

108-127-7B47

MOTC-IOT-108-H3DA002

# 離岸風電區鄰近海域波流及地形 變遷數值分析(2/3)-臺中鄰近海 域漂沙特性數值分析



**交通部運輸研究所**

中華民國 108 年 12 月

108

離風電區鄰近海域波流及地形變遷數值分析(2/3)  
臺中鄰近海域漂沙特性數值分析

交通部運輸研究所

GPN: 1010802617

定價: 200 元

108-127-7B47

MOTC-IOT-108-H3DA002

# 離岸風電區鄰近海域波流及地形 變遷數值分析(2/3)-臺中鄰近海 域漂沙特性數值分析

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 108 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.  
(2/3) : 臺中鄰近海域漂沙特性數值分析 /  
李俊穎等著. -- 初版. -- 臺北市 : 交通部  
運研所, 民 108.12  
面 ; 公分  
ISBN 978-986-531-045-5(平裝)

1. 海流 2. 波動 3. 數值分析

351.9

108021710

離岸風電區鄰近海域波流及地形變遷數值分析(2/3)-  
臺中鄰近海域漂沙特性數值分析

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](http://www.ihmt.gov.tw) (中文版 > 中心出版品)

電 話：(04) 26587134

出版年月：中華民國 108 年 12 月

印 刷 者：

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港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 : 1010802617 ISBN : 978-986-531-045-5 (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(2/3)-臺中鄰近海域漂沙特性數值分析			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-531-045-5(平裝)	政府出版品統一編號 1010802617	運輸研究所出版品編號 108-127-7B47	計畫編號 108- H3DA002
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：謝明志 計畫主持人：李俊穎 研究人員：傅怡釗、陳鈞彥、蘇青和、謝佳紘、陳正義 聯絡電話：04-26587134 傳真號碼：04-26564415			研究期間 自 108 年 01 月 至 108 年 11 月
關鍵詞：波浪、水動力、漂沙、地形變遷、離岸風電			
摘要： <p>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2年計畫進行臺中鄰近海域漂沙特性數值分析，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，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。</p> <p>本年度針對中彰鄰近海域漂沙特性數值分析，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、水動力及漂沙之季節與颱風特性分析，建置適用於鄰近海域之風浪、水動力及漂沙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，並將位屬臺中、彰化海域之離岸風電場址(含示範風場)，共計有福海一號、福海二號、台電第一期、西島、海鼎一號(編號 11)、大彰化西北(編號 12)、大彰化東北(編號 13)、大彰化西南(編號 14)、大彰化東南(編號 15)、海鼎二號(編號 16)、海鼎三號(編號 17)、海龍三號(編號 18)、海龍二號(編號 19)、台電第二期(編號 26)、彰芳(編號 27)、海峽(編號 28)及中能(編號 29)等 17 個風場，一併納入設置風機群後對海域影響之情境模擬，模擬設置風機後對臺中鄰近海域波場、流場及漂沙影響程度。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、流速及漂沙變化，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，漂沙則在離岸風電場址區域及臺中、彰化沿岸呈現侵淤互現情形，近岸尤其以海埔新生地、海堤、及港灣結構物附近變動最明顯。</p> <p>本研究結果，可供後續辦理臺中港漂沙、擴港水工試驗、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。</p>			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
108 年 12 月	290	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： <p> <input type="checkbox"/>密 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密                      （解密條件：<input type="checkbox"/>年 月 日解密，<input type="checkbox"/>公布後解密，<input type="checkbox"/>附件抽存後解密，  <input type="checkbox"/>工作完成或會議終了時解密，<input type="checkbox"/>另行檢討後辦理解密）                 </p> <p>■普通</p>			
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 (2/3) - Numerical modeling of sand drift statistics in the Taichung sea area			
ISBN(OR ISSN) 978-986-531-045-5 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010802617	IOT SERIAL NUMBER 108-127-7B47	PROJECT NUMBER 108- H3DA002
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Ming-Jyh Hsieh PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chun-Ying Lee PROJECT STAFF: Yi-Chuan Fu, Chun-Yen Chen, Ching-Ho Su, Chia-Hon Shieh, Ming-Chung Chen TEL: 886-4-26587134 FAX: 886-4-26564415			PROJECT PERIOD FROM January 2019 TO November 2019
KEY WORDS: wave, numerical simulation, sand drift, Near-shore area; Wind-wave ; Current , offshore wind power			
<b>ABSTRACT:</b>  <p>This study is the second-year portion of a three-year project (2018-2020) for numerical modeling of wave, current and coastal evolution near offshore wind power, primarily concentrating on numerical analysis of sand drift statistics in the Taichung sea area. When there are a large number of wind turbines installations at sea, this may cause wave and current fields to change, affecting sand drifting and topography change.</p> <p>This year, we conducted numerical studies on sand drifting in the outer seas of Taichung and Changhua, and compiled wind, wave, current and topography data to analyze the seasonal and typhoon characteristics of wind, waves and currents. We developed numerical modules for wind and hydrodynamics via unstructured grids; we also used observation data from different units to check the different positions of the numerical model. We completed simulation assessments, including the degree of impact on waves, currents and sand drifting, after establishment of offshore wind turbine generators in seventeen offshore wind farms. The simulation results have good correlation with the observation data. The simulation results show that after the establishment of offshore wind turbine generators, wave height, current velocity and sand drifting change in the local sea area. The overall wave height of the adjacent offshore wind farms is slightly reduced, and the current velocity increases or decreases slightly depending on the tidal water level change, but the amount of change is small. As for sand drifting occurring in the area of offshore wind farm sites and along the Taichung and Changhua coasts, erosion and silting conditions have appeared. Within the near-shore zone, sand drifting has been especially apparent in tidal land near Changhua, and at sea walls and harbor structures.</p> <p>The research results provide references for continuation of project planning, hydraulic model testing, maritime engineering planning, and topographic change analysis.</p>			
DATE OF PUBLICATION December 2019	NUMBER OF PAGES 290	PRICE 200	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> 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(2/3)- 臺中鄰近海域漂沙特性數值分析

## 目 錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	II
目錄 .....	III
圖目錄 .....	VI
表目錄 .....	XVI
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 .....	2-15

2.4	波浪觀測資料分析.....	2-29
2.5	潮位觀測資料分析.....	2-39
2.6	流場觀測資料分析.....	2-41
2.7	河川輸砂及近海底質粒徑調查.....	2-47
2.8	歷年地形侵淤分析.....	2-58
2.8.1	臺中海岸歷年地形變化分析.....	2-58
2.8.2	彰化海岸歷年地形變化分析.....	2-71
第三章	西北太平洋風浪及水動力模式.....	3-1
3.1	西北太平洋模型範圍及輸入資料.....	3-1
3.1.1	西北太平洋模型地形水深資料.....	3-1
3.1.2	西北太平洋模型範圍及網格大小.....	3-2
3.1.3	西北太平洋模式風、氣壓場資料.....	3-3
3.2	西北太平洋風浪數值模式.....	3-7
3.2.1	西北太平洋風浪模式參數設定.....	3-7
3.2.2	西北太平洋風浪數值模式現況計算成果.....	3-8
3.3	西北太平洋水動力數值模式.....	3-19
3.3.1	西北太平洋水動力數值模式參數設定.....	3-19
3.3.2	西北太平洋水動力數值模式現況計算成果.....	3-20
第四章	離岸風電海域地形變遷模式.....	4-1
4.1	離岸風電海域地形變遷模式架構.....	4-1
4.2	離岸風電海域地形變遷模式輸入資料.....	4-2
4.2.1	離岸風電海域地形變遷模型範圍及地形水深資料.....	4-2
4.2.2	離岸風電海域地形變遷模式之風、氣壓場資料.....	4-3
4.3	離岸風電海域地形變遷模式各模組參數設定.....	4-5

4.3.1 離岸風電海域地形變遷模式之波浪模組參數設定 .....	4-5
4.3.2 離岸風電海域地形變遷模式之水動力模組參數設定 ..	4-6
4.3.3 離岸風電海域地形變遷模式之沙傳輸模組參數設定 ..	4-7
4.4 離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果.....	4-9
4.4.1 冬季季風期間現況波浪、水動力及地形變遷模擬計算成果.....	4-9
4.4.2 夏季季風期間現況水動力、風浪及地形變遷模擬計算成果.....	4-15
4.4.3 颱風期間現況水動力、風浪及地形變遷模擬計算成果.....	4-22
4.5 風機群設置後，離岸風電海域地形變遷模擬計算成果.....	4-29
4.5.1 風機群設置後，冬季季風期間波浪、水動力及地形變遷模擬計算成果 .....	4-32
4.5.2 風機群設置後，夏季季風期間波浪、水動力及地形變遷模擬計算成果 .....	4-45
4.5.3 風機群設置後，颱風期間水動力、風浪及地形變遷模擬計算成果.....	4-59
第五章 結論與建議.....	5-1
5.1 結論 .....	5-2
5.2 建議.....	5-6
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
附錄 III 模式理論介紹.....	附 3-1

## 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.....	2-2
圖 2.2 離岸風場遴選及競價現況.....	2-2
圖 2.3 離岸風機潛力場址範圍.....	2-3
圖 2.4 彰化外海岸風電潛力場址預定航道座標 .....	2-5
圖 2.5 臺中港地理位置圖.....	2-7
圖 2.6 高美濕地.....	2-9
圖 2.7 NOAA-ETOPO5 水深地形.....	2-11
圖 2.8 海科中心-臺灣周圍海域 200 m 水深地形.....	2-11
圖 2.9 海軍大氣海洋局-臺灣海峽海圖(圖號 0312) .....	2-12
圖 2.11 臺中沿岸 103 年 10 月測深資料成果圖 .....	2-14
圖 2.12 彰化王功沿岸 103 年 10 月測深資料成果圖 .....	2-14
圖 2.13 颱風登陸地點之分段統計(1911~2016 年).....	2-17
圖 2.14 影響臺灣地區颱風路徑分類圖(1911~2016 年).....	2-17
圖 2.15 中央氣象局-臺中梧棲氣象測站位置 .....	2-19
圖 2.16 港灣技術研究中心-臺中港氣象測站位置.....	2-21
圖 2.17 臺中 2006~2017 年四季及全觀測期風速及風向機率分佈圖 .....	2-22
圖 2.18 港研中心臺中測站歷年四季風玫瑰圖 .....	2-28
圖 2.19 中央氣象局-澎湖浮標測站位置 .....	2-30
圖 2.20 中央氣象局-澎湖浮標 2006-2017 每月波高統計圖.....	2-30

圖 2.21 中央氣象局-澎湖浮標每月示性波高分布圖 .....	2-31
圖 2.22 港灣技術研究中心-臺中海象測站位置 .....	2-32
圖 2.23 港研中心臺中 1999~2016 年四季及全觀測期波浪玫瑰圖 ...	2-37
圖 2.24 中央氣象局-臺中港潮位測站位置 .....	2-40
圖 2.25 臺中港 1971~2017 年每月潮位統計圖 .....	2-40
圖 2.26 港研中心臺中 2003~2016 年四季及全觀測期海流玫瑰圖 ...	2-46
圖 2.27 大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪地理位置 .....	2-49
圖 2.28 臺中港海岸底質粒徑分析圖 .....	2-50
圖 2.29 台中海岸冬季(2015 年 4 月)海岸底質砂樣之中值粒徑與水深關係分佈成果圖 .....	2-54
圖 2.30 台中海岸夏季(2015 年 8 月)海岸底質砂樣之中值粒徑與水深關係分佈成果圖 .....	2-55
圖 2.31 103 年彰化王功海岸冬季地質中質粒徑空間分佈 .....	2-56
圖 2.32 103 年彰化王功海岸夏季地質中質粒徑空間分佈 .....	2-57
圖 2.33 大安溪段 2008 年 8 月至 2011 年 5 月期間水深地形侵淤圖 .....	2-59
圖 2.34 大甲溪段 2008 年 8 月至 2011 年 5 月期間水深地形侵淤圖 .....	2-59
圖 2.35 2010 年 12 月~2011 年 5 月冬季波浪作用後地形水深平面侵淤圖 .....	2-61
圖 2.36 2014 年 10 月~2015 年 6 月冬季波浪作用後地形水深平面侵淤圖 .....	2-62
圖 2.37 2014 年 5~10 月夏季波浪作用後地形水深平面侵淤圖 .....	2-63
圖 2.38 2008 年 8 月~2011 年 5 月長期地形水深平面侵淤圖 .....	2-66

圖 2.39 2011 年 5 月~2014 年 5 月長期地形水深平面侵淤圖 .....	2-67
圖 2.40 2008 年 8 月~2014 年 10 月長期地形水深平面侵淤圖 .....	2-68
圖 2.41 2008 年 8 月~2015 年 6 月長期地形水深平面侵淤圖 .....	2-69
圖 2.42 1996~2006 年台中港附近地形侵淤變化圖 .....	2-70
圖 2.43 51 年至 80 年 8 月地形侵淤圖 .....	2-74
圖 2.44 80 年 8 月至 90 年 8 月(左)、90 年 8 月至 95 年 8 月(右)地形侵淤圖 .....	2-74
圖 2.45 95 年 8 月至 98 年 7 月(左)、98 年 7 月至 101 年 9 月(右)地形侵淤圖 .....	2-75
圖 2.46 101 年 9 月至 102 年 9 月(左)、90 年 8 月至 101 年 9 月(右)地形侵淤圖 .....	2-75
圖 2.47 90 年 8 月至 102 年 9 月(左)、80 年 8 月至 101 年 9 月(右)地形侵淤圖 .....	2-76
圖 2.48 51 年至 103 年 10 月(左)、80 年 8 月至 103 年 10 月(右)地形侵淤圖 .....	2-76
圖 2.49 94 年 7 月至 103 年 10 月(左)、95 年 8 月至 103 年 10 月(右)地形侵淤圖 .....	2-77
圖 2.50 98 年 7 月至 103 年 10 月(左)、101 年 9 月至 103 年 10 月(右)地形侵淤圖 .....	2-77
圖 3.1 西太平洋風浪及水動力模式範圍、網格及數值水深示意圖 ...	3-2
圖 3.2 局部區域範圍、網格及數值水深示意圖 .....	3-3
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 .....	3-4
圖 3.4 TaiCOMS 輸出中央氣象局 WRF(WA01)風場範圍示意圖 .....	3-5
圖 3.5 使用 WA01 風場資料製作之 Mike 21 2 維平面風場 u 方向風速網格範圍示意圖 .....	3-5

圖 3.6 使用 WA01 風場資料製作之 Mike 21 2 維平面風場 v 方向風速 網格範圍示意圖.....	3-6
圖 3.7 使用 WA01 風場資料製作之 Mike 21 2 維平面氣壓場網格範圍 示意圖.....	3-6
圖 3.8 臺灣中部海域波浪觀測站位置示意圖 .....	3-8
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.....	3-9
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.....	3-11
圖 3.11 2015 年蘇迪勒颱風路徑示意圖.....	3-14
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.....	3-15
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.....	3-16
圖 3.14 利奇馬颱風路徑圖.....	3-18
圖 3.15 利奇馬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.....	3-18
圖 3.16 邊界條件潮位示意圖(東經 150°, 北緯 5°至 40°為例).....	3-19
圖 3.17 臺灣中部海域潮位、海流驗證觀測站位置示意圖 .....	3-20
圖 3.18 臺中港觀測站位置示意圖 .....	3-22
圖 3.19 澎湖尖山港觀測站、澎湖浮標位置示意圖 .....	3-22
圖 3.20 冬季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果 .....	3-23
圖 3.21 冬季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果(1)...	3-23
圖 3.22 冬季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果(2)...	3-24
圖 3.23 冬季季風期間臺中港海流觀測站流速、流向模擬比對結果	

.....	3-24
圖 3.24 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	3-25
.....	3-25
圖 3.25 冬季季風期間模擬流場(漲潮).....	3-26
圖 3.26 冬季季風期間模擬流場(退潮).....	3-26
圖 3.27 夏季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果 .....	3-28
圖 3.28 夏季季風期間臺中港海流觀測站流速、流向模擬比對結果	3-28
.....	3-28
圖 3.29 夏季季風期間澎湖浮標站流速、流向模擬比對結果 .....	3-29
圖 3.30 夏季季風期間模擬流場(漲潮).....	3-30
圖 3.31 夏季季風期間模擬流場(退潮).....	3-30
圖 3.32 蘇迪勒颱風期間臺中港觀測站潮位、流速、流向模擬比對	3-32
.....	3-32
圖 3.33 蘇迪勒颱風期間澎湖浮標站流速、流向模擬比對結果 .....	3-32
圖 3.34 蘇迪勒颱風期間，模擬無風場與有風場效應之潮位比對圖	3-33
.....	3-33
圖 3.35 蘇迪勒颱風臺中港暴潮偏差 .....	3-33
圖 3.36 蘇迪勒颱風期間模擬流場(漲潮).....	3-34
圖 3.37 蘇迪勒颱風期間模擬流場(退潮).....	3-34
圖 3.37 利奇馬颱風期間臺中港觀測站潮位、流速、流向模擬比對	3-35
.....	3-35
圖 4.1 海域地形變遷模式計算架構流程圖 .....	4-1
圖 4.2 離岸風電海域地形變遷模型範圍、網格及數值水深示意圖 ....	4-2
圖 4.3 離岸風電海域地形變遷模式輸入 WA03 預報風場之 u 方向風速	

網格範圍示意圖.....	4-3
圖 4.4 離岸風電海域地形變遷模式輸入 WA03 預報風場之 v 方向風速 網格範圍示意圖.....	4-4
圖 4.5 離岸風電海域地形變遷模式輸入 WA03 預報風場之氣壓場網格 範圍示意圖.....	4-4
圖 4.6 執行漂沙模組前，製作輸沙率表(Q3D)畫面示意圖.....	4-7
圖 4.7 離岸風電海域地形變遷模式-冬季季風期間臺中(TC)波浪模擬與 觀測值比對結果.....	4-10
圖 4.8 離岸風電海域地形變遷模式-冬季季風期間臺中(TC)測站潮位、 流速及流向模擬比對結果.....	4-11
圖 4.9 離岸風電海域冬季季風期間模擬流場(漲潮).....	4-12
圖 4.10 離岸風電海域冬季季風期間模擬流場(退潮).....	4-13
圖 4.11A 離岸風電海域於冬季季風期間地形變化情形.....	4-14
圖 4.11B 離岸風電海域於冬季季風期間地形變化情形(臺中港段)..	4-14
圖 4.12 離岸風電海域地形變遷模式-夏季季風期間臺中港(TC)波浪觀 測站示性波高模擬值與觀測值比對結果.....	4-16
圖 4.13 離岸風電海域地形變遷模式-夏季季風期間彰濱浮標(CH3)波浪 觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果.....	4-16
圖 4.14 離岸風電海域地形變遷模式-夏季季風期間臺中(TC)測站潮位、 流速及流向模擬比對結果.....	4-18
圖 4.15 離岸風電海域夏季季風期間模擬流場(漲潮).....	4-19
圖 4.16 離岸風電海域夏季季風期間模擬流場(退潮).....	4-20
圖 4.17A 離岸風電海域於夏季季風期間地形變化情形.....	4-21
圖 4.17B 離岸風電海域於夏季季風期間地形變化情形(臺中港段)...	4-21
圖 4.18 離岸風電海域地形變遷模式-蘇迪勒期間臺中(TC)波浪觀測站 示性波高模擬值與觀測值比對結果.....	4-23

圖 4.19 離岸風電海域地形變遷模式-蘇迪勒期間彰濱浮標(CH3)波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果 .....	4-23
圖 4.20 離岸風電海域地形變遷模式-颱風期間臺中(TC)測站潮位、流速及流向模擬比對結果.....	4-25
圖 4.21 離岸風電海域地形變遷模式颱風期間模擬流場(漲潮).....	4-26
圖 4.22 離岸風電海域地形變遷模式颱風期間模擬流場(退潮).....	4-27
圖 4.23A 離岸風電海域蘇迪勒颱風期間地形變化情形.....	4-28
圖 4.23B 離岸風電海域蘇迪勒颱風期間地形變化情形(臺中港段)..	4-28
圖 4.24 本計畫數值模式模擬離岸風場機樁形式示意圖 1038 .....	4-30
圖 4.25 離岸風電海域地形變遷模式內 17 個離岸風電場址及風機群基樁位置示意圖.....	4-31
圖 4.26 離岸風電海域地形變遷模式輸出 6 剖面位置示意圖 .....	4-31
圖 4.27 冬季季風期間，臺中(TC)風機群設置前、後波浪模擬比對結果 .....	4-33
圖 4.28 冬季季風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後示性波高平面空間改變情形.....	4-33
圖 4.29 冬季季風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後之 6 剖面波浪空間運動情形.....	4-34
圖 4.30 冬季季風期間風機群設置前模擬流場(滿潮).....	4-36
圖 4.31 冬季季風期間風機群設置後模擬流場(滿潮).....	4-36
圖 4.32 冬季季風期間風機群設置前模擬流場(退潮).....	4-37
圖 4.33 冬季季風期間風機群設置後模擬流場(退潮).....	4-37
圖 4.34 冬季季風期間風機群設置前模擬流場(低潮).....	4-38
圖 4.35 冬季季風期間風機群設置後模擬流場(低潮).....	4-38
圖 4.36 冬季季風期間風機群設置前模擬流場(漲潮).....	4-39

圖 4.37	冬季季風期間風機群設置後模擬流場(漲潮).....	4-39
圖 4.38	冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(滿潮).....	4-40
圖 4.39	冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(退潮).....	4-40
圖 4.40	冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(低潮).....	4-41
圖 4.41	冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(漲潮).....	4-41
圖 4.42	冬季季風期間風機群設置後臺中港站潮、流模擬比較 .....	4-42
圖 4.43	風機群設置前後，冬季季風期間地形變化情形 .....	4-43
圖 4.44	冬季季風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後之 6 剖面底 床變化情形.....	4-44
圖 4.45	夏季季風期間，臺中(TC)風機群設置前、後波浪模擬比對結果 .....	4-46
圖 4.46	夏季季風期間，彰濱浮標(CH3)風機群設置前、後波浪模擬比 對結果.....	4-46
圖 4.47	夏季季風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後之示性波高 平面空間改變情形.....	4-47
圖 4.48	夏季季風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後之 6 剖面波 浪空間運動情形.....	4-48
圖 4.49	夏季季風期間風機群設置前模擬流場(滿潮).....	4-50
圖 4.50	夏季季風期間風機群設置後模擬流場(滿潮).....	4-50
圖 4.51	夏季季風期間風機群設置前模擬流場(退潮).....	4-51
圖 4.52	夏季季風期間風機群設置後模擬流場(退潮).....	4-51
圖 4.53	夏季季風期間風機群設置前模擬流場(低潮).....	4-52
圖 4.54	夏季季風期間風機群設置後模擬流場(低潮).....	4-52
圖 4.55	夏季季風期間風機群設置前模擬流場(漲潮).....	4-53
圖 4.56	夏季季風期間風機群設置後模擬流場(漲潮).....	4-53

圖 4.57	夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(滿潮).....	4-54
圖 4.58	夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(退潮).....	4-54
圖 4.59	夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(低潮).....	4-55
圖 4.60	夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(漲潮).....	4-55
圖 4.61	夏季季風期間風機群設置後臺中港站潮、流模擬比較 .....	4-56
圖 4.62	風機群設置前後，夏季季風期間地形變化情形 .....	4-57
圖 4.63	夏季季風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後之 6 空間剖面底床變化情形.....	4-58
圖 4.64	颱風期間，臺中(TC)風機群設置前、後波浪模擬比對結果 .....	4-60
圖 4.65	颱風期間，彰濱浮標(CH3)風機群設置前、後波浪模擬比對結果 .....	4-60
圖 4.67	颱風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後之 6 剖面波浪空間運動情形.....	4-62
圖 4.68	夏季季風期間風機群設置前模擬流場(滿潮).....	4-64
圖 4.69	夏季季風期間風機群設置後模擬流場(滿潮).....	4-64
圖 4.70	夏季季風期間風機群設置前模擬流場(退潮).....	4-65
圖 4.71	夏季季風期間風機群設置後模擬流場(退潮).....	4-65
圖 4.72	夏季季風期間風機群設置前模擬流場(低潮).....	4-66
圖 4.73	夏季季風期間風機群設置後模擬流場(低潮).....	4-66
圖 4.74	夏季季風期間風機群設置前模擬流場(漲潮).....	4-67
圖 4.75	夏季季風期間風機群設置後模擬流場(漲潮).....	4-67
圖 4.76	夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(滿潮).....	4-68
圖 4.77	夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(退潮).....	4-68

圖 4.78	夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(低潮).....	4-69
圖 4.79	夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(漲潮).....	4-69
圖 4.80	夏季季風期間風機群設置設置前、後臺中港站潮、流模擬比較 .....	4-70
圖 4.81	風機群設置前後，蘇迪勒颱風期間地形變化情形 .....	4-71
圖 4.82	蘇迪勒颱風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後之 6 空間 剖面底床變化情形.....	4-72

## 表 目 錄

表 2-1 離岸風區潛力場址環境基本資料 .....	2-4
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 .....	2-16
表 2-5 臺灣中部鄰近各測站統計氣壓 .....	2-18
表 2-6 臺中梧棲測站 2010-2017 統計每月最大陣風.....	2-19
表 2-7 臺中 2006~2017 年各月風觀測資料有效記錄時數.....	2-21
表 2-8 臺中 2006~2017 年分季風速及風向分佈統計表 .....	2-22
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 ...	2-23
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 .	2-24
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 .	2-25
表 2-13 歷年臺中測站風速及風向聯合分佈百分比(%)統計表 .....	2-27
表 2-14 澎湖浮標 2006-2017 年每月波高統計表 .....	2-29
表 2-15 臺中 1999~2016 年波浪觀測資料有效記錄筆數.....	2-33
表 2-16 臺中 1999~2016 年示性波高、週期及波向統計表 .....	2-33
表 2-20 臺中港外海颱風波浪迴歸分析統計表 .....	2-38
表 2-21 臺中港 1971-2017 年每月潮位統計表 .....	2-39
表 2-22 臺中 2003~2016 年海流觀測資料有效記錄筆數.....	2-42
表 2-24 臺中 2003~2016 年流速分佈百分比(%)統計表 .....	2-44
表 2-25 臺中 2003~2016 年流向分佈百分比(%)統計表 .....	2-45
表 2-26 107 年度大安溪、大甲溪河川流量及輸砂量實測紀錄 .....	2-52

表 2-27 107 年度烏溪、濁水溪河川流量及輸砂量實測紀錄 .....	2-53
表 2-28 臺中海岸冬季底質調查各水深砂樣粒徑範圍與土壤分類表	2-56
表 2-29 臺中海岸夏季底質調查各水深砂樣粒徑範圍與土壤分類表	2-56
表 2-30 「台中海岸基本資料調查」辦理歷年地形水深侵淤分析表	2-60
表 2-31 彰化海域歷年施測範圍說明 .....	2-73
表 3-1 模式使用地形水深資料表 .....	3-1
表 3-2 中央氣象局 WRF 成員 M00 水平巢狀網格資訊表 .....	3-4
表 3-3 模式參數設定彙整表 .....	3-7
表 3-4 波浪初始條件及 JONSWAP 譜參數表 .....	3-7
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 .....	3-9
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 .....	3-11
表 3-7 2015 年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 .....	3-15
表 3-8 2019 年利奇馬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 .....	3-18
表 3-9 模式參數設定 .....	3-19
表 3-10 冬季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬誤差分析表 ...	3-25
表 3-11 冬季季風期間臺灣中部海流觀測站流速模擬誤差分析表 ...	3-25
表 3-12 夏季季風期間臺灣中部海流觀測站潮位模擬誤差分析表 ...	3-29
表 3-13 夏季季風期間臺灣中部海流觀測站流速模擬誤差分析表 ...	3-29
表 3-14 西北太平洋水動力模式-蘇迪勒颱風期間潮位誤差分析結果	3-33
表 3-15 西北太平洋水動力模式-利奇馬颱風期間潮位誤差分析結果	3-36

表 4-1 離岸風電海域地形變遷模式之波浪模組參數設定表 .....	4-5
表 4-2 離岸風電海域地形變遷模式之波浪初始條件設定 .....	4-6
表 4-3 離岸風電海域地形變遷模式之水動力模組參數設定表 .....	4-6
表 4-4 離岸風電海域地形變遷模式之沙傳輸模組參數設定表 .....	4-8
表 4-5 離岸風電海域地形變遷模式-冬季季風期間臺中(TC)波浪觀測站 示性波高模擬值與觀測值誤差分析表.....	4-10
表 4-6 離岸風電海域地形變遷模式-冬季季風期間臺中(TC)觀測站潮位 模擬誤差分析表.....	4-12
表 4-7 離岸風電海域地形變遷模式-夏季季風期間臺中(TC)波浪觀測站 示性波高模擬值與觀測值誤差分析表.....	4-17
表 4-8 離岸風電海域地形變遷模式-夏季季風期間彰濱浮標(CH3)波浪觀 測站示性波高模擬值與觀測值誤差分析表 .....	4-17
表 4-9 離岸風電海域地形變遷模式-夏季季風期間臺中(TC)觀測站潮位 模擬誤差分析表.....	4-19
表 4-10 離岸風電海域地形變遷模式-颱風期間臺中(TC)觀測站示性波高 模擬誤差分析表.....	4-24
表 4-11 離岸風電海域地形變遷模式-颱風期間彰濱浮標(CH3)觀測站示 性波高模擬誤差分析表.....	4-24
表 4-12 離岸風電海域地形變遷模式-颱風期間臺中(TC)觀測站潮位模擬 誤差分析表.....	4-26
表 4-13 17 個離岸風場機樁數量彙整表 .....	4-30

# 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。

本計畫原規劃自 107 年度起執行 3 年，107 年辦理臺中鄰近海域波浪及水動力模式建置及驗證；108 年則改進 107 年度數值模式以進行局部海域波浪、水動力及漂沙模組耦合計算，模擬離岸風電場址海域、臺中及彰化沿岸地形變遷情形並探討風機群建置後對海域、近岸及臺中港之影響，109 年度則因應年度預算調整納入本所港研中心「離岸風電場鄰近海岸漂沙機制探討(4/4)」計畫內辦理。

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

## 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，包含臺中、彰化外海離岸風機群，本計畫規劃自 107 年度起執行至 109 年，共 3 年計畫期程，本年度(108 年度)主要工作項目為改進 107 年度數值模式以進行局部海域波浪、水動力及漂沙模組耦合計算，模擬離岸風電場址海域、臺中及彰化沿岸地形漂沙情形，並探討風機群建置後對海域、近岸及臺中港之漂沙影響。109 年度則因應年度預算調整納入本所港研中心「離岸風電場鄰近海岸漂沙機制探討(4/4)」計畫內辦理。

### 1.5.1 107 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。

### 1.5.2 107 年度計畫成果：

- (1) 完成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、夏季及颱風期間特性分析。
- (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 本年度(108)預期工作項目：**

- (1) 蒐集彙整中彰外海區域各離岸風場區環境評估報告及後續規劃資訊。
- (2) 蒐集中彰鄰近海域風、波、流及海底地形等相關資訊及特性分析。
- (3) 蒐集風機對整體風場影響。
- (4) 利用 MIKE 21 於臺中鄰近海域之風浪(SW)及水動力(HD)非結構性網格之巢狀模組與臺中港附近觀測資料(含颱風期間)驗證比對。
- (5) 利用 MIKE 21 建置適用於臺中鄰近海域之漂沙(ST)非結構性網格之巢狀模組。
- (6) 進行臺中鄰近海域冬季、夏季及颱風事件之漂沙特性分析。
- (7) 進行臺中鄰近海域潛力風場風機群設置後海岸漂沙之影響模擬評估。

#### **1.5.4 後續 109 年度預期工作項目:(併入本中心 109 年度「離岸風電場鄰近海岸漂沙機制探討(4/4)」工作項目辦理)**

規劃模擬方案，提供臺中波浪、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

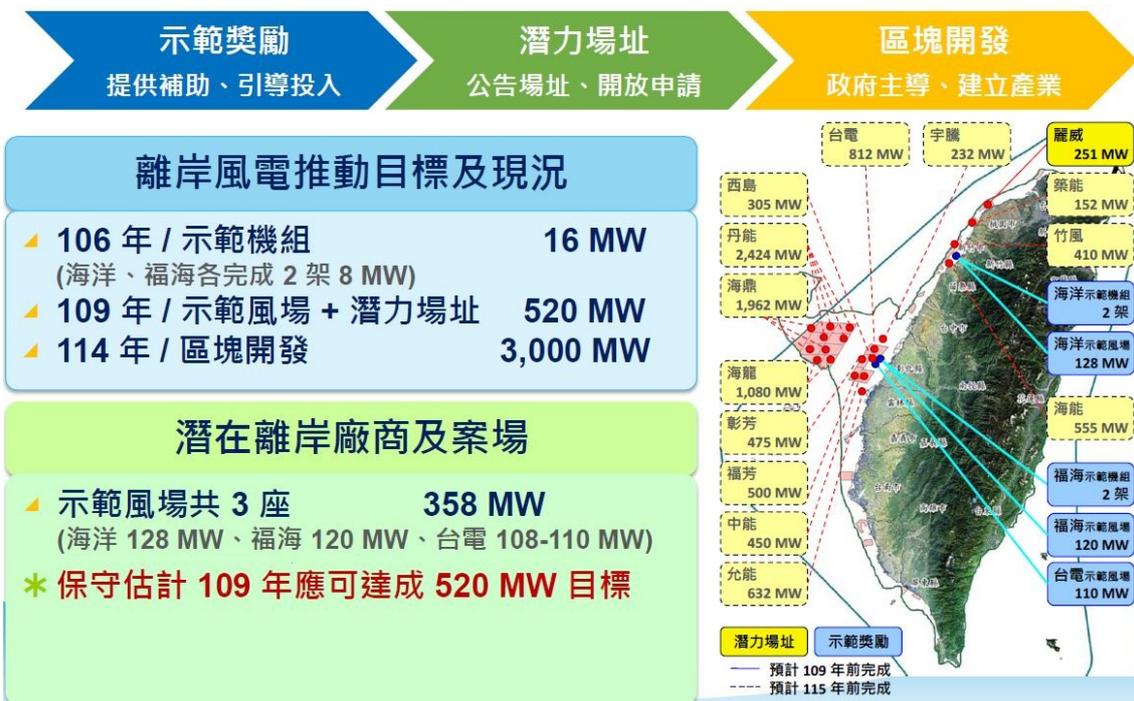
本計畫考量設置風電場後臺中鄰近海域可能受之影響，研究範圍包含中彰地區外海離岸風機群，參考公告之 36 處潛力場址及第 2 階段公告離岸風電至 114 年達 5.5GW 設置容量，包含經濟部於 107 年 1 月 18 日公告「離岸風力發電規劃場址容量分配作業要點」，採「先遴選、後競價」原則進行分配，其遴選審查結果，計有 7 家業者(10 個離岸風場)獲選，總分配容量達 3,836 MW，以及競價結果，計 2 家開發商(4 個離岸風場)獲選，總計容量達 1,664 MW，114 年完工併聯容量 1,664 MW 共計 14 個風場區，如圖 2.1、圖 2.2 所示。

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、流場、海域漂沙及河川輸砂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，經濟部於 104 年 7 月 2 日公告「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」，公開 36 處潛力場址與既有海域資料，各潛力場址公告基本資料及位置示意圖如表 2-1 及圖 2.3 所示，潛力場址的劃設，係排除相關法規及敏感地區，其中場址編號 7-19 分別屬於臺中、彰化外海風場，離岸約 3.8 ~ 62.1 km。交通部航港局後於 106 年 8 月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，其航道採分道航行制，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，如圖 2.4 所示。

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。



資料來源：經濟部能源局，2018。

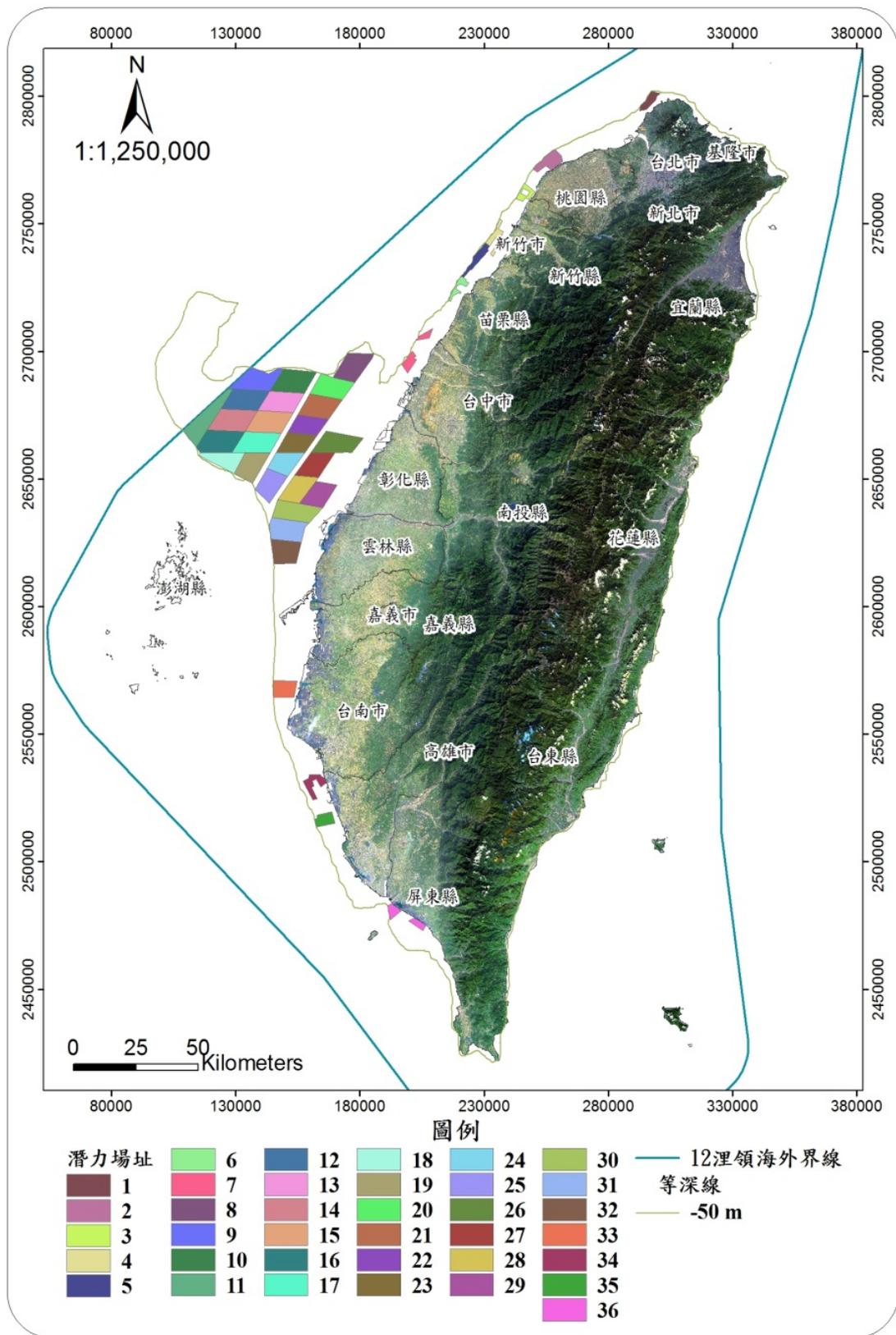
圖 2.1 離岸風電推動目標

- 遴選 **3,836 MW**：共 7 家開發商、10 座風場。
- 競價 **1,664 MW**：共 2 家開發商、4 座風場。

分配機制	完工併網年度	申請風場	開發商	獲配容量 (MW)	累計年發電量 (百萬度)
遴選	2020	海能	上緯、麥格理	378	3,660
		允能	達德 (wpd)	360	
	2021	允能	達德 (wpd)	348	10,027.5
		麗威	達德 (wpd)	350	
		大彰化東南	沃旭 (Ørsted)	605.2	
		大彰化西南	沃旭 (Ørsted)	294.8	
	2023	彰芳	CIP	100	11,722.5
		彰芳	CIP	452	
	2024	中能	中鋼	300	15,277.5
		西島	CIP	48	
海龍二號		NPI、玉山	300		
台電		台電	300		
競價	2025	海龍二號	NPI、玉山	232	21,517.5
		海龍三號	NPI、玉山	512	
		大彰化西南	沃旭 (Ørsted)	337.1	
		大彰化西北	沃旭 (Ørsted)	582.9	

資料來源：經濟部能源局，2019。

圖 2.2 離岸風場遴選及競價現況



資料來源：經濟部能源局 104 年 7 月 2 日能技字第 10404015571 號令。

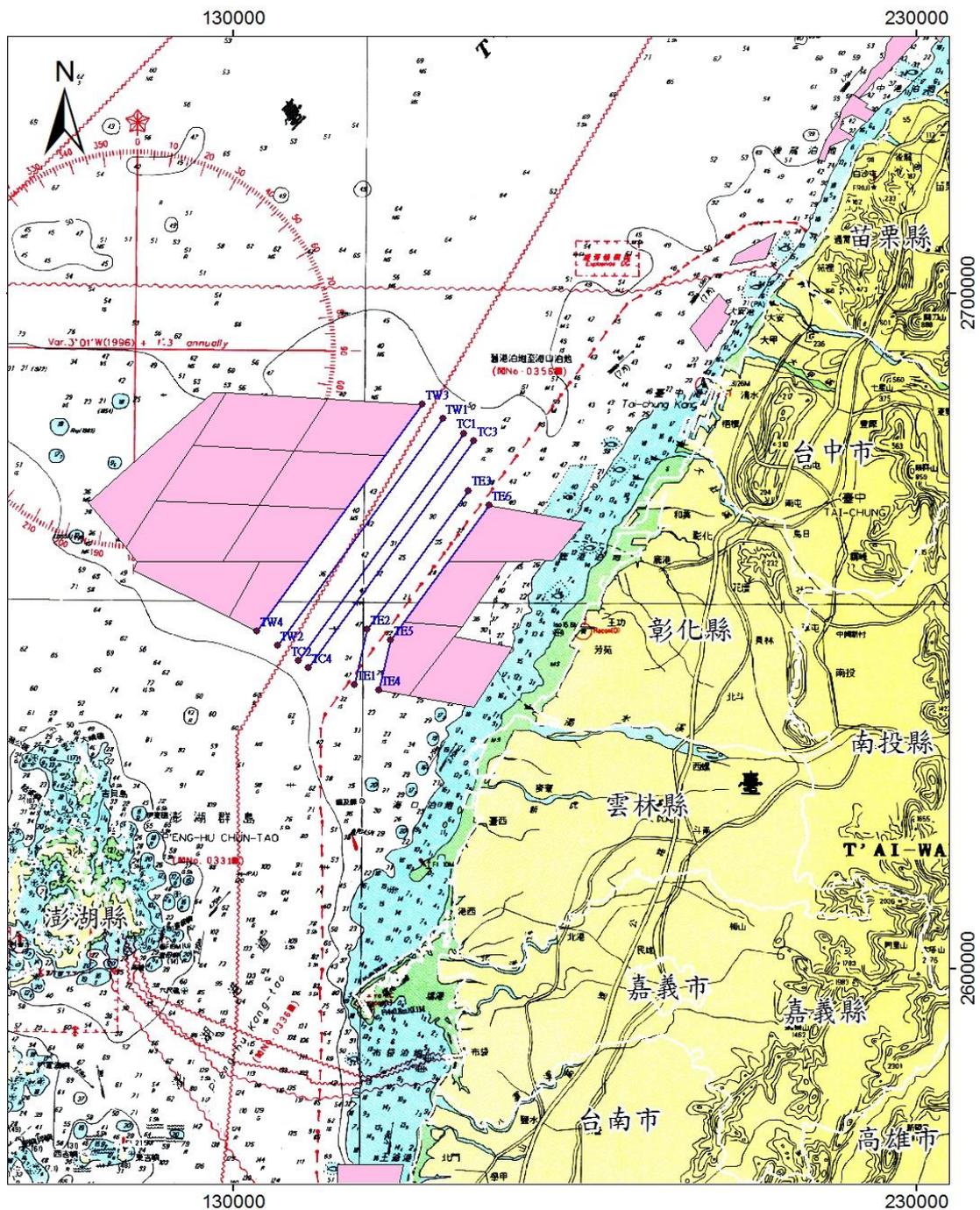
圖 2.3 離岸風機潛力場址範圍

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 <sup>2</sup> )	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 2_2	100.5	51.0	37.4	45.1	8.5	37.0
20	彰化縣	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



圖例

- 分道航行點位
- 分道航行
- 劃設航道後修訂潛力場址範圍

1:500,000

0 10 20 Kilometers

資料來源：交通部航港局 106 年 8 月 21 日航安字第 1062010856 號公告。

圖 2.4 彰化外海岸風電潛力場址預定航道座標

表 2-2 「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」申設現況

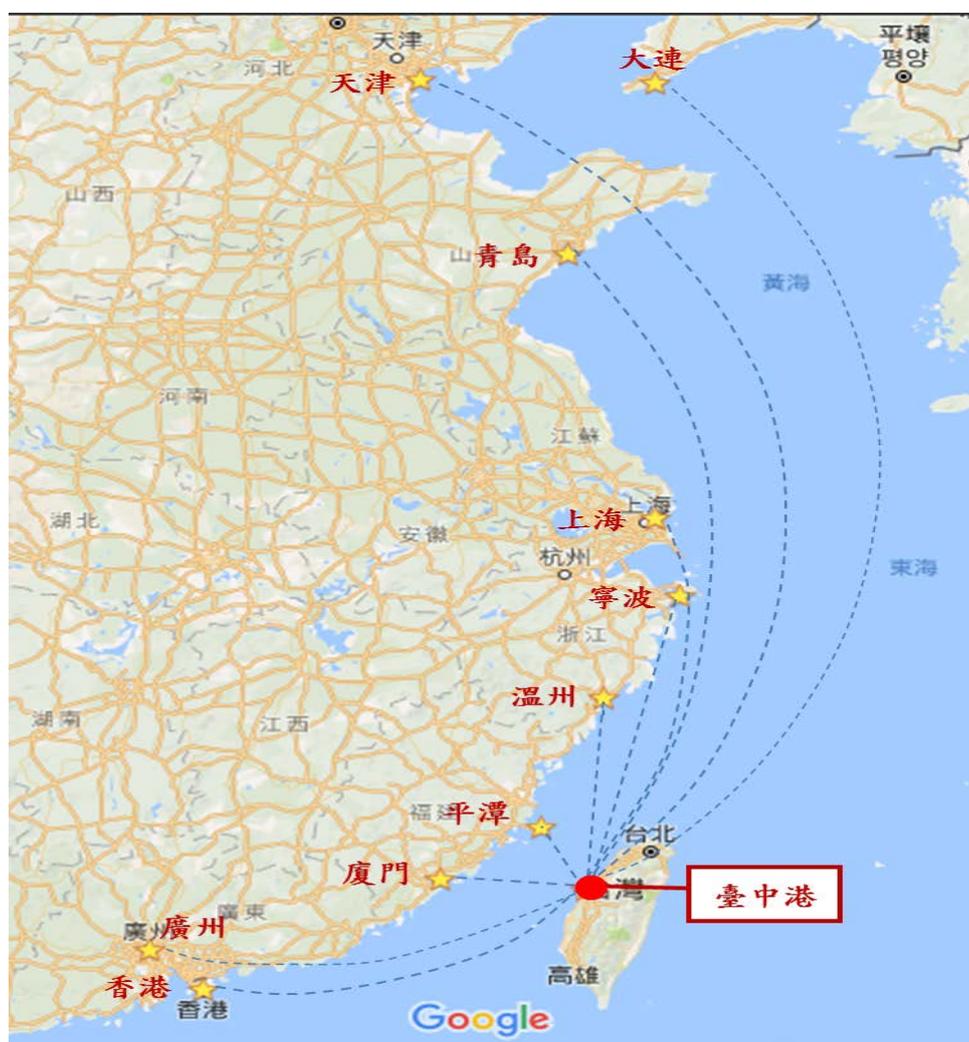
更新日期 108.12.26

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

資料來源：經濟部能源局，2019。

## 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 2.5 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，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網站，2019。

圖 2.5 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、塹寮漁港、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 2.6)，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、大安水蓑衣、雲林莞草之植生地、水鳥及其伴生動物，包括高美濕地野生動物保護區及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用地使用，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 2.6 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 2.7 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 2.8 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 2.9、2.10 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河川局、第四河川局海域測深資料(如圖 2.11、2.12 所示)及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
8	上述地區以外之模式 範圍	ETOPO5	NOAA

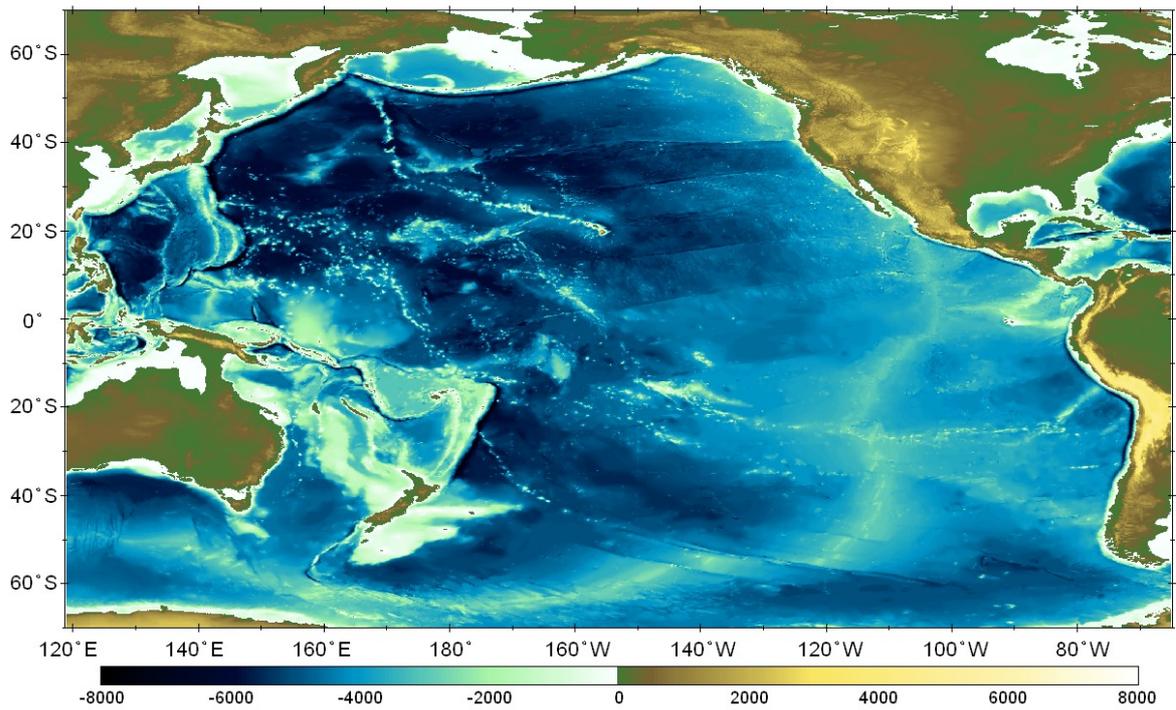


圖 2.7 NOAA-ETOPO5 水深地形

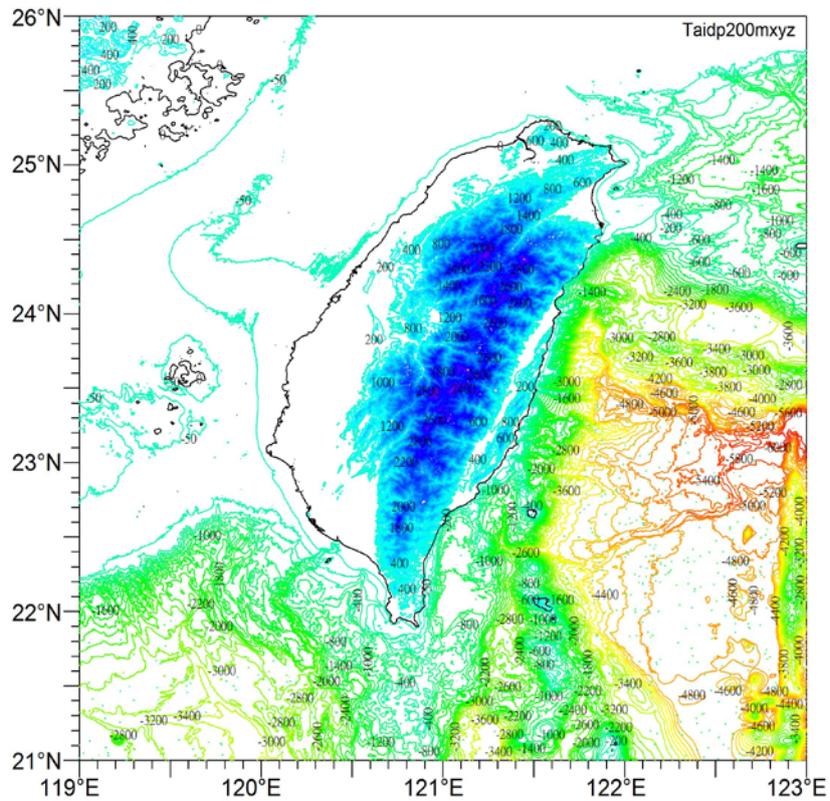


圖 2.8 海科中心-臺灣周圍海域 200 m 水深地形

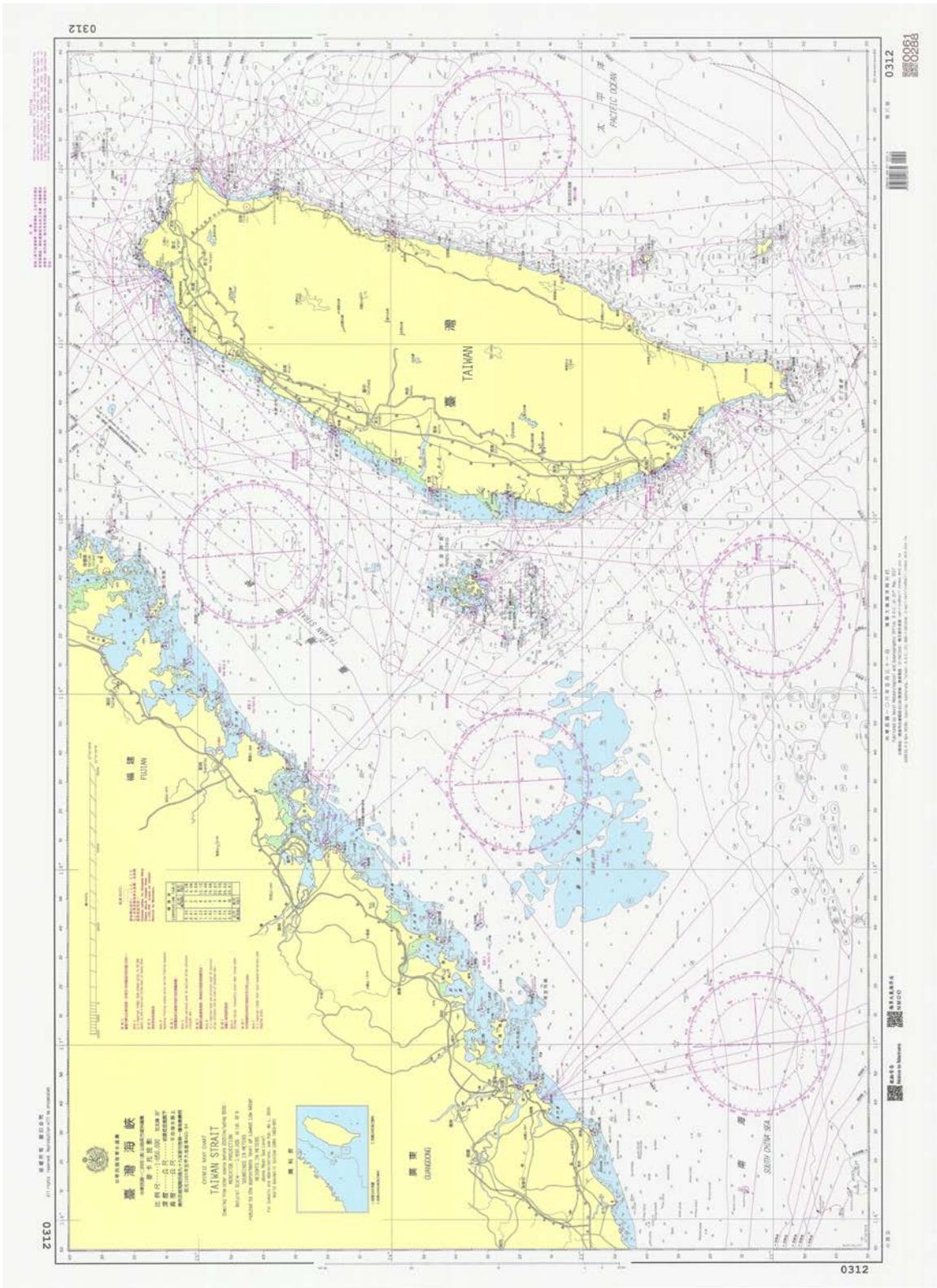


圖 2.9 海軍大氣海洋局-臺灣海峽海圖(圖號 0312)

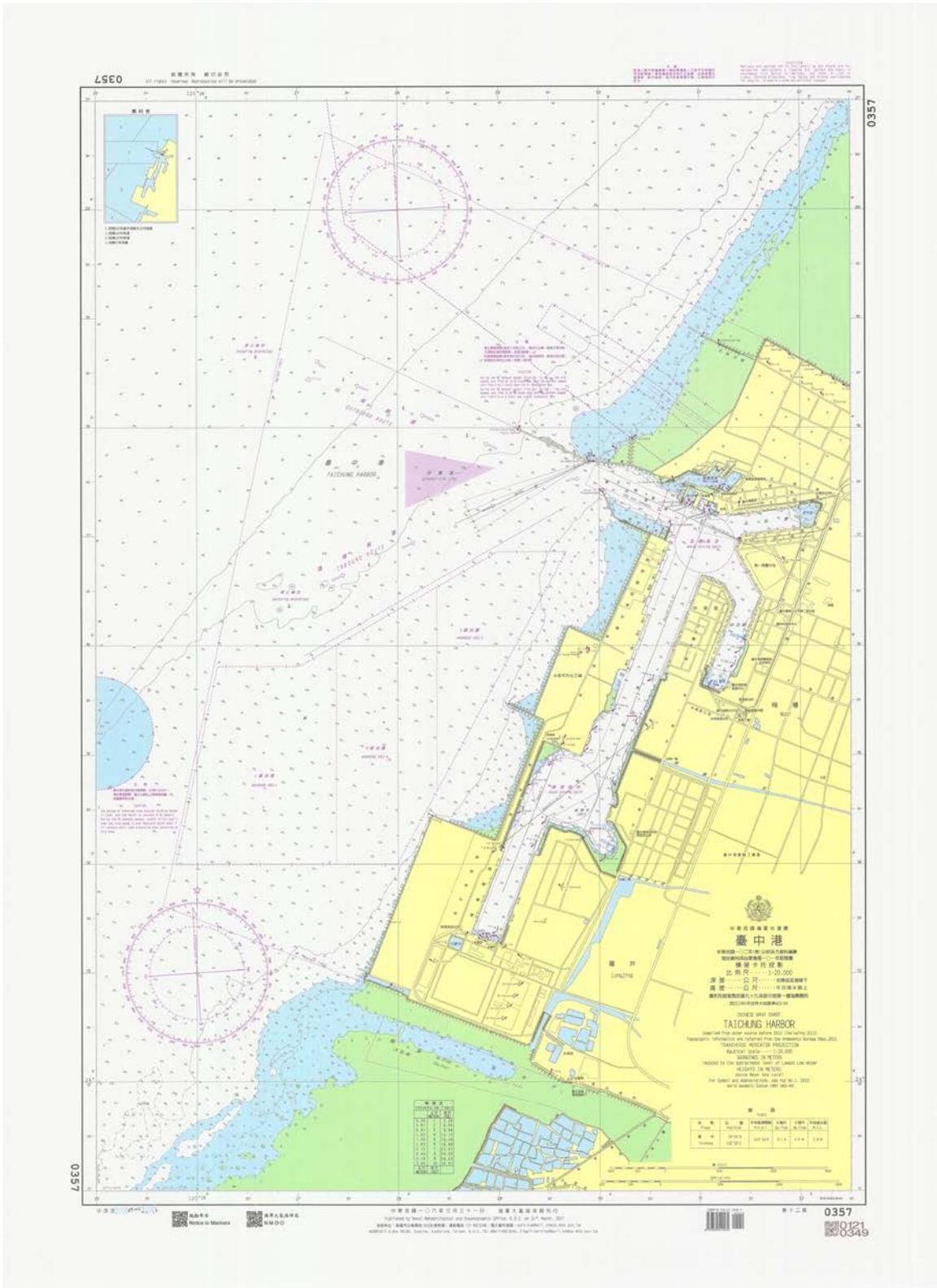
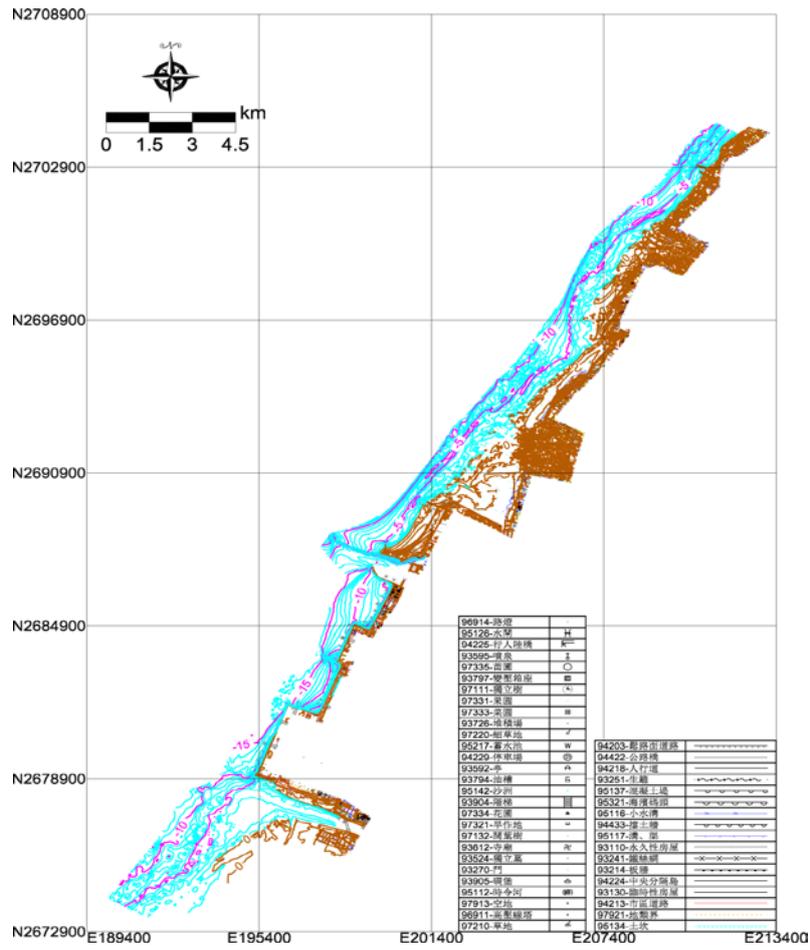
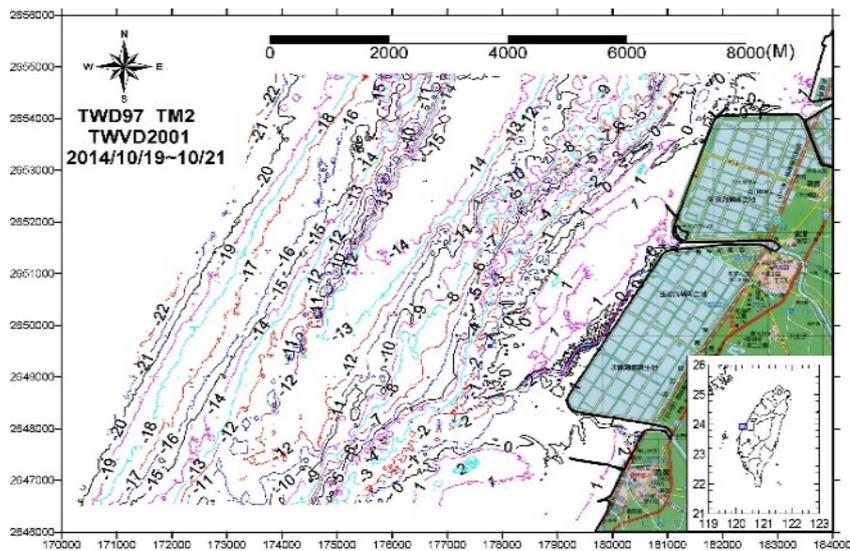


圖 2.10 海軍大氣海洋局-臺中港海圖(圖號 0357)



\*資料來源：「台中海岸基本資料調查」，經濟部水利署第三河川局，2015。

圖 2.11 臺中沿岸 103 年 10 月測深資料成果圖



\*資料來源：「彰化海岸基本資料調查」，經濟部水利署第四河川局，2015。

圖 2.12 彰化王功沿岸 103 年 10 月測深資料成果圖

## 2.3 風力觀測資料分析

就氣候而言，一般北半球常用的季節劃分是以天文季節為基礎，即3月至5月為春季、6月至8月為夏季、9月至11月為秋季、12月至隔年2月為冬季(交通部中央氣象局，2018)。本章所述之風、波、潮、流之四季亦會依照上述時段區分季節，採用全年度已包含颱風期間觀測資料進行分析。

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 2.13 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 類及其他類，圖 2.14 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，每年影響台灣之颱風次數平均為 3.42 次，其中通過本計畫區之颱風路徑以第 3 類為主，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%；

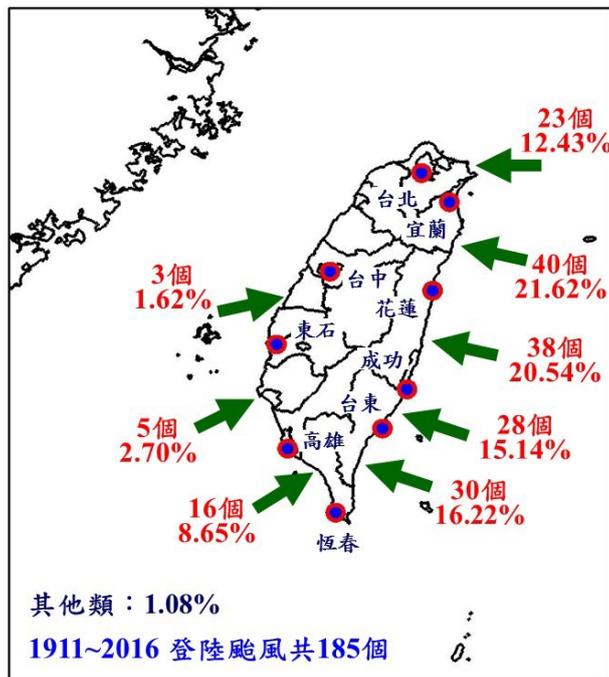
第 7 類：沿臺灣西岸或臺灣海峽北上者，占 6.63%；

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減，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。

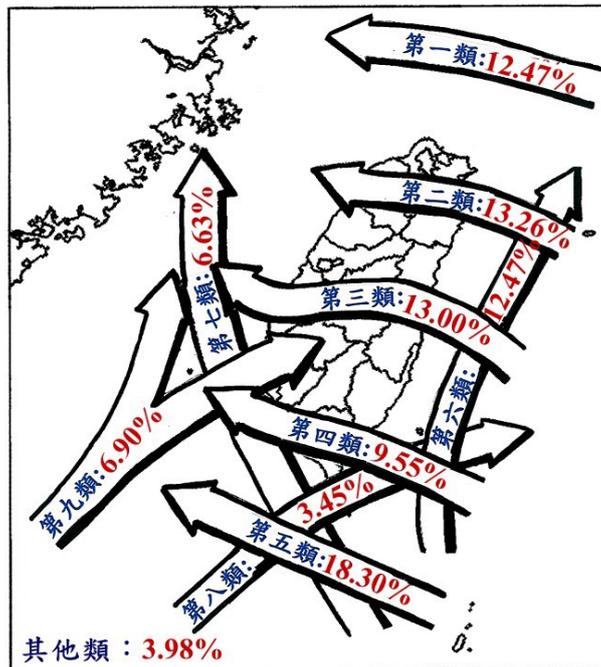
**表 2-4 颱風登陸地點風力統計**

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 2.13 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 2.14 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 hPa，以 1 月份之氣壓最高，而以 8 月份之氣壓最低，夏季氣候受熱帶低壓所主導，故平均氣壓值略低於受大陸性冷高壓所主導的冬季氣壓，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

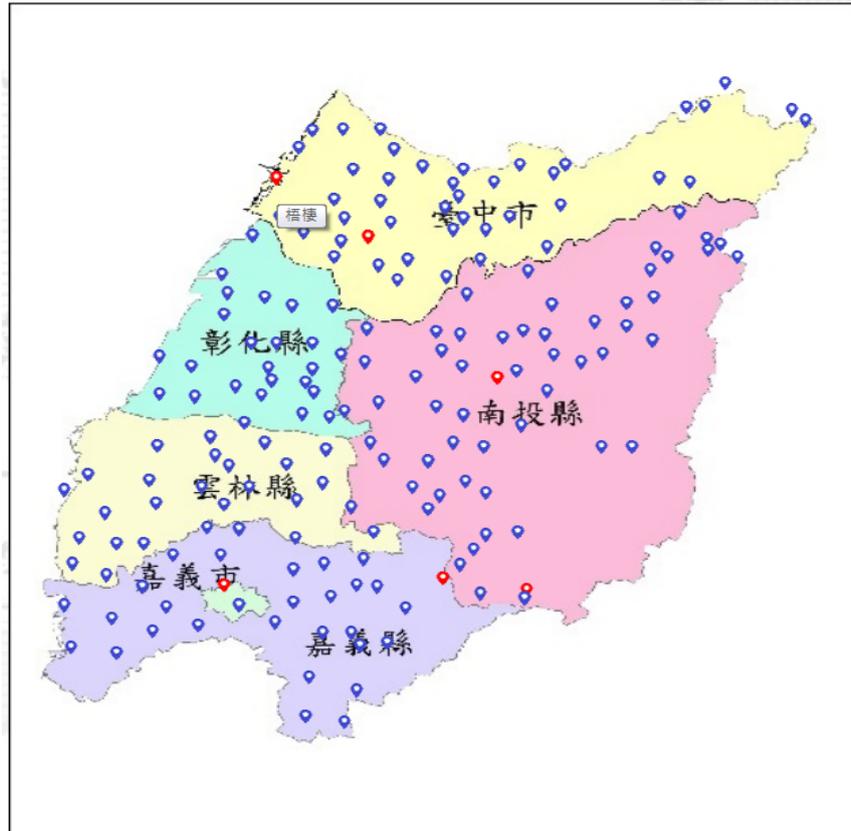
地名	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	平均	統計期間
新竹	1016.9	1015.6	1013.3	1010.1	1006.4	1004.0	1003.0	1002.7	1005.5	1010.5	1013.8	1016.6	1009.9	1992-2010
梧棲	1016.5	1015.2	1013.1	1010.2	1006.8	1004.3	1003.7	1002.8	1005.6	1010.1	1013.4	1016.4	1009.8	1981-2010
臺中	1009.0	1007.7	1005.8	1003.0	999.8	997.5	997.0	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 年月平均値資料，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 2.15 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°~10°)，6~8 月多為南風或西南風(大部份風向介於 130°~190°)；各月份風速平均値介於為 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値多出現於夏季，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 緯 度：120.523381°E, 24.256003°N  
 海拔高度：31.73 m  
 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 2.15 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 2.16，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 2.17。
- 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 2.18。

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 2.16 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

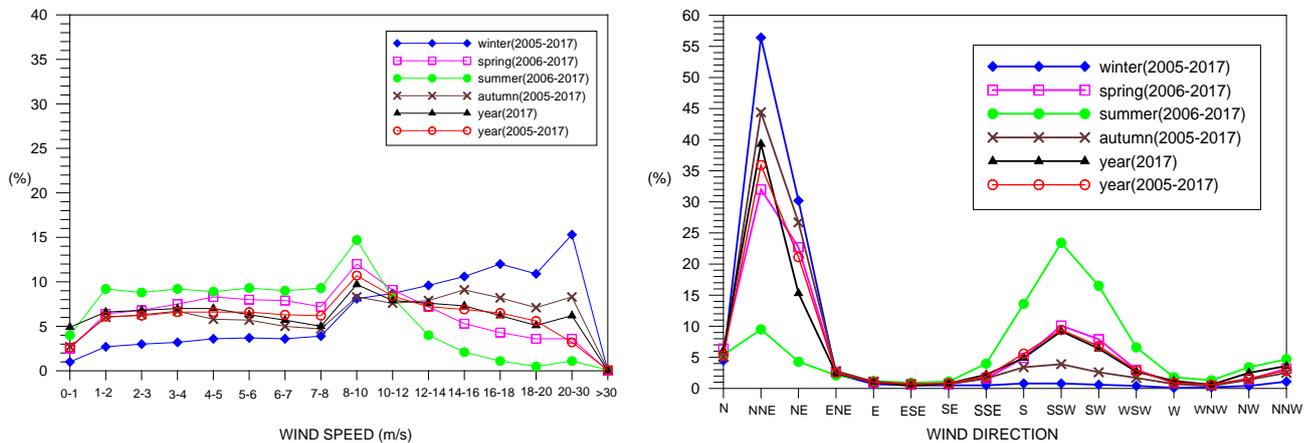


圖 2.17 臺中 2006~2017 年四季及全觀測期風速及風向機率分佈圖

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%。

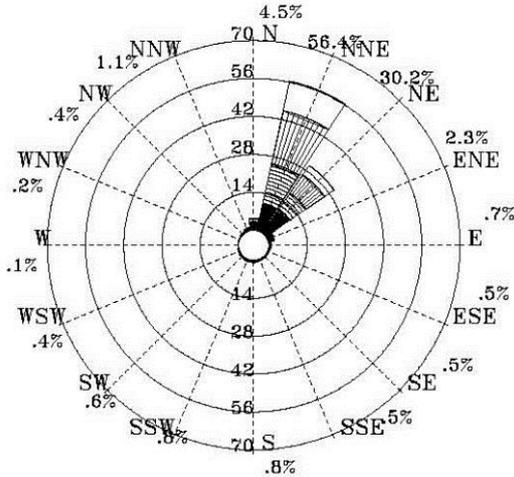
[註4]: 風向介於 N~E 佔 63.5%;E~S 佔 5.8%;S~W 佔 23.2%;W~N 佔 7.2%; 靜風佔 .3%。

[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

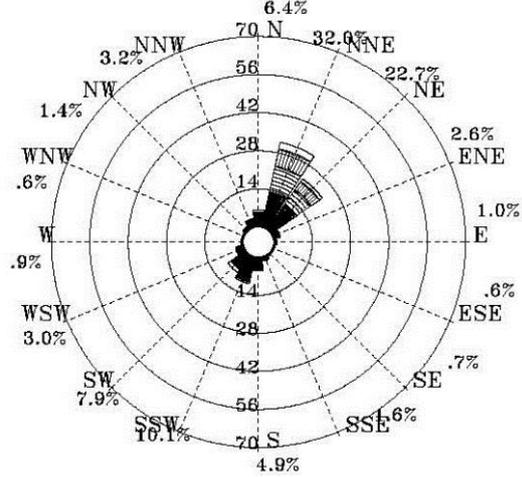
MEAN=13.1m/s MAX=30.3m/s(NNE) NO= 23315( 95%)  
 < 5 m/s:14% 5~10:19% 10~15:23% >15:44%  
 N~E:93% E~S: 2% S~W: 2% W~N: 3% Calm: 0%



歷年冬季臺中測站風玫瑰圖

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

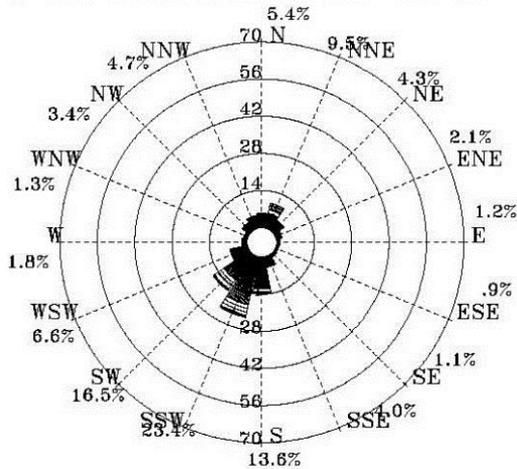
MEAN= 8.4m/s MAX=54.8m/s( NE) NO= 20771( 94%)  
 < 5 m/s:32% 5~10:35% 10~15:19% >15:14%  
 N~E:62% E~S: 5% S~W:25% W~N: 8% Calm: 0%



歷年春季臺中測站風玫瑰圖

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

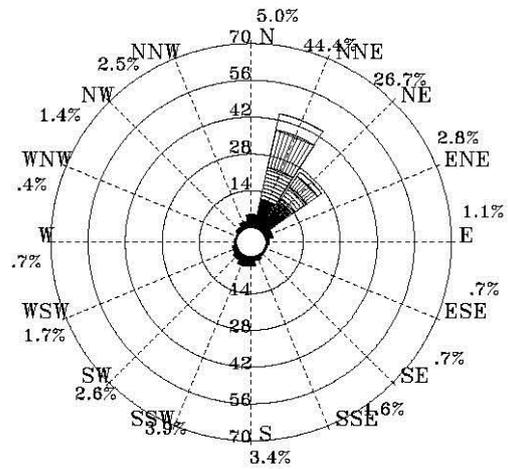
MEAN= 6.5m/s MAX=42.5m/s( N ) NO= 22714( 93%)  
 < 5 m/s:40% 5~10:43% 10~15:13% >15: 4%  
 N~E:20% E~S:11% S~W:57% W~N:12% Calm: 0%



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 2.18 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，蒐集中央氣象局澎湖浮標 2006~2017 年之每月波高統計表，如表 2-14 所示，測站位址如圖 2.19 所示。澎湖浮標全年平均示性波高為 1.22 m，平均最大示性波高為 5.54 m，平均尖峰週期為 10.37 秒，週期冬季均較夏季大，波向多為東北方向，此與臺灣地區受東北季風影響有關。受到颱風影響最大示性波高大於 6 m 多出現於夏秋季 8~11 月，但歷年小於 0.6 m 之示性波高分布百分比於 5~8 月皆高於 50%，可見夏季平均示性波高偏小，如圖 2.20 及 2219 所示。

表 2-14 澎湖浮標 2006-2017 年每月波高統計表

\*測站資訊：澎湖縣白沙鄉 經度：119.551940 緯度：23.726940

月份	觀測次數	最大示性波高				平均示性波高 (m)	平均週期 (秒)	示性波高分佈百分比(%)			
		波高 (m)	尖峰週期(秒)	波向 (度)	發生時間 (年月日)			小於 0.6 公尺	0.6~1.5 小浪	1.5~2.5 中浪	大於 2.5 大浪
1	7729	5.84	11.6	33	20110115	1.85	5.3	9.18	26.9	41.5	22.7
2	6016	5.26	11.6	33	20120207	1.55	5.2	20.9	29.4	34.6	15
3	6787	4.91	8.0	56	20120310	1.36	5.0	28.3	33.0	25.4	13
4	6368	5.07	10.4	67	20090401	1.02	4.8	38.5	37.9	19.0	4.36
5	6479	4.20	10.4	45	20110528	0.75	4.6	55.0	33.8	9.72	1.18
6	6412	5.36	10.2	326	20120620	0.55	4.6	71.3	24.6	3.81	0.18
7	6435	3.67	10.4	22	20080727	0.52	4.6	78.2	17.9	3.09	0.81
8	6756	6.49	8.7	337	20150808	0.65	4.8	60	34.8	3.72	1.63
9	7583	6.66	8.0	303	20160927	1.04	5.0	36.5	40.3	19.2	3.75
10	7876	6.84	10.4	45	20111003	1.71	5.3	8.63	34.9	41.5	14.5
11	8239	6.19	13.1	56	20091117	1.70	5.3	11.7	33.9	35.8	18.6
12	8367	5.96	11.6	45	20111209	1.89	5.3	5.5	28.4	45.4	20.5
<b>全年</b>	<b>7087</b>	<b>5.54</b>	<b>10.37</b>	-	-	<b>1.22</b>	<b>4.98</b>	<b>35.31</b>	<b>31.32</b>	<b>23.56</b>	<b>9.68</b>

\*資料來源：中央氣象局，2019。

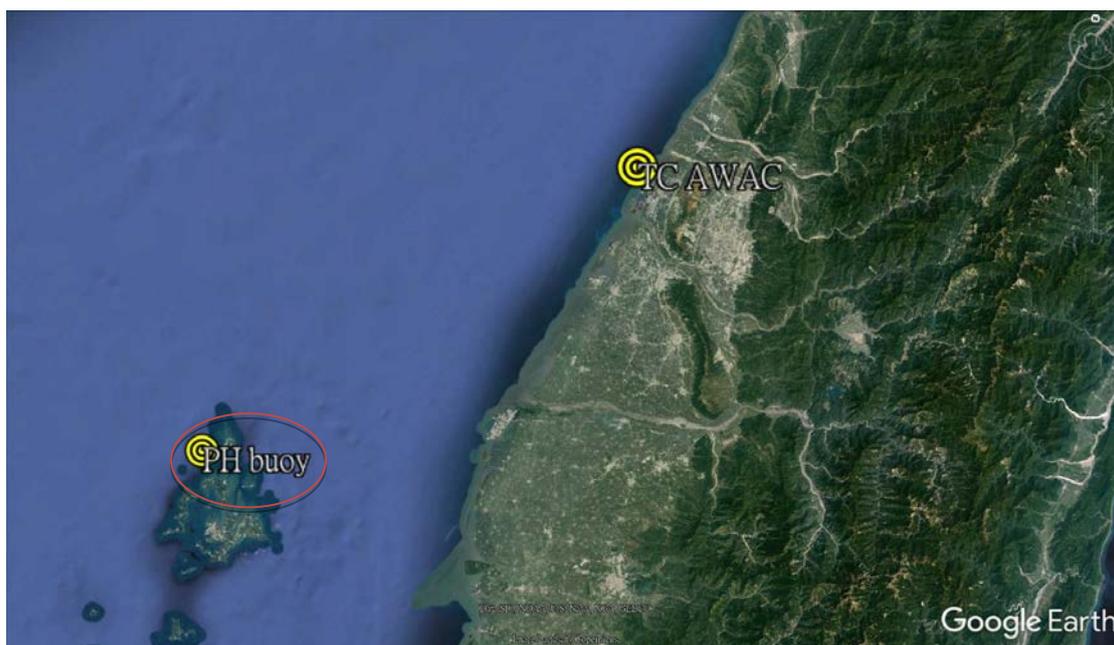


圖 2.19 中央氣象局-澎湖浮標測站位置

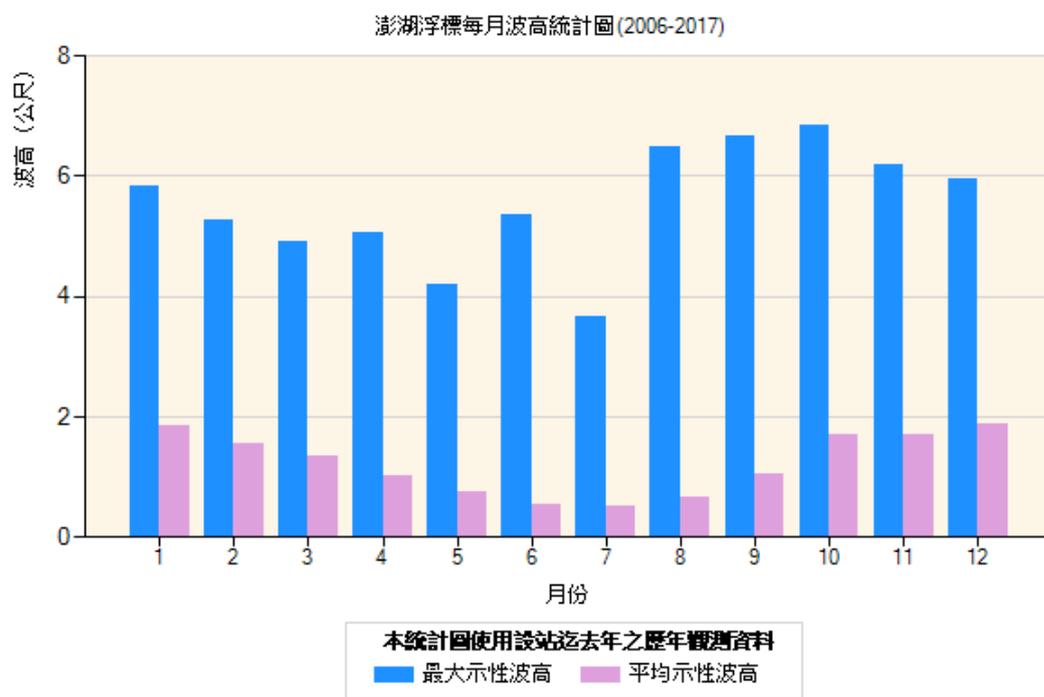
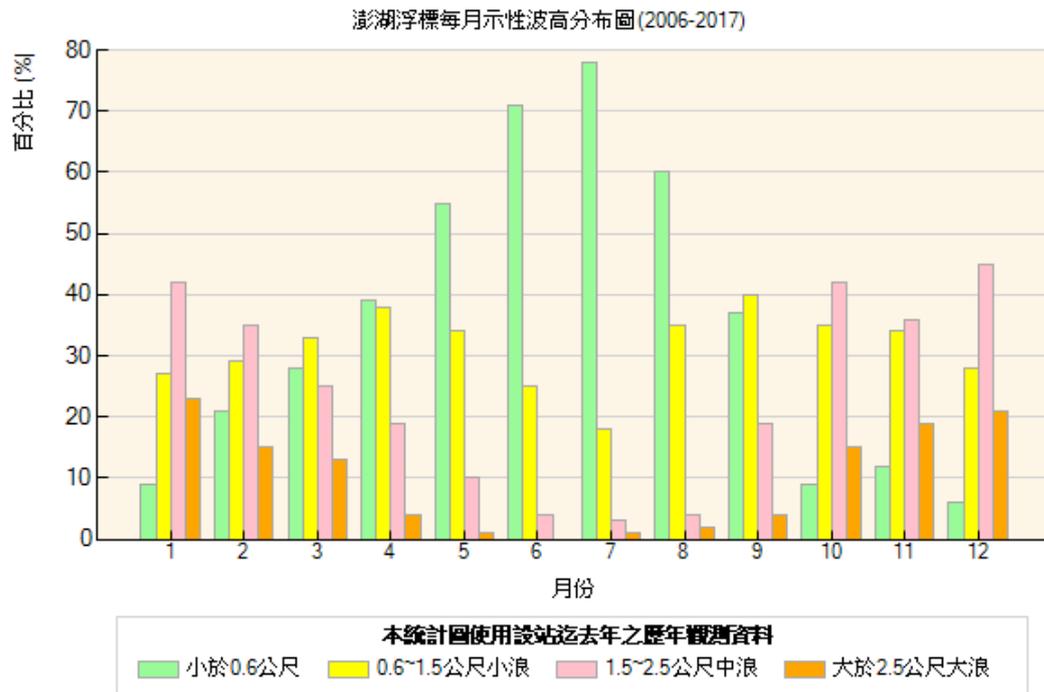


圖 2.20 中央氣象局-澎湖浮標 2006-2017 每月波高統計圖



**圖 2.21 中央氣象局-澎湖浮標每月示性波高分布圖**

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 2.22 1999~2016 年臺中港波浪觀測資料有效記錄筆數如表 2-15 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 年臺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 2-19。
- 3、歷年四季及全觀測期波浪玫瑰圖(16 分位)，如圖 2.23。

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)。

根據 1940 年至 2011 年間颱風中心氣壓小於或等於 970mb 之颱風資料，彙整篩選出 116 個颱風資料，進行颱風波浪推算，並將各方向可能發生之最大示性波高，以極端值分佈法推算各迴歸期之波浪，如表 2-20 所示。由表 2-20 可知，臺中港 50 年迴歸期颱風波浪以 N 向影響最大，波高約達 7.2m，對應週期約為 11.3 秒(港灣結構物受異常波浪影響分析，2016)。



圖 2.22 港灣技術研究中心-臺中海象測站位置

表 2-15 臺中 1999~2016 年波浪觀測資料有效記錄筆數

序號	測站	檔名	停止時間 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	V15TCX0.1H0	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 2-16 臺中 1999~2016 年示性波高、週期及波向統計表

年、月	觀測 點數	$H_s$ 平均高 (m)	$T_p$ 平均週 (s)	$H_s$ 最大值 (波高/週期/波向) (m/s/°)	$H_s$ < 0.5m (%)	$H_s$ 0.5~1m (%)	$H_s$ 1~5m (%)	$H_s$ > 5m (%)	波向 N~E (%)	波向 E~S (%)	波向 S~W (%)	波向 W~N (%)	$T_p$ < 6s (%)	$T_p$ 6~8s (%)	$T_p$ 8~10s (%)	$T_p$ > 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 2-17 臺中 1999~2016 年示性波高分佈百分比(%)統計表

$H_s$ (m)	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 2-18 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 2-19 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

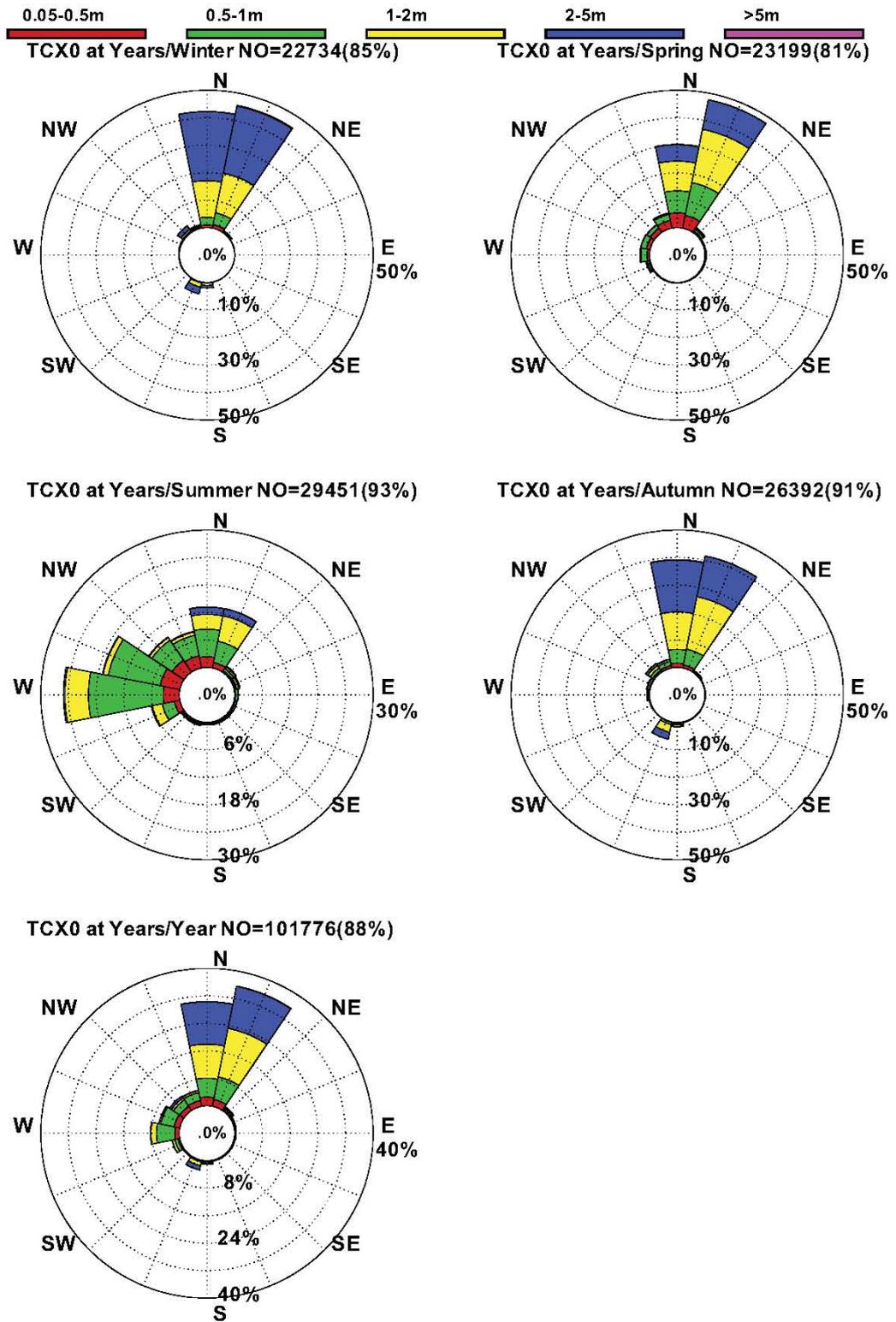


圖 2.23 港研中心臺中 1999~2016 年四季及全觀測期波浪玫瑰圖

表 2-20 臺中港外海颱風波浪迴歸分析統計表

迴歸期 波向	250		200		100		50		25		20		10	
	Hs	Ts	Hs	Ts										
NE	7.4	11.4	7.3	11.3	6.7	10.9	6.1	10.4	5.5	9.8	5.3	9.7	4.6	9.0
NNE	8.6	12.3	8.5	12.2	7.9	11.8	7.3	11.3	6.6	10.8	6.4	10.6	5.6	9.9
N	8.6	12.3	8.4	12.2	7.8	11.7	7.2	11.3	6.4	10.6	6.2	10.5	5.4	9.8
NNW	8.1	12.0	7.9	11.8	7.3	11.3	6.6	10.8	5.9	10.2	5.6	9.9	4.8	9.2
NW	7.5	11.5	7.3	11.3	6.7	10.9	6.2	10.5	5.5	9.8	5.3	9.7	4.6	9.0
WNW	6.8	11.0	6.7	10.9	6.2	10.5	5.7	10.0	5.2	9.6	5.0	9.4	4.4	8.8
W	6.7	10.9	6.6	10.8	6.1	10.4	5.7	10.0	5.2	9.6	5.0	9.4	4.4	8.8
WSW	6.5	10.7	6.4	10.6	6.0	10.3	5.5	9.8	5.0	9.4	4.8	9.2	4.3	8.7
SW	5.6	9.9	5.4	9.8	5.1	9.5	4.7	9.1	4.3	8.7	4.1	8.5	3.6	8.0

註：1、依據 1940~2011 年間之颱風資料推算。

2、推算目標區為 120.39°E，24.3°N。

3、目標區水深為-31.0 m。

4、Hs 單位為 m，Ts 單位為 sec。

\*資料來源：「臺中港南堤路海側堤基保護工程初步設計報告書」，臺灣港務股份有限公司臺中港務分公司，2013 年。

## 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 2.24 臺中港 1971-2017 年每月潮位統計如表 2-21，臺中港歷年每月潮高統計圖，如圖 2.23 所示。臺中港 1971~2017 年全測期平均潮位為 0.047 公尺，平均低潮位 -2.017 公尺，平均高潮位為 2.07 公尺，最高暴潮位為 3.338 公尺。

**表 2-21 臺中港 1971-2017 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	2.84	2.292	1.961	-0.118	-2.215	-2.868	-3.187
2	2.733	2.407	1.938	-0.089	-2.127	-2.799	-3.066
3	2.891	2.487	2.007	-0.027	-2.057	-2.654	-2.968
4	2.804	2.427	2.017	0.026	-1.962	-2.624	-2.877
5	2.798	2.331	2.026	0.076	-1.952	-2.648	-2.798
6	2.68	2.271	2.068	0.126	-1.966	-2.674	-2.979
7	2.788	2.418	2.153	0.167	-1.964	-2.726	-3.034
8	3.119	2.602	2.232	0.207	-1.851	-2.682	-2.825
9	3.338	2.629	2.252	0.187	-1.876	-2.514	-2.81
10	2.977	2.531	2.165	0.099	-1.969	-2.573	-2.79
11	2.971	2.329	2.098	0.008	-2.067	-2.663	-3.018
12	2.794	2.198	1.99	-0.062	-2.173	-2.761	-3.034
<b>全年</b>	<b>3.338</b>	<b>2.405</b>	<b>2.07</b>	<b>0.047</b>	<b>-2.017</b>	<b>-2.679</b>	<b>-3.187</b>

\*資料來源：中央氣象局，2019。



圖 2.24 中央氣象局-臺中港潮位測站位置

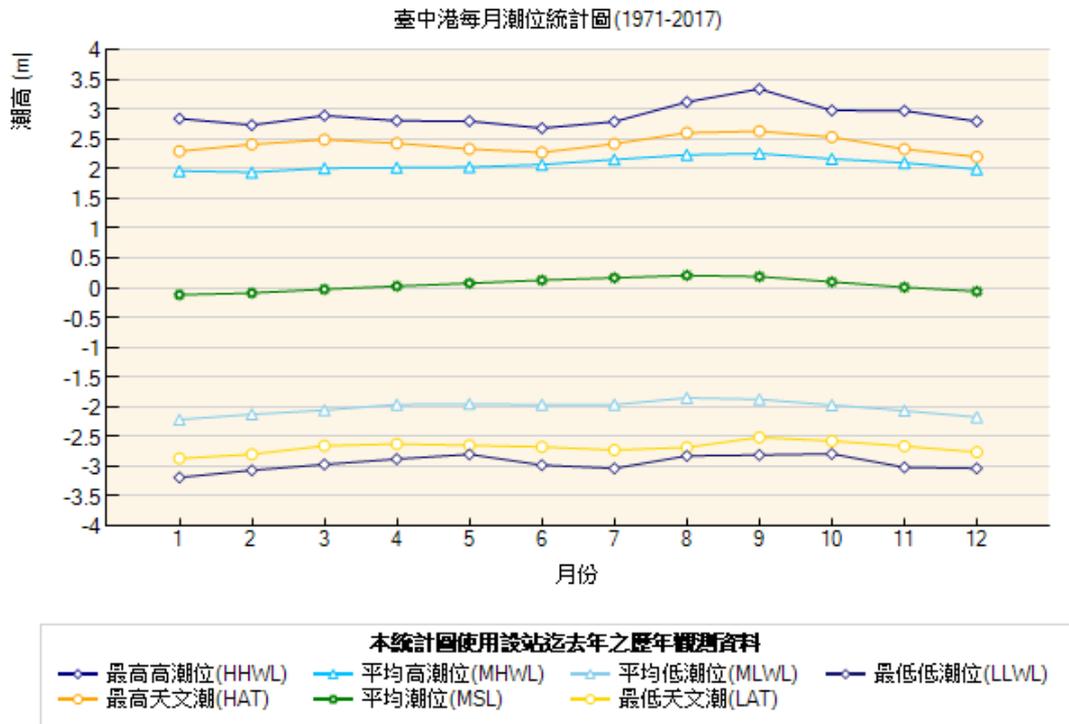


圖 2.25 臺中港 1971~2017 年每月潮位統計圖

## 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 2.20，2003~2016 年臺中港海流觀測資料有效記錄筆數如表 2-22 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 2-23。
- 2、臺中歷年流速及波向分佈百分比(%)統計表，如表 2-24~表 2-25。
- 3、歷年四季及全觀測期海流玫瑰圖(16 分位)，如圖 2.26

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，春季平均流最小，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 2-22 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 2-23 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 2-24 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 2-25 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

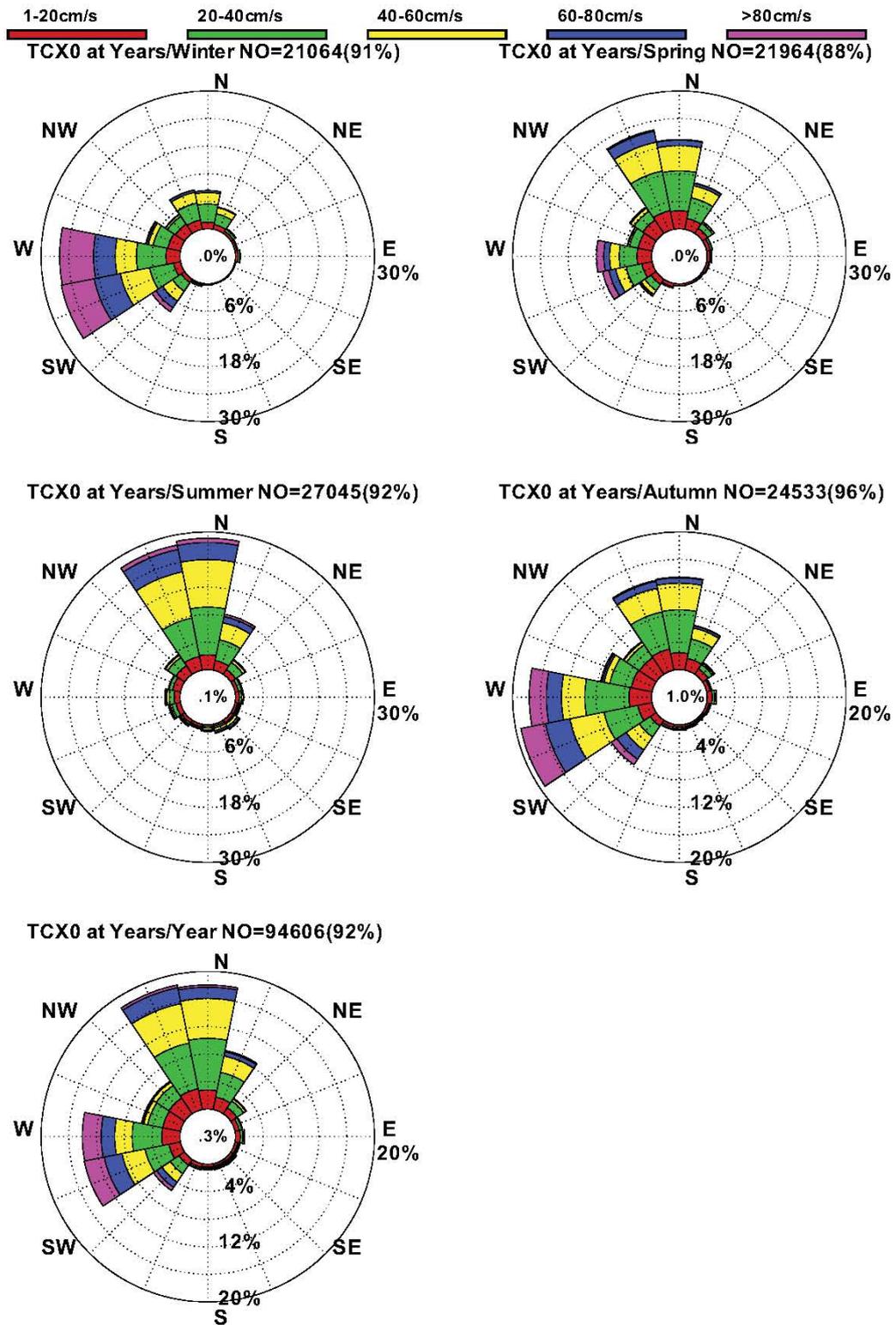


圖 2.26 港研中心臺中 2003~2016 年四季及全觀測期海流玫瑰圖

## 2.7 河川輸砂及近海底質粒徑調查

海岸地形變遷主要係因自然營造力及人為因素，前者包含風力、波浪、潮汐、海流與河川輸砂等，彼此交互作用，形成一複雜多變系統；另一方面，港灣、海堤、防波堤開發等人為因素，則可能攔阻沿岸漂沙及改變鄰近海域波流場影響原海岸平衡(臺中港外港區擴建計畫(第一期)環境影響說明書，2018)。為瞭解本計畫離岸風場開發可能對既有海洋流況、海岸地形之影響，針對臺中、彰化近岸河川輸砂及海底粒徑調查結果說明如下：

### 1、河川水文資料

河川輸砂由上游傳輸至河口區域後，因流速變緩，常會堆積形成灘地或沙洲，並成為鄰近海岸之沙源。若河川供給的砂源量大於沿岸流的輸砂能力時，會形成河口三角洲或海灘，海岸將淤積前進，反之海岸則會遭侵蝕而後退。而臺中、彰化區域共計有大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪等 4 條主要河川流至臺灣海峽，河川位置如圖 2.27 示，提供至近岸的河川輸砂量亦為海岸漂沙之沙源來源：

#### (1) 大安溪

大安溪發源於苗栗、新竹縣界之大壩尖山與雪山北斜面。上源有二，北源為馬達拉溪，南源為雪山溪，兩溪匯流後始稱大安溪，流經苗栗縣及臺中市區，流域面積約 758 平方公里。流域分屬二縣市之 10 個鄉鎮區，分別為苗栗縣：泰安鄉、卓蘭鎮、三義鄉、苑裡鎮；臺中市：和平區、東勢區、后里區、外埔區、大甲區、大安區。大安溪流域平均坡降為 1/75，上游約為 1/21，中游約為 1/55，下游則為 1/90，流短坡陡，平均年降雨量為 2,286.6 mm，平均年逕流量為 15.7 億立方公尺，為臺灣地區急流河川之一，於臺中市之大甲區與大安區交界處入海，位於景山溪上游的鯉魚潭水庫則為本水系唯一水庫。

#### (2) 大甲溪

大甲溪發源於中央山脈的第三高山南湖大山，主要支流為七家灣溪、南湖溪、合歡溪、志樂溪、中崙溪等，流域範圍幾乎全在臺中市境內，於大安區與清水區間注入臺灣海峽。幹流長 124.2 公里，流域面積 1,235.7 平方公里，年逕流量約 25.9 億。大甲溪水量豐沛，上游地區之主要高峰大部份均在 3,400 公尺以上，稜線部份在 3,000 公尺以上者亦甚普遍，河川坡度陡急，平均坡降為 2.6%，富含豐富的水力資源，水資源之利用中上游為發電、下游為給水與灌溉，現有水庫多座，從最上游德基水庫起，沿途有青山水庫、谷關水庫、天輪壩、馬鞍壩，最後為石岡壩。而下游將大肚台地與后里台地截開分離，低水流路呈辮狀流路，迂迴於臺中盆地北端，並埋積大量砂礫於河口，造成沖積扇，其扇頂位於東勢附近，沖積材料則填充於臺中盆地北部，復與大安溪沖積扇相疊，成一合流沖積扇。

### (3) 烏溪

烏溪發源於南投縣中央山脈合歡山西麓，主要支流有北港溪、南港溪、貓羅溪、大里溪、筏子溪等，自烏日以下稱大肚溪，流域面積 2,025.6 平方公里，年逕流量約 37.2 億立方公尺，幹流長 119.1 公里，於彰化和臺中市交界入海。本溪流量豐沛，目前水利設施僅有位於北港溪的大旗攔河堰及南港溪上的北山坑堰共二座。

### (4) 濁水溪:

古稱螺溪，下游段稱為西螺溪，位於台灣中部，屬於中央管河川，全長約 186.6 公里，是台灣最長的河川。流域面積達 3,156.90 平方公里，計畫洪水量為每秒 24,000 立方公尺，流域面積與河口百年洪峰流量皆僅略次於高屏溪，名字是因其溪水夾帶大量泥沙，長年混濁，因而得名。上游之山地集水區年降水量達 2000~3000 毫米，且所經地層多屬易受侵蝕的板岩、頁岩、砂岩，故含沙量高，尤以萬大溪、丹大溪為最高。在濁水溪主流上游霧社溪水力資源豐富，為開發水力而興建有霧社水庫，霧社水庫以下至武界部落，日治時期即計劃日月潭水力電氣工事，興建武界壩攔取濁水溪河水，透過武界引水隧道至日月潭提

供水力發電之用，濁水溪中游集鹿大橋往下游約 2 公里處，濁水溪河谷寬度不到四百公尺的林尾隘口，經濟部水利署於 2001 年在此完成集集攔河堰，目前為濁水溪水資源綜合開發的樞紐，濁水溪下游 10 萬公頃農田灌溉用水及雲林離島工業區工業用水均由此堰攔引供應。

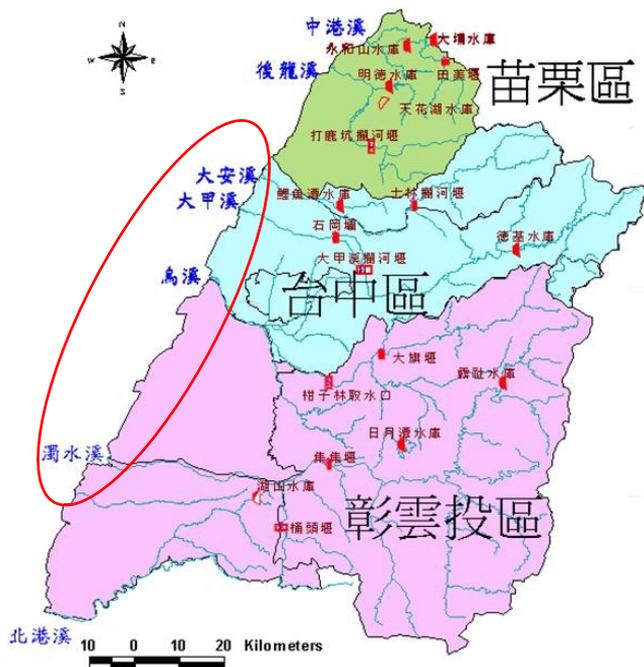


圖 2.27 大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪地理位置

## 2、河川輸砂量

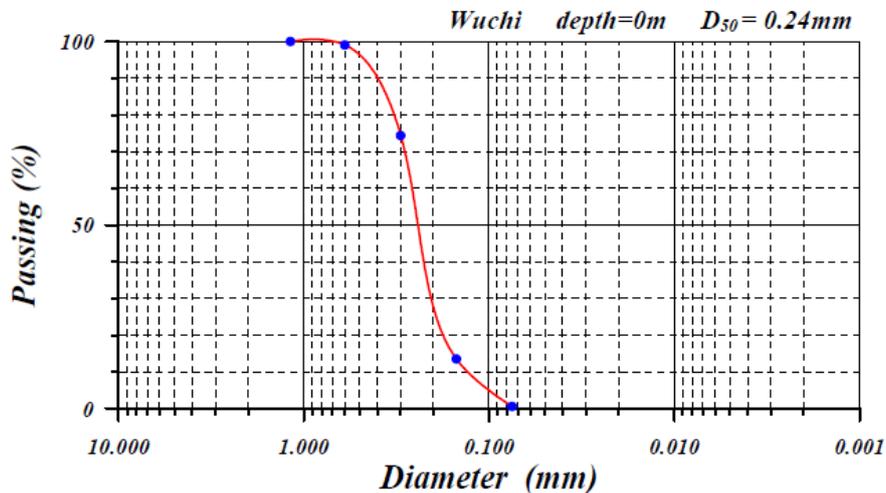
依據水資會(1985)所推估臺灣西部河川輸砂量，大安溪、大甲溪及烏溪歷年平均輸砂量分別為 4.94、4.03 與 6.79 MT/yr(林雪美，2009)，根據水災統計資料顯示，近年以六一二水災(民國 94 年)、六九水災(民國 95 年)和艾利(民國 93 年 8 月)、凡那比(民國 99 年)、莫拉克(民國 98 年)、敏督利颱風(民國 93 年 7 月)帶來的災情最為嚴重。民國 90 年受桃芝颱風侵襲，使集水區內土石大量下移，並擴大及新生多處崩塌地。因此每逢大雨容易發生崩塌，使得洪水期間的河川輸砂暴增，連帶使得臺中港民國 91~94 年之年平均淤沙量增加為民國 83~91 年的 4.9 倍之多，且已有漂沙繞過臺中港北防波堤堤頭淤入航道之紀錄(交通部運研所，2013)。

2019 年經濟部水利署出版「中華民國 107 年臺灣水文年報」之大安溪、大甲溪、烏溪、濁水溪河川流量及輸砂量實測記錄如表 2-26、表 2-27，整理其年平均流量及輸砂量供作後續模式使用。

### 3、近海底質粒徑調查

依據臺灣河口堆積物調查資料，大安溪與大甲溪的河口堆積物以小礫為主，粒徑分別為 9.91 mm 及 10.78 mm(林雪美，2009)，且受到冬季盛行風作用，大安溪砂逐漸往南運移成為大甲溪河口右岸沙灘與沙丘的沙源之一，粒徑由北往南側的大甲溪口漸細；而烏溪河口的輸沙則以砂為主，中值粒徑 0.28mm，其砂級於夏季為中砂，到冬季因海象風浪大，輸砂能力增強，使得砂級轉為粗砂。

至於臺中港附近的底質粒徑有民國 92 年北防沙堤北側採樣的粒徑分析如圖 2.28 林柏青，2003)，中值粒徑為 0.24 mm。南側彰濱工業區海域的底質粒徑，依據成功大學水工試驗所調查，海域-15 m 處至 0 m 水深線間的中值粒徑介於 0.2 ~ 0.25mm。



\*資料來源：「碎波帶漂沙與波動特性研究」，林柏青博士論文，2003。

圖 2.28 臺中港海岸底質粒徑分析圖

近年來，經濟部水利署第三河川局於 103 年~105 年辦理臺中海岸基本資料調查，其海岸底質冬季(2015 年 4 月)、夏季(2015 年 8 月)調查結果如圖 2.29 圖 2.30、表 2-28、表 2-29，底床中值粒徑(D<sub>50</sub>)均屬均勻

細砂至級配良好中礫，整體均約呈水深越淺粒徑越粗趨勢。經濟部水利署第四河川局於 103 年~105 年辦理彰化海岸基本資料調查，其海岸底質冬季(2015 年 4 月)、夏季(2015 年 9 月)調查結果如圖 2.31、圖 2.32，由圖可知中值粒徑( $D_{50}$ )以 0.2mm 細砂居多。

表 2-26 107 年度大安溪、大甲溪河川流量及輸砂量實測紀錄

河川/測站		大安溪/義里		河川/測站		大甲溪/龍安橋	
面積(km <sup>2</sup> )		758		面積(km <sup>2</sup> )		1,236	
月	日	流量(C.M.S)	輸砂量(公噸/日)	月	日	流量(C.M.S)	輸砂量(公噸/日)
1	11	29.8	1,356.91	1	10	19.29	621.73
1	23	0.34	7.69	1	24	2.76	80.35
2	12	0.17	1.64	2	8	3.41	62.47
2	27	0.34	12.96	2	26	5.89	230.17
3	7	4.24	177.21	3	6	4.51	122.08
3	22	0.34	14.00	3	20	4.22	175.13
4	9	0.36	15.21	4	13	5.57	174.18
4	23	0.17	2.76	4	24	4.92	79.14
5	8	1.79	208.48	5	7	4.78	185.33
5	15	0.34	17.19	5	14	5.21	193.62
5	25	0.34	14.77	5	22	4.81	144.03
6	1	0.51	19.96	6	8	5.61	91.07
6	6	0.34	13.22	6	20	8.07	329.62
6	22	26.79	1,013.06	6	27	7.49	285.98
6	27	21.88	869.70	7	11	2,18.22	27,433.38
7	4	59.59	2,424.90	7	17	8.14	64.71
7	19	17.63	545.44	7	24	8.04	318.99
7	31	26.71	1,596.76	8	7	4.38	175.22
8	8	11.04	595.38	8	14	4.95	91.93
8	15	15.48	398.56	8	27	9.96	427.59
8	29	50.64	1,185.67	9	7	4.07	151.20
9	10	5.34	203.56	9	18	3.5	7.00
9	19	2.7	145.58	9	27	1.54	35.60
9	27	3.54	79.14	10	8	2.74	108.52
10	9	1.91	87.52	10	17	3.02	27.65
10	18	1.77	82.77	10	23	1.29	67.39
10	29	0.31	14.00	11	6	1.42	67.82
11	8	1.16	65.06	11	21	1.64	9.33
11	22	0.43	22.90	12	5	1.45	71.63
12	12	0.43	13.22	12	20	1.71	84.84
12	26	0.31	16.42				
平均		9.25	361.99	平均		1,2.09	1,063.92
年平均輸砂量(m/d)			4.1035E-07	年平均輸砂量(m/d)			7.33E-07

\*資料來源：1.「中華民國 107 年臺灣水文年報」，經濟部水利署，2019。

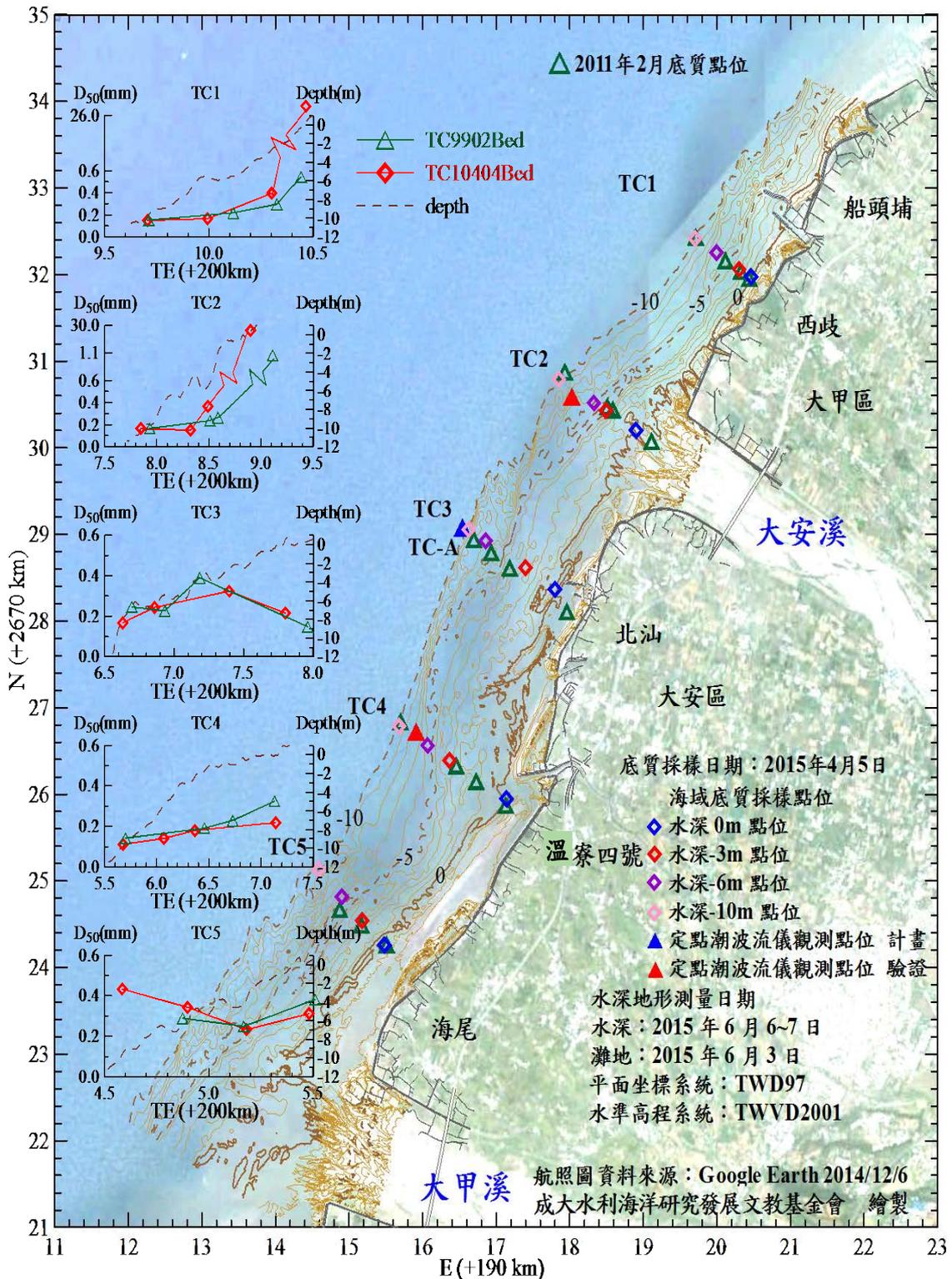
2.本計畫整理

表 2-27 107 年度烏溪、濁水溪河川流量及輸砂量實測紀錄

河川/測站		烏溪/大肚橋		河川/測站		濁水溪/溪州大橋	
面積(km <sup>2</sup> )		2,026		面積(km <sup>2</sup> )		3,157	
月	日	流量(C.M.S)	輸砂量(公噸/日) (公噸/日)	月	日	流量(C.M.S)	輸砂量(公噸/日) (公噸/日)
1	8	61.98	1895.7	1	3	21.08	1966.81
1	22	53.31	1418.52	1	16	29.07	2838.24
2	2	47.6	1315.96	1	30	7.56	234.4
2	23	85.37	3193.6	2	12	68.05	5497.11
3	9	54.69	1176.51	3	2	9.71	83.89
3	19	41.87	1913.76	3	13	14.24	134.18
4	10	27.04	1217.2	3	28	5.98	55.81
4	20	43.8	2501.19	4	11	4.4	64.2
5	3	22.33	717.72	4	24	17.81	218.59
5	17	42.07	781.4	5	10	30.6	1438.13
5	24	27.81	588.64	5	23	3.06	27.99
6	5	27.95	871.6	6	7	13.8	912.3
6	14	55.6	2651.79	6	20	526.09	198179.05
7	3	278.85	5444.84	7	6	184.9	6342.28
7	10	141.78	5879.69	7	19	123.56	8028.2
7	16	107.76	4729.71	8	6	90.24	4217.88
7	27	95.5	1741.05	8	15	206.88	17534.53
8	8	101.47	3857.41	9	10	159.7	7230.12
8	17	105.75	5070.9	10	1	78.08	13553.65
8	23	153.72	6667.4	10	12	36.38	2238.02
9	6	121.93	5225.3	11	7	11.63	56.25
9	17	97.7	3992.63	12	6	25.29	845.68
9	25	55.57	2554.33	12	20	9.15	162.78
10	5	48.14	2183.76				
10	16	47.68	2496.27				
10	25	50.26	2561.76				
11	7	46.84	1934.41				
11	20	45.71	2799.96				
12	11	38.91	1240.53				
12	25	29.55	1501.46				
平均		71.95	2,670.83	平均		72.92	11,820
年平均輸砂量(m/d)		1.26E-06		年平均輸砂量(m/d)		3.70E-06	

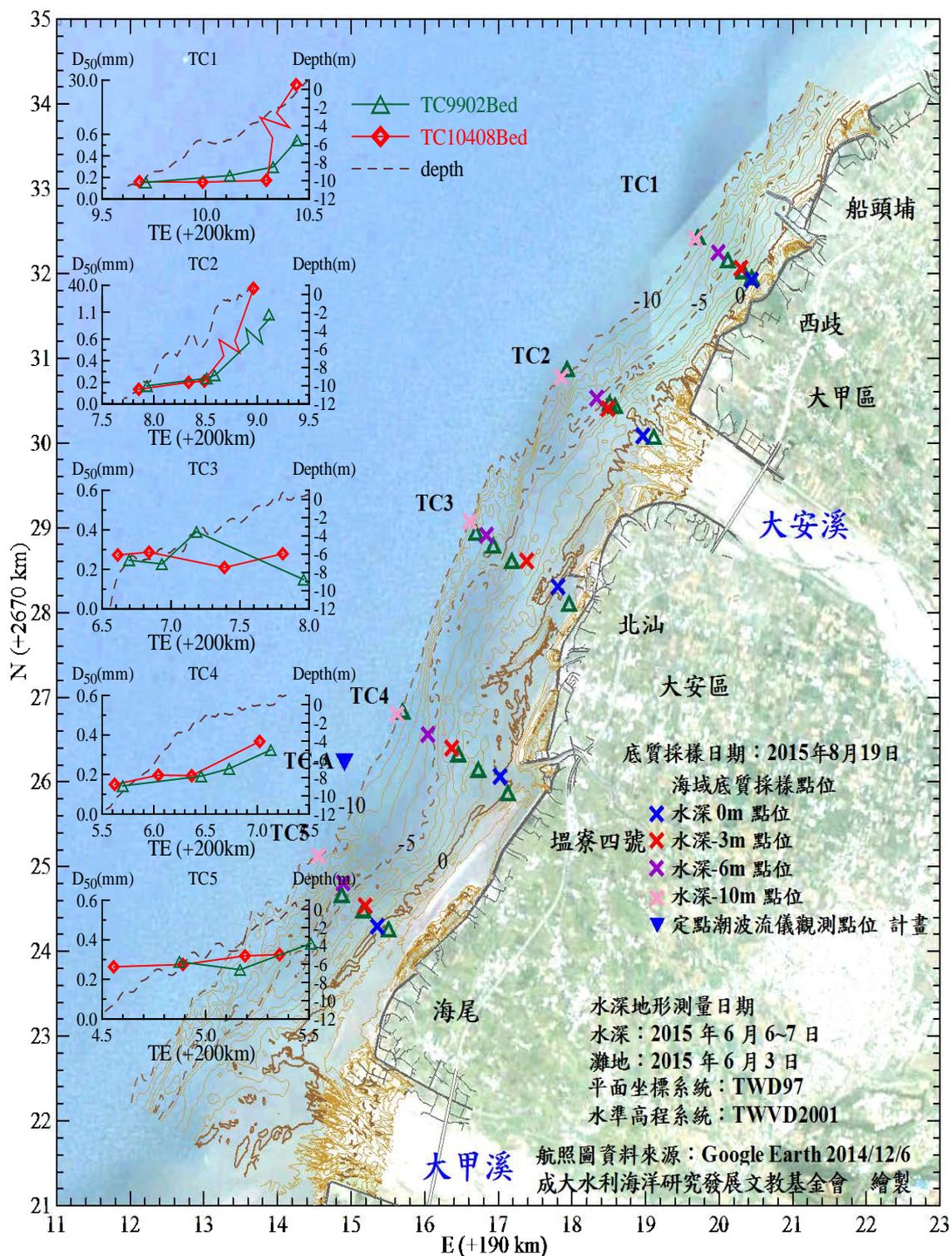
\*資料來源：1.「中華民國 107 年臺灣水文年報」，經濟部水利署，2019。

2.本計畫整理



\*資料來源：「台中海岸基本資料調查」，經濟部水利署第三河川局，2015。

圖 2.29 台中海岸冬季(2015年4月)海岸底質砂樣之中值粒徑與水深關係分佈成果圖



\*資料來源：「台中海岸基本資料調查」，經濟部水利署第三河川局，2015。  
 圖 2.30 台中海岸夏季(2015年8月)海岸底質砂樣之中值粒徑與水深關係分佈成果圖

表 2-28 臺中海岸冬季底質調查各水深砂樣粒徑範圍與土壤分類表

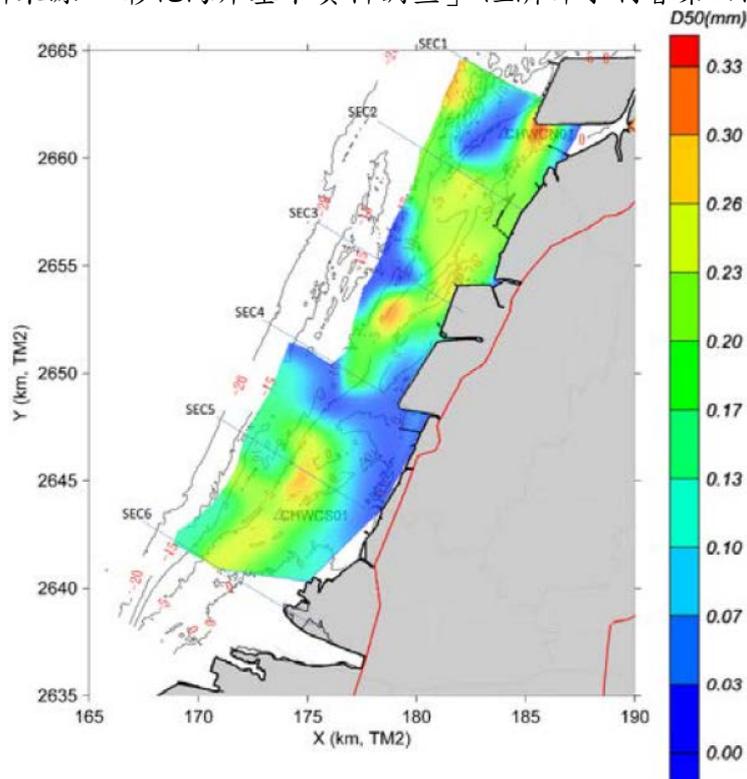
水深位置 (m)	D <sub>50</sub> (mm)	C <sub>u</sub>	土壤分類
0	0.216~29.538	2.210~103.48	均勻細砂至級配良好中礫
-3	0.180~0.395	2.20~2.71	均勻細砂
-6	0.141~0.342	2.11~2.51	均勻細砂
-10	0.111~0.433	2.13~4.91	均勻細砂至級配好中砂

\*資料來源：「彰化海岸基本資料調查」，經濟部水利署第四河川局，2015。

表 2-29 臺中海岸夏季底質調查各水深砂樣粒徑範圍與土壤分類表

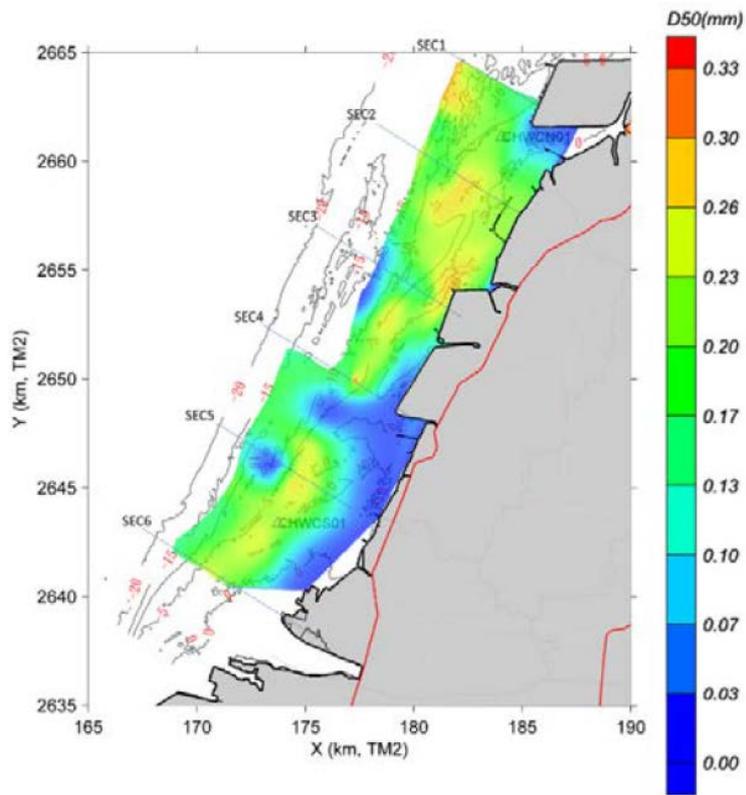
水深位置 (m)	D <sub>50</sub> (mm)	C <sub>u</sub>	土壤分類
0	0.279~28.036	2.07~476.54	均勻細砂至級配良好中礫
-3	0.173~0.319	2.37~4.84	均勻細砂至級配好細砂
-6	0.157~0.287	2.95~3.45	均勻細砂
-10	0.135~0.273	2.44~3.66	均勻細砂

\*資料來源：「彰化海岸基本資料調查」，經濟部水利署第四河川局，2015。



\*資料來源：「彰化海岸基本資料調查」，經濟部水利署第四河川局，2015。

圖 2.31 103 年彰化王功海岸冬季地質中質粒徑空間分佈



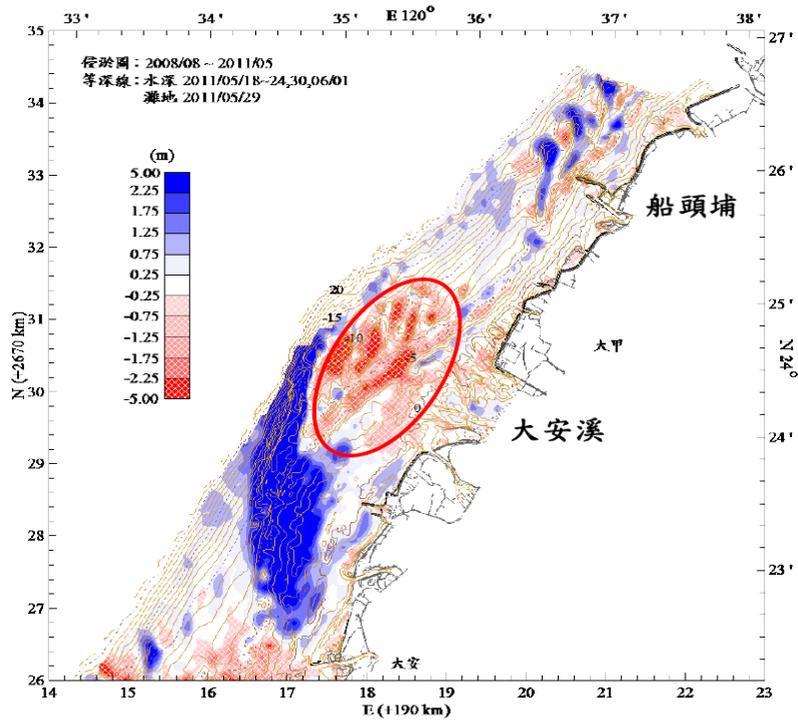
\*資料來源：「彰化海岸基本資料調查」，經濟部水利署第四河川局，2015。  
**圖 2.32 103 年彰化王功海岸夏季地質中質粒徑空間分佈**

## 2.8 歷年地形侵淤分析

蒐集本所、經濟部水利署第三河川局及水利署第四河川局近年來辦理臺中、彰化海岸基本資料調查報告，彙整說明臺中、彰化沿岸歷年地形侵淤情形。

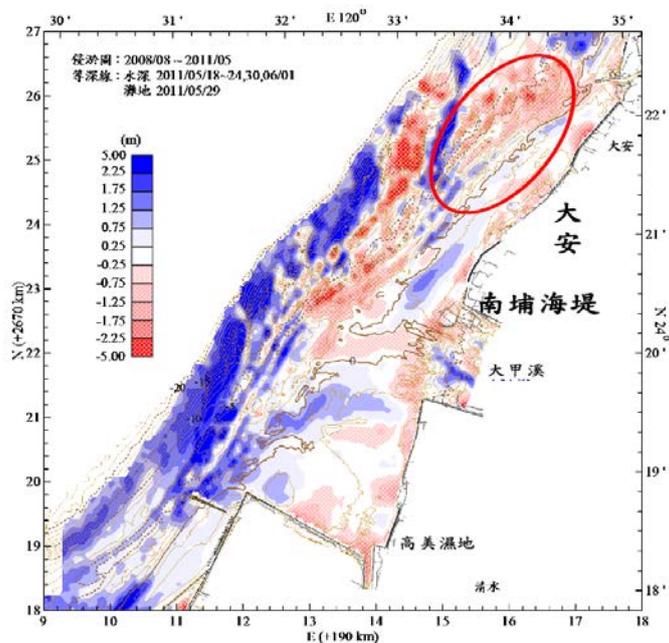
### 2.8.1 臺中海岸歷年地形變化分析

經濟部水利署第三河川局(以下簡稱:三河局)辦理「台中海岸環境營造及海堤可行性檢討」(2011年)，針對2008年8月~2011年5月期間地形水深進行平面侵淤分析，其灘地地區除大安溪口局部、大安溪以南至高美濕地間低灘地區與大甲溪口中間局部地區呈淤積外，其餘地區多呈侵蝕。等深線0~-5m間地形，除於大安溪口、大安外側、大甲溪外側及烏溪溪口局部地區呈侵蝕外，其餘地區以淤積狀態居多。等深線-5~-20m間地形，於船頭埔外側地區多呈侵淤互見情形，於船頭埔以南地區除於大安溪外側等深線約-5~-13m間、大甲溪北側等深線約-5~-15m間及烏溪外側地區呈侵蝕外，其餘地區大多為淤積。其中，本段海岸近岸侵蝕較嚴重區，除大安溪口沿岸約2公里範圍，離岸延伸至水深約10m處，其水深地形有高達近2.25~5m之侵蝕(如圖2.33)外，大安海域沿岸約3公里範圍之砂灘亦有1.75m深度之侵蝕，且外海水深0~15m範圍之水深地形亦普遍為侵蝕情形(如圖2.34所示)。



\*資料來源：「台中海岸環境營造及海堤可行性檢討」，經濟部水利署第三河川局，2011。

圖 2.33 大安溪段 2008 年 8 月至 2011 年 5 月期間水深地形侵淤圖



\*資料來源：「台中海岸環境營造及海堤可行性檢討」，經濟部水利署第三河川局，2011。

圖 2.34 大甲溪段 2008 年 8 月至 2011 年 5 月期間水深地形侵淤圖

為瞭解臺中段海岸地形侵淤特性，三河局又於2014~2015年期間辦理2年之「臺中海岸基本資料調查」，計畫期間共執行2次臺中海岸地形水深測量，以下茲就其計畫2015年6月之地形水深測量成果資料，配合進行冬、夏季及長期性(如表2-30所示)之地形水深平面侵淤分析作業，其報告內對於臺中海岸於冬季、夏季及長期之地形水深分析結果，摘錄說明如下:(圖上以藍色實心區塊代表淤積現象、以紅色網格區塊代表侵蝕現象，而顏色深淺代表侵淤之程度)

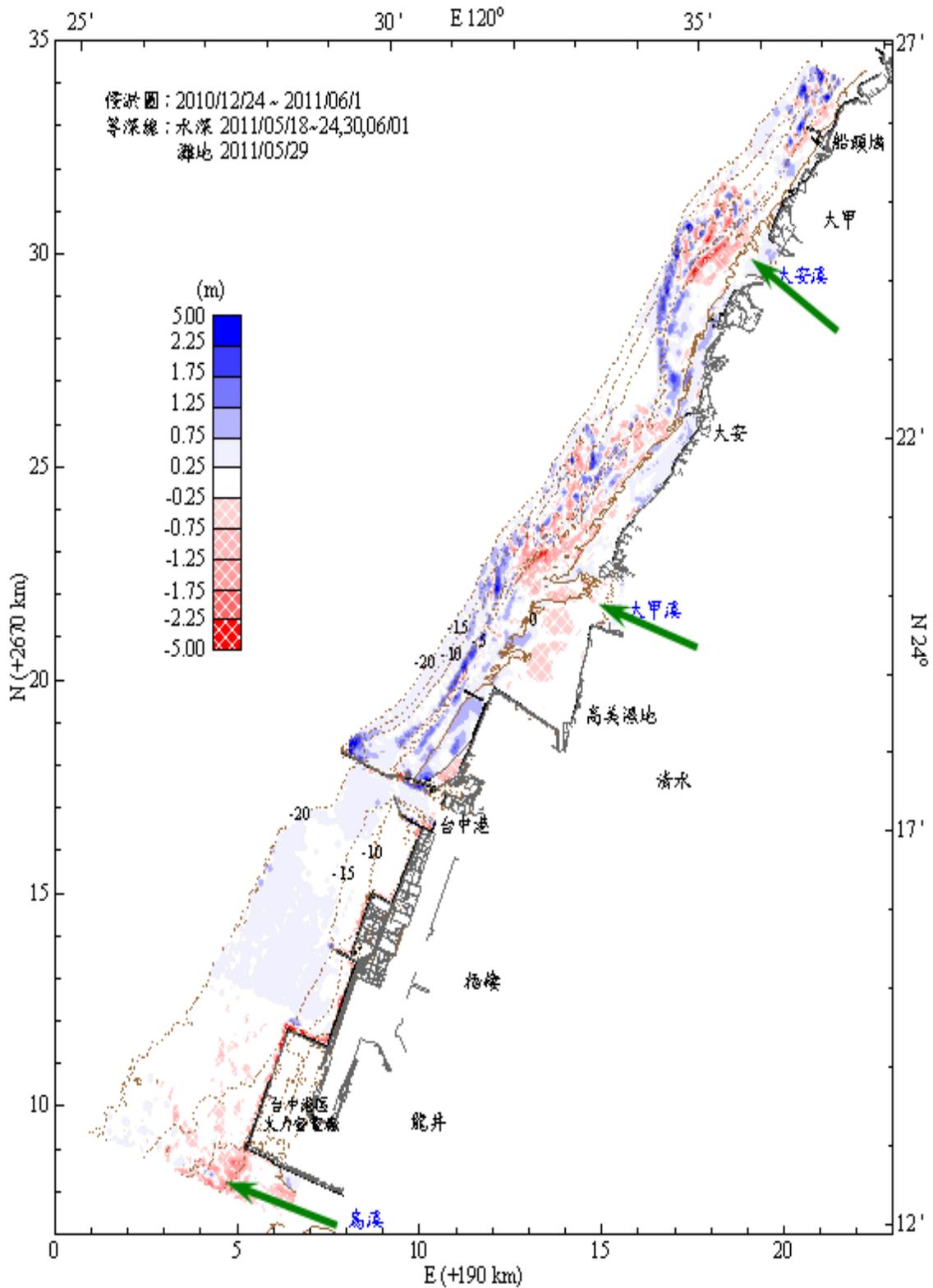
**表 2-30 「台中海岸基本資料調查」辦理歷年地形水深侵淤分析表**

波浪作用	分析期距	範圍
冬季	2010/12~2011/05	船頭埔~烏溪
	2014/10~2015/06	船頭埔~大甲溪
夏季	2014/05~2014/10	船頭埔~大甲溪
長期	2008/08~2011/05	船頭埔~烏溪
	2011/05~2014/05	船頭埔~烏溪
	2008/08~2014/10	船頭埔~大甲溪
	2008/08~2015/06	船頭埔~大甲溪

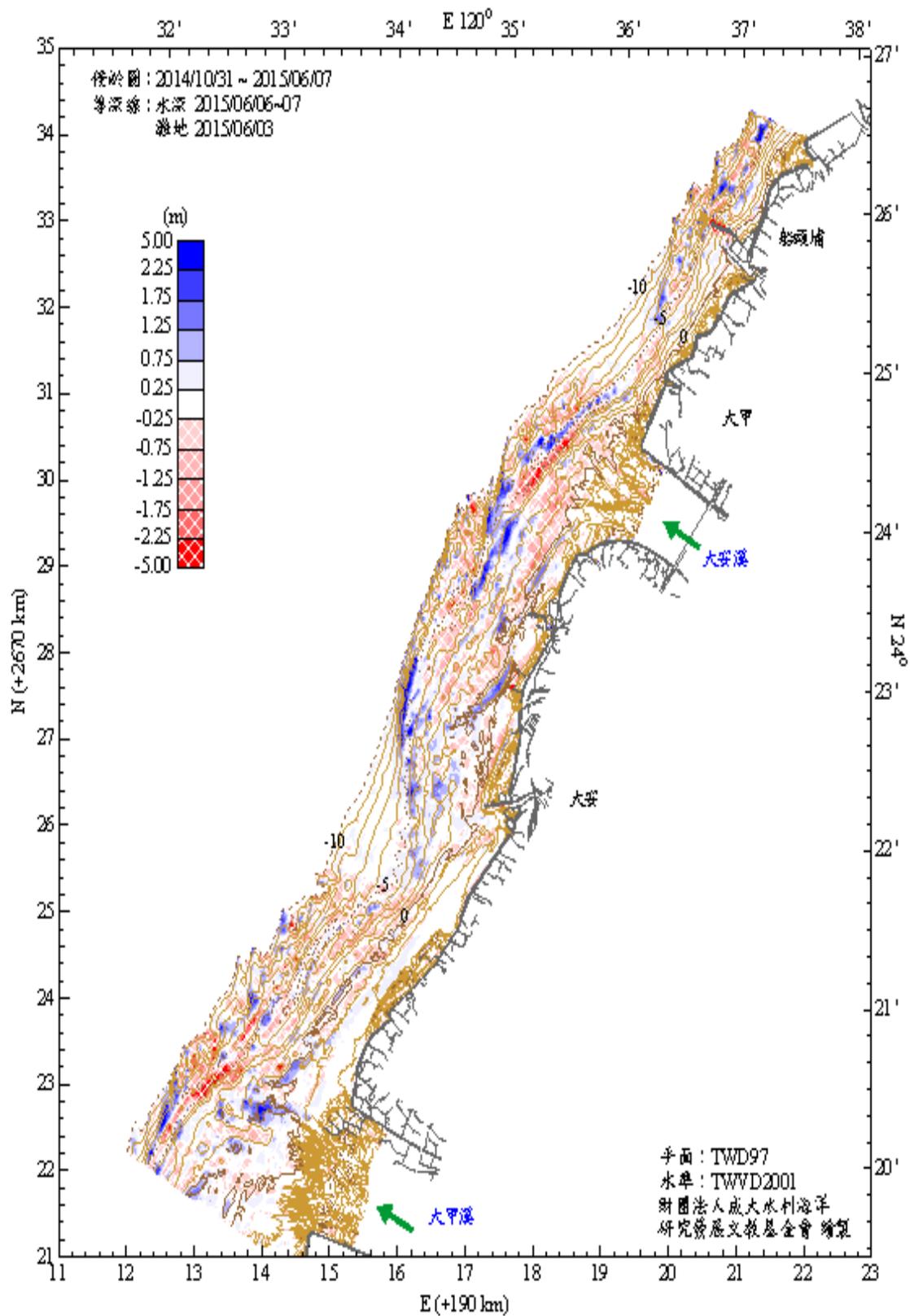
### 1. 冬季波浪作用後地形水深平面侵淤分析

三河局就 2015 年 6 月辦理地形水深測量成果資料，配合往昔地形水深監測成果(2010 年 12 月、2011 年 5 月及 2014 年 10 月)，進行 2010 年 12 月~2011 年 5 月及 2014 年 10 月~2015 年 6 月冬季波浪作用後地形水深平面侵淤分析，其分析成果如圖 2.35 及圖 2.36。

由圖 2.35 及圖 2.36 可知，冬季波浪作用後之灘地地區，於 2010 年 12 月~2011 年 5 月，除大甲溪口及其兩側低灘區與台中港北側局部呈侵蝕，其餘多呈淤積。於 2014 年 10 月~2015 年 6 月，除大安溪南側~大安及大甲溪口北側低灘區呈淤積，其餘呈侵蝕，其侵淤程度在 1.25m 以內。



\*資料來源：「台中海岸基本資料調查」，經濟部水利署第三河川局，2015。  
 圖 2.35 2010 年 12 月~2011 年 5 月冬季波浪作用後地形水深平面侵蝕圖

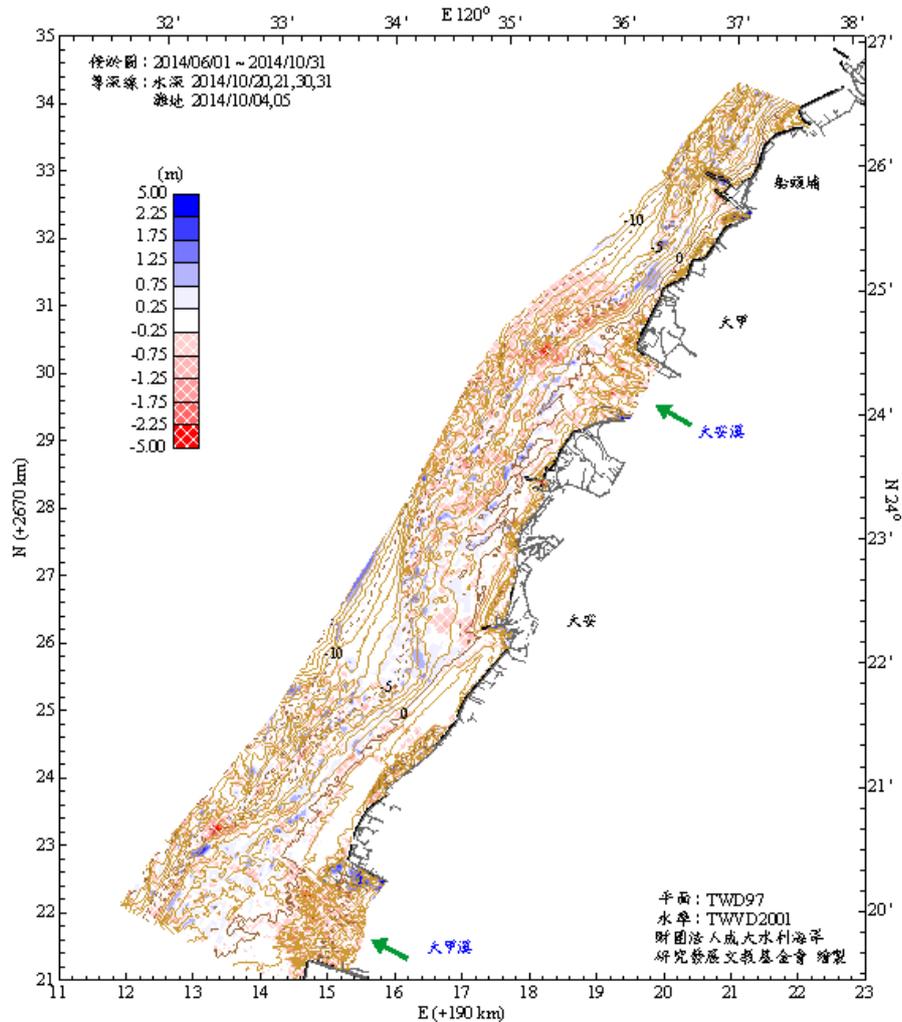


\*資料來源：「台中海岸基本資料調查」，經濟部水利署第三河川局，2015。  
 圖 2.36 2014 年 10 月~2015 年 6 月冬季波浪作用後地形水深平面侵淤圖

## 2. 夏季波浪作用後地形水深平面侵淤分析

三河局就 2014 年 5 月及 10 月取得之地形水深監測成果，進行夏季波浪作用後之地形水深平面侵淤分析，分析成果依大安溪及大甲溪等地區分別呈現如圖 2.37。

由圖 2.37 可知，夏季波浪作用後(2014 年 5~10 月)，灘地地區均呈 1.25m 以內之侵蝕，灘線附近，於大安溪口南側低灘區呈 0.75m 以下之淤積，其餘地區無明顯變化。等深線 0~-5m 間於大安溪口北側、大甲溪口地區呈零星淤積侵外，其餘地區以侵蝕居多。等深線 -5~-10m 間除於大安溪口北側、大甲溪口呈 0.75m 以內之侵蝕，其餘呈零星區塊 0.75m 以下之侵淤互現。



\*資料來源：「台中海岸基本資料調查」，經濟部水利署第三河川局，2015。

圖 2.37 2014 年 5~10 月夏季波浪作用後地形水深平面侵淤圖

### 3. 長期地形水深平面侵淤分析

三河局茲就 2015 年 6 月之地形水深測量成果資料，配合 2008 年 8 月、2011 年 5 月、2014 年 5 月及 10 月等往昔地形水深監測成果，進行 2008 年 8 月~2011 年 5 月、2011 年 5 月~2014 年 5 月、2008 年 8 月~2014 年 10 月及 2008 年 8 月~2015 年 6 月之長期地形水深平面侵淤分析，並分別以大安溪、大甲溪及台中港等地理位置呈現分析成果，各分析時段之分析成果摘錄彙整如下：

#### (1) 2008 年 8 月~2011 年 5 月長期

由圖 2.38 所示，2008 年 8 月~2011 年 5 月期間之灘地地區除大安溪口局部、大安溪以南至高美溼地間低灘地區與大甲溪口中間局部地區多呈淤積現象外，其餘地區多呈侵蝕情形，其侵淤程度多在 1.75m 內；等深線 0~-5m 間地形，除於大安溪口、大安外側、大甲溪外側及烏溪溪口局部地區多呈侵蝕外，其餘地區以淤積狀態居多，其中以大安北側地區之淤淺程度可高達 2.25~5m 為最高；等深線-5~-20m 間地形，於船頭埔外側地區多呈 5m 以內之侵淤互見，於船頭埔以南地區除於大安溪外側等深線約-5~-13m 間、大甲溪北側等深線約-5~-15m 間及烏溪外側地區多呈侵蝕狀態外，其餘地區以淤積狀態居多，其中以大安溪外側地區之淤淺程度最高，可超過 5m。

#### (2) 2011 年 5 月~2014 年 5 月長期

由圖 2.39 所示，2011 年 5 月~2014 年 5 月期間之灘地地區除船頭南埔至大安溪口北岸及大安溪口南岸呈侵蝕外，大安海堤以南至高美溼地間多呈淤積，其侵淤程度多在 1.75m 以內；等深線 0~-5m 間地形，除於大安溪口西北側、大安外側及烏溪溪口局部地區多呈淤積，其中大安外側地區之淤淺達 2.25~4m，其餘地區大多以 2.25m 以下之侵蝕居多。等深線-5~-10m 間地形，其中於船頭埔外側地區多呈 5m 以內侵淤互見情形，而於船頭埔以南地區除於大安溪外側、大甲溪~高美濕地間及烏溪外側地區多呈淤積狀態，其中大安溪及大安段外側地區之淤淺程度最高可達 4m，其餘地區大多為 1.75m 以下之侵蝕。

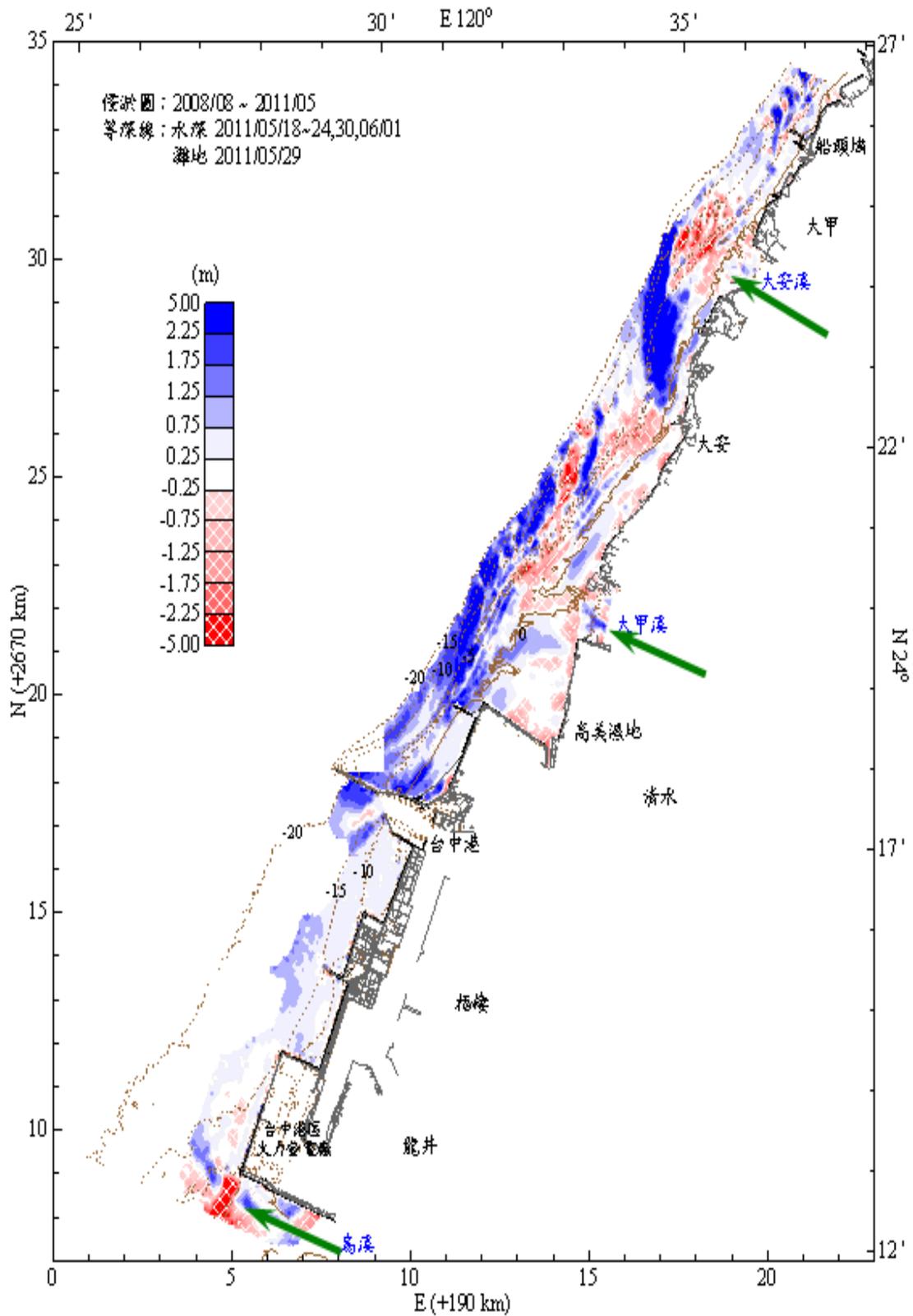
### (3) 2008 年 8 月~2014 年 10 月長期

由圖 2.40 所示，2008 年 8 月~2014 年 10 月期間之灘地地區除大安溪口南岸及大大甲溪口局部區塊呈 1.25m 以內之侵蝕外，其餘地區多呈 1.25m 以下之淤積；等深線 0~-5m 間地形，除於船頭埔南側、大安溪口西南側呈 1.75m 以內之侵蝕，其餘地區以小於 1.75m 之淤積居多。等深線-5~-10m 間地形，其中於船頭埔外側地區多呈 1.75m 以內淤積，於大安溪口、大甲溪口外側地區約呈 5m 以內之侵蝕，於此兩處南側區域多呈淤淺，其中大安溪口南側之淤積程度最高可達 6m，其餘地區大多為 0.75m 以下之侵淤互見情形。

### (4) 2008 年 8 月~2015 年 6 月長期

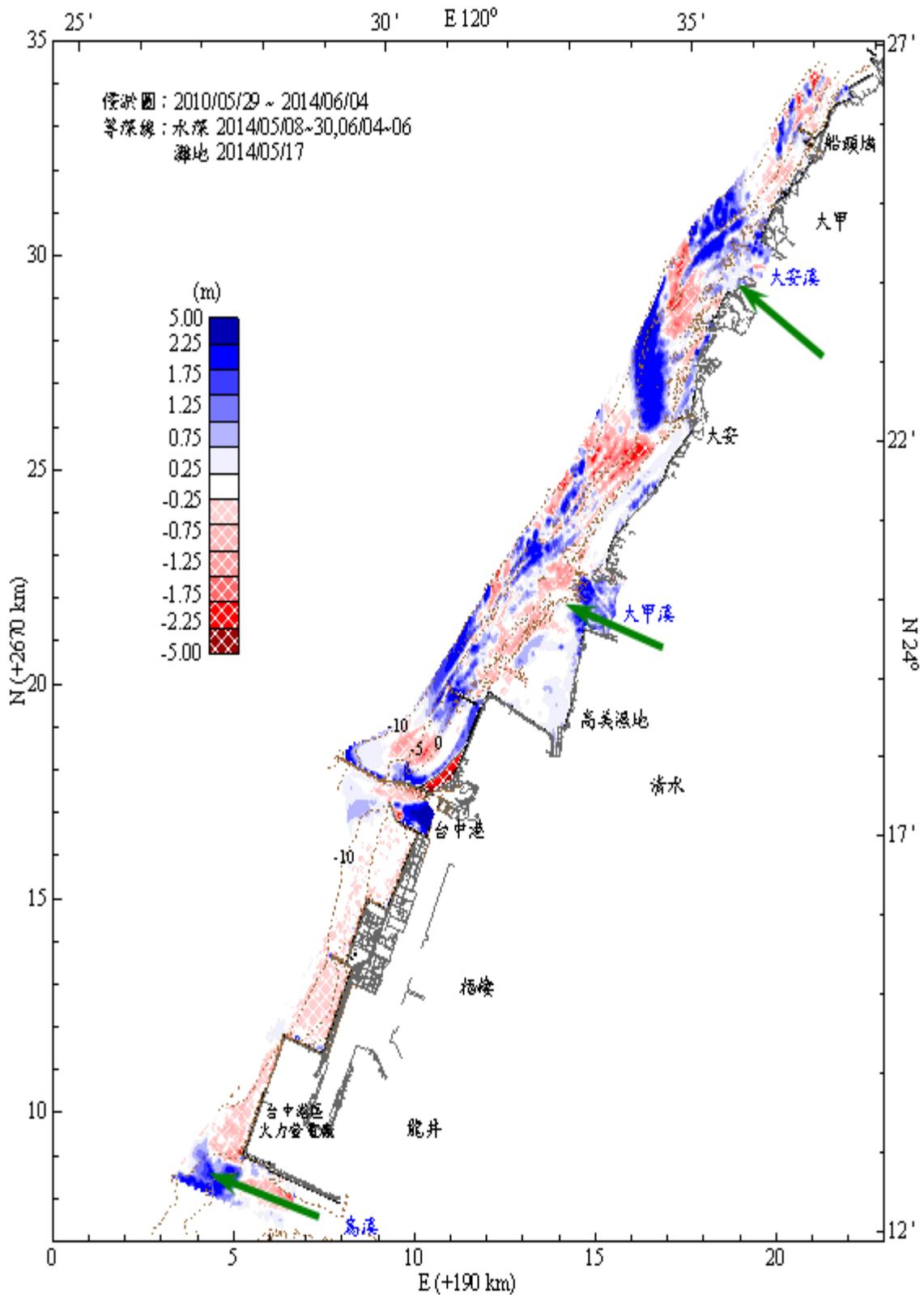
由圖 2.41 可知，2008 年 8 月~2015 年 6 月期間之灘地地區除大安溪南側至大甲溪北側間地區多呈淤積外，其餘地區多呈侵淤互見情形；等深線 0~-10m 間地形，除於船頭埔至大甲海側水深 7~10m、大安海側及大甲溪海側水深 6~10m 間地區多呈淤積情形外，其餘地區則多呈侵蝕現象，其中以大安海側地區最為嚴重，其侵蝕程度可在 5m 以上。

三河局藉由上述四時期長期波浪作用後之侵淤分析結果，得知其中 2008 年 8 月~2015 年 6 月期間之灘地地區，於大安溪南側~大甲溪北側間多呈淤積，其餘地區多呈侵淤互見；等深線 0~-10m 間地形，除於船頭埔至大甲海側水深 7~10m、大安海側及大甲溪海側水深 6~10m 間地區呈淤積，其餘地區多呈侵蝕，其中以大安區之淤淺情形最為嚴重。



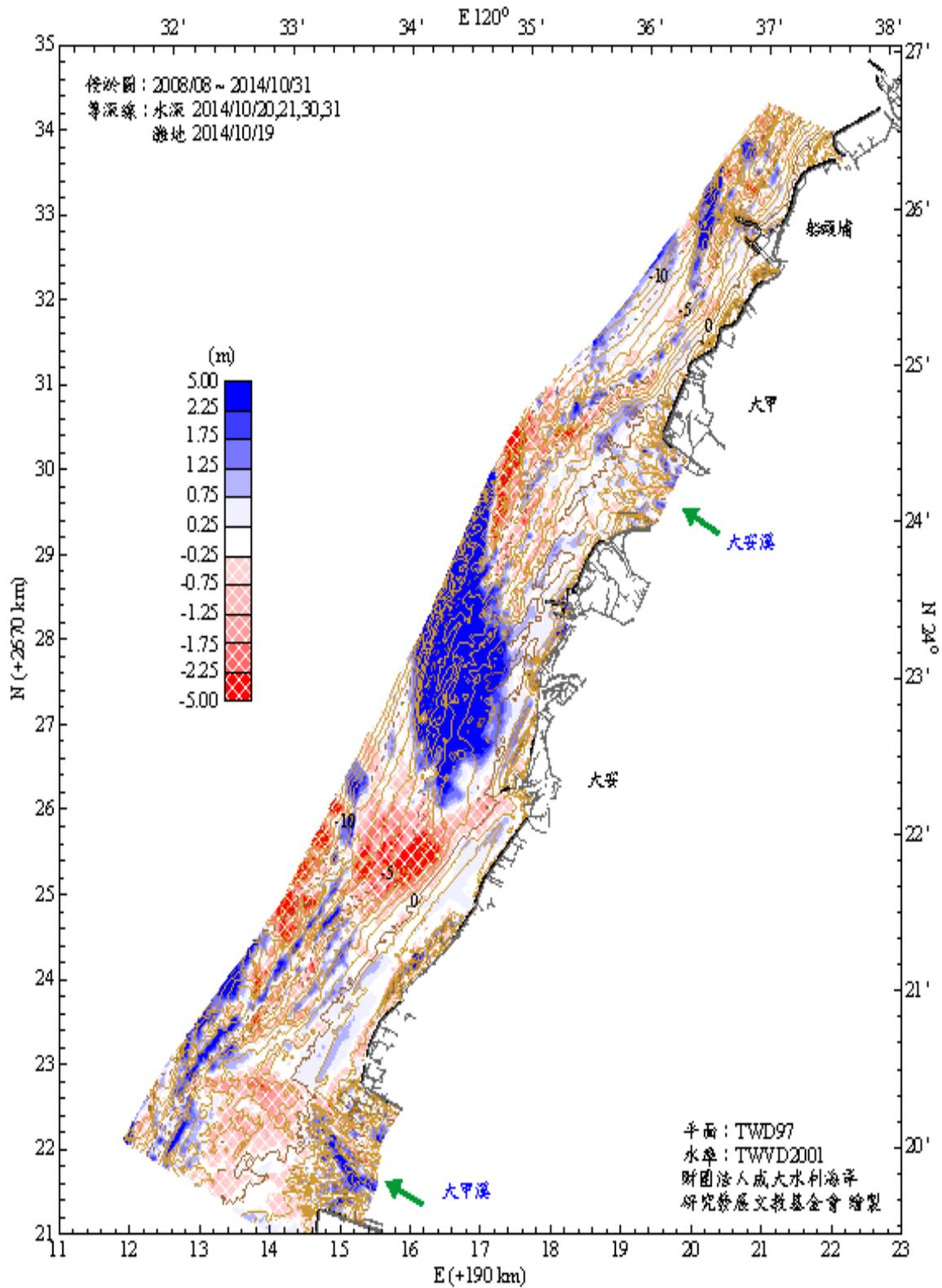
\*資料來源：「台中海岸基本資料調查」，經濟部水利署第三河川局，2015。

圖 2.38 2008 年 8 月~2011 年 5 月長期地形水深平面侵淤圖



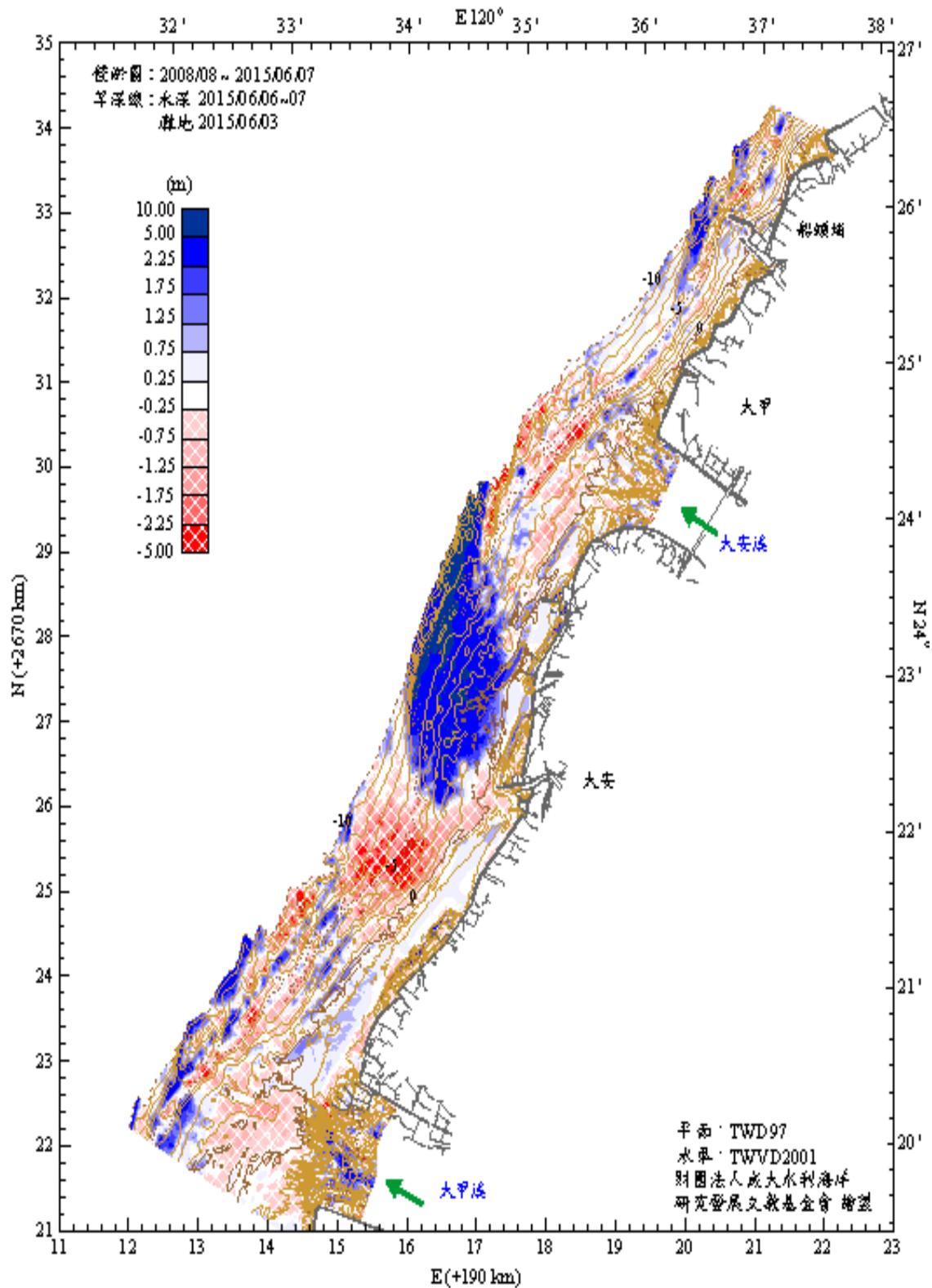
\*資料來源：「台中海岸基本資料調查」，經濟部水利署第三河川局，2015。

圖 2.39 2011 年 5 月~2014 年 5 月長期地形水深平面侵蝕圖



\*資料來源：「台中海岸基本資料調查」，經濟部水利署第三河川局，2015。

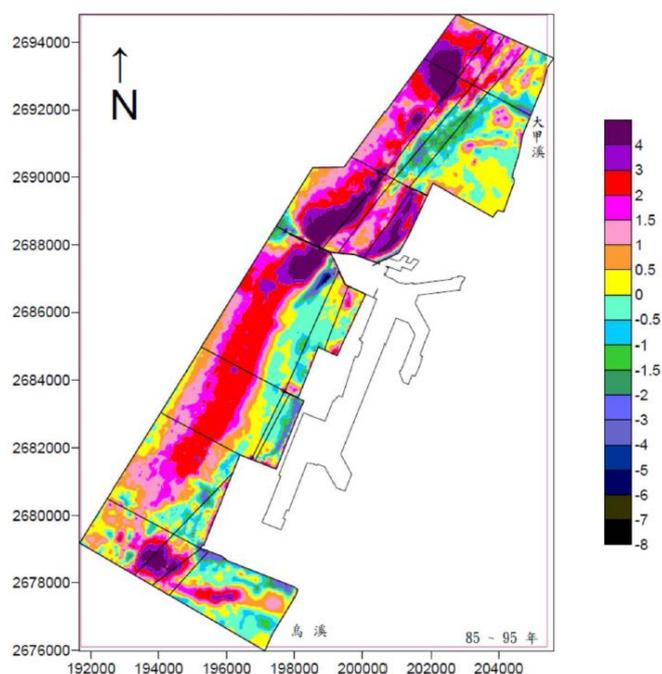
圖 2.40 2008 年 8 月~2014 年 10 月長期地形水深平面侵淤圖



\*資料來源：「台中海岸基本資料調查」，經濟部水利署第三河川局，2015。

圖 2.41 2008 年 8 月~2015 年 6 月長期地形水深平面侵淤圖

另本所於 2010 年辦理「臺灣近岸港域地形變遷與環境調查研究(1/4)」，計畫中亦有分析 1996~2006 年間臺中港附近地形侵淤變化趨勢結果，如圖 2.42 所示。其分析結果為在 1996~1998 年間，臺中港北防波堤至北防沙堤間有部分淤積，而在北防波堤堤頭附近亦有產生淤積，並擴及至港口南側，形成港口南側區域遠岸淤積近岸侵蝕的現象。於 2000~2002 年間，臺中港北防波堤正在進行延長工程，造成北防波堤至北防沙堤間持續淤積，臺中港北側及南側遠岸的區域亦快速淤積，尤其以北側遠岸的區域淤積速度最快，淤積深度最大亦達 4m 以上，而在北防波堤堤頭附近及港口附近產生大量侵蝕，侵蝕深度最大可達-5m 以上。於 2003~2006 年間，臺中港整體擴建已完成，北防波堤至北防沙堤間不論是近岸還是遠岸，皆全面淤積，而擴及至港口南側的淤積面積亦有擴大並往南持續延伸，淤積深度則是逐年加深，港口南側近岸區則維持些微侵蝕的狀況，北防波堤堤頭附近及港口附近的侵蝕範圍則大致上維持穩定，並未持續刷深。此外，由近年地形水深侵淤趨勢知，於烏溪至台中港區段水深 10m 內之地形仍持續侵蝕，而台中港至高美濕地近岸區仍持續堆淤。



\*資料來源：本所「臺灣近岸港域地形變遷與環境調查研究(1/4)」，2010。

圖 2.42 1996~2006 年台中港附近地形侵淤變化圖

## 2.8.2 彰化海岸歷年地形變化分析

經濟部水利署第四河川局於 103 年辦理「彰化海岸防護基本資料調查(2/2)」計畫工作，將 51 年(海埔地開發)、80 年 8 月、90 年 8 月、94 年 7 月、95 年 8 月、98 年 5 月、101 年 9 月、102 年 3 月、103 年 5 月及 103 年 10 月資料處理為 100m 網格資料並進行全域地形水深侵淤分析，其蒐集彰化海域各年度所測之地形資料範圍如表 2-31、繪製歷年地形侵淤比較圖如圖 2.43~圖 2.50 所示，其歷年地形侵淤結果彙整分述如下：

民國 51 年至 80 年 8 月永興海埔地外海，30 年期間於岸邊受潮溝變遷影響，海埔地外緣潮溝處為侵蝕，潮間帶及等深線-4m 內為淤積、最大淤積深度可達 3m 以上，-4m 至-5m 附近則有侵蝕現象，詳圖 2.43; 民國 80 年 8 月至 90 年 8 月彰濱工業區外海受抽砂造地影響，於崙尾區外海-5m~-15m 間有明顯抽砂區塊產生，侵蝕深度可達 10m；崙尾水道、鹿港水道及崙尾水道西南外海受抽砂造地影響，也有明顯抽砂區塊產生，侵蝕深度可達 10m 上。伸港區潮間帶受烏溪輸砂影響有淤積現象，崙尾海堤東北角外海及芳苑鄉北側近海於-5m~-15m 間有北北東向之帶狀淤積、淤積深度達 2m~5m，濁水溪口南岸則為淤積，詳圖 2.44; 民國 90 年 8 月至 95 年 8 月彰濱工業區外海抽砂行為已停止。崙尾海堤東北角外海及芳苑鄉北側近海於-5m~-15m 間有北北東向之帶狀淤積仍然存在、淤積深度達 2m~3m；鹿港水道及崙尾水道則為淤積，鹿港西海堤外海水深-5m~-10m 間則明顯侵蝕，侵蝕深度 2m~4m。大城海埔地近海水深-10m 內變化不明顯，濁水溪口北岸及大城海埔地外海水深-10m 外則明顯淤積，詳圖 2.44; 民國 95 年 8 月至 98 年 7 月地形侵淤變化，崙尾海堤東北角外海及芳苑鄉北側近海於-5m~-15m 間有北北東向之帶狀淤積仍然存在，淤積深度達 1m~3m；鹿港西海堤外海水深-5m~-10m 間持續侵蝕，侵蝕深度 1m~3m。王功新生地海堤及永興海埔地海堤近岸-10m 內為侵蝕，侵蝕深度在 2m 內；沿永興海埔地西南角海堤向北方向有帶狀淤積、淤積深度達 1m~2m；大城海埔地近海水深-10m 內變化不明顯，濁水溪口北岸則有淤積，淤積深度達 1m~2m，詳

圖 2.45;民國 98 年 7 月至 101 年 9 月地形侵淤變化，崙尾海堤東北角外海及芳苑鄉北側近海於-5m~-15m 間北北東向之帶狀淤積仍然存在，淤積深度達 1m~3m；鹿港西海堤外海水深-5m~-10m 間持續侵蝕，侵蝕深度 1m~2m。王功新生地海堤及永興海埔地海堤近岸-10m 內為侵蝕，侵蝕深度在 2m 內；沿永興海埔地西南角海堤向北方向有帶狀淤積，淤積深度達 1m~2m；大城海埔地近海水深-10m 內變化不明顯，濁水溪口及其外海則有淤積、淤積深度達 1m~3m，詳圖 2.45;民國 101 年 9 月至 102 年 9 月地形侵淤變化，崙尾海堤東北角外海及芳苑鄉北側近海於-5m~-15m 間北北東向之帶狀淤積仍然存在，淤積深度達 1m~2m；鹿港西海堤外海水深-5m~-10m 間持續侵蝕，侵蝕深度 0.5m~1m。王功新生地海堤及永興海埔地海堤近潮間代為淤積、外海為侵蝕；永興海埔地至濁水溪河口近岸水深-5m 內為淤積、淤積深度達 1m~3m，詳圖 2.46。

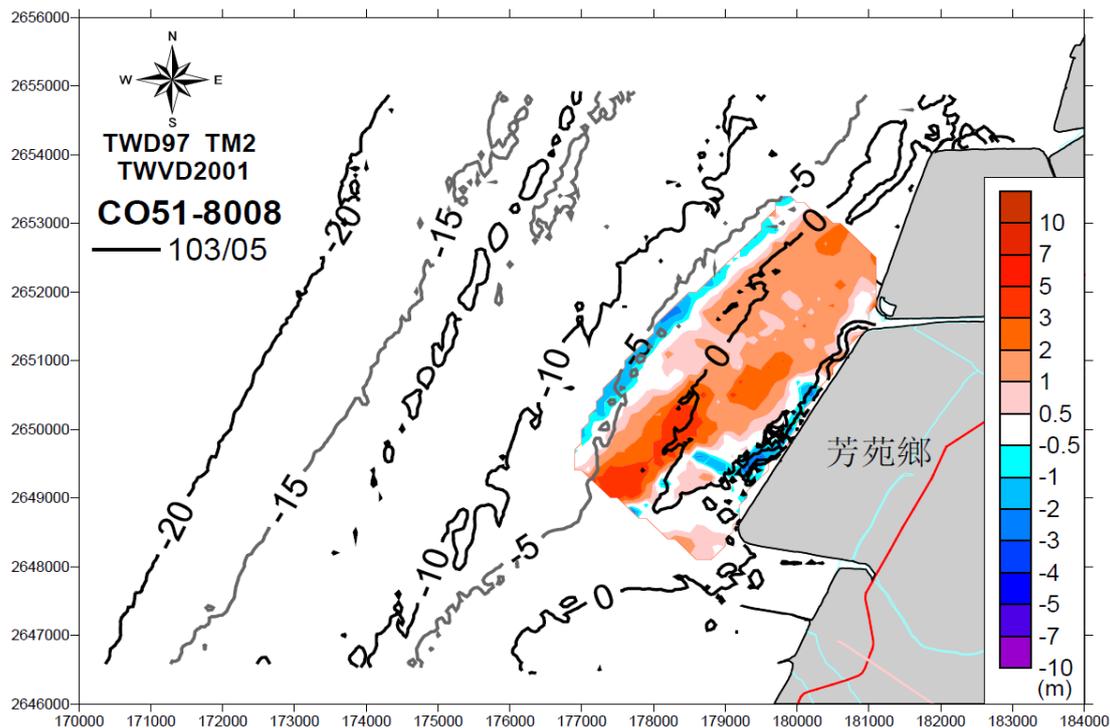
就長期變化而言，民國 90 年 8 月至 101 年 9 月地形侵淤變化，崙尾海堤東北角外海及芳苑鄉北側近海於-5m~-15m 間北北東向之帶狀淤積、最大深度可達 5m~7m，鹿港西海堤外海水深-5m~-10m 間侵蝕深度可達 7m 以上，王功新生地海堤及永興海埔地海堤近岸-10m 內為侵蝕深度在 2~5m，濁水溪口及其外海淤積深度局部區域可達 7m~10m，詳圖 2.46；民國 90 年 8 月至 102 年 9 月及民國 80 年 8 月至 102 年 9 月地形侵淤變化，崙尾海堤東北角外海及芳苑鄉北側近海於-5m~-15m 間北北東向之帶狀淤積深度可達 5m~7m，鹿港西海堤外海水深-5m~-10m 間侵蝕深度可達 10m 以上，王功新生地海堤及永興海埔地海堤近岸-10m 內為侵蝕深度在 5m~7m；濁水溪口及其外海淤積深度局部區域可達 10m 以上，詳圖 2.47;民國 51 年至 103 年 10 月永興海埔地外海侵淤圖顯現，52 年期間潮間帶內為淤積，大多淤積 1m 以上、最大淤積深度可達 3m 以上，潮間帶外至-5m 附近則為侵蝕，侵蝕深度可達 5m。也就是原 51 年 0m 線附近為侵蝕，現今水深 3m~5m，顯示 51 年至 103 年 10 月共 52 年期間潮間帶變窄，原潮間帶外緣侵蝕，侵蝕土方被往潮間帶陸側輸送，堆置於較近岸處，詳圖 2.48;民國 95 年 8 月至 103 年 10 月、98 年 7 月至 103 年 10 月、102 年 11 月至 103 年 10 月、

103 年 5 月至 103 年 10 月地形侵淤圖顯現之特徵與 94 年 7 月至 103 年 10 月侵淤特徵相同，詳圖 2.49 及圖 2.50，現階段水深 0m~-10m 間區位，由王功新生地海堤中段外海向南，分為侵蝕、淤積、侵蝕三個區塊，但其侵淤總量隨年份累積減少而減輕。海岸斷面輸砂特性分析顯示，夏季各海岸斷面呈現堆積以及變遷型為主，於冬季時期海岸型態則為侵蝕型。

表 2-31 彰化海域歷年施測範圍說明

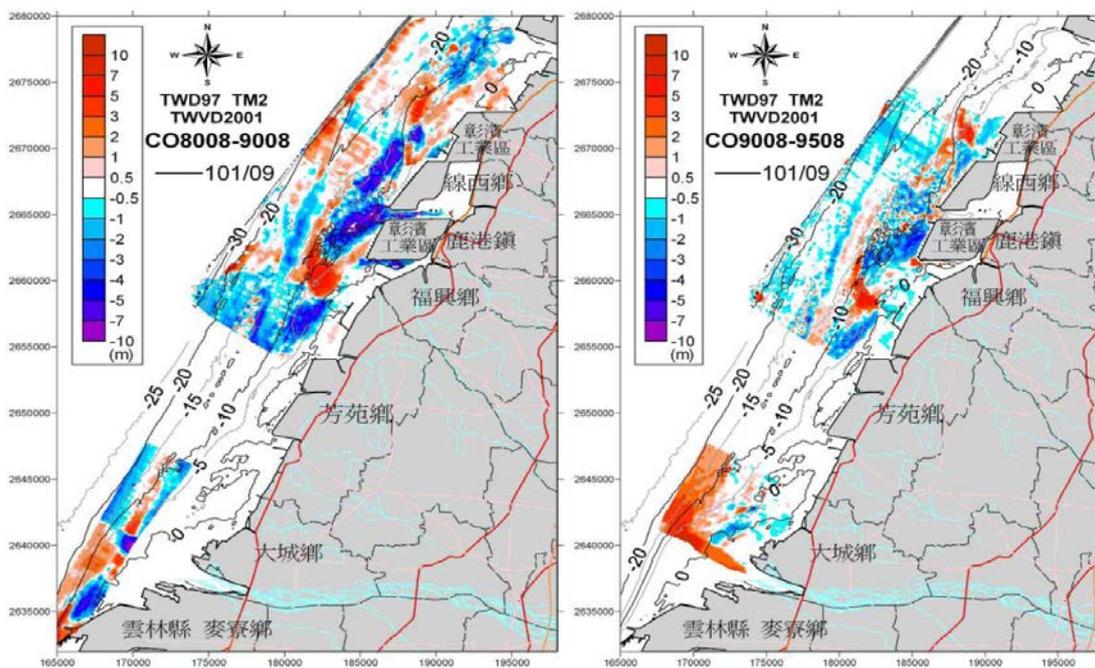
施測年份	施測範圍	說明
51/08	北起永興海埔地海堤，南至大城南段海堤，由海堤測至水深 1m 處潮間帶範圍。	彰化永興區海埔地地形圖、彰化芳苑區海埔地地形圖
80/08	彰濱計畫北起大肚溪口，南至漢寶海堤、由海堤測至-25m 處；離島計畫北起王功新生地海堤，南至濁水溪南側、由低潮線(約-2m)測至-35m 處。	彰濱工業區開發案及雲林離島工業區開發計畫案
90/08	彰濱計畫北起大肚溪口，南至漢寶海堤、由海堤測至-25m 處；離島計畫北起大城南段海堤，南至麥寮專用港港口南側、由岸線測至-20m 處。	彰濱工業區開發案及雲林離島工業區開發計畫
95/08	北起蚵寮海堤南段，南至濁水溪口北岸、由海堤測至-35m 處。	彰化離岸風力發電計畫可行性研究
98/07	彰濱計畫北起大肚溪口，南至漢寶海堤、由海堤測至-25m 處；國光石化計畫北起漢寶海堤北段，南至麥寮專用港港口、由岸線測至-30m 處。	彰濱工業區開發案及國光石化大城地形
101/09	彰濱計畫北起大肚溪口，南至漢寶海堤、由海堤測至-25m 處；彰雲沿海鄰近濁水溪口之海洋環境調查研究北起永興海埔地海堤北段，南至麥寮專用港港口、由岸線測至-25m 處。	彰濱工業區開發案及彰雲沿海鄰近濁水溪口之海洋環境調查研究
102/09	彰濱計畫北起大肚溪口，南至漢寶海堤、由海堤測至水深 25m 處；離島計畫北起新街海堤，南至麥寮專用港港口南側、由海堤測至-20m 處。本計畫北自萬興排水出海口起，南至永興海埔新生地南海堤以南(王功新生地海堤)二林溪出海口處(芳苑市郊海堤北段)、由岸線測至-20m 處。	彰濱工業區開發案、雲林離島工業區開發計畫及本計畫(102 年 11 月)

\*資料來源：「彰化海岸防護基本資料調查(2/2)」，經濟部水利署第四河川局，2014。



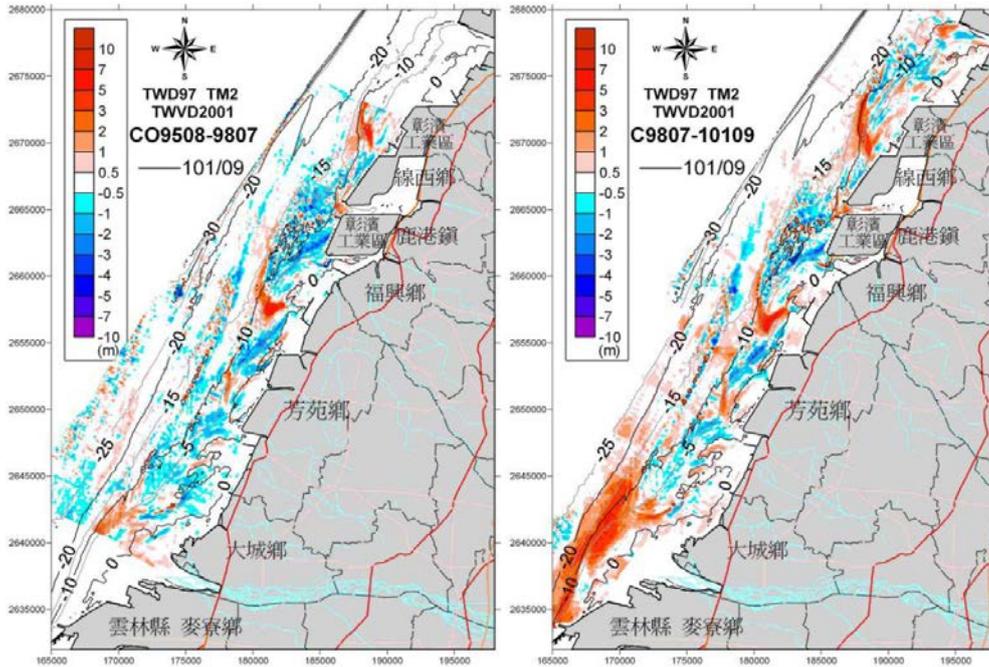
\*資料來源：「彰化海岸防護基本資料調查(2/2)」，經濟部水利署第四河川局，2014。

圖 2.43 51 年至 80 年 8 月地形侵淤圖



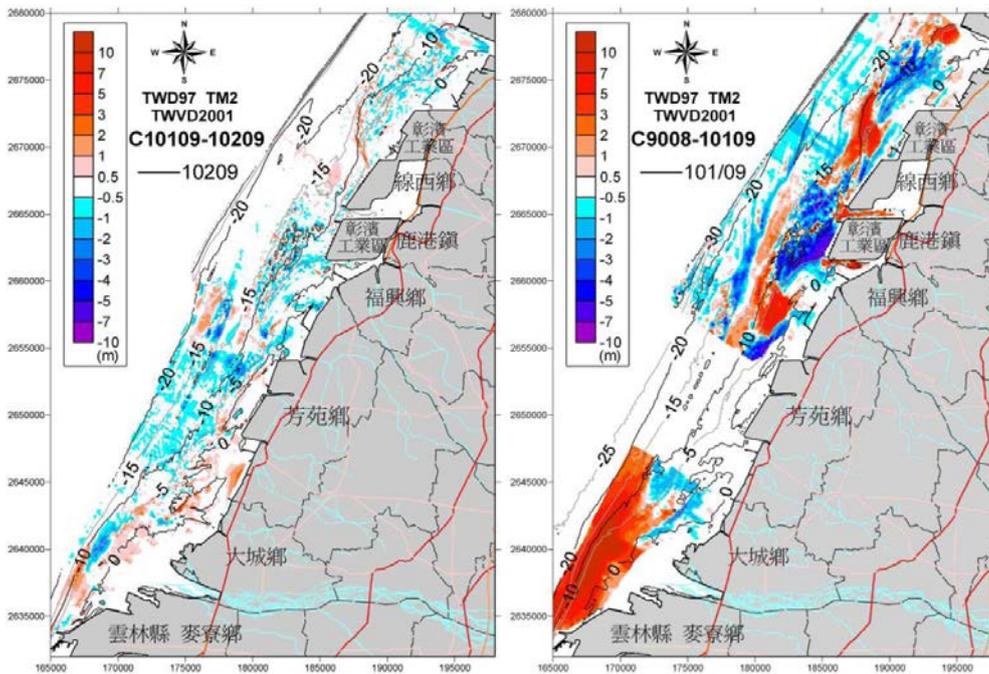
\*資料來源：「彰化海岸防護基本資料調查(2/2)」，經濟部水利署第四河川局，2014。

圖 2.44 80 年 8 月至 90 年 8 月(左)、90 年 8 月至 95 年 8 月(右)地形侵淤圖



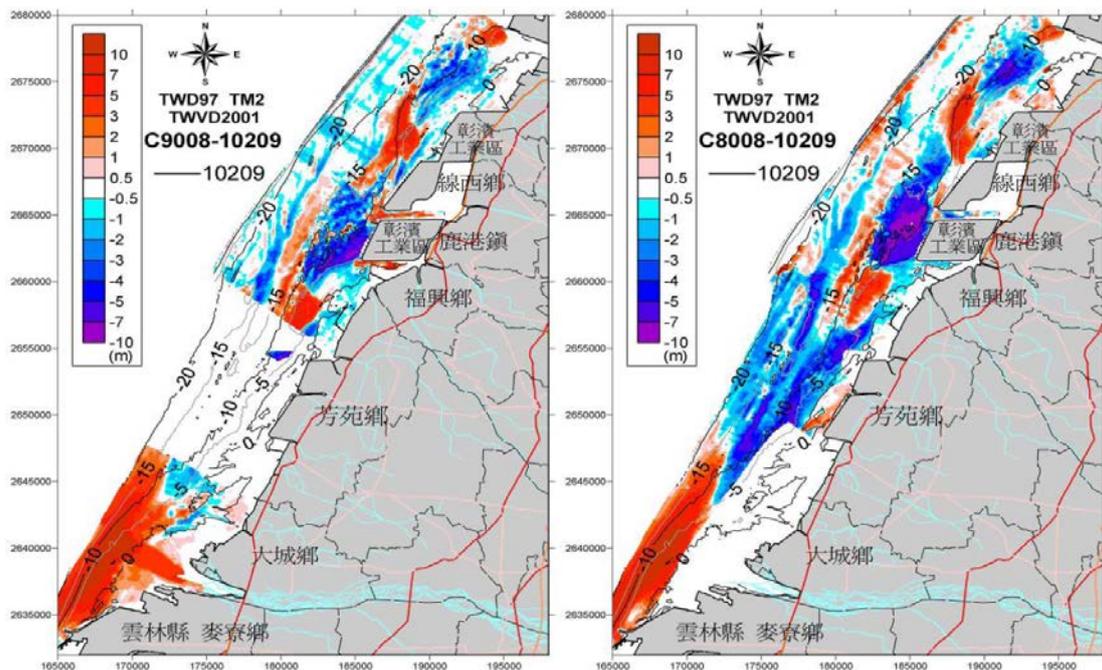
\*資料來源：「彰化海岸防護基本資料調查(2/2)」，經濟部水利署第四河川局，2014。

圖 2.45 95 年 8 月至 98 年 7 月(左)、98 年 7 月至 101 年 9 月(右)地形侵淤圖



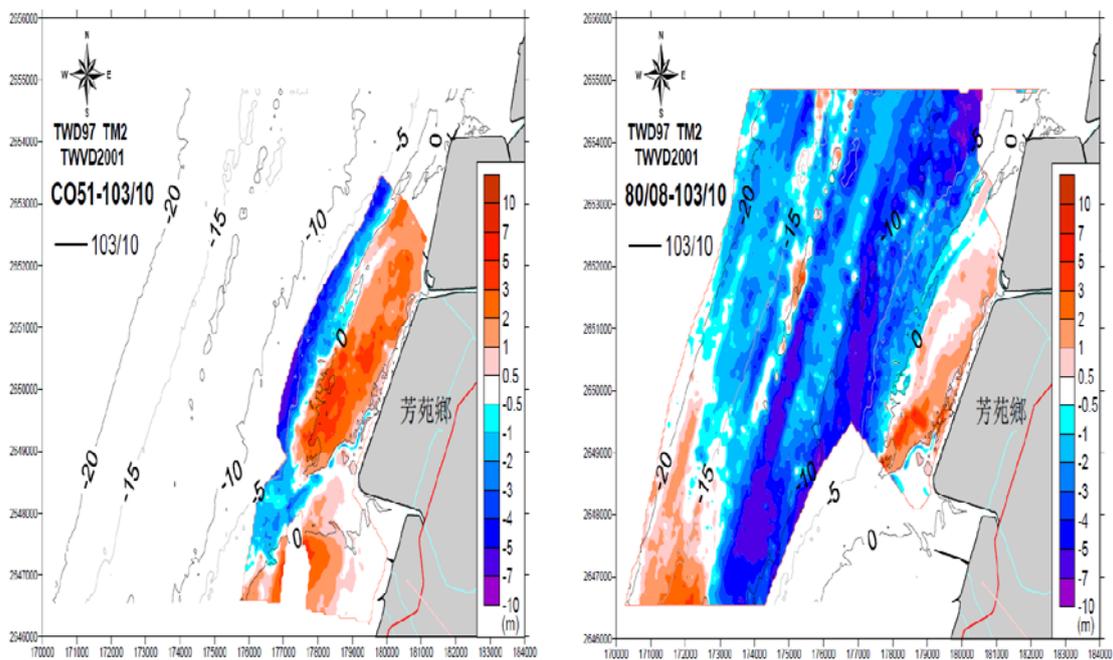
\*資料來源：「彰化海岸防護基本資料調查(2/2)」，經濟部水利署第四河川局，2014。

圖 2.46 101 年 9 月至 102 年 9 月(左)、90 年 8 月至 101 年 9 月(右)地形侵淤圖



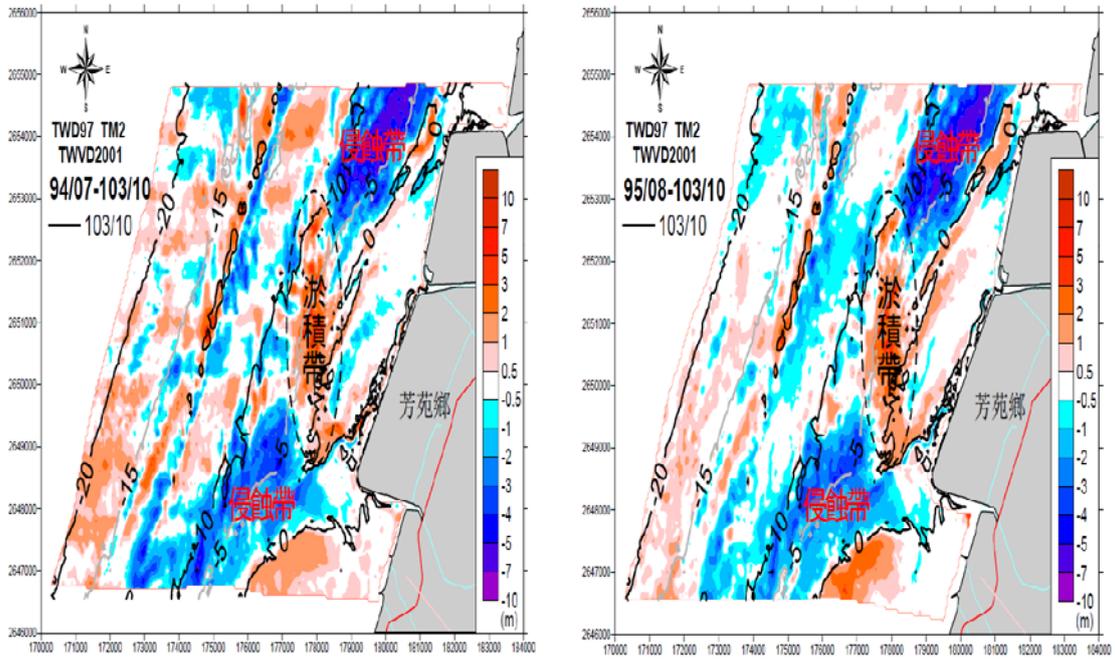
\*資料來源：「彰化海岸防護基本資料調查(2/2)」，經濟部水利署第四河川局，2014。

圖 2.47 90 年 8 月至 102 年 9 月(左)、80 年 8 月至 101 年 9 月(右)地形侵淤圖



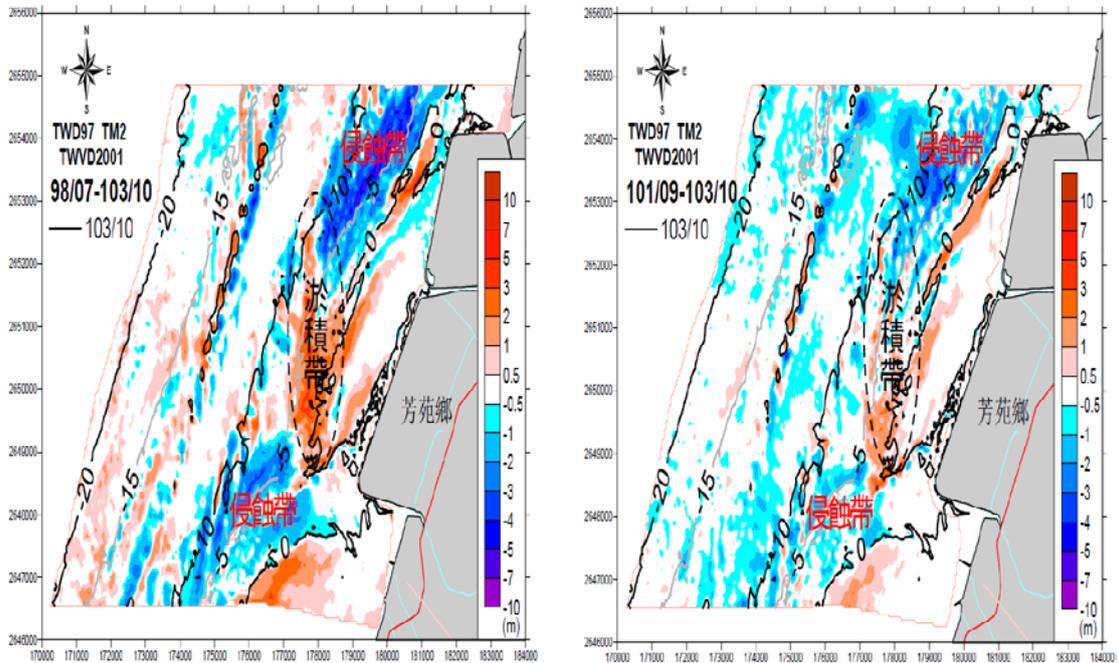
\*資料來源：「彰化海岸防護基本資料調查(2/2)」，經濟部水利署第四河川局，2014。

圖 2.48 51 年至 103 年 10 月(左)、80 年 8 月至 103 年 10 月(右)地形侵淤圖



\*資料來源：「彰化海岸防護基本資料調查(2/2)」，經濟部水利署第四河川局，2014。

圖 2.49 94 年 7 月至 103 年 10 月(左)、95 年 8 月至 103 年 10 月(右)地形侵淤圖



\*資料來源：「彰化海岸防護基本資料調查(2/2)」，經濟部水利署第四河川局，2014。

圖 2.50 98 年 7 月至 103 年 10 月(左)、101 年 9 月至 103 年 10 月(右)地形侵淤圖



## 第三章 西北太平洋風浪及水動力模式

為探討臺中、彰化海域海象變化情形，本計畫先初步建立一大範圍風浪及水動力數值模式，數值模擬結果以臺灣中部海域相關觀測站之觀測資料率定、驗證模式，直至證明此大域模式可以反應臺中、彰化海域之物理變化，分別稱為西北太平洋風浪及水動力模式。

### 3.1 西北太平洋模型範圍及輸入資料

#### 3.1.1 西北太平洋模型地形水深資料

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 ETOPO1 及 ETOPO5、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。

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	

### 3.1.2 西北太平洋模型範圍及網格大小

西北太平洋模型係以表3-1地形水深資料建置之西太平洋區域非結構性網格模型，範圍由東經105°起至150°止、北緯5°起至40°止，共有6,111個節點及10,533個三角形元素，模型邊界網格大小約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，以此模型設計，進行西太平洋區域風浪及水動力模式模擬工作。

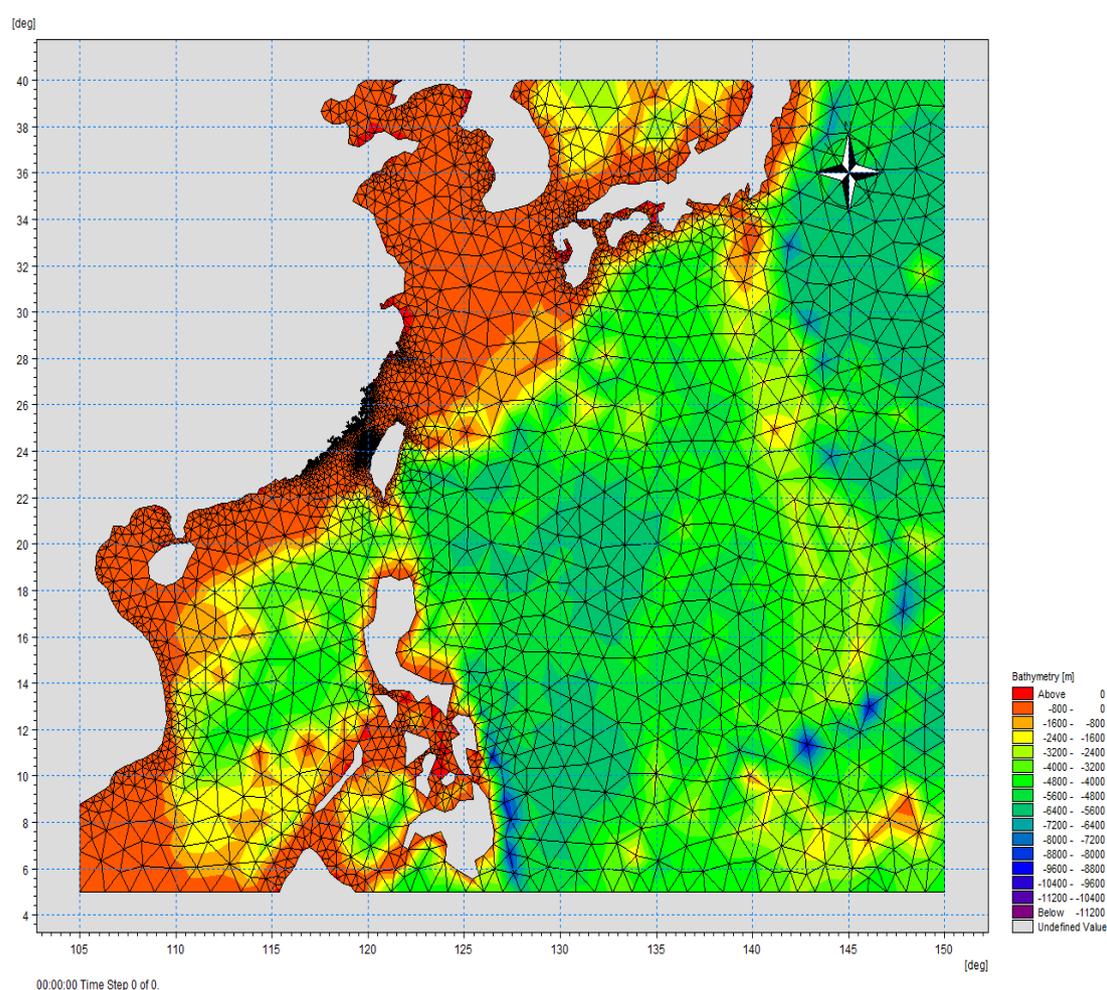


圖 3.1 西太平洋風浪及水動力模式範圍、網格及數值水深示意圖

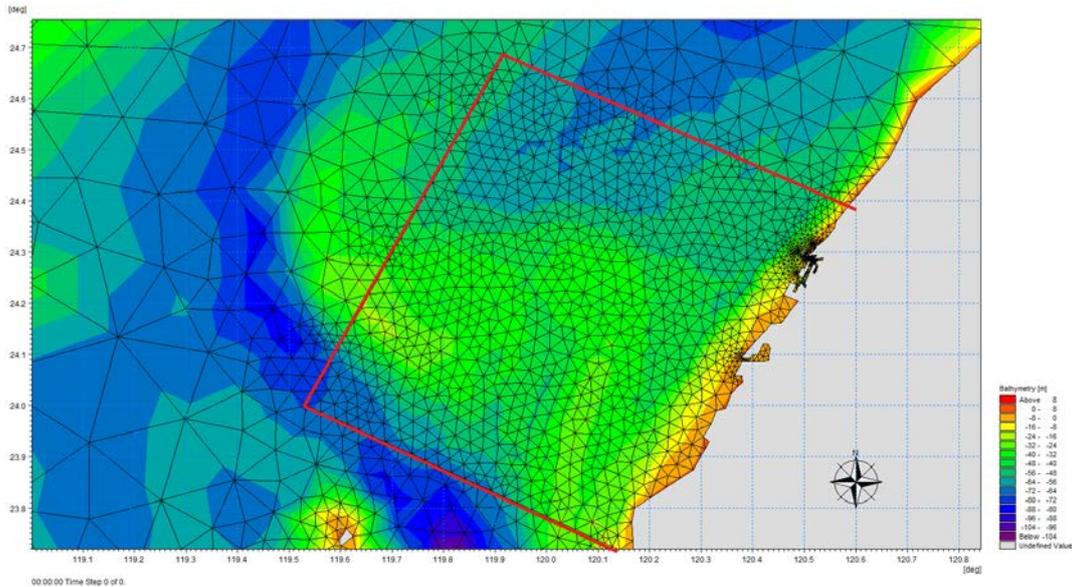


圖 3.2 局部區域範圍、網格及數值水深示意圖

### 3.1.3 西北太平洋模式風、氣壓場資料

本計畫數值模式風、氣壓場資料使用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，風、氣壓場資料處理情形說明如下：

本所港研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，WA01、WA02、WA03風場資料經由 TaiCOMS 處理後再輸出範圍如圖3.4所示。

本計畫西北太平洋模式使用之風、氣壓場資料，即利用經上述 TAICOMS 處理再輸出之中央氣象局 WA01預報資料，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2維風、氣壓場資料，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45度x45度，資料內容分別代表海面10公尺高度之 u、v 方向風速資料及海面氣壓場資料(p)，據以建置 Mike 21風、氣壓場檔案格式(.dfs2)，作為西北太平洋模型於風浪及水動力模組之模式驅動力，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

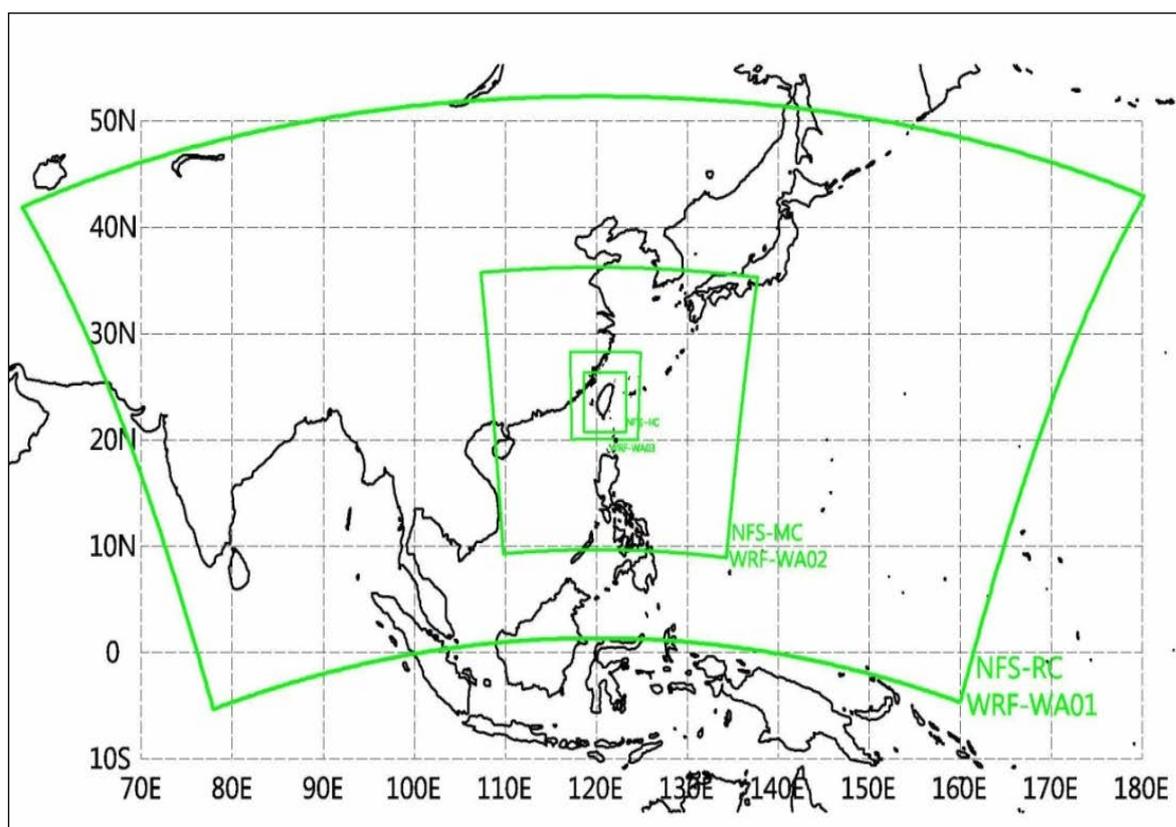


圖 3.3 中央氣象局 WRF 成員 M00 各層水平巢狀網格數值模擬範圍圖

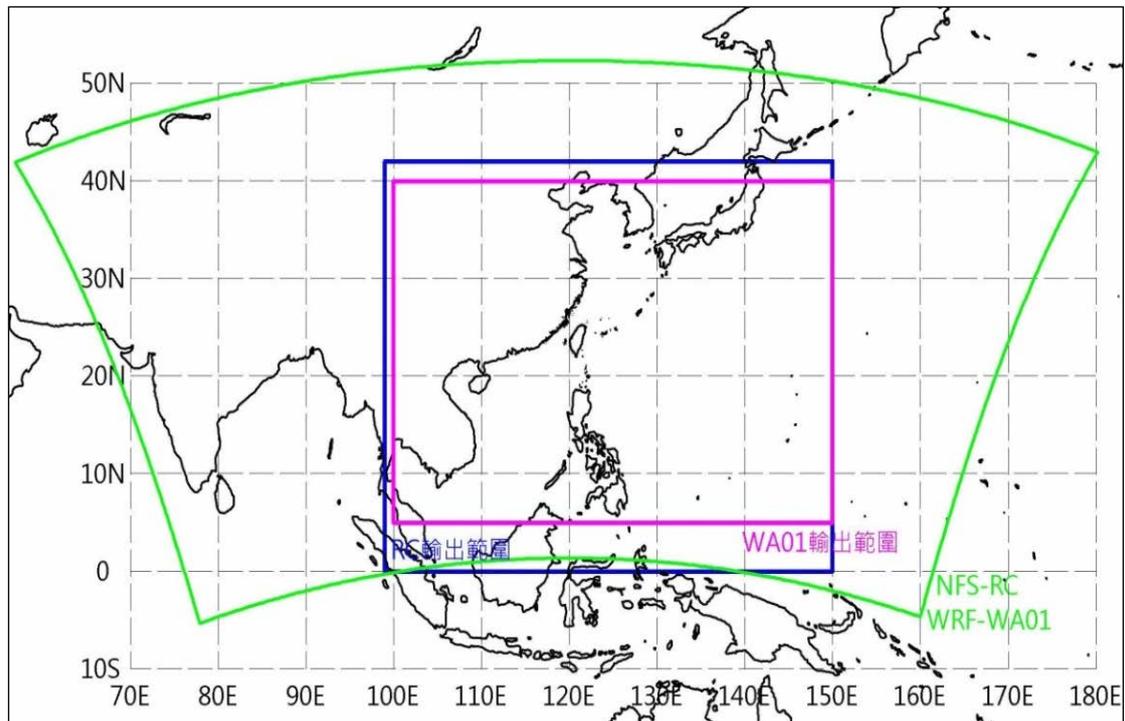


圖 3.4 TaiCOMS 輸出中央氣象局 WRF(WA01)風場範圍示意圖

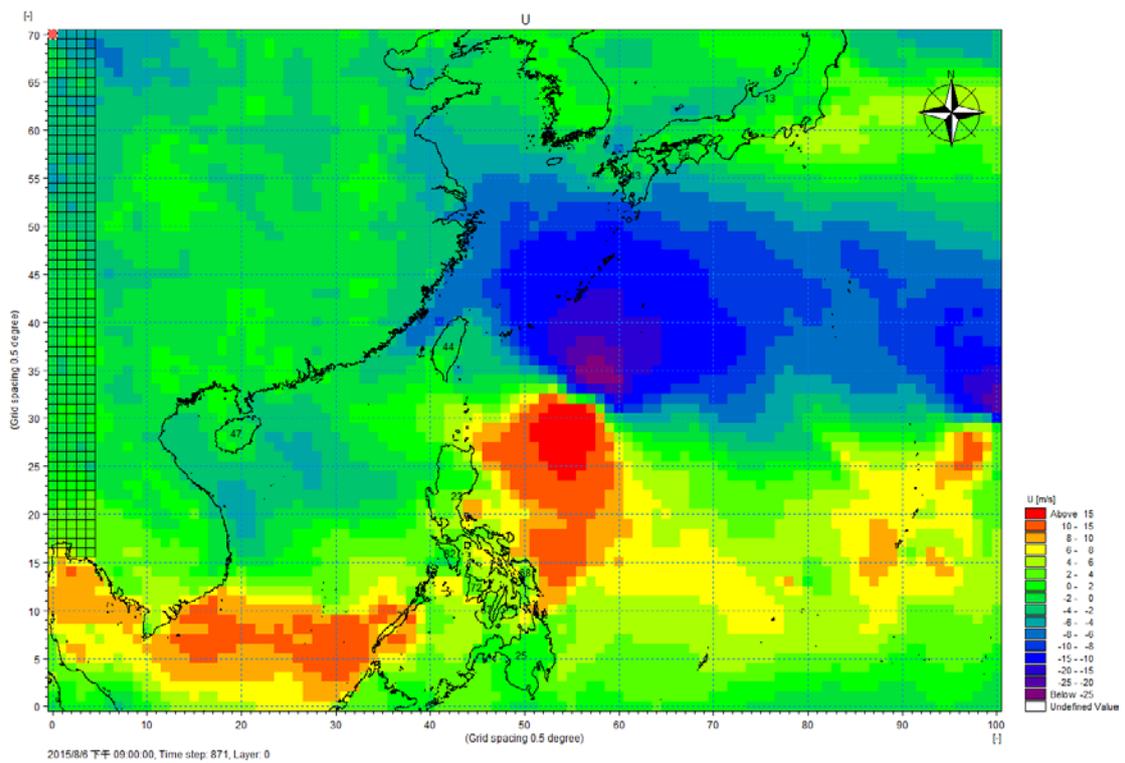


圖 3.5 使用 WA01 風場資料製作之 Mike 21 2 維平面風場 u 方向風速網格範圍示意圖

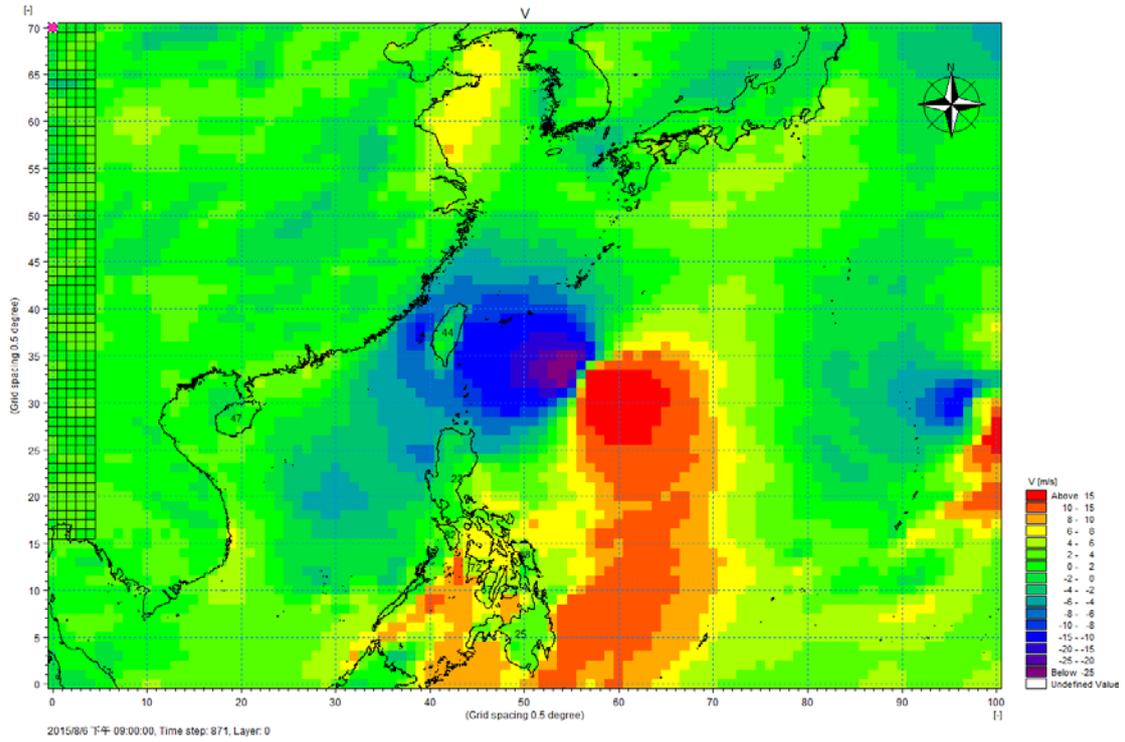


圖 3.6 使用 WA01 風場資料製作之 Mike 21 2 維平面風場 v 方向風速網格範圍示意圖

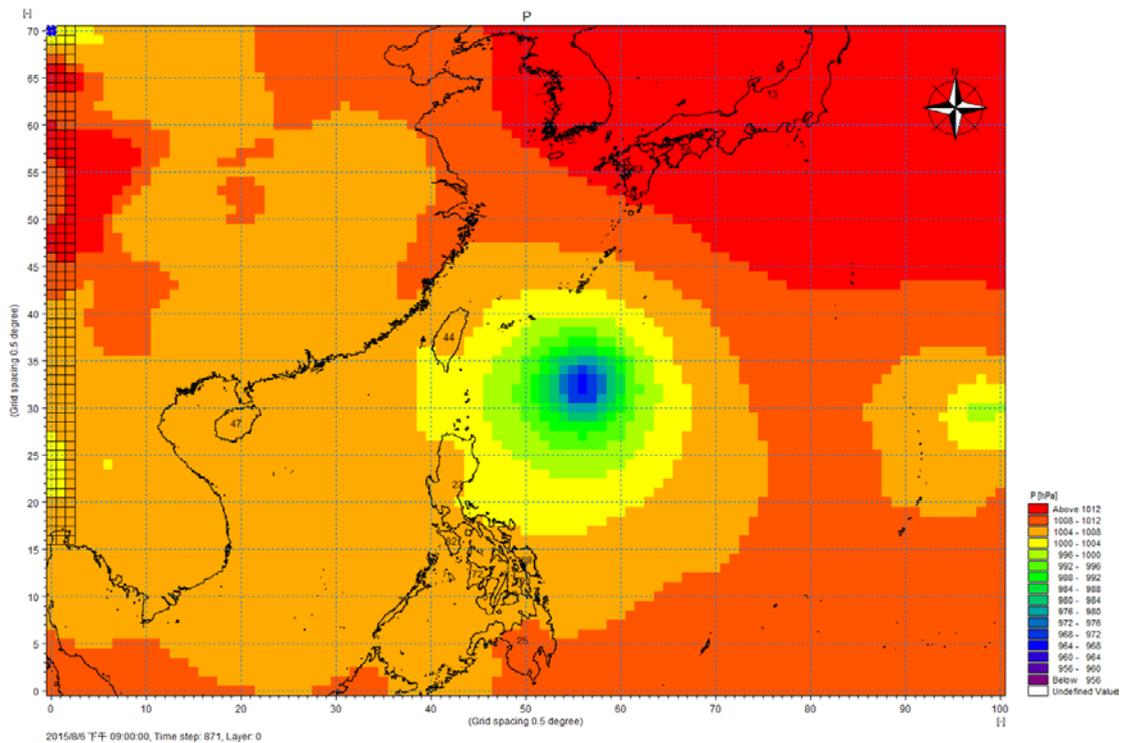


圖 3.7 使用 WA01 風場資料製作之 Mike 21 2 維平面氣壓場網格範圍示意圖

## 3.2 西北太平洋風浪數值模式

承本章3.1節所述，使用西北太平洋模型導入 Mike 21 第三代波浪模式(Spectral Wave,SW);風及氣壓場部分則選用 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(參考前3.1.3節，圖3.5~圖3.7)作為模式驅動力。

### 3.2.1 西北太平洋風浪模式參數設定

西北太平洋之波浪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
頻率譜	頻率譜的離散:採用對數分布 $f_1 = f_0 C^n, n=1,2,3, \dots$ 其中 $f_0$ 為最小頻率，預設 0.055Hz
角度領域	$0^\circ \sim 360^\circ$ 、 $\Delta\theta=22.5^\circ$
碎波指標	$\gamma=0.8$
底床摩擦	$kN=0.04m$
白帽耗散	$Cds=4.5$ 、 $\delta ds=0.5$

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	0.4 Hz	Shape parameter, sigma b	0.09
Max Philips constant	0.0081	Peak parameter	3.3

### 3.2.2 西北太平洋風浪數值模式現況計算成果

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。西北太平洋風浪數值模式於冬季、夏季及颱風期間現況波浪驗證結果分述如下：

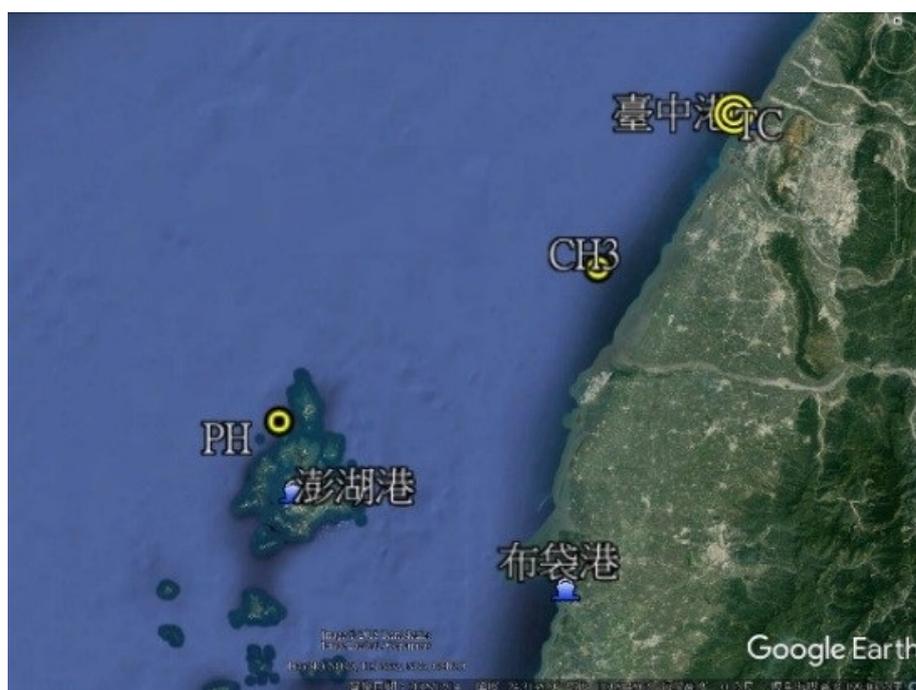


圖 3.8 臺灣中部海域波浪觀測站位置示意圖

#### 1. 冬季季風期間現況波浪模擬計算成果

模擬 2015 年 1 月 28 日~2 月 17 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。

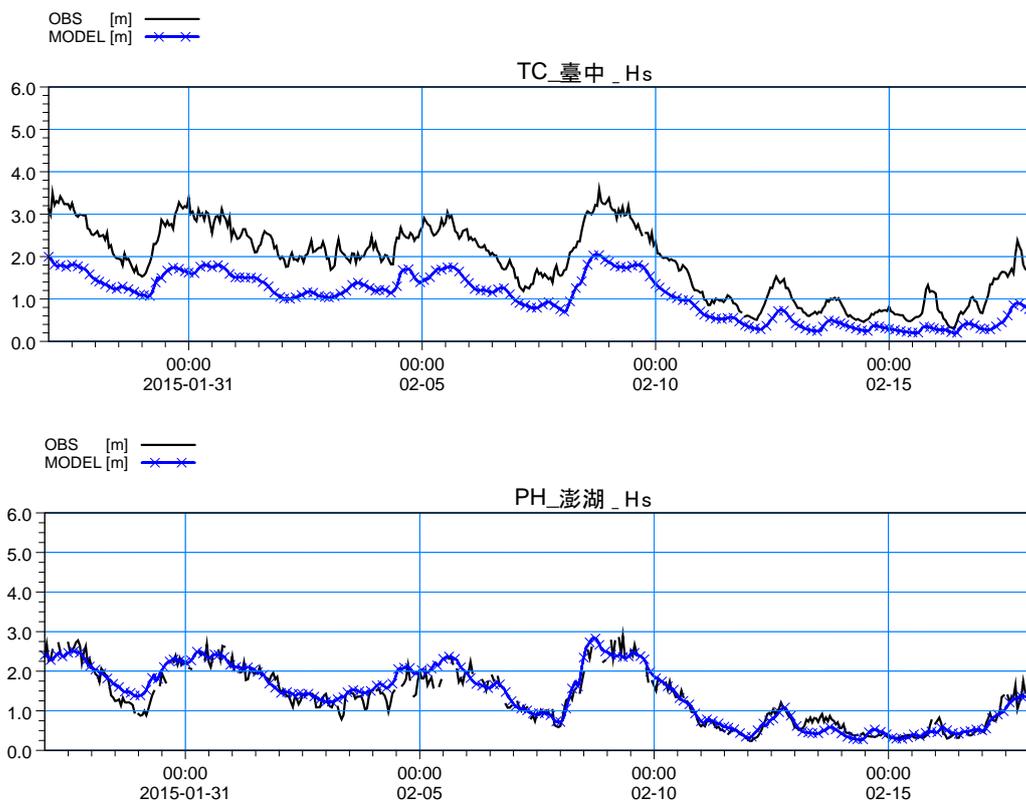


圖 3.9 冬季季風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果

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

## 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。

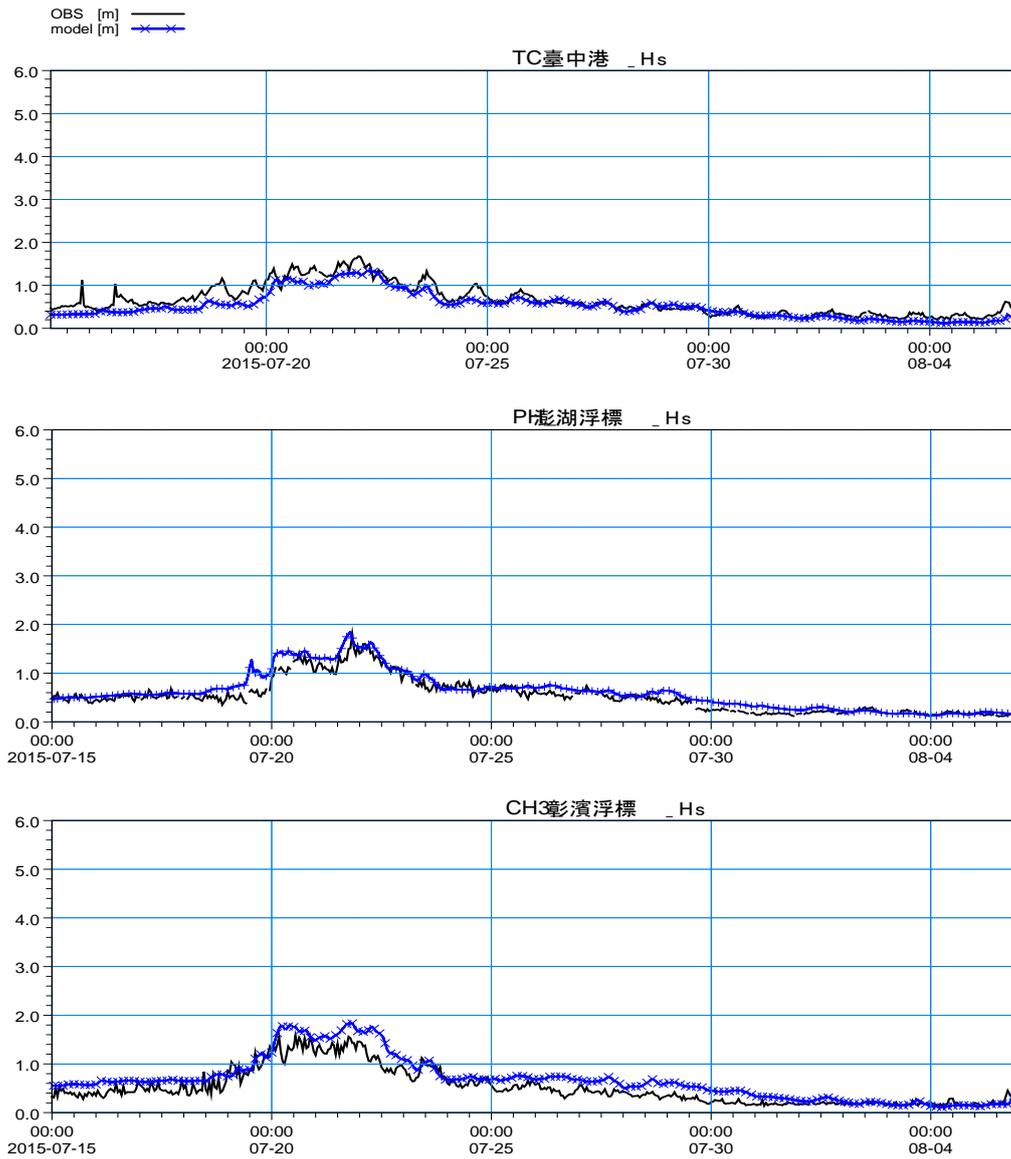


圖 3.10 夏季季風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果

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. 颱風期間現況波浪模擬計算成果

近年，颱風強度達中度以上、颱風路徑經過臺中且觀測資料蒐集完備者，僅有2015年蘇迪勒颱風，爰本節以2015年蘇迪勒颱風，再另選取今年度(2019年)雖無侵台但為強烈颱風利奇馬作為本計畫西北太平洋風浪模式於颱風期間之驗證，以再次驗證西北太平洋風浪模式、增進模式可靠度。

#### (1) 2015 年 蘇迪勒颱風

蘇迪勒 (Soudelor) 颱風是 2015 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。

201513 蘇迪勒(SOUDELOR)

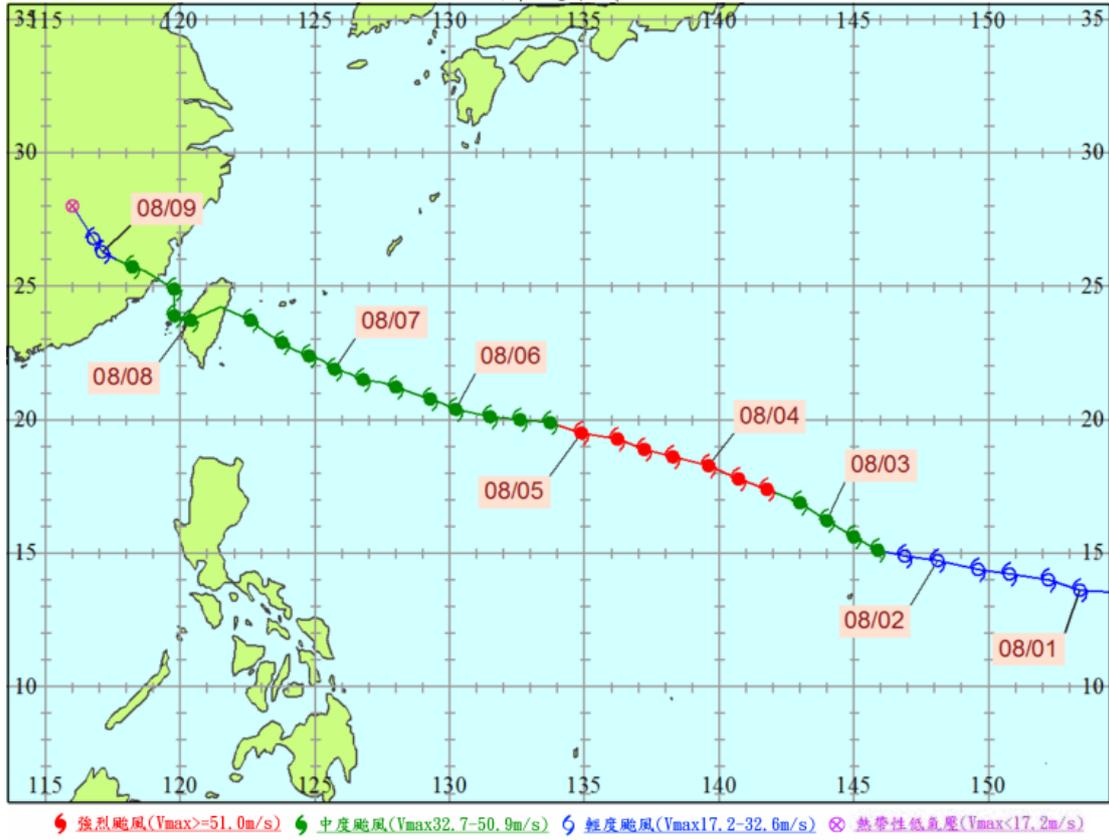


圖 3.11 2015 年蘇迪勒颱風路徑示意圖

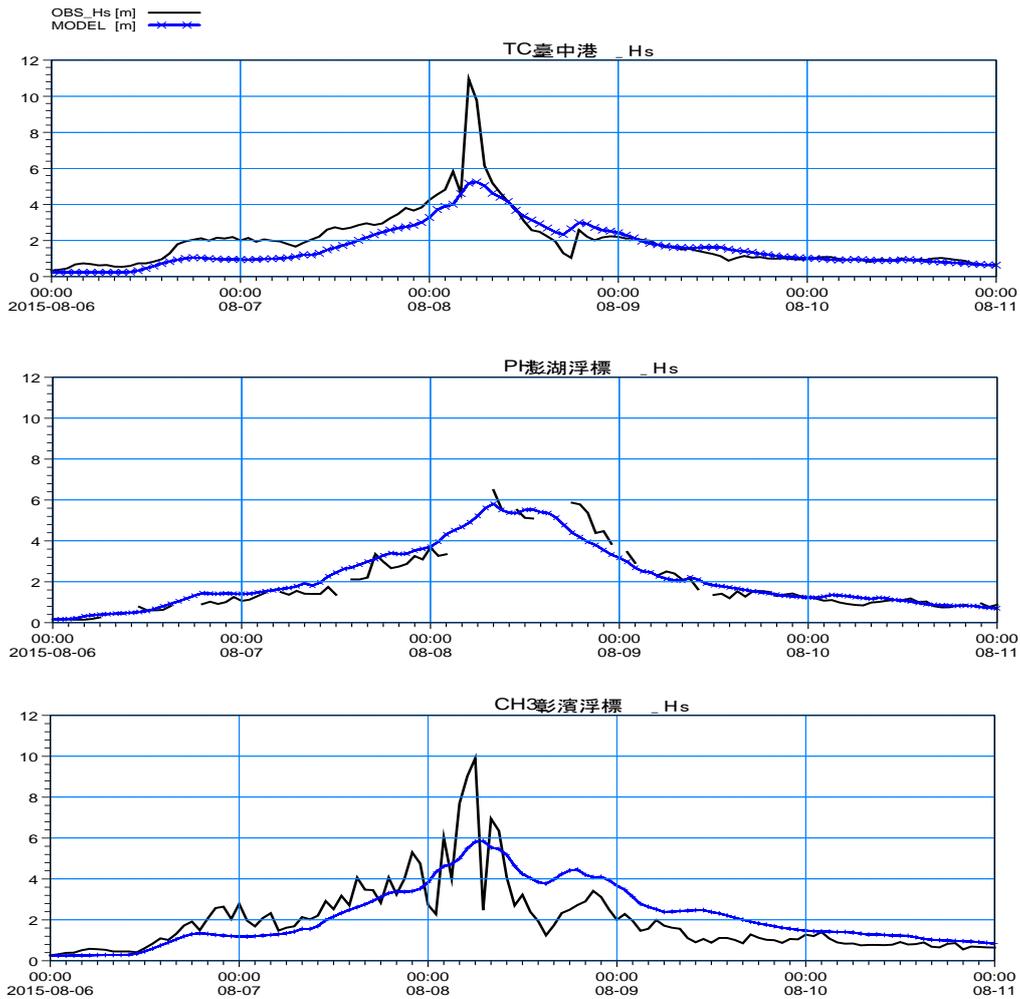


圖 3.12 蘇迪勒颱風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果

表 3-7 2015 年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	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 SD(m)	均方根誤差 RMSE(m)
2015	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。

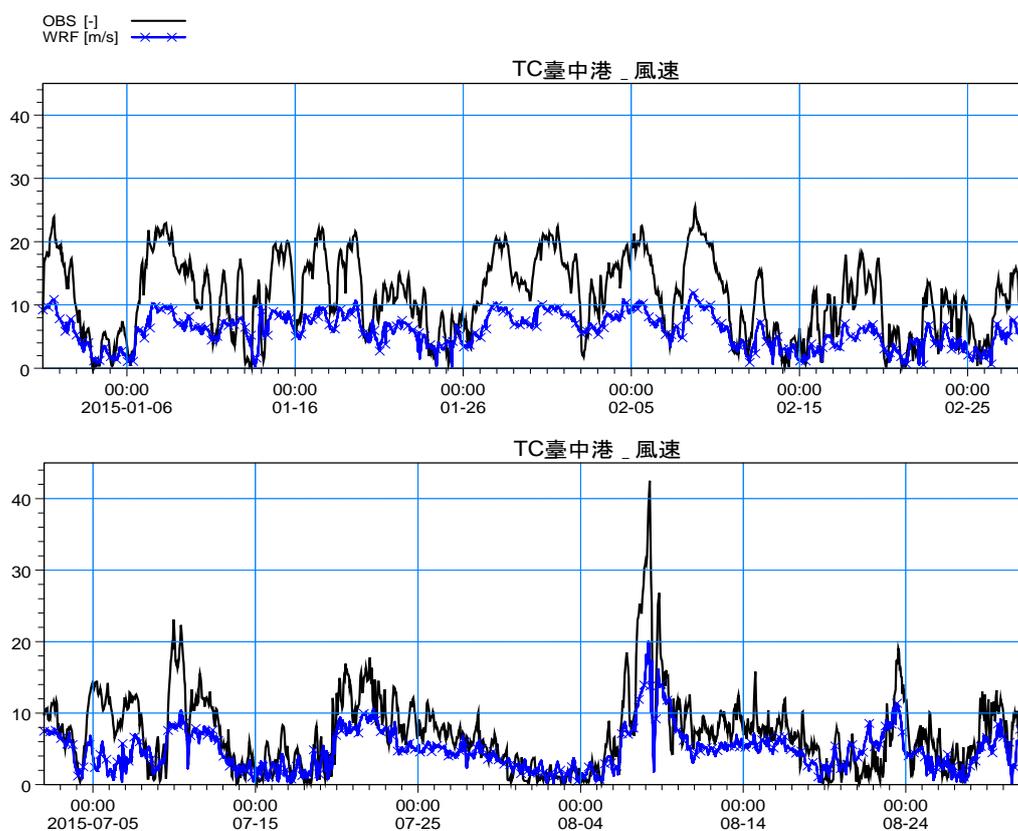


圖 3.13 2015 年冬季及夏季臺中港實測風速與中央氣象局 WRF 預報風場風速歷線圖

## (2)2019 年 利奇馬颱風

利奇馬(LEKIMA)颱風是2019年在西北太平洋海域的第9號颱風，也是中央氣象局於本年度發布警報的第3個颱風(強烈)，其於7月30日菲律賓海形成(北緯 17.4度，東經 131.9度)後向西北移動，朝臺灣東北部海面前進，暴風圈掠過臺灣北部及東北部陸地後持續向北移動登陸中國浙江。最大平均風速53m/s，中央氣象局於臺灣時間8月7日17時30分發布海上颱風警報、8月8日8時30分發布陸上颱風警報，至8月9日20時30分解除陸上颱風警報、8月10日8時30分解除海上陸上颱風警報，雖無登陸，也造成1人死、15傷災情，颱風路徑如圖3.14所示。

模擬利奇馬颱風期間2019年8月7日0時~8月10日9時波浪運動情形，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)比對結果如圖3.15所示，彰濱浮標(CH3)無觀測資料。

由圖3.15可知，利奇馬颱風期間臺中港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值雖較實測波高值略高，但示性波高模擬變化趨勢仍與實測波高變化趨勢相近；彰化浮標無實測值供驗證比對。

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0.0152m、絕對誤差最大值0.8995m、絕對誤差平均值0.3185m、標準偏差0.3492m及均方根誤差(RMSE)0.3741m；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0.00004m、絕對誤差最大值1.0228m、絕對誤差平均值0.4073m、標準偏差0.3012m及均方根誤差(RMSE)0.4772m，誤差表如表3-8所示。

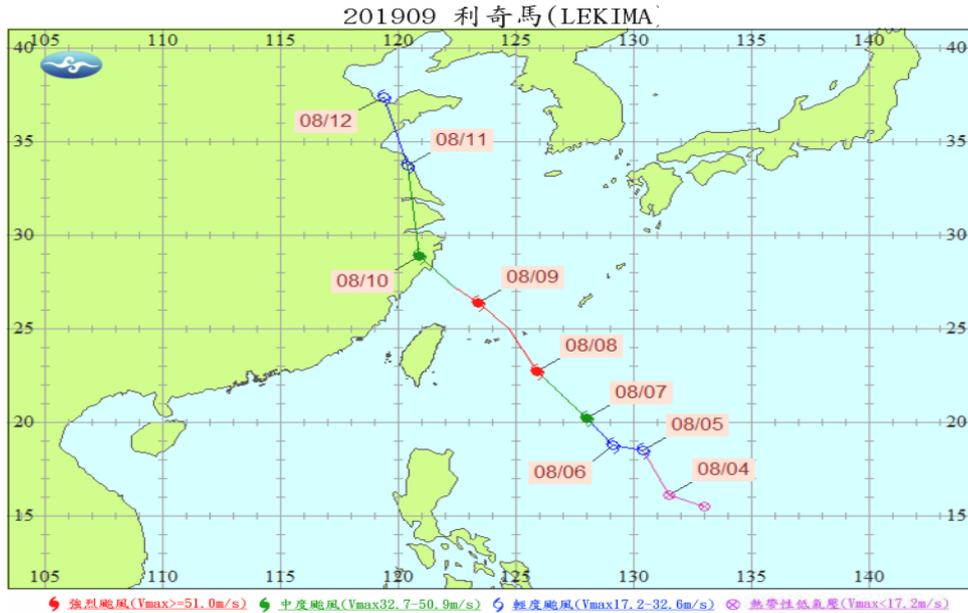


圖 3.14 利奇馬颱風路徑圖

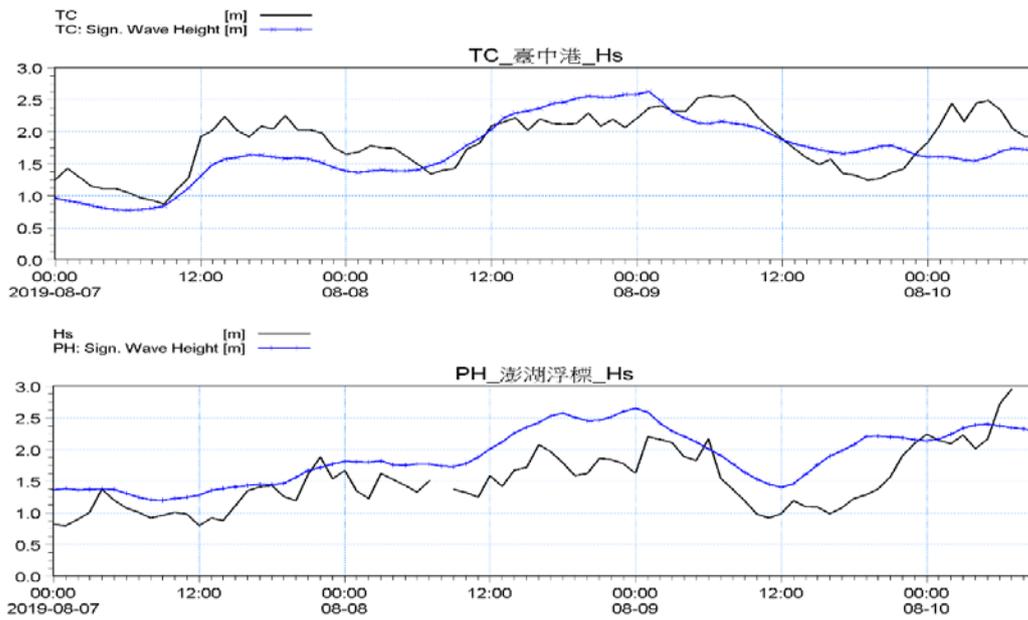


圖 3.15 利奇馬颱風期間臺灣中部海域波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果

表 3-8 2019 年利奇馬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	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 SD(m)	均方根誤差 RMSE(m)
2019	利奇馬 8/7~8/10	TC	0.0152	0.8995	0.3185	0.3492	0.3741
		PH	0.0004	1.0228	0.4073	0.3012	0.4772

### 3.3 西北太平洋水動力數值模式

#### 3.3.1 西北太平洋水動力數值模式參數設定

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與本章3.2節波浪模式相同(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)作為驅動力進行冬季、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 $0.125^\circ$ )，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3.16)，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3-9。

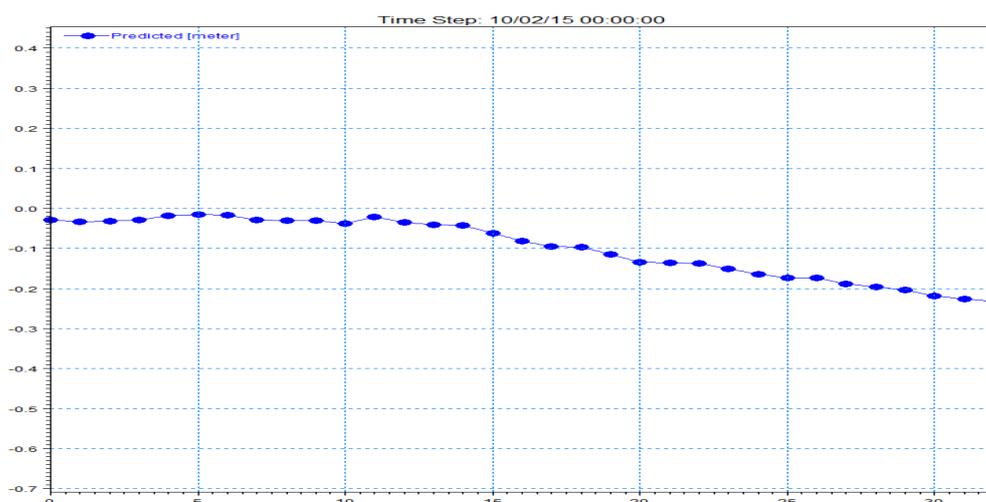


圖 3.16 邊界條件潮位示意圖(東經  $150^\circ$ ，北緯  $5^\circ$  至  $40^\circ$  為例)

表 3-9 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 $f$	當風速 $7\text{m/s}$ , $f=0.001255$ 當風速 $25\text{m/s}$ , $f=0.002425$ (如 4.9 式)
風與邊界軟啟動時間	4 days

### 3.3.2 西北太平洋水動力數值模式現況計算成果

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，如圖3.17所示。西北太平洋水動力數值模式於冬季、夏季及颱風期間現況潮流驗證結果分述如下：

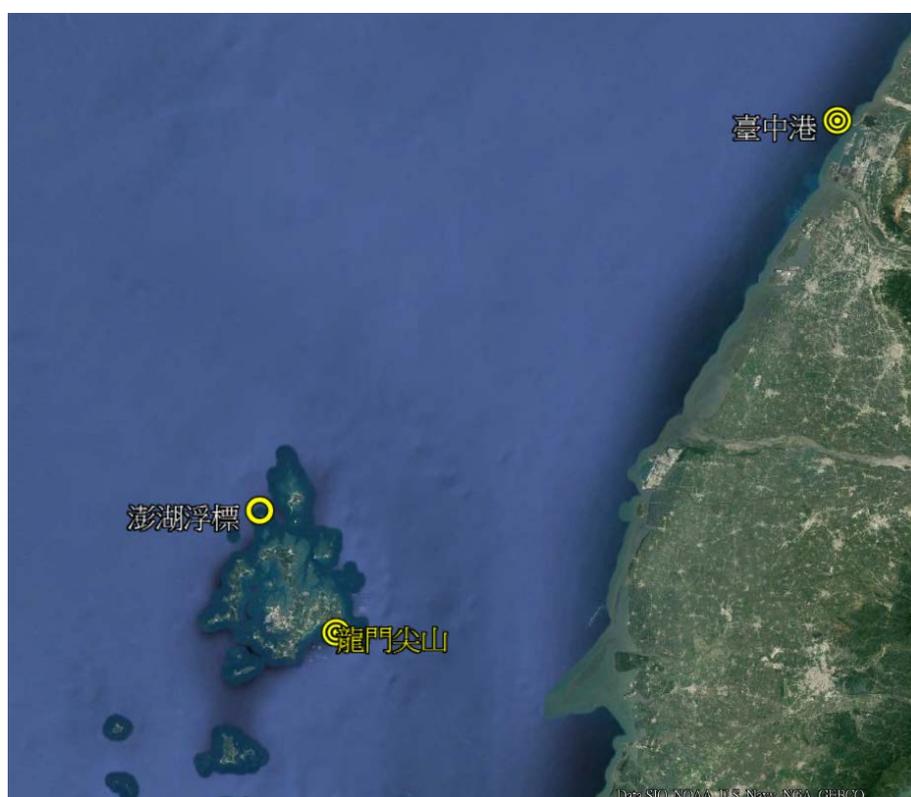


圖 3.17 臺灣中部海域潮位、海流驗證觀測站位置示意圖

#### 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 3.18、3.19 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 3.20 所示，圖 3.21、圖 3.22 分別為模擬時間內之前 9 日與後 10 日比對圖。

由圖 3.20 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。討論兩站之誤差分析結果如表 3-10，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 3.23、圖 3.24 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，如本章 3.2.2 節之圖 3.13 中冬季期間，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。討論兩站之誤差分析結果如表 3-11，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，冬季模擬漲潮及退潮之流場情形如圖 3.25、3.26 所示。

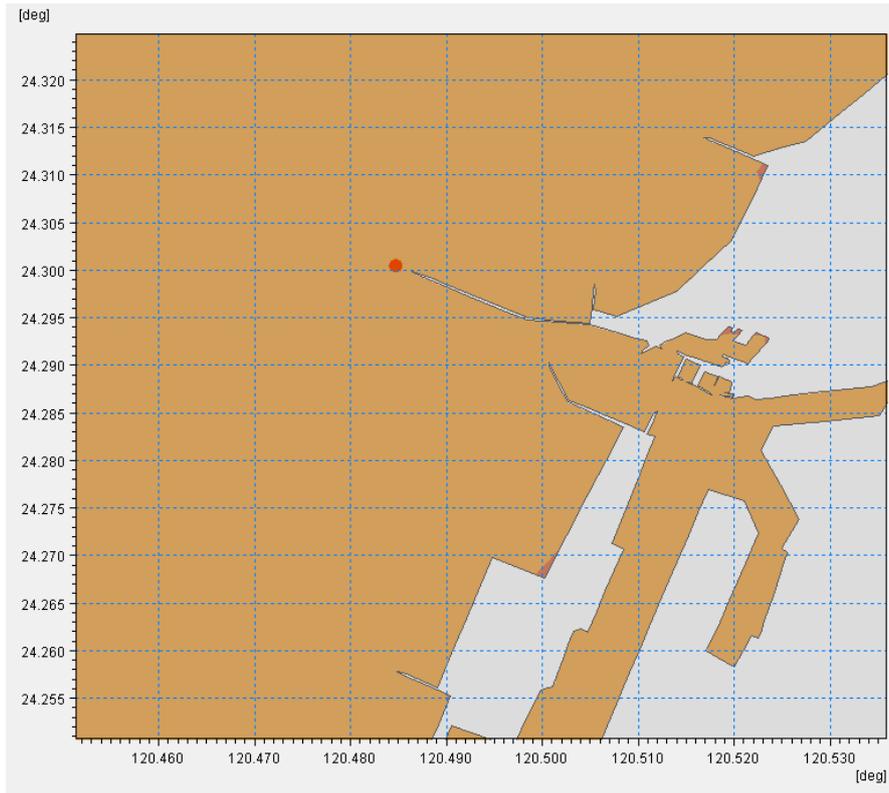


圖 3.18 臺中港觀測站位置示意圖

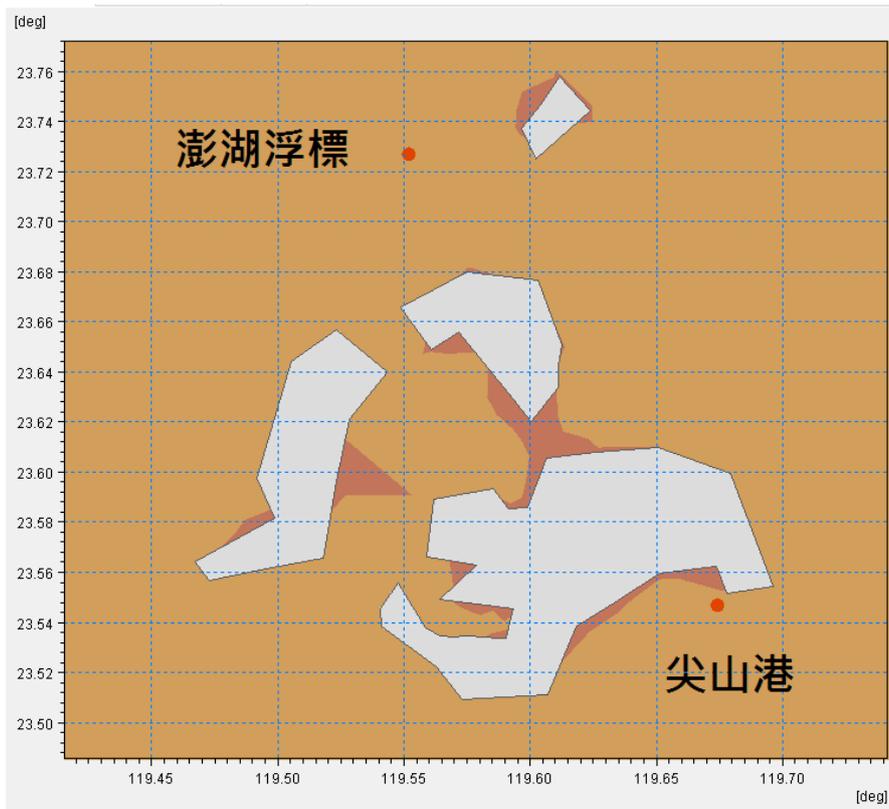


圖 3.19 澎湖尖山港觀測站、澎湖浮標位置示意圖

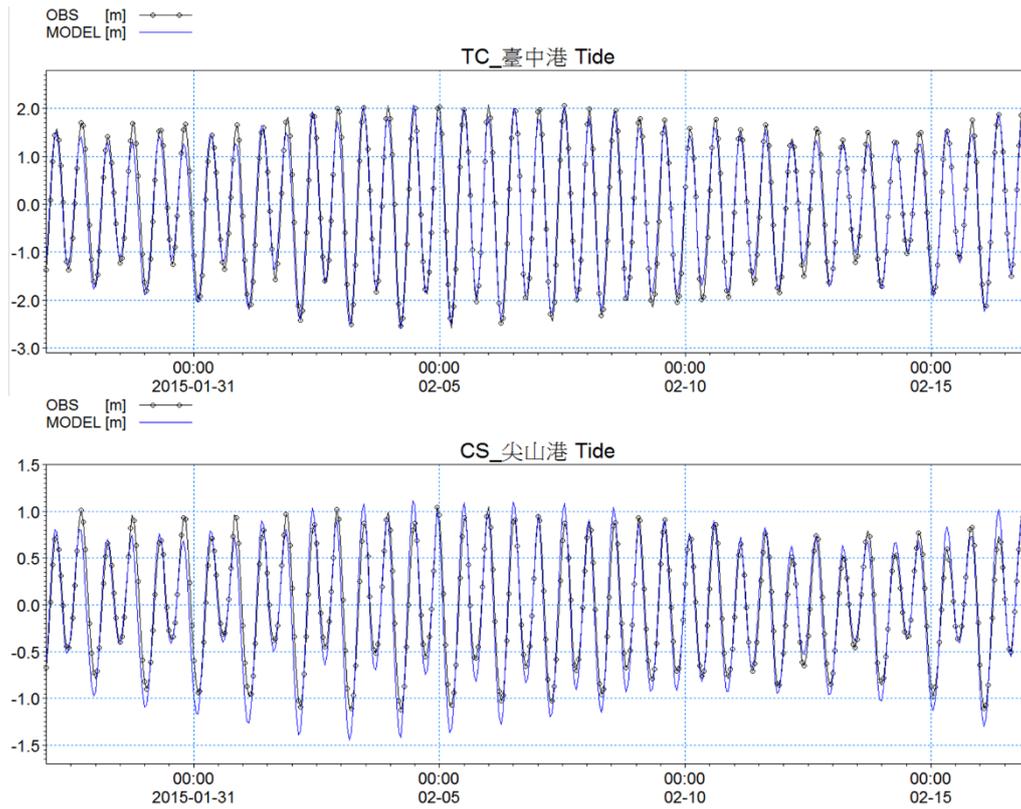


圖 3.20 冬季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果

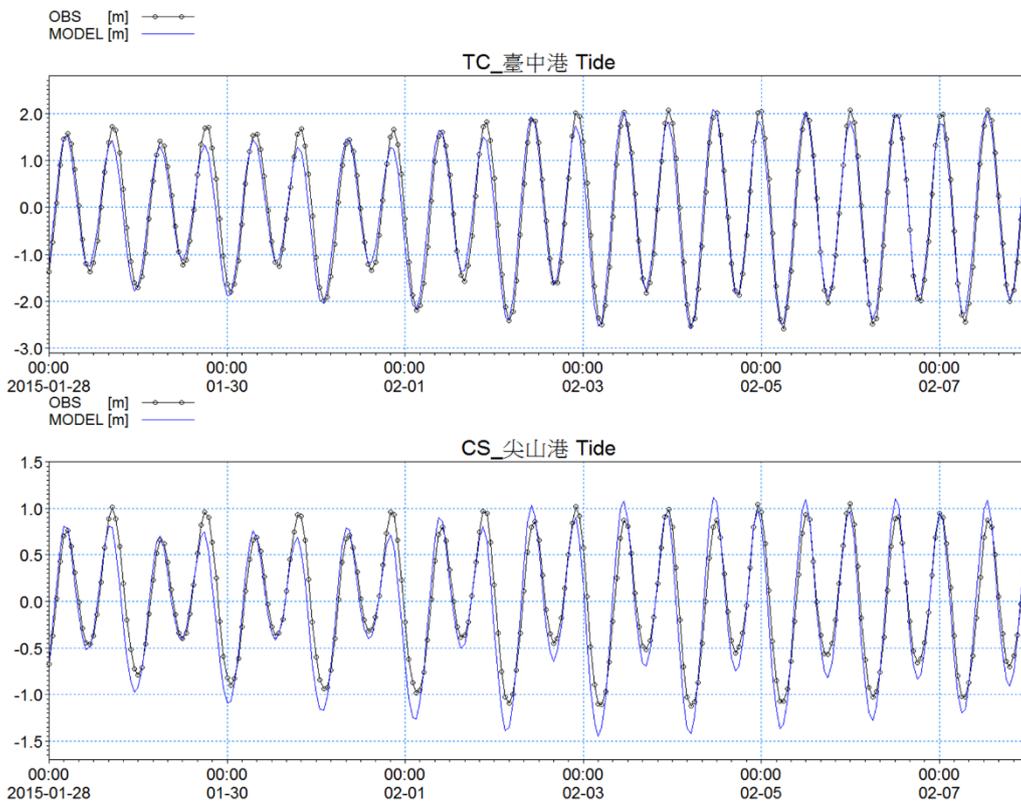


圖 3.21 冬季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果(1)

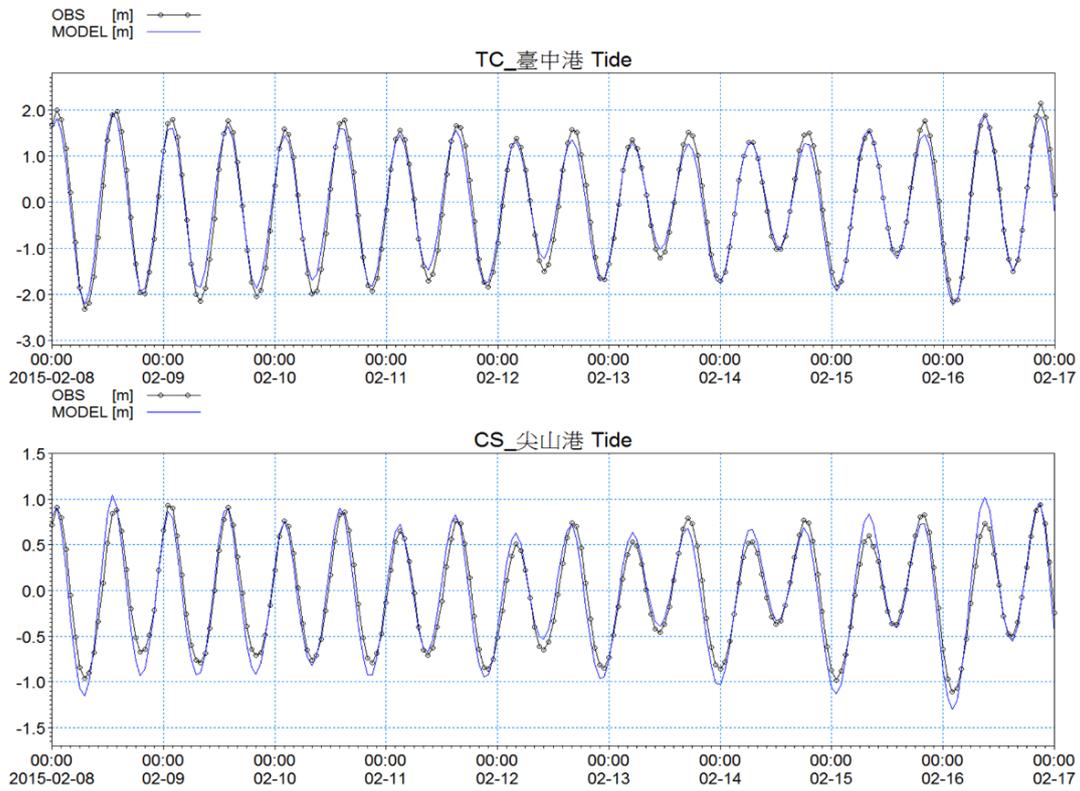


圖 3.22 冬季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果(2)

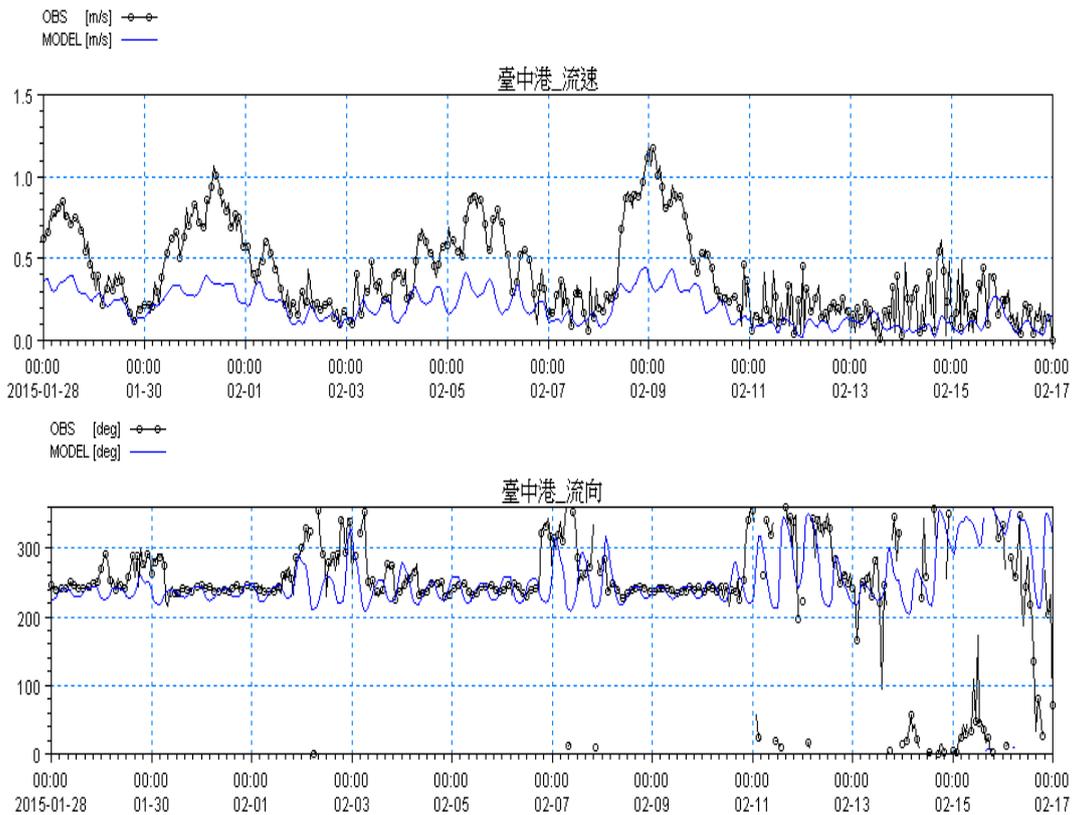


圖 3.23 冬季季風期間臺中港海流觀測站流速、流向模擬比對結果

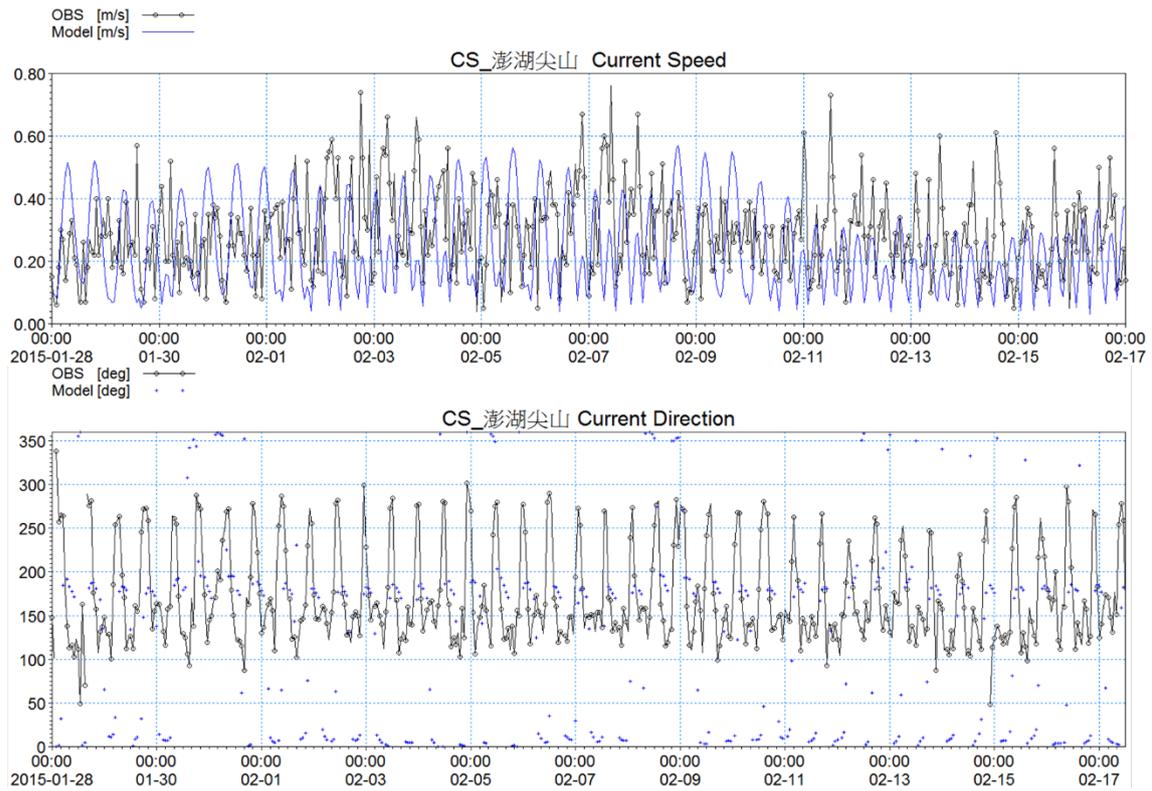


圖 3.24 冬季季風期間尖山港外海海流觀測站流速、流向模擬比對結果

表 3-10 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 3-11 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

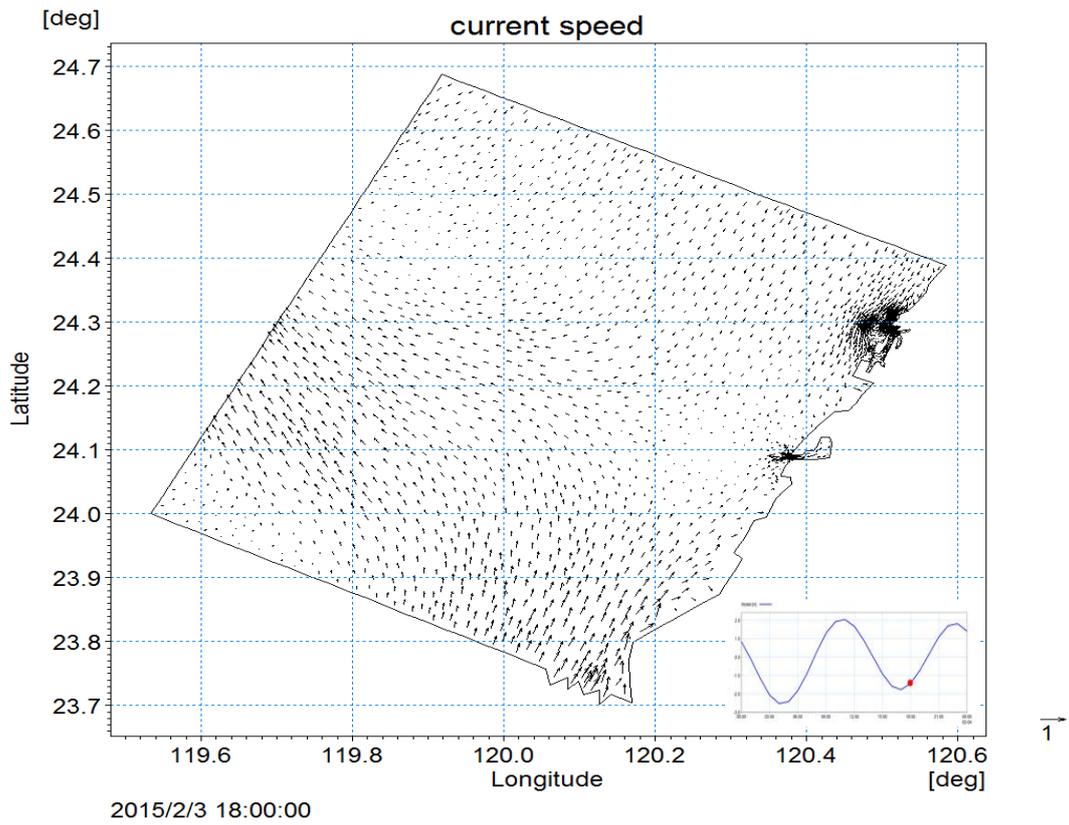


圖 3.25 冬季季風期間模擬流場(漲潮)

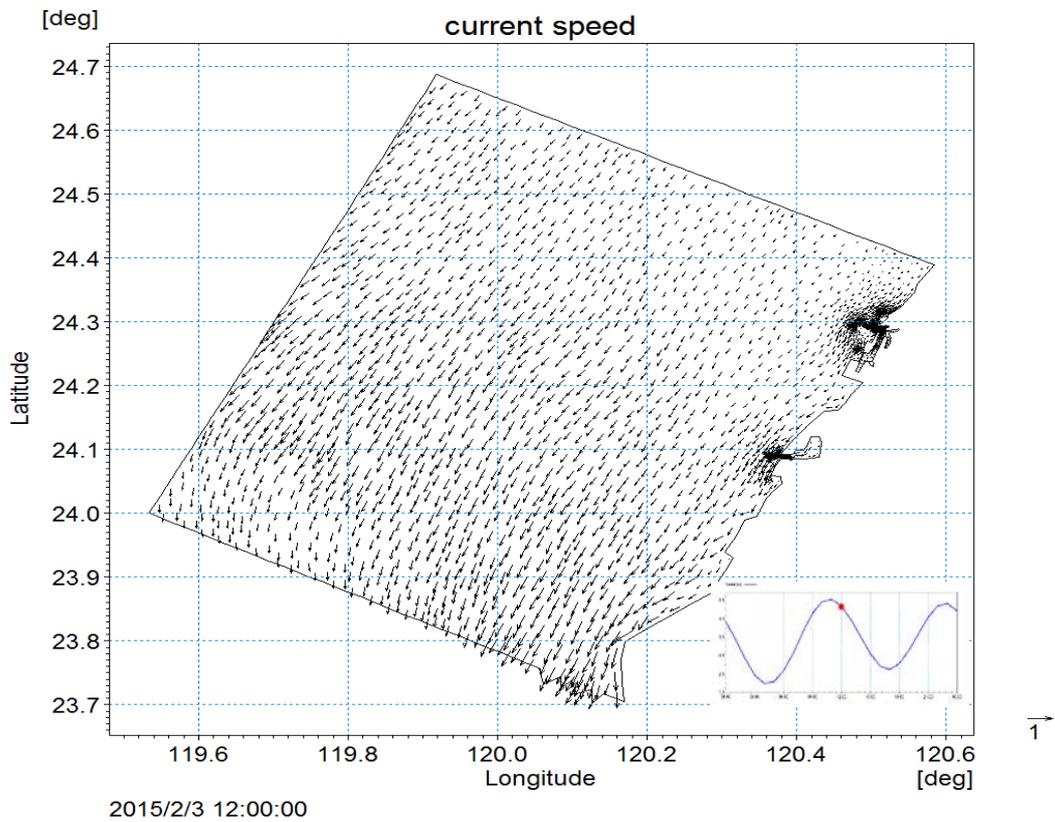


圖 3.26 冬季季風期間模擬流場(退潮)

## 2.夏季季風期間現況模擬計算成果

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 3.27 所示，其中龍門尖山港外海於該年 8 月份無觀測資料。

由圖 3.27 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。討論兩站之潮位誤差分析結果如表 3-12，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 3.28、圖 3.29 所示。討論兩站之流速誤差分析結果如表 3-13，臺中站流速絕對誤差最小值 0.0005m、絕對誤差最大值 0.4532m、絕對平均誤差為 0.0897m、標準偏差為 0.1119 m、均方根誤差為 0.1139m，澎湖尖山站絕對誤差最小值 0.0007m、絕對誤差最大值 0.8030m、絕對平均誤差為 0.3034m、標準偏差為 0.2293m、均方根誤差為 0.3603m。夏季模擬漲潮及退潮之流場情形如圖 3.30、圖 3.31 所示。

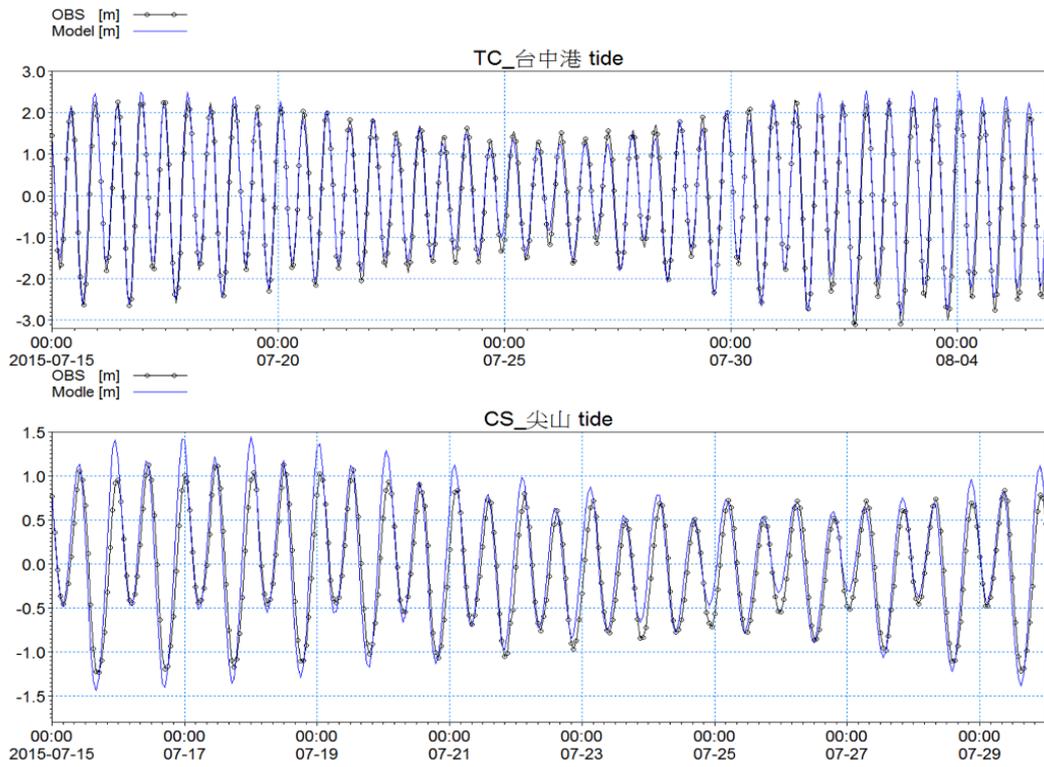


圖 3.27 夏季季風期間臺灣中部潮位觀測站潮位模擬比對結果

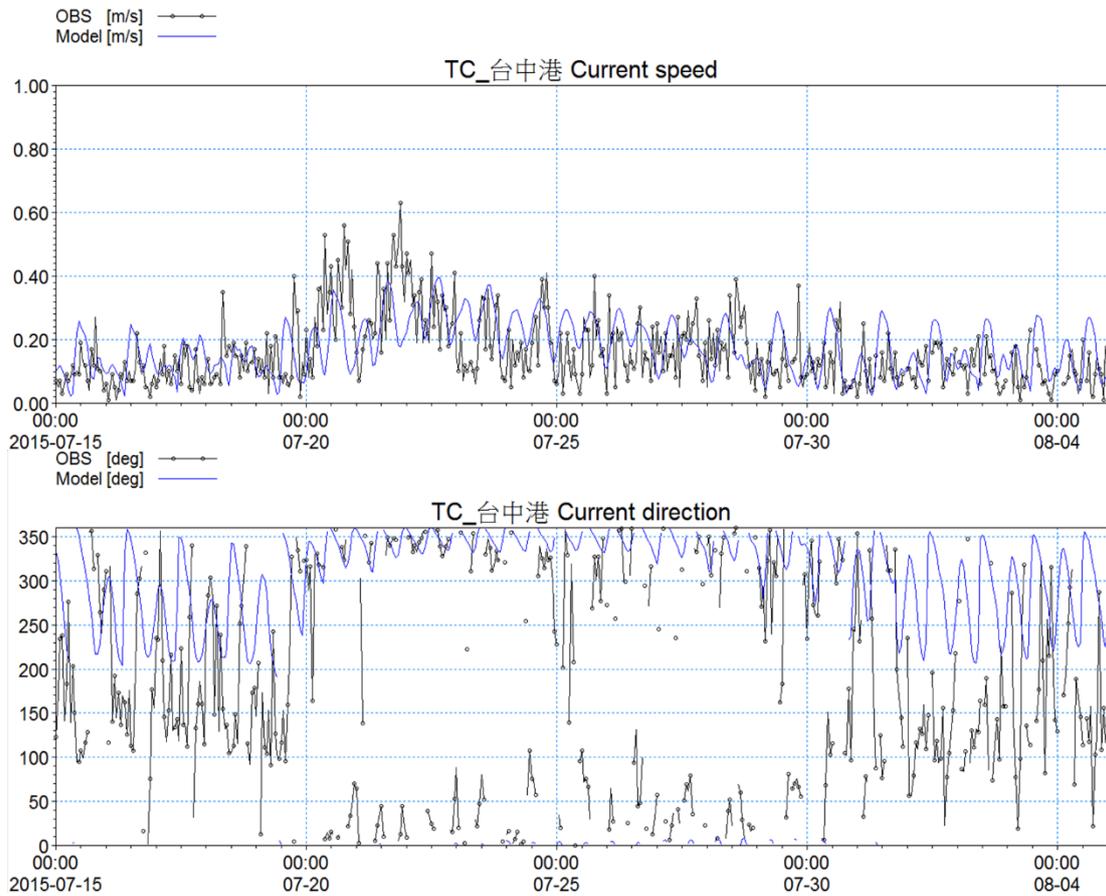


圖 3.28 夏季季風期間臺中港海流觀測站流速、流向模擬比對結果

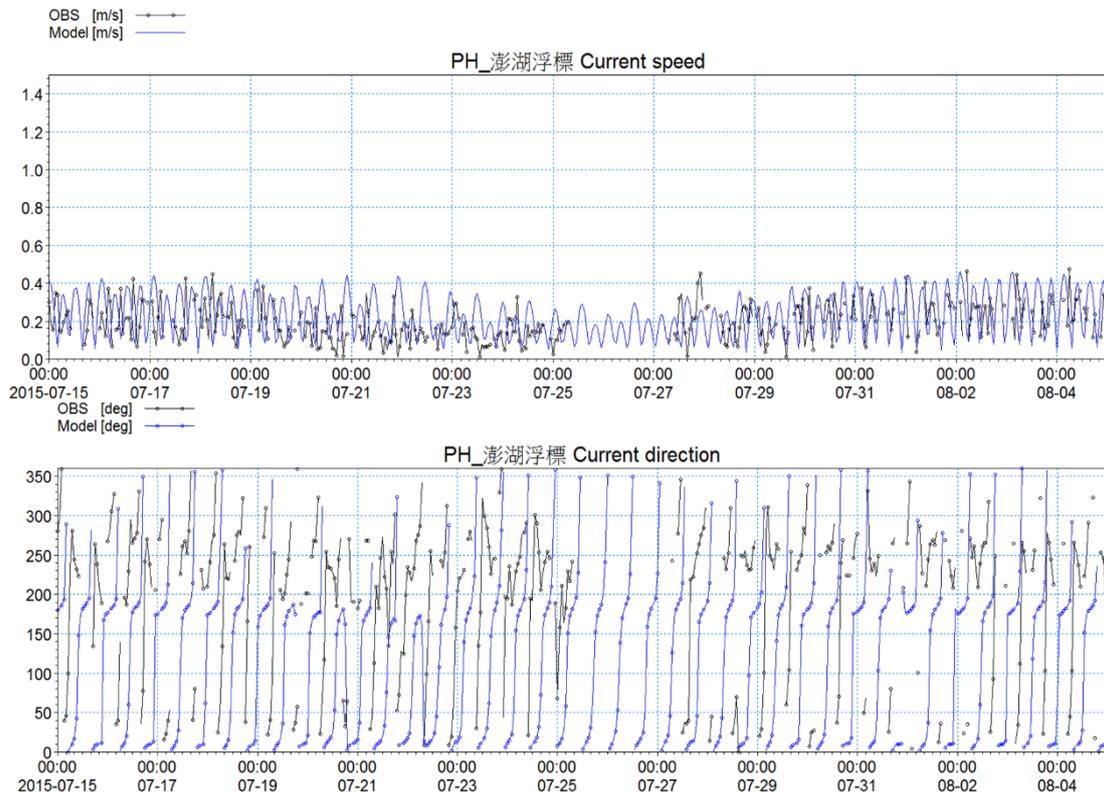


圖 3.29 夏季季風期間澎湖浮標站流速、流向模擬比對結果

表 3-12 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 3-13 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

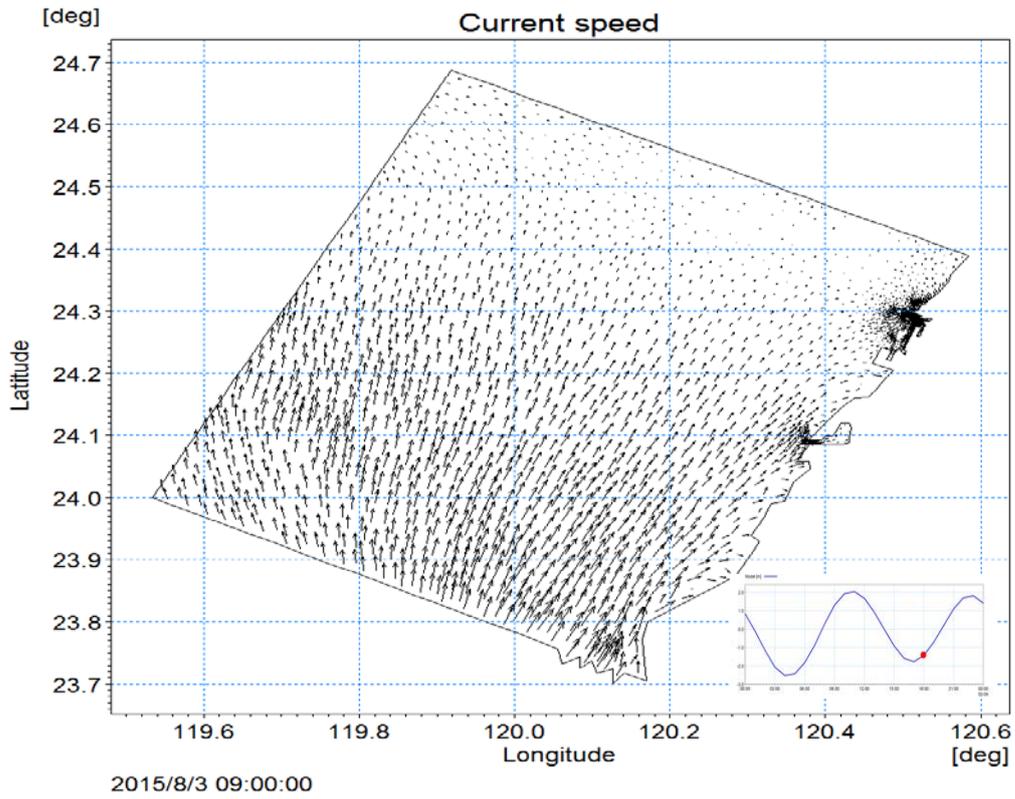


圖 3.30 夏季季風期間模擬流場(漲潮)

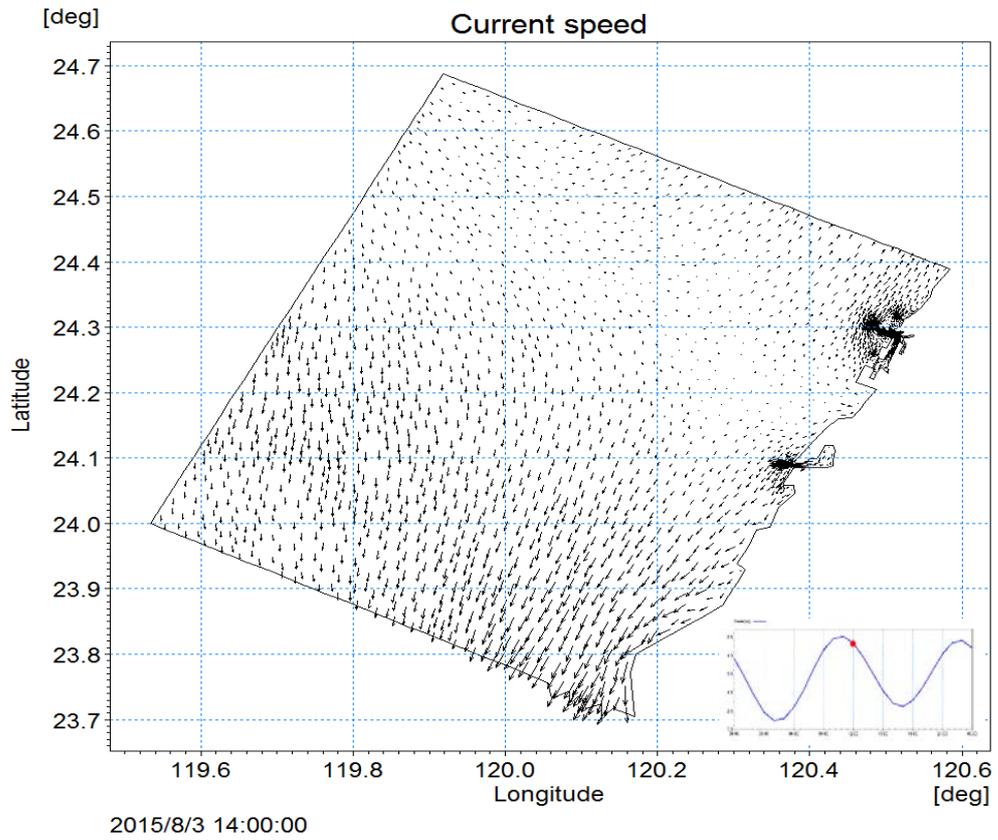


圖 3.31 夏季季風期間模擬流場(退潮)

### 3. 颱風期間現況水動力模擬計算成果

本節除了採用 2015 年蘇迪勒颱風作為颱風時期模擬方案，另增加模擬本年度利奇馬颱風時期，以再次驗證西北太平洋水動力模式、增進模式可靠度。

#### (1) 2015 年蘇迪勒颱風

蘇迪勒颱風期間，臺中港觀測站(TC)之潮位、海流比對結果如圖 3.32，澎湖浮標之海流比對結果如圖 3.33。由圖 3.32 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，如本章 3.2.2 節之圖 3.13 中夏季期間，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。討論臺中港潮位誤差分析結果如表 3-14，臺中站絕對誤差最小值 0.00386m、絕對誤差最大值 1.8697m、絕對誤差平均值為 0.3695m、標準偏差為 0.4537 m、均方根誤差為 0.4824m，整體蘇迪勒颱風期間潮位模擬結果與觀測潮位相關性達 0.8942。

另模擬無考慮風場效應之潮位結果，如圖 3.34，將蘇迪勒颱風期間觀測潮位與模擬潮位(無考慮風場)相減，可知於 8 月 8 日 04:00 至 07:00 間，觀測暴潮偏差達 1.86m，其暴潮偏差趨勢如圖 3.35(藍色線)所示。另將蘇迪勒颱風期間之模擬潮位與無考慮風場之模擬潮位結果相減，因兩種模擬潮位存有相位差，其潮位相減所得之潮差趨勢如圖 3.35(黑色線) 所示，且由圖可知 8 月 8 日 04:00 至 07:00 間，模擬暴潮偏差達 0.8m。蘇迪勒颱風模擬漲潮及退潮之流場情形如圖 3.36、圖 3.37 所示。

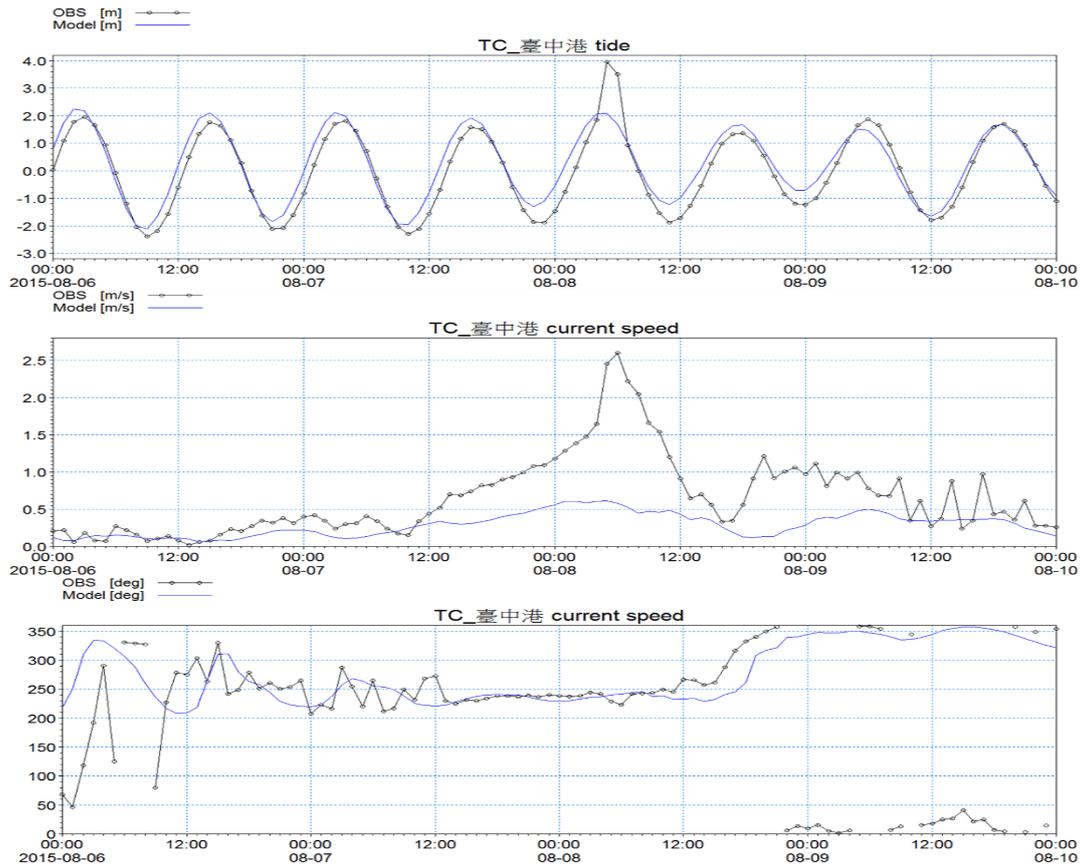


圖 3.32 蘇迪勒颱風期間臺中港觀測站潮位、流速、流向模擬比對

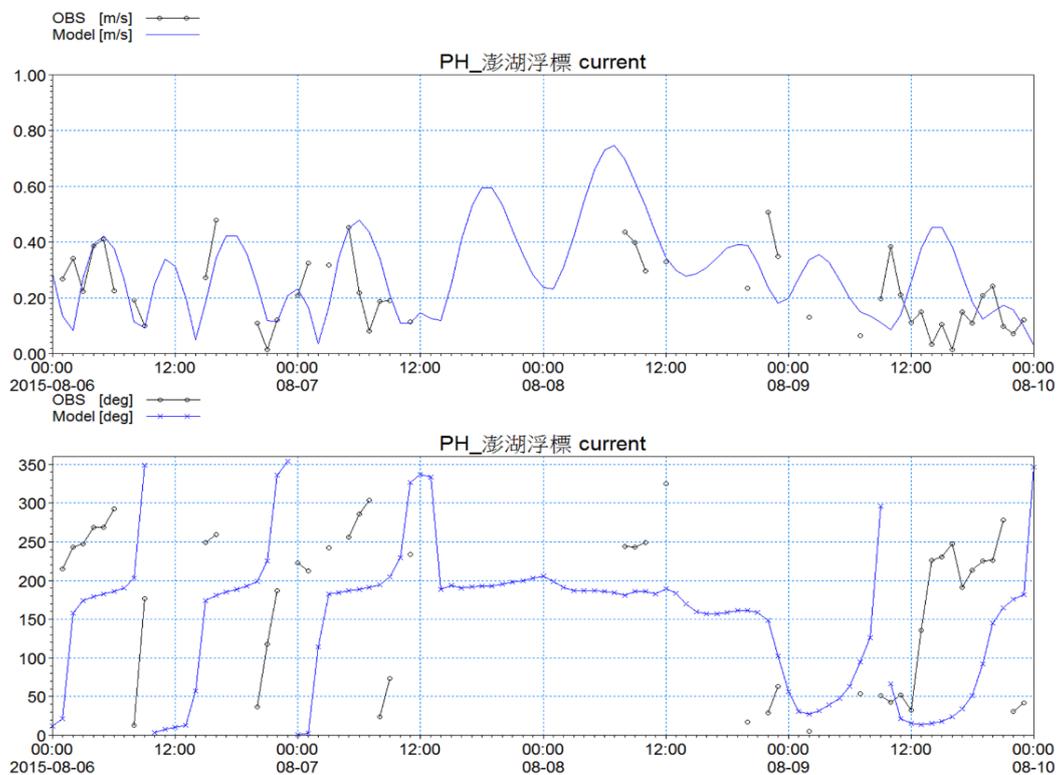


圖 3.33 蘇迪勒颱風期間澎湖浮標站流速、流向模擬比對結果

表 3-14 西北太平洋水動力模式-蘇迪勒颱風期間潮位誤差分析結果

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)
蘇迪勒 2015 8/7~8/10	TC	0.00386	1.8697	0.3695	0.4537	0.4824

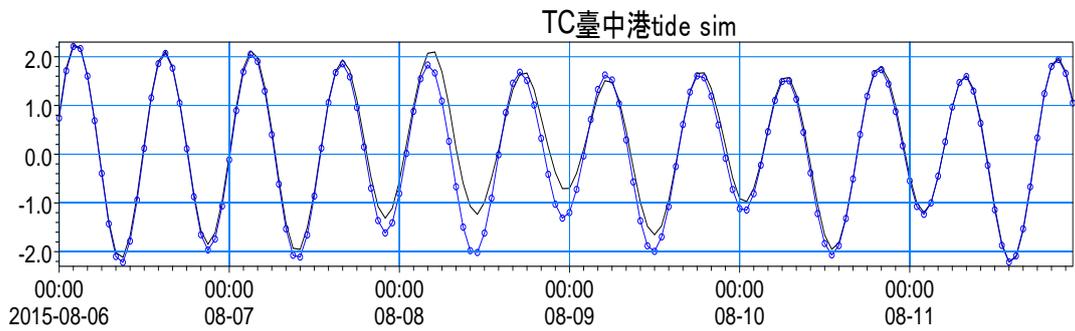


圖 3.34 蘇迪勒颱風期間，模擬無風場與有風場效應之潮位比對圖

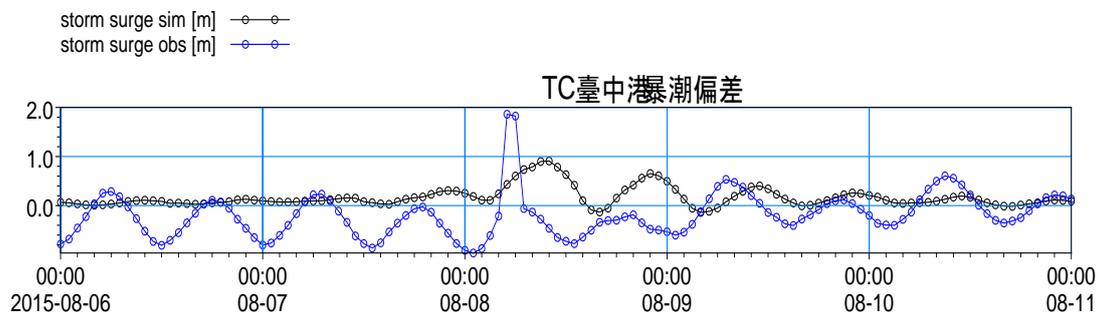


圖 3.35 蘇迪勒颱風臺中港暴潮偏差

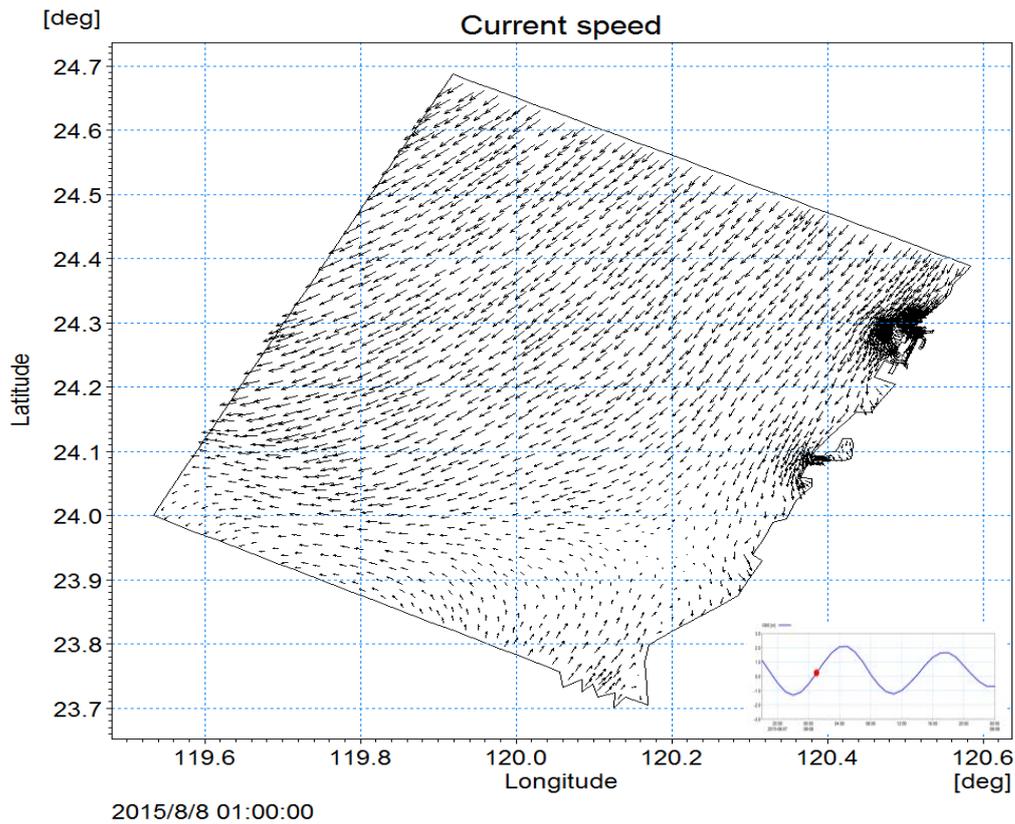


圖 3.36 蘇迪勒颱風期間模擬流場(漲潮)

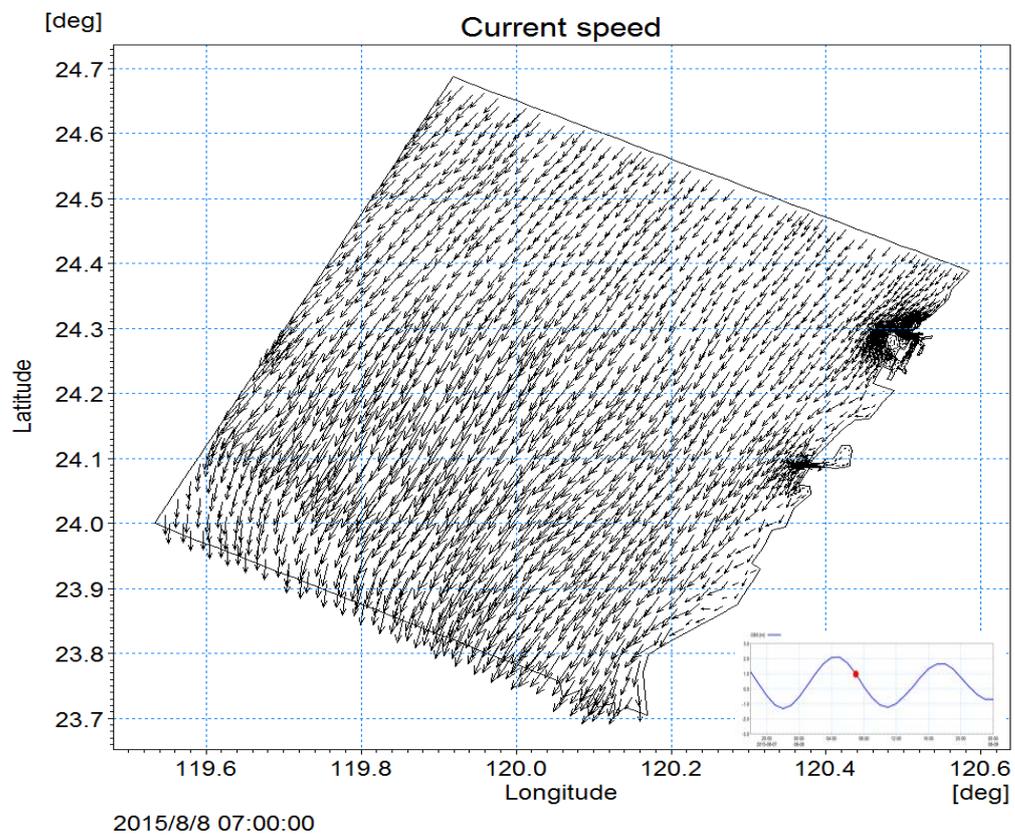


圖 3.37 蘇迪勒颱風期間模擬流場(退潮)

## (2)2019 年利奇馬颱風

2019 年利奇馬颱風期間，臺中港觀測站(TC)之潮位、海流比對結果如圖 3.37，由圖 3.37 中可看出臺中港觀測站處之潮位模擬結果趨勢與潮位觀測值有良好的相關性；海流部分之流速與觀測值相比也呈現偏低，其流速模擬值偏低除了可能與颱風期間之預報風場之風速值較觀測值低有關外，還與颱風路徑僅從臺灣東北部掠過而未直接影響臺灣中部有關，但整體而言潮位、流速、流向模擬值之變化趨勢仍符合觀測值之變化趨勢。另討論西北太平洋水動力模式模擬臺中港潮位誤差分析結果如表 3-15，臺中站絕對誤差最小值 0.01155m、絕對誤差最大值 0.64016m、絕對平均誤差為 0.2542m、標準偏差為 0.2542 m、均方根誤差為 0.1577m，整體利奇馬颱風期間潮位模擬結果與觀測潮位相關性達 0.9683。

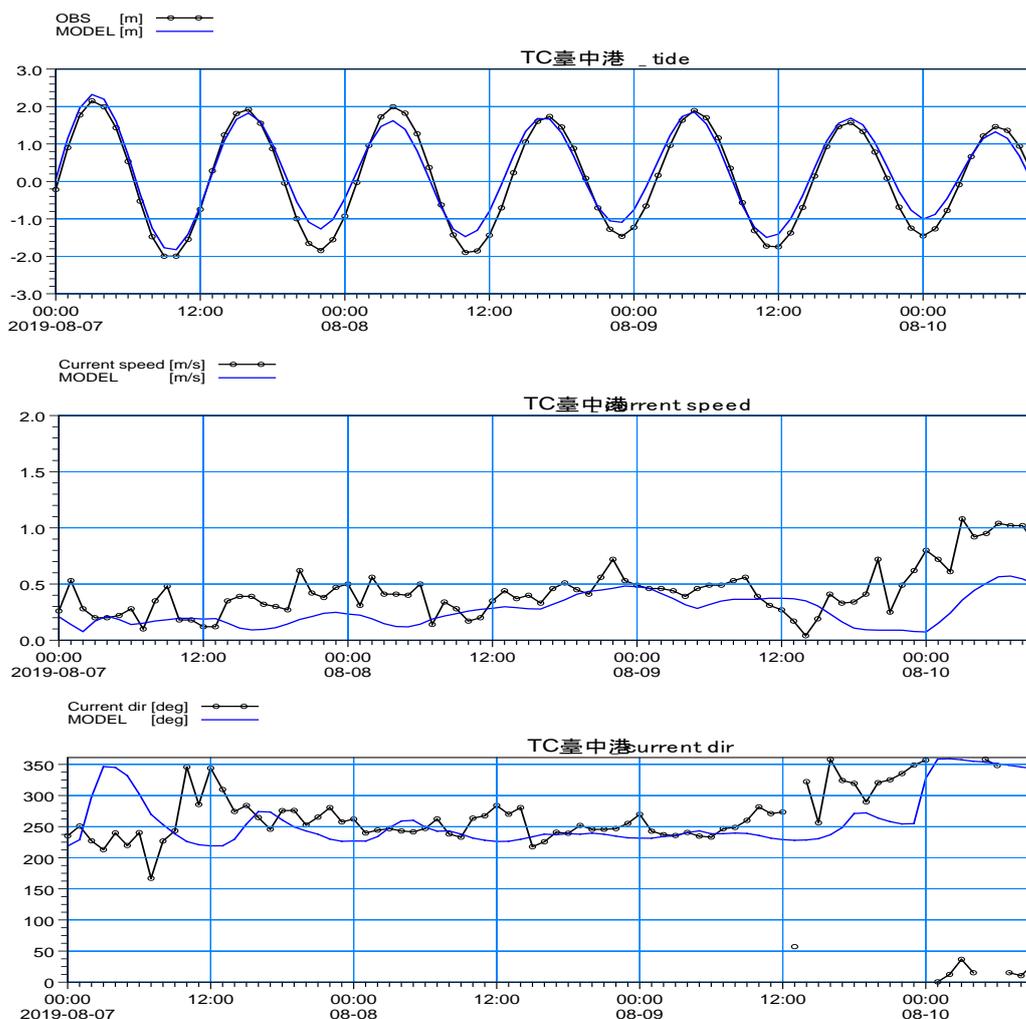
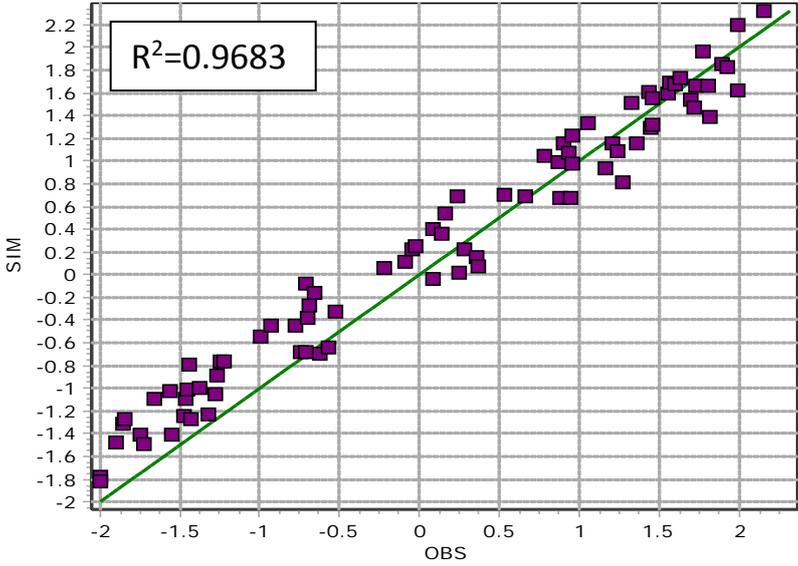


圖 3.37 利奇馬颱風期間臺中港觀測站潮位、流速、流向模擬比對

表 3-15 西北太平洋水動力模式-利奇馬颱風期間潮位誤差分析結果

颱風期間	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)
利奇馬 2019 8/7~8/10	TC	0.01155	0.6402	0.2542	0.2616	0.2987
						

## 第四章 離岸風電海域地形變遷模式

為探討臺中、彰化外海海域(深水區域)及近岸(淺水區域)架設風機後之漂沙情形暨兼顧數值運算效能，創建離岸風電海域地形變遷模式，俾利後續獨立探討臺中、彰化海域設置風機後對海域、近岸及基地母港(臺中港)之影響。

### 4.1 離岸風電海域地形變遷模式架構

離岸風電海域地形變遷數值模式在波浪(SW)、水動力(HD)及漂沙(ST)各模組間進行耦合計算，計算架構流程如圖4.1所示。波浪模式(SW)進行風浪計算時，可將水動力模式(HD)計算水位、流場資訊透過計算模組進行內部傳輸；而水動力模組計算時亦可將 SW 模式所計算之波浪輻射應力進行內部傳輸，最後將二者所計算之波浪、流場進行內部傳輸給漂沙模式(ST)作輸沙率計算，再更新模式輸入之水深地形資訊，即在新的時間階當中所計算的底床高程是依據上一個時間階所計算的侵淤量進行更新之資料，至於各模組理論請參閱附錄Ⅲ。

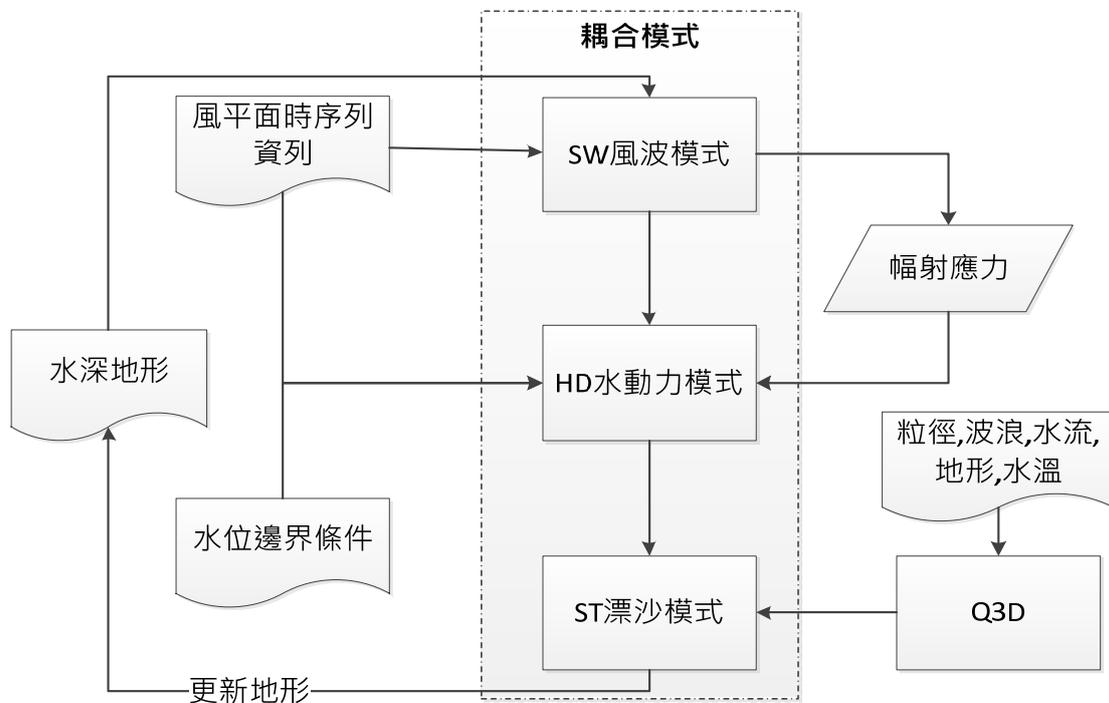


圖 4.1 海域地形變遷模式計算架構流程圖

## 4.2 離岸風電海域地形變遷模式輸入資料

### 4.2.1 離岸風電海域地形變遷模型範圍及地形水深資料

離岸風電海域地形變遷模型係針對臺中、彰化沿岸及彰化外海所有離岸風電潛力場址及示範場址，進行網格局部加密，網格大小長約 40~50 公尺，其餘外海區域網格大小則長約 3 公里，共計 201,2550 個節點及 401,030 個三角形元素，使用水深資料為表 4-1 之第 1~5 項水深資料，模型範圍、網格分布及數值水深圖如圖 4.2 所示。

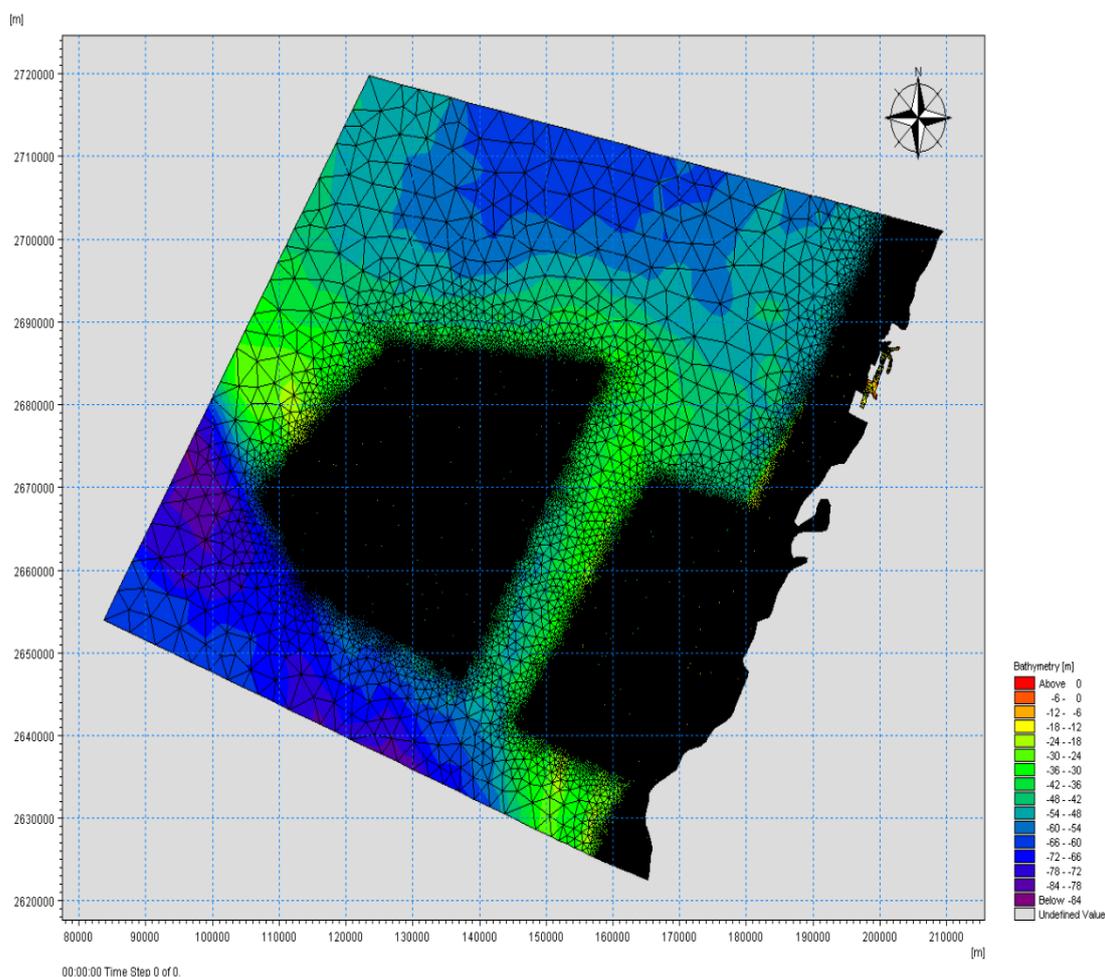


圖 4.2 離岸風電海域地形變遷模型範圍、網格及數值水深示意圖

#### 4.2.2 離岸風電海域地形變遷模式之風、氣壓場資料

離岸風電海域地形變遷模式輸入之風、氣壓場資料，使用第 3.1.3 節所述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 成員之第三層數值預報資料(WA03)，預報範圍及網格資訊如表 3-2、圖 3.3 所示，經由本所「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、解碼、重組及內插後輸出，如圖 3.4 所示。

本計畫離岸風電海域地形變遷模式使用之風、氣壓場資料，即利用經上述 TAICOMS 處理再輸出之中央氣象局 WA03 預報資料，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 2 維平面風、氣壓場資料，資料範圍為西太平洋北緯 20 度~北緯 28 度、東經 117 度~東經 124 度，網格解析度 0.042 度(約 5km)，資料內容分別代表海面 10 公尺高度之 u、v 方向風速資料及海面氣壓場資料(p)，據以建置 Mike 21 風、氣壓場檔案格式(.dfs2)，作為離岸風電海域地形變遷模式之驅動力，如圖 4.3~圖 4.5 所示。

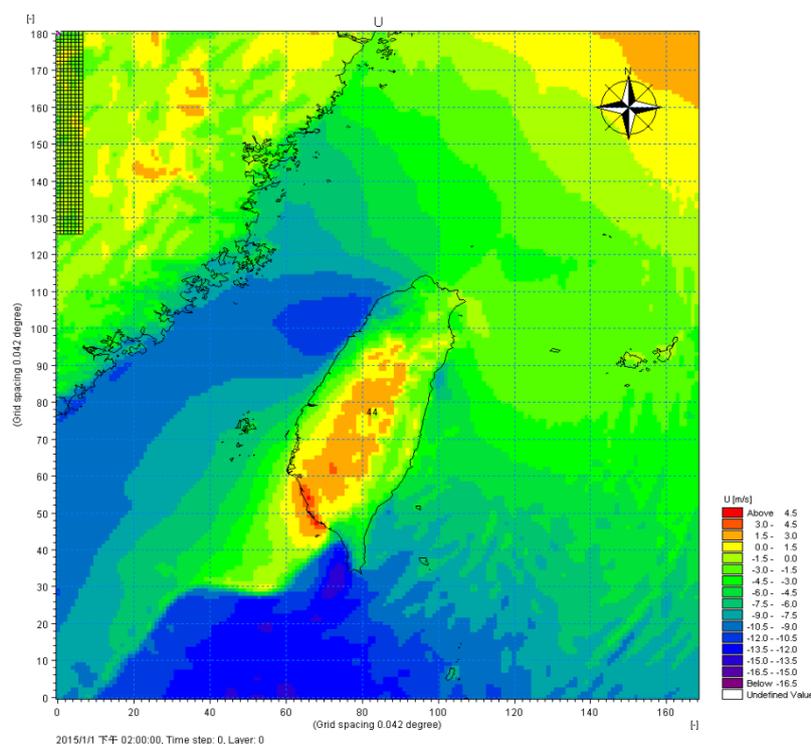


圖 4.3 離岸風電海域地形變遷模式輸入 WA03 預報風場之 u 方向風速網格範圍示意圖

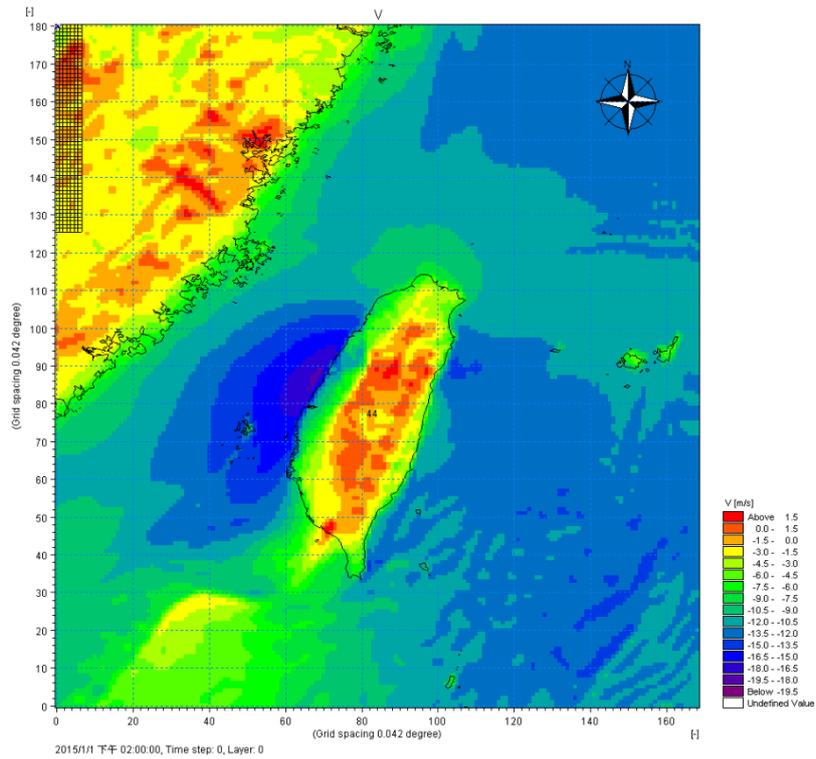


圖 4.4 離岸風電海域地形變遷模式輸入 WA03 預報風場之 v 方向風速網格範圍示意圖

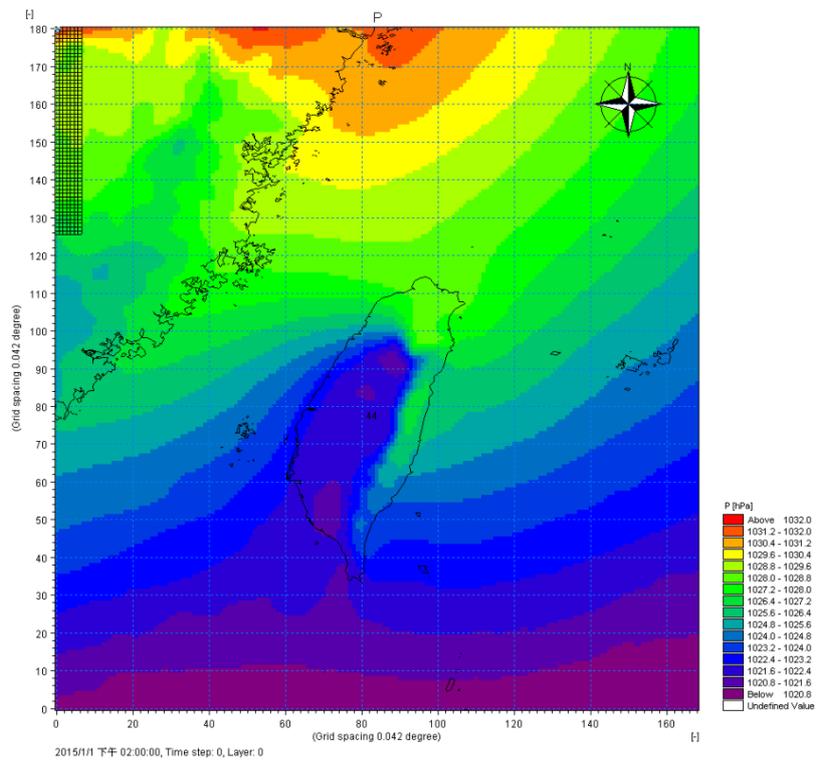


圖 4.5 離岸風電海域地形變遷模式輸入 WA03 預報風場之氣壓場網格範圍示意圖

### 4.3 離岸風電海域地形變遷模式各模組參數設定

由圖4.1可知，離岸風電海域地形變遷模式包含波浪、水動力、漂沙等3類模組，經各模組交互數值運算下，更新各時刻底床資料並作為下一時刻模擬初始值以推估地形變遷情形，各模組參數設定分述於各小節。

#### 4.3.1 離岸風電海域地形變遷模式之波浪模組參數設定

離岸風電海域地形變遷模式之波浪模組，數值計算方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 4-1 所示。波浪初始條件由 JONSWAP 經驗譜公式給定，參數如表 4-2 所示，各個時間水位、流場資料則由執行離岸風電海域地形變遷模式之水動力模組計算結果提供，至於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，海域邊界則輸入西北太平洋風浪模式模擬之波浪條件資料作為其邊界資料。

表 4-1 離岸風電海域地形變遷模式之波浪模組參數設定表

相關參數	設 定
頻率譜	頻率譜的離散:採用對數分布 $f_1 = f_0 C^n, n=1,2,3, \dots$ 其中 $f_0$ 為最小頻率，預設 0.055Hz
角度領域	$0^\circ \sim 360^\circ$ 、 $\Delta\theta=22.5^\circ$
碎波指標	$\gamma=0.8$
底床摩擦	$k_N=0.04m$
白帽耗散	$C_{ds}=4.5$ 、 $\delta_{ds}=0.5$
水位、流場	由離岸風電海域地形變遷模式之水動力模組提供
波浪模組邊界條件	由西北太平洋風浪模式提供波浪示性波高、譜峰周期、波向、DSD 指數

表 4-2 離岸風電海域地形變遷模式之波浪初始條件設定

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

#### 4.3.2 離岸風電海域地形變遷模式之水動力模組參數設定

離岸風電海域地形變遷模式之水動力模組，考慮河川入流至臺中、彰化海域提供海域漂沙來源，海域底床亦隨河川輸沙量而產生變化，爰引用經濟部水利署 107 年出版水文年報調查之大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪河川流量及輸砂量之資料(表 2-26、表 2-27)，取各河川年平均入流量及年平均輸砂量作為水動力模組模擬河川提供漂沙運動之沙源，至於各時刻波浪輻射應力，由離岸風電海域地形變遷模式之波浪模組各時刻計算值給定，邊界條件則輸入第三章西北太平洋水動力模式模擬之水位資料作為其邊界資料，其他各參數設定如表 4-3 所示。

表 4-3 離岸風電海域地形變遷模式之水動力模組參數設定表

相關參數	設定值
紊流渦度係數	0.028
底床磨擦係數	36 $m^{1/3}/s$
風摩擦係數	0.001255 (if 7m/s 以下) 0.002425 (if 25m/s 以上)
風軟啟動時間	2hr
邊界軟啟動時間	2hr
波浪輻射應力	由離岸風電海域地形變遷模式 之波浪模組提供
河川年平均流量	大安溪: 9.25(C.M.S) 大甲溪: 12.09(C.M.S) 烏溪: 71.95(C.M.S) 濁水溪: 72.92(C.M.S)
水動力模組邊界條件	由西北太平洋水動力模式 提供邊界水位資料

### 4.3.3 離岸風電海域地形變遷模式之沙傳輸模組參數設定

離岸風電海域地形變遷模式之沙傳輸模組，其模擬型式可以區分為單純水流作用下之漂沙或波流交互作用下之漂沙計算等 2 種，前者一般屬於計算河道輸沙，後者則以計算海岸漂沙為主。本計畫考慮海岸漂沙故選擇波流交互作用之計算方式。在進行本計算之前必須先將可能發生之水動力、波浪條件先製作輸沙率表(Q3D)，即先提供流速、波高、週期、波向及計畫區域的中值粒徑，製作出在此特性範圍內對應之輸沙率表如圖 4.6 所示，使得沙傳輸模組計算時可迅速查詢在任何水動力、波浪條件之下所對應之輸沙率以節省計算輸沙率時間，模組中沙質中值粒徑採用 0.2mm，由離岸風電海域地形變遷模式之波浪模組計算結果、擷取對應位置之時序列波浪條件參數，作為離岸風電海域地形變遷模式沙傳輸模組之作用力，另為模擬河川流量帶入之輸砂量，除了提供海岸漂沙之沙源亦有影響底床變動之效應，藉由經濟部水利署 107 年出版水文年報調查之大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪河川流量及輸砂量之資料，於模式內大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪位置處估算其 4 條河川引起之底床變動率，其沙傳輸模組設定參數如表 4-4 所列。

Sediment Transport Tables Axes

Define the Sediment Transport Table

On this page you specify the first value, spacing and the number of points for each axis of the table. The table includes wave height, wave period, wave height/water depth, current speed, angle between current and waves, grain size, grading and bed slope.

---

Sediment table

	First value	Spacing	No of points
Current speed	0.05	0.1	5
Wave height	0.1	0.2	8
Wave period	5	1	3
Wave height/water depth	0.01	0.1	10
Angle current/waves	0	30	12
Grain Size	0.150	2.000	3
Sediment grading	1.1	0.15	3
Bed slope, curr. direction	-0.01	0.01	3
Bed slope, normal to curr.	-0.02	0.02	3
Centrifugal acceleration	10	0.001	1

圖 4.6 執行漂沙模組前，製作輸沙率表(Q3D)畫面示意圖

表 4-4 離岸風電海域地形變遷模式之沙傳輸模組參數設定表

相關參數	設定值
模式形式	波流交互作用
作用力:波浪場	由離岸風電海域地形變遷模式之波浪模組提供各時刻的波浪示性波高、譜峰周期、波向
中值粒徑 $D_{50}$	0.2mm
底床變動源: 河川年平均輸沙量引起的底床變動率	大安溪: $4.1 \times 10^{-7}(\text{m}/\text{日})$
	大甲溪: $7.3 \times 10^{-7}(\text{m}/\text{日})$
	烏溪: $1.2 \times 10^{-6}(\text{m}/\text{日})$
	濁水溪: $3.7 \times 10^{-6}(\text{m}/\text{日})$
邊界條件	All zero Sediment flux gradient

## 4.4 離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

考量臺中、彰化海域波浪、潮位及海流觀測站海象資料蒐集完整性，本計畫選取 2015 年冬季、夏季期間，另颱風期間則選取近年侵臺灣中部的中度蘇迪勒颱風作為模式模擬冬季、夏季及颱風期間之波浪、潮位與海流變化情況，波浪模擬結果與本所港研中心設置臺中港北防波堤波流觀測站(TC)、成功大學近海水文中心之彰濱浮標(CH3)作驗證;水動力模擬結果與本所港研中心臺中港北防波堤波流觀測站(TC)進行潮位、流速、流向驗證比對，驗證觀測站位置示意圖參閱第三章之圖 3.8 所示。

### 4.4.1 冬季季風期間現況波浪、水動力及地形變遷模擬計算成果

離岸風電海域地形變遷模式模擬冬季期間(2015年1月28日~2月17日)計算成果，其在波浪、水動力及地形變遷模擬情形分述如下：

#### 1. 現況離岸風電海域冬季期間波浪模擬情形：

離岸風電海域地形變遷模式波浪模擬計算成果與臺中(TC)測站觀測資料比對結果如圖 4.7、誤差分析詳表 4-5 所示，彰化浮標(CH3)則無觀測資料比對。

由圖 4.7 可知，冬季期間臺中港之示性波高模擬結果均小於波高觀測資料，絕對誤差最小值 0.0553m、絕對誤差最大值 1.3998m、絕對誤差平均值 0.5039m、均方根誤差(RMSE)0.5559m。雖波高模擬較觀測值略小，但與西北太平洋風浪模式波高模擬比較結果較佳，且整體模擬與觀測誤差分析結果相關性( $R^2$ )達 0.9203，爰整體而言，離岸風電海域地形變遷模式波高模擬值變化趨勢與實測示性波高變化趨勢相近，至於譜峰週期及波向模擬結果大致與實測譜峰週期及波向趨勢相符。

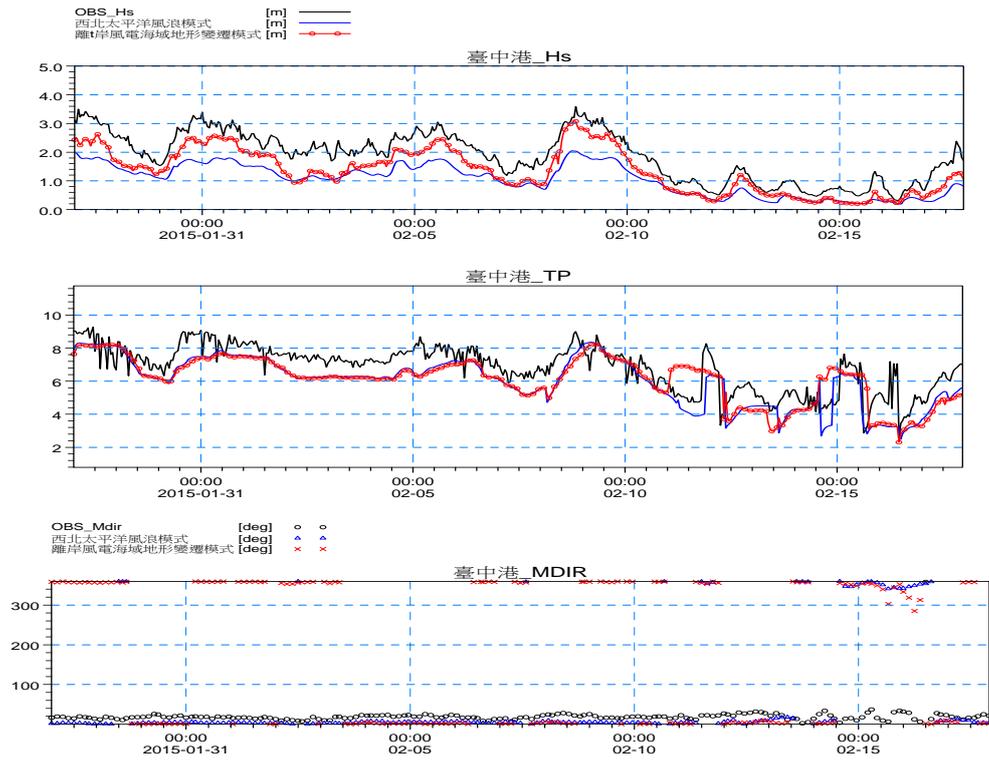


圖 4.7 離岸風電海域地形變遷模式-冬季季風期間臺中(TC)波浪模擬與觀測值比對結果

表 4-5 離岸風電海域地形變遷模式-冬季季風期間臺中(TC)波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值誤差分析表

季風期間	臺中(TC)示性波高				
	絕對誤差 最小值(m)	絕對誤差 最大值(m)	絕對誤差 平均值(m)	均方根誤差 RMSE(m)	相關性 R <sup>2</sup>
冬季 2015 1/28~2/1 7	0.0553	1.3998	1.3998	0.5559	0.9203

## 2. 現況離岸風電海域冬季期間水動力模擬情形

離岸風電海域地形變遷模式水動力模擬計算成果與臺中(TC)測站潮位、流速及流向如圖 4.8 所示。由圖 4.8 中可看出離岸風電海域地形變遷模式之臺中潮位模擬與潮位觀測資料比較結果詳表 4-6，潮位絕對誤差最小值 0.05527m、絕對誤差最大值 2.1421m、絕對誤差平均 0.6098m、均方根誤差(RMSE)0.7498m。雖潮差模擬較潮位觀測值略大、且與西北太平洋水動力模式潮位模擬比較結果較差，但整體模擬與觀測誤差分析結果相關性( $R^2$ )達 0.8338，整體模擬潮位之變化趨勢仍符合觀測值變化情形。

離岸風電海域地形變遷模式之流速模擬結果，在實際流速低時，模擬流速雖較實測流速略高，但與第四章西北太平洋水動力模式流速模擬結果相比，離岸風電海域地形變遷模式較能反應流速較高之實況，至於流向模擬大致與觀測流向相符，冬季期間模擬流場退潮、漲潮情形如圖 4.9 及圖 4.10 所示。

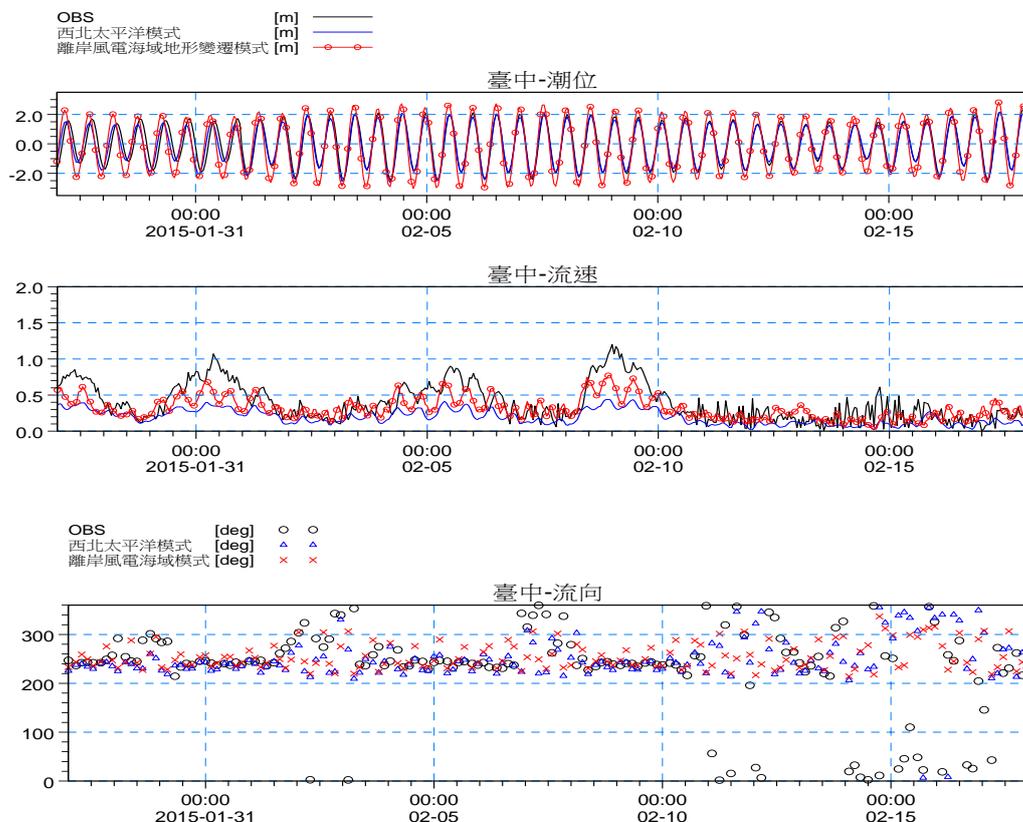


圖 4.8 離岸風電海域地形變遷模式-冬季季風期間臺中(TC)測站潮位、流速及流向模擬比對結果

表 4-6 離岸風電海域地形變遷模式-冬季季風期間臺中(TC)觀測站潮位模擬誤差分析表

季風期間	臺中(TC)潮位				
	絕對誤差 最小值(m)	絕對誤差 最大值(m)	絕對誤差 平均值(m)	均方根誤差 RMSE(m)	相關性 R <sup>2</sup>
冬季 2015 1/28~2/17	0.05527	2.1421	0.6098	0.7498	0.8338

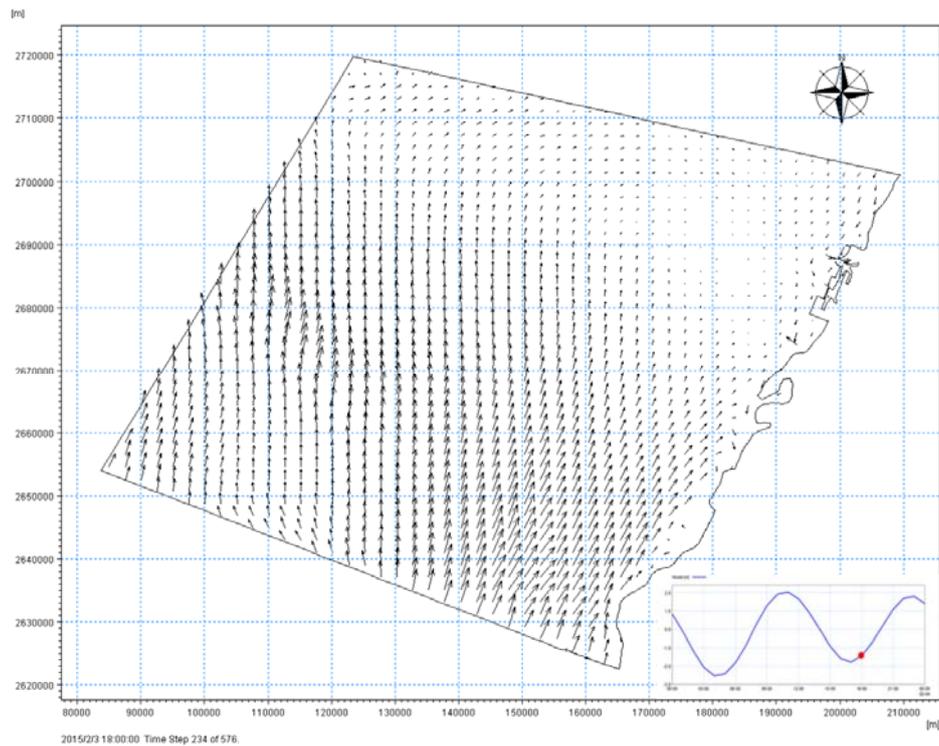
  


圖 4.9 離岸風電海域冬季季風期間模擬流場(漲潮)

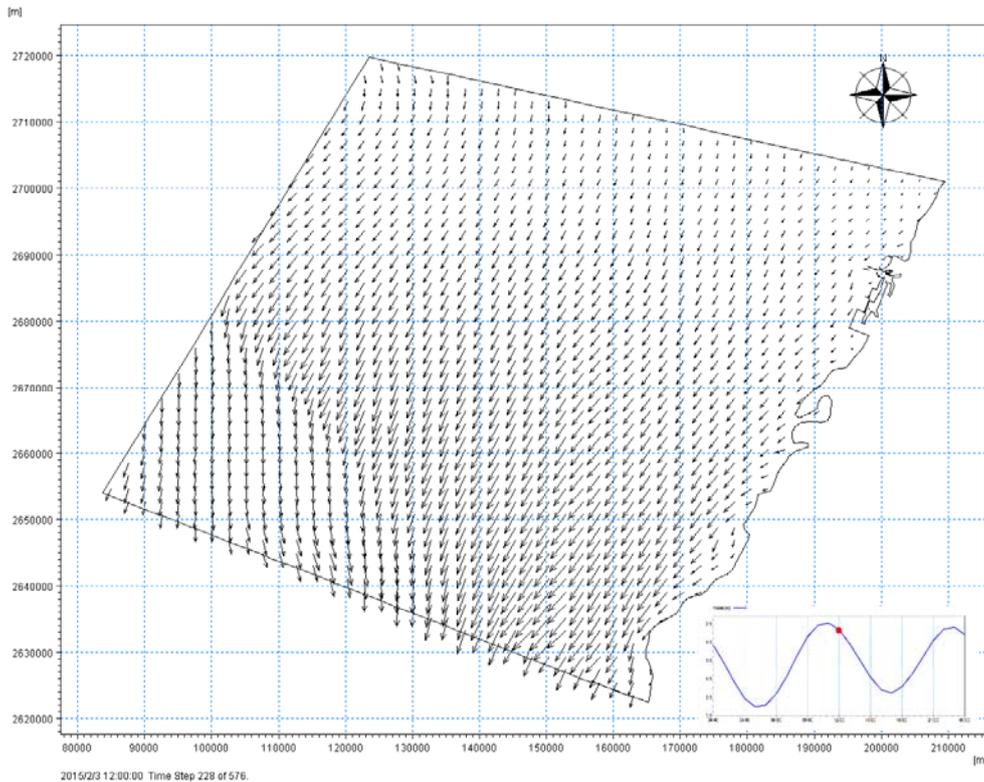


圖 4.10 離岸風電海域冬季季風期間模擬流場(退潮)

### 3. 現況離岸風電海域冬季期間地形變遷模擬情形

離岸風電海域地形變遷模式，考慮大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪河川流量及輸砂量，經過冬季期間地形侵淤變化結果如圖 4.11A、圖 4.11B 系列圖所示，此時為退潮時間，整體流速由北往南流。因離岸風電場址及臺中、彰化沿岸網格較細，較能看出這 2 區域侵淤變化，由圖可知，在離岸風電場區域及臺中、彰化沿岸呈現侵淤互現情形，近岸尤其以海埔新生地、海堤、及港灣構造物附近變動最明顯。整體平均底床增加 0.0008m，底床最大增加量為 4.33m 發生在梧棲漁港進入臺中港航道處，應是受港區構造物影響，底床最大下降量為 2.89m 發生在烏溪出海口南側。

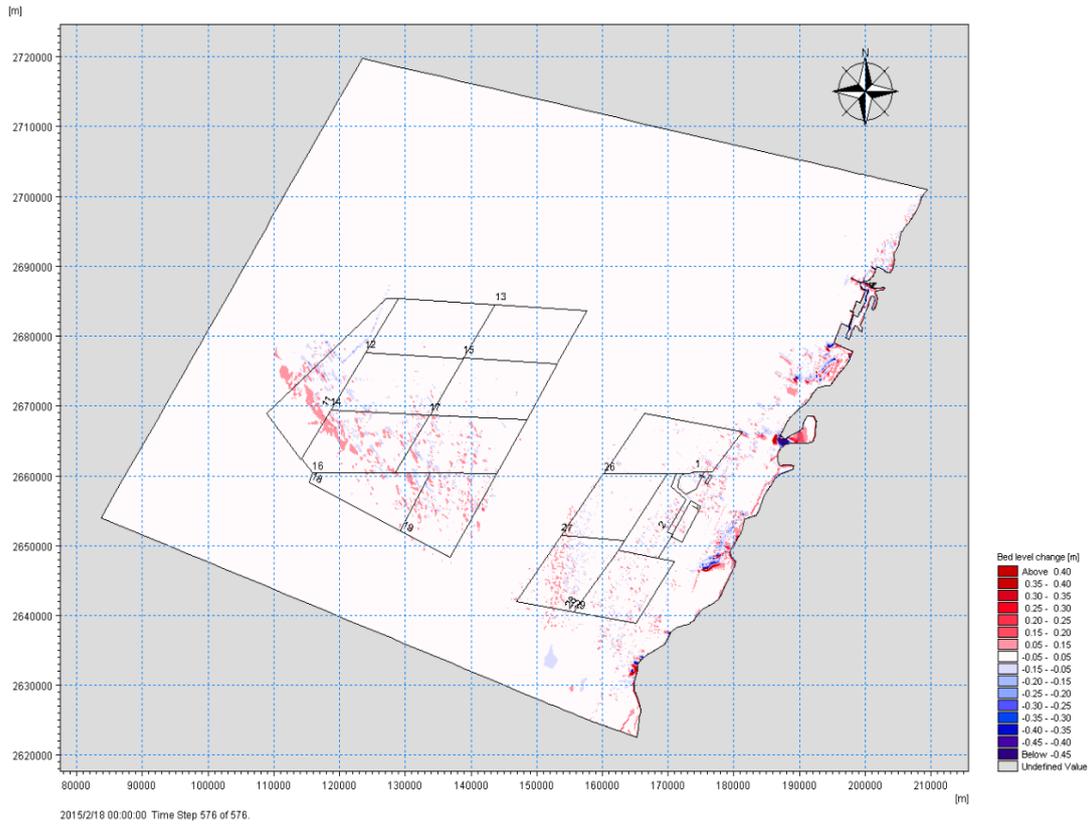


圖 4.11A 離岸風電海域於冬季季風期間地形變化情形

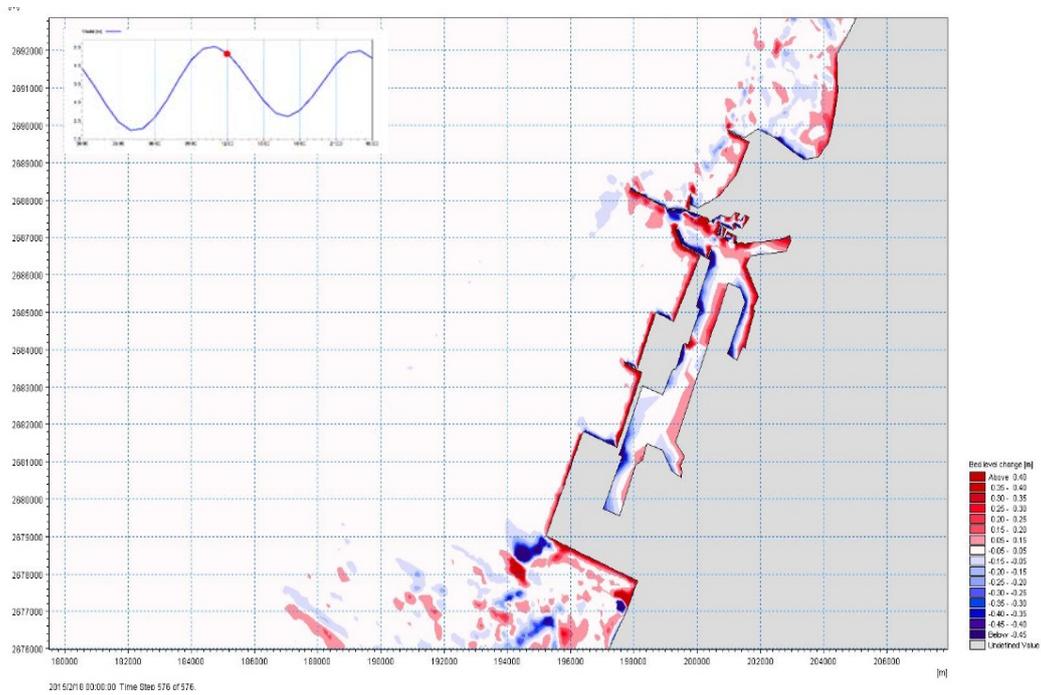


圖 4.11B 離岸風電海域於冬季季風期間地形變化情形(臺中港段)

#### 4.4.2 夏季季風期間現況水動力、風浪及地形變遷模擬計算成果

離岸風電海域地形變遷模式模擬夏季期間(2015年7月15日~8月6日)計算成果，其在波浪、水動力及地形變遷模擬情形分述如下：

##### 1. 離岸風電海域夏季期間波浪模擬情形：

離岸風電海域地形變遷模式波浪模擬計算成果與臺中(TC)彰化浮標(CH3)等 2 測站比對結果如圖 4.12、圖 4.13 所示。

由圖4.12可知，離岸風電海域地形變遷模式於夏季期間臺中港示性波高模擬結果整體略小於示性波高觀測值，但與西北太平洋風浪模式模擬結果相比，模擬譜峰週期模擬結果略高、波向模擬結果則相似，整體示性波高、譜峰週期及波向模擬變化趨勢則與實測示性波高、譜峰週期及波向變化趨勢相近。

討論離岸風電海域地形變遷模式於夏季期間臺中港示性波高模擬結果之誤差分析，其絕對誤差最小值0.0001m、絕對誤差最大值0.8995m、絕對誤差平均值0.3120m及均方根誤差(RMSE)0.1851m，相關性( $R^2$ )達0.7929，詳表5-7所示。

由圖4.13可知，離岸風電海域地形變遷模式於夏季期間彰濱浮標示性波高模擬結果整體與西北太平洋風浪模式模擬結果均略高於示性波高觀測值，但整體示性波高、譜峰週期及波向模擬變化趨勢則與實測示性波高、譜峰週期及波向變化趨勢相近。

討論離岸風電海域地形變遷模式於夏季期間彰濱浮標示性波高模擬結果之誤差分析，其絕對誤差最小值0.0002m、絕對誤差最大值0.7213m、絕對誤差平均值0.2502m及均方根誤差(RMSE)0.3168m，相關性( $R^2$ )達0.819，詳表4-8所示。

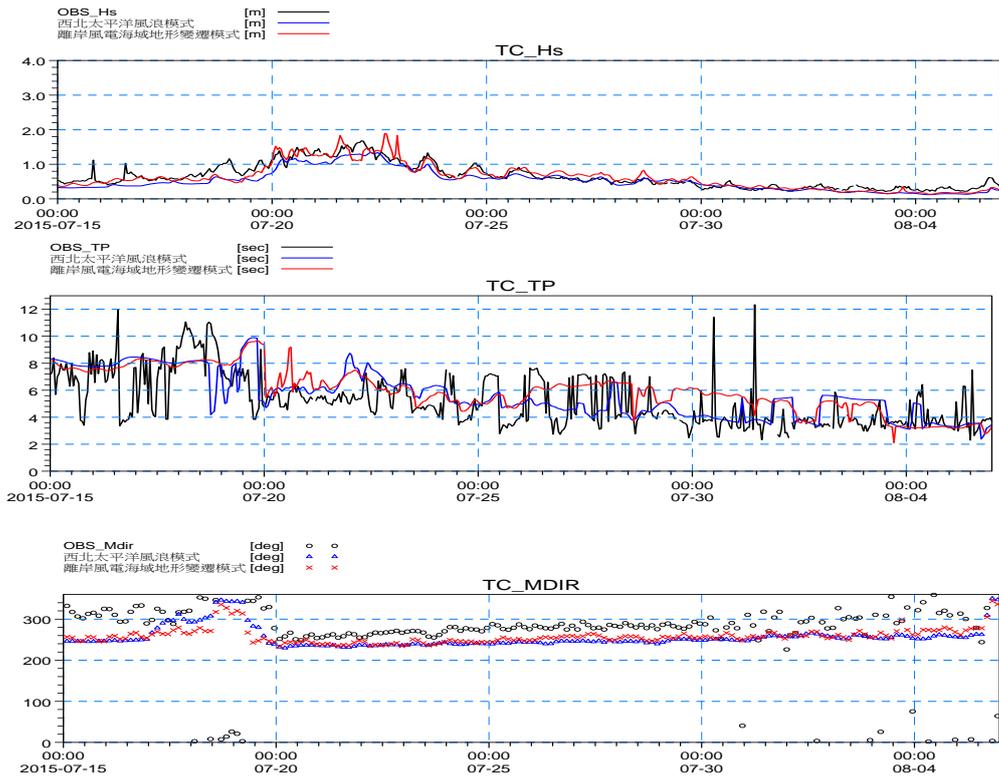


圖 4.12 離岸風電海域地形變遷模式-夏季季風期間臺中港(TC)波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果

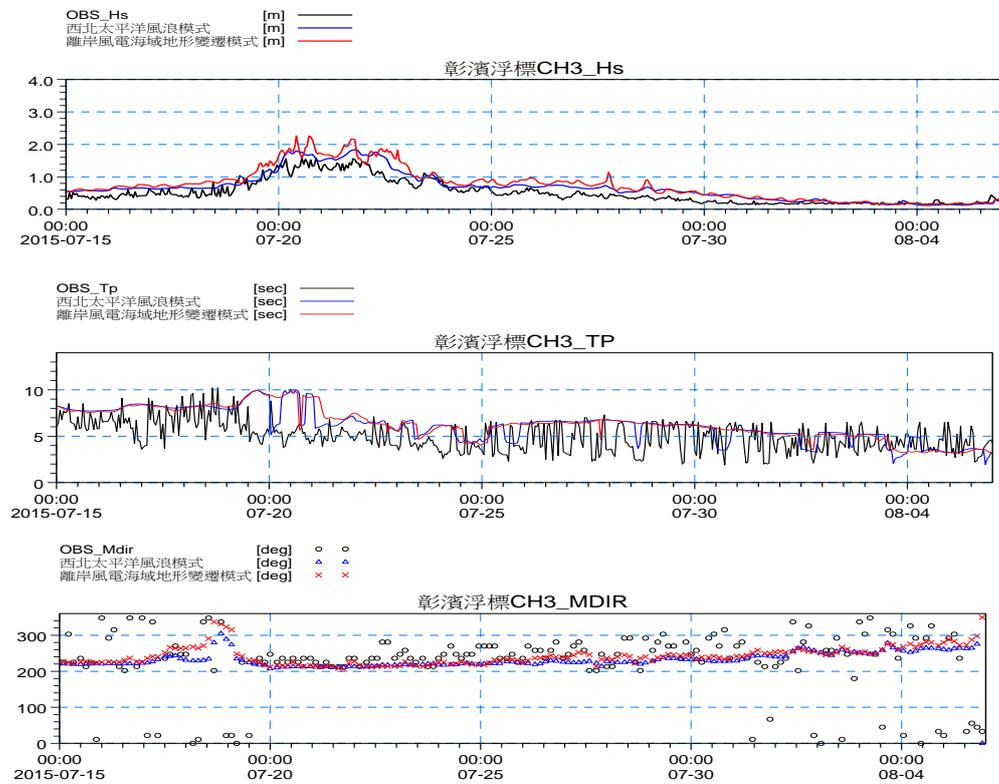


圖 4.13 離岸風電海域地形變遷模式-夏季季風期間彰濱浮標(CH3)波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果

表 4-7 離岸風電海域地形變遷模式-夏季季風期間臺中(TC)波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值誤差分析表

季風期間	臺中(TC)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)	均方根誤差 RMSE(m)	相關性 R2
夏季 2015 7/15~8/6	0.0001	0.8995	0.3120	0.1851	0.7929

表 4-8 離岸風電海域地形變遷模式-夏季季風期間彰濱浮標(CH3)波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值誤差分析表

季風期間	彰濱浮標(CH3)示性波高誤差值				
	絕對誤差 最小值(m)	絕對誤差 最大值(m)	平均絕對 誤差(m)	均方根誤差 RMSE(m)	相關性 R2
夏季 2015 7/15~8/6	0.0002	0.7213	0.2502	0.3168	0.819

## 2. 離岸風電海域夏季期間水動力模擬情形:

離岸風電海域地形變遷模式於夏季期間水動力模擬計算成果與臺中(TC)測站潮位、流速及流向如圖 4.13 所示。由圖 4.13 中可看出雖潮差模擬較潮位觀測值略大、與西北太平洋水動力模式模擬近似，且討論離岸風電海域地形變遷模式於夏季期間臺中港潮位模擬結果之誤差分析，其絕對誤差最小值 0.0007m、絕對誤差最大值 2.1809m、絕對誤差平均值 0.2261m、均方根誤差(RMSE)0.3039m，模擬與觀測誤差分析結果相關性( $R^2$ )達 0.9632，詳表 4-9 所示，爰整體模擬潮位之變化趨勢仍符合觀測值變化情形。

由圖 4.14 中離岸風電海域地形變遷模式之流速模擬結果，在實際流速低時，模擬流速雖較實測流速略高，但與第四章西北太平洋水動力模式流速模擬結果相比，離岸風電海域地形變遷模式較能反應流速較高之實況，至於流向模擬大致與觀測流向相符，夏季期間模擬流場漲潮、退潮情形如圖 4.15 及圖 4.16 所示。

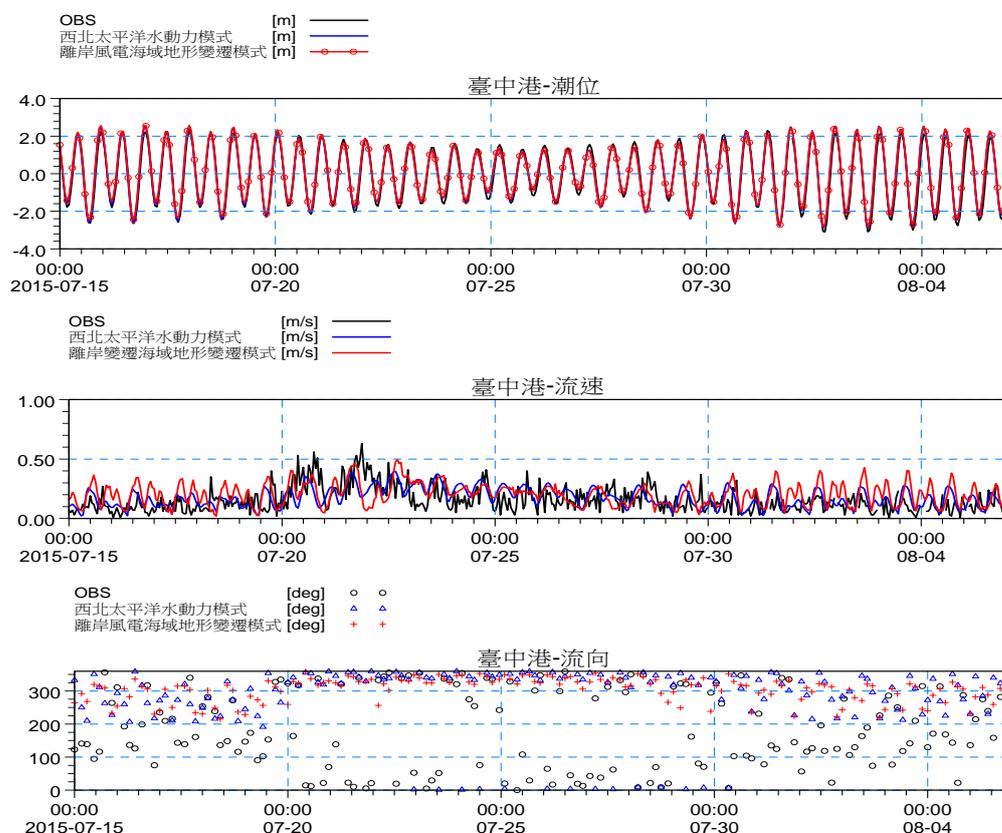


圖 4.14 離岸風電海域地形變遷模式-夏季季風期間臺中(TC)測站潮位、流速及流向模擬比對結果

表 4-9 離岸風電海域地形變遷模式-夏季季風期間臺中(TC)觀測站潮位模擬誤差分析表

季風期間	臺中(TC)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)	均方根誤差 RMSE(m)	相關性 R <sup>2</sup>
夏季 2014 7/15~8/6	0.0007	2.1809	0.2261	0.3039	0.9632

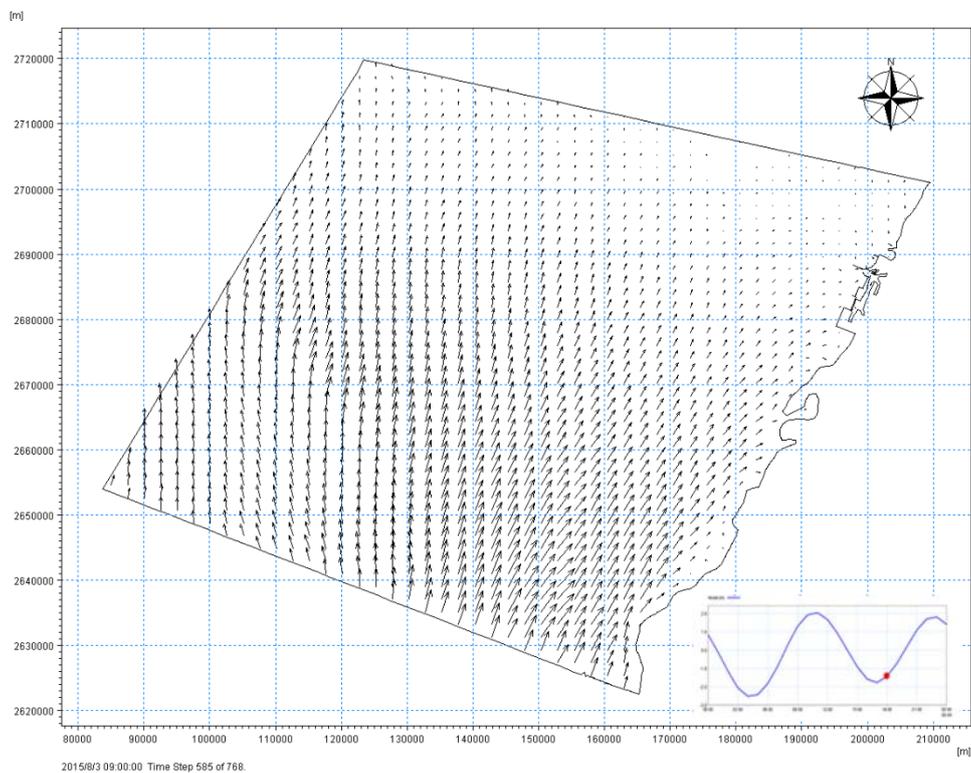
  


圖 4.15 離岸風電海域夏季季風期間模擬流場(漲潮)

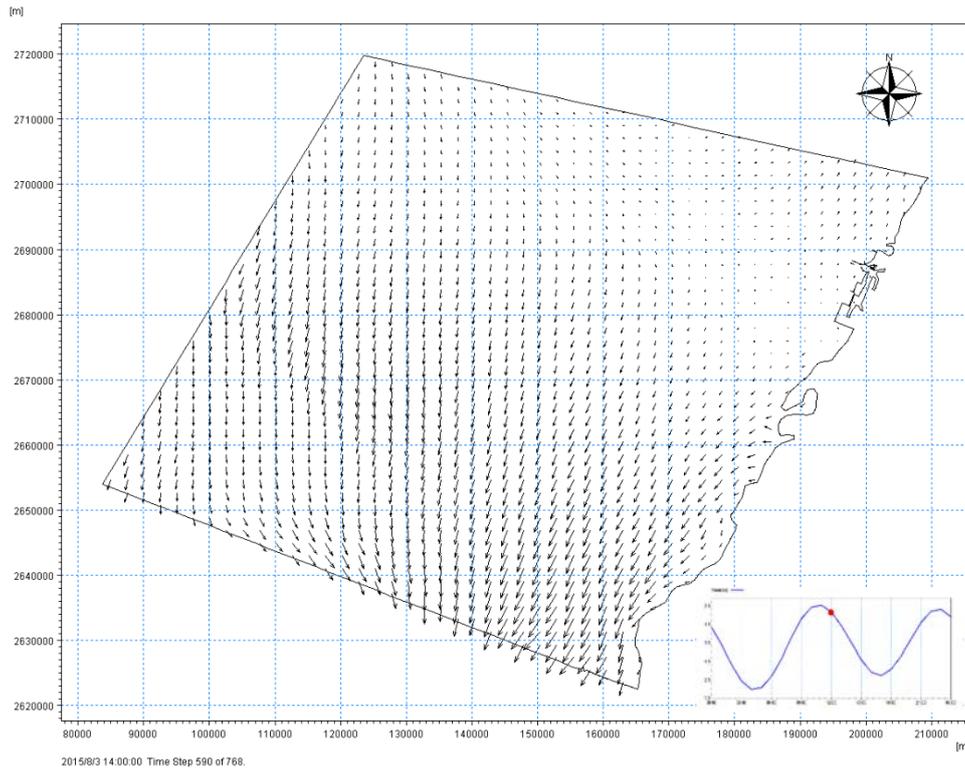


圖 4.16 離岸風電海域夏季季風期間模擬流場(退潮)

### 3. 離岸風電海域夏季期間地形變遷模擬情形:

離岸風電海域地形變遷模式，考慮大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪河川流量及輸沙量，經過夏季期間地形侵淤變化結果如圖 4.17A、圖 4.17B 系列所示，因離岸風電場址及臺中、彰化沿岸網格較細，較能看出這 2 區域侵淤變化。由圖可知，在離岸風電場區域及臺中、彰化沿岸呈現侵淤互現情形，近岸尤其以海埔新生地、海堤、及港灣構造物附近變動最明顯，整體離岸風電海域平均底床下降 0.004m，底床最大增加量為 3.48m，發生在臺中港修造船區；底床最大下降量為 4.79m，發生在梧棲漁港進臺中港航道處，最大底床變動率、最小底床變動率均發生在臺中港域內束縮段，主要應是受港區構造物影響所致，另臺中港北防波堤南側淤積情形較冬季明顯，可能此時為漲潮時間，整體流速由南往北流，漂沙運動流至北防坡堤處，受構造物阻隔下沉。

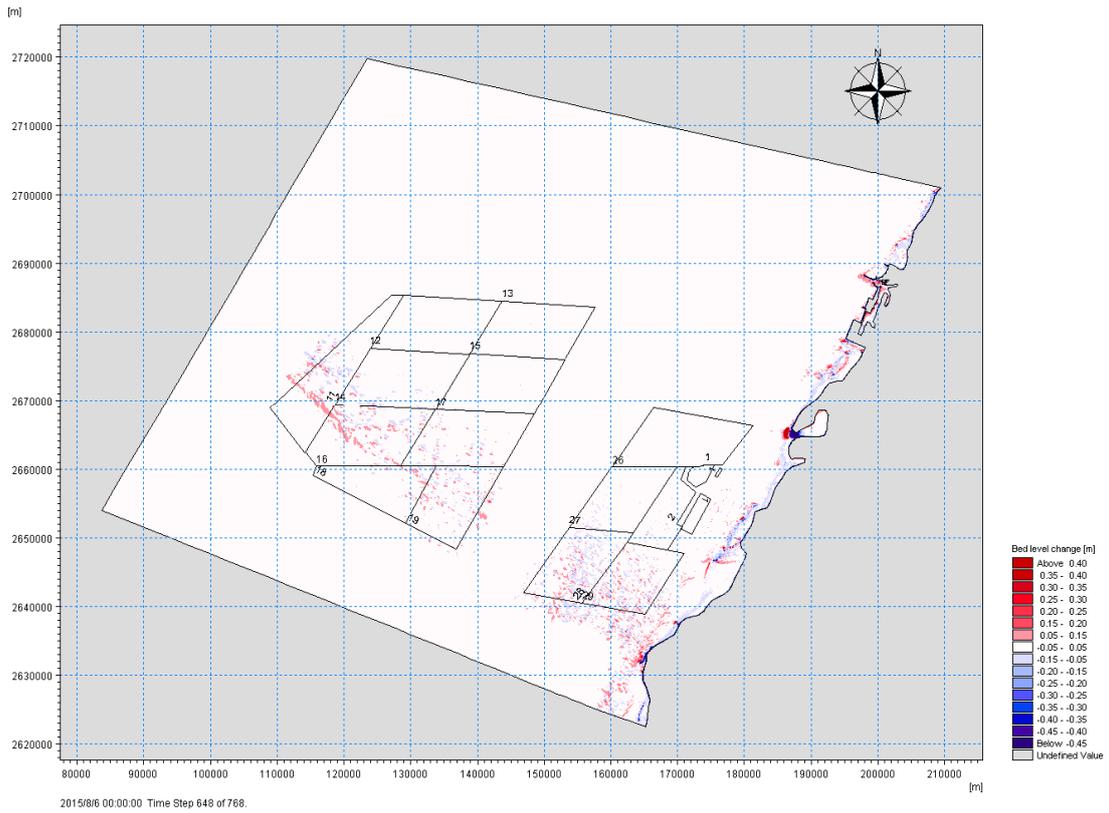


圖 4.17A 離岸風電海域於夏季季風期間地形變化情形

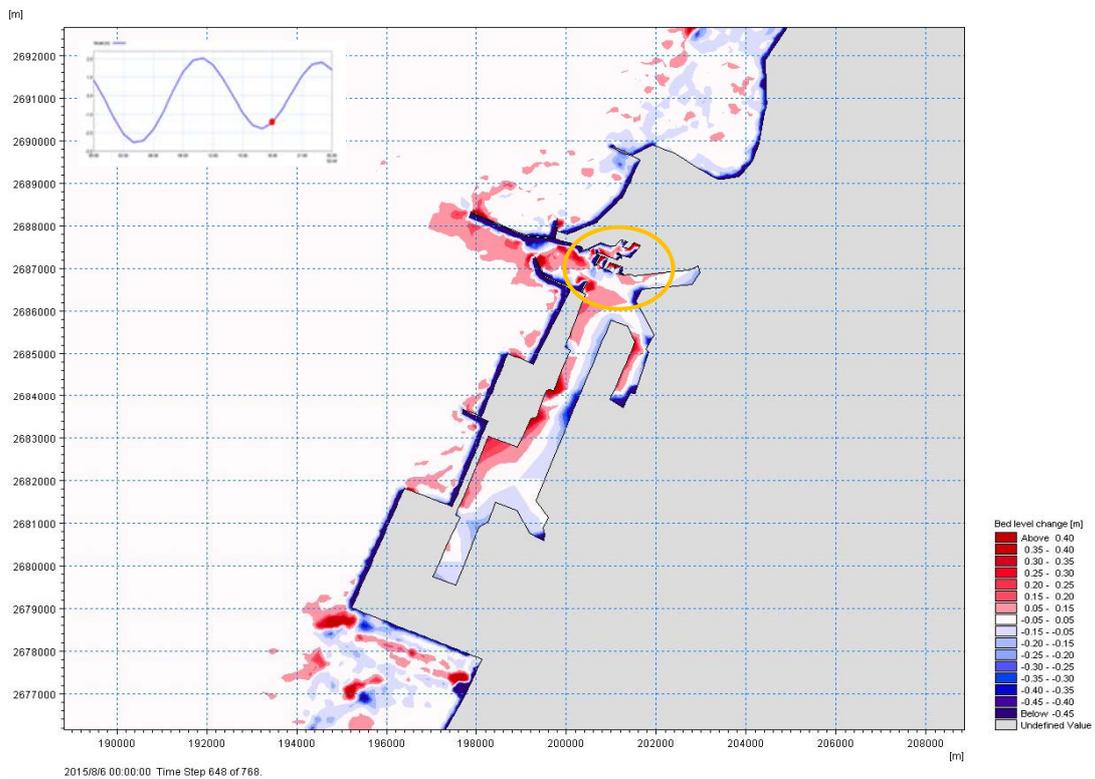


圖 4.17B 離岸風電海域於夏季季風期間地形變化情形(臺中港段)

#### 4.4.3 颱風期間現況水動力、風浪及地形變遷模擬計算成果

選擇近年颱風路徑有穿越臺灣中部之2015年中度蘇迪勒(2015年8月6日~8月11日)作為本節離岸風電海域地形變遷模式模擬颱風期間之計算成果，其在波浪、水動力及地形變遷模擬情形分述如下：

##### 1. 離岸風電海域颱風期間波浪模擬情形：

離岸風電海域地形變遷模式波浪模擬計算成果與臺中(TC)彰化浮標(CH3)等2測站比對結果如圖4.18、圖4.19所示。

由圖4.18可知，離岸風電海域地形變遷模式於颱風期間臺中港示性波高模擬尖峰值雖仍小於實測波高尖峰值，但模擬結果較西北太平洋風浪模式模擬結果更接近觀測示性波高值，至於譜峰週期及波向變化趨勢大致與實測譜峰週期及波向相符。討論臺中港模擬計算成果之誤差分析詳，絕對誤差最小值0.0038m、絕對誤差最大值5.4901m、絕對誤差平均值0.4424m及均方根誤差(RMSE)0.842m，模擬值與實測值相關性達0.7264m，爰模擬示性波高變化趨勢與實測示性波高變化趨勢相近，誤差表如表4-10所示。

由圖4.19可知，離岸風電海域地形變遷模式於颱風期間彰濱浮標示性波高模擬尖峰值雖仍小於實測波高尖峰值，但模擬結果較西北太平洋風浪模式模擬結果高，整體示性波高、譜峰週期及波向變化趨勢大致與實測示性波高、譜峰週期及波向相符。討論彰濱浮標模擬計算成果之誤差分析詳，絕對誤差最小值0.0234m、絕對誤差最大值4.1467m、絕對誤差平均值1.0781m及均方根誤差(RMSE)1.4193m，模擬值與實測值相關性達0.5628m，誤差表如表4-11所示。

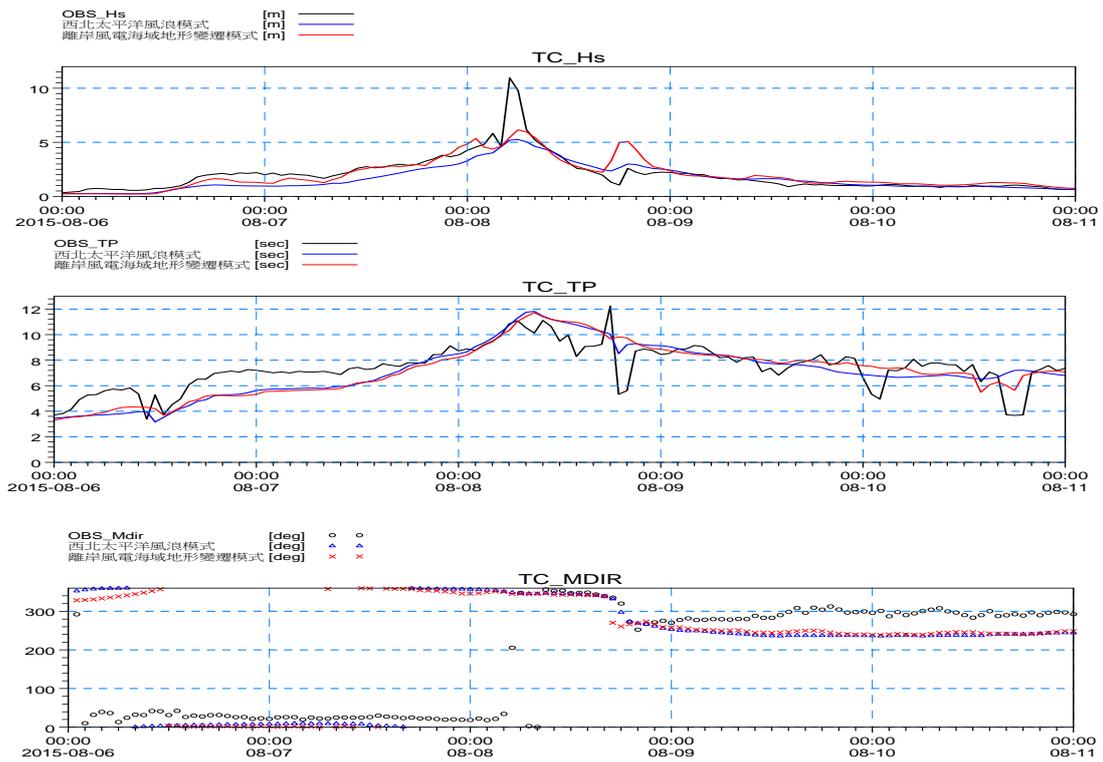


圖 4.18 離岸風電海域地形變遷模式-蘇迪勒期間臺中(TC)波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果

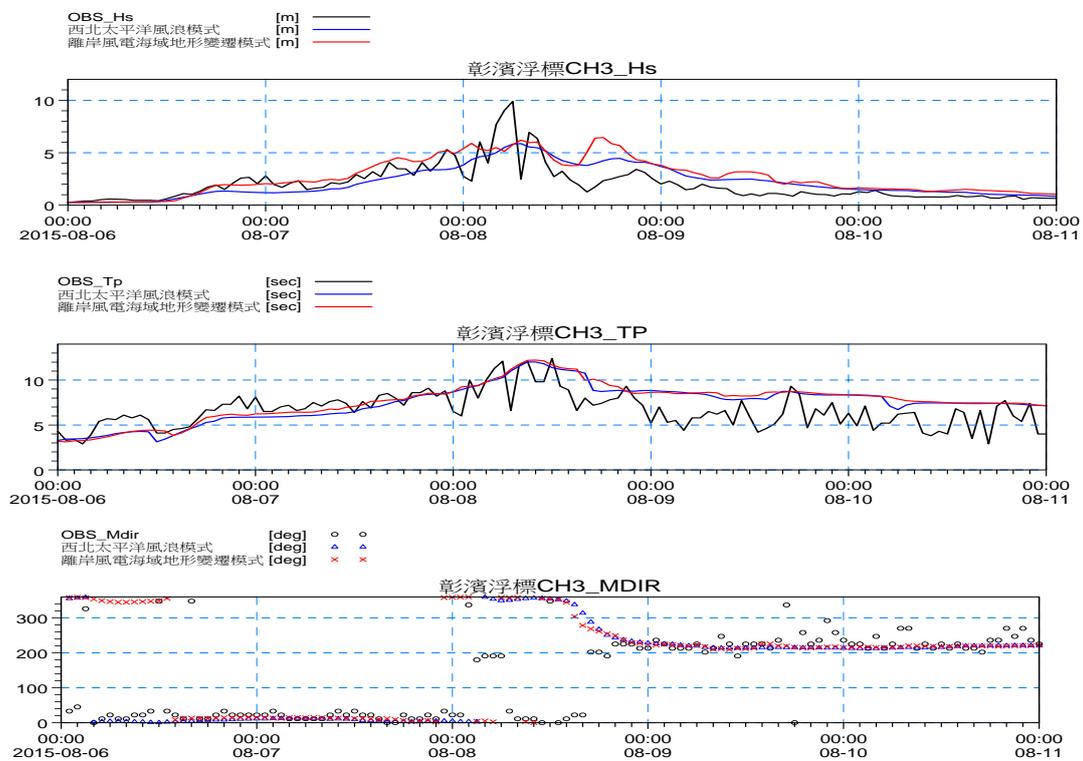


圖 4.19 離岸風電海域地形變遷模式-蘇迪勒期間彰濱浮標(CH3)波浪觀測站示性波高模擬值與觀測值比對結果

表 4-10 離岸風電海域地形變遷模式-颱風期間臺中(TC)觀測站示性波高模擬誤差分析表

季風期間	臺中(TC)-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)	均方根誤差 RMSE(m)	相關性 R <sup>2</sup>
蘇迪勒 2015 8/6~8/11	0.0038	5.4901	0.4424	0.8420	0.7264

表 4-11 離岸風電海域地形變遷模式-颱風期間彰濱浮標(CH3)觀測站示性波高模擬誤差分析表

季風期間	彰濱浮標(CH3) 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)	均方根誤差 RMSE(m)	相關性 R <sup>2</sup>
蘇迪勒 2015 8/6~8/11	0.0234	4.1467	1.0781	1.4193	0.5628

## 2. 離岸風電海域颱風期間水動力模擬情形:

離岸風電海域地形變遷模式於颱風期間水動力模擬計算成果與臺中(TC)測站潮位、流速及流向如圖 4.20 所示。由圖 4.20 中可看出潮位模擬尖峰值較實測潮位尖峰值小，流速模擬值較西北太平洋水動力模式模擬高、但接近實測流速，模擬流向趨勢表現與實測流向變化情形近似。討論離岸風電海域地形變遷模式於颱風期間臺中港潮位模擬結果之誤差分析，其絕對誤差最小值 0.0002m、絕對誤差最大值 1.5835m、絕對誤差平均值 0.4736m、均方根誤差 (RMSE)0.586m，模擬與觀測誤差分析結果相關性( $R^2$ )達 0.8872，爰整體模擬潮位之變化趨勢仍符合觀測值變化情形，誤差分析詳表 4-12 所示，颱風期間模擬流場漲潮、退潮情形如圖 4.21 及圖 4.22 所示。

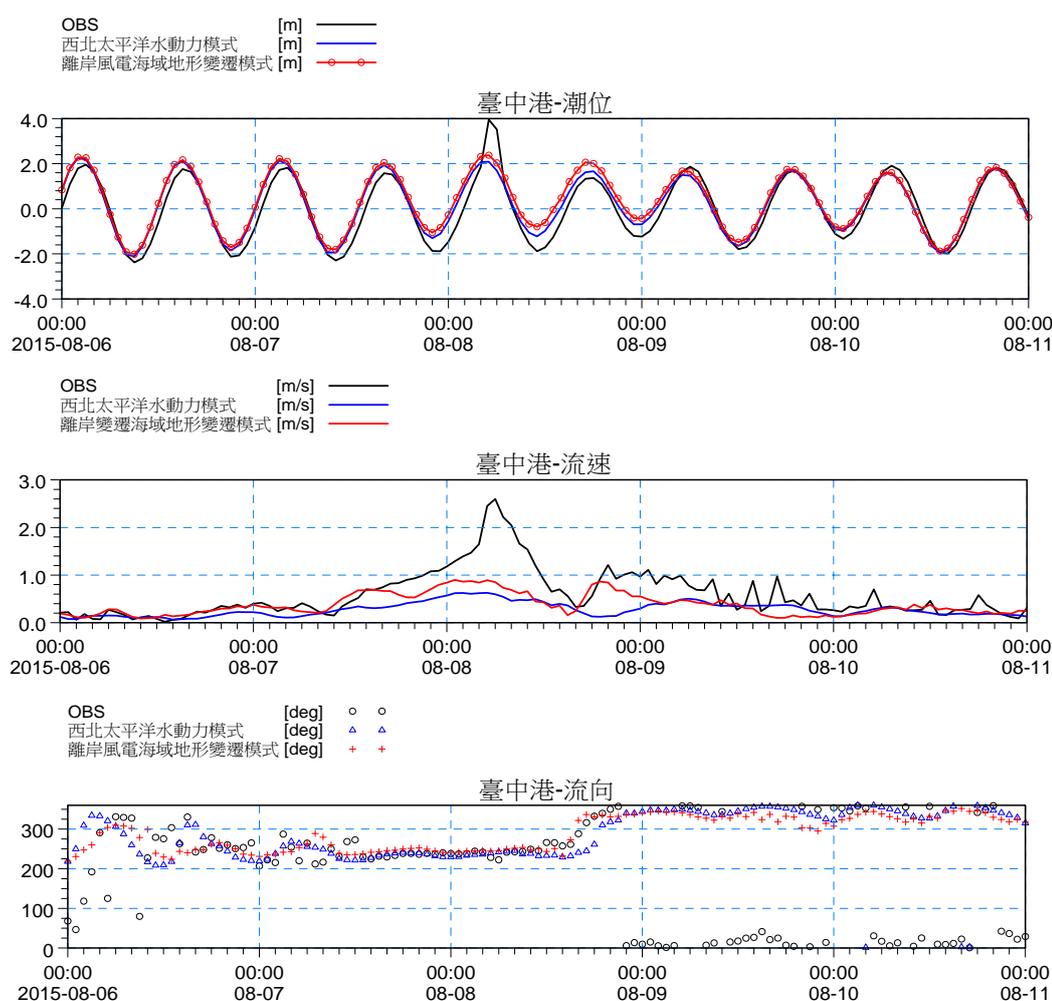


圖 4.20 離岸風電海域地形變遷模式-颱風期間臺中(TC)測站潮位、流速及流向模擬比對結果

表 4-12 離岸風電海域地形變遷模式-颱風期間臺中(TC)觀測站潮位  
模擬誤差分析表

季風 期間	臺中(TC)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)	均方根誤差 RMSE(m)	相關性 R <sup>2</sup>
蘇迪勒 2014 8/6~8/11	0.0002	1.5835	0.4736	0.5860	0.8872

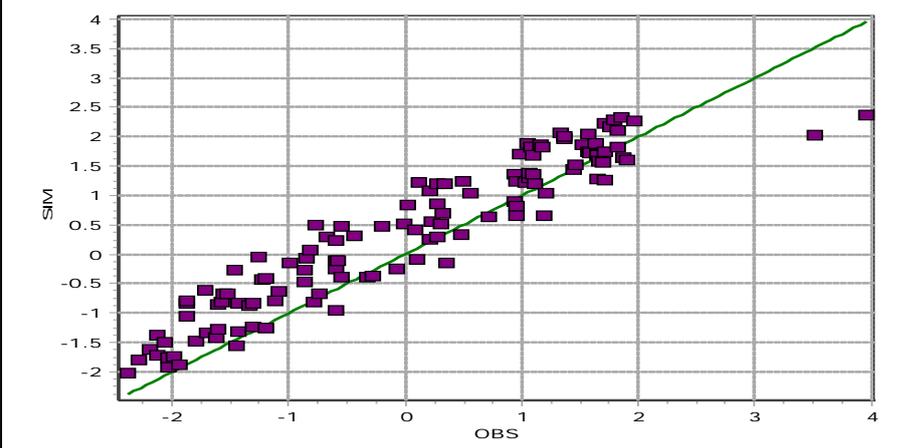
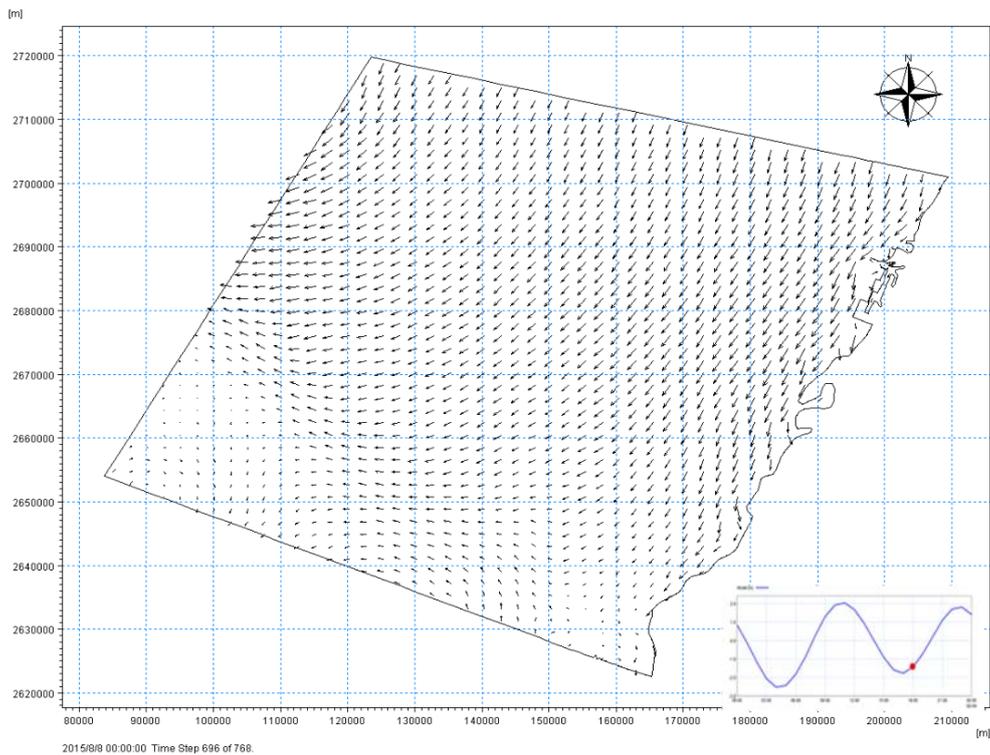



圖 4.21 離岸風電海域地形變遷模式颱風期間模擬流場(漲潮)

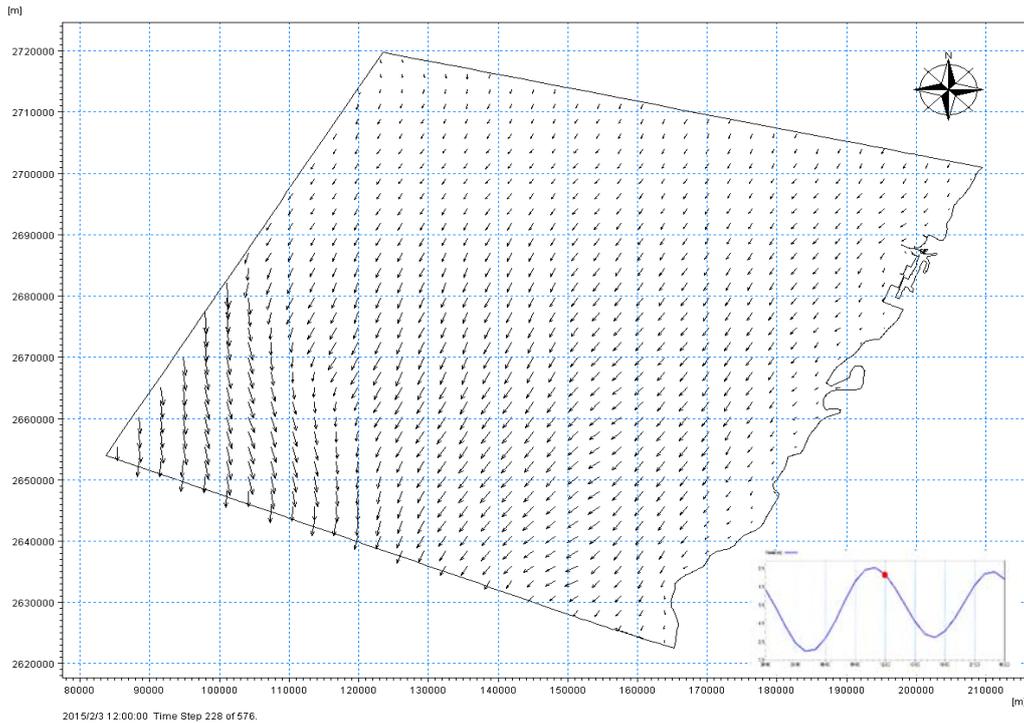


圖 4.22 離岸風電海域地形變遷模式颱風期間模擬流場(退潮)

### 3. 離岸風電海域颱風期間地形變遷模擬情形:

離岸風電海域地形變遷模式，考慮大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪河川流量及輸砂量，經過蘇迪勒颱風期間地形侵淤變化結果如圖 4.23A、圖 4.23B 系列所示。由圖可知，在離岸風電場區域及臺中、彰化沿岸在颱風期間侵淤互現較冬、夏季更為顯著，近岸尤其以海埔新生地、海堤、及港灣構造物附近變動最明顯，整體離岸風電海域平均底床降低 0.0088m，底床最大增加量為 4.56m，發生在臺中港北防波堤堤頭前方區域(堤頭處為淘刷情形);底床最大下降量為 5.75m，發生在梧棲漁港進到臺中港航道處，最大底床變動率、最小底床變動率均發生在臺中港域內束縮段，主要應是受港區構造物影響所致。此時為退潮時間，整體流速由北往南流，大安溪、大甲溪漂沙運動流至北防坡堤處，受構造物阻隔下沉，爰在臺中北防坡堤腳淘刷但在堤頭前方區域仍以呈現淤積情形為主。

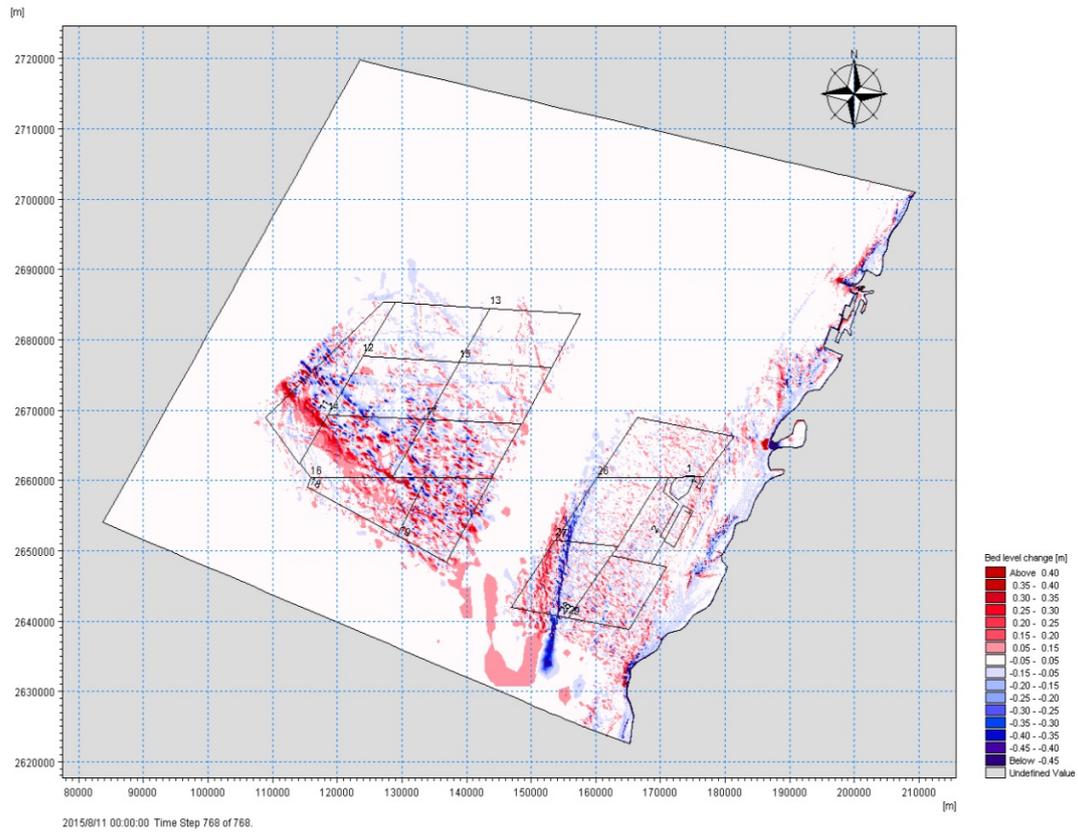


圖 4.23A 離岸風電海域蘇迪勒颱風期間地形變化情形

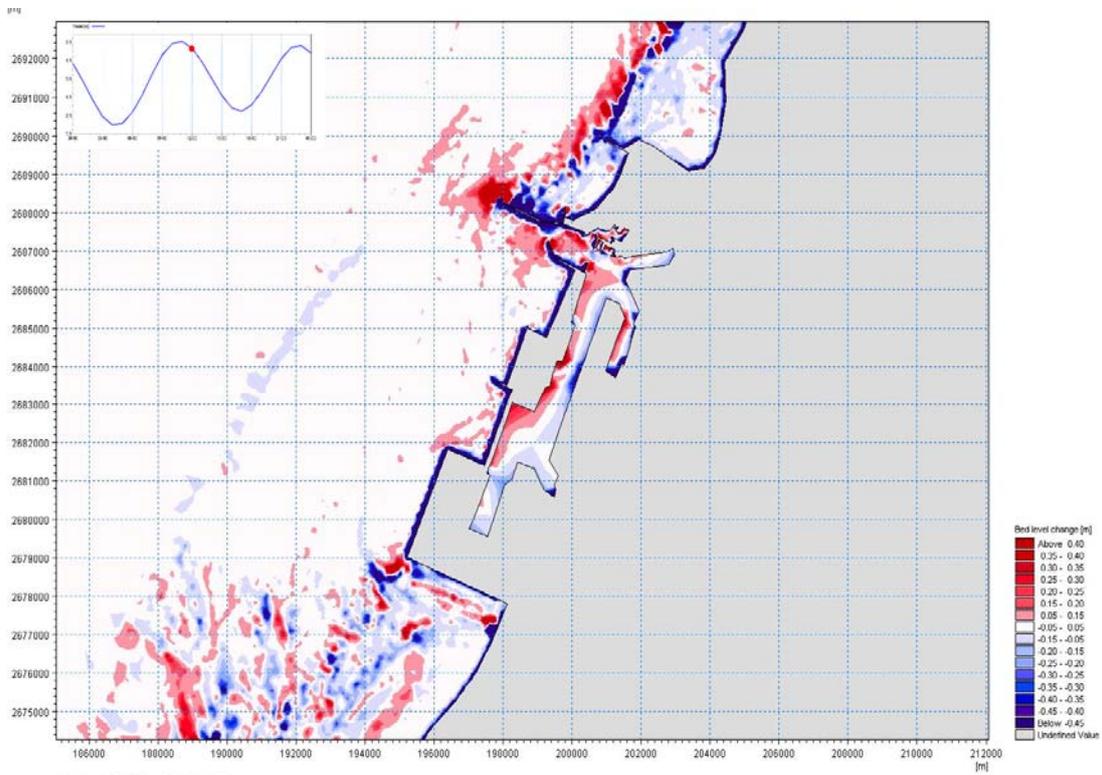


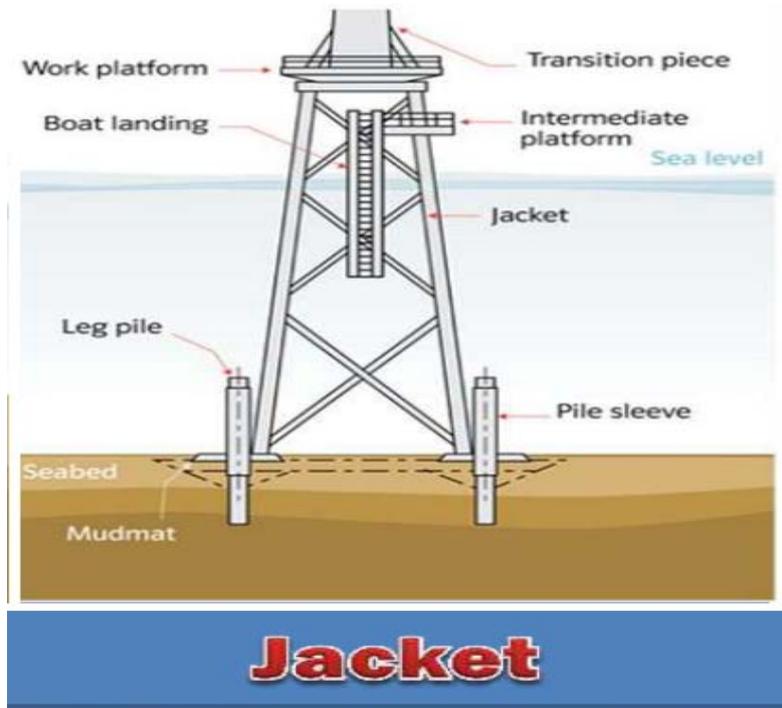
圖 4.23B 離岸風電海域蘇迪勒颱風期間地形變化情形(臺中港段)

#### 4.5 風機群設置後，離岸風電海域地形變遷模擬計算成果

雖然經濟部業於 107 年 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詳如第二章圖 2.1 及圖 2.2 所示，但為能全面性考量風機群樁布設於臺中、彰化海域對區域性海域、近岸及基地母港 (臺中港) 之影響，將位屬臺中、彰化海域之離岸風電場址 (含示範風場)，共計有福海一號、福海二號、台電第一期、西島、海鼎一號 (編號 11)、大彰化西北 (編號 12)、大彰化東北 (編號 13)、大彰化西南 (編號 14)、大彰化東南 (編號 15)、海鼎二號 (編號 16)、海鼎三號 (編號 17)、海龍三號 (編號 18)、海龍二號 (編號 19)、台電第二期 (編號 26)、彰芳 (編號 27)、海峽 (編號 28) 及中能 (編號 29) 等 17 個風場，一併納入本節離岸風電海域地形變遷模式數值模式，模擬 17 個風場設置風機後情境。

經參閱上述 17 個離岸風電場之風力發電計畫環境影響說明書後，為探討風機群樁設置完成後對整體海域環境衝擊及對臺中港域影響性，本計畫離岸風電海域地形變遷模式配置風機群樁數量及位置係取自各離岸風場規劃配置最多風機數方案，至於台電第二期離岸風電場址 (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，機樁形式及數量彙整表如圖 4.24 及表 4-13 所示。爰本章離岸風電海域地形變遷模式共配置 4,152 支風機群樁 (1,038 座風機群)，如圖 4.25 所示，其中圖上白點代表風機群機樁。

本節離岸風電海域地形變遷模式模擬設置 4,152 支風機群樁後於冬季、夏季及颱風期間之波浪、水動力及地形變遷情形，並計算風機群樁設置前、後示性波高、潮位、流速、流向、底床變化差異，並輸出 6 段空間剖面圖，以此評估風機群設置完成後對海域、近岸環境及臺中港影響，輸出空間剖面位置如圖 4.26 所示。



圖片資料來源:離岸風場基礎設計關鍵技術之探討, 2016

圖 4.24 本計畫數值模式模擬離岸風場機樁形式示意圖 1038

表 4-13 17 個離岸風場機樁數量彙整表

項次	風場名稱	風場編號	模擬風機數(座)	機樁數量(支)
1	福海一號	示範場址	2	8
2	福海二號	示範場址	15	60
3	台電第一期	示範場址	30	120
4	西島	非屬潛力場址	53	212
5	海鼎一號	11	68	272
6	大彰化西北	12	74	296
7	大彰化東北	13	71	284
8	大彰化西南	14	80	320
9	大彰化東南	15	76	304
10	海鼎二號	16	82	328
11	海鼎三號	17	78	312
12	海龍三號	18	77	308
13	海龍二號	19	63	252
14	台電第二期	26	50	200
15	彰芳	27	72	288
16	海峽	28	75	300
17	中能	29	72	288
合計			1,038	4,152

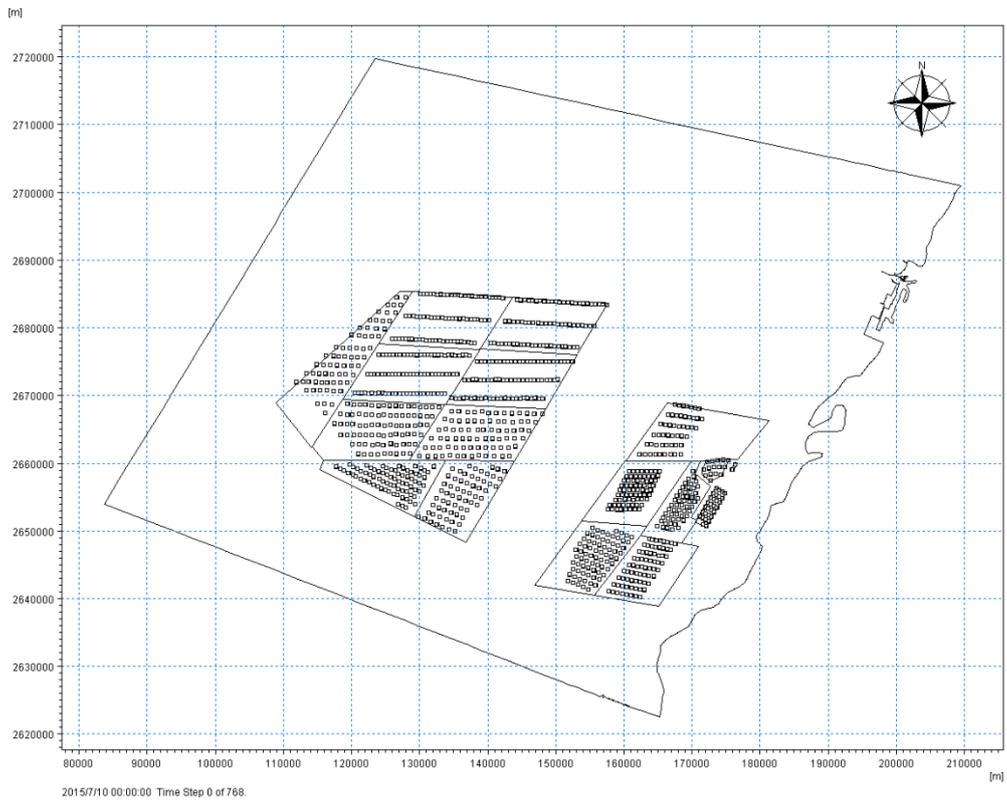


圖 4.25 離岸風電海域地形變遷模式內 17 個離岸風電場址及風機群  
基樁位置示意圖

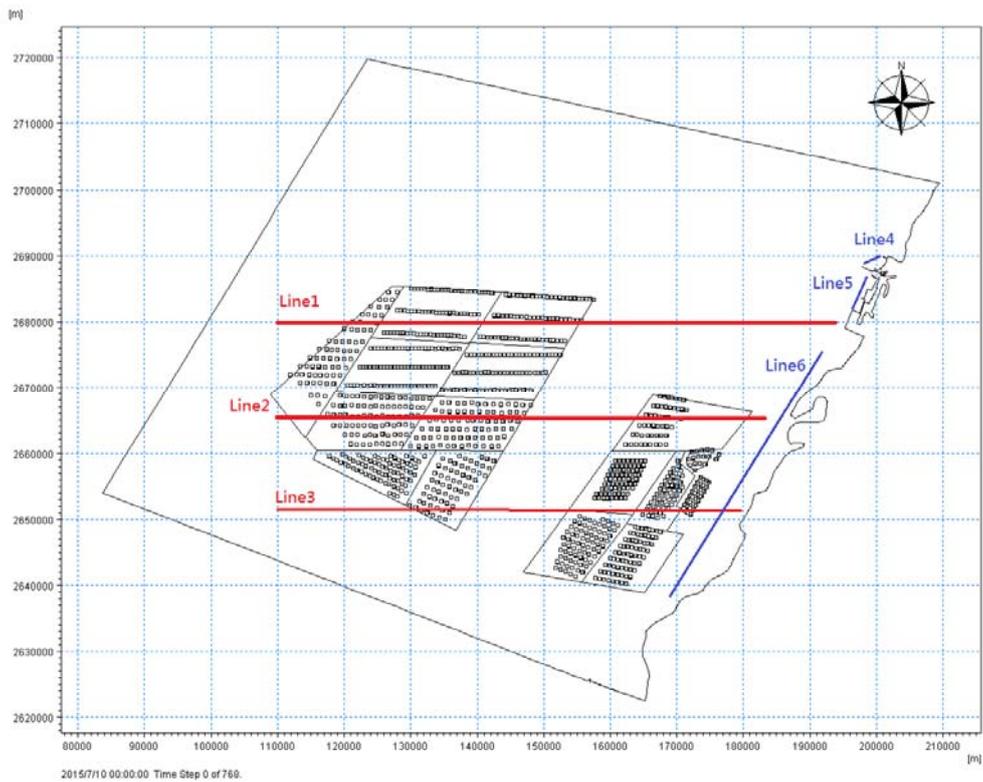


圖 4.26 離岸風電海域地形變遷模式輸出 6 剖面位置示意圖

#### 4.5.1 風機群設置後，冬季季風期間波浪、水動力及地形變遷模擬計算成果

離岸風電海域地形變遷模式模擬設置風機群樁後於冬季期間(2015年1月28日~2月17日)計算成果，其波浪、水動力及地形變遷模擬情形分述如下：

##### 1. 風機群設置後，離岸風電海域冬季期間波浪模擬情形：

模擬 17 個離岸風電場址風機群設置後，臺中港波浪運動模擬情形如圖 4.27，離岸風電海域整體波高改變情形如圖 4.28 及 6 空間剖面波浪運動情形如圖 4.29 所示。

由圖 4.27，臺中港示性波高、譜峰週期及波向與風機群設置前之現況模擬結果相似，幾乎無差異。計算風機群設置後之示性波高平面空間改變情形，波高最大下降量為 0.297m，波高最大增加量為 0.046m 整體海域平均改變情形為下降 0.01 m，且由圖 4.28、圖 4.29 可知，波浪僅於風機群周圍發生改變(略降)但不明顯，波高傳遞至臺中港域時改變量接近 0 m，表示 17 個離岸風電場址全部風機群設置完成後對整體海域影響範圍有限。

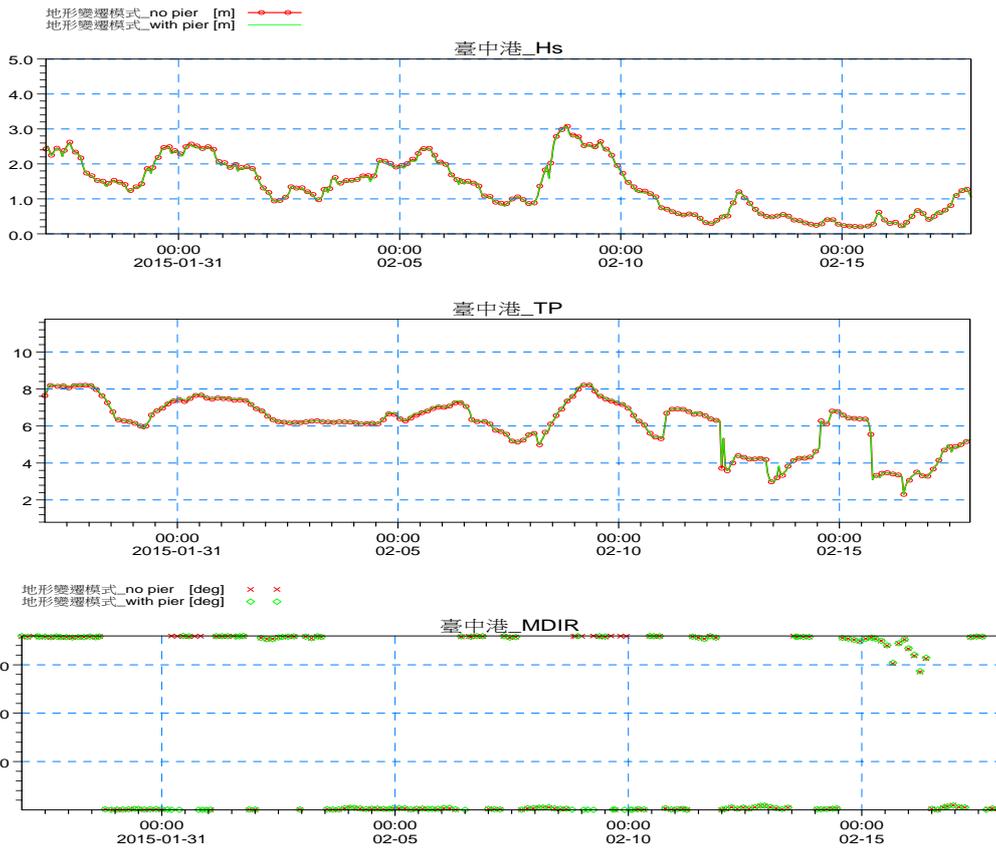


圖 4.27 冬季季風期間，臺中(TC)風機群設置前、後波浪模擬比對結果

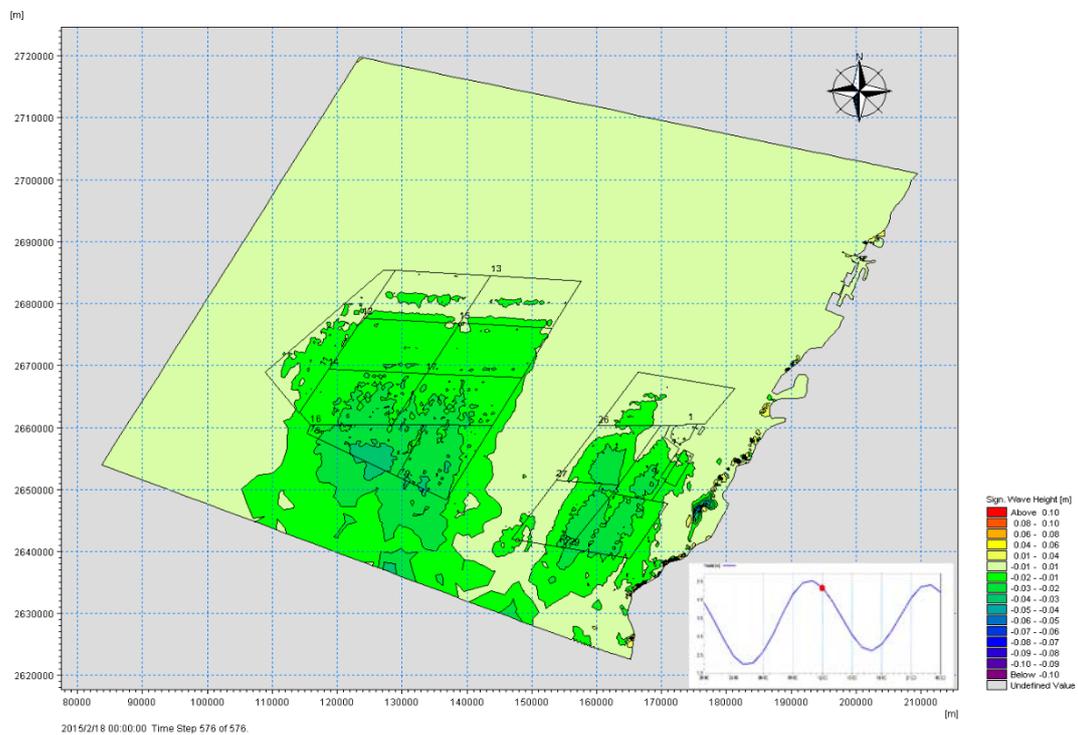
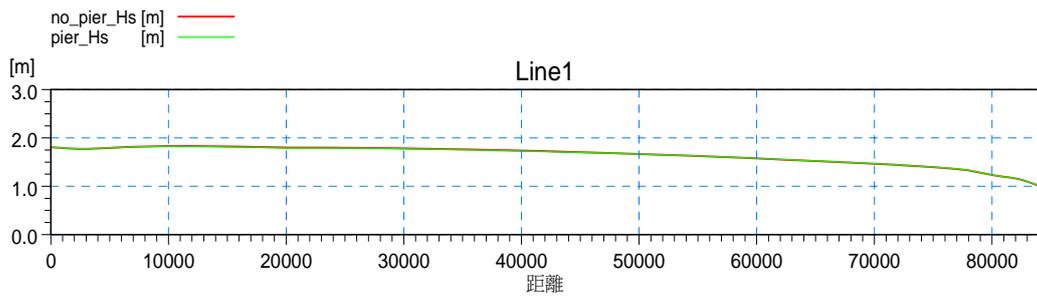
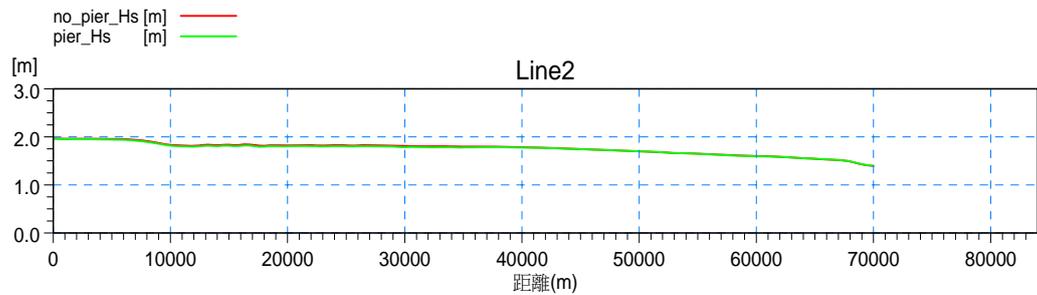


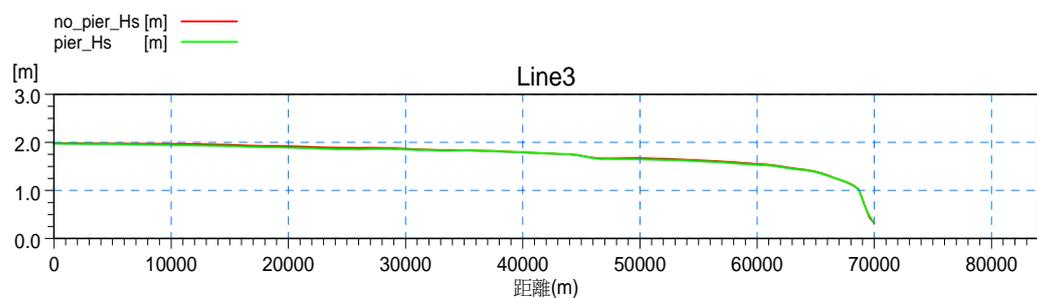
圖 4.28 冬季季風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後示性波高平面空間改變情形



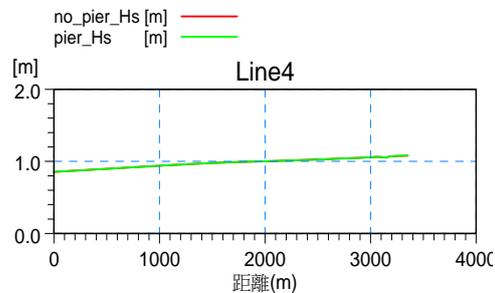
2015/2/18 00:00:00



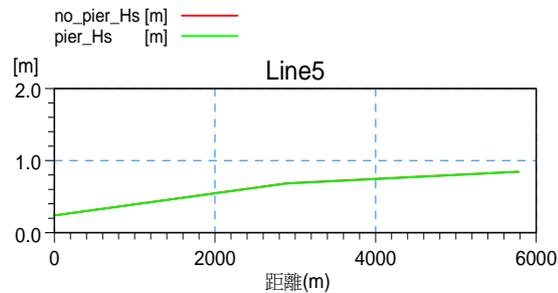
2015/2/18 00:00:00



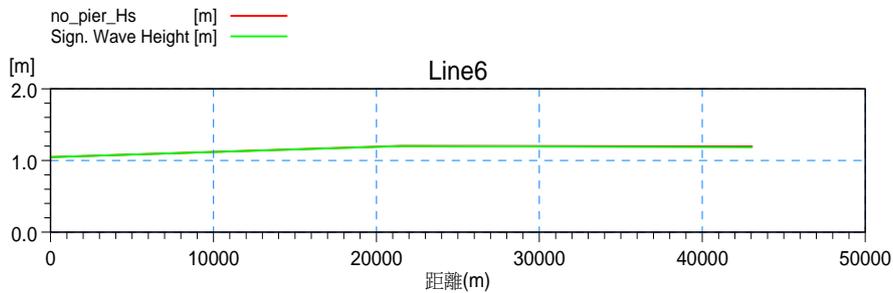
2015/2/18 00:00:00



2015/2/18 00:00:00



2015/2/18 00:00:00



2015/2/18 00:00:00

圖 4.29 冬季季風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後之 6 剖面  
波浪空間運動情形

## 2. 風機群設置後，離岸風電海域冬季期間水動力模擬情形：

17 個離岸風電場址風機群設置後，水動力於冬季季風期間模擬情形，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)、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 4.30~圖 4.37 所示。

由上述系列圖中可看出冬季季風期間滿潮時，越往外海潮流越有明顯往離岸方向流動傾向，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 0.5m/s 以下。當退潮時流場整體由東北向西南流動，流速分布多在 1m/s 以下。當低潮位時，雖然整體由東北向西南流動，流速分布多在 0.25m/s 以下，但在第 18 號場址以南處流場轉向由西北向東南流。當漲潮時流場呈現由南往北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 1m/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，得出離岸風電海域在漲潮、退潮、低潮、滿潮時之流速差異分布圖，如圖 4.38~圖 4.41 所示，從圖中可看出，設置風機群後，流速在滿潮及漲潮時雖在風電場址區域有增加，尤其經過風機群樁時更有局部增長情形，但離開風電場址區域外則流速減緩，使得流速在離岸風場間之航道會降低；退潮時，流速在風電場址區域降低且較不穩定，但周遭(場址外)流速有回升現象，因退潮時流速由北向南流，在通過多處離岸風電場址後，流速呈現降低趨勢；低潮時，流速在風電場址區域降低但較退潮時穩定，周遭(場址外)流速有回升現象，使得流速在離岸風場間之航道會增加，因低潮時流速由東北向西南流，在 18 號場址轉為西北向東南流，爰流速在經過 17 處風電場址後，呈現流速降低趨勢，但流速與風機群設置前的差異變動大小大致於 0.015m/s 範圍內。

另外針對研究範圍海域內取臺中港(TC)位置之潮位、流速與流向，與現況條件(風機設置前)比較查看是否有所差異，臺中港之模擬結果如圖 4.42 所示，由此模擬結果可看出風機群設置後對臺中港之潮位、流速及流向無明顯影響。

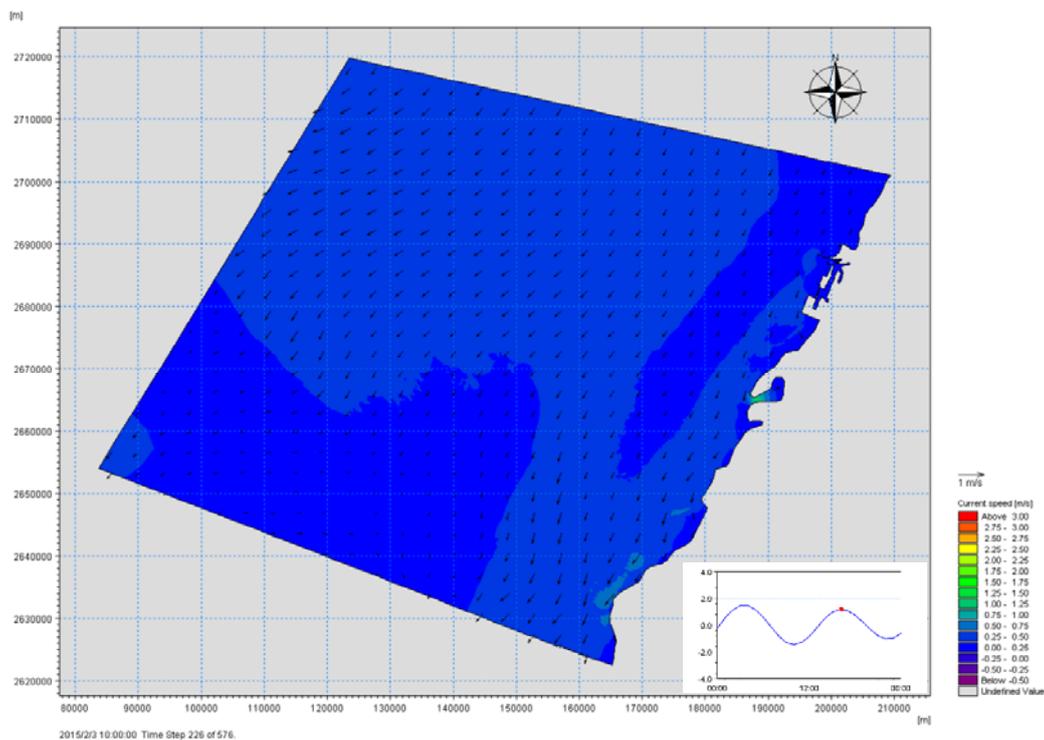


圖 4.30 冬季季風期間風機群設置前模擬流場(滿潮)

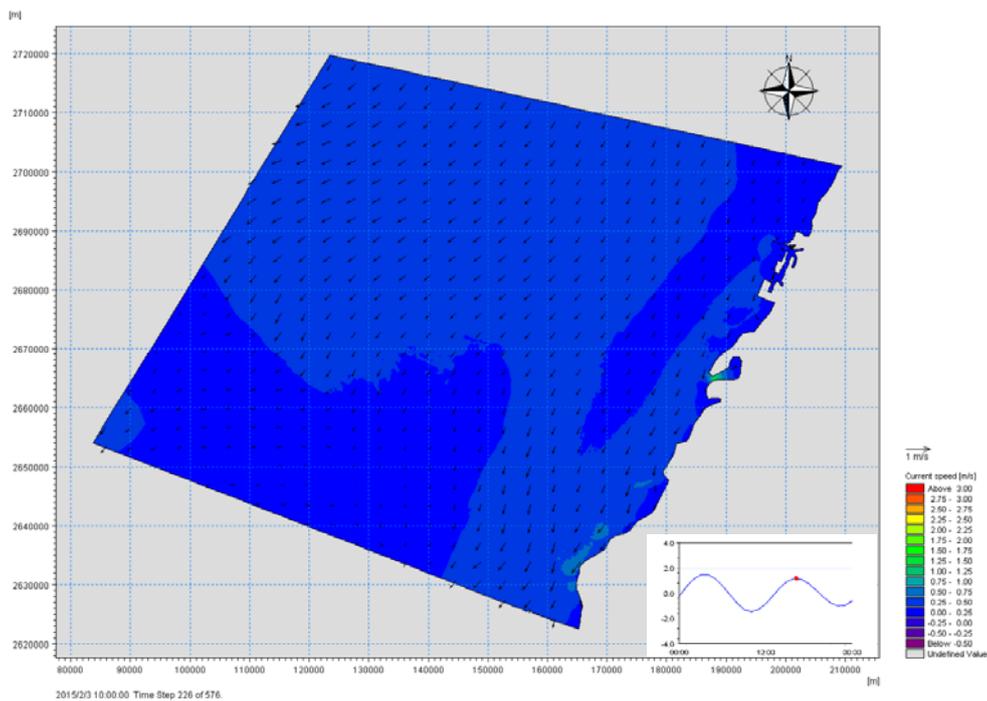


圖 4.31 冬季季風期間風機群設置後模擬流場(滿潮)

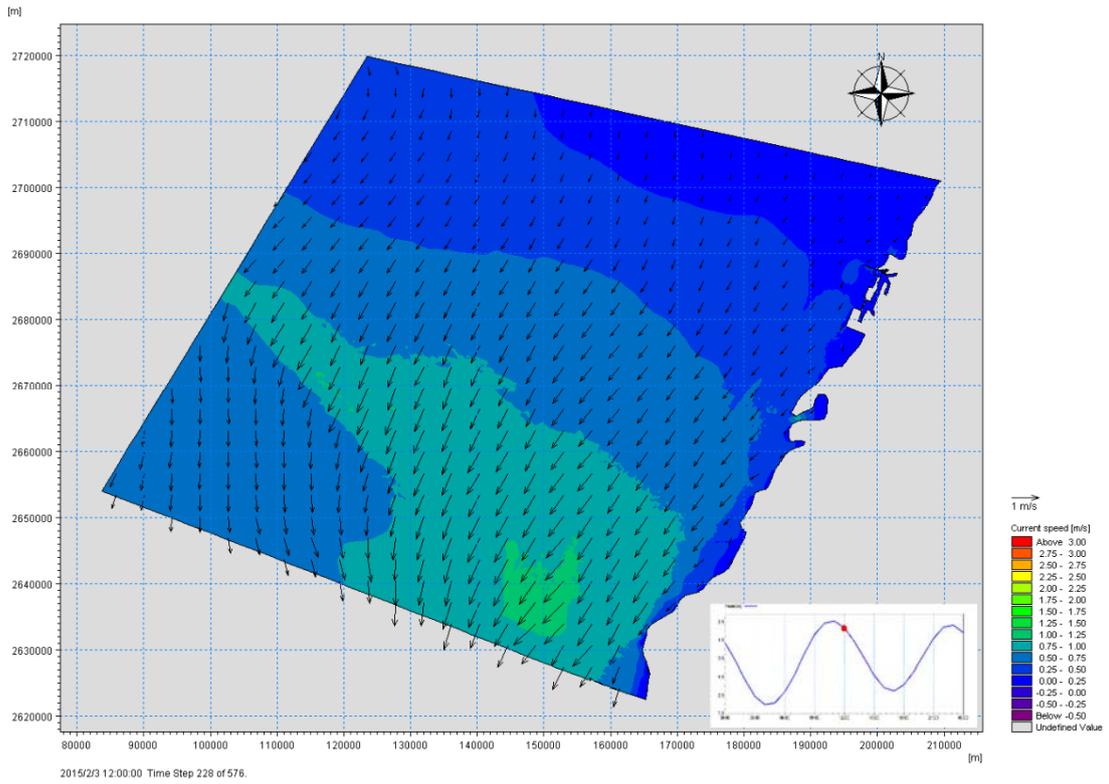


圖 4.32 冬季季風期間風機群設置前模擬流場(退潮)

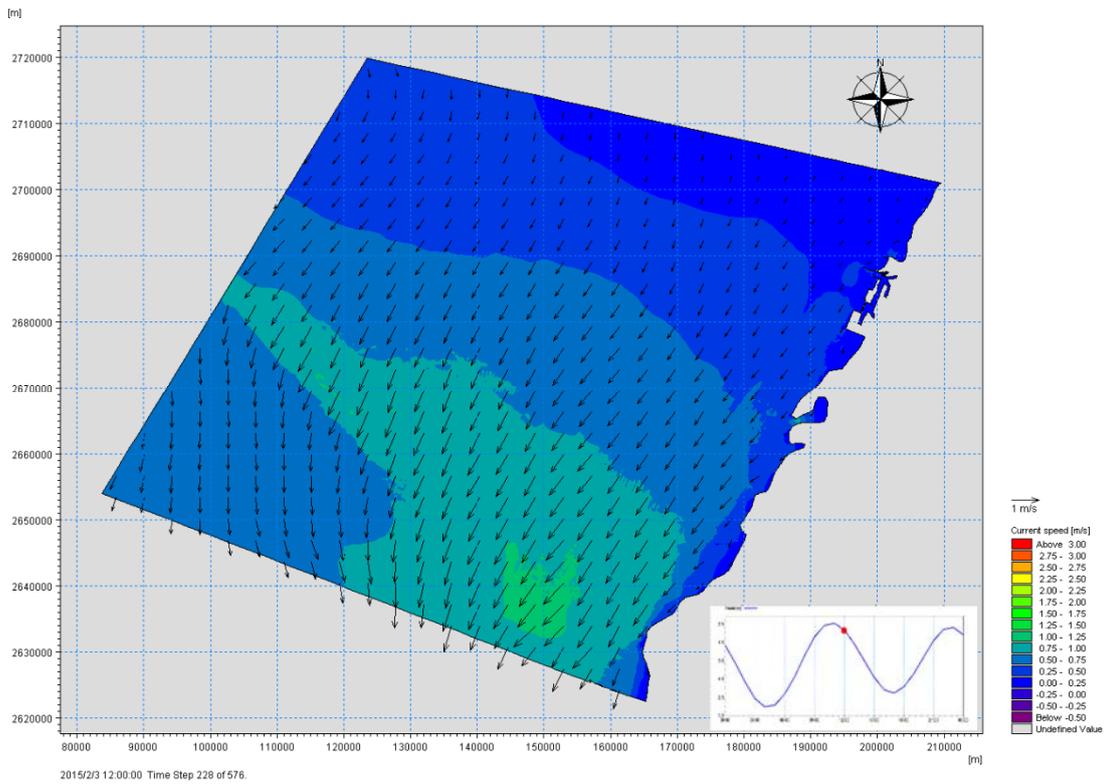


圖 4.33 冬季季風期間風機群設置後模擬流場(退潮)

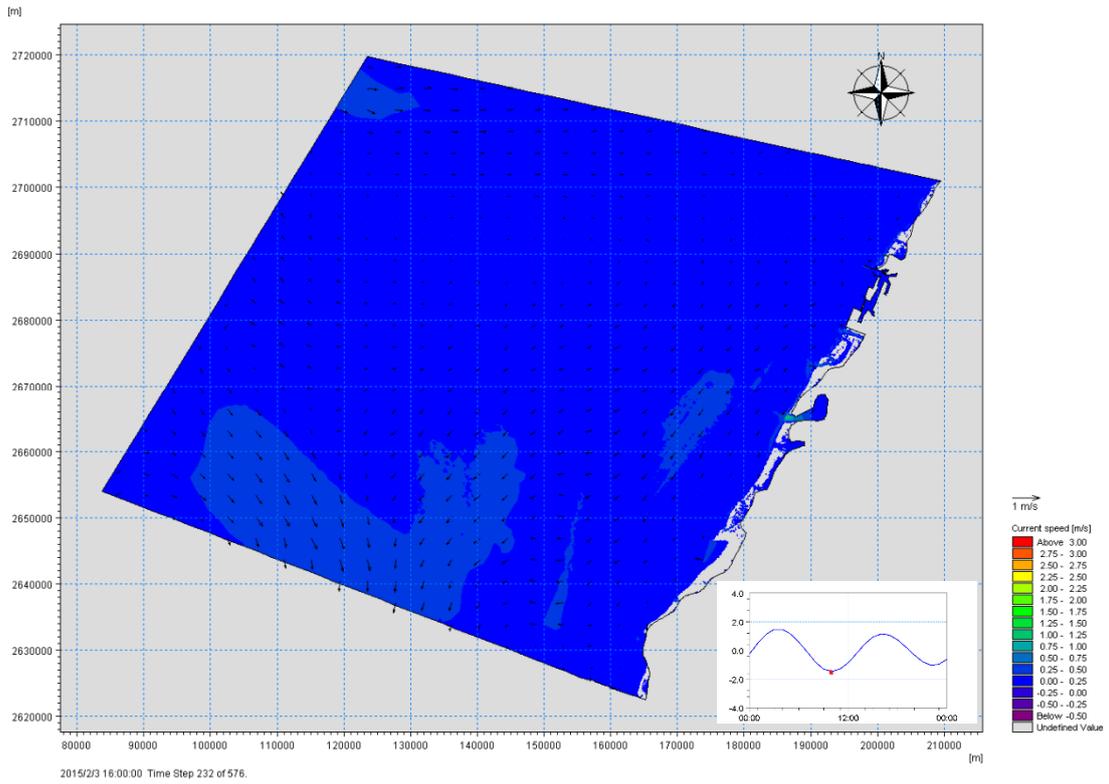


圖 4.34 冬季季風期間風機群設置前模擬流場(低潮)

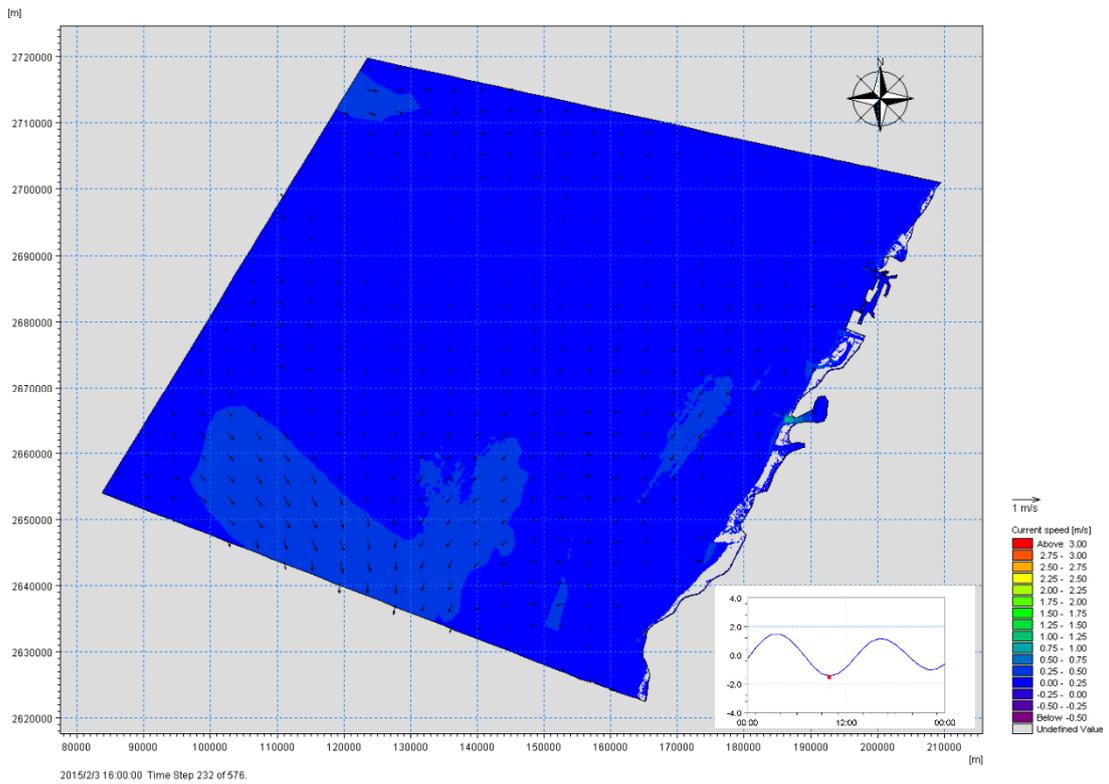


圖 4.35 冬季季風期間風機群設置後模擬流場(低潮)

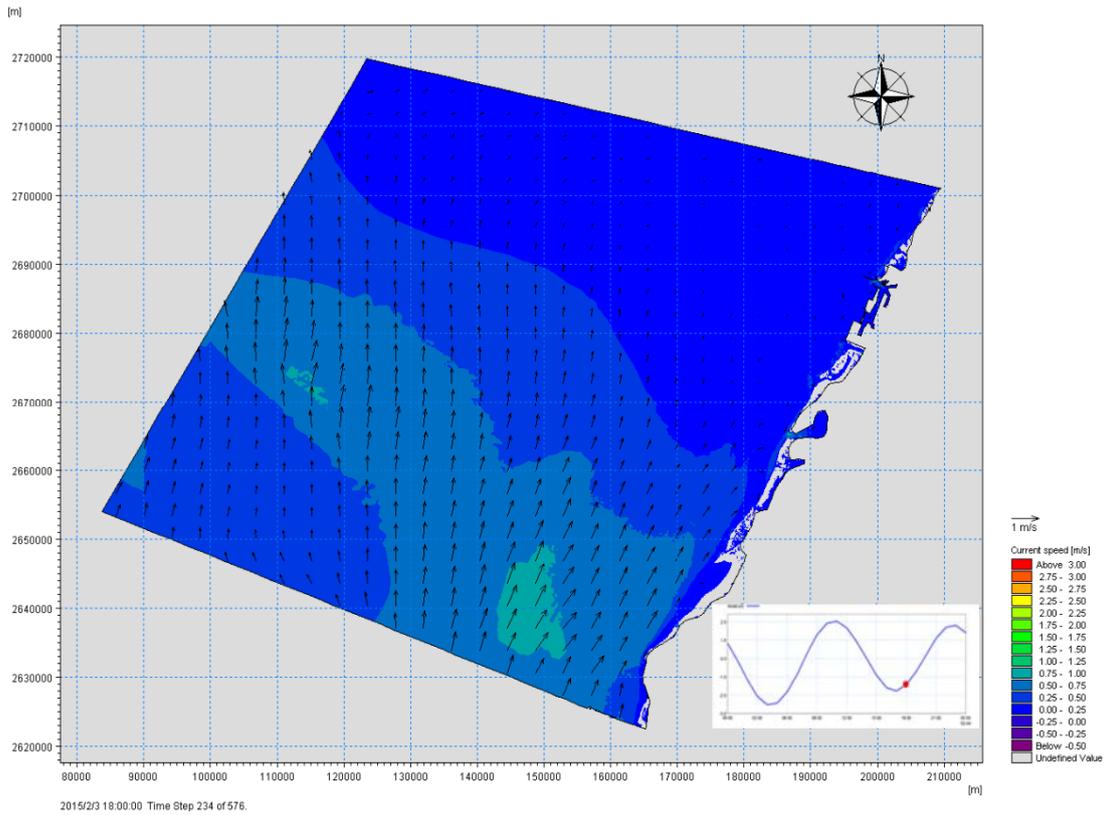


圖 4.36 冬季季風期間風機群設置前模擬流場(漲潮)

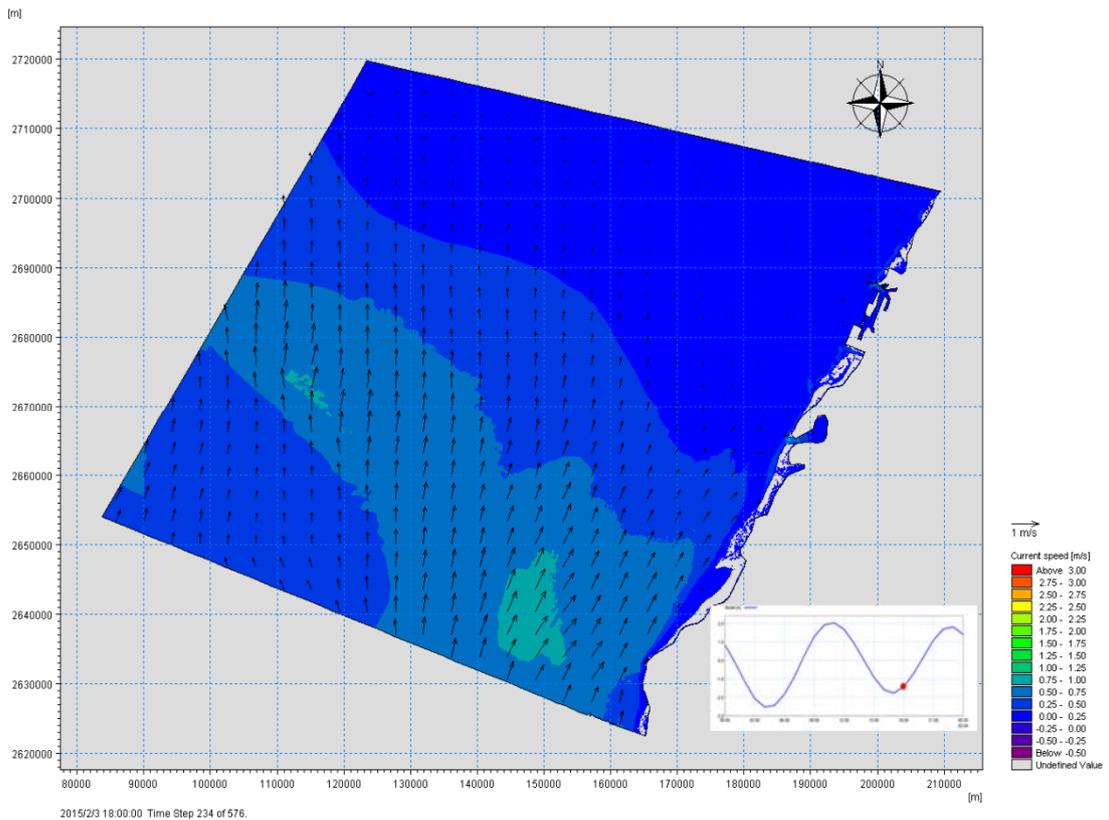


圖 4.37 冬季季風期間風機群設置後模擬流場(漲潮)

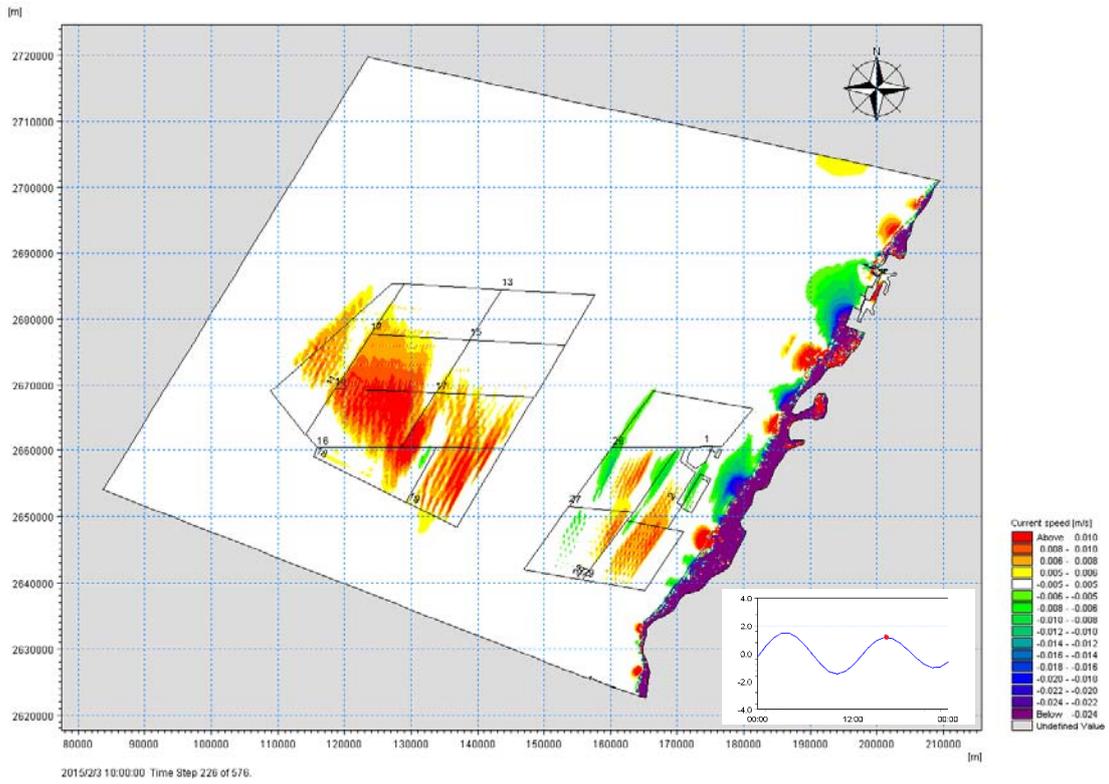


圖 4.38 冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(滿潮)

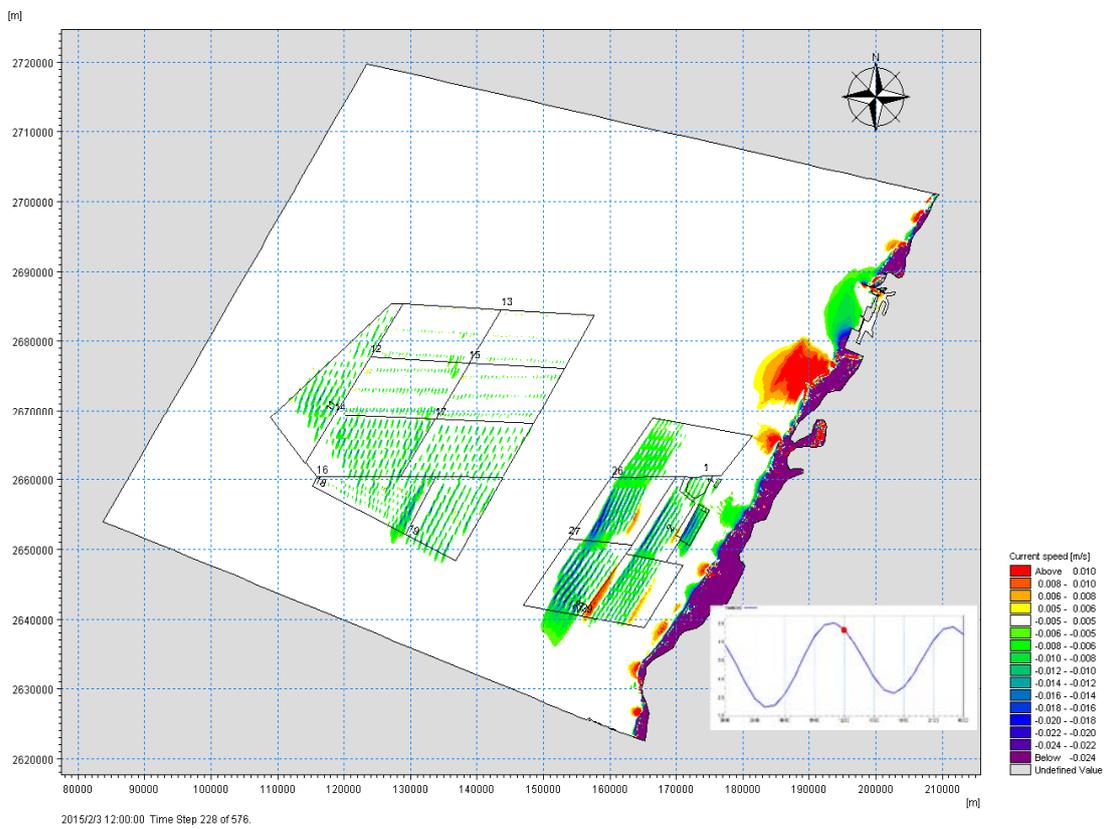


圖 4.39 冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(退潮)

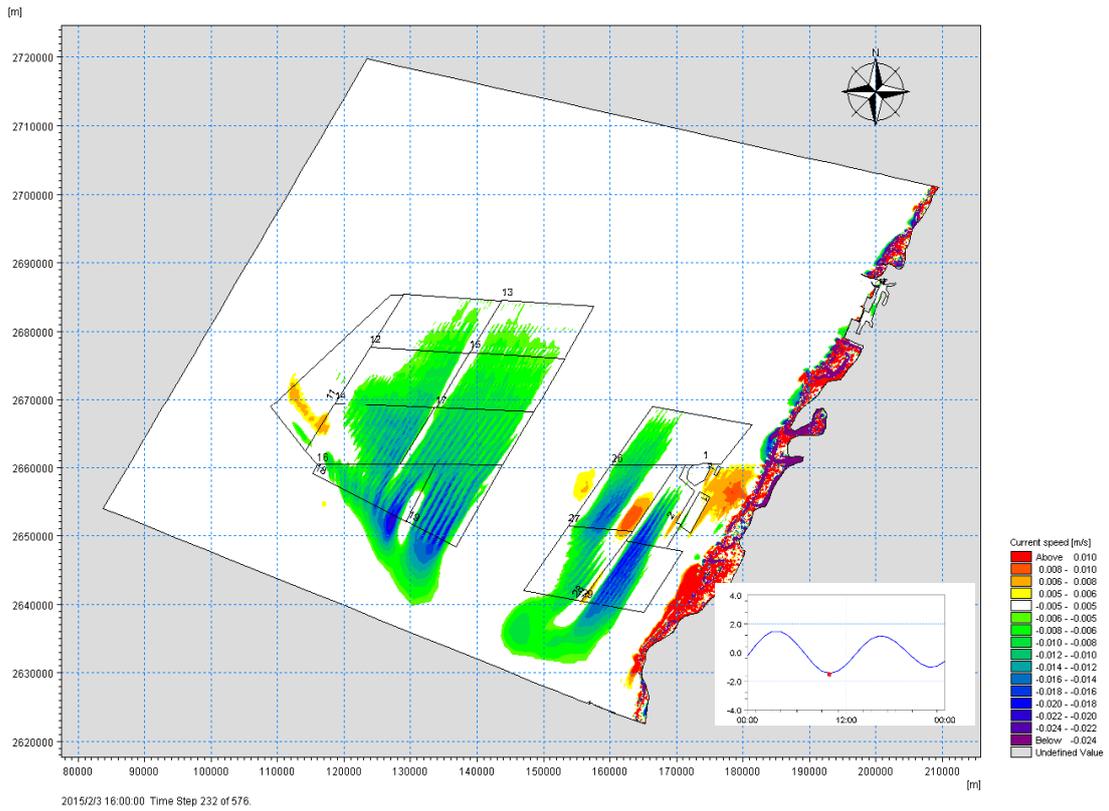


圖 4.40 冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(低潮)

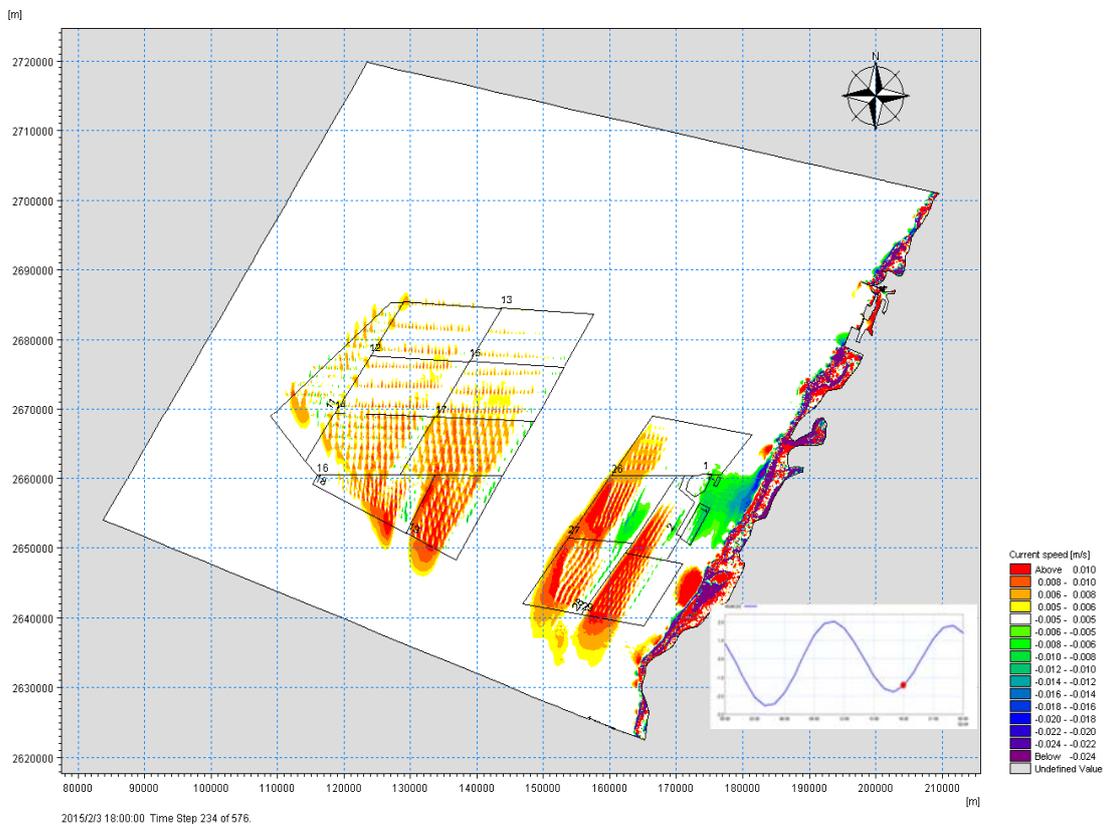


圖 4.41 冬季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(漲潮)

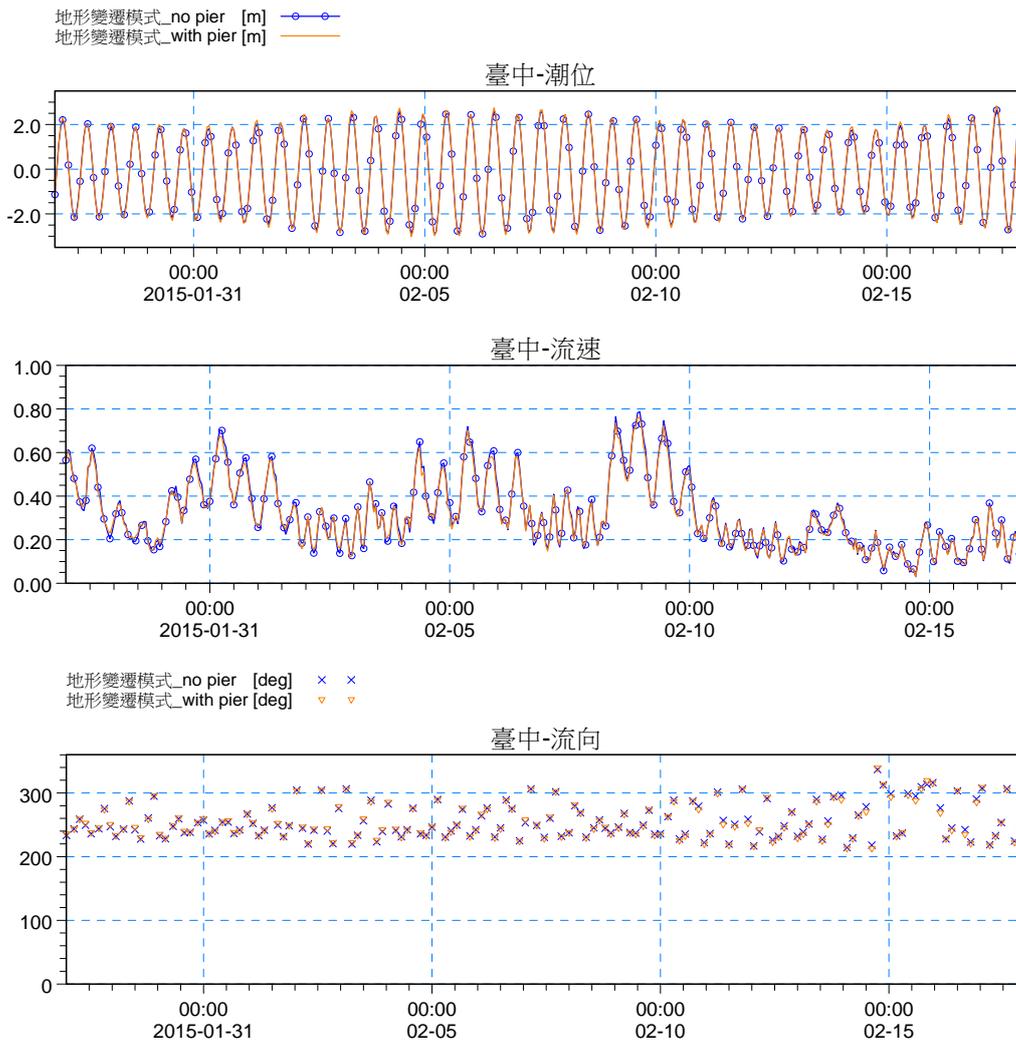


圖 4.42 冬季季風期間風機群設置後臺中港站潮、流模擬比較

### 3. 風機群設置後，離岸風電海域冬季期間地形變遷模擬情形

設置風機群後，考慮大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪河川年平均流量及輸沙量，於冬季期間地形侵淤變化結果如圖 4.43 所示，整體離岸風電海域平均底床變化增加 0.0009m，此平均底床變化數值計算結果皆在量測精度範圍外，在物理意義上已無實際影響差異，其中主要侵淤差異情形發生在臺中、彰化沿岸區域，底床淤積最大量為 9.07m、底床侵蝕最大量為 9.4m。

查看模式 6 剖面底床變化情形如圖 4.44，設置風機群樁後，離岸風電場址區域底床大致無變化，僅在靠近彰化王功沿岸(Line3)有增加侵蝕，亦有增加淤積之情形，在臺中北防沙堤至北防波堤間 (Line4)，近北防沙堤區域底床呈現設置風機群樁後會增加淤積情形，

彰化沿岸(烏溪至濁水溪間,Line6)則是近烏溪出海口附近及近濁水溪出海口附近之底床有增加淤積情形。

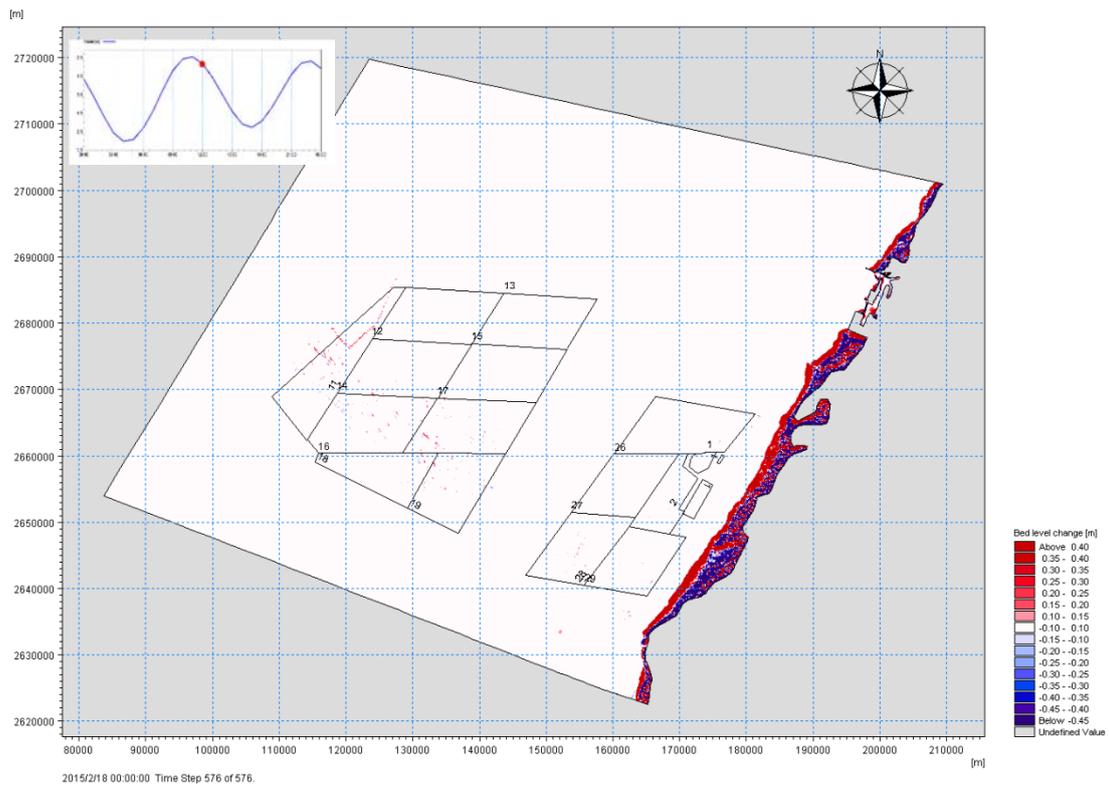


圖 4.43 風機群設置前後，冬季季風期間地形變化情形

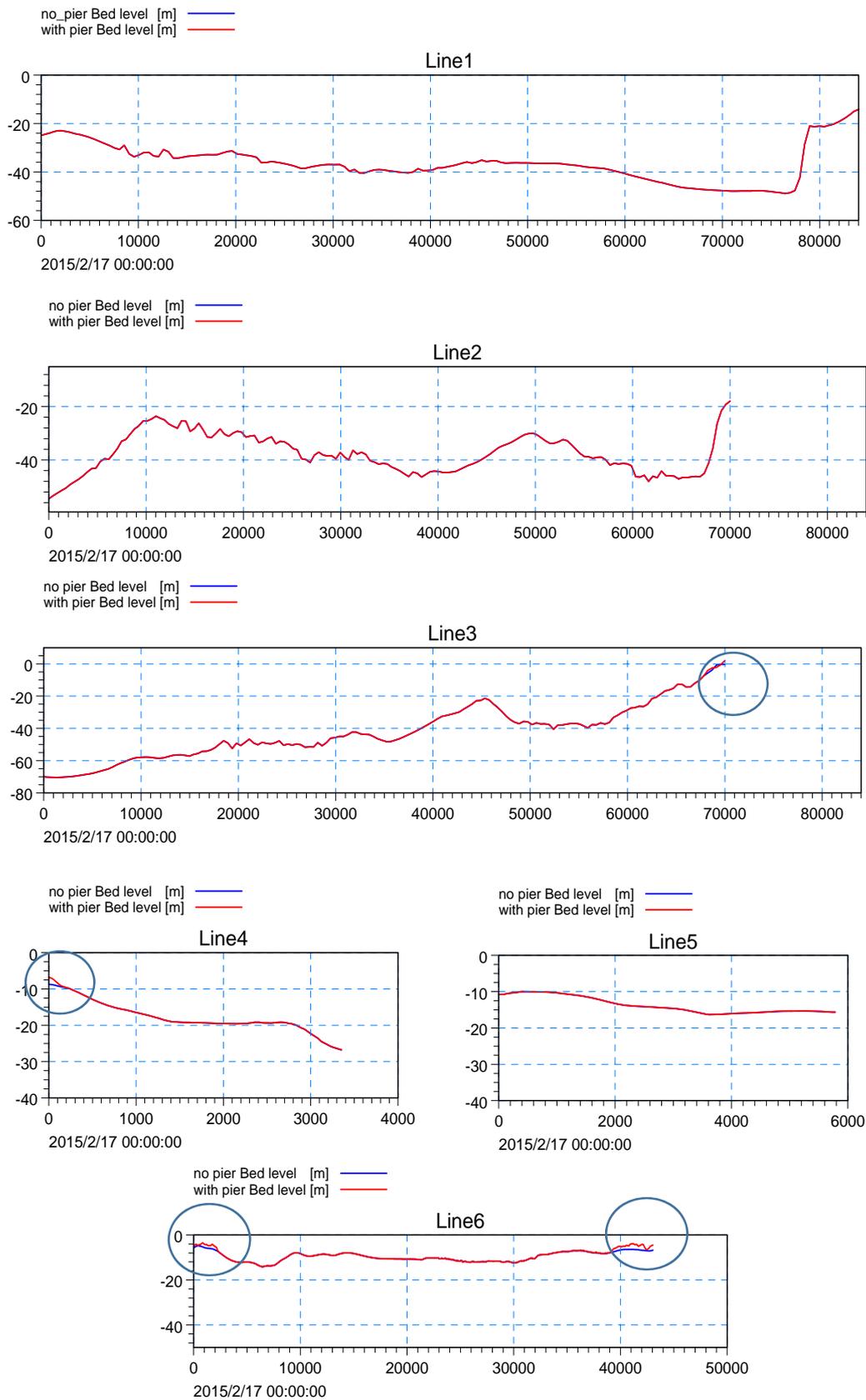


圖 4.44 冬季季風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後之 6 剖面  
底床變化情形

#### 4.5.2 風機群設置後，夏季季風期間波浪、水動力及地形變遷模擬計算成果

17個離岸風電場址風機群設置後，於夏季期間(2015年7月15日~8月6日)計算成果，其在波浪、水動力及地形變遷模擬情形分述如下：

##### 1. 風機群設置後，離岸風電海域夏季期間波浪模擬情形：

17個離岸風電場址風機群設置後，臺中港及彰濱浮標波浪運動模擬情形如圖 4.42、圖 4.43 所示，離岸風電海域整體波高改變情形如圖 4.44 及 6 空間剖面波浪運動情形如圖 4.45 所示。

由圖 4.42、圖 4.43 所示，臺中港及彰濱浮標示性波高、譜峰週期及波向與風機群設置前之現況模擬結果相似，幾乎無差異；由圖 4.44，計算風機群設置後之示性波高改變情形，波高最大下降量為 0.0185m，波高最大增加量為 0.0733m 整體海域平均改變情形為下降 0.006 m；由圖 4.45，離岸風電場址 3 剖面(Line1~Line3)波浪運動情形，顯示設置風機群後，風電場址區域之示性波高模擬較未設置風機前(現況)低；由臺中港北防沙堤至北防波堤間(Line4)、北防波堤至工業專區 II 間(即預定興建外擴堤區域，Line5)之波浪空間運動情形，可知波高傳遞至臺中港域時，幾乎已接近現況、改變量近乎 0m，彰化沿岸(Lin6)因鄰近風電場址，設置風機群後波浪運動情形微幅下降，但仍與現況模擬近似。爰設置風機群後，波浪經過風機群時，波高雖會呈現降低傾向但僅局部變化，通過風機群後即逐漸回復，表示 17 個離岸風電場址全部風機群設置完成後對整體海域影響範圍有限。

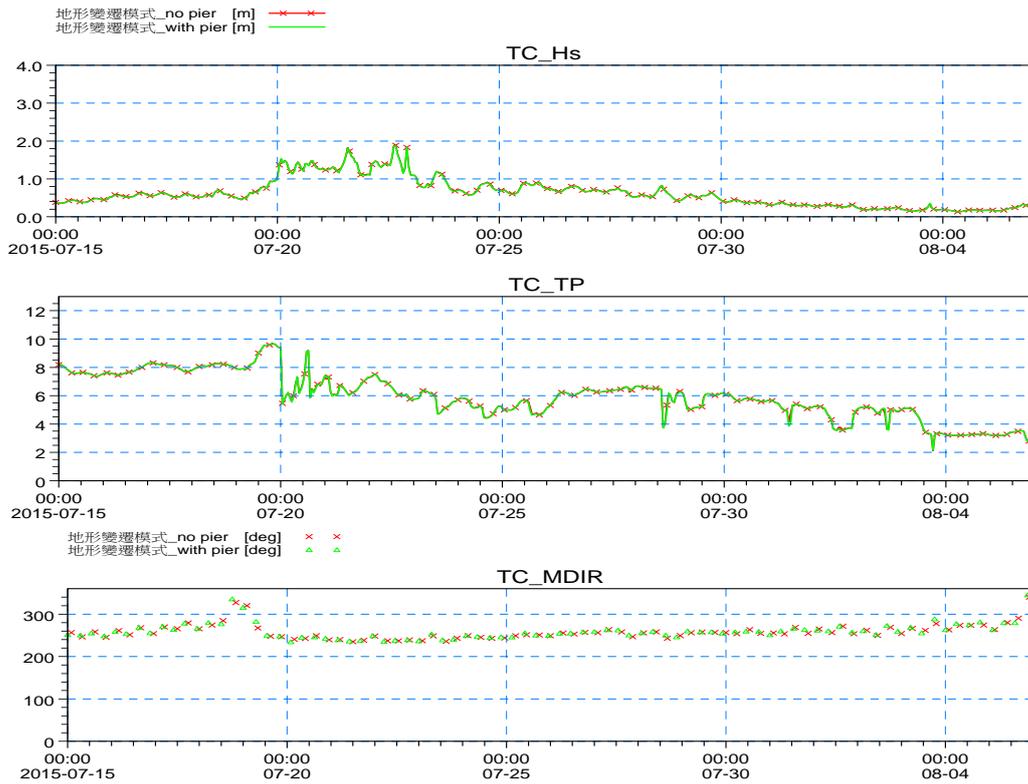


圖 4.45 夏季季風期間，臺中(TC)風機群設置前、後波浪模擬比對結果

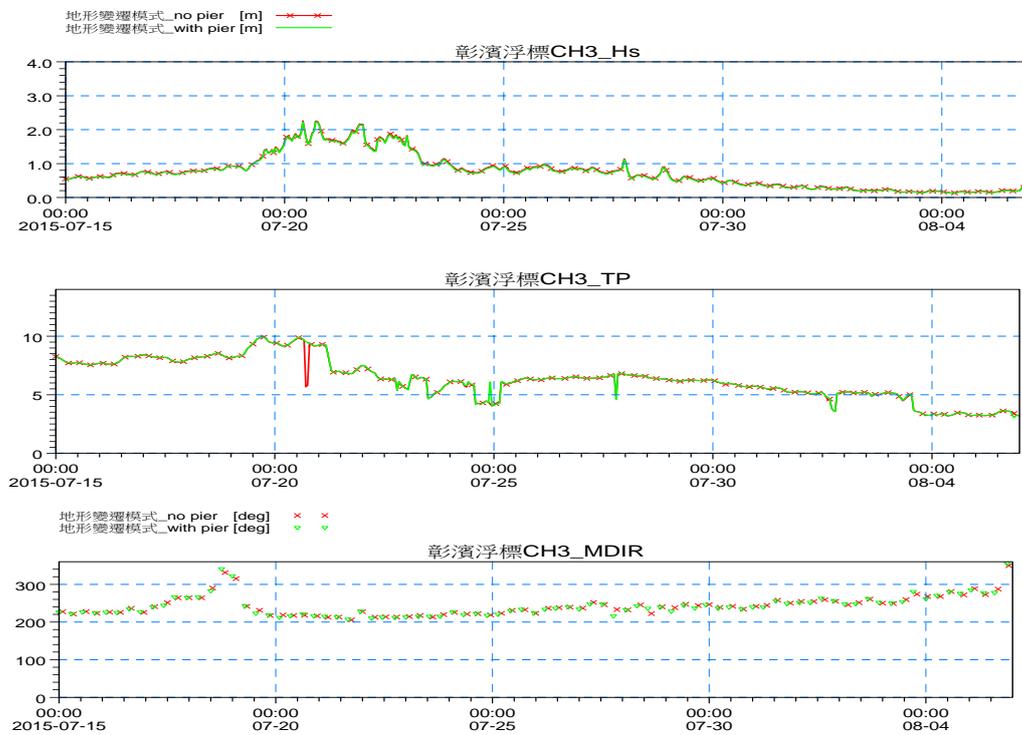


圖 4.46 夏季季風期間，彰濱浮標(CH3)風機群設置前、後波浪模擬比對結果

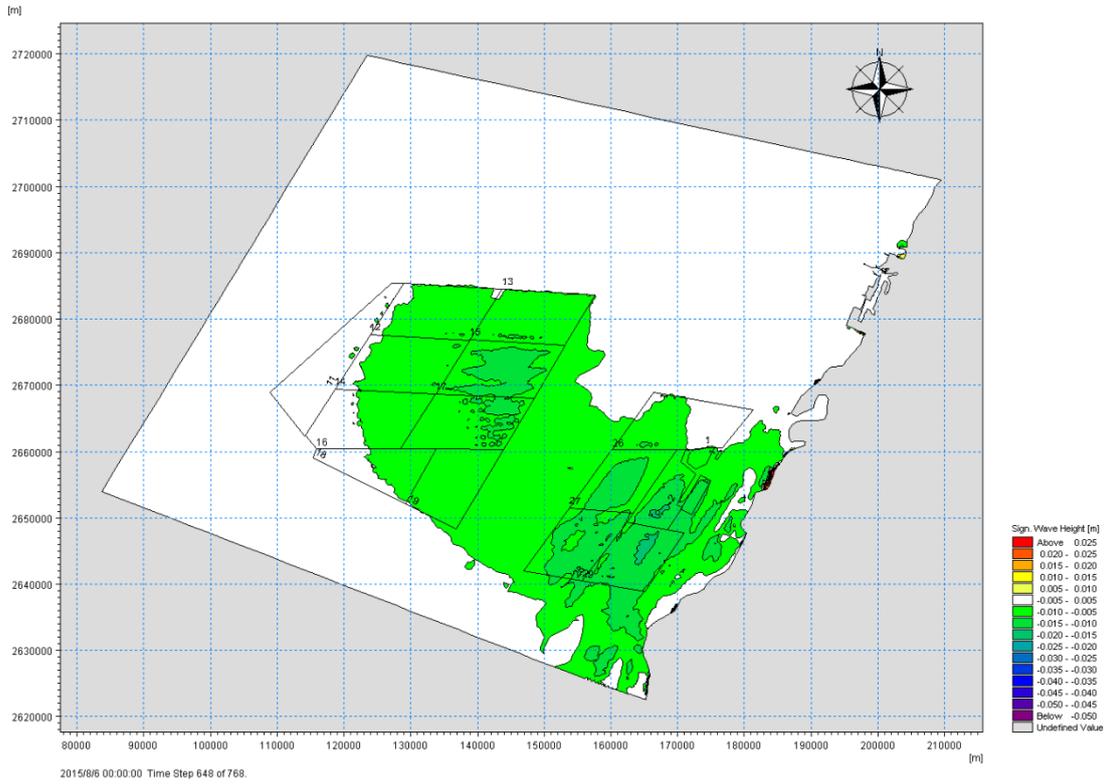


圖 4.47 夏季季風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後之示性波高平面空間改變情形

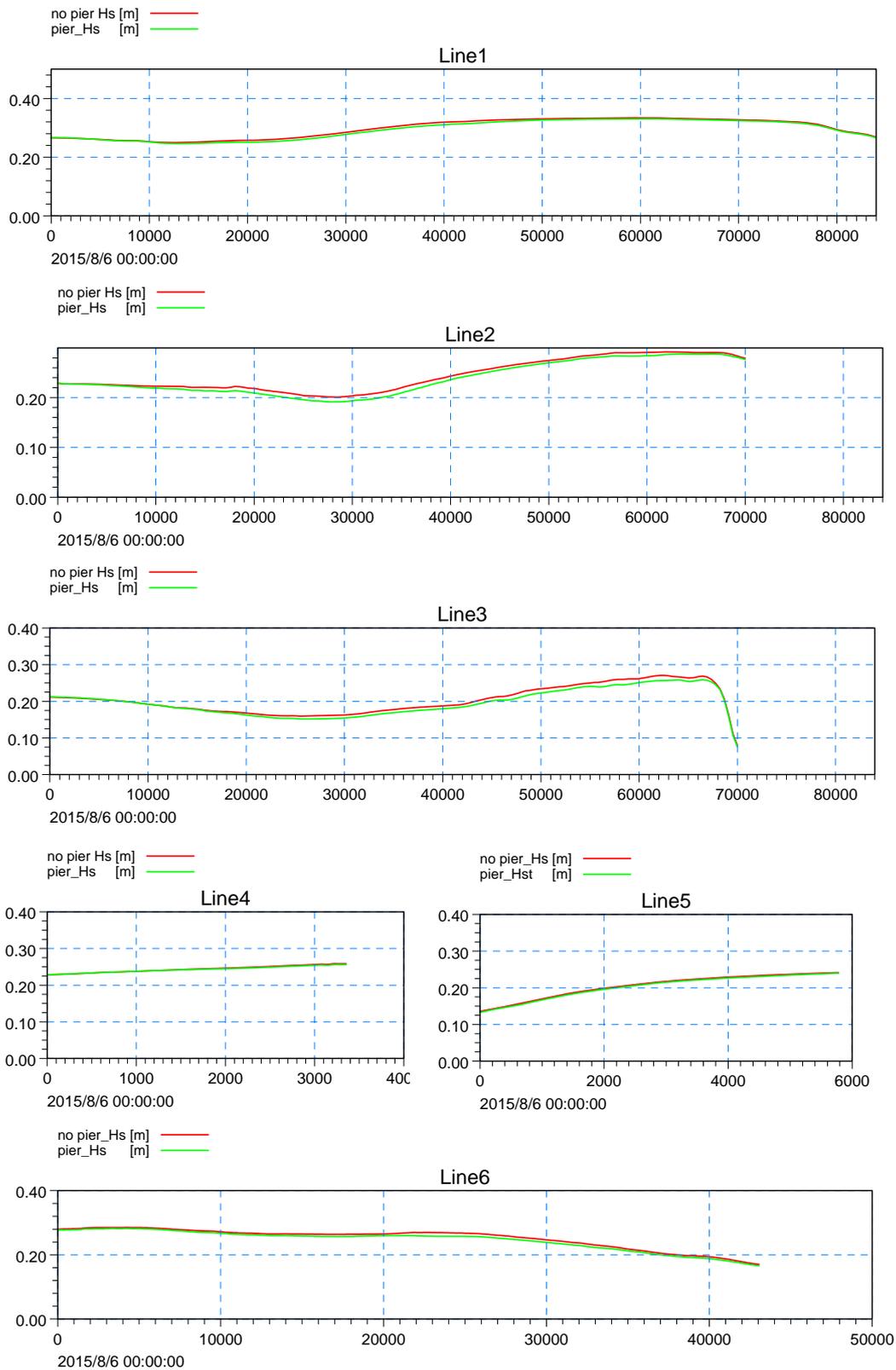


圖 4.48 夏季季風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後之 6 剖面  
波浪空間運動情形

## 2. 風機群設置後，離岸風電海域夏季期間水動力模擬情形：

17 個離岸風電場址風機群設置後，水動力於夏季季風期間模擬情形，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 7 月 24 日之 4:00(滿潮)、6:00(退潮)、10:00(低潮)、14:00(漲潮)，各時刻之風機設立前、後之模擬流場，如圖 4.49~圖 4.56 所示。

由上述系列圖中可看出夏季季風期間滿潮時，流速於王功海岸以北為外海往近岸方向流，至王功海岸附近分南、北兩方向沿岸流，另在外海區域還有往離岸方向流之流速，此時整體流速分布大多在 0.2m/s 以下；退潮時，流速主要由西北向東南、由外海往近岸，至烏溪出海口附近改沿岸往南、北方向流，往北影響臺中沿岸之流速約在 0.2m/s 以下，往南影響彰化沿岸之流速則較大，約在 0.55m/s 以下；低潮時，流速改為由南往北流，流速大約 0.2m/s；漲潮時，流速主要由南往北，流速在彰化海域時約 0.55m/s 以下，至臺中沿岸時降低約在 0.2m/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，得出離岸風電海域在漲潮、退潮、低潮、滿潮時之流速差異分布圖，如圖 4.57~圖 4.60 所示，從圖中可看出，設置風機群後，流速在滿潮時雖在風電場址區域有增加，尤其經過風機群樁時更有局部增長情形，但離開風電場址區域時流速降低，隨著滿、退、低、漲潮時刻，流速由北向南改為南向北流，在離岸風電場址變化也由局部增長變成局部降低趨勢，但流速在風機群設置前後的差異變動大小均約在 0.01m/s 範圍內。

另外針對研究範圍海域內取臺中港(TC)位置之潮位、流速與流向，與現況條件(風機設置前)比較查看是否有所差異，臺中港之模擬結果如圖 4.61 所示，由此模擬結果可看出風機群設置後對臺中港僅部分時刻流速偏低，其餘流速、潮位及流向無明顯差異。

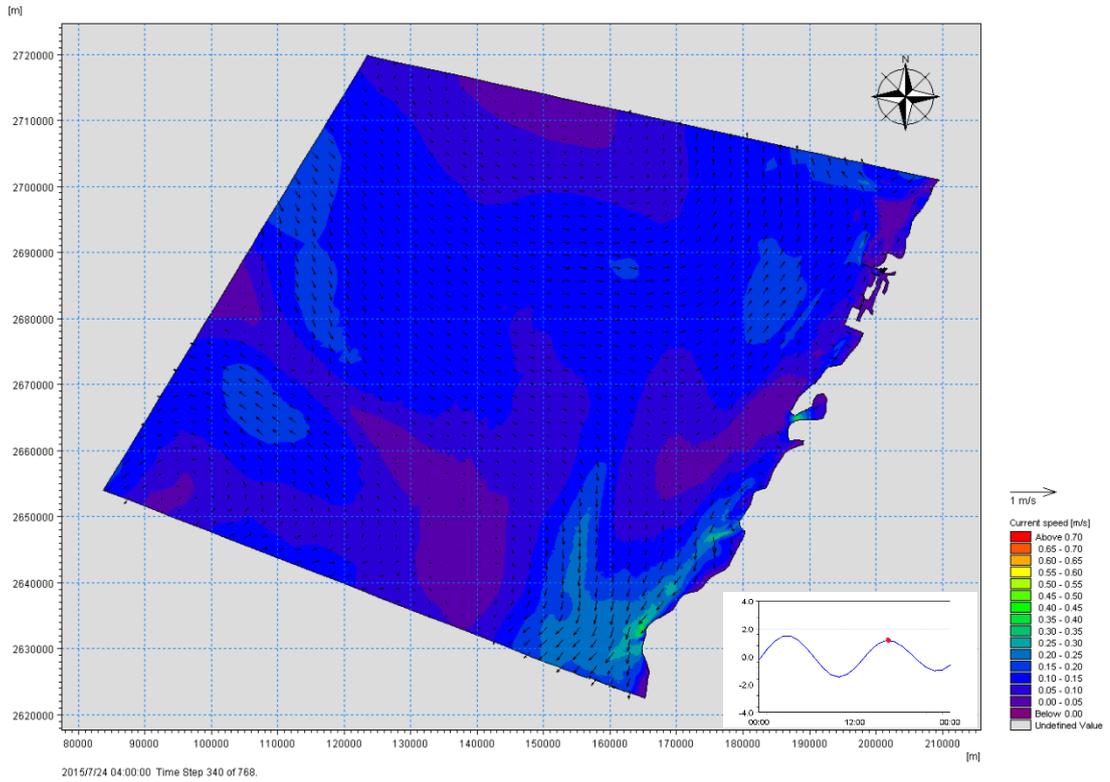


圖 4.49 夏季季風期間風機群設置前模擬流場(滿潮)

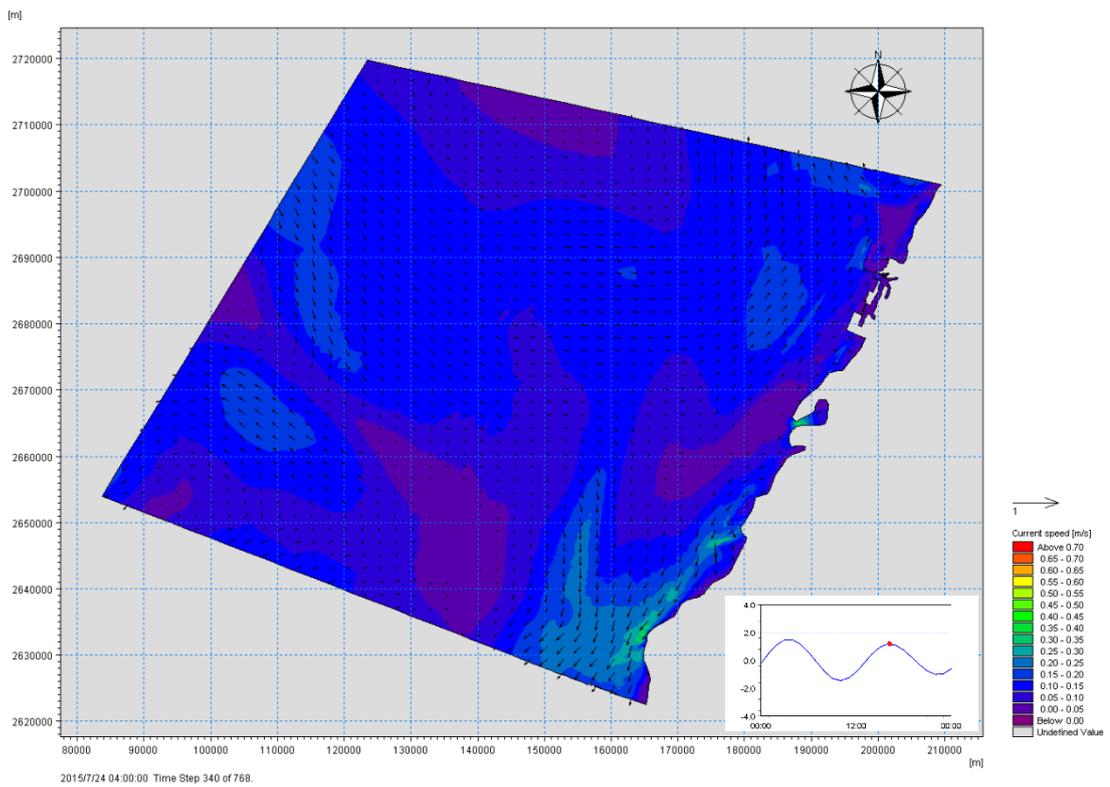


圖 4.50 夏季季風期間風機群設置後模擬流場(滿潮)

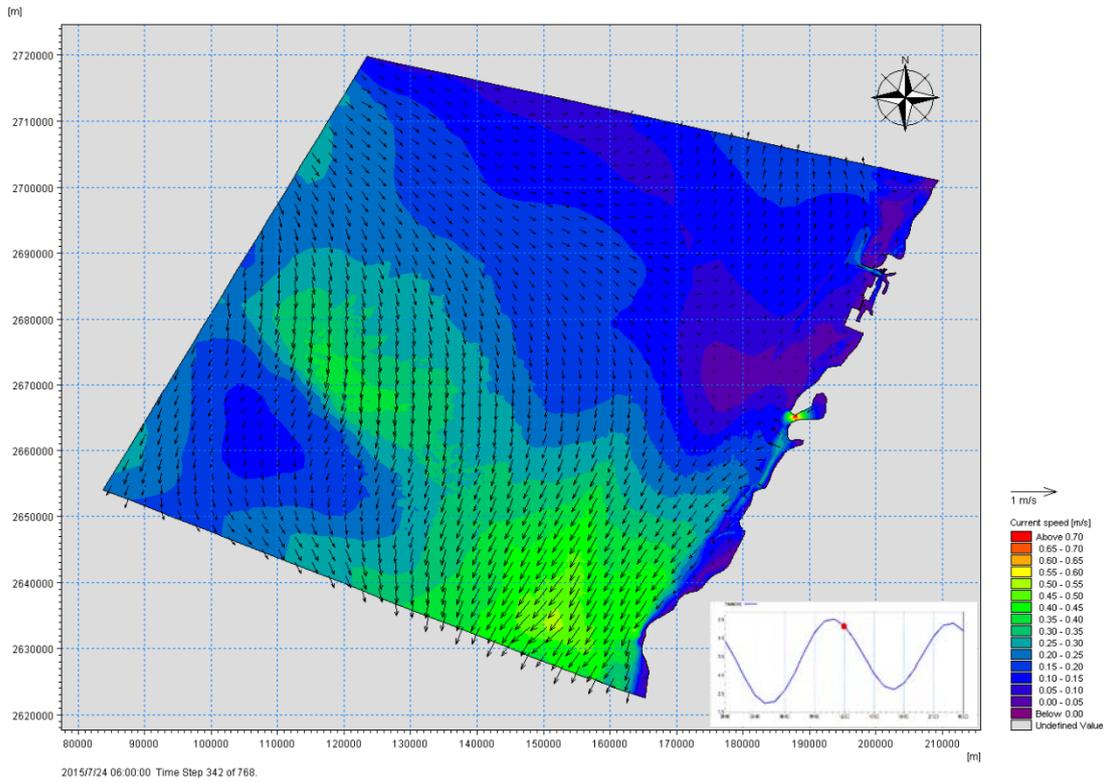


圖 4.51 夏季季風期間風機群設置前模擬流場(退潮)

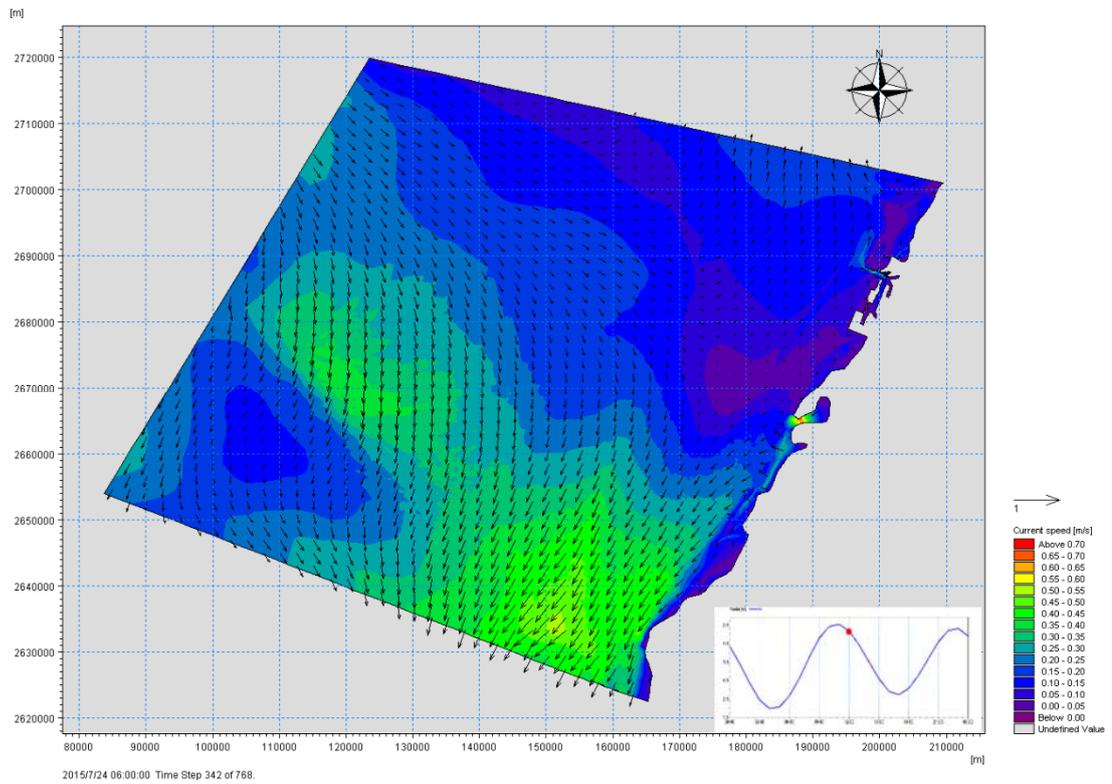


圖 4.52 夏季季風期間風機群設置後模擬流場(退潮)

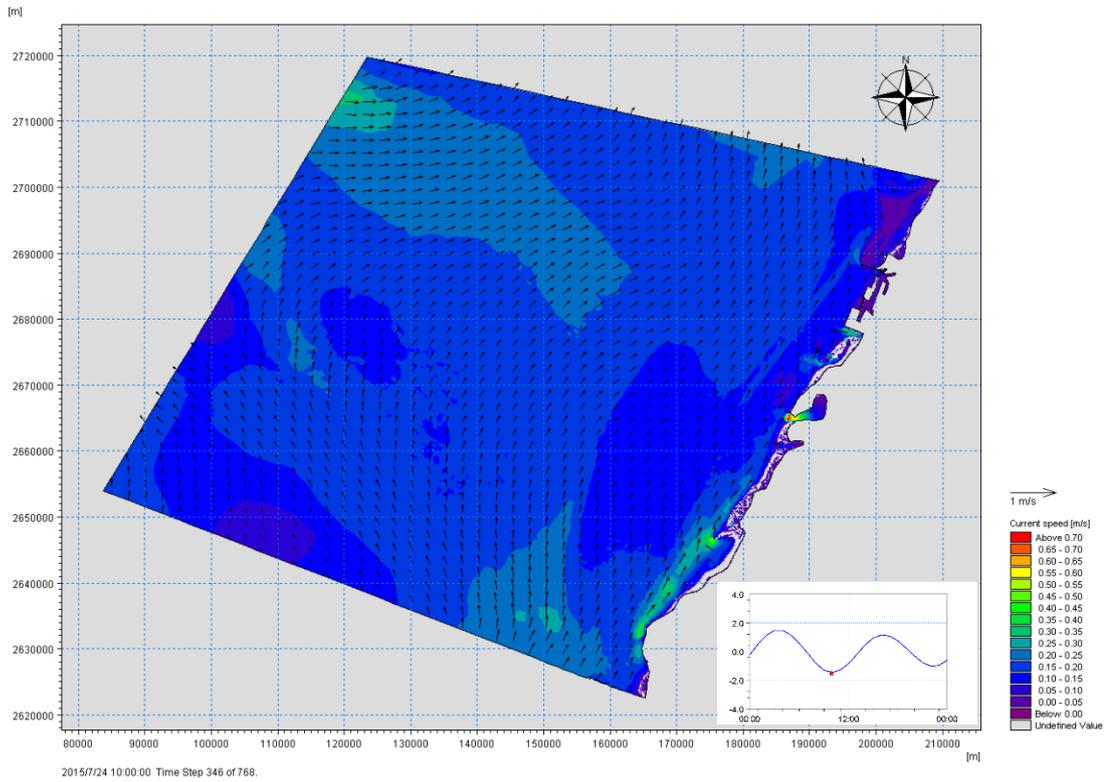


圖 4.53 夏季季風期間風機群設置前模擬流場(低潮)

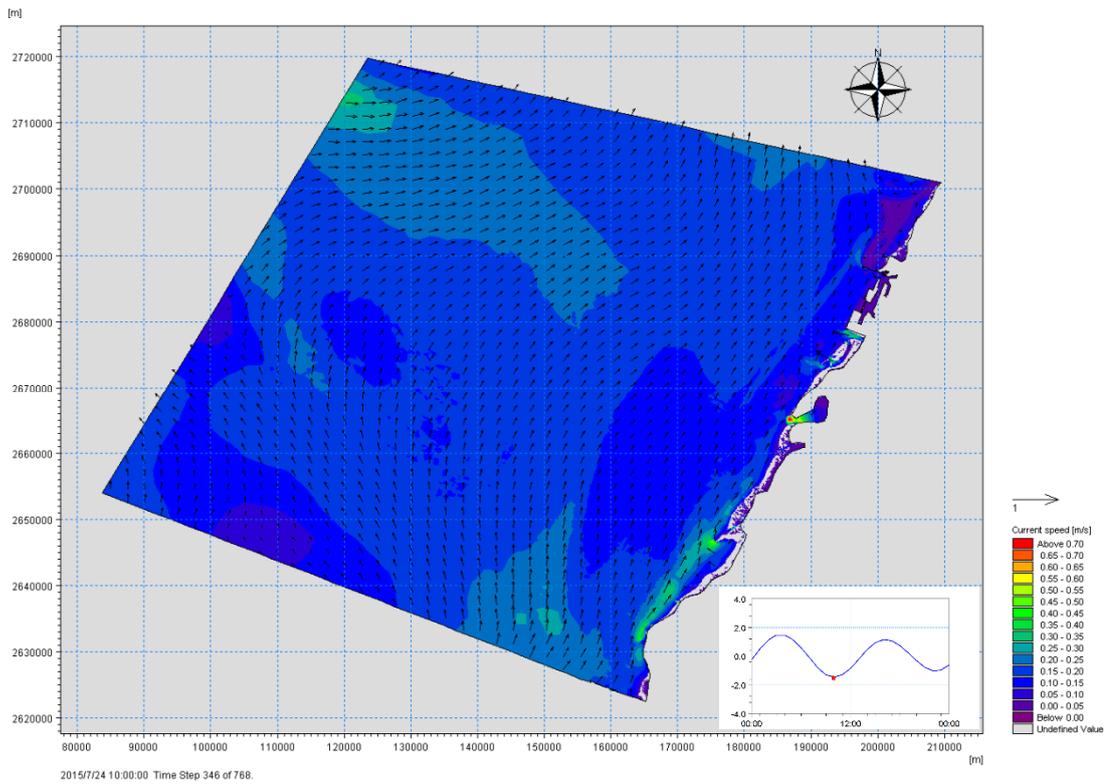


圖 4.54 夏季季風期間風機群設置後模擬流場(低潮)

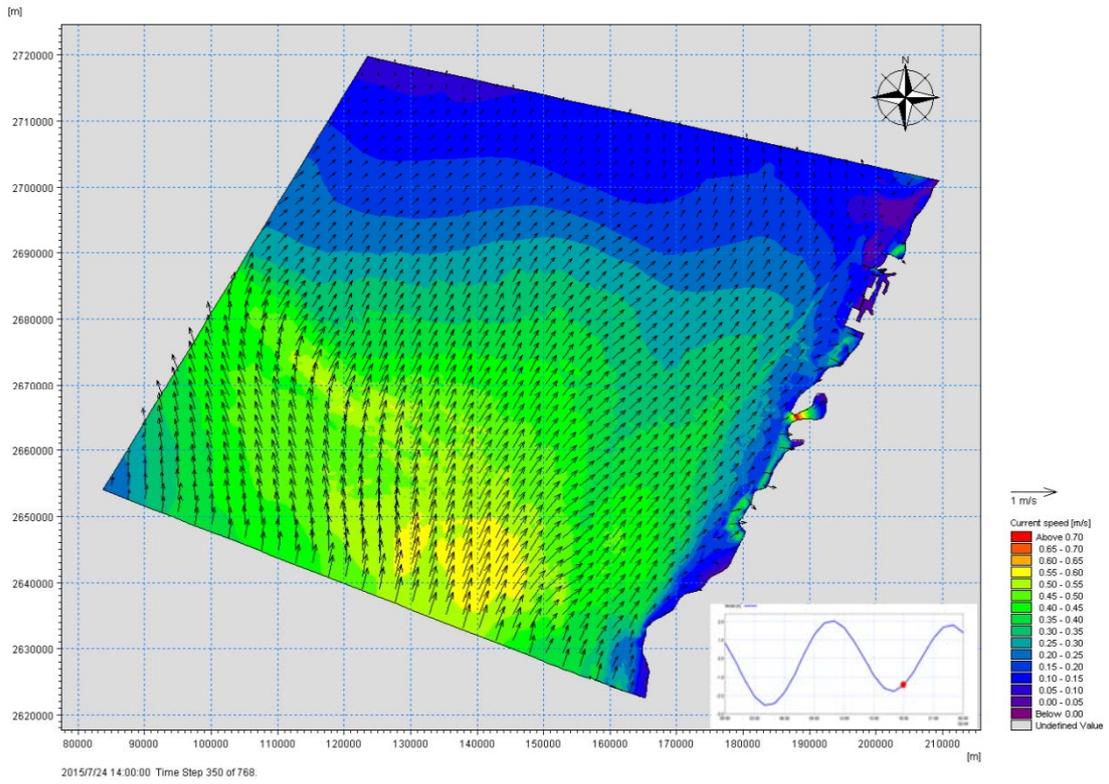


圖 4.55 夏季季風期間風機群設置前模擬流場(漲潮)

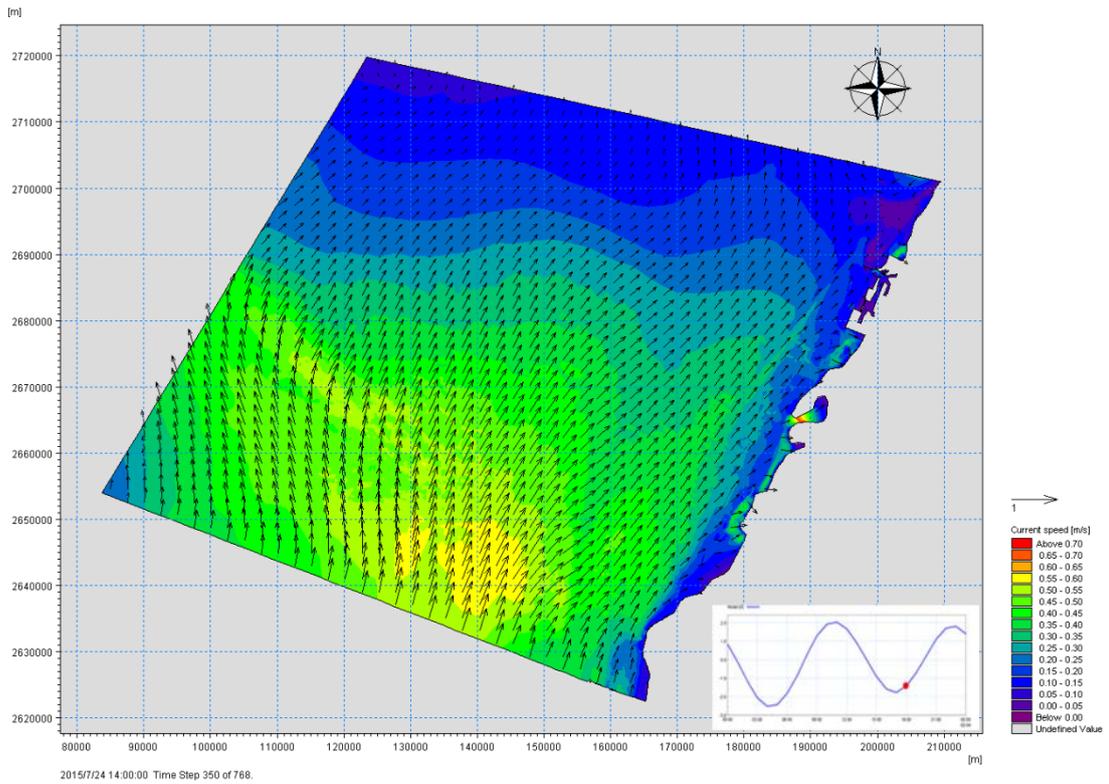


圖 4.56 夏季季風期間風機群設置後模擬流場(漲潮)

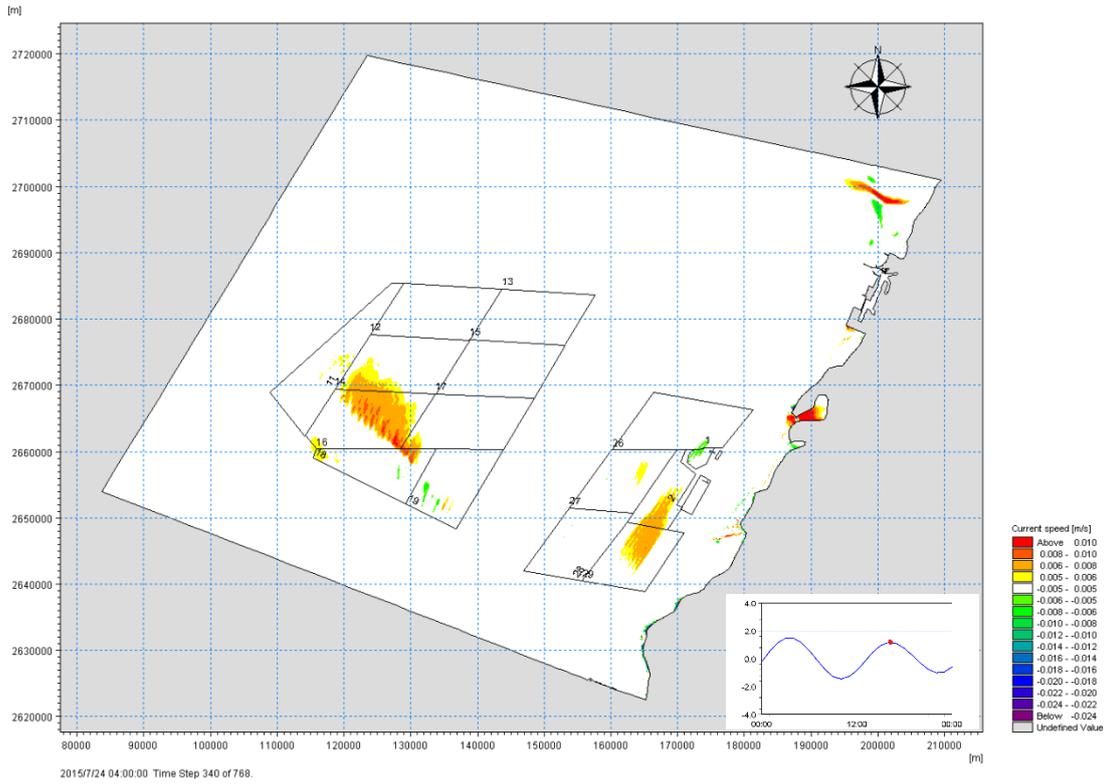


圖 4.57 夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(滿潮)

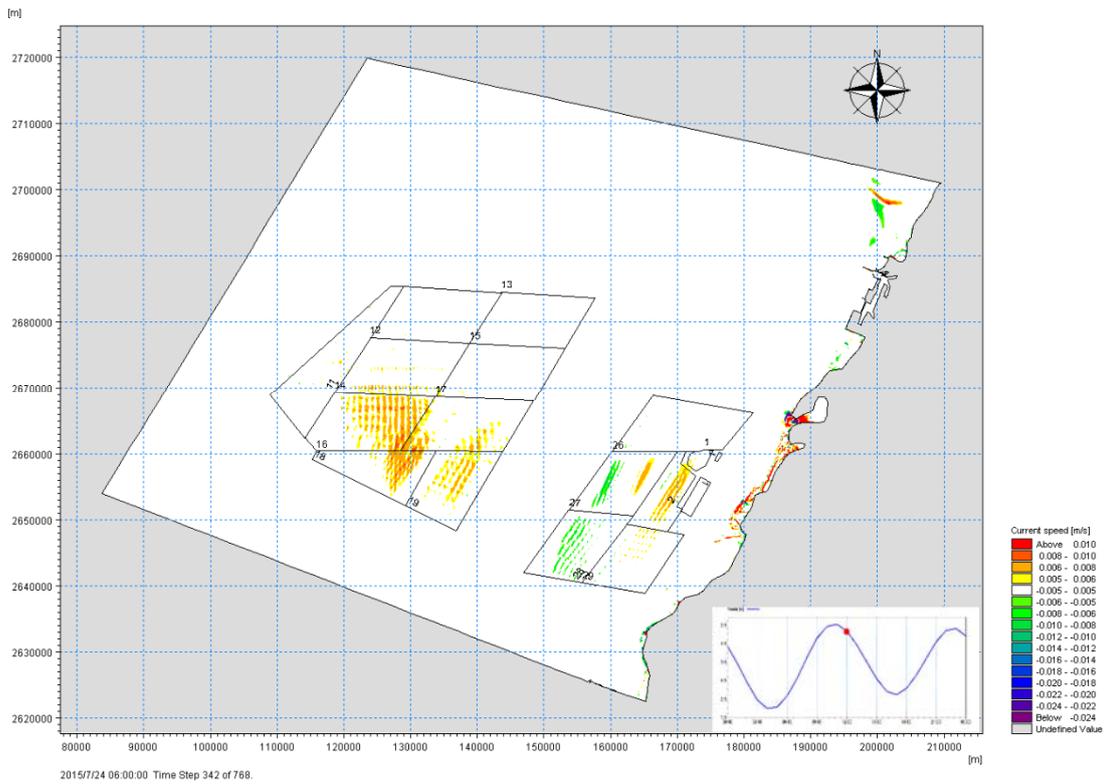


圖 4.58 夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(退潮)

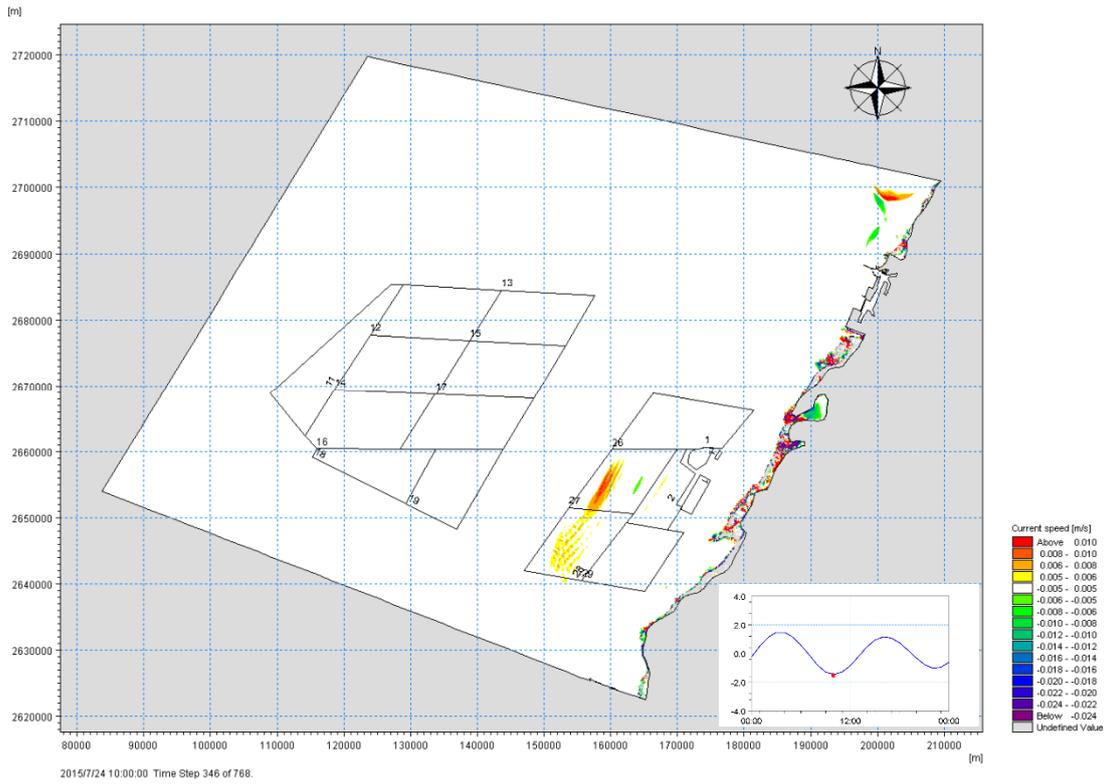


圖 4.59 夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(低潮)

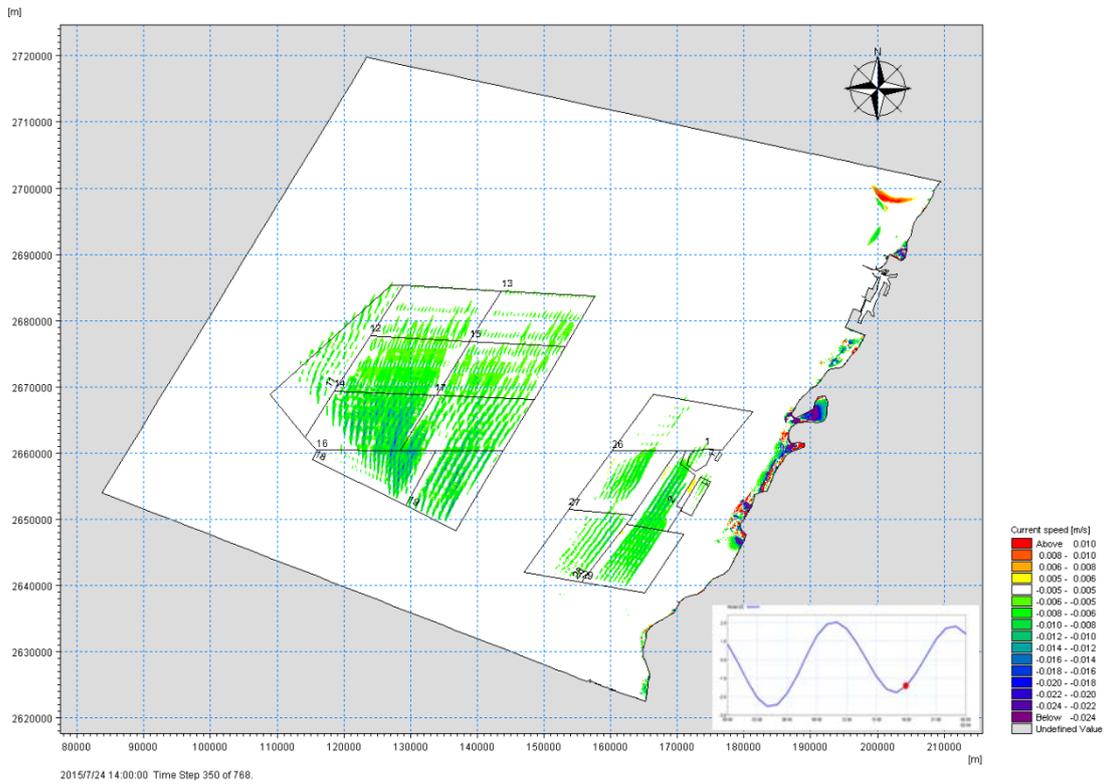


圖 4.60 夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(漲潮)

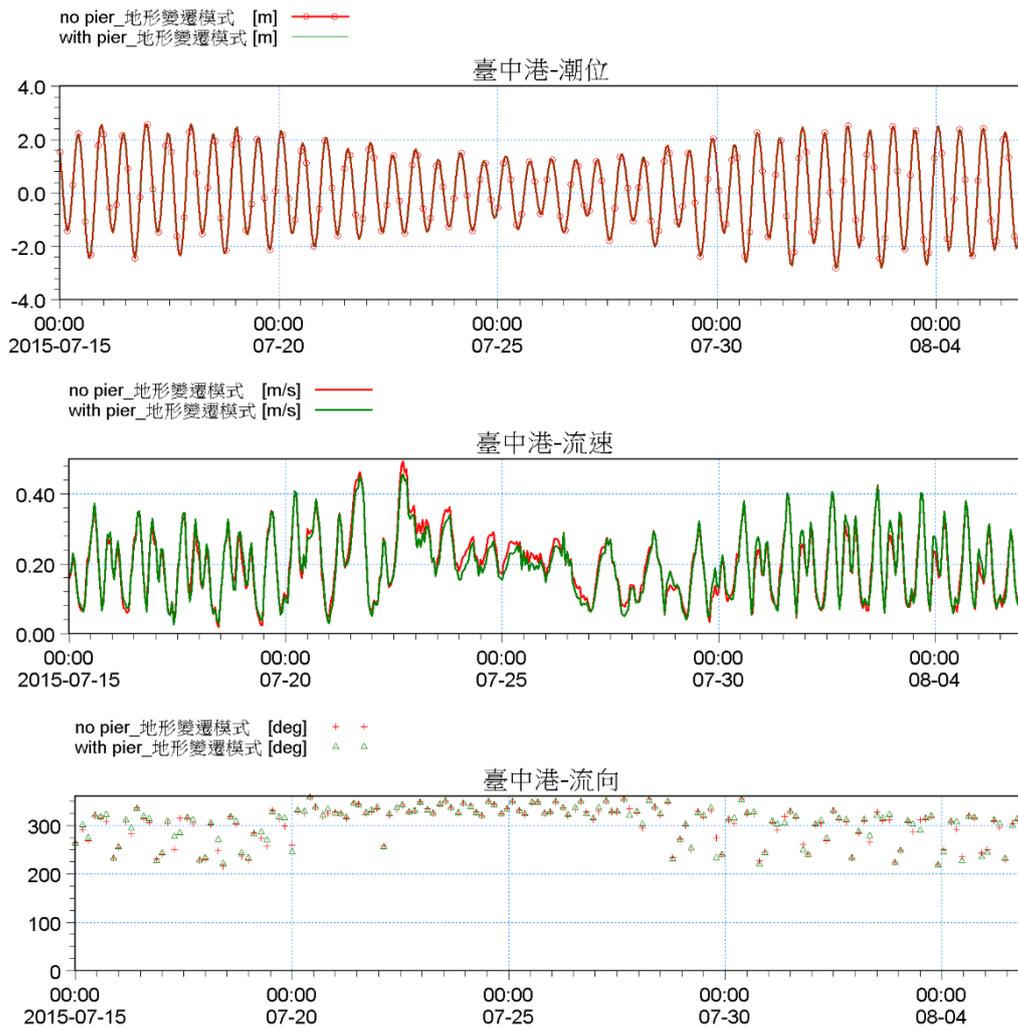


圖 4.61 夏季季風期間風機群設置後臺中港站潮、流模擬比較

### 3. 風機群設置後，離岸風電海域夏季期間地形變遷模擬情形：

設置風機群後，考慮大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪河川年平均流量及輸砂量，於夏季期間地形侵淤變化結果如圖 4.62 所示，離岸風電場址均有增加淤積或增加侵蝕情形，整體離岸風電海域平均底床變化增加 0.000004m、底床淤積最大量為 0.000053m、底床侵蝕最大量為 0.000001m，此數值計算結果皆在量測精度範圍外，在物理意義上已無實際影響差異，另查看模式 6 剖面底床變化情形如圖 4.63，離岸風電場址區域底床幾乎無變化。

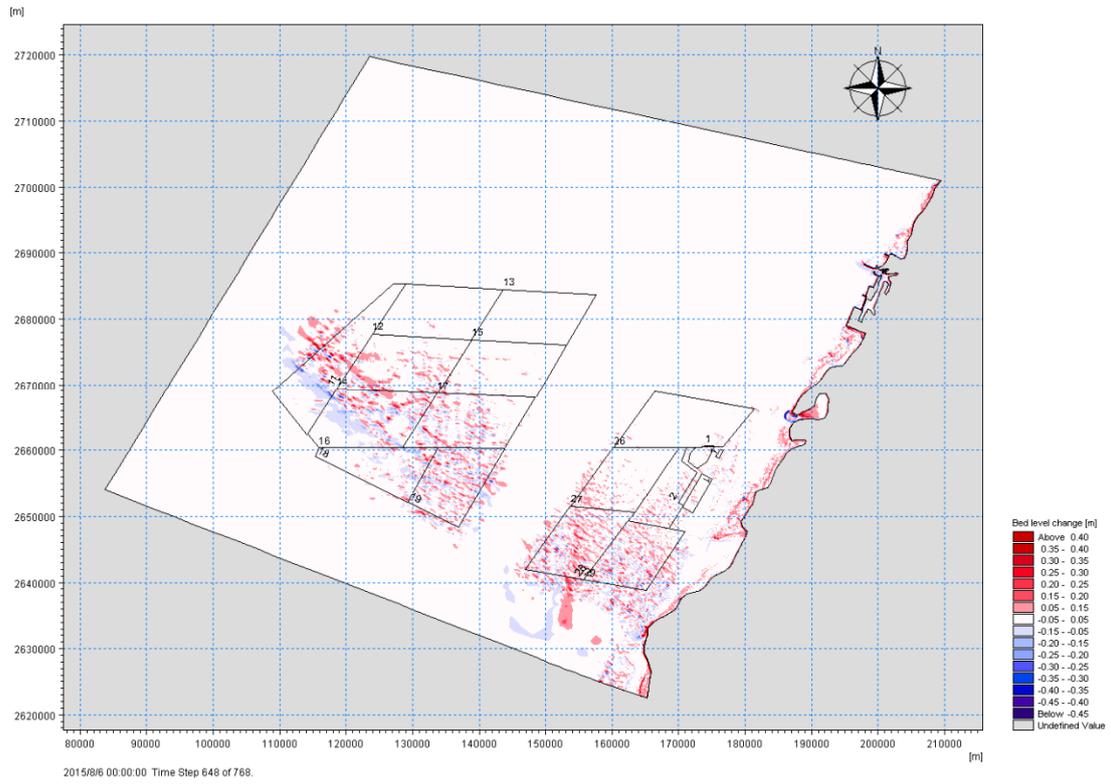


圖 4.62 風機群設置前後，夏季季風期間地形變化情形

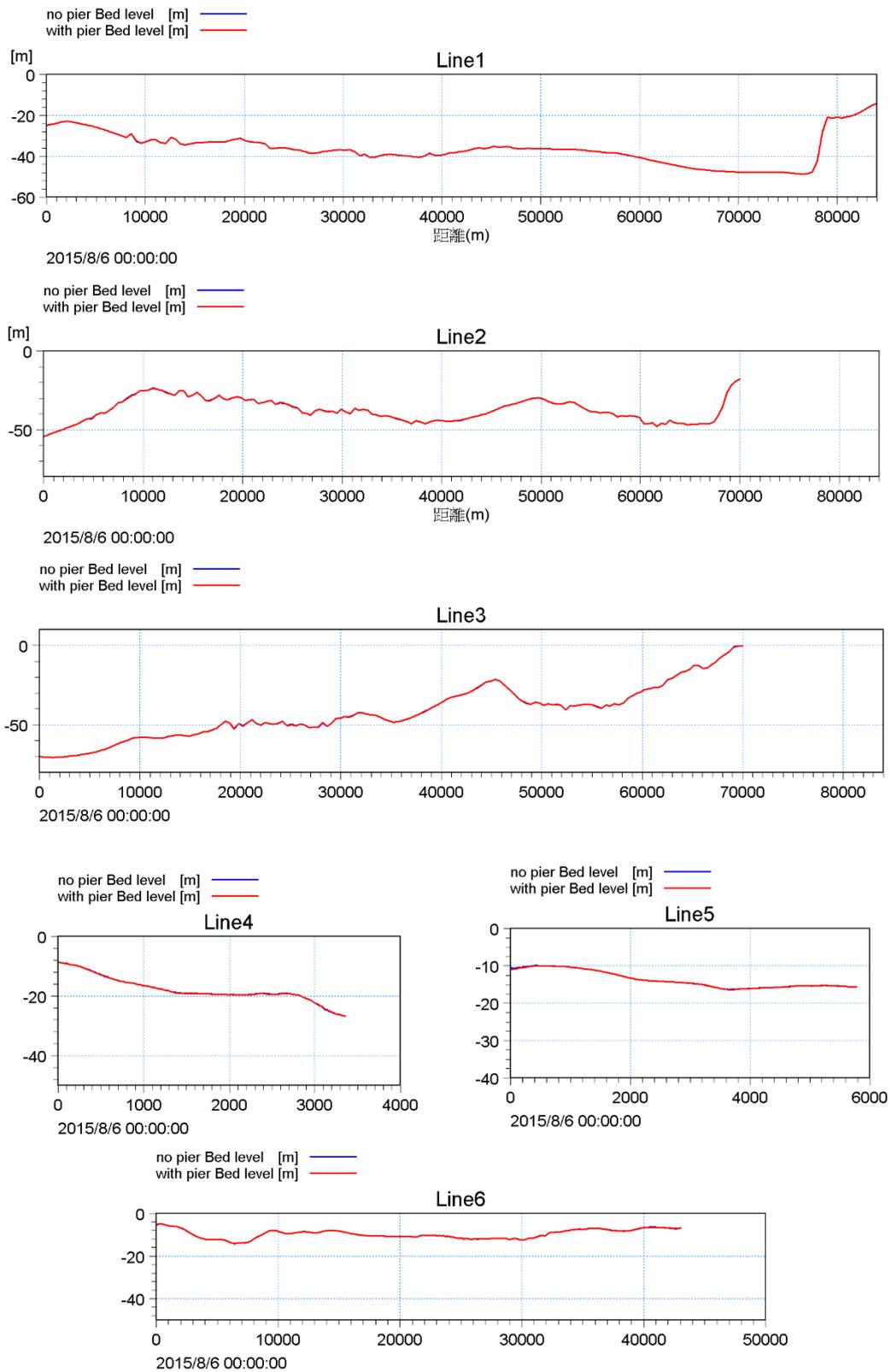


圖 4.63 夏季季風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後之 6 空間剖面底床變化情形

### 4.5.3 風機群設置後，颱風期間水動力、風浪及地形變遷模擬計算成果

17 個離岸風電場址風機群設置後，選擇近年颱風路徑有穿越臺灣中部之 2015 年中度蘇迪勒(2015 年 8 月 6 日~8 月 11 日)作為本節離岸風電海域地形變遷模式模擬風機群設置後在颱風期間之計算成果，其波浪、水動力及地形變遷模擬情形分述如下：

#### 1. 風機群設置後，離岸風電海域颱風期間波浪模擬情形：

17 個離岸風電場址風機群設置後，臺中港及彰濱浮標於蘇迪勒颱風期間波浪運動模擬情形如圖 4.64、圖 4.65 所示，離岸風電海域整體波高改變情形如圖 4.66 及 6 空間剖面波浪運動情形如圖 4.67 所示。

由圖 4.64、圖 4.65 所示，臺中港及彰濱浮標示性波高、譜峰週期及波向與風機群設置前之現況模擬結果相似，幾乎無差異；由圖 4.66，計算風機群設置後之整體海域示性波高改變情形，波高最大下降量為 0.19m，波高最大增加量為 0.183m，整體海域平均改變情形為下降 0.008m；由圖 4.67，離岸風電場址 3 剖面(Line1~Line3)波浪運動情形，顯示設置風機群後，風電場址區域之示性波高模擬較未設置風機前(現況)略低；由臺中港北防沙堤至北防波堤間(Line4)、北防波堤至工業專區 II 間(即預定興建外擴堤區域，Line5)之波浪空間運動情形，可知波浪傳遞至臺中港域時，波高模擬值幾乎已接近未設置風機群之蘇迪勒颱風波高模擬值、改變量近乎 0m，彰化沿岸至濁水溪出海口(Lin6)，因鄰近風電場址，設置風機群後波浪運動情形微幅下降，但仍與現況模擬近似。爰設置風機群後，波浪經過風機群時，波高雖會略呈現降低傾向但僅局部變化，通過風機群後即逐漸回復，表示 17 個離岸風電場址全部風機群設置完成後，倘遇颱風波浪仍對整體海域影響範圍有限。

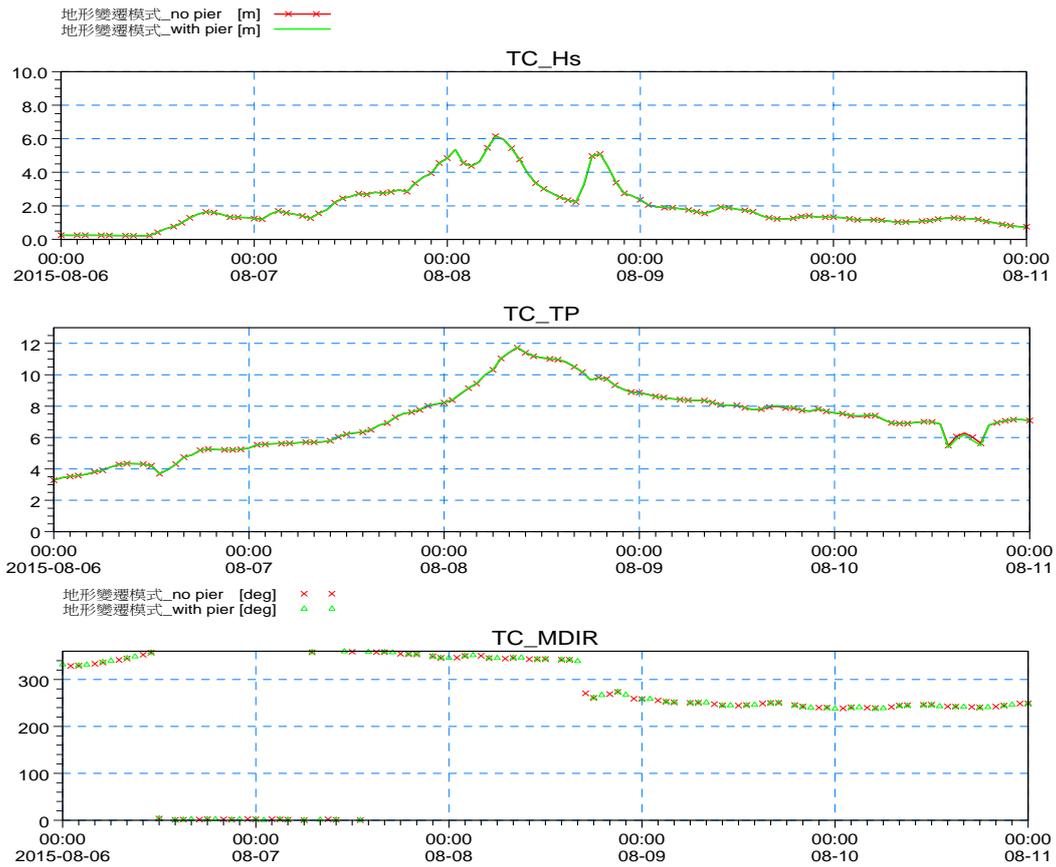


圖 4.64 颱風期間，臺中(TC)風機群設置前、後波浪模擬比對結果

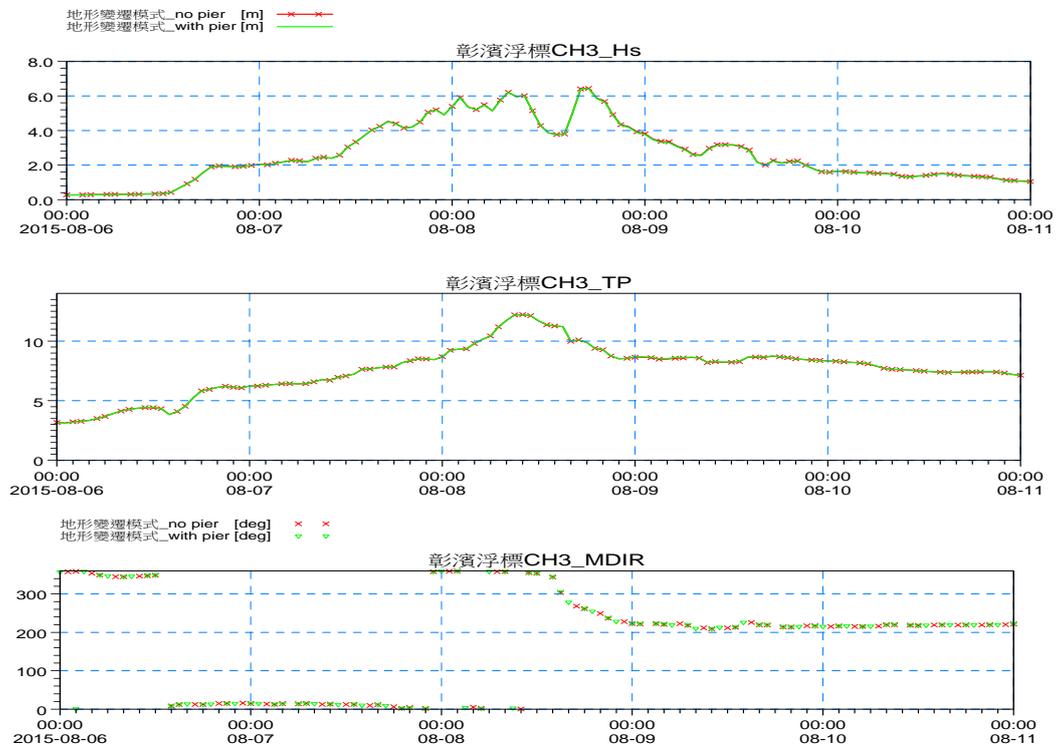


圖 4.65 颱風期間，彰濱浮標(CH3)風機群設置前、後波浪模擬比對結果

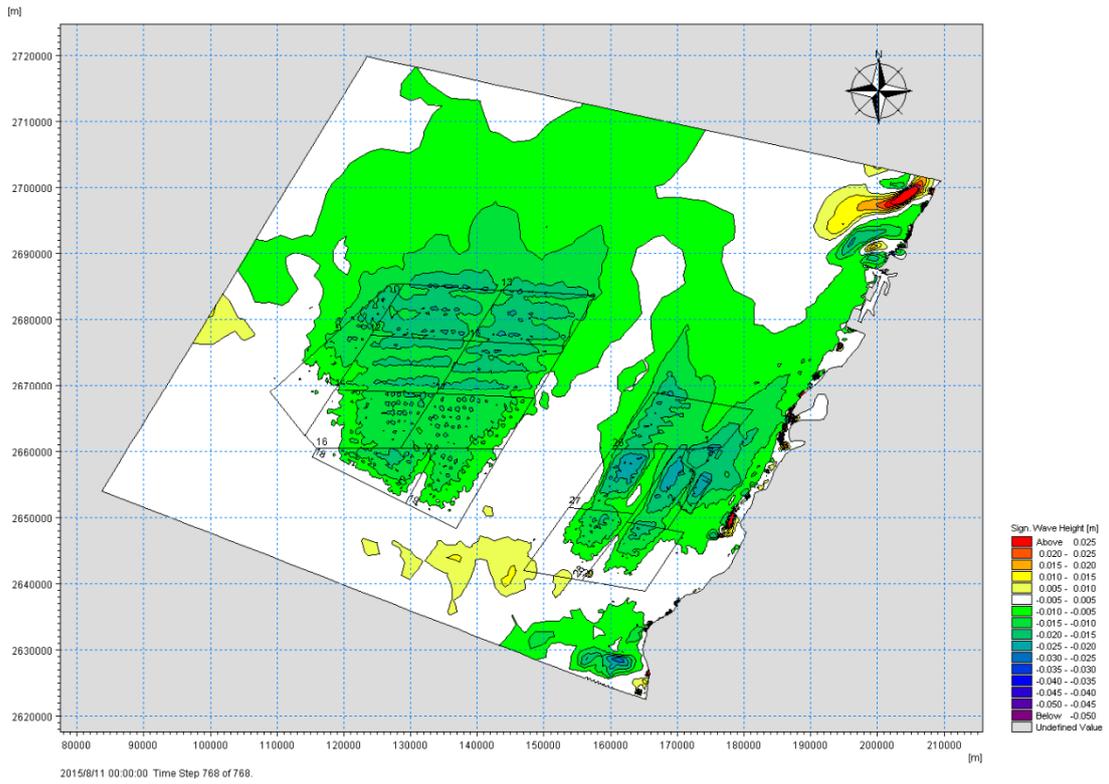


圖 4.66 颱風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後之示性波高平面空間改變情形

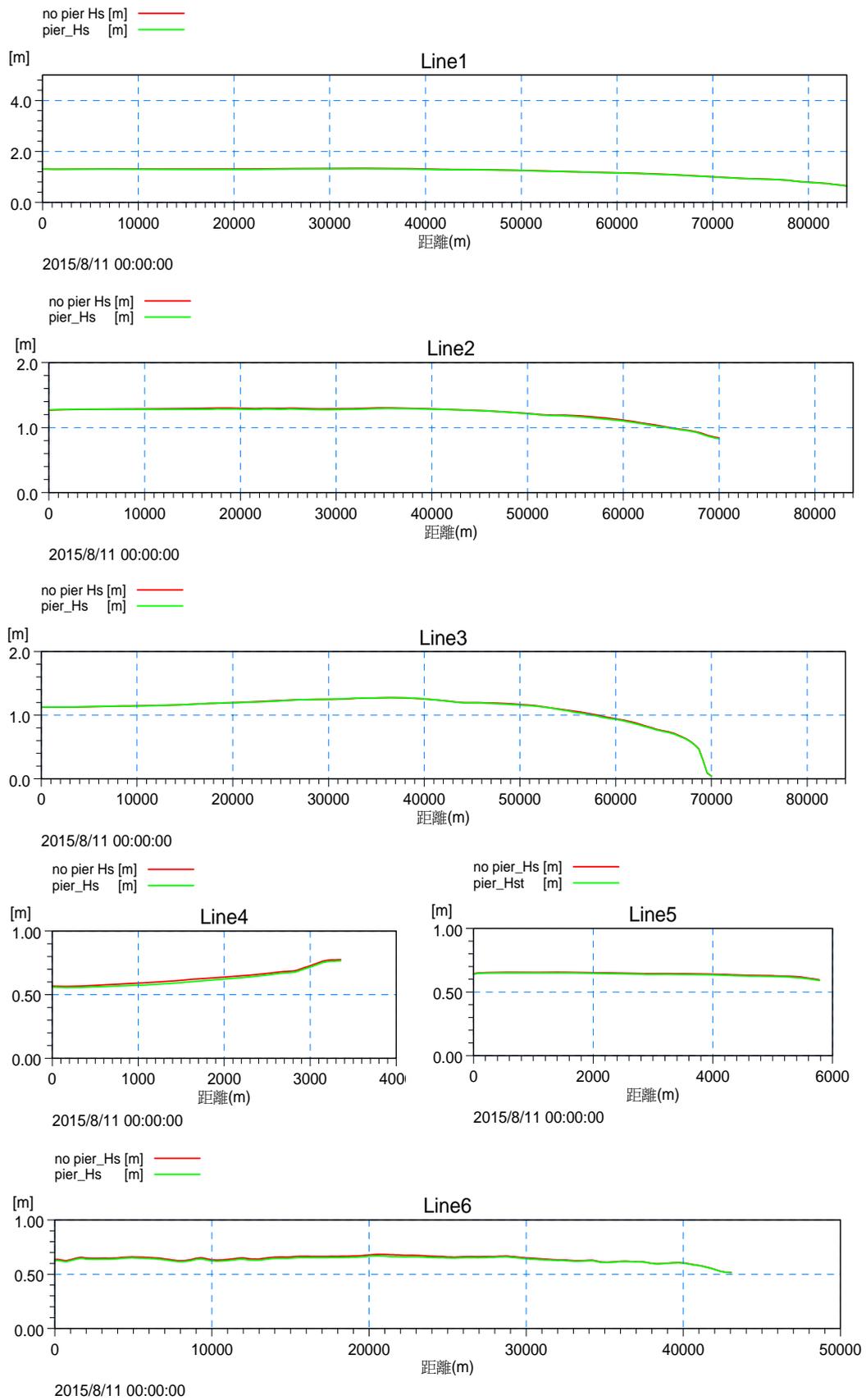


圖 4.67 颱風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後之 6 剖面波浪空間運動情形

## 2.離岸風電海域颱風期間水動力模擬情形:

17 個離岸風電場址風機群設置後，水動力於夏季季風期間模擬情形，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 8 月 8 日之 4:00(滿潮)、7:00(退潮)、10:00(低潮)、13:00(漲潮)，各時刻之風機設立前、後之模擬流場，如圖 4.68 至圖 4.75 所示。由上述系列圖中可看出颱風期間滿潮、退潮、低潮、漲潮時，流速均由北往南流，流速約在 0.7m/以上，漲潮時臺中彰化沿岸流速較外海區域低，此時近岸流速約在 0.2m/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，得出離岸風電海域在漲潮、退潮、低潮、滿潮時之流速差異分布圖，如圖 4.76 至圖 4.79 所示，從圖中可看出，在設置風機群後，滿潮時流速在離岸風電場址區域較未設置風機前低，隨著退潮時流速呈現降低趨勢，低潮時更明顯直至漲潮時流速降低趨勢減緩，但在離岸風場址外，降低之流速均有回升情形，但流速在風機群設置前後的差異變動大小均約在 0.01m/s 範圍內。

另外針對研究範圍海域內取臺中港(TC)位置之潮位、流速與流向，與現況條件(風機設置前)比較查看是否有所差異，臺中港之模擬結果如圖 4.80 所示，由此模擬結果可看出風機群設置後對臺中港影響為在蘇迪勒颱風對臺中影響最劇烈時刻，設置風機群後水動力流速模擬較現況條件流速模擬值高，其餘流速、潮位及流向無明顯差異。

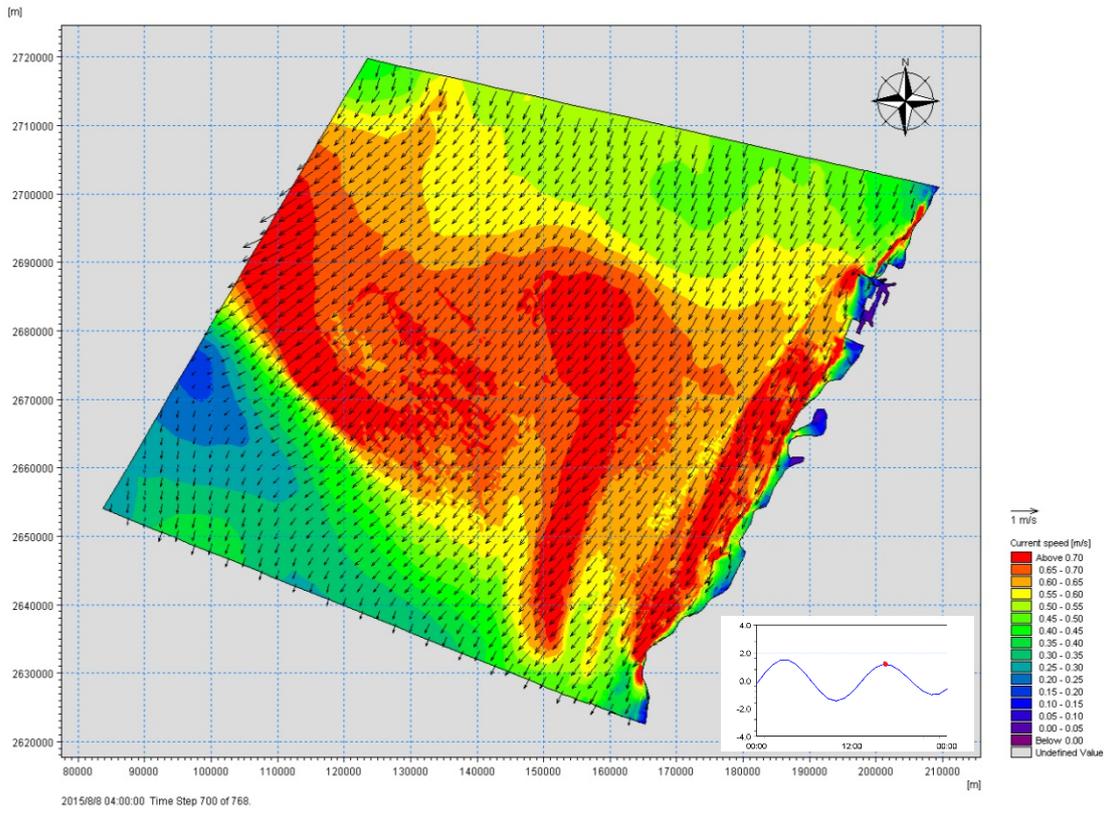


圖 4.68 夏季季風期間風機群設置前模擬流場(滿潮)

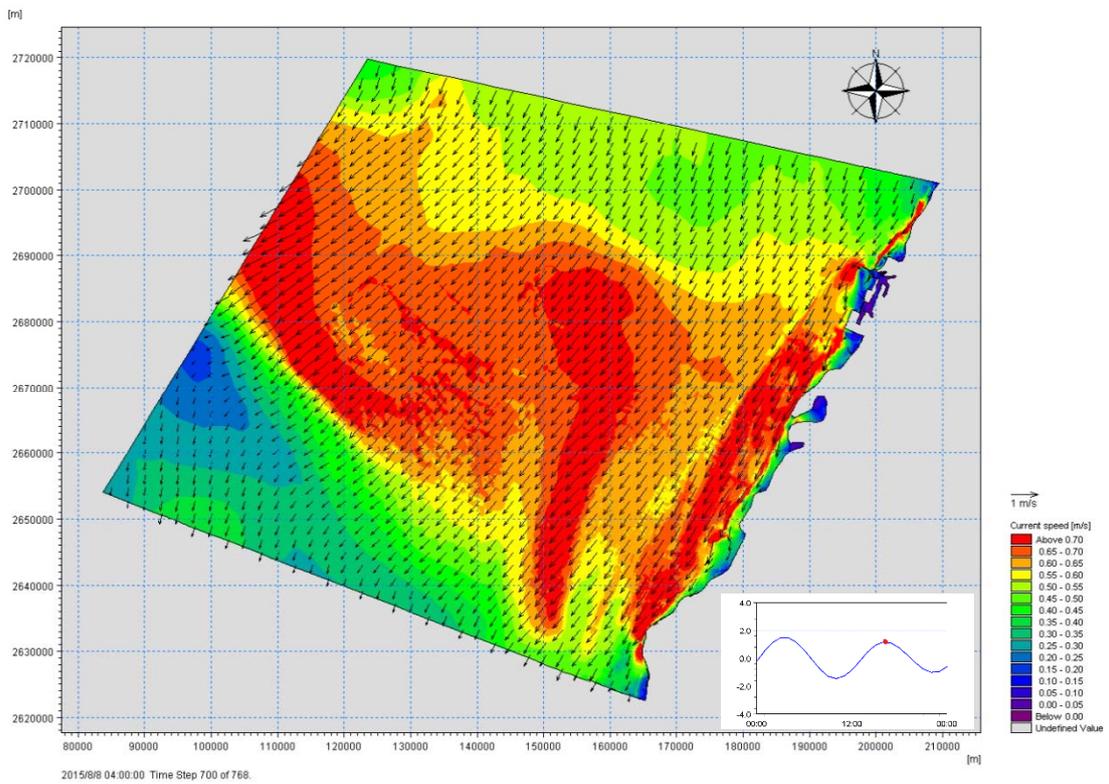


圖 4.69 夏季季風期間風機群設置後模擬流場(滿潮)

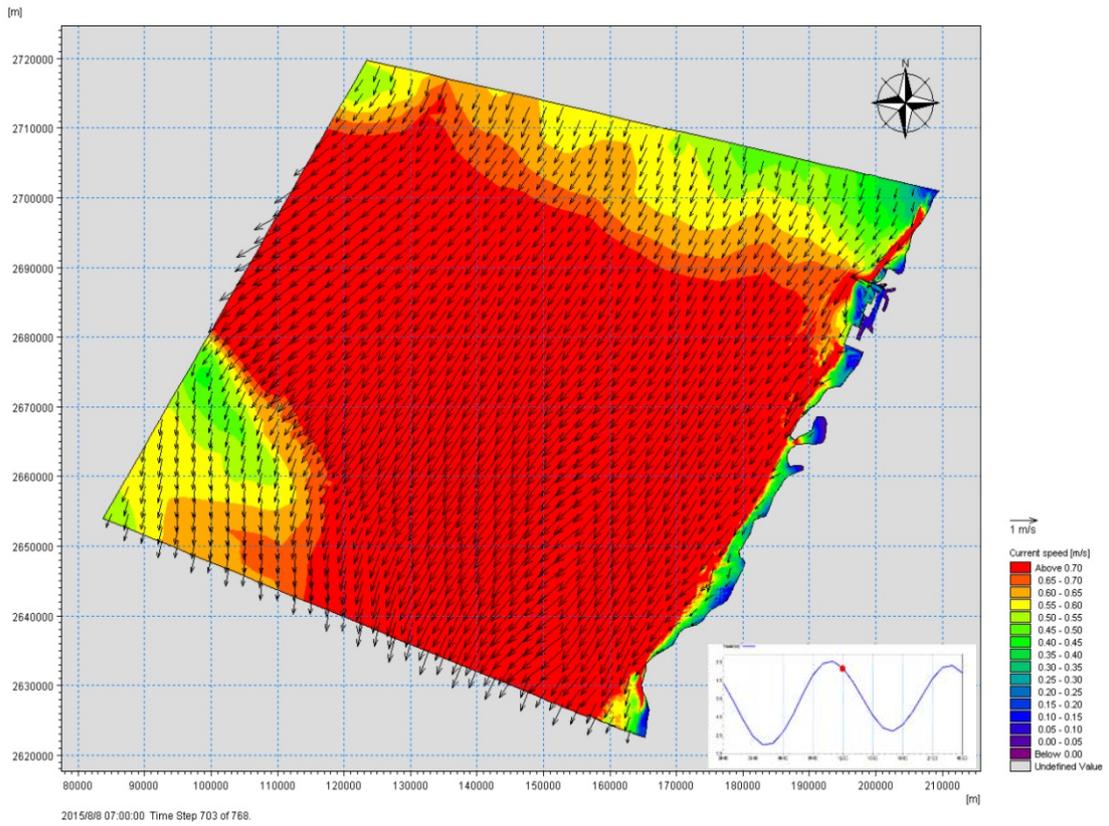


圖 4.70 夏季季風期間風機群設置前模擬流場(退潮)

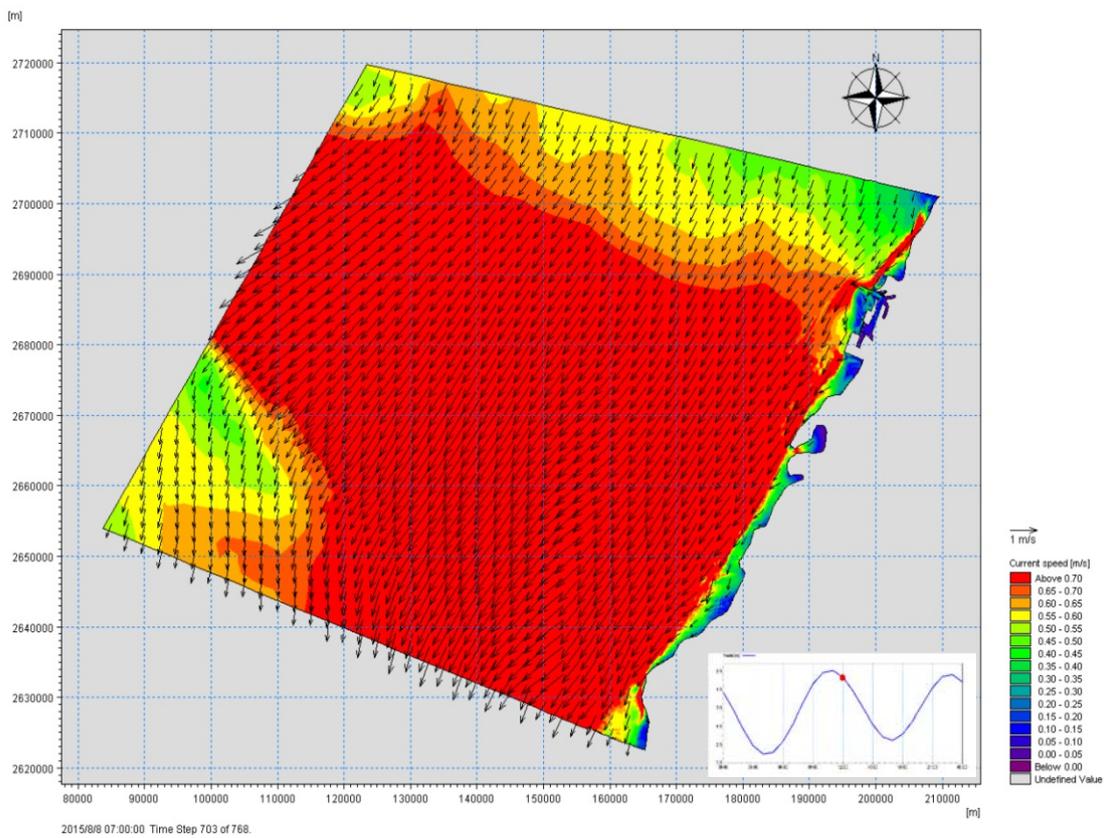


圖 4.71 夏季季風期間風機群設置後模擬流場(退潮)

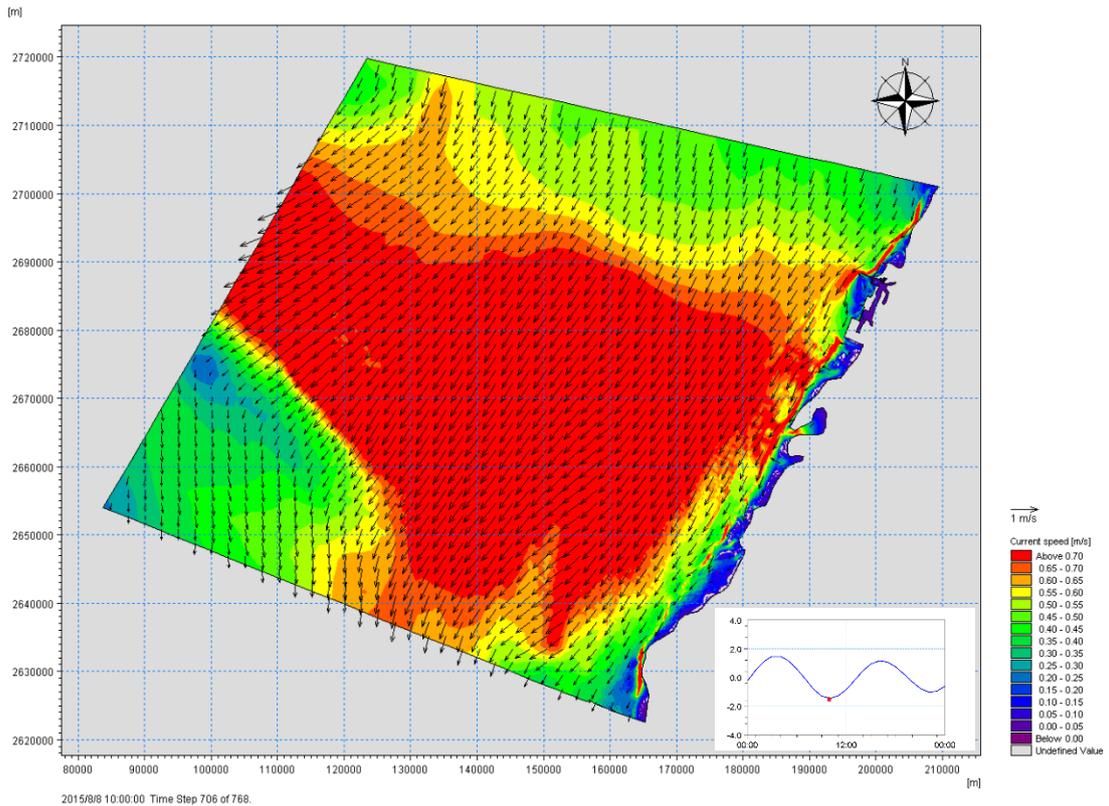


圖 4.72 夏季季風期間風機群設置前模擬流場(低潮)

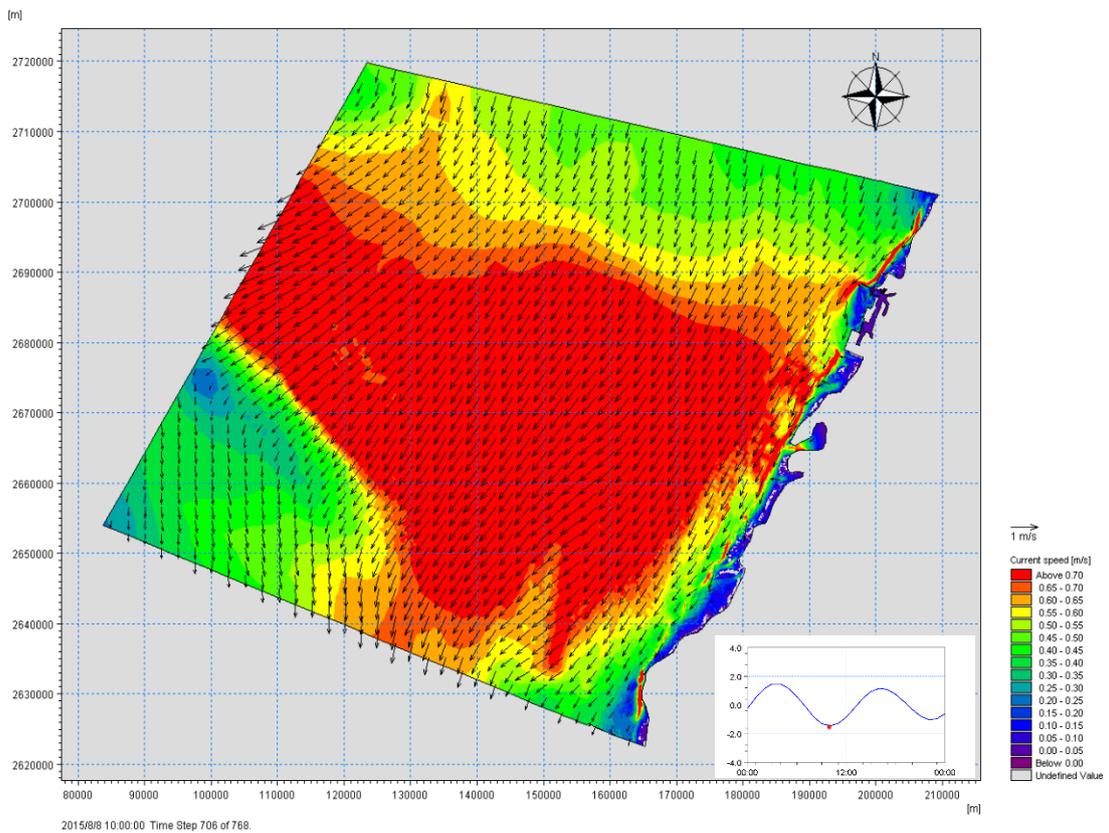


圖 4.73 夏季季風期間風機群設置後模擬流場(低潮)

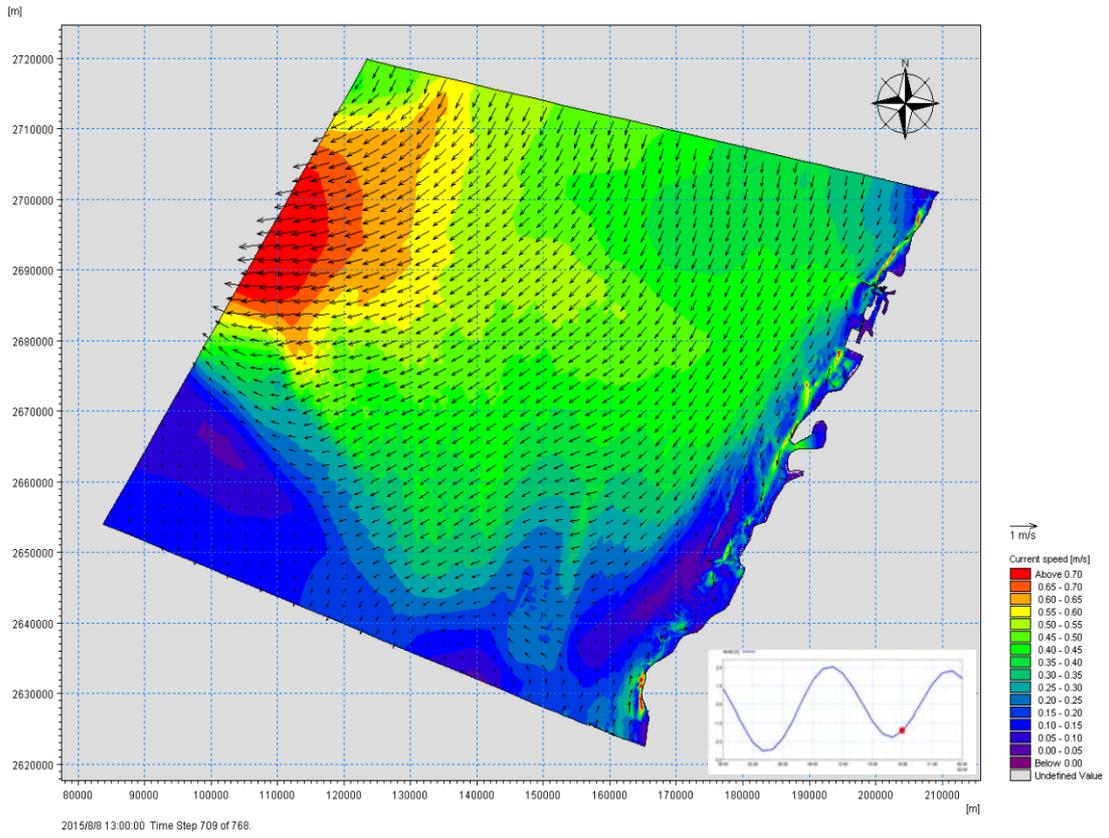


圖 4.74 夏季季風期間風機群設置前模擬流場(漲潮)

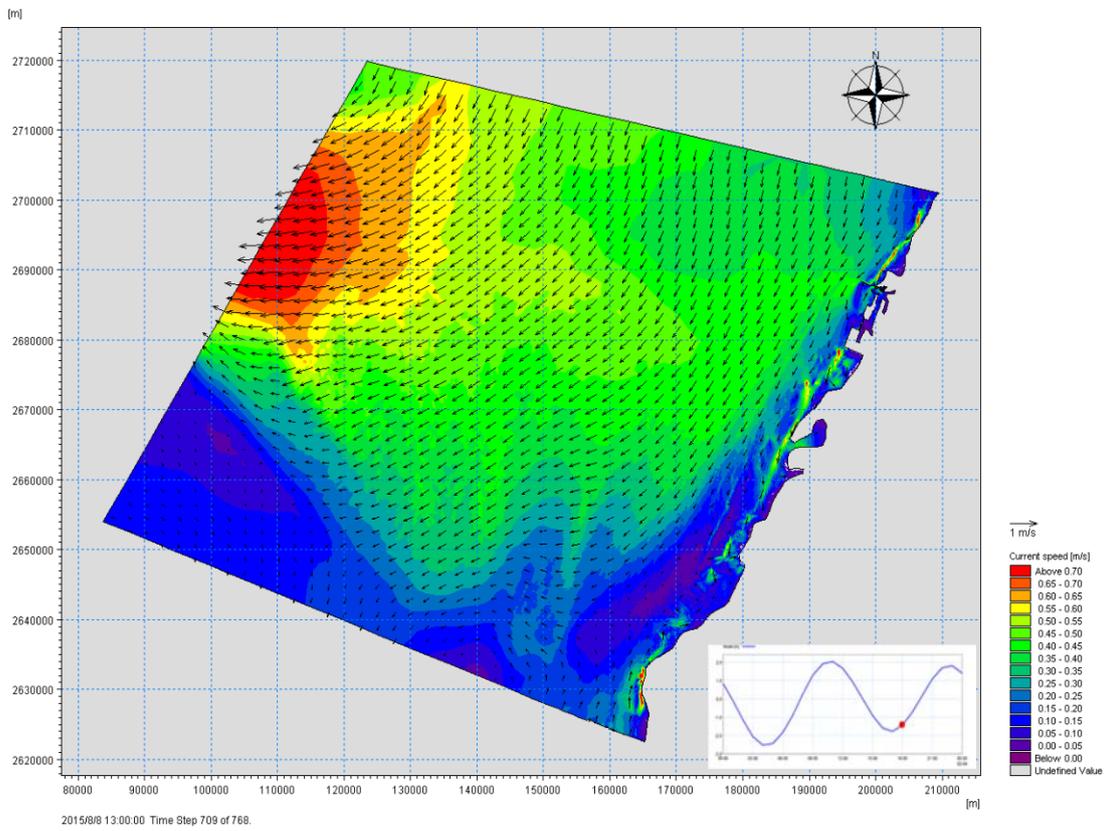


圖 4.75 夏季季風期間風機群設置後模擬流場(漲潮)

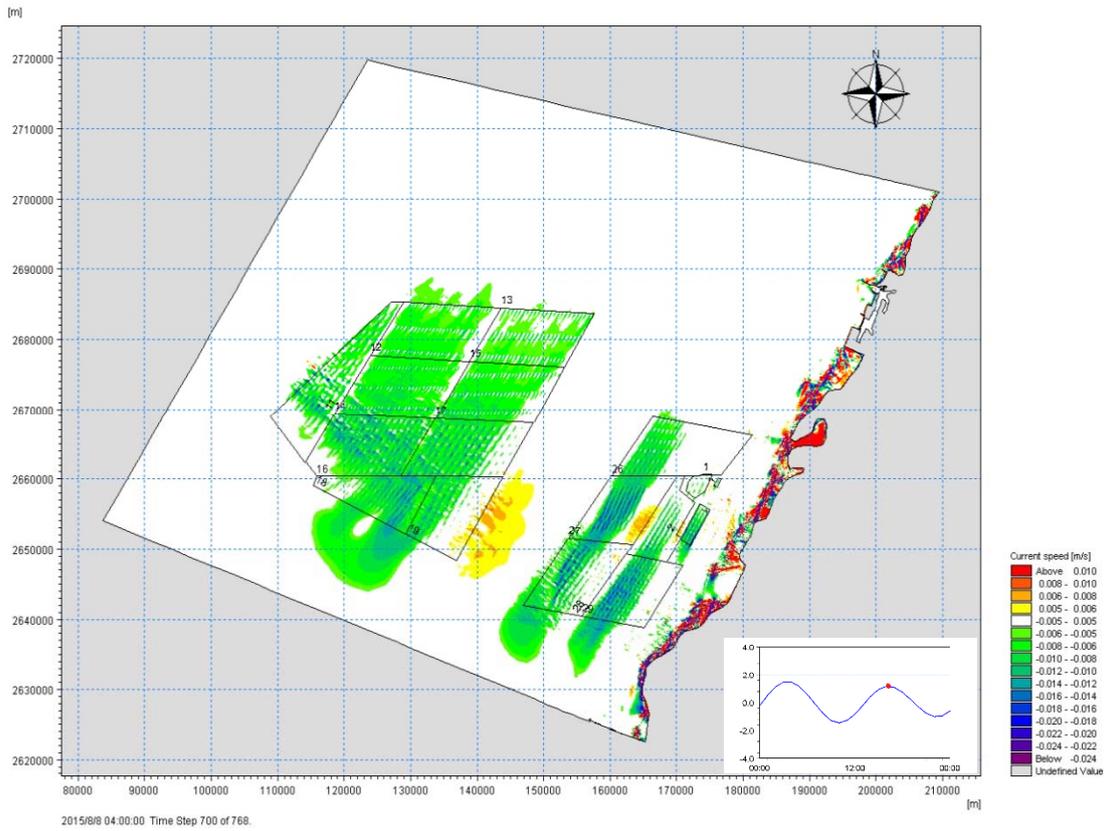


圖 4.76 夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(滿潮)

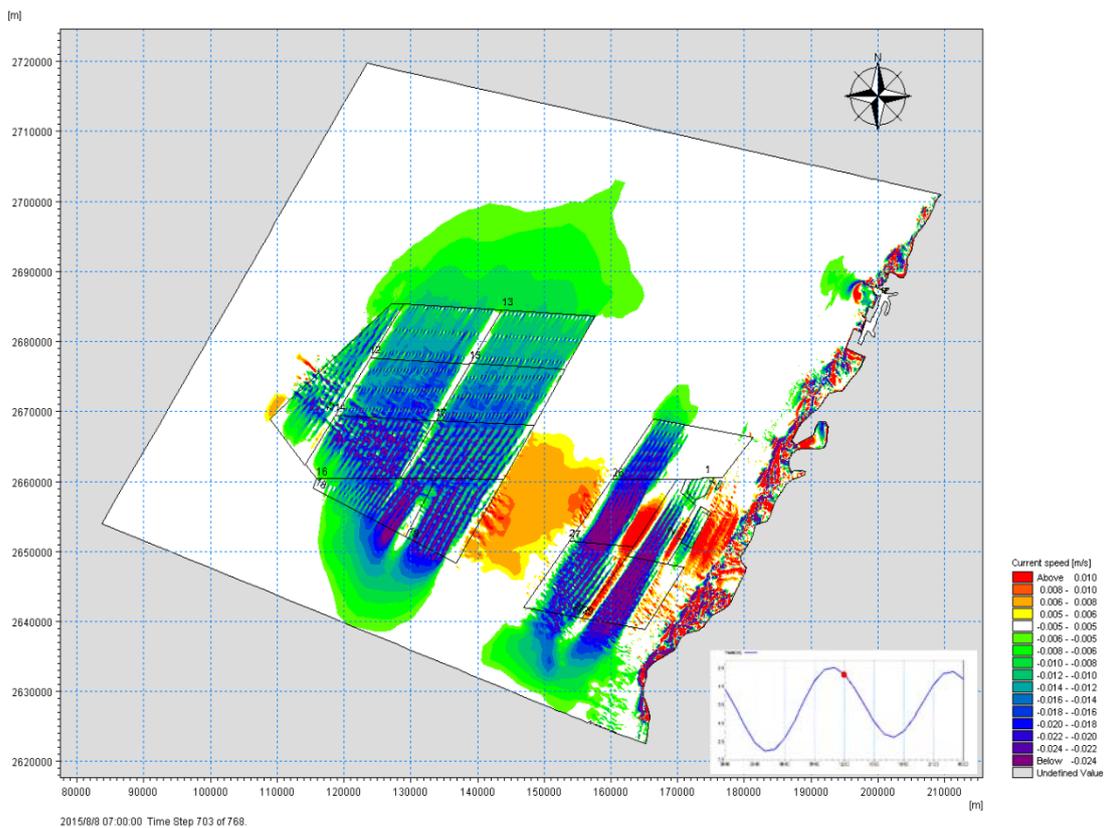


圖 4.77 夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(退潮)

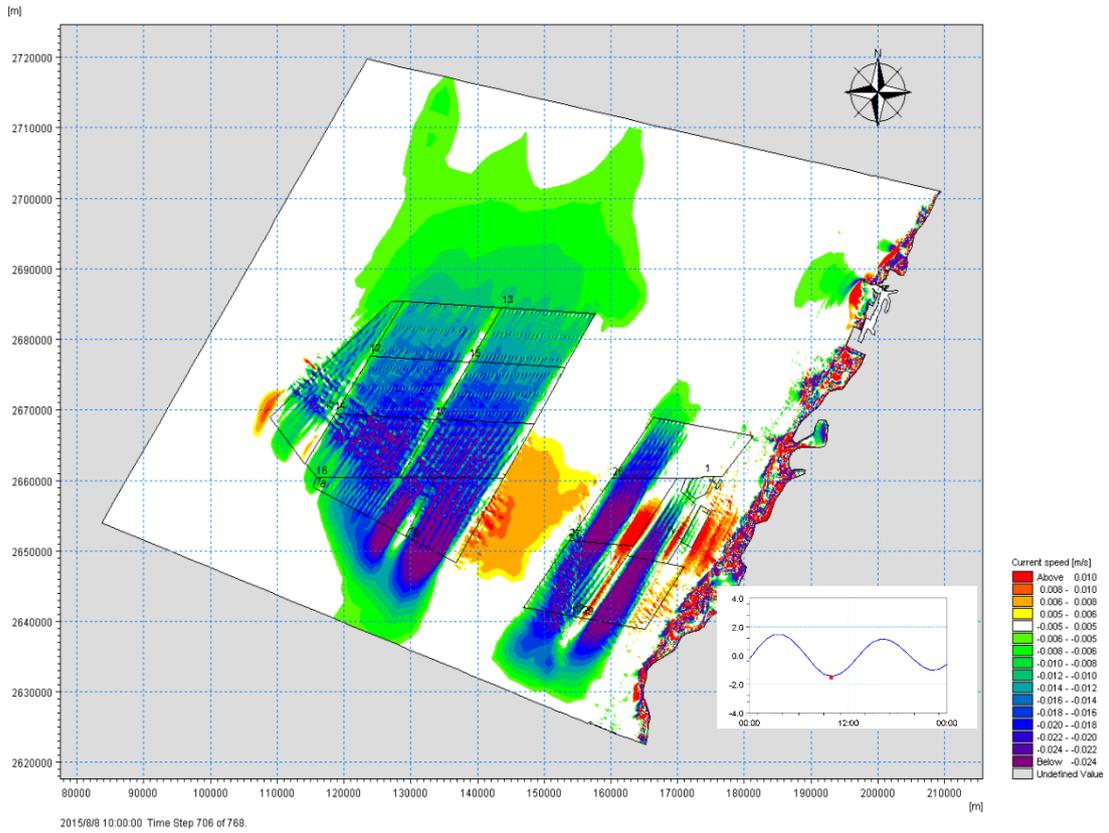


圖 4.78 夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(低潮)

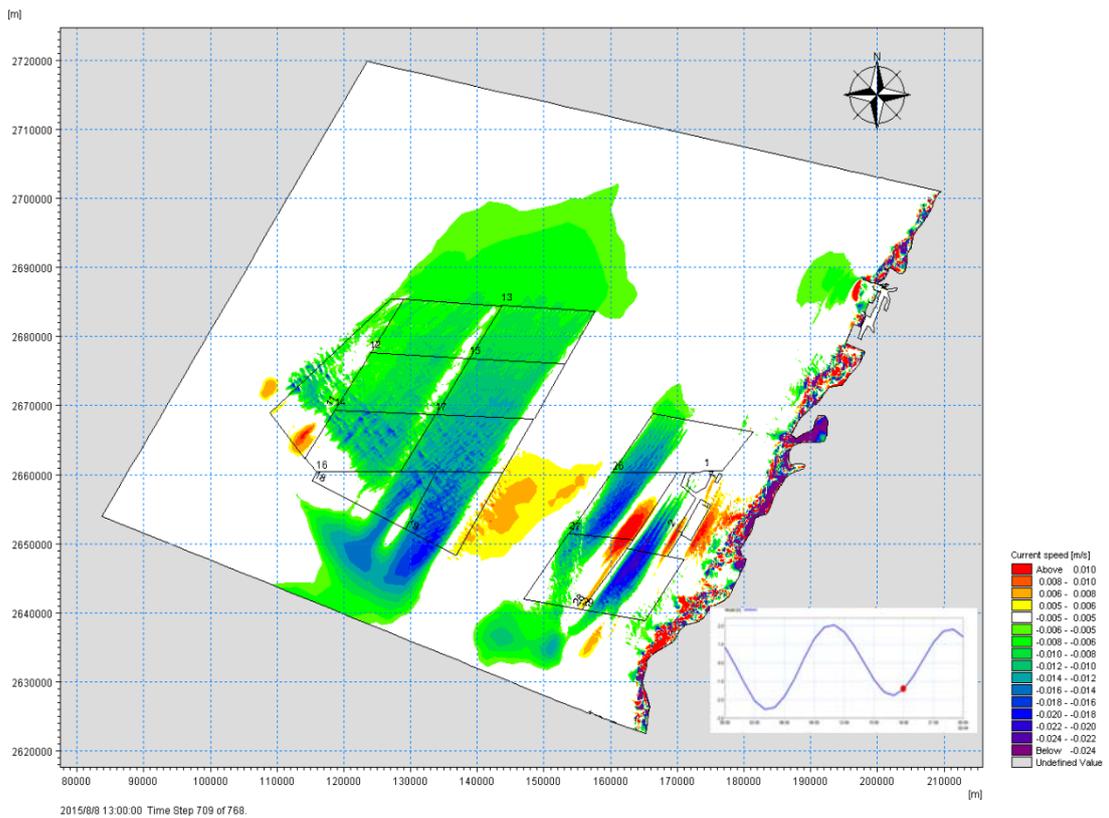


圖 4.79 夏季季風期間風機群設置後流場模擬差異結果(漲潮)

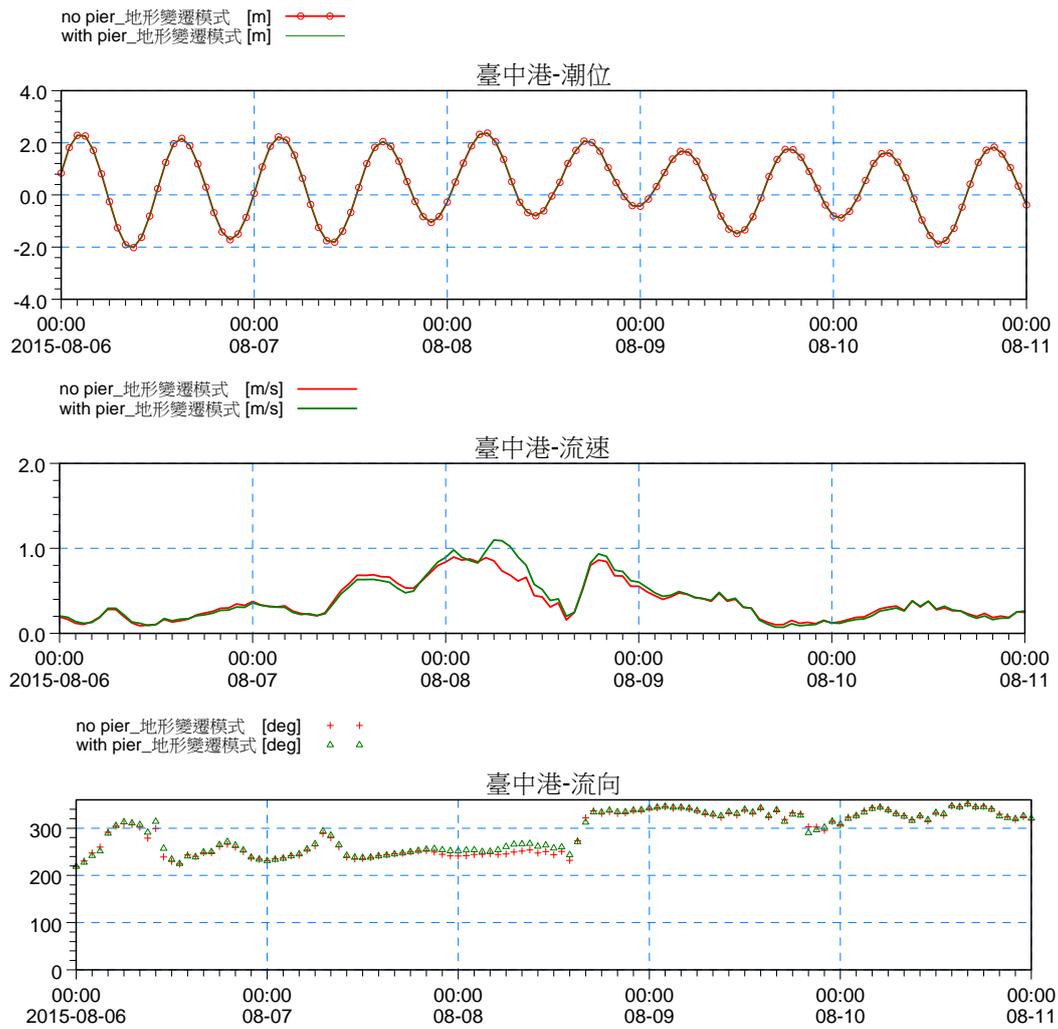


圖 4.80 夏季季風期間風機群設置設置前、後臺中港站潮、流模擬比較

### 3. 離岸風電海域颱風期間地形變遷模擬情形:

設置風機群後，考慮大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪河川年平均流量及輸沙量，於夏季期間地形侵淤變化結果如圖 4.81 所示，離岸風電場址均有較夏季期間更明顯增加淤積或增加侵蝕現象，整體離岸風電海域平均底床變化增加 0.01m、底床淤積最大量為 10.16m、底床侵蝕最大量為 4.5678m，爰颱風時期底床變化較顯著，且查看模式 6 剖面底床變化情形如圖 4.82 所示，離岸風電場址區域及彰化沿岸底床幾乎無變化，僅臺中港北防沙堤至北防波堤間(Line4)，靠近北防波堤之底床較有侵蝕傾向。

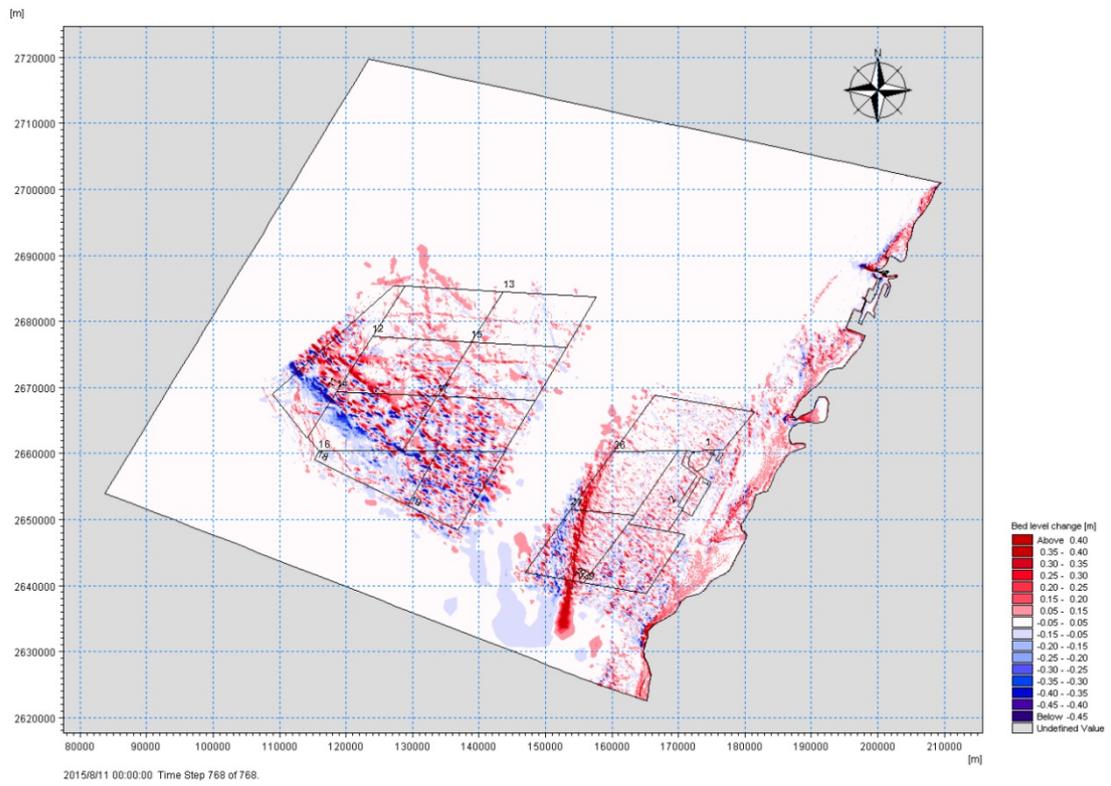


圖 4.81 風機群設置前後，蘇迪勒颱風期間地形變化情形

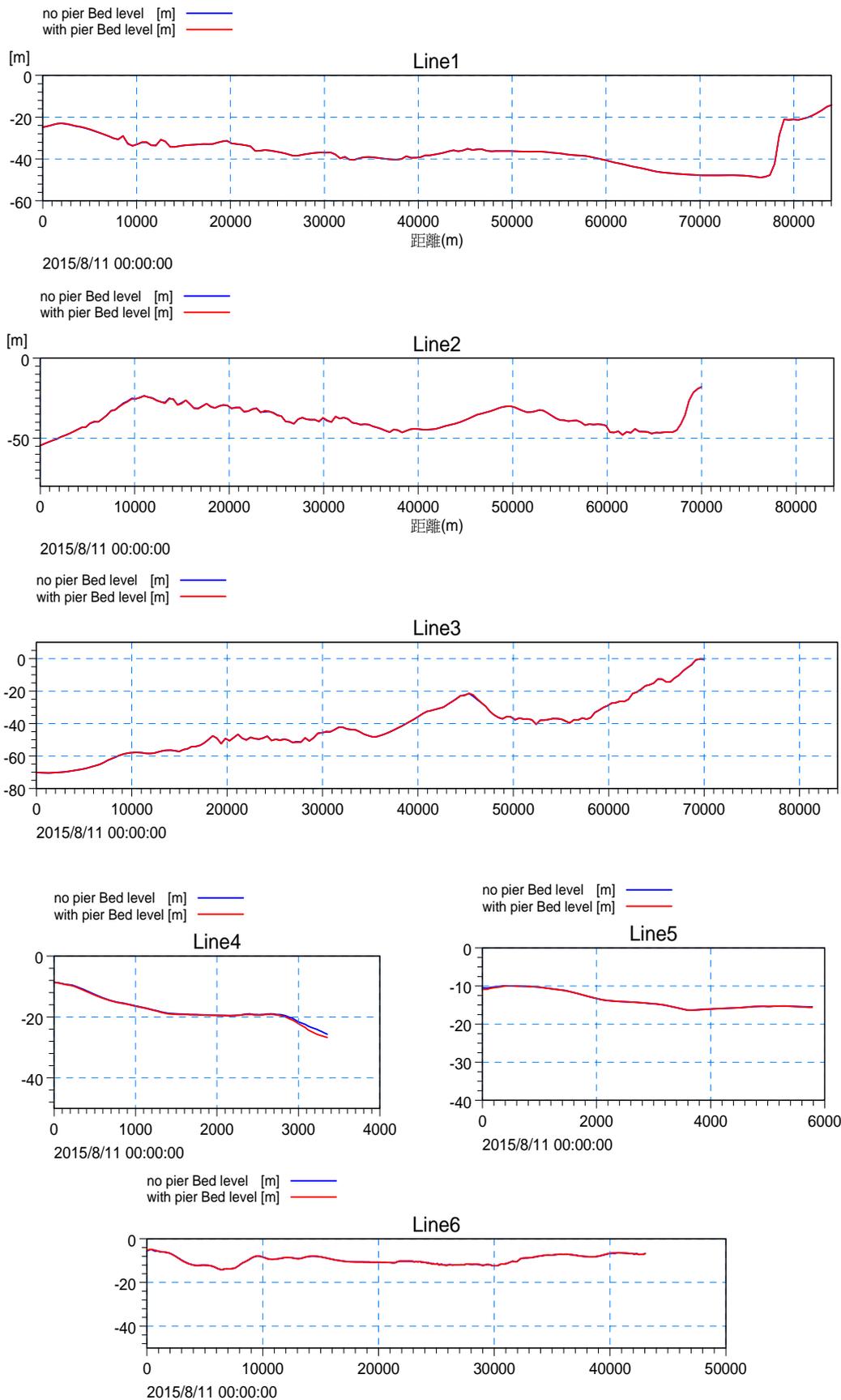


圖 4.82 蘇迪勒颱風期間，離岸風電海域在風機群設置前、後之 6 空間剖面底床變化情形

## 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2年計畫進行臺中鄰近海域波浪、海流及漂沙之數值模擬工作，109年度則改配合臺中港區漂沙試驗納入本中心「離岸風電場鄰近海岸漂沙機制探討(4/4)」計畫辦理。本年度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，並對離岸風電場址、沿岸及臺中港造成影響，故進行相關波、流、漂沙等研究探討。

本計畫針對臺中、彰化海域進行波浪、海流及漂沙數值分析探討，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、水動力及漂沙之冬、夏季節與颱風特性分析，建置適用於臺中鄰近海域的西北太平洋風浪及水動力模式(大域模式)及反應區域漂沙情形之離岸風電海域地形變遷模式(局部模式)，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結果，所建置模式與觀測資料均有良好相關性。

將位屬臺中、彰化海域之離岸風電場址(含示範風場)，共計有福海一號、福海二號、台電第一期、西島、海鼎一號(編號11)、大彰化西北(編號12)、大彰化東北(編號13)、大彰化西南(編號14)、大彰化東南(編號15)、海鼎二號(編號16)、海鼎三號(編號17)、海龍三號(編號18)、海龍二號(編號19)、台電第二期(編號26)、彰芳(編號27)、海峽(編號28)及中能(編號29)等17個風場，一併納入設置風機群後對海域影響之情境模擬，模擬成果顯示設置風機群後會有局部區域波高、流速及漂沙變化，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，漂沙則在離岸風電場址區域及臺中、彰化沿岸呈現侵淤互現情形，近岸尤其以海埔新生地、海堤、及港灣結構物附近變動最明顯。

本研究成果，可供本所後續辦理臺中港漂沙、擴港水工試驗、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 地形水深資料採用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網格解析度 200 公尺之海域水深地形資料、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%，風向以 N~E 向為主；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%，風向以 S~W 向為主。
- 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 完成西北太平洋模型(大域模型)，模型範圍為東經 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臺中、彰化外海區域以局部網格加密方式處理，在臺中、彰化外海區域其網格大小約 0.03°。
- 6 完成可代表反應臺中、彰化海域現況波浪物理變化之大域模式:建置西北太平洋風浪模式，進行冬季、夏季及颱風時期之模擬驗證工作，將臺灣中部海域波浪觀測站其波高模擬與實測資料比對，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。
- 7 完成可代表反應臺中、彰化海域現況流場物理變化之大域模式:建置西北太平洋水動力模式，進行冬季、夏季及颱風時期之模擬驗證工作，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，惟在颱風期間，潮位及流速模擬偏低，此可能與預報風場之風速值較觀測值低因素有關。
- 8 為能確實反應離岸風電場址(深水區域)、臺中鄰近海域(淺水區域)漂沙情形並考量數值計算時效，本年度改變數值模式整體組成、操作執行方式，分述如下：
  - (1) 創建局部且網格更細緻之局部模型：創建離岸風電海域地形變遷模型，模型範圍包含臺中、彰化外海 80 公里區域，三角形網格，網格大小長約 3 公里，離岸風電場址區域及臺中、彰化沿岸則局部加密，網格大小長約 40~50 公尺，共計有 2,012,550 個節點及 401,030 個三角形元素，俾利提供更細緻模擬資料。

- (2) 增加模式層次以節省執行局部模式細緻化模擬計算時間：應用西北太平洋風浪及水動力等 2 大域模式模擬資料，取與離岸風電海域地形變遷模型邊界對應之波浪、潮位時序列資料，作為提供離岸風電海域地形變遷模式邊界條件。
  - (3) 各模組間採用耦合數值運算方式，貼近自然物理變化機制：離岸風電海域地形變遷模式係由波浪、水動力及漂沙等 3 類模組組合，執行每一時刻運算時，各模組間進行耦合數值計算。
  - (4) 離岸風電海域地形變遷模式考慮大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪河川流量及河川輸沙量，作為模式沙源。
  - (5) 採用較佳之風、氣壓場解析度，提升數值模擬準確度：原西北太平洋風浪及水動力模式，使用中央氣象局預報風場 WRF\_M00 成員第一層(WA01)風氣壓場資料，解析度 45km，在離岸風電海域地形變遷模式，則使用中央氣象局預報風場 WRF\_ M00 成員第三層(WA03)風氣壓場資料，解析度 15km，有助於提升本計畫重點探討區域數值模擬結果。
- 9 完成離岸風電海域地形變遷模式於冬季、夏季及颱風時期之模擬驗證工作，提供可反應臺中、彰化海域現況波浪、流、漂沙及地形侵淤情形之模擬資料，模擬結果分述如下：
- (1) 波浪整體模擬表現：
    - 甲、與波高實測值驗證結果：離岸風電海域地形變遷模式於冬季、夏季期間之示性波高模擬值偏小，颱風期間示性波高模擬值略高。
    - 乙、與西北太平洋風浪模式波高模擬值相比：離岸風電海域地形變遷模式於冬季期間模擬結果較佳、夏季及颱風期間略差。
    - 丙、離岸風電海域地形變遷模式之示性波高模擬值與實測值均有良好的相關性(均有 0.7 以上)，波高、週期及波向模擬值均與實測值變化趨勢相近。

(2) 流場整體模擬表現:

甲、離岸風電海域地形變遷模式之潮位模擬值與實測值均有較高的相關性。

乙、與西北太平洋水動力模式流速模擬結果相比: 離岸風電海域地形變遷模式之流速模擬值結果較佳。

(3) 漂沙及地形侵淤情形: 漂沙運動主要以懸浮載移動為主, 藉由冬季、夏季及蘇迪勒颱風期間模擬, 可知在離岸風電場區域及臺中、彰化沿岸均有明顯呈現侵淤互現情形, 近岸尤其以海埔新生地、海堤、及港灣結構物附近變動最明顯。

10 完成臺中、彰化海域設置風機群後之情境模擬: 共模擬 17 個離岸風電場址, 取其環評配置最多風機數方案, 共計 1,038 座風機 (4,152 支風機群樁), 模擬冬季、夏季及颱風時期, 風機群樁設置後對海域波、流及漂沙影響情形, 並輸出 6 段空間剖面圖, 以此評估風機群設置完成後對海域、近岸環境及臺中港影響, 結果分述如下:

(1) 波浪改變情形: 波浪經過風機群時, 波高雖會略呈現降低傾向但僅局部變化, 通過風機群後即逐漸回復, 在臺中、彰化近海附近已與現況相近, 驗證 17 個離岸風電場址全部風機群設置完成後對整體海域波浪場影響範圍有限。

(2) 流場差異情形: 設置風機群後, 流場經過離岸風電場址區域內流速會降低, 但一離開風電場址流速即逐步回升, 流速整體變動不大(在 0.01m/s 以內)。

(3) 漂沙及地形侵淤改變情形: 設置風機群後, 冬季呈現淤積情形、夏季期間模擬底床近乎無變化、颱風期間變化較夏天期間明顯, 靠近北防波堤底床模擬結果呈現淤積侵蝕傾向。

## 5.2 建議

1. 在臺中、彰化沿岸區域有長期性侵淤變化情形，後續可針對臺中港域及未來臺中港擴港，建置網格尺度更細緻之模式，探討其中、長期地形變遷。
2. 所建置之風浪、水動力及漂沙模式尚未考量風場受離岸風電機整體變化情形，後續仍有待相關研究評估。

## 參考文獻

1. 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。
2. 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。
3. 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。
4. 陳宇凱，2018，颱風對於太麻里溪河口岸段地形變遷影響，國立台灣海洋大學河海工程研究所碩士論文。
5. 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。
6. 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。
7. 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。
8. 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。
9. 黃清哲、莊士賢、林演斌、吳中立、范揚洺、沈明毅、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，第 A-1-A-5 頁。
10. 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。
11. 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。
12. 黃郁晴、鮑俊宏、陳佳琳、陳弘恩、郭建宏，2019，「曾文溪口水動力及泥沙傳輸之研究」，第 41 屆水利工程研討會論文集，第 524-529 頁。
13. 洪傳凱、陳佳琳、錢樺、林敬樺，2019，「彰雲海域水動力與輸砂之數值模擬」，第 41 屆水利工程研討會論文集，第 530-535 頁。
14. 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。
15. 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。
16. 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。
17. 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。
18. 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。
  19. 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。
  20. 黃清哲、莊士賢、林演斌、吳立中、范揚沼、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。
  21. 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。
  22. 臺灣港務股份有限公司臺中港務分公司，2013，「臺中港南堤路海側堤基保護工程初步設計報告書」報告。
  23. 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。
  24. 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。
  25. 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。
  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. 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。
  28. 台灣電力公司，2015，「離岸風力發電第一期計畫環境影響說明書」報告。
  29. 經濟部能源局，2017，「風力發電4 年推動計畫」報告。
  30. 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。
  31. 海峽風電股份有限公司籌備處，2017，「海峽離岸風力發電計畫(27 號風場)環境影響說明書(第二次修訂本)」報告。
  32. 海峽風電股份有限公司籌備處，2017，「海峽離岸風力發電計畫(28 號風場)環境影響說明書(第二次修訂本)」報告。
  33. 福芳風力發電股份有限公司籌備處，2017，「彰化福芳離岸風力發電計畫環境影響說明書(第二次修訂本)」報告。
  34. 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。
  35. 福海風力發電股份有限公司，2018，「福海離岸風力發電計畫(第一期工程)環境影響說明書變更內容對照表(申請施工期間暫時停止環境監測計畫)」報告。
  36. 海鼎一風力發電股份有限公司籌備處，2018，「海鼎離岸式風力發電 1 號風場

- 環境影響說明書變更內容對照表」報告。
37. 海鼎二風力發電股份有限公司籌備處，2018，「海鼎離岸式風力發電 2 號風場環境影響說明書變更內容對照表」報告。
  38. 海鼎三風力發電股份有限公司籌備處，2018，「海鼎離岸式風力發電 3 號風場環境影響說明書變更內容對照表」報告。
  39. 大彰化西北離岸風力發電股份有限公司籌備處，2018，「大彰化西北離岸風力發電計畫環境影響說明書(第三次修訂本)」報告。
  40. 大彰化東北離岸風力發電股份有限公司籌備處，2018，「大彰化東北離岸風力發電計畫環境影響說明書(第三次修訂本)」報告。
  41. 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。
  42. 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。
  43. 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。
  44. 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。
  45. 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。
  46. 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。
  47. 臺灣港務股份有限公司臺中港務分公司及台灣電力股份有限公司，2018，「臺中港外港區擴建計畫(第一期)」環境影響說明書報告。
  48. 福海風力發電股份有限公司，2019，「福海彰化離岸風力發電計畫環境影響說明書」報告。
  49. 經濟部能源局，2019，「離岸風電推動現況與展望」報告。
  50. Komar, P. D., & Inman, D. L. (1970). Longshore sand transport on beaches. *Journal of Geophysical Research*, 75(30), 5914-5927. doi:10.1029/JC075i030p05914.
  51. Linsley, R.K., Kohler, M.A. and Paulhus, J.L.H.(1975) *Hydrology for engineers*, McGraw-Hill, Table 11-4, 344.
  52. Galloway, W. E. (1975). Process Framework for Describing the Morphologic and
  53. Stratigraphic Evolution of Deltaic Depositional Systems.
  54. Bagnold, R. A. (1996). An Approach to the Sediment Transport Problem From General Physics.
  55. Cancino, L. and Neves, R. (1999) Hydrodynamic and sediment suspension modelling in estuarine systems Part I: Description of the numerical models, *Journal of Marine*

- Systems*, 22, 105-116.
56. Cancino, L. and Neves, R. (1999) Hydrodynamic and sediment suspension modelling in estuarine systems Part II: Application to the Western Scheldt and Gironde estuaries, *Journal of Marine Systems*, 22, 117-131.
  57. Geyer, W.R., Woodruff, J.D. and Traykovski, P.(2001) Sediment Transport and Trapping in the Hudson River Estuary, *Estuaries*, 24(5), 670-679.
  58. Masselink, G. and Hughes, M.G. (2003) *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*, Oxford University Press Inc, 100-164.
  59. Syvitski, J. P., Vorosmarty, C. J., Kettner, A. J., & Green, P. (2005). Impact of humans on the flux of terrestrial sediment to the global coastal ocean. *Science*,308(5720), 376-380. doi:10.1126/science.1109454.
  60. Knutson, T. R., McBride, J. L., Chan, J., Emanuel, K., Holland, G., Landsea, C., Sugi, M. (2010). Tropical cyclones and climate change. *Nature Geoscience*, 3(3), 157-163. doi:10.1038/ngeo779.
  61. Danish Hydraulic Institute (2012) Spectral Wave Module Scientific Documentation.
  62. Danish Hydraulic Institute (2012) Hydrodynamic and Transport Module Scientific Documentation.
  63. Danish Hydraulic Institute (2012) Sand Transport Module Scientific Documentation.
  64. Dalrymple, R. W., Mackay, D. A., Ichaso, A. A., & Choi, K. S. (2012). Processes,
  65. Morphodynamics, and Facies of Tide-Dominated Estuaries. In *Principles of Tidal Sedimentology* (pp. 79-107).
  66. Sugi, M., Murakami, H., & Yoshimura, J. (2012). On the Mechanism of Tropical Cyclone Frequency Changes Due to Global Warming. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 90A(0), 397-408. doi:10.2151/jmsj.2012-A24.

# 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(2/3)-

# 臺中鄰近海域漂沙特性數值分析

報告人: 傅怡釗 助理研究員

作者: 李俊穎、傅怡釗、陳鈞彥、蘇青和、謝佳紘

簡報日期: 108年12月12日

## 簡報內容

💧 前言

💧 環境資料蒐集分析

☀️ 模式理論介紹

☀️ 西北太平洋-  
風浪及水動力模式

📄 離岸風電海域地形變遷模式

✓ 結論與建議

2



# 一、前言(1/2)

## ■ 計畫架構

108年度-綱要計畫

細部計畫

離岸風電海下工程  
技術研發計畫

1.離岸風電區海氣象觀測與特性分析(3/4)

2.離岸風電區鄰近海岸漂沙機制探討(3/4)

3.離岸風電水下技術研發(3/4)

4.離岸風電建置與航安技術發展(3/4)

5.離岸風電區鄰近海域波流及地形  
變遷數值分析(2/3)-臺中鄰近海域  
漂沙特性數值分析

3

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

# 一、前言(2/2)

臺中鄰近海域

→臺中及彰化外海區域

受限兩岸陸地區域

→海象狀況較複雜

多處離岸風電場址設置區

→海象資訊掌握更顯重要

→風機群:佔據區域面積大、  
多點式小結構物



**計畫目的:**建置數值模式，探討風機群設置於臺中鄰近海域後，所造成波、流場、漂沙影響。

4

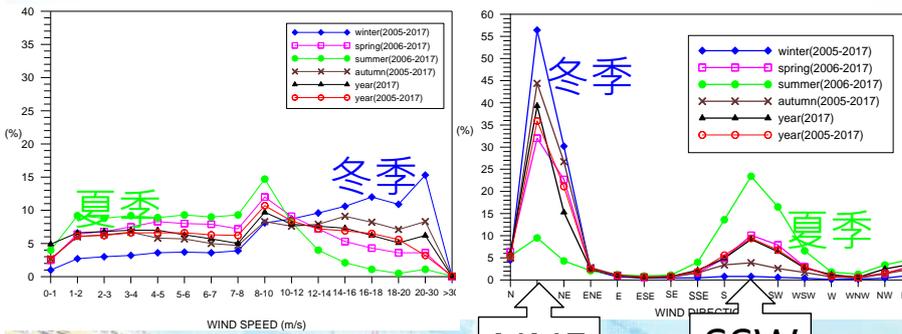
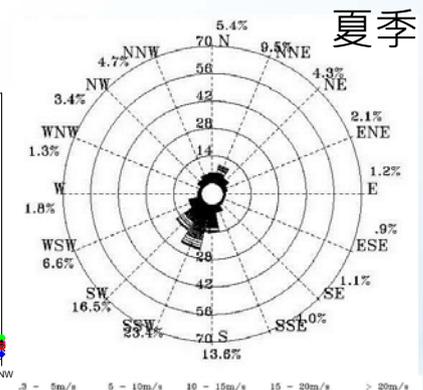
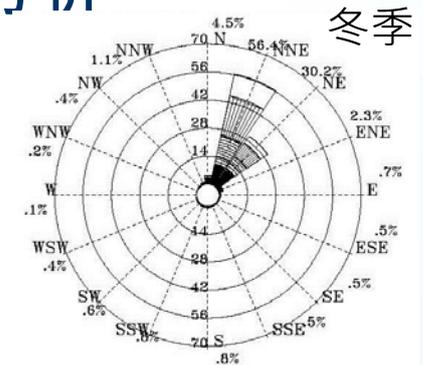
交通部運輸研究所港灣技術研究中心  
Harbor and Marine Technology Center

## 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

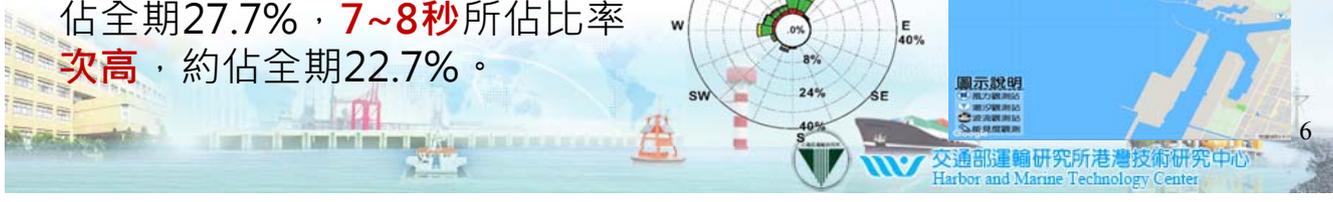
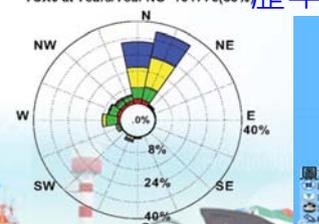
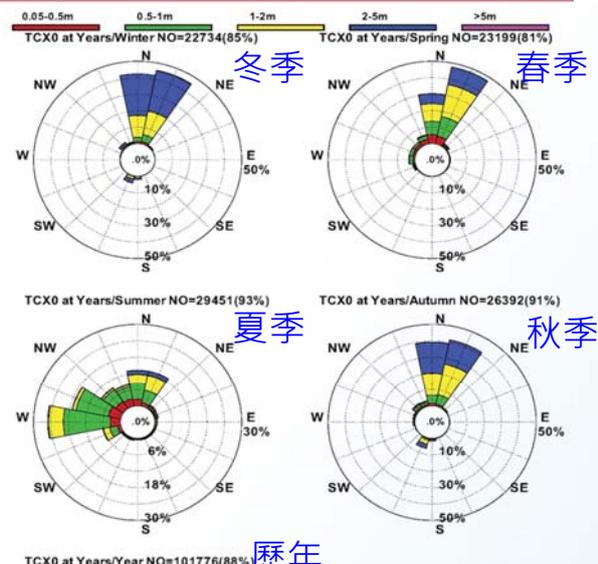
### ■ 波浪觀測 1999~2016

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%**。

Rose Diagram of Wave

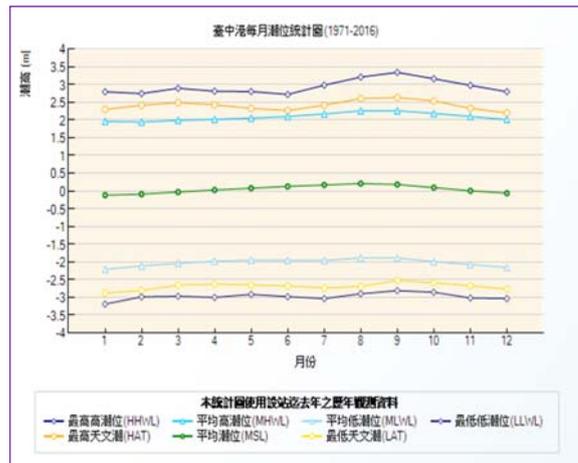


## 二、環境資料蒐集及分析

### ■ 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

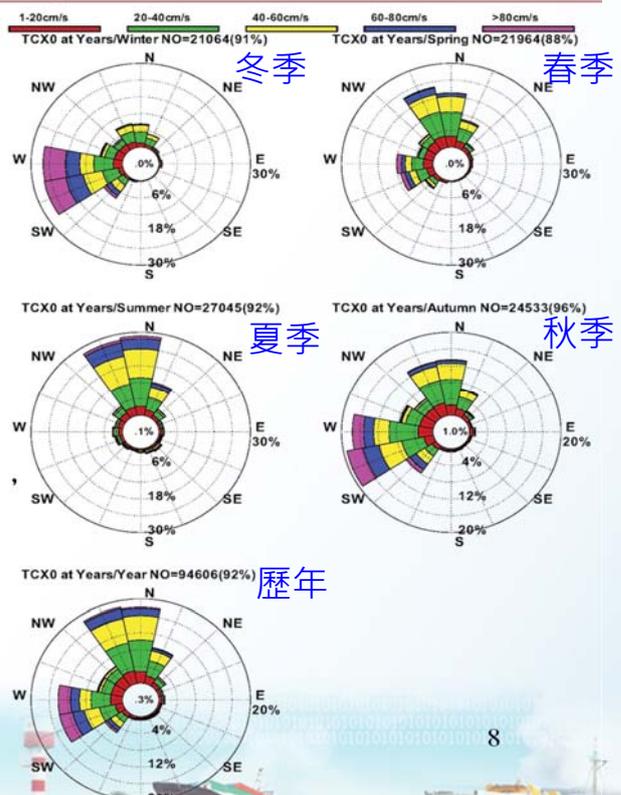
### ■ 海流觀測 2003~2016

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)。

Rose Diagram of Current



## 二、環境資料蒐集及分析

### ■ 計畫區域河川輸砂調查

參考經濟部水利署「107年水文年報」河川流量及輸砂量實測紀錄調查，本計畫整理如下：



河川	年平均流量 (CMS)	年平均輸砂量 (公噸/day)
大安溪	9.25	361
大甲溪	1209	1,063
烏溪	71.95	2,670
濁水溪	72.92	11,820

9

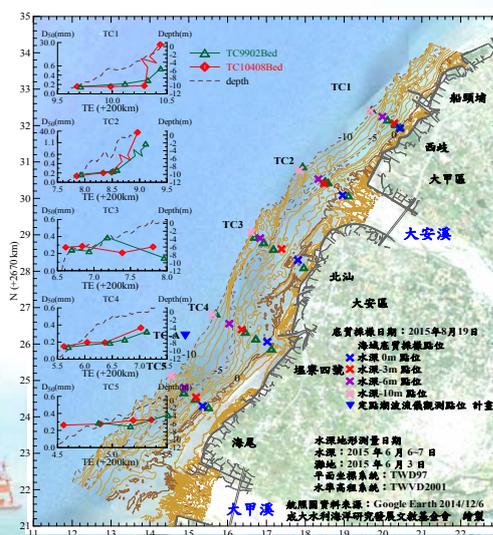
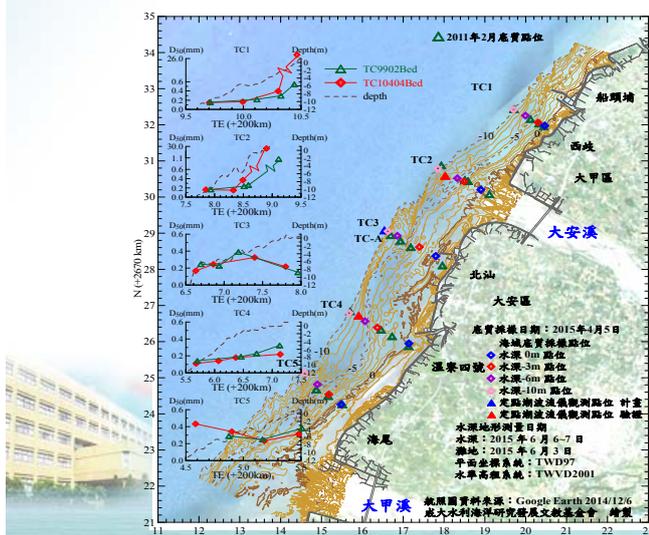


## 二、環境資料蒐集及分析

### ■ 近海底床粒徑調查(1/3)

資料來源:臺中海岸基本資料調查·三河局

水深位置 (m)	冬季(2015年4月) D <sub>50</sub> (mm)	冬季(2015年8月) D <sub>50</sub> (mm)	土壤分類
0	0.216~29.538	0.279~28.036	均勻細砂至級配良好中礫
-3	0.180~0.395	0.173~0.319	均勻細砂
-6	0.141~0.342	0.157~0.287	均勻細砂
-10	0.111~0.433	0.135~0.273	均勻細砂至級配好中砂



10

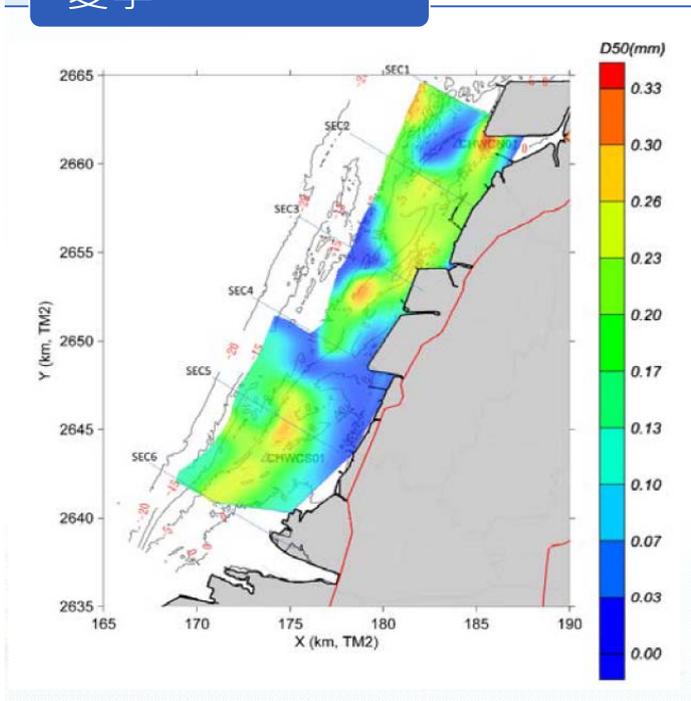


## 二、環境資料蒐集及分析

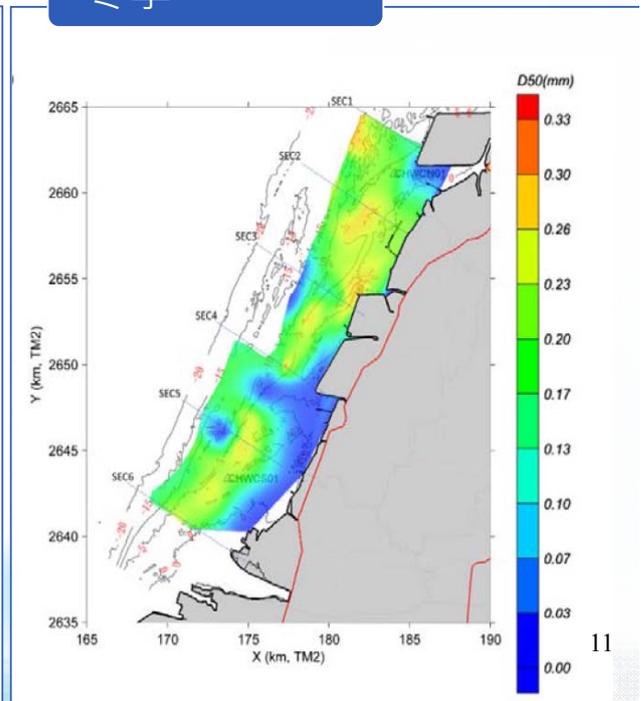
### ■ 近海底床粒徑調查(2/3)

資料來源:彰化海岸基本資料調查·四河局

夏季



冬季



11

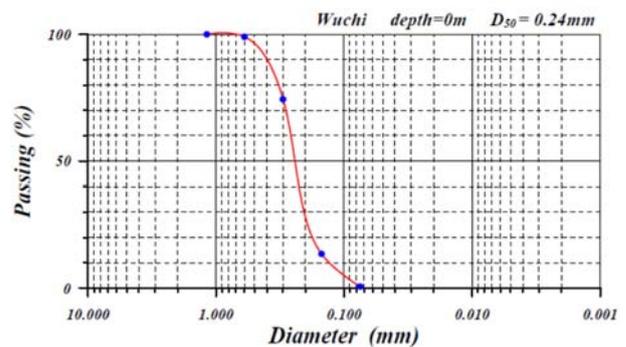
## 二、環境資料蒐集及分析

### ■ 近海底床粒徑調查(3/3)

臺中港附近:

民國92年北防沙堤北側採樣的粒徑分析如圖，中值粒徑為 0.24 mm。

資料來源:「碎波帶漂沙與波動特性研究」·林柏青



南側彰濱工業區海域:

依據成功大學水工試驗所底床粒徑調查結果，海域-15 m處至0 m水深線間的中值粒徑介於0.2 ~ 0.25mm。

12



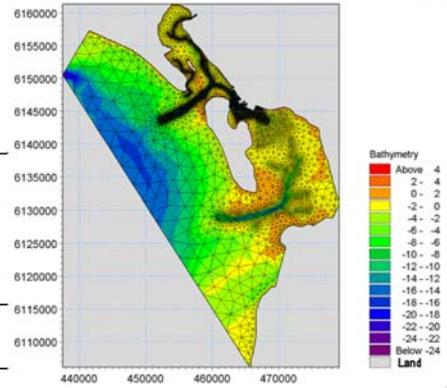
### 三、模式理論介紹

#### ■ 理論介紹

#### 丹麥水利研究所(DHI)

使用DHI 開發之**MIKE 21 FM**模擬波、流、漂沙情形

#### (一) 波浪數值模式



**SW(Spectral Wave)**第三代波譜模型·模擬風生浪過程、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

$S$ :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

☀ 控制方程式:**波浪守恆方程式**

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

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

- $S_{in}$ :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

13

### 三、模式理論介紹

#### (二) 水動力數值模式

**HD FM**模組: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

→ 輸出:潮位(水位)與流場(流速、流向)

☀ 控制方程式:不可壓縮流之Reynolds averaged Navier-Stoke

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

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

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

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

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

$t$ : 時間、 $x$ 、 $y$ 、 $z$ : 空間坐標

$\eta$ : 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,  $\rho$ 為海水密度,  $p_a$ 為大氣壓力

14

14

## 三、模式理論介紹

### (三)沙傳輸(Sand Transport)數值模式

1. **ST模組**:採用**波流交互作用**計算**輸沙率**。
2. **輸沙率**:將不同計算條件下之輸沙率預先儲存在一**輸沙表(Q3D)**中，待模式開始計算後，再根據當時之水動力場及波浪場，於輸沙表中內插求取相對應條件下之輸沙率，最後將每一點沿水深方向上積分即可得斷面輸沙率。

$$q_t = q_b + q_s$$

$q_b$  為底床載  
 $q_s$  為懸浮載  
 $q_t$  為總輸沙載

15

## 四、西北太平洋風浪及水動力模式

### 大域模式

為探討臺中、彰化海域海象變化情形，先初步建立一大範圍**風浪及水動力**數值模式，藉由使用**臺灣中部海域觀測站**之觀測資料率定、驗證後，證明此大域模式可以反應臺中、彰化海域之海象變化。

- A. 西北太平洋**模型建置**
- B. 西北太平洋**風浪**模式及(冬、夏、颱風)驗證
- C. 西北太平洋**水動力**模式及(冬、夏、颱風)驗證
- D. 2019年**利奇瑪**颱風模擬驗證



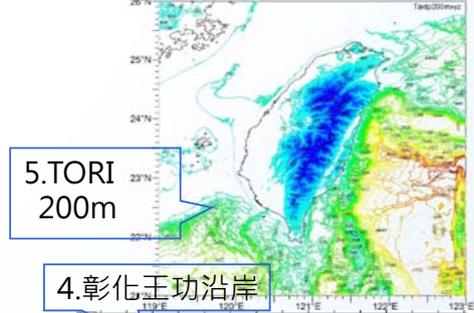
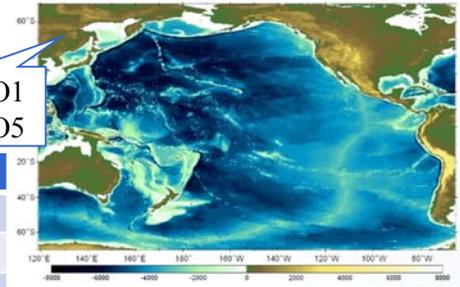
提供局部模式邊界條件

16

# A、西北太平洋模型建置(1/4)

## ■ 使用地形水深資料

項次	區域範圍	水深資料	資料來源
1	梧棲漁港	92年臺中港海圖	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200m海域	21-26°N, 119-123°E 200m網格水深	海科中心 (TORI)
6	臺灣外海海域	ETOPO1	NOAA
7	上述地區以外之模式範圍	ETOPO5	NOAA



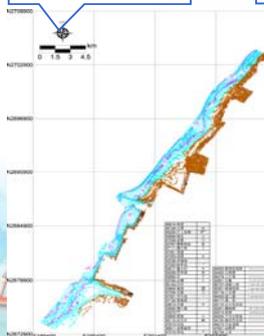
1.臺中港海圖



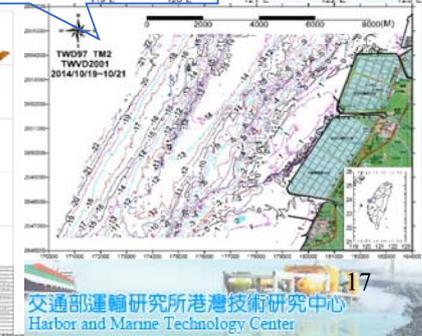
2.臺中港域測深



3.臺中沿岸



4.彰化王功沿岸

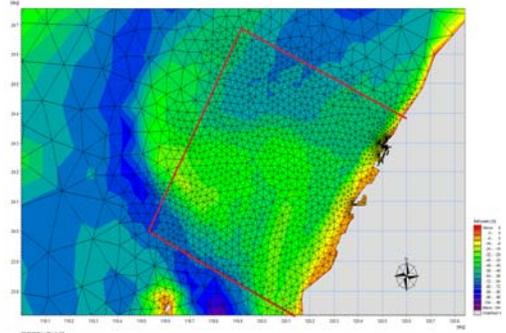
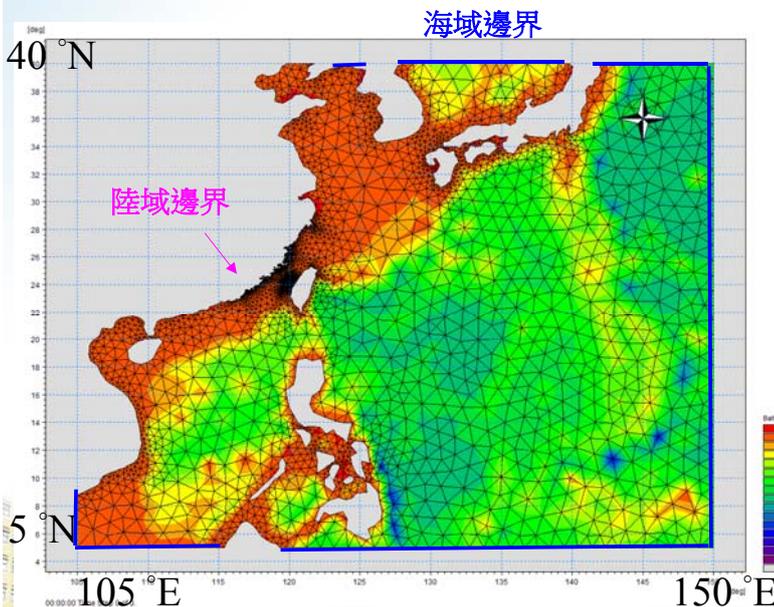


# A、西北太平洋模型建置(2/4)

## ■ 模型範圍及網格

☀️ 大域模式 → 網格大小邊長約 1°

☀️ 局部加密  
(臺中鄰近海域)  
→ 網格加密  
→ 網格大小邊長約 0.03°

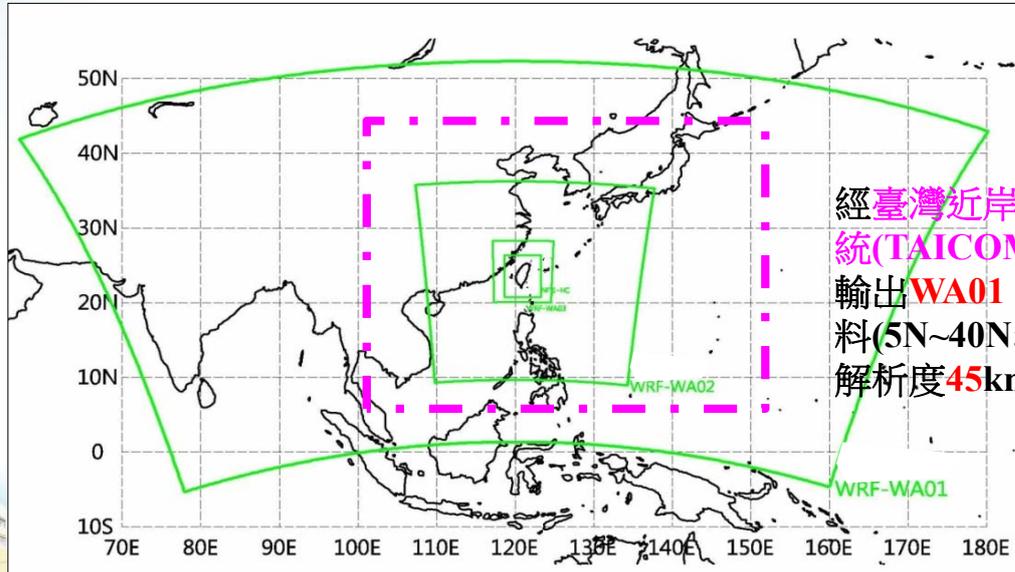


☀️ 三角形元素: 10,533個  
節點: 6,111個

## A、西北太平洋模型建置(3/4)

### ■ 使用的風、氣壓場資料介紹

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



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)解析度45km

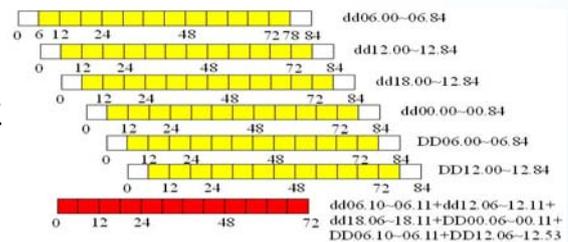
19

## A、西北太平洋模型建置(4/4)

### ■ 製作模式的風、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



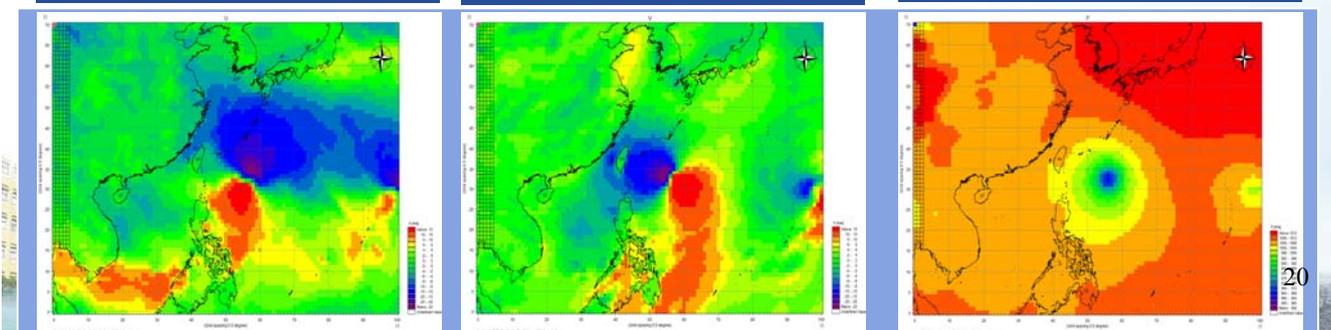
#### ☀ 建置Mike 21使用之2維平面風、氣壓場檔案格式

→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

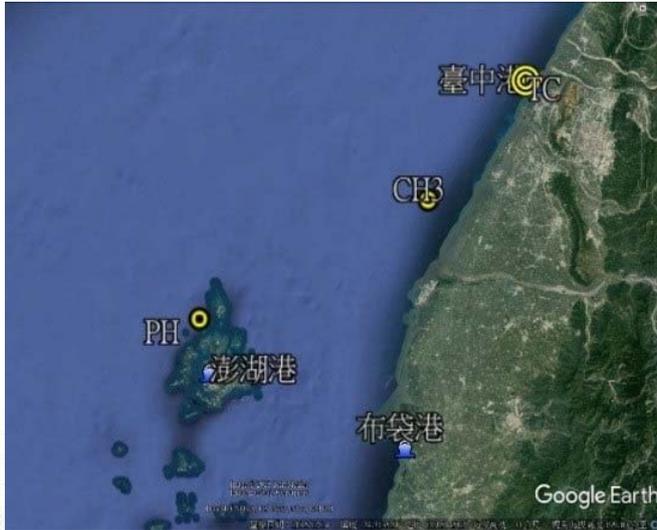


## B、西北太平洋風浪模式及驗證(1/10)

### ■ 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)

21

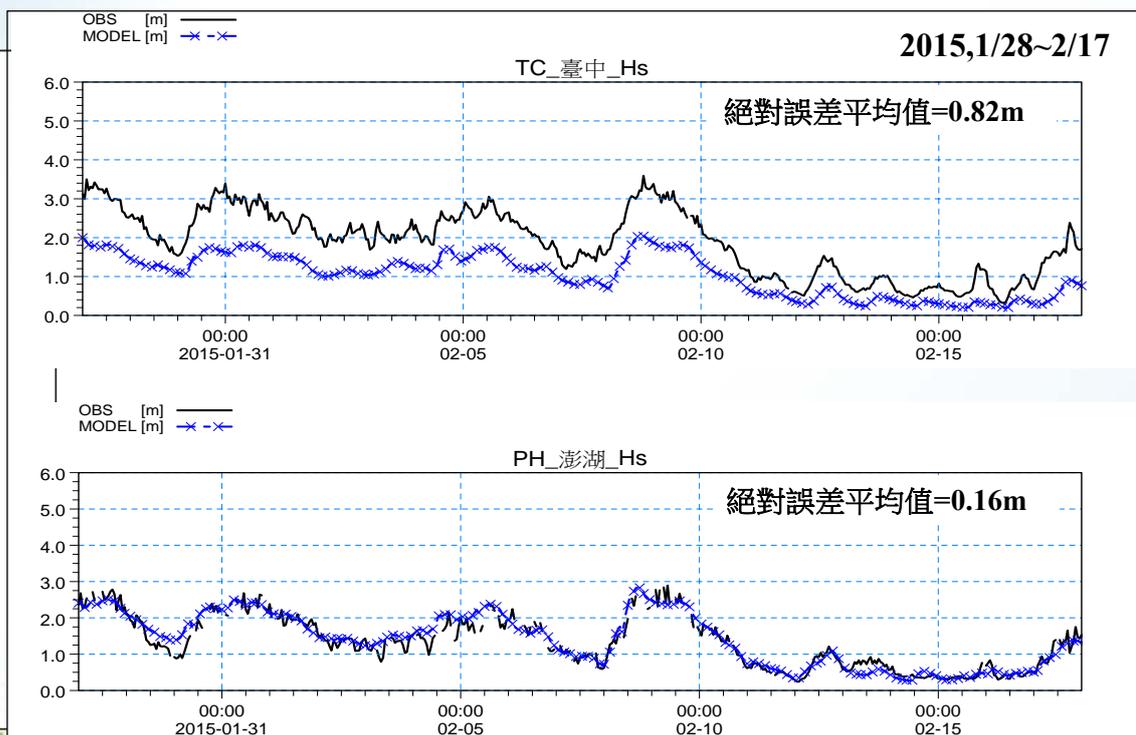
Harbor and Marine Technology Center

## B、西北太平洋風浪模式及驗證(2/10)

### ■ 驗證結果

彰濱浮標(CH3)尚無觀測資料，2測站波浪模擬趨勢相近

冬季季風期間—波高歷線圖



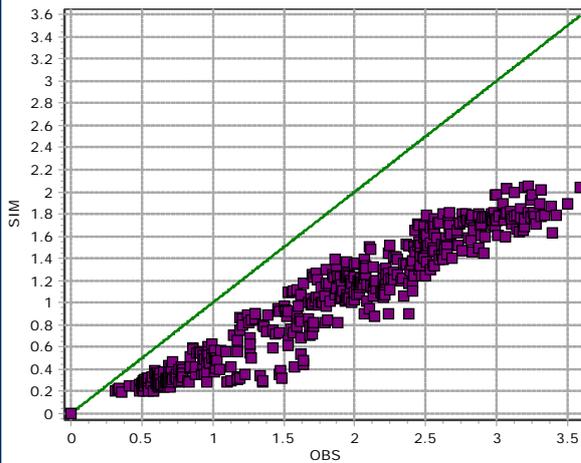
22

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

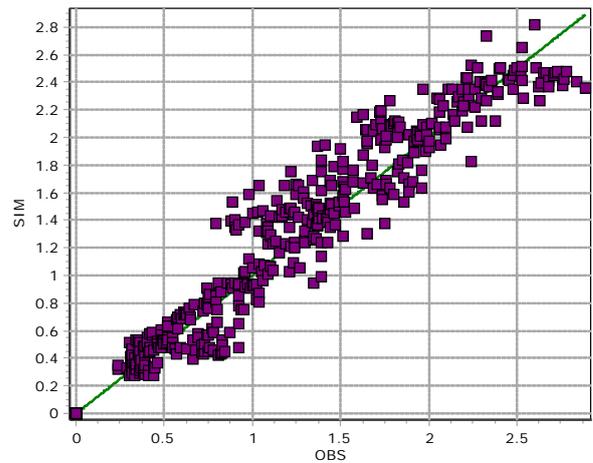
# B、西北太平洋風浪模式及驗證(3/10)

冬季—波高誤差計算結果

臺中, RMSE=0.889m



澎湖, RMSE=0.215m

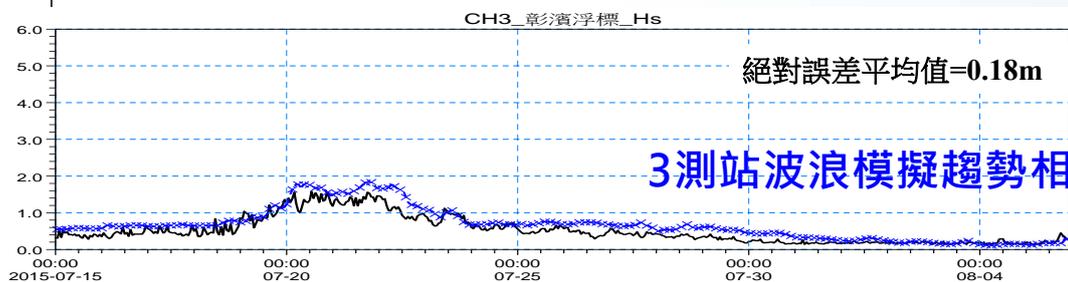
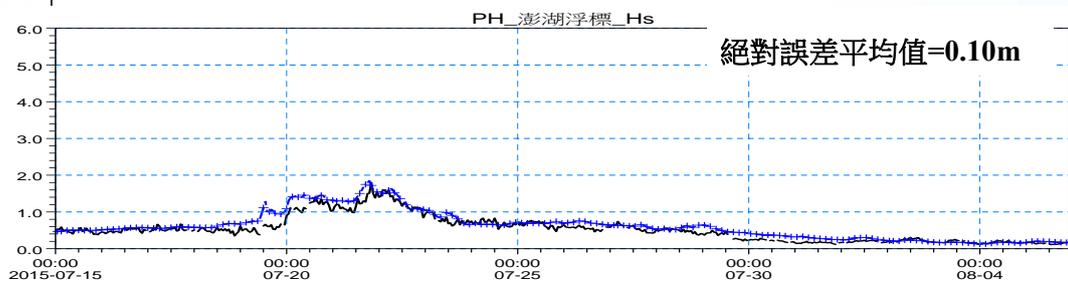
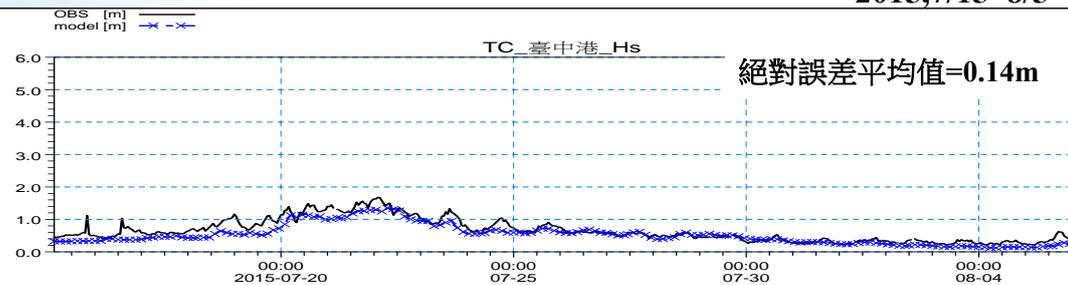


年份	季風期間	測站	示性波高誤差值				
			絕對誤差 最小值(m)	絕對誤差 最大值(m)	絕對誤差 平均值(m)	標準偏差 (m)	RMSE 均方根(m)
2015	冬季	TC	0.1052	1.765	0.8159	0.3595	0.889
	1/28~2/17	PH	0.0001	0.95	0.162	0.1598	0.215

# B、西北太平洋風浪模式及驗證(4/10)

2015,7/15~8/5

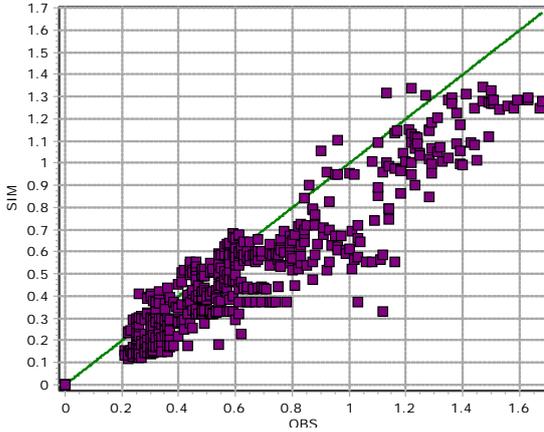
夏季—波高歷線圖



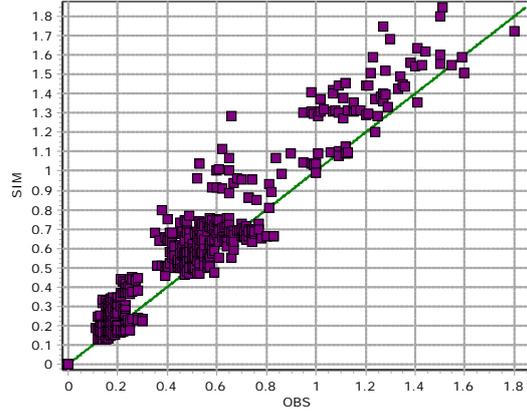
3測站波浪模擬趨勢相近

夏季季風期間一波高誤差計算結果

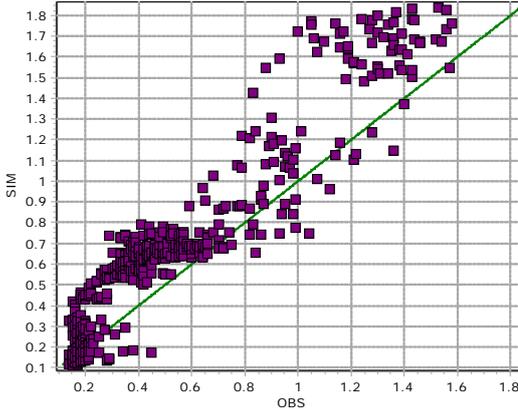
臺中, RMSE=0.179m



澎湖, RMSE=0.142m



彰濱浮標, RMSE=0.22m



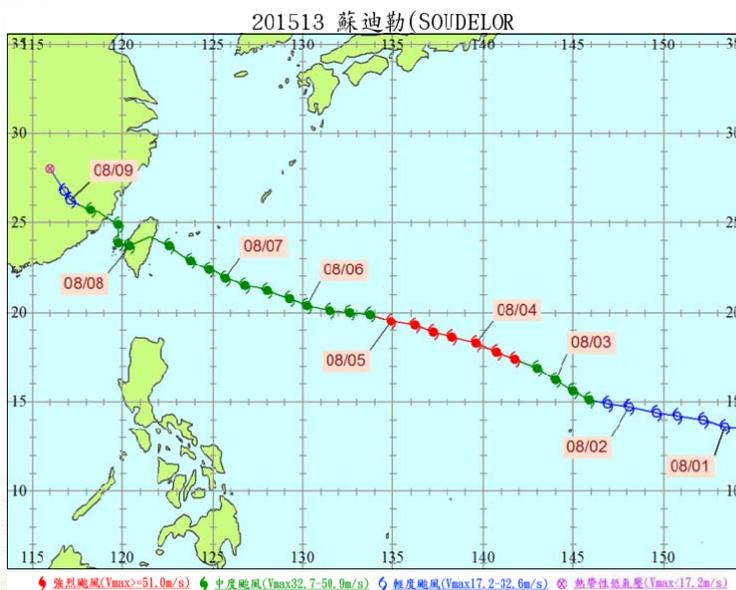
測站	絕對誤差值			
	最小值 (m)	最大值 (m)	平均值 (m)	標準偏差 (m)
TC	0.00004	0.7875	0.1419	0.117
PH	0.0001	0.6214	0.1032	0.098
CH3	0.0001	0.7235	0.1767	0.132

## B、西北太平洋風浪模式及驗證(6/10)

### 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

# B、西北太平洋風浪模式及驗證(7/10)

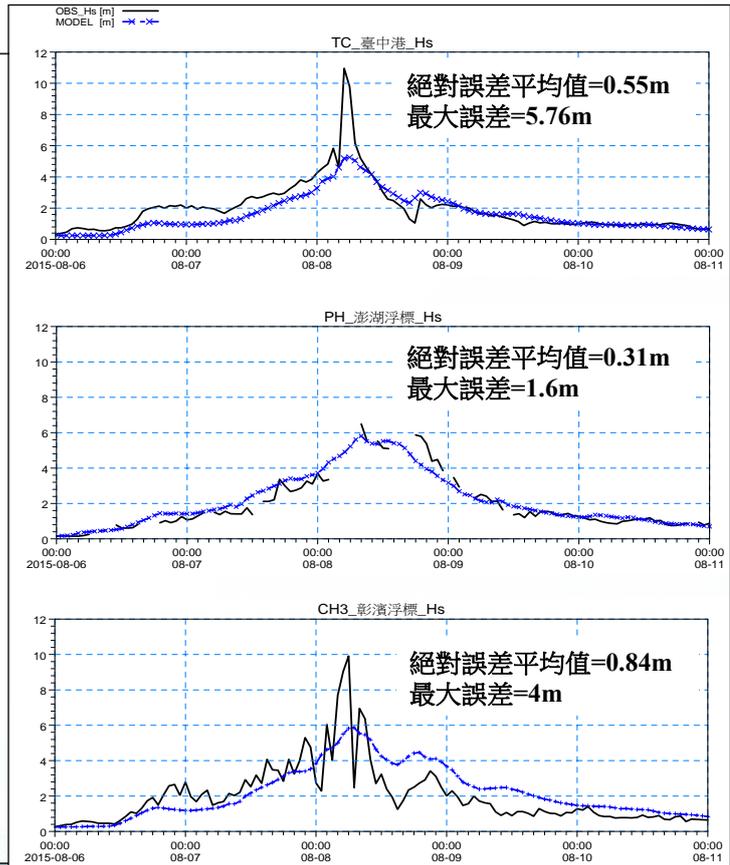
## 蘇迪勒颱風期間



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

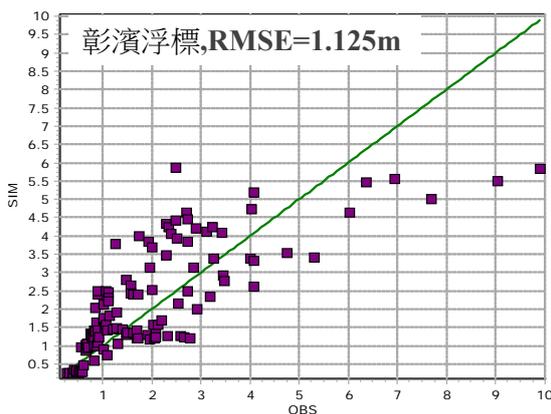
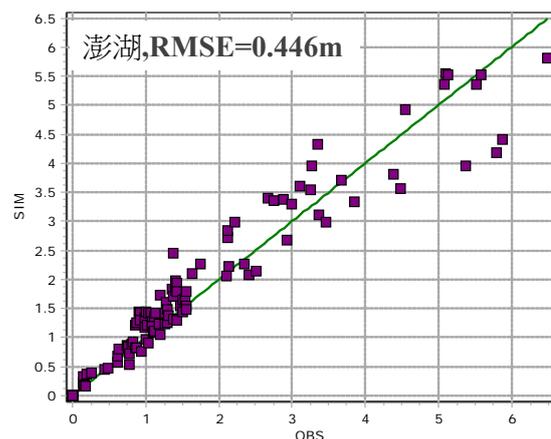
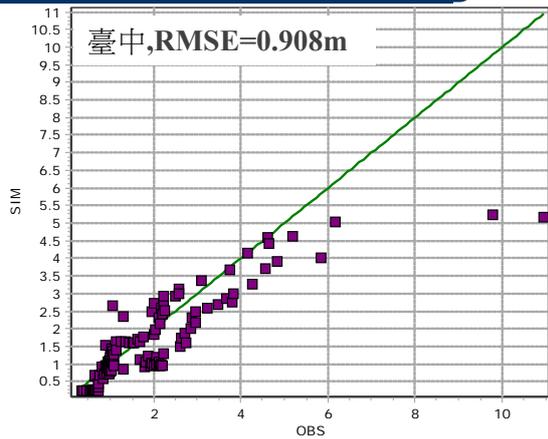
→3測站颱風波浪模擬趨  
勢相近



27

## 蘇迪勒颱風期間

# B、西北太平洋風浪模式及驗證(8/10)



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

28

## B、西北太平洋風浪模式及驗證(9/10)

### ■ 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

29



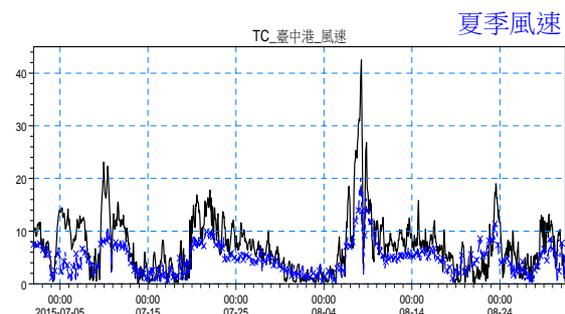
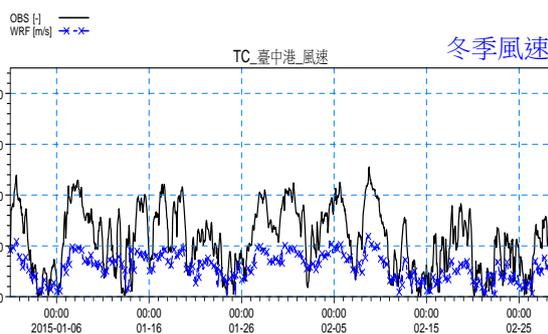
交通部運輸研究所港灣技術研究中心  
Harbor and Marine Technology Center

## B、西北太平洋風浪模式及驗證(10/10)

### ■ 誤差探討

#### 模式驅動力存在誤差

- WRF,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



30

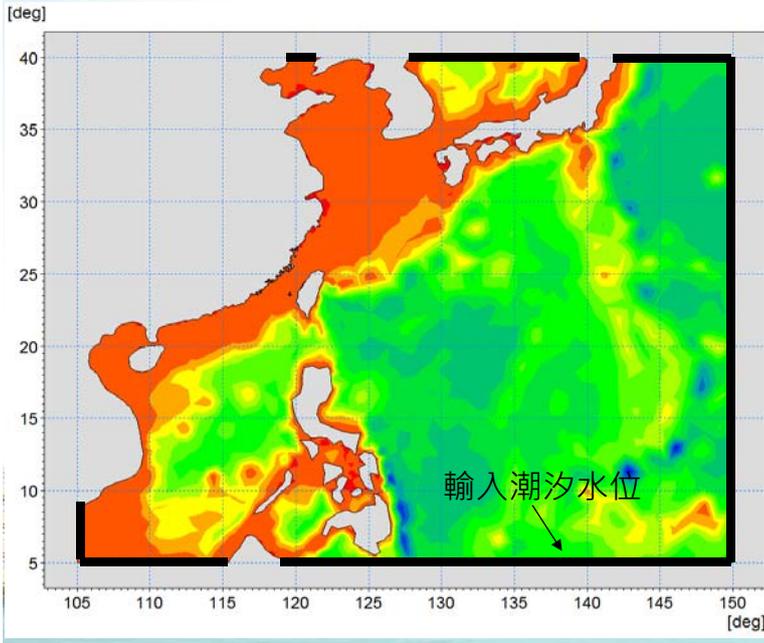


交通部運輸研究所港灣技術研究中心  
Harbor and Marine Technology Center

# C、西北太平洋水動力模式及驗證(1/8)

## ■ 邊界條件

採用Mike21內建之全球潮汐模式資料庫(解析度為0.125°)，輸出模式7處邊界對應之潮汐水位為邊界條件。



## ■ 驗證測站

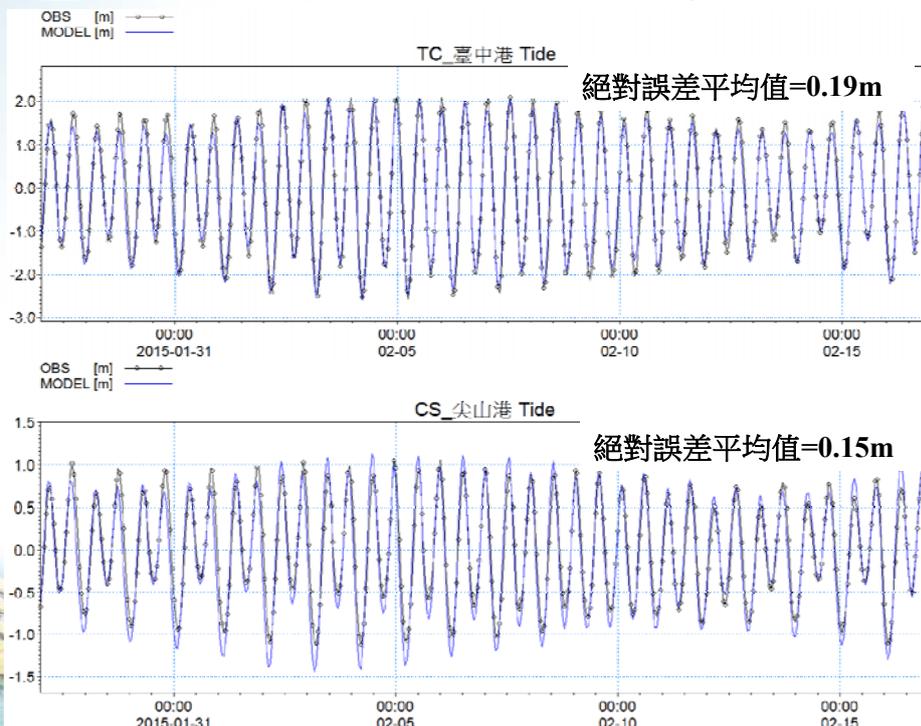


31

# C、西北太平洋水動力模式及驗證(2/8)

## ■ 模式驗證- 冬季季風

臺中港、澎湖尖山港 潮位 模擬結果



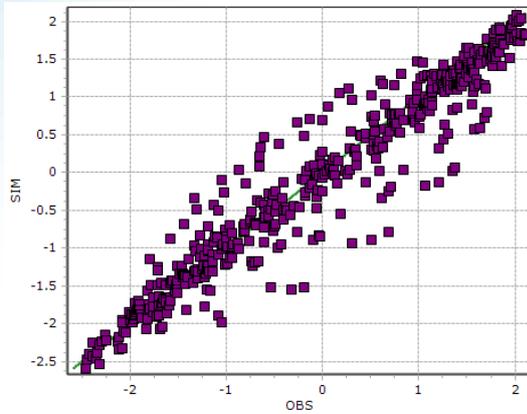
模擬潮位變化趨勢與實測潮位變化趨勢相符

32

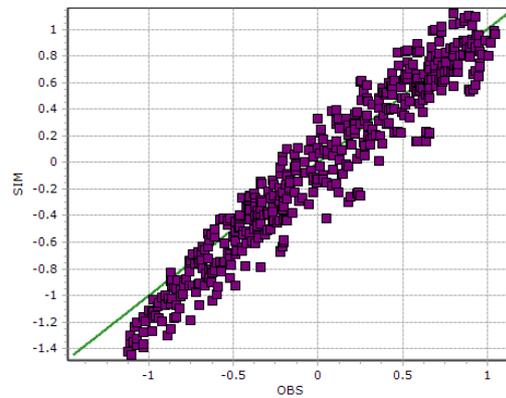
# C、西北太平洋水動力模式及驗證(3/8)

## ■ 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 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

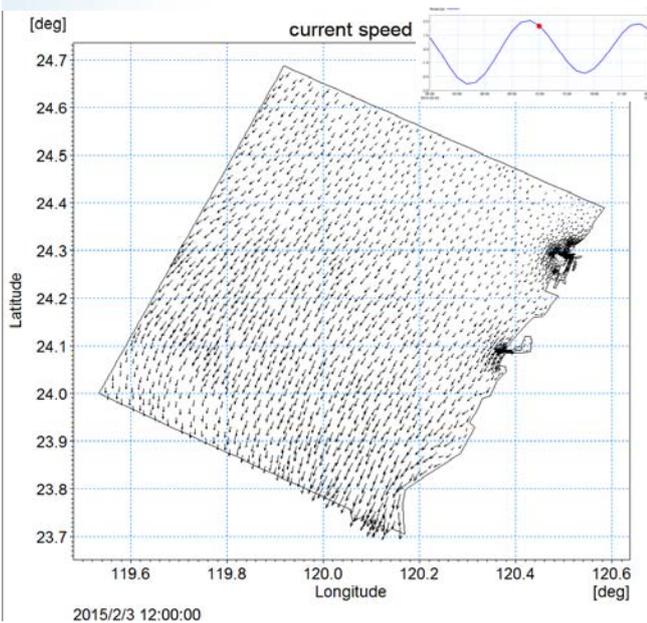
33

# C、西北太平洋水動力模式及驗證(4/8)

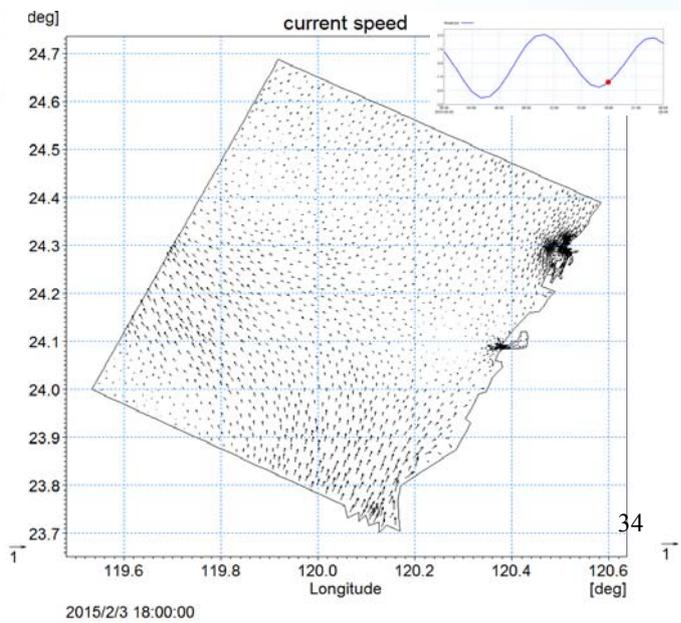
## ■ 模式驗證- 冬季季風

臺灣中部海域流場模擬結果

退潮



漲潮

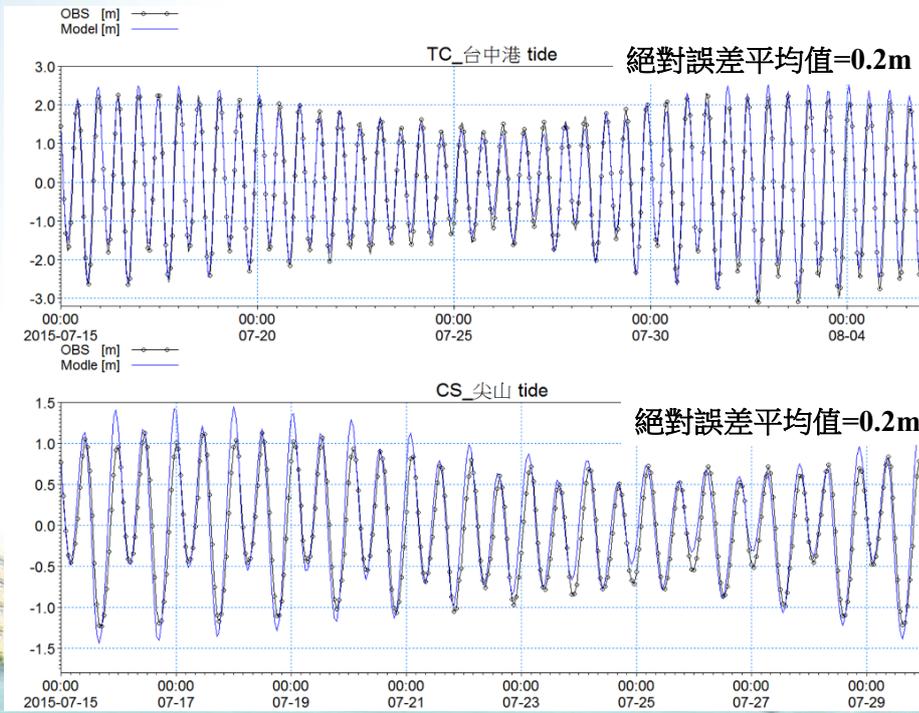


34

# C、西北太平洋水動力模式及驗證(5/8)

## ■ 模式驗證 夏季季風

臺中港、澎湖尖山港觀測站潮位模擬結果



模擬潮位變化趨勢與實測潮位變化趨勢相符

35

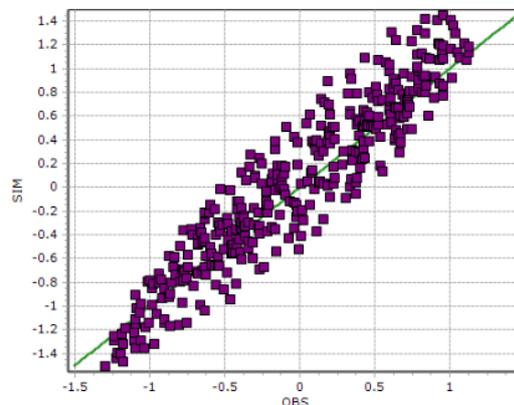
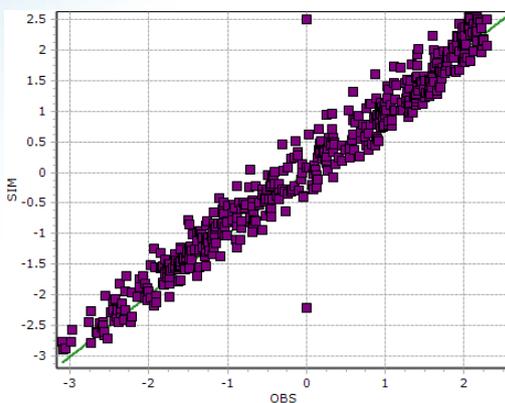
交通部運輸研究所 港口技術研究中心  
Harbor and Marine Technology Center

# C、西北太平洋水動力模式及驗證(6/8)

## ■ 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

36

交通部運輸研究所 港口技術研究中心  
Harbor and Marine Technology Center

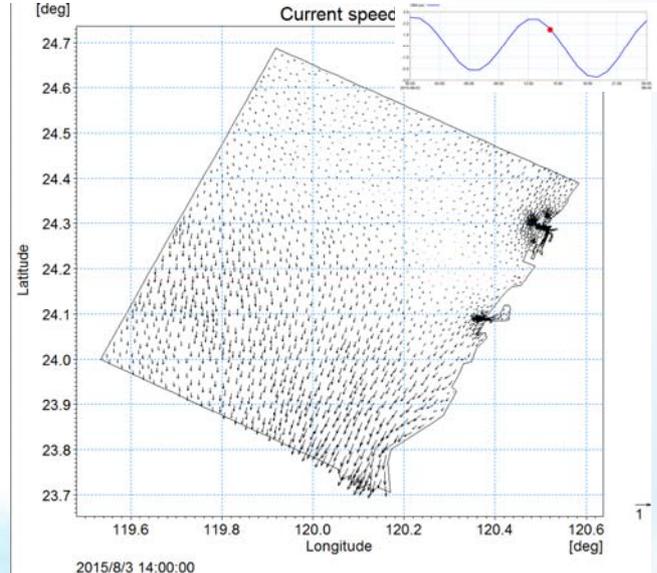
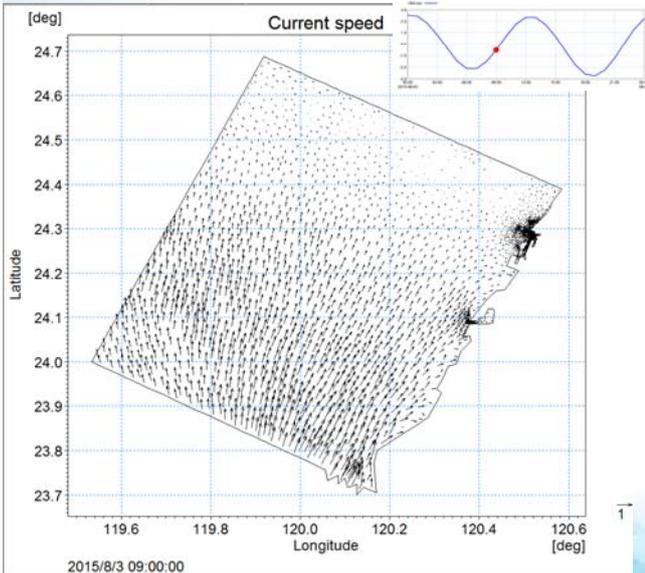
# C、西北太平洋水動力模式及驗證(7/8)

## ■ 模式驗證-夏季季風

臺灣中部海域流場模擬結果

漲潮

退潮

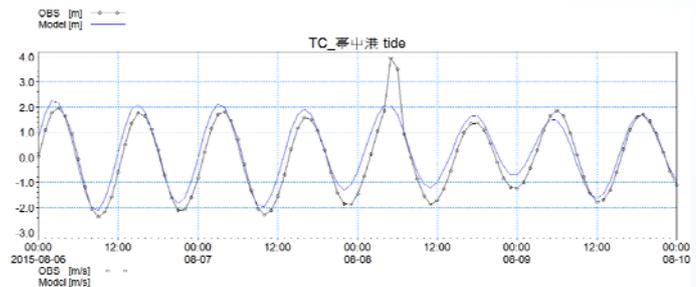


# C、西北太平洋水動力模式及驗證(8/8)

## ■ 模式驗證

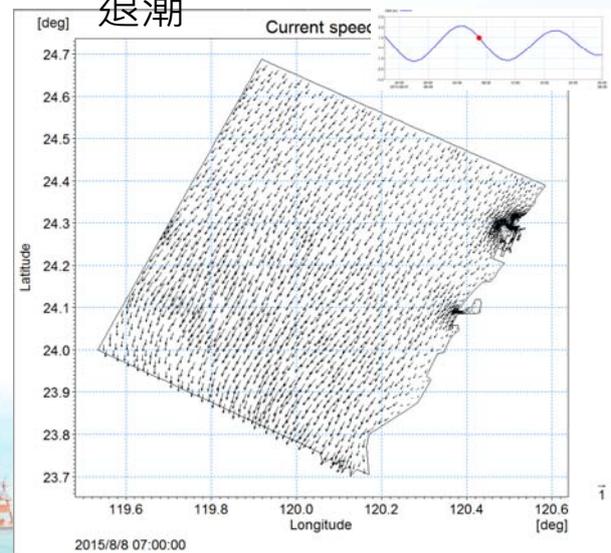
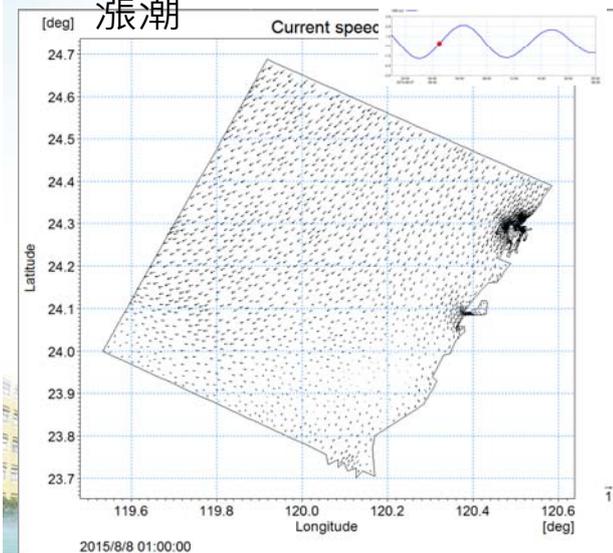
蘇迪勒颱風期間

潮位



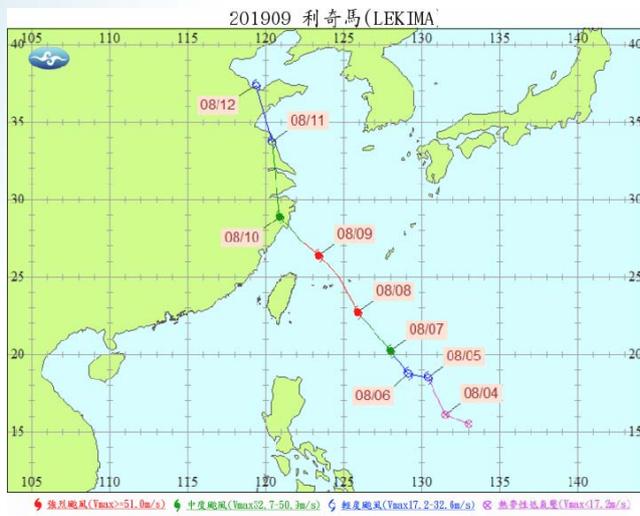
漲潮

退潮

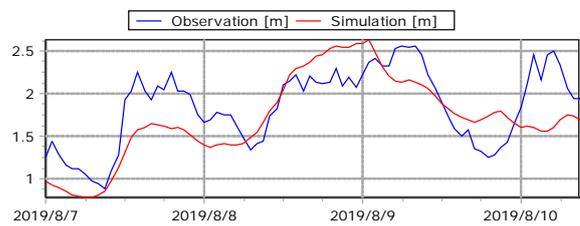
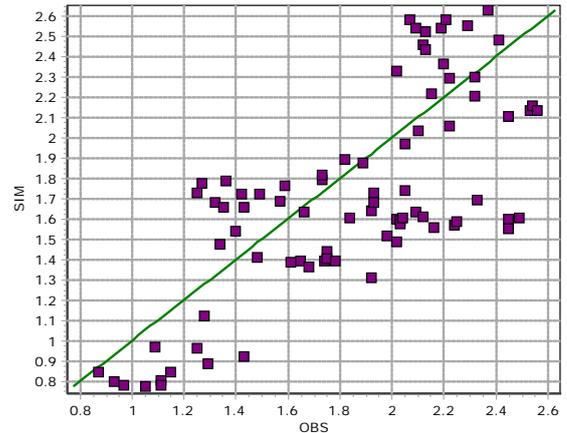


# D、利奇瑪颱風模擬驗證(1/2)

## 2019年8月利奇瑪颱風



臺中,  $R^2=0.53$

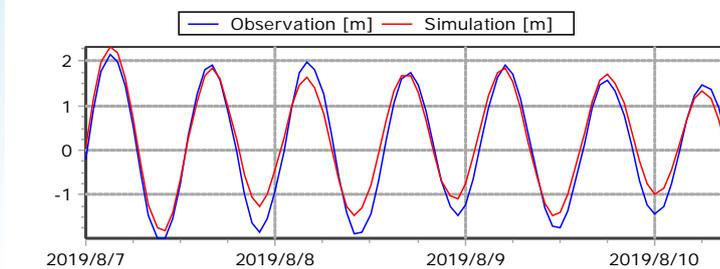


39

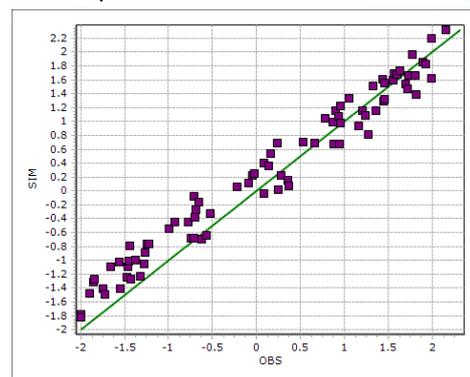
# D、利奇瑪颱風模擬驗證(2/2)

## 2019年8月利奇瑪颱風

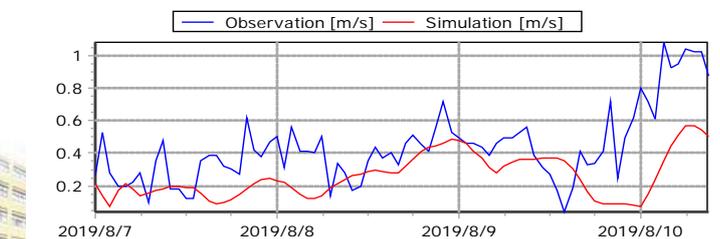
潮位



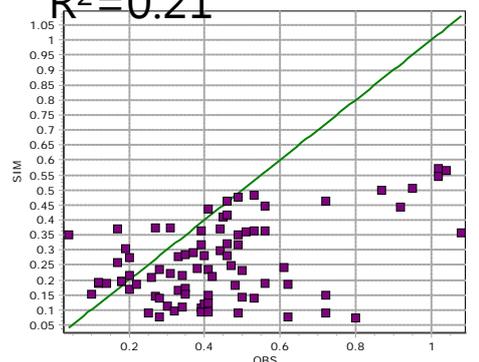
臺中,  $R^2=0.97$



流速



$R^2=0.21$



40

# 五、離岸風電海域地形變遷模式

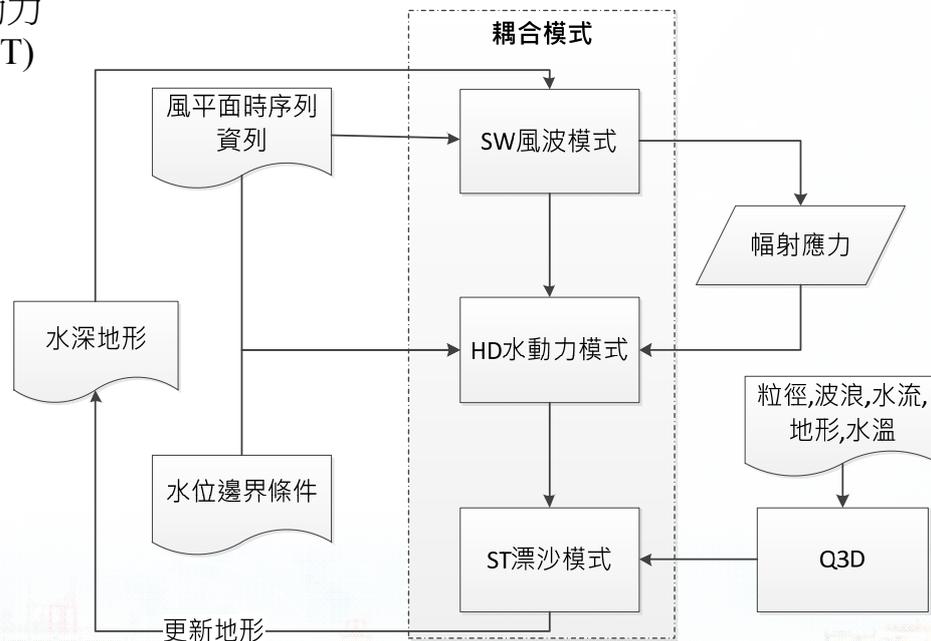
## 局部模式

- ☀ 探討臺中、彰化外海海域(深水區域)及近岸(淺水區域)架設風機後之漂沙情形暨兼顧數值運算效能
- ☀ 本年度創建離岸風電海域地形變遷模式
- ☀ 俾利獨立探討臺中、彰化海域設置風機後對海域、近岸及基地母港(臺中港)之影響。
- ☀ A. 離岸風電海域地形變遷模式架構
- ☀ B. 離岸風電海域地形變遷模型建置
- ☀ C. 離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果
- ☀ D. 離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## A. 離岸風電海域地形變遷模式架構

波浪(SW)、水動力(HD)及沙傳輸(ST)模組  
耦合計算  
流程計算架構:



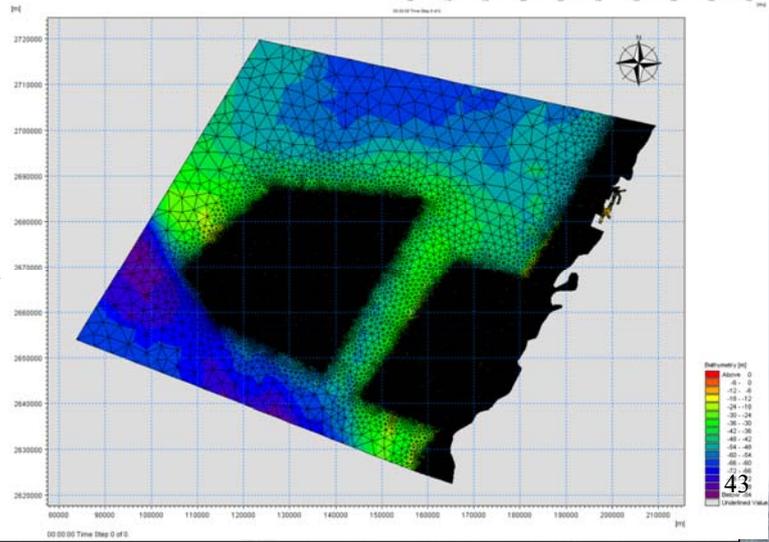
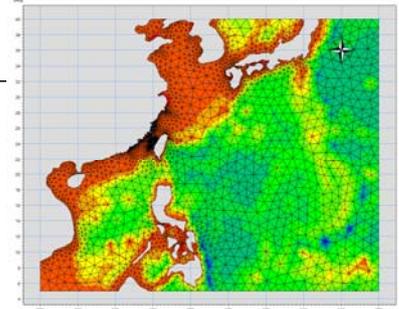
## 五、離岸風電海域地形變遷模式

### B. 離岸風電海域地形變遷模型建置

☀ 模型範圍:  
臺中、彰化外海80公里  
→ 網格邊長約3km

☀ 離岸風電場址、  
臺中、彰化近岸、  
臺中港  
→ 局部加密  
→ 網格長約40~50公尺

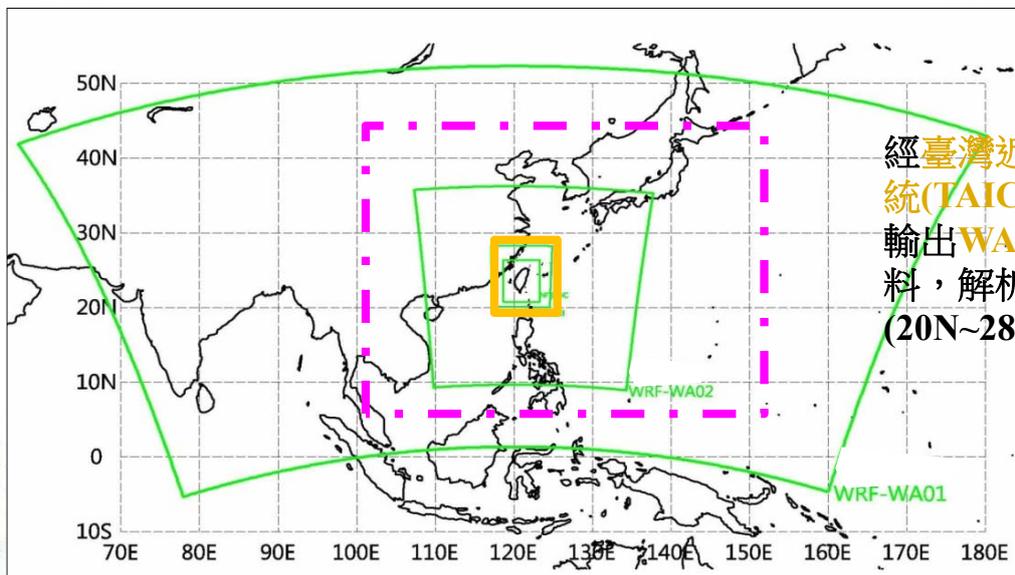
☀ 三角形元素:401,030個  
節點:201,2550個



## 五、離岸風電海域地形變遷模式

### B. 離岸風電海域地形變遷模型建置

☀ 使用風氣壓場資料:中央氣象局第四代數值天氣預報系統  
之區域模式WRF-WA03預報資料



經臺灣近岸海象預報系統(TAICOMS)處理、  
輸出WA03部分範圍資料, 解析度5km  
(20N~28N; 117E~124E)

## 五、離岸風電海域地形變遷模式

### B. 離岸風電海域地形變遷模型建置

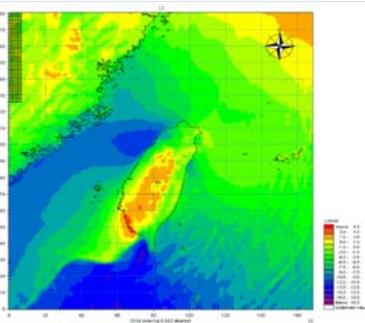
#### ☀ 製作局部模式的風、氣壓場資料

每筆預報資料擷取前6小時風、氣壓資料拼接組合

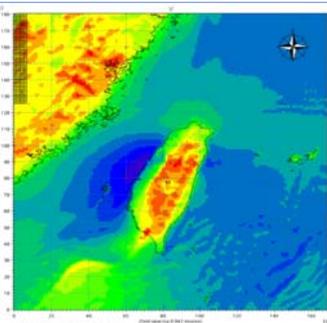
#### ☀ 建置Mike 21使用之2維平面風、氣壓場檔案格式

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

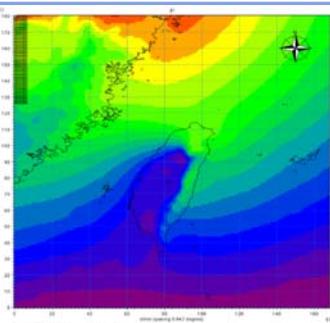
U方向風速



V方向風速



氣壓



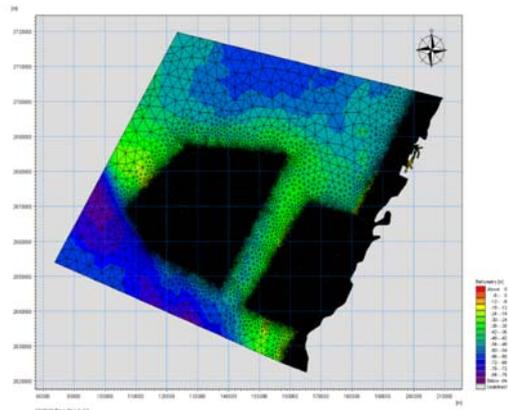
## 五、離岸風電海域地形變遷模式

### B. 離岸風電海域地形變遷模型建置

#### ☀ 各模組參數設定:

##### 1. 波浪模組:

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	$C_{ds}=4.5$ 、 $\delta_{ds}=0.5$
水位、流場	由離岸風電海域地形變遷模式之水動力模組提供
波浪模組邊界條件	由西北太平洋風浪模式提供波浪示性波高、譜峰周期、波向、DSD指數



波浪初始條件:  
由JONSWAP經驗譜公式給定

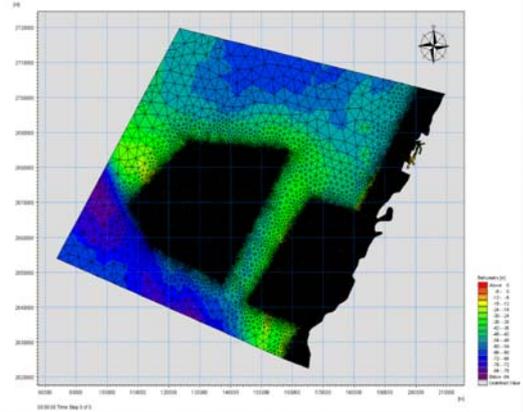
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## B.離岸風電海域地形變遷模型建置

### ☀ 各模組參數設定:

#### 2.水動力模組:考慮河川流量

相關參數	設定值
紊流渦度係數	0.028
底床磨擦係數	$36 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
風摩擦係數	0.001255 (if 7m/s以下) 0.002425 (if 25m/s以上)
風軟啟動時間	2hr
邊界軟啟動時間	2hr
波浪輻射應力	由離岸風電海域地形變遷模式之波浪模組提供
河川年平均流量	大安溪: 9.25(C.M.S)
	大甲溪: 12.09(C.M.S)
	烏溪: 71.95(C.M.S)
	濁水溪: 72.92(C.M.S)
水動力模組邊界條件	由西北太平洋水動力模式提供邊界水位資料



水動力初始條件:  
潮位:0m  
流速:0m/s

47

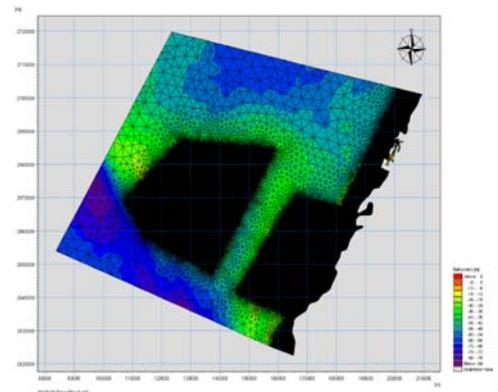
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## B.離岸風電海域地形變遷模型建置

### ☀ 各模組參數設定:

#### 3.沙傳模組:考慮河川輸沙量

相關參數	設定值
模式形式	波流交互作用
作用力:波浪場	由離岸風電海域地形變遷模式之波浪模組提供各時刻的波浪示性波高、譜峰周期、波向
中值粒徑 $D_{50}$	0.2mm
底床變動源: 河川年平均輸沙量引起的 底床變動率	大安溪: $4.1 \times 10^{-7}$ (m/日)
	大甲溪: $7.3 \times 10^{-7}$ (m/日)
	烏溪: $1.2 \times 10^{-6}$ (m/日)
	濁水溪: $3.7 \times 10^{-6}$ (m/日)
邊界條件	All zero Sediment flux gradient



48

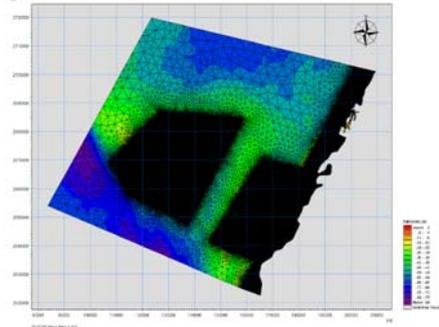
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## C.離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

☀ 現況以2015年冬季、夏季及蘇迪勒  
颱風期間作模擬時間

☀ 執行波浪、水動力、沙傳模組  
間耦合計算→了解地形侵淤變化

☀ 驗證觀測站:  
波浪:臺中(TC)、彰濱浮標CH3  
水動力:臺中(TC)



49

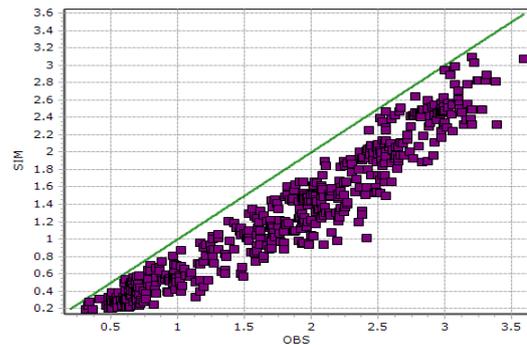
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## C.離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

☀ 冬季之風浪模擬結果



臺中,波高  
RMSE=0.56m;  $R^2=0.9203$

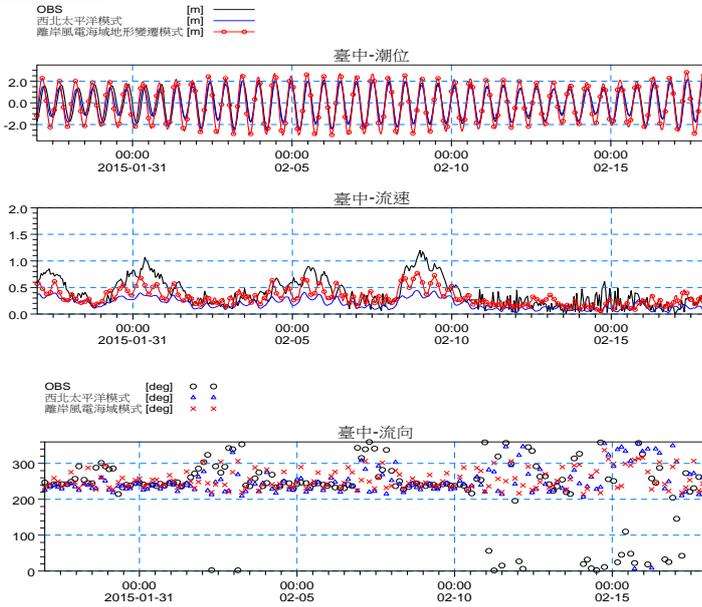


50

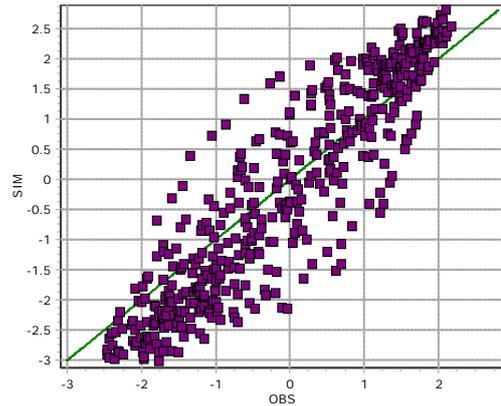
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## C.離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

### ☀ 冬季之水動力-潮位模擬結果:



臺中,潮位  
RMSE=0.75m;  $R^2=0.83$

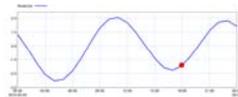


# 五、離岸風電海域地形變遷模式

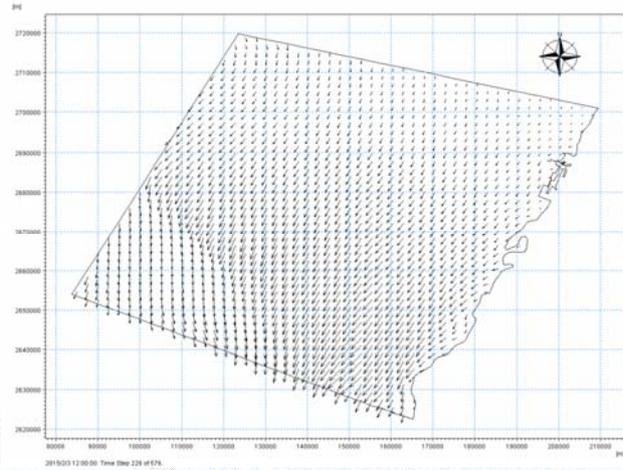
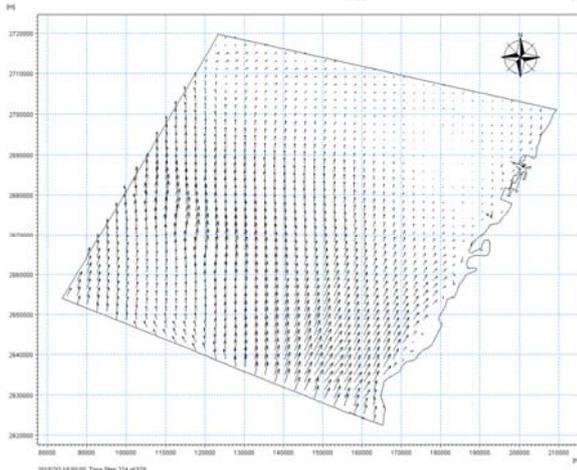
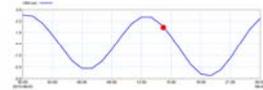
## C.離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

### ☀ 冬季之水動力-流場模擬結果:

漲潮



退潮

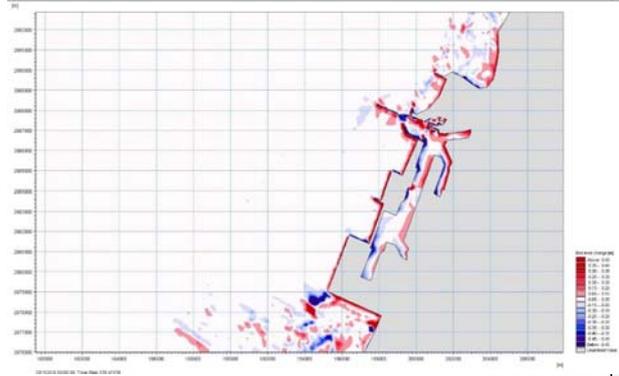
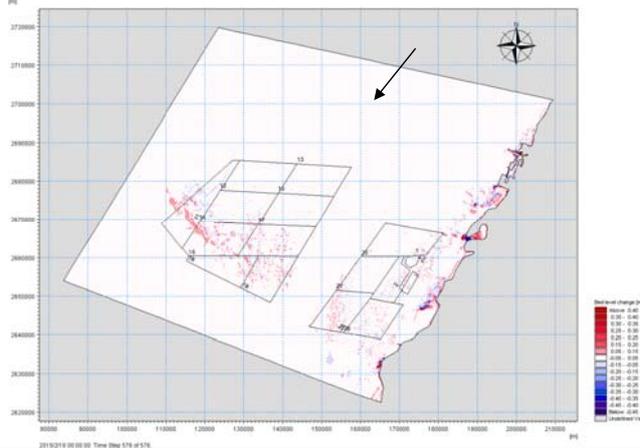


# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## C.離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

### ☀ 冬季之地形變遷模擬結果

退潮時間，離岸風電場區域及臺中、彰化沿岸呈現侵淤互現情形，近岸尤其以海埔新生地、海堤、及港灣構造物附近變動最明顯



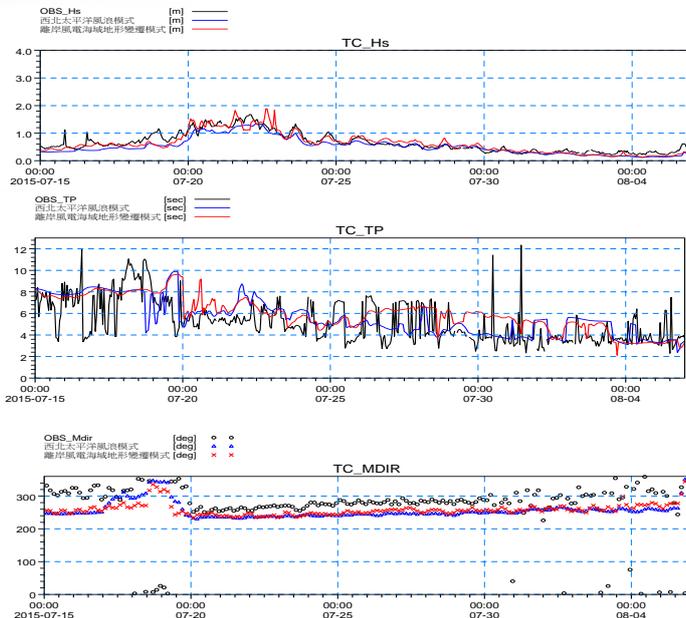
整體平均底床增加0.0008m，底床最大增加量為4.33m發生在梧棲漁港進入臺中港航道處，應是受港區構造物影響，底床最大下降量為2.89m發生在烏溪出海口南側。

53

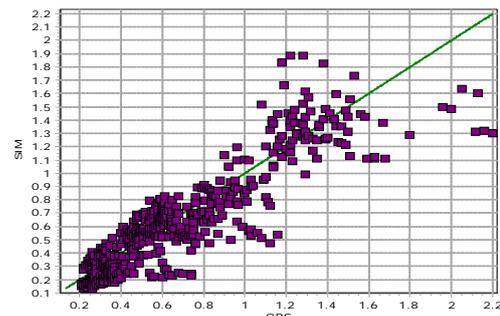
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## C.離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

### ☀ 夏季之風浪模擬結果-臺中



臺中,波高  
RMSE=0.18m;  $R^2=0.7929$

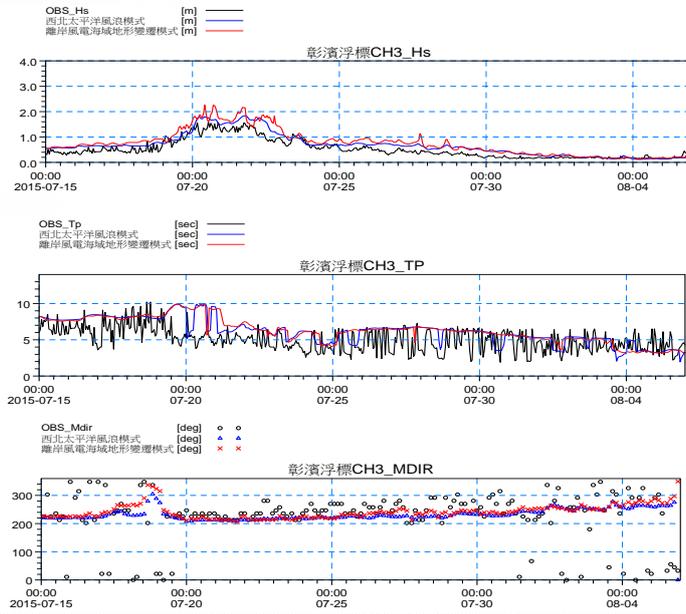


54

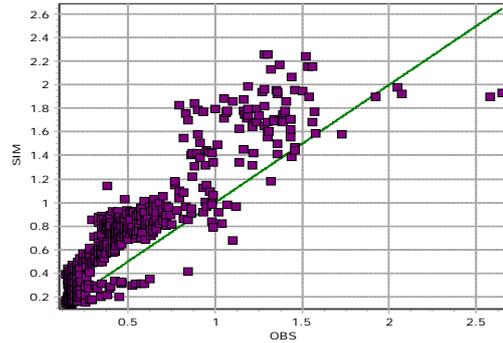
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## C.離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

### ☀️ 夏季之風浪模擬結果-彰濱浮標



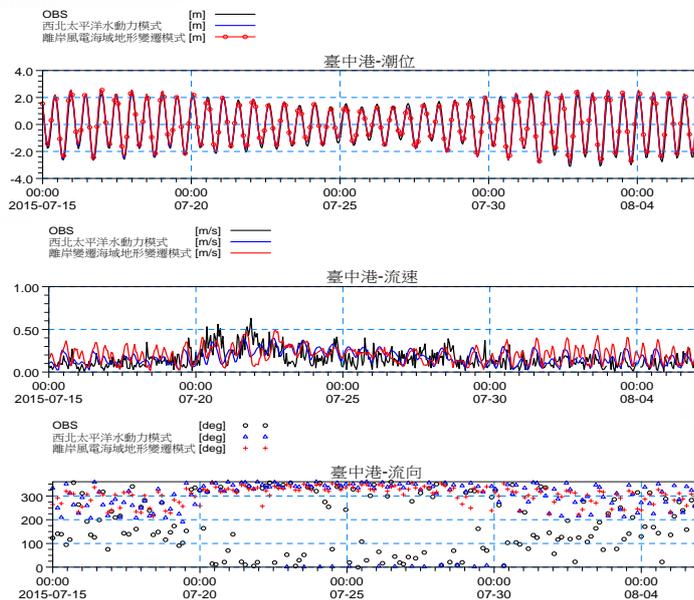
彰濱浮標,波高  
 $RMSE=0.32m; R^2=0.82$



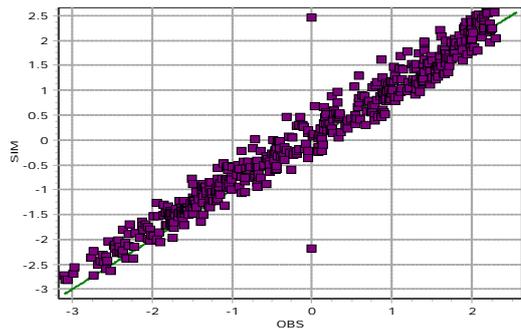
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## C.離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

### ☀️ 夏季之水動力-潮位模擬結果:



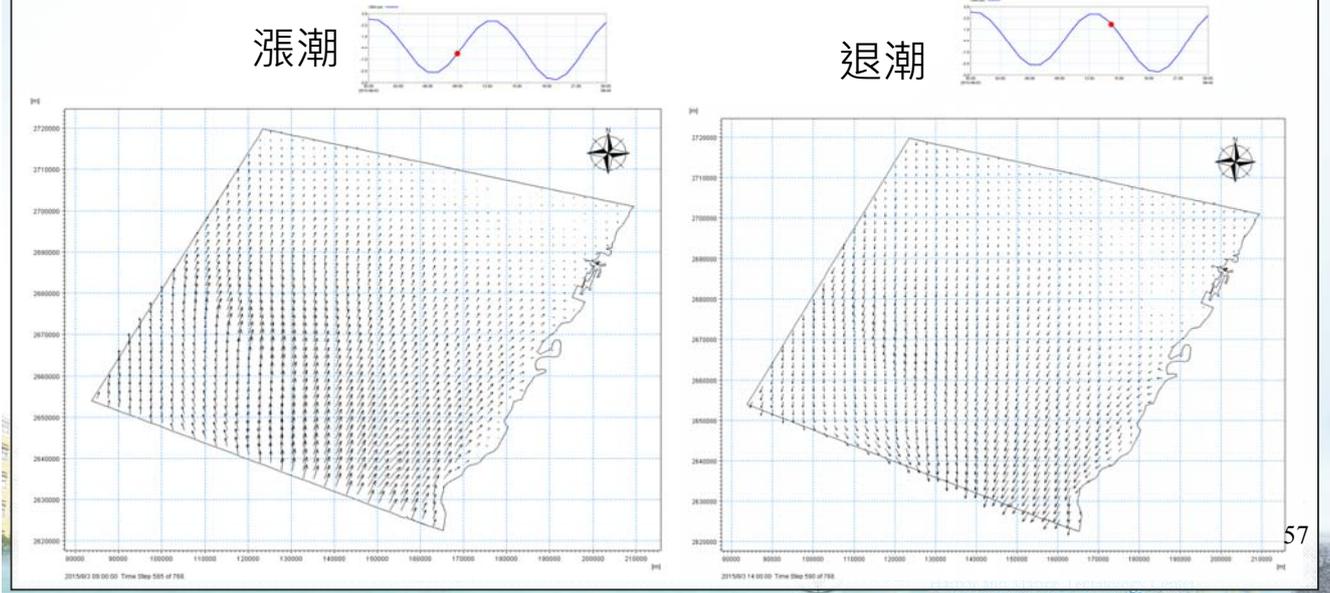
臺中,潮位  
 $RMSE=0.30m; R^2=0.96$



# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## C.離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

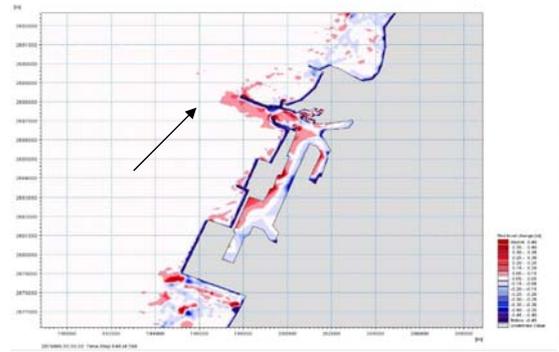
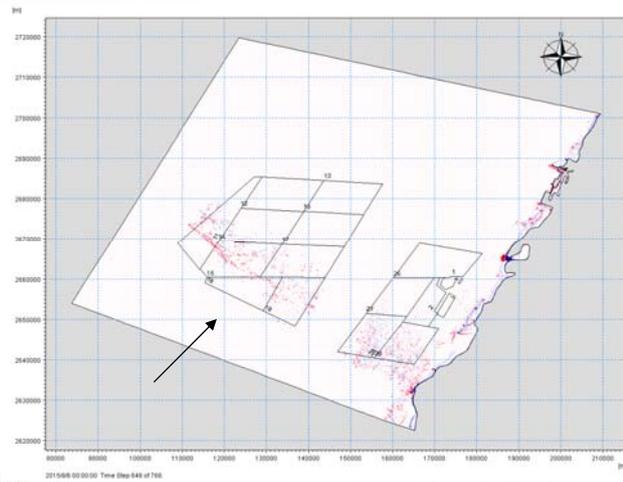
☀️ 夏季之水動力-流場模擬結果:



# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## C.離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

☀️ 夏季之地形變遷模擬結果



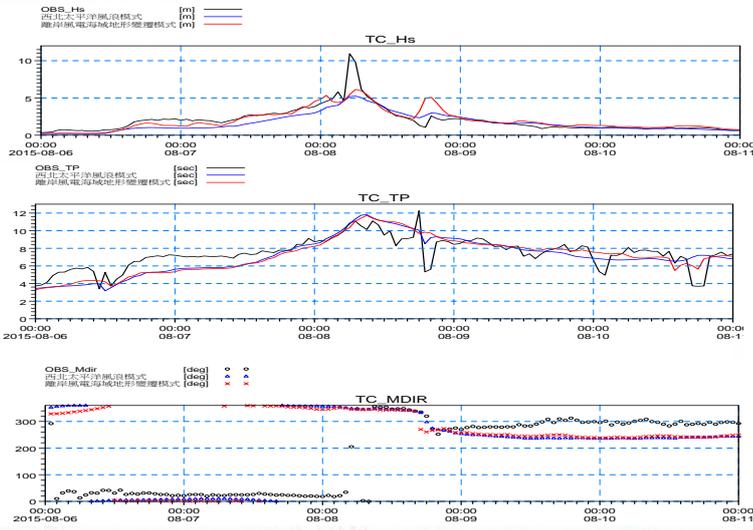
整體平均底床下降0.004m，底床最大增加量為3.48m，發生在臺中港修造船區;底床最大下降量為4.79m，發生在梧棲漁港進臺中港航道處，最大底床變動率、最小底床變動率均發生在臺中港域內束縮段，主要應是受港區構造物影響所致。

臺中港北防波堤南側淤積情形較冬季明顯，可能此時為漲潮時間，整體流速由南往北流，漂沙運動流至北防坡堤處，受構造物阻隔下沉。

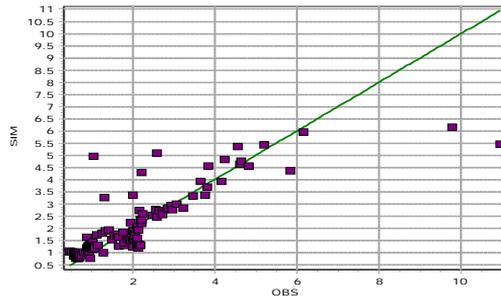
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## C.離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

### ☀ 蘇迪勒颱風之風浪模擬結果-臺中



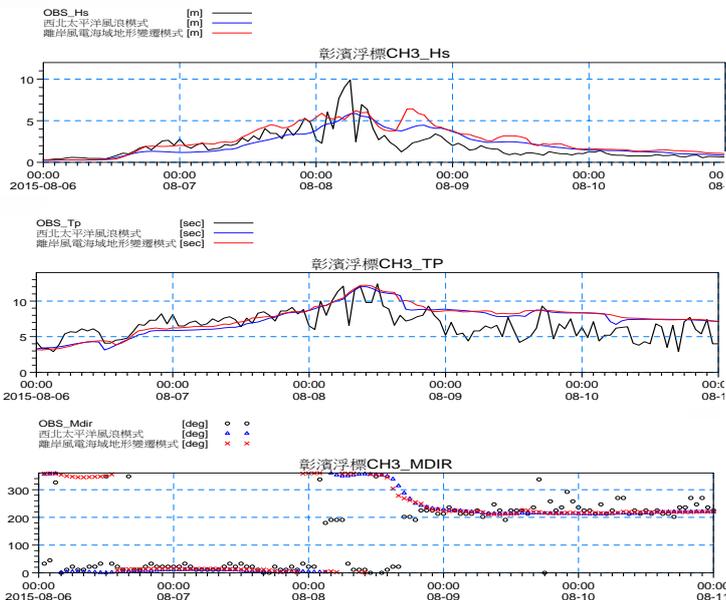
臺中,波高  
RMSE=0.84m;  $R^2 = 0.76$



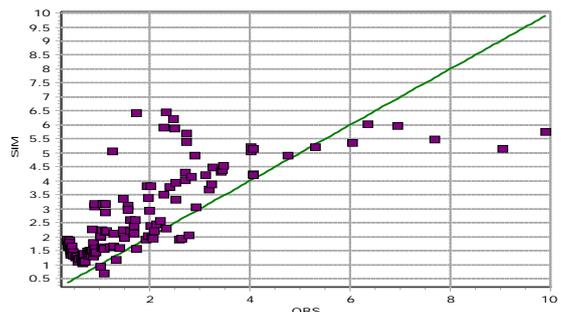
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## C.離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

### ☀ 蘇迪勒之風浪模擬結果-彰濱浮標



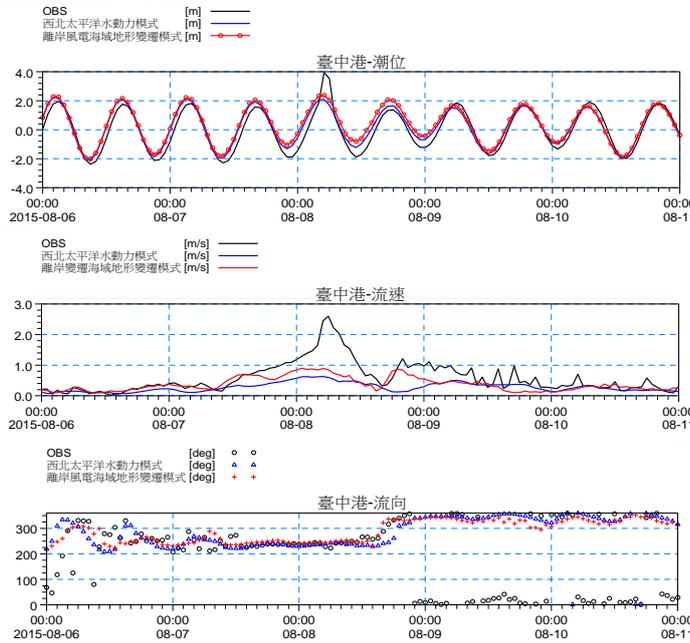
彰濱浮標,波高  
RMSE=1.42m;  $R^2 = 0.56$



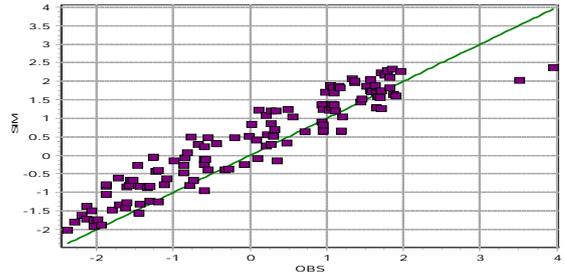
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## C.離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

### ☀ 蘇迪勒之水動力-潮位模擬結果:



臺中,潮位  
 RMSE=0.59m;  $R^2=0.89$



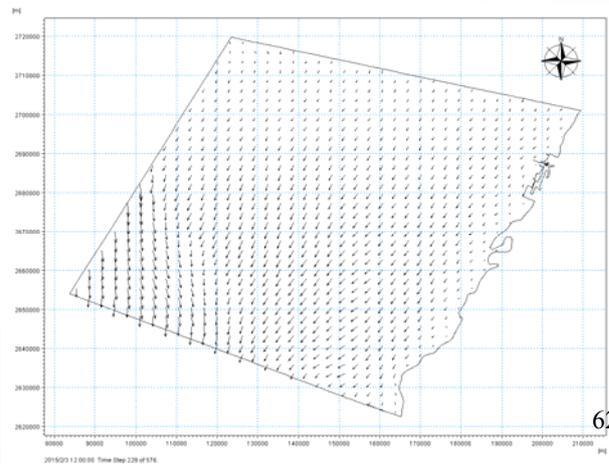
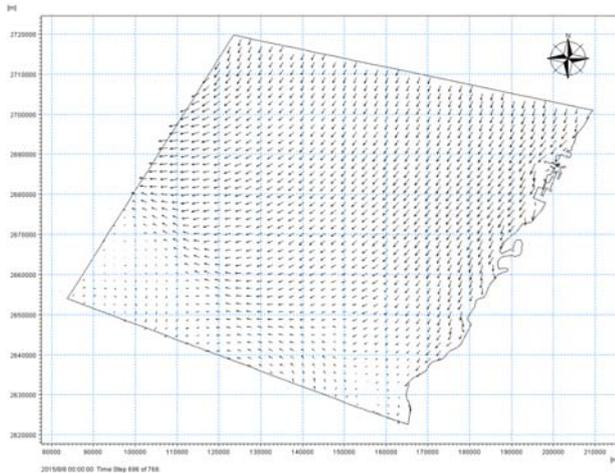
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## C.離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

### ☀ 蘇迪勒之水動力-流場模擬結果:

漲潮

退潮

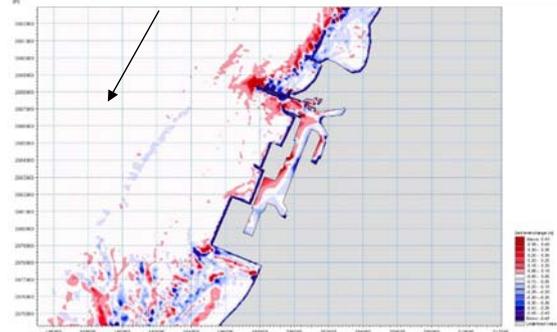
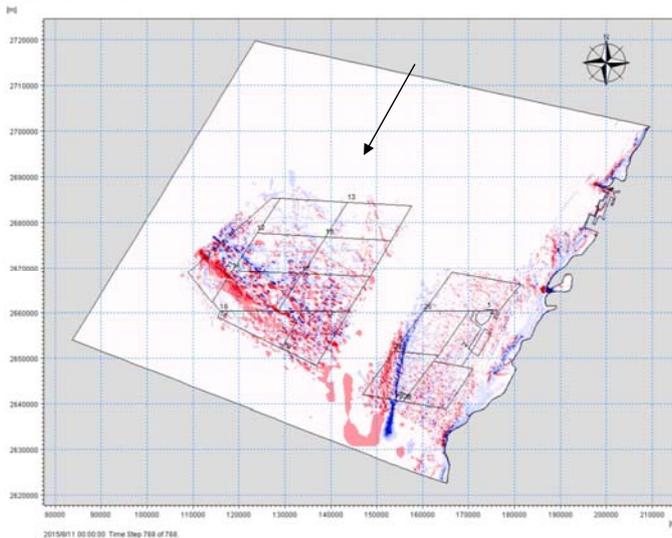


# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## C. 離岸風電海域地形變遷模式現況計算成果

### ☀ 蘇迪勒之地形變遷模擬結果

侵淤互現較冬、夏季更為顯著



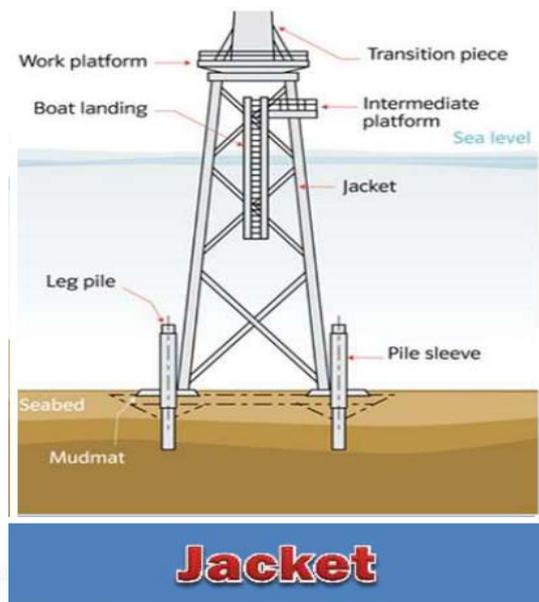
整體離岸風電海域平均底床降低 0.0088m，底床最大增加量為 4.56m，發生在臺中港北防波堤堤頭區域;底床最大下降量為5.75m，發生在梧棲漁港進到臺中港航道處

大安溪、大甲溪漂沙運動流至北防坡堤處，受構造物阻隔下沉，爰在臺中北防坡堤堤頭仍以呈現淤積情形為主。

# 五、離岸風電海域地形變遷模式

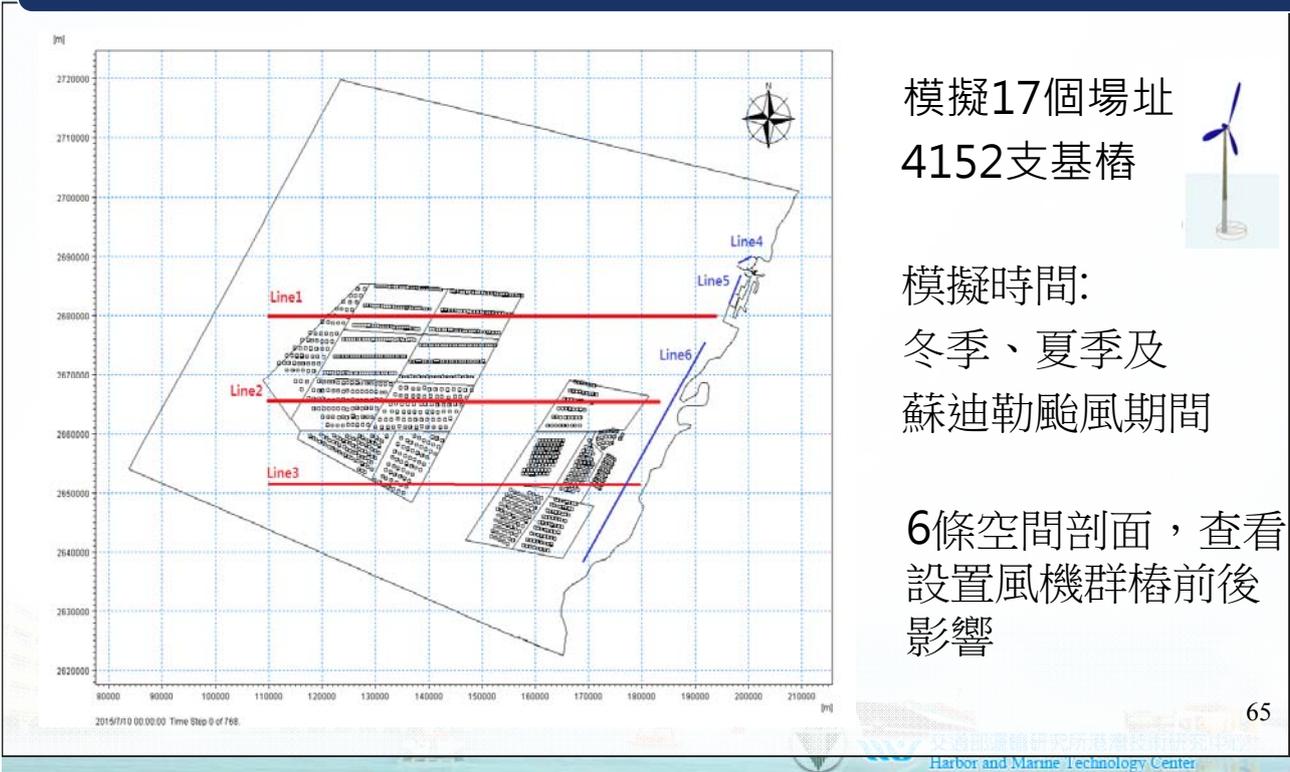
## D. 離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

項次	風場名稱	風場編號	模擬風機數(座)	機樁數量(支)
1	福海一號	示範場址	2	8
2	福海二號	示範場址	15	60
3	台電第一期	示範場址	30	120
4	西島	非屬潛力場址	53	212
5	海鼎一號	11	68	272
6	大彰化西北	12	74	296
7	大彰化東北	13	71	284
8	大彰化西南	14	80	320
9	大彰化東南	15	76	304
10	海鼎二號	16	82	328
11	海鼎三號	17	78	312
12	海龍三號	18	77	308
13	海龍二號	19	63	252
14	台電第二期	26	50	200
15	彰芳	27	72	288
16	海峽	28	75	300
17	中能	29	72	288
合計			1,038	4,152



# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## D. 離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

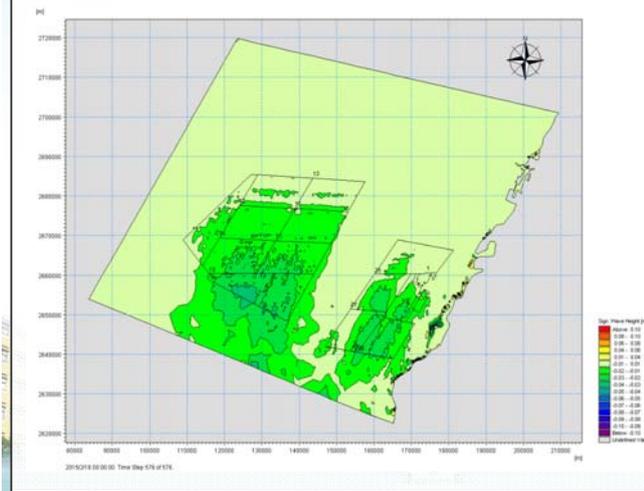


# 五、離岸風電海域地形變遷模式

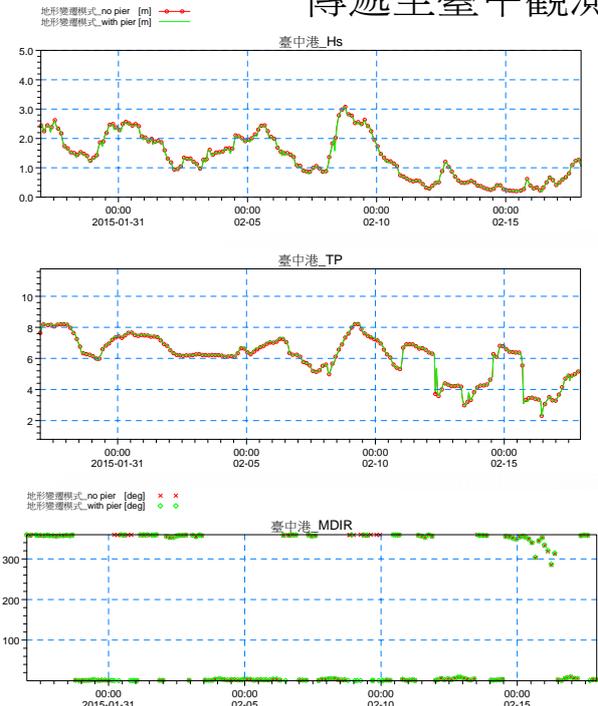
## D. 離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

### ☀ 冬季之風浪模擬結果

波高空間變化:平均波高下降  
下降0.01 m



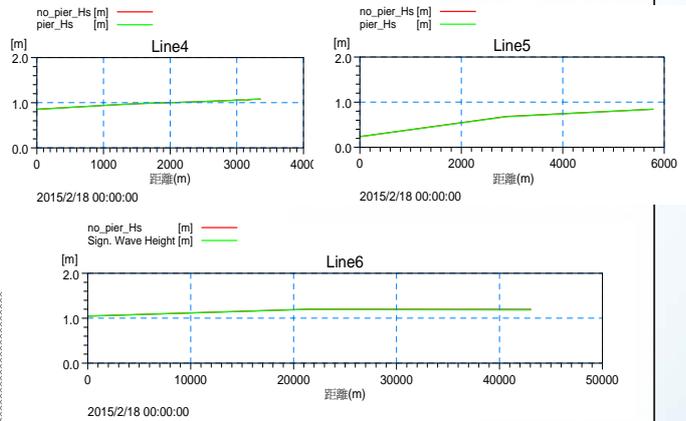
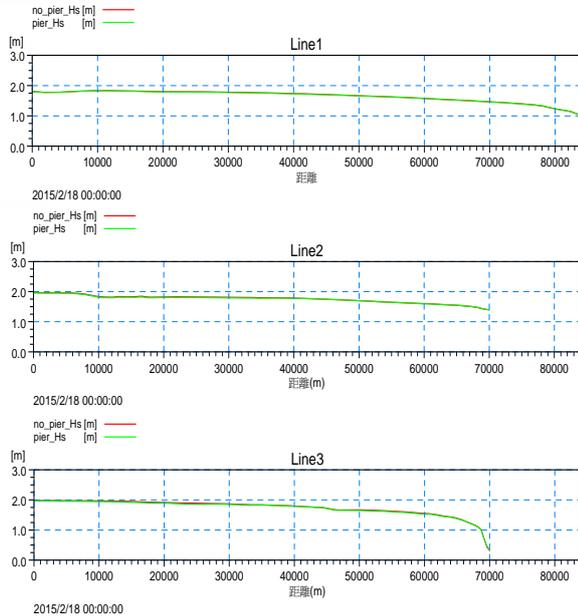
傳遞至臺中觀測站



# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## D. 離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

### ☀️ 冬季波高空間變化:



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接近0 m，表示17個離岸風電場址全部風機群設置完成後對整體海域影響範圍有限

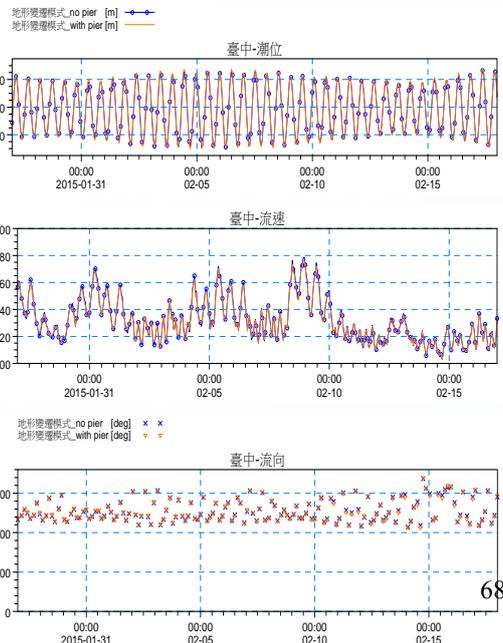
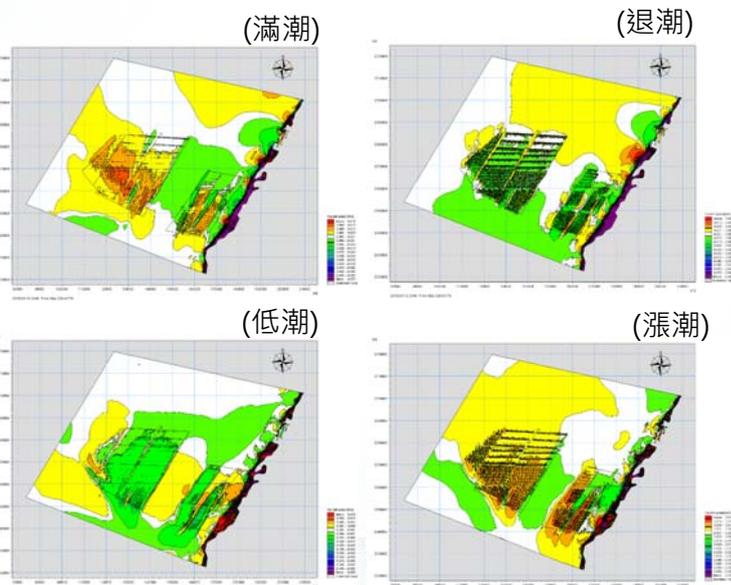
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## D. 離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

### ☀️ 冬季之水動力模擬結果

風機樁設置前後流場差異: 流速變動在0.015m/s範圍

流場在臺中港近乎無差異



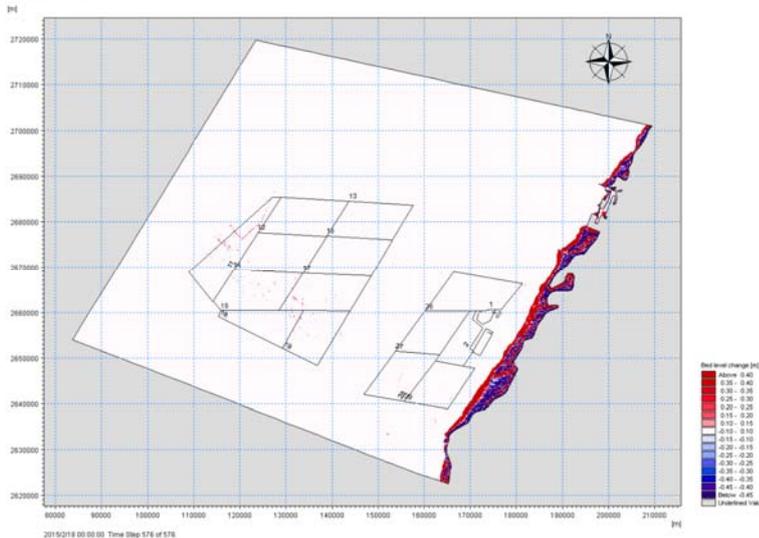
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## D.離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

### ☀️ 冬季之地形變遷模擬結果

風機樁設置前後底床變動：  
整體離岸風電海域平均底床變化增加0.0009m

主要侵淤差異情形發生在  
臺中、彰化沿岸區域。

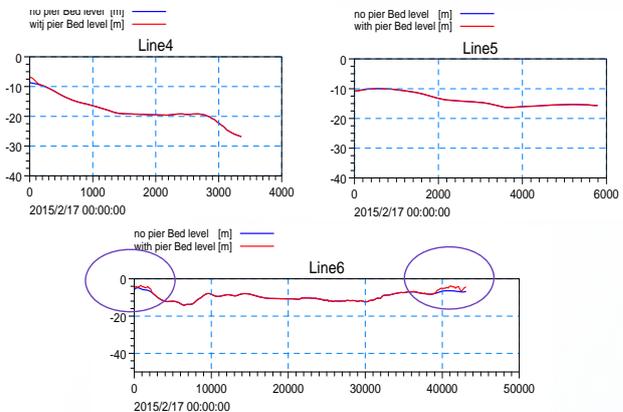
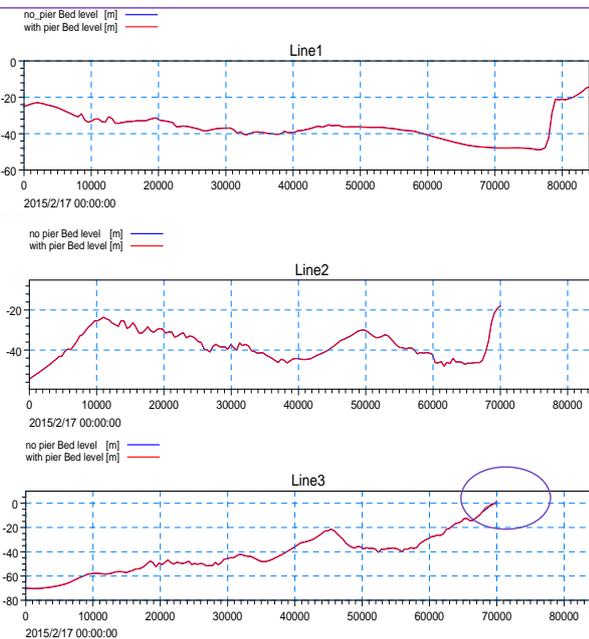


# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## D.離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

### ☀️ 冬季之地形變遷模擬結果

現況(無風機)之底床 ————  
設置風機後之底床 ————



離岸風電場址區域底床大致無變化，僅在靠近彰化王功沿岸(Line3)有增加侵蝕，亦有增加淤積之情形。在臺中北防沙堤至北防波堤間(Line4)，近北防沙堤區域底床呈現設置風機群樁後會增加淤積情形。彰化沿岸(烏溪至濁水溪間,Line6)則是近烏溪出海口附近及近濁水溪出海口附近之底床有增加淤積情形。

# 五、離岸風電海域地形變遷模式

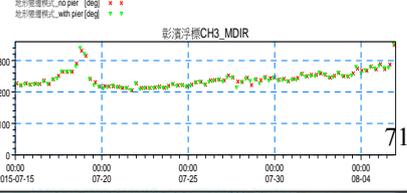
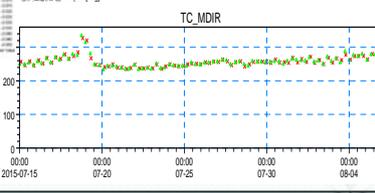
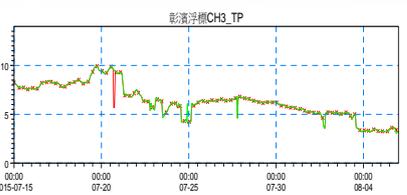
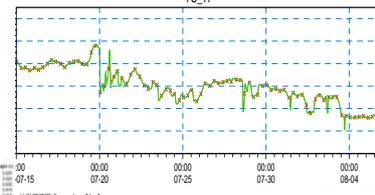
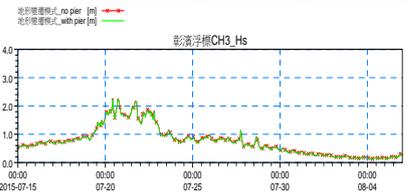
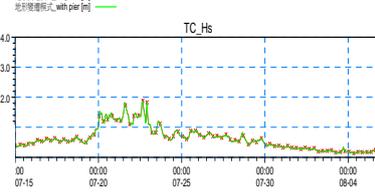
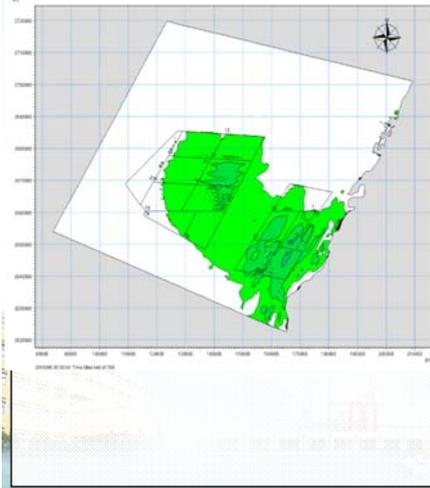
## D. 離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

### ☀️ 夏季之風浪模擬結果

現況(無風機)之波高  
設置風機後之波高

傳遞至臺中、  
彰化浮標觀測站

波高空間變化:平均波  
高下降0.006 m

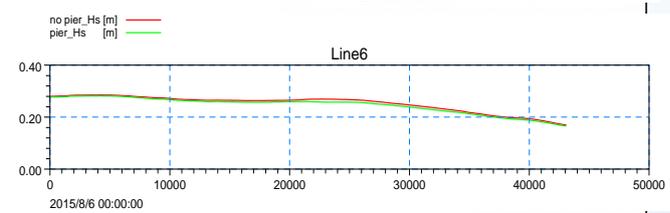
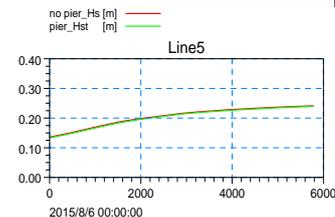
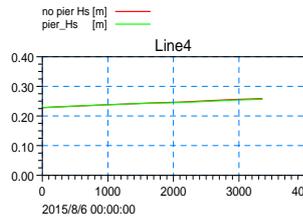
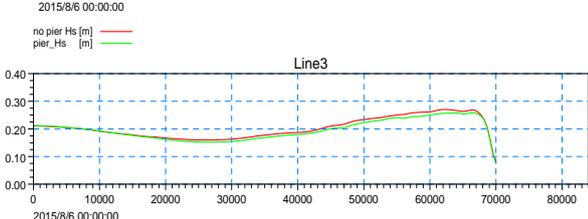
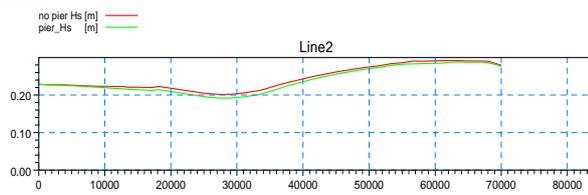
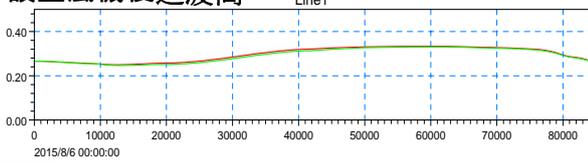


# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## D. 離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

### ☀️ 夏季波高空間變化:

現況(無風機)之波高  
設置風機後之波高



1. 波高通過風電場址有略降低(與冬季相比)
2. 波高傳遞至臺中港域時，幾乎已接近現況
3. 彰化沿岸(Lin6)因鄰近風電場址，設置風機群後波浪運動情形微幅下降，但仍與現況模擬近似

# 五、離岸風電海域地形變遷模式

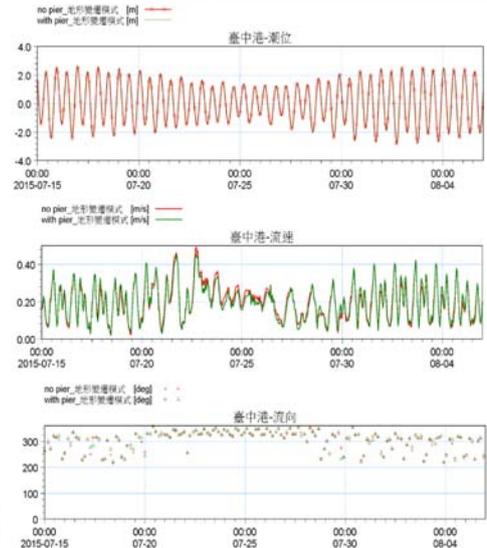
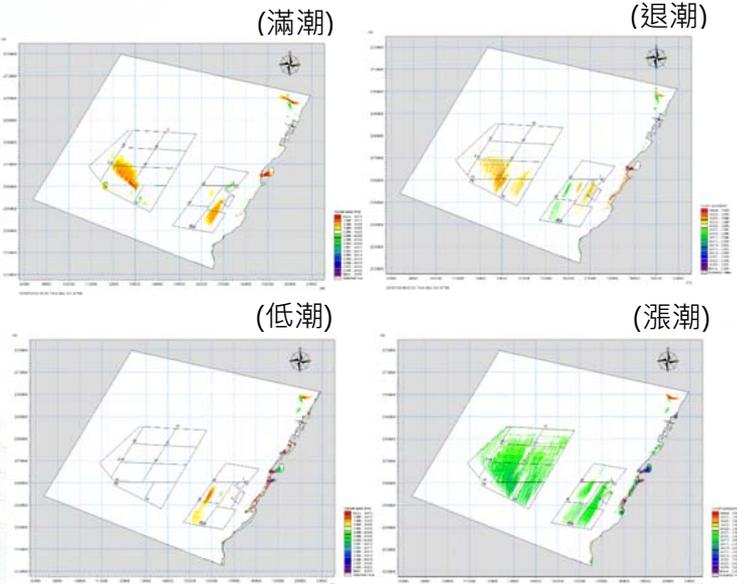
## D. 離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

### ☀ 夏季之水動力模擬結果

風機樁設置前後流場差異: 流速變動在0.01m/s範圍

現況(無風機)之流速 —  
 設置風機後之流速 —

設置風機後，流速在臺中港部分有時略高有時略低  
 整體與現況模擬流速近似



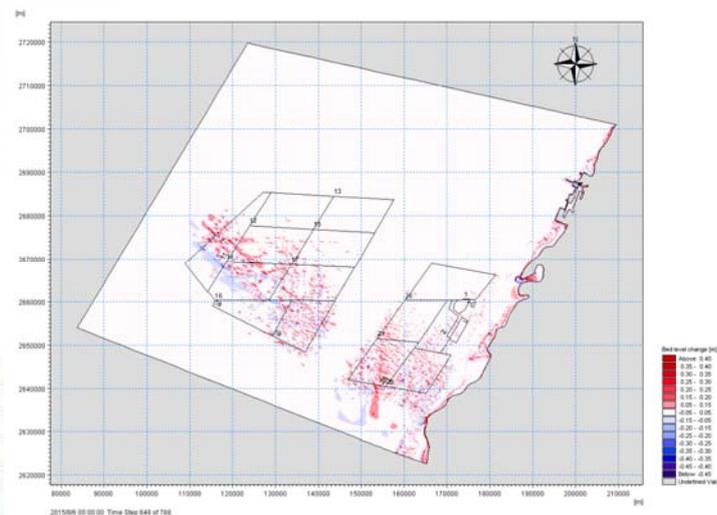
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## D. 離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

### ☀ 夏季之地形變遷模擬結果

離岸風場址、臺中、彰化沿岸區域均有侵淤互現情形。

風機樁設置前後底床變動: 整體離岸風電海域平均底床變化增加0.0004(較冬季少)

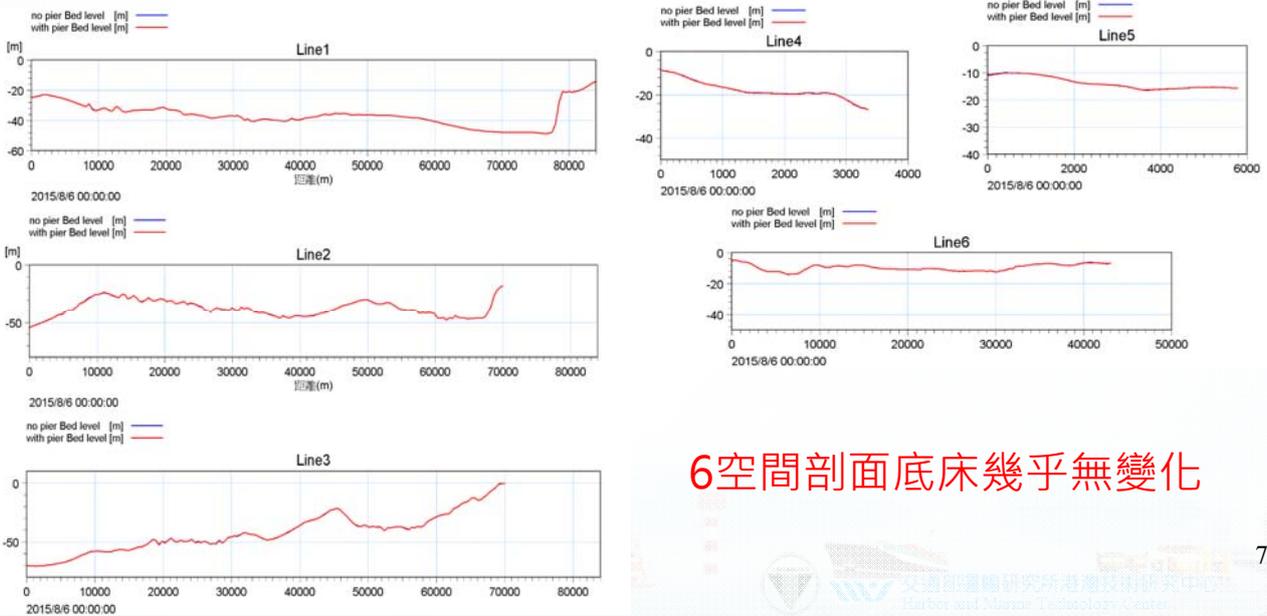


# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## D. 離岸風電海域地形變遷模式 風機群樁設置後計算成果

### ☀️ 夏季之地形變遷模擬結果

現況(無風機)之底床 —  
 設置風機後之底床 —



6空間剖面底床幾乎無變化

# 五、離岸風電海域地形變遷模式

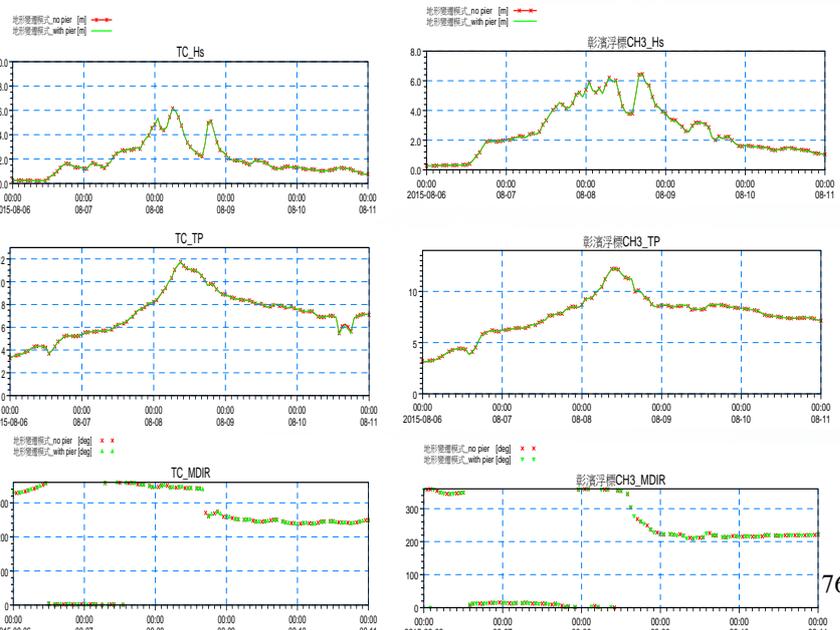
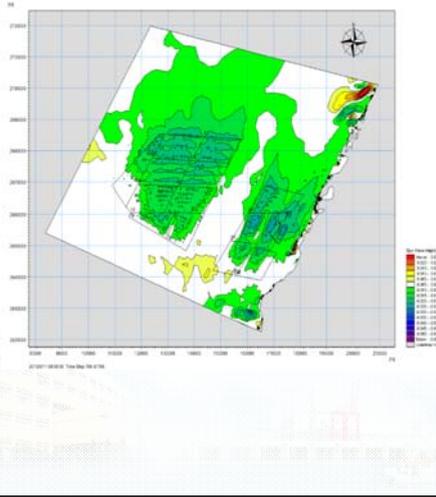
## D. 離岸風電海域地形變遷模式 風機群樁設置後計算成果

### ☀️ 蘇迪勒之風浪模擬結果

現況(無風機)之波高 —  
 設置風機後之波高 —

傳遞至臺中、  
彰化浮標觀測站

波高空間變化: 平均波高下降 0.008 m

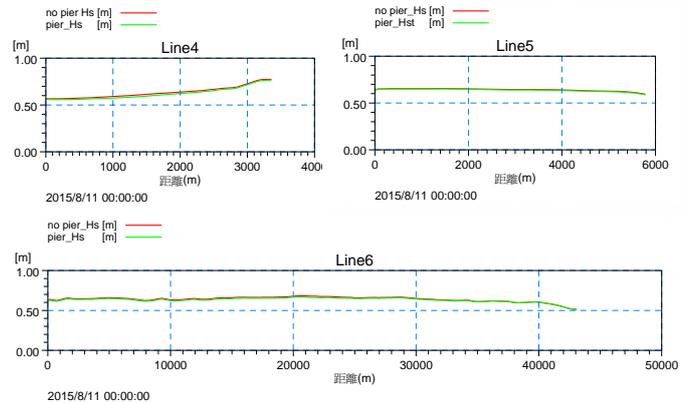
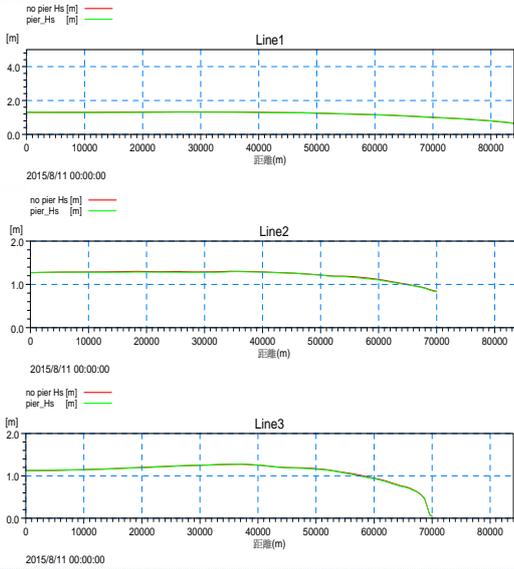


# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## D. 離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

### ☀ 蘇迪勒波高空間變化:

現況(無風機)之波高 —  
 設置風機後之波高 —



與夏季模擬結果相似

1. 波高通過風電場址有略降低(與冬季相比)
2. 波高傳遞至臺中港域時，幾乎已接近現況
3. 彰化沿岸(Lin6)因鄰近風電場址，設置風機群後波浪運動情形微幅下降，但仍與現況模擬近似

# 五、離岸風電海域地形變遷模式

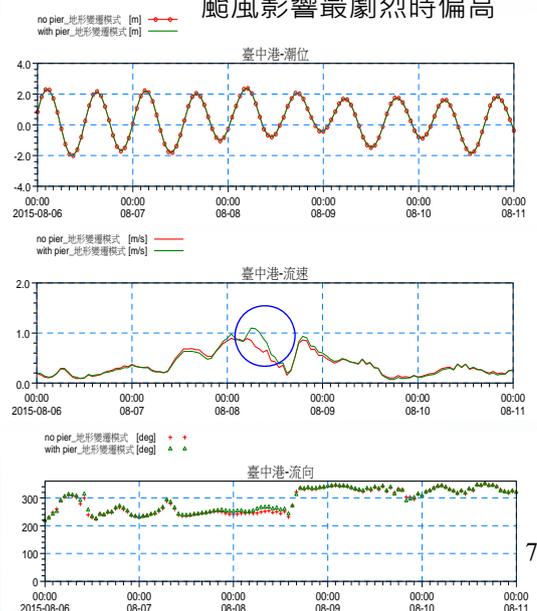
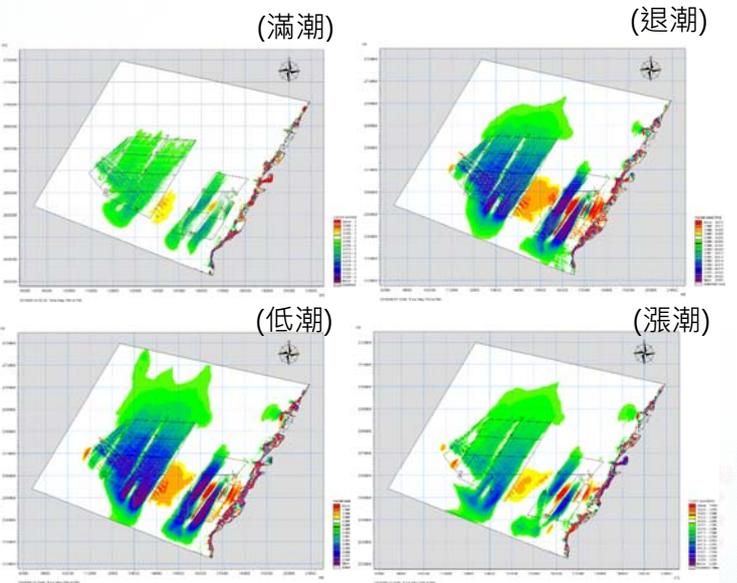
## D. 離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

### ☀ 蘇迪勒之水動力模擬結果

風機樁設置前後流場差異: 流速變動在0.01m/s範圍

現況(無風機)之流速 —  
 設置風機後之流速 —

設置風機後，流速在臺中港  
 颱風影響最劇烈時偏高



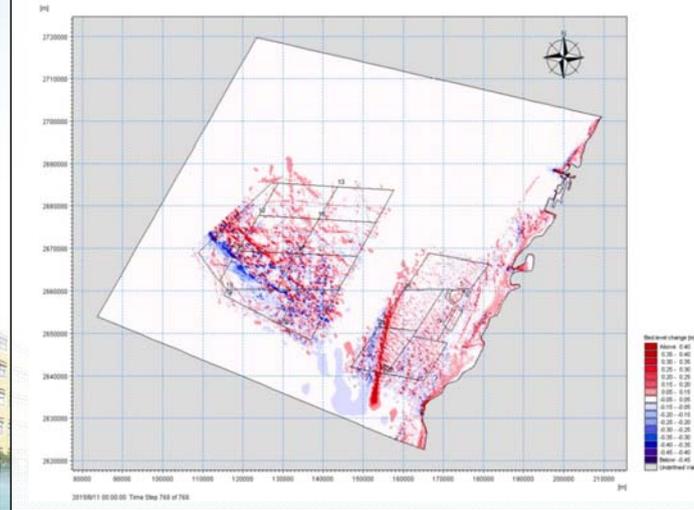
# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## D.離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

### ☀ 蘇迪勒季之地形變遷模擬結果

離岸風場址、臺中、彰化沿岸區域均有更明顯侵淤互現情形(與夏季結果相比)。

風機樁設置前後底床變動:  
整體離岸風電海域平均底床變化增加0.01m(最多)

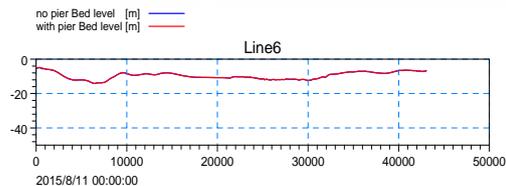
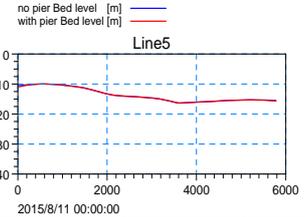
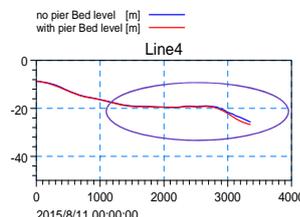
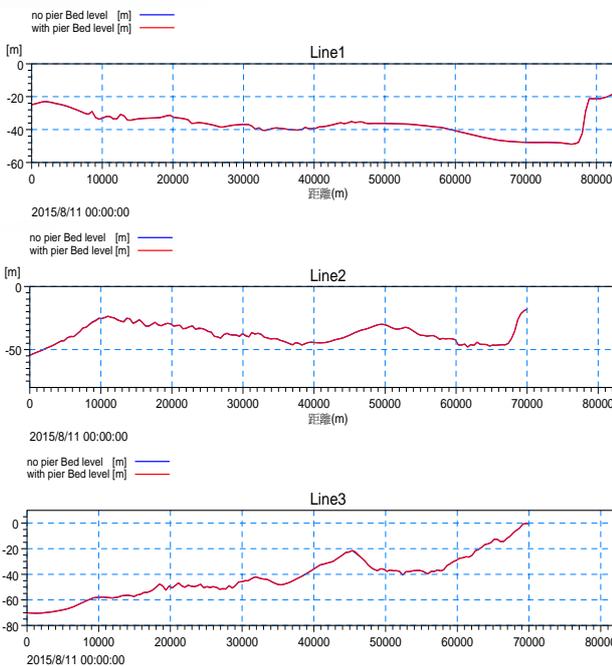


# 五、離岸風電海域地形變遷模式

## D.離岸風電海域地形變遷模式風機群樁設置後計算成果

### ☀ 蘇迪勒季之地形變遷模擬結果

現況(無風機)之底床 ————  
設置風機後之底床 ————



6空間剖面底床僅在北防  
坡堤附近有呈現侵蝕現象，  
餘幾乎無變化

## 六結論及建議

### ■ 結論

1. 本計畫完成西北太平洋模型(大域模型)、進行西北太平洋風浪及水動力模式於冬季、夏季及颱風時期模擬驗證工作:

- ★ 波高、流速模擬值與實測值相比偏小，分析其誤差原因主要來自模式使用風、氣壓場資料，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之緣故。
- ★ 模擬值變化趨勢與實測值變化趨勢相近且誤差分析結果均有良好的相關性。
- ★ 今年度再以利奇瑪颱風(108年8月)作模式驗證，初步提出可代表反應臺中、彰化海域現況波浪物理變化之大域模式。

81



## 六結論及建議

### ■ 結論

2. 為能確實反應離岸風電場址(深水區域)、臺中鄰近海域(淺水區域)漂沙情形並考量數值計算時效，本年度改變數值模式整體組成、操作執行方式:

- ★ 創建局部且網格更細緻之局部模型：創建離岸風電海域地形變遷模型，模型範圍包含臺中、彰化外海80公里區域，網格更細俾利提供更細緻模擬資料。
- ★ 增加模式層次以節省執行局部模式計算時間:應用西北太平洋風浪及水動力等2大域模式模擬資料，作為提供離岸風電海域地形變遷模式邊界條件。
- ★ 離岸風電海域地形變遷模式各模組間採用耦合數值運算方式&考慮河川流量及河川輸砂量，貼近自然物理變化機制。
- ★ 使用解析度較佳風、氣壓場資料，提升數值模擬準確度:風氣壓由使用45km解析度資料變成使用15km解析度資料:

82



## 六結論及建議

### ■ 結論

3. 完成離岸風電海域地形變遷模式於冬季、夏季及颱風時期之模擬驗證工作，提供可反應臺中、彰化海域現況波浪、流、漂沙及地形侵淤情形之模擬資料。

★ 波浪整體模擬表現:

- (1)與波高實測值相比:冬季、夏季偏小，颱風期間略高。  
(2)與西北太平洋風浪模式波高模擬值相比:冬季較佳、夏季及颱風期間略差。  
(3)模擬值與實測值均有良好的相關性(均有0.7以上)，波高、週期及波向模擬值均與實測值變化趨勢相近。

★ 流場整體模擬表現:

- (1)潮位模擬值與實測值均有較高的相關性。  
(2)與西北太平洋水動力模式流速模擬結果相比:流速模擬值結果較佳。

★ 漂沙及地形侵淤情形:在離岸風電場區域及臺中、彰化沿岸呈現侵淤互現情形，近岸尤其以海埔新生地、海堤<sup>83</sup>及港灣結構物附近變動最明顯。

## 六結論及建議

### ■ 結論

4. 完成臺中、彰化海域設置風機群後之情境模擬，共計模擬17個離岸風電場址(1,038座風機、4,152支風機群樁)，討論風機群樁設置後對海域波、流及漂沙之影響

★ 波浪改變:

波浪經過風機群時，波高雖會略呈現降低傾向但僅局部變化，通過風機群後即逐漸回復，在臺中、彰化近海附近已與現況相近，驗證17個離岸風電場址全部風機群設置完成後對整體海域波浪場影響範圍有限。

★ 流場差異:

設置風機群後，流速在離岸風電場址區域內降低，但一離開風電場址即逐步回升，流速整體變動不大(在0.01m/s以內)。

★ 漂沙及地形侵淤改變情形:

設置風機群後，冬季、夏季、颱風期間模擬結果底床整體呈現淤積傾向。

## 五結論及建議

### ■ 建議

1. 在臺中、彰化沿岸區域有長期性侵淤變化情形，後續可針對臺中港域及未來臺中港擴港，建置網格尺度更細緻之模式，探討其中、長期地形變遷。
2. 所建置之風浪、水動力及漂沙模式尚未考量風場受離岸風電機整體變化情形，後續仍有待相關研究評估。

85



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

簡報完畢  
敬請指教

86



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



## 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(2/3)-臺中鄰近海域  
漂沙特性數值分析**

委員審查意見	處理情形
<p>一. 林銘崇委員</p> <p>1. p.3-5, 式(3.16)之懸浮載公式中，濃度 C 如何求得？</p> <p>2. 數值計算應用之地形變化模式如何？</p> <p>3. 離岸風電海域地形變遷計算時，離岸風電場之佈置如何？</p>	<p>1. 感謝委員意見，懸浮載之計算係使用 Fredesoe(1985)水深方向泥沙擴散方程式，於一定波浪週期內求解瞬時速度與懸浮泥沙濃度積分，補充濃度公式，詳附錄Ⅲ之公式 17 及公式 21。</p> <p>2. 感謝委員意見，增加 Mike 21 地貌演變模組 (Morphology Module)簡介，詳附錄Ⅲ。</p> <p>3. 本計畫離岸風電海域地形變遷模式內風機配置數量及位置係參考 17 個離岸風電場址之風力發電計畫環境影響說明書，取各離岸風場規劃配置最多(最密)風機數方案，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規劃以套筒(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，機樁形式如圖 4.24 所示，爰依前述原則，且考量避開航港局預定公告航道及避開環境敏感區域，17 個離岸風電場址即封機群基樁於模式內分佈圖如圖 4.26。</p>

委員審查意見	處理情形
<p>二、莊士賢委員</p> <p>1. 第二章：</p> <p>(1) 風、浪與流的統計資料都有呈現季的特性，請確認各節中分季的月份都是一樣，並明述各季的月份組成；因表 2-11 之顯示可能會誤導夏季所含月份是 7 及 8 月。</p> <p>(2) 各節的統計資料是否包含颱風期間的觀測值應明確說明，因極值會明顯影響平均值。</p> <p>(3) 表 2-8 的資料來源是 2006/3/1~2017/5/31，其中 2017/3~5 月的資料會影響表中各季節風速與風向的占比，建議分析資料只採用 2006/3/1~2017/2/28 即可。</p> <p>(4) 第 2-31 頁最後一段文字說明臺中港外海颱風波浪的迴歸分析，其分析過程交代不清，文字太過精簡，建議應加強說明；如是引用 105 年的計畫報告，也請註明文獻來源。</p> <p>(5) 第 2.5 節提及的暴潮位都相當大，應是包含天文潮的值，請確認。</p> <p>(6) 第 2.6 節倒數第二段文字提及海流呈週期性往復運動，但圖 2.24 卻看不到此現象。最後一段的平均流速與平均流之定義請明示。</p> <p>2. 第四章，圖 4.32 的暴潮偏差含三張圖，請清楚交代各圖中不同序列資料的意義有何，及如何求得，觀測的暴潮偏差仍呈現潮汐現象，代表天文潮的濾除不確認。</p>	<p>1. 感謝委員意見。</p> <p>(1) 感謝委員意見。一般北半球常用的季節劃分是以天文季節為基礎，即 3 月至 5 月為春季、6 月至 8 月為夏季、9 月至 11 月為秋季、12 月至隔年 2 月為冬季，已補充四季分季說明於第二章。</p> <p>(2) 感謝委員建議，本計畫採用全年度已包含颱風期間觀測資料進行分析，未來可針對颱風極值資料納入後續計畫資料比對作業。</p> <p>(3) 感謝委員意見，為了蒐集符合研究目的地的資料，長期且連續性海氣象調查可瞭解當地海洋物理特性，現場作業常有缺失而中斷，本研究選取所有資料進行分析，後續可研擬將觀測資料切齊以年度為單位。</p> <p>(4) 感謝委員意見，已修正補述說明於第 2.4 節，並更新參考文獻。</p> <p>(5) 感謝委員意見，最高高潮暴潮位(highest high water level, HHWL)是因天文潮引起，曾發生之最高潮位。</p> <p>(6) 感謝委員意見，已增加補充說明海流流動現象於第 2.6 節，後續計畫會增加潮流比對圖。最後一段「平均流速」為流速純量統計，「平均流」為流速流向統計具有方向性。</p> <p>2. 感謝委員意見，有關蘇迪勒颱風時期臺中港暴潮分析部分，已依委員意見增補修改相關文字敘述，詳 P.3-30。</p>

委員審查意見	處理情形
<p>3. 第五章提及風機設置前後的波浪特性沒有明顯差異，其主因應是輸入風場為考量風機群設置後對風場造成的影響所致。</p>	<p>3. 感謝委員意見，目前風場資料為模式之輸入資料，爰風場無考量風機群裝設置後對風場之影響，尚待後續相關研究評估其影響性。</p>
<p>三、陳文俊委員</p> <p>1. 本案已實測之波、潮流及河川輸砂、水深地形資料進行數值模擬了解離岸風機群建置前後之波、潮流、漂砂與地形變遷，已初步了解影響層面可供後續研究之參考，給予研究團隊肯定。</p> <p>2. 本案主要重點之一為海域漂砂特性之探討，其中有探討河川輸砂量之影響，故建議下年度計畫可蒐集相關計畫有關本案相關河川長期統計下之輸砂量作為輸入條件。</p> <p>3. P.2-52~2-53 河川輸砂量紀錄表，建議可將水文年報中各月對應紀錄之日期列出，避免初閱者誤解流量與輸砂量為該月之紀錄。</p> <p>4. 冬季及颱風波高模擬在臺中港之結果較實例為小，文中敘述係 WRF-M00 預報風場網格解析度對浮標站之誤差較小，對內陸站則預報風速偏小加上臺灣海峽陸地效應影響等，惟夏季之模擬結果尚佳，可能有其他原因，未來可再了解。</p>	<p>1. 感謝委員肯定。</p> <p>2. 感謝委員建議，如後續有相關計畫再行納入辦理。</p> <p>3. 感謝委員意見，已補正表 2-26、表 2-27。</p> <p>4. 感謝委員建議，納入接續性計畫中精進。</p>

委員審查意見	處理情形
<p>5. 由於目前計算尚未考慮近域風機群風場之影響，故目前無論冬、夏季及颱風對波、流及地形之變化影響可能皆在量測精度範圍外，故建議可商討考慮修正敘述方式，避免造成誤解風機群對近岸有影響。另外，如平均底床變化最大之堆積侵蝕量體建議再檢視看看，尤其是夏季之變化。另外，物理量如：0.00009m、0.000004m……等是否就以“幾乎無變化”代替。</p> <p>6. 建議明年模擬時，宜以冬、夏、颱風期之漂砂量作為輸入條件，方能判斷出各季之變化，另外，目前水文年報僅為懸浮載，底床載未來宜考慮如何處理。</p> <p>7. 建議結論可再縮減、濃縮，給予更聚焦的成果。</p>	<p>5. 感謝委員意見，相關敘述已依委員意見作文字補述相關工作。</p> <p>6. 感謝委員建議，有關委員建議明年模擬時，宜以冬、夏、颱風期之漂砂量作為輸入條件，納入後續相關計畫辦理；影響地形變遷主要以懸浮載影響為主，底床載影響較小，且懸浮載與底床載影響需考量當地區域水條條件及底質粒徑比，底床載以 Englund 與 Fredsøe (1976)，根據一個波週期內之瞬時剪應力可得相關之無因次化底床載及無因次化 Shields 參數去計算，詳附錄 III 之公式 16。</p> <p>7. 結論與建議已依委員意見修正，詳第五章。</p>
<p>四、蘇青和委員</p> <p>1. 明年計畫建議增加衛星地形資料蒐集之成果。</p> <p>2. 建議增加蒐集歷年地形測量資料有關侵淤分析之成果。</p> <p>3. 除比較有無風機之地形差異，建議明年增加短中期地形變遷模擬成果比對。</p>	<p>1. 感謝委員建議，如後續有相關計畫再行納入辦理。</p> <p>2. 感謝委員建議，已增加蒐集臺中、彰化沿岸歷年侵淤分析成果相關報告整理說明，詳第二章 2.8 節。</p> <p>3. 感謝委員建議，如後續有相關計畫再行納入辦理。</p>

委員審查意見	處理情形
<p>四、李俊穎委員</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 部分圖面如圖 4.21, 4.22, 4.25 等時間軸略有出入，建議加以修改。</li> <li>2. 離岸風電海域地形變遷模型節點數 201,2550 個，應為誤植請修改。</li> <li>3. 建議於各模擬流場補上潮汐圖。</li> <li>4. 表 2-26~2-27 請補述個月之日期。</li> <li>5. 建議於表 5-1 補述最高頻率為何？</li> <li>6. 5.3.3 節所提輸沙率表(Q3D)建議補充說其內容</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝委員意見，原報告書(初稿)圖 4.21 時間軸均係以 2015 年 1 月 28 日-2 月 17 日繪製，已補正為定稿圖 3.23。另圖 4.25(定稿圖 3.27)澎湖龍門尖山潮位比對圖，因 2015 年 8 月以後資料，爰圖上時間軸以 7 月 15 日至 7 月 31 日作潮位資料呈現。</li> <li>2. 感謝委員意見，已補正。</li> <li>3. 感謝委員意見，已補正。</li> <li>4. 感謝委員意見，已補充四季分季月份說明於第 2 章。</li> <li>5. 感謝委員意見，波浪頻率譜採用對數分布，相關公式已補正於表 5-1。</li> <li>6. 感謝委員意見，已補充說明輸沙率表(Q3D)，詳定稿報告書第四章 4.3.3 節。</li> </ol>



## 附錄 III

### 模式理論介紹



## 附錄III 模式理論介紹

丹麥水利研究所(Danish Hydraulic Institute,DHI)發展之 MIKE 21 FM 模組，係以有限體積法求取各網格數值解，在計算流體力學上除了具備自動滿足連續性之優點，較傳統使用有限差分矩形網格求解方式相比，其網格三角形設計方式對於不規則邊界有較佳的適應性，爰本計畫採用其中第三代波浪數值模組(Spectral Wave,SW)、水動力數值模組(HydroDynamic,HD)、沙傳輸數值模組(Sediment Transport,ST)、地貌演變數值模組(Morphology Module)等4個計算模組，爰簡述各模組理論。

### 一、波浪數值模組

本計畫使用 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：

#### (一)、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：

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

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； $\sigma$  為角頻率；而  $\theta$  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 $\sigma$ 之變化速度。 $c_\theta = d\theta/dt$ ，代表波向角 $\theta$ 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：

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

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。

## (二)、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：

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

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

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， $C_\theta$ 為 $\theta$ 方向的波浪行進速度， $\omega$ 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

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

## 二、水動力數值模組

本計畫使用之水動力模式(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3.6)、動量方程式為基礎(式3.7、3.8)。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = f v - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \\ \frac{1}{\rho_0 h} \left( \frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left( v_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + v_s S \quad \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial x} + \frac{\partial uv}{\partial y} + \frac{\partial wv}{\partial z} = -f v - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z^\eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \\ \frac{1}{\rho_0 h} \left( \frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left( v_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S \quad \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

t 為時間，x、y、z 為空間坐標，η 為自由液面，d 為靜水深，h = η + 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<sub>a</sub> 為大氣壓力，s<sub>xx</sub>、s<sub>xy</sub>、s<sub>yx</sub>、s<sub>yy</sub> 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：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = hS \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}\bar{u}}{\partial y} = f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \\ \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{s_{xx}}{\partial x} + \frac{s_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s S \quad \dots\dots\dots (10) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}^2}{\partial y} = -f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \\ \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{s_{yx}}{\partial x} + \frac{s_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hv_s S \quad \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

其中 τ<sub>sx</sub>、τ<sub>sy</sub> 為表面風應力，τ<sub>bx</sub>、τ<sub>by</sub> 為底部應力，ū、v̄ 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)。

$$M = \frac{25.4}{k_s^{1/3}} m^{1/3}/s \dots\dots\dots(12)$$

模式之風摩擦力可以下式(3.12)表示

$$\bar{\tau}_s = \rho_a c_d |u_s| \bar{u}_w \dots\dots\dots(13)$$

$\rho_a$  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

$$c_d = \left\{ \begin{array}{l} c_a \\ c + \frac{c_b - c_a}{w_b - w_a} (w_{10} - w_a) \\ c_b \end{array} \right\}, \begin{array}{l} w_{10} < w_a \\ w_a \leq w_{10} \leq w_b \\ w_{10} > w_b \end{array} \dots\dots\dots(14)$$

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

### 三、沙傳輸數值模組

MIKE 21之沙傳輸 ST 模組(Sand Transport Module)，即依據前述水動力模擬結果，計算出每一瞬時計算域中各位置之流場，再加上水中沉積物質特性與波浪運動之影響，計算對應之輸沙率。其理論係屬於擬三維之計算方式，根據該計算範圍之水流、波浪、水深與底床坡度計算得輸沙率，將不同計算條件下之輸沙率預先儲存在一輸沙表中，待模式開始計算後，再根據當時之水動力場及波浪場，於輸沙表中內插求取相對應條件下之輸沙率，最後將每一點沿水深方向上積分即可得斷面輸沙率。輸沙率為輸沙量在一波浪周期內之平均值，底質傳輸之總輸沙載 $q_t$ 為：

$$q_t = q_b + q_s \dots\dots\dots(15)$$

其中， $q_b$ 為底床載， $q_s$ 為懸浮載。每單位時間單位寬度之底床載 $q_b$ 係參考 Engelund 與 Fredsøe (1976)，根據一個波週期內之瞬時剪應力可得相關之無因次化底床載及無因次化 Shields 參數

$$\Phi = \frac{q_b}{\sqrt{(s-1)gd^3}} \quad , \quad \theta = \frac{\tau_0}{(s-1)\rho gd} = \frac{U_f^2}{(s-1)gd} \dots\dots\dots(16)$$

其中， $s$ 為底質相對密度、 $d$ 為底質粒徑、 $\tau_0$ 為底床剪應力、 $U_f$ 為摩擦速度( $U_f = \sqrt{\tau_0 / \rho}$ )。懸浮載 $q_s$ 係參考 Fredsøe 等人(1985)，根據一個波週期內之瞬時速度(u)和濃度(c)分布積分而得：

$$\frac{dc}{dt} = \frac{\partial c}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} w \left( \epsilon_s \frac{\partial c}{\partial z} \right) \dots\dots\dots(17)$$

式中 t 為時間、z 為水深方向座標軸、w 泥沙沉降速度、 $\epsilon_s$ 擴散係數(視同水渦流黏性度 $\epsilon$ )：

$$\epsilon = kU_f z \left( 1 - \frac{y}{D} \right) \quad , \quad k \cong 0.4 = \text{the von Karman constant} \quad , \quad D \text{ 為水深} \dots\dots\dots(18)$$

$$q_s = \frac{1}{T} \int_0^T \int_{2d}^D (uc) dz dt \dots\dots\dots(19)$$

此外，底質之沉降速度與溫度、粒徑大小有關，當沉降速度小於最大之摩擦速度時，底質將自底床被擾動而懸浮於水中。參考 Rubey's formula (1933) 之沉降速度  $w$  如下：

$$w = \sqrt{g(s-1)d} \cdot \left( \left( \frac{2}{3} + \frac{36\nu^2}{g(s-1)d^3} \right)^{1/2} - \left( \frac{36\nu^2}{g(s-1)d^3} \right)^{1/2} \right) \dots\dots\dots (20)$$

其中， $\nu$  為動力黏滯係數， $T$  為水溫( $^{\circ}\text{C}$ )：

$$\nu = (1.78 - 0.0570812T + 0.001061777T^2 - 8.27141 \cdot 10^{-6}T^3) \cdot 10^{-6} \dots\dots\dots (21)$$

#### 四、地貌演變模組

如果想探討水動力影響下之地貌演變情形，可使用 MIKE 21 之地貌演變模組(Morphology Module)，尤其在淺水區域考量其疏濬或填方泥沙對地貌之影響是必要的。其地貌演變係藉由更新每一時刻底床以確保水動力模擬穩定平衡底床。

$$Z^{n+1} = Z^n + \Delta Z^n \dots\dots\dots (22)$$

其中， $Z^n$  為當時刻之測深(m)、 $\Delta Z$  為當時刻的淨沉降量。

地貌演變模組亦提供加速因子(Speed up factor)，針對底床影響、加速更新地貌之方式：

$$Z^{n+1} = Z^n + \Delta Z^n \times \text{Speed up} \dots\dots\dots (23)$$