

107-113-7A95

MOTC-IOT-107-H3DA002

離岸風電區鄰近海域波流及地形變遷數值分析(1/3)-

臺中鄰近海域波浪及海流 數值分析



交通部運輸研究所

中華民國 107 年 12 月

107-113-7A95

MOTC-IOT-107-H3DA002

離岸風電區鄰近海域波流及地形變遷數值分析(1/3)-

臺中鄰近海域波浪及海流 數值分析

著 者： 李俊穎、傅怡釗、陳鈞彥、蘇青和、謝佳紘

交通部運輸研究所

中華民國 107 年 12 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

離岸風電區鄰近海域波流及地形變遷數值分析.

(1/3)：臺中鄰近海域波浪及海流數值分析 /

李俊穎等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運輸研究所，民 107.12

面；公分

ISBN 978-986-05-8374-8(平裝)

1.海流 2.波動 3.數值分析

351.9

107023589

離岸風電區鄰近海域波流及地形變遷數值分析(1/3)-
臺中鄰近海域波浪及海流數值分析

著者：李俊穎、傅怡釧、陳鈞彥、蘇青和、謝佳紘

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) 26587197

出版年月：中華民國 107 年 12 月

印刷者：采峰實業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 60 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定價：200 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485臺北市中山區松江路209號F1•電話(02)25180207

五南文化廣場：40042臺中市中山路6號•電話：(04)22260330

GPN：1010702788 ISBN：978-986-05-8374-8 (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：離岸風電區鄰近海域波流及地形變遷數值分析(1/3)-臺中鄰近海域波浪及海流數值分析			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-058-374-8 (平裝)	政府出版品統一編號 1010702788	運輸研究所出版品編號 107-113-7A95	計畫編號 107- H3DA002
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：朱金元 計畫主持人：李俊穎 協同主持人：蘇青和 研究人員：傅怡釧、陳鈞彥、劉清松、陳明宗 參與人員：謝佳紘、錢爾潔、陳正義 聯絡電話：04-26587131 傳真號碼：04-26564415			研究期間 自 107 年 01 月 至 107 年 11 月
關鍵詞：近岸、防救災、預警系統、風浪預報、暴潮預報、流場預報、海嘯			
摘要： 本計畫屬「離岸風電區鄰近海域波流及地形變遷數值分析」3 年期(107-109 年)之第 1 年計畫進行臺中鄰近海域波浪及海流數值分析研究，計畫內考量大量風機群設置於中彰外海可能造成局部或區域性波場及流場改變，進而影響漂沙行為，長期則可能會造成沿岸地形變遷，並對鄰近港區、航道及沿岸海域造成影響，故進行相關波、流、漂沙及地形變遷等研究探討。 本年度針對中彰鄰近海域波浪及海流數值分析研究，彙整最新鄰近海域風、波、流及海底地形等相關資訊，進行臺中鄰近海域風浪及水動力之季節與颱風特性分析，建置適用於鄰近海域之風浪及水動力非結構性網格之數值模組，並運用臺中、彰化及澎湖海域間之不同單位之海氣象觀測資料進行檢核，並納入臺中鄰近海域潛力風場風機群包含大彰化東南、大彰化西南、海龍二號、西島、彰芳、台電及中能等共 7 個離岸風場區之風機，模擬設置風機後對臺中鄰近海域波場及流場影響程度。所建置模式與觀測資料有良好相關性，模擬成果顯示設置風機群後會有局部區域波高與流速變化，鄰近離岸風場區的整體波高略微下降，流速依潮汐漲退及位置略微增減，但改變量小。 本研究成果，可供本所後續漂沙及海岸地形變遷計畫參考，供後續水工試驗、工程建設及長期地形變遷分析之參考應用，並期望執行結果可提供港務公司或風電相關產業，作為管理、營運、防災之參考，以落實政府風能發電政策。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
107 年 12 月	188	200	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: Numerical modeling for wave , current and coastal evolution near offshore wind power(1/3)- Numerical modeling of wave and hydrodynamics statistics near Taichung harbor			
ISBN(OR ISSN) 978-986-05-8374-8(pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010702788	IOT SERIAL NUMBER 107-113-7A95	PROJECT NUMBER 107- H3DA002
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Chin-Yuan Chu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chun-Ying Lee PROJECT STAFF: Ching-Ho Su Yi-Chuan Fu Chun-Yen Chen Chia-Hon Shieh Ming-Chung Chen Ching-Sung Liu Er-Jier Chien Cheng-Yi Chen TEL: 886-4-26587131 FAX: 886-4-26564415			PROJECT PERIOD FROM January 2018 TO November 2018
KEY WORDS: numerical simulation, Near-shore area; Wind-wave ; Current , offshore wind power			
ABSTRACT: The study is a first year project of the three-year period (107-109 years) of Numerical modeling for wave, current and coastal evolution near offshore wind power, mainly for the numerical analysis of wave and hydrodynamics statistics near Taichung harbor. Considering that a large number of wind turbines installations at sea, it may cause wave and current fields to change, affecting sand drift and geomorphic change. They may affect port areas, waterways and coastal waters. This year, we conducted numerical studies on waves and currents in the outer seas of Taichung and Changhua, and compiled wind, wave, current and topography to analyze the seasonal and typhoon characteristics of wind, waves and currents. Developing numerical modules for wind and hydrodynamic by unstructured grids, and use the observation data of different organs to check the different positions of the numerical model. Completion of the simulation assessment, the degree of impact on waves and currents after set offshore wind turbine generator in seven offshore wind farms. The simulation results have a good correlation with the observation data. The simulation results show that after set offshore wind turbine generator, there will be wave height and current velocity change in the local area. The overall wave height of the adjacent offshore wind farms is slightly reduced, and the current velocity will increase or decrease slightly depending on the tidal water level change, but the amount of change is small. The research results can be used as reference applications for continuation of project planning, hydraulic model testing, maritime engineering planning and geomorphic change analysis.			
DATE OF PUBLICATION December 2018	NUMBER OF PAGES 188	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

離岸風電區鄰近海域波流及地形變遷數值分析(1/3)-

臺中鄰近海域波浪及海流數值分析

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目 錄	III
圖目錄	VII
表目錄	XIII
第一章 緒論	1-1
1.1 計畫緣起	1-1
1.2 計畫目的	1-2
1.3 研究範圍與對象	1-3
1.4 相關計畫	1-5
1.5 主要工作項目及成果	1-7
1.5.1 本年度(107 年度)主要的工作項目：	1-7
1.5.2 本年度(107 年度)預期成果：	1-7
1.5.3 後續 108 年度預期工作項目：	1-8
1.5.4 後續 109 年度預期工作項目：	1-8
第二章 環境資料蒐集及分析	2-1
2.1 中彰外海區域各離岸風場區基本資料	2-1
2.2 地形水深資料彙整	2-7
2.3 風力觀測資料分析	2-14

2.4 波浪觀測資料分析	2-27
2.5 潮位觀測資料分析	2-34
2.6 流場觀測資料分析	2-36
第三章 波浪數值分析與探討	3-1
3.1 波浪數值模式理論介紹	3-1
3.2 波浪數值模式及模擬條件	3-3
3.2.1 模式地形水深及網格設定	3-3
3.2.2 風、氣壓場資料	3-5
3.2.3 模式邊界及參數設定	3-9
3.3 現況波浪模擬計算成果	3-9
3.3.1 冬季季風期間現況波浪模擬計算成果	3-10
3.3.2 夏季季風期間現況波浪模擬計算成果	3-12
3.3.3 颱風期間現況波浪模擬計算成果	3-14
3.4 風機群設置後波浪模擬計算成果	3-19
3.4.1 冬季季風期間風機群設置後波浪模擬計算成果	3-22
3.4.2 夏季季風期間風機群設置後波浪模擬計算成果	3-25
3.4.3 颱風期間風機群設置後波浪模擬計算成果	3-28
第四章 水動力數值分析與探討	4-1
4.1 水動力數值模式理論介紹	4-1
4.2 水動力數值模式模擬條件	4-2
4.3 現況水動力模擬計算成果	4-4
4.3.1 冬季季風期間現況水動力模擬計算成果	4-4
4.3.2 夏季季風期間現況水動力模擬計算成果	4-11
4.3.3 颱風期間現況水動力模擬計算成果	4-15

4.4 風機群設置後水動力模擬計算成果	4-19
4.4.1 冬季季風期間風機群設置後水動力模擬計算成果	4-19
4.4.2 夏季季風期間風機群設置後水動力模擬計算成果	4-28
4.4.3 颱風期間風機群設置後水動力模擬計算成果	4-36
第五章 結論與建議	5-1
5.1 結論	5-1
5.2 建議	5-3
參考文獻	參-1
附錄 I 期末簡報	附 1- 1
附錄 II 期末報告審查意見及辦理情形說明表	附 2- 1

圖 目 錄

圖 1.1 離岸風電海下工程技術研發計畫目標與內容.....	1-2
圖 2.1 離岸風電推動目標及現況.....	2-2
圖 2.2 離岸風機潛力場址範圍.....	2-3
圖 2.3 彰化外海岸風電潛力場址預定航道座標.....	2-4
圖 2.4 臺中港地理位置圖.....	2-7
圖 2.5 高美濕地.....	2-9
圖 2.6 NOAA-ETOPO5 水深地形.....	2-11
圖 2.7 海科中心-臺灣周圍海域 200 m 水深地形.....	2-11
圖 2.8 海軍大氣海洋局-臺灣海峽海圖(圖號 0312).....	2-12
圖 2.9 海軍大氣海洋局-臺中港海圖(圖號 0357).....	2-13
圖 2.10 颱風登陸地點之分段統計(1911~2016 年).....	2-15
圖 2.11 影響臺灣地區颱風路徑分類圖(1911~2016 年).....	2-16
圖 2.12 中央氣象局-臺中梧棲氣象測站位置.....	2-17
圖 2.13 港灣技術研究中心-臺中港氣象測站位置.....	2-19
圖 2.14 臺中 2006~2017 年四季及全觀測期風速及風向機率分佈圖	2-20
圖 2.15 港研中心臺中測站歷年四季風玫瑰圖.....	2-26
圖 2.16 港灣技術研究中心-臺中海象測站位置.....	2-27
圖 2.17 港研中心臺中 1999~2016 年四季及全觀測期波浪玫瑰圖	2-33
圖 2.18 中央氣象局-臺中港潮位測站位置.....	2-35
圖 2.19 臺中港 1971~2016 年每月潮位統計圖.....	2-35
圖 2.20 港研中心臺中 2003~2016 年四季及全觀測期海流玫瑰圖	2-41

圖 3.1 西太平洋風浪模式範圍、網格及數值水深示意圖	3-4
圖 3.2 局部區域範圍、網格及數值水深示意圖	3-4
圖 3.3 中央氣象局 WRF 成員 M00 各層水平巢狀網格數值模擬範圍圖	3-6
圖 3.4 TaiCOMS 輸出中央氣象局 WRF(WA01)風場範圍示意圖	3-6
圖 3.5 Mike 21 2 維平面風場 u 方向風速網格範圍示意圖	3-7
圖 3.6 Mike 21 2 維平面風場 v 方向風速網格範圍示意圖	3-7
圖 3.7 Mike 21 2 維平面氣壓場網格範圍示意圖	3-8
圖 3.8 臺灣中部海域波浪觀測站位置示意圖	3-10
圖 3.9 冬季季風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果	3-11
圖 3.10 夏季季風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果	3-13
圖 3.11 2015 年蘇迪勒颱風路徑示意圖	3-15
圖 3.12 蘇迪勒颱風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果	3-16
圖 3.13 2015 年冬季及夏季臺中港實測風速與中央氣象局 WRF 預報風場風速歷線圖	3-18
圖 3.14 離岸風場遴選容量分布區域位置示意圖	3-20
圖 3.15 波浪模式內 7 場區離岸風電場址及風機群機樁位置示意圖	3-21
圖 3.16 波浪模式輸出 3 剖面波浪空間運動情形位置示意圖	3-21
圖 3.17 模擬冬季季風期間局部區域波浪運動情形	3-22
圖 3.18 冬季季風期間風機群設置後局部區域波浪運動情形	3-23
圖 3.19 冬季季風期間風機群設置後之示性波高改變情形	3-23
圖 3.20 冬季季風期間風機群設置前、後局部區域模式 3 剖面波浪空間	

運動情形	3-24
圖 3.21 夏季季風期間局部區域波浪運動情形.....	3-25
圖 3.22 夏季季風期間風機群設置後局部區域波浪運動情形	3-26
圖 3.23 夏季季風期間風機群設置後之示性波高改變情形.....	3-26
圖 3.24 夏季季風期間風機群設置前、後局部區域模式 3 剖面波浪空間運動情形	3-27
圖 3.25 颱風期間局部區域波浪運動情形.....	3-28
圖 3.26 颱風期間風機群設置後局部區域波浪運動情形.....	3-29
圖 3.27 颱風期間風機群設置後之示性波高改變情形.....	3-29
圖 3.28 颱風期間風機群設置前、後局部區域模式 3 剖面波浪空間運動情形	3-30
圖 4.1 邊界條件潮位示意圖(東經 150°, 北緯 5°至 40°為例)	4-3
圖 4.2 臺灣中部海域潮位、海流驗證觀測站位置示意圖.....	4-4
圖 4.3 臺中港觀測站位置示意圖	4-6
圖 4.4 澎湖尖山港觀測站、澎湖浮標位置示意圖.....	4-6
圖 4.5 冬季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果	4-7
圖 4.6 冬季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果(1).....	4-7
圖 4.7 冬季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果(2).....	4-8
圖 4.8 冬季季風期間臺中港海流觀測站流速、流向模擬比對結果	4-8
圖 4.9 冬季季風期間尖山港外海海流觀測站流速、流向模擬比對結果	4-9
圖 4.10 冬季季風期間模擬流場(退潮).....	4-10
圖 4.11 冬季季風期間模擬流場(漲潮)	4-10
圖 4.12 夏季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果	4-12

圖 4.13	夏季季風期間臺中港海流觀測站流速、流向模擬比對結果	4-12
圖 4.14	夏季季風期間澎湖浮標站流速、流向模擬比對結果	4-13
圖 4.15	夏季季風期間模擬流場(退潮).....	4-14
圖 4.16	夏季季風期間模擬流場(漲潮).....	4-14
圖 4.17	蘇迪勒颱風期間臺中港觀測站潮位、流速、流向模擬比對	4-16
圖 4.18	蘇迪勒颱風期間澎湖浮標站流速、流向模擬比對結果	4-17
圖 4.19	蘇迪勒颱風臺中港暴潮偏差	4-17
圖 4.20	蘇迪勒颱風期間模擬流場(漲潮).....	4-18
圖 4.21	蘇迪勒颱風期間模擬流場(退潮).....	4-18
圖 4.22	模式內 7 場區離岸風電場址及風機群設置示意圖.....	4-19
圖 4.23	冬季季風期間風機群設置前模擬流場(滿潮).....	4-21
圖 4.24	冬季季風期間風機群設置後模擬流場(滿潮).....	4-21
圖 4.25	冬季季風期間風機群設置前模擬流場(退潮).....	4-22
圖 4.26	冬季季風期間風機群設置後模擬流場(退潮).....	4-22
圖 4.27	冬季季風期間風機群設置前模擬流場(低潮).....	4-23
圖 4.28	冬季季風期間風機群設置後模擬流場(低潮).....	4-23
圖 4.29	冬季季風期間風機群設置前模擬流場(漲潮).....	4-24
圖 4.30	冬季季風期間風機群設置後模擬流場(漲潮).....	4-24
圖 4.31	冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(滿潮).....	4-25
圖 4.32	冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(退潮).....	4-25
圖 4.33	冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(低潮).....	4-26
圖 4.34	冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(漲潮).....	4-26
圖 4.35	冬季季風期間風機群設置後臺中港站潮、流模擬比較	4-27

圖 4.36	冬季季風期間風機群設置後彰濱浮標站潮、流模擬比較	4-27
圖 4.37	夏季季風期間風機群設置前模擬流場(漲潮).....	4-29
圖 4.38	夏季季風期間風機群設置後模擬流場(漲潮).....	4-30
圖 4.39	夏季季風期間風機群設置前模擬流場(滿潮).....	4-30
圖 4.40	夏季季風期間風機群設置後模擬流場(滿潮).....	4-31
圖 4.41	夏季季風期間風機群設置前模擬流場(退潮).....	4-31
圖 4.42	夏季季風期間風機群設置後模擬流場(退潮).....	4-32
圖 4.43	夏季季風期間風機群設置前模擬流場(低潮).....	4-32
圖 4.44	夏季季風期間風機群設置後模擬流場(低潮).....	4-33
圖 4.45	夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(漲潮).....	4-33
圖 4.46	夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(滿潮).....	4-34
圖 4.47	夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(退潮).....	4-34
圖 4.48	夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(低潮).....	4-35
圖 4.49	夏季季風期間風機群設置後臺中港潮、流模擬比較	4-35
圖 4.50	夏季季風期間風機群設置後彰濱浮標潮、流模擬比較	4-36
圖 4.51	風機群設置前蘇迪勒颱風期間模擬流場(漲潮).....	4-38
圖 4.52	風機群設置後蘇迪勒颱風模擬流場(漲潮).....	4-38
圖 4.53	風機群設置前蘇迪勒颱風期間模擬流場(滿潮).....	4-39
圖 4.54	風機群設置後蘇迪勒颱風模擬流場(滿潮).....	4-39
圖 4.55	風機群設置前蘇迪勒颱風期間模擬流場(退潮).....	4-40
圖 4.56	風機群設置後蘇迪勒颱風期間模擬流場(退潮).....	4-40
圖 4.57	風機群設置前蘇迪勒颱風期間模擬流場(低潮).....	4-41
圖 4.58	風機群設置後蘇迪勒颱風期間模擬流場(低潮).....	4-41

圖 4.59 蘇迪勒颱風期間風機群設置後流場模擬差異結果(漲潮).....4-42

圖 4.60 蘇迪勒颱風期間風機群設置後流場模擬差異結果(滿潮).....4-42

圖 4.61 蘇迪勒颱風期間風機群設置後流場模擬差異結果(退潮).....4-43

圖 4.62 蘇迪勒颱風期間風機群設置後流場模擬差異結果(低潮)4-43

表 目 錄

表 2-1 離岸風區潛力場址環境基本資料	2-5
表 2-2 「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」申設現況	2-6
表 2-3 模式水深資料彙整	2-10
表 2-4 颱風登陸地點風力統計	2-15
表 2-5 臺灣中部鄰近各測站統計氣壓	2-16
表 2-6 臺中梧棲測站 2010-2017 統計每月最大陣風	2-18
表 2-7 臺中 2006~2017 年各月風觀測資料有效記錄時數	2-19
表 2-8 臺中 2006~2017 年分季風速及風向分佈統計表	2-20
表 2-9 歷年冬季臺中測站風速及風向聯合分佈百分比(%)統計表 ...	2-21
表 2-10 歷年春季臺中測站風速及風向聯合分佈百分比(%)統計表 .	2-22
表 2-11 歷年夏季臺中測站風速及風向聯合分佈百分比(%)統計表 .	2-23
表 2-12 歷年秋季臺中測站風速及風向聯合分佈百分比(%)統計表 .	2-24
表 2-13 歷年臺中測站風速及風向聯合分佈百分比(%)統計表	2-25
表 2-14 臺中 1999~2016 年波浪觀測資料有效記錄筆數	2-28
表 2-15 臺中 1999~2016 年示性波高、週期及波向統計表	2-29
表 2-16 臺中 1999~2016 年示性波高分佈百分比(%)統計表	2-30
表 2-17 臺中 1999~2016 年週期分佈百分比(%)統計表	2-31
表 2-18 臺中 1999~2016 年波向分佈百分比(%)統計表	2-32
表 2-19 臺中港 1971-2016 年每月潮位統計表	2-34
表 2-20 臺中 2003~2016 年海流觀測資料有效記錄筆數	2-37
表 2-21 臺中 2003~2016 年流速及波向統計表	2-38

表 2-22 臺中 2003~2016 年流速分佈百分比(%)統計表	2-39
表 2-23 臺中 2003~2016 年流向分佈百分比(%)統計表	2-40
表 3-1 模式使用地形水深資料表	3-3
表 3-2 中央氣象局 WRF 成員 M00 水平巢狀網格資訊表	3-5
表 3-3 模式參數設定彙整表	3-9
表 3-4 波浪初始條件及 JONSWAP 譜參數表	3-9
表 3-5 冬季季風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀測 值誤差分析表	3-11
表 3-6 夏季季風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀測 值誤差分析表	3-14
表 3-7 蘇迪勒颱風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀 測值誤差分析表	3-17
表 3-8 7 個離岸風場機樁數量彙整及機樁形式表	3-20
表 4-1 模式參數設定	4-3
表 4-2 冬季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬誤差分析表	4-9
表 4-3 冬季季風期間臺灣中部海流觀測站流速模擬誤差分析表	4-9
表 4-4 夏季季風期間臺灣中部海流觀測站潮位模擬誤差分析表	4-13
表 4-5 夏季季風期間臺灣中部海流觀測站流速模擬誤差分析表	4-13

第一章 緒論

1.1 計畫緣起

依行政院核定經濟部「風力發電 4 年推動計畫」（106-109 年），計畫內說明我國能源高度依賴進口，化石能源依存度高，面對全球溫室氣體減量趨勢與國家非核家園共識，政府規劃新能源政策目標於 114 年提升再生能源發電比例至 20%，期能在兼顧能源安全、環境永續及綠色經濟發展均衡下，建構安全穩定、效率及潔淨能源供需體系，創造永續價值，邁向 2025 年非核家園願景。

經濟部近年積極推動離岸風電發展，經參考國外技術發展趨勢與推動經驗，確立「先淺海、後深海」模式，及「先示範、次潛力、後區塊」之 3 階段推動策略，規劃於 109 年達成累計裝置量 520 MW，114 年達成累計裝置量 3 GW 目標(已調整規劃未來於 114 年，含 0.23GW 示範風場，累計共設置 5.73 GW 離岸風場)，累計共將創造投資額達新臺幣 9,625 億元，累計創造約 2 萬個就業機會，同時帶動年減碳量達 1,047 萬噸，約相當於 26,926 個大安森林公園年減碳量，將有利於實現強化能源安全、創新綠色經濟、促進環境永續等政策願景。

本計畫之上位綱要計畫為本所提報之「離岸風電海下工程技術研發計畫」(106-109 年)，依行政院 101 年 2 月以「千架海陸風力機」計畫，推動「先開發陸域風場，續開發離岸風場」政策，計畫配合研究船舶進出離岸風電鄰近港區之航行安全維持。將進行離岸風電開發衍生之航安與港區規劃、現場海氣象觀測調查及漂沙試驗模擬、大氣腐蝕、基樁穩定等相關研究範疇，有別於其他單位相關研究計畫內容。並透過技術分享及單位間合作，進行各項港區航運相關研究作業及現場調查工作，其整體計畫規劃之目標與內容，如圖 1.1 所示，有助於我國離岸風電水下工程相關技術發展，亦有助於提升政府整體海象監測、災防應用及港埠營運績效。

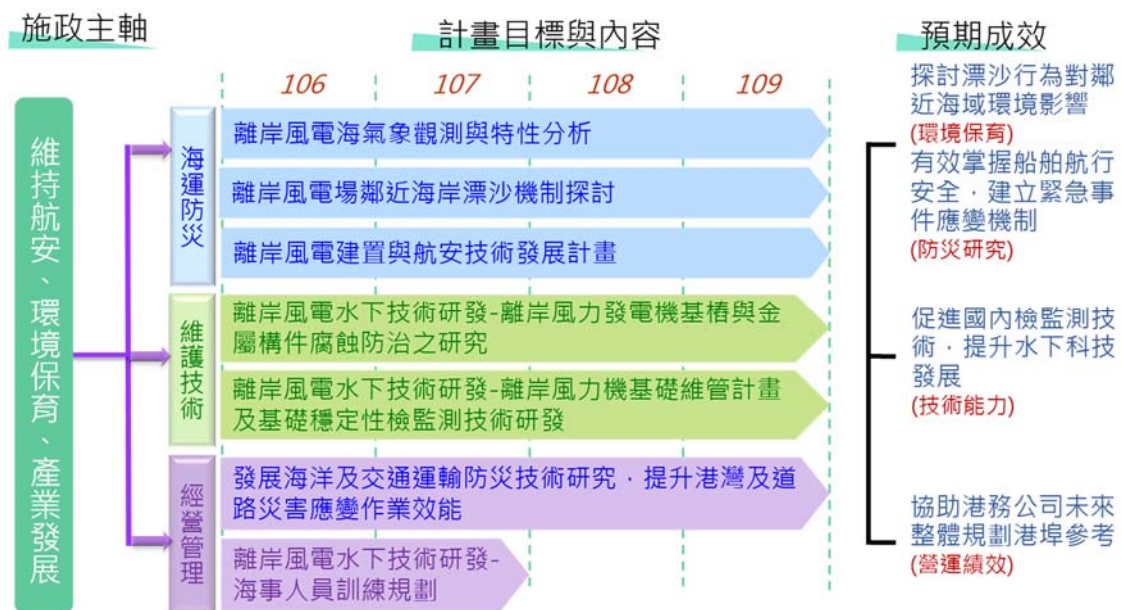


圖 1.1 離岸風電海下工程技術研發計畫目標與內容

本計畫為在上位綱要計畫「離岸風電海下工程技術研發計畫」項下，辦理離岸風電鄰近海域波流及海岸變遷數值分析，分年度探討中彰海域內離岸風場區之風機群設置後對整體海地象特性影響及分析。

1.2 計畫目的

本計畫為考量未來離岸風電推動，勢必架設許多風機於中彰外海，其風機群屬於佔據區域面積大，多點式小結構物，置放在原已達動態平衡或已平衡狀態之海域中，可能改變原有水理機制，造成局部或區域性波場及流場改變，若波流場之變化大時則會改變局部漂沙運動行為，長期可能會造成沿岸地形變遷，並對鄰近港區、航道及沿岸海域造成影響。

因此，計畫將分年度(107-109 年)建置臺中鄰近海域的波浪、潮汐及流場、漂沙及地形變遷等數值模組，利用在離岸風電場之臺中鄰近海域本所長期性海氣象觀測進行檢核，藉由數值模式計算結果，評估分析中彰海域離岸風電機組佈設後對臺中鄰近海域波、流、漂沙及海岸地形變遷影響程度，供後續水工試驗、工程建設及長期地形變遷分析之參考

應用，並期望執行結果可提供港務公司或風電相關產業，作為管理、營運、防災之參考，以落實政府風能發電政策。

1.3 研究範圍與對象

經濟部於「風力發電 4 年推動計畫」說明離岸風電規劃推動採「示範獎勵計畫、潛力場址要點、區塊開發」三階段推動：第一階段提供機組設備及開發過程之獎勵補助以引導業者率先投入；第二階段公告 36 處潛力場址，加速業界先行規劃準備；第三階段透過政策環評進行跨部會協調，整體規劃海域空間利用，並帶動本土產業發展。

為進一步考量臺中鄰近海域可能受之影響，本計畫為研究範圍，包含中彰地區外海離岸風機群，參考公告之 36 處潛力場址及第 2 階段公告離岸風電至 114 年達 5.73GW 設置容量(含 0.23GW 示範風場)，包含經濟部於 107 年 1 月 18 日公告「離岸風力發電規劃場址容量分配作業要點」，採「先遴選、後競價」原則進行分配，其遴選審查結果，計有 7 家業者(10 個離岸風場)獲選，總分配容量達 3,836 MW，以及競價結果，計 2 家開發商(4 個離岸風場)獲選，總計容量達 1,664 MW，114 年完工併聯容量 1,664MW 之共計 14 個風場區進行研究，分年度探討離岸風機群設置後，於受機群影響之海氣地象變化。

本計畫規劃自 107 年度起執行 3 年，各年度主要研究如下，107 年辦理臺中鄰近海域波浪及水動力模式建置及驗證；108 年辦理分析臺中鄰近海域漂沙特性，及漂沙對臺中港之影響；109 年辦理分析臺中鄰近海域海岸地形變遷，及海岸變遷對臺中港之影響。

本計畫所使用模式，是採用丹麥水力研究所(DHI: Danish Hydraulic Institute)研發之數值模式，DHI 成立於 1964 年且是經由丹麥科技創新部審准之國家級技術研究中心，其研發的 MIKE 21 軟體可作為模擬二維水動力、水質汙染傳輸、泥沙漂沙、波浪、生態實驗...等物理、化學或生物演變過程模擬程式，並具有友善的用戶介面，可以方便快捷地進行前期資料處理、後期模擬結果分析、展示等功能。計畫內採用模擬

「MIKE 21 二維海洋波流軟體」之前後處理模組(PP-preprocessing and postprocessing)、二維水動力模組(HD-Hydrodynamics)、二維波浪模組(SW-spectral waves)、二維沙傳輸模組(ST-sand transport)、海岸線地貌演變(SM-shoreline morphology)、Boussinesq 方程波浪模組(BW-boussinesq waves)等共計 6 個模組 6

1.4 相關計畫

臺灣西部海域離岸風場風況優良，可供開發潛力較大，未來將以離岸風場開發為重點工作。依我國風電發展目標短程於 2016 年完成我國首座離岸風電示範機組；中程目標於 2020 年完成陸域風場開發，離岸風電累計裝置 520MW；長程目標於 2025 年累計安裝 600 架離岸風力機、容量 3GW 風力機，與陸域 450 架 1.2GW 風力機，合計共設置超過 1,000 架風力機，總裝置容量 4.2GW。(註：行政院核定之「風力發電 4 年推動計畫」中，2025 年離岸風電目標為 3GW，但 2018 年辦理之遴選與競標作業合計規模已達 5.5GW，再包含先前 0.23GW 示範風場部分，代表 2025 年離岸風電目標已變更為 5.73GW)。

近年在政府推動離岸風電下，國內亦有針對離岸風電潛能與優選場址進行研究如呂學德(2015)透過中尺度數值天氣預報系統與地理資訊系統，考量排除條件與影響因子後，進行離岸風力最大潛能分析與離岸優選區塊場址評估。結果顯示，水深 5~20 公尺、20~50 公尺與 50~100 公尺之開發潛能分別為 1.2GW、5GW 和 9GW，並優選離岸區塊場址由北至南共有 36 處，該研究亦作為經濟部能源局推動「離岸風電區塊開發政策評估說明書」政策環評潛力場址之重要依據。

然而，離岸風電發電機由於座落於外海，與海上的風、海面的波、海下的流及海底的底質有各種交互作用情形。近年亦有相關研究進行離岸風電場現場調查與研究、波流場模擬研究、基樁沖刷模擬及實驗研究。相關文獻回顧如下：

黃清哲(2016) 與永傳能源股份有限公司進行產學合作，以該公司之海上施工需求為導向，以兩年期間進行風力發電場址的長期海氣象特徵調查與研究，位在福海三期離岸風場範圍內，於 104 年 5 月完成海氣象資料浮標的布放，布放位置水深約 40 m，與最近的海岸陸地之距離約 13 km。提供現場長期觀測站之建置與觀測資料收集、波譜模型之研究與波浪系集預測模型之發展。

顧晨(2017)通過 38(1979-2016)再分析風場驅動長時間波浪模型，並結合日本氣象局最佳路徑颱風數據選定颱風模式，驅動颱風浪模型，得到臺灣海峽連續 38 年風浪數據庫，可提供臺灣海峽內特定點的波浪極值分析結果，臺中港外波浪極值計算為例，透過波浪極值分析重現期之波高、周期，其中示性波高 50 年為 9.7 公尺、100 年為 10.57 公尺，對應譜峰周期 50 年為 12.5 秒、100 年為 12.9 秒。

萬竣翔(2015) 係在國立成功大學水工試驗所之風波流循環水槽中以 1/36 縮尺之動床水工模型試驗，探討套管式離岸風機基座位於 17.69m 水深受波流水動力作用下，其周遭海底床之沖刷問題，並進行鋪設不同範圍與高度之拋石保護工與未鋪設時的結果進行比較。結果顯示在極端條件作用下且未使用保護工時，套管式離岸風機基座四支樁腳周遭之最大沖刷深度約為 2 倍樁腳直徑(D)，而可能引致之潛勢沖刷影響範圍約為 6~10 倍樁徑。文內並研提在套管式離岸風機基座附近，進行沖刷保護工鋪設，用以減緩沖刷之發生，試驗結果顯示所設計之基座保護工確實能達沖刷減緩之成效。

張恆文(2015) 透過海域施工環境條件與風電開發應用整合，建置展示平台以及資料庫，建構開發海域施工環境分析暨自動預測系統『OCEANAUT』，提供特定離岸場址風速、波浪、海流 未來 120 小時之預測資訊，包含即時觀測資料、主客觀數值預測以及劇烈天氣監測。

江允智(2015) 以三維現地水動力及泥砂底床變遷模式的開發，結合現地泥砂的特性及海象，做為數值模式所需的輸入參數，有效預測單一或多個風機的設置對海洋地貌及懸浮濃度的影響做詳細模擬，並進一步對各種極端氣候下風機的穩定性及環境衝擊做有效的影響評估。

在多座風機受波流數值模擬部份，許朝敏(2010) 以布斯尼斯克方程式為基礎數值，模擬澎湖林投海岸設置一虛擬離岸風田，波浪因風機存在造成之波流場變化情形，數值結果顯示此虛擬離岸風田明顯影響波流場變化，說明離岸風田設置，絕對會影響波浪的變化，進而影響環境的變化。

1.5 主要工作項目及成果

本計畫以臺中鄰近海域為研究範圍，包含中部地區外海離岸風機群，本年度(107 年度)主要工作項目為建置臺中鄰近海域波浪及海流模組，進行特性分析及評估風機群設置後對波浪、流場之影響。

1.5.1 本年度(107 年度)主要的工作項目：

- (1) 蒐集彙整中彰外海區域各離岸風場現階段及後續規劃資訊。
- (2) 蒐集臺中鄰近海域風、波、流及海底地形等相關資訊及特性分析
- (3) 利用 MIKE 21 建置適用於臺中鄰近海域之風浪(SW)非結構性網格之巢狀模組及與臺中港觀測資料驗證比對。
- (4) 利用 MIKE 21 建置適用於臺中鄰近海域之水動力(HD)非結構性網格之巢狀模組與臺中港觀測資料驗證比對。
- (5) 進行臺中鄰近海域風浪及水動力冬季及夏季特性分析
- (6) 進行臺中鄰近海域潛力風場風機群設置後風浪及水動力之影響模擬評估。
- (7) 配合本所港研中心水工模型試驗，提供臺中鄰近海域波浪及海流方案模擬。

1.5.2 本年度(107 年度)預期成果：

- (1) 彙整中彰外海區域離岸風場現階段及後續規劃資訊。
- (2) 取得彙整最新臺中鄰近海域風、波、流及海底地形等相關資訊。
- (3) 配合本所港研中心海氣象觀測資料，完成建置適用於臺中鄰近海域之 MIKE 21 風浪(SW)非結構性網格之巢狀模組。
- (4) 配合本所港研中心海氣象觀測資料，完成置適用於臺中鄰近海域之 MIKE 21 水動力(HD)非結構性網格之巢狀模組。

- (5) 完成進行臺中鄰近海域風浪及水動力冬季及夏季特性分析。
- (6) 完成進行臺中鄰近海域潛力風場風機群設置後風浪及水動力之影響模擬評估。
- (7) 提供本所港研中心水工模型試驗有關臺中鄰近海域波浪及海流方案模擬。

1.5.3 後續 108 年度預期工作項目：

- (1) 利用本所蒐集之海氣象觀測資料，建置適用於臺中、彰化鄰近海域之波浪(SW)、水動力(HD)及漂沙(ST)多尺度巢狀數值模組。
- (2) 辦理離岸風電區域之臺中港港數值地形模組建置。
- (3) 進行臺中鄰近海域冬季、夏季及颱風事件之漂沙特性分析。
- (4) 進行離岸風電潛力場址風機群設置後對海岸漂沙之影響模擬評估。
- (5) 規劃模擬方案，提供臺中、彰化鄰近海域波浪、海流及漂沙模擬結果，以利本所港研中心辦理水工模型試驗作業。

1.5.4 後續 109 年度預期工作項目：

- (1) 利用本所蒐集之海氣象觀測資料、蒐集近年臺中、彰化海岸岸線測量資料，建置適用於臺中鄰近海域之風浪(SW)、水動力(HD)、漂沙(ST)及海岸線地貌(SM)之多尺度巢狀數值模組。
- (2) 辦理離岸風電區域之臺中港港數值地形模組建置。
- (3) 分析臺中、彰化海岸線近年變化趨勢及利用 MIKE 21 數值模擬驗證。
- (4) 進行離岸風電潛力場址風機群設置後對臺中、彰化海岸線未來長期(10 年以上)變化趨勢模擬分析。

- (5) 規劃模擬方案，提供臺中、彰化鄰近海域波浪、海流漂沙、海岸線地貌演變模擬結果，以利本所港研中心辦理水工模型試驗作業。

第二章 環境資料蒐集及分析

本計畫考量設置風電場後臺中鄰近海域可能受之影響，研究範圍包含中彰地區外海離岸風機群，參考公告之 36 處潛力場址及第 2 階段公告離岸風電至 114 年達 5.73GW 設置容量(含示範風場 0.23GW)，包含經濟部於 107 年 1 月 18 日公告「離岸風力發電規劃場址容量分配作業要點」，採「先遴選、後競價」原則進行分配，其遴選審查結果，計有 7 家業者(10 個離岸風場)獲選，總分配容量達 3,836 MW，以及競價結果，計 2 家開發商(4 個離岸風場)獲選，總計容量達 1,664 MW，114 年完工併聯容量 1,664 MW 之共計 14 個風場區，如圖 2.1，其中中部海域外計有 13 個離岸風電場區進行研究，分年度探討離岸風機群設置後，於受機群影響之海氣地象變化。

本章就中彰外海區域各離岸風場區基本資料、臺中鄰近海域風力、波浪、潮位及流場等環境背景進行概述。

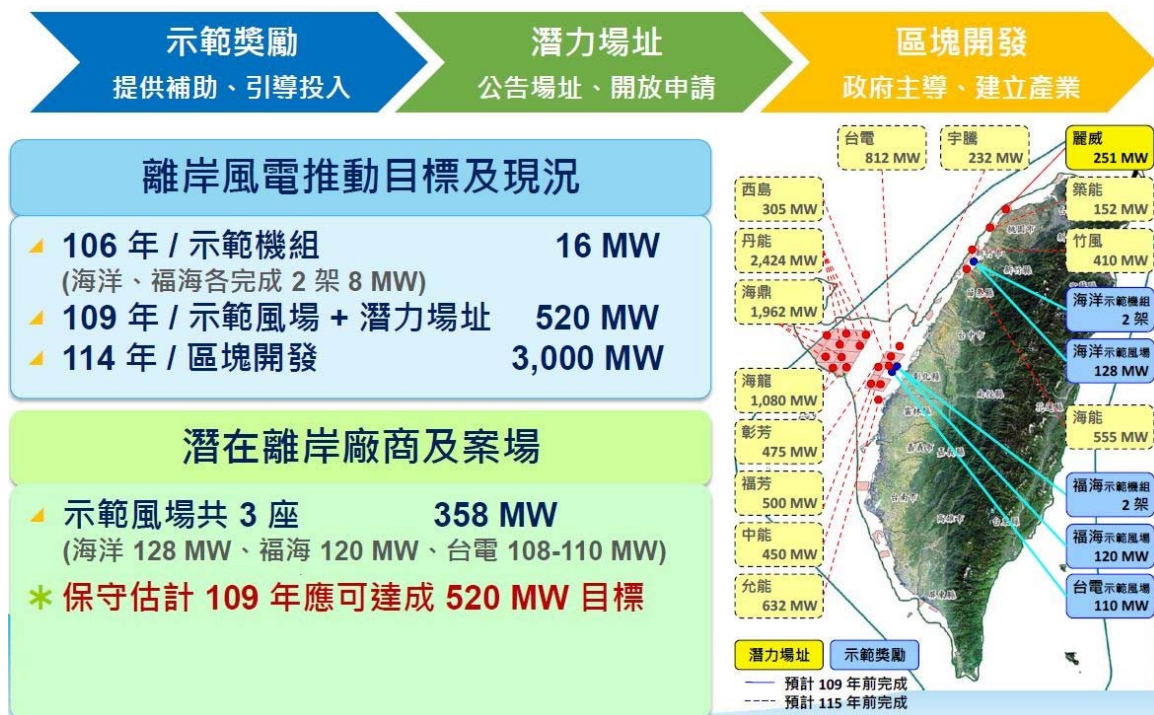
2.1 中彰外海區域各離岸風場區基本資料

評估環境影響及風能效率，經濟部選出 36 處離岸風機潛力場址如圖 2.2，各潛力場址基本資料如表 2-1 所示，場址編號 7-19 分別屬於臺中、彰化外海風場，離岸約 3.8~62.1 km。潛力場址的劃設，係排除相關法規及敏感地區，圖 2.3 為交通部航港局預定公告彰化外海岸風電潛力場址海域預定航道座標點及示意圖，航道採分道航行制，整體航道組成包括南向及北向航道、南向及北向安全隔離帶(即最小安全距離)各 2 浬寬，航道中央隔離區 1 浬寬，總寬度 9 浬之方案劃設。

包含經濟部於 107 年 1 月 18 日公告「離岸風力發電規劃場址容量分配作業要點」，採「先遴選、後競價」原則進行分配，申設現況如表 2-2，其中，第 2 階段規劃場址案件計 24 案，扣除 4 案未於 106 年底期限前通過環評審查、2 案場址重疊，共有 18 案進入下階段容量分配作

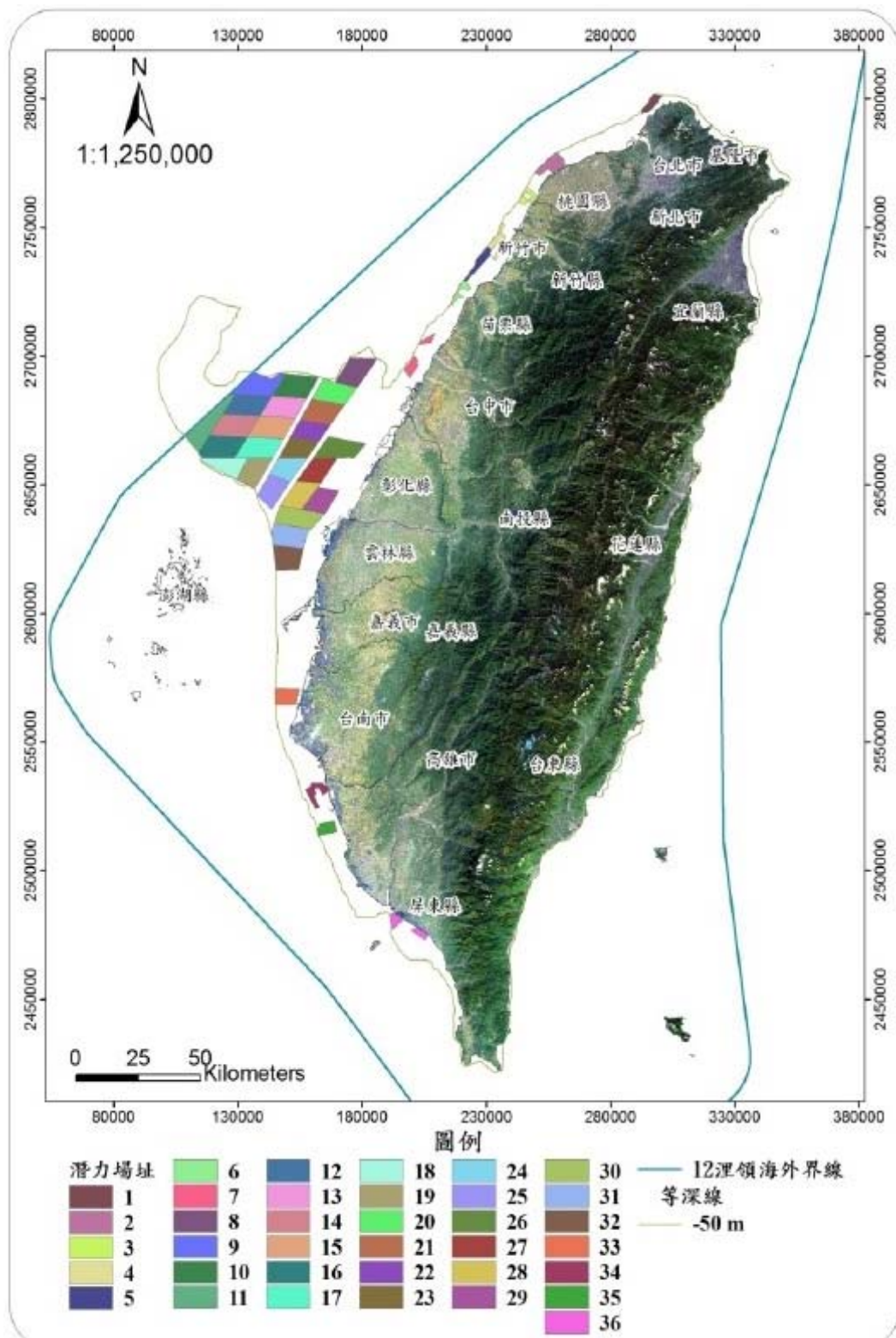
業，總規劃量約 10 GW。

其遴選審查結果，經濟部能源局計有 7 家業者(10 個離岸風場)獲選，總分配容量達 3,836 MW，以及競價結果，計 2 家開發商(4 個離岸風場)獲選，總計容量達 1,664 MW，114 年完工併聯容量 1,664 MW 之共計 14 個風場區。本計畫選取通過遴選審查階段、獲配容量且位屬於臺中、彰化海域離岸風場址，共計 7 個離岸風場址作模式模擬對象。



資料來源：經濟部能源局，2018

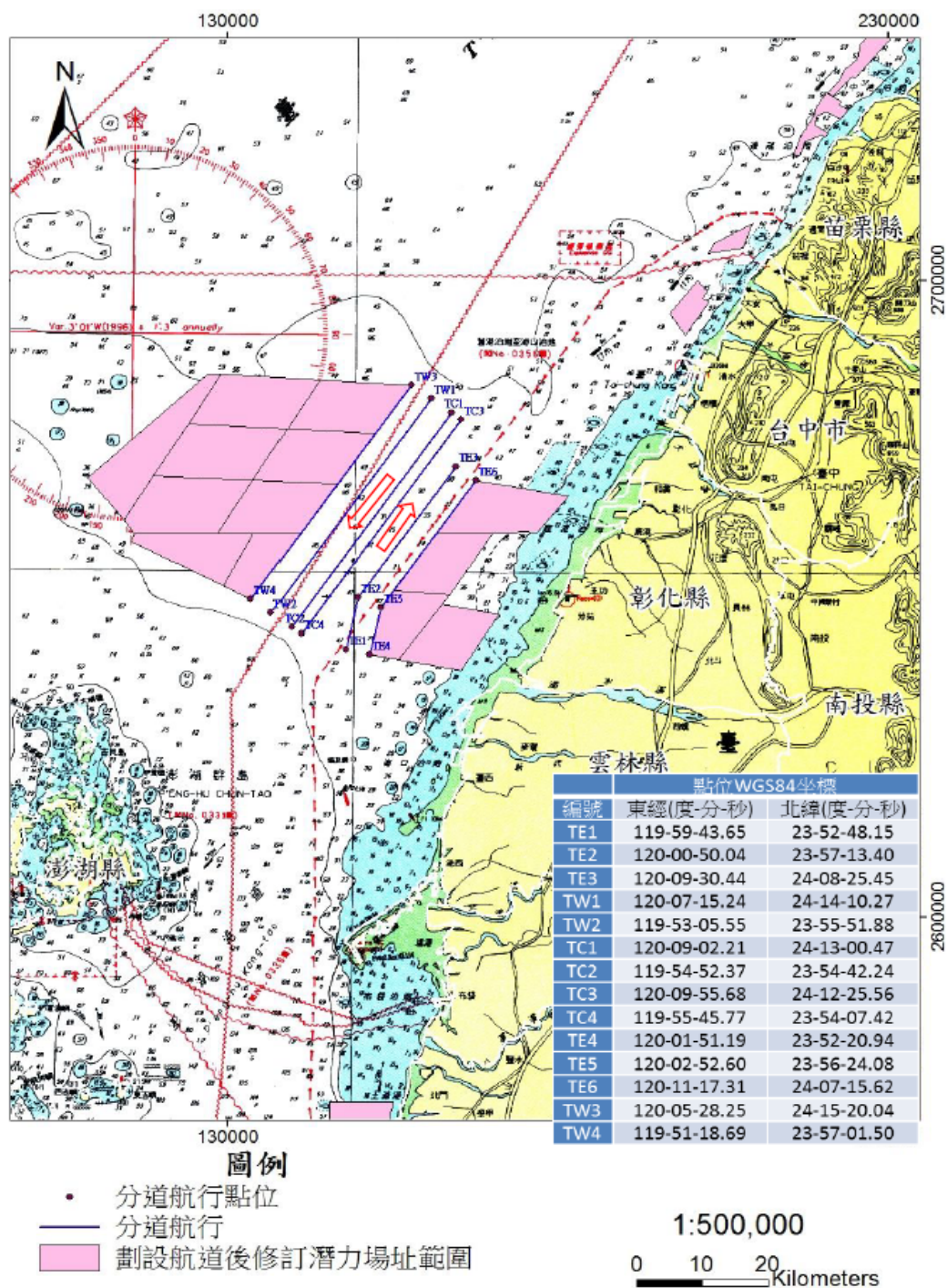
圖 2.1 離岸風電推動目標及現況



資料來源：工業技術研究院-風力發電 4 年推動計畫，2018

圖 2.2 離岸風機潛力場址範圍

臺灣彰化外海岸風電潛力場址海域預定航道座標點及示意圖



資料來源：交通部航港局刊登預定公告，2017

圖 2.3 彰化外海岸風電潛力場址預定航道座標

表 2-1 離岸風區潛力場址環境基本資料

編號	縣市	名稱	面積 (km ²)	水深(m)			10m高 平均風速 (m/sec)	離岸 最近距離 (km)
				Max	Min	Mean		
1	新北市	新北市	26.2	50.3	18.0	40.9	7.9	1.1
2	桃園市	桃園市	50.2	49.8	1.0	29.3	8.0	0.2
3	新竹縣	新竹縣	22.2	49.9	1.0	24.5	8.0	0.4
4	新竹市	新竹市	31.6	50.3	24.2	38.7	8.3	2.2
5	苗栗縣	苗栗縣 1	34.7	51.5	37.2	44.7	8.4	4.7
6		苗栗縣 2	20.8	52.8	13.5	39.0	8.3	1.6
7	台中市	台中市 1	36.8	49.9	29.3	43.4	8.2	3.8
8		台中市 2	112.5	49.9	41.0	45.5	8.7	15.7
9	彰化縣	彰化縣 1_1	120.7	49.9	35.6	45.3	8.9	49.9
10		彰化縣 1_2	122.0	49.9	37.5	44.6	8.8	35.1
11		彰化縣 1_3	128.6	50.7	21.9	32.6	8.8	62.1
12		彰化縣 1_4	117.4	44.1	31.7	36.8	8.8	48.5
13		彰化縣 1_5	111.8	43.9	34.0	40.6	8.8	34.7
14		彰化縣 1_6	126.3	42.2	23.8	32.4	8.8	50.1
15		彰化縣 1_7	120.4	44.1	34.4	40.9	8.7	35.7
16		彰化縣 1_8	131.1	48.8	19.1	28.9	8.7	50.3
17		彰化縣 1_9	122.5	44.9	34.0	39.3	8.6	36.8
18		彰化縣 2_1	85.2	49.7	32.0	40.1	8.6	34.8
19	彰化縣	彰化縣 2_2	100.5	51.0	37.4	45.1	8.5	37.0
20		彰化縣 3_1	109.7	49.9	35.0	41.5	8.7	19.3
21		彰化縣 3_2	112.6	41.6	31.4	34.4	8.6	20.3
22		彰化縣 3_3	86.7	39.4	27.9	34.0	8.6	21.5
23		彰化縣 3_4	88.6	45.8	24.7	35.1	8.5	23.3
24		彰化縣 4_1	86.2	46.0	24.8	38.3	8.4	24.8
25		彰化縣 4_2	93.3	48.1	28.8	42.3	8.3	21.8
26		彰化縣 5	118.6	46.8	15.3	38.7	8.3	5.7
27		彰化縣 6_1	92.7	43.4	23.2	35.4	8.2	14.1
28		彰化縣 6_2	98.3	37.5	22.2	30.0	8.1	14.2
29		彰化縣 6_3	89.9	36.2	20.1	30.7	7.9	7.5
30	雲林縣	雲林縣 1_1	117.8	39.2	20.1	30.5	8.0	3.7
31		雲林縣 1_2	114.3	49.5	25.0	33.0	7.9	4.3
32		雲林縣 1_3	93.2	49.4	25.2	33.0	7.7	8.2
33	台南市	台南市	57.3	40.4	1.0	18.6	6.6	0.7
34	高雄市	高雄市 1	38.8	30.9	1.0	19.7	5.5	0.2
35		高雄市 2	32.5	41.5	4.8	21.4	5.3	1.8
36	屏東縣	屏東縣	32.5	31.7	1.0	13.0	4.0	0.5

水深：依據再生能源發展條例「風力離岸發電系統」定義，以海圖最低低潮線為0m基線

10m高平均風速：以WRF模式模擬2008-2010年時序列風速資料，並與實測資料比對修正，再以統計方法分析3年逐時資料，求出10m高年平均風速

資料來源：經濟部能源局，2018

表 2-2 「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」申設現況

更新日期-107.05.17

場址	籌備處	規劃量 (MW)	進度
1	艾貴風能壹	256	備查失效
2	麗威	251	已備查
3	築能	151.8-159.3	備查失效
4	竹風	410	已備查
5 & 6	海能	555.45-736	已備查
11	海鼎一	648-736	已備查
12	大彰化西北	598	已備查
13	大彰化東北	570	已備查
14	大彰化西南	642.5	已備查
15	大彰化東南	613	已備查
16	海鼎二	666-760	已備查
17	海鼎三	648-760	已備查
18	海龍三號	468-512	已備查
19	海龍二號	612-696	已備查
26	台電	812	已備查
27	彰芳	475	已備查
27	海峽	500	備查失效
28	海峽	500	已備查
28	福芳	500	備查失效
29	中能	450	已備查
非屬潛力場址	宇騰	232-239.7	備查失效
非屬潛力場址	允能	632-707.8	已備查
非屬潛力場址	西島	305	已備查
非屬潛力場址	臺海第一	500	備查失效

註 1： 同一場址內有二件以上之申請案時，以先取得通過或有條件通過之環境影響評估審查結論者，得申請籌備創設登記備案。

註 2： 取得備查之申請人如未能於中華民國一百零六年十二月三十一日前取得環保主管機關環境影響評估審查委員會專案小組初審會議建議通過或有條件通過環境影響評估之審查結論，或未能於中華民國一百零八年十二月三十一日前取得籌備創設登記備案者，其備查及備查同意函失其效力。

資料來源：經濟部能源局，2018

2.2 地形水深資料彙整

臺中海岸共有三大河系，由北而南分別是大安溪、大甲溪、烏溪，海域平坦又有海洋生態棲息繁衍，因此蘊有豐富的漁業資源。其中臺中港為一國際商港由國人自行設計施工，十大建設的重要項目之一，臺中港距離北部的基隆港約 110 哩；南部的高雄港約 120 哩航程，如圖 2.4 所示。臺中港區腹地廣大，港區面積為 11,285 公頃，其中水域面積 8,382 公頃，陸域面積 2,903 公頃。臺中港港區內規劃興建碼頭 78 座(臺灣港務股份有限公司-臺中港務分公司，2018)；港區全境橫跨龍井區、梧棲區、清水區，港內大部分設施皆位於梧棲區，管理單位為臺灣港務公司臺中港務分公司。



資料來源：臺灣港務股份有限公司-臺中港務分公司，2018

圖 2.4 臺中港地理位置圖

臺中海岸由北而南有松柏漁港、五甲漁港、北汕漁港、塭寮漁港、梧棲漁港、麗水漁港等六個漁港。除梧棲漁港為臺灣第一類漁港，主管機關行政院農業委員會漁業署外，其他漁港均為第二類漁港，主管機關為臺中市政府(臺中市臺中區漁會，2018)。本港漁船多於新竹以南至鹿

港以北間，西部海域及臺灣海峽中線以東區域之海域，從事拖網、延繩釣、刺網及雙船圍網等漁業，多早出晚歸或晚出早歸。動力船筏的作業海域以當日往返為主，一般而言，作業區多集中在沿岸十二海哩以內。漁業活動是以沿岸漁撈業為主，以動力漁筏、船為作業船隻，大部分經營以底流刺網為主，作業區域通常位於臺中港外海一帶。以下概述臺中鄰近海域之地形及地質條件：

一、地理地貌

臺中海岸介於大安溪及烏溪(大肚溪)間，海岸線總長約 48 公里，北段海岸本為大安、大甲溪河口之掌狀沖積平原，潮差大、海埔地發達，愈往南海埔地愈寬而砂灘粒徑愈細，淤泥含量愈高。南段海岸則屬烏溪口之沼澤區，故小型排水路眾多而分歧。本段海岸因受海峽地形之影響，故暴潮特高，早年興建之海堤極多，其特點為每段海堤均不長，且都順著各排水路兩岸成為防潮堤。大甲溪口海岸，又稱為高美溼地(如圖 2.5)，位於大甲溪出海口以南至臺中港北面防風林以北之近海灘地。高美溼地擁有草澤、沙地、碎石、泥灘等，多樣性的棲息環境(臺灣海岸調查藍皮書，2013)。

1. 自然海岸分布情形、長度：

臺中海岸介於大安溪及烏溪之間，現存自然海岸為河川出海口，有大安溪口及大甲溪口，總長度約 3,986 公尺，占臺中海岸段僅 8%，人工化情形嚴重。

2. 海岸類型：

(1) 北段海岸本為大安溪與大甲溪河口掌狀沖積平原，潮差大(5.2 公尺)，海埔地發達。

(2) 南段海岸則屬烏溪口之沼澤區，小型排水路眾多而分歧。

3. 既有保護區資源：

河口灘地生態資源豐富，已劃設保護區，保護河口、潮間帶泥質灘地、防風林帶、大安水蓼衣、雲林莞草之植生地、水鳥及其伴生動物。包括：

(1) 高美濕地野生動物保護區。

(2) 大肚溪口野生動物保護區。

4. 土地利用型態統整：

(1) 本海岸多為工業用地與港埠土地使用，主要是臺中港關連工業區及彰濱工業區等，臺中港南側則有臺中火力發電廠。此外，外海則有永安至通霄輸油管線。

(2) 都市計畫地區於海岸有大甲、大安及臺中港特定區。

(3) 其餘海岸地區以農業及林地為主。



圖 2.5 高美濕地

二、水深地形

大甲溪為臺灣第三大河流，北鄰大安溪，南界烏溪，在梧棲北側頭北厝注入臺灣海峽。大甲溪造成三大沖積扇，北邊大甲溪豐原沖積扇、東邊太平聯合沖積扇、東南邊烏溪沖積扇。沖積扇上的溪流夾著沙洲呈網狀分佈為大甲溪輸出大量泥沙。約一萬年前，豐原沖積扇堆積的高度超過大肚臺地北邊的高度，大甲溪因而向西直流入海不再南流。梧棲港北側沙丘位於梧棲港北側防波堤與大甲溪口間的三角地帶，其形成的

原因，主要便是大甲溪的沖積物沖積而成，也是梧棲港北側防波堤修築後才形成。因地震颱風自然因素影響將大量土石自大甲溪、大安溪順流帶下，大量泥沙堆積於北防波堤與北防沙堤之間海域，已日積月累持續改變臺中港北側海岸地形，為潛在淤積臺中港之沙源。

臺中沿海地區地形平緩，復受海峽地形抬高暴潮位影響，早年為災情較為嚴重之地區。本地區之海堤曾經大力整建，而目前大甲溪以南之海岸均劃入臺中港區範圍內，介於大安、大甲溪間之海岸也因受臺中港防波堤之影響，大致形成淤積穩定狀態(臺灣海岸調查藍皮書，2013)。

本計畫由遠域到近域除了蒐集美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)之 ETOPO5 及 ETOPO1 水深地形(如圖 2.6 所示)、國家海洋科學研究中心(海科中心(TORI))彙編、發布之臺灣附近海域水深地形資料 200 m 網格(如圖 2.7 所示)，以及參考海軍大氣海洋局刊行之臺灣海峽及臺中港海圖資料(如圖 2.8、2.9 所示)，同時針對臺中、彰化沿海及臺中港區等海域，分別蒐集經濟部水利署第三及第四河川局海域測深資料、臺中港務公司之港域測深資料等，予以數化水深資料，提供相關數值模式使用，如表 2-3 所示。

表 2-3 模式水深資料彙整

項次	區域範圍	水深資料	資料來源
1	梧棲漁港	92 年臺中港海圖	臺中港務公司
2	臺中港域	106 年港域測深資料	臺中港務公司
3	臺中沿岸	103 年 10 月海域測深資料	水利署第三河川局
4	彰化王功沿岸 8 km	103 年 10 月海域測深資料	水利署第四河川局
5	臺灣海峽、臺中港海圖	106 年刊行之測繪海圖	海軍大氣海洋局
6	臺灣周圍海域	21-26°N, 119-123°E 200m 網格水深	國研院海科中心 (TORI)
7	臺灣外海海域	ETOPO1	NOAA
	上述地區以外之模式範圍	ETOPO5	NOAA

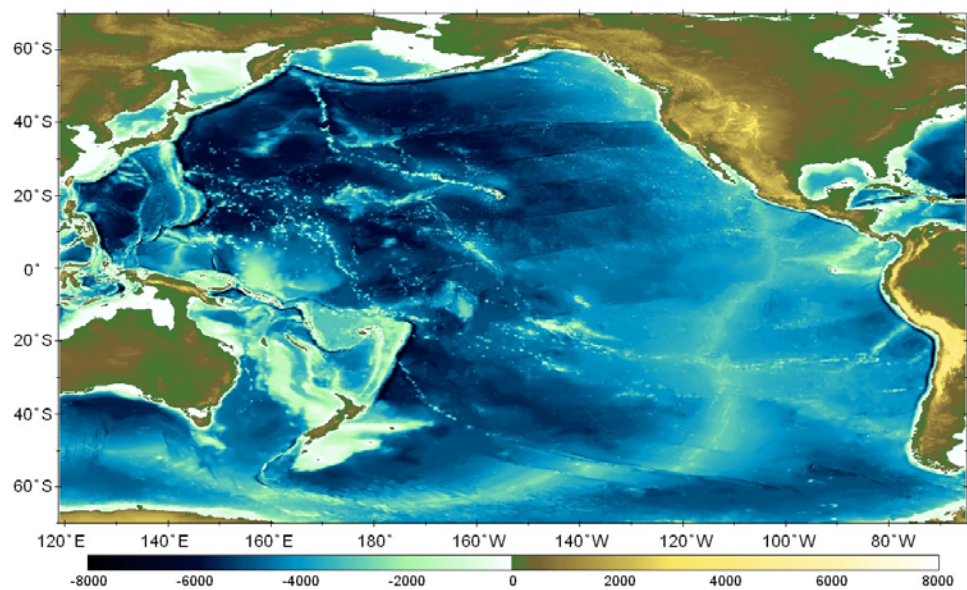


圖 2.6 NOAA-ETOPO5 水深地形

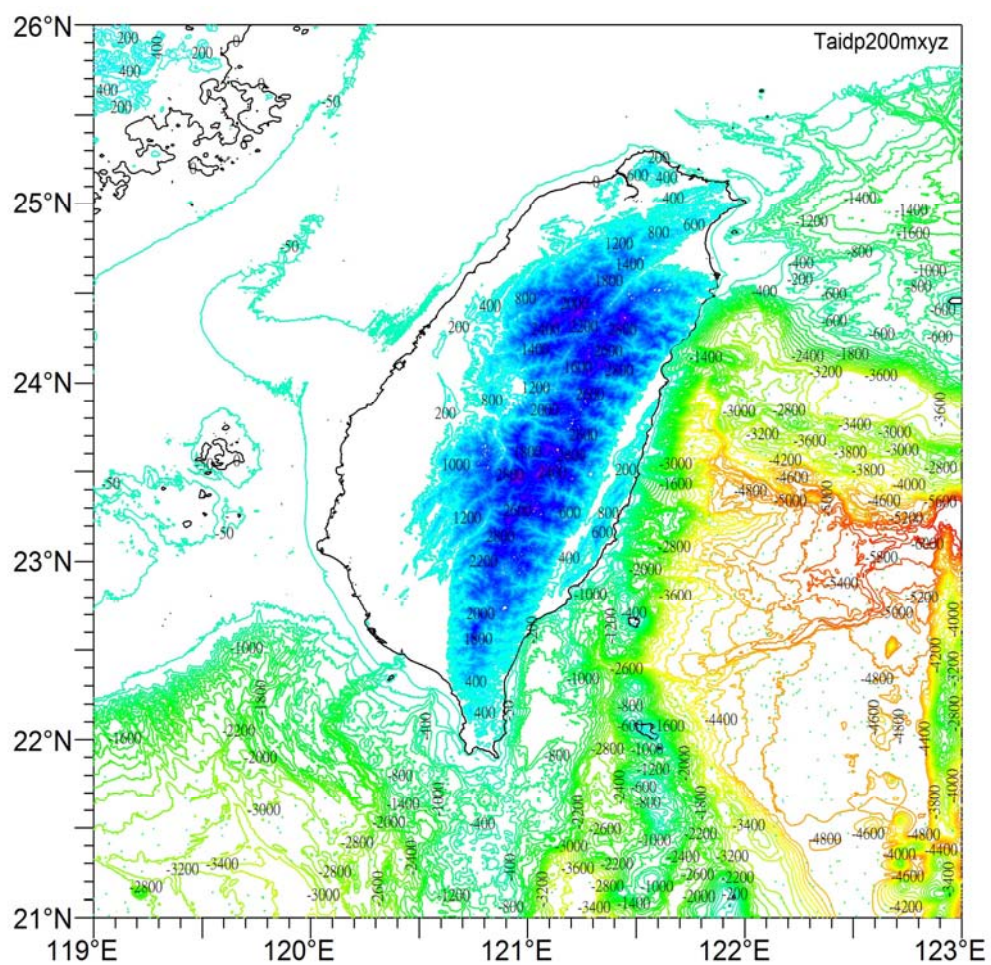


圖 2.7 海科中心-臺灣周圍海域 200 m 水深地形

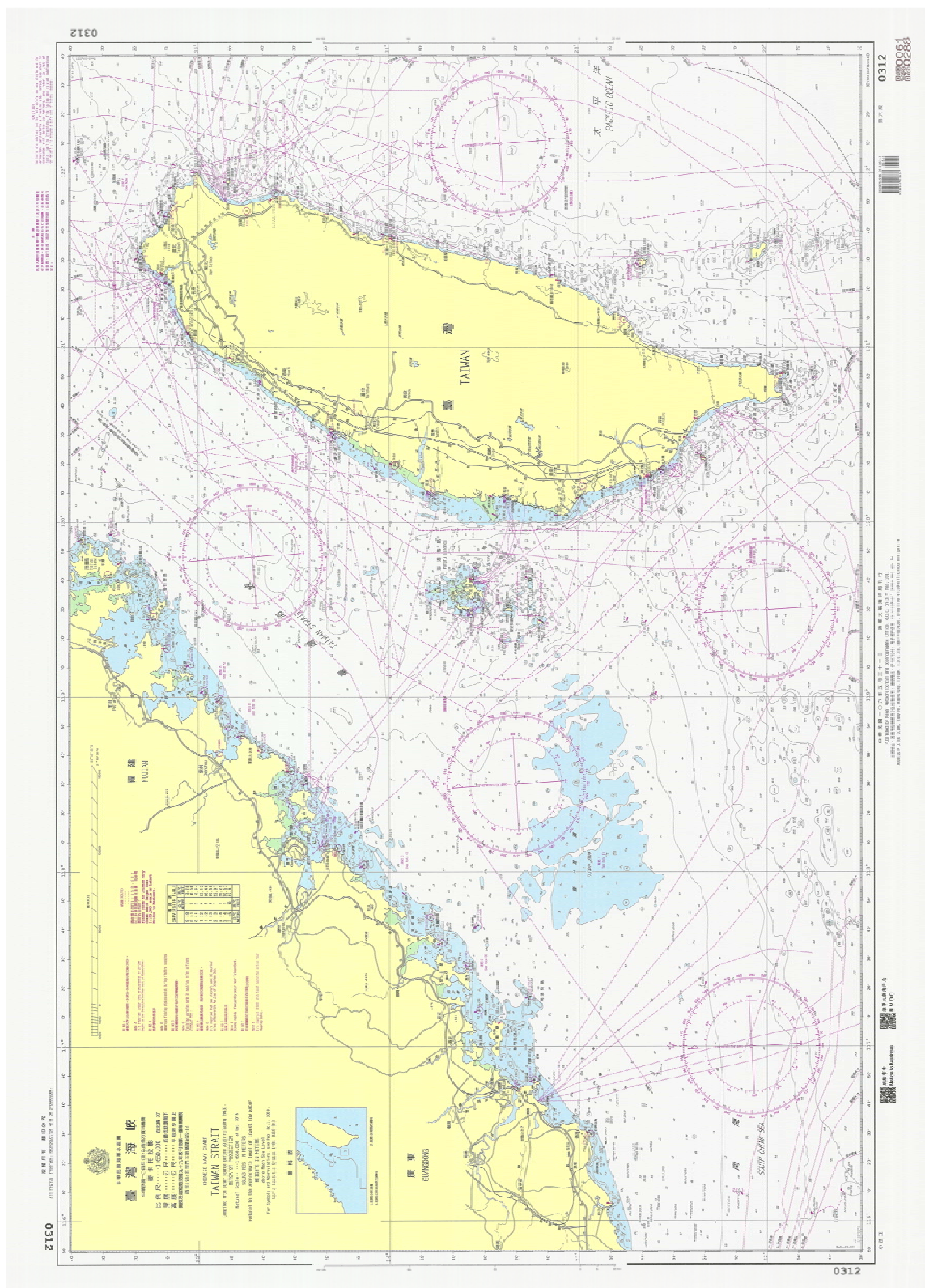


圖 2.8 海軍大氣海洋局-臺灣海峽海圖(圖號 0312)

2.3 風力觀測資料分析

臺中位於臺灣中部屬亞熱帶氣候，氣溫及濕度均高，夏季多雨，冬則乾旱，冬季東北季風受中央山脈之阻礙，故以北風為最多，高山、海岸、丘陵及臺地氣候受地形影響甚大，西海岸區，季風強而雨量少。以下概述中部地區之颱風、氣壓及風速風向：

一、颱風

根據中央氣象局 1911 年至 2016 年的統計資料顯示，這段期間一共有 363 個颱風侵襲臺灣地區(颱風中心在臺灣登陸；或雖未登陸，僅在臺灣近海經過，但陸上有災情者)，每年約有 3 至 4 個颱風侵襲。其中以 8 月最多，次為 7 月和 9 月，因此每年之 7 至 9 月可說是臺灣的颱風季。自 1911-2016 年以來的紀錄，一共有 185 個颱風在臺灣登陸。

以登陸地區來分，彭佳嶼至宜蘭之間有 23 個，宜蘭至花蓮之間有 40 個，花蓮至成功之間有 38 個，成功至臺東之間有 28 個，臺東至恆春之間有 30 個，恆春至高雄之間有 16 個，高雄至東石之間有 5 個，東石至臺中之間有 3 個，至於臺中至臺北臺灣西北沿岸則無颱風登陸，如圖 2.10 所示。由上列數字看來，颱風登陸次數以臺灣東岸的宜蘭至花蓮間為最多(中央氣象局，2018)。

風力大小與颱風的強度有關外，亦與當地的地形、高度以及颱風的路徑有密切關係。臺灣地區的地形複雜，而颱風的路徑亦不一致，各地的風力相差甚大，中央氣象局把影響臺灣地區之颱風路徑統計分為 9 類，圖 2.11 為 1911~2016 年之侵臺颱風路徑分類，分別以第 3、7、9 類影響中部地區風力較烈，其他各類颱風出現的風力影響較小，如表 2-4 所示。

第 3 類：通過臺灣中部向西或西北進行者，占 13.00%；

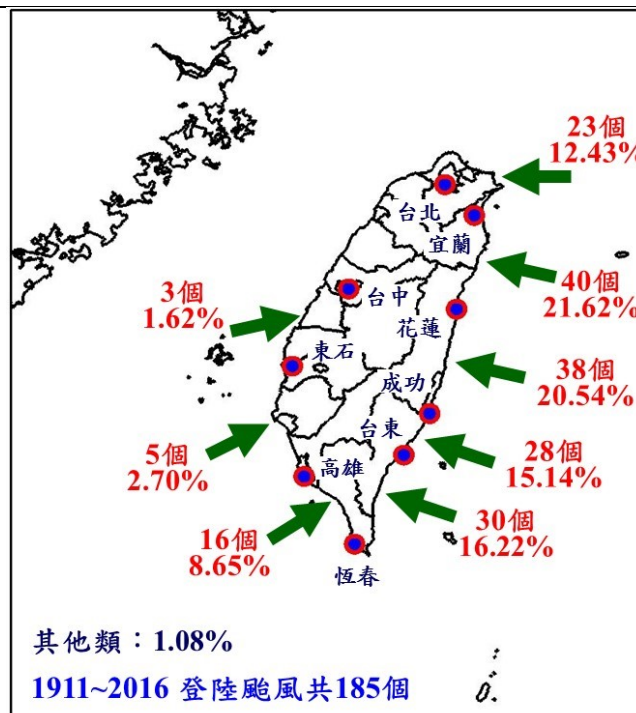
第 7 類：沿臺灣西岸或臺灣海峽北上者，占 6.63%；

第 9 類：通過臺灣南部向東或東北進行者，占 6.90%；

中央山脈最高峰玉山標高 3,952 m，而其他在 3,000 m 以上區域亦頗廣，颱風若在臺灣東部登陸，當颱風行經中央山脈時，路徑常有轉折之現象，且颱風底層結構受破壞而強度消滅，但上層結構仍可通過，抵達中部地區後颱風威力已不如登陸前強烈，風速亦有明顯減弱，颱風對中部地區之影響不如高屏或北部地區嚴重。

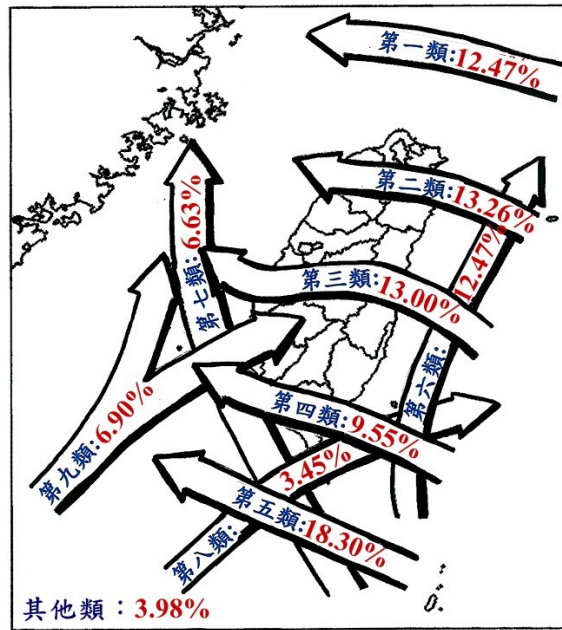
表 2-4 颱風登陸地點風力統計

東部地區	東部地區：因地處颱風之要衝，且無地形阻擋，故出現的風力為全臺之冠。尤以第 2、3、4 類路徑颱風出現的風力最為猛烈，第 5、8 類路徑颱風出現的風力亦甚烈。
北部、東北部地區	北部、東北部地區：此區以第 2、3 類路徑颱風出現的風力最為猛烈，其他第 1、4、6 類路徑颱風所出現的風力次之。
中部地區	中部地區：因為受到中央山脈屏障，除第 3、7、9 類路徑颱風出現的風力較烈外，其他各類路徑颱風出現的風力多不太強。
南部地區	南部地區：因為受到中央山脈屏障，除第 3、4、7、9 類路徑颱風出現的風力較為猛烈外，其餘各類路徑颱風出現的風力均不會太強。



資料來源：中央氣象局，2018

圖 2.10 颱風登陸地點之分段統計(1911~2016 年)



資料來源：中央氣象局，2018

圖 2.11 影響臺灣地區颱風路徑分類圖(1911~2016 年)

二、氣壓

統計梧棲測站 1981-2010 年平均氣壓為 1009.8 百帕，各月份平均值為 1002.8~1016.5 百帕，如表 2-5 所示。

表 2-5 臺灣中部鄰近各測站統計氣壓

單位：百帕

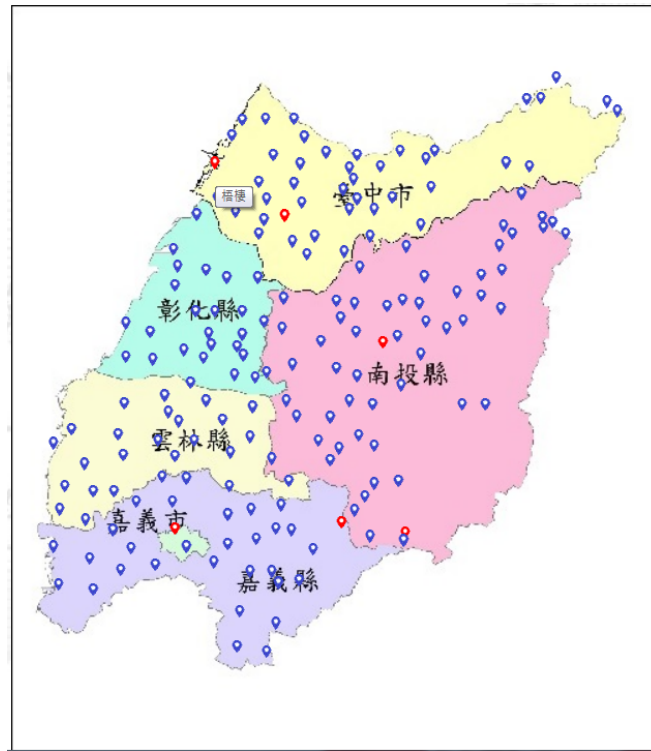
地名	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	平均	統計期間
新竹	1016.9	1015.6	1013.3	1010.1	1006.4	1004.0	1003.0	1002.7	1005.5	1010.5	1013.8	1016.6	1009.9	1992-2010
梧棲	1016.5	1015.2	1013.1	1010.2	1006.8	1004.3	1003.7	1002.8	1005.6	1010.1	1013.4	1016.4	1009.8	1981-2010
臺中	1009.0	1007.7	1005.8	1003.0	999.8	997.5	997.0	996.1	998.7	1002.9	1006.2	1008.9	1002.7	1981-2010
嘉義	1015.7	1014.4	1012.4	1009.6	1006.4	1004.0	1003.5	1002.6	1005.2	1009.4	1012.7	1015.5	1009.3	1981-2010
澎湖	1018.5	1017.2	1015.0	1012.0	1008.6	1006.0	1005.5	1004.5	1007.6	1012.2	1015.5	1018.4	1011.8	1981-2010
東吉島	1013.8	1012.6	1010.6	1008.0	1004.7	1002.3	1001.8	1000.9	1003.6	1007.8	1010.9	1013.7	1007.6	1981-2010

註：月平均資料為 30 年平均値。每 10 年更新一次，更新時間為該年 1 月底前，例如：1981-2010 年月平均值資料，更新日期為 2011 年 1 月底前完成更新。

資料來源：中央氣象局，2018

三、風速風向

臺中之風速及風向深受夏季西南季風及冬季東北季風影響，統計中央氣象局臺中梧棲氣象測站 2010~2017 年統計每月氣壓、風速、風向及最大陣風如表 2-6 所示，測站位址如圖 2.12 所示。梧棲測站每年 9 月至隔年 5 月多為北風(大部份風向介於 $330^{\circ}\sim 10^{\circ}$)，6~8 月多為南風或西南風(大部份風向介於 $130^{\circ}\sim 190^{\circ}$)；各月份風速平均值介於為 2.8~6.4 m/s，大部份最大陣風值介於為 15.1~37.5 m/s，受颱風影響陣風最大值多出現於夏季，特別的是 2016 年 9 月梅姬颱風期間最大陣風可達 57.2 m/s。



測站資訊：梧棲 WUQI (467770)

經 度：120.523381、緯度：24.256003

海拔高度：31.73m

設站日期：1976/11/01

地 址：臺中市梧棲區臺灣大道十段 2 號海港大樓 6 樓

圖 2.12 中央氣象局-臺中梧棲氣象測站位置

表 2-6 臺中梧棲測站 2010-2017 統計每月最大陣風

觀測時間 (LST)	海平面氣壓 (hPa)	測站最高氣壓 (hPa)	風速 (m/s)	風向 (360degree)	最大陣風 (m/s)
2010-09	1009.0	1012.3	3.7	360	37.5
2011-12	1019.4	1022.6	7.1	10	31.0
2012-08	1003.0	1008.8	4.0	170	33.3
2013-07	1008.6	1010.4	3.4	140	31.9
2014-07	1005.5	1009.0	3.9	340	32.2
2015-08	1005.6	1010.9	3.9	140	54.2
2016-09	1006.3	1011.8	4.5	360	57.2
2017-12	1019.1	1023.4	6.4	360	30.4

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十分顯著，使用本所港灣技術研究中心(港研中心)觀測之臺中港域風場資料進行研究，氣象站觀測位址如圖 2.13，臺中港 2006~2017 年波流觀測資料各月份有效記錄統計時數如表 2-7 所示。茲將臺中港歷年風速風向觀測統計資料製作成下列圖表俾利統計分析(106 年國際商港海氣象觀測與特性分析，2018)：

- 1、歷年四季及全觀測期風速及風向(四象限)分佈統計表，如表 2-8。
- 2、歷年四季及全觀測期風速及風向機率分佈圖，如圖 2.14。
- 3、歷年四季及全觀測期風速及風向(16 分位)聯合分布百分比(%)統計表，如表 2-9~表 2-13。
- 4、歷年四季風玫瑰圖(16 分位)，如圖 2.15。

臺中港歷年全測期平均風速為 9.6 m/s，風速偏大以分佈大於 10 m/s 為主，佔全測期 42%，冬季時，東北季風強勁且穩定，平均風速為四季最大，為 13.1 m/s，風速分佈以大於 10 m/s 為主，佔整季 67.2%，夏季時，風速為四季最小，為 6.5 m/s，風速分佈以 5 m/s~10 m/s 區間為主，佔整季 42.3%。冬、春、夏及秋季觀測得到之最大風速分別為 30.3 m/s(NNE)、54.8 m/s(NE)、42.5 m/s(N)及 46.2 m/s(N)。

歷年全測期觀測風向以 N~E 向為主，佔全期 63.5%，S~W 向次之，約佔全期 23.2%，秋冬兩季因受東北季風影響，風向分佈以 N~E 向最高，分別佔整季 78%及 92.7%，夏季風向則以 S~W 向為主，約佔整季 56.5%。



圖 2.13 港灣技術研究中心-臺中港氣象測站位置

表 2-7 臺中 2006~2017 年各月風觀測資料有效記錄時數

月份	2006~2017 年臺中港-風
1	7831
2	7073
3	7290
4	6389
5	7092
6	7181
7	7948
8	7585
9	8394
10	7612
11	7902
12	8411
歷年全期	90708

*統計期間：2006/03/01~2017/05/31

表 2-8 臺中 2006~2017 年分季風速及風向分佈統計表

臺中港-風速				
季節	平均風速(m/s)	風速(<5m/s)	風速(5~10m/s)	風速(>10m/s)
春	8.4	31.9	35.0	33.1
夏	6.5	40.4	42.3	17.3
秋	10.3	27.9	23.7	48.5
冬	13.1	13.6	19.2	67.2
全期	9.6	28.3	29.8	42.0
臺中港-風向				
季節	風向(N~E)	風向(E~S)	風向(S~W)	風向(W~N)
春	62.0	5.0	24.8	7.8
夏	19.6	11.2	56.5	12.4
秋	78.0	4.9	10.5	6.2
冬	92.7	2.1	2.3	2.8
全期	63.5	5.8	23.2	7.2

*測站資訊：臺中港北延伸堤口 緯度：24.299769 經度：120.486369

統計期間：2006/03/01~2017/05/31

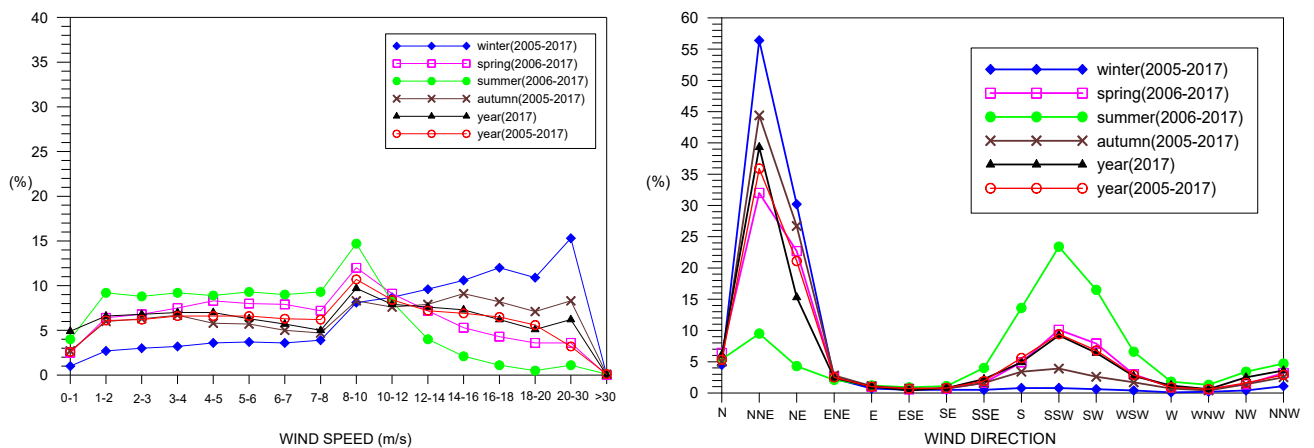


圖 2.14 臺中 2006~2017 年四季及全觀測期風速及風向機率分佈圖

表 2-9 歷年冬季臺中測站風速及風向聯合分佈百分比(%)統計表

2005年12月1日1時 ~ 2017年2月28日23時

風向 風速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合計 (%)
.3m/s	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.0	1.0
1m/s	.1	.2	.4	.4	.3	.2	.2	.2	.1	.1	.1	.1	.0	.0	.1	.1	2.7
2m/s	.2	.3	.8	.6	.2	.1	.1	.2	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.1	3.0
3m/s	.2	.5	1.2	.5	.1	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.0	.0	.1	.2	3.2
4m/s	.3	.8	1.4	.3	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.2	3.6
5m/s	.5	1.2	1.3	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.2	3.7
6m/s	.5	1.4	1.2	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.1	3.6
7m/s	.5	1.8	1.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	3.9
8m/s	.9	3.9	2.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.1	8.1
10m/s	.6	5.2	2.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	8.7
12m/s	.5	6.3	2.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	9.6
14m/s	.2	7.3	3.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	10.6
16m/s	.1	8.5	3.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	12.0
18m/s	.0	7.6	3.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	10.9
20m/s	.0	10.5	3.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	14.4
25m/s	.0	.7	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.9
30m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
35m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
40m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
100m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
合計 (%)	4.5	56.4	30.2	2.3	.7	.5	.5	.5	.8	.8	.6	.4	.1	.2	.4	1.1	99.9

[註1]: 風速介於 20.0m/s~ 25.0m/s 佔 14.4%。主風向 NNE 佔 56.4%。

[註2]: 風速平均值 = 13.1m/s, 風速最大值 = 30.3m/s, 其風向為 NNE。

[註3]: 風速小於5m/s 佔 13.6%; 介於5~10m/s 佔 19.2%; 風速大於10m/s 佔 67.2%。

[註4]: 風向介於 N~E 佔 92.7%;E~S 佔 2.1%;S~W 佔 2.3%;W~N 佔 2.8%; 靜風佔 .1%。

[註5]: 資料每小時記錄一次, 合計 23315筆 (95.0%), 檔名: W44WTCW0.1HY。

表 2-10 歷年春季臺中測站風速及風向聯合分佈百分比(%)統計表

2006年 3月 1日 0時 ~ 2017年 5月 31日 23時

風向 風速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合計 (%)
.3m/s	.1	.1	.1	.2	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.3	.2	.3	.2	2.5
1m/s	.3	.4	.7	.6	.5	.3	.3	.3	.4	.4	.3	.5	.4	.3	.4	.4	6.4
2m/s	.4	.7	1.0	.7	.3	.1	.1	.3	.5	.6	.5	.4	.1	.0	.3	.6	6.8
3m/s	.6	1.0	1.4	.5	.1	.0	.0	.3	.7	.9	.7	.4	.0	.0	.2	.6	7.5
4m/s	.9	1.3	1.4	.2	.0	.0	.0	.2	.7	1.4	.8	.4	.0	.0	.1	.6	8.3
5m/s	.8	1.7	1.3	.1	.0	.0	.0	.1	.7	1.5	.8	.3	.0	.0	.0	.4	8.0
6m/s	.8	2.1	1.3	.1	.0	.0	.0	.1	.6	1.5	.9	.3	.0	.0	.0	.2	7.9
7m/s	.6	2.1	1.4	.1	.0	.0	.0	.0	.5	1.3	.9	.2	.0	.0	.0	.1	7.2
8m/s	.9	4.0	2.8	.0	.0	.0	.0	.1	.6	1.8	1.4	.2	.0	.0	.0	.1	12.0
10m/s	.6	3.9	2.9	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.5	.9	.1	.0	.0	.0	.0	9.1
12m/s	.2	4.0	2.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.4	.0	.0	.0	.0	.0	7.2
14m/s	.1	3.1	1.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	5.3
16m/s	.0	2.7	1.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	4.3
18m/s	.0	2.4	1.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	3.6
20m/s	.0	2.2	1.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	3.3
25m/s	.0	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.3
30m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
35m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
40m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
100m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
合計 (%)	6.4	32.0	22.7	2.6	1.0	.6	.7	1.6	4.9	10.1	7.9	3.0	.9	.6	1.4	3.2	99.6

[註1]: 風速介於 8.0m/s~ 10.0m/s 佔 12.0%。主風向 NNE 佔 32.0%。

[註2]: 風速平均值 = 8.4m/s，風速最大值 = 54.8m/s，其風向為 NE。

[註3]: 風速小於 5m/s 佔 31.9%；介於 5~10m/s 佔 35.0%；風速大於 10m/s 佔 33.1%。

[註4]: 風向介於 N~E 佔 62.0%；E~S 佔 5.0%；S~W 佔 24.8%；W~N 佔 7.8%；靜風佔 .4%。

[註5]: 資料每小時記錄一次，合計 20771筆 (94.0%)，檔名：W44NTCW0.1HY。

表 2-11 歷年夏季臺中測站風速及風向聯合分佈百分比(%)統計表

2006年 7月 2日 18時 ~ 2017年 8月 31日 23時

風向 風速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合計 (%)
.3m/s	.1	.1	.2	.3	.2	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.4	.6	.6	.6	.2	4.0
1m/s	.3	.3	.6	.8	.5	.4	.4	.4	.4	.4	.5	1.1	.9	.6	1.0	.6	9.2
2m/s	.4	.5	.8	.7	.3	.2	.2	.7	.8	.8	.8	.9	.2	.1	.7	.8	8.8
3m/s	.7	.7	.6	.2	.1	.1	.2	.9	1.2	1.3	1.0	.8	.1	.0	.5	.9	9.2
4m/s	.7	.7	.4	.1	.0	.0	.1	.8	1.5	1.7	1.1	.7	.0	.0	.2	.8	8.9
5m/s	.7	.8	.3	.1	.0	.0	.1	.6	2.0	2.3	1.2	.6	.0	.0	.1	.6	9.3
6m/s	.6	.7	.3	.0	.0	.0	.0	.2	2.0	2.7	1.4	.6	.0	.0	.0	.4	9.0
7m/s	.5	.7	.3	.0	.0	.0	.0	.2	1.7	3.5	1.6	.6	.0	.0	.0	.2	9.3
8m/s	.6	1.1	.3	.0	.0	.0	.0	.2	2.3	5.7	3.7	.7	.0	.0	.0	.1	14.7
10m/s	.2	.8	.2	.0	.0	.0	.0	.1	.9	2.7	3.1	.2	.0	.0	.0	.0	8.2
12m/s	.2	.7	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.4	1.2	1.4	.0	.0	.0	.0	.0	4.0
14m/s	.1	.8	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.6	.3	.0	.0	.0	.0	.0	2.1
16m/s	.1	.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	1.1
18m/s	.0	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.5
20m/s	.1	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.8
25m/s	.1	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.3
30m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
35m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
40m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
100m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
合計 (%)	5.4	9.5	4.3	2.1	1.2	.9	1.1	4.0	13.6	23.4	16.5	6.6	1.8	1.3	3.4	4.7	99.7

[註1]: 風速介於 8.0m/s~ 10.0m/s 佔 14.7%。主風向 SSW 佔 23.4%。

[註2]: 風速平均值 = 6.5m/s，風速最大值 = 42.5m/s，其風向為 N。

[註3]: 風速小於 5m/s 佔 40.4%；介於 5~10m/s 佔 42.3%；風速大於 10m/s 佔 17.3%。

[註4]: 風向介於 N~E 佔 19.6%；E~S 佔 11.2%；S~W 佔 56.5%；W~N 佔 12.4%；靜風佔 .3%。

[註5]: 資料每小時記錄一次，合計 22714筆 (93.4%)，檔名：W44STCW0.1HY。

表 2-12 歷年秋季臺中測站風速及風向聯合分佈百分比(%)統計表

2005 年 9 月 7 日 19 時 ~ 2017 年 11 月 30 日 23 時

風向 風速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合計 (%)
.3m/s	.1	.2	.2	.3	.2	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.3	.2	.2	.1	2.7
1m/s	.3	.5	.6	.7	.6	.3	.2	.4	.3	.3	.2	.4	.3	.2	.4	.3	6.0
2m/s	.4	.6	1.1	.8	.2	.1	.2	.3	.5	.5	.4	.3	.0	.0	.3	.4	6.3
3m/s	.6	.9	1.3	.5	.1	.1	.1	.3	.6	.7	.5	.3	.0	.0	.3	.6	6.7
4m/s	.6	1.0	1.4	.2	.0	.0	.0	.2	.5	.6	.3	.2	.0	.0	.1	.5	5.8
5m/s	.6	1.4	1.5	.1	.0	.0	.0	.1	.5	.6	.3	.1	.0	.0	.0	.4	5.7
6m/s	.6	1.5	1.5	.1	.0	.0	.0	.1	.4	.3	.2	.1	.0	.0	.0	.2	5.0
7m/s	.5	1.6	1.8	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.2	.1	.1	.0	.0	.0	.1	4.7
8m/s	.6	3.5	3.6	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.2	.2	.1	.0	.0	.0	.0	8.3
10m/s	.3	4.0	3.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	7.6
12m/s	.1	5.1	2.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	7.9
14m/s	.1	6.7	2.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	9.1
16m/s	.1	5.8	2.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	8.2
18m/s	.0	5.3	1.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	7.1
20m/s	.1	5.6	1.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	7.5
25m/s	.0	.6	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.8
30m/s	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
35m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
40m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
100m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
合計 (%)	5.0	44.4	26.7	2.8	1.1	.7	.7	1.6	3.4	3.9	2.6	1.7	.7	.4	1.4	2.5	99.5

[註1]: 風速介於 14.0m/s~ 16.0m/s 佔 9.1%。主風向 NNE 佔 44.4%。

[註2]: 風速平均值 = 10.3m/s，風速最大值 = 46.2m/s，其風向為 N。

[註3]: 風速小於 5m/s 佔 27.9%; 介於 5~10m/s 佔 23.7%; 風速大於 10m/s 佔 48.5%。

[註4]: 風向介於 N~E 佔 78.0%; E~S 佔 4.9%; S~W 佔 10.5%; W~N 佔 6.2%; 靜風佔 .5%。

[註5]: 資料每小時記錄一次，合計 23908筆 (88.7%)，檔名：W44FTCW0.1HY。

表 2-13 歷年臺中測站風速及風向聯合分佈百分比(%)統計表

2005 年 9 月 7 日 19 時 ~ 2017 年 11 月 30 日 23 時

風向 風速	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合計 (%)
.3m/s	.1	.1	.1	.2	.2	.1	.1	.1	.1	.1	.1	.2	.3	.3	.3	.1	2.6
1m/s	.2	.3	.6	.6	.5	.3	.3	.3	.3	.3	.3	.5	.4	.3	.5	.3	6.1
2m/s	.3	.5	.9	.7	.3	.1	.2	.4	.5	.5	.4	.4	.1	.0	.3	.5	6.2
3m/s	.5	.8	1.1	.4	.1	.1	.1	.4	.7	.7	.6	.4	.0	.0	.3	.6	6.6
4m/s	.6	1.0	1.2	.2	.0	.0	.0	.3	.7	.9	.6	.3	.0	.0	.1	.5	6.6
5m/s	.6	1.3	1.1	.1	.0	.0	.0	.2	.8	1.1	.6	.3	.0	.0	.0	.4	6.6
6m/s	.6	1.4	1.1	.0	.0	.0	.0	.1	.8	1.1	.6	.3	.0	.0	.0	.2	6.3
7m/s	.5	1.5	1.2	.0	.0	.0	.0	.1	.6	1.3	.7	.2	.0	.0	.0	.1	6.2
8m/s	.7	3.1	2.4	.0	.0	.0	.0	.1	.7	1.9	1.3	.2	.0	.0	.0	.1	10.7
10m/s	.4	3.5	2.2	.0	.0	.0	.0	.0	.3	.8	1.0	.1	.0	.0	.0	.0	8.4
12m/s	.2	4.1	2.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.3	.4	.0	.0	.0	.0	.0	7.2
14m/s	.1	4.5	1.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	6.9
16m/s	.1	4.5	1.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	6.5
18m/s	.0	4.0	1.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	5.6
20m/s	.0	4.8	1.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	6.6
25m/s	.0	.4	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.6
30m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1
35m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
40m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
100m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
合計 (%)	5.3	35.9	21.1	2.5	1.0	.7	.8	1.9	5.6	9.4	6.8	2.9	.9	.6	1.6	2.9	99.7

[註1]: 風速介於 8.0m/s~ 10.0m/s 佔 10.7%。主風向 NNE 佔 35.9%。

[註2]: 風速平均值 = 9.6m/s，風速最大值 = 54.8m/s，其風向為 NE。

[註3]: 風速小於 5m/s 佔 28.3%; 介於 5~10m/s 佔 29.8%；風速大於 10m/s 佔 42.0%。

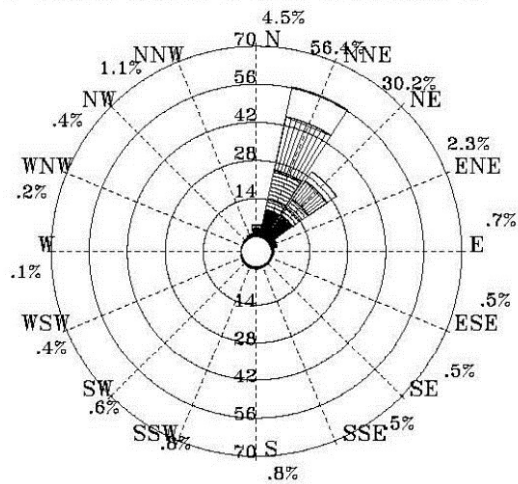
[註4]: 風向介於 N~E 佔 63.5%; E~S 佔 5.8% ; S~W 佔 23.2% ; W~N 佔 7.2%; 靜風佔 .3%。

[註5]: 資料每小時記錄一次，合計 90708 筆 (92.6%)，檔名：W440TCW0.1HY。

Rose Diagram of Wind

2005/12/01-2017/02/28 TC-W

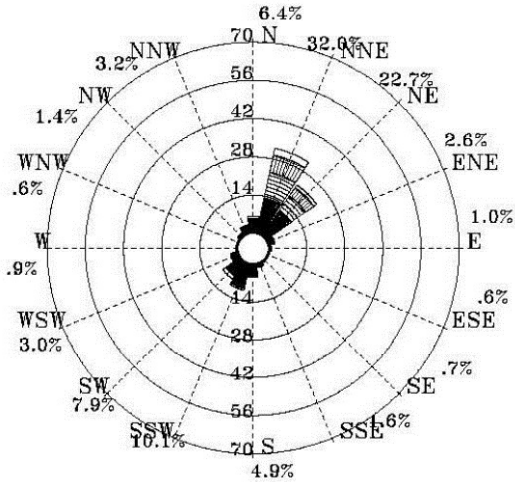
MEAN=13.1m/s MAX=30.3m/s(NNE) NO= 23315(95%)
 < 5 m/s:14% 5~10:19% 10~15:23% >15:44%
 N~E:93% E~S: 2% S~W: 2% W~N: 3% Calm: 0%



歷年冬季臺中測站風玫瑰圖

2006/03/01-2017/05/31 TC-W

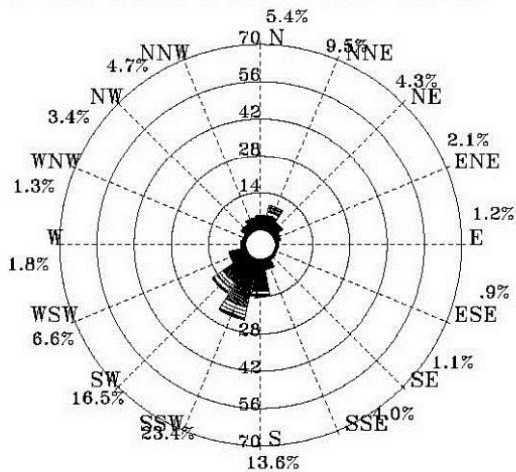
MEAN= 8.4m/s MAX=54.8m/s(NE) NO= 20771(94%)
 < 5 m/s:32% 5~10:35% 10~15:19% >15:14%
 N~E:62% E~S: 5% S~W:25% W~N: 8% Calm: 0%



歷年春季臺中測站風玫瑰圖

2006/07/02-2017/08/31 TC-W

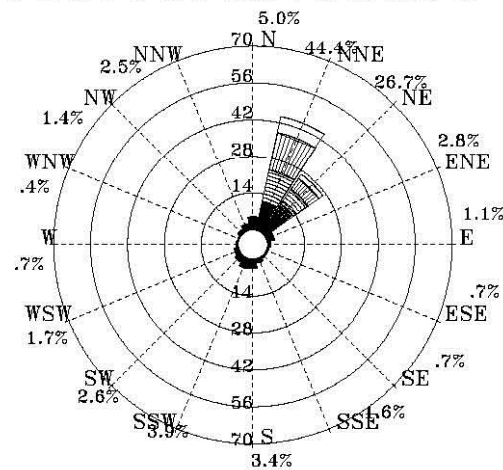
MEAN= 6.5m/s MAX=42.5m/s(N) NO= 22714(93%)
 < 5 m/s:40% 5~10:43% 10~15:13% >15: 4%
 N~E:20% E~S:11% S~W:57% W~N:12% Calm: 0%



歷年夏季臺中測站風玫瑰圖

2005/09/07-2017/11/30 TC-W

MEAN=10.3m/s MAX=46.2m/s(N) NO= 23908(89%)
 < 5 m/s:28% 5~10:24% 10~15:20% >15:28%
 N~E:79% E~S: 5% S~W:10% W~N: 6% Calm: 0%



歷年秋季臺中測站風玫瑰圖

.3 - 5m/s 5 - 10m/s 10 - 15m/s 15 - 20m/s > 20m/s



圖 2.15 港研中心臺中測站歷年四季風玫瑰圖

2.4 波浪觀測資料分析

海氣象研究屬長期性計畫，在統計學上樣本數越多，其統計結果則越具代表性，使用本中心觀測之臺中港域波浪資料 1999/09/19 ~ 2016/11/30 共計 18 年進行研究，臺中波浪及海流站觀測位址如圖 2.16，1999~2016 年臺中港波浪觀測資料有效記錄筆數如表 2-14 所示。海上波浪主要由風而生，而波浪的大小受吹風強度、持續時間及吹風風域等因素影響，茲將臺中港歷年波浪觀測統計資料製作成下列圖表俾利統計分析(2016 年港灣海氣象觀測資料統計年報(臺中港域觀測海氣象資料)，2016)：

- 1、臺中歷年示性波高、週期及波向統計表，如表 2-15。
- 2、臺中歷年示性波高、週期及波向分佈百分比(%)統計表，如表 2-16~表 2-18。
- 3、歷年四季及全觀測期波浪玫瑰圖(16 分位)，如圖 2.17。



圖 2.16 港灣技術研究中心-臺中海象測站位置

臺中港位於臺灣中部，海岸線走向為北北東~西南西向，1999~2016 年全測期波高分佈以 0.5~1 公尺所佔比率最高，約佔全期 28.7%。波浪週期以 6~7 秒所佔比率最高，約佔全期 27.7%，7~8 秒所佔比率次高，

約佔全期 22.7%。歷年波向以 NNE 及 N 向為主，分別佔全測期比率 35.7%及 30.3%，冬季時，東北季風吹襲至臺灣中部，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，平均波高約為 2.15 公尺，為四季最大。冬、春、夏及秋季觀測得到之最大波高分別為 8.44 m(N, 11.1 sec)、7.50 m(WSW, 6.2 sec)、10.95 m(SSW, 9.9 sec)及 10.85 m(NNE, 11.0 sec)。

表 2-14 臺中 1999~2016 年波浪觀測資料有效記錄筆數

序 號	測 站	檔名	啓止時間 年、月、日、時	觀測 天數	觀測 筆數	缺失 筆數	實際 筆數	資料缺失日
1	X	V15CTCX0.1H0	2015/12.01.00:~2015/12.31.22:	31	743	42	701	22 -24 ,29
2	X	V161TCX0.1H0	2016/01.01.00:~2016/01.31.23:	31	744	10	734	2 -3 ,5 -6 ,8 ,11 ,14 -15 ,23
3	X	V162TCX0.1H0	2016/02.01.00:~2016/02.29.23:	29	696	4	692	1 ,3 ,12 ,15
4	X	V163TCX0.1H0	2016/03.01.00:~2016/03.31.23:	31	744	7	737	11 -12 ,23 -25 ,30
5	X	V164TCX0.1H0	2016/04.01.00:~2016/04.30.23:	30	720	2	718	13
6	X	V165TCX0.1H0	2016/05.01.00:~2016/05.31.23:	31	744	21	723	7 -8 ,10 ,12 ,16 ,27
7	X	V166TCX0.1H0	2016/06.01.00:~2016/06.30.23:	30	720	6	714	6 ,20 ,26 ,30
8	X	V167TCX0.1H0	2016/07.01.00:~2016/07.31.23:	31	744	34	710	1 ,3 -6 ,19 -21 ,24 -27 ,30
9	X	V168TCX0.1H0	2016/08.01.00:~2016/08.31.23:	31	744	36	708	3 -6 ,8 ,10 ,18 -21 ,24 ,26
10	X	V169TCX0.1H0	2016/09.01.00:~2016/09.27.15:	27	640	12	628	2 ,6 ,8 ,10 ,13 -14 ,16 -17 ,20 -21 ,24
11	X		2016/10					
12	X		2016/11					
13	X	V16WTCX0.1HV	2015/12.01.00:~2016/02.29.23:	91	2183	56	2127	
14	X	V16NTCX0.1HV	2016/03.01.00:~2016/05.31.23:	92	2208	30	2178	
15	X	V16STCX0.1HV	2016/06.01.00:~2016/08.31.23:	92	2208	76	2132	
16	X	V16FTCX0.1HV	2016/09.01.00:~2016/09.27.15:	27	640	12	628	
17	X	V160TCX0.1HV	2015/12.01.00:~2016/09.27.15:	302	7239	174	7065	
18	X	V44CTCX0.1HV	1999/12.01.01:~2015/12.31.22:	337	8069	575	7494	
19	X	V441TCX0.1HV	2000/01.01.00:~2016/01.31.23:	386	9234	897	8337	
20	X	V442TCX0.1HV	2000/02.01.02:~2016/02.29.23:	350	8368	1465	6903	
21	X	V443TCX0.1HV	2000/03.01.07:~2016/03.31.23:	340	8085	1212	6873	
22	X	V444TCX0.1HV	2000/04.13.17:~2016/04.30.23:	353	8397	592	7805	
23	X	V445TCX0.1HV	2000/05.09.21:~2016/05.31.23:	388	9268	747	8521	
24	X	V446TCX0.1HV	2000/06.01.00:~2016/06.30.23:	403	9649	233	9416	
25	X	V447TCX0.1HV	2000/07.01.00:~2016/07.31.23:	434	10405	537	9868	
26	X	V448TCX0.1HV	2000/08.01.00:~2016/08.31.23:	451	10779	612	10167	
27	X	V449TCX0.1HV	1999/09.19.11:~2016/09.27.15:	413	9872	259	9613	
28	X	V44ATCX0.1HV	1999/10.01.19:~2015/10.31.23:	395	9454	494	8960	
29	X	V44BTCX0.1HV	1999/11.01.09:~2015/11.30.23:	348	8309	490	7819	
30	X	V44WTCX0.1HV	1999/12.01.01:~2016/02.29.23:	1073	25671	2937	22734	
31	X	V44NTCX0.1HV	2000/03.01.07:~2016/05.31.23:	1081	25750	2551	23199	
32	X	V44STCX0.1HV	2000/06.01.00:~2016/08.31.23:	1288	30833	1382	29451	
33	X	V44FTCX0.1HV	1999/09.19.11:~2016/09.27.15:	1156	27635	1243	26392	
34	X	V440TCX0.1HV	1999/09.19.11:~2016/09.27.15:	4598	109889	8113	101776	

XV1Z.BAT

港灣技術研究中心

表 2-15 臺中 1999~2016 年示性波高、週期及波向統計表

年、月	觀測 點數	H_s	T_p	H_s 最大値	H_s	H_s	H_s	H_s	波向	波向	波向	波向	T_p	T_p	T_p	T_p
		平均値 (m)	平均値 (s)	(波高/週期/波向) (m/s/來向)	< 0.5m (%)	0.5~1m (%)	1~5m (%)	> 5 m (%)	N ~ E (%)	E ~ S (%)	S ~ W (%)	W ~ N (%)	< 6s (%)	6~8s (%)	8~10s (%)	> 10s (%)
歷年/01	8337(86%)	2.22	6.9	6.53/ 9.6/NNE	1.5	7.8	90.0	.7	82.0	.4	8.3	9.3	23.4	55.1	21.2	.3
歷年/02	6903(78%)	2.00	6.8	6.24/ 6.2/NW	5.6	15.6	78.6	.1	88.9	.5	1.0	9.6	23.4	59.1	16.8	.6
歷年/03	6873(71%)	1.67	6.4	6.91/ 6.2/N	10.7	20.5	68.4	.4	83.9	2.4	1.3	12.5	35.0	54.4	10.3	.3
歷年/04	7805(83%)	1.17	6.1	5.86/ 9.3/N	22.4	28.1	49.3	.2	71.4	3.5	3.1	22.0	38.5	56.6	4.8	.1
歷年/05	8521(88%)	.94	5.7	7.50/ 6.2/WSW	22.9	40.9	36.1	.1	62.5	2.2	6.5	28.7	52.9	43.1	3.7	.2
歷年/06	9416(93%)	.81	5.5	4.14/ 9.7/N	22.7	53.5	23.9	.0	31.2	1.1	21.7	46.0	57.8	37.7	3.9	.5
歷年/07	9868(95%)	.84	5.5	6.96/ 8.9/N	20.5	58.8	20.6	.2	13.7	4.6	22.2	59.5	59.2	32.1	7.1	1.3
歷年/08	10167(91%)	.95	6.0	10.95/ 9.9/SSW	20.6	47.9	31.2	.3	29.7	2.6	14.0	53.7	47.1	42.1	8.7	1.9
歷年/09	9613(89%)	1.40	6.7	10.85/ 11.0/NNE	10.8	27.1	61.8	.3	66.4	1.7	7.6	24.3	30.5	53.8	13.1	2.5
歷年/10	8960(93%)	2.05	6.9	7.45/ 8.9/NNW	1.5	9.6	88.6	.3	82.7	.6	8.3	8.4	23.0	61.1	14.4	1.5
歷年/11	7819(90%)	1.93	6.8	5.92/ 5.6/NNE	4.8	11.9	83.2	.2	79.6	.8	9.0	10.6	24.8	61.0	13.7	.4
歷年/12	7494(92%)	2.20	7.0	8.44/ 11.1/N	2.1	5.0	92.6	.3	80.2	.1	9.4	10.2	19.2	58.6	21.8	.4
歷年/冬	22734(85%)	2.15	6.9	8.44/ 11.1/N	3.0	9.3	87.4	.4	83.5	.4	6.4	9.7	22.0	57.4	20.1	.4
歷年/春	23199(81%)	1.23	6.0	7.50/ 6.2/WSW	19.2	30.5	50.1	.2	71.9	2.7	3.8	21.6	42.7	51.0	6.0	.2
歷年/夏	29451(93%)	.87	5.7	10.95/ 9.9/SSW	21.2	53.3	25.3	.2	24.7	2.8	19.3	53.2	54.6	37.4	6.6	1.2
歷年/秋	26392(91%)	1.78	6.8	10.85/ 11.0/NNE	5.8	16.6	77.2	.3	75.9	1.0	8.3	14.7	26.3	58.4	13.7	1.6
歷年/年	101776(88%)	1.47	6.3	10.95/ 9.9/SSW	12.7	28.8	58.3	.2	62.1	1.8	9.9	26.2	37.3	50.4	11.3	.9

DISV3Z.BAT

港灣技術研究中心

表 2-16 臺中 1999~2016 年示性波高分佈百分比(%)統計表

H_s (m) 年、月	0 ~0.5	0.5 ~1	1 ~1.5	1.5 ~2	2 ~3	3 ~4	4 ~5	5 ~6	6 ~8	8 ~10	10 ~12	12 ~14	14 ~16	16 ~18	18 ~20	20 ~50	合計 (%)
2015/12	.0	2.4	15.0	26.1	49.4	7.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/01	.5	15.0	12.9	21.0	45.4	3.3	1.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/02	3.5	18.2	7.4	22.4	31.1	16.5	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/03	4.7	29.3	21.3	18.7	15.3	10.3	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/04	9.5	55.0	22.4	9.7	3.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/05	7.5	55.0	24.8	8.3	3.6	.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/06	7.1	75.2	16.7	.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/07	.3	68.7	21.0	2.7	4.6	1.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/08	.3	36.9	55.6	5.4	1.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/09	.0	22.0	25.3	25.6	23.4	2.5	.5	.3	.2	.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/10																	
2016/11																	
2016/冬	1.3	11.9	11.8	23.1	42.0	8.8	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/春	7.2	46.3	22.8	12.3	7.4	3.8	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/夏	2.6	60.3	31.1	2.9	2.2	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/秋	.0	22.0	25.3	25.6	23.4	2.5	.5	.3	.2	.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/年	3.4	38.0	22.2	13.9	17.7	4.1	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/12	2.1	5.0	12.4	20.7	44.4	13.9	1.3	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/01	1.5	7.8	12.9	19.5	40.2	14.1	3.3	.6	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/02	5.6	15.6	12.6	17.7	30.0	14.7	3.5	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/03	10.6	20.5	18.4	15.7	22.8	9.3	2.1	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/04	22.4	28.1	19.4	14.8	11.8	2.9	.4	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/05	22.9	40.7	20.9	9.5	4.6	1.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/06	22.7	53.4	16.0	4.5	3.3	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/07	20.5	58.5	11.8	3.7	3.7	1.1	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/08	20.6	47.8	17.5	5.9	5.9	1.5	.4	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/09	10.8	27.1	23.7	17.9	15.6	3.8	.8	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/10	1.5	9.6	15.4	22.2	39.5	9.5	2.0	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/11	4.8	11.9	17.9	19.6	34.1	9.6	2.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/冬	3.0	9.2	12.7	19.4	38.5	14.2	2.7	.3	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/春	19.1	30.5	19.7	13.1	12.4	4.1	.8	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/夏	21.2	53.2	15.1	4.7	4.3	.9	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/秋	5.8	16.6	19.2	19.8	29.2	7.5	1.6	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/年	12.7	28.7	16.7	13.8	20.3	6.3	1.2	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.

DISV5ZH.BAT

港灣技術研究中心

表 2-17 臺中 1999~2016 年週期分佈百分比(%)統計表

T_p (Sec)	2 ~3	3 ~4	4 ~5	5 ~6	6 ~7	7 ~8	8 ~9	9 ~10	10 ~12	12 ~14	14 ~16	16 ~18	18 ~20	20 ~40	40 ~60	60 ~200	合計 (%)
年、月																	
2015/12	.0	.0	1.1	6.4	24.3	42.5	22.0	3.6	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/01	.4	4.1	4.5	13.8	30.8	26.4	15.7	3.4	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/02	.7	6.4	8.4	6.9	23.4	27.6	18.9	6.8	.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/03	.7	6.5	13.6	19.8	30.9	17.0	6.2	4.1	1.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/04	4.0	16.9	13.1	22.1	32.3	9.2	2.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	100.
2016/05	3.2	14.4	14.4	29.0	24.1	12.7	1.4	.6	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	100.
2016/06	5.0	16.5	24.8	25.8	17.4	9.8	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/07	12.5	31.3	22.7	12.3	8.6	8.6	2.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/08	1.8	7.3	12.9	21.8	23.9	14.8	7.9	6.1	3.5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/09	.2	2.4	9.2	18.6	34.1	18.0	10.2	4.9	2.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/10																	
2016/11																	
2016/冬	.4	3.5	4.7	9.1	26.2	32.1	18.8	4.6	.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/春	2.6	12.5	13.7	23.6	29.1	13.0	3.3	1.6	.5	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	100.
2016/夏	6.5	18.4	20.1	19.9	16.6	11.1	3.6	2.0	1.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/秋	.2	2.4	9.2	18.6	34.1	18.0	10.2	4.9	2.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/年	2.9	10.7	12.5	17.7	24.9	18.6	8.6	2.9	.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/12	.0	.4	3.3	15.5	24.6	34.0	17.7	4.1	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/01	.1	.9	4.6	17.9	24.3	30.8	17.8	3.4	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/02	.4	3.1	5.0	14.9	26.5	32.6	13.1	3.8	.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/03	.7	4.0	5.5	24.7	30.3	24.1	7.9	2.4	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/04	1.6	7.2	8.4	21.2	38.4	18.2	3.6	1.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/05	2.4	10.7	15.3	24.4	29.7	13.4	2.7	.9	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/06	2.9	14.6	19.4	20.9	24.2	13.5	3.3	.6	.3	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/07	4.3	19.3	18.3	17.3	18.4	13.7	5.3	1.8	1.1	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/08	5.8	9.2	10.5	21.6	25.6	16.5	6.1	2.6	1.6	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/09	.4	2.4	5.3	22.4	31.8	22.0	9.5	3.6	2.2	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/10	.0	.4	4.1	18.6	31.5	29.6	11.3	3.1	1.1	.4	.1	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/11	.2	1.1	4.5	19.0	29.2	31.8	11.5	2.3	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/冬	.2	1.4	4.3	16.2	25.1	32.4	16.3	3.7	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/春	1.7	7.5	10.1	23.4	32.8	18.2	4.6	1.4	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/夏	4.4	14.3	16.0	19.9	22.7	14.6	4.9	1.7	1.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/秋	.2	1.3	4.7	20.1	30.9	27.5	10.7	3.0	1.3	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
歷年/年	1.7	6.5	9.1	19.9	27.7	22.7	8.9	2.4	.8	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.

DISV5ZT.BAT

港灣技術研究中心

表 2-18 臺中 1999~2016 年波向分佈百分比(%)統計表

波向 年、月	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合計 (%)
2015/12	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	17.8	82.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
2016/01	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	1.4	41.7	55.3	1.5	.1	.0	.0	.0	.0	100.
2016/02	32.7	58.1	.4	.0	.0	.0	.0	.0	1.3	.0	.0	.0	.4	1.3	1.9	3.9	100.
2016/03	31.8	61.6	2.3	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	3.9	100.
2016/04	27.6	40.8	2.2	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	2.5	5.3	5.6	6.3	9.6	100.
2016/05	21.2	43.2	1.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.4	5.3	11.1	6.8	5.5	5.5	100.
2016/06	9.0	11.8	2.8	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	6.6	34.5	20.0	7.4	7.3	100.
2016/07	5.9	10.7	.7	.1	.1	.4	.1	.0	.0	.1	.0	2.1	26.6	36.3	12.1	4.5	100.
2016/08	21.6	28.4	2.0	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	2.8	21.5	12.0	11.3	100.
2016/09	35.0	35.8	.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.3	8.8	8.1	3.3	8.4	100.
2016/10																	
2016/11																	
2016/冬	10.6	18.9	.1	.0	.0	.0	.0	.5	20.7	46.2	.5	.0	.1	.4	.6	1.3	100.
2016/春	26.9	48.6	1.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	2.6	5.4	4.1	3.9	6.3	100.
2016/夏	12.1	16.9	1.8	.3	.0	.1	.0	.0	.0	.1	.0	3.0	21.3	25.9	10.5	7.7	100.
2016/秋	35.0	35.8	.0	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.3	8.8	8.1	3.3	8.4	100.
2016/年	18.3	29.0	1.2	.1	.0	.0	.0	.2	6.2	13.9	.2	1.7	8.9	9.9	4.9	5.4	100.
歷年/12	42.3	42.2	.5	.1	.1	.0	.0	.0	1.7	7.7	.0	.0	.0	.2	4.4	.8	100.
歷年/01	43.5	43.6	.3	.0	.0	.0	.0	.1	3.7	4.9	.1	.0	.0	.2	2.7	.9	100.
歷年/02	40.7	51.5	1.5	.3	.2	.2	.1	.0	.2	.0	.1	.5	.5	.8	1.3	2.2	100.
歷年/03	32.1	56.8	2.2	.2	.2	.6	.4	.1	.1	.1	.1	.3	.5	1.0	1.8	3.3	100.
歷年/04	32.3	47.2	1.7	.4	1.1	.2	.2	.3	.3	.3	.2	1.4	2.2	2.7	3.5	6.1	100.
歷年/05	26.9	40.5	2.4	.6	.3	.5	.3	.2	.2	.3	.5	2.6	7.0	6.3	4.4	7.0	100.
歷年/06	13.7	15.9	2.6	3.2	.4	.3	.3	.2	.4	.4	1.0	8.3	26.5	14.0	6.5	6.3	100.
歷年/07	9.0	6.9	1.3	.3	1.6	1.2	.8	.9	.7	1.2	.7	6.2	32.2	21.3	9.0	6.6	100.
歷年/08	17.0	17.1	.9	.5	.3	.5	.8	.8	.6	.8	.7	4.4	16.4	15.7	12.0	11.5	100.
歷年/09	35.8	38.4	.8	.3	.5	.3	.3	.5	1.0	5.3	.1	.7	2.5	3.0	3.8	6.7	100.
歷年/10	42.8	43.2	.1	.0	.0	.0	.0	.0	1.8	7.0	.0	.0	.2	.3	3.3	1.2	100.
歷年/11	39.2	43.2	1.3	.3	.1	.0	.2	.2	2.2	7.0	.1	.1	.1	.4	4.0	1.7	100.
歷年/冬	42.2	45.5	.7	.1	.1	.1	.0	.1	2.0	4.3	.1	.2	.2	.4	2.8	1.3	100.
歷年/春	30.3	47.6	2.1	.4	.5	.5	.3	.2	.2	.2	.3	1.5	3.5	3.5	3.3	5.6	100.
歷年/夏	13.2	13.2	1.6	1.3	.8	.7	.6	.6	.5	.8	.8	6.3	25.1	17.1	9.2	8.1	100.
歷年/秋	39.2	41.5	.7	.2	.2	.1	.2	.3	1.6	6.4	.1	.2	1.0	1.3	3.7	3.3	100.
歷年/年	30.3	35.7	1.3	.6	.4	.3	.3	.3	1.1	2.9	.3	2.3	8.3	6.1	5.0	4.8	100.

DISV5ZD.BAT

港灣技術研究中心

Rose Diagram of Wave

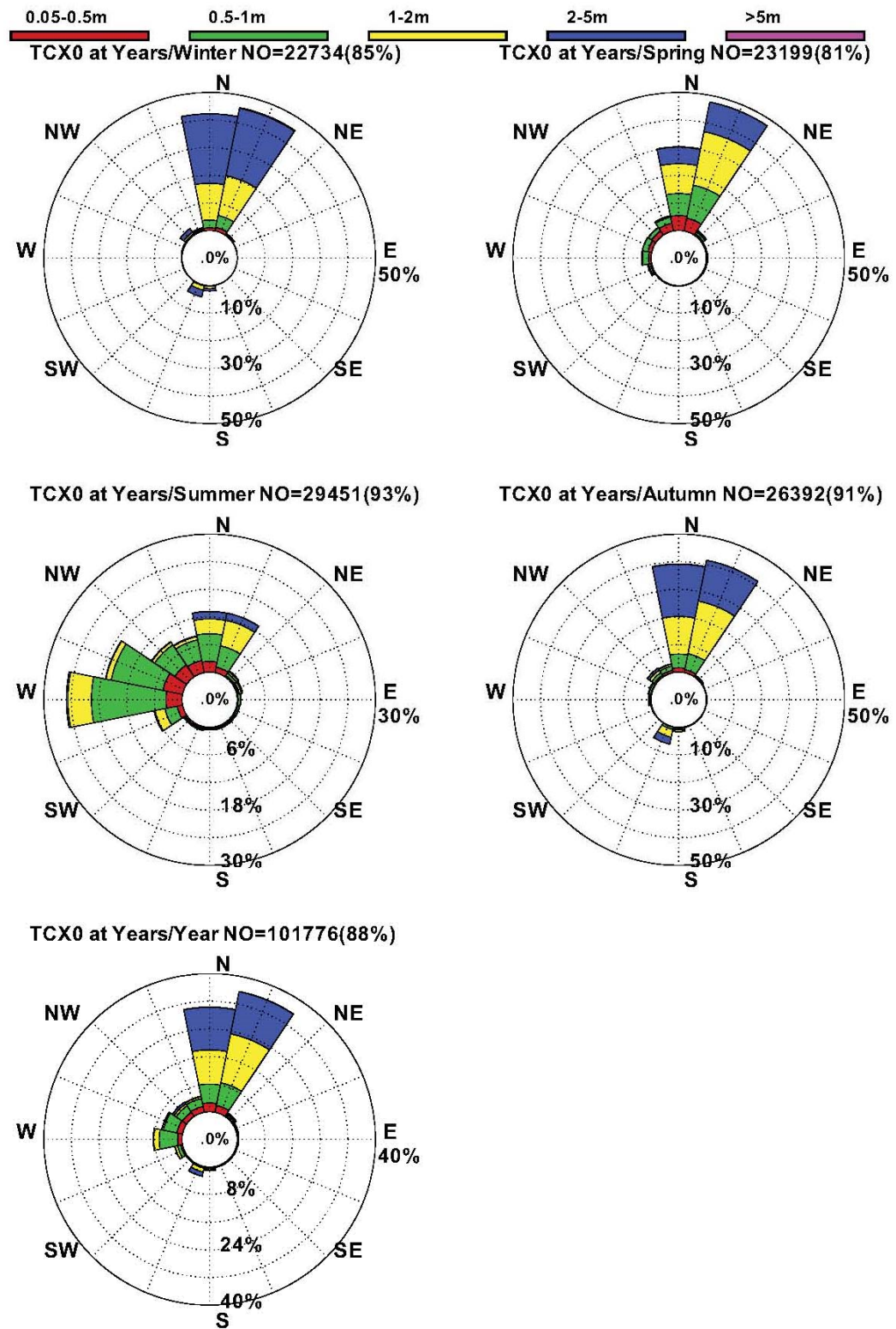


圖 2.17 港研中心臺中 1999~2016 年四季及全觀測期波浪玫瑰圖

2.5 潮位觀測資料分析

臺中港潮汐每日漲落 2 次，即一天發生高低潮的資料數大多為 4 筆，少數為 3 筆，綜觀歷年水位觀測資料，臺中港潮位主要以半日潮為主，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，為典型半日潮型。臺中港潮差達到 4 公尺左右，大潮時甚至可達 6 公尺，潮差的大小會影響河川的自清作用，船舶靠港等問題。

使用中央氣象局臺中潮位站觀測位址如圖 2.18，臺中港 1971-2016 年每月潮位統計如表 2-19，臺中港歷年每月潮高統計圖，如圖 2.19 所示。臺中港 1971~2016 年全測期平均潮位為 0.043 公尺，平均低潮位-2.012 公尺，平均高潮位為 2.083 公尺，最高暴潮位為 3.338 公尺。

表 2-19 臺中港 1971-2016 年每月潮位統計表

*測站資訊：臺中市梧棲區 經度：120.533056 緯度：24.287778

月份	最高高潮位 暴潮位(m)	最高天文潮 (m)	平均高潮位 (m)	平均潮位 (m)	平均 低潮位 (m)	最低 天文潮 (m)	最低 低潮位 (m)
1	2.790	2.296	1.957	-0.121	-2.208	-2.875	-3.187
2	2.742	2.412	1.937	-0.092	-2.115	-2.805	-2.985
3	2.891	2.487	1.988	-0.032	-2.043	-2.654	-2.968
4	2.808	2.423	2.015	0.026	-1.984	-2.625	-3.001
5	2.798	2.324	2.049	0.076	-1.949	-2.649	-2.916
6	2.717	2.265	2.097	0.126	-1.961	-2.678	-2.979
7	2.978	2.414	2.167	0.167	-1.96	-2.733	-3.034
8	3.206	2.602	2.255	0.207	-1.886	-2.69	-2.899
9	3.338	2.632	2.256	0.180	-1.892	-2.524	-2.81
10	3.158	2.534	2.182	0.092	-1.992	-2.587	-2.854
11	2.971	2.327	2.094	0.003	-2.076	-2.672	-3.018
12	2.794	2.196	2.009	-0.065	-2.161	-2.767	-3.034
全年	3.338	2.405	2.083	0.043	-2.012	-2.685	-3.187

資料來源：中央氣象局，2018



圖 2.18 中央氣象局-臺中港潮位測站位置

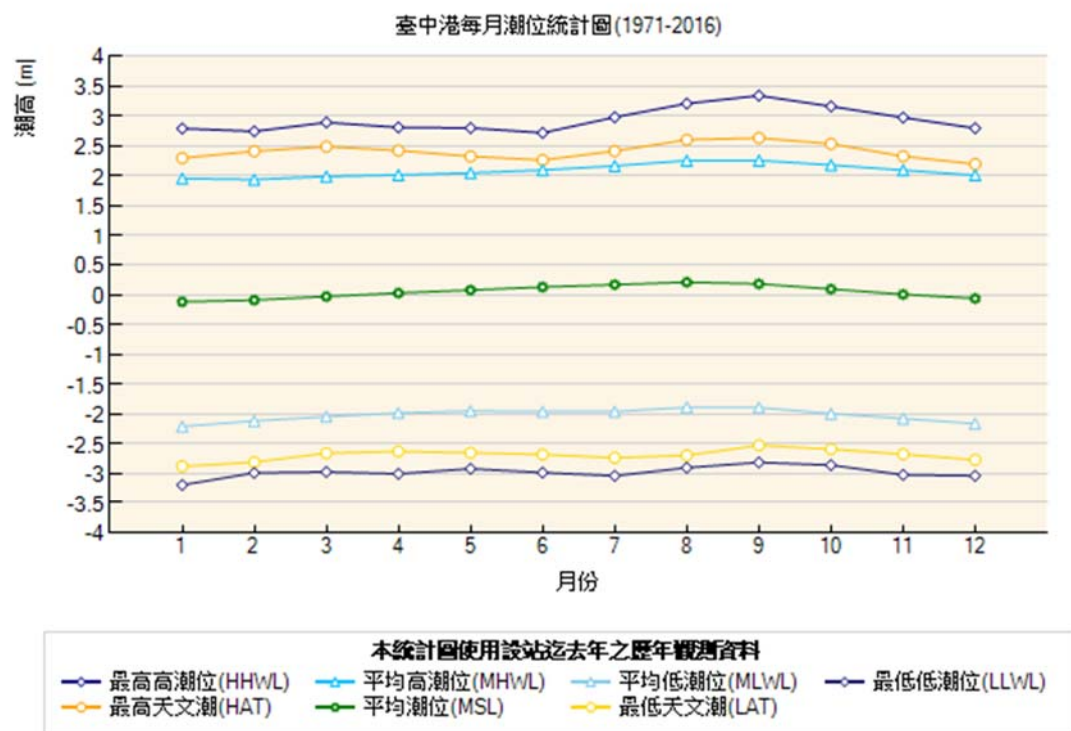


圖 2.19 臺中港 1971~2016 年每月潮位統計圖

2.6 流場觀測資料分析

近岸海域之海流場現象，主要外力有潮汐作用、波力、風力等，海流之組成主要是由大範圍長時間的恒流、季風吹襲產生的風吹流及水位變化導致的潮流等要素所組成，採用本所港灣技術研究中心(港研中心) 2003/10/01~2016/11/30 共計 14 年觀測資料進行研究。臺中波浪及海流站觀測位址如前圖 2.16，2003~2016 年臺中港海流觀測資料有效記錄筆數如表 2-20 所示。茲將臺中港歷年海流觀測統計資料製作成下列圖表俾利分析(2016 年港灣海氣象觀測資料統計年報(臺中港域觀測海氣象資料)，2016)：

- 1、臺中歷年流速及波向統計表，如表 2-20。
- 2、臺中歷年流速及波向分佈百分比(%)統計表，如表 2-21~表 2-23。
- 3、歷年四季及全觀測期海流玫瑰圖(16 分位)，如圖 2.20。

臺中港北防波堤綠燈塔外海歷年海流觀測資料，顯示本處海流流向呈週期性往復運動，臺中海域的近岸流主要是潮流，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。

全測期平均流速為 40.0 cm/s，平均流速為 22.3 cm/s (NW)，流速分佈以介於 25 cm/s ~ 50 cm/s 間為主，佔全測期 39.0 %，流向分佈以介於 W~N 間為主，佔全測期 46.3 %。四季中以冬季平均流速最大，約為 36.4 cm/s，春季平均流速最小，約為 21.6 cm/s，冬、春、夏及秋季觀測得到之最大流速分別為 222.0 cm/s (ENE)、237.6 cm/s (W)、259.7 cm/s (SW)及 248.3 cm/s (W)。

表 2-20 臺中 2003~2016 年海流觀測資料有效記錄筆數

序 號	測 站	檔名	啓止時間 (年、月、日、時)	觀測 天數	觀測 筆數	缺失 筆數	實際 筆數	資料缺失日
1	X	C15CTCX0.1H0	2015/12.01.00:~2015/12.31.22:	31	743	41	702	22 -24 ,29
2	X	C161TCX0.1H0	2016/01.01.00:~2016/01.31.23:	31	744	10	734	2 -3 ,5 -6 ,8 ,11 ,14 -15 ,23
3	X	C162TCX0.1H0	2016/02.01.00:~2016/02.29.23:	29	696	2	694	3 ,15
4	X	C163TCX0.1H0	2016/03.01.00:~2016/03.31.23:	31	744	3	741	12 ,23 ,25
5	X	C164TCX0.1H0	2016/04.01.00:~2016/04.30.23:	30	720	2	718	13
6	X	C165TCX0.1H0	2016/05.01.00:~2016/05.31.23:	31	744	9	735	10 ,12
7	X	C166TCX0.1H0	2016/06.01.00:~2016/06.30.23:	30	720	2	718	20
8	X	C167TCX0.1H0	2016/07.01.00:~2016/07.31.23:	31	744	1	743	19
9	X	C168TCX0.1H0	2016/08.01.00:~2016/08.31.23:	31	744	25	719	4 -5 ,8 ,10 ,19 -20 ,24 ,26
10	X	C169TCX0.1H0	2016/09.01.00:~2016/09.27.15:	27	640	11	629	6 ,8 ,10 ,13 -14 ,16 -17 ,20 -21 ,24
11	X		2016/10					
12	X		2016/11					
13	X	C16WTCX0.1HV	2015/12.01.00:~2016/02.29.23:	91	2183	53	2130	
14	X	C16NTCX0.1HV	2016/03.01.00:~2016/05.31.23:	92	2208	14	2194	
15	X	C16STCX0.1HV	2016/06.01.00:~2016/08.31.23:	92	2208	28	2180	
16	X	C16FTCX0.1HV	2016/09.01.00:~2016/09.27.15:	27	640	11	629	
17	X	C160TCX0.1HV	2015/12.01.00:~2016/09.27.15:	302	7239	106	7133	
18	X	C44CTCX0.1HV	2003/12.01.00:~2015/12.31.22:	291	6966	164	6802	
19	X	C441TCX0.1HV	2004/01.01.00:~2016/01.31.23:	331	7928	228	7700	
20	X	C442TCX0.1HV	2004/02.01.00:~2016/02.29.23:	293	7013	451	6562	
21	X	C443TCX0.1HV	2004/03.01.00:~2016/03.31.23:	263	6264	106	6158	
22	X	C444TCX0.1HV	2004/04.01.00:~2016/04.30.23:	312	7469	94	7375	
23	X	C445TCX0.1HV	2004/05.01.00:~2016/05.31.23:	369	8854	423	8431	
24	X	C446TCX0.1HV	2004/06.01.00:~2016/06.30.23:	373	8939	181	8758	
25	X	C447TCX0.1HV	2004/07.01.00:~2016/07.31.23:	403	9665	418	9247	
26	X	C448TCX0.1HV	2003/08.01.00:~2016/08.31.23:	420	10033	993	9040	
27	X	C449TCX0.1HV	2003/09.01.00:~2016/09.27.15:	385	9224	331	8893	
28	X	C44ATCX0.1HV	2003/10.01.00:~2015/10.31.23:	341	8183	67	8116	
29	X	C44BTCX0.1HV	2003/11.01.00:~2015/11.30.23:	318	7610	86	7524	
30	X	C44WTCX0.1HV	2003/12.01.00:~2016/02.29.23:	915	21907	843	21064	
31	X	C44NTCX0.1HV	2004/03.01.00:~2016/05.31.23:	944	22587	623	21964	
32	X	C44STCX0.1HV	2003/08.01.00:~2016/08.31.23:	1196	28637	1592	27045	
33	X	C44FTCX0.1HV	2003/09.01.00:~2016/09.27.15:	1044	25017	484	24533	
34	X	C440TCX0.1HV	2003/08.01.00:~2016/09.27.15:	4099	98148	3542	94606	

XC1Z.BAT

港灣技術研究中心

表 2-21 臺中 2003~2016 年流速及波向統計表

序號	觀測 日期 (年/月)	觀測 點數 (NO)	平均 流速 (cm/s)	最大流速 (流速/流向) (cm/s)/(去向)	平均流 (流速/流向) (cm/s)/(去向)	流速 <25 (%)	流速 25~50 (%)	流速 50~100 (%)	流速 >100 (%)	流向 N~E (%)	流向 E~S (%)	流向 S~W (%)	流向 W~N (%)
1	歷年/01	7699(94%)	47.9	182.9 /W	38.1 / W	25.8	35.3	31.8	7.0	10.3	1.0	50.1	38.6
2	歷年/02	6562(88%)	47.1	170.9 /W	34.1 / W	26.3	35.8	30.8	6.9	13.7	.9	41.7	43.6
3	歷年/03	6158(75%)	39.8	237.6 /W	24.5 /WNW	33.3	39.3	24.0	3.4	20.1	2.0	32.5	45.3
4	歷年/04	7375(93%)	32.3	193.9 /WSW	20.2 / NW	42.7	39.9	16.6	.7	23.8	2.6	23.3	50.3
5	歷年/05	8431(94%)	32.1	150.0 /WSW	23.3 /NNW	41.7	41.3	16.3	.5	26.8	2.5	15.7	54.8
6	歷年/06	8758(94%)	39.0	189.0 /NNE	26.0 / N	28.9	41.9	28.2	.7	33.8	7.2	8.1	50.7
7	歷年/07	9247(96%)	41.7	189.1 /W	30.7 / N	27.1	38.4	32.5	1.8	33.8	6.5	7.0	52.4
8	歷年/08	9040(87%)	37.0	259.7 /SW	25.0 / N	31.7	43.0	24.4	.6	27.5	8.5	7.2	56.5
9	歷年/09	8893(95%)	34.1	240.2 /WNW	18.1 / NW	40.0	40.8	17.2	1.8	24.6	4.5	22.7	48.0
10	歷年/10	8116(99%)	44.5	248.3 /W	33.5 / W	27.8	36.8	30.6	4.7	11.4	1.2	48.0	39.3
11	歷年/11	7523(95%)	40.2	182.6 /WSW	25.0 / W	33.0	38.0	25.5	3.3	15.7	2.8	42.4	39.0
12	歷年/12	6800(91%)	48.4	222.0 /ENE	37.3 / W	24.4	35.3	33.1	7.2	10.6	1.2	58.1	30.1
13	歷年/冬	21061(91%)	47.8	222.0 /ENE	36.4 / W	25.5	35.5	31.9	7.0	11.4	1.0	50.1	37.4
14	歷年/春	21964(88%)	34.3	237.6 /W	21.6 / NW	39.7	40.3	18.6	1.4	23.9	2.4	23.0	50.6
15	歷年/夏	27045(92%)	39.2	259.7 /SW	27.2 / N	29.3	41.1	28.4	1.1	31.7	7.4	7.4	53.3
16	歷年/秋	24532(96%)	39.4	248.3 /W	23.8 /WNW	33.8	38.6	24.2	3.2	17.5	2.9	37.1	42.3
17	歷年/年	94602(92%)	40.0	259.7 /SW	22.3 / NW	32.0	39.0	25.8	3.0	21.7	3.6	28.2	46.3

DISC3Z.BAT

港灣技術研究中心

表 2-22 臺中 2003~2016 年流速分佈百分比(%)統計表

流速 (cm/s)	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 ~600	合計 (%)
年、月																	
2015/12	1.6	4.7	8.3	7.7	8.3	8.4	8.3	7.3	7.0	6.7	8.5	12.3	8.0	2.8	.3	.0	100.
2016/01	.4	4.4	7.9	6.4	9.1	11.2	8.9	8.2	9.5	6.7	10.5	10.4	2.0	1.4	2.7	.4	100.
2016/02	.3	1.4	3.7	7.9	9.5	12.2	9.7	7.9	5.8	4.6	7.9	13.4	8.9	5.5	1.2	.0	100.
2016/03	1.3	3.5	8.6	12.0	11.9	11.2	10.5	6.1	6.5	3.9	6.1	7.4	7.2	3.4	.4	.0	100.
2016/04	3.5	13.8	17.7	18.9	14.5	11.0	7.5	6.0	4.2	1.8	1.0	.1	.0	.0	.0	.0	100.
2016/05	6.1	19.9	19.0	15.8	15.2	8.8	6.0	3.0	2.6	1.4	.8	1.4	.0	.0	.0	.0	100.
2016/06	1.5	6.8	10.6	17.3	18.4	15.5	12.8	7.9	4.6	2.2	2.2	.1	.0	.0	.0	.0	100.
2016/07	2.0	4.3	8.2	16.6	17.9	16.0	12.0	10.8	5.4	3.2	2.7	.9	.0	.0	.0	.0	100.
2016/08	4.0	12.4	21.7	20.2	16.6	12.1	6.1	4.2	1.7	.6	.4	.1	.0	.0	.0	.0	100.
2016/09	1.7	6.2	13.2	18.6	15.1	14.0	11.8	6.4	4.0	2.5	3.0	2.4	.3	.3	.2	.3	100.
2016/10																	
2016/11																	
2016/冬	.8	3.5	6.7	7.3	9.0	10.6	8.9	7.8	7.5	6.0	9.0	12.0	6.2	3.2	1.4	.1	100.
2016/春	3.6	12.4	15.1	15.5	13.9	10.3	8.0	5.0	4.4	2.4	2.6	3.0	2.4	1.1	.1	.0	100.
2016/夏	2.5	7.8	13.4	18.0	17.6	14.5	10.3	7.7	3.9	2.0	1.8	.4	.0	.0	.0	.0	100.
2016/秋	1.7	6.2	13.2	18.6	15.1	14.0	11.8	6.4	4.0	2.5	3.0	2.4	.3	.3	.2	.3	100.
2016/年	2.3	7.8	11.9	14.1	13.7	12.0	9.3	6.8	5.1	3.4	4.3	4.8	2.6	1.3	.5	.1	100.
歷年/12	1.0	3.3	5.5	6.6	8.0	8.2	7.8	7.1	6.0	6.2	9.1	14.4	9.6	5.5	1.6	.1	100.
歷年/01	.9	3.5	6.2	7.4	7.8	7.9	7.4	7.2	6.7	6.0	8.9	14.2	8.7	4.5	2.0	.5	100.
歷年/02	.9	3.8	5.4	8.0	8.2	8.6	7.6	7.1	6.8	5.7	10.0	12.7	8.2	3.8	2.7	.4	100.
歷年/03	1.6	5.1	8.1	9.3	9.2	9.4	8.7	7.6	7.4	6.2	9.7	8.8	5.5	2.0	1.0	.4	100.
歷年/04	2.1	6.8	10.5	12.0	11.2	10.6	8.4	7.8	6.8	6.3	8.0	7.4	1.2	.3	.3	.1	100.
歷年/05	2.2	7.2	9.4	11.4	11.5	10.0	9.7	8.3	7.5	5.8	8.3	6.8	1.2	.2	.3	.0	100.
歷年/06	1.4	4.1	6.5	8.4	8.6	9.1	8.4	8.2	8.4	7.7	12.6	12.6	3.0	.5	.1	.1	100.
歷年/07	1.6	5.3	5.8	6.7	7.7	7.8	7.0	7.6	7.6	8.4	14.1	15.1	3.2	1.1	.6	.1	100.
歷年/08	1.9	5.3	7.1	8.4	9.0	9.6	8.1	8.7	8.7	7.9	12.7	9.6	2.1	.4	.2	.1	100.
歷年/09	2.6	5.9	9.5	11.0	11.1	10.3	9.3	8.5	7.0	5.7	8.2	6.6	2.4	1.0	.5	.2	100.
歷年/10	2.3	3.6	6.4	7.7	7.8	8.6	8.3	7.5	6.8	5.6	9.8	13.9	6.9	2.9	1.3	.5	100.
歷年/11	2.3	4.4	7.4	9.4	9.5	8.7	8.3	7.5	7.4	6.2	9.4	11.0	5.1	2.2	.9	.3	100.
歷年/冬	1.0	3.5	5.7	7.4	8.0	8.2	7.6	7.1	6.5	6.0	9.3	13.8	8.8	4.6	2.1	.3	100.
歷年/春	2.0	6.5	9.4	11.0	10.8	10.0	9.0	7.9	7.2	6.1	8.6	7.6	2.4	.7	.5	.2	100.
歷年/夏	1.7	4.9	6.4	7.8	8.4	8.8	7.8	8.2	8.2	8.0	13.1	12.5	2.8	.7	.3	.1	100.
歷年/秋	2.4	4.6	7.8	9.4	9.5	9.2	8.7	7.9	7.1	5.8	9.1	10.4	4.7	2.0	.9	.3	100.
歷年/年	1.8	4.9	7.3	8.9	9.1	9.1	8.3	7.8	7.3	6.5	10.2	11.1	4.6	1.9	.9	.2	100.

DISC5ZS.BAT

港灣技術研究中心

表 2-23 臺中 2003~2016 年流向分佈百分比(%)統計表

流向 年、月	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合計 (%)
2015/12	5.3	3.7	3.6	2.7	1.3	.6	.4	.1	.4	1.1	21.2	38.3	8.4	5.7	3.7	3.4	100.
2016/01	7.8	3.7	2.0	.7	.1	.0	.3	.0	.0	.3	5.4	30.7	24.1	8.6	8.7	7.6	100.
2016/02	8.8	6.2	2.0	.6	.1	.0	.0	.0	.0	.3	5.8	30.8	21.8	8.9	5.5	9.2	100.
2016/03	15.5	10.8	4.2	1.2	.8	.0	.0	.0	.0	.1	2.4	20.6	18.1	8.2	6.5	11.5	100.
2016/04	18.0	13.5	8.2	6.5	4.5	1.4	.7	.3	.6	.3	2.8	7.4	9.5	5.7	7.9	12.8	100.
2016/05	16.3	11.7	10.7	4.6	3.7	3.3	1.1	1.6	1.0	1.1	3.1	9.3	9.8	4.5	6.1	12.1	100.
2016/06	25.9	24.5	14.9	5.4	5.3	2.4	1.4	.4	.1	.4	.6	1.3	1.3	1.7	4.0	10.4	100.
2016/07	23.1	21.3	14.3	7.8	4.3	1.2	.0	.1	.0	.3	.7	2.7	3.6	3.5	4.4	12.7	100.
2016/08	11.8	8.9	5.6	5.8	4.0	1.7	1.3	1.3	1.5	2.5	3.9	8.6	9.5	8.9	12.8	12.0	100.
2016/09	10.3	8.6	4.9	4.1	2.4	.2	.0	.0	.3	.6	3.7	20.0	18.3	9.1	7.9	9.5	100.
2016/10																	
2016/11																	
2016/冬	7.3	4.5	2.5	1.3	.5	.2	.2	.0	.1	.6	10.8	33.2	18.2	7.7	6.0	6.8	100.
2016/春	16.6	12.0	7.7	4.1	3.0	1.5	.6	.6	.5	.5	2.8	12.5	12.5	6.2	6.8	12.1	100.
2016/夏	20.3	18.3	11.6	6.4	4.5	1.7	.9	.6	.6	1.1	1.7	4.2	4.8	4.7	7.1	11.7	100.
2016/秋	10.3	8.6	4.9	4.1	2.4	.2	.0	.0	.3	.6	3.7	20.0	18.3	9.1	7.9	9.5	100.
2016/年	14.4	11.4	7.1	4.0	2.7	1.1	.5	.4	.4	.7	4.9	16.8	12.3	6.4	6.8	10.2	100.
歷年/12	6.7	4.5	1.2	.7	1.6	.3	.2	.1	.2	.7	13.3	30.6	21.9	6.3	4.5	7.1	100.
歷年/01	6.8	4.5	1.3	.6	1.1	.2	.2	.2	.2	.7	6.8	25.9	29.8	9.3	5.3	6.9	100.
歷年/02	11.8	5.9	1.4	.7	.4	.2	.2	.2	.4	.7	5.4	22.0	25.7	7.2	5.3	12.5	100.
歷年/03	14.8	8.4	3.4	1.1	1.1	.4	.5	.3	.5	.9	5.2	16.0	18.3	5.8	5.9	17.3	100.
歷年/04	18.5	10.3	3.1	1.5	1.1	.8	.6	.4	.5	1.1	5.4	11.1	11.0	6.0	7.5	21.2	100.
歷年/05	23.6	11.7	2.8	1.2	1.0	.8	.4	.5	.5	1.1	3.0	7.0	8.0	4.8	7.2	26.2	100.
歷年/06	29.6	14.6	4.1	1.2	1.2	1.0	3.2	1.9	1.1	1.2	1.8	3.2	3.3	2.7	4.7	25.3	100.
歷年/07	28.7	13.3	4.9	2.1	1.5	1.3	1.7	1.8	1.5	1.3	1.8	2.0	2.7	2.1	4.4	28.8	100.
歷年/08	27.8	9.4	2.8	1.6	2.5	1.8	2.3	2.3	1.8	.9	1.2	2.8	3.9	3.4	6.5	29.1	100.
歷年/09	19.5	9.4	2.9	1.1	2.0	1.1	.9	1.1	1.5	1.0	3.9	10.5	14.0	7.1	6.6	17.6	100.
歷年/10	9.3	4.5	1.3	.6	1.0	.3	.1	.1	.3	.5	11.0	24.7	23.2	8.8	4.9	9.4	100.
歷年/11	13.7	5.8	2.1	.6	1.1	.6	.4	.8	.7	1.0	8.9	23.7	15.8	6.8	5.6	12.5	100.
歷年/冬	8.3	4.9	1.3	.6	1.1	.2	.2	.2	.3	.7	8.5	26.2	26.0	7.7	5.0	8.7	100.
歷年/春	19.4	10.3	3.1	1.3	1.1	.7	.5	.4	.5	1.0	4.4	10.9	11.9	5.5	6.9	22.1	100.
歷年/夏	28.7	12.4	3.9	1.6	1.7	1.3	2.4	2.0	1.5	1.1	1.6	2.7	3.3	2.7	5.2	27.8	100.
歷年/秋	14.3	6.6	2.1	.8	1.4	.7	.5	.7	.8	.8	7.8	19.3	17.6	7.6	5.7	13.3	100.
歷年/年	18.3	8.8	2.7	1.1	1.3	.8	1.0	.9	.8	.9	5.4	14.1	14.0	5.7	5.7	18.5	100.

DISC5ZD.BAT

港灣技術研究中心

Rose Diagram of Current

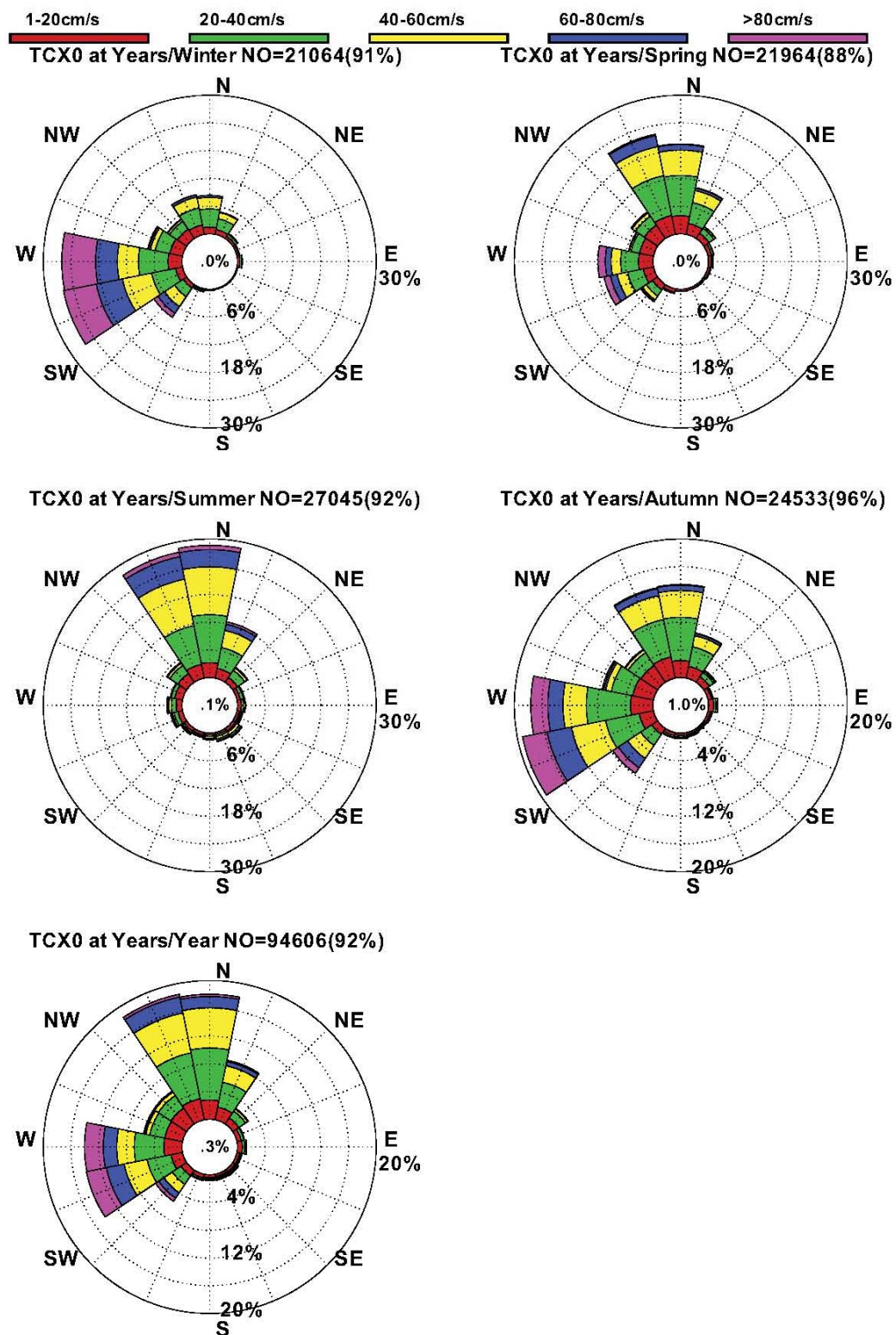


圖 2.20 港研中心臺中 2003~2016 年四季及全觀測期海流玫瑰圖

第三章 波浪數值分析與探討

3.1 波浪數值模式理論介紹

本計畫採用丹麥水力研究所(Danish Hydraulic Institute,DHI)發展之 MIKE21 SW(MIKE21 Spectral Wave)第三代波譜模型，用於模擬近海及海岸地區風生浪和涌浪的生長、衰退及變形，如風生浪過程、波-波非線性交互作用、波浪折、繞射、反射和淺化及底摩擦效應等物理現象，其包含兩個不同公式：

1.全譜公式(Fully spectral formulation, FS)

全譜公式基於 Komen 等人(1994)和 Young (1999)的波動守恆方程，該模式係模擬波浪在各種外力作用下之波能變化，其求解之方程式為波浪守恆方程式(Wave action conservation equation)，此方程式為二維時變域之偏微分方程式，表示如下：

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\bar{v}N) = \frac{S}{\sigma} \dots\dots\dots(3-1)$$

其中，

$N(\bar{x}, \sigma, \theta, t)$ 為波浪作用密度函數(wave action density function)、 $E(\sigma, \theta)$ 為波能頻譜密度函數(wave energy density function)，關係為 $N=E/\sigma$ ； $\bar{x}=(x, y)$ 為卡氏坐標； t 為時間； σ 為角頻率；而 θ 則為波向角。

$\bar{v}=(c_x, c_y, c_\sigma, c_\theta)$ 為一個 4 維空間的向量， $(c_x, c_y)=d\bar{x}/dt=\bar{c}_g+\bar{U}$ ，代表群波在空間上的傳遞速度，其中 $\bar{c}_g$ 為群波速度，而 $\bar{U}$ 則為海流之流速，模式可考量波浪在海流流動狀況下之傳遞情形。 $c_\sigma=d\sigma/dt$ ，代表角頻率 σ 之變化速度。 $c_\theta=d\theta/dt$ ，代表波向角 θ 之變化速度。

$\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y, \partial/\partial \sigma, \partial/\partial \theta)$ 為一個 4 維空間的向量運算子， S 則為源項(Source term)，代表波浪傳遞過程時可能發生之波浪能量成長、消散及非線性交互作用等物理現象，表示如下：

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} + S_{surf} \dots\dots\dots(3-2)$$

其中 S_{in} 為風浪之成長項， S_{nl} 為波與波非線性交互作用項， S_{ds} 為白沫消散項， S_{bot} 為底床摩擦項，而 S_{surf} 則為碎波消耗項。

2. 方向參數化解耦公式

方向參數化解耦公式基於波動守恆方程的參數化形式，按照 Holthuijsen (1989) 理論，參數化在頻率空間內進行，引入波譜的零階和一階矩作為決定變量，可用於以波浪碎波後而產生之沿岸流的泥沙傳輸計算。參數化的方程式表示如下：

$$\frac{\partial(m_0)}{\partial t} + \frac{\partial(C_{gx}m_0)}{\partial x} + \frac{\partial(C_{gy}m_0)}{\partial y} + \frac{\partial(C_{\theta}m_0)}{\partial \theta} = T_0 \dots\dots\dots(3-3)$$

$$\frac{\partial(m_1)}{\partial t} + \frac{\partial(C_{gx}m_1)}{\partial x} + \frac{\partial(C_{gy}m_1)}{\partial y} + \frac{\partial(C_{\theta}m_1)}{\partial \theta} = T_1 \dots\dots\dots(3-4)$$

其中 $m_0(x,y,\theta)$ 為波譜 $N(x,y,\omega,\theta)$ 的零次矩， $m_1(x,y,\theta)$ 為波譜 $N(x,y,\omega,\theta)$ 的一次矩， C_{gx} 及 C_{gy} 分別為群波速度 x 、 y 方向之分量， C_{θ} 為 θ 方向的波浪行進速度， ω 為角頻率， T_0 和 T_1 為 Source Terms，包含風、底床摩擦、碎波等因素。 n 次矩 $m_n(\theta)$ 定義為

$$m_n(x,y,\theta) = \int_0^{\infty} \omega^n N(x,y,\omega,\theta) d\omega \dots\dots\dots(3-5)$$

3.2 波浪數值模式及模擬條件

3.2.1 模式地形水深及網格設定

模式使用之地形水深資料由遠域到近域除了蒐集美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)之 ETOPO5 及 ETOPO1、台灣海洋科技研究中心彙編之臺灣周圍附近 200 公尺海域水深地形資料、海軍大氣海洋局刊行之海軍水道圖(臺中港)資料外，對於臺中、彰化沿岸海岸及臺中港域等海域部分則蒐集經濟部水利署第三河川局及第四河川局近岸海域測深資料、臺中港務公司 106 年臺中港域測深資料等，並予以數化為數位化水深資料，模式使用地形水深資料彙整表如表 3-1 所示。

以表3-1地形水深資料建置本研究西太平洋風浪模擬區域非結構性網格模式，模式範圍為東經105°至150°、北緯5°至40°，共有6,111個節點及10,533個三角形元素，模式邊界網格大小約1°，模式範圍、網格及數值水深如圖3.1所示；另為了有較佳數值模擬結果，針對本計畫重點探討區域(臺中、彰化外海海域) 則以局部區域、網格加密方式處理，局部區域網格大小約0.03°，局部區域範圍、網格及數值水深如圖3.2所示。

表 3-1 模式使用地形水深資料表

項次	區域範圍	水深資料	資料來源
1	梧棲漁港	92 年刊行之海軍水道圖(臺中港)	海軍大氣海洋局
2	臺中港域	106 年港域測深資料	臺中港務公司
3	臺中沿岸	103 年 10 月 海域測深資料	經濟部水利署 第三河川局
4	彰化王功沿岸 8 km	103 年 10 月 海域測深資料	經濟部水利署 第四河川局
5	臺灣周圍海域	21-26°N, 119-123°E 200m 網格水深	台灣海洋科技 研究中心
6	臺灣外海海域	ETOPO1	美國國家海洋暨大氣 總署
7	上述地區以外之模式 範圍	ETOPO5	

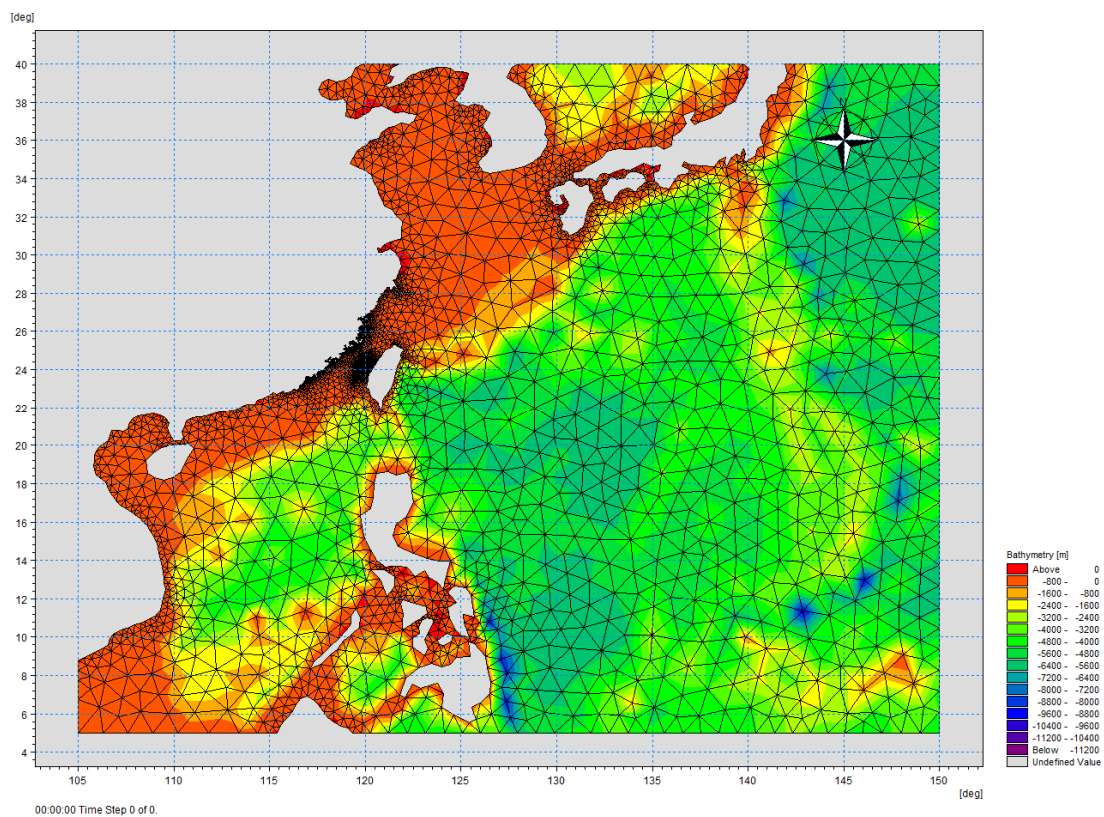


圖 3.1 西太平洋風浪模式範圍、網格及數值水深示意圖

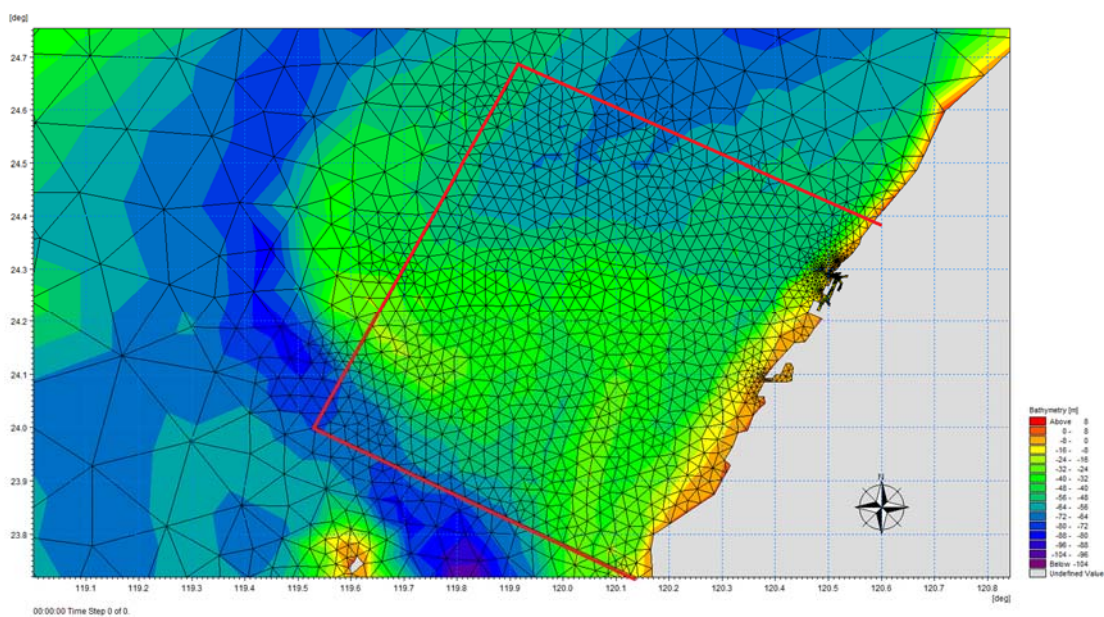


圖 3.2 局部區域範圍、網格及數值水深示意圖

3.2.2 風、氣壓場資料

中央氣象局第四代數值天氣預報系統之區域模式 WRF(Weather Research and Forecasting)M00每日提供四次(UTC 0、6、12及18時)數值預報結果，資料依範圍大小及解析度分成 WA01、WA02、WA03 等三層，各層預報範圍及網格資訊如表3-2、圖3.3所示。

本中心建構之臺灣近岸海象預報系統((Taiwan Coastal Operational Modeling System, TaiCOMS))將中央氣象局 WRF 風場下載，以自動作業化方式執行解碼、重組及內插後再將 WA01、WA02、WA03預報資料各自輸出其作業化模式需要之範圍，本計畫使用 WA01風場資料，WA01輸出範圍如圖3.4所示。

本模式使用風、氣壓場資料選用 TAICOMS 處理再輸出之中央氣象局 WRF-M00_WA01預報資料，再將每筆預報資料擷取前6小時風、氣壓場，拼接組合成模擬時間所需之風、氣壓場資料，組合完成之2維平面風、氣壓場資料範圍為西太平洋北緯5度~北緯40度、東經100度~東經150度，網格解析度5度×5度，資料內容代表海面10公尺高度之 u、v 方向風速資料及海面氣壓場資料(p)，建置 Mike 21風、氣壓場檔案格式(.dfs2)供作本計畫風浪及水動力模式之模式驅動力，如圖3.5~圖3.7所示。

表 3-2 中央氣象局 WRF 成員 M00 水平巢狀網格資訊表

DMS FLAP	座標系統	dimension	relocation	格點位置
WA01	Lambert conformal mapping	221×127	45KM	Center(120E), true(10N,40N) 座標(114,71)位置位於(30N,120E) 底圖左下點(-5.34068N,77.91867E) 右上點(42.92812N,180.2034E)
WA02	Lambert conformal mapping	181×193	15KM	Center(120E), true(10N,40N) 座標(76,148)位置位於(30N,120E) 底圖左下點(9.28194N,109.7727E) 右上點(35.26665N,137.7342E) 座標(1,1)對應至 45KM MESH 之(89,22)座標位置
WA03	Lambert conformal mapping	148×178	5KM	Center(120E), true(10N,40N) 座標(55,214)位置位於(30N,120E) 底圖左下點(20.07030 N, 117.3342 E) 右上點(28.24893°N, 124.9106°E) 座標(1,1)對應至 15KM MESH 之(59,78)座標位置

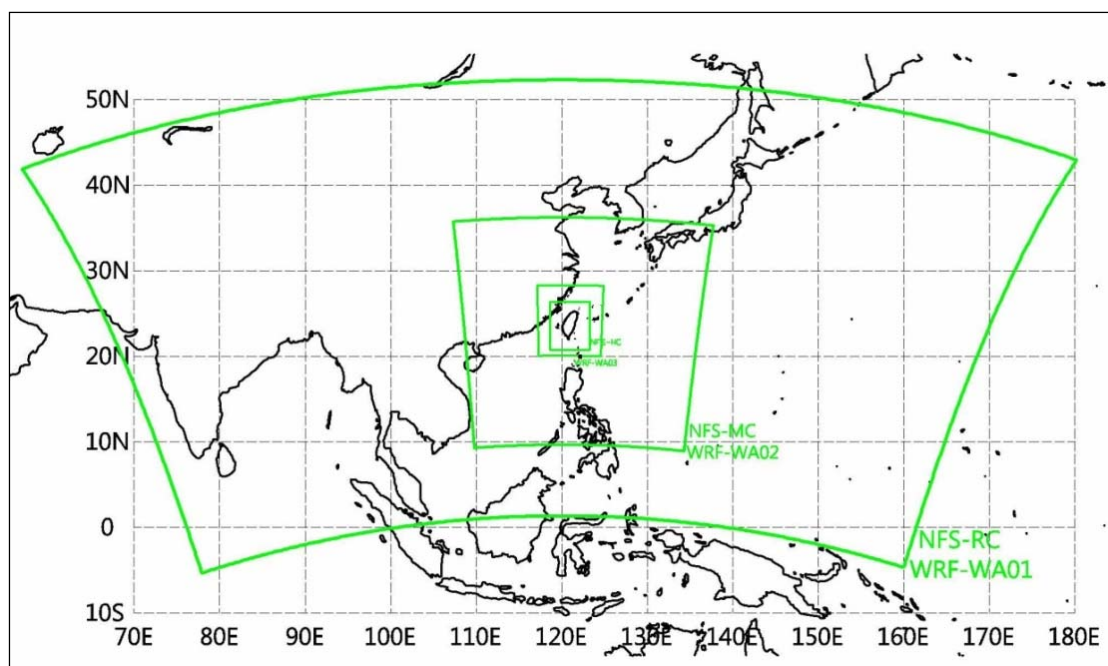


圖 3.3 中央氣象局 WRF 成員 M00 各層水平巢狀網格數值模擬範圍圖

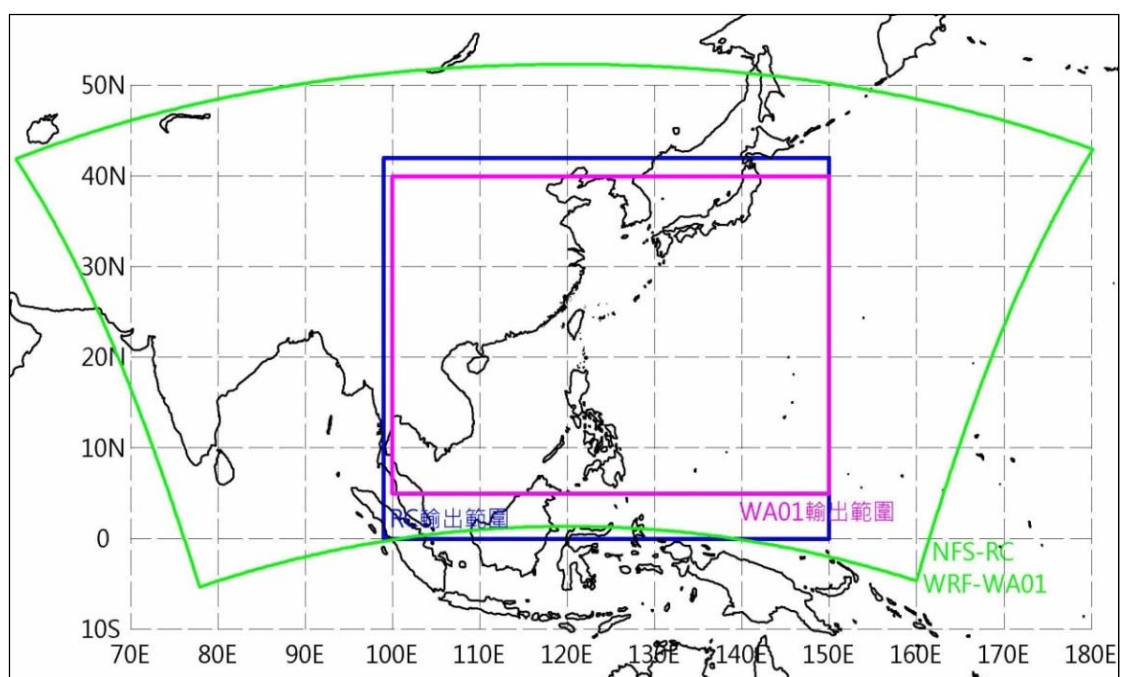


圖 3.4 TaiCOMS 輸出中央氣象局 WRF(WA01)風場範圍示意圖

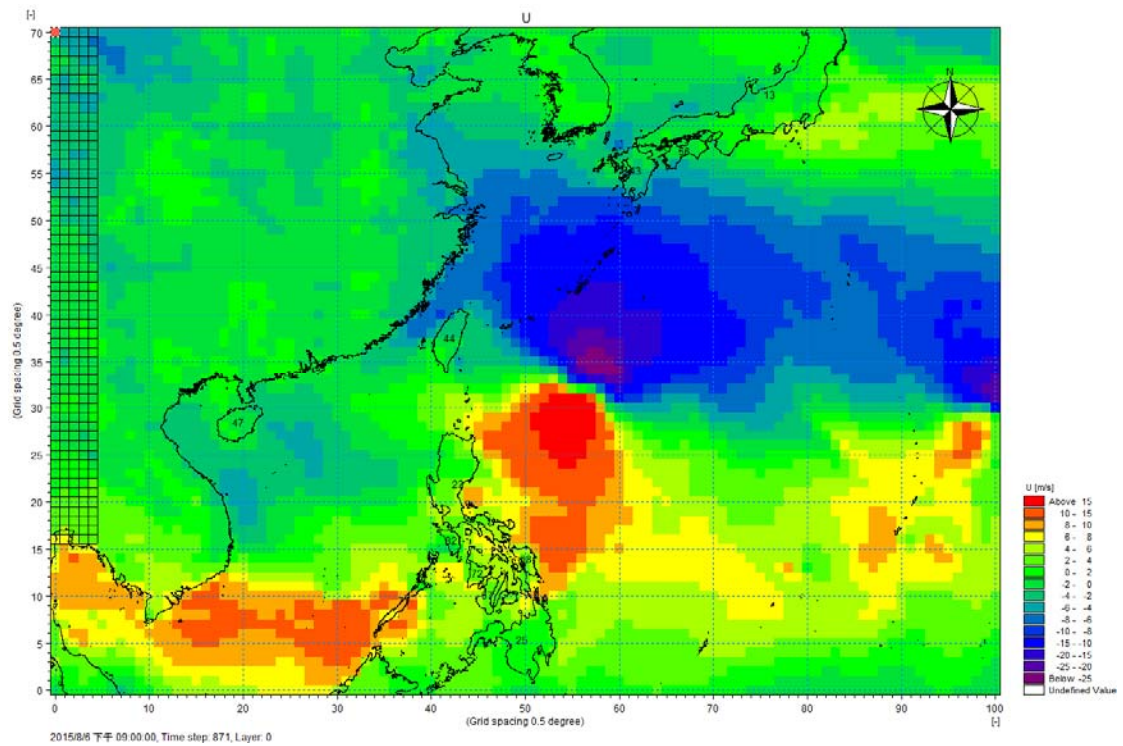


圖 3.5 Mike 21 2 維平面風場 u 方向風速網格範圍示意圖

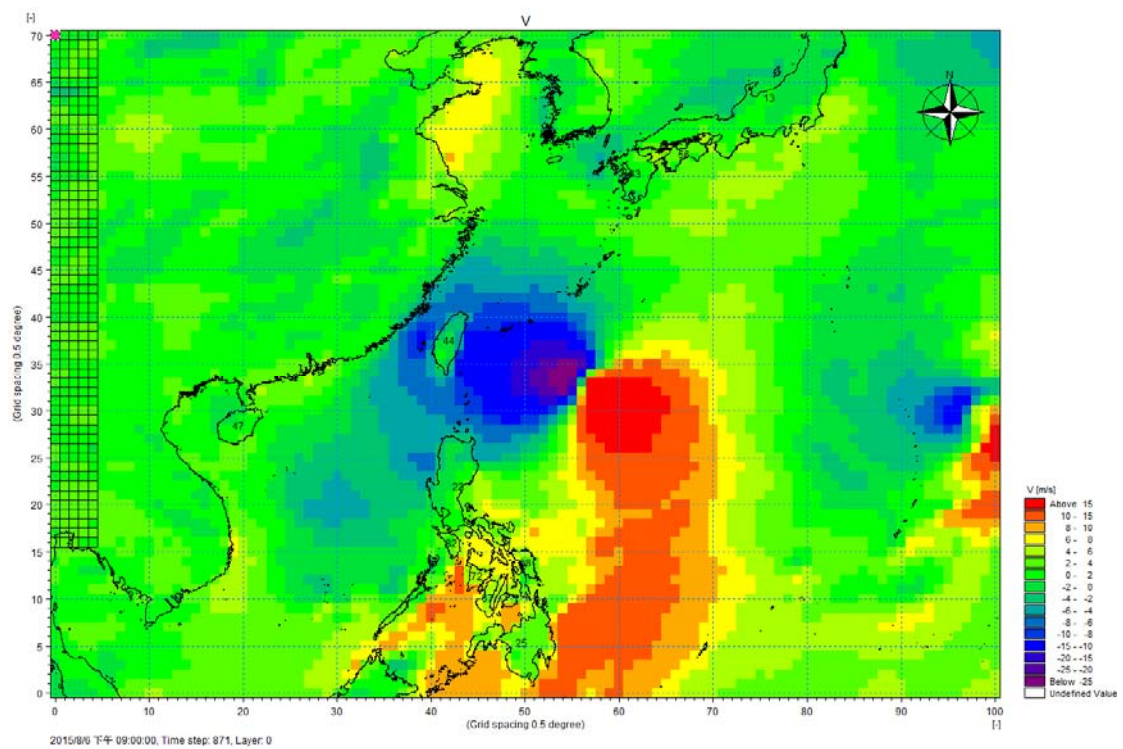


圖 3.6 Mike 21 2 維平面風場 v 方向風速網格範圍示意圖

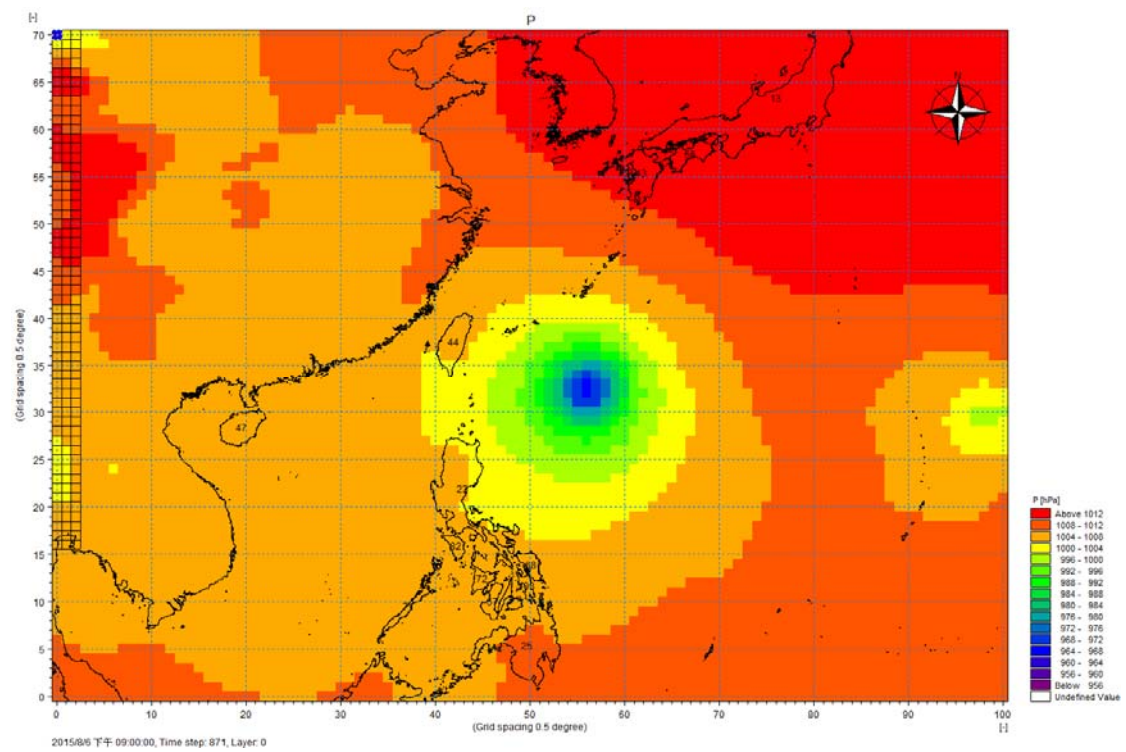


圖 3.7 Mike 21 2 維平面氣壓場網格範圍示意圖

3.2.3 模式邊界及參數設定

模式公式選用全譜方程式求解，在波浪頻率方面，最小頻率採0.055Hz，並以1.1倍參數的指數型式分割成25個頻率帶；在角度領域方面，以22.5度為1個角度單位，共計分割成16個方向角。風浪能量消散機制則考量4個波波非線性交互作用、碎波效應、底床摩擦、白帽耗散等物理機制，各項參數設定如表3-3所示。

波浪初始條件由 JONSWAP 經驗譜公式給定，參數如表3-4所示，邊界條件共分成二種邊界形式，一為陸域邊界，其不考慮入射波浪的能量通量；另一為海域邊界，海域邊界均設定為封閉邊界，即外部無波浪能量進入模式內，內部波浪能量向外擴至邊界時則完全被邊界吸收。

表 3-3 模式參數設定彙整表

相關參數	設 定
最小頻率	0.055Hz
角度領域	0° ~360°、 $\Delta\theta=22.5^\circ$
碎波指標	$\gamma=0.8$
底床摩擦	$k_N=0.04m$
白帽耗散	$C_{ds}=4.5$ 、 $\delta_{ds}=0.5$

表 3-4 波浪初始條件及 JONSWAP 譜參數表

波浪條件		JONSWAP 參數	
Maximun fetch length	10000m	Shape parameter,sigma a	0.07
Max peak frequency	0.4sec	Shape parameter,sigma b	0.09
Max Philips constant	0.0081	Peak parameter	3.3

3.3 現況波浪模擬計算成果

考量臺中、彰化海域各個波浪觀測站海象資料蒐集完整性，本計畫選取2015年冬季、夏季及蘇迪勒颱風期間作為模式模擬冬季、夏季季風及颱風期間之波浪運動情形，並將模擬結果與本中心設置臺中港北防波堤波流觀測站(TC)、經濟部水利署之澎湖浮標(PH)、成功大學

近海水文中心之彰濱浮標(CH3)作驗證，以下統稱臺灣中部海域波浪觀測站，位置如圖3.8所示。

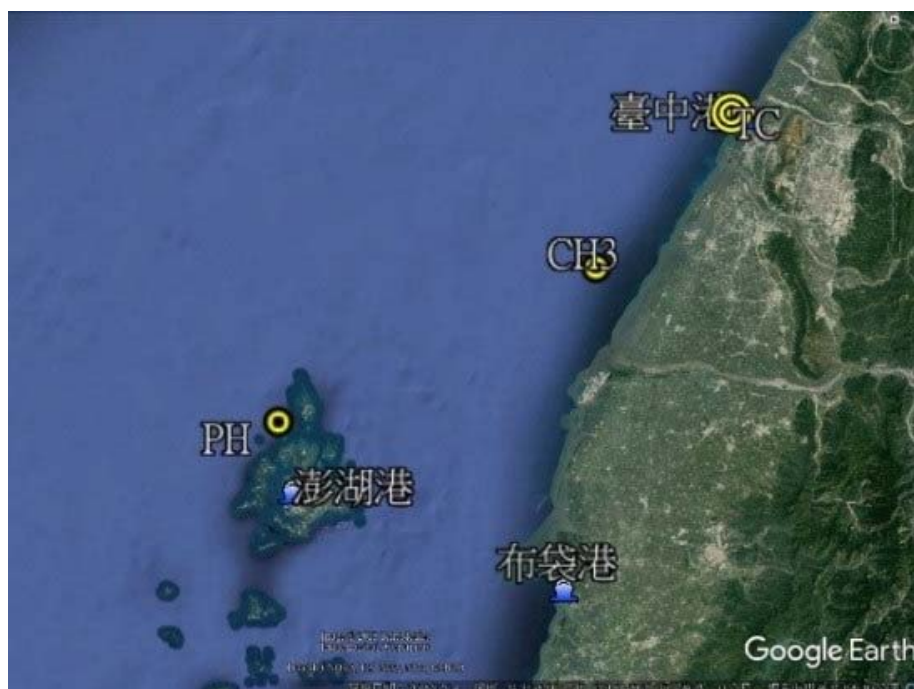


圖 3.8 臺灣中部海域波浪觀測站位置示意圖

3.3.1 冬季季風期間現況波浪模擬計算成果

模擬2015年1月6日~2月6日波浪運動情形，模擬計算成果與臺灣中部海域波浪觀測站觀測資料比對，除了彰化浮標(CH3)無觀測資料外，臺中(TC)、澎湖浮標(PH)比對結果如圖3.9所示。

由圖3.9可知，冬季期間臺中港之示性波高模擬結果雖均小於示性波高觀測值，但波高模擬值變化趨勢與實測示性波高變化趨勢相近，其餘澎湖浮標之示性波高模擬尖峰值及變化趨勢大都與其示性波高觀測尖峰值及變化趨勢相近。

討論各測站模擬計算成果之誤差分析，其中臺中港示性波高模擬值與示性波高觀測值相比結果，整體計算成果偏小，其絕對誤差最小值0.1052m、絕對誤差最大值1.765m、絕對誤差平均值0.8159m、標準偏差0.3595m 及均方根誤差(RMSE)0.889m。

澎湖浮標示性波高模擬值與示性波高觀測值相比結果，整體計算成果近似觀測值，其絕對誤差最小值0.0001m、絕對誤差最大值0.95m、

絕對誤差平均值 0.162m、標準偏差 0.1598m 及均方根誤差 (RMSE)0.215m，誤差表如表3-5所示。

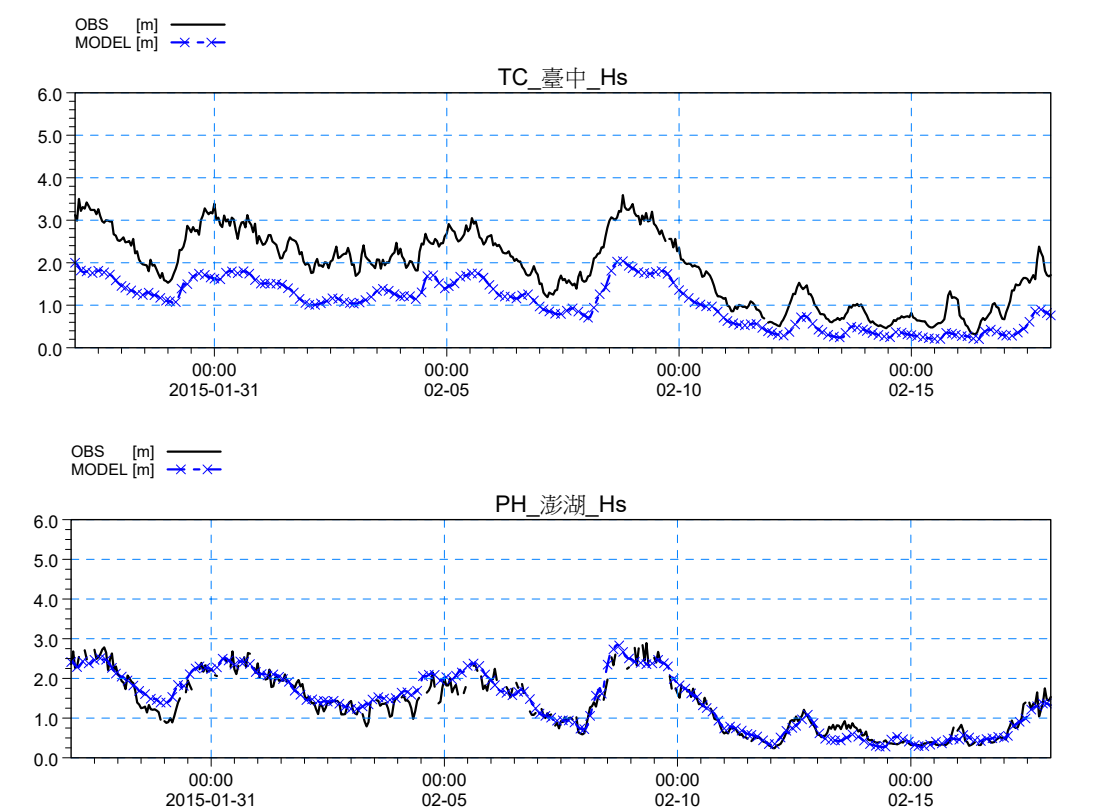


圖 3.9 冬季季風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果

表 3-5 冬季季風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值誤差分析表

年份	季風期間	測站	示性波高誤差值				
			絕對誤差 最小值(m)	絕對誤差 最大值(m)	絕對誤差 平均值(m)	標準偏差 (m)	RMSE 均方根(m)
2015	冬季 1/28~2/17	TC	0.1052	1.765	0.8159	0.3595	0.889
		PH	0.0001	0.95	0.162	0.1598	0.215

3.3.2 夏季季風期間現況波浪模擬計算成果

模擬2015年7月15日~8月5日風浪情形，模擬計算成果與臺灣中部海域波浪觀測站觀測資料比對，臺中(TC)、澎湖浮標(PH)及彰化浮標(CH3)比對結果如圖3.10所示。

由圖3.10可知，夏季期間臺中港之示性波高模擬結果略小於示性波高觀測值，但示性波高模擬之變化趨勢與實測波高變化趨勢相近；澎湖浮標之示性波高模擬尖峰值近似於實測波高尖峰值，至於示性波高模擬變化趨勢則與實測波高變化趨勢相近；彰化浮標之示性波高模擬尖峰值約略高於實測波高尖峰值，至於示性波高模擬變化趨勢則與實測波高變化趨勢相近。

討論各測站模擬計算成果之誤差分析，其中臺中港示性波高模擬值與示性波高觀測值相比結果，整體計算成果略小於實測值，其絕對誤差最小值0.00004m、絕對誤差最大值0.7875m、絕對誤差平均值0.1419m、標準偏差0.117m 及均方根誤差(RMSE)0.179m。

澎湖浮標示性波高模擬值與示性波高觀測值相比結果，整體計算成果近似觀測值，其絕對誤差最小值0.0001m、絕對誤差最大值0.6214m、絕對誤差平均值0.1032m、標準偏差0.098m 及均方根誤差(RMSE)0.142m。

彰化浮標示性波高模擬值與示性波高觀測值相比結果，整體計算成果略高於觀測值，其絕對誤差最小值0.0001m、絕對誤差最大值0.7235m、絕對誤差平均值0.1767m、標準偏差0.132m 及均方根誤差(RMSE)0.22m，誤差表如表3-6所示。

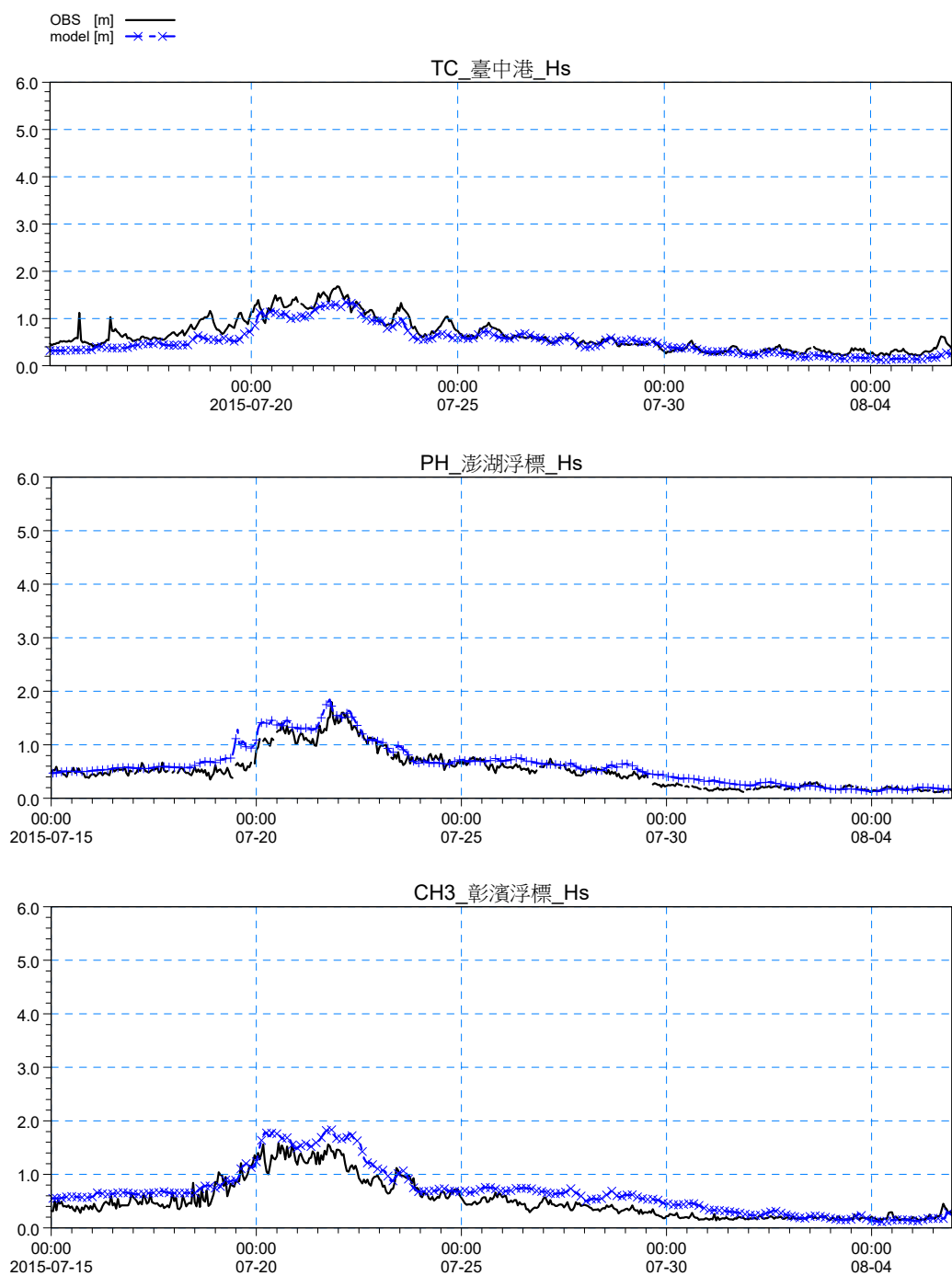


圖 3.10 夏季季風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果

表 3-6 夏季季風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值誤差分析表

年份	季風期間	測站	絕對誤差值				
			最小值 (m)	最大值 (m)	平均值 (m)	標準偏差 SD(m)	均方根 RMSE(m)
2015	夏季 7/15~8/5	TC	0.00004	0.7875	0.1419	0.117	0.179
		PH	0.0001	0.6214	0.1032	0.098	0.142
		CH3	0.0001	0.7235	0.1767	0.132	0.220

3.3.3 颱風期間現況波浪模擬計算成果

蘇迪勒(Soudelor)颱風是民國 104 年在西北太平洋海域的第 13 號颱風，也是中央氣象局於當年發布警報的第 4 個颱風，其於7月30日12UTC 蘇迪勒颱風在關島東方海面形成(北緯 13.6度，東經 159.3度)8月2日12UTC 增強為中度颱風，3日12UTC 再增強為強烈颱風，18UTC 強度達到頂峰，最大平均風速58m/s，暴風半徑亦擴大到250公里，經維持強烈颱風一天半之後強度稍減弱但仍屬中度颱風等級，持續受太平洋高壓導引朝西北西或西北方向前進，平均移動速度大多接近或超過 20km/hr。隨著颱風逐漸朝臺灣東方海面接近，中央氣象局於臺灣時間8月6日11時30分針對臺灣東北部海面、臺灣東南部海面及巴士海峽發布海上颱風警報；14時蘇迪勒颱風中心最大風速略增強到 48m/s 且7級風暴風半徑擴大為280公里，中央氣象局於臺灣時間8月6日20時30分發布海上陸上颱風警報，隨著颱風中心快速接近，臺灣本島其他地區、澎湖、馬祖、金門及臺灣北部海面、臺灣海峽、東沙島海面也陸續納入陸上及海上警戒區，8月8日凌晨蘇迪勒颱風暴風圈已籠罩臺灣本島各地區，當日4時40分中心由花蓮秀林鄉登陸，穿越過中央山脈至上午11時在雲林縣臺西鄉出海，隨著颱風強度減弱，中央氣象局遂於臺灣時間9日8時30分解除海上陸上颱風警報，颱風路徑如圖3.11所示。

模擬蘇迪勒颱風期間2015年8月6日~8月10日波浪運動情形，模擬計算成果與臺灣中部海域波浪觀測站觀測資料比對，臺中(TC)、澎湖浮標(PH)及彰化浮標(CH3)比對結果如圖3.12所示。

由圖3.12可知，蘇迪勒颱風期間臺中港之示性波高模擬尖峰值小於實測波高尖峰值，但示性波高模擬之變化趨勢與實測波高變化趨勢相近；澎湖浮標之示性波高模擬尖峰值近似於實測波高尖峰值，至於示性波高模擬變化趨勢則與實測波高變化趨勢相近；彰化浮標之示性波高模擬尖峰值小於實測波高尖峰值，至於示性波高模擬變化趨勢則與實測波高變化趨勢相近。

討論各測站模擬計算成果之誤差分析，其中臺中港示性波高模擬值與示性波高觀測值相比結果，絕對誤差最小值0.00006m、絕對誤差最大值5.762m、絕對誤差平均值0.545m、標準偏差0.729m 及均方根誤差(RMSE)0.908m；澎湖浮標示性波高模擬值與示性波高觀測值相比結果，其絕對誤差最小值0.004m、絕對誤差最大值1.605m、絕對誤差平均值0.316m、標準偏差0.318m 及均方根誤差(RMSE)0.446m；彰化浮標示性波高模擬值與示性波高觀測值相比結果，整體計算成果略高於觀測值，其絕對誤差最小值0.019m、絕對誤差最大值4.084m、絕對誤差平均值0.8479m、標準偏差0.742m 及均方根誤差(RMSE)1.125m，誤差表如表3-7所示。

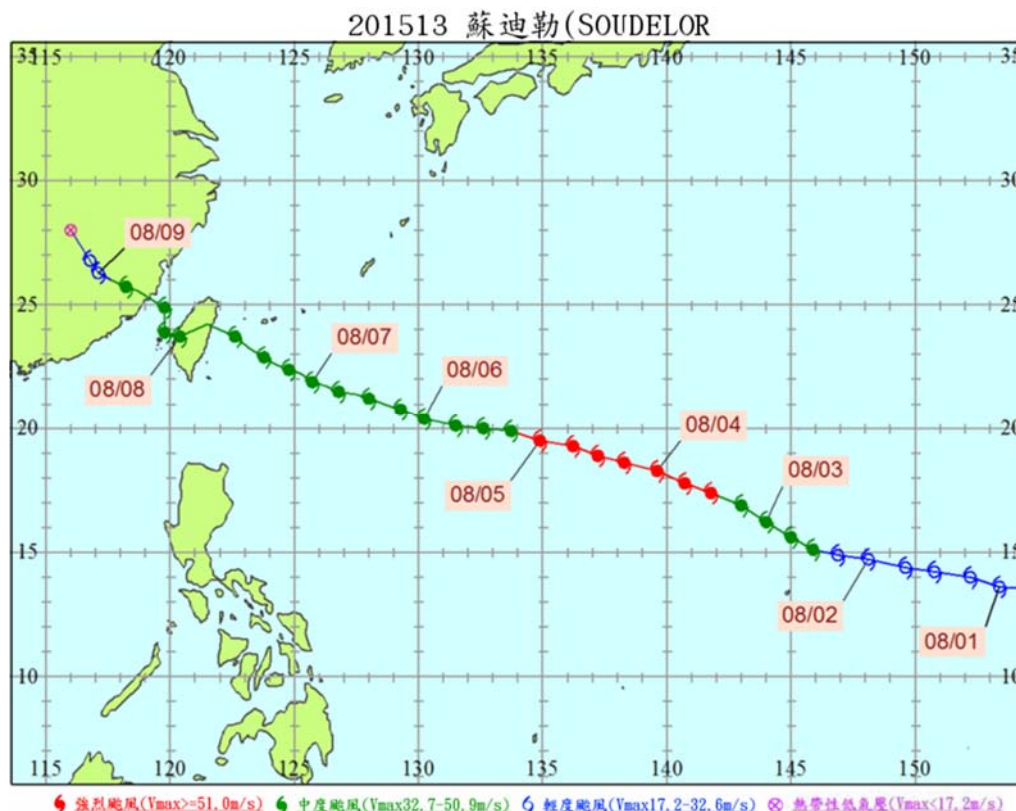


圖 3.11 2015 年蘇迪勒颱風路徑示意圖

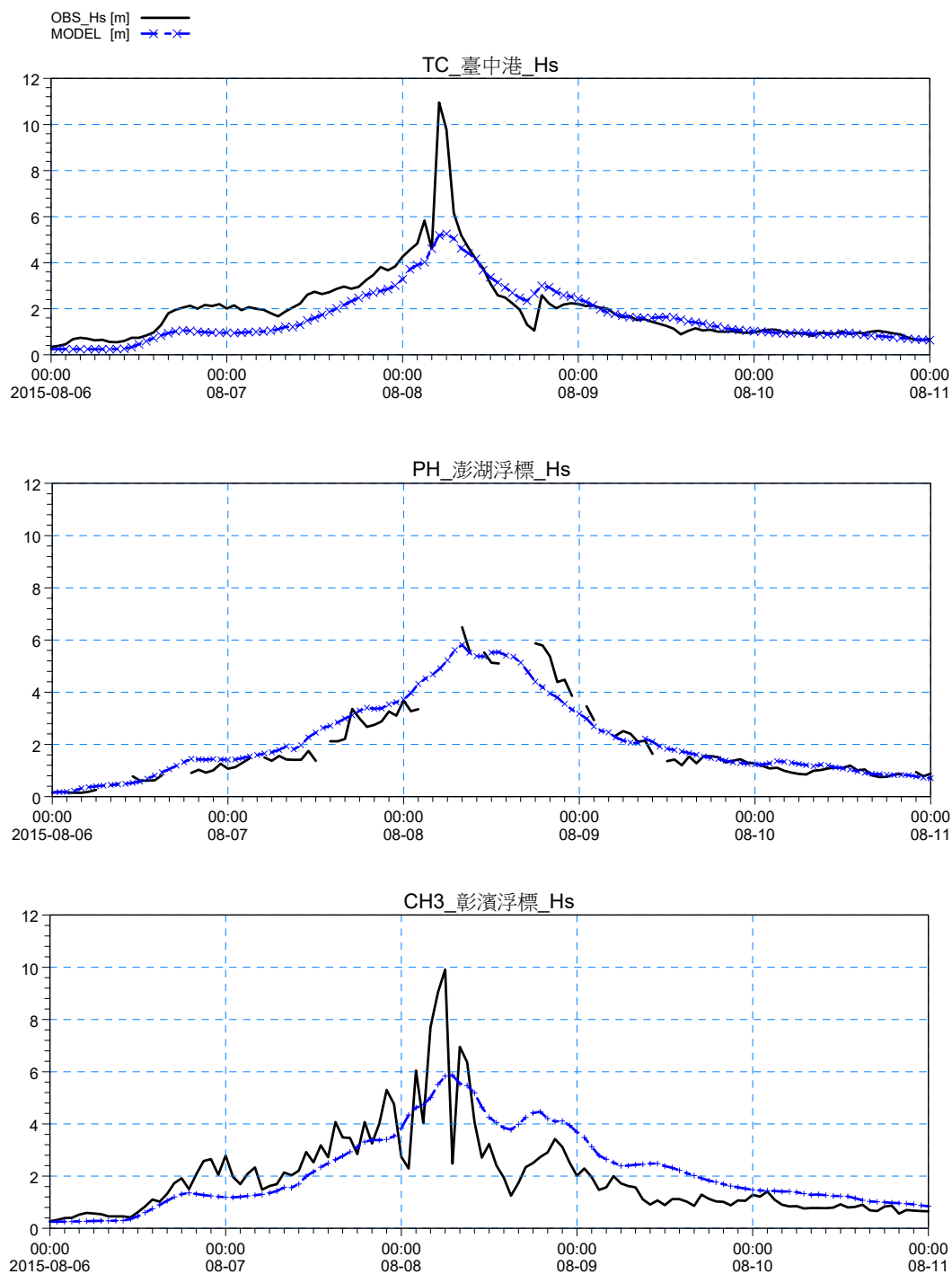


圖 3.12 蘇迪勒颱風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果

表 3-7 蘇迪勒颱風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值誤差分析表

年份	颱風期間	測站	絕對誤差				
			最小值(m)	最大值(m)	平均值(m)	標準偏差 SD(m)	均方根誤差 RMSE(m)
2015	蘇迪勒 8/6~8/10	TC	0.00006	5.762	0.5451	0.729	0.908
		PH	0.004	1.605	0.3164	0.318	0.446
		CH3	0.019	4.084	0.8479	0.742	1.125

經由冬、夏季風期間各測站示性波高模擬值與觀測值比對及誤差分析結果，絕對誤差平均值均小於1m、標準偏差小於0.5m，模擬波高變化趨勢與觀測波高值趨勢相近；經由蘇迪勒颱風期間各測站示性波高模擬值與觀測值比對及誤差分析結果，絕對誤差平均值均小於1m、標準偏差小於1m，最大誤差均發生在實測颱風波浪波高達最大值時，反應模式模擬波浪達極大值時，模擬尖峰值與實測尖峰值相比仍較小，但模擬颱風波高變化趨勢與實測颱風波高變化趨勢相近。

整體臺灣中部海域波浪觀測站其波高模擬與實測比對結果，澎湖浮標結果較佳，彰化浮標次之，臺中港測站模擬結果偏小。推究其原因係本模式風場資料使用 WRF-M00預報風場，風場網格解析度45km，在偏外海之浮標站預報風場與實測風場誤差較小，但近內陸波浪觀測站(如臺中港)預報風速值較實測風速偏小、與實測風場誤差較大之緣故，尤其模擬颱風時期有明顯低估實際風速之情形，如圖3.13所示。此外，臺中港測站靠近內陸，且風經過中央山脈時會受地形影響，預報風場對於受地形影響後的風場尚未完全掌握其特性，實際波浪至臺灣海峽區域亦受臺灣、大陸兩岸陸地效應影響，爰均是影響模式在臺中港模擬結果較其他測站誤差較大之因素。

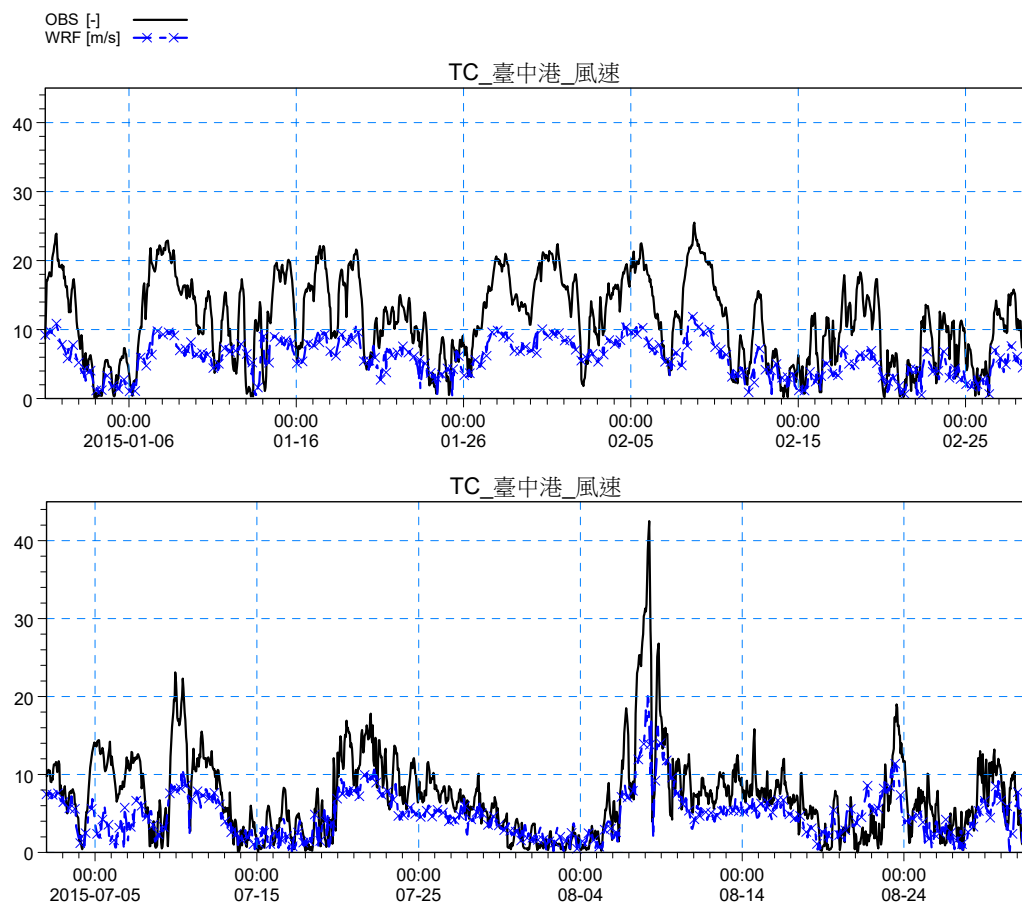


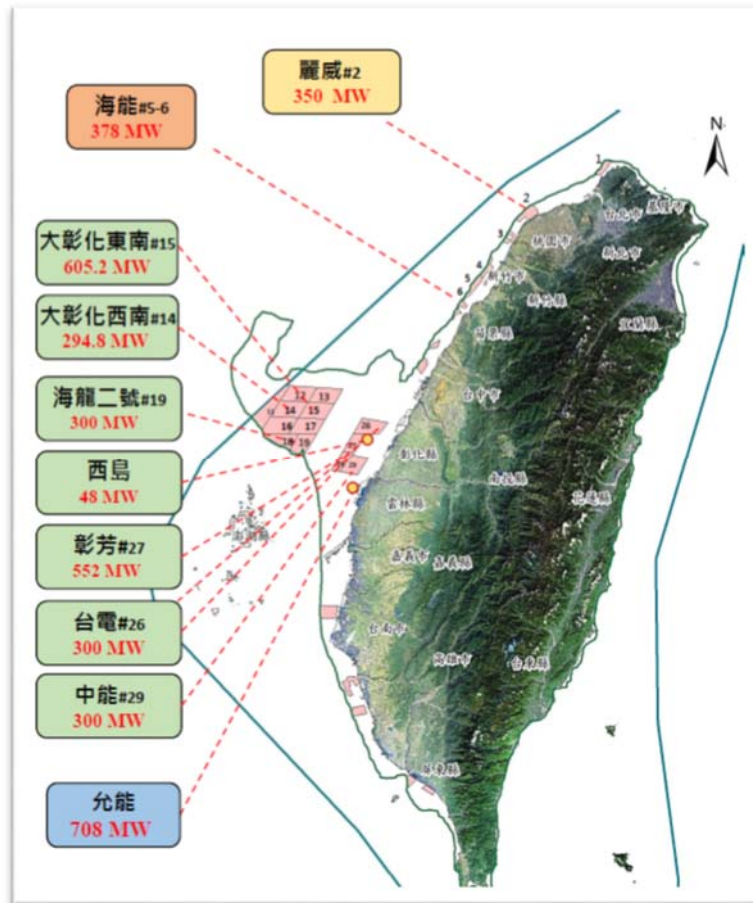
圖 3.13 2015 年冬季及夏季臺中港實測風速與中央氣象局 WRF 預報
風場風速歷線圖

3.4 風機群設置後波浪模擬計算成果

經濟部 4 月 30 日公開遴選結果，計有 7 家業者(10 個離岸風場)獲選，總分配容量達 3,836 MW，其 10 個離岸風場遴選容量分布區域位置如圖 3.14 所示，其中大彰化東南、大彰化西南、海龍二號、西島、彰芳、台電及中能等共 7 個離岸風場位屬本計畫局部區域模式範圍。

經參閱上述 7 個離岸風電場之風力發電計畫環境影響說明書後，為探討風機群樁完成後對海域環境衝擊及對臺中港域影響性，本計畫局部區域模式配置風機群樁數量及位置係取自大彰化東南、大彰化西南、海龍二號、西島、彰芳及中能等 6 個離岸風場規劃配置最多風機數方案，至於台電離岸風電場址(編號 26)風機數則因應已獲遴選核配 300MW 總容量調整下之 50 座風機方案；風機基礎型式雖有 Monopile 及 Jacket...等，經審慎評估彰化海域地質條件及技術可行性後，目前各離岸風場址對於風機下部基礎結構規劃設計方案仍大都選擇以套筒(JACKET)型式為主，機樁直徑約 3m 鋼管樁，分別打設於邊長約 20m 正方形頂點位置，機樁數量彙整及機樁形式如表 3-8 所示。爰本計畫局部區域模式共配置 1,864 支風機群樁(466 座風機群)，位置如圖 3.15 所示，其中圖上白點代表風機群機樁。

本節波浪模式係以局部區域範圍、模式邊界給定單一方向波浪條件方式，模擬冬季、夏季及颱風期間風機群設置前、設置後之波浪運動情形，並計算設置前、後示性波高差異及輸出 3 段波浪空間剖面圖，以此評估風機群設置完成後對海域環境、臺中港區影響，輸出空間剖面位置如圖 3.16 所示。



資料來源:經濟部能源局，2018

圖 3.14 離岸風場遴選容量分布區域位置示意圖

表 3-8 7 個離岸風場機樁數量彙整及機樁形式表

項次	風場名稱	風場編號	模擬風機數(座)	機樁數量(支)	
1	大彰化西南	14	80	320	
2	大彰化東南	15	76	304	
3	海龍二號	19	63	252	
4	台電	26	50	200	
5	彰芳	27	72	288	
6	中能	29	72	288	
7	西島	非屬潛力場址	53	212	
合計			466	1864	

圖片資料來源:離岸風場基礎設計關鍵技術之探討，2016

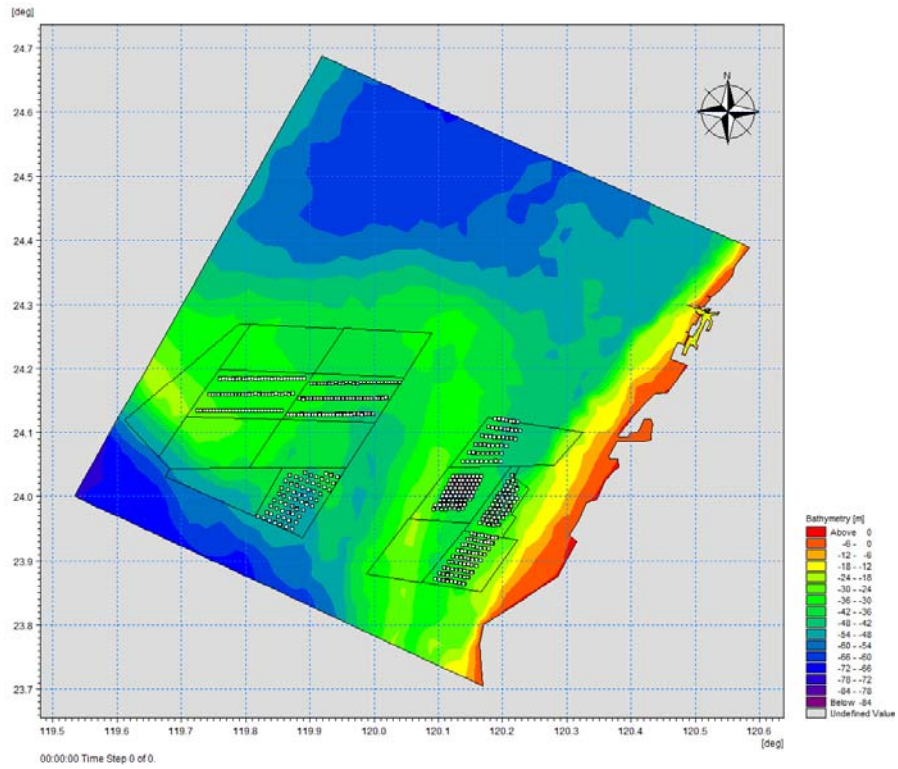


圖 3.15 波浪模式內 7 場區離岸風電場址及風機群機樁位置示意圖

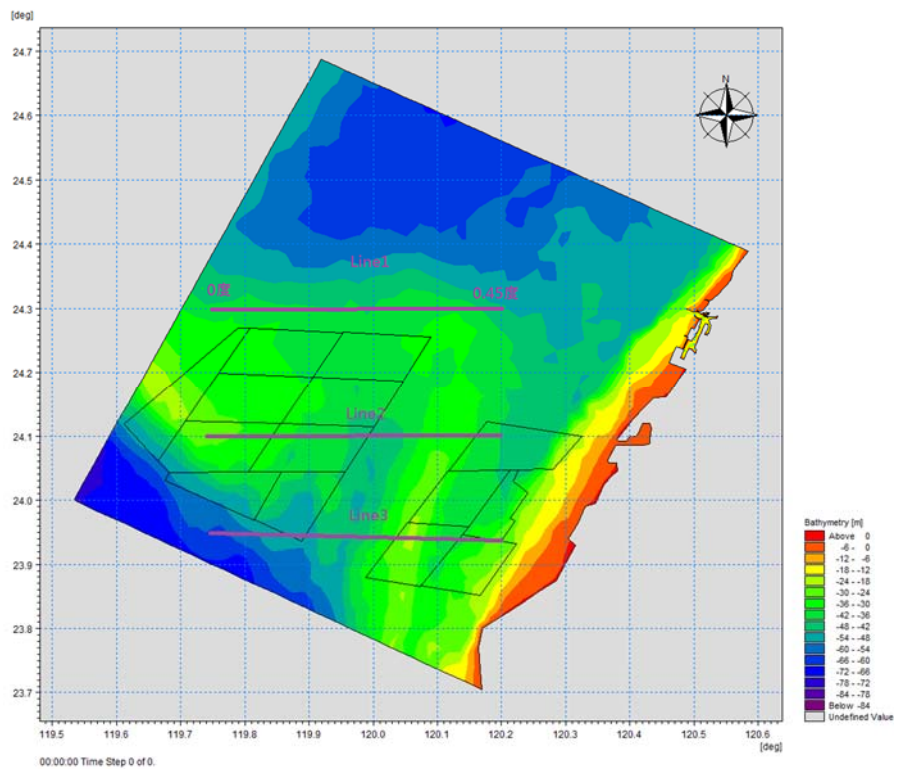


圖 3.16 波浪模式輸出 3 剖面波浪空間運動情形位置示意圖

3.4.1 冬季季風期間風機群設置後波浪模擬計算成果

依本中心「2016 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(臺中港域觀測海氣象資料)」之歷年臺中港域主要測站示性波高週期及波向統計量統計表及波向分佈百分率表，臺中港域主要測站歷年冬季波浪統計結果為平均示性波高 2.15m、尖峰周期為 6.9sec，波向係以 NNE 為主(詳表 2-15、表 2-18)，以此統計分析結果作為局部區域模式邊界輸入之波浪特性條件，模擬冬季季風期間波浪運動情形如圖 3.17 所示。

模擬7個離岸風電場址風機群設置後，局部區域波浪運動情形如圖3.18、波高改變情形如圖3.19及3剖面波浪運動情形如圖3.20所示，計算風機群設置後之示性波高改變量整體平均下降0.002 m，且由圖3.19、圖3.20可知，波浪僅於風機群周圍發生改變但不明顯，波高傳遞至臺中港域時改變量近乎為0 m，表示風機群設置後對整體海域影響範圍有限。

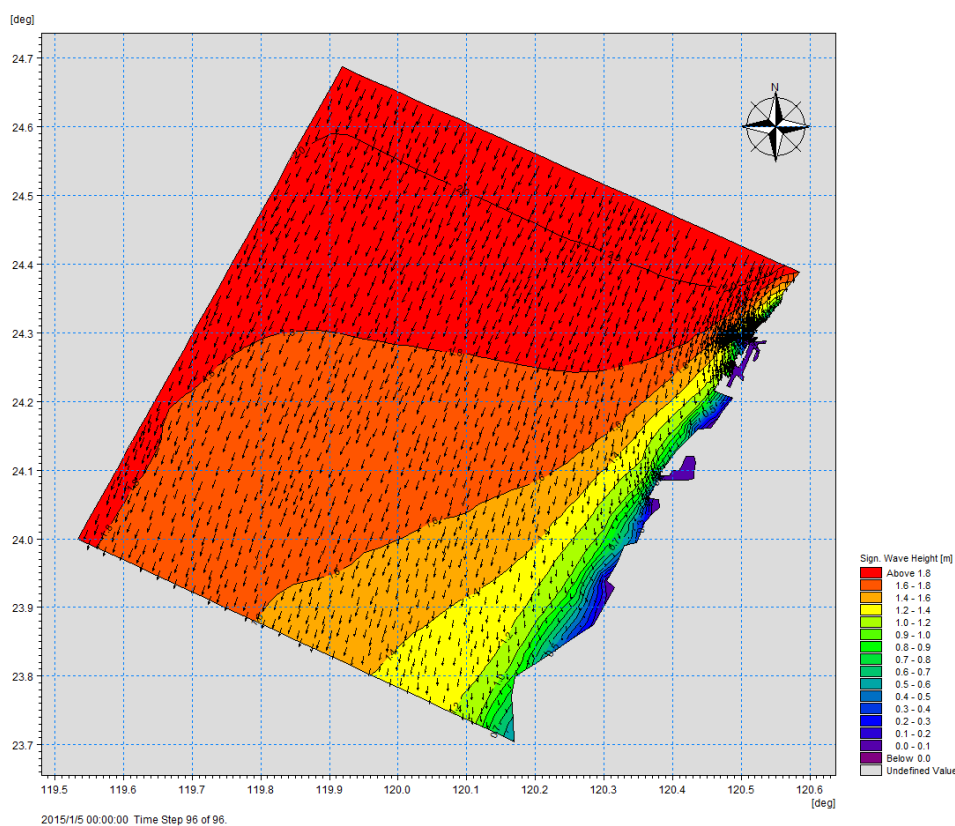


圖 3.17 模擬冬季季風期間局部區域波浪運動情形

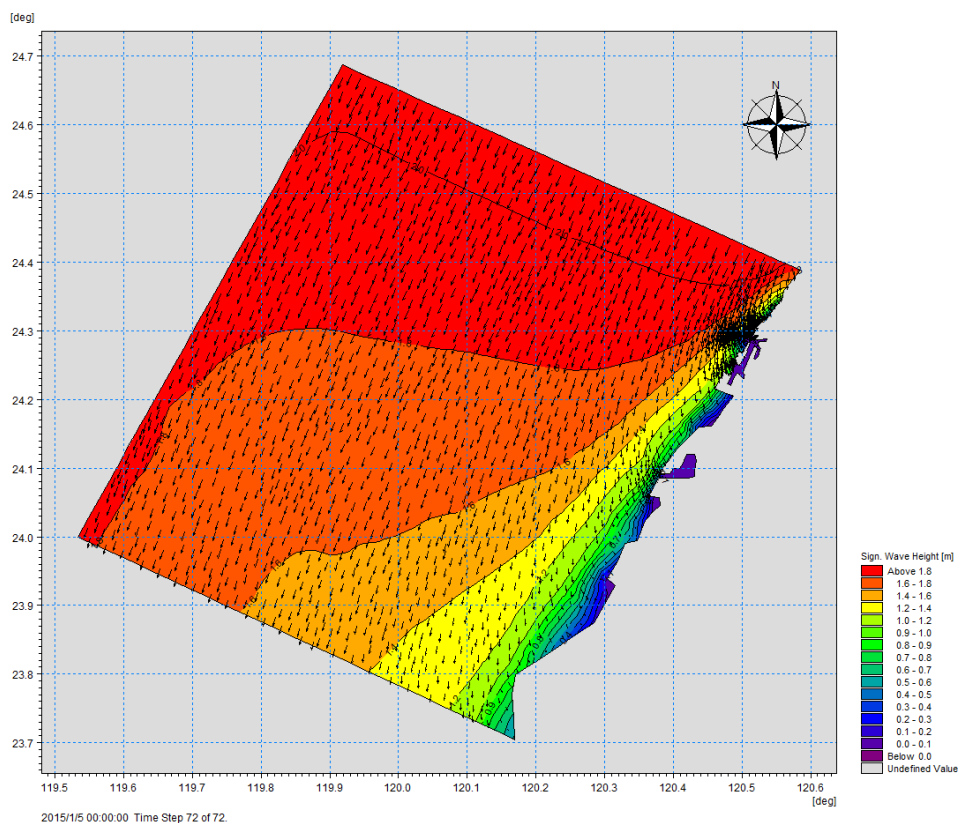


圖 3.18 冬季季風期間風機群設置後局部區域波浪運動情形

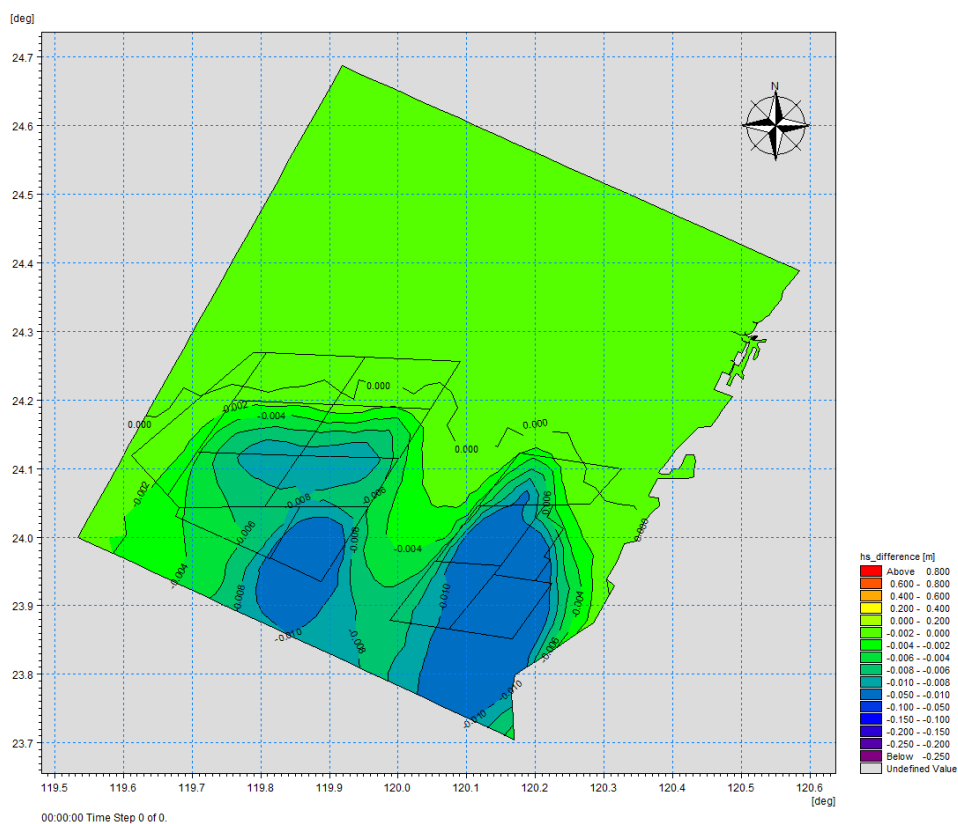


圖 3.19 冬季季風期間風機群設置後之示性波高改變情形

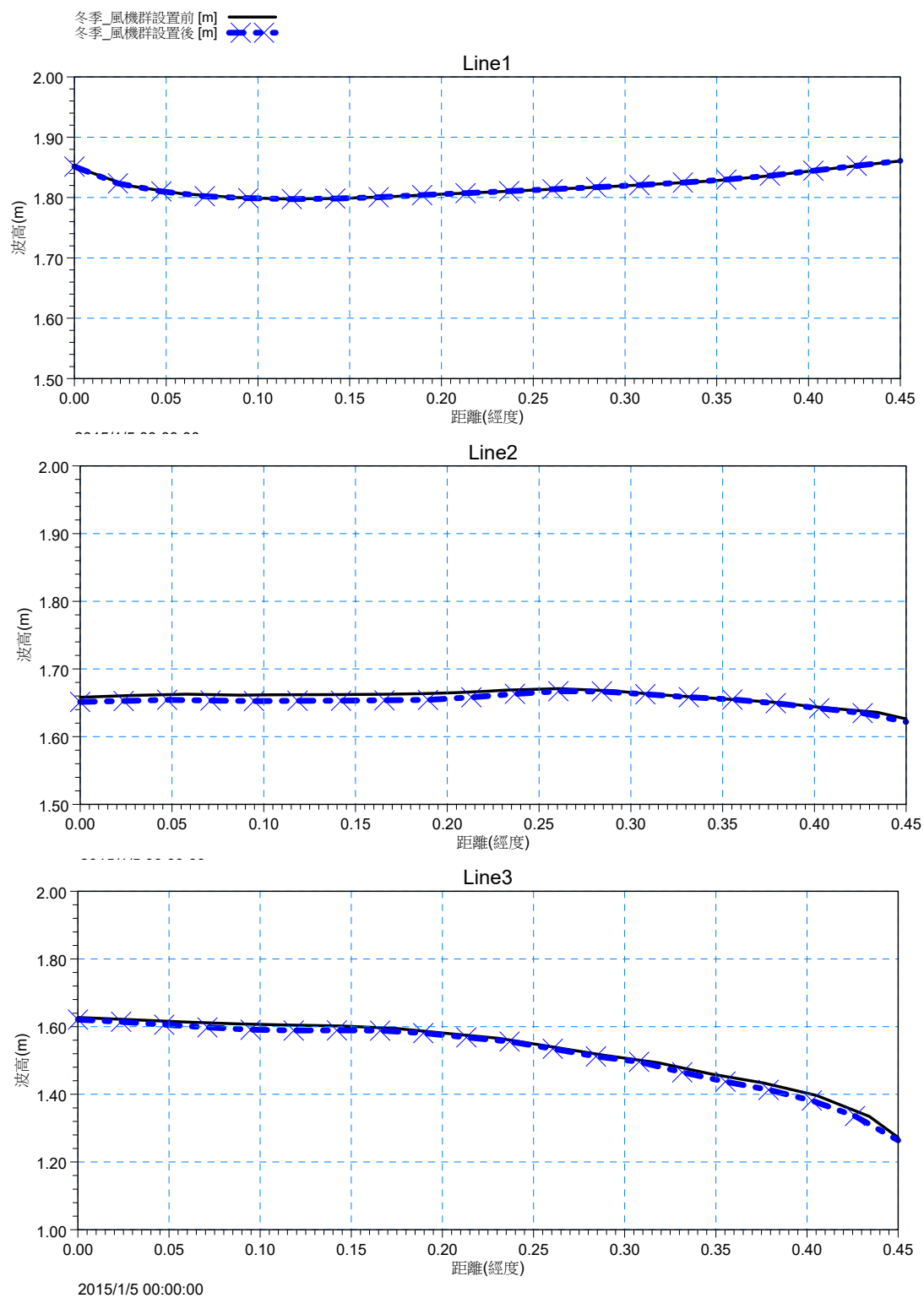


圖 3.20 冬季季風期間風機群設置前、後局部區域模式 3 剖面波浪空間運動情形

3.4.2 夏季季風期間風機群設置後波浪模擬計算成果

依本中心「2016 年臺灣海氣象觀測資料統計年報(臺中港域觀測海氣象資料)」之歷年臺中港域主要測站示性波高週期及波向統計量統計表及波向分佈百分率表，臺中港域主要測站歷年夏季波浪統計結果為平均示性波高 0.87m、尖峰周期為 5.7sec 及波向係以 W 為主(詳表 2-15、表 2-18)，以此結果作為局部區域模式邊界輸入之波浪特性條件，模擬夏季季風期間波浪運動情形如圖 3.21 所示。

模擬7個離岸風電場址風機群設置後，局部區域波浪運動情形如圖3.22、波高改變情形如圖3.23及3剖面波浪運動情形如圖3.24所示，計算風機群設置後之示性波高改變量整體平均下降0.002 m，且由圖3.23、圖3.24可知，波浪僅於風機群周圍發生改變但不明顯，波高傳遞至臺中港域時改變量近乎為0 m，表示風機群設置後對整體海域影響範圍有限。

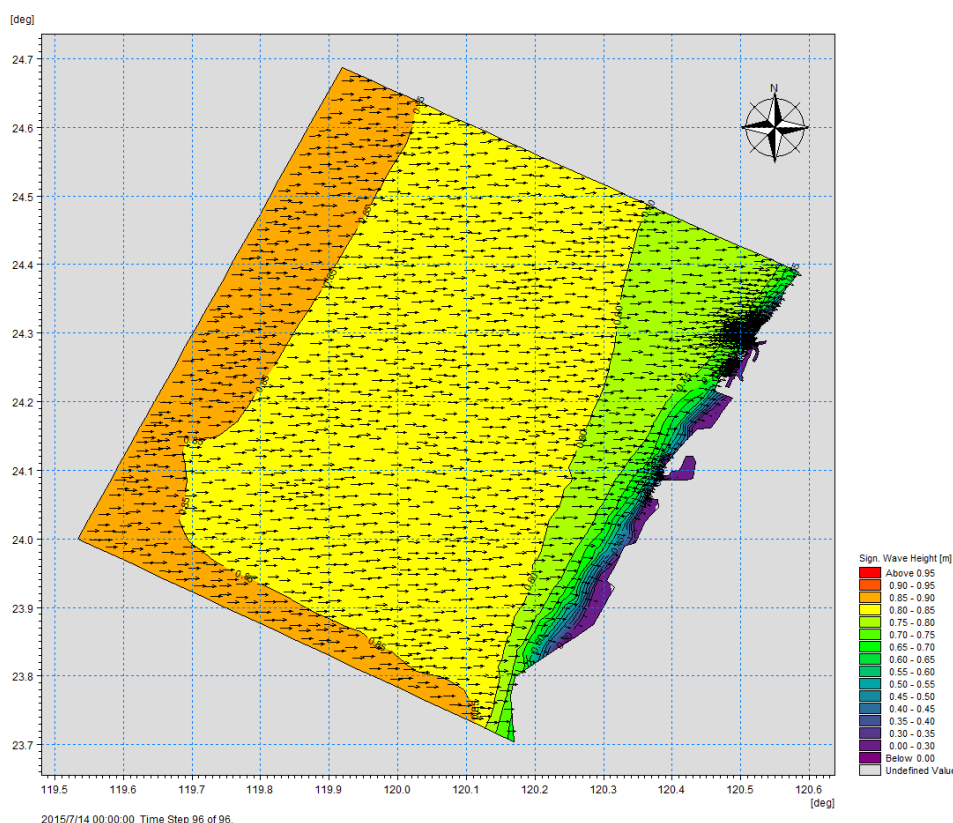


圖 3.21 夏季季風期間局部區域波浪運動情形

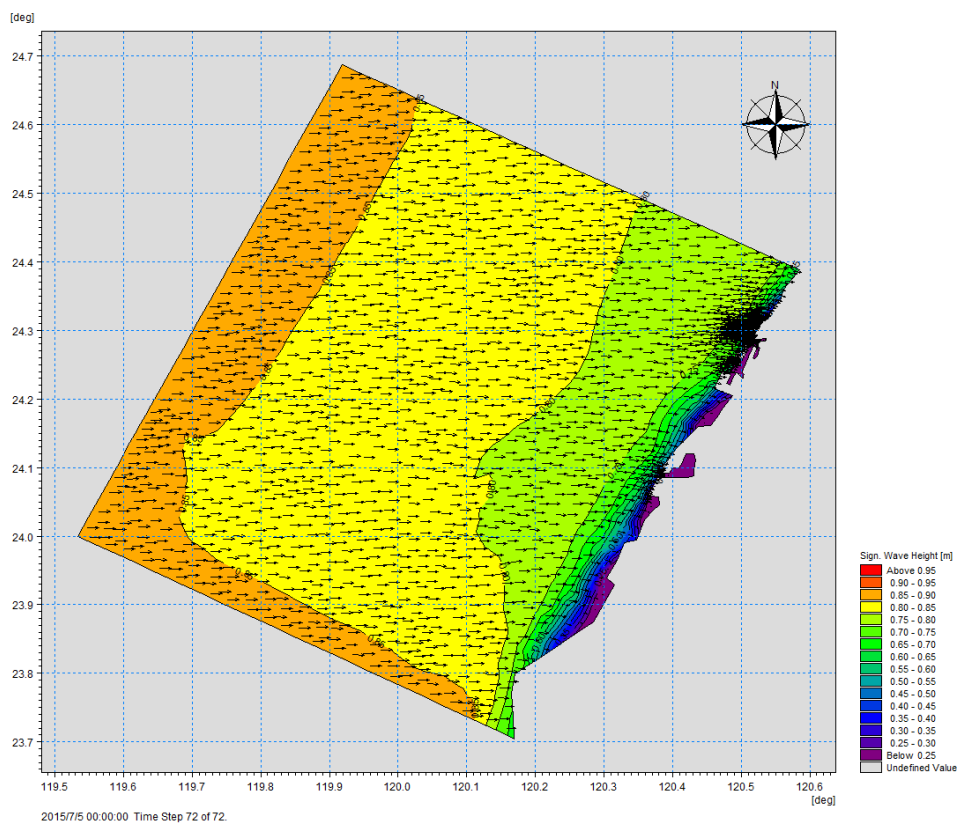


圖 3.22 夏季季風期間風機群設置後局部區域波浪運動情形

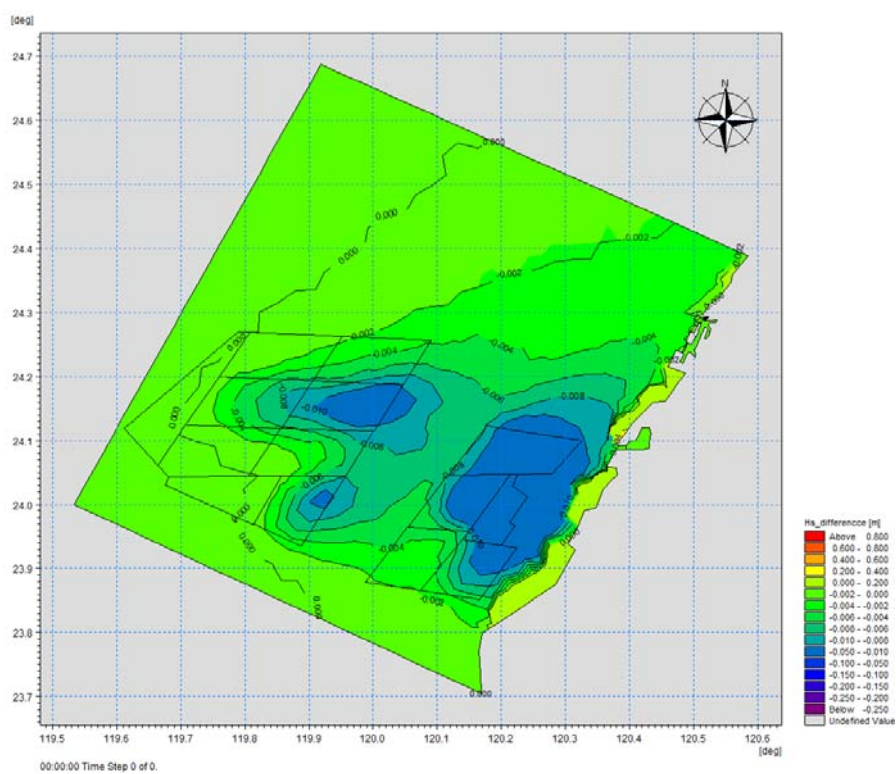


圖 3.23 夏季季風期間風機群設置後之示性波高改變情形

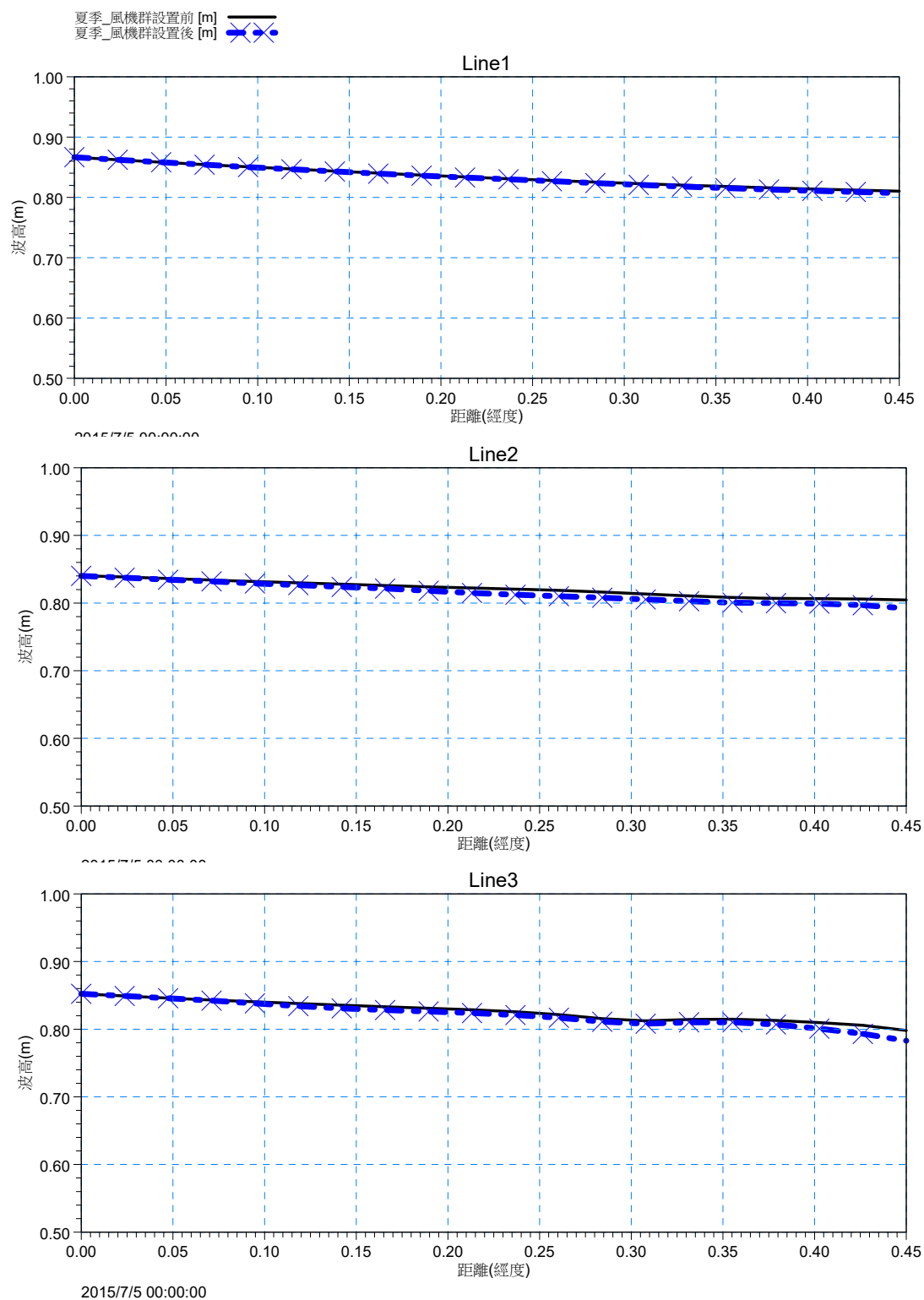


圖 3.24 夏季季風期間風機群設置前、後局部區域模式 3 剖面波浪空間運動情形

3.4.3 颱風期間風機群設置後波浪模擬計算成果

依本中心「2015年海象作業化預報成果年報」分析蘇迪勒颱風期間波浪觀測值，最大示性波高10.95m、周期12.2sec 波向以NW為主，以此分析結果作為局部區域模式邊界輸入之波浪特性條件，模擬颱風期間波浪運動情形如圖3.25所示。

模擬7個離岸風電場址風機群設置後，局部區域波浪運動情形如圖3.26、波高改變情形如圖3.27及3剖面波浪運動情形如圖3.28所示，計算風機群設置後之示性波高改變量整體平均下降0.0006m，且由圖3.27、圖3.28可知，颱風波浪僅於風機群周圍發生改變但不明顯，波高傳遞至臺中港域時改變量近乎為0 m，表示風機群設置後對整體海域影響範圍有限。

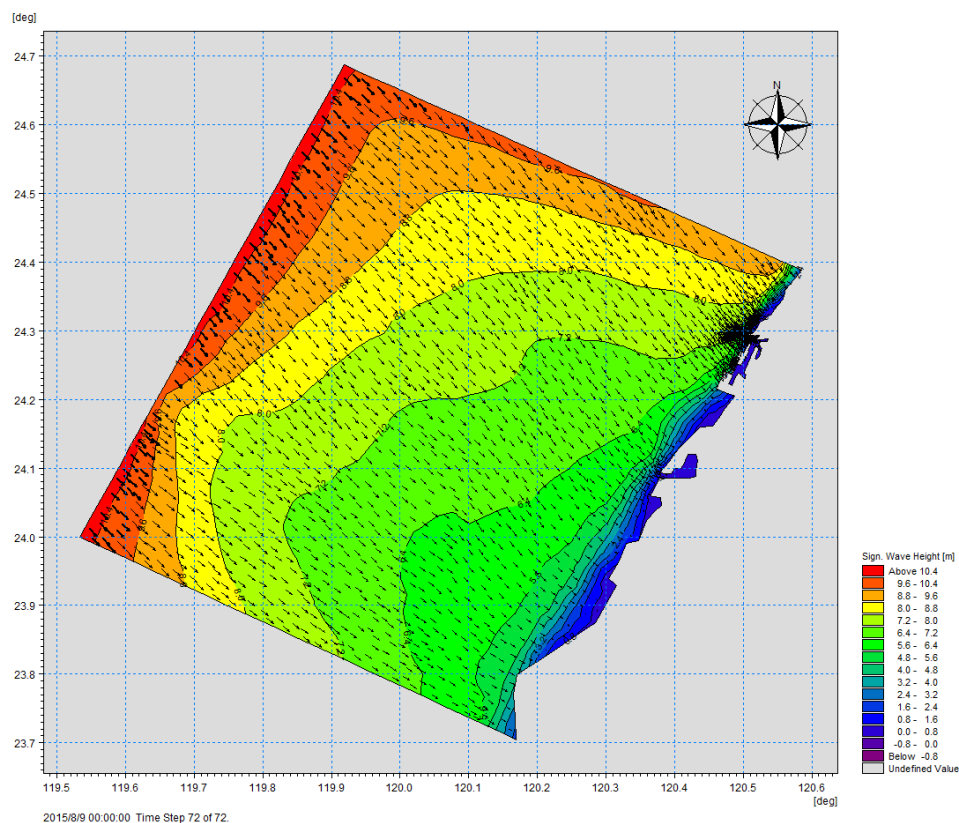


圖 3.25 颱風期間局部區域波浪運動情形

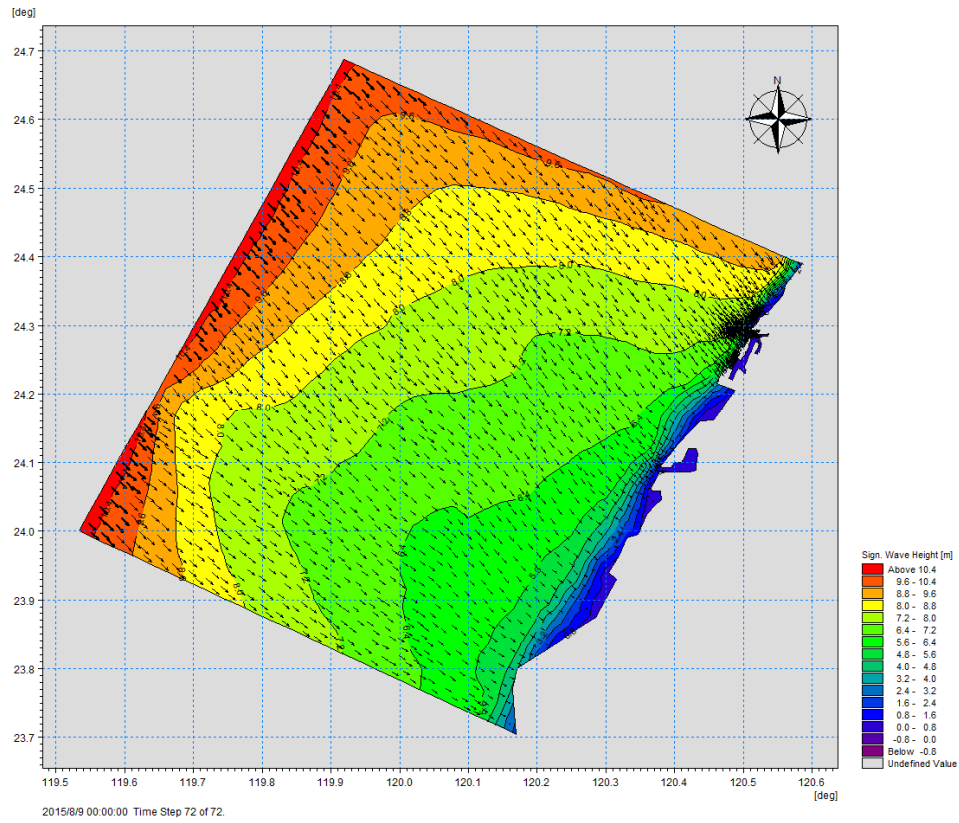


圖 3.26 颱風期間風機群設置後局部區域波浪運動情形

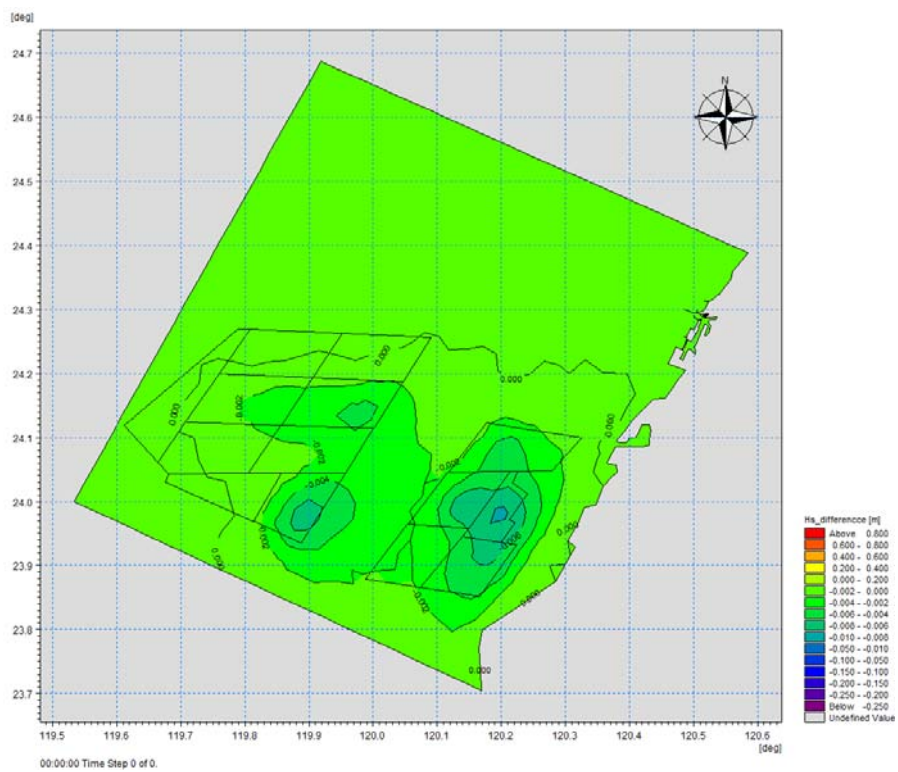


圖 3.27 颱風期間風機群設置後之示性波高改變情形

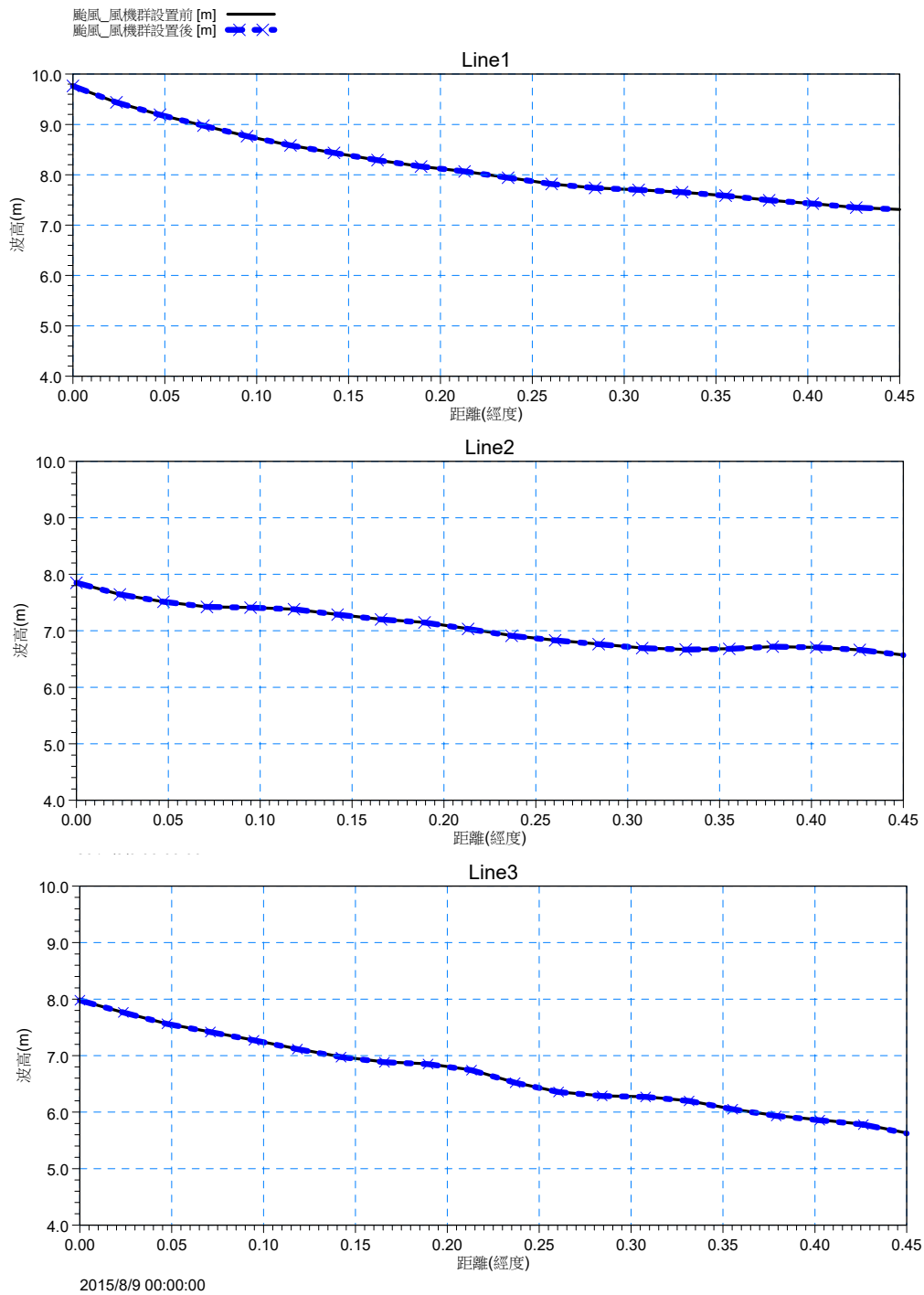


圖 3.28 颱風期間風機群設置前、後局部區域模式 3 剖面波浪空間運動情形

綜合上述冬季、夏季、颱風期間模擬7個離岸風電場址設置風機群前、設置後之波浪運動情形並計算波浪改變情形、輸出3段波浪空間剖面結果可知，設置風機群後僅對海域圓柱結構體周圍有局部反射及遮蔽效應，但波浪通過後變形效應衰減，海域環境僅局部受設置風機群影響。

第四章 水動力數值分析與探討

4.1 水動力數值模式理論介紹

本計畫使用之水動力模式採用丹麥水力研究所(Danish Hydraulic Institute,DHI)發展之 MIKE21 HD FM(MIKE21 Hydrodynamic Module, Flow Model)，可同時考慮底床摩擦、科氏力、風、大氣壓力、潮汐水位變化、輻射應力等因素，以模擬潮位變化與流場流況。模式之控制方程式由 Boussinesq 假設之不可壓縮流之 Reynolds averaged Navier-Stoke 方程式，以連續方程式(式 4.1)、動量方程式為基礎(式 4.2、4.3)。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S \quad \dots\dots\dots(4.1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + v_s S \quad \dots\dots\dots(4.2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial wv}{\partial z} = -fv - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S \quad \dots\dots\dots(4.3)$$

t 為時間，x、y、z 為空間坐標， η 為自由液面，d 為靜水深， $h = \eta + d$ 為總水深，u、v、w 分別為 x、y、z 方向上之速度，g 為重力加速度，f 為科氏力參數， ρ 為海水密度， p_a 為大氣壓力，

s_{xx} 、 s_{xy} 、 s_{yx} 、 s_{yy} 為輻射應力張量，S 為點源的排出量。將上列各式沿水深方向(z 方向)積分，可得到二維淺水長波方程組：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = hS \quad \dots\dots\dots(4.4)$$

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}u}{\partial y} = f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{s_{xx}}{\partial x} + \frac{s_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s S \quad \dots\dots\dots(4.5)$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}^2}{\partial y} = -f\bar{u}h - gh\frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0}\frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0}\left(\frac{s_{yx}}{\partial x} + \frac{s_{yy}}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y}(hT_{yy}) + hv_s S \quad \dots\dots\dots(4.6)$$

其中 τ_{sx} 、 τ_{sy} 為表面風應力， τ_{bx} 、 τ_{by} 為底部應力， $\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ 為水深平均速度。模式之底床摩擦力參數可以 Chezy Number 或 Manning Number 設定，本研究採用 Manning Number 如下(k_s 為底床粗糙高度)。

$$M = \frac{25.4}{k_s^{1/3}} m^{1/3}/s \quad \dots\dots\dots(4.7)$$

模式之風摩擦力可以下式(4.8)表示

$$\bar{\tau}_s = \rho_a c_d |u_s| \bar{u}_w \quad \dots\dots\dots(4.8)$$

ρ_a 為空氣密度、 c_d 為空氣拖曳係數， $\bar{u}_w = (u_w, u_w)$ 為距海平面 10m 高之風速，其中 c_d 採用參考 Wu(1980、1984)提出之經驗公式

$$c_d = \begin{cases} c + \frac{c_b - c_a}{w_b - w_a} (w_{10} - w_a) & w_{10} < w_a \\ c_a & w_a \leq w_{10} \leq w_b \\ c_b & w_{10} > w_b \end{cases} \quad \dots\dots\dots(4.9)$$

其中 $c_a=1.255 \times 10^{-3}$ ， $c_b=2.425 \times 10^{-3}$ ， $w_a=7\text{m/s}$ ， $w_b=25\text{m/s}$ 。

4.2 水動力數值模式模擬條件

本計畫於模式率定之地形部分，以包含全臺灣之西太平洋地區為模擬範圍，使用之地形水深網格同前一章波浪模式相同(參考圖 3.1、圖 3.2)，並選用 TAICOMS 處理再輸出之中央氣象局 WRF-M00_WA01 預報資料，再將每筆預報資料擷取前 6 小時風、氣壓場，拼接組合成模擬時間所需之風、氣壓場資料(參考圖 3.5 至圖 3.7)做為驅動力進行冬季、夏季及颱風期間之模式率定。

本模式模擬範圍之邊界條件採用 Mike21 提供之全球潮汐模式資

料庫(解析度為 0.125°)，於模擬範圍邊界上取出對應所需之模擬時間內差出潮汐水位之時間序列，作為邊界之輸入條件(如圖 4.1)，由於邊界條件之水位資料已包含分潮效應，故本模式於分潮引力不再另行設定，模式之參數設定如表 4.1。

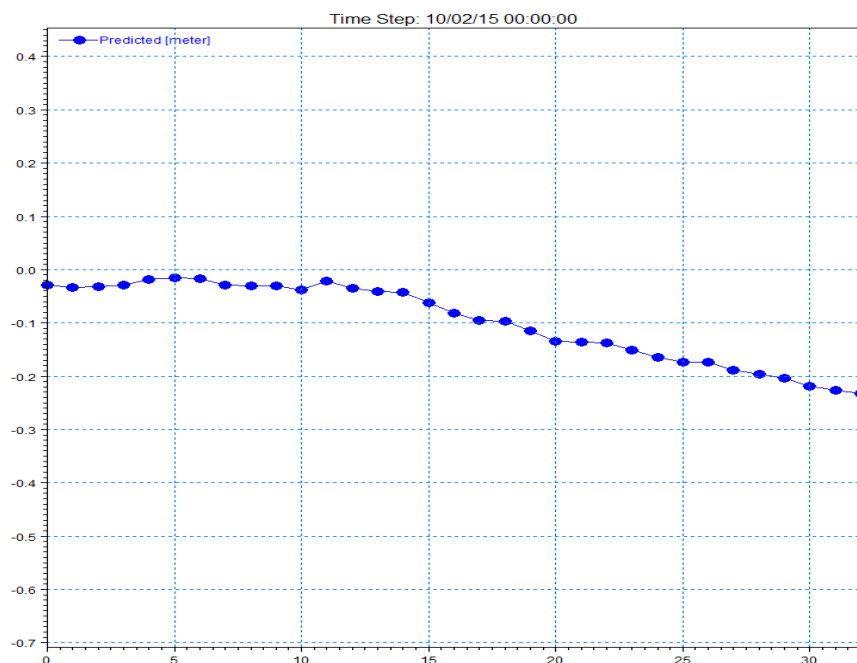


圖 4.1 邊界條件潮位示意圖(東經 150° ，北緯 5° 至 40° 為例)

表 4.1 模式參數設定

相關參數	設定值
紊流渦度係數	0.028
底床磨擦係數	$43.5 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
風摩擦係數	0.001255 7m/s 0.002425 25m/s (如 4.9 式)
風軟啟動時間	4 days
邊界軟啟動時間	4 days

4.3 現況水動力模擬計算成果

考量臺中、彰化海域各潮位、海流觀測站海象資料蒐集完整性，本計畫選取 2015 年冬季、夏季及蘇迪勒颱風期間作為模式模擬冬季、夏季季風及颱風期間之潮位與海流變化情況，並將模擬結果與台灣中部海域內，本所港研中心、水利署設置之觀測站進行驗證比對，其中本所港研中心於臺中港北防波堤外與澎湖龍門尖山港設置之底定式潮波流儀(AWCP)用於模擬潮位、流速、流向，澎湖浮標用於夏季流速、流向之驗證。

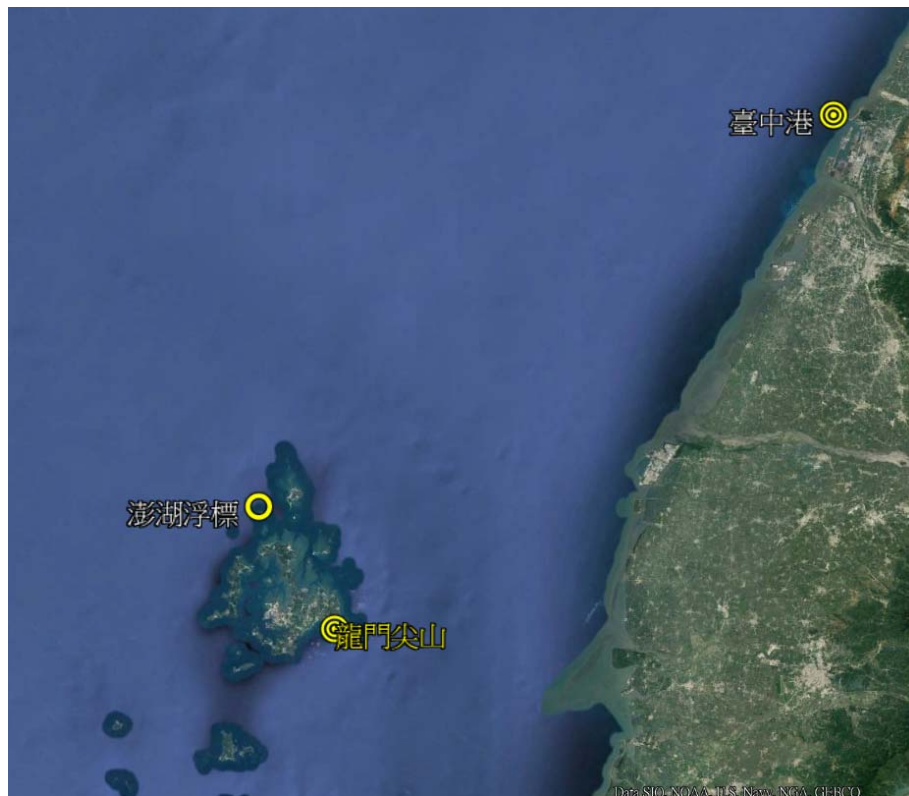


圖 4.2 臺灣中部海域潮位、海流驗證觀測站位置示意圖

4.3.1 冬季季風期間現況水動力模擬計算成果

本模式冬季率定進行模擬 2015 年 1 月 28 日至 2 月 17 日潮汐、海流變化情形，模擬計算成果與臺灣中部海域潮位站觀測資料比對，臺中港(TC)、龍門尖山(CS)觀測站位置如圖 4.3、4.4 所示，臺中港觀測站位

於北防波堤堤頭外海，龍門尖山觀測站位於尖山港南端外海，比對結果如圖 4.3 所示，圖 4.4、圖 4.5 分別為模擬時間內之前 9 日與後 10 日比對圖。

由圖 4.4 中可看出臺中港觀測站處之潮位模擬結果與趨勢變化與觀測資料相符，澎湖尖山港外海觀測站在 1 月 29 至 2 月 2 日間的模擬值與觀測值相比呈現偏低，但整體而言潮位之變化趨勢仍符合觀測值。以此兩站之誤差分析，臺中站絕對誤差最小值 0.005m、絕對誤差最大值 0.727m、絕對平均誤差為 0.199m、標準偏差為 0.2462m、均方根誤差(root mean error)為 0.2482m，澎湖尖山站絕對誤差最小值 0.0012m、絕對誤差最大值 0.4992m、絕對平均誤差為 0.1843m、標準偏差為 0.1759m、均方根誤差為 0.1848m。

2015 年 1 月 28 日至 2 月 17 日海流變化情形，模擬計算成果與臺灣中部海域海流觀測站資料比對，除了臺中港(TC)、龍門尖山(CS)之流速、流向比對結果如圖 4.6、圖 4.7 所示，由圖可看出臺中港流速整體偏低，如 1 月 30 至 2 月 2 日、2 月 4 日至 2 月 7 日、2 月 8 日至 2 月 11 日，其原因可能與 WRF 之預報風場之風速值較觀測值低有關，如前章圖 3.13 中冬季部份，模擬流速值偏低區間之觀測風速約可達預報風速值之 2 倍，但整體變化趨勢仍與觀測值相近，且從流速比對結果來看，流速之變化趨勢也大都符合觀測資訊。以此兩站之誤差分析，臺中站絕對誤差最小值 0.0008m/s、絕對誤差最大值 0.8588m/s、絕對平均誤差為 0.2105m/s、標準偏差為 0.193m/s、均方根誤差為 0.2788m/s，澎湖尖山站絕對誤差最小值 0.00014m/s、絕對誤差最大值 0.5121m/s、絕對平均誤差為 0.1814m/s、標準偏差為 0.2006m/s、均方根誤差為 0.2249m/s。

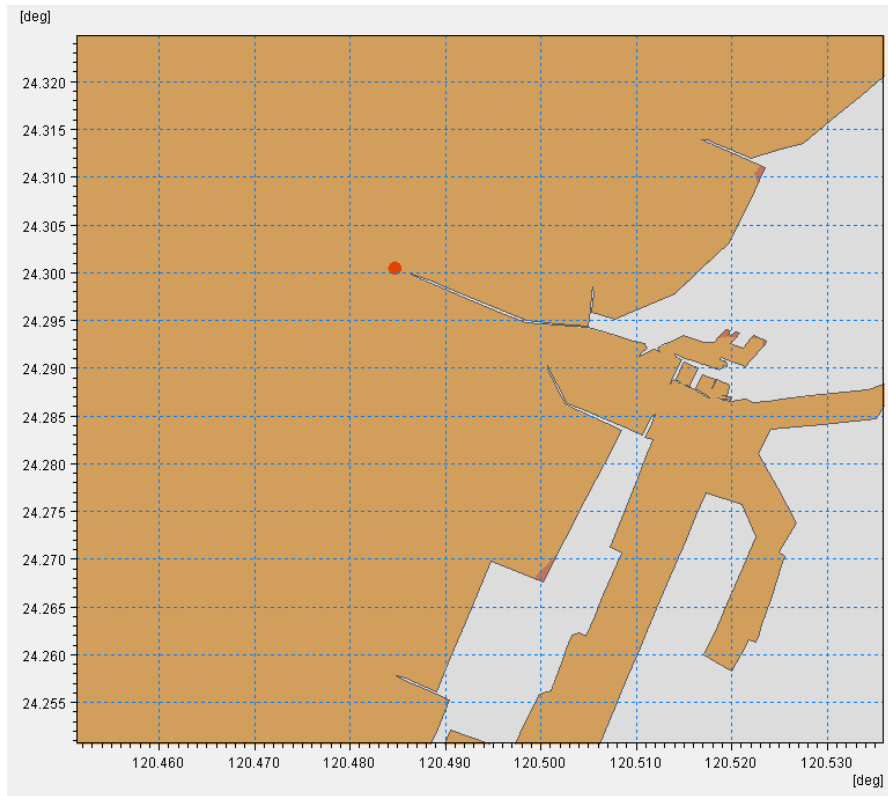


圖 4.3 臺中港觀測站位置示意圖

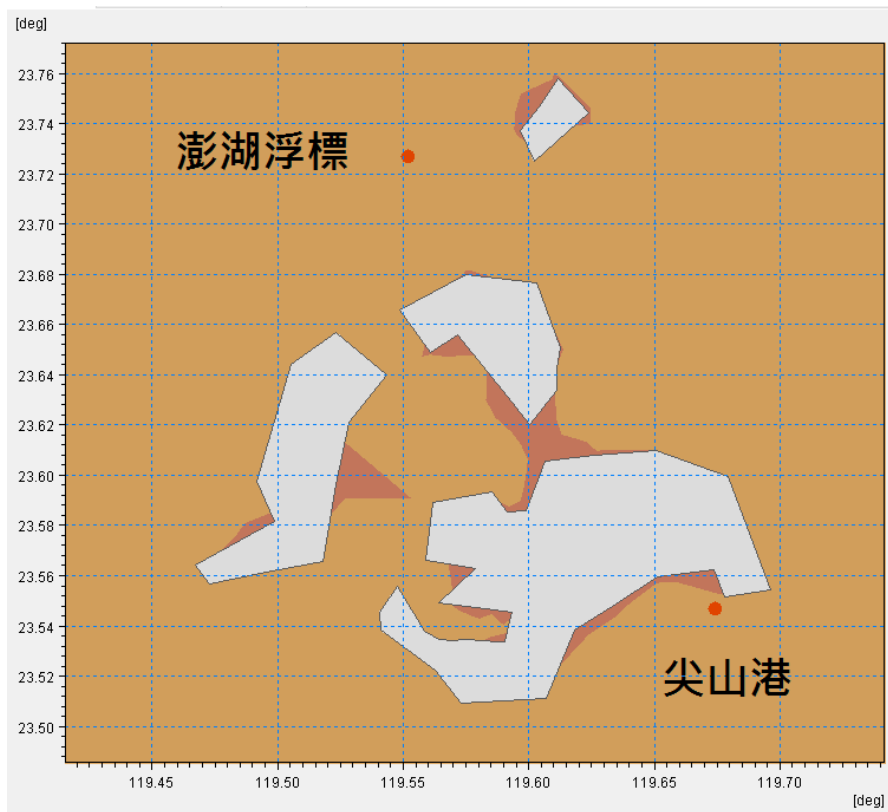


圖 4.4 澎湖尖山港觀測站、澎湖浮標位置示意圖

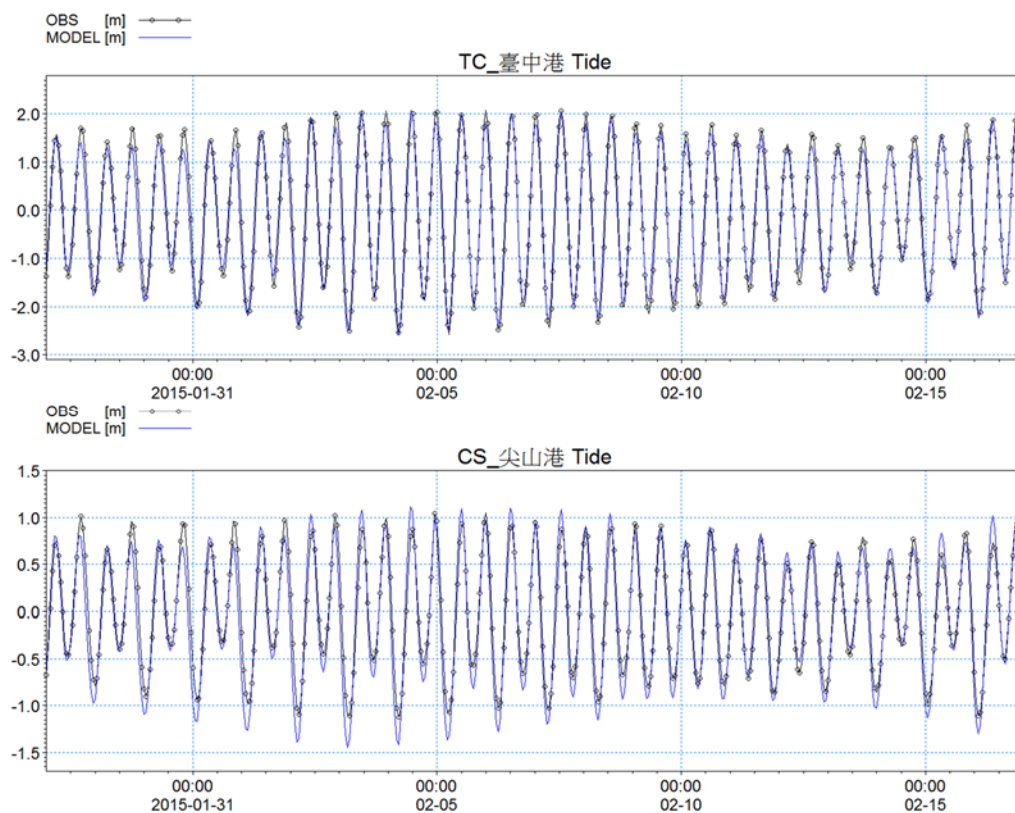


圖 4.5 冬季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果

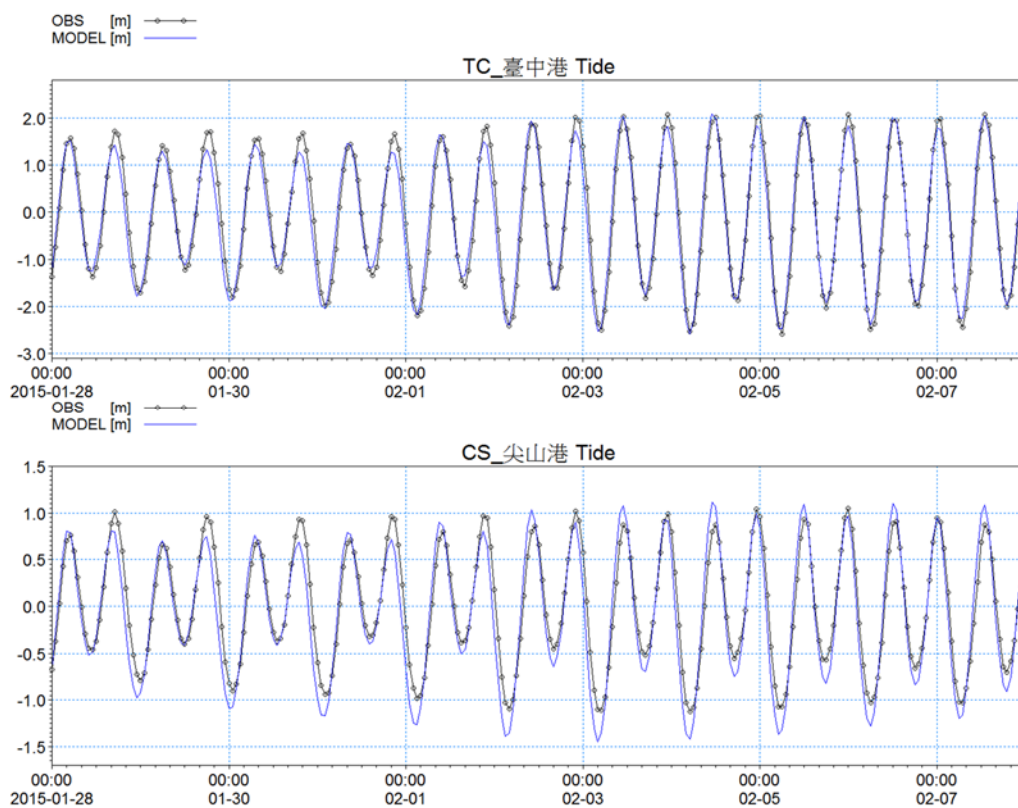


圖 4.6 冬季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果(1)

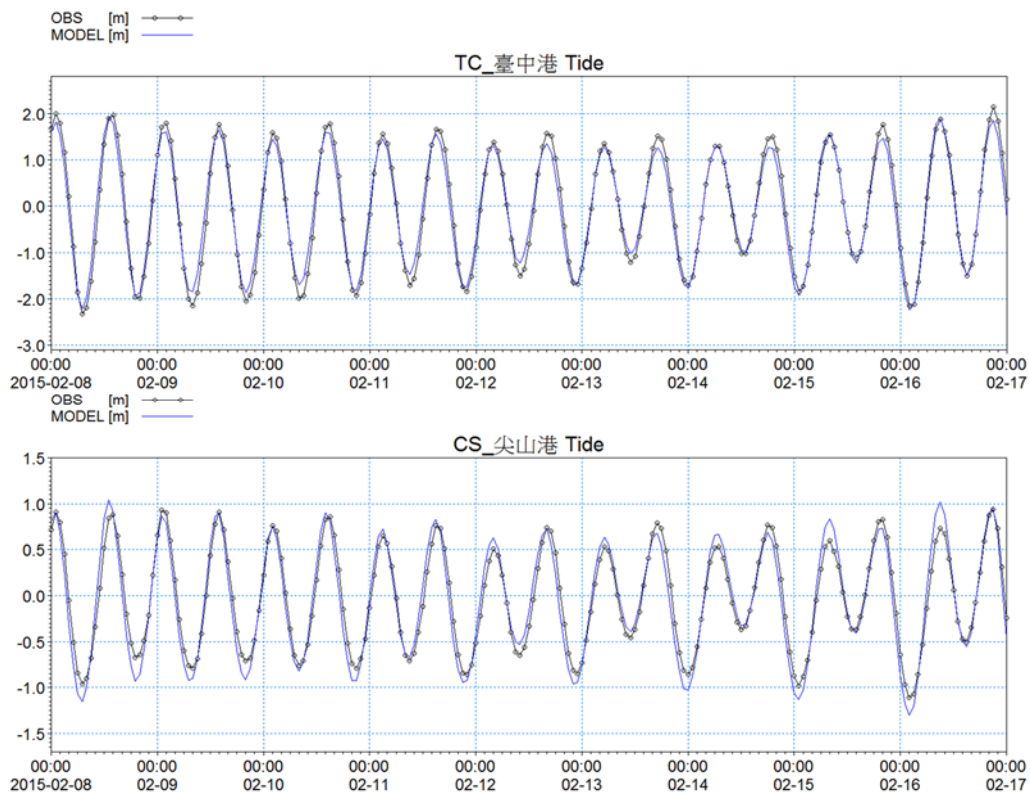


圖 4.7 冬季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果(2)

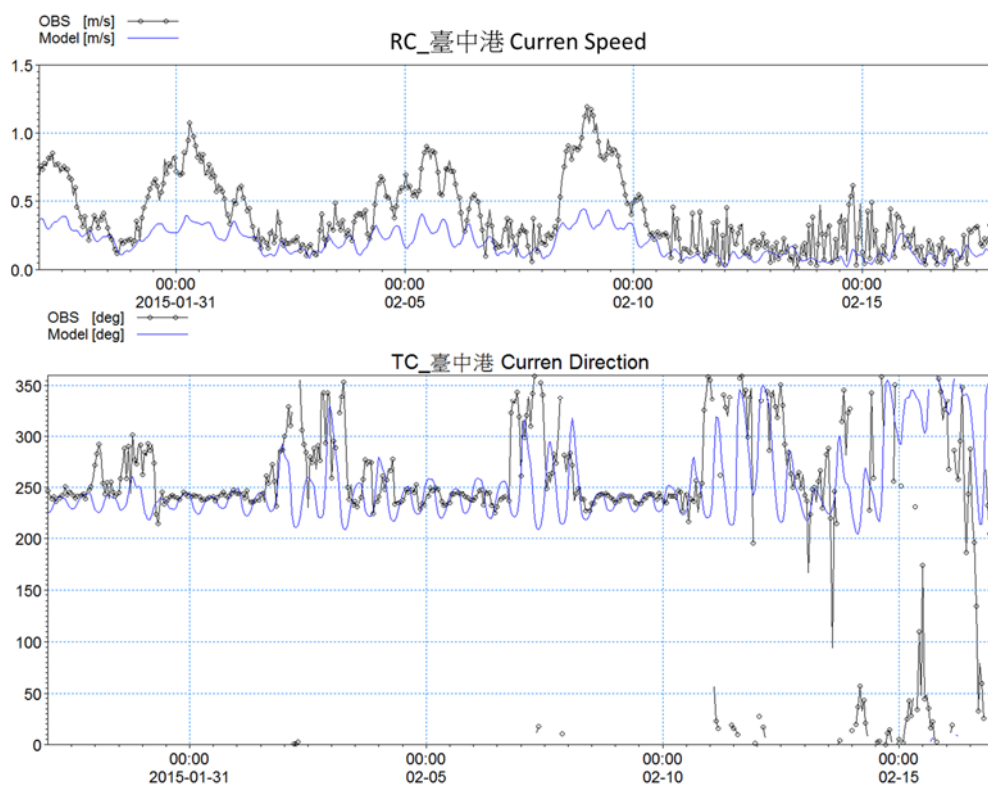


圖 4.8 冬季季風期間臺中港海流觀測站流速、流向模擬比對結果

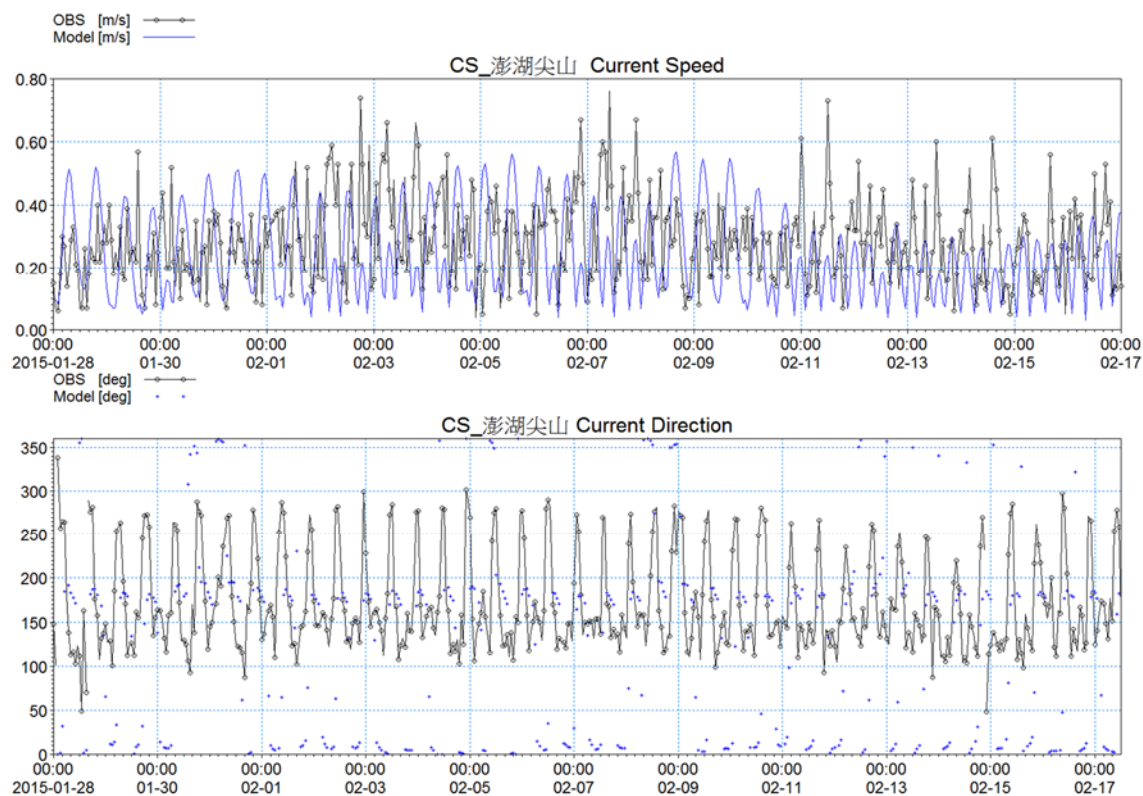


圖 4.9 冬季季風期間尖山港外海海流觀測站流速、流向模擬比對結果

表 4.2 冬季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬誤差分析表

季風期間	測站	潮位誤差值				
		絕對誤差 最小值(m)	絕對誤差 最大值(m)	絕對誤差 平均值(m)	標準偏差 (m)	均方根誤差 (m)
冬季 2015 1/28~2/17	TC	0.005	0.727	0.199	0.2462	0.2482
	CS	0.0012	0.4992	0.1483	0.1759	0.1848

表 4.3 冬季季風期間臺灣中部海流觀測站流速模擬誤差分析表

季風期間	測站	流速誤差值				
		絕對誤差 最小值 (m/s)	絕對誤差 最大值 (m/s)	絕對誤差 平均值 (m/s)	標準偏差 (m/s)	均方根誤差 (m/s)
冬季 2015 1/28~2/17	TC	0.00008	0.8588	0.2105	0.1930	0.2788
	CS	0.00014	0.5121	0.1814	0.2006	0.2249

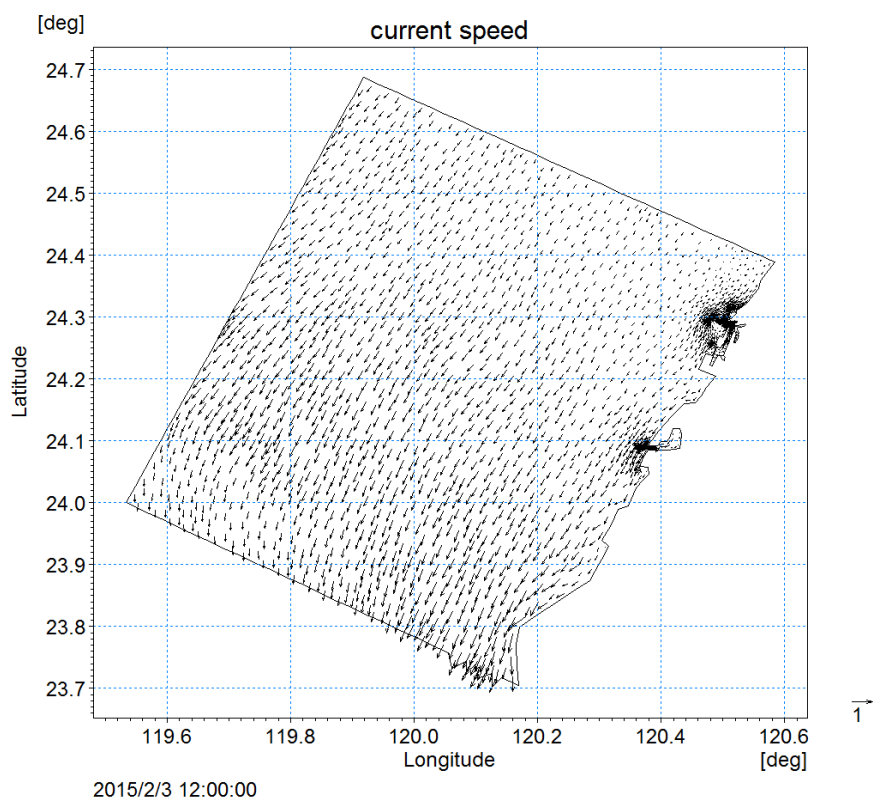


圖 4.10 冬季季風期間模擬流場(退潮)

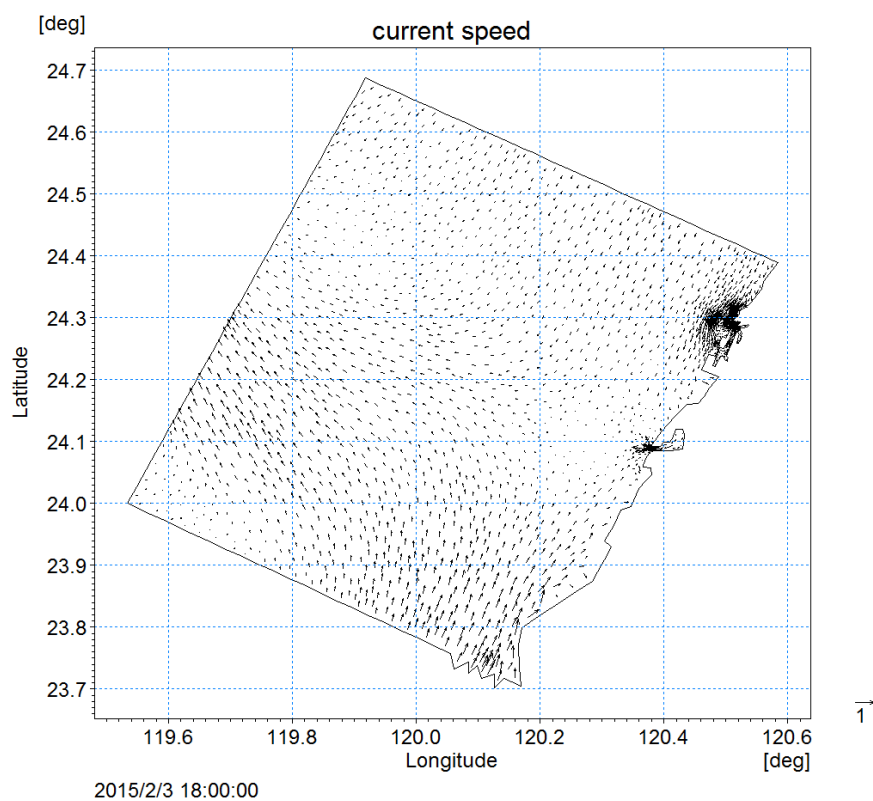


圖 4.11 冬季季風期間模擬流場(漲潮)

4.3.2 夏季季風期間現況水動力模擬計算成果

本模式夏季率定進行模擬 2015 年 7 月 15 日至 8 月 5 日潮汐、海流變化情形，模擬計算成果與臺灣中部海域潮位站觀測資料比對，除了，臺中港(TC)、龍門尖山(CS)比對結果如圖 4.8 所示，其中龍門尖山港外海於該年 8 月份無觀測資料。

由圖 4.8 中可看出臺中港觀測站處之潮位模擬結果與觀測資料大致相符，澎湖尖山港外海觀測站在 7 月 16 至 7 月 22 日間的模擬值之高潮位與觀測值相比呈現偏高，但整體而言潮位之變化趨勢仍符合觀測值。以此兩站之誤差分析，臺中站絕對誤差最小值 0.0016m、絕對誤差最大值 0.7724m、絕對平均誤差為 0.207m、標準偏差為 0.1528 m、均方根誤差為 0.2573m，澎湖尖山站絕對誤差最小值 0.0001m、絕對誤差最大值 0.7125m、絕對平均誤差為 0.2041m、標準偏差為 0.2455m、均方根誤差為 0.2554m。

海流部分模擬 2015 年 7 月 15 日至 8 月 5 日之變化情形，模擬計算成果與臺灣中部海域海流觀測站資料比對，因缺少 8 月份尖山港外海觀測資訊，故海流部分加入澎湖浮標(PH)之觀測資訊進行比對，臺中港(TC)、澎湖浮標(PH)之流速、流向比對結果如圖 4.10、圖 4.11、圖 4.12 所示。整體來看，臺中海域之漲潮、退潮模擬流場如圖 4.13、圖 4.14 所示。

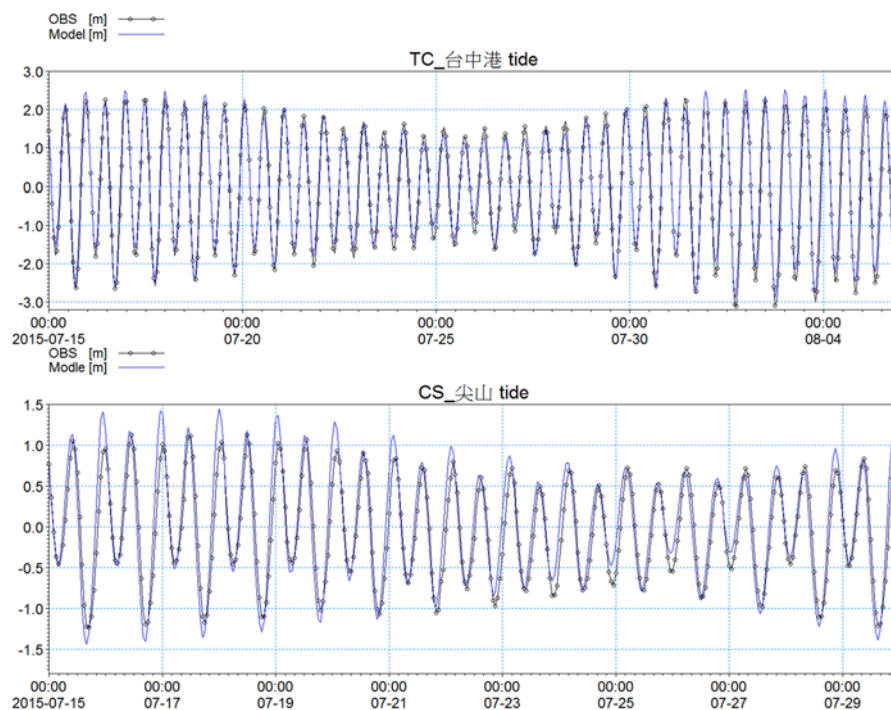


圖 4.12 夏季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果

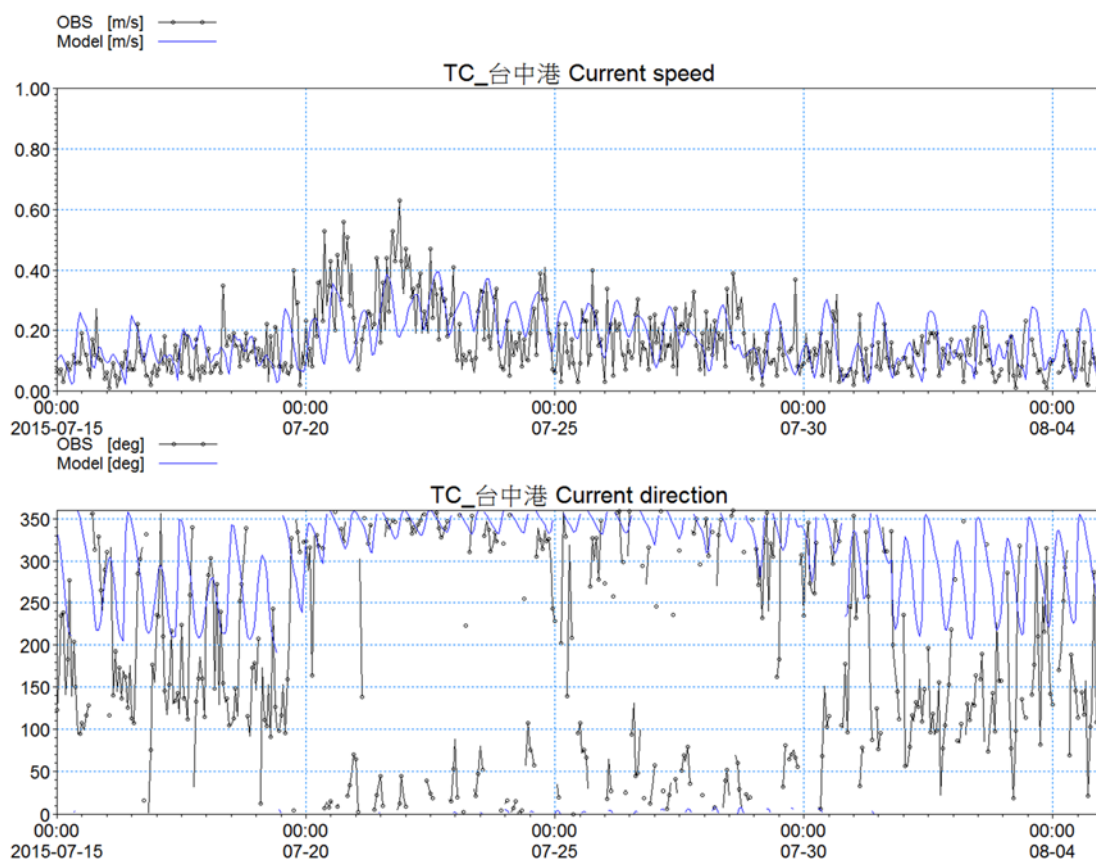


圖 4.13 夏季季風期間臺中港海流觀測站流速、流向模擬比對結果



圖 4.14 夏季季風期間澎湖浮標站流速、流向模擬比對結果

表 4.4 夏季季風期間臺灣中部海流觀測站潮位模擬誤差分析表

季風期間	測站	潮位誤差值				
		絕對誤差 最小值(m)	絕對誤差 最大值(m)	絕對誤差 平均值(m)	標準偏差 (m)	均方根誤差 (m)
夏季 2015 7/15~8/5	TC	0.0016	0.7724	0.2070	0.1528	0.2573
	CS	0.0001	0.7125	0.2041	0.2455	0.2554

表 4.5 夏季季風期間臺灣中部海流觀測站流速模擬誤差分析表

季風期間	測站	流速誤差值				
		絕對誤差 最小值 (m/s)	絕對誤差 最大值 (m/s)	絕對誤差 平均值 (m/s)	標準偏差 (m/s)	均方根誤差 (m/s)
夏季 2015 7/15~8/5	TC	0.0005	0.4532	0.0897	0.1119	0.1139
	CS	0.0007	0.8030	0.3034	0.2293	0.3603

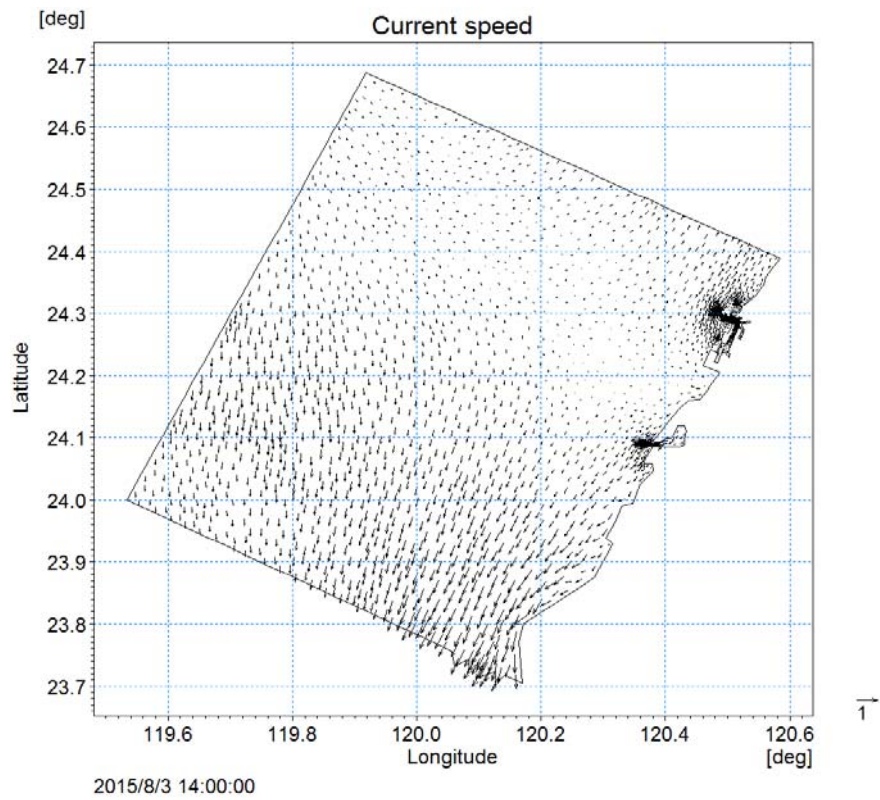


圖 4.15 夏季季風期間模擬流場(退潮)

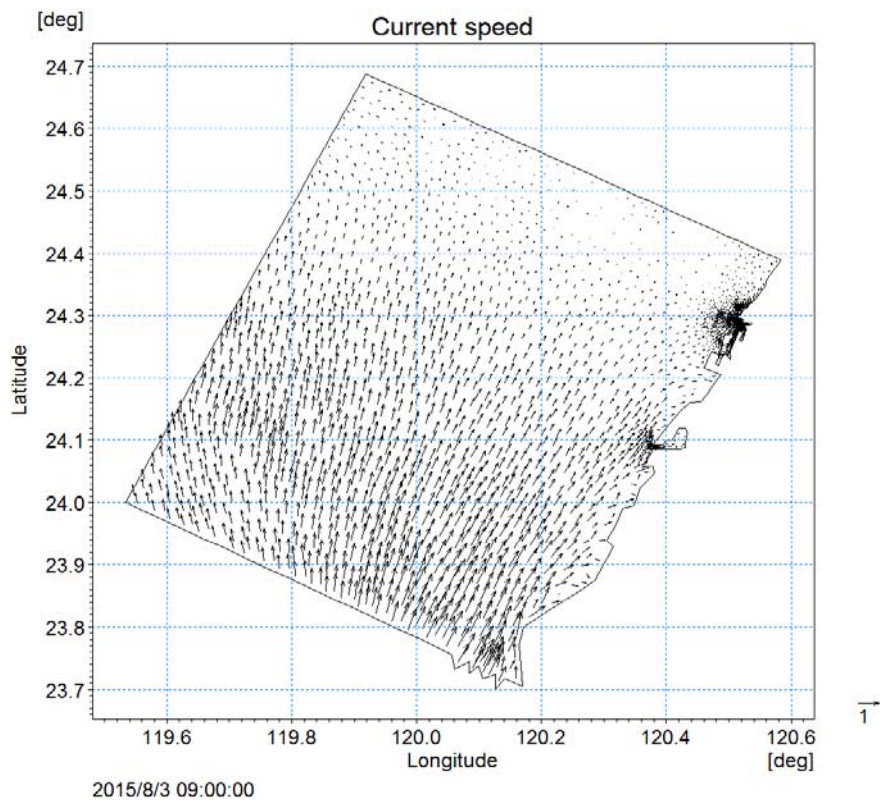


圖 4.16 夏季季風期間模擬流場(漲潮)

4.3.3 颱風期間現況水動力模擬計算成果

本節同前章波浪模式採用 104 年蘇迪勒颱風於 8 月 6 日至 8 月 10 日為模擬區間，臺中港觀測站(TC)之潮位、海流比對結果如圖 4.15，澎湖浮標之海流比對結果如圖 4.16。由圖 4.15 中可看出臺中港觀測站處之潮位模擬結果於 8 月 8 日 5 時至 6 時之潮位與觀測值相比呈現偏低，其餘與觀測資料大致相符，海流部分之流速與觀測值相比也呈現偏低，其流速模擬值偏低可能與颱風期間之預報風場之風速值較觀測值低有關，如前章圖 3.13 之夏季部份，颱風當日之風速預報值皆低於觀測值，但仍可看出於 8 月 7 日至 8 月 9 日之間，流速模擬值有隨颱風登陸而提高之趨勢，而流速之比對結果可看出大致上與觀測結果相符。澎湖浮標站在 7 月 16 至 7 月 22 日間的模擬值之高潮位與觀測值相比呈現偏高，但整體而言潮位之變化趨勢仍符合觀測值。

其中臺中港之模擬暴潮偏差(圖 4.17)最大值於 8 月 8 日 04:00 至 07:00 之間，模擬暴潮偏差值達到 0.8m，觀測暴潮偏差達 1.86m。颱風期間之漲、退潮模擬流場如圖 4.18、圖 4.19 所示。

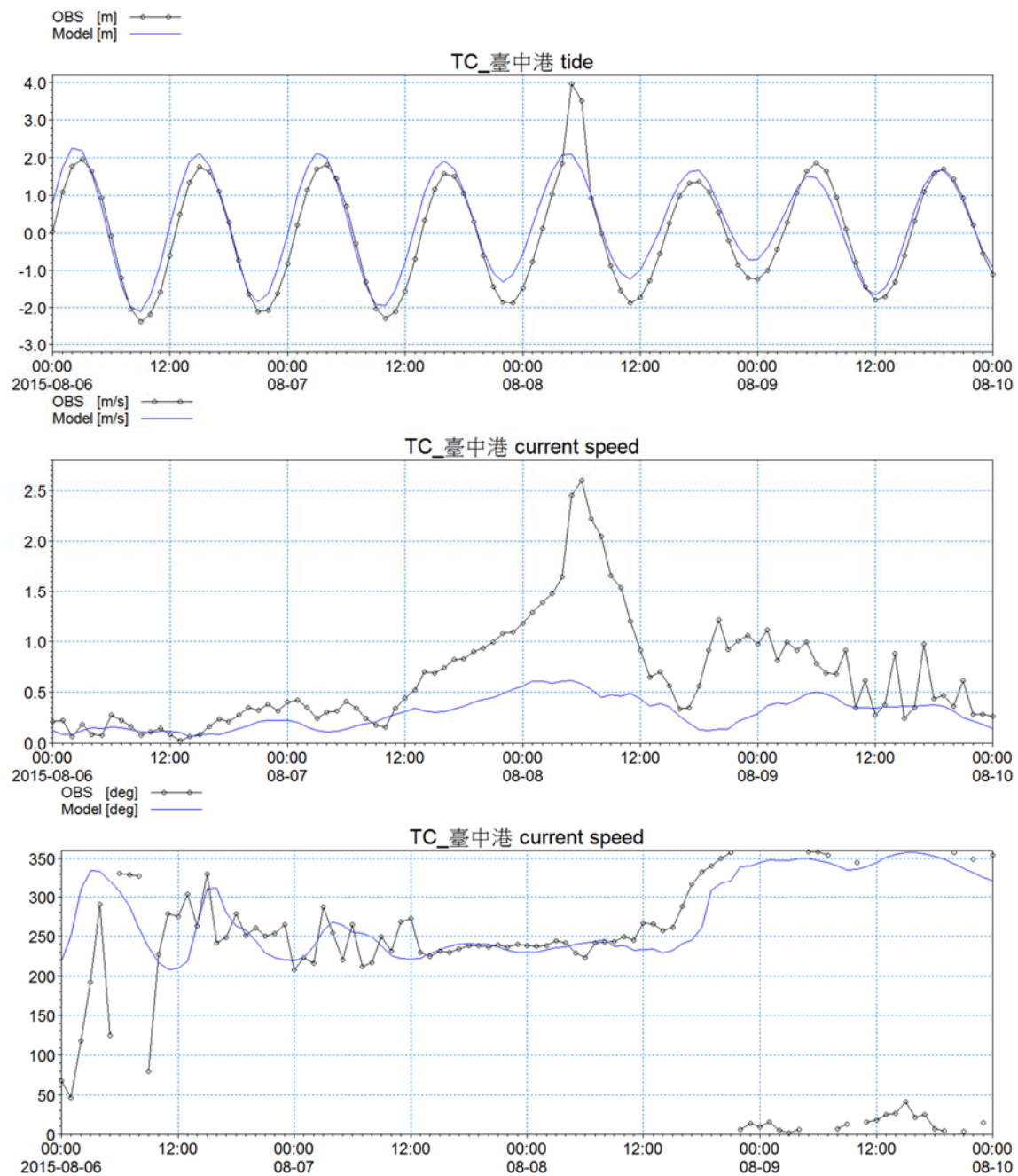


圖 4.17 蘇迪勒颱風期間臺中港觀測站潮位、流速、流向模擬比對

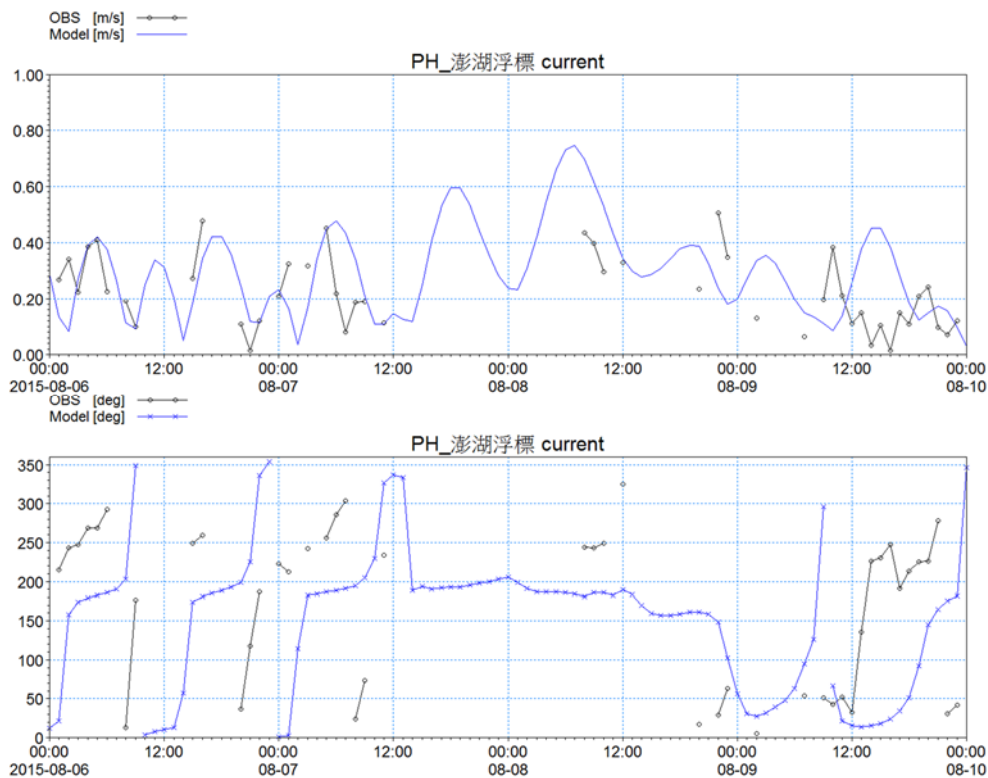


圖 4.18 蘇迪勒颱風期間澎湖浮標站流速、流向模擬比對結果

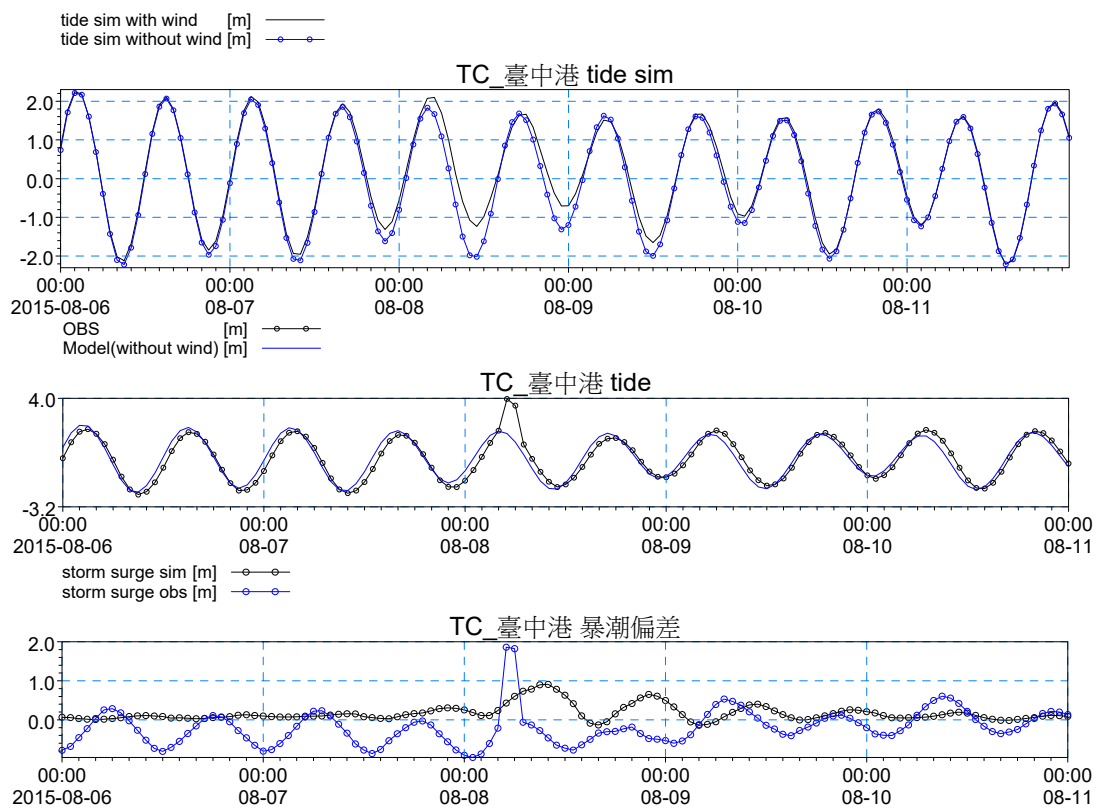


圖 4.19 蘇迪勒颱風臺中港暴潮偏差

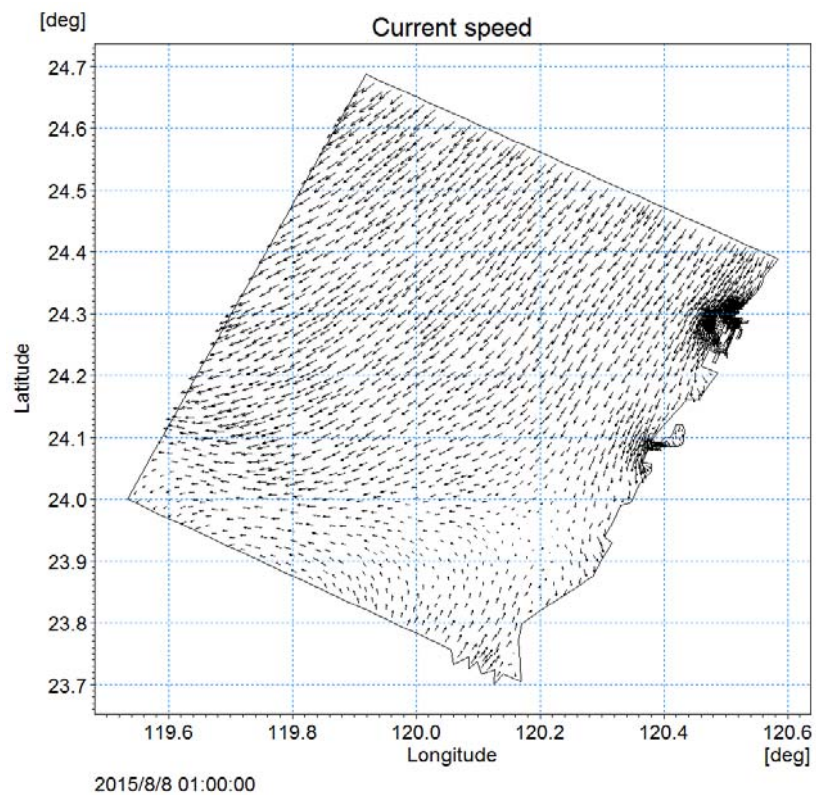


圖 4.20 蘇迪勒颱風期間模擬流場(漲潮)

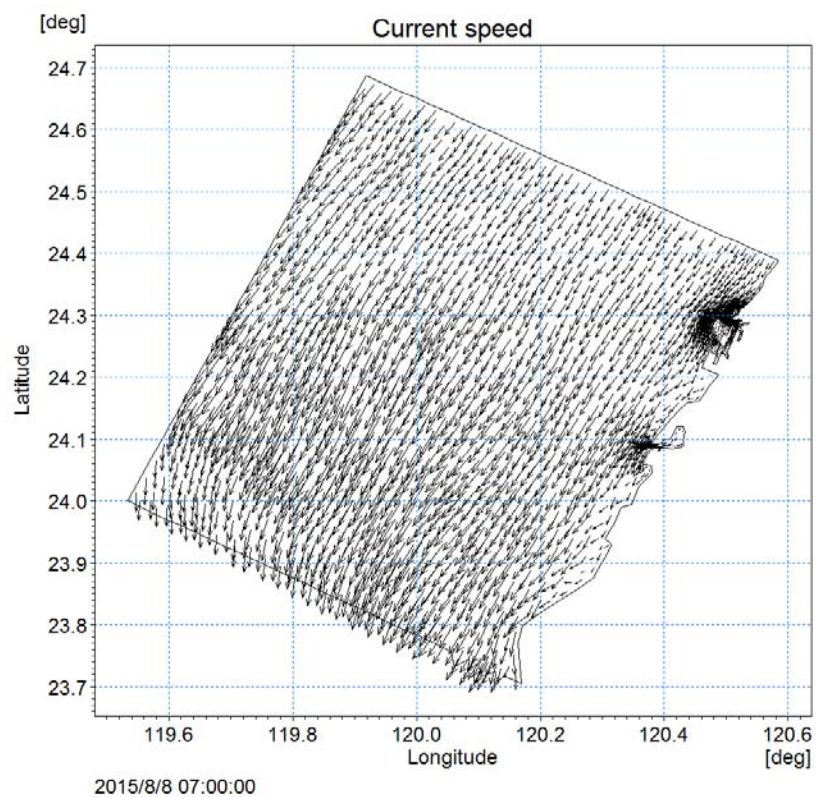


圖 4.21 蘇迪勒颱風期間模擬流場(退潮)

4.4 風機群設置後水動力模擬計算成果

依據目前離岸風電規劃場址遴選結果，計有 7 家業者，共計 10 個離岸風場獲選，其中有 7 個離案風場位於本計畫研究範圍，本計畫於前節完成模式率定後，於模擬範圍中臺灣中部海域內涵蓋之 7 個獲選離案風場區設置風機群，如圖 4.20，白點即為設定之風機機樁，圖中風機群之佈設配置為參考各廠址之風電開發商環評報告後，採用各規劃方案中之最大風機數。

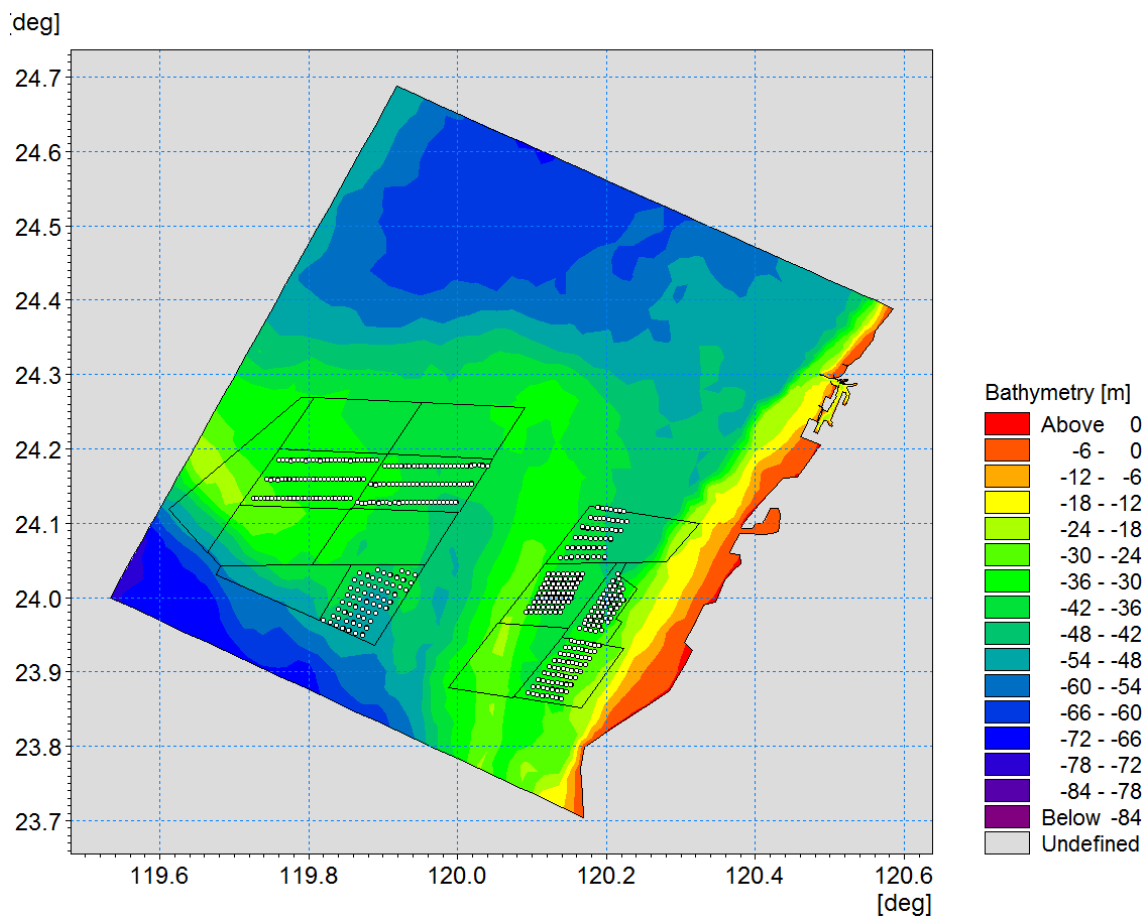


圖 4.22 模式內 7 場區離岸風電場址及風機群設置示意圖

4.4.1 冬季季風期間風機群設置後水動力模擬計算成果

於冬季季風期間，挑選一日之潮汐變化 4 個時間點進行流場差異比較，以下選取 2 月 3 日之 10:00(滿潮)、12:00(退潮中)、16:00(低潮)、

18:00(漲潮)，各時刻之風機設立前、後之模擬流場，如圖 4.21 至圖 4.28 所示。

由上述系列圖中可看出冬季季風期間滿潮時，於外海部分有明顯離岸方向流動，可看出大約以台中港南側之烏溪出海口為中心，從北往南與從南往北的海流於此匯集向外海方向(西方)流動，此時整體流速分布大多在 0.4m/s 以下。當退潮時流場整體由北向南流動，流速分布多在 1m/s 以下。當低潮位時，同樣呈現整體由北向南流動，其流速分布多在 0.4m/s 以下。當漲潮時流場呈現南北向流動於此模擬區域匯集向外海(西方)流動之現象，此時流速分布大多在 0.4m/s 以下。

由於各時刻風機群設置前、後模擬流場平面圖，可觀察出在退潮及低潮位時，流速分布上有些許變化，但不易比較和討論其差異，因此將選擇之時間點，以風機群設置後模擬流場與現狀模擬流場相減，得出流速差值之平面分布圖，如圖 4.29 至圖 4.32 所示，從圖中可看出滿潮時有較明顯的流速差異分布，低潮與漲潮時有呈現局部區域流速上升的現象，變動幅度在 0.025m/s 以下，滿潮與退潮時變動區域較看不出本計畫研究範圍之 7 離岸風場影響的關聯。

另外針對研究範圍海域內取臺中港(TC)、彰濱浮標(CH3)處位置比較風機設置後，單點之潮位、流速與流向，是否與現況條件下有所差異，臺中港之模擬結果如圖 4.38、圖 4.39 所示，由此模擬結果可看出，潮位、海流流速，海流流向，風機群設置後在這兩位置皆無造成明顯影響。

整體而言，在冬季季風期間的流場分布，獲選遴選之 7 場區於風機群設置後，出現流速上升或下降變化，但流速與風機群設置前的差異變動大小大致於 0.015m/s 以內。

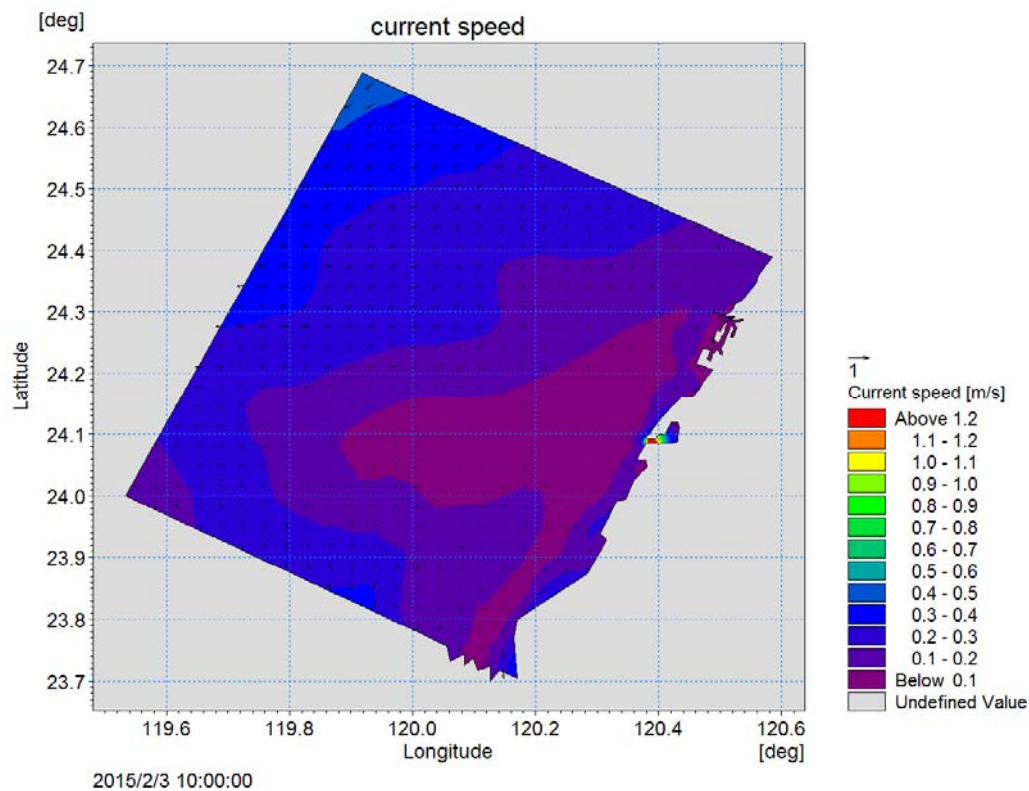


圖 4.23 冬季季風期間風機群設置前模擬流場(滿潮)

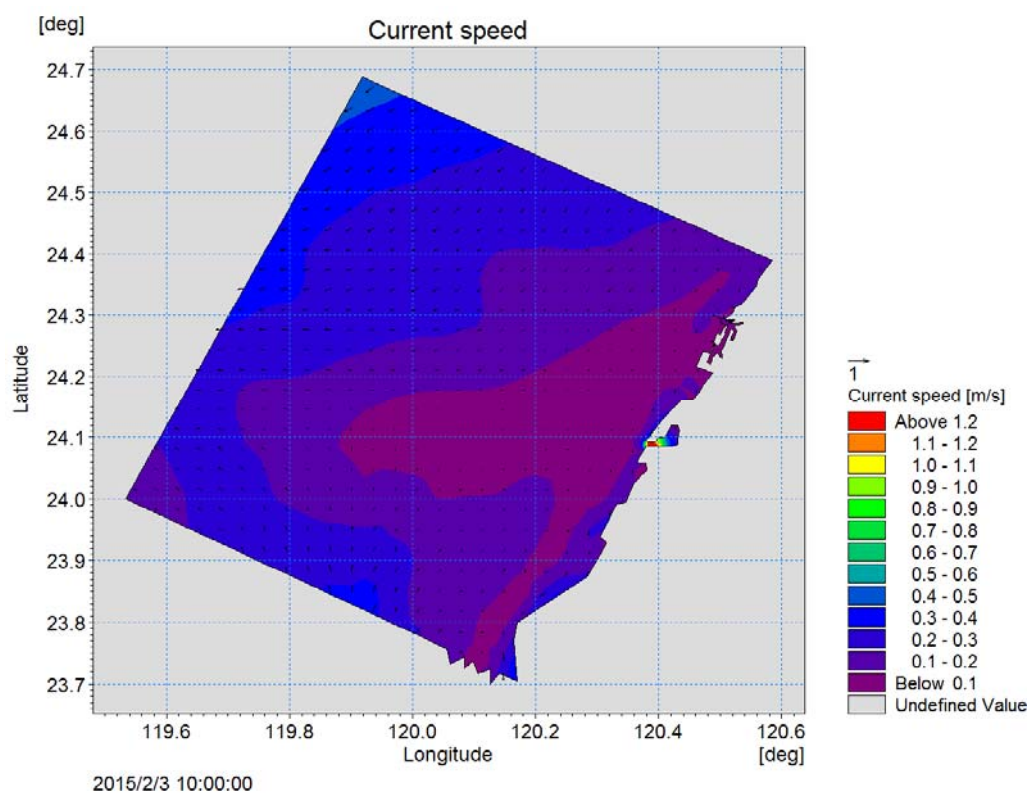


圖 4.24 冬季季風期間風機群設置後模擬流場(滿潮)

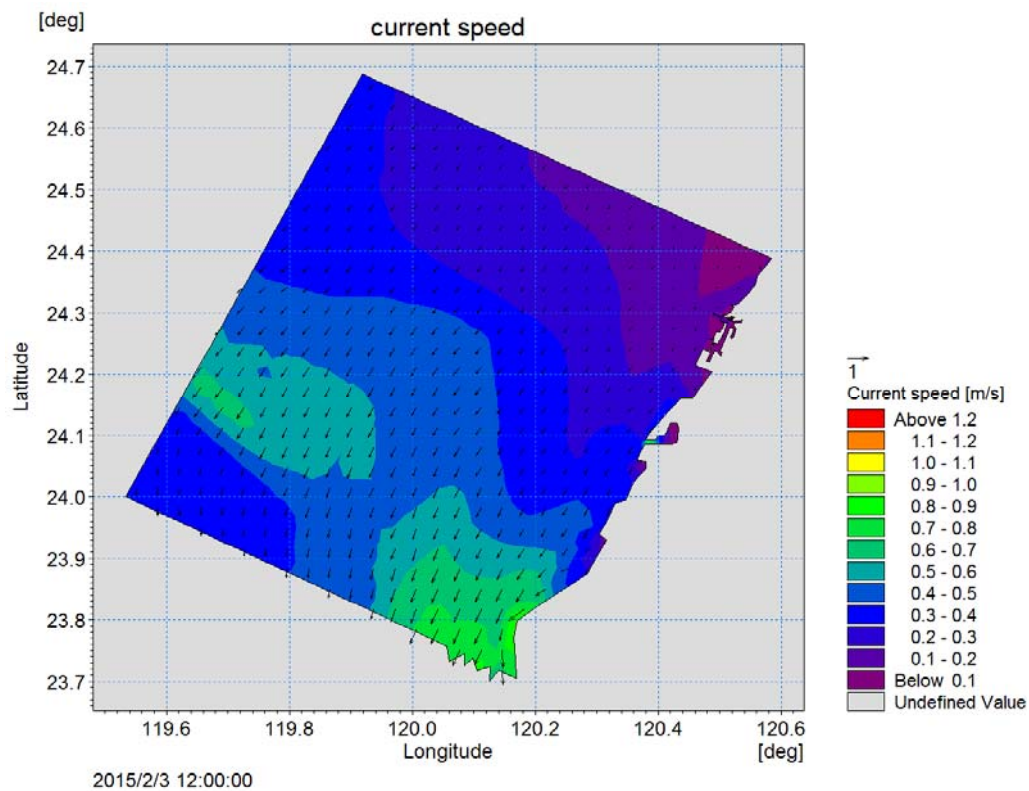


圖 4.25 冬季季風期間風機群設置前模擬流場(退潮)

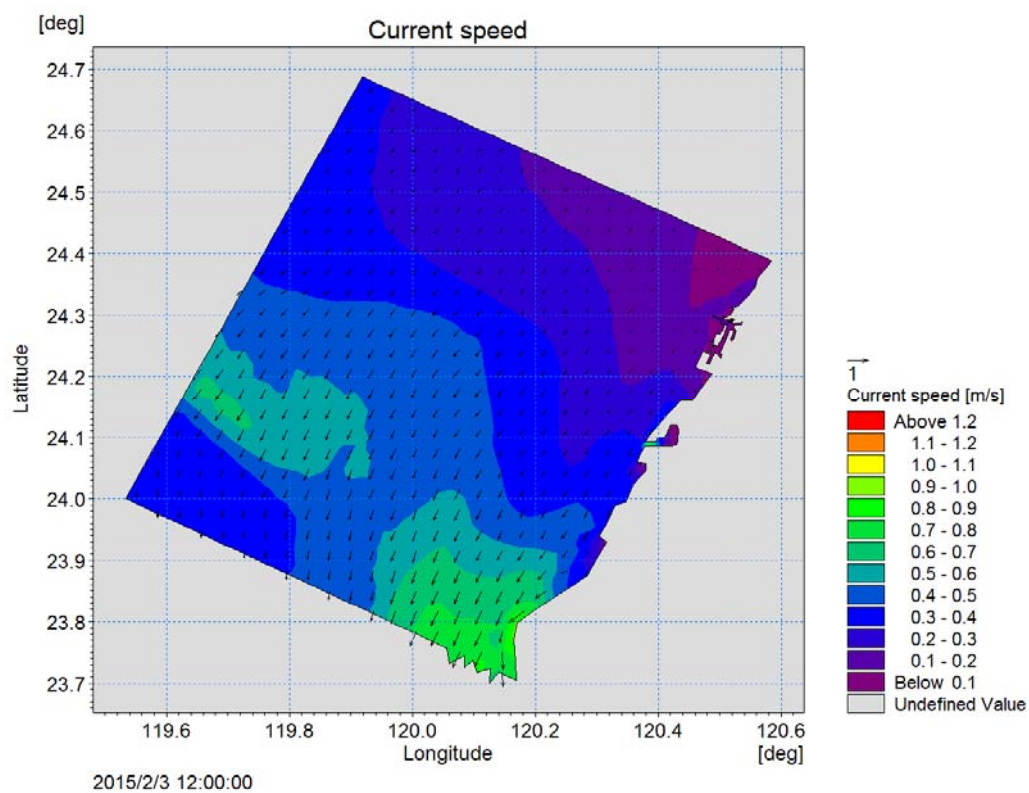


圖 4.26 冬季季風期間風機群設置後模擬流場(退潮)

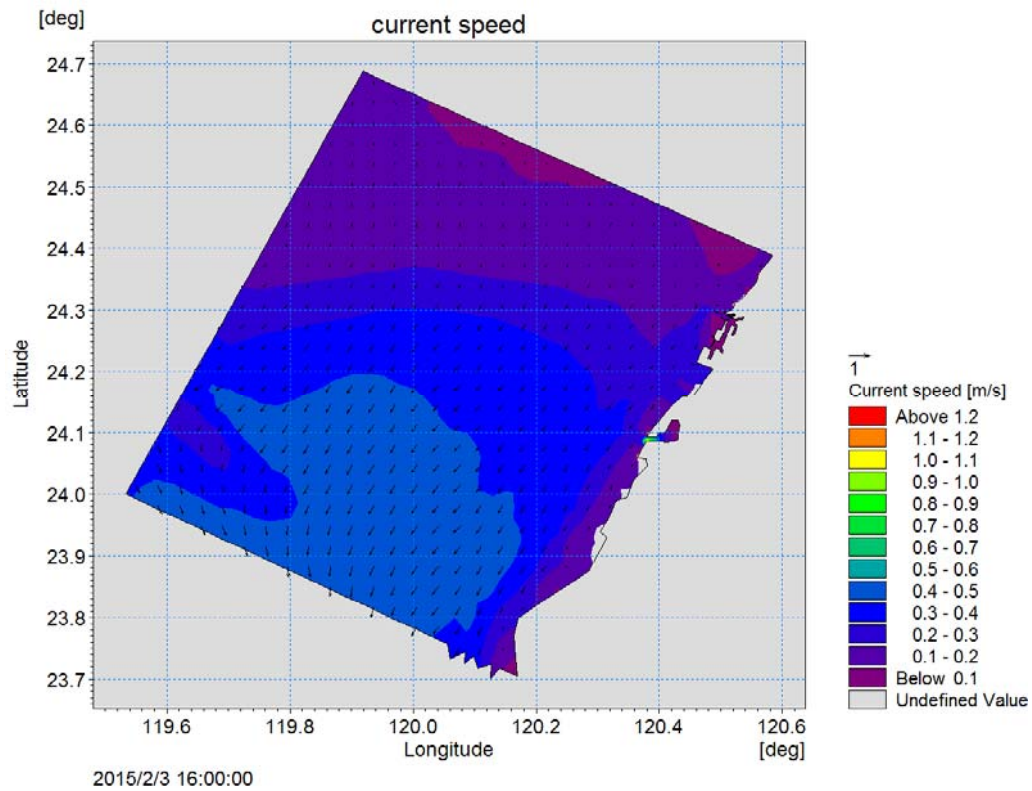


圖 4.27 冬季季風期間風機群設置前模擬流場(低潮)

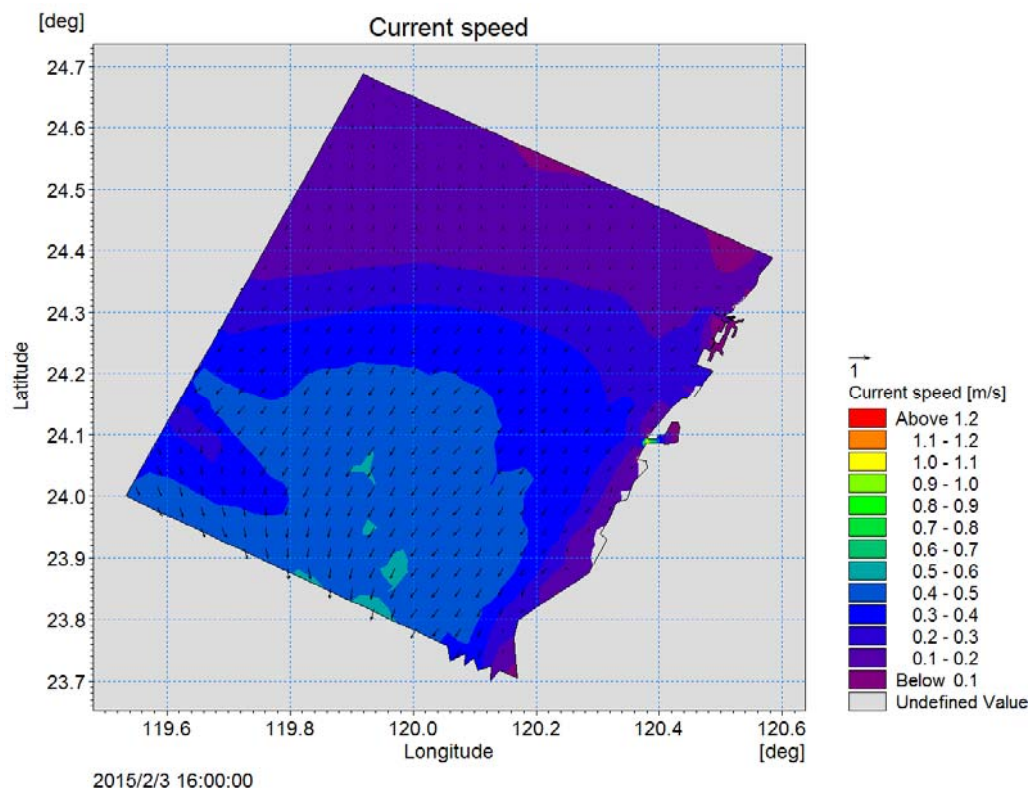


圖 4.28 冬季季風期間風機群設置後模擬流場(低潮)

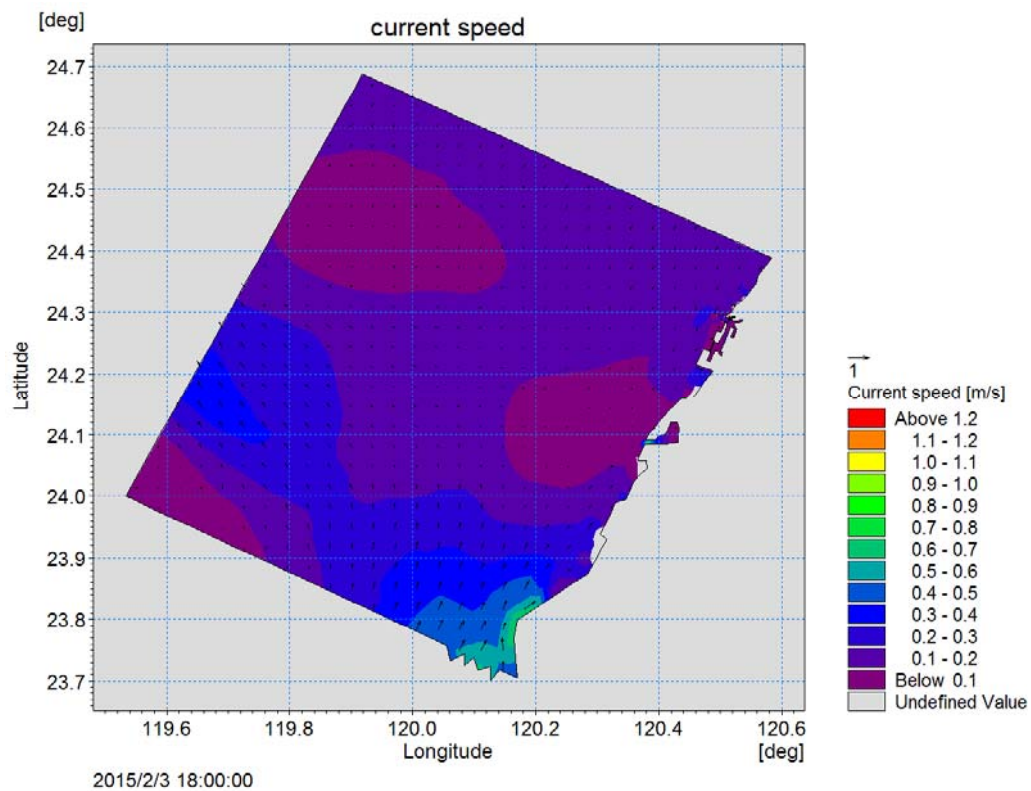


圖 4.29 冬季季風期間風機群設置前模擬流場(漲潮)

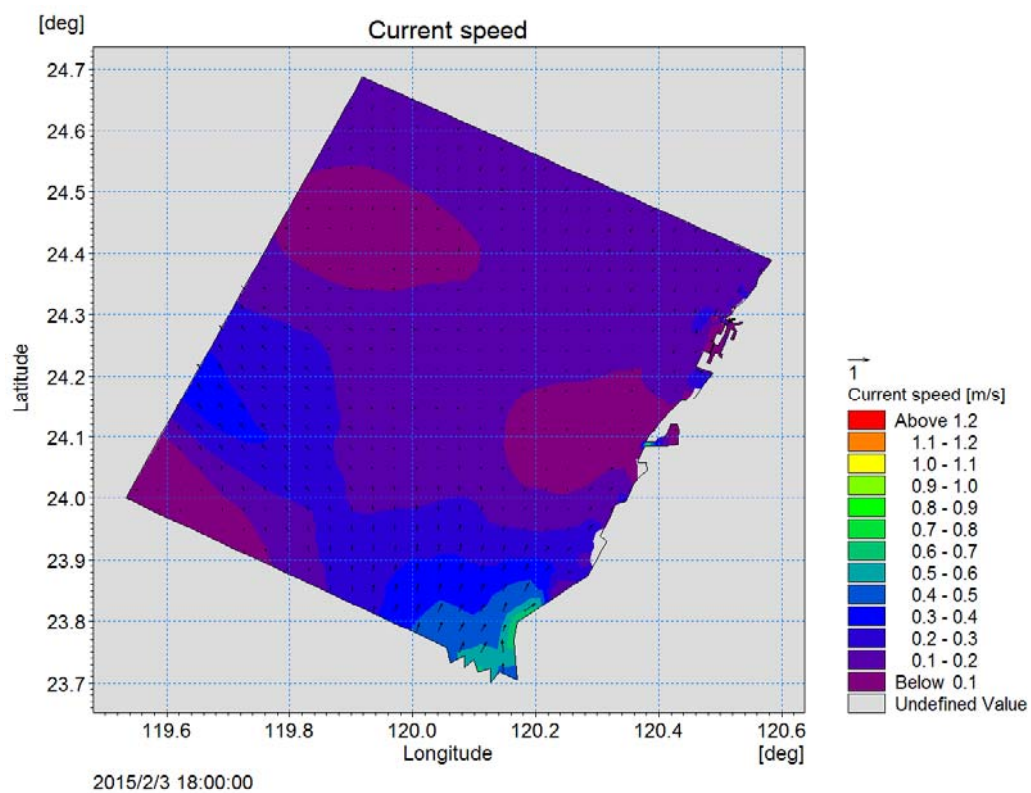


圖 4.30 冬季季風期間風機群設置後模擬流場(漲潮)

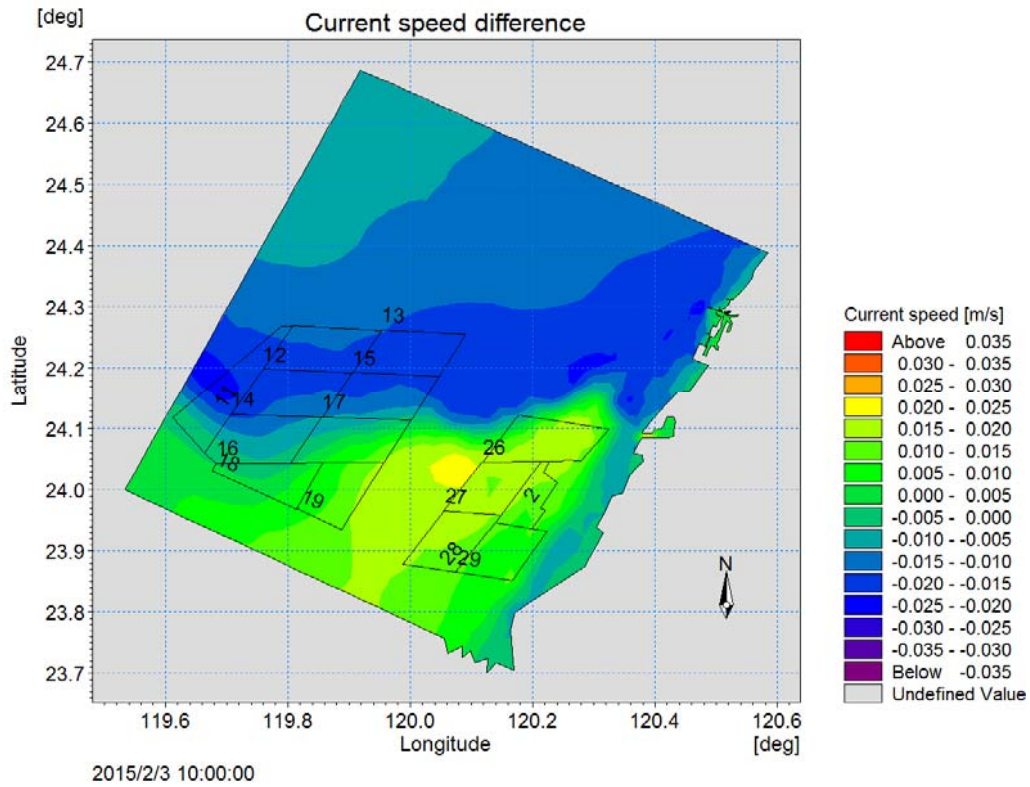


圖 4.31 冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(滿潮)

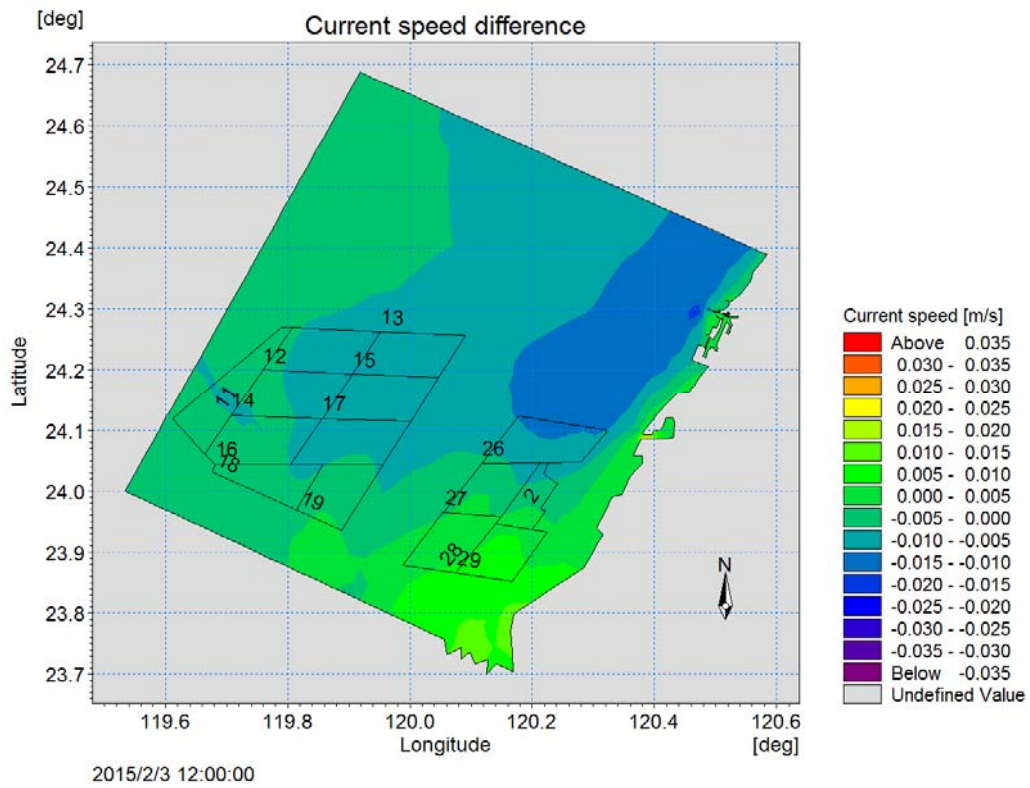


圖 4.32 冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(退潮)

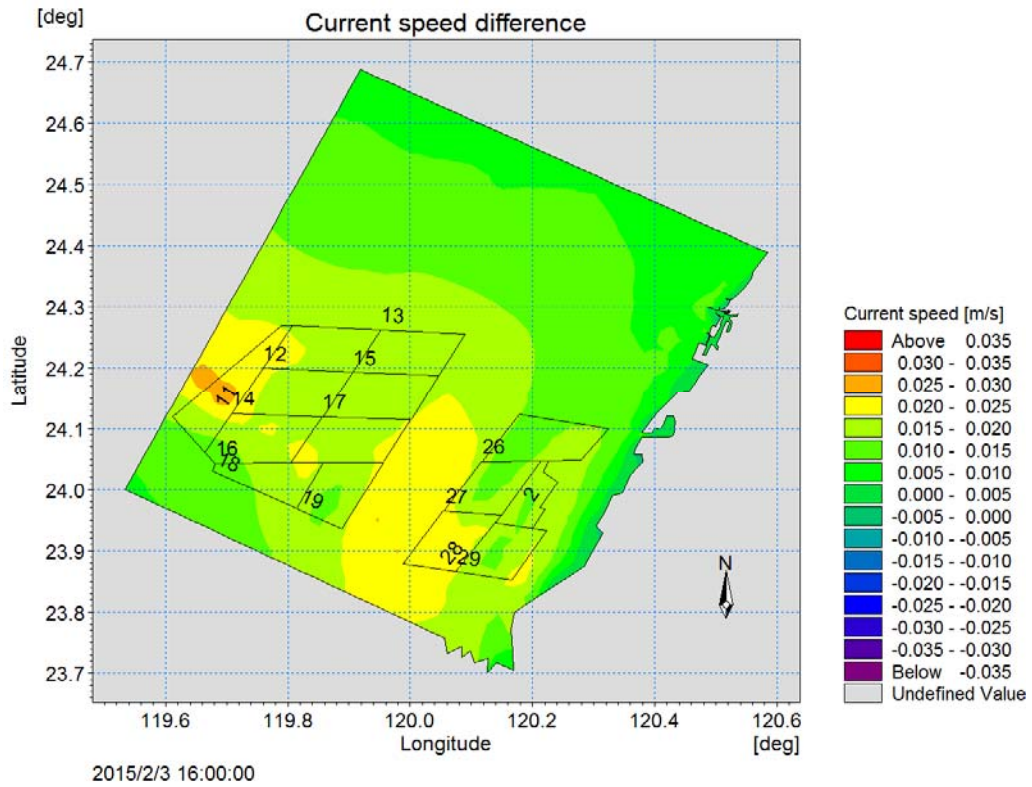


圖 4.33 冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(低潮)

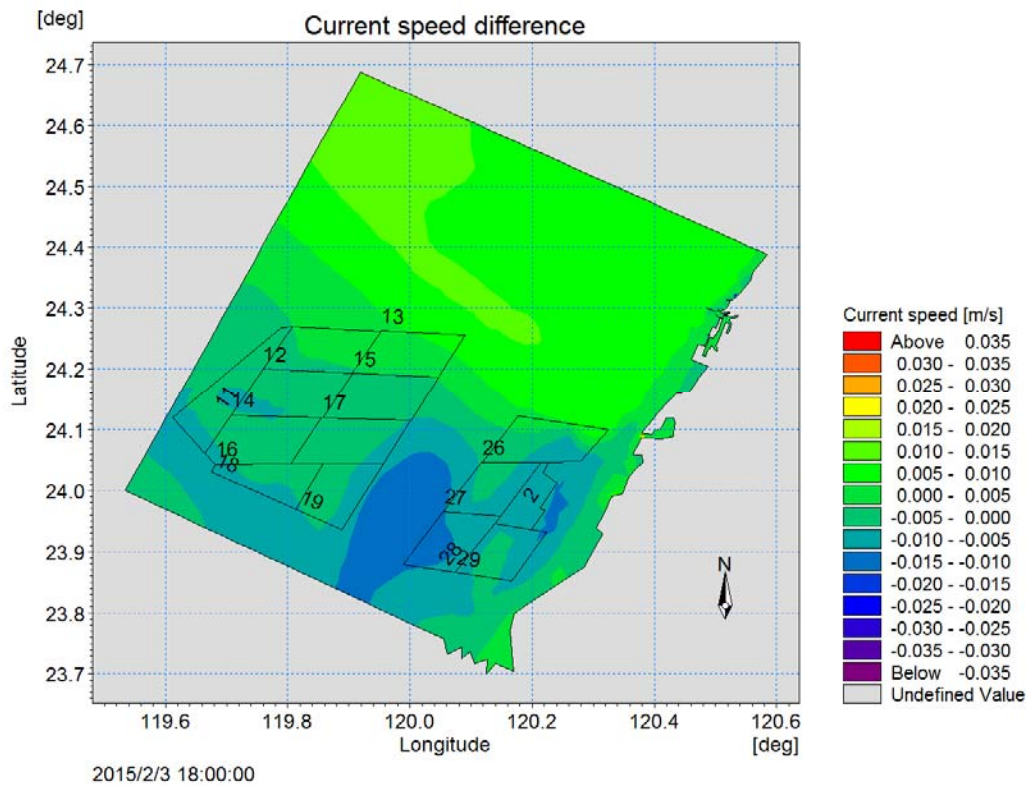


圖 4.34 冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(漲潮)

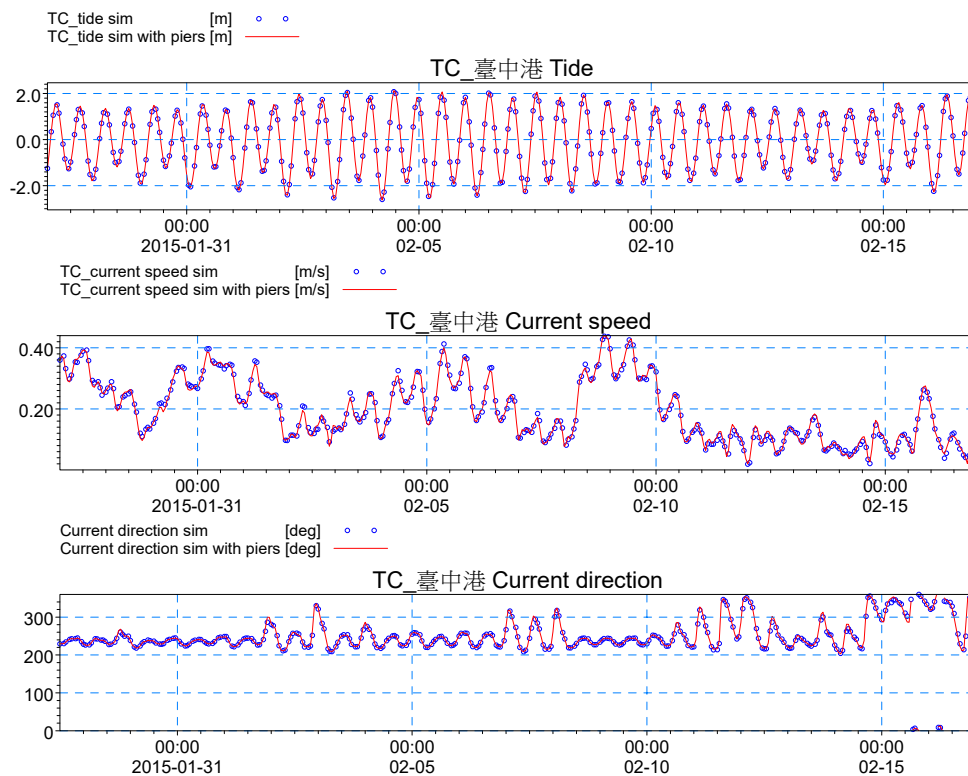


圖 4.35 冬季季風期間風機群設置後臺中港站潮、流模擬比較

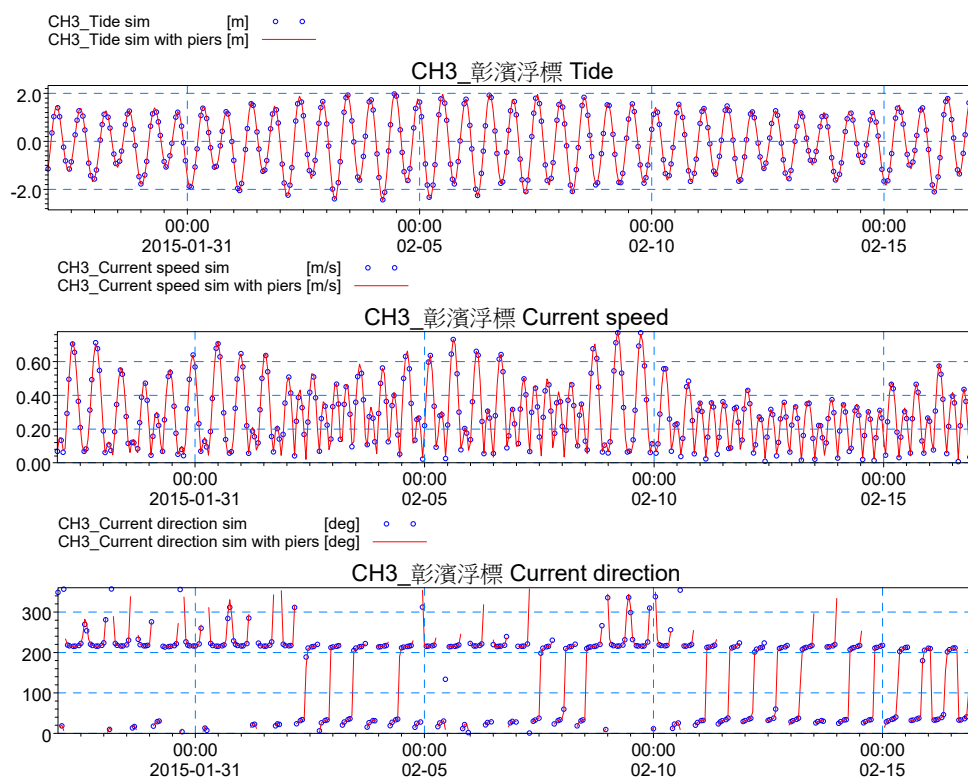


圖 4.36 冬季季風期間風機群設置後彰濱浮標站潮、流模擬比較

4.4.2 夏季季風期間風機群設置後水動力模擬計算成果

夏季季風期間流場同冬季之比較方式，取潮汐變化之 4 個時間點進行流場差異比較，以下選取 8 月 3 日之 9:00(漲潮中)、12:00(滿潮)、14:00(退潮)、18:00(低潮)，各時刻之風機設立前、後之模擬流場，如圖 4.35 至圖 4.42 所示。

由上述系列圖中可看出夏季季風期間漲潮時呈現由南往北流動，流速大多在 1m/s 以下，滿潮時主要仍是由南往北流動，靠近於西側較外海處出現向西流動的分布，南側之濁水溪出海口以北至永興海埔地以南之近岸處，呈現沿岸由北往南流動，整體區域內流速分布大多在 0.4m/s 以下，退潮時呈現由西側外海向東側陸地方向流動，近岸處大致上以臺中港南方之烏溪出海口為界，以北大多為向北流動，以南大多為向南流動，整體區域內流速分布大多在 0.8m/s 以下，低潮時流動方向與退潮時類似，從外海往陸地方向流動，近岸處於烏溪出海口以北向北流動，以南向南流動，整體區域內流速分布大多在 0.4m/s 以下。

然而，各時刻風機群設置前、後模擬流場平面分布圖非常相似，無法從兩張平面圖直接比較風機群設置前後之差異，因此將選擇之時間點風機群設置後模擬流場與現狀模擬流場相減，得出流速差值之平面分布圖，如圖 4.43 至圖 4.36。

從模擬差異結果圖中可看出於漲潮時(圖 4.43)航道西側之 11 至 19 號場區均無明顯變化，航道東側出現局部變化，於 29 號場區流速較為設置風機群前些微下降，下降幅度在 0.0032m/s 以內，於 29 號場區東西側與 17 號場區西側流速皆較未設置前高，增加幅度在 0.0016m/s 以內，圖 4.44 滿潮時，於航道區域和 14 號場區西側出現局部流速上升現象，增加幅度在 0.0016m/s 以內，於 19、26、27、29 號及西島場區呈現流速下降現象，下降幅度約在 0.004m/s 以內。圖 4.45 退潮時流場差異則無局部變化現象產生。圖 4.46 低潮時同樣出現局部變化，於航道區域與 29 號場區東側出現局部流速上升現象，增加幅度在以 0.0016m/s

內，於 19、27、29 號及西島場區內流速較為設置風機群前為低，下降幅度在 0.004m/s 以內。

另外針對研究範圍海域內取臺中港(TC)、彰濱浮標(CH3)處位置比較風機設置後，單點之潮位、流速與流向，是否與現況條件下有所差異，臺中港之模擬結果如圖 4.47、圖 4.48 所示，由設定條件及模式所模擬結果可看出，潮位、海流流速，海流流向，風機群設置後在這兩位置皆無造成影響。

整體而言，雖然在夏季季風期間的流場分布，在此 7 個獲選遴選場區於風機群設置後，在航道區域與部分離岸風電場區內出現局部流速上升或下降變化，和冬季季風期間之模擬結果差異不同，但流速的變動大小皆於 0.004m/s 以內。

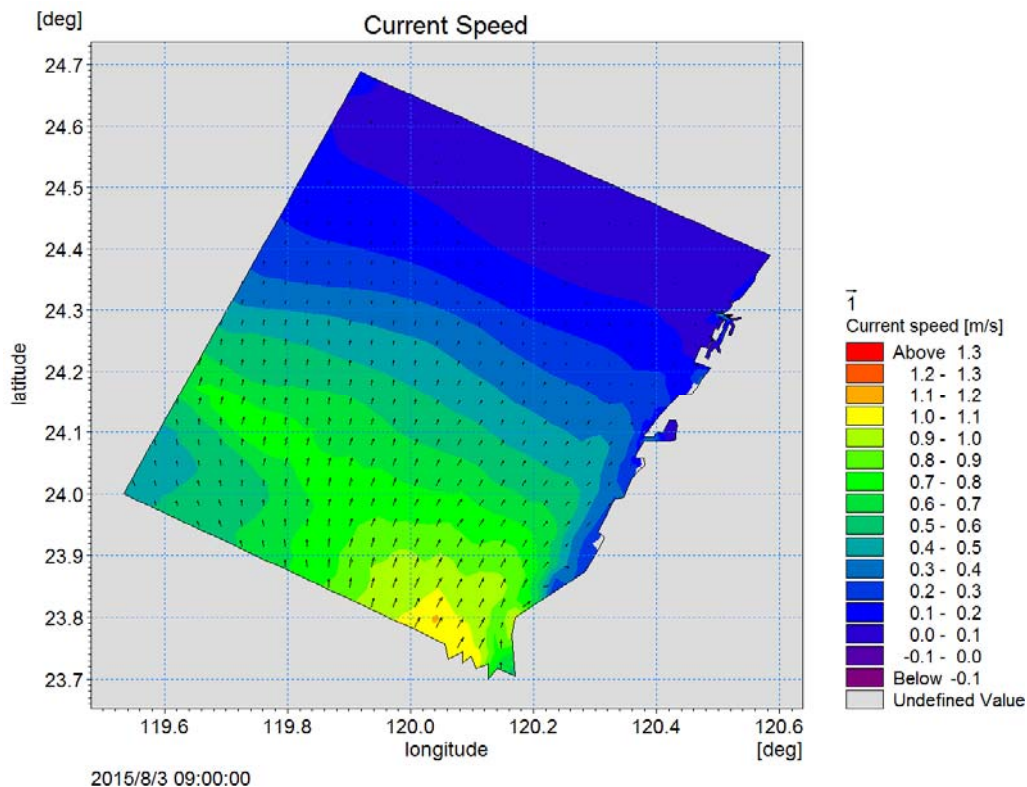


圖 4.37 夏季季風期間風機群設置前模擬流場(漲潮)

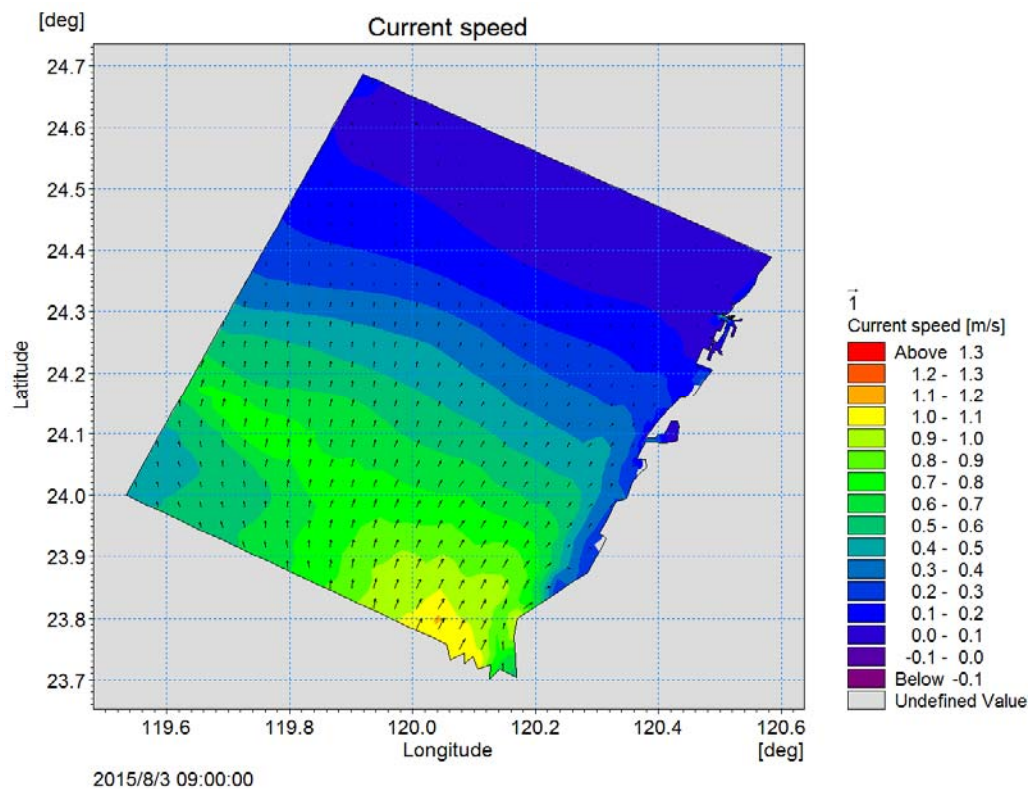


圖 4.38 夏季季風期間風機群設置後模擬流場(漲潮)

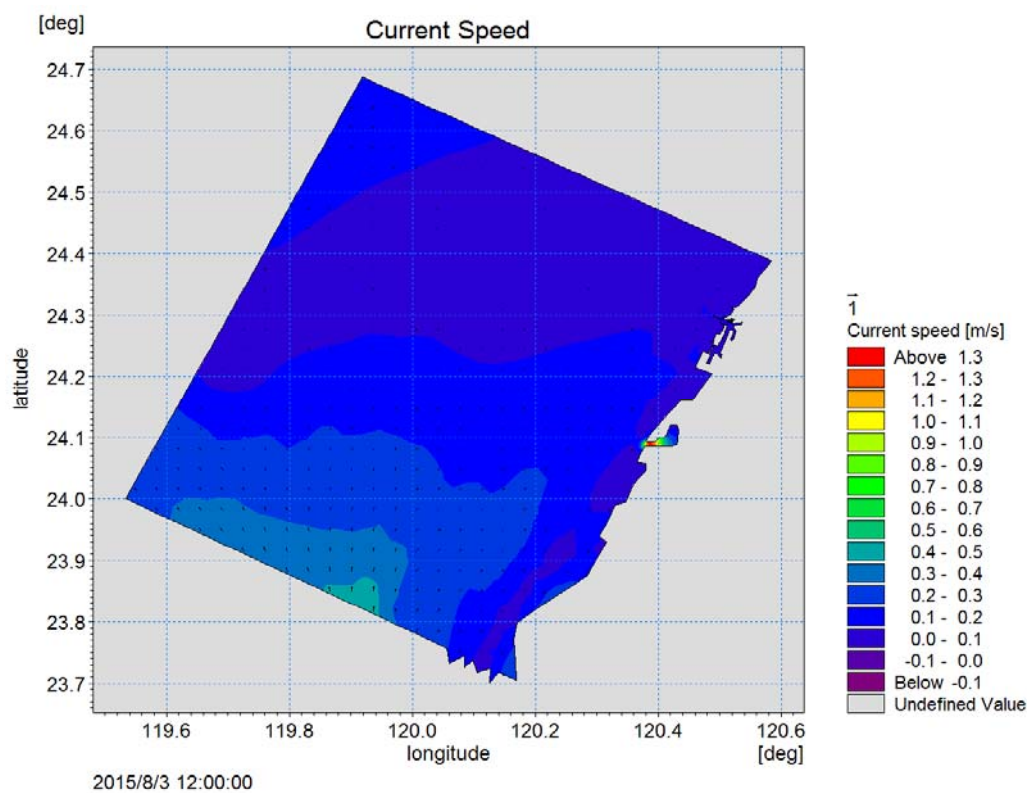


圖 4.39 夏季季風期間風機群設置前模擬流場(滿潮)

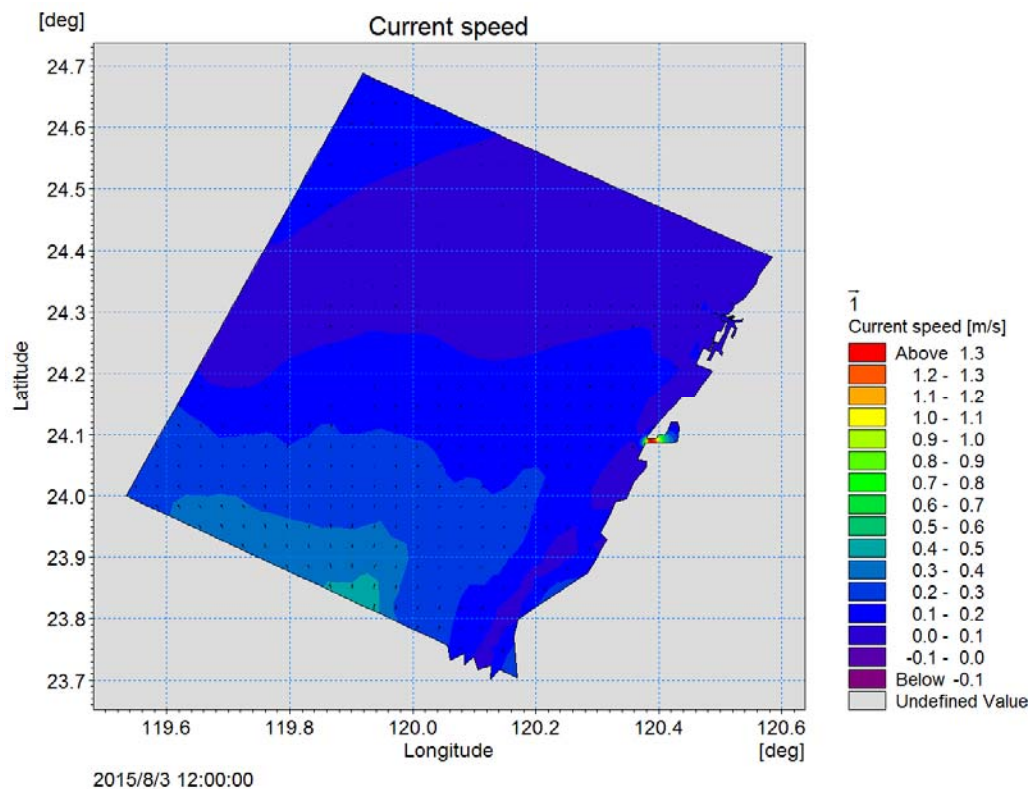


圖 4.40 夏季季風期間風機群設置後模擬流場(滿潮)

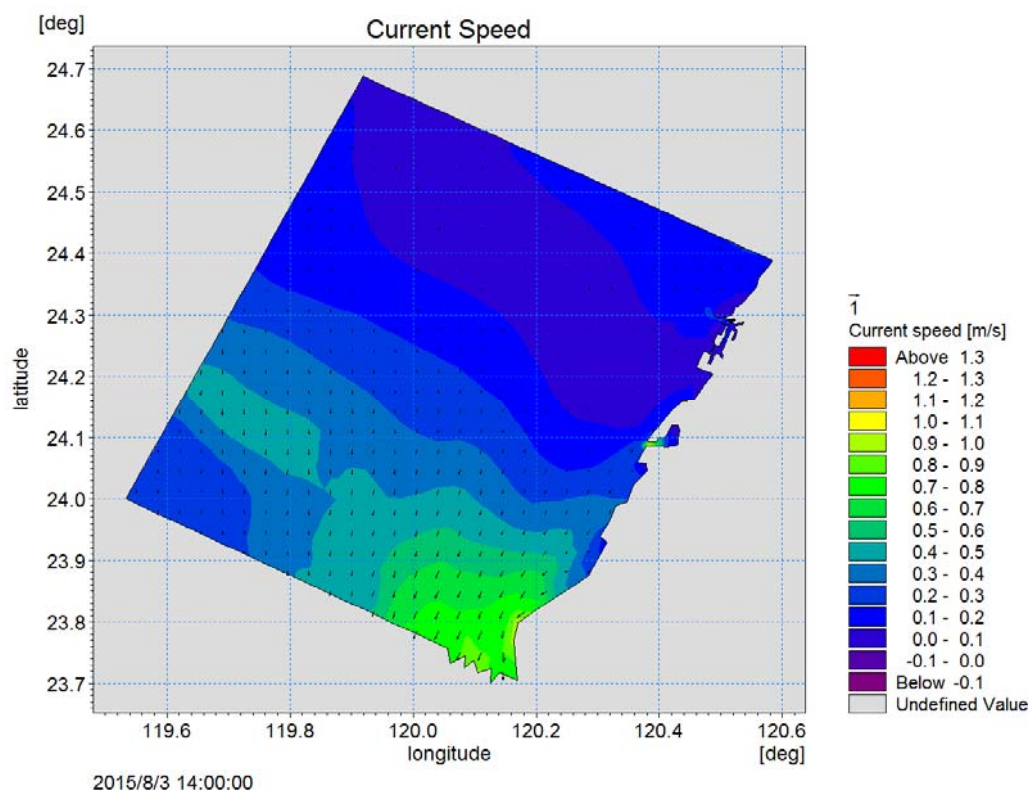


圖 4.41 夏季季風期間風機群設置前模擬流場(退潮)

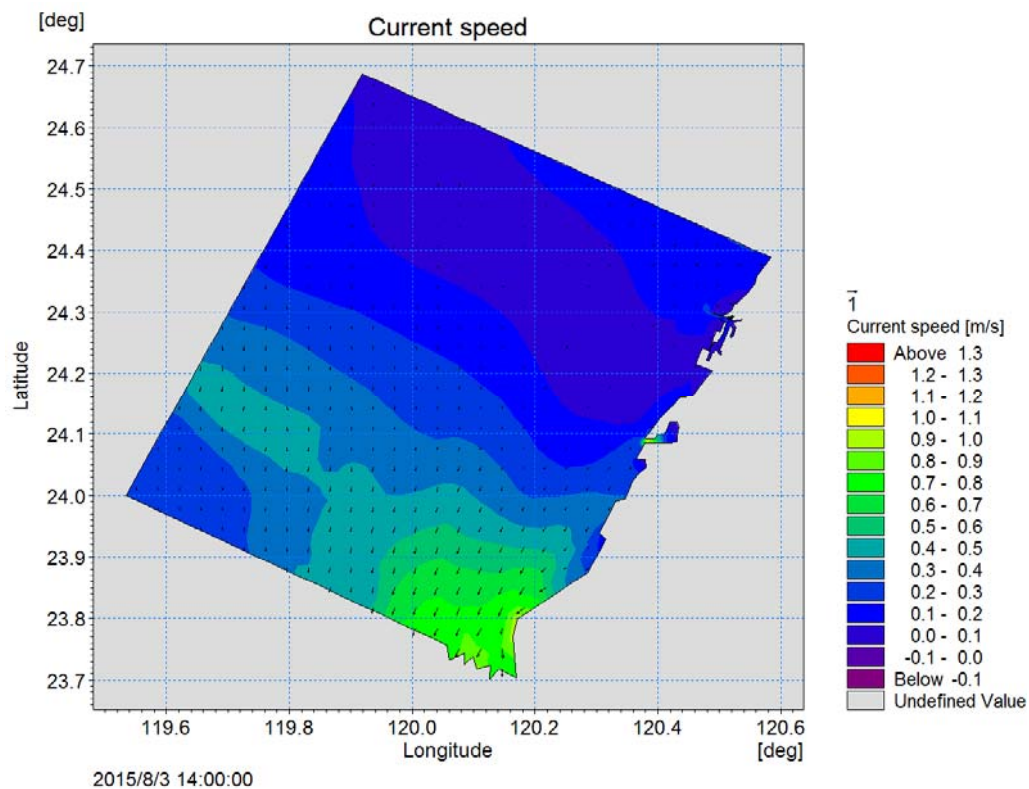


圖 4.42 夏季季風期間風機群設置後模擬流場(退潮)

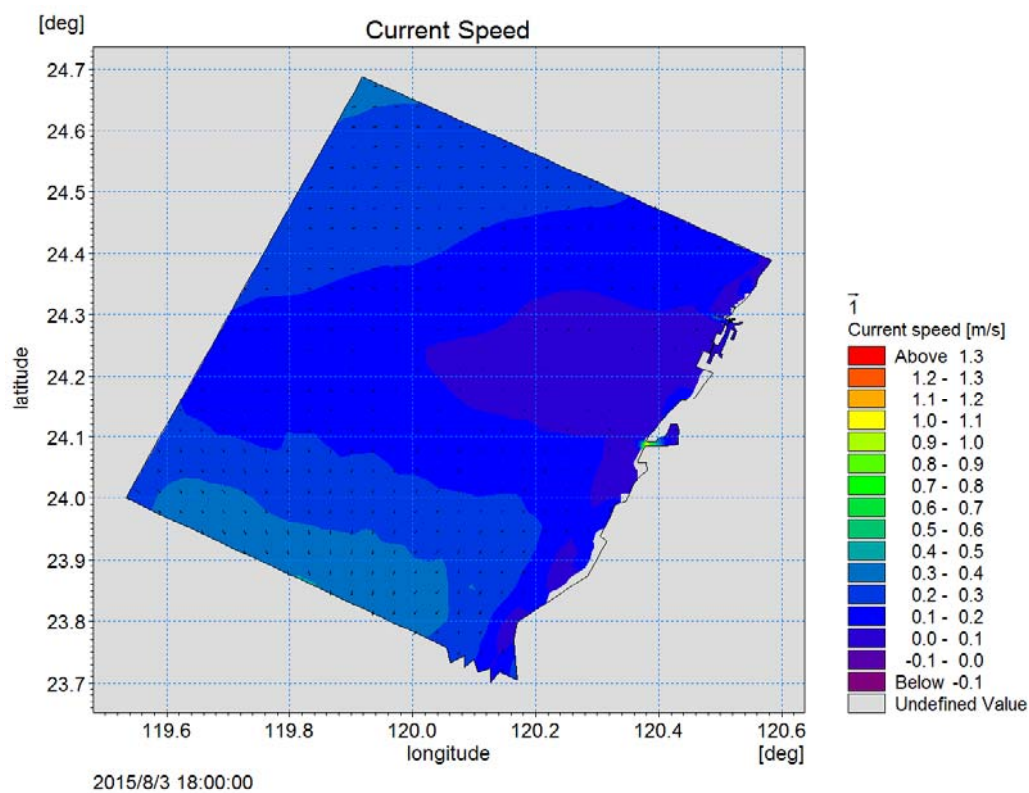


圖 4.43 夏季季風期間風機群設置前模擬流場(低潮)

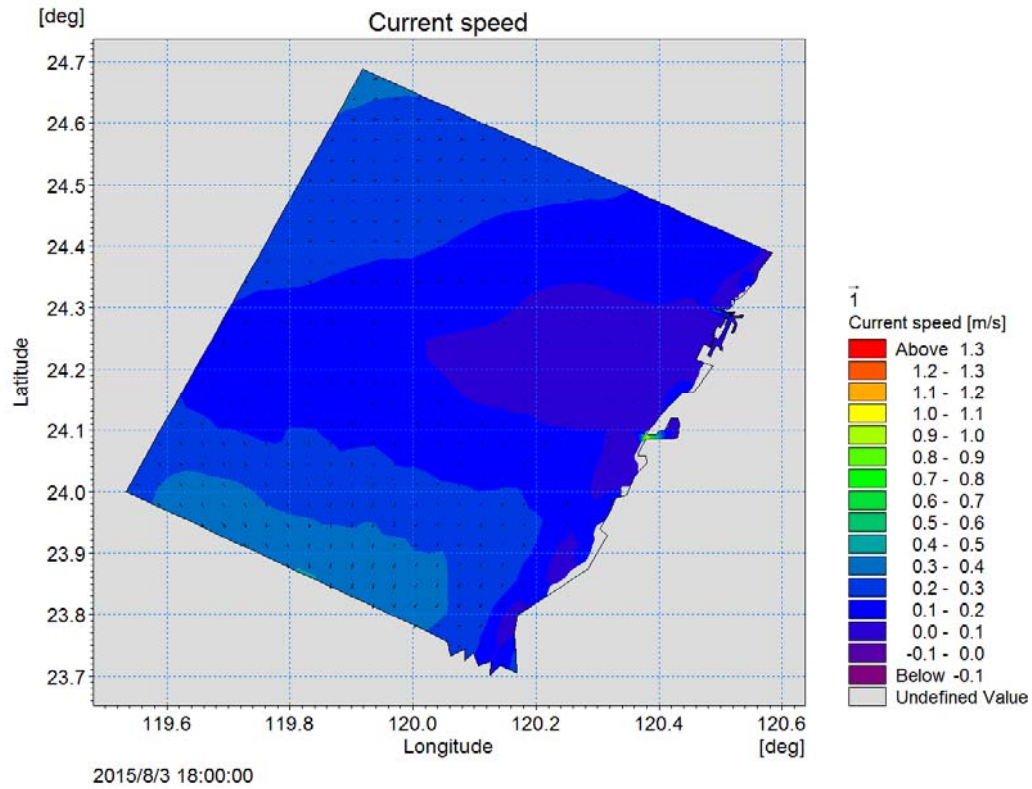


圖 4.44 夏季季風期間風機群設置後模擬流場(低潮)

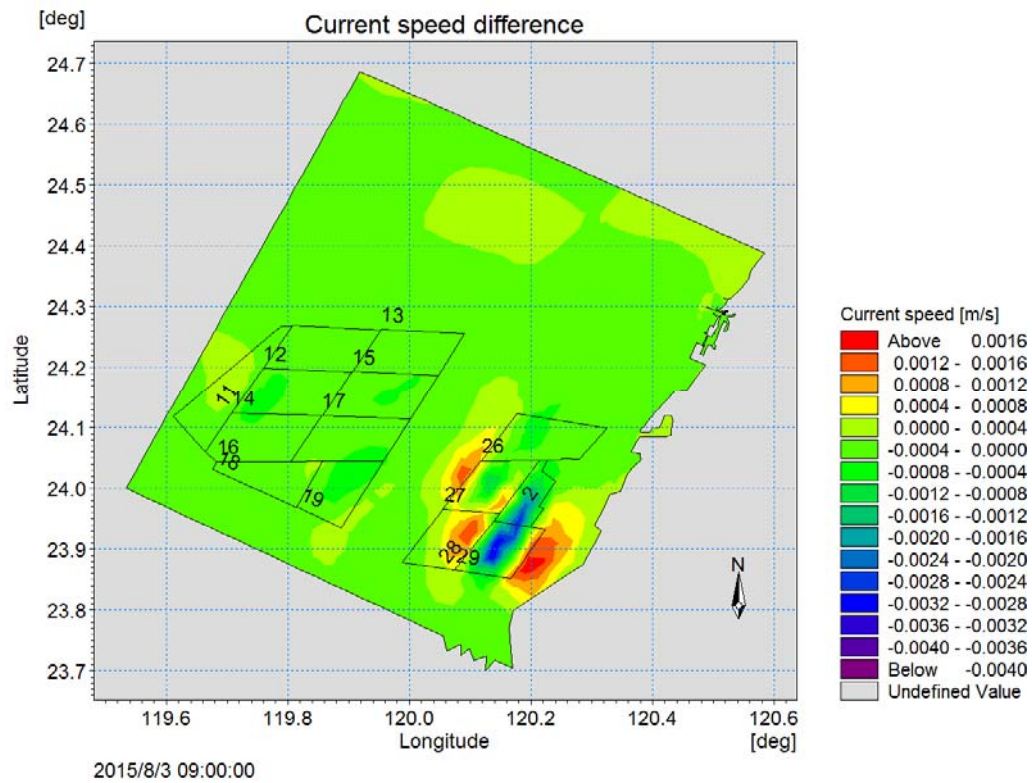


圖 4.45 夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(漲潮)

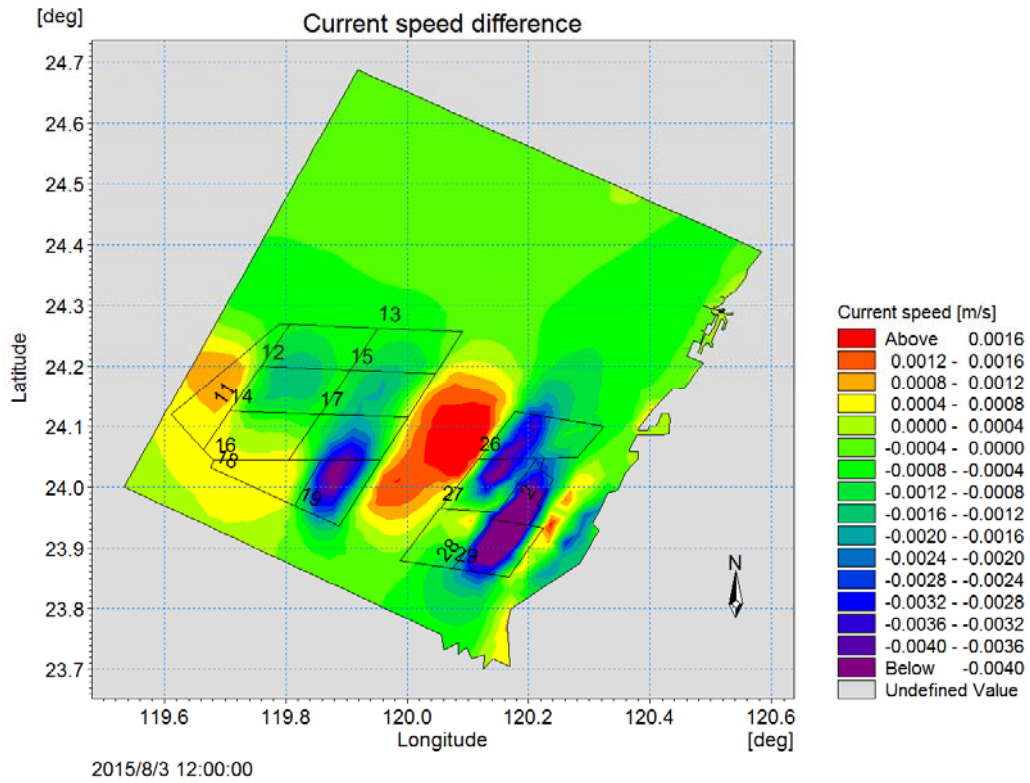


圖 4.46 夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(滿潮)

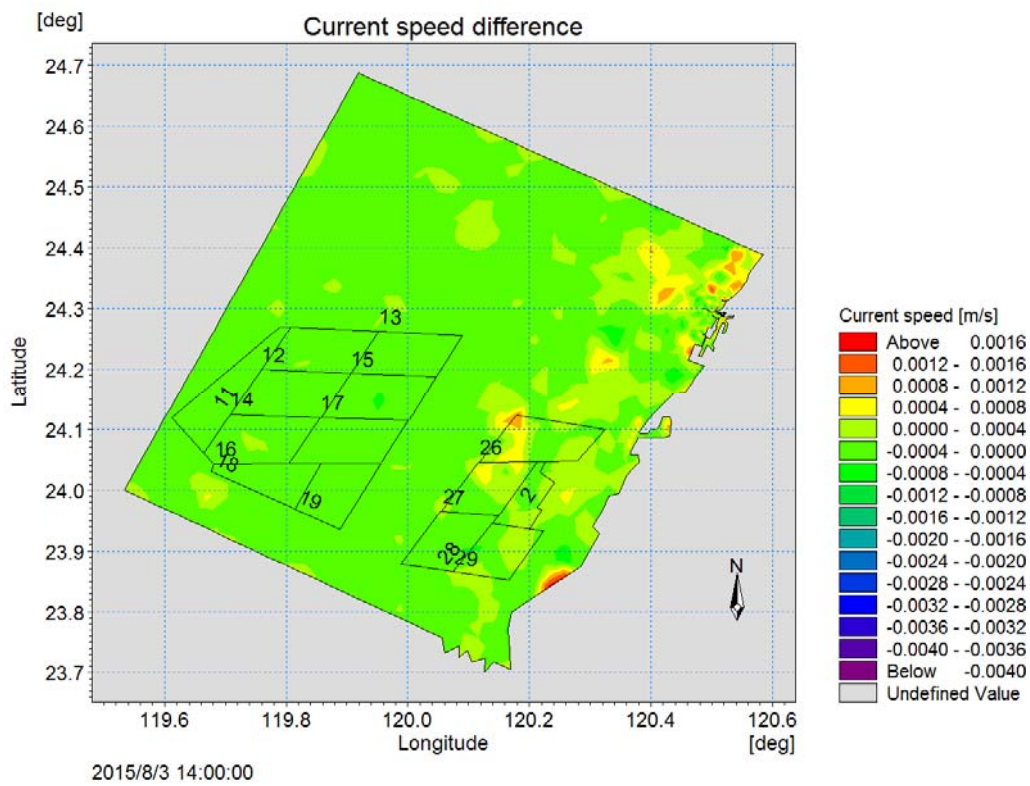


圖 4.47 夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(退潮)

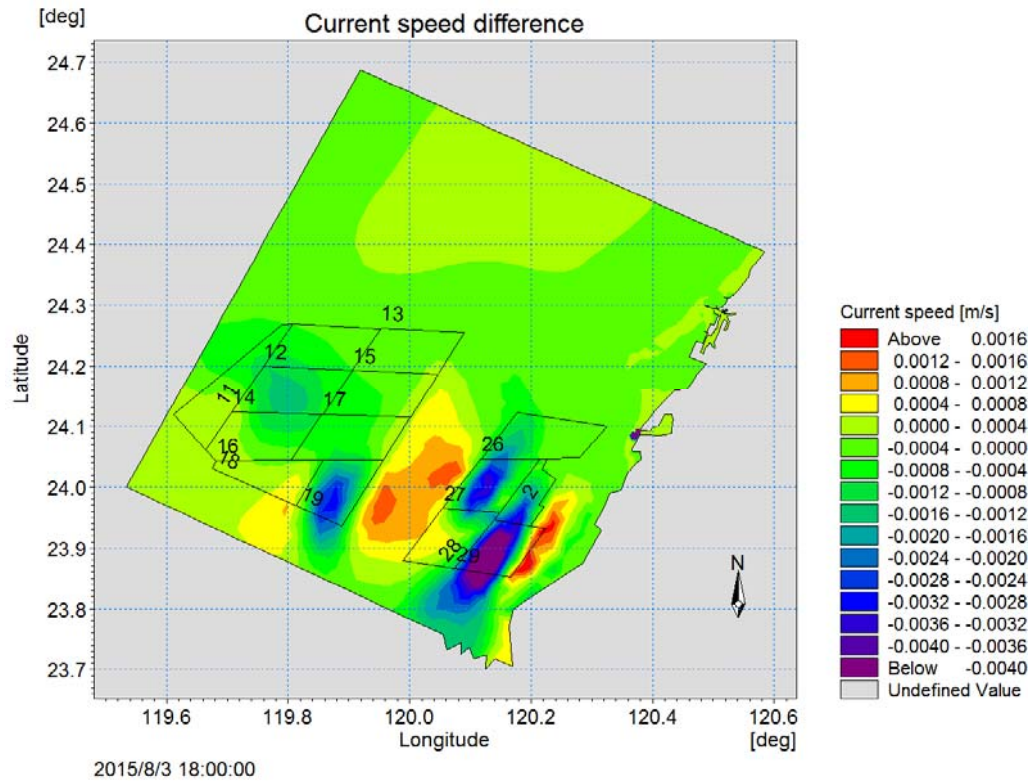


圖 4.48 夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(低潮)

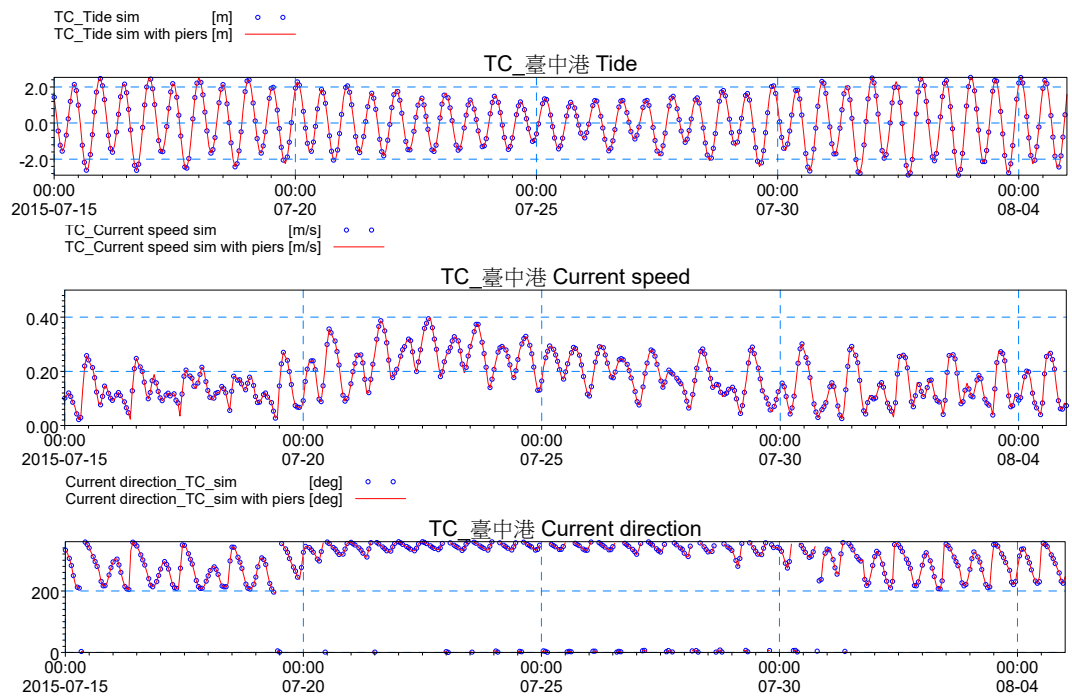


圖 4.49 夏季季風期間風機群設置後臺中港潮、流模擬比較

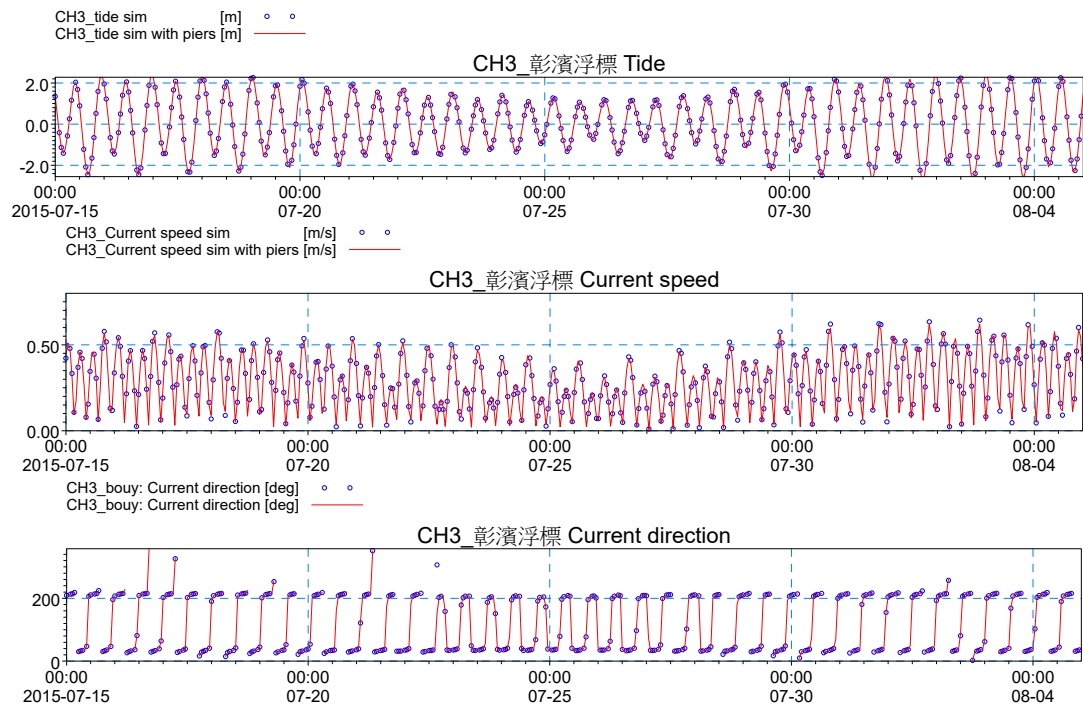


圖 4.50 夏季季風期間風機群設置後彰濱浮標潮、流模擬比較

4.4.3 颱風期間風機群設置後水動力模擬計算成果

颱風期間流場同冬季之比較方式，以蘇迪勒颱風為模擬案例，取颱風直接影響臺灣中部海域當日之潮汐變化之 4 個時間點進行流場差異比較，以下選取 8 月 8 日之 1:00(漲潮中)、4:00(滿潮)、7:00(退潮)、10:00(低潮)，各時刻之風機設立前、後之模擬流場，如圖 4.49 至圖 4.56 所示。

由上述系列圖中可看出蘇迪勒颱風期間的 8 月 8 日整日流場均為由北向南之流動，漲潮時流速大多在 0.8m/s 以下，於濁水溪出海口處有出現由南向北流動，並與由北向南流動匯集向外海方向(向西)流動的現象，滿潮時主要仍是由南往北流動，靠近於西側較外海處有較高流速(約 1m/s)之分布，低潮時，整體區域內流速依舊在 0.7m/s 以上，於東側近岸處流速較低，流速約在 0.4m/s 以下。

討論風機群設立後於颱風期間之流場差異，與冬季、夏季相同，各時刻風機群設置前、後模擬流場平面分布圖非常相似，無法直接從設置

前後平面圖其差異，因此將選擇之時間點風機群設置後模擬流場與現狀模擬流場相減，得出流速差值之平面分布圖，如圖 4.57 至圖 4.60。

從模擬差異結果圖中可看出於漲潮時(圖 4.57)，14、17、26 及 27 號場區出現局部變化，流速較無設置風機群情況為低，差異約在 0.006m/s 以內，於 29 號場區之流速較設置風機群前為高，差異約在 0.006m/s 以內，圖 4.58 滿潮時，整個模擬範圍內流速幾乎與風機群設置前均無差異，圖 4.59 退潮時，於風機群設置之區域均出現流速較設置前為低的現象發生，差異約在 0.015m/s 以內，於 28 號與 19 號場區之間的航道中，與 29 號場區東側，則出現流速較風機群設置前為高之現象，差異約在 0.006m/s 以內。圖 4.60 低潮時，可看出退潮時之局部變化範圍擴大，但差異範圍與退潮時相似，於航道區域與 29 號場區東側出現局部流速上升現象，於 19、27、29 號及西島場區內流速較為設置風機群前為低。

整體而言，有關颱風期間的流場分布，於獲選遴選之 7 場址於風機群設置後，在航道區域與部分離岸風電場區內出現局部流速上升或下降變化，與夏季季風期間之模擬結果差異相似，與冬季季風期間之模擬結果差異不同，但流速的變動大小約於 0.015m/s 以下。

綜合上述冬季、夏季、颱風期間模擬 7 個離岸風電場址設置風機群前、設置後之潮汐、流場運動情形並計算平面流場改變情形、挑選台中港潮波流儀與彰濱浮標位置之模擬歷線圖後，從結果可知，以現有觀測站位置來看，潮位變化與風機群設置前幾乎無差異，流場部份在設置風機群後對設置風機群之場址附近有局部流場改變，流速之變化量皆於 0.015m/s 以下。

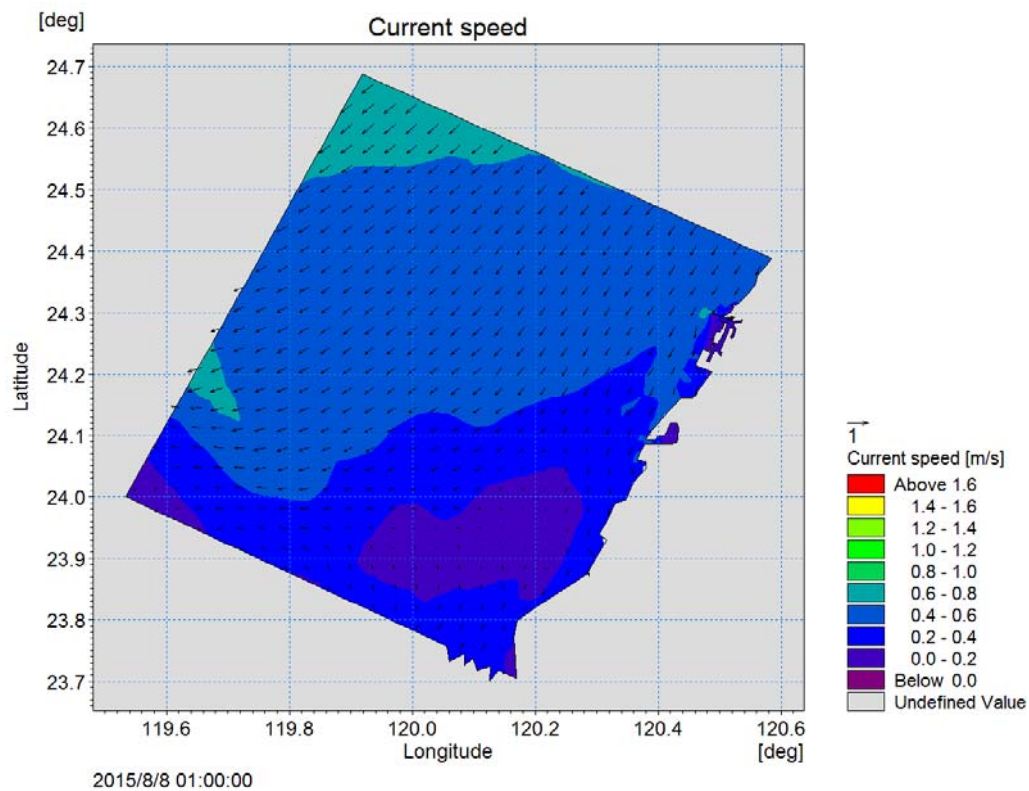


圖 4.51 風機群設置前蘇迪勒颱風期間模擬流場(漲潮)

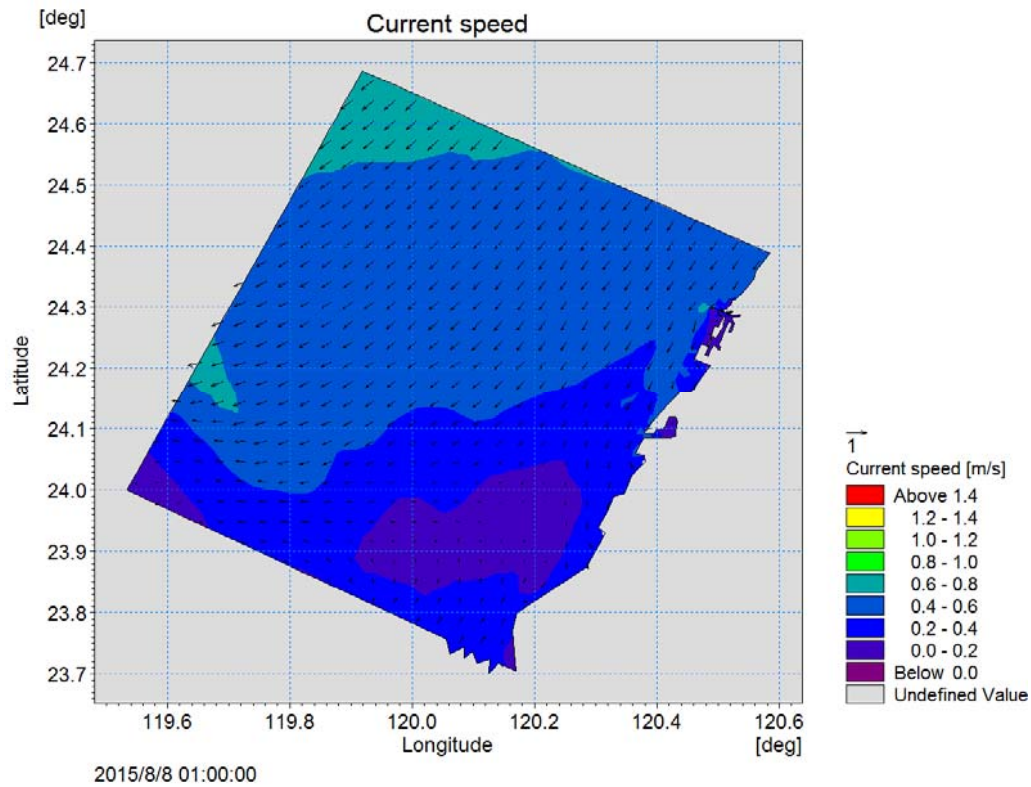


圖 4.52 風機群設置後蘇迪勒颱風模擬流場(漲潮)

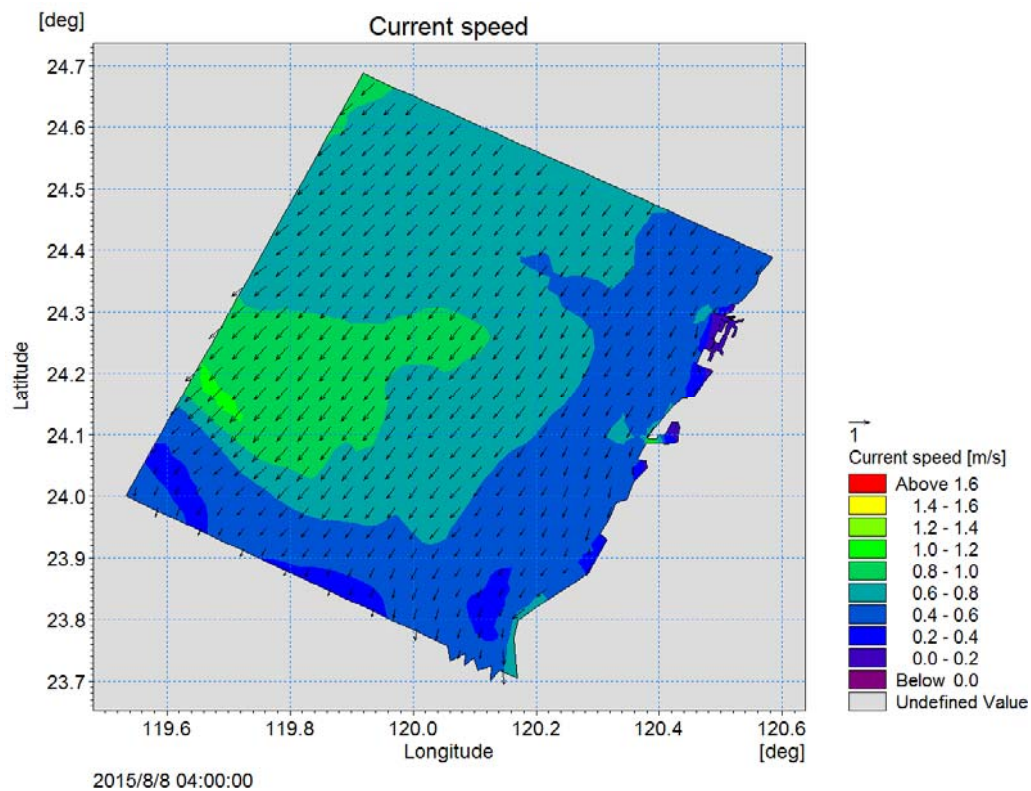


圖 4.53 風機群設置前蘇迪勒颱風期間模擬流場(滿潮)

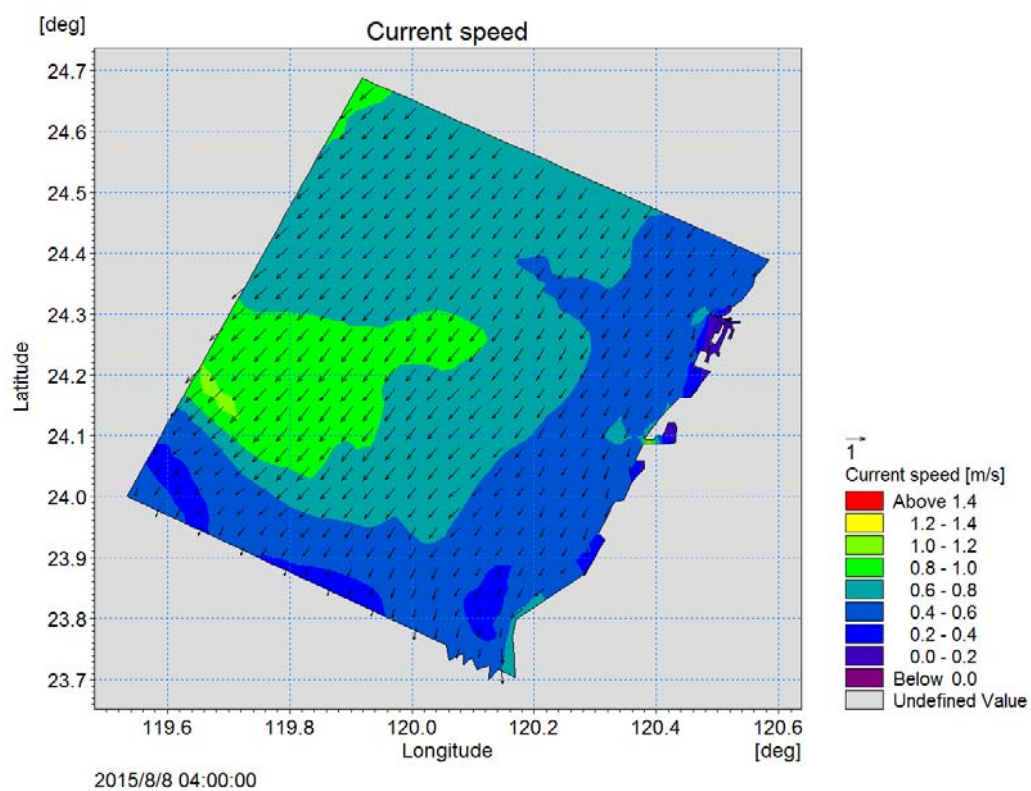


圖 4.54 風機群設置後蘇迪勒颱風模擬流場(滿潮)

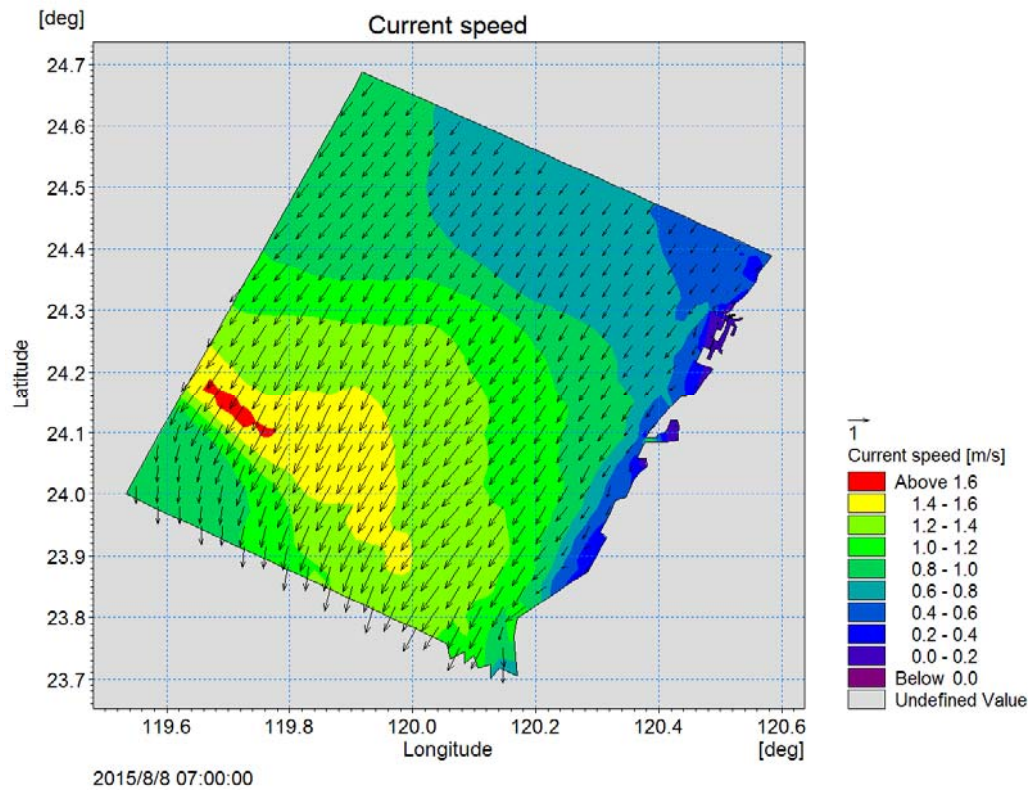


圖 4.55 風機群設置前蘇迪勒颱風期間模擬流場(退潮)

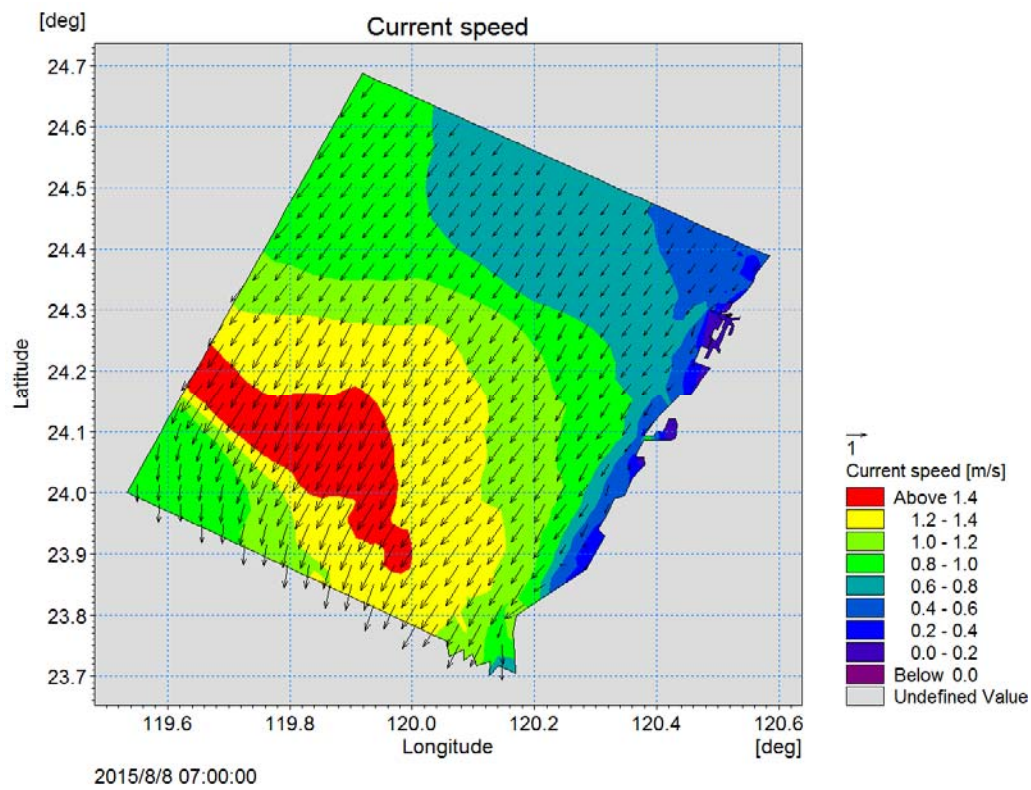


圖 4.56 風機群設置後蘇迪勒颱風期間模擬流場(退潮)

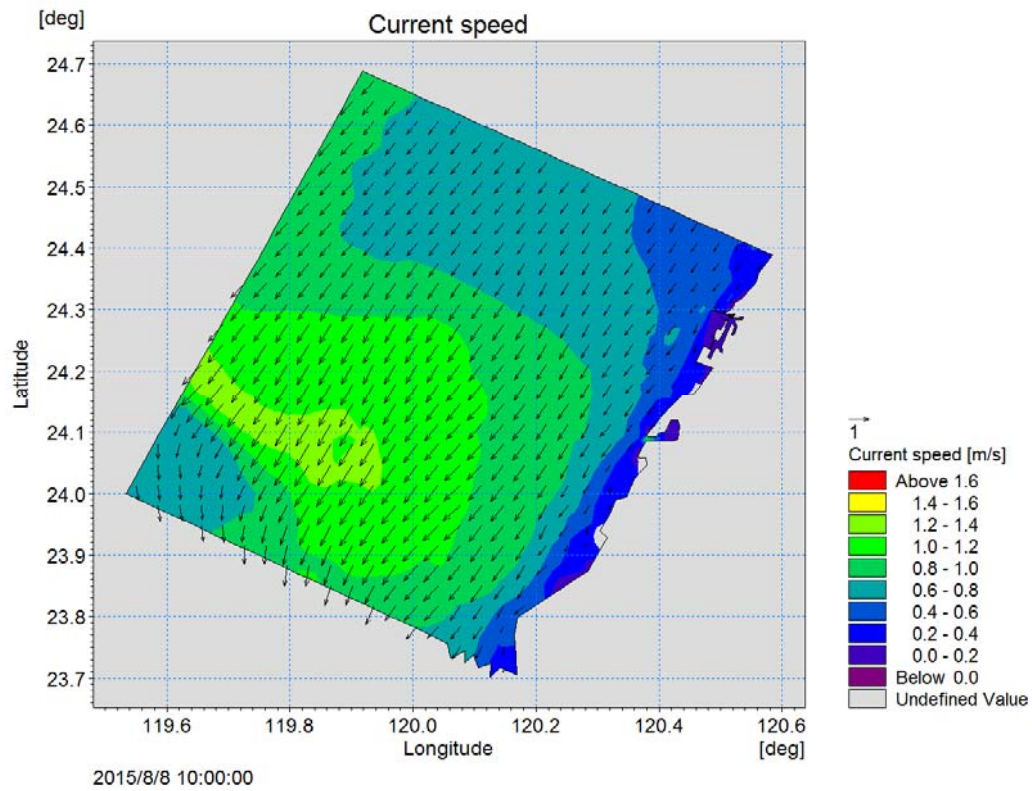


圖 4.57 風機群設置前蘇迪勒颱風期間模擬流場(低潮)

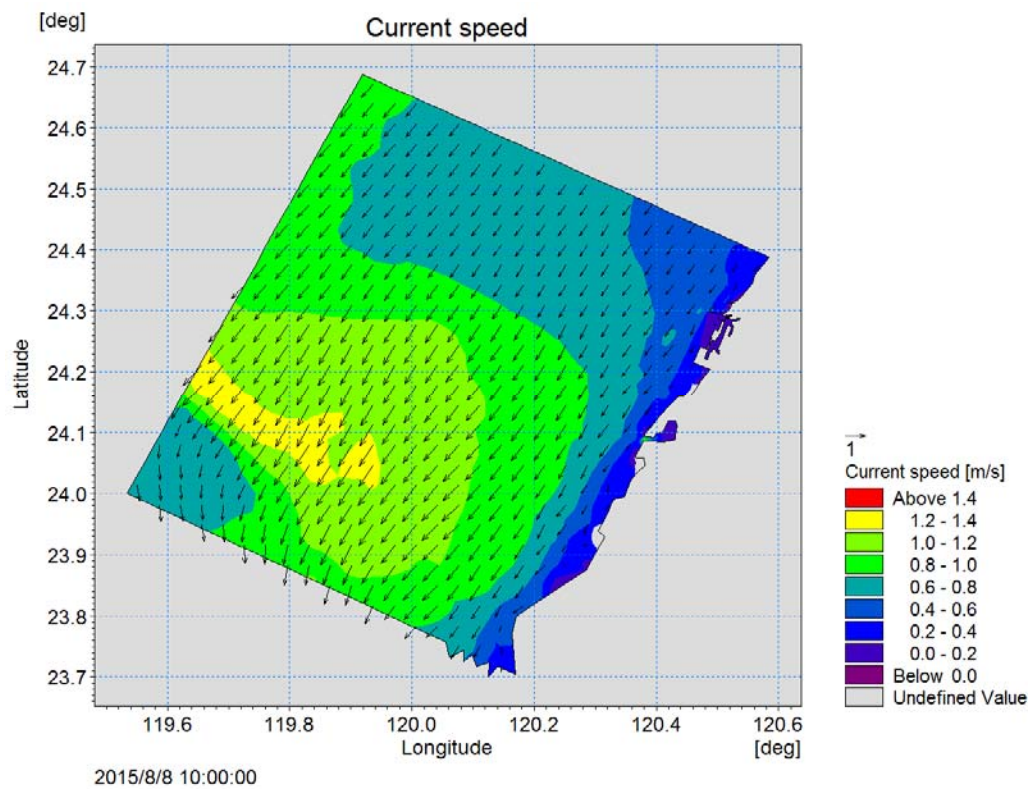


圖 4.58 風機群設置後蘇迪勒颱風期間模擬流場(低潮)

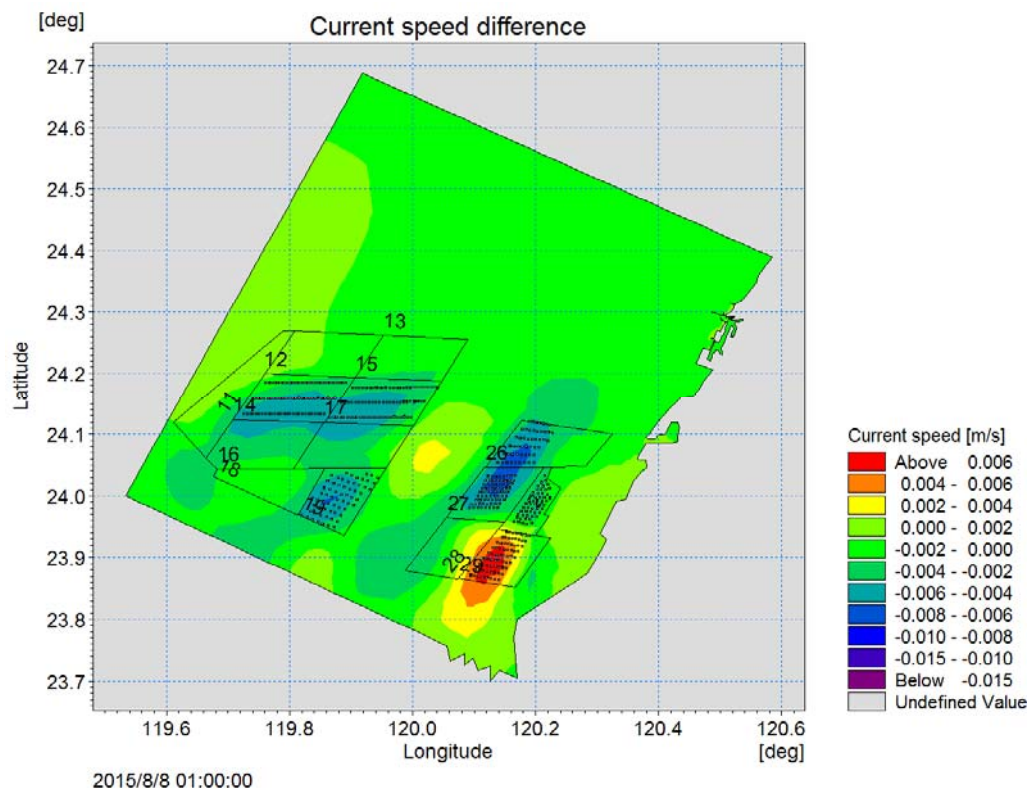


圖 4.59 蘇迪勒颱風期間風機群設置後流場模擬差異結果(漲潮)

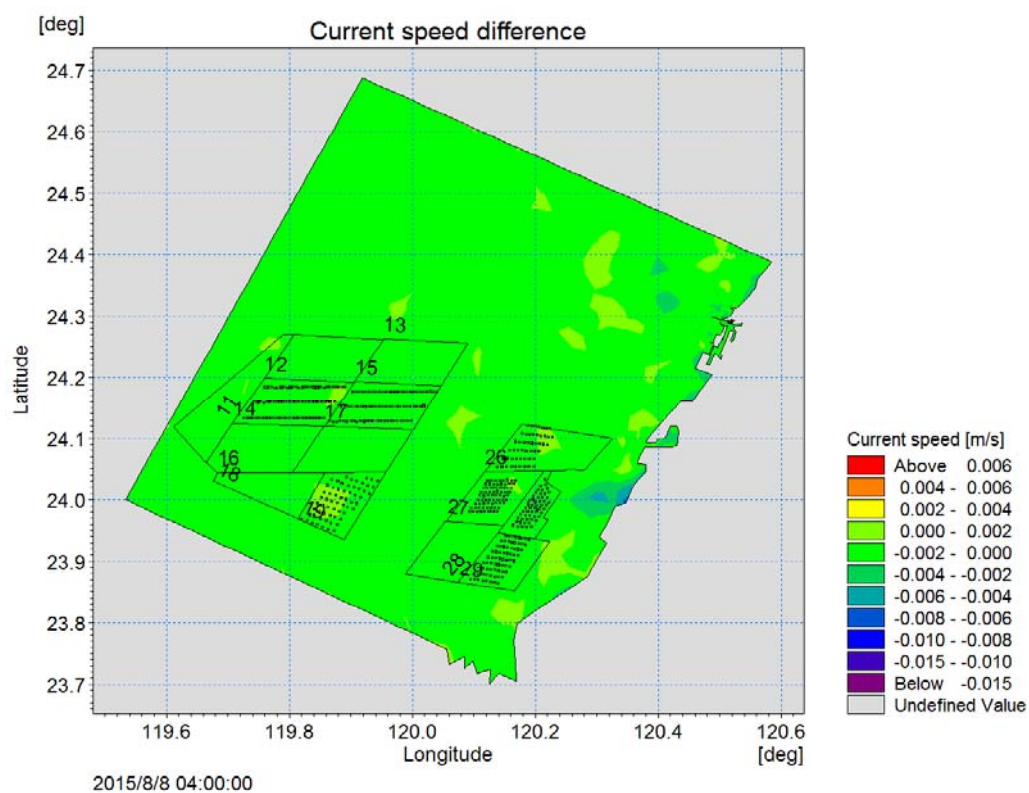


圖 4.60 蘇迪勒颱風期間風機群設置後流場模擬差異結果(滿潮)

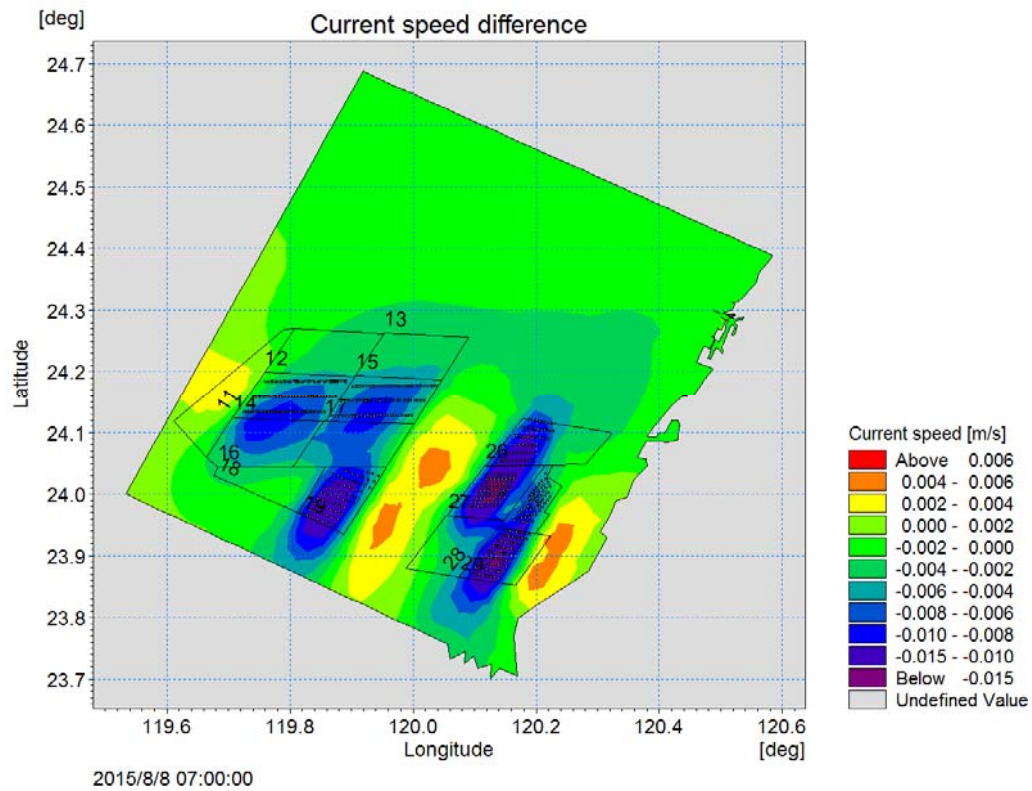


圖 4.61 蘇迪勒颱風期間風機群設置後流場模擬差異結果(退潮)

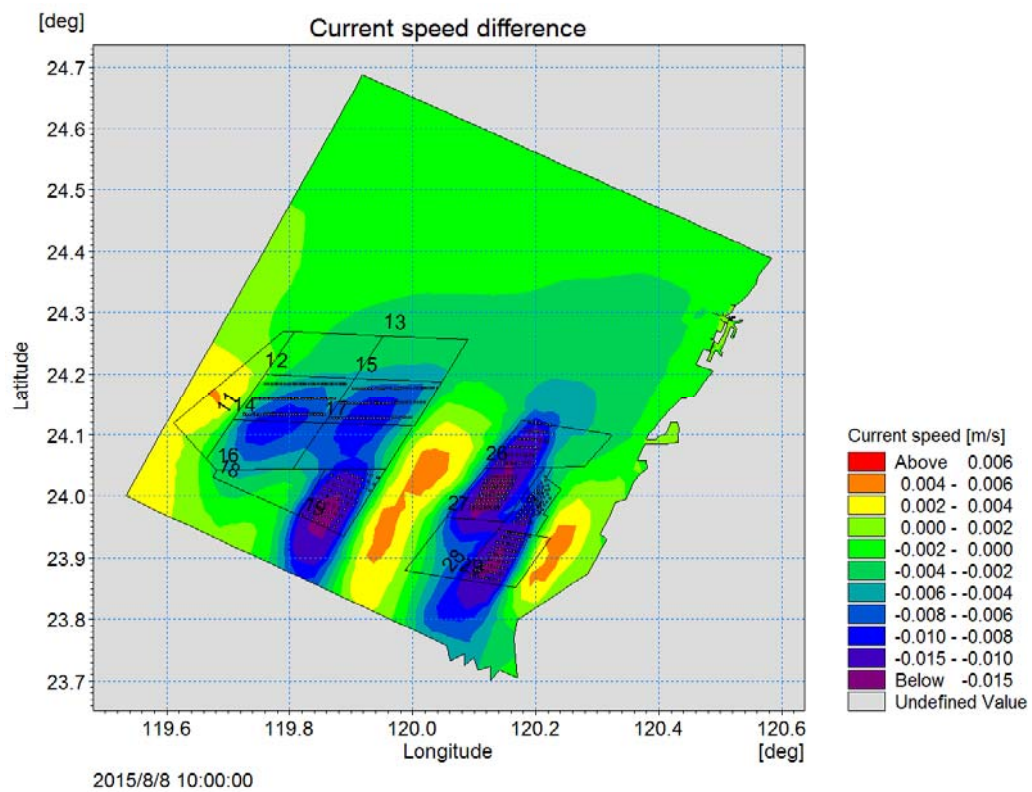


圖 4.62 蘇迪勒颱風期間風機群設置後流場模擬差異結果(低潮)

第五章 結論與建議

本計畫屬「離岸風電海下工程技術研發計畫」(106-109 年)其項下子計畫「離岸風電區鄰近海域波流及地形變遷數值分析」3 年期(107-109 年)之第 1 年計畫進行臺中鄰近海域波浪及海流數值分析，3 年計畫內考量風機群可能造成局部或區域性波場及流場改變，進而影響漂沙行為，長期則可能會造成沿岸地形變遷，並對鄰近港區、航道及沿岸海域造成影響，故進行相關波、流、漂沙及地形變遷等研究探討。

本年度針對中彰鄰近海域波浪及海流數值分析研究，彙整最新鄰近海域風、波、流及海底地形等相關資訊，進行臺中鄰近海域風浪及水動力之季節與颱風特性分析，建置適用於鄰近海域之風浪及水動力非結構性網格之數值模組，並運用臺中、彰化及澎湖海域間之不同單位之海氣象觀測資料進行檢核，並納入臺中鄰近海域潛力風場風機群包含大彰化東南、大彰化西南、海龍二號、西島、彰芳、台電及中能等共 7 個離岸風場區之風機，模擬設置風機後對臺中鄰近海域波場及流場影響程度。所建置模式與觀測資料有良好相關性，模擬成果顯示設置風機群後會有局部區域波高與流速變化，鄰近離岸風場區的整體波高略微下降，流速依潮汐漲退及位置略微增減，但改變量小。

本研究成果，可供本所後續漂沙及海岸地形變遷計畫參考供後續水工試驗、工程建設及長期地形變遷分析之參考應用，並期望執行結果可提供港務公司或風電相關產業，作為管理、營運、防災之參考，以落實政府風能發電政策。

5.1 結論

1. 地形水深資料外海部分蒐集美國國家海洋暨大氣總署(NOAA)之 ETOPO5 及 ETOPO1、台灣海洋科技研究中心彙編之臺灣周圍附近 200 公尺海域水深地形資料、海軍大氣海洋局刊行之海軍水道

圖(臺中港)資料外，對於臺中、彰化沿岸海岸及臺中港域等海域近岸部分則蒐集經濟部水利署第三河川局及第四河川局近岸海域測深資料、臺中港務公司 106 年臺中港域測深資料等，並整合成模式數位化水深資料。

2. 依臺中港測站歷年(2006~2017)平均風速為 9.6 m/s，風速偏大以分佈大於 10 m/s 為主佔 42%，冬季時，東北季風強勁且穩定，平均風速為四季最大，為 13.1 m/s，風速分佈以大於 10 m/s 為主，佔整季 67.2%，夏季時，風速為四季最小，為 6.5 m/s，風速分佈以 5 m/s~10 m/s 區間為主，佔整季 42.3%。
3. 依臺中港測站歷年(1999~2016)波高分佈以 0.5~1 公尺所佔比率最高，約佔全期 28.7%。波浪週期以 6~7 秒所佔比率最高，約佔全期 27.7%，7~8 秒所佔比率次高，約佔全期 22.7%。歷年波向以 NNE 及 N 向為主，分別佔全測期比率 35.7%及 30.3%，冬季時，平均波高約為 2.15 公尺，為四季最大。
4. 依臺中港測站歷年(2003~2016)平均流速為 40.0 cm/s，平均流為 22.3 cm/s (NW)，流速分佈以介於 25 cm/s~50 cm/s 間為主，佔全測期 39.0%，流向分佈以介於 W~N 間為主，佔全測期 46.3%。四季中以冬季平均流最大，約為 36.4 cm/s。
5. 完成波浪及水動力網格建置，模式範圍為東經 105°至 150°、北緯 5°至 40°，共有 6,111 個節點及 10,533 個三角形元素，模式邊界網格大小約 1°，並對本計畫重點探討區域網格加密方式處理，局部區域網格大小約 0.03°。
6. 完成波浪及水動力模組，共模擬 7 個離岸風電場址風機群設置後波、流情形，其中大彰化東南、大彰化西南、海龍二號、西島、彰芳及中能配置風機機樁數量及位置係取環評配置最多風機數方案，至於台電離岸風電場址風機數則依已獲遴選核配 300MW 總容量調整下之設置 50 座風機方案。

7. 整體臺灣中部海域波浪觀測站其波高模擬與實測比對，波高模擬值變化趨勢與實測示性波高變化趨勢相近，以澎湖浮標結果較佳，彰化浮標次之，臺中港測站模擬結果偏小。其原因係本模式風場資料使用 WRF-M00 預報風場，風場網格解析度 45km，在近內陸波浪觀測站(如臺中港)預報風速值較實測風速偏小、與實測風場誤差較大之緣故，尤其模擬颱風時期有明顯低估實際風速之情形。
8. 冬季、夏季及颱風期間計算風機群設置後之示性波高改變量整體平均下降 0.002 m、0.002 m 及 0.0006m，波浪僅於風機群周圍發生改變但不明顯，表示風機群設置後對整體海域影響範圍有限。
9. 冬季、夏季及颱風期間所輸出 3 段波浪空間剖面結果可知，設置風機群後僅對海域圓柱結構體周圍有局部反射及遮蔽效應，但波浪通過後變形效應衰減，海域環境僅局部受設置風機群影響。
10. 整體潮位模擬而言，比對冬季、夏季期間，臺中港與澎湖尖山港觀測站處之潮位模擬結果與趨勢變化與觀測資料相符。冬季均方根誤差分別為 0.2482m 及為 0.1848m，夏季均方根誤差分別為 0.2573m 及為 0.2554m。
11. 冬季、夏季及颱風期間的在風機設置前後之流場分布，依設定條件及模式所模擬結果可看出，風場場址附近會出現局部流速變化，但流速變動大多在 0.015m/s 以內。

5.2 建議

1. 後續計畫建議將 13 離岸風場址均放入考量，探討整體風場架設更完整之影響性，並進一步考量波流耦合對於漂沙影響。
2. 後續將依模擬不同路徑颱風對臺灣中部海域波流影響。

參考文獻

1. 王星宇、方惠民、江允智(2016)「彰濱外海風力發電場址之海象調查與研究」2016 台灣風能協會會員大會暨學術研討會，2016 年 12 月。
2. 宋芷萱(1993)，颱風侵襲下東沙島海岸地形變遷之研究，私立弘光科技大學環境工程研究所碩士論文。
3. 許朝敏、林銘崇、楊文榮、曾瓊蓉(2010)「波浪通過離岸風田之變形研究」，第 32 屆海洋工程研討會論文集，第 375-456 頁。
4. 劉勁成、張憲國(2012)「輸入逐時波浪及水位對數值模擬海岸地形變遷之影響」，第 34 屆海洋工程研討會論文集，第 405-410 頁。
5. 范揚洺、陳家銘、許顯騰、周顯光、劉愛慈(2014)「波浪模擬與預測於離岸風場址之應用」，第 36 屆海洋工程研討會論文集，第 721-726 頁。
6. 張君名 (2016)「基隆外海不同點位波浪設計條件之探討」，第 38 屆水利工程研討會論文集，第 17-22 頁。
7. 張君名、錢樺 (2017)「西北太平洋颱風波浪波高推算」，第 39 屆水利工程研討會論文集，第 25-30 頁。
8. 許弘莒、蔡立宏、楊炳達、郭平巧、李孟學(2016)「臺中港鄰近海域之波流場模擬」，港灣技術季刊，第 1 卷，第 103 期，第 42-63 頁。
9. 顧晨、廖曉敏、張君名、陳涵蒂(2017)「台灣海峽離岸風浪模型數據庫」，第 39 屆海洋工程研討會論文集，第 19-24 頁，2017 年 11 月。
10. 萬竣翔、陳信宏、楊瑞源、黃煌輝、馮宗緯、李中宏(2016)「彰濱外海風力發電場址之象調查與研究」2016 台灣風能協會會員大會暨學術研討會，2016 年 12 月。
11. 萬竣翔、陳信宏、楊瑞源、黃煌輝、馮宗緯、李中宏，(2015)，「福海風場離岸風機套管式基座沖刷及保護工之試驗研究」，台灣風能學術研討會暨 NEP-II 離岸風力及海洋能源主軸中心成果發表會，2015 年 12 月。
12. 呂學德、何無忌、呂威賢、胡哲魁、陳美蘭，(2015)，「台灣離岸風力潛能與優選離岸區塊場址研究」，中華民國第三十六屆電力工程研討會，2015 年 12 月。
13. 江允智、方惠民、宋家驥、周逸儒、王星宇，(2015)，「海象觀測即時監測預警系統研發」，台灣風能學術研討會暨 NEP-II 離岸風力及海洋能源主軸中心成果發表會，2015 年 12 月。
14. 黃清哲、莊士賢、吳立中、范揚洺、林演斌、馮宗緯，(2016)，「離岸風力發電場址波浪特徵之調查與研究」，第 18 屆水下技術研討會暨科技部計畫成果發表會，2016 年 5 月。
15. 黃清哲、莊士賢、林演斌、吳立中、范揚洺、沈明毅、馮宗緯(2016)「福海風

場 離岸風機套管式基座沖刷及保護工及保護工之試驗研究」 2015 台灣風能學術研討會暨 NEP-II 離岸風力及海洋能源主軸中心成果發表會。

16. 張恆文、陳美蘭、林勝豐、顏厥正、胡哲魁，(2015)，「海域施工環境分析暨自動預測系統應用」，台灣風能學術研討會暨 NEP-II 離岸風力及海洋能源主軸中心成果發表會，2015 年 12 月。
17. 經濟部能源局，2017，"風力發電4 年推動計畫"，報告
18. 台灣電力公司，2018，"離岸風力發電第二期計畫可行性研究"，報告。
19. 羅雅尹(2016)「民國 104 年颱風調查報告-第 13 號蘇迪勒(Soudelor) 颱風 (1513)」，氣象學報第 53 卷第一期，第 61-84 頁。
20. 曾建興(2005)，台北港海域颱風效應數值模擬研究，國立台灣海洋大學河海工程研究所碩士論文。
21. 王星宇(2011)，彰化西南角海域漂沙分佈之研究，國立台灣海洋大學河海工程研究所碩士論文。
22. 經濟部水利署第四河川局，2013，"彰化海岸防護基本資料調查(1/2)"，報告。
23. 經濟部水利署第四河川局，2014，"彰化海岸防護基本資料調查(2/2)"，報告。
24. 經濟部水利署第三河川局，2014，"臺中海岸基本資料調查(1/2)"，報告。
25. 經濟部水利署第三河川局，2015，"臺中海岸基本資料調查(2/2)"，報告。
26. 交通部運輸研究所，2014，"臺灣主要港口附近海域混合波浪統計特性及推算模式建置研究(2/4)"，報告。
27. 交通部運輸研究所，2017，"2016 年港灣海氣象觀測資料統計年報(臺中港域觀測海氣象資料)"，報告。
28. 大彰化西南離岸風力發電股份有限公司籌備處(2018)，"大彰化西南離岸風力發電計畫環境影響說明書"，報告。
29. 大彰化東南離岸風力發電股份有限公司籌備處(2018)，"大彰化東南離岸風力發電計畫環境影響說明書"，報告。
30. 西島風力發電股份有限公司籌備處(2018)，"彰化西島離岸風力發電計畫環境影響說明書"，報告。
31. 彰芳風力發電股份有限公司籌備處(2018)，"彰化彰芳離岸風力發電計畫環境影響說明書"，報告。
32. 中能發電股份有限公司籌備處(2018)，"中能離岸風力發電計畫環境影響說明書"，報告。
33. 海龍二號風電股份有限公司籌備處(2018)，"海龍二號離岸風力發電計畫環境影響說明書"，報告。

附錄 I

期末簡報

離岸風電區鄰近海域波流及地形變遷數值分析(1/3)-

臺中鄰近海域波浪及海流數值分析

李俊穎、傅怡釗、陳鈞彥、蘇青和、謝佳紘
簡報日期：107年11月16日

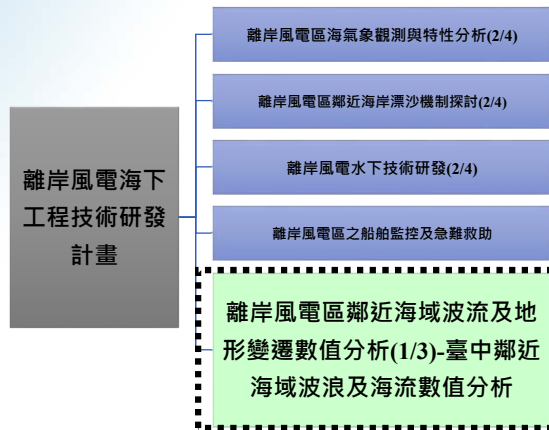
簡報大綱

- 一.前言
- 二.環境資料蒐集及分析
- 三.波浪數值分析與探討
- 四.水動力數值分析與探討
- 五.結論及建議



前言

■ 107年度整體相關計畫架構



計畫目的：
應用模式探討風機群設置於中彰外海後，所造成區域性波場及流場特性。

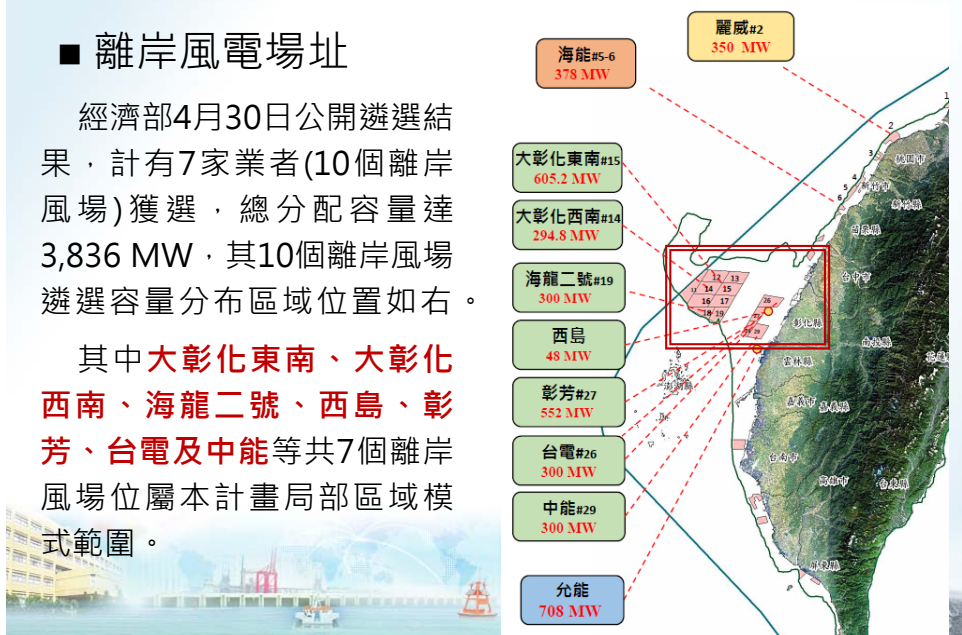


二、環境資料蒐集及分析

■ 離岸風電場址

經濟部4月30日公開遴選結果，計有7家業者(10個離岸風場)獲選，總分配容量達3,836 MW，其10個離岸風場遴選容量分布區域位置如右。

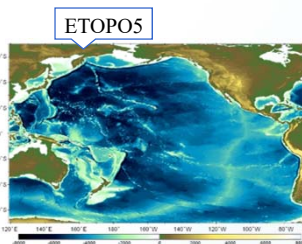
其中**大彰化東南、大彰化西南、海龍二號、西島、彰芳、台電及中能**等共7個離岸風場位屬本計畫局部區域模式範圍。



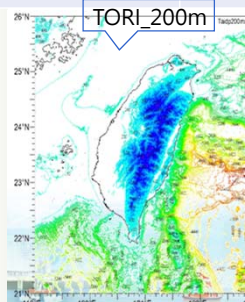
二、環境資料蒐集及分析

■ 地形水深資料彙整

項次	區域範圍	水深資料	資料來源
1	梧棲漁港	92年臺中港海圖	臺中港務公司
2	臺中港域	106年港域測深資料	臺中港務公司
3	臺中沿岸	103年10月海域測深資料	水利署第三河川局
4	彰化王功沿岸8 km	103年10月海域測深資料	水利署第四河川局
5	臺灣海峽、臺中港海圖	106年刊行之測繪海圖	海軍大氣海洋局
6	臺灣周圍海域	21-26°N, 119-123°E 200m網格水深	國研院海科中心 (TORI)
7	臺灣外海海域	ETOPO1	NOAA
8	上述地區以外之模式範圍	ETOPO5	NOAA



臺灣海峽海圖

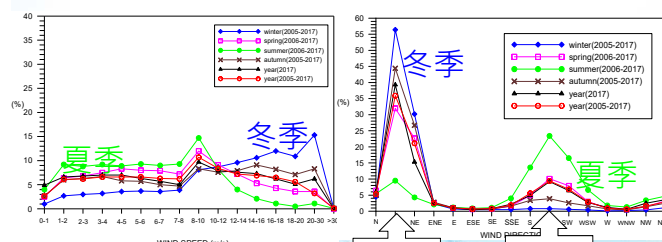
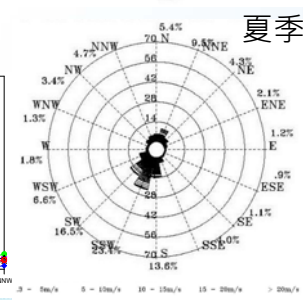
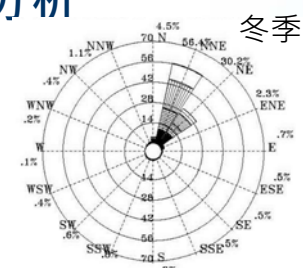


二、環境資料蒐集及分析

■ 風力觀測 2005~2017

臺中**冬季**季風強勁且穩定，平均風速為四季**最大**，為**13.1 m/s**，風速分佈以**>10 m/s**為主，佔整季67.2%。

夏季風速為四季**最小**，為**6.5 m/s**，風速分佈以**5 ~10 m/s**為主，佔整季42.3%。



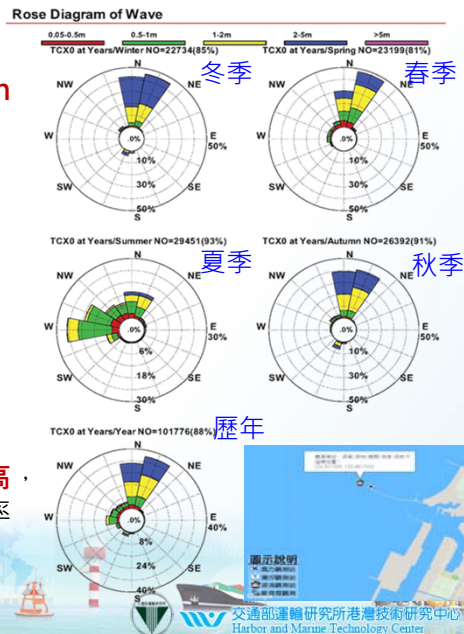
二、環境資料蒐集及分析

■ 波浪觀測 1999~2016

臺中全測期波高分佈以**0.5~1m**所佔比率最高，佔全期28.7%。觀測得到之**最大波高**分別為：
 冬: 8.44 m(N, 11.1 sec) 、
 春: 7.50 m(WSW, 6.2 sec) 、
 夏: **10.95 m**(SSW, 9.9 sec)及
 秋: **10.85 m**(NNE, 11.0 sec)。

冬季時，平均波高約**2.15m**，為四季最大。

波浪週期以**6~7秒**所佔比率**最高**，佔全期27.7%，**7~8秒**所佔比率**次高**，約佔全期22.7%。

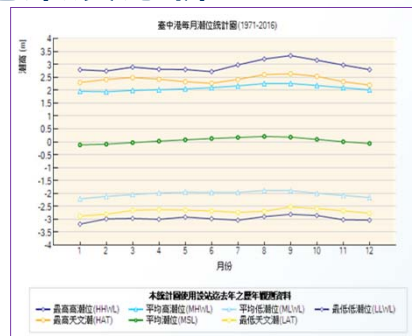


二、環境資料蒐集及分析

■ 潮位觀測 1971~2016

臺中潮汐每日**漲落2次**，為典型**半日潮**型。臺中港潮差達**4m**左右，大潮時甚至可達**6m**。
 全測期平均潮位為**0.043m**，平均低潮位**-2.012m**，平均高潮位**2.083m**，最高暴潮位**3.338m**。

月份	最高高潮位 暴潮位(m)	最高天文潮 (m)	平均高潮位 (m)	平均潮位 (m)	平均 低潮位 (m)	最低 天文潮 (m)	最低 低潮位 (m)
1	2.790	2.296	1.957	-0.121	-2.208	-2.875	-3.187
2	2.742	2.412	1.937	-0.092	-2.115	-2.805	-2.985
3	2.891	2.487	1.988	-0.032	-2.043	-2.654	-2.968
4	2.808	2.423	2.015	0.026	-1.984	-2.625	-3.001
5	2.798	2.324	2.049	0.076	-1.949	-2.649	-2.916
6	2.717	2.265	2.097	0.126	-1.961	-2.678	-2.979
7	2.978	2.414	2.167	0.167	-1.96	-2.733	-3.034
8	3.206	2.602	2.255	0.207	-1.886	-2.69	-2.899
9	3.338	2.632	2.256	0.180	-1.892	-2.524	-2.81
10	3.158	2.534	2.182	0.092	-1.992	-2.587	-2.854
11	2.971	2.327	2.094	0.003	-2.076	-2.672	-3.018
12	2.794	2.196	2.009	-0.065	-2.161	-2.767	-3.034
全年	3.338	2.405	2.083	0.043	-2.012	-2.685	-3.187



CWB每月
潮位統計表

CWB臺中港
潮測站位置



二、環境資料蒐集及分析

■ 海流觀測 2003~2016

臺中近岸流主要是**潮流**，海流運動方向主要集中在沿海岸平行方向，且隨**潮流漲落及海堤**改變方向。**流向**分佈介於**W~N**間為主，佔全測期46.3%。但於**東北季風**盛行期受強風影響，則呈現**W至WSW**方向。

冬季平均流最大，約為**36.4cm/s**，

春季平均流最小，約為**21.6cm/s**

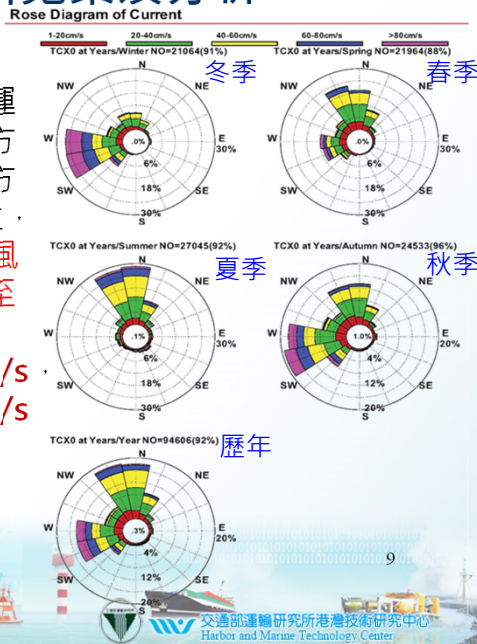
觀測得到之最大流速分別為

冬: 222.0 cm/s (ENE)、

春: 237.6 cm/s (W)、

夏: 259.7 cm/s (SW)及

秋: 248.3 cm/s (W)。



三、波浪數值分析與探討

■ 理論介紹

丹麥水利研究所(DHI)

發展**MIKE 21 SW**(Spectral Wave)第三代波譜模型

模擬現象

風生浪過程、波浪非線性交互作用、波浪折繞射、反射、淺化及底摩擦效應等



三、波浪數值分析與探討

■ 理論介紹

☀ 控制方程式: 波浪守恆方程式

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\bar{\mathbf{v}}N) = \frac{S}{\sigma}$$

$N(\bar{x}, \sigma, \theta, t)$
波浪作用密度函數
(wave action density unction)
 $\bar{x}=(x, y)$ 為卡式座標
 t 為時間;
 σ 為角頻率;
 θ 為波向角;
 $E(\sigma, \theta)$
波能頻譜密度函數, $N=E/\sigma$

$\bar{\mathbf{v}}=(c_x, c_y, c_\sigma, c_\theta)$
波速之各分量

S :源項(Source term), 代表波浪傳遞過程時可能發生之波浪能量成長消散及非線性交互作用等物理現象

$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} + S_{surf}$

S_{in} :風浪之成長項,
 S_{nl} :波與波非線性交互作用項,
 S_{ds} 為白沫消散項,
 S_{bot} 為底床摩擦項,
 S_{surf} 為碎波消耗項

三、波浪數值分析與探討

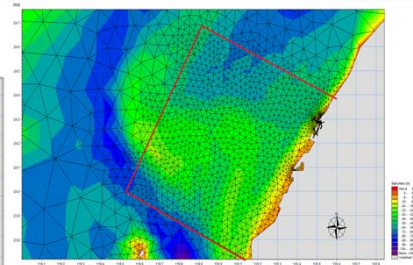
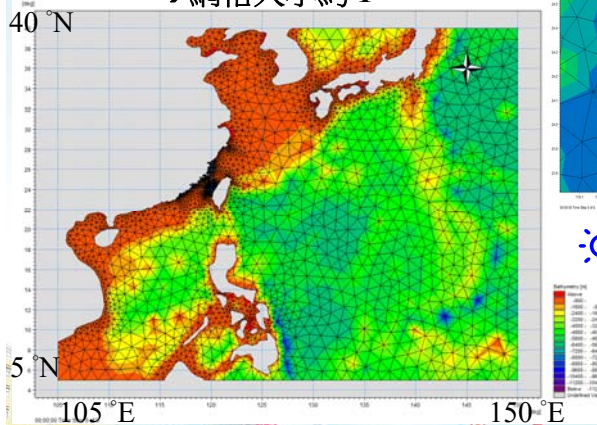
■ 波浪數值模式及模擬條件-地形水深資料

項次	區域範圍	水深資料	資料來源
1	梧棲漁港	92年刊行之海軍水道圖(臺中港)	海軍大氣海洋局
2	臺中港域	106年港域測深資料	臺中港務公司
3	臺中沿岸	103年10月海域測深資料	水利署第三河川局
4	彰化王功沿岸8 km	103年10月海域測深資料	水利署第四河川局
5	臺灣周圍海域	21-26°N, 119-123°E 200m網格水深	台灣海洋科技研究中心
6	臺灣外海海域	ETOPO1	美國國家海洋暨大氣總署
7	上述地區以外之模式範圍	ETOPO5	

三、波浪數值分析與探討

■ 波浪數值模式及模擬條件-模型範圍及網格

☀ 西太平洋風浪模式
→網格大小約 1°



☀ 局部區域模式
(臺灣中部海域)
→網格加密
→網格大小約 0.03°

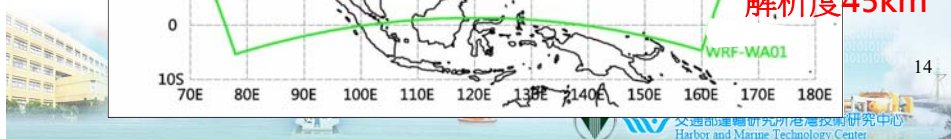
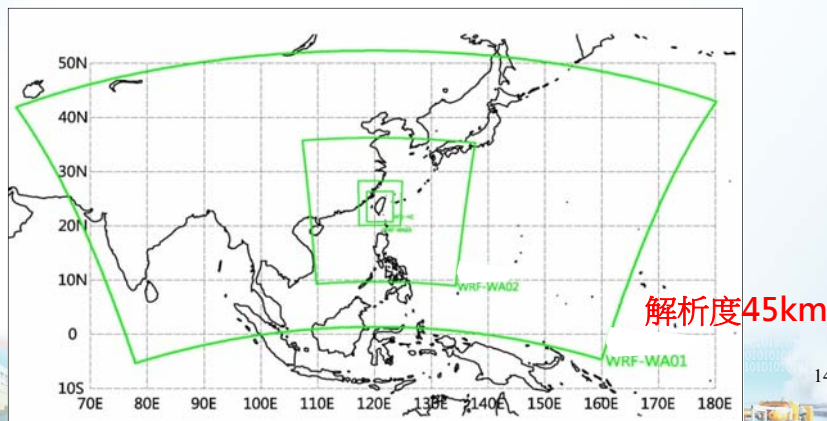


13

三、波浪數值分析與探討

■ 波浪數值模式及模擬條件-風、氣壓場資料

☀ 中央氣象局第四代數值天氣預報系統之區域模式WRF-M00成員，WA01預報資料

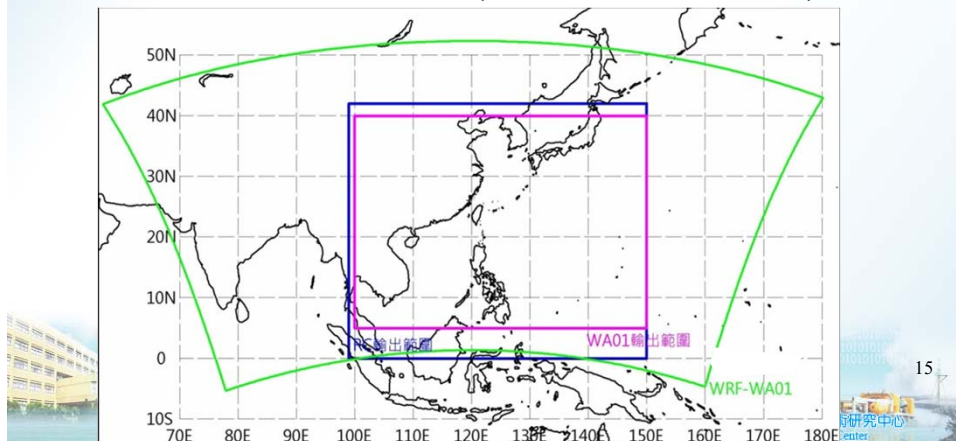


14

三、波浪數值分析與探討

■ 波浪數值模式及模擬條件-風、氣壓場資料

☀ 經臺灣近岸海象預報系統(TAICOMS)處理、輸出WA01 部分範圍資料(5N~40N;100E~150E)

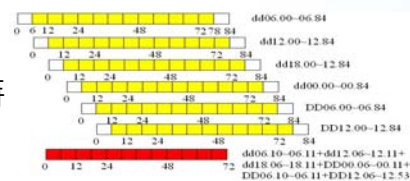


三、波浪數值分析與探討

■ 波浪數值模式及模擬條件-風、氣壓場資料

☀ 組合風、氣壓場:

每筆預報資料擷取前6小時
風、氣壓資料拼接組合



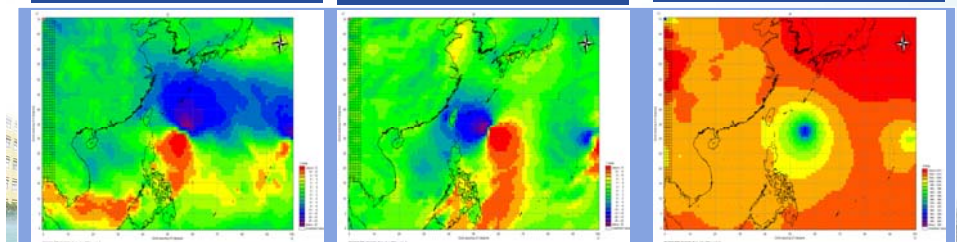
☀ 建置Mike 21使用之2維平面風、氣壓場檔案格式

→範圍:北緯5°~40°;東經100°~150°;網格大小 5°*5°→模式驅動力

U方向風速

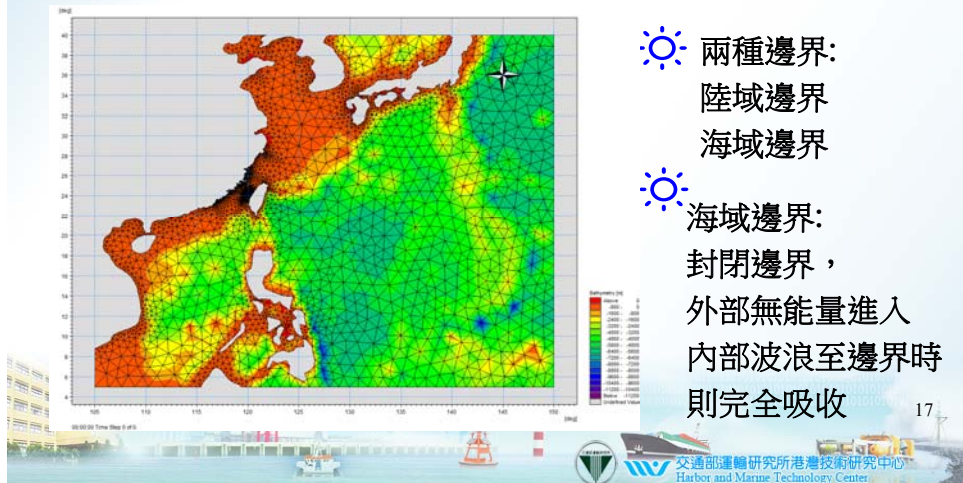
V方向風速

氣壓



三、波浪數值分析與探討

■ 波浪數值模式及模擬條件-模式邊界



三、波浪數值分析與探討

■ 波浪數值模式及模擬條件-模式參數設定

☀ 模式初始條件:Jonswap經驗譜公式給定

☀ 波浪頻率:最小頻率採0.055Hz，分割成25個頻率帶，
以1.1倍指數成長
 $f_n = f_0 \cdot c^n, n=1,2,3, \dots$

☀ 角度領域:
以22.5°為1個方向角
共16個方向角

相關參數	設定
最小頻率	0.055Hz
角度領域	0°~360°、 $\Delta\theta=22.5^\circ$
碎波指標	$\gamma=0.8$
底床摩擦	$k_N=0.04m$
白帽耗散	$C_{ds}=4.5$ 、 $\delta_{ds}=0.5$

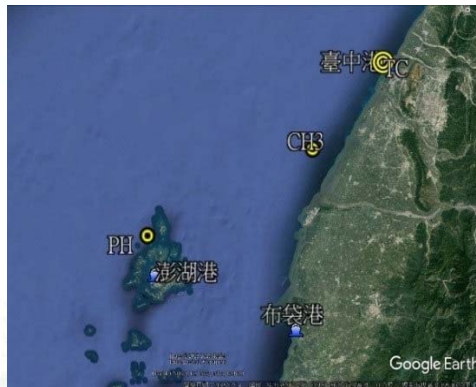


三、波浪數值分析與探討

■ 現況波浪模擬計算成果-模式驗證

臺灣中部海域波浪觀測站

→ 驗證時間: 2015年冬季、夏季及蘇迪勒颱風期間



☀ 本中心臺中港北防波堤波浪觀測站(TC)

☀ 經濟部水利署澎湖浮標(PH)

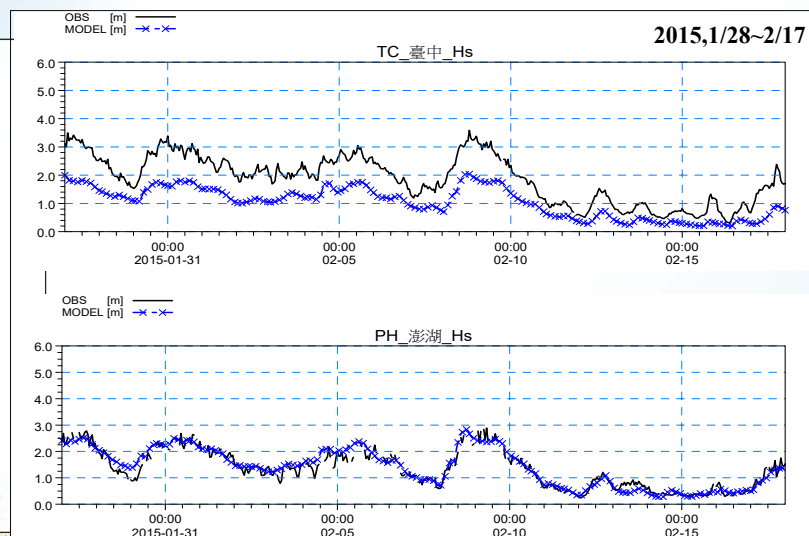
☀ 成大近海水文中心-彰濱浮標(CH3)

19

三、波浪數值分析與探討

■ 現況波浪模擬計算成果-模式驗證

冬季季風期間-波高歷線圖



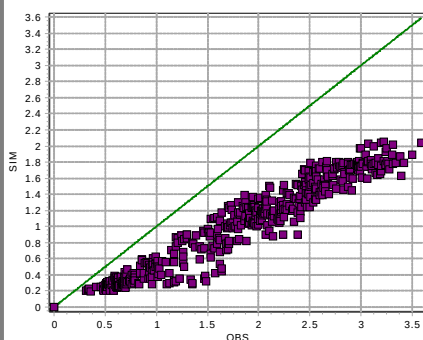
20

彰濱浮標(CH3)尚無觀測資料

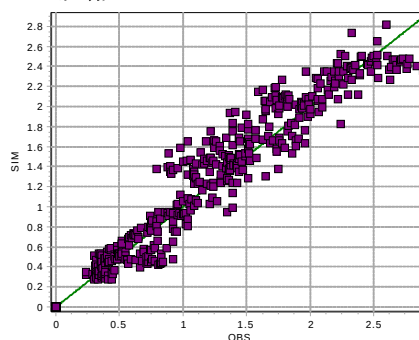
交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

冬季季風期間—波高誤差計算結果

臺中, RMSE=0.889m



澎湖, RMSE=0.215m

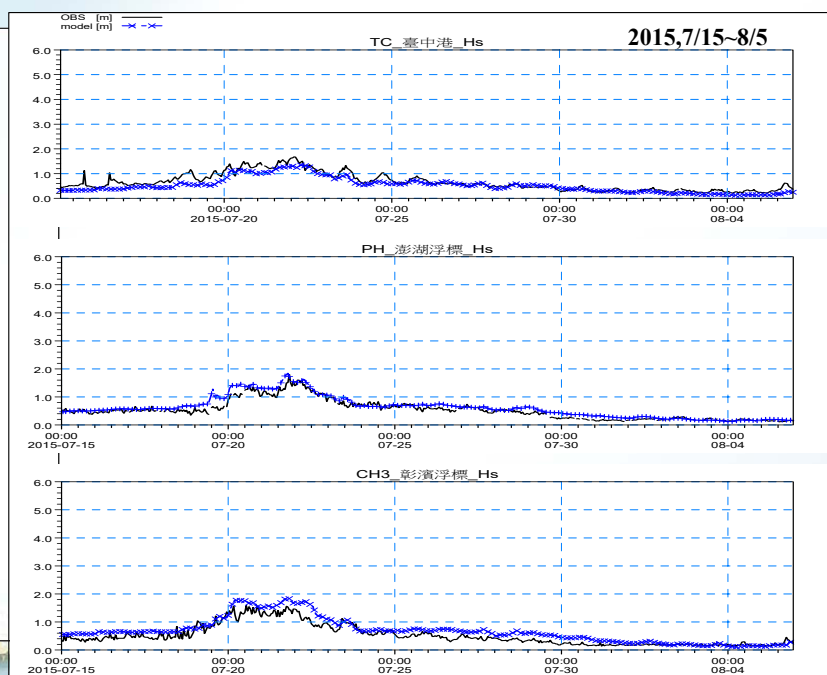


年份	季風期間	測站	示性波高誤差值				
			絕對誤差 最小值(m)	絕對誤差 最大值(m)	絕對誤差 平均值(m)	標準偏差 (m)	RMSE 均方根(m)
2015	冬季	TC	0.1052	1.765	0.8159	0.3595	0.889
	1/28~2/17	PH	0.0001	0.95	0.162	0.1598	0.215

21

交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

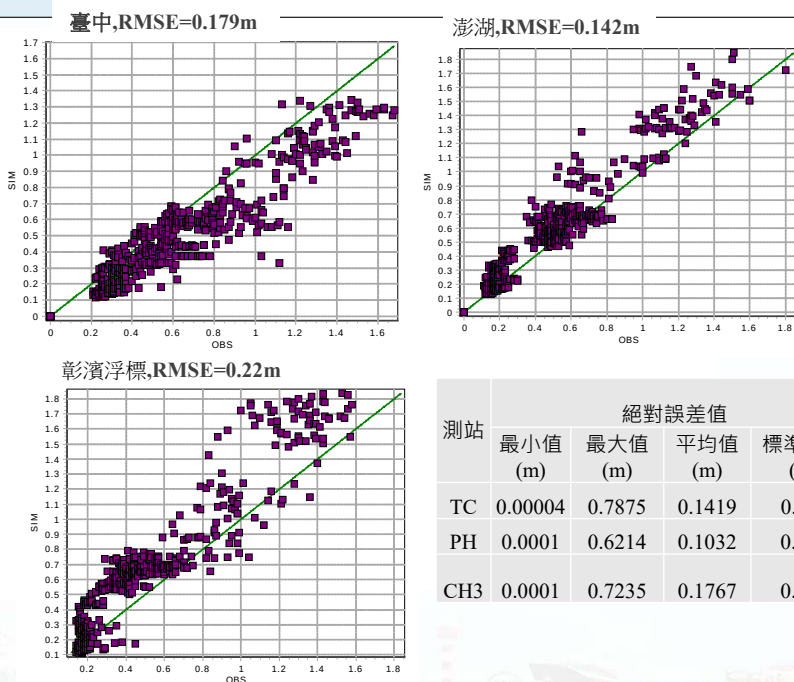
夏季季風期間—波高歷線圖



22

Harbor and Marine Technology Center

夏季季風期間—波高誤差計算結果

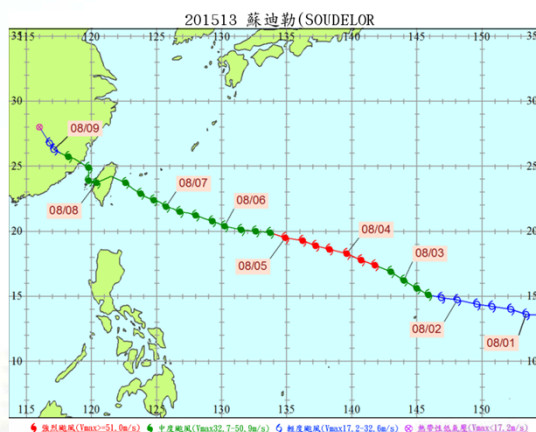


23

蘇迪勒颱風期間

→蘇迪勒颱風是2015 年在西北太平洋海域的第 13 號颱風

→中央氣象局於8月6日11時30分發布海上颱風警報



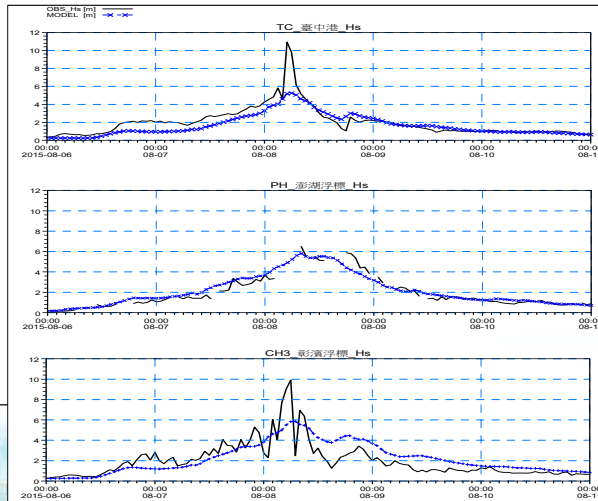
- 8月8日4時在花蓮秀林鄉登陸
- 8月8日11時雲林縣臺西鄉出海
- 8月9日8時30分解除海上陸上颱風警報

24

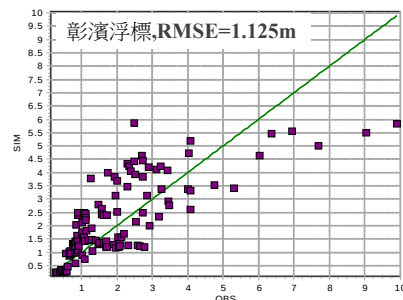
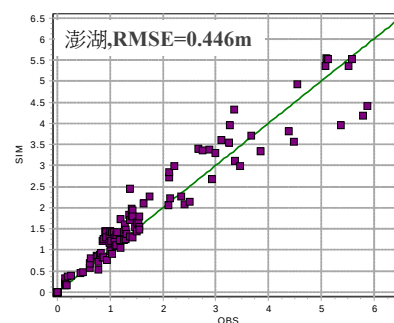
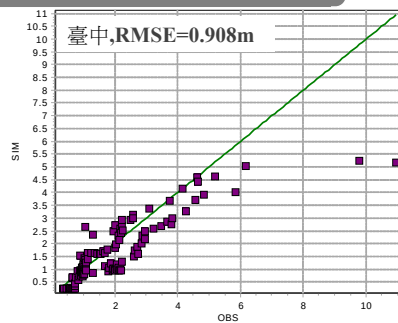
蘇迪勒颱風期間

模擬8月6日00時~8月10日23時

→PH尖峰模擬值與觀測值相近、3站颱風波浪模擬趨勢相近



蘇迪勒颱風期間



測站	絕對誤差			
	最小值 (m)	最大值 (m)	平均值 (m)	標準偏差 SD(m)
TC	0.00006	5.762	0.5451	0.729
PH	0.004	1.605	0.3164	0.318
CH3	0.019	4.084	0.8479	0.742

三、波浪數值分析與探討

■ 現況波浪模擬計算成果-小結

冬季、夏季期間

- 絕對誤差平均值均小於1m、標準偏差小於0.5m
- 模擬波高變化趨勢與觀測波高變化趨勢相近

颱風期間

- 絕對誤差平均值均小於1m、標準偏差小於1m。
- 最大誤差均發生在颱風波浪波高達最大值時，反應模式模擬颱風波浪達尖峰值時與實測尖峰值相比仍較小
- 模擬颱風波高變化趨勢與觀測波高變化趨勢相近

臺灣中部海域波浪觀測站其波高模擬與實測比對結果

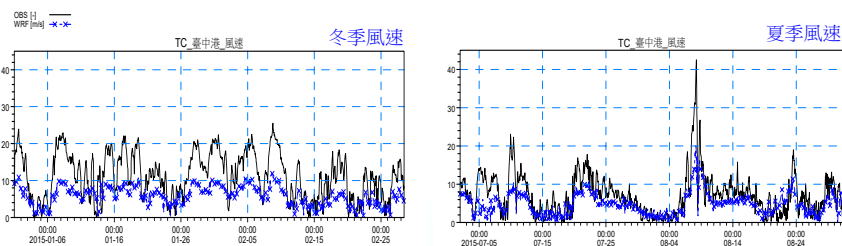
澎湖浮標結果較佳，彰化浮標次之，臺中港測站模擬結果偏小

三、波浪數值分析與探討

■ 現況波浪模擬計算成果-小結

模式驅動力存在誤差

- WRF-M00,WA01預報風場網格解析度45km
- 近內陸波浪觀測站(如臺中港)預報風速值較實測風速小、誤差較大
- 颱風時期預報風場有明顯低估實際風速之情形



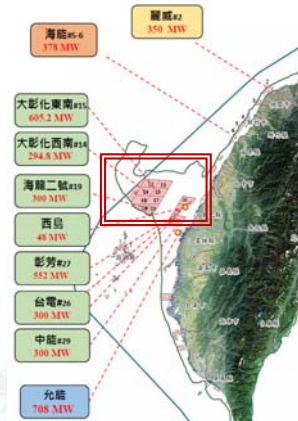
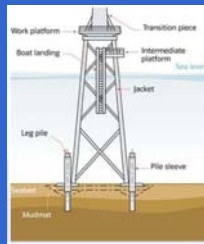
三、波浪數值分析與探討

■ 風機群設置前、後波浪模擬計算

探討風機群樁完成後對海域環境衝擊及對海域、臺中港域影響性

各離岸風電場模擬風機群機樁數量

項次	風場名稱	風場編號	模擬風機數(座)	模擬機樁數量(支)
1	大彰化西南	14	80	320
2	大彰化東南	15	76	304
3	海龍二號	19	63	252
4	台電	26	50	200
5	彰芳	27	72	288
6	中能	29	72	288
7	西島	非屬潛力場址	53	212
合計			466	1864



三、波浪數值分析與探討

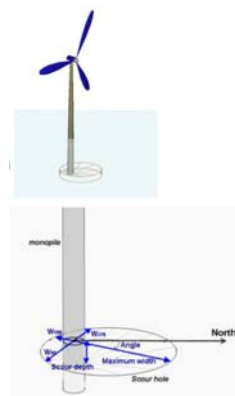
■ 風機群設置前、後波浪模擬計算

考慮結構物

- 對波浪的影響是引入**衰減項**→減少結構物後方波能
- 結構物對波浪傳播影響源項:
- $S = -\frac{c}{A} C_g E(\sigma, \theta)$
 - c: 反射因子, $c = D \cdot r$; C_g : 群波速
 - r: 反射係數, $0 < r < 1$
 - A: 結構物所占面積; D: 結構物直徑
 - $E(\sigma, \theta)$: 波能頻譜密度函數

The format of a reflection factor table is shown below

```
nd dmin dmax
nt Tmin Tmax
C1,1 C1,2 C1,3 ... C1,nt
C2,1 C2,2 C2,3 ... C2,nt
...
Cnd,1 Cnd,2 Cnd,3 ... Cnd,nt
```

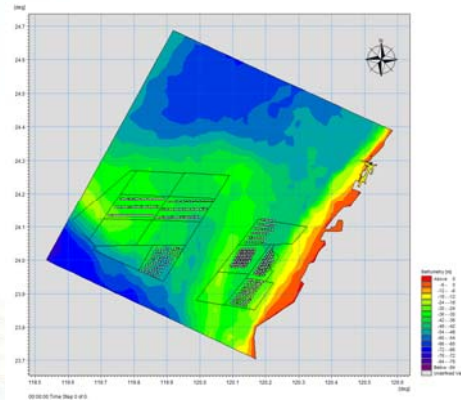


三、波浪數值分析與探討

■ 風機群設置前、後波浪模擬計算-模式設定

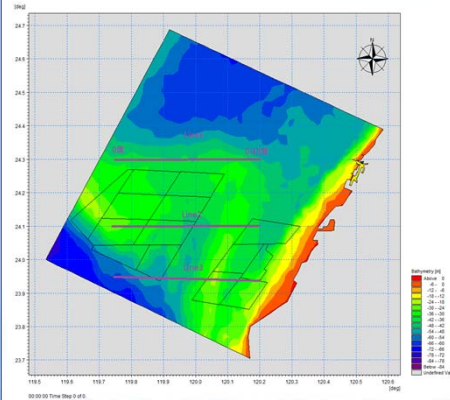
模擬時間

- 冬季、夏季、颱風期間



局部區域模式

- 輸出3剖面波浪位置

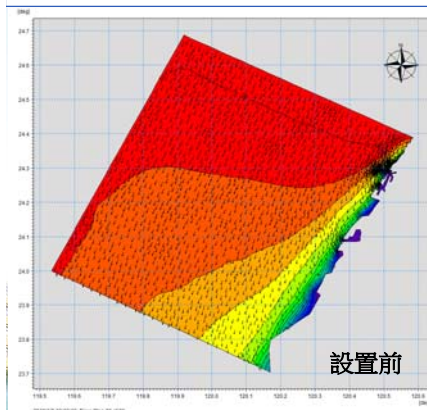


三、波浪數值分析與探討

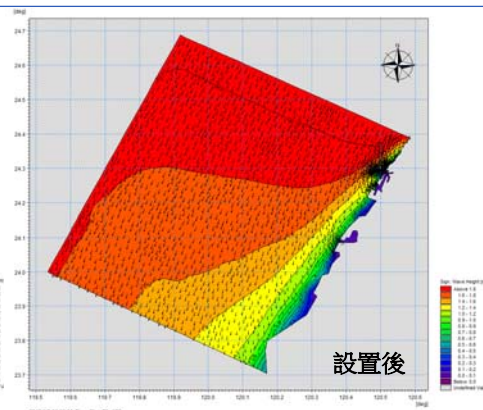
■ 風機群設置前、後波浪模擬計算-冬季模擬結果

2016年港灣海氣象觀測資料統計年報(臺中港域觀測海氣象資料)

- 臺中港-歷年冬季 示性波高2.15m /譜峰週期6.9sec /波向NNE



設置前



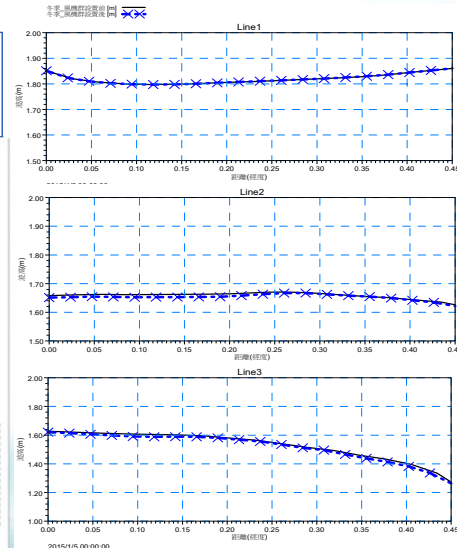
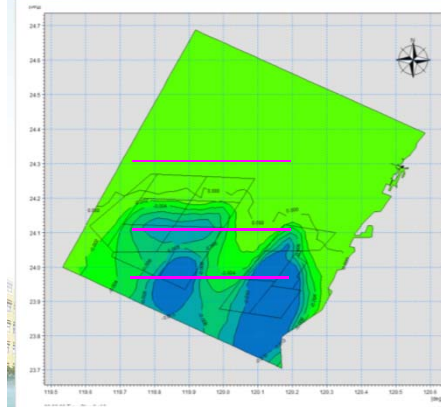
設置後

三、波浪數值分析與探討

■ 風機群設置前、後波浪模擬計算-冬季模擬結果

冬季風機群設置前後波浪改變情形

- 整體平均下降約0.002m
- 傳遞至臺中港改變量0m

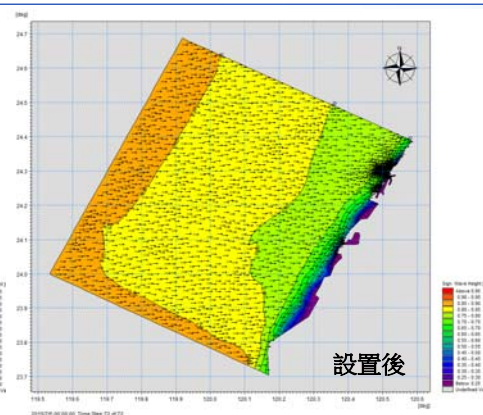
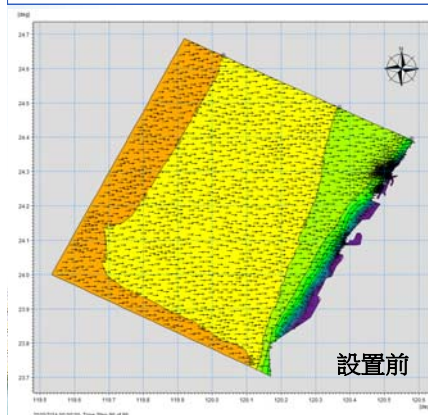


三、波浪數值分析與探討

■ 風機群設置前、後波浪模擬計算-夏季模擬結果

2016年港灣海氣象觀測資料統計年報(臺中港域觀測海氣象資料)

- 臺中港-歷年夏季 示性波高0.87m /譜峰週期5.7sec /波向W

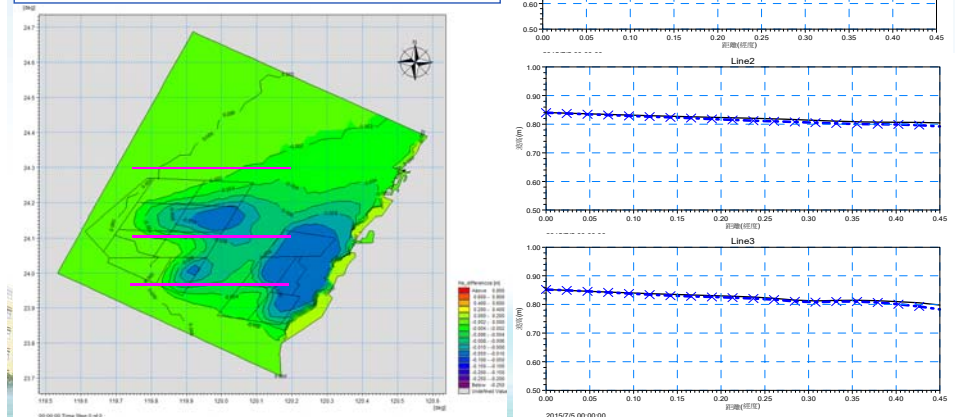


三、波浪數值分析與探討

■ 風機群設置前、後波浪模擬計算-夏季模擬結果

夏季風機群設置前後波浪改變情形

- 整體平均下降約0.002m
- 傳遞至臺中港改變量0m

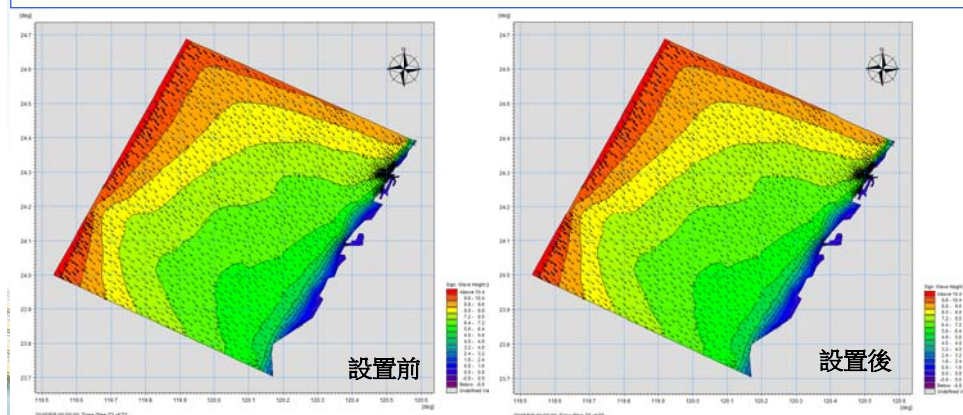


三、波浪數值分析與探討

■ 風機群設置前、後波浪模擬計算-颱風期間

2015年海象作業化預報成果年報

- 臺中港-蘇迪勒颱風示性波高10.95m / 譜峰週期12.2sec / 波向NW

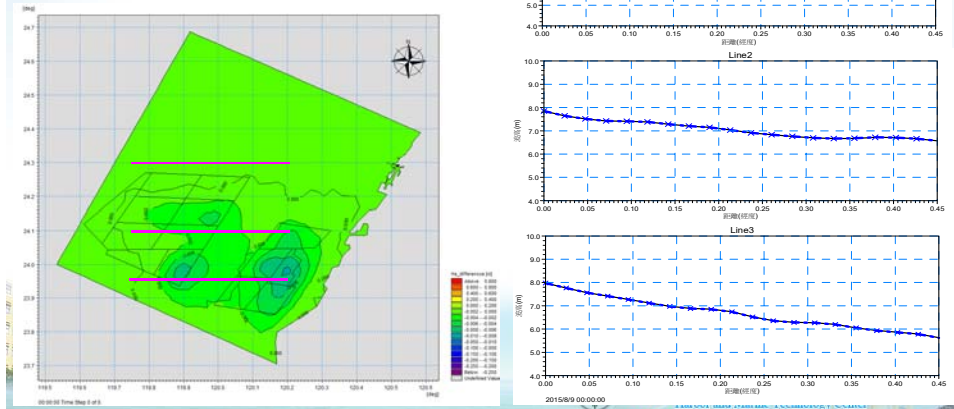


三、波浪數值分析與探討

■ 風機群設置前、後波浪模擬計算-**颱風**期間

颱風風機群設置前後波浪改變情形

- 整體平均下降約0.0006m
- 傳遞至臺中港改變量0m



三、波浪數值分析與探討

■ 風機群設置前、後波浪模擬計算-**小結**

冬季、夏季及颱風期間模擬結果可知.....

- 設置風機群後僅對海域圓柱結構體周圍有局部反射及遮蔽效應。
- 波浪通過後變形效應衰減。
- 海域環境僅局部區域受風機群影響。
- 傳遞至臺中港域已近乎無影響。



四、水動力數值分析與探討

■ 模式理論介紹

採用丹麥水力研究所(Danish Hydraulic Institute,DHI)發展之MIKE21 HD FM(MIKE21 Hydrodynamic Module),可同時考慮底床摩擦、科氏力、風、大氣壓力、潮汐水位變化、輻射應力等因素,以模擬潮位變化與流場流況,控制方程式為不可壓縮流之Reynolds averaged Navier-Stoke方程式。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z}$$

$$= fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + v_s S$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial wv}{\partial z}$$

$$= -fv - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S$$

t: 時間, x、y、z: 空間坐標

η : 自由液面, D: 靜水深

$h = \eta + d$ 為總水深, x、y、z 分別為 x、y、z 方向上之速度, g 為重力加速度, f 為科

氏力參數, ρ 為海水密度, p_a 為大氣壓力



交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

39

四、水動力數值分析與探討

■ 模式理論介紹

各式沿水深方向(z方向)積分,可得到二維淺水長波方程組

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS$$

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial y}$$

$$= f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{s_{xx}}{\partial x} + \frac{s_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s S$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y}$$

$$= -f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{s_{yx}}{\partial x} + \frac{s_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hv_s S$$

τ_{sx} 、 τ_{sy} : 表面風應力

τ_{bx} 、 τ_{by} : 底部應力

$\bar{u}$ 、 $\bar{v}$: 水深平均速度



交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

40

四、水動力數值分析與探討

■ 模式理論介紹

模式之底床摩擦力參數採用Manning Number

$$M = \frac{25.4}{k_s^{1/3}} m^{1/3}/s \quad k_s: \text{底床粗糙高度}$$

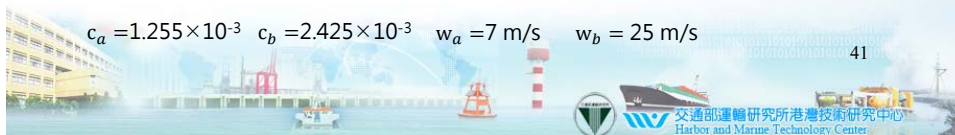
風摩擦力

$$\bar{\tau}_s = \rho_a c_d |u_s| \bar{u}_w \quad \rho_a: \text{空氣密度}、c_d: \text{空氣拖曳係數}、u_w: \text{距海平面10m高之風速}$$

$$c_d = \left\{ c_a + \frac{c_b - c_a}{w_b - w_a} (w_{10} - w_a) \right\} \text{at } \begin{cases} w_{10} < w_a \\ w_a \leq w_{10} \leq w_b \\ w_{10} > w_b \end{cases} \quad \text{Wu經驗公式(1980、1984)}$$

$$c_a = 1.255 \times 10^{-3} \quad c_b = 2.425 \times 10^{-3} \quad w_a = 7 \text{ m/s} \quad w_b = 25 \text{ m/s}$$

41



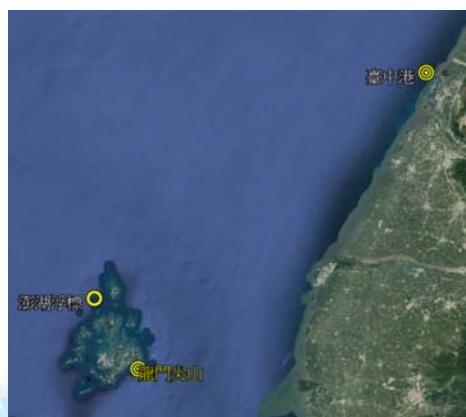
四、水動力數值分析與探討

■ 模擬條件

模式參數設定

相關參數	設定值
紊流過度係數	0.028
底床磨擦係數	$43.5 m^{1/3}/s$
風摩擦係數	0.001255 m/s 0.002425 m/s
風軟啟動時間	4 days
邊界軟啟動時間	4 days

驗證觀測站位置



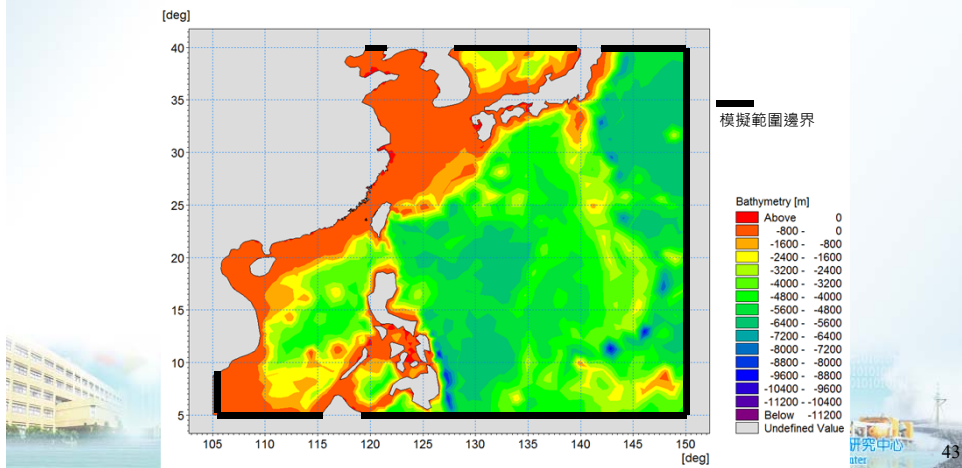
42



四、水動力數值分析與探討

■ 模擬範圍與邊界條件

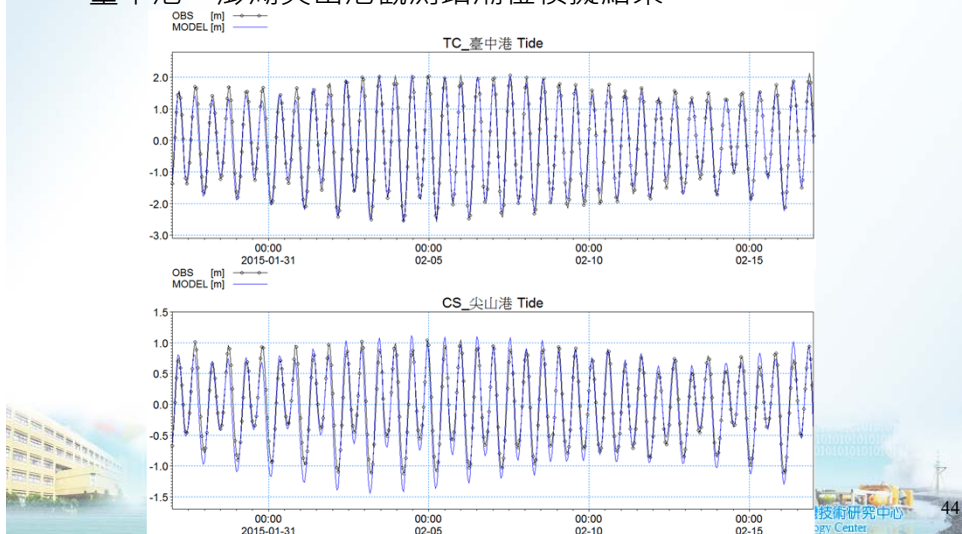
採用Mike21提供之全球潮汐模式資料庫(解析度為 0.125°)，於模擬範圍7處邊界上取出對應所需之模擬時間內差出潮汐水位之時間序列做為邊界條件。



四、水動力數值分析與探討

■ 現況模擬成果 冬季季風

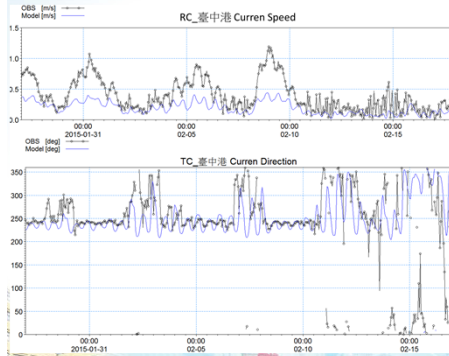
臺中港、澎湖尖山港觀測站潮位模擬結果



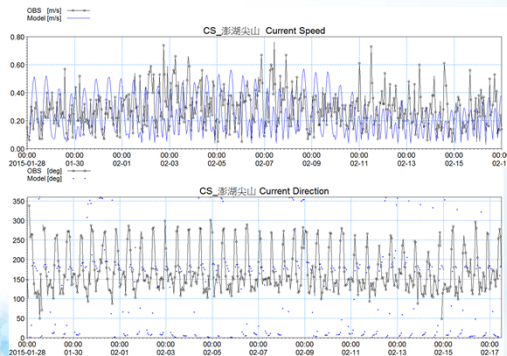
四、水動力數值分析與探討

■ 現況模擬成果 冬季季風 流速、流向模擬結果

臺中港觀測站



龍門尖山港觀測站

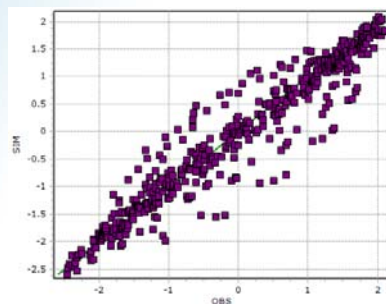


交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

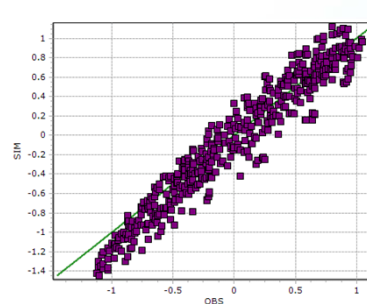
四、水動力數值分析與探討

■ 現況模擬成果 冬季季風潮位誤差計算結果

臺中, $R^2=0.9226$



尖山, $R^2=0.9321$



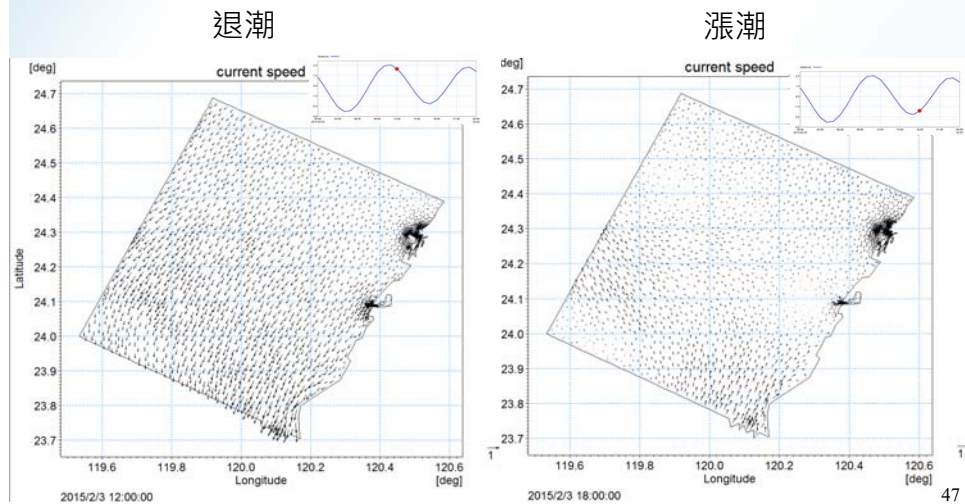
年份	季風期間	測站	潮位誤差值				
			絕對誤差 最小值(m)	絕對誤差 最大值(m)	絕對誤差 平均值(m)	標準偏差 (m)	RMSE 均方根(m)
2015	冬季	TC	0.005	0.727	0.199	0.2462	0.2482
	1/28~2/17	CS	0.0012	0.4992	0.1483	0.1759	0.1848

交通部運輸研究所港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

四、水動力數值分析與探討

■ 現況模擬成果 冬季季風

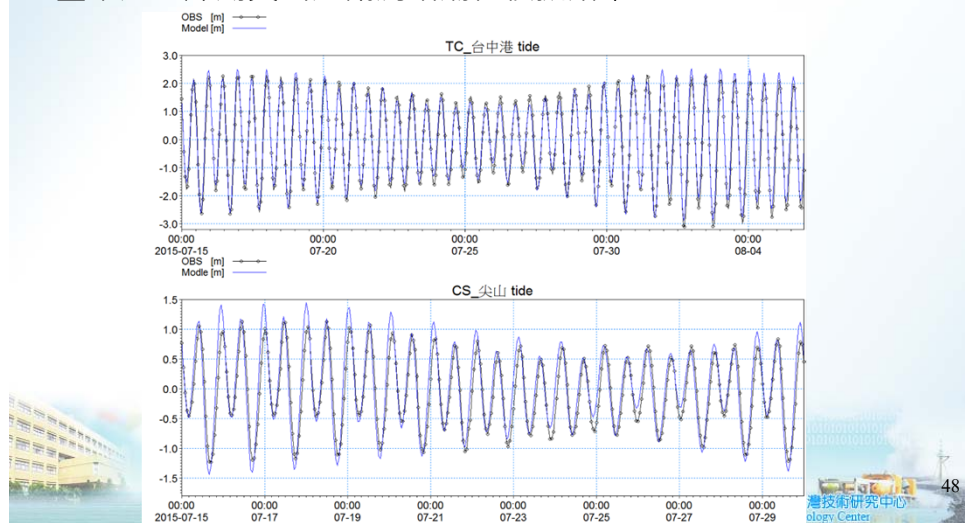
台灣中部海域流場模擬結果



四、水動力數值分析與探討

■ 現況模擬成果 夏季季風

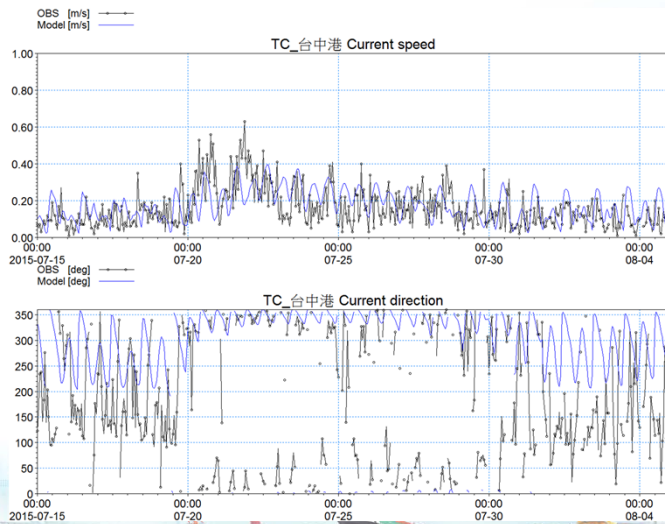
臺中港、澎湖尖山港觀測站潮位模擬結果



四、水動力數值分析與探討

■ 現況模擬成果 夏季季風

臺中港觀測站
流速、流向
模擬結果

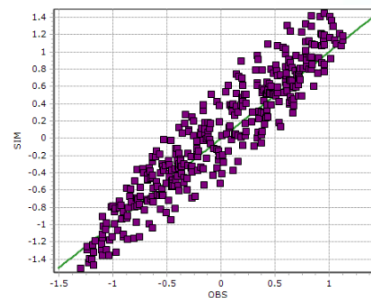
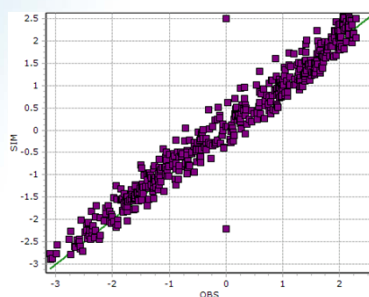


四、水動力數值分析與探討

■ 現況模擬成果 夏季季風潮位誤差計算結果

臺中, $R^2=0.9614$

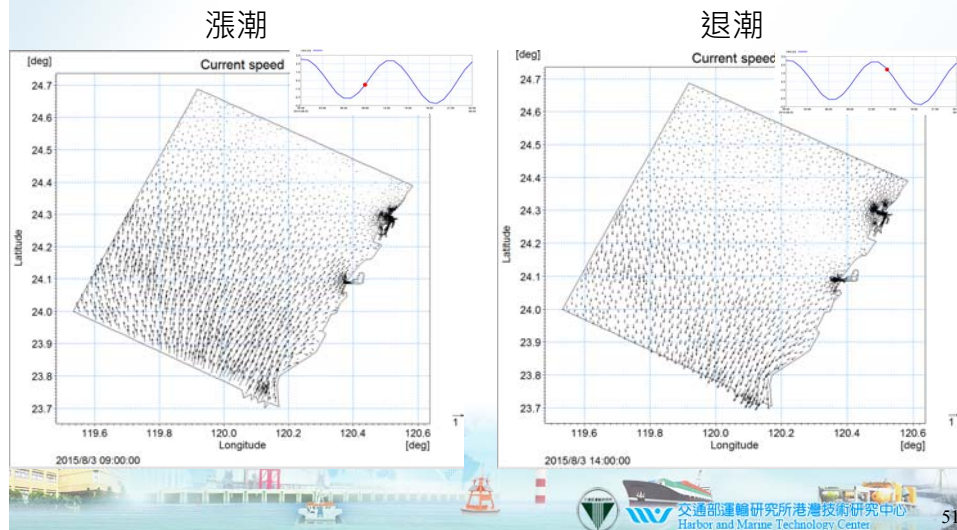
尖山, $R^2=0.8776$



年份	季風期間	測站	潮位誤差值				
			絕對誤差 最小值(m)	絕對誤差 最大值(m)	絕對誤差 平均值(m)	標準偏差 (m)	RMSE 均方根(m)
2015	夏季	TC	0.0016	0.7724	0.2070	0.1119	0.1139
	7/15~8/5	CS	0.0001	0.125	0.2041	0.2293	0.3603

四、水動力數值分析與探討

■ 現況模擬成果 夏季季風

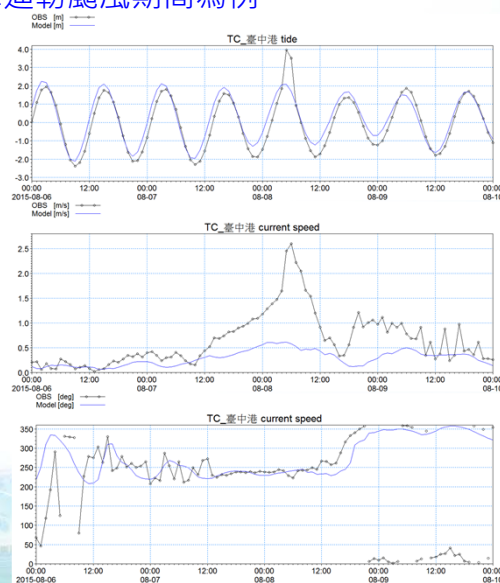


51

四、水動力數值分析與探討

■ 現況模擬成果 蘇迪勒颱風期間為例

臺中港觀測站
潮位、流速、流向
模擬結果



52

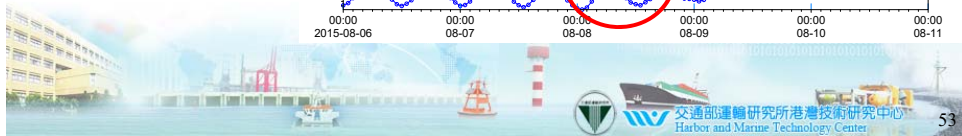
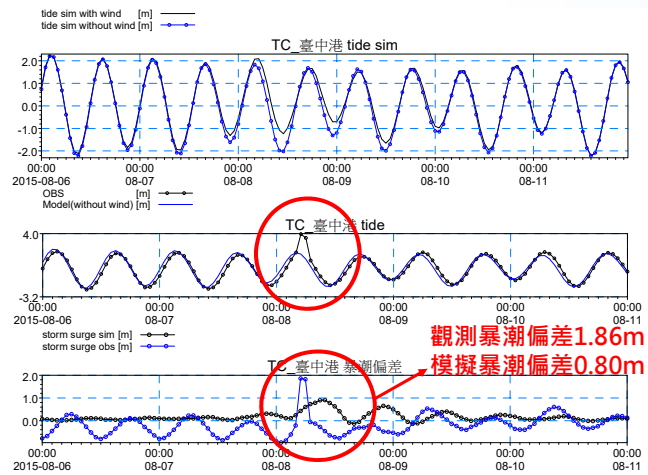
四、水動力數值分析與探討

■ 現況模擬成果 蘇迪勒颱風期間為例

臺中港觀測站
潮位模擬結果

無風場影響之
潮位模擬結果

觀測、模擬暴潮偏差



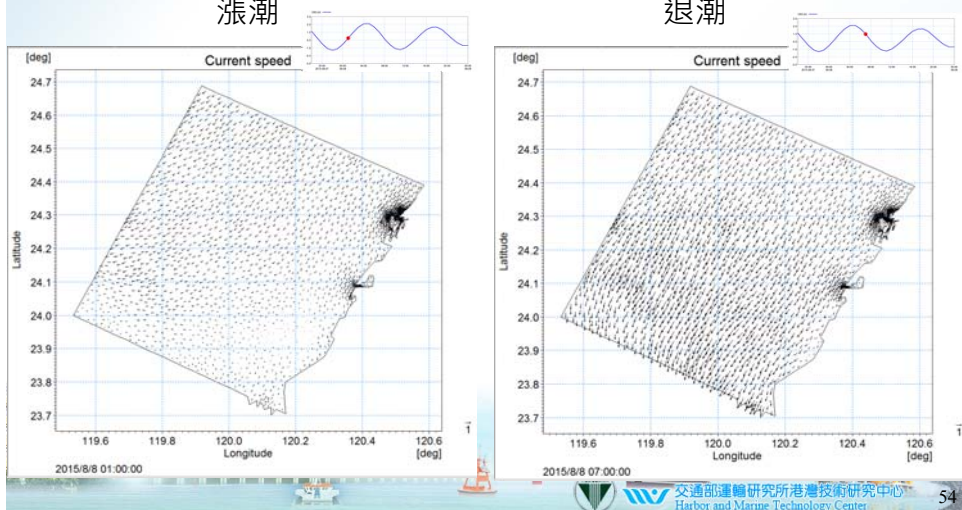
53

四、水動力數值分析與探討

■ 現況模擬成果 蘇迪勒颱風期間為例

漲潮

退潮



54

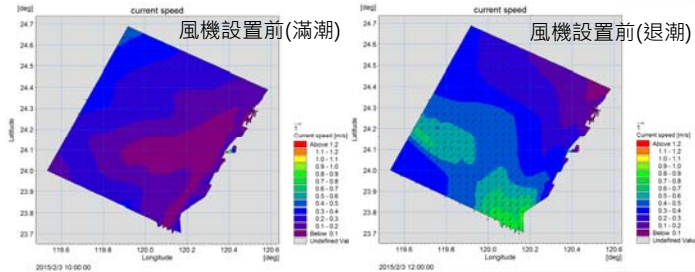
四、水動力數值分析與探討

■ 風機群設置後模擬成果

冬季季風 模擬流場分布

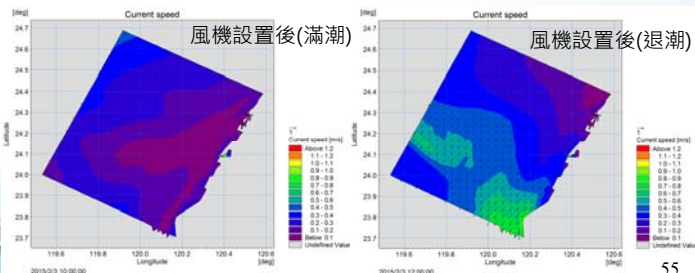
滿潮

- 外海部分有明顯離岸方向流動
- 整體流速分布大多在0.4m/s以下
- 匯集於南側之烏溪出海口向外海方向(西方)流動



退潮

- 整體由北向南流動
- 整體流速分布大多在1m/s以下



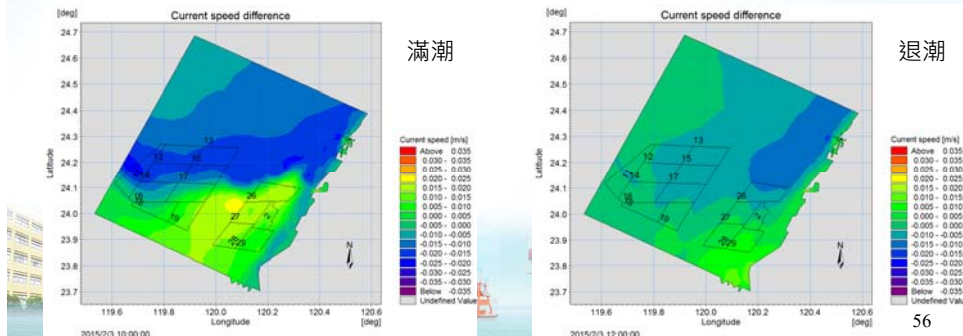
55

四、水動力數值分析與探討

■ 風機群設置後模擬成果

冬季季風 設置後流場差異

- 滿潮時有較明顯的流速差異分布
- 滿潮時的變動範圍在0.025m/s以下
- 退潮時的變動範圍在0.01m/s以下
- 皆不易觀察出與風機群設置之場址影響的關聯



56

四、水動力數值分析與探討

■ 風機群設置後模擬成果

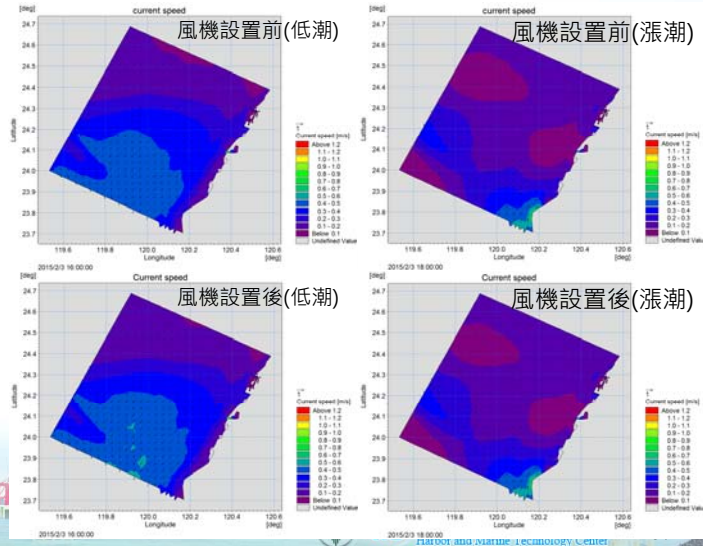
冬季季風 模擬流場分布

低潮

- 整體由北向南流動
- 整體流速分布大多在 0.4m/s 以下

漲潮

- 整體呈現南北向流動於此模擬區域匯集向外海(西方)流動
- 整體流速分布大多在 0.4m/s 以下

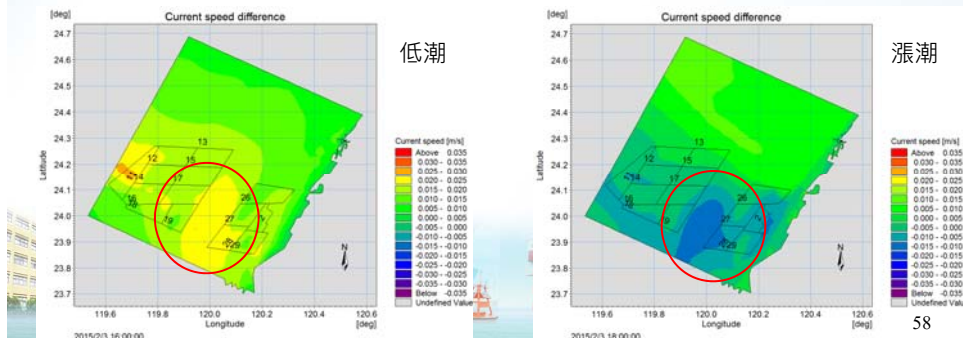


四、水動力數值分析與探討

■ 風機群設置後模擬成果

冬季季風 設置後流場差異

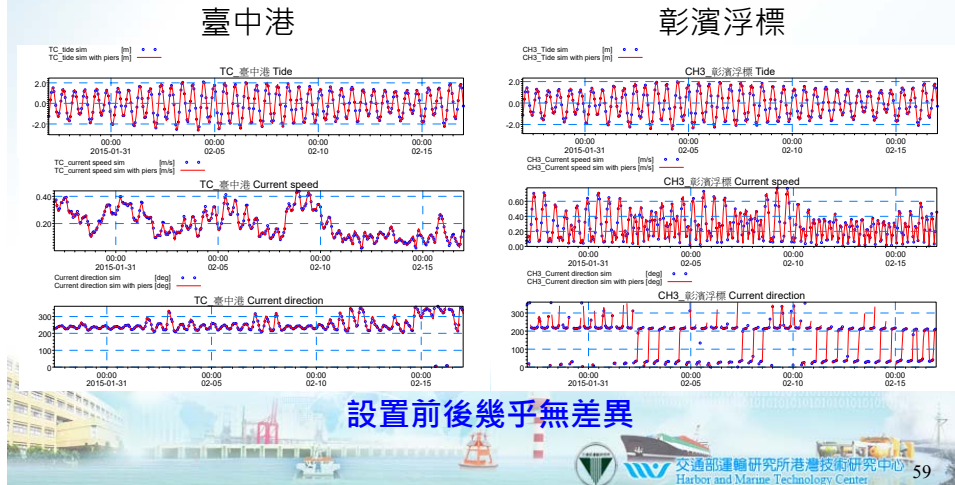
- 低潮與漲潮時呈現局部區域流速上升的現象
- 明顯改變區域在航道區域
- 低潮與漲潮時的變動範圍在 $\pm 0.025\text{m/s}$ 以下



四、水動力數值分析與探討

■ 風機群設置後模擬成果 冬季季風

設置前後單點潮位、流速、流向比較



四、水動力數值分析與探討

■ 風機群設置後模擬成果

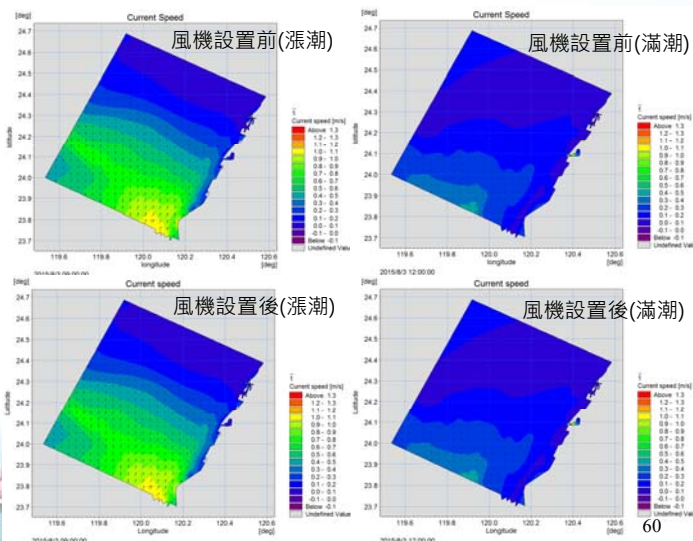
夏季季風 模擬流場分布

漲潮

- 漲潮、滿潮時呈現由南往北流動
- 漲潮時流速分布大多在1m/s以下

滿潮

- 靠外海處出現向西流動
- 南側沿岸處呈現往南流動
- 流速分布大多在0.4m/s以下

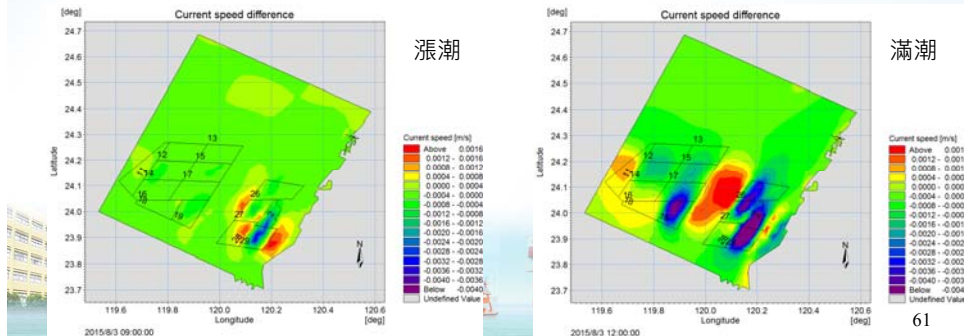


四、水動力數值分析與探討

■ 風機群設置後模擬成果

夏季季風 模擬流場分布

- 漲潮時航道西側之11至19號場區均無明顯變化
- 航道東側29號場址流速較為設置風機群前些微下降約在0.0032m/s以內
- 29號場址東側與航道區流速皆較未設置前高，約在0.0016m/s以內
- 滿潮時航道區域和11號場區出現局部流速上升現象，在0.0016m/s以內
- 19、26、27、29號及西島場區呈現流速下降現象，下降幅度約在0.004m/s以內



四、水動力數值分析與探討

■ 風機群設置後模擬成果

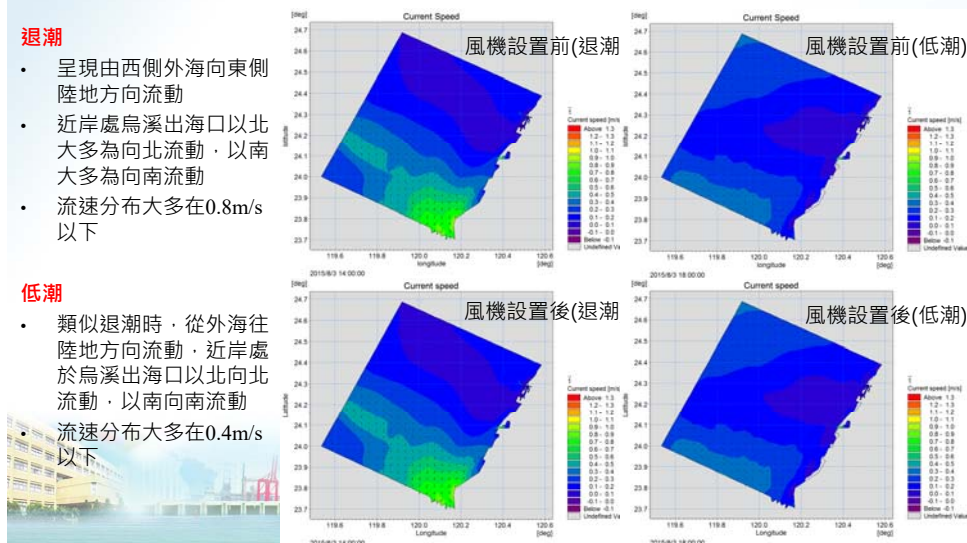
夏季季風 模擬流場分布

退潮

- 呈現由西側外海向東側陸地方向流動
- 近岸處烏溪出海口以北大多為向北流動，以南大多為向南流動
- 流速分布大多在0.8m/s以下

低潮

- 類似退潮時，從外海往陸地方向流動，近岸處於烏溪出海口以北向北流動，以南向南流動
- 流速分布大多在0.4m/s以下

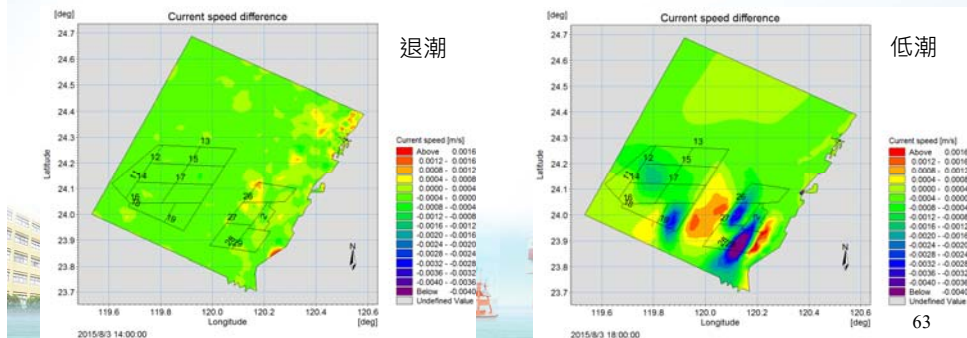


四、水動力數值分析與探討

■ 風機群設置後模擬成果

夏季季風 設置後流場差異

- 退潮時流場差異則無明顯局部變化現象產生。
- 航道區域與29號場址東側出現局部流速上升現象，增加幅度在0.0016m/s內。
- 19、26、27、29號及西島場區呈現流速下降現象，約在0.004m/s以內。



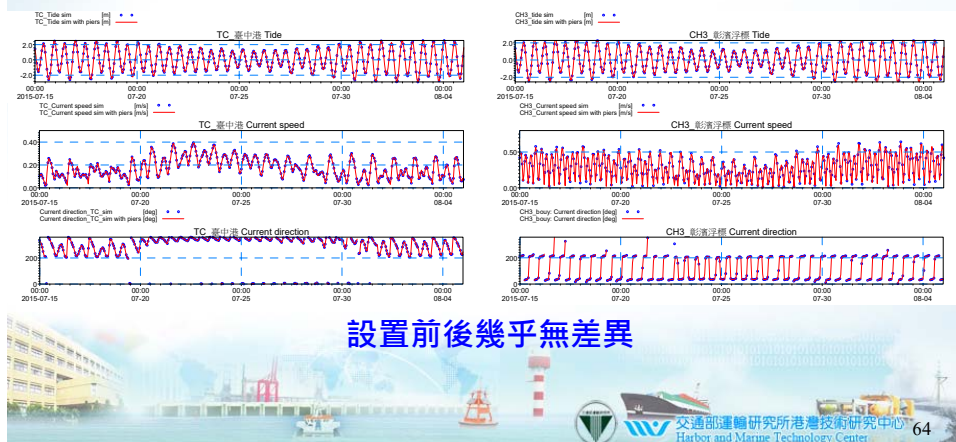
四、水動力數值分析與探討

■ 風機群設置後模擬成果 夏季季風

設置前後單點潮位、流速、流向比較

臺中港

彰濱浮標



四、水動力數值分析與探討

■ 風機群設置後模擬成果

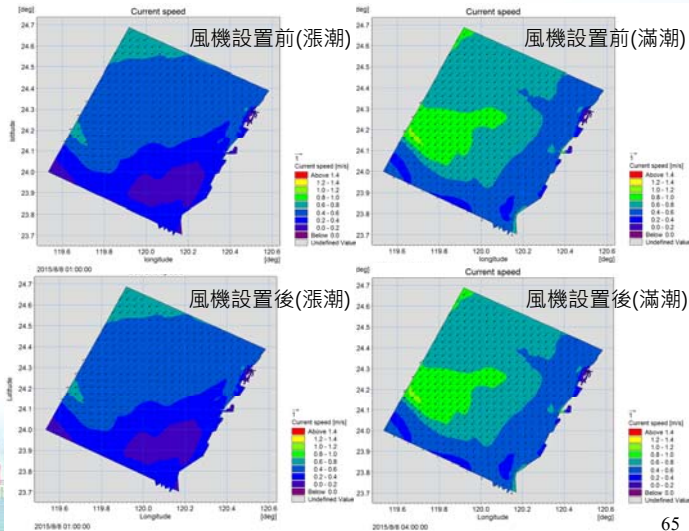
蘇迪勒颱風期間 模擬流場分布

漲潮

- 主要由北向南之流動
- 約匯集於濁水溪出海口處向外海方向(向西)流動
- 流速分布大多在 0.8m/s以下

滿潮

- 主要由北向南之流動
- 較外海處有較高流速(約0.8~1m/s)之分布



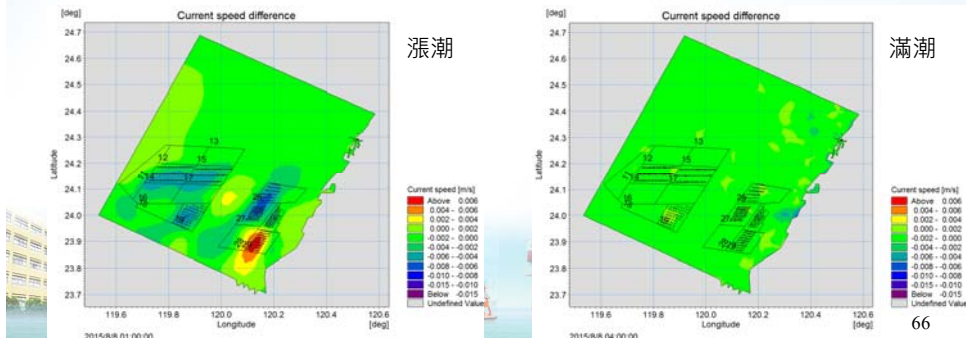
65

四、水動力數值分析與探討

■ 風機群設置後模擬成果

蘇迪勒颱風期間 設置後流場差異

- 14、17、26及27號場址流速較設置風機群前為低，約在0.006m/s以內
- 29號場址流速較設置風機群前高，約在0.006m/s以內



66

四、水動力數值分析與探討

■ 風機群設置後模擬成果

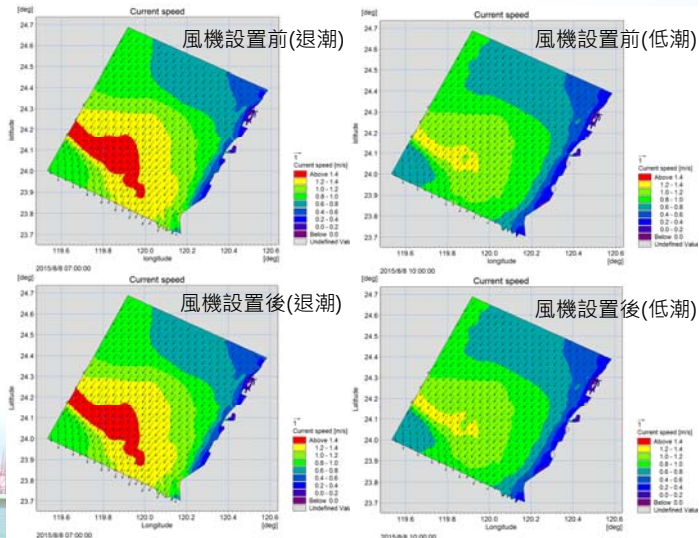
蘇迪勒颱風期間 模擬流場分布

退潮

- 主要由北向南之流動
- 出現約1.4m/s流速之局部分布

低潮

- 主要由北向南之流動
- 整體區域內流速依舊在0.7m/s以上
- 東側近岸處流速較低，流速約在0.4m/s以下

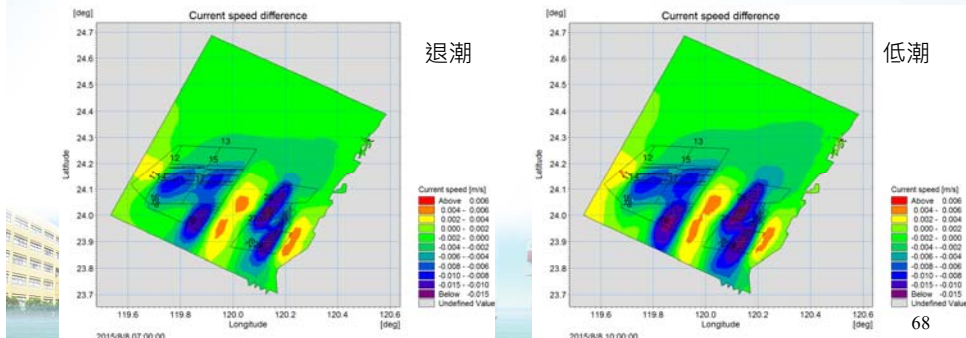


四、水動力數值分析與探討

■ 風機群設置後模擬成果

蘇迪勒颱風期間 設置後流場差異

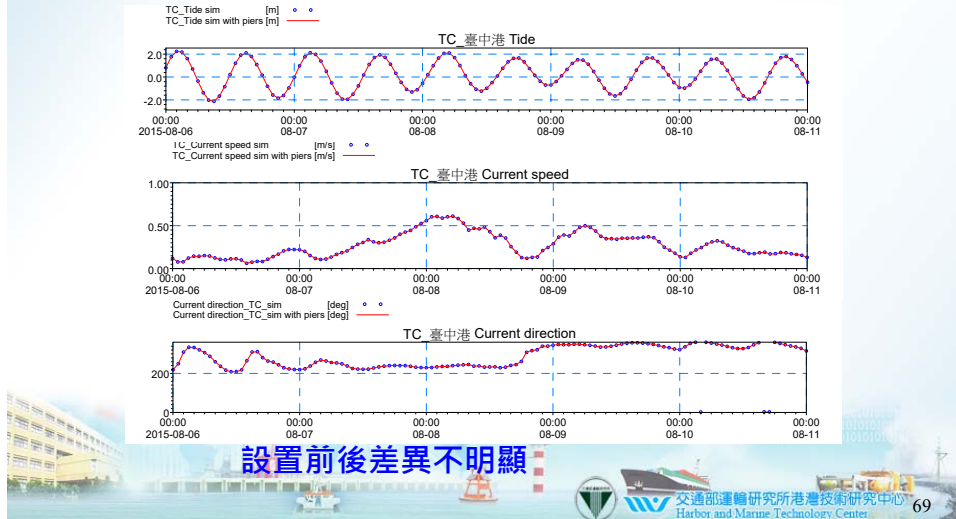
- 退潮時，於風機群設置之區域均出現流速較設置前為低的現象發生，差異約在0.015m/s以內
- 航道中與29號場區東側流速較設置風機群前高，差異約在0.006m/s以內
- 低潮時局部變化範圍較退潮時大，但差異範圍與退潮時相似
- 航道區域與29號場區東側出現局部流速上升現象
- 19、27、29號及西島場區內流速較為設置風機群前為低



四、水動力數值分析與探討

■ 風機群設置後模擬成果 蘇迪勒颱風期間為例

設置前後單點潮位、流速、流向比較



五結論及建議

■ 結論

1. 本計畫納入包含大彰化東南、大彰化西南、海龍二號、西島、彰芳、台電及中能等共7個離岸風場址之風機，模擬設置風機後對臺中鄰近海域波場及流場影響程度。
2. 整體臺灣中部海域波浪觀測站其波高模擬與實測比對，波高模擬值變化趨勢與實測示性波高變化趨勢相近，以澎湖浮標結果較佳，彰化浮標次之，臺中港測站模擬結果偏小。
3. 冬季、夏季及颱風期間計算風機群設置後之示性波高改變量整體平均下降0.002 m、0.002 m及0.0006m，波浪僅於風機群周圍發生改變但不明顯，波高傳遞至臺中港域時改變量近乎為0 m，表示風機群設置後對整體海域影響範圍有限。



五結論及建議

■ 結論

4. 整體潮位模擬而言，比對冬季、夏季期間，臺中港與澎湖尖山港觀測站處之潮位模擬結果與趨勢變化與觀測資料相符。冬季均方根誤差分別為0.2482m及為0.1848m，夏季均方根誤差分別為0.2573m及為0.2554m。
5. 冬季、夏季及颱風期間的流場分布風機群設置後，風場場址附近會出現局部流速變化，但流速變動非常小(大多在0.015m/s以內)。

■ 建議

1. 後續計畫建議將13離岸風場址均放入考量，探討整體風場架設更完整之影響性，並進一步考量波流耦合對於漂沙影響。
2. 後續將依模擬不同路徑颱風對臺灣中部海域波流影響。



71

簡報完畢
敬請指教



72

附錄 II

期末報告審查意見及辦理情形說明表

交通部運輸研究所自辦研究計畫 期末報告審查意見處理情形表

**計畫名稱：離岸風電區鄰近海域波流及地形變遷數值分析(1/3)-臺中鄰近海域
波浪及海流數值分析**

委員審查意見	處理情形
一. 李兆芳委員 - 計畫工作項目不少，研究團隊相當努力，成果相當好。 - 研究主題值得進行，特別是探討風機群設置之效應。 - P.3-3 表 3.2-1 所示筆誤應為表 3-1，P.3-9 「Jonswap」應為大寫「JONSWAP」。 - 討論風機群效應，風機設置之配置及尺寸須詳細說明，才能與數值計算之結果有所預期。以機樁直徑 3m 之數據來看，風機對於水動力結果效應小可以預期。但對於風浪週期 3sec 繞射效應會呈現出來，再後續討論內容上可以思考。	- 謝謝委員肯定。 - 謝謝委員支持。 - 已修正，詳 P.3-3 及 P.3-9。 - 感謝委員意見，惟在 MIKE 21 風浪模式考慮結構物的方面，是藉由引入衰減項來減少建築物後的波能，即作為一能量消散項計算，不考慮波能反射及繞射現象。
二、江文山委員 - 文獻回顧建議增加相同風場的環評報告資料。 - 因為研究區域主要是遠離海岸區，建議考量納入海流的影響。 - 建議後續研究方向，針對風場開發環評未考慮到的部份進行探討。	- 感謝委員意見，有關本研究討論 7 個離岸風電場址之環評報告書已列入參考文獻。 - 本年度計畫成果為建置適用研究區域之風浪及水動力模式，探討冬季、夏季及颱風期間，離岸風機群設置前、後對海域波浪、海流影響，預計下年度(108 年)將進行波浪及水動力耦合計算，並進一步模擬海底地形變遷情形。 - 感謝委員意見，後續將尋求環評報告未考慮的部分進行探討。

委員審查意見	處理情形
4. P.3-11，本案重點是台中附近海域，但是比較結果不好，其他區域相對好，請再探討成因。 5. 請教颱風波浪模擬使用的風場是預報的或是再分析的。 6. 文中「平均流」的定義，請再詳細說明，避免誤解。 7. 模式中使用的波譜為 JONSWAP，請說明相關參數。 8. 此為三年期計畫之第一年，針對水動力進行探討，執行成果符合規劃。	4. 本案模式主要探討區域是臺灣中部海域(臺中、彰化海域)，P.3-11，圖 3.9 冬季季風期間臺中港波浪測站驗證結果顯示，臺中波浪模擬值與實測值相比結果，均有偏小的情形，再經繪出 2015 年冬季及夏季臺中港實測風速與氣象局 WRF 預報風場風速歷線圖作比較如圖 3.13 所示(P.3-18)，可知預報風速值較實測風速小，致使臺中港風浪模擬結果較實測波高均偏小。此外，臺中港測站靠近內陸，且風經過中央山脈時會受地形影響，預報風場對於受地形影響後的風場尚未完全掌握其特性，實際波浪至臺灣海峽區域亦受臺灣、大陸兩岸陸地效應影響。爰均是影響模式在臺中港模擬結果較其他測站誤差較大之因素，補充說明 P.3。 5. 本計畫風浪及水動力模式使用風場均是使用中央氣象局 WRF 預報資料之組合風場，詳 3.2.2 節。 6. 文中「平均流」誤繕，應係指「平均流速」，已修正 P.2-36。 7. 謝謝委員意見，已補充說明，詳表 3-4,P.3-9 8. 謝謝委員意見。

委員審查意見	處理情形
三、簡仲璟委員 1. 數值網格局部最小的 0.03°，此和風機 4 支機樁分別落在邊長 20m 正方形之四角相較是否能顯示出其對波、流場的影響？請再檢討。風機群設置對波流場影響可能不大，但對海表面風場可能有影響，故建議考量納入後續研究課題。 2. 圖 4.6 顯示模擬與實測流速有部分出現明顯差異？此部份是否冬季強勁季風造成？建議作更深入的探討分析。比較的點位位置在何處？是否在北防波堤堤頭外海？ 3. 第 4-14 頁之「偏差值」與「觀測偏差」有何差異？圖 4.15 顯示海流流速模擬與實測差異頗大，其原因為何？此外是否颱風期間海流之潮流成份變得不明顯？ 4. 模擬暴潮偏差 0.8m 相較觀測暴潮偏差 1.86m，仍有明顯差異，建議再加強提升其準確度。	1. 感謝委員意見，在 MIKE 21 風浪及水動力模式內考慮結構物的計算方面，是藉由引入衰減項來減少建築物後的波能，即作為一能量消散項計算，不考慮波能反射及繞射。目前風場資料是模式的驅動力(輸入值)，爰難以探討風機群樁設置後對海表面風場之影響。 2. 補充說明於 p4-4、4-5。 3. 補充說明於 p4-15。 4. 感謝委員建議，納入接續性計畫中精進。
四、鍾英鳳委員 1. P.2-3 離岸風電到 114 年將達 5.7GW，請修正。其分示範 0.23GW 與遴選、競價共計 5.73GW。 2. P.2.4 圖未說明出處？ 3. P.3-19 風機基礎有 Monopile 及 Jacket 兩種，目前在台灣均存在，且大多尚未定案，所以“均採 Jacket”，請修正。	1. 感謝委員意見，第一章及第二章內容已修正。 2. 已補充資料來源，詳圖 2.4。 3. 經參閱 7 個離岸風電場之風力發電計畫環境影響說明書，風機基礎雖有 Monopile 及 Jacket...等，經審慎評估彰化海域地質條件及技術可行性後，目前各離岸風場址對於風機下部基礎結構規劃設計方案仍大都選擇以套筒(JACKET)形式為主，報告內容酌

委員審查意見	處理情形
4. 風機幾乎在彰化，本研究海域建議以台中、彰化沿岸變化為對象，且把全部風場納入。 5. 可否比較冬季、夏季及颱風因有風機對風、波、海流影響大小之比較，且對海底地形變遷之影響？ 6. P.4-18 請說明圖 4.20 風場風機佈設成如此之原因。	修，詳 P.3-19。 4. 感謝委員意見，後續依委員意見將所有離岸風場址納入考量並探討對臺中、彰化沿岸變化。 5. 本年度計畫成果僅探討冬季、夏季及颱風期間，離岸風機群設置前、設置後對海域波浪、海流等 2 物理量之影響，並預計下年度(108 年)執行探討對海底地形變遷之影響，至於風的影響也將納入研究課題討論。 6. 佈設方式補充說明於 p4-18。