

94-43-7139

MOTC-IOT-93-H3DA004

臺灣海峽的水深地形對潮波振盪 之影響研究



交通部運輸研究所

中華民國九十四年四月

94-43-7139

MOTC-IOT-93-H3DA004

臺灣海峽的水深地形對潮波振盪 之影響研究

著 者：莊文傑、江中權

交通部運輸研究所

中華民國九十四年四月

國家圖書館出版品預行編目資料

臺灣海峽的水深地形對潮波振盪之影響研究 /
莊文傑、江中權著. -- 初版. -- 臺北市：
交通部運研所， 民 94
面； 公分
參考書目：面
ISBN 986-00-0877-9(平裝)

1. 海洋動力學

351. 94

94006386

臺灣海峽的水深地形對潮波振盪之影響研究

著 者：莊文傑、江中權
出版機關：交通部運輸研究所
地 址：台北市敦化北路 240 號
網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版/中心出版品)
電 話：(04)26587176
出版年月：中華民國九十四年四月
印 刷 者：萬達打字印刷有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 120 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站
定 價：600 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880
三民書局重南店：台北市重慶南路一段 61 號 4 樓•電話：(02)23617511
三民書局復北店：台北市復興北路 386 號 4 樓•電話：(02)25006600
國家書坊台視總店：台北市八德路三段 10 號 B1•電話：(02)25787542
五南文化廣場：台中市中山路 6 號•電話：(04)22260330
新進圖書廣場：彰化市中正路二段 5 號•電話：(04)7252792
青年書局：高雄市青年一路 141 號 3 樓•電話：(07)3324910

GPN：1009401031

ISBN：986-00-0877-9(平裝)

臺灣海峽的水深地形對潮波振盪之影響研究

交通部運輸研究所

GPN : 1009401031
定價 600 元

交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱：臺灣海峽的水深地形對潮波振盪之影響研究			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 986-00-0877-9(平裝)	政府出版品統一編號 1009401031	運輸研究所出版品編號 94-43-7139	計畫編號 93-H3DA004
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計劃主持人：莊文傑 研究人員：江中權、李江澤 聯絡電話：(04)26587185 傳真號碼：(04)26564415			研究期間 自 93 年 01 月 至 93 年 12 月
關鍵詞：臺灣海峽、東亞海域、陸架、潮波、潮流、部分重複駐波、數值模擬			
摘要： 本研究以現況臺灣環島海域所面對獨特的東亞大陸棚架地形為基礎，配合南海、西太平洋、及日本海之潮位邊界條件設定，使用 MIKE21_HD 二維水動力數值模式，先以計算方式確立臺灣海峽及其鄰近海域潮波之振盪型態，再以其為比較對照基準，設計陸架地形水深之系列變化，藉以探討影響臺灣海峽既有潮波系統及其振盪型態的顯著因素。主要的研究結論為：東亞大陸棚架地形，對臺灣海峽海域的潮波傳播與振盪型態具有顯著重要的影響性。依據陸架地形的影響性，本研究因此提出東亞海域潮波系統傳播圖。此外，由於呂宋島弧的海脊地形阻隔，本研究尚確認：南海與西太平洋的潮波系統，實際上是近似相互獨立的；而南海與東海的潮波系統，則主要透過臺灣海峽而相聯結。至於臺灣海峽海域內，由於地球自轉偏向力的影響，入射自東海及南海的潮波，皆具行進凱文波的特性，且分別會因南海及東海陸架緣陡峭地形所產生的反射效應，而使潮波之振盪型態皆呈現為部分重複駐波。又基於東亞陸架緣之顯著反射效應，臺灣海峽海域因此可以一兩端封閉之矩形海峽類比，而其內的潮波振盪型態，則可用矩形海峽內兩相向行進凱文波相交會所構成的旋轉潮波系統充分予以闡釋及展現。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
94 年 4 月	438	600	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： ☐ 限閱 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密【限】條件： ☐ 年 月 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: Effects of Topographies on Tidal Oscillation in the Taiwan Strait			
ISBN(OR ISSN) ISBN 986-00-0877-9 (pbk.)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009401031	IOT SERIAL NUMBER 94-43-7139	PROJECT NUMBER 93-H3DA004
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Wen-Jye Juang PROJECT STAFF: Chung-Chiuan Chiang, Chiang-Tse Lee PHONE: +886-4-26587185 FAX: +886-4-26564415 E-mail: jye@mail.ihmt.gov.tw ; wjjuang@ms1.hinet.net			PROJECT PERIOD FROM Jan. 2004 TO Dec. 2004
KEY WORDS: Taiwan Strait, East Asian Seas, Continental Shelf, Tidal Waves, Tidal Currents, Partially Standing Waves, Numerical Simulation.			
ABSTRACT: The Taiwan Strait (TWS), a shallow water channel of averaged water depth less than 60 m, situates right by the rims of the East Asian Continental Shelf (EACS). It is the main channel connecting the East China Sea (ECS) and the South China Sea (SCS). There is a unique tidal oscillation pattern in form of nearly standing waves appeared in TWS, and the topology of EACS has significant effects on the unique pattern. Based on a series of designed changes of topography, a two-dimensional depth-integrated shallow water waves model: MIKE21_HD is adopted and applied to investigate the dominant topographical effects. From the conclusions of comparing the oscillating appearances derived from changing the topographies with existing ones, the rims of EACS are confirmed to play the dominant role of affecting the tidal oscillation patterns due to its excellent performance of reflecting the tidal waves that mainly incident from both ECS and SCS. TWS, therefore, can be analog to a rectangular channel, and the physical oscillating appearances exhibited in TWS can be well demonstrated by an interference system of the Kelvin waves propagating in counter directions in the rectangular channel. Furthermore, the geophysical systems of tidal waves in SCS and Pacific Ocean are identified independent to each other due to the cut off of the archipelagos arranging in the Luzon Strait. Accordingly, a conceptual system of tidal waves propagating in the East Asian Seas is proposed in this study.			
DATE OF PUBLICATION April 2005	NUMBER OF PAGES 438	PRICE 600	CLASSIFICATION ☐ SECRET ☐ CONFIDENTIAL ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

臺灣海峽的水深地形對潮波振盪之影響研究

目 錄

頁次

中文摘要	
英文摘要	
目 錄	
表目錄	
圖目錄	
第一章 導 論	1-1
1.1 研究緣起	1-1
1.2 研究目的與方法	1-5
1.3 相關研究	1-7
第二章 二維淺水波水動力數值模式	2-1
2.1 概述	2-1
2.2 三維淺水長波理論模式	2-2
2.3 二維淺水波水動力系統— MIKE21_HD	2-4
2.4 有限差分法	2-5
2.5 計算海域之設定	2-8
2.6 初始與邊界條件之設定	2-9
2.7 計算參數	2-11
第三章 東亞海域之潮波模擬與地形水深變化影響	3-1
3.1 潮波運動概述	3-1
3.2 東亞現況海域之潮波及潮流計算	3-8
3.2.1 潮波及潮流計算結果	3-8
3.2.2 計算潮位驗證	3-12
3.2.3 計算海域北側潮位邊界條件影響性分析	3-13
3.3 地形水深變化與評估斷面規劃及現況潮波振盪特性	3-14

3.4 地形水深變化對現況潮波振盪特性之影響	3-17
3.4.1 擴展水深 200 米之東海陸架寬度	3-17
3.4.2 以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度	3-19
3.4.3 以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度	3-21
3.4.4 無東亞陸架地形之影響	3-24
3.4.5 東亞陸架濶深為 500 米及海峽之影響	3-26
3.4.6 臺灣海峽地形之影響	3-27
3.4.7 東亞陸架緣地形之影響	3-29
3.4.8 以水深 500 米擴展南海陸架寬度	3-31
3.4.9 以水深 200 米擴展南海陸架寬度	3-34
3.4.10 以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度	3-36
3.4.11 單純東海陸架地形之影響	3-38
3.4.12 臺灣海峽海域水深均一化之影響	3-39
3.4.13 以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北之東海陸架海域	3-41
3.4.14 東亞陸架海域水深均一化之影響	3-42
3.4.15 中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度之影響	3-45
3.4.16 東海北邊界入射潮波之影響	3-47
3.4.17 南海南邊界入射潮波之影響	3-48
3.4.18 呂宋島弧封閉之影響	3-50
3.4.19 沖繩島弧封閉之影響	3-51
3.4.20 臺灣海峽中段海域封閉之影響	3-52
3.5 東亞海域的潮波系統	3-54
第四章 結論與建議	4-1
4.1 結 論	4-1
4.2 建 議	4-2
參考文獻	5-1
審查意見	6-1
簡報內容	7-1
謝誌	8-1

表 目 錄

	頁次
表 2-1-1 東亞大範圍計算海域之邊界潮汐站編號與位置	2-14
表 2-1-2 東亞大範圍計算海域邊界潮汐站位置與其主要分潮之調和 分析常數.....	2-15
表 2-2 東亞大範圍計算海域用以校驗模式計算結果之驗潮站 與其網格之座標位置	2-16
表 3-1-1 臺灣環島海域影響潮波變化之地形配置.....	3-56
表 3-1-2 臺灣環島海域影響潮波變化之地形配置.....	3-57
表 3-2 臺灣環島海域潮波受地形影響變化之評估斷面位置	3-58

圖 目 錄

	頁次
圖 1-1 東亞及臺灣環島海域環境與水深地形.....	1-16
圖 1-2 臺灣環島海域之三維水深地形與陸架.....	1-17
圖 1-3 臺灣環島海域之陸架地形與水深.....	1-18
圖 1-4 臺灣環島及鄰近海域之地形與水深.....	1-19
圖 1-5 臺灣環島海域離岸約 50 公里萃取之水深地形剖面.....	1-20
圖 1-6 臺灣環島沿岸驗潮站潮汐調和分析之分潮振幅分布.....	1-21
圖 1-7 臺灣環島沿岸驗潮站潮汐調和分析之分潮相位分布.....	1-21
圖 1-8 東亞地區平均最大半月潮差分佈圖.....	1-22
圖 1-9 臺灣環島沿岸海域之日第一次滿潮之潮時相位分布.....	1-23
圖 1-10 臺灣環島海域, 理想性之滿潮潮時與 1987 年 6 月 23 日中央氣象局實際預報之日第一次滿潮之潮時分布.....	1-24
圖 1-11 東亞海域潮波傳播示意圖.....	1-25
圖 1-12 臺灣環島近海沿岸之真實潮波振盪型態(a)及水深地形剖面(b)	1-26
圖 1-13 中國大陸近海沿岸之真實潮波振盪型態(a)及水深地形剖面(b)	1-26
圖 1-14 兩個週期各為 12 小時之行進凱文波在位於緯度 44.5 度、平均水深 40 米、寬度 400 公里、兩端開口封閉之狹長矩型海峽內相交會後之波動振盪型態.....	1-27
圖 1-15 臺灣環島海域 20 米水深層年平均之恒流分布.....	1-28
圖 1-16 臺灣環島海域 20 米水深層夏季平均之恒流分布.....	1-29
圖 1-17 臺灣環島海域 20 米水深層冬季平均之恒流分布.....	1-30
圖 1-18 臺灣海峽海域之水深地形(上)與相對應自 1999 至 2001 年以船載 ADCP 流剖儀實測海流經分析所得之平均流速分布(下)	1-31
圖 1-19 臺灣之舊版地圖與明顯存在臺灣環島近岸海域內之大型水下沙體.....	1-32

圖 1-20	臺灣環島海域之潮流長期輸沙能力(上)與其相對應之潮殘餘流 型態	1-33
圖 1-21	東亞海域潮波傳播示意圖	1-25
圖 1-22	東亞海域潮波傳播示意圖	1-25
圖 2-1	MIKE21-HD 計算模式使用交替方向隱 式有限差分法之空 間網格分割	2-17
圖 2-2	MIKE21-HD 計算模式使用交替方向隱式有限差分法之時階分 割	2-17
圖 2-3	東亞海域與臺灣環島海域之巢狀網格配置	2-18
圖 2-4	東亞大範圍計算海域與其邊界及地形水深	2-19
圖 2-5-1	東亞大範圍計算海域南邊界潮位站之預報逐時潮位	2-20
圖 2-5-2	東亞大範圍計算海域東邊界下段潮位站之預報逐時潮位	2-21
圖 2-5-3	東亞大範圍計算海域東邊界中段潮位站之預報逐時潮位	2-22
圖 2-5-4	東亞大範圍計算海域東邊界上段潮位站之預報逐時潮位	2-23
圖 2-5-5	東亞大範圍計算海域北邊界對馬海峽潮位站之預報逐時潮位	2-24
圖 2-5-6	東亞大範圍計算海域北邊界日本海潮位站之預報逐時潮位	2-25
圖 3-1	無底床摩擦效應下，兩個週期各為 12 小時之行進凱文波在位 於緯度 44.5 度、平均水深 40 米、寬度 400 公里、兩端開口封 閉之狹長矩型海峽內相交會後之波動振盪型態	3-59
圖 3-2	具底床摩擦效應下，兩個週期各為 12 小時之行進凱文波在位 於緯度 44.5 度、平均水深 40 米、寬度 400 公里、兩端開口封 閉之狹長矩型海峽內相交會後之波動振盪型態	3-59
圖 3-3	現況東亞計算海域範圍及其水深地形	3-60
圖 3-4-1	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮 位：台中港，2004/10/15 00:00	3-61
圖 3-4-2	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮 位：台中港，2004/10/15 01:00	3-62
圖 3-4-3	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮 位：台中港，2004/10/15 02:00	3-63

圖 3-4-4	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 03:00.....	3-64
圖 3-4-5	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 04:00.....	3-65
圖 3-4-6	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 05:00.....	3-66
圖 3-4-7	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 06:00.....	3-67
圖 3-4-8	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 07:00.....	3-68
圖 3-4-9	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 08:00.....	3-69
圖 3-4-10	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 09:00.....	3-70
圖 3-4-11	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 10:00.....	3-71
圖 3-4-12	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 11:00	3-72
圖 3-4-13	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 12:00	3-73
圖 3-4-14	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 13:00	3-74
圖 3-4-15	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 14:00	3-75
圖 3-4-16	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 15:00	3-76
圖 3-4-17	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 16:00	3-77
圖 3-4-18	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 17:00	3-78

圖 3-4-19	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 18:00	3-79
圖 3-4-20	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 19:00	3-80
圖 3-4-21	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 20:00	3-81
圖 3-4-22	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 21:00	3-82
圖 3-4-23	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 22:00	3-83
圖 3-4-24	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 23:00	3-84
圖 3-4-25	東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/16 00:00	3-85
圖 3-5	東亞計算海域內, 台中港計算流向(上)、流速(中)及潮位(下)之逐時變化	3-86
圖 3-6-1	東亞計算海域內, 蘇澳(上)、淡水(中)、台中(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較	3-87
圖 3-6-2	東亞計算海域內, 澎湖(上)、將軍(中)、高雄(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較	3-88
圖 3-6-3	東亞計算海域內, 鵝鑾嘴(上)、富岡(中)、成功(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較	3-89
圖 3-6-4	東亞計算海域內, 鎮海(上)、東引(中)、馬祖(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較	3-90
圖 3-6-5	東亞計算海域內, 烏坵(上)、廈門(中)、汕頭(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較	3-91
圖 3-7	不含日本海之東亞大範圍計算海域及水深地形	3-92
圖 3-8-1	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 00:00	3-93
圖 3-8-2	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 01:00	3-94

圖 3-8-3	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 02:00	3-95
圖 3-8-4	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 03:00	3-96
圖 3-8-5	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 04:00	3-97
圖 3-8-6	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 05:00	3-98
圖 3-8-7	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 06:00	3-99
圖 3-8-8	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 07:00	3-100
圖 3-8-9	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 08:00	3-101
圖 3-8-10	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 09:00	3-102
圖 3-8-11	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 10:00	3-103
圖 3-8-12	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 11:00	3-104
圖 3-8-13	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 12:00	3-105
圖 3-8-14	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 13:00	3-106
圖 3-8-15	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 14:00	3-107
圖 3-8-16	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 15:00	3-108
圖 3-8-17	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 16:00	3-109

圖 3-8-18	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 17:00	3-110
圖 3-8-19	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 18:00	3-111
圖 3-8-20	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 19:00	3-112
圖 3-8-21	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 20:00	3-113
圖 3-8-22	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 21:00	3-114
圖 3-8-23	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 22:00	3-115
圖 3-8-24	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 23:00	3-116
圖 3-8-25	不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈, 參考潮位: 台中港, 2004/10/15 24:00	3-117
圖 3-9	不含日本海與包含日本海之東亞計算海域內, 台中港計算流向(上)、流速(中)、及潮位(下)逐時變化之相互比較	3-118
圖 3-10-1	不含日本海與包含日本海之東亞計算海域內, 蘇澳(上)、淡水(中)、台中(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較	3-119
圖 3-10-2	不含日本海與包含日本海之東亞計算海域內, 澎湖(上)、將軍(中)、高雄(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較	3-120
圖 3-10-3	不含日本海與包含日本海之東亞計算海域內, 鵝鑾嘴(上)、富岡(中)、成功(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較	3-121
圖 3-10-4	不含日本海與包含日本海之東亞計算海域內, 鎮海(上)、東引(中)、馬祖(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較	3-122

圖 3-10-5 不含日本海與包含日本海之東亞計算海域內，烏坵(上)、廈門(中)、汕頭(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較	3-123
圖 3-11 臺灣環島海域潮波振盪型態影響性分析及評估的主要斷面位置	3-124
圖 3-12-1 東亞海域現況水深地形第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態	3-125
圖 3-12-2 東亞海域現況水深地形第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態	3-126
圖 3-12-3 東亞海域現況水深地形第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態	3-127
圖 3-12-4 東亞海域現況水深地形第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態	3-128
圖 3-12-5 東亞海域現況水深地形第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態	3-129
圖 3-13 東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後之水深地形	3-130
圖 3-14-1 東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-131
圖 3-14-2 東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-132
圖 3-15-1 東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較	3-133
圖 3-15-2 東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-134
圖 3-15-3 東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-135
圖 3-15-4 東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-136

圖 3-15-5	東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-137
圖 3-16	東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-138
圖 3-17	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後之水深地形.....	3-139
圖 3-18-1	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時.....	3-140
圖 3-18-2	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時.....	3-141
圖 3-19-1	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後第一斷面(溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較.....	3-142
圖 3-19-2	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後第二斷面(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較.....	3-143
圖 3-19-3	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-144
圖 3-19-4	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較.....	3-145
圖 3-19-5	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-146
圖 3-20	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-147
圖 3-21	東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後之水深地形	3-148

圖 3-22-1 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時.....	3-149
圖 3-22-2 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時.....	3-150
圖 3-23-1 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較	3-151
圖 3-23-2 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-152
圖 3-23-3 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-153
圖 3-23-4 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-154
圖 3-23-5 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-155
圖 3-24 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較.....	3-156
圖 3-25 東亞計算海域無東亞陸架地形影響之水深地形	3-157
圖 3-26-1 東亞計算海域無東亞陸架地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-158
圖 3-26-2 東亞計算海域無東亞陸架地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-159
圖 3-27-1 東亞計算海域無東亞陸架地形影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較	3-160

圖 3-27-2	東亞計算海域無東亞陸架地形影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-161
圖 3-27-3	東亞計算海域無東亞陸架地形影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-162
圖 3-27-4	東亞計算海域無東亞陸架地形影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-163
圖 3-27-5	東亞計算海域無東亞陸架地形影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-164
圖 3-28	東亞計算海域無東亞陸架地形影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-165
圖 3-29	東亞計算海域東亞陸架濬深為 500 米及無海峽影響之水深地形	3-166
圖 3-30-1	東亞計算海域東亞陸架濬深為 500 米及無海峽影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-167
圖 3-30-2	東亞計算海域東亞陸架濬深為 500 米及無海峽影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-168
圖 3-31-1	東亞計算海域東亞陸架濬深為 500 米及無海峽影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較	3-169
圖 3-31-2	東亞計算海域東亞陸架濬深為 500 米及無海峽影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-170
圖 3-31-3	東亞計算海域東亞陸架濬深為 500 米及無海峽影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-171
圖 3-31-4	東亞計算海域東亞陸架濬深為 500 米及無海峽影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-172
圖 3-31-5	東亞計算海域東亞陸架濬深為 500 米及無海峽影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-173

圖 3-32	東亞計算海域東亞陸架濬深為 500 米及無海峽影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-174
圖 3-33	東亞計算海域無臺灣海峽地形影響之水深地形	3-175
圖 3-34-1	東亞計算海域無臺灣海峽地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-176
圖 3-34-2	東亞計算海域無臺灣海峽地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-177
圖 3-35-1	東亞計算海域無臺灣海峽地形影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較	3-178
圖 3-35-2	東亞計算海域無臺灣海峽地形影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-179
圖 3-35-3	東亞計算海域無臺灣海峽地形影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-180
圖 3-35-4	東亞計算海域無臺灣海峽地形影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-181
圖 3-35-5	東亞計算海域無臺灣海峽地形影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-182
圖 3-36	東亞計算海域無臺灣海峽地形影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-183
圖 3-37	東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響之水深地形	3-184
圖 3-38-1	東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-185
圖 3-38-2	東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-186
圖 3-39-1	東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較	3-187
圖 3-39-2	東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-188

圖 3-39-3	東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-189
圖 3-39-4	東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-190
圖 3-39-5	東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-191
圖 3-40	東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-192
圖 3-41	東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度之水深地形	3-193
圖 3-42-1	東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-194
圖 3-42-2	東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-195
圖 3-43-1	東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度第一斷面(溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較	3-196
圖 3-43-2	東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度第二斷面(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-197
圖 3-43-3	東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-198
圖 3-43-4	東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-199
圖 3-43-5	東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-200
圖 3-44	東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-201
圖 3-45	東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度之水深地形	3-202
圖 3-46-1	東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-203

圖 3-46-2	東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-204
圖 3-47-1	東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較	3-205
圖 3-47-2	東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-206
圖 3-47-3	東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-207
圖 3-47-4	東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-208
圖 3-47-5	東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-209
圖 3-48	東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-210
圖 3-49	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度之水深地形	3-211
圖 3-50-1	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-212
圖 3-50-2	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-213
圖 3-51-1	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較	3-214
圖 3-51-2	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-215

圖 3-51-3	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-216
圖 3-51-4	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較.....	3-217
圖 3-51-5	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-218
圖 3-52	東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-219
圖 3-53	東亞計算海域單純東海陸架地形影響之水深地形	3-220
圖 3-54-1	東亞計算海域單純東海陸架地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-221
圖 3-54-2	東亞計算海域單純東海陸架地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-222
圖 3-55-1	東亞計算海域單純東海陸架地形影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較	3-223
圖 3-55-2	東亞計算海域單純東海陸架地形影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-224
圖 3-55-3	東亞計算海域單純東海陸架地形影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-225
圖 3-55-4	東亞計算海域單純東海陸架地形影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-226
圖 3-55-5	東亞計算海域單純東海陸架地形影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較.....	3-227
圖 3-56	東亞計算海域單純東海陸架地形影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-228
圖 3-57	東亞計算海域臺灣海峽水深均一化之水深地形	3-229

圖 3-58-1	東亞計算海域臺灣海峽水深均一化之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-230
圖 3-58-2	東亞計算海域臺灣海峽水深均一化之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-231
圖 3-59-1	東亞計算海域臺灣海峽水深均一化第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較	3-232
圖 3-59-2	東亞計算海域臺灣海峽水深均一化第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-233
圖 3-59-3	東亞計算海域臺灣海峽水深均一化第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-234
圖 3-59-4	東亞計算海域臺灣海峽水深均一化第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-235
圖 3-59-5	東亞計算海域臺灣海峽水深均一化第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-236
圖 3-60	東亞計算海域臺灣海峽水深均一化台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-237
圖 3-61	東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域之水深地形	3-238
圖 3-62-1	東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-239
圖 3-62-2	東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-240
圖 3-63-1	東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較	3-241
圖 3-63-2	東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-242

圖 3-63-3	東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-243
圖 3-63-4	東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-244
圖 3-63-5	東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-245
圖 3-64	東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較.....	3-246
圖 3-65	東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化之水深地形	3-247
圖 3-66-1	東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-248
圖 3-66-2	東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-249
圖 3-67-1	東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-250
圖 3-67-2	東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化第二斷面(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-251
圖 3-67-3	東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-252
圖 3-67-4	東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-253
圖 3-67-5	東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較.....	3-254
圖 3-68	東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-255
圖 3-69	東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響之水深地形.....	3-256

圖 3-70-1 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時.....	3-257
圖 3-70-2 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時.....	3-258
圖 3-71-1 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較.....	3-259
圖 3-71-2 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較.....	3-260
圖 3-71-3 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-261
圖 3-71-4 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較.....	3-262
圖 3-71-5 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-263
圖 3-72 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-264
圖 3-73-1 東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-265
圖 3-73-2 東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-266
圖 3-74-1 東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較.....	3-267
圖 3-74-2 東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較.....	3-268

圖 3-74-3	東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-269
圖 3-74-4	東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-270
圖 3-74-5	東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-271
圖 3-75	東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-272
圖 3-76-1	東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-273
圖 3-76-2	東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-274
圖 3-77-1	東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較	3-275
圖 3-77-2	東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-276
圖 3-77-3	東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-277
圖 3-77-4	東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-278
圖 3-77-5	東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-279
圖 3-78	東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-280
圖 3-79	東亞計算海域呂宋島弧封閉影響之水深地形	3-281
圖 3-80-1	東亞計算海域呂宋島弧封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-282
圖 3-80-2	東亞計算海域呂宋島弧封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-283

圖 3-81-1	東亞計算海域呂宋島弧封閉影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較	3-284
圖 3-81-2	東亞計算海域呂宋島弧封閉影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-285
圖 3-81-3	東亞計算海域呂宋島弧封閉影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-286
圖 3-81-4	東亞計算海域呂宋島弧封閉影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-287
圖 3-81-5	東亞計算海域呂宋島弧封閉影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-288
圖 3-82	東亞計算海域呂宋島弧封閉影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-289
圖 3-83	東亞計算海域沖繩島弧封閉影響之水深地形	3-290
圖 3-84-1	東亞計算海域沖繩島弧封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時	3-291
圖 3-84-2	東亞計算海域沖繩島弧封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時	3-292
圖 3-85-1	東亞計算海域沖繩島弧封閉影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較	3-293
圖 3-85-2	東亞計算海域沖繩島弧封閉影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-294
圖 3-85-3	東亞計算海域沖繩島弧封閉影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-295
圖 3-85-4	東亞計算海域沖繩島弧封閉影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-296
圖 3-85-5	東亞計算海域沖繩島弧封閉影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-297
圖 3-86	東亞計算海域沖繩島弧封閉影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-298
圖 3-87	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉之水深地形	3-299

圖 3-88-1	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位 線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 00:00.....	3-300
圖 3-88-2	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位 線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 02:00.....	3-301
圖 3-88-3	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位 線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 04:00.....	3-302
圖 3-88-4	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位 線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 06:00.....	3-303
圖 3-88-5	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位 線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 08:00.....	3-304
圖 3-88-6	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位 線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 10:00.....	3-305
圖 3-88-7	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位 線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 12:00.....	3-306
圖 3-88-8	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位 線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 14:00.....	3-307
圖 3-88-9	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位 線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 16:00.....	3-308
圖 3-88-10	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位 線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 18:00.....	3-309
圖 3-88-11	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位 線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 20:00.....	3-310
圖 3-88-12	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位 線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 22:00.....	3-311
圖 3-88-13	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位 線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/16 00:00.....	3-312
圖 3-89-1	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較.....	3-313
圖 3-89-2	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較.....	3-314

圖 3-89-3	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較	3-315
圖 3-89-4	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較	3-316
圖 3-89-5	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較	3-317
圖 3-90	東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較	3-318
圖 3-91	東亞海域潮波系統主要傳播路徑示意圖	3-319

第一章 導 論

1.1 研究緣起

「綠色砂島」及「藍色國土」為政府對我國領土的建設目標。臺灣四面環海，海岸線的總長度約 1,600 公里，陸域國土面積約 36,000 平方公里，每單位面積擁有的海岸線長約 44 公尺，雖較丹麥及日本等國少，但比美、英、荷等國為高，尤其是我國領海面積約達 17 萬平方公里，「領海」約為「領土」的 4.72 倍，因此，海域環境不僅創造了廣大美麗的「藍色國土」，同時也提供了許多資源、能源和遊憩活動空間。不過，在海域環境與資源尚未能透過環境調查及科學研究完全予以充分瞭解掌握之情況下，過度開發、超限利用、過當保護與過多冒然「人為因素」的介入干擾，在「近岸海域」仍難免會因「預防」與「救濟」相關措施及對策尚未臻週全完備而導致「民生」、「環境」及「生態」等「近岸災害」(蔡丁貴 等，2002)。鑑此，為近岸災害防救的需要，也為「藍色國土」環境、資源、能源和遊憩活動空間的充分經營、有效管理及永續利用，政府對「藍色國土」相關之調查與研究，其投注的各類人力與物力資源皆應是「前瞻的」、「全面的」、「週詳的」、「整合的」、「有效的」、「即時的」、「永續的」。

臺灣環島海域環境與水深地形如圖 1-1 至圖 1-4 所示。從圖觀察可知，臺灣之總體地理座標位置約在東經 120 度至 122 度；北緯 22 度至 25.5 度間，北部海域面向東海、東部海域迎向西太平洋、南部海域為巴士海峽與南海所環繞、西部海域面對寬度僅約 150 公里之臺灣海峽並與中國大陸福建沿岸相望。就水深一般小於 200 米之大陸棚架地形而言，臺灣恰座落於東亞大陸棚架上，東部海岸約位在大陸棚架之邊緣，東亞大陸棚架並分別延伸於臺灣之東北與西南海岸外。

在臺灣環島沿岸海域，政府各相關部門與單位分別曾設置有綿密之驗潮站。參考臺灣環島沿岸既有驗潮站位置，於臺灣環島離岸約 50

公里之距離上，以台東之蘭嶼島為起點，並以順時鐘方向萃取臺灣環島海域之水深地形剖面，經自北而南展開後，可得典型之水深地形剖面如圖 1-5 所示(莊文傑, 2000；Lin et al., 2001)。觀察圖 1-5 可知，由蘭嶼(LY)開始，經東部沿岸之成功(CK)、花蓮(HL)、到蘇澳(SA)，地形水深大多深於 4,000 米；而在蘇澳外海，因蘇澳海脊(Suao Ridge)之存在，部分水深淺於 1,000 米；在蘇澳、梗枋(KF)及福隆(FL)之間，因沖繩海槽(Okinawa Trough)之存在，最大水深約達 2,000 米。從蘇澳到臺灣東北角之龍峒(LT)，配合環島海域總體之水深地形(圖 1-1 至圖 1-4)可清楚看出，龍峒已明顯跨越過了大陸棚架，而深澳(SO)與基隆(KL)恰約位於臺灣東北部之陸架棚緣內，且自龍峒起沿著臺灣西部海岸以逆時鐘方向南下，直至臺灣南部海岸之安平(AP)與高雄(KS)間，水深實際並無太大之變化，平均皆在約 100 米內，而此段平坦之地形，其長度約為 650 公里，其中，新竹(HC)、苗栗(ML)、大安(TA)及台中(TC)適巧約座落於此平坦地形之中段，因此，位於臺灣西部海岸之臺灣海峽，約整體座落於東亞大陸棚架上，且其有效之陸架地形長度概略地可以 650 公里為代表(莊、江, 2000a)；自安平往南經高雄港至東港(TK)，其相對位置實際為高屏斜坡(Kaoping Slope)之所在，平均坡度約達 3/100，通過臺灣南端之鵝鑾嘴(SK)回至蘭嶼，其間因恒春海脊(Hengchun Ridge)、台東海槽(Taitung Trough)及蘭嶼海脊(Lanyu Ridge)等島弧地形之存在，因此水深又呈現複雜之變化。儘管如此，於臺灣環島海域中，若忽略各處海脊與海槽之地形，則臺灣海峽與臺灣西海岸在大陸棚架上之代表地形實際上將可近似視為一規則形狀之矩形陸架(Shelf) (莊文傑, 2000)，矩形陸架淺水海域的代表性(significant)總長度約為 650 公里；代表性平均水深約 80 米；陸架外之代表性水深約 4,000 米。

潮波實際上係由半日型及全日型等多種不同週期成分之分潮所構成，屬於受地球自轉效應明顯影響的大尺度(large scale)行進波動，並具有凱文波(Kelvin waves)的特質(Pedlosky, 1982)，當其自海洋中因天體引潮力作用而形成後，於傳播至北半球之陸棚或近岸等淺水海域，行進方向主要顯示為逆時鐘方向，且順其行進方向右手側的波動振幅

會大於左手側。針對上述大尺度潮波所具有的特質，配合臺灣環島獨特的海域環境與水深地形，有關臺灣海峽海域內潮波振盪特性之初步瞭解，早期在不與陸架水深地形相互對照且忽視潮波所原具有的大尺度特質情況下，整理以往相關驗潮站之實測資料及相關分析結果，如圖 1-6 及圖 1-7 所示(莊文傑，2000；莊、江，2000b)，概略可知道臺灣海峽海域的潮波，無論潮差或潮時之分布特性，皆具有對臺灣海峽中段海域約呈對稱分布之趨勢，其中，典型的潮差分布如圖 1-8 所示(劉文俊，1999)，而日第一次滿潮之潮時，其平面及剖面之相位變化分布分別如圖 1-9 及圖 1-10 所示(莊、江，2000a)。惟綜合圖 1-6 至圖 1-10 所示之潮波特性，實際上仍甚難組構出臺灣海峽海域內潮波之具體運動與振盪型態，因此，長年來海峽兩岸的學者，普遍有有潮波係分別繞經臺灣南、北兩端陸地，並於海峽中段海域交會之誤解，其中，中國大陸學者(孫湘平等，1981)所提出東亞海域之潮波傳播示意圖，如圖 1-11，即為一典型的實例。

在考量臺灣環島海域實際陸架水深地形之影響下，Juang et al. (2001)及 Jan et al. (2002)近期內雖皆曾針對臺灣海峽海域，透過簡化的陸架地形，並以理論分析証明臺灣海峽海域半日型主要分潮潮波，係具共振特性之部分重複駐波振盪型態，但對實際潮波(含半日型及全日型等分潮)整體振盪型態之呈現與確認，國內相關之研究迄今尚甚有限。最近期內，莊、江(2002a；2003a；2004a)藉臺灣鄰近海域潮波水動力模擬計算之結果，配合海洋物理學之波動相關理論(Pedlosky, 1982)，曾具體呈現臺灣環島海域之潮波，自西太平洋入射後，主要係以逆時鐘方向環繞臺灣本島陸地傳播運行，故在臺灣海峽海域內之潮波，實際係順沿中國大陸海岸線，由北而南作單一方向之運行傳播運動。其中，尤其值得一提的是，此一單向運行潮波之最大或最低潮位始終保持在中國大陸沿海，因此可進一步確認，此一由北而南單向運行之潮波，明顯係具有沿太平洋海盆邊緣運行之凱文波(Kelvin waves)特性，且其構成要素除部分為全日型分潮潮波外，主要應為半日型分潮潮波。此外，在臺灣海峽海域內，依據在臺灣環島及中國大陸沿岸所萃取之剖面潮波振盪型態(莊、江，2002a；2003b)可知，如圖 1-12

及圖 1-13 所示，當此單一方向行進之潮波，由北而南進入臺灣海峽海域後，因海峽寬度與海峽南、北開口側陸架緣地形水深及陸架長度之影響，再配合半日型分潮潮波之協振盪共振特質(莊、江，2000a)，而使潮波整體之波動於臺灣海峽南、北兩端海域形成波節點(node)及在中段形成波腹點(anti-node)之部分重複駐波共振振盪波形(Lin et al., 2000；2001)。基於此一部分重複駐波存在臺灣海峽海域之全平面振盪特性，故而約在臺灣海峽海域南、北兩端之陸架邊緣海域(南端約在將軍、澎湖以南，北端約在基隆、鼻頭角以北)，海潮流之強度一般皆甚強。且當台中港潮位接近滿潮位時，海潮流分別從臺灣海峽南、北兩端向中段海域匯流；當台中港潮位接近乾潮位時，海潮流將從中段海域分別向臺灣海峽南、北兩端流出，而在臺灣海峽中段海域內，海潮流之流速始終甚微弱。綜合以上潮波之振盪型態及海潮流流速之空間分布變化特性，因此，可清楚地確認並辨識出，在臺灣海峽海域內，尤其沿臺灣西部海岸，潮波之具體振盪型態明顯應屬部分重複駐波。

綜合北半球東亞大陸棚架地形上之凱文波特質，配合臺灣環島鄰近海域及臺灣海峽特有的地理環境與水深地形(圖 1-1 至圖 1-5)，再依據圖 1-6 至圖 1-13 所呈現之潮波特性，迄今可確認判釋的是：臺灣環島四周近岸海域之潮汐波動，主要係由入射自西太平洋之潮汐波動所支配。此潮汐波動自西太平洋入射東亞大陸棚架海域後，由於地球自轉之科氏力影響，外加臺灣海峽整體之特殊地形與陸架效應，故潮波在臺灣海峽海域以北之東亞大陸棚架上，已轉變其行進方向，並主要以由北順中國沿岸海域南下及部分以逆時針方向繞過臺灣北部海域方式進入臺灣海峽海域，此一南向行進的潮波，在其將通過臺灣海峽南端海域時，再次受存在臺灣西南部外海之東亞大陸棚架緣地形阻擋(由於水深的急遽變化)而導致潮波反射，進而造成南下之入射潮波與北上之反射潮波因而在臺灣海峽之近似矩形渠道內交會，故潮波之總體振盪明顯呈現為部分重複駐波，且直接造成臺灣海峽海域呈現具有甚為特殊性之潮型、潮差及潮時分布(莊、江，2000a, b；2002a；2003a)。

在臺灣海峽與環島海域內，僅管潮波的水動力(dynamics)及運動

(kinematics)特性，目前已概括地可被瞭解、闡釋，不過，針對以上東亞大陸棚架及臺灣海峽地形水深的影響性，國內之海岸工程學者各自仍有不同的觀點與闡釋，部分甚且主張存在於臺灣海峽海域南端之臺灣灘，可能也是造成臺灣海峽海域潮波呈現特殊部分重複駐波振盪型態的影響因素(Jan et al., 2002)。鑑此，本研究將延續以往針對臺灣環島海域潮波及海流的研究成果與經驗，配合大尺度波動理論(Pedlosky, 1982)，有效運用數值模擬計算科技，藉數值模擬計算在探討水深地形變化之便利，釐清大陸棚架寬度、臺灣海峽與中國海岸線形狀、臺灣本島、臺灣灘、及雲彰隆起等水深地形對臺灣海峽海域潮波振盪的個別影響性，進而促進海洋及海岸等相關「藍色國土」環境的進一步瞭解，提升「本土化」海洋及海岸相關科技的研究層面。

1.2 研究目的與方法

本研究為政府科技計畫海洋領域科技發展方案中程綱要之一年期(民國 93 年 01 月起至 93 年 12 月止)計畫。依據國家科技發展之強化知識創新體系、創造產業競爭優勢、增進全民生活品質、促進國家永續發展、提升全民科技水準等總目標，配合交通部中程施政計畫之有效運用科技，提升國民「行」的生活品質、促進海洋及海岸相關科技的研發、建立良好 e 世紀之海洋及海岸環境、減低海洋污染及海岸天然災害的損失、創造一個永續發展的海洋及海岸環境等目標，於參酌國內外海洋及海岸工程領域相關之科研成果後，針對臺灣海峽的水深地形特性，因此，擬定本研究計畫。

研究重點主要在延續歷年臺灣四周大範圍海域之潮波與潮流數值模擬具體研究成果，並以其為比較評估基準，再次藉含括科氏力效應的二維非線性淺水波水動力數值模式：MIKE21_HD，探討臺灣海峽及大陸棚架總體水深地形變化對臺灣海峽海域潮波振盪之影響性，進而釐清並確立主控臺灣海峽潮波呈現特殊部分重複駐波振盪型態的顯著水深地形因素。

研究之總目標在達成國家科技發展之強化知識創新體系、創造產業競爭優勢、增進全民生活品質、促進國家永續發展、及提升全民科技水準。此外，在配合交通部中程施政計畫方面，本研究尚可達成有效運用數值模擬計算科技，促進海洋及海岸等相關「藍色國土」環境的瞭解、提升「本土化」海洋及海岸相關科技的研究層面、建立良好 e 世紀之海洋及海岸環境、減低海洋及海岸天然災害的損失、創造一個永續發展的海洋及海岸環境等目標。

主要之研究方法為採用 MIKE21_HD (DHI, 1994)水動力數值計算模式，依據水深方向積分後之二維水動力控制方程組，應用韓國、日本、菲律賓及中國大陸沿岸部分潮汐驗潮站之預報潮位時序變化值設定東亞大範圍計算海域之初始及邊界條件後，首先，進行臺灣環島鄰近海域現況之潮波與潮流計算，並建立比較評估基準，其後，藉數值模擬計算在探討水深地形變化之便利，各別改變大陸棚架寬度、臺灣海峽與中國海岸線形狀、臺灣本島、臺灣灘、及雲彰隆起等水深地形，再重新進行潮波與潮流計算後，透過地形改變前後計算結果的對照及比較評估，即可確立臺灣環島鄰近海域各別水深地形變化對臺灣海峽海域潮波振盪的個別影響性，進而釐清並確認主控臺灣海峽潮波呈現特殊部分重複駐波振盪型態的顯著水深地形因素。

研究計畫預期可達成之具體成效及目標包括：

1. 全平面性模擬計算臺灣環島鄰近海域之潮波與潮流特性。
2. 掌握臺灣環島海域潮波與潮流之影響因子，推廣『臺灣四周海域海流數值模擬研究』之應用。
3. 瞭解臺灣環島鄰近海域水深地形的改變對現況潮波與潮流環境所可能造成之衝擊。
4. 釐清國內學研界多年來對臺灣環島鄰近海域有關潮波與潮流特性的誤解。

5. 充實臺灣環島海域執行海岸調查、開發、利用、防護、及保育決策所需「藍色國土」之相關海象資訊。
6. 提供臺灣環島任意局部近岸海域海側之潮位與海流邊界條件，俾利於近岸海域進行水動力相關模擬計算之應用，補充實測資料之不足，節省海象調查實測人力與物力之投注。

1.3 相關研究

針對臺灣海峽及臺灣環島海域探討潮波特殊時空(潮時與潮差)分佈特性與振盪機制之研究，於國內外公開之文獻上尚不多見。Hwung & Tsai (1984)及 Hwung et al. (1986)曾針對臺灣西海岸十一個驗潮站上之實測潮汐資料進行調和分析(harmonic analysis)及波譜分析(spectrum analysis)，並引用潮型判別指標(Pugh, 1987)判定臺灣西海岸，北自淡水、南至臺西，其潮型皆屬半日潮型，其中，尤以 M_2 分潮最為顯著(dominate)；另依據其潮波能譜分析之結果，推算臺灣西海岸具最大潮差之海域係發生於台中港以北 20.9 公里處。中央氣象局簡任技正劉文俊(1996; 1999)近年來曾針對臺灣環島沿岸實測之潮汐資料做甚有系統之整理與分析。國家海洋科學研究中心為臺灣海峽海況即時預報模式計畫(TSNOW)，近期內，曾透過現場觀測與數值模擬計算方式探討臺灣海峽潮汐與潮流之特性，其中，王玉懷 (1998；1999)依據實測資料之調和分析結果，並依據凱文波(Kelvin wave)之理論，說明臺灣海峽潮波之運動方向，其實際是由北而南傳遞行進，且由海流實測資料分析得：布袋至馬公間，半日潮平均流速為 117 cm/s；全日潮平均流速為 32 cm/s，澎湖至金門間，半日潮平均流速為 46.7 cm/s；全日潮平均流速為 7.9 cm/s。詹森 等(1999)為模擬計算臺灣海峽之潮汐與潮流，曾採用 Semtner (1986)所建立之海洋環流三維模式，以一個通過臺灣海峽由南而北之固定流量模擬平均流場做為初始條件，然後採用富基、東引、和後壁湖三潮位站之調和分析常數預報其潮位，加上由東引、馬祖、烏坵、與金門之潮位外插東山島之潮位，再按線性差分方式設定臺灣海峽計算海域之南、北邊界條件。不過，依據其模擬結果顯示，潮汐

與潮流在臺灣海峽中、北部海域之準確度較佳，但在澎湖水道以南海域，即臺灣淺灘(Taiwan Bank)與臺灣之間，則有較大之誤差。詹森 等(2002)重新採用以 Semtner (1986)模式為基礎的 Chao & Paluszkiwicz (1991)海洋環流三維模式，配合 Kantha (1995)之環球潮波模擬結果，建立東亞海域的潮波計算邊界條件，再應用巢狀網格(nested grids)配置，最後針對臺灣海峽海域的潮流及潮波動力與運動特性進行研究。依據其計算潮流的研究結論指出：在臺灣海峽內，全日型潮流的流向以沿臺灣海峽的軸線為主，流速一般甚微弱，大多約小於 10 cm/s；而半日型潮流的流向亦以沿臺灣海峽的軸線為主，且於澎湖水道的北端，水深平均最強流速約可達 70 cm/s，且在臺灣灘上及在臺灣的西北部外海，流速普遍亦甚強勁，可高達約 100 cm/s，但在臺灣的中西部海岸外，於約鄰近雲彰隆起的北側，海流流速相對地甚為微弱，水深平均流速僅約 6 cm/s 而已。另依據其潮波動力與運動特性之研究結論指出：臺灣海峽海域的全日型潮波，主要係以向南之單一方向，自東中國海，經臺灣海峽，進入南中國海；半日型潮波則與全日型潮波稍具差異，其中，在臺灣海峽西岸，半日型潮波主要以南向行進的凱文波型態呈現，而在臺灣海峽東岸，則主要以近似駐波的型態出現。此外，透過理想化陸架地形的波動理論解析及進行臺灣海峽北端海域與巴士海峽海域的封閉之個別數值模擬計算，詹森 等(2002)進一步依據其研究結果提出主張，並認為：在臺灣海峽海域內，南向行進的半日型潮波會被存在臺灣海峽南側的陸架緣陡變水深地形阻擋(impeded)並反射，此一被反射的半日型潮波，將會增大、強化原始入射潮波的振幅，同時，在臺灣海峽東岸，導致半日型潮波呈現為近似駐波的型態。至於向南單一方向行進的全日型潮波，在其行進至臺灣海峽南側的陸架緣陡變水深地形海域，當其振幅與來自南中國海系統的全日型潮波相當且相位近似相同時，則來自臺灣海峽與南中國海系統的全日型潮波，將在南中國海北端海域相結合(connected)。

針對上述臺灣海峽海域潮波水動力與運動特性之研究，莊、江(2003b)亦曾依據永田丰 等(1985)有關矩形渠道內凱文波及其交會之特質，如圖 1-14 所示，經比照臺灣海峽特有的陸架棚地形後，首先將臺

灣海峽視為南、北兩端近似封閉之矩形渠道，再依據真實潮波(包含半日及全日型分潮潮波)在中國大陸與臺灣西部沿岸所呈現之特性，確認並判釋臺灣海峽海域潮波的水動力與運動特性為：臺灣環島四周近岸海域之潮波，主要係由入射自西太平洋之潮波所支配。此潮波自西太平洋入射東亞大陸棚架海域後，由於地球自轉之科氏力影響，外加臺灣海峽整體之特殊地形與陸架效應，故潮波在臺灣海峽海域以北之東亞大陸棚架上，不論半日或全日型分潮潮波，皆已具有凱文波特質，且行進方向已作轉變，並主要以由北順中國沿岸海域南下及部分以逆時針方向繞過臺灣北部海域方式進入臺灣海峽海域，此一南向行進的潮波，在其將通過臺灣海峽南端海域時，受存在臺灣西南部外海之東亞大陸棚架緣地形阻擋而導致潮波反射(由於水深地形的急遽變化，在對波浪的反射效應上，可近似類比為水域封閉)，進而造成南下之入射潮波與北上之反射潮波因而在臺灣海峽之近似矩形渠道內交會，故潮波之總體振盪明顯呈現為部分重複駐波，且直接造成臺灣海峽海域呈現具有甚為特殊性之潮型、潮差及潮時分布。

有關臺灣環島海域的恒流(sub-tidal currents)流場，國科會國家海洋科學研究中心曾依據海研一、二、三號三艘研究船長年(1991 年至 2002 年 1 月)之海流實際量測結果，定期將海流觀測資料彙整轉交給國家海洋科學中心資料庫，近期內，歷經三年的努力資料收集、彙整並加以分析校對，終於完成臺灣四週海域上層海流資料庫之雛型，且經整理(http://www.ncor.ntu.edu.tw/ODBS/adcp/adcp_info.html)得臺灣環島海域 20 米水深層的年平均及夏季西南季風期(每年 5 月至 10 月)與冬季東北季風期(每年 11 月至 4 月)平均之恒流流場分別如圖 1-15 至圖 1-17 所示(http://www.ncor.ntu.edu.tw/ODBS/adcp/adcp_stick_15.html)，觀察各圖所示之恒流流場分布特性可知，在鄰近東部海岸之海域，恒流流向經年順沿東部海岸往北流動，流速甚強勁，較大流速可達 1.0 m/s 以上，其中，存在於蘇澳海脊及蘭嶼海脊間之向北強勁恒流，其普遍被學界及工程界認為應對臺灣東部近岸海域的海流特性造成顯著之影響。惟基於近岸地形水深之考量及圖示地形解析度之限制，莊、江 (2004b, c) 經比對蘇澳港與花蓮港之實測海流資料及數值模擬計算結果後，初步

認為存在臺灣東部海域之強勁恒流，其對臺灣東部近岸海域海流特性之實際影響度應甚為有限。

在臺灣海峽海域的平均流速及流量調查研究方面，王玉懷 (2002) 依據海洋研究船自 1999 至 2001 年期間共計 2.5 年之船載 ADCP 實測海流資料，經分析得臺灣海峽之平均流速約 46 cm/s；但在海峽南、北開口端的最大流速可達 80 cm/s，最小流速約僅 20 cm/s，平均流況如圖 1-18 所示，至於平均流量約為 1.8 Sv ($1\text{Sv}=10^6\text{ m}^3/\text{s}$)；主要流向為自臺灣海峽向北流入東中國海。平均流量(Q : Sv)與沿海峽平均風速(V : m/s)的迴歸關係為： $Q = 2.42 + 0.12 V$ ，據此進一步估計得臺灣海峽夏季最大的流量可達約 2.7 Sv (對應之平均風速約為 3 m/s 之西南風)；冬季最小的流量約僅為 0.9 Sv (對應之平均風速約為 12.7 m/s 之東北風)。

在東亞大陸棚架地形上，除了上述的潮波及海潮流特性外，莊、江 (2002b, c)曾依據舊版的臺灣地圖，如圖 1-19 所示，介紹存在於臺灣環島近岸海域水深 50 米以內沉積之大型水下沙體，並從水下沙體的沉積型態與發展規模，配合臺灣環島近岸海域含括大、小潮期間所求得之全面逐時潮流計算流場，透過 MIKE21_ST 輸沙模式的輸沙輸沙能力(capacities)評估，藉潮殘餘流的長期運輸作用以探討水下沙體形成的動力因素，進而闡釋臺灣環島沿岸海域的長期輸沙優勢方向與海岸的自然沖淤趨勢。依據其研究結果可知，存在於臺灣環島近岸海域的大型水下沙體，明顯係近岸漂沙長年的沉積結果，且與潮流長期的運移作用有關，更與因潮流的非線性本質所衍生潮殘餘流的優勢作用關係密切。而以輸沙能力大小及方向所展現的潮殘餘流，如圖 1-20 所示，其在臺灣西部海域整體的分佈型態主要為由南向北，此不僅與國家海洋科學研究中心近期在臺灣海峽的實測海流特性一致，輸沙能力大小的變化，更可直接用以說明臺灣西部沿岸海域長期的主要輸沙優勢方向亦應為由南往北，因此造成除位在臺灣中西部的彰化、台中與苗栗一帶海岸具有自然的淤積趨勢外，臺灣南部的懇丁南灣、西南部的台南、嘉義及西北部的桃園、淡水與基隆等沿岸海域皆具有明顯而嚴重的自然侵蝕趨勢。透過潮殘餘流對近岸海域漂沙長期的輸運作用，莊、

江 (2002b, c)進一步認為：臺灣環島近岸海域水下沙體的存在，除了可提供臺灣環島海岸普遍被波、流作用後，「沙從那裡來？」及「沙到那裡去？」的宏觀闡釋，更可據以研判潮殘餘流作用下海岸的自然長期沖淤趨勢，並可提供政府相關單位於採行柔性近自然工法進行臺灣環島整體海岸防護與保育決策的參考。

相較於近期之豐富研究，國內早期針對臺灣環島海域所進行潮波水動力之相關研究則顯得格外有限。劉肖孔(1983)為配合當時多項經濟建設之需要，曾應行政院科技顧問組之聘請，建置「中國海域三度空間數值模式」，並從事暴潮、天文潮及潮流等相關課題之應用研究(Liu, 1994)。但其模式之運作必須與其「太平洋之海流模式」銜接。Li (1987)及李賢文 (1989)曾應用水深積分後之二維水動力模式，並引用 Ogura (1933)提供之調和分析常數預報特定邊界點之潮位，再以內差方式處理開放海域邊界條件，經計算求出臺灣環島海域各重要分潮之等潮差圖(iso-amplitude chart)及等潮時圖(co-tidal chart)後，再將其計算結果進一步應用於潮汐與潮流之預報。綜合上列國內遠、近期以時變性水動力計算模式從事潮汐之相關研究過程可看出，選取及設定開放海域邊界條件，至今仍是迫切待克服、解決之課題。

鑑於國內大範圍海域地形與水深資料不易掌握與取得，故國內學者探討臺灣環島海域之潮波動力特性甚少從總體地形之影響性著手。Tsay (1991)為探討地球自轉效應對長週期波動之影響，曾依據三維線性波動系統方程式，推導出含括科氏力(Coriolis force)效應之地轉緩坡方程式(geophysical mild-slope equation)，並於具變動水深之大型人工圓島地形上，以理論解析方式探討環繞圓島海域之長週期波動特性。郭思吟(1995)應用 Tsay (1991)之模式，於檢討不具透水性(impermeable)之海岸邊界條件後，使用有限元素法(finite element method)進行人工圓島週圍海域之潮汐波動特性模擬，並與 Tsay (1991)之理論解析結果驗證。陳柏旭、蔡丁貴 (1990)為解決波動因海岸地形及人工構造物影響所產生之開放海域散射波(scattered wave)控制問題，因此，改良 Chen & Mei (1974)之開放邊界控制型式，提出局部輻射邊界條件(local radiation

boundary condition), 該邊界控制條件經進一步計算驗證後, 證實其不僅適於開放海域邊界具不等水深之實際海況, 更可大幅度地縮小計算海域之範圍。對於海岸地形、水深影響性之考慮, 當海床水深具不連續之階梯(step)地形時, Chen (1990)研創無限元素法(infinite elements)藉以解決河口、海灣及不規則海岸地形所造成之波動散射及輻射(scattering and radiation)問題。Tsay & Liu (1983)及 Tsay et al. (1989)使用有限元素法計算變水深人工島周圍海域之波浪反射、折射及繞射效應。

臺灣恰座落於東亞大陸棚架之邊緣, 就海洋環境而言, 除了陸架波、緣波、湧昇流及鹽、溫度造成之斜壓(baroclinic)海流等水動力數值模擬計算及相關調查仍值得進一步進行深入研究外, 對於陸架地形水深對大尺度潮波水動力及運動特性影響亦有詳加瞭解探討之必要。Munk et al. (1956)即依據觀測資料進行大陸棚架上之緣波(edge wave)探討。Reid (1958)使用線性淺水波方程式亦曾進行緣波之解析, 同時, 探討科氏力之影響。Munk et al. (1964)以波動方程式針對波動抓陷(wave trapped)現象進行相關模態(modes)解析。Chamber (1965)使用淺水波方程式探討在地球自轉效應下, 長週期波動之通式解(general solutions), 並且將其解析結果應用至海嘯(tsunamis)理論上。Rao (1966)結合實驗及理論探討矩形海灣在旋轉座標上, 其波動所呈現之振盪模態。Mysak (1967)使用線性淺水波方程式亦對大陸棚架地形影響下之波動進行解析, 並提出北半球之陸架波會以順時鐘方向作環形之傳播。Buchwald & Adams (1968)使用指數函數型式之陸架坡度, 探討自由陸架波(free shelf wave)在陸架斜坡上之傳播特性, 同時, 並求出各模態之分散關係(dispersion curves)。Cartwright (1969)及 Cartwright et al.(1980)藉 St Kilda 海域實測潮流之不尋常(unusually)強流速分析結果, 推論其可能係由陸架波所引致。Rhines (1969)於考慮地球面曲度(curvature)及海底地形變化下, 針對長週期波動進行解析, 根據其解析結果指出, 由於大陸棚架之攔阻(barriers)效果, 即使對週期甚長之波動, 地形之小變動(∇h)仍具有其甚為重要之影響效應, 其研究中更引用實例說明, 當海脊(ridge)地形之寬度夠大時, 海脊地形可將最低模態之 Rossby 波完全反射。Momoi (1974)應用 L-type 渠道模擬實際海灣形狀具大角度

轉變下之波動模態，並探討其反射及透射特性。Mysak & Tang (1974) 曾對不規則之海岸線進行凱文波(Kelvin wave)傳遞特性之探討。Thomson & Crawford (1982)曾於雷諾應力考量下，推導經水深積分後之渦度(vorticity)方程式，並據以解析潮流所引致之陸架波特性的 Middleton et al. (1982)及 Crawford & Thomson (1984)皆使用線性淺水波模式，並分別以 Southern Weddell Sea 及溫哥華島(Vancouver Island)之潮流及陸架波為研究重點，進行理論解析探討並與實測資料相互驗證。

回顧臺灣環島海域之地形可知，臺灣不僅座落於大陸棚架邊緣，其形狀更似一大型之圓島。只是環島之水深具變化且約呈現東、西方向之不對稱分佈，並兼具有中國大陸不規則海岸線之影響。因此，臺灣環島之波動特性，就地形水深之影響而言，其不僅可能具陸架波(shelf wave)之型式，也可能具緣波(edge wave)之特質。但最可能者為具有圓形島地形影響下之長波抓陷(wave trapped)特性。在地形產生抓陷波之研究上，Longuet-Higgins (1967; 1968; 1969; 1970)曾以一系列之研究加以探討。且對抓陷波之波動模態、抓陷條件、地形、水深、地球自轉效應之影響等皆作詳細剖析，並說明：在北半球海域中，圓島波動若具有抓陷波之特性，則其將是順時鐘方向環繞圓島而傳遞行進地，且在環繞圓島一圈後，其相位仍吻合(in phase)其繞行前之相位。針對臺灣環島潮波之地形抓陷特性，莊文傑(2000)、Lin et al. (2000; 2001)、及 Juang et al. (2001)等亦曾作詳細論證，除此而外，臺灣東部多海脊(ridge)地形，有關海脊地形產生之波動抓陷解析，Shaw & Neu (1981)及 Hunkins (1986)曾有詳細之理論探討。

為理論解析之必要，地形、水深之影響常是理想性或簡化地。電子計算機科技大幅進展後，使用數值模擬計算方式探討波動及相關流場之特性已是時代趨勢。Wang (1982)即以有限差分法研發有限海域內具陸架地形變化之三維流場計算模式。Ye & Robinson (1983)使用二維非線性有限差分模式以研究南海潮波之分潮特性。Le Provost & Fornerino (1985)亦以二維非線性有限差分模式探討英倫海峽(English Channel)之潮波與潮流特性，在其研究中並強調開放海域上，邊界條件

設定之方法。Lynch & Naimie (1993)以三維非線性有限元素法計算 Maine 海灣中之 M_2 潮流及其殘餘流(Residual Current)。Lyard & Genco (1994)針對海洋潮波之有限元素計算法提出其開放海域邊界條件設定之優選方法(optimisation)。Nguyen & Ouahsine (1997)再使用二維有限差分模式進行多佛海峽(Dover Strait)之潮流及潮位計算。Yanagi & Takao (1998a, b)同樣使用二維有限差分模式並針對南海及泰國灣(Gulf of Thailand)分別探討分潮潮波及潮流之傳播特性。Guo & Yanagi (1998)自行發展三維模式，並率定相關摩擦、粘滯係數後，結合部分臺灣海峽潮汐資料，據以計算東海、黃海及臺灣北部海域之分潮潮波及潮流特性。

根據以上數值研究結果可知，在數值計算模式中，雖理論及地形之簡化相對減小，但相關計算參數之率定與開放海域側之邊界條件設定，相對地仍是一大難題，而且其因計算海域不同所面對的困難與挑戰亦不一致。目前解決開放海域之邊界值問題已可依據衛星高度儀(altimeter)資料或藉由現場綿密觀測網所建置之分潮等潮幅(co-amplitude)及等潮時(co-tidal)圖來輔助。Luther & Wunsch (1975)即曾公布中太平洋區之分潮特性分佈圖。Bennett & McIntosh (1982)為應用特定海域上具有有限點之潮位資料，因此應用變分法(variational formulation)以反算(inverse)方式調整開放海域模式。Francis & Mazzega (1990)曾針對環球海域(Global ocean)進行解析度為 $1^\circ \times 1^\circ$ 之潮汐荷載效應(loading effects)計算。Cartwright (1990)及 Cartwright & Ray (1991)應用 Geosat 衛星高度儀資料計算環球海域之潮汐分潮能量(admittance)分佈圖。Zahel (1991)透過實測潮汐資料之同化(assimilating)計算，探討環球海域潮汐分潮之振幅及相位分佈。Le Provost et al. (1994)採用有限元素法建置環球海域之分潮特性分佈圖，並採用 TOPEX/POSEIDON 衛星高度儀(altimeter)資料進行計算精度檢核及率定。Yanagi et al. (1997)亦應用衛星高度儀資料設定開放海域邊界條件，並以南海為計算例，所得計算結果經與海域實際測站資料比對，證實計算精度甚為良好。Lefevre et al. (2000)將應用衛星資料計算所得之大範圍海域(global ocean)分潮特性分佈圖，萃取局部海域(regional)所須之開放海域邊界條

件，據以大幅改善局部海域內分潮特性分佈圖之精度。

為臺灣局部海域(regional)所須之開放海域潮位邊界條件之提供，Tsay et al. (2000)及 Juang et al. (2000)分別曾應用頻率領域(frequency domain)模式，首先計算臺灣海域各主要分潮振幅與相位空間分佈後，再結合 IOS(Institute of Ocean Sciences, Canada)之潮汐預報模式預報臺灣環島開放海域側之潮位邊界條件，莊文傑 等(2001)依據上述之潮汐預報結果，進而計算臺灣南部墾丁海域之潮流流場。

綜合上述相關之研究可知，儘管不同學者曾針對不同的波動及海流特性進行探討與應用，但共通地是，大部分學者皆以淺水波系統方程式為基礎，並將大部分的研究重點著眼於海岸地形及海域水深之變化影響上。可見，若欲清礎解析、完整呈現複雜之波動特性，則應先對各不同尺度地形、水深之特殊影響性作充分的瞭解與掌握。

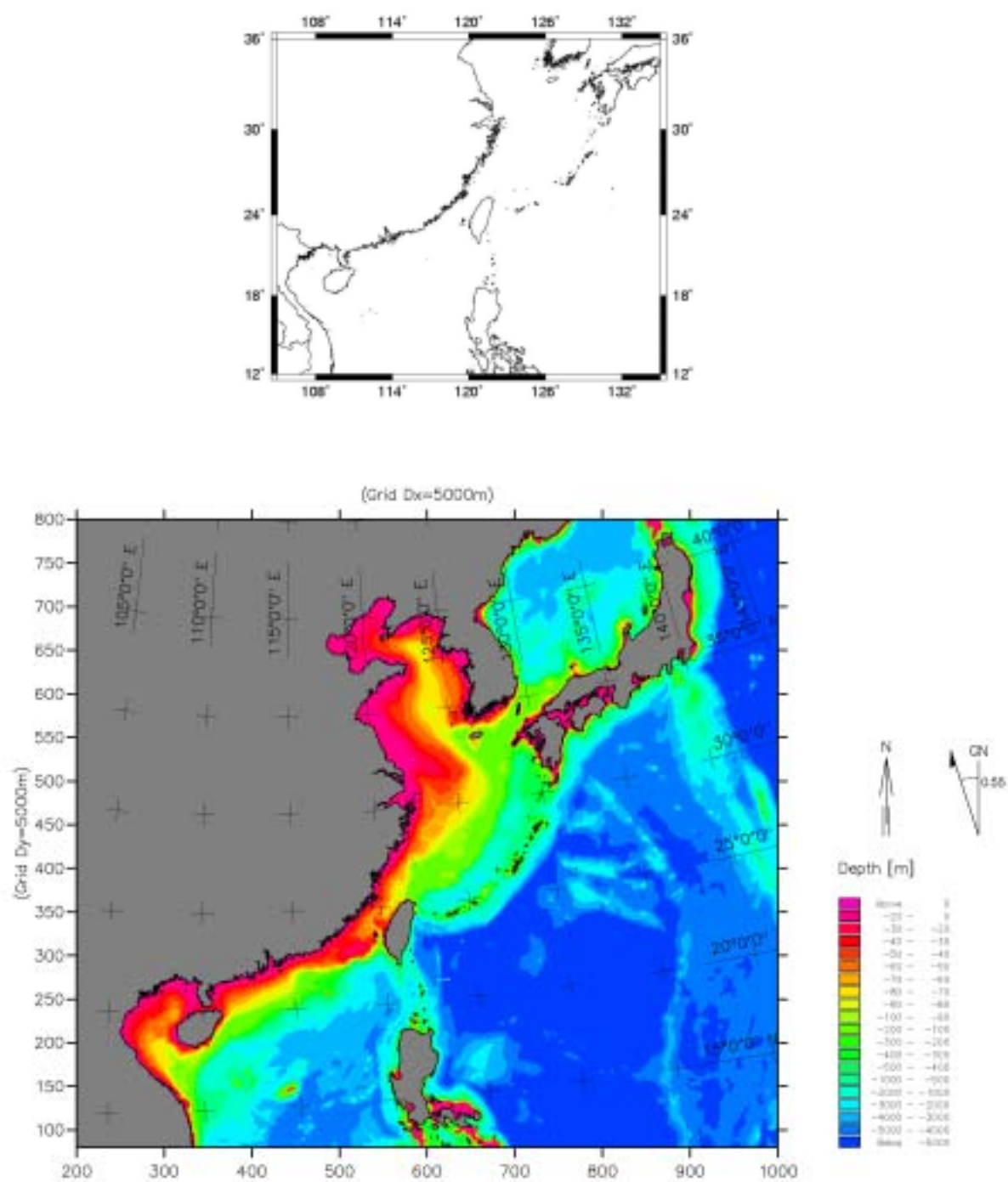


圖 1-1 東亞及臺灣環島海域環境與水深地形

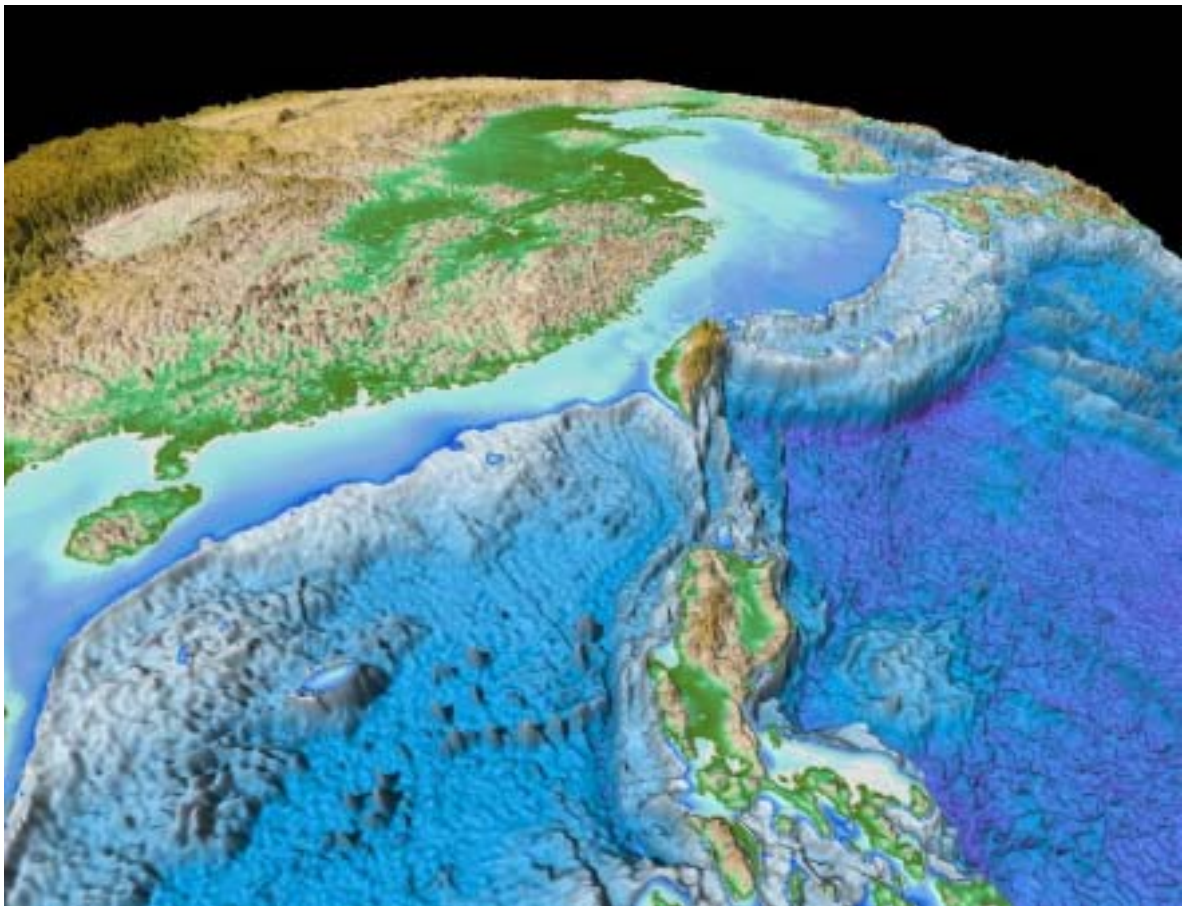
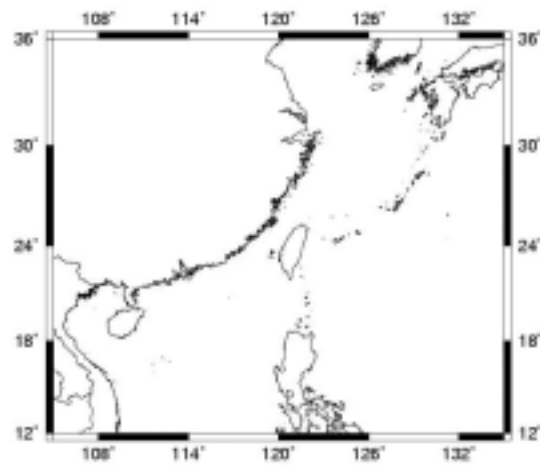


圖 1-2 臺灣環島海域之三維水深地形與陸架

Extracted Coastline Data

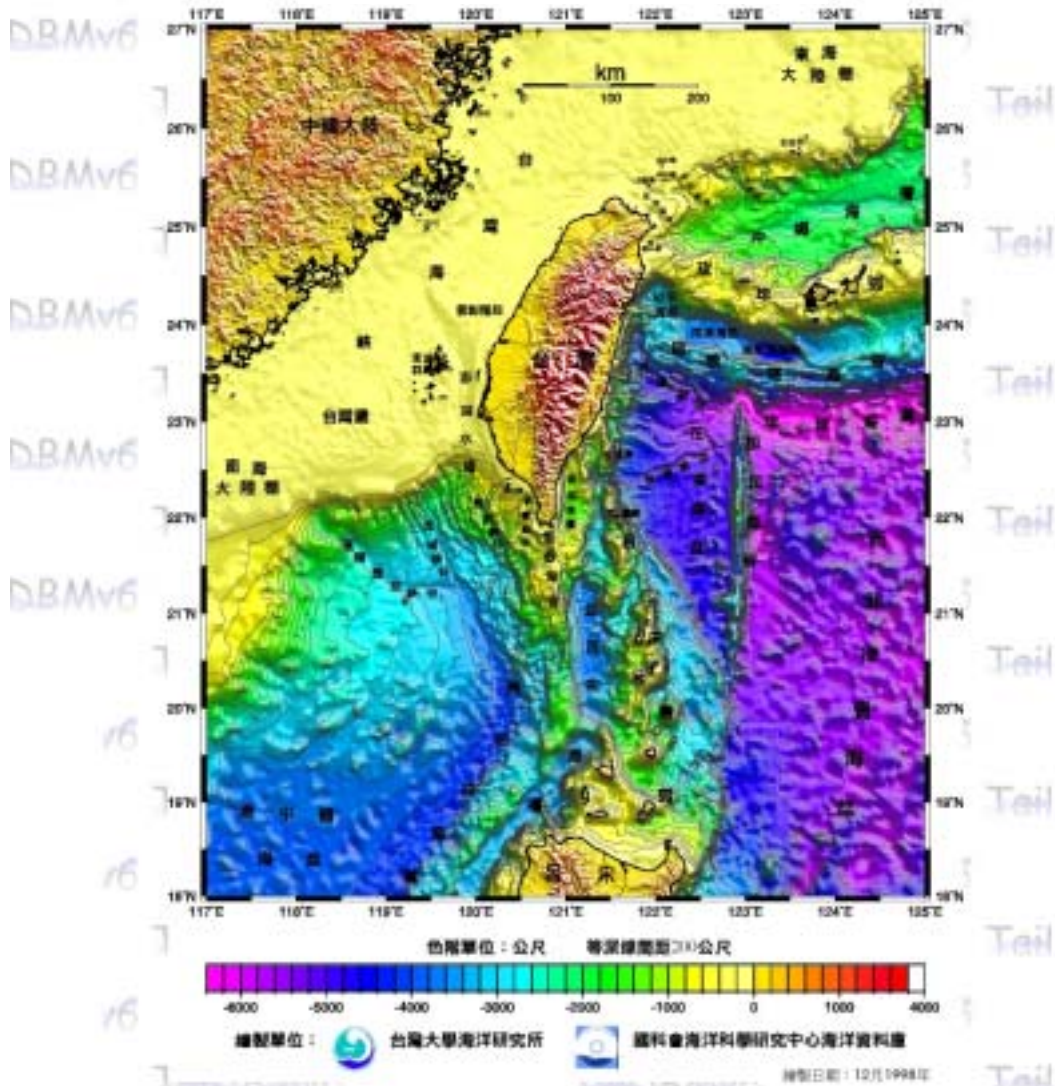
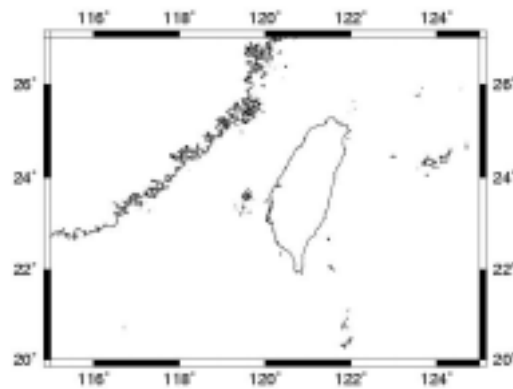


圖 1-3 臺灣環島海域之陸架地形與水深
(資料來源：國科會海洋科學研究中心海洋資料庫,1998)

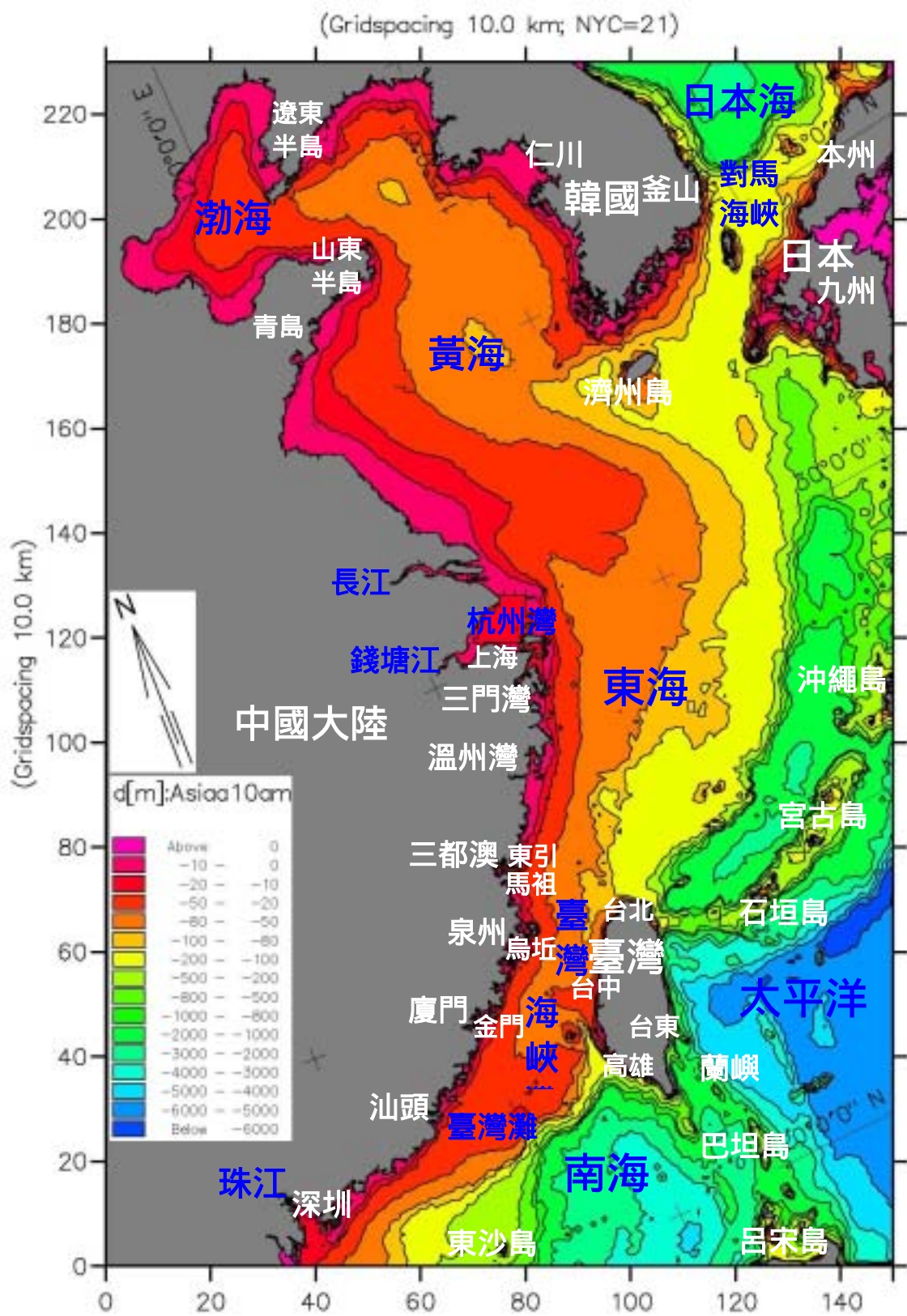


圖 1-4 臺灣環島及鄰近海域之地形與水深

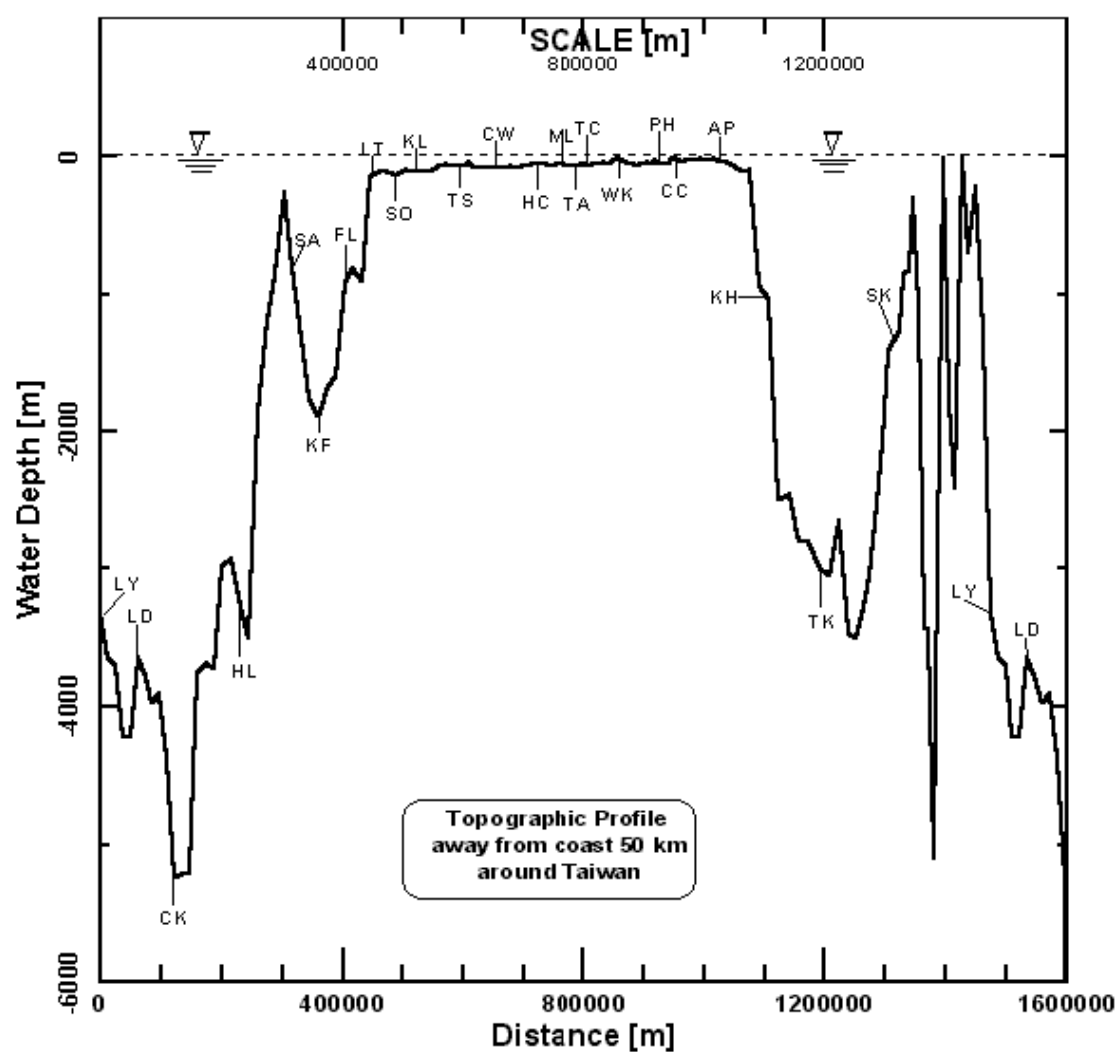


圖 1-5 臺灣環島海域離岸約 50 公里萃取之水深地形剖面

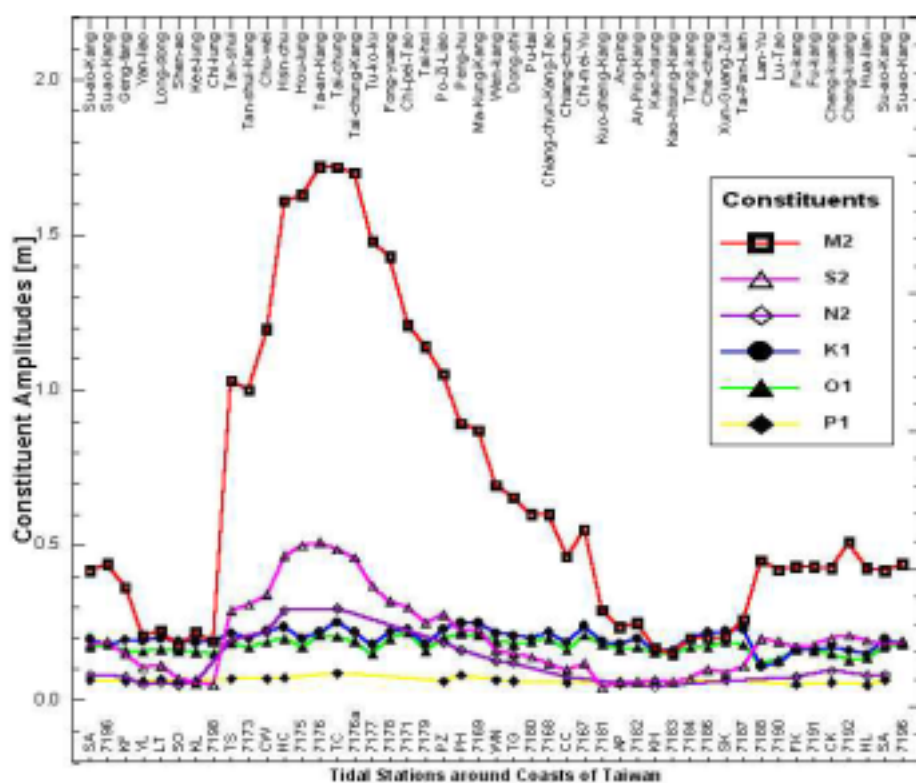


圖 1-6 臺灣環島沿岸驗潮站潮汐調和分析之分潮振幅分布

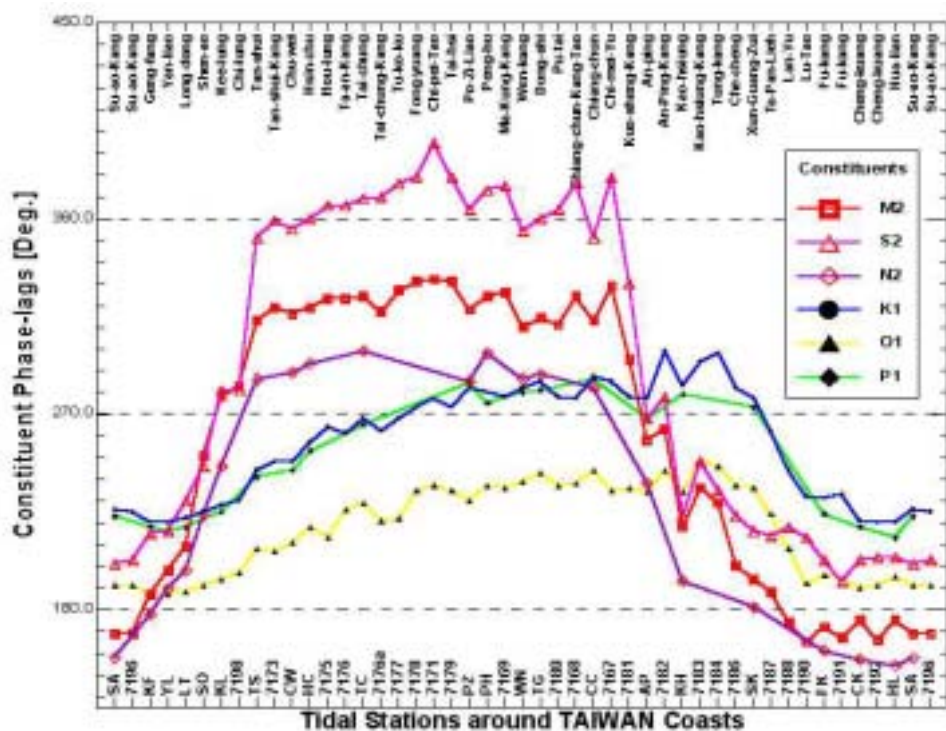


圖 1-7 臺灣環島沿岸驗潮站潮汐調和分析之分潮相位分布

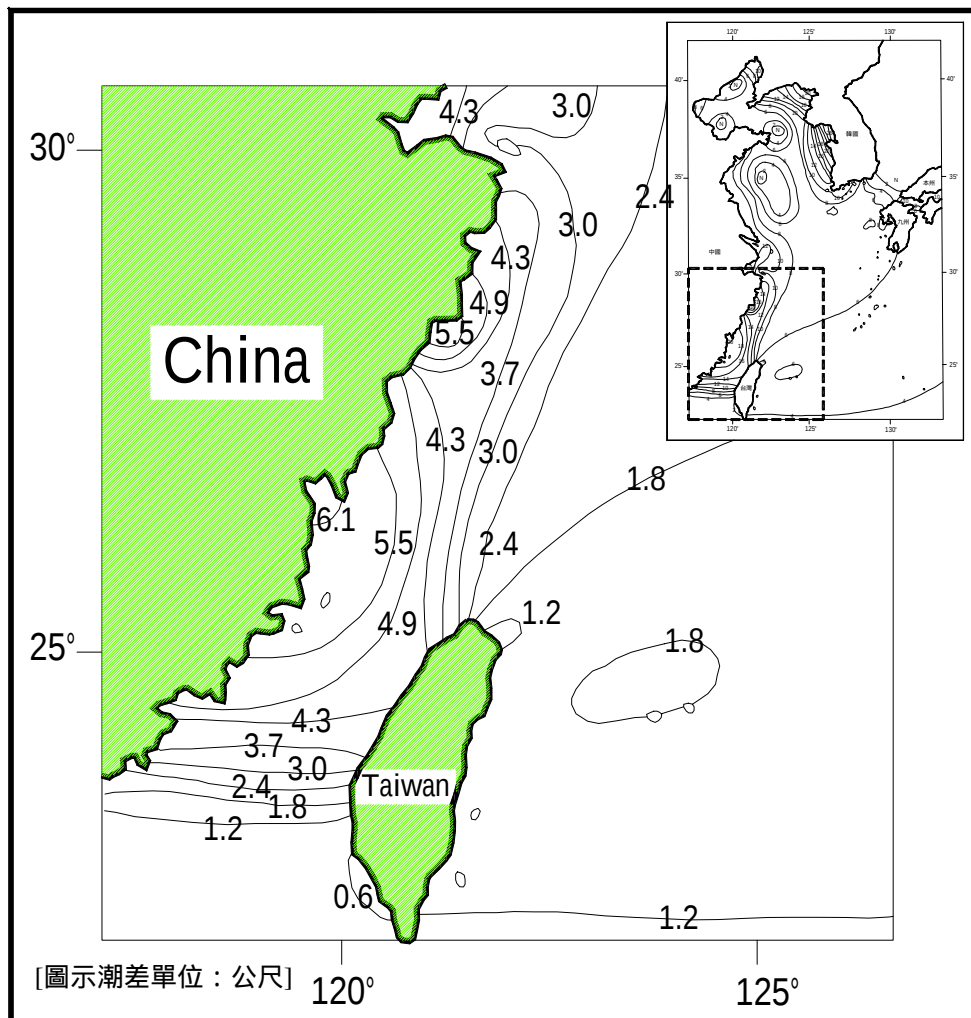
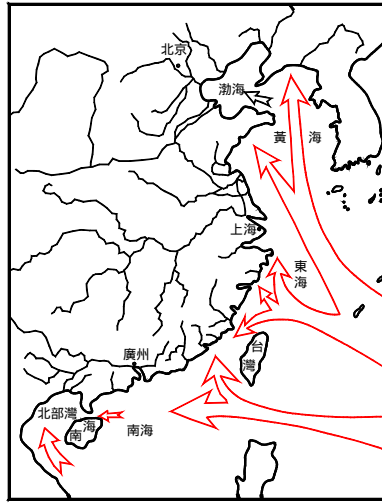


圖 1-8 東亞地區平均最大半月潮差分佈圖
(USNWSD, 1977)

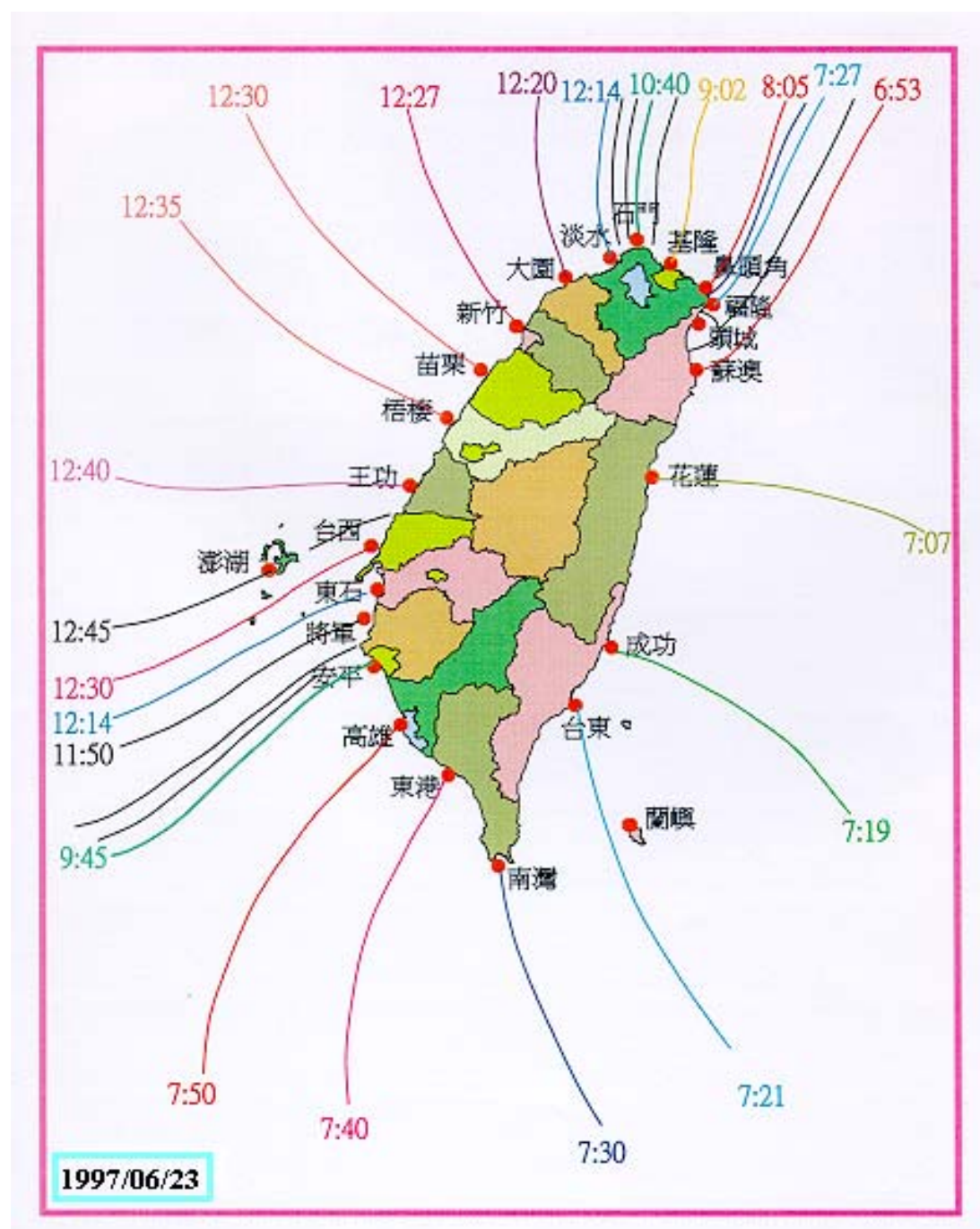


圖 1-9 臺灣環島沿岸海域之日第一次滿潮之潮時相位分布
(1997 年 6 月 23 日，中央氣象局發佈)

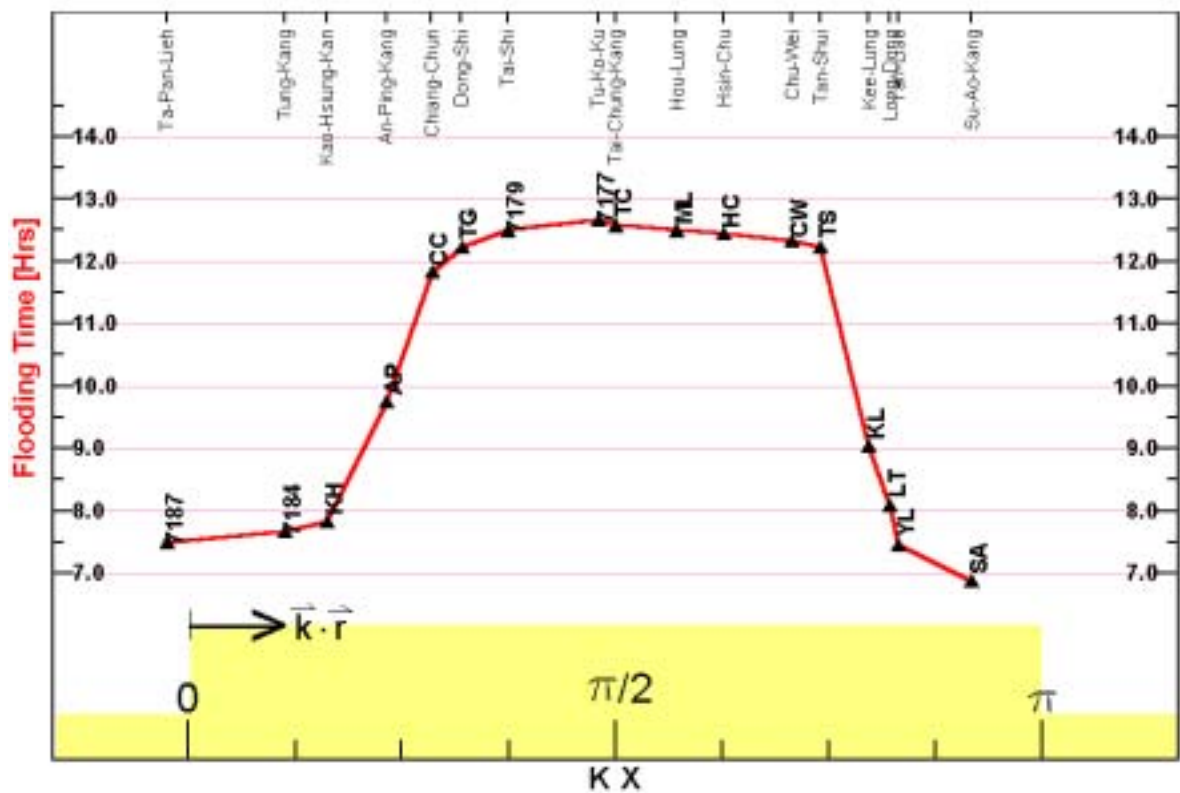
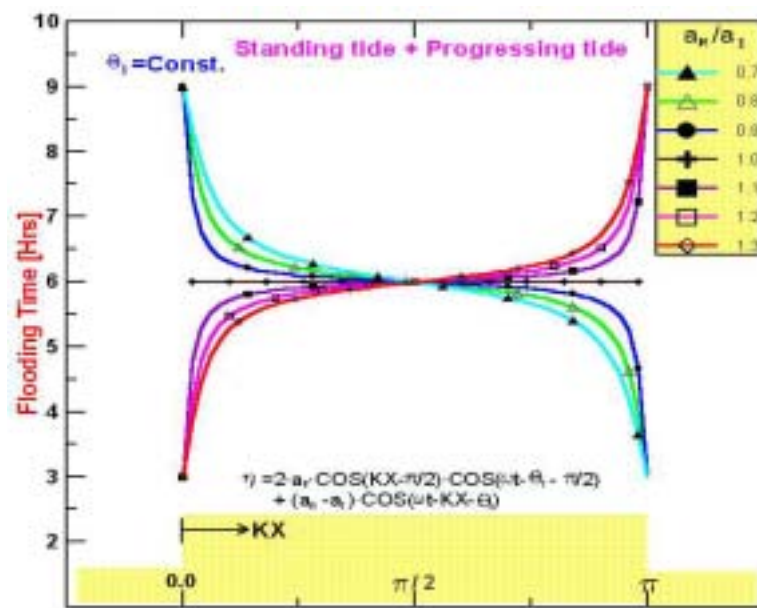


圖 1-10 臺灣環島海域，理想性之滿潮潮時與 1987 年 6 月 23 日中央氣象局實際預報之日第一次滿潮之潮時分布 (莊文傑,2000)

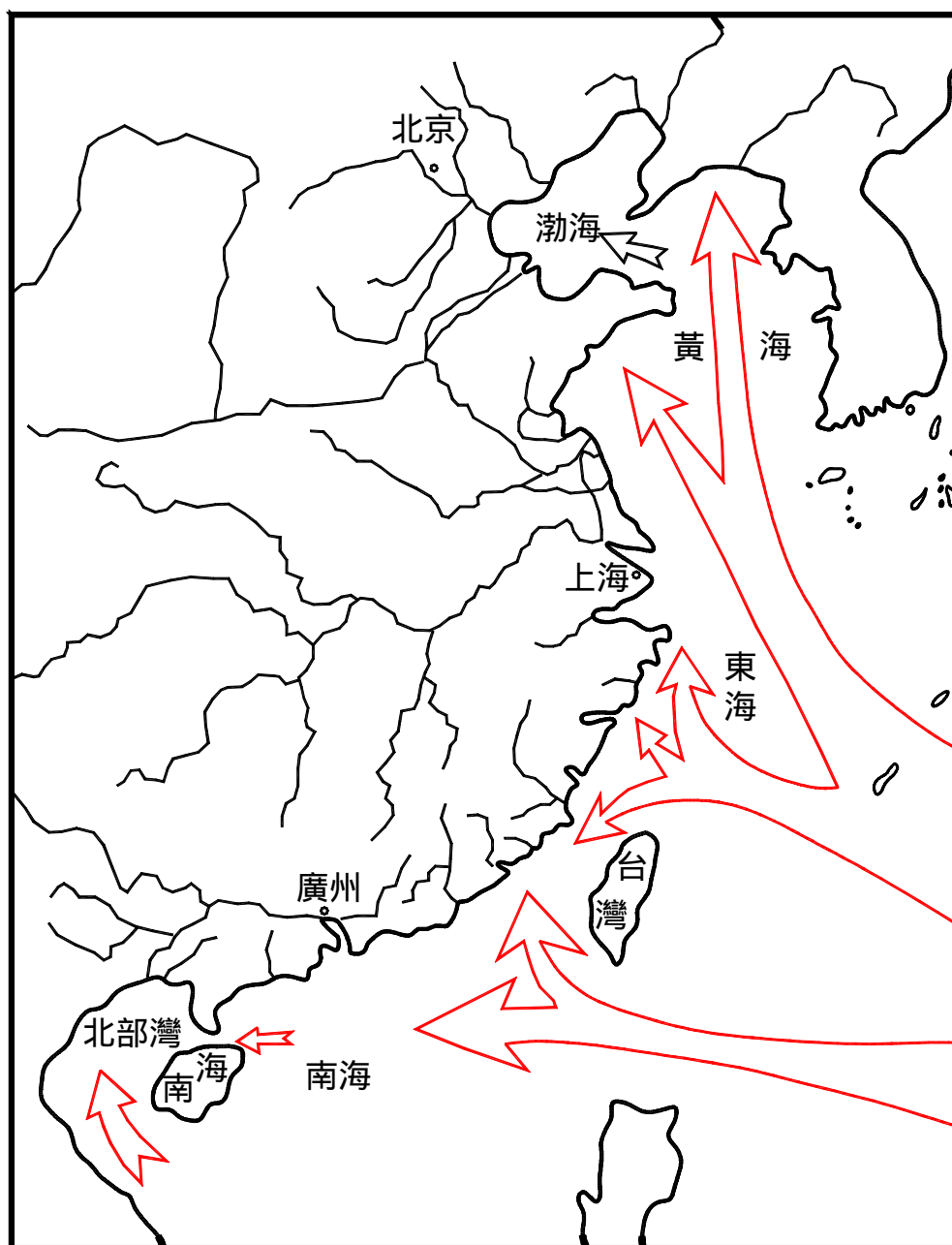


圖 1-11 東亞海域潮波傳播示意圖 (孫湘平 等, 1981)

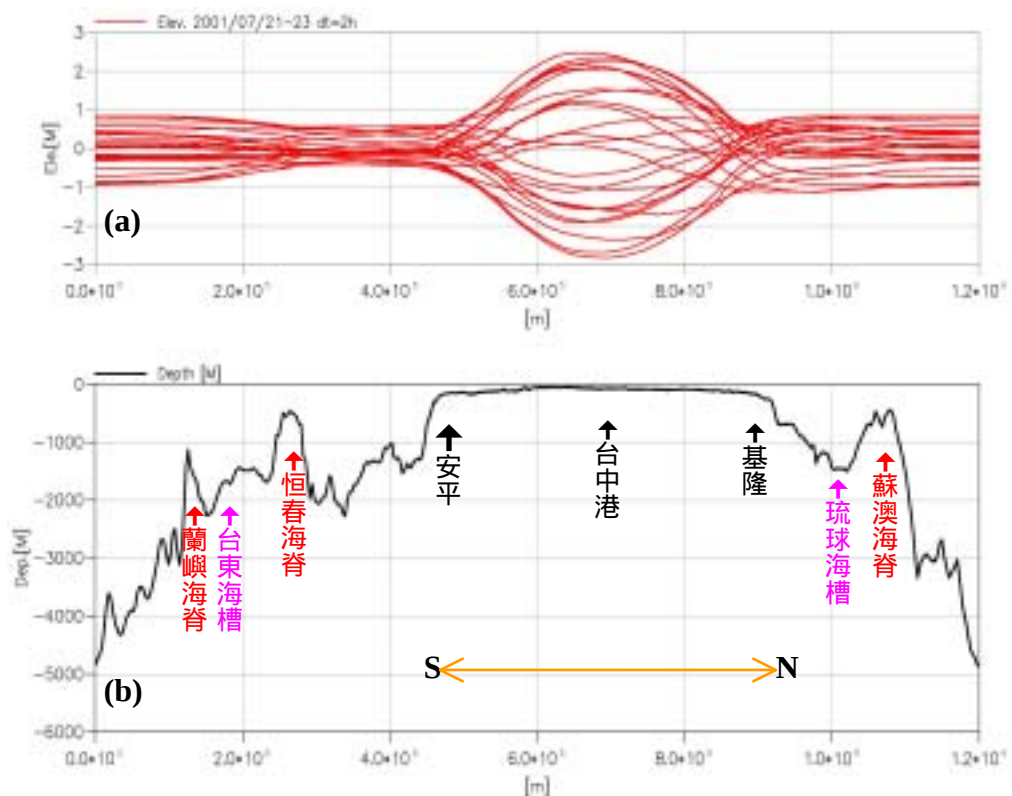


圖 1-12 臺灣環島近海沿岸之真實潮波振盪型態(a)及水深地形剖面(b)

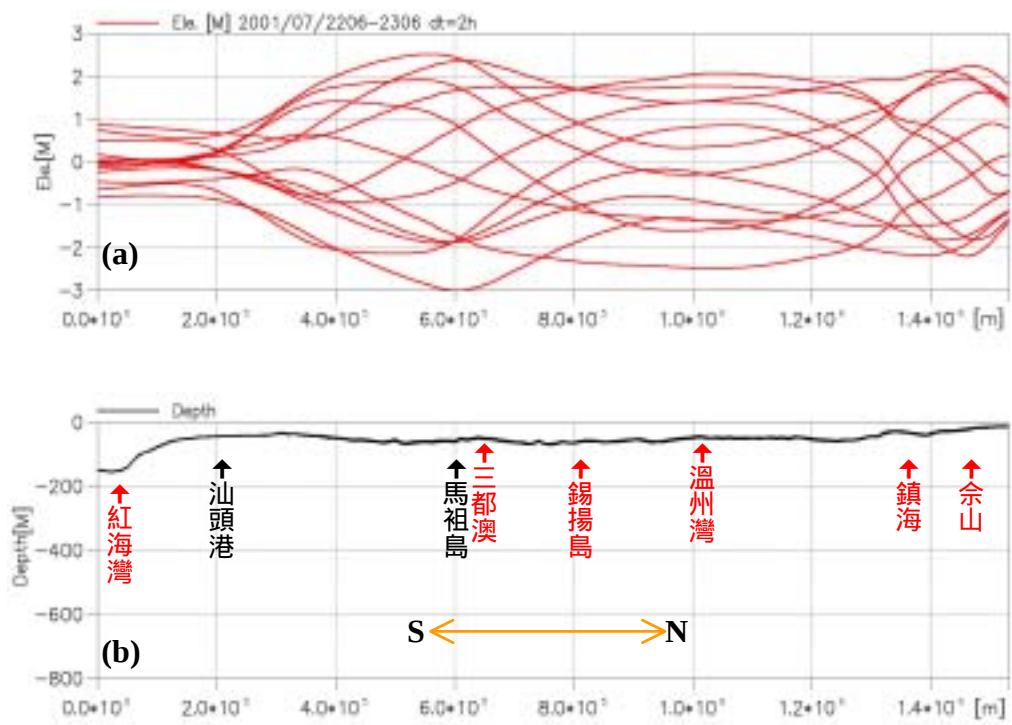
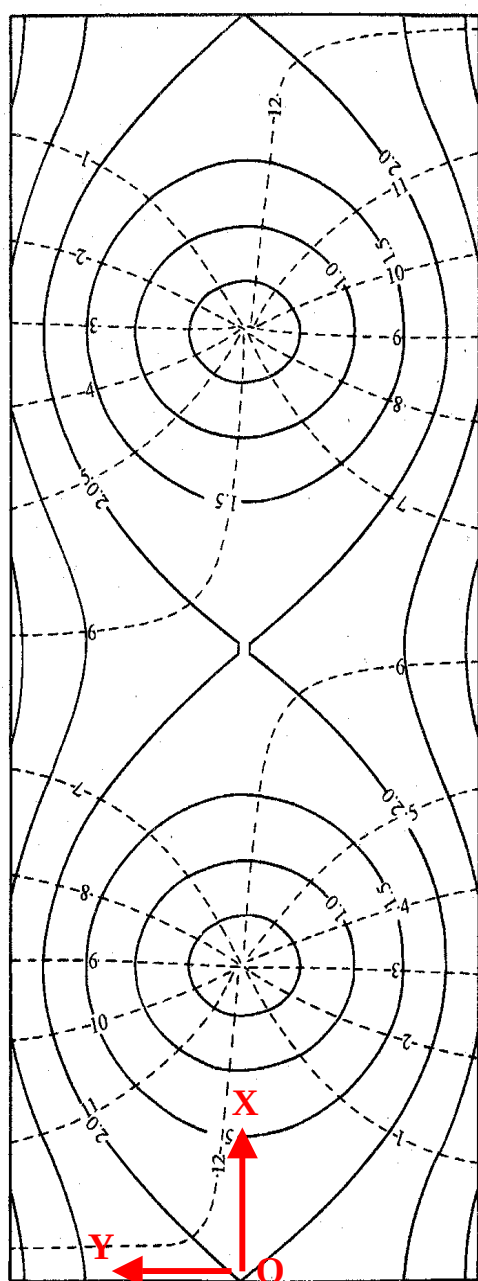
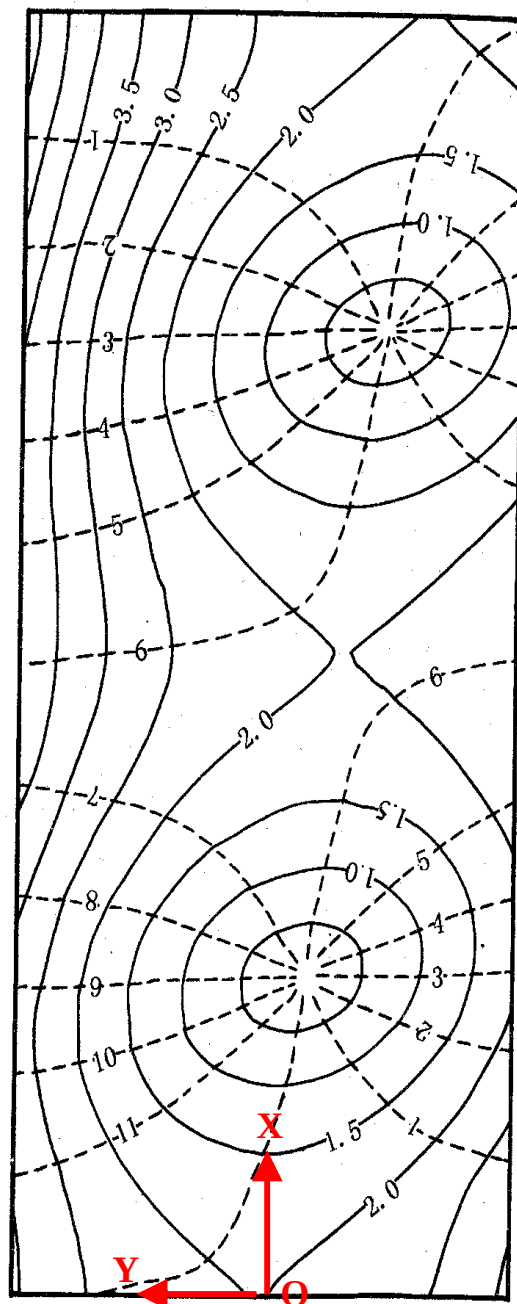


圖 1-13 中國大陸近海沿岸之真實潮波振盪型態(a)及水深地形剖面(b)



Kelvin 波的疊加(无底摩擦)

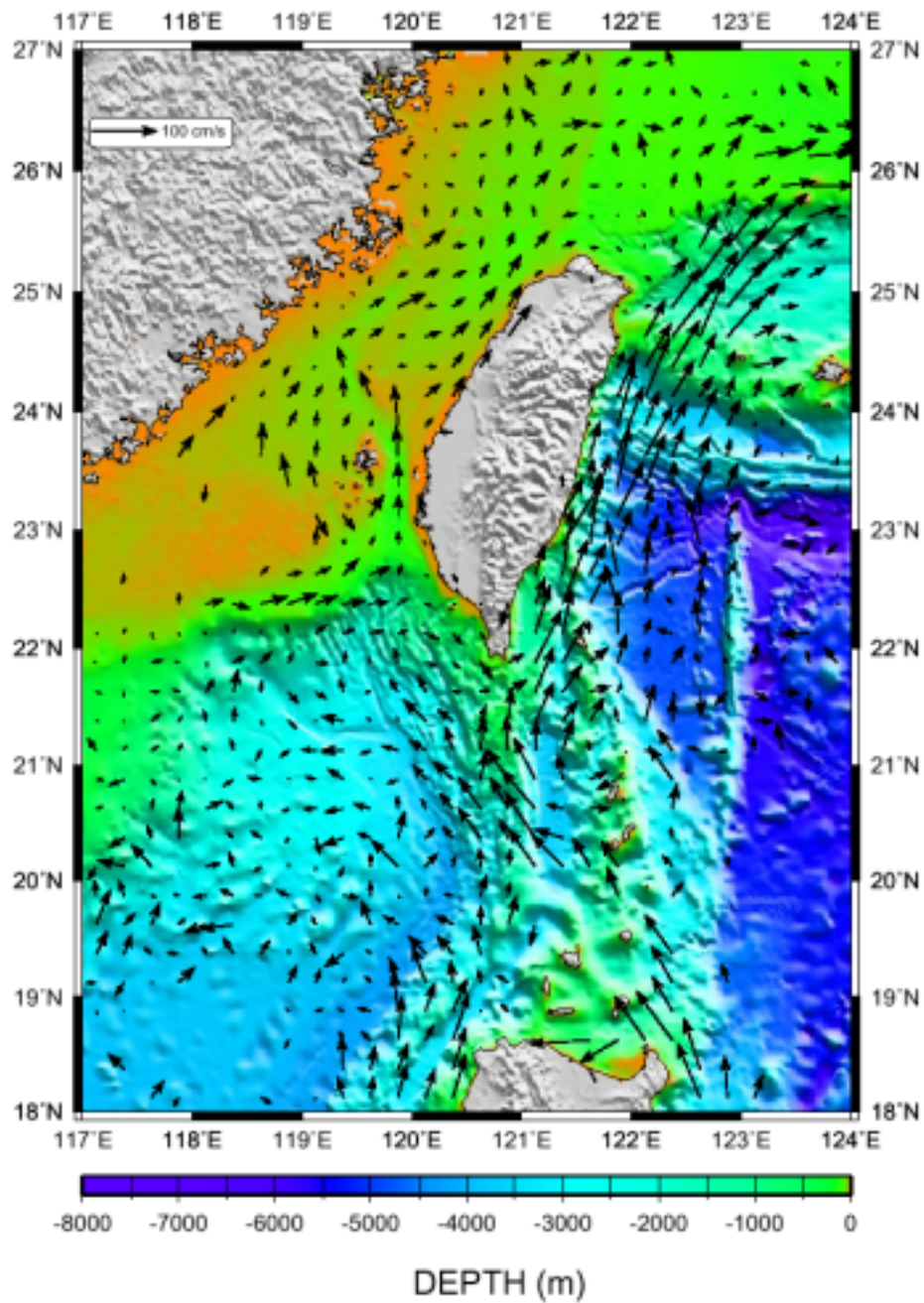


Kelvin 波的疊加(有底摩擦)

圖 1-14 兩個週期各為 12 小時之行進凱文波在位於緯度 44.5 度、平均水深 40 米、寬度 400 公里、兩端開口封閉之狹長矩形海峽內相交會後之波動振盪型態。實線表示潮位；虛線表示潮時。(左)無底床摩擦效應(右)考量底床摩擦效應 (林琿 等, 2000)

Composite Current Velocity Vectors at 020M

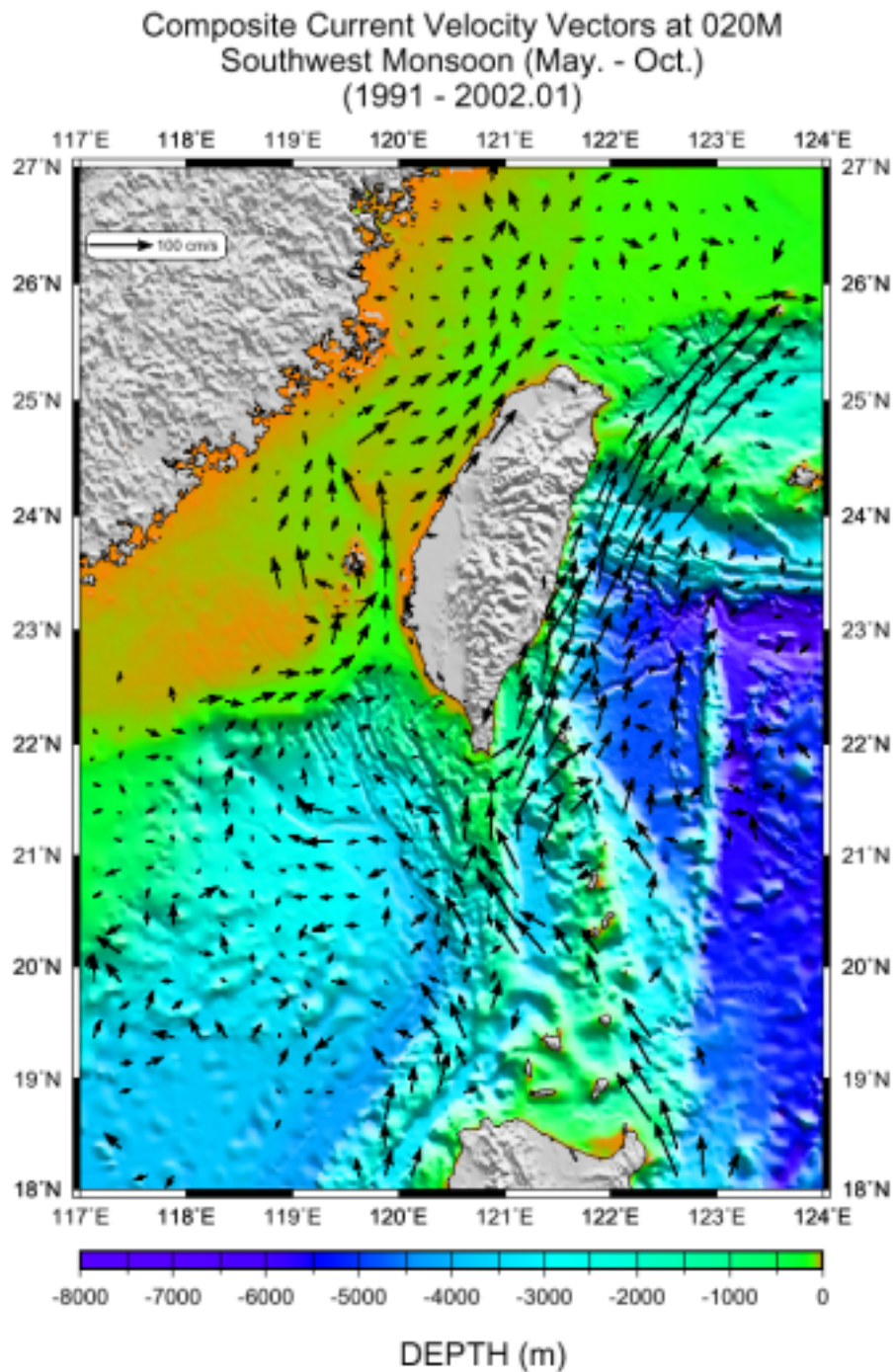
(1991 - 2002.01)



NCOR TEL:02-23636450-109
FAX:02-23644049
國家海洋科學研究中心謹製
Web site:<http://www.ncor.ntu.edu.tw>

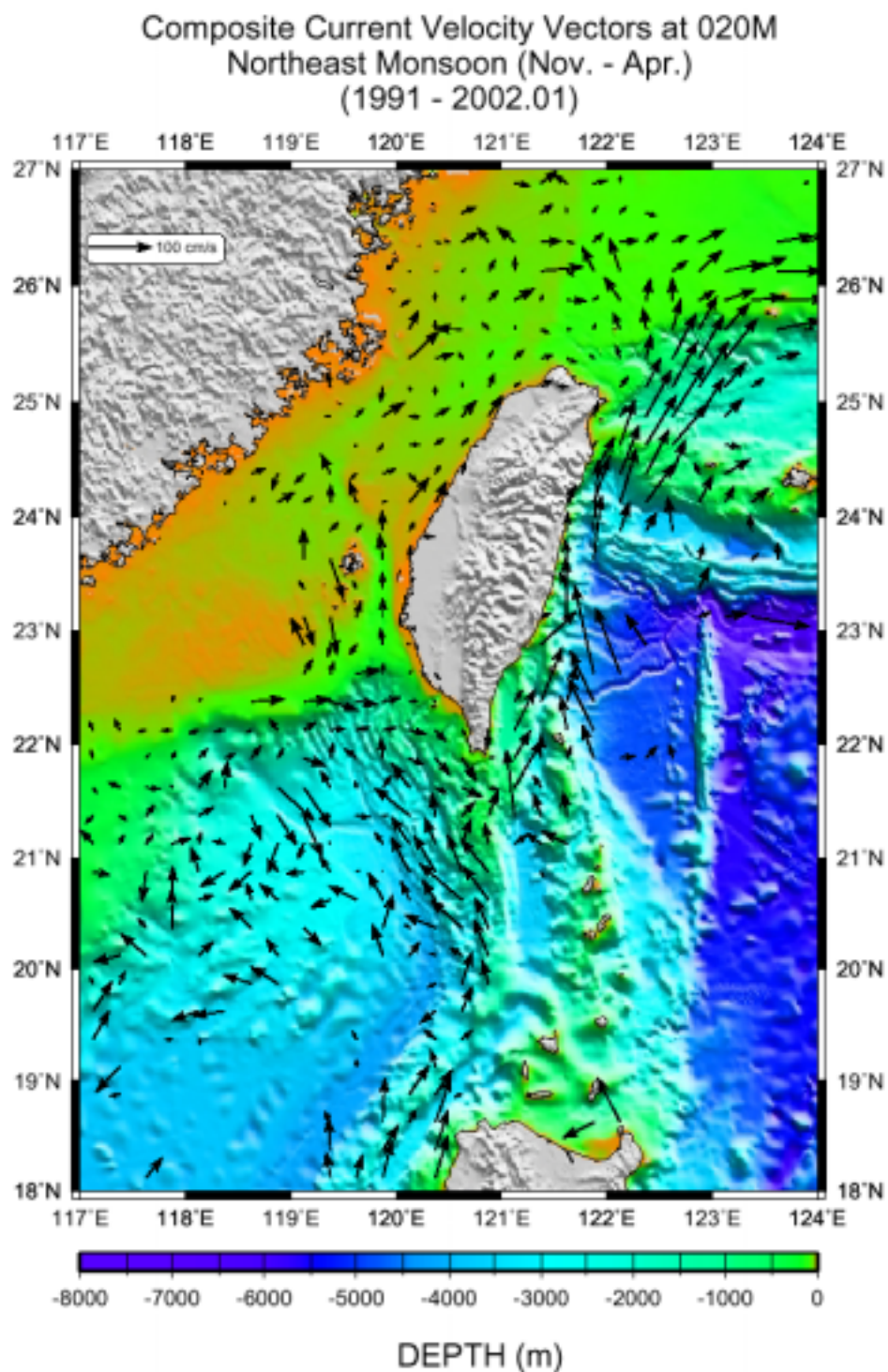
圖 1-15 臺灣環島海域 20 米水深層年平均之恒流分布

(資料來源：國家海洋科學研究中心，2003)



NCOR TEL:02-23636450-109
 FAX:02-23644049
 國家海洋科學研究中心謹製
 Web site:<http://www.ncor.ntu.edu.tw>

圖 1-16 臺灣環島海域 20 米水深層夏季平均之恒流分布
(資料來源：國家海洋科學研究中心，2003)



NCOR TEL:02-23636450-109
 FAX:02-23644049
 國家海洋科學研究中心謹製
 Web site:<http://www.ncor.ntu.edu.tw>

圖 1-17 臺灣環島海域 20 米水深層冬季平均之恒流分布
(資料來源：國家海洋科學研究中心，2003)

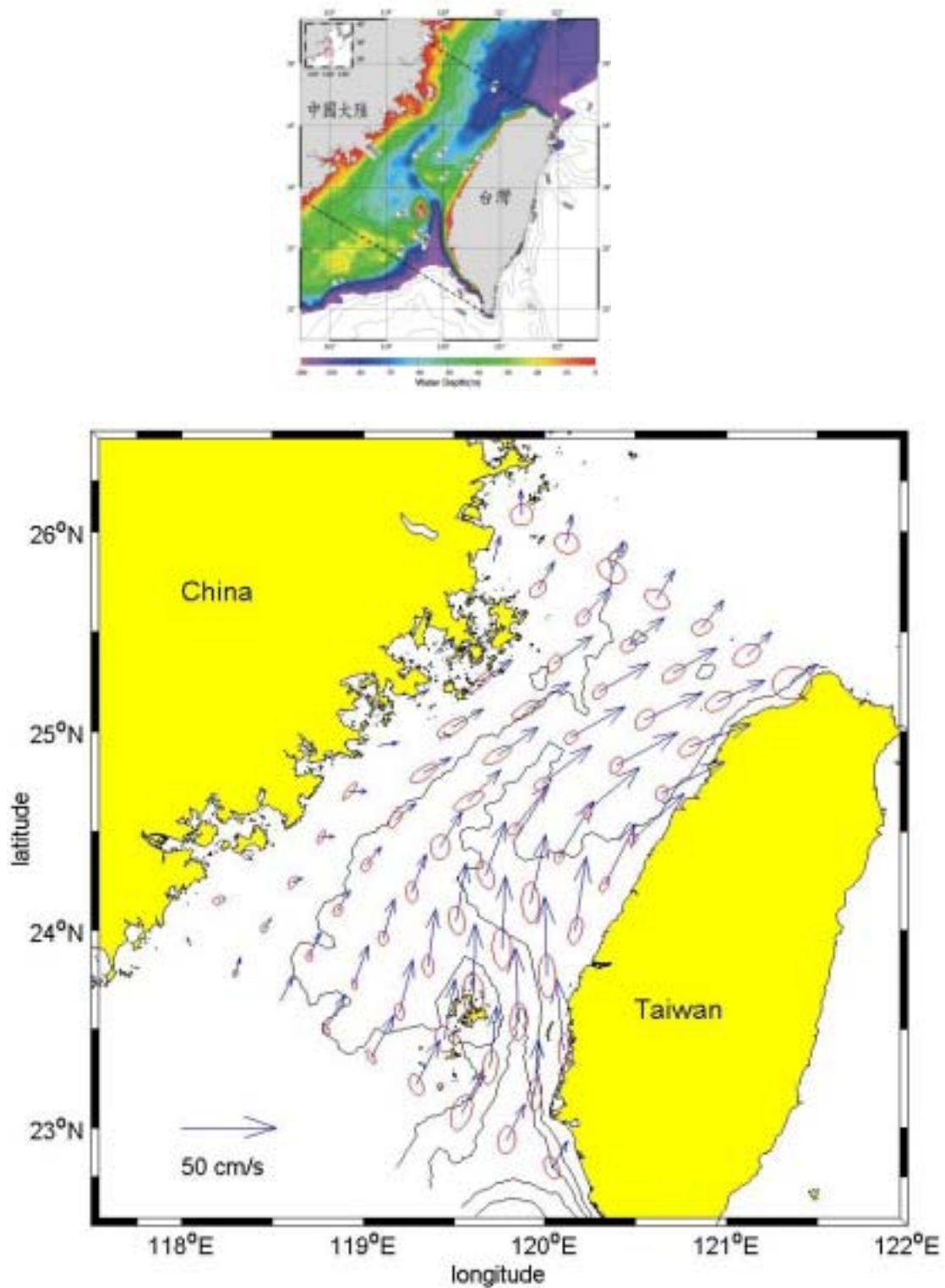


圖 1-18 臺灣海峽海域之水深地形(上)與相對應自 1999 至 2001 年以船載 ADCP 流剖儀實側海流經分析所得之平均流速分布(下)。(王玉懷，2003)



圖 1-19 臺灣之舊版地圖與明顯存在臺灣環島近岸海域內之大型水下沙體 (莊、江，2002)

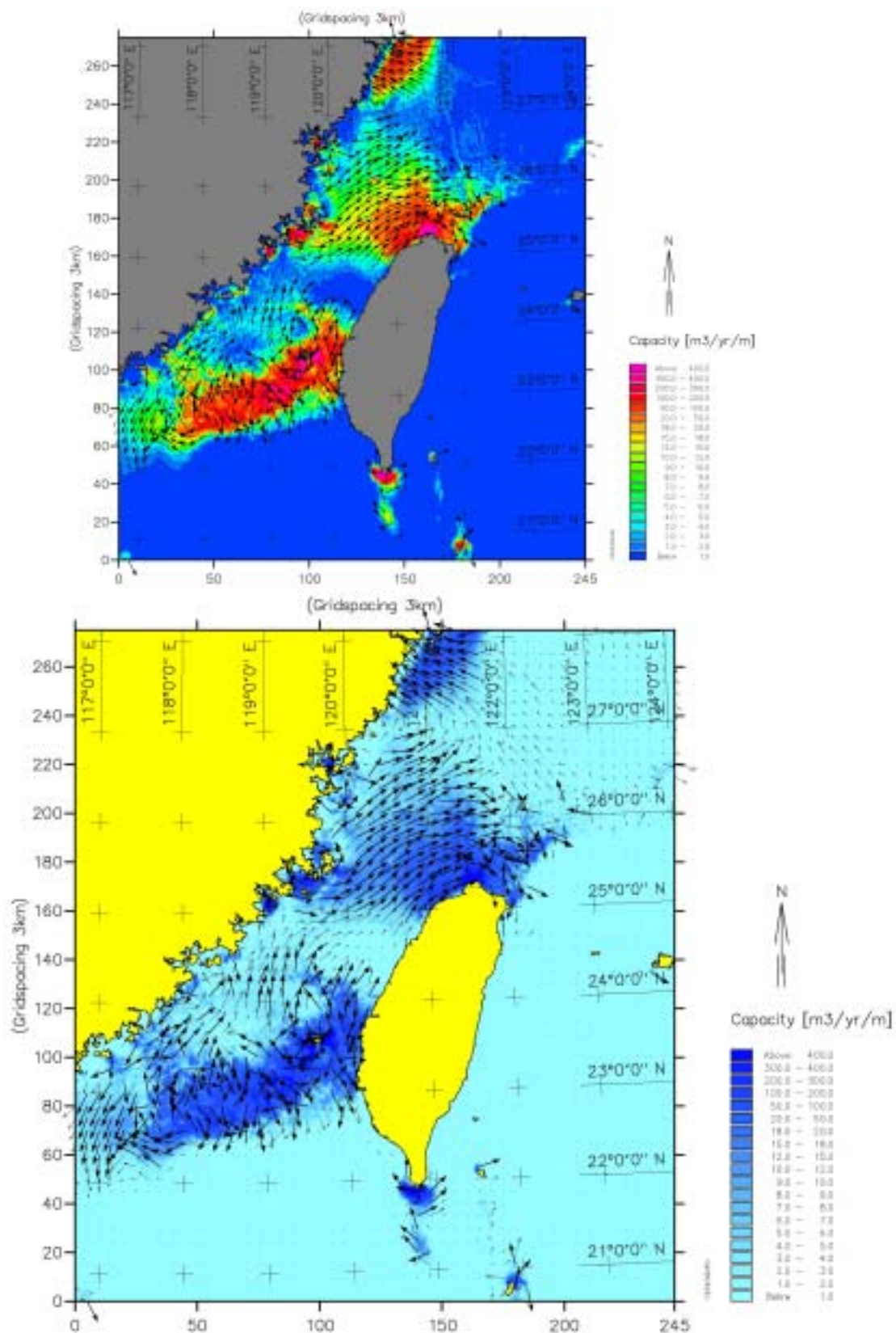


圖 1-20 臺灣環島海域之潮流長期輸沙能力(上)與其相對應之潮殘餘流型態 (莊、江，2002)

第二章 二維淺水波水動力數值模式

2.1 概述

一般而言，海流、波浪、風及潮汐為從事海岸及港灣工程所必需首先面對與克服之自然海象要素。而針臺灣環島海域，政府及民間相關機構，多年來為適應不同建設發展目標之需要，雖曾進行多次海象之調查，但由於其天然地形與水深環境的限制，進行實際海象調查工作所耗費人力及物力皆頗為龐大，欲全面廣泛地執行調查工作更是艱難險阻且曠日費時，因此，以往的調查成果，僅足推估局部區域特定期間之海象特性，對於港灣建設、海岸保育、及相關海岸防災應變所需即時及預期之全面海象變化尚無法滿足，對於區域海象變化之影響研究及瞭解，其助益更是有限。

水動力數值模擬，顧名思義，主要係在應用流體水動力理論，以數值模擬計算方式，探討流體之運動(kinematic)與動力(dynamic)特性。相對於物理模型試驗及現場海象調查而言，不僅時、空的限制性可大幅減少，而且其可變性也相對地增大。近年來，更因電腦科技之發展，結合理論與實際現場調查資料進行數值模擬，以計算方式取得港灣設施鄰近海域之即時及預期之全面性海象資料已為目前之趨勢，藉助數值模擬方法評估區域海象變化之影響因素及結果，更為學研界所普遍接受與認同。

在臺灣環島海域內，以往僅能根據臺灣環島沿岸潮差與潮時等之實測潮汐特性以研判潮波之運動特性(劉文俊，1996、1999；莊、江，2000a)，唯真實之潮波運動，在實際時空上是整體的，因此，尤其應對時間、地形、水深、底床摩擦、與渦度效應等之變化作通盤考量。鑑此，為能清楚洞悉臺灣環島海域之潮波特性，並深入瞭解其影響因素，本研究因此引用丹麥水力研究所(DHI: Danish Hydraulic Institute)研發完成之 MIKE21_HD 水動力計算模式(DHI, 1996；1998)，配合韓國、

日本、菲律賓及中國大陸等地部分潮汐測站之迴報(hindcast)資料據以設定邊界條件(莊、江，2000a；2002a；2003a；2004a)，進而針對臺灣環島海域進行潮波與潮流數值模擬計算，數值模擬計算結果之準確性，經使用臺灣環島及中國大陸沿岸部分潮汐驗潮站之迴報(Hindcast)資料驗證後，相關數值模擬計算結果，將進一步用以作為探討區域地形水深改變對臺灣環島海域潮波與潮流之運動與動力特性影響之對照比較基準。

2.2 三維淺水長波理論模式

理論上，三維(3-dimensional)水動力系統一般可表示如下：

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial(uu)}{\partial x} + \frac{\partial(uv)}{\partial y} + \frac{\partial(uw)}{\partial z} - fv + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right] = 0 \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial(vu)}{\partial x} + \frac{\partial(vv)}{\partial y} + \frac{\partial(vw)}{\partial z} + fu + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right] = 0 \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} + \rho g = 0 \quad (2.3)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (2.4)$$

式中， (x, y, z) 分別為右手卡氏座標(Cartesian coordinate)系統之座標，座標原點置於平均水面， z 軸垂直水面向上為正； (u, v, w) 為與座標軸對應之水體運動速度分量； t 表時間； $f = 2\Omega \sin \phi$ 表科氏力參數(Coriolis parameter)； $\Omega = 7.3 \times 10^{-5} S^{-1}$ 為地球自轉角頻率(angular frequency)； ϕ 為計算水體所在之緯度值； p 表示水壓力； ρ 表水密度； $\tau_{ij} : i, j = x, y, z$ ，為動量消耗應力張量(stress tensor)； $g = 9.8 m s^{-2}$ 為地球上之重力加速度。

進一步應用淺水近似條件，即 $p = \rho g \zeta$ ，則在水深為 $h(x, y)$ 之淺水海域裏，通用上，三維淺水長波(shallow-water waves)水動力系統亦可表

示如下：

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \bar{u} \cdot \nabla u - f v = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \left(A_v \frac{\partial u}{\partial z} \right) + \frac{1}{\rho} A_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right), \quad (2.5)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \bar{u} \cdot \nabla v + f u = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} \left(A_v \frac{\partial v}{\partial z} \right) + \frac{1}{\rho} A_h \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right), \quad (2.6)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^0 u dz + \frac{\partial}{\partial y} \int_{-h}^0 v dz = 0. \quad (2.7)$$

式中， A_h 為水平方向之渦動滯度(horizontal eddy viscosity)； A_v 為垂直方向之渦動滯度(vertical eddy viscosity)，而 $\zeta(x, y, t)$ 表示淺水長波自由水面之波動位移。

有關三維水動力模式的實現，目前最被廣泛接受且作實際應用的，當屬美國普林斯頓大學所研發的 POM (Princeton Ocean Model) 模式 (Blumberg & Mellor, 1987；Mellor, 2003)，該模式使用 σ 座標系統，可模擬計算真實海洋中，有關水位、流速、密度、鹽度、溫度等斜壓 (baroclinic) 水理特性的逐時變化。在國內，國家海洋科學研究中心為發展臺灣環島海域三維海況數值預報模式，詹森 等 (1999) 曾採用 Semtner (1986) 依據上列傳統三維模式所研發之海洋環流模式，並結合富基、東引、後壁潮及中國大陸沿岸南端之東山島水位迴報 (hindcast) 資料，進行臺灣海峽之潮波與潮流數值模擬。近期中，廖建明 等 (2004) 及邱銘達 等 (2004) 亦曾應用該模式，分別進行鹽水溪感潮河段鹽水入侵及臺灣海峽淺水分潮特性等課題的研究。

針對臺灣環島鄰近海域海流之水動力模擬研究方面，劉肖孔 (1983) 為配合當時國內多項經濟建設之需要，在行政院科技顧問組禮聘下，即曾運用上列傳統性之三維 (3-D) 水動力方程組 (式 2.1 至式 2.4) 建置「中國海域三度空間數值模式」，並從事暴潮、天文潮及潮流等相關課題之應用研究 (劉肖孔，1983、1994)。惟模式之運作必須與其「太平洋之海流模式」銜接運算。Li (1987)、李賢文 (1989) 亦使用上列傳統三維水動力系統，經水深積分處理簡化成二維模式後，引用 Ogura (1933)

提供之調和分析常數，透過內差(interpolation)方式處理開放海域邊界條件，並據以研究臺灣周圍海域潮流與潮汐水位之變化。

綜觀以上採用三維水動力系統之相關研究結果可看出，近年來，眾多學者專家已開始重視數值模擬系統，並已將其擴展至海洋及海岸工程領域的相關應用。僅管如此，欲有效、準確地應用數值模擬系統，除了相關物理計算參數必須繁複調校外，計算海域範圍內相關物理變量之初始與邊界條件之設定與掌握及實測資料的配合檢核，亦皆具有應用成敗之甚為決定性的關鍵角色。鑑此，針對在臺灣環島海域探討潮波受地形水深變化影響之相對單純性課題，基於區域計算範圍初始及邊界條件(尤其在水深方向)設定之困難度，外加地形水深及相關物理變量如水位、流速、密度、鹽度、溫度等準確性(實測資料有限)掌握不易，故本研究對於數值模擬系統之選擇，仍將以二維淺水波模式之應用為主。

2.3 二維淺水波水動力系統—MIKE21-HD

在潮波之大尺度波長與地轉效應考量下，由於臺灣環島海域之水深相對於潮波之大波長而言，其水深波長之相對比值實際上仍甚小，因此可假定潮波之運動特性，其在水深方向之變化不大，故而可對一般含時間因素之空間上三維的水動力系統方程式，式(2.1)至式(2.4)，以水深方向積分處理後，簡化為如下含時間變化之二維水動力計算系統(DHI, 1996、1998):

連續方程式：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = I - e \quad (2.8)$$

運動方程式：

x 方向：

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} \\ - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega q - f_w VV_x + \frac{h}{\rho} \frac{\partial}{\partial x} (P_a) = 0 \end{aligned} \quad (2.9)$$

y 方向：

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} \\ - \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega q - f_w VV_y + \frac{h}{\rho} \frac{\partial}{\partial y} (P_a) = 0 \end{aligned} \quad (2.10)$$

上列式中， $\zeta(x, y, t)$ 為在位置 (x, y) 及時刻 t 之計算水位； $p, q(x, y, t)$ ：分別為 x 及 y 向之流量強度 ($m^3/s/m$) = (uh, vh) ； I ：單位平面源流之大小 ($m^3/s/m^2$)； e ：蒸發損失率 (m/s)； $C(x, y)$ ：Chezy 阻力係數 ($m^{1/2}/s$)； f_w ：風摩擦係數； $V, V_x, V_y(x, y, t)$ ：分別為風速及其在 x 及 y 方向之速度分量 (m/s)； $\Omega(x, y)$ ：柯氏(Coriolis)力參數，與緯度有關 (S^{-1})； $P_a(x, y, t)$ ：大氣壓力 ($kg/m/s^2$)。

2.4 有限差分法

對於實際物理應用問題而言，水動力系統方程式之求解方法一般可分為有限差分法(F.D.M.)、有限體積法(F.V.M.)與有限元素法(F.E.M.)等三類。此三類求解方法，依前、後置處理 (pre-& post -processor) 工作、數值方法與技巧及邊界處理難易程度等而各有優劣點。本研究引用丹麥水力研究所(Danish Hydraulic Institute)使用之交替方向隱式(A.D.I.：alternating direction implicit)有限差分法以求解式(2.8)至(2.10)之水動力系統方程式(DHI, 1996、1998)。求解計算中，各計算網格位置上之時空變量並以雙向刮掃(double sweep)方式處理計算。空間網格分割與時階分割分別如圖 2-1 及圖 2-2 所示。

依據 A.D.I.有限差分法及時空網格分割之定義，因此，連續方程式，式(2.8)，在無質量增損情況下，其 x 及 y 方向之差分型式可分別

表示為

x—方向：

$$2 \cdot \left(\frac{\zeta^{n+1/2} - \zeta^n}{\Delta t} \right)_{j,k} + \frac{1}{2} \cdot \left\{ \left(\frac{p_j - p_{j-1}}{\Delta x} \right)^{n+1} + \left(\frac{p_j - p_{j-1}}{\Delta x} \right)^n \right\}_k \\ + \frac{1}{2} \cdot \left\{ \left(\frac{q_k - q_{k-1}}{\Delta y} \right)^{n+1/2} + \left(\frac{q_k - q_{k-1}}{\Delta y} \right)^{n-1/2} \right\}_j = 0 \quad (2.11)$$

y—方向：

$$2 \cdot \left(\frac{\zeta^{n+1} - \zeta^{n+1/2}}{\Delta t} \right)_{j,k} + \frac{1}{2} \cdot \left\{ \left(\frac{p_j - p_{j-1}}{\Delta x} \right)^{n+1} + \left(\frac{p_j - p_{j-1}}{\Delta x} \right)^n \right\}_k \\ + \frac{1}{2} \cdot \left\{ \left(\frac{q_k - q_{k-1}}{\Delta y} \right)^{n+3/2} + \left(\frac{q_k - q_{k-1}}{\Delta y} \right)^{n+1/2} \right\}_j = 0 \quad (2.12)$$

而動量方程式，在忽略大氣壓力、風力及其他波浪有效應力後，式(2.9)等號左右側之各項可逐項表示為

時間變化項：

$$\frac{\partial p}{\partial t} \approx \left(\frac{p^{n+1} - p^n}{\Delta t} \right)_{j,k} \quad (2.13)$$

重力影響項：

$$gh\zeta_x \approx g \left(\frac{h_{j,k} + h_{j+1,k}}{2} \right)^n \left(\frac{\zeta_{j+1,k} - \zeta_{j,k}}{\Delta x} \right)^{n+1/2} \quad (2.14)$$

其中，

$$h_{j,k}^n = d_{j,k} + \zeta_{j,k}^n \quad (2.15)$$

x—方向對流項：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pp}{h} \right) \cong \left[\frac{(p_{j+1} + p_j)^{n+1}}{2} \cdot \frac{(p_{j+1} + p_j)^n}{2} \cdot \frac{1}{h_{j+1}^n} - \frac{(p_j + p_{j-1})^{n+1}}{2} \cdot \frac{(p_j + p_{j-1})^n}{2} \cdot \frac{1}{h_j^n} \right]_k \cdot \frac{1}{\Delta x}$$

(2.16)

$$\overline{u^2} \Delta t \frac{\Delta^2 p}{\partial x^2} \cong \Delta t \left(\frac{p_{j,k}^n}{h^*} \right)^2 \cdot \left(\frac{p_{j+1} - 2p_j + p_{j-1}}{(2\Delta x)^2} \right)_k^{n-1} \quad (2.17)$$

其中

$$h^* = \frac{1}{2} \cdot (h_{j+1} + h_j)_k^n \quad (2.18)$$

x—方向動量交換項：

$$\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) \approx \left[\left(\frac{p_{k+1}^a + p_k^b}{2} \right)_j \cdot v_{j+1/2,k}^{n+1/2} - \left(\frac{p_k^a + p_{k-1}^b}{2} \right)_j \cdot v_{j+1/2,k-1}^{n+1/2} \right] \cdot \frac{1}{\Delta y} \quad (2.19)$$

其中， $a = n+1$ ， $b = n$ 表向下刮掃而 $a = n$ ， $b = n+1$ 表向上刮掃，且

$$v_{j+1/2,k}^{n+1/2} = \frac{2(q_j + q_{j+1})_k^{n+1/2}}{(h_{j,k} + h_{j,k+1} + h_{j+1,k} + h_{j+1,k+1})^n} \quad (2.20)$$

$$v_{j+1/2,k-1}^{n+1/2} = \frac{2(q_j + q_{j+1})_{k-1}^{n+1/2}}{(h_{j,k-1} + h_{j,k} + h_{j+1,k-1} + h_{j+1,k})^n} \quad (2.21)$$

$$\overline{v^2} \Delta t \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} \approx \Delta t (v^*)^2 \cdot \frac{\{p_{k+1}^a - (p_k^{n+1} + p_k^n) + p_{k-1}^b\}_j}{(\Delta y)^2} \quad (2.22)$$

a 、 b 之定義同式(2.19)，而

$$v^* = \frac{1}{2} \cdot (v_{k+1/2} + v_{k-1/2})_{j+1/2}^{n+1/2} \quad (2.23)$$

摩擦阻力項：

$$\frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 h^2} \approx \frac{gp_{j,k}^{n+1} \sqrt{p^{*2} + q^{*2}}}{C^2 h^{*2}} \quad (2.24)$$

其中，

$$p^* = p_{j,k}^n \quad (2.25)$$

$$q^* = \frac{1}{8}(q_{j,k}^{n-1/2} + q_{j+1,k}^{n-1/2} + q_{j,k-1}^{n-1/2} + q_{j+1,k-1}^{n-1/2} + q_{j,k}^{n+1/2} + q_{j+1,k}^{n+1/2} + q_{j,k-1}^{n+1/2} + q_{j+1,k-1}^{n+1/2}) \quad (2.26)$$

$$h^* = 1/2(h_{j+1} + h_j)_k^n \quad (2.27)$$

$$C = M \cdot h^{*1/6} \quad (2.28)$$

C 表 Chezy number, 而 M 表 Manning number

地轉效應項：

$$\Omega \cdot q \approx \Omega q^* \quad (2.29)$$

其中， q^* 之定義與式(2.26)相同。至於式(2.10)內各相關計算項之差分離散處理，則可仿照式(2.13)至式(2.29)之方式編寫。

2.5 計算海域之設定

為整體模擬臺灣環島海域潮波運動特性之需要，並為設定臺灣環島計算海域的地形水深及開放海域側的水動力計算邊界條件，本研究引用自美國國家地球物理資料中心(NGDC: National Geophysical Data Center)所購置解析度為 2 分地理弧度(約 3.7km)之 ETOPO2 東亞海域水深地形資料，再結合海圖之逐點輸入資料及自海科中心下載之臺灣環島海域水深資料及 GSHHS (A Global Self-consistent Hierarchical High-resolution Shoreline Database) 高解析度海岸線資料(NGDC, 1988)，可得東亞海域之數值水深地形如圖 2-3 所示。

在圖 2-3 所示之東亞計算海域中，為取得計算範圍開放海域上之邊界控制潮位與流速，因此，必須先就圖 2-3 中包含渤海、黃海、東海、西太平洋及南海海域之陸地或島嶼邊界，從英國皇家海軍潮汐表(UKHO, 1997)內搜尋登載有潮汐調和分析常數之驗潮站，然後規劃含臺灣環島之大範圍計算海域，並使計算海域的邊界儘可能地通過或鄰近登載有潮汐調和分析常數之驗潮站。依據上述原則與應用需求，本研究所規劃之東亞大範圍計算海域如圖 2-4 所示。整個東亞大範圍計算海域之長度(Y 軸)為 2,300 公里；寬度(X 軸)達 1,500 公里，網格間距

10 公里，網格原點於 UTM-51 座標上取為 (-839910.201102 , 2608499.833287)，網格 Y 軸與正北向之順時鐘夾角為 21 度，建置之地形以 a-a10dep2.dt2 (或 Asia10-Dep.dt2)檔名存檔備用，未來的區域地形水深變化將以圖 2-4 為編修基準。表 2-1 所示即為東亞大範圍計算海域 (圖 2-4)鄰近邊界上，經查得分屬不同亞洲國家之驗潮站位置與其潮汐相關之調和分析常數。觀察表中所列驗潮站之位置可知，驗潮站之地理位置不僅分布於不同之時區(time zone)，甚且其位置尚分布於韓國、對馬海峽、日本、琉球群島、菲律賓、東沙島及香港等不同國境或地區。因此，依據表 2-1 中所列驗潮站上之調和分析常數進行潮汐迴報(hindcast)之逐時潮位資料，由於缺少實測記錄可供驗證比較，故其準確度無法確實掌握，加以迴報之潮位逐時資料分跨不同時區，故而對二維水動力計算所需迴報同一時刻之邊界潮位掌握，其時間之對準更是一大挑戰。儘管如此，本研究仍依據表 2-1 中所列潮汐站之迴報(hindcast)逐時潮位，進行東亞大範圍計算海域邊界潮位之設定，數值模擬計算後，再依據臺灣環島海域驗潮站之預報逐時潮位進行邊界潮位設定正確性之校驗。必要時，表 2-1 中所列驗潮站之迴報(hindcast)逐時潮位，將依據驗潮站之時區、水深及地形等特性作逐時潮位大小與潮時之修正。在臺灣環島沿岸海域，本研究用以校驗逐時計算潮位準確性之驗潮站如表 2-2 所示。

2.6 初始與邊界條件之設定

對於水深積分處理後之二維水動力系統方程式，在進行計算前，處理必要之起始與邊界條件是必須的。對圖 2-4 所示之東亞計算海域範圍而言，不透水(no-flux)之邊界條件將應用於臺灣環島沿岸、中國大陸東部沿海與計算海域內之島嶼。而開放海域上之邊界條件係依據表 2-1 所列驗潮站之調和分析常數，針對選定之模擬期間，如 2004 年 10 月份(台中港潮位包含月小潮至月大潮 2004/10/06 00:00 至 2004/10/25 00:00)，先行就計算範圍邊界上之驗潮站，應用其上之調和分析常數，逐站迴報(hindcast)模擬期間對應之逐時潮位序列(每 15 分鐘)，按由南

而北之邊界排列次序，可得各驗潮站在選定模擬期間之逐時潮位迴報結果分別如圖 2-5-1 至圖 2-5-6 所示，再依據圖 2-4 中邊界上驗潮站之位置，應用線性差分方式，聯結相鄰驗潮站位置上之逐時潮位序列，藉此程序，最後即可完成計算範圍開放海域上之邊界條件設定。

至於計算初始條件，在計算初始時，全計算海域內之計算潮位與流速皆設定為零，不過，相對應開放海域邊界潮汐序列亦皆配合修整自零水位起動，亦即採用軟起動(soft start)方式以設定初始計算條件，藉以避免模擬計算起動時，瞬間邊界水位之不連續變動所造成數值衝擊波(numerical shocks)之不穩定影響(DHI, 1996)。本研究採用軟起動的總時距為 12 小時，潮位軟起動之修正計算依據如下：

$$\zeta_j = \zeta_j \times \left(1 - \cos\left(\frac{\pi}{2} \times \left(\frac{t_j - t_0}{T}\right)\right) \right) \quad (2.30)$$

式中， ζ_j 為 t_j 時刻在逐時序列(每 15 分鐘)所對應之潮位， t_0 為軟起動之起始序列， T 為軟起動之總序列長度，本研究中， $T = 48$ 。

值得一提的是，使用表 2-1 中所列潮汐站之調合分析常數迴報(hindcast)同一時期之邊界潮汐資料(圖 2-5-1 至圖 2-5-6)後，由於在大範圍計算海域邊界無額外實測潮汐資料可供進一步檢校，加以迴報之潮汐逐時資料係跨國境且跨時區，故而，邊界潮位之準確度與同一時期潮位之時間對準皆不易準確掌握。為克服以上邊界潮位之準確度與同時性問題，因此，本研究乃根據多年之試算及研究經驗(莊、江，2000a；2002a；2003a；2004a)，應用試誤法(try and error method)，於東亞大範圍計算海域原始邊界驗潮站上，選擇性且重點性地調整部分邊界驗潮站之預報潮時與振幅大小，相關之調整值大小並列入敏感性分析記錄，設定邊界條件並執行數值計算後，再以臺灣環島海域驗潮站之實測或迴報(hindcast)資料檢核數值模擬計算之結果，如此，反複試誤，直至臺灣環島海域潮汐測站之實測或迴報(Hindcast)資料，其比較之準確度可被接受為止。經以上述試誤法確立之潮位邊界調整條件，如表 2-1 所示，將作為往後針對不同計算時段進行相關二維水動

力數值模擬計算之邊界潮位調整及設定基準。

東亞大範圍計算海域之初始與邊界條件設定後，東亞海域現況地形水深之二維水動力數值模擬計算即可執行。至於若欲針對臺灣環島海域進行較高地形水深解析度之水動力計算，則其水動力邊界條件，於交疊之巢狀網格配置下，將可循序逐次地自東亞大範圍海域之水動力模式計算結果中，就相對應之開放海域邊界位置，分別萃取潮位或流速計算結果後，直接作開放海域邊界之應用設定。亦即，臺灣環島鄰近海域計算範圍內之水動力邊界條件係萃取自東亞大範圍計算海域之逐時潮位或流速；而臺灣局部近岸海域或鄰近港灣細部計算範圍之水動力邊界條件，則係萃取自臺灣環島海域之逐時潮位或流速。其中，值得特別注意的是，在巢狀網格邊界條件之系列萃取應用程序中，當計算海域範圍愈小時，具流速型態之水動力邊界條件宜多考慮應用(莊文傑 等, 2001)，因其除可適切地延續、保留上一較大範圍海域海潮流之水動力計算特性外，尚可有效地抑制因底床摩擦(friction)與紊流渦度黏滯(eddy viscosity)係數等水動力消散機制不足所導致之數值計算發散(blow-up)問題。

2.7 計算參數

使用有限差分法之水動力數值模式，一般必須調校設定的參數包括：差分格距及時距、底床摩擦係數、渦度係數、及風摩擦係數等。

在規劃完成計算海域範圍後，於進行有限差分法之水動力數值模擬計算前，必須首先決定差分格距及時距，俾使數值之穩定條件(stability condition)得以達成。而一般採用之數值穩定條件係以 Courant Number (C_r)滿足下式加以規範：

$$C_r = \frac{C_{\max} \cdot \Delta t}{\Delta x} < 1 \quad (2.31)$$

式中， $C_{\max}$ 為計算變數之最大計算訊號傳遞速度， Δx 與 Δt 分別為空間與時間格距。對東亞海域之大範圍計算而言，本研究總計算期間

設定在 2004/10/06 00:00 至 2004/10/25 00:00，俾使計算潮位能充分包含台中港月小潮至月大潮期間之變化特性，地形網格格距 Δx 選定為 10 公里， Δt 設定為 30 秒(總計算時步為 0~54720)，所得之 C_r 值因計算海域水深差異甚大而使最大值約達 0.8，因此可得東亞海域甚良好之數值穩定度，相關計算結果經應用臺灣環島各實際驗潮站迴報或實測資料比較後，計算準確度亦甚佳(莊、江，2002a；2003a；2004a)。

底床摩擦係數一般可選擇 Chezy Number(C)或使用 Manning Number(M)表示，兩者之關係為 $C = Mh^{1/6}$ ， h 為計算區之水深， C 及 M 之單位分別為 $m^{1/2}/s$ 及 $m^{1/3}/s$ ，且 $M = 1/n$ ， n 為一般文獻使用之 Manning Number，故在 MIKE21_HD 水動力模式中， M 值越大表示底床摩擦效應愈小。當計算區域水深變化較大時，依據往昔之計算經驗，建議 Manning Number 之選用範圍約在 20 至 40 間，並應依水深地形之差異而作必要之區別設定。本研究現況之計算，不考慮水深地形差異所導致之底床摩擦效應變化，故全計算海域之 M 值，採用常數，並設其等於 32。

渦度係數(E)主要用來計算動量方程式中之紊流效應，藉以阻滯(damping)短衝擊波之振盪及表現小網格之尺度影響，一般其大小必須滿足下列限制：

$$E \leq \frac{\Delta x^2}{2\Delta t} \quad (2.32)$$

並可依下式估算

$$E = 0.1 \times \Delta x \times V \quad (2.33)$$

式中， Δt 為時距， Δx 為網格間距， V 為流速。對於流場係隨時空而變化時，渦度係數尚可依 Smagorinski 公式計算(DHI, 1996)，即

$$E = C_s^2 \Delta^2 \left[\left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)^2 \right] \quad (2.34)$$

式中， U, V 分別表示水深平均之 x 及 y 向流速分量， Δ 為網格間距，

C_s 可於 0.25 至 1.0 間選用。綜觀上述， E 之大小與時距及網格距皆有不開之關係，並與計算位置當地的流速梯度直接相關。故精確的水動力數值模擬，在計算海域內，其值亦應依水深地形之差異而作必要之區別設定。為此，在本研究中之渦度係數係直接應用式(2.34)之公式，同時選用流束(flux)控制方式，並設定 $C_s = 0.5$ 。惟若在 50 公尺之小網格計算中，往昔的計算經驗認為，渦度係數以使用流速控制較佳，且其值可以常數設定為 $E = 8.0$ 。

風摩擦係數 $f(V)$ 主要用來計算風剪應力之大小，其係數與風力大小直接相關，一般可依下列公式估算：

$$f(V) = \begin{cases} f_o & \text{for } V < V_o \\ f_o + \frac{V - V_o}{V_1 - V_o} \cdot (f_1 - f_o) & \text{for } V_o \leq V \leq V_1 \\ f_1 & \text{for } V > V_1 \end{cases} \quad (2.35)$$

式中，

$$\begin{aligned} f_o &= 0.00063, \quad V_o = 0 \text{ m/s} \\ f_1 &= 0.00026, \quad V_1 = 15 \text{ m/s} \end{aligned} \quad (2.36)$$

在本研究計算中，當考慮風力影響時，係以逐時實測風速資料輸入，至於 f 值則直接由實測風速大小依上式線性插分求得。值得一提的是，由於海上的風力，一般皆較陸地實測值強，因此，依據往昔的計算經驗，在將陸地實測逐時風力應用至計算海域時，風力的大小通常應作約 30% 的增大調整。

表 2-1-1 東亞大範圍計算海域之邊界潮汐站編號與位置

Station Site	Station No.	Regional Grid Coordinate	Geo-Location		Notes
			Latitude-N	Longitude-E	
Xiachuan Dao	7063	(38.0, 0.0)	21°37'	112°32'	T-8,1.0a,S1-1
Gaolan Dao	7066	(38.0, 0.0)	21°54'	113°17'	T-8,1.0a,S1-1*
Pratas	7152	(76.0, 0.0)	20°42'	116°43'	T-8,0.7a,S1-2
Nagabungan	5001	(123.0, 0.0)	18°29'	120°34'	T-8,0.7a,S1-3
Port S. Vicente	5005	(150.0, 1.0)	18°31'	122°08'	T-8,1.0a,E1-1
Port Bikobian	5016	(150.0, 1.0)	17°16'	122°26'	T-8,0.8a,E1-1*
Hirara	7712	(150.0, 84.0)	24°48'	125°17'	T-9,1.0a,E1-2*
Port Calibrated	1*0.5	(150.0,75.0)	25°30'	127°47'	T-9,0.5a,E1-2
Baten Ko	7717	(150.0, 104.0)	26°11'	127°47'	T-9,1.0a,E1-3
Sukku	7719	(150.0,116.0)	26°33'	128°02'	T-9,1.0a,E2-1
Wadomai	7727	(150.0, 126.0)	27°24'	128°40'	T-9,1.0a,E2-2
Kasari Wan	7732	(150.0, 139.0)	28°27'	129°39'	T-9,1.0a,E3-1
Nakano Shima	7740	(150.0, 158.0)	29°50'	129°51'	T-9,1.0a,E3-2
Isso	7742	(150.0, 158.0)	30°28'	130°30'	T-9,1.0a,E3-2*
Pusan Hang	7566	(113.0,200.0)	35°06'	129°02'	T-9,1.0a,N1-1
Sasuna Ko	7606	(118.0, 200.0)	34°38'	129°24'	T-9,1.0a,N1-2
Kottoi	8073	(132.0, 200.0)	34°19'	130°54'	T-9,1.0a,N1-3
Mazu Dao	7216	(79.7, 71.5)	26°10'	119°55'	T-8,1.0a,W1-0
Changjon	7583	(89.0, 230.0)	38°45'	128°12'	T-9,1.0a,N2-1
Ullung Do	7577	(124.0, 230.0)	37°30'	130°55'	T-9,1.0a,N2-2
Sakai	8058	(149.0, 230.0)	35°33'	133°15'	T-9,1.0a,N2-3

地形檔案：A10Dep-01.dt2；Asia10dm.dt2；Asia10-Dep.dt2

表 2-1-2 東亞大範圍計算海域邊界潮汐站位置與其主要分潮之調和分析常數

Station Site	Station No.	M_2		S_2		K_1		O_1	
		Amp.	Phase	Amp.	Phase	Amp.	Phase	Amp.	Phase
Xiachuan Dao	7063	0.60	315	0.20	000	0.40	320	0.30	275
Gaolan Dao	7066	0.50	309	0.20	348	0.40	319	0.30	270
Pratas	7152	0.20	271	0.10	287	0.20	312	0.20	247
Nagabungan	5001	0.08	192	0.06	215	0.16	313	0.17	269
Port S. Vicente	5005	0.39	152	0.20	190	0.11	210	0.10	191
Port Bikobian	5016	0.47	166	0.22	199	0.13	200	0.10	190
Hirara	7712	0.48	210	0.20	241	0.19	227	0.16	200
Port Calibrated	1*0.5	0.53	200	0.21	233	0.21	219	0.16	191
Baten Ko	7717	0.57	190	0.22	224	0.22	212	0.17	182
Sukku	7719	0.56	186	0.26	216	0.20	203	0.16	178
Wadomai	7727	0.50	189	0.20	225	0.21	215	0.17	183
Kasari Wan	7732	0.61	202	0.23	240	0.20	208	0.16	181
Nakano Shima	7740	0.58	197	0.24	236	0.23	204	0.15	169
Isso	7742	0.64	199	0.27	233	0.25	204	0.19	178
Pusan Hang	7566	0.40	236	0.19	273	0.04	143	0.02	109
Sasuna Ko	7606	0.45	256	0.21	292	0.06	221	0.05	209
Kottoi	8073	0.32	292	0.16	324	0.12	309	0.13	263
Mazu Dao	7216	2.30	293	0.80	340	0.30	234	0.20	205
Changjon	7583	0.07	084	0.03	113	0.05	005	0.05	320
Ullung Do	7577	0.05	073	0.02	102	0.05	352	0.05	312
Sakai	8058	0.05	063	0.02	089	0.05	348	0.04	306

表 2-2 東亞大範圍計算海域用以校驗模式計算結果之驗潮站與其網格之座標位置

站名	代號	編號	座標	備註
蘇澳	SA	7196	(106.0,63.0)	A:G;Y:G
基隆	KL	7198	(101.3,69.5)	A:L;Y:G
淡水	TS	7173	(98.0,68.1)	A:S;Y:G
新竹	HC	*****	(95.0,62.8)	A:S;Y:G
台中	TC	7176a	(94.0,55.3)	A:G;Y:G
澎湖	PH	7169	(87.0,43.0)	A:G;Y:G
吉貝	CP	7171	(87.0,45.0)	A:G;Y:G
將軍	CC	7168	(94.6,42.0)	A:G;Y:G
安平	AP	7182	(97.0,40.0)	A:L;Y:G
高雄	KS	7183	(99.8,37.0)	A:G;Y:G
蟬廣嘴	SK	7187	(105.5,32.7)	A:S;Y:G
富崗	FK	7191	(108.0,42.5)	A:S;Y:G
成功	CK	7192	(108.0,47.0)	A:S;Y:G
花蓮	HL	*****	(106.5,56.6)	A:G;Y:G
鎮海	ZH	7257	(85.0,120.0)	A:G;Y:G
三門灣海門	SMW	7236	(83.0,103.0)	A:G;Y:G
台州列島	TZD	7235	(86.0,103.0)	A:G;Y:G
東引	DY	7216a	(84.0,76.0)	A:G;Y:G
馬祖	MZ	7216	(80.0,72.0)	A:S;Y:G
烏坵	WC	7205	(80.9,57.7)	A:G;Y:G
廈門	SM	7163	(74.0,47.0)	A:S;Y:G
汕頭	ST	7155	(65.5,27.7)	A:F;Y:F

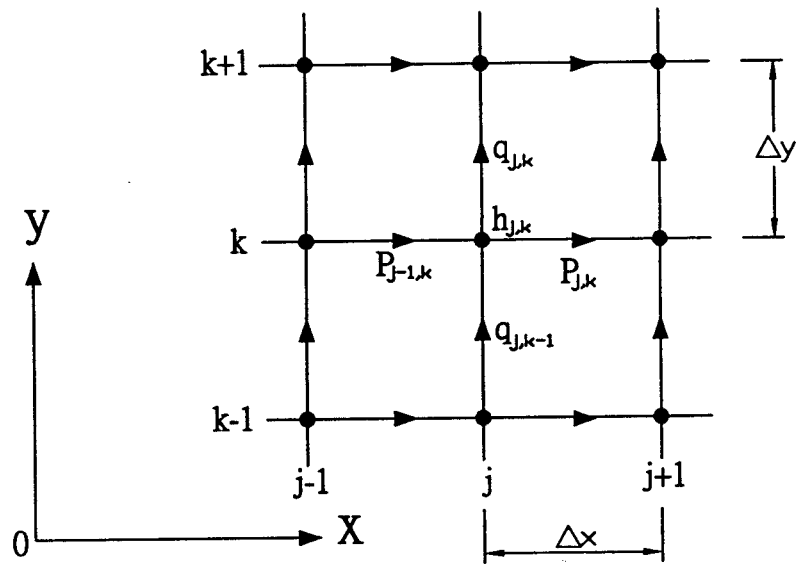


圖 2-1 MIKE21-HD 計算模式使用交替方向隱式有限差分法之空間網格分割

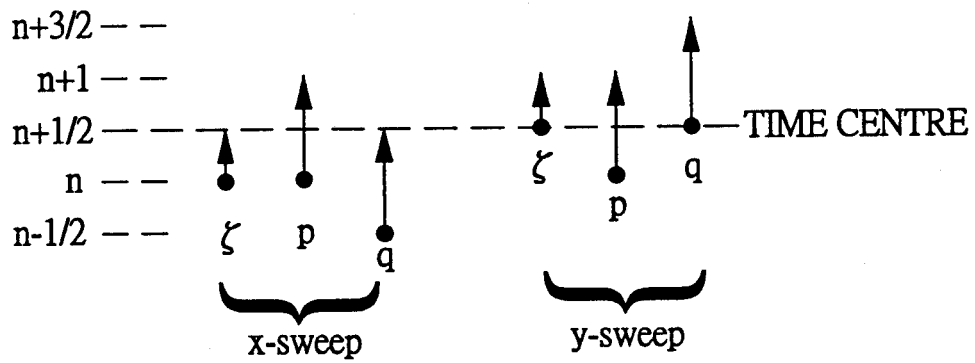


圖 2-2 MIKE21-HD 計算模式使用交替方向隱式有限差分法之時階分割

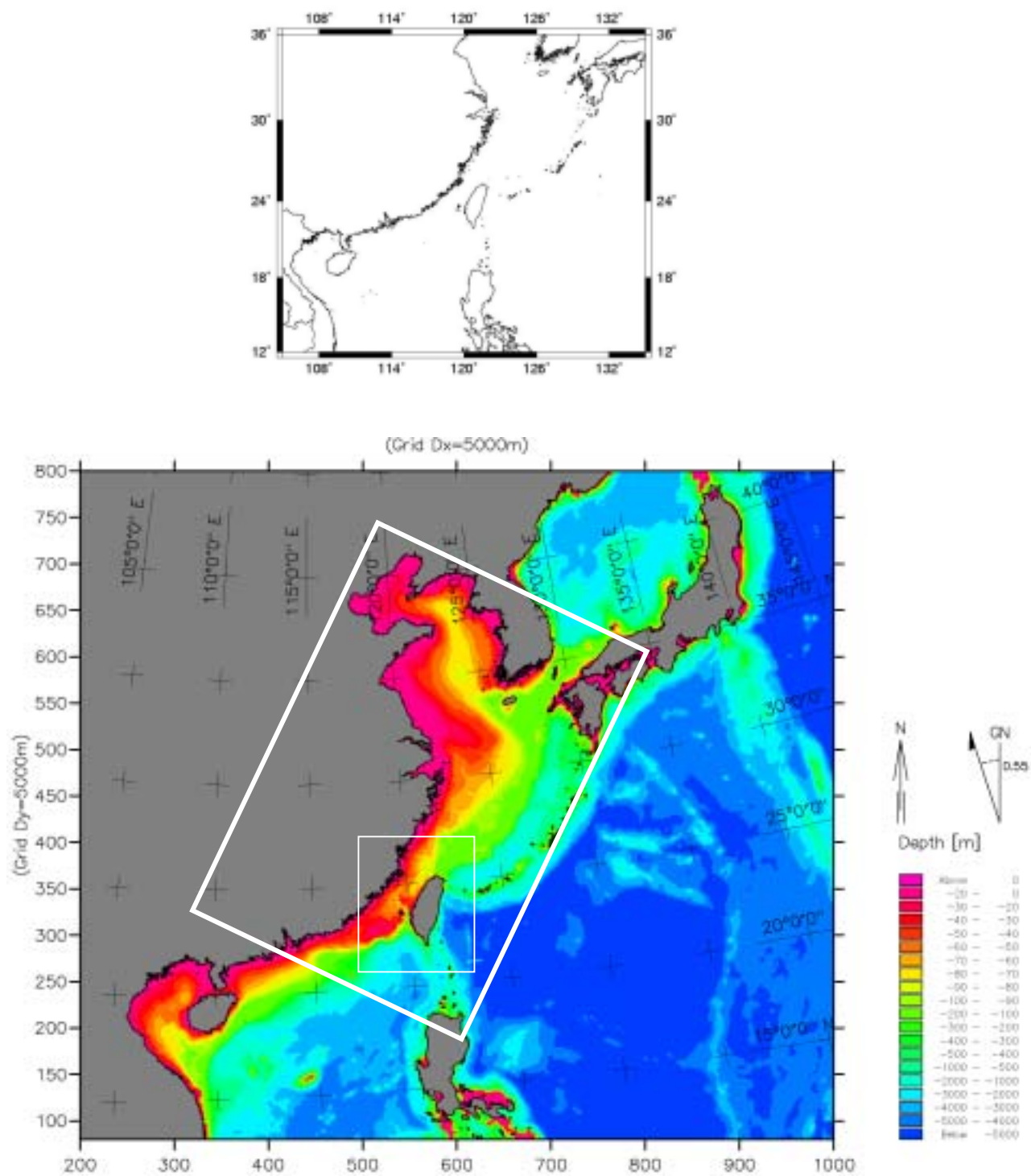


圖 2-3 東亞海域與臺灣環島海域之巢狀網格配置

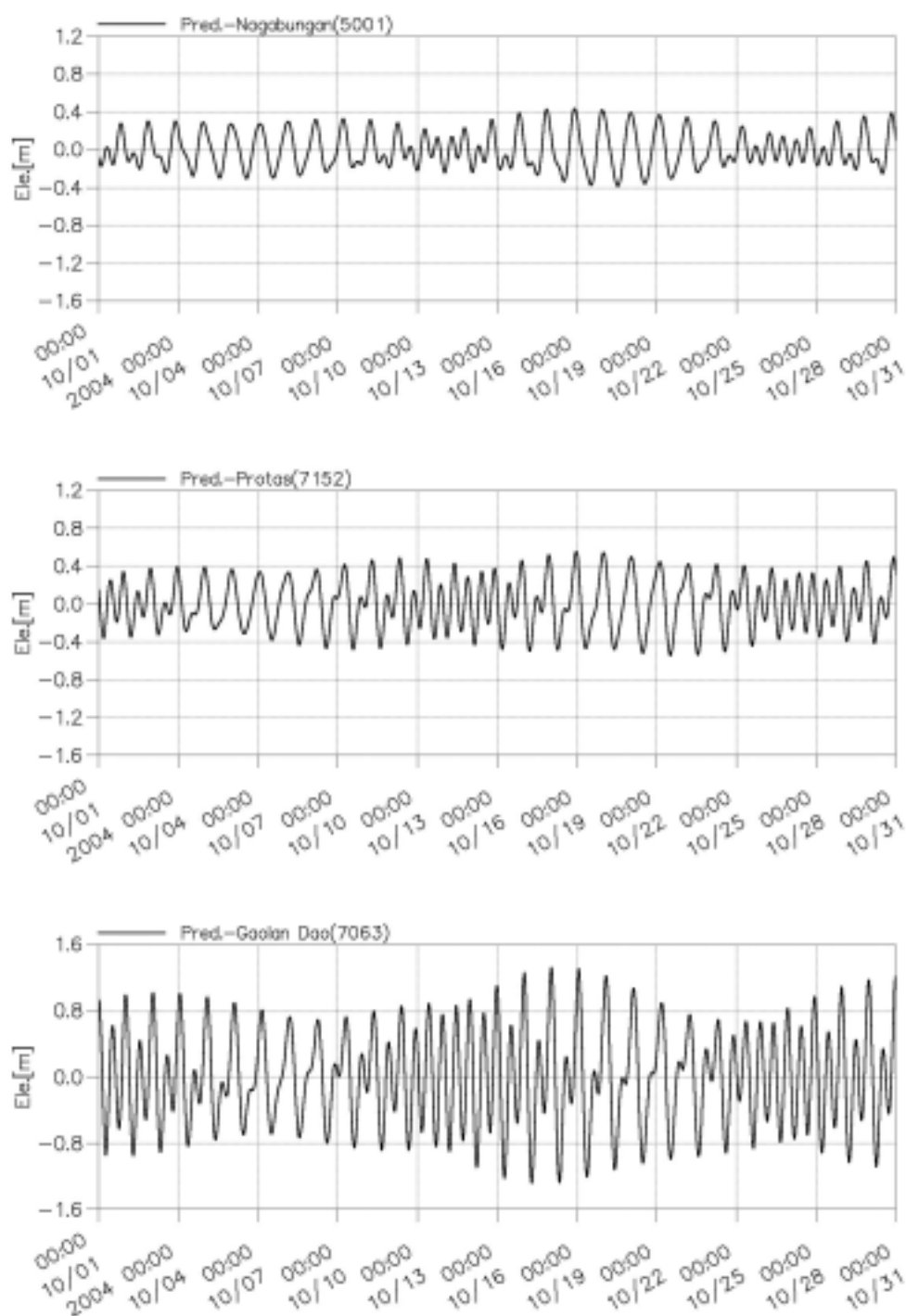


圖 2-5-1 東亞大範圍計算海域南邊界潮位站之預報逐時潮位

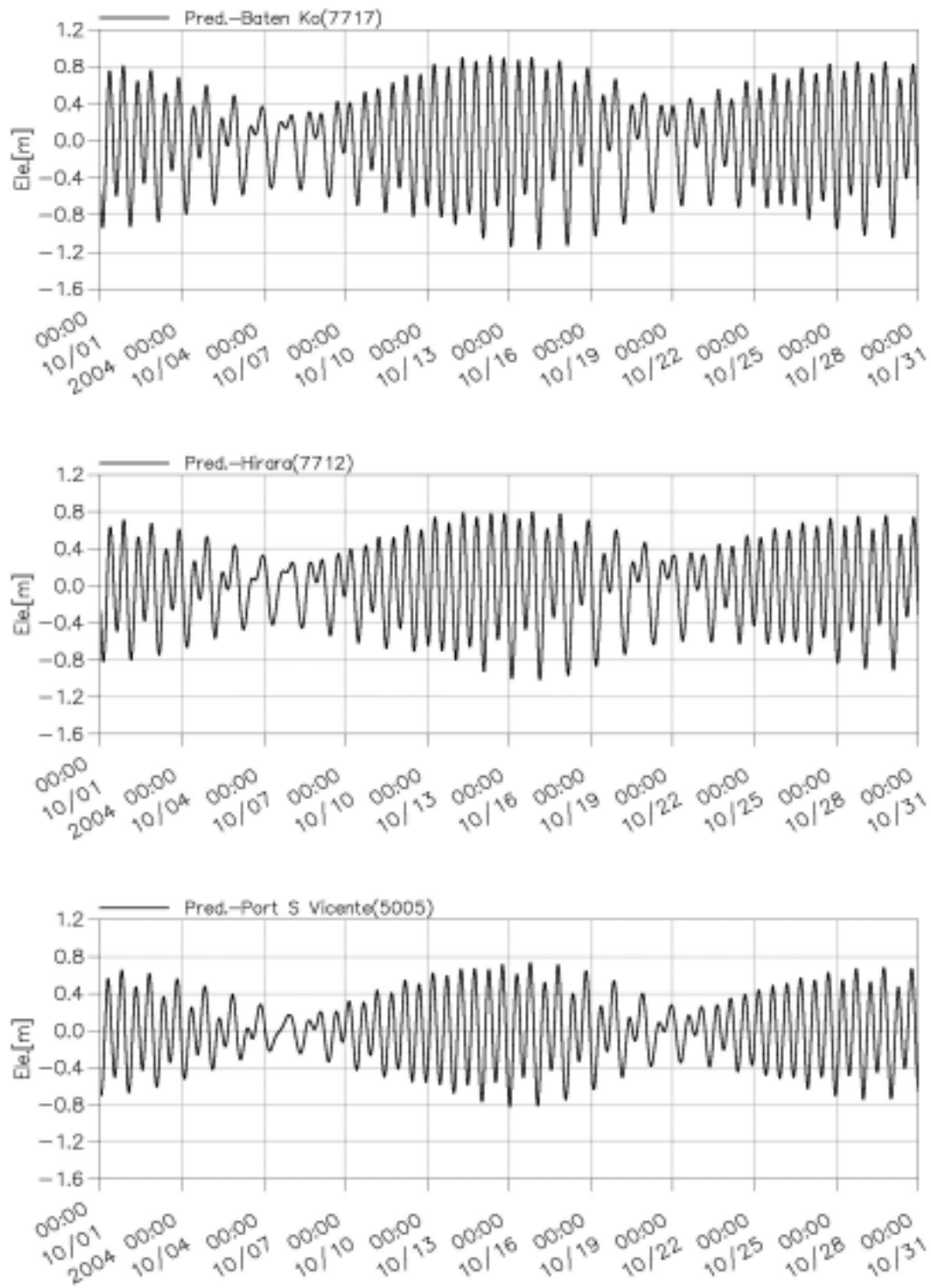


圖 2-5-2 東亞大範圍計算海域東邊界下段潮位站之預報逐時潮位

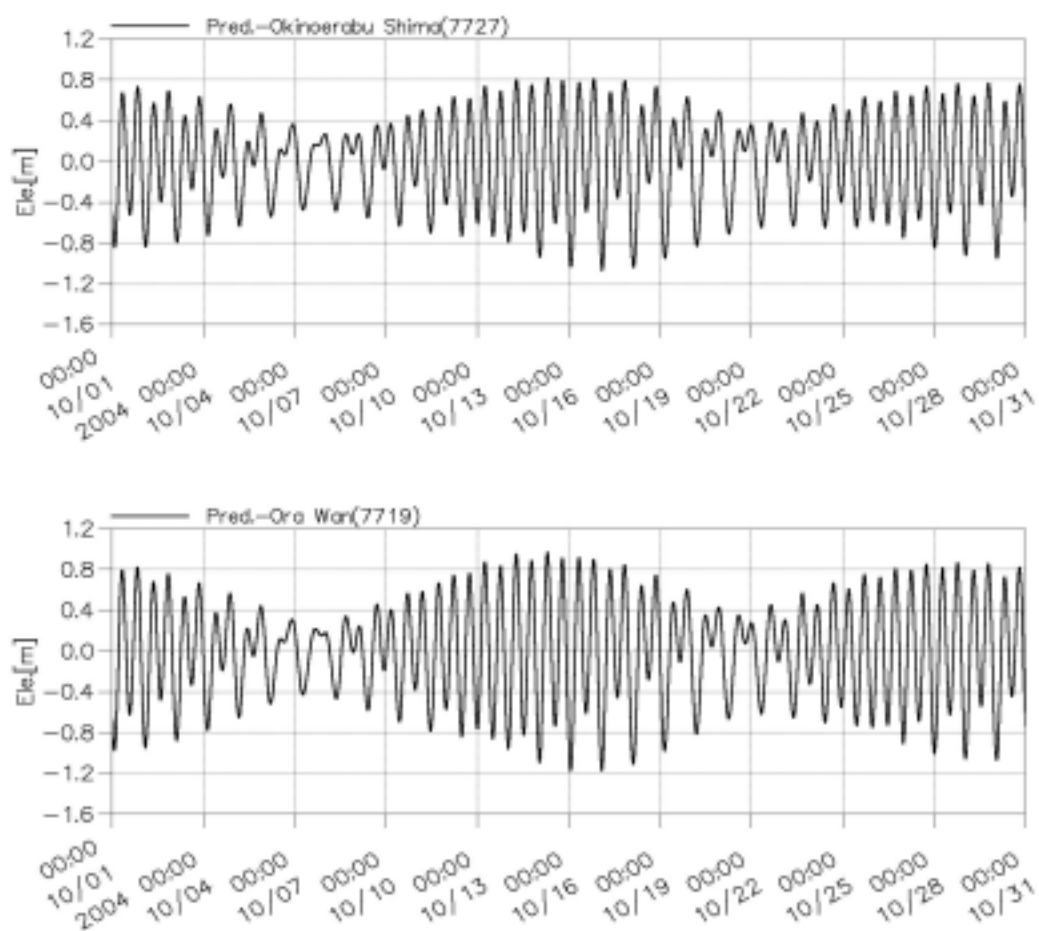


圖 2-5-3 東亞大範圍計算海域東邊界中段潮位站之預報逐時潮位

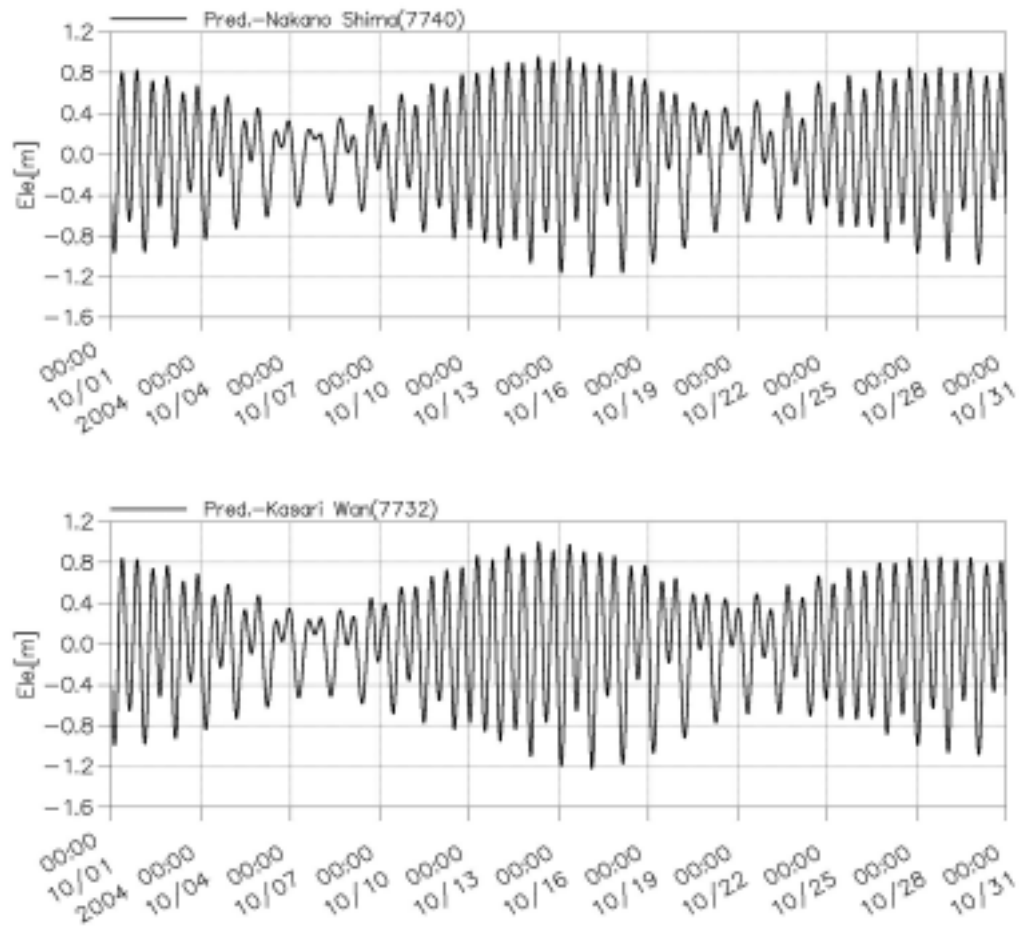


圖 2-5-4 東亞大範圍計算海域東邊界上段潮位站之預報逐時潮位

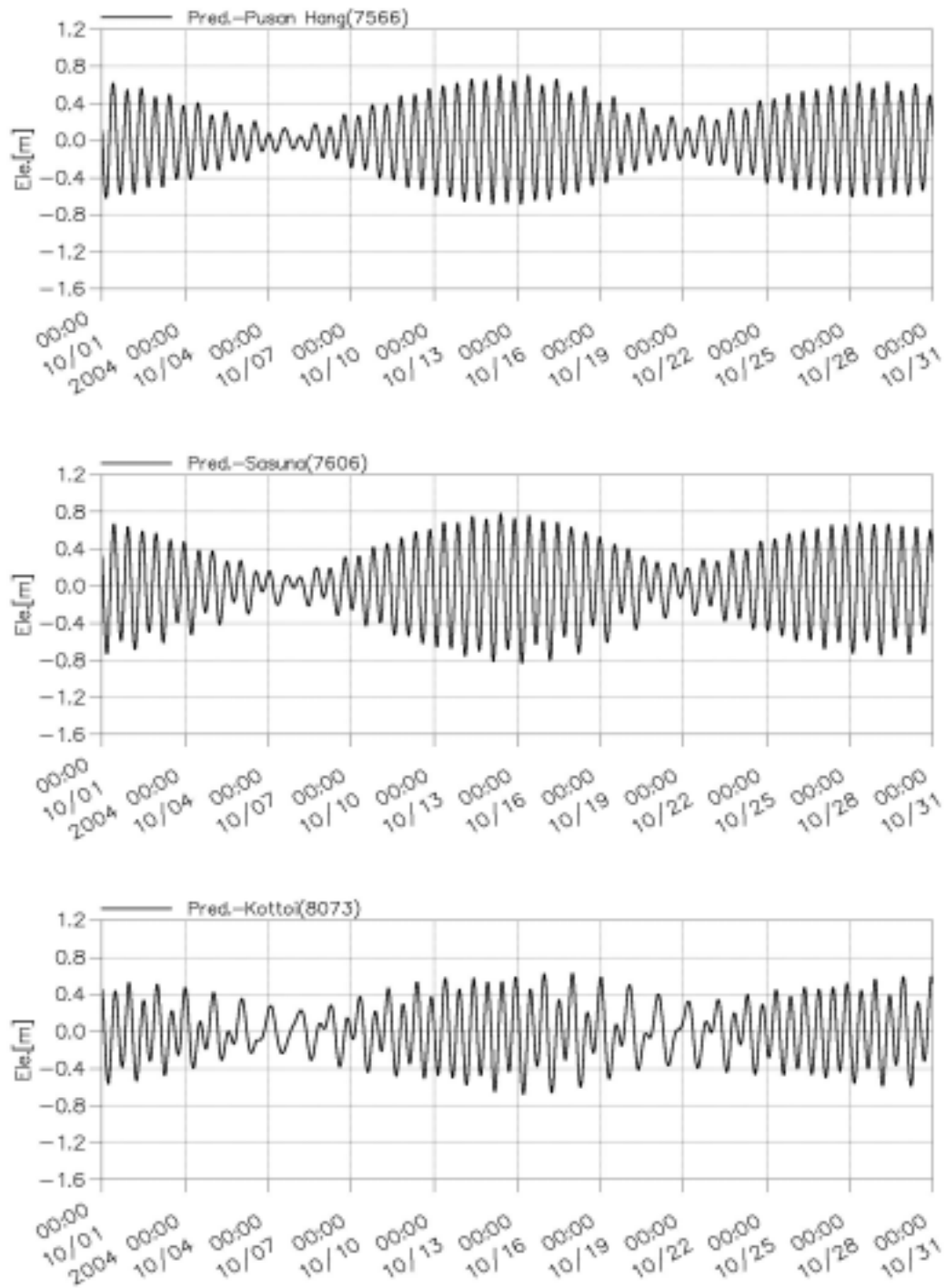


圖 2-5-5 東亞大範圍計算海域北邊界對馬海峽潮位站之預報逐時潮位

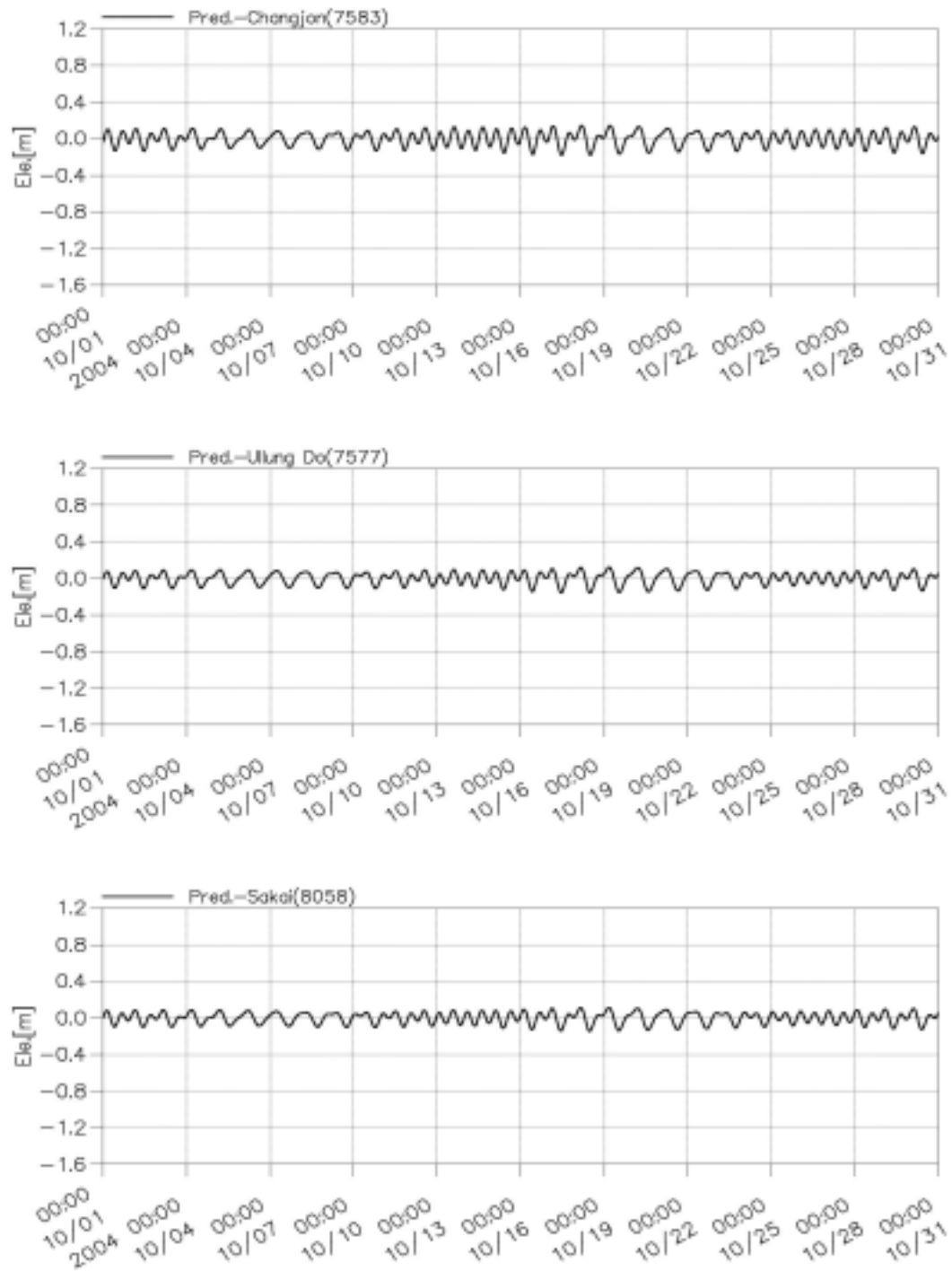


圖 2-5-6 東亞大範圍計算海域北邊界日本海潮位站之預報逐時潮位

第三章 東亞海域之潮波模擬與地形水深變化影響

3.1 潮波運動概述

緊鄰且位在東亞大陸棚架上之臺灣海峽，就總體地形而言，其形狀實際甚近似於一南、北兩端封閉(因水深陡峻陸架緣地形的存在)之矩形海峽(莊文傑，2000)。在包含此一近似矩形海峽之東亞陸棚海域內，於進行實際潮波模擬及探討其受地形水深影響性之前，對實際潮波之相關運動特性，作充分認識與瞭解是甚為重要且必要的。以下有關潮波運動特性之理論及說明，係摘錄自林琿 等(2000)所著：「東中國海潮波系統與海岸演變模擬研究」之論述。

探討潮波運動，實質上即是在研究潮波水質點的傳播過程。針對海域內某一特定點位的潮波運動描述，一般可用下列方式表示：

$$\zeta = H \cos(\sigma t - \theta_\zeta) + \zeta_R \quad (3-1)$$

$$U = U \cos(\sigma t - \theta_U) + U_R \quad (3-2)$$

$$V = V \cos(\sigma t - \theta_V) + V_R \quad (3-3)$$

式中， H, U, V 分別為潮位和潮流東、西分量的振幅； $\theta_R, \theta_U, \theta_V$ 分別為相對應的相位遲角； ζ_R, U_R, V_R 分別為對應的餘潮位和餘流分量。

潮波運動主要係透過潮位和潮流的變化來表現，其本質仍是海域水體的流動。因此，可根據流體力學之原理，從潮波運動的連續及運動方程式著手，藉以瞭解潮波運動過程中，在引潮力、摩擦力、重力、梯度力、和地轉偏向力(科氏力)等動力作用下，有關波動形態、潮位變化、乃至於潮流變化的特性。而按動力學特性的不同，潮波運動大致可分為以下三類：(1)大洋深海的潮波運動。此種波動是一種強迫振動，引潮力扮演甚為重要的角色，外力與水質點的運動以線性效應為主，當然科

氏力隨緯度的變化也須納入考量；(2)大陸棚架緣附近的過渡海域以及陸棚海域的潮波運動。此種波動主要是由引潮力直接作用所引起的強迫振動與相鄰的深海潮波傳播至該海域內所引起的自由振動所組合，水質點的運動也以線性效應為主；(3)港灣或河口等沿岸淺海的潮波運動。此種波動完全是由毗鄰的大陸棚或深海潮波所引動的結果，波動特性屬於自由振動，非線性效應顯著，且邊界摩擦對潮波能量的消耗具重要的影響。

研究深海潮波運動，一般採用球面坐標系統下的潮波運動偏微分方程式，即

$$\frac{\partial U}{\partial t} = fV - \frac{g}{r \cos \Phi} \frac{\partial}{\partial \lambda} (\zeta - \bar{\zeta}) \quad (3-4)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} = -fU - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \phi} (\zeta - \bar{\zeta}) \quad (3-5)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{r \cos \Phi} \left[\frac{\partial}{\partial \lambda} (Uh) + \frac{\partial}{\partial \Phi} (Vh \cos \Phi) \right] = 0 \quad (3-6)$$

式中， h 為靜水深； ζ 為水面波動值； λ 、 Φ 分別為地球經緯度， U 、 V 分別為地球經線和緯度線方向的潮流流速分量； $f = 2\omega \sin \Phi$ 為科氏力係數， $\omega = 7.29 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 為地球自轉角速度； $\bar{\zeta}$ 為強迫力的引潮勢所對應的靜力潮高(即平衡潮潮高)。

至於在淺水海域，潮波運動方程式宜採用直角坐標系統表示，並按照潮波運動的特點(水平尺度遠大於垂直尺度)而簡化為下列之平面二維形式：

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = fV - g \frac{\partial}{\partial x} (\zeta - \bar{\zeta}) + A_H \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) - \kappa U \quad (3-7)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = -fU - g \frac{\partial}{\partial y} (\zeta - \bar{\zeta}) + A_H \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right) - \kappa V \quad (3-8)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (UD) + \frac{\partial}{\partial y} (VD) = 0 \quad (3-9)$$

式中， $D = h + \zeta$ 為總水深； x 、 y 分別為平面坐標系統之東、北方向； U 、 V 為相對應的潮流流速分量； A_H 為水平渦度係數； κ 為底床摩擦係數。

針對淺水海域的自由潮波($\bar{\zeta} = 0$)，有關其基本運動型態，在等深條件下，若忽略非線性效應、引潮力、摩擦力、科氏力等外力之作用時，僅考慮沿 x 方向傳播的潮波運動(即 $V = 0$)，則由式(3-7)至式(3-9)可得波動方程式為

$$\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} - gh \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} = 0 \quad (3-10)$$

而其通解為

$$\zeta = F(x - ct) + F(x + ct) \quad (3-11)$$

式中， $C = \sqrt{gh}$ 為潮波之波速；正 x 軸向為波動行進方向； $F(x - ct)$ 及 $F(x + ct)$ 則分別為入、反射波之水面波動值。當沿傳播方向(+ x)沒有邊界限制時，即不存在反射波，則依據式(3-1)，可得單一之水面波動值為

$$\zeta = H \cos[\sigma(\frac{x}{c} - t)] \quad (3-12)$$

將式(3-12)之水面波動值(潮位)代入式(3-7)之運動方程式中，可得潮流流速為

$$U = \frac{g}{c} H \cos[\sigma(\frac{x}{c} - t)] \quad (3-13)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{g\zeta}{c} \\ &= \frac{c\zeta}{h} \end{aligned} \quad (3-14)$$

在此種情況下，潮流流速 U 和潮位 ζ 是同步變化的，具有這種波動型態的潮波即稱為進行潮波。而事實上，潮波在傳播過程中，難免會遭遇岸壁或因特殊的地形變化而形成反射波，並與原入射波共存且相互作用

用。因此，在全反射的情況下，則潮位可表示為

$$\zeta = H \cos[\sigma(\frac{x}{c} - t)] + H \cos[\sigma(\frac{x}{c} + t)] = 2H \cos \frac{\sigma x}{c} \cos \sigma t \quad (3-15)$$

而相對的潮流流速則可表示為

$$U = \frac{2g}{c} H \sin \frac{\sigma x}{c} \sin \sigma t \quad (3-16)$$

在此一情況下，潮流流速和潮位是不同步變化的，兩者相位差為 $\pi/2$ ，具有此種波動形態的潮波稱為駐潮波。針對駐潮波而言，潮位值為零處稱為波節點，也稱為無潮點；潮位值最大處稱為波腹點。駐潮波有一甚為特殊的波動特徵，即在波節點處潮流流速最大，而在波腹點處潮流流速為零。在大部分地實際情況下，由於潮波之不完全反射，外加非線性效應、引潮力、摩擦力、與科氏力等外力效應之作用，使得潮波運動常常介于進行潮波與駐潮波之間，此種由進行潮波與駐潮波所組合而成之波動，稱為進行駐波。在實際海域中，旋轉潮波即為此類。

在等深的狹長海域(海峽)內，設定 x 軸位於海峽的中軸線上，若考慮地球自轉偏向力 - 科氏力之作用，則進行潮波之潮位及潮流流速可分別表示為

$$\zeta = H e^{-\frac{f}{c}y} \cos[\sigma(\frac{x}{c} - t)] \quad (3-17)$$

$$\begin{aligned} U &= \frac{g}{c} H e^{-\frac{f}{c}y} \cos[\sigma(\frac{x}{c} - t)] \\ &= \frac{c}{h} \zeta \end{aligned} \quad (3-18)$$

因此，依據式(3-17)，若此狹長海峽位在北半球($f > 0$)且潮波沿 x 正方向傳播，則在此一進行潮波之波峰處，沿傳播方向之右手側潮位將較高；而左手側的潮位將較低。此為地球自轉偏向力 - 科氏力影響所造成。至於潮流之流速，依據式(3-18)，仍可見其與潮位的變化是同步的。具有這種運動特徵的波動，最早係由 Kelvin 首先研究發現，故稱為凱

文波(Kelvin waves)。

類比於駐潮波，如果在等深的狹長海域(海峽)內，同時存在兩個傳播方向相反的進行凱文波，則海峽中的波動可表示為

$$\zeta = 2H[\cosh(\frac{f}{c}y)\cos(\frac{\sigma}{c}x)\cos(\sigma t) - \sinh(\frac{f}{c}y)\sin(\frac{\sigma}{c}x)\sin(\sigma t)] \quad (3-19)$$

依據式(3-19)，若等深狹長海峽之中軸線緯度選擇為 44.5° 、平均深度為 40 米、寬度 400 km、則兩個週期皆為 12 小時而方向相反的進行凱文波相疊加，其潮位的波動型態將如圖 3-1 所示。圖中，實線為潮波之波動高程；虛線為潮時相位，很明顯地，其波動型態即為旋轉潮波。

在等深的狹長海峽內，若同時考慮科氏力與摩擦力之作用，則海峽中的波動可表示為

$$\zeta = He^{-\theta_\zeta} \cos(\theta_U - \sigma t) \quad (3-20)$$

$$U = \frac{gH}{c} \frac{1}{\sqrt{p}} e^{-\theta_\zeta} \cos(\theta_U - \sigma t - \gamma) \quad (3-21)$$

式中， $p = \sqrt{1 + \mu^2}$ ； $\mu = \frac{\kappa}{\sigma}$ ； $\gamma = \tan^{-1} \sqrt{(p-1)/(p+1)}$

$$\theta_\zeta = \alpha_1 y + \beta_1 x ; \alpha_1 = \frac{f}{c} \sqrt{(p+1)/2} / p ; \beta_1 = \frac{\sigma}{c} \sqrt{(p-1)/2}$$

$$\theta_U = \alpha_2 y + \beta_2 x ; \alpha_2 = \frac{f}{c} \sqrt{(p-1)/2} / p ; \beta_2 = \frac{\sigma}{c} \sqrt{(p+1)/2}$$

由式(3-20)及式(3-21)可看出，旋轉潮波的最高潮位和最大潮流是不同時發生的，兩者相差一個相位角度 γ ，於無摩擦效應時， $\gamma = 0^\circ$ ；摩擦效應最大時， $\gamma \rightarrow 45^\circ$ (i.e., $\tan \gamma \rightarrow 1$)。而在實際海域內，摩擦效應將使潮位及潮流流速的相位差介於 0° 和 45° 之間。同樣地，在等深的狹長海峽內，若綜合考慮科氏力與摩擦力之作用，且同時存在兩個傳播方向相反的凱文波，則海峽內的合成波動為

$$\zeta = 2H(\cosh \theta_\zeta \cos \theta_U \cos \sigma t - \sinh \theta_\zeta \sin \theta_U \sin \sigma t) \quad (3-22)$$

依據式(3-22)，若等深狹長海峽之中軸線緯度仍選擇為 44.5° 、平均深度為 40 米、寬度 400 km、 $\mu = 0.2$ ，則兩個週期皆為 12 小時而方向相反的進行凱文波相疊加，其潮位的波動型態將如圖 3-2 所示。

比較圖 3-2 與圖 3-1 可知，由於底床摩擦作用，圖 3-2 所示的無潮點位置明顯偏移中軸線，而且隨著 x 的增加，偏移程度也加大，此可從圖 3-2 中順中軸線遠端的無潮點位置明顯比順中軸線近端偏移量加大說明。此外，圖 3-2 中尚顯示，海峽兩側的潮差也發生變化，即順中軸線左側的潮位增大，而右側的潮位減小，以致在中軸線垂直方向上產生潮位梯度，因而在該方向衍生週期性的潮位變化及水體流動。

當再加入非線性效應之考量時，理論證明，即使不考量摩擦效應，非線性效應仍會使單純的潮波運動顯現倍潮波，同時也會衍生一系列之複合潮波，致使潮波運動變得極為複雜。另外，複雜因素下的潮位和潮流的展現型態，還會出現式(3-1)至式(3-3)所示的常數項(ζ_R 、 U_R 和 V_R)，潮波透過這些常數項而進一步與平均海水面的變化和潮殘餘流產生關聯。

潮波從海洋向陸棚等近海傳播之運動過程，其實也是能量傳遞的過程。對進行潮波而言，在水深為 h 的特定位置海域，波動單位表面積的動能(KE)為

$$KE = \frac{1}{2} \rho h U^2 \quad (3-23)$$

而因波動使水面升高 ζ 的位能(KP)為

$$KP = \frac{1}{2} \rho g \zeta^2 \quad (3-23)$$

應用式(3-14)之流速與水位關係，可知淺水波的動能與位能事實上是相等的，因此，可得淺水進行波在水深為 h 的特定位置海域，波動單位表面積的總波能(E)為

$$E = \rho g \zeta^2 = \rho h U^2 \quad (3-24)$$

當考量潮波自深海傳播至淺海之地形水深影響性時，若忽略因摩擦而產生的能量耗散，則依據總波能通量守恒之關係可得

$$U_1 = U_0 \sqrt{\frac{h_0}{h_1}} \sqrt{\frac{c_0}{c_1}} \quad (3-25)$$

$$\zeta_1 = \zeta_0 \sqrt{\frac{c_0}{c_1}} \quad (3-26)$$

式中， ζ_0 、 U_0 、 h_0 分別為深海潮波之水位、流速、及所在水深； ζ_1 、 U_1 、 h_1 分別為潮波傳遞至淺海區之水位、流速、及水深。從式(3-25)及式(3-26)可知，潮波從深海傳播至淺海，由於水深變淺，故其流速及水位皆將增大。此結果說明，大陸棚架地形上的淺水海域，因其潮波之潮位及潮流皆較深海強，故為潮波運動的活躍海域。

潮波運動系統或其特徵一般可用同潮圖來描述，如圖 3-1 及圖 3-2 所示。而每一同潮圖係分別由兩組等值線所組成，其中，一組為潮位等振幅線，另一組為潮位同潮時線。潮位等振幅線之構成為在潮波的一個運動週期內，把潮位振幅(H)相等的不同地點以線連接而得，振幅的兩倍即為潮差，故有時亦可用等潮差線代替等振幅線；潮位同潮時線之構成為在潮波的一個運動週期內，把同時發生滿潮的不同地點以線連接而得。潮位同潮時線的會合點一般稱為無潮點，在無潮點海域，高潮和低潮的發生時間是不確定的，也就是說，在該海域不存在高潮或低潮，換句話說，即潮波的振幅是接近於零。鑑此，潮波運動特徵透過同潮圖的展現，可充分反映潮位的分布以及波面的傳播過程。

同理，潮流的流動特徵可透過潮流同潮圖來展現。其中，有連接不同地點但潮流流速相同的同流速線，或不同地點但具當地最大流速之同最大流速線；至於，連接發生最大潮流之潮時相等地點所成之連線，則稱為同潮流時線。同潮流時線之會合點稱為圓流點，而在圓流點上，潮流將不存在最大潮流發生時間，亦即合成潮流恒為常數值，不過不意謂其潮流流速之振幅為零。鑑此，潮流流動特徵透過潮流同潮圖的展現，將能清楚反映最大潮流的分布以及其發生時刻的變化。

另一方面，基於潮波運動過程中的非線性本質，因此，在特定海域中，潮波運動將引致一些持久性的流動，此即一般所謂的為潮殘餘流。依據研究調查結果顯示，只有在近岸、海中構造物近傍、及地形複雜的海灣或河口海域，潮殘餘流才比較明顯。至於其特性之表示方法，通常可分為尤拉(Euler)餘流和拉格郎奇(Lagrange)餘流兩種。

尤拉(Euler)餘流是潮流 (U, V) 在一個潮波週期 (T) 內的時間平均值，即

$$(U_E, V_E) = \frac{1}{T} \int_0^T (U, V) dt \quad (3-27)$$

而拉格郎奇(Lagrange)餘流，其實際上為尤拉(Euler)餘流與司拓克(Stokes)漂流之總和，可依據下式計算：

$$(U_L, V_L) = (U_E, V_E) + (U_S, V_S) \quad (3-28)$$

式中， (U_S, V_S) 即為司拓克(Stokes)漂流，其計算方式為

$$(U_S, V_S) = \frac{1}{TD} \int_0^T (U, V) \zeta dt \quad (3-29)$$

$$D = h + \zeta \quad (3-30)$$

海洋中，自然物質的運移常與海水的流動有關，運移方向更與水質點的流動軌跡關係密切，故長期的物質輸送過程就必須仰賴尤拉(Euler)餘流和拉格郎奇(Lagrange)餘流。其中，尤以拉格郎奇(Lagrange)餘流對解決海洋中的物質運移過程最具直接意義。

3.2 東亞現況海域之潮波及潮流計算

3.2.1 潮波及潮流計算結果

現況東亞計算海域如圖 3-3 所示。配合表 2-1 所列潮汐站之逐站迴報(hindcast)逐時潮汐序列(或如圖 2-5-1 至圖 2-5-6)，檢定並設定邊

界條件及相關參數後，依據水深積分後之二維潮波水動力模式：MIKE21_HD 進行模擬計算，可得東亞海域(含西太平洋、臺灣海峽、巴士海峽、南海、東海、黃海、勃海)計算期間(自 2004/10/06 00:00 至 2004/10/25 00:00 共 19 日)之計算潮位與潮流，其中，在 2004/10/15 00:00 至 2004/10/16 00:00 一全日潮汐週期內逐時之全平面性分布分別如圖 3-4-1 至圖 3-4-25 所示。在以上潮位與潮流之全平面性計算分布圖中，圖右之色階圖說代表計算海域內之同潮位值，同時，同潮位值也以同潮位線表示；箭矢則表示計算海域內潮流之大小與方向；圖下方之逐時潮位則為計算海域內以台中港海域逐時迴報潮位為代表之檢視參考水位。

逐時仔細觀察圖 3-4-1 至圖 3-4-25 所示之同潮位線分布可知，韓國濟洲島南端、中國大陸杭州灣口、三門灣、及溫州灣附近及臺灣海峽中段海域，其滿潮位及乾潮位變化約與台中港同步，亦即約同時顯示達到當地之滿潮及乾潮位。值得一提的是，若以連續方式觀察圖圖 3-4-1 至圖 3-4-25 所示之同潮位線變化，可發現臺灣環島海域的潮波，自西太平洋入射(incident)後，部分係以逆時鐘方向環繞呂宋島而通過巴士海峽並直接進入南海，其他大部分之西向行進潮波，係約以逆時鐘方向環繞臺灣環島陸地，且順沿中國大陸海岸由北而南傳播運行(propagating)，最大或最低潮位並始終保持在中國大陸東部沿岸之海岸線上。當此一以逆時鐘方向環繞臺灣環島陸地傳播運行之單方向行進潮波進入臺灣海峽海域後，在大陸福建沿岸之滿潮及乾潮位明顯皆較臺灣中西部沿岸之潮位大，而且在臺灣西北部的淡水至基隆及在臺灣西南部的嘉義至台南一帶海域，亦清楚可見梯度變化極大的同潮位線分布。

將以上潮波進入臺灣海峽後所呈現的潮波振盪特性，配合臺灣海峽之地形及考量分別存在臺灣西南及東北部的大陸棚架緣水深陡變地形效應影響，並與圖 3-2 所示之兩相向行進凱文波之交會特性(Pedlosky, 1982；林琿 等, 2000)相互對照比較，可進一步發現，臺灣海峽內的潮波系統，實際上與兩端封閉的矩形海峽內兩行進凱文波之交會系統甚為相似，所需注意的，只是圖 3-2 所示之兩無潮點位置，在對應上，分別約發生在臺灣西北部的基隆至淡水沿岸及在臺灣西南部的台南至高雄

沿岸而已，至於，矩形海峽的兩封閉端，則可以水深陡變的東海及南海之大陸棚架緣加以近似類比。因此，若順臺灣海峽取一約南 - 北向之中軸線，則可研判臺灣海峽海域之真實潮波，不論其為全日型或半日型分潮，應皆具有行進凱文波的特性，且其傳播行進方向，在進入臺灣海峽海域前，除了部分會直接自臺灣東部的西太平洋海域繞過北部陸地而進入臺灣海峽海域外，主要的潮波傳播運行方向，實際應以順中國大陸海岸線單一地由北而南單向傳播運動為主。當此一具凱文波特性的行進潮波進入臺灣海峽海域內，於其將通過臺灣海峽南端海域時，因受存在臺灣西南部的南海大陸棚架緣水深陡變地形影響，導致南向行進之潮波產生反射，反射潮波在臺灣海峽內，因此改變行進方向而轉變為順沿臺灣西部海岸北上，故而在臺灣海峽內自然地形成兩相向行進凱文波之潮波交會系統。其中，值得特別注意的是，因南海大陸棚架緣水深陡變地形影響而形成順沿臺灣西部海岸北上的反射潮波，於其將通過臺灣海峽北端海域而進入東海前，會再因存在臺灣東北部的東海大陸棚架緣水深陡變地形影響而再次被反射，並再以由北而南之主要行進方向傳播行進在臺灣海峽內。所以，在中國大陸綿長海岸線、東亞大陸棚架、及臺灣海峽特殊地形之總體搭配與綜合影響下，臺灣海峽海域除了可用兩端近似封閉之矩形海峽近似外，其中尚明顯可見相向行進凱文波相交會之旋轉潮波系統。

基於臺灣海峽海域之特殊矩形海峽地形，加上潮波所呈現相向行進凱文波相疊加之旋轉潮波特性，故而在臺灣西北部的基隆至淡水沿岸及在臺灣西南部的台南至高雄沿岸之近似無潮點位置上，即約在臺灣海峽南、北兩端海域，形成形如部分重複駐波波節點(node)，而在海峽中段海域，形成如部分重複駐波波腹點(anti-node)之潮波整體振盪波形(莊文傑，2000；Lin et al. 2000；2001)。緣於此部分重複駐波在臺灣海峽海域之振盪特性，故而約在臺灣海峽海域南、北兩端之陸架邊緣海域(南端約在將軍、澎湖以南，北端約在基隆、鼻頭角以北)，海潮流之強度一般皆甚強。此外，觀察圖 3-4-1 至圖 3-4-25 之海潮流大小與方向變化可知，當台中港潮位在滿潮位及乾潮位後約二小時，於臺灣海峽南、北

兩端的無潮點海域皆可見甚強勁的潮流流速，且當台中港潮位自滿潮位後而逐漸退潮時，海潮流將分別從臺灣海峽中段海域向南、北兩端流出；而當台中港潮位通過乾潮位且逐漸漲潮時，海潮流將分別從臺灣海峽南、北兩端流入，至於在臺灣海峽中段海域內，無論台中港潮位高低，海潮流之流速始終甚微弱。從以上臺灣海峽海域內海潮流強度與流向之變化特性，亦可確認旋轉潮波系統在臺灣西部沿岸海域所呈現部分重複駐波之明顯振盪型態。

此外，以台中港區之迴報潮位為參考基準檢視臺灣海峽北、中、南端海域之計算潮流特性，綜合可得：在臺灣海峽內，不論北、中、南水域，最大之潮流流速一般皆發生於當台中港之潮位為接近平潮位時，且在臺灣海峽北端海域之最大流速約達 45 cm/s，最小流速約為 10 cm/s 左右，潮流流向隨潮位高低而作逆時鐘方向旋轉之變化。在漲潮期間，最大流速約保持為正西(270°)方向；在退潮期間，最大流速約保持為正東(90°)方向。在臺灣海峽中部的台中港海域，流向及流速隨潮位的變化如圖 3-5 所示，由圖觀察可見，最大流速約僅 12 cm/s 左右，最小流速可低至 7 cm/s，潮流流向隨潮位高低作順時鐘方向旋轉之變化，惟漲潮時段最大流速約為正南(180°)方向，退潮時段則轉變為正北(0°)方向。在臺灣海峽南端海域，其最大流速可達約 80 cm/s，最小流速仍約有 20 cm/s，潮流流向隨潮位高低亦作順時鐘方向旋轉之變化，漲潮時段內，最大流速為正北向，退潮時段內，最大流速為正南向。整體而論，當台中港海域之潮位在漲潮時段，則由低潮位開始，臺灣海峽南、北兩端之潮流將分別從陸架緣端外開始流向臺灣海峽中部水域，各陸架緣端內流向海峽中段水域之潮流速度於台中港區潮位漲至平潮時刻時達到最大，並於台中港區潮位達到高潮時刻時減到最小，其後，當台中港潮位處於退潮時段，由高潮時刻至平潮位期間，臺灣海峽南、北兩端之潮流分別以順時鐘及逆時鐘旋轉方向，潮流轉而自陸架上流向陸架外。流出之潮流速度於台中港水位為平潮位時再次達到最大，而後，隨著台中港區水位逐漸接近低潮位而流出之速度才漸減小。接著再回復至台中港潮位處於漲潮期間之流況，如此週而復始。

經由以上臺灣海峽南、北兩端潮流流速大小與方向隨台中港海域潮位之變化關係可知，臺灣海峽中段或台中港海域之潮位振盪起伏狀況，明顯地主控著臺灣海峽水域整體潮流流速之變化特性。此外，在臺灣西南部的七股、安平及東北部的富貴角、基隆外海，由於該兩海域皆接近部分重複駐波之波節點位置，故在潮流流速之分布上可明顯看出其皆呈現有流速較大之特性。只是在臺灣東北部的龍峒、深澳及鹽寮外海，雖其亦為部分重複駐波波節點存在之鄰近海域，但因其在陸架緣端附近，因此，由於水深變化之影響以致大流速並未明顯地呈現於該海域。

3.2.2 計算潮位驗證

由於東亞大範圍海域潮波水動力模擬邊界水位係皆引用相關調和分析常數所迴報之結果，故而在以下有關計算潮位之驗證中，臺灣環島部分驗潮站之水位於計算時段內，亦皆以迴報潮汐資料作為比較驗證之基準。

由於本研究方法係直接沿續臺灣四周海域潮位及潮流之系列數值模擬結果，因此，為確認東亞大範圍計算海域邊界潮位設定及相關計算結果之準確性，於臺灣環島沿岸海域，取蘇澳(SA)、淡水(TS)、台中(TC)、澎湖(MK)、將軍(CC)、高雄(KS)、鵝鑾嘴(SK)、富岡(FK)、及成功(CK)為驗潮站；在中國大陸沿岸海域，取鎮海(ZH)、東引(DY)、馬祖(MZ)、烏坵(WC)、廈門(SM)、及汕頭(ST)為驗潮站，各驗潮站在東亞計算海域之相對網格位置如表 2-2 所示。模擬計算潮位與各驗潮站之迴報潮位之驗證比較，分別如圖 3-6-1 至圖 3-6-5 所示。觀察各驗潮站之潮位驗證比較結果可得，各驗潮站之計算潮位與潮時大多皆與迴報資料頗為吻合，但座落於臺灣西南部沿岸之澎湖、將軍、及高雄驗潮站，與座落於大陸北部沿岸之鎮海、東引、及南部沿岸之廈門等驗潮站，其計算潮位及潮時仍與迴報值具有些微差異，造成計算潮位及潮時偏差的原因，主要應係驗潮站所在之局部海域地形水深較粗略及陸架緣水深地形無法在計算中準確顯現其影響性之故。僅管如此，應用二維水動力模式：MIKE21_HD，配合本研究所選用之邊界潮位站，總體上，對臺灣

環島海域之潮位與潮時變化特性及分布趨勢，仍可確實充分掌握並全面完整地呈現。

3.2.3 計算海域北側潮位邊界條件影響性分析

基於潮波所具有之凱文波特特性，及其在東海、黃海北側沿岸海域明顯呈現為逆時鐘之旋轉行進方向，因此，有必要先檢核以對馬海峽的潮位邊界條件替代原設定在日本海的潮位邊界條件對現況東亞計算海域(圖 3-3)潮波水動力之影響性。故重新調整現況東亞計算海域如圖 3-7 所示，配合表 2-1 所列潮汐站之逐站迴報(hindcast)逐時潮汐序列(或如圖 2-5-1 至圖 2-5-6)設定邊界條件及應用已率定之相關參數後，依據水深積分後之二維潮波水動力模式：MIKE21_HD 進行模擬計算，可得調整計算海域後，現況東亞海域(含西太平洋、臺灣海峽、巴士海峽、南海、東海、黃海、渤海)計算期間(自 2004/10/06 00:00 至 2004/10/25 00:00 共 19 日)之計算潮位與潮流，其在 2004/10/15 00:00 至 2004/10/16 00:00 一全日潮汐週期內逐時之全平面性分布分別如圖 3-8-1 至圖 3-8-25 所示。在以上潮位與潮流之全平面性計算分布圖中，圖右之色階圖說代表計算海域內之同潮位值，同時，同潮位值也以同潮位線表示；箭矢則表示計算海域內潮流之大小與方向；圖下方之逐時潮位則為計算海域內以台中港海域逐時迴報潮位為代表之檢視參考水位。

逐時比較並對照圖 3-8-1 至圖 3-8-25 及圖 3-4-1 至圖 3-4-25 所示之同潮位線分布可知，東海、黃海、渤海、臺灣海峽、及南海的原旋轉潮波特特性皆完全保持，所呈現的潮流特性亦完全相同。圖 3-9 所示即為計算海域北側邊界調整前後，針對台中港海域潮流流向、流速、及潮位的驗證結果，而圖 3-10-1 至圖 3-10-5 所示則為於臺灣環島沿岸海域，取蘇澳、淡水、台中、澎湖、將軍、高雄、鵝鑾嘴、富崗、及成功為驗潮站；在中國大陸沿岸海域，取鎮海、東引、馬祖、烏坵、廈門、及汕頭為驗潮站之計算潮位逐時驗證比較。從以上逐站及逐時之潮位驗證比較結果，可得中國大陸沿海及臺灣環島沿岸，計算逐時潮位亦完全相吻合。可見，只要有良好、可靠的潮位邊界條件可供設定應用，潮波及潮

流的水動力計算應是具同樣準確性的。

鑑於計算海域調整後的潮波及潮流水動力計算結果具有同樣準確性，因此，本研究後續的地形水深變化對潮波振盪特性的影響評估，皆將以圖 3-7 所示的計算海域為基準，並應用對馬海峽的潮位邊界條件及經率定之相關參數。

3.3 地形水深變化與評估斷面規劃及現況潮波振盪特性

為清楚地探討臺灣海峽海域內旋轉潮波系統的特性，釐清東亞海域主要的潮波行進方向，並探討東亞大陸棚架、臺灣灘、及臺灣海峽水深地形等對臺灣環島海域潮波振盪型態之影響性，本研究所規劃的地形水深變化配置如表 3-1 所示，進行臺灣環島海域潮波振盪型態影響性分析及評估的主要斷面座落如圖 3-11 所示，各斷面的詳細位置則如表 3-2 所示。

為建立後續的地形水深變化對潮波振盪特性影響之比較評估基準，針對現況海域之水深地形，自圖 3-8-1 至圖 3-8-25 之序列潮波計算結果中，依據圖 3-11 所示之各斷面位置，萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之綜合振盪型態，結果分別如圖 3-12-1 至圖 3-12-5 所示。從現況不同評估斷面所萃取的潮波綜合振盪型態觀察可得：

第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口，如圖 3-12-1 所示)：潮波自西太平洋入射，在其通過沖繩島弧且抵達東海陸架緣前，潮波振幅約始終保持為 1.0 公尺，沖繩島弧及海槽地形水深皆未見有明顯的影響，但當潮波行進至寬約 400 公里的東海陸架上，潮波振幅自陸架緣起至中國大陸沿岸已均勻且明顯地自 1.0 公尺漸增至約 2.2 公尺。而造成潮波振幅在陸架地形上明顯增大的原因，基於陸架上的水深在約 200 米以內之變化有限，因此，可排除因淺水效應所導致潮波振幅增大的顧慮，同時，再基於北半球大尺度潮波的逆時鐘旋轉行進運動特性，有關

潮波受中國大陸海岸線反射的振幅增大效應也可大幅降低，所以，在東海陸架上，造成陸架左側的潮波振幅明顯高於其右側的最重要且主要的成因，明顯係潮波(含全日型及半日型等分潮)以具凱文波的特性(參見本章第一節)由北而南順沿中國大陸海岸行進傳播所致。

第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側，如圖 3-12-2 所示)：本斷面的綜合潮波振盪型態與第一斷面所呈現的甚相近似。即若潮波自西太平洋入射，在其通過沖繩島弧且抵達臺灣東北部之東海陸架緣前，潮波振幅仍始終保持約為 0.8 公尺，但當潮波行進至寬度窄縮至僅約 250 公里的東海陸架上，潮波振幅自陸架緣起至中國大陸沿岸已均勻且明顯地自 0.8 公尺漸增至約 2.7 公尺。可見沖繩島弧及海槽地形水深對臺灣海峽北側潮波振盪型態已稍見其影響性，尤其是在鄰近臺灣東北部之東海陸架緣左內側，因陸架緣水深陡變及臺灣海峽地形之綜合影響而在鄰近臺灣東北部海域所呈現之旋轉潮波無潮點已明顯可見。此外，基於東海陸架寬度的變化(第一斷面寬約 400 公里，本斷面寬約 250 公里)及潮波在東海陸架上(第一斷面)所呈現之特性與行進傳播方向，故可推斷，臺灣海峽北側海域的潮波，其仍具有凱文波的主要特性，且其行進傳播方向亦以由北而南順沿中國大陸海岸為主。在本斷面之陸架地形上，潮波振幅明顯高於第一斷面及無潮點明顯呈現之原因，除陸架寬度的窄縮變化影響外，臺灣海峽海域的反射潮波，方應是關鍵性影響的主控因素。

第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段，如圖 3-12-3 所示)：本斷面的位置位於臺灣海峽之中段海域，全斷面實際上跨越了臺灣本島陸地，原本陸地上應無潮波振盪存在，但為清楚呈現臺灣本島陸地地形對潮波相位角(潮時)之影響，本研究因此將陸地地形左、右兩側的同潮時振盪線直接以直線相連接。所以，在本斷面之綜合潮波振盪型態(圖 3-12-3)中，左半側寬約 150 公里的淺水區屬於臺灣海峽中段海域；自臺灣中西部海岸起至陸架緣間寬約 120 公里的淺水區為臺灣本島中部之陸地；陸架緣右側即為臺灣東部海岸所面對深邃的太平洋海域，當太平洋與臺灣海峽海域的潮波振盪具潮時相位差時，本斷面在陸地位置上，將出現類似無潮點之綜合潮波振盪型態。此外，觀察本斷面之綜

合潮波振盪型態可看出，即若潮波自西太平洋入射，但在臺灣東部海岸或陸架緣右側，潮波振幅在深邃的太平洋海域始終保持約為 0.8 公尺，且未見明顯的行進潮波反射效應；而在臺灣海峽中段海域內，因中國大陸沿岸的潮波振幅大於臺灣西部沿岸，故可判定，潮波仍具有南向行進凱文波的特性。值得特別注意的是，在中國大陸沿岸，潮波振幅可達約 3.0 公尺，比第二斷面之最大潮波振幅(約 2.7 公尺)還大。造成潮波振幅再增大之原因，除了因臺灣海峽的存在而使南向行進潮波通過寬度逐漸窄縮(第二斷面寬約 250 公里，本斷面寬約 150 公里)之陸架地形效應外，臺灣海峽海域南側陸架地形影響所造成反射潮波，其與入射潮波在海峽內的交會疊加效應，方應為關鍵性的影響因素。

第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側，如圖 3-12-4 所示)：本斷面的綜合潮波振盪型態，與臺灣海峽中、北側斷面相對照比較，除了南海陸架緣左內側明顯存在有類似無潮點的型態相似外，其他的特性則有較大的變化。即當潮波以具凱文波的特性由北順沿中國大陸海岸向南行進，於將通過臺灣海峽南側海域時，由於受到南海陸架地形、陸架寬度逐漸放大(第三斷面寬約 150 公里，本斷面寬約 250 公里)及南海旋轉潮波系統的綜合影響，致使本斷面綜合潮波的振幅已大幅縮減，尤其自南海陸架緣(高屏斜坡)至恒春海脊間之南海深水海域(圖中座標約 250 公里至 430 公里區段)，從西太平洋海域入射的潮波振幅已從 0.7 公尺降低至僅約 0.4 公尺，與前述在第二及第三斷面陸架緣之潮波振幅相對照比較，本斷面在南海陸架緣外深水海域內的潮波振幅係為最小者，再檢視自中國大陸沿岸至南海陸架緣淺水海域內的潮波振幅，可見潮波振幅不僅從海峽中段(第三斷面)的 3.0 公尺驟降至僅約 1.1 公尺，且其約位在臺灣灘之南海陸架上的綜合潮波振盪型態已轉變為紡錘型，因此可研判，在臺灣灘所在之南海陸架上海域，潮波應存在順時鐘方向的旋轉潮波系統，而原為逆時鐘方向且具凱文波特性順沿中國大陸沿岸向南行進的潮波，在其將通過臺灣海峽南側的南海陸架緣時，大部分南向行進的潮波，在此處會被陡變的水深地形所反射，且反射的潮波將轉換其行進方向，改為由南順沿臺灣西部海岸北上，因而導致臺灣海峽海域中，明

顯存在相向交會凱文波之旋轉潮波系統；至於其他少部分因透射而保持南行特性的潮波，約在本斷面位置上，將與通過巴士海峽及南海本身的逆時鐘旋轉潮波系統會合。

第五斷面(蘭嶼 - 墾丁 - 恒春 - 高雄 - 澎湖 - 桃園 - 淡水 - 三貂角 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域，如圖 3-12-5 所示)：本斷面為臺灣環島海域由南而北以順時鐘方向萃取綜合潮波振盪型態的展開。相對於本斷面經展開的水深地形可清楚看出，東亞陸架環繞臺灣西岸近海由南至北之全長約 500 公里，在東亞陸架上的臺灣海峽淺水海域內，由於兩相向行進凱文波相交會之效應，潮波明顯呈現出部分重複駐波的振盪型態，且其南、北兩側的無潮點位置分別各約座落在南海及東海之陸架緣內側，由此可見，南海及東海陸架緣陡變的水深地形，確實對臺灣海峽海域的潮波振盪型態具有顯著的影響。僅管如此，因座落在南側的無潮點尤其比北側的無潮點明顯，故可進一步研判，南海陸架緣陡變水深地形對入射潮波的反射效果比東海陸架緣大且顯著。依據以上各斷面的綜合潮波振盪型態，綜合後可據以明確說明：臺灣海峽內的旋轉潮波系統，為各具凱文波特性的相向行進潮波交會所構成，其中，主要的入射潮波行進方向為順沿中國大陸沿岸由北而南，而另一相向之反射潮波行進方向為順沿臺灣西部海岸由南而北，主要的反射機制來自於南海陸架緣之陡變水深地形；此外，分別位在臺灣西南部及東北部的東亞陸架緣陡變水深地形，當然對入射潮波皆具有相當程度的反射效果，故而臺灣海峽海域(範圍包含至南海及東海的陸架緣)的潮波振盪系統，可用圖 3-2 所示之兩端封閉的矩形海峽內之潮波振盪系統近似模擬、說明。

3.4 地形水深變化對現況潮波振盪特性之影響

3.4.1 擴展水深 200 米之東海陸架寬度

為評估擴展臺灣東北部海域之東海大陸棚架寬度之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深

地形，擴展存在臺灣東北部海域之東海大陸棚架寬度，即淺化既有存在臺灣東北部海域之東海大陸棚架外之沖繩海槽水深，水深大於 200 米皆修改為 200 米，調整後的水深地形如圖 3-13 所示。

針對圖 3-13 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-14-1 及圖 3-14-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-15-1 至圖 3-15-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況既有水深地形之計算結果將以虛線表示並一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-15-1 至圖 3-15-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：

第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口，如圖 3-15-1 所示)：潮波自西太平洋入射，在其通過沖繩島弧之新東海陸架緣前，潮波約保持與現況相同之振幅(1.0 公尺)，但當潮波行進至寬約 500 公里的新東海陸架上，潮波振幅明顯並未因淺化效應而增大，反而稍降至 2.0 公尺，比現況約 2.2 公尺稍低，但凱文波的南向行進特性仍明顯可見。造成潮波振幅降低的原因，單純地應係東海陸架寬度拓展所致。

第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側，如圖 3-15-2 所示)：基於東海陸架寬度之拓展，且因第一斷面南向行進潮波的振幅約略降低，故本斷面所呈現的潮波振幅亦有降低的趨勢，且原存在臺灣東北部的潮波無潮點已漸因振幅增大而變得較不明顯。

第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段，如圖 3-15-3 所示)：從本斷面新的綜合潮波振盪型態可看出，東海陸架寬度的拓展並未改變臺灣東部西太平洋海域的潮波振盪型態，但在臺灣海峽中段海域內，因南向行進入射的潮波振幅降低，故新的綜合潮波振盪振幅亦略減，顯見由南而北行進的反射潮波振幅亦應已降低，此為南海陸架緣具

重要反射效應之明顯証明。

第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側，如圖 3-15-4 所示)：本斷面新的綜合潮波振盪型態，與現況類似，所不同的亦僅是潮波振幅約略降低，而基於南海陸架緣的反射效應並未改變，故其影響因素應同樣肇始於因東海陸架寬度拓展導致南向行進潮波振幅的降低。由此現象亦可証實，臺灣海峽海域中，確有具凱文波特性的南向行進潮波，且明確會因南海陸架緣的水深地形變化而產生一定程度的反射，同時，從東海陸架上入射的潮波，其明確會影響臺灣海峽海域旋轉潮波系統之振幅。

第五斷面(蘭嶼 - 墾丁 - 恒春 - 高雄 - 澎湖 - 桃園 - 淡水 - 三貂角 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域，如圖 3-15-5 所示)：因東海陸架寬度拓展，導致南向行進潮波振幅的降低。故在臺灣環島海域，雖然潮波系統仍保持兩相向行進凱文波相交會之部分重複駐波振盪型態，但波腹點的振幅明顯可見減降，原座落在東海陸架緣內側的無潮點已稍退化，但座落在南海陸架緣內側的無潮點則仍完全保持。此事實再次說明，南海陸架緣的水深地形變化，確實對入射潮波具有良好的反射效果，同理，相對而言，其透射效果自然有限。

而針對台中港海域，因水深地形調整所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-16 所示。由圖觀察可知，東海陸架寬度拓展會導致台中港潮時落後，且漲潮時期流速降低，退潮時期則流速稍增大。

3.4.2 以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度

為評估縮減臺灣東北部海域之東海大陸棚架寬度之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，縮減存在臺灣東北部海域之東海大陸棚架寬度，即將既有存在臺灣東北部海域之東海大陸棚架淺水海域地形，以水深 500 米的平坦地形取代，調整後的水深地形如圖 3-17 所示。

針對圖 3-17 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，

採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-18-1 及圖 3-18-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-19-1 至圖 3-19-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-19-1 至圖 3-19-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：

第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口，如圖 3-19-1 所示)：潮波自西太平洋入射，在其通過沖繩島弧之前，潮波約保持與現況相同之振幅(1.0 公尺)，但當潮波行進至寬仍約保持 400 公里，但水深變深的東海陸架上時，潮波振幅降至約 1.5 公尺，比現況約 2.2 公尺減低 0.7 公尺，但仍可見凱文波的南向行進特性。造成潮波振幅降低的原因，應係東海陸架寬度縮減且水深濶深，以致凱文波南向行進波速加快，同時導致順行進方向的右至左側潮波振幅作指數遞減的效應(參見式 3-17 或式 3-19)緩化所致。

第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側，如圖 3-19-2 所示)：基於東海陸架寬度微幅縮減及水深濶深，且因第一斷面南向行進潮波的振幅降低，故本斷面所呈現的潮波振幅亦稍有降低的趨勢，且原存在臺灣東北部的潮波無潮點也已漸退化而不明顯，可見因南海陸架地形反射而順沿臺灣西部海岸北上的行進凱文波，在其將通過臺灣北部海域之東海陸架緣地形時，再反射的效應也已減弱。

第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段，如圖 3-19-3 所示)：從本斷面新的綜合潮波振盪型態可看出，東海陸架寬度的窄縮並未改變臺灣東部西太平洋海域的潮波振盪型態，但在臺灣海峽中段海域內，因東海陸架寬度窄縮以致臺灣海峽原有的陸架特性長度略微縮減，故新的綜合潮波振盪振幅略微增加，顯見即使自第二斷面入射的潮波振

幅雖略有降低，但因水深濶深致新存在於臺灣海峽北側海域的小規模陡變地形仍具局部反射效應，因而導致本斷面總體潮波振幅略微增加。

第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側，如圖 3-19-4 所示)：本斷面新的綜合潮波振盪型態，與現況類似，所不同的則為南海陸架上潮波振幅的增大，而基於南海陸架水深地形及陸架緣的反射效應並未改變，故其影響因素應同樣直接肇始於因東海陸架寬度窄縮及臺灣海峽北側海域的濶深。由此現象再次可說明，臺灣海峽海域中，確有具凱文波特性的南向行進潮波，且明確會因南海陸架緣的水深地形變化而產生一定程度的反射，同時，從東海陸架上入射的潮波，其明確會影響臺灣海峽海域旋轉潮波系統之振幅。

第五斷面(蘭嶼 - 墾丁 - 恒春 - 高雄 - 澎湖 - 桃園 - 淡水 - 三貂角 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域，如圖 3-19-5 所示)：因東海陸架寬度窄縮及臺灣海峽北側海域的濶深，導致南向行進潮波包含有入射及再反射潮波。故在臺灣環島海域內，雖然潮波系統仍保持兩相向行進凱文波相交會之部分重複駐波振盪型態，但波腹點的振幅已略微增加，不過，其位置卻也略微南移，同時，原座落在東海陸架緣內側的無潮點也已稍退化，而座落在南海陸架緣內側的無潮點則仍完全保持。此事實再次說明，南海陸架緣的水深地形變化，確實對入射潮波具有良好的反射效果，同理，相對而言，其透射效果自然有限。

而針對台中港海域，因水深地形調整所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-20 所示。由圖觀察可知，東海陸架寬度窄縮及臺灣海峽北側海域濶深，會導致台中港潮時提前，且漲潮時期及退潮時期流速均增大。

3.4.3 以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度

為評估同時深化及縮減臺灣環島海域之東亞大陸棚架寬度之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，同時縮減存在臺灣環島海域之東海及南海大陸棚架寬

度，即將既有存在臺灣環島海域之東海及南海大陸棚架淺水海域地形，以水深 500 米的平坦地形取代，調整後的水深地形如圖 3-21 所示。

針對圖 3-21 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-22-1 及圖 3-22-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-23-1 至圖 3-23-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-23-1 至圖 3-23-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：

第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口，如圖 3-23-1 所示)：潮波自西太平洋入射，在其通過沖繩島弧之前，潮波約保持與現況相同之振幅(1.0 公尺)，但當潮波行進至寬仍約保持 400 公里，但水深變深的東海陸架上時，潮波振幅大幅降至約 1.2 公尺，比現況約 2.2 公尺減低 1.0 公尺，且凱文波的南向行進特性已完全改變。造成潮波振幅大幅降低及南向行進凱文波特性改變的機制，除了因東海陸架寬度縮減且水深濶深以致凱文波南向行進波速加快，致順沿行進方向的右至左側潮波振幅作指數遞減的效應(參見式 3-17 或式 3-19)緩化所致外，南海陸架緣原具有的顯著反射效應大幅衰退應為主要因素。

第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側，如圖 3-23-2 所示)：基於東海及南海陸架寬度同時縮減及水深濶深，且因第一斷面南向行進潮波的振幅大幅降低，外加南海陸架緣原具有的顯著反射效應大幅衰退，故本斷面所呈現的潮波振幅已與太平洋的入射潮波振幅相當，東亞陸架地形的顯著影響幾乎已消失，且原存在臺灣東北部的潮波無潮點也已完全退化。

第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段，如圖 3-23-3 所

示)：從本斷面新的綜合潮波振盪型態可看出，因南海陸架寬度縮減及水深濶深，以致南海陸架緣原具有的顯著反射效應大幅衰退，甚致毫無反射效果，故即使在寬度有限的臺灣海峽內，南向行進的潮波，因水深濶深而使波長大幅增大，因此，相對於波長而言，海峽的影響性即相對地減小，故海峽中段海域的潮波振幅與特性，幾乎完全與入射潮波相同。

第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側，如圖 3-23-4 所示)：本斷面新的綜合潮波振盪型態，因南海陸架寬度縮減及水深濶深，以致南海陸架緣原具有的顯著反射效應大幅衰退，甚致毫無反射效果，故即使在南海陸架上，潮波振幅與特性幾乎完全與入射潮波相同。而此一結果正可用以釐清，臺灣灘的淺水海域並不足以造成臺灣海峽海域入射潮波的反射效應，更不會影響臺灣海峽海域潮波的振盪型態。此外，本斷面的結果尚可用以說明：臺灣海峽海域的原潮波系統將會在臺灣海峽南端的南海陸架緣海域與通過巴士海峽及南海本身的逆時鐘旋轉潮波系統會合。

第五斷面(蘭嶼 - 墾丁 - 恒春 - 高雄 - 澎湖 - 桃園 - 淡水 - 三貂角 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域，如圖 3-23-5 所示)：僅管因南海及東海陸架寬度同時縮減並濶深水深而致南海陸架緣原具有的顯著反射效應喪失，並嚴重影響臺灣海峽海域原具有的潮波振盪型態，甚致造成原存在臺灣海峽內的部分重複駐波振盪型態消失，不過，在臺灣海峽北側海域，於鄰近原東海陸架緣外側，仍約略可見濶深水深後之東亞陸架地形之影響，並在原南海陸架緣至沖繩海脊間，隱約有小型之部分重複駐波振盪型態產生。此外，特別值得注意的是，原來存在南海陸架緣內側之無潮點潮波振幅，在本斷面上明顯展現與通過巴士海峽及南海本身的逆時鐘旋轉潮波系統振幅相互吻合，由此可見，臺灣海峽海域的潮波系統應會在臺灣海峽南端的南海陸架緣海域與通過巴士海峽及南海本身的逆時鐘旋轉潮波系統相會合。

而針對台中港海域，因水深地形調整所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-24 所示。由圖觀察可知，因

南海及東海陸架寬度同時縮減並濬深水深，會導致台中港潮時大幅提前，且漲潮時期及退潮時期流速均會約略增大，流向則以順臺灣海峽中軸線之南、北向為主。

3.4.4 無東亞陸架地形之影響

為進一步評估東亞大陸棚架存在之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，同時縮減存在於臺灣環島海域之東海及南海大陸棚架寬度，即將既有存在臺灣環島海域之東海及南海大陸棚架淺水海域地形，以水深 2000 米的深水平坦地形取代，調整後的水深地形如圖 3-25 所示。

針對圖 3-25 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-26-1 及圖 3-26-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-27-1 至圖 3-27-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-27-1 至圖 3-27-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：

第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口，如圖 3-27-1 所示)：潮波自西太平洋入射，在其通過沖繩島弧之前，潮波約保持與現況相同之振幅(1.0 公尺)，通過沖繩島弧後，潮波振幅並未有任何變化，且全斷面的潮波振幅無法用以判別潮波之行進方向，可見原東亞陸架地形的影響性已完全消失，在東海海域，沿中國海岸向南行進的凱文波特特性也不復存在，所見地，應只是單純自西太平洋入射的行進潮波系統而已。

第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側，如圖 3-27-2 所示)：當東亞陸架地形不復存在，本斷面所呈現的潮波振幅仍與太平洋的入射潮

波振幅相當，且臺灣海峽地形之影響已甚不明顯，足見東亞陸架地形對臺灣海峽海域潮波之影響性，不過，沖繩海脊的影響卻可約略展現，。

第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段，如圖 3-27-3 所示)：從本斷面新的綜合潮波振盪型態可看出，因東亞陸架地形之大幅編修，以致在臺灣海峽海域，所見地也只是單純自西太平洋入射所形成中國大陸沿岸海域之行進潮波系統而已。

第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側，如圖 3-27-4 所示)：因東亞陸架地形之大幅編修，本斷面原來所呈現之綜合潮波振盪型態，當然會隨同南海陸架緣影響性之消失而徹底瓦解，不過，本斷面所呈現之潮波振盪特性，應即為通過巴士海峽及南海本身的逆時鐘旋轉潮波系統的原始特性。

第五斷面(蘭嶼 - 墾丁 - 恒春 - 高雄 - 澎湖 - 桃園 - 淡水 - 三貂角 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域，如圖 3-27-5 所示)：因東亞陸架地形之大幅編修，臺灣海峽內的部分重複駐波振盪型態已蕩然無存，不過，即使無東海陸架地形的影響，在臺灣海峽北側海域，於鄰近蘇澳海脊上，仍隱約有小型之部分重複駐波振盪型態呈現。此外，特別值得注意的是，原來存在南海陸架緣內側之無潮點潮波振幅，在本斷面上明顯仍展現與通過巴士海峽及南海本身的逆時鐘旋轉潮波系統振幅相互吻合，由此可說明，臺灣海峽海域的潮波系統確實會在臺灣海峽南端的原南海陸架緣海域與通過巴士海峽及南海本身的逆時鐘旋轉潮波系統相會合。

而針對台中港海域，因水深地形大幅調整所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-28 所示。由圖觀察可知，東亞陸架地形不存在，將會導致台中港潮時大幅提前，不過，漲潮時期及退潮時期流速約略與現況相當，但流向則以順臺灣海峽中軸線之南、北向為主。

3.4.5 東亞陸架濶深為 500 米及海峽之影響

為進一步確認臺灣海峽的影響性(總地形水深變化規劃配置參見表

3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，同時縮減存在於臺灣環島海域之東海及南海大陸棚架寬度，即將既有存在臺灣環島海域之東海及南海大陸棚架淺水海域地形，以水深 500 米的平坦地形取代，同時移除臺灣本島陸地並以 200 米水深替化，調整後的水深地形如圖 3-29 所示。

針對圖 3-25 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-30-1 及圖 3-30-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-31-1 至圖 3-31-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-31-1 至圖 3-31-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：本項地形水深的改變，與單純以 500 米濬深臺灣環島海域之東海及南海大陸棚架淺水海域地形(參見圖 3-17 至圖 3-20)所得結果相似。可見，只要東亞陸架的寬度窄縮，陸架水深濬深至 500 米，則陸架緣的反射效應將喪失，因而潮波在臺灣海峽內的振盪型態將被完全改變，當然，海峽地形的影響性相對地就不重要了。

而針對台中港海域，因水深地形大幅調整所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-32 所示。由圖觀察可知，東亞陸架地形不存在，將會導致台中港潮時大幅提前，不過，漲潮時期及退潮時期流速約略與現況相當，但流向仍保持以順原臺灣海峽中軸線之南、北向為主。

3.4.6 臺灣海峽地形之影響

為評估臺灣海峽地形之單純影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，保留觀音凹陷、

烏坵凹陷、雲彰隆起、及臺灣灘等地形，而僅移除臺灣本島陸地，並以水深 50 米濬深原陸地及環島海域，調整後的水深地形如圖 3-33 所示。

針對圖 3-33 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-34-1 及圖 3-34-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-35-1 至圖 3-35-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-35-1 至圖 3-35-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：

第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口，如圖 3-35-1 所示)：潮波自西太平洋入射，在其通過沖繩島弧之前，潮波約保持與現況相同之振幅(1.0 公尺)，但當潮波行進至寬仍約保持 400 里的東海陸架上時，潮波振幅些微升高至約 2.5 公尺，比現況約 2.2 公尺增大 0.3 公尺，凱文波的南向行進特性清楚可見。造成潮波振幅些微昇高的原因，應係移除臺灣本島陸地地形而替代以潛沒的水下淺水海域之單純影響，可見臺灣本島陸地或臺灣海峽地形的存在，具有減耗或分配東海陸架地形上潮波振幅的效應。

第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側，如圖 3-35-2 所示)：僅管臺灣本島陸地地形之移除且以潛沒的水下淺水海域替代，故海峽地形在本計算情況不存在，惟在中國大陸沿岸，潮波仍保持與現況具海峽影響性相同的潮波振幅，其中具變化的，只是原存在臺灣東北部的潮波無潮點稍為退化而已，由此可見，臺灣海峽的地形及臺灣東北部之海岸地形，的確會對存在臺灣東北部的潮波無潮點型態造成影響。此外，依據本斷面的潮波振盪型態尚可看出，因南海陸架地形反射而順沿原臺灣西部海岸北上行進的凱文波，其在無臺灣西部海岸之導引下，原有的導引

作用，此時已改由臺灣東部之東亞陸架緣地形替代，至於北向潮波在其將通過臺灣北部海域之東海陸架緣地形時，其再反射的效應仍舊保存，而雲彰隆起及臺灣灘等地形之影響性，則甚不顯著。

第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段，如圖 3-25-3 所示)：從本斷面新的綜合潮波振盪型態可看出，移除臺灣本島陸地地形且以潛沒的水下淺水海域替代，並未改變臺灣東部西太平洋海域的潮波振盪型態，但在臺灣海峽中段海域內，可導致潮波振幅的大幅降低。顯見臺灣本島陸地或臺灣海峽地形的存在，對既有部分重複駐波振盪型態之主控影響性。

第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側，如圖 3-25-4 所示)：本斷面新的綜合潮波振盪型態，與現況類似，所不同的則為南海陸架上潮波振幅略微增大，而基於南海陸架水深地形及陸架緣的反射效應並未改變，故其影響因素應同樣直接肇始於南向行進凱文波的振幅增大，而其增大的原因，應係在行進中，因臺灣本島陸地的阻隔消除而從太平洋海域有更多的潮波入射至陸架地形上之故。由此現象可說明，即使無臺灣海峽地形之影響，東亞陸架上仍存在有具凱文波特性的南向行進潮波，且明確會因南海陸架緣的水深地形變化而產生一定程度的反射，同時，被反射的潮波，將由南順沿原東亞陸架緣北上。因此，即使在單純的陸架地形上，仍清楚可見行進凱文波相向交會之旋轉潮波系統。

第五斷面(蘭嶼 - 墾丁 - 恒春 - 高雄 - 澎湖 - 桃園 - 淡水 - 三貂角 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域，如圖 3-25-5 所示)：因移除臺灣本島陸地地形且以 50 米深的潛沒水下淺水海域替代，導致南向行進潮波包含有自不同陸架緣位置所入射、透射及反射潮波。故在臺灣環島海域內，即使在無海峽地形限制下，潮波系統仍可保持兩相向行進凱文波相交會之部分重複駐波振盪型態，但波腹點的振幅已降低，其形成位置也已北移，同時，原座落在東海陸架緣內側的無潮點也已退化，不過，原座落在南海陸架緣內側的無潮點則仍完全保持。此事實再次說明，南海陸架緣的水深地形變化，確實對入射潮波具有良好的反射效果，且對東亞海

域整體的潮波系統，具有明顯且重要的主控影響地位。

而針對台中港海域，因臺灣海峽地形調整所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-36 所示。由圖觀察可知，無臺灣本島陸地屏蔽或在無海峽地形下，會導致台中港潮時提前，且漲潮時期及退潮時期流速均將大幅增加。

3.4.7 東亞陸架緣地形之影響

為評估東亞陸架緣地形之單純影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，再移除臺灣本島陸地，並以水深 200 米濬深原陸地及環島海域，藉以使臺灣東部海岸為構成整體東亞陸架緣的部分，調整後的水深地形如圖 3-37 所示。

針對圖 3-37 示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-38-1 及圖 3-38-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-39-1 至圖 3-39-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-39-1 至圖 3-39-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：

第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口，如圖 3-39-1 所示)：潮波自西太平洋入射，在其通過沖繩島弧之前，潮波約保持與現況相同之振幅(1.0 公尺)，但當潮波行進至寬仍約保持 400 公里的東海陸架上時，潮波振幅些微降低至約 2.0 公尺，比現況約 2.2 公尺減小 0.2 公尺，凱文波的南向行進特性依舊清楚可見。造成潮波振幅些微降低的原因，應係移除臺灣本島陸地地形而以水深 200 米的陸架緣水深替代之單純影響，可見臺灣本島陸地或臺灣海峽地形的存在，具有減耗或分配東海陸

架地形上潮波振幅的效應。

第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側，如圖 3-39-2 所示)：在移除臺灣本島陸地地形並替代以水深 200 米之陸架緣地形情況下，在中國大陸沿岸之潮波振幅將大幅下降，與現況具海峽影響性而存在臺灣東北部的潮波無潮點已明顯退化。由此可見，臺灣海峽的地形及臺灣東部與北部之海岸地形，的確會對存在臺灣東北部的潮波無潮點型態造成影響。此外，依據本斷面的潮波振盪型態尚可看出，因南海陸架地形反射而順沿原臺灣西部海岸北上行進的凱文波，其在無臺灣西部海岸之導引下，原有的導引作用，此時已改由臺灣東部之東亞陸架緣地形替代，至於北向潮波在其將通過臺灣北部海域之東海陸架緣地形時，其再反射的效應仍舊保存，不過，沿陸架緣向北行進的潮波，其潮波振幅會因陸架緣地形的散射效應而減低。

第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段，如圖 3-39-3 所示)：從本斷面新的綜合潮波振盪型態可看出，移除臺灣本島陸地地形並替代以水深 200 米之陸架緣地形情況下，由於原臺灣海峽海域的特性寬度已大幅擴展，因而在臺灣海峽中段海域內，既有臺灣本島陸地或臺灣海峽地形的存在，其對部分重複駐波振盪型態之主控影響性已完全喪失。不過，在中國大陸沿岸仍依稀可見南向行進凱文波的身影。由此可見，不僅既有臺灣本島陸地或臺灣海峽地形的存在，對臺灣海峽海域的潮波振盪型態具影響性，臺灣海峽海域陸架地形寬度的影響亦具有一定的分量。

第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側，如圖 3-39-4 所示)：本斷面新的綜合潮波振盪型態，與現況極其近似，所不同的僅是南海陸架上潮波振幅略微增大而已。由此現象可說明，即使無臺灣海峽地形之影響，東亞陸架上仍存在有具凱文波特性的南向行進潮波，且明確會因南海陸架緣的水深地形變化而產生一定程度的反射，同時，被反射的潮波，將由南順沿原東亞陸架緣北上。因此，即使在單純的陸架地形上，仍清楚可見行進凱文波相向交會之旋轉潮波系統。

第五斷面(蘭嶼 - 墾丁 - 恒春 - 高雄 - 澎湖 - 桃園 - 淡水 - 三貂角 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域，如圖 3-39-5 所示)：因移除臺灣本島陸地地形且以 200 米深的陸架緣地形替代，導致南向行進潮波包含有自不同陸架緣位置所入射、透射、反射、及散散之潮波。故而在臺灣環島海域內，由於臺灣海峽特性寬度之拓展改變，因此，僅管臺灣海峽右側的陸架地形完好保持，但原相向行進凱文波相交會之部分重複駐波振盪型態已因地形特性變化而嚴重影響，所以，原存在臺灣海峽中段海域的部分重複駐波之波腹點振幅大幅降低，形成位置也已大幅北移，原座落在東海陸架緣內側的無潮點亦同時嚴重退化，不過，值得特別注意的是，原座落在南海陸架緣內側的無潮點則仍完全保持。此事實說明，南海陸架緣既有的陡變水深地形特性，確實對來自西太平洋及南海海域入射的潮波具有良好的反射效果，且對東亞海域整體的潮波系統，具有明顯且重要的主控影響地位。

而針對台中港海域，因臺灣海峽地形調整所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-40 所示。由圖觀察可知，無臺灣本島陸地屏蔽或在無海峽地形下，會導致台中港潮時提前，且漲潮時期及退潮時期流速均會增加，流向仍保持以順原臺灣海峽中軸線之南、北向為主。

3.4.8 以水深 500 米擴展南海陸架寬度

為評估南海潮波系統及擴展南海大陸棚架寬度之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，擴展存在臺灣西南部海域之南海大陸棚架寬度，即淺化既有存在臺灣西南部海域之南海大陸棚架外之南海水深，水深大於 500 米皆淺化為 500 米，調整後的水深地形如圖 3-41 所示。

針對圖 3-41 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及

乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-42-1 及圖 3-42-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-43-1 至圖 3-43-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-43-1 至圖 3-43-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：

第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口，如圖 3-43-1 所示)：潮波自西太平洋入射，在其通過沖繩島弧之新東海陸架緣前，潮波約保持與現況相同之振幅(1.0 公尺)，但當潮波行進至寬約 400 公里的東海陸架上，潮波振幅並無顯著變化，仍保持與現況相同的 2.2 公尺，可見，南海陸架地形的變化對東海的潮波系統並無明顯的影響。

第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側，如圖 3-43-2 所示)：基於南海陸架寬度之拓展，且因第一斷面南向行進潮波的振幅維持不變，故本斷面所呈現的潮波振幅維持與現況相同，且原存在臺灣東北部的潮波無潮點位置也明顯不受南海陸架地形水深變化所影響。由此可見，在北半球海域，即使同樣在陸架地形上，南海的潮波系統，當其特性變動不大時，實際上並不致於會深入且影響到東海的潮波系統。

第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段，如圖 3-43-3 所示)：從本斷面新的綜合潮波振盪型態可看出，南海陸架寬度的拓展並不會改變臺灣東部西太平洋海域的入射潮波振盪型態，但在臺灣海峽中段海域內，因南海陸架寬度的拓展，致使臺灣南部之南海陸架緣地形改變，故而造成原西向行進且通過巴士海峽之入射潮波增加，故新的綜合潮波振盪振幅亦略增，此外，從本斷面的潮波振盪型態尚可看出，原來因南海陸架緣陡變水深地形所伴生對南向行進潮波的強烈反射效應，似乎仍舊存在。本研究因此進而推論，造成東亞陸架上南向行進潮波產生強烈反射效應的顯著水深地形因素，除了原南海陸架緣的陡變水深地形外，南海海域深水區的巨大水體亦應扮演不可忽視的重要角色。

第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側，如圖 3-43-4 所示)：本斷面新的綜合潮波振盪型態，與現況極為相似，所不同的亦僅是潮波振幅約略增大而已，而基於南海陸架緣地形及水深的改變，故其原對南向行進潮波所具有的反射影響應已減弱，再對照自第一斷面入射的南向行進潮波，其波動振幅實際並未增大，因此，依據本斷面呈現的綜合潮波振盪型態可判定，造成東亞陸架上南向行進潮波產生強烈反射效應的顯著水深地形因素，應已從原南海陸架緣的陡變水深地形，轉變至南海海域深水區的總體巨大水體，鑑此，主控並影響臺灣海峽海域旋轉潮波系統之機制，實質上，可明確地歸因於現況存在南海深水海域的潮波振盪型態。故而，可進一步推論：有關南海海域、太平洋海域、及東海海域間的潮波系統，其主要的系統分隔界限，分別應為座落在臺灣東南部海域的呂宋島弧及座落在臺灣東北部海域的沖繩島弧，而南海海域與東海海域間的潮波系統聯結，則透過座落在東亞大陸棚架地形上的臺灣海峽。

第五斷面(蘭嶼 - 墾丁 - 恒春 - 高雄 - 澎湖 - 桃園 - 淡水 - 三貂角 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域，如圖 3-43-5 所示)：基於第四斷面有關南海陸架緣地形及水深的改變所造成對東亞陸架上南向行進潮波產生強烈反射效應的顯著水深地形因素轉移為南海海域深水區的總體巨大水體。所以，在臺灣環島海域，潮波系統仍可充分保持兩相向行進凱文波相交會之部分重複駐波振盪型態，但因自南海入射且北上的潮波增多，故本斷面上部分重複駐波波腹點的振幅稍見增大，且原分別座落在東海陸架緣內側及座落在南海陸架緣內側的無潮點位置均完全保持。此事實再次說明，南海陸架緣的水深地形變化及南海海域深水區的總體巨大水體，確實對東亞陸架上的入射潮波具有良好的反射效果，同時也可說明，其對臺灣海峽海域的潮波振盪型態具有明顯而重大的影響。

而針對台中港海域，因南海陸架水深地形調整所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-44 所示。由圖觀察可知，南海陸架寬度拓展對台中港潮時的影響有限，且漲潮時期及退潮時期，流向及流速亦無太大的變化。

3.4.9 以水深 200 米擴展南海陸架寬度

為進一步評估南海潮波系統及擴展南海大陸棚架寬度之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，擴展存在臺灣西南部海域之南海大陸棚架寬度，即淺化既有存在臺灣西南部海域之南海大陸棚架外之南海水深，水深大於 200 米皆淺化為 200 米，調整後的水深地形如圖 3-45 所示。

針對圖 3-45 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-46-1 及圖 3-46-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-47-1 至圖 3-47-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-47-1 至圖 3-47-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：

第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口，如圖 3-47-1 所示)：潮波自西太平洋入射，在其通過沖繩島弧之新東海陸架緣前，潮波約保持與現況相同之振幅(1.0 公尺)，但當潮波行進至寬約 400 公里的東海陸架上，潮波振幅已略微下降，可見，原南海陸架緣陡變水深地形的反射效應已減弱，現況存在南海深水海域的潮波振盪型態亦有些微變化，故反射潮波透過臺灣海峽海域的聯結而對東海的潮波系統產生影響。

第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側，如圖 3-47-2 所示)：基於南海陸架寬度之拓展，且因太平洋海域側的行進潮波振幅維持不變，故本斷面所呈現的潮波振幅降低，明顯係源自於南向行進潮波被南海陸架緣陡變水深地形反射效應減弱所影響。不過，原存在臺灣東北部的潮波無潮點位置不僅未改變，而且其型態反而更顯著。由此可見，在東亞海域，當南海的潮波系統具有較大的特性變動時，潮波系統將會透過臺

灣海峽陸架地形的聯動，而實際對東海的潮波系統產生影響。

第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段，如圖 3-47-3 所示)：從本斷面新的綜合潮波振盪型態可看出，南海陸架寬度的拓展或當南海的潮波系統具有較大的特性變動時，並不會改變臺灣東部西太平洋海域的入射潮波振盪型態，但在臺灣海峽中段海域內，因南海陸架寬度的拓展，致使臺灣南部之南海陸架緣地形改變，故而造成原西向行進且通過巴士海峽之入射潮波增加，故新的綜合潮波振盪振幅亦略增，此外，從本斷面的潮波振盪型態尚可看出，原來因南海陸架緣陡變水深地形所拌生對南向行進潮波的強烈反射效應，似乎依舊保持。

第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側，如圖 3-47-4 所示)：本斷面新的綜合潮波振盪型態，與現況相似，所不同的僅是潮波振幅約略增大而已。不過，基於南海陸架緣地形水深的改變及陸架寬度的擴展，再對照第一及第二斷面上之南向行進入射潮波振幅，明確可知，南海陸架緣對南向行進潮波所具有的反射影響應已減弱，不過，本斷面在陸架上的波動振幅卻呈現些微之增加，究其原因，應直接與南海原深水海域內，因水深淺化而使振盪型態局部調整修正所致。

第五斷面(蘭嶼 - 墾丁 - 恒春 - 高雄 - 澎湖 - 桃園 - 淡水 - 三貂角 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域，如圖 3-47-5 所示)：僅管南海深水海域以 200 米水深淺化，以致南海陸架特性寬度大幅增大，但在臺灣環島海域，潮波系統仍可充分保持兩相向行進凱文波相交會之部分重複駐波振盪型態，與現況振盪型態比較，其間所存在之差異，僅部分重複駐波波腹點的振幅稍見增大，且原座落在南海陸架緣內側的無潮點位置稍微南移而已。此事實再次說明，南海海域深水區的總體巨大水體及其振盪型態，確實對東亞陸架上的入射潮波具有良好的反射效果，同時也可明顯地控制及影響臺灣海峽海域的潮波振盪型態。此外，依據本斷面呈現的綜合潮波振盪型態可再次說明，造成東亞陸架上南向行進潮波產生強烈反射效應的顯著水深地形因素，在原南海陸架緣的陡變水深地形大幅平坦化後，其角色已變換，並由呂宋島弧的淺水海域所取代。

而針對台中港海域，因南海陸架水深地形調整所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-48 所示。由圖觀察可知，南海陸架寬度拓展將使台中港的潮時較現況落後，且漲潮時期及退潮時期，流速亦有較大的變化。

3.4.10 以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度

為評估縮減臺灣西南部海域之南海大陸棚架寬度之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，縮減存在臺灣西南部海域之南海大陸棚架寬度，即將既有存在臺灣海峽海域以南的南海大陸棚架淺水海域地形，以水深 500 米的平坦地形取代，調整後的水深地形如圖 3-49 所示。

針對圖 3-49 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-50-1 及圖 3-50-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-51-1 至圖 3-51-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-51-1 至圖 3-51-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：

第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口，如圖 3-51-1 所示)：潮波自西太平洋入射，在其通過沖繩島弧之前，潮波約保持與現況相同之振幅(1.0 公尺)，但當潮波行進至寬約 400 公里的東海陸架上時，潮波振幅在陸架上比現況約略增大，凱文波的南向行進特性清楚可見。造成潮波振幅增大的原因，應係來自臺灣海峽海域北向行進反射波振幅增大所致。

第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側，如圖 3-51-2 所示)：基

於南海陸架及臺灣海峽南段水域均以 500 米水深濶深之地形變化，致使臺灣海峽原有的地形特性長度改變，同時南海陸架緣的反射效應亦削弱，故本斷面所呈現的潮波振幅，在臺灣海峽海域內，已呈現潮波振幅約略降低的變化。

第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段，如圖 3-51-3 所示)：從本斷面新的綜合潮波振盪型態可看出，南海陸架寬度的窄縮並未改變臺灣東部西太平洋海域的潮波振盪型態，但在臺灣海峽中段海域內，因東海陸架寬度窄縮以致臺灣海峽原有的陸架特性長度略微縮減，故新的綜合潮波振盪振幅明顯下降，顯見即使自第二斷面入射的潮波振幅雖略有降低，不過，南海陸架水深濶深仍在臺灣海峽南側海域存在有小規模之陡變地形，因此，南海海域仍對入射潮波具有局部之反射效果，所以，本斷面上的潮波振盪型態，仍保有入、反射潮波交會的特質。

第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側，如圖 3-51-4 所示)：本斷面新的綜合潮波振盪型態，與現況具較大的差異，最明顯地，為南海陸架上的潮波振幅大幅降低，振盪型態亦已改變，其原因主要應係南海海域對臺灣海峽入射潮波所原具有之反射效果改變之故。

第五斷面(蘭嶼 - 墾丁 - 恒春 - 高雄 - 澎湖 - 桃園 - 淡水 - 三貂角 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域，如圖 3-51-5 所示)：因南海陸架及臺灣海峽南段水域均以 500 米水深濶深之地形變化，導致臺灣海峽原有的陸架地形特性長度縮短，但南向行進入射潮波被南海陸架地形反射的效應仍強。故在臺灣海峽的北段海域內，潮波系統仍保持兩相向行進凱文波相交會之部分重複駐波振盪型態，但波腹點的振幅已略微降低，其位置也向北偏移，同時，原座落在東海陸架緣內側的無潮點也已稍退化，而座落在南海陸架緣內側的無潮點則仍完全保持，所不同地，僅是其位置向北縮移至臺灣海峽南側陸架水深濶深處而已。此事實說明，因陸架緣水深地形變化所導致潮波的反射效應，對臺灣海峽既存潮波系統的影響性是不可忽視的。

而針對台中港海域，因臺灣海峽南段海域水深地形調整所導致流

向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-52 所示。由圖觀察可知，南海陸架及臺灣海峽南段水域均以 500 米水深濶深，將會導致台中港潮時提前，且漲潮時期及退潮時期流速均將大幅增大。

3.4.11 單純東海陸架地形之影響

為評估臺灣海峽潮波單純受東海陸架地形之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，以水深 500 米的平坦地形取代既有存在臺灣海峽中段海域以南之南海大陸棚架及臺灣本島陸地，調整後的水深地形如圖 3-53 所示。

針對圖 3-53 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-54-1 及圖 3-54-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-55-1 至圖 3-55-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-55-1 至圖 3-55-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：僅管第一斷面及第二斷面的潮波振盪型態，顯示東海陸架地形上仍存在有向南行進的潮波，但第三斷面至第五斷面的潮波振盪型態，則僅單純地呈現出太平洋潮波入射的自然振盪型態。由此現象可明顯得知，在北半球海域，若無海峽及陸架等特殊地形水深效應影響，即使在相同地東海陸架地形上，南海的潮波系統，實際上並不會對東海的潮波系統產生影響。

而針對台中港海域，保留單純東海陸架地形水深所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-56 所示。由圖觀察可知，台中港潮時大幅提前，且漲潮時期及退潮時期流速小且變化不明顯。

3.4.12 臺灣海峽海域水深均一化之影響

為評估南海陸架上之臺灣灘及臺灣海峽陸架上雲彰隆起等淺水海域地形之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1), 針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形, 將南海陸架上之臺灣灘及臺灣海峽陸架上之淺水海域水深均一化, 即既有東亞陸架上, 水深淺於 60 米之海域皆修改為 60 米, 調整後的水深地形如圖 3-57 所示。

針對圖 3-57 所示之計算海域, 應用與現況相同的邊界及初始條件, 採用相同的計算參數設定, 經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中, 當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-58-1 及圖 3-58-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置, 自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態, 結果經綜合可分別得如圖 3-59-1 至圖 3-59-5 所示。各圖中, 為便於新計算結果之評估比較, 現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-59-1 至圖 3-59-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：

第一斷面(溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口, 如圖 3-59-1 所示)：潮波自西太平洋入射, 在其通過沖繩島弧之新東海陸架緣前, 潮波約保持與現況相同之振幅(1.0 公尺), 但當潮波行進至寬約 400 公里的東海陸架上, 潮波振幅擴增至 2.5 公尺, 比現況約 2.2 公尺稍高, 即凱文波的南向行進特性更明顯可見。

第二斷面(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側, 如圖 3-59-2 所示)：基於臺灣海峽水深以 60 米均一化的結果, 除了在第一斷面南向行進潮波的振幅約略增大外, 本斷面所呈現的潮波振幅亦有擴增的趨勢, 且原存在臺灣東北部的潮波無潮點已更趨明顯。

第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段, 如圖 3-59-3 所示)：從本斷面新的綜合潮波振盪型態可看出, 臺灣海峽水深以 60 米均

一化並不會改變臺灣東部西太平洋海域的入射潮波振盪型態，但在臺灣海峽中段海域內，因水深以 60 米均一化而使臺灣海峽水域的地形特性長度更符合共振條件，故而在臺灣海峽海域中，半日型潮波可因共振(莊文傑，2000，Lin et al., 2000、2001)的機制而造成本斷面的綜合潮波振盪振幅大幅增大，顯見臺灣海峽既有的水深調整，會使原有的地形特性長度變化，並進而對既有的潮波振盪振幅產生明顯影響。

第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側，如圖 3-59-4 所示)：本斷面新的綜合潮波振盪型態，與現況類似，所不同的亦僅是南海陸架上，潮波振幅約略降低而已。而基於南海陸架緣的地形特性及其反射效應並未改變，且臺灣灘的淺水海域又已移除，故影響本斷面潮波振盪型態的因素，應同樣肇始於因臺灣海峽水域水深以 60 米均一化而使臺灣海峽的地形特性長度更符合共振條件所致，在此一共振條件下，入射南海陸架緣的潮波，大多皆會因南海陸架緣的陡變水深地形而反射，而此現象，將可由第五斷面的潮波振盪型態充分完全地加以証實。

第五斷面(蘭嶼 - 墾丁 - 恒春 - 高雄 - 澎湖 - 桃園 - 淡水 - 三貂角 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域，如圖 3-59-5 所示)：因臺灣海峽水域水深以 60 米均一化而使臺灣海峽的地形特性長度更符合共振條件。故在臺灣海峽海域內，潮波系統不僅可完全呈現兩相向行進凱文波相交會之近似重複駐波振盪型態，且其波腹點的振幅明顯大幅驟增，原分別座落在東海陸架緣內側及座落在南海陸架緣內側的無潮點，也明顯地呈現及保持。此結果再次說明，臺灣海峽水域水深以 60 米均一化，可影響臺灣海峽的地形特性長度，甚至使其更符合共振條件，因此，使臺灣海峽海域原有的部分重複駐波振盪型態更加顯著的展現。至於臺灣灘及雲彰隆起等地形之影響性，相對於地形特性長度及共振條件而言，應微不足道。

而針對台中港海域，因水深地形調整所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-60 所示。由圖觀察可知，臺灣海峽水域水深以 60 米均一化會導致台中港潮時提前，且漲潮時期流

速降低，而退潮時期則流速增大，流向則以順臺灣海峽之中軸線為主。

3.4.13 以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北之東海陸架海域

為評估改變臺灣海峽北段地形特性長度之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，同時以水深 500 米濬深臺灣海峽中段以北之東海大陸棚架水深，可得調整後的水深地形如圖 3-61 所示。

針對圖 3-61 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-62-1 及圖 3-62-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-63-1 至圖 3-63-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-63-1 至圖 3-63-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：

第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口，如圖 3-63-1 所示)：潮波自西太平洋入射，在其通過沖繩島弧之前，潮波約保持與現況相同之振幅(1.0 公尺)，但當潮波行進至寬仍約保持 400 公里，但水深變深的東海陸架上時，潮波振幅大幅降至約 1.5 公尺，比現況約 2.2 公尺減低 0.7 公尺，但南向行進凱文波的特性仍保持。造成潮波振幅降低及南向行進凱文波特性改變的機制，除了因東海陸架寬度縮減且水深濬深以致凱文波南向行進波速加快，致順沿行進方向的右至左側潮波振幅作指數遞減的效應(參見式 3-17 或式 3-19)緩化所致外，南海陸架緣原具有的顯著反射效應，受臺灣海峽中段以北水域濬深地形阻擾，而使反射波振幅衰退，應為主要因素。

第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側，如圖 3-63-2 所示)：基

於臺灣海峽中段以北水域濶深地形影響及干擾，以致南向行進之入射潮波及北向行進之反射潮波振幅均降低，故本斷面所呈現的潮波振幅已大幅滑降，且原存在臺灣東北部的潮波無潮點也已漸退化。

第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段，如圖 3-63-3 所示)：從本斷面新的綜合潮波振盪型態可看出，因臺灣海峽中段以北水域濶深地形影響及干擾，以致海峽中段海域內存在有較陡變的水深地形，因此，臺灣海峽海域原先良好的透射及反射機制被改變，故南海陸架緣原具有的顯著反射效應大幅被干擾，本斷面的潮波振幅因而大幅降低。

第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側，如圖 3-63-4 所示)：本斷面新的綜合潮波振盪型態顯示，南海陸架上的潮波振幅會因臺灣海峽中段以北陸架水深濶深而略微增大，且其振盪型態會由原先呈順時鐘方向之旋轉潮波系統轉變為單純的南向行進潮波系統。由此可見，海峽中段以北海域的水深地形變化，會導致入射南海海域的南向行進潮波特性略微改變。

第五斷面(蘭嶼 - 墾丁 - 恒春 - 高雄 - 澎湖 - 桃園 - 淡水 - 三貂角 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域，如圖 3-63-5 所示)：因海峽中段海域內存在有較陡變的水深地形，因此，臺灣海峽海域原先潮波良好的入射、透射、及反射機制被改變，導致臺灣海峽海域內原具有的部分重複駐波振盪型態亦被扭曲，潮波振幅大幅減小，原存在臺灣海峽北側海域的無潮點已弱化並消失，入射潮波影響部分重複駐波振盪型態的範圍，往東而遠遠擴及至沖繩島弧海域。由此可見，僅改變臺灣海峽中段以北海域的水深地形特性，仍將對既有臺灣海峽的潮波振盪型態產生嚴重的影響，並使其發生顯著的變化。

而針對台中港海域，因水深地形調整所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-64 所示。由圖觀察可知，因改變臺灣海峽中段以北海域的地形特性，會導致台中港潮時大幅提前，不過，漲潮時期及退潮時期流速均會大幅減小，流向則以南向為主。

3.4.14 東亞陸架海域水深均一化之影響

為評估整體東亞海域水深均一化之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，將東亞陸架上之整體淺水海域水深均一化，即含中國大陸及臺灣環島沿岸與既有東亞陸架上，水深淺於 100 米之海域皆修改為 100 米，調整後的水深地形如圖 3-65 所示。

針對圖 3-65 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-66-1 及圖 3-66-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-67-1 至圖 3-67-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-67-1 至圖 3-67-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：

第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口，如圖 3-67-1 所示)：潮波自西太平洋入射，在其通過沖繩島弧之新東海陸架緣前，潮波約保持與現況相同之振幅(1.0 公尺)，但當潮波行進至寬約 400 公里的東海陸架上，潮波振幅擴增至 2.3 公尺，陸架緣左內側的潮波振幅亦有擴增，凱文波的南向行進特性明顯可見。

第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側，如圖 3-67-2 所示)：基於東亞大陸棚架上的水深以 100 米均一化之結果，除了在第一斷面南向行進潮波的振幅約略增大外，本斷面所呈現的潮波振幅亦有擴增的趨勢，且陸架緣左內側的潮波振幅因明顯擴增而致原存在臺灣東北部的潮波無潮點特性退化。

第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段，如圖 3-67-3 所

示)：從本斷面新的綜合潮波振盪型態可看出，東亞大陸棚架上的水深以 100 米均一化並不會改變臺灣東部西太平洋海域的入射潮波振盪型態，但在臺灣海峽中段海域內，因水深以 100 米均一化而使臺灣海峽水域的地形特性長度偏離共振條件，故而在臺灣海峽海域中，半日型潮波可因共振(莊文傑，2000，Lin et al., 2000、2001)放大入射潮波振幅的機制減弱，因而造成本斷面的綜合潮波振盪振幅降低，顯見臺灣海峽既有的水深調整，會使原有的地形特性長度變化，並進而對既有的潮波振盪振幅與型態產生明顯影響。

第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側，如圖 3-67-4 所示)：本斷面新的綜合潮波振盪型態，與現況類似，所不同的亦僅是南海陸架上，潮波振幅約略降低而已。而基於南海陸架緣的反射效應並未改變，臺灣灘的淺水海域又已移除且深化，故其影響因素應同樣肇始於因東亞海域水深以 100 米均一化而使臺灣海峽的地形特性長度偏離共振條件，以致入射至南海陸架上的潮波，在南海陸架緣的陡變水深地形反射效應變化。而此現象將可由第五斷面的潮波振盪型態加以証實。

第五斷面(蘭嶼 - 墾丁 - 恒春 - 高雄 - 澎湖 - 桃園 - 淡水 - 三貂角 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域，如圖 3-67-5 所示)：因東亞陸架海域水深均一化而使臺灣海峽的地形特性長度偏離共振條件。故在臺灣海峽海域內，僅管潮波系統仍可完全呈現兩相向行進凱文波相交會之近似重複駐波振盪型態，座落在南海陸架緣內側的無潮點仍明顯，但其波腹點的振幅明顯降低，原座落在東海陸架緣內側的無潮點也已稍退化，且其位置北移。此結果再次說明，臺灣海峽水域水深以 100 米均一化，可影響臺灣海峽的地形特性長度，甚至使其偏離共振條件，進而導致臺灣海峽海域原存在半日型潮波共振之機制衰減，並造成既有的部分重複駐波之振盪型態產生變化。

而針對台中港海域，因水深地形調整所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-68 所示。由圖觀察可知，東亞陸架海域水深以 100 米均一化會導致台中港潮時提前，且漲潮時期及

退潮時期流速驟增，流向則以順臺灣海峽中軸線之方向為主。

3.4.15 中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度之影響

為評估中國大陸海岸線形狀及既有臺灣海峽寬度之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，將中國大陸海岸線自錢塘江口至汕頭之圓弧形海岸線平直化，原海岸及近岸水深淺於 20 米之海域皆修改為 20 米，藉此以同時改變臺灣海峽之寬度，調整後的水深地形如圖 3-69 所示。

針對圖 3-69 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-70-1 及圖 3-70-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-71-1 至圖 3-71-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-71-1 至圖 3-71-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：

第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口，如圖 3-71-1 所示)：潮波自西太平洋入射，在其通過沖繩島弧之新東海陸架緣前，潮波約保持與現況相同之振幅(1.0 公尺)，但當潮波行進至寬度大幅拓展的東海陸架上，潮波振幅皆明顯大幅降低，凱文波的南向行進特性減弱。

第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側，如圖 3-71-2 所示)：基於東亞大陸棚架寬度的拓展，除了在第一斷面南向行進潮波的振幅大幅降低外，本斷面所呈現的潮波振幅亦大幅降低，僅管東海陸架緣外側的潮波振幅大小仍保持原有之狀態，但東海陸架緣內側的潮波振幅及振盪型態皆已產生明顯的變化。不過，值得特別注意的是，臺灣海峽寬度拓展後，在臺灣東北部原存在的近似無潮點，在東海陸架緣西內側更加明

顯，且其形成之位置已更向內陸偏移。此一現象說明，在陸架緣海域，旋轉潮波系統的無潮點，其形成之位置可能與沿海岸行進潮波(具凱文波)及海洋的入射潮波會合點相關，亦即與原陸架東西向的特性寬度及水深相關。所以，分別在臺灣東北部及西南部的陸架緣海域，由於陸架的東西向特性寬度及水深條件配合，因此，自然形成旋轉潮波系統的無潮點，且其形成位置及特性，顯著的隨附於陸架的特性寬度及水深條件。

第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段，如圖 3-71-3 所示)：從本斷面新的綜合潮波振盪型態可看出，臺灣海峽的寬度拓展雖不致改變臺灣東部西太平洋海域的入射潮波振盪型態，但在臺灣海峽中段海域內，因臺灣海峽的寬度拓展而使臺灣海峽水域的地形特性改變，附帶地，原相向行進潮波交會的特性也大幅變動，以致本斷面的潮波振盪振幅甚至比西太平洋海域的入射潮波振幅還小。可見海峽的特性寬度對既有的潮波振盪型態及振幅皆有其明顯的影響性。

第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側，如圖 3-71-4 所示)：本斷面新的綜合潮波振盪型態，與現況具甚大的差異，在南海陸架上，明顯可見潮波振幅大幅降低，潮波振幅並與南海潮波系統完全相符合。而基於南海陸架緣的反射效應並未改變，故其影響因素應同樣肇始於南海陸架寬度的變更，以致沿中國大陸沿岸的順時鐘旋轉潮波系統消失，所剩餘的，僅是自南海入射的潮波系統而已。

第五斷面(蘭嶼 - 墾丁 - 恒春 - 高雄 - 澎湖 - 桃園 - 淡水 - 三貂角 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域，如圖 3-71-5 所示)：因中國大陸海岸線形狀的變動及臺灣海峽寬度的拓展，故在臺灣海峽海域內，僅管潮波系統仍隱約可見相向行進凱文波相交會之部分重複駐波振盪型態，但其規模相對於原狀態已大幅縮小。此外，原分別存在臺灣東北部及西南部沿岸的無潮點，在本斷面的潮波振盪型態依舊明顯，只是其間距縮短為約 300 公里，且呈現的位置，分別更向臺灣中部海岸集中而已。此現象，在矩形海峽中進行潮波振盪理論分析時，須特別注意，藉以避免當入射潮波波長約為臺灣海峽特性長度的 $1/4$ 時，臺灣海峽海域具潮波共振特

性的誤判(Jan et al., 2002)。而其實當入射潮波波長約為臺灣海峽特性長度的 1/4 時，若忽略海峽地形寬度的影響，僅從二維波動傳播運動型態分析，所得者只不過是本斷面所呈現的小規模且振幅偏小之部分重複駐波振盪型態而已，其與現況因半日型潮波符合共振條件所實際呈現的部分重複駐波振盪型態相對照比較自然不可相提並論。

而針對台中港海域，因水深地形調整所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-72 所示。由圖觀察可知，中國大陸海岸線形狀的變動及臺灣海峽寬度的拓展會導致台中港潮時略為退後，不過，漲潮時期及退潮時期流速會稍增大，流向則仍以順臺灣海峽中軸線之方向為主。

3.4.16 東海北邊界入射潮波之影響

為評估東海北邊界入射潮波對東亞大陸棚架上潮波振盪型態之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，將對馬海峽的入射潮波邊界條件移除，其他的邊界及初始條件之應用與現況相同，並採用相同的計算參數設定。經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-73-1 及圖 3-73-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-74-1 至圖 3-74-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-74-1 至圖 3-74-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：移除對馬海峽的入射潮波邊界條件，各評估斷面仍可充分準確地呈現與現況幾乎相同的潮波綜合振盪型態。此一計算結果明確顯示：東海大陸棚架地形上向南行進的潮波，主要係源自於西太平洋海域的入射潮波。

而針對台中港海域，因移除對馬海峽的入射潮波邊界條件所導致流

向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-75 所示。由圖觀察可知，移除對馬海峽的入射潮波邊界條件所導致台中港潮時、潮位、流向及流速等的變化皆甚為有限，不過，漲潮時期及退潮時期流速會稍增大，流向則以逆時鐘之旋轉方向為主。

3.4.17 南海南邊界入射潮波之影響

為評估南海深水海域巨大水體之反射效應及南邊界入射潮波對東亞大陸棚架上潮波振盪型態之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，將南海海域原有以潮位控制的入射潮波邊界條件移除，並以無流速通量(flux)的邊界條件($f_{ab}=12$)取代，其他的邊界及初始條件之應用與現況相同，並採用相同的計算參數設定。經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-76-1 及圖 3-76-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-77-1 至圖 3-77-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-77-1 至圖 3-77-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：

第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口，如圖 3-77-1 所示)：潮波自西太平洋入射，在其通過沖繩島弧之新東海陸架緣前，潮波約保持與現況相同之振幅(1.0 公尺)，但當潮波行進至寬約 400 公里的東海陸架上，南向行進潮波的凱文波特特性明顯展現，且振幅也明顯增大，足見，被南海陸架緣陡峭水深地形及南海海域所反射之潮波，其振幅在順沿臺灣西部海岸北向行進時皆明顯增大。

第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側，如圖 3-77-2 所示)：基於南海入射潮波邊界條件的移除而替代以無流速通量(flux)的邊界條

件，故本斷面的潮波振盪振幅亦見大幅增大。不過，東海陸架緣外側的潮波振幅完全未受影響。由此可見，南海潮波的振盪型態，係完全透過臺灣海峽及東亞陸架地形的聯結，而充分地呈現並影響臺灣海峽北側及東海陸架上海域。

第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段，如圖 3-77-3 所示)：從本斷面新的綜合潮波振盪型態可進一步看出，南海入射潮波邊界條件的移除而替代以無流速通量(flux)的邊界條件，並不會影響或改變自臺灣東部西太平洋海域入射的潮波振盪型態，但在臺灣海峽中段海域內，被南海陸架緣陡峭水深地形及南海海域所反射之潮波，其振幅在順沿臺灣西部海岸北向行進時明顯增大的效應，可在本斷面的潮波振盪型態上明顯反映，因此，本斷面的潮波振幅亦呈現大幅增大。可見從南海陸架緣陡峭水深地形及南海海域所造成反射潮波之顯著影響性。

第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側，如圖 3-77-4 所示)：本斷面新的綜合潮波振盪型態，僅管其在南海陸架上潮波振幅大小的變化不大，但其振盪型態卻有甚大的差異。其中，以原存在南海陸緣的無潮點位置及南海海域內潮波振盪型態的變動最明顯。

第五斷面(蘭嶼 - 墾丁 - 恒春 - 高雄 - 澎湖 - 桃園 - 淡水 - 三貂角 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域，如圖 3-77-5 所示)：因南海入射潮波邊界條件的移除而替代以無流速通量(flux)的邊界條件，導致原順中國大陸海岸向南行進的潮波，其被南海陸架緣陡峭水深地形及南海海域所反射之潮波，其振幅在順沿臺灣西部海岸北向行進時明顯增大，所以，在臺灣海峽海域內，相向行進凱文波相交會之部分重複駐波振盪型態明顯強化，部分重複駐波之振盪振幅亦大幅增加，不過規模相對於原狀態仍舊保持相當。此外，原分別存在臺灣東北部及西南部沿岸的無潮點，其位置亦無太大的變動，所具有的差異，僅南海陸架緣原存在的潮波振盪無潮點型態稍為退化而已。此現象再次明顯地說明，南海潮波的振盪型態，會完全透過臺灣海峽及東亞陸架地形的聯結，顯著地對臺灣海峽海域及東海陸架海域的潮波振盪型態，展現其主控性及影響性。

而針對台中港海域，因南海入射潮波邊界控制條件的調整所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-78 所示。由圖觀察可知，南海入射潮波邊界條件的移除而替代以無流速通量(flux)邊界條件會導致台中港潮時略為提前，且使退潮時期的流速增大，流向則仍以順臺灣海峽中軸線之方向為主。

3.4.18 呂宋島弧封閉之影響

為評估南海海域潮波振盪型態受西太平洋潮波入射之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，將呂宋島弧的開放水域以陸地封閉，調整後的水深地形如圖 3-79 所示。

針對圖 3-79 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-80-1 及圖 3-80-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-81-1 至圖 3-81-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-81-1 至圖 3-81-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：呂宋島弧的開放水域以陸地封閉，各評估斷面仍可充分準確地呈現與現況幾乎相同的潮波綜合振盪型態。其間唯一具差異的，僅在第五斷面的呂宋島弧右側之小部分西太平洋海域內，因島弧地形特性的變動而呈現些微的振盪振幅降低。因此，本計算結果明確顯示：臺灣海峽海域及東亞陸架海域的潮波系統及潮波振盪型態，確實只單純受南海海域的潮波系統及潮波振盪型態所影響，而其中，存在臺灣西南部海域的南海陸架緣陡峭水深地形則扮演主控的決定性角色。此外，西太平洋的潮波，其通過巴士海峽入射南海海域的成分甚小，對南海海域既存的潮波系統影響亦甚為有限。依據以上計算結果所明確

呈現之特性，本研究因此進而推論：自西太平洋入射東亞陸架海域的潮波，其在傳播至臺灣東部海域前，應受地球自轉影響，而改變其原有行進方向，轉而順沿呂宋島弧以逆時鐘旋轉方向形成西太平洋海域的旋轉潮波系統，且該系統，因呂宋島弧地形的天然阻隔，其與南海的潮波系統應是近似相互獨立的。

而針對台中港海域，因呂宋島弧的開放水域以陸地封閉後，所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-82 所示。由圖觀察可知，封閉呂宋島弧以隔絕西太平洋及南海海域的潮波系統，對台中港的潮時、潮位、流向及流速等的影響皆甚為有限。

3.4.19 沖繩島弧封閉之影響

確認西太平洋海域及南海海域的旋轉潮波系統應是近似相互獨立後，為進一步評估東海海域潮波振盪型態受西太平洋潮波入射之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，將沖繩島弧的開放水域以陸地封閉，調整後的水深地形如圖 3-83 所示。

針對圖 3-83 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，當台中港潮位分別在滿潮及乾潮位後 2 小時所對應之部分平面潮流流場變化如圖 3-84-1 及圖 3-84-2 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-85-1 至圖 3-85-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-85-1 至圖 3-85-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：沖繩島弧的開放水域以陸地封閉，各斷面所呈現的潮波振盪振幅，除了皆比現況下降及減小外，各評估斷面仍可充分呈現與現況近似相同的潮波綜合振盪型態。尤其，存在臺灣海峽海

域的部分重複駐波型態仍清楚可見，無潮點的位置也未變動。此外，從第二及第三斷面所呈現的潮波振盪振幅相對照比較可知，沖繩島弧的開放水域以陸地封閉，將明顯導致太平洋海域入射至東海海域的潮波振幅降低，且其降低幅度，依據東海海域位在沖繩海槽內的潮波振幅估算，其降低幅度約可達原有振幅的一半。由此一事實研判，入射東海海域的潮波，明顯被沖繩島弧分隔為南、北兩大部分，其中，有大半主要係入射自沖繩島弧以南的西太平洋海域；沖繩島弧以北的部分則主要係入射自沖繩島以北至日本九州間島弧東側的太平洋海域。儘管如此，基於地球自轉的偏向力效應，以及中國大陸海岸邊界和臺灣海峽地形的限制，外加南海海域旋轉潮波系統具獨立特性的配合下，因此，自西太平洋海域入射的潮波，其兩大部分皆會對東海海域及臺灣海峽海域的潮波系統產生影響，並主控東海海域及臺灣海峽海域的潮波振盪型態。

而針對台中港海域，因沖繩島弧的開放水域以陸地封閉後，所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-86 所示。由圖觀察可知，缺少沖繩島弧南側自西太平洋海域入射潮波的影響，台中港的潮時將比現況落後，潮位會降低，流速會稍增大。原漲、退潮應有的流向則相反。

3.4.20 臺灣海峽中段海域封閉之影響

基於東海海域與西太平洋海域旋轉潮波系統的密切聯動性，更基於南海海域與西太平洋海域旋轉潮波系統的近似獨立性，因此，為進一步確認東海與南海海域透過臺灣海峽海域的聯結關係及對潮波振盪型態之影響性(總地形水深變化規劃配置參見表 3-1)，針對圖 3-7 所示之既有東亞海域之水深地形，將臺灣海峽中段海域以陸地封閉，調整後的水深地形如圖 3-87 所示。

針對圖 3-87 所示之計算海域，應用與現況相同的邊界及初始條件，採用相同的計算參數設定，經重新計算即可求得與現況具相同計算期間之全面性逐時潮位與潮流分布結果。其中，以台中港計算潮位為參考基

準，自 2004/10/15 00:00 起每間隔 2 小時所對應之全一日部分平面潮流流場變化如圖 3-88-1 及圖 3-88-13 所示。依據圖 3-11(或表 3-2)所示之各斷面位置，自新計算之序列結果中萃取各斷面所對應之水深及潮波全一日(2004/10/15 00:00 ~ 24:00)逐時之振盪型態，結果經綜合可分別得如圖 3-89-1 至圖 3-89-5 所示。各圖中，為便於新計算結果之評估比較，現況之計算結果將以虛線一併展示於圖中。觀察並比較圖 3-89-1 至圖 3-89-5 所示不同評估斷面所萃取之新潮波綜合振盪型態可得：臺灣海峽中段海域以陸地封閉，各斷面所呈現的潮波振盪振幅，除了在臺灣海峽北段海域潮波振幅增大，而在臺灣海峽南段海域潮波振幅減小外，各評估斷面仍可充分呈現與現況近似相同的潮波綜合振盪型態。進一步依據第五斷面(圖 3-89-5)所呈現的潮波振盪型態觀察可得：除了在臺灣海峽中段海域以陸地封閉的斷面位置上，可見南、北海域的自然不連續特性外，基本上，存在臺灣海峽海域的部分重複駐波振盪型態仍清楚可見，且此一部分重複駐波波型對臺灣海峽海域的陸架特性長度中點而言，所呈現的對稱性頗為良好，尤其是在臺灣海峽南、北段海域原各別存在的無潮點位置也未變動。此外，值得特別一提的是，部分重複駐波波型在臺灣海峽北段海域所呈現增大的潮波振幅，恰約為臺灣海峽南段海域所呈現減少的潮波振幅。而此一現象正可用以說明：在臺灣海峽中段海域封閉的情況下，自臺灣海峽北段海域入射的潮波，確實會因海峽中段海域封閉所造成的完全反射效應而獨自在臺灣海峽北段海域內產生部分重複駐波振盪型態，而當臺灣海峽中段海域回復為現況通順的情況下，海峽中段海域封閉所造成的完全反射效應，將由位在南海陸架緣的陡峭水深地形及南海海域的巨大深水水體所替代；另一方面，基於南海海域與西太平洋海域旋轉潮波系統的獨立性，又因臺灣海峽中段海域已以陸地封閉隔絕，故單純只因南海海域的潮波振盪影響，即可在臺灣海峽南段海域形成一定規模的部分重複駐波振盪型態，只是當臺灣海峽中段海域以陸地封閉隔絕的對稱特性消除時，該封閉陸地的對稱特性係轉變由存在東海的陸架緣陡峭水深地形替代而已。所以，綜合而論，基於東海及南海陸架緣陡峭水深地形的存在，加上其顯著的對稱性與反射效應，故臺灣海峽海域，包括其南、北兩側的陸架緣開放海域，確實頗近似於兩端封

閉的矩形海峽地形，且其內實際上的潮波振盪特性，更明確可用兩相向行進凱文波相交會的特性，充分予以描繪及闡釋。

而針對台中港海域，因臺灣海峽中段海域以陸地封閉隔絕後，所導致流向、流速、及潮位的變化，其與現況的對照比較結果則如圖 3-90 所示。由圖觀察可知，單純自太平洋海域入射之潮波，其在臺灣海峽中段海域被封閉陸地完全反射後，台中港的潮時將比現況落後，潮位會稍增高，流速會增大，原漲、退潮應有的流向則相反。

3.5 東亞海域的潮波系統

中國大陸學者孫湘平等(1981)曾提出東亞海域的潮波傳播系統圖。而依據該圖(參見圖 1-11)及其研究結果說明指出：太平洋的潮波，一支經日本九州與臺灣之間進入東海後，除少部分進入臺灣海峽外，其他大部分偏西北方向傳遞到渤海、黃海、與東海；另一支則經巴士海峽傳入南海，其中，亦有部分繞行臺灣南部海域而進入臺灣海峽海域。

本研究透過東亞海域陸架地形水深的變化，應用潮波水動力計算之系列模擬，最後，依據研究結果確認：因呂宋島弧地形的天然阻隔，南海海域的潮波系統應與西太平洋海域的潮波系統是近似相互獨立的，亦即西太平洋海域的潮波，其通過巴士海峽入射南海海域的成分甚小，且其在行進至臺灣東部近岸海域時，將因地球自轉偏向力作用而使其在東亞陸架緣海域，形成沿西太平洋海盆作逆時鐘方向旋轉的潮波系統；而南海海域的潮波系統，則為順沿南海海盆作逆時鐘方向旋轉的獨立潮波系統；至於東海海域的潮波系統，其受沖繩島弧地形天然阻隔的影響不大，且與西太平洋海域的潮波系統基本上是密切聯動的，不過，從西太平洋海域入射東海海域的潮波，明顯被沖繩島弧分隔為南、北兩大部分，其中，有大半部分主要係入射自沖繩島弧以南的西太平洋海域，沖繩島弧以北的另一大部分則主要係入射自沖繩島以北至日本九州間島弧東側的太平洋海域。此外，臺灣海峽海域的潮波系統，其不僅為東海海域潮波系統與南海海域獨立潮波系統的聯動橋樑，其潮波系統更受東

海海域的潮波系統與南海海域的獨立潮波系統所支配與控制。鑑此，本研究修正中國大陸學者孫湘平等(1981)所提出東亞海域的潮波傳播系統圖，並提出新的東亞海域潮波傳播系統圖，如圖 3-91 所示。

表 3-1-1 臺灣環島海域影響潮波變化之地形配置

編號	地形配置	評估重點	水深地形變化概要
Case 0 Case 18	A10dep-01 Asia10-dep or Asia10dm	建立臺灣鄰近海域水深地形變化對潮波特性影響之評估、比較基準 評估擴展計算海域之北側範圍及設定日本海計算邊界上潮位控制之影響性	現況水深地形 ※Asia10-dep 為開放對馬海峽 於既有臺灣環島鄰近海域之地形水深上，擴展計算海域範圍，使包括對馬海峽及日本海之部分海域
Case 1	A10dep01	評估擴展臺灣東北部海域之東海大陸棚架寬度之影響性	同 Case 0，既有存在臺灣東北部海域之東海大陸棚架寬度擴展，淺化既有存在臺灣東北部海域之東海大陸棚架外之沖繩海槽水深，水深大於 200 米皆修改為 200 米
Case 2	A10dep02	評估縮減臺灣東北部海域之東海大陸棚架寬度之影響性	同 Case 0，既有存在臺灣東北部海域之東海大陸棚架縮減寬度並深化水深，水深小於 500 米皆浚挖為 500 米
Case 3	A10dep03	評估臺灣環島鄰近海域之大陸棚架寬度及水深之影響性	同 Case 0，既有存在臺灣東北及西南部海域之大陸棚架同時縮減寬度並深化水深，水深小於 500 米皆浚挖為 500 米
Case 4	A10dep04	評估臺灣環島鄰近海域大陸棚架地形不存在之影響性	同 Case 3，既有存在臺灣東北及西南部海域之大陸棚架同時縮減寬度並深化水深，但臺灣環島鄰近海域水深小於 2000 米皆浚挖為 2000 米
Case 5	A10dep05	評估臺灣環島鄰近海域大陸棚架之寬度及水深變化及臺灣海峽地形不存在之影響性	同 Case 3，既有存在臺灣東北及西南部海域之大陸棚架同時縮減寬度並深化水深，惟臺灣環島鄰近海域水深小於 500 米皆浚挖為 500 米，且移除臺灣本島陸地，水深並以 200 米取代
Case 6	A10dep06	評估臺灣海峽地形不存在，即純東亞大陸棚架地形之影響性	同 Case 0，於既有臺灣環島鄰近海域之地形水深上，僅移除臺灣本島陸地地形，且原環島海域水深小於 50 米均以 50 米取代
Case 7	A10dep07	評估臺灣海峽地形不存在，即純東亞大陸棚架地形之影響性	同 Case 0，於既有臺灣環島鄰近海域之地形水深上，僅移除臺灣本島陸地地形，且原環島海域水深小於 200 米均以 200 米取代
Case 8	A10dep08	評估擴展臺灣西南部海域之南海大陸棚架寬度之影響性	同 Case 0，既有存在臺灣西南部海域之南海大陸棚架寬度擴展，淺化既有存在恒春海脊與高屏斜坡間之南海水域，水深大於 500 米皆修改為 500 米
Case 9	A10dep09	評估擴展臺灣西南部海域之南海大陸棚架寬度之影響性	同 Case 0，既有存在臺灣西南部海域之南海大陸棚架寬度擴展，淺化既有存在恒春海脊與高屏斜坡間之南海水域，水深大於 200 米皆修改為 200 米
Case 10	A10dep10	評估臺灣海峽南段海域陸架地形縮減為約一半原長度之影響性	同 Case 0，既有存在臺灣海峽海域內之南海大陸棚架地形，自海峽中段之雲彰隆起以南，水深均予以深化，水深小於 50 米皆浚挖為 500 米

表 3-1-2 臺灣環島海域影響潮波變化之地形配置

編號	地形配置	評估重點	水深地形變化概要
Case 11	A10dep11	評估臺灣海峽南段海域陸架地形縮減為約一半原長度，且無臺灣海峽地形之影響性	同 Case10，既有存在臺灣海峽海域內之南海大陸棚架地形，自海峽中段之雲彰隆起以南，水深均予以深化，水深小於 50 米皆浚挖為 500 米，且移除臺灣本島陸地地形，水深並以 500 米取代
Case 12	A10dep12	評估臺灣海峽海域水深均一化及無臺灣灘淺水地形之影響性	同 Case0，保留既有存在臺灣海峽海域內之大陸棚架地形，但水深均一化，水深小於 60 米皆浚挖為 60 米
Case 13	A10dep13	評估臺灣海峽北段海域陸架地形縮減為約一半原長度之影響性	如同 Case 10，既有存在臺灣海峽海域內之東海大陸棚架地形，自海峽中段之雲彰隆起以北，水深均予以深化，水深小於 50 米皆浚挖為 500 米
Case 14	A10dep19	評估東亞大陸棚架地形上，特性水深變化，其對臺灣海峽海域潮波振盪及潮流型態之影響性	如同 Case 0，在既有之東亞大陸棚架地形上，全陸架及海峽兩岸沿岸水深均予以等深化，水深小於 100 米皆浚挖為 100 米
Case 15	A10dep20	評估中國大陸圓弧形海岸線及拓寬臺灣海峽寬度之影響性	同 Case 0，在既有臺灣鄰近海域之地形上，將中國大陸自錢塘江口至汕頭之圓弧形海岸線平直化，原陸地及近岸淺水海域，水深小於 20 米皆修改為 20 米
Case 16	A10dep-01	評估潮波自計算海域北側之對馬海峽入射，其對臺灣海峽海域潮波振盪及潮流型態之影響性	同 Case 0，在既有臺灣環島海域之水深地形上，移除計算海域北側邊界上之對馬海峽水位及流束控制
Case 17	A10dep21	評估計算海域南側邊界條件，以零流束形式控制邊界之影響性	同 Case 0，在既有臺灣環島海域之水深地形上，移除計算海域南側邊界上之潮位控制，並以零流速通量之邊界控制形式取代，且令其 $fab=12$
Case 18	A10dep14	評估潮波自西太平洋入射，經臺灣南端之巴士海峽進入南中國海海域，其對臺灣海峽海域潮波振盪及潮流型態之影響性	同 Case0，在既有臺灣環島海域之水深地形上，沿蘭嶼海脊脊線，自台東至呂宋島，開放海域水深均以 8 公尺標高之陸地封閉
Case 19	A10dep15	評估潮波自西太平洋入射，經臺灣東北端之琉球島弧進入東中國海海域，其對臺灣海峽海域潮波振盪及潮流型態之影響性	同 Case0，在既有臺灣環島海域之水深地形上，沿琉球島弧之脊線，自蘇澳經石垣島、宮古島，以至沖繩島，開放海域水深均以 8 公尺標高之陸地封閉
Case 20	A10dep23	評估臺灣海峽之南、北兩側海域，分別受入射潮波引致協振盪之影響性	同 Case 0，在既有臺灣環島海域之水深地形上，於雲彰隆起之海峽中段，以標高 8 公尺之陸地分隔臺灣海峽，使其成為各自獨立的南、北兩個半封閉型矩形海域
Case 21	A10dep-01	評估計算海域南側之中國大陸沿岸潮位變化，其對臺灣海峽海域潮波振盪及潮流型態之影響性	同 Case 0，在既有臺灣環島海域之水深地形上，移除計算海域南側邊界上之中國大陸沿岸驗潮站潮位，並以鄰近之東沙島驗潮站潮位替代

表 3-2 臺灣環島海域潮波受地形影響變化之評估斷面位置

Section No.	From point	Ending point	Distances ($\Delta d = 10 \text{ Km}$)	Notes
Sect. 1	(86, 98)	(149, 98)	63	溫州灣 - 沖繩島 東中國海入口
Sect. 2	(80, 72)	(146, 72)	66	馬祖島 - 石垣島 臺灣海峽北側
Sect. 3	(78, 56)	(145, 56)	67	烏坵嶼 - 花蓮 臺灣海峽中段
Sect. 4	(66, 31)	(141, 31)	75	汕頭 - 巴坦群島 臺灣海峽南側
Sect. 5	(110, 43)	(111, 32)	11	蘭嶼 - 墾丁
	(111, 32.5)	(108, 29)	4	墾丁 - 恒春
	(108.4, 29.46)	(97, 35)	11	恒春 - 高雄
	(97.61, 34.71)	(91, 42)	8	高雄 - 澎湖
	(91.56, 41.38)	(92, 65)	22	澎湖 - 桃園
	(91.99, 64.38)	(96, 72)	7	桃園 - 淡水
	(95.72, 71.46)	(104, 72)	7	淡水 - 三貂角
	(103.7, 71.98)	(108, 65)	7	三貂角 - 蘇澳
	(107.9, 65.17)	(110, 43)	21	蘇澳 - 蘭嶼 臺灣環島海域

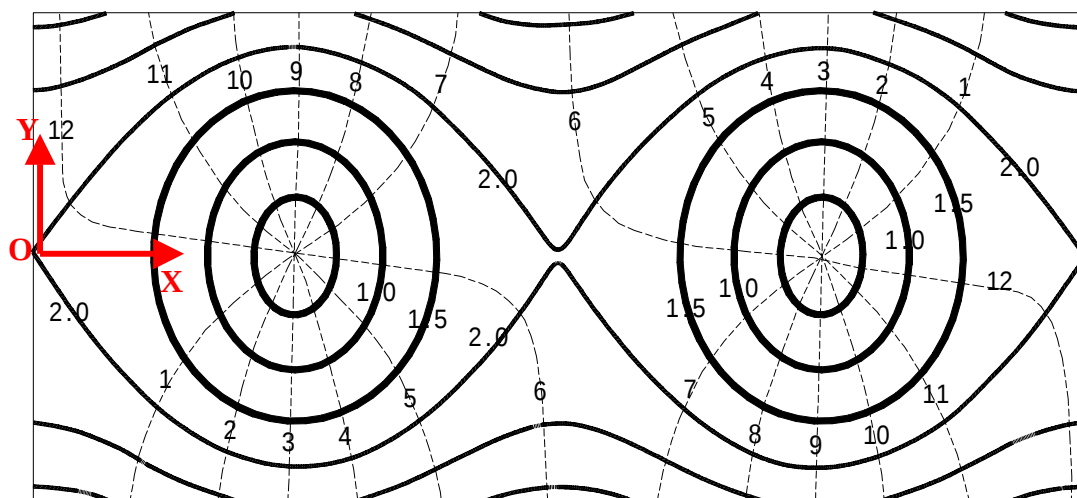


圖 3-1 無底床摩擦效應下,兩個週期各為 12 小時之行進凱文波在位於緯度 44.5 度、平均水深 40 米、寬度 400 公里、兩端開口封閉之狹長矩型海峽內相交會後之波動振盪型態。實線表示潮位；虛線表示潮時。(林琿 等, 2000)

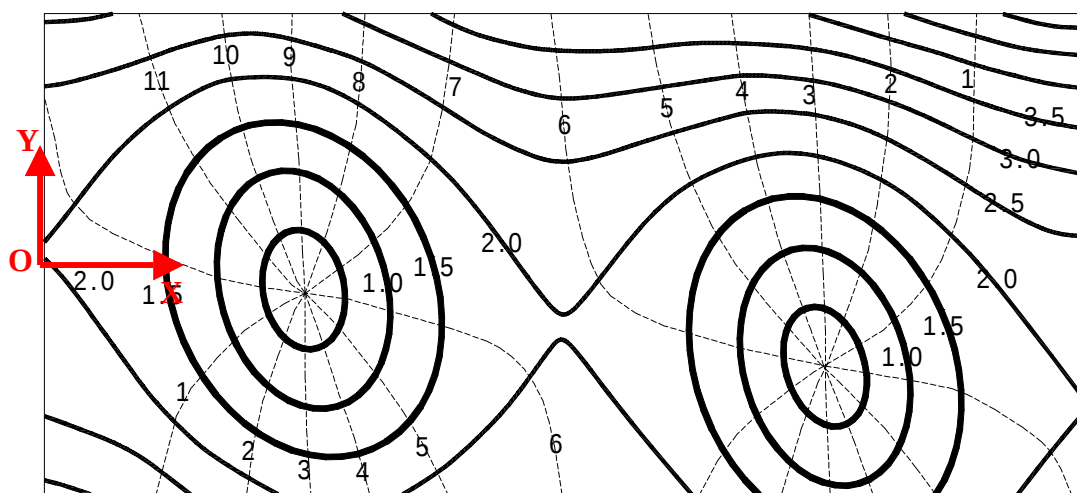


圖 3-2 具底床摩擦效應下,兩個週期各為 12 小時之行進凱文波在位於緯度 44.5 度、平均水深 40 米、寬度 400 公里、兩端開口封閉之狹長矩型海峽內相交會後之波動振盪型態。實線表示潮位；虛線表示潮時。(林琿 等, 2000)

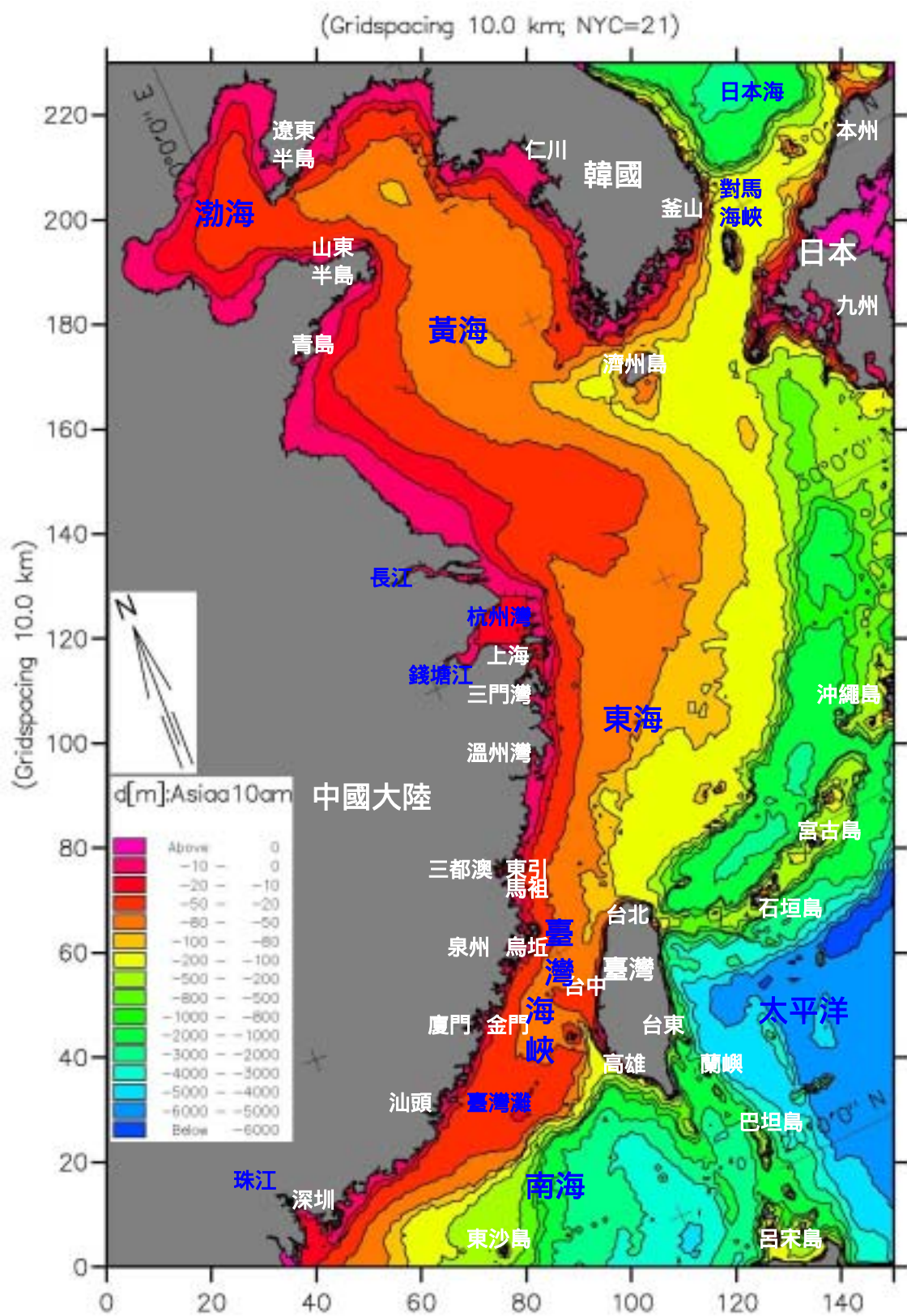


圖 3-3 現況東亞計算海域範圍及其水深地形

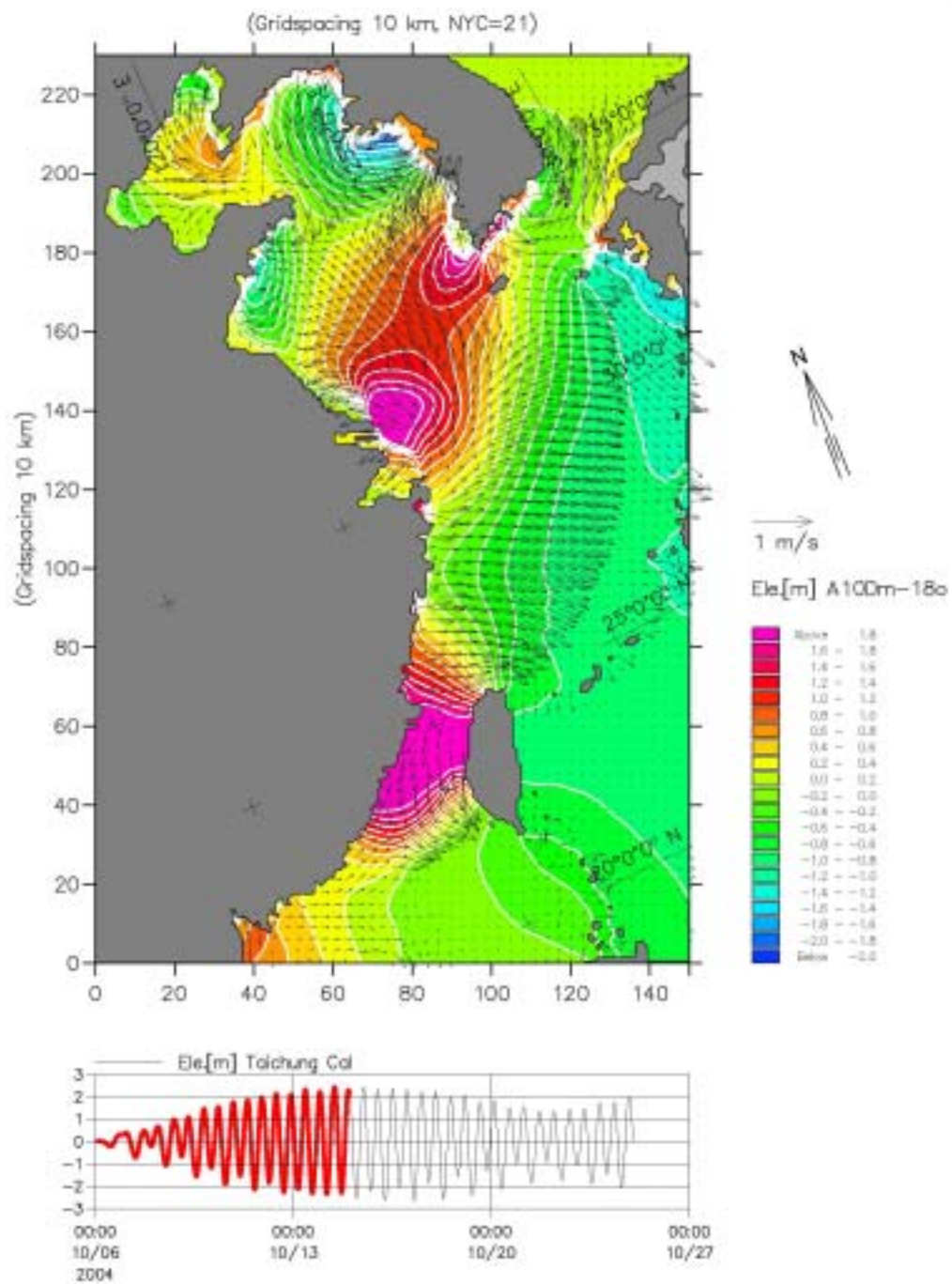


圖 3-4-1 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 00:00

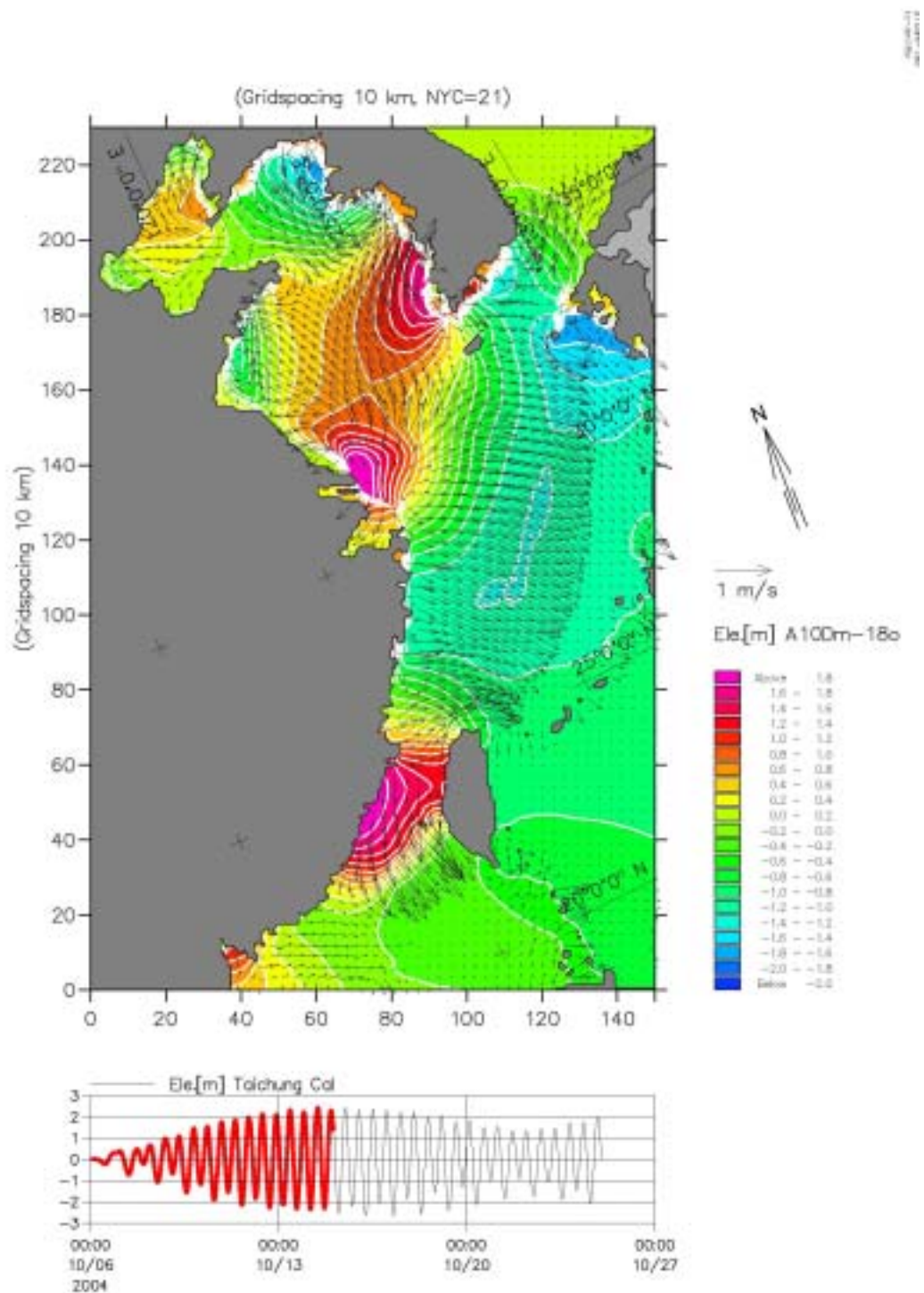


圖 3-4-2 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 01:00

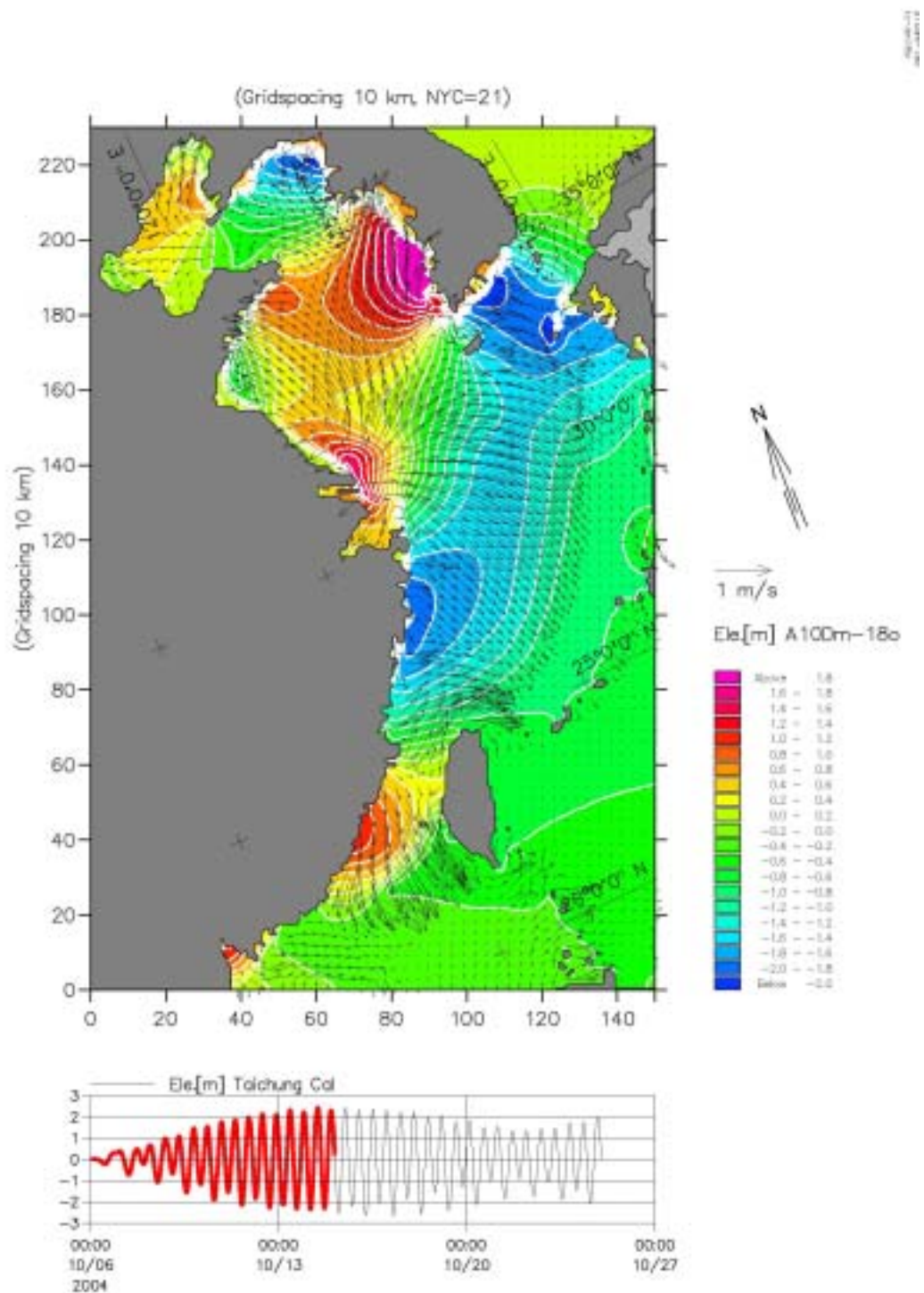


圖 3-4-3 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 02:00

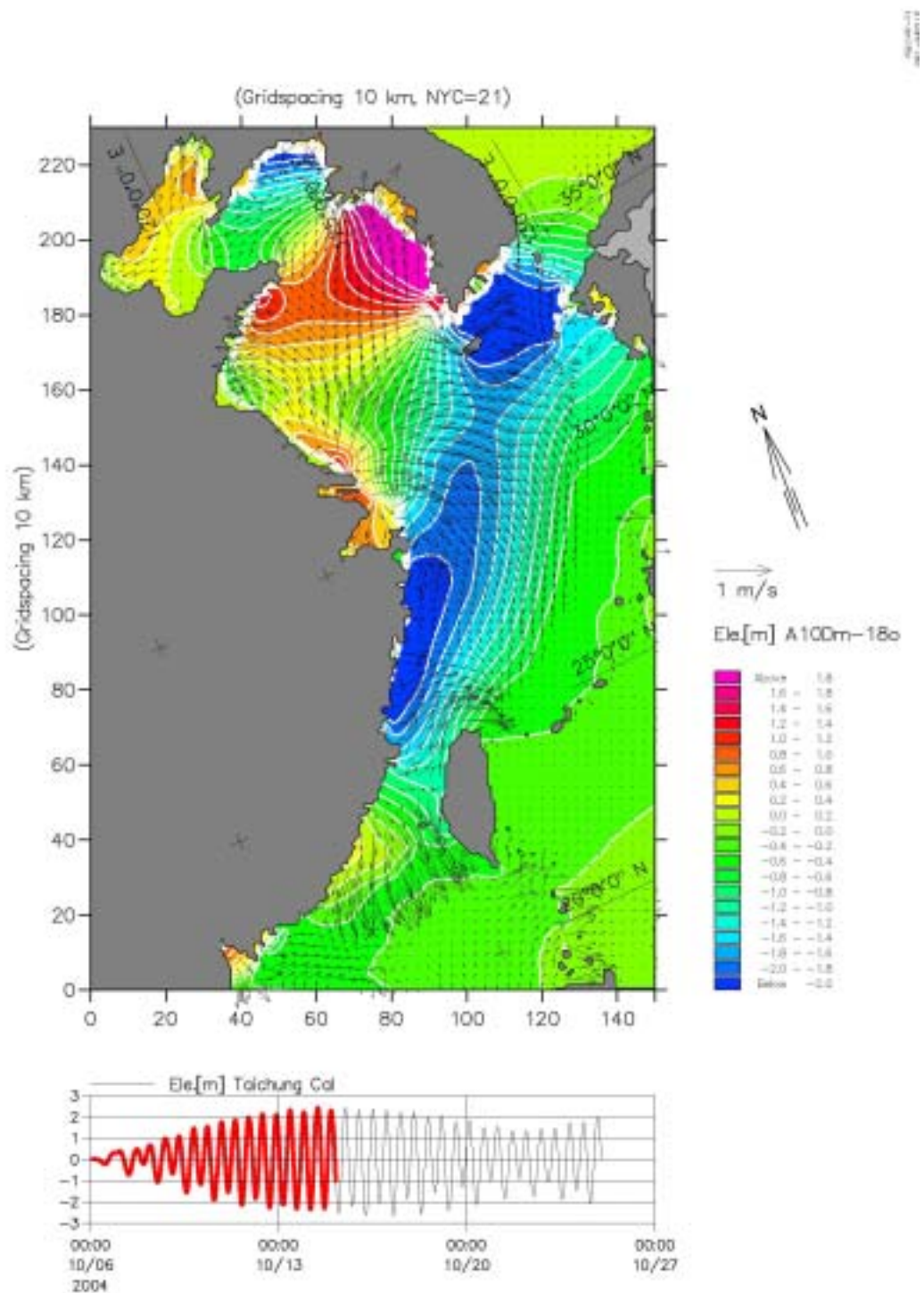


圖 3-4-4 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 03:00

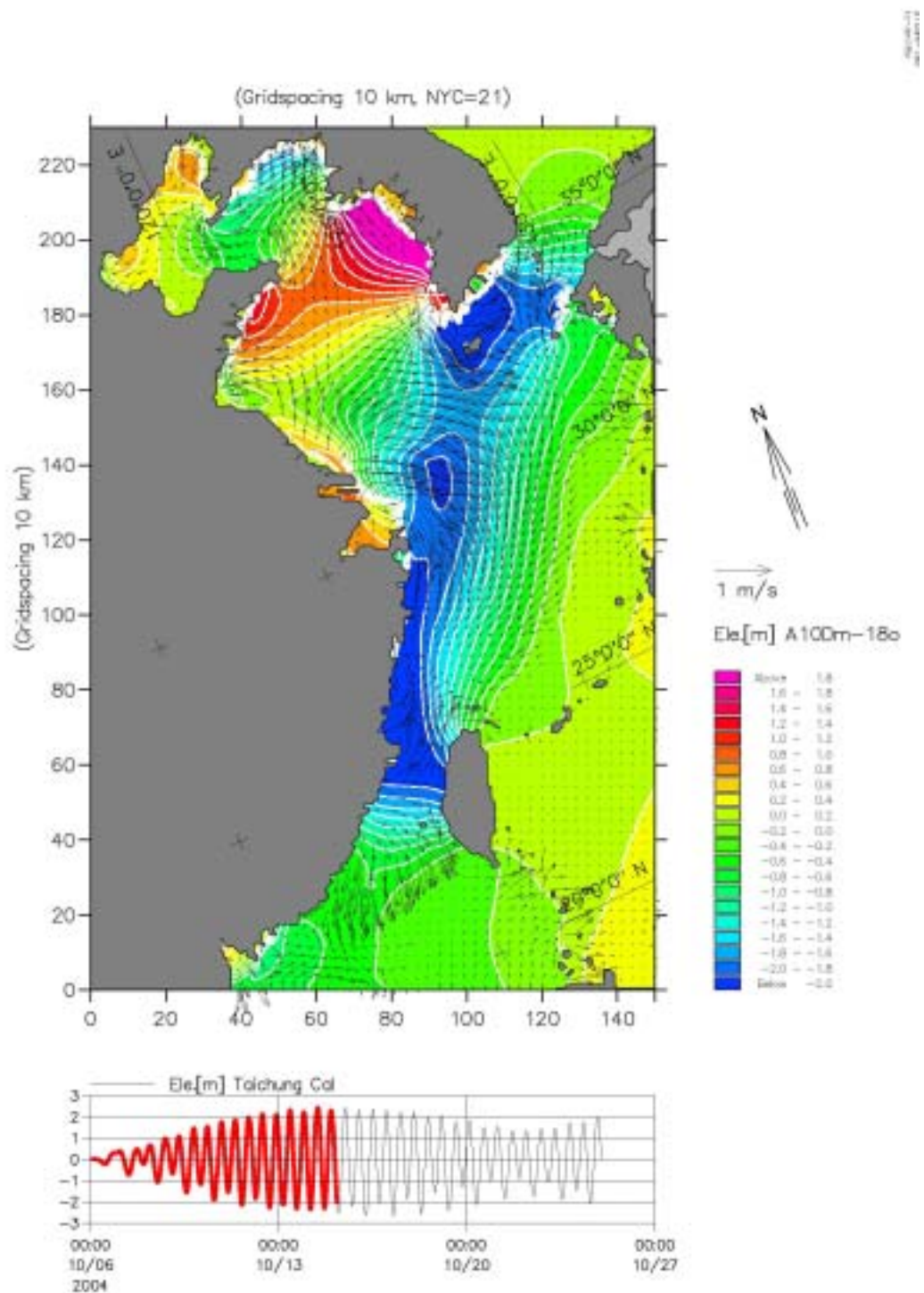


圖 3-4-5 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 04:00

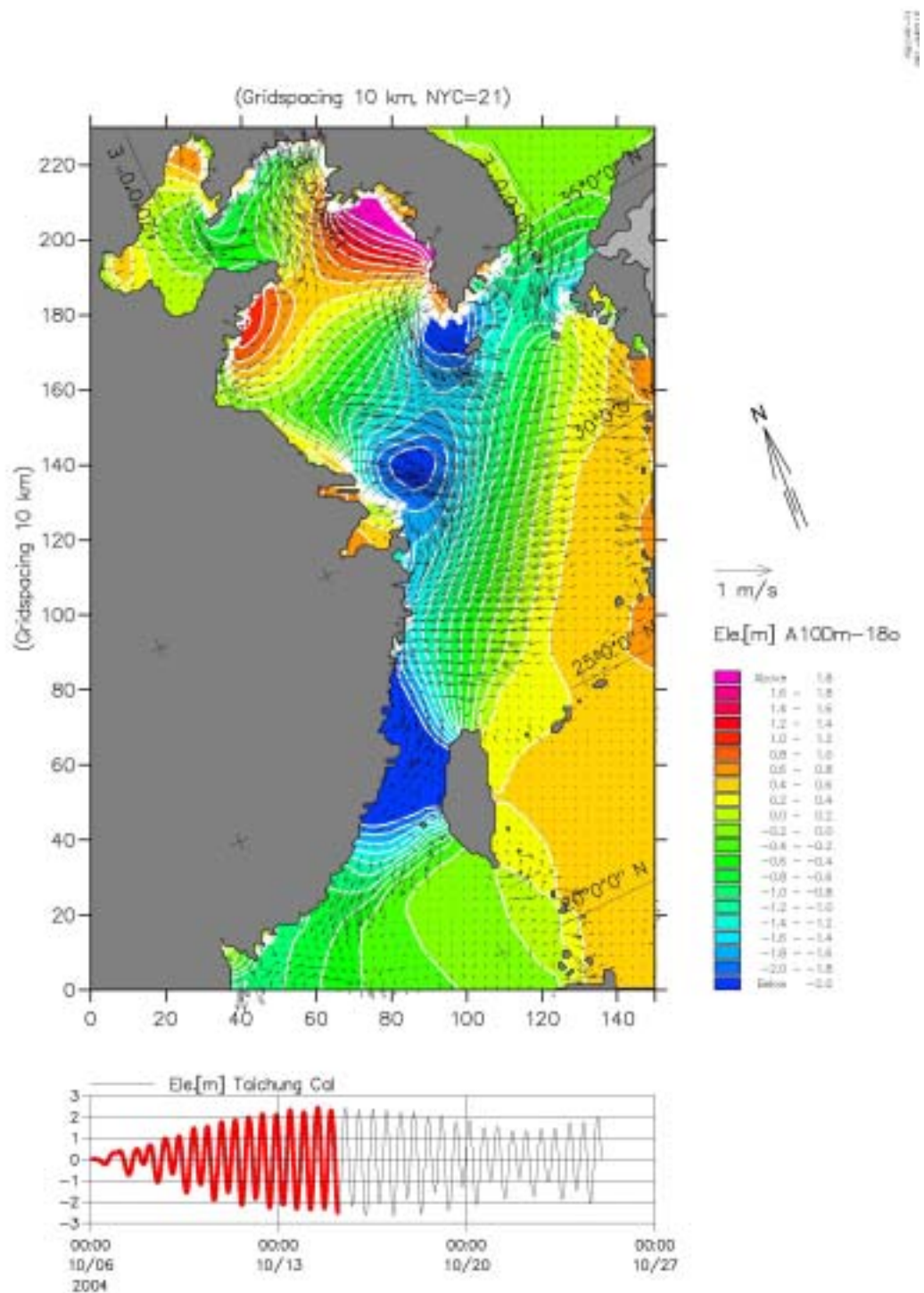


圖 3-4-6 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 05:00

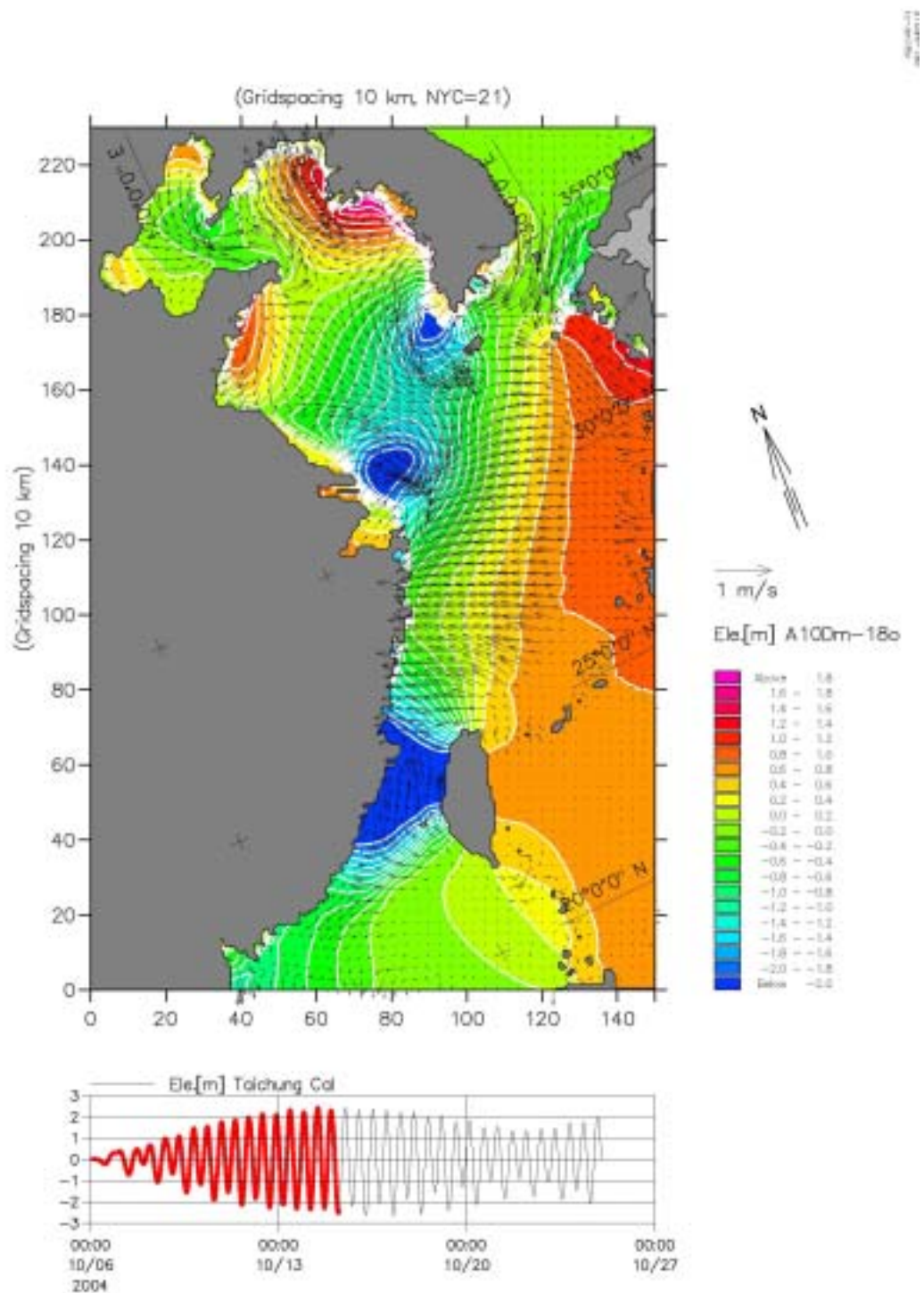


圖 3-4-7 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 06:00

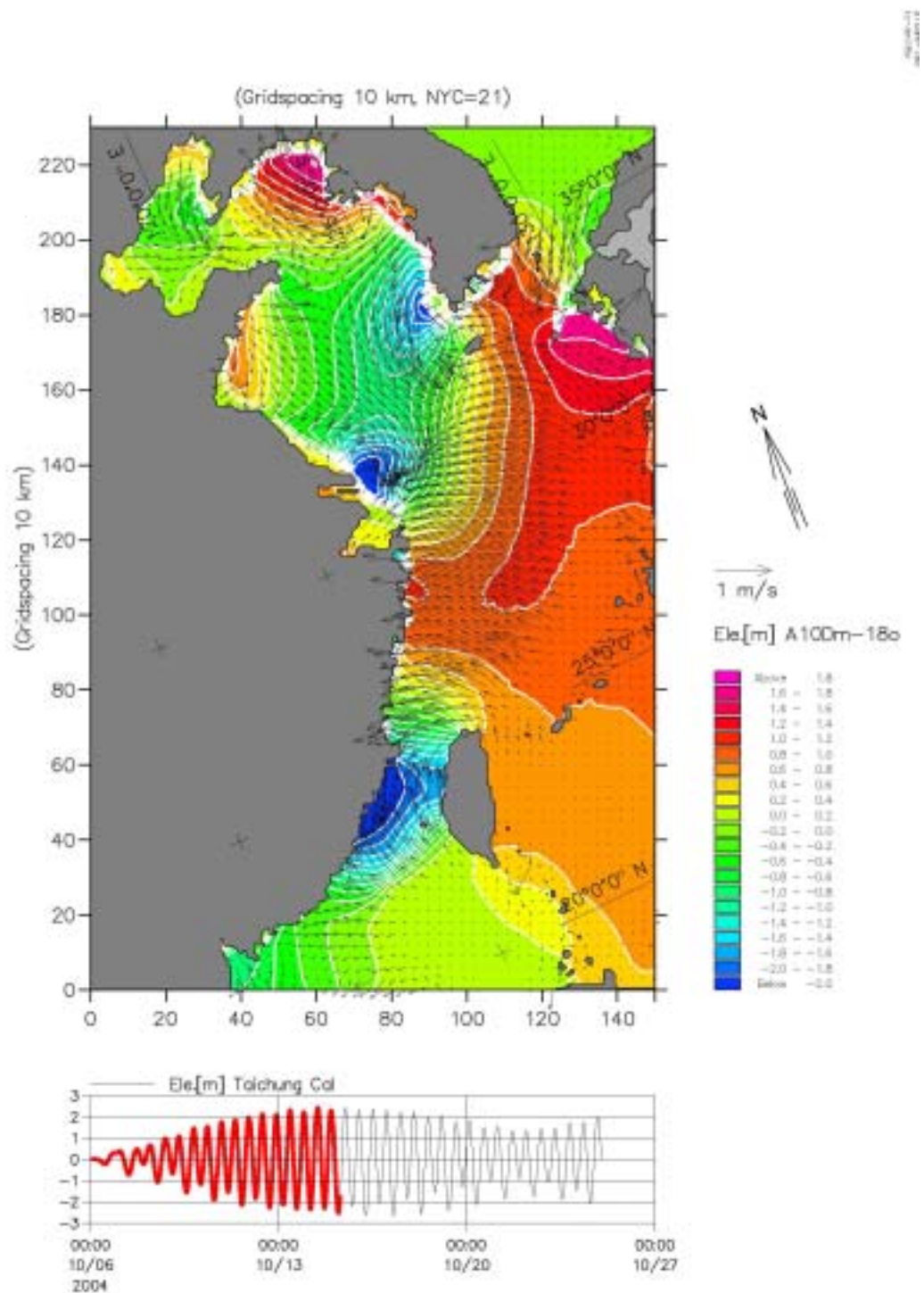


圖 3-4-8 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 07:00

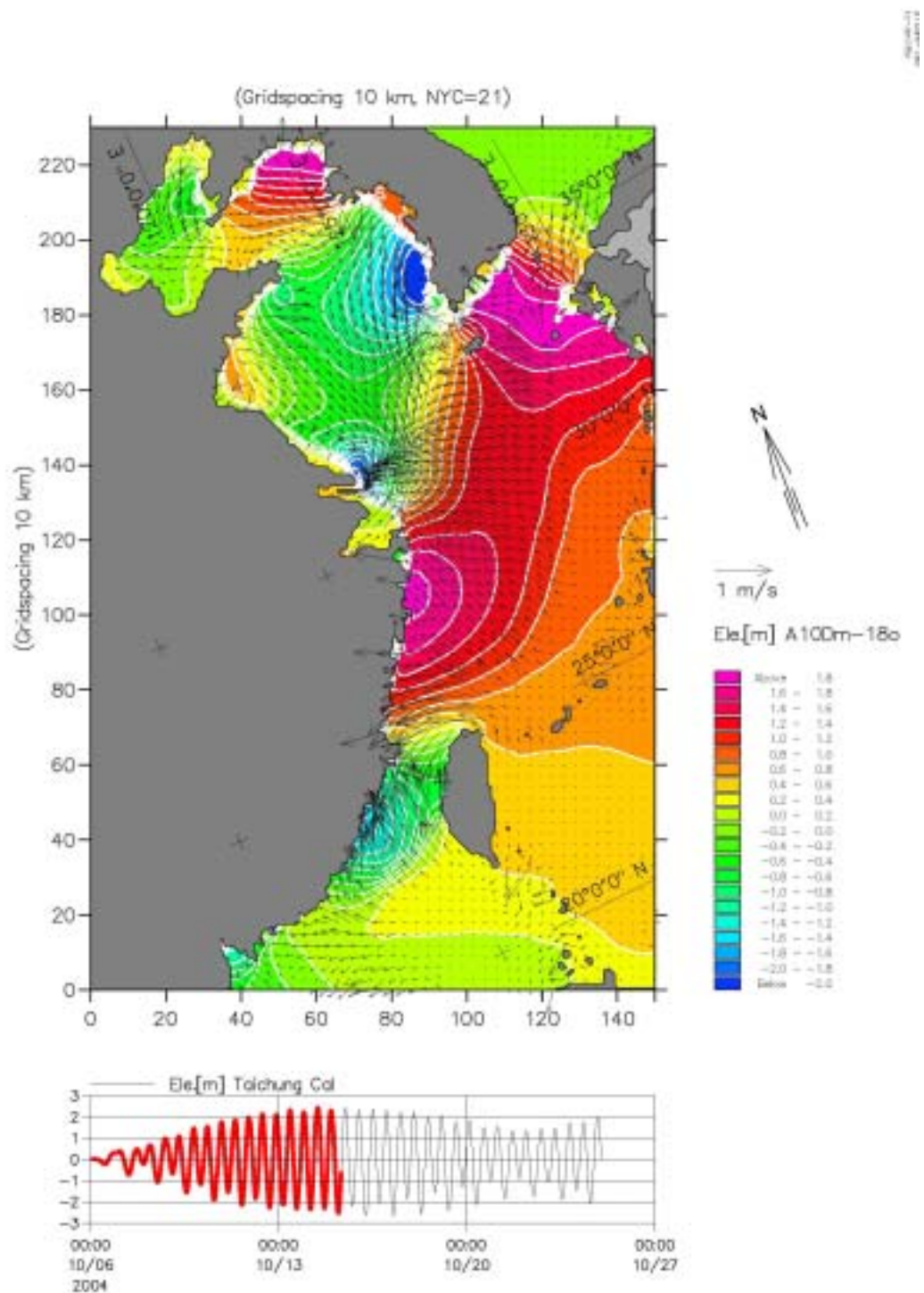


圖 3-4-9 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 08:00

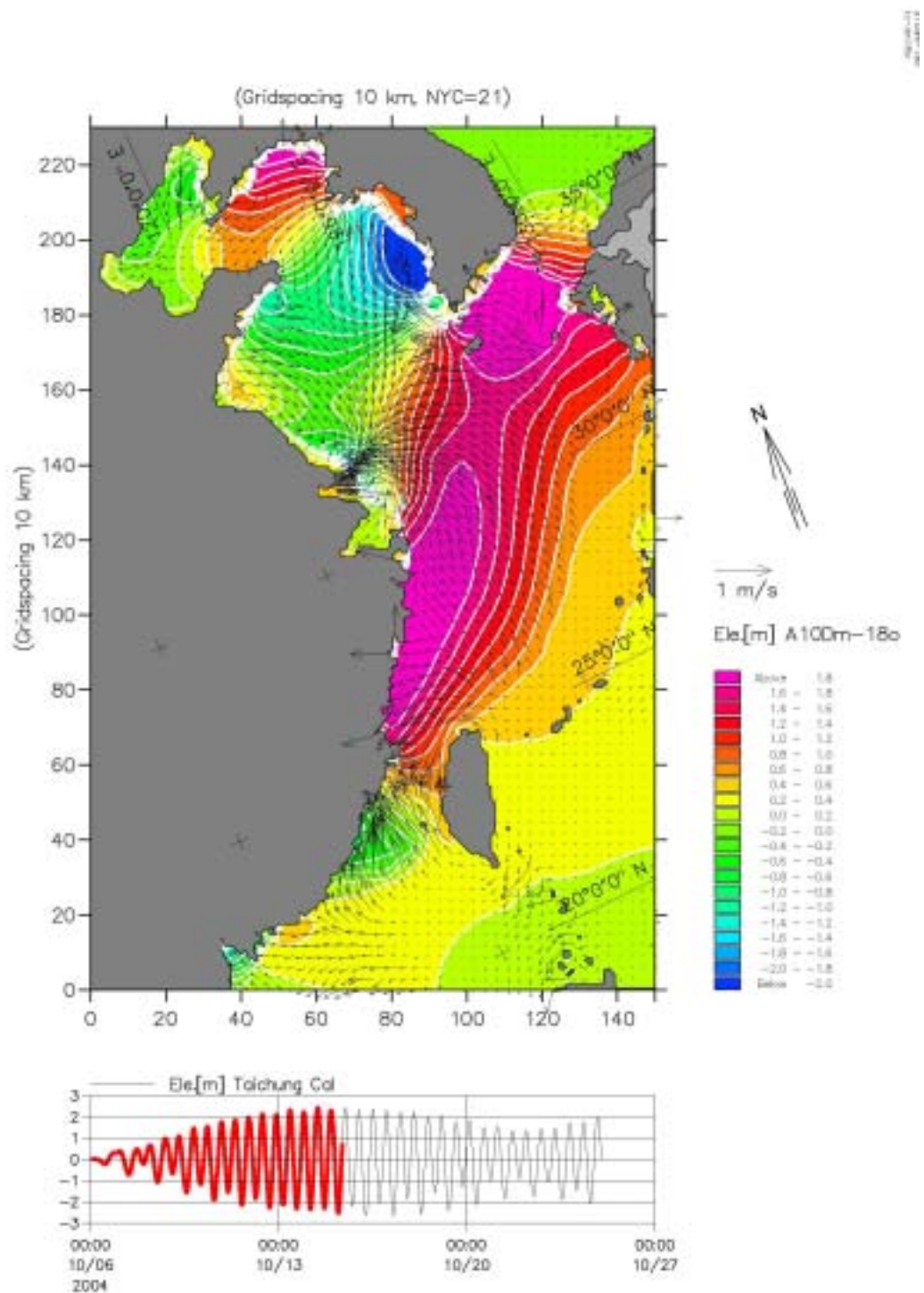


圖 3-4-10 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 09:00

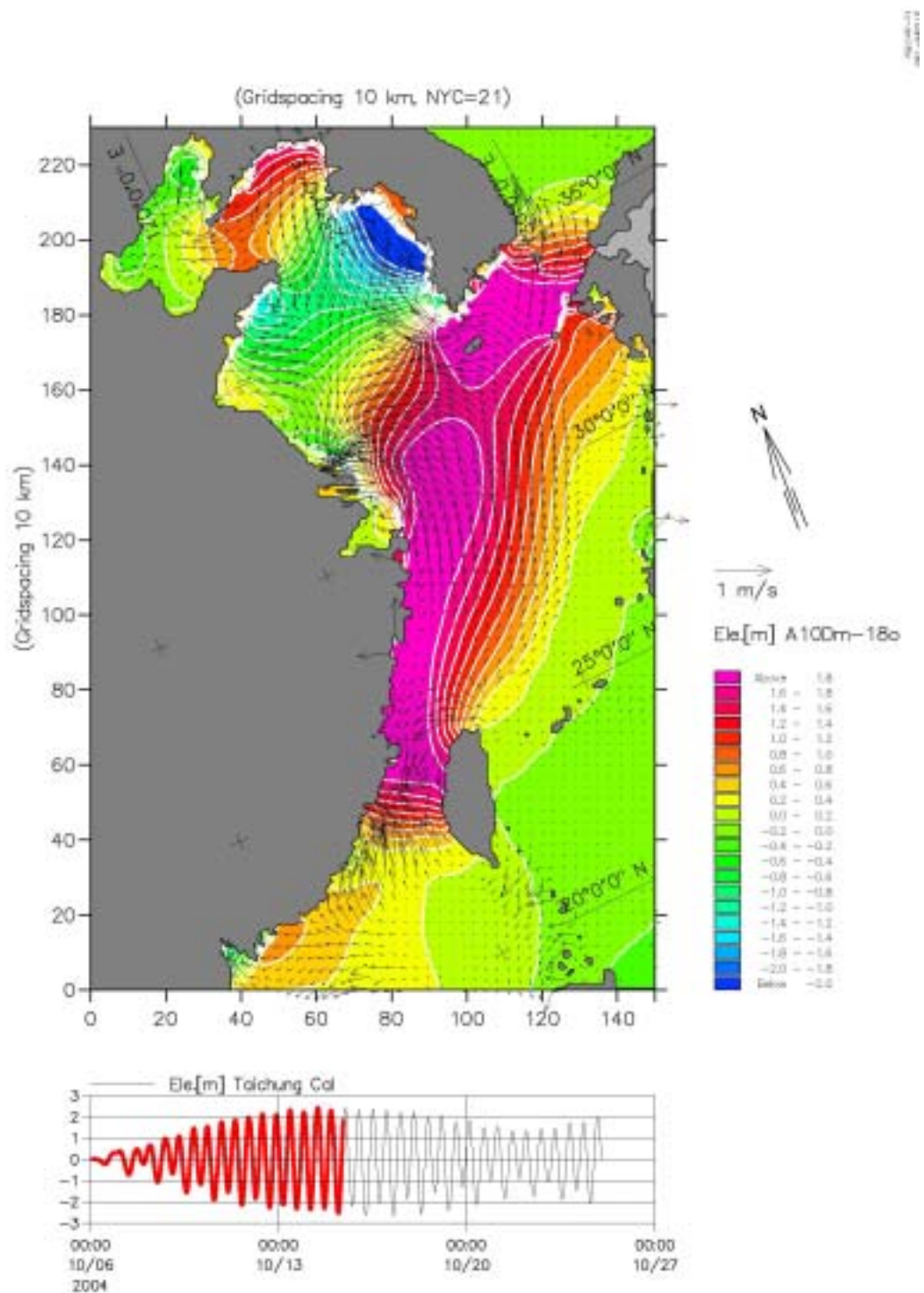


圖 3-4-11 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 10:00

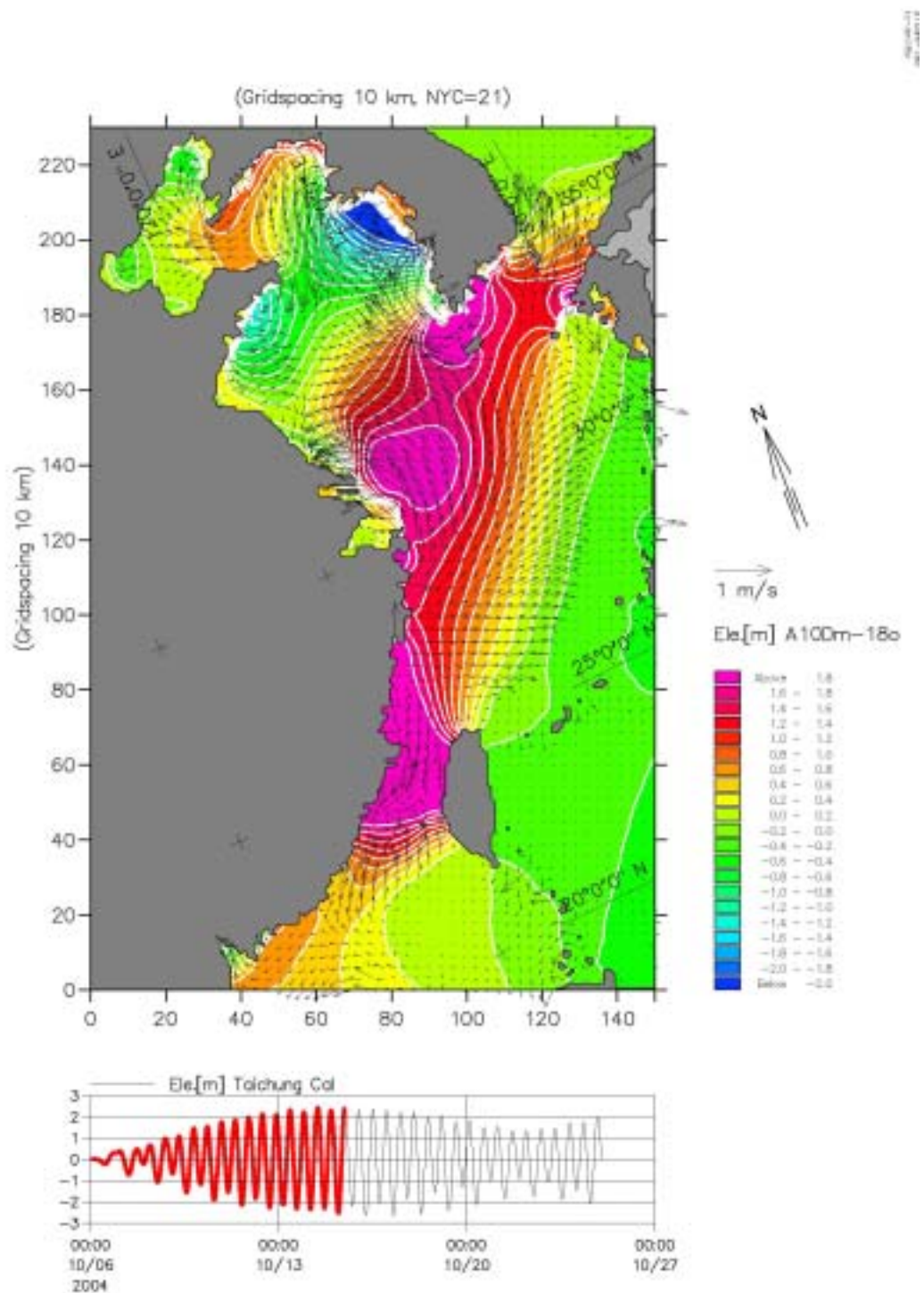


圖 3-4-12 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 11:00

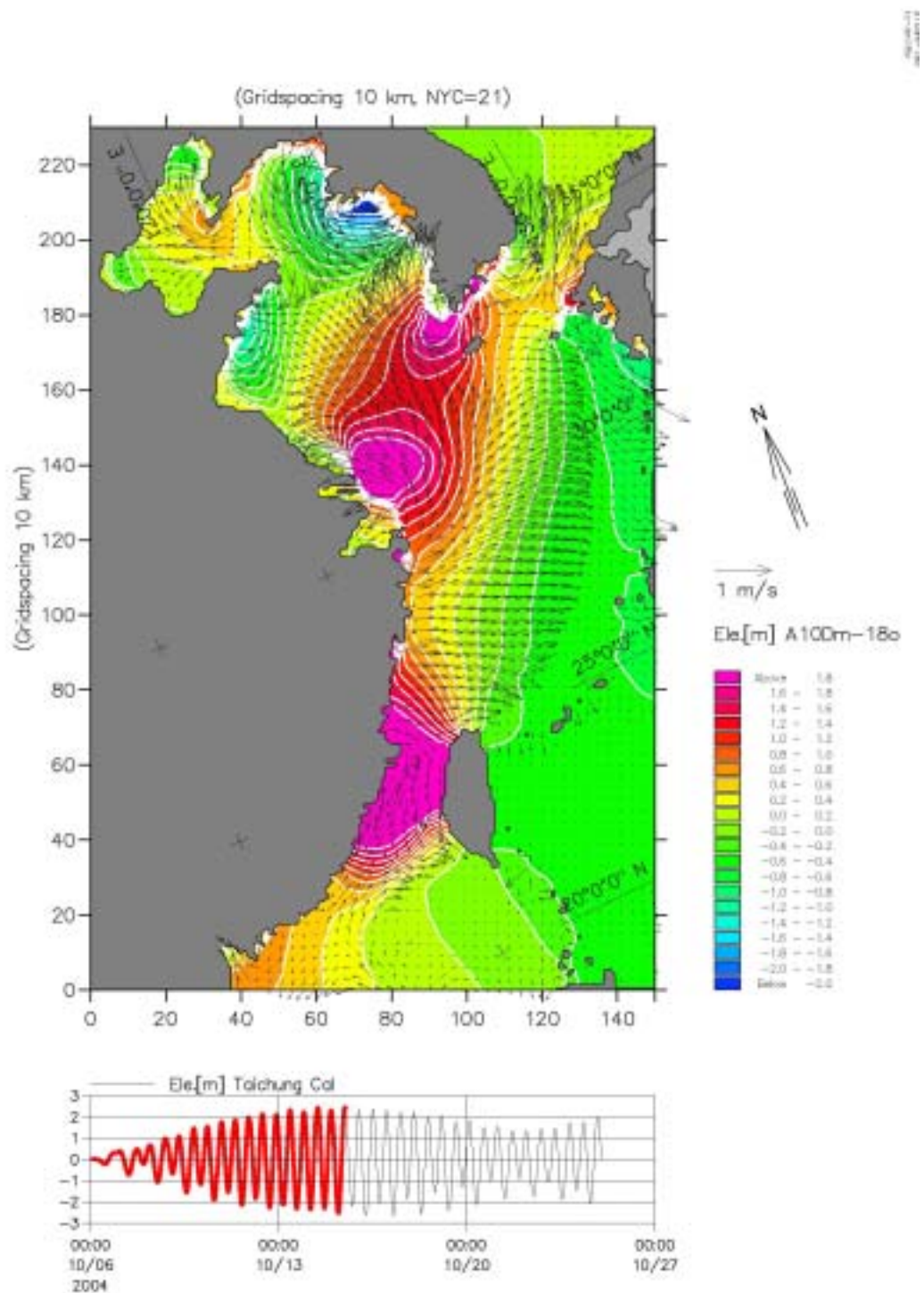


圖 3-4-13 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 12:00

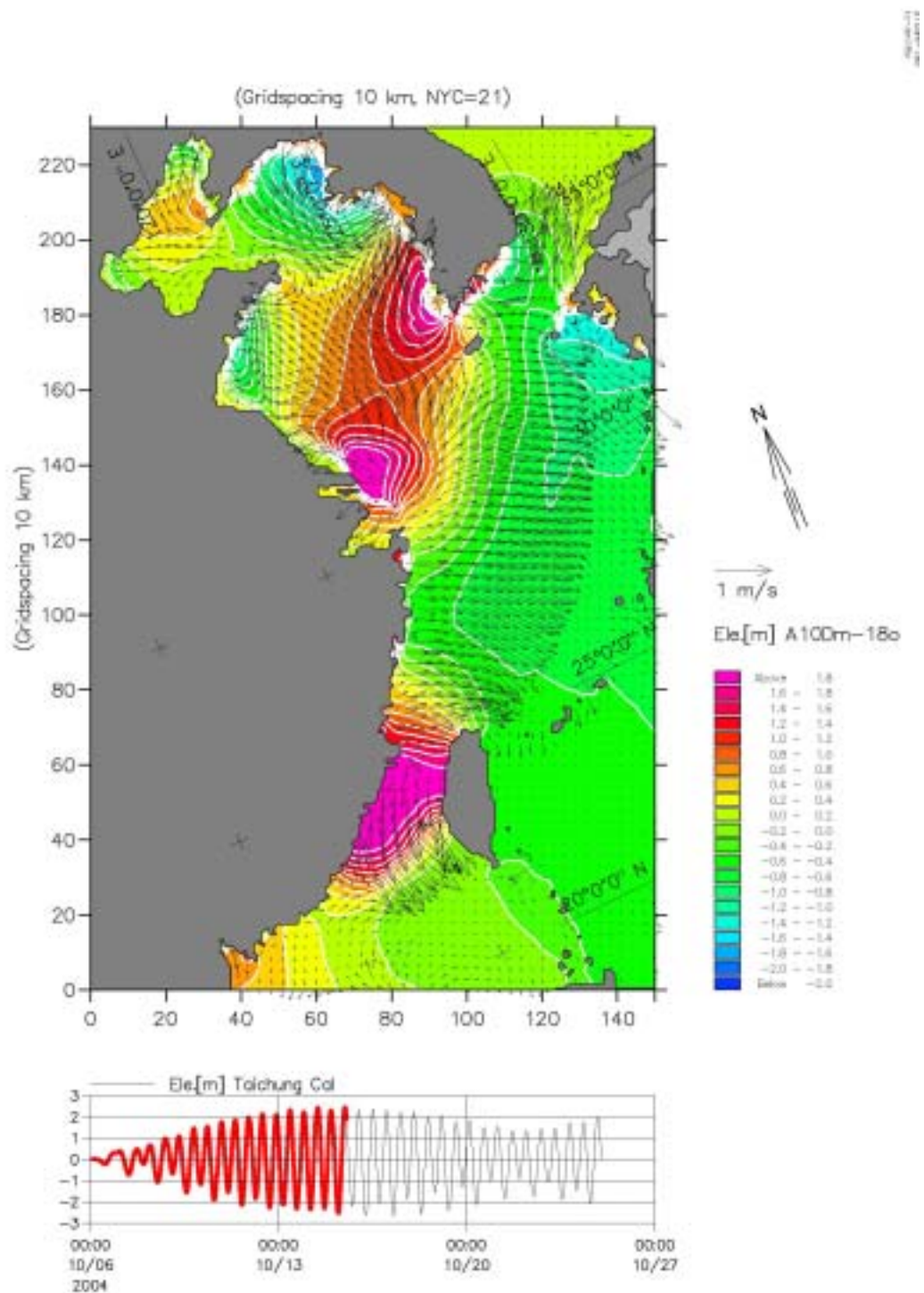


圖 3-4-14 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 13:00

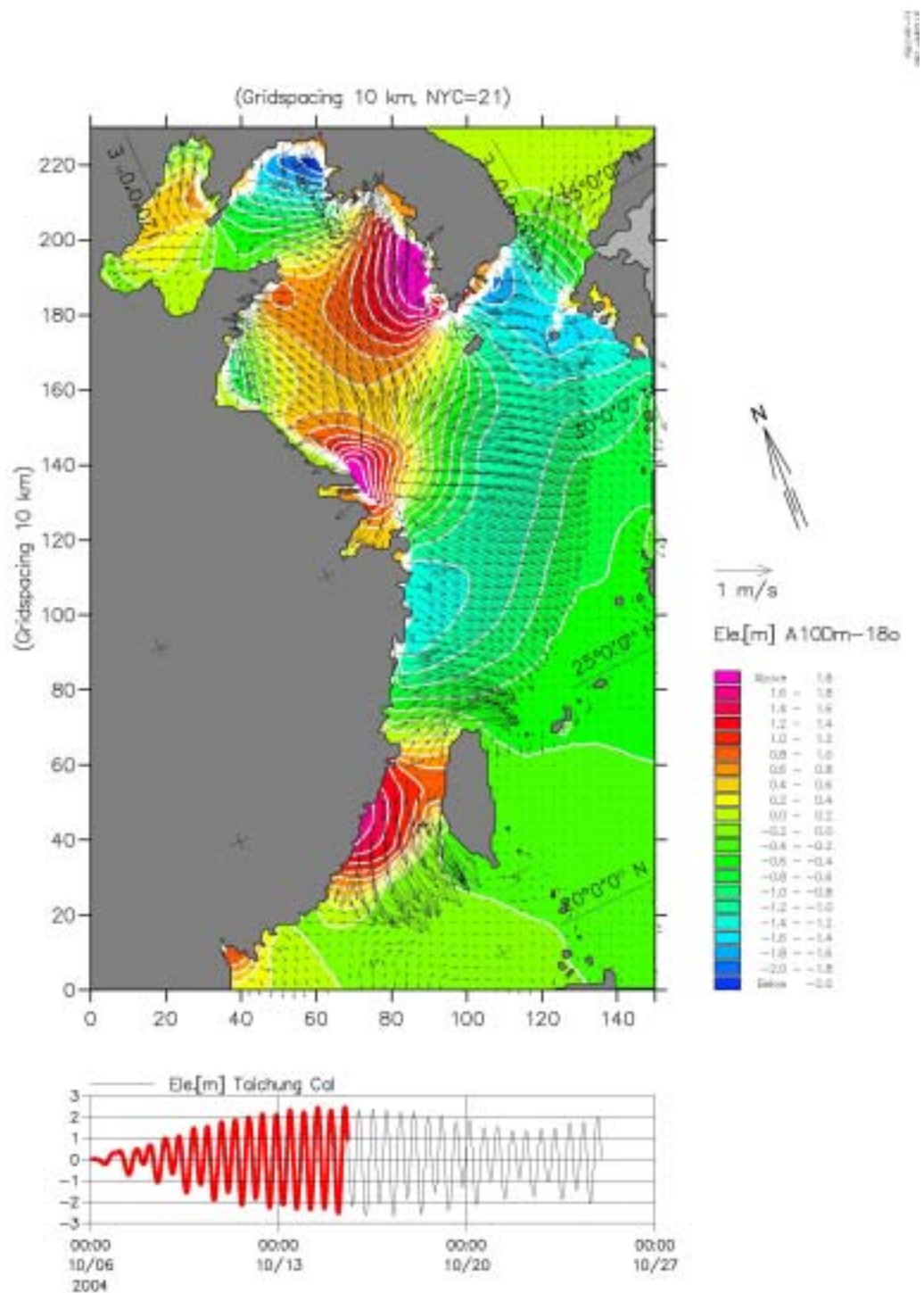


圖 3-4-15 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 14:00

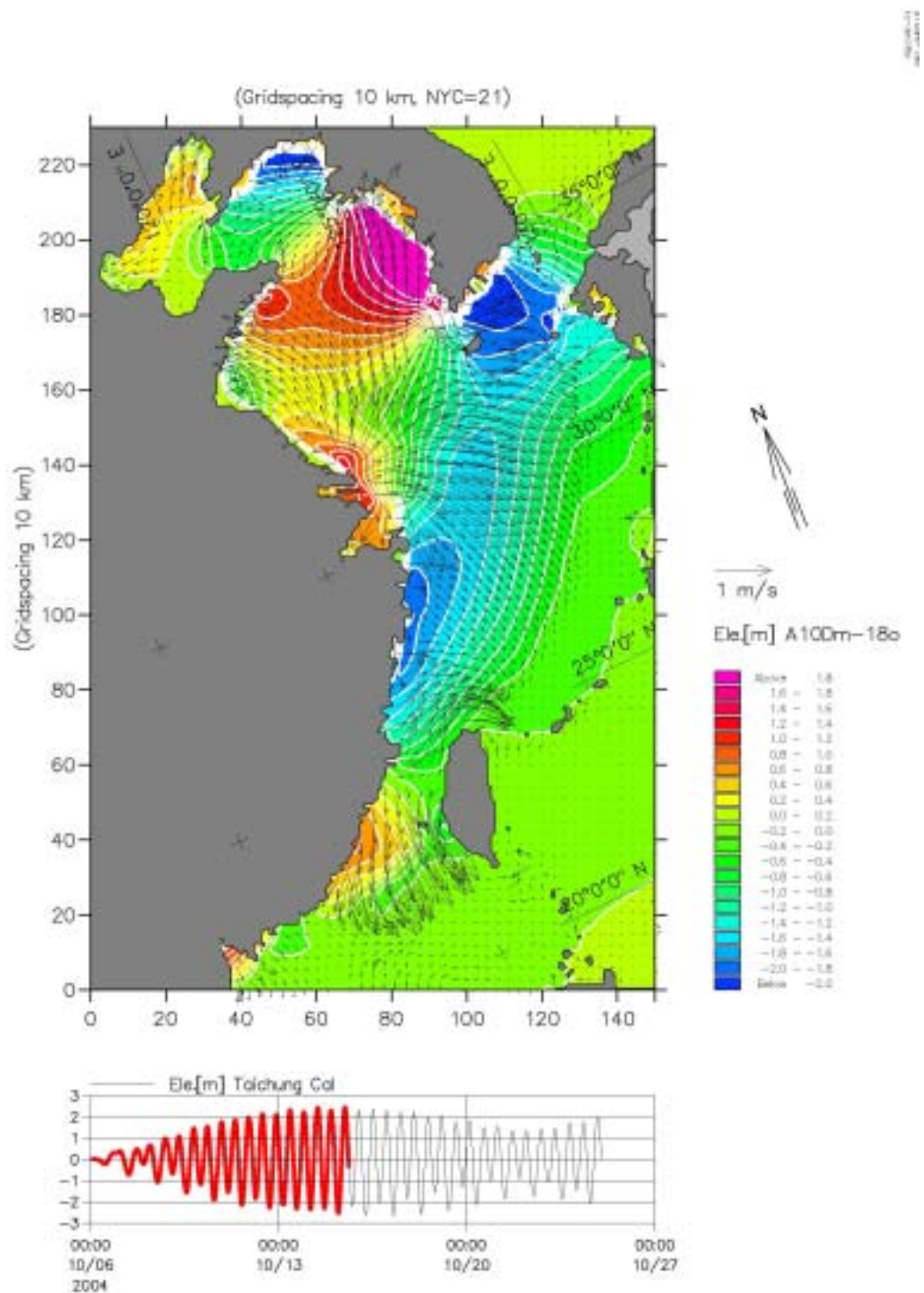


圖 3-4-16 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 15:00

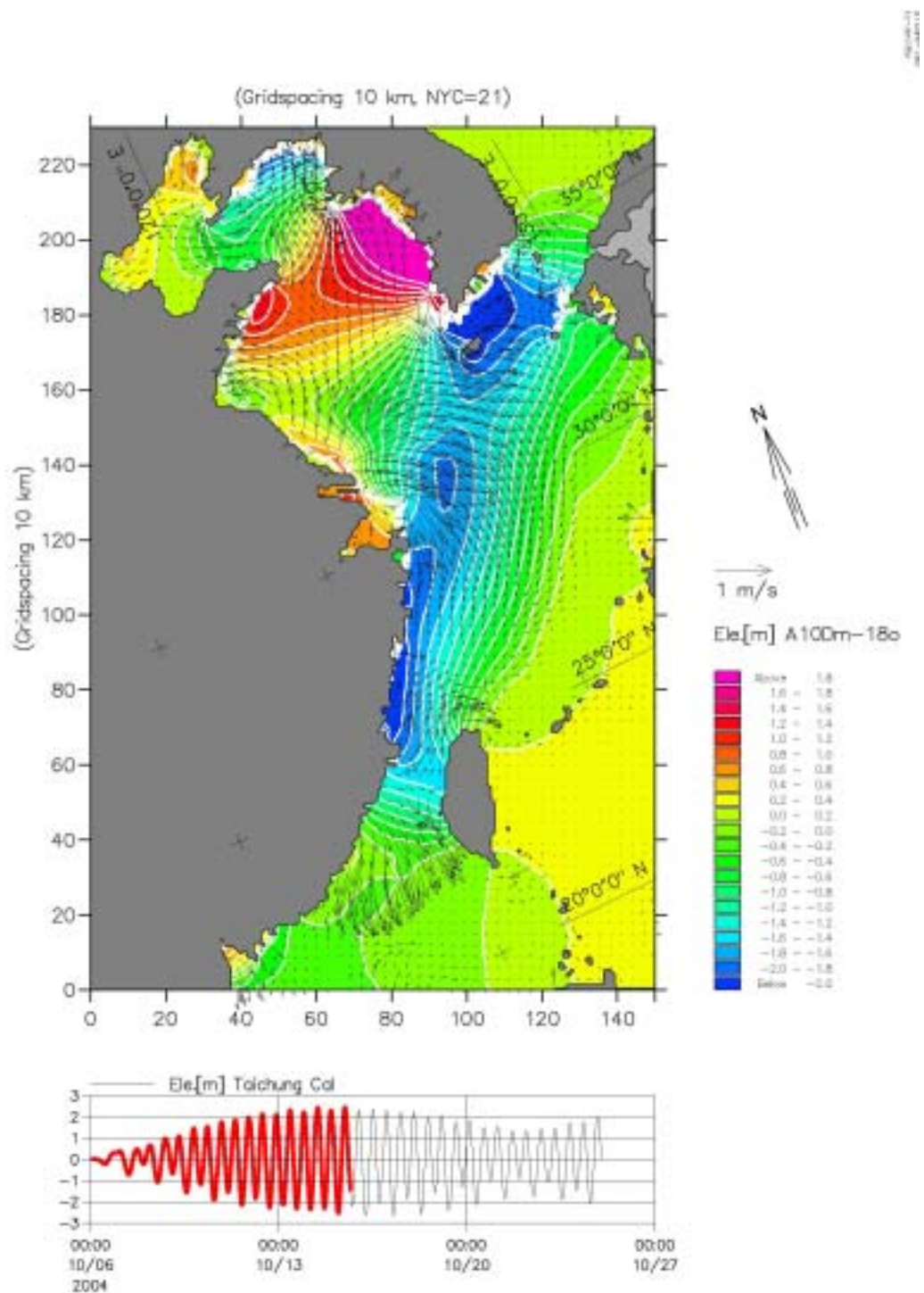


圖 3-4-17 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 16:00

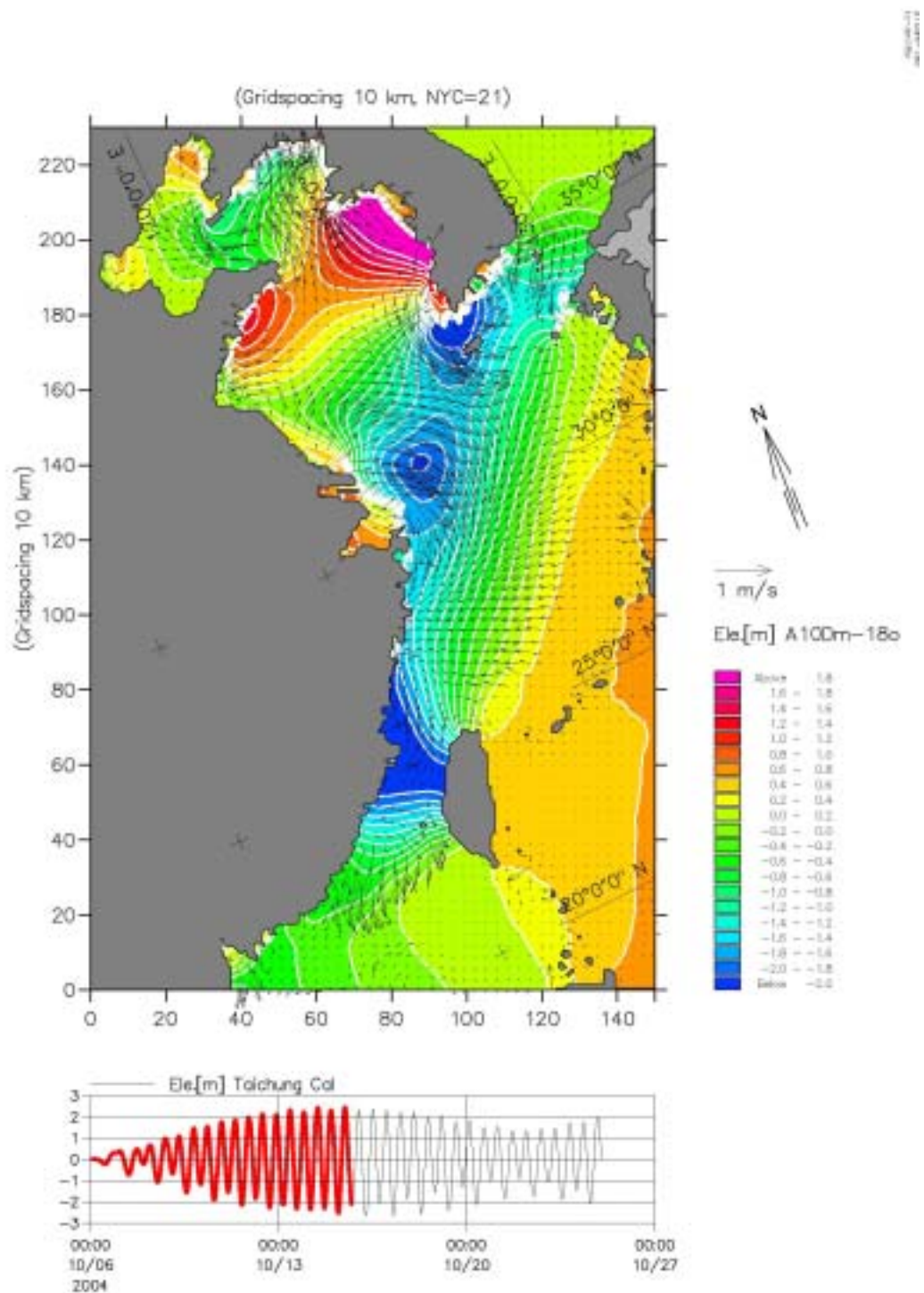


圖 3-4-18 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 17:00

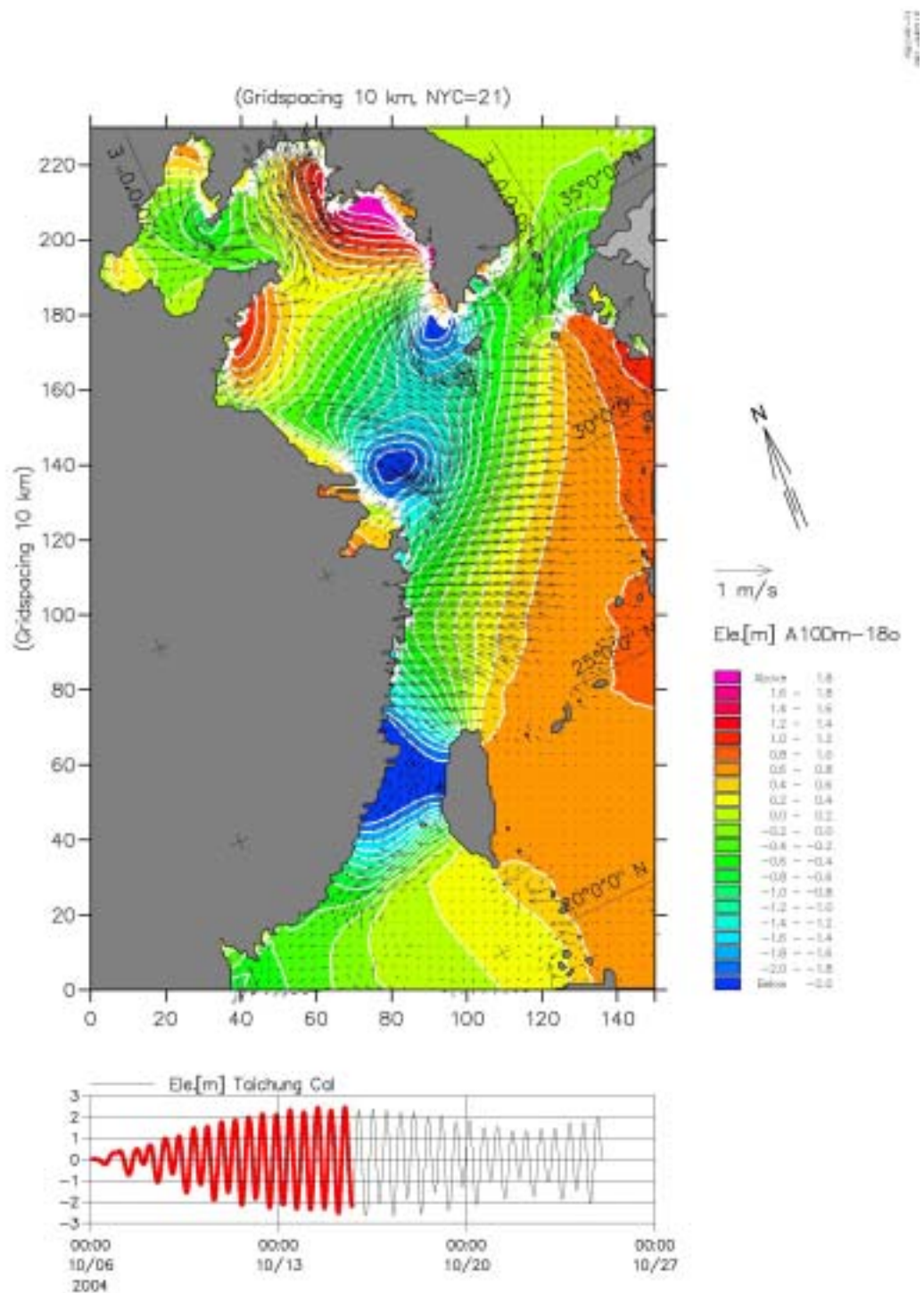


圖 3-4-19 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 18:00

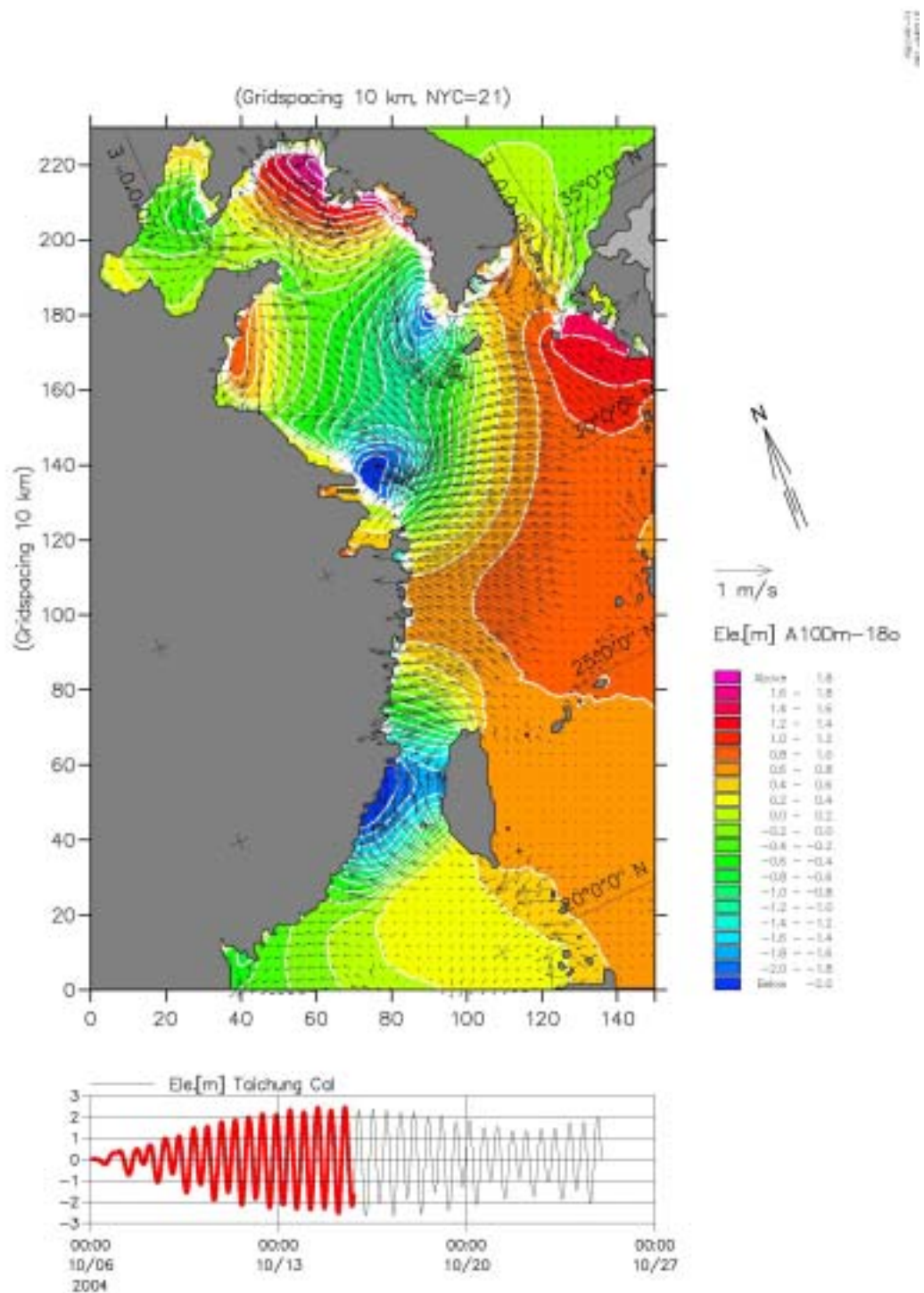


圖 3-4-20 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 19:00

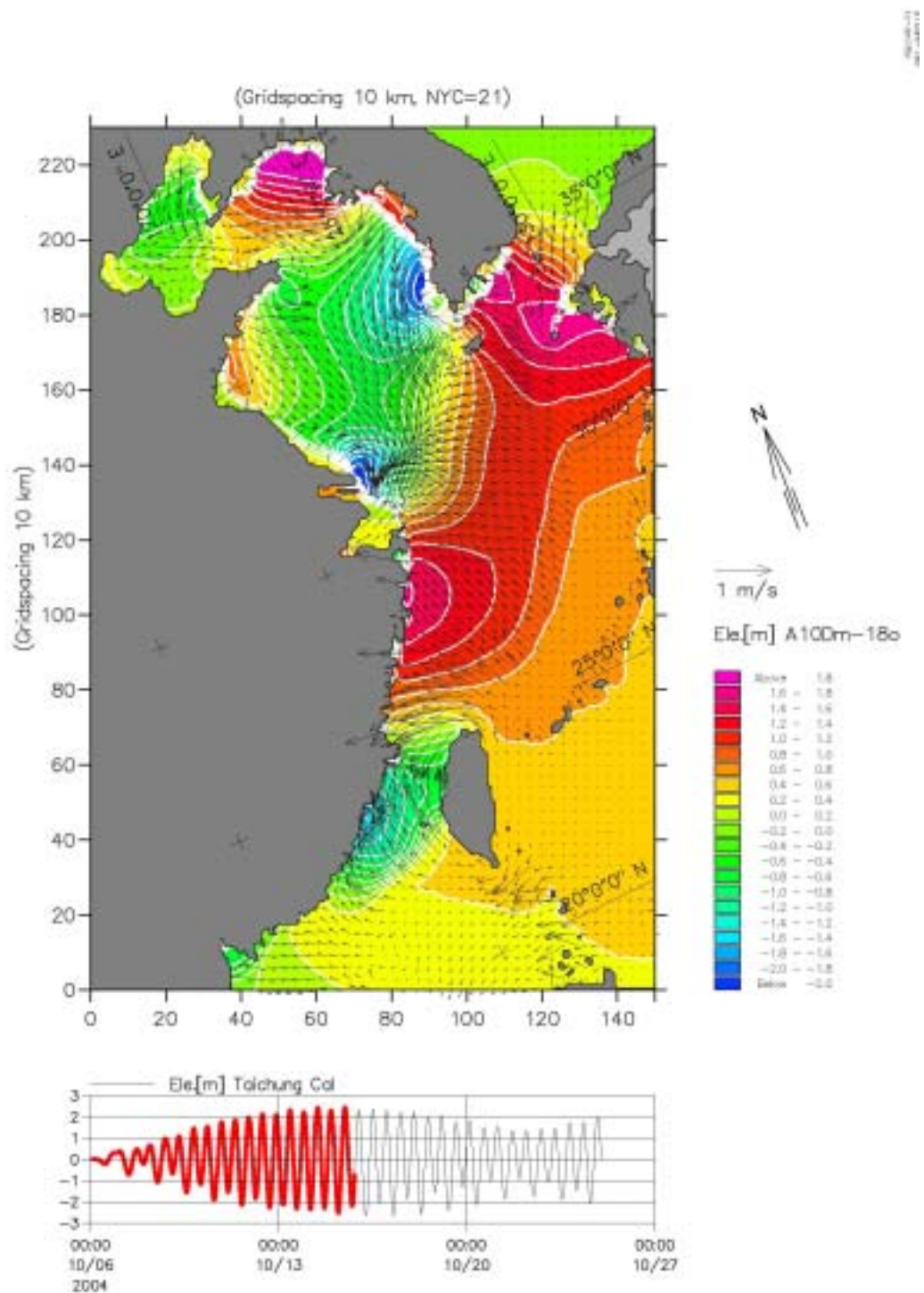


圖 3-4-21 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 20:00

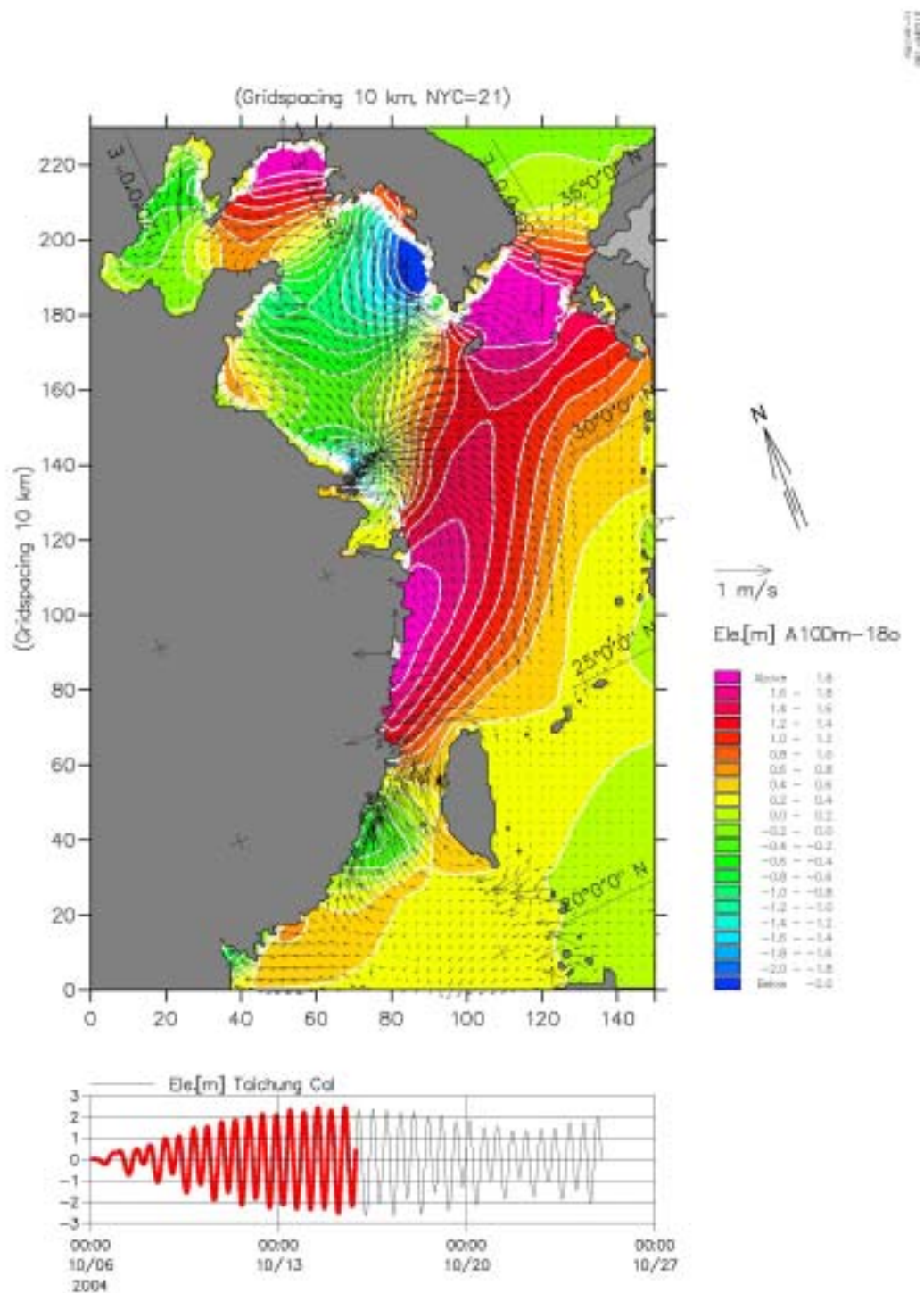


圖 3-4-22 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 21:00

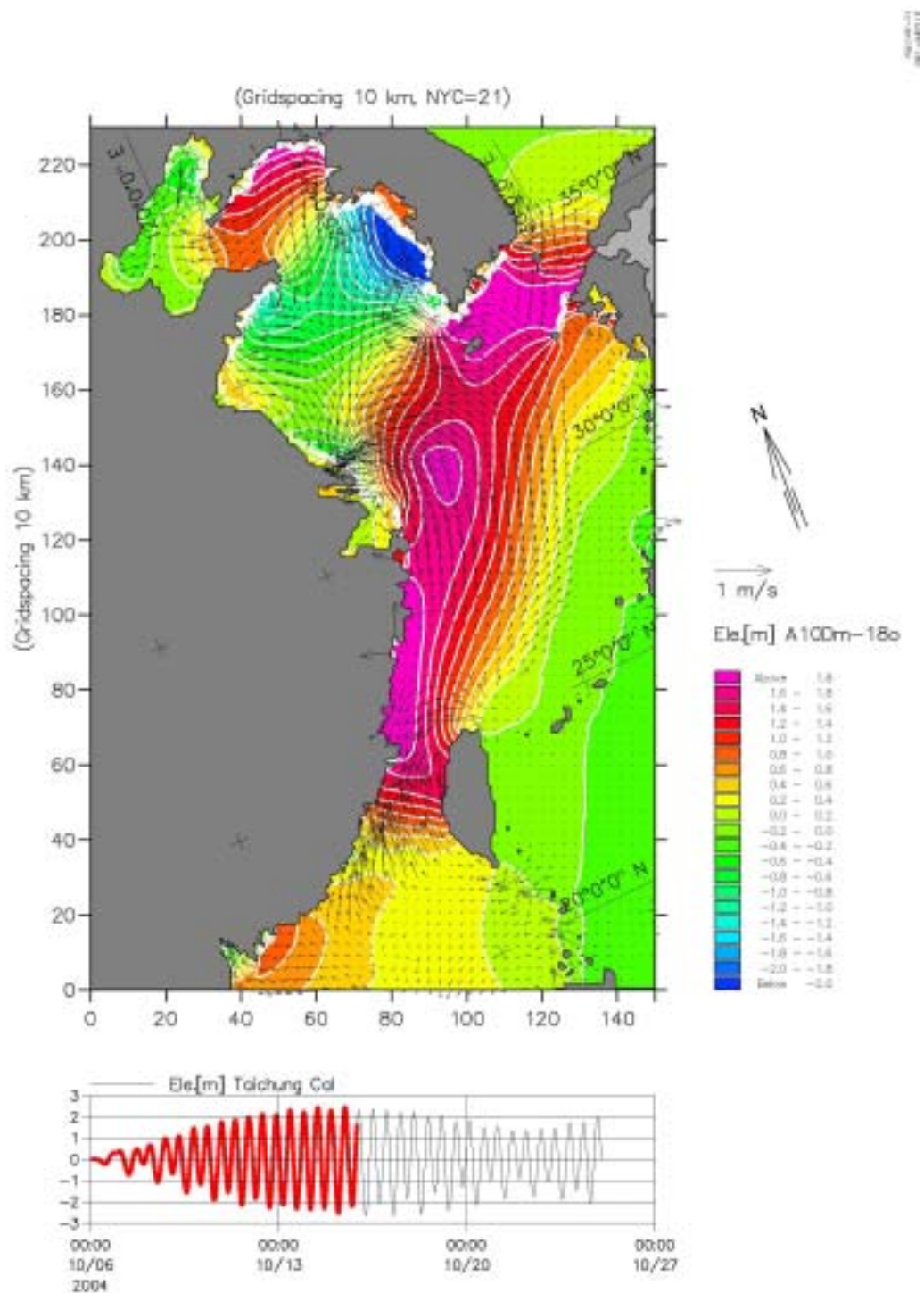


圖 3-4-23 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 22:00

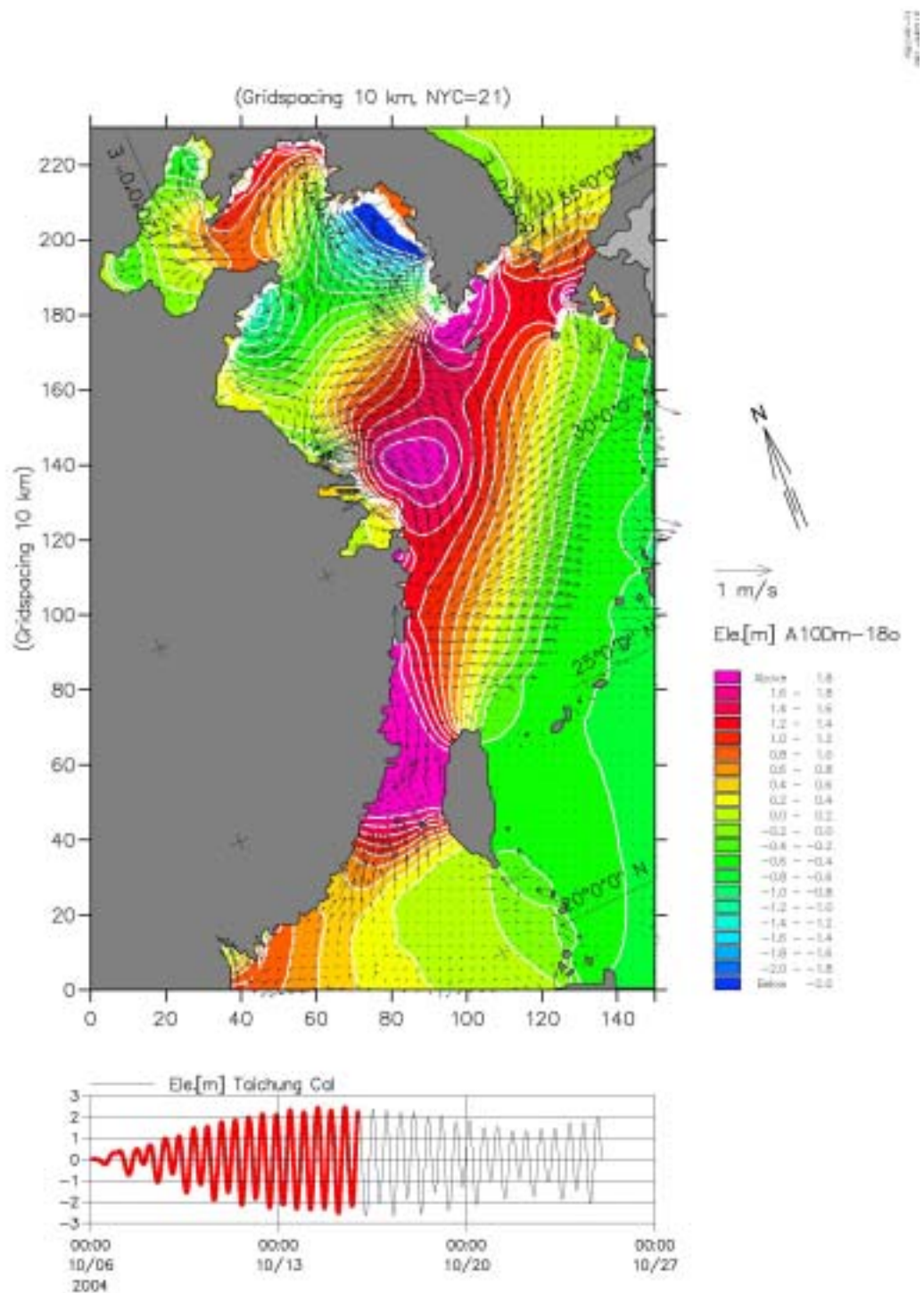


圖 3-4-24 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 23:00

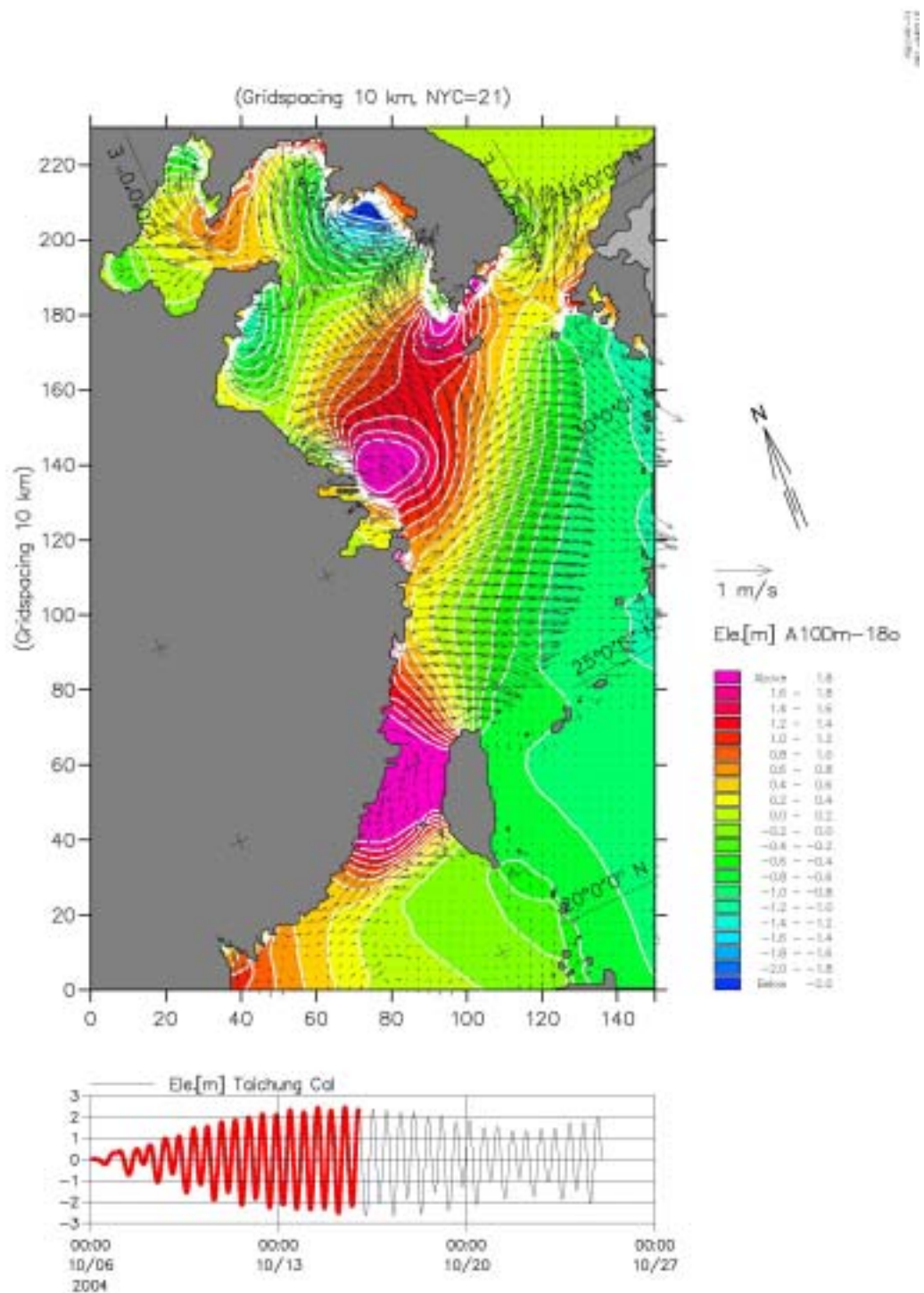


圖 3-4-25 東亞大範圍計算海域之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/16 00:00

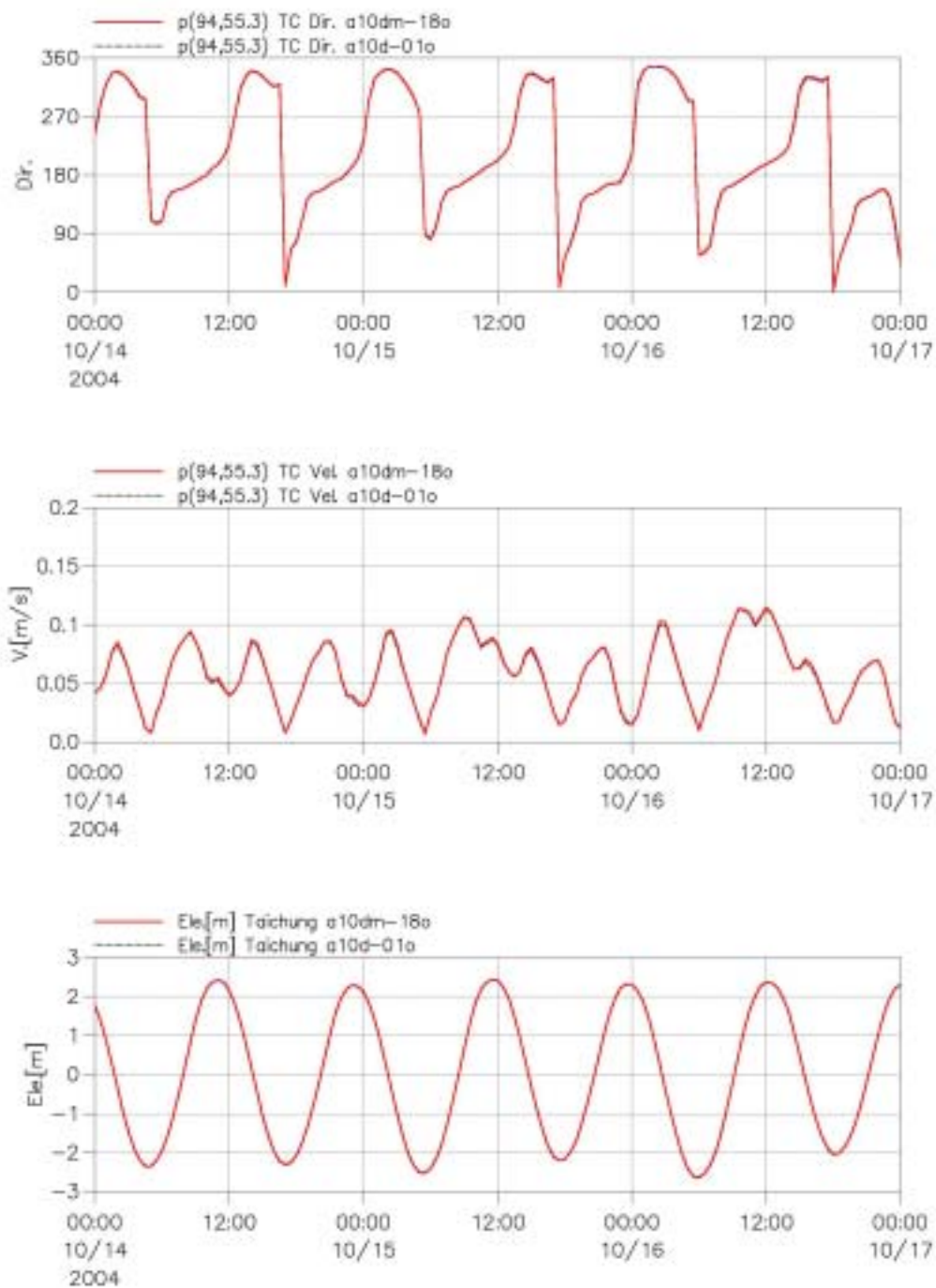


圖 3-5 東亞計算海域內，台中港計算流向(上)、流速(中)、及潮位(下)之逐時變化

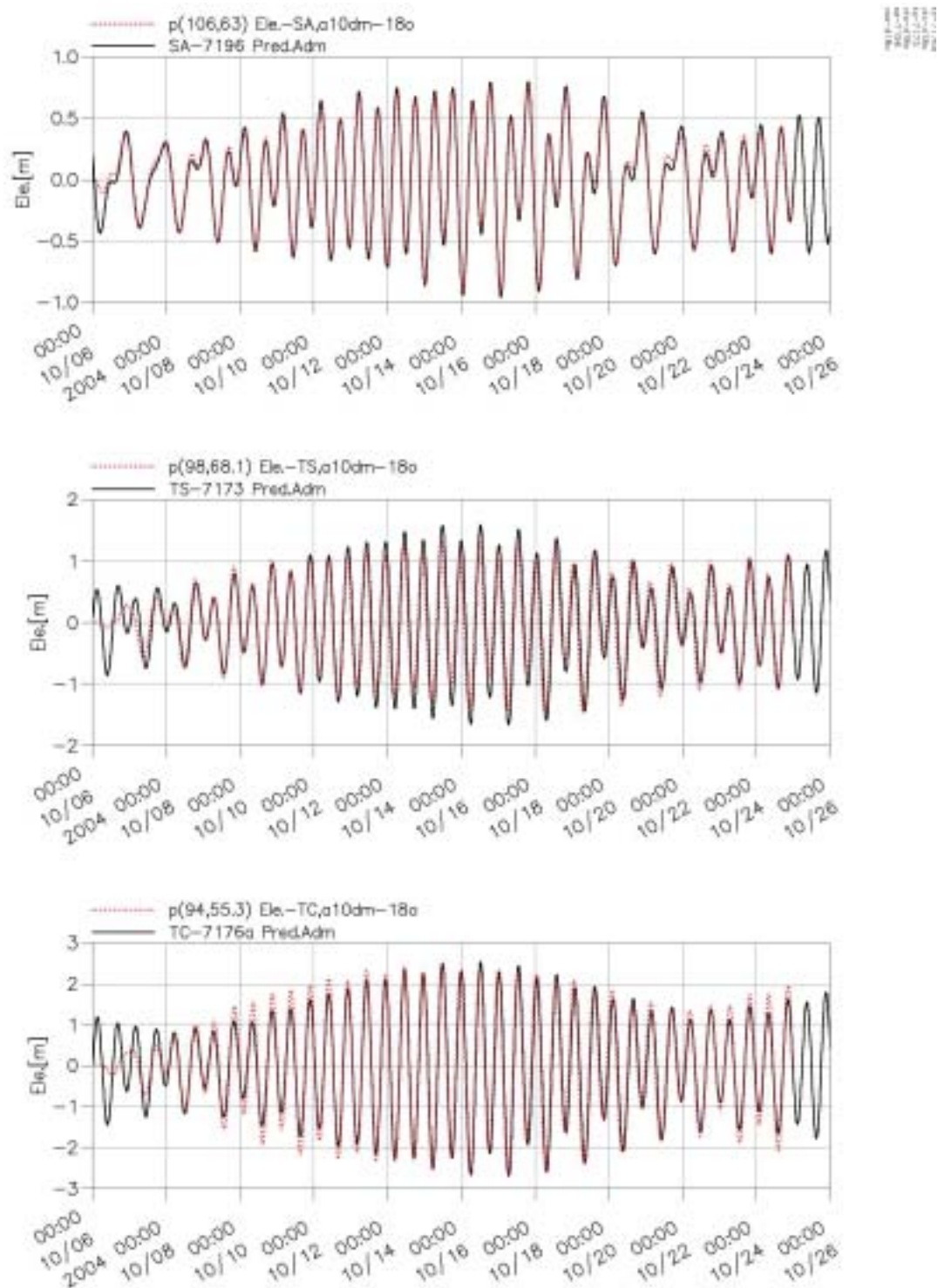


圖 3-6-1 東亞計算海域內，蘇澳(上)、淡水(中)、台中(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較

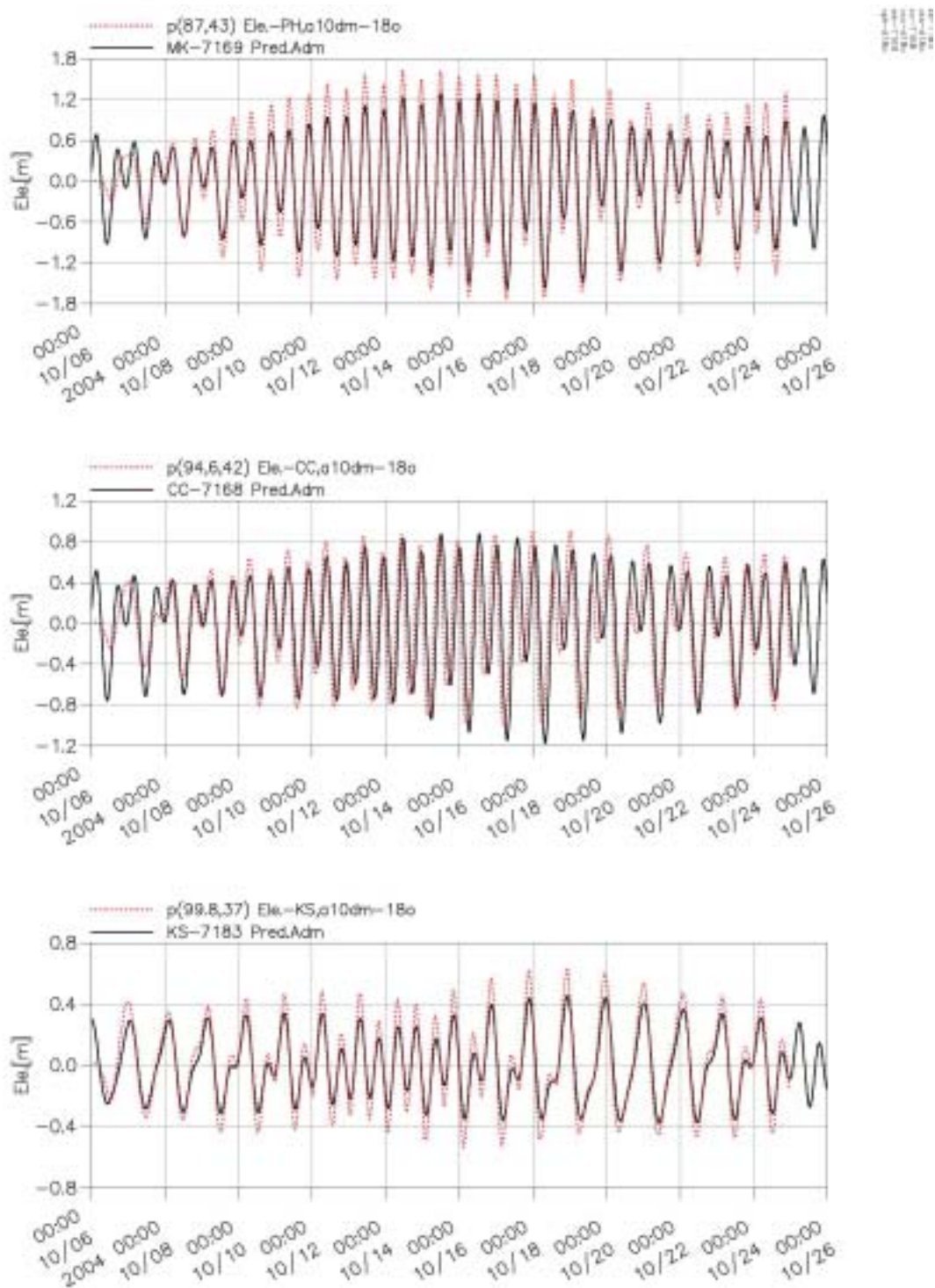


圖 3-6-2 東亞計算海域內，澎湖(上)、將軍(中)、高雄(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較

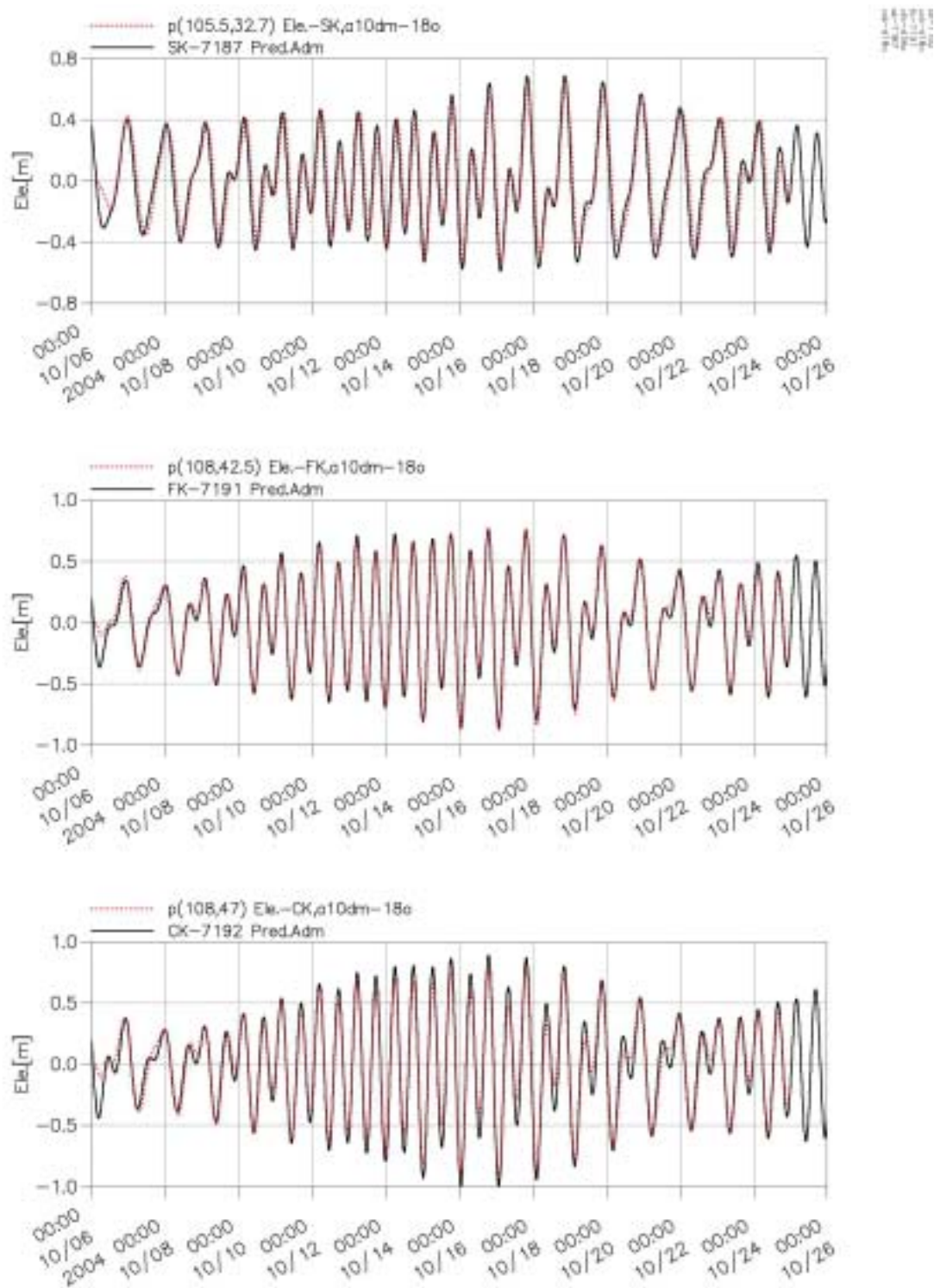


圖 3-6-3 東亞計算海域內，蟬廣嘴(上)、富岡(中)、成功(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較

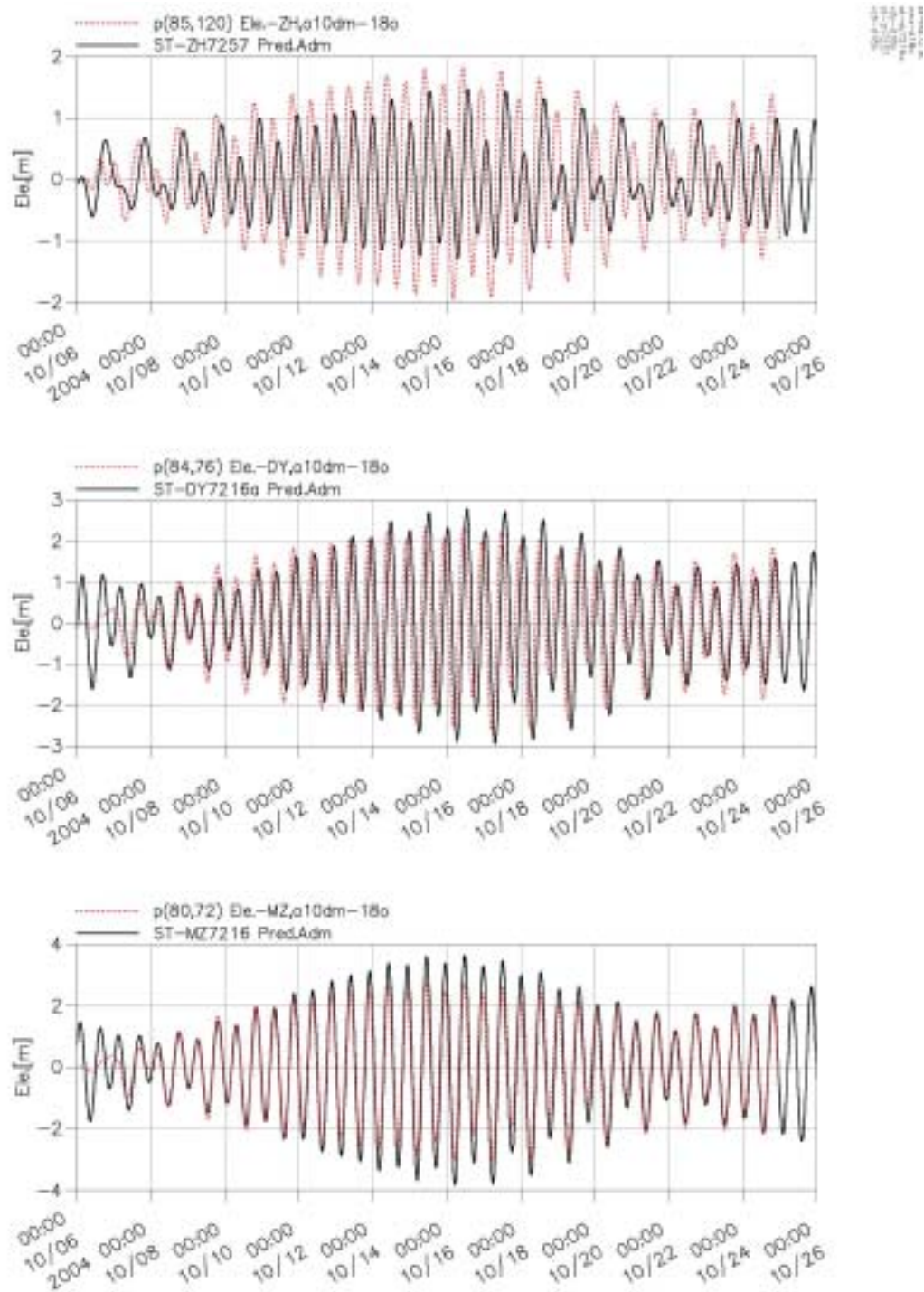


圖 3-6-4 東亞計算海域內，鎮海(上)、東引(中)、馬祖(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較

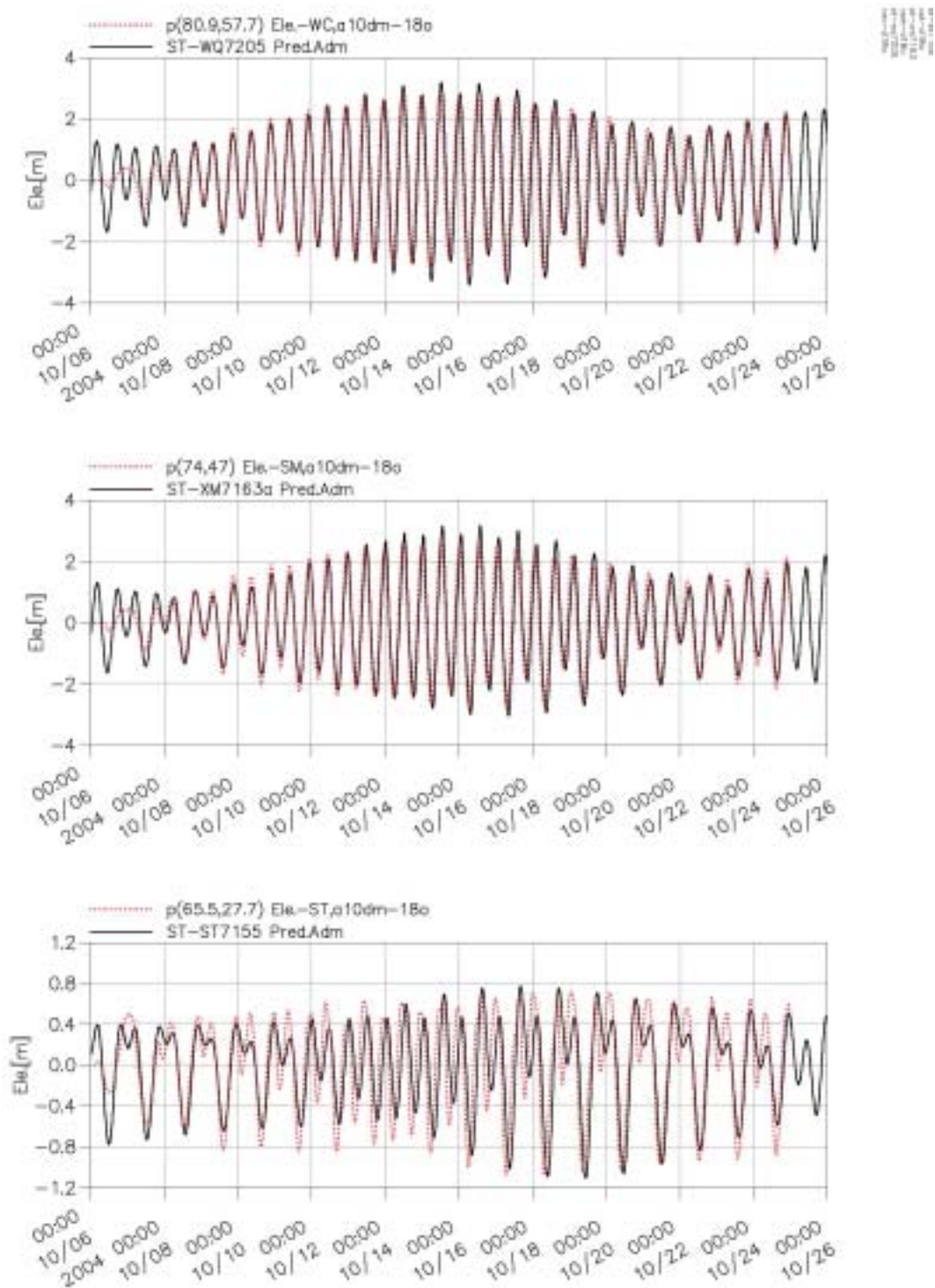


圖 3-6-5 東亞計算海域內，烏坵(上)、廈門(中)、汕頭(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較

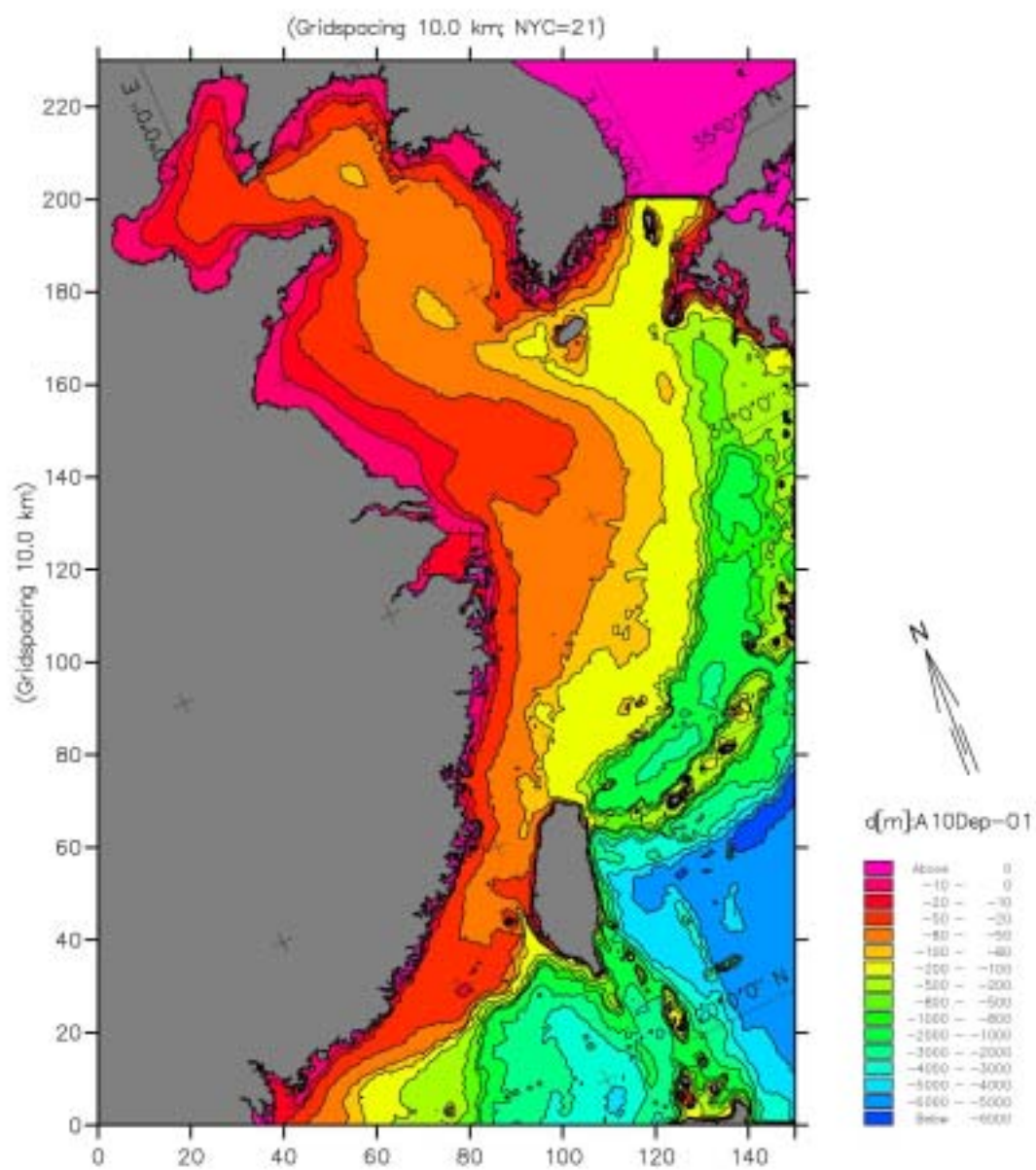


圖 3-7 不含日本海之東亞大範圍計算海域及水深地形

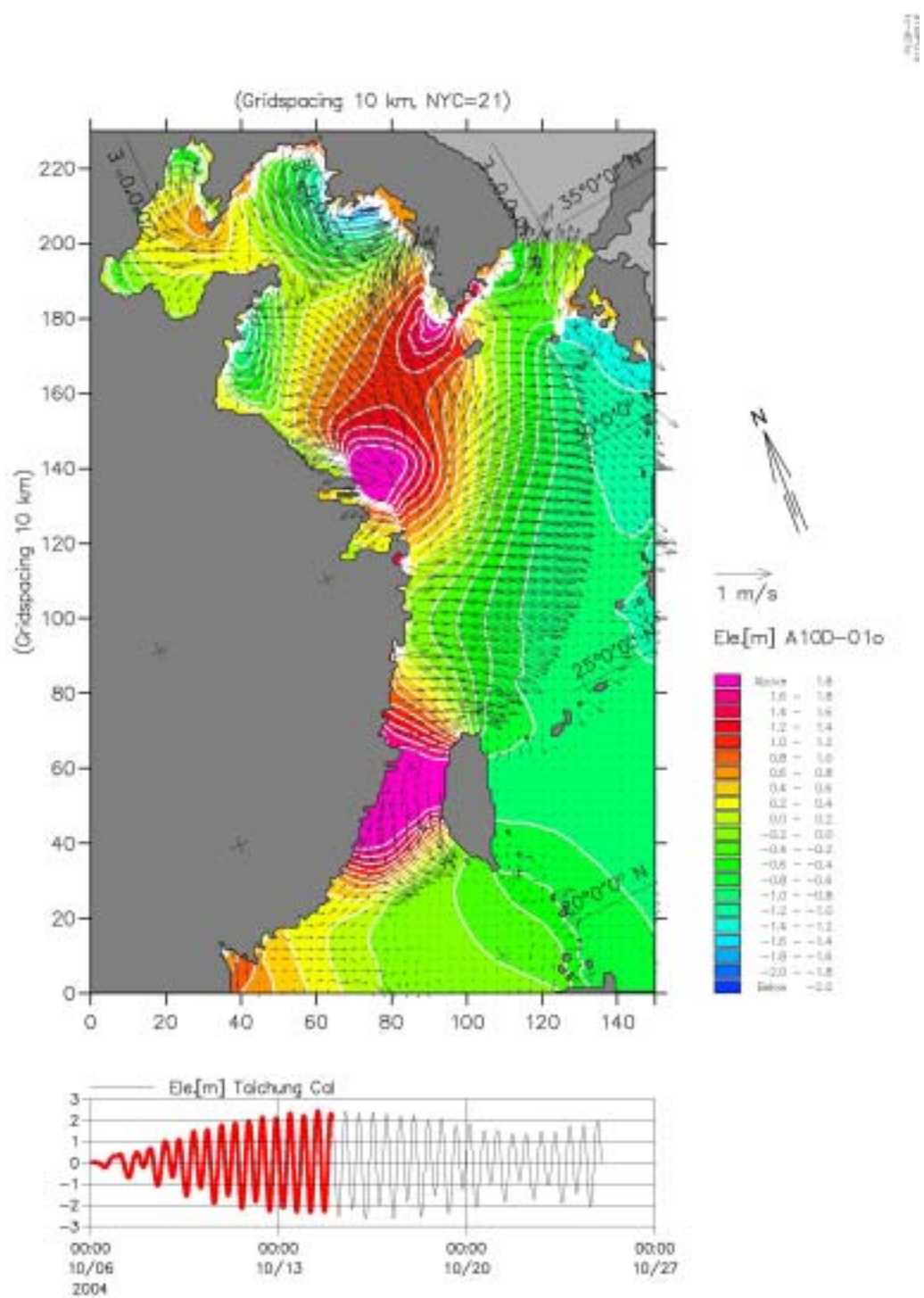


圖 3-8-1 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 00:00

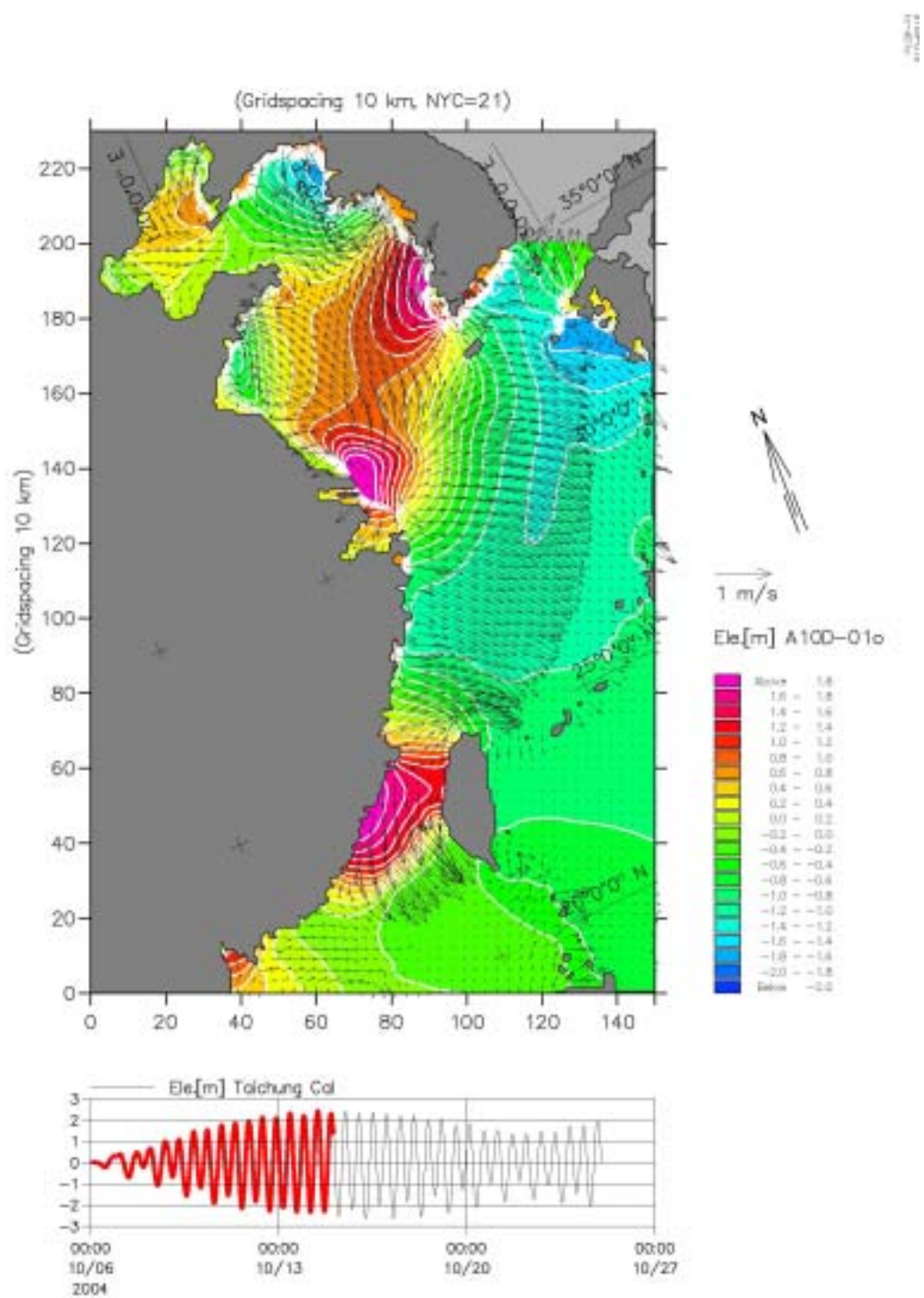


圖 3-8-2 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 01:00

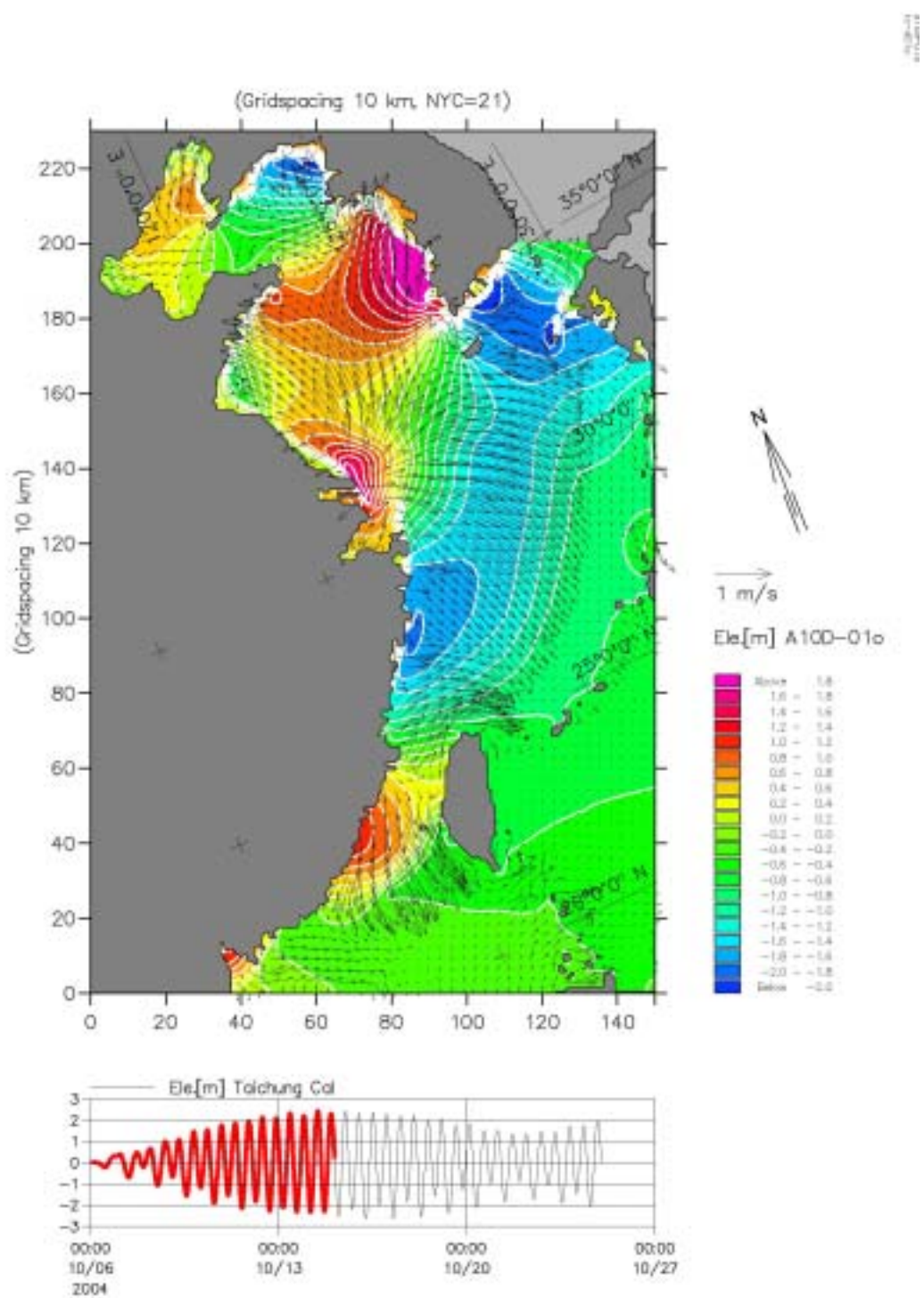


圖 3-8-3 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 02:00

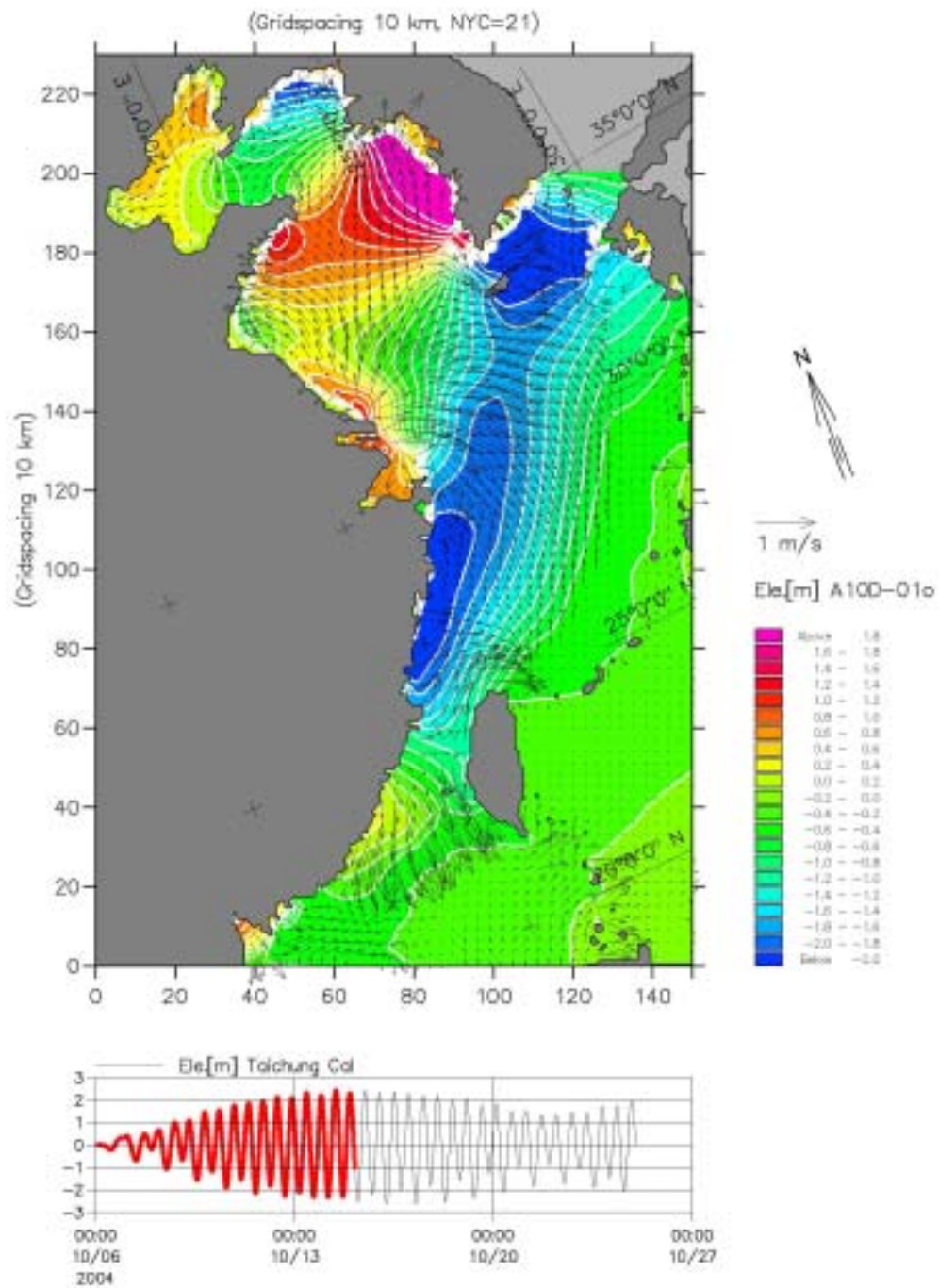


圖 3-8-4 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 03:00

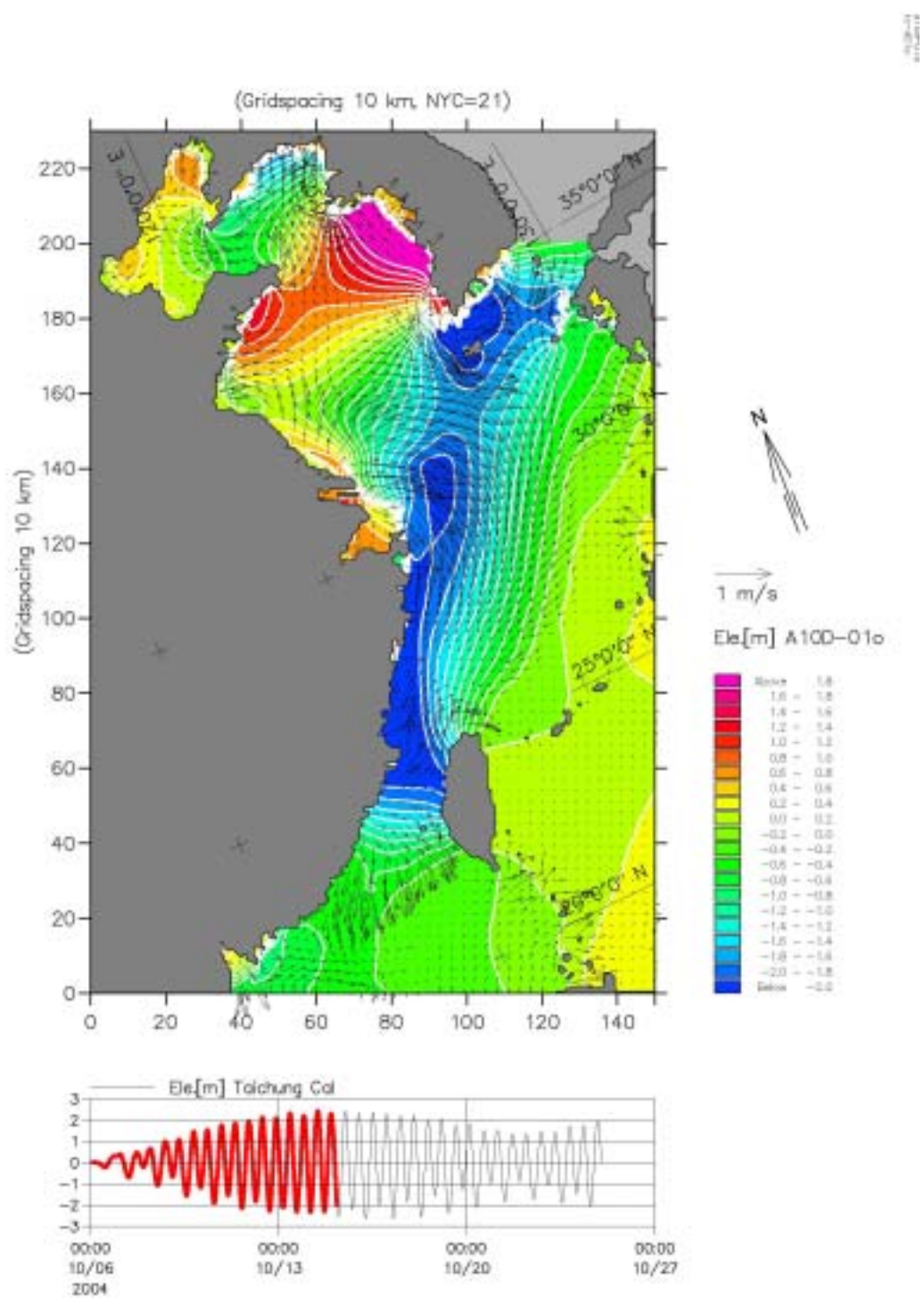


圖 3-8-5 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 04:00

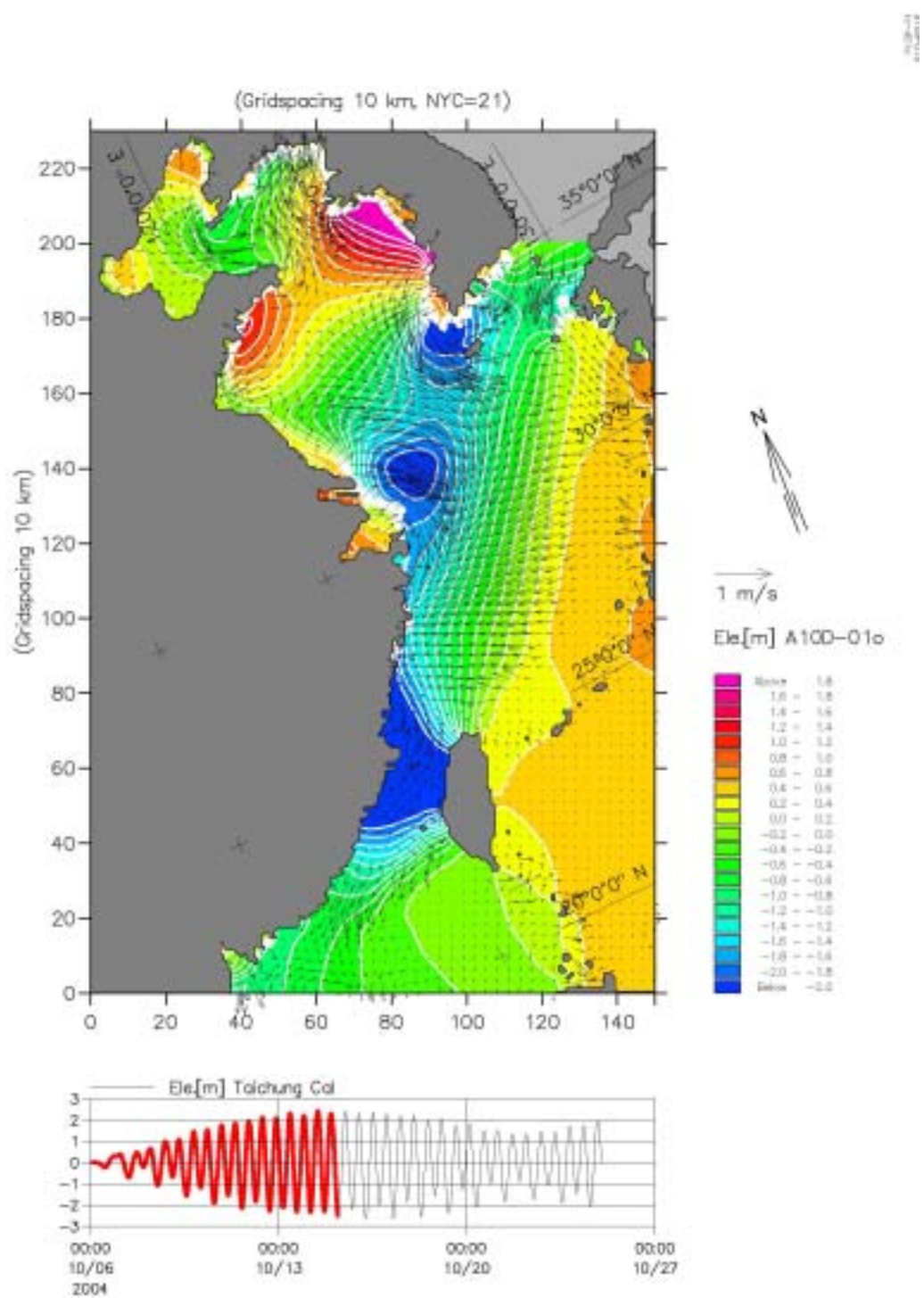


圖 3-8-6 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 05:00

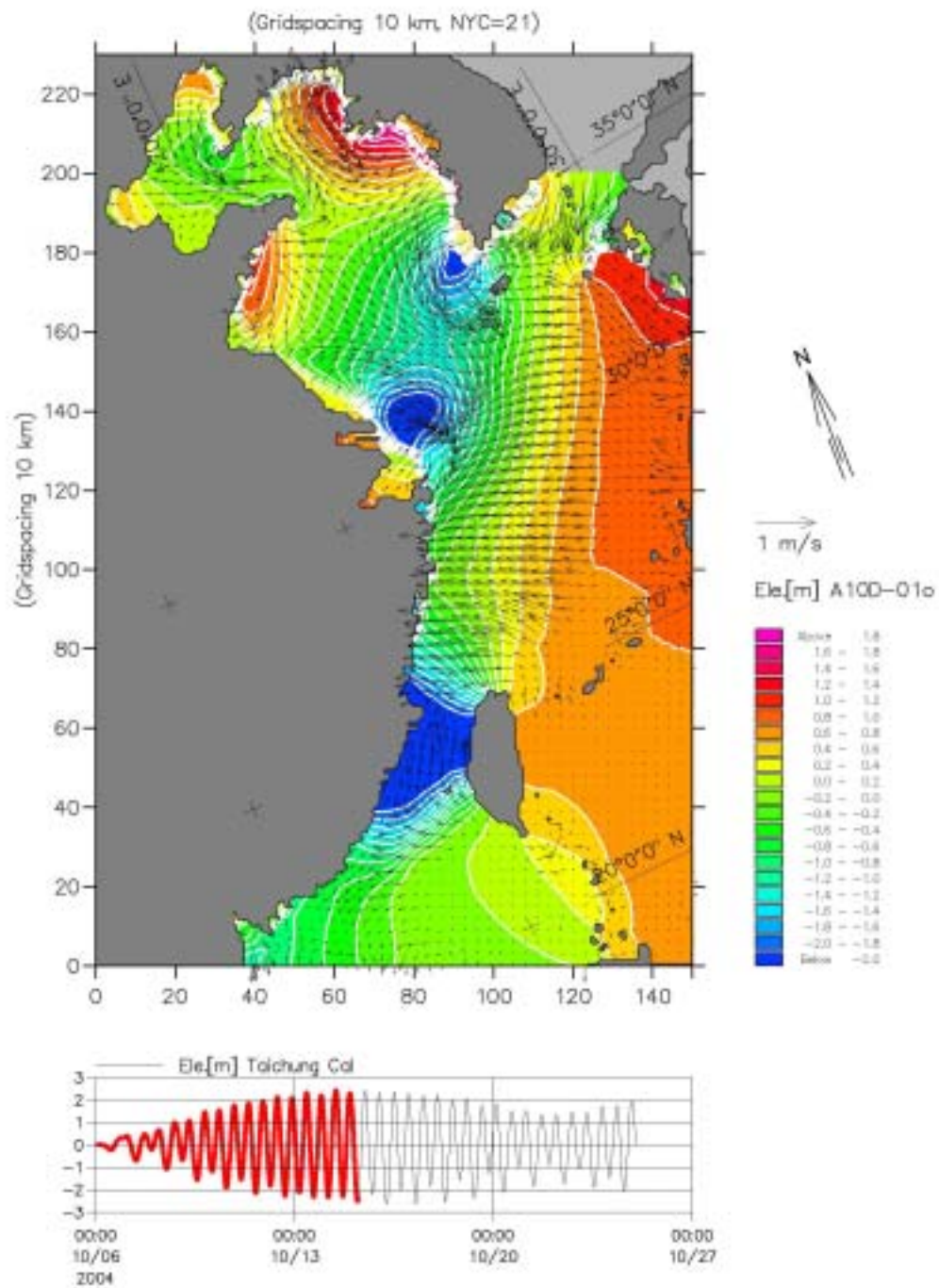


圖 3-8-7 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 06:00

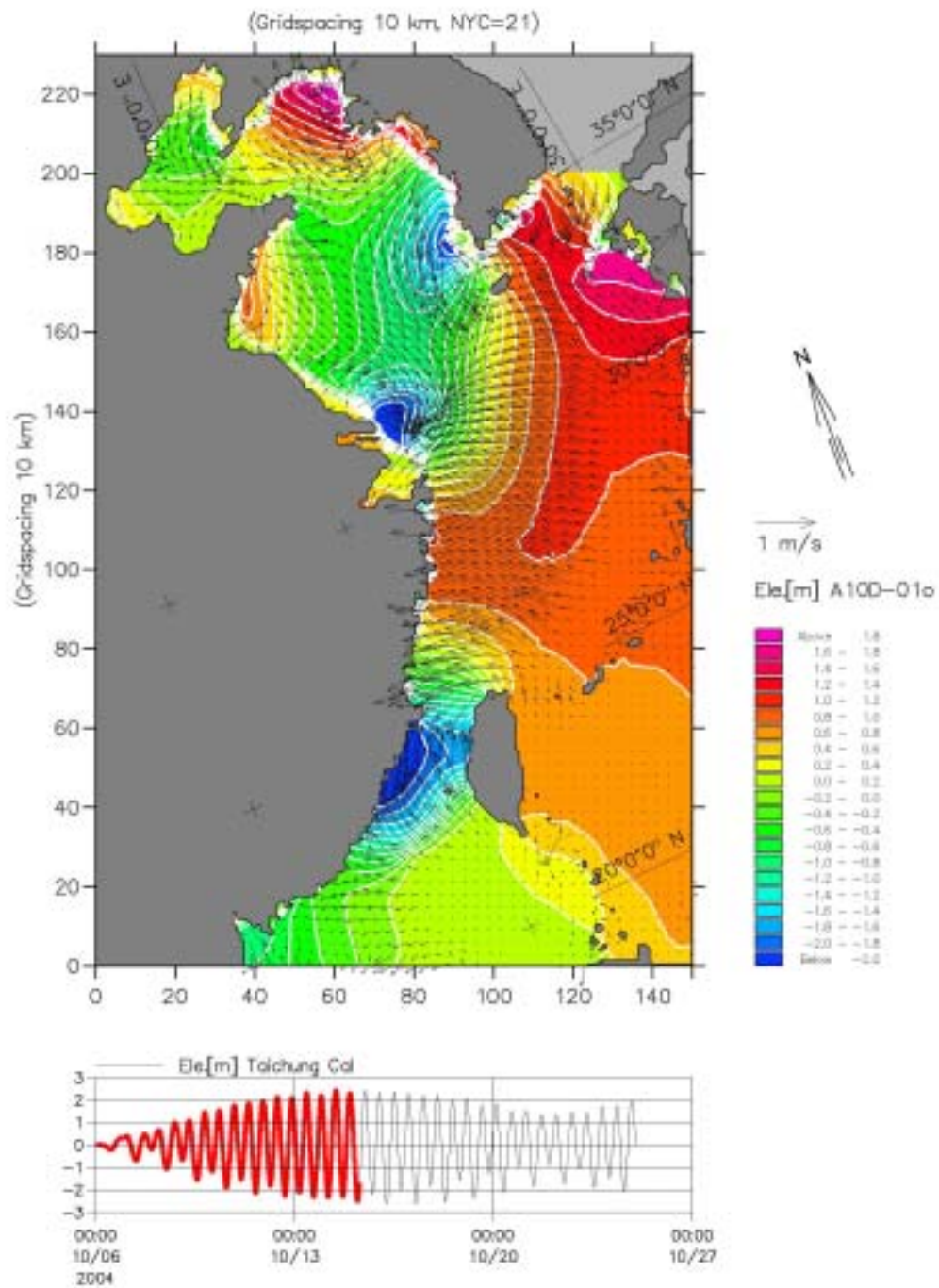


圖 3-8-8 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 07:00

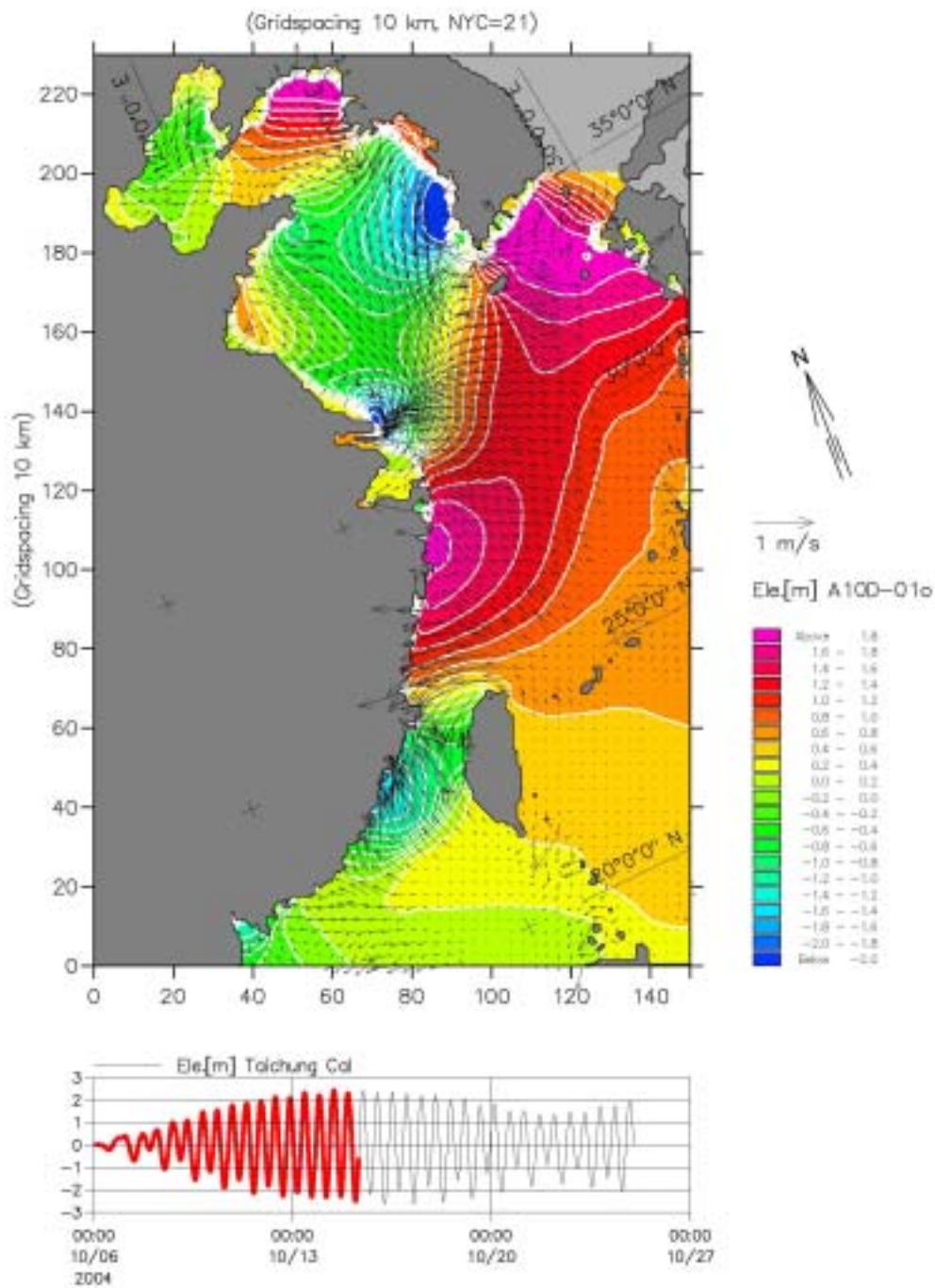


圖 3-8-9 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 08:00

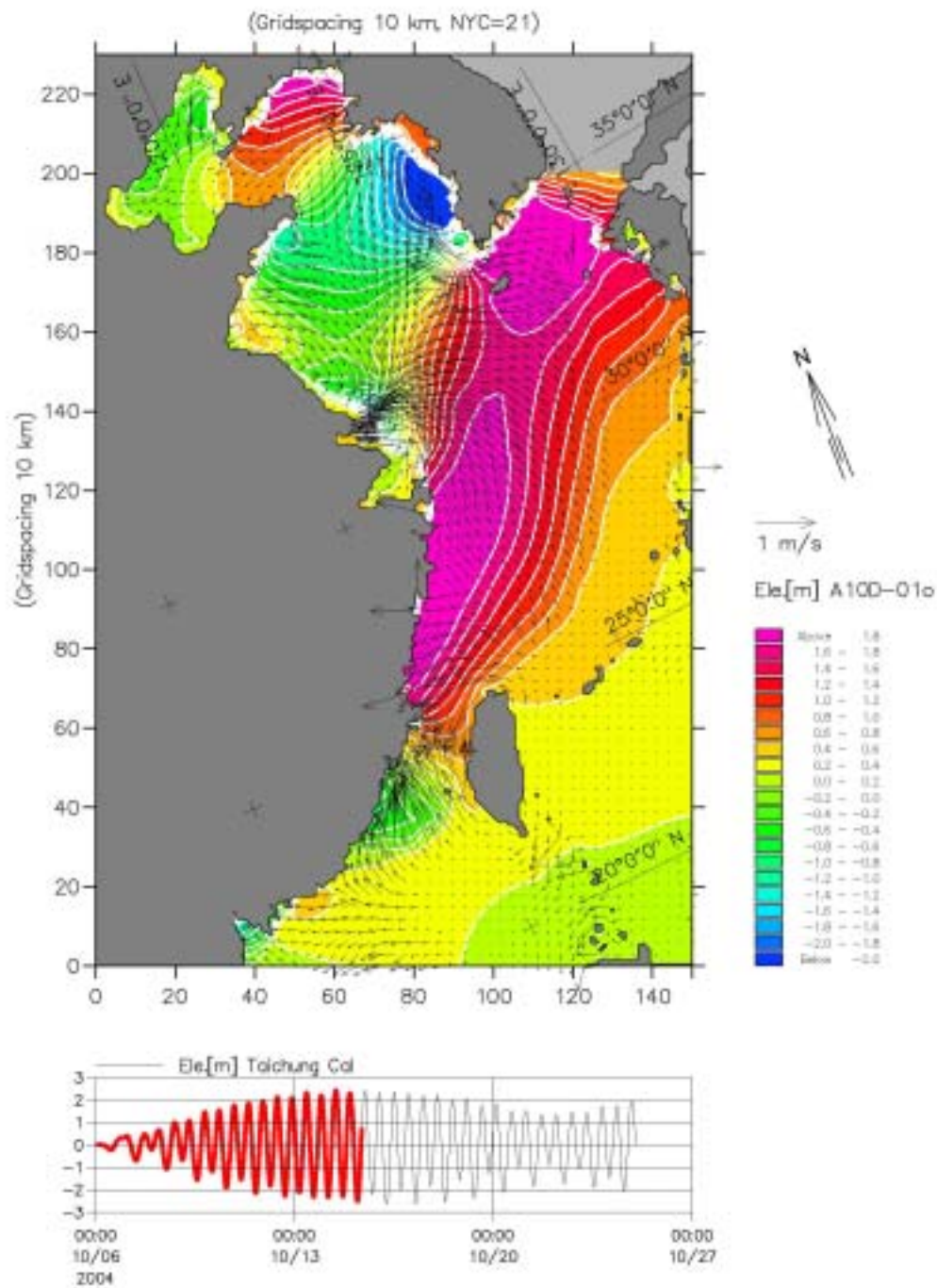


圖 3-8-10 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 09:00

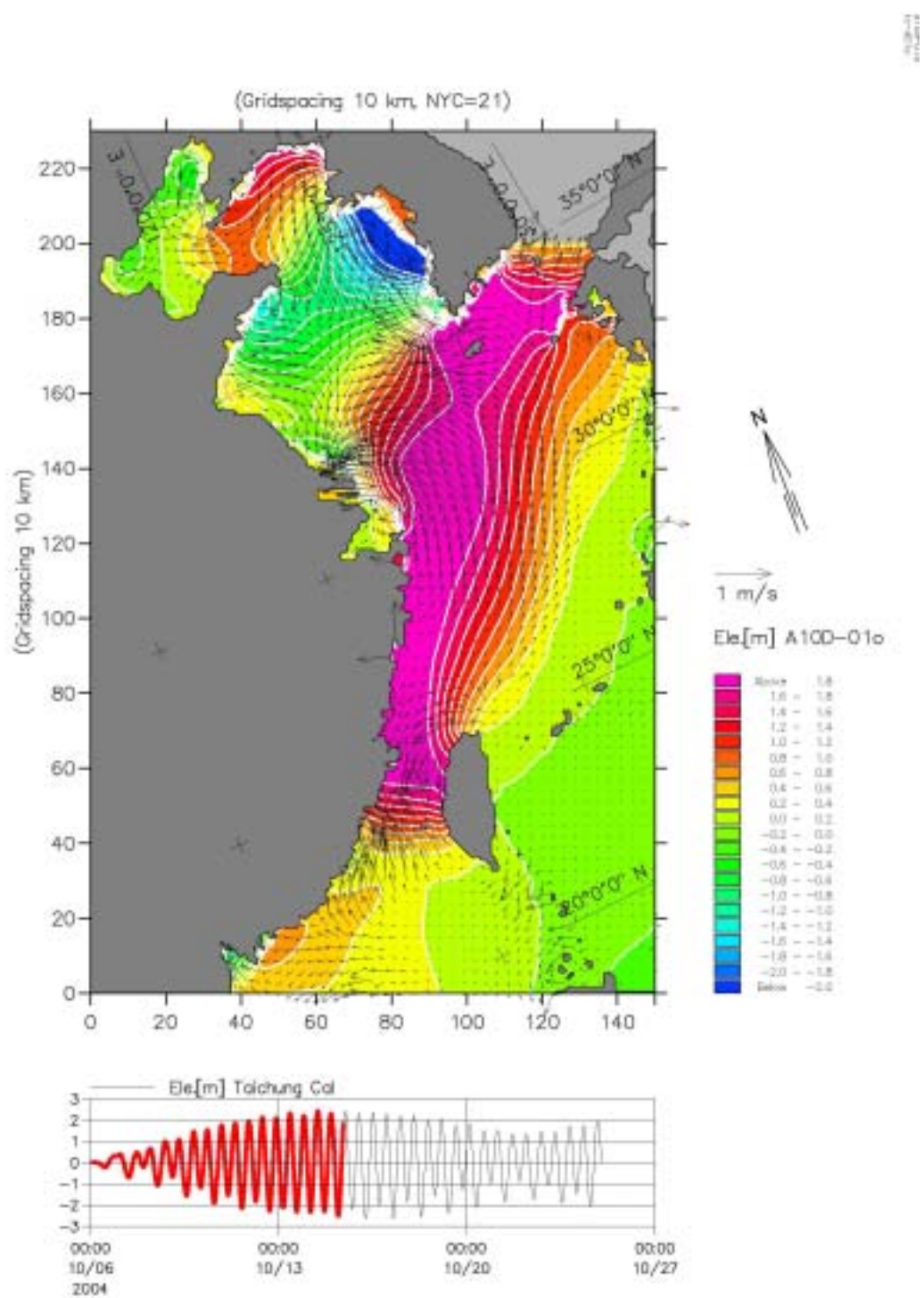


圖 3-8-11 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 10:00

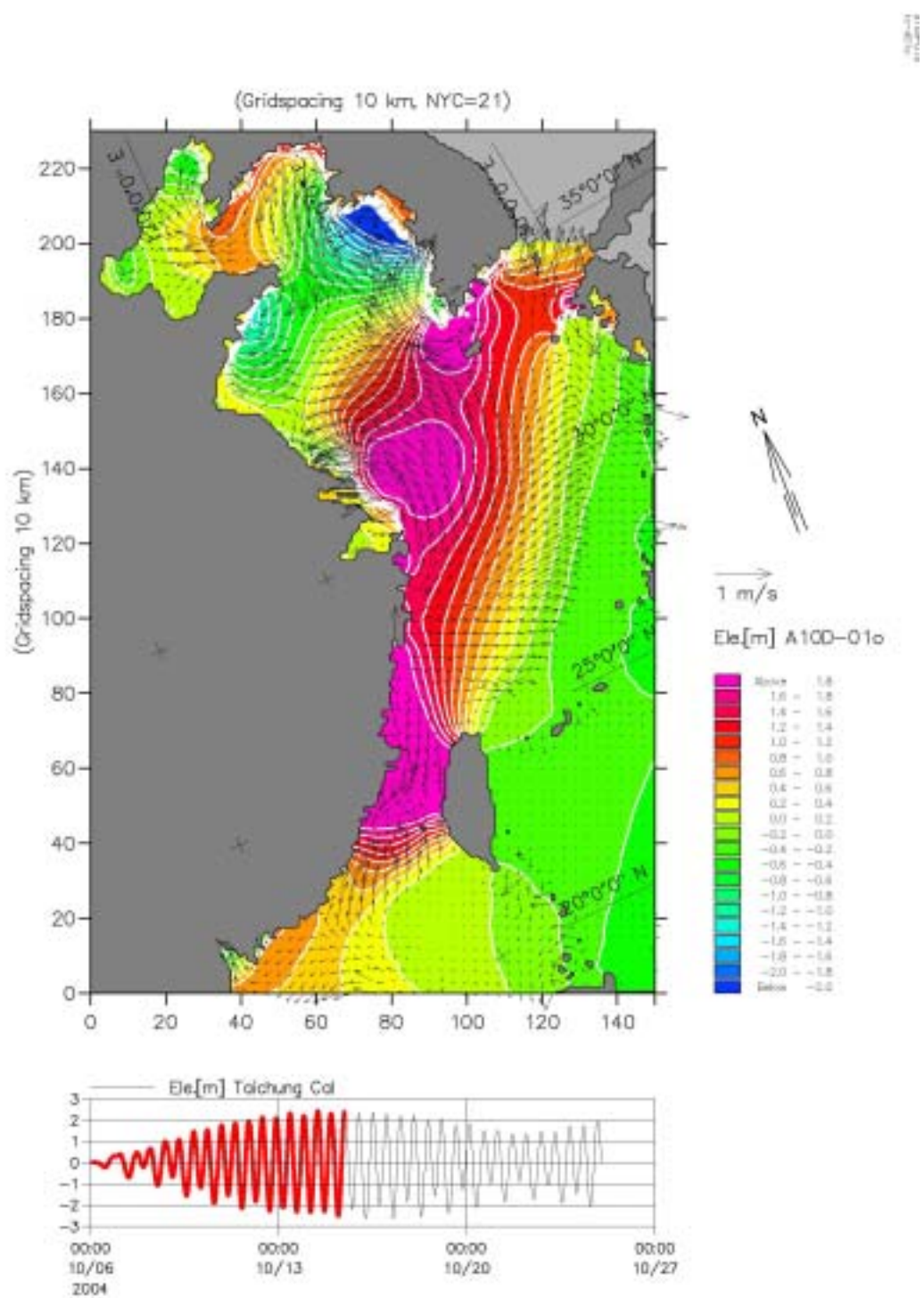


圖 3-8-12 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 11:00

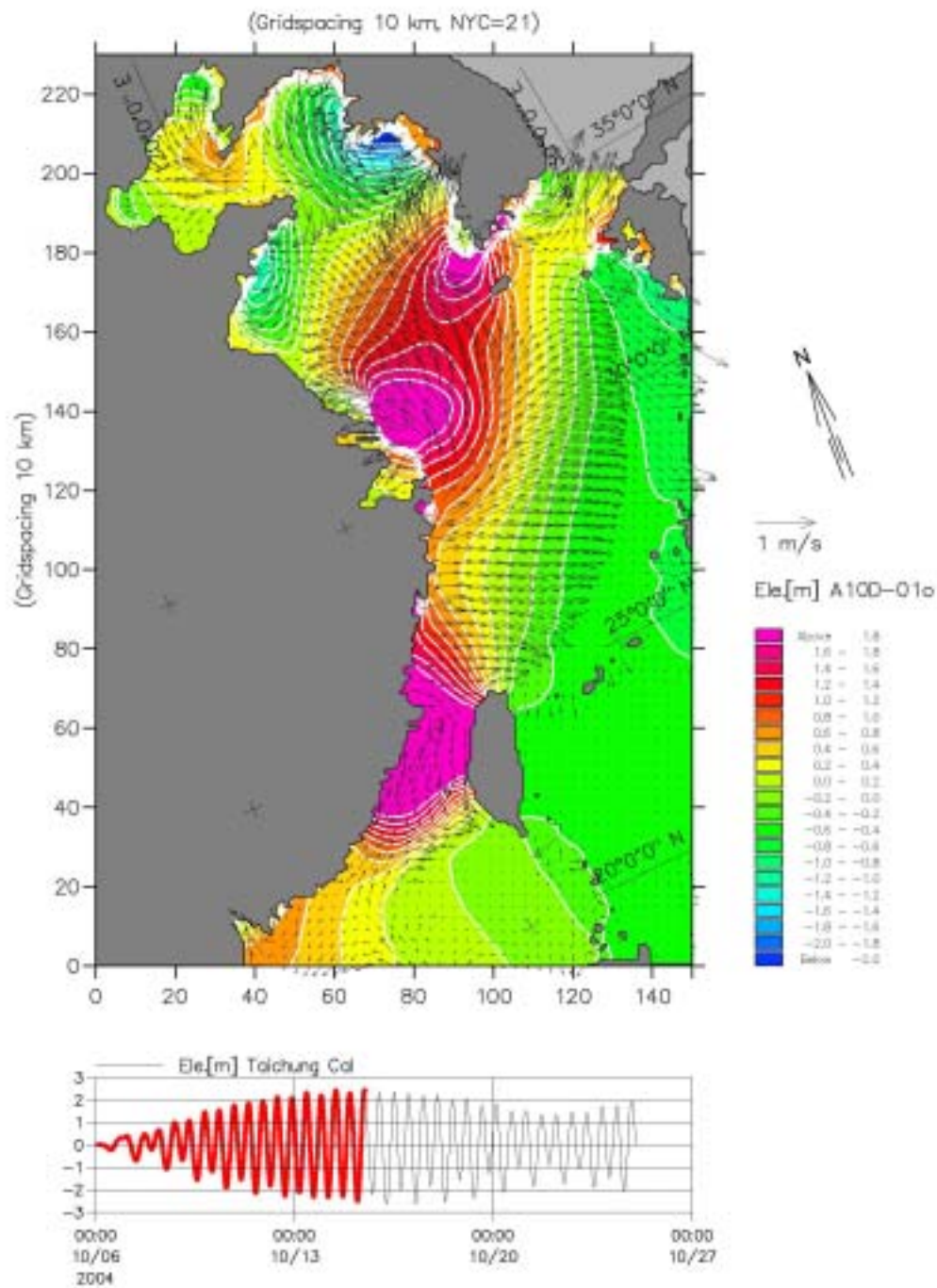


圖 3-8-13 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 12:00

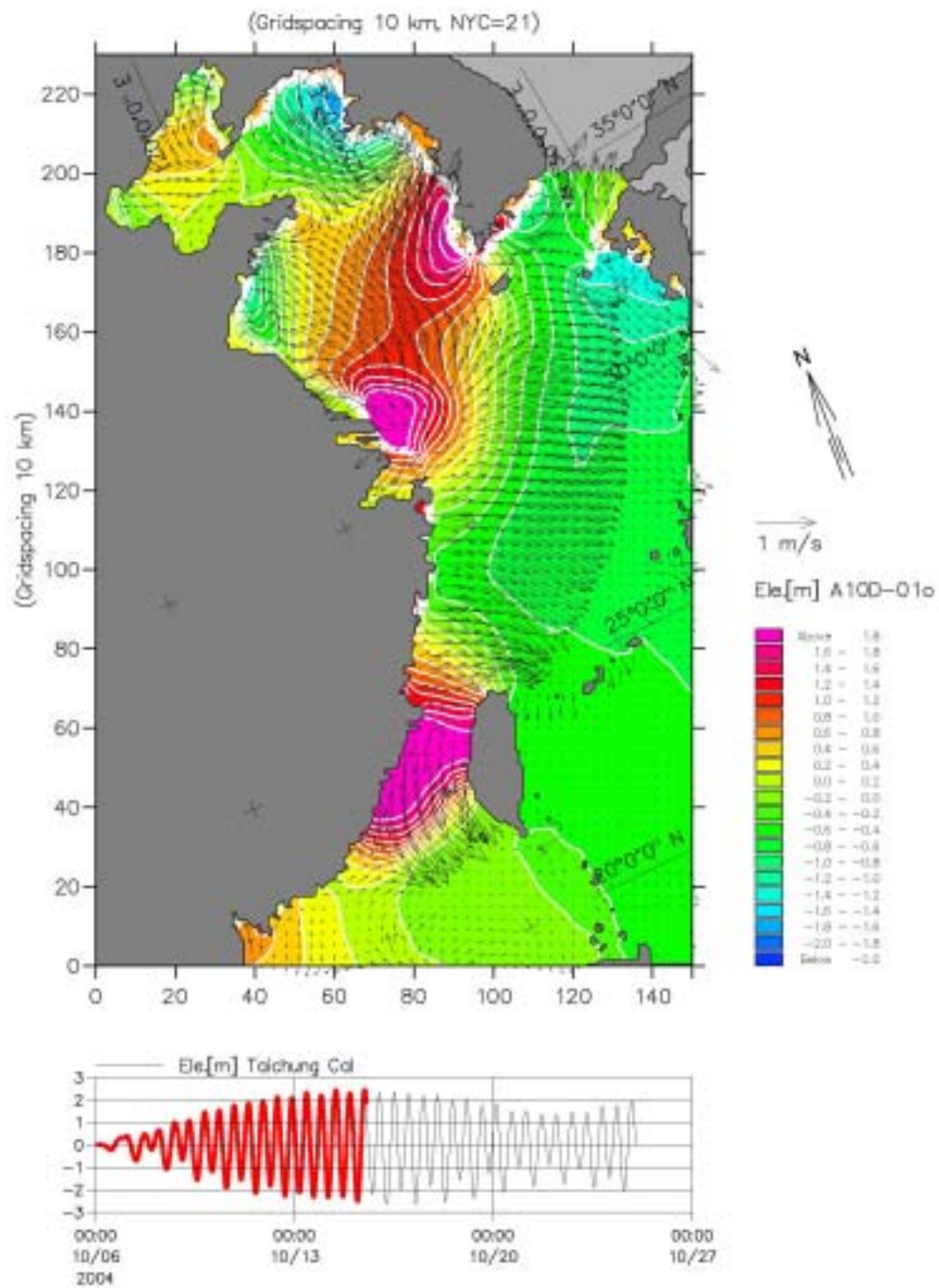


圖 3-8-14 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 13:00

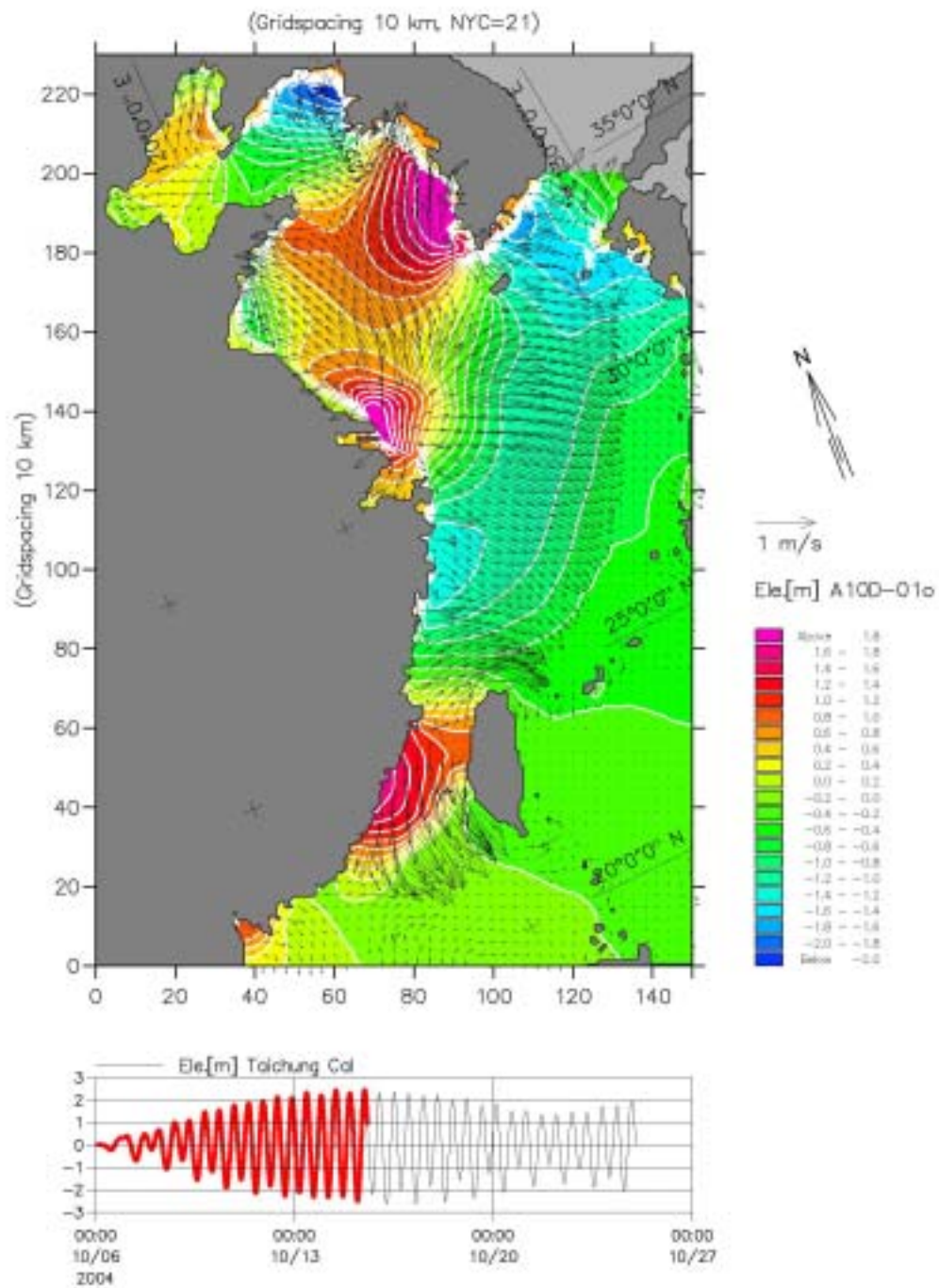


圖 3-8-15 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 14:00

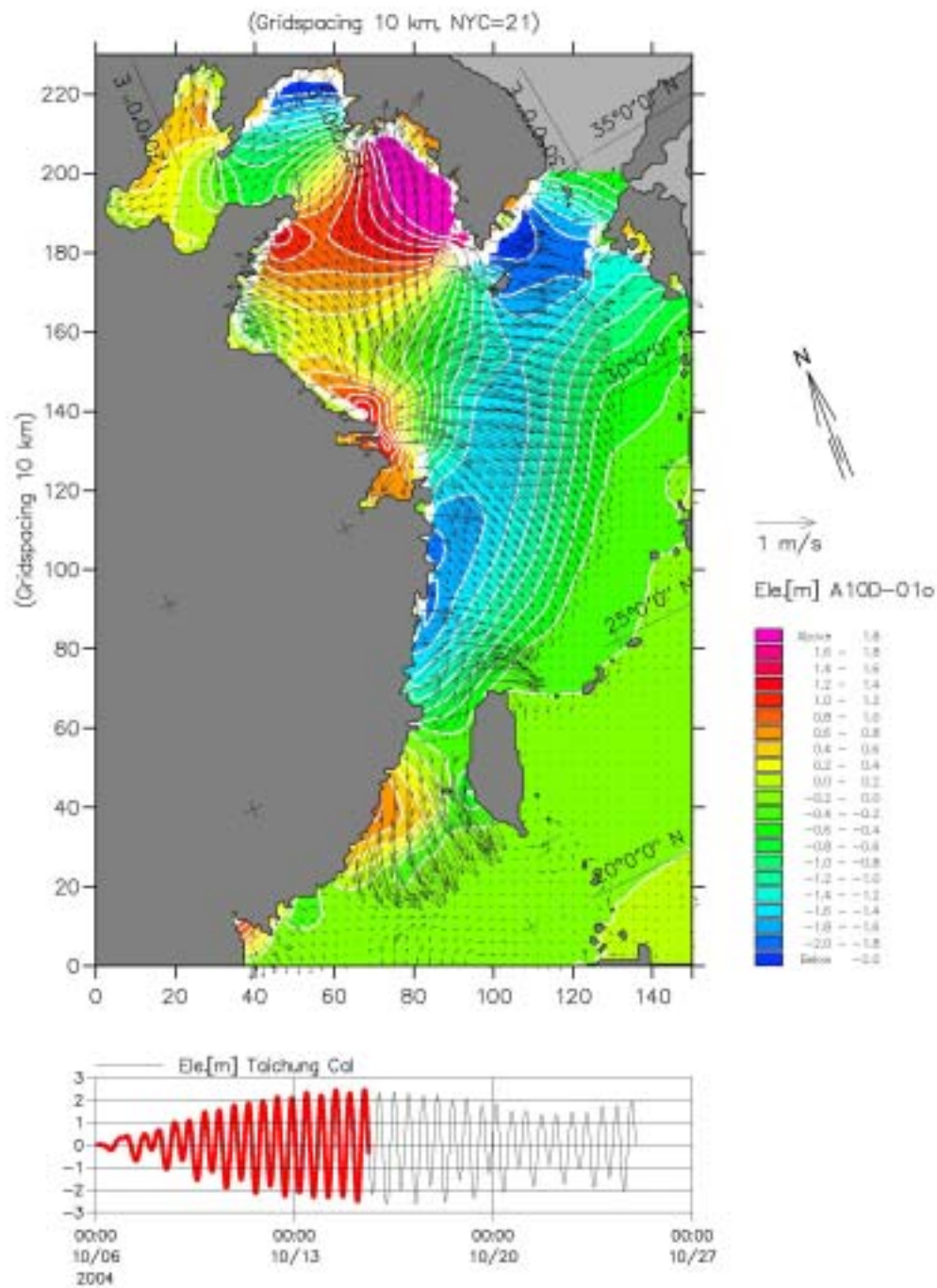


圖 3-8-16 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 15:00

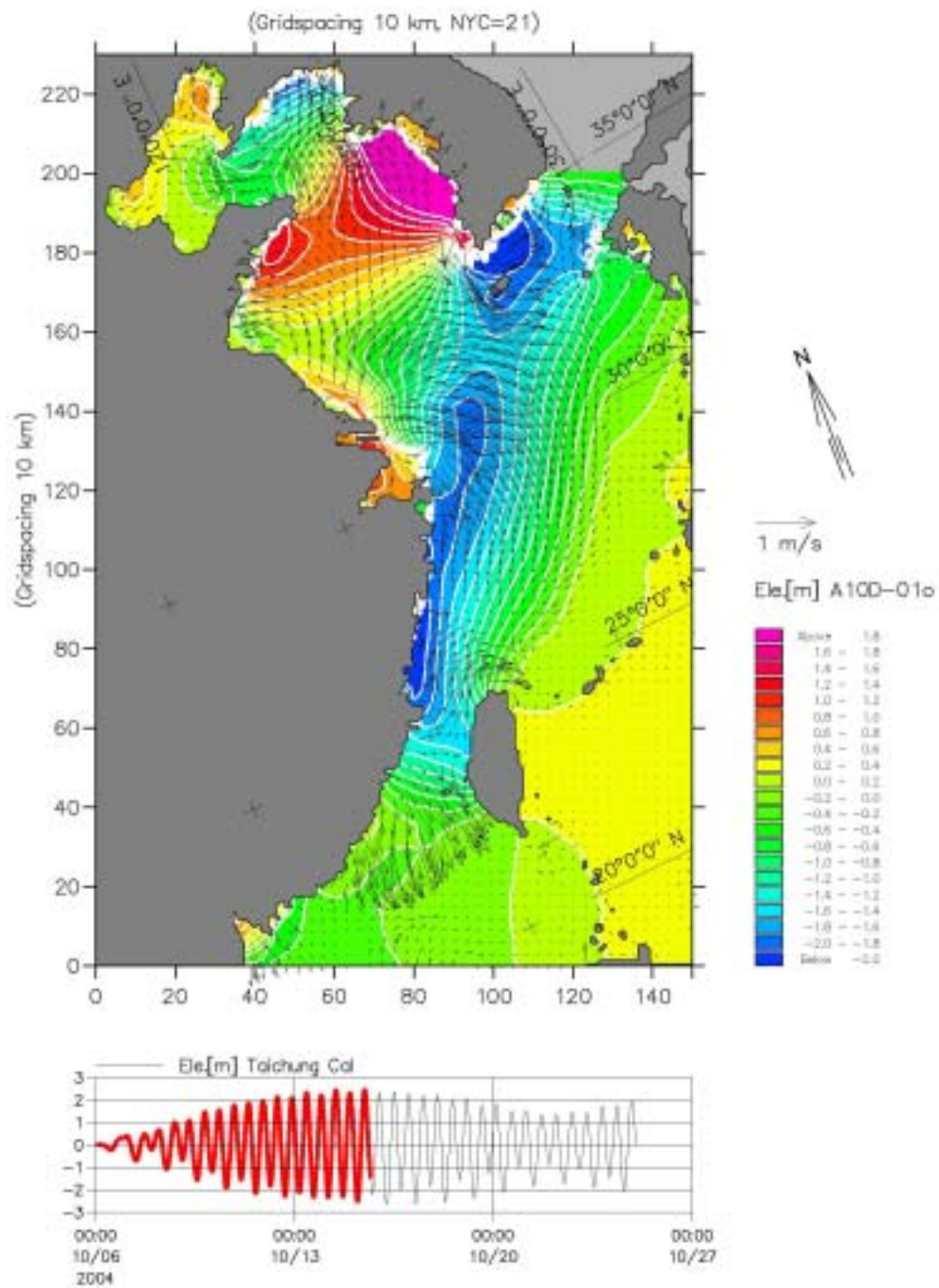


圖 3-8-17 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 16:00

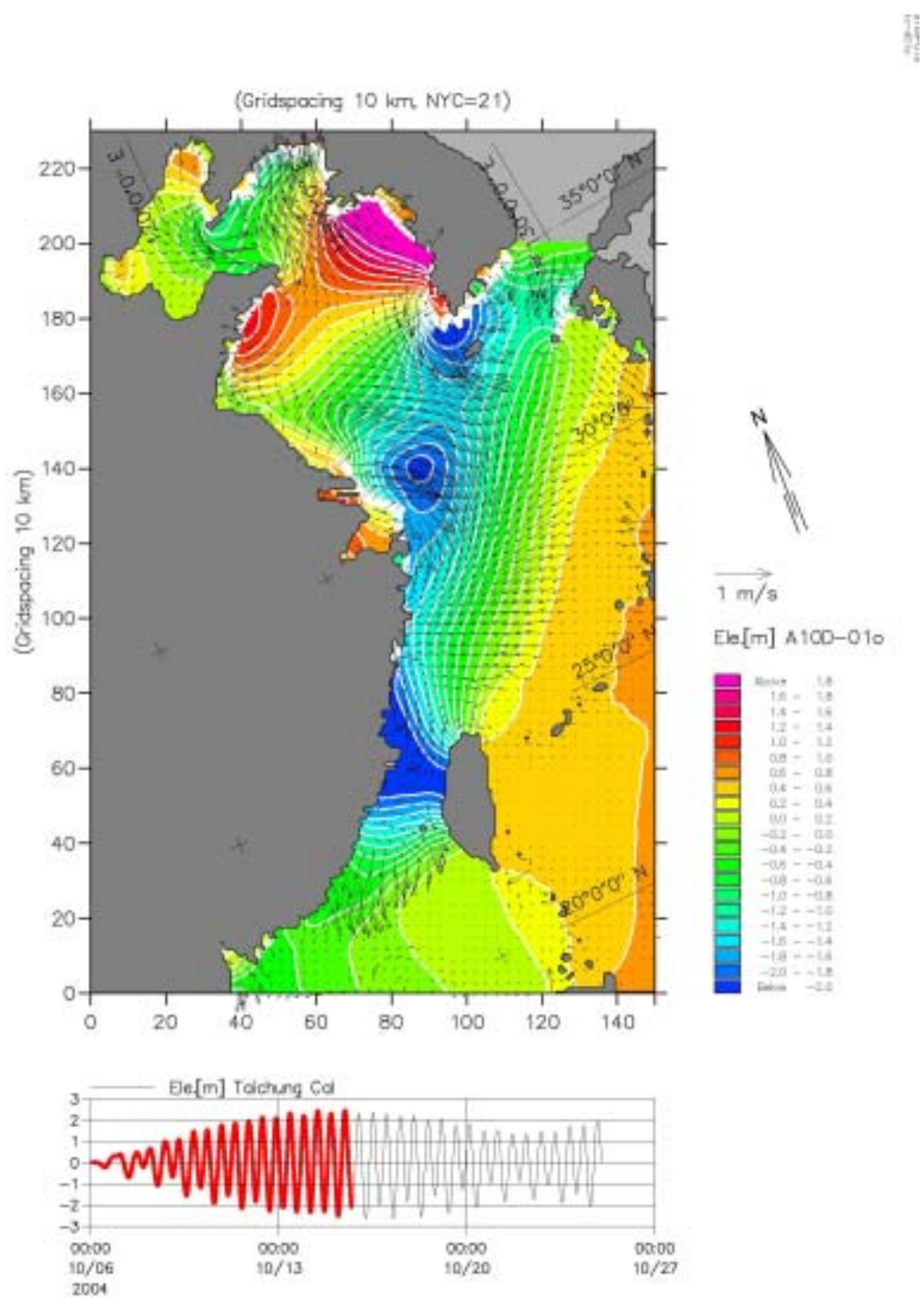


圖 3-8-18 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 17:00

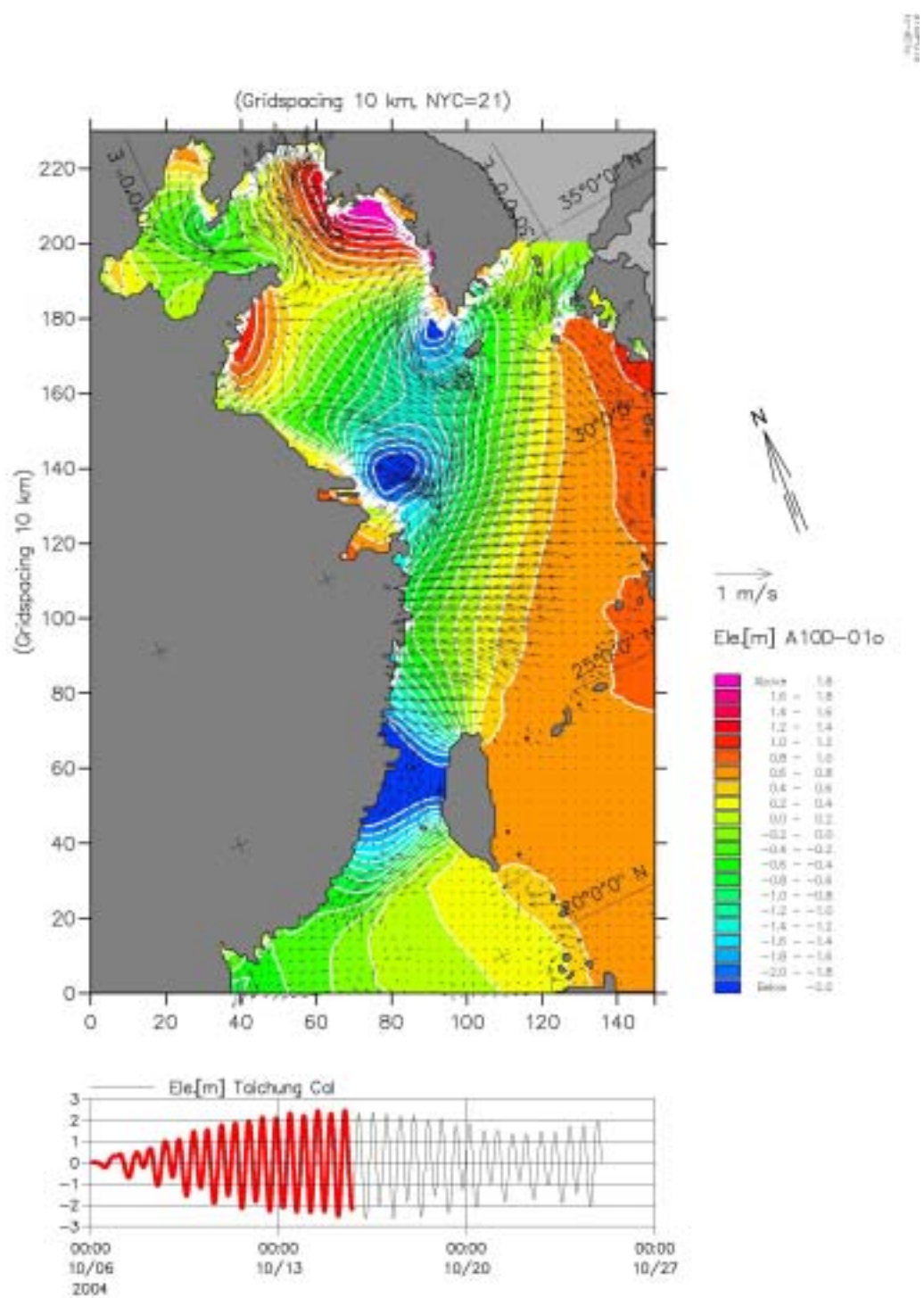


圖 3-8-19 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 18:00

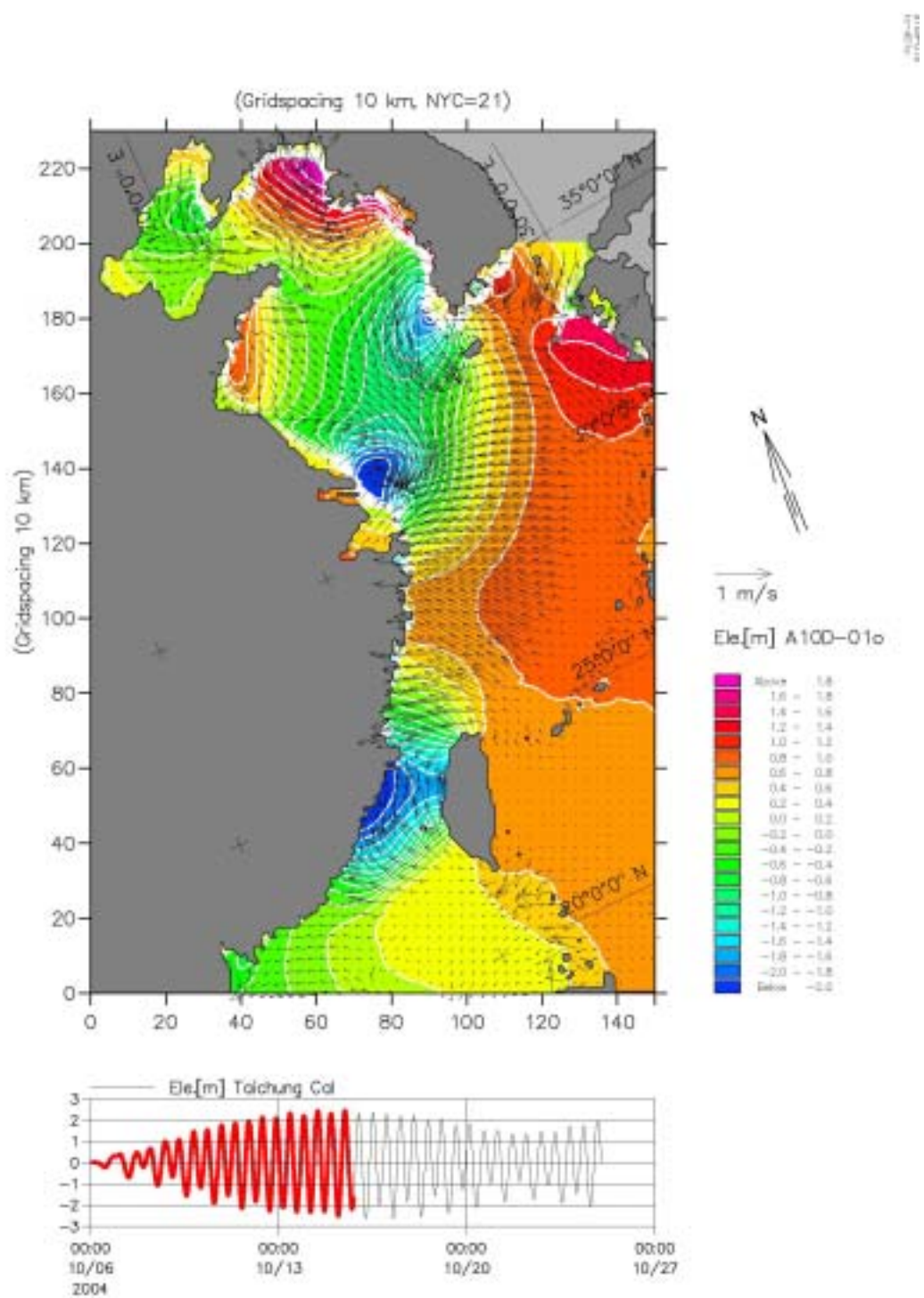


圖 3-8-20 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 19:00

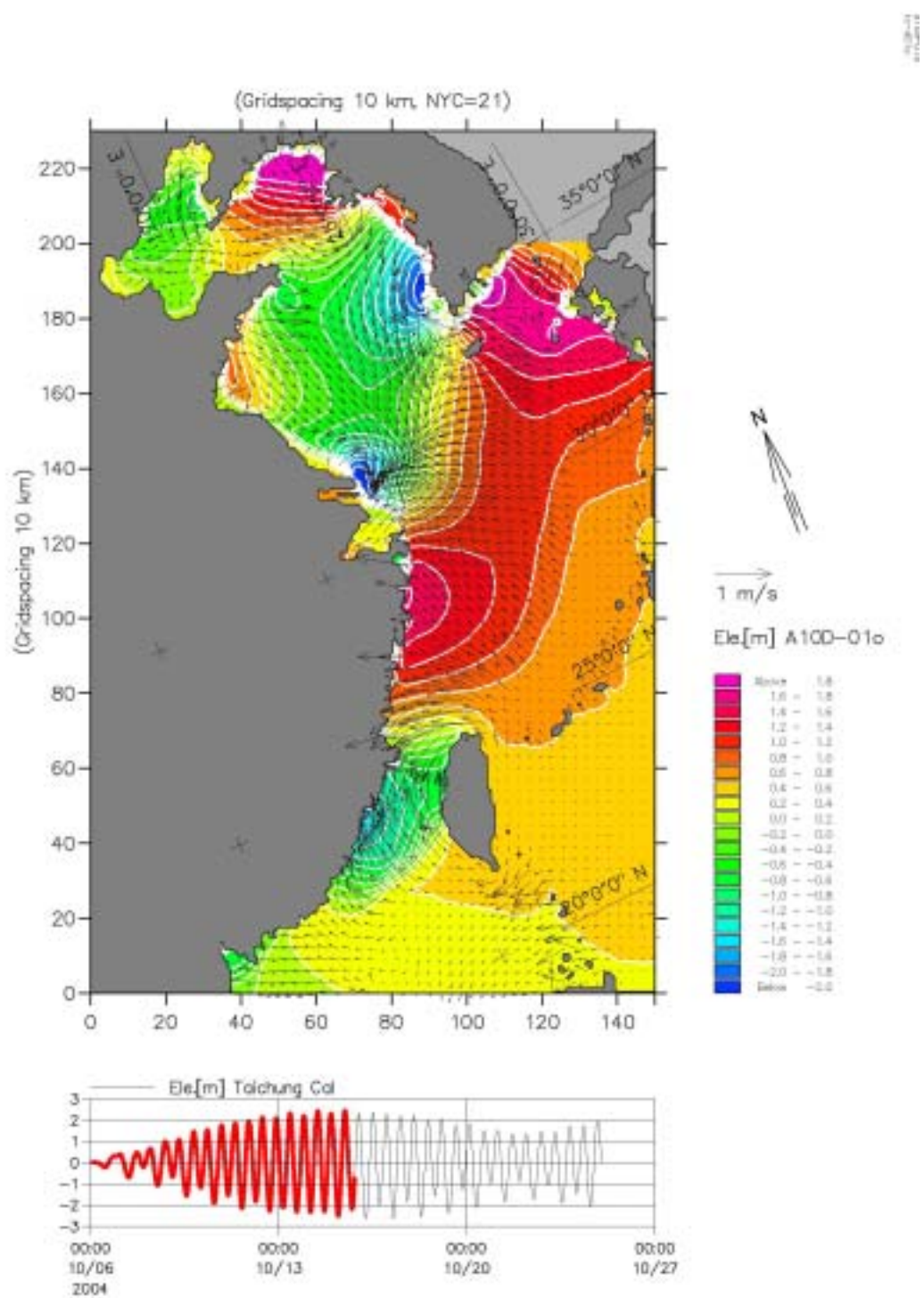


圖 3-8-21 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 20:00

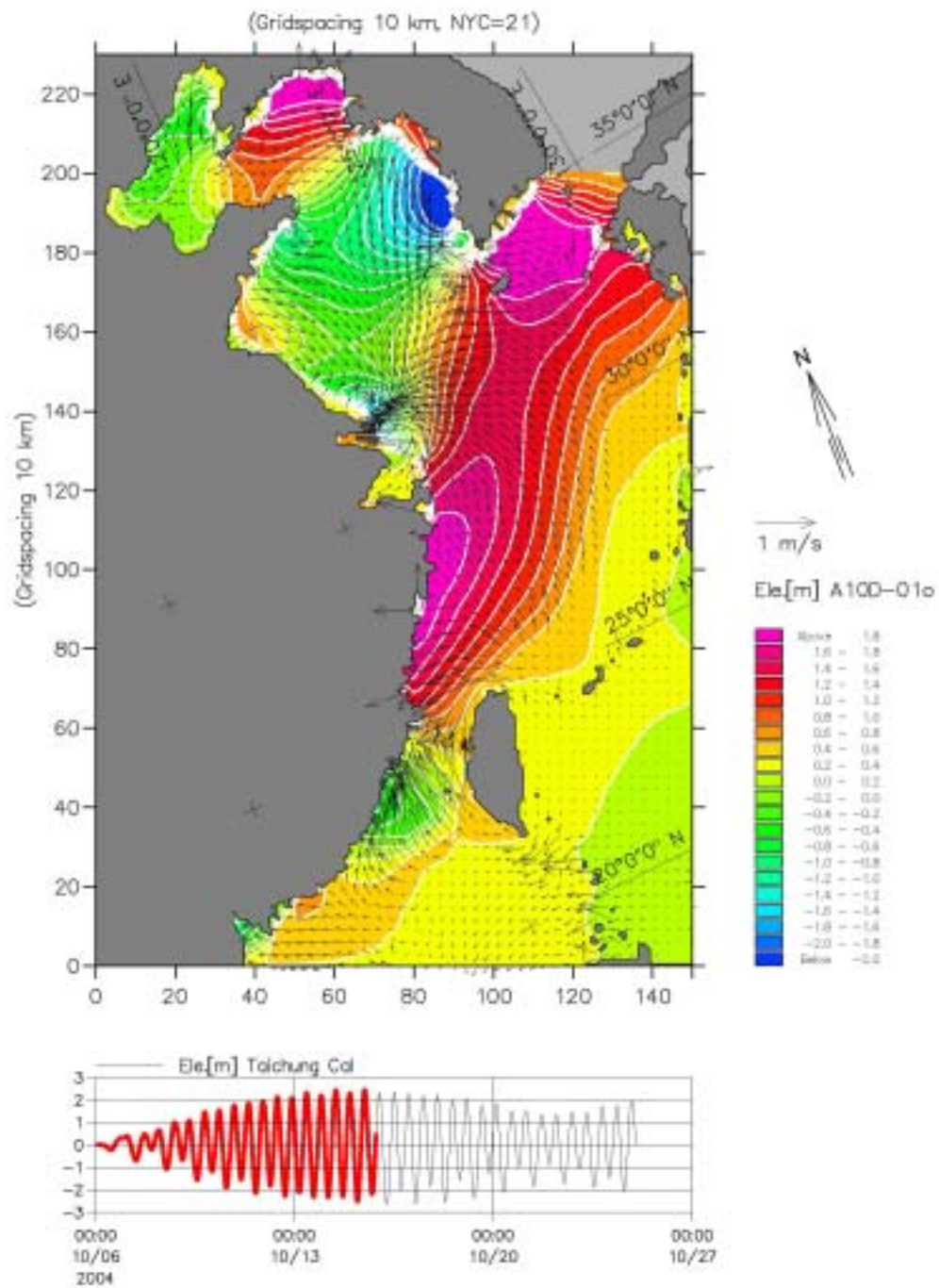


圖 3-8-22 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 21:00

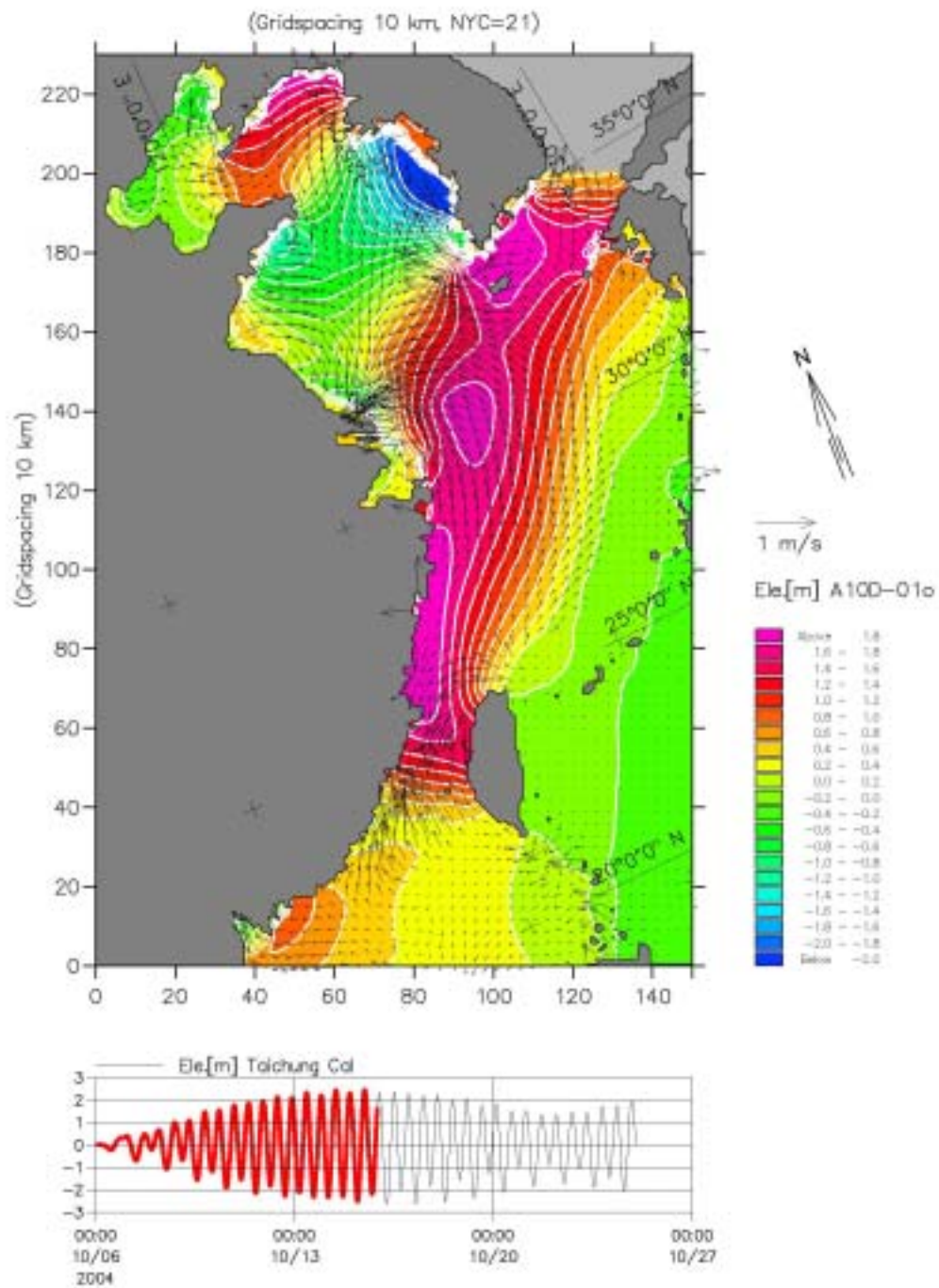


圖 3-8-23 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 22:00

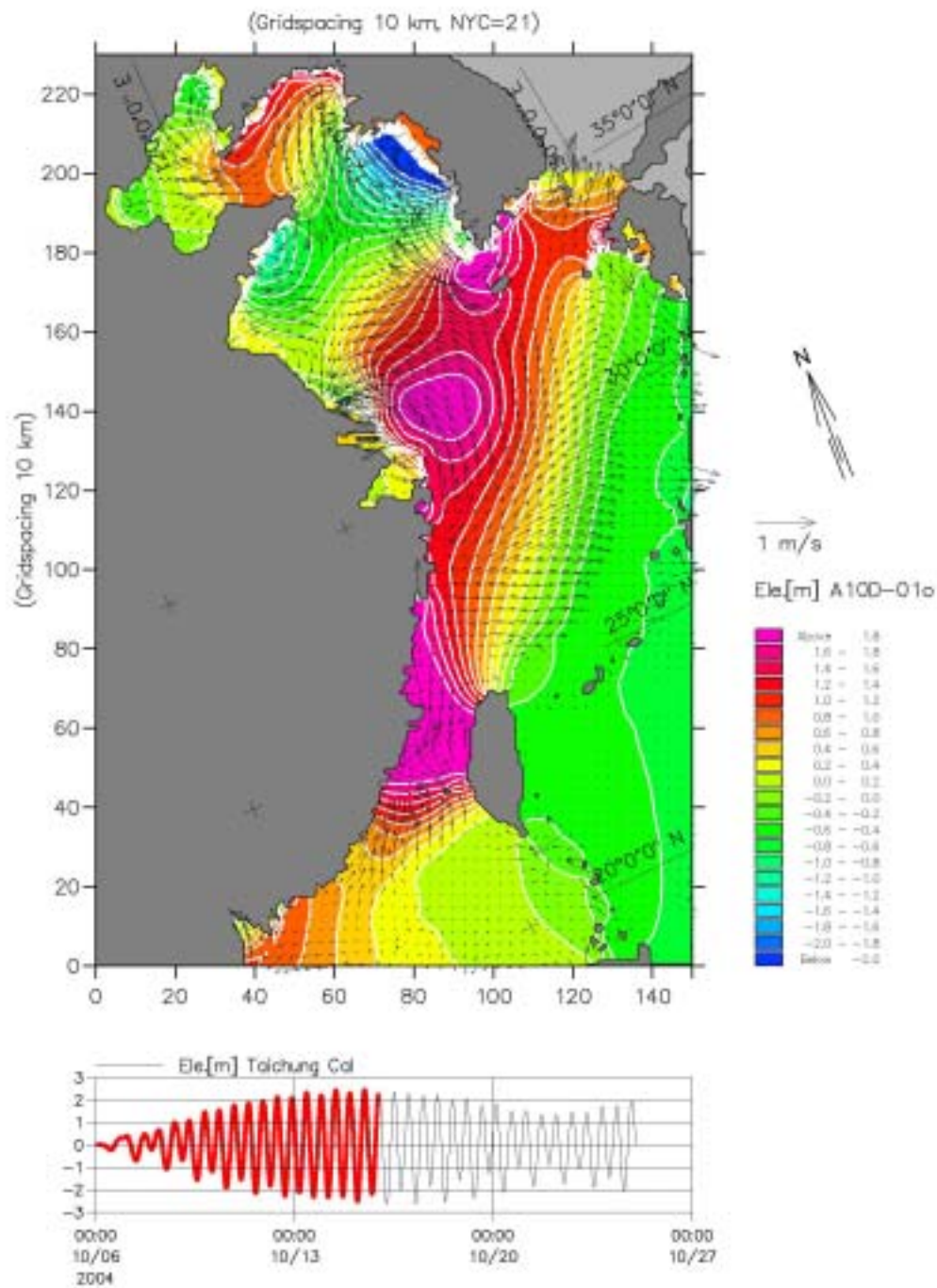


圖 3-8-24 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 23:00

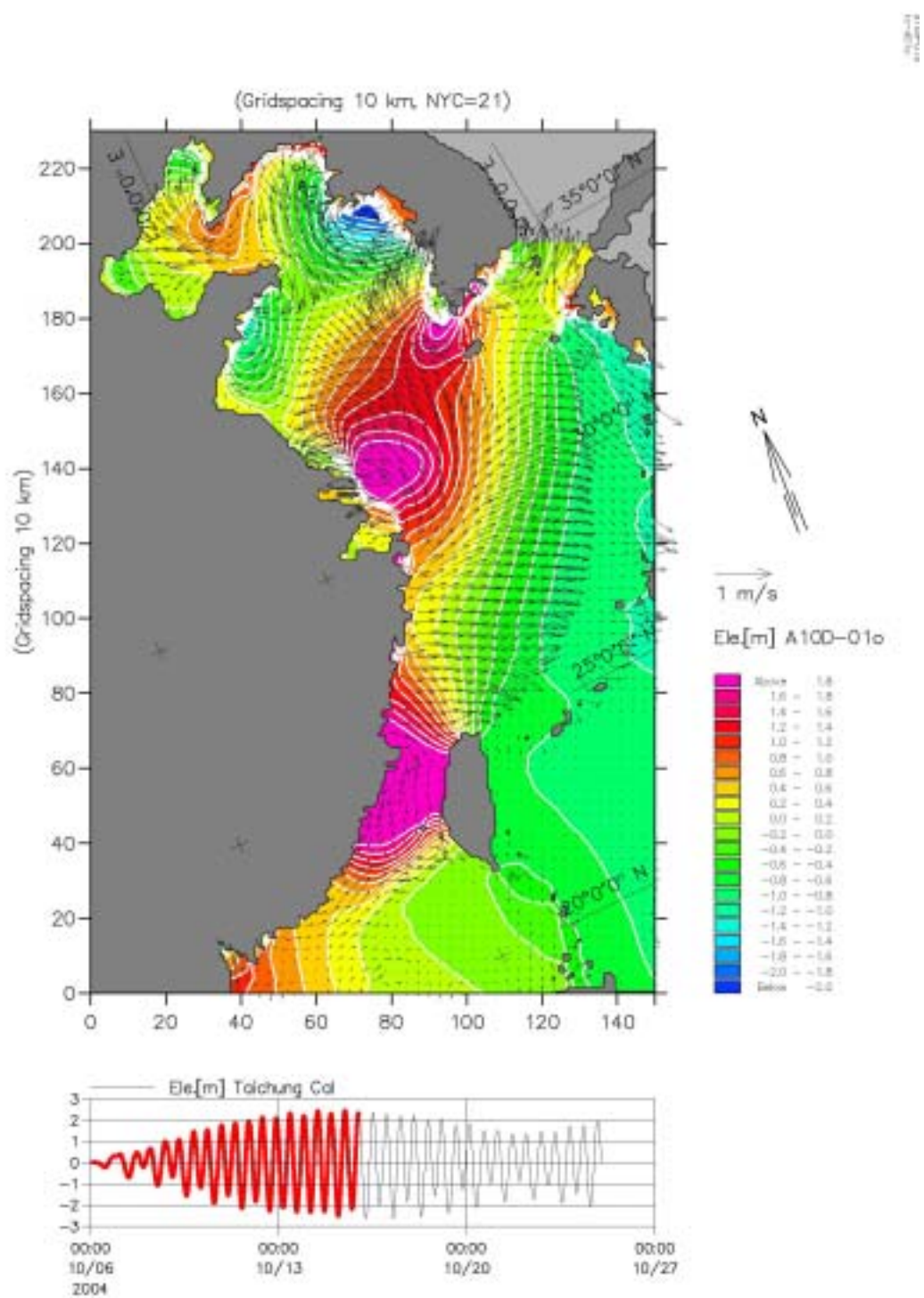


圖 3-8-25 不含日本海之東亞計算海域全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 24:00

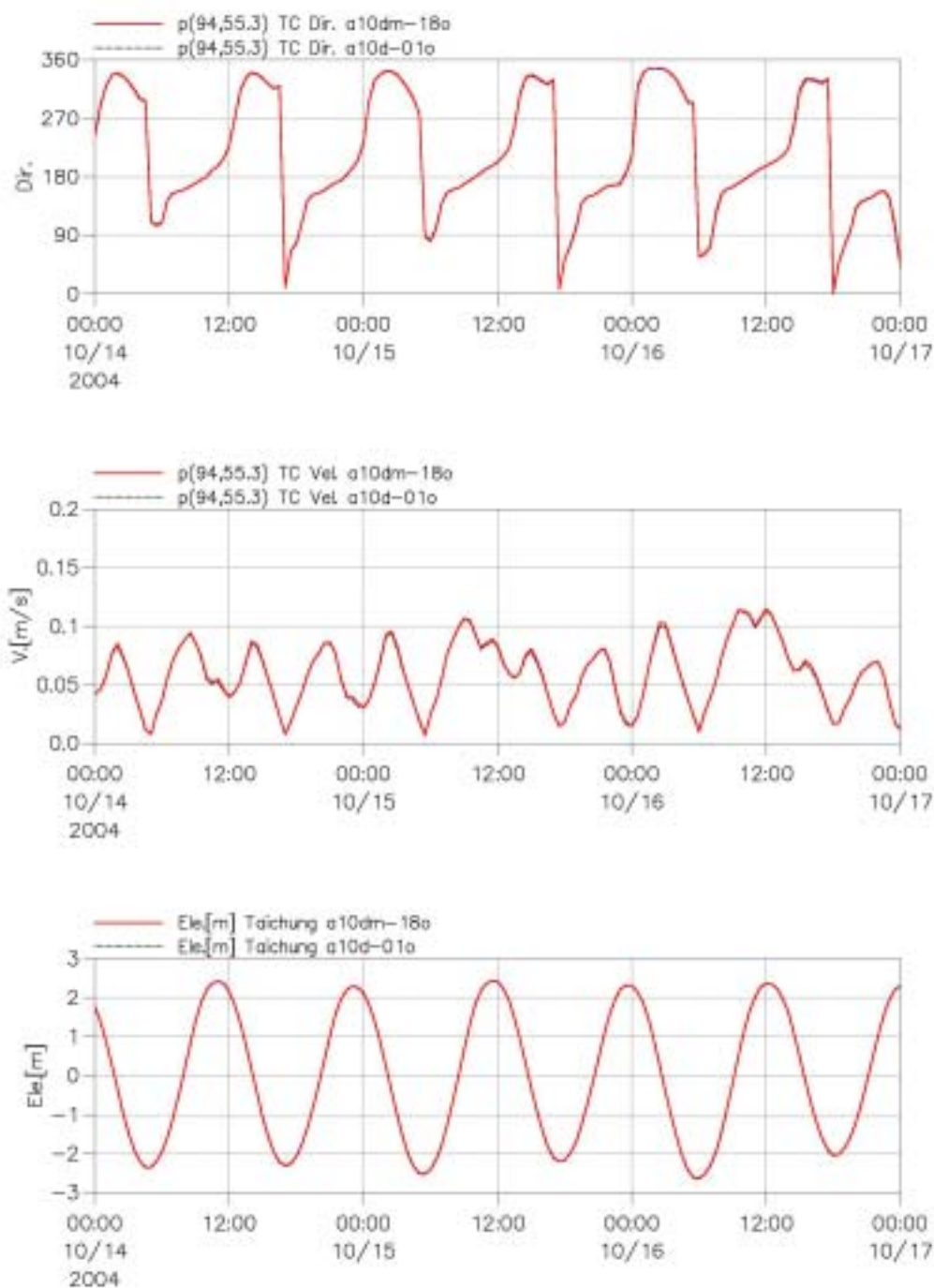


圖 3-9 不含日本海與包含日本海之東亞計算海域內，台中港計算流向(上)、流速(中)、及潮位(下)逐時變化之相互比較

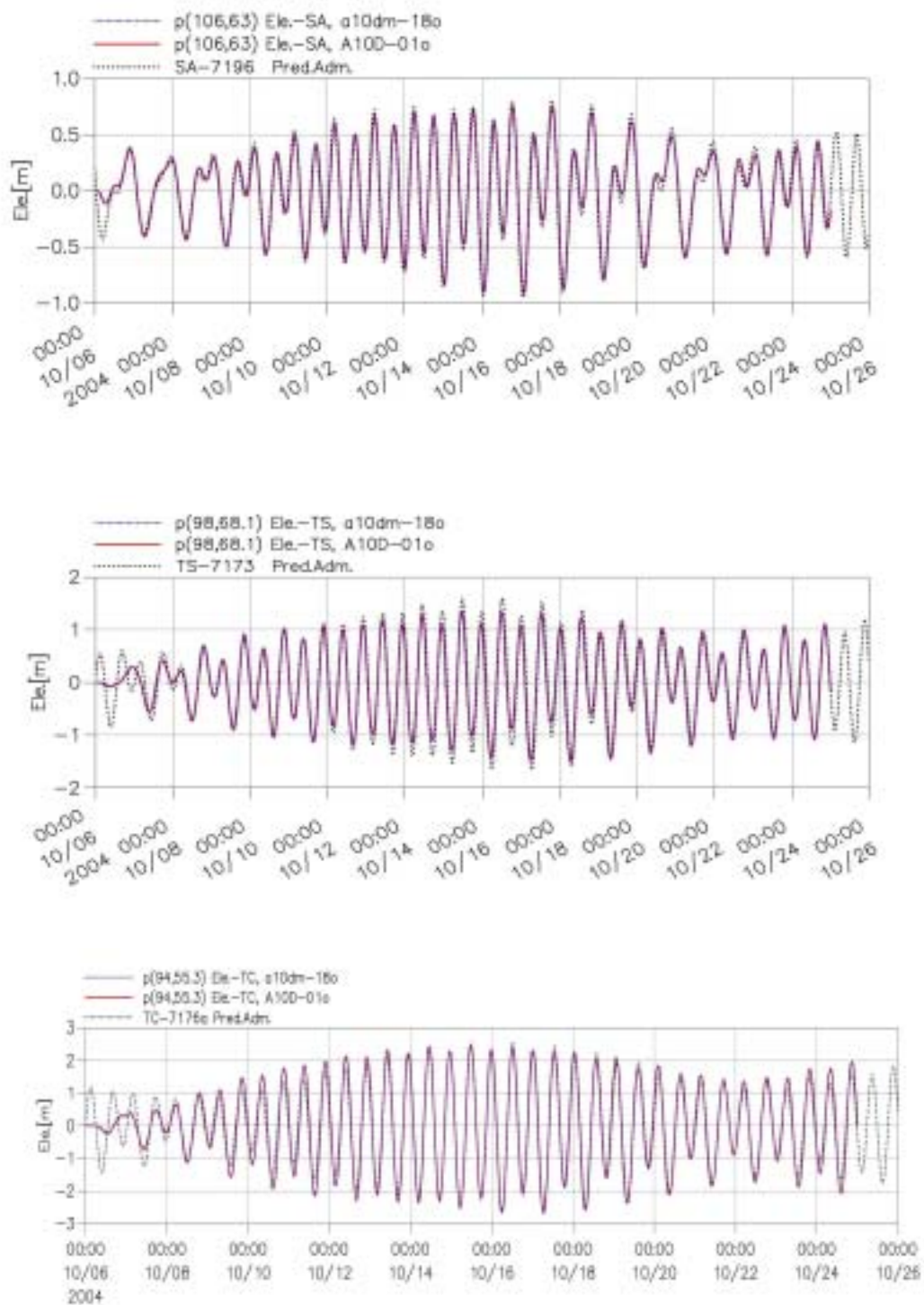


圖 3-10-1 不含日本海與包含日本海之東亞計算海域內,蘇澳(上)、淡水(中)、台中(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較

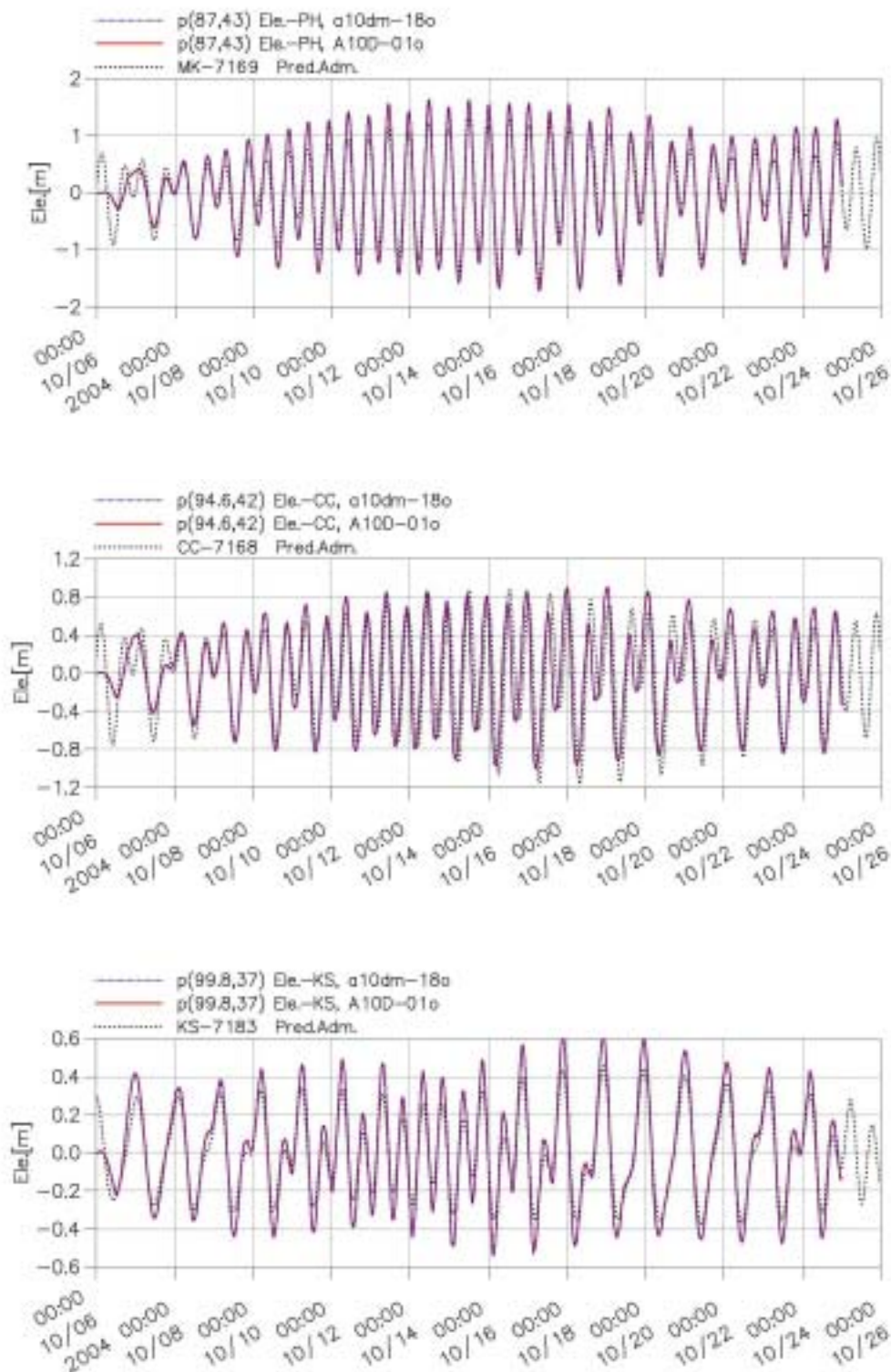


圖 3-10-2 不含日本海與包含日本海之東亞計算海域內,澎湖(上)、將軍(中)、高雄(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較

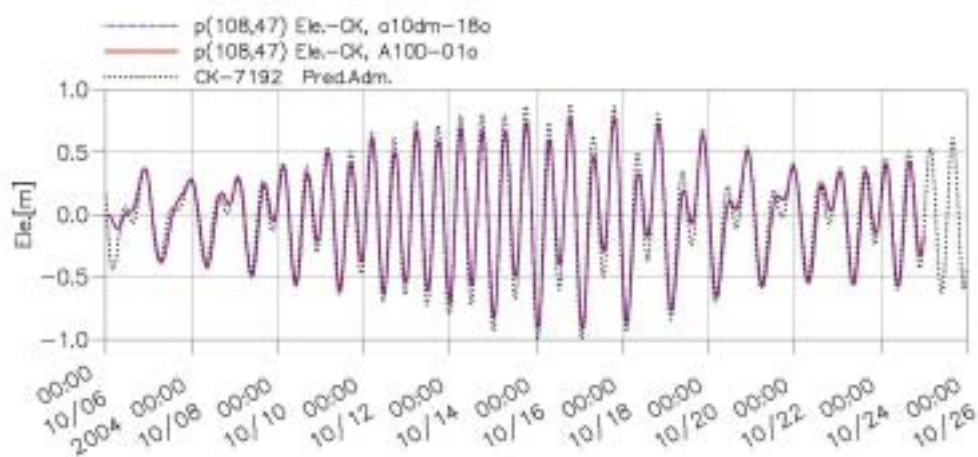
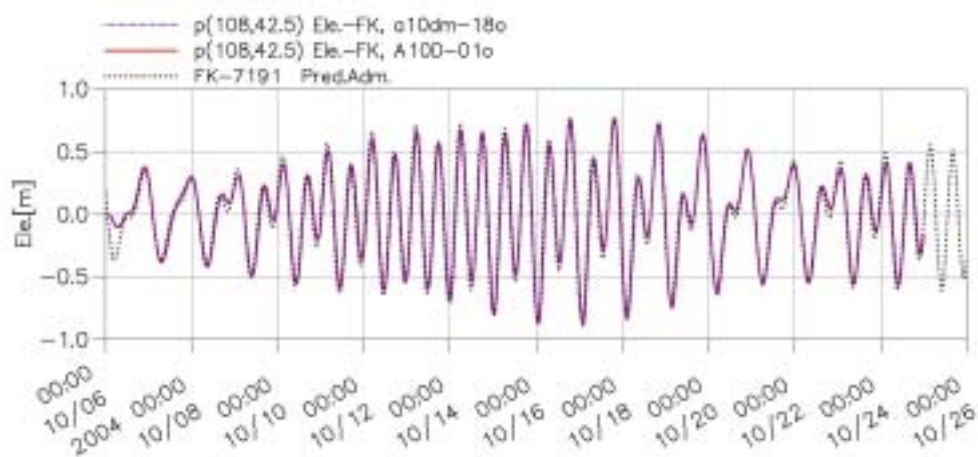
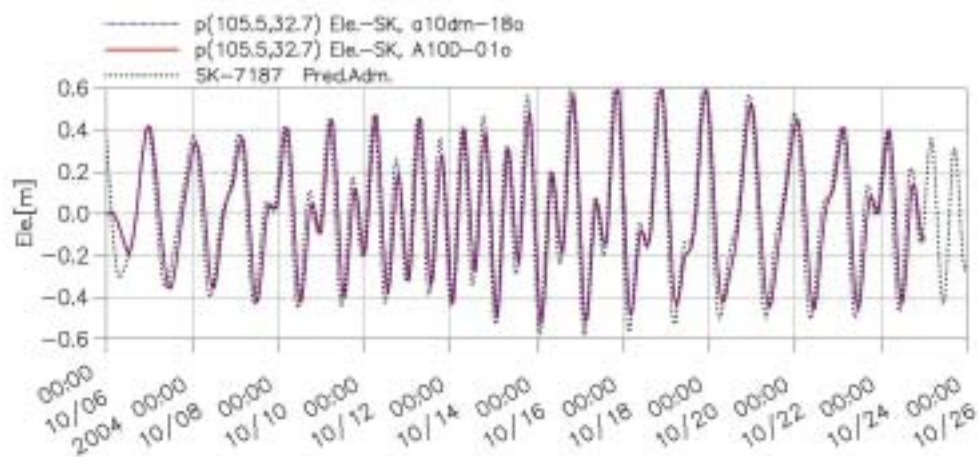


圖 3-10-3 不含日本海與包含日本海之東亞計算海域內, 蟬廣嘴(上)、富岡(中)、成功(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較

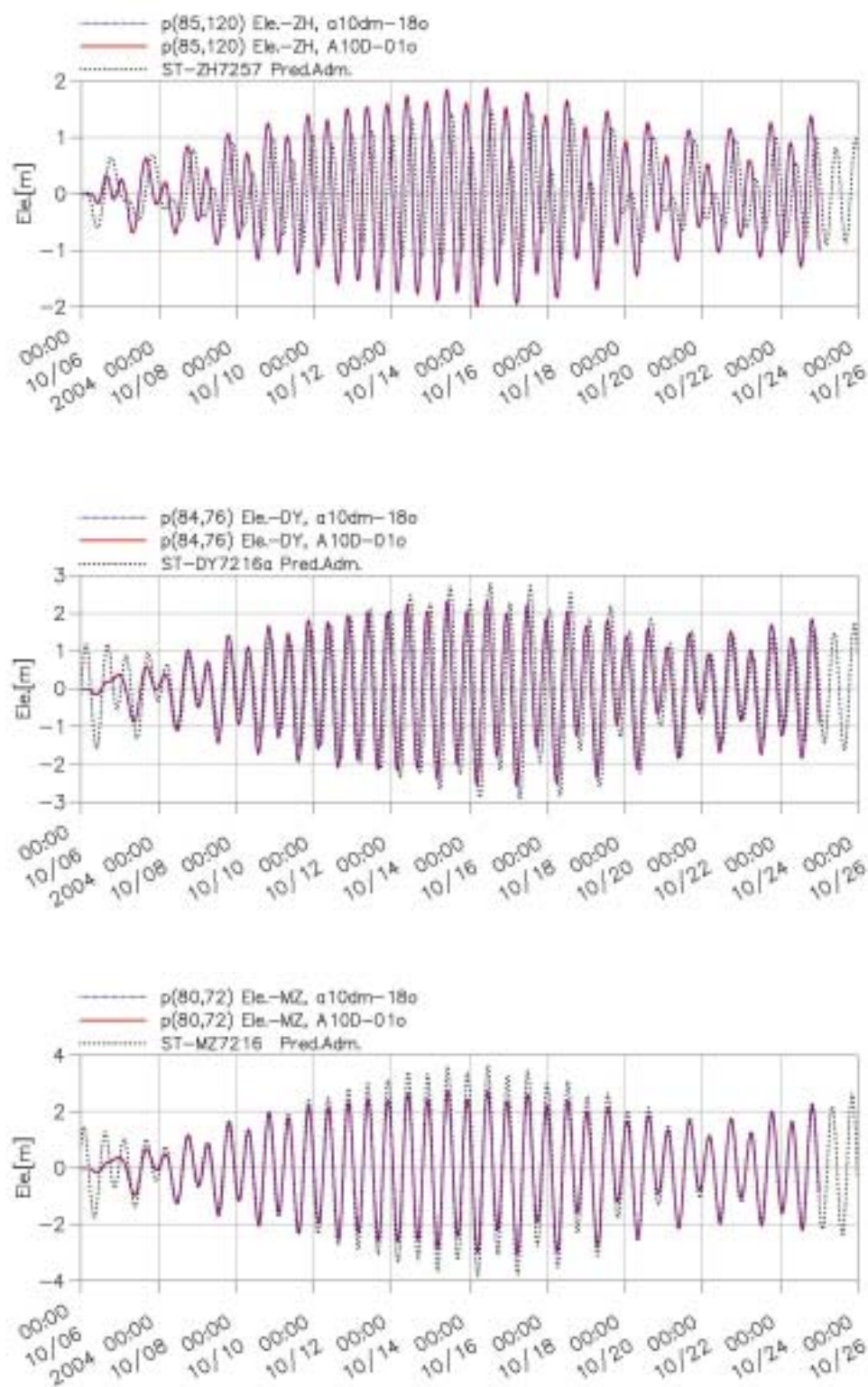


圖 3-10-4 不含日本海與包含日本海之東亞計算海域內,鎮海(上)、東引(中)、馬祖(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較

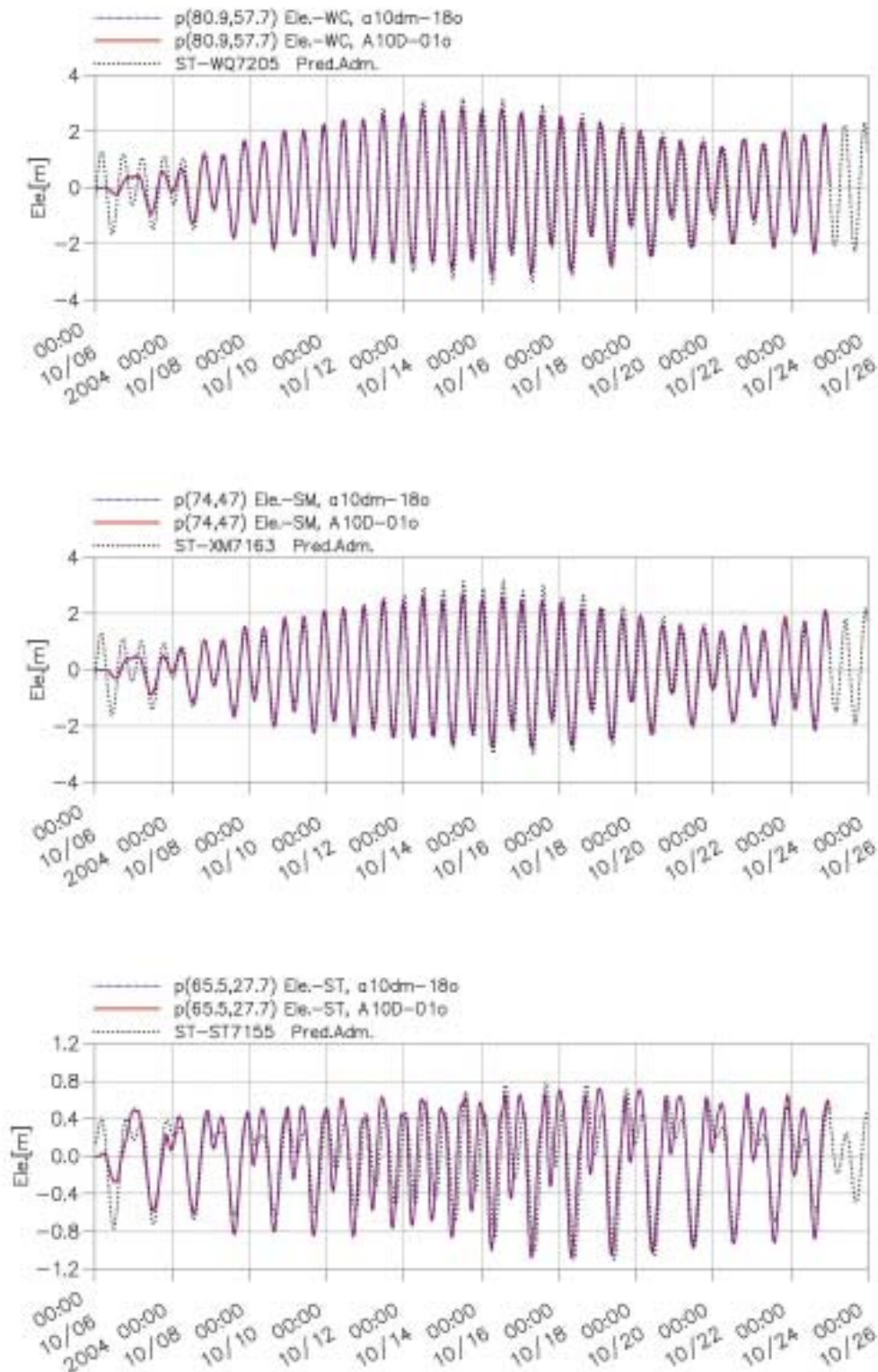


圖 3-10-5 不含日本海與包含日本海之東亞計算海域內, 烏坵 (上)、廈門(中)、汕頭(下)之逐時計算潮位與相對應預報潮位之驗證比較

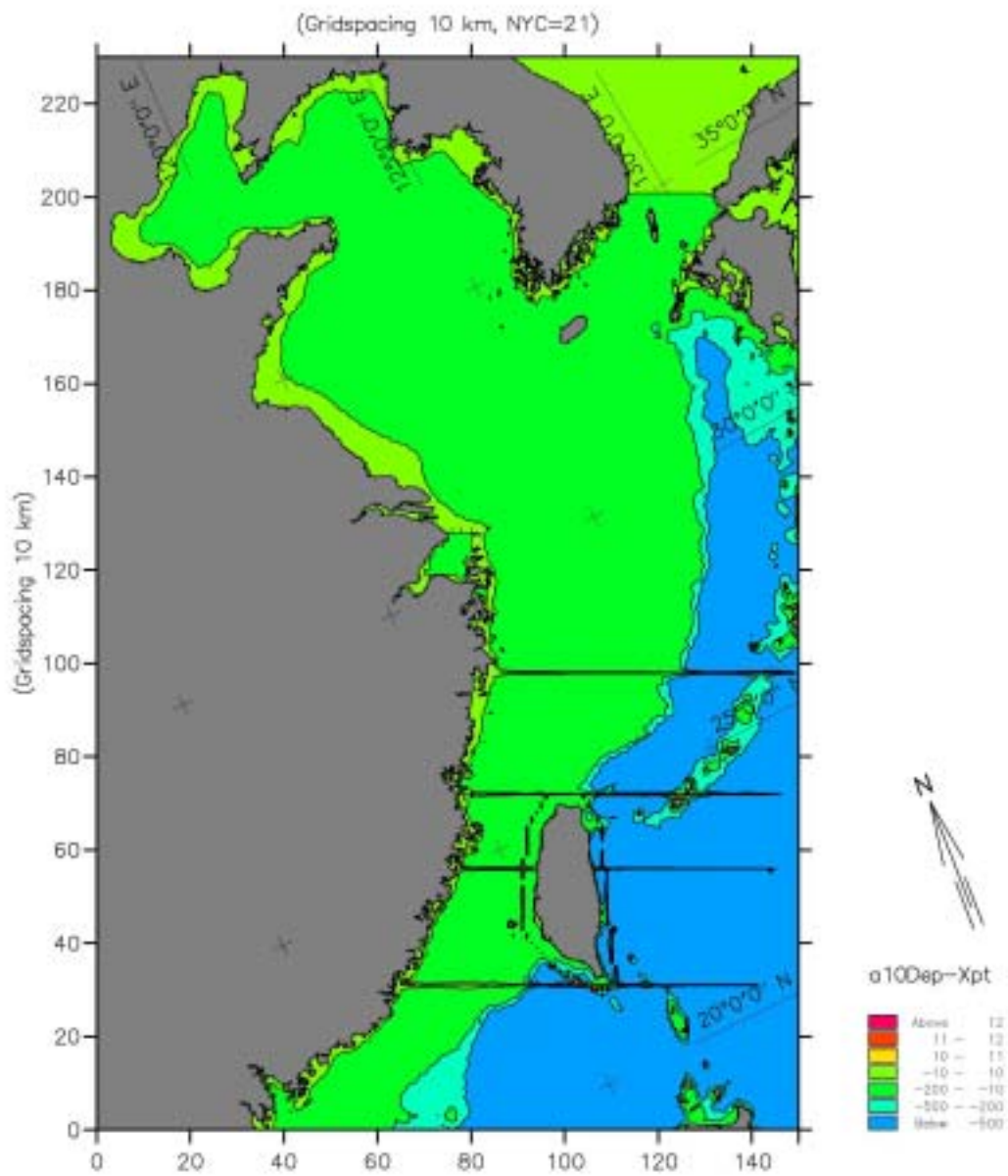


圖 3-11 臺灣環島海域潮波振盪型態影響性分析及評估的主要斷面位置

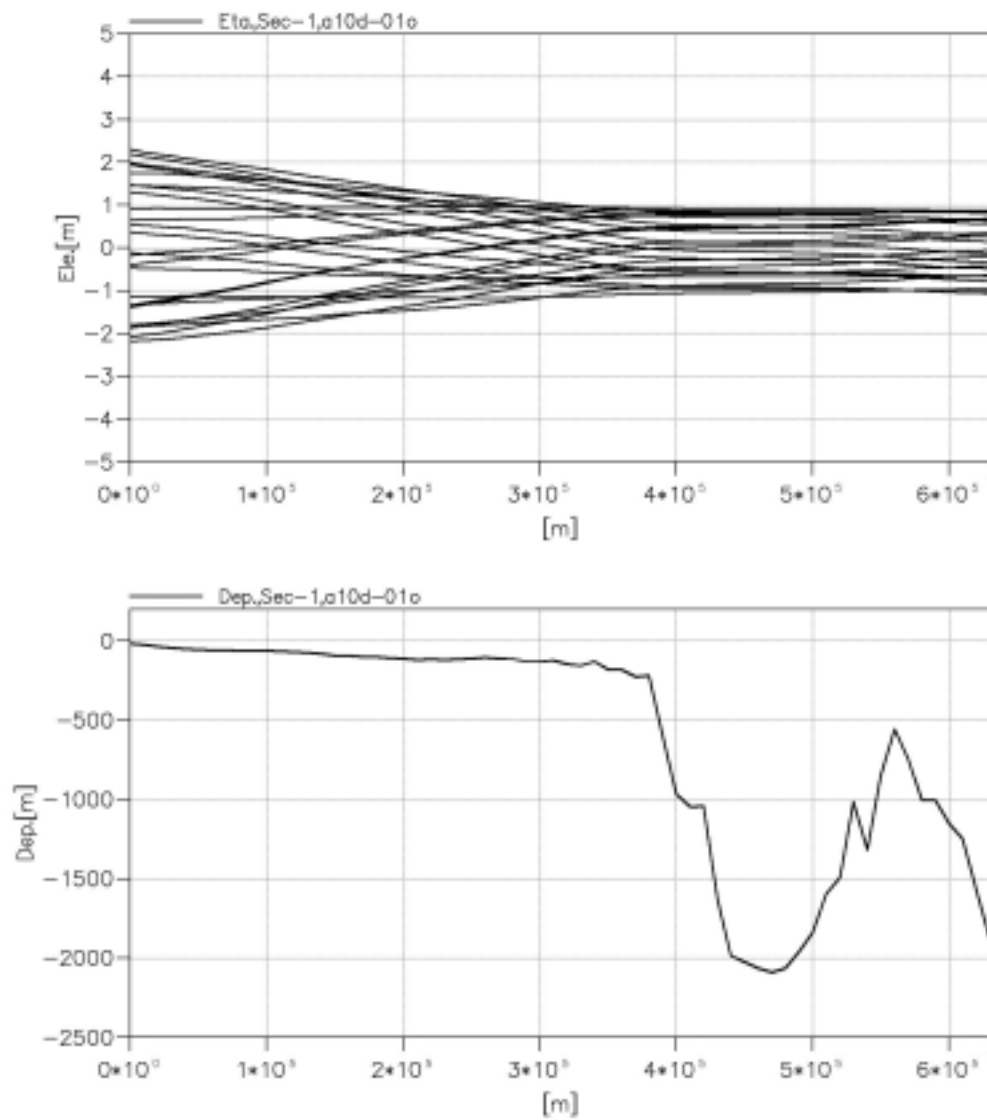


圖 3-12-1 東亞海域現況水深地形第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態

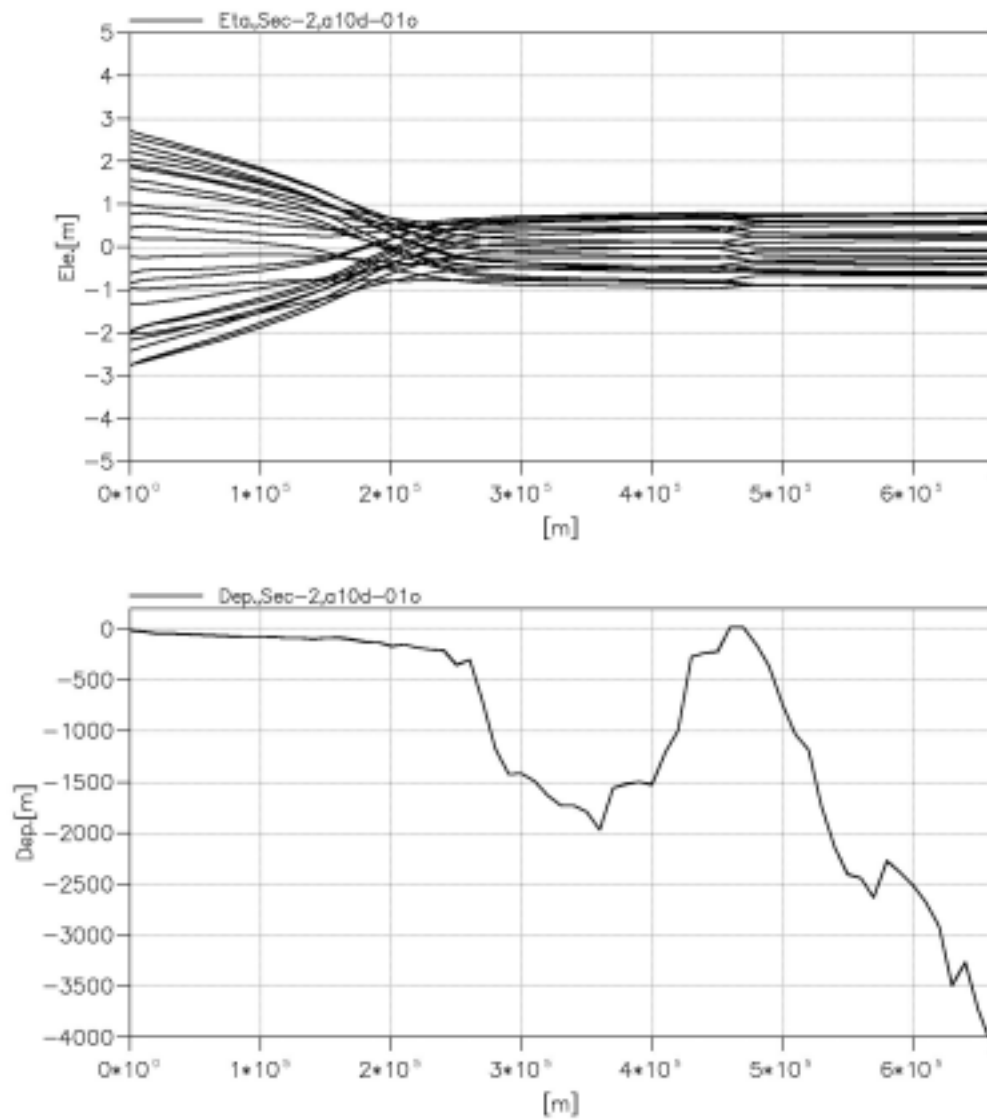


圖 3-12-2 東亞海域現況水深地形第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態

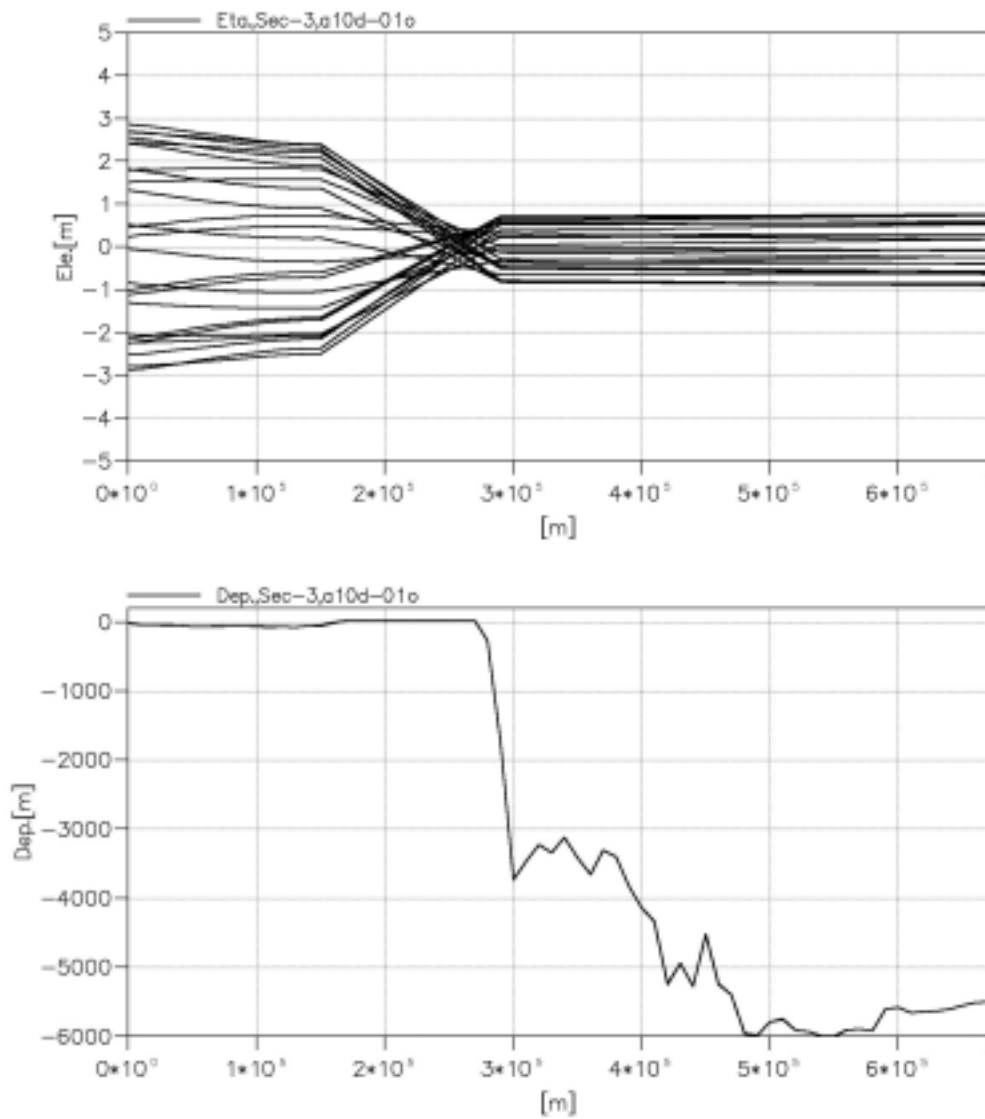


圖 3-12-3 東亞海域現況水深地形第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態

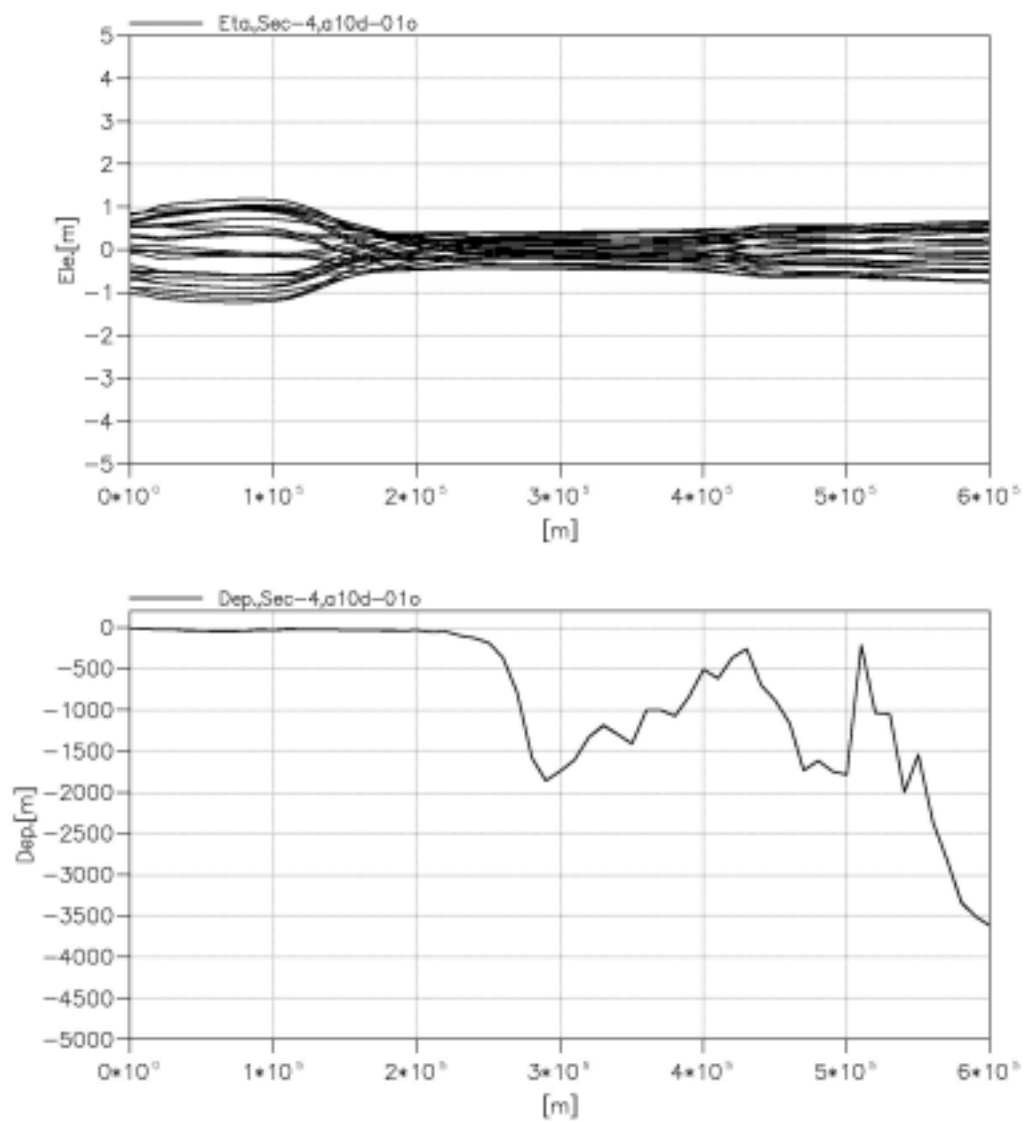


圖 3-12-4 東亞海域現況水深地形第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態

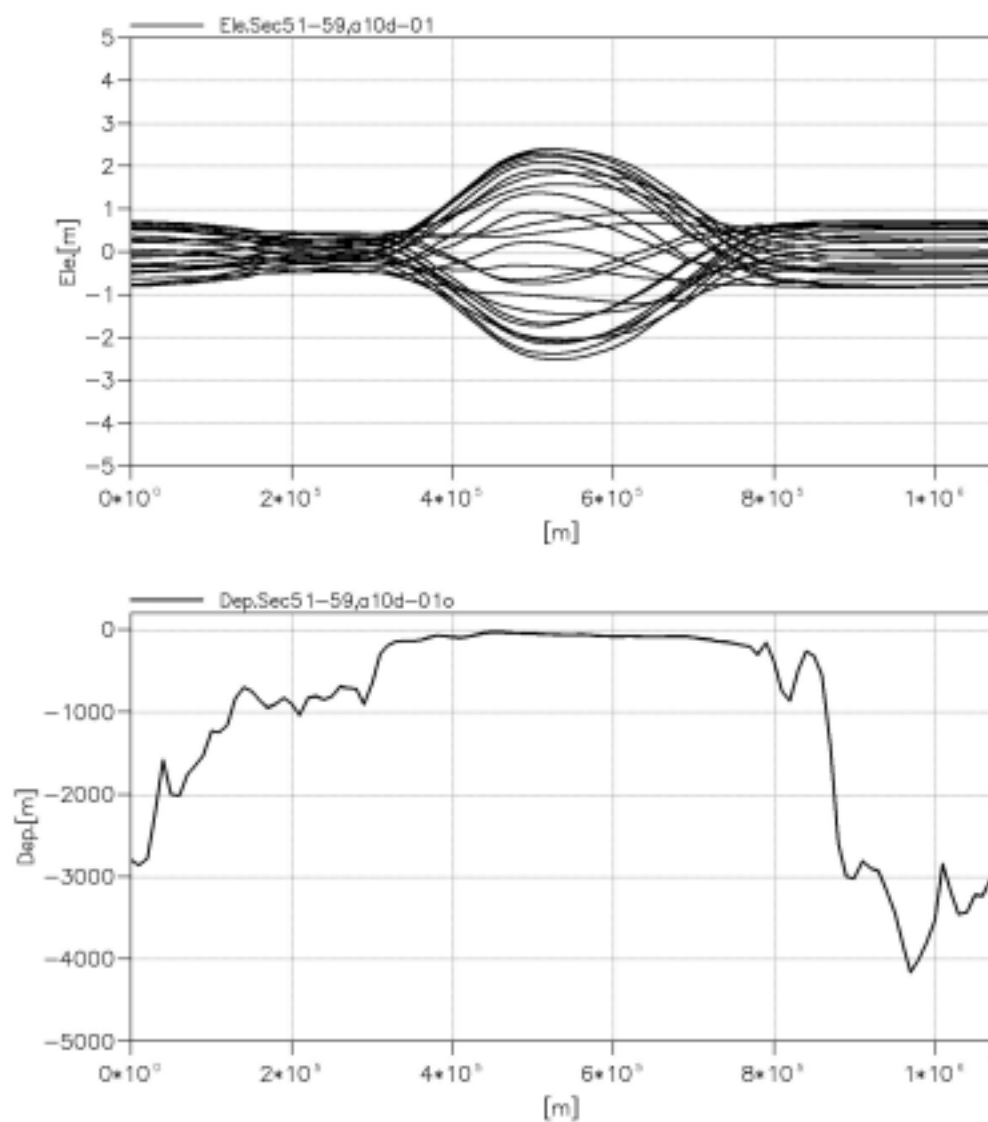


圖 3-12-5 東亞海域現況水深地形第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態

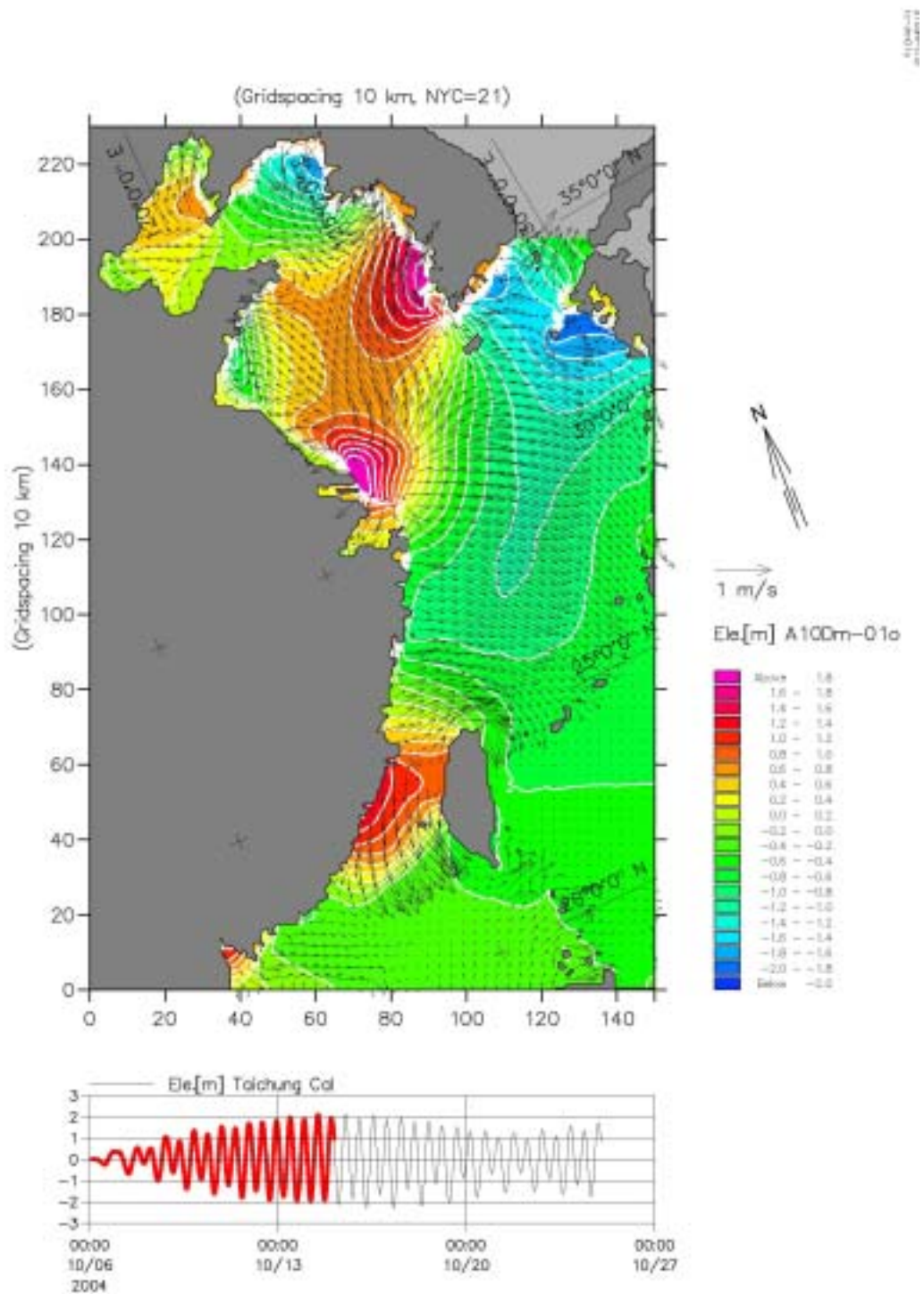


圖 3-14-1 東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

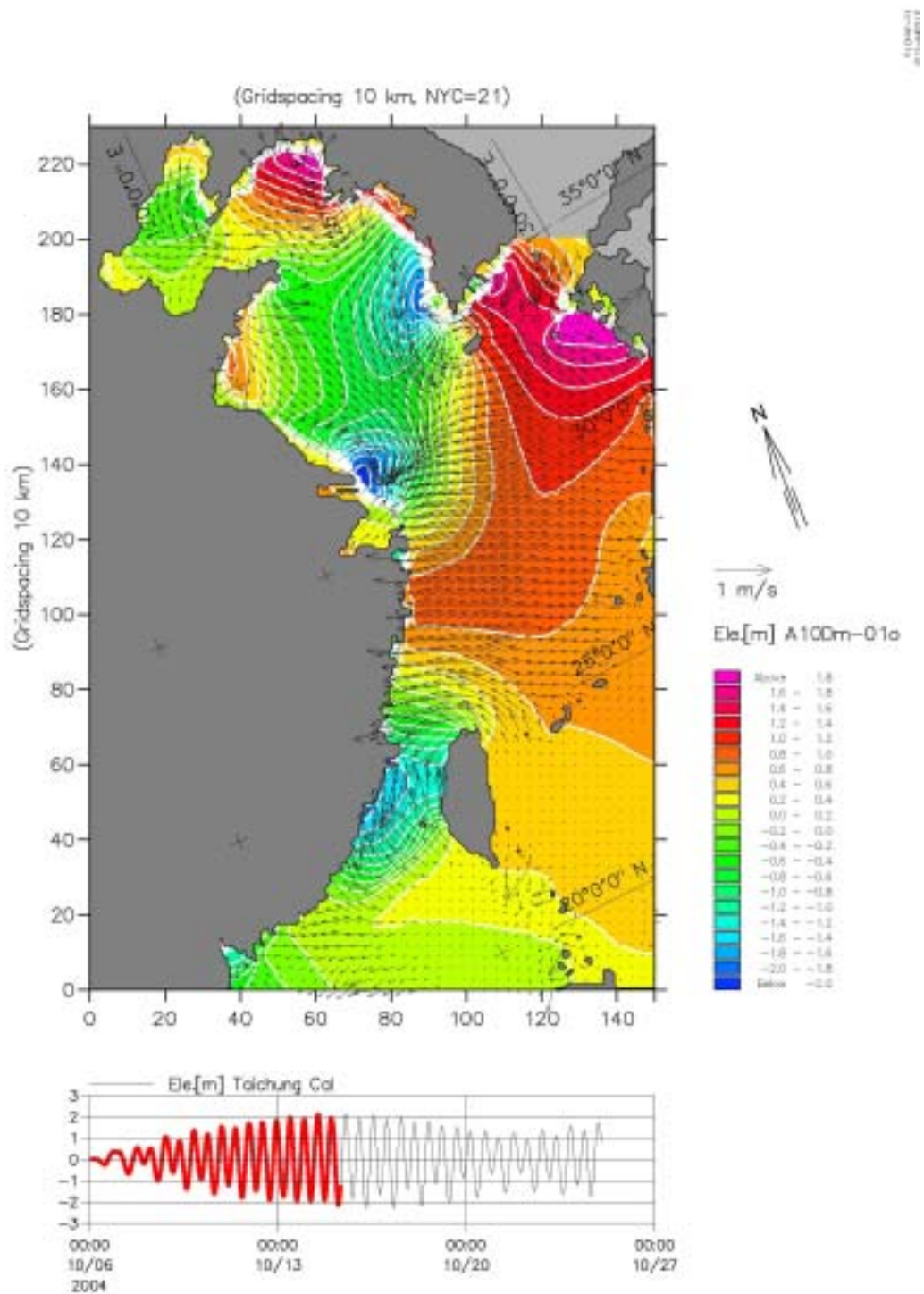


圖 3-14-2 東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

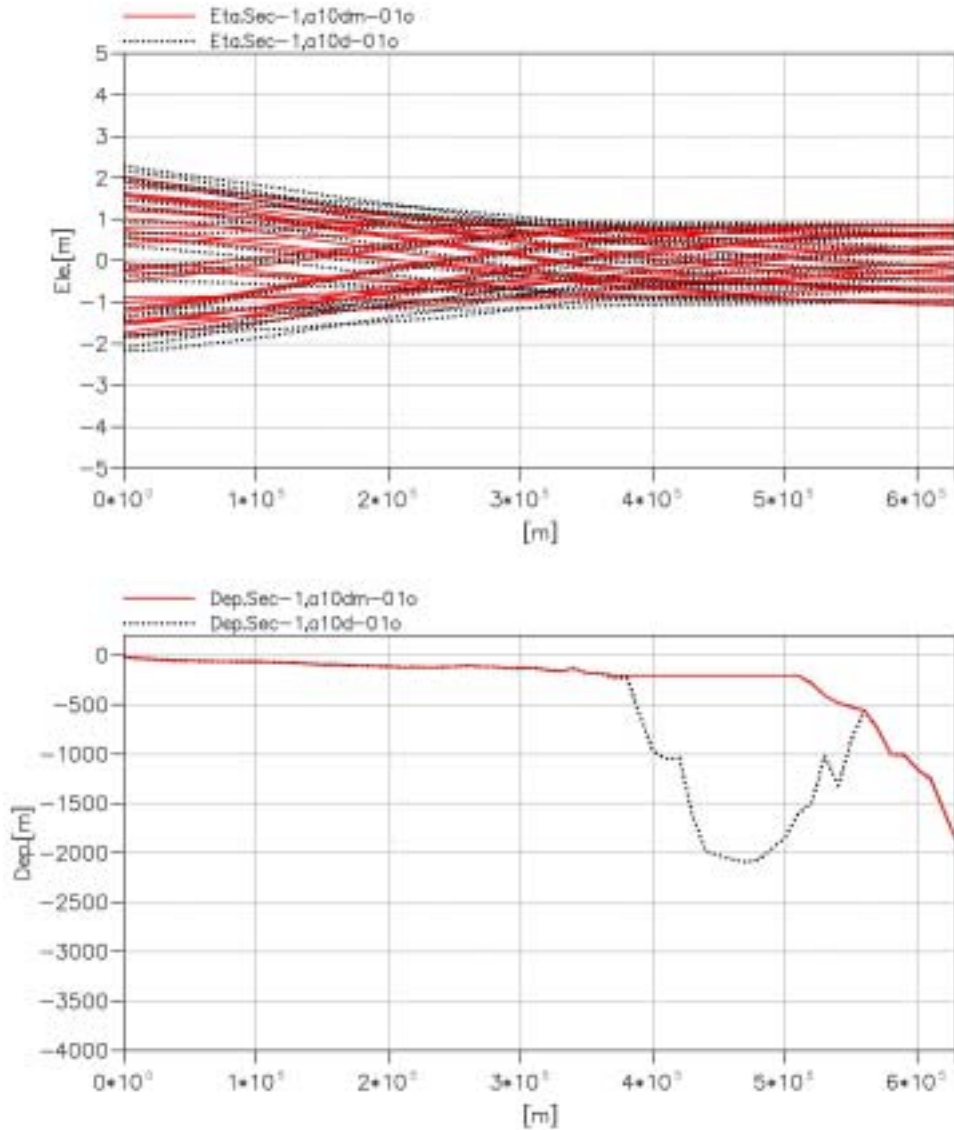


圖 3-15-1 東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後第一斷面(溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

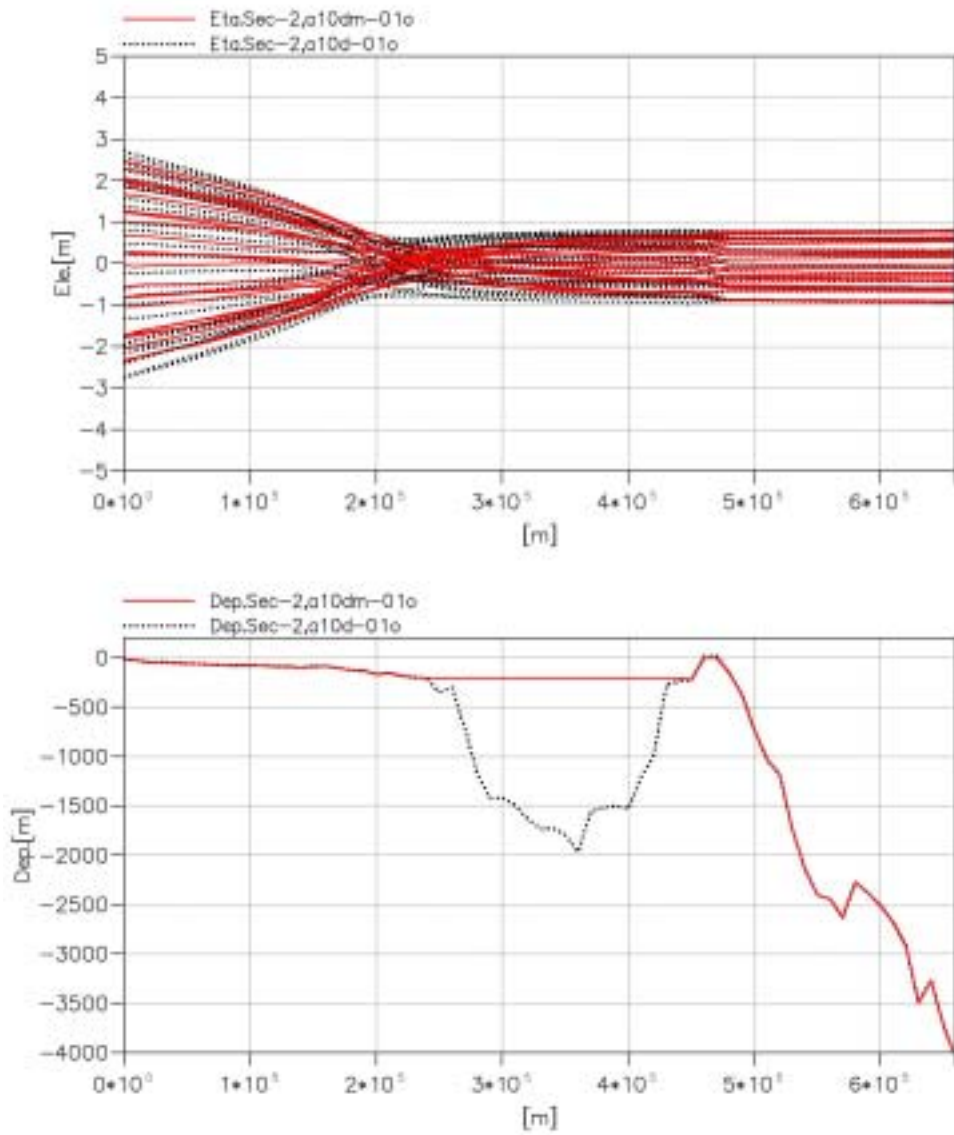


圖 3-15-2 東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後第二斷面(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

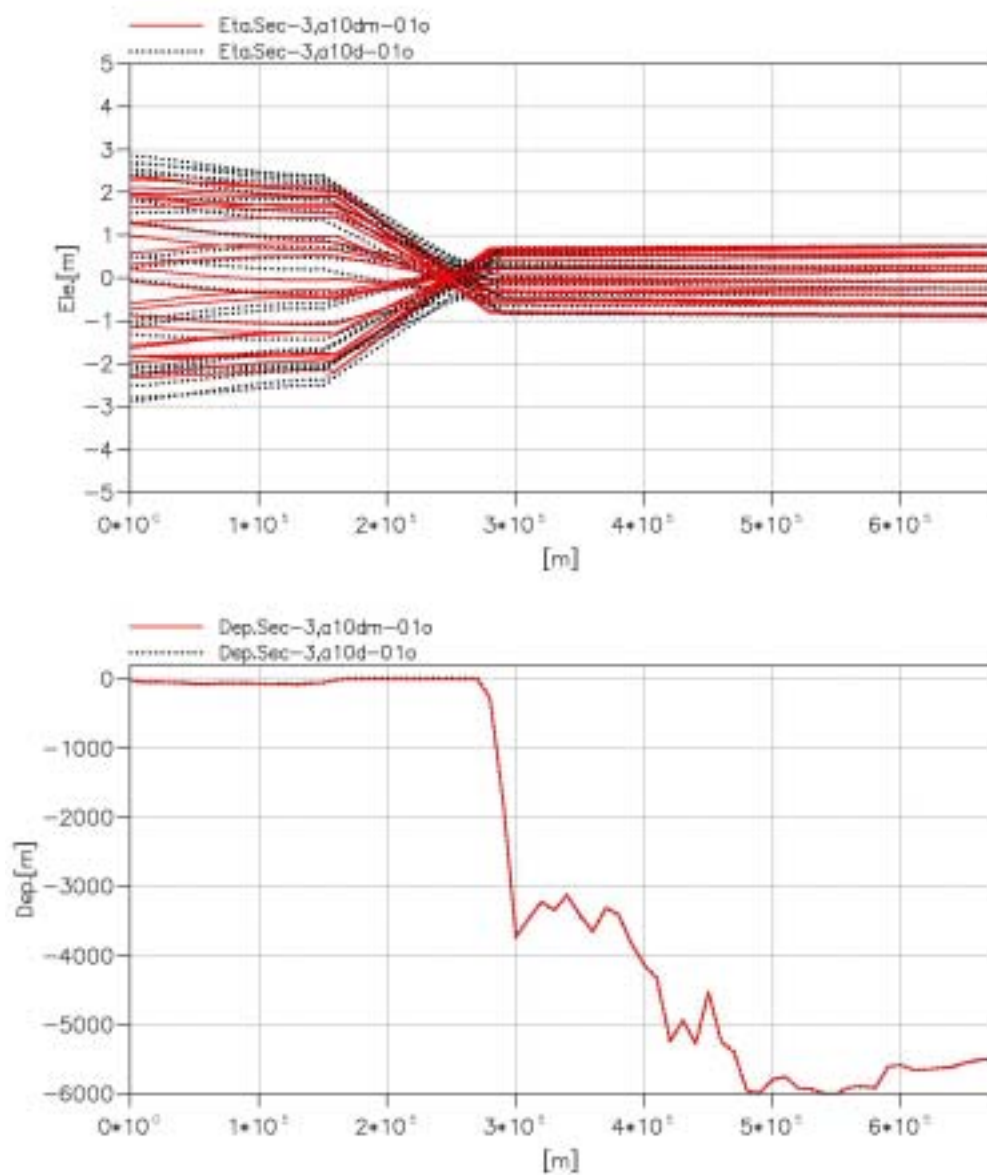


圖 3-15-3 東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

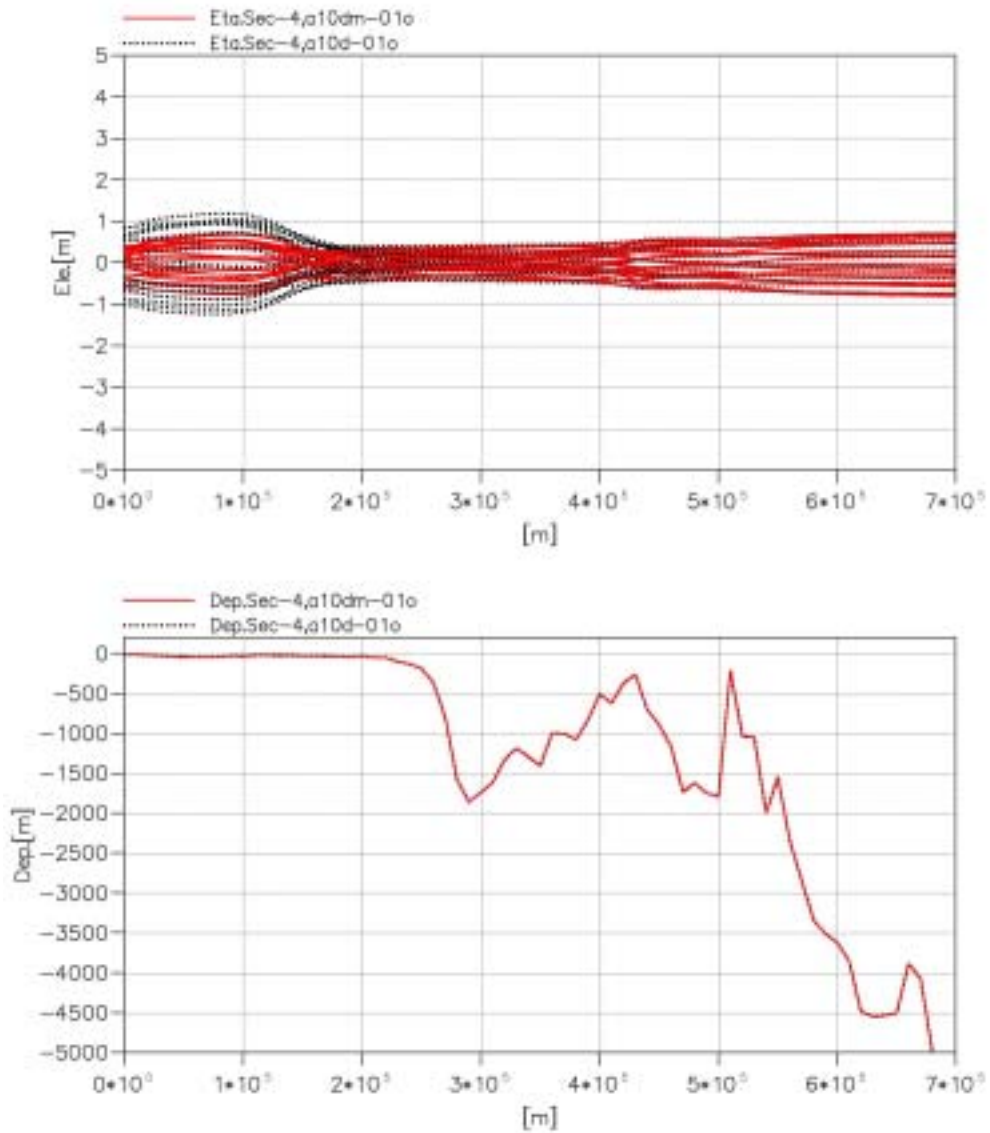


圖 3-15-4 東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後
第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波
振盪型態與現況之比較

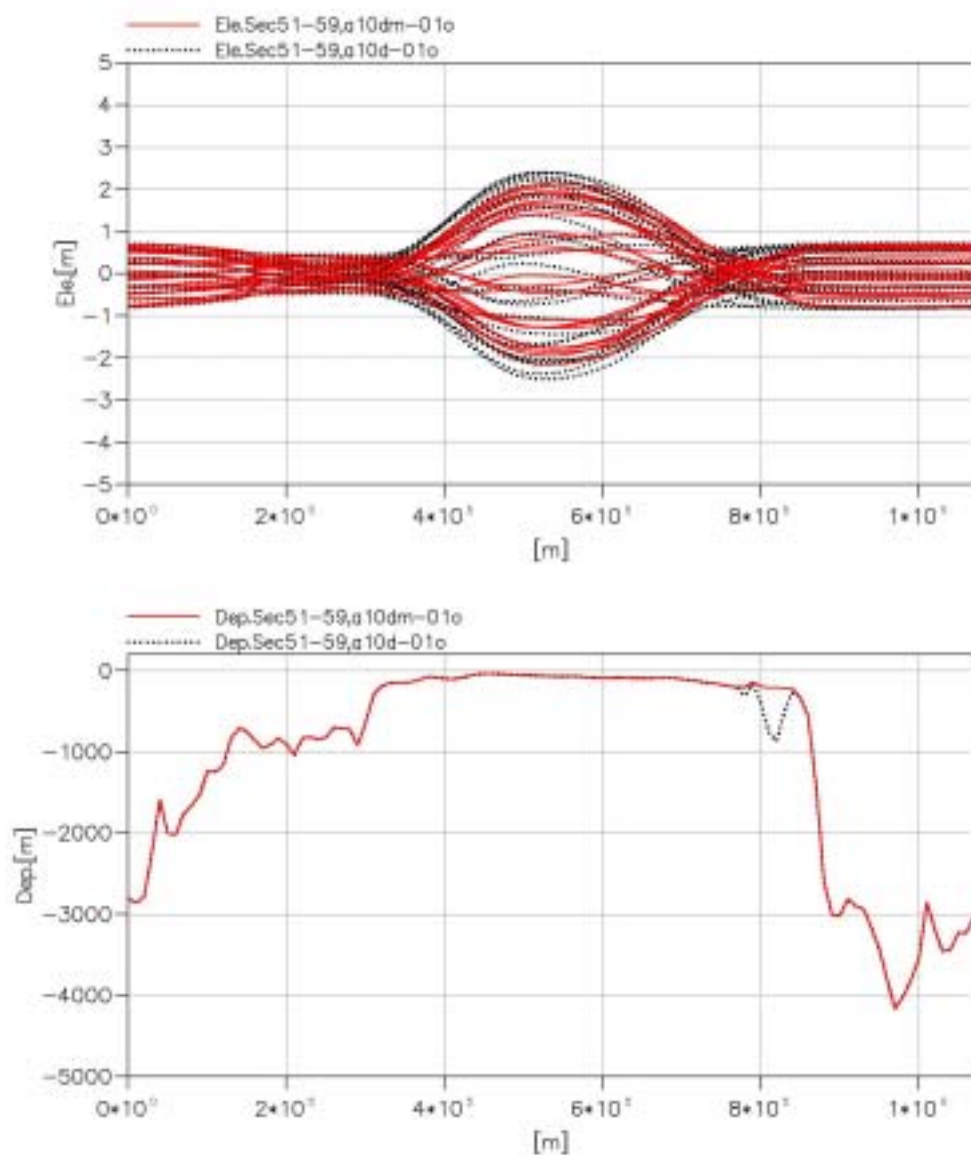


圖 3-15-5 東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後
第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣
環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

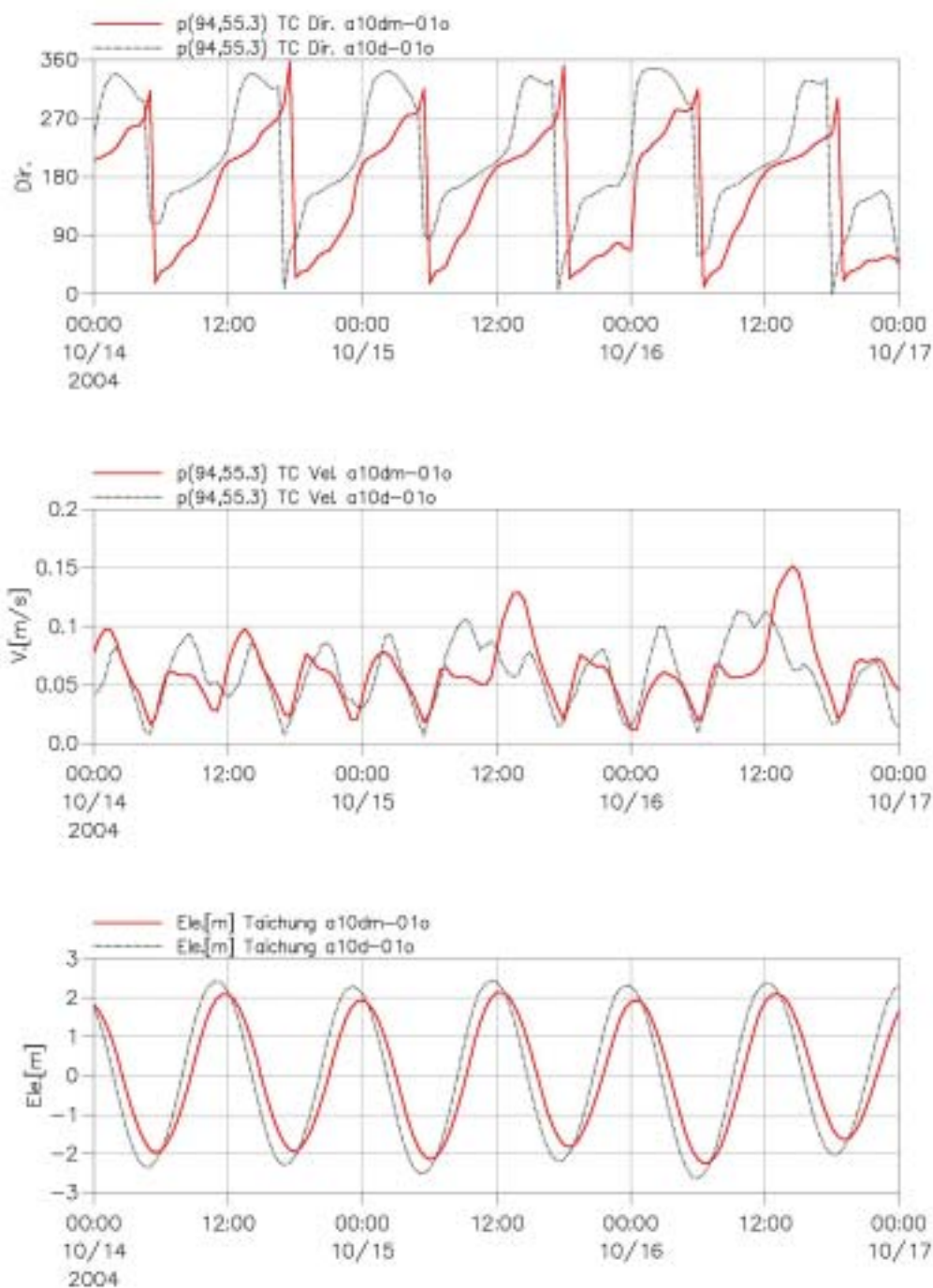


圖 3-16 東亞計算海域擴展水深 200 米之東海陸架寬度後台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

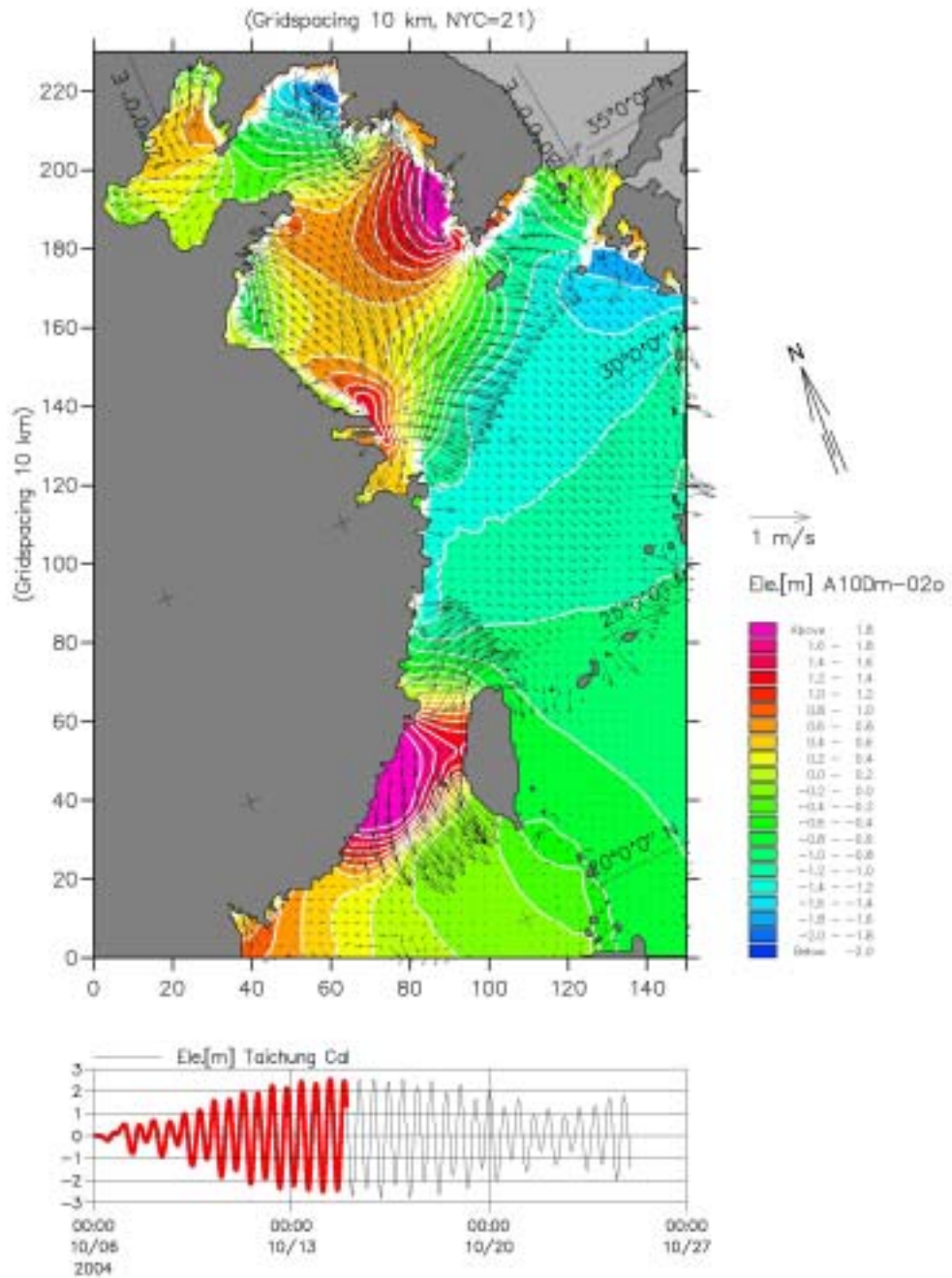


圖 3-18-1 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

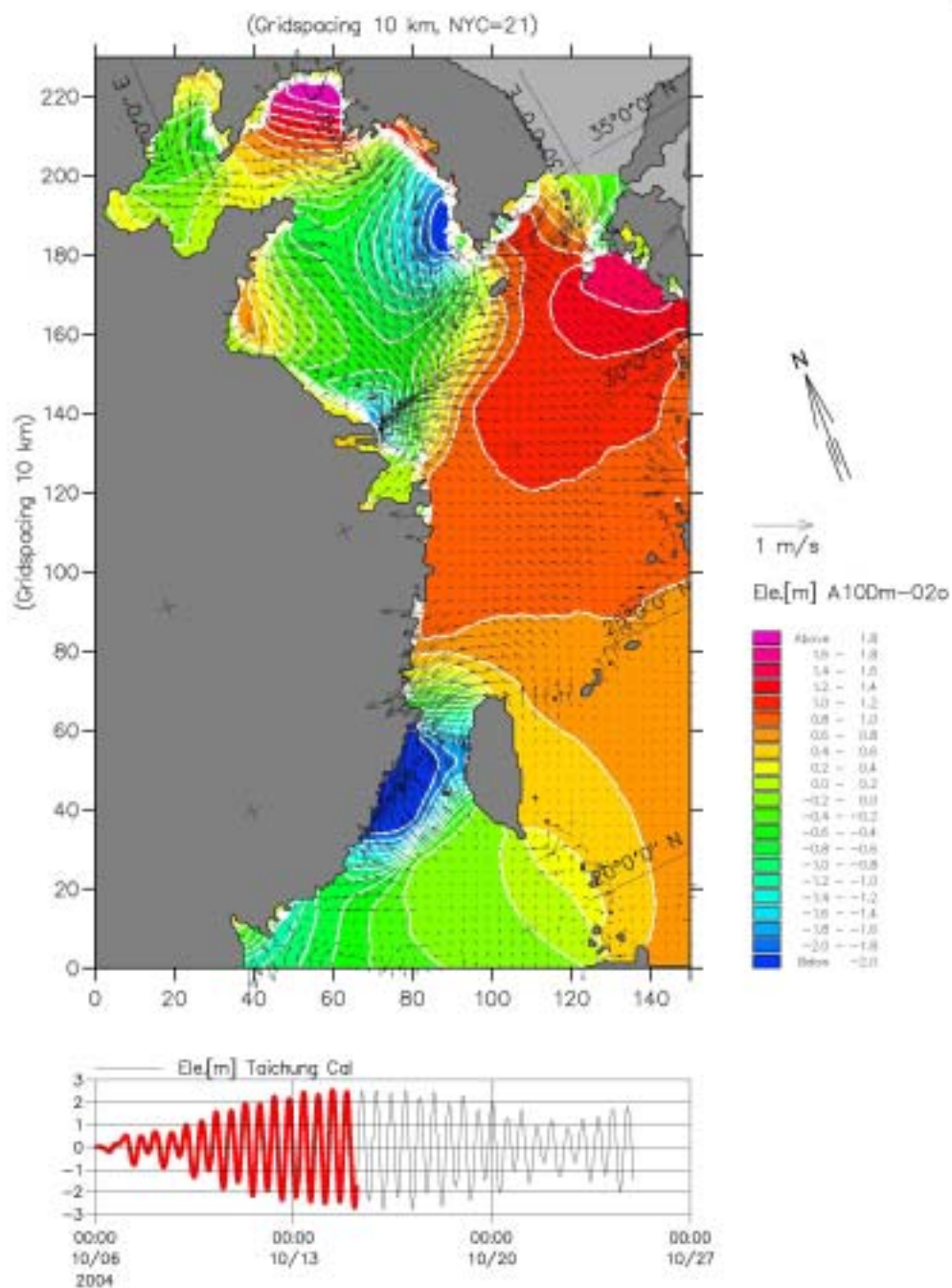


圖 3-18-2 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

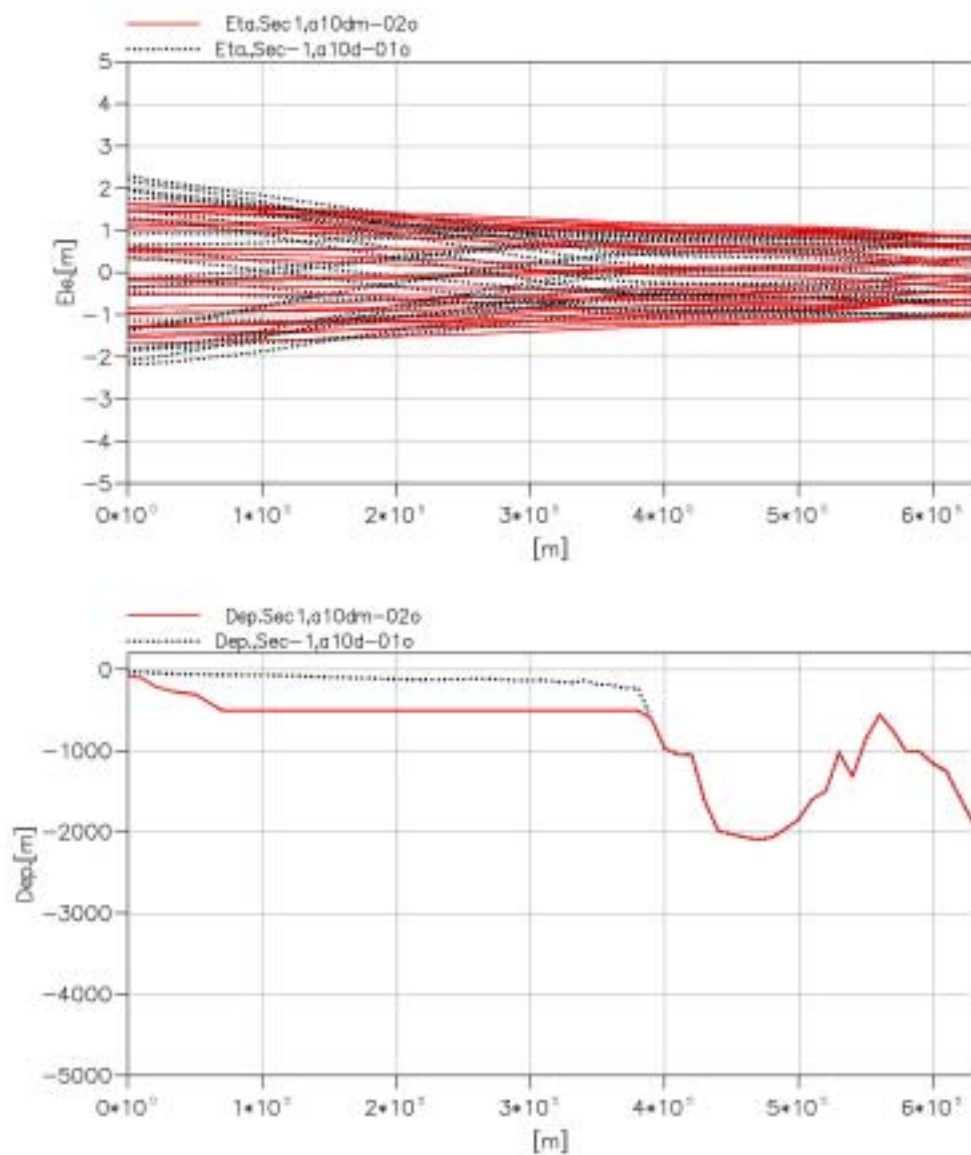


圖 3-19-1 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後第一斷面(溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

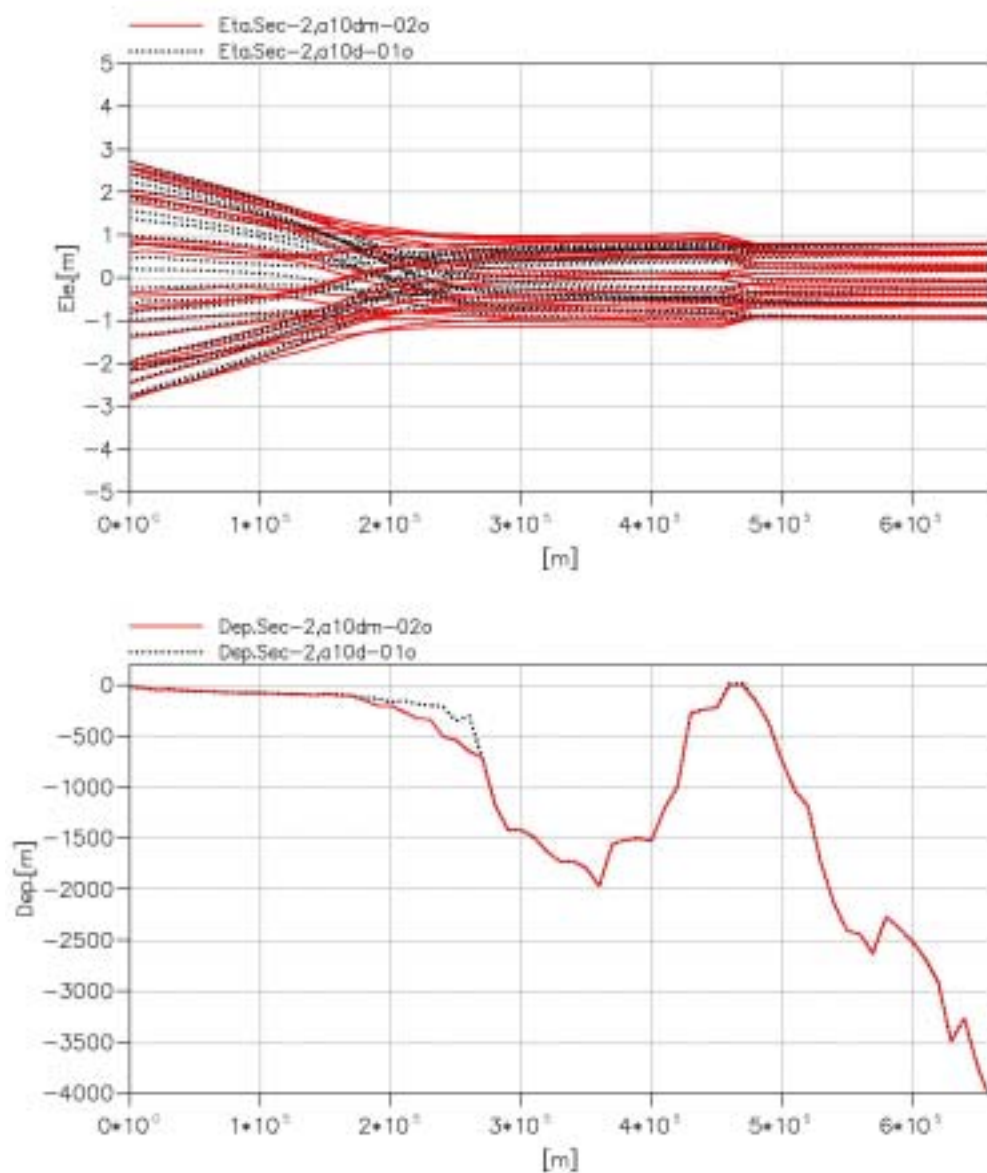


圖 3-19-2 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後第二斷面(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

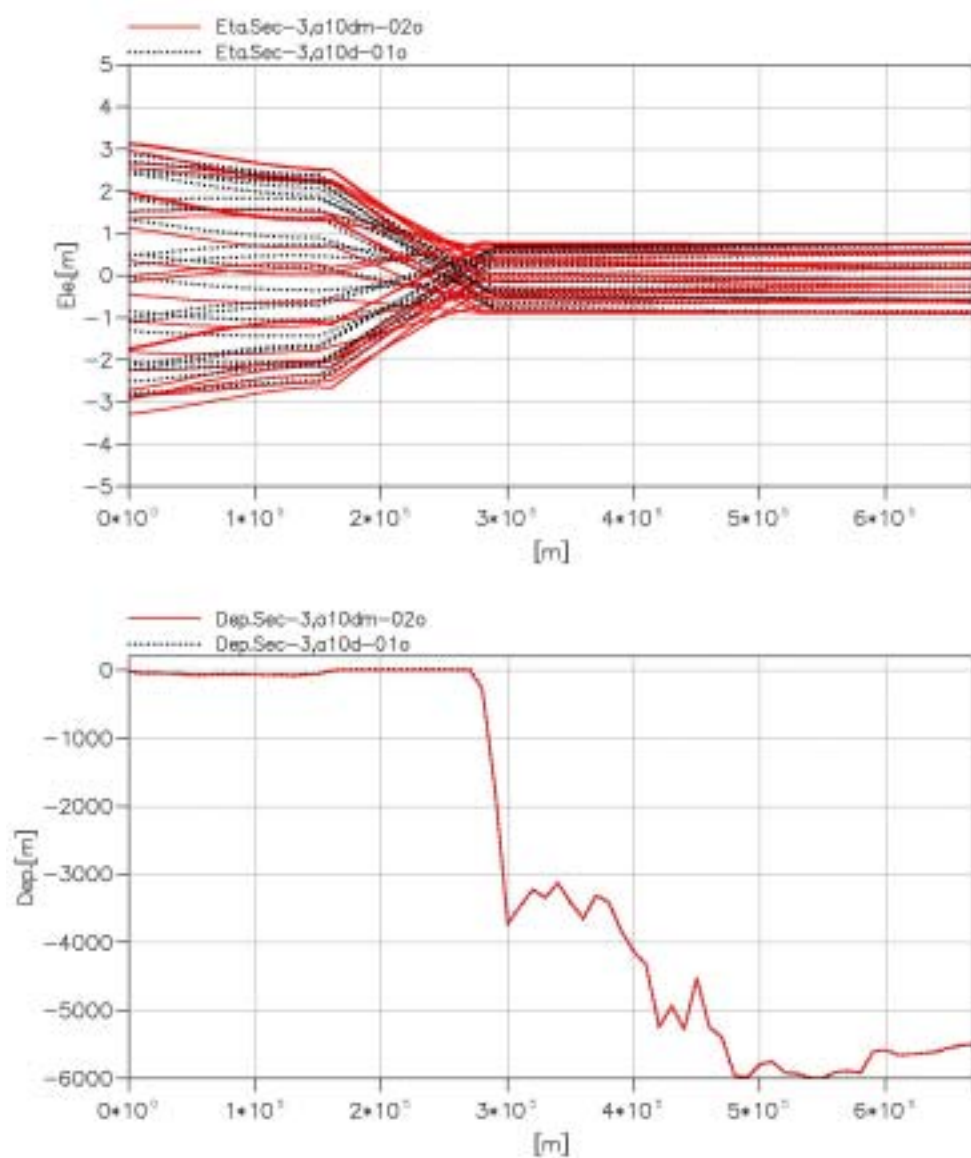


圖 3-19-3 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

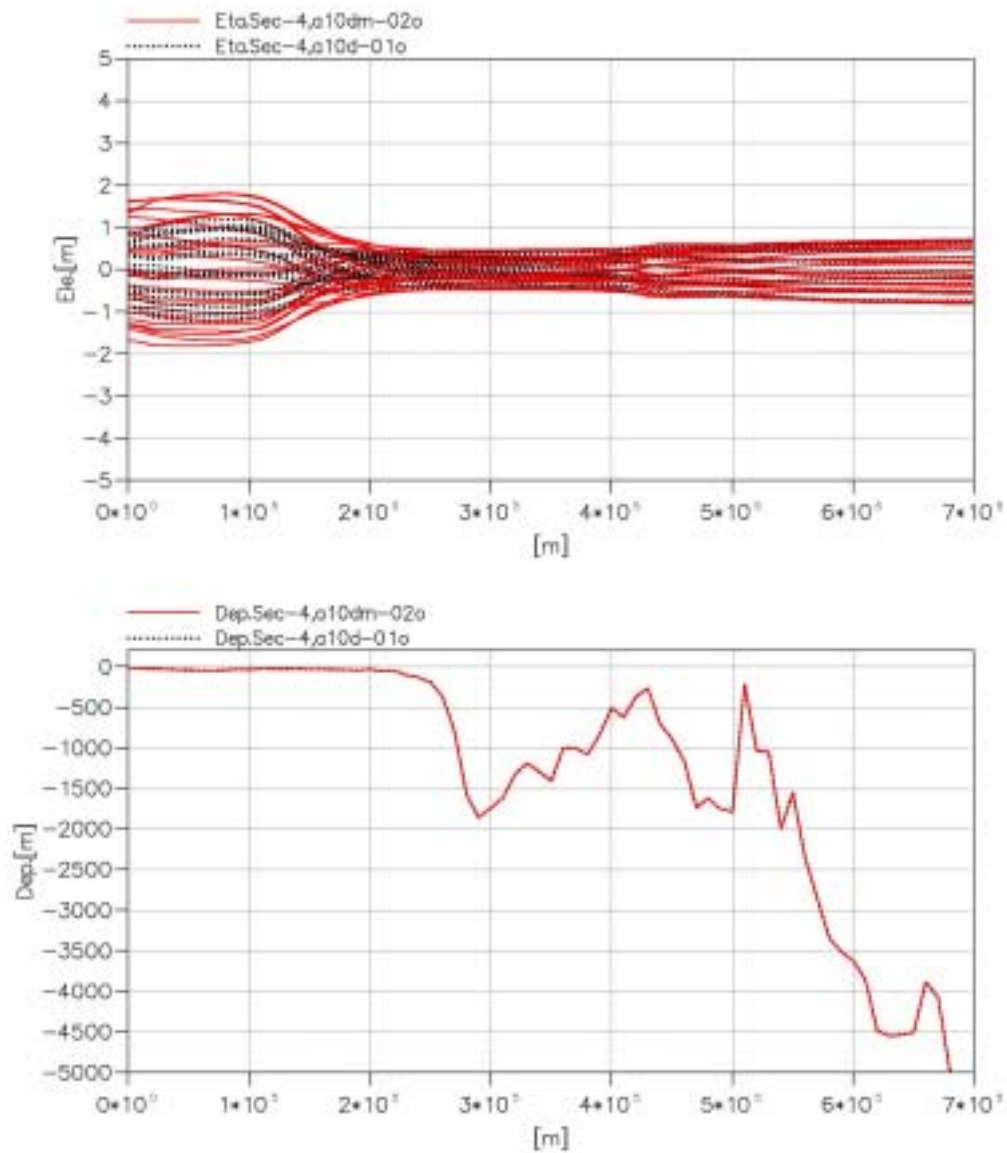


圖 3-19-4 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較

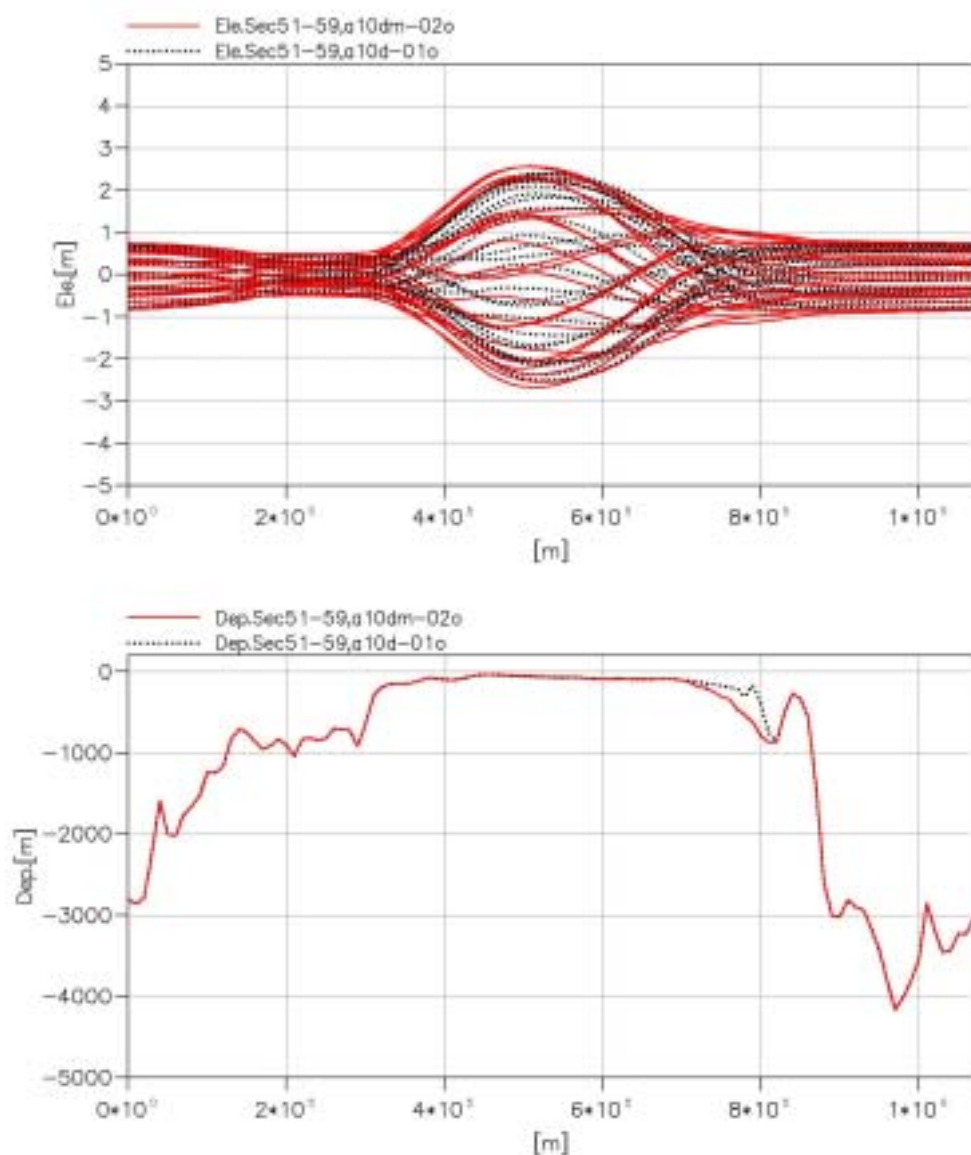


圖 3-19-5 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

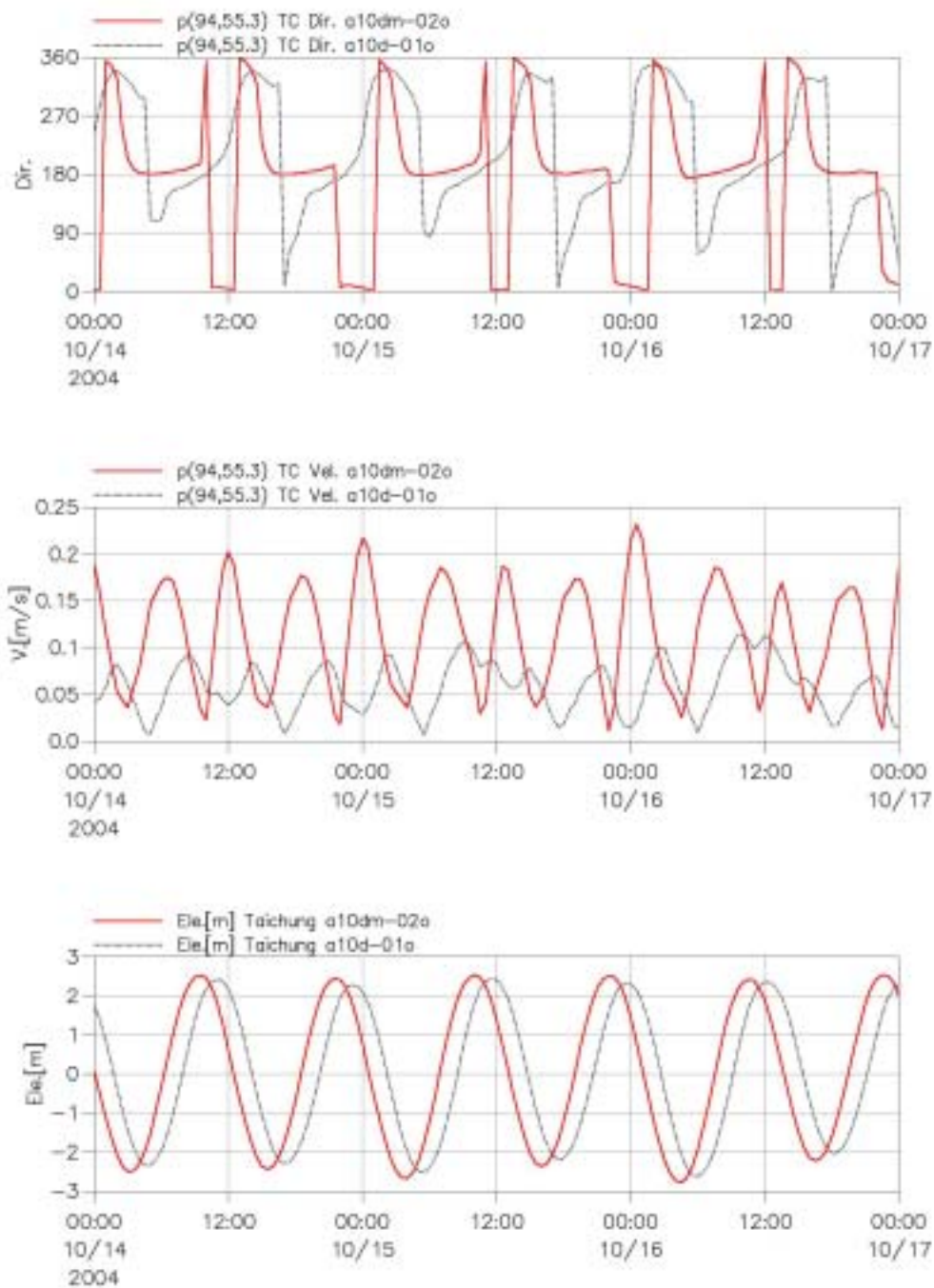


圖 3-20 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減東海陸架寬度後台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

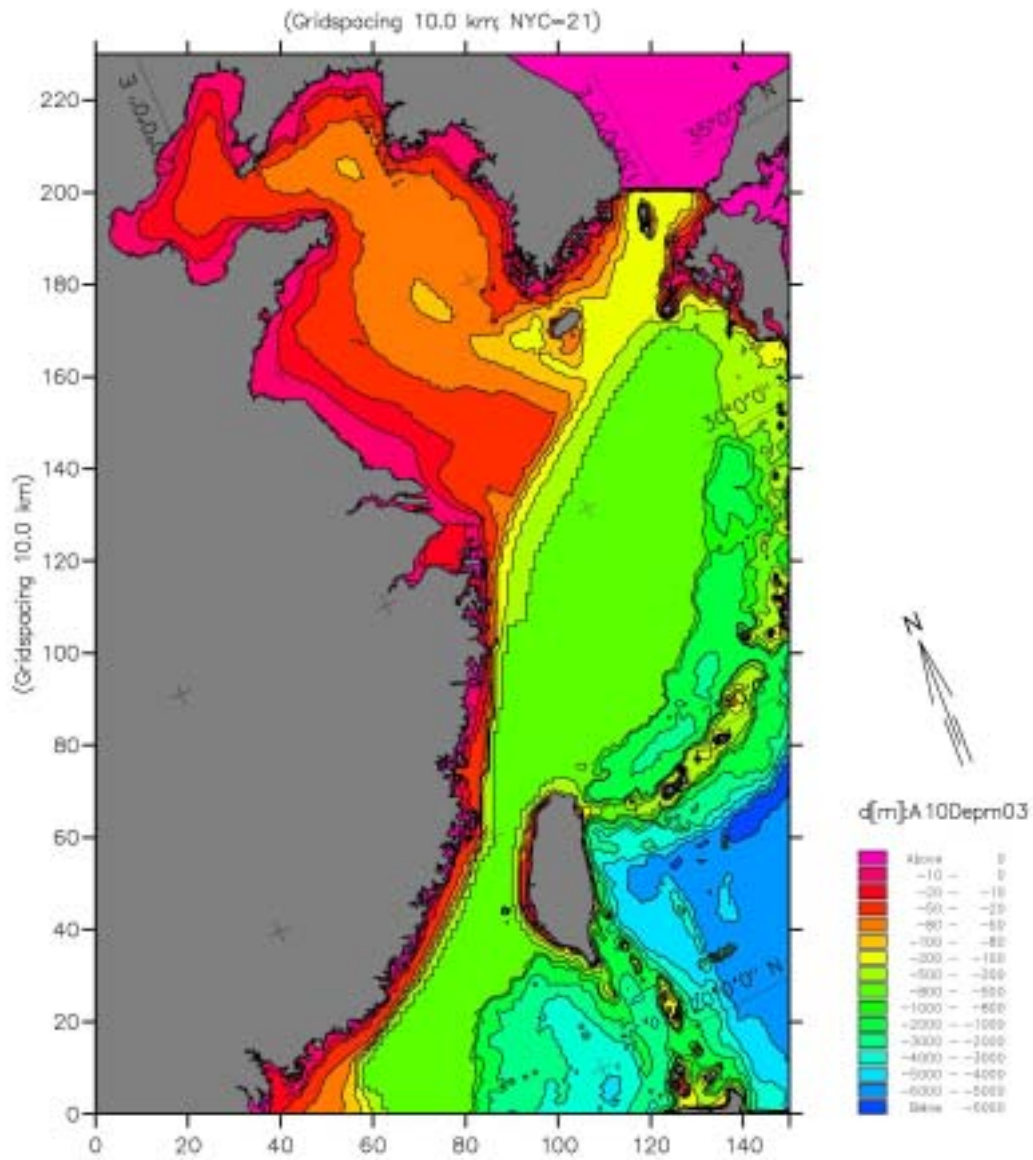


圖 3-21 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後之水深地形

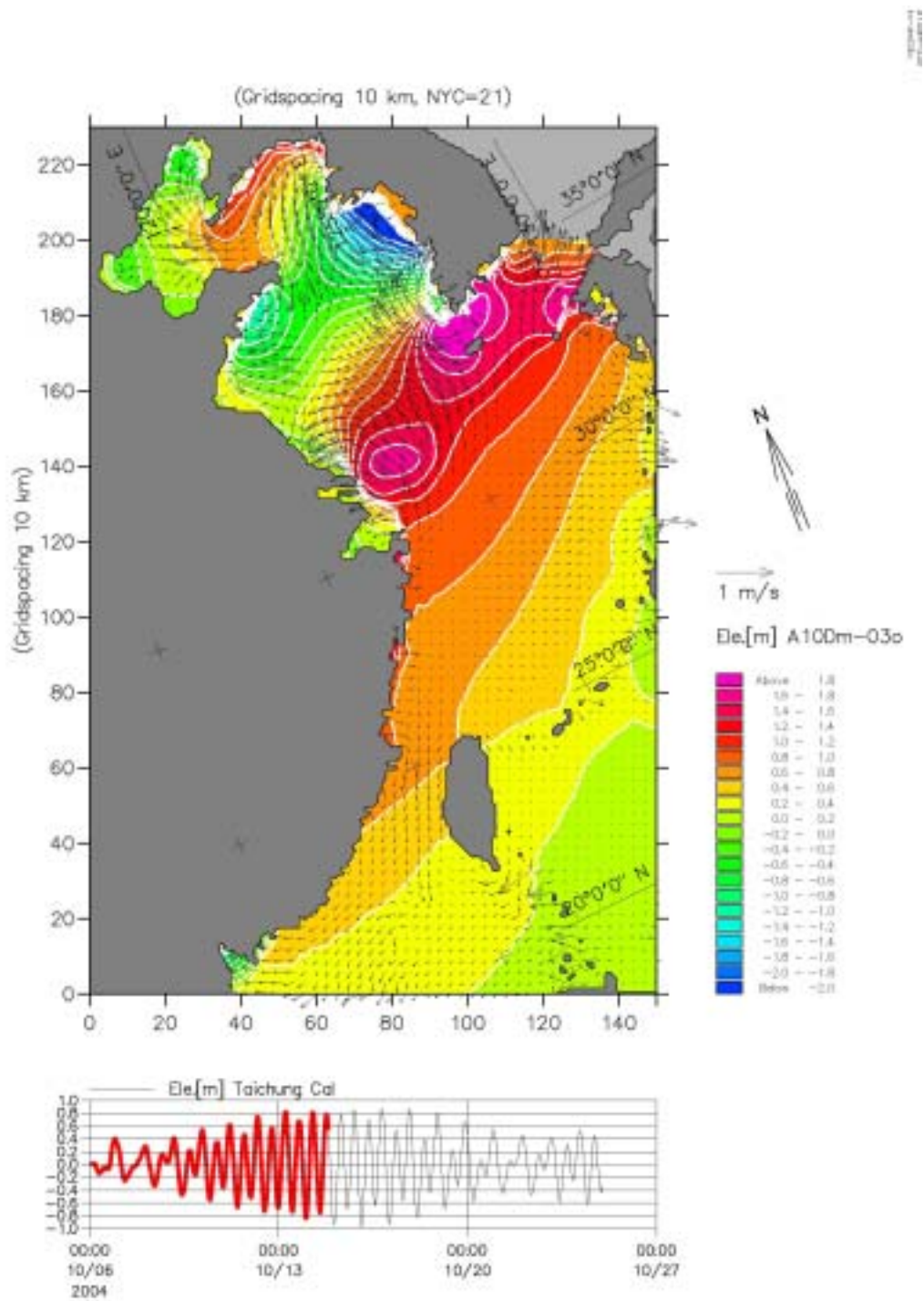


圖 3-22-1 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

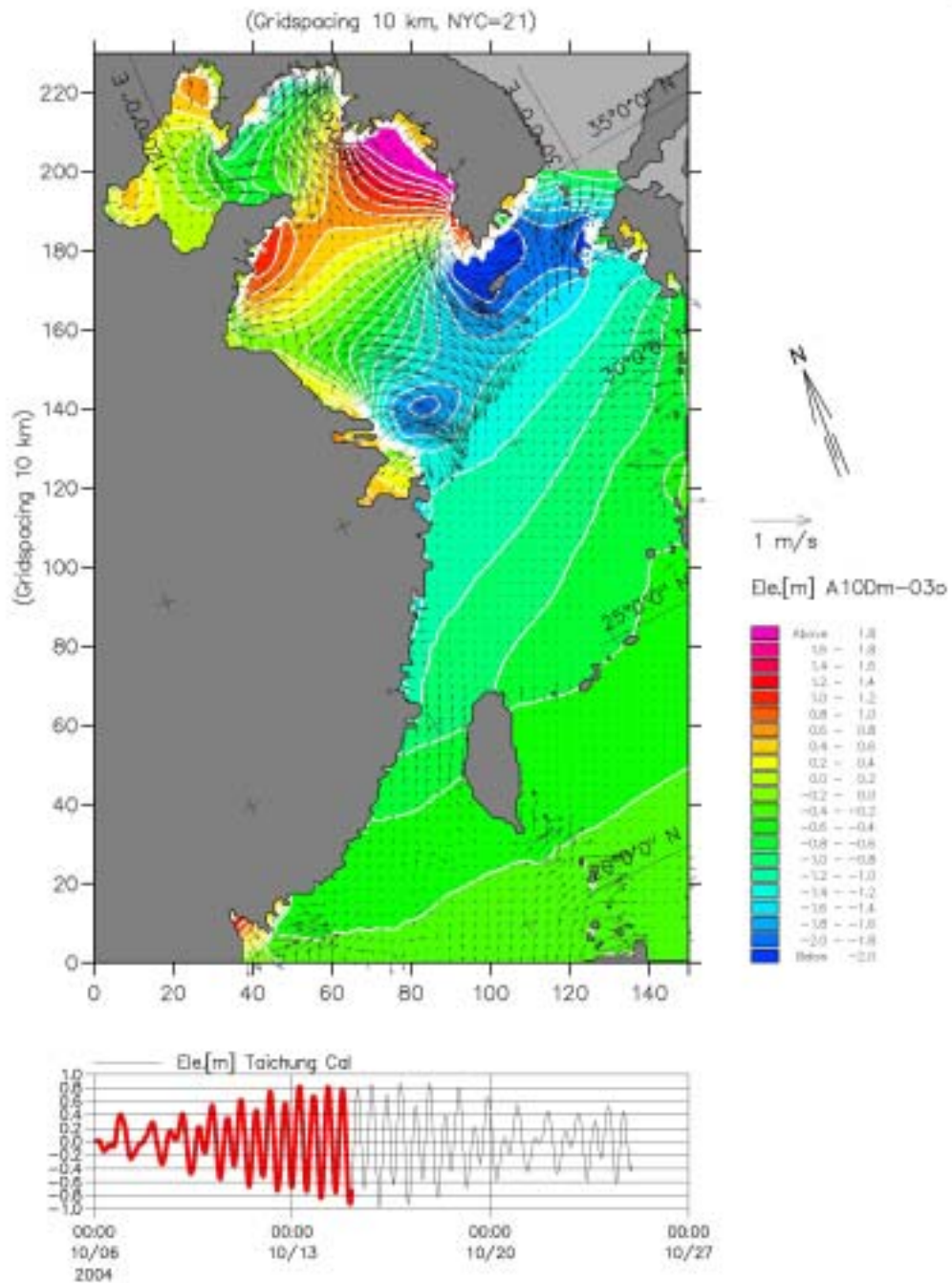


圖 3-22-2 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

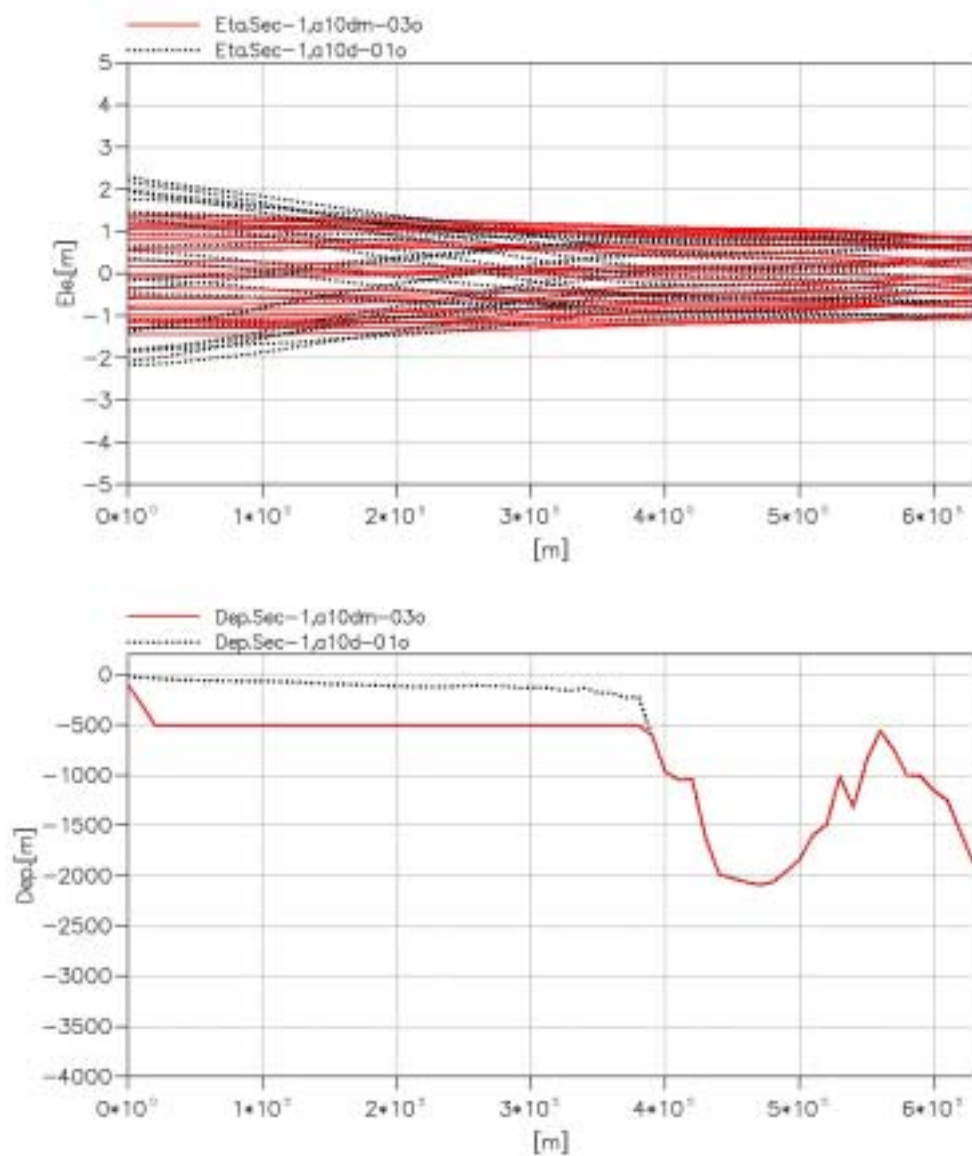


圖 3-23-1 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

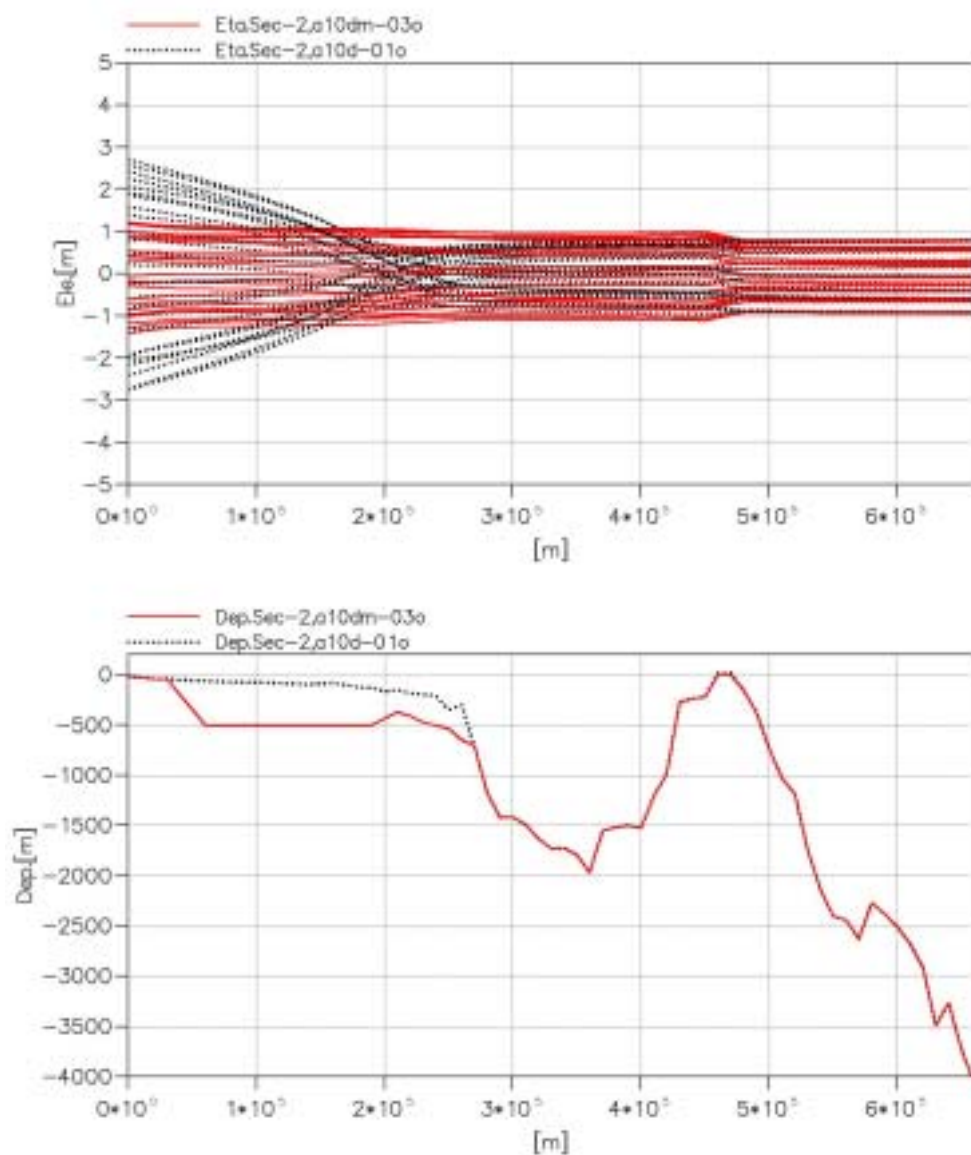


圖 3-23-2 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

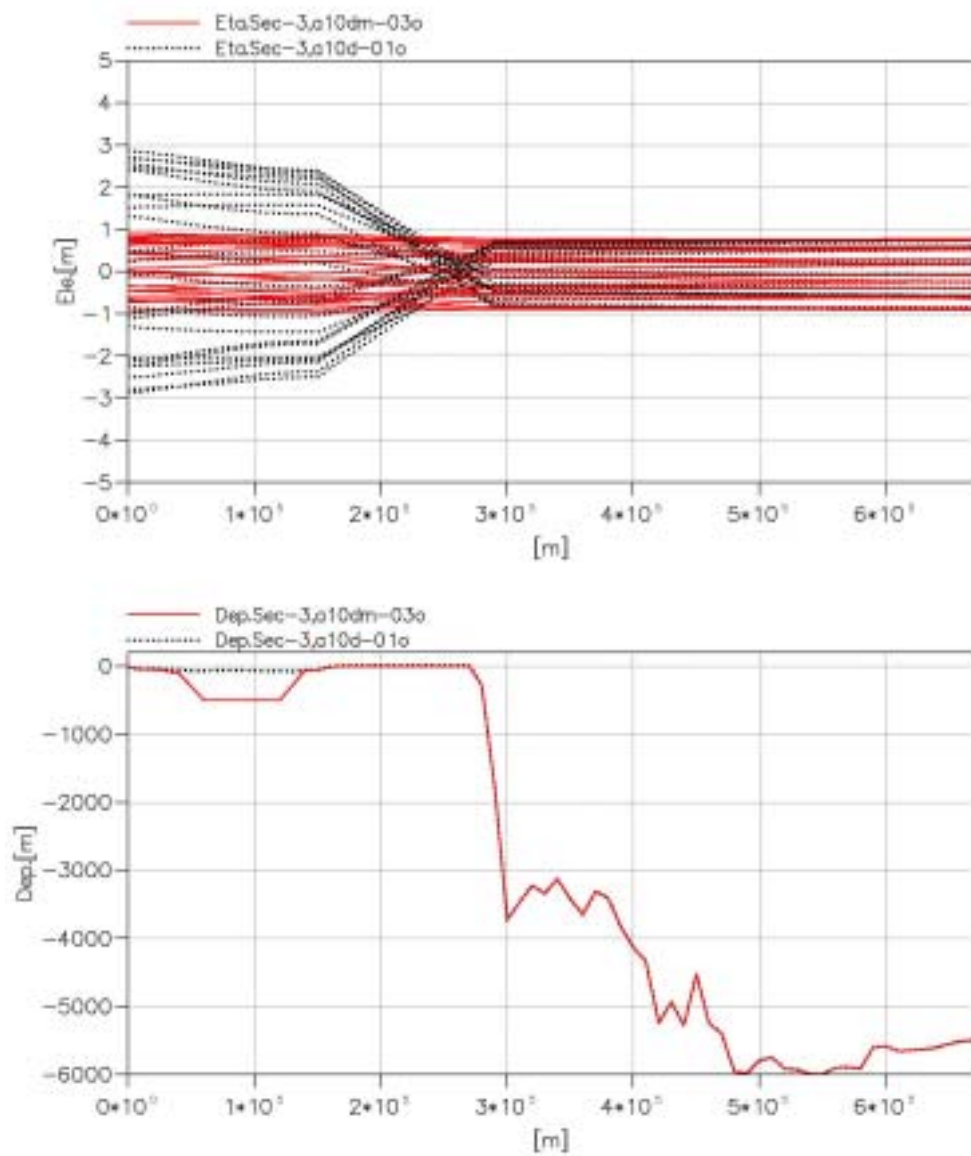


圖 3-23-3 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

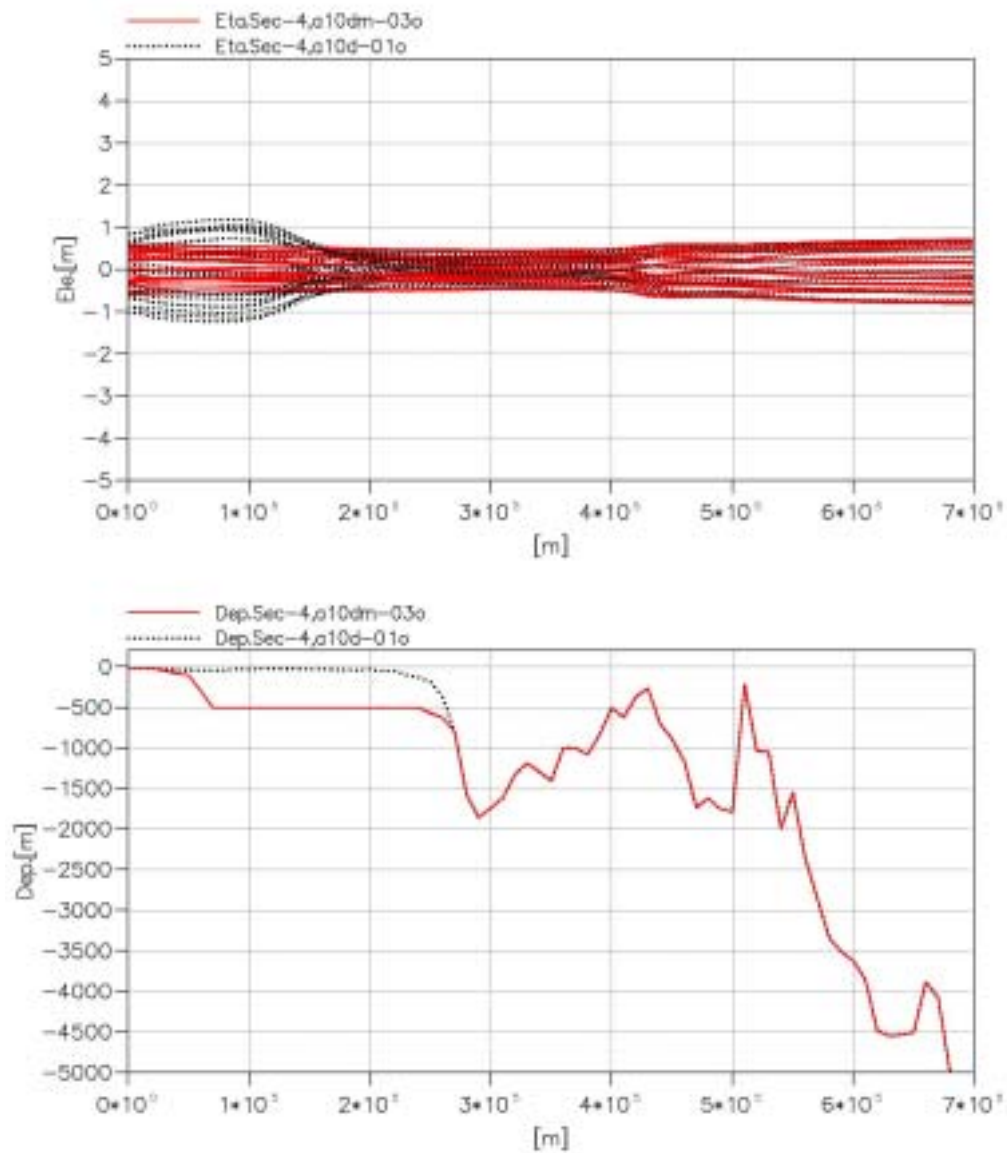


圖 3-23-4 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較

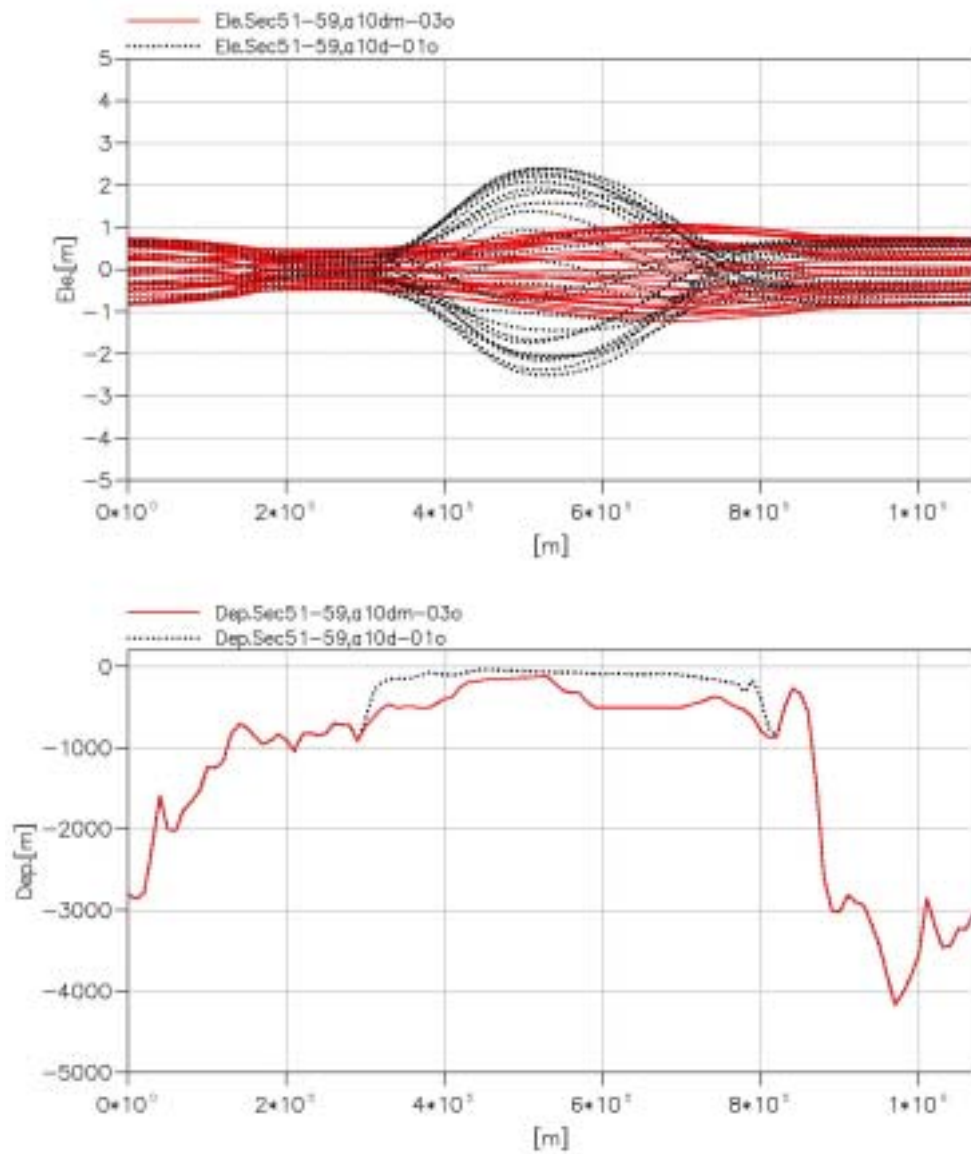


圖 3-23-5 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

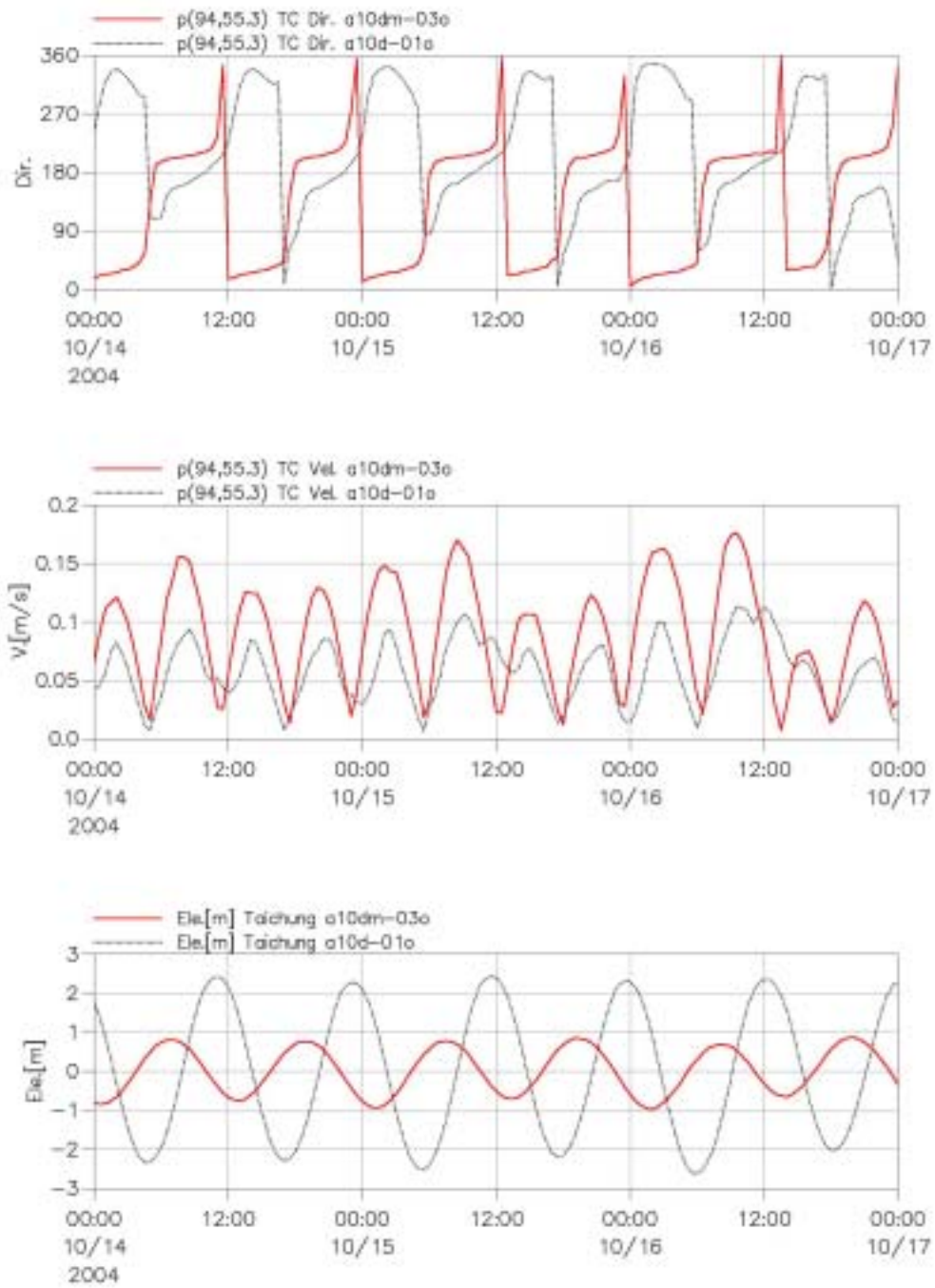


圖 3-24 東亞計算海域以水深 500 米同時深化並縮減東亞陸架寬度後台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

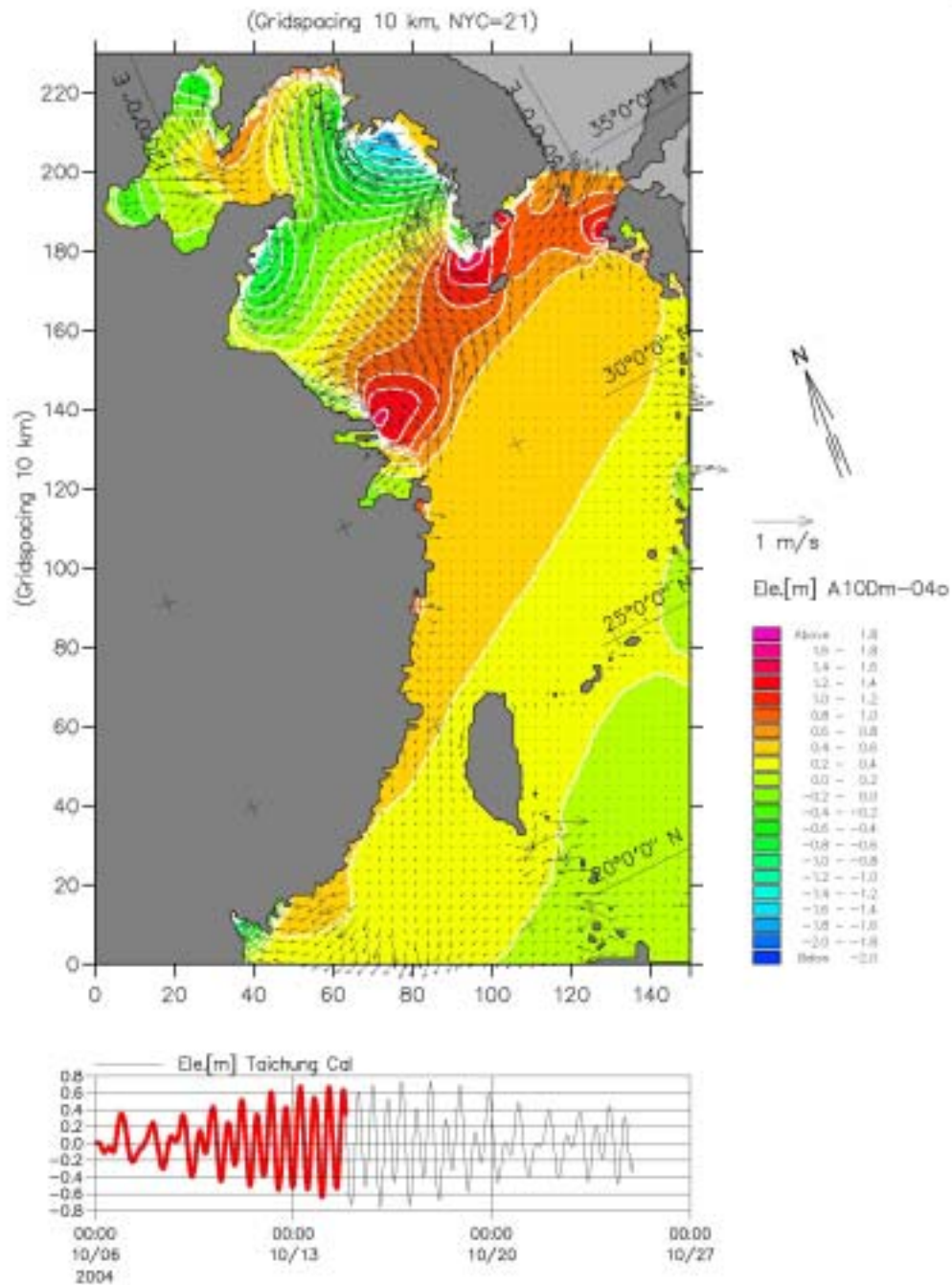


圖 3-26-1 東亞計算海域無東亞陸架地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

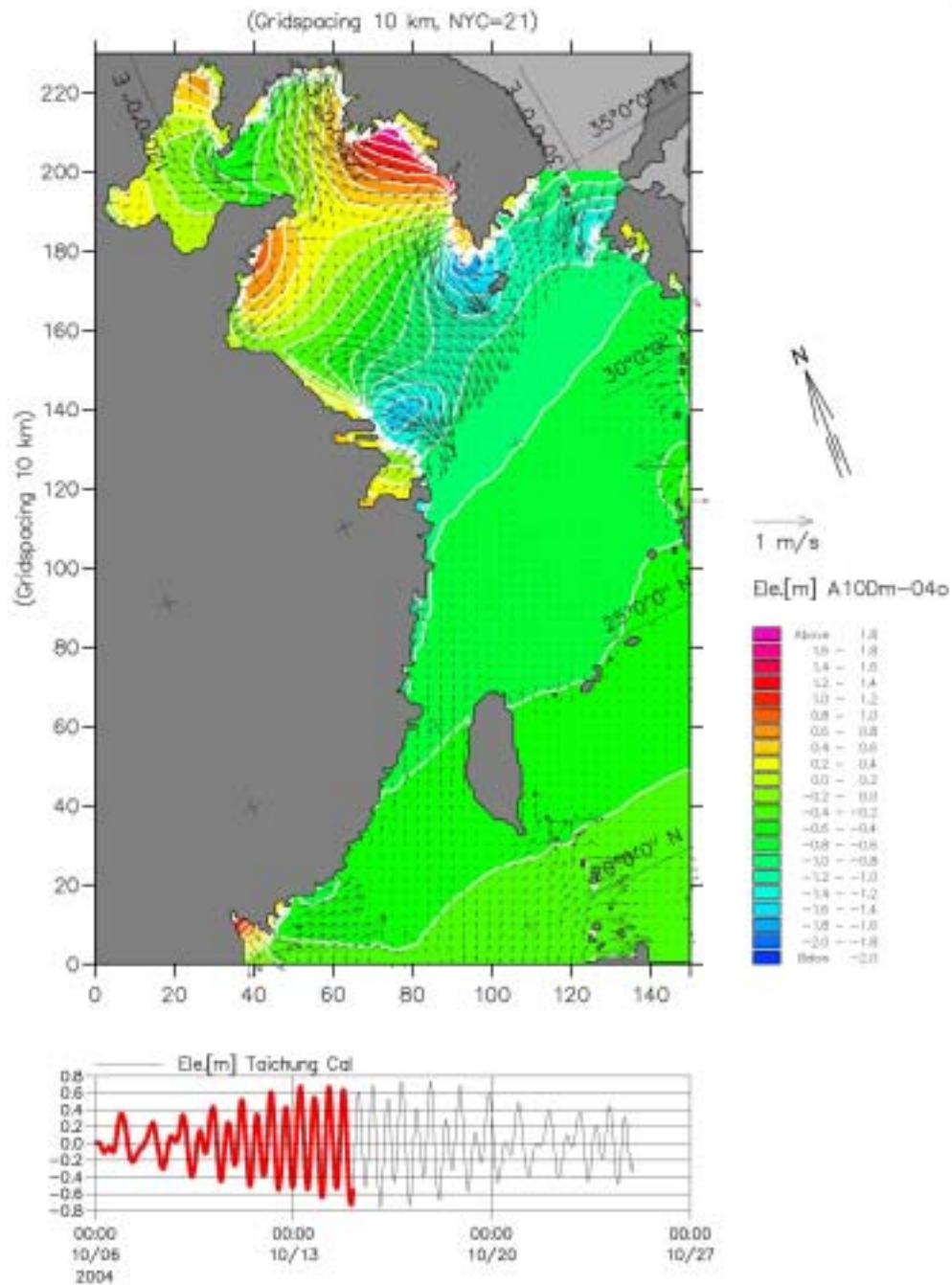


圖 3-26-2 東亞計算海域無東亞陸架地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

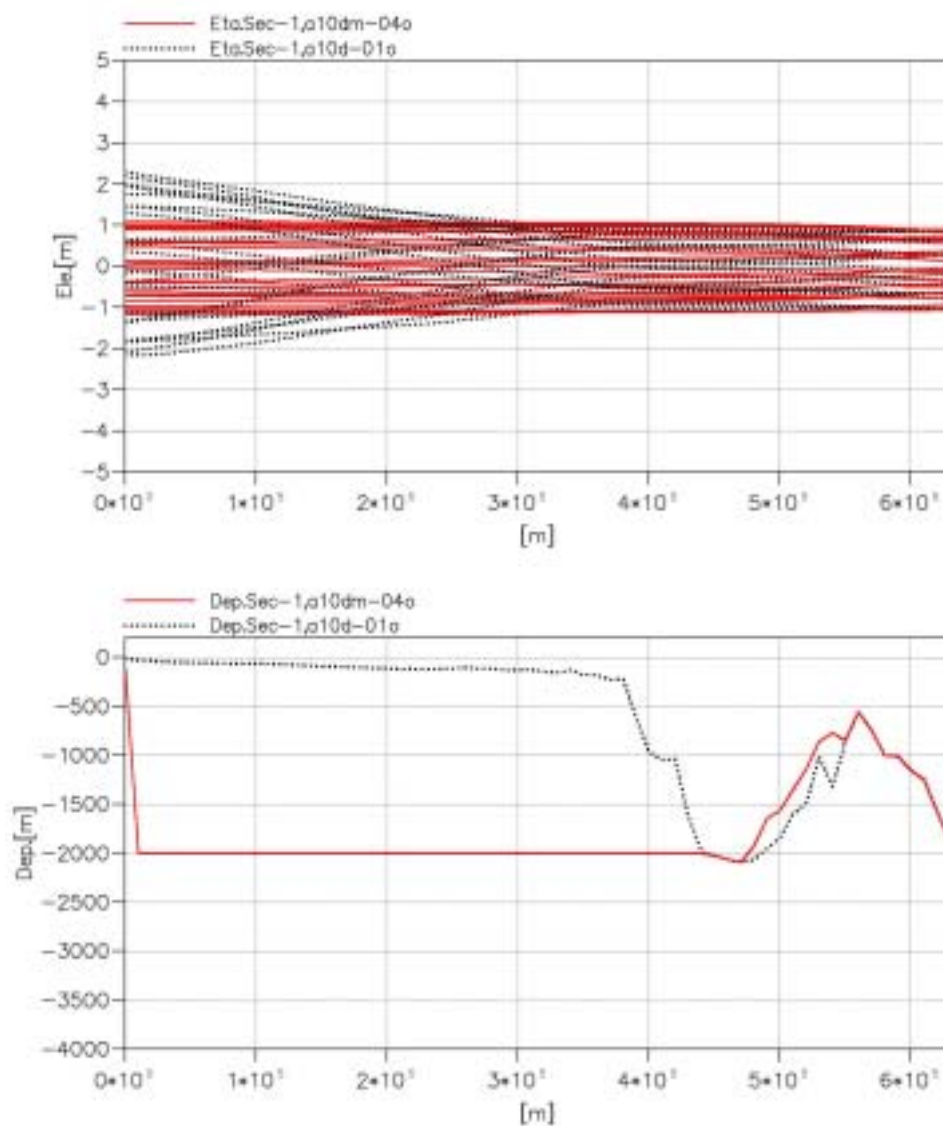


圖 3-27-1 東亞計算海域無東亞陸架地形影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

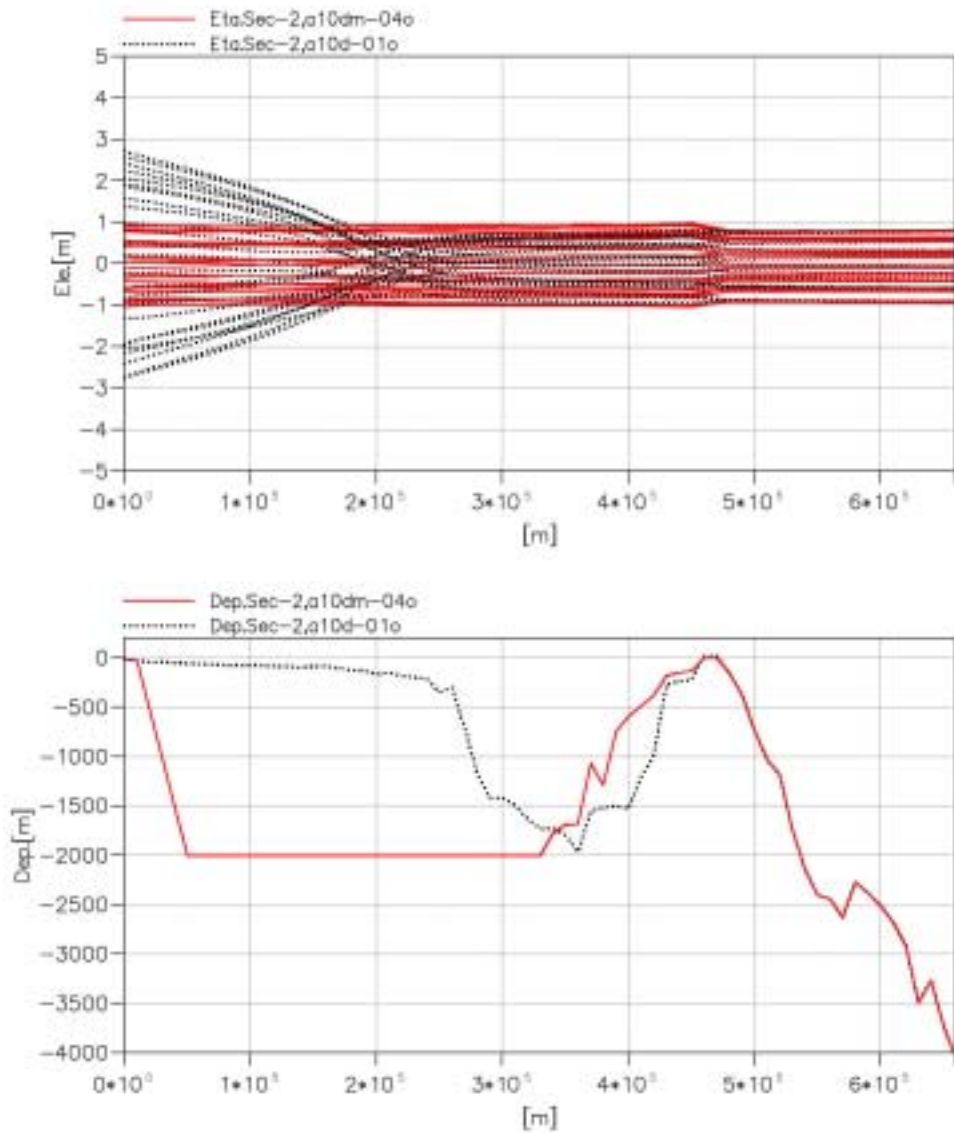


圖 3-27-2 東亞計算海域無東亞陸架地形影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

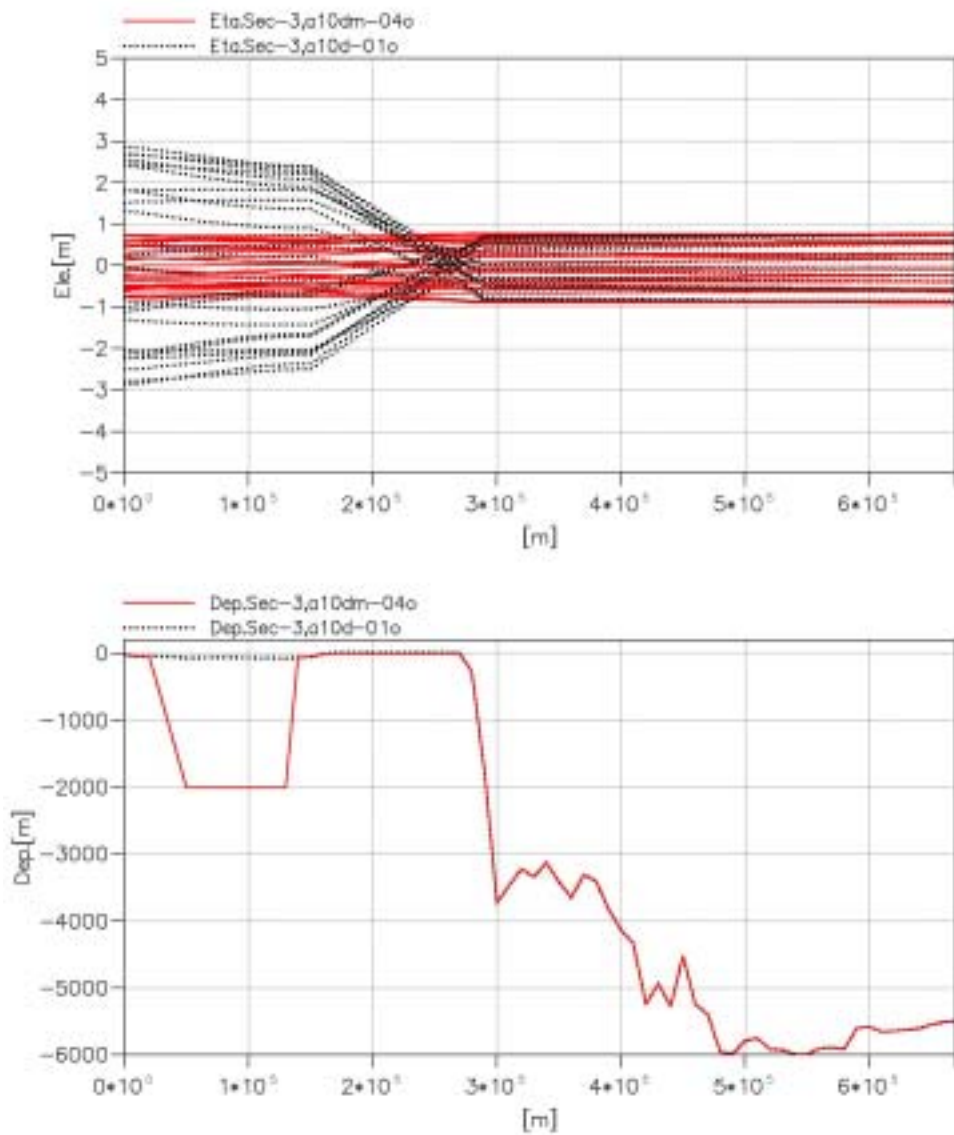


圖 3-27-3 東亞計算海域無東亞陸架地形影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

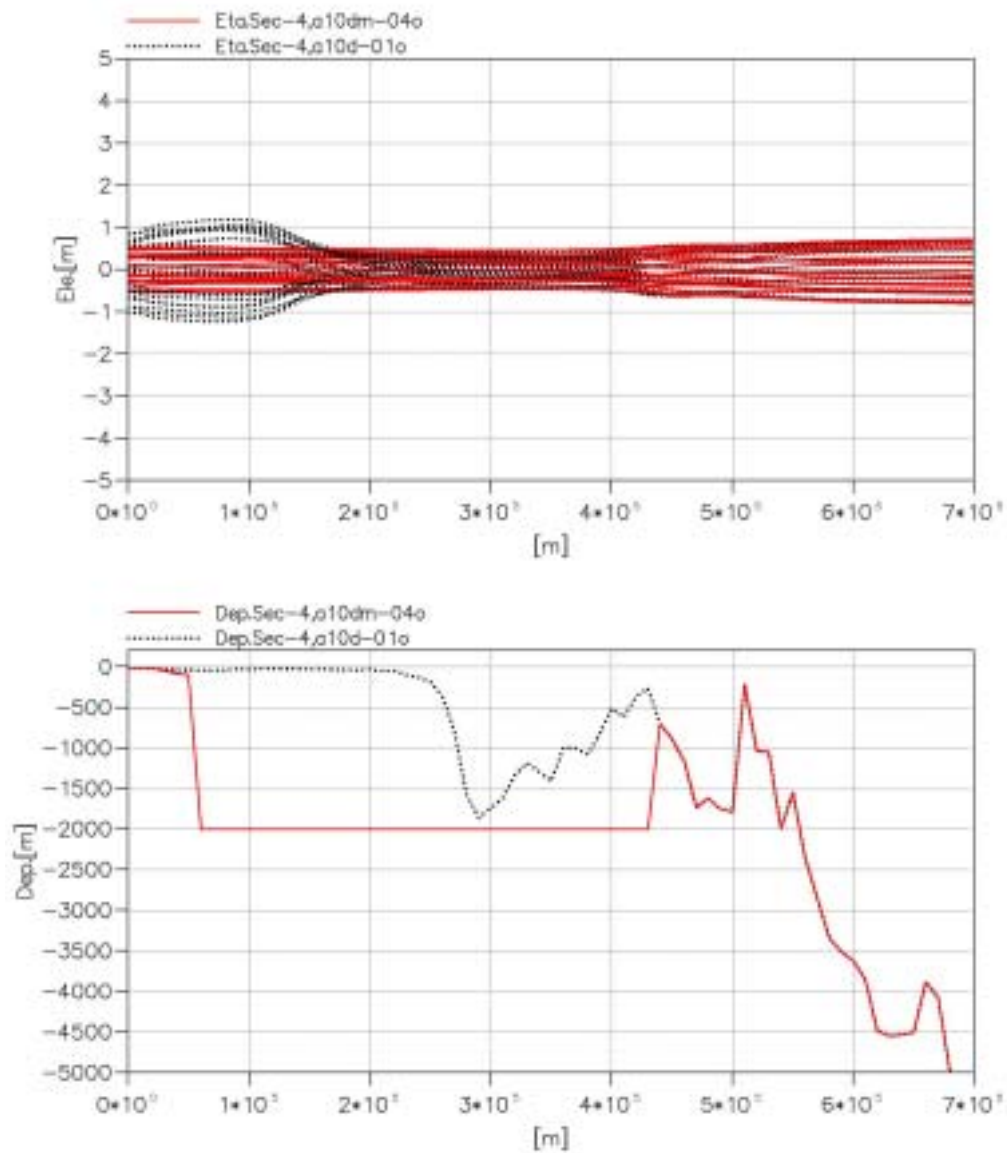


圖 3-27-4 東亞計算海域無東亞陸架地形影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較

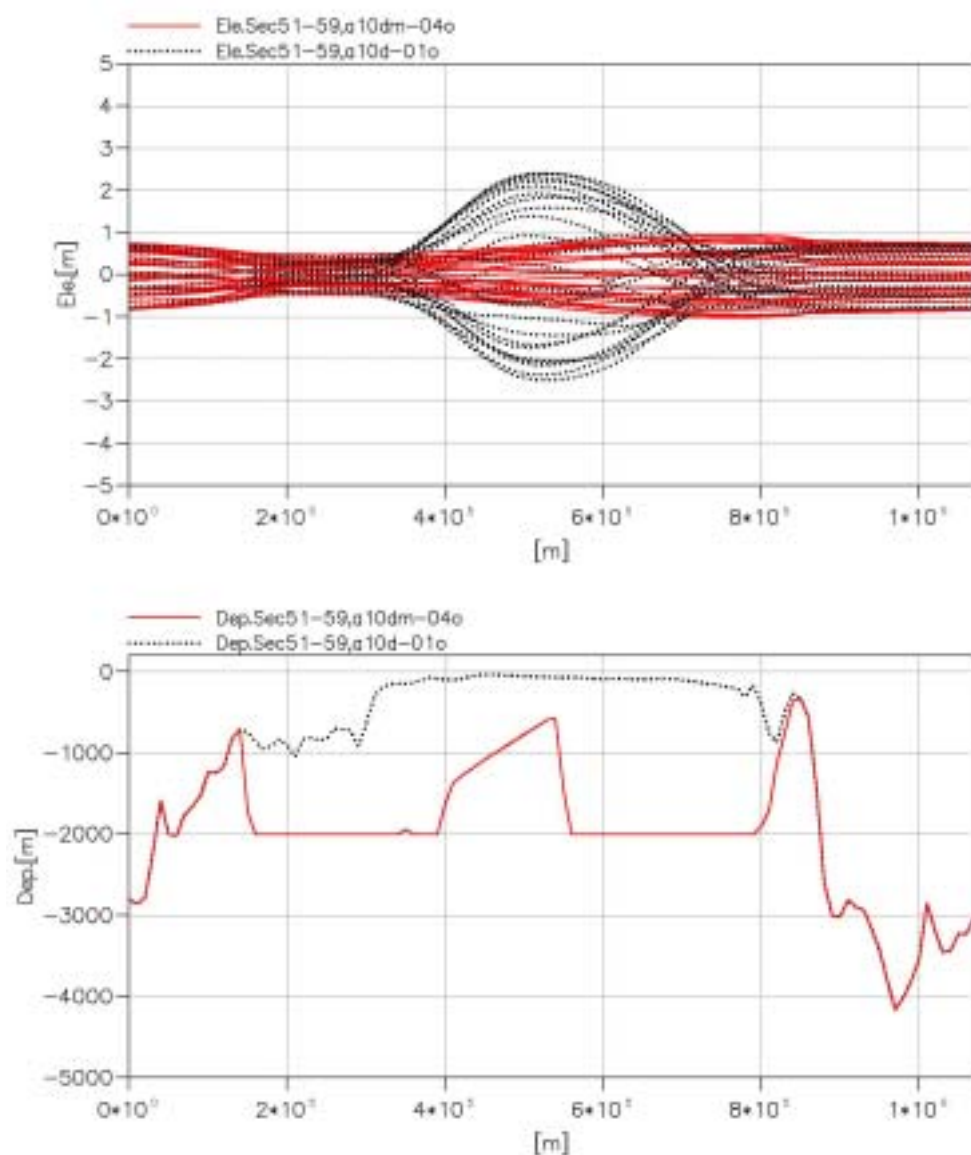


圖 3-27-5 東亞計算海域無東亞陸架地形影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

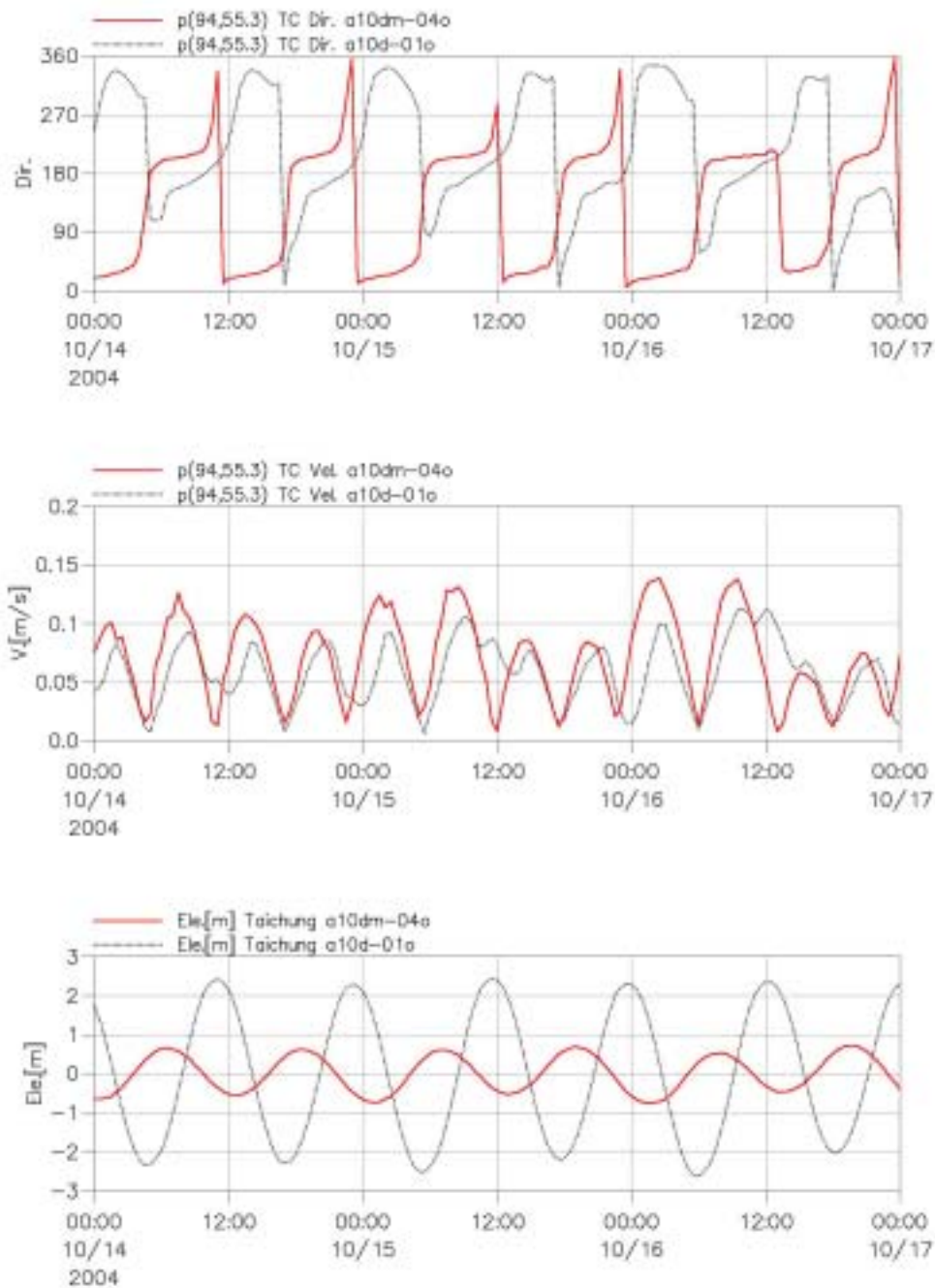


圖 3-28 東亞計算海域無東亞陸架地形影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

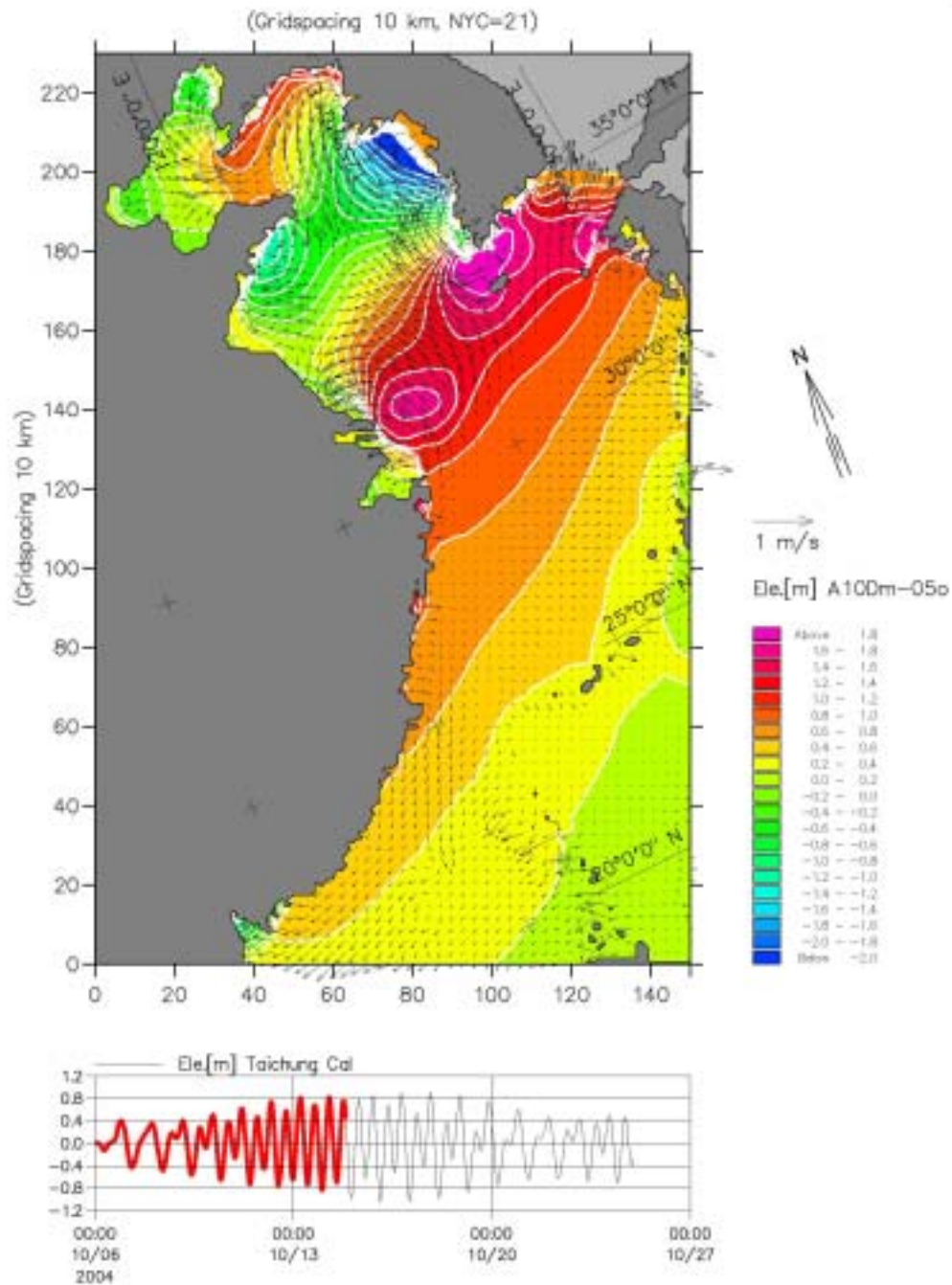


圖 3-30-1 東亞計算海域東亞陸架濬深為 500 米及無海峽影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

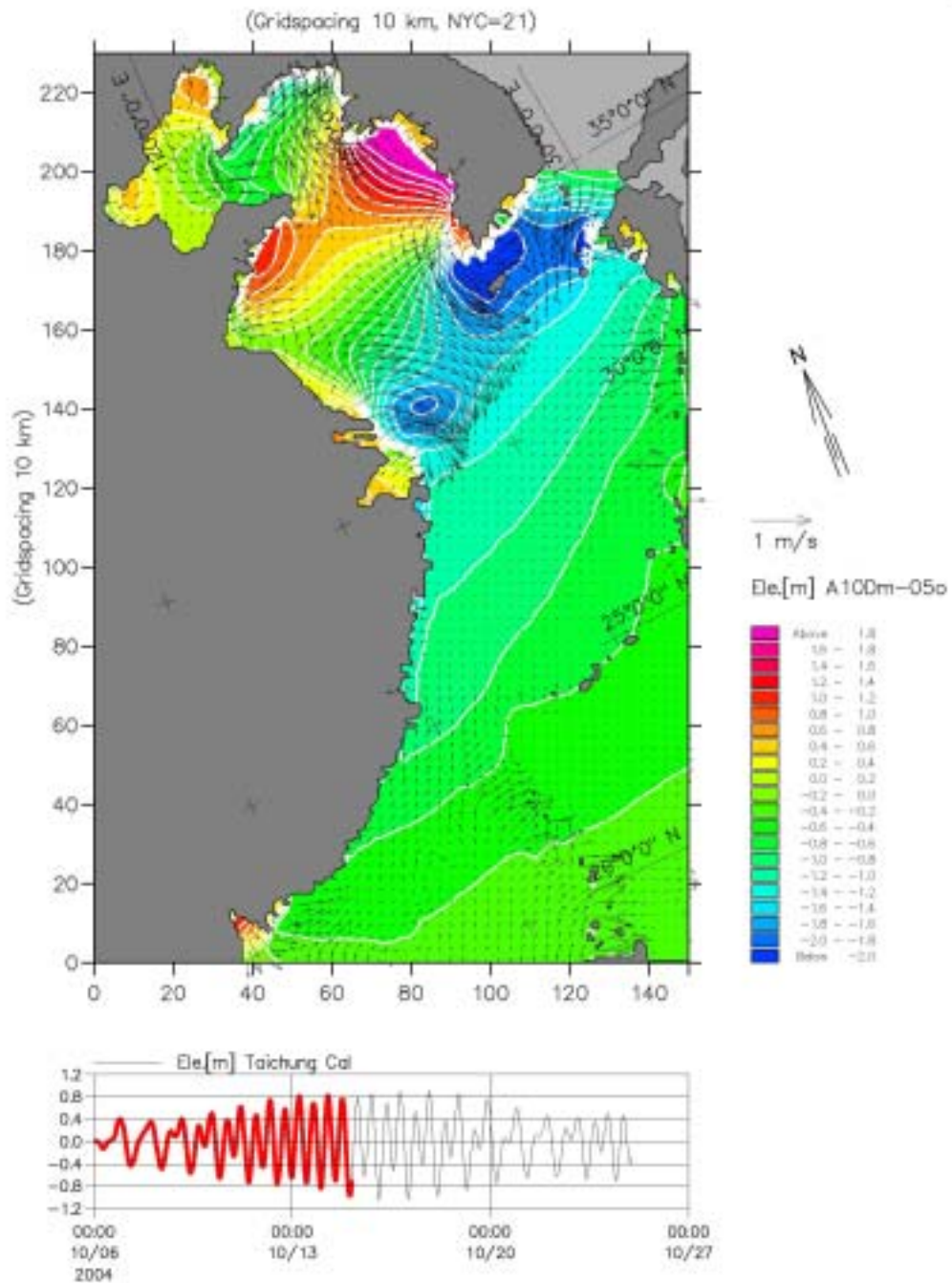


圖 3-30-2 東亞計算海域東亞陸架濬深為 500 米及無海峽影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

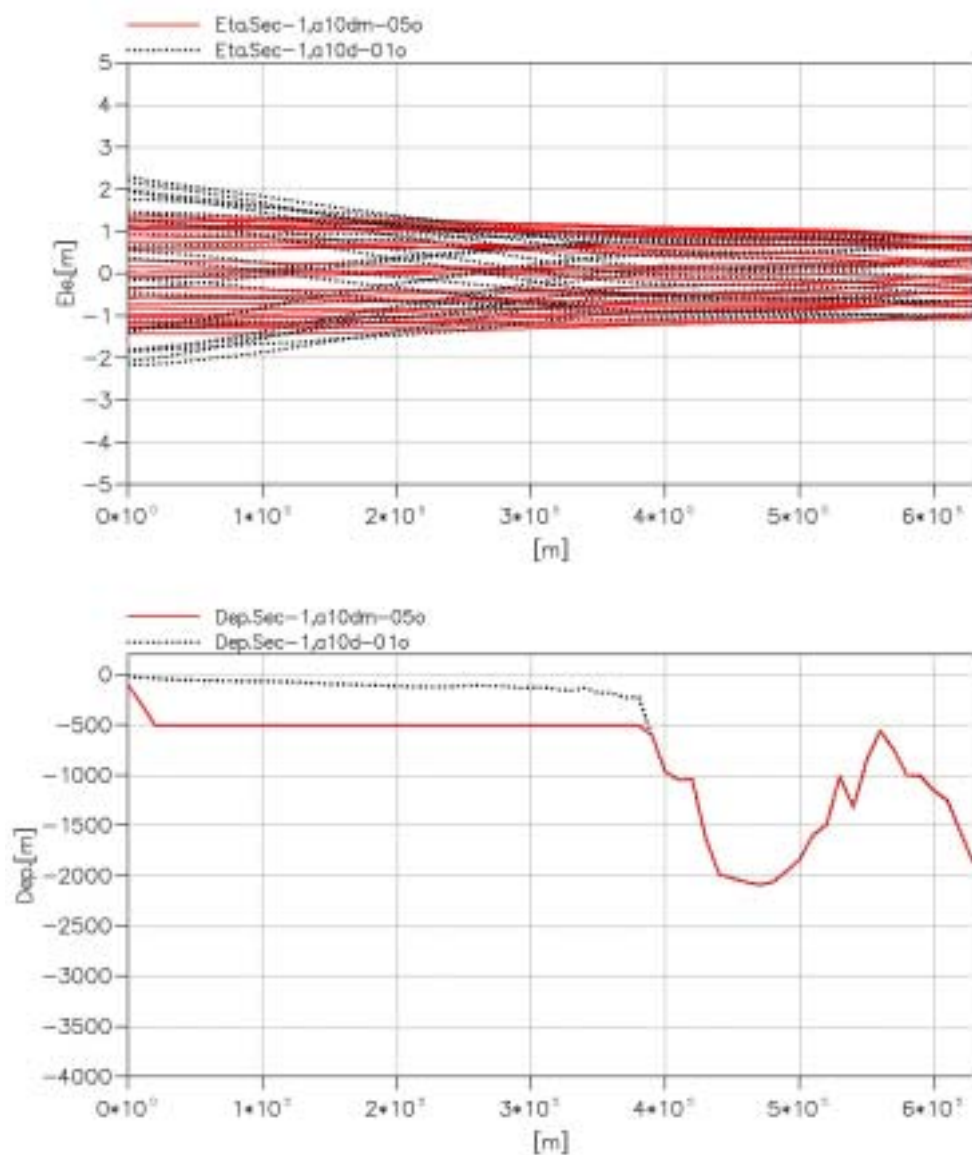


圖 3-31-1 東亞計算海域東亞陸架濬深為 500 米及無海峽影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

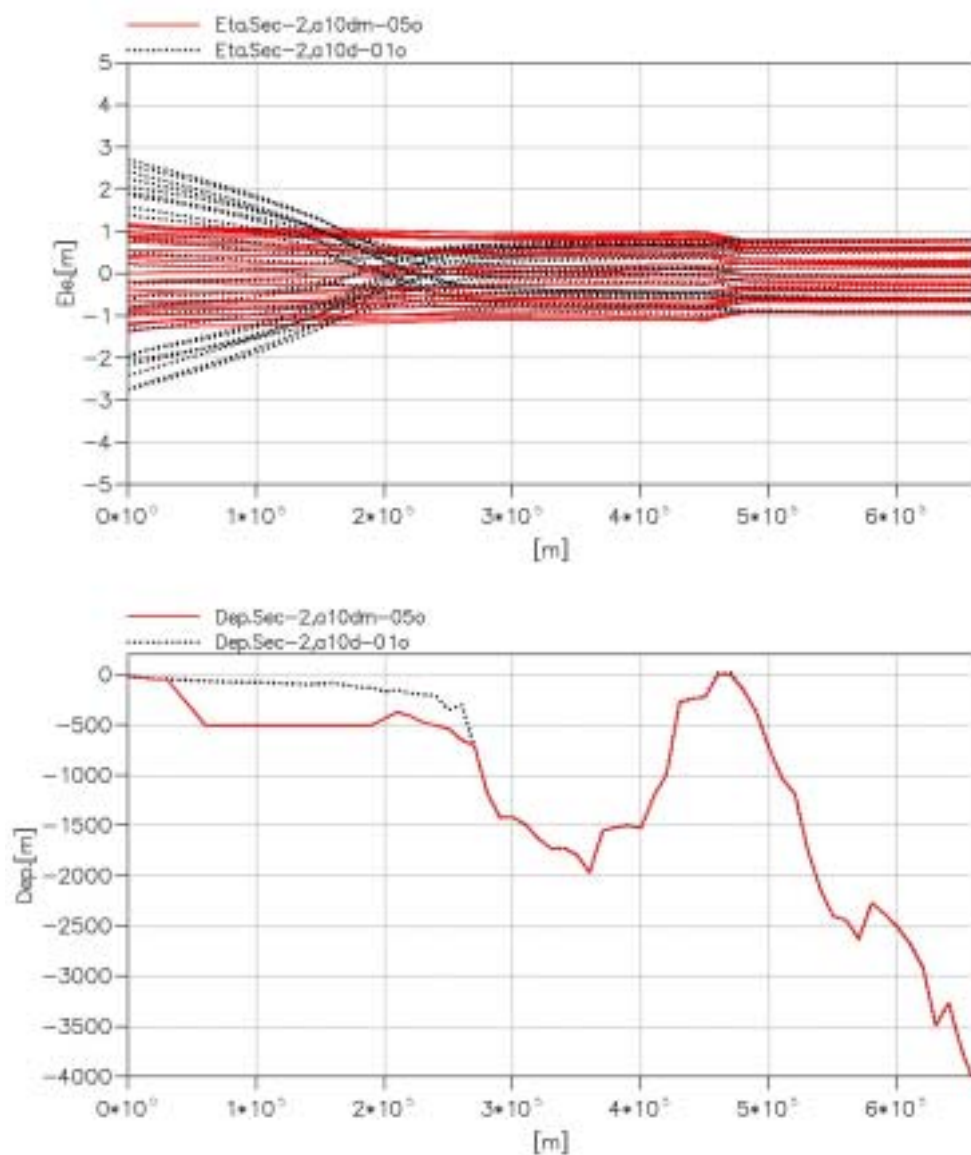


圖 3-31-2 東亞計算海域東亞陸架濶深為 500 米及無海峽影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

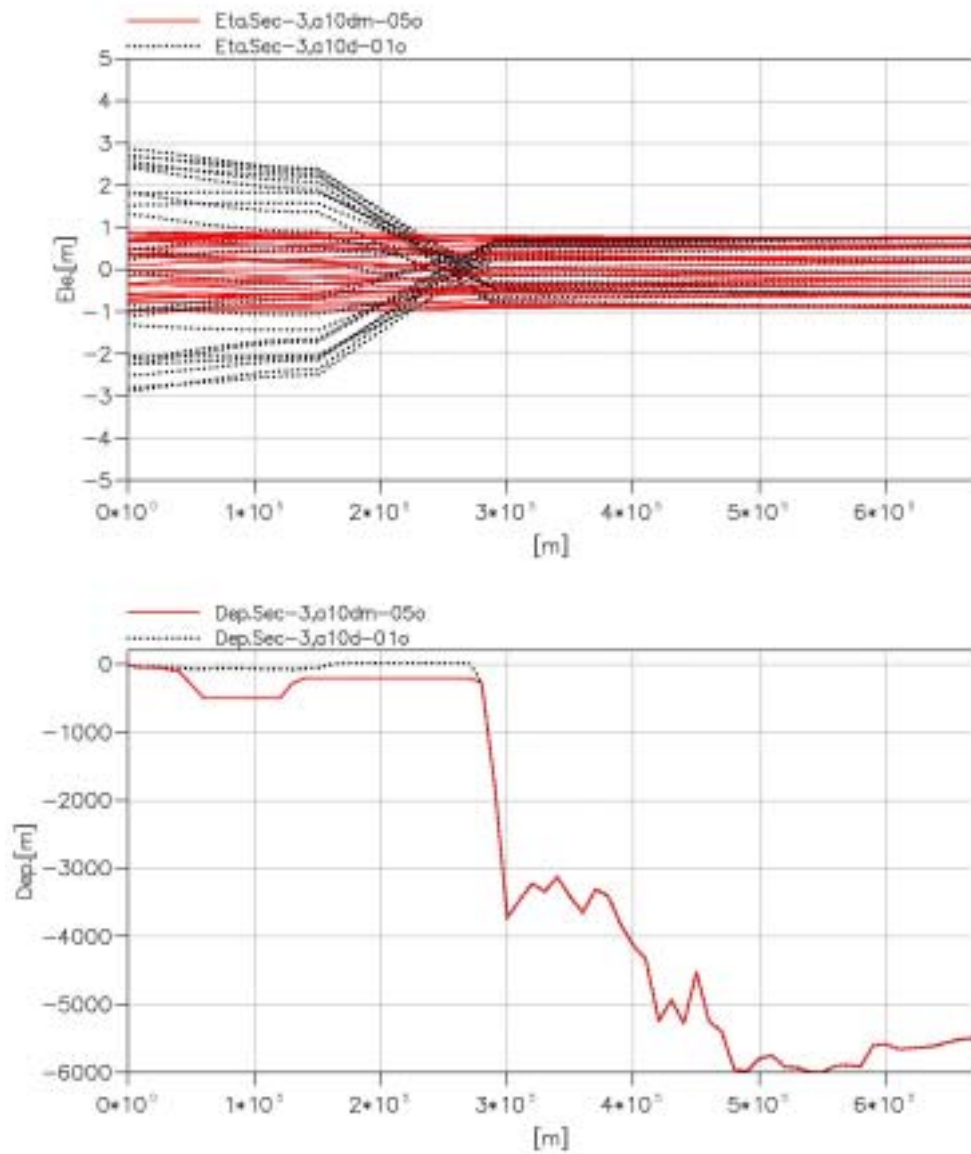


圖 3-31-3 東亞計算海域東亞陸架濬深為 500 米及無海峽影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

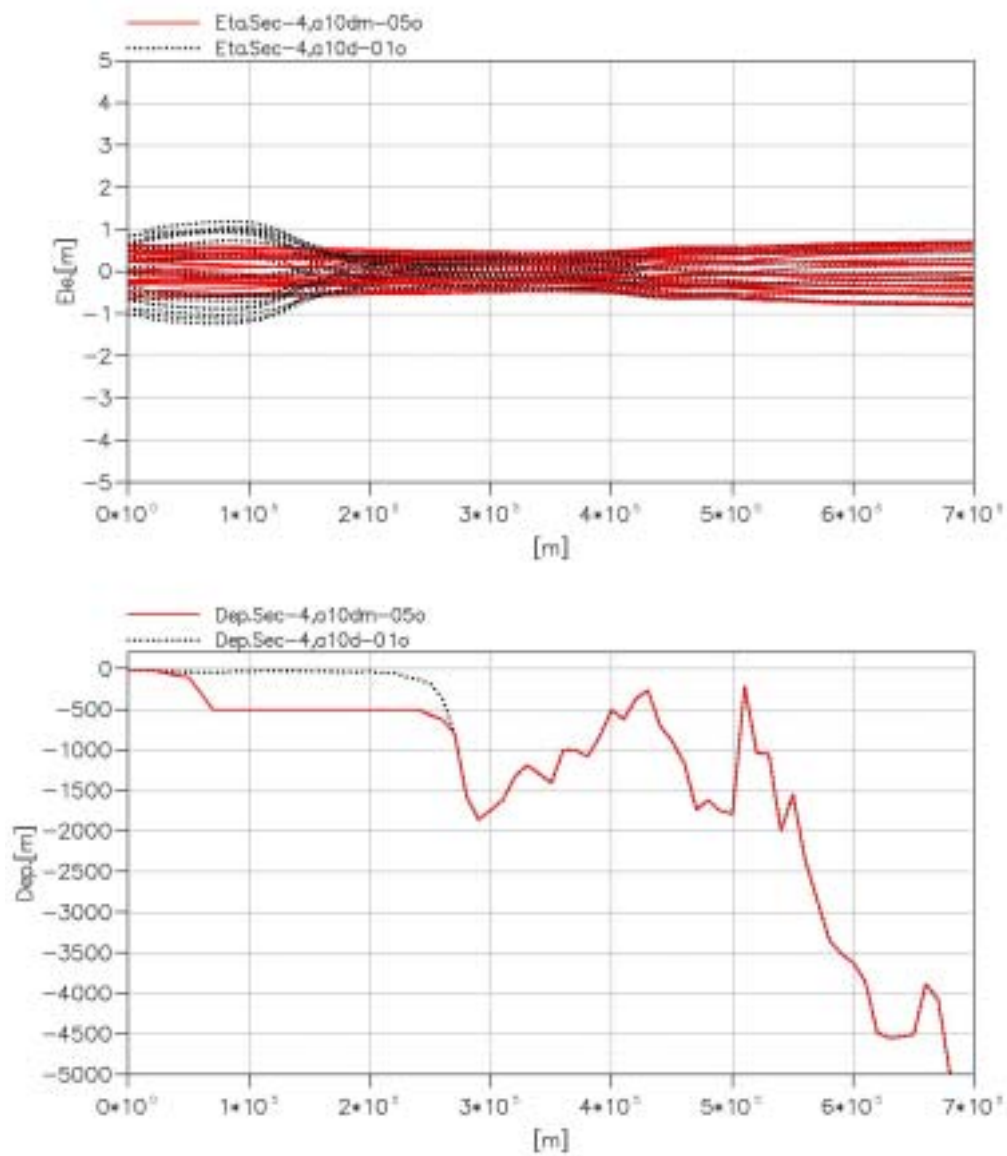


圖 3-31-4 東亞計算海域東亞陸架濬深為 500 米及無海峽影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較

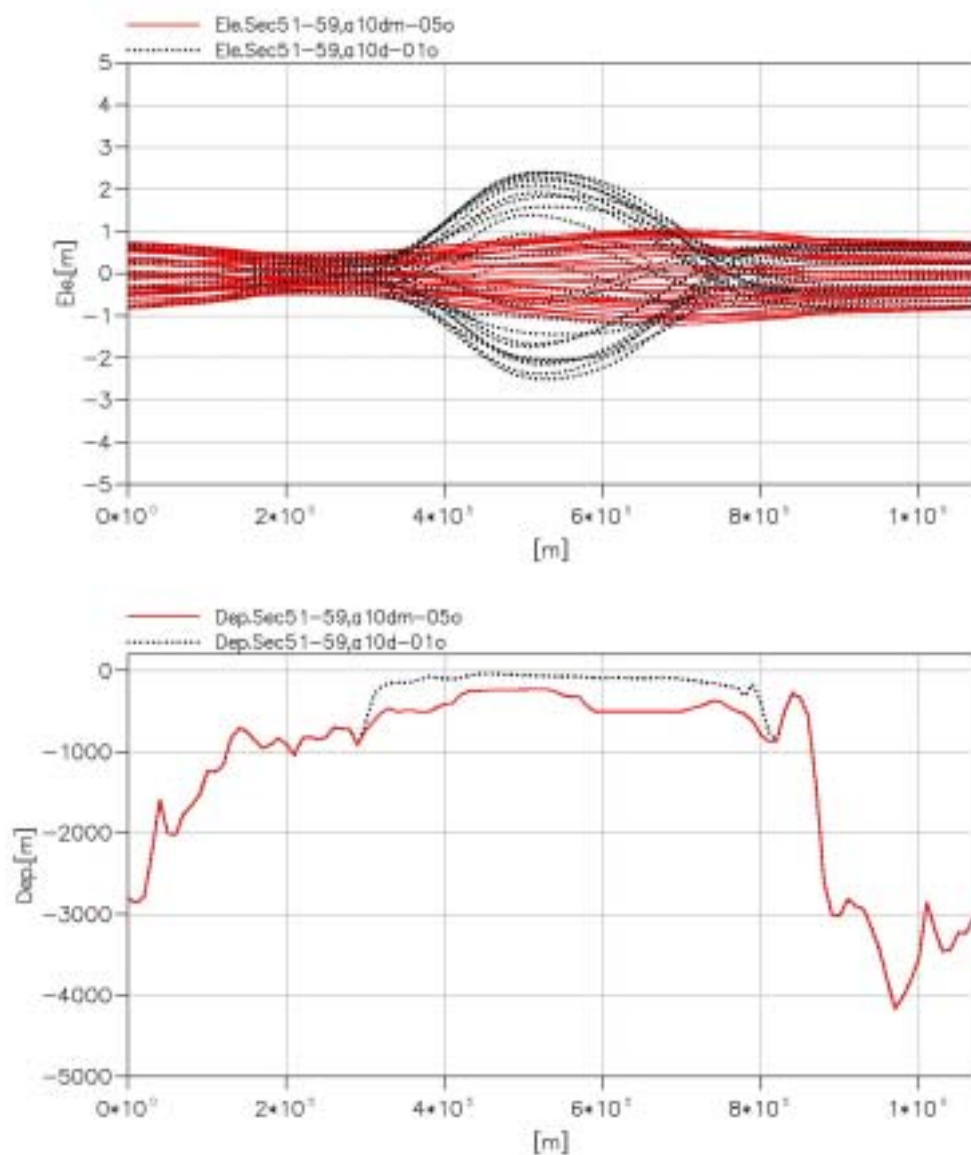


圖 3-31-5 東亞計算海域東亞陸架濬深為 500 米及無海峽影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

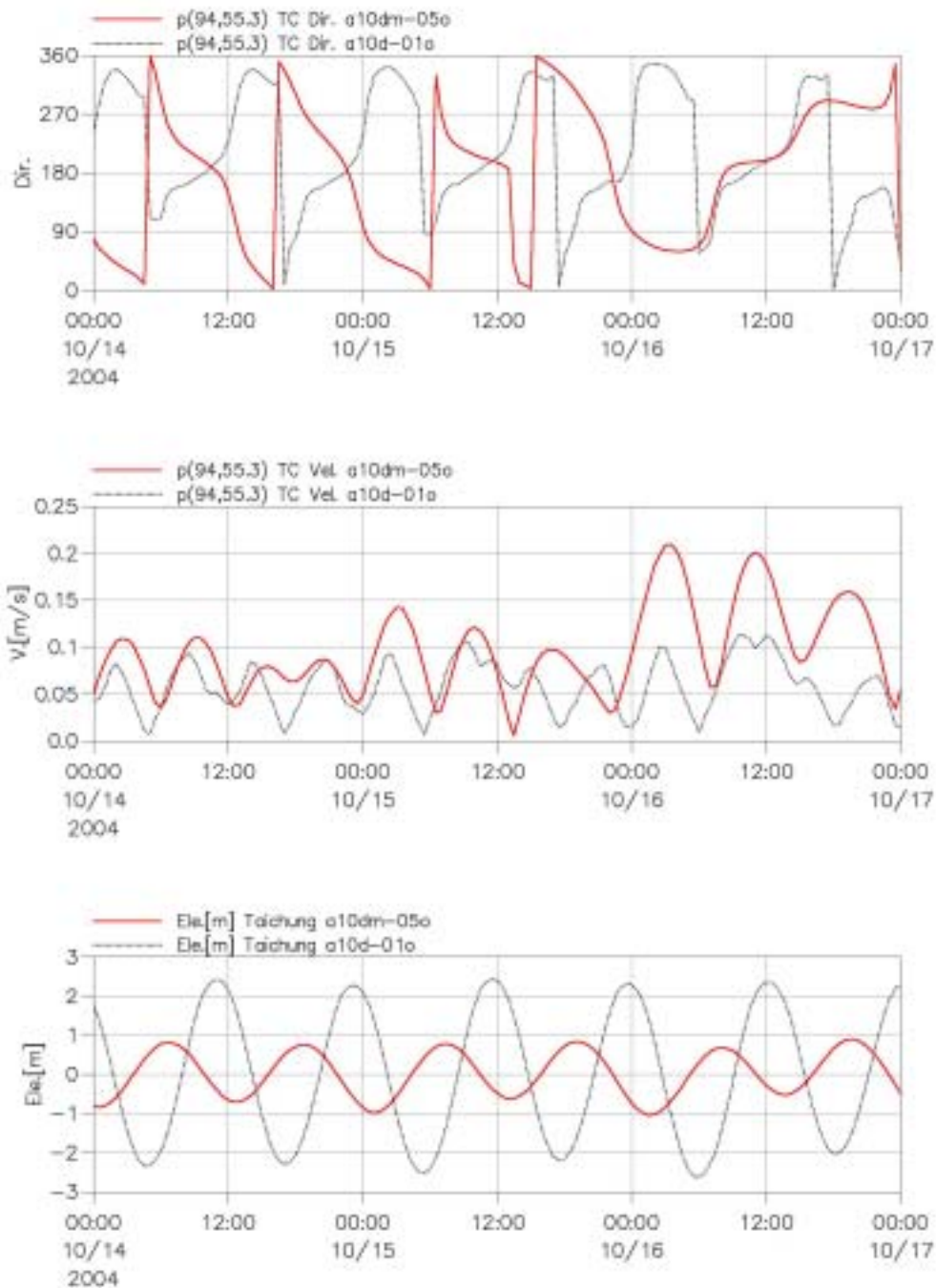


圖 3-32 東亞計算海域東亞陸架澱深為 500 米及無海峽影響
台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化
與現況之比較

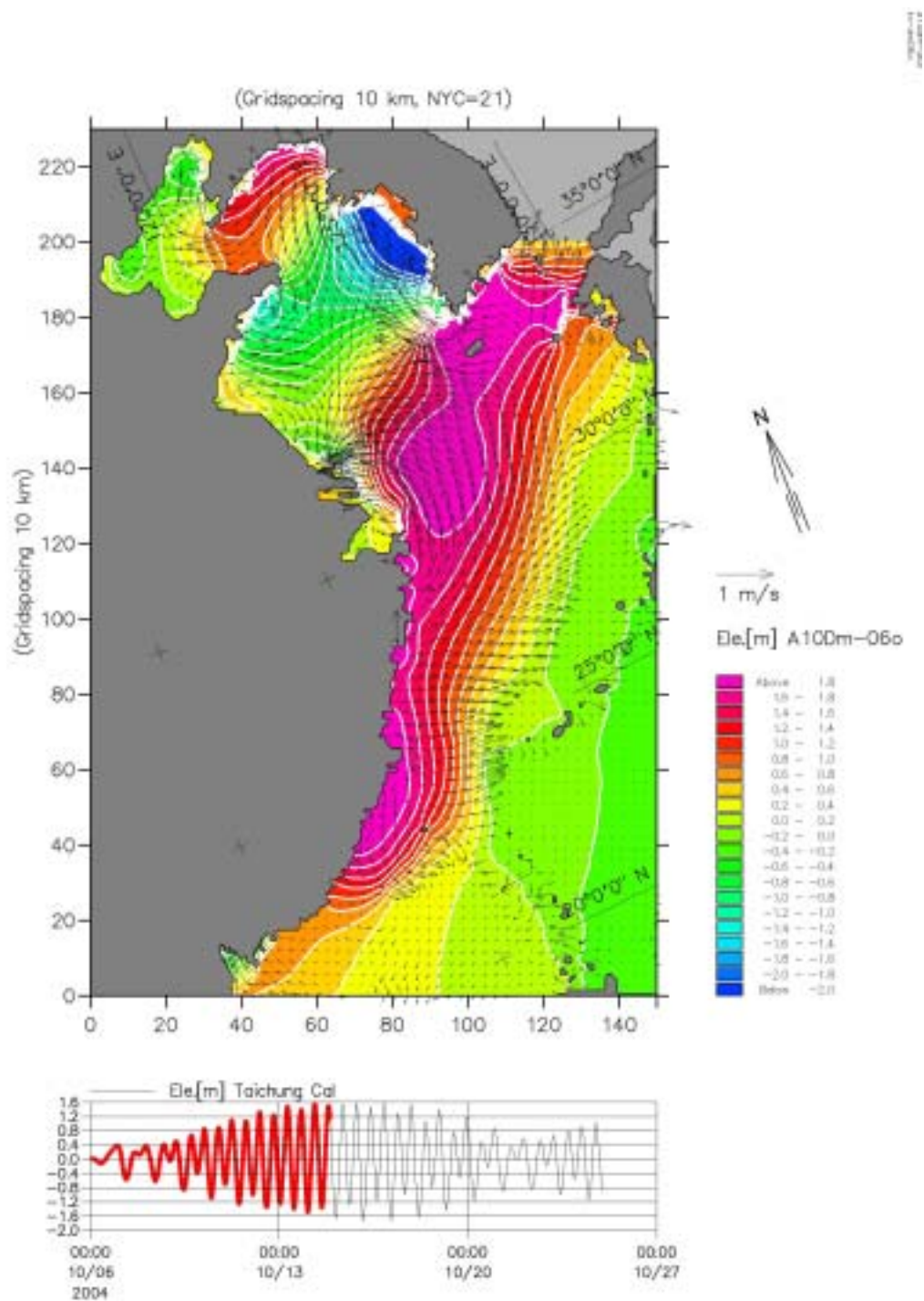


圖 3-34-1 東亞計算海域無臺灣海峽地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

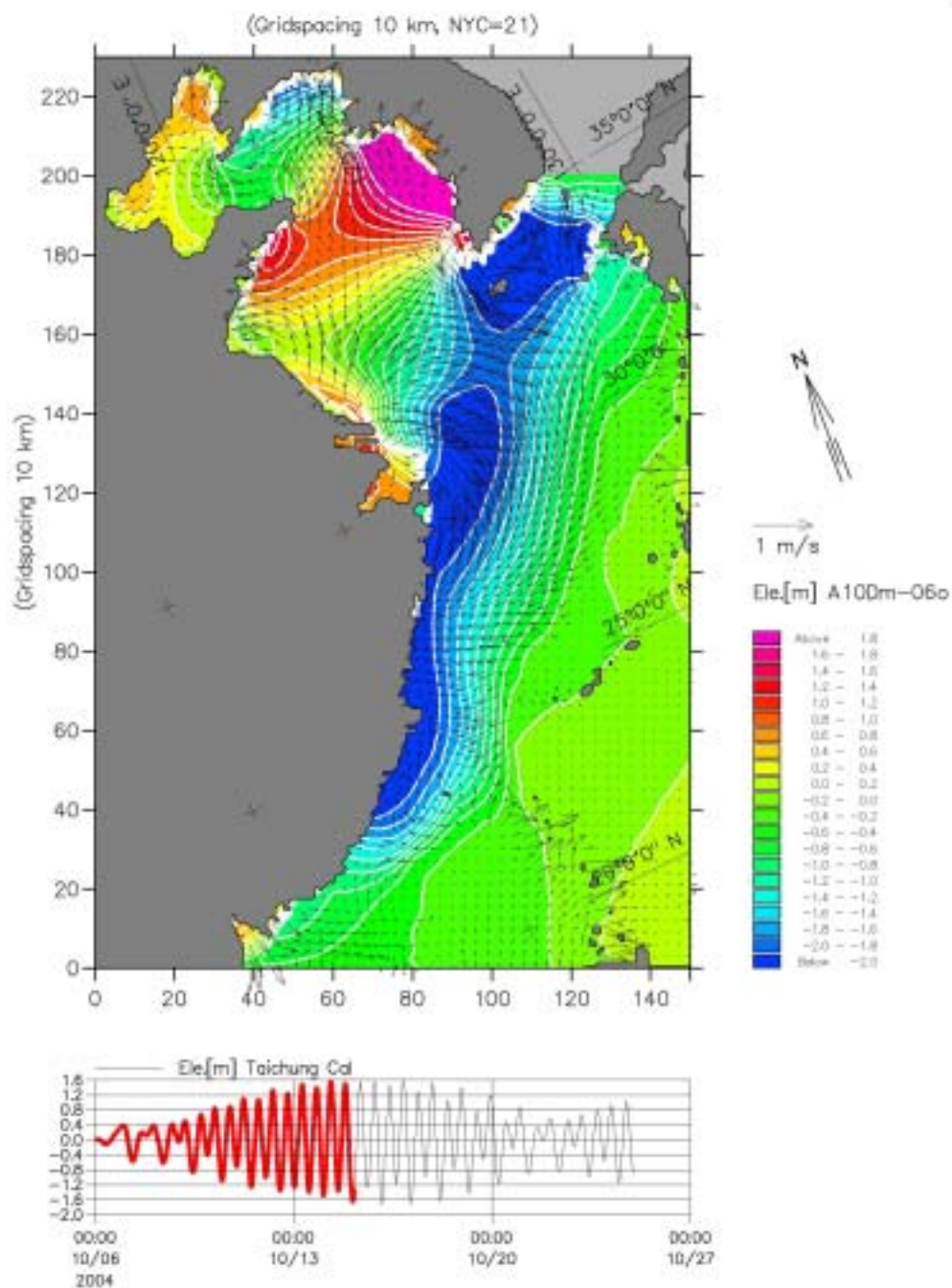


圖 3-34-2 東亞計算海域無臺灣海峽地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

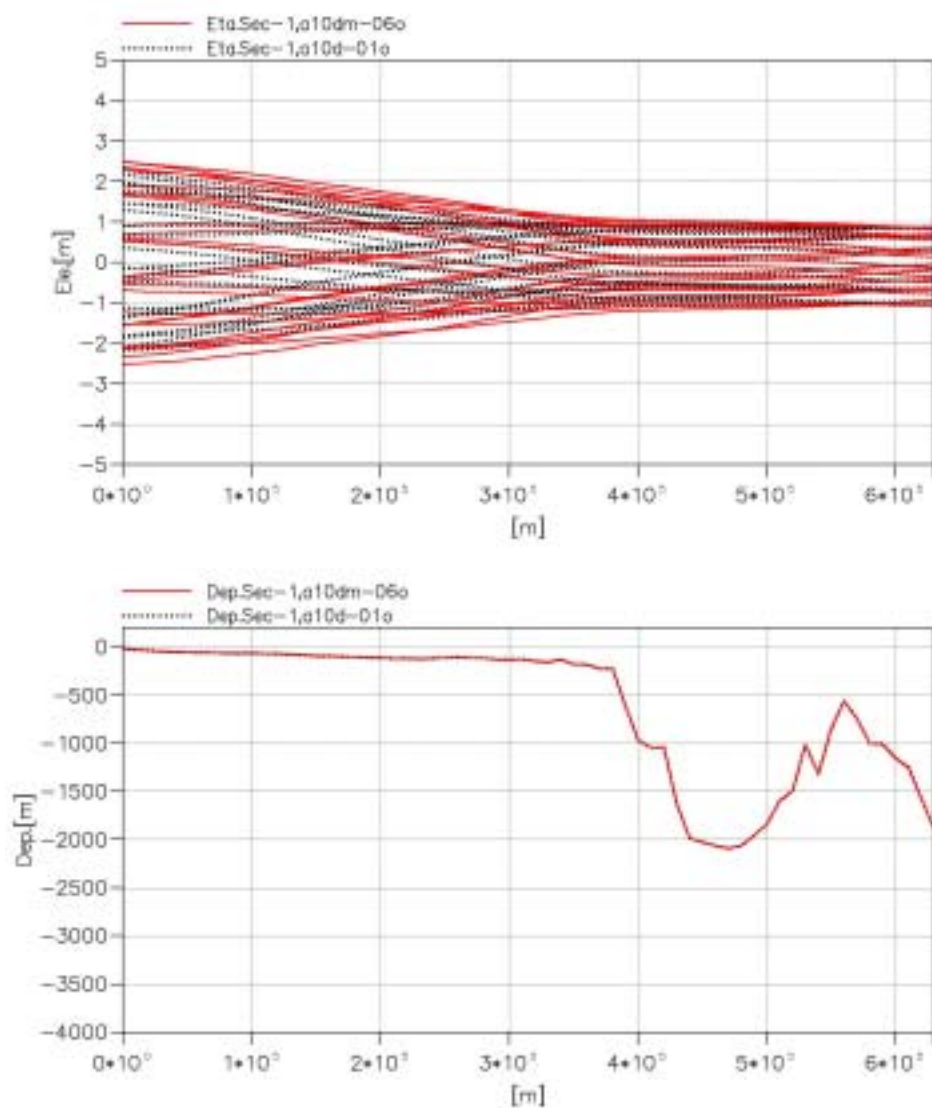


圖 3-35-1 東亞計算海域無臺灣海峽地形影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

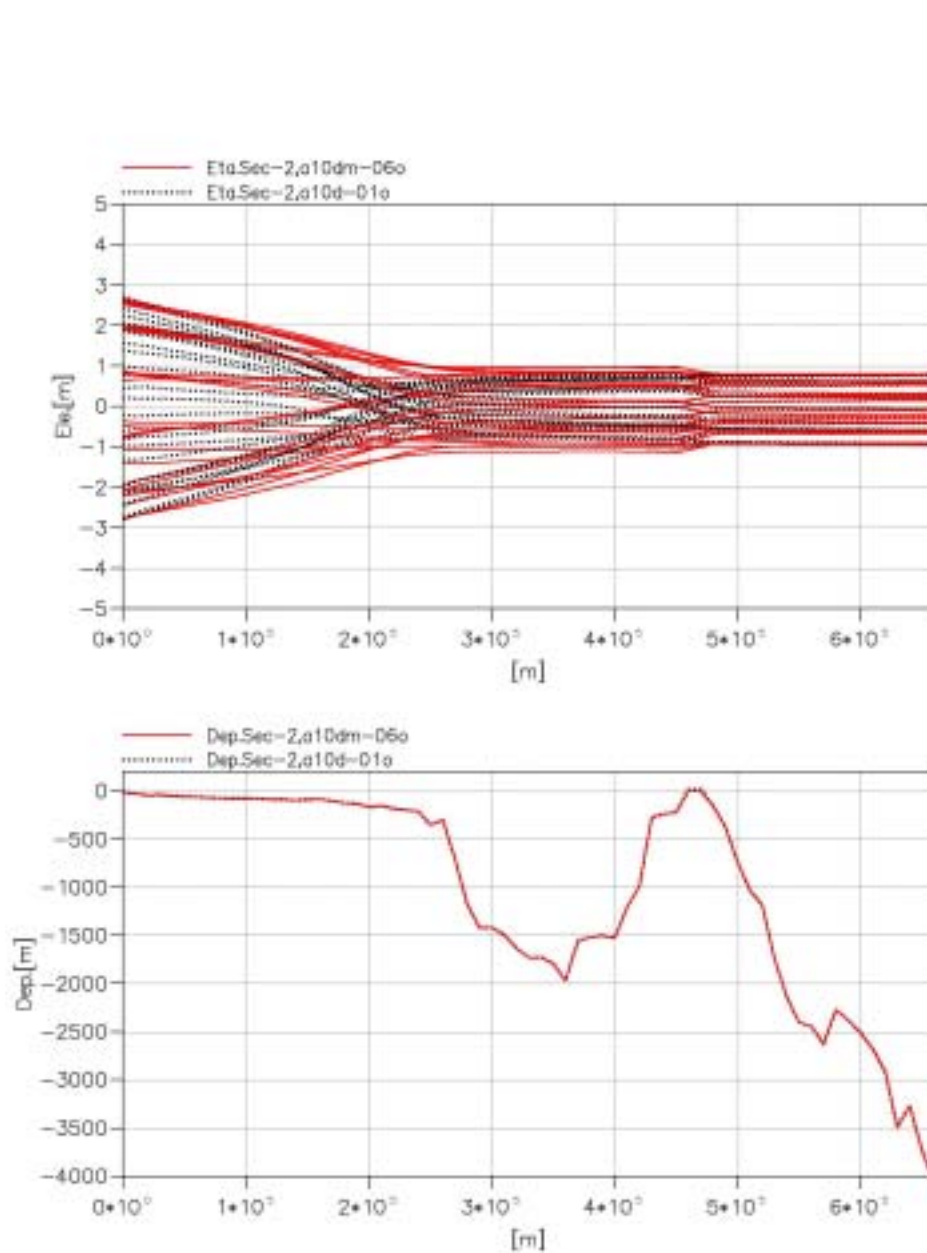


圖 3-35-2 東亞計算海域無臺灣海峽地形影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

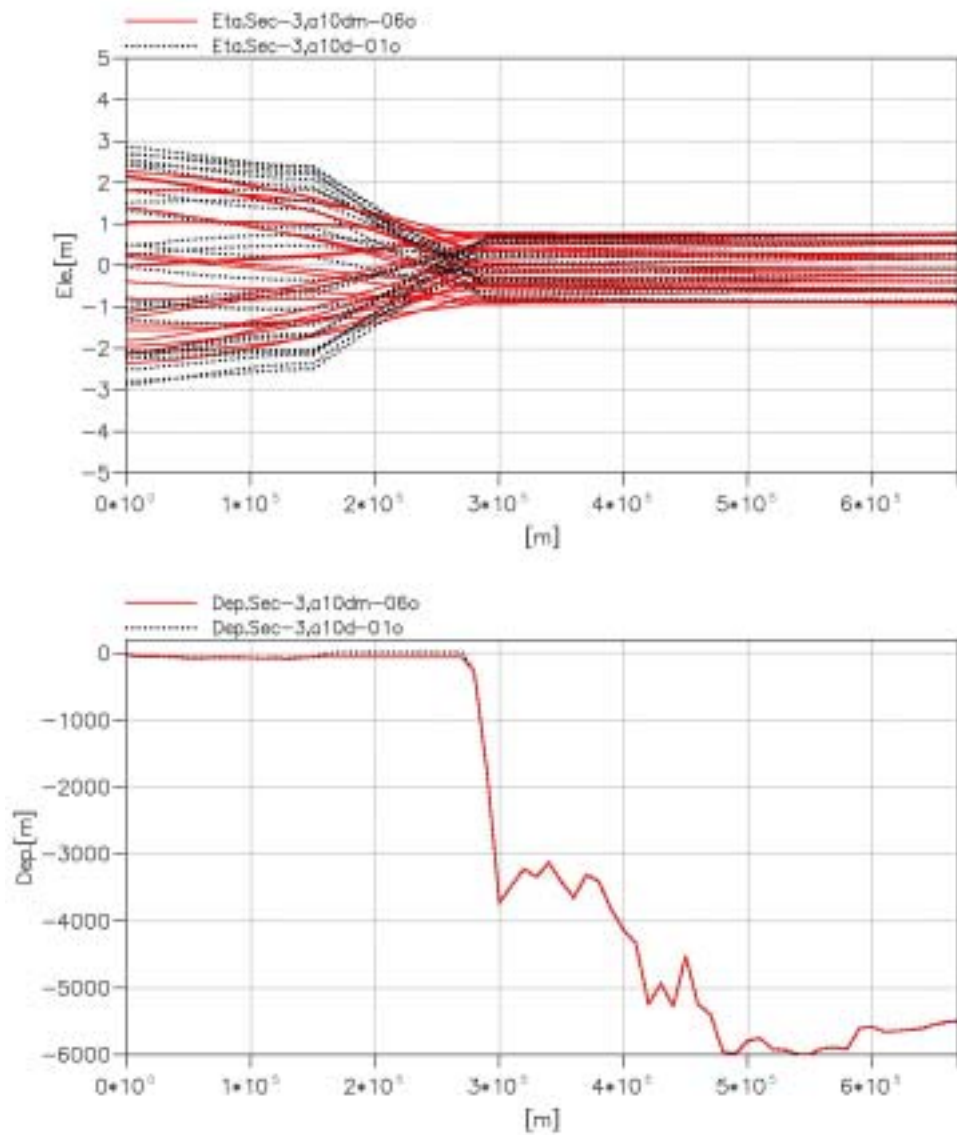


圖 3-35-3 東亞計算海域無臺灣海峽地形影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

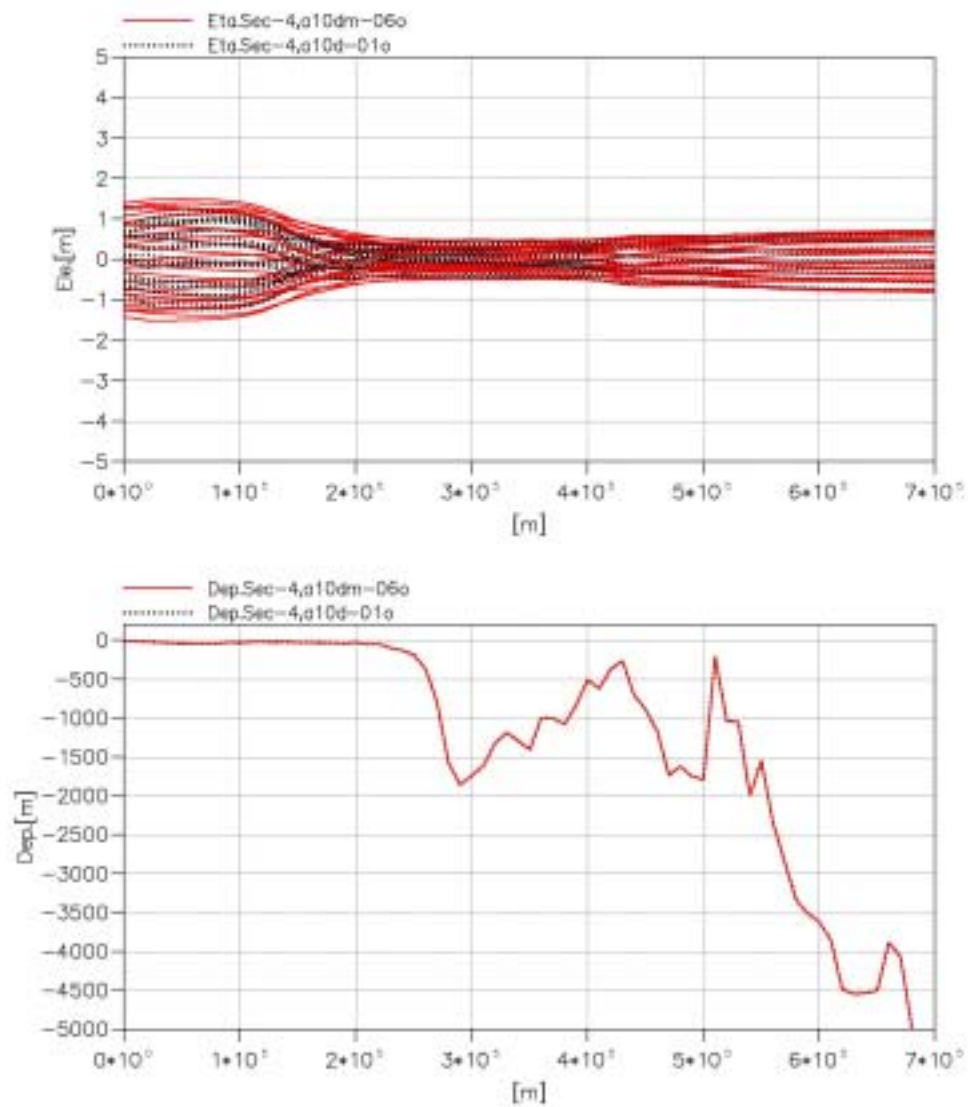


圖 3-35-4 東亞計算海域無臺灣海峽地形影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較

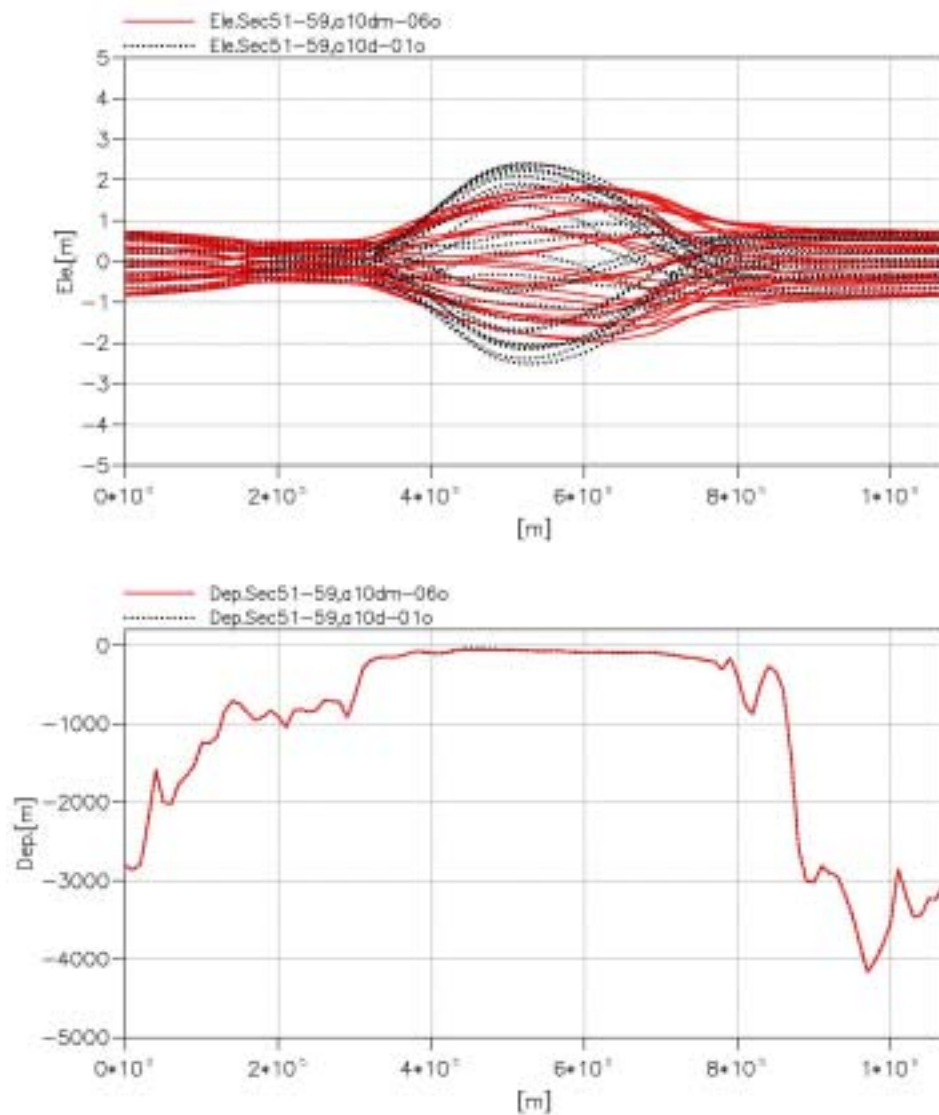


圖 3-35-5 東亞計算海域無臺灣海峽地形影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

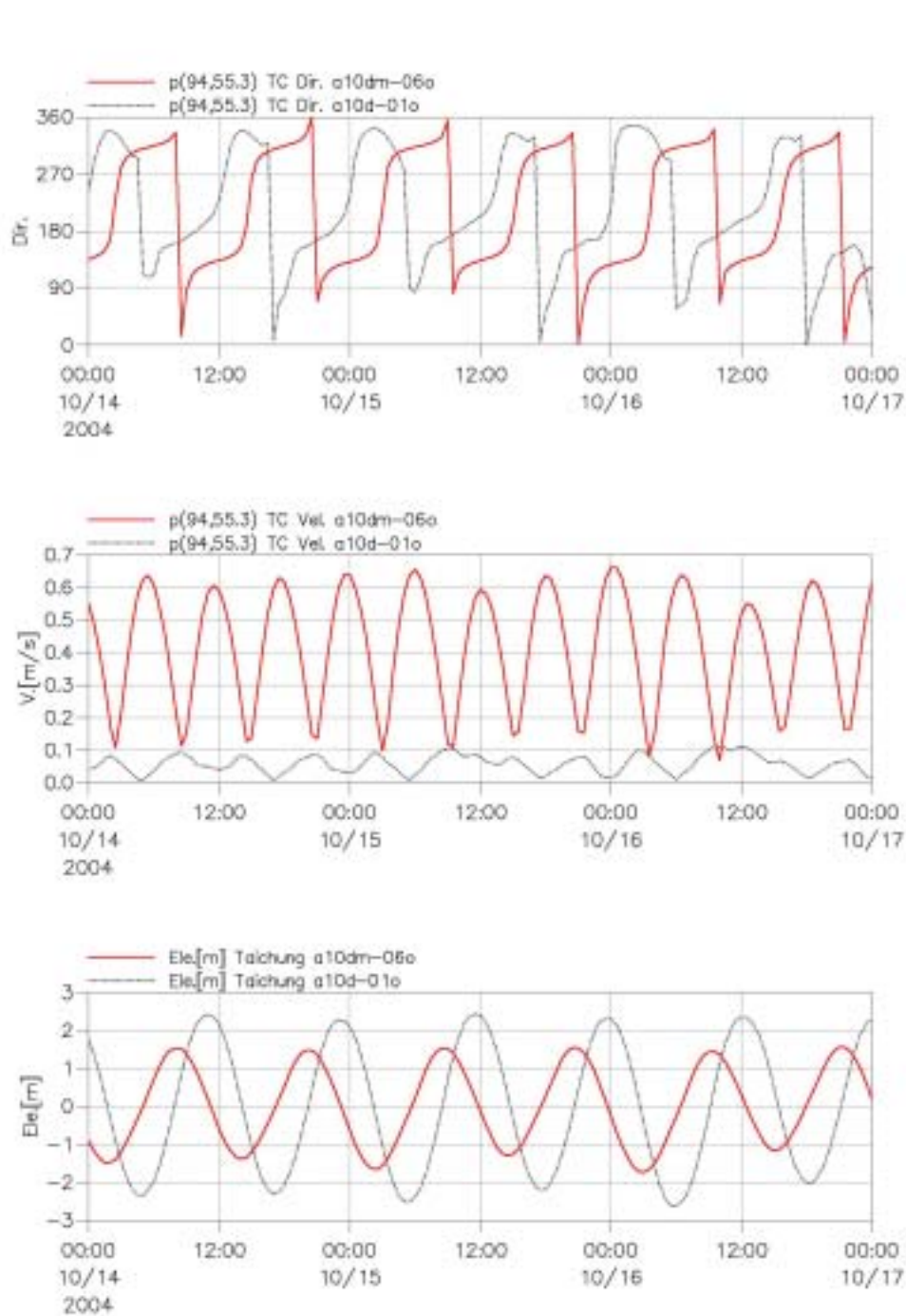


圖 3-36 東亞計算海域無臺灣海峽地形影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

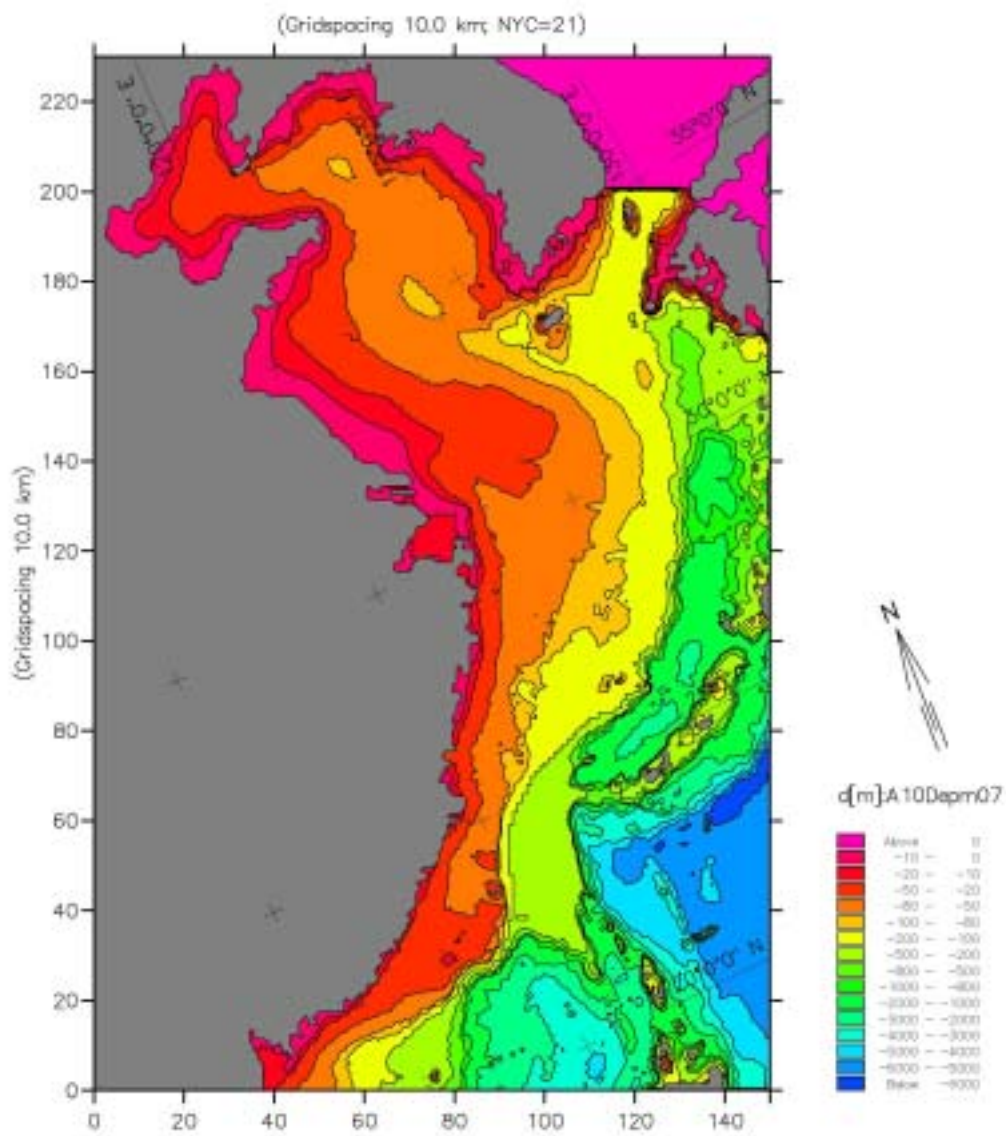


圖 3-37 東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響之水深地形

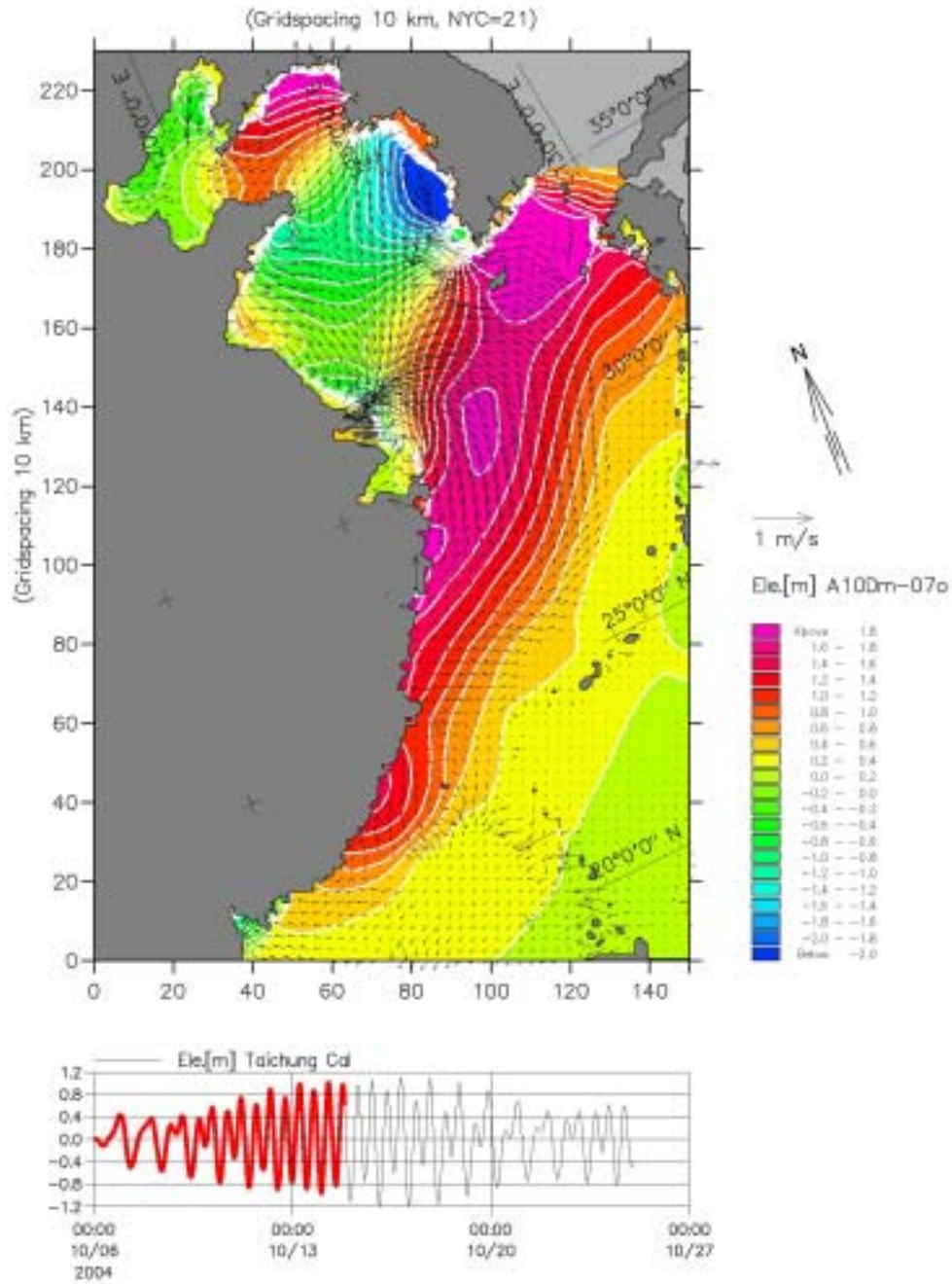


圖 3-38-1 東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

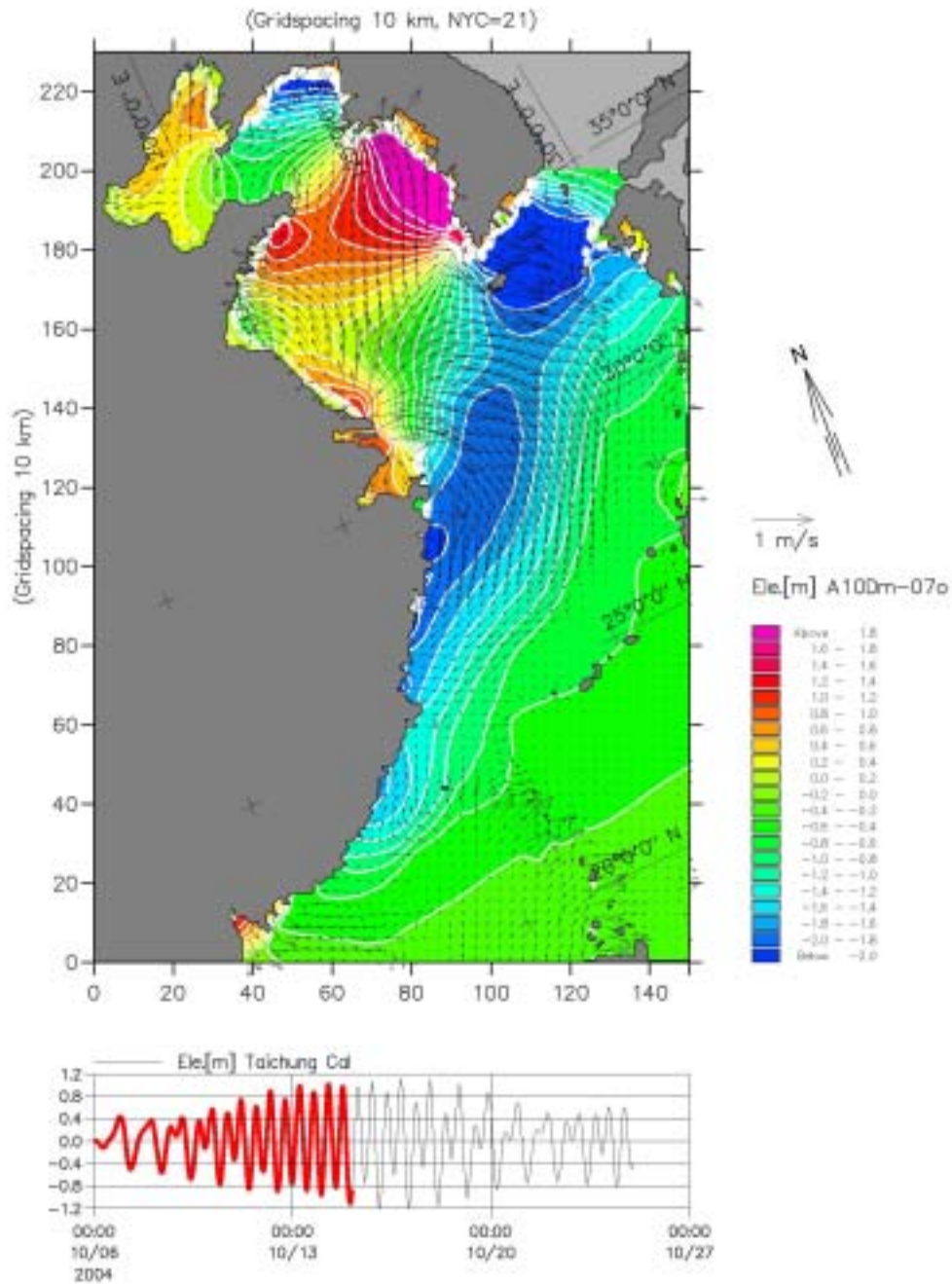


圖 3-38-2 東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

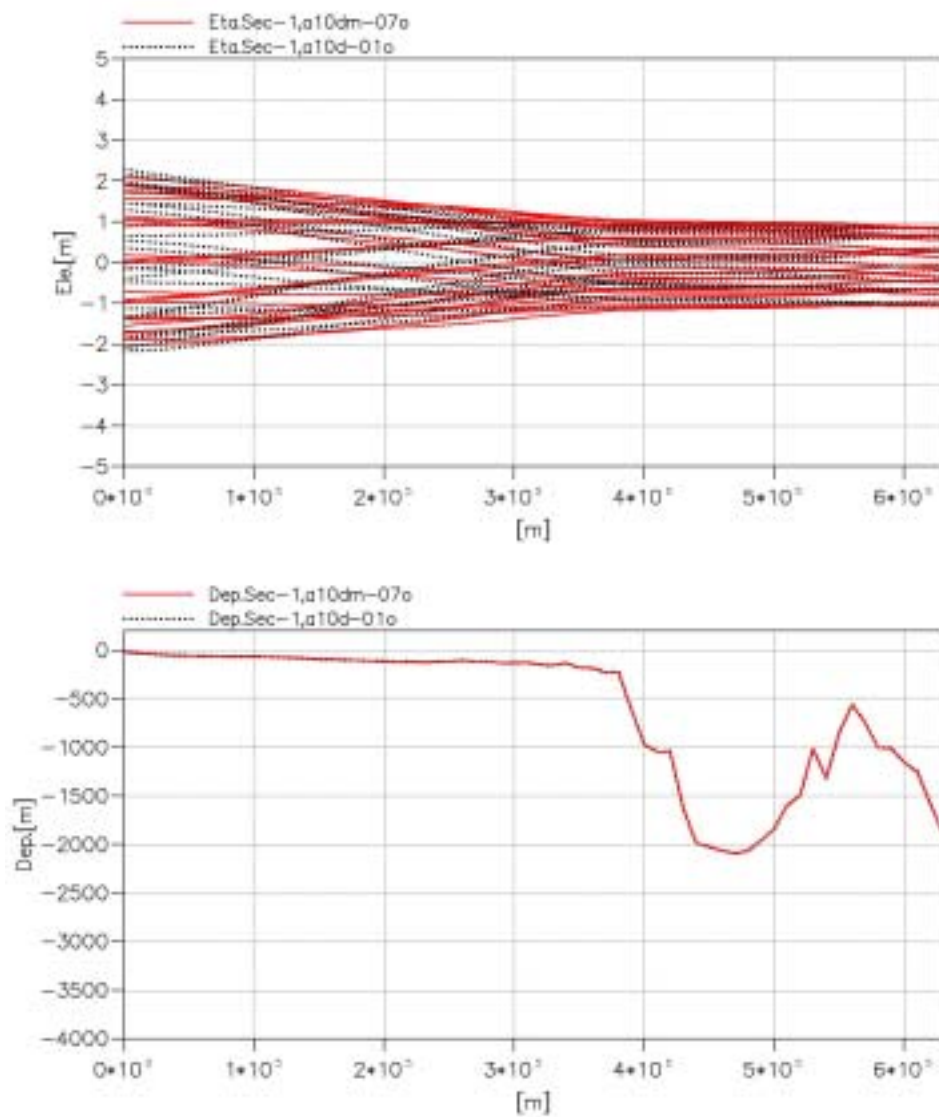


圖 3-39-1 東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響第一斷面 (溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

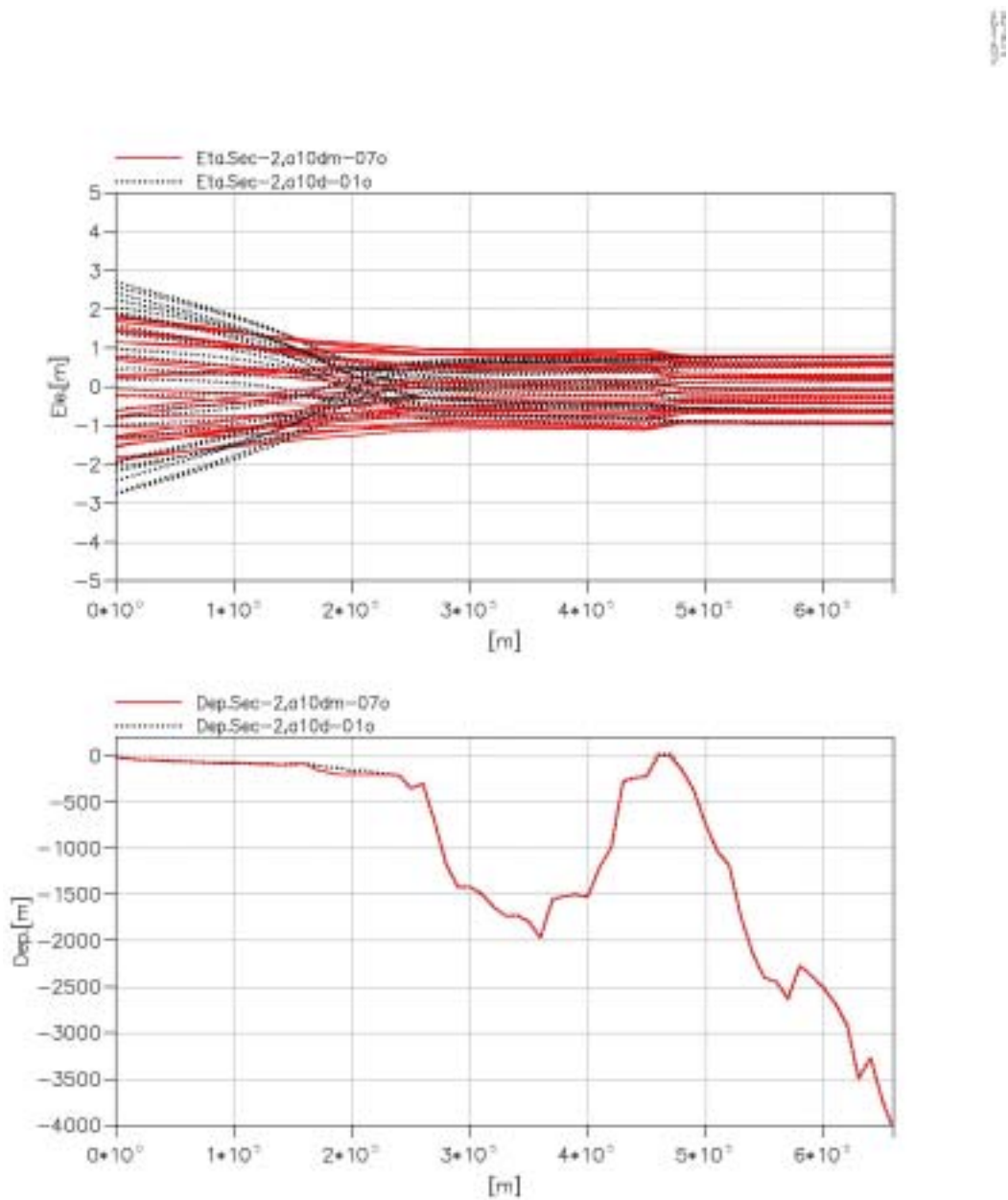


圖 3-39-2 東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響第二斷面 (馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

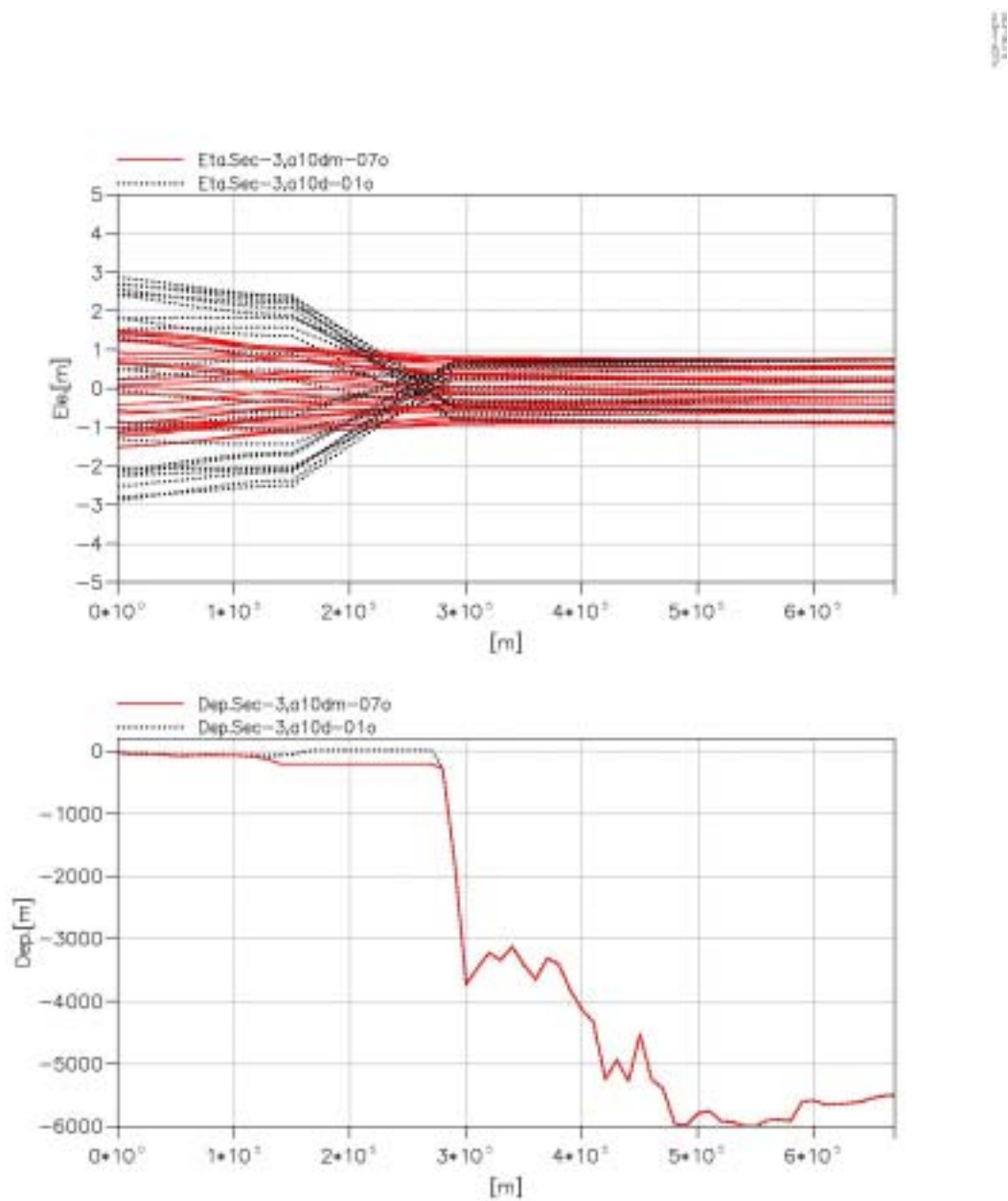


圖 3-39-3 東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響第三斷面 (烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

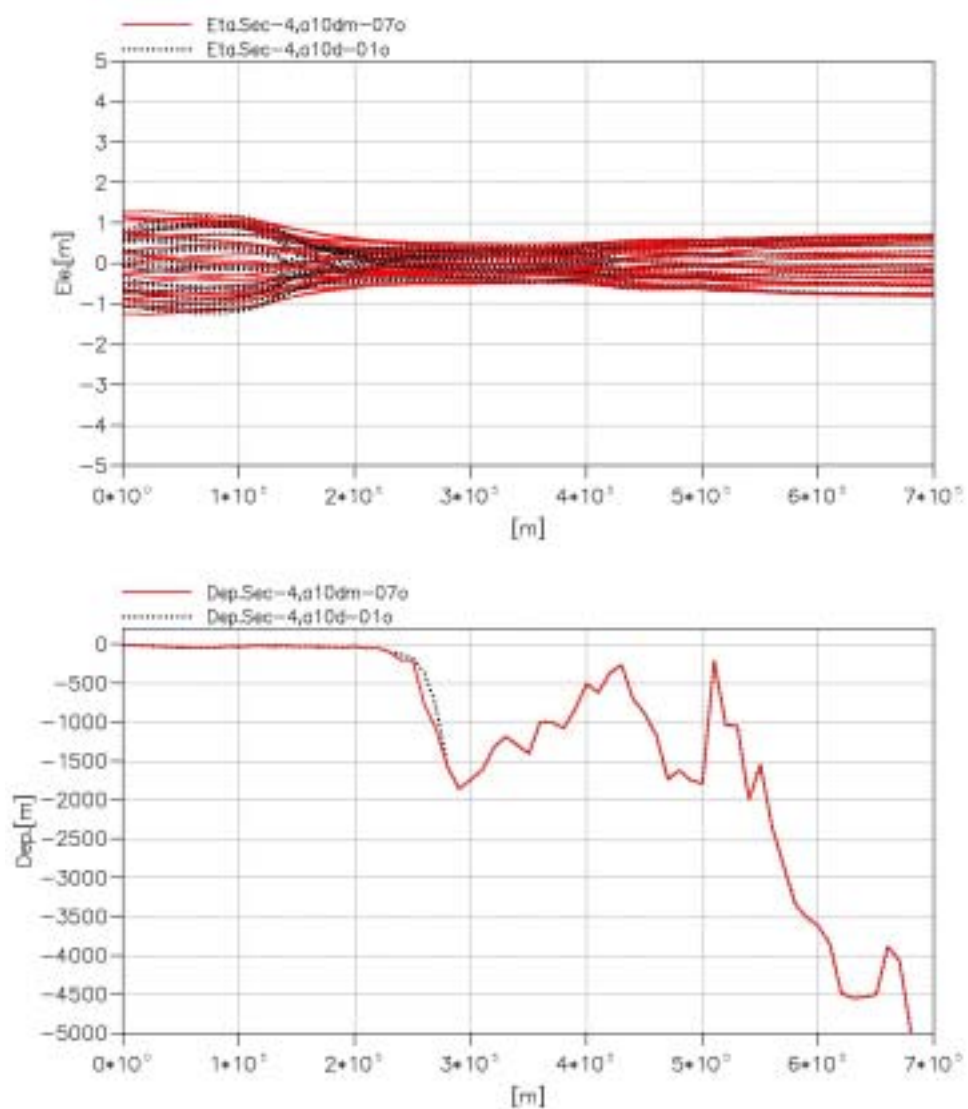


圖 3-39-4 東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響第四斷面 (汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較

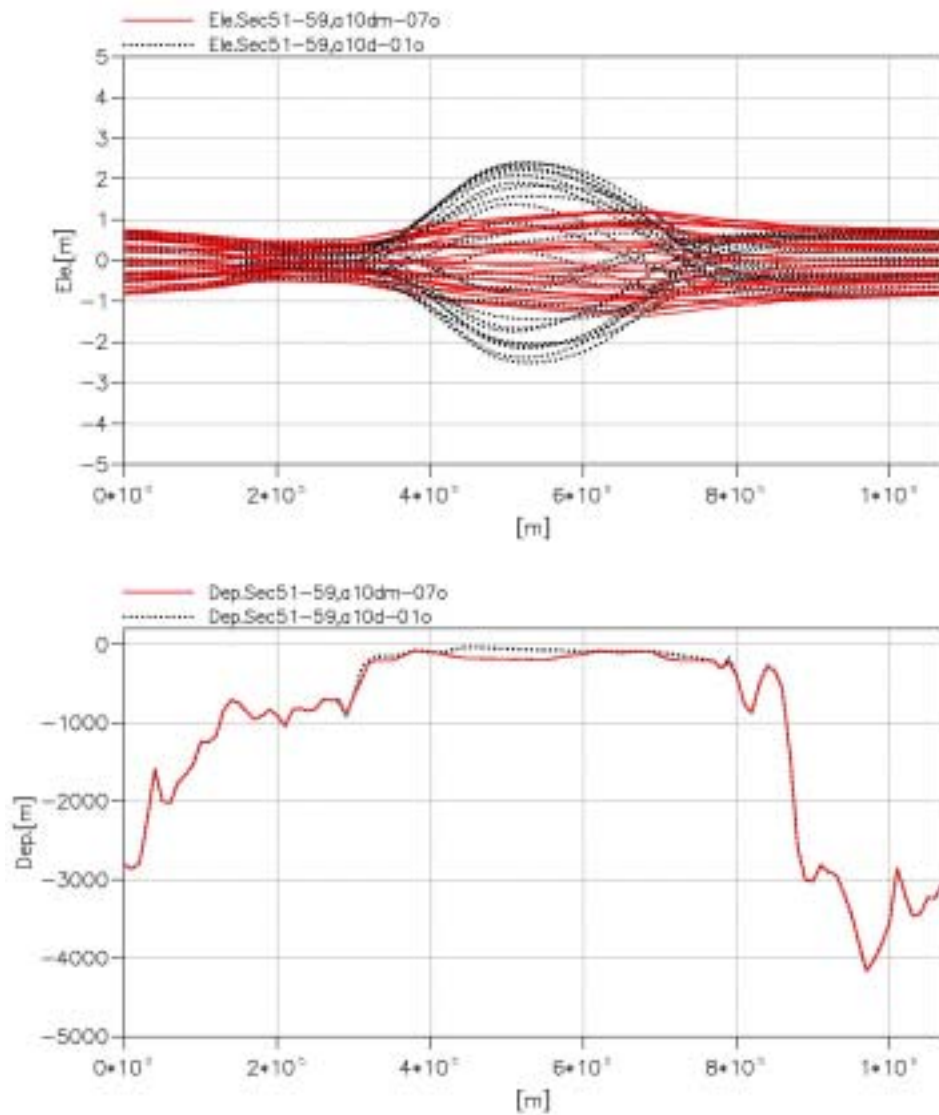


圖 3-39-5 東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響第五斷面 (蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

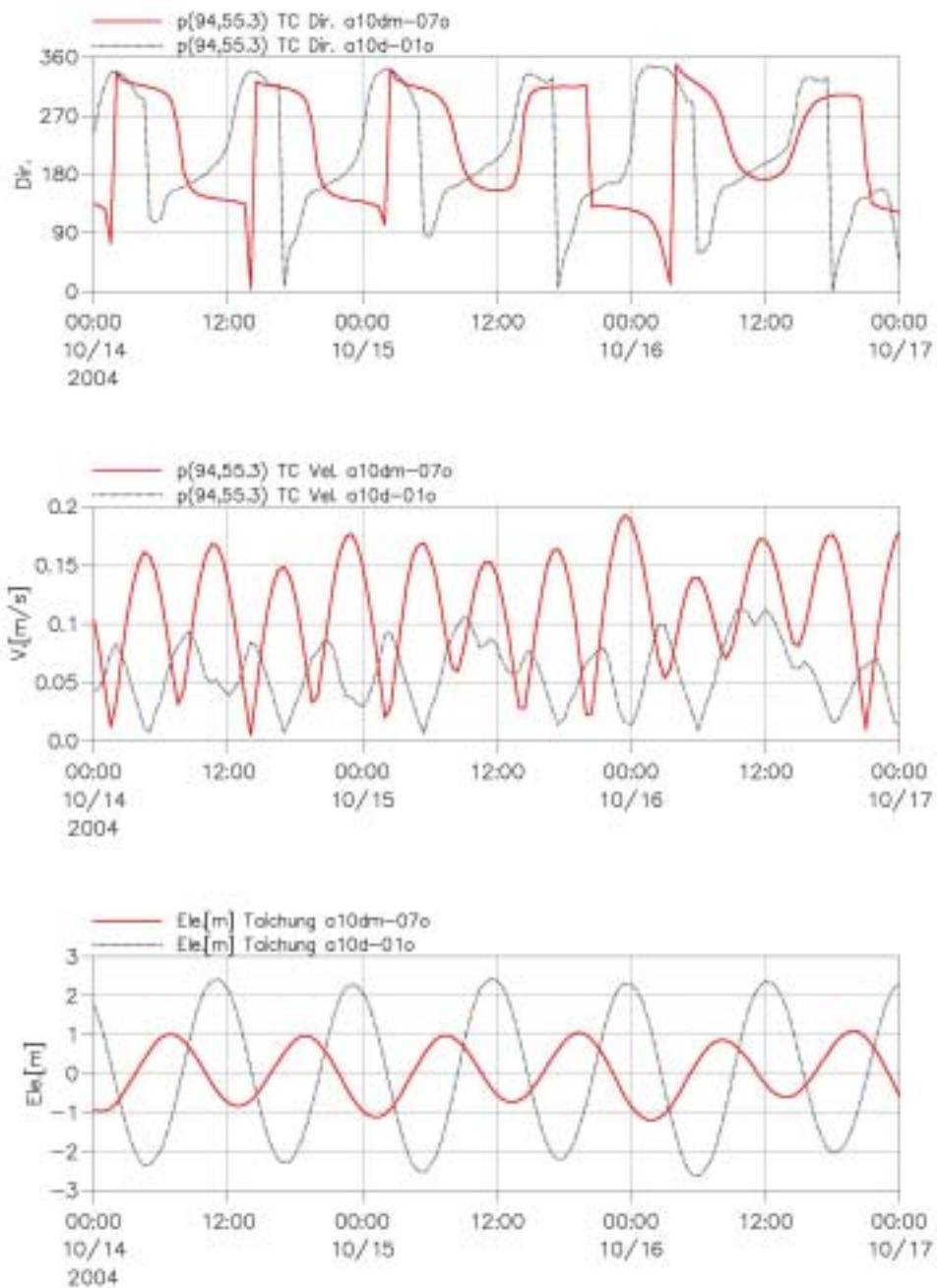


圖 3-40 東亞計算海域單純東亞陸架緣地形影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

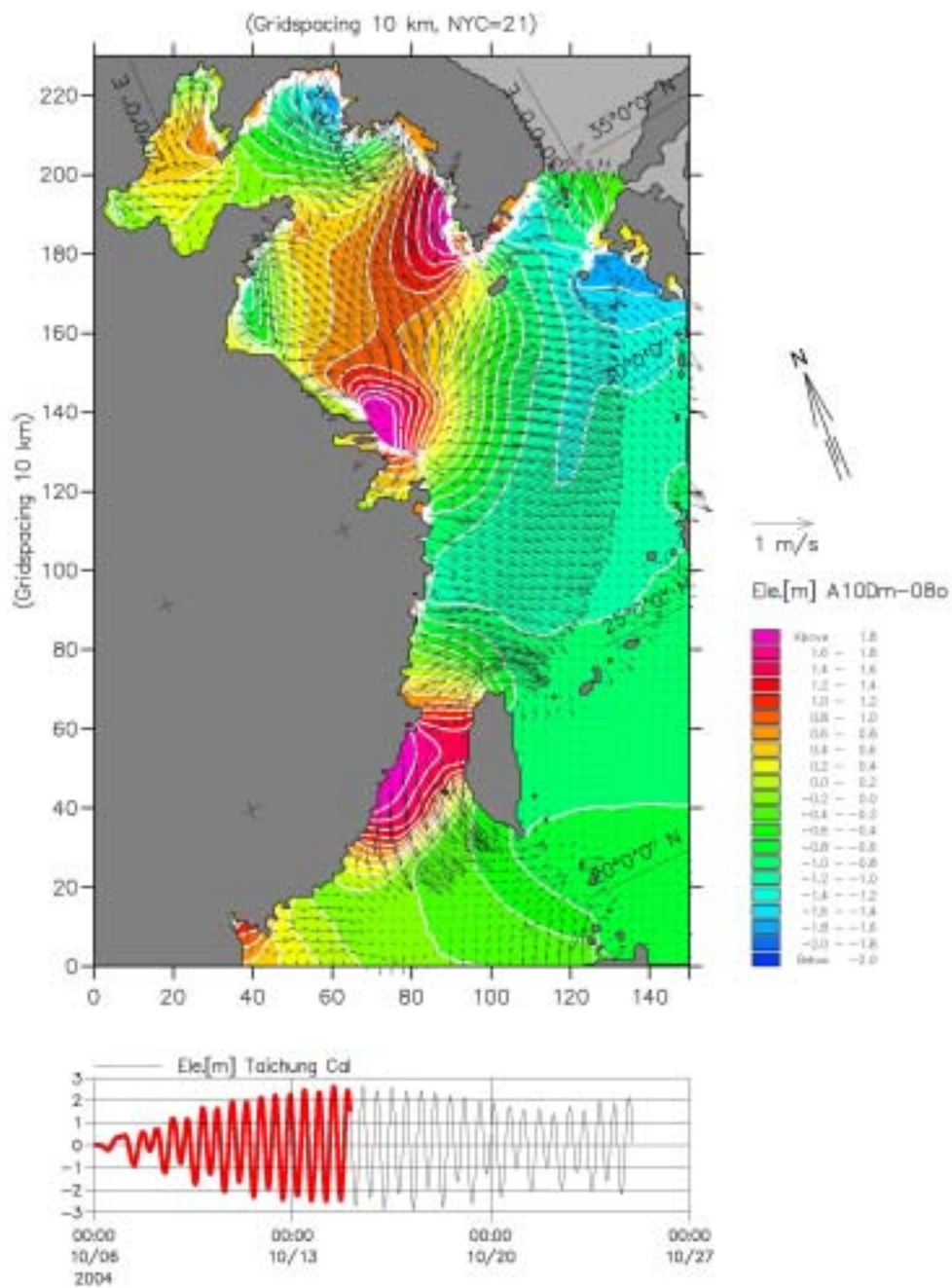


圖 3-42-1 東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

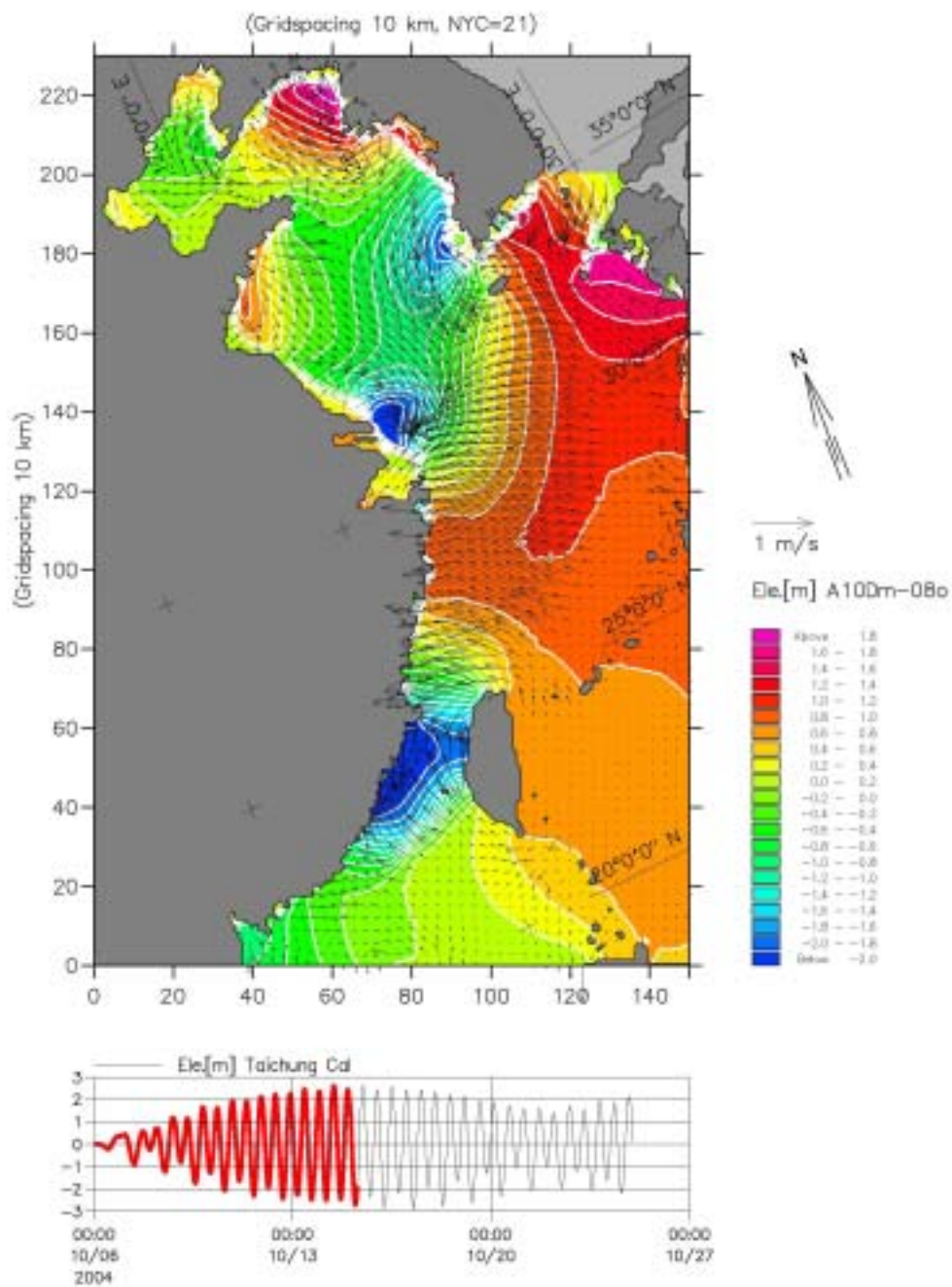


圖 3-42-2 東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

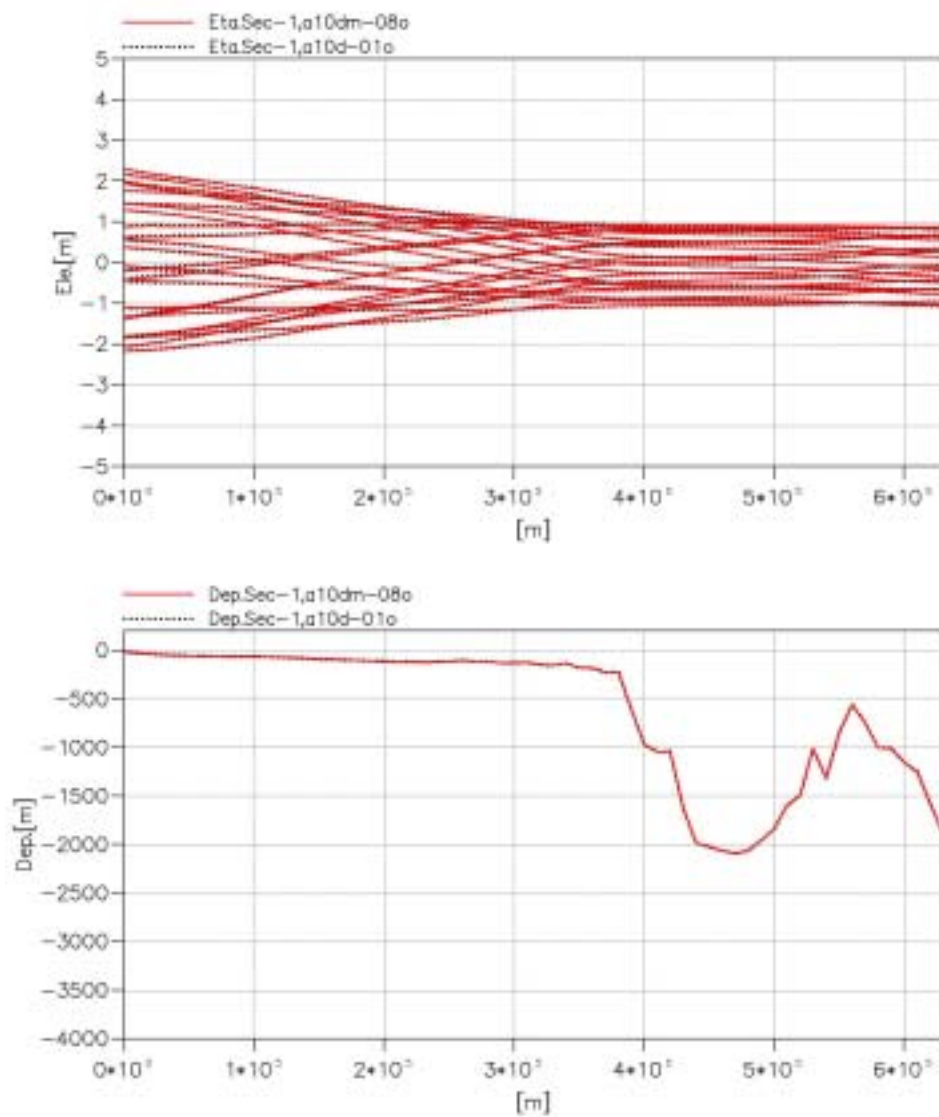


圖 3-43-1 東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度第一斷面(溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

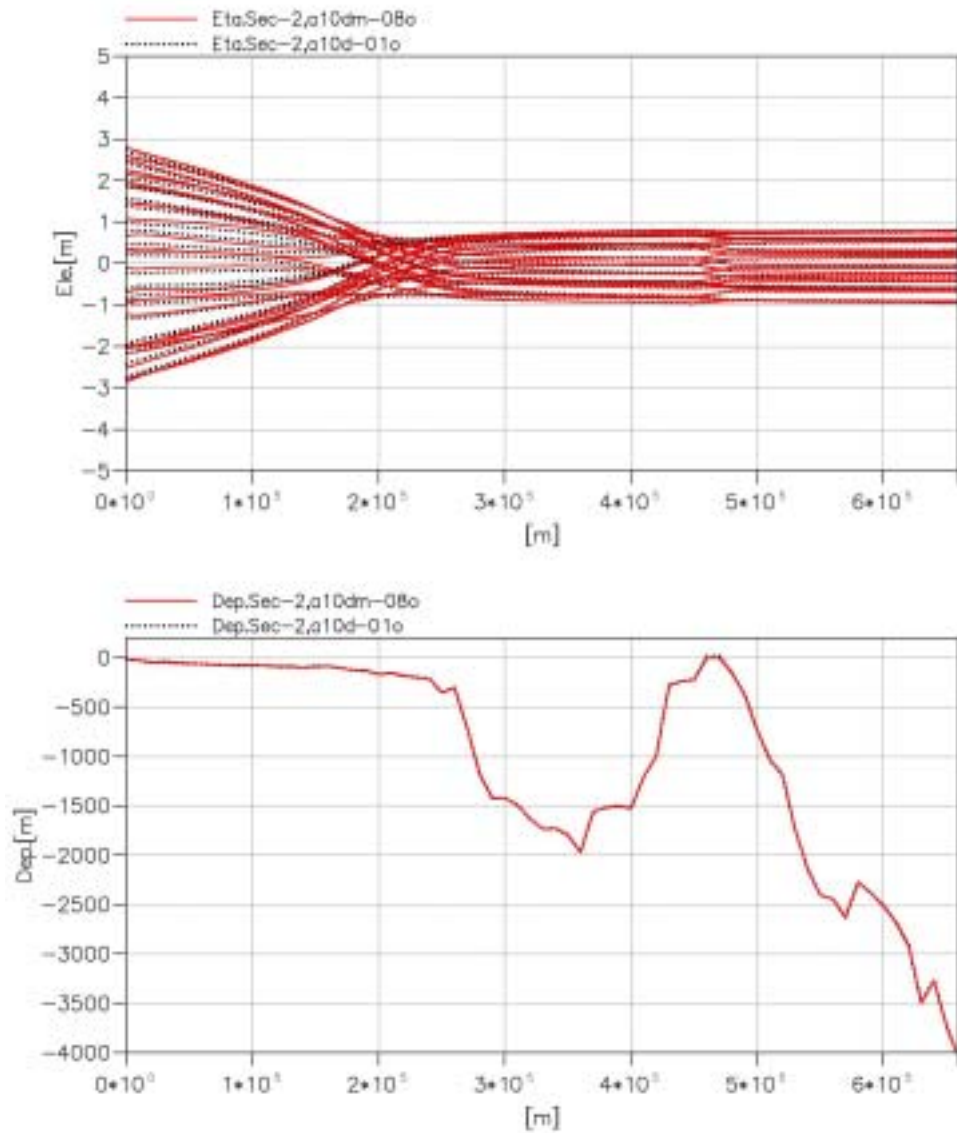


圖 3-43-2 東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度第二斷面(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

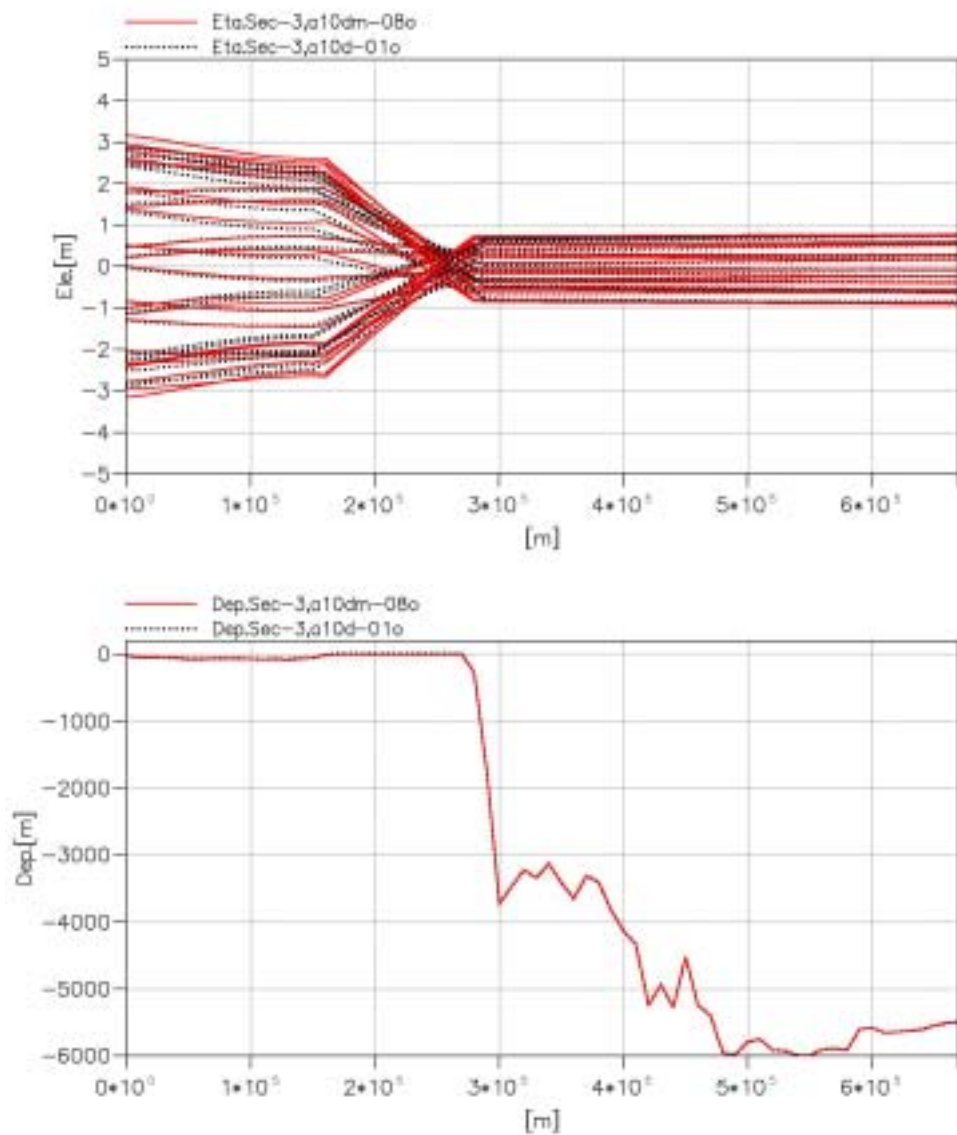


圖 3-43-3 東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

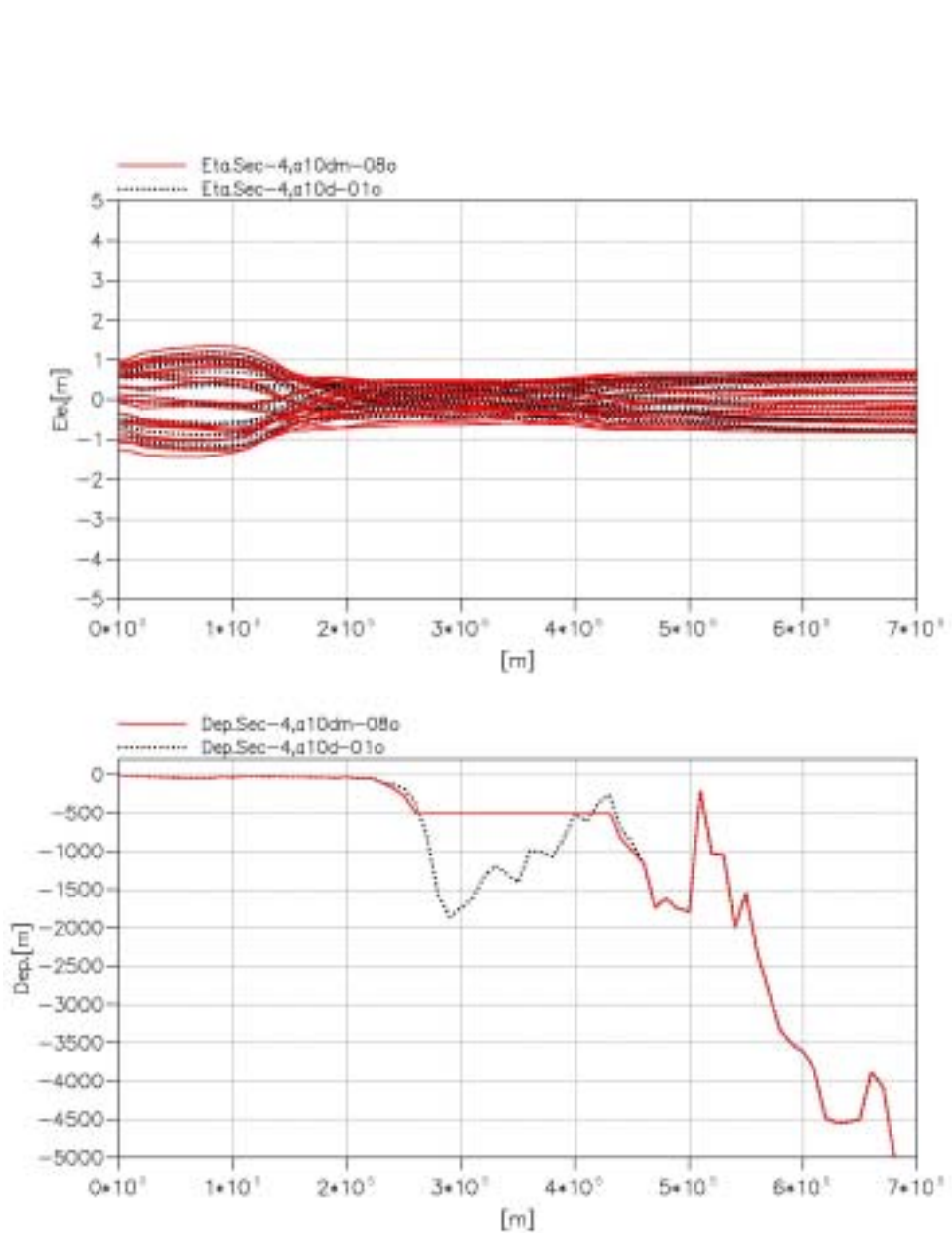


圖 3-43-4 東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較

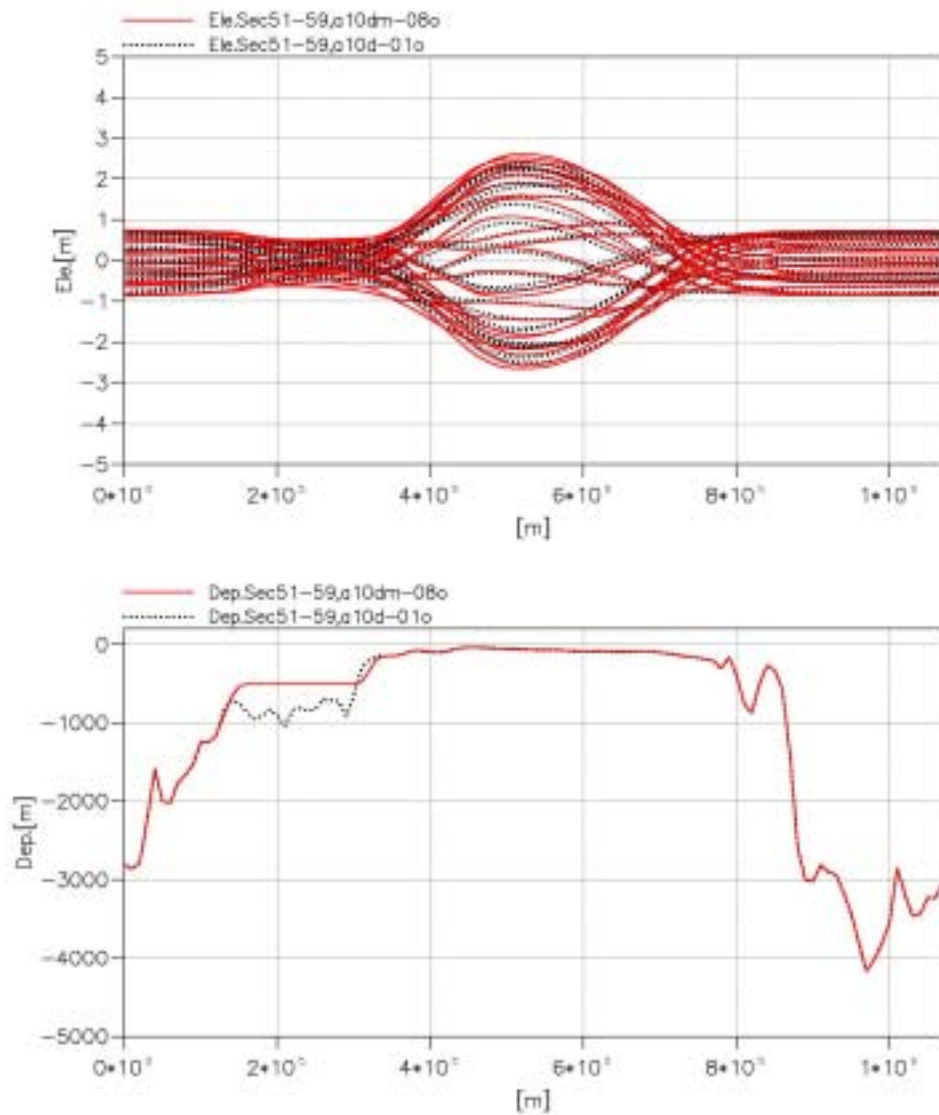


圖 3-43-5 東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

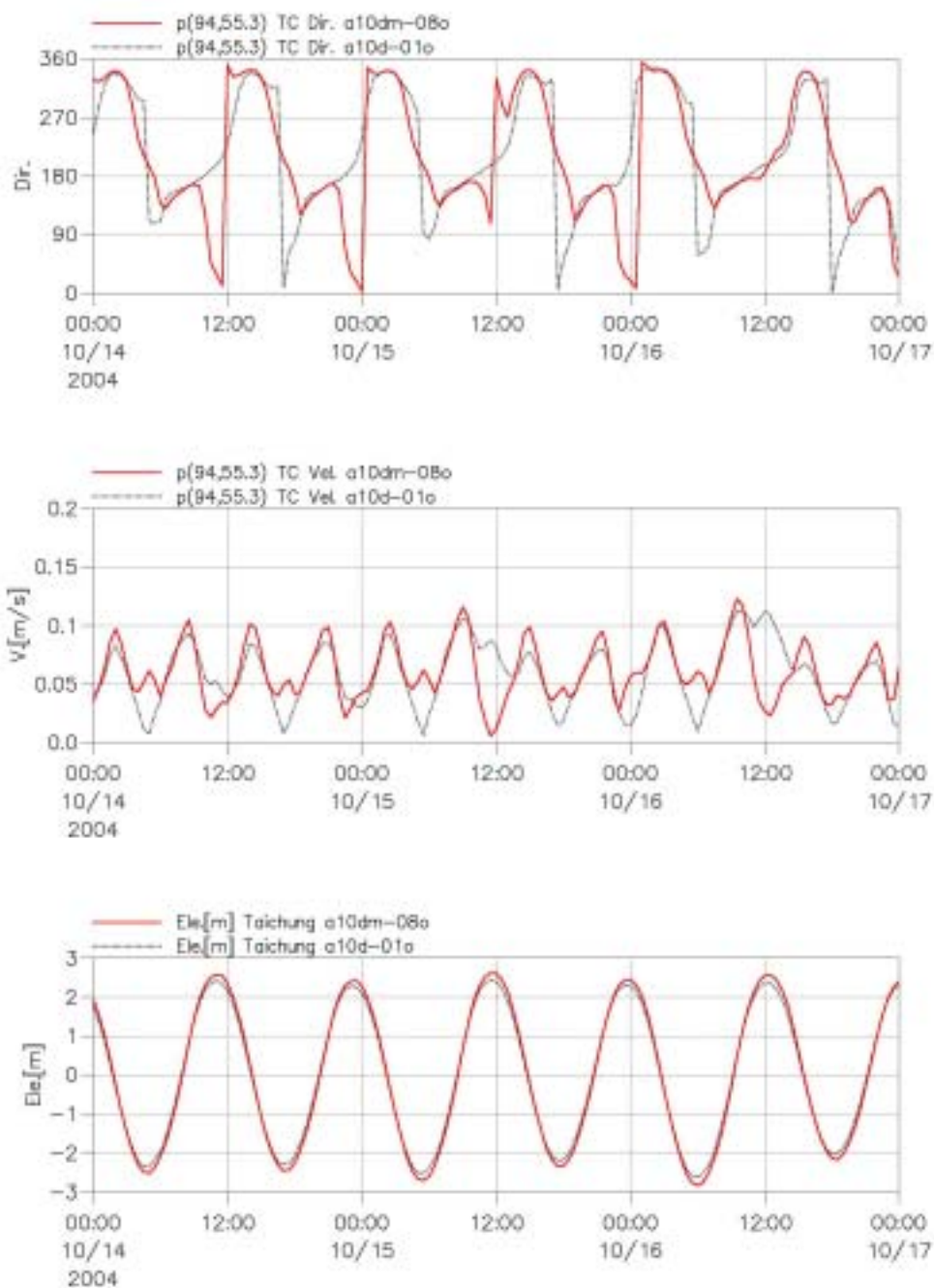


圖 3-44 東亞計算海域以水深 500 米擴展南海陸架寬度台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

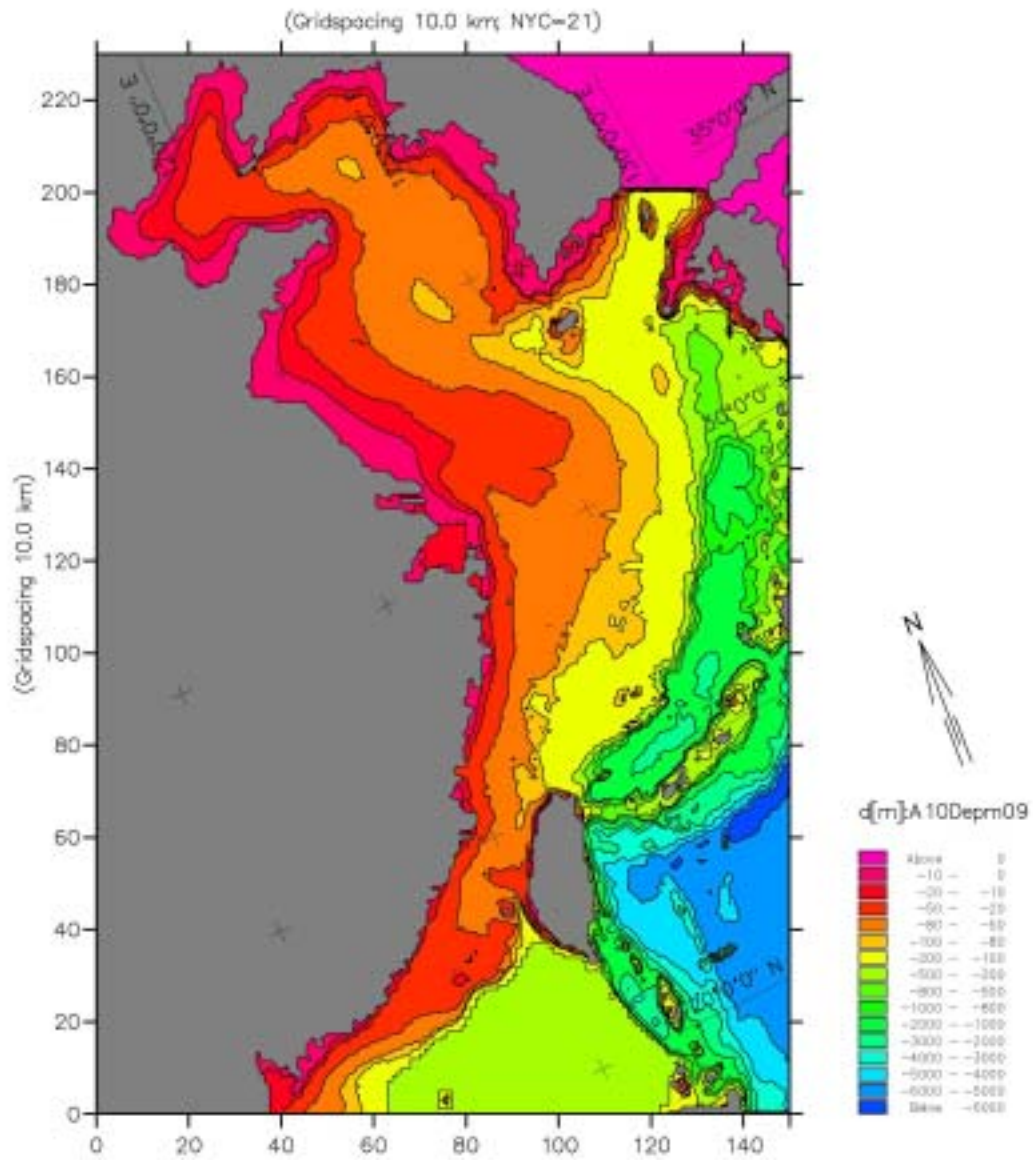


圖 3-45 東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度
之水深地形

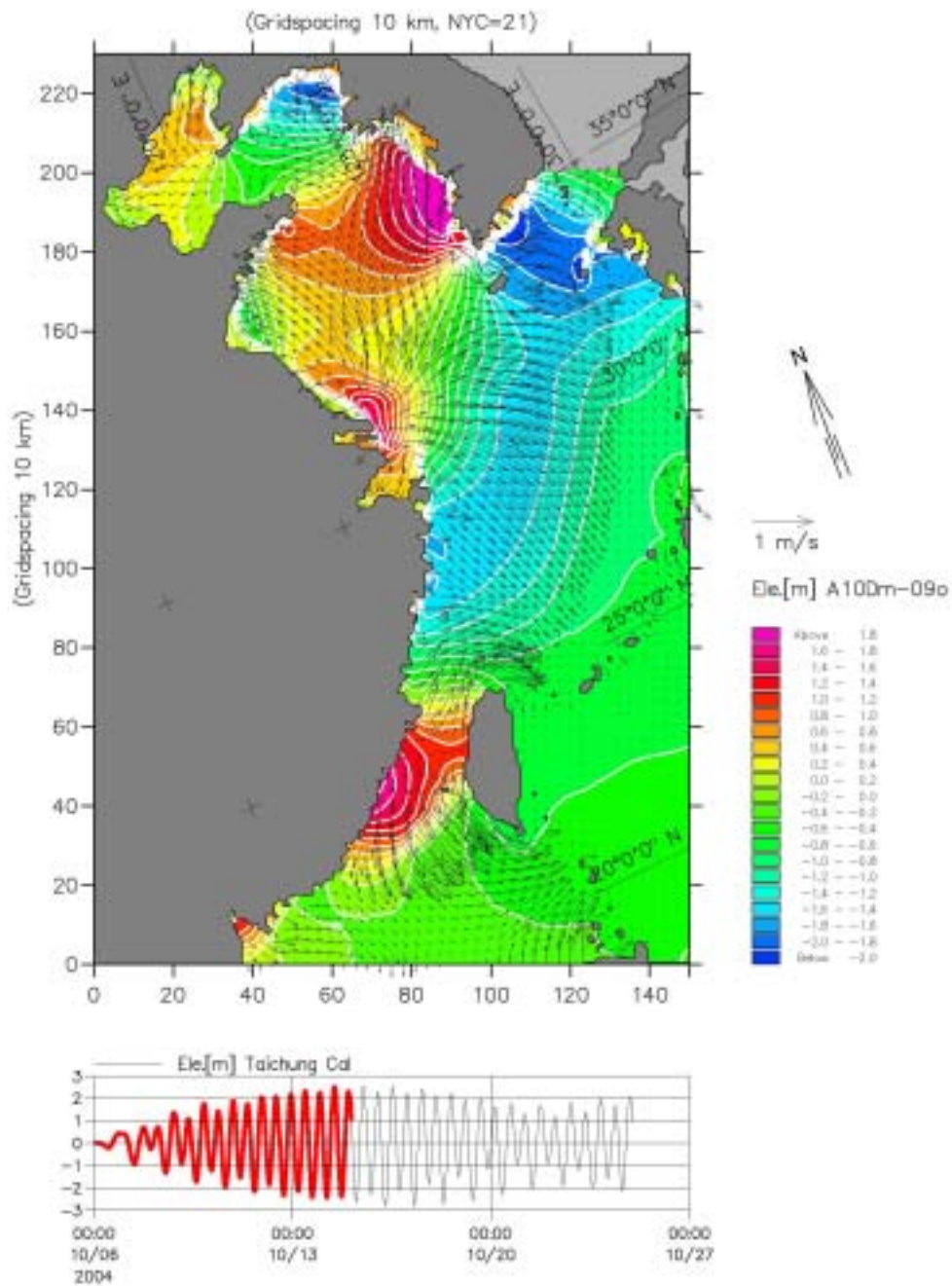


圖 3-46-1 東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

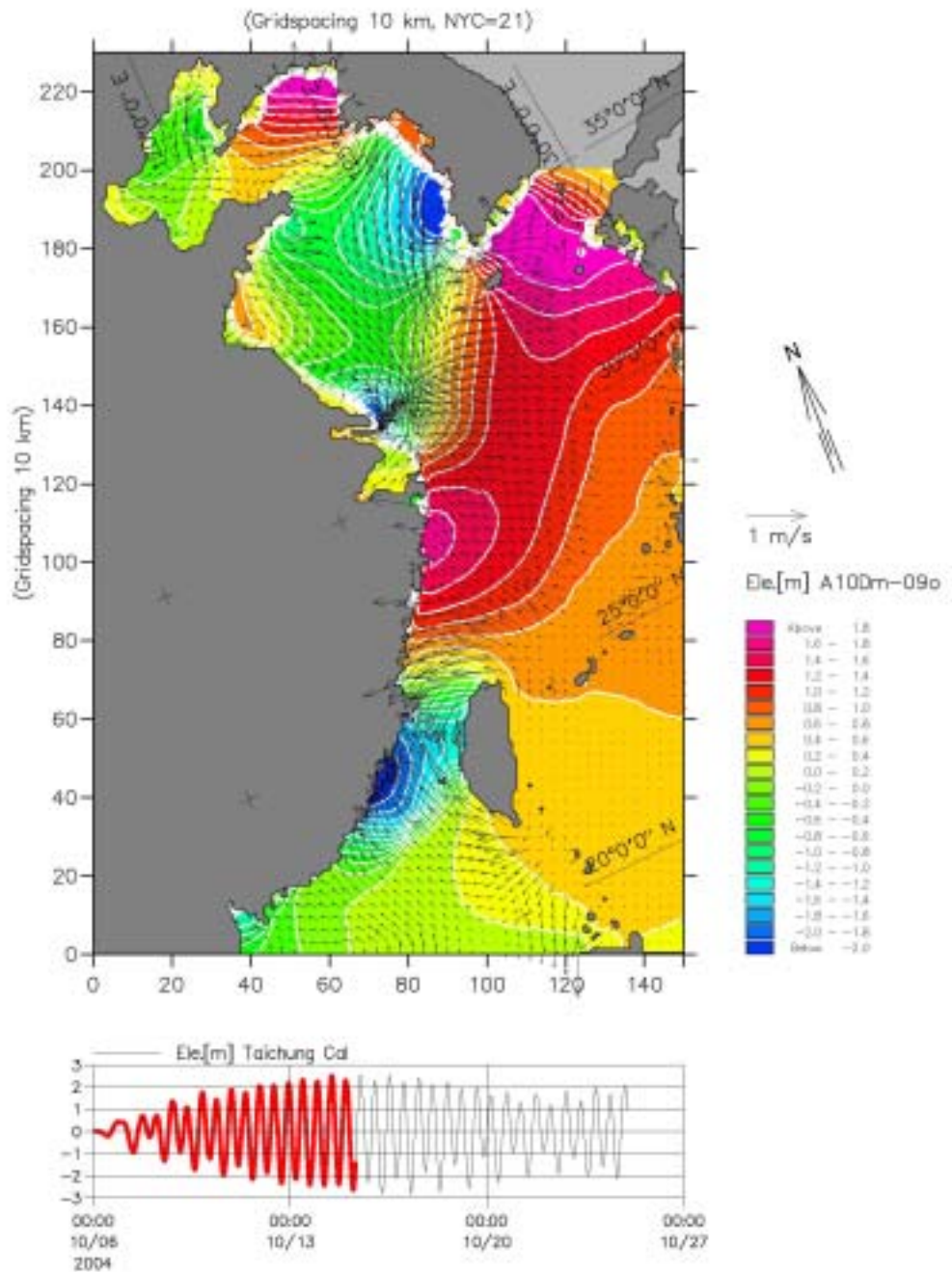


圖 3-46-2 東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

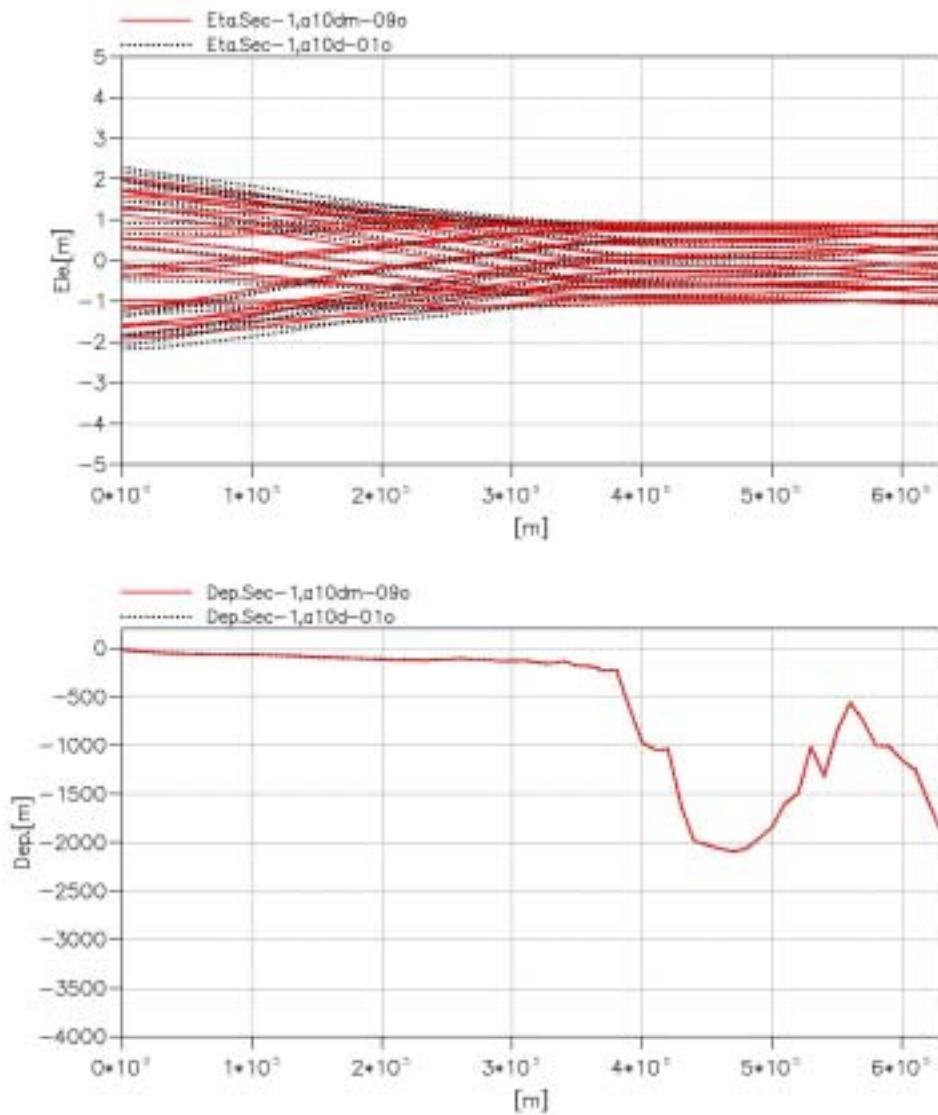


圖 3-47-1 東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

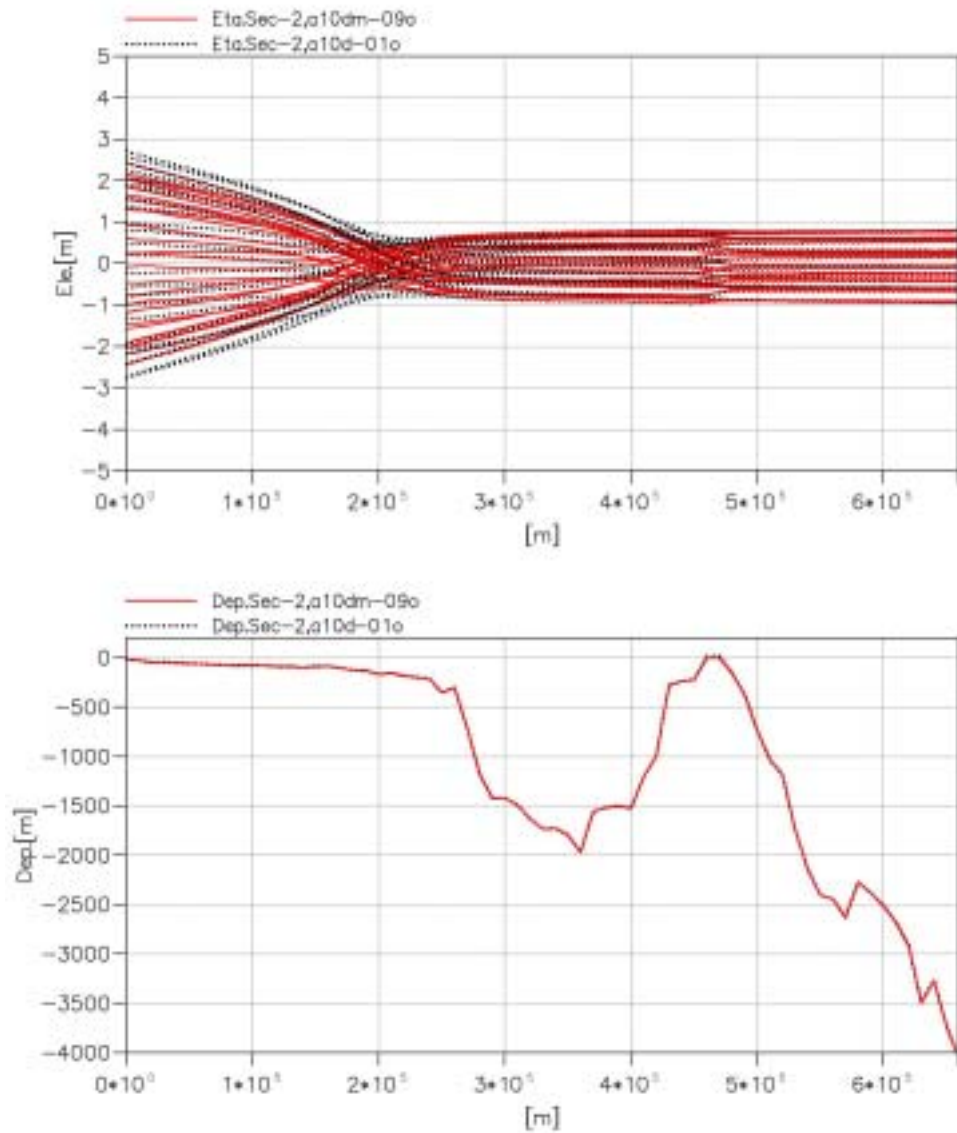


圖 3-47-2 東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

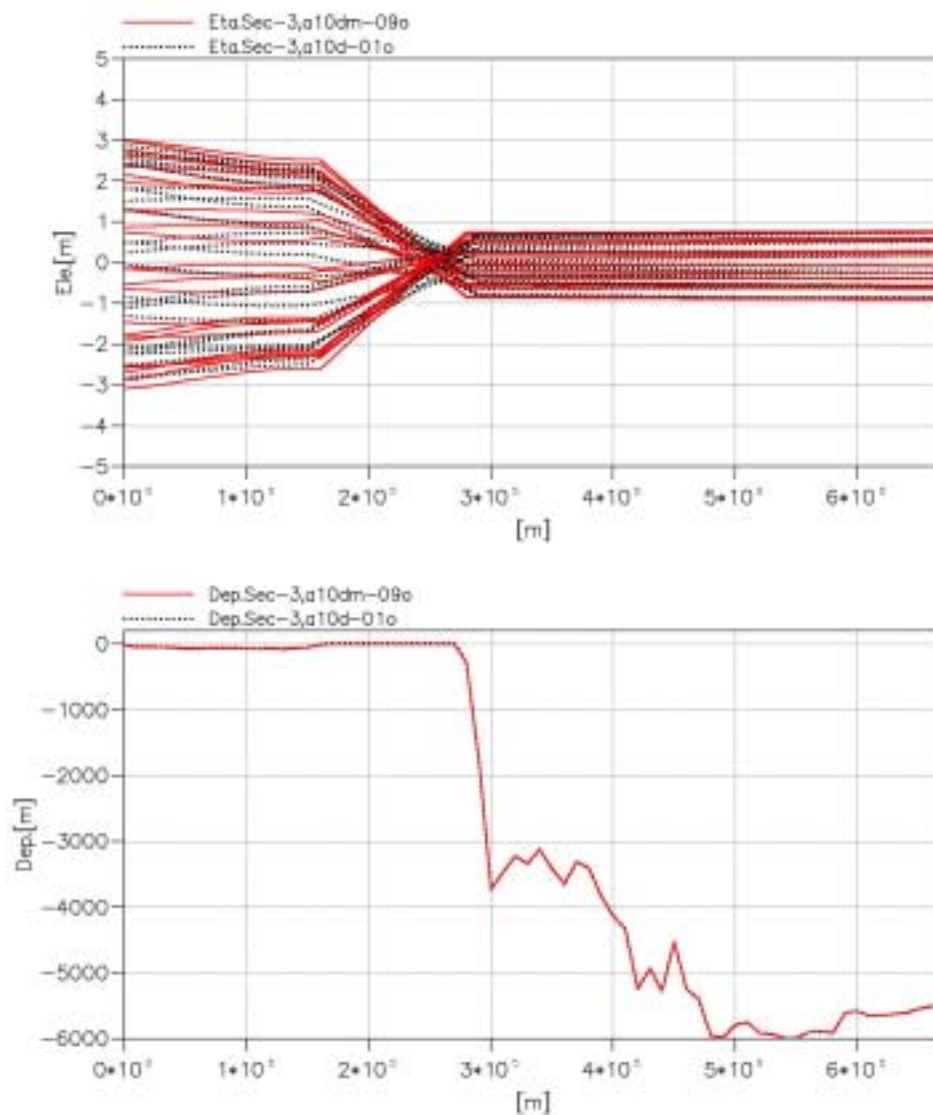


圖 3-47-3 東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

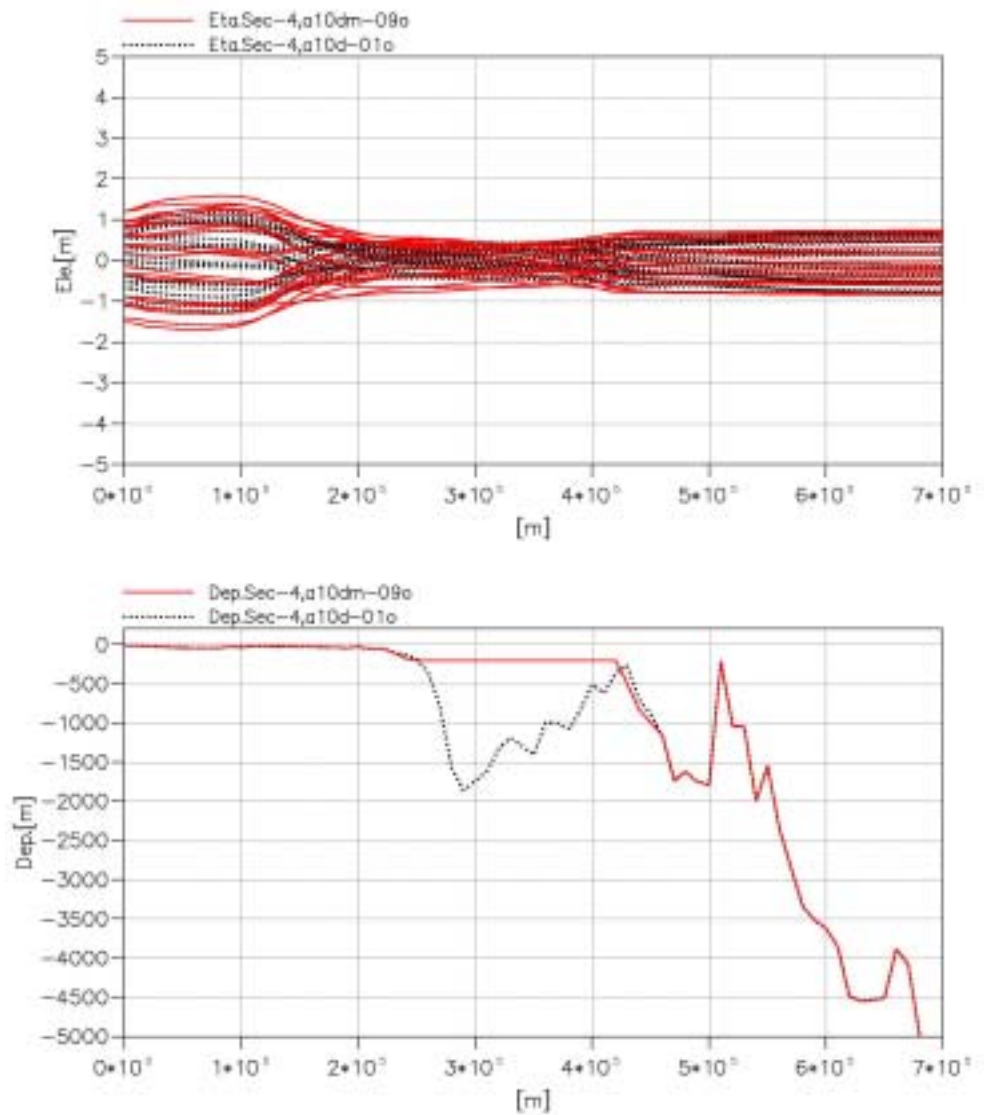


圖 3-47-4 東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較

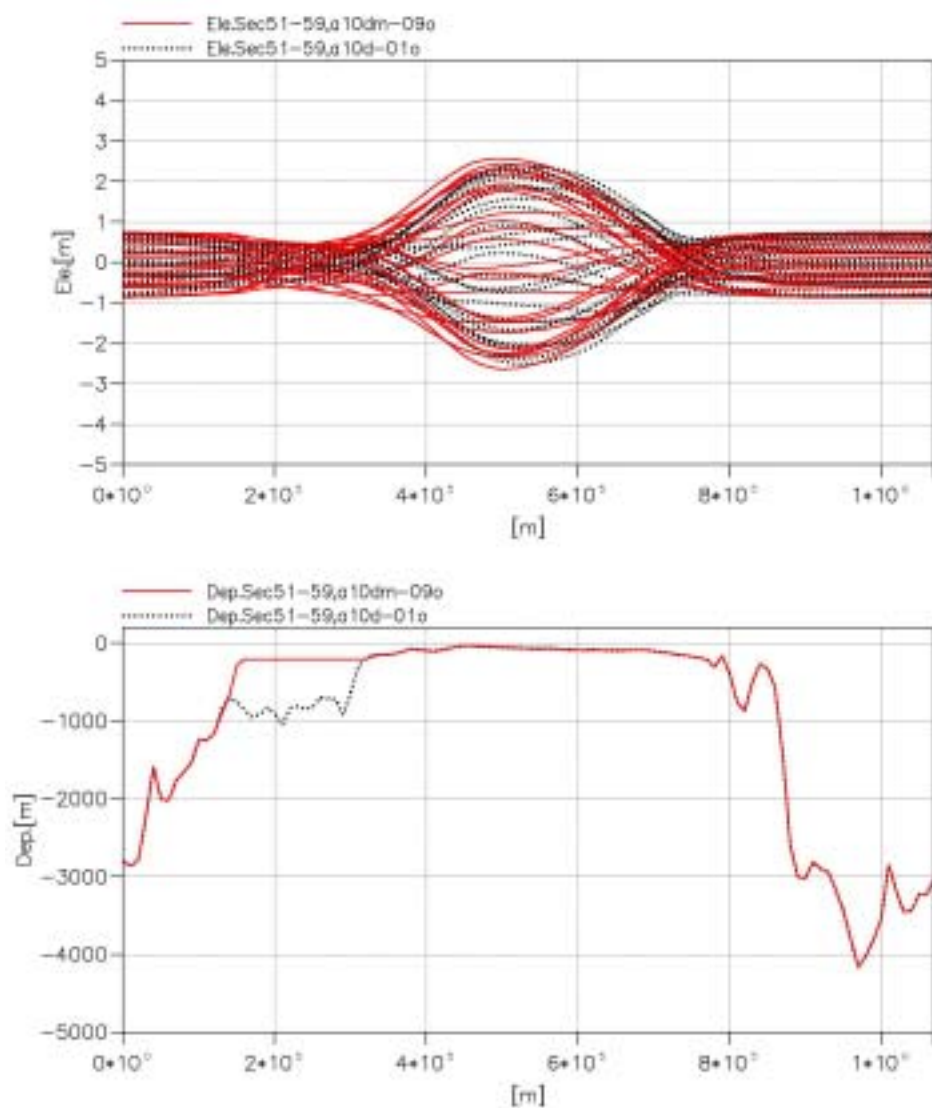


圖 3-47-5 東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

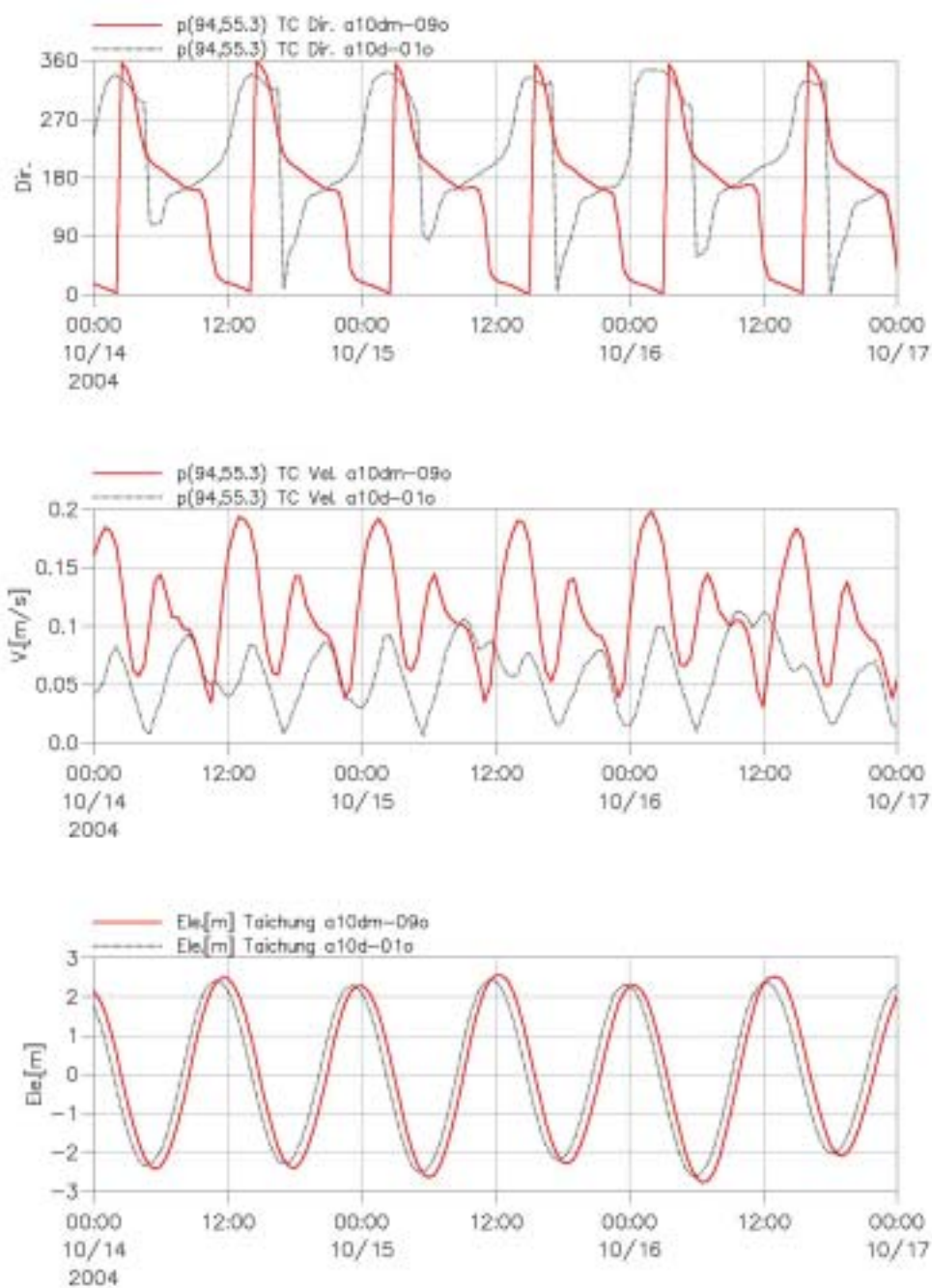


圖 3-48 東亞計算海域以水深 200 米擴展南海陸架寬度台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

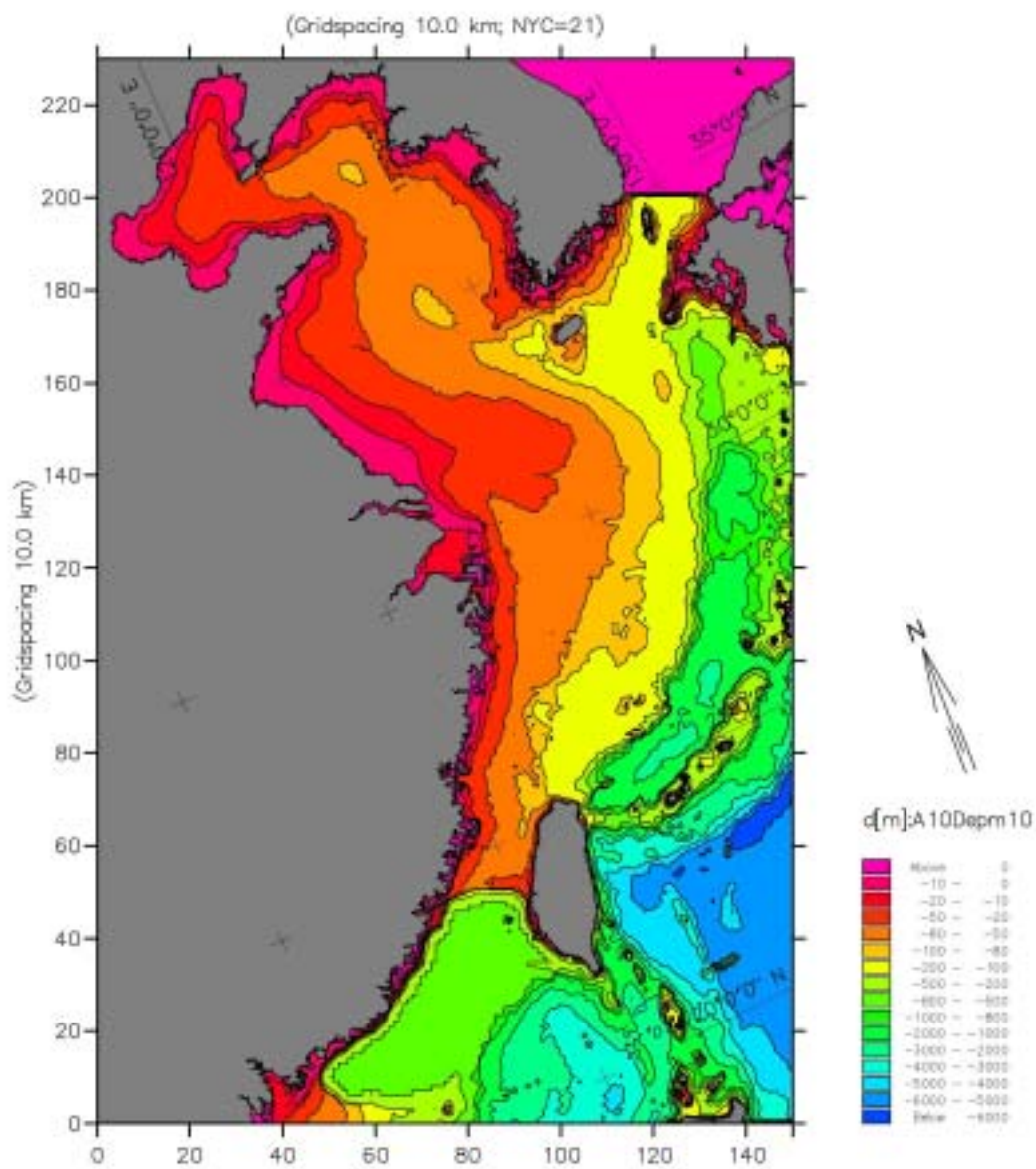


圖 3-49 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度之水深地形

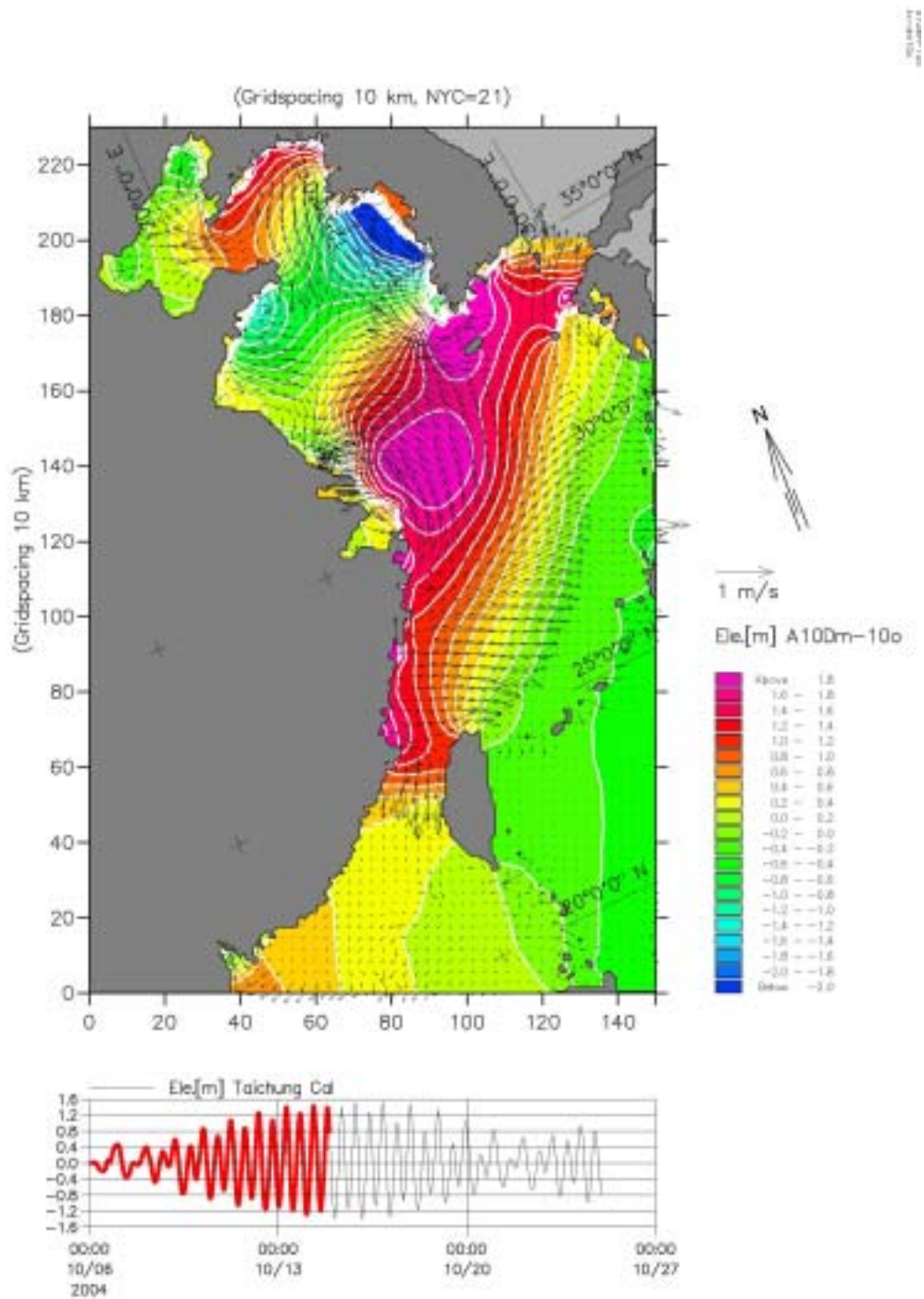


圖 3-50-1 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

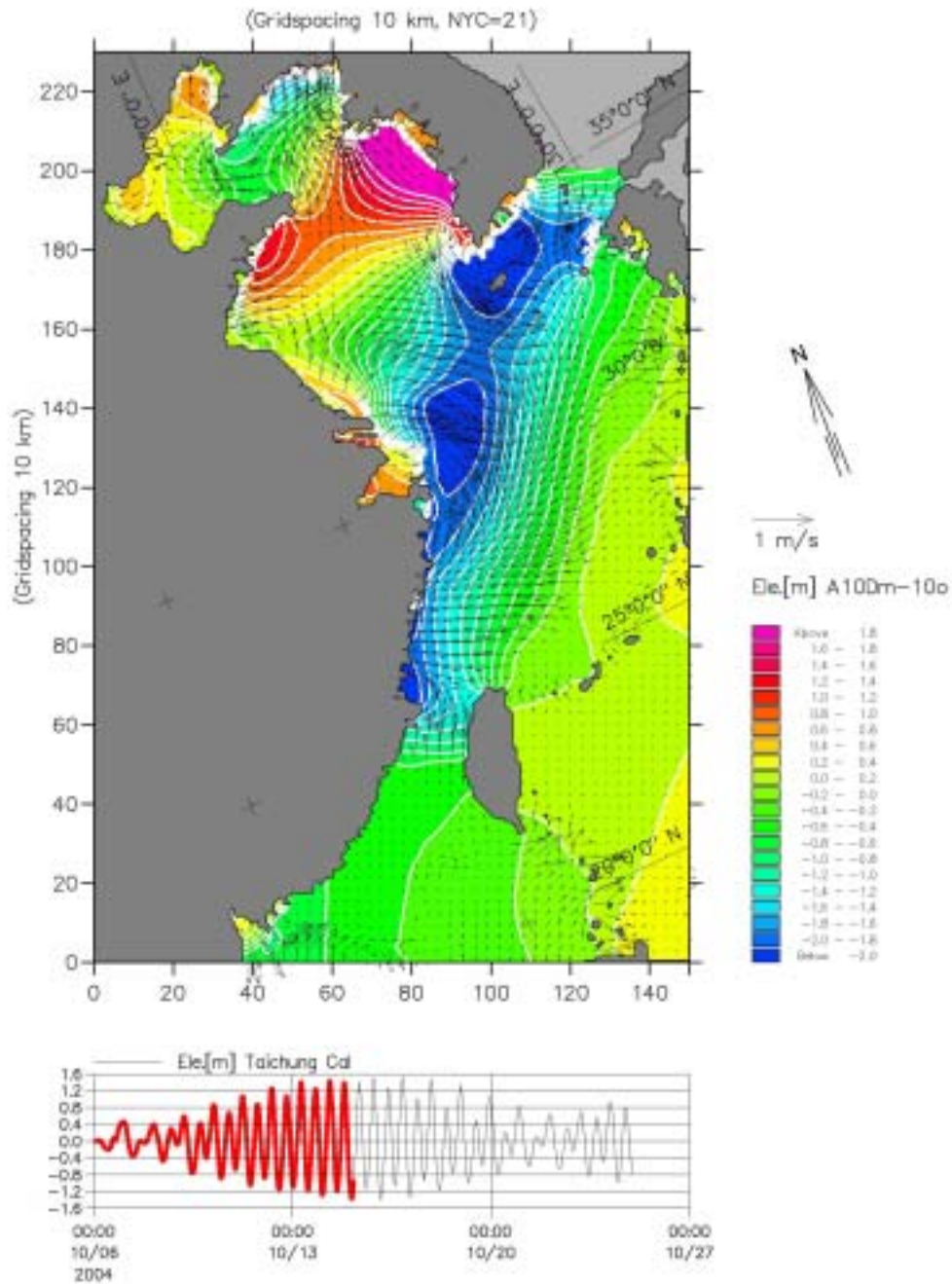


圖 3-50-2 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

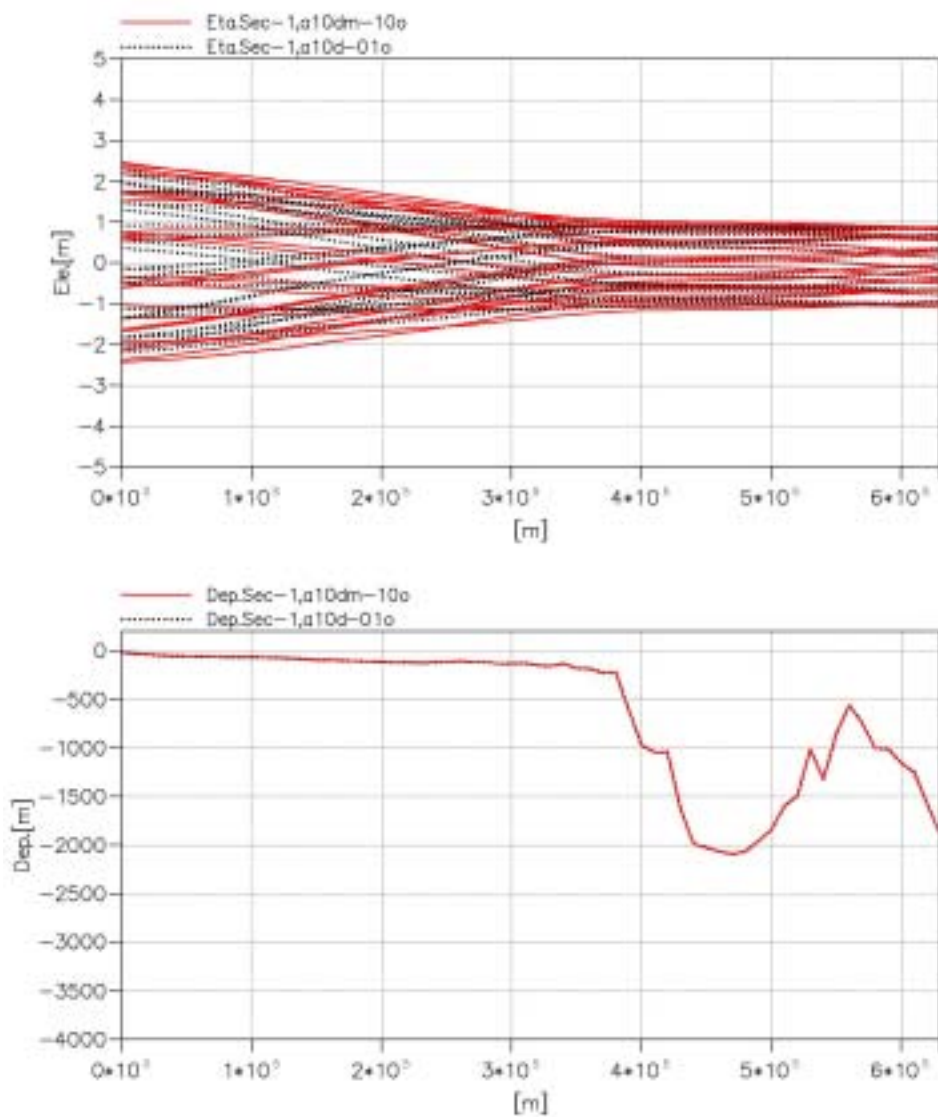


圖 3-51-1 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

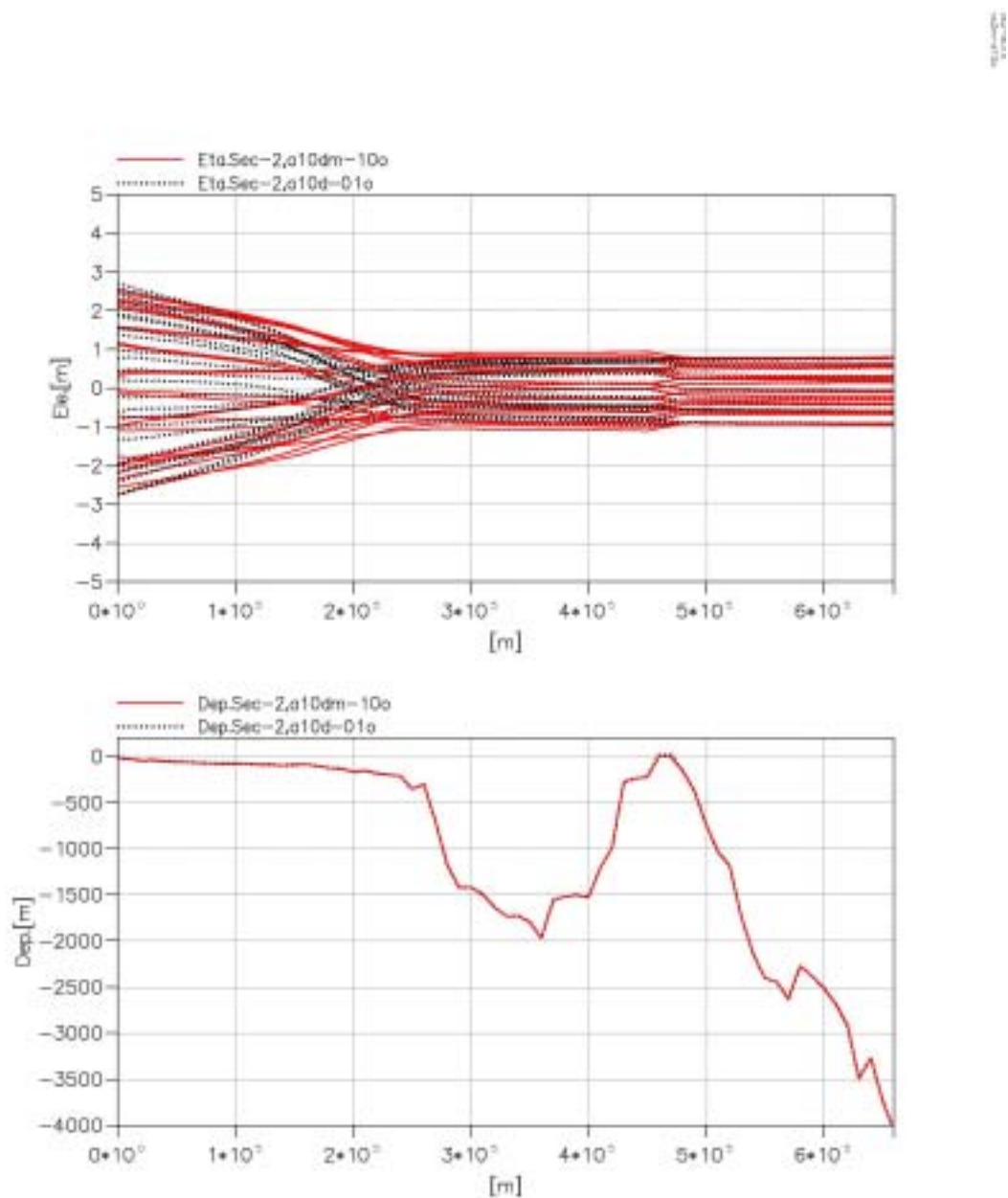


圖 3-51-2 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

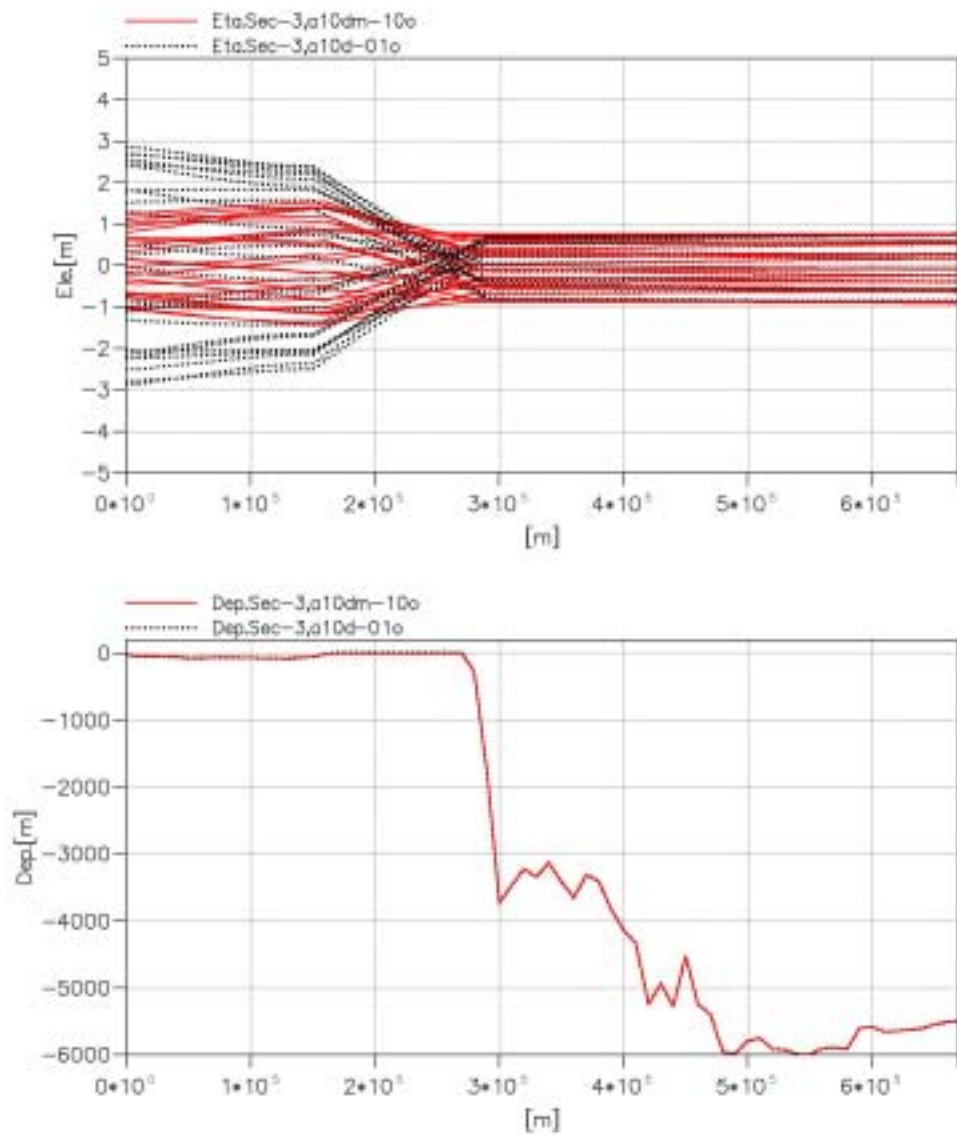


圖 3-51-3 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

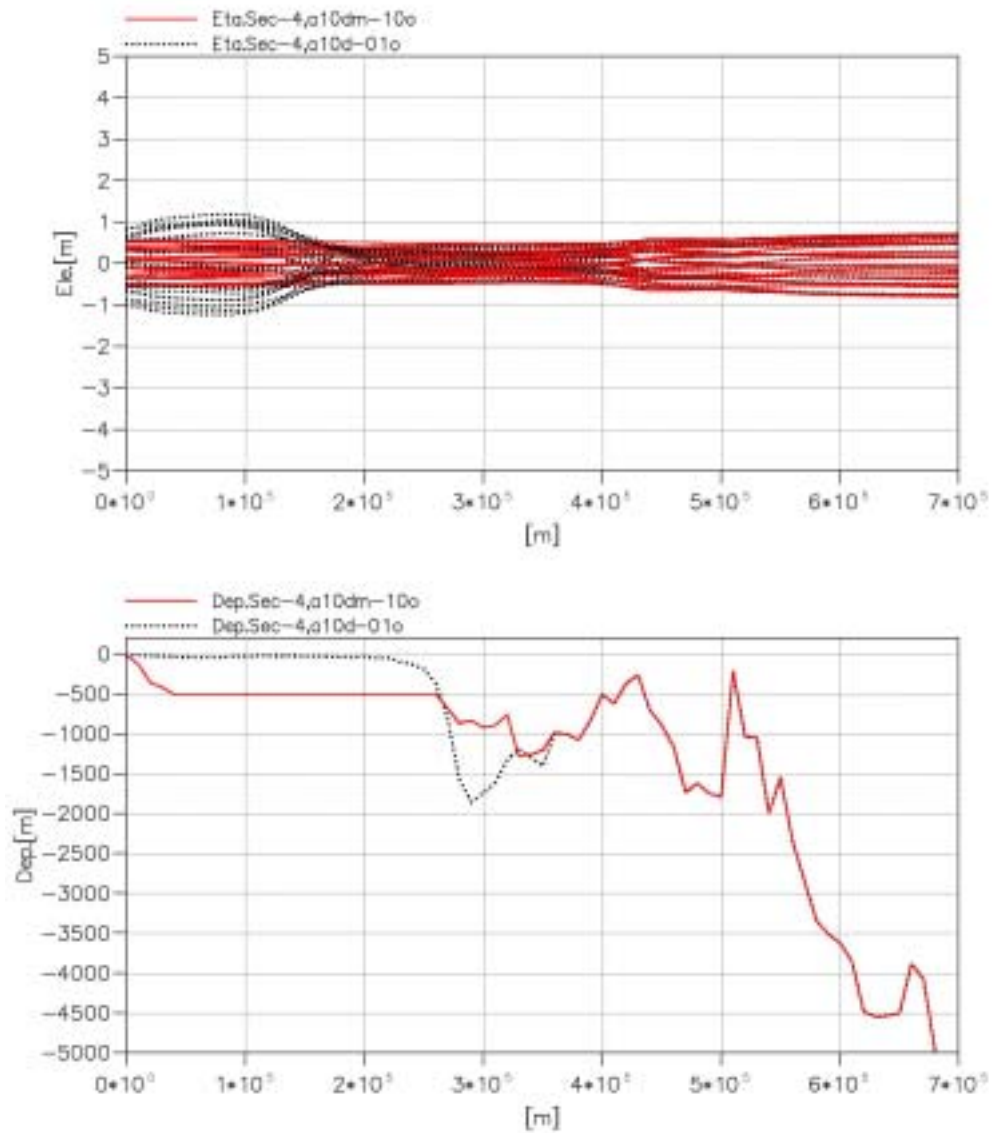


圖 3-51-4 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較

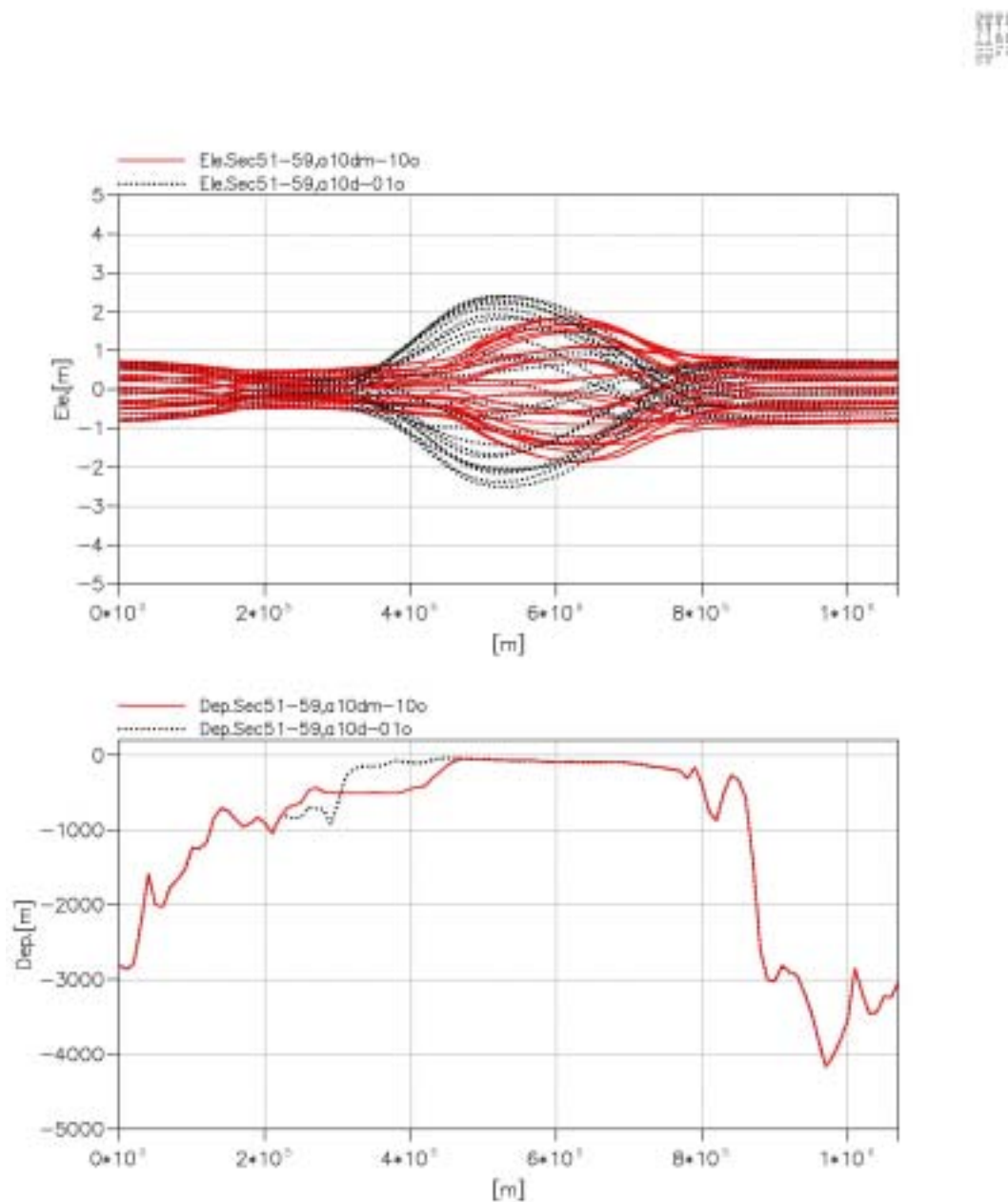


圖 3-51-5 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

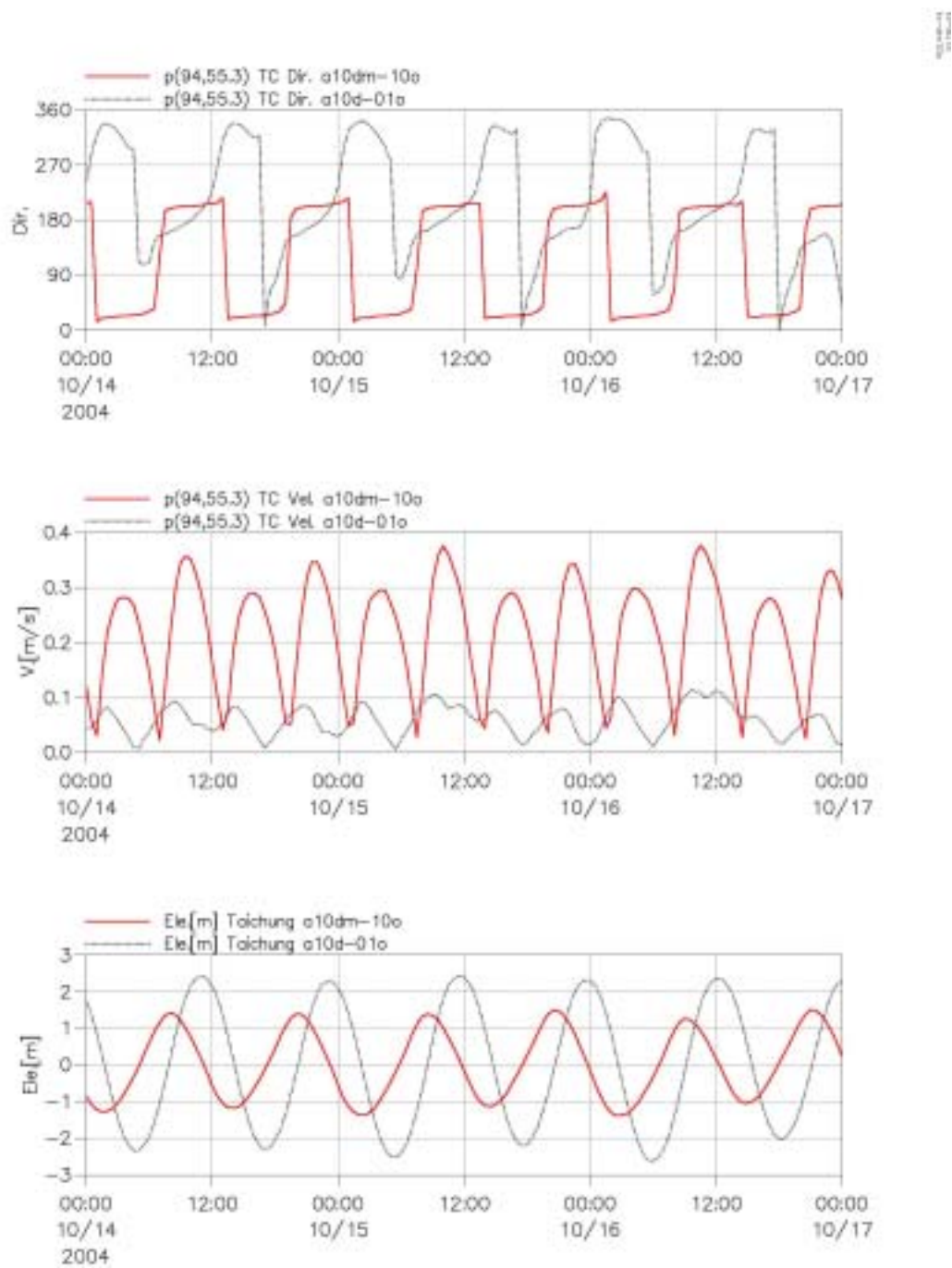


圖 3-52 東亞計算海域以水深 500 米深化並縮減南海陸架寬度台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

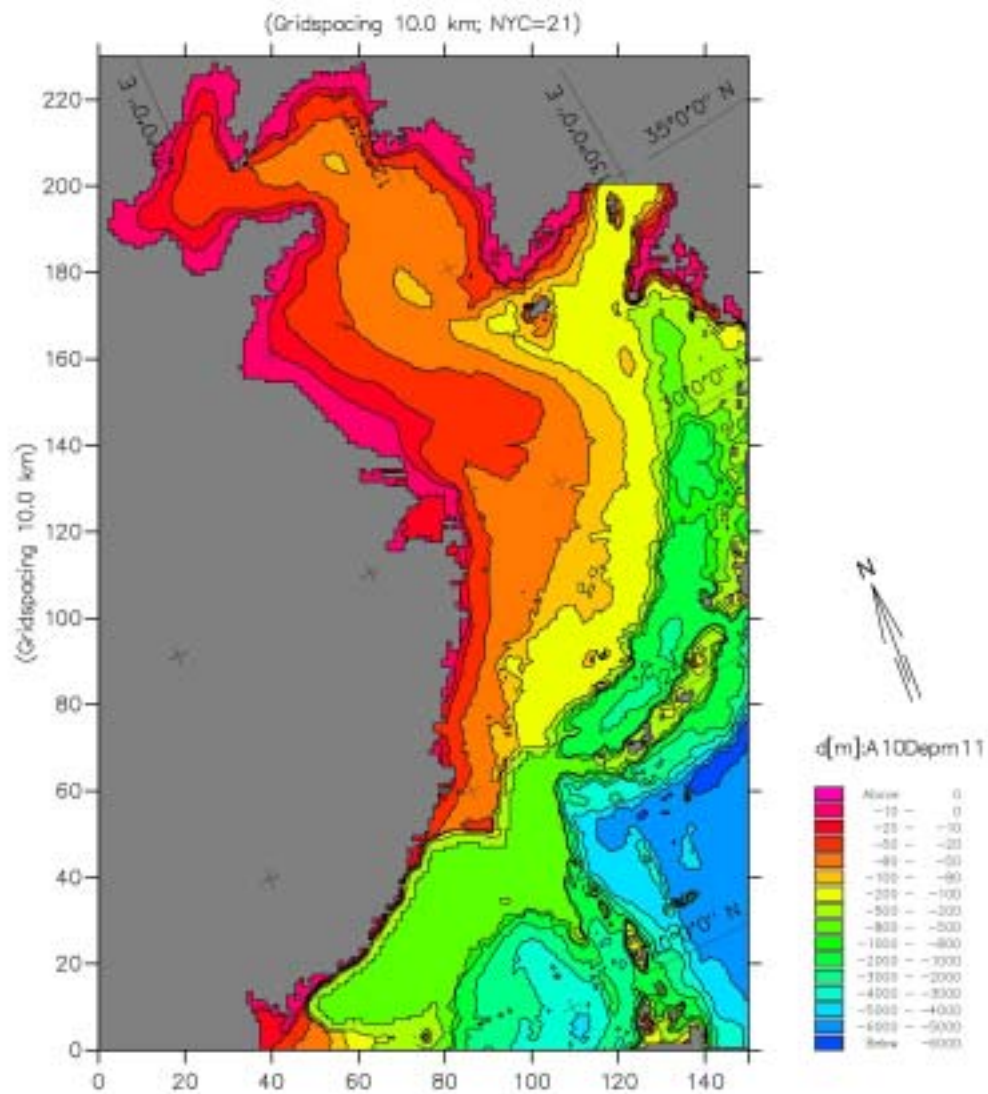


圖 3-53 東亞計算海域單純東海陸架地形影響之水深地形

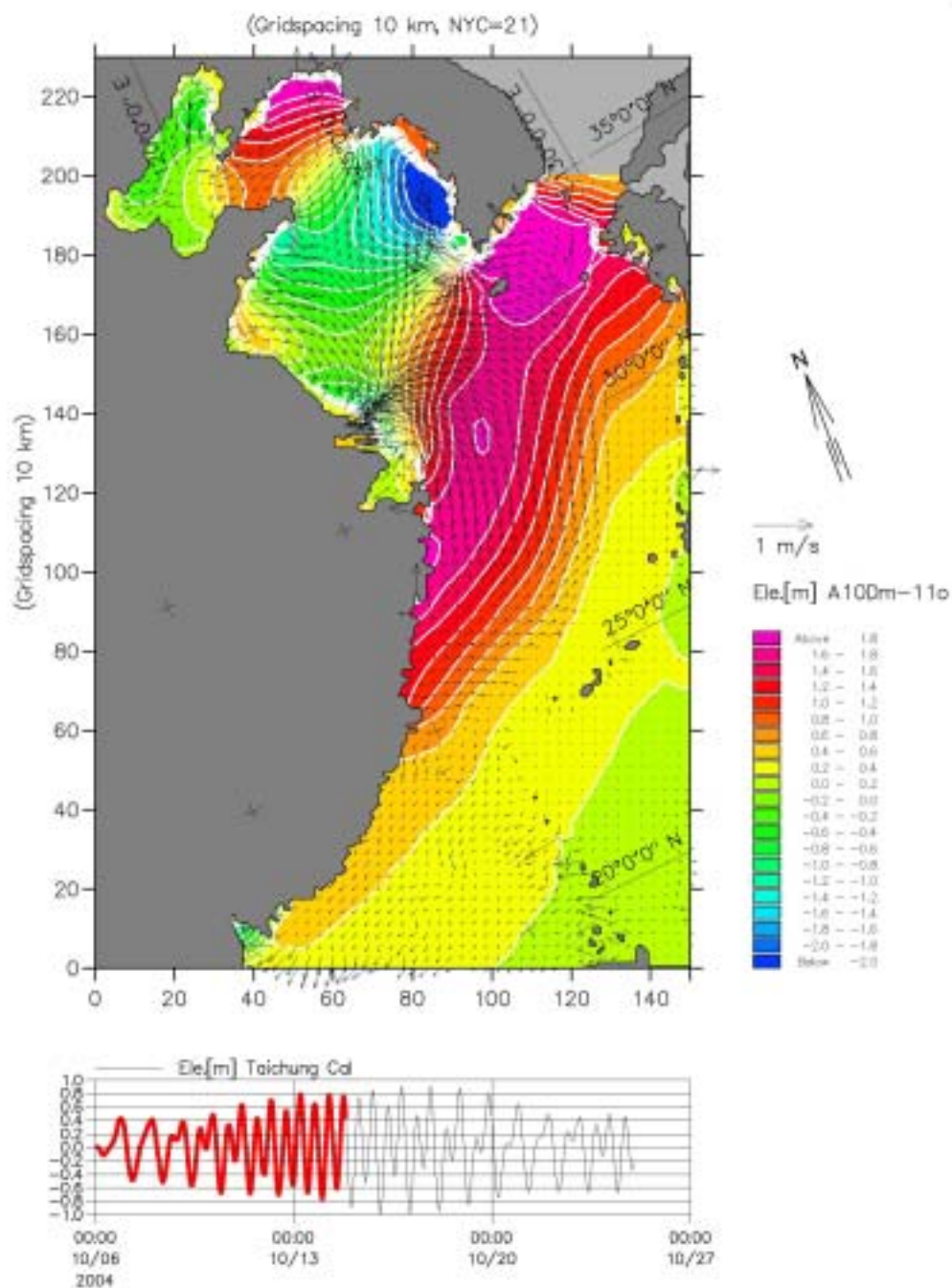


圖 3-54-1 東亞計算海域單純東海陸架地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

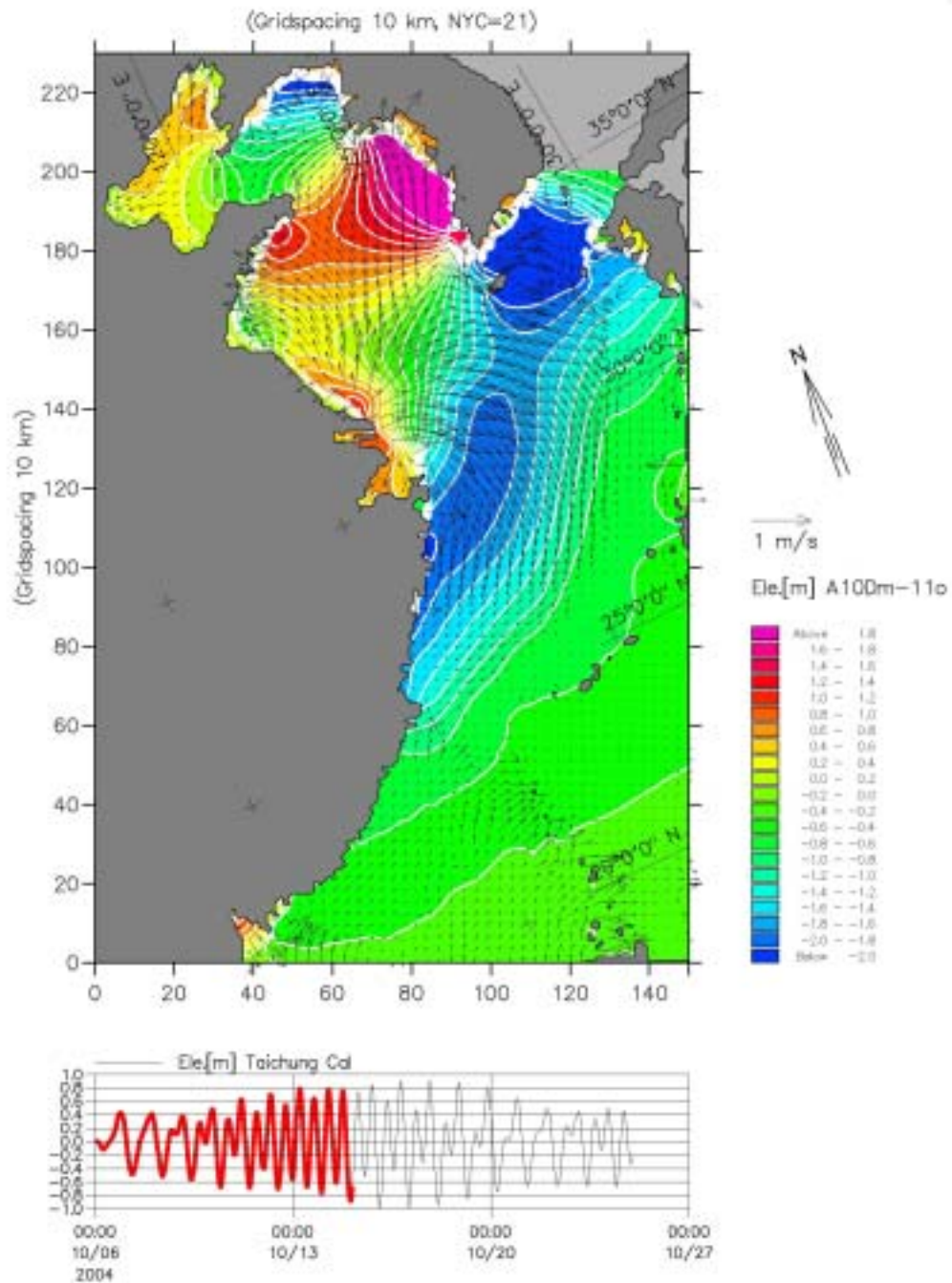


圖 3-54-2 東亞計算海域單純東海陸架地形影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

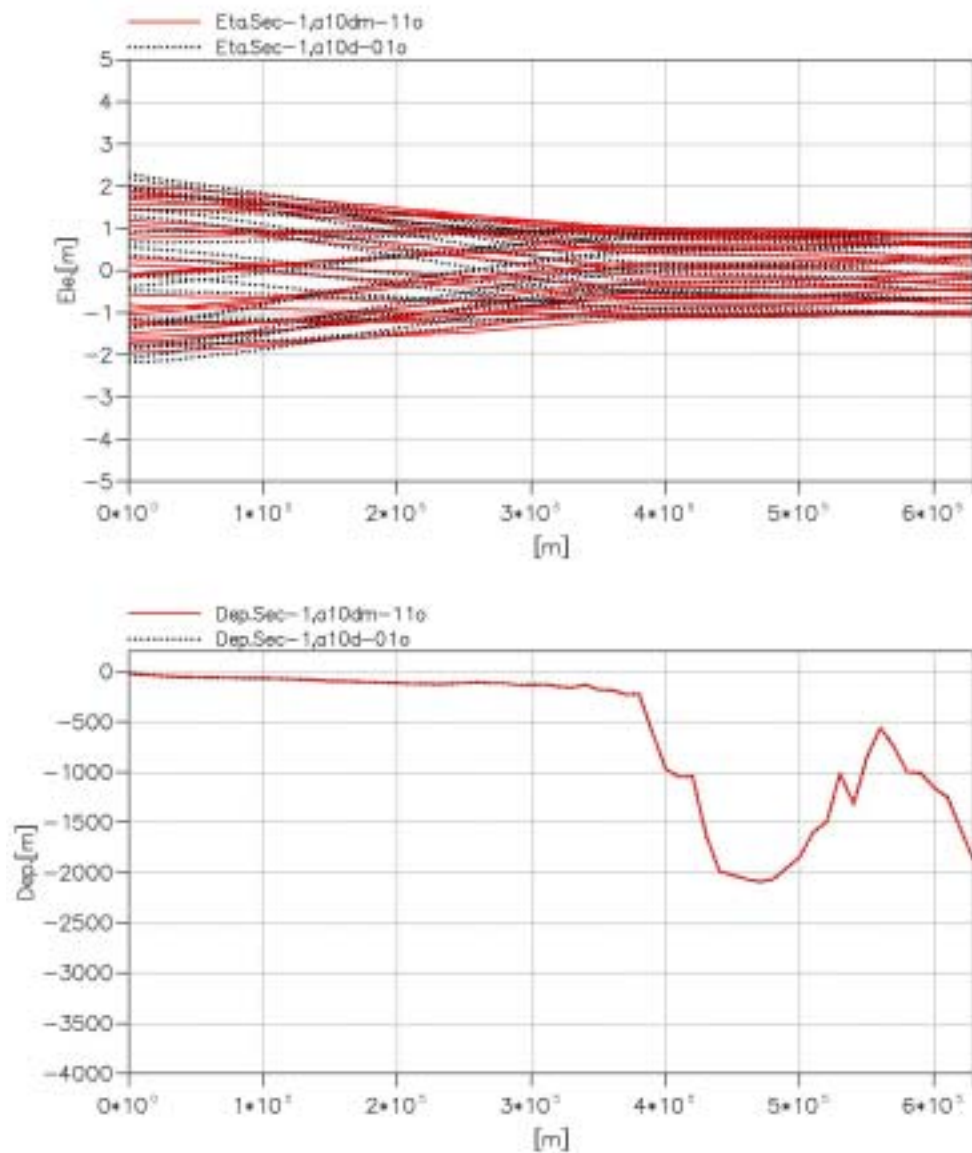


圖 3-55-1 東亞計算海域單純東海陸架地形影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

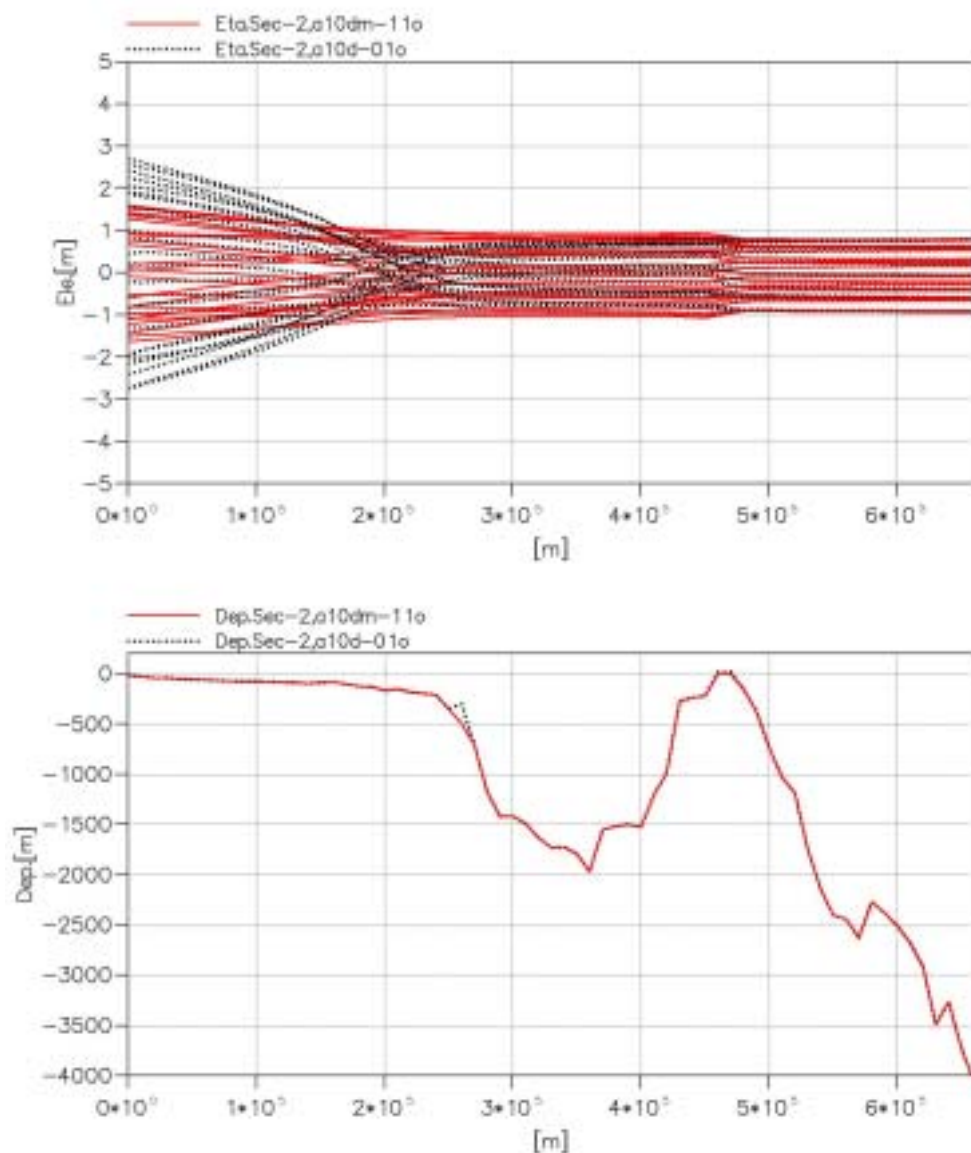


圖 3-55-2 東亞計算海域單純東海陸架地形影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

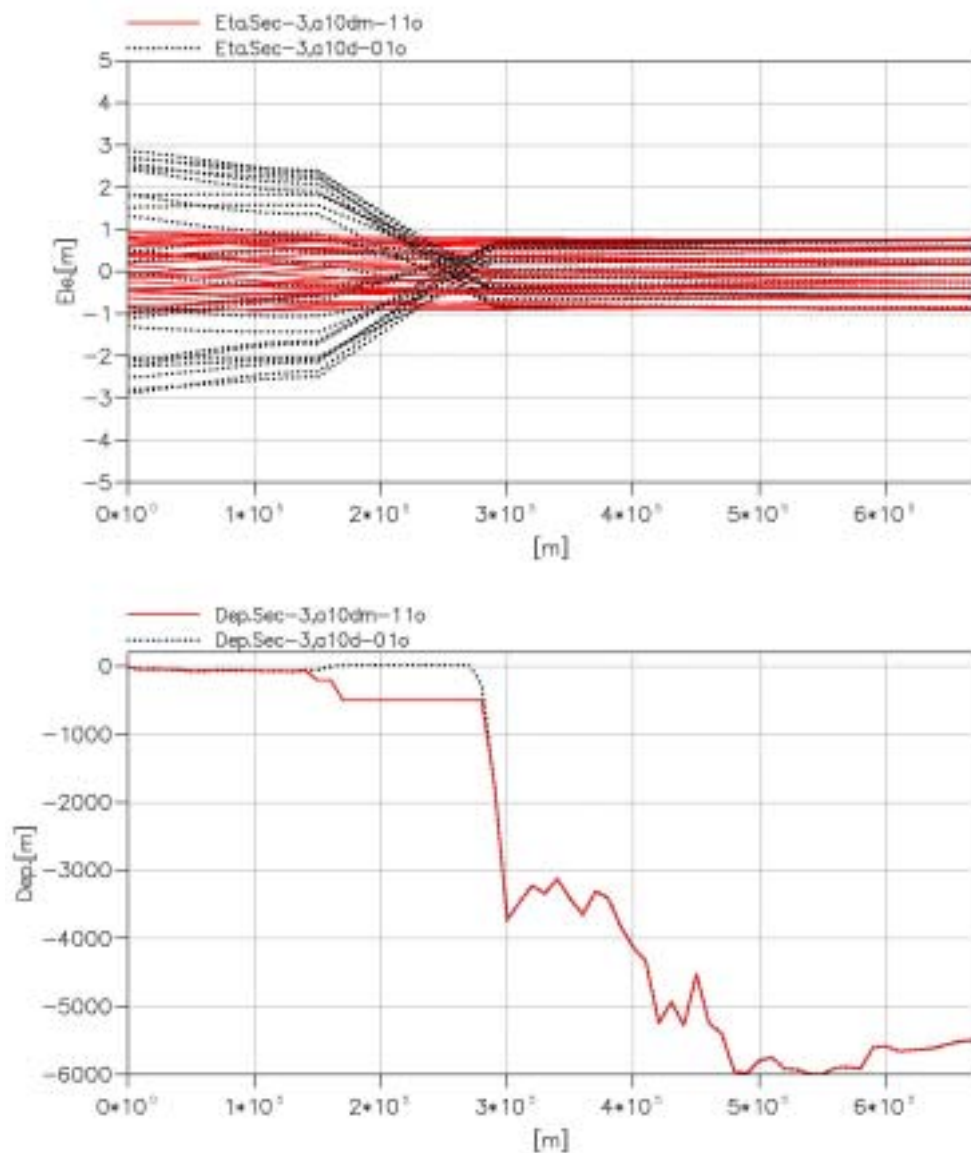


圖 3-55-3 東亞計算海域單純東海陸架地形影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

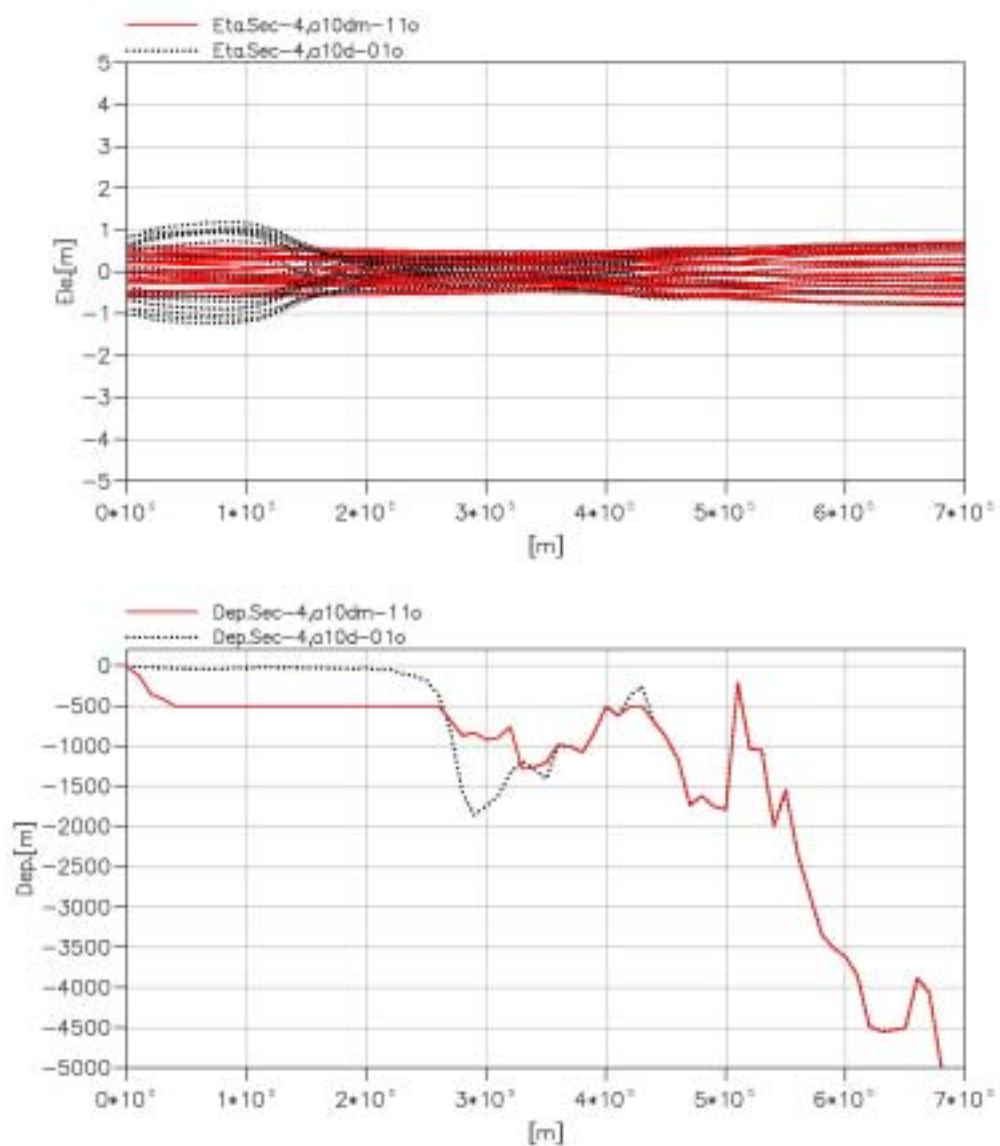


圖 3-55-4 東亞計算海域單純東海陸架地形影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較

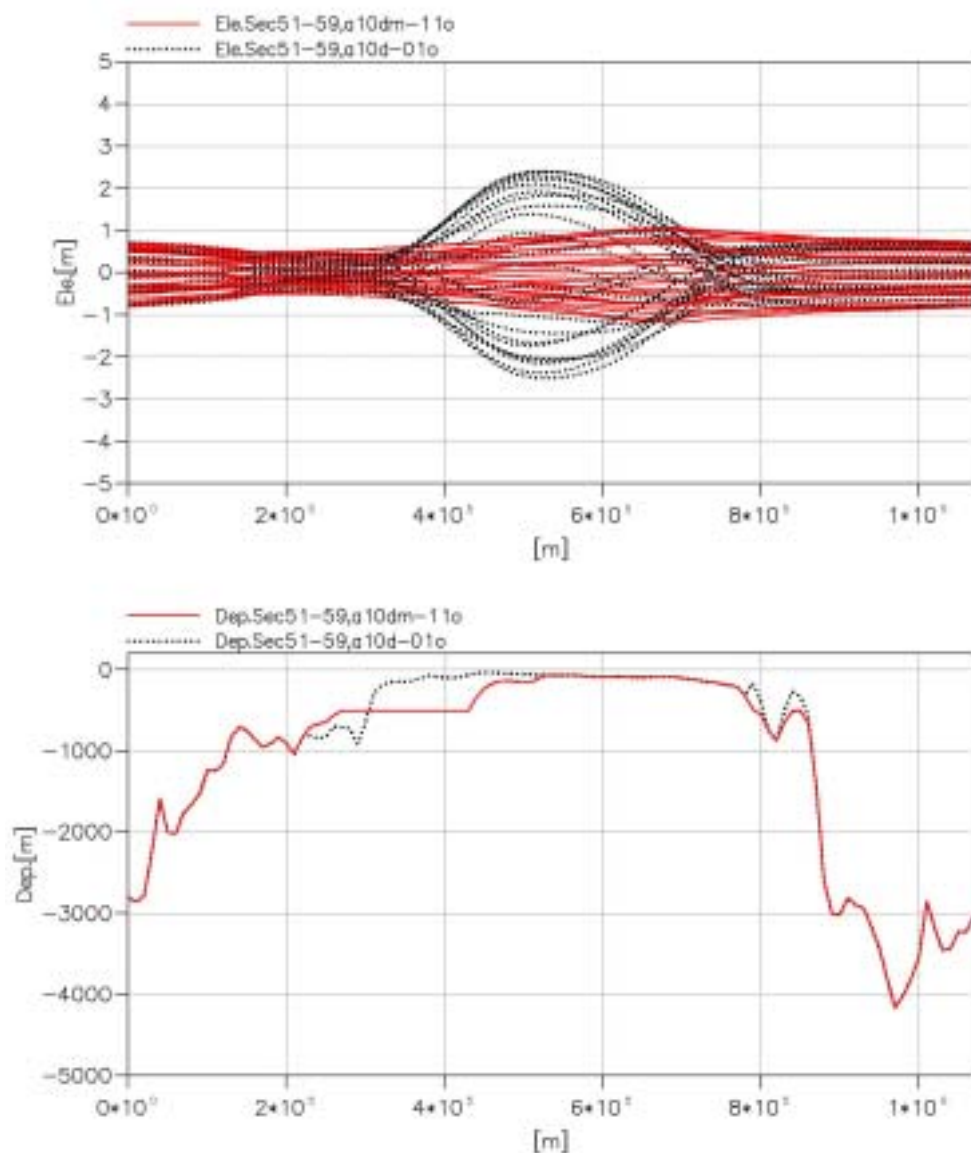


圖 3-55-5 東亞計算海域單純東海陸架地形影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

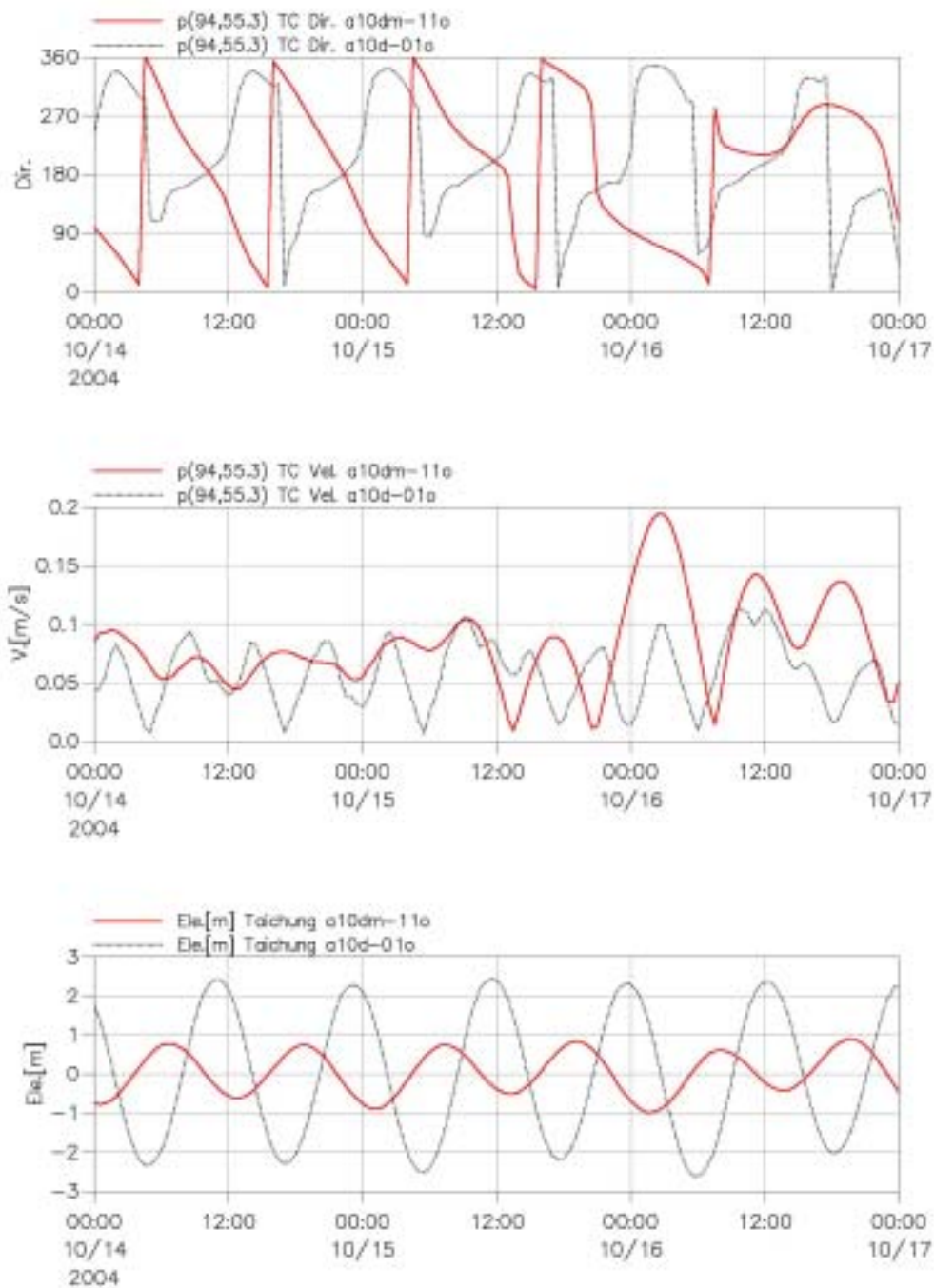


圖 3-56 東亞計算海域單純東海陸架地形影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

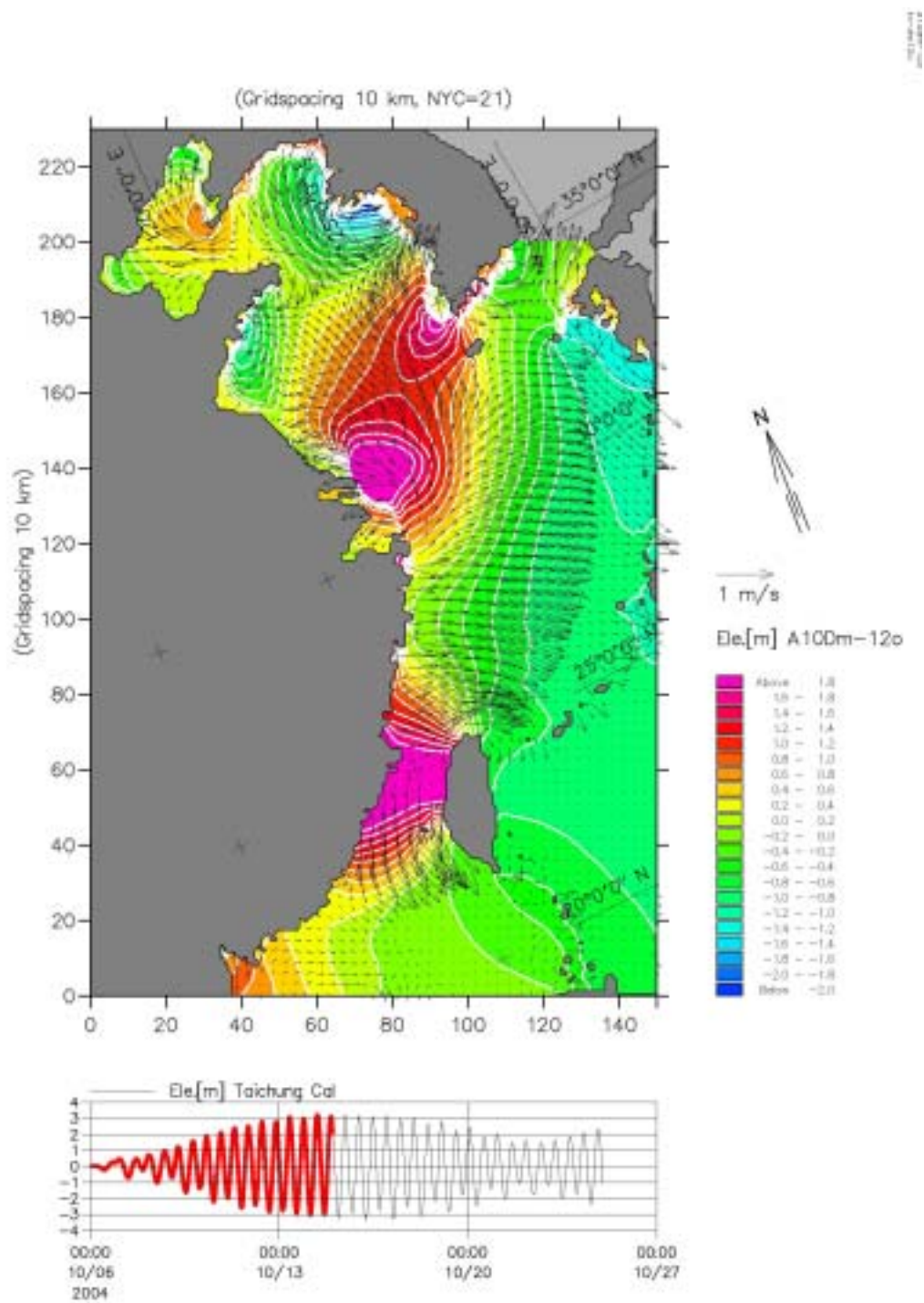


圖 3-58-1 東亞計算海域臺灣海峽水深均一化之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

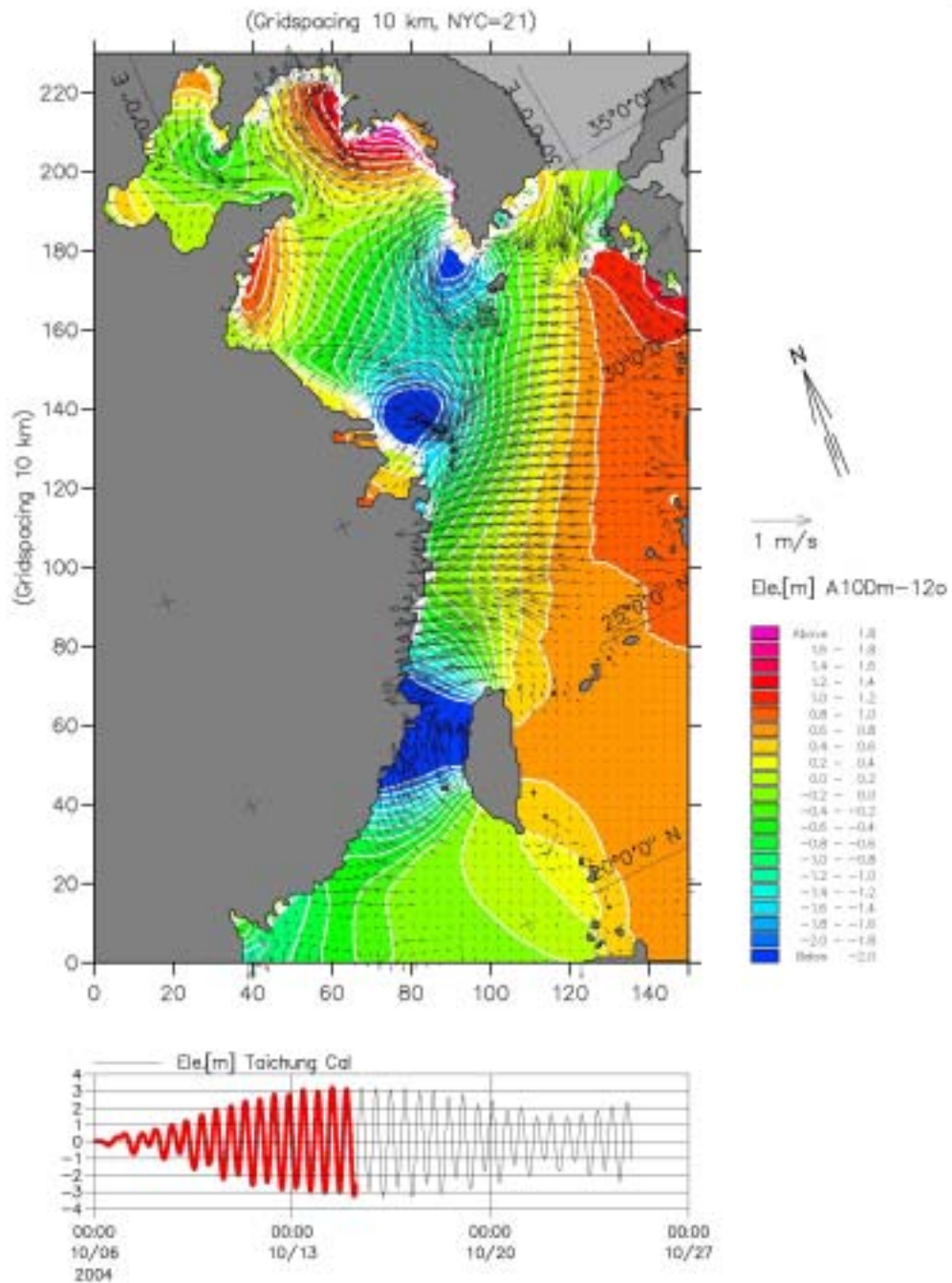


圖 3-58-2 東亞計算海域臺灣海峽水深均一化之全平面性等
潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後
2 小時。

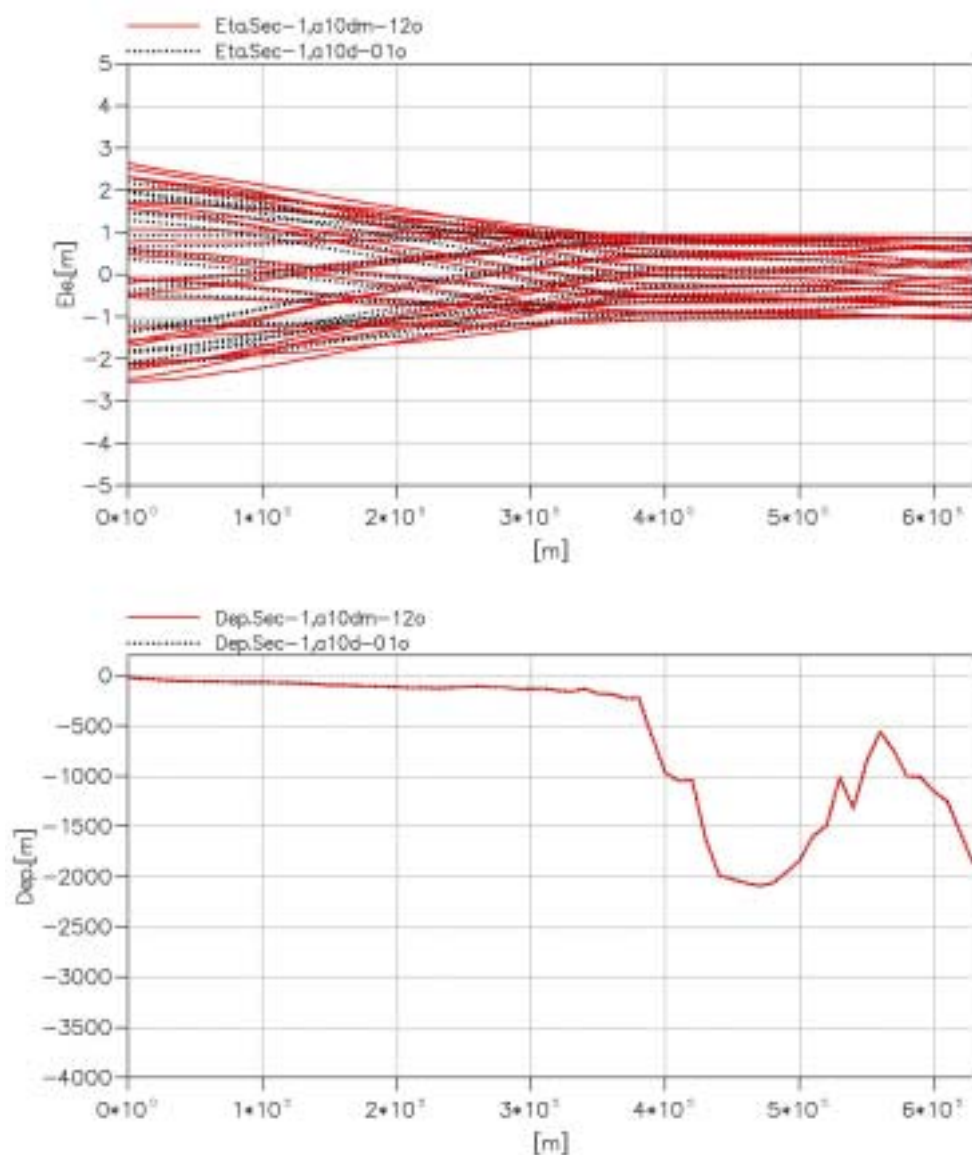


圖 3-59-1 東亞計算海域臺灣海峽水深均一化第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

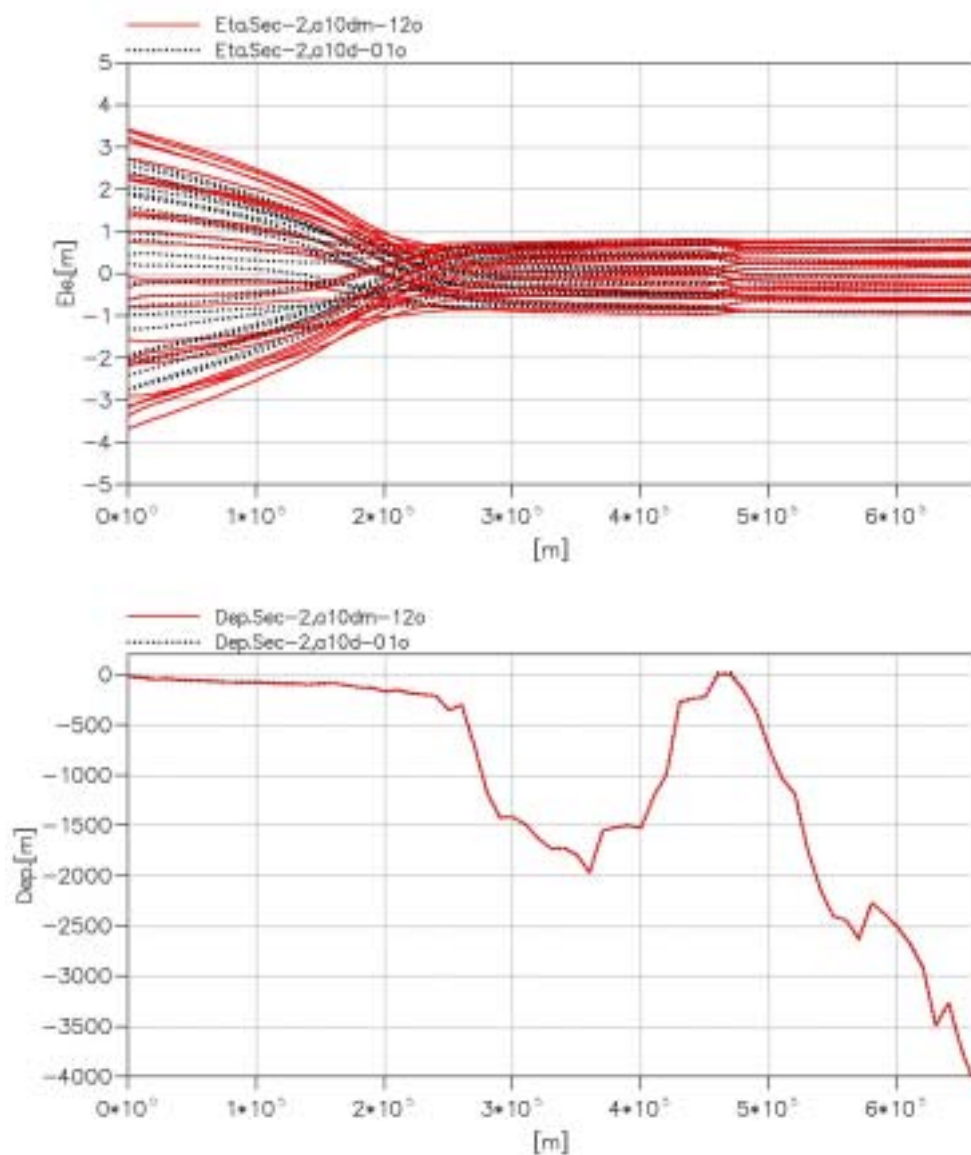


圖 3-59-2 東亞計算海域臺灣海峽水深均一化第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

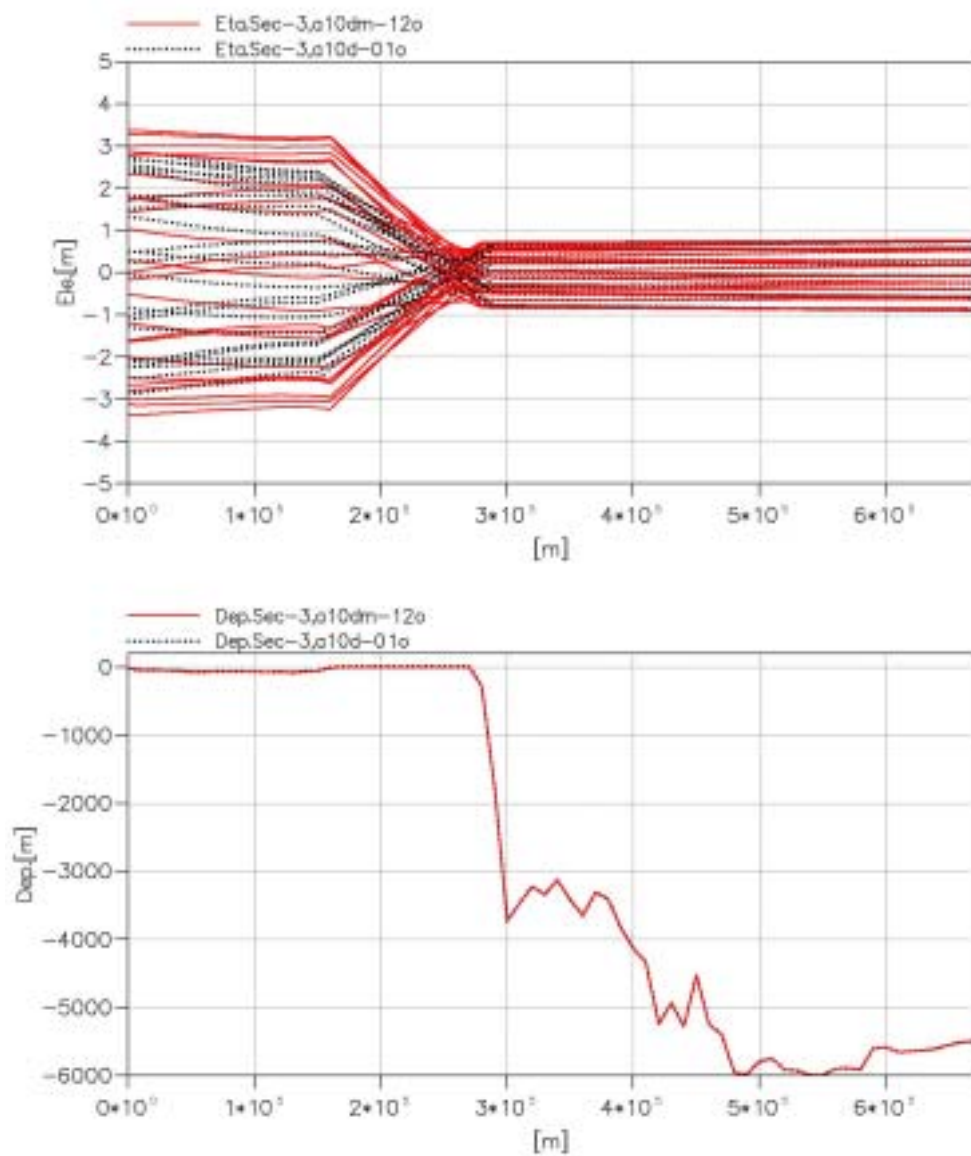


圖 3-59-3 東亞計算海域臺灣海峽水深均一化第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

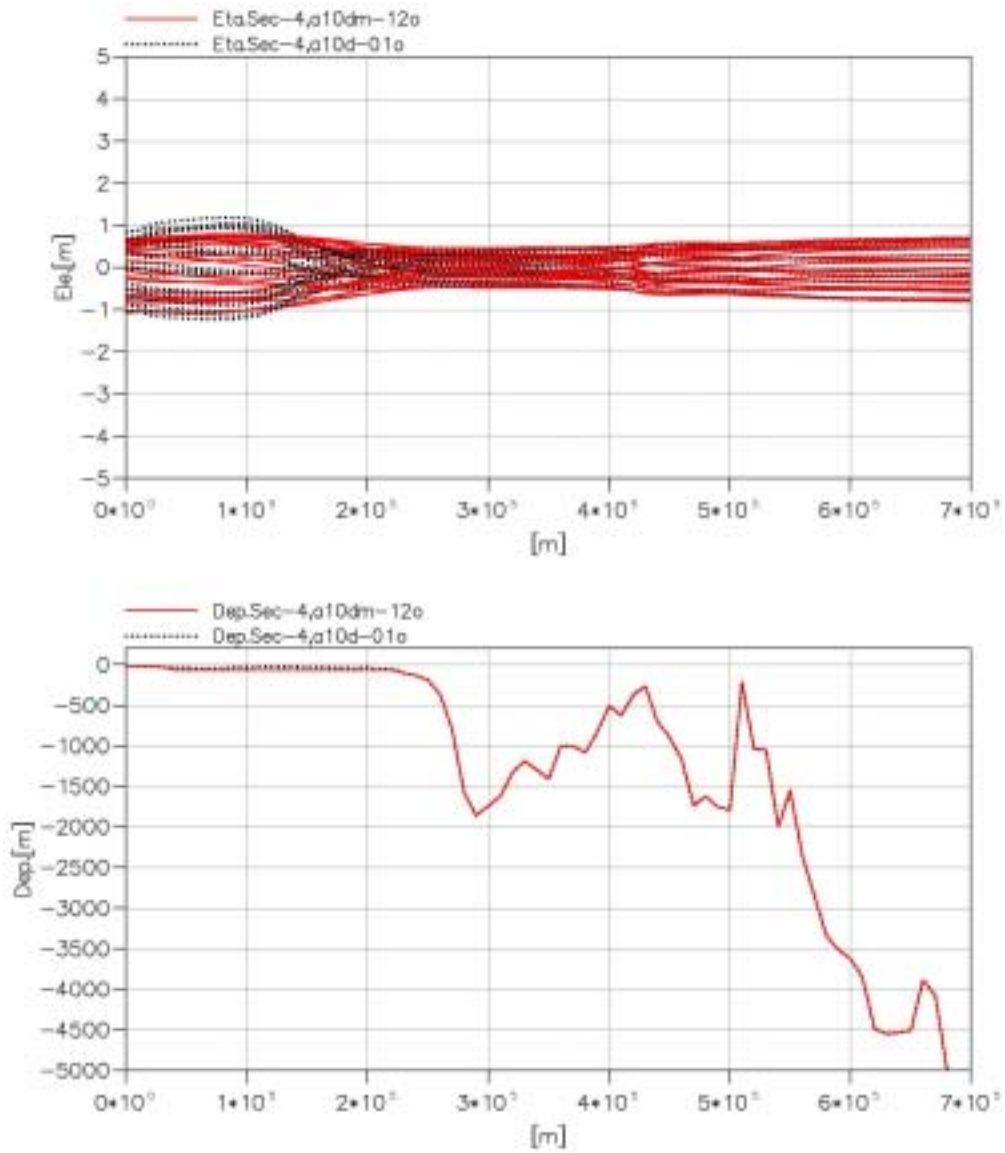


圖 3-59-4 東亞計算海域臺灣海峽水深均一化第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較

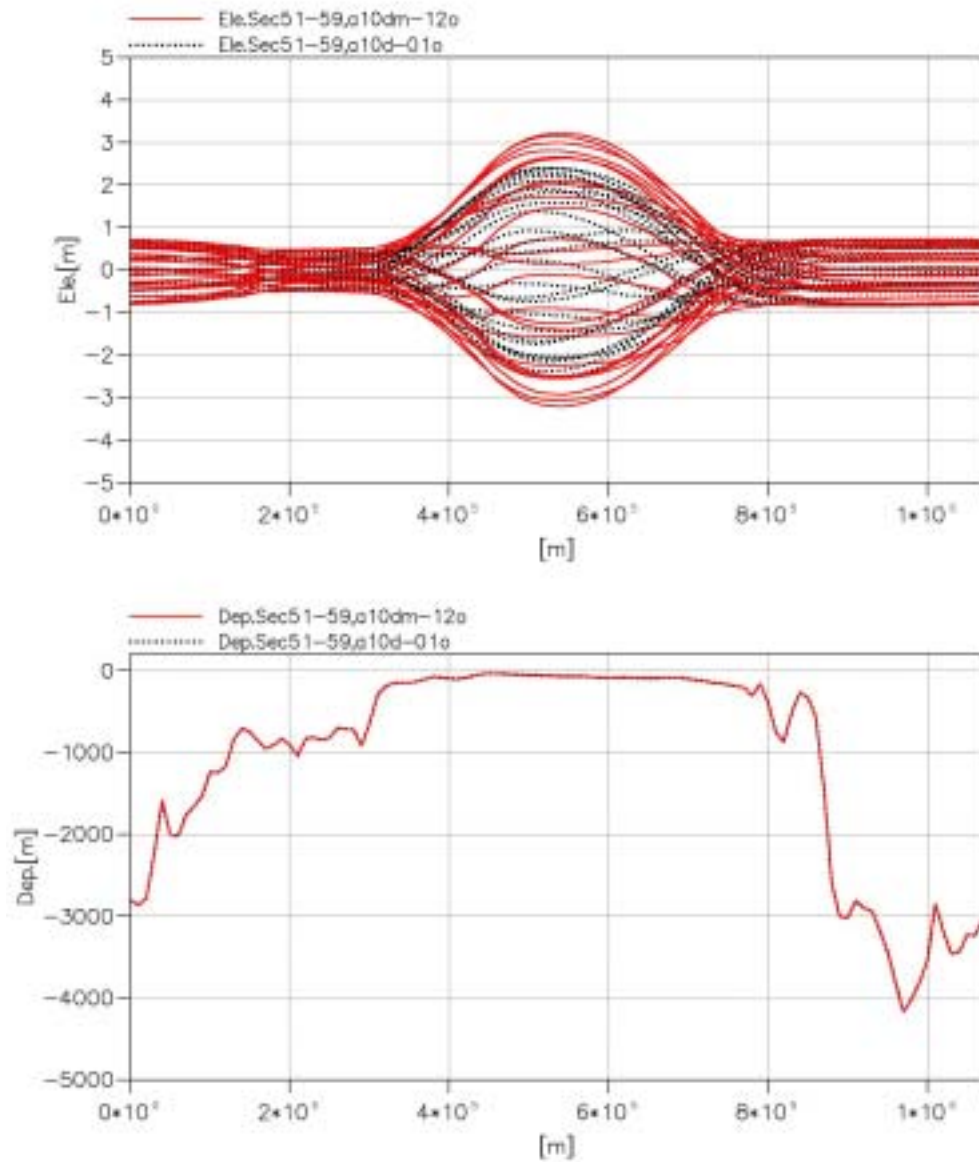


圖 3-59-5 東亞計算海域臺灣海峽水深均一化第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

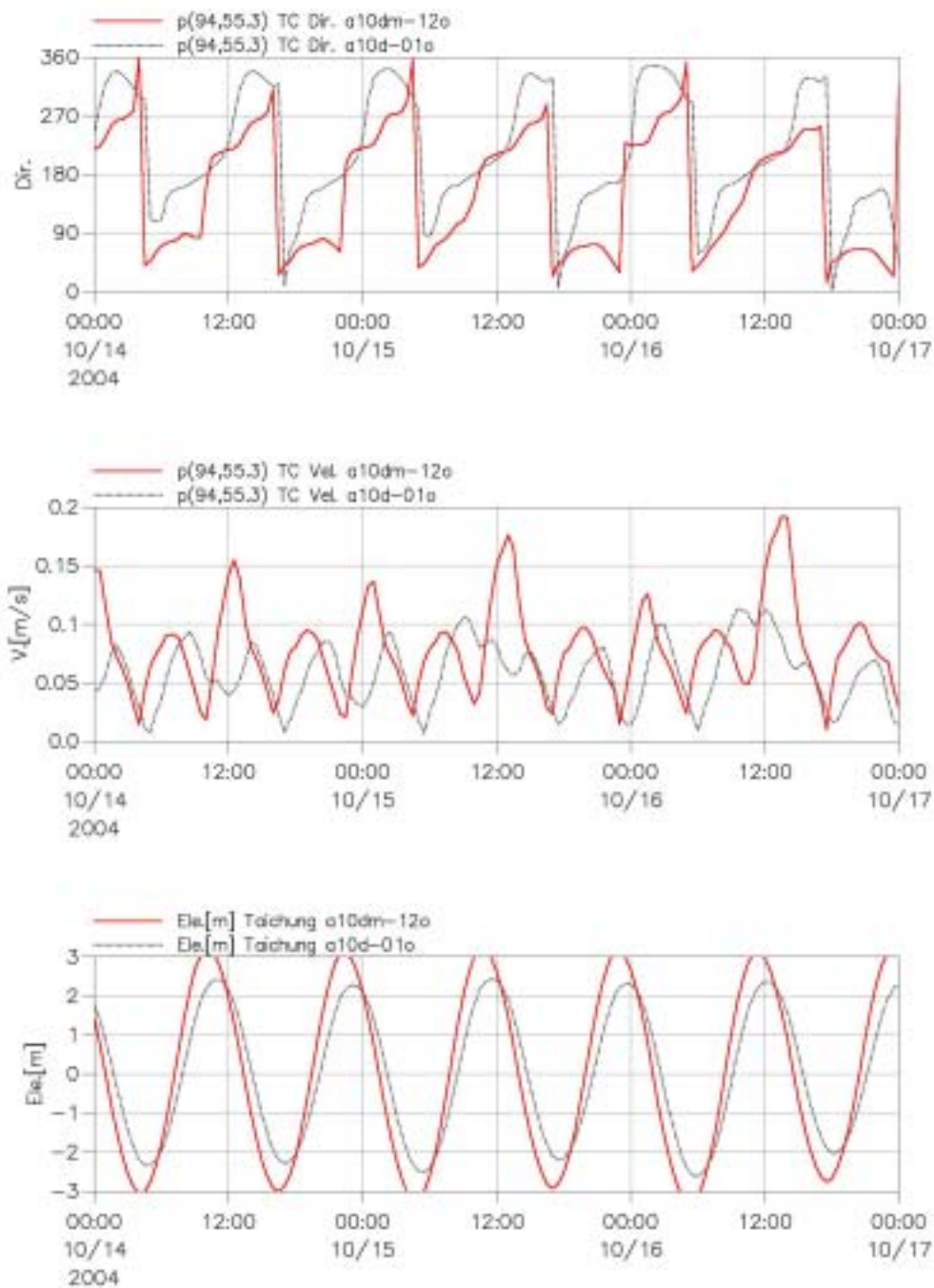


圖 3-60 東亞計算海域臺灣海峽水深均一化台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

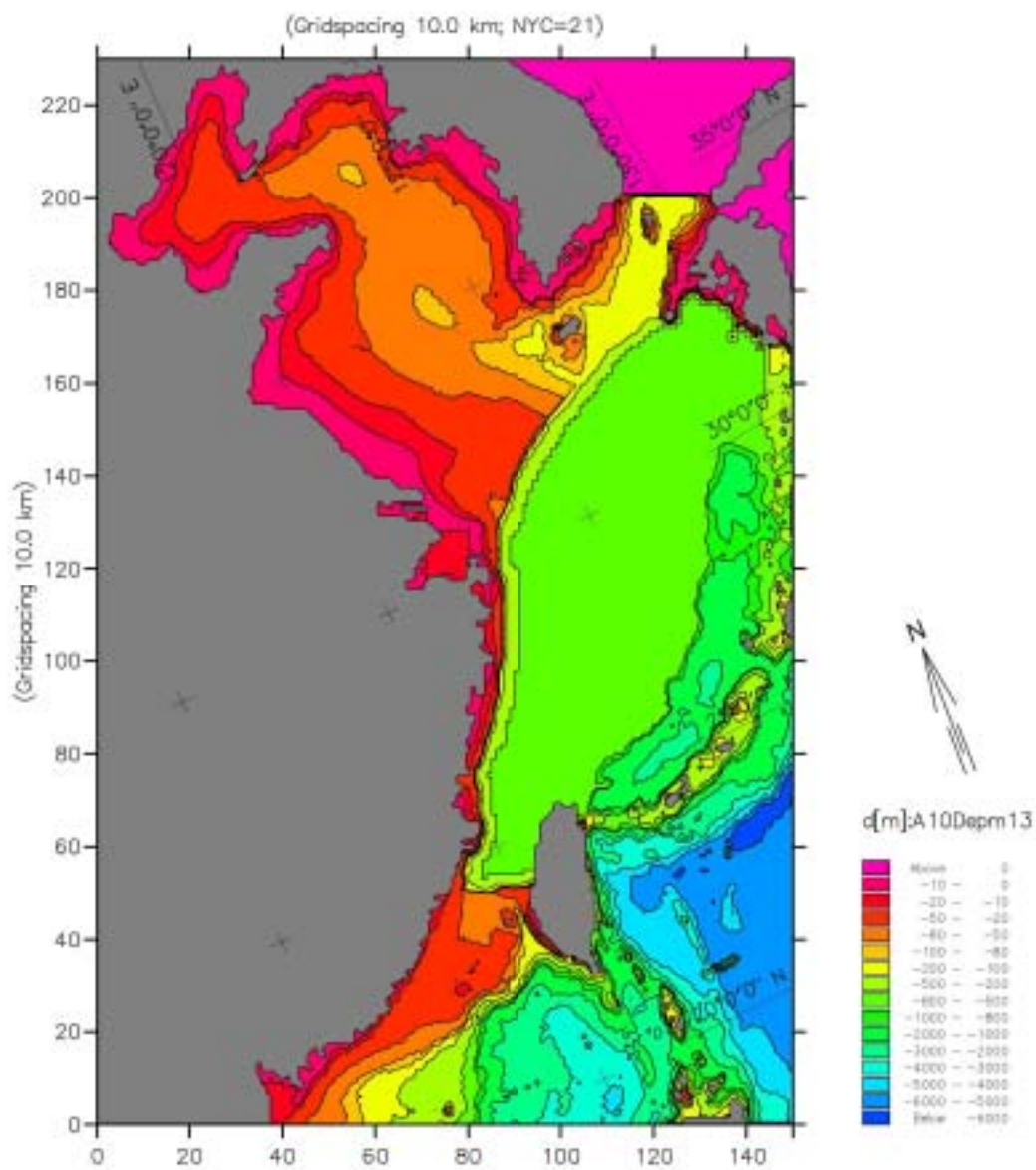


圖 3-61 東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域之水深地形

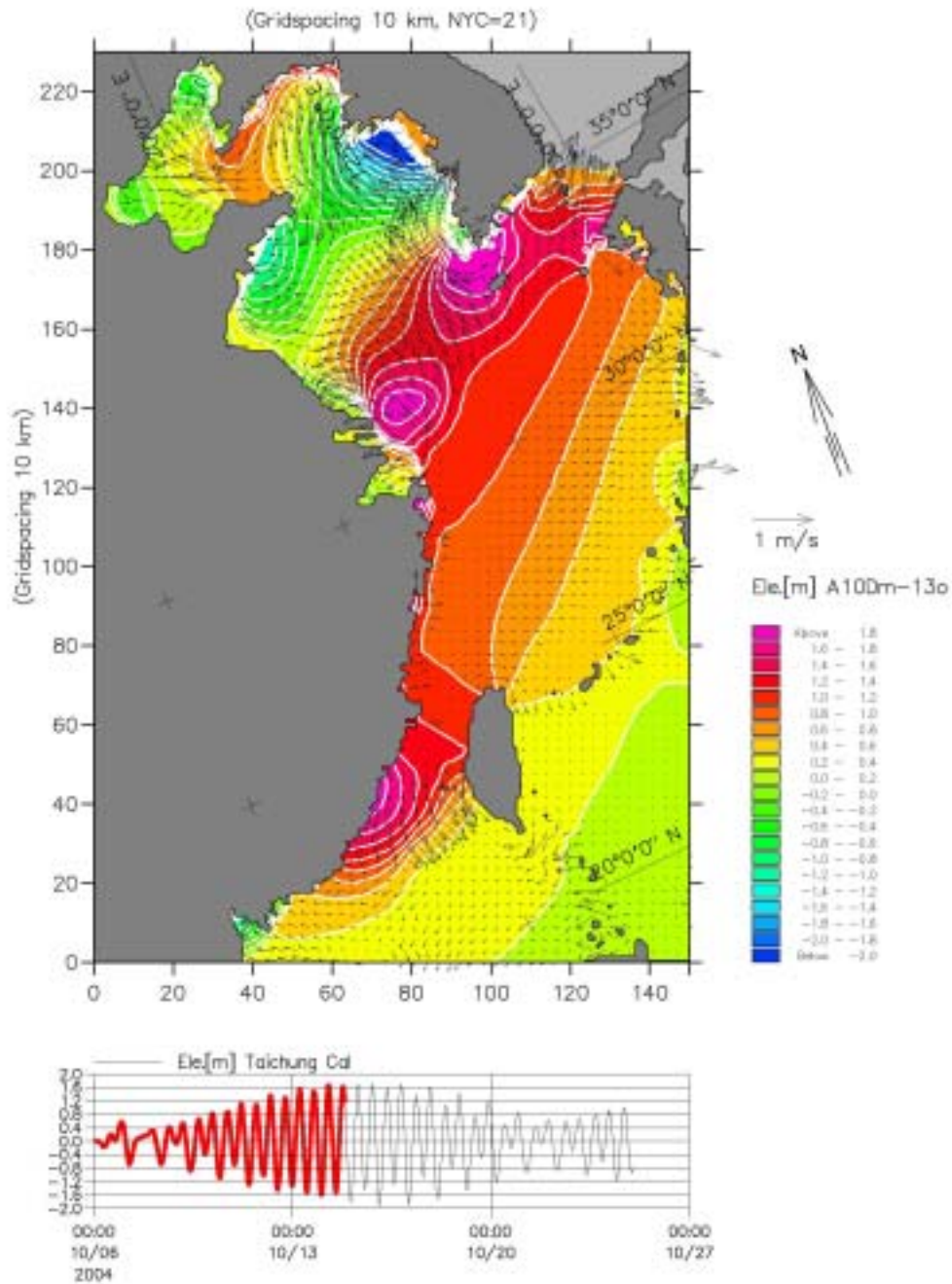


圖 3-62-1 東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

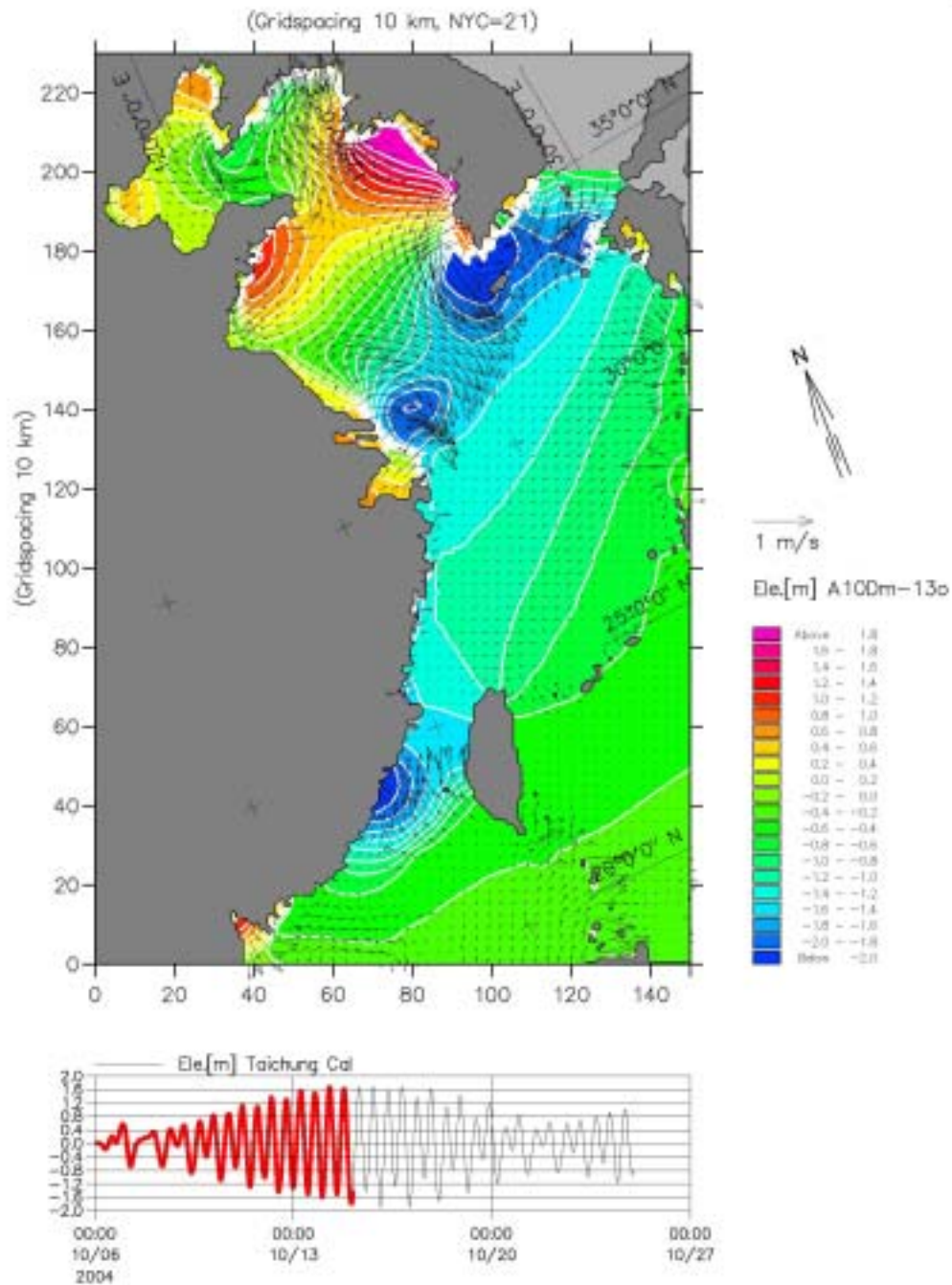


圖 3-62-2 東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

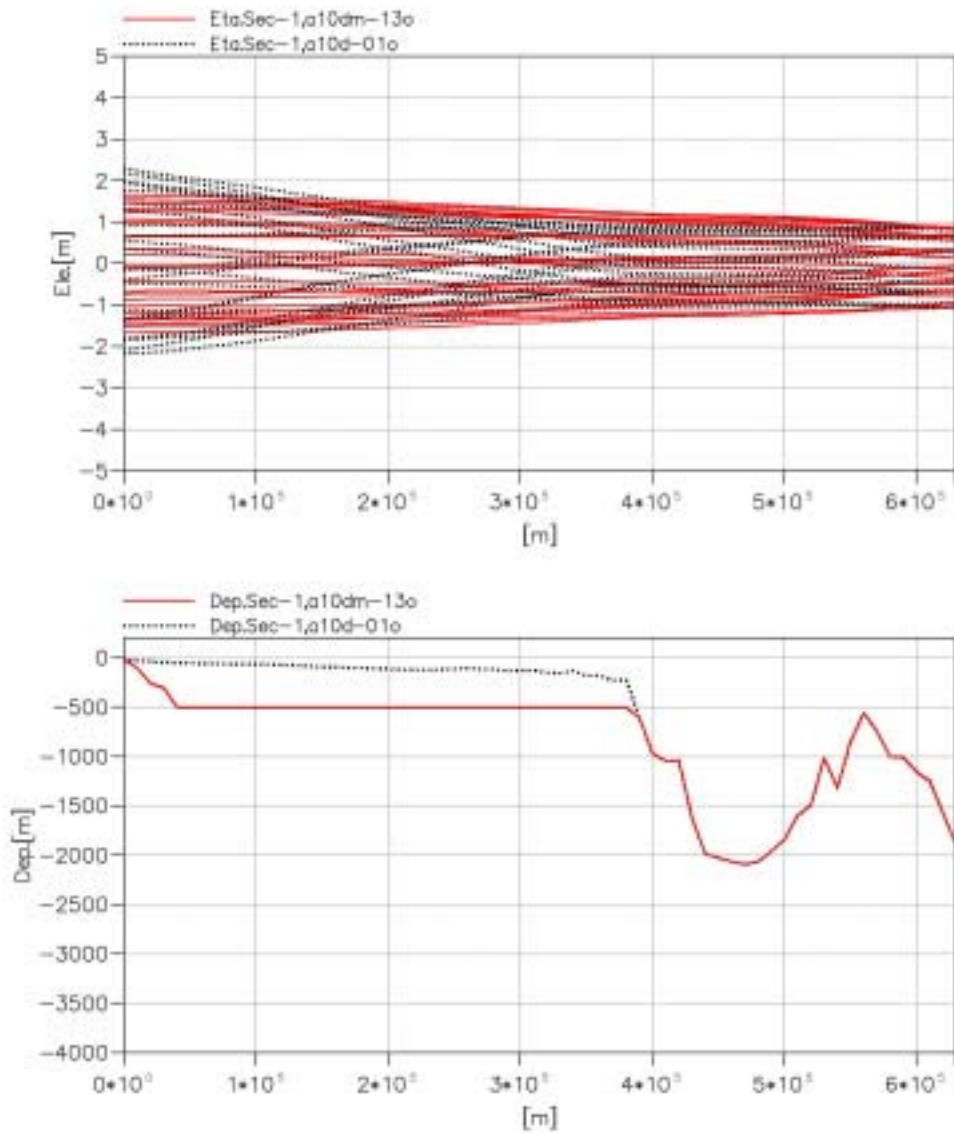


圖 3-63-1 東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

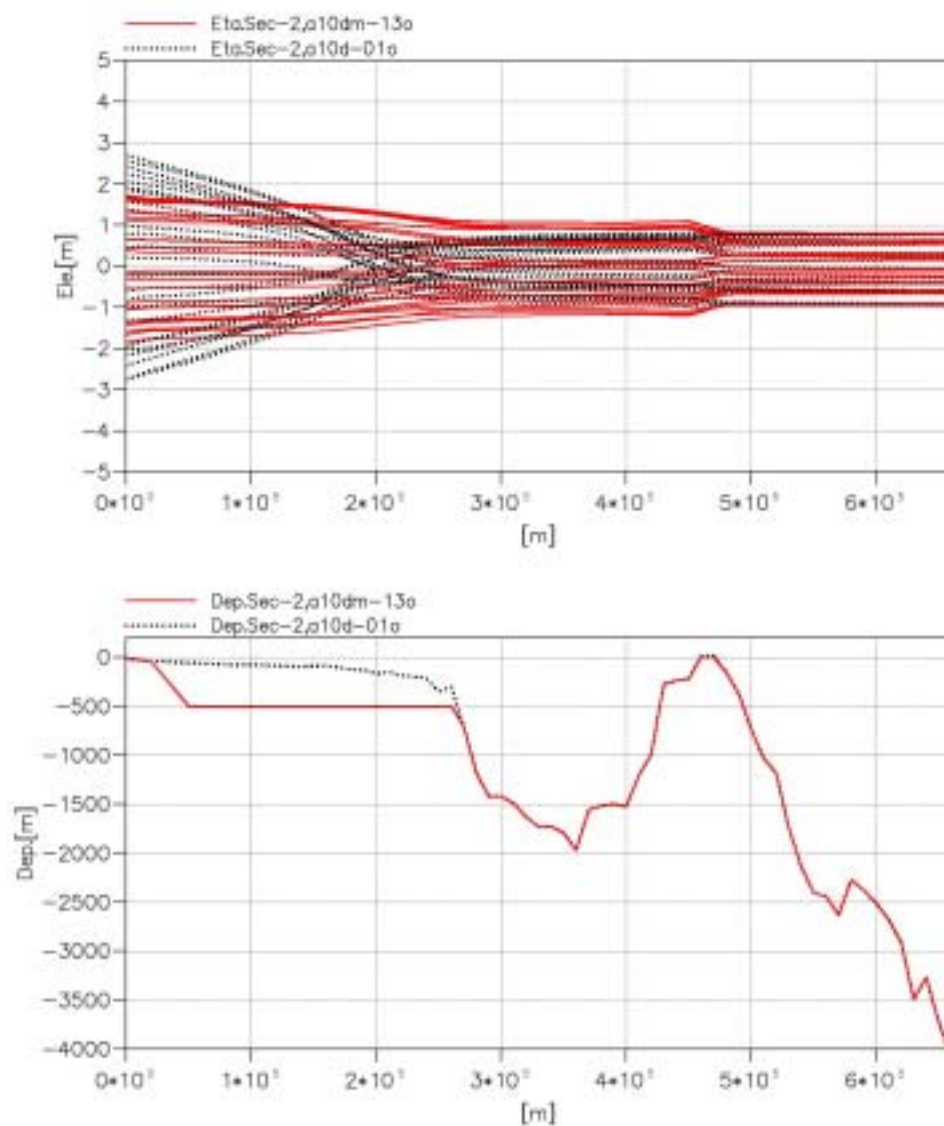


圖 3-63-2 東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

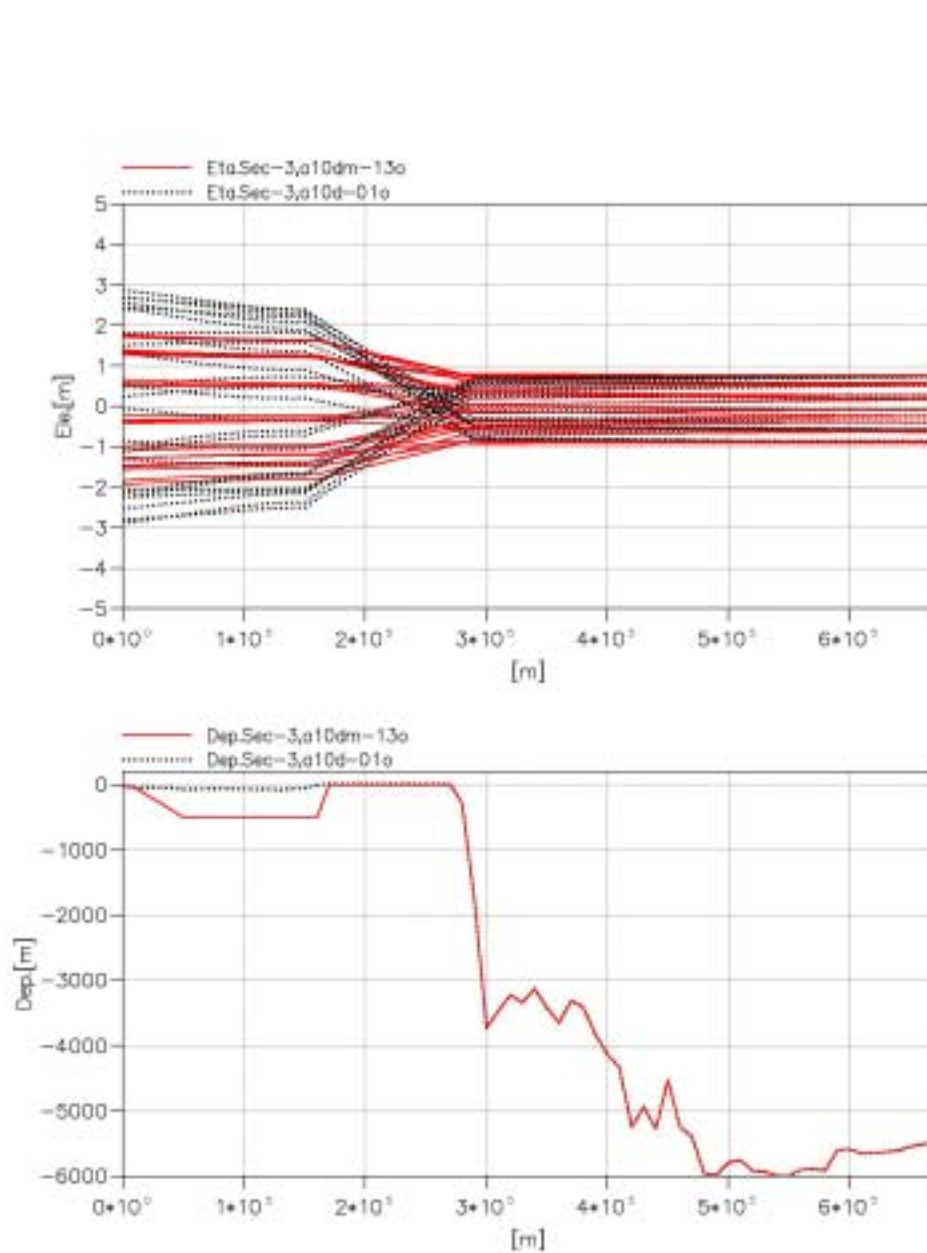


圖 3-63-3 東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以
北陸架海域第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺
灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

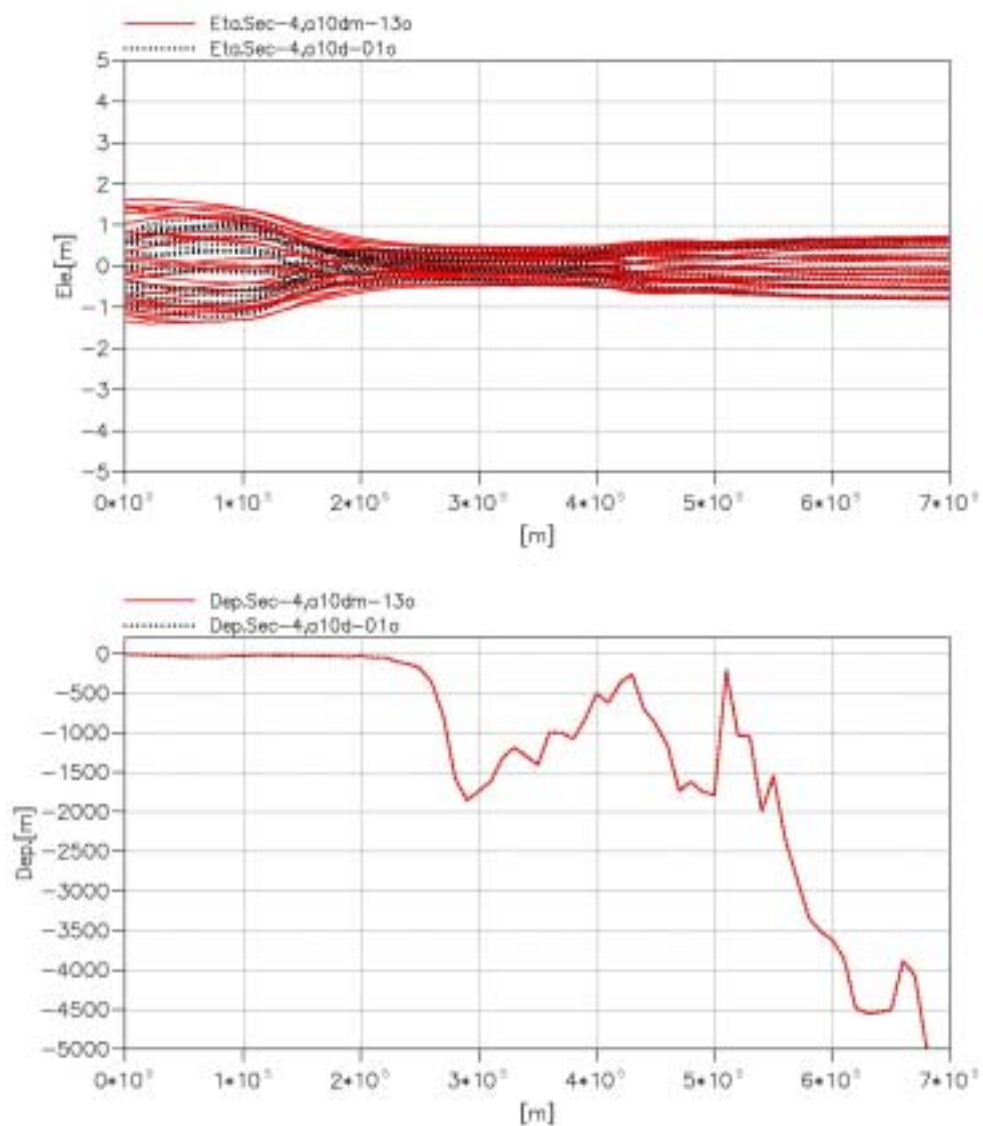


圖 3-63-4 東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以
北陸架海域第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽
南側)之潮波振盪型態與現況之比較

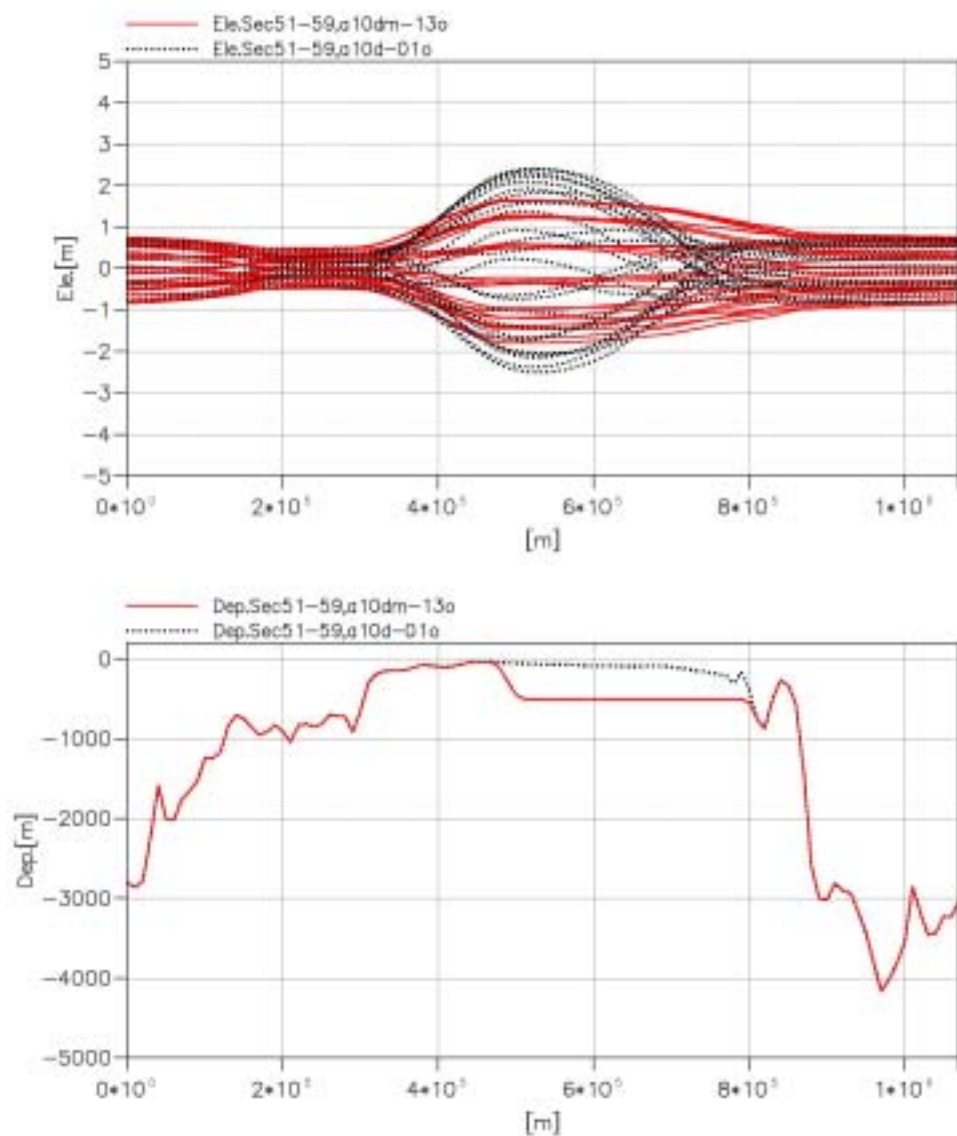


圖 3-63-5 東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

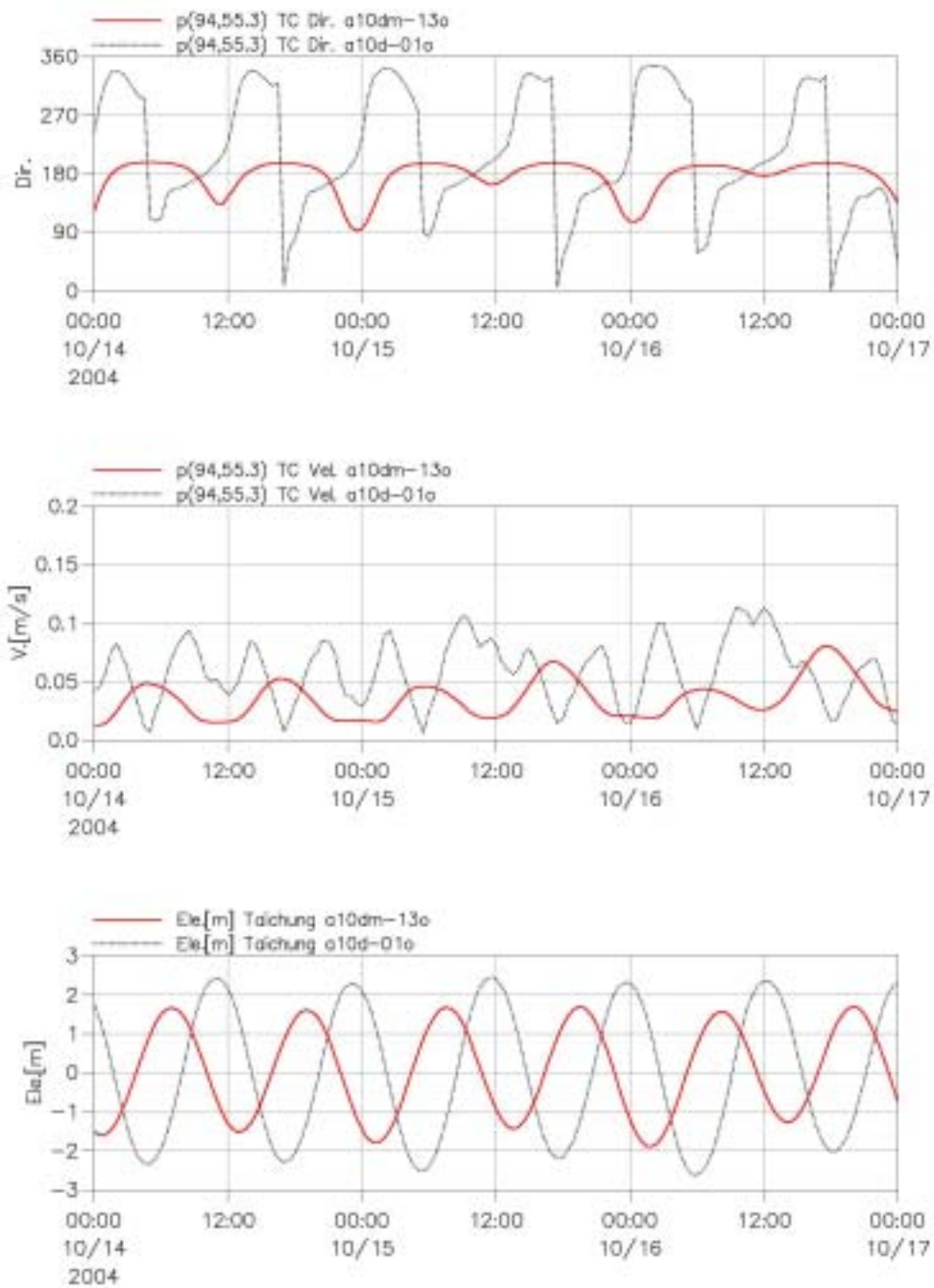


圖 3-64 東亞計算海域以水深 500 米深化臺灣海峽中段以北陸架海域台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

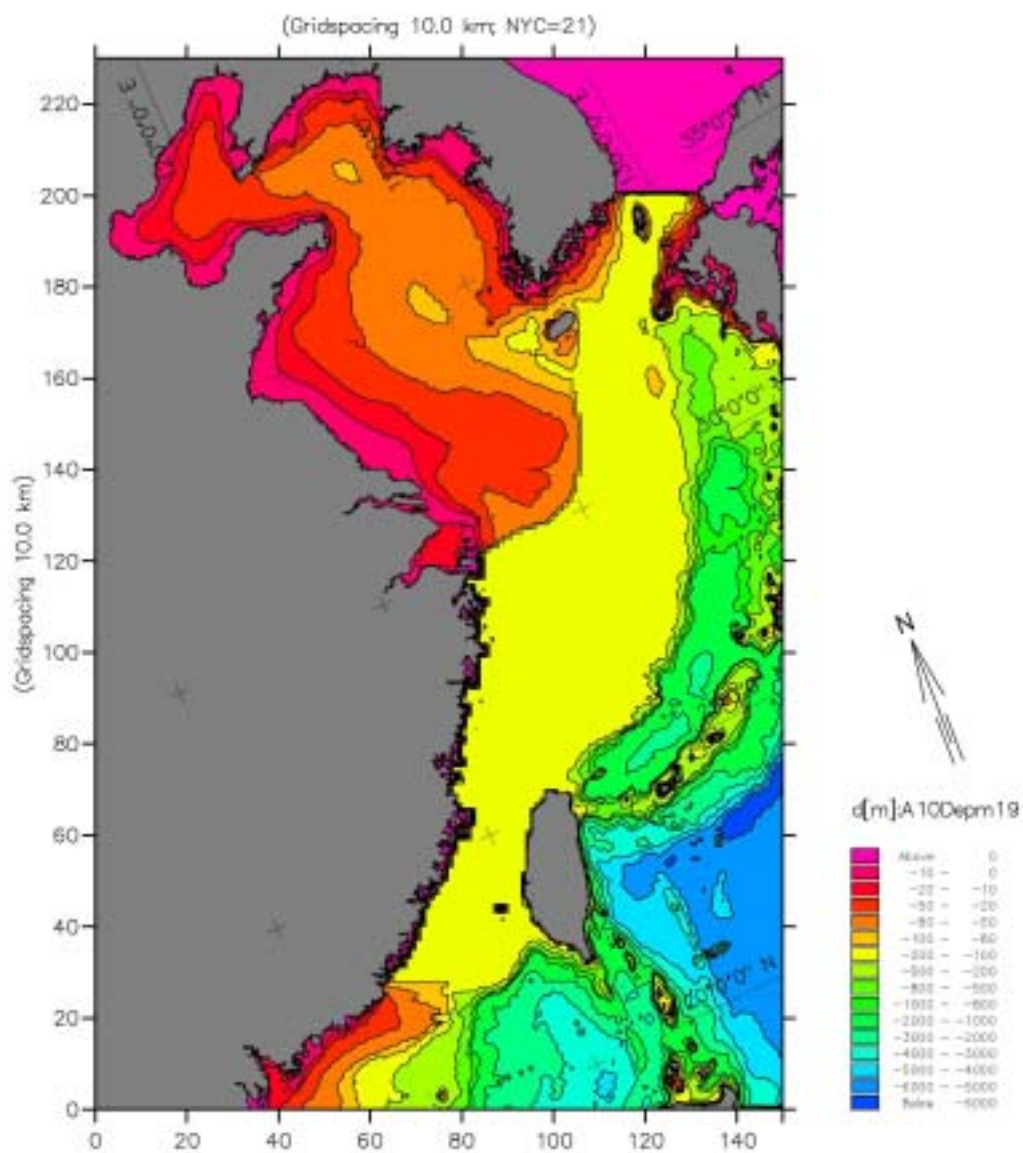


圖 3-65 東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化之水深地形

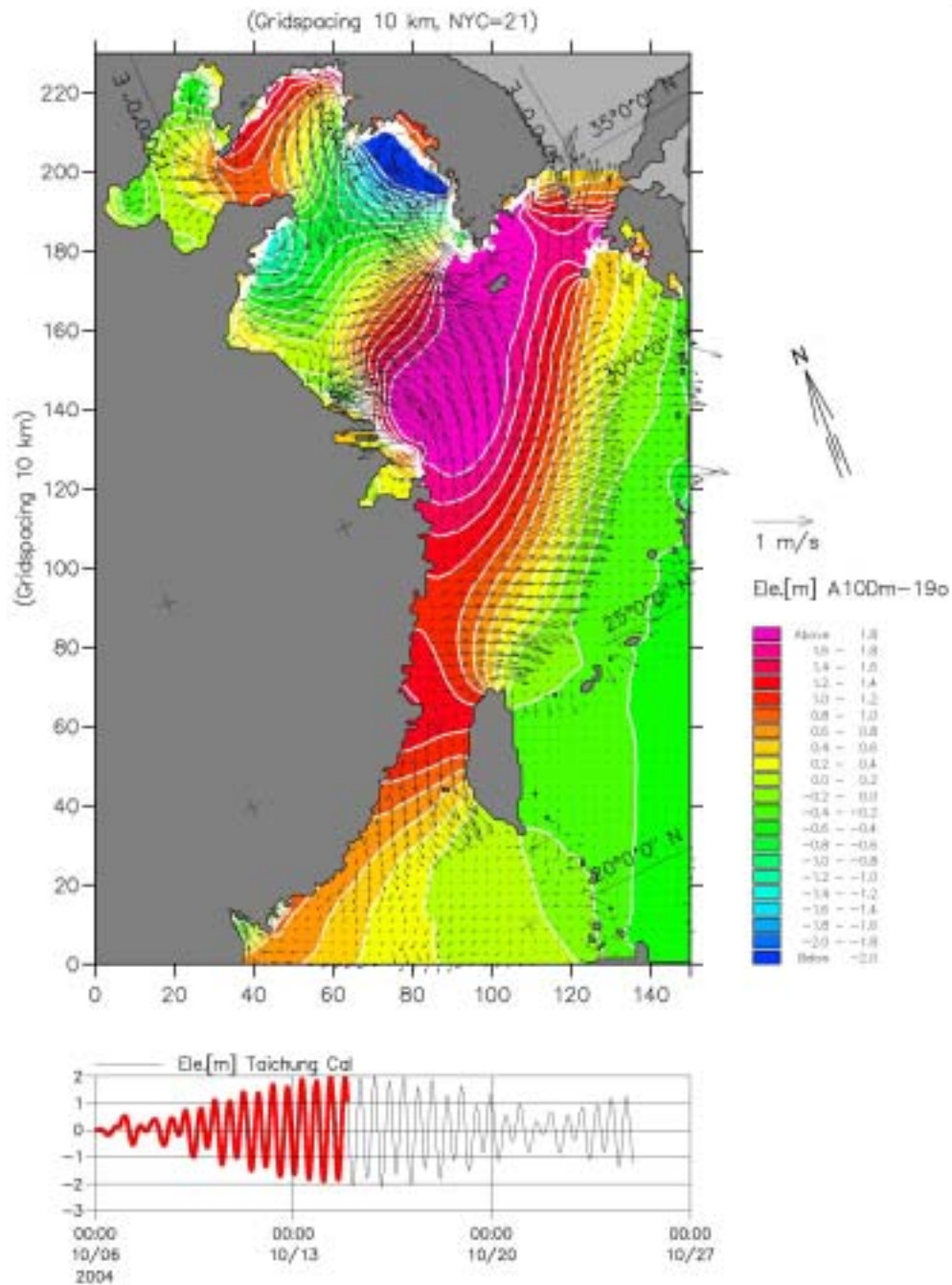


圖 3-66-1 東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

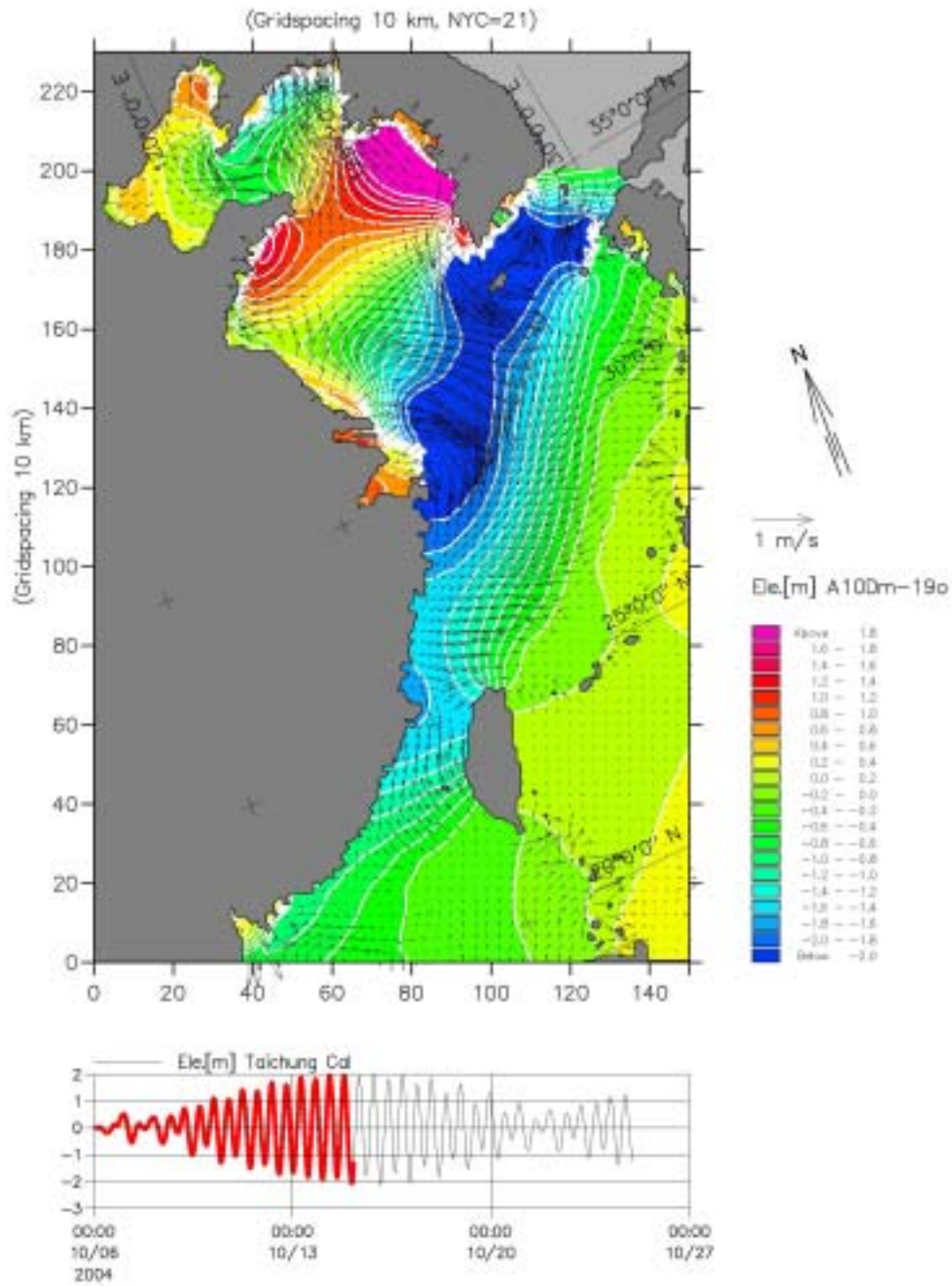


圖 3-66-2 東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

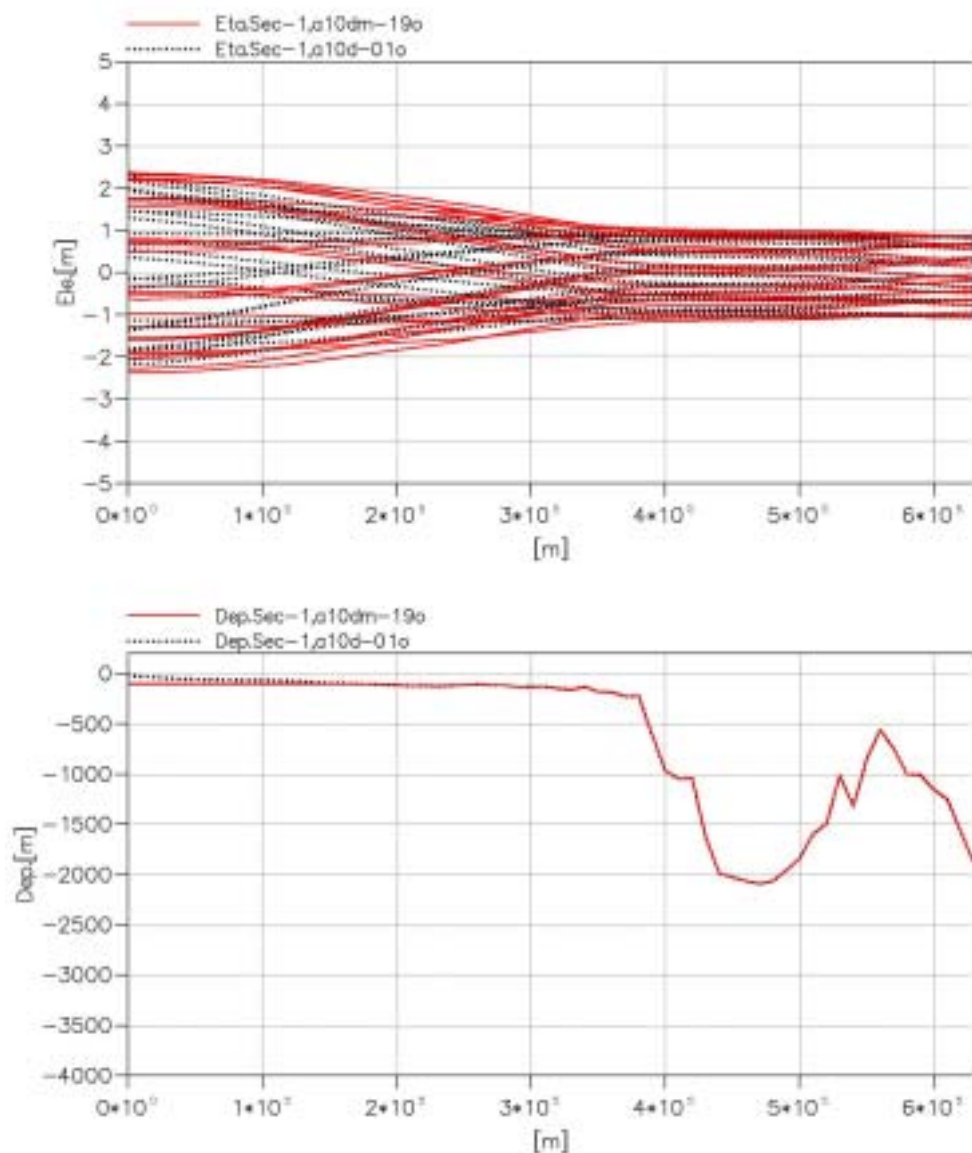


圖 3-67-1 東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化第一斷面
(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態
與現況之比較

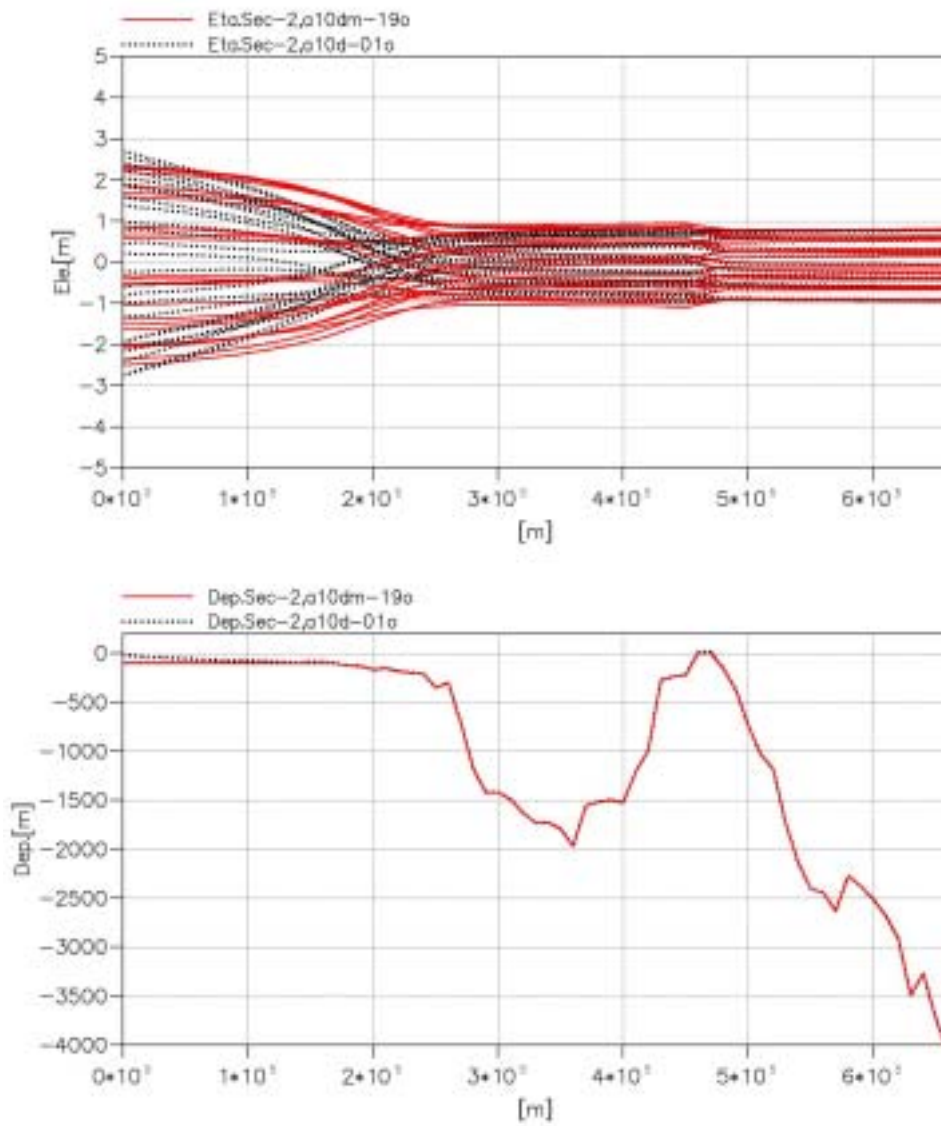


圖 3-67-2 東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化第二斷面
(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態
與現況之比較

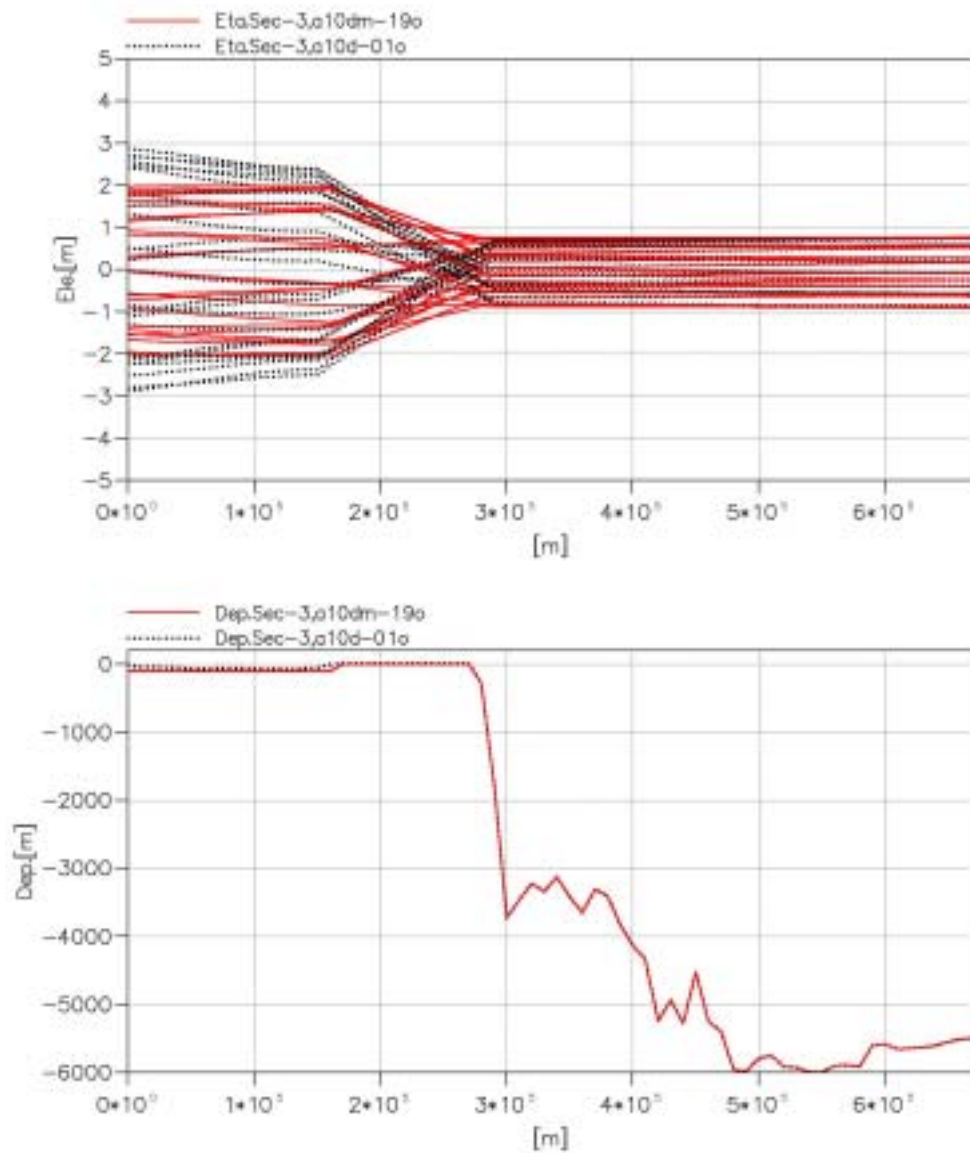


圖 3-67-3 東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化第三斷面
(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振
盪型態與現況之比較

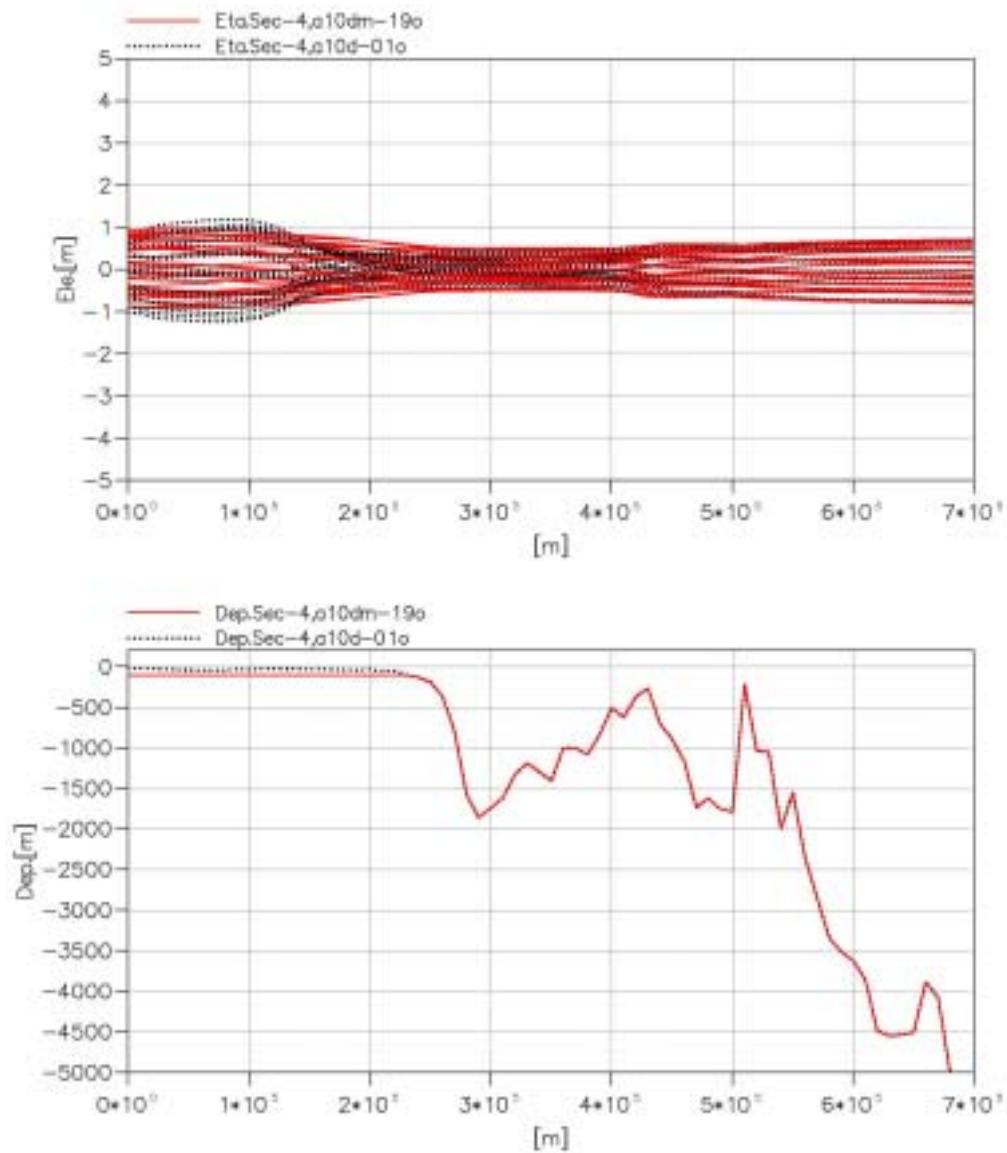


圖 3-67-4 東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化第四斷面 (汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側) 之潮波振盪型態與現況之比較

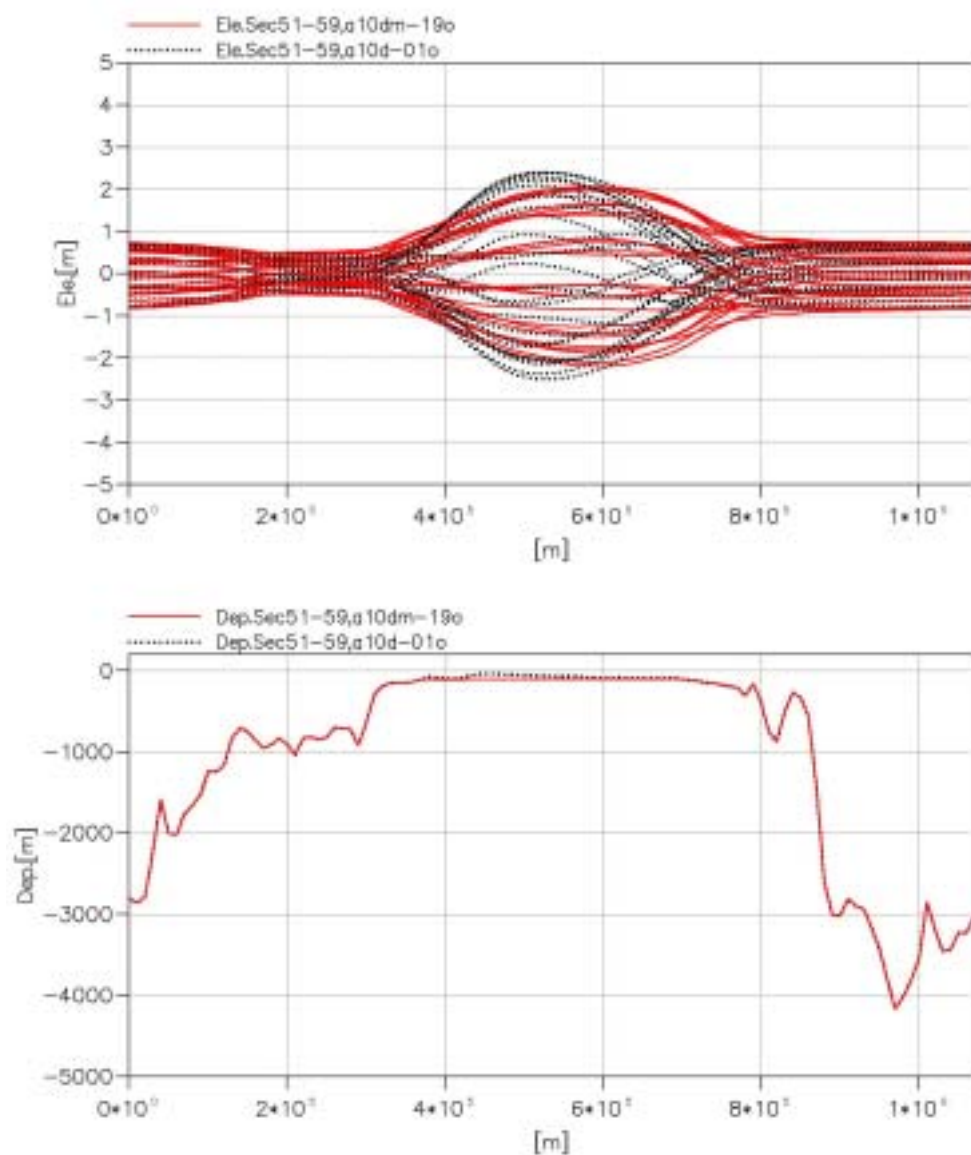


圖 3-67-5 東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化第五斷面
(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)
之潮波振盪型態與現況之比較

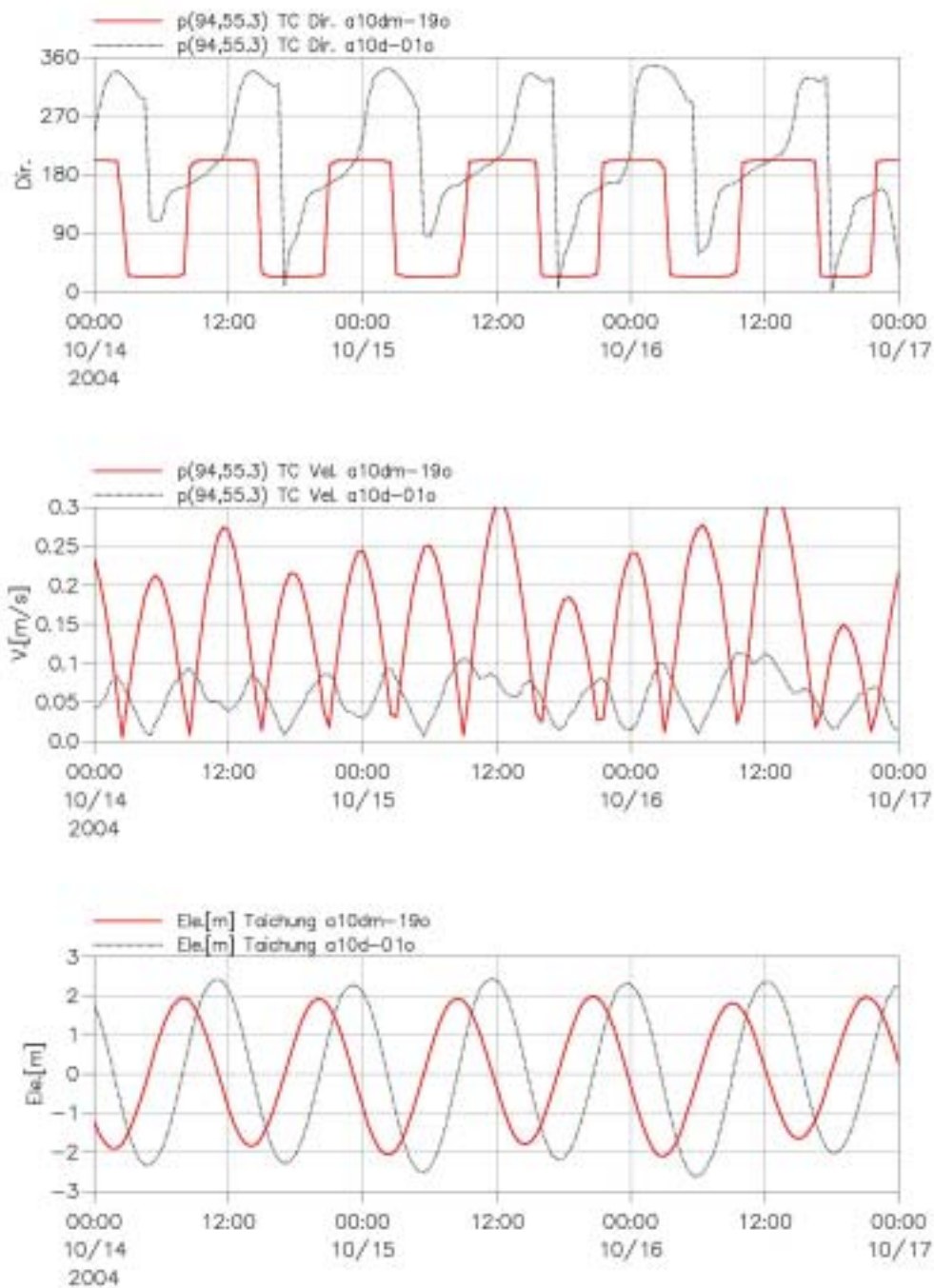


圖 3-68 東亞計算海域東亞陸架海域水深均一化台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

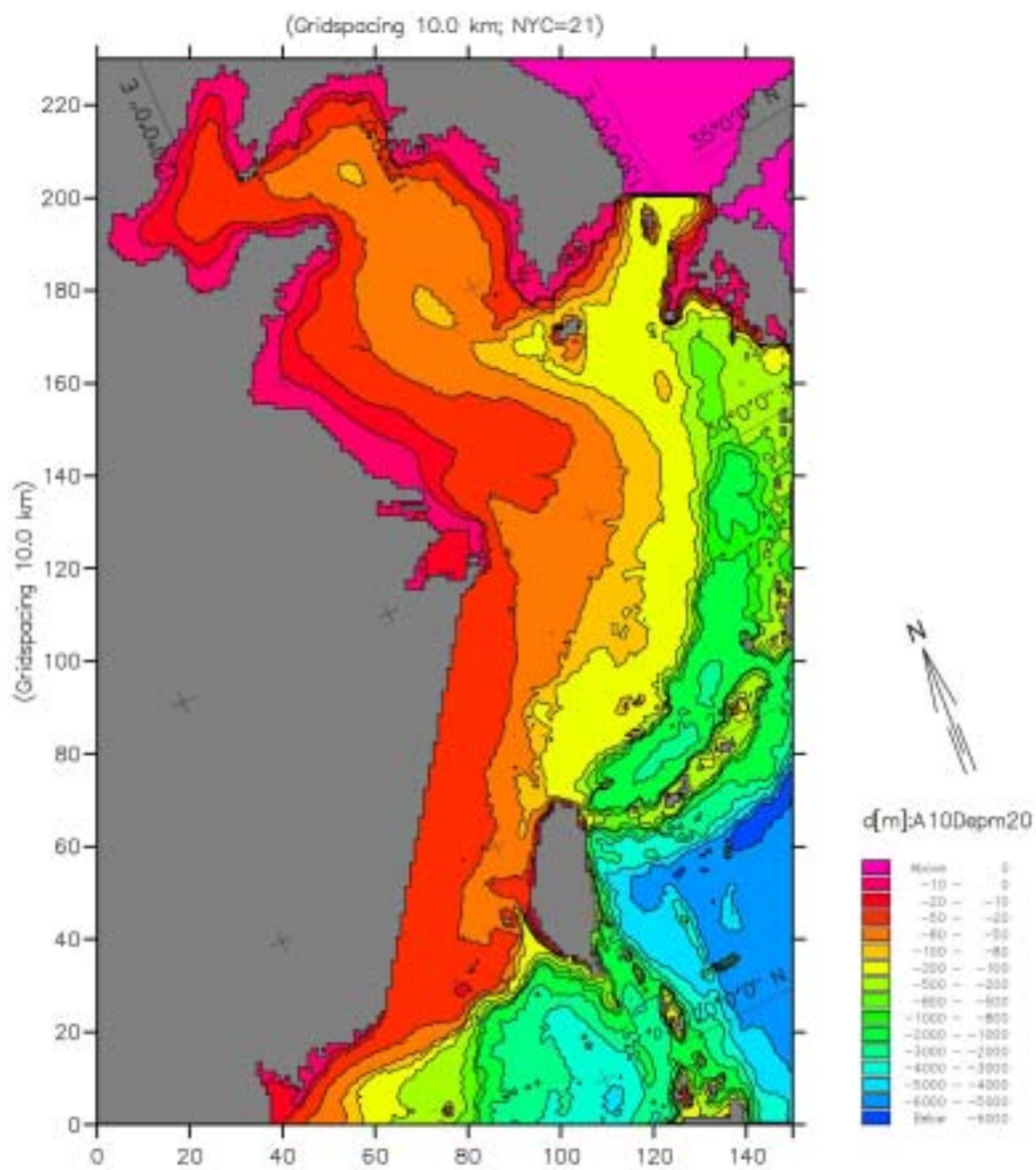


圖 3-69 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響之水深地形

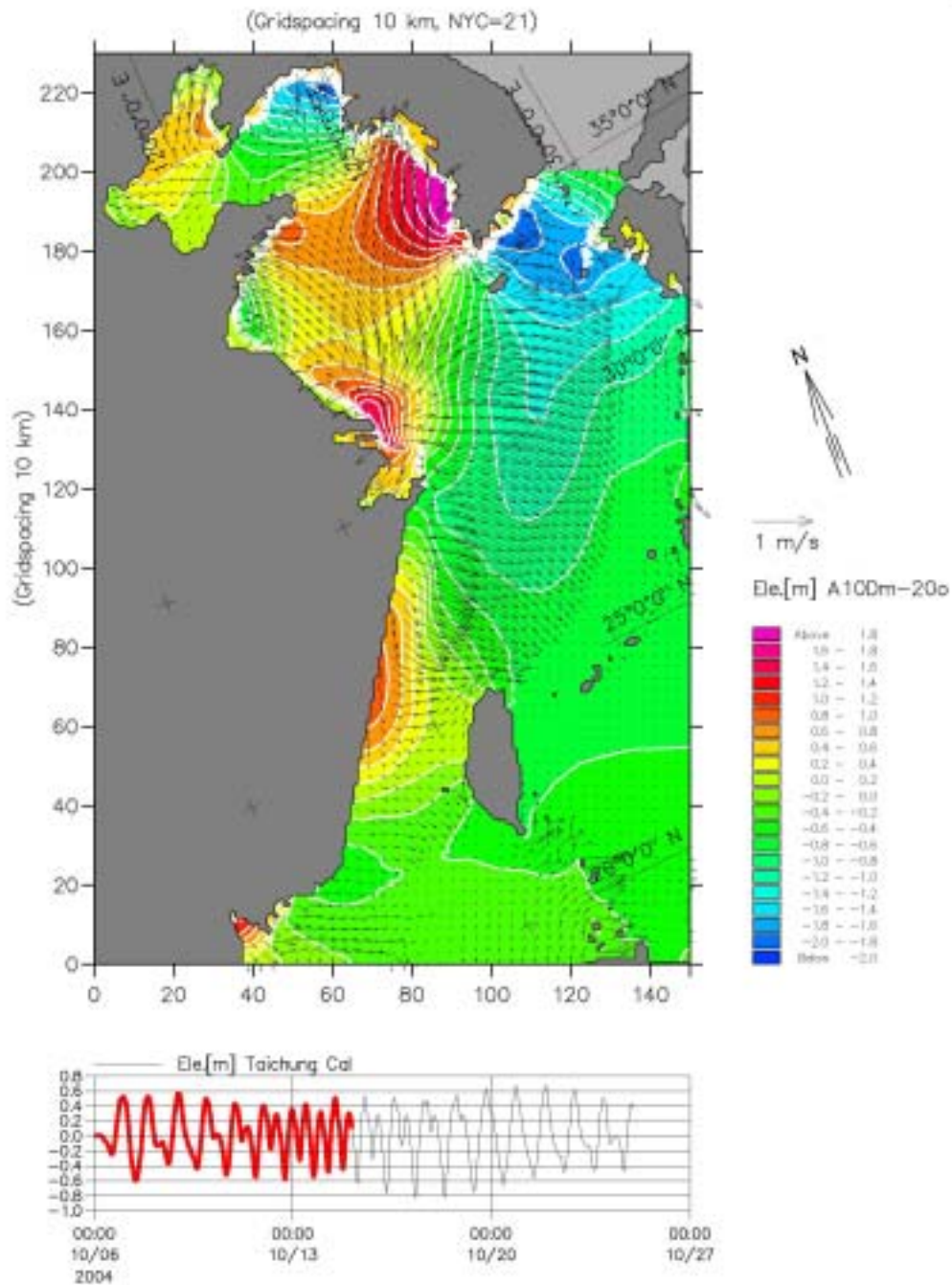


圖 3-70-1 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

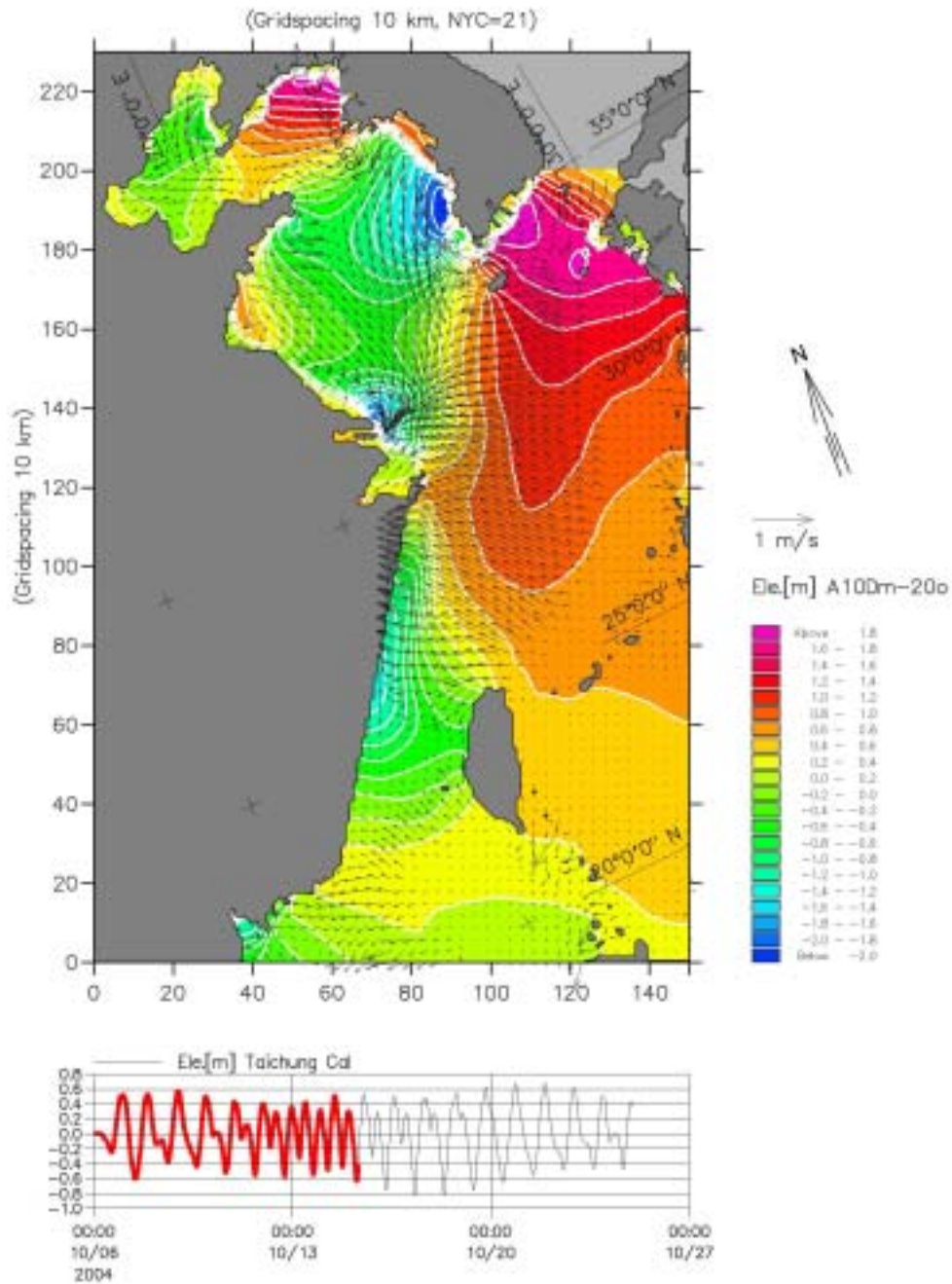


圖 3-70-2 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

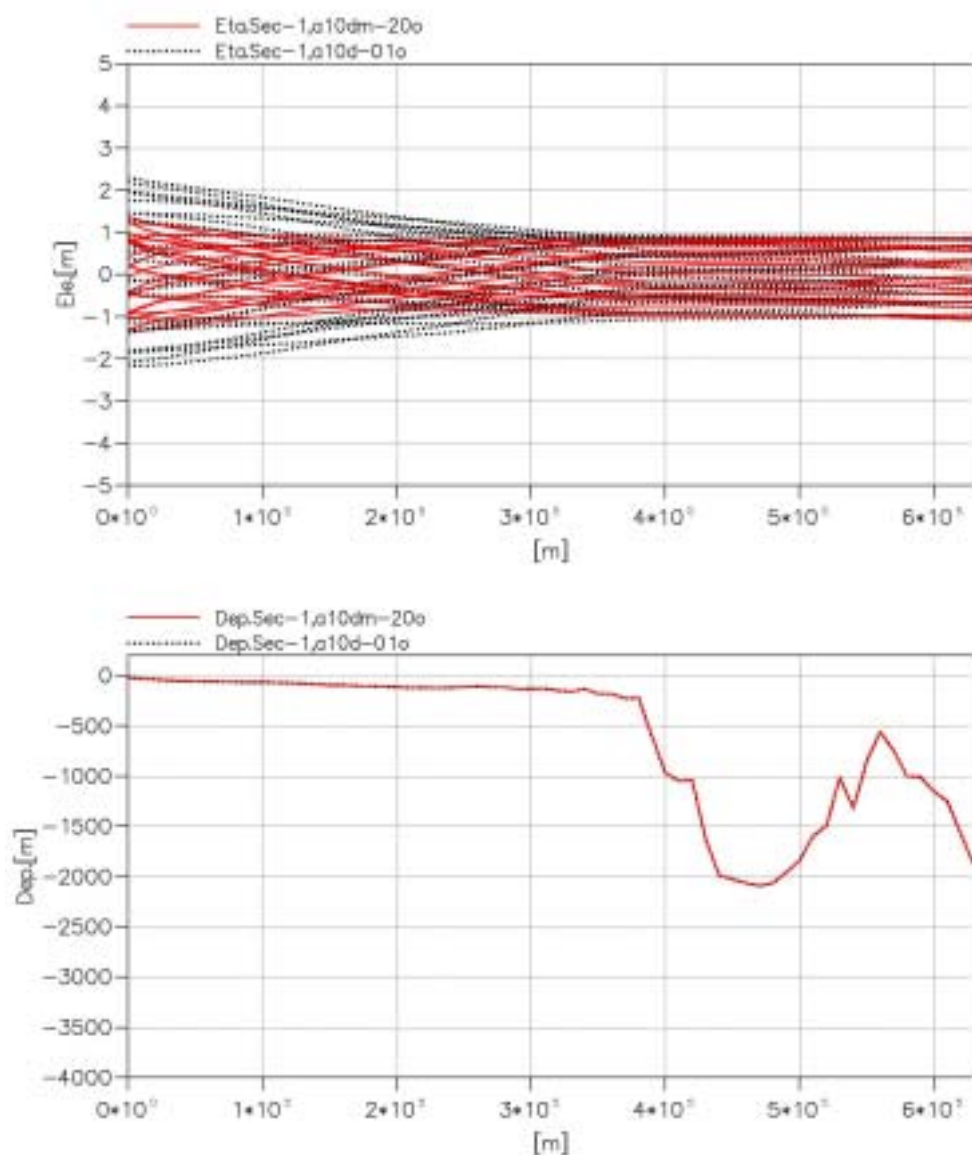


圖 3-71-1 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

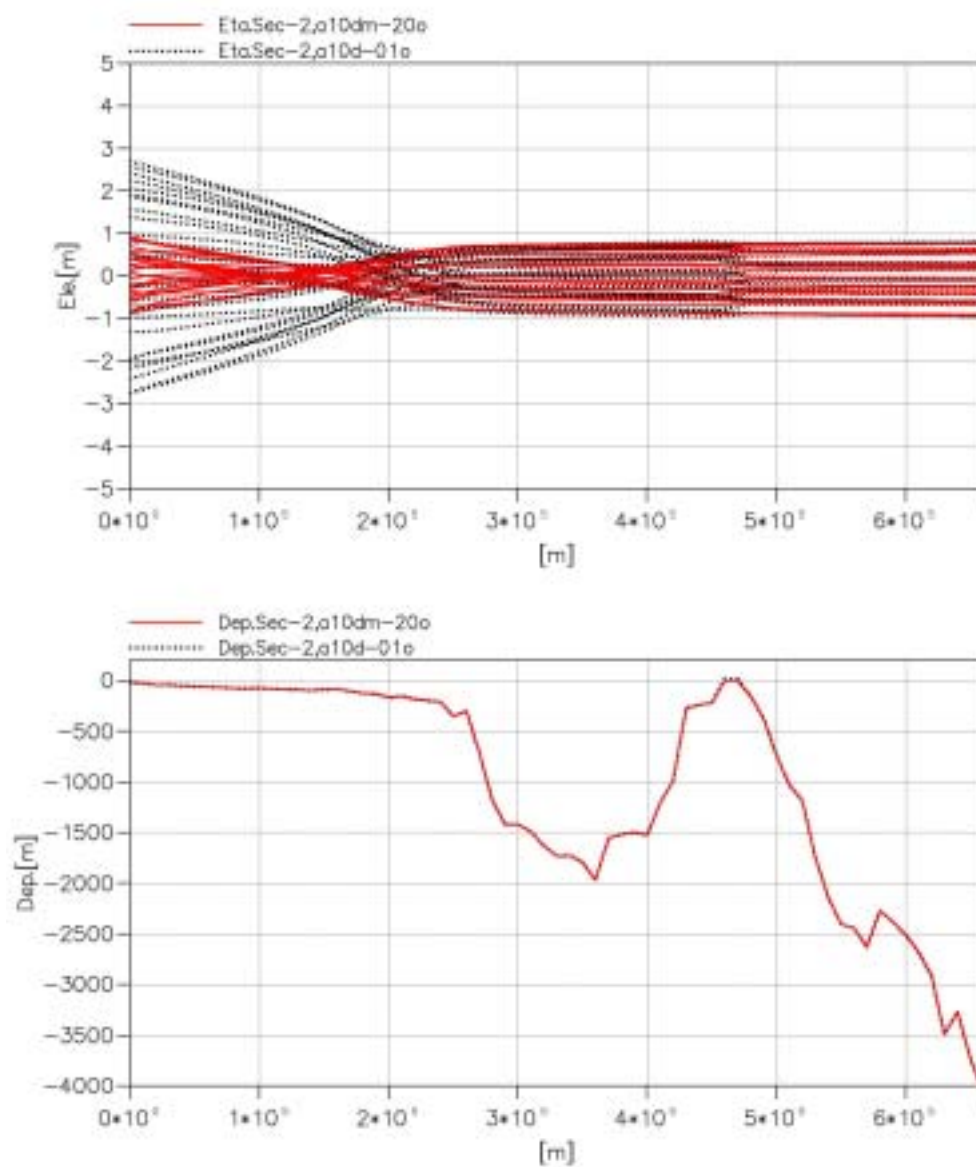


圖 3-71-2 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

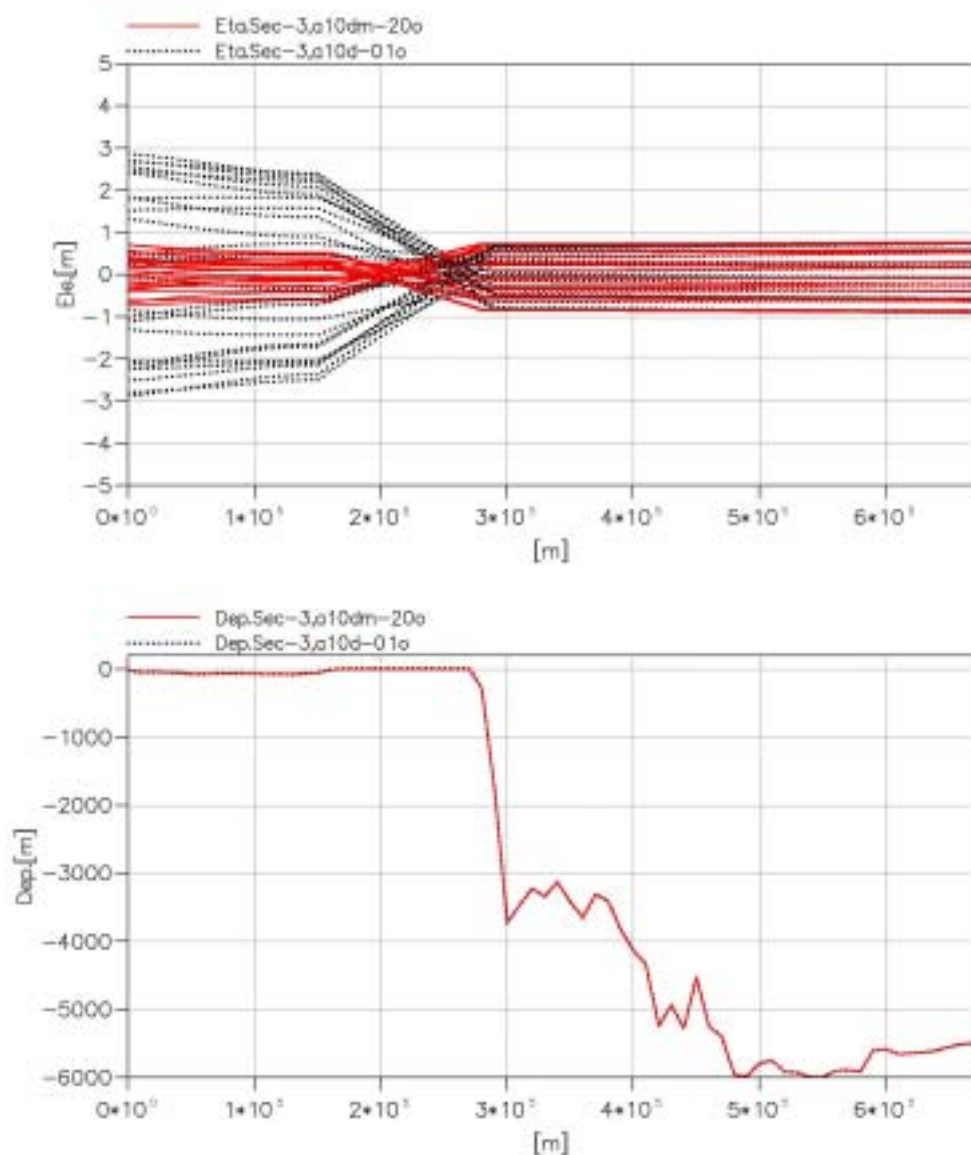


圖 3-71-3 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

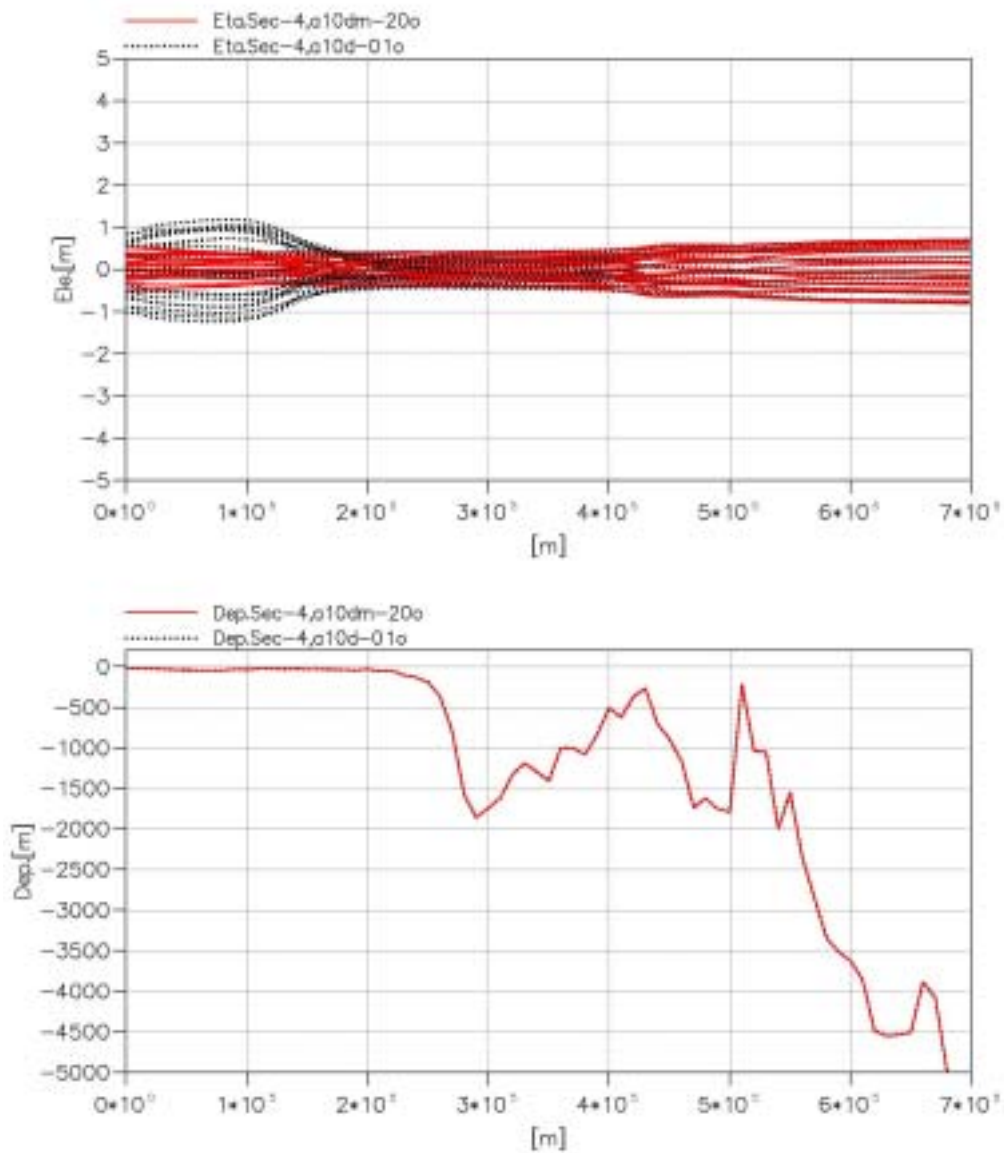


圖 3-71-4 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較

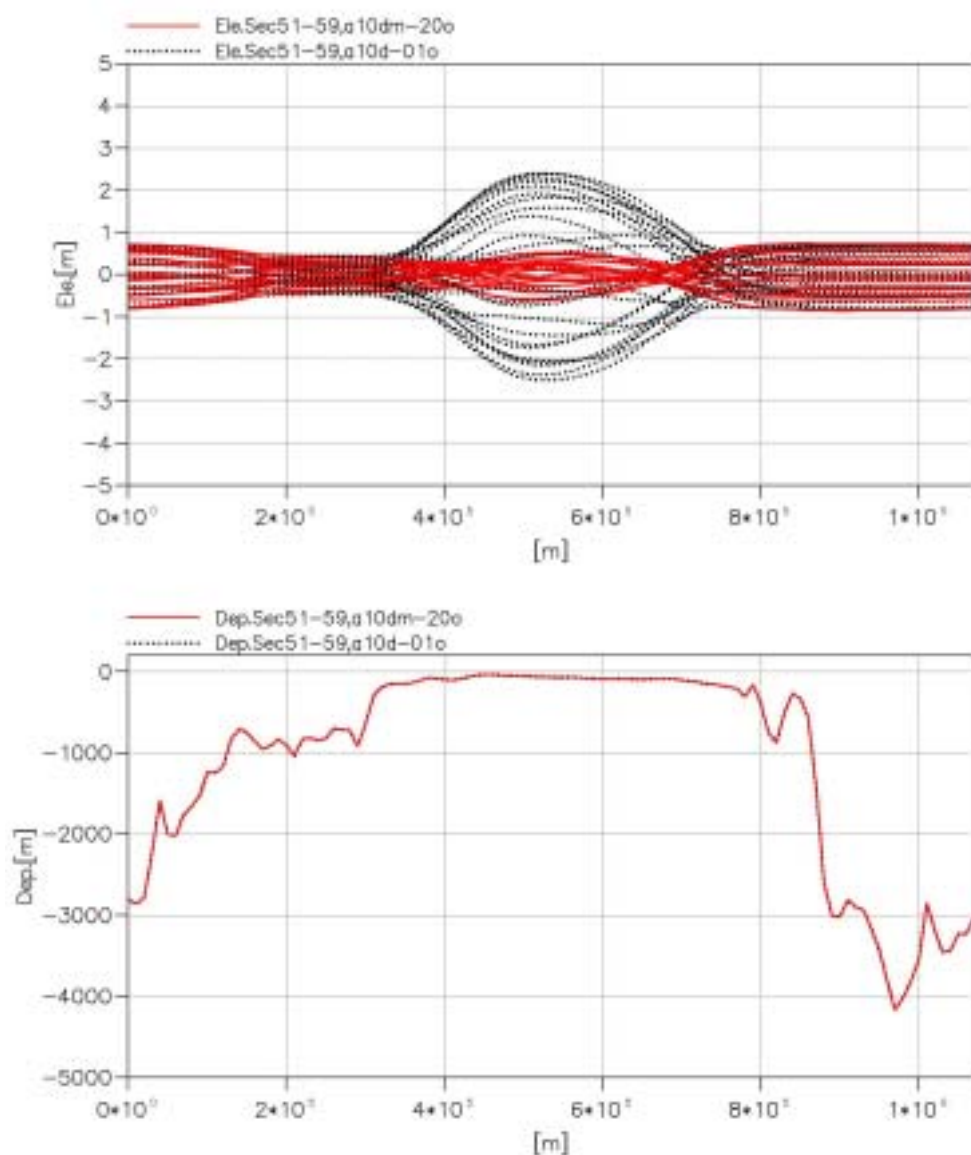


圖 3-71-5 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

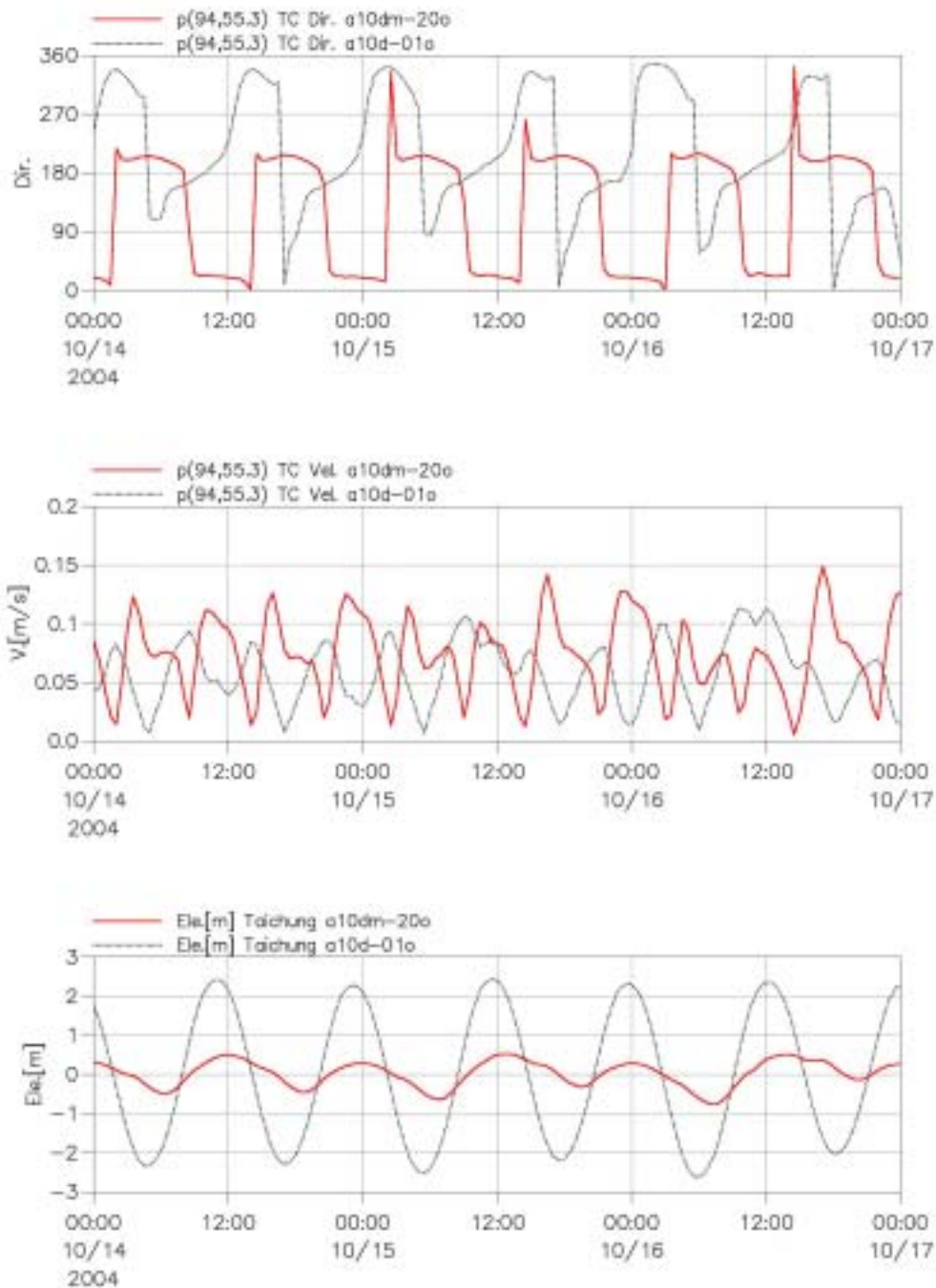


圖 3-72 東亞計算海域中國大陸海岸線形狀及臺灣海峽寬度影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

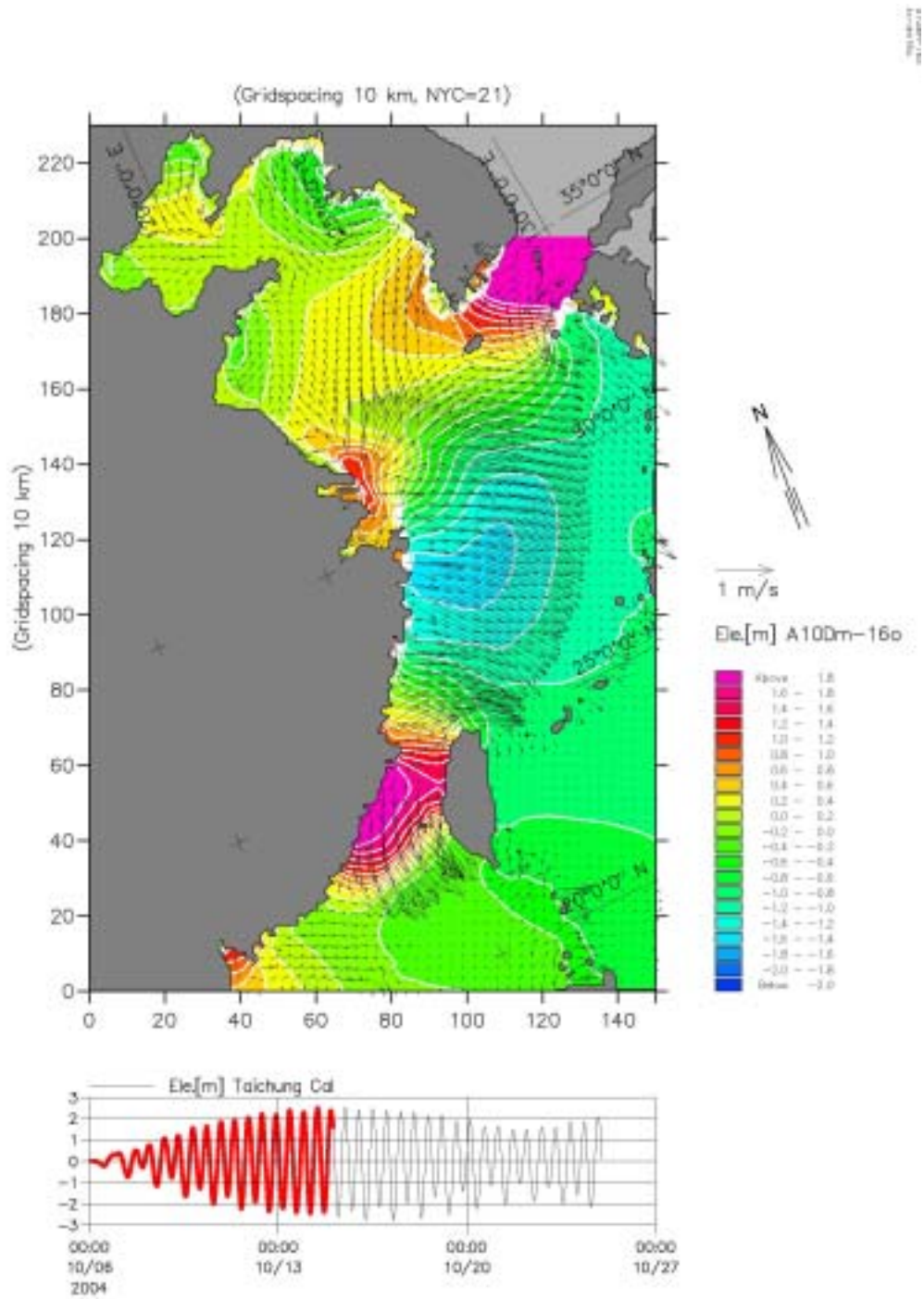


圖 3-73-1 東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

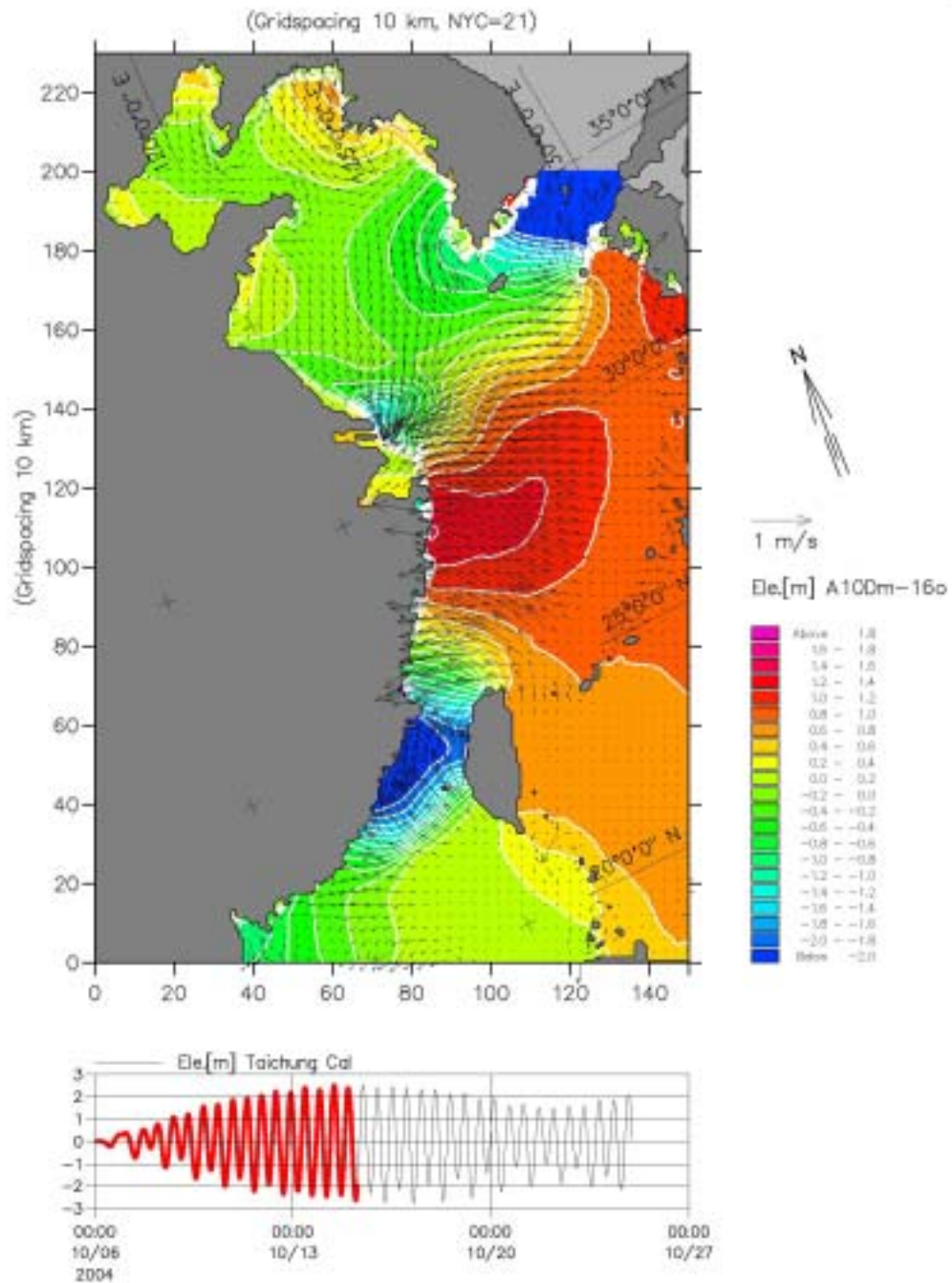


圖 3-73-2 東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

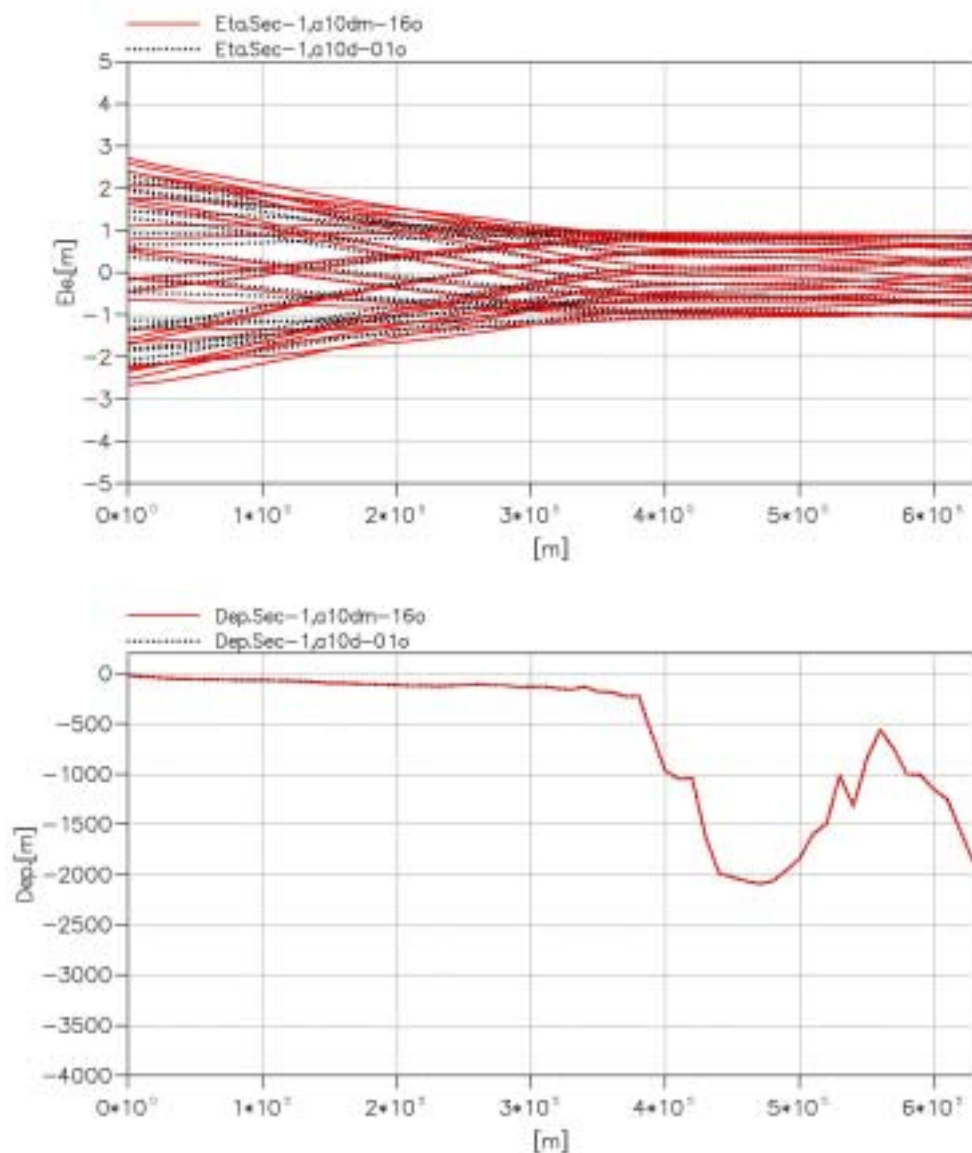


圖 3-74-1 東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響第一斷面 (溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

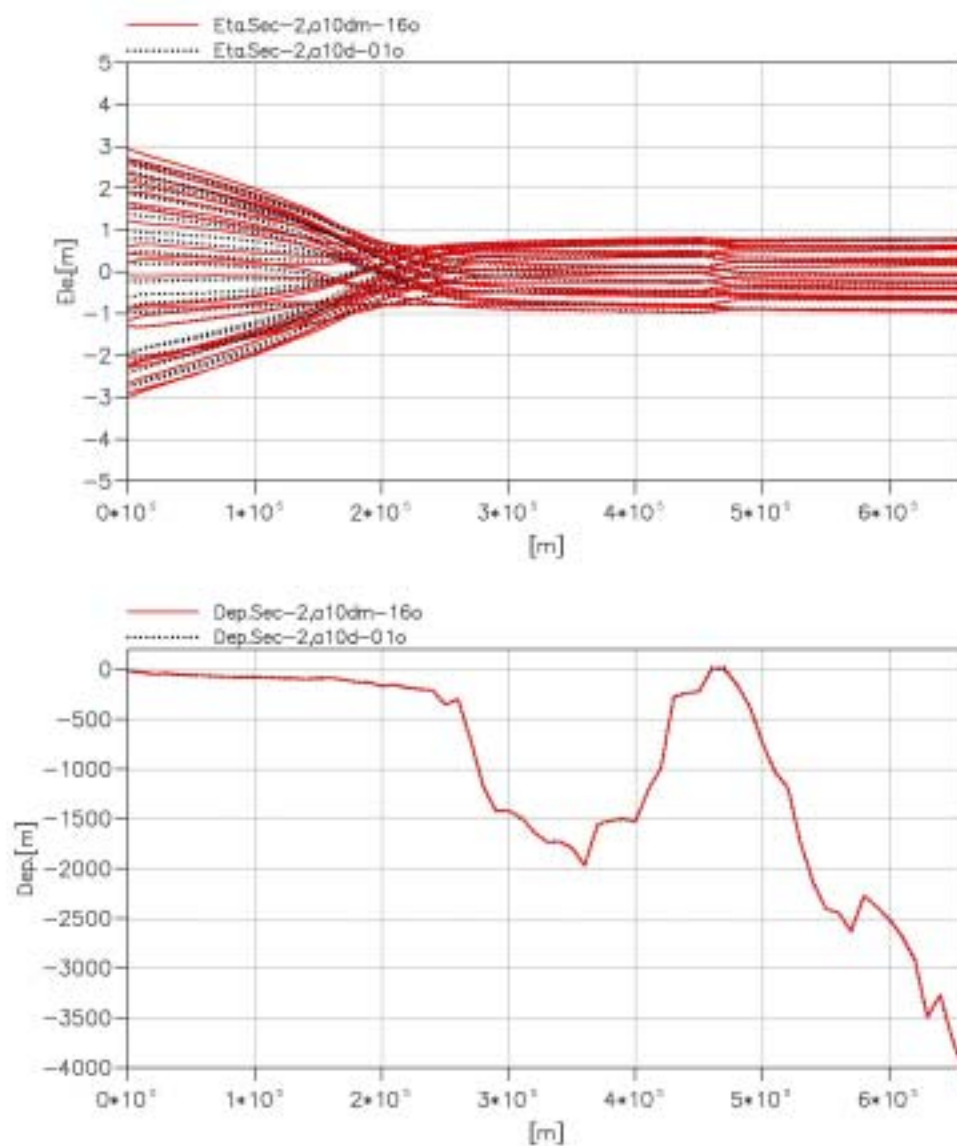


圖 3-74-2 東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響第二斷面 (馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

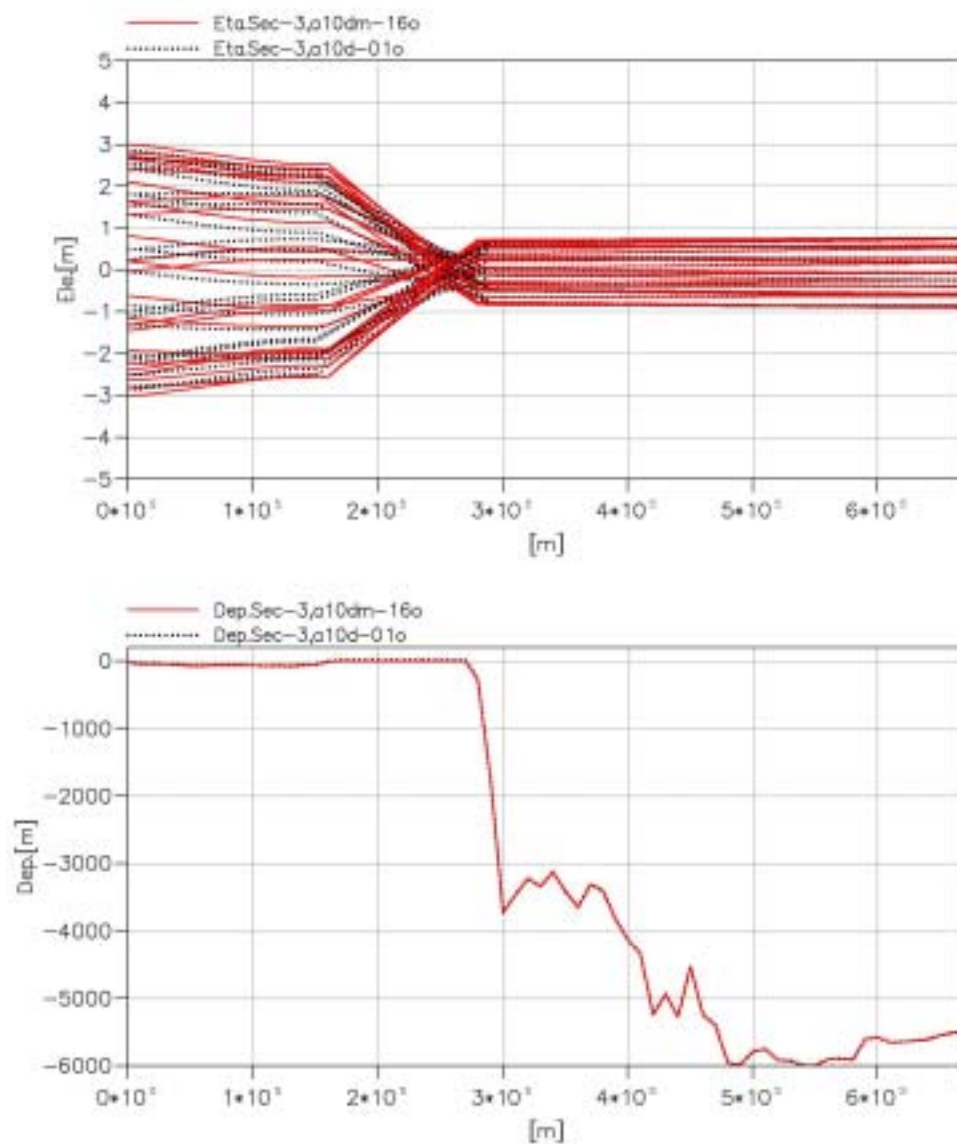


圖 3-74-3 東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響第三斷面 (烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

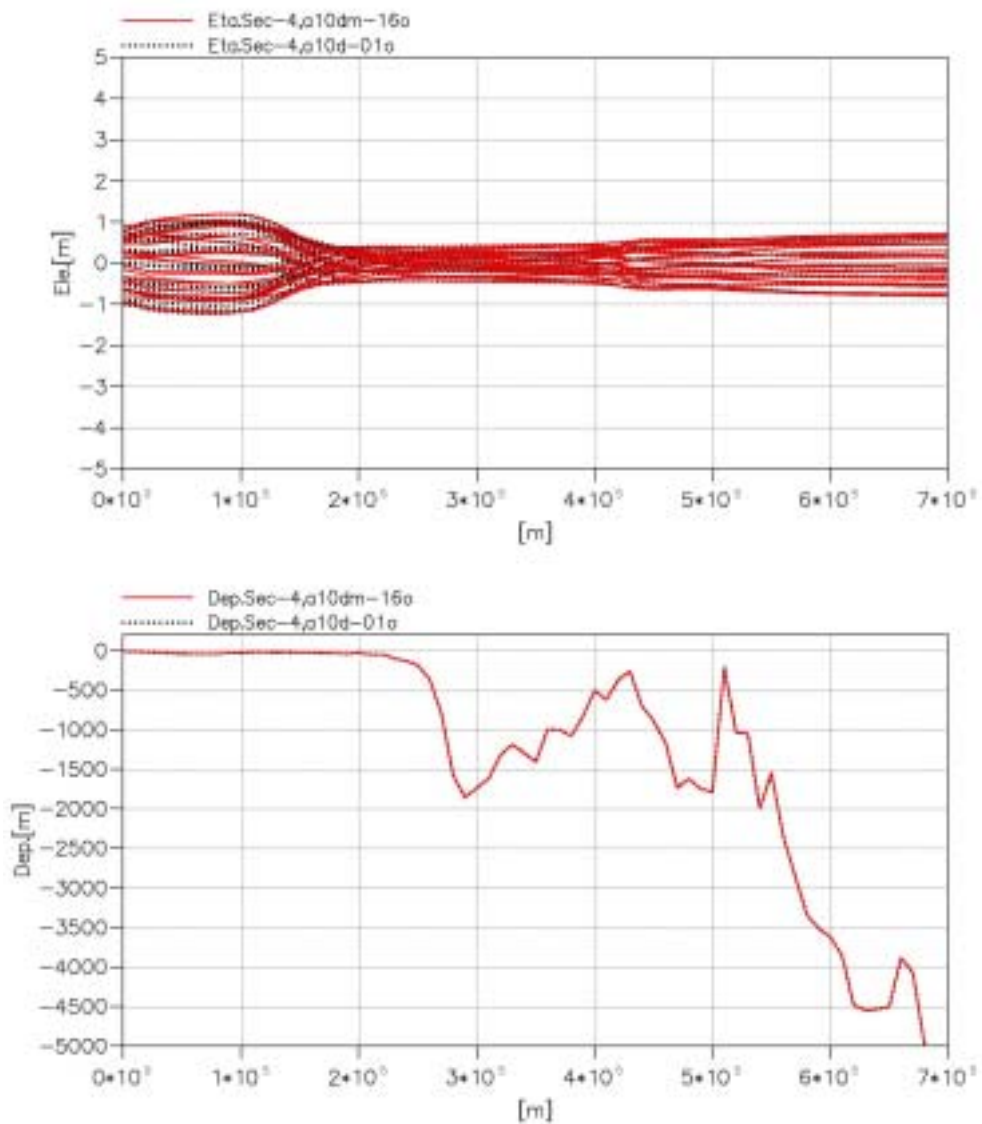


圖 3-74-4 東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響第四斷面
(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態
與現況之比較

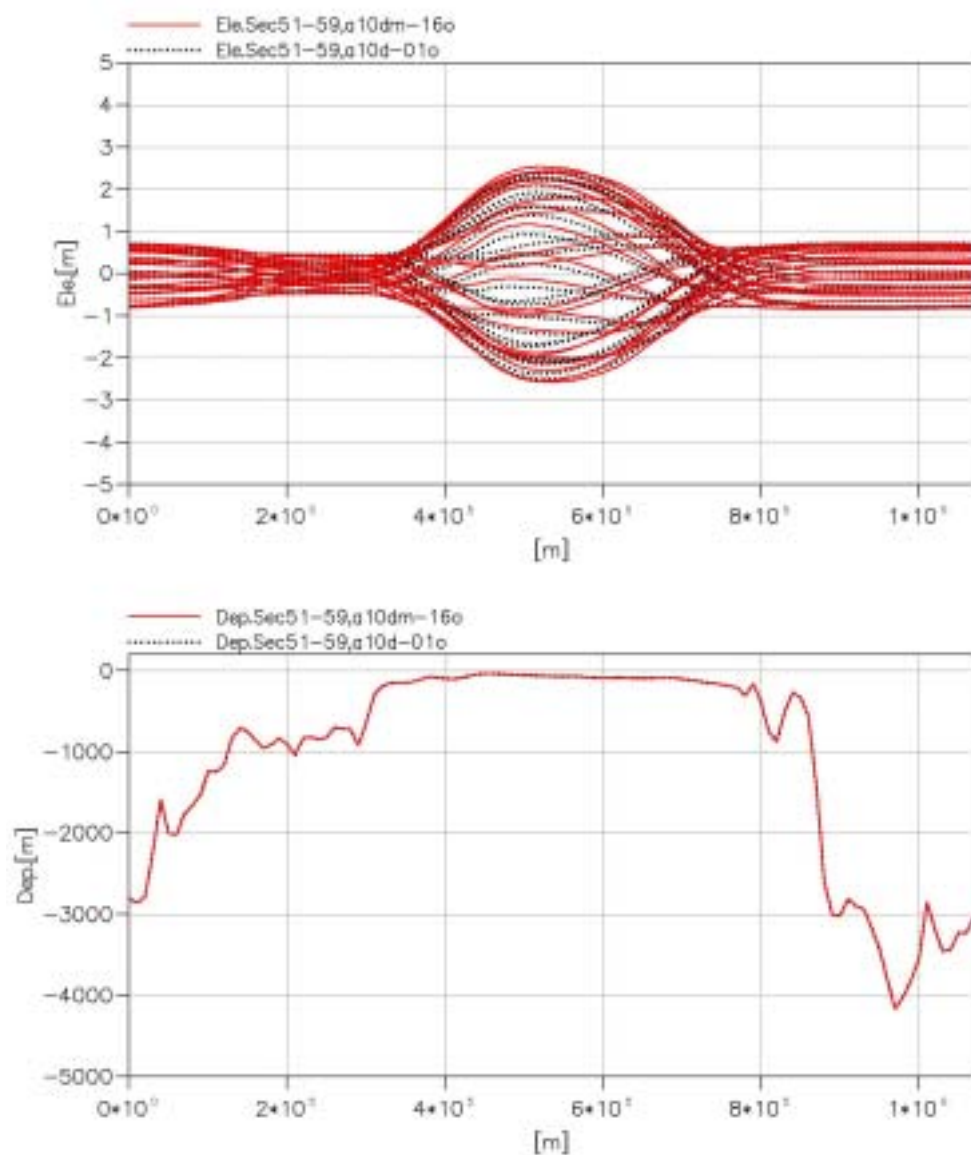


圖 3-74-5 東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響第五斷面
(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)
之潮波振盪型態與現況之比較

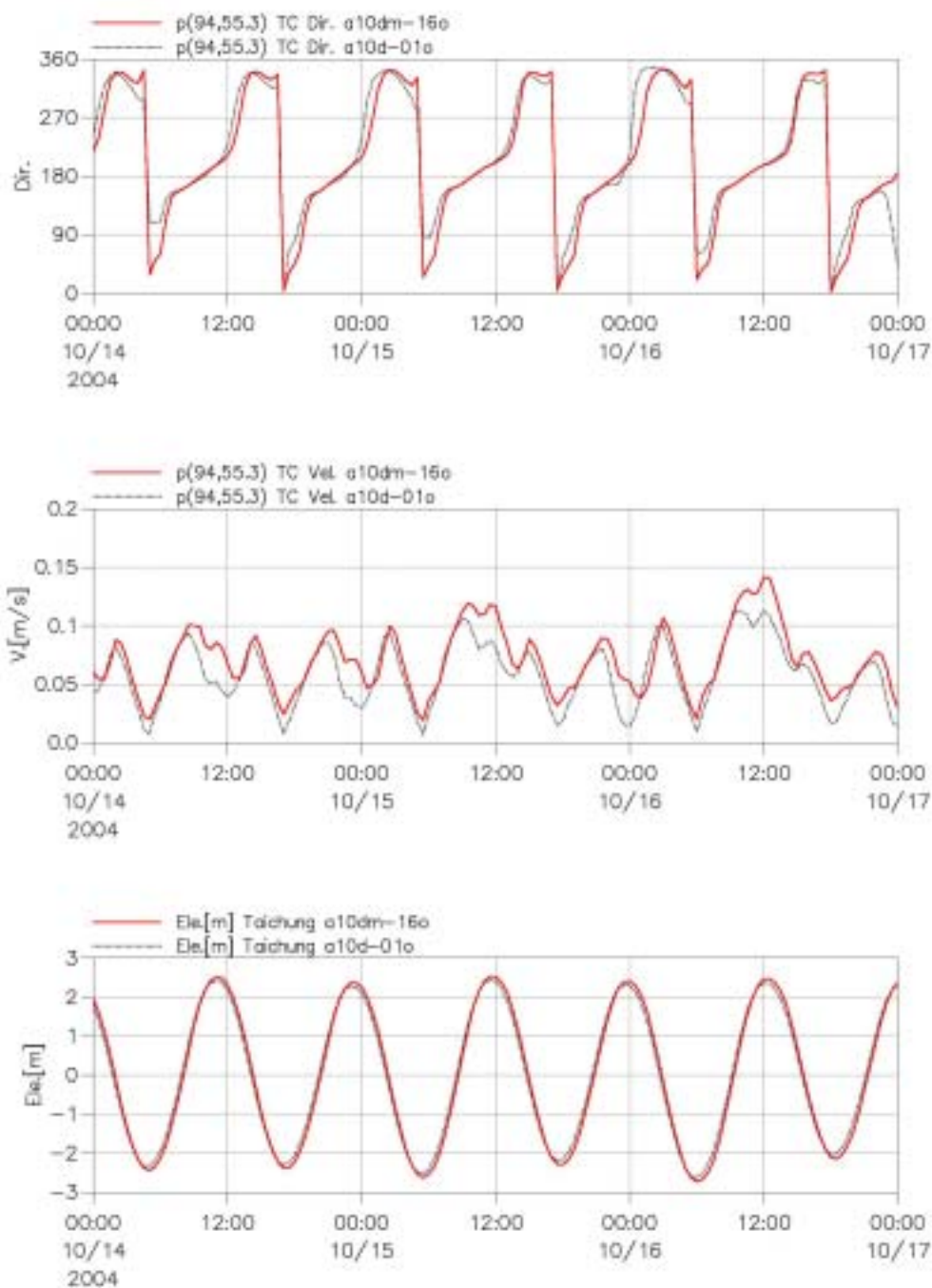


圖 3-75 東亞計算海域東海北邊界入射潮波影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

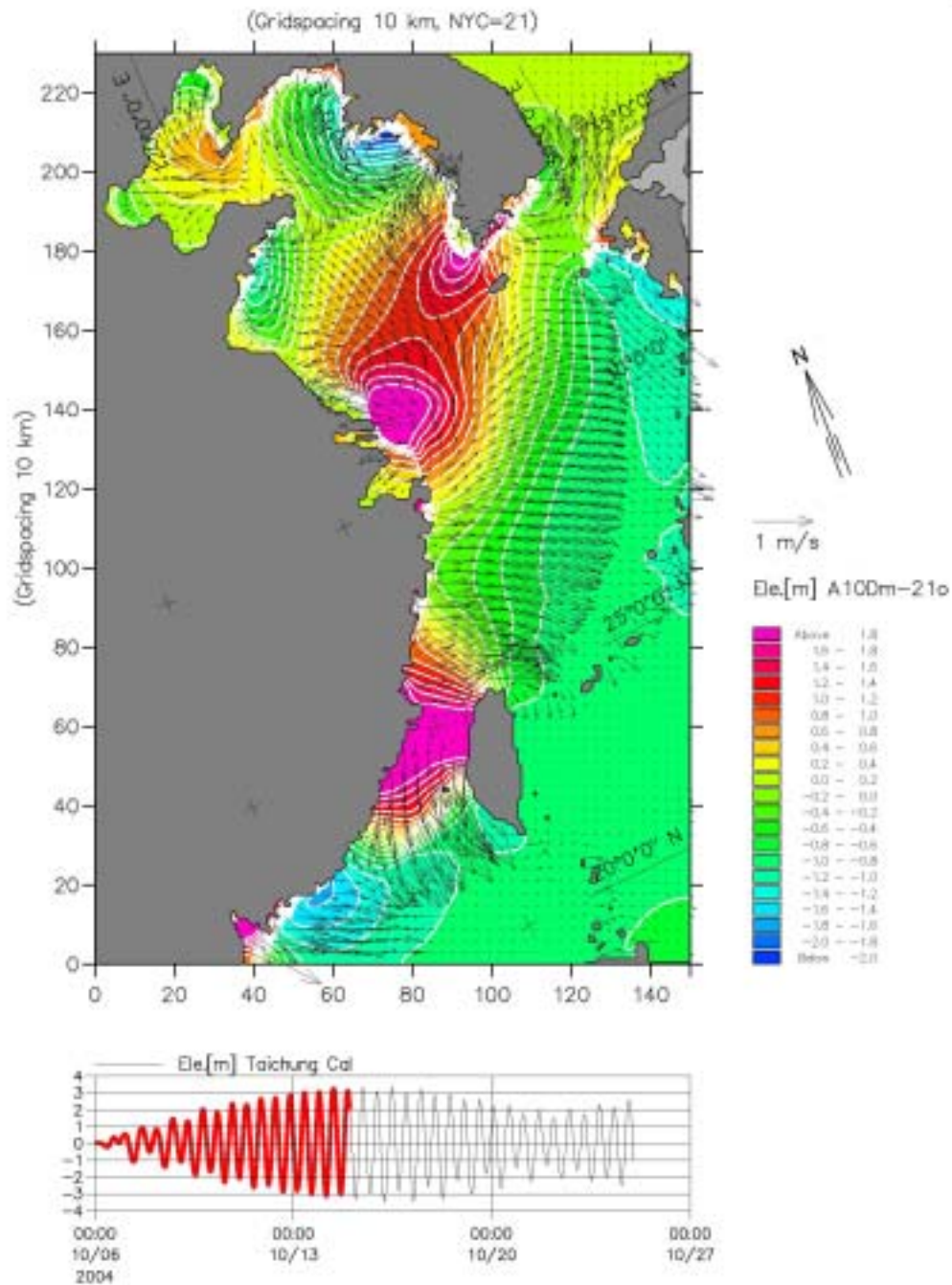


圖 3-76-1 東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

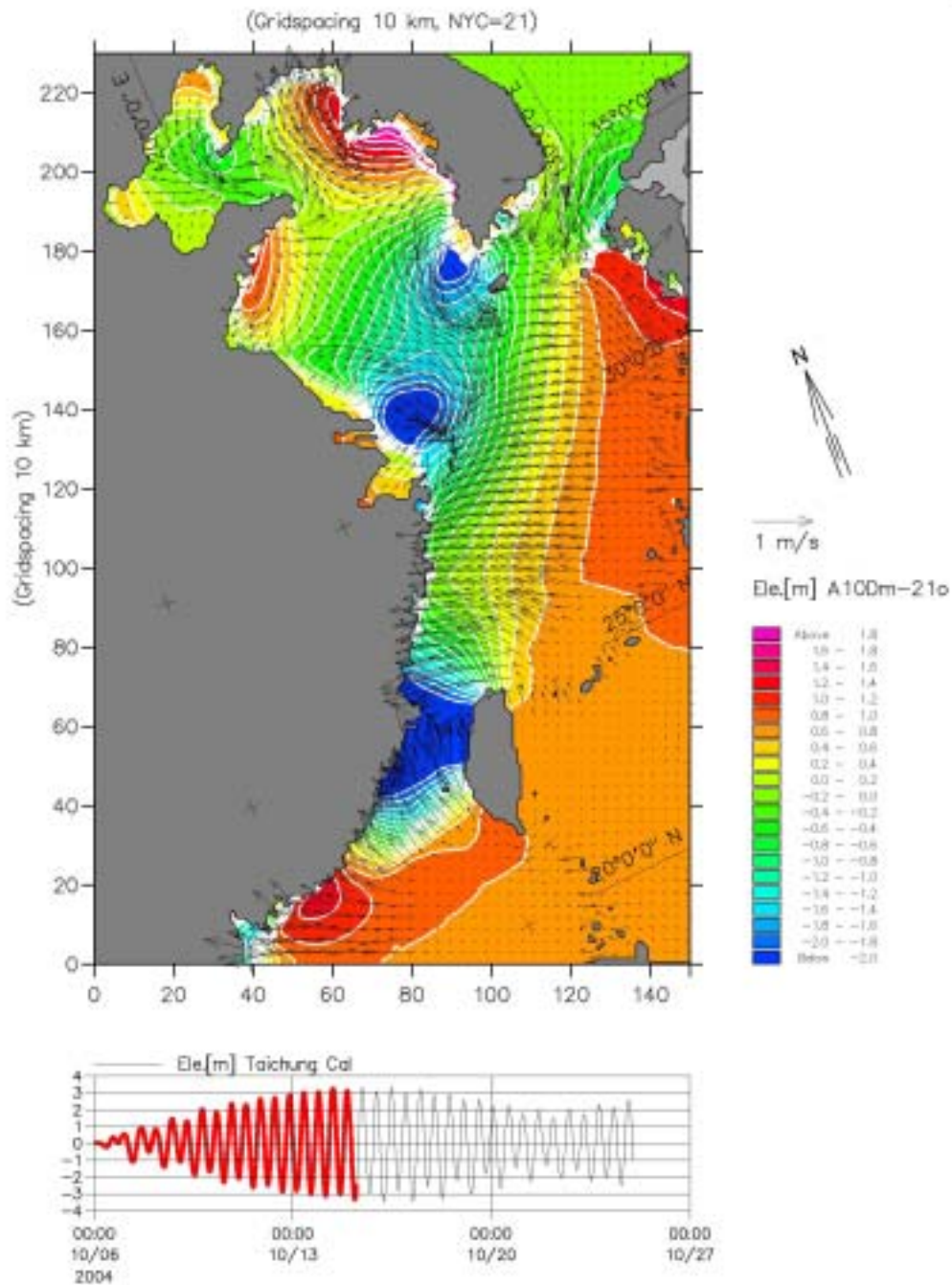


圖 3-76-2 東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

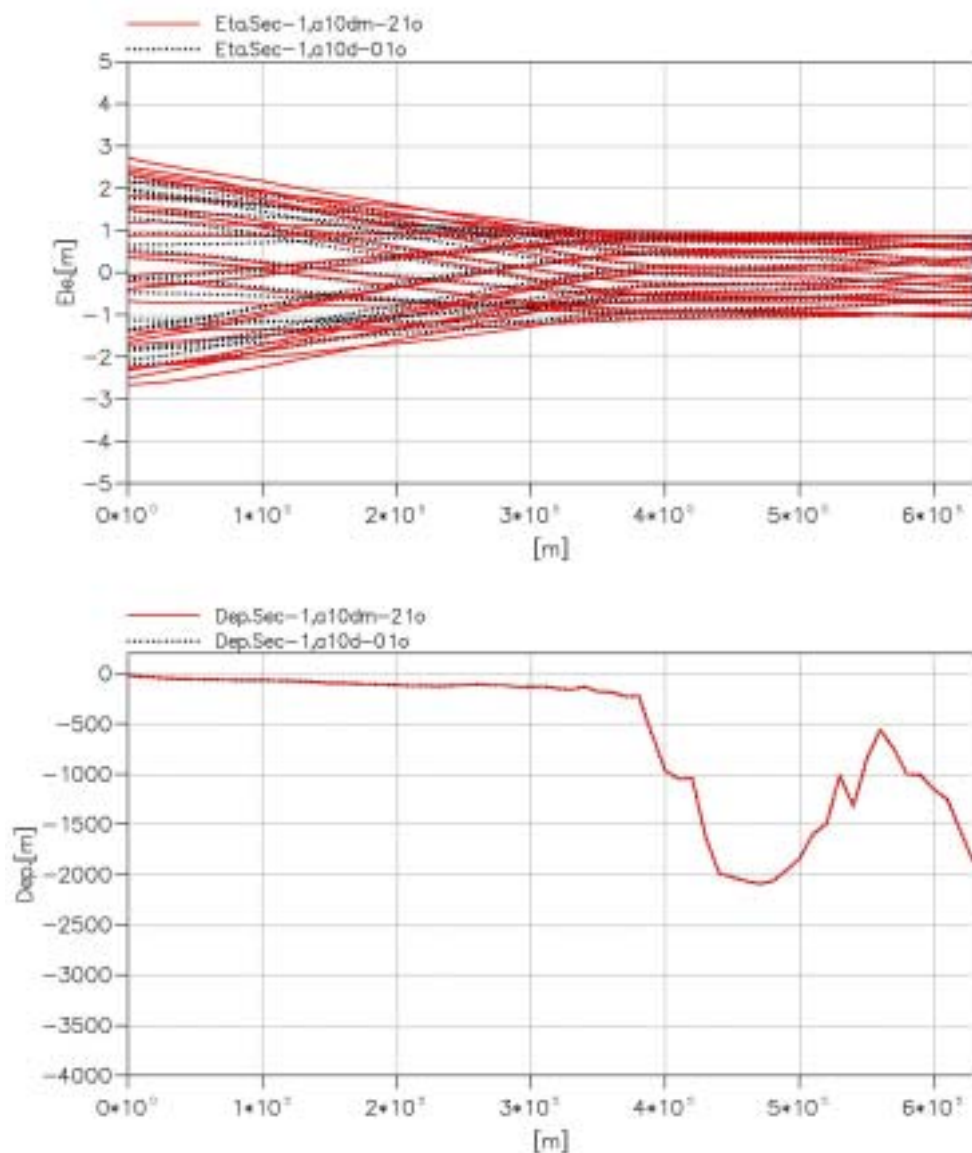


圖 3-77-1 東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響第一斷面
(溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口)之潮波振盪型態
與現況之比較

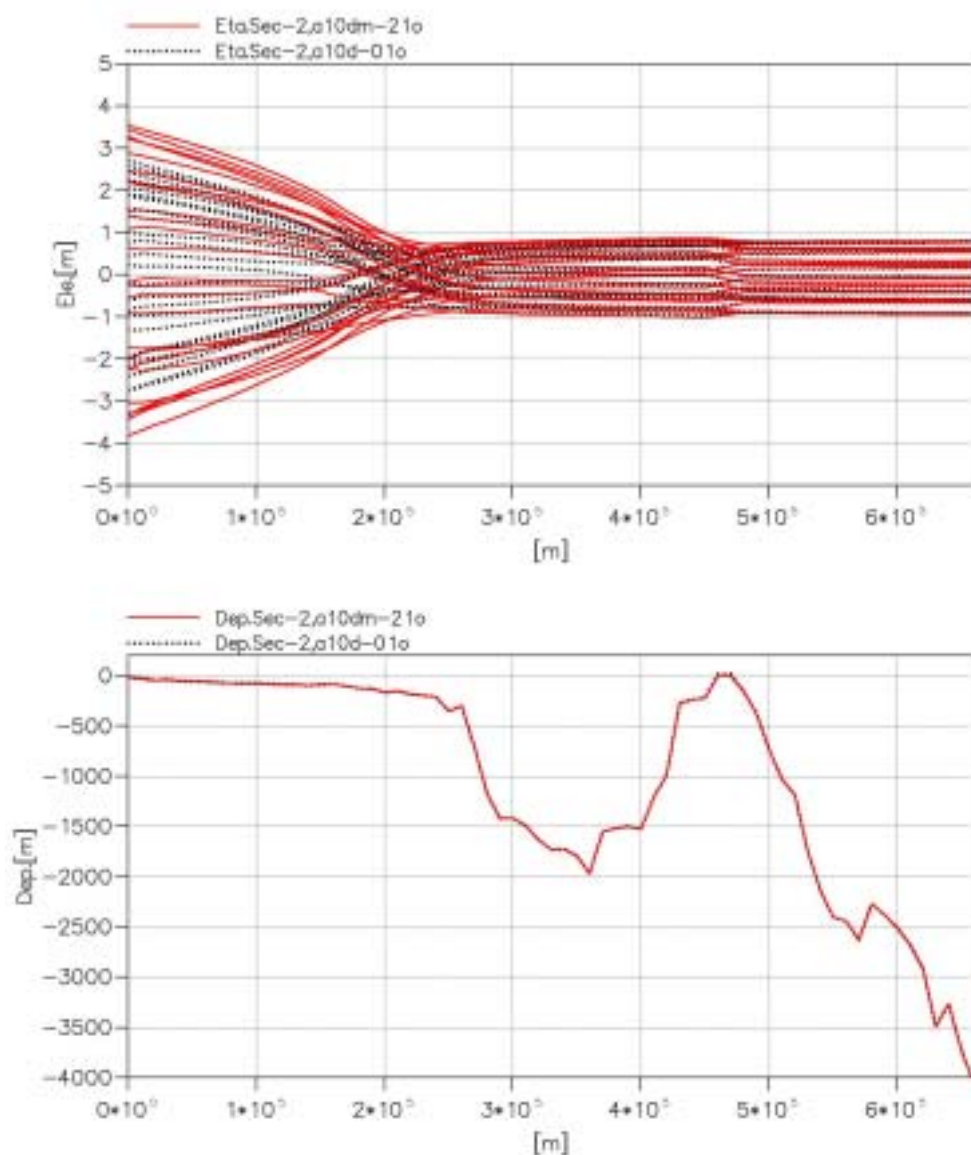


圖 3-77-2 東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響第二斷面
(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態
與現況之比較

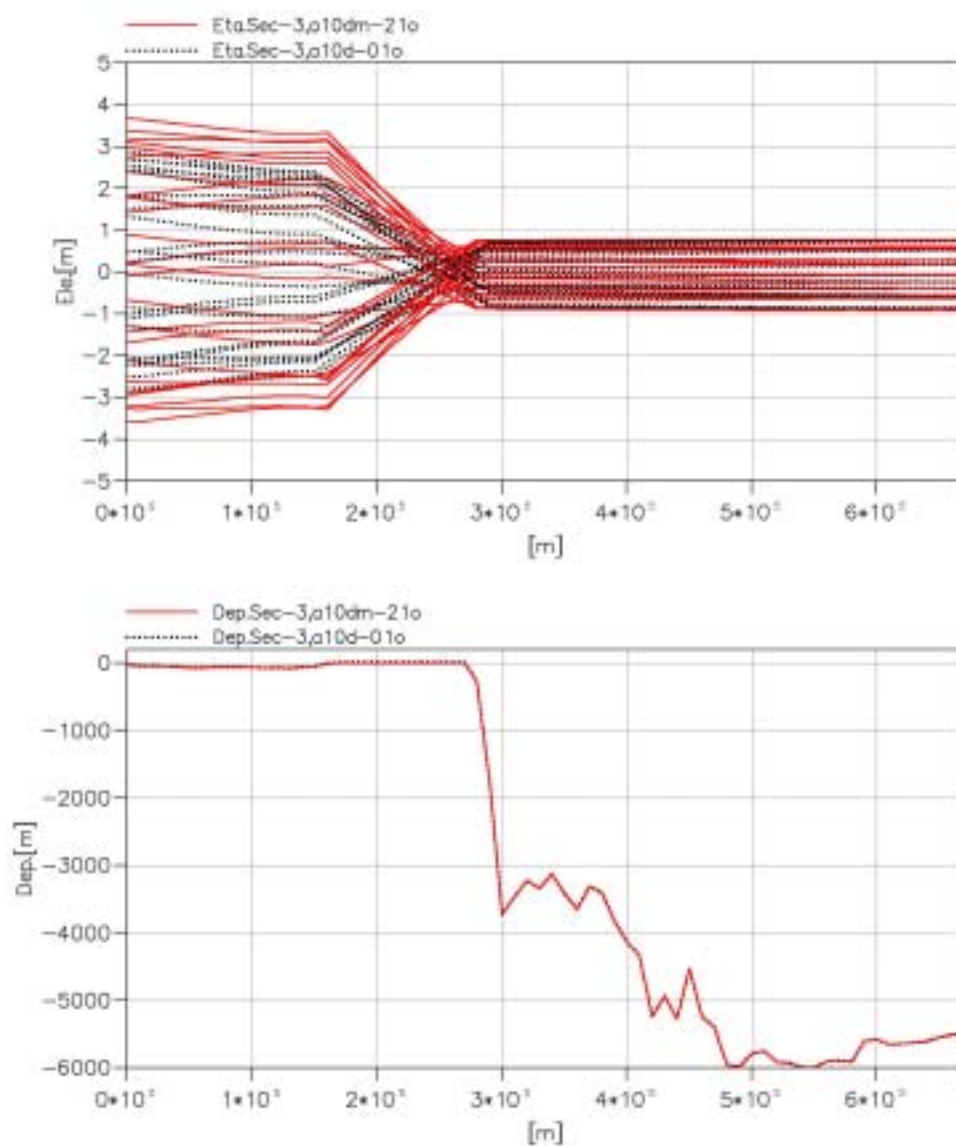


圖 3-77-3 東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響第三斷面
(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振
盪型態與現況之比較

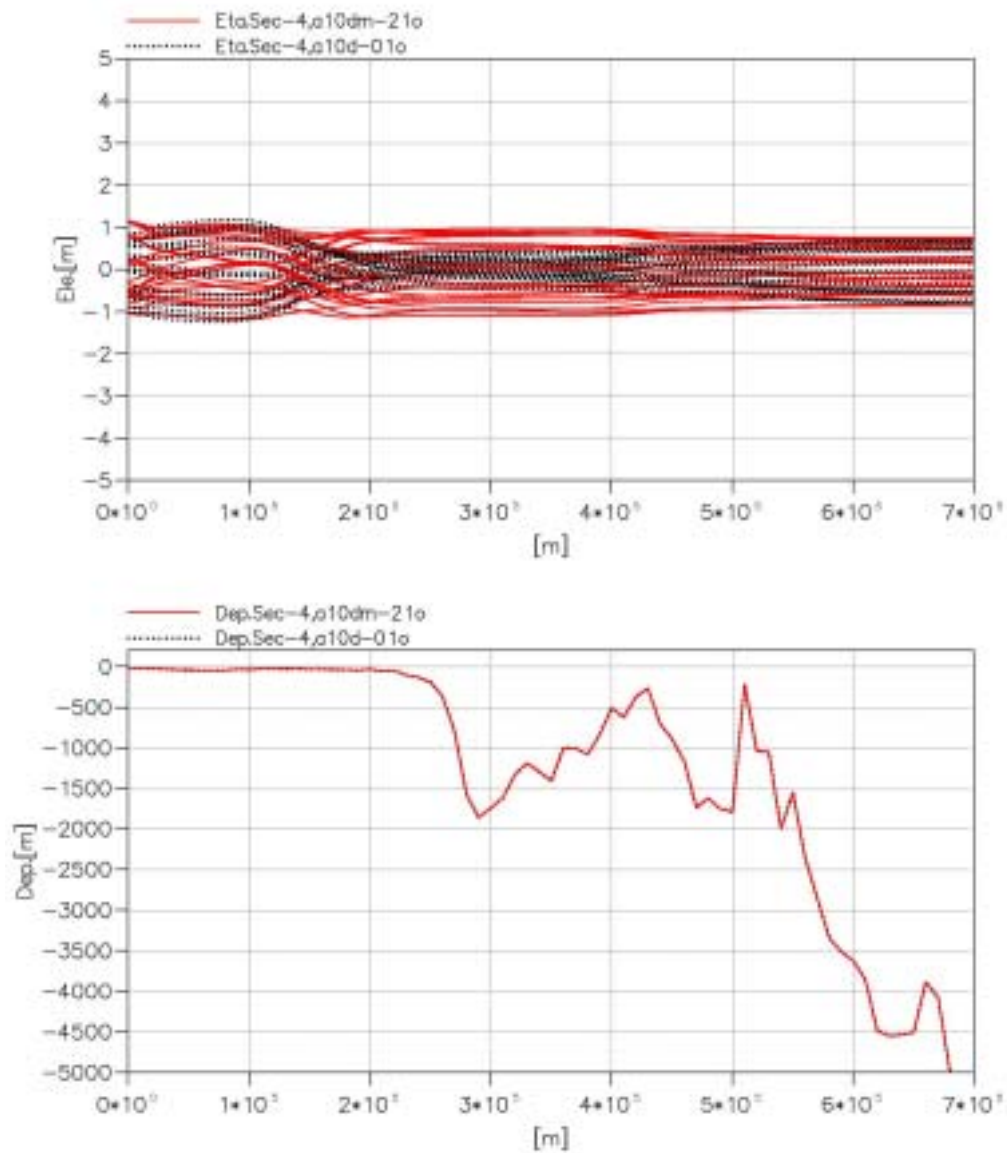


圖 3-77-4 東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響第四斷面
(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態
與現況之比較

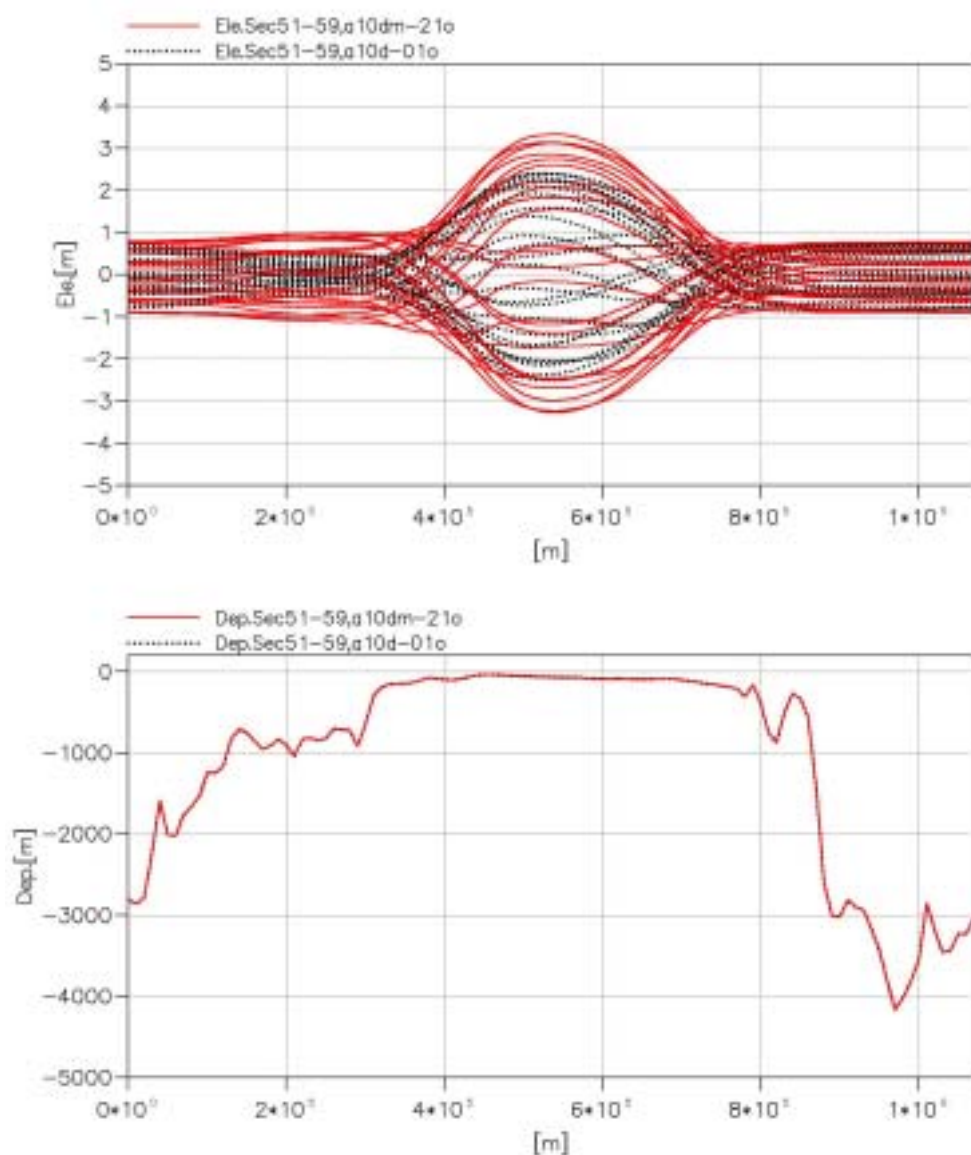


圖 3-77-5 東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響第五斷面
(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼, 臺灣環島海域)
之潮波振盪型態與現況之比較

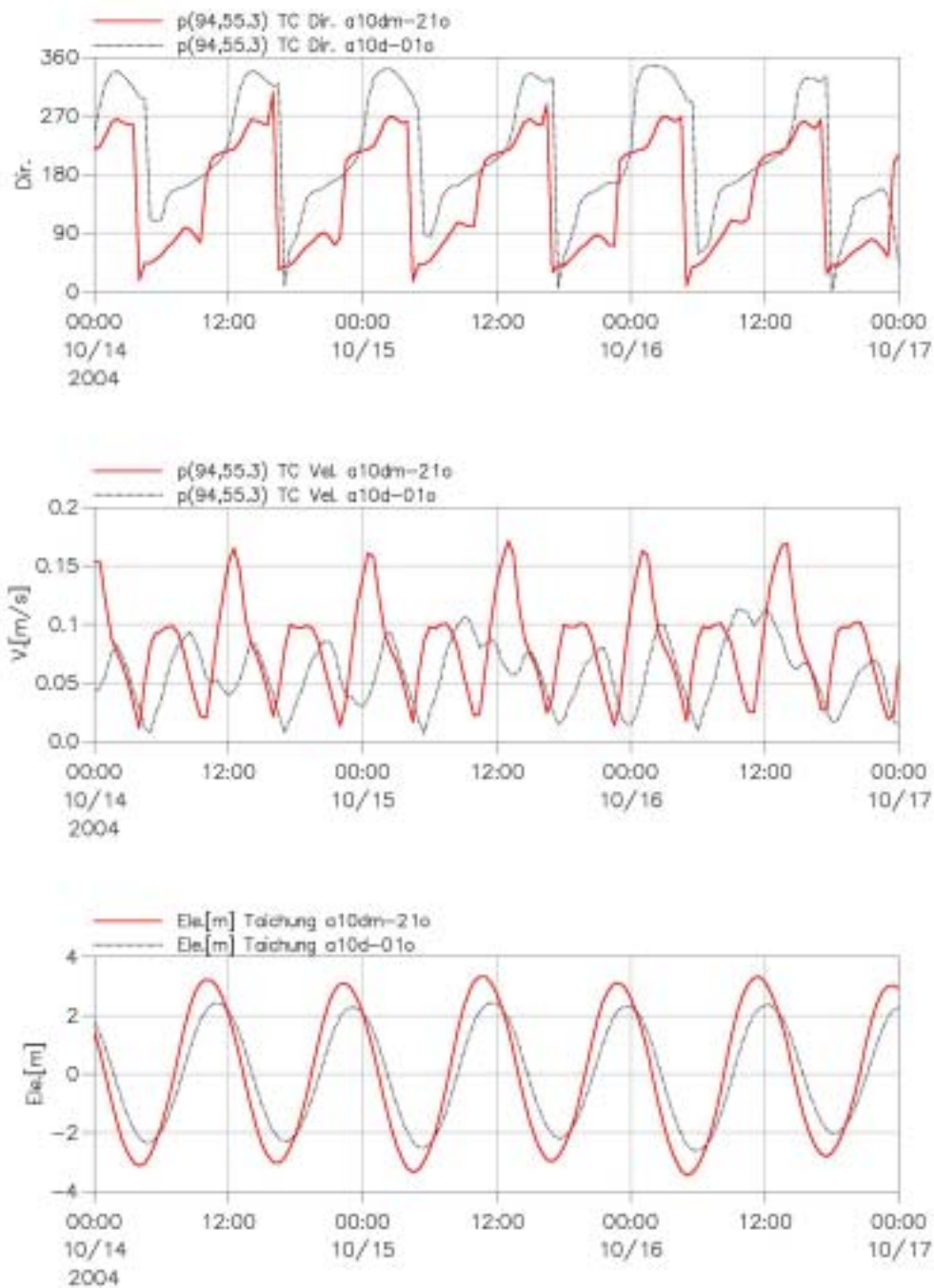


圖 3-78 東亞計算海域南海南邊界入射潮波影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

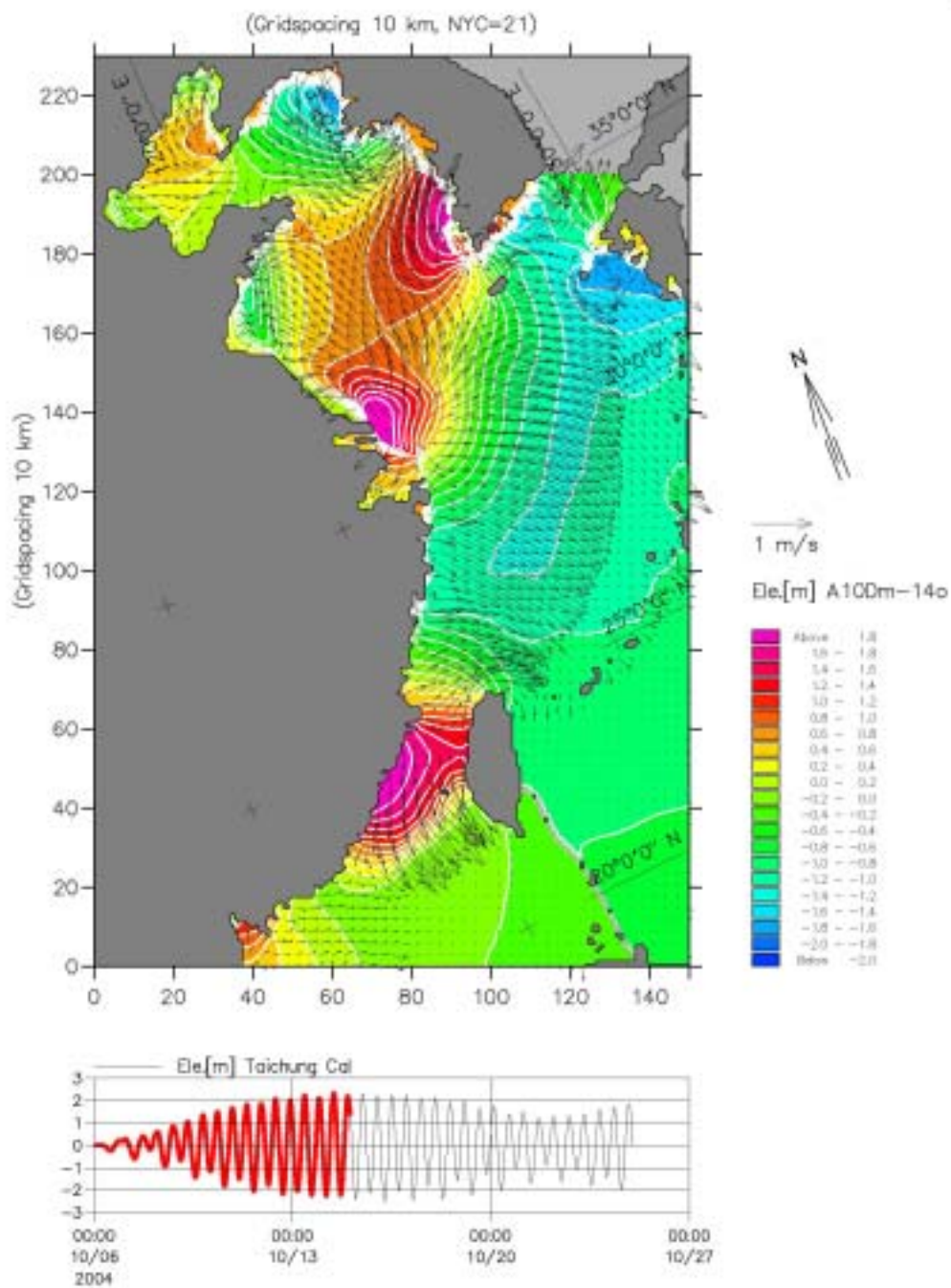


圖 3-80-1 東亞計算海域呂宋島弧封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

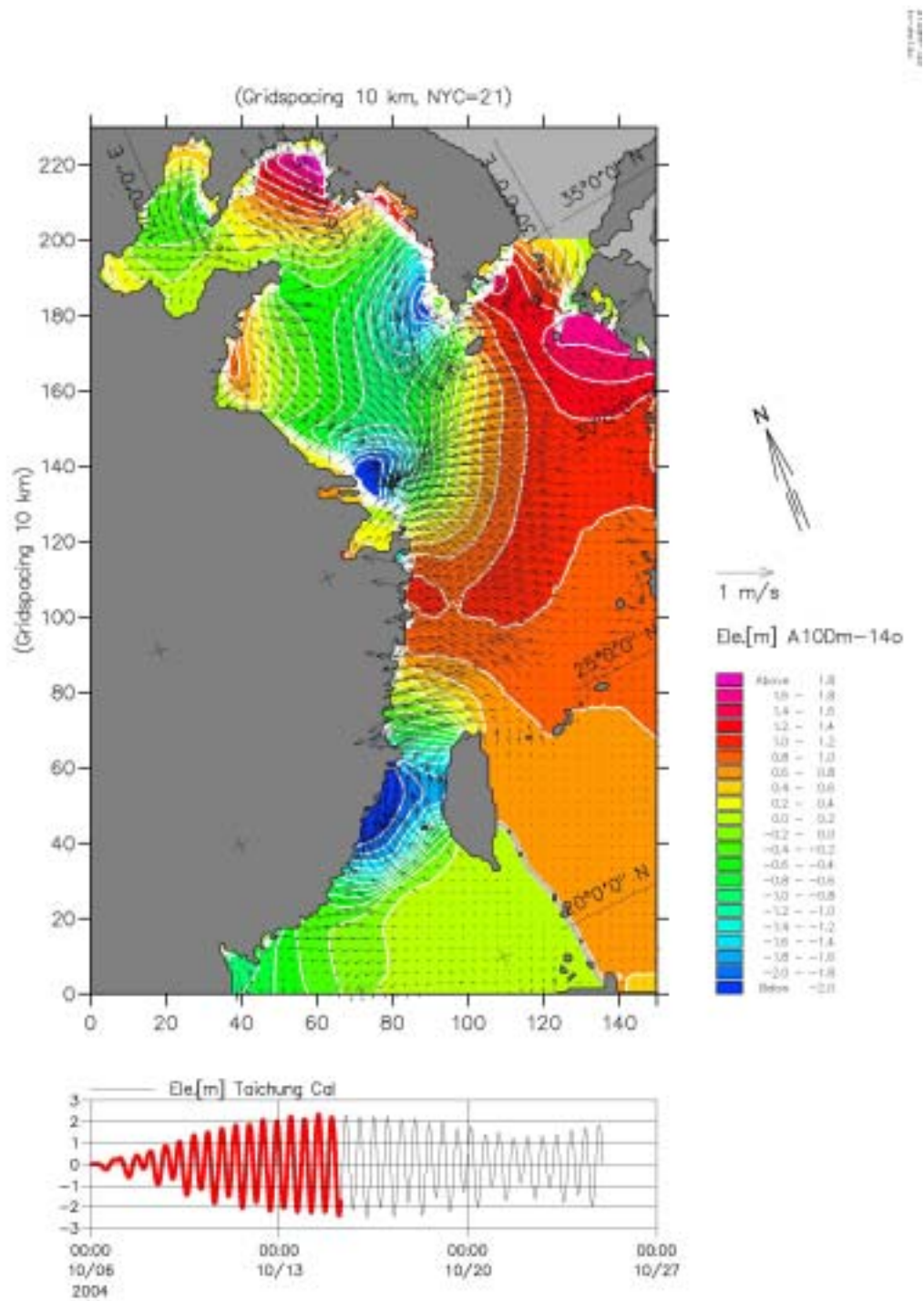


圖 3-80-2 東亞計算海域呂宋島弧封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

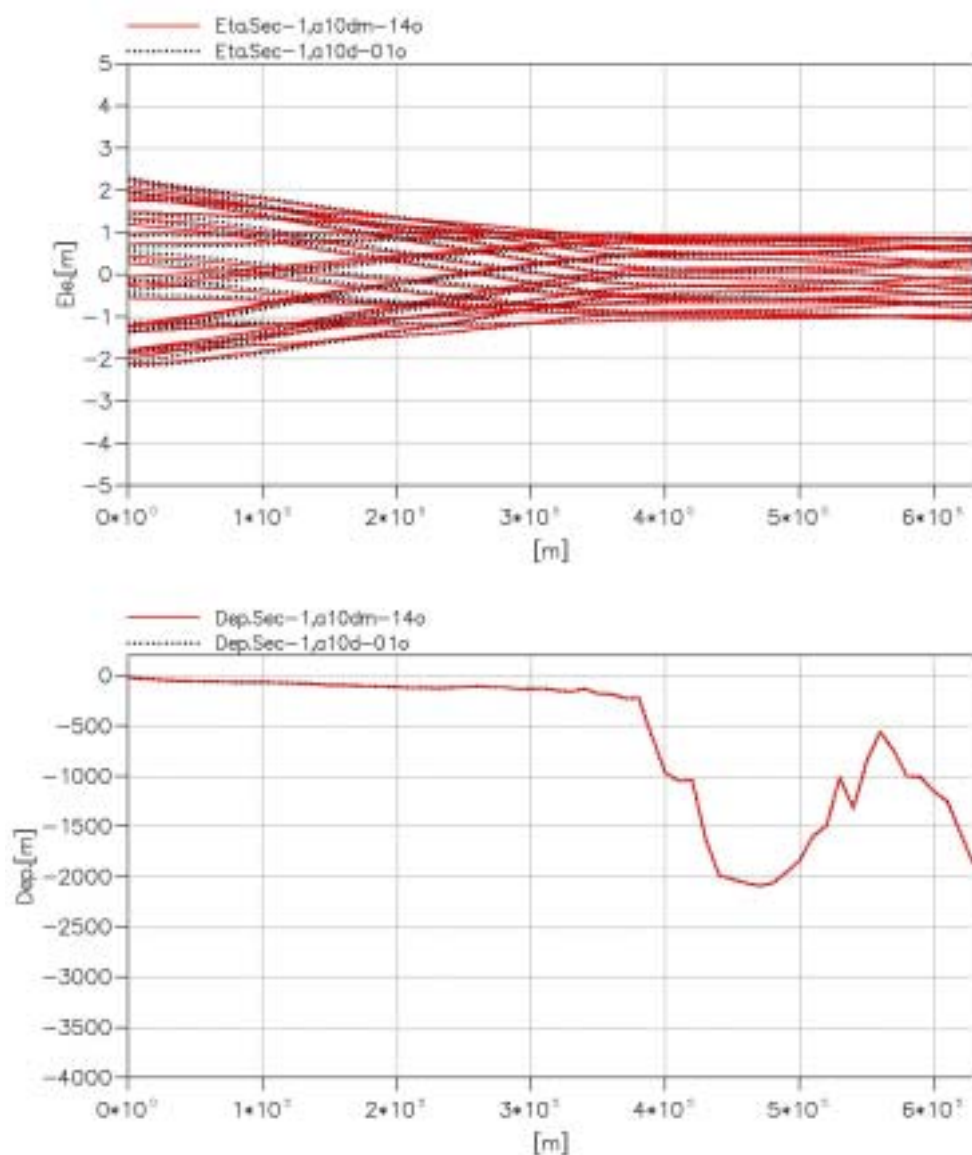


圖 3-81-1 東亞計算海域呂宋島弧封閉影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

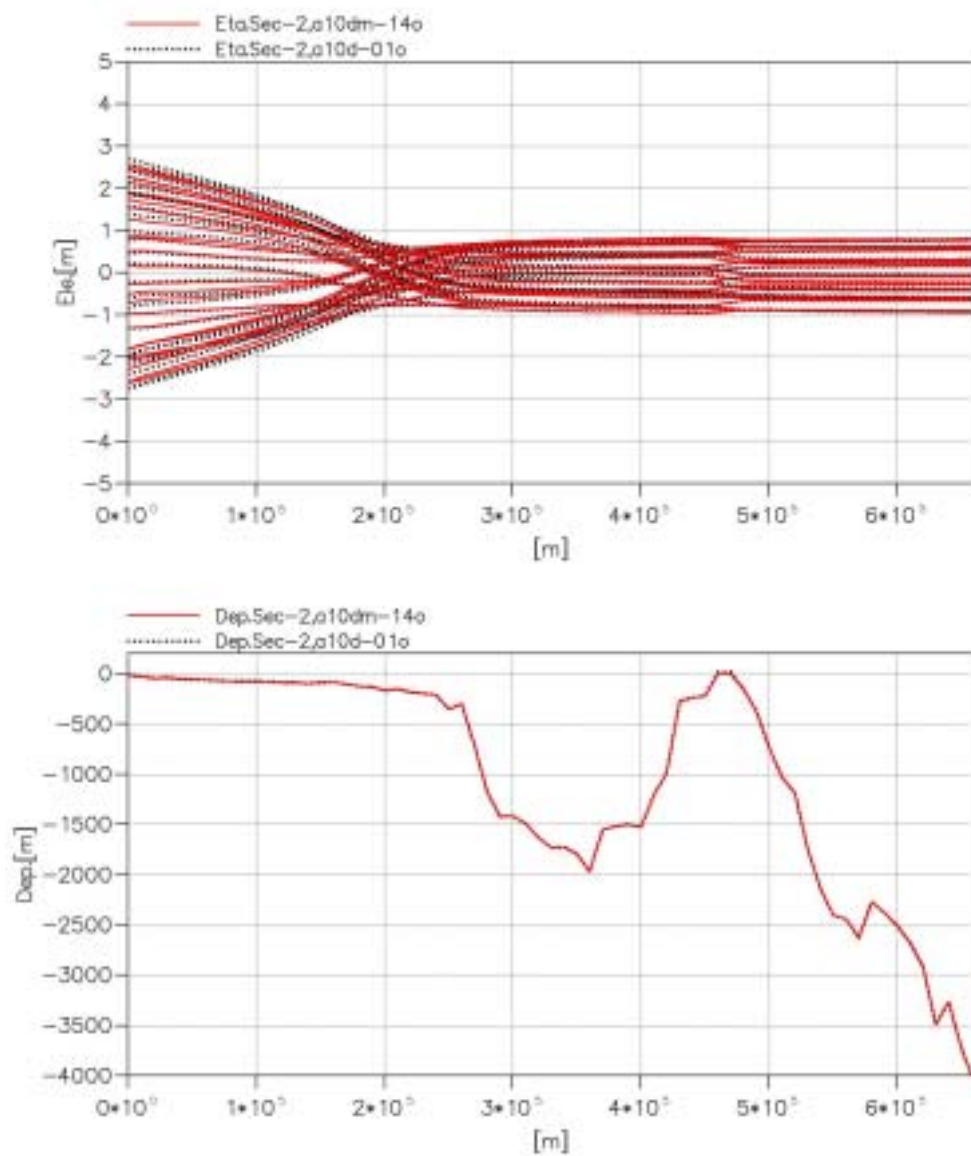


圖 3-81-2 東亞計算海域呂宋島弧封閉影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

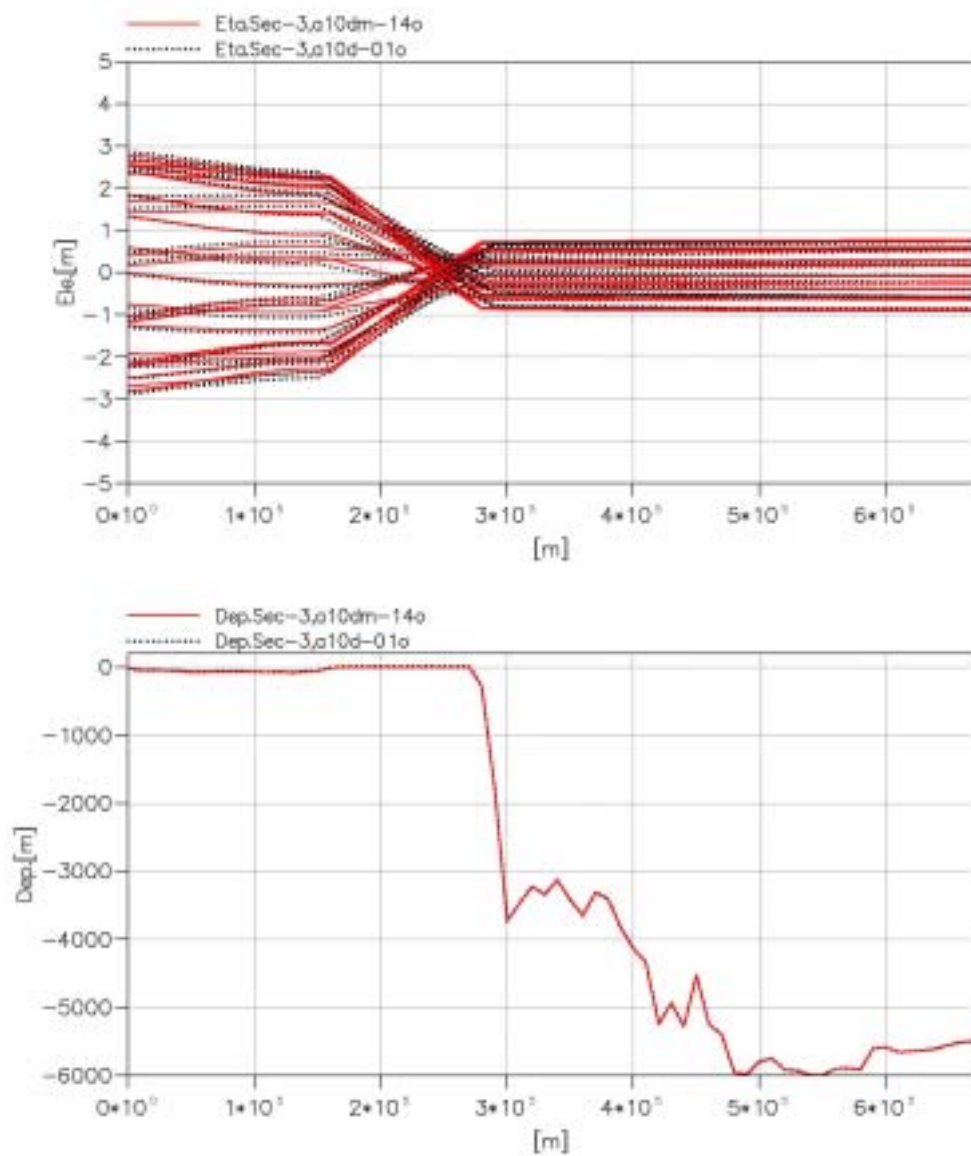


圖 3-81-3 東亞計算海域呂宋島弧封閉影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

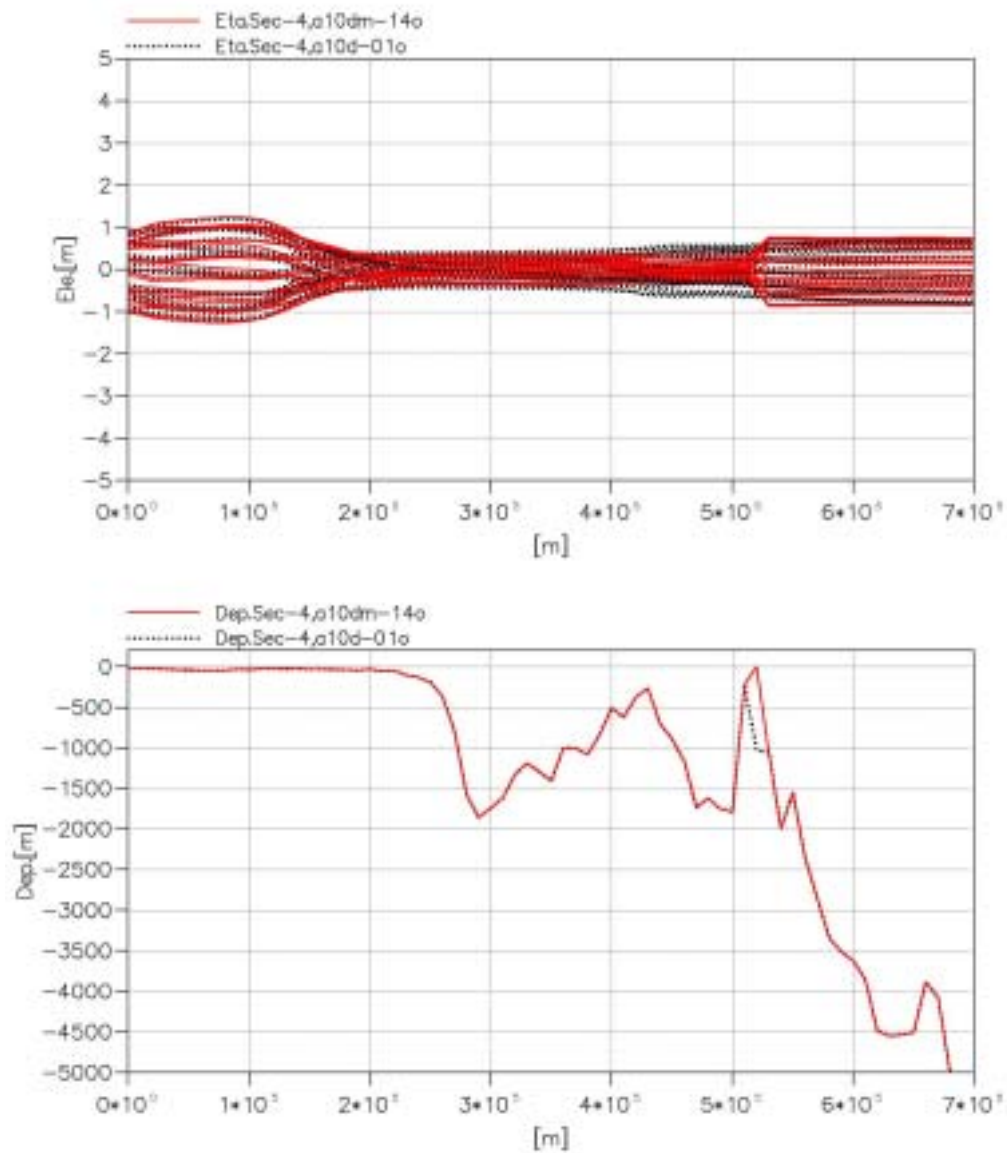


圖 3-81-4 東亞計算海域呂宋島弧封閉影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較

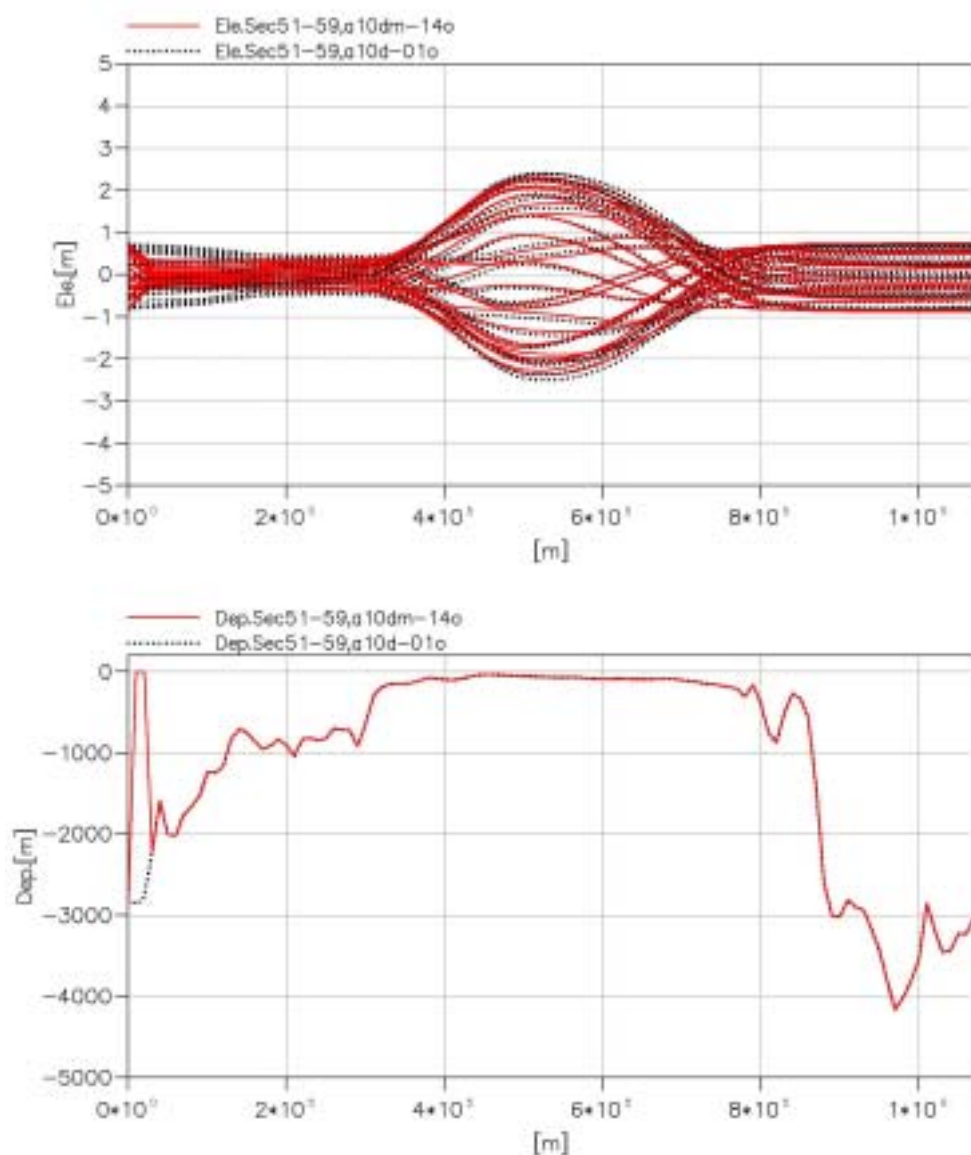


圖 3-81-5 東亞計算海域呂宋島弧封閉影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

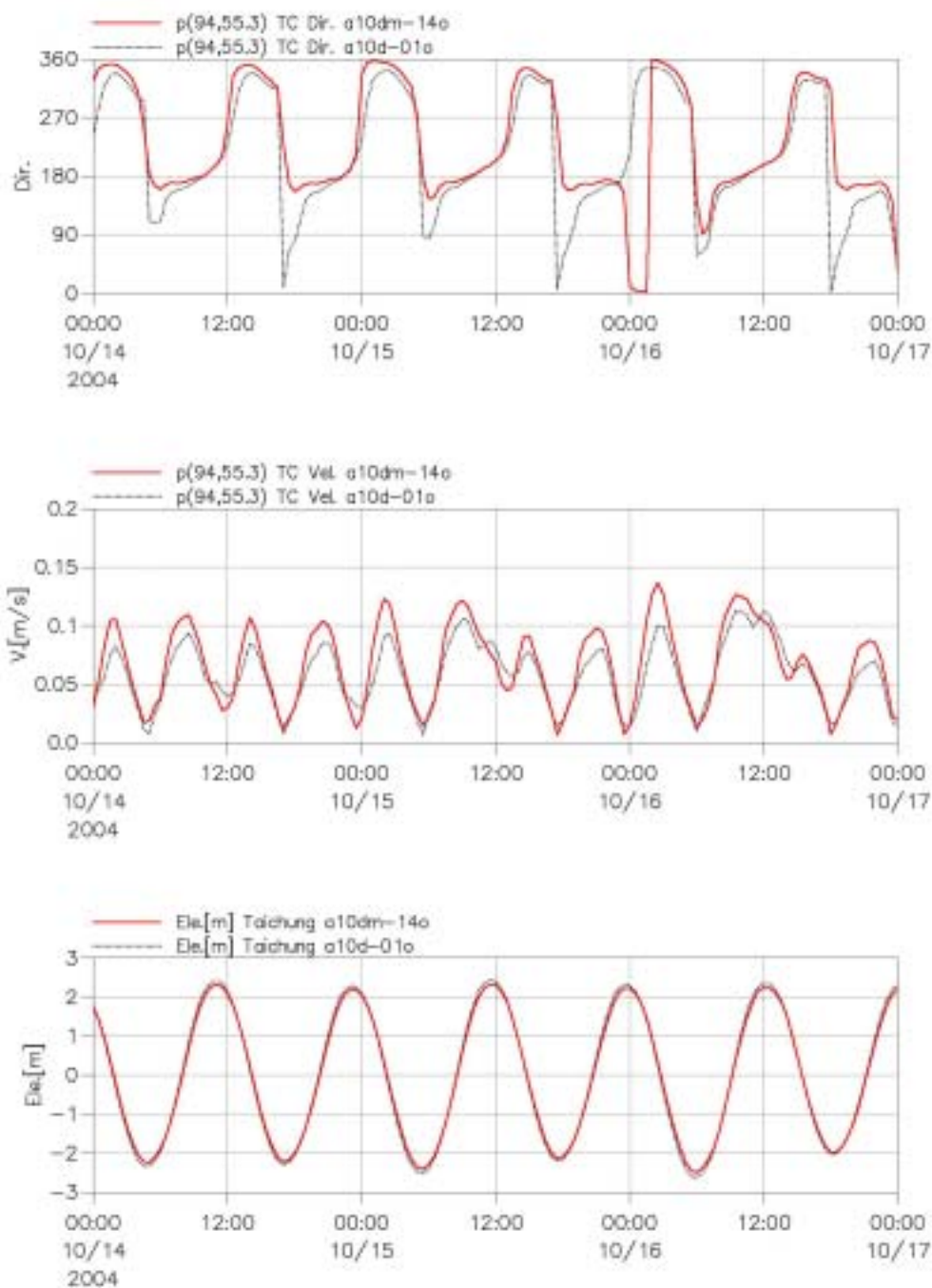


圖 3-82 東亞計算海域呂宋島弧封閉影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

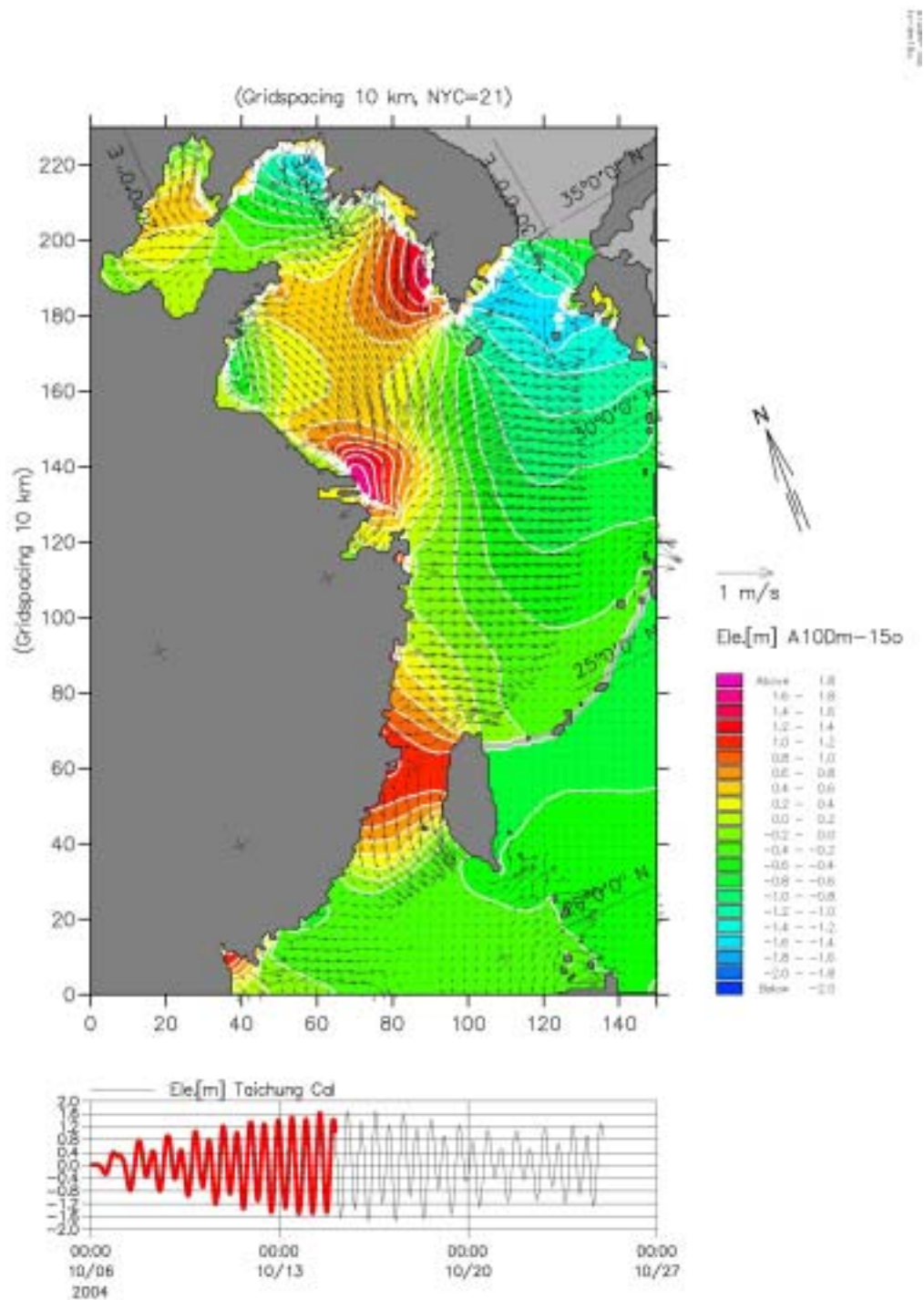


圖 3-84-1 東亞計算海域沖繩島弧封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港滿潮位後 2 小時。

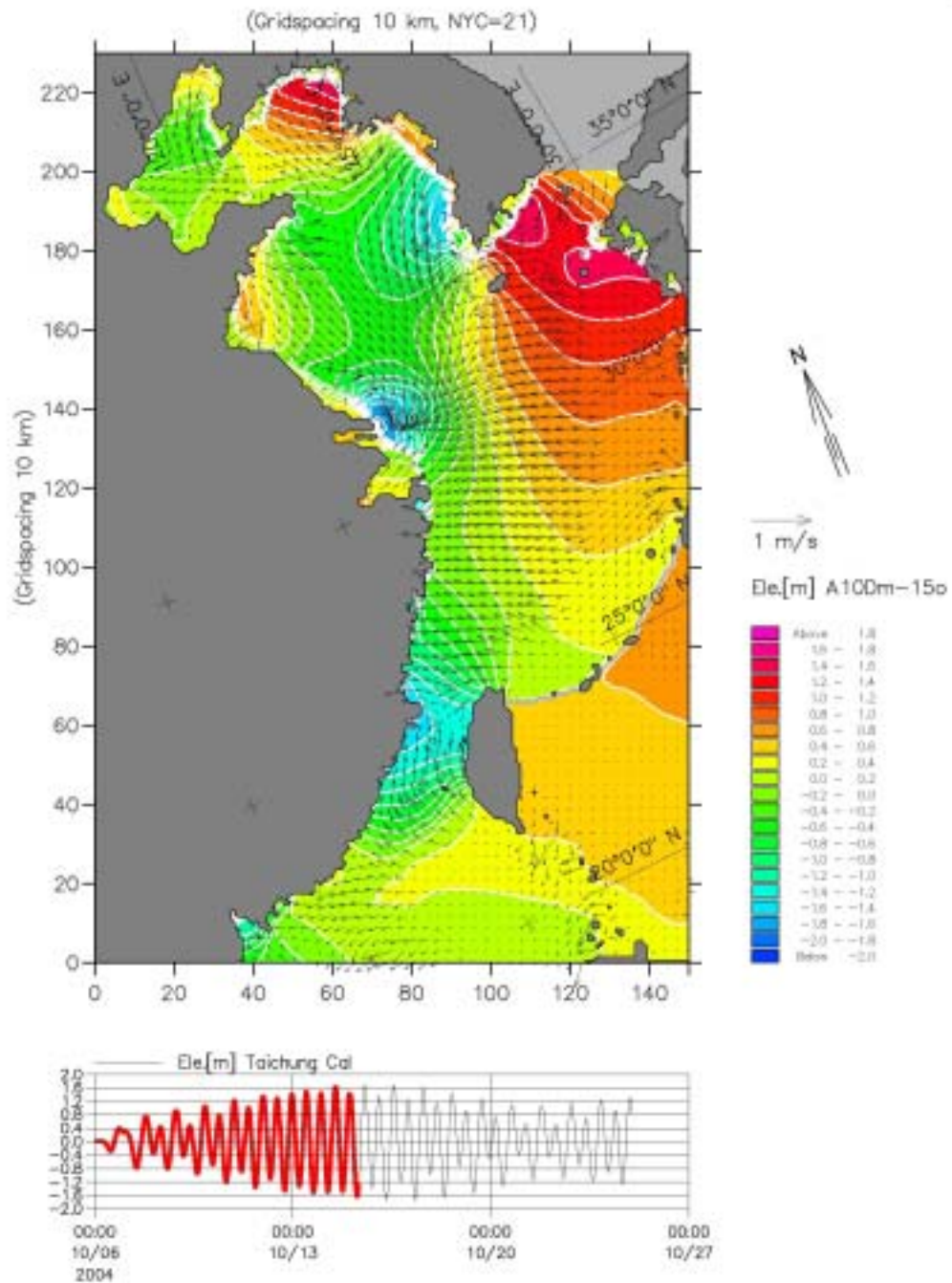


圖 3-84-2 東亞計算海域沖繩島弧封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈。參考潮位：台中港乾潮位後 2 小時。

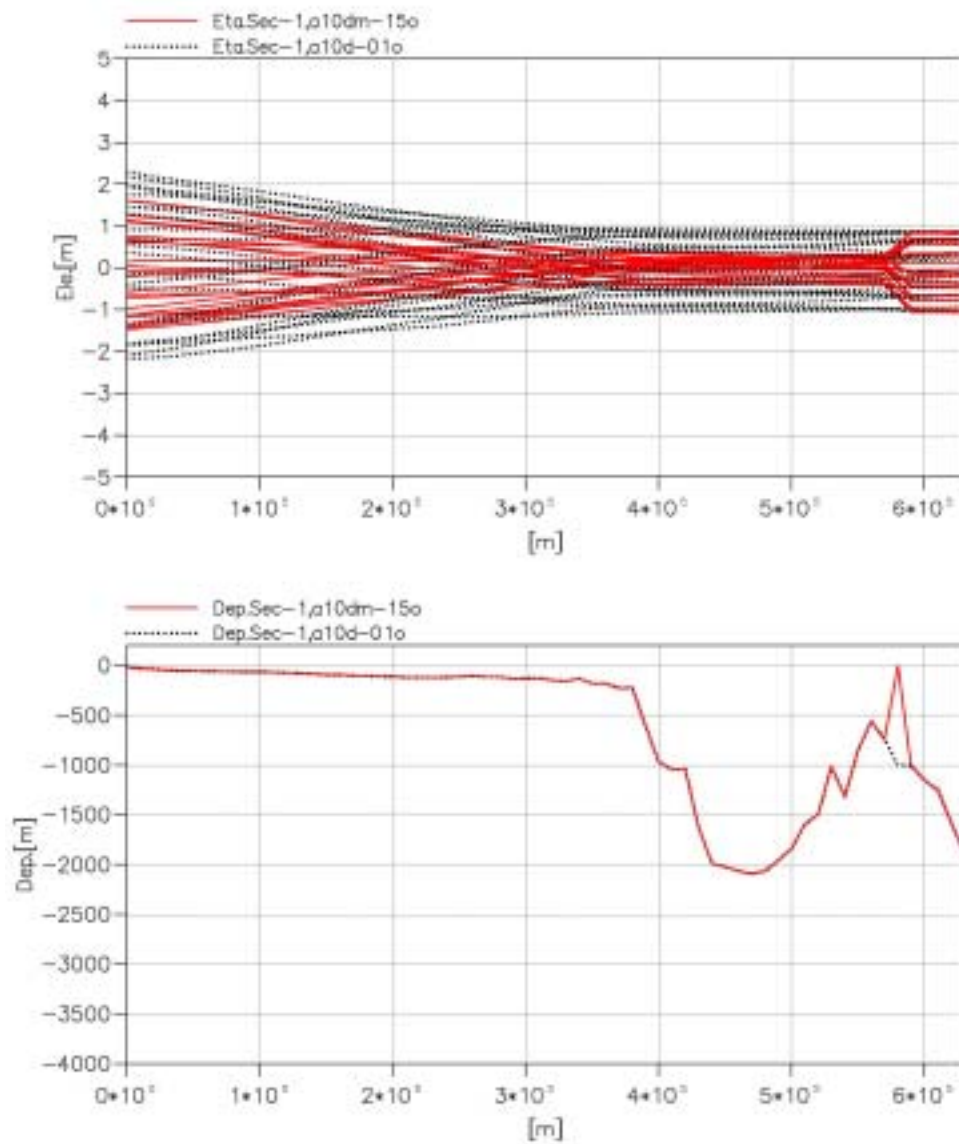


圖 3-85-1 東亞計算海域沖繩島弧封閉影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島，東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

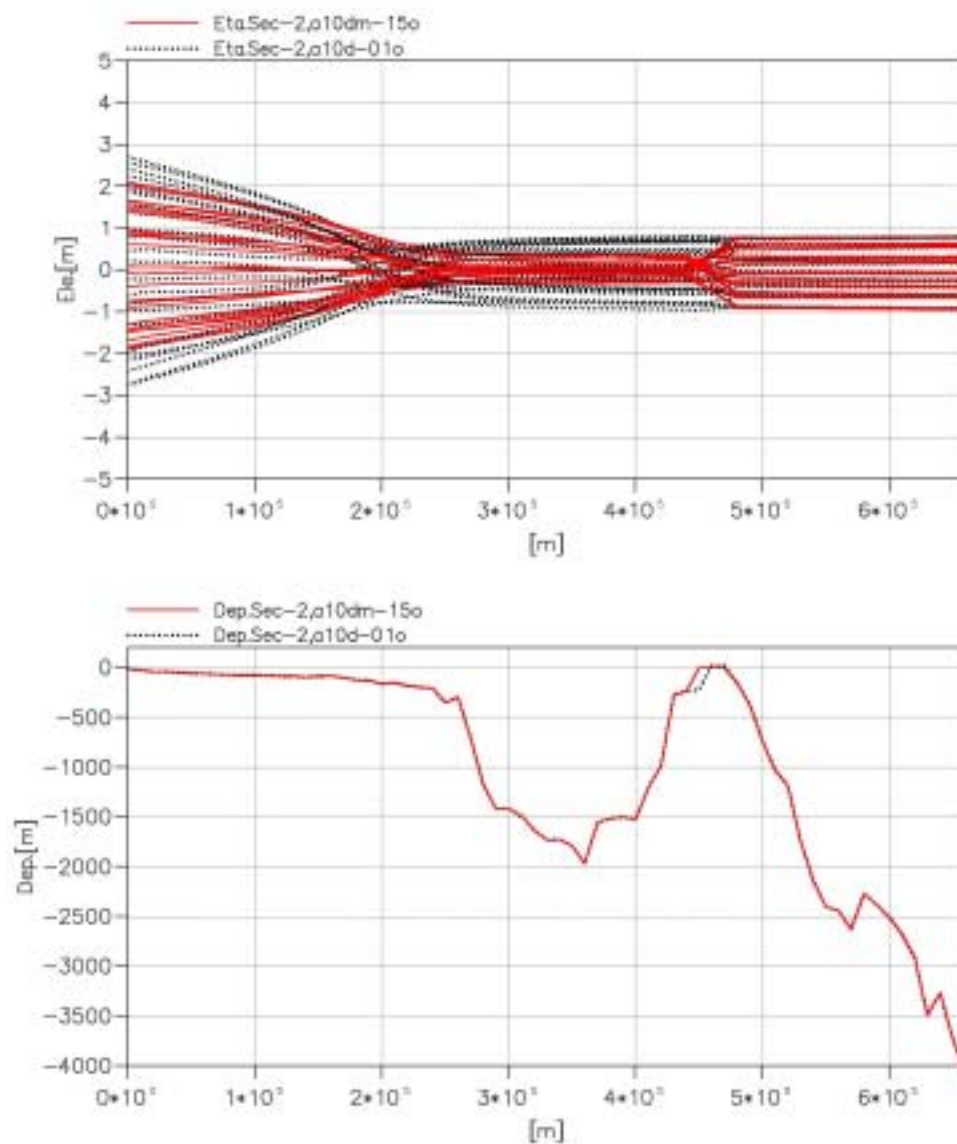


圖 3-85-2 東亞計算海域沖繩島弧封閉影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島，臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

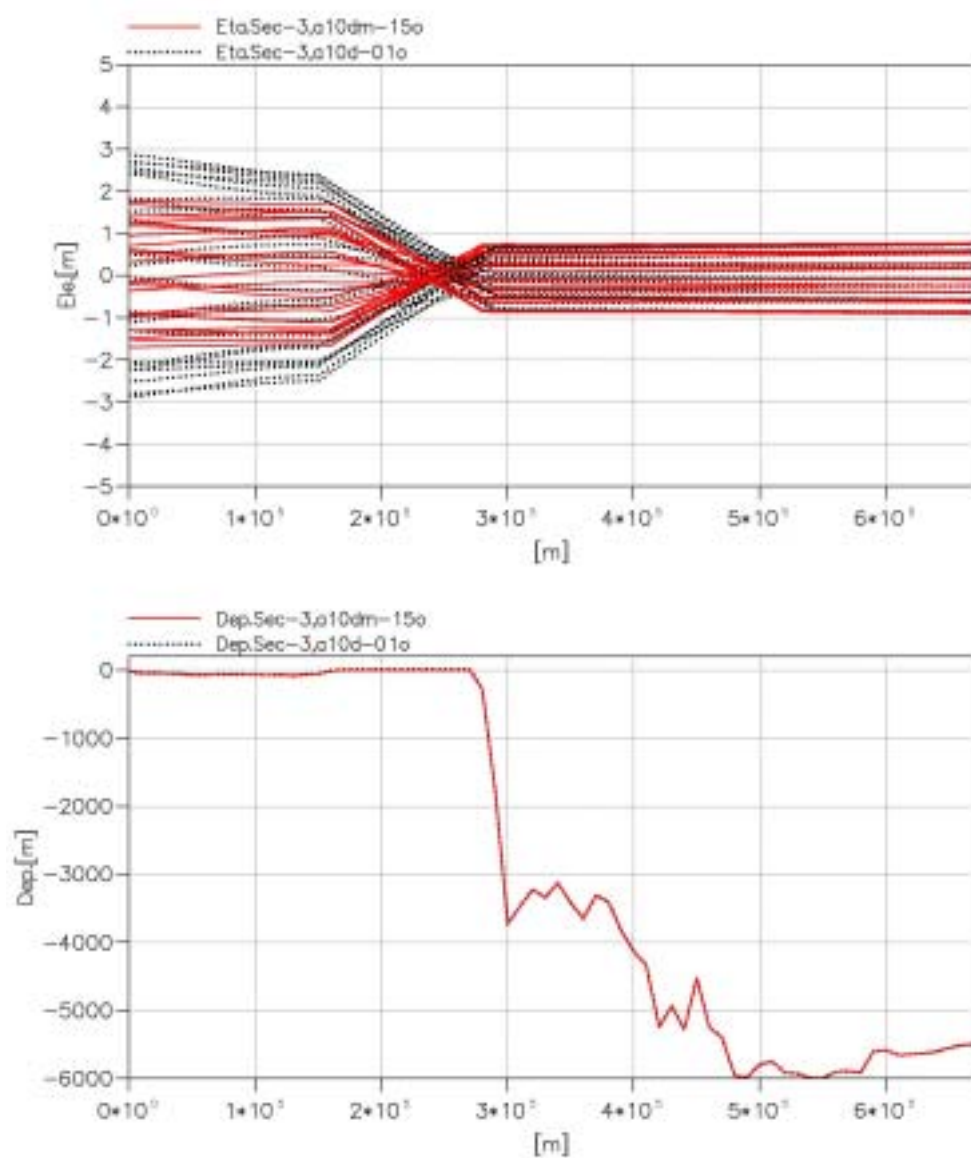


圖 3-85-3 東亞計算海域沖繩島弧封閉影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋，臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

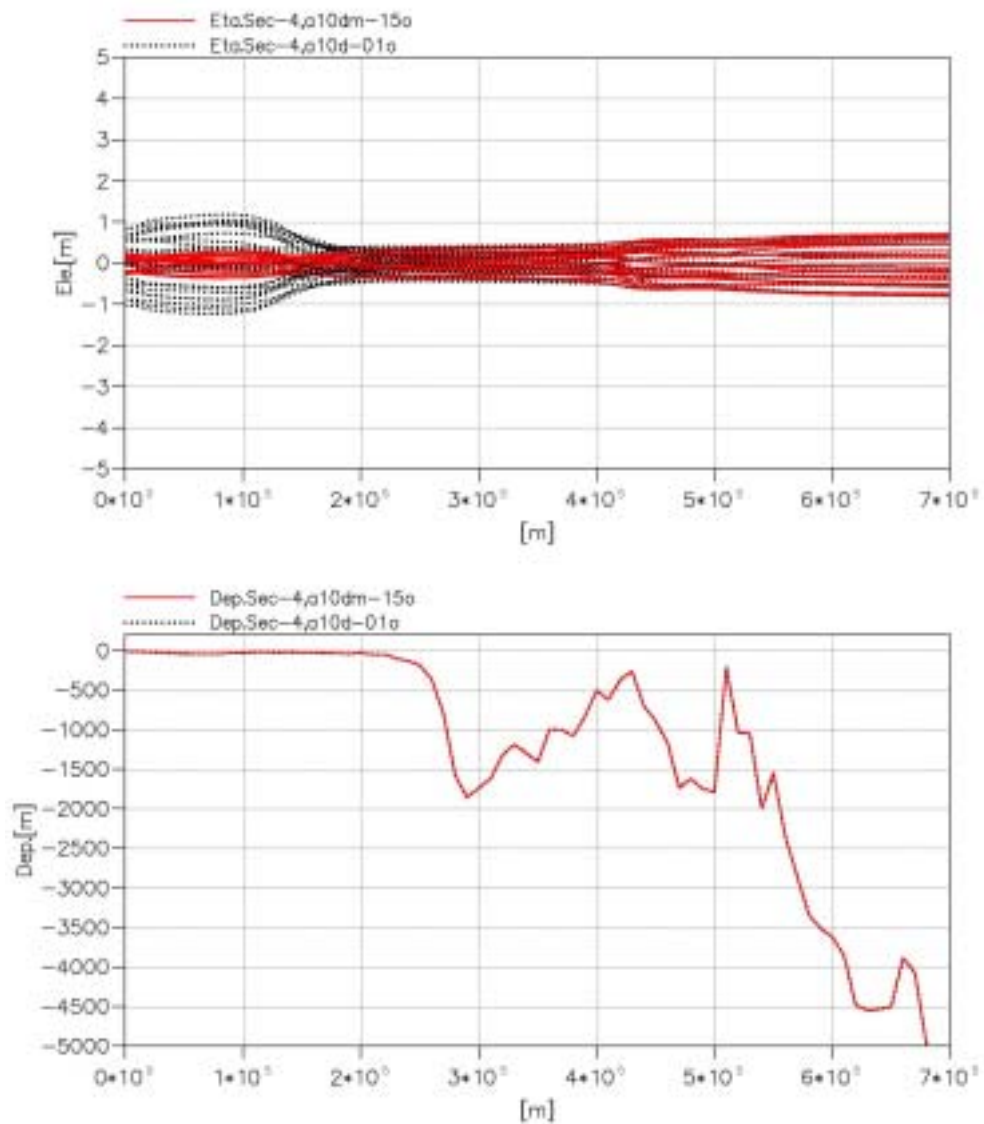


圖 3-85-4 東亞計算海域沖繩島弧封閉影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島，臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較

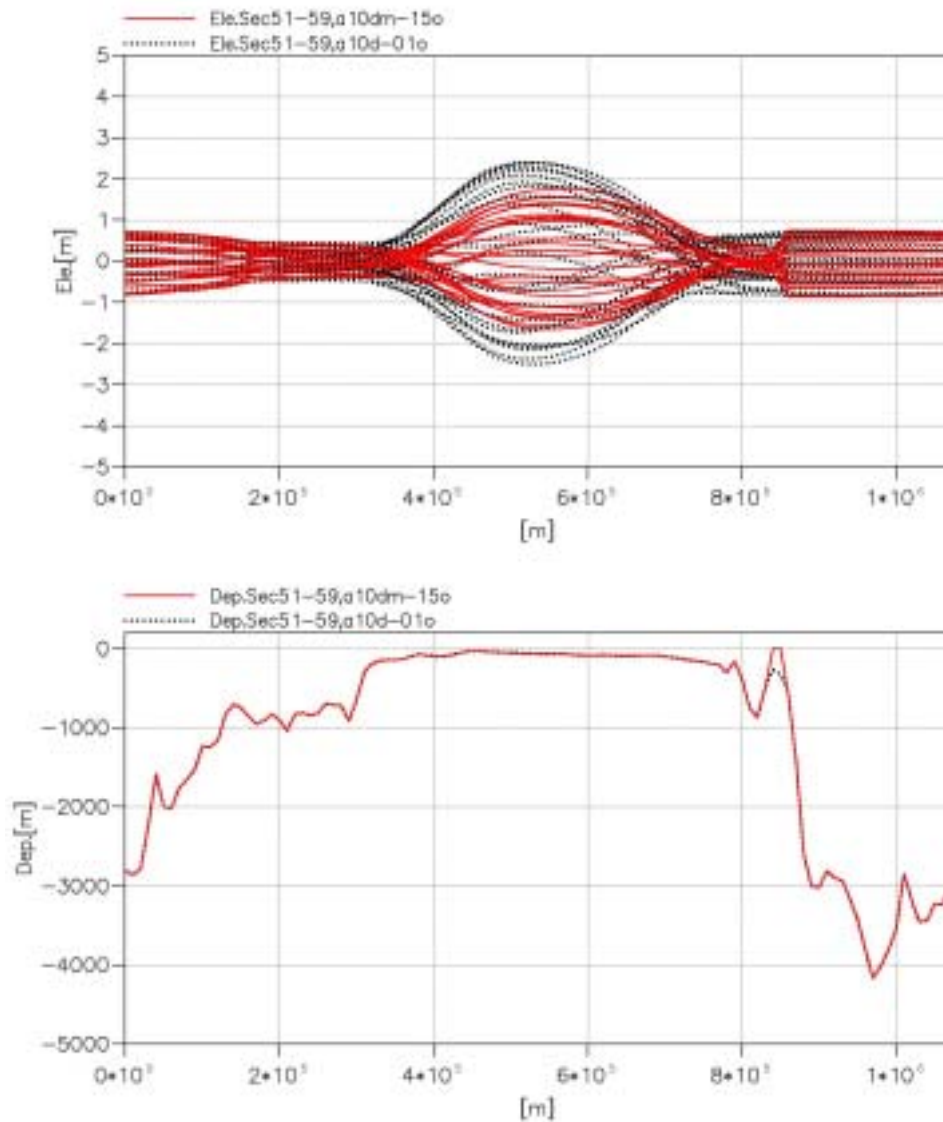


圖 3-85-5 東亞計算海域沖繩島弧封閉影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

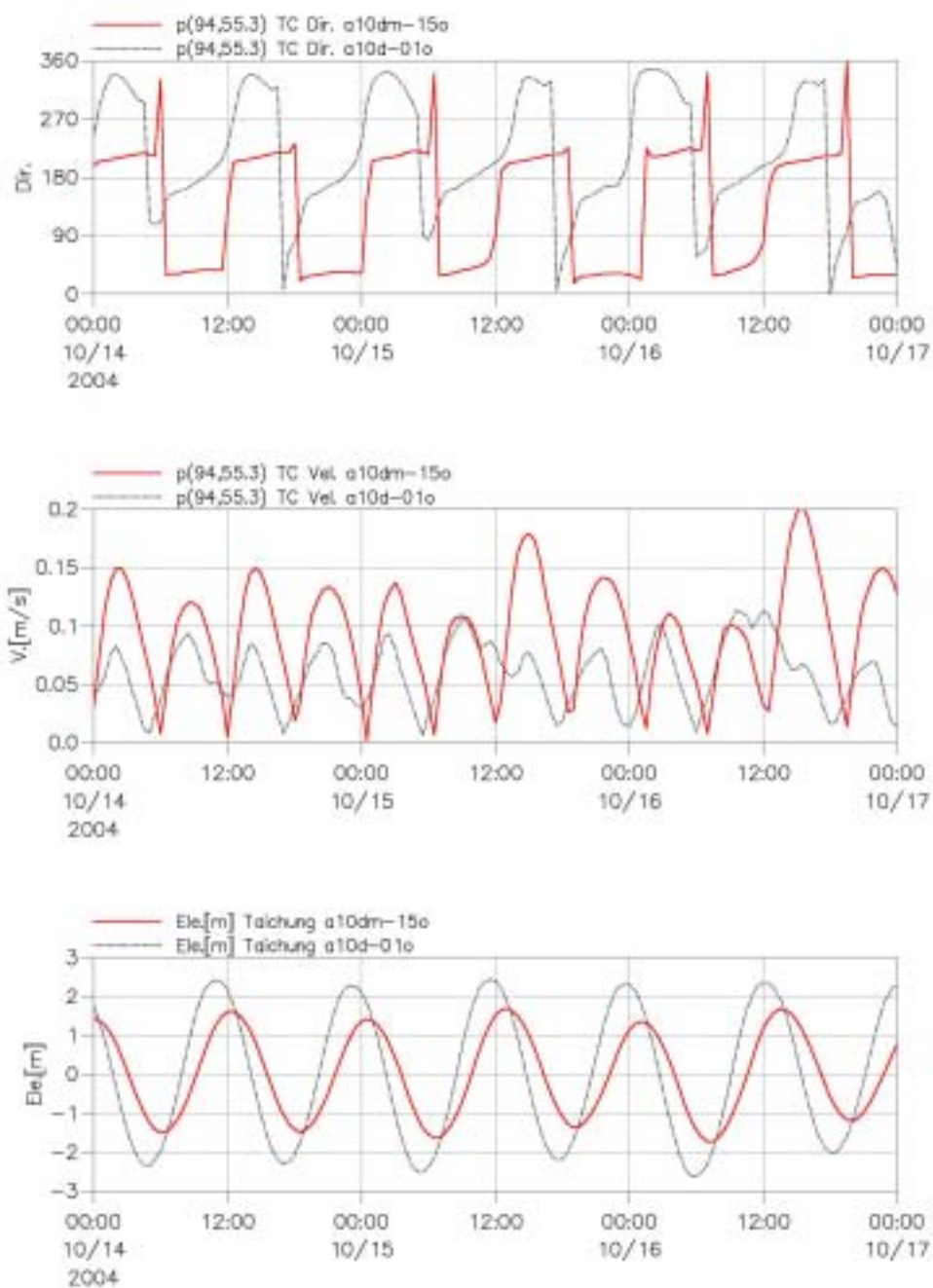


圖 3-86 東亞計算海域沖繩島弧封閉影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

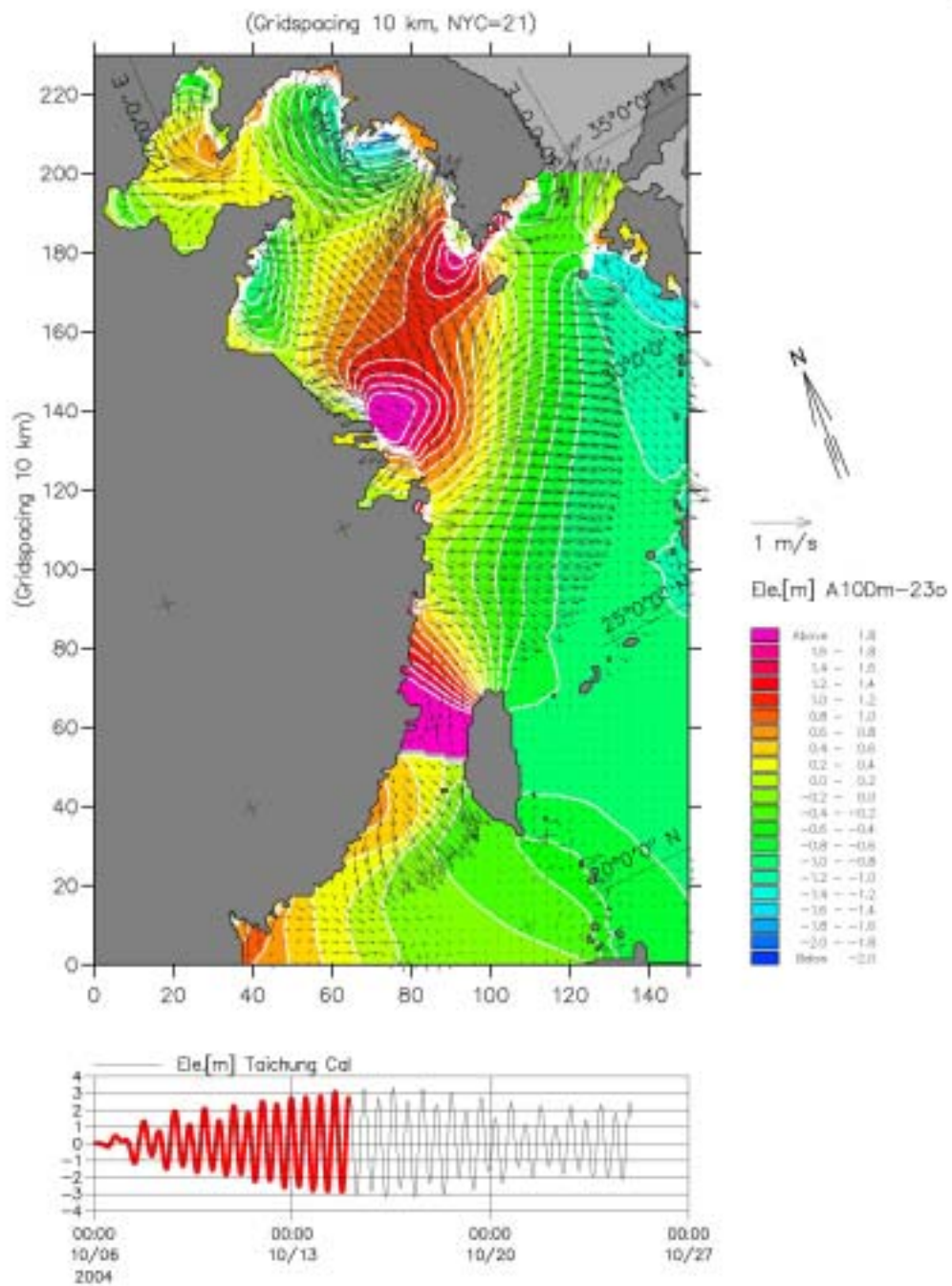


圖 3-88-1 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 00:00

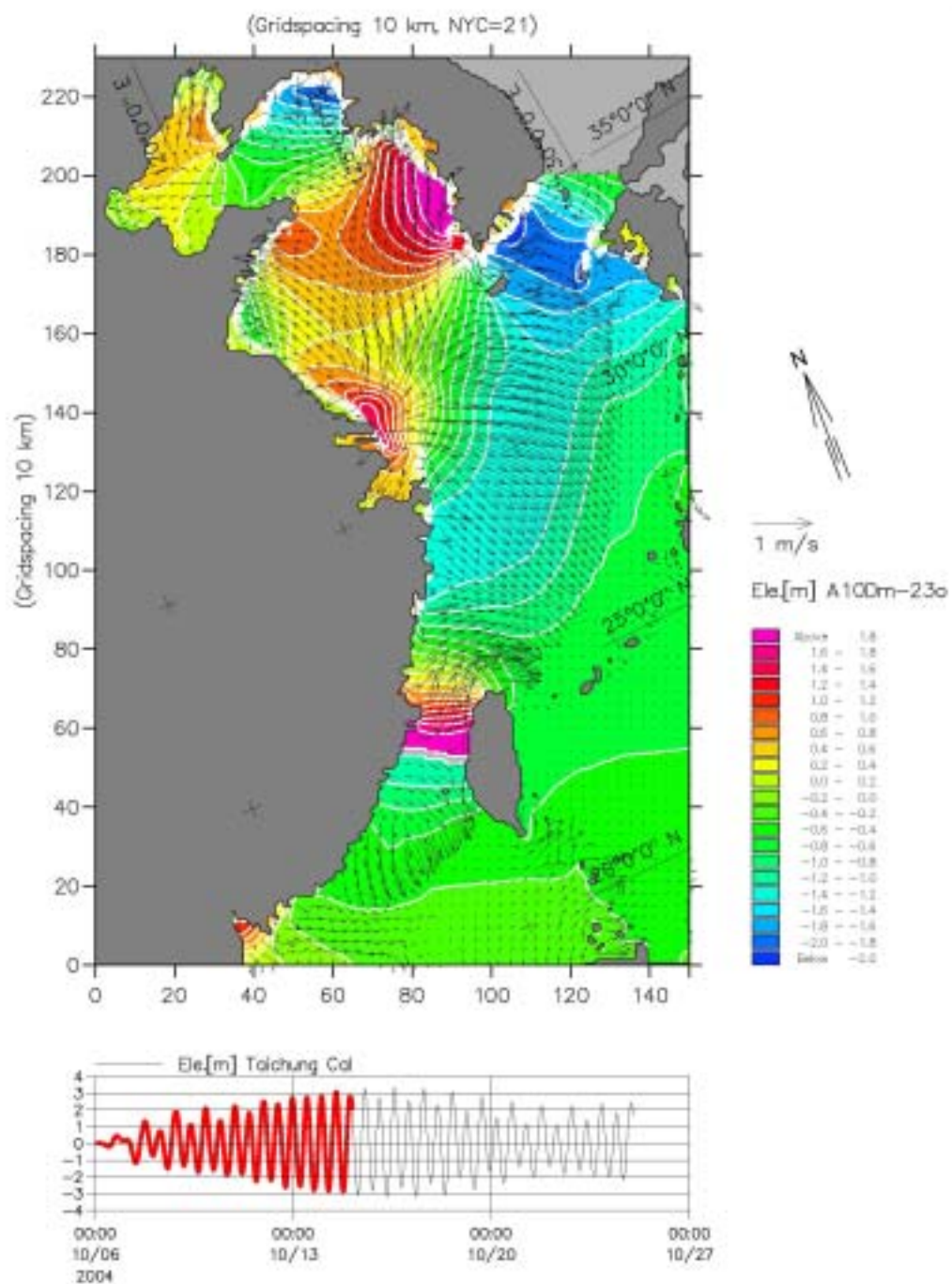


圖 3-88-2 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 02:00

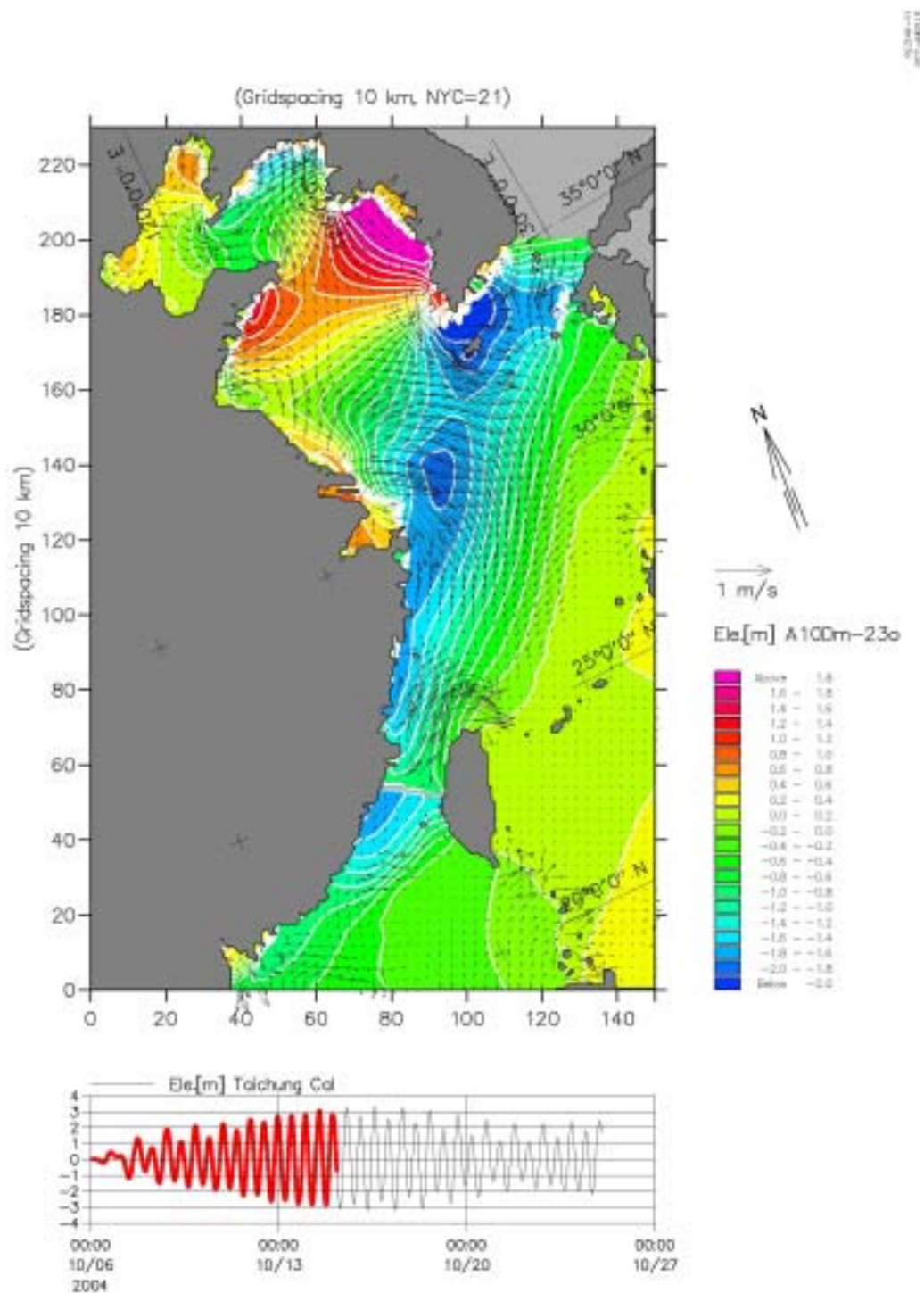


圖 3-88-3 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 04:00

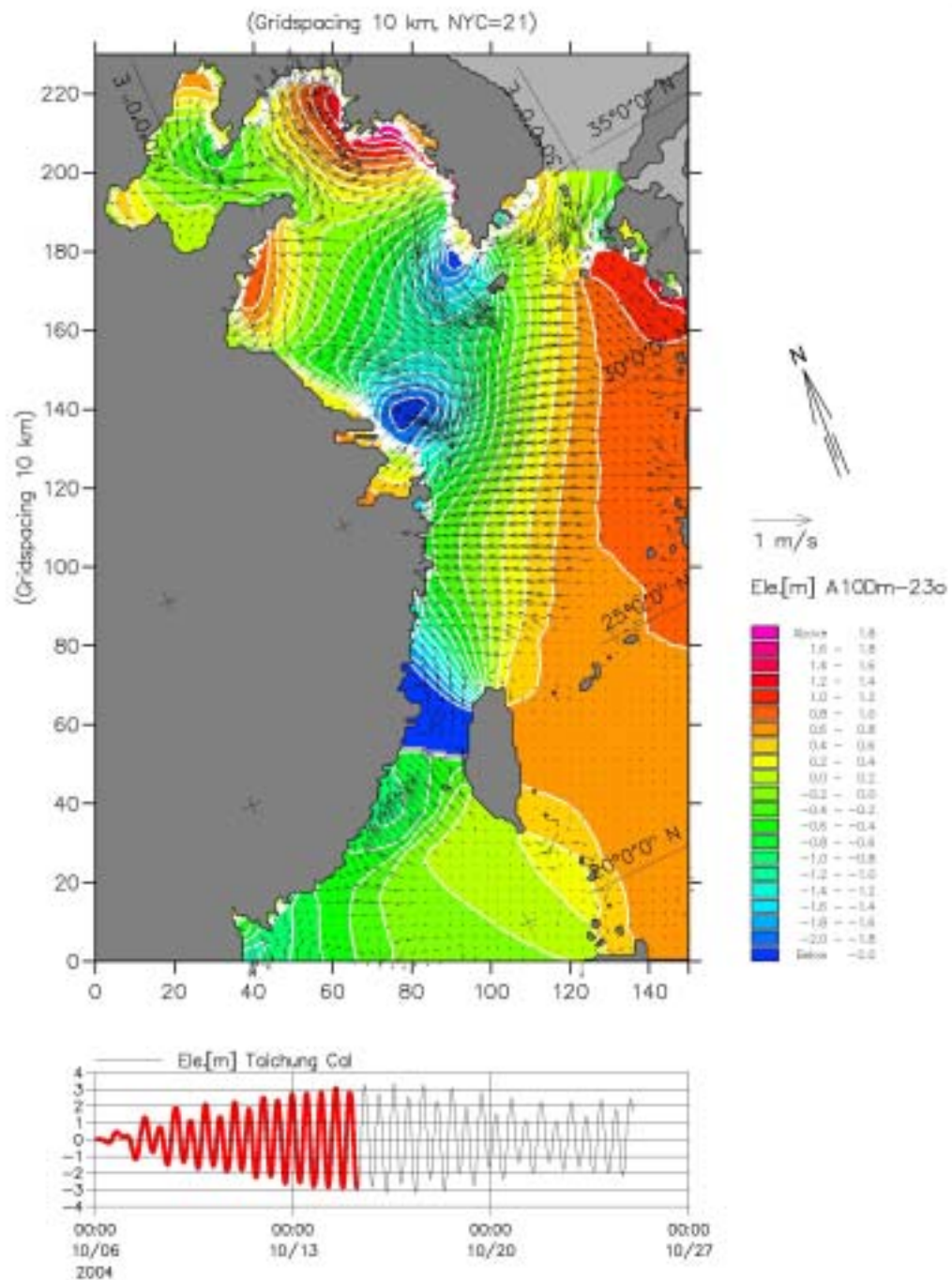


圖 3-88-4 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 06:00

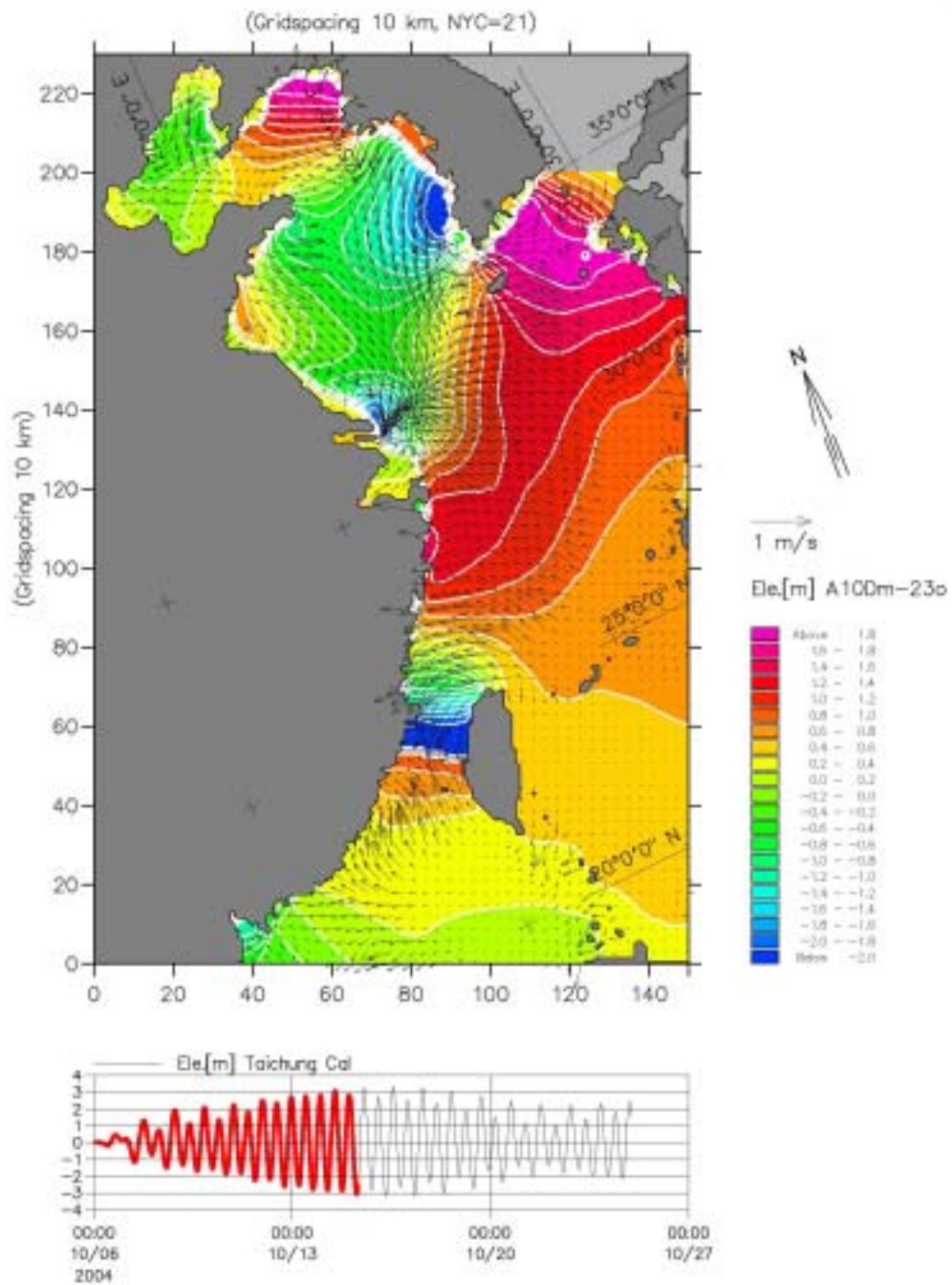


圖 3-88-5 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 08:00

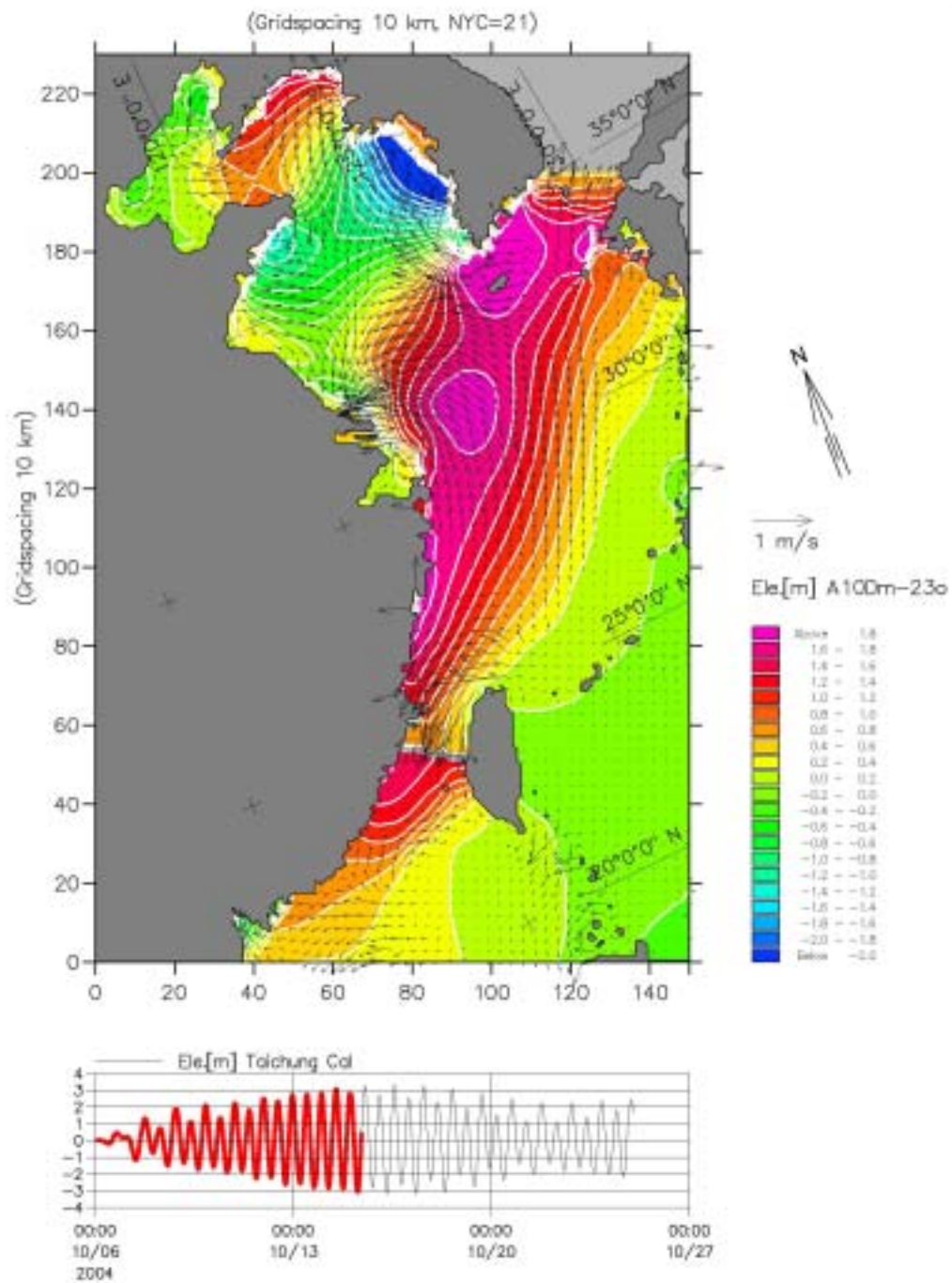


圖 3-88-6 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 10:00

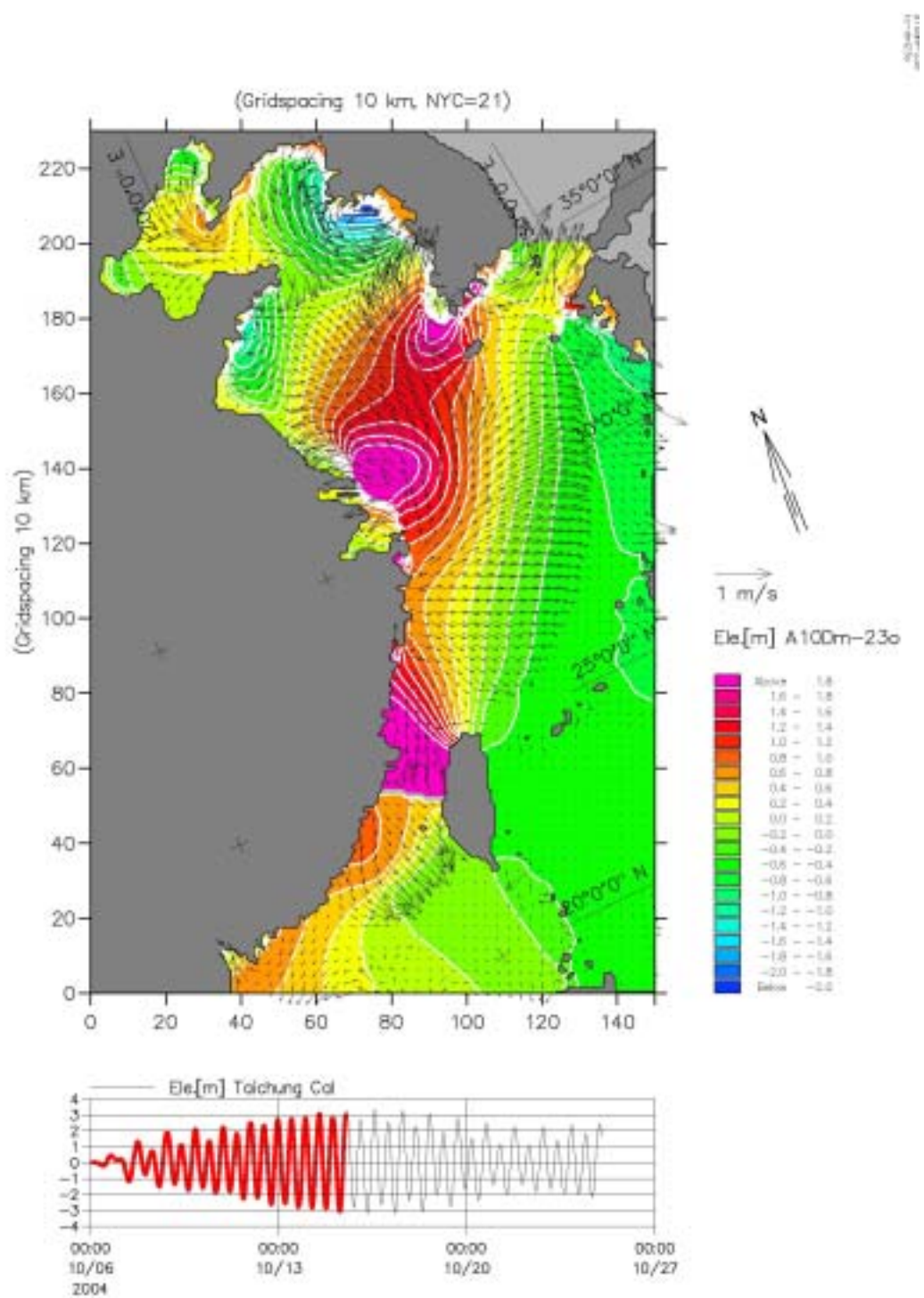


圖 3-88-7 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 12:00

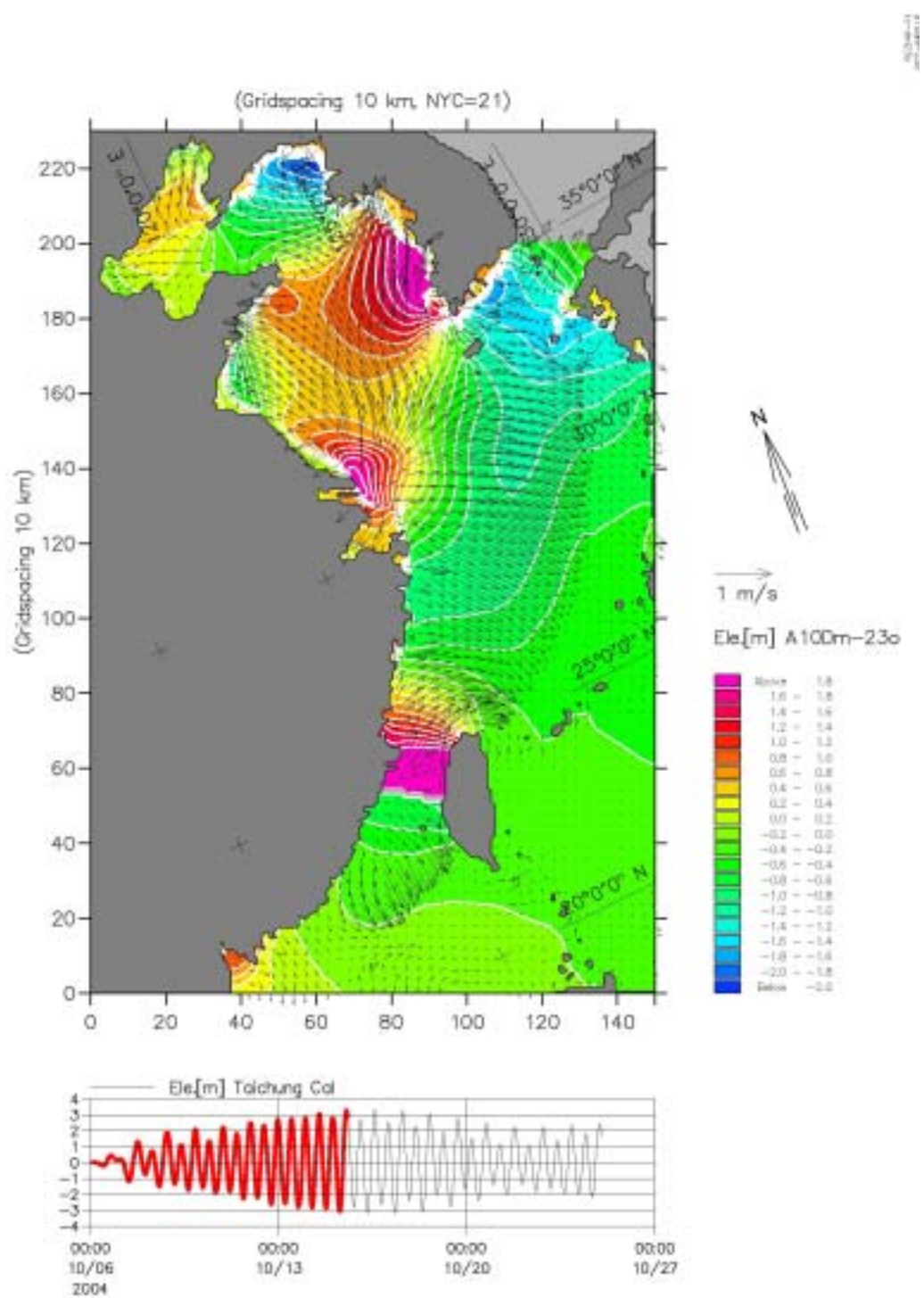


圖 3-88-8 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 14:00

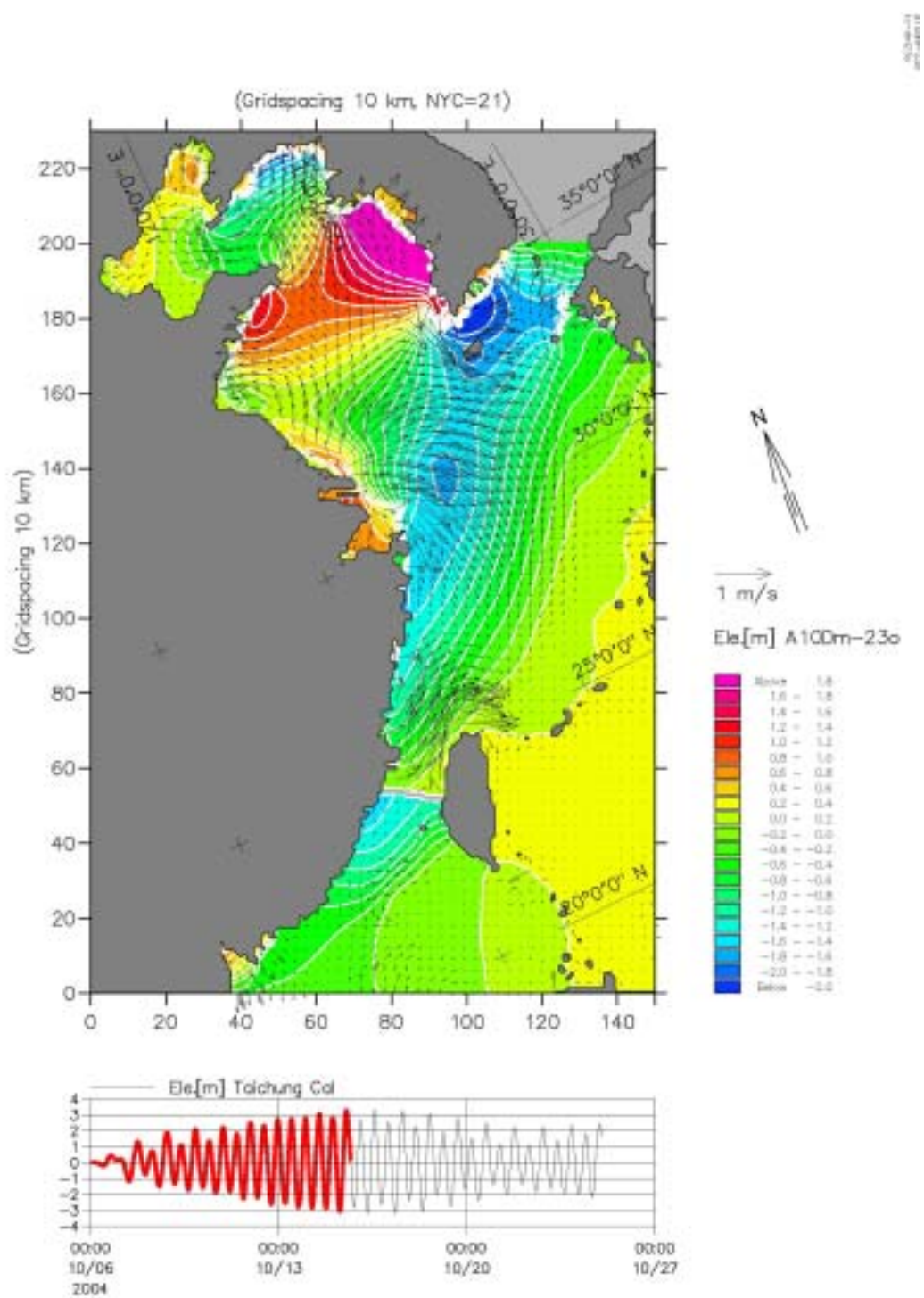


圖 3-88-9 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 16:00

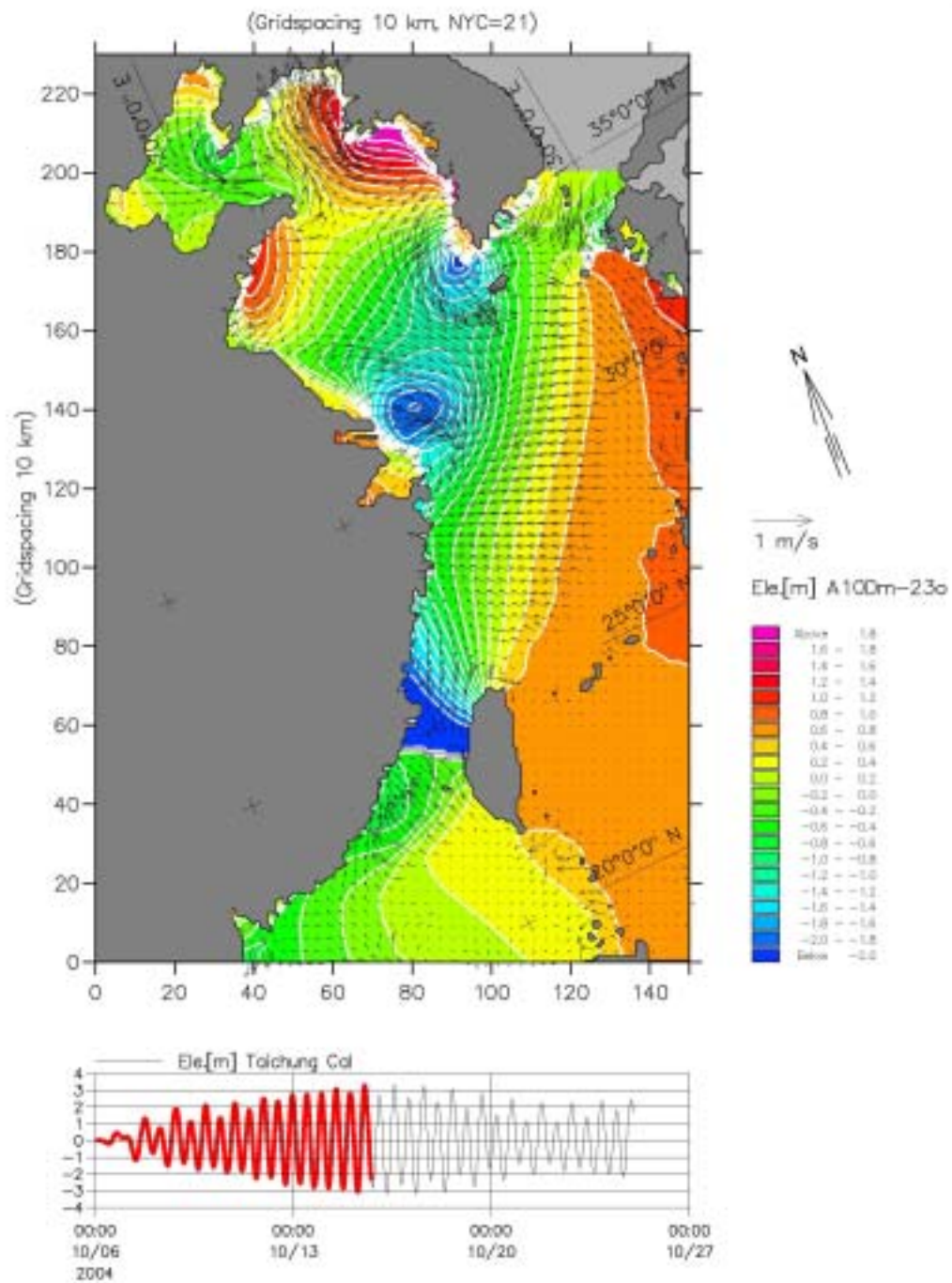


圖 3-88-10 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 18:00

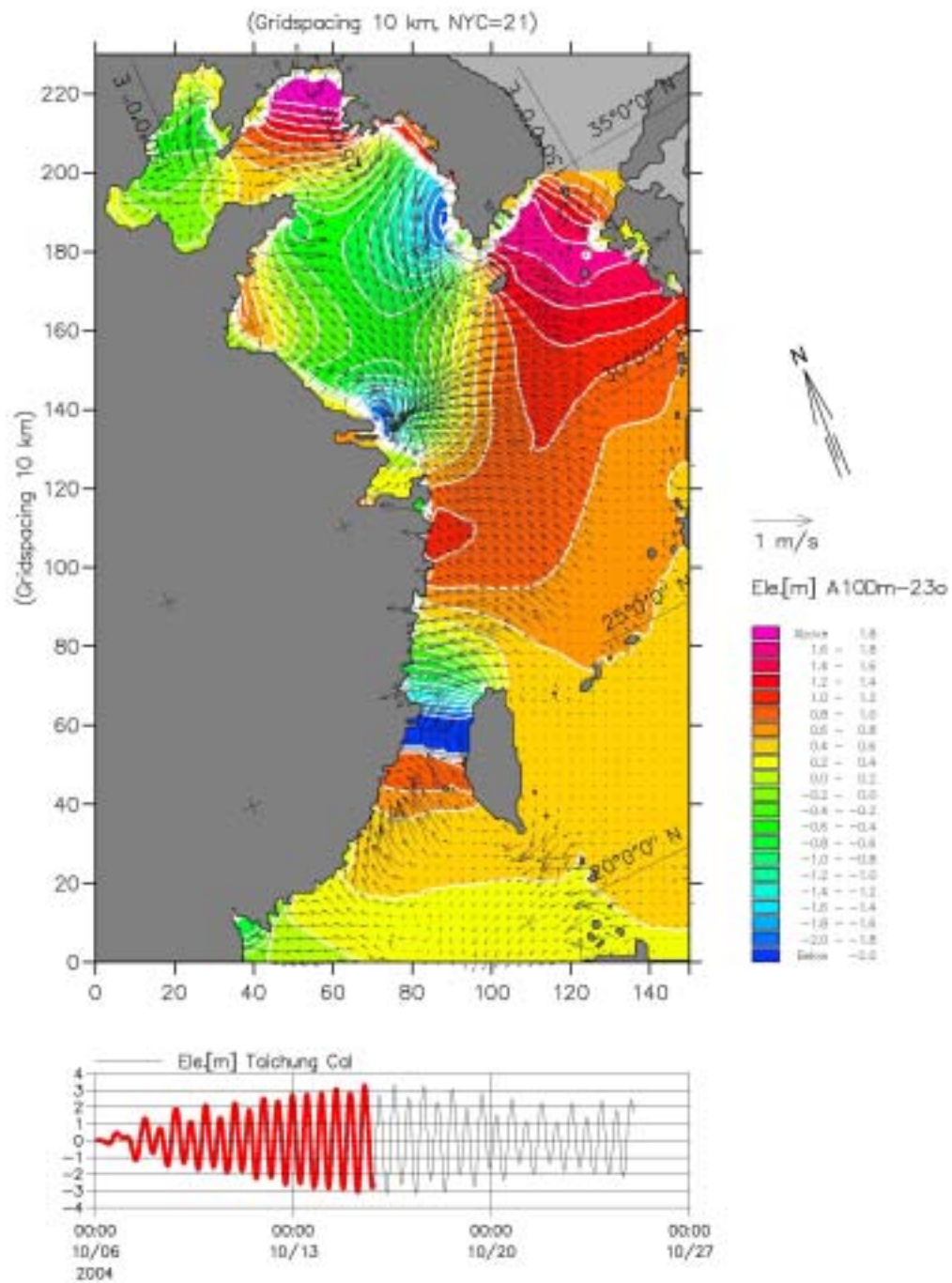


圖 3-88-11 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 20:00

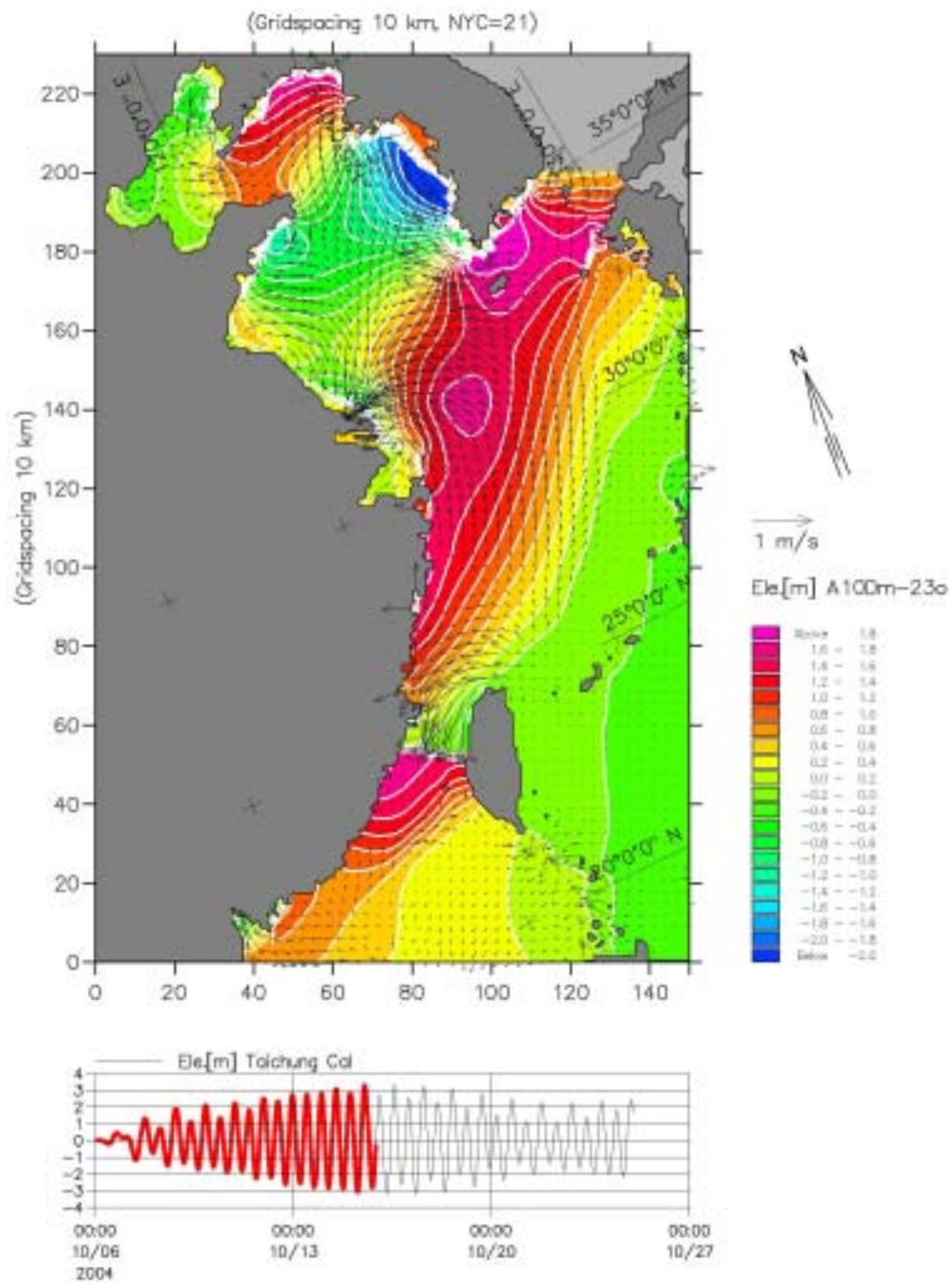


圖 3-88-12 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/15 22:00

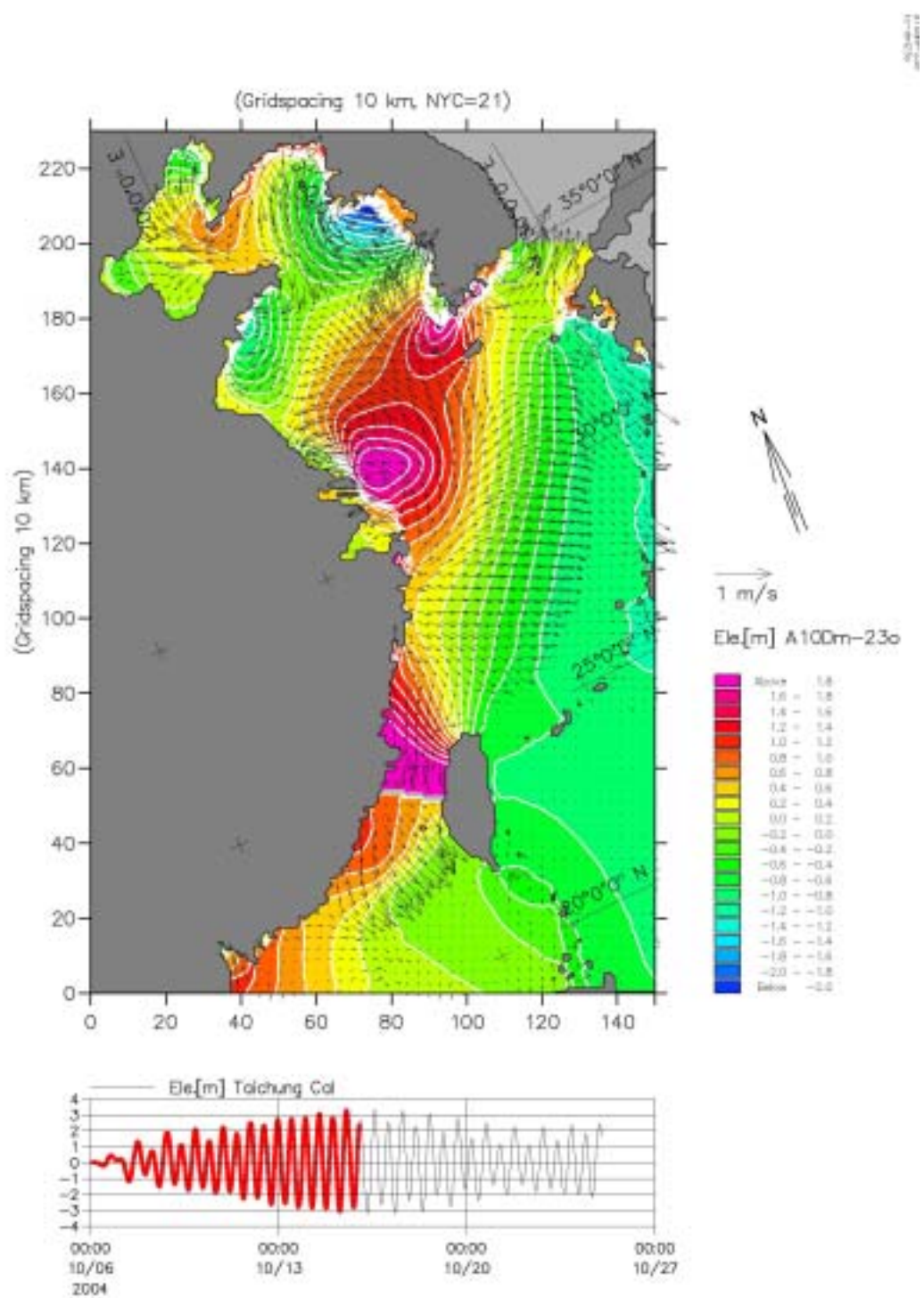


圖 3-88-13 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響之全平面性等潮位線與潮流分佈，參考潮位：台中港，2004/10/16 00:00

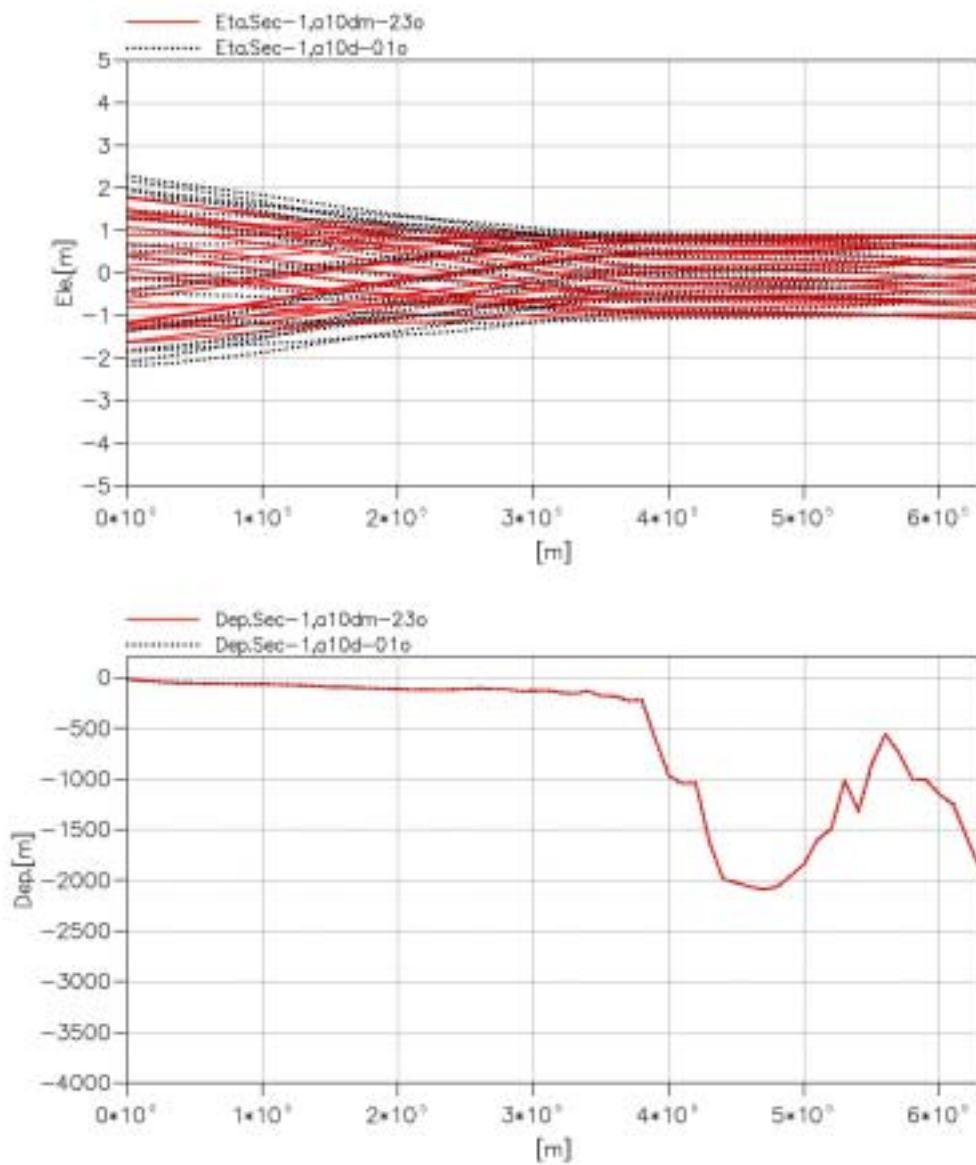


圖 3-89-1 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響第一斷面(溫州灣 - 沖繩島, 東海陸架入口)之潮波振盪型態與現況之比較

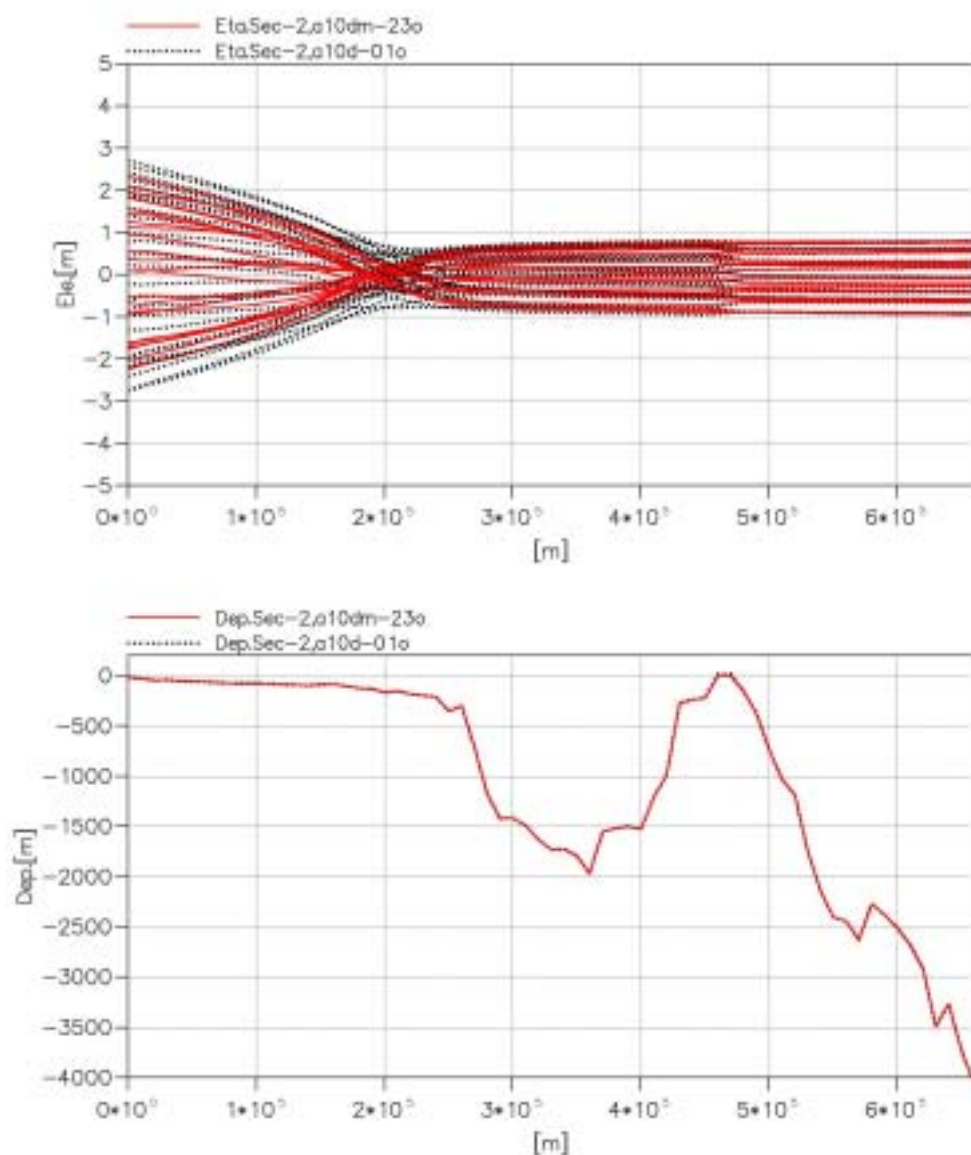


圖 3-89-2 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響第二斷面(馬祖島 - 石垣島, 臺灣海峽北側)之潮波振盪型態與現況之比較

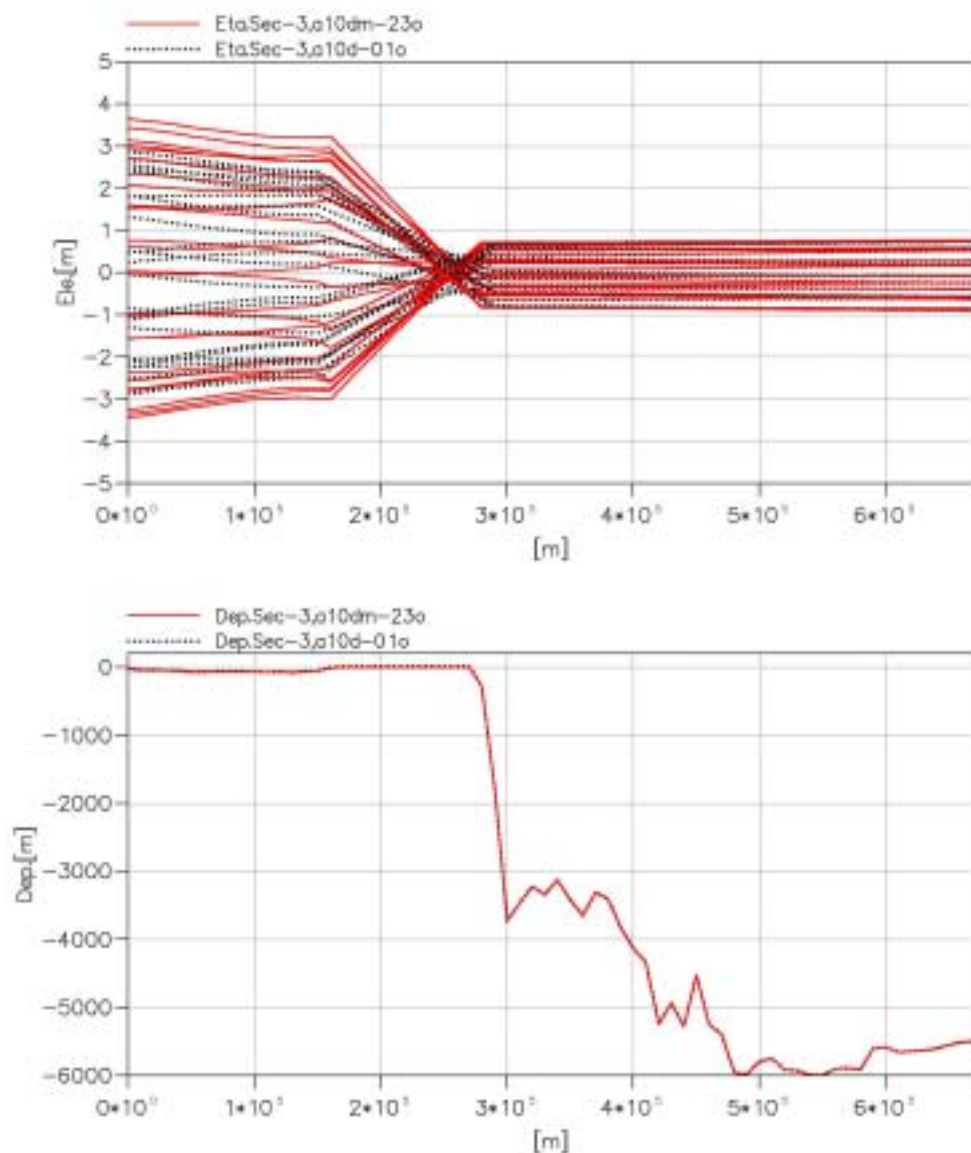


圖 3-89-3 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響第三斷面(烏坵嶼 - 花蓮 - 太平洋, 臺灣海峽中段)之潮波振盪型態與現況之比較

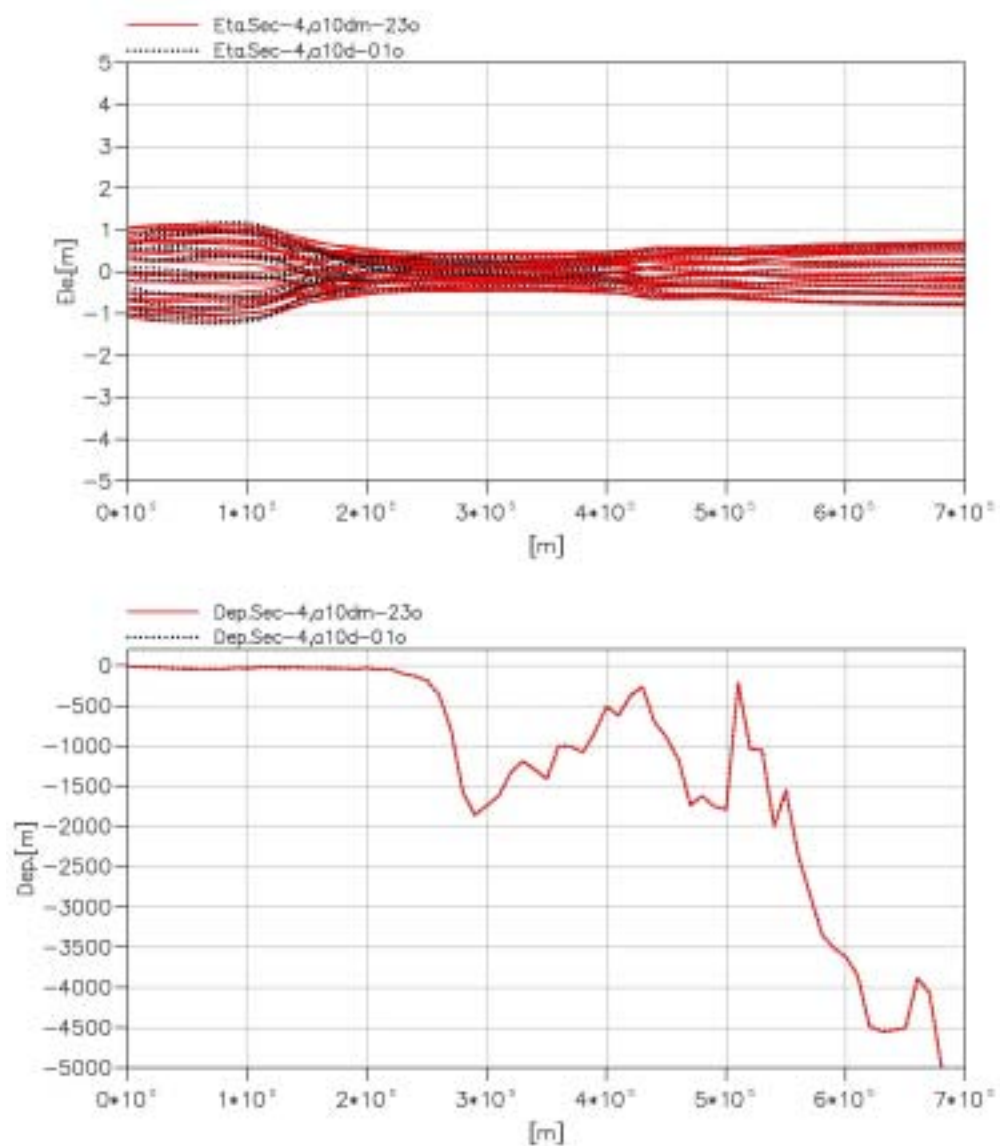


圖 3-89-4 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響第四斷面(汕頭 - 巴坦群島, 臺灣海峽南側)之潮波振盪型態與現況之比較

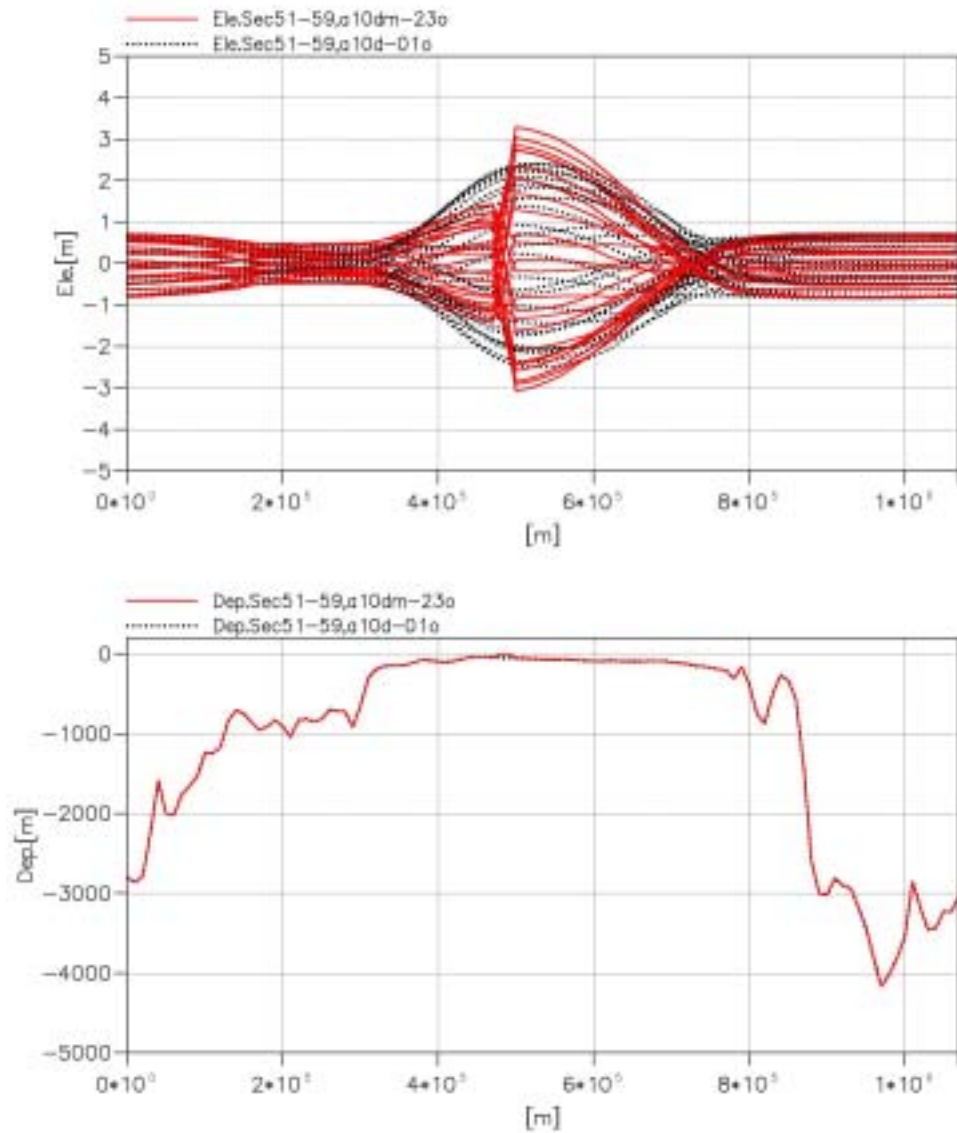


圖 3-89-5 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響第五斷面(蘭嶼 - 高雄 - 淡水 - 蘇澳 - 蘭嶼，臺灣環島海域)之潮波振盪型態與現況之比較

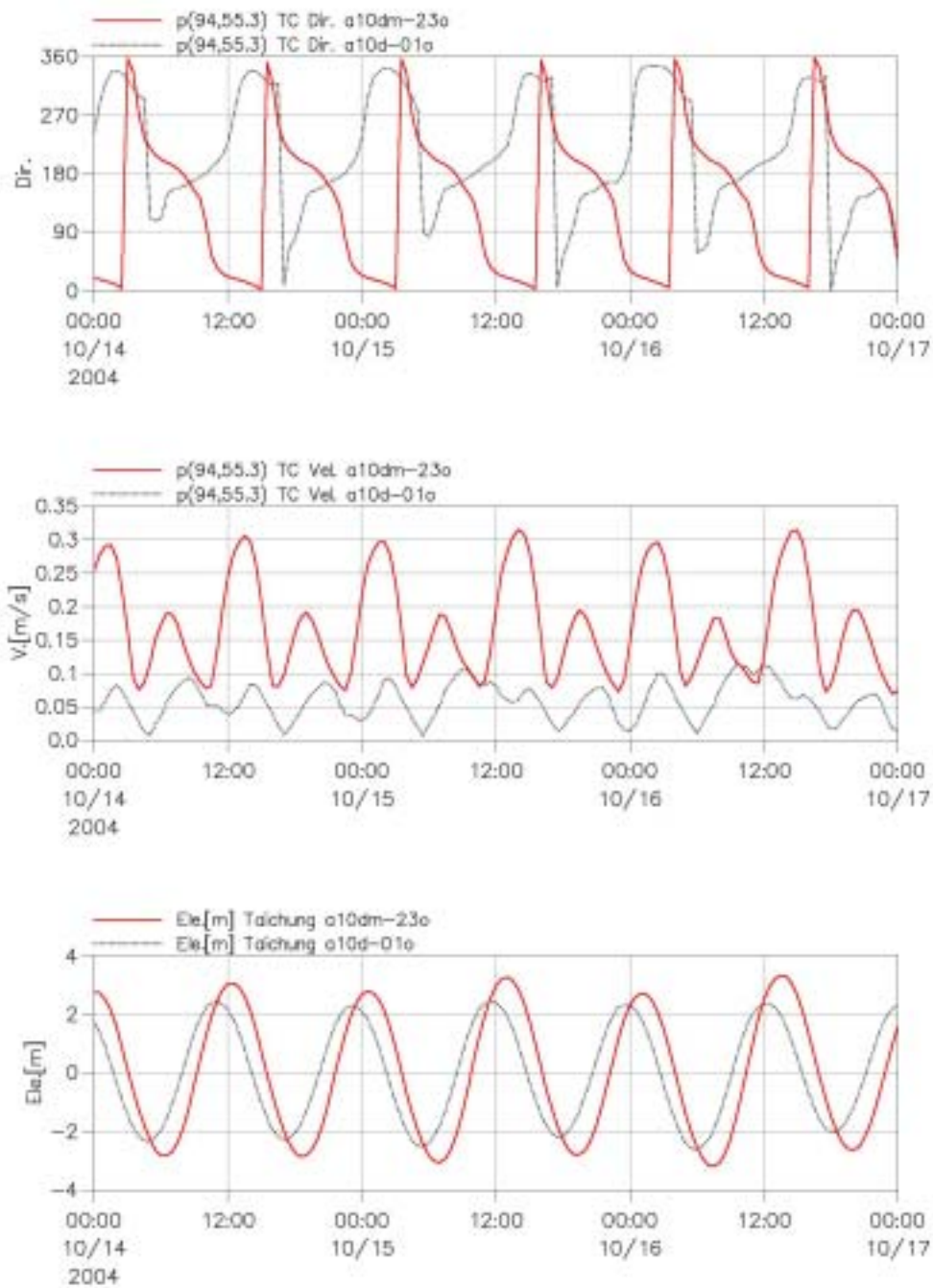


圖 3-90 東亞計算海域臺灣海峽中段海域封閉影響台中港潮流的流向(上)、流速(中)、及潮位(下)變化與現況之比較

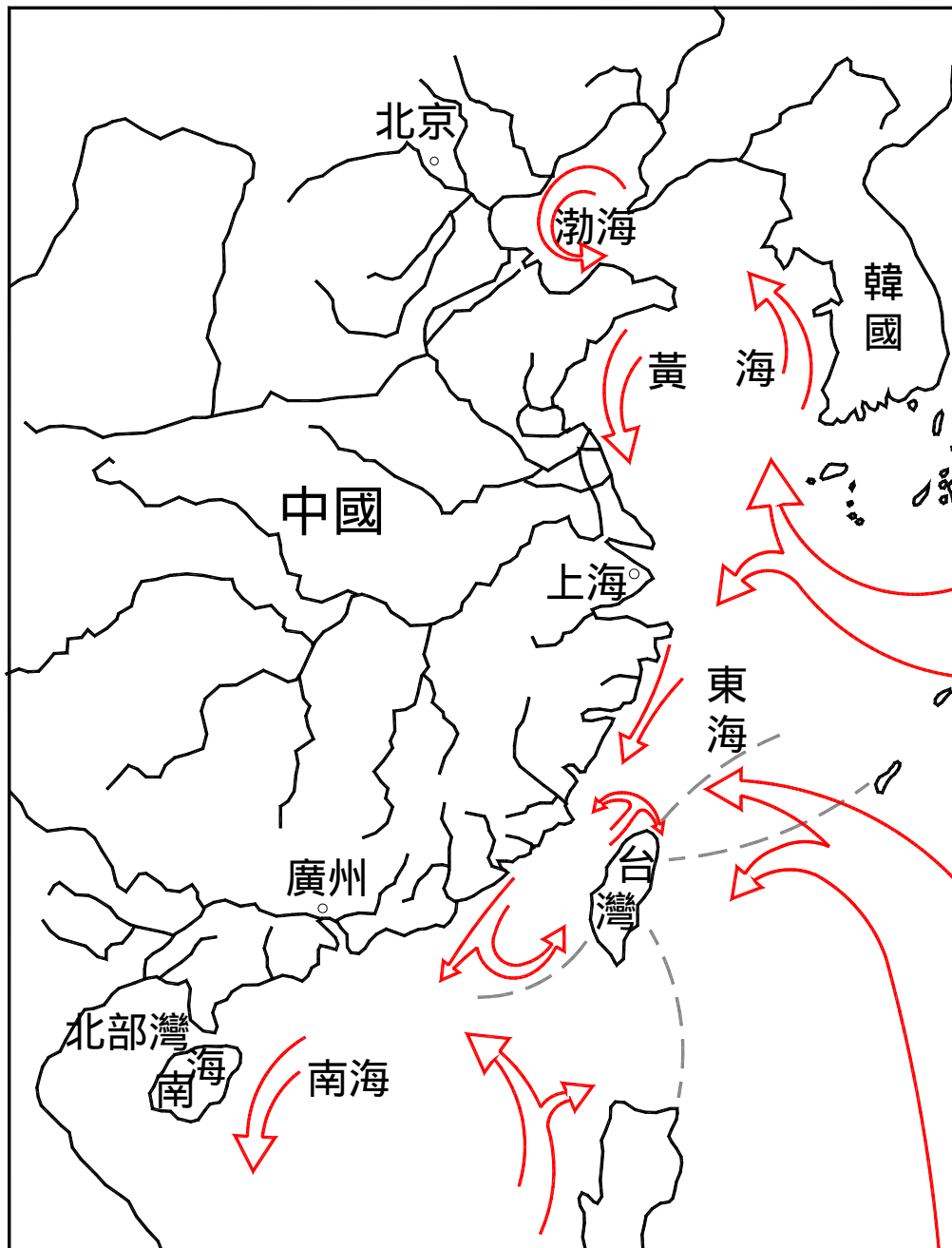


圖 3-91 東亞海域潮波系統主要傳播路徑示意圖

第四章 結論與建議

4.1 結論

本研究透過東亞海域陸架地形水深的系統性假想變化，復應用潮波水動力計算之系列模擬，最後，依據研究結果確認：南海海域的潮波系統與西太平洋海域的潮波系統應是近似相互獨立的；而東海海域的潮波系統，其與西太平洋海域的潮波系統，基本上是密切聯動的；至於臺灣海峽海域的潮波系統，其不僅為東海海域潮波系統與南海海域獨立潮波系統的聯動橋樑，其潮波系統更受東海海域的潮波系統與南海海域的獨立潮波系統所支配與控制。鑑此，本研究提出新的東亞海域潮波傳播系統圖，如圖 3-91 所示。

除此之外，依據東亞海域潮波傳播系統之聯動關係，針對臺灣海峽海域的潮波振盪型態，本研究所得的主要結論列述如后：

- (1) 結合南海、西太平洋、及日本海等海域及海岸上的驗潮站逐時預報潮位資料設定東亞計算海域的邊界條件，應用二維水動力計算模式，本研究可準確的計算模擬臺灣環島沿岸及近岸海域隨處之潮流及潮位的逐時變化。
- (2) 臺灣海峽海域的潮波系統，顯著地受東海海域的潮波系統與南海海域的獨立潮波系統所支配與控制，外加東亞陸架緣陡峭水深地形的明顯反射效應及臺灣海峽海域大陸棚架地形特性長度的配合，因此，東海海域的潮波系統(包含全日型及半日型潮波)，會以具凱文波特性的行進潮波入射南海海域，再藉南海陸架緣陡峭水深地形所產生的反射效應，而在臺灣海峽海域內形成部分重複駐波波型及振盪型態；另一方面，南海海域的獨立潮波系統，也會以具凱文波特性的行進潮波入射東海海域，再藉東海陸架緣陡峭水深地形所產生的反射效應，而在臺灣海峽海域內形成部分重複駐波波型及振盪型

態。

- (3) 在臺灣海峽海域內，潮波所形成之明顯部分重複駐波波型，實際為具凱文波特性的相向行進潮波相交會所自然呈現的潮波振盪型態。而此相向行進的潮波，其一為入射潮波，另一則為其反射潮波。
- (4) 從大尺度的潮波運動及動力特性觀點出發，若臺灣海峽海域範圍可廣義地包含南海及東海陸架緣陡峭水深地形，則臺灣海峽海域內的潮波振盪型態，將可用兩端近似封閉的大尺度矩形海峽類比，至於其內的潮波運動特性，則可簡單地以兩相向行進凱文波相交會之同潮圖(參見圖 3-1 及圖 3-2)加以闡釋。
- (5) 受地球自轉偏向力及海岸地形的影響，實際潮波(包含全日型及半日型分潮潮波)在東亞陸架上，皆將明顯呈現行進凱文波的特性。
- (6) 當臺灣海峽海域的特性水深約為 60 米時，其將更符合半日型潮波的共振條件，因而在臺灣海峽海域內所形成之部分重複駐波波型將更顯著，波腹點的振幅將比現況更大，亦即台中港的潮差將比現況更擴增。

4.2 建議

基於本研究可準確的計算模擬臺灣環島沿岸及近岸海域隨處之潮流及潮位逐時變化狀態，因此，相關研究結果應可配合潮殘餘流的理論，進行臺灣環島近岸海域潮殘餘流的估算探討，藉期能準確掌握臺灣環島近岸海域長期性的漂沙運移趨勢與方向，進而配合「自然工法」及「生態工法」之採行，達成長期海岸地形沖淤變遷之防治目標。此外，潮殘餘流的估算探討，亦能對臺灣

參考文獻

- [1] 王玉懷 (1998), **台灣海峽的潮汐特性**. 八十七年國科會海洋成果發表會論文摘要集, 203-208.
- [2] 王玉懷 (1999), **TSNOW 現場觀測資料報告**. 台灣海峽海況即時預報模式計畫(TSNOW)研討會論文摘要集. 國家海洋科學研究中心, 16-21.
- [3] 王玉懷(2002), **台灣海峽流量知多少**. 科學月刊, 第三十三卷第二期, 132-136.
- [4] 永田丰、彥阪繁雄、宮崎正術 (1985), **物理海洋學**. 第三卷, 魯守范 譯,科學出版社。
- [5] 李賢文 (1989), **台灣鄰近海域潮汐預報數值模式**. 第二屆海洋數模式研習會論文集, 台灣省政府交通處港灣技術研究, 179-195.
- [6] 林琿、閻國年、宋志堯 (2000), **東中國海潮波系統與海岸演變模擬研究**. 科學出版社, 中國, 共 266 頁。
- [7] 邱銘達、黃宗群、高家俊、吳誌翰 (2004), **台灣海峽淺水分潮特性研究**. 第二十六屆海洋工程研討會論文集,台灣海洋工程學會,台北, 601-608.
- [8] 孫湘平 等(1981), **中國沿岸海洋水文氣象概況**. 科學出版社。
- [9] 莊文傑 (2000), **台灣海峽潮波協振盪之研究**. 國立台灣大學造船及海洋工程學研究所博士論文,共 284 頁。
- [10]莊文傑、江中權 (2000a), **台灣四周海域海流數值模擬研究**. 基本研究報告 MOTC-IOT-IHMT-NA8916, 交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 共 257 頁。
- [11]莊文傑、江中權 (2000b), **臺灣海峽兩岸之潮汐特性**. 第十一屆水利工程研討會論文集, 臺灣大學, I:15~21.
- [12]莊文傑、江中權 (2002a), **台灣四周海域海流數值模擬研究(二)－高雄港海域潮汐與潮流之數值模擬研究**. 基本研究報告 MOTC-IOT-IHMT-NA9017, 交通部運輸研究所/港灣技術研究中心, 共 182 頁。

- [13] 莊文傑、江中權 (2002b), **潮流與台灣環島沿岸之水下沙體**. 第二十四屆海洋工程研討會論文集, 台灣海洋工程學會, 梧棲, 579-586。
- [14] 莊文傑、江中權 (2002c), **台灣環島海域潮流引致之輸沙潛勢**. 第七屆海峽兩岸水利科技交流研討會, 美華水利學會 等, 台南, 621-628。
- [15] 莊文傑、江中權 (2003a), **台灣四周海域海流數值模擬研究(三)－基隆港海域潮汐與潮流之數值模擬研究**. 基本研究報告 MOTC-IOT-91-HA15, 交通部運輸研究所/港灣技術研究中心, 共 262 頁。
- [16] 莊文傑、江中權 (2003b), **台灣海峽海域潮波振盪型態之確認**. 第二十五屆海洋工程研討會論文集, 台灣海洋工程學會, 基隆, 31-38。
- [17] 莊文傑、江中權 (2004a), **台灣四周海域海流數值模擬研究(四)－蘇澳港及花蓮港海域潮汐與潮流之數值模擬研究**. 基本研究報告 MOTC-IOT-92-H3BA02, 交通部運輸研究所/港灣技術研究中心, 共 350 頁。
- [18] 莊文傑、江中權 (2004b), **蘇澳港海域海流之數值模擬計算**. 第二十六屆海洋工程研討會論文集, 台灣海洋工程學會, 台北, 152-158。
- [19] 莊文傑、江中權 (2004c), **花蓮港海域海流之計算與特性探討**. 第二十六屆海洋工程研討會論文集, 台灣海洋工程學會, 台北, 159-166。
- [20] 莊文傑、蔡丁貴、江中權(2001), **潮流數值模擬邊界條件之設定**. 2001 海洋數值模式研討會論文集, MOTC-IOT-IHMT-HD9002, 交通部運輸研究所港灣技術研究中心, 16-1 頁-16-31 頁。
- [21] 許泰文、張憲國(2001), **永續的鑽石海岸-台灣海岸災害防救與永續利用規劃**. 經濟部水資源局, 共 150 頁。
- [22] 陳柏旭、蔡丁貴 (1990), **局部輻射邊界條件在水波數值模式上之應用**. 中華民國第十二屆海洋工程研討會論文集, 1-18.
- [23] 張金機、黃清和 (1997), **台灣四周海岸侵蝕現況分析**. 八十六年度海岸工程研討會-台灣四周海岸沖蝕防治技術, 港灣技術研究所, 台南, 1-26。
- [24] 詹森(2002), **全方位探索台灣海峽**. 科學月刊, 第三十三卷第二期, 127-131。

- [25] 詹森、邱朝聰、連榮慧 (1999), **海科中心台灣海峽海況即時預報模式第二年 - 潮汐、潮流數值模擬結果之驗證**. 台灣海峽海況即時預報模式計畫(TSNOW)研討會論文摘要集. 國家海洋科學研究中心, 22-33.
- [26] 郭思吟 (1995), **海岸水域潮汐數值模式之研究**. 國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文.
- [27] 郭金棟、簡仲和(2001), **台灣地區既有海堤功能檢討**. 國立成功大學水利及海洋工程研究所, 共 173 頁。
- [28] 蔡丁貴、莊文傑、蘇青和 (2002), **近岸災害防救系統發展構想**. 第二十四屆海洋工程研討會論文集 - 專題講座論文集, 台灣海洋工程學會, 梧棲, 43-54。
- [29] 廖建明、許泰文、林意淳 (2004), **POM 模式應用於河口水動力計算之研究**. 第二十六屆海洋工程研討會論文集, 台灣海洋工程學會, 台北, 130-143。
- [30] 劉文俊 (1996), **台灣的潮汐**. ISBN 957-97179-5-8, 初版, 自費出版.
- [31] 劉文俊 (1999), **台灣的潮汐**. ISBN 957-97334-9-X, 第二版, 自費出版.
- [32] 劉肖孔 (1983), **中國海域三度空間數值模式**. 行政院科技顧問組. 156 pp.
- [33] 劉康克 (2002), **認識台灣的海洋環境**. 科學月刊, 第三十三卷第二期, 102~111。
- [34] Blumberg, A. F. and G. L. Mellor (1987), A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. In Three-Dimensional Coastal Ocean Models, N. S. Heaps (Ed.), Vol.4, 1-16, American Geophysical Union, Washington, DC.
- [35] Bennett, A.F. and P.C. McIntosh (1982), **Open ocean modeling as an inverse problem: Tidal theory**. *J. Phys. Oceanogr.*, 12: 1004-1018.
- [36] Buchwald, V.T. and J.K. Adams (1968), **The propagation of continental shelf waves**. *Proc. Roy. Soc., A*(305): 235-250.
- [37] Cartwright, D.E. (1969), **Extraordinary tidal currents near St Kilda**. *Nature*, 223: 928-932.

- [38] Cartwright, D.E. (1990), **Oceanic tides from Geosat altimetry.** *J. Geophysical Research*, 95(C3): 3069-3090.
- [39] Cartwright, D.E., Huthnance, J.M., Spencer, R. and J.M. Vassie (1980), **On the St Kilda shelf tidal regime.** *Deep-Sea Research*, 27A: 61-70.
- [40] Cartwright, D.E. and R.D. Ray (1991), **Energetics of global ocean tides from Geosat altimetry.** *J. Geophysical Research*, 96(C9): 16897-16912.
- [41] Chambers, L.G. (1965), **On long waves on a rotating earth.** *J. Fluid Mech.*, 22(2): 209-216.
- [42] Chapman, D.C. (1985), **Numerical treatment of cross-shelf boundaries in a barotropic coastal ocean model.** *J. Phys. Oceanogr.*, 15: 1060-1075.
- [43] Chen, H.S. (1990), **Infinite Elements for water wave radiation and scattering.** *International J. for Numerical Methods in Fluids*, 11: 555-569.
- [44] Chen, H.S. and C.C. Mei (1971), **Scattering and Radiation of gravity waves by an elliptical cylinder.** Ralph M. Parsons Laboratory for Water Resources and Hydrodynamics, Dept. Civil Engrg., M.I.T., Cambridge, Mass., Report No. 140, 149 pp.
- [45] Chen, H.S. and C.C. Mei (1974), **Oscillations and wave forces in an offshore harbor.** Ralph M. Parsons Laboratory for Water Resources and Hydrodynamics, Dept. Civil Engrg., M.I.T., Cambridge, Mass., Report No. 190.
- [46] Crawford, W.R. and R.E. Thomson (1984), **Diurnal-period continental shelf waves along Vancouver Island: A comparison of observations with theoretical models.** *J. Physical Oceanography*, 14: 1629-1646.
- [47] Dean, R.G. and R.A. Dalrymple (1984), **Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists.** Chapter 5, Prentice-Hall, New Jersey, 353pp
- [48] DHI (1996), **User guide and reference manual of MIKE 21-coastal hydraulics and oceanography hydrodynamic module.** Danish Hydraulic Institute.
- [49] DHI (1996), **MIKE21 Sediment Process (MIKE21_ST) : Sand Transport Module-Pure Current (Part I) and Current/Wave (Part II).** *User Guide and Reference Manual, Release 2.6*, Danish Hydraulic Institute.

- [50] DHI (1998), **MIKE21 Coastal Hydraulics and Oceanography Hydrodynamic Module. User Guide and Reference Manual**, Release 2.7, Danish Hydraulic Institute.
- [51] Engelund, F. and E. Hansen (1976), **A Monograph on Sediment Transport in Alluvial Channels**. *Nordic Hydrology* 7, 293-306.
- [52] Francis, O. and P. Mazzega (1990), **Global charts of ocean loading effects**. *J. Geophysical Research*, 95(C7): 11411-11424.
- [53] Guo, X. and T. Yanagi (1998), **Three-dimensional structure of tidal current in the East China Sea and the Yellow Sea**. *J. Oceanogr.*, 54: 651-668.
- [54] Hunkins, K. (1986), **Anomalous diurnal tidal currents on the Yermak Plateau**. *J. Marine Res.*, 44: 51-69.
- [55] Hwung, H.H. and C.L. Tsai (1984), **The studies on the tidal frequency analysis and variation of mean sea level**. Bulletin No.69, Tainan Hydraulics Laboratory, National Cheng-Kung University.
- [56] Hwung, H.H., C.L. Tsai and C.C. Wu (1986), **Studies on the correlation of tidal elevation changes along the western coastline of Taiwan**. *Proc. 20th Int. Conf. Coastal Eng.*, 1, Taipei, Taiwan, 293-305.
- [57] Jan, S., C.S. Chern and J. Wang (2002), **Transition of Tidal Waves from the East to South China Seas over the Taiwan Strait: Influence of the Abrupt Step in the Topography**. *J. Oceanography*, Vol.58, No.6, 837-850.
- [58] Juang, W.J., T.K. Tsay and M.C. Lin (2000), **Tidal predictions using a frequency-domain model**. *Proc.-Ocean 2nd Int. Ocean and Atmosphere Conf.*, COAA-2000, Taipei, 235-240.
- [59] Juang, W.J., C.C. Chiang and M.C. Lin (2001), **Tidal Current Simulations on Seas Surrounding Taiwan**. *Proc. 1st Conf. Asian and Pacific Coastal Engineering (APACE2001)*, Dalian, China, Vol.1, 86-95.
- [60] Juang, W.J., M.C. Lin and W.J. Liou (2001), **Peculiar Appearance of Nearly Symmetrical Flooding Time along the Western Coast of Taiwan**. *The Chinese Journal of Mechanics*, Vol.17, No. 4, 211-220.
- [61] Juang, W.J. (2004), **Morphological Impacts of Tidal Residual Currents in the Taiwan Strait**. *Proc. 2nd Chinese - German Joint Symposium on*

Coastal and Ocean Engineering, Nanjing, (in press).

- [62] Juang, W.J., M.C. Lin and C.C. Chiang (2004), **Visualization of tidal oscillation in the Taiwan Strait**. *Proc. 2nd International Conference of Asian and Pacific Coasts 2003*, Japan, CD-apac010, 1-12.
- [63] Kantha, L.H. (1995), **Barotropic tides in the global oceans from a nonlinear tidal model assimilating altimetric tides. Part I: Model description and results**. *J. Geophysical Res.*, 100(C12), 25283-25308.
- [64] Lefevre, F., Le Provost, C. and F.H. Lyard (2000), **How can we improve a global ocean model at a regional scale? A test on the Yellow Sea and the East China Sea**. *J. Geophysical Res.*, 105(C4), 8707-8725.
- [65] Le Provost, C., Genco, M.L., Lyard, F., Vincent, P. and P. Canceil (1994), **Spectroscopy of the world ocean tides from a finite element hydrodynamic model**. *J. Geophys. Res.*, 99(C12): 24777-24797.
- [66] Le Provost, C. and M. Fornerino (1985), **Tidal spectroscopy of the English Channel with a numerical model**. *J. Physical Oceanography*, 15: 1009-1031.
- [67] Li, H.W. (1987), **A numerical predictive model of tides in the seas adjacent to Taiwan**. *Proc. the National Science Council, Part A: Physical Science and Eng.*, 11(1), Taipei, Taiwan, 74- 89.
- [68] Lin, M. C., W. J. Juang and T. K. Tsay (2000), **Applications of the Mild-Slope Equation to Tidal Computations in the Taiwan Strait**, *J. Oceanography*, Vol.56, pp.625-642.
- [69] Lin, M. C., W. J. Juang and T. K. Tsay (2001), **Anomalous Amplification of Semidiurnal Tides along the Western Coast of Taiwan**, *Ocean Engineering*, Vol.28 (9), pp.1171-1198.
- [70] Liu, S.K. (1994), **Recent developments in the three-dimensional modeling of the coastal China Seas**. The draft of a keynote speech, *16th Conf. on Ocean Eng.*, CICHE.
- [71] Louguet-Higgins, M.S. (1967), **On the trapping of wave energy round islands**. *J. Fluid Mech.*, 29(4): 781-821.
- [72] Louguet-Higgins, M.S. (1968), **On the trapping of wave along a**

- discontinuity of depth in a rotating ocean.** *J. Fluid Mech.*, 31(3): 417-434.
- [73] Louguet-Higgins, M.S. (1969), **On the trapping of long-period waves round islands.** *J. Fluid Mech.*, 37(4): 773-784.
- [74] Louguet-Higgins, M.S. (1970), **Steady currents induced by oscillations round island.** *J. Fluid Mech.*, 42(4): 701-720.
- [75] Lu, Q.M. and R. Warren (1992), **Current simulation in the Taiwan Strait.** Proc. 14th Conf. Coastal Engineering, R.O.C., 128-147.
- [76] Luther, D.S. and C. Wunsch (1975), **Tidal charts of the Central Pacific Ocean.** *J. Physical Oceanography*, 5: 222-230.
- [77] Lyard, F. and M.L. Genco (1994), **Optimisation methods for bathymetry and open boundary conditions in a finite element model of ocean tides.** *J. Computational Physics*, 114: 234-256.
- [78] Lynch, D.R. and C.E. Naimie (1993), **The M2 tide and its residual on the outer banks of the Gulf of Maine.** *J. Phys. Oceanogr.*, 23: 2222-2253.
- [79] Mellor, G. L. (2003). **Users guide for a three-dimensional, primitive equation, numerical ocean model** (June 2003 version), Prog. in Atmos. and Ocean. Sci, Princeton University, 53 pp.
- [80] Meyer, R.E. (1979), **Surface-wave reflection by underwater ridges.** *J. Physical Ocean*, 9, 150-157.
- [81] Middleton, J.H., Foster, T.D. and A. Foldvik (1982), **Low-frequency currents and continental shelf waves in the Southern Weddell Sea.** *J. Physical Oceanography*, 12: 618-634.
- [82] Miles, J.W. (1972), **Wave propagation across the continental shelf.** *J. Fluid Mech.*, 54, 63-80.
- [83] Momoi, T. (1974), **A long wave in an L-shaped channel.** *J. Phys. Earth*, 22: 395-414.
- [84] Mysak, L.A. (1967), **On the theory of continental shelf waves.** *J. Marine Res.*, 25(3): 205-227.
- [85] Mysak, L.A. and C.L. Tang (1974), **Kelvin wave propagation along an irregular coastline.** *J. Fluid Mech.*, 64(2): 241-261.
- [86] Munk, W., Snodgrass, F. and G. Carrier (1956), **Edge Waves on the**

- Continental Shelf.** *Science*, 123(3187): 127-132.
- [87] Munk, W., Snodgrass, F. and F. Gilbert (1964), **Long waves on the continental shelf: an experiment to separate trapped and leaky modes.** *J. Fluid Mech.*, 20(4): 529-554.
- [88] NGDC (1988). **Data Announcement 88-MGG-02, Digital relief of the Surface of the Earth.** NOAA, National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado, USA.
- [89] Nguyen, K.D. and A. Ouahsine (1997), **2D numerical study on tidal circulation in Strait of Dover.** *J. Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 123(1): 8-15.
- [90] Ogura, S. (1933), **The tides in the sea adjacent to Japan.** Bulletin of the Hydrographic Department, Imperial Japanese Navy, No. 7, 189 pp.
- [91] Pedlosky, J. (1982), **Geophysical fluid dynamics**, Springer-Verlag, New-York, 624 pp.
- [92] Pugh, D.T. (1987), **Tides, surges and mean sea-level**, John Wiley and Sons, New York, 47.
- [93] Rao, D.B. (1966), **Free gravitational oscillations in rotating rectangular basins.** *J. Fluid Mech.*, 25(3): 523-555.
- [94] Reid, R.O. (1958), **Effect of Coriolis force on edge waves (I) Investigation of the normal modes.** *J. Marine Res.*, 16(2): 109-144.
- [95] Rhines, P.B. (1969), **Show oscillations in an ocean of varying depth, Part 1, abrupt topography.** *J. Fluid Mech.*, 37(1): 1969.
- [96] Schureman, P. (1988), **Manual of Harmonic Analysis and Prediction of Tides**, Coast and Geodetic Survey, U.S. Department of Commerce, U.S. government printing office, Washington. 317 pp.
- [97] Semtner, A.J. (1986), **Finite difference formulation of a world ocean model.** *Proc. the NATO Advanced Study Institute on Advanced Physical Oceanographic Numerical Modeling*, Edit by J.J. O'brain, D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, 608 pp.
- [98] Shaw, R.P. and W. Neu (1981), **Long-wave trapping by oceanic ridges.** *J. Physical Oceanography*, 11: 1334-1344.

- [99] Thomson, R.E. and W.R. Crawford (1982), **The generation of diurnal shelf waves by tidal currents**. *J. Physical Oceanography*, 12: 635-643.
- [100] Tsay, T.K. (1991), **Linear surface waves over rotating fluids**. *J. Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 117(2): 156-171.
- [1] Tsay, T.K., Juang, W.J. and Lin, M.C. (2000), **Tidal Prediction around Taiwan**. Proc. the 4th Workshop on Ocean Models for the APEC Region (WOM-4), Tainan, Chinese Taipei, 12-1~12-20.
- [2] Tsay, T.K. and P.L.-F. Liu (1983), **A finite element model for wave refraction and diffraction**. *Appl. Ocean Res.*, 5(1): 30-37.
- [3] Tsay, T.K., Zhu, W. and P.L.-F. Liu (1989), **A finite element model for wave refraction, diffraction, reflection and dissipation**. *J. Applied Ocean Res.*, 11: 33-38.
- [4] UKHO (1997), **Admiralty TIDE TABLES and tidal stream tables**. Vol. 3, *the Hydrographer of the Navy, UK Hydrographic Office*, Somerset, U.K., 498 pp.
- [101] USNWSD (1977), **U.S. Navy Marine climatic atlas of the world**, Vol. II, *the Naval Weather Service Detachment, United States Naval Weather Service Detachment*, Asheville, N.C.
- [102] Wang, D.P. (1982), **Development of a three-dimensional, limited-area (island) shelf circulation model**. *J. Phys. Oceanogr.*, 12: 605-617.
- [103] Wang, Y.H., Jan, S. and D.P. Wang, (2003). **Transports and tidal currents in the Taiwan Strait from shipboard ADCP observations (1999-2001)**. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57, 193-199.
- [104] Yanagi, T. and K. Inoue (1994), **Tide and tidal current in the Yellow/East China Sea**. *La mer*, 32, 153-165.
- [105] Yanagi, T., Takao, T. and A. Morimoto (1997), **Co-tidal and co-range charts in the South China Sea derived from satellite altimetry data**. *La mer*, 35: 85-93.
- [106] Yanagi, T. and T. Takao (1998a), **Clockwise phase propagation of semi-diurnal tides in the gulf of Thailand**. *J. Oceanography*, 54: 143-150.

- [107] Yanagi, T. and T. Takao (1998b), **A numerical simulation of tides and tidal currents in the South China Sea.** *Acta Oceanographica Taiwanica*, 37: 17-29.
- [108] Ye, A.L. and I.S. Robinson (1983), **Tidal dynamics in the South China Sea.** *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 72: 691-707.
- [109] Zahel, W. (1991), **Modeling ocean tides with and without assimilating data.** *J. Geophysical Research*, 96(B12): 20379-20391.



臺灣海峽的水深地形對潮波振盪之影響研究

Effects of Topographies on Tidal Oscillation in the Taiwan Strait

計畫編號：MOTC-IOT-93-H3-DA004

計畫性質：自辦研究

□ 莊文傑 — 三科 研究員

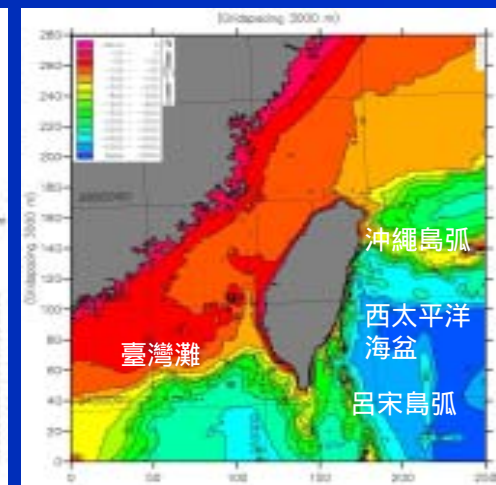
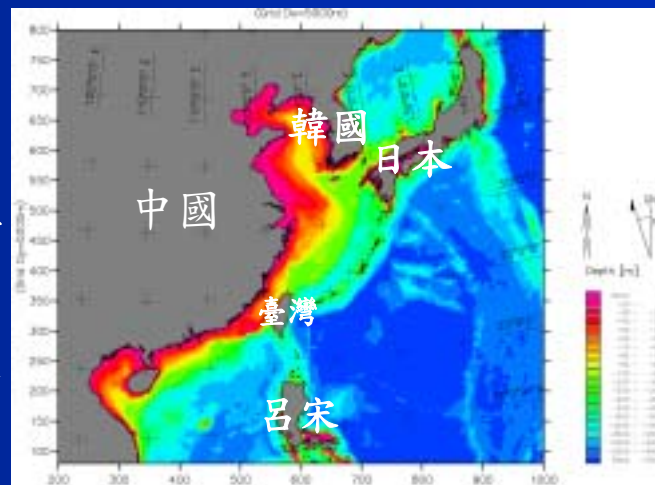
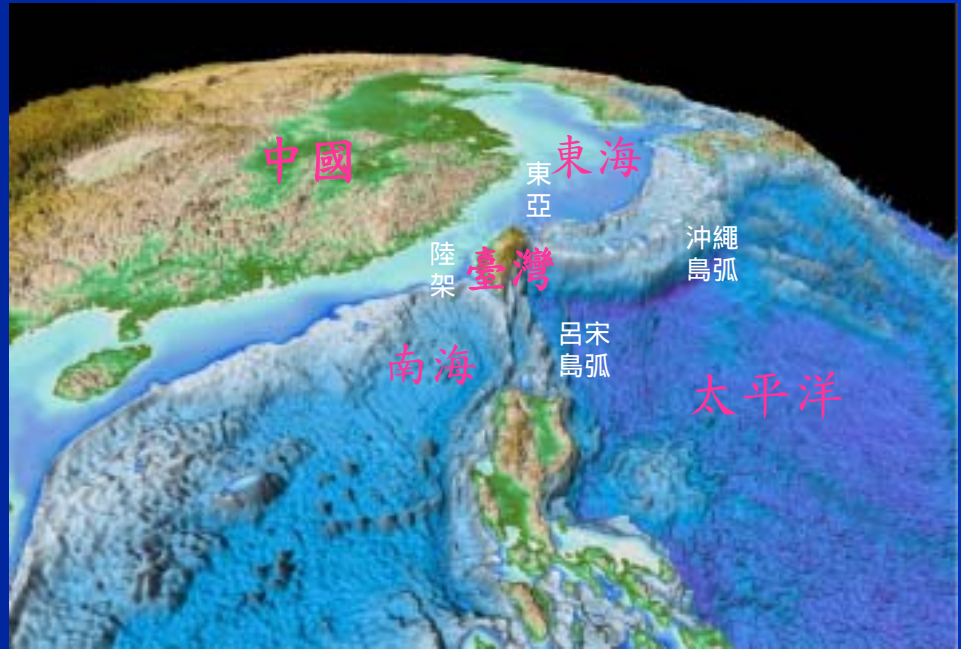
□ 江中權 — 三科 副研究員

交通部運輸研究所港灣技術研究中心



東亞海域的水深地形特性

- ❑ 臺灣環島及鄰近海域之平面及立體水深地形。
- ❑ 臺灣海峽位在東亞大陸棚架上；臺灣東部海岸構成東亞陸架的一部分。
- ❑ 在東亞陸架緣內側的淺水海域，東海及南海主要藉臺灣海峽相聯通。
- ❑ 東海及西太平洋間存在沖繩島弧；而南海與西太平洋間存在恒春海脊及呂宋島弧。
- ❑ 陸架緣地形對入射潮波具明顯的反射效應。
- 探討陸架地形水深對潮波的影響性。

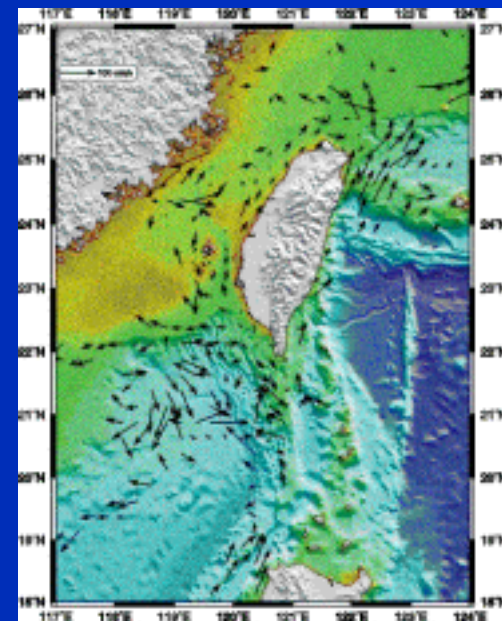




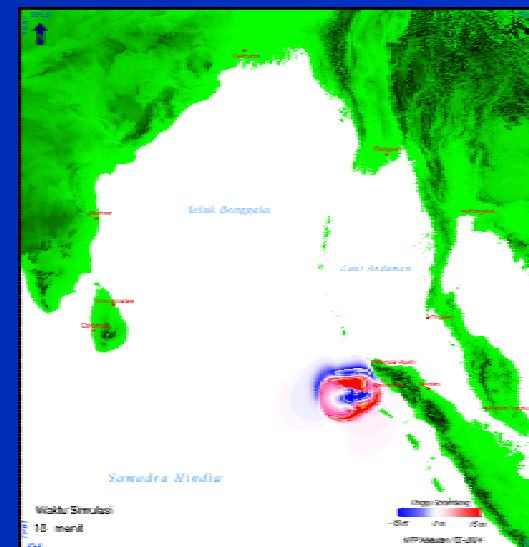
研究緣起

- ❑ 「綠色矽島」及「藍色國土」為政府對我國領土的建設目標。
- ❑ 海域環境不僅創造了廣大美麗的「藍色國土」，同時也提供了許多資源、能源和遊憩活動空間。不過，在海域環境與資源尚未能透過環境調查及科學研究完全予以充分瞭解掌握之情況下，過度開發、超限利用、過當保護與過多冒然「人為因素」的介入干擾，在「近岸海域」仍難免會因「預防」與「救濟」相關措施及對策尚未臻週全完備而導致「民生」、「環境」及「生態」等「近岸災害」(蔡丁貴等，2002)。

為近岸災害防救的需要，也為「藍色國土」環境、資源、能源和遊憩活動空間的充分經營、有效管理及永續利用，政府對「藍色國土」相關之調查與研究，其投注的各類人力與物力資源皆應是「前瞻的」、「全面的」、「週詳的」、「整合的」、「有效的」、「即時的」、「永續的」。

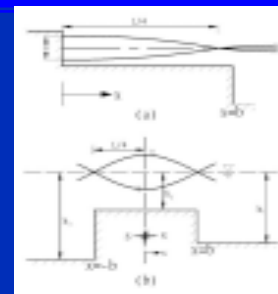


臺灣環島海域的海流分布變化
(資料來源：國家海洋科學研究中心)





研究目的



- ❑ 擴展及系統性應用以往的研究成果。
- ❑ 探討臺灣海峽的長、寬、水深等形狀特性及東亞陸架緣陡峭水深地形的綜合影響性。
- ❑ 釐清國內長年來有關潮波係分別繞行臺灣北部及南部海岸，而於臺灣中西部海岸交會的誤解與爭議。
 - 莊文傑(2000)及Lin et al. (2000, 2001)皆曾應用潮波協振盪理論及數值方法確認：臺灣海峽海域的潮波，其振盪型態係屬部分重複駐波。且半日型入射潮波具共振現象。
 - Jan et al. (2002) 認為：在臺灣海峽海域，全日型潮波係以行進波型態，單純地從東海向南海傳播，並會與南海的潮波系統相互聯結；而半日型潮波，在中國大陸沿岸，主要以向南行進的凱文波型態呈現，及至臺灣海峽南側的淺水海域，會被具陡峭水深變化的陸架緣地形攔阻並反射，故而在臺灣西部沿岸，展現近似駐波的型態。臺灣灘，可能影響潮波呈現特殊振盪型態。
 - 莊文傑、江中權(2003)確認臺灣海峽海域潮波具凱文波相交會特性及振盪型態。
- ❑ 促進「藍色國土」環境的進一步認識與瞭解，提昇「本土化」科研層面，達成海洋及海岸資源「永續利用」的目標。



研究方法

- 沿續應用以往潮波及潮流之數值模擬經驗與研究成果
- 以現況臺灣環島海域所面對獨特的東亞大陸棚架地形為基礎。
- 配合南海、西太平洋、及日本海之潮位邊界條件設定。
- 使用MIKE21_HD二維水動力數值模式。
- 先以計算方式確立臺灣海峽海域潮波之振盪型態，再以其為比較對照基準，設計陸架地形水深之系列變化。
- 探討影響臺灣海峽既有潮波系統及其振盪型態的顯著地形水深因素。
- 依據單一行進凱文波及矩形海峽內相向交會凱文波的特性，辨識臺灣海峽海域的旋轉潮波系統及其振盪型態。



單一及相向行進凱文波之交會

- ❖ 在等深的狹長海峽內，設定 x 軸位於海峽的中軸線上，若考慮地球自轉偏向力—科氏力之作用，則單一行進潮波之波形及流速為

$$\zeta = He^{-\frac{f}{c}y} \cos\left[\sigma\left(\frac{x}{c} - t\right)\right]$$

$$U = \frac{g}{c} He^{-\frac{f}{c}y} \cos\left[\sigma\left(\frac{x}{c} - t\right)\right]$$

$$= \frac{c}{h} \zeta$$



- 若此狹長海峽位在北半球($f > 0$)且潮波沿 x 正方向傳播，則在此一行進潮波之波峰處，沿傳播方向之右手側潮位將較高；而左手側的潮位將較低(林琿 等，2000)。由於具有這種運動特徵的波動，最早係由Kelvin首先研究發現，故稱為凱文波(Kelvin waves)。
- 類比於駐潮波，若在等深的狹長海峽內，同時存在兩個傳播方向相反的行進凱文波，則海峽中的波動型態即為旋轉潮波，且其波形可表示為

$$\zeta = 2H\left[\cosh\left(\frac{f}{c}y\right)\cos\left(\frac{\sigma}{c}x\right)\cos(\sigma t) - \sinh\left(\frac{f}{c}y\right)\sin\left(\frac{\sigma}{c}x\right)\sin(\sigma t)\right]$$

- 若等深狹長矩形海峽之中軸線緯度為 44.5° 、平均深度為40米、寬度400公里，則兩個週期皆為12小時而方向相反的行進凱文波相疊加，其潮位的波動型態將如下圖所示。圖中，實線為潮波之波動高程；虛線為潮時相位，很明顯地，其波動型態即為旋轉潮波。波動高程為零處即為無潮點之位置。

$$\zeta = He^{-\frac{f}{c}y} \text{Cos} [\sigma (\frac{x}{c} - t)]$$

$$\zeta = 2H[Cosh(\frac{f}{c}y)Cos(\frac{\sigma}{c}x)Cos(\sigma t) - Sinh(\frac{f}{c}y)Sin(\frac{\sigma}{c}x)Sin(\sigma t)]$$



無底床摩擦效應

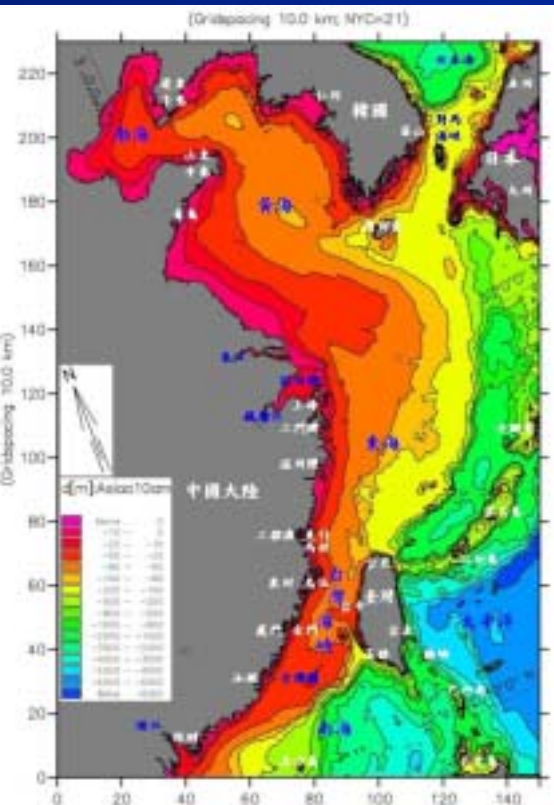


考慮底床
摩擦效應

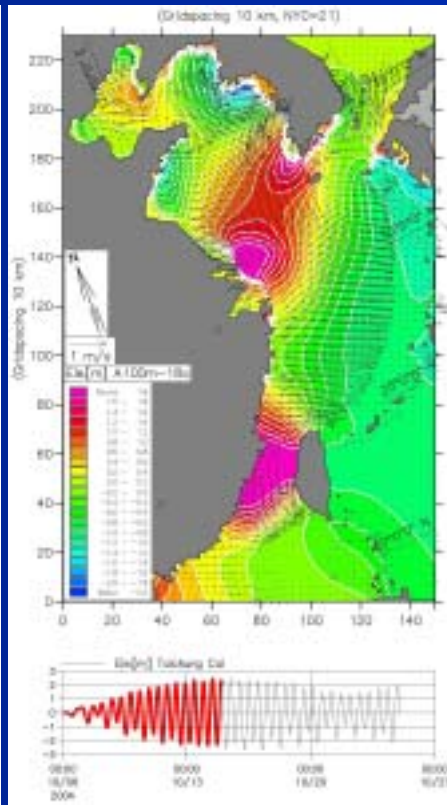




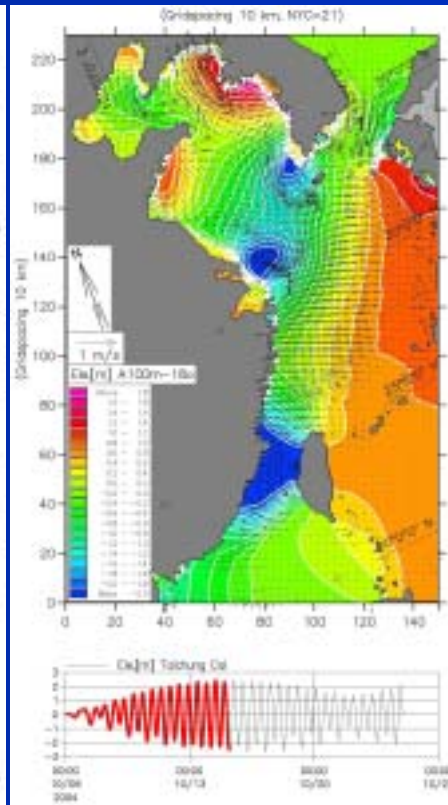
東亞海域潮波模擬計算之地形水深及 潮位與潮流分布



現況地形水深



台中港滿潮位



台中港乾潮位

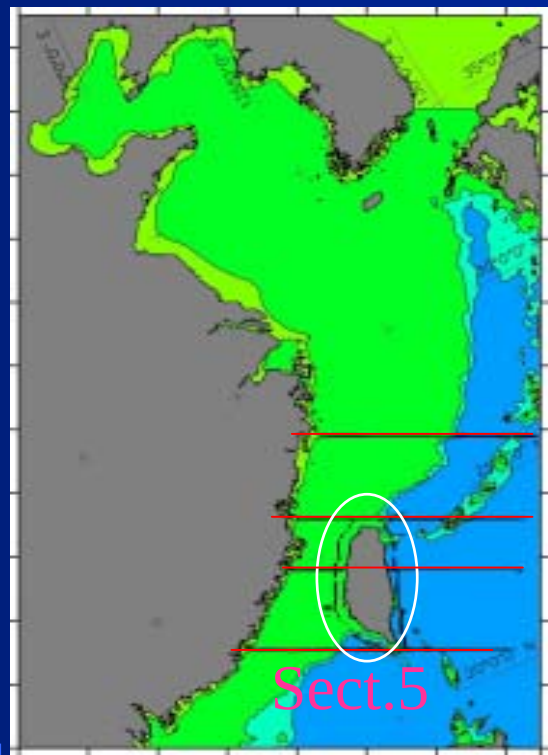


相向交會凱文
波旋轉波形



潮波振盪型態之分析比較 評估斷面

- 第一斷面：東海陸架入口，溫州灣至沖繩島
- 第二斷面：臺灣海峽北側，馬祖島至石垣島
- 第三斷面：臺灣海峽中段，烏坵嶼經花蓮至太平洋
- 第四斷面：臺灣海峽南側，汕頭至巴坦群島
- 第五斷面：臺灣環島海域，從蘭嶼經南部、西部、繞過北部再回蘭嶼



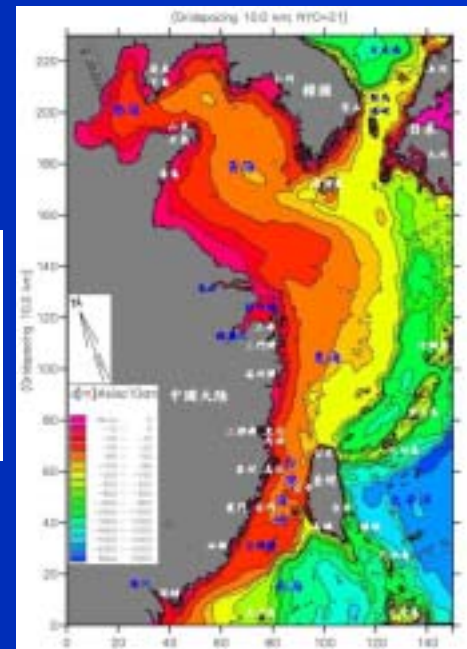
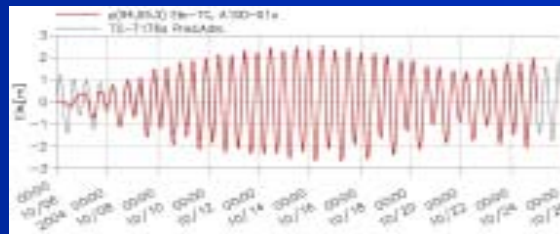
Sect.1

Sect.2

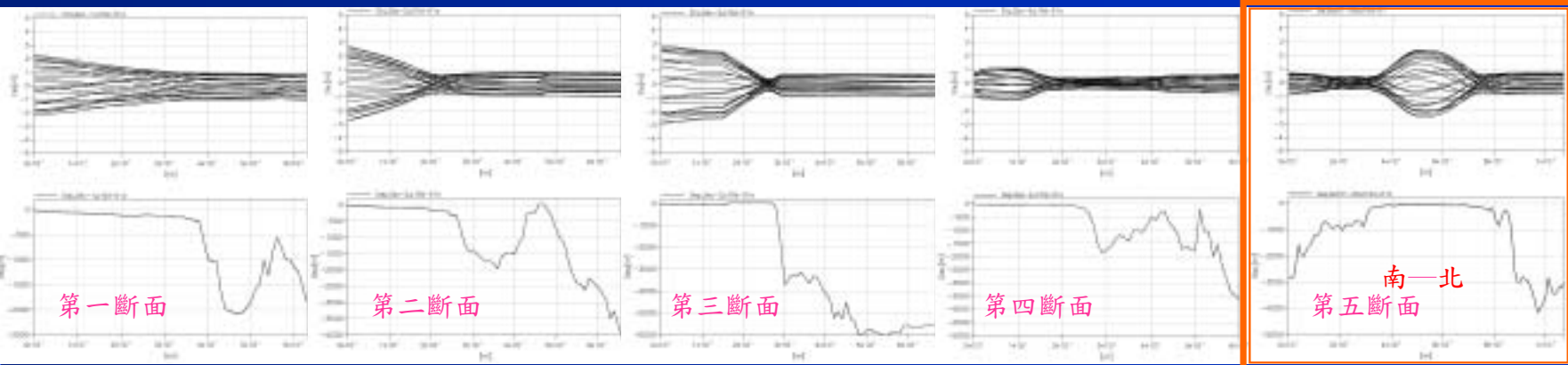
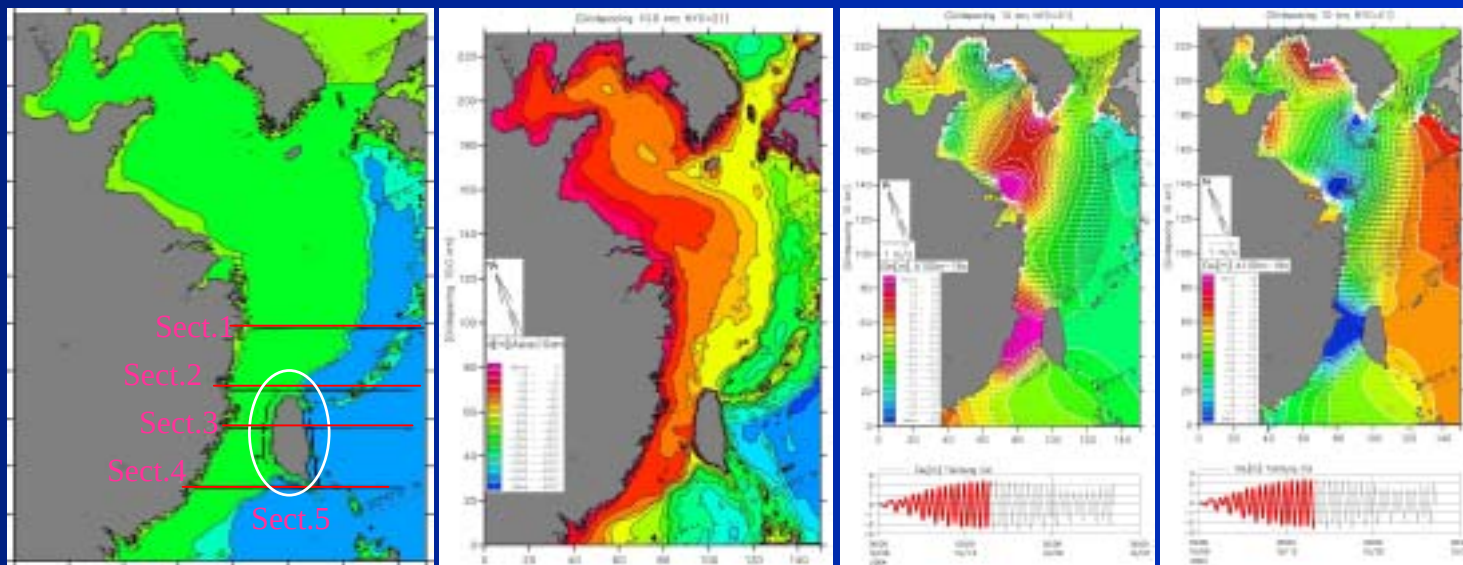
Sect.3

Sect.4

Sect.5



基準潮波振盪型態——現況地形水深



單一南向行進凱文波

相向交會凱文波及
東海近似無潮點

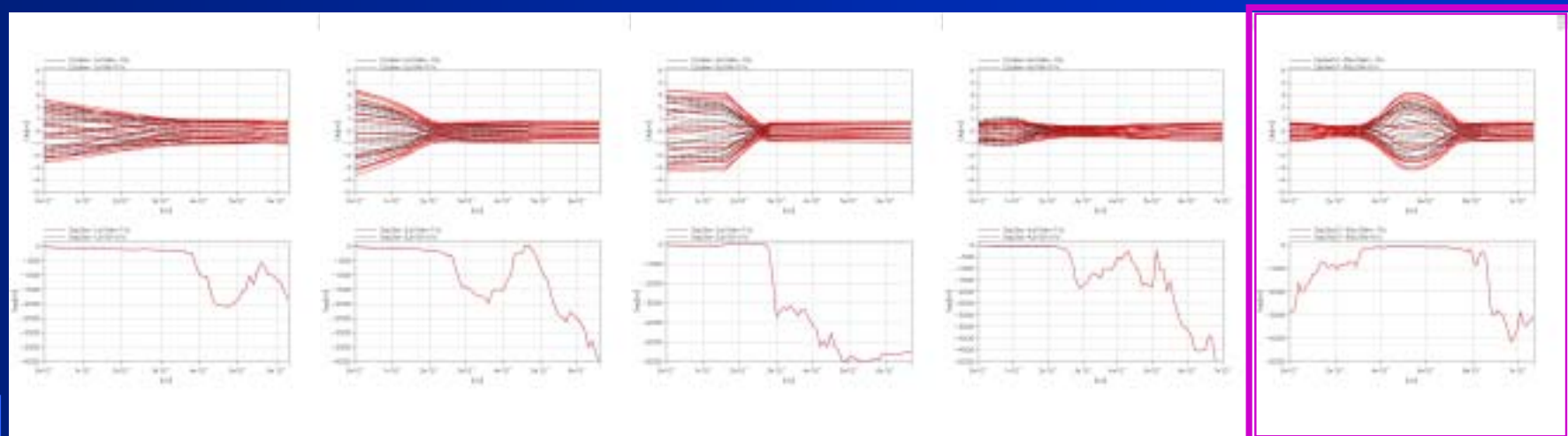
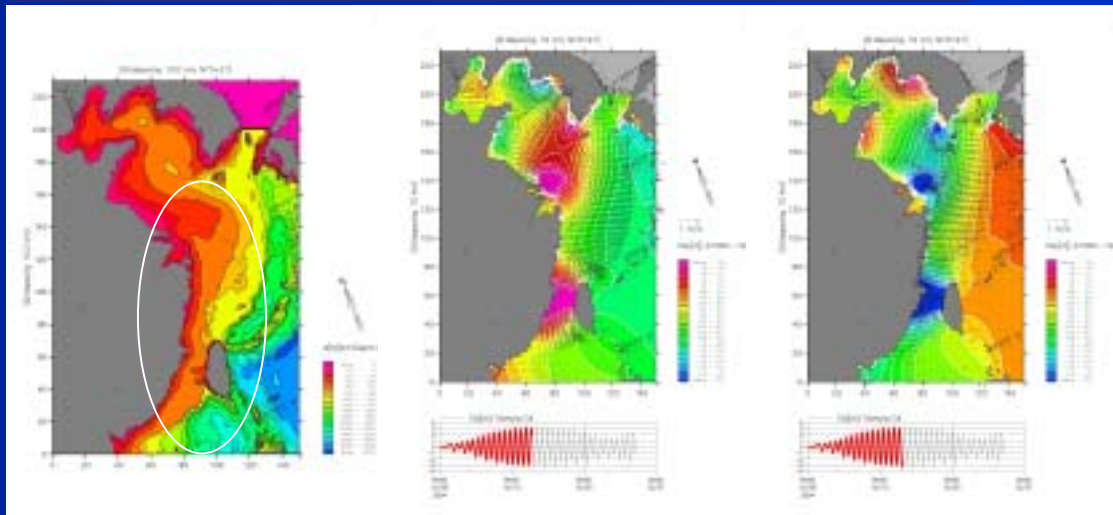
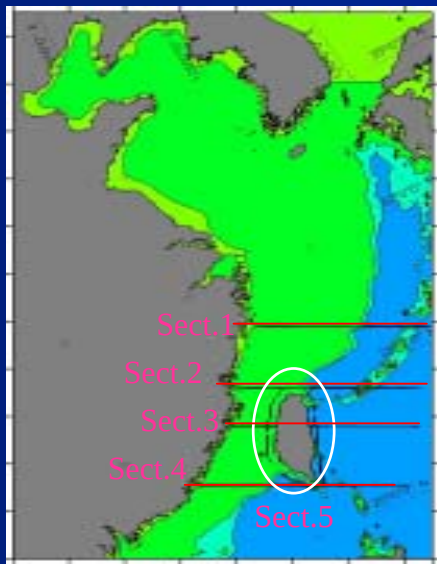
相向交會凱文波及
臺灣海峽之波腹點

相向交會凱文波及
南海近似無潮點

相向交會凱文波及部分
重複駐波振盪型態

臺灣海峽的水深影響(I)

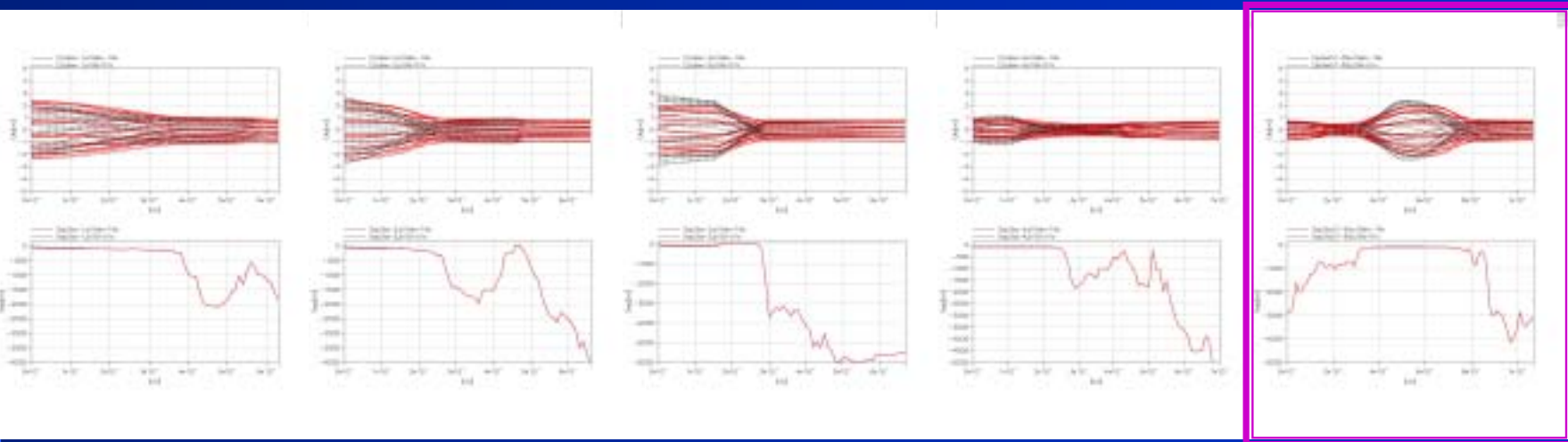
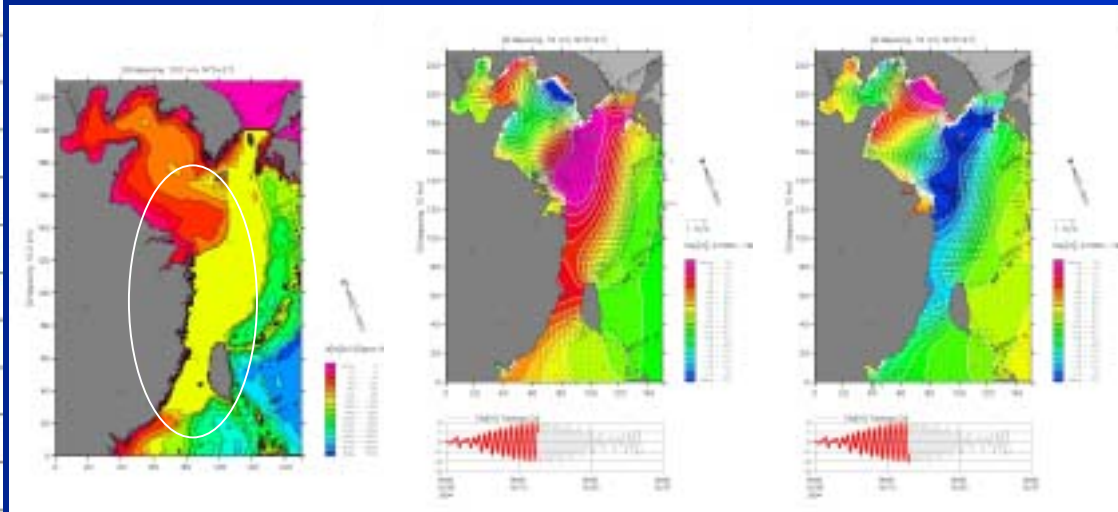
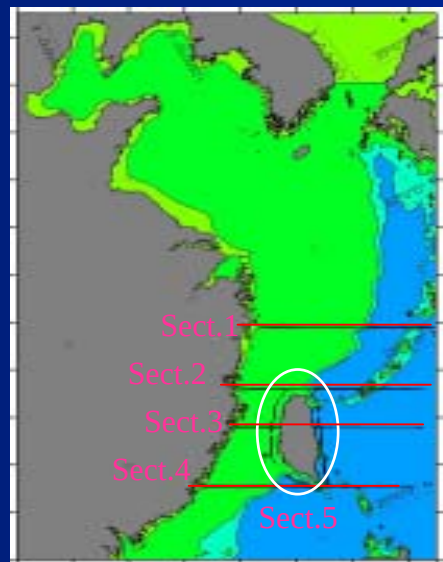
-固定水深60米-



➤符合潮波共派的特性水深；臺灣灘淺水地形沒有影響

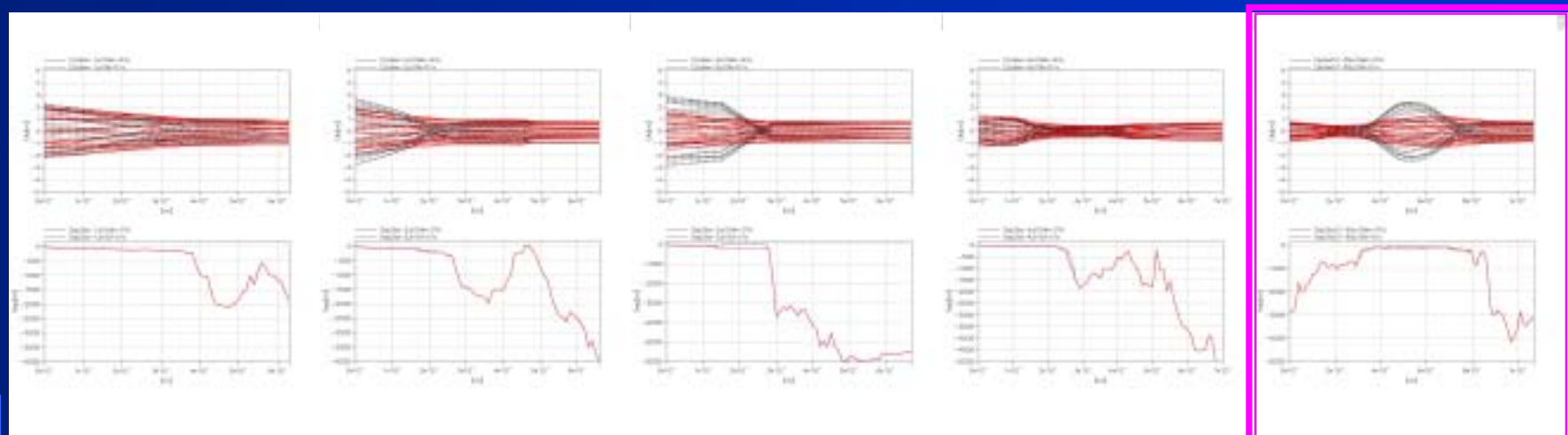
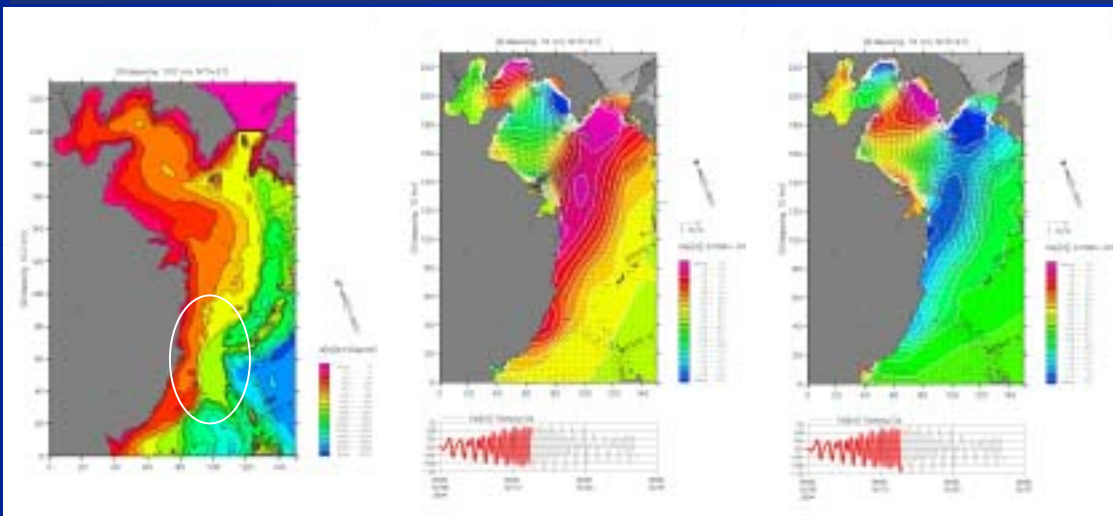
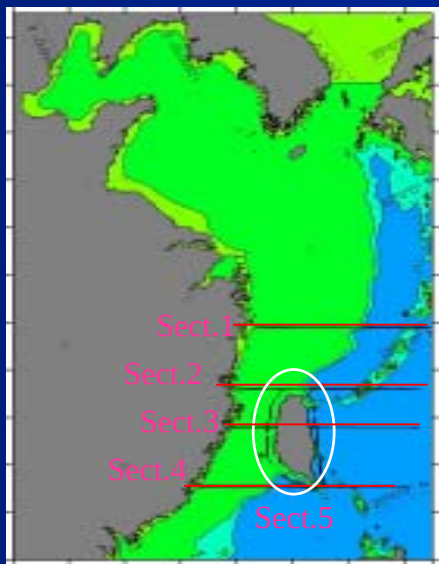
臺灣海峽的水深影響(II)

-固定水深100米-



臺灣海峽寬度的影響(I)

-移除臺灣島以水深200米陸架取代-

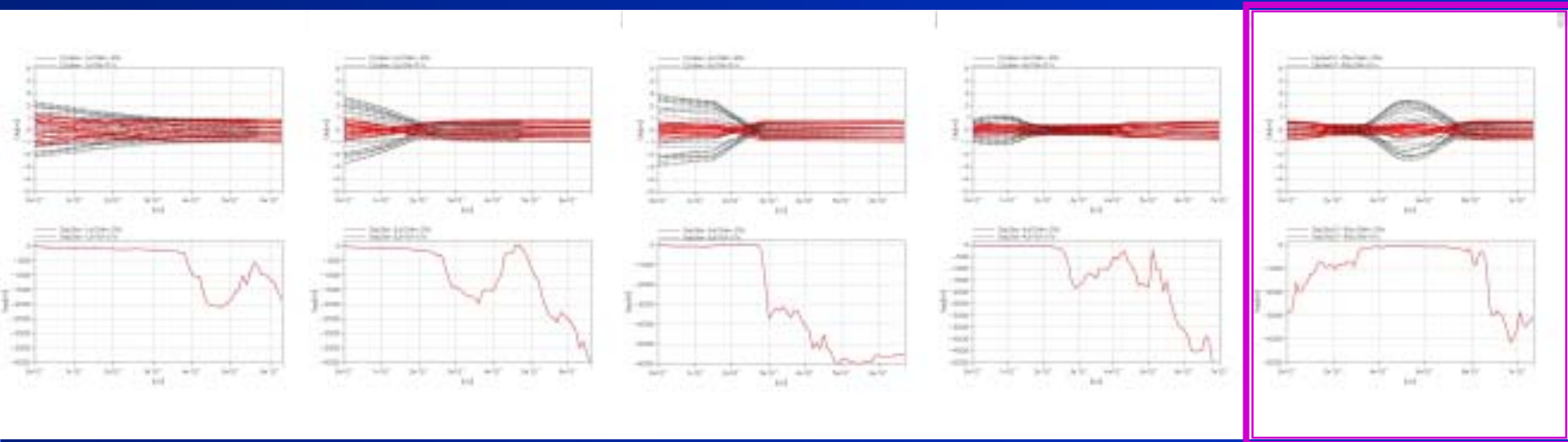
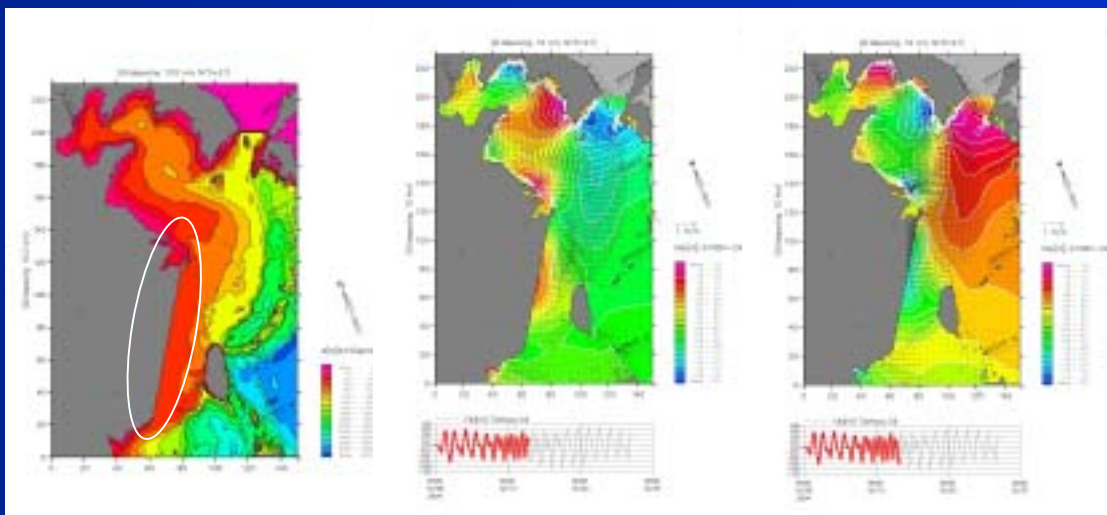
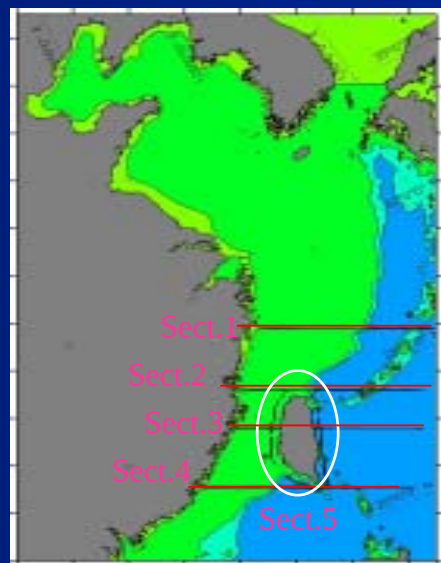


➤ 潮波部分重複駐波振盪型態依然存在；陸架緣亦具海峽效應



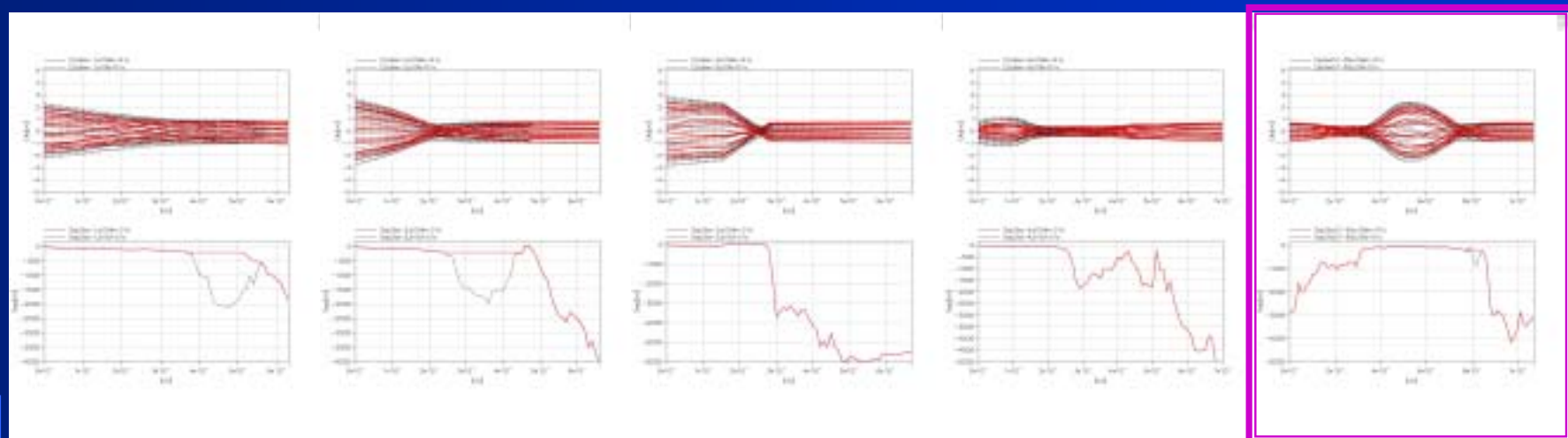
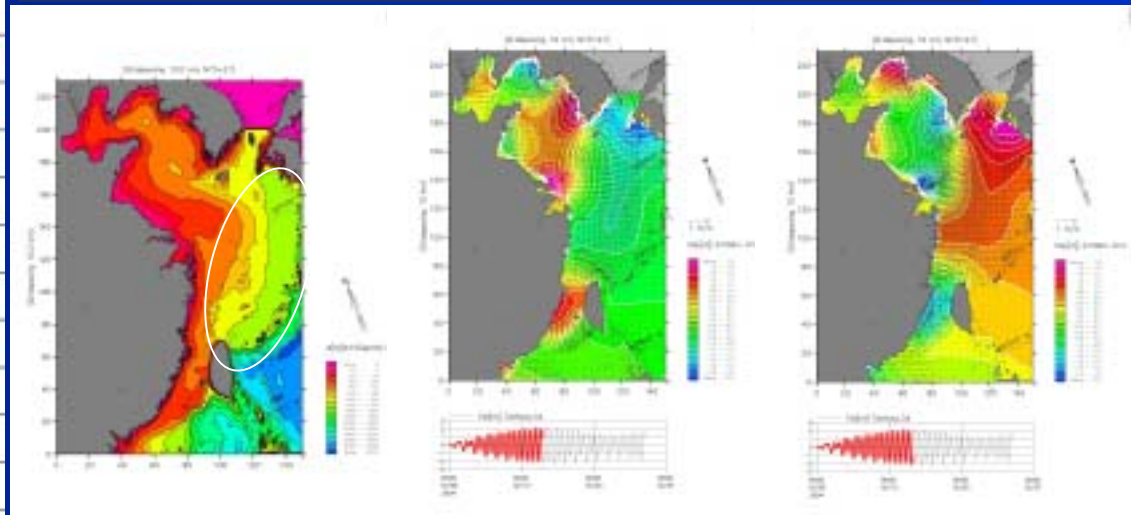
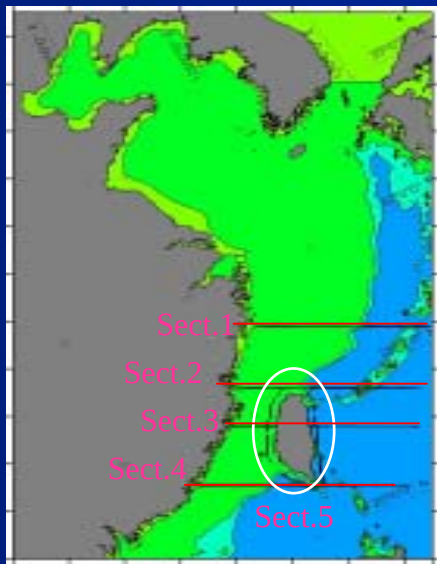
臺灣海峽寬度的影響(II)

-改變中國大陸海岸以水深20米取代-



➤ 忽略海峽寬度影響可能導致二維潮波分析誤判

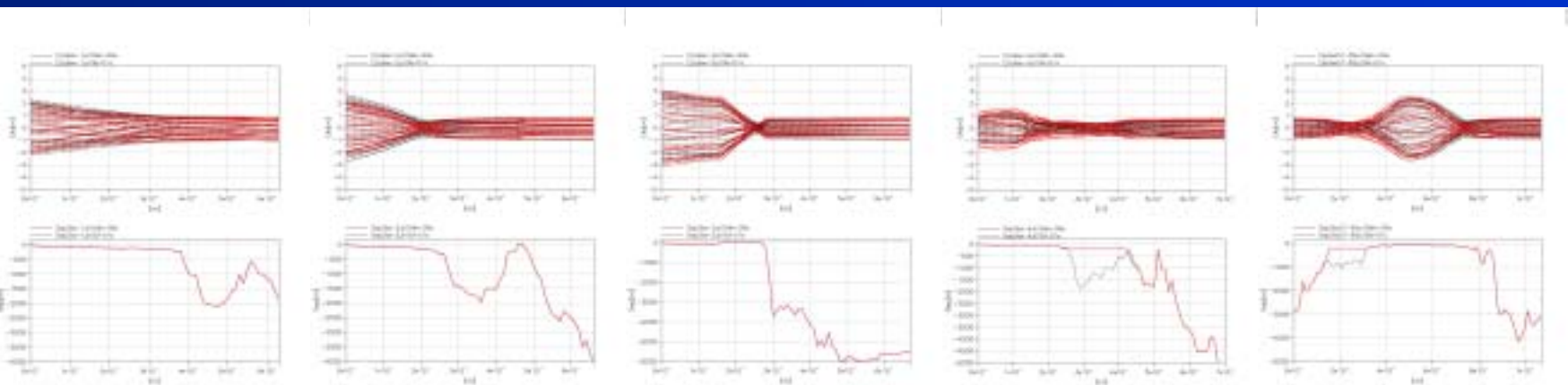
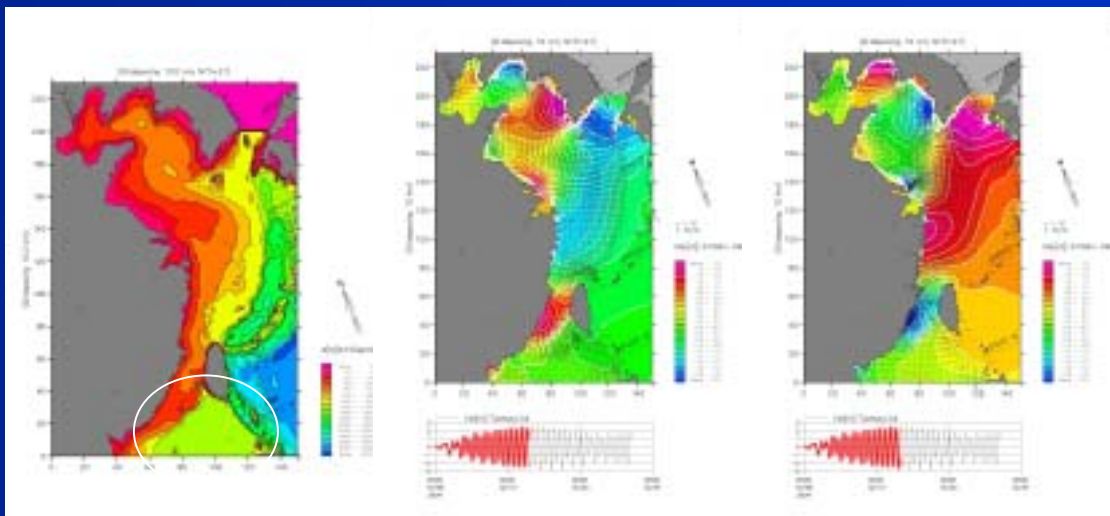
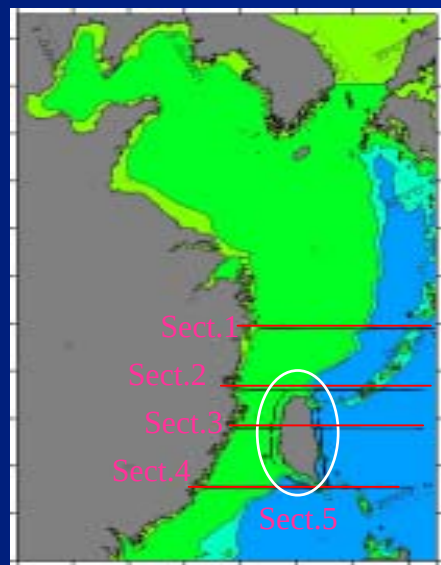
臺灣海峽的長度影響(I) -以水深200米擴展東海陸架-



➤ 臺灣海峽東岸的陸架特性長度主控潮波振盪型態

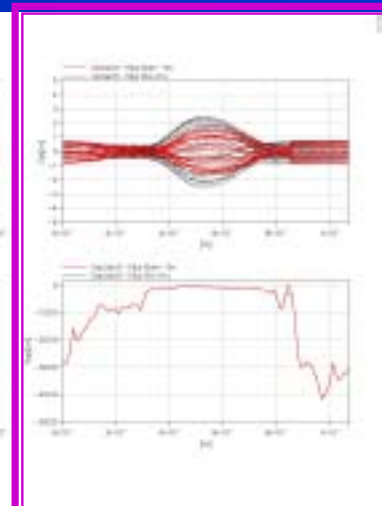
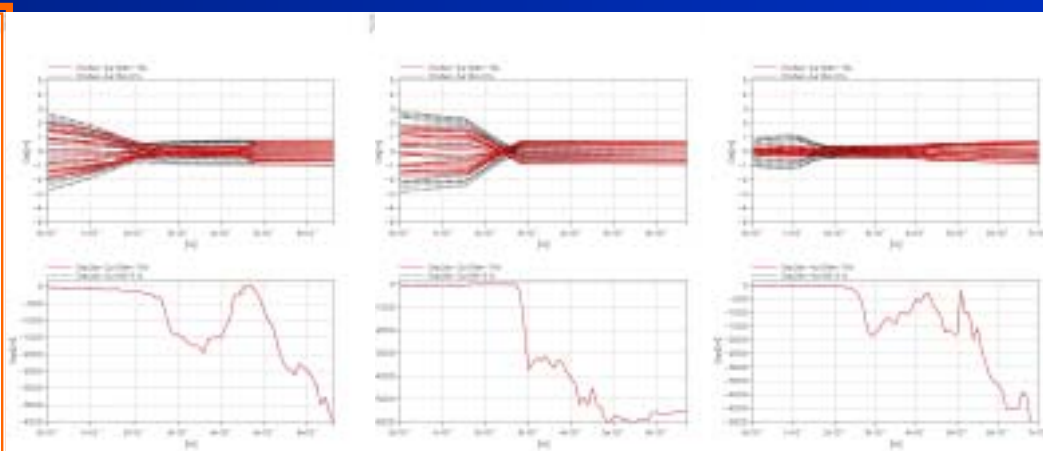
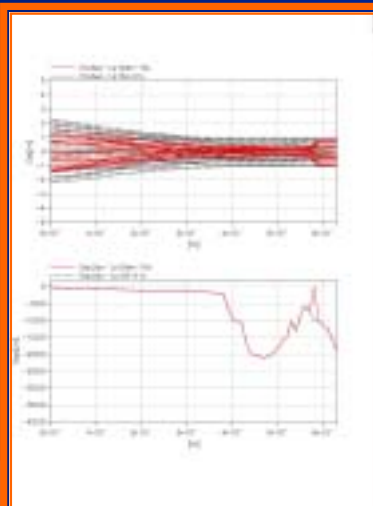
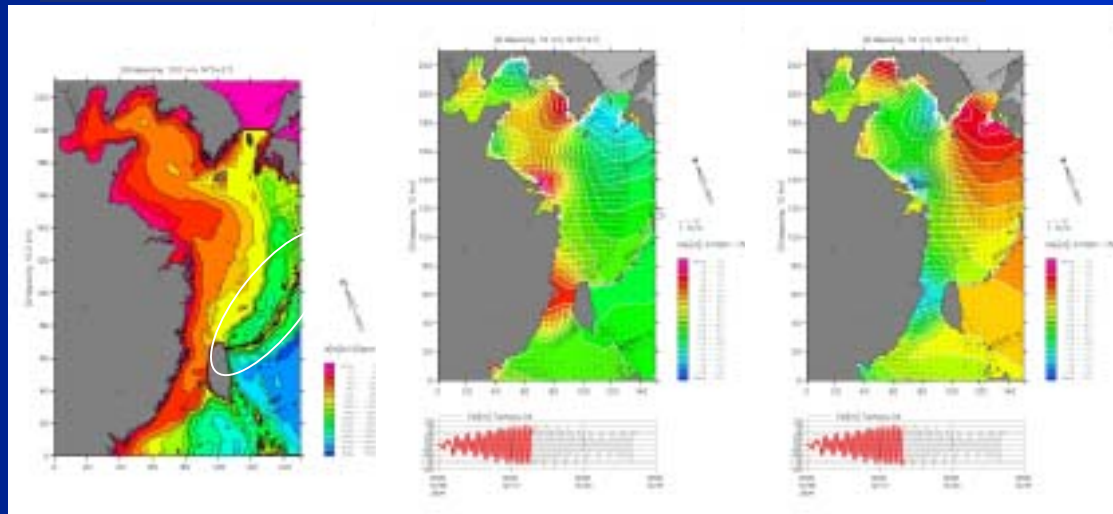
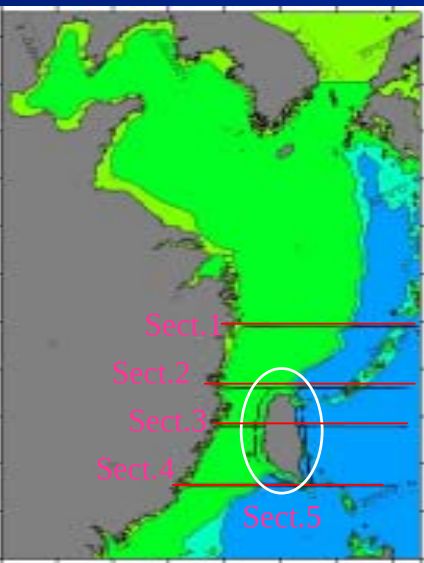


臺灣海峽的長度影響(II) -以水深200米擴展南海陸架-



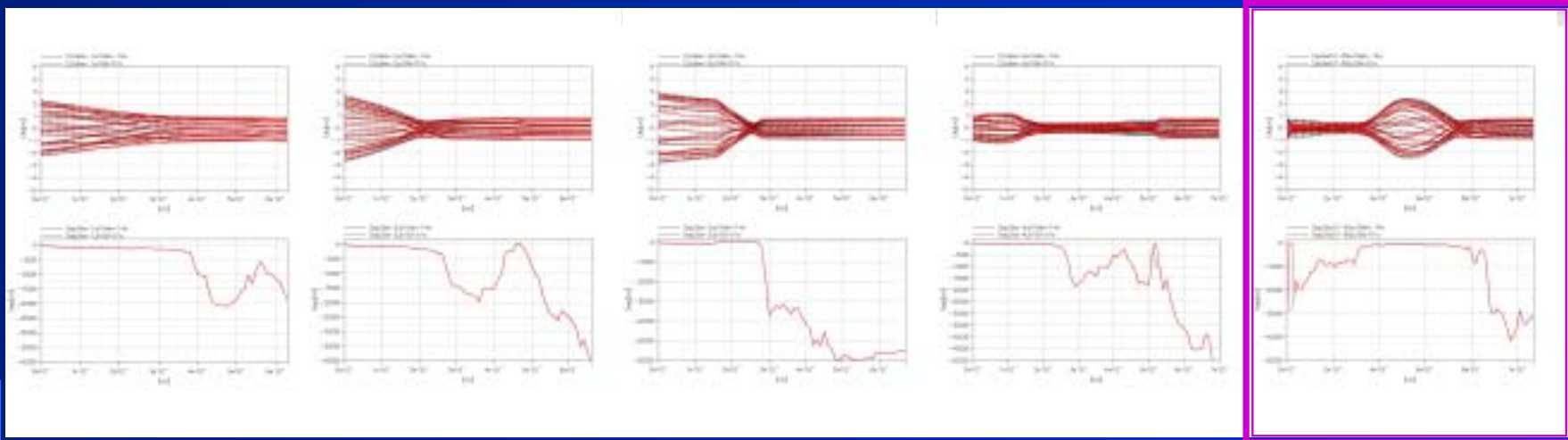
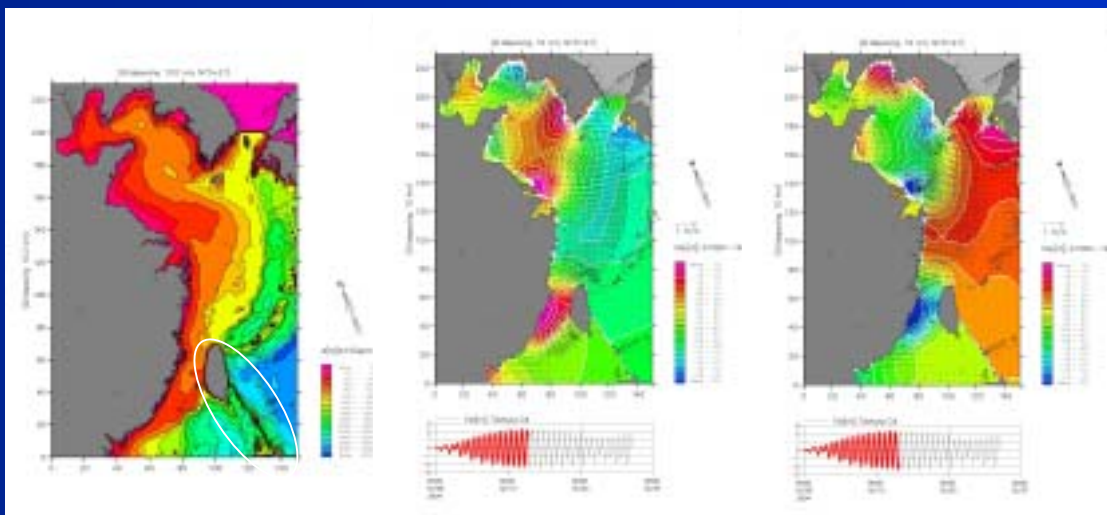
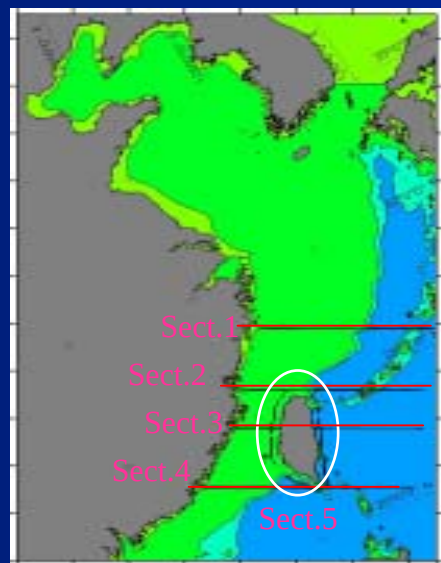
➤ 南海潮波振盪型態會對臺灣海峽海域造成影響

東海入射潮波的影響 -以陸地封閉沖繩島弧-



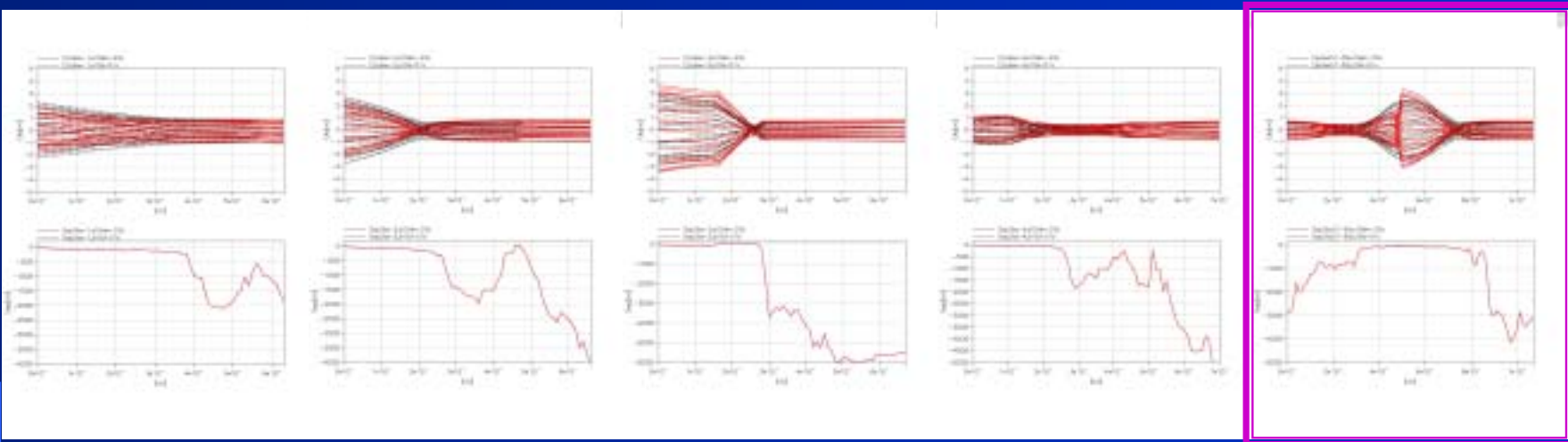
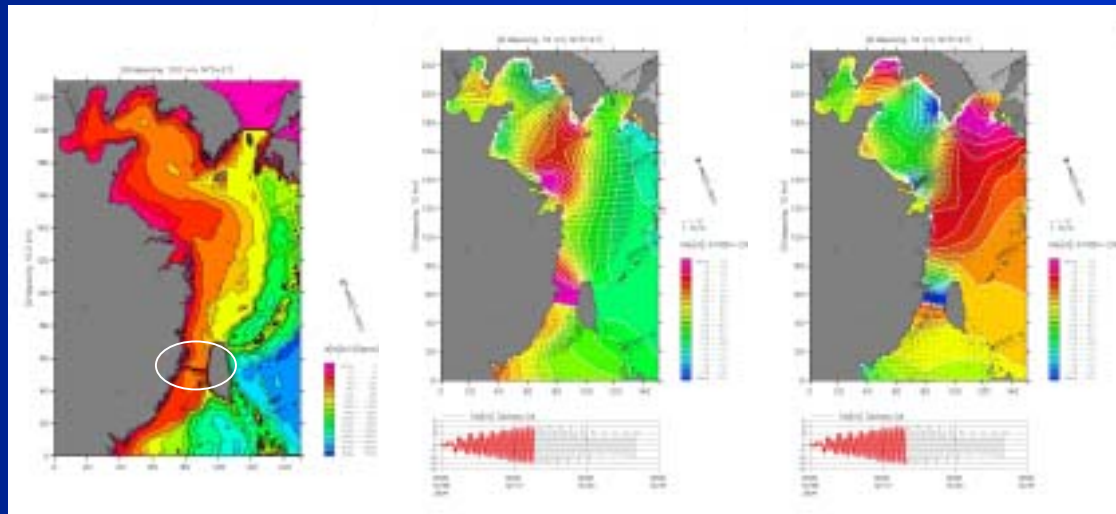
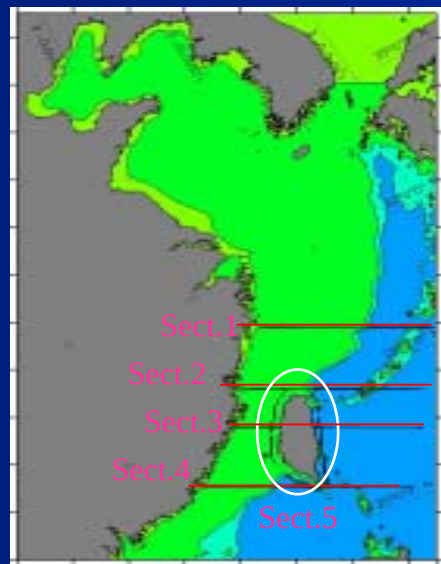
➤東海入射潮波對臺灣海峽海域造成影響

南海入射潮波的影響 -以陸地封閉呂宋島弧-



➤ 南海潮波系統的近似獨立性

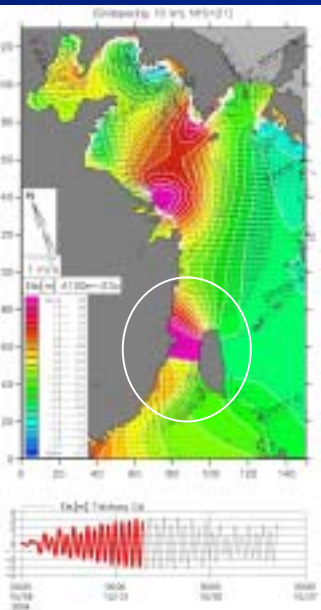
陸架地形對稱性的影響 -封閉臺灣海峽中段海域-



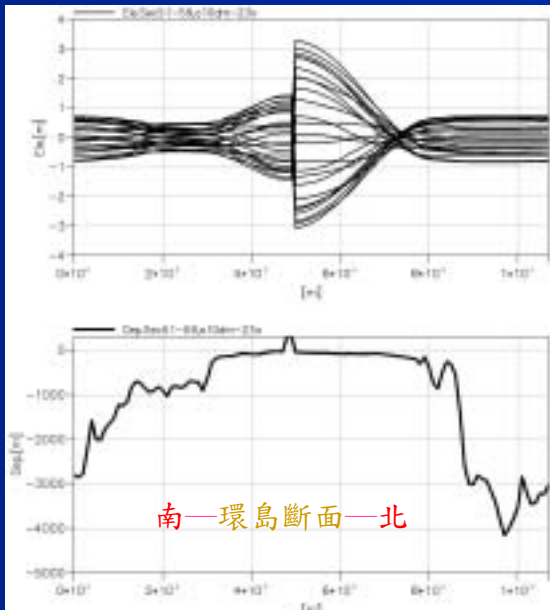
➤ 東海及南海潮波分別在海峽內形成部分重複駐波振盪型態



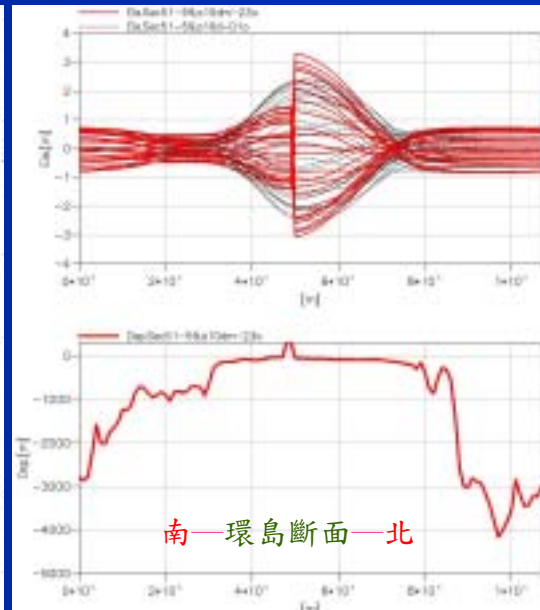
東海及南海的入射潮波 及 東亞陸架緣的反射效應



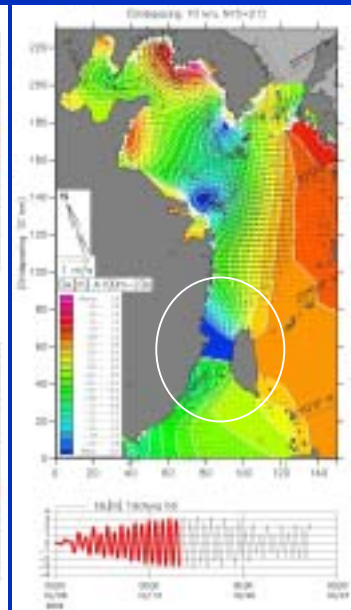
台中港滿潮位



臺灣海峽中段封閉
之潮波振盪型態



臺灣海峽中段封閉
與現況潮波振盪型
態比較



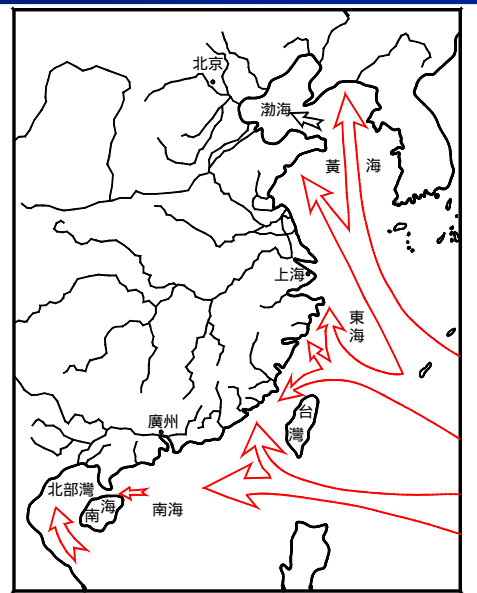
台中港乾潮位

➤東海及南海的入射潮波皆會造成部分重複駐波振盪波形

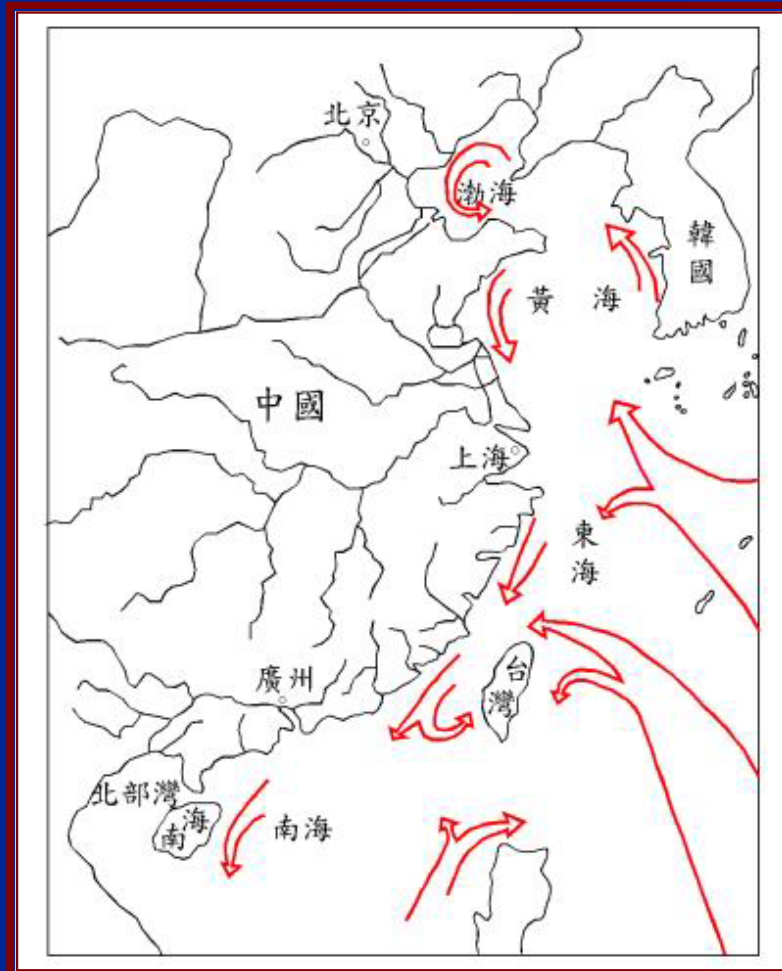


東亞海域潮波系統傳播圖

- 基於東亞陸架緣的顯著反射效應及對潮波振盪型態之影響性，本研究綜合研究成果，提出東亞海域的潮波系統傳播圖。



(孫湘平等，1981)



東亞海域潮波系統傳播圖



討論與結論

- ❑ 南海海域與西太平洋海域的潮波系統，是近似相互獨立的；而東海海域與西太平洋海域的潮波系統，卻是密切聯動的；至於臺灣海峽，其不僅為東海與南海海域潮波系統的聯動橋樑，海峽內的潮波系統及潮波振盪型態，更顯著地受東海及南海海域的潮波系統所支配與控制。
- ❑ 受地球自轉偏向力及海岸地形的影響，全日型及半日型潮波，在東亞陸架上，皆明顯具有行進凱文波的特性。
- ❑ 由於東亞陸架緣陡峭水深地形的明顯反射效應，加上臺灣海峽海域大陸棚架地形特性長度的配合，因此，東海海域的潮波，會以具凱文波特性的行進波型態，由北往南入射南海海域，再藉南海陸架緣陡峭水深地形所產生的反射效應，而在臺灣海峽海域內形成相向行進凱文波相交會之部分重複駐波波形及振盪型態；另一方面，南海海域的潮波，也會以具凱文波特性的行進波型態，由南而北入射東海海域，再藉東海陸架緣陡峭水深地形所產生的反射效應，同樣在臺灣海峽海域內形成相向行進凱文波相交會之部分重複駐波波形及振盪型態。

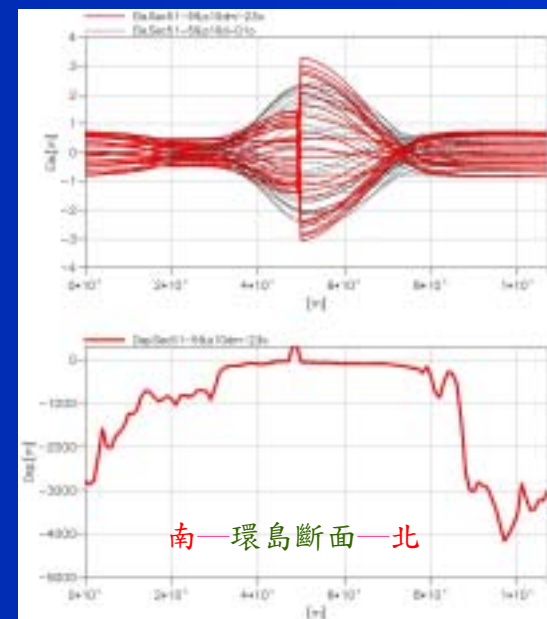
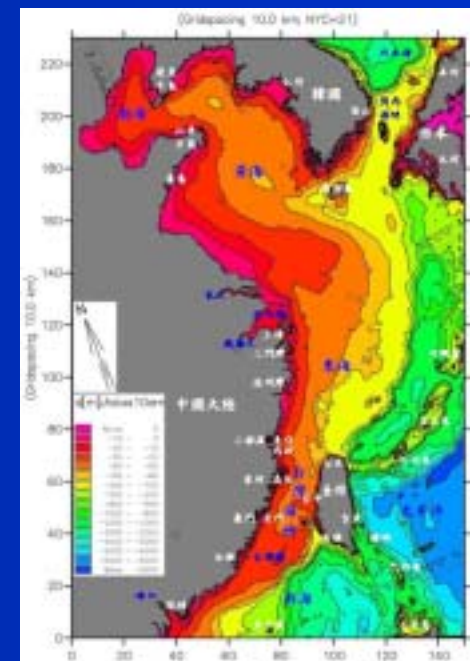
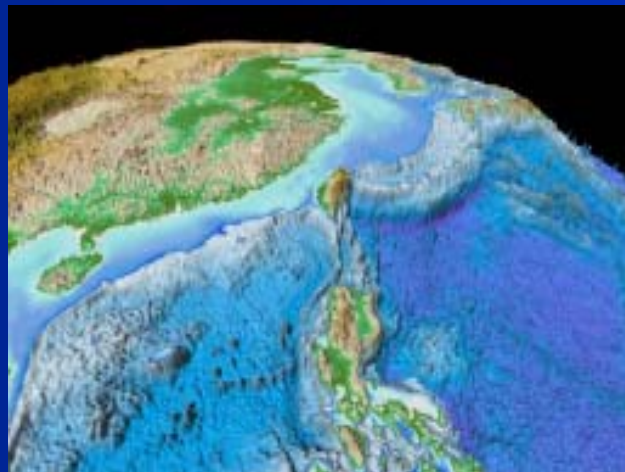
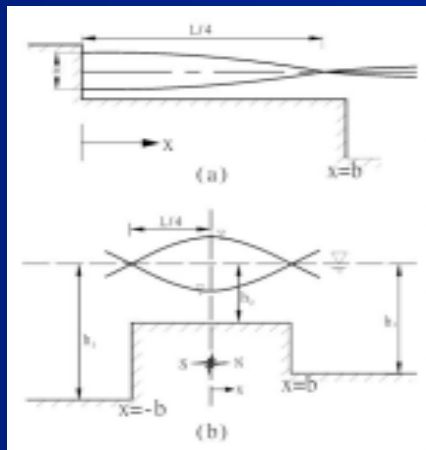


討論與結論

- ❑ 在臺灣海峽海域內所形成之部分重複駐波波形，實際為具凱文波特性的相向行進潮波相交會所自然呈現的潮波振盪型態。而此相向行進的潮波，其一為入射潮波，另一則為其反射潮波。而造成入射潮波反射的機制，主要來自於東亞陸架緣地形的陡峭水深變化及陸架緣外側的南海及西太平洋深水海域。
- ❑ 若臺灣海峽的海域範圍可廣義地包含南海及東海陸架緣之陡峭水深地形，則其可用兩端近似封閉的等深矩形海峽類比，而海峽內的潮波振盪型態，則可用矩形海峽內相向行進凱文波相交會所形成的旋轉潮波系統描述及闡釋。
- ❑ 當臺灣海峽海域的特性水深約為60米時，其將更符合半日型潮波的共振條件，因而在臺灣海峽海域內所形成之部分重複駐波波形將更顯著，波腹點的振幅將比現況更大，亦即台中港的潮差將比現況更擴增。
- ❑ 透過東亞陸架地形水深變化的系列探討，加上臺灣環島海域5個主要斷面的潮波振盪型態影響性分析及評估，本研究因此提出東亞海域潮波系統傳播圖。

感謝！

敬請指教！！



交通部運輸研究所臺灣技術研究中心 九十三年度自辦計畫審查會議通知

檔 號：
保存年限：

交通部運輸研究所 開會通知單

受文者：計畫主持人莊文傑研究員

發文日期：中華民國 94 年 1 月 21 日

發文字號：運港字第 0940000824 號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：時程表乙份

開會事由：辦理「本所港研中心九十三年度科技計畫」報告審查事宜

開會時間：九十四年二月一日〔星期二〕上午九時三十分

開會地點：本所港研中心二樓簡報室

主持人：邱永芳主任

聯絡人及電話：何良勝 04-26587121

出席者：中山大學陳陽益院長、成功大學許泰文教授、交通大學張憲國副教授、本所港研中心何良勝科長、港研中心蘇青和研究員、計畫主持人邱永芳主任、計畫主持人莊文傑研究員、計畫主持人李勇榮研究員(以上均含附件)

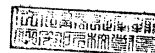
列席者：

副本：

備註：

- 一、 隨文檢附審查時程表乙份，並請審查委員攜帶計畫報告與會。
- 二、 請計畫主持人準備相關簡報資料七份。

交通部運輸研究所



**交通部運輸研究所港灣技術研究中心
九十三年度自辦計畫審查會議程表**

運輸研究所港研中心九十三年度自辦計畫審查會時程表

日期/場次	時間	計畫編號	計畫名稱	計畫主持人	會議主持人	審查委員
94/02/01 第三場 簡報室	9:30~10:00	MOTC-IOT-93-H3 DA005	近岸防救災系統之建立研究(2/5)	邱永芳	邱永芳 主任	外聘:中山大學 陳陽益院長 成功大學 許泰文教授 交通大學 張憲國教授 內聘:何良勝科長 蘇青和研究員
	10:00~10:30	MOTC-IOT-93-H3 DA004	台灣海峽的水深地形對潮波振盪之影響研究	莊文傑		
	10:30~11:00	MOTC-IOT-93-H2 DA010	時頻分析法比較研究與應用探討(2/2)	李勇榮		

交通部運輸研究所港灣技術研究中心
九十三年度自辦計畫審查會審查意見回覆表

研究計畫 名稱	臺灣海峽的水深地形對潮波 振盪之影響研究	研究計畫 主持人	莊 文 傑 研究員
審查委員及審查意見		意見回覆	
陳陽益 教授： 1. 建議先確定算定全球之起潮點隨時間(季節因太陽與月亮與地球間之相對方位隨時間不同而不同，故引潮力亦隨之而變，當然起潮點亦因而而異)之變化，並由之算定潮波進入臺灣海峽之受天文條件(即上天給定的自然條件)隨時間而異的先天本質條件(此乃因被算定有 123 種分潮之因)。		1. 感謝陳教授對本研究方向的指導。有關天文潮的平衡潮計算建議，本研究目前確未含蓋，待未來研究能力所及，將於相關研究中納入辦理。目前，僅管本研究對於計算邊界上潮波的掌握並未直接從大洋中之原始天文引潮力起算，但引用東亞海域與臺灣鄰近島嶼驗潮站上的天文潮常數預報計算邊界上之潮波變化，間接地已可充分準確掌握東亞及臺灣海域潮波的運動及動力特性。至於在淺水波水動力數值模擬計算中，相關驗潮站的選擇及入射潮波邊界條件的設定與計算驗證等事項，請參見本文第二章 2.5 及 2.6 節與第三章 3.2 節之敘述說明。	
2. 兩潮波相會間的隨時間之振盪亦由上點的論述來算定之。		2. 基於東亞陸架海域之水深地形特性，配合臺灣海峽海域現況所展現之特殊潮波振盪現象，本研究因此並未以天文潮之平衡潮觀點探討兩潮波相會間隨時間之振盪現象，替代地，透過臺灣鄰近海域系列設計之假想地形水深變化，應用淺水波水動力數值模式，進而探討東海、南海及臺灣海峽海域的潮波運動特性。而其運動特性 - 諸如潮波隨時間之振盪型態與振幅大小變化等，主要係藉特定斷面上計	

3. 潮波受邊界影響而生之反射效應要考量(因會受邊界的形態(尤其幾何形狀))有很大的左右，如馬祖最大天文潮潮差有 7 米以上。 4. 建議對 Kelvin waves 之來源導述深入探討些，再延伸發揮增進改良是較適宜。	算潮波之逐時變化呈現。相關事項，請參見本文第三章 3.3 節之敘述說明。 3. 潮波受邊界地形與水深影響而生之反射、散射、繞射、摩擦、及淺化等效應，本研究在應用淺水波水動力數值模式進行東亞海域潮波運動特性中，已作考量。相關事項，請參見本文第二章 2.6 節之敘述說明。至於，馬祖烏坵所展現大天文潮差之特殊潮波振盪現象與原因，本研究已可充分掌握並呈現。相關結果，請參見本文第三章 3.2.2 節之說明，或請參閱圖 3-6-4 及圖 3-6-5 之計算結果及驗證。 4. 本研究對於 Kelvin waves 之導述及其相關影響因素與特性說明等，請參見本文第三章 3.1 節之敘述說明。至於對其延伸發揮，進一步加以增進改良，本研究未來將努力以赴。
許泰文 教授： 1. 本計畫以往昔環島水位和流況為基礎，探討臺灣海峽水深地形對潮波振盪之影響，研究方法正確，執行成果對海峽潮波瞭解有所助益。 2. 本研究在水動力計算使用使用 Mike_21 軟體，軟體使用相當熟悉，參數給定和率定相當合理。 3. 臺灣海峽由於受到柯氏力影響，將產生 Kelvin waves，研究成果顯示柯氏力和摩擦力綜合作用，潮位與潮流流速相位差介於 0° 和 45° 之間，可否進一步說明原因。	1. 感謝許教授對本研究方向的肯定。 2. 感謝許教授對本研究方法及成果的肯定。 3. 在等深狹長的海峽內，依據線性化之淺水波水動力系統模式，於單純僅考量柯氏力影響效應時，旋轉潮波的最高潮位和最大潮流流速間係同步而無相位差；但當同時考量

	柯氏力和摩擦力之綜合影響效應時,旋轉潮波的最高潮位和最大潮流流速間將不同步而存在 45° 之相位差,而在實際海域內,相位差將介於 0° 和 45° 之間,導致相位差存在之主要原因,應係基於實際海域內摩擦力的變化之故,且因摩擦力可阻滯流體的流速,而對潮波所具有的淺水波波動特性而言,由於流速與波速相同,故摩擦力在阻滯流體的流速效應下,同樣地將阻滯潮波之波速,故旋轉潮波的最高潮位和最大潮流流速間將產生不同步之現象,且存在 45° 之相位差。
張憲國 教授： 此計畫之研究對水深地形影響臺灣海峽之潮波數值計算相當嚴謹充實。對於臺灣西海岸潮波之形成機制,其他學者有其他理論,本計畫之研究結果是否能說明其他理論之正確性。	感謝張教授對本研究方法及成果的肯定。 至於對臺灣西海岸潮波形成機制之研究探討,大陸學者孫湘平等(1981)、林瑋(2000)、及中央大學詹森等(2002)皆曾於近期發表其研究成果,相關之研究評述,參見本文第一章 1.3 節之說明。至於本研究之主要成果,不僅可用以補充與修正前述學者所提概要機制之正確性,尚透過東亞海域系列設計之假想地形水深變化,應用淺水波水動力數值模式,判釋並探討潮波所具有之行進 Kelvin waves 特性及其受陸架緣陡變水深地形變化影響而產生反射,以致在臺灣海峽海域展現出特殊之旋轉潮波交會駐波系統。透過本研究第三章內文的討論及第四章所作之結論,深信本研究成果對於東海、南海、及臺灣海峽海域的潮波運動特性之闡釋及釐清,應具有較詳實的論述。

何良勝 科長： 1. 依據方程式(3~10)係忽略非線性效應而得，此非線性效應係指何種意義？	感謝二科何科長對本研究之指教。方程式(3~10)為等深條件下，忽略非線性效應、引潮力、摩擦力、及科氏力等外力所得之通用淺水波波動方程式。針對淺水波之波動動力特性而言，非線性效應主要係在考量流體因運動所存在之動量對流或交換效應。
蘇青和 研究員： 1. 本計畫對臺灣海峽潮波振盪之探討頗為深入。 2. 根據研究顯示，臺灣海峽基本上存在兩個相向之成份波，P3-319圖 3-91 建議作適當的修正以顯示南海反射波之效應。此圖為計畫重要成果代表圖。 3. 南海海域波動仍可進入西太平洋系統，結論之兩海域波動系統近似相互獨立的敘述，建議做較明確說明。	1. 感謝本科蘇研員對研究成果的肯定。 2. 已參酌辦理。 3. 南海海域及西太平洋海域之旋轉潮波系統間關聯性之闡釋及相關詳細論述說明，請參閱本研究第三章 3.4.16 至 3.4.20 節內文。

謝 誌

本研究報告字數總計約 6 萬餘言，頁數計達 400 餘頁，圖表共計約 290 餘幅。承蒙二科李江澤先生在部分圖表繪製上的鼎力協助，本科錢爾潔小姐的細心校對與繕打、耐心地編排，方便本報告得以順利付梓出版，特此致謝。

