以判識長浪之顯著性。

近15年期間，交通部運輸研究所港灣技術研究中心在基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、臺中港等國內五大商港近海所建置之海象監測站，由於皆應用AWCP進行波浪即時監測，顯示系統又逐時地以示性波高及尖峰週期陳示波浪特性，因此，在太平洋海域，當有颱風形成時，對臺灣近海而言，不論其是否為發佈警報之颱風，所衍生之長浪，均可透過國內五大商港近海監測波浪之尖峰週期及示性波高，清礎地陳現其逐時演化歷程。又對於由東而西自太平洋向臺灣東部海域行進或過境之颱風，在蘇澳港或花蓮港近海所監測長浪之演化歷程，特別具有指標性，故可作為長浪判釋之依據。特別值得一提的是，基於兩港各自地理位置與海域地形水深之差異，蘇澳港對長浪判釋之指標性，實際上優於花蓮港。

關於颱風長浪之辨識，甚簡易地可以尖峰週期大於10秒作為基準。至於其在近海之演化，依據蘇澳港之觀測，一般可將其區分為(1)啟始到達；(2)群聚成長；(3)堆疊擁積；(4)成熟飽滿；及(5)減衰消退等五個重要歷程階段。其中，啟始到達階段之辨識，可應用尖峰週期約10秒之深水群波傳播速度(~809km/day)估算；堆疊擁積階段之辨識，可以長浪之示性波高是否由小逐漸成長至大於1.5公尺為基準；而有關減衰消退階段之辨識，則可以示性波高是否由大逐漸減小至低於1.5公尺為基準。

參考文獻

1. 合田良實, 1990：港灣構造物の耐波設計，鹿島出版社。
2. 梁乃匡, 2008: “颱風湧浪與怪浪的預報”，*第10屆水下技術研討會暨國科會成果發表會論文集*。
3. 梁乃匡、林俊傑、曾相茂, 2010: “颱風湧浪預報經驗法的探討”, *海洋工程學刊*, 10卷，2期，87-120.
4. 曾相茂、何良勝、曾俊傑, 2015: 103年臺灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究(2/4), MOTC-IOT-103-H2DA001a 基本研究報告，交通部運輸研究所，共373頁。
5. 氣象局, 2014a: 氣象百科 海象問答 波浪，中央氣象局編印。(http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/marine/wave001.htm)
6. 氣象局, 2014b: 氣象百科_颱風百問，中央氣象局編印。(http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/typhoon.pdf)
7. 莊文傑、曾相茂, 2014: “淺談瘋狗浪之預警”，*第36屆海洋工程研討會論文集*，第95-100頁。
8. Horikawa, K., 1978: Coastal Engineering An Introduction to Ocean Engineering, Chapter 2, University of Tokyo, Japan.
9. Sand, S.E., Hansen, N.E.O., Klinting, P., Gudmestad, O.T. and M.J. Sterndor, 1990: Freak wave kinematics, in: Water Wave Kinematics, NATO ASI Series E, 178, Kluwer Academic, 535-550.
10. Semedo, A., Sušelj, K., Rutgersson, A. and A. Sterl, 2011: A Global View on the Wind Sea and Swell Climate and Variability from ERA-40. *J. Climate*, 24, 1461-1479.

INVESTIGATING THE CHARACTERS OF TIDAL CURRENT ELLIPSES ON THE 7 MAJOR PORTS AROUND TAIWAN

Wen-Jye Juang[1*] Hsien-Kuo Chang[2] Hsiang-Mao Tseng[1]

[1] Researcher, Center of Harbor and Marine Technology, Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications, Taichung 435, Taiwan, R.O.C.
[2] Professor, Department of Civil Engineering, National Chiao Tung University, Hsinchu 300, Taiwan, R.O.C.

ABSTRACT

There are 7 major ports: Taipei (TP), Taichung (TC), Anping (AP), Kaohsiung (KH), Hualien (HL), Suao (SA) and Keelung (KL), locate around the coasts of Taiwan. Basing on the records of coastal currents that measured at each port during 2009 to 2010, the harmonic analyses are respectively implemented, and the characteristics of the top 4 constituents that presented by current ellipses are investigated. By the most significant constituent M_2 exhibited at each port, the flattening factor of the related current ellipse consistently tends to be flat. The rotation sense appears to be clockwise at most of the ports, besides at ports of TP and HL where counterclockwise sense exhibited. Applying the criteria proposed by Carbajal (2000、2004) to examine and insight the main mechanism that cause different rotation sense, it is verified and confirmed that on the co-tidal charts of a coastal sea, i.e., on the tidal amphidromics system, while the angle (χ) between the gradients of the logarithm sea-surface elevation ($\nabla \ln \zeta$) and phase ($\nabla \psi$) that measured in counterclockwise sense satisfied $0 \le \chi \le \pi$, or equally the locally tidal waves presented features of progressive Kelvin waves, then the rotation sense should be counterclockwise. Otherwise, such as nearby the amphidromics, sparse of co-amplitude lines, and dense of co-tidal lines, the rotation of a current ellipse must be in clockwise sense.

Key words: tidal currents analysis, current ellipse, harmonic analysis, co-tidal chart, amphidromics, Kelvin waves, seas around Taiwan.

---

* Corresponding author, E-mail: jye@mail.ihmt.gov.tw

臺灣七大商港海域之潮流橢圓特性

莊文傑[1*] 張憲國[2] 曾相茂[1]

[1] 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員
[2] 國立交通大學土木工程學系教授

摘要

針對臺北、臺中、安平、高雄、花蓮、蘇澳、及基隆等臺灣七個主要商港外廓海域 2009 年至 2010 年的實測海流資料，本研究先進行各港天文潮流之調和分析，並建立調和分析常數與分潮流橢圓特徵之直接關聯性，從而可判定各港主要之 M2 分潮流橢圓，其型態普遍皆趨向於扁平，而且除了臺北港與花蓮港之分潮流橢圓旋轉方向為逆時針外，其他各港均為順時針。造成各港 M2 分潮流橢圓扁平度與旋轉方向存在變異的原因，經依循 Carbajal (2000、2004)之判定準則，並引介臺灣近海迄今可得之同潮圖作綜合檢視對照後，可確認其與 M2 分潮同潮圖在局部海域所展現之潮波傳播特性關聯密切。在局部海域，尤其當分潮波同潮圖之同振幅線及同潮時線之平面梯度向量 $\nabla \ln \zeta$ 相對 $\nabla \psi$ 之逆時針方向交角 χ，滿足 $0 \le \chi \le \pi$，或具有順沿波動行進方向右側水位高於左側之行進凱文波特性，則所對應分潮流橢圓之旋轉方向，將明確展現為逆時針；其他情況，諸如：潮波具有順沿波動行進方向左側水位高於右側之特性、或鄰近無潮點、或同振幅線稀疏、或同潮時線密集，則分潮流橢圓之旋轉方向，皆應展現為順時針。

關鍵詞： 潮流分析、潮流橢圓、調和分析、同潮圖、無潮點、凱文波、臺灣海域

*通訊作者 E-mail: jye@mail.ihmt.gov.tw

一、前言

海流是具有時空變化特性的向量，主要含括隨季節海氣象特性變動的洋流、隨日-月潮波特性變化之潮流、隨區域性有效延時風力作用產生之風趨流、由局部區域波浪碎波效應引致之近岸流、由地形與結構物影響造成之地形餘流、及河川或管溝之排放流等分別具有長、短週期性之流速成分(Nagata et al., 1971)。

海流是海洋的動脈，海洋中各種自然營養鹽、理化性質、天然泥沙質、或人為污染質等主要皆靠其循環交換及輸運傳播。因此，其不僅與海洋環境及海洋生態息息相關，甚且尚與海洋之各類型災害救濟關聯密切。

臺灣環島海域，由於天然的地理環境條件及東亞大陸棚架水深地形之影響，潮波、潮流、與海流皆具有極豐富的變化性與特殊性(Juang and Chiang, 2000、2005a、2005b、2006；Lin et al., 2000b、2001；Juang et al., 2012；Chang et al., 2013)。

研究潮波、潮流與海流，通常可藉現地觀測、遙測、及水動力數值模擬計算等方式，進行綜合特性之瞭解(Wang, 1998、1999；Jan et al., 1999、2001；Juang et al., 2001；Wang et al., 2003；Buijsman and Ridderinkhof, 2007；Zu et al., 2008；Tseng and Chen, 2012；Juang et al., 2012)。至於詳細特性之分析，一般係應用調和分析法(Foreman, 1977)，先進行主要構成分潮(constituents)之解析，然後再分別藉分潮同潮圖(co-tidal chart)及分潮流橢圓圖(current ellipse)，各別展現單一分潮成分之運動與動力特性(Nagata et al., 1971；Hayashi, 1979；Taylor, 1921；Fang et al., 1991；Xia et al., 1995；Carbajal, 2000、2004；Emery and Thomson, 2001；Juang and Chang, 2012)。

針對臺灣環島海域之潮波、潮流、與海流，Liu (1983)即曾應用三維水動力模式，模擬計算半日及全日型各主要分潮波之同潮圖與相關的潮流橢圓，藉以探討暴潮、天文潮、及潮流特性。Hwung and Tsai (1984)及 Hwung et al. (1986)曾針對臺灣西海岸 11 個驗潮站之實測潮汐資料，進行調和分析及波譜分析，從而提出臺灣西海岸，北自淡水，南至臺西，潮型皆屬半日潮型，且以 M2 分潮為最主要。Li (1989)

亦曾應用二維線性淺水波水動力模式，模擬計算臺灣環島海域半日及全日型各主要分潮波之同潮圖，並探討潮流相關之特性。Liu (1996)首先就臺灣環島沿岸驗潮站實測之潮汐資料，開創性地作系統整理與介紹。Wang (1998)結合中國大陸海岸邊界之導引影響，依據淺水海域行進凱文波(progressive Kelvin waves)之顯著特性(Pedlosky, 1979)，首先檢討臺灣峽潮波交會之論說，並推論臺灣海峽潮波之運動方向，應是由北而南單一方向傳遞。Wang (1999)、Jan et al. (1999、2001)及 Wang et al. (2003)在國科會委託國家海洋科學研究中心執行之「台灣海峽海況即時預報模式」計畫中，即曾針對臺灣海峽海域，分別進行海流實測及數值模擬，並探討臺灣海域四季之平均海水表面高度與海流特性之變化。Lin et al. (2000a)針對包含臺灣海峽中段以北之東中國海潮波系統，透過主要分潮波之數值模擬，建立分潮同潮圖，藉以研究分潮波之運動特徵與對應的形成機制，進而探討主要分潮流對大陸近岸海域地形變遷之影響。Jan et al. (2002a、2002b、2004)再針對臺灣海峽海域，除了分析比較實測與模擬計算所得之分潮流橢圓特性外，尚建構分潮波同潮圖，並判定半日潮波在臺灣海峽的西部，係直接由北向南以單向前進波傳播，而在東側則會因為臺灣灘(Taiwan Banks)南側陡峭水深變化之地形影響，以致因地形反射效應而形成駐波，藉以說明臺灣海峽中段海域具有大潮差的原因。Juang and Chiang (2000、2005a、2005b、2006)及 Lin et al. (2000b、2001)同樣曾針對臺灣海峽潮波之運動與動力特性進行研究，並提出半日型潮波受東亞大陸棚架地形抓陷(wave trapping)效應之影響而具有共振(resonance)特性。Juang and Chiang (2000、2002、2003、2004)再使用經水深積分後之二維淺水波水動力數值模式 MIKE21_HD (DHI, 1998)，首先以可視化(visualization)技術，展現臺灣環島各主要商港海域潮波與潮流之逐時變化特性。Juang et al. (2012)進一步應用 POM (Princeton Ocean Model)三維海洋環流數值模式，探討臺灣鄰近海域洋流對近岸潮流之影響。Chang et al. (2013)再針對臺灣環島各主要商港海域長期性之潮汐與潮流紀錄，透過調和分析，詳細探討天文分潮與分潮流之相關性。

綜合而論，關於臺灣環島海域之潮波、潮流、與海流，迄今尚有諸多課題值得深入研究，特別是實測海流紀錄之天文潮流分析與其分潮流橢圓特性之探討。因此，為詳細分析臺灣近海之天文潮流，並深入探討分潮流橢圓所對應展現之特性，針對交通部運輸研究所港灣技術研究中心所提供 2009 年至 2010 年在臺灣七個主要商港外廓海域所量測的海流資料(Tseng and Chen, 2012)，本研究將應用自行研發之非等時距調和分析模式(Juang et al., 2006)，先進行天文潮流之調和分析，接著，建立調和分析常數與分潮流橢圓特徵之直接關聯性，從而藉分潮流橢圓，詳實探討各港前四大主要分潮流所分別展現之水流特性，最後，引介臺灣海域主要半日分潮 M2 之潮波同潮圖，藉以深入探討臺灣近海主要分潮流橢圓展現不同旋轉方向之機制及其所對應之潮波特性。

二、臺灣七大商港海域的實測海流與天文潮流

基於不同的海氣象物理因素與動力機制所造成的海水流動泛稱為海流。經實測所得的海流，一般可區分為非潮流及潮流二類，前者包括洋流、地形餘流、排放流、風趨流、及近岸流等具有恆常特性的海流；後者則單純指因海面潮位昇降所伴生具有往復週期特性的天文潮流。

潮流與潮汐，由於其原生之動力本質均來自於天體間相互引力與地球之自轉，所以，二者皆具有旋轉波動特性(Xia et al., 1995；Lin et al., 2000a；Juang and Chiang, 2006)，有所不同的是，潮汐係為時變一維純量，而潮流則為時變二維向量。

自實測海流之複合成分中，欲萃取分析潮流，通常，可應用其與潮汐共通具有的週期或頻率特性，彷照與潮汐相同的資料處理及分析方法，首先，選定一以地理經向(東－西，E)及緯向(南－北，N)為座標軸之相互正交流速座標系統(U_V)，再在此一座標系統上，進行實測海流之一維時變流速分量分解，然後，遵循潮汐之調和分析理論(Foreman, 1977；Emery and Thomson, 2001)，預選數個主要分潮成分(constituents)，據以進行天文潮流之調和分析。

針對臺北(TP)、臺中(TC)、安平(AP)、高雄(KH)、花蓮(HL)、蘇澳(SA)、基隆(KL)等臺灣環島七個主要商港自 2009 年至 2010 年共二年之實測海流紀錄，經應用非等時距且僅預選 13 個(半日與全日型分潮各 4 個及 5 個長週期分潮)特定分潮成分之 HIS 調和內差補遺模式(Juang et al., 2006)，分別進行 U_V 天文潮流分量之調和分析，並將分析結果按分潮流速之大小作排列後，可得各港前五大分潮流速分量之調和分析常數，分別如表 1 所示；相關實測紀錄資料對應之缺漏情形、U_V 分潮流速分量之時間平均值、及經迴報(hindcast)所得天文潮流與實測海流時序之相對差異度(RMSE)與推定係數(R^2)(Chang et al., 2013)，分別可得如表 2 所示。至於二年期間之實測海流與天文潮流之具體關聯性，則可藉散佈圖(scatter plot)比較並展現如圖 1 所示。

表 1 臺灣七大商港海域 2009 至 2010 年實測海流 U_V 分量之調和分析結果

港口(測站)	依分潮流速($Vel.=\sqrt{U_E{}^2+V_N{}^2}$)大小排序之調和分析常數					
	序位	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
TP(臺北)	分潮流	**M2**	**S2**	**N2**	**K1**	**K2**
	U_E (cm/s)	44.100	13.968	8.399	4.460	4.261
	ϕ (θ°)	244.54	309.68	28.01	46.03	173.51
	V_N (cm/s)	29.088	8.617	5.448	2.874	2.767
	φ (θ°)	233.69	303.188	17.811	52.07	160.41
TC(臺中)	分潮流	**Sa**	**Ssa**	**K1**	**M2**	**Mm**
	U_E (cm/s)	12.670	8.137	3.967	6.923	4.876
	ϕ (θ°)	202.60	303.07	340.88	44.61	218.54
	V_N (cm/s)	19.674	9.756	8.043	5.229	4.375
	φ (θ°)	183.34	301.01	342.81	075.23	230.37
AP(安平)	分潮流	**M2**	**S2**	**Sa**	**K1**	**N2**
	U_E (cm/s)	12.053	4.817	0.947	2.150	2.099
	ϕ (θ°)	224.25	290.21	310.03	81.70	17.35
	V_N (cm/s)	17.032	4.871	4.372	3.761	3.763
	φ (θ°)	042.08	097.29	189.26	236.35	184.917
KH	分潮流	**K1**	**M2**	**O1**	**Sa**	**S2**
	U_E (cm/s)	9.616	9.485	6.981	5.287	2.793

(高雄)	ϕ (θ°)	170.43	124.54	076.05	320.32	213.51
	V_N (cm/s)	15.674	14.714	9.947	2.815	5.275
	φ (θ°)	339.84	304.20	235.12	186.59	021.19
HL (花蓮)	分潮流	**M2**	**Sa**	**K1**	**S2**	**K2**
	U_E (cm/s)	7.189	1.521	2.777	1.965	1.267
	ϕ (θ°)	225.57	197.94	218.84	261.43	160.72
	V_N (cm/s)	1.974	2.610	0.833	1.006	0.256
	φ (θ°)	158.59	274.51	171.49	236.54	091.33
SA (蘇澳)	分潮流	**M2**	**Sa**	**S2**	**K1**	**O1**
	U_E (cm/s)	1.621	1.094	0.441	3.536	2.750
	ϕ (θ°)	82.50	328.61	174.05	359.63	265.63
	V_N (cm/s)	10.684	4.727	4.682	3.038	1.533
	φ (θ°)	111.69	211.63	179.05	36.71	339.12
KL (基隆)	分潮流	**M2**	**S2**	**N2**	**Sa**	**Ssa**
	U_E (cm/s)	20.499	7.007	4.046	3.427	1.919
	ϕ (θ°)	320.28	46.70	113.87	328.322	087.56
	V_N (cm/s)	5.761	1.750	0.966	0.414	1.022
	φ (θ°)	341.64	57.55	137.04	024.41	77.34

註：U_E、V_N及ϕ、φ分別為分潮流之東-西、南-北向分量之流速振幅及相位角。

表 2 臺灣七大商港海域 2009 至 2010 年實測海流與天文潮流分析之特性比較

2009~2010 年七大商港海流流速分析		**TP** (臺北)	**TC** (臺中)	**AP** (安平)	**KH** (高雄)	**HL** (花蓮)	**SA** (蘇澳)	**KL** (基隆)
缺漏數 (%)		2235 (12.8)	4399 (25.1)	3521 (20.1)	1156 (6.6)	358 (2.0)	1159 (6.6)	1035 (5.9)
平均值 (Z_0)	U_a (cm/s)	-1.82	-14.28	0.77	-2.12	-1.51	-0.56	4.46
	V_a (cm/s)	2.66	16.80	-2.55	-7.19	-1.50	2.15	-1.79
	Vel. (cm/s)	3.22	22.05	2.66	7.50	2.13	2.22	4.81
相對差異度 (RMSE)	U_a (cm/s)	16.27	24.02	10.63	14.90	14.41	10.66	12.27
	V_a (cm/s)	9.19	24.63	13.20	20.13	9.90	16.23	10.60
推定係數(R^2)	U_a (cm/s)	0.813	0.262	0.452	0.397	0.145	0.104	0.628
	V_a (cm/s)	0.854	0.392	0.522	0.438	0.073	0.254	0.150

註：Ua、Va 分別表示潮流流速之東-西、南-北向分量；Vel. 為流速大小。

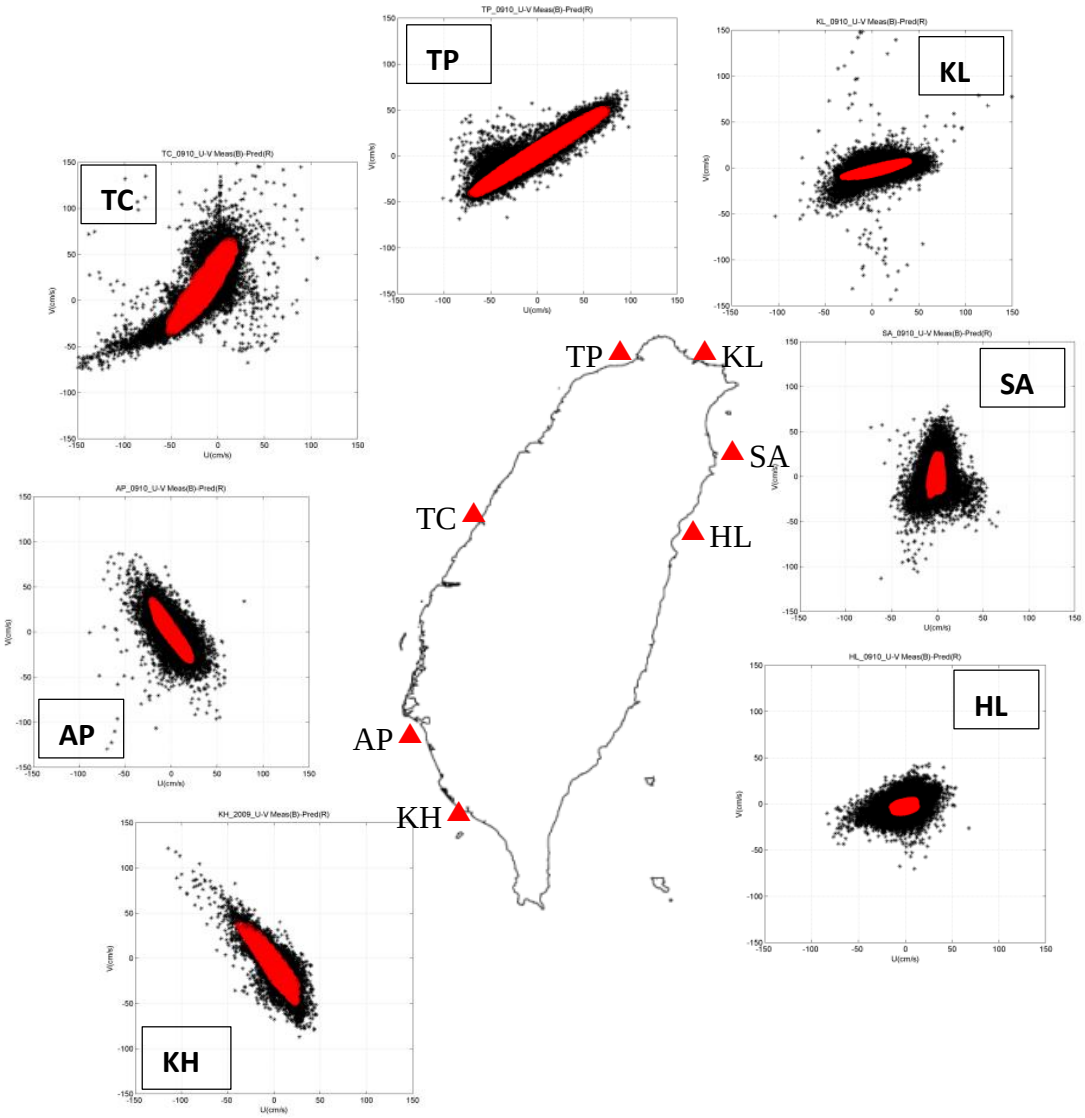


圖 1 臺灣七大商港港口外廓海域 2009 年至 2010 年實測海流(黑)與天文潮流(紅)之流速散佈圖比較

首先，由表 1 綜合觀察國內七個主要商港之前五大天文分潮流之流速大小($Vel. = \sqrt{U_E{}^2 + V_N{}^2}$)可知，除了臺中港以 Sa、高雄港以 K1 分潮流最大外，其他各港，皆以 M2 分潮流最大。其次，設定臺北、臺中、安平、及高雄各港為座落在臺灣西部的商港，而花蓮、蘇澳、及基隆各港為座落在臺灣東部的商港，則由表 1

進一步計算各大商港之最大天文分潮流流速，結果分別為：基隆港 21.3 cm/s、蘇澳港 10.8 cm/s、花蓮港 7.5 cm/s；而臺北港 52.8 cm/s、臺中港 23.3 cm/s、安平港為 20.8 cm/s、高雄港 18.38cm/s。可見，不僅臺灣西部各港之最大天文分潮流流速，一般較東部強大，甚且皆尚具有由北而南遞減之相同趨勢。最後，再就表 1 觀察可知，臺灣東、西部海岸七個主要商港的天文潮流，除了皆具有半日(M2)及全日(K1)之分潮流成分外，尚顯著地皆具有流速大小約 3~5 cm/s 之 Sa 年際週期性分潮流成分(臺北港 Sa 分潮流排序第六)。比較特殊的是，在台中港與高雄港，其 Sa 年週期性分潮流之流速大小，分別可高達 23.4 cm/s 及 6.0 cm/s。

此外，若將實測海流之 U_V 流速分量分別進行調和分析後，經合成兩方向分量之流速平均值(Z_0)所得之恆常流速向量稱為恆流，則配合圖 1 並觀察表 2 中可展現恆流流向之 U_V 流速分量平均值及其合成流速大小可知，臺灣東、西部海岸七個主要商港之海流，皆普遍存在有恆向海流成分，其中，臺北港有約 3.22 cm/s 的西北向恆流、臺中港亦有約為 22.05 cm/s 的西北向恆流、安平港有約為 2.66 cm/s 的南南東向恆流；高雄港有約 7.50 cm/s 的南南西向恆流、花蓮港與蘇澳港，分別有約西南向 2.13 cm/s 及北北西向 2.22 cm/s 之恆流，基隆港則有約 4.81 cm/s 之東南東向恆流。較強勁之恆流，與 Sa 分潮流相似，均分別展現在台中港與高雄港。

再配合圖 1 並就表 2 所示實測與分析流速分量之相對差異度(RMSE)觀察可知，其相對差異度一般約介在 10 cm/s 至 25 cm/s 間，其中，臺中港的實測海流，由於其流速散佈圖甚具特殊性，而且在七大商港中，其 U_V 流速分量皆具有最強勁之恆流成分，故而可能因此造成該港 U_V 流速分量之相對差異度均高達 24 cm/s 以上，為各港之最；另外，在高雄港，由於恆流成分相對亦較強，故而該港實測海流與天文潮流 U_V 流速分量之相對差異度，分別亦可高達 15 cm/s 與 20 cm/s。

至於臺灣七個主要商港實測海流與天文潮流 U_V 流速分量之相互關聯性，對照圖 1 並由表 2 中之推定係數(R^2)觀察可知，除了臺北港之 U_V 流速分量均可高達 0.80 外，其他各港，普遍偏低，一般皆不及 0.50，部分在臺灣東部的商港，如：

花蓮港及蘇澳港，其推定係數甚至僅約 0.10 左右。造成推定係數偏低之相關原因，由實測海流之散佈圖(圖 1)對照比較後可推定，其應係臺灣東部商港之實測海流流速較小，順沿海岸走向之主要流向不明顯，以致流速散佈圖約略陳現為圓形之故。

三、分潮流橢圓與分潮流之時變特性

3.1 分潮流橢圓之建構理論

實測海流，在 U_V 正交流速座標系統上，經調和分析後，具有特定頻率(ω)之二維天文分潮流$\vec{V}$，其兩一維時變(t)流速分量(U, V)，可分別以其分潮流速振幅(U_E, V_N)及位相延遲(ϕ, φ)等調和分析常數表示為

$$U = U_E \cos(\omega t - \phi) \tag{1}$$

$$V = V_N \cos(\omega t - \varphi) \tag{2}$$

而天文分潮流($\vec{V}$)可以複變數形式表示為

$$\vec{V}(\omega, t) = U + i\,V \tag{3}$$

並可以分別與負、正頻率相對應之順(-)、逆(+)時針方向旋轉圓之和(Emery and Thomson, 2001)簡潔地表示為

$$\vec{V}(\omega, t) = A^{+} e^{i\varepsilon^{+}} e^{i\omega t} + A^{-} e^{i\varepsilon^{-}} e^{-i\omega t} \tag{4}$$

式中，

$$A^{+} = \frac{1}{2}\left[(U_c + V_s)^2 + (V_c - U_s)^2\right]^{1/2} \;;\; A^{-} = \frac{1}{2}\left[(U_c - V_s)^2 + (V_c + U_s)^2\right]^{1/2} \tag{5}$$

$$\varepsilon^{+} = \tan^{-1}\left(\frac{V_c - U_s}{U_c + V_s}\right) \;;\; \varepsilon^{-} = \tan^{-1}\left(\frac{V_c + U_s}{U_c - V_s}\right) \tag{6}$$

$$U_c = U_E \cos(\phi) \;;\; U_s = U_E \sin(\phi) \;;\; V_c = V_N \cos(\varphi) \;;\; V_s = V_N \sin(\varphi) \tag{7}$$

A^{-}與A^{+}分別即為對應於具有負、正頻率$e^{-i\omega t}$、$e^{i\omega t}$之順、逆時針方向旋轉圓之半徑；而ε^{-}與ε^{+}分別為其對應之旋轉起始相位角。

將式(4)進一步再作轉換整理，則在 U_V 之正交流速座標系統上，由式(1)及

式(2)之分潮流速分量所表示之單頻天文分潮流$\vec{V}$，最後，即可以分潮流橢圓之複變數形式表示為

$$\vec{V}(\omega,t)=e^{i\theta}\{L_M\cos(\omega t+\vartheta)+i\,L_m\sin(\omega t+\vartheta)\} \tag{8}$$

式中，

$$L_M=A^+ + A^- \;;\; L_m=\left|A^+ - A^-\right| \tag{9}$$

$$\theta=\tfrac{1}{2}(\varepsilon^+ + \varepsilon^-) \;;\; \vartheta=\tfrac{1}{2}(\varepsilon^+ - \varepsilon^-) \tag{10}$$

L_M與L_m分別即為橢圓之半主軸長(length of major semi-axis)與半短軸長(length of minor semi-axis)；θ為橢圓主軸相對於U座標軸之逆時針方向傾斜角(tilting angle)；ϑ為橢圓軌跡相對於旋轉起始點之相位角(phase angle)。至於，橢圓之扁平度e(flattening factor)，其一般可定義為

$$e=1-\frac{L_m}{L_M} \quad ; \quad 0\le e\le 1 \tag{11}$$

當e越接近於 1，即表示順、逆時針方向旋轉圓之半徑長度A^-與A^+相當，致使分潮流橢圓之半短軸長L_m越短，故橢圓之形狀越扁平；而若e越近似於 0，表示順、逆時針方向旋轉圓之半徑長度A^-與A^+相差甚懸殊，或有一者近似於零，致使分潮流橢圓之半短軸長L_m與半主軸長L_M甚相近似，故橢圓之形狀將愈趨近於圓形(Juang and Chang, 2012)。

此外，為展現分潮流橢圓之旋轉方向特性，Emery and Thomson (2001)另外從順、逆時針方向旋轉圓所具有之旋轉動能大小觀點出發，定義一旋轉係數γ(rotary coefficient)：

$$\gamma=\frac{(A^+)^2-(A^-)^2}{(A^+)^2+(A^-)^2} \quad ; \quad -1\le\gamma\le 1 \tag{12}$$

藉以除了直接衡量分潮流橢圓之扁平度外，尚藉以標定順、逆時針之旋轉運動方向。其中，關於分潮流橢圓扁平度之衡量，當旋轉係數$\left|\gamma\right|$愈趨近於 1 時，表示順、

逆時針方向旋轉圓之動能(半徑長度平方)，相對上有一者趨近於微小，故分潮流橢圓之形狀，扁平度低，亦即其將趨近於以圓形陳現；而當旋轉係數$|\gamma|$愈趨近於 0，表示順、逆時針方向旋轉圓之動能愈相當，故潮流橢圓之形狀，扁平度高，甚至在$\gamma = 0$情況下，其將退化為直線。而關於分潮流橢圓旋轉運動方向之標定，當γ為負值時，表示該橢圓之旋轉運動方向為順時針；反之，即若γ為正值，則表示該橢圓之旋轉運動方向，係為逆時針。

3.2 調和分析常數與分潮流橢圓之關聯性

具有單一頻率(ω)或週期(T)之天文分潮流($\vec{V}$)，欲依據式(8)建構分潮流橢圓，可就式(1)及式(2)所示由四個調和分析常數所構成之二分潮流速分量，針對一週期之時間長度，先行逐時序計算其分潮流速分量(u,v)如下：

$$\left.\begin{aligned} u &= U_E \cos(\omega t - \phi) \\ v &= V_N \cos(\omega t - \varphi) \end{aligned}\right\} \quad ; \; t = 0,1,2,...T \; , \tag{13}$$

然後，在 U_V 正交流速座標系統上，依序連結(u, v)之座標點，即可簡易且直接地完成分潮流橢圓之建置(Juang and Chang, 2012)。由此可見，分潮流橢圓之旋轉運動軌跡圖，充分隱涵著 U_V 分潮流速分量之時變特性，其中，最明顯的是，當時序分別恰為$\omega t = \phi$或$\omega t = \varphi$之時，在分潮流橢圓之旋轉運動軌跡上，即可對應展現分潮流速分量U_E及V_N之大小；而在時序$t = 0$上，$(U_E \cos\phi, V_N \cos\varphi)$即為分潮流橢圓之旋轉起始點。所以，建構分潮流橢圓旋轉運動軌跡圖之主要功用與目的，實際上，即是在以一個簡單的橢圓軌跡圖，充分詳實地重現並展示二維天文分潮流($\vec{V}$)或以四個調和分析常數代表二個一維分潮流速分量之複雜時變性。

基於以上二分潮流速分量與分潮流橢圓的相互轉換性，進而可知，組成二分潮流速分量之四個調和分析常數，亦應該與順、逆時針方向旋轉圓之半徑及分潮流橢圓之半主(長)軸長、半短(副)軸長、主軸傾斜角、扁平度、及旋轉運動方向等各項外顯特性要素直接相關。所以，式(5)所對應順、逆時針方向旋轉圓之半徑，經再轉換化簡，首先，其即可以四個調和分析常數直接表示為

$$A^{+}=\frac{1}{2}\left[{U_E}^2+{V_N}^2+2U_E V_N \sin(\varphi-\phi)\right]^{\frac{1}{2}} \tag{14}$$

$$A^{-}=\frac{1}{2}\left[{U_E}^2+{V_N}^2-2U_E V_N \sin(\varphi-\phi)\right]^{\frac{1}{2}} \tag{15}$$

觀察上列二式，很明顯地可看出，構成分潮流橢圓之順、逆時針方向旋轉圓之半徑長短，不僅會受分潮流速分量各別之流速振幅(U_E, V_N)大小所影響，其尚會受二者相對位相延遲正弦值$\sin(\varphi-\phi)$之正、負與大小所左右。

其次，將式(14)及式(15)代入式(9)中計算，分別即可求得分潮流橢圓之半主軸長L_M與半短軸長L_m，同時，依據式(11)，進一步尚可計算分潮流橢圓之扁平度。因此可見，造成分潮流橢圓半主軸長、半短軸長、及扁平度變化之顯著影響因素，與影響順、逆時針方向旋轉圓半徑之因素相同，不僅會受分潮流速分量各別之流速振幅(U_E, V_N)大小所影響，其尚會受二者相對位相延遲正弦值$\sin(\varphi-\phi)$之正、負與大小所左右。所以，分潮流橢圓之扁平度，並不必要與(U_E, V_N)之大小，或與海岸水深地形之拘限性相關。

接著，再將二分潮流速分量之四個調和分析常數代入式(10)中化簡，則分潮流橢圓主軸之傾斜角，即可以四個調和分析常數直接表示為

$$\theta=\frac{1}{2}\tan^{-1}\left(\frac{2U_E V_N \cos(\varphi-\phi)}{{U_E}^2-{V_N}^2}\right) \quad ; \quad -\frac{\pi}{4}\le\theta\le\frac{\pi}{4} \tag{16}$$

顯然，傾斜角θ的大小，僅介在$\pm\pi/4$間，而這意謂分潮流橢圓之主(長)軸，必須隨分潮流速分量(U_E, V_N)之較大流速振幅作改變，換言之，其係為分潮流橢圓之主軸與對應於具有較大分潮流速振幅座標軸之順、逆時針方向夾角。此外，由式(16)觀察可見，分潮流橢圓主軸傾斜角θ之陡、緩程度及順、逆時針之傾斜方向，除了明確將會由二分潮流速分量振幅(U_E, V_N)之大小決定外，其尚會受其相對位相延遲之餘弦值$\cos(\varphi-\phi)$所控制。至於$\cos(\varphi-\phi)$之意義，進一步就分潮流橢圓主軸在U_V 正交流速座標系統上所展現相對於 U 軸之順、逆時針方向傾斜特性而論，由於分潮流橢圓之主軸端點，約略與 U 軸上之最大分潮流速U_E相對應，故依據式(1)及式(2)，令$\omega t=\phi$，即可從分潮流橢圓主軸端點所具有之分潮流速大小，概略估

計其主軸斜率如下：

$$\tan\theta \approx \frac{V_N}{U_E}\cos(\varphi - \phi) \tag{17}$$

可見，分潮流橢圓主軸之順、逆時針方向傾斜性，實際上將可由二分潮流速分量相對位相延遲餘弦值 $\cos(\varphi - \phi)$ 之正、負完全決定，其並不必要與海岸走向平行。

最後，關於旋轉係數 γ，將式(14)與式(15)直接代入式(12)中計算化簡，其即可用二分潮流速分量之四個調和分析常數，更簡潔地表示為

$$\gamma = \frac{2U_E V_N \sin(\varphi - \phi)}{{U_E}^2 + {V_N}^2} \quad ; \quad -1 \le \gamma \le 1 \tag{18}$$

由式(18)觀察可知，可用以直接衡量分潮流橢圓扁平度之旋轉係數 γ 的絕對值，其值大小，明確地與二分潮流速分量之流速振幅 (U_E, V_N) 及其相對位相延遲正弦值 $\sin(\varphi - \phi)$ 大小直接相關，並顯然地與造成式(11)所示扁平度 e 改變之因素相一致；而關聯分潮流橢圓陳示逆、順時針旋轉方向之旋轉係數 γ 值的正、負，則僅從 $\sin(\varphi - \phi)$ 值之正、負，即可充分準確地予以判定，即其並不必要與原始之產生作用力相關。

綜合以上調和分析常數與分潮流橢圓關聯性之探討可知，建構分潮流橢圓之功用或目的，主要是在將二維分潮流速向量或是以四個調和分析常數代表二正交分潮流速分量之複雜時變性，藉由一個順沿橢圓之簡單旋轉運動圖，充分詳實地予以重現並展示。換言之，經各別對二正交時變流速分量進行調和分析後，所得二分潮流速之振幅大小及二位相延遲之位相差，將可完全決定分潮流橢圓所展現之型態，其中，二位相延遲之相對位相差大小，尤其會主控分潮流橢圓扁平度及旋轉方向之變化。

3.3 臺灣七大商港海域的分潮流橢圓特性

應用交通部運輸研究所港灣技術研究中心自 2009 年至 2010 年分別在臺北、臺中、安平、高雄、花蓮、蘇澳、基隆等七個國內主要商港外廓海域所實測之海

流紀錄(Tseng and Chen, 2012)，並以 Juang et al. (2006)自行研發之非等時距調和內差補遺模式(HIS)進行各別商港天文潮流之調和分析，結果按分潮流速大小排序後，可綜整各港前五大分潮流之調和分析常數，如表 1 所示。應用式(13)，並配合式(14)至式(18)，進而可分別建構各港前四大分潮流之潮流橢圓圖，如圖 2 所示。惟在依據式(13)建構分潮流橢圓圖前，必須特別注意的是，基於不同調和分析模式所陳現調和分量型式之差異，表 1 中由 HIS 模式分析所得各分潮流速分量之位相角Θ，為能符合式(13)之$\cos(\omega t - \Phi)$形式，其均必須作$\Phi = 2\pi - \Theta$之位相補角轉換。

設定臺北、臺中、安平、及高雄各港為座落在臺灣西部的商港；而花蓮、蘇澳、及基隆各港為座落在臺灣東部的商港。首先，綜合觀察圖 2 所示各分潮流橢圓之半主軸長度可知：臺灣東、西部各大商港外廓海域，除了臺中港以 Sa、高雄港以 K1 最長外，其他各港皆以 M2 最長，因此，可確認最長之分潮流橢圓半主軸長度，實際將與各港之最大分潮流速 (參見表 1)相對應。此外，基於臺灣西部海域半日型潮波所具有之駐潮波型態及共振特性(Lin et al., 2000b、2001；Juang and Chiang, 2000、2005a)，進一步觀察圖 2 可知，在臺灣西部各港，其分潮流橢圓之半主軸長度，一般較東部長；而且東、西部各港，皆具有由北而南逐漸縮短之相同趨勢，其中，位在臺灣西部北端之臺北港，其 M2 分潮流橢圓之半主軸長度最長，約達 52.63 cm/s，而這與該港分潮流之最大流速 52.8 cm/s 明顯甚為近似。

其次，配合各商港實測海流與對應天文潮流之流速散佈圖(參見圖 1)，並就圖 2 所示各港前四大分潮流橢圓之主軸傾斜角綜合觀察可知：各港各自之分潮流橢圓，皆具有約略相同之主軸傾斜角；而且最大分潮流橢圓之主軸傾斜角，更與天文潮流流速散佈圖之主要流速方向相近似。此意謂各港天文潮流之流速散佈圖，實際上即可充分代表各港最顯著之分潮流成分，同時亦可詳實地展現其分潮流橢圓之主軸傾斜角特性。此外，僅管式(17)說明分潮流橢圓之主軸傾斜角，並不必要與海岸走向平行，但各港之分潮流橢圓主軸傾斜角，仍甚自然地具有順沿海岸走向之特徵。造成這一特徵之主要原因，推斷應係各港之海流，均於近岸海域量測，以

致海流受海岸地形之影響，在順沿海岸方向具有較高流速，而在垂直海岸方向具

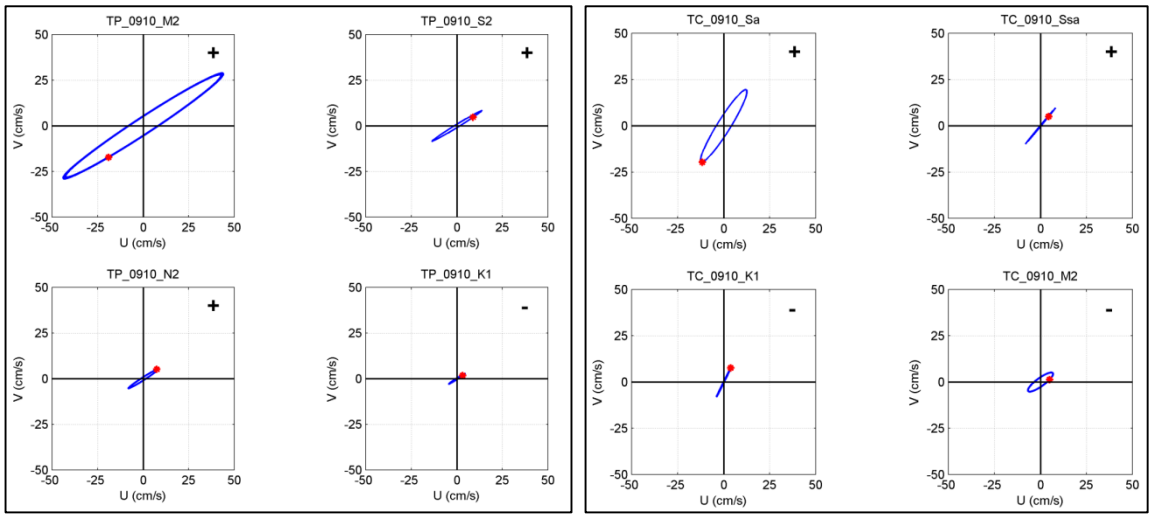


圖 2 臺灣七大商港_臺北港(左)及臺中港(右)前四大分潮流之
分潮流橢圓(✱：旋轉起始點，—、+：順、逆時針旋轉方向)

有較低流速所導致。

接著，為詳細闡釋分潮流橢圓扁平度與對應分潮流速分量之時變特性，選擇分別位在臺灣西部南、北端的安平港與臺北港，及位在東部北端的蘇澳港，配合表 1 及圖 2，針對 M2 分潮流速，從而可建構其分潮流橢圓與對應分潮流速分量之時變序列，如圖 3 所示。綜合觀察圖 2 與圖 3 可知：臺灣東、西部各大商港最大分潮流橢圓之圓扁度，普遍皆偏向扁平型，而且扁平度分別以在臺灣西南部的安平港及在臺灣東北部的蘇澳港最大。而造成各大商港最大分潮流橢圓趨向扁平型之原因，依據式(18)及表 1 所示分潮流速分量之調和分析常數進一步可判定，其主要係因旋轉係數 γ 均偏小之故。僅管如此，導致旋轉係數偏小之主因，在臺灣東、西部各港卻有所差別，其中，在臺灣東部各港(花蓮、蘇澳、基隆)，主要係因其最大分潮流分量之流速振幅，彼此具有顯著之大小差異(參見圖 3 上)所造成；但是在臺灣西部，則係因其中、北段(臺北、臺中)的最大分潮流分量之各別位相延遲，接近同相位(參見圖 3 中)，而在西南段(安平、高雄)，卻接近反相位(參見圖 3 下)所造成。至於分潮流橢圓隨地域(空間)不同所展現扁平度特性之變化差異，推測應與

臺灣環島海域之水深地形影響及潮波運動特性有關。

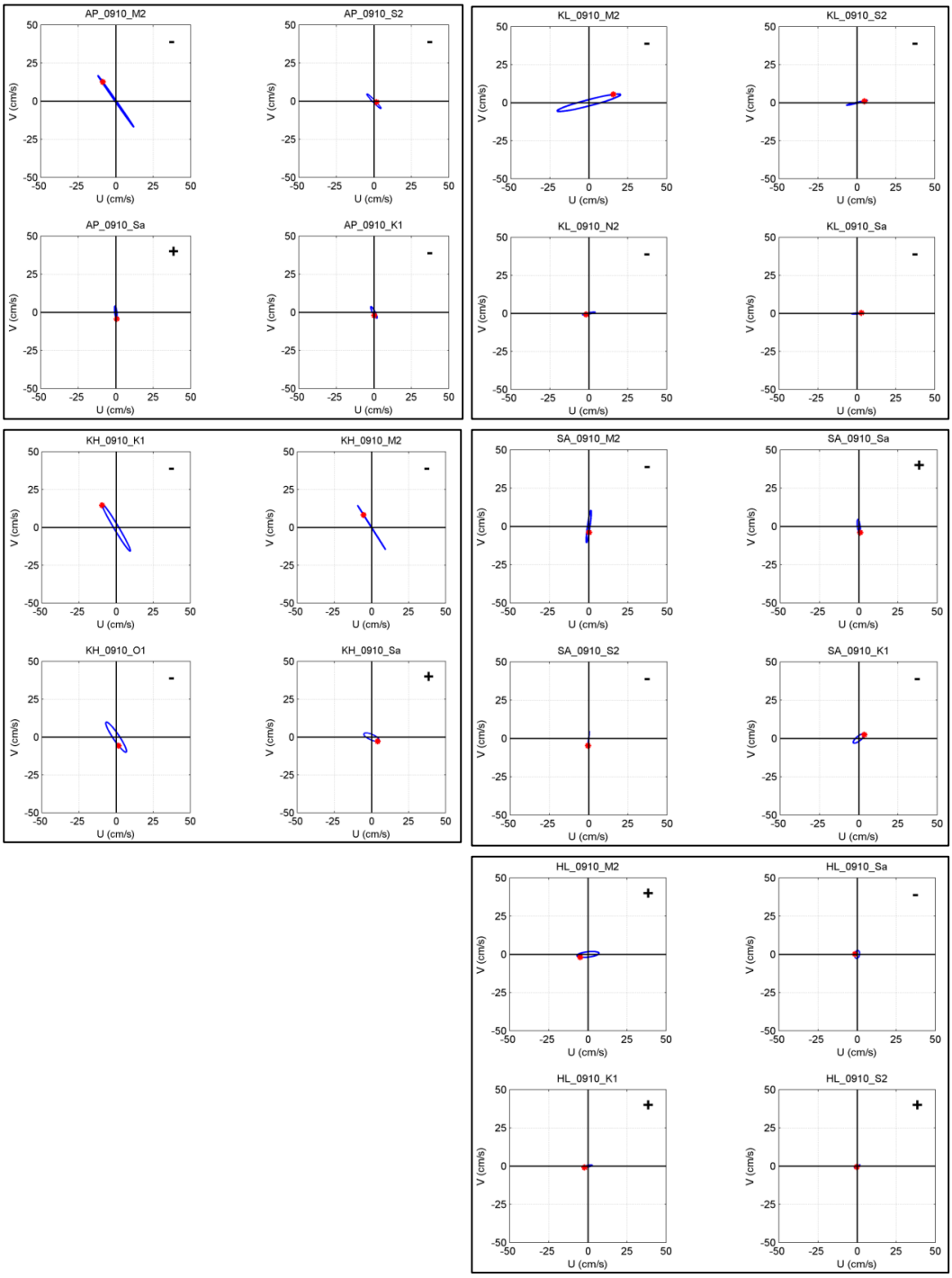


圖 2(續) 臺灣七大商港_安平港(左上)、高雄港(左下)、基隆港(右上)、蘇澳港(右中)、及花蓮港(右下)前四大分潮流之分潮流橢圓(✱：旋轉起始點，—、+：順、逆時針旋轉方向)

其次，配合各商港實測海流與對應天文潮流之流速散佈圖(參見圖 1)，並就圖 2 所示各港前四大分潮流橢圓之主軸傾斜角綜合觀察可知：各港各自之分潮流橢圓，皆具有約略相同之主軸傾斜角；而且最大分潮流橢圓之主軸傾斜角，更與天文潮流流速散佈圖之主要流速方向相近似。此意謂各港天文潮流之流速散佈圖，實際上即可充分代表各港最顯著之分潮流成分，同時亦可詳實地展現其分潮流橢圓之主軸傾斜角特性。此外，僅管式(17)說明分潮流橢圓之主軸傾斜角，並不必要與海岸走向平行，但各港之分潮流橢圓主軸傾斜角，仍甚自然地具有順沿海岸走向之特徵。造成這一特徵之主要原因，推斷應係各港之海流，均於近岸海域量測，以致海流受海岸地形之影響，在順沿海岸方向具有較高流速，而在垂直海岸方向具有較低流速所導致。

接著，為詳細闡釋分潮流橢圓扁平度與對應分潮流速分量之時變特性，選擇分別位在臺灣西部南、北端的安平港與臺北港，及位在東部北端的蘇澳港，配合表 1 及圖 2，針對 M2 分潮流速，從而可建構其分潮流橢圓與對應分潮流速分量之時變序列，如圖 3 所示。綜合觀察圖 2 與圖 3 可知：臺灣東、西部各大商港最大分潮流橢圓之圓扁度，普遍皆偏向扁平型，而且扁平度分別以在臺灣西南部的安平港及在臺灣東北部的蘇澳港最大。而造成各大商港最大分潮流橢圓趨向扁平型之原因，依據式(18)及表 1 所示分潮流速分量之調和分析常數進一步可判定，其主要係因旋轉係數γ均偏小之故。僅管如此，導致旋轉係數偏小之主因，在臺灣東、西部各港卻有所差別，其中，在臺灣東部各港(花蓮、蘇澳、基隆)，主要係因其最大分潮流分量之流速振幅，彼此具有顯著之大小差異(參見圖 3 上)所造成；但是在臺灣西部，則係因其中、北段(臺北、臺中)的最大分潮流分量之各別位相延遲，接近同相位(參見圖 3 中)，而在西南段(安平、高雄)，卻接近反相位(參見圖 3 下)所造成。至於分潮流橢圓隨地域(空間)不同所展現扁平度特性之變化差異，推測應與臺灣環島海域之水深地形影響及潮波運動特性有關。

最後，再就圖 2 所示臺灣七大商港各港前四大分潮流橢圓之旋轉特性綜合觀察可知：各商港前四大分潮流橢圓之旋轉方向，除了在基隆港均為順時針外，其他各港皆是順、逆時針混雜出現。比較特殊的是，若僅就各港之最大分潮流橢圓

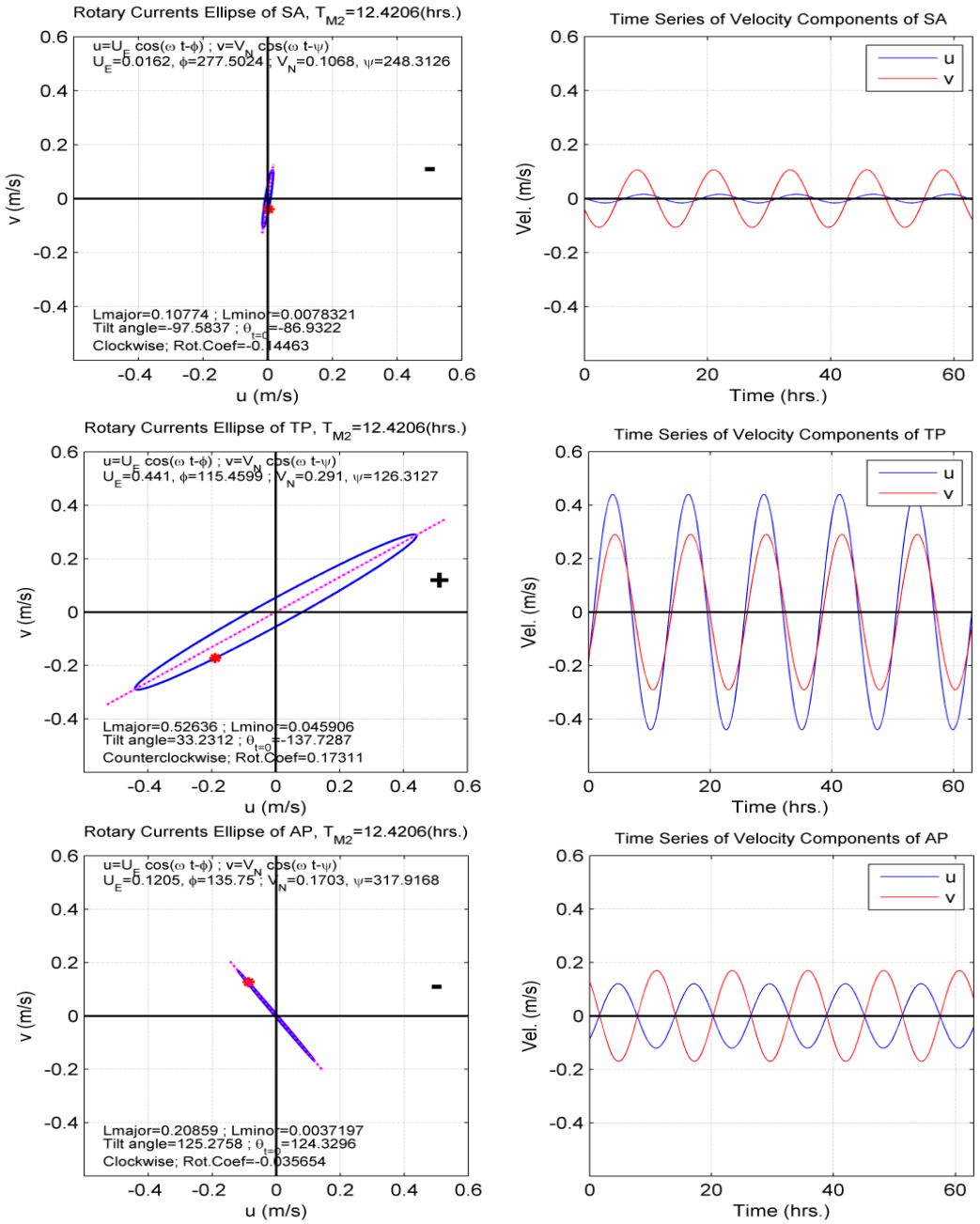


圖 3 蘇澳港(上)、臺北港(中)、安平港(下)最大分潮流橢圓(M2，✱旋轉起始點，—、+順、逆時針旋轉方向)之橢圓扁平度(左)與對應分潮流速分量之時變特性(右)

而論，則分別位在臺灣西部中、北段的臺中港與臺北港，以及位在臺灣東部中南段的花蓮港，旋轉運動方向皆為逆時針；而位在臺灣西部西南段的安平港與高雄港，以及位在臺灣東部偏北段之蘇澳港與基隆港，旋轉運動方向均轉換為順時針。而若僅就臺灣海域最主要之 M2 分潮流橢圓而論，則除了在臺灣西部北段的臺北港以及在東部中南段的花蓮港，旋轉運動方向為逆時針外，其他各港，包括在臺灣西部中南段的臺中港、安平港、高雄港，以及在東部北段的蘇澳港與基隆港，旋轉運動方向大多皆為順時針。因此，從 M2 分潮流橢圓所陳現之旋轉方向特性，應可據以推斷，在臺灣環島海域之特殊陸架地形水深影響下，臺灣東北端與西南端海域之潮流，彼此間應具有特定之密切關聯性。此外，有關於分潮流橢圓旋轉方向所陳示之意義，進一步依據表 1 所示調和分析常數中經補角轉換後之位相角，並從圖 3 所示蘇澳港(SA)、臺北港(TP)、及安平港(AP)之最大分潮流橢圓旋轉運動方向及對應分潮流速分量之時變特性仔細對照比較可見，當 U_V 流速分量各別展現最大流速(U_E, V_N)之發生時間，若是 U 分量比 V 分量提早，則分潮流橢圓將以逆時針方向旋轉；而若 V 分量比 U 分量提早，則分潮流橢圓之旋轉方向，將轉變為順時針。

四、分潮流橢圓之旋轉方向判釋

4.1 分潮流橢圓與潮波運動之關聯性

對於分潮流橢圓之特性，尤其是其旋轉運動方向與潮波運動之空間關聯性，Carbajal (2000、2004)在忽略潮波運動之直接引潮力與擴散效應條件下，考量地球自轉及底床摩擦力之影響，於(x, y)平面空間上，設定具有單一頻率(ω)之分潮流速($\vec{V}$)，可以式(3)之分潮流速振幅(U_E, V_N)及位相延遲(ϕ, φ)等調和分析常數表示，而分潮波動(ς)，可用水位振幅(ζ)及位相延遲(ψ)表示為

$$\varsigma = \zeta \cos(\omega t - \psi) \tag{19}$$

應用水深積分並行線性化，則二維自由潮波運動方程式，可藉分別與負、正頻率

$e^{-i\omega t}$、$e^{i\omega t}$相對應之旋轉分潮流速R^-與R^+及分潮波水位空間梯度S^-與S^+表示為

$$i(f+\omega)R^+ + rR^+ = -g\,S^+ \tag{20}$$

$$i(f-\omega)R^- + rR^- = -g\,S^- \tag{21}$$

式中，

$$R^+ = \frac{U_E}{2}e^{-i\phi} + i\frac{V_N}{2}e^{-i\varphi}\ ; \qquad R^- = \frac{U_E}{2}e^{i\phi} + i\frac{V_N}{2}e^{i\varphi} \tag{22}$$

$$S^+ = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\zeta}{2}e^{-i\psi}\right) + i\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\zeta}{2}e^{-i\psi}\right)\ ; \quad S^- = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\zeta}{2}e^{i\psi}\right) + i\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\zeta}{2}e^{i\psi}\right) \tag{23}$$

$f = 2\Omega\sin\Theta$為科氏力(Coriolis force)參數，$\Omega = 7.272\times10^{-5}s^{-1}$表示地球自轉角頻率，$\Theta$表示特定海域之緯度；$\omega$為分潮流速之頻率；$r = \frac{C_D}{h}\left|\vec{V}\right|$為線性化之底床摩擦係數，$C_D$為拖曳係數，一般取 0.0025；$h$為水深；$g$為重力加速度。

進一步將式(20)、式(21)與式(4)作關聯，因而可得$R^+ = A^+e^{i\varepsilon^+}$；$R^- = A^-e^{i\varepsilon^-}$，或$\left|R^+\right| = \left|A^+\right|$；$\left|R^-\right| = \left|A^-\right|$，這意謂：以負、正頻率$e^{-i\omega t}$、$e^{i\omega t}$旋轉之分潮流速$R^-$與$R^+$的絕對值，實際上分別即是順、逆時針方向旋轉圓之半徑。因此，Carbajal (2004)彷照式(12)之旋轉係數γ，藉比較順、逆時針方向旋轉圓半徑大小以判定分潮流橢圓旋轉運動方向之形式，從式(20)及式(21)整理並化簡，進而可得

$$\frac{\left|R^+\right|}{\left|R^-\right|} = \alpha\,\beta \tag{24}$$

式中，

$$\alpha = \sqrt{\frac{(f-\omega)^2 + r^2}{(f+\omega)^2 + r^2}} \tag{25}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{\left|\nabla\ln\zeta\right|^2 + 2\left|\nabla\ln\zeta\right\|\nabla\psi\left|\sin\chi + \right|\nabla\varphi\right|^2}{\left|\nabla\ln\zeta\right|^2 - 2\left|\nabla\ln\zeta\right\|\nabla\psi\left|\sin\chi + \right|\nabla\psi\right|^2}} \tag{26}$$

$$\left|\nabla\ln\zeta\right|^2 = \nabla\ln\zeta\bullet\nabla\ln\zeta = \left[\left(\frac{\partial\ln\zeta}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial\ln\zeta}{\partial y}\right)^2\right] \tag{27}$$

$$\left|\nabla\psi\right|^2=\nabla\psi\bullet\nabla\psi=\left[\left(\frac{\partial\psi}{\partial x}\right)^2+\left(\frac{\partial\psi}{\partial y}\right)^2\right] \tag{28}$$

$$\left|\nabla\ln\zeta\right\|\nabla\psi\left|\sin\chi=\nabla\ln\zeta\times\nabla\psi=\left(\frac{\partial\ln\zeta}{\partial x}\frac{\partial\psi}{\partial y}-\frac{\partial\ln\zeta}{\partial y}\frac{\partial\psi}{\partial x}\right)\right. \tag{29}$$

$\nabla=\left(\frac{\partial}{\partial x},\frac{\partial}{\partial y},0\right)$為平面空間向量之梯度運算子；ln 為自然對數函數；χ為分潮波水位振幅(ζ)及位相延遲(ψ)之平面梯度向量$\nabla\ln\zeta$相對於$\nabla\psi$之逆時針方向夾角。

由式(24)觀察可知，可藉以判定分潮流橢圓旋轉方向，甚至是式(11)及式(12)所定義之扁平度e及旋轉係數γ之順、逆時針方向旋轉圓半徑$\left|R^-\right|$與$\left|R^+\right|$，其比值很明顯地可僅由α與β兩參數之乘積所決定，其中，α參數又與分潮流之波動頻率ω、科氏力參數f、及線性底床摩察係數r等動力特性相關；而β參數則與分潮波水位振幅(ζ)及位相延遲(ψ)之平面梯度向量大小$\left|\nabla\ln\zeta\right|$、$\left|\nabla\psi\right|$及其相對之交角$\chi$等潮波運動特性相關，其並可藉由分潮波之無潮點系統(amphidromics system)或同潮圖(co-tidal chart)所綜合陳現之時空波動特性(Lin et al., 2000a)作直接之聯結。

此外，依循式(12)或式(18)以旋轉係數γ判定旋轉方向之準則，在式(24)中，當α與β兩參數之乘積滿足$\alpha\beta>1$，或$\left|R^+\right|>\left|R^-\right|$，則分潮流橢圓之旋轉方向，可判定為逆時針；若$\alpha\beta<1$，或$\left|R^+\right|<\left|R^-\right|$，則可判定為順時針；而若$\alpha\beta=1$或$\left|R^+\right|=\left|R^-\right|$，則分潮流橢圓將退化為極扁平之直線。因此，就北半球海域之分潮流而論，由於式(25)中之f、r、ω皆為正值，以致$\alpha<1$，所以，式(26)中β參數之大小，將會直接影響分潮流橢圓展現為順、逆時針旋轉方向之判定。

以可綜合陳現分潮波時空波動特性之同潮圖為基礎，相關分潮流橢圓旋轉方向之概要性判定準測(Carbajal, 2004)，可綜整條列如下：

(1) 若局部海域內存在分佈稀疏之同振幅線(co-amplitude lines)、或具有密集分佈之同潮時線(co-tidal lines)、甚或同潮時線聚集之無潮點(amphidromic point)，則分別由於$\nabla\ln\zeta\to0$或$\nabla\psi\to0$，致使$\beta=1$，分潮流橢圓將因$\alpha\beta<1$或$\left|R^+\right|<\left|R^-\right|$而展現為順時針方向之旋轉。

(2) 若局部海域內同振幅線與同潮時線之梯度向量$\nabla\ln\zeta$與$\nabla\psi$，彼此近似相互

平行($\nabla \ln \zeta \parallel \nabla \psi$)，即因$\chi \to 0$或$\chi \to \pm\pi$，致使$\sin\chi = 0$以致$\beta = 1$；或由於$\nabla \ln \zeta$相對於$\nabla \psi$之逆時針交角滿足$\pi < \chi < 2\pi$，致使$\sin\chi < 0$，而$\beta < 1$，則分潮流橢圓之旋轉方向，將因$\alpha\beta < 1$或$\left|R^+\right| < \left|R^-\right|$而展現為順時針。

(3) 若局部海域內同振幅線梯度向量$\nabla \ln \zeta$相對於同潮時線梯度向量$\nabla \psi$之逆時針交角滿足$0 < \chi < \pi$，致使$\sin\chi > 0$，而$\beta > 1$，則分潮流橢圓將可能因$\alpha\beta > 1$或$\left|R^+\right| > \left|R^-\right|$以致具有逆時針方向旋轉之趨勢。其中，尤其當$\nabla \ln \zeta$近似垂直於$\nabla \psi$，甚或$\nabla \ln \zeta \perp \nabla \psi$，即若$\chi \to \pi/2$或$\sin\chi = 1$，致使$\beta > 1$，則分潮流橢圓之旋轉方向，將必定因$\left|R^+\right| > \left|R^-\right|$而展現為逆時針。

(4) 在陸架上之淺水海域，或在具有較強分潮流速之局部海域，由於該海域內底床摩察力(r)之影響，明顯較科氏力(f)效應顯著，致使$\alpha \approx 1.0$，因而，若該海域內存在分佈稀疏之同振幅線、或具有密集之同潮時線、或存在無潮點、或同振幅線與同潮時線之梯度向量近似相互平行，致使$\beta \approx 1$，則分潮流橢圓將可能因$\left|R^+\right| \approx \left|R^-\right|$而退化為極扁平之直線。

綜合而言，在北半球的大部分海域內，由於科氏力作用之影響，分潮流橢圓之旋轉方向，通常會因$\left|\nabla \ln \zeta\right\|\nabla \psi\left|\sin\chi \le 0\right.$，即$\beta \le 1$而趨向於順時針；惟在局部海域中，若$\nabla \ln \zeta$相對於$\nabla \psi$之逆時針交角滿足$0 < \chi < \pi$，即當$\left|\nabla \ln \zeta\right\|\nabla \psi\left|\sin\chi > 0\right.$，則分潮流橢圓之旋轉方向，將可能因$\beta > 1$而轉變趨向於逆時針。

進一步而論，由於分潮波同潮圖之同潮時線梯度向量$\nabla \psi$，可用以明確展現分潮波傳播之行進方向，故而$\nabla \ln \zeta$相對於$\nabla \psi$之逆時針交角滿足$0 < \chi < \pi$之意義，實際即在說明：當分潮波明確具有順沿波動行進方向右側之水位振幅較左側為高之行進(progressive)凱文波(Kelvin waves)特性時(Pedlosky, 1979)，其分潮流橢圓之旋轉方向，將趨向逆時針；其他情形，即當$\pi < \chi < 2\pi$或順沿波動行進方向之左側較右側具有較高之波動水位時，則分潮流橢圓之旋轉方向，將趨向於順時針。

4.2 臺灣海域 M2 分潮波同潮圖與分潮流橢圓之旋轉特性

在實際海域中，潮波的運動傳播特性，在海岸地形、水深、科氏力、與底床

摩擦力等效應之綜合影響下，通常會從一般單純的進行波或駐波系統，轉化為複雜的旋轉潮波系統(Fang et al., 1991；Xia et al., 1995；Lin et al., 2000a)。而對於此種實際之潮波系統與其隨時空變化之傳播運動特徵，一般可用分潮波同潮圖(co-tidal chart)來充分加以描述(Nagata et al., 1971)。在臺灣環島海域，基於海峽、海脊、海槽、東亞大陸棚架及毗鄰太平洋等特殊水深地形與地埋環境之影響，因此，潮波系統具有個別之奇異性，尤其是半日型之 M2 分潮波(Juang and Chiang, 2000、2005a、2005b、2006；Lin et al., 2000b、2001；Jan et al., 2002a、2004；Chang et al., 2013)，其不僅是構成臺灣海域潮波系統之最主要分潮，從表 1 尚可確知，其亦是天文潮流中甚為重要之分潮流成分。

對於臺灣海域之 M2 分潮流，為應用 Carbajal (2004)準則以闡釋分潮流橢圓旋轉方向與分潮波動系統之關聯性，因此，引用摘錄自 Liu (1983)、Lin et al. (2000a)、Juang and Chiang (2000)、Jan et al. (2002a)等所建構之 M2 分潮波同潮圖，以及 Juang and Chiang (2006)綜合考量 13 個主要分潮所建構之擬真潮波同潮圖，分別如圖 4 至圖 7 所示；相關對應分潮流橢圓之旋轉方向，則分別如圖 8 至圖 10 所示。對照比較圖 4 至圖 10 可見，由於應用之水動力數值模式不同，計算範圍內的基礎地形水深未統一，邊界條件之設定也各具差異，因此，所得分潮波同潮圖與分潮流橢圓圖所展現之波動特性及對應分潮流之時變特性，彼此亦多分歧。僅管如此，若不論其各別的準確性，則其彼此的不一致性，適足可據以廣泛地檢驗Carbajal (2004)準則之通用性，並可應用以判定分潮波系統直接關聯分潮流橢圓旋轉方向之有效性。相關詳細的檢定驗證，討論說明如后。

首先，由圖 4 與圖 8 綜合觀察可知，Liu (1983)及 Lin et al. (2000a)所建構之 M2 分潮波同潮圖，在臺灣海峽海域內，儘管同潮時線之分布型態彼此存在差異，但卻皆具有西側水位振幅普遍高於東側之趨勢，故同振幅線梯度向量$\nabla \ln \zeta$之方向

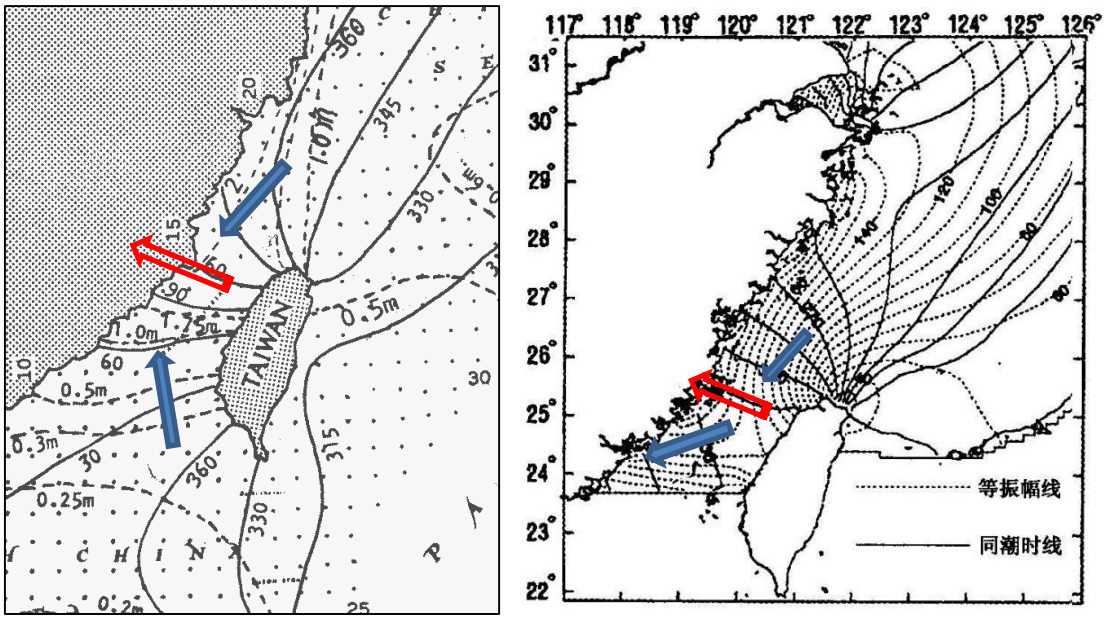


圖 4 臺灣環島海域分別由 Liu (1983；左)及 Lin et al. (2000a；右)所建構之 M2 分潮同潮圖 (—同潮時線；– – –同振幅線；實箭矢：$\nabla\psi$ ；空心箭矢：$\nabla \ln \zeta$)

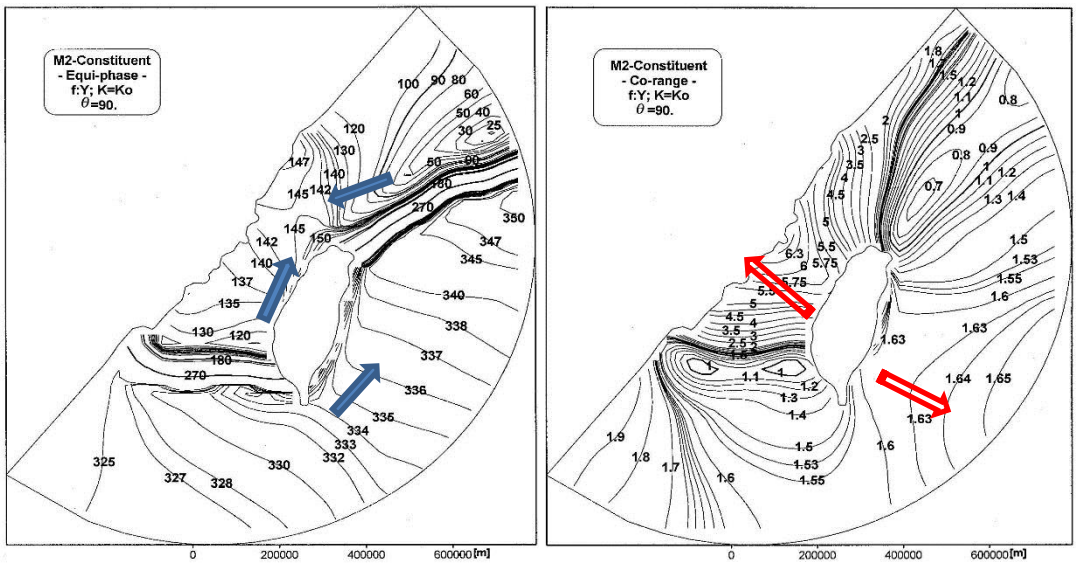


圖 5 臺灣環島海域 Juang and Chiang (2000)所建構之 M2 分潮同潮圖
同潮時線(右)；同振幅線(左)；實箭矢：$\nabla\psi$ ；空心箭矢：$\nabla \ln \zeta$

(參見圖中之紅色實箭矢)，總體上為由臺灣西岸指向大陸沿岸；而可代表潮波運動方向之同潮時線梯度向量$\nabla\psi$(參見圖中之藍色空心箭矢)，在圖 4 之左圖中，由於其具有北段向南、而南段向北，並於中段海域交會之特性，因此，在臺灣海峽中段以北海域，$\nabla \ln\zeta$ 相對於$\nabla\psi$之逆時針交角，將因其滿足$0<\chi<\pi$或具有行進凱文波特性，以致分潮流橢圓之旋轉方向，因$\beta>1$而展現為逆時針；相對地，在臺灣海峽中段以南海域，由於$\pi<\chi<2\pi$或順沿波動行進方向之左側具有較右側高之波動水位，以致$\beta<1$，因而分潮流橢圓旋轉方向以順時針展現。

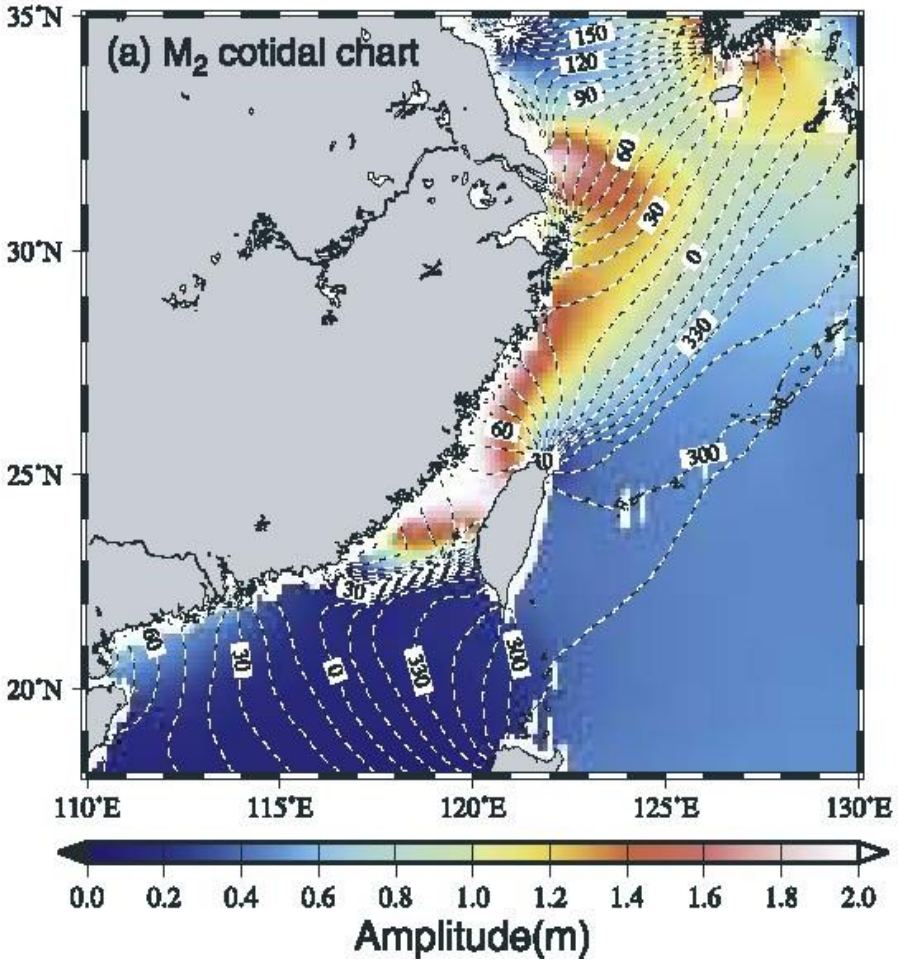


圖 6 臺灣環島海域 Jan et al. (2002a)所建構之 M2 分潮同潮圖
同潮時線(— — —)；同振幅線(色階)

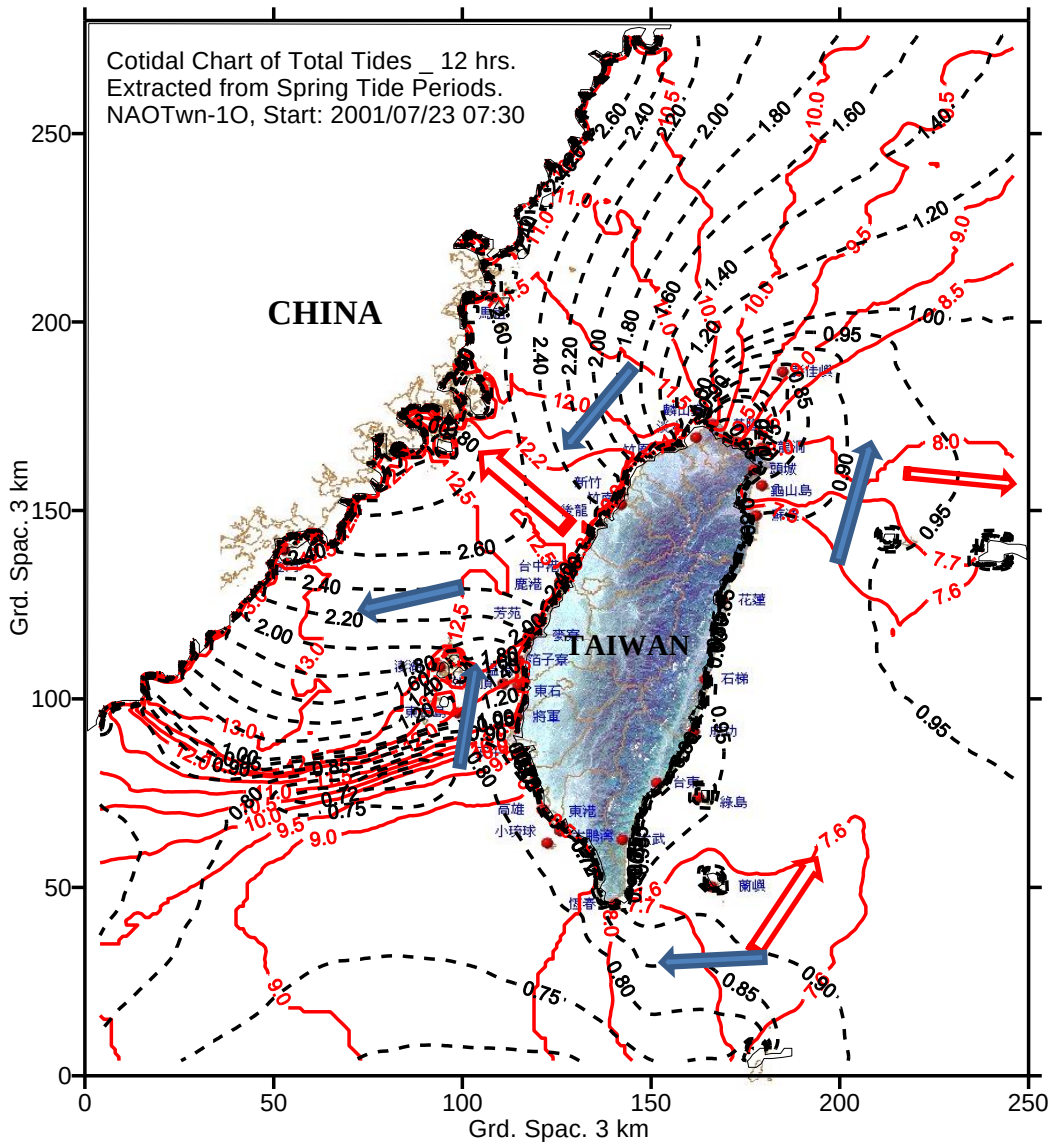


圖 7 臺灣環島海域 Juang and Chiang (2006)所建構可類比 M2 分潮波之擬真潮波同潮圖(—同潮時線；– – –同振幅線；實箭矢：$\nabla\psi$ ；空心箭矢：$\nabla \ln \zeta$)

其次，由圖 5 與圖 9 綜合觀察可知，Juang and Chiang (2000)所建構之 M2 分潮波同潮圖，在臺灣海峽海域內，由於西側之水位振幅明顯高於東側，且潮波運動方向亦具有北段向南、而南段向北並於中偏北段海域交會之特性，因此，在中段以北海域，由於$\nabla \ln \zeta$ 相對於$\nabla\psi$之逆時針交角滿足 $0 < \chi < \pi$ ，故而具有順沿波動行進方向右側之水位振幅必高於左側之行進凱文波特性，所以，分潮流橢圓

之旋轉方向，因$\beta > 1$而展現為逆時針；相對地，在中段以南海域，由於$\pi < \chi < 2\pi$，即具有順沿波動行進方向左側高於右側之波動水位，故分潮流橢圓之旋轉方向，因$\beta < 1$而展現為順時針。此外，在臺灣西南部至東部海域，僅管其同振幅線顯示深海側之水位振幅約略高於沿岸，而同潮時線顯示潮波之主行進方向為順沿海岸由南而北，致使$\nabla \ln \zeta$相對於$\nabla \psi$之逆時針交角滿足$0 < \chi < \pi$，即潮波亦具有行進凱文波特性，因此，分潮流橢圓之旋轉方向，理應因$\beta > 1$而展現為逆時針，惟因該海域分潮波水位振幅之空間變化偏小，平面梯度甚和緩，即$\nabla \ln \zeta \to 0$，故該兩海域與北半球的大部分海域相似，分潮流橢圓之旋轉方向，大部分因$\beta \approx 1$而仍保持以順時針展現。

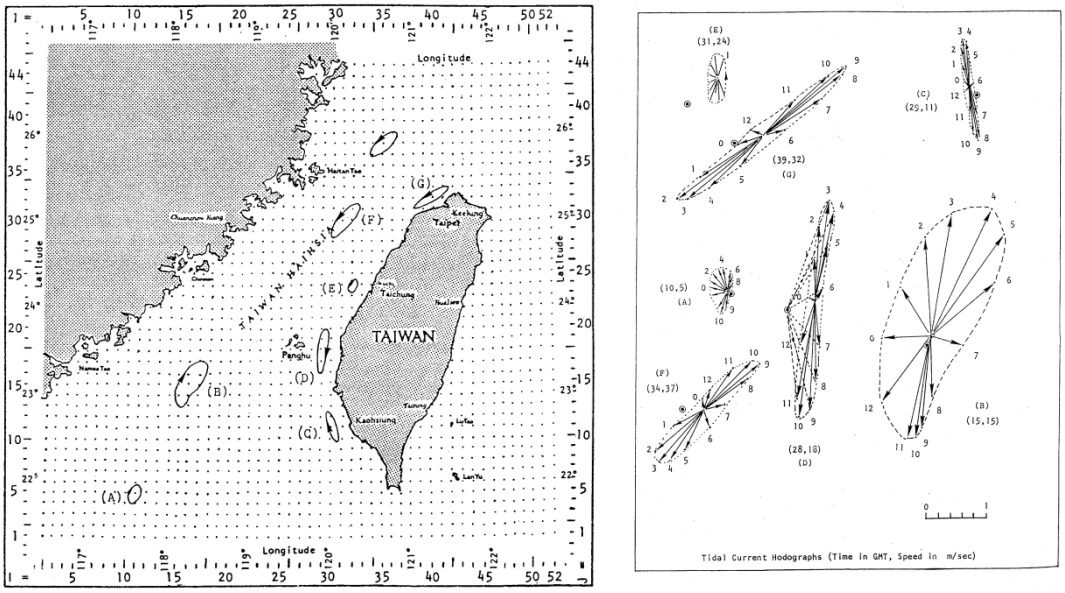


圖 8 臺灣環島海域劉(1983)所建構之 M2 分潮流橢圓圖(左)與其旋轉軌跡圖(右)

最後，基於 M2 分潮係構成臺灣海域潮波系統之最主要分潮，因此，先從圖 6 與圖 7 作對照比較可見，由 Jan et al. (2002a)所建構之 M2 分潮波同潮圖，實際上與 Juang and Chiang (2006)所建構之複合擬真潮波同潮圖，彼此具有甚相近似之型

態，這意謂對於臺灣環島海域 M2 分潮波之波動特性，不僅兩者皆可準確一致地加以闡釋，甚且彼此可互相替代。所以，配合圖 7 並由圖 6 與圖 10 綜合觀察可知，在臺灣海峽海域，從同振幅線可清楚判定，海峽西側之水位振幅普遍皆高於東側，故$\nabla \ln \zeta$之方向，明顯是由臺灣西岸指向大陸沿岸，而可代表潮波運動方向之同潮時線梯度向量$\nabla \psi$，其在臺北港以南與臺中港以北之海峽中北段海域，明確係為由北而南，致使分潮波水位振幅具有順沿波動行進方向右側高於左側之行進凱文波特性，即$\nabla \ln \zeta$相對於$\nabla \psi$之逆時針交角滿足$0 < \chi < \pi$，以致$\beta > 1$，分潮流橢圓

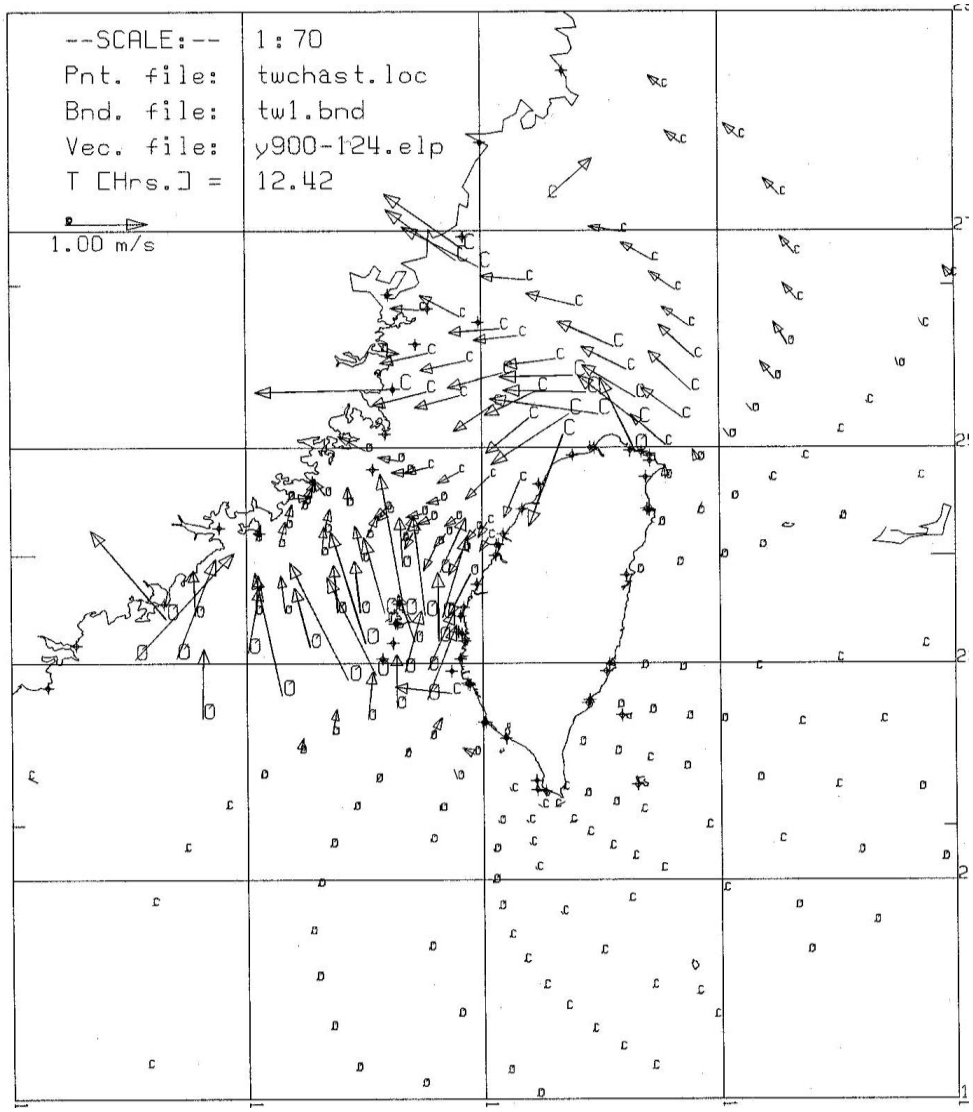


圖 9 臺灣環島海域莊、江(2000)所建構之 M2 分潮流橢圓圖
(C：逆轉；O：順轉；箭矢：半主軸長度與傾斜角)

之旋轉方向，因而展現為逆時針；另外，在臺灣海峽之東南側，於臺中港以南與安平港以北之臺灣中南部近岸海域，由於同潮時線梯度向量$\nabla\psi$所代表之潮波運動方向，係為由南向北，故而，在臺灣西部近岸海域，不僅分潮波具有相向交會之特性，在中南部近岸海域，更由於順沿波動行進方向左側之水位振幅高於右側，即其$\nabla\ln\zeta$相對於$\nabla\psi$之逆時針交角滿足$\pi<\chi<2\pi$，致使$\beta<1$，故分潮流橢圓之旋轉方向係以順時針展現。

此外，再配合圖 7 並依循臺灣環島之逆時針方向仔細觀察圖 6 可知，在臺灣海峽南側，於澎湖以南與安平港以西之東亞大陸棚架緣海域，可見一同潮時線密集區，因而在該局部海域內，由於分潮波水位振幅之平面梯度偏小，即$\nabla\ln\zeta\to 0$，以致$\beta\approx 1$，所以，該海域內之分潮流橢圓旋轉方向，係展現為順時針；而在臺灣西南部之高雄港近岸海域，由於該海域內同振幅線分佈稀疏，即分潮波水位振幅約為定值，致使$\nabla\ln\zeta\to 0$，而$\beta\approx 1$，所以，該局部海域內之分潮流橢圓旋轉方向，亦因而展現為順時針；另外，在臺灣南端之墾丁近岸海域，由於分潮波依稀具有順沿波動行進方向右側之水位振幅略高於左側之行進凱文波特性，致使$\nabla\ln\zeta$相對於$\nabla\psi$之逆時針交角，滿足$0<\chi<\pi$，甚至是$\chi\to\pi/2$，所以該局部海域之分潮流橢圓旋轉方向，因$\beta>1$而可推測應為逆時針。

至於臺灣東部，於臺東至花蓮港之近岸海域，由於分潮波係由北而南傳播行進，且明確具有順沿波動行進方向右側之水位振幅約略高於左側之行進凱文波特性，亦即$\nabla\ln\zeta$相對於$\nabla\psi$之逆時針交角滿足$0<\chi<\pi$，以致$\beta>1$，故該海域之分潮流橢圓旋轉方向，應以逆時針展現；但是在臺灣東北部之蘇澳港近岸海域，僅管分潮波之傳播行進方向係為由南而北，且水位振幅亦具有順沿波動行進方向右側之水位振幅約略高於左側之行進凱文波特性，但因其同振幅線分佈稀疏，空間梯度甚小，即$\nabla\ln\zeta\to 0$，所以，蘇澳港近岸海域之分潮流橢圓旋轉方向，因$\beta\approx 1$而應展現為順時針；而在臺灣東北部的基隆港近岸海域，比較特殊的是在該海域明顯有一同潮時線聚集之無潮點存在，而在鄰近無潮點之海域中，由於分潮波之

水位振幅應趨近於零($\zeta \approx 0$)，致使$\nabla \ln \zeta \to 0$，而$\beta \approx 1$，所以，基隆港近岸海域之分潮流橢圓旋轉方向，應為順時針。

綜合而論，針對臺灣環島海域，尤其是七大商港外廓海域 M2 分潮流橢圓之旋轉特性，以 Juang and Chiang (2006)所建構之複合擬真潮波同潮圖(參見圖 7)為基礎，再依據式(24)所示之 Carbajal (2004)準則，並分別應用式(25)及式(26)所示之α與β參數進行分潮流橢圓旋轉方向之判定，經與實測海流之分析結果(參見圖 2)相互對照比較後，可確認彼此具有一致的符合性。因此，可進一步判定：經分析所得特定分潮流橢圓之旋轉方向，不僅與 U_V 流速分量各別展現最大流速(U_E, V_N)之發生時間密切相關(參見式(18)所示旋轉係數γ之定義)，更明確可直接與分潮波同潮圖所展現之波動時空變化特性相聯結。

五、結論

針對交通部運輸研究所港灣技術研究中心所提供 2009 年至 2010 年分別在臺北、臺中、安平、高雄、花蓮、蘇澳、基隆等七個主要商港外廓海域所量測的海流資料，本研究應用 HIS 非等時距調和內差補遺模式(Juang et al., 2006)首先進行各港天文潮流之調和分析，其次，建構分潮流橢圓並探討其所對應之時變特性，接著，引介臺灣近海既有之 M2 分潮同潮圖，最後，配合同潮圖所綜合展現之波動傳播特性，闡釋各港最主要分潮流橢圓扁平度與旋轉方向存在變異的原因，進而判別分潮流橢圓作順、逆時針方向旋轉所代表之具體意義。研究所得之主要結論，綜整條列如后：

(1) 臺灣七大商港外廓海域之天文潮流，除了皆具有半日及全日型之 M2 與 K1 分潮流成分外，尚顯著地皆具有恆流及 Sa 年際週期性分潮流成分。

(2) 臺灣七大商港外廓海域所具有最大流速之天文分潮流，除了臺中港為 Sa 分潮流、高雄港為 K1 分潮流外，其他各港皆為 M2 分潮流。

(3) 二相互正交分潮流速分量之四個調和分析常數，可藉一簡單之分潮流橢圓，

直接且完全地陳現其時變特性。反之同理，亦即是單一之分潮流橢圓，可充分重現二相互正交分潮流速分量四個調和分析常數之變化特性。

(4) 分潮流橢圓包括主軸與副軸長度、傾斜角、扁平度、旋轉方向、旋轉起始點等構成要素，各要素之特性型態，皆與二分潮流速分量之四個調和分析常數密切相關，並可由其完全決定。

(5) 臺灣七大商港外廓海域天文潮流之流速散佈圖，皆與各港最主要之分潮流橢圓，具有一致之型態與特性。其中，最主要分潮流橢圓之主軸傾斜角，大多平行於各港所在之海岸走向。

(6) 臺灣七大商港外廓海域之最主要分潮流橢圓皆趨向扁平，而且扁平度分別以在臺灣西南部的安平港及在臺灣東北部的蘇澳港最大。造成分潮流橢圓趨向扁平型之原因，各港均有所差別，其中，位在臺灣東部的花蓮港、蘇澳港、以及位在臺灣北部的基隆港，主要皆係因其最大分潮流速分量之流速振幅，彼此具有明顯之大小差異所造成；但是位在臺灣西部中、北段的臺北港與臺中港，則係分潮流速分量之位相延遲，接近同相位；而位在西南段的安平港與高雄港，卻接近反相位所造成。

(7) 臺灣七大商港外廓海域 M2 分潮流橢圓之旋轉方向，除了在臺灣西部北段的臺北港以及在東部中段的花蓮港為逆時針外，其他各港，皆為順時針。至於旋轉方向所陳現之意義，實際可具體與二相互正交分潮流速分量(U_V)之相鄰最大流速發生時間作直接對應，其中，順時針意謂 V 分量比 U 分量提早；而逆時針則是 U 分量比 V 分量提早。

(8) 分潮流橢圓之旋轉方向，除了與流速分量各別展現最大流速之發生時間密切相關外，更明確可直接與分潮波同潮圖所展現之波動時空變化特性相聯結。尤其是在局部海域中，當分潮波動顯著地具有順沿波動行進方向右側水位高於左側之行進凱文波特性，則所對應分潮流橢圓之旋轉方向，即應以逆時針展現；反之同理，即對實測海流，經分析分潮流橢圓之旋轉方向

若為逆時針，則意謂該局部海域之分潮波動，應具有行進凱文波特性。

(9) 在局部海域中，若分潮流橢圓之旋轉方向係以順時針展現，則所對應之波動特性，相對較為複雜，亦即是在以同潮圖陳現之旋轉波動系統中，其可能含括：同振幅線分佈稀疏、同潮時線密集、存在或鄰近無潮點、以及分潮波具有順沿波動行進方向左側水位高於右側等特性。

(10) 在臺灣環島海域，基於 M2 分潮係構成天文潮波系統之最主要分潮，因此，M2 分潮波與複合多個分潮之擬真天文潮波，彼此不僅具有型態極相似之同潮圖，所對應展現之波動特性亦近乎一致。

謝誌

感謝交通部運輸研究所港灣技術研究中心長期持續推展臺灣近岸海域的海氣象實測作業，並慨允提供潮汐及海流之紀錄資料，使本研究得以完成。

參考文獻

Buijsman, M. C. and Ridderinkhof, H. (2007) "Long-term ferry-ADCP observations of tidal currents in the marsdiep inlet," *J. Sea Research*, 57, pp.237-256.

Carbajal, N. (2000) "A criterion to locate regions with anticyclonic tidal current rotation," *Continental Shelf Research*, Vol. 20, pp.281-292.

Carbajal, N. (2004) "A note on tidal current rotation," *Ocean Dynamics*, Vol. 54, pp.531-536.

Chang, H. K., Juang, W. J. and Tseng, H. M. (2013) "Comparisons of Main Components of Astronomic Tides and Tidal Currents at Seven Taiwan Ports," *Journal of Coastal and Ocean Engineering*, Taiwan Society of Ocean Engineering, Vol. 13, No. 4, pp. 393-410. (In Chinese)

DHI (1998) *MIKE21_HD Coastal Hydraulics and Oceanography Hydrodynamic Module*, User Guide and Reference Manual, Release 2.7, Danish Hydraulic Institute.

Emery, W. J. and Thomson, R. E. (2001) *Data Analysis Methods in Physical*

Oceanography, second and revised Edition, Elsevier, Amsterdam, 638p.

Fang, Z., Ye, A. and Fang, G. (1991) "Solutions of tidal motions in a semi closed rectangular gulf with open boundary condition specified," In: *Tidal Hydrodynamics*, B. B. Parker, editor, John Wiley & Sons, Inc. New York, pp.153-168

Foreman, M. G. G. (1977) *Manual for Tidal Heights Analysis and Prediction - Revised Edition* (Jul., 1996), Pacific Marine Science Report 77-10, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Victoria, B.C., Canada. 58p.

Hayashi, Y. (1979) "Space-time spectral analysis of rotary vector series," *Atmospheric Sciences*, Vol. 36, No. 5, pp. 757-766.

Hwung, H. H. and Tsai, C. L. (1984) *The studies on the tidal frequency analysis and variation of mean sea level*, Bulletin No.69, Tainan Hydraulics Laboratory, National Cheng-Kung University.

Hwung, H. H., Tsai, C. L. and Wu, C. C. (1986) "Studies on the correlation of tidal elevation changes along the western coastline of Taiwan," *Proc. 20th International Conference on Coastal Engineering*, Vol. 1, Taipei, Taiwan, pp. 293-305.

Jan, S., Chiu, C. T., and Lien, C. H. (1999) "Verifications of modelling the tides and tidal currents for developing a nowcast system in the Taiwan Strait (TSNOW)," *Symposiums of projects of the Marine Science Division*, National Science Council, R.O.C., pp. 22-33. (In Chinese)

Jan, S., Wang, Y. H., Chao, S. Y. and Wang, D. P. (2001) "Development of a nowcast system for the Taiwan Strait (TSNOW)," *Ocean and Polar Research*, Korea, Vol. 23, No. 2, pp. 195-203.

Jan, S., Chern, C.S. and Wang, J. (2002a) "Transition of tidal waves from the east to south China Seas over the Taiwan Strait: influence of the abrupt step in the topography," *Journal of Oceanography*, Vol. 58, pp. 837-850.

Jan, S., Wang, J., Chern, C. S. and Chao, S. Y. (2002b) "Seasonal variation of the circulation in the Taiwan Strait," *Journal of Marine Systems*, Vol. 35, pp.249-268.

Jan, S., Chern, C. S. Wang, J. and Chao, S. Y. (2004) "The anomalous amplification of M2 tide in the Taiwan Strait," *Geophysical Research Letters*, 31, L07308, pp.1-4.

Juang, W. J. and Chiang, C. C. (2000) *Study of Tidal Currents Simulations around Taiwan*, Technical Report, Government Publications No. 009254890291, Center of Harbor and Marine Technology, Institute of Transportation, R.O.C.

(In Chinese)

Juang, W. J., Chiang, C. C. and Lin, M. C. (2001) "Tidal current simulations on seas surrounding Taiwan," *Proceedings of Conference on Asian and Pacific Coastal Engineering (APACE2001)*, Dalian, China, 1, pp.86-95.

Juang, W. J. and Chiang, C. C. (2002) *Tidal Currents Simulation on Sea Surrounding the Southern Peninsula of Taiwan and around the Kaohsiung Port*, Technical Report, Government Publications No. 1009100812, Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications, R.O.C. (In Chinese)

Juang, W. J. and Chiang, C. C. (2003) *Tidal Currents Simulation on the North Coast of Taiwan and around the Kee-Lung Port*, Technical Report, Government Publications No. 1009202117, Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications, R.O.C. (In Chinese)

Juang, W. J. and Chiang, C. C. (2004) *Tidal Currents Simulation on the East Coast of Taiwan (4) — around the Ports of Suao and Hualien*, Technical Report, Government Publications No. 1009301433, Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications, R.O.C. (In Chinese)

Juang, W. J. and Chiang, C. C. (2005a) *Effects of Topographies on Tidal Oscillation in the Taiwan Strait*, Technical Report, Government Publications No. 1009401031, Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications, R.O.C. (In Chinese)

Juang, W. J. and Chiang, C. C. (2005b) "The Tidal Waves System around Coasts of Taiwan," *Proceedings of the 27th International Conference on Coastal Engineering*, Taichung, Taiwan, pp. 154-161. (In Chinese)

Juang, W. J. and Chiang, C. C. (2006) "The Cotidal Charts of the Seas around Taiwan," *Proceedings of the 28th International Conference on Coastal Engineering*, Kaohsiung, Taiwan, pp. 325-330. (In Chinese)

Juang, W. J., Tseng, H. M. and Chiang, C. C. (2006) "Gaps of Tidal Data Supplements and Applications on Storm Surge Extracting," *Proceedings of the 28th International Conference on Coastal Engineering*, Kaohsiung, Taiwan, pp. 277-282. (In Chinese)

Juang, W. J. and Chang, H. K. (2012) "Investigating the Time-Varying Characteristics of a Tidal Current Ellipse," *Proceedings of the 34th International Conference on Coastal Engineering*, Tainan, Taiwan, pp. 137-142. (In Chinese)

Juang, W. J., Liao, J. M. and Lee, C. Y. (2012) *Simulating the Ocean Circulation and Evaluating its Impacts on Near Shore Currents on the Seas around Taiwan (3/4) — The Impact Survey of the Kuroshio on Tidal Currents for Coastal Seas*

around Taiwan, Technical Report, Government Publications No. 1010100342, Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications, R.O.C. (In Chinese)

Li, H. W. (1989) "A numerical predictive model of tides in the seas adjacent to Taiwan," *Proceedings of the 2nd Ocean numerical model conference*, Bulletin No. 54, Institute of Harbor and Marine Technology, R.O.C., pp. 179-195.

Lin, H., Lyu, G. N. and Song, J. Y. (2000a) *Study of the Tidal Waves System and Coastal Evolution Simulations on the East China Sea*, Science Press, China. (In Chinese)

Lin, M. C., Juang, W. J. and Tsay, T. K. (2000b) "Applications of the mild-slope LinLinequation to tidal computations in the Taiwan Strait," *J. Oceanography*, Vol. 56, pp. 625-642.

Lin, M. C., Juang, W. J. and Tsay, T. K. (2001) "Anomalous amplification of semidiurnal tides along the western coast of Taiwan," *Ocean Engineering*, Vol. 28, No. 9, pp. 1171-1198.

Liu, S. K. (1983) *A Three Dimensional Model of the China Seas*, Technical Report, the Science and Technology Advisory Group, the Executive Yuan, R.O.C.

Liu, W. J. (1996) *Tides in Taiwan*, 1st ed., Privately printed, Taipei, Taiwan.

Nagata, Y., Hikosaka, S. and Miyazaki, M. (1971) *Physical Oceanography III*, Tokai Univ. Press, Tokyo. (in Japanese. Translated in Chinese by Lu, S. F. 1985, Science Press, China.)

Pedlosky, J. (1979) *Geophysical fluid dynamics*, Springer-Verlag, New York.

Taylor, G. I. (1921) "Tidal oscillations in gulfs and rectangular basins," *Proc. London Mat. Soc.*, Vol. 20, pp. 148-181.

Tseng, H. M. and Chen, C. H. (2012) *Measurement of the Environmental Data in the Ocean and Atmosphere near the International Harbors in Taiwan (3/4)*, Technical Report, Government Publications No. 1010100340, Institute of Transportation, Ministry of Transportation and Communications, R.O.C. (In Chinese)

Wang, Y. H. (1998) "Characteristics of tides in the Taiwan Strait," *Symposiums of projects of the Marine Science Division*, National Science Council, R.O.C., pp. 203-208. (In Chinese)

Wang, Y. H. (1999) "Field observations of developing a nowcast system in the Taiwan Strait (TSNOW)," *Symposiums of projects of the Marine Science Division*, National Science Council, R.O.C., pp. 16-21. (In Chinese)

Wang, Y. H., Jan, S. and Wang, D.P. (2003) "Transports and tidal current estimates in the Taiwan Strait from shipboard ADCP observations (1999-2001)," *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences*, Vol. 57, pp. 195-201.

Xia, Z. W., Carbajal, N. and Sudermann, J. (1995) "Tidal Current Amphidromic System in Semi-enclosed Basins," *Continental Shelf Research*, Vol. 15, pp. 219-240.

Zu, T. T., Gan, J. P. and Erofeeva S. Y. (2008) "Numerical study of the tide and tidal dynamics in the South China Sea," *Deep-Sea Research*, Part I, Vol. 55, pp. 137-154.

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-104-H2DA001a 104 年臺灣國際港附近海域海氣象調查分析研究

報行單位：運輸研究所港研中心第二科

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
一、溫志中委員 1.內容充實，極具實用價值，表達清晰，容易閱讀。 2.海流資料單位建議加註(cm/s)，P.9-5、9-6。 3.報告格式建議可提供其他觀測分析參考。	感謝委員肯定。 將於定稿報告中修正。
二、劉景毅委員 1.本研究針對基隆港、臺中港、高雄港、蘇澳港、花蓮港 5 個國際港，進行風、波、流、潮汐等資料的量測，所測得資料相當完整，成果豐碩，值得肯定。 2.報告中潮汐資料量測儀器，一者為 water log，一者為 AWCP，對於使用者使用此二種資料有何建議？ 3.結論與建議中，有關國內海氣象量測，應對使用儀器與分析方法有所整合，能否更具體的闡述？ 4.表 1.1~1.4 之現有測站資料建議改為現有資料，表 1.5~1.8 測站之命名是否有規則可尋？	感謝委員肯定。 港內碼頭安裝的潮位站儀器是 water log 而港外安裝的海象觀測站儀器是 AWCP，二者提供的資料是地點不同而已。 將於之稿報中說明。
三、張金機委員 1.本計畫蒐集國際港口完整之海氣象資料，尤其颱風期間風浪資料非	感謝委員肯定。

參與審查人員及其所提之意見	處理情形
常完整。統計分析結果除提供港灣規劃、設計施工、港口營運及海上作業所需外，並可作為海洋學術研究基礎資料，值得肯定。	
2.第二章觀測調查概述，本報告為第三年，建議明年度更新設備(儀器)做簡要說明外，不必再重複。	將於定稿報告中修正。
3.瘋狗浪預警，建議在颱風湧浪作較深入探討後，再提出較為妥當。	將於定稿報告中修正。
4.附錄一儀器佈設安裝做成完整記錄值得肯定，其可作為其他計畫借鏡。但應注意工作人員(照片)必須著救生衣，陸上應穿反光背心、戴安全帽。附錄二至七蒐集資料提供深入學術研究，提高本計畫價值。因此，建議能針對颱風期間所獲得寶貴資料，成立新計畫研究風浪成長、減衰及暴潮特性(各港口)等。	感謝委員肯定，將於定稿報告中修正。
5.報告文章建議再稍加潤飾。	將於定稿報告中修正。
四、李兆芳委員	
1.內容編排建議加入口頭報告之順序，觀測方法之敘述由於各港都有可整併呈現。	將於定稿報告中修正。
2.第八章瘋狗浪仍有待正式定義；P.8-5 有”今年(2015)”，可直接用”2015”即可；P.8-6 敘述相當有目標和志向，希望後續具體實現。	將於定稿報告中修正。
3.建議之內容可精簡，而就建議內容”氣象資料分析、波浪模式、輸沙模式”的精進，希望繼續努力。	將於定稿報告中修正。
4.波浪資料擷取頻率 1Hz 建議增為 10Hz，對於 Ts 為千秒的結果較不具代表性。	因儀器本身的設定之上限已無法改變。