

高雄港港池水理模式研究

執行單位：數學模式組及規劃設計組

群計畫召集人：蘇青和 研究員兼組長

第一子計畫主持人：莊文傑 副研究員

第二子計畫主持人：曾哲茂 副研究員

摘 要

本研究第一子計畫主要在應用水深積分後之二維水動力模式，以模擬計算高雄港港域之海流與潮位特性。模式計算使用有限差分法，並考量風、潮型、底床摩擦、地球自轉與水體渦度等之效應。依據計算與實測資料驗證結果得知，對高雄港域之海流與潮位模擬，計算範圍應適當選定並使其能涵括計算區域之水深與地形效應，尤其在邊界條件控制上，潮時與潮位須謹慎檢核調整，完全依據近岸海域實測之海象資料而忽略計算海域應有之水理特性，將導致模擬結果粗糙且不準確，本研究在計算海域海側邊界資料缺乏下，曾試行多次計算範圍與潮時及潮位之調校，最後求得之計算結果除海流與潮位之相位略有偏移外，總體計算所得與實測結果仍甚符合。

本研究第二子計畫採用現場調查方法對高雄港港域的流況和擴散特性進行研究。現場量測項目包含港域流場、速度剖面、港池內外潮差、水鹽度及溫度等水理特性，以對港域內流況和擴散特性做全域的瞭解，並佐以模型實驗與數值模擬結果相互驗證以確定三者之正確性。期能對高雄港域污染有更深入之瞭解和對港域水質作更有效之管理。

根據幾次現場量測結果，在大潮期間之退潮階段，一港口之潮流速度為 30cm/sec(一港口狹水道邊浮球段)，在一港口狹水道中央之底部最大速度達 60cm/sec。而港內之潮流速度較小，約在 10cm/sec 以內。而在漲潮時，第一港口之流速約 20~25cm/sec。故知一港口之流速較二港口為大，此乃一港口狹水道較二港口窄及淺之地形所致。

溫度、鹽度剖面量測結果：以 5 月 7 日為例，港池之平均水溫約為 27.3°C，而水面之溫度以靠近港口處較低，港內較高。鹽度剖面於水表面處約 3280ppm(漲潮)，水道底約 2240~3400ppm。而二港口狹水道之鹽度較一港口之鹽度值為高，顯示港池內之水主要是由一港口流出。

高雄港港區水理數值模擬研究

執行單位：數學模式組

計畫主持人：莊文傑 副研究員

協同研究： 江中權 助理研究員

 陳毓清 行政助理

台灣省政府交通處港灣技術研究所

中華民國八十六年 六 月

高雄港港區水理數值模擬研究

目 錄

	頁次
摘 要.....	III
壹、前 言.....	1-1
貳、高雄港港域配置與營運設施.....	2-1
2-1 港口位置.....	2-1
2-2 港灣棧埠設施.....	2-1
2-3 港勤服務設施.....	2-2
2-4 導航設施.....	2-4
2-5 通訊設施.....	2-4
2-6 船舶進出港之引領.....	2-5
2-7 營運概況.....	2-5
2-8 港域環境區污染罰則.....	2-7
參、高雄港港域之自然環境.....	3-1
3-1 氣象環境.....	3-1
3-1-1 風力.....	3-1
3-1-2 颱風.....	3-2
3-1-3 降雨與日照.....	3-2
3-1-4 氣溫與霧日.....	3-3
3-2 海象環境.....	3-4
3-2-1 波浪.....	3-4
3-2-2 潮汐.....	3-5
3-2-3 海流.....	3-6
3-3 漂沙與地形變化.....	3-8
肆、高雄港港域海流數值模擬.....	4-1
4-1 概述.....	4-1
4-2 海流計算模式.....	4-1
4-3 模式建立與計算限制.....	4-3
4-4 計算範圍與地形.....	4-3

4-5 邊界條件.....	4-4
4-6 潮汐邊界特性.....	4-4
4-7 模擬期距.....	4-6
4-8 模式參數設定.....	4-7
4-9 高雄港實測之海流與水位.....	4-8
4-10 海側邊界平行計算港域之海流模擬.....	4-9
4-10-1 大域海流模擬.....	4-9
4-10-2 小域海流模擬.....	4-9
4-10-3 海流模式驗證.....	4-10
4-10-4 海流模式校核.....	4-10
4-11 計算海域引入水深地形影響之海流模擬.....	4-12
4-11-1 大域海流模擬.....	4-12
4-11-2 大域海流模式驗證與校核.....	4-12
4-11-3 小域海流模擬.....	4-13
4-11-4 小域海流驗證.....	4-14
4-11-5 細部海流模擬.....	4-14
4-11-6 細部海流驗證.....	4-14
4-12 結語.....	4-15
伍、結論與建議.....	5-1
參考文獻	

摘 要

本研究主要在應用水深積分後之二維水動力模式，以模擬計算高雄港港域之海流與潮位特性。模式計算使用有限差分法，並考量風、潮型、底床摩擦、地球自轉與水體渦度等之效應。依據計算與實測資料驗證結果得知，對高雄港域之海流與潮位模擬，計算範圍應適當選定並使其能涵括計算區域之水深與地形效應，尤其在邊界條件控制上，潮時與潮位須謹慎檢核調整，完全依據近岸海域實測之海象資料而忽略計算海域應有之水理特性，將導致模擬結果粗糙且不準確，本研究在計算海域海側邊界資料缺乏下，曾試行多次計算範圍與潮時及潮位之調校，最後求得之計算結果除海流與潮位之相位略有偏移外，總體計算所得與實測結果仍甚符合。

壹、前言

高雄港是中華民國台灣省最大的國際港埠，港域位於台灣省西南海岸，扼台灣海峽與巴士海峽海運交匯之要衝。設港啓始於清同治二年（一八六三），當時係屬安平港之輔助港，至清光緒三十四年（一九〇八）開始築港。民國三十四年（一九四五）台灣光復後方成立高雄港務局正式管理經營，民國四十七年（一九五八）起實施十二年擴建計畫，填築新生地五百四十四公頃，並相繼開發中島商港區、高雄加工出口區、第一、二、三貨櫃中心及開闢第二港口以及過港隧道等。目前高雄港已成為具有現代化設施的國際商港。其海運網遍及世界五大洲各著名港口，年貨物吞吐量約八千餘萬公噸，佔全台灣三分之二的進出口量，民國八十四年（一九九五）的貨物裝卸量為二億六千餘萬收費噸，進港貨物以能源礦產品為大宗，出港貨物則以化學製品為最多。輸入貨物主要來自澳洲、美國、沙烏地阿拉伯及日本，而輸出貨物則以香港、日本及美國為主要目的地。貨櫃裝卸量五百零五萬三千一百八十三個 TEU，名列世界各貨櫃港的第三位，並亦邁入世界重要國際港口之林。

近年來，政府為提昇我國對外之國際競爭力，目前正積極推動台灣地區成為亞太營運中心，高雄港並已擇定為海運轉運中心。可以預見地，未來高雄港之軟、硬體建設，港灣環境與設施之增加及提昇是必然地。鑑此，為有效配合高雄港港域之發展規劃，本研究乃從與港域環境與設施增加及提昇息息相關之海象影響因素－水流著手，藉數值模擬計算方式以提供高雄港軟硬體建設所需全面性考量之充分海流資訊。

貳、高雄港港域配置與營運設施

2-1 港口位置

高雄港位於台灣省之西南海岸，港域配置如圖 2-1-1 所示，港域幅員遼闊，腹地廣大，如圖 2-1-2 所示，臨海有狹長沙洲屏蔽，港灣形勢天成，地理條件優良，現有船舶出入港口共有二個，第一港口位於萬壽山與旗后山之間，港口位置為北緯 $22^{\circ}37'1''$ ，東經 $120^{\circ}15'25''$ （以高雄燈塔代表）；自旗后伸建之南堤為防波堤，長為 938.0 公尺，而自萬壽山西子灣伸建之北堤為防沙堤，長為 938.8 公尺，南北二堤堤口相距 350 公尺，港口有效寬度約 228 公尺，最窄有效寬度約為 100 公尺（水面寬約 132m）；目前港口水深為 -11 公尺，主航道長度約 1000 公尺，計畫進港最大船型為 30,000DWT 級船舶，其港口方向為 $N75.7^{\circ}W$ 。

第二港口位於北緯 $22^{\circ}33'21''$ ，東經 $120^{\circ}18'26''$ （以北岸信號台代表），其中南防波堤長為 2,189.4 公尺，北防波堤長為 1,322.7 公尺，南北二堤堤口相距為 418.6 公尺，港口有效寬度為 200 公尺，最窄處為 148 公尺，目前港口水深為 -16.0 公尺，主航道長度約 1,537 公尺，計畫進港最大船型為 100,000DWT 船舶，其港口方向為 $W12.3^{\circ}S$ 。第一及第二港口詳細位置與配置分別如圖 2-1-3a 及 b 所示。港口西臨台灣海峽，距菲律賓馬尼拉 543 海浬；西南距香港 342 海浬，距新加坡 1,621 海浬，位處台灣對中國大陸及東南亞航線之交通要衝。

2-2 港灣棧埠設施

若以貨櫃進出量排名，高雄港目前為世界之第三大貨櫃港，且正積極擴充港埠設備，朝遠東地區最大貨櫃轉運樞紐港及主要散裝貨物轉運中心之目標發展。高雄港現有土地面積 2,396 公頃，其中陸域面積 1,126 公頃，佔全港面積之 47%，水域面積 1,270 公頃，佔全港面積之 53%，港區配置以碼頭作業區為主，其次為工業區，其餘則為港務行政、漁港、造船廠、台電、中油等用地。至於進出港航道，高雄港現有第一港口及第二港口，其航道水深分別為 10.5~12.0m 及 12.0~16.0m。航道全長十八公里，可通行十萬噸級以下之船舶。碼頭 145 座，全長 23,273 公尺，各碼頭編號、尺寸及使用概況詳見表 2-2-1，主要港區依其位置及特性共區分為八大商港區，其分別為：

(1)蓬萊港商港區

(2)鹽埕商港區

- (3)中島商港區(第一貨櫃中心)
- (4)前鎮商港區(第二貨櫃中心)
- (5)小港商港區(第三貨櫃中心)
- (6)中興商港區(第四貨櫃中心)
- (7)大仁商港區(第五貨櫃中心)
- (8)大林商港區

各商港區所包括之碼頭編號及主要功能詳見表 2-2-2 至表 2-2-9。另有繫船浮筒 26 組，同時可供 145 艘船舶靠泊。現有倉庫、通棧共八十七棟，總容量七十二萬一千六百八十二公噸，露天堆置場十九處，總容量為六萬五千零三十九公噸。

2-3 港勤服務設施

高雄港現有各型港勤作業船舶一二六艘，各種類型之裝卸機具二千餘件，可供支援任何船舶及裝卸作業：

(1)船舶給水業務

現有給水船六艘，給水站、班六處，工作人員合計六十二人，擔任商輪補給淡水作業，全年供水量約五十二萬噸(碼頭供水約十四萬噸，水駁供水約三十八萬噸)，以現有給水設施及從業人力，均能適時適量提供商船給水服務。六艘給水船之主要性能如下：

船 名	給 水 能 量	服 務 範 圍
K-301	500 噸	港內
K-302	300 噸	港內
K-304	300 噸	港內
K-305	500 噸	港內、外海
K-308	500 噸	港內、外海
K-309	300 噸	港內

(2)拖船業務

現有大、中型拖船二十一艘，工作人員二百八十人，執行商船靠離碼頭、繫泊浮筒之拖曳作業，並擔任港區內救災、救難及民防戰備任務(含戰時支援海軍)。全年作業量約為二萬七千艘次，四萬二千小時；由高雄港

務局與航商及引水人三方面密切連繫及配合，並以機動方式調派拖船。目前拖船之作業效率與服務品質，尚能滿足航商之需求。主要作業之大、中型拖船性能如下：

船 型	船 名	馬 力	船 名	馬 力
大 型 拖 船	K-101	3200	K-112	2400
	K-102	3200	K-133	2400
	K-103	3200	K-135	2400
	K-104	3200	K-136	3200
	K-105	3200	K-137	3200
	K-107	3200	K-138	3200
	K-108	3200	K-139	2400
	K-111	2400	K-140	2400
中 型 拖 船	K-141	1800	K-145	1800
	K-142	1800	K-146	1800
	K-143	1800	K-112	1800

(3)起重船業務

現有起重船三艘，工作人員二十五人，執行商船重件貨物之裝卸作業，並配合高雄港維修船舶之上、下架及港內浮筒、燈標、燈浮之吊裝作業，此外，起重船亦擔任港區內救難任務，全年作業量共二五五艘次，四五六小時，各項任務目前均能圓滿達成。主要起重船性能如下：

船 重	船 名	主機馬力	吊重能量（噸）
起 重 機	K-404	500	30
	K-405	800	120
	K-406	無自航式	200

2-4 導航設施

導航系統包括導航標誌及航行管制系統，導航系統之良窳攸關船舶之進出港安全，故其為港埠設施之重要一環。一般而言，導航標誌可分為陸上導航標誌、防波堤港口指示燈塔及航道泊地或障礙物指示浮標等三大類，其中第一、二類之設置位置、標誌特性等須發佈公告，印入海圖中，供各船舶知曉。而第三類除在危險、障礙等或保護區屬固定長期設置者外，其餘為港區內供船舶在港內安全航行所需之設備，包括標誌、港內航道或警告用浮燈標、浮標、輔助用之燈號、照明燈，繫泊標誌及其他助航設備等，分別由關稅總局或港務局自行增設管理，並發佈航船公告，而較重要者更須印入海圖中，供各級船舶參考。

目前高雄港主要之導航設施仍以燈塔與燈杆為主。現有導航設施共計有一座燈塔，四座燈杆，四座燈浮及十五座導燈，各項配置如表 2-4-1 至表 2-4-4。

2-5 通訊設施

高雄港現有港口通訊設施概況如下：

(1) 港埠無線電話

呼號：信號台內設有國際港灣用無線電話(V.H.F.)，其呼號為“雄港埠電台”，通話內容有

- * 船舶進出港信文聯繫
- * 船舶有關聯繫事項
- * 其他緊急事項

通信距離：以距高雄港埠電台十浬為半徑之水域為限，用 CH16 呼叫。

通話優先順序：

- * 緊急事故及救難
- * 出港船舶
- * 港外等候進港船舶
- * 外港錨泊船舶

使用語文：

- * 國語
- * 英文

注意事項：一律使用明語，除經主管官員核准者外，不得使用任何密碼及私人交談。

當船舶接近高雄港十浬水域時，應儘早以超短波無線電話向“高雄港埠電台”聯絡，直至回答為止始為報到，其報到有關項目如下：

- * 國籍
- * 船名
- * 呼號
- * 預定到港口外海時間(ETA)

高雄港報到後之船舶應於拋錨後三分鐘內報告拋錨時間及錨位，其拋錨時間將作船席調配之依據。

(2)港埠視覺通信

船舶如未設有超短波無線電話或船舶之無線電話故障而不能儘早向高雄港埠電台報到時，應於抵達港口外海，在信號台視覺範圍所及之距離內，以視覺信號向該台聯絡，直至回答始為報到，其報到項目如下：

- * 國籍
- * 船名
- * 呼號
- * 實際抵達港口外海時間或下錨時間。

此外船舶若因電源故障，無法使用燈號報到時，得改用其他方法報到，其報到項目與前項所述者相定；或可升起船名呼號旗，以便瞭望予以登記。

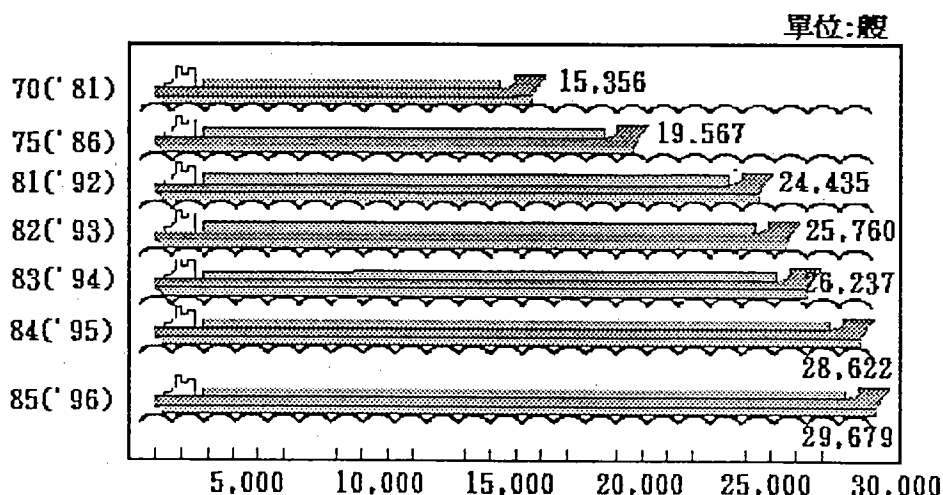
2-6 船舶進出港之引領

進出高雄港船舶之引水業務目前由高雄港引水人辦事處承辦，引水人員全天候為進出港船舶服務，現況強制執行引水條件為：一千總噸以上之外輪，出入高雄港時均應僱用引水人；本國籍之遊艇、渡輪、引水船、公務船、軍艦、未滿一千總噸之船舶，或未滿五百總噸之外輪等為非強制引水船舶。但若航政主管機關認為必要時，亦得規定僱用引水人。

2-7 營運概況

高雄港之營運概況，以進出港船舶艘數、噸位及貨櫃裝卸量分別統計表示如下：

(1)高雄港進出港船舶



(2)進出港船舶噸位

高雄港進出港船舶噸位統計						
BREAKDOWN OF INBOUND AND OUTBOUND VESSELS & TONNAGE						
單位：艘 (Unit : Ships)						
年別 Year	合計 Total		進港 Inbound		出港 Outbound	
	艘數 Number of Vessels	總噸位 Total Tonnage	艘數 Number of Vessels	總噸位 Total Tonnage	艘數 Number of Vessels	總噸位 Total Tonnage
81 (1992)	24,435	364,957,873	12,234	182,685,039	12,201	182,272,834
82 (1993)	25,760	422,556,140	12,888	211,428,123	12,872	211,138,017
83 (1994)	26,237	434,122,580	13,127	216,534,979	13,110	217,587,601
84 (1995)	28,622	481,047,149	14,317	240,123,544	14,305	240,923,605
85 (1996)	29,679	510,957,022	14,753	254,746,344	14,926	256,210,678

(3)貨櫃裝卸量

高雄港貨櫃裝卸量分類統計（折合20呎）				
BREAKDOWN OF CONTAINER TRAFFIC(IN TEU)				
單位：公噸（Unit：TEU）				
年別 Year	合計 Total	進口貨櫃 Import	出口貨櫃 Export	轉口貨櫃 Transshipment
81（1992）	3,960,518.25	1,249,363.25	1,251,614.25	1,459,540.75
82（1993）	4,635,895.75	1,389,028.50	1,434,535.00	1,812,332.25
83（1994）	4,899,879.00	1,381,515.50	1,466,014.25	2,052,349.25
84（1995）	5,053,183.25	1,400,513.00	1,475,606.00	2,177,264.25
85（1996）	5,063,048.00	1,451,008.75	1,528,994.50	2,083,044.75

2-8 港域環境污染罰則

為維護港域環境，防制污染，高雄港施行之罰則如下：

- (1)船舶排放粒狀污染物超過「空氣污染防治法」之「交通工具空氣污染物排放標準」規定者，處最高罰款新台幣六萬元。
- (2)船舶自領海基線起向外延伸之五十浬水域內，船舶不得排洩油料或含油混合物（經油類排洩偵側及管制系統排洩時，其流出物之含油量不超過百萬分之十五者，不在此限），並不得在商港區域或離港岸十二浬水域內，排洩有毒物質、污水、廢油或投棄垃圾，違反上述規定者，最高處罰新台幣六萬元。因而造成損害者，依法賠償。
- (3)船舶在商港區域或其他附近水域，因海難或其他意外事故致船舶擱淺、沉沒或故障，船長應立即採取防止危險之緊急措施，並以優先方法報告商港管理機關，以便施救。且應防止油污排洩，避免海岸及沿海水域遭受油污損害。違反上述規定者，除涉及刑責依法處罰外，最高處罰新台幣三十萬元，因而發生損害者，依法賠償。
- (4)船舶排洩有毒物質、廢污油水等，其情形嚴重者，可爰依「水污染防治法」第廿八條規定，最高處罰新台幣三十萬元。

表 2-2-1 高雄港碼頭設施

碼頭 編號	長度 (公尺)	寬度 (公尺)	水深 (公尺)	碼頭類 別	裝卸機具 (固定式)	使用 單位	後線土地及設施配置 (堆置場面積， 倉庫容量， 固定式倉儲機具)
新濱 一號 碼頭	139.02	12.60	8.9-9.1	特用	/	特用 營運	/
新濱 二號 碼頭	139.02	12.60	9.1-9.3	特用	/	特用 營運	/
一號 碼頭	259.27	9.70	7.9-9.4	專用	堆高機95 台，起重 機8台， 卡車5 台（逢萊 區）	出 租 (部份)	一號庫棧庫面積 6 2 6 平方公尺（海關2 4 0 平方公尺）
二號 碼頭	136.97	9.70	8.8-9.6	雜貨	/	本局 自營	二號庫面積 3 6 1 4 平方公尺， 二號露置2 2 1 5 平方公尺。
三號 碼頭	150.00	10.70	8.7-10.9	其他	/	本局 自營	棧庫面積 2 9 6 1 平方公尺。
四號 碼頭	150.00	10.70	8.8-9.4	雜貨	/	本局 自營	4-1，4-2，4-3庫 面積 3 0 0 3 平方公尺， 四號露置場2 2 1 5 平方公尺。
五號 碼頭	150.00	10.70	8.7-9.2	雜貨	/	本局 自營	五號庫棧庫面積 2 2 2 2 平方公尺， 露置場面積 5 7 0 7 平方公尺。
六號 碼頭	150.00	10.70	9.1-9.3	雜貨	/	本局 自營	六號庫棧庫面積 1 9 0 7 平方公尺， 露置場面積 4 8 9 8 平方公尺。

表 2-2-1(續) 高雄港碼頭設施

七號碼頭	150.00	11.00	8.6-9.1	雜貨	/	本局自營	七號庫棧庫面積 2856 平方公尺， 露置場面積 8488 平方公尺。
八號碼頭	150.00	9.00	10.6-11.0	雜貨	/	本局自營	八號庫棧庫面積 2909 平方公尺， 露置場面積 3052 平方公尺。
九號碼頭	141.68	9.00	10.7-11.7	雜貨	/	本局自營	九號庫棧庫面積 2949 平方公尺， 露置場面積 1899 平方公尺。
十號碼頭	150.00	11.70	10.3-11.4	雜貨	/	本局自營	十號庫棧庫面積 2996 平方公尺， 露置場面積 3052 平方公尺。
淺水一號碼頭	261.60	23.80	5.2-5.8	專用	/	部份出租	1060 平方公尺。
淺水二號碼頭	291.00	23.80	5.4-6.8	雜貨	/	本局自營	/
淺水三號碼頭	378.28	23.80	4.0-4.6	雜貨	/	部份出租	駁二及駁三庫面積 各1482 平方公尺， 露置場5122 平方公尺。
十一號碼頭	160.54	3.6-4.0	8.0-9.3	雜貨	/	部份出租	十一號庫棧庫面積 5221 平方公尺， 露置場面積 5031 平方公尺。
十二號碼頭	160.54	3.6-4.0	8.8-9.5	雜貨	/	本局自營	十二號庫棧庫面積 5710 平方公尺， 露置場面積 1333 平方公尺。
登一號碼頭	94.65	25.00	3.0-4.6	特用	/	特用營運	/

表 2-2-1(續) 高雄港碼頭設施

登二號碼頭	89.90	25.00	4.1-4.8	特用	/	特用營運	/
修造廠曦裝碼頭	122.64	/	3.4-4.2	其他	/	本局自營	/
十三號碼頭	156.00	10.50	4.8-8.9	特用	/	特用營運	本座碼頭棧庫面積 2093 平方公尺·
十四號碼頭	150.00	10.50	7.8-9.5	雜貨	/	本局自營	水泥圓倉325 平方公尺·
十五號碼頭	150.00	10.50	8.6-9.1	雜貨	/	部份出租	15-1庫面積 452 平方公尺·
十六號碼頭	180.20	10.50	8.7-9.4	雜貨	/	本局自營	/
十七號碼頭	150.00	12.80	9.1-9.6	雜貨	/	本局自營	面積 7148 平方公尺· 露置場3047 平方公尺·
十八號碼頭	150.00	8.50	8.5-10.0	專用	/	出租 (中油)	面積 172331 平方公尺·
十九號碼頭	151.30	12.00	6.8-8.7	專用	/	出租 (中油)	面積 172331 平方公尺·
二十號碼頭	150.72	15.60	8.1-9.1	專用	/	出租 (中油)	面積 172331 平方公尺·
二十一號碼頭	123.33	15.60	4.5-6.6	其他	/	本局自營	/
二十二號碼頭	120.15	14.00	8.2-8.8	其他	/	本局自營	/
二十五號碼頭	250.00	23.50	10.5-11.5	專用	/	合建 (台肥)	/
二十七號碼頭	222.30	10.00	9.8-11.3	專用	/	合建 (華夏)	面積 6357·69 平方公尺·
二十八號碼頭	235.97	/	10.8-11.9	專用	/	合建 (台塑)	面積 2116·89 平方公尺·

表 2-2-1(續) 高雄港碼頭設施

二十九號碼頭	149.91	18.00	10.5-11.7	專用	/	出租 (台塑)	面積 6 6 1 1 平方公尺。
三十號碼頭	200.00 93.50	台塑 48.00 駁船 48.00	10.3-11.5	雜貨	堆高機75 台，起重 機7台（ 中一站）	合建 (台塑)	3 0號庫棧庫面積 2 7 5 3 2 平方公尺， 露置場面積 8 3 2 8 平方公尺。
三十一號碼頭	195.55	20.00	10.0-11.0	雜貨	/	本局 自營	3 1號庫棧庫面積 2 6 7 0 4 平方公尺。
三十二號碼頭	200.02	20.00	10.7-11.5	雜貨	/	本局 自營	3 2號庫棧庫面積 1 8 0 8 6 平方公尺。
三十三號碼頭	200.04	20.00	11.0-11.8	雜貨	/	本局 自營	3 3號庫棧庫面積 2 9 8 1 平方公尺。
三十四號碼頭	200.00	20.00	10.4-10.9	雜貨	/	本局 自營	3 4號庫棧庫面積 7 0 5 8 平方公尺。
三十五號碼頭	214.97	20.00	10.5-11.4	雜貨	/	本局 自營	3 5號庫棧庫面積 1 4 7 9 2 平方公尺。
三十六號碼頭	199.38	20.00	9.5-10.6	雜貨	/	本局 自營	3 6號露置場面積 1 5 8 3 7 平方公尺。
三十七號碼頭	198.68	20.00	10.4-11.3	雜貨	/	本局 自營	3 7號露置場面積 1 8 1 4 6 平方公尺。
三十八號碼頭	197.70	20.00	10.4-11.3	雜貨	/	本局 自營	3 8號露置場面積 1 8 0 5 8 平方公尺。
三十九號碼頭	199.05	20.00	10.9-11.3	雜貨	/	本局 自營	3 9號露置場面積 1 8 0 8 1 平方公尺。
四十號碼頭	214.17	30.00	10.8-11.4	貨櫃	船上自 備吊桿	本局 自營	CY出租 貨櫃場面積 1 0 5 0 0 0 平方公尺， 容量2 5 0 0 TEU (雙層) 棧庫面積 5 1 1 0平方公尺 容量6 6 0 0噸。
四十一號碼頭	204.53	30.00	10.2-11.0	貨櫃	船上自 備吊桿	本局 自營	/
四十二號碼頭	242.68	30.00	10.3-11.8	貨櫃	G/C 2台	本局 自營	/

表 2-2-1(續) 高雄港碼頭設施

四十三號碼頭	187.50	20.00	10.6-11.8	貨櫃	G/C 1台	本局 自營	CY公用 貨櫃場面積 105000 平方公尺， 容量2500TEU (雙層) 棧庫 面積 5110平方公尺 容量6600噸。
四十四號碼頭	199.16	20.00	10.2-10.6	谷類	真空吸 管四支	本局 自營	44號庫棧庫面積 2995 平方公尺。
四十五號碼頭	200.00	20.00	10.4-11.1	雜貨	堆高機38 台，起6台 (中二站)	本局 自營	45號庫棧庫面積 12672 平方公尺。
四十六號碼頭	200.00	20.00	10.5-11.8	專用	/	合建 (臺糖)	46號庫棧庫面積 12778 平方公尺。
四十七號碼頭	200.00	20.00	11.1-11.4	專用	真空吸 管四支	合建 (臺糖)	47號庫棧庫面積 3095 平方公尺。
四十八號碼頭	260.35	15.00	9.7-11.5	大宗 貨	/	本局 自營	/
四十九號碼頭	200.00	10.50	10.5-12.5	大宗 貨	/	本局 自營	/
五十號碼頭	200.00	15.00	9.8-10.8	大宗 貨	/	本局 自營	/
五十一號碼頭	200.00	15.00	9.9-10.8	大宗 貨	/	本局 自營	51號露置場面積 2332 平方公尺。
五十二號碼頭	200.00	15.00	10.6-11.0	大宗 貨	/	本局 自營	52號露置場面積 3450 平方公尺。
五十三號碼頭	200.00	15.00	9.7-10.8	大宗 貨	/	本局 自營	53號露置場面積 3450 平方公尺。
五十四號碼頭	200.00	18.00	10.8-12.1	大宗 貨	/	本局 自營	/
五十五號碼頭	200.00	18.00	10.9-11.8	大宗 貨	/	本局 自營	/
五十六號碼頭	200.00	18.00	10.1-11.4	大宗 貨	/	本局 自營	56號露置場面積 3450 平方公尺。

表 2-2-1(續) 高雄港碼頭設施

五十七號碼頭	183.60	18.00	10.5-12.0	大宗貨	/	本局自營	57號露置場面積 3200 平方公尺。
五十八號碼頭	306.00	18.00	3.2-5.7	其他	/	本局自營	/
五十九號碼頭	164.00	/	2.0-10.5	專用	/	合建 (中油)	/
六十號碼頭	150.75	25.00	5.6-7.0	專用	/	合建 (中油)	面積 127,490 平方公尺。
六十一號碼頭	230.00	20.00	10.6-11.5	專用	/	合建 (中油)	面積 127,490 平方公尺。
六十二號碼頭	230.00	20.00	10.2-11.5	專用	/	合建 (中油)	面積 127,490 平方公尺。
六十三號碼頭	274.90	30.00	11.8-13.2	貨櫃	G/C 4台	出租 (萬海)	第二 貨櫃 中心：#63， #64，#65 三座碼頭。
六十四號碼頭	245.46	30.00	11.8-12.8	貨櫃	G/C 2台	本局自營	貨櫃場面積 450,000 平方公尺， 容量12,576 TEU (雙層)。
六十五號碼頭	244.43	30.00	11.5-13.7	貨櫃	G/C 3台	出租 (中航)	/
六十六號碼頭 (包括延建部份)	439.92	30.00	11.7-13.9	貨櫃	G/C 4台 (1台自備)	出租 (中航)	/
六十八號碼頭 (包括延建部份)	432.16	30.00	13.1-15.0	貨櫃	G/C 3台	出租 (APL)	第三貨櫃中心： #68，#69， #70 三座碼頭。 貨櫃場面積 486,000 平方公尺， 容量17,322 TEU (三層)。

表 2-2-1(續) 高雄港碼頭設施

六十九號碼頭	320.00	50.00	13.0-14.5	貨櫃	G/C 4台 (全部 自購)	出租 (A PL)	/
七十號碼頭	320.57	50.00	13.5-14.5	貨櫃	G/C 3台	出租 (陽明)	/
七十一號碼頭	329.90	19.00	12.9-15.6	谷類	真空吸 管6支	出租 谷倉	(遠東)通棧面積 4,352 平方公尺·
七十二號碼頭	300.13	19.00	12.8-13.3	谷類	鍊條卸 谷機 2台	出租 (遠東)	通棧面積 6,432 平方公尺· (興建80,000 噸谷倉一座)·
八十五號碼頭	225.18	20.00	9.0-	專用	/	中國 造船 公司	產權不屬本局
八十六號碼頭	225.18	20.00	9.0-	專用	/	中國 造船 公司	產權不屬本局
八十七號碼頭	300.00	20.00	9.0-10.5	專用	/	中國 造船 公司	產權不屬本局
八十八號碼頭	224.50	20.00	8.3-9.7	專用	/	中國 造船 公司	產權不屬本局
八十九號碼頭	224.50	20.00	8.3-9.7	專用	/	中國 造船 公司	產權不屬本局
九十號碼頭	250.00	18.50	9.0-11.0	專用	/	合建 (中船)	/
九十一號碼頭	251.00	18.50	8.5-11.0	專用	/	合建 (中船)	/
九十四號碼頭	170.56	30.00	7.6-10.1	專用	/	中國 鋼鐵 公司	產權不屬本局
九十五號碼頭	170.56	30.00	9.4-11.1	專用	/	中國 鋼鐵 公司	產權不屬本局
九十六號碼頭	170.56	30.00	10.8-11.6	專用	/	中國 鋼鐵 公司	產權不屬本局
九十七號碼頭	380.00	28.00	13.9-15.7	專用	/	中國 鋼鐵 公司	產權不屬本局

表 2-2-1(續) 高雄港碼頭設施

九十八號碼頭	360.00	28.00	12.0-15.1	專用	/	中國鋼鐵公司	產權不屬本局
九十九號碼頭	149.44	28.00	6.9-9.4	專用	/	中國鋼鐵公司	產權不屬本局
一〇三號碼頭	270.00	16.00	9.1-11.6	專用	/	中國石油公司	合建油輪碼頭
一〇四號碼頭	251.67	20.00	14.1-16.5	專用	/	中國石油公司	合建油輪碼頭
一〇五號碼頭	300.17	20.00	13.5-15.9	專用	/	中國石油公司	合建油輪碼頭
一一號碼頭	264.20	35.00	15.2-15.6	專用	/	臺灣電力公司	合建煤輪碼頭 合計370,787 平方公尺。
一二號碼頭	248.80	23.00	7.2-8.7	專用	/	臺灣電力公司	合建煤輪碼頭 合計370,787 平方公尺。
一一五號碼頭	276.86	30.00	13.3-14.6	貨櫃	G\C 3台 (1台自備)	出租 (長榮海運)	CY出租長榮海運
一一六號碼頭	320.00	30.00	12.0-14.3	貨櫃	G\C 3台	出租 (長榮海運)	CY出租長榮海運
一一七號碼頭	320.00	30.00	13.7-14.6	貨櫃	G\C 2台	出租 (啓洋公司)	CY出租啓洋海運 (K LINE)
一一八號碼頭	320.00	30.00	12.8-14.0	貨櫃	G\C 2台	出租 (海陸公司)	CY出租海陸公司
一一九號碼頭	320.00	30.00	13.1-14.1	貨櫃	G\C 4台 (1台自備)	出租 (海陸公司)	CY出租海陸公司
一二〇號碼頭	320.00	30.00	13.0-14.1	貨櫃	G\C 4台	出租 (臺灣快桅)	CY出租臺灣快桅公司 (M·S·K·)
一二一號碼頭	320.00	30.00	12.8-14.7	貨櫃	G\C 2台	出租 (聯和公司)	CY出租聯和公司 (N·Y·K·)

表 2-2-1(續) 高雄港碼頭設施

一四 一號 碼頭	240.00	12.00	4.0-4.6	專用	/	出租 (順 榮造 船)	/
一四 二號 碼頭	167.00	12.00	7.2-8.3	專用	/	出租 (順 榮造 船)	/
一四 三號 碼頭	117.50	12.00	4.7-6.9	專用	/	出租 (順 榮造 船)	/
一四 四號 碼頭	117.50	12.00	4.7-6.9	專用	/	出租 (順 榮造 船)	/
一四 五號 碼頭	117.50	12.00	6.8-7.4	專用	/	出租 (順 榮造 船)	/

附 註：全部碼頭總長 23,273.05(公尺)

表 2-2-2 高雄港蓬萊商港區設施總表

碼頭編號	長度(公尺)	設計水深(公尺)	功 能
1	259.27	9	客輪碼頭
2	136.97	9	雜貨碼頭
3	150	9	港勤作業船碼頭
4	150	9	雜貨碼頭
5	150	9	雜貨碼頭
6	150	9	雜貨碼頭
7	150	9	雜貨碼頭
8	150	9	雜貨碼頭
9	141.68	9	雜貨碼頭
10	150	10.5	雜貨碼頭
修造纜裝	122.64	6.5	船舶修理及等待進塢船席
14	150	9	亞洲水泥公司優先使用碼頭及雜貨碼頭
15	150	9	雜貨碼頭及環島船舶修理船席
16	180.20	9	雜貨碼頭
17	150	9	台灣水泥公司優先使用碼頭及雜貨碼頭
18	150	9	中油公司專用碼頭
19	151.30	9	中油公司專用碼頭
20	150.72	9	中油公司專用碼頭
21	123.33	5	水船專用碼頭
22	120.15	10.5	非作業船碼頭
25	250	10.5	台肥公司碼頭

表 2-2-3 高雄港鹽埕商港區設施總表

碼頭編號	長度(公尺)	設計水深(公尺)	功 能
淺水1	261.60	6.5	雜貨碼頭
淺水2	291.00	6.5	雜貨碼頭
淺水3	378.28	4.5	雜貨碼頭
11	160.54	9	雜貨碼頭
12	160.54	9	原木、雜貨及大宗貨碼頭

表 2-2-4 高雄港中島商港區設施總表

碼頭編號	長度(公尺)	設計水深(公尺)	功 能
27	222.30	10.5	華夏海灣塑膠公司碼頭
28	235.97	10.5	台塑公司碼頭
29	149.91	10.5	台塑公司碼頭
30	200	10.5	台塑公司碼頭
/	93.5	10.5	駁船及雜貨碼頭
31	195.55	10.5	香蕉及雜貨碼頭
32	200.02	10.5	米船、雜貨及大宗貨碼頭
33	200.04	10.5	雜貨碼頭
34	200	10.5	雜貨碼頭
35	214.97	10.5	雜貨碼頭
36	199.38	10.5	雜貨碼頭
37	198.68	10.5	雜貨碼頭
38	197.70	10.5	雜貨碼頭
39	199.05	10.5	雜貨碼頭
40	214.17	10.5	雜貨碼頭
41	204.53	10.5	雜貨碼頭
42	242.68	10.5	雜貨碼頭
43	187.50	10.5	雜貨碼頭
44	199.16	10.5	雜貨碼頭
45	200	10.5	雜貨碼頭
46	200	11.0	台糖公司碼頭及貨櫃、大宗貨碼頭
47	200	10.5	台糖公司碼頭
48	260.35	10.5	大宗貨物碼頭及雜貨碼頭
49	200	10.5	大宗貨物碼頭及雜貨碼頭
50	200	10.5	大宗貨物碼頭
51	200	10.5	大宗貨物碼頭
52	200	10.5	大宗貨物碼頭及雜貨碼頭
53	200	10.5	大宗貨物碼頭及雜貨碼頭
54	200	10.5	大宗貨物碼頭
55	200	10.5	大宗貨物碼頭
56	200	10.5	危險品及大宗貨物碼頭
57	183.60	10.5	危險品及大宗貨物碼頭
58	306	4.5	港勤作業碼頭

第一貨櫃中心

本中心位於中島商港區，有四〇、四一、四二、四三號四座深水碼頭，全長八百四十八公尺，裝置貨櫃起重機五台，儲運場地十點五公頃，可儲放貨櫃二千五百個 TEU(折合二十呎)。

表 2-2-5 高雄港前鎮商港區設施總表

碼頭編號	長度(公尺)	設計水深(公尺)	功 能
59	164	6.5	中油公司工作碼頭
60	150.75	6.5	石油化學碼頭
61	230	10.5	石油化學碼頭
62	230	10.5	石油化學碼頭
63	274.90	12	貨櫃碼頭
64	245.46	12	貨櫃碼頭
65	244.43	12	貨櫃碼頭
66	439.92	12	貨櫃碼頭

第二貨櫃中心

本中心位於前鎮商港區，有六三、六四、六五、六六號四座深水碼頭，全長一千二百零四公尺，裝置貨櫃起重機十三台，儲運場地四十五公頃，可儲放貨櫃一萬二千個 TEU(折合二十呎)。

表 2-2-6 高雄港小港商港區設施總表

碼頭編號	長度(公尺)	設計水深(公尺)	功 能
68	432.16	14	貨櫃碼頭
69	320	14	貨櫃碼頭
70	320.57	14	貨櫃碼頭
71	329.90	14	穀倉碼頭
72	300.13	14	穀倉碼頭

第三貨櫃中心

本中心位於小港商港區，有六八、六九、七十號三座深水碼頭，全長一千零七十二公尺，裝置貨櫃起重機十台，儲運場地四十八公頃，可儲放貨櫃一萬八千 TEU(折合二十呎)。

表 2-2-7 高雄港設中興商港區施總表

碼頭編號	長度(公尺)	設計水深(公尺)	功 能
115	276.86	14	貨櫃碼頭
116	320.02	14	貨櫃碼頭
117	320	14	貨櫃碼頭
118	320	14	貨櫃碼頭
119	320	14	貨櫃碼頭
120	320	14	貨櫃碼頭
121	320	14	貨櫃碼頭
122	336.26	14	貨櫃碼頭（興建中）

第四貨櫃中心

本中心位於中興商港區，四座深水碼頭，裝置貨櫃起重機二十台，儲運場地一百公頃，可儲放貨櫃三萬五千個 TEU(折合二十呎)

表 2-2-8 高雄港大仁商港設施總表

大仁商港區面積一一二公頃，臨港水線 2,454 公尺，目前正進行闢建為第五貨櫃中心工程，興建碼頭八座，其中十四公尺水深碼頭四座，十五公尺水深碼頭三座，水深十三公尺重件碼頭一座，及貨櫃場地一〇〇公頃，可儲放貨櫃 54,000TEU。

表 2-2-9 高雄港大林商港區設施總表

號別 艘數	組	長度 (M)	水深 (M)	可泊船級 總噸位	
-21號	/	80	9.3-9.6	1	3,000
21號-22號	/	200	9.4-9.6	1	10,000
22號-23號	/	200	9.9-10.2	1	20,000
23號-24號	/	230	10.1-10.7	1	20,000
24號-25號	/	230	10.0-10.4	1	20,000
25號	/	230	10.5-10.7	1	20,000
-32號	/	100	9.0-9.7	1	4,000
32號-33號	/	230	9.0-10.5	1	15,000
33號-34號	/	170	8.5-9.1	1	10,000
44號-45號	/	160	10.1-10.5	1	10,000
45號-46號	/	160	10.4-10.7	1	10,000
47號-48號	/	180	10.5-10.6	1	10,000
48號-49號	/	180	10.2-10.8	1	10,000
49號-50號	/	180	10.6-10.8	1	10,000
50號-51號	/	180	10.5-11.0	1	20,000
51號-52號	/	180	9.9-10.7	1	20,000
52號-53號	/	180	9.7-10.8	1	20,000
53號-54號	/	270	9.0-10.9	1	20,000
54號-55號	/	330	10.8-11.8	1	20,000
55號-	/	80	8.4-10.1	1	3,000
61號-62號	/	350	10.1-13.6	1	40,000
大林浦外海第一卸油浮筒		/	20.0	1	100,00
大林浦外海第二卸油浮筒		/	30.0--	1	250,00
大林浦外海第三卸油浮筒		/	38.0--40.0	1	300,00
大林浦外海第四卸油浮筒		/	27.0	1	100,00
合 計	26	4,100	/	25	1,065,0

大林商港區預定開發面積一一二公頃，臨海水線 1,600 公尺，計畫興建十萬噸水深碼頭五座，目前已完成第 111 號十萬噸卸煤碼頭一座。

表 2-4-1 高雄港第一港口現有航路標識設備一覽表

項次	名稱	位置	經緯度	燈質	高度 (公尺)	見距 <浬>	備註
1	高雄燈塔	第一港口 旗後山 山頂	22-37'01.0"N 120-15'25.0"E	白聯閃光(4次), 30秒:明0.4秒暗 4.6秒(3次) 明0.4秒暗14.6秒	58.2	25.2	關稅局 管理
2	北防波 堤燈杆	一港口 北防波 堤末端	22-37'21.1"N 120-14'55.6"E	白閃光每4.0秒一閃: 明0.4秒,暗3.6秒	14.5	9.0	關稅局 管理
3	南防波 堤燈杆	一港口 南防波 堤末端	22-37'09.8"N 120-14'53.5"E	紅閃光每3.0秒一閃: 明1.0秒,暗2.0秒	14.5	9.6	關稅局 管理
4	一港口 內港燈 浮	第一號 繫船 浮筒前	22-36'56.0"N 120-15'59.0"E	紅閃光每5.0秒一閃: 明0.5秒,暗4.5秒	2.5	3.3	關稅局 管理
5	導航 標誌燈	第一信 號台側 第一杆	22-37'07.0"N 120-15'27.0"E	定光兩盞: 上白下綠	13.5	5.0	港務局 管理
6	導航 標誌燈	第一信 號台側 第二杆	22-37'07.0"N 120-15'30.0"E	定光兩盞: 上白下白	7.0	5.0	港務局 管理
7	導航 標誌燈	旗后山側 第一杆	22-37'04.0"N 120-15'34.0"E	定光一盞: 紅燈	9.3	5.0	港務局 管理
8	導航 標誌燈	旗后山側 第二杆	22-37'02.0"N 120-15'28.0"E	定光兩盞: 上紅下綠	9.3	5.0	港務局 管理
9	導航 標誌燈	旗后山側 第三杆	22-37'02.0"N 120-15'25.0"E	定光兩盞: 上紅下紅	9.3	5.0	港務局 管理
10	高雄燈 塔無線 電標杆	高雄 燈塔內	22-37'01.0"N 120-15'25.0"E	頻率320千赫, 特徵信號AAAA, 連發12次57秒, 晴天每小時 發信號6次, 陰天或視線不明時, 每3分鐘發信號一次。	58.2	射程 100	關稅局 管理
11	高雄燈 塔雷達 標杆 (雷控標)	高雄 燈塔內	22-37'01.0"N 120-15'25.0"E	頻率自9300-9500兆赫, 掃掠時間75秒, 射程10浬, 回復信號AA, 每75秒回復一次。	58.2	射程10	關稅局 管理
12	金屬 雷達 反射器	南防波 堤端杆 頂燈座下	22-37'09.8"N 120-14'53.5"E	雷達 反射器	14.2	四週 多向	關稅局 管理

表 2-4-2 高雄港第二港口現有航路標識設備一覽表

項次	名稱	位置	經緯度	燈質	高度 (公尺)	見距 <浬>	備註
1	北防波堤燈杆	二港口 北防波堤末端	22-33'10.0"N 120-17'34.0"E	摩斯碼D， 10秒：明10秒 暗1.0秒明 1.0秒暗1.0秒 明1.0秒暗3.5秒	18.3	13.1	關稅局 管理
2	南防波堤燈杆	二港口 南防波堤末端	22-32'56.0"N 120-17'31.0"E	紅閃光 每4.0秒一閃： 明0.5秒， 暗3.5秒	18.3	7.9	關稅局 管理
3	導航 標誌燈	南信號 台側 第一杆	22-33'11.5"N 120-18'33.0"E	定光兩盞： 上紅下紅	14.0	6.5	港務局 管理
4	導航 標誌燈	南信號 台側 第二杆	22-33'11.0"N 120-18'35.0"E	定光兩盞： 上紅下紅	14.0	6.5	港務局 管理
5	導航 標誌燈	南信號 台側 第三杆	22-33'11.0"N 120-18'37.0"E	定光兩盞： 上紅下紅	14.0	6.5	港務局 管理
6	導航 標誌燈	北信號 台側 第一杆	22-33'18.0"N 120-18'27.0"E	定光兩盞： 上綠下綠	14.0	6.5	港務局 管理
7	導航 標誌燈	北信號 台側 第二杆	22-33'19.0"N 120-18'29.0"E	定光兩盞： 上綠下綠	14.0	6.5	港務局 管理
8	導航 標誌燈	北信號 台側 第三杆	22-33'20.0"N 120-18'31.0"E	定光兩盞： 上綠下綠	14.0	6.5	港務局 管理
9	導航 標誌燈	前鎮河口 北岸 轉角處	22-35'11.0"N 120-17'23.0"E	綠定光	14.0	6.5	港務局 管理
10	導航 標誌燈	前鎮河口 南岸 轉角處	22-35'03.0"N 120-17'32.0"E	紅定光	14.0	6.5	港務局 管理
11	航道 二號 燈浮	大林蒲解 體碼頭前	22-33'05.0"N 120-19'08.0"E	紅閃光 每3.0秒一閃： 明0.5秒， 暗2.5秒	3.0	4.0	港務局 管理
12	航道四 號燈浮	大林蒲解 體碼頭前	22-32'52.0"N 120-19'23.0"E	紅閃光 每3.0秒一閃： 明0.5秒， 暗2.5秒	3.0	4.0	港務局 管理
13	二港口 航道疊 標燈 (前杆)	五貨櫃 中心	22-33'24.0"N 120-19'17.5"E	內設 上紅下綠 定光燈 各一盞	40	5	港務局 管理

表 2-4-2(續) 高雄港第二港口現有航路標識設備一覽表

項次	名稱	位置	經緯度	燈質	高度 (公尺)	見距 <浬>	備註
14	二港口 航道 疊標燈 (後杆)	五貨櫃 中心	22-33`27.3"N 120-19`35"E	內設 上紅下綠 定光燈 各一盞	50	5	港務局 管理
15	金屬 雷達 反射器 (二港口)	南防波堤 端杆頂燈 座下	22-32`56.0"N 120-17`31.0"E	雷達 反射器	四週 多向	7.5	關稅局 管理

表 2-4-3 高雄港附近導航燈塔、燈杆、浮燈一覽表(海關設置)

次 第	燈名種類	位 置 北緯 ----- 東經 。 , "。 。 , "	燈 質	光力 單位 ： 燭 光(支)	燈高高 潮面起 至燈火 中心公 尺(呎)	公稱 光程 浬	構 造 及 高 度 公尺 (呎)	附 註 (霧號及光弧等)
T005 F4618	高雄 燈塔	高雄港旗 後山頂 22 37 01— 120 15 25	白聯閃光(4) , 30秒 明0.4秒, 暗4.6秒 明0.4秒, 暗4.6秒 明0.4秒, 暗4.6秒 明0.4秒, 暗14.6秒	850,000	58.2 (191)	25.2	白色八角 形磚塔 15.2 (50)	明弧320度 -158度 設置無線電 標杆(詳T301) 設置雷達標杆 (詳T503)
T006 F4621	高雄港 南防波堤 燈杆 (不看守)	高雄港 南防波堤 末端 22 37 10— 120 14 54	紅閃光, 3秒 明1.0秒, 暗2.0秒	710	14.5 (47.5)	8.8	紅色混凝 土圓柱 13.9 (45.5)	塔頂陽台外 裝置多向金屬 雷達反射器一組。
T007 F4620	高雄港 北防波堤 燈杆 (不看守)	高雄港 北防波堤 末端 22 37 21— 120 14 56	白閃光, 4秒 明0.4秒, 暗3.6秒	860	14.5 (47.5)	9	白色混凝 土圓柱 13.9 (45.5)	/
T008	高雄內港 燈浮 (不看守)	高雄港內 22 36 56— 120 15 59	紅閃光, 6秒 明0.5秒, 暗4.5秒	20	/	3.3	紅色浮 筒, 直 徑過。	進港時應將燈浮 置於本船右舷通
T009	高雄 第二港口 南防波堤 燈杆 (不看守)	高雄 第二港口 南防波堤 末端 22 32 56— 120 17 31	紅閃光, 6秒 明1.0秒, 暗5.0秒	450	18.3 (60)	7.9	紅色四方 型鋼筋 混凝土塔 13.5 (44)	/
T010 F4624-4	高雄 第二港口 北防波堤 燈杆 (不看守)	高雄 第二港口 北防波堤 末端 22 33 10— 120 17 34	紅閃光, 6秒 明1.0秒, 暗5.0秒	6400	18.3 (60)	13.1	白色四方 型鋼筋 混凝土塔 13.1 (43)	/

表 2-4-4 高雄港附近導航無線電標杆、雷達標杆一覽表(海關設置)

次 第	名 稱	位 置 北緯-----東經 。 , " 。 , "	頻 率 (千赫)	發射 型式	輸出 電力	平均 可靠 射 程 (浬)	特徵信號	工作時間	附註
T301	高雄 無線電 標杆	高雄燈塔 22 37 01-----120 15 25	320	A-1 A-2	乙級 250 瓦特	100	" AAAA " (.----) 連發12次 ----- 57秒	24小時 晴天時 每小時 發信 號六次 (00,03,06, 30,33,36, 分各一次) 視線不明 或霧天時 ，自00分 開始每三	/

次 第	名 稱	位 置 北緯-----東經 。 , " 。 , "	頻 率 (兆赫)	頻率 掃掠 時 間 (秒)	輸出 電力 (瓦特)	射 程 (浬)	回復 信號	工作 時間	附註
T503	高雄 燈塔 雷達 標杆	22 37 01-----120 15 25	9300--9500	75	0.3	10	" AA " (.-.-) 每75秒 回復 信號 一次	24小時	/

高雄港位置圖 LOCATION OF THE PORT OF KAOHSIUNG

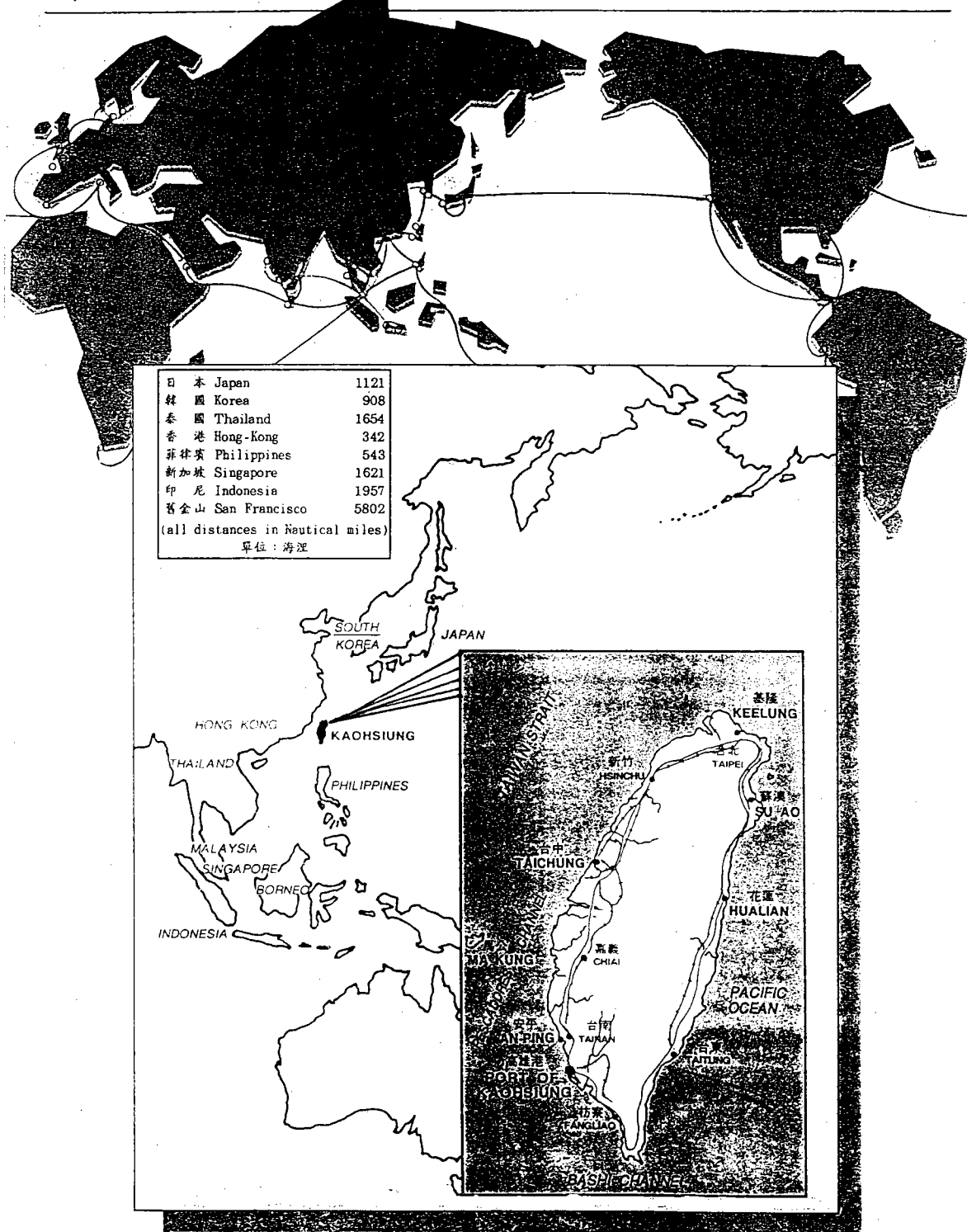


圖 2-1-1 高雄港之地理位置

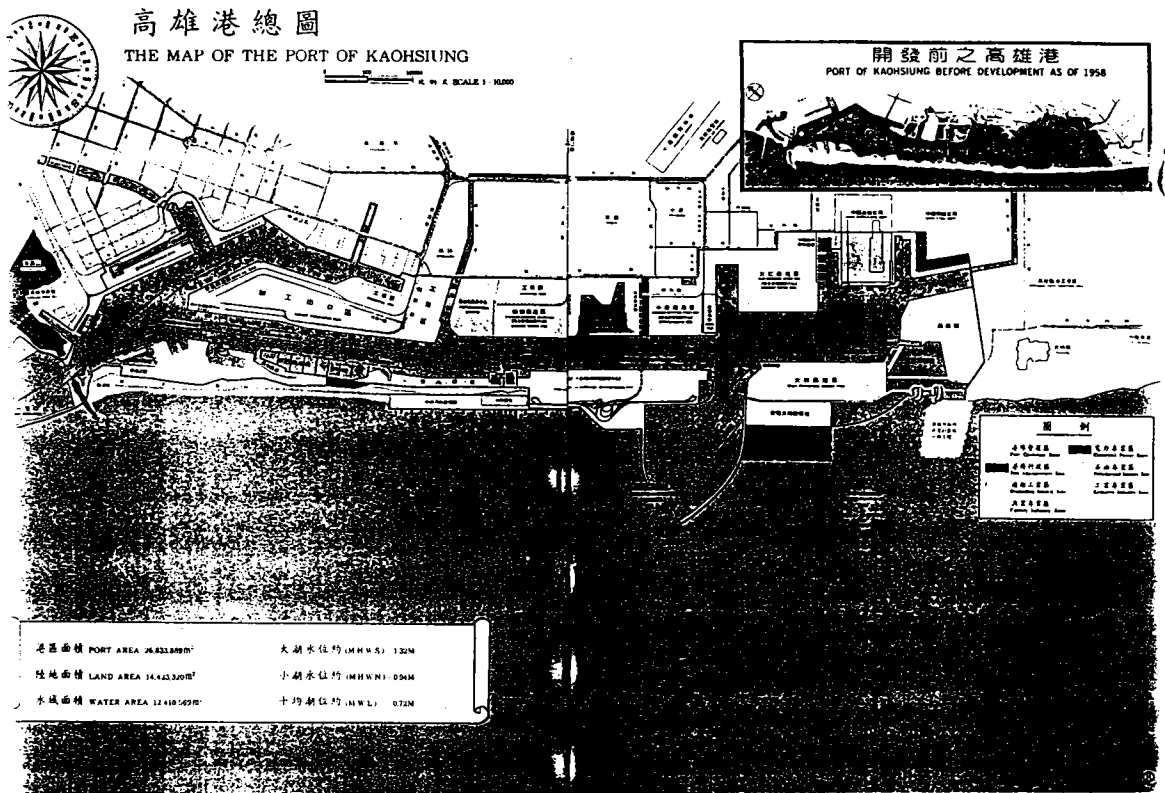


表 2-2-1 高雄港碼頭設施

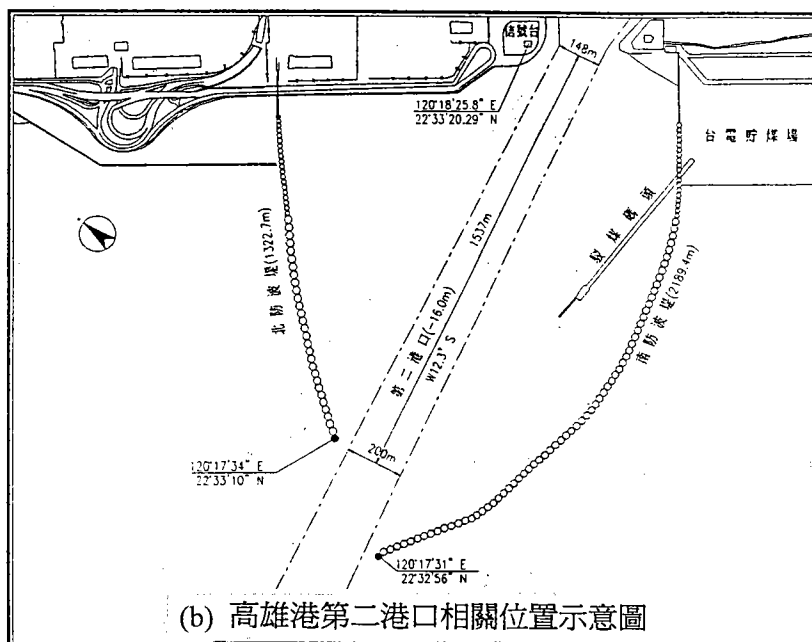
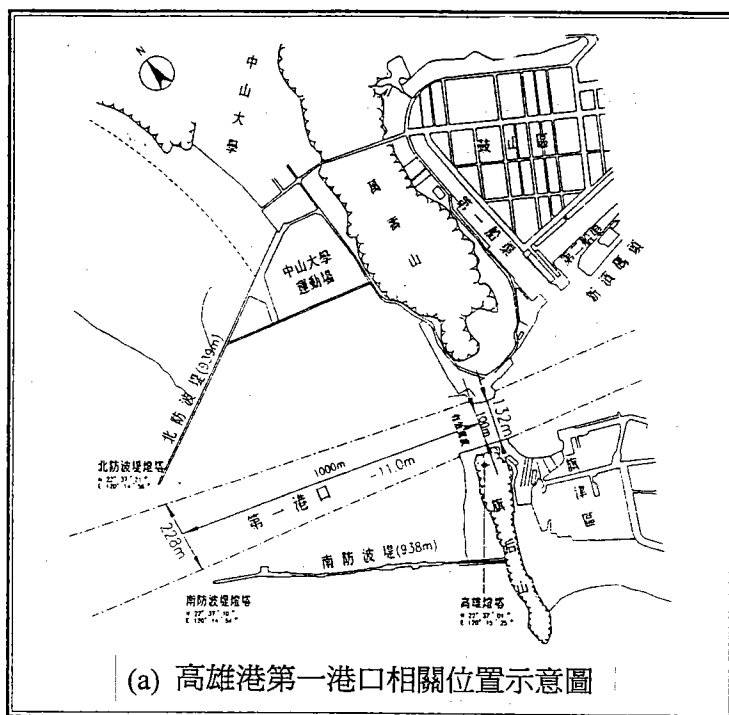


圖 2-1-3 高雄港第一港口(a)及第二港口(b)之位置與配置

參、高雄港港域之自然環境

為高雄港域海流特性之分析比較，並為率定、檢驗海流數值計算之結果，在設定數值模式、進行實際模擬前，透過港域自然環境之調查結果以掌握高雄港域之海象影響因子及概略特性是必要的。以下為高雄港港域近期自然環境調查之簡要結果。

3-1 氣象環境

3-1-1 風力

統計中央氣象局高雄測候站民國 73 年至民國 83 年之觀測記錄，經分析得高雄地區之全年及每月風玫瑰圖如圖 3-1-1 及圖 3-1-2 所示。由圖可知本區冬季季風期約由每年 10 月至翌年 4 月，風向以 NNE~WNW 間為主；而 5 月及 6 月為轉型期，WNW 向及 SSE 向所佔比重相當，7-9 月則為夏季季風期，風向以 WNW、ENE、S 及 SSE 居多。全年而言，風向以 WNW 出現頻率最高，N 向次之；風速大都介於 0.1~5.0m/sec 之間，超過 15.0m/sec 者極少。詳如表 3-1-1。不同風速延時統計如表 3-1-2，由表顯示本地區風速大於 5m/sec，延時為 2 小時之全年發生頻率為 6.6%。另依據中央氣象局對高雄地區統計民國 68 年至民國 83 年之風速資料，結果可得分月平均最大及極大風速如下：

高雄地區風統計													(m/s)
項目/時期	全年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均	2.6	2.8	2.7	2.7	2.5	2.5	2.6	2.9	2.8	2.5	2.3	2.4	2.6
最大	/	11.7	11.7	12.0	12.3	11.5	20.2	18.0	16.0	21.7	15.2	12.2	11.7
極大	/	17.5	22.4	19.0	26.0	23.1	27.1	30.7	28.0	40.6	23.2	72.4	21.8
資料來源：中央氣象局													

由上表得高雄港港域附近全年風向以北北西(NNW)為最多，春季多為西北風(NW)，夏季為西南風(SW)，秋冬季則以北北西風居多。全年平均風速為 2.6m/sec，各月平均風速相差不大，分佈於 2.3~2.9m/sec。一至五月及十一、十二月風月之最大風速亦相差不大，居 11.5~12.3m/sec 之間。六至十月屬颱風期，最大風速較高，其中九月曾發生 21.7m/sec 為最大。各月極大風速差別較大，十一月份曾有 72.4m/sec 之最高紀錄。另依中央氣象台高雄站紀錄顯示，高雄地區於民國 36 年 6 月 22 日曾出現過 38m/sec

之強風。又於民國 66 年 7 月 25 日曾發生最大瞬間風速達 53m/sec 之颶風，此為當年賽洛瑪颱風所致。

3-1-2 颱風

颱風所造成之災害最主要因素有三；一為暴風，二為豪雨，三為浪潮。其中以暴風及浪潮對港灣設施之破壞性最大。統計過去 51 年 (1940~1990) 之颱風資料，選取通過 118.22°~122.22°E，20.57°~24.57°N 範圍內，且颱風中心氣壓小於或等於 970mb，對高雄影響較大之代表性颱風計 81 個，列如表 3-1-3。

3-1-3 降雨與日照

高雄地區降雨主要係受颱風雨、雷雨及地形雨影響，在冬季於東北季風盛行季節，降雨量不及全年之 10%，故本區冬季係屬乾季。夏季西南季風盛行，風力溫和，但因高溫及對流作用旺盛，易生雷雨，加以夏季值颱風季節，常為本區帶來大量豪雨，故五月至九月為雨季，雨量集中，佔全年降水量之 85% 以上。民國 68~83 年平均年降水量為 1,721 公厘，以八月份平均 432.9 公厘最多，十二月份最少僅為 9.3 公厘。大於 0.1 公厘之降水日，平均每年為 89.1 日，其中以八月平均 17.0 日為最多，十二月平均 2.0 日為最少。最大一日降水量亦發生於八月為 361.0 公厘。分月平均之降雨統計如下：

高雄地區降水統計													
項次\時期	全年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均 降水量 (mm)	1721.7	15.4	22.7	55.5	74.9	203.2	330.9	319.3	432.9	225.0	15.3	17.2	9.3
平均 降水日 (≥0.1mm)	89.1	3.8	4.7	4.8	6.1	9.4	13.2	12.6	17.0	10.4	2.3	2.8	2.0
最大一日 降水量 (mm)	/	24.8	44.8	102.1	81.2	258.1	235.6	221.4	361.0	281.9	61.4	77.5	31.5
資料來源：中央氣象局													

在日照時數方面，統計民國 68~83 年之日照資料，其日照時數數以七月份最高，月平均日照時數達 226.1 小時，十一月份日照時數最少，月平均日照為 149.0 小時，平均全年日照時數為 2130.3 小時。相關統計資料如下：

高雄地區日照統計													
													單位:時
時期	全年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均	2130.3	167.2	155.4	174.0	181.7	181.0	195.0	226.1	190.3	173.0	174.2	149.0	158.7
資料來源：中央氣象局													

3-1-4 氣溫與霧日

依民國 68~83 年中央氣象局之統計資料，高雄地區全年平均氣溫為 24.9℃，年平均最高為 28.6℃，最低為 21.7℃。各月平均溫度以七月份最高為 29.3℃最高，一月份 19.0℃最低。月最高溫平均亦以七月之 32.3℃最高，一月之 23.6℃最低。月最低溫平均仍以七月的 26.3℃為最高，一月的 15.3℃最低。絕對最高溫則發生於六月，為 37.2℃，絕對最低溫發生於三月，為 6.8℃。相關氣溫資料如下：

高雄地區氣溫統計													
項次\時期	全年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均	24.9	19.0	20.0	22.4	25.3	27.4	28.6	29.3	28.6	28.0	26.4	23.6	20.2
最高平均	28.6	23.6	24.5	26.3	28.9	30.6	31.7	32.3	31.7	31.3	29.7	27.3	24.6
最低平均	21.7	15.3	16.3	18.8	22.1	24.5	25.8	26.3	25.9	25.3	23.5	20.4	16.6
絕對最高	37.2	31.6	31.5	32.6	35.4	35.4	37.2	37.1	34.9	34.4	34.8	32.5	30.8
絕對最低	6.8	7.7	8.8	6.8	14.5	17.6	21.1	22.8	22.5	22.0	17.7	11.8	7.6
資料來源：中央氣象局													

在霧日統計方面高雄地區之霧日不多，年平均為 5.6 日，月平均以一月份之 1.7 日為最多，六至八月甚少發生霧日。歷年最多霧日為 20 霧日，一月及十一月均有單月 7 霧日之紀錄。

高雄地區霧日統計													
													單位:日
/	全年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均	5.6	1.7	1.1	0.9	0.4	0.1	0	0	0	0.1	0.3	0.4	0.6
最多	20	7	5	4	3	1	0	0	0	1	3	7	4
資料來源：中央氣象局													

3-2 海象環境

3-2-1 波浪

為瞭解高雄港區常年之波浪狀況，高雄港務局自民國 55 年至 66 年間曾進行較長期之波浪觀測，表 3-2-1 至表 3-2-3 為當年觀測結果之統計表。由該表可知，高雄地區之平均波高並不大，全年波高小於 1.0m 者佔 87.5% 以上，冬季時該比值則可提高到 95.3%，全年波浪週期小於 9 秒者佔 89.4%。民國 81 年至民國 82 年間，交通部運輸研究所為辦理高雄深水港先期規劃作業項目，曾委託成功大學台南水工試驗所在高雄港第二港口外海海域進行波浪調查，依調查結果(如表 3-2-1 至表 3-2-4)可得，近年來，高雄港全年波高小於 1.0m 者達 94.53%，週期多集中在 8~10 秒間佔 67.9%，其間小於 10 秒部份佔 83.9%。在高雄港鄰近海域內，港灣技術研究所自民國 79 年 11 月至民國 82 年 3 月間曾於屏東縣大鵬灣地區進行實際波浪觀測，冬夏季波浪觀測統計結果分別如表 3-2-5 至表 3-2-7，由表亦可得知，大鵬灣全年波高小於 1.25m 者佔 83.68%，冬季時則可達 92.43%，全年波浪週期小於 8.5 秒者則佔 95.24%。整體而言，高雄港港區波浪特性以往與近年並未有太大差異。以下再簡述冬夏季季風期及颱風期之波浪特性如后：

(1) 冬季季風波浪

冬季季風時台灣海峽盛行吹 NNE 向強風，然至新浮崙汕後，因地形呈喇叭狀而風力受分散之影響，風向變為 N 或 NNE 及 NNW，風速亦減低。故在冬季季風期，侵襲高雄地區之波浪，主要係由台灣海峽出口處折繞射而來。以近期大鵬灣所測得之資料為例，可得高雄地區冬季波高與週期分佈情形，如表 3-2-6 所示。由該表可知，高雄港區冬季波高與台灣西海岸中北部海域比較，其相對較小，波高小於 1.25m 部份可達 92.43%，週期小於 8.5 秒者佔 98.88%，且其機率等值線整體向橫軸(週期)偏移，湧浪特性顯著。故而高雄港區於冬季時因地理區位關係，東北季風所引致之波浪影響不若其他地區嚴重。

(2) 夏季季風波浪

夏季季風時，高雄港區之波浪為風浪與遠處傳來之湧浪所組成，當熱帶移動性低氣壓接近或引進西南氣流時，可能帶來 1~2 公尺之波浪，而當颱風來襲時，更可能帶來 6 公尺（實測記錄）以上之波浪。依表 3-2-7 大鵬灣海域之波浪特性得，高雄港區夏季波浪因受颱風波浪影響，導致波高小於 1.25 公尺者下降至 69.10%，週期在 8.5 秒者亦降

至 89.15%。故颱風對高雄地區之影響，已超過一般東北季風主導之型態。

(3) 颱風波浪

對高雄港區而言，平均每年約有 1.47 個颱風侵襲附近海域。高雄港二港口歷年於颱風侵襲下實測所得之最大波浪記錄如表 3-2-8 所示。由表可知，颱風時之波浪，係隨颱風之強度及其路徑而異，若颱風在高雄港區附近海岸登陸，或其中中心在極接近高雄海岸之處通過時，波浪較高，曾有實測 5 至 6.4 公尺之示性波高($H_{1/3}$)及 10 至 12 秒示性週期之紀錄，紀錄中最大波高為 9.29 公尺，週期為 9 秒，發生於民國 62 年 10 月 10 日，當時係由於娜拉颱風經過所致。對於自巴士海峽向南海進行之颱風，如風力強大時，實測之波浪示性波高最大者為 4.2 公尺，週期 12 秒，當颱風橫越中央山脈或通過高雄以北地區時，在高雄港區所產生之波浪，幾乎都在 4.0 公尺以下，依過去實測紀錄，最大之示性波高為 3.6 公尺，週期 8.6 秒。

根據以上資料綜合可知，在高雄港區，由於冬季風向大多偏西北，風速較小，且受喇叭狀地形影響，當波浪傳至本區域時，波高均大為衰減，屬湧浪性質，波高一般均在一公尺左右，週期約為八秒；而夏季雖受西南季風直接作用，又其間夾帶有颱風之侵襲，致夏季波浪分佈反而較冬季為大，如非受颱風之影響，波高均在一至二公尺範圍，其繼續時間約為一至二天，但有長達六至七天者。

3-2-2 潮汐

台灣沿海地區潮汐觀測站分佈如圖 3-2-1 所示，而在高雄港區之現有驗潮站即有二處，其一設置於蓬萊商港區#10 碼頭，另一位於二港口內港第十船渠內，皆使用自記式潮位儀。1993 年高雄港實測潮位如圖 3-2-2 所示，民國 55 年至民國 83 年潮位記錄經統計分析後可得主要之潮位特性如表 3-2-9 所示，由表可知，高雄港區最高潮位發生於夏季朔望日附近，潮位為 2.60 公尺，最低潮位大都發生在冬季朔望日，水位幾近於零，平均潮位約在 0.75 公尺左右。各種示性潮位如下：

H.H.W.L.	+2.60M
H.W.O.S.T.	+1.24M
M.H.W.L.	+1.11M

M.W.L.	+0.75M
M.L.W.L.	+0.45M
L.W.O.S.T.	+0.38M
L.L.W.L.	-0.08M
* 水準零點高程	-0.47M

有關高雄港區潮汐之分潮振幅與相位角，經以民國 65 年元月 31 日零時至民國 75 年 12 月 31 日 22 時之觀測潮位(共 96,359 筆數據)進行調和分析，結果可得如表 3-2-10，由表可知，高雄港區潮汐分潮主要係由太陽年週潮(S_A)、主太陰半日週潮(M_2)、主太陰日週潮(O_1)及日月合成日週潮(K_1)所支配，以法國制潮型指標 $R=(O_1+M_1)/(M_2+S_2)$ 判斷，高雄港區 $R=1.436$ ，潮型應屬含混合潮之全日潮型。

3-2-3 海流

工程應用上，一般海流係指潮流、恒流、風驅流及波浪造成之近岸流等成分，其影響因子主要為潮位變化、地球自轉、天體引力、海水之溫度、密度與鹽度差異、大氣壓力變化、風力、波浪、地形、水深及河川排水等項目。高雄港區之風力、波浪、潮位特性可參見本章前列各節所述。在水深及地形方面，參考台灣附近海域海底地形圖(如圖 3-2-3)可知，高雄港港域位處台灣海峽之最南端，港域海側最西端存在有水深僅約為 40 米之台灣灘，海側南北兩端分別由恒春海脊及高屏斜坡圍繞，海域水深 40 米至 200 米底床坡度陡峻，港域西南側外海水深可深達 2,000 米以上。海域水深地形變化甚大且甚為特殊。在河川及排水方面如圖 3-2-4，高雄港港域北有典寶溪及後勁溪匯入，港區有仁愛河及前鎮河都市與工業區排水，港域南有林園排水、高屏溪及東港溪流入，另有左營放流管、中洲放流管及大林蒲放流管分別分佈於港域南北及西側，海流之影響因子多且複雜，因而海流特性之掌握相對地也較不容易。

歷年來曾在高雄港海域從海流調查之研究單位除港灣技術研究所以外，尚有高雄海專、中山大學及成功大學等單位。高雄海專曾於民國 76 年在旗津外海設置三個海流測站，每月觀測一次，每次連續記錄 25 小時以上。其觀測結果顯示旗津海域之海流流向主要為沿著海岸向西北及東南流動，平均流速約在 0.15 公尺/秒~0.22 公尺/秒之間，流速分佈以小於 0.25 公尺/秒之流速所佔比例為最多，最大流速可達 0.5 公尺/秒。

中山大學亦曾於民國 77 年 2 月在左營海洋放流管附近海域施測海流，其結果顯示於施測期間海流之最大流速亦可達 0.5 公尺/秒，而上層流速較下層流速大，且流向大致與左營海洋放流管附近之海岸地形平行，淨流方向為東南向。1988 年 8 月至 1989 年 5 月，中山大學又於左營海洋放流管附近測量海流並做降落傘式浮標追蹤(每次漂流時間介於 5.5~9.0 小時之間)。依浮標追蹤結果顯示，在海流強勁時浮標於 5 小時內可由左營海域漂流至興達港海域。而在施測期間，浮標最南可漂流至高雄港海域北側柴山附近。

成功大學亦曾於民國 77 年至 79 年間受環保署委託進行中洲、大林蒲及左營海域的海象與水質調查研究。並於中洲、大林蒲及左營三條海洋放流管出口附近施放海流儀，總共進行五次連續十五日以上之測量，結果顯示，除了最後一次調查結果其淨流方向為西北向外，其餘四次調查均顯示海流有往東南的淨流方向，此結果與上述中山大學的調查結果相似。此外，民國 81 年交通部運輸研究所亦曾委託港灣技術研究所在大林蒲外海域進行海象調查，此調查分別在 10 公尺與 20 公尺水深處分別分上、下層同時設置海流儀各一部，儀器設置位置如圖 3-2-5 所示，自民國 81 年元月至 82 年元月間共完成 19 次海流測量，由量測結果分析知道，大林蒲海域之海流主要係沿著海岸(西北--東南)方向做週期性的往返運動。對於在 2、3、4、9 月份所測得的海流，其西北向的海流分量較佔優勢，但在 6、8、10、11、12 月份測得的海流則以東南向的海流比例較大，海流隨潮位漲落而改變流向，西北西及東南東向為海流之主要流向，港灣技術研究所在高雄二港口南防波堤與北防波堤堤頭附近曾進行海流浮標調查，每天取一點分別放置浮標一個(檔流板在水面下二公尺)，各追蹤七小時左右，並於 1992 年 6 月 18、19 兩日及 1992 年 12 月 1、2 兩日共施測二次，依浮標之追蹤結果大抵可得高雄港域之海流，漲潮向東南；退潮向西北，但小潮時退潮仍向東南流，因此向南流的機會較大。浮標的速度在 5~30cm/sec 之間，當時之風速約 3 至 4 級，風向約為北向及西北向。另比較不同水深測站上、下層水體之流速大小可得，不論冬夏季，上層水體流速一般稍大於下層水體，流速大小甚少有超過 50cm/s 者，絕大部分流速在 25cm/s 以下。

綜上所述，可知高雄港港域海流特性變化之複雜度，所幸其流速大小普遍均甚小，對港灣工程及航行安全並不致構成威脅，但其與潮汐漲退潮之水位關係及港域地形之影響程度仍有待進一步研究、調查確認。

3-3 漂沙與地形變化

漂沙及地形變化與港域之波浪、潮汐及海流作用息息相關。高雄港務局自第二港口完工後，為了解港域水深地形變化，即每年於第一及第二港口間進行港域水深測量，另港灣技術研究所為配合交通部運輸研究所辦理高雄深水港先期規劃，曾於民國 81 年全年針對高雄港域進行漂沙調查分析研究，根據該研究結論指出，高雄海域漂沙特性主要係以向離岸(on-offshore)方向漂沙為主。當夏季颱風來臨時，往往造成侵蝕海岸，且在離岸 400~500 公尺外，水深 5~6 米處形成沿岸沙洲(longshore bar)，愈往南端該沙洲特性愈明顯；迨夏季西南季風或冬季東北季風期，再逐漸將沙洲推向岸側。圖 3-3-1 為民國 79 年與民國 83 年高雄港域水深地形變化比較圖，比較該圖可知，高雄港港域在水深 12 米處仍有明顯漂沙活動，但該海域在沒有足夠沙源供給情況下，每年平均被侵蝕之漂沙量約為 30 萬立方公尺。於高雄港港域之中芸觀測斷面 I 上，水深 1.5 公尺處以及水深 5 公尺處所測得之漂沙量分別為 $437\text{kg/m}^2/\text{day}$ 與 $136\text{kg/m}^2/\text{day}$ ；惟同樣在水深約 5~6 公尺處之大林蒲觀測斷面 II 上，所觀測得之漂沙量則為 $331\text{kg/m}^2/\text{day}$ ，漂沙移動之優勢方向為向岸(on shore)，在水深 1.6 公尺以及 2.8 公尺處，沿岸線每單位長度之淨向岸輸沙量則分別為 710kg/day 以及 231kg/day 。而懸浮砂濃度分佈觀測結果方面，高雄港港域當波高小於 0.8 公尺時，於水深 1.5 公尺處，即使在距底床 20 公分高度處，其懸浮砂活動性仍很小；惟當波高大於 1 公尺以上時，即使在水深 5 尺深距底床 40 公分高度處仍有明顯懸浮砂活動。大體上，其懸浮砂濃度垂直分佈以在距底床 0.1~0.2 無因次水深相對位置處其值最大。

表 3-1-1 高雄地區風速風向出現頻率統計表

測站名稱：高雄 資料期間：1984.01 - 1994.12		風 向																單位：%	
風速 (M/SEC)		風 向																單位：%	
		NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	合計	
2 - 1.0	1.8	1.9	1.8	1.2	.4	.3	.4	.3	.4	.3	.3	.8	.4	.5	.7	.8	1.8	13.3	
1.0 - 2.0	4.3	4.0	3.6	2.1	.5	.8	.4	.8	1.3	.8	.8	1.0	1.3	1.5	2.0	2.3	4.9	31.2	
2.0 - 3.0	1.8	1.1	.6	.4	.1	.9	.3	.7	1.4	.7	.7	1.0	1.9	2.5	2.3	2.3	3.8	22.0	
3.0 - 4.0	1.7	.2	.1	.1	.0	.8	.2	.3	1.0	.3	.3	.6	1.4	2.9	2.2	1.6	2.2	14.5	
4.0 - 5.0	.2	.0	.0	.0	.0	.6	.1	.2	.6	.2	.1	.2	.6	2.3	1.7	.8	.9	8.2	
5.0 - 6.0	.1	.0	.0	.0	.0	.4	.1	.1	.3	.1	.0	.1	.2	1.2	1.1	.4	.4	4.3	
6.0 - 7.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.1	.4	.6	.2	.1	1.7	
7.0 - 8.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.1	.1	.6	
8.0 - 9.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2	
9.0 - 10.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	
10.0 - 11.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	
11.0 - 12.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
12.0 - 13.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
13.0 - 14.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
14.0 - 15.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
15.0 - 16.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
16.0 - 17.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
17.0 - 18.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
18.0 - 19.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
19.0 - 20.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
> 20.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
合計	8.9	7.2	6.0	3.7	1.1	1.7	4.1	5.1	2.5	2.3	3.0	6.0	11.6	10.7	8.4	14.1	96.4		

靜風：3.6
有效資料數：94799.

表 3-1-2 高雄地區不同風速及吹風延時佔該月時數比率表(73.1~83.12)

月 份	風 速 M/sec	不 同 吹 風 延 時 佔 該 月 之 比 率 (%)				
		≥2Hr.	≥4Hr.	≥6Hr.	≥8Hr.	≥10Hr.
一 月	≥ 5	6.4% (520)	3.6% (296)	1.8% (144)	1.0% (79)	.7% (54)
	≥10	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥15	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥20	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
二 月	≥ 5	6.0% (445)	3.6% (265)	1.3% (98)	.5% (36)	.3% (20)
	≥10	.0% (2)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥15	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥20	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
三 月	≥ 5	7.0% (569)	4.5% (366)	2.3% (190)	.8% (62)	.4% (29)
	≥10	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥15	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥20	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
四 月	≥ 5	5.6% (447)	3.5% (279)	2.0% (155)	.7% (52)	.1% (10)
	≥10	.0% (2)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥15	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥20	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
五 月	≥ 5	6.6% (543)	5.2% (425)	3.5% (288)	1.4% (113)	.4% (30)
	≥10	.0% (2)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥15	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥20	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
六 月	≥ 5	9.2% (696)	7.0% (530)	5.4% (411)	3.8% (292)	3.0% (231)
	≥10	.2% (14)	.1% (10)	.1% (6)	.0% (0)	.0% (0)
	≥15	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥20	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
七 月	≥ 5	10.7% (876)	8.4% (684)	6.4% (523)	3.9% (316)	2.7% (221)
	≥10	.1% (11)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥15	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥20	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
八 月	≥ 5	9.7% (794)	7.9% (648)	6.5% (536)	5.2% (428)	4.5% (367)
	≥10	.5% (37)	.3% (25)	.3% (21)	.1% (9)	.0% (0)
	≥15	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥20	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
九 月	≥ 5	7.2% (572)	5.5% (432)	3.9% (306)	3.0% (236)	2.5% (201)
	≥10	.6% (51)	.4% (35)	.3% (22)	.3% (22)	.3% (22)
	≥15	.1% (10)	.1% (8)	.1% (8)	.1% (8)	.0% (0)
	≥20	.0% (2)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
十 月	≥ 5	4.3% (354)	2.7% (222)	1.0% (80)	.5% (42)	.4% (34)
	≥10	.1% (7)	.1% (7)	.1% (7)	.0% (0)	.0% (0)
	≥15	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥20	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
十 一 月	≥ 5	2.9% (226)	1.6% (127)	.2% (18)	.0% (0)	.0% (0)
	≥10	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥15	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥20	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
十 二 月	≥ 5	3.6% (270)	2.0% (154)	.7% (55)	.3% (24)	.2% (15)
	≥10	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥15	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
	≥20	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)
合 計	≥ 5	6.6% (6312)	4.6% (4428)	2.9% (2804)	1.8% (1680)	1.3% (1212)
	≥10	.1% (126)	.1% (77)	.1% (56)	.0% (31)	.0% (22)
	≥15	.0% (10)	.0% (8)	.0% (8)	.0% (8)	.0% (0)
	≥20	.0% (2)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)	.0% (0)

註：()內之數字係不同風速及吹風延時在該月份之累積時數

表 3-1-3 歷年影響高雄地區之颱風

序 號	颱 風		侵 台 日 期		侵台 路徑	中心氣壓 (毫巴)
	編號	名 稱	起	訖		
1	4023		08/25/40	09/03/40	2	947.
2	4036		09/24/40	10/02/40	3	953.
3	4309		07/02/43	07/12/43	2	960.
4	4311		07/13/43	07/20/43	1	945.
5	4413		08/10/44	08/18/44	2	960.
6	4515		09/05/45	09/14/45	3	970.
7	4518		09/26/45	10/03/45	5	970.
8	4619		09/21/46	09/29/46	2	960.
9	4708	INEZ	08/25/47	08/31/47	3	970.
10	4722		12/23/47	12/28/47	6	970.
11	4806	PEARL	07/02/48	07/08/48	1	960.
12	4822	JACKIE	09/08/48	09/21/48	1	960.
13	4924	CAMILLA	12/10/49	12/14/49	6	970.
14	5104	IRIS	05/02/51	05/10/51	4	910.
15	5221	BESS	11/10/52	11/15/52	5	915.
16	5302	JUDY	05/31/53	06/07/53	6	945.
17	5304	KIT	06/29/53	07/08/53	2	910.
18	5310	RITA	08/28/53	09/02/53	3	940.
19	5316	VIOLA	10/01/53	10/06/53	7	967.
20	5519	IRIS	08/19/55	08/26/55	2	965.
21	5603	THELMA	04/17/56	04/25/56	6	940.
22	5611	DINAH	08/30/56	09/05/56	1	970.
23	5614	GILDA	09/18/56	09/23/56	3	945.
24	5705	VIRGINIA	06/20/57	06/26/57	4	910.
25	5711	CARMEN	09/06/57	09/16/57	3	960.
26	5810	WINNIE	07/11/58	07/18/58	2	925.
27	5819	GRACE	08/30/58	09/06/58	1	905.
28	5909	JOAN	08/26/59	09/02/59	2	885.
29	5911	LOUISE	08/30/59	09/07/59	2	965.
30	5921	FREDA	11/14/59	11/20/59	4	945.
31	6008	SHIRLEY	07/27/60	08/06/60	1	910.
32	6009	TRIX	08/02/60	08/11/60	1	930.
33	6104	BETTY	05/21/61	05/28/61	6	947.
34	6116	LORNA	08/19/61	08/28/61	3	960.
35	6120	PAMELA	09/07/61	09/13/61	2	930.
36	6206	KATE	07/18/62	07/25/62	5	970.
37	6210	OPAL	08/01/62	08/08/62	1	910.
38	6217	AMY	08/31/62	09/07/62	1	940.
39	6221	DINAH	09/26/62	10/05/62	3	955.
40	6307	WENDY	07/12/63	07/20/63	1	930.

表 3-1-3(續) 歷年影響高雄地區之颱風

序 號	颱風		侵台日期		侵台 路徑	中心氣壓 (毫巴)
	編號	名稱	起	訖		
41	6314	GLORIA	09/05/63	09/15/63	1	925.
42	6509	DINAH	06/13/65	06/20/65	6	935.
43	6518	MARY	08/14/65	08/23/65	1	950.
44	6621	ELSIE	09/09/66	09/19/66	6	945.
45	6704	VIOLET	04/03/67	04/12/67	6	932.
46	6708	CLARA	07/07/67	07/12/67	2	960.
47	6737	GILDA	11/14/67	11/19/67	2	910.
48	6805	NADINE	07/20/68	07/28/68	3	970.
49	6812	WENDY	09/01/68	09/08/68	3	935.
50	6905	VIOLA	07/23/69	07/29/69	3	900.
51	6908	BETTY	08/04/69	08/11/69	1	960.
52	6911	ELSIE	09/23/69	10/01/69	2	895.
53	6912	FLOSSIE	09/27/69	10/09/69	4	960.
54	7118	NADINE	07/21/71	07/26/71	3	900.
55	7127	BESS	09/17/71	09/23/71	1	905.
56	7315	NORA	10/07/73	10/10/73	5	920.
57	7503	NINA	08/01/75	08/04/75	2	900.
58	7512	BETTY	09/17/75	09/24/75	3	950.
59	7515	ELSIE	10/10/75	10/14/75	3	900.
60	7607	RUBY	06/23/76	07/04/76	7	935.
61	7613	BILLIE	08/03/76	08/11/76	1	910.
62	7704	THELMA	07/21/77	07/26/77	5	950.
63	7705	VERA	07/28/77	08/02/77	1	930.
64	7817	IRMA	09/10/78	09/16/78	4	970.
65	7907	GORDON	07/26/79	07/30/79	3	970.
66	7908	HOPE	07/28/79	08/02/79	3	895.
67	8012	NORRIS	08/24/80	08/29/80	1	950.
68	8104	IKE	06/09/81	06/14/81	7	965.
69	8105	JUNE	06/17/81	06/22/81	1	963.
70	8125	IRMA	11/21/81	11/26/81	4	905.
71	8210	ANDY	07/22/82	07/30/82	4	915.
72	8304	WAYNE	07/20/83	07/25/83	4	920.
73	8510	NELSON	08/18/85	08/24/85	4	961.
74	8605	NANCY	06/22/86	06/25/86	4	960.
75	8612	WAYNE	08/18/86	09/05/86	4	955.
76	8613	ABBY	09/17/86	09/20/86	4	915.
77	8708	ALEX	07/24/79	07/28/79	4	970.
78	8714	GERALD	09/06/87	09/10/87	3	965.
79	8720	LYNN	10/16/87	10/27/87	3	910.
80	8802	SUSAN	05/30/88	06/03/88	6	965.
81	8919	SARAH	09/06/89	09/13/89	4	952.

註：高雄區域篩選範圍東經118.22° ~ 122.22°
北緯 20.57° ~ 24.57°

表 3-2-1 高雄地區全年最大波高週期發生頻率

波高 (m) 百分率 (%) 週期 (SEC)	0.00 ∫ 0.50	0.51 ∫ 1.00	1.01 ∫ 1.50	1.51 ∫ 2.00	> 2.00	合計
0~4	5.0	4.6	0.1	—	0.1	9.8
4~4.9	5.5	4.8	0.3	—	—	10.6
5~5.9	19.6	7.7	0.7	0.3	0.1	28.4
6~6.9	8.6	7.0	1.3	0.6	0.3	17.8
7~7.9	4.7	7.1	0.9	0.6	0.3	13.6
8~8.9	2.7	3.8	1.4	0.9	0.3	9.1
9~9.9	1.7	2.3	1.3	0.2	0.7	6.2
10~10.9	0.4	0.9	0.2	0.3	0.2	2.0
11~11.9	0.1	0.4	0.4	0.2	0.2	1.3
12~12.9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5
>13.0	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.7
合 計	48.5	39.0	6.8	3.3	2.4	100%

註：1. 資料來源：高雄港務局

2. 統計年份：民國55年至民國66年

表 3-2-2 高雄地區冬季最大波高及週期發生頻率

波高 (m) 百分率 (%) 週期 (SEC)	0.00 ∫ 0.50	0.51 ∫ 1.00	1.01 ∫ 1.50	1.51 ∫ 2.00	> 2.00	合計
0~4	2.6	3.6	—	—	—	6.2
4~4.9	4.9	4.9	0.2	—	—	10.0
5~5.9	28.9	9.0	0.3	0.2	—	38.4
6~6.9	7.9	8.5	0.4	—	—	16.8
7~7.9	4.7	7.2	—	0.1	—	12.0
8~8.9	2.6	3.0	0.3	0.1	—	6.0
9~9.9	2.5	2.5	0.5	0.2	.2	5.9
10~10.9	0.4	1.1	0.3	0.4	.3	2.5
11~11.9	0.1	0.4	0.7	0.3	—	1.5
12~12.9	0.1	—	0.3	—	.1	0.5
>13.0	0.1	0.3	0.1	0.1	—	0.6
合 計	54.8	40.5	3.1	1.4	.6	100%

表 3-2-3 高雄地區夏季最大波高及週期發生頻率

波高 (m)	0.00 ∫ 0.50	0.51 ∫ 1.00	1.01 ∫ 1.50	1.51 ∫ 2.00	> 2.00	合計
百分 週期 (SEC) 率 (%)						
0~4	7.5	5.6	0.3	—	0.3	13.7
4~4.9	6.0	4.8	0.4	—	—	11.2
5~5.9	9.7	6.4	1.3	0.4	0.2	18.0
6~6.9	9.4	5.4	2.3	1.2	0.6	18.9
7~7.9	4.7	7.0	1.9	1.0	0.5	15.1
8~8.9	2.9	4.6	2.6	1.7	0.6	12.4
9~9.9	0.9	2.0	2.1	0.3	1.4	6.7
10~10.9	0.4	0.7	0.2	0.2	0.2	1.7
11~11.9	0.2	0.5	0.1	0.2	0.4	1.4
12~12.9	—	0.1	—	0.1	0.1	0.3
>13.0	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.7
合 計	41.8	37.4	11.3	5.2	4.4	100%

註：1. 資料來源：高雄港務局
2. 統計年份：民國55年至民國66年

表 3-2-4 二港口外海有義波高週期與波向發生機率統計表(81.3~82.2)

Total Record : 2396										
T \ H	波 高 (H1/3)									單位: (M)
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	Total
週 期 (秒)	0 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4 - 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6 - 8	363	20	0	2	0	0	0	0	385
	8 -10	1318	205	70	28	4	1	0	0	1626
	10 -12	218	79	10	4	10	2	0	0	323
	12以上	55	7	0	0	0	0	0	0	62
	Total	1954	311	80	34	14	3	0	0	2396

Total Record : 2396										
Θ	波 高 (H1/3)									單位: (M)
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	Total
波 向	N	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ENE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ESE	6	0	0	0	0	0	0	0	6
	SE	88	7	7	0	0	0	0	0	102
	SSE	175	31	0	0	0	0	0	0	206
	S	245	24	0	0	0	0	0	0	269
	SSW	218	32	2	0	0	0	0	0	252
	SW	278	41	17	2	0	0	0	0	338
	WSW	304	12	5	7	6	3	0	0	337
	W	311	74	14	14	5	0	0	0	418
	WNW	227	53	34	11	3	0	0	0	328
	NW	93	35	34	0	0	0	0	0	129
	NNW	8	2	0	0	0	0	0	0	10
	Total	1954	311	80	34	14	0	0	0	2396

表 3-2-5 大鵬灣全年波高週期聯合機率表

單位: %																				
週期(秒)	0~	2.5~	3.5~	4.5~	5.5~	6.5~	7.5~	8.5~	9.5~	10.5~	11.5~	12.5~	13.5~	14.5~	15.5~	16.5~	17.5~	18.5~	19.5	
波高(米)	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5	19.5	above	小計
7.75~																				0.00
7.25~7.75																				0.00
6.75~7.25							0.02													0.02
6.25~6.75							0.02													0.02
5.75~6.25								0.05												0.05
5.25~5.75							0.05					0.02								0.07
4.75~5.25						0.02	0.17	0.17		0.03	0.02		0.02							0.42
4.25~4.75						0.07	0.24	0.07	0.03	0.08	0.14	0.03								0.66
3.75~4.25					0.02	0.08	0.37	0.14	0.05	0.14	0.03									0.83
3.25~3.75						0.15	0.42	0.10	0.03	0.12	0.07	0.03								0.93
2.75~3.25				0.02	0.05	0.22	0.54	0.32	0.08	0.08										1.32
2.25~2.75				0.02	0.20	0.34	0.53	0.25	0.14	0.05	0.02	0.03		0.02						1.59
1.75~2.25				0.29	0.66	0.81	0.69	0.29	0.24	0.05	0.03									3.07
1.25~1.75			0.36	1.37	1.68	1.54	1.58	0.58	0.08	0.10	0.05									7.34
0.75~1.25	0.02	0.02	2.00	7.32	11.17	6.34	3.08	0.63	0.10	0.03										30.70
0.25~0.75		0.05	4.76	19.47	17.82	6.03	1.07	0.08	0.02	0.02										49.32
0.00~0.25			0.47	1.51	1.15	0.37	0.07		0.02	0.03			0.02				0.02			3.66
小計	0.02	0.07	7.59	29.99	32.75	15.98	8.84	2.68	0.80	0.75	0.36	0.12	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	100.00

註：波高、週期採用Hs與Ts，全年係指1-12月。

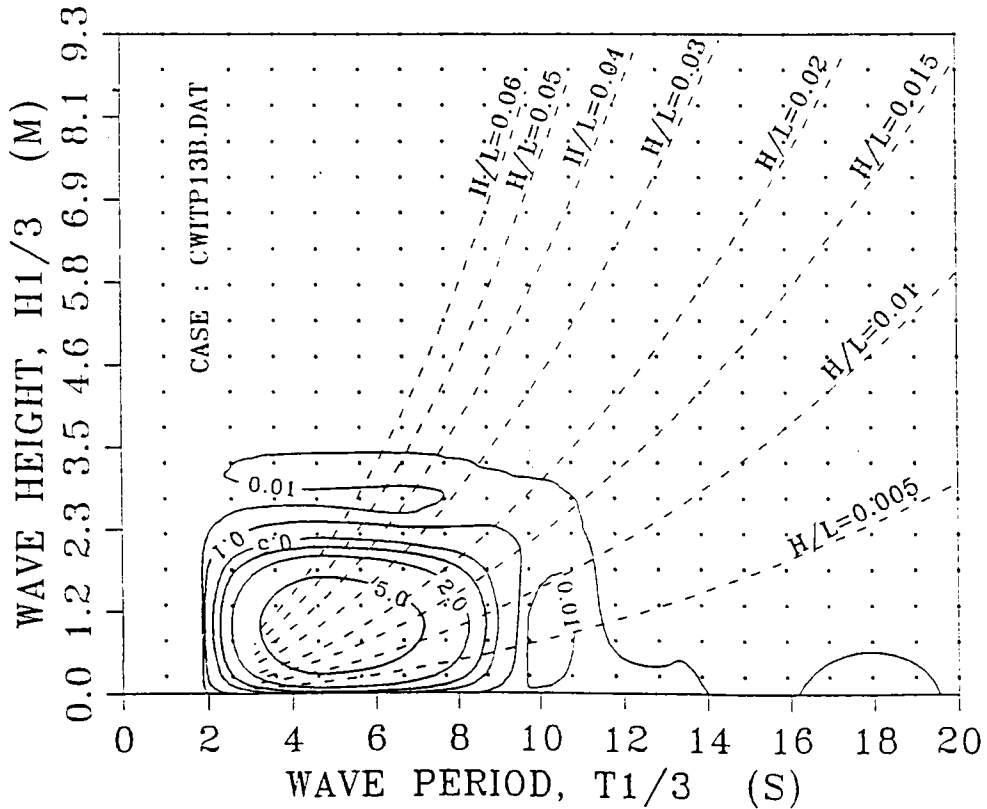
資料來源：港灣技術研究所，記錄時間為民國79年11月-82年3月。

表 3-2-6 大鵬灣冬季波高週期聯合機率表

單位: %																				
週期(秒) 波高(米)	0- 2.5	2.5- 3.5	3.5- 4.5	4.5- 5.5	5.5- 6.5	6.5- 7.5	7.5- 8.5	8.5- 9.5	9.5- 10.5	10.5- 11.5	11.5- 12.5	12.5- 13.5	13.5- 14.5	14.5- 15.5	15.5- 16.5	16.5- 17.5	17.5- 18.5	18.5- 19.5	19.5 above	小計
7.75~																				0.00
7.25~7.75																				0.00
6.75~7.25																				0.00
6.25~6.75																				0.00
5.75~6.25																				0.00
5.25~5.75																				0.00
4.75~5.25																				0.00
4.25~4.75																				0.00
3.75~4.25																				0.00
3.25~3.75																				0.00
2.75~3.25					0.07															0.07
2.25~2.75					0.23															0.23
1.75~2.25				0.40	0.57	0.17	0.13	0.07	0.03											1.37
1.25~1.75			0.37	1.31	1.94	0.80	1.11	0.34	0.03											5.90
0.75~1.25	0.03		1.91	8.58	15.69	7.44	3.35	0.37	0.03											37.41
0.25~0.75		0.03	3.18	19.31	20.82	7.91	1.44	0.07												52.77
0.00~0.25			0.17	0.57	0.77	0.47	0.10		0.03	0.07			0.03				0.03			2.25
小計	0.03	0.03	5.63	30.17	40.09	16.80	6.13	0.84	0.13	0.07	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	100.00

註：波高、週期採用Hs與Ts，冬季係指11、12、1、2月。

資料來源：港灣技術研究所，記錄時間為民國79年11月-82年3月。



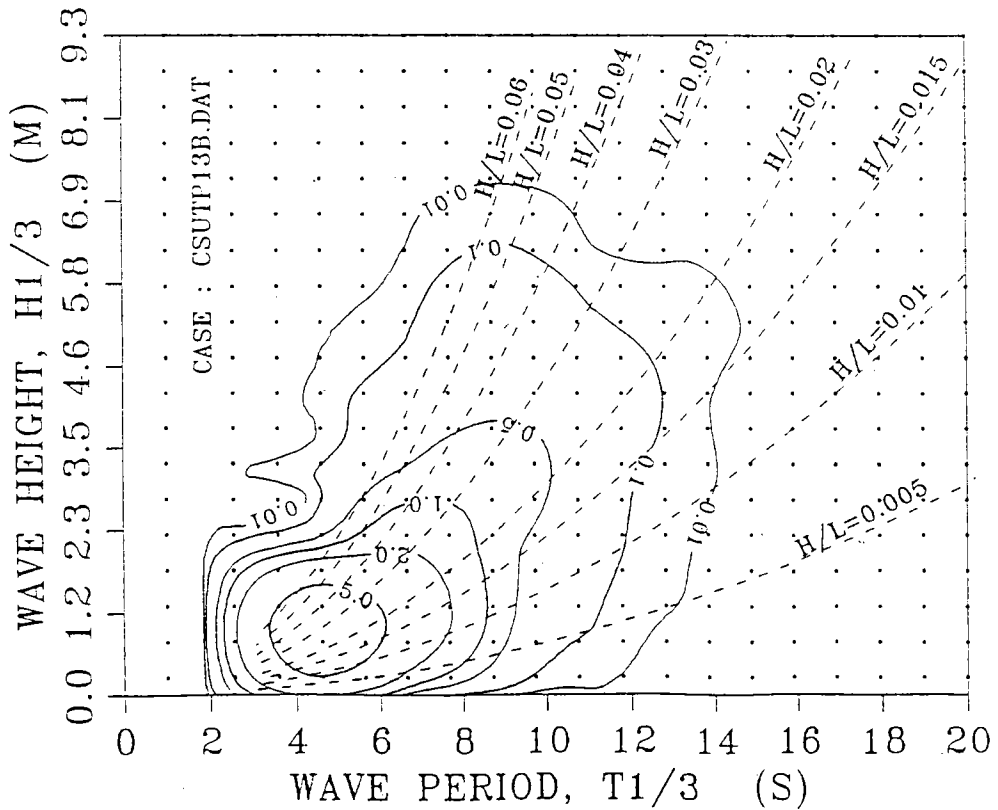
大鵬灣冬季波高週期聯合機率圖

表 3-2-7 大鵬灣夏季波高週期聯合機率表

週期(秒)	0~	2.5~	3.5~	4.5~	5.5~	6.5~	7.5~	8.5~	9.5~	10.5~	11.5~	12.5~	13.5~	14.5~	15.5~	16.5~	17.5~	18.5~	19.5~	above	小計
波高(米)	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5	19.5	above		
7.75~																					0.00
7.25~7.75																					0.00
6.75~7.25																					0.00
6.25~6.75							0.05														0.05
5.75~6.25								0.15													0.15
5.25~5.75							0.05					0.05									0.10
4.75~5.25						0.05	0.30	0.50		0.10	0.05		0.05								1.05
4.25~4.75						0.20	0.55	0.20	0.10	0.25	0.40	0.10									1.80
3.75~4.25						0.25	0.90	0.40	0.15	0.40	0.10										2.20
3.25~3.75						0.35	1.10	0.30	0.10	0.35	0.20	0.10									2.50
2.75~3.25						0.50	1.30	0.95	0.20	0.25											3.20
2.25~2.75				0.05	0.25	0.85	1.10	0.75	0.35	0.10	0.05	0.10		0.05							3.65
1.75~2.25				0.05	1.10	2.00	1.55	0.55	0.55	0.10	0.10										6.00
1.25~1.75			0.50	1.70	1.80	2.70	2.20	0.75	0.10	0.30	0.15										10.20
0.75~1.25		0.05	2.80	6.85	5.20	4.00	2.50	0.80	0.25	0.10											22.55
0.25~0.75		0.05	7.15	16.85	12.15	3.75	0.95	0.15	0.05	0.05											41.15
0.00~0.25			1.10	2.60	1.40	0.25	0.05														5.40
小計	0.00	0.10	11.55	28.10	21.90	14.90	12.60	5.50	1.85	2.00	1.05	0.35	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00

註：波高、週期採用Hs與Ts，夏季係指5、6、7、8月。

資料來源：港灣技術研究所，記錄時間為民國79年11月~82年3月。



大鵬灣夏季波高週期聯合機率圖

表 3-2-8 高雄港二港口實測最大波浪統計表

年 別	最大 波高 (米)	週 期 (秒)	發生時間	當日最多 波 向 (S(度)W)	備 註
54	3.70	7.60	8月20日	1	8月18日瑪麗颱風
55	7.00	7.60	5月30日	45	5月30日裘迪颱風
56	3.13	8.40	6月29日	47	— — —
57	6.96	13.00	9月30日	47	9月30日艾琳颱風
58	5.30	9.30	7月28日	—	7月27日衛歐颱風
59	4.20	7.10	7月16日	35	強烈南風
60	5.20	11.00	7月26日	45	7月26日娜定颱風
61	4.30	12.20	7月11日	35	7月 9日蘇珊颱風
62	9.29	9.00	10月10日	—	10月 9日娜拉颱風
63	6.00	12.00	6月13日	33	— — —
64	8.50	11.00	9月23日	75	9月22日貝蒂颱風
65	5.10	11.00	6月28日	78	— — —
66	6.80	11.00	7月25日	57	7月22日賽洛瑪颱風
67	2.70	10.00	6月25日	52	6月23日羅絲颱風
81	3.95	11.20	—	—	台南水工所測量
85	8.58	9.00	7月26日	—	大林蒲海上觀測樁

資料來源：高雄港務局，“高雄港第二港口開闢工程”，本計畫整理。

表 3-2-9 高雄港第二港口測站各種潮汐統計表
(1966~1994)

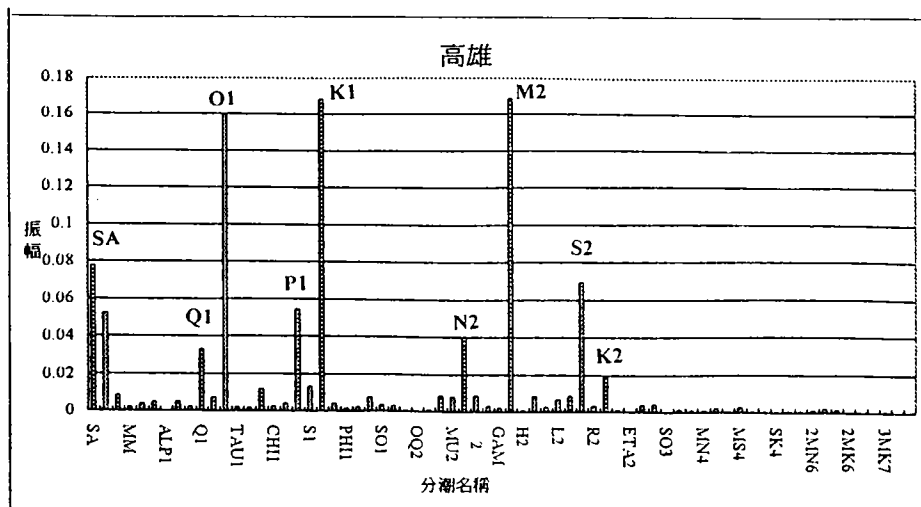
單位：公尺

潮位 年份	最高 潮位	最低 潮位	平均 高潮位	平均 低潮位	平均 潮位	朔望日 平均 高潮位	朔望日 平均 低潮位	上下弦 平均 高潮位	上下弦 平均 低潮位	大潮 差	小潮 差	平均 潮差	備 註
55	1.60	0.02	1.09	0.37	0.69	1.20	0.32	0.94	0.42	0.89	0.54	0.72	閏3月
56	1.55	0.04	1.14	0.42	0.74	1.25	0.40	0.99	0.44	0.85	0.55	0.71	
57	1.75	-0.03	1.10	0.39	0.71	1.19	0.32	0.99	0.44	0.88	0.55	0.70	閏7月
58	2.60	0.02	1.11	0.41	0.71	1.21	0.35	0.88	0.44	0.86	0.55	0.70	
59	1.53	0.06	1.16	0.42	0.76	1.24	0.37	1.05	0.47	0.87	0.58	0.73	
60	1.60	0.05	1.11	0.41	0.73	1.20	0.36	1.02	0.47	0.84	0.55	0.70	閏5月
61	1.63	0.16	1.12	0.42	0.75	1.22	0.38	1.02	0.48	0.84	0.54	0.70	
62	1.62	0.10	1.13	0.42	0.74	1.22	0.37	1.04	0.48	0.85	0.56	0.71	
63	1.60	0.15	1.14	0.44	0.76	1.21	0.39	1.05	0.49	0.82	0.55	0.70	閏4月
64	1.51	0.10	1.15	0.46	0.77	1.24	0.41	1.05	0.51	0.81	0.52	0.69	
65	1.46	0.04	0.96	0.47	0.71	1.24	0.47	1.03	0.54	0.79	0.51	0.67	
66	1.60	0.12	1.01	0.55	0.78	1.25	0.49	1.00	0.56	0.78	0.46	0.47	
67	1.57	0.06	1.02	0.53	0.78	1.20	0.42	1.07	0.52	0.79	0.52	0.48	
68	1.49	0.12	1.00	0.52	0.76	1.20	0.42	1.04	0.52	0.78	0.52	0.47	閏6月
69	1.60	0.00	1.00	0.51	0.76	1.20	0.36	1.06	0.50	0.76	0.50	0.49	
70	1.65	0.15	1.02	0.52	0.77	1.29	0.30	1.01	0.41	0.79	0.51	0.51	
71	1.48	0.03	1.08	0.37	0.70	1.16	0.32	1.00	0.43	0.84	0.57	0.70	閏4月
72	1.48	0.02	1.08	0.36	0.69	1.18	0.33	1.00	0.40	0.85	0.60	0.72	
73	1.60	0.00	1.14	0.41	0.74	1.24	0.37	1.04	0.46	0.87	0.59	0.73	
74	1.64	-0.04	1.10	0.36	0.71	1.19	0.31	1.03	0.43	0.88	0.60	0.74	
75	1.55	-0.01	1.13	0.40	0.74	1.24	0.35	1.02	0.44	0.89	0.58	0.73	
76	1.67	-0.08	1.11	0.35	0.70	1.21	0.30	1.01	0.40	0.92	0.60	0.76	閏6月
77	1.60	0.02	1.16	0.41	0.76	1.26	0.37	1.06	0.46	0.90	0.60	0.75	
78	1.62	0.05	1.15	0.41	0.75	1.24	0.35	1.06	0.47	0.89	0.58	0.74	
79	1.85	0.10	1.16	0.44	0.77	1.26	0.38	1.09	0.50	0.88	0.59	0.72	閏5月
80	1.80	0.09	1.24	0.52	0.84	1.32	0.46	1.17	0.58	0.86	0.59	0.72	
81	1.74	0.03	1.25	0.55	0.87	1.36	0.49	1.15	0.60	0.87	0.55	0.71	
82	1.62	0.26	1.21	0.53	0.84	1.30	0.46	1.11	0.59	0.84	0.52	0.68	閏3月
83	1.50	0.12	1.17	0.48	0.79	1.27	0.42	1.06	0.55	0.85	0.51	0.68	
極 值	2.60	-0.08	1.25	0.35	0.87	1.36	0.30	1.17	0.40	0.92	0.60	0.76	
平 均	1.64	0.06	1.11	0.45	0.75	1.24	0.38	1.04	0.49	0.84	0.55	0.67	

表 3-2-10 高雄地區潮汐調和分析成果表

(1976/01/31 00:00~1986/12/31 22:00)

分潮名稱	振幅(公尺)	相位角(度)	分潮名稱	振幅(公尺)	相位角(度)
K1	0.176001	21.816300	TH1A1	0.002259	331.175000
M2	0.163274	189.675500	PI1	0.002196	167.371200
O1	0.157076	346.171000	MK3	0.002101	76.653080
SA	0.127766	136.185100	MSN2	0.001972	281.563800
S2	0.068596	261.937000	M4	0.001906	254.629600
P1	0.056274	118.178900	M1	0.001849	331.330200
N2	0.033760	198.325100	X1	0.001747	288.085100
Q1	0.029074	345.526800	SO3	0.001611	181.505300
SSA	0.021374	27.559480	R2	0.001569	205.938400
K2	0.019409	111.836800	MS4	0.001516	3.726855
J1	0.008262	138.355700	OO1	0.001499	332.791900
OP2	0.007654	14.046870	KJ2	0.001357	24.949800
MKS2	0.006796	143.389100	OQ2	0.001337	239.901900
MJU2	0.005740	162.683100	M6	0.001064	300.338600
NJU2	0.005698	206.834700	2SM2	0.001015	336.325800
S1	0.005684	216.360300	2MS6	0.000983	45.066060
MF	0.005608	133.515200	LUMDA2	0.000943	306.871400
PSI1	0.005595	258.361700	MNS2	0.000908	39.984720
2N2	0.005405	219.732300	MK4	0.000708	136.230000
RHO1	0.005256	345.749000	FA11	0.000696	184.783100
T2	0.005202	237.253000	MN4	0.000628	244.356000
MSF	0.005173	89.324290	2MN6	0.000459	292.376000
MP1	0.003795	8.042664	S4	0.000323	186.908500
SO1	0.003641	168.617600	SK4	0.000306	172.751800
MM	0.003507	6.737741	SN4	0.000278	287.784000
M3	0.003060	352.042300	MSN6	0.000272	30.408930
2Q1	0.002948	116.209300	SK3	0.000196	90.396720
SIGMA1	0.002705	5.269195	2MK6	0.000113	281.882700
L2	0.002653	312.130300	2SM6	0.000111	219.338500
MO3	0.002618	50.099620	MSK6	0.000050	52.917450



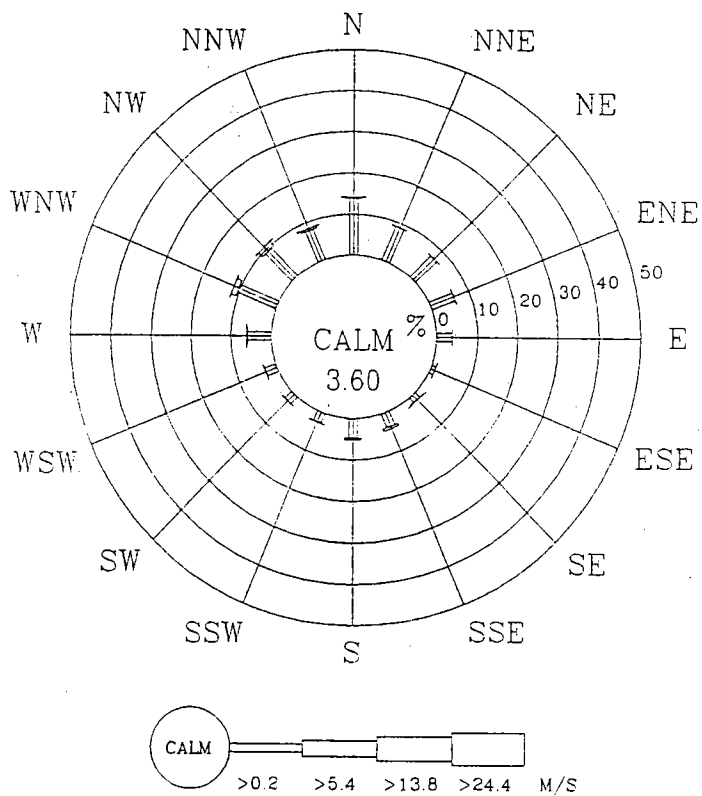


圖 3-1-1 高雄地區全年風玫瑰圖(民國 73 年~民國 83 年)

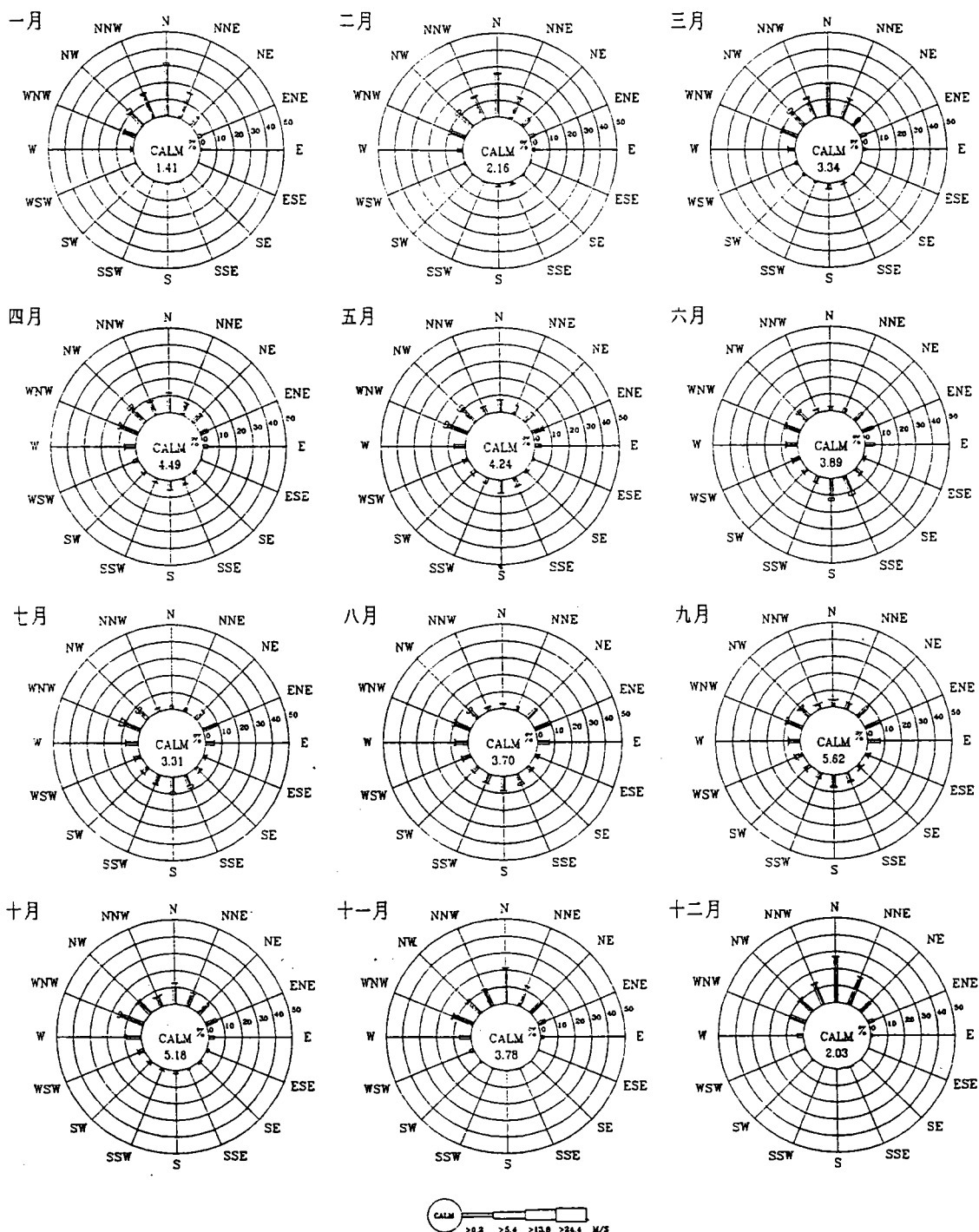


圖 3-1-2 高雄地區各月風玫瑰圖(民國 73 年~民國 83 年)

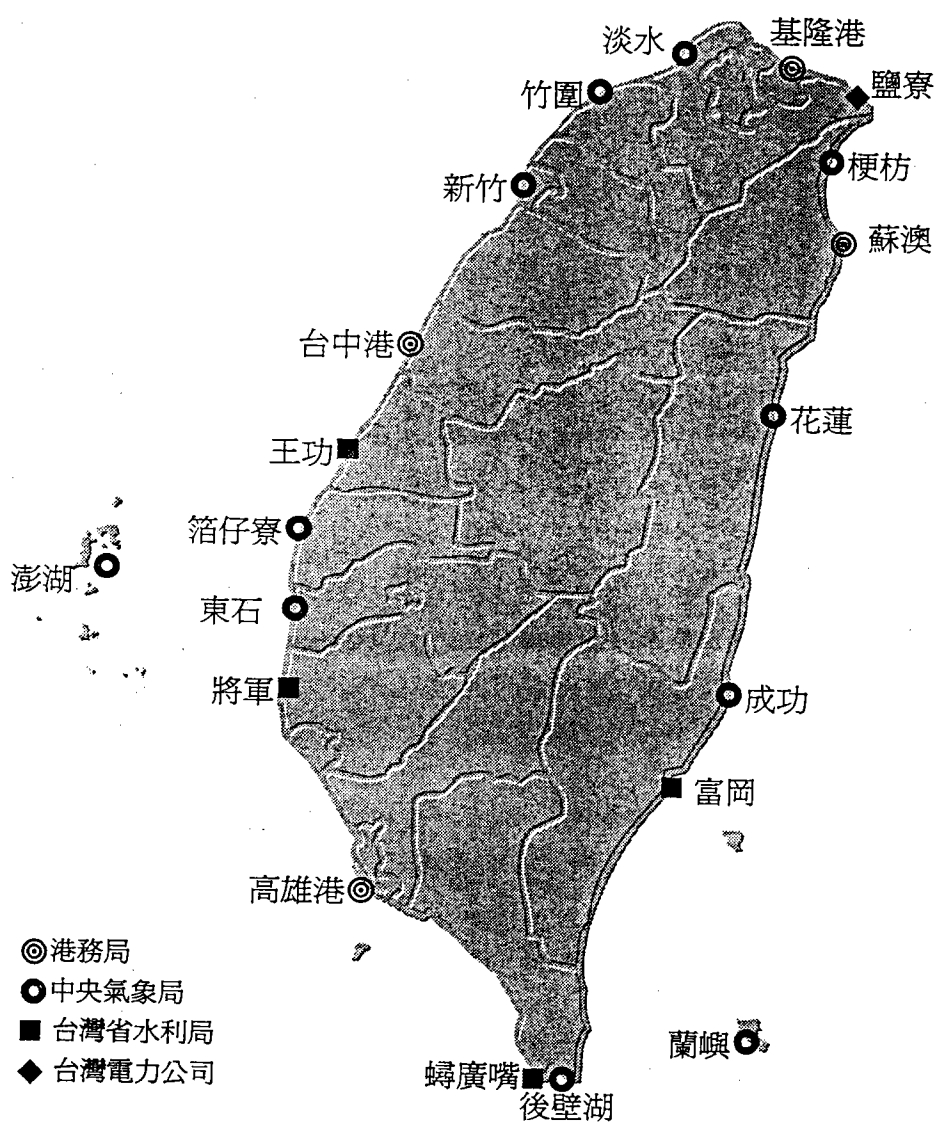


圖 3-2-1 台灣沿海地區潮汐觀測站分佈圖

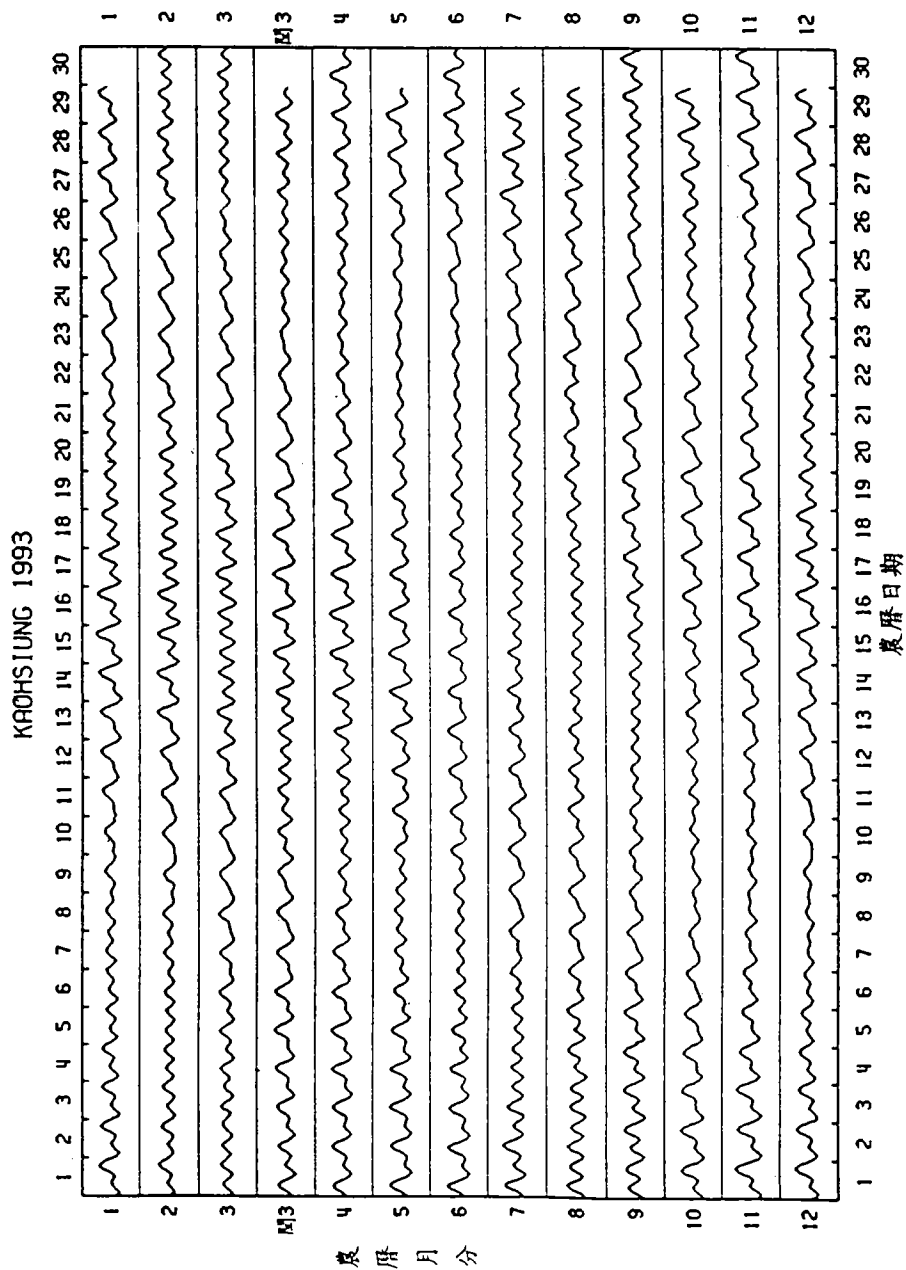


圖 3-2-2 1993 年高雄港實測潮位圖

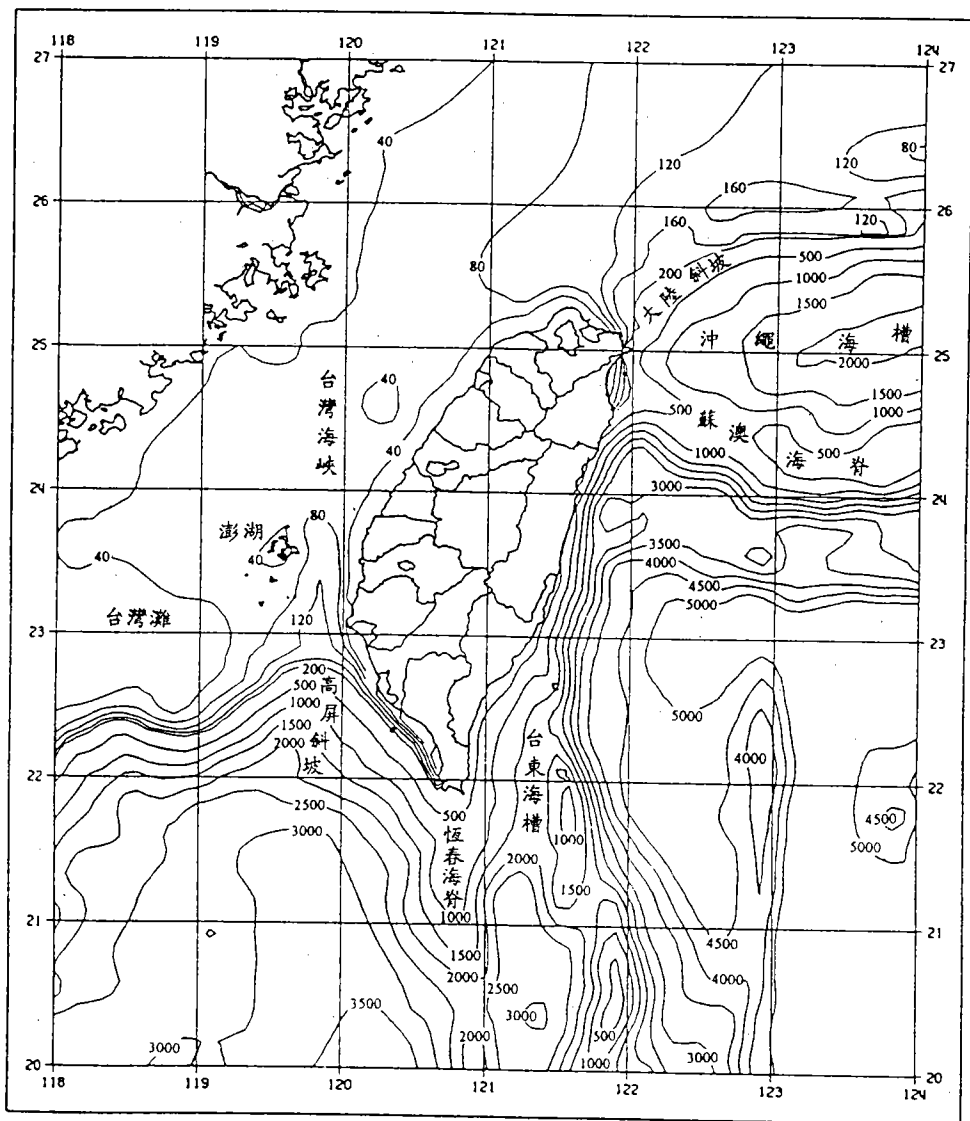


圖 3-2-3 台灣附近海域海底地形圖

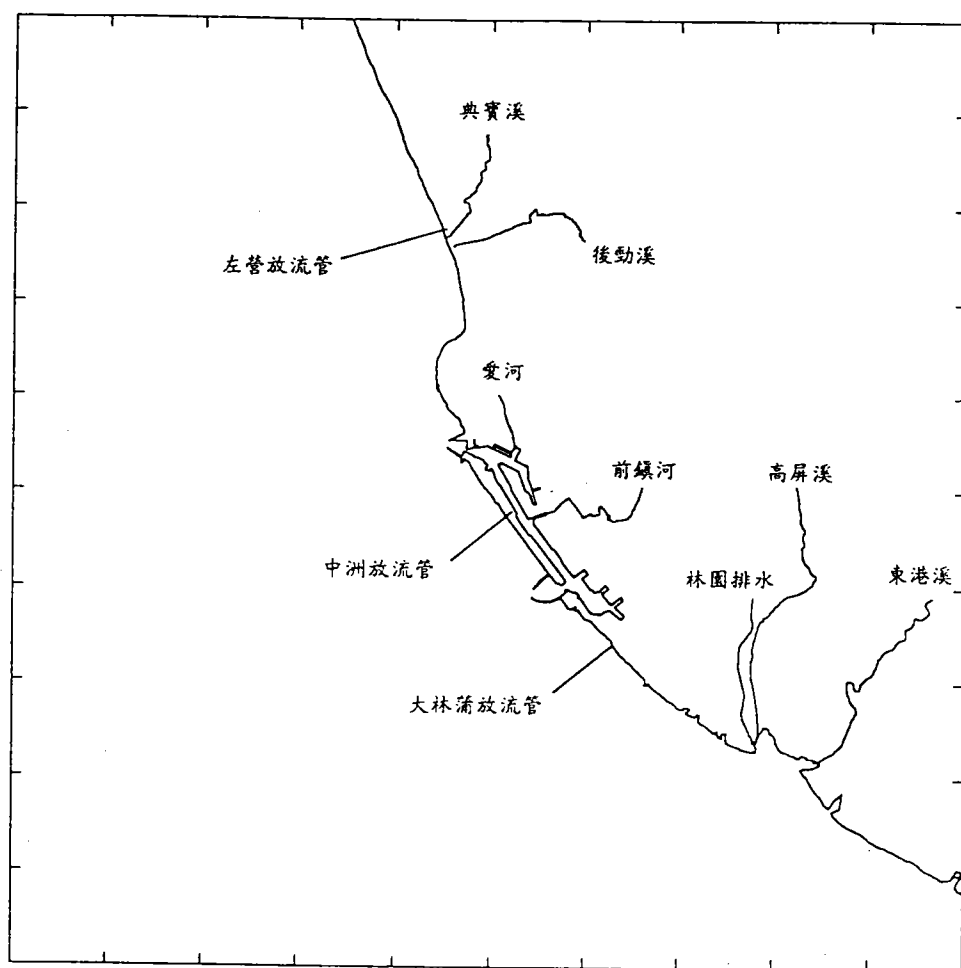


圖 3-2-4 高雄港海域海洋放流管系統與主要河川位置示意圖

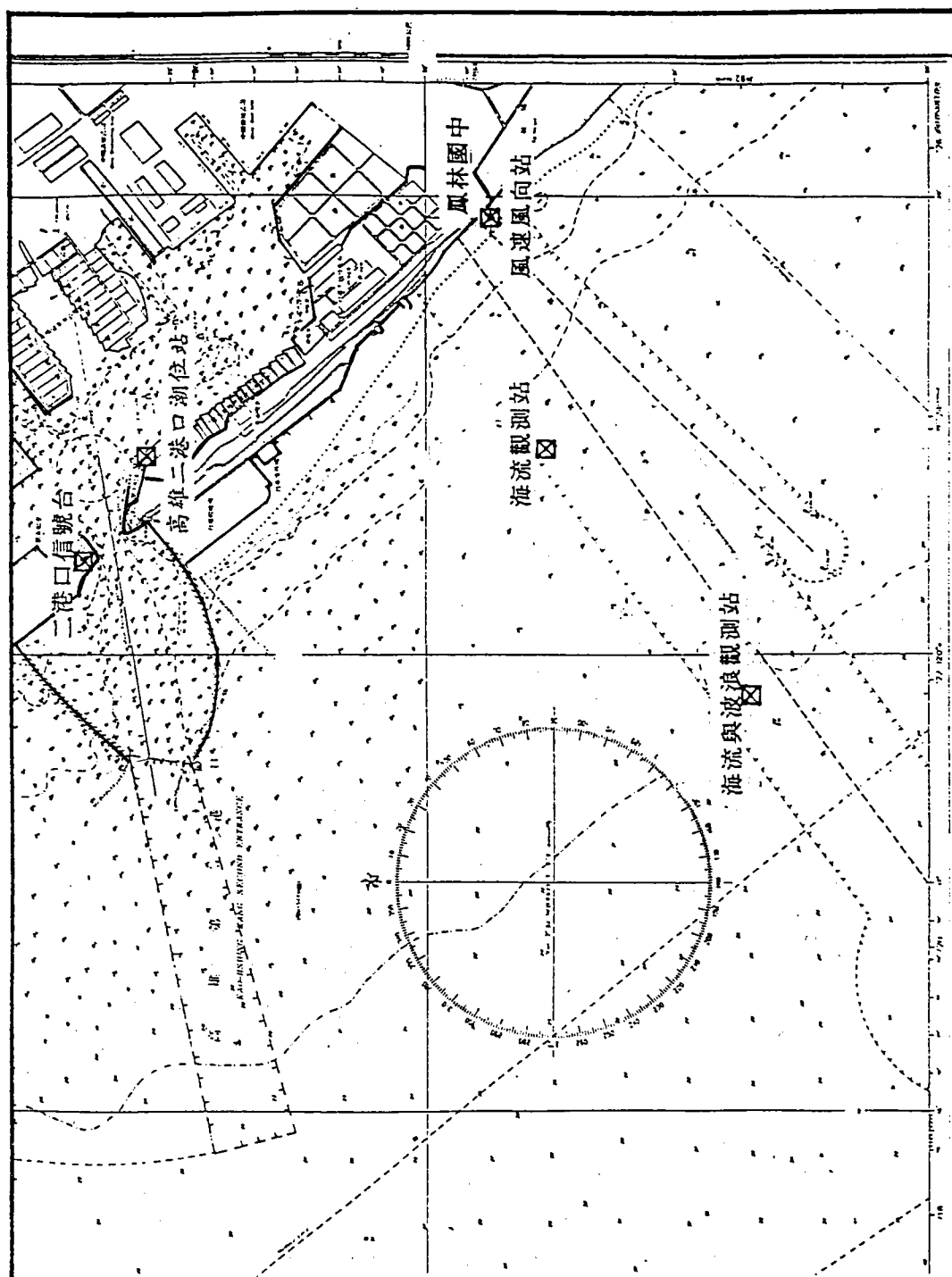


圖 3-2-5 高雄港港域大林蒲外海海流觀測站
(1992/01~1993/01)

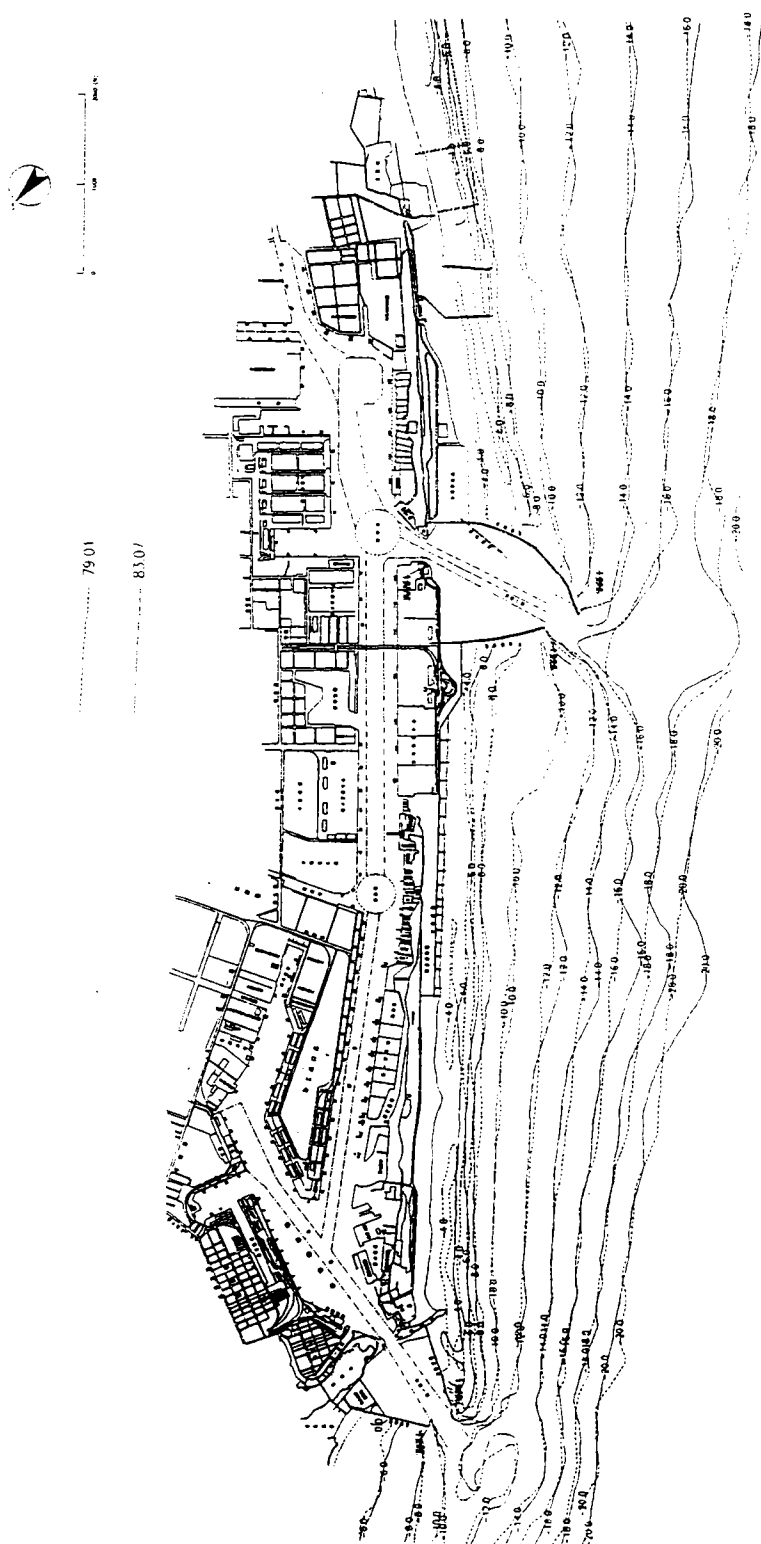


圖 3-3-1 高雄港港域民國 79 年及 83 年之實測水深比較圖

肆、高雄港港域海流數值模擬

4-1 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。高雄港為適應不同階段擴建發展之需要，自清光緒三十四年(1908)建港以來即曾進行多次之海象調查，唯實際海象調查工作人力及物力之耗費頗為龐大，欲全面廣泛地執行調查工作更是曠日費時，因此，以往的調查成果，僅足明瞭並推估局部區域已成事實之海象特性，對於配合港灣設施改變前後所需之全面即時及預期之海象變化尚無法滿足。近年來，因電腦科技之發展，結合理論與實際量測調查資料進行數值模擬，以計算方式取得港灣設施改變前後之即時及預期之全面性海象資料已為目前之趨勢。

高雄港港域面積遼闊，水域面積即有 1,270 公頃，並有第一及第二港口分列於港埠之南北兩端，港域外並有台灣灘、高屏斜坡及恒春海脊環繞(參見圖 2-1-2 及圖 3-2-3)，更為台灣海峽、巴士海峽及南海水體交換循環之影響水域，因此，高雄港港域不僅地形、位置特殊，港口設施之配置獨特，潮汐水位與海流特性之變化更為國內僅見。

海流與海岸漂沙運移、海岸地形之變遷、港口內外污染質之擴散與追蹤、船舶進出港口之操航等關係密切，為一項極重要之海岸工程研究課題。儘管高雄港港域海氣象實際調查結果顯示風、浪、潮及海流對現有港灣環境與設施之影響甚為輕微，但複雜之海流特性仍是海流數值模擬計算之極佳研究海域。

4-2 海流計算模式

理想的海流計算模式應可配合研究海域之全面需要，將可能會影響海流之構成因素儘量納入。經評估結果，本研究選用之計算模式為丹麥水力研究所(DHI)研發之水動力計算模式 MIKE 21-HD。

丹麥水力研究所研發 MIKE 21-HD 模式主要基於目前世界各國使用之同等模式均採用相同之學理，但該模式經丹麥水工研究所整合開發後，其可提供使用者極佳之操作環境、極快速之運算速度及良好之技術服務，使用紀錄甚為良好。並且該模式目前在國際上有為數眾多之使用者，其中包括許多主要港埠單位如新加坡港等，在國內則有海洋大學河海工程系，成功大學水工

試驗所及中興工程顧問社等使用。衡諸本研究必須面對之複雜影響因子與特有之港灣配置與海域地形，因此，使用像 MIKE 21 這樣操作簡單且有高品質輸出結果之數值模式，將有助於本研究之執行。

MIKE 21-HD 模式能夠考量波浪作用力、潮汐水位變化、風、大氣壓力、地球自轉柯氏力及海底底床摩擦等因素，可模擬海水位變化及海潮流流況。河川流量型態之流源(Source)或如蒸發損失型態之流陷(Sink)，此模式亦皆可加以考慮。至於研究區域之海水位變化及海潮流流況在 MIKE 21-HD 計算模式中主要係以時變性之二維方格網系統加以計算解析。換言之，該模式之計算主要在求解平面 X 及 Y 方向之水深平均連續方程式及動量守恒方程式，其計算輸出結果則包括每一計算時階及格網點上之水深(h)、X 方向通量(p)及 Y 方向通量(q)，根據這三個基本物理量及地形資料，可推導出每一計算時階及格網點上相對應之海水位變化、X 方向流速、Y 方向流速、合成流速(純量)及流向。流場模式校正可藉調整底床摩擦係數(型態及大小)、消散係數(型態及大小)及風摩擦係數(常數或變數)等加以完成。主要之控制方程式如下：

連續方程式：

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

運動方程式：

X 方向：

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

Y 方向：

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

上列式中，各符號說明如后：

$\zeta(x, y, t)$ ：水位變化(m)

$p, q(x, y, t)$ ：x 及 y 向之流量強度($m^3/s/m$)=(uh,vh);

(u,v) 為 x 及 y 方向之水深平均流速

$h(x, y, t)$: 水深

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 ($m^{1/2}/s$)

g : 重力加速度 (m/s^2)

$f(V)$: 風摩擦係數

$V, V_x, V_y(x, y, t)$: 風速及其 x 及 y 方向速度分量 (m/s)

$\Omega(x, y)$: 柯氏 (Coriolis) 參數, 與緯度有關 (S^{-1})

$P_a(x, y, t)$: 大氣壓力 ($kg/m/s^2$)

ρ_w : 水密度 (kg/m^3)

x, y : 空間座標 (m)

t : 時間 (s)

τ_{xx} 、 τ_{xy} 、 τ_{yy} : 有效剪應力分量

4-3 模式建立與計算限制

本計算模式為時變性水深方向積分之二維模式, 使用變方向隱式有限差分法 (ADI FDM) 求解, 模式之穩定條件依水動力學計算之一般準則, 時間間距必須滿足 Courant Number ; C_r 小於 1 之限制, 故計算中, 時距可依計算變數之最大訊息傳遞速度 C_{max} 及空間格距大小 Δx 決定如下:

$$\Delta t_{max} = \frac{\Delta x \cdot C_r}{C_{max}}$$

在計算範圍確立上, 由於其直接關係計算邊界條件之控制, 邊界條件選取及設定良窳將嚴重影響計算結果之精度, 因此計算範圍一般依據現有水位站劃定, 另為檢核計算結果, 計算之研究區域內尚應有水位及流速測站資料可供配合驗證。為此, 必要時, 當進行水理資料之短期實際觀測。

4-4 計算範圍與地形

依據高雄港港域實際海流調查成果知道, 高雄港港域之海流活動可能受台灣海峽、巴士海峽及南海水體流動所影響, 其間, 因地球自轉效應使潮波在漲潮期間由台灣東岸海域繞行至台灣海峽內所造成之水位梯度與相位差異亦為重要之影響因素。

及邊界條件設定上。能正確選定計算範圍並有品質良好之邊界條件資料可供應用，方為海流數值模擬計算準確成功之先決條件。

根據海流與潮汐驗潮站潮位資料收集結果知道，高雄港域之海流實測資料，其調查水深最深處僅約二十米左右，潮位資料在港域南側僅屏東縣南端之蟬廣嘴（測站代號：KT）驗潮站，港域北側具長期水位資料之驗潮站雖有台南縣之安平（測站代號：AP）及將軍（測站代號：CC）兩驗潮站，但將軍驗潮站為省水利局設置之長期驗潮站，潮位紀錄甚完整，因此對高雄港域之海流計算範圍在潮位南北邊界條件設定考量下，本研究選取計算範圍南起蟬廣嘴，北至將軍漁港，兩站之直線距離遠達 150 公里。至於港域海側之邊界設定，因高雄港域海側係屬開敞海域，水深有深至 2,000 米者，海流流速、流向或水位之測量甚不容易，因此若假設其邊界上流速係平行計算港域，則計算範圍可取定如圖 4-4-1，但考慮 DHI 在台灣海峽從事海流流場之計算經驗，則其計算範圍可另取定如圖 4-4-2 所示。另為計算模式之順利運作及為配合計算精度之需求，於上定二大域計算範圍內各別再取定小域計算範圍，分別如圖 4-4-3 及圖 4-4-4 所示。小域計算範圍內之細部計算區域之水深地形係依據海軍測量局最新出版之海圖資料，使用六分帶大地座標(UTM-6)，經大型數化板以人工逐點輸入處理，原始水深資料分佈如圖 4-4-6 與圖 4-4-7 所示。

4-5 邊界條件

依據高雄港域海流計算劃定之大區域計算範圍，蟬廣嘴及將軍漁港將皆以其潮位時變序列分別設定為計算範圍南北端之水位邊界條件，計算海域西側之邊界條件設定海流流速只允許有順邊界流動之流量或流速，垂直邊界流動之流速計算中將強制被抑制，完成大域海流計算後，小域海流計算區域之各側邊界條件，如流速或水位時變量將可自大域海流計算結果之相關位置上萃取，並據以進行小域之海流計算模擬，細部區域海流計算之邊界條件，依上述方法亦可自小域海流之計算結果中萃取其相對位置上之邊界條件。經過大域、小域及細部區域網格計算之變換應用，高雄港之海流及水位變化特性即可精細地計算求得。

4-6 潮汐邊界特性

高雄港區海流數值計算，除邊界條件必須引用鄰近潮位站之潮位資料外，為驗證之需要，高雄港區本身之潮位資料亦是不可或缺的。圖 4-6-1 與圖 4-6-2 由上而下分別為蟬廣嘴、高雄港及將軍漁港 1992 年 7 月與 1993 年

3 月之實測潮位記錄。三驗潮站之潮位資料經潮汐調和分析後，得其各別之分潮常數如表 4-6-1 所示。有關潮型之判斷，引用一般潮型之分類指標：

$$R = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

上式中， K_1 、 O_1 、 M_2 及 S_2 為其各別對應之分潮振幅大小

當 $R < 0.5$ 為半日潮型

$0.5 < R < 1.25$ 為混合潮型

$1.25 < R$ 為全日潮型

將表 4-6-1 之分潮振幅大小代入計算後，可得蟬廣嘴潮測站之 $R=1.27$ ；高雄港 $R=1.37$ ；將軍漁港 $R=0.66$ ，依潮型指標判別，蟬廣嘴與高雄港之潮型皆為接近混合潮之全日潮型，將軍漁港之潮型則為接近半日潮之混合潮型，此結果意謂著若以蟬廣嘴及將軍漁港之潮位分別設定為計算區域南北端之水位邊界條件，則計算區域內之海流流場將受不同潮型水位影響而變化，但計算區域之水位計算結果尚須留存南方水位邊界近混合潮之全日潮特性，此特性之保留在將軍漁港潮差明顯大於蟬廣嘴之情況下，準確地計算模擬流場將格外具有其困難度與挑戰性。

為瞭解計算海域之潮時與潮位之特性關係，自圖 4-6-1 與圖 4-6-2 中節錄部分潮位記錄並分別比較如圖 4-6-3 及圖 4-6-4 所示。以潮時之特性關係而言，於圖 4-6-4 中可清楚比較得知，蟬廣嘴(粗點線表示)之滿潮與乾潮時刻均最早，其次為高雄港(細點線表示)，最後為將軍漁港(實線表示)，由此可判知，在潮汐漲潮時段，計算海域之潮波係由南向北移動，在退潮時段，水位則單純由南而北依序降低。值得注意的是將軍漁港之滿潮時刻約落後高雄港 3.2 小時，比蟬廣嘴落後約 4.0 小時，致使計算海域中，南側潮位邊界在漲退潮時段之平潮點附近時，北側潮位邊界各恰分別為乾潮及滿潮時刻，此水位變化之大延時差距將嚴重考驗計算模式對潮波傳遞特性之掌握。

另就潮差特性而言，高雄港域之潮差平均接近 0.7 公尺，比蟬廣嘴略小，而將軍漁港潮差平均在 1.0 公尺以上，且每日之潮差明顯皆大於蟬廣嘴與高雄港域。再由圖 4-6-4 中 1993 年 3 月 13 日至 3 月 16 日之潮位比較結果可得知，當高雄港域全日潮特性明顯時，在滿潮時刻後，潮位可約保持 18 小時

此水位變化之大延時差距將嚴重考驗計算模式對潮波傳遞特性之掌握。

另就潮差特性而言，高雄港域之潮差平均接近 0.7 公尺，比蟬廣嘴略小，而將軍漁港潮差平均在 1.0 公尺以上，且每日之潮差明顯皆大於蟬廣嘴與高雄港域。再由圖 4-6-4 中 1993 年 3 月 13 日至 3 月 16 日之潮位比較結果可得知，當高雄港域全日潮特性明顯時，在滿潮時刻後，潮位可約保持 18 小時左右皆大於蟬廣嘴潮測站，因此可能導致高雄港港域流場特性之改變，也由此可見高雄港港域潮汐其受水深與地形影響之程度。

4-7 模擬期距

模擬期距之選定主要依潮型、潮位及實測資料可供應用、檢核之期距而定。當風速之效應必須考量時，則模擬期距之決定當首要依其實測期距而定。若僅為潮位及流場特性之檢核，則其模擬期距訂定之自由度將較高，潮位邊界除可由實測資料截取外，更可由潮位預報結果節錄求得。

對高雄港域之流場模擬，本研究使用之模擬期距有三：首先，取用 1993 年 1 月 10 日 10 時至 1 月 11 日 23 時之模擬期距以試算並檢核潮位與流場，其次，使用 1993 年 3 月 8 日 20 時至 3 月 12 日 02 時之模擬期距探討模式計算範圍及配置之影響，最後，使用 1992 年 7 月 18 日零時至 7 月 29 日零時之潮位與風速，配合計算範圍與邊界條件調整，正式進行高雄港域海流流場之數值模擬。

4-8 模式參數設定

本研究使用之海流模式，計算中必須設定之參數如下：

(1)底床摩擦係數

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，其選用範圍約在 20 至 40 間，一般可選用 $n=32$ 。而 Chezy Number 之值域介於 30 至 50 間，考量摩擦係數隨水深變化時可選用 Chezy number。本研究計算選用 $M=32$ 。

(2)風摩擦係數

風摩擦係數主要用來計算風剪力之大小，其係數一般可依下式計算：

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

式中

$$f_o = 0.00063, V_o = 0m/s$$

$$f_1 = 0.0026, V_1 = 30m/s$$

在本研究計算中，當考慮風剪力影響時係以逐時實測風速資料輸入， f 直接由實測風速大小依上式線性插分求得。

(3)渦度係數(Eddy Viscosity)

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)短波之長向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：

$$E \leq \frac{\Delta x^2}{2\Delta t}$$

並可依下式估算其值之大小

$$E = 0.1 \times \Delta x \times V$$

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 觀念依下式估算，即

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

式中， U, V 表水深平均之 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。在本研究模擬海域中，因水深變化甚大，渦度係數係依 Smagorinski 公式於計算中由流速梯度大小自動設定，唯選定 $C_s=0.5$ 。

4-9 高雄港實測之海流與水位

高雄港之潮型為具混合潮之全日潮型、典型之潮位記錄如圖 4-6-1 及圖 4-6-2 所示。為海流數值模擬結果檢核、驗證之需要，首先整理潮性不同期間之海流流向、流速與潮位之關係如圖 4-9-1 至圖 4-9-3 所示，其間實測之海流資料係引用高雄港二港口南側大林蒲放流管附近。港灣技術研究所於 1992 年在水深 20 米，位置為(E120°17'500"; N22°30'41.8")上下層之海流調查成果。由圖 4-9-1 觀察可知，高雄港域在混合潮型明顯期間，於第一次滿潮後之退潮段，海流流向為西北，最大流速約為 45cm/s，發生於退潮段之平潮點上，潮位接近第一次乾潮時，流向轉為東南，自此而後及至第三次滿潮間，流向始終保持東南向，海流在一潮汐週期間向東南流動之時間可長達 18 小時左右，海流之較大流速皆約在乾潮至滿潮之漲潮段平潮點附近發生。

高雄港域在月小潮期間其潮型一般半日潮較顯著，且潮差亦較小。由圖 4-9-2 觀察可得，海流流向在滿潮至乾潮之退潮段上，流向為西北，在乾潮至滿潮之漲潮段上，其流向為東南，但向東南之海流持續時間僅約 4 小時左右，流向在半月潮顯著期間明顯會隨潮汐之漲退而變化，且流速在退潮段亦大多較漲潮段為強。

在月大潮與月小潮間，高雄港之潮型其全日潮特性甚明顯，以圖 4-9-3 為例，民國 81 年 7 月 26 日零時起，一日內僅明顯存在第一次滿潮與乾潮，第二次滿潮與乾潮甚不易辨識，但其潮位之日起伏狀況與圖 4-9-1 比較仍甚接近，故而海流流向隨潮位之變化特性與混合潮型期甚相似，亦即僅在第一及第三次滿潮後之退潮段，流向為向西北，其他時刻則大約在東北至西南向間變化，西南向海流延續之時距仍高達 8 小時，在流速之大小方面，因全日

潮顯著期間潮差一般皆較大，故其在滿潮至乾潮之退潮段期間，流速可高達 70cm/s。

觀察以上實測海流與潮位之關係，可得高雄港港口南側近岸海域之海流特性如下：

- (1)自滿潮至乾潮之退潮期間，海流流向為西北，乾潮至滿潮之漲潮期間，海流流向為東南。
- (2)滿潮或乾潮後約 3 小時，即在漲退潮段之平潮點附近，海流流速一般皆較大，且退潮段流速會明顯比漲潮段流速為強。
- (3)海域水體上下層海流之流向並不一致，甚且有西北、東南反向者。
- (4)海流之流向以下層水體隨潮位漲落變化之特性較明顯，且上層流速一般皆比下層流速大。

4-10 海側邊界平行計算港域之海流模擬

4-10-1 大域海流模擬

高雄港域海側邊界平行計算港域之大區域計算範圍與地形如圖 4-4-1 所示，計算區域之最南側為蟬廣嘴，最北端則為將軍漁港。為檢核模式，計算中將暫不考量風之影響。高雄港 1993 年 3 月 9 日至 10 日一潮汐週期之海流逐時模擬結果如圖 4-10-1a 至圖 4-10-1i 所示。圖 4-10-2 由上而下分別表示高雄港二港口外計算之流向、流速與水位比較。由水位比較圖知，以蟬廣嘴及將軍漁港潮位做為計算之邊界條件，可得高雄港外頗為準確之計算潮位，且由流向及流速對照水位判讀，可得高雄港在漲潮段平潮點經滿潮時刻至退潮段平潮點，其對應之流向角度約為 330 度，即偏北北西向流動、流速在近滿潮時刻最大；在退潮段平潮點經乾潮時刻至漲潮段平潮點，其對應之流向角度為自 170 度逆時鐘方向變化至約 90 度，亦即流向由南南東漸向東旋轉，流速亦在近乾潮時刻最大。唯各時段最大流速並無大小區別。

4-10-2 小域海流模擬

小域海流之模擬計算，主要在承繼大域海流之計算結果，並提供細部計算區域所需之計算邊界條件。此外，因小域海流網格之格距大小已做適當之減縮，因此亦能輔助瞭解研究區域整體性較粗略區域之水理現象。

高雄港小域海流模擬一潮汐週期之模擬結果，如圖 4-10-3a 至圖 4-10-3g 所示，綜觀圖 4-10-3a 至 g 可知，若將計算範圍之海側邊界取其為平行計算港域並在計算範圍之南北邊界上直接以潮測站之潮位時序列為潮

位控制條件，則計算所得之海流其流速及流向隨潮位變化之特性是甚為規則的。圖 4-10-4 高雄港二港口內外港口計算海流流向、流速及潮位比較圖。配合圖 4-10-3 之海流平面流場圖可知，二港口外(計算點座標為 P(90,120))之最大海流流速約為 40cm/s，發生之時刻約與潮汐之滿潮及乾潮時刻同相位，且在滿潮時刻附近，流向約為西北至北北西間，在乾潮時刻，流向則轉為東南至南南東間。二港口內(計算點座標為 P(120,110))之流速最大約僅為 20cm/s 左右，最大流速發生之時刻與港口外比較有 3 小時之時差，即皆約發生在漲退潮段之平潮點上。港內流向在退潮段約為西南，在漲潮段則向東北。

4-10-3 海流模式驗證

回顧高雄港二港口南側實側之海流與水位特性(參見 4-9 節)，並將其分別與圖 4-10-2 及圖 4-10-4 大域及小域海流模擬計算結果之特性相對照，比較後可得，對高雄港港域之海流模擬，若將其計算範圍取其海側邊界平行計算港域，則僅潮位之特性稍可準確掌握，至於海流之流速與流向其隨潮位變化之特性將不易顯現，唯在海域半日潮支配海流運動期間，計算與實測之海流特性仍是甚為相似地。

4-10-4 海流模式校核

校核海流模式之計算結果可自邊界潮位及校核點實測與計算潮位之比較著手。圖 4-10-5 中，計算設定之邊界潮位站蟬廣嘴(代號 KT)及將軍漁港(代號 CC)其潮位時序變化皆以細實線表示，潮位校核站高雄港二港口(代號 KS)潮位時序變化以粗點線表示，粗實線為大域計算範圍二港口外座標點 P(60,151)之潮位計算結果。比較圖中高雄港第二港口 1993 年 1 月 10 日 18 時起之計算與實測潮位可得知，在第一及第三滿潮時刻附近，計算與實測潮位甚為吻合，但在 1 月 11 日 3 時起之漲潮段至 15 時止之退潮段間，計算與實測潮位之差異則甚可觀，最大潮位差距約可達 20 公分，且在漲潮段，計算潮位低於實測潮位，在退潮段則計算潮位高於實測潮位，將計算潮位再與計算邊界設定之潮位對照比較，結果顯示計算潮位係介在邊界設定潮位間，由此可看出，計算潮位在模式計算中將完全依照邊界設定之潮位合理反應，但將高雄港之實測潮位與蟬廣嘴實測潮位比較，自圖中可明顯看出，在 1993 年 1 月 11 日裏，蟬廣嘴之實測潮位在第一次及第二次乾潮期間，潮位皆比高雄港實測潮位為低，此實測之潮位變異現象

對海流計算模式而言，除非調整計算範圍之邊界條件或改變計算範圍並引入地形水深之影響，否則海流與潮位將無法準確模擬。

由於高雄港與蟳廣嘴實測潮位之變異特性，在現有計算範圍內調校設定之邊界條件以提高海流及潮位模擬之準確度是可行地，以下為本研究調校邊界條件之校核結果：

(1)平均水位調校

引用實測之邊界潮位資料為基準，保持將軍漁港之潮位時序列，將蟳廣嘴潮位時序列扣除平均水位值 0.085 公分，依此潮位條件計算，可得高雄港二港口模擬之海流與潮位如圖 4-10-6 中之細點線，粗點線為潮位不調校之原始計算結果，實線為實測之潮位。比較其結果可得，調降蟳廣嘴(南側邊界條件)之潮位平均值可使計算潮位向低潮位方向移位，雖然在計算期間之第二次滿潮之退段上可接近實測水位，但在漲潮段之潮位差異則增大，對流速大小之影響不大，但可影響第三次滿潮漲潮段流向改變之起動時間。若保持蟳廣嘴之潮位時序列，將將軍漁港之潮位時序列扣除平均水位值 0.12 公分，則高雄港二港口模擬之海流與潮位變化如圖 4-10-7 所示，由圖中粗細點線之計算結果比較可知，調校將軍漁港(北側邊界條件)之平均水位對高雄港二港口水位之影響甚為微小，但會影響流速之大小，對於第一次乾潮後之流向改變起動時間亦會造成提前之效果。

(2)潮時調校

圖 4-10-8 為調整蟳廣嘴平均潮位後，再調整將軍漁港潮時使其較實測潮時提早 30 分鐘之高雄港二港口計算所得之流場與水位。比較圖 4-10-8 內之細點線與圖 4-10-6 中之細點線結果得，調校將軍漁港之潮時對高雄港二港口計算潮位影響不大，但對流向之影響與調整將軍漁港之平均潮位效果相似。圖 4-10-9 中粗實線與細點線為同時調整南北邊界之平均潮位後，再將蟳廣嘴實測潮時提早 30 分鐘之高雄港二港口計算流場與潮位比較，由圖比較可知，調整蟳廣嘴潮時可稍提昇高雄港在第一次及第二次乾潮間之潮位，但第一次滿潮位至乾潮位間之潮位將降低。

根據以上計算範圍南北邊界平均潮位與潮時調校結果綜合可知，適當調校邊界條件可改變計算海域海流及潮位之模擬結果，但在計算範圍已劃定之情況下，水深與地形之效應尚無法充分反應，故而在計算之海流與潮

位不能有效模擬實測之特性或計算與實測潮位具明顯之特性誤差時，重新選定考量計算範圍以引入地形水深之影響是必需的。

4-11 計算海域引入水深地形影響之海流模擬

4-11-1 大域海流模擬

根據一般海流模擬選取計算範圍之經驗，原本取海側邊界平行計算港域是最通常之選擇，但對高雄港域之海流模擬並不適用。為於計算港域內引入水深地形之影響效應，劃定大域海流模擬之計算範圍如圖 4-4-2，計算範圍之北端仍以將軍漁港之潮位時序列為潮位邊界控制基準，南端則以蟬廣嘴潮位時序列為潮位邊界控制基準，再將計算範圍南北邊界上之潮位與潮時依表 4-11-1 之參數差分設定，海域西側邊界假定僅有沿邊界流動之海流速度分量，考量風速、風向之逐時影響，則依表 4-11-1 圖號 4-11-2i 潮位潮時調整參數設定邊界條件，自 1992 年 7 月 18 日至 1992 年 7 月 29 日計算所得之大域海流一潮汐週期之部分逐時流場如圖 4-11-1a 至圖 4-11-1g 所示。由逐時流場圖可看出，在高雄港域二港口南側，即座標位置約為 P(65,30)處，海流在 1992 年 7 月 27 日第一次滿潮之漲潮段平潮點上，其流向為向東南，在第一次滿潮時，流向反轉向西北，第一次滿潮後在退潮段近平潮點前，流向依舊保持西北向，但至第一次乾潮時又反轉向東南，自此而後至第二次乾潮期間，流向皆保持向東南。造成此種流向變化特性之機制由大域流場圖觀察可知，其主要之影響係來自高屏斜坡之地形效應及東港與小琉球間之環流所致。

4-11-2 大域海流模式驗證與校核

在大域計算範圍中，為使高雄港域計算之海流與潮位接近實測之特性，在水深及地形效應已於計算範圍涵括後，調校邊界條件為唯一可行之途徑。依表 4-11-1 調校南北邊界之潮時及潮位後，高雄港域二港口南側，座標點 P(65,30)上計算之海流流向、流速與潮位(實線)其與大林蒲外 10 米水深處下層水體實測海流特性(虛點線)驗證結果分別如圖 4-11-2a 至圖 4-11-2q 所示。比較以上驗證結果可得，調校邊界條件以圖 4-11-2d、圖 4-11-2h 及圖 4-11-2i 計算所得之海流與潮位其與實測所得之總體特性與趨勢最符合。以圖 4-11-2d 之驗證比較為例，其計算與實測潮位甚為吻合，流向亦頗為一致，但流速大小之變化趨勢則有待改善。再以圖 4-11-2i 為例，其計算與實測潮位雖有些許差異，但流速與流向之變化趨勢與大小則頗能顯現實測之特性，所欠缺的僅為海流及潮時相位之偏移而已。

為瞭解高雄港域更多之實測海流特性，依文獻資料可得高雄港域最近期之海流實測資料如圖 4-11-3 及圖 4-11-4a 及 b 所示，觀察圖 4-11-4a 可知，1995 年 3 月 19 日左右，海流有長時間恒向西北流動之特性，另由圖 4-11-4b 觀察可知，在 1995 年 4 月間，海流向東南流動之流速比向西北之流速為大，且延時亦較長，以上實測海流特性，本計算海流模擬之結果僅能部分滿足。

在高雄港港域北側，於彌陀海域實測所得之海流特性如圖 4-11-5 與圖 4-11-6a 及 b 所示，由海流流場圖與潮位對照可知，彌陀海域海流其隨潮位變化之特性甚明顯。及至更北端之興達港海域，其實測之海流特性如圖 4-11-7a、b 及 c 所示，圖 4-11-8 為相同海域，依圖 4-11-2d 計算所得之海流與潮位，比較此不同時期之實測與計算海流特性可知，在高雄港海域北側之海流，其計算與實測之特性吻合度較高。

綜觀以上海流驗證與校核結果知道，儘管海流計算模式已於計算中對計算範圍、地形、水深、邊界潮時及潮位進行調整校正，但欲重現高雄港域之海流特性仍甚不容易，尤其在港域海側潮時延遲無法確定下，精確掌握高雄港域之海流特性對本數值模擬研究而言仍有其困難度。

4-11-3 小域海流模擬

小域海流模擬之主要目的在於銜接大域與細部海流之數值模擬。在小域海流模擬中，所有之流速及潮位邊界條件皆截取自大域海流模擬之結果，只要大域海流模擬結果能有效且準確模擬計算海域範圍之海流特性，則小域海流之模擬更可輔助計算精度與解析度之提高，對於計算海域特定位置之海流特性更可加以清礎觀察。

依表 4-11-1 中圖號 4-11-2i 定之邊界條件求得圖 4-11-1a 至圖 4-11-1g 之大域海流結果後，應用圖 4-4-3 之小域計算範圍與地形，首先截取大域相關位置之流速、流向或潮位作為邊界條件，仍考量相同之逐時風速風向影響，依本模式計算可得高雄港域小域海流一潮汐週期之模擬流場如圖 4-11-9a 至圖 4-11-9i 所示。各圖中，高雄港二港口南側大林蒲 10 米水深處海流實測位置約在網格點 P(100,75) 上，高雄港域網格位置則在 P(100,75) 至 P(100,110) 間，P(85,35) 之陸地區為東港海域外之小琉球，在 1992 年 7 月 2 日第一次滿潮時，由圖 4-11-9a 可看出，海流自台灣海峽南端北上，在小琉球海域北側分裂為二束，一束沿高雄港域北上，另一束則向外海流動，在此時期，計算範圍北側因局部海域之潮時延遲，亦有部分海流南下並阻擋沿高雄港域北上之海流。在第一次滿潮後之退潮段上，由

圖 4-11-9b 可明顯看出，高雄港域海流朝西北流動之特殊現象。當潮位到達第一次乾潮時，原向西北流動之海流已正常地受潮位影響而轉向東南，唯自第一次乾潮時起至約第二次乾潮時止之全日潮漲潮段，由圖 4-11-9d 至圖 4-11-9f 可看出高雄港域長達 12 小時之海流恒向東南流動之特性。在第二次乾潮後之漲潮段，因潮位之影響，高雄港域外之海流再次由東南反轉向西北流動。由以上一潮汐週期之小域流場模擬結果亦可探知，因水深、地形及潮時之影響，採用海側邊界平行計算港域之計算範圍劃定，其之所以不適用於高雄海域流場模擬之原因。

4-11-4 小域海流驗證

小域海流模擬，由於計算邊界條件取自大域海流之模擬結果，因此在大域海流模擬計算中所求得之特性仍會在小域海流模擬結果中顯現。圖 4-11-10 為高雄港二港口南側大林蒲 10 米水深處底層海流實測與模擬結果之驗證比較，由圖可看出除相位稍有偏移不吻合外，整體海流與潮位之變化特性，模擬與實測仍甚一致。

4-11-5 細部海流模擬

延續小域海流模擬之計算結果，並截取其海流流速、流向與潮位做為細部海流模擬之邊界條件，取計算範圍如圖 4-4-5，則高雄港區港內及一、二港口一潮汐週期之海流模擬結果可得如圖 4-11-11a 至 4-11-11g 所示。各圖中之潮位係以二港口南側第十船渠內之驗潮站為潮位說明基準。由港內海流之模擬結果比較可知，高雄港港內海流流速甚小，最大流速約僅 20cm/s，發生在前鎮河北側，約第#48 至第#57 號碼頭間航道上。

在港口流速方面，二港口內港口之向外流速最大約為 1m/s 左右，向內之最大流約在 50cm/s 上下，且二港口內港口之流速較大於一港口內港口流速。仍以二港口第十船渠內之潮位為基準，則一港口附近海域及港內航道流場隨潮位變化之細部特性如圖 4-11-12a 至圖 4-11-12i 所示，至於二港口附近海域及港內航道流場隨潮位變化之細部特性如圖 4-11-13a 至圖 4-11-13i 所示。

4-11-6 細部海流驗證

細部海流之模擬已可以頗高之解析度探討高雄港港口及港內航道水域之流場，但限於實測驗證資料之缺乏，細部海流模擬結果也僅能以高雄港二港口南側大林蒲水深 10 米及 20 米處上、下層實測海流為驗證依據。

相關驗證結果分別如圖 4-11-14a 與 b 及圖 4-11-15a 與 b 所示，由圖比較可知，計算海流之相位延遲仍無法改善，但流速流向及潮位之逐時變化特性，計算與實測總體上仍甚為一致。

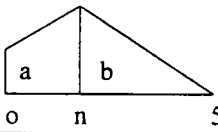
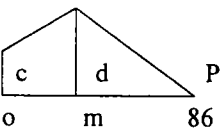
4-12 結語

對於高雄港港域之海流數值模擬研究，由計算範圍調校開始，研究期間曾歷經潮時與潮位調校、計算網格格距調校等工作，整個研究工程，人力及時間之投注可算空前浩大，但對複雜多變的高雄港港域海流特性卻只能掌握其一二，欲精確完整地重現模擬仍似緣木求魚，未來尚待其他實測資料之進一步補充收集與模式調整。僅管如此，對於本研究所求得高雄港域之海流特性，套句俗諺結語是：「雖不滿意，但可接受」。

表 4-6-1 將軍漁港、高雄港、蟳廣嘴之潮汐調和分析常數表

測 站 分 潮			將 軍 港		高 雄 港		蟳廣嘴	
			$Z_0=25.02\text{cm}$		$Z_0=78.05\text{cm}$		$Z_0=17.42\text{cm}$	
No.	分潮	角 頻 率 (度/小時)	振幅 (cm)	相位角 (deg)	振幅 (cm)	相位角 (deg)	振幅 (cm)	相位角 (deg)
1	S_a	0.041068	10.10	208.29	7.77	206.43	6.251	345.377
2	S_{sa}	0.082137	4.92	11.05	5.26	351.52	4.156	64.111
3	M_m	0.544374	1.35	19.47	0.22	206.38	0.408	306.128
4	Q_1	13.398660	0.87	196.02	3.33	220.29	3.251	216.945
4	O_1	13.943035	10.44	202.89	15.95	239.43	16.750	284.441
5	NO_1	14.496694	1.44	240.68	1.20	256.94	1.858	164.465
5	P_1	14.958931	6.39	279.15	5.46	277.91	6.398	336.688
6	K_1	15.041069	19.86	287.15	16.87	285.99	20.535	227.182
7	$2N_2$	27.895355	0.30	57.09	0.88	165.74	0.470	94.549
9	M_2	28.984104	35.55	268.74	16.88	219.59	19.993	189.901
10	MKS_2	29.066242	8.73	288.29	0.84	313.08	1.374	166.995
11	T_2	29.958932	1.57	345.36	0.88	236.17	0.590	80.691
12	S_2	30.000000	10.27	357.16	6.95	228.82	9.255	242.799
13	K_2	30.082138	2.22	8.24	1.91	248.57	2.387	285.819
15	M_3	43.476158	0.08	105.04	0.42	223.46	0.740	195.620
16	M_4	57.968208	0.07	179.07	0.23	307.45	0.380	159.854
17	MS_4	58.984104	1.11	334.38	0.28	11.88	0.442	195.176
18	MSN_6	87.423835	---	---	---	---	0.327	200.623
19	$2MS_6$	87.968208	0.04	352.08	0.18	76.05	0.358	172.603
註: Z_0 : 潮位平均值			中 央 氣 象 局				台南水工試驗所	

表 4-11-1 地形及水深影響下，大域計算範圍南北邊界條件
潮時、潮位調整總表

邊 界 圖 號	北 邊 界			南 邊 界			檔 案
							
	a	b	n	c	d	m	
4-11-2a	-60	---	---	-60	---	---	K295m4rP2
4-11-2b	-120	---	---	-60	---	---	K95m6rP2
4-11-2c	-120	---	---	0	0	---	K95m7rP2
4-11-2d	-120	-180	40	-60	-60	50	K95m8rP2
4-11-2e	-60	-120	40	-60	-60	50	K95m9rP2
4-11-2f	-60	-120	40	-60	-60	40	K95n3rP2
4-11-2g	-60	-120	40	-60 (0.5)	-60 (0.5)	45	K95n6rP2
4-11-2h	-60	-120	40	-120	-120	45	K95n7rP2
4-11-2i	-60	-120	40	-60 (0.8)	-60 (0.8)	45	K95n9rP2 *
4-11-2j	-60	-60	40	+20 (0.7)	+20 (0.7)	45	K95nbrP2
4-11-2k	-10	-20	40	-20 (0.8)	-20 (0.8)	45	K95nerP2
4-11-2l	0	0	56	-20 (0.8)	-20 (0.8)	45	K95ngrP2
4-11-2m	0	0	---	-30	---	---	K95nhrP2
4-11-2n	0	0	---	-60	---	---	K95nirP2
4-11-2o	+30	+60	40	-30 (0.7)	-20 (0.7)	45	K95njrP2
4-11-2p	+60	+120	40	-60 (0.7)	-60 (0.7)	45	K95nkrP2
4-11-2q	+30	+60	40	-60 (0.7)	-60 (0.7)	45	K95njkrP2

註：1.“P”表基準潮位站。

2.“a”，“b”，“c”，“d”欄內數值“+”表潮時較基準潮位站提前，“-”表潮時較基準潮位站落後，單位為分鐘。

3.()內數值為基準潮測站潮位值之倍數。

4.“m”“n”分別表示南北邊界上之網格點數。

5.*為本研究大域海流計算之最佳邊界調整設定。

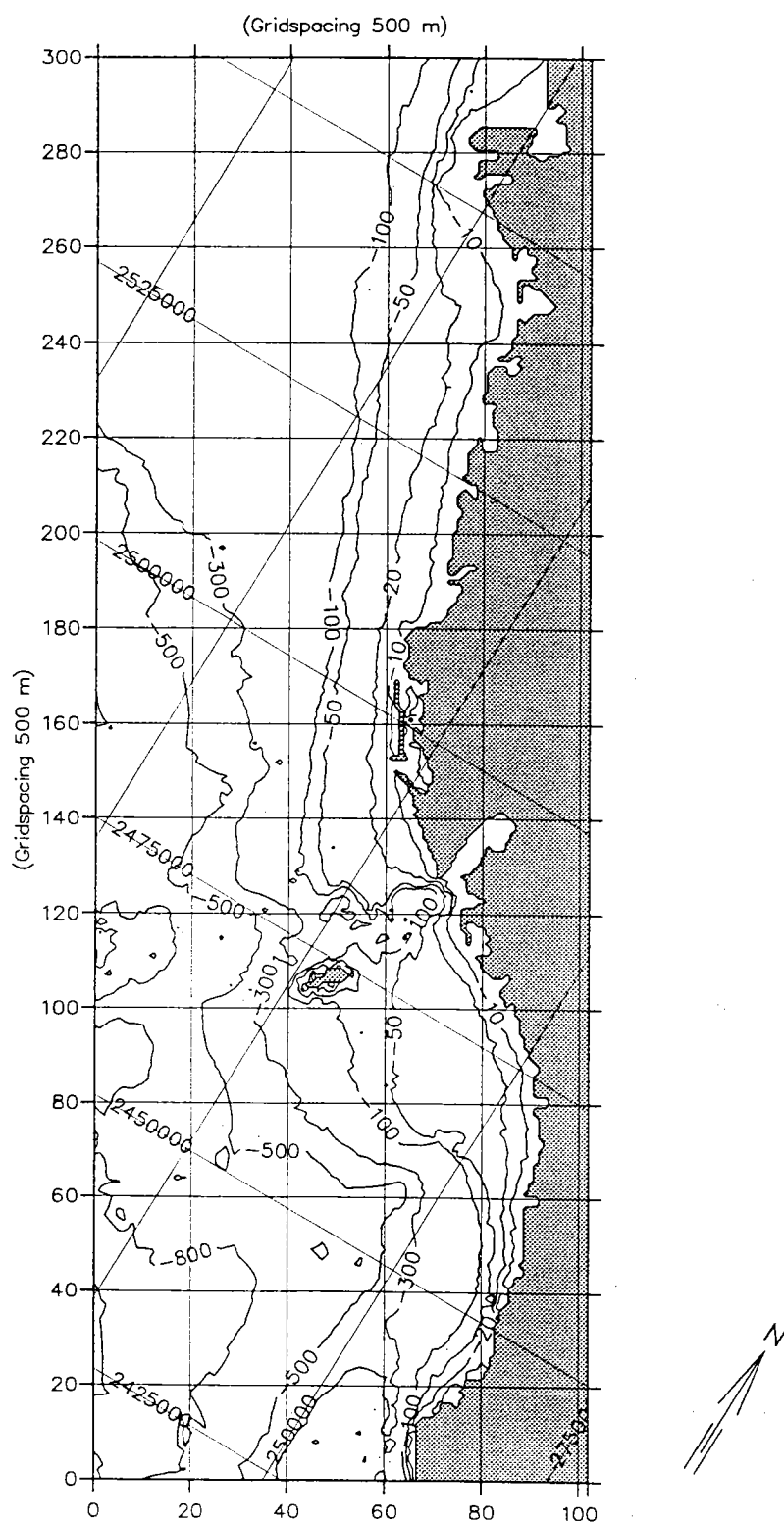


圖 4-4-1 海側邊界平行計算港域之大域計算範圍與地形

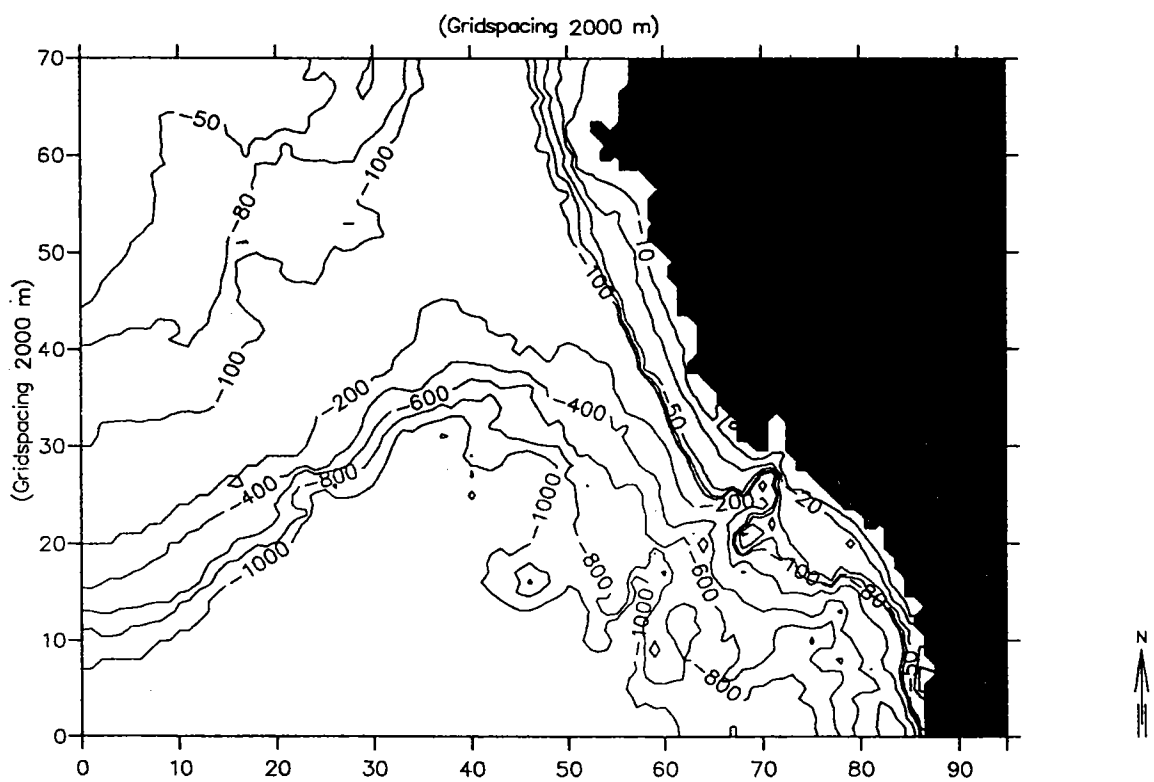


圖 4-4-2 考慮水深、地形影響之計算港域大域計算範圍與地形

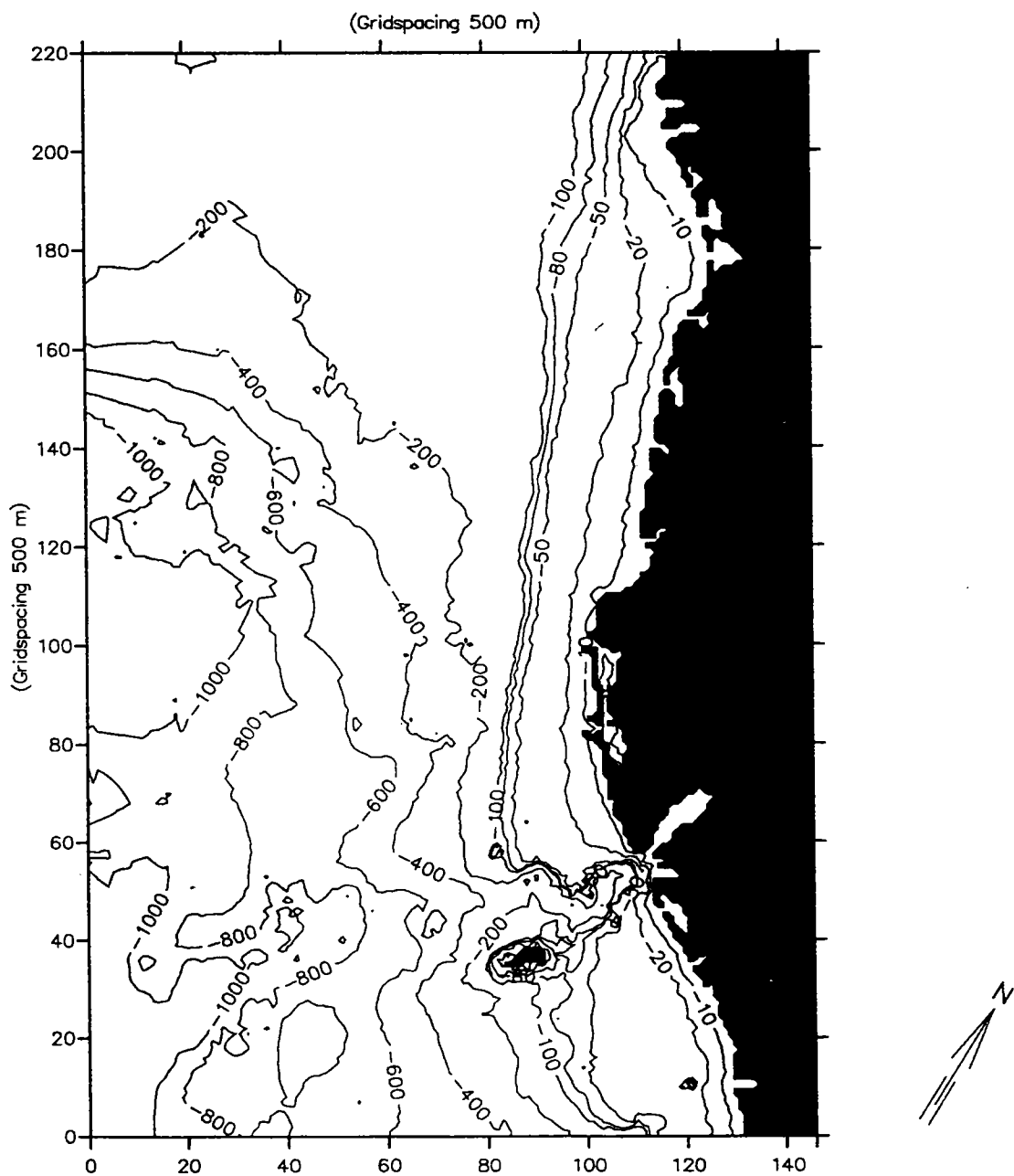


圖 4-4-4 考慮水深、地形影響之計算港域小域計算範圍與地形

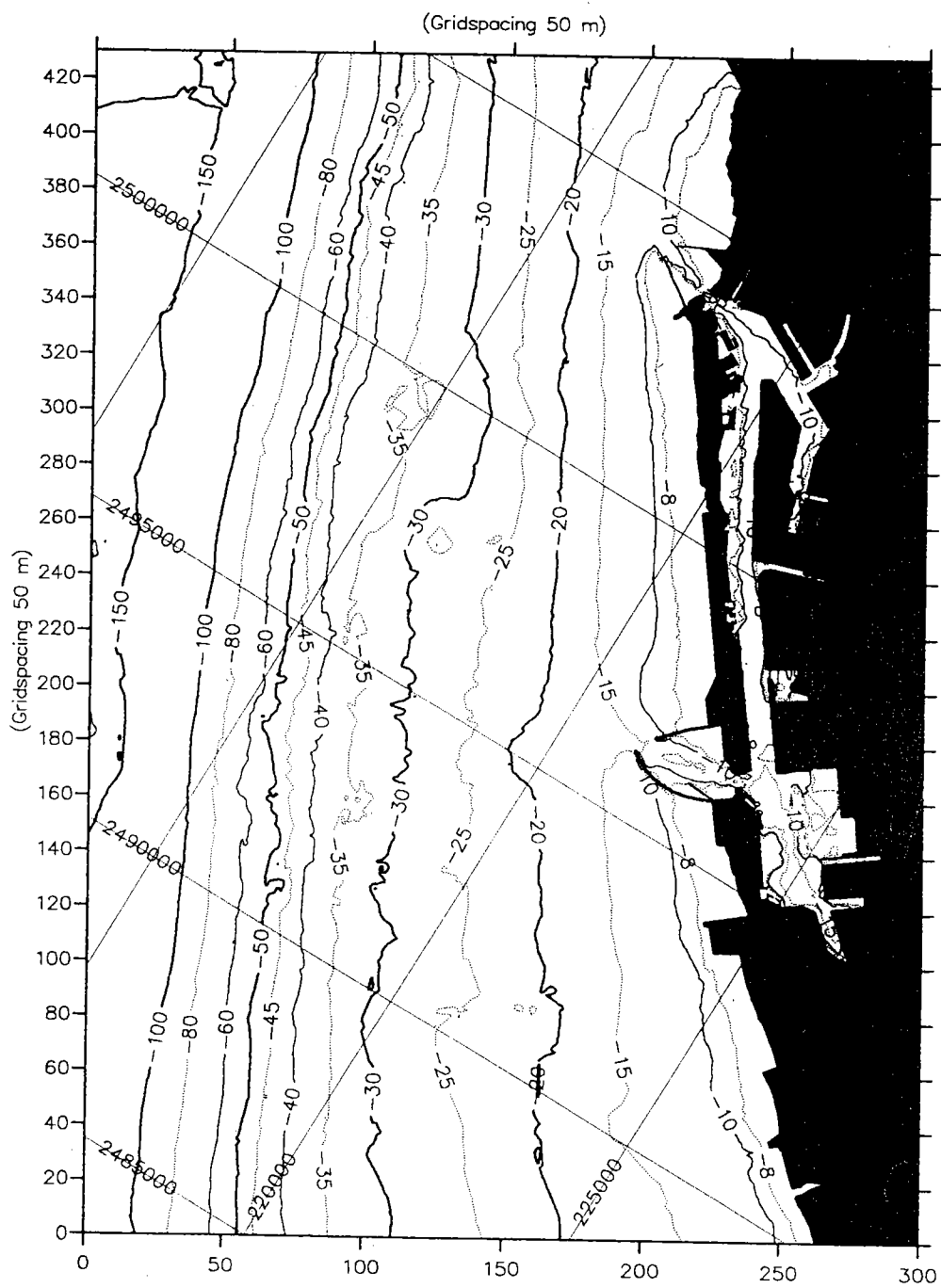


圖 4-4-5 高雄港港域細部計算區域與地形

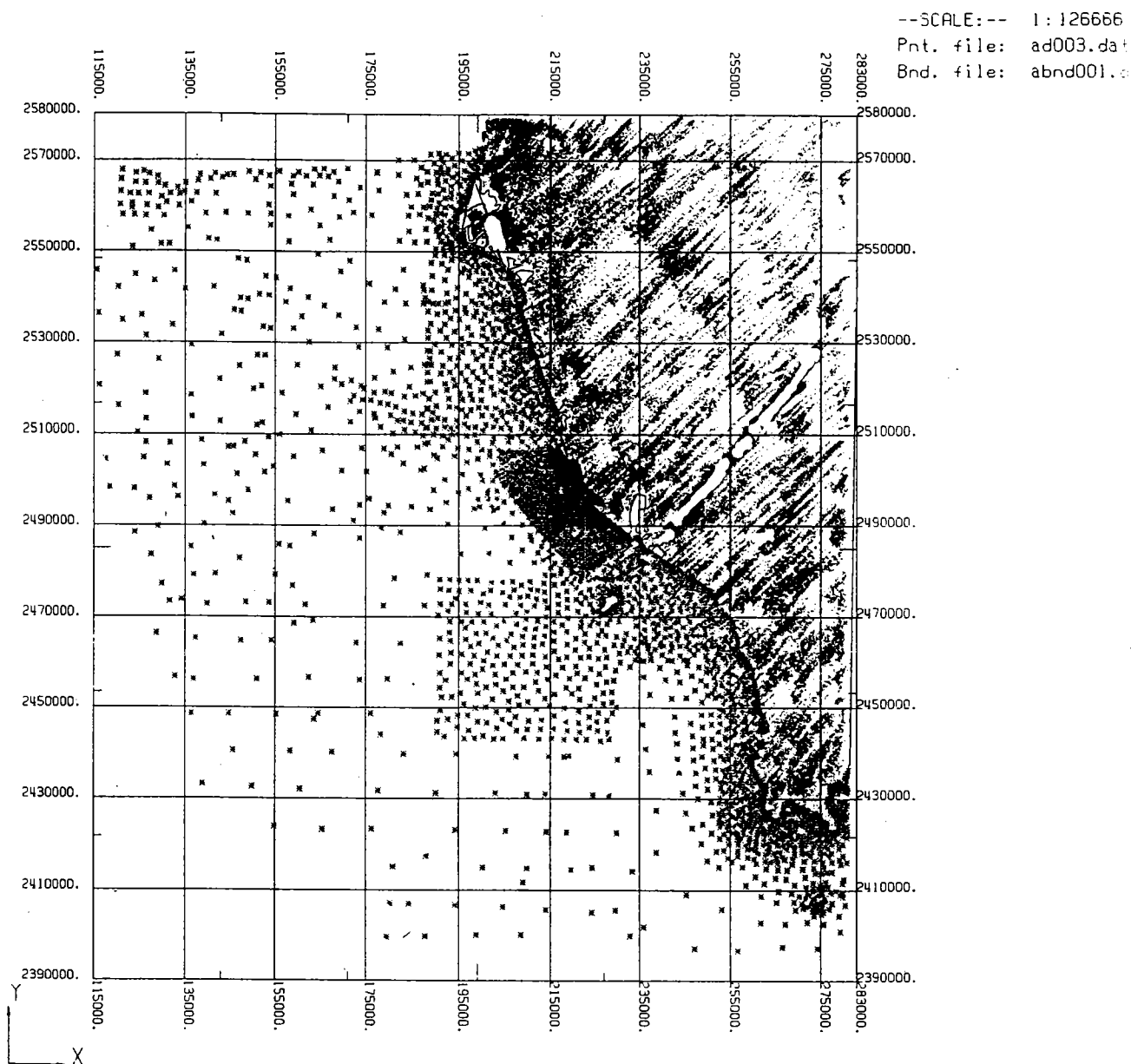


圖 4-4-6 由海圖資料逐點輸入之大域水深資料分佈圖

--SCALE:-- 1:113333
 Pnt. file: kscd.dat
 Bnd. file: ksbound.dat

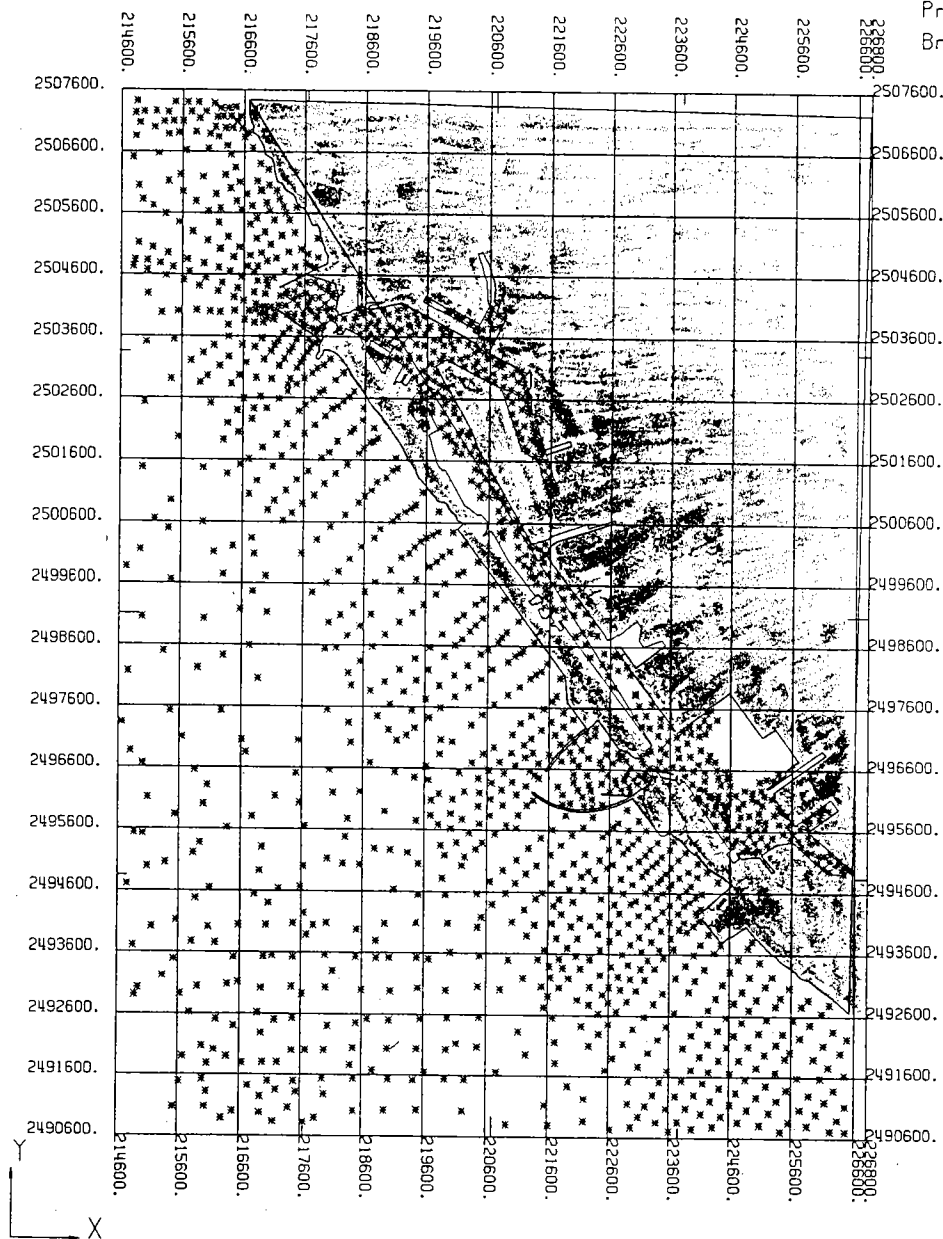


圖 4-4-7 由海圖資料逐點輸入之細部水深資料分佈圖

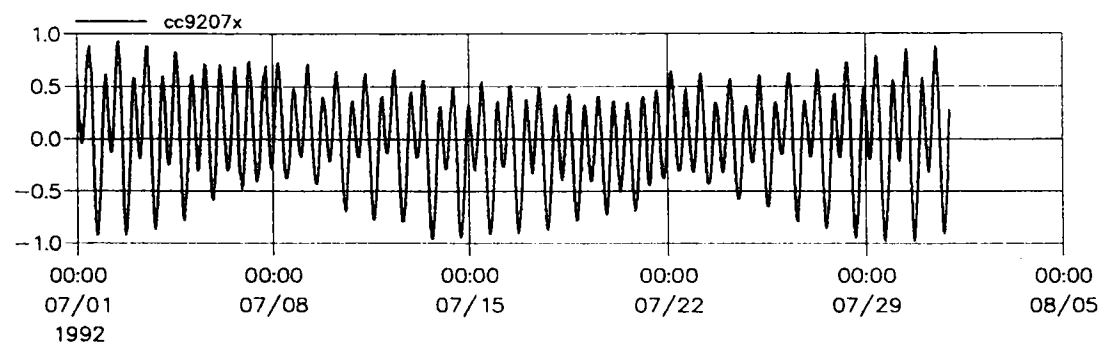
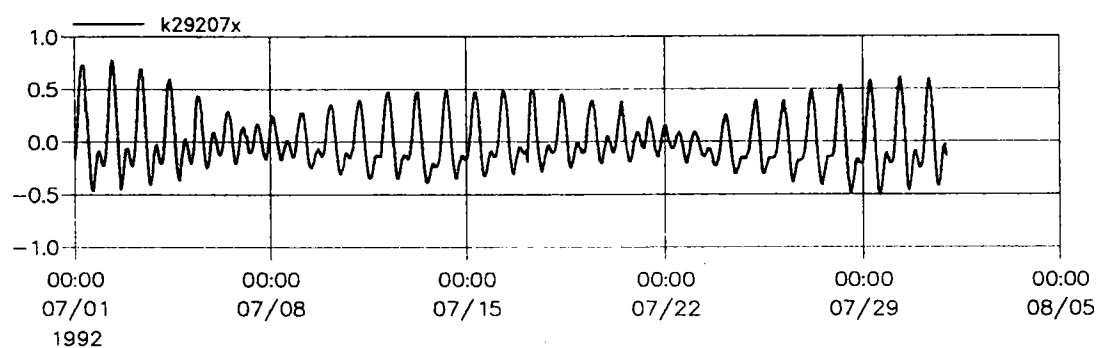
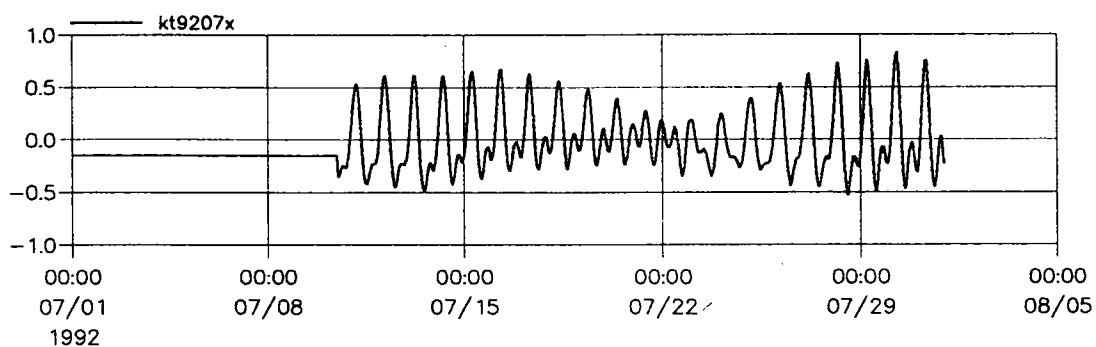


圖 4-6-1 蟬廣嘴、高雄港及將軍漁港 1992 年 7 月之實測潮位記錄

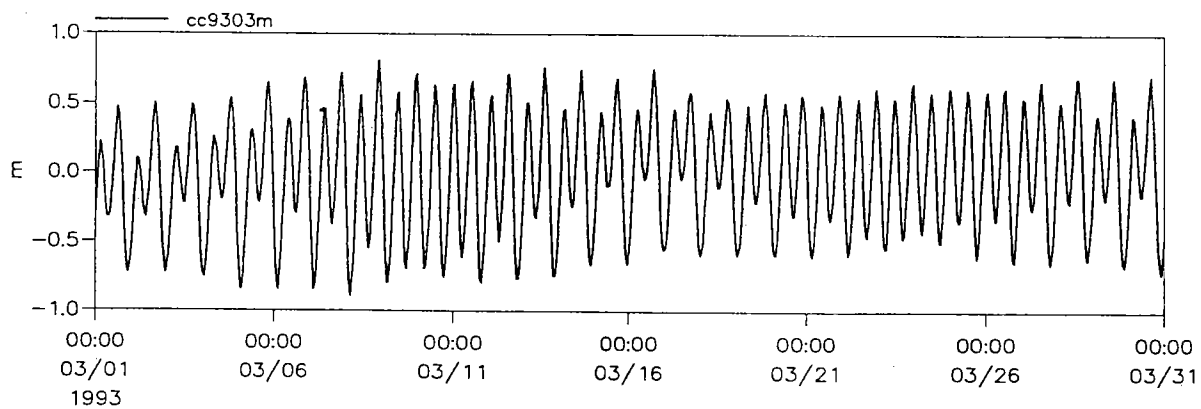
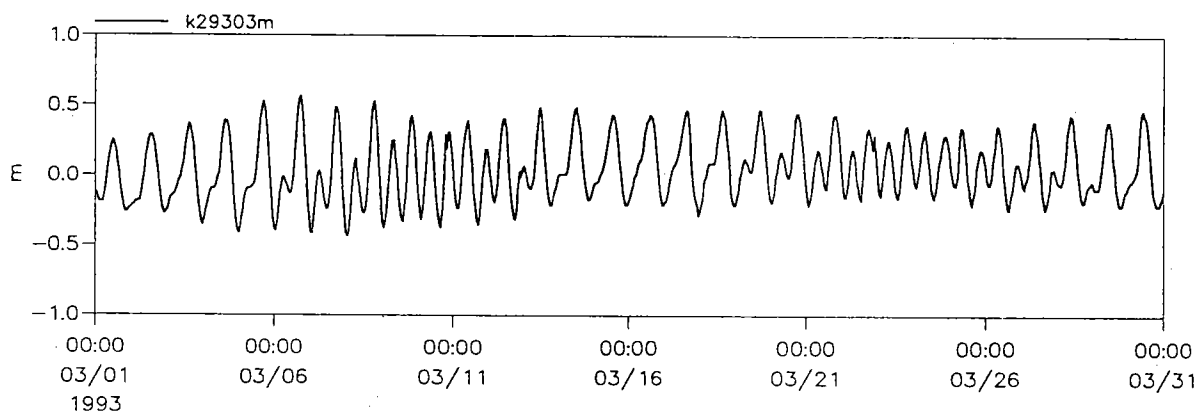
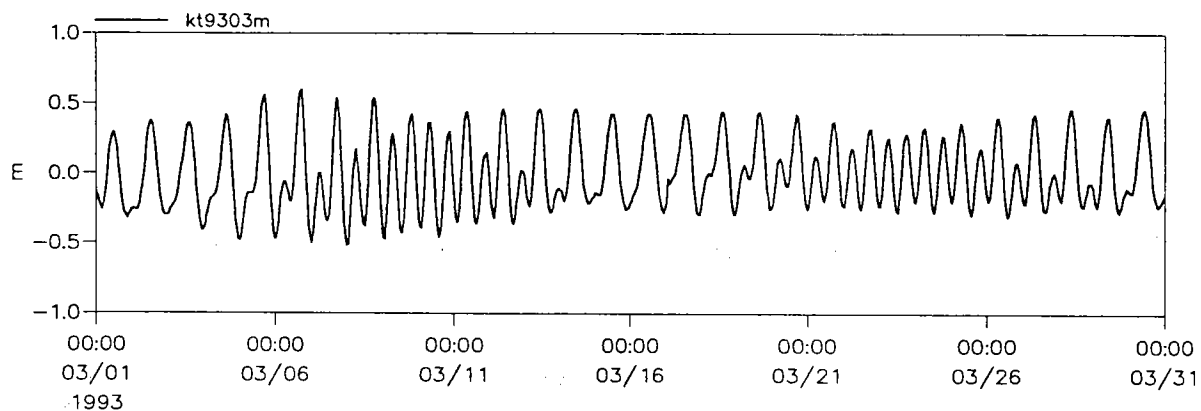
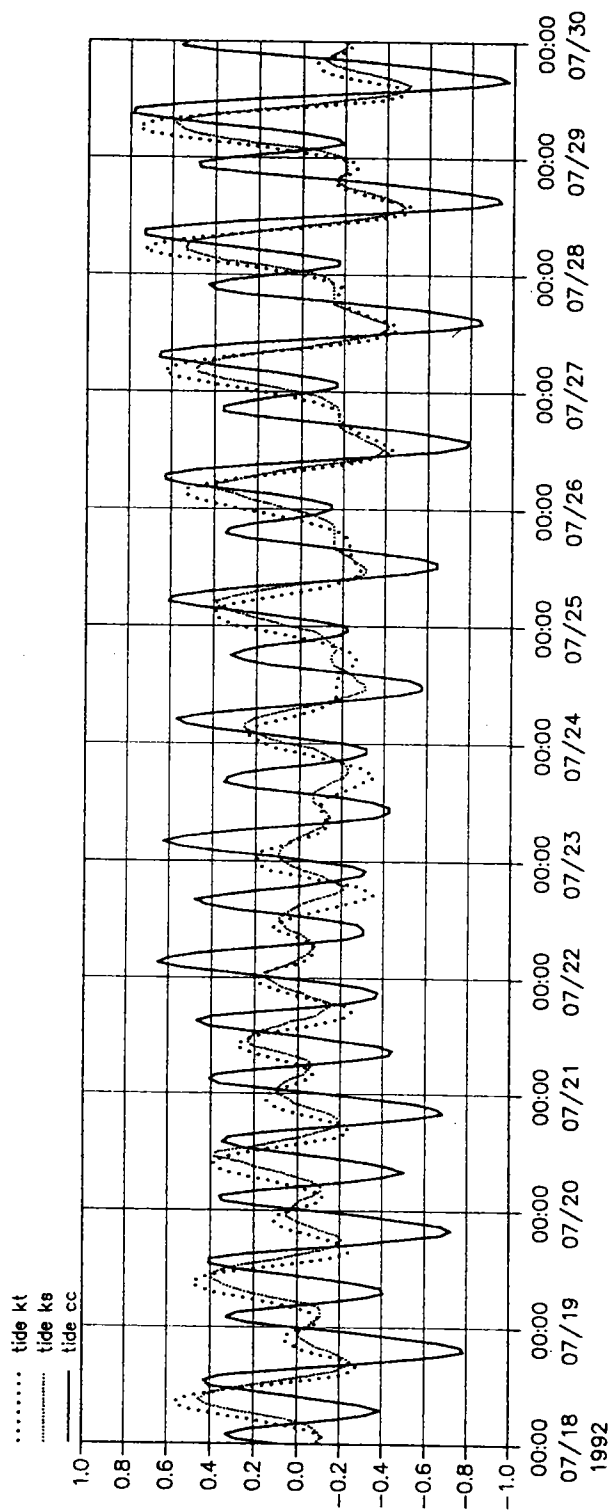


圖 4-6-2 蟬廣嘴、高雄港及將軍漁港 1993 年 3 月之實測潮位記錄



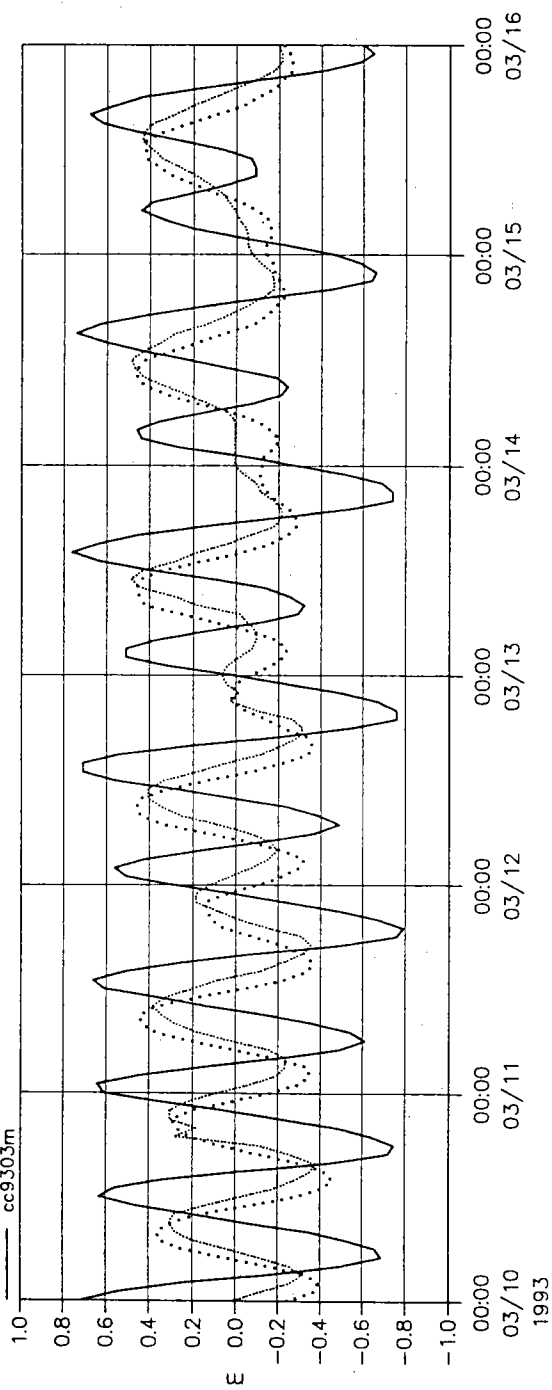
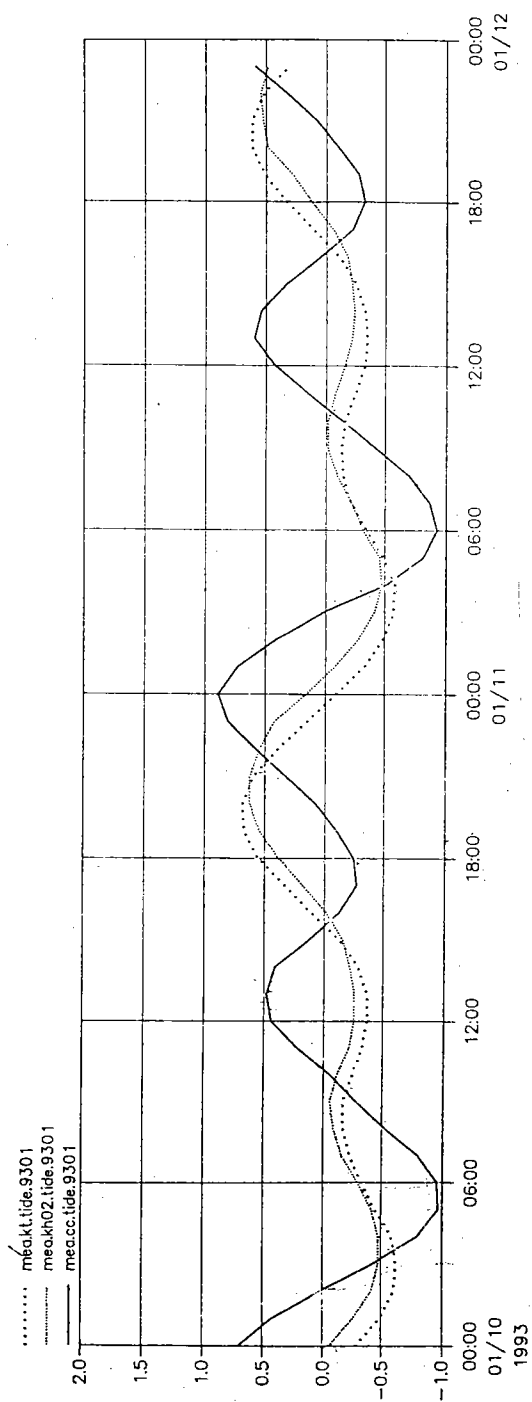


圖 4-6-4 罟廣嘴、高雄港及將軍漁港 1993 年 1 與 3 月之實測潮位比較

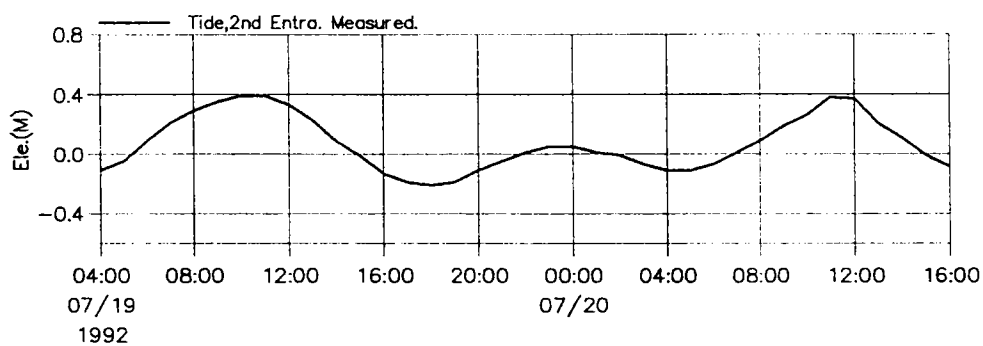
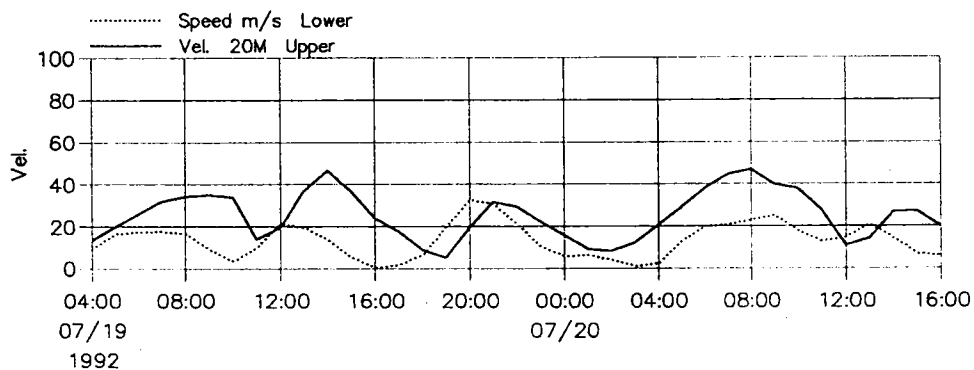
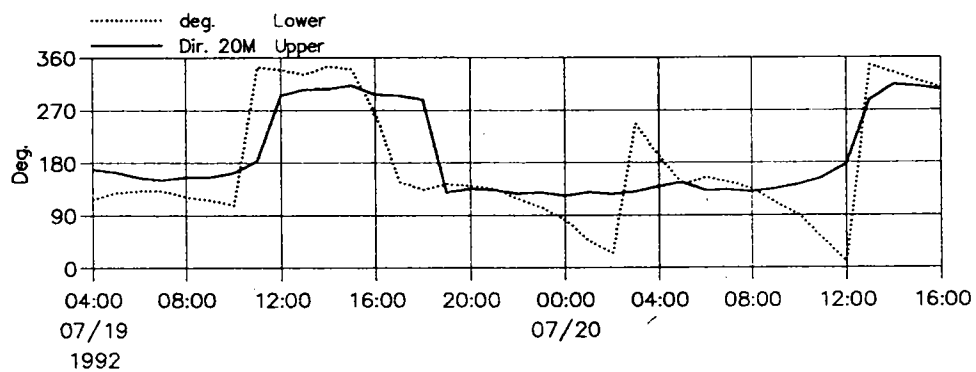


圖 4-9-1 高雄港混合潮型期實測之流向、流速與潮位關係
(1992/07/19 04: 00~1992/07/20 16:00)

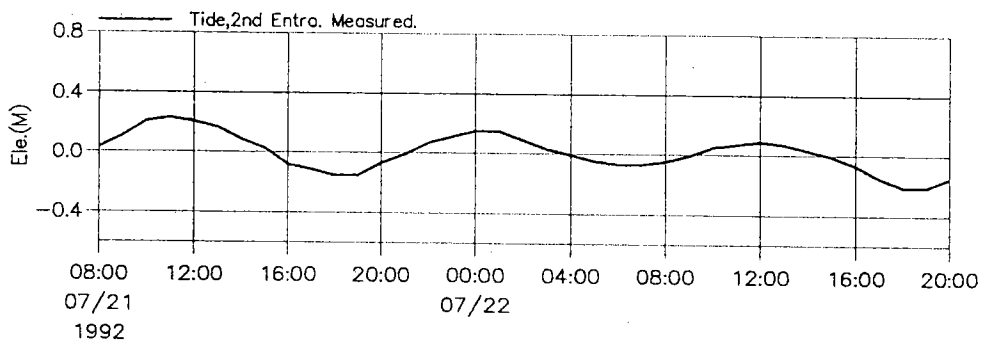
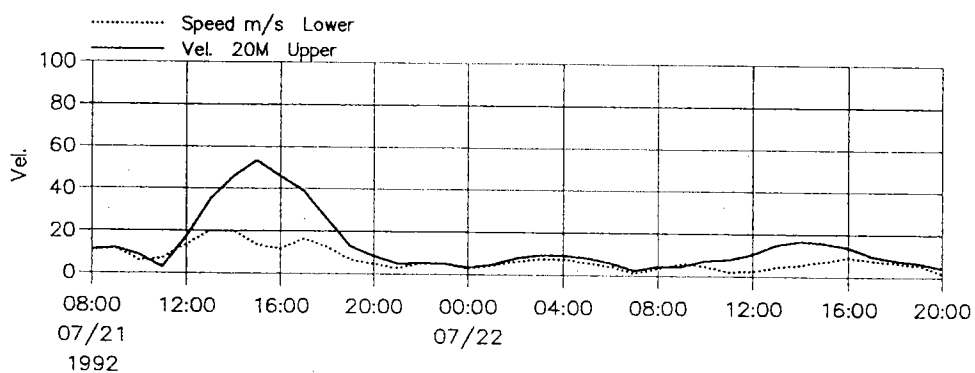
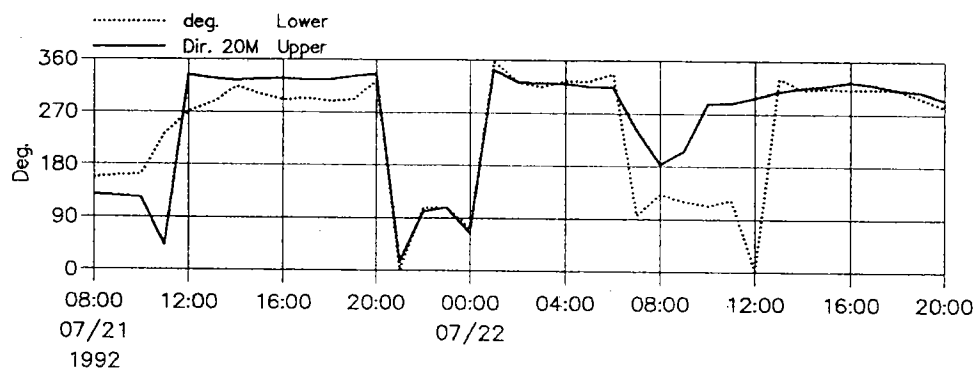


圖 4-9-2 高雄港半日潮型期實測之流向、流速與潮位關係
(1992/07/21 08:00~1992/07/22 20:00)

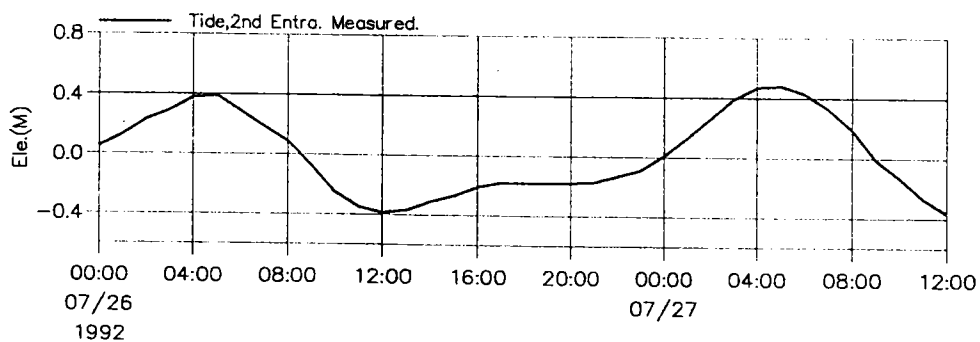
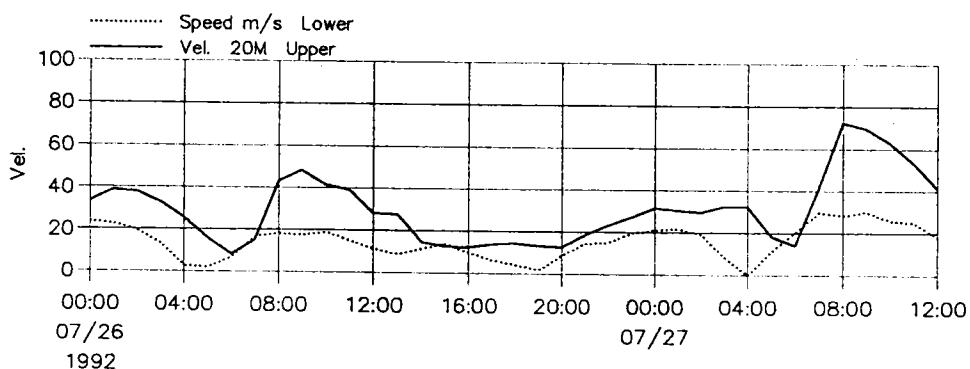
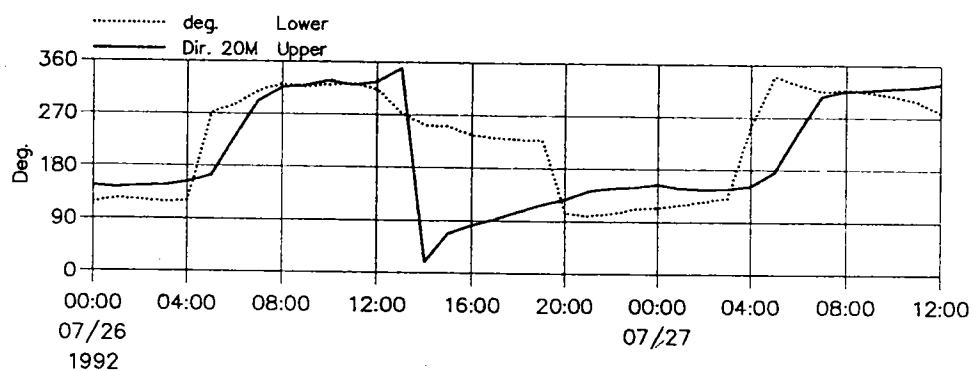


圖 4-9-3 高雄港全日潮型期實測之流向、流速與潮位關係
(1992/07/26 00: 00~1992/07/27 12:00)

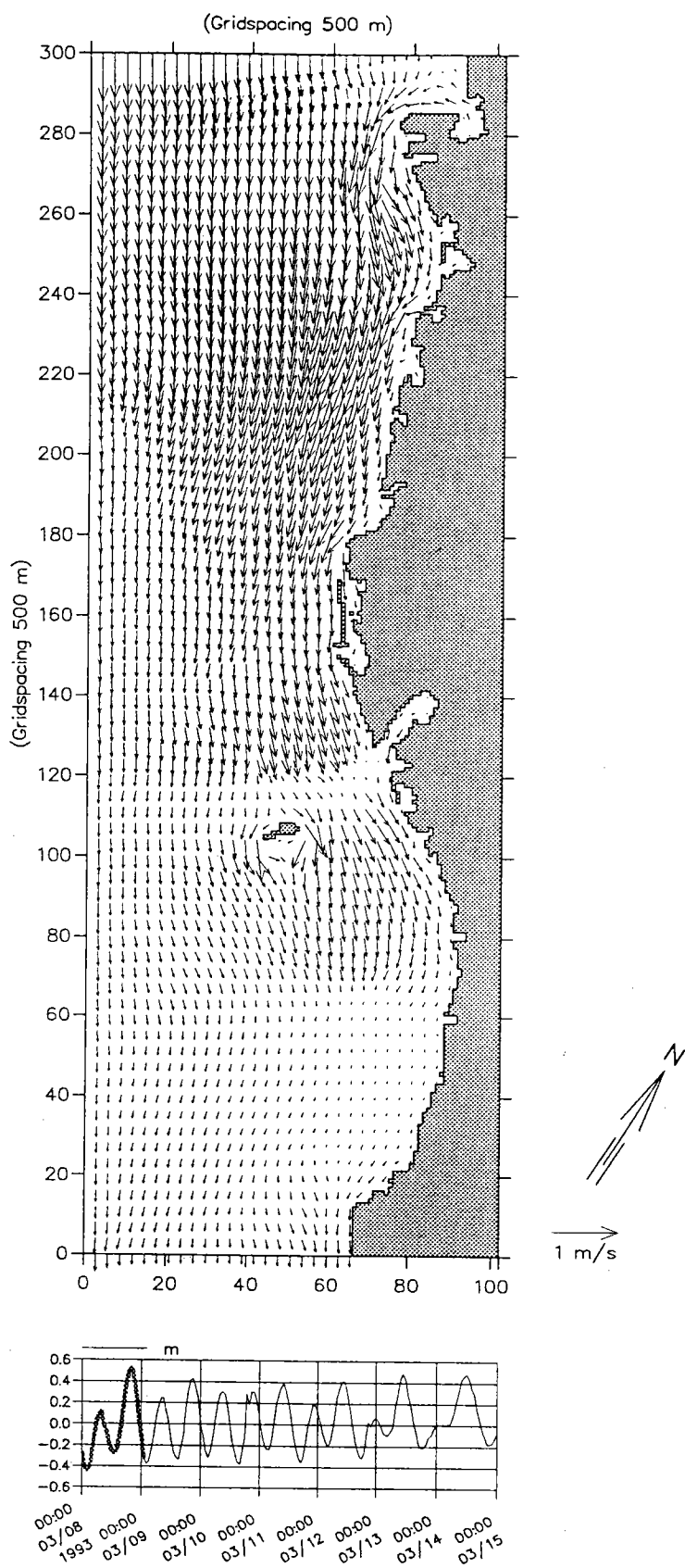


圖 4-10-1a 海側邊界平行計算港域之大域海流計算流場
(1993/03/09 02:00)

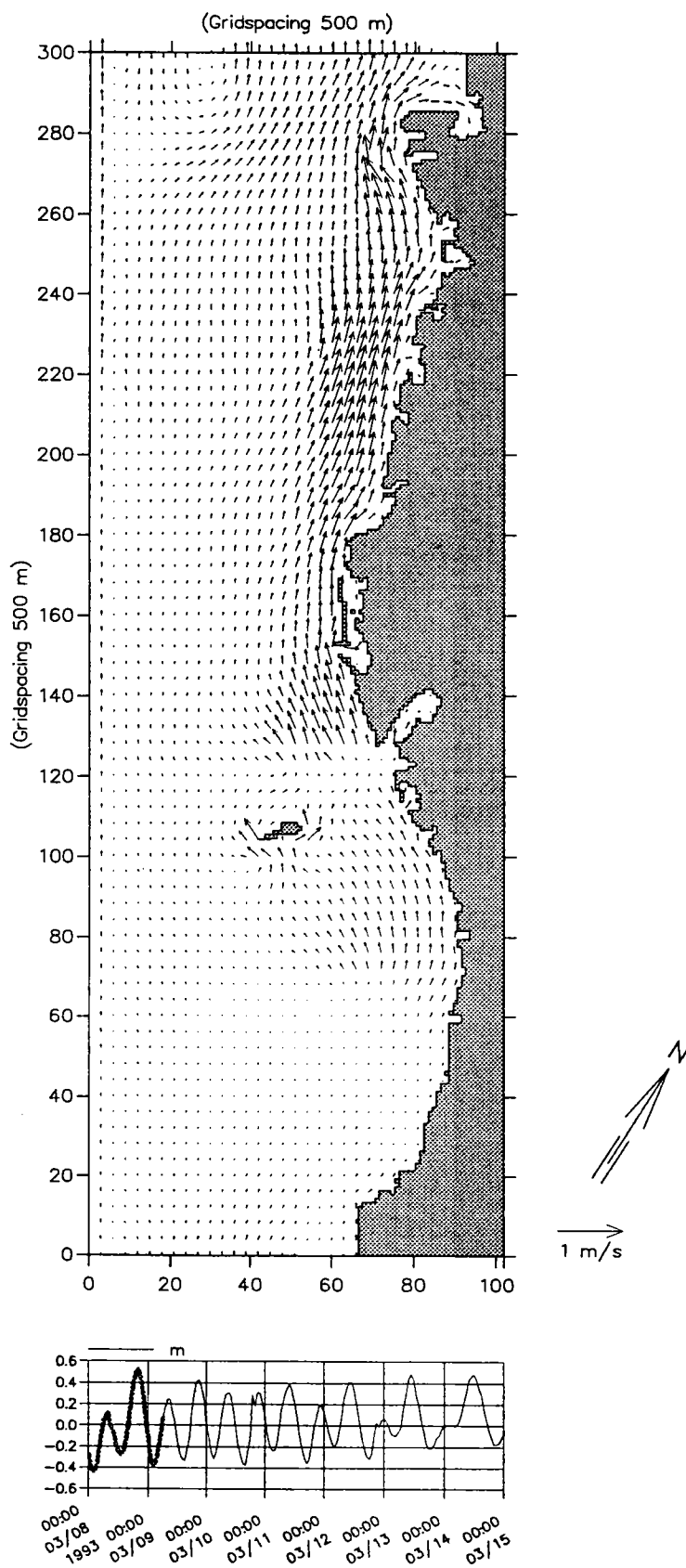


圖 4-10-1b 海側邊界平行計算港域之大域海流計算流場
(1993/03/09 05:00)

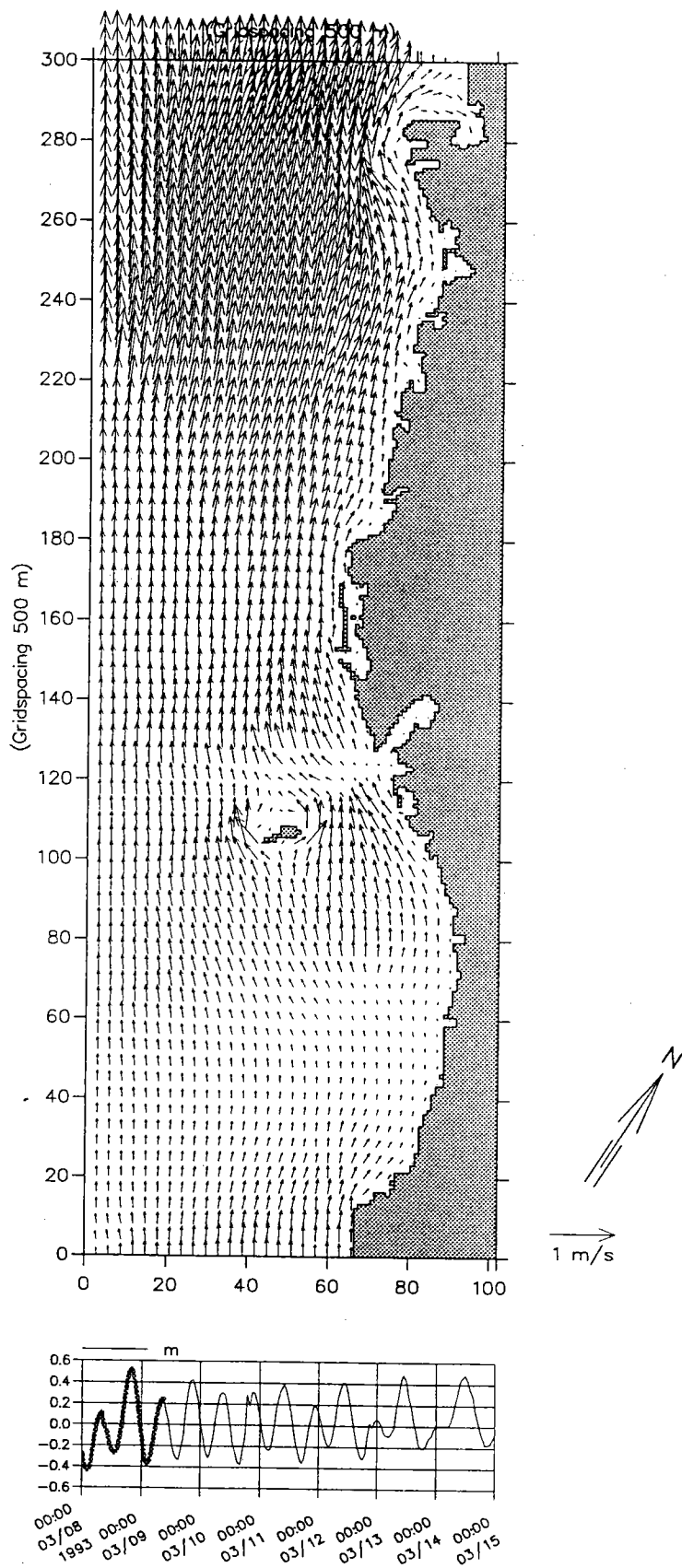


圖 4-10-1c 海側邊界平行計算港域之大域海流計算流場
(1993/03/09 08:00)

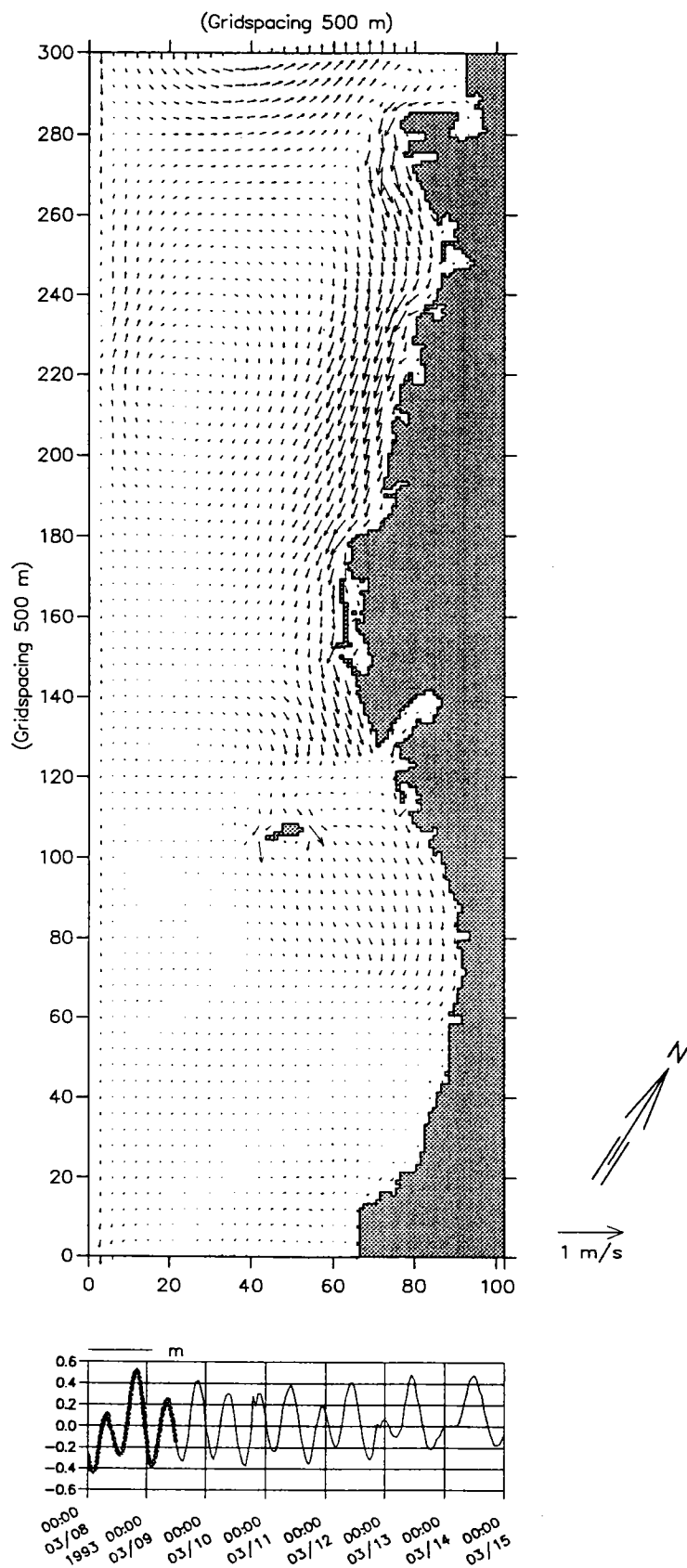


圖 4-10-1d 海側邊界平行計算港域之大域海流計算流場
(1993/03/09 12:00)

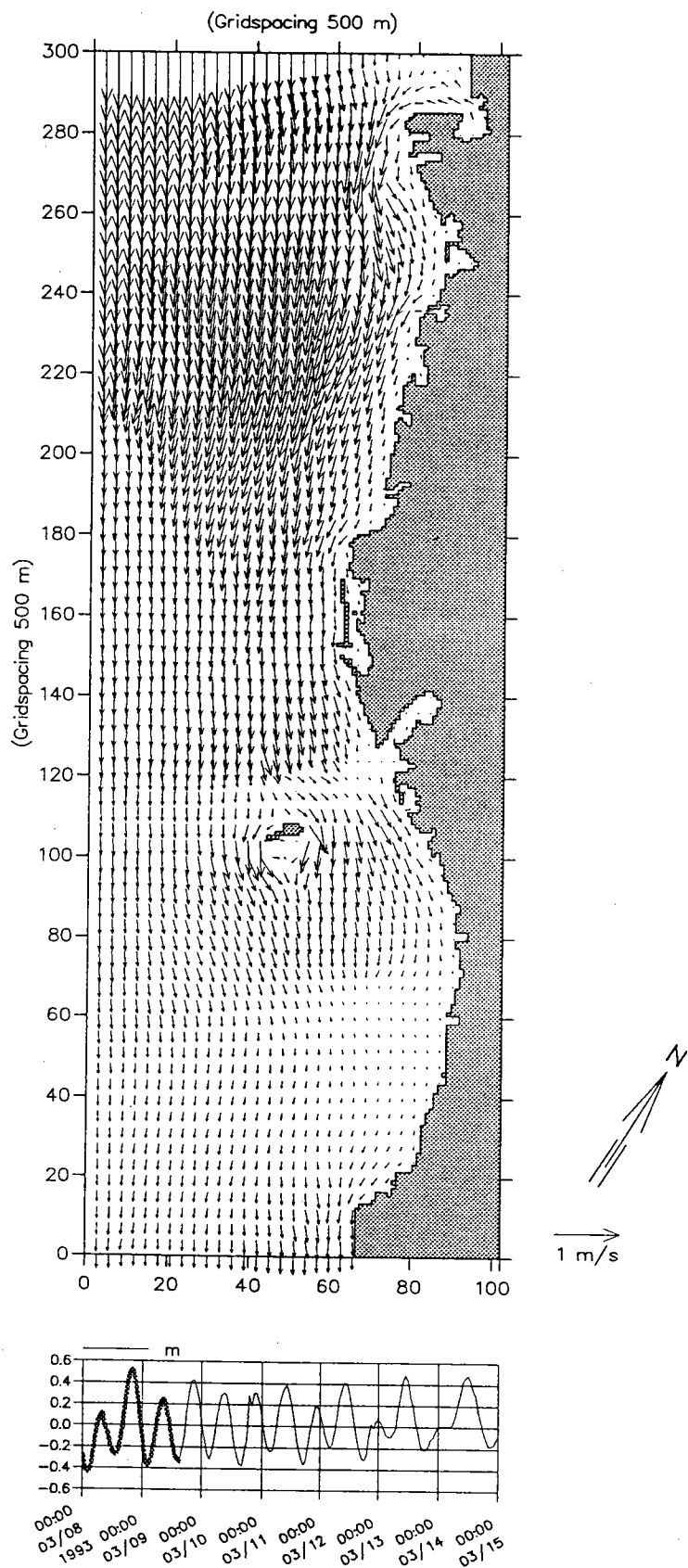


圖 4-10-1e 海側邊界平行計算港域之大域海流計算流場
(1993/03/09 16:00)

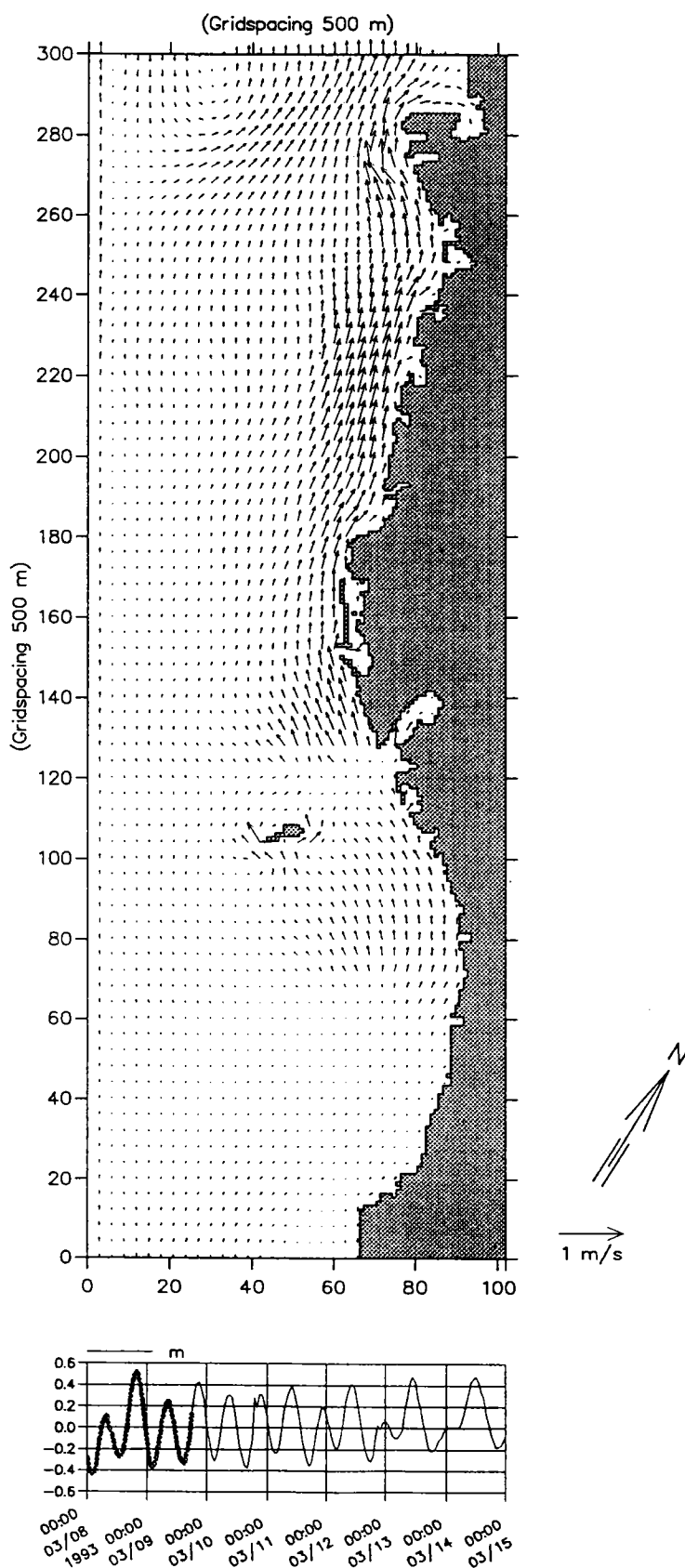


圖 4-10-1f 海側邊界平行計算港域之大域海流計算流場
(1993/03/09 18:00)

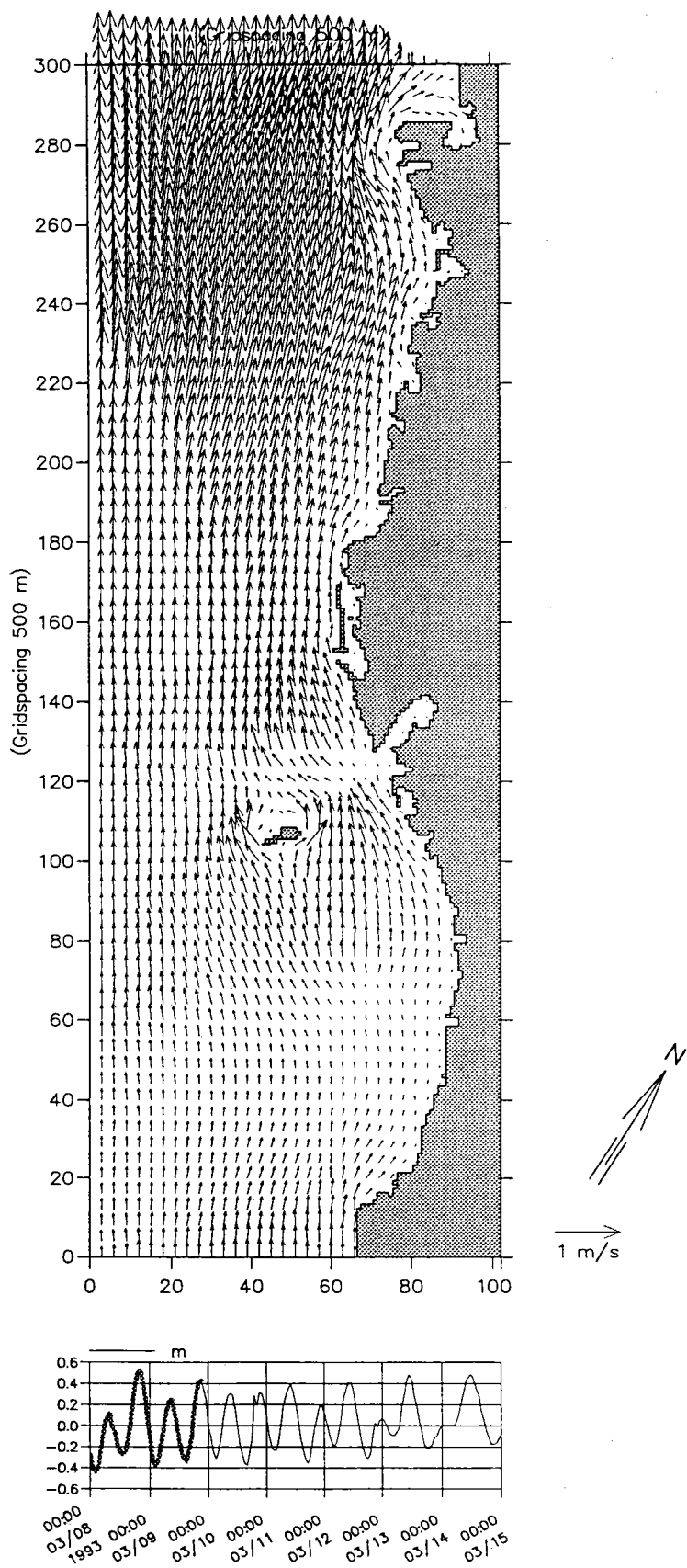


圖 4-10-1g 海側邊界平行計算港域之大域海流計算流場
(1993/03/09 21:00)

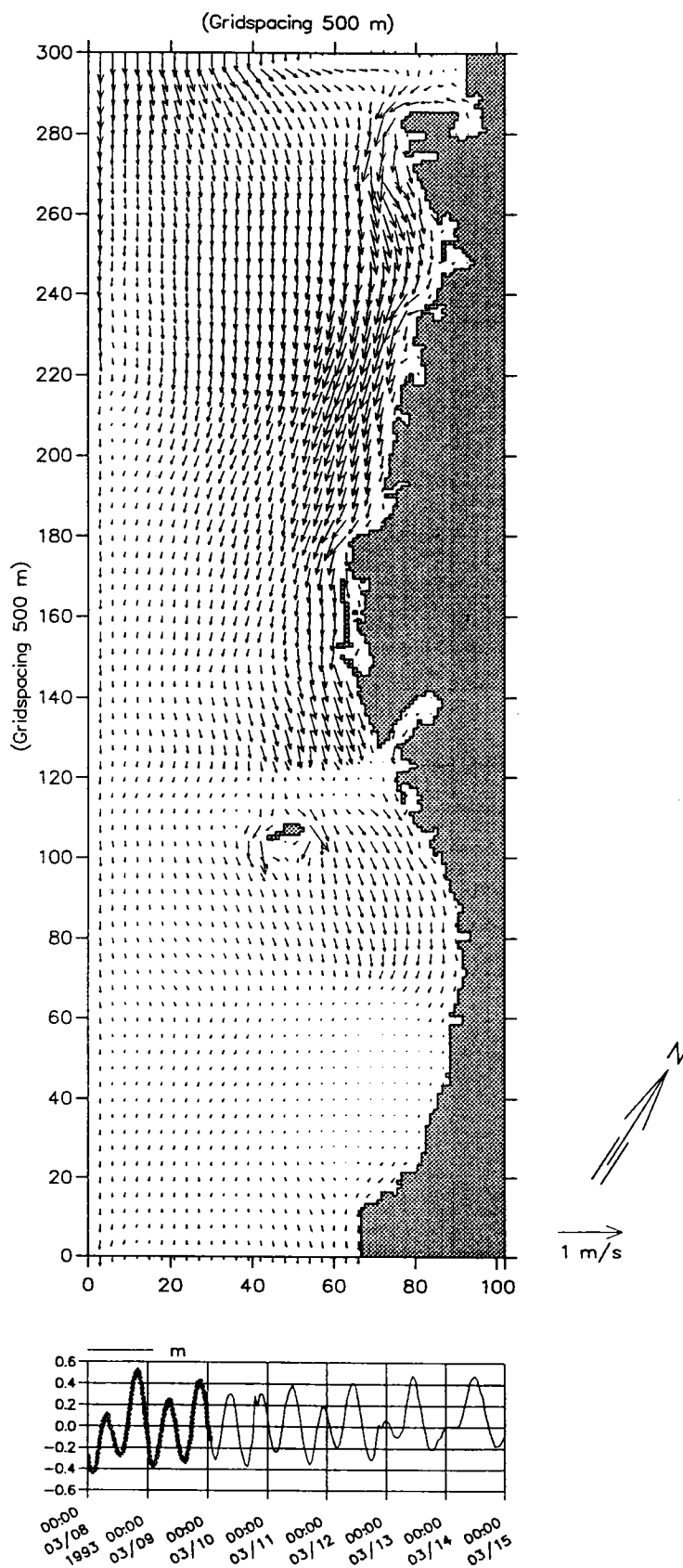


圖 4-10-1h 海側邊界平行計算港域之大域海流計算流場
(1993/03/10 01:00)

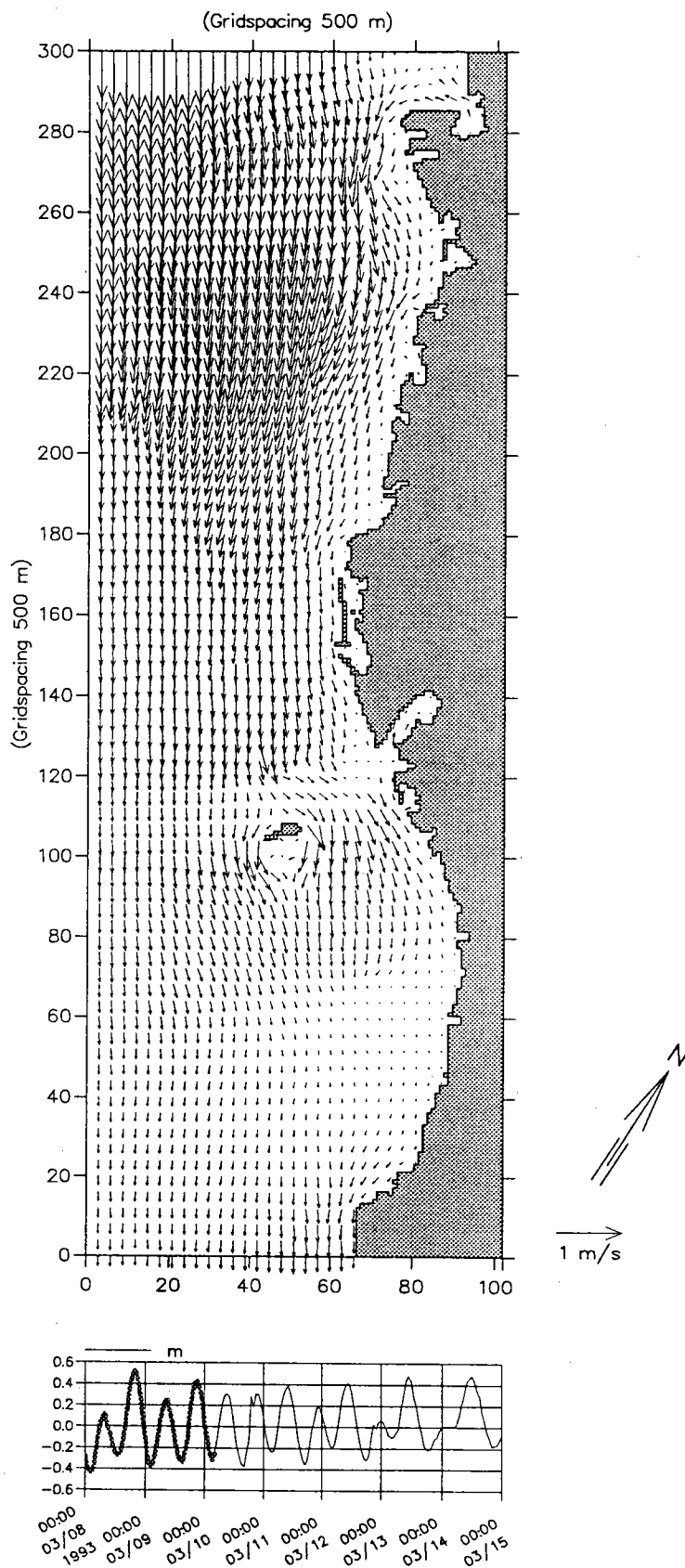


圖 4-10-1i 海側邊界平行計算港域之大域海流計算流場
(1993/03/10 04:00)

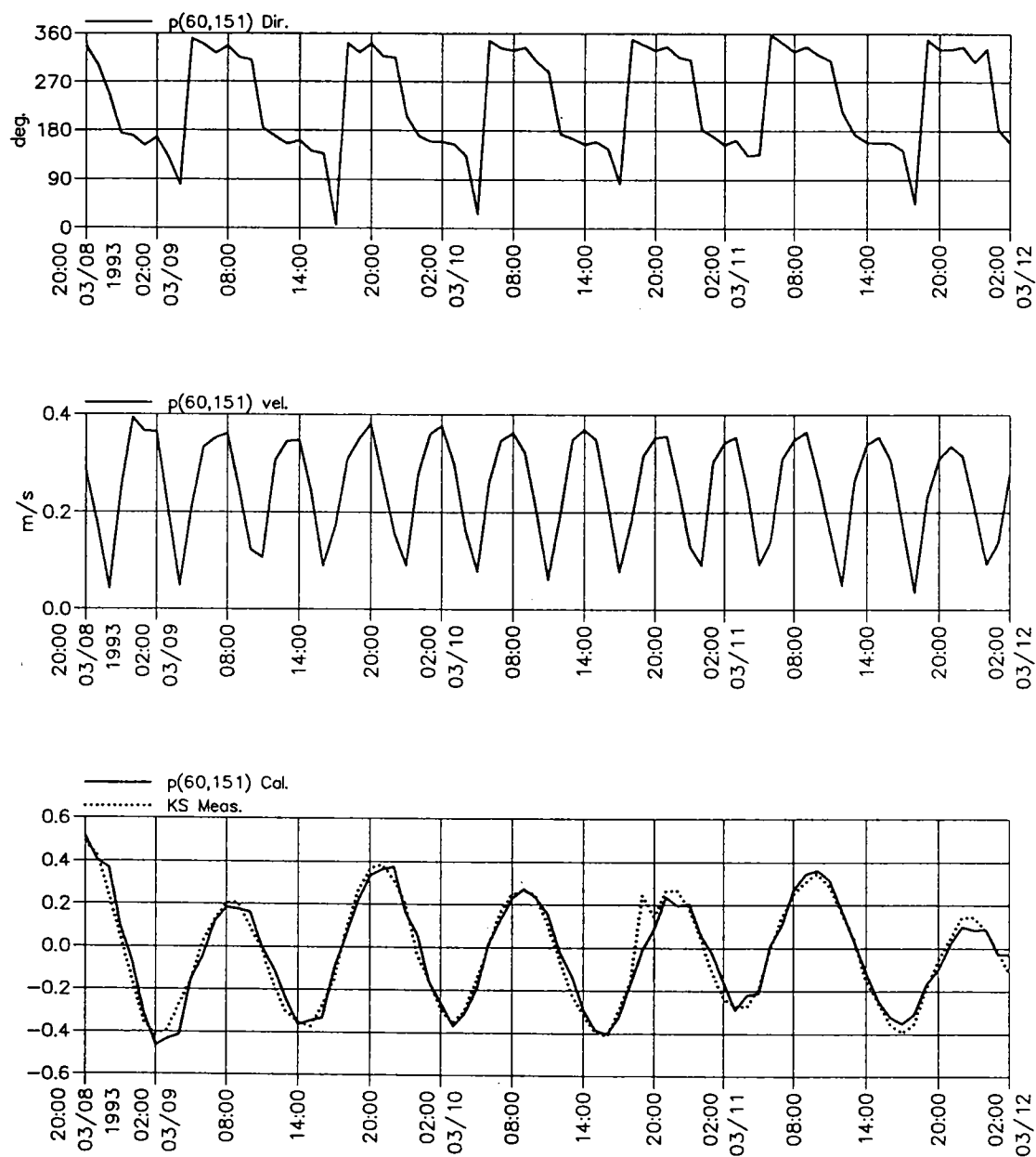


圖 4-10-2 高雄港二港口外大域計算海流流場與水位驗證

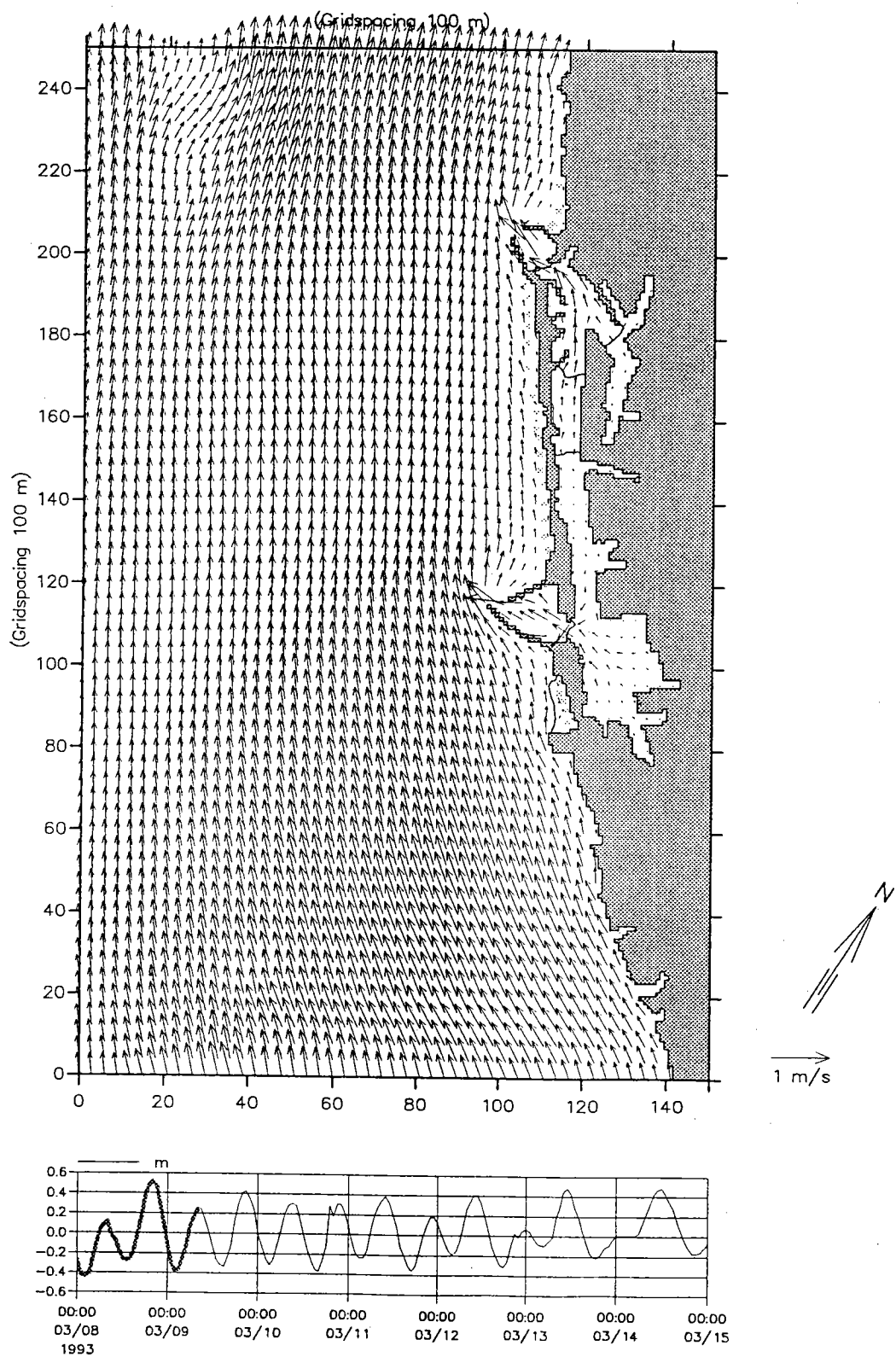


圖 4-10-3a 海側邊界平行計算海域之小域海流計算流場
(1993/03/09 08:00)

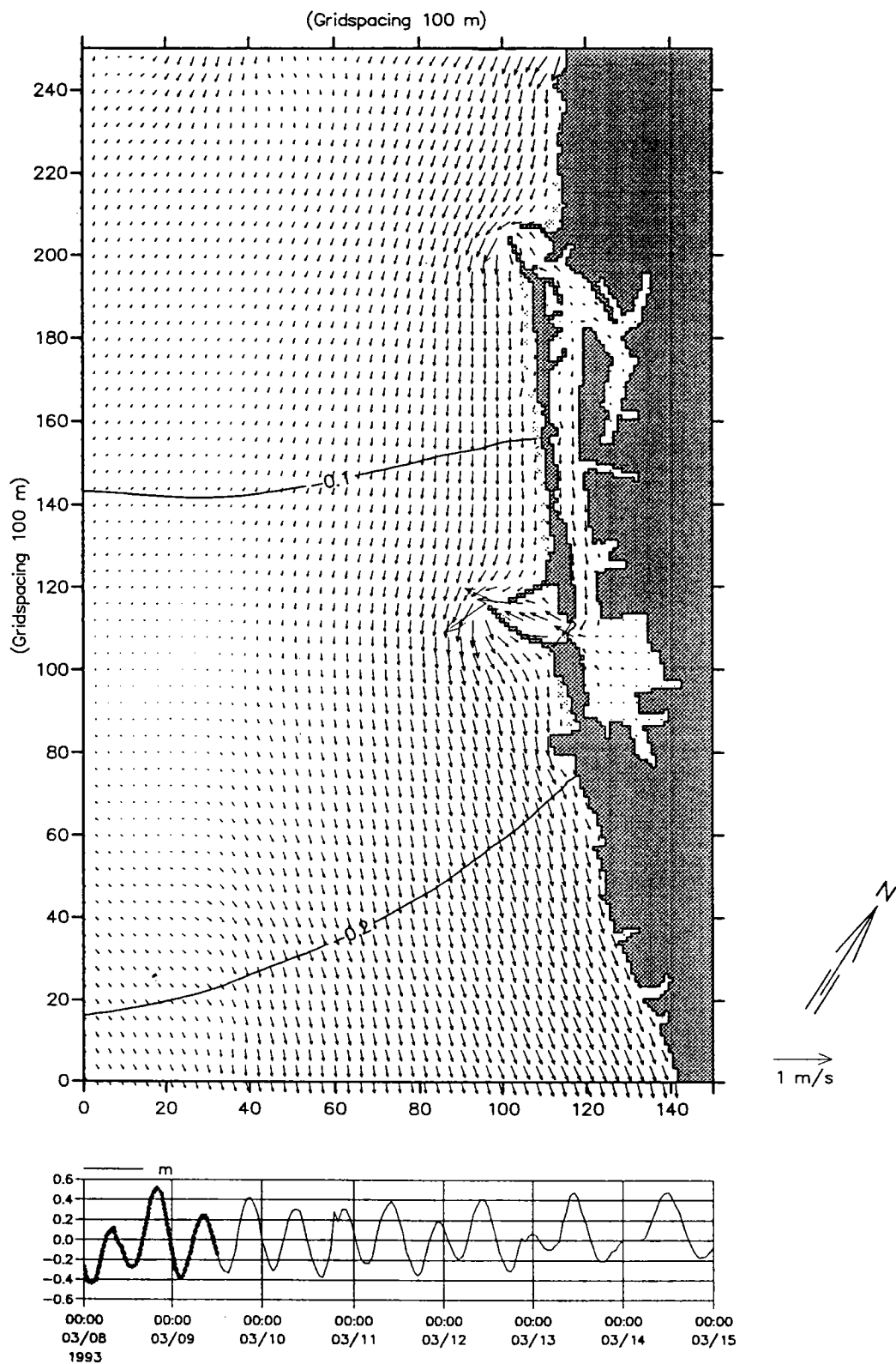


圖 4-10-3b 海側邊界平行計算海域之小域海流計算流場
(1993/03/09 12:00)

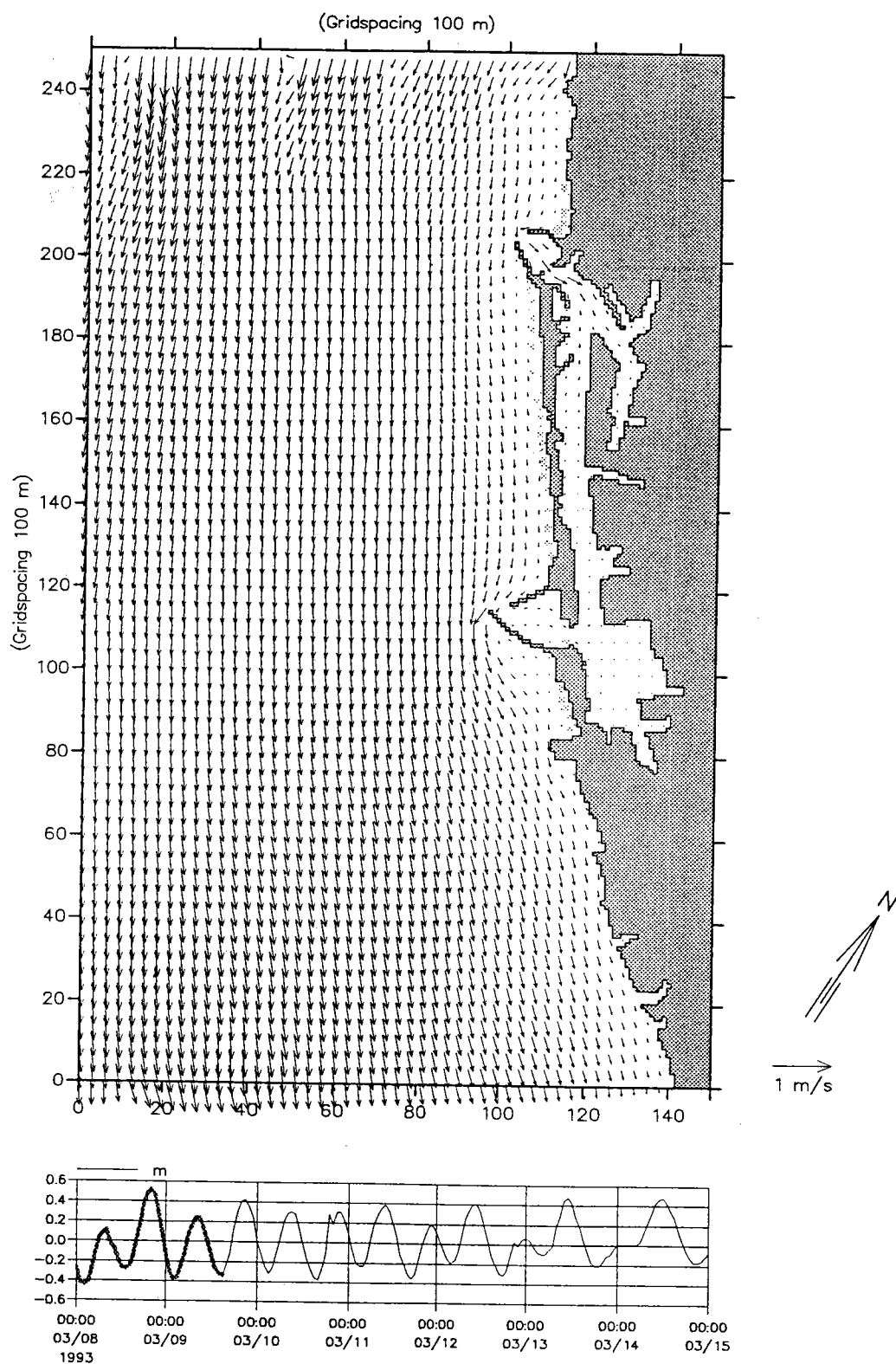


圖 4-10-3c 海側邊界平行計算海域之小域海流計算流場
(1993/03/09 15:00)

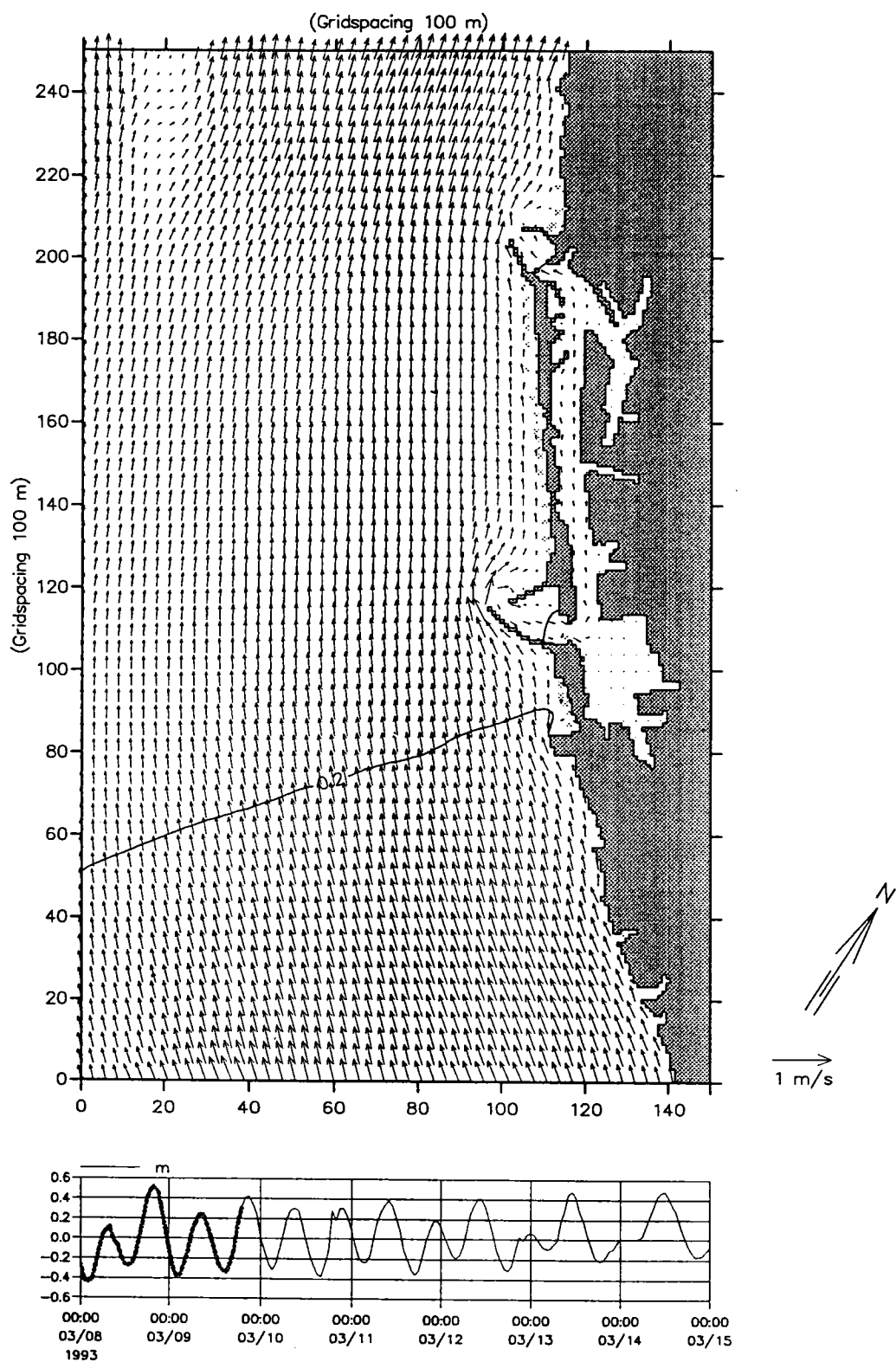


圖 4-10-3d 海側邊界平行計算海域之小域海流計算流場
(1993/03/09 19:00)

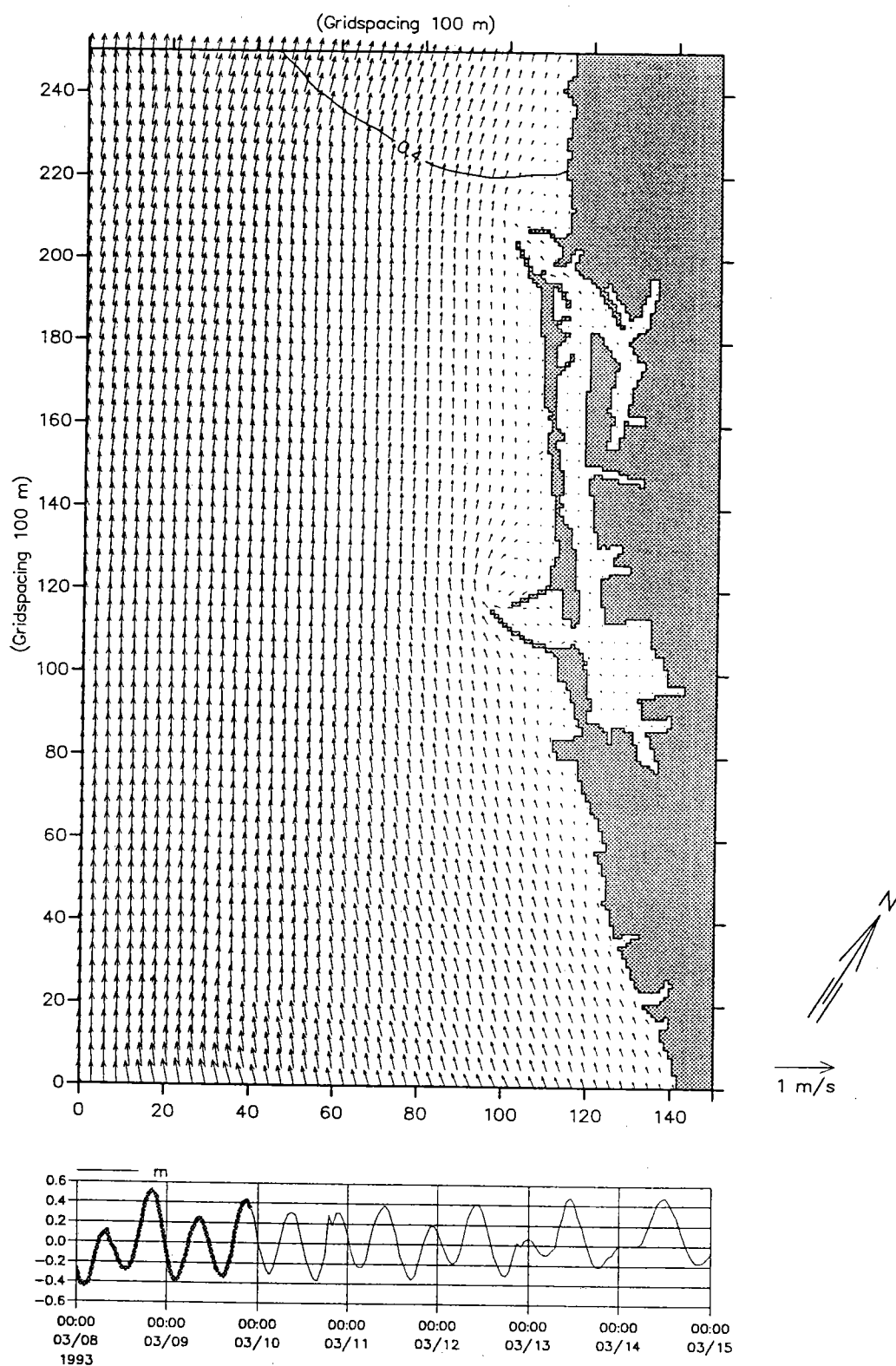


圖 4-10-3e 海側邊界平行計算海域之小域海流計算流場
(1993/03/09 22:00)

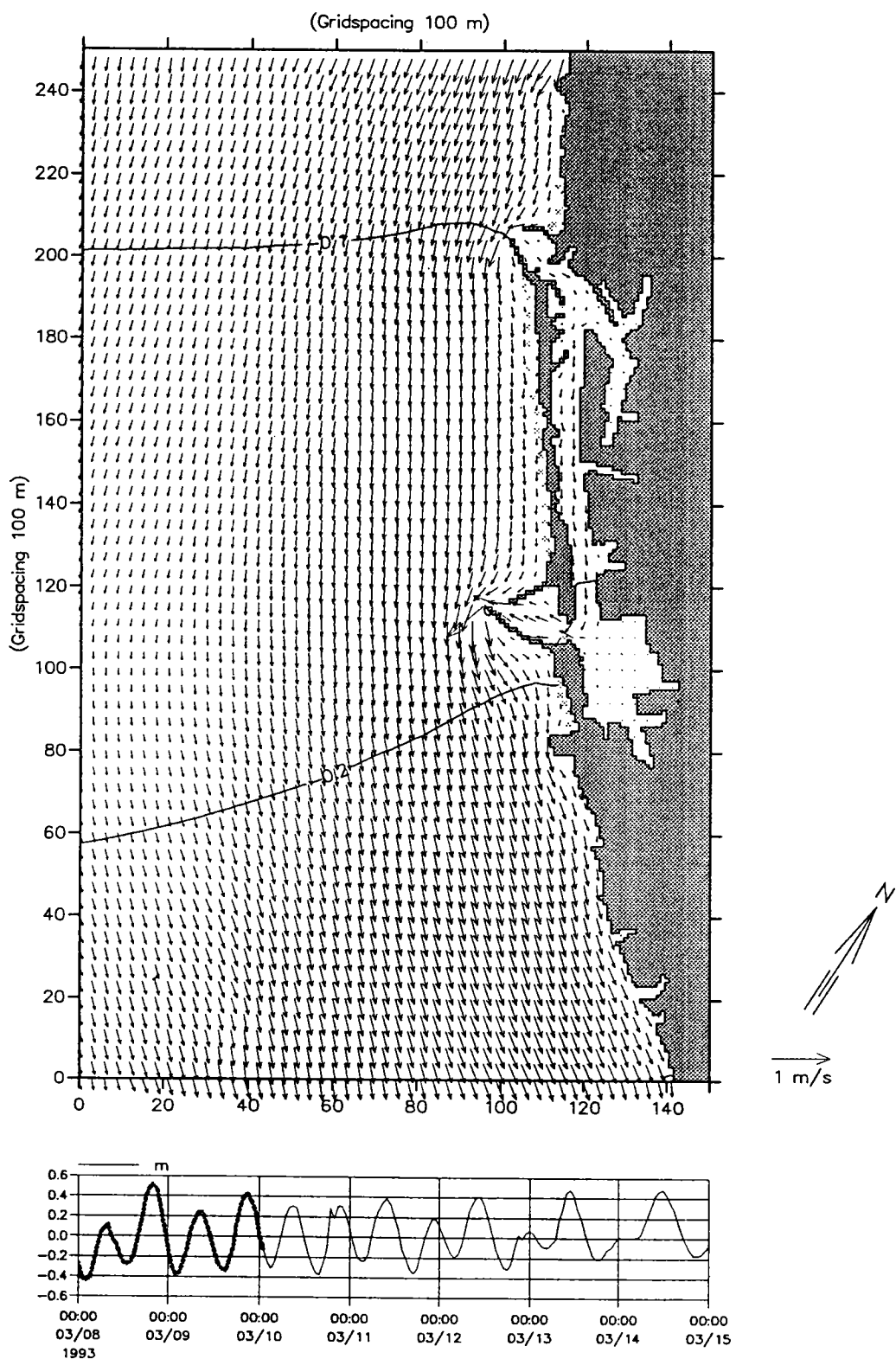


圖 4-10-3f 海側邊界平行計算海域之小域海流計算流場
(1993/03/10 01:00)

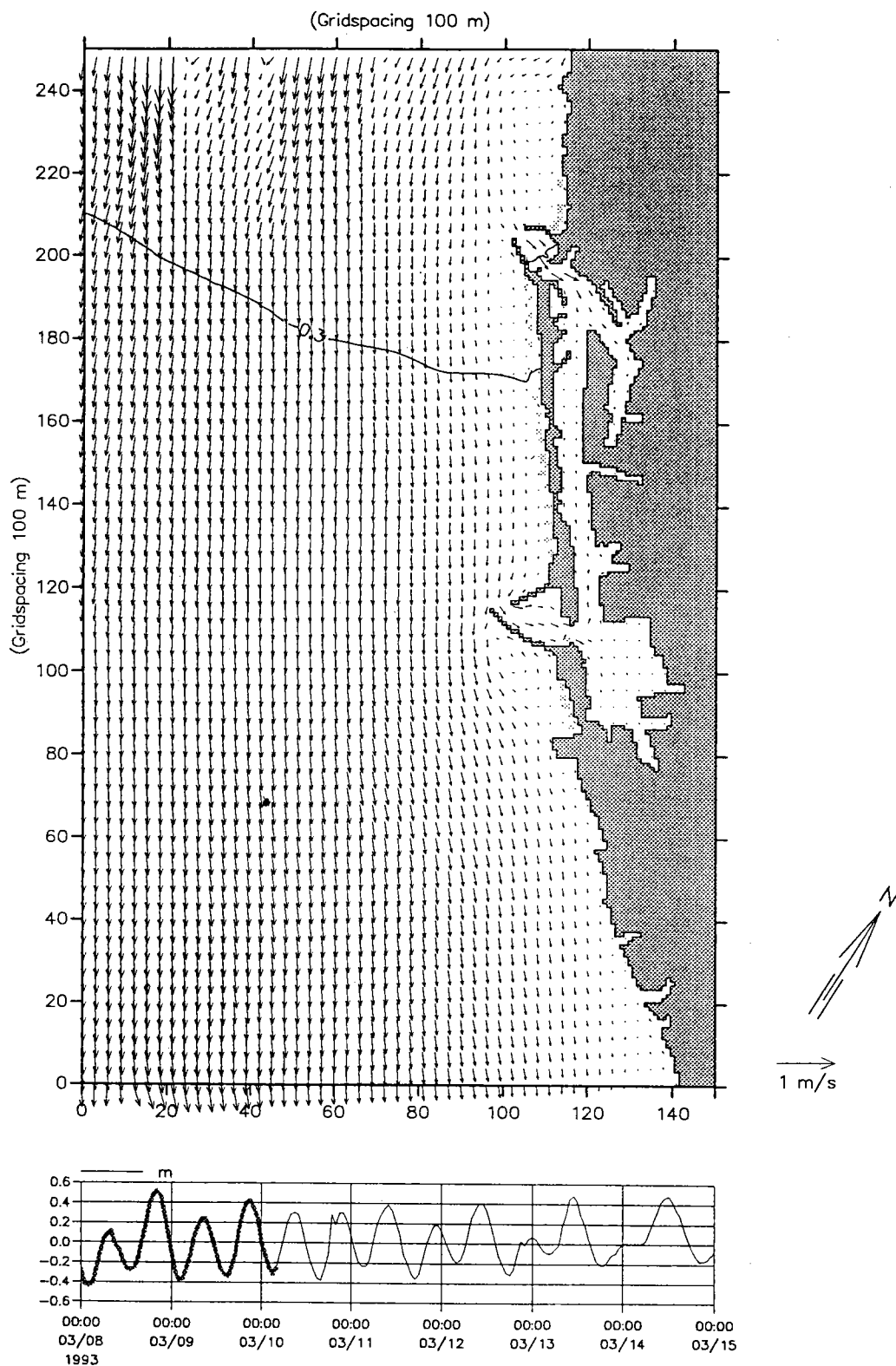


圖 4-10-3g 海側邊界平行計算海域之小域海流計算流場
(1993/03/10 03:00)

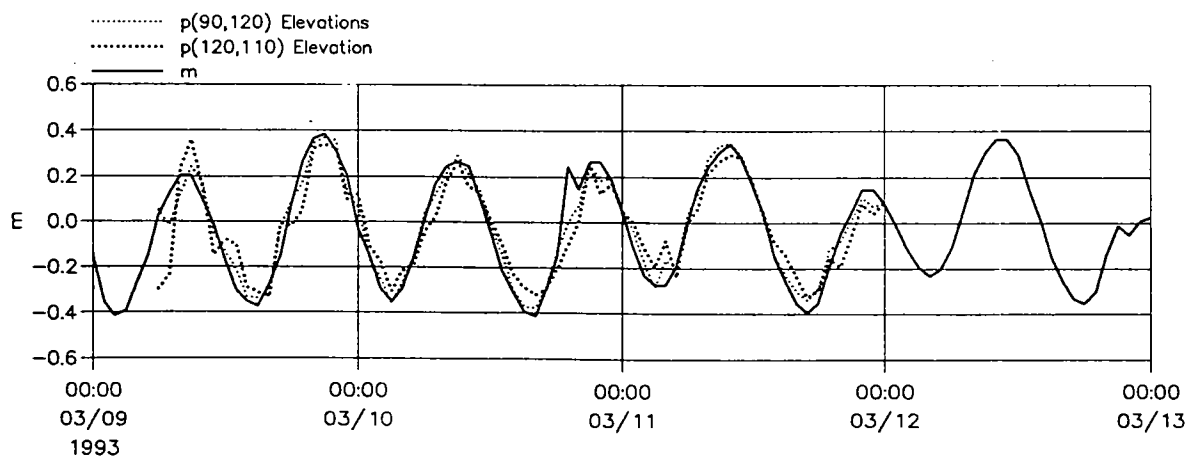
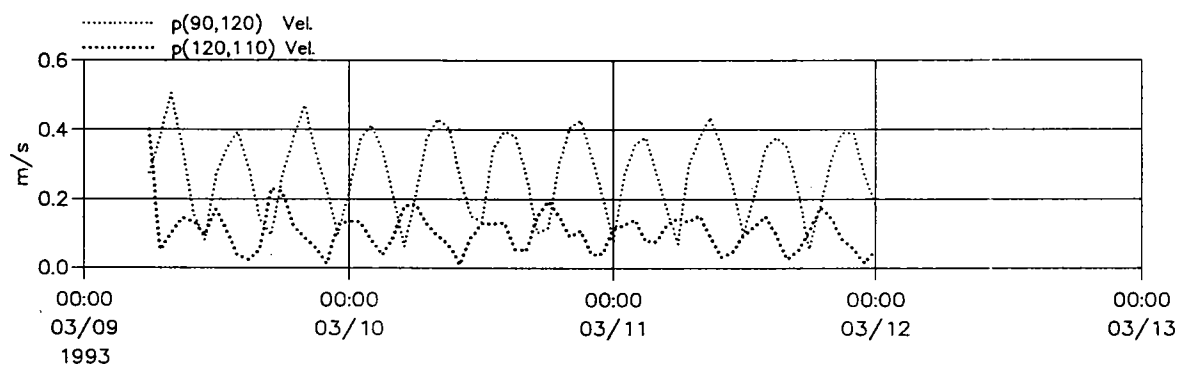
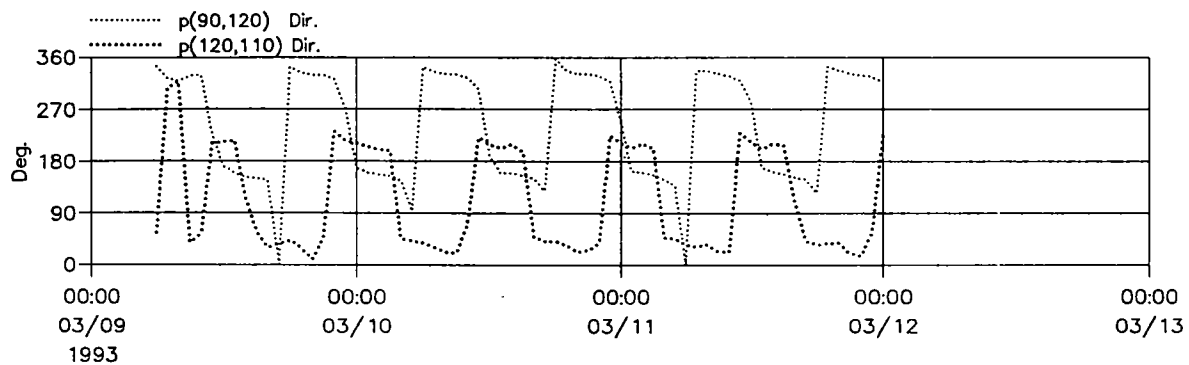


圖 4-10-4 高雄港二港口內外小域計算流場與水位驗證

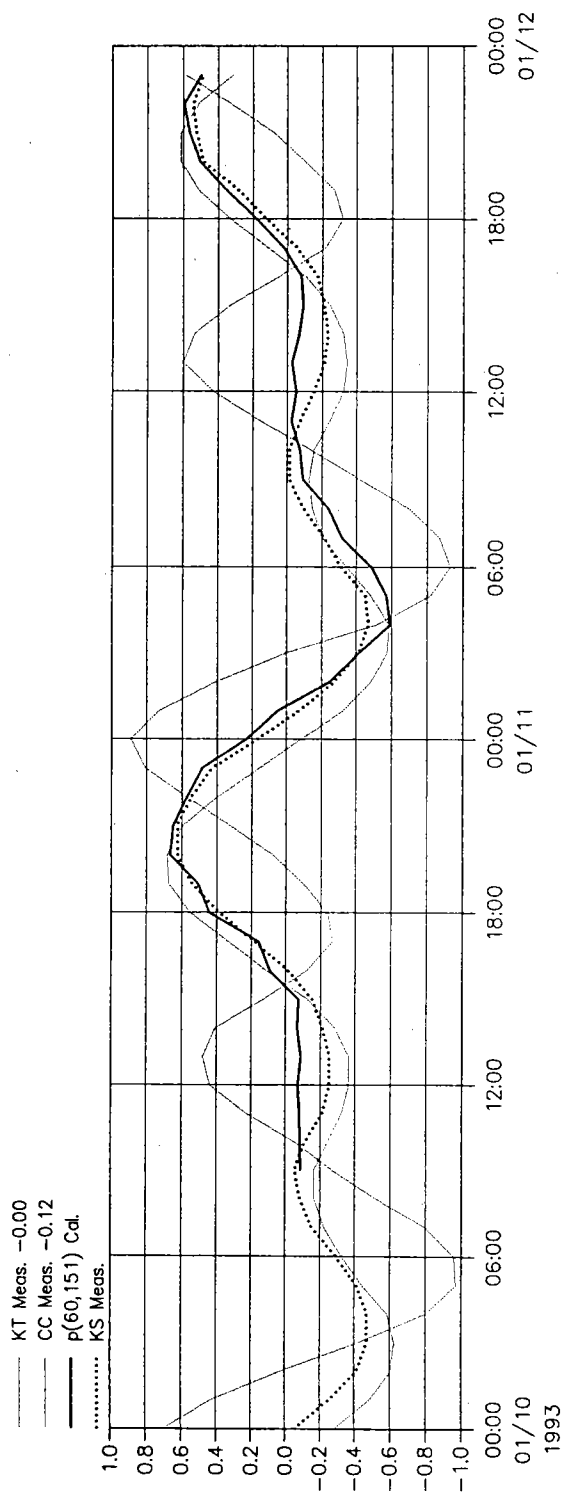


圖 4-10-5 高雄港計算水位與高雄港、鵝鑾嘴及將軍漁港實測水位比較

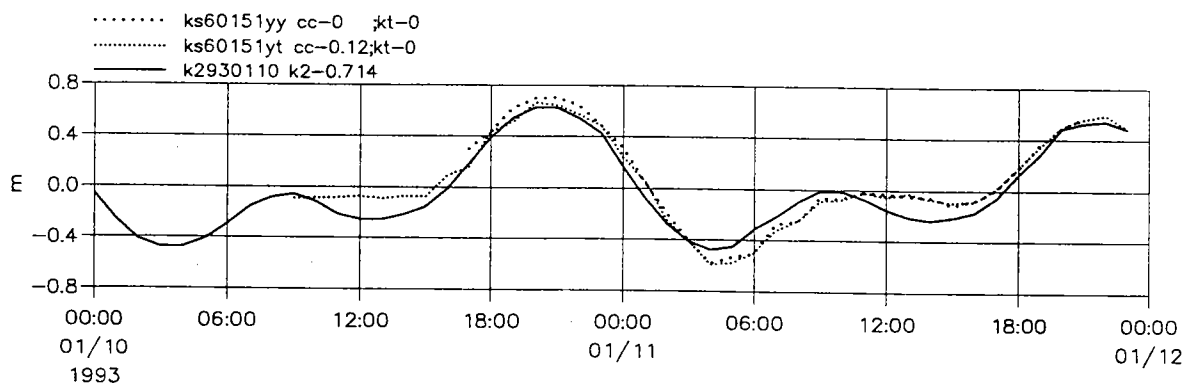
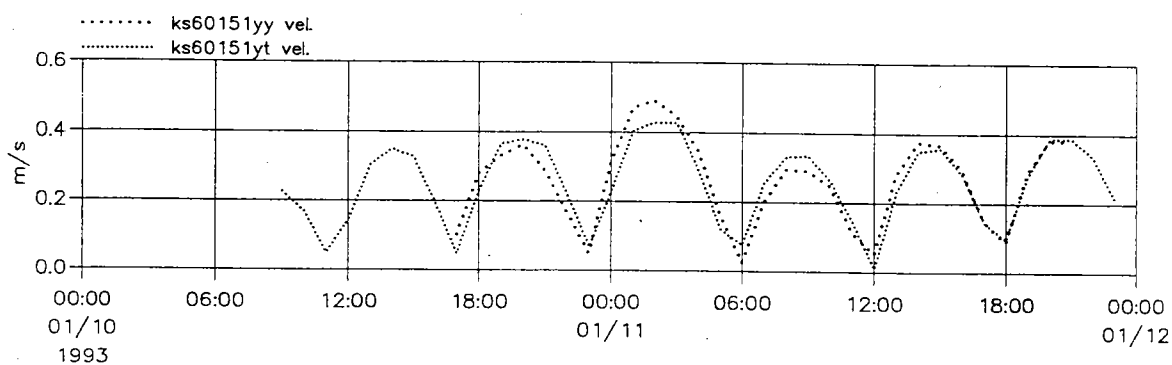
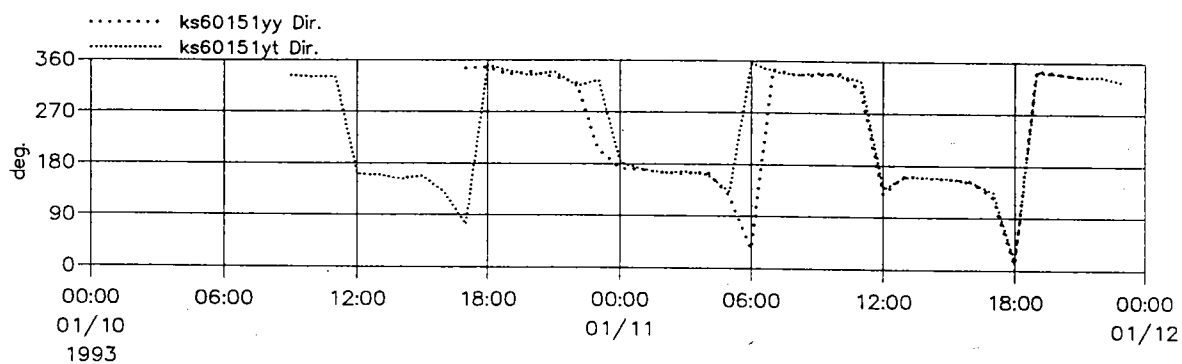


圖 4-10-7 高雄港港域計算水位與流場檢核
 (調整將軍漁港平均水位 0.12 米)

2930110
 2930111
 2930112
 2930113
 2930114
 2930115
 2930116
 2930117
 2930118
 2930119
 2930120
 2930121
 2930122
 2930123
 2930124
 2930125
 2930126
 2930127
 2930128
 2930129
 2930130
 2930131
 2930132
 2930133
 2930134
 2930135
 2930136
 2930137
 2930138
 2930139
 2930140
 2930141
 2930142
 2930143
 2930144
 2930145
 2930146
 2930147
 2930148
 2930149
 2930150
 2930151
 2930152
 2930153
 2930154
 2930155
 2930156
 2930157
 2930158
 2930159
 2930160
 2930161
 2930162
 2930163
 2930164
 2930165
 2930166
 2930167
 2930168
 2930169
 2930170
 2930171
 2930172
 2930173
 2930174
 2930175
 2930176
 2930177
 2930178
 2930179
 2930180
 2930181
 2930182
 2930183
 2930184
 2930185
 2930186
 2930187
 2930188
 2930189
 2930190
 2930191
 2930192
 2930193
 2930194
 2930195
 2930196
 2930197
 2930198
 2930199
 2930200

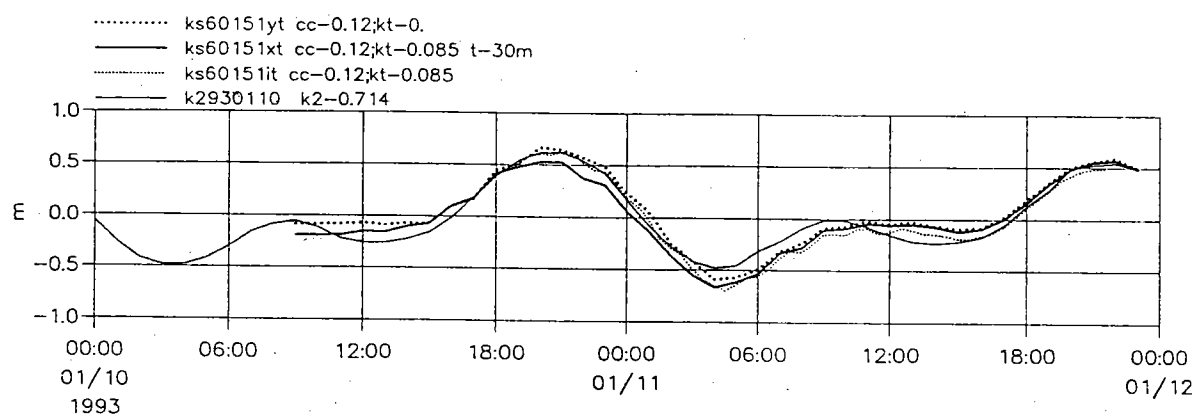
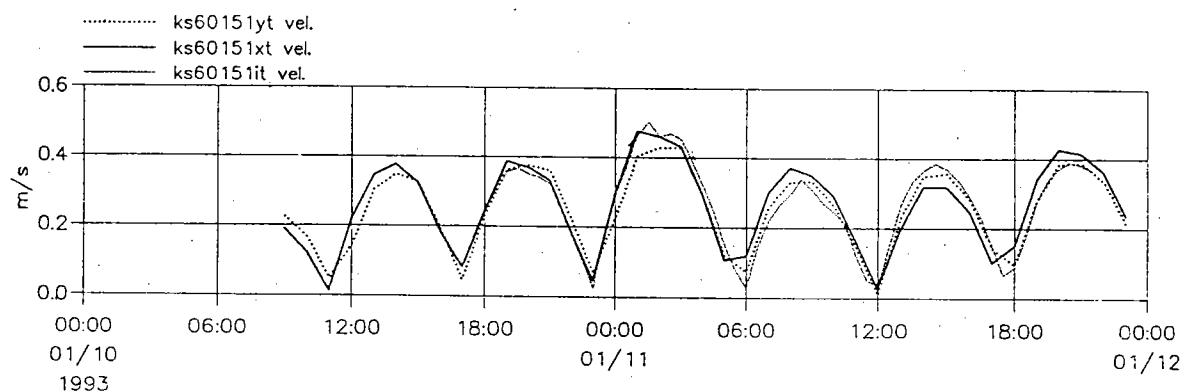
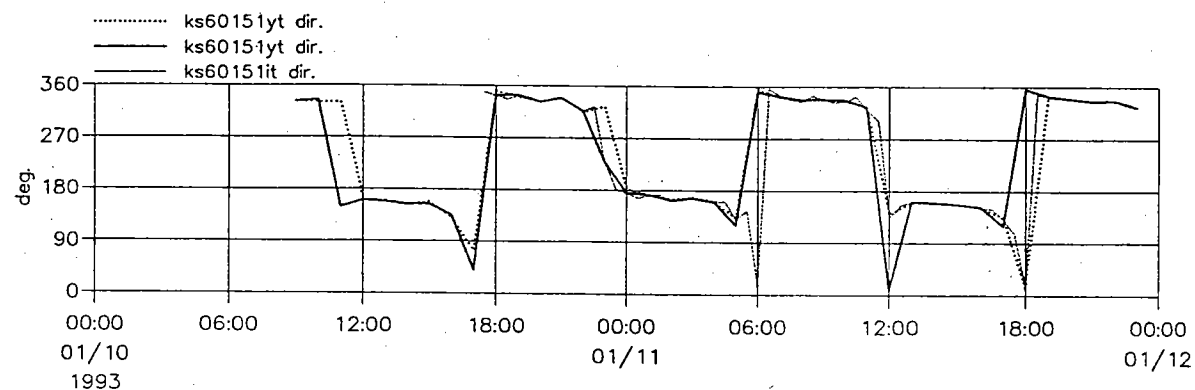


圖 4-10-9 高雄港港域計算水位與流場檢核
 (調整蟬廣嘴潮時 30 分鐘)

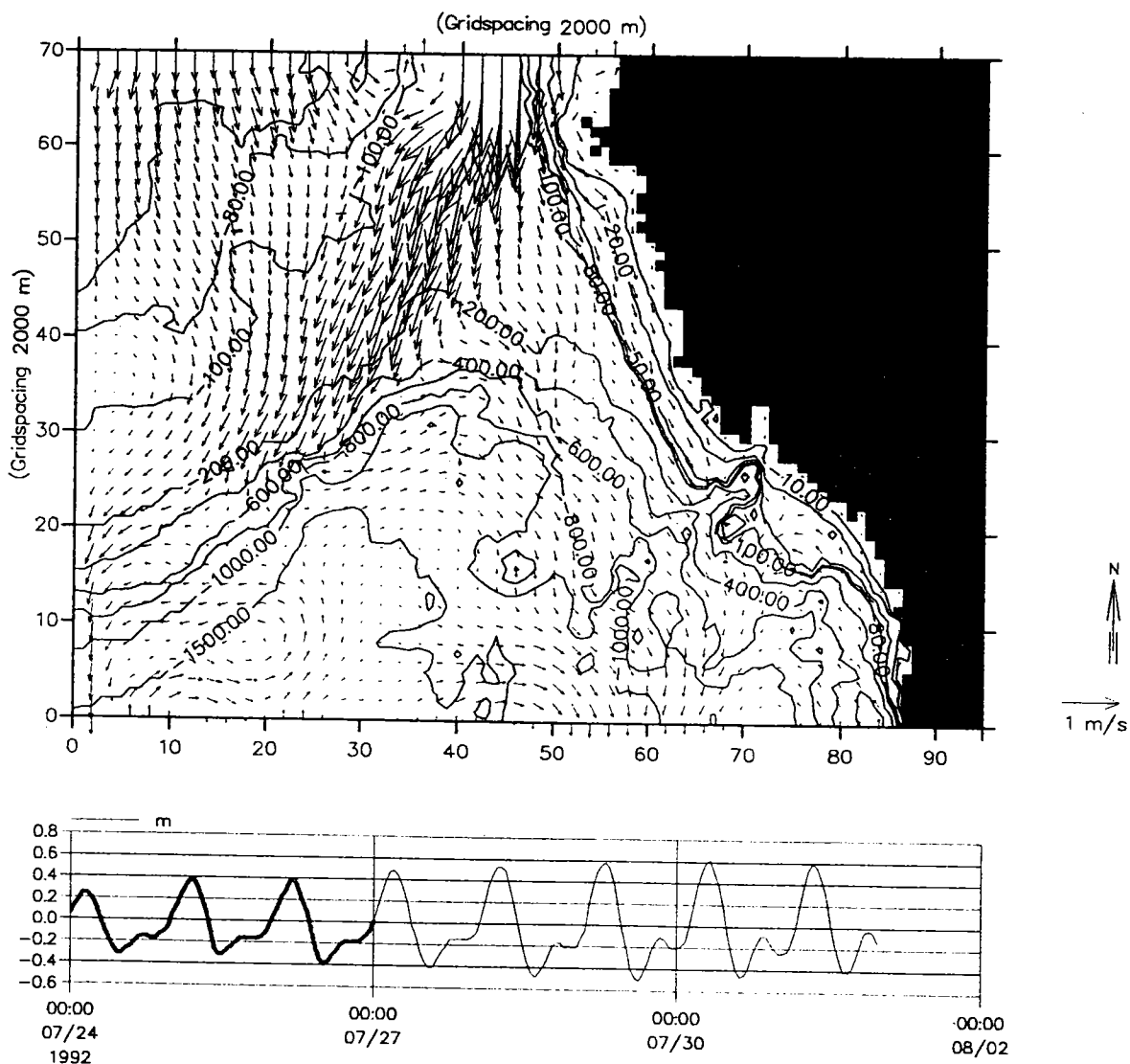


圖 4-11-1a 高雄港大域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/27 00:00:00)

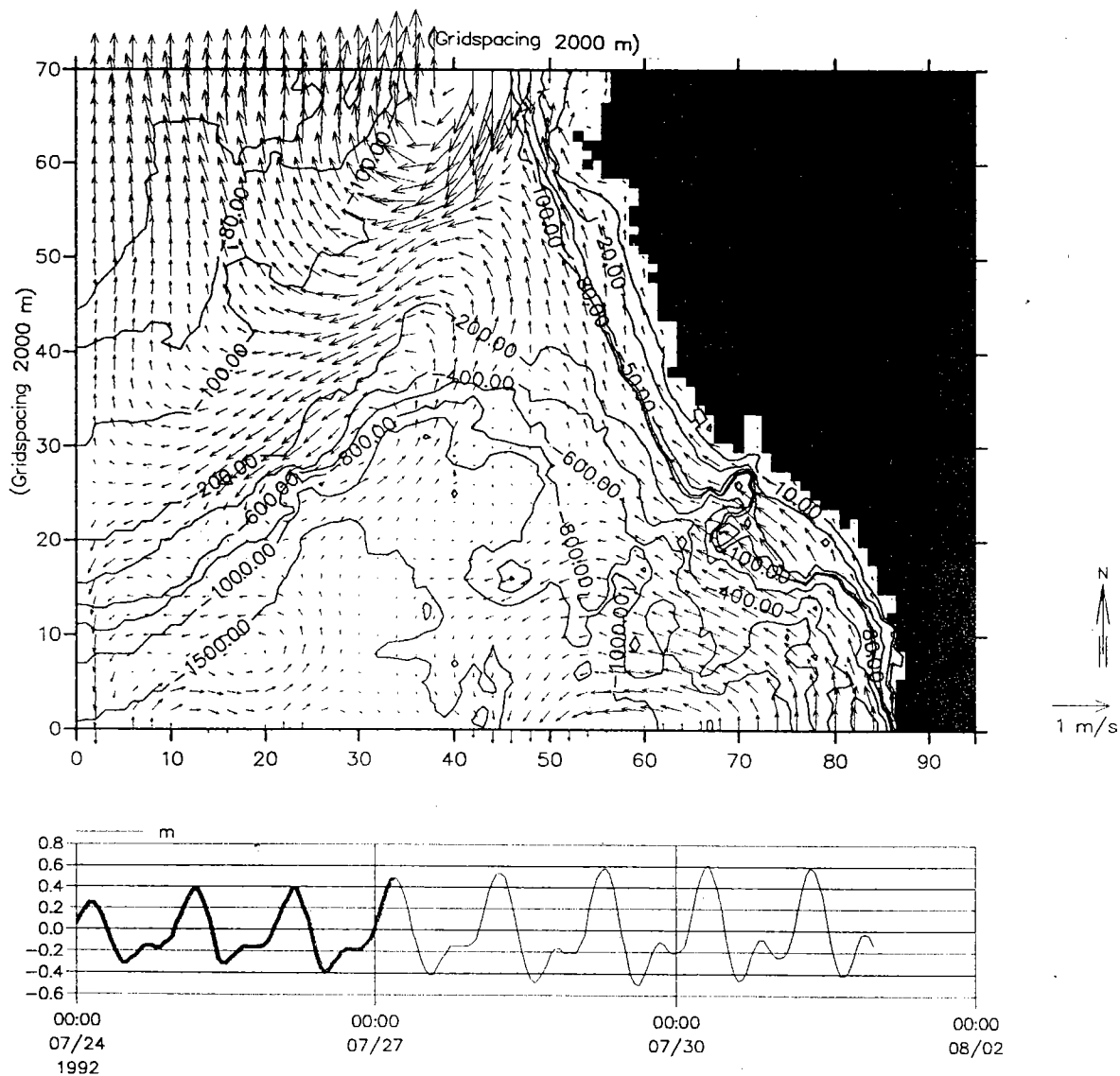


圖 4-11-1b 高雄港大域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/27 04:00:00)

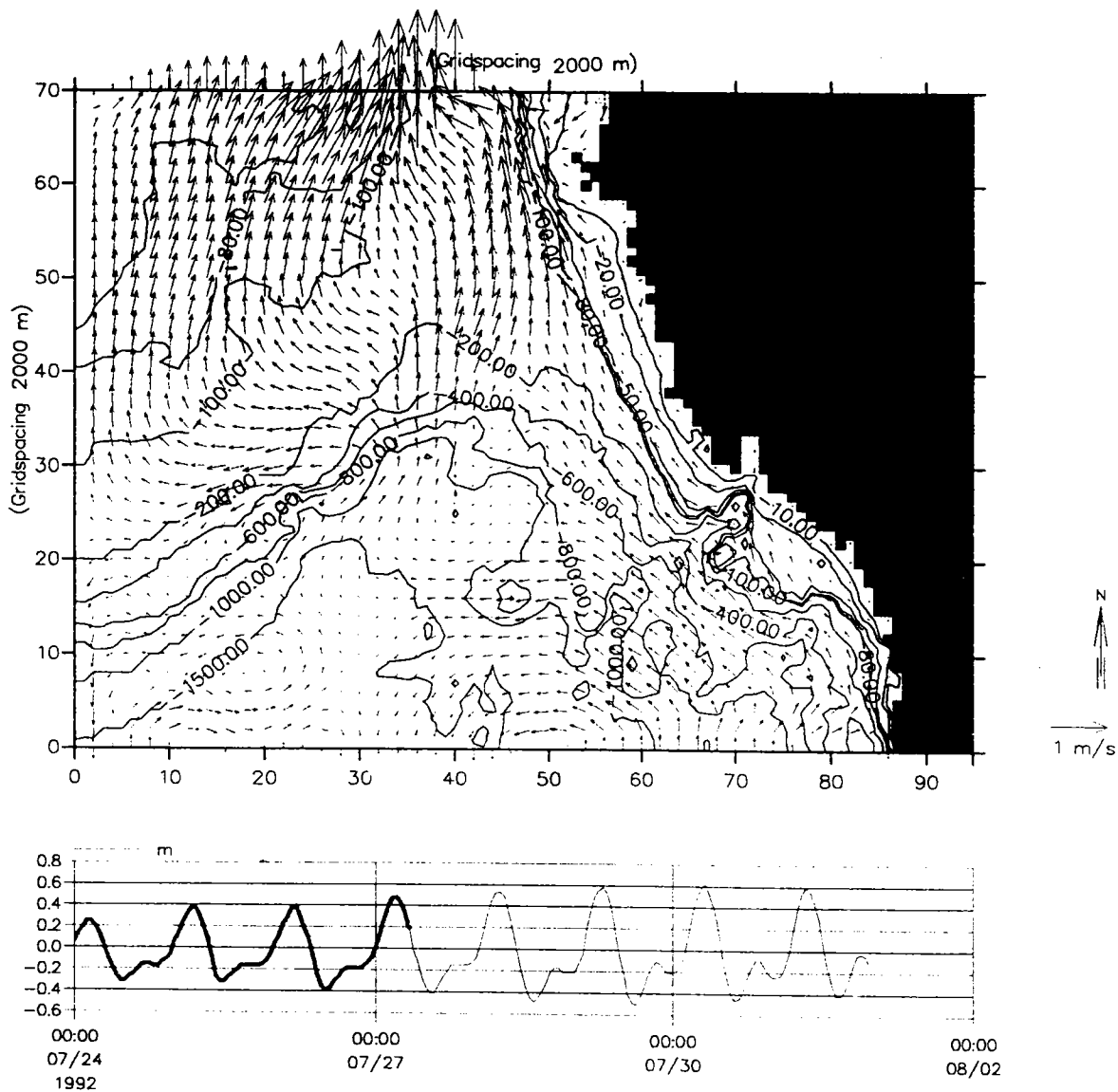


圖 4-11-1c 高雄港大域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/27 08:00:00)

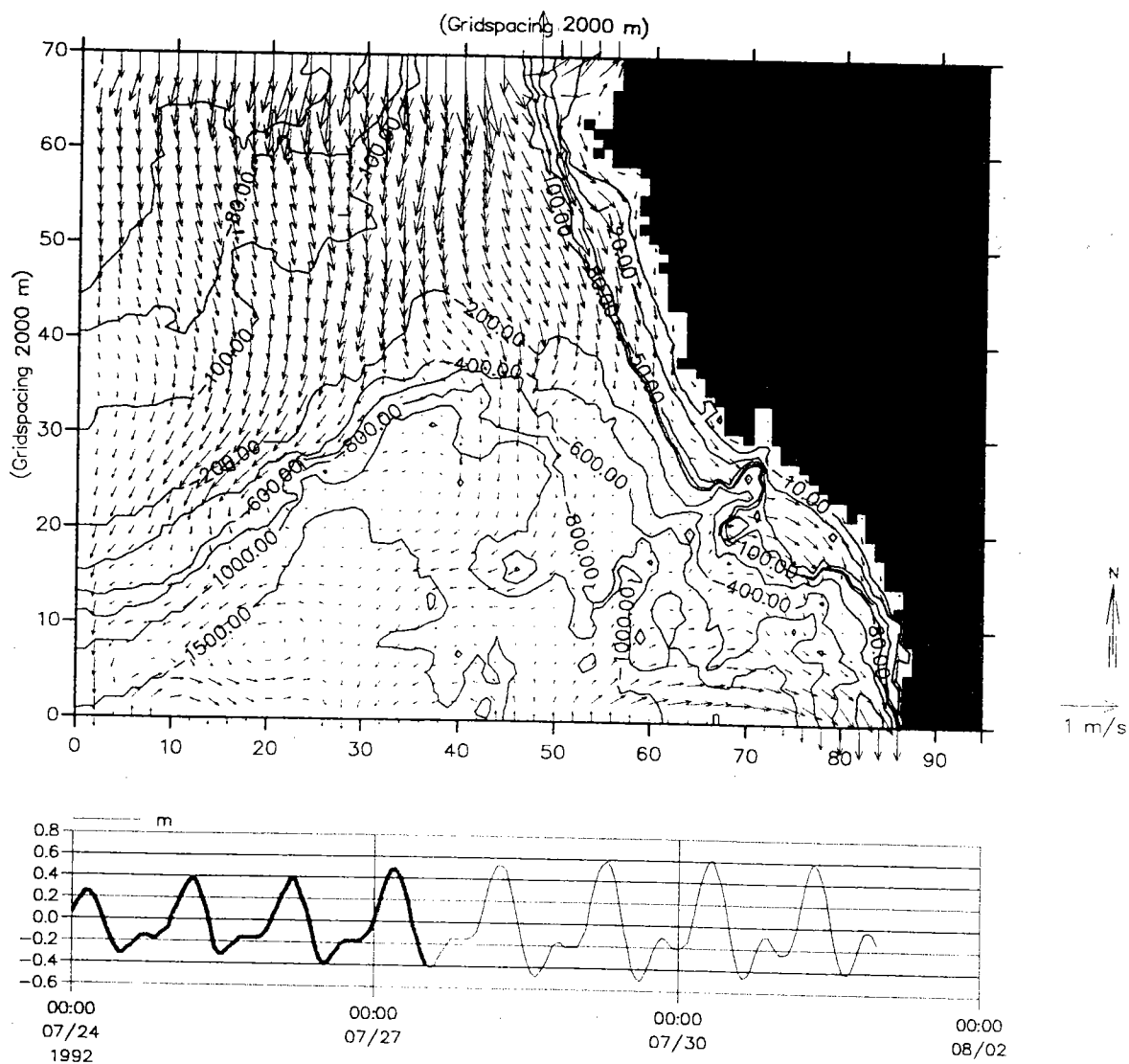


圖 4-11-1d 高雄港大域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/27 12:00:00)

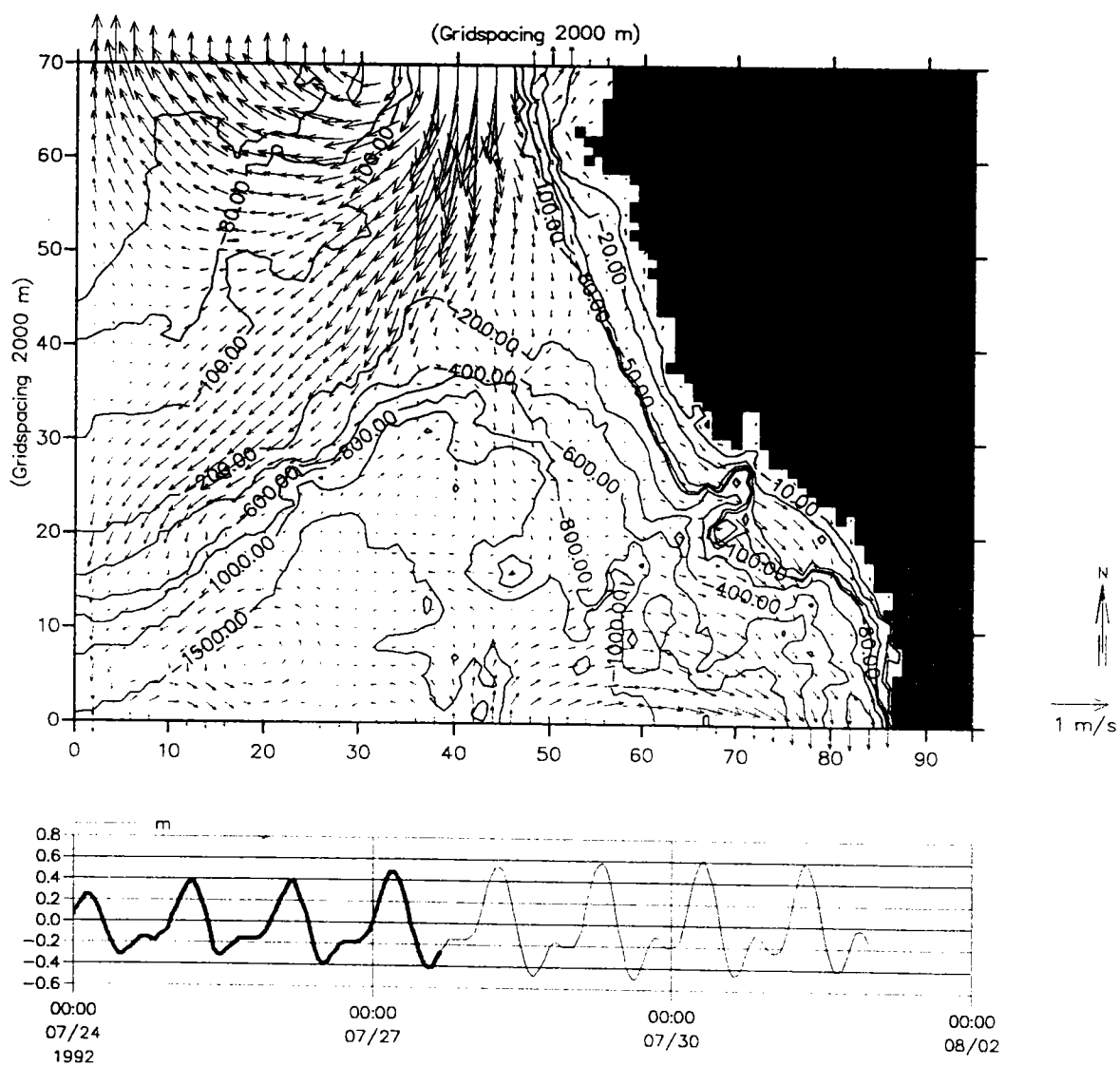


圖 4-11-1e 高雄港大域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/27 16:00:00)

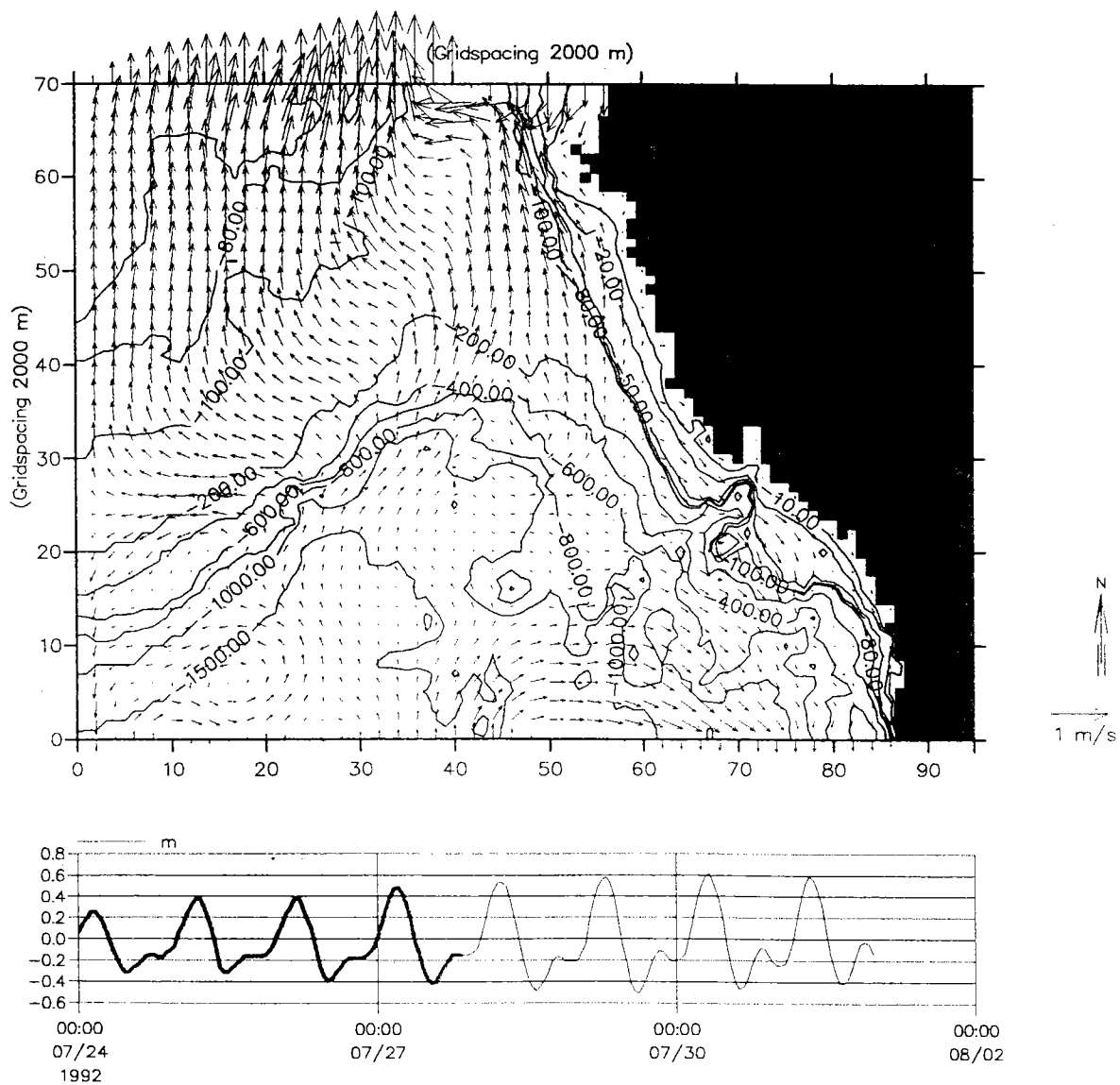


圖 4-11-1f 高雄港大域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/27 20 00:00)

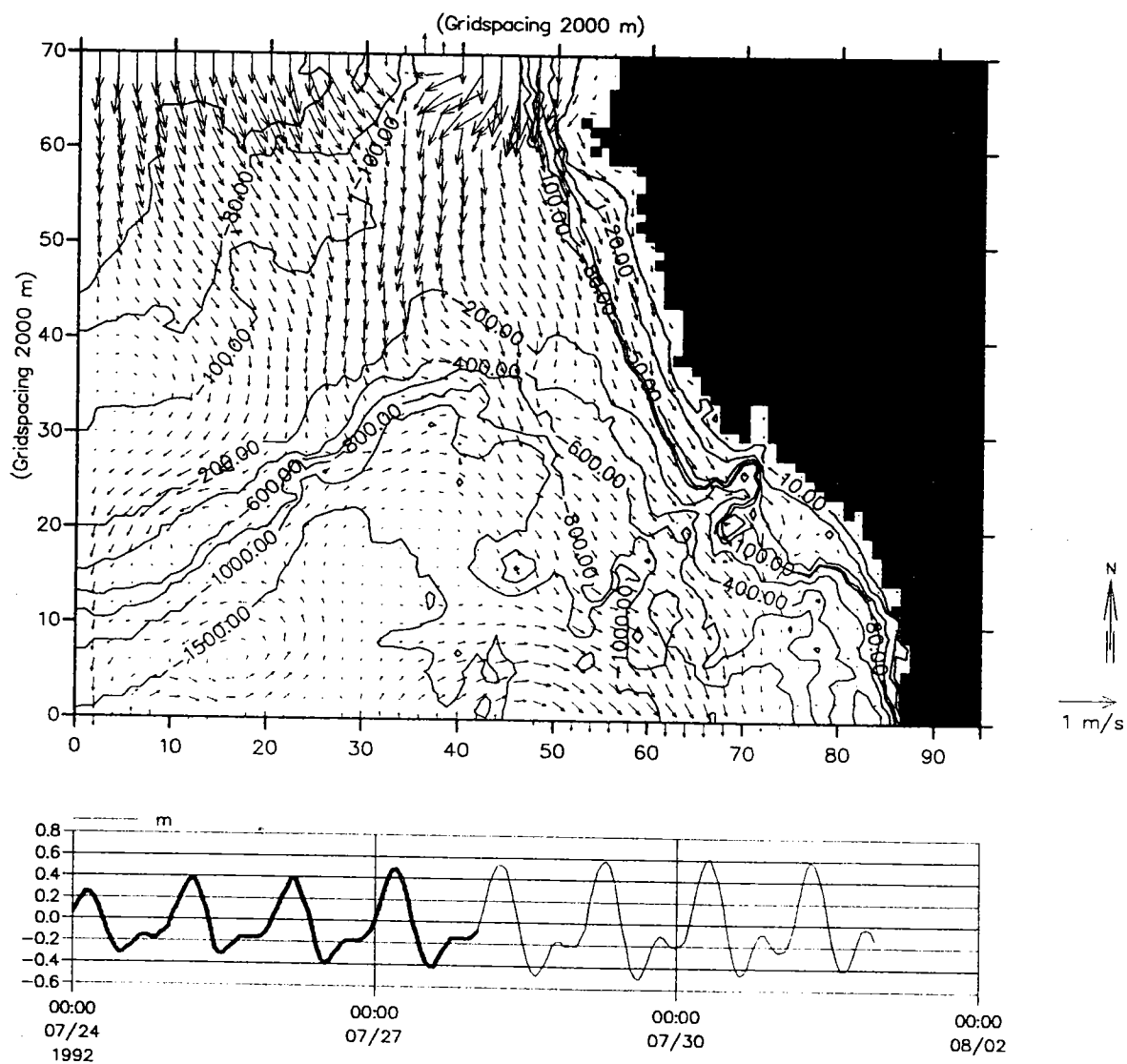


圖 4-11-1g 高雄港大域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/28 00 00:00)

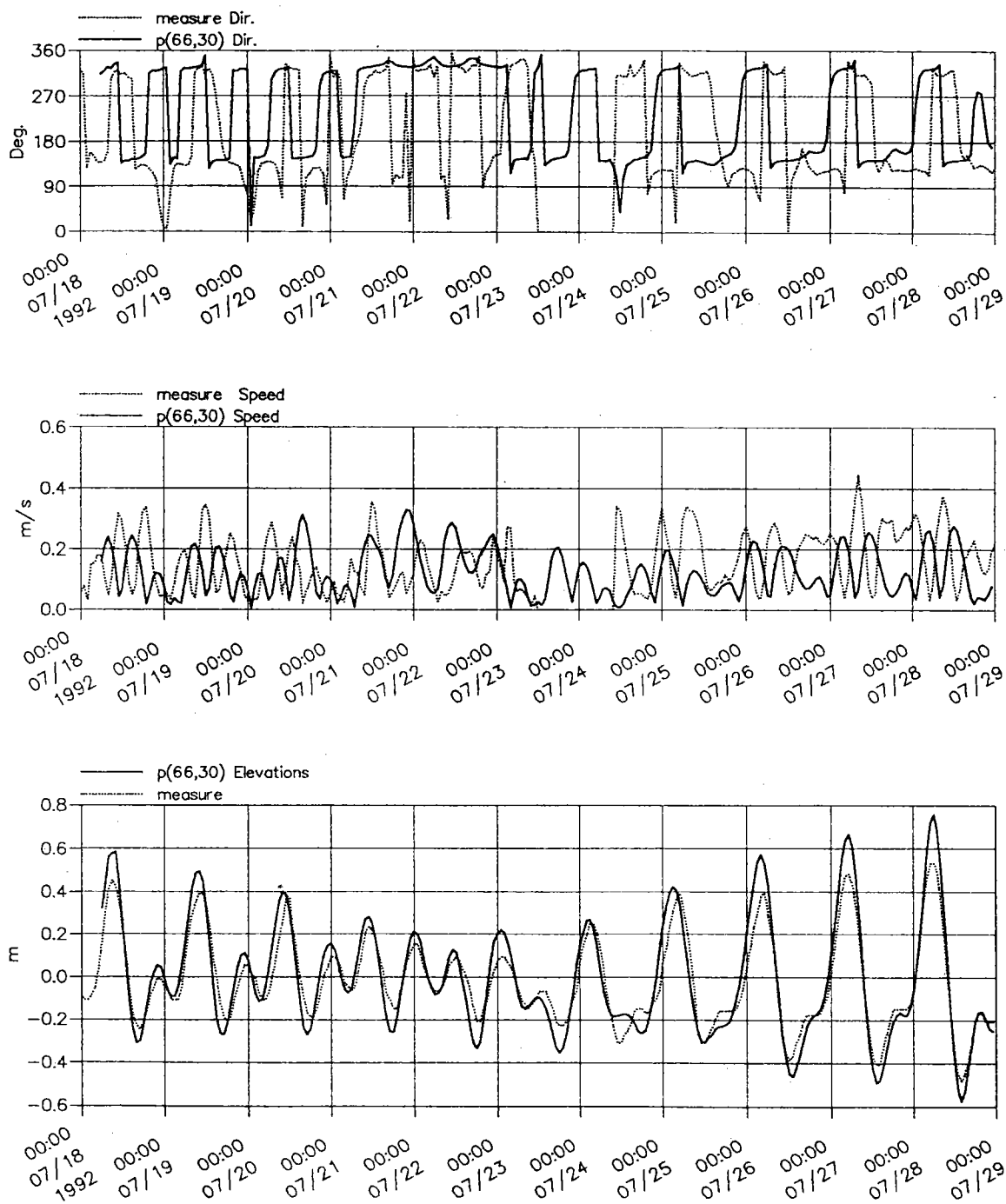


圖 4-11-2a 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

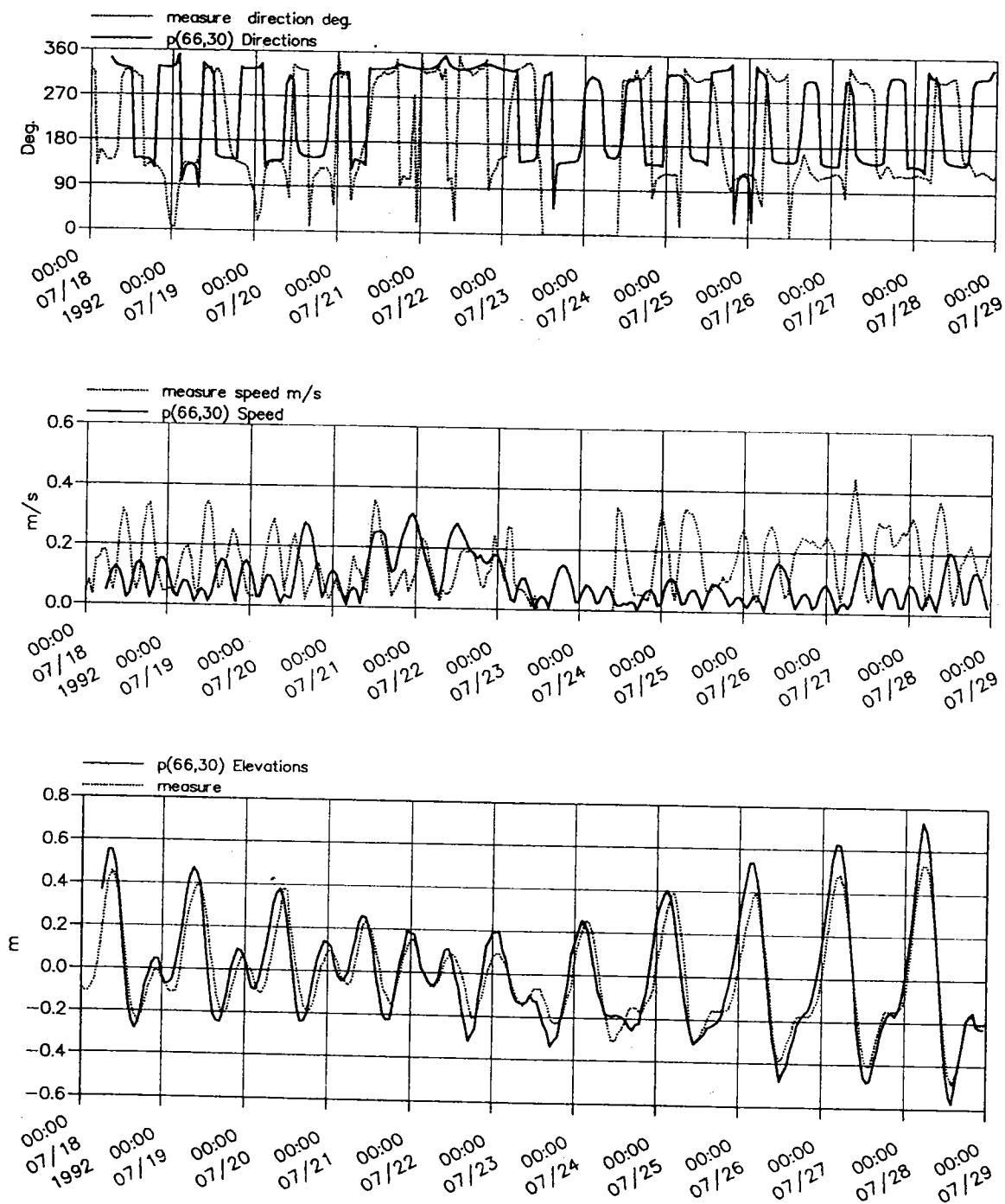


圖 4-11-2c 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

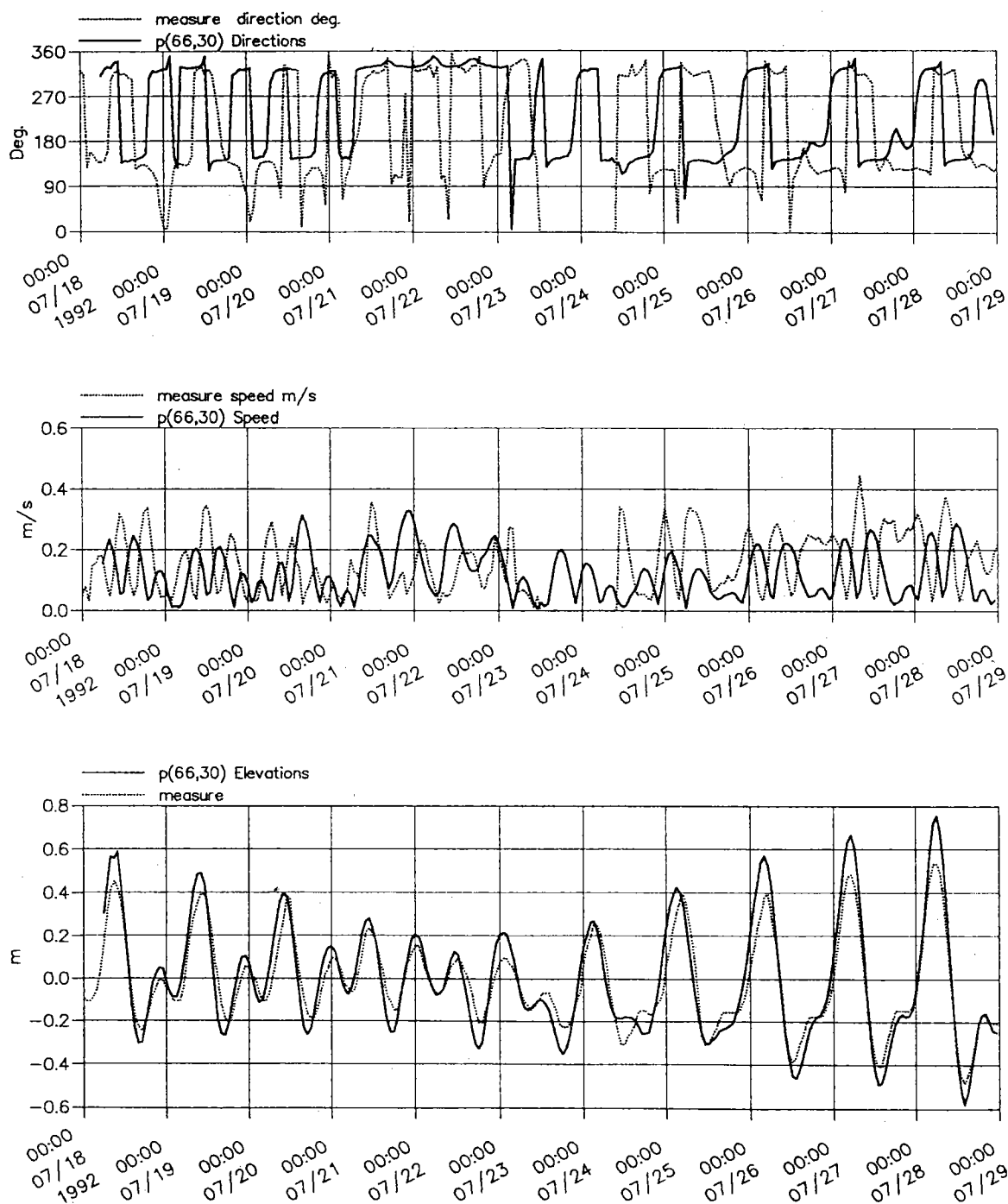


圖 4-11-2b 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

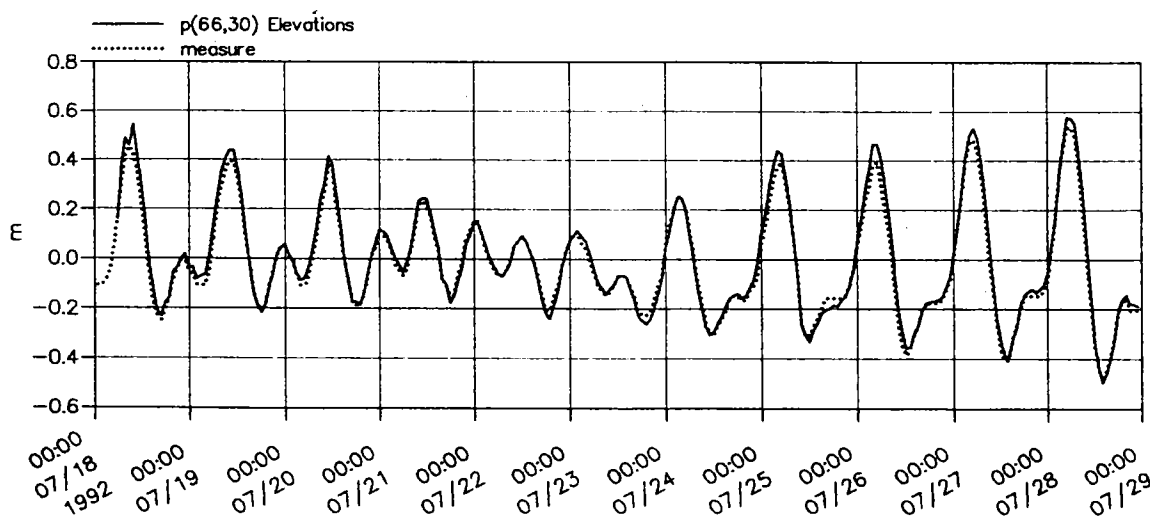
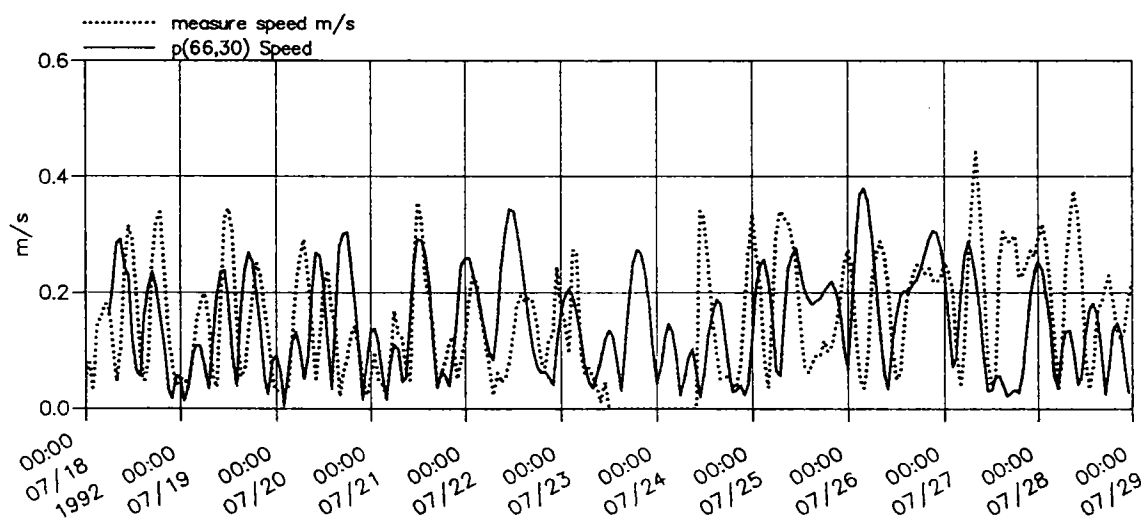
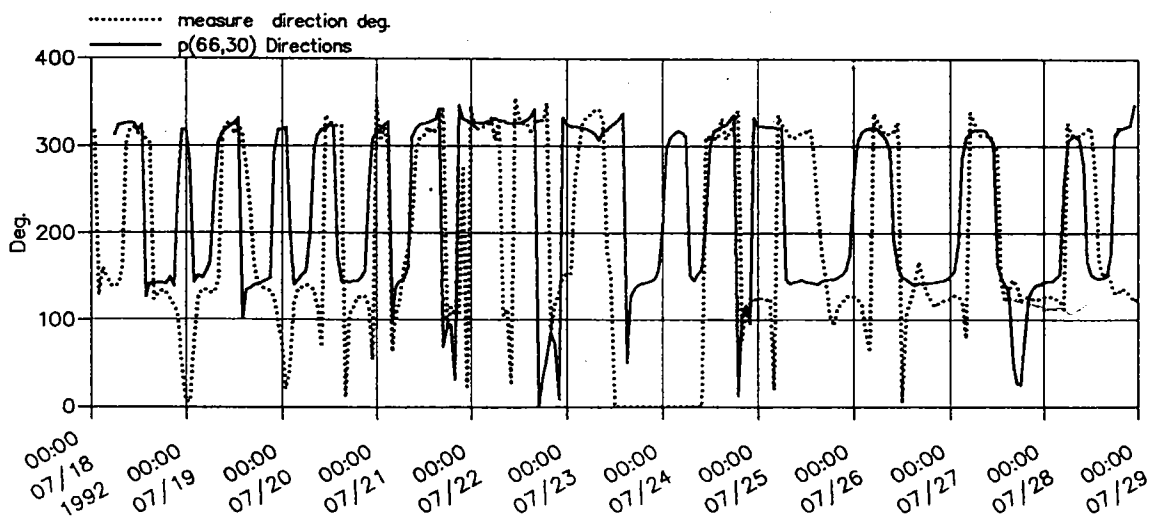


圖 4-11-2d 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

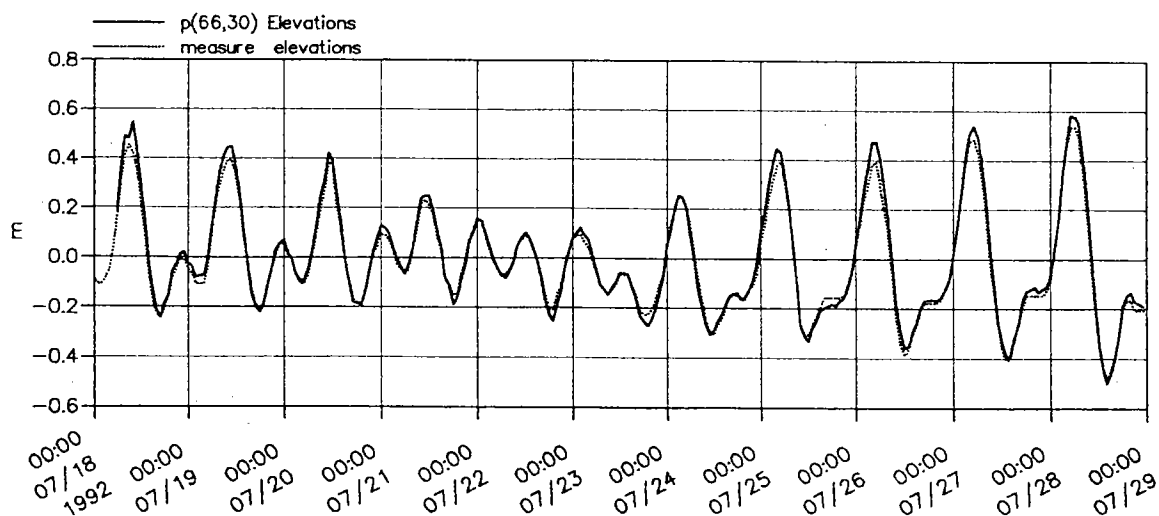
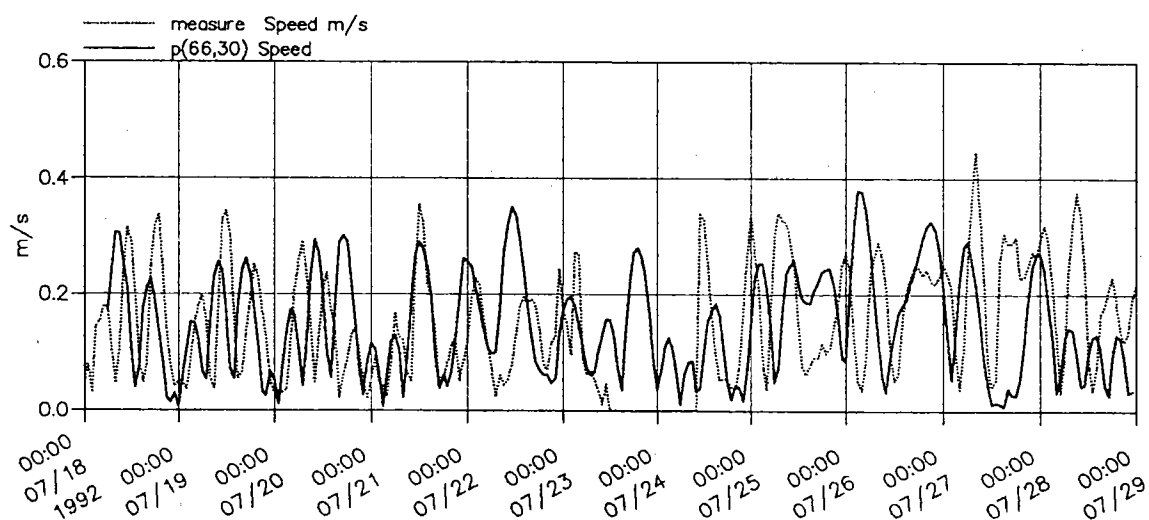
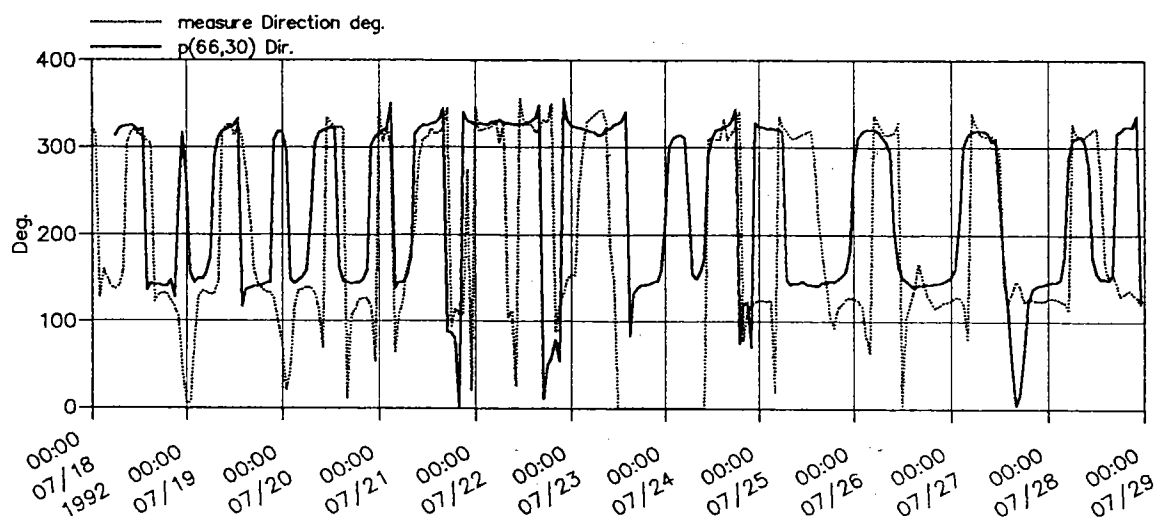


圖 4-11-2e 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

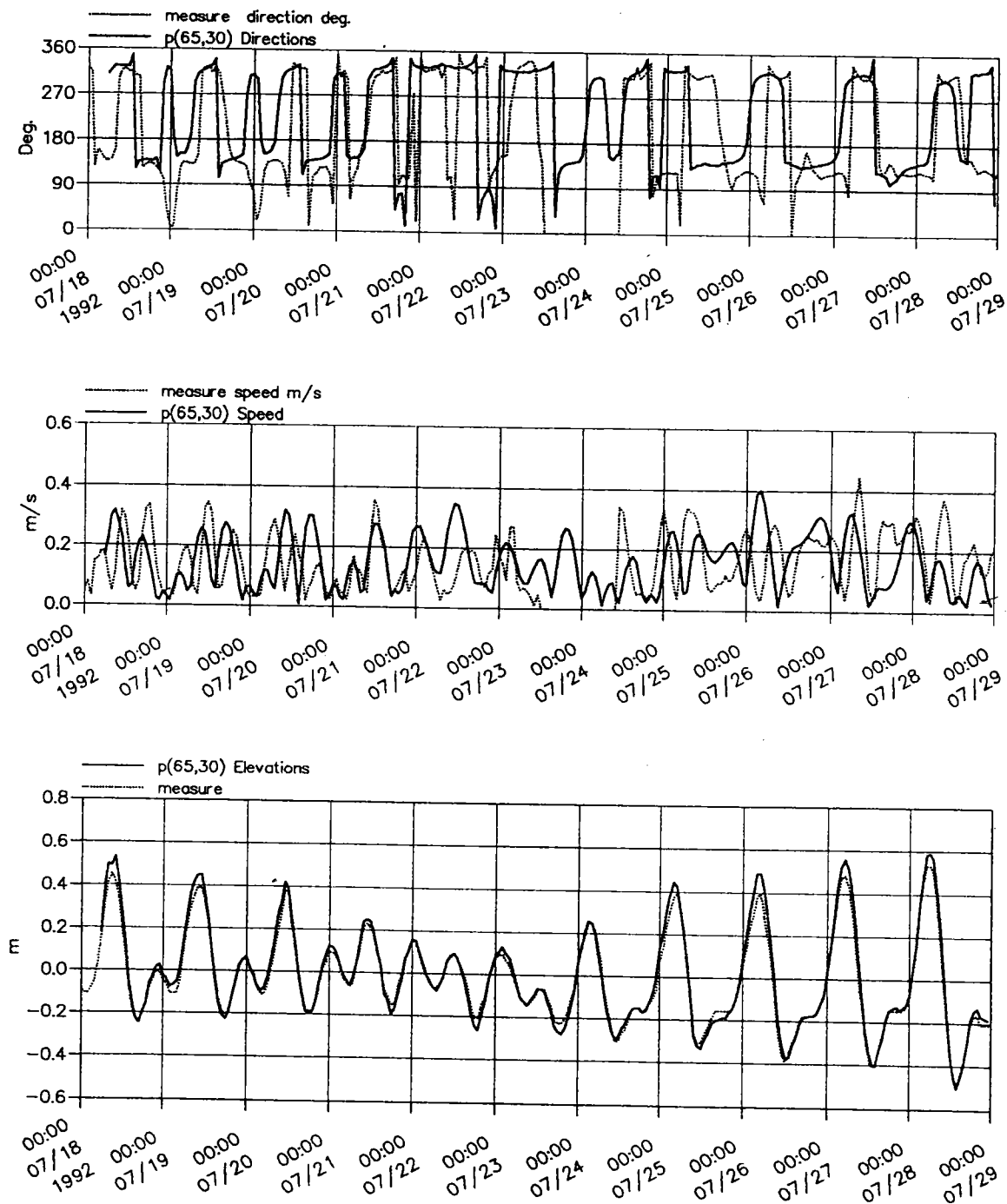


圖 4-11-2f 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

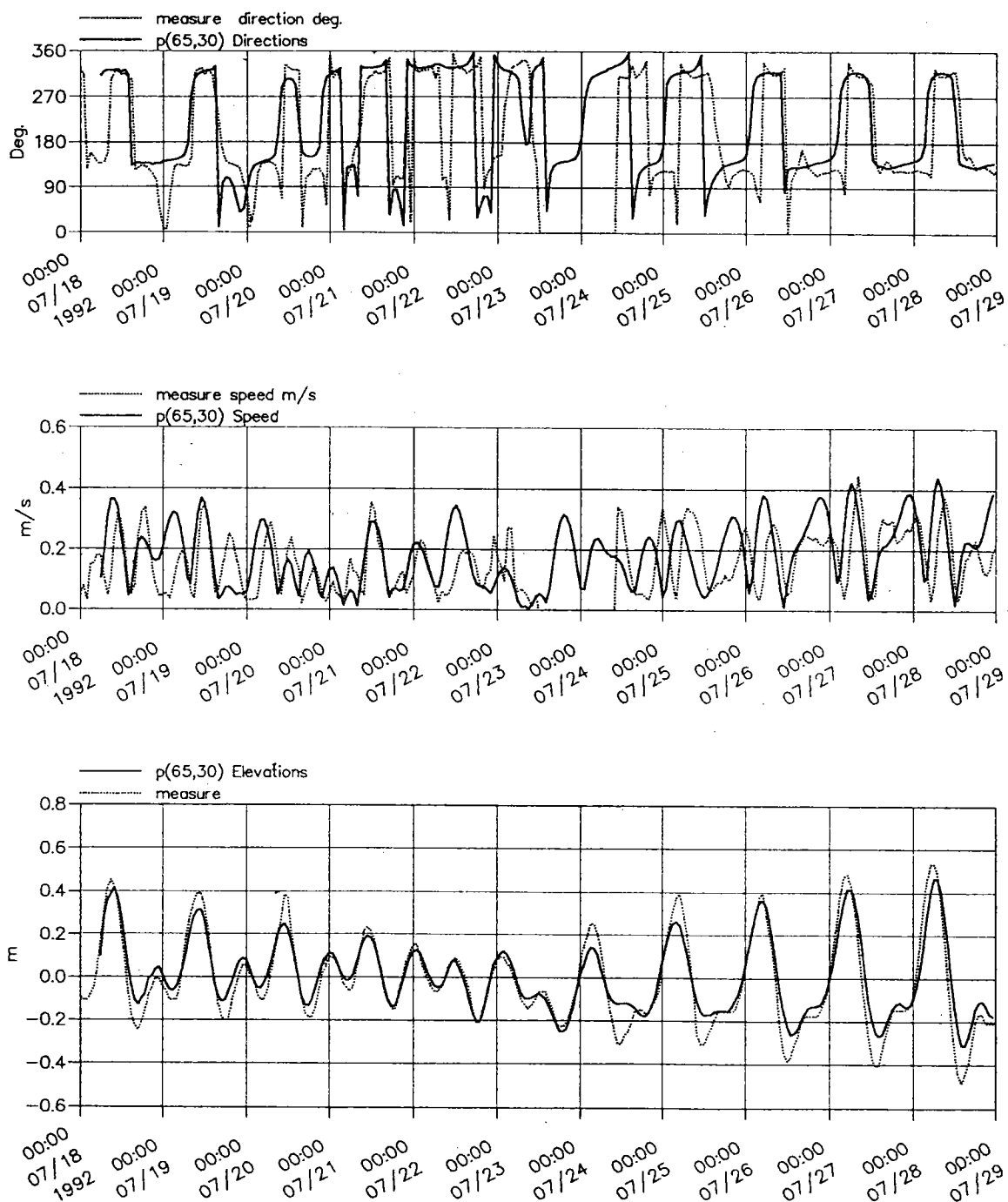


圖 4-11-2g 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

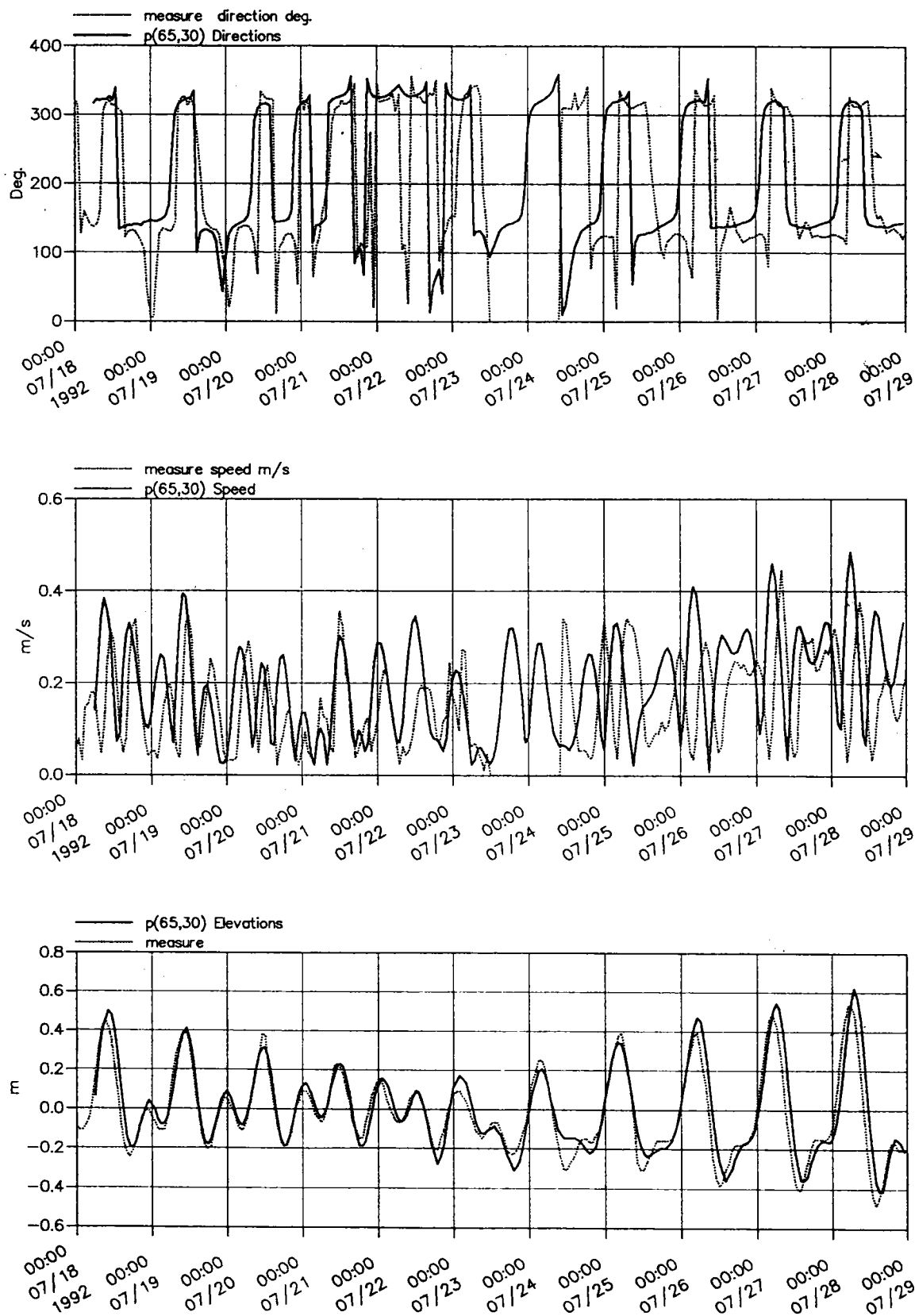


圖 4-11-2h 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

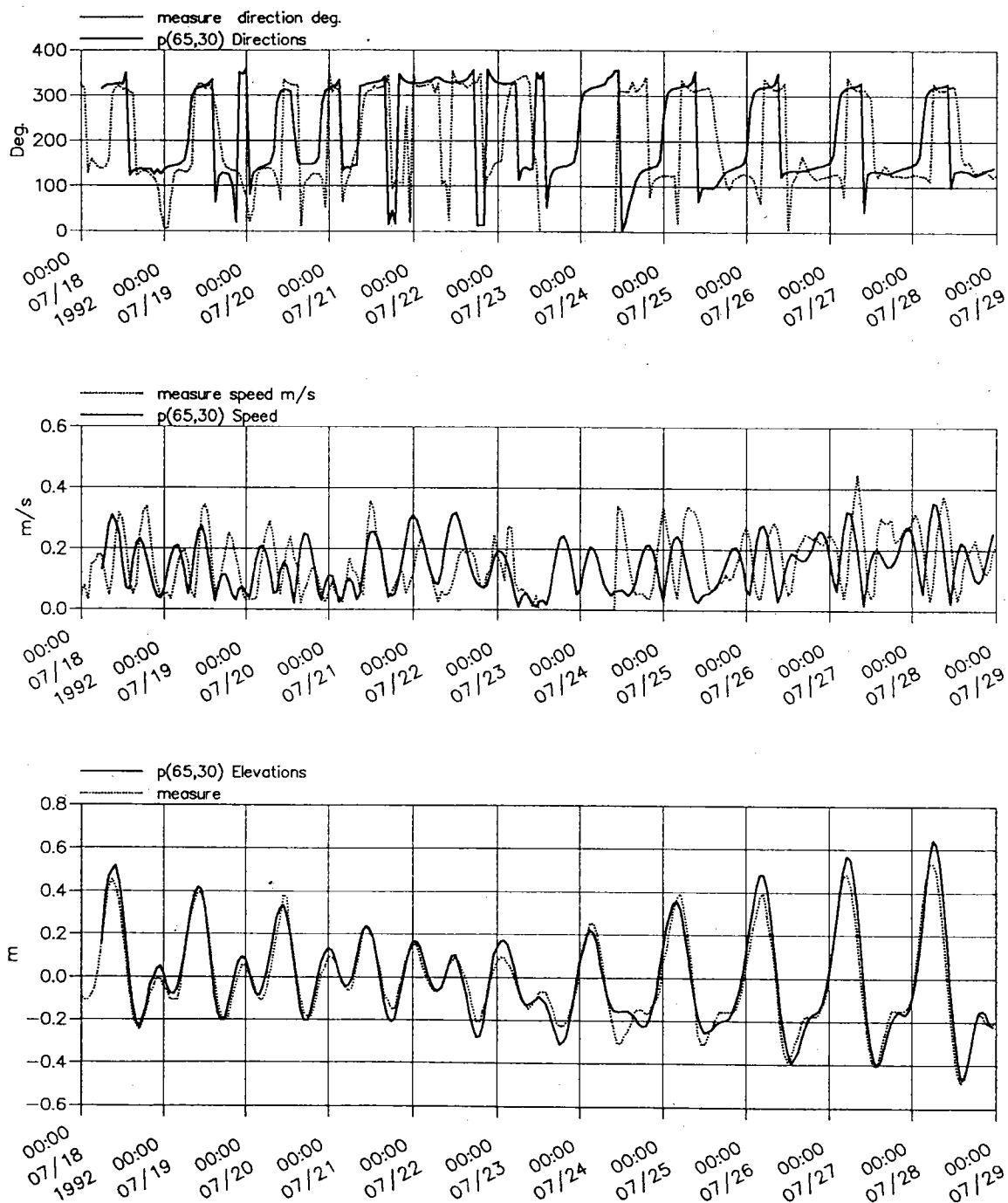


圖 4-11-2i 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

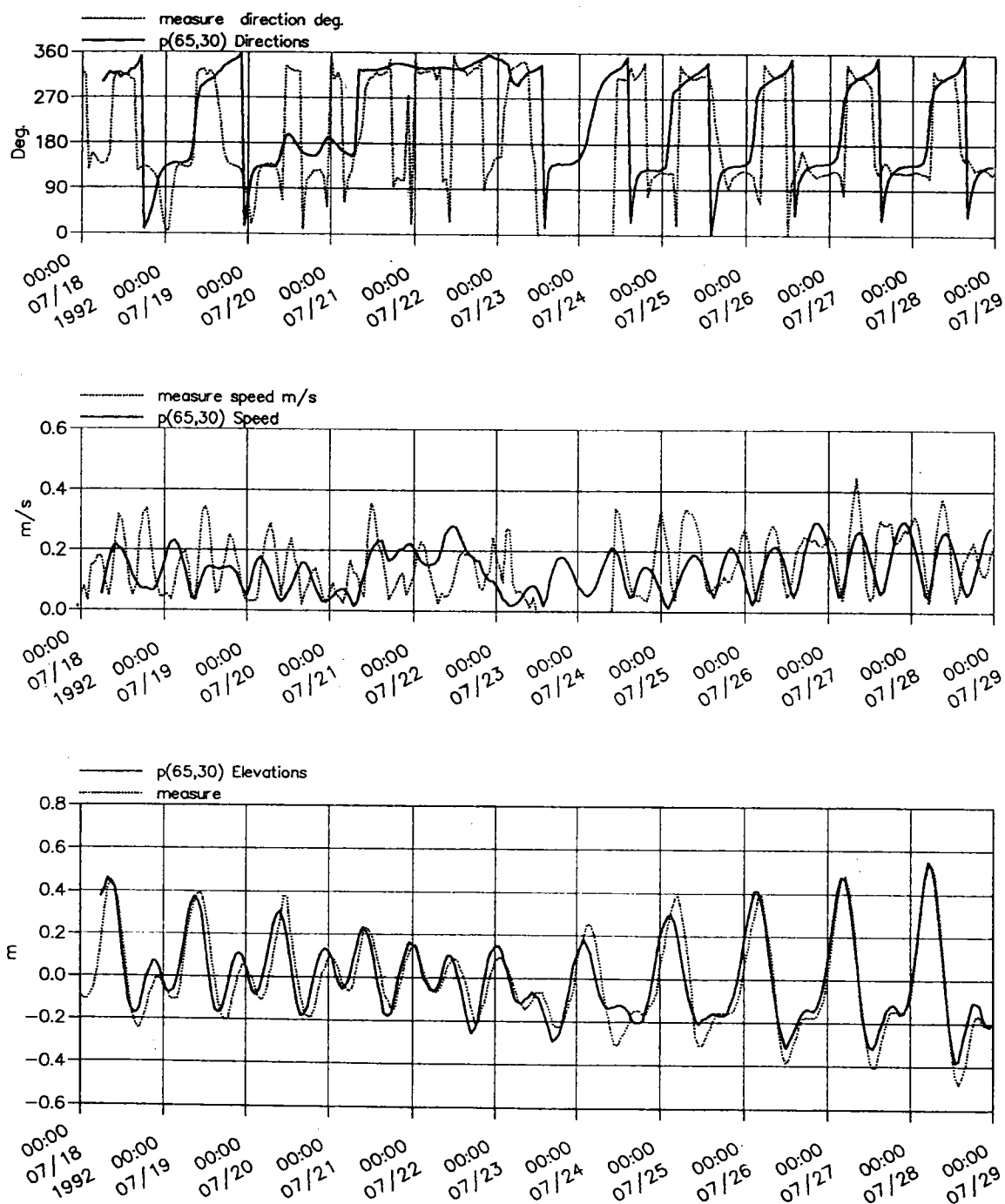


圖 4-11-2j 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

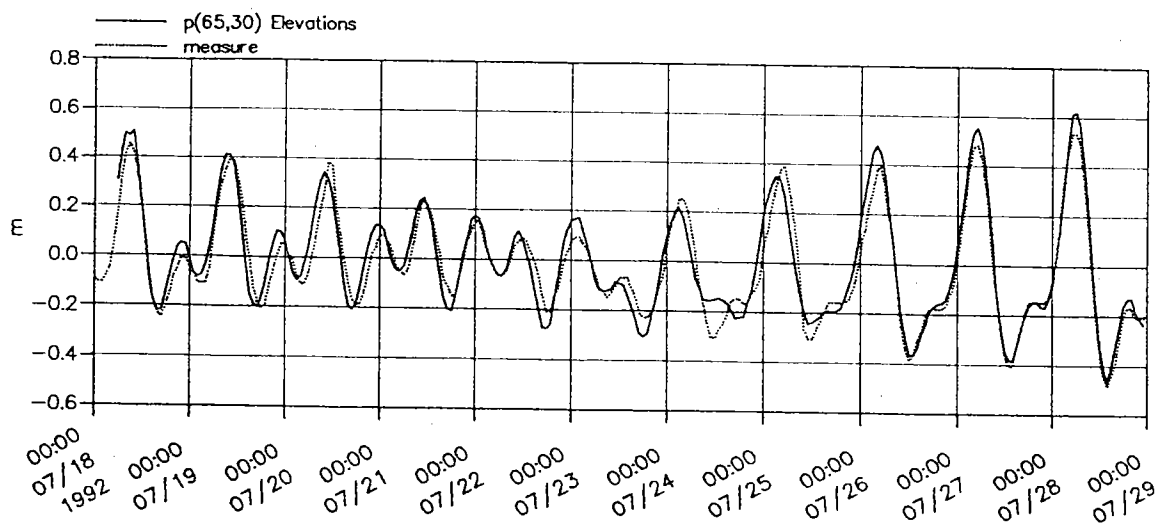
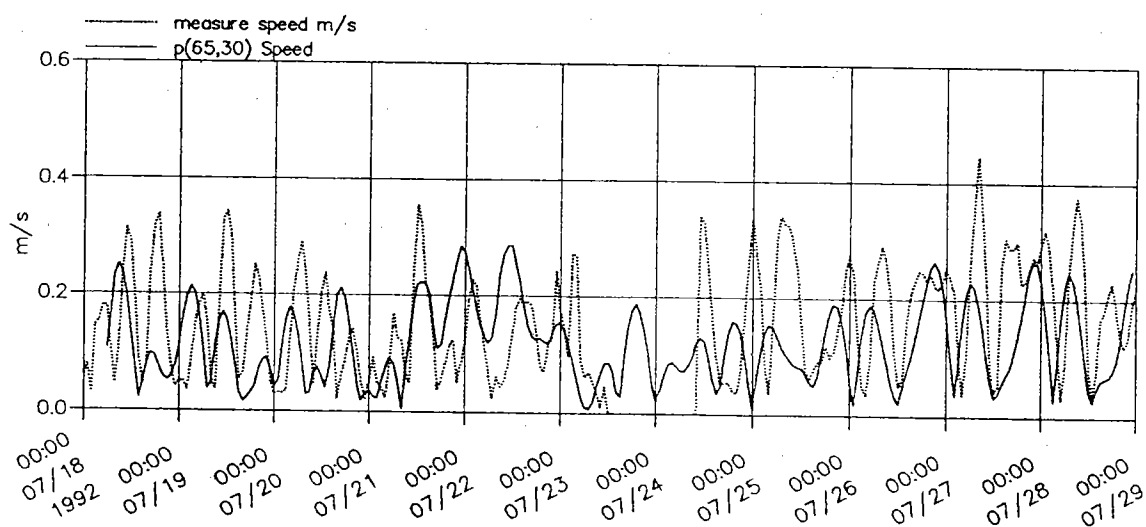
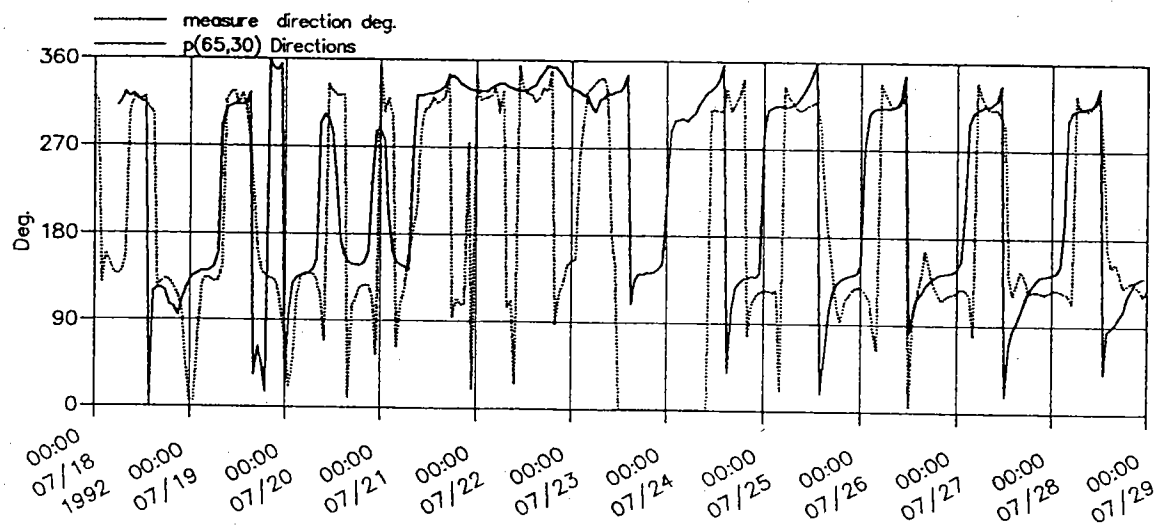


圖 4-11-2k 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

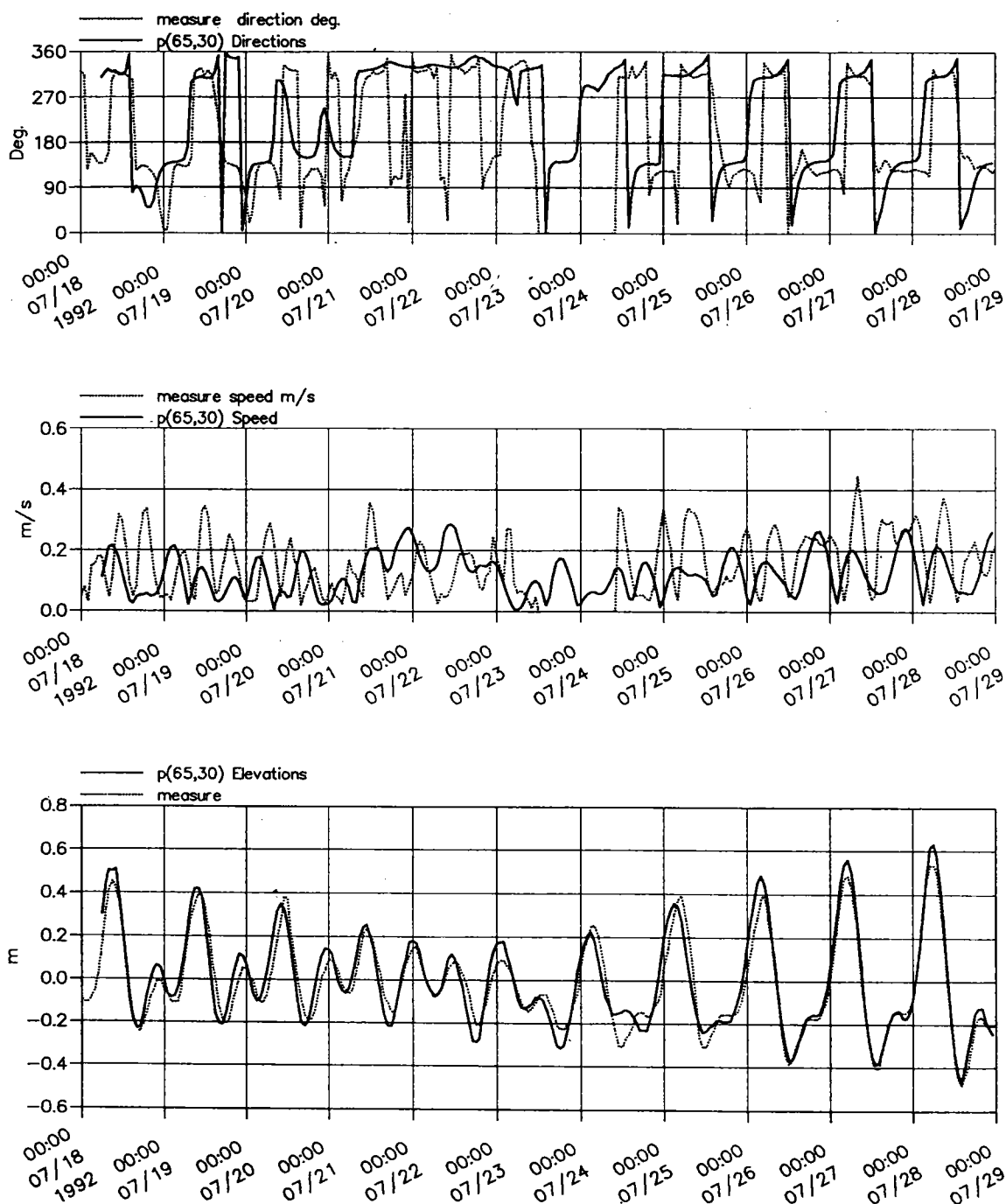


圖 4-11-21 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

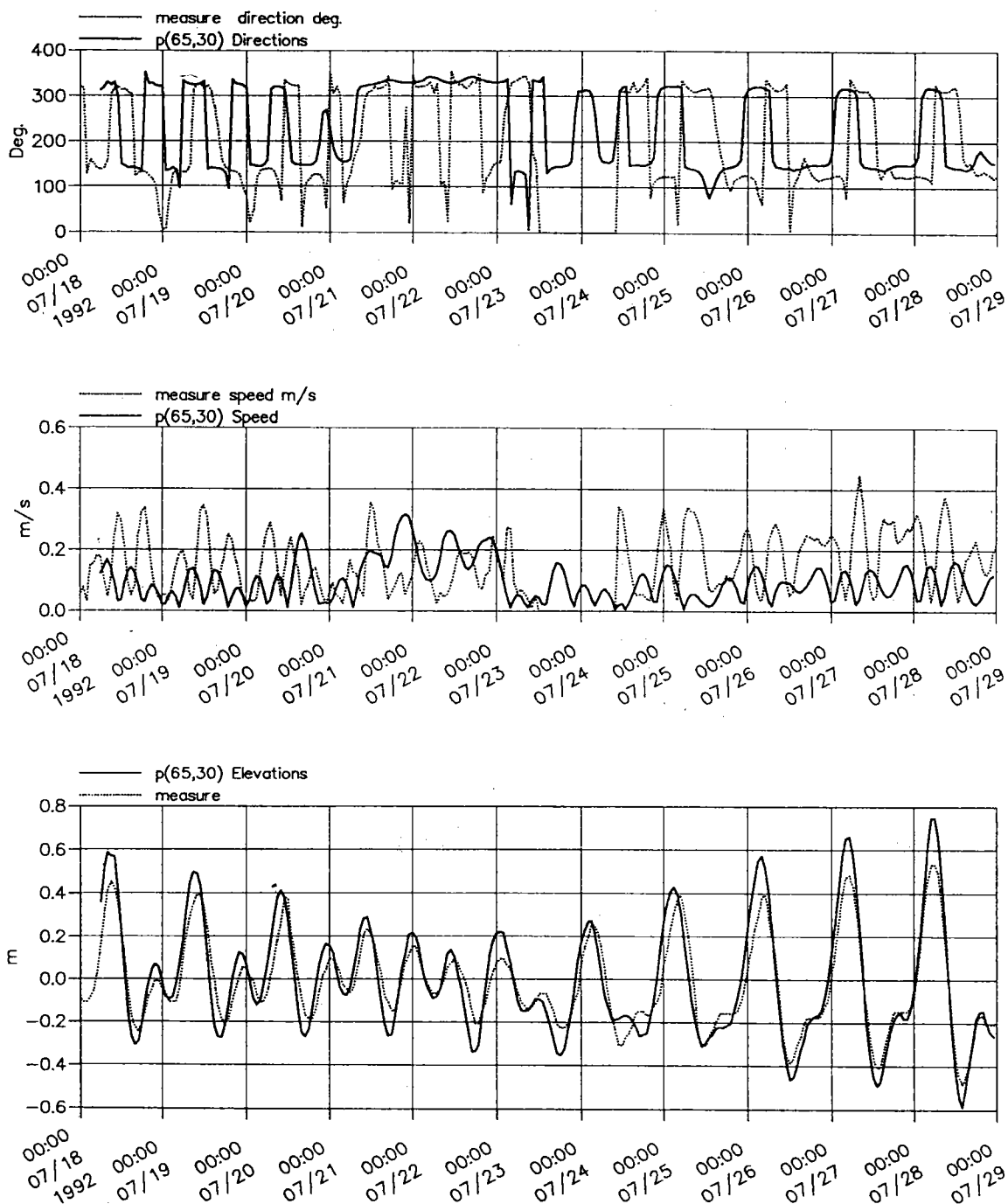


圖 4-11-2m 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

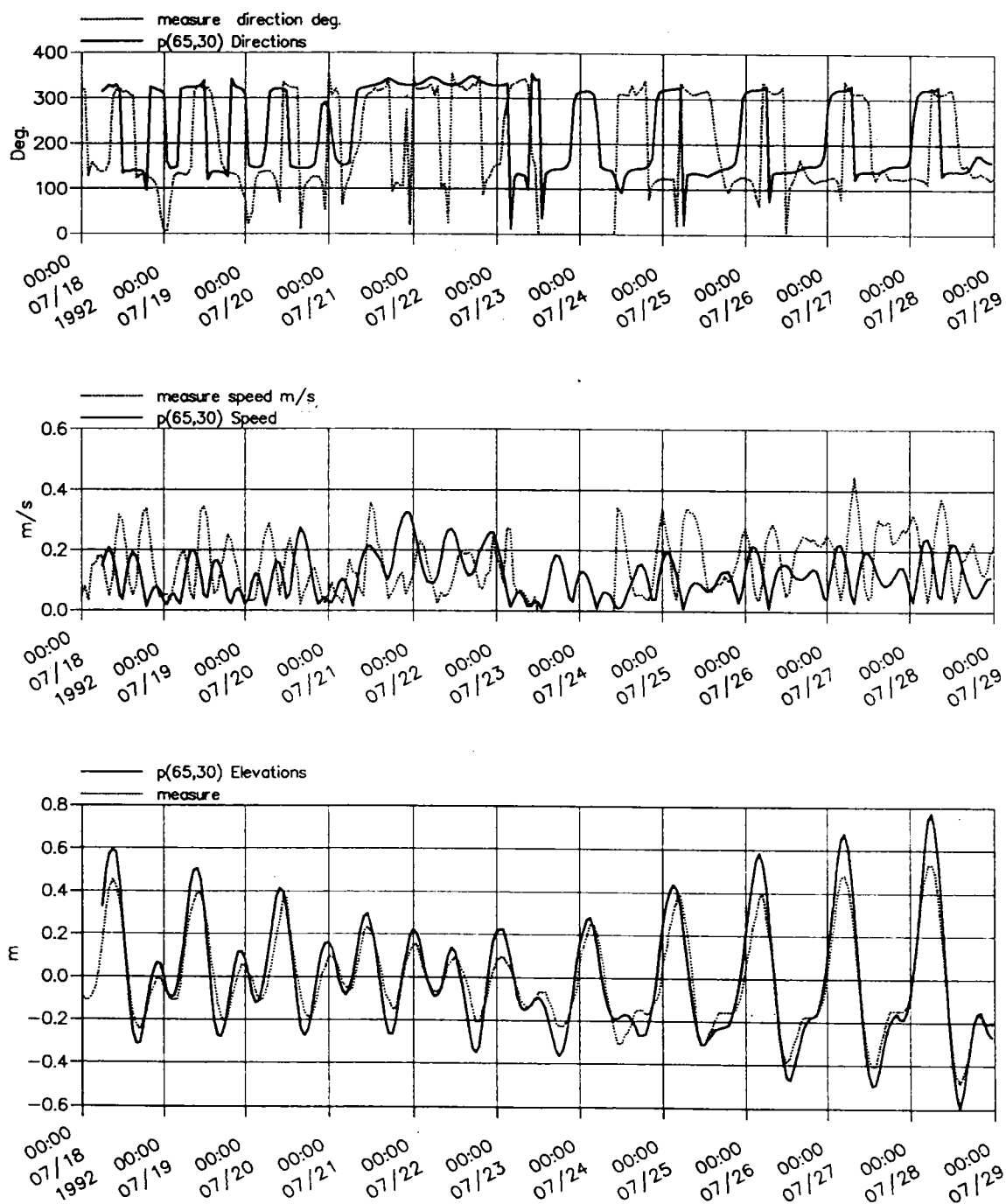


圖 4-11-2n 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

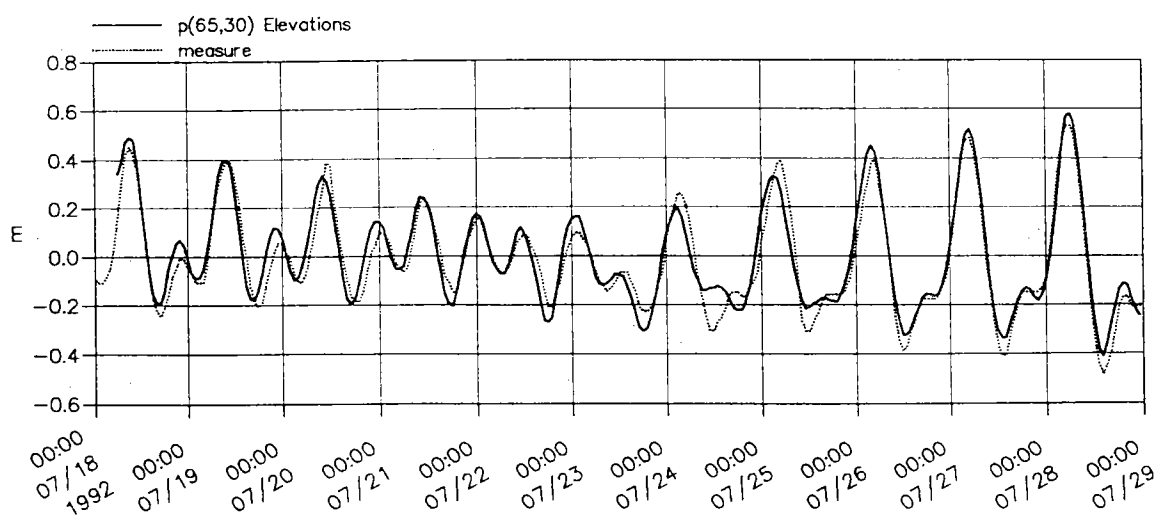
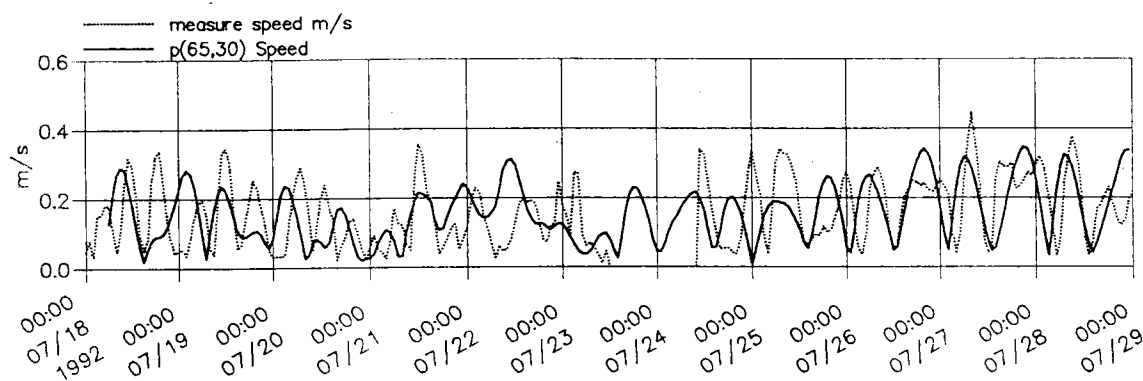
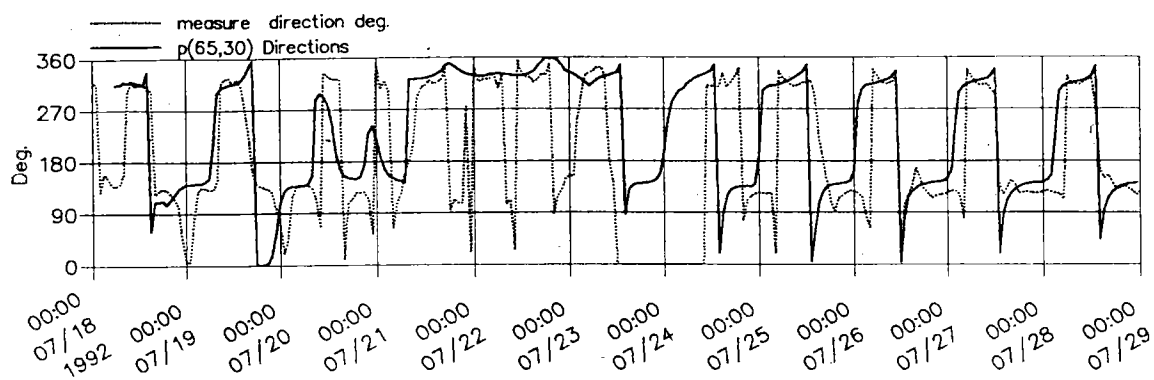


圖 4-11-2o 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

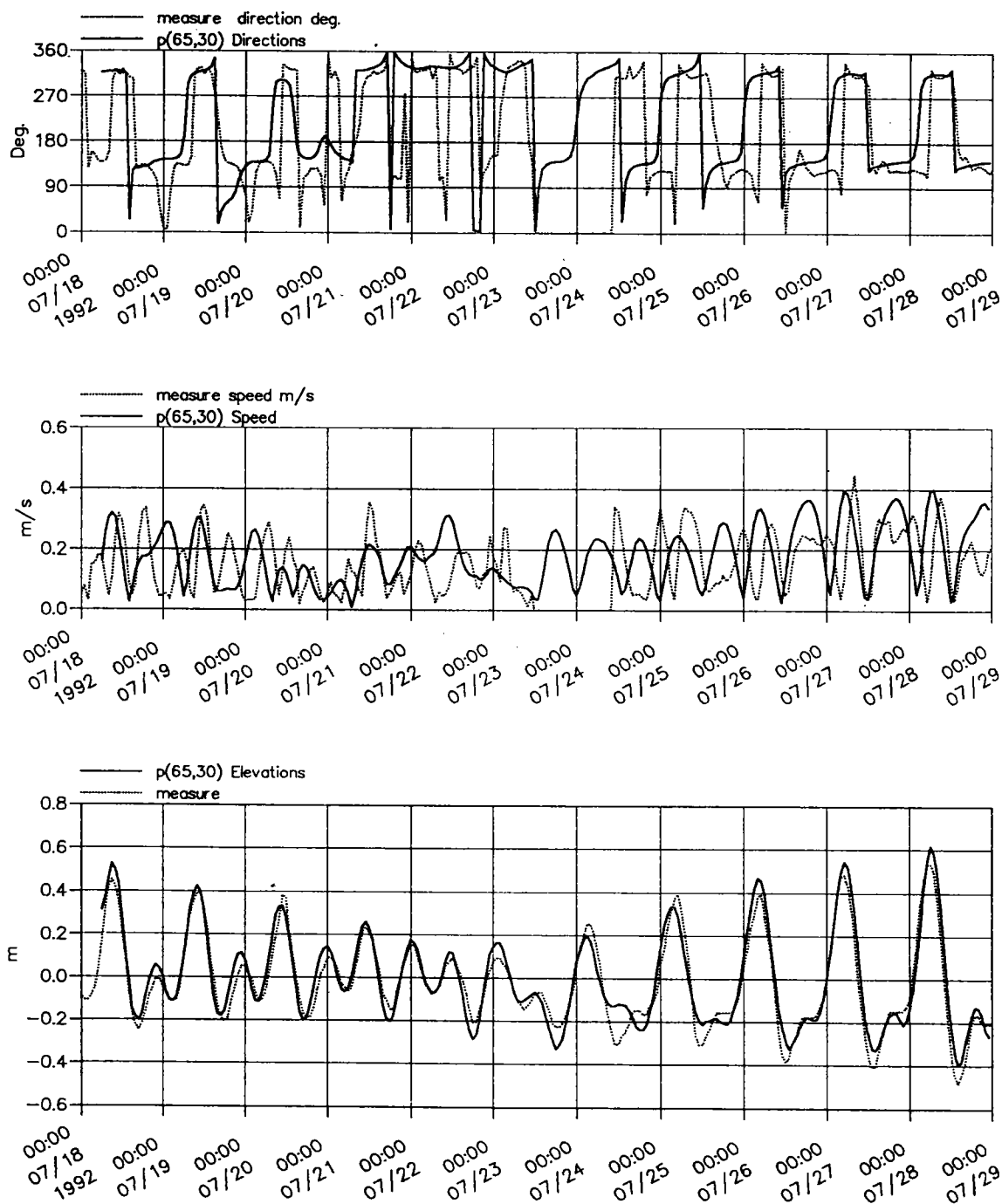


圖 4-11-2p 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

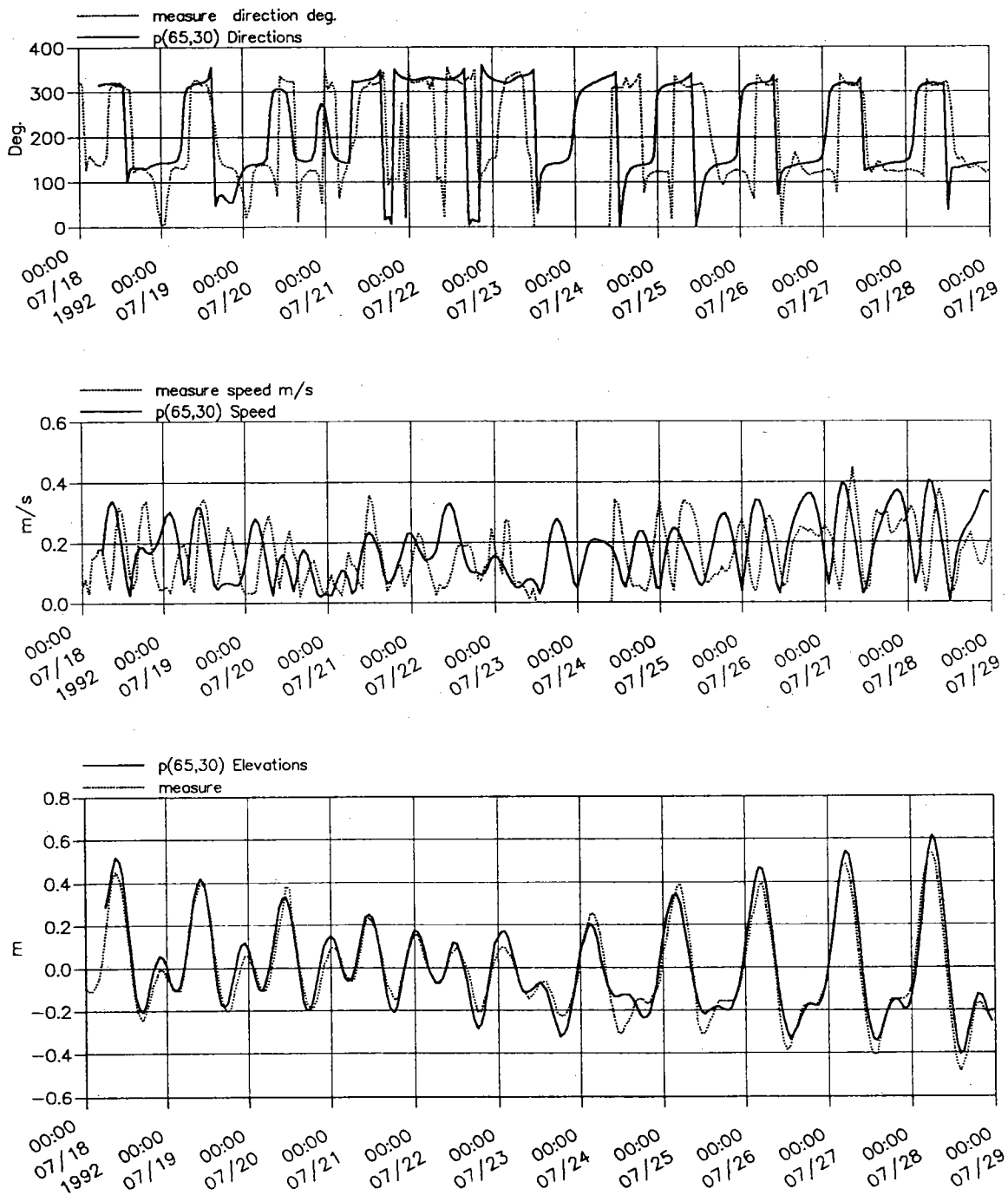


圖 4-11-2q 高雄港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調校如表 4-11-1)

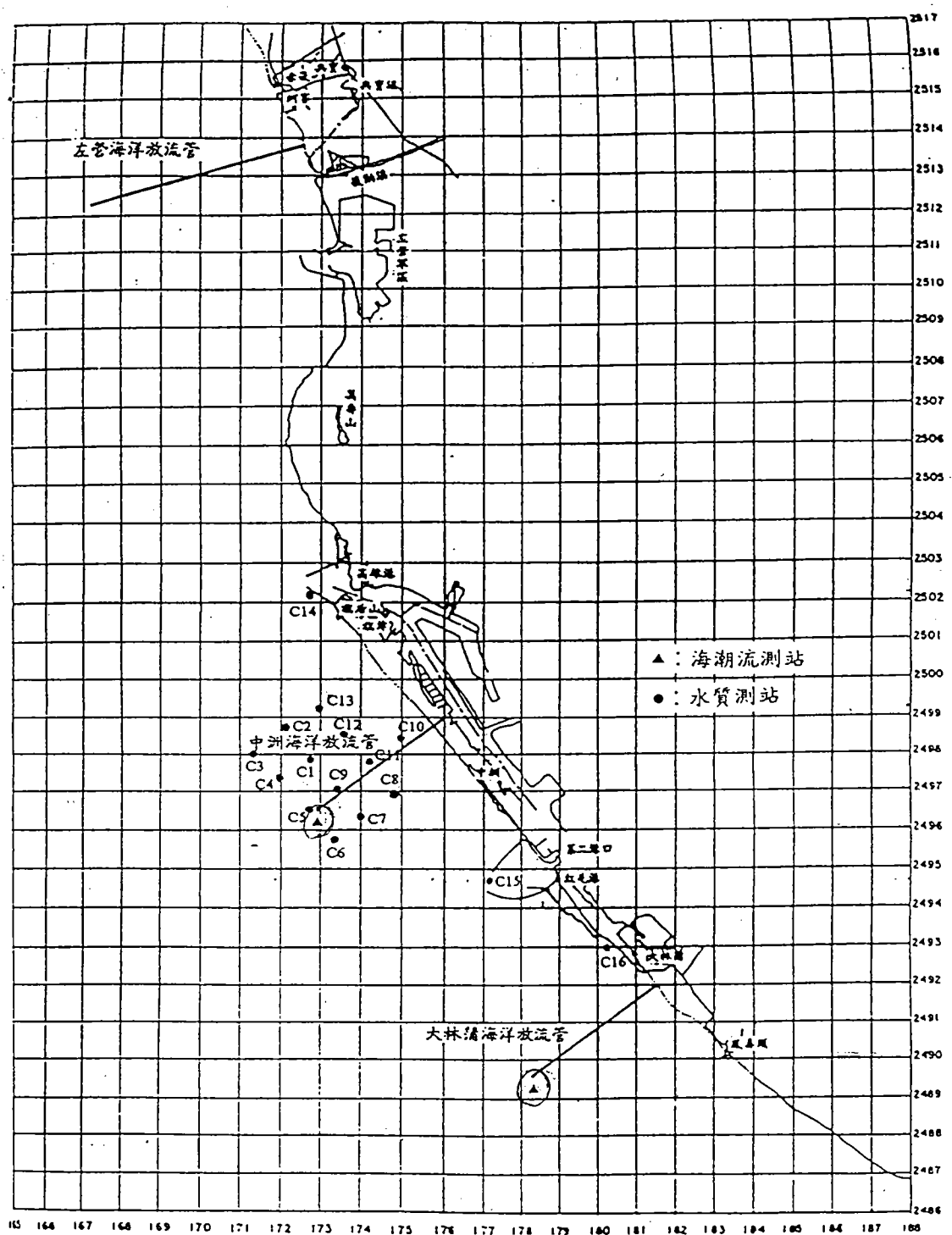


圖 4-11-3 高雄港域海流及水質測站位置圖

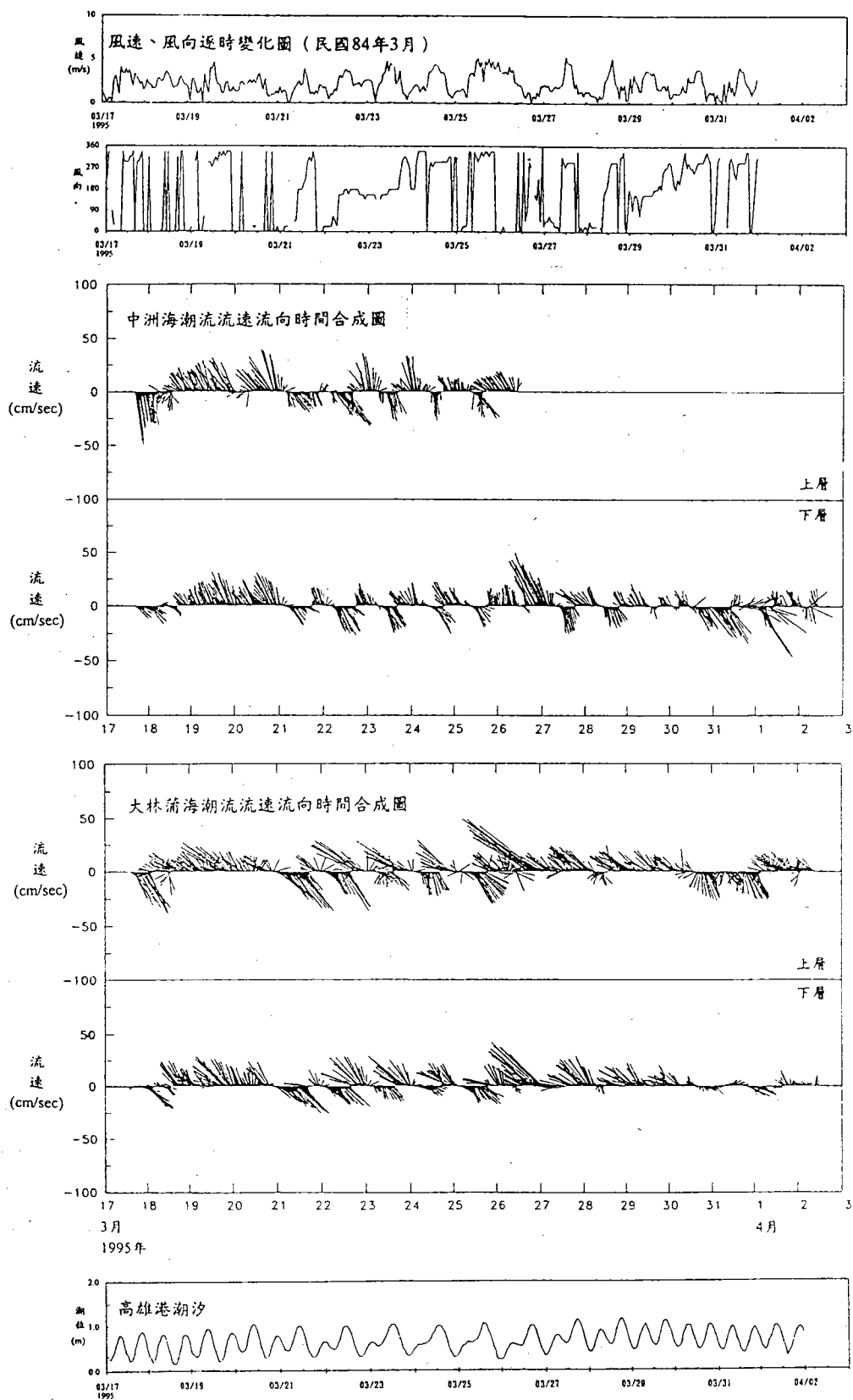


圖 4-11-4a 高雄港域實測之風、海流及潮位
(1995/03/17~1995/04/02)

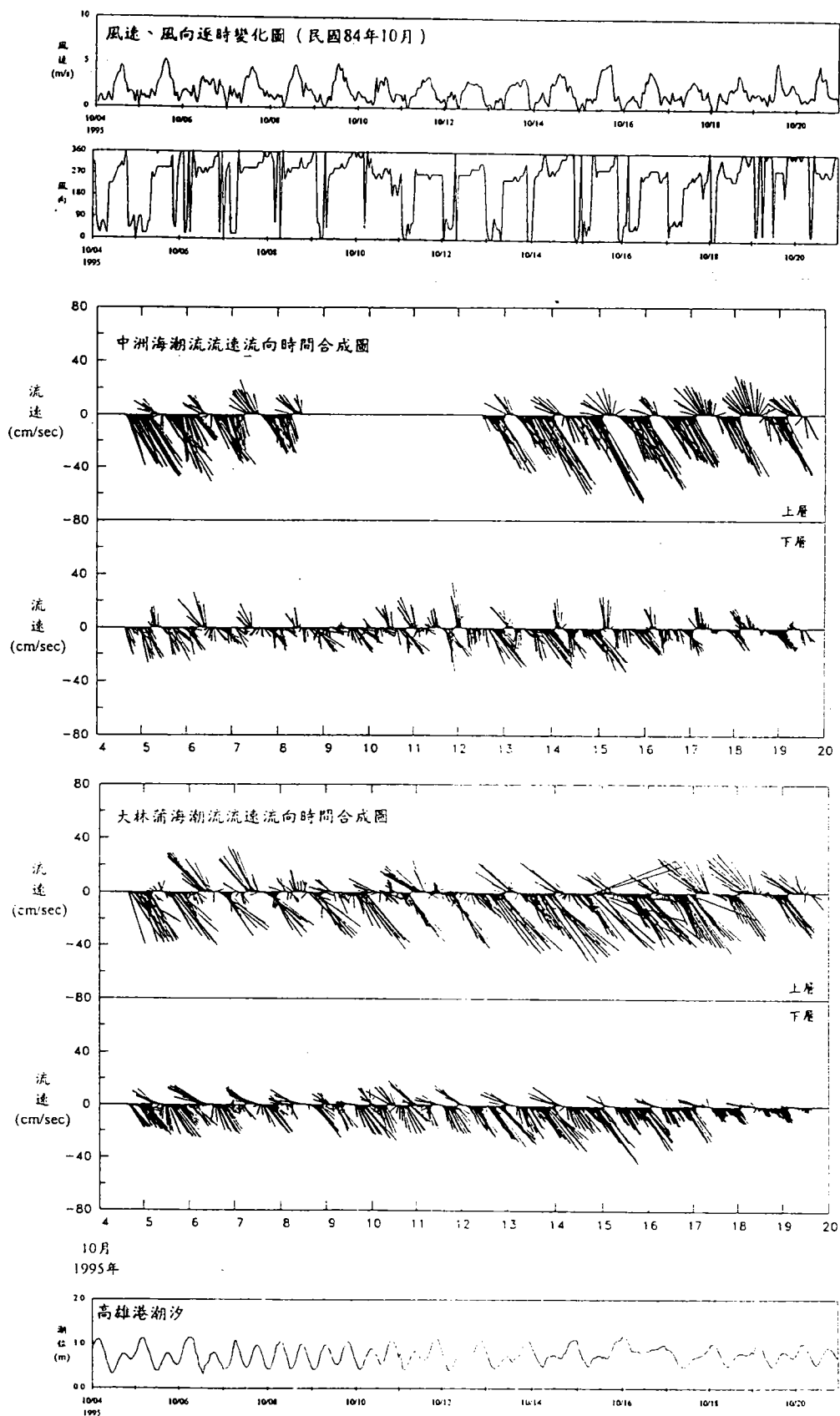


圖 4-11-4b 高雄港域實測之風、海流及潮位
(1995/10/04~1995/10/20)

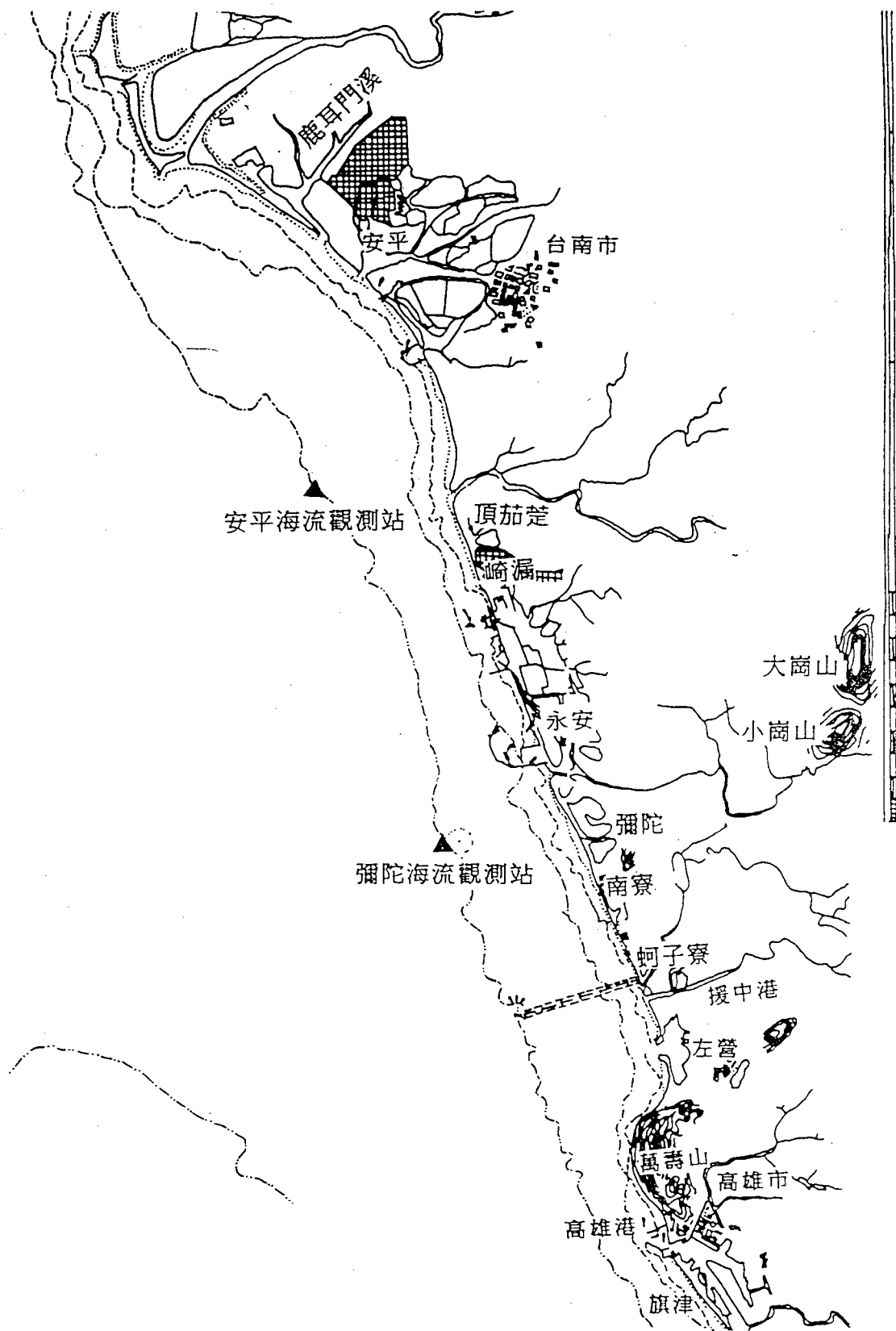


圖 4-11-5 彌陀海域海流測站位置圖

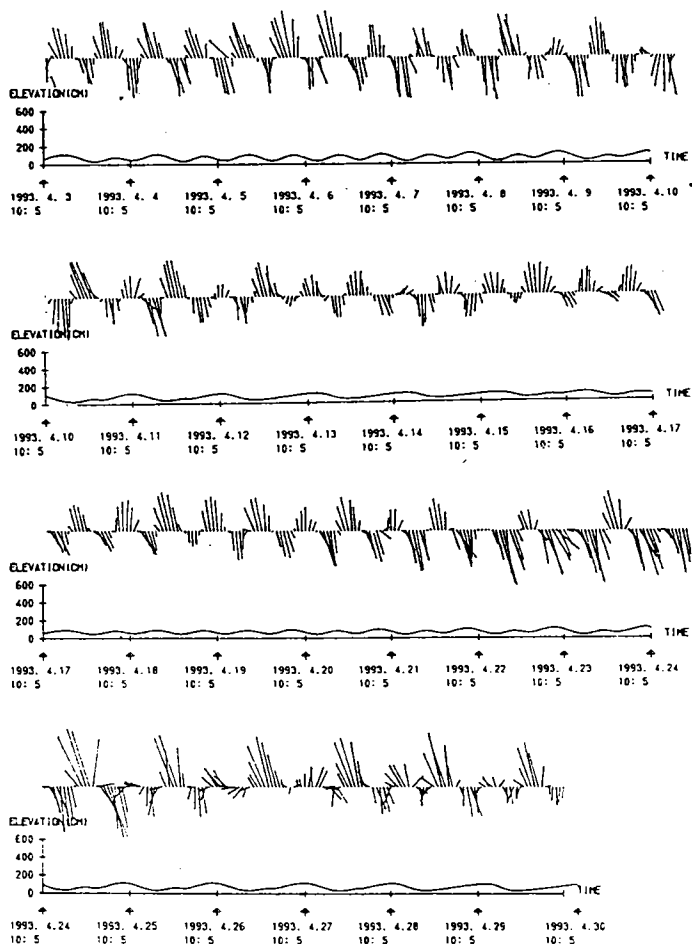


圖 4-11-6a 彌陀海域實測之海流逐時變化與對應之潮汐圖
(春季 1993/04/03~1993/04/30)

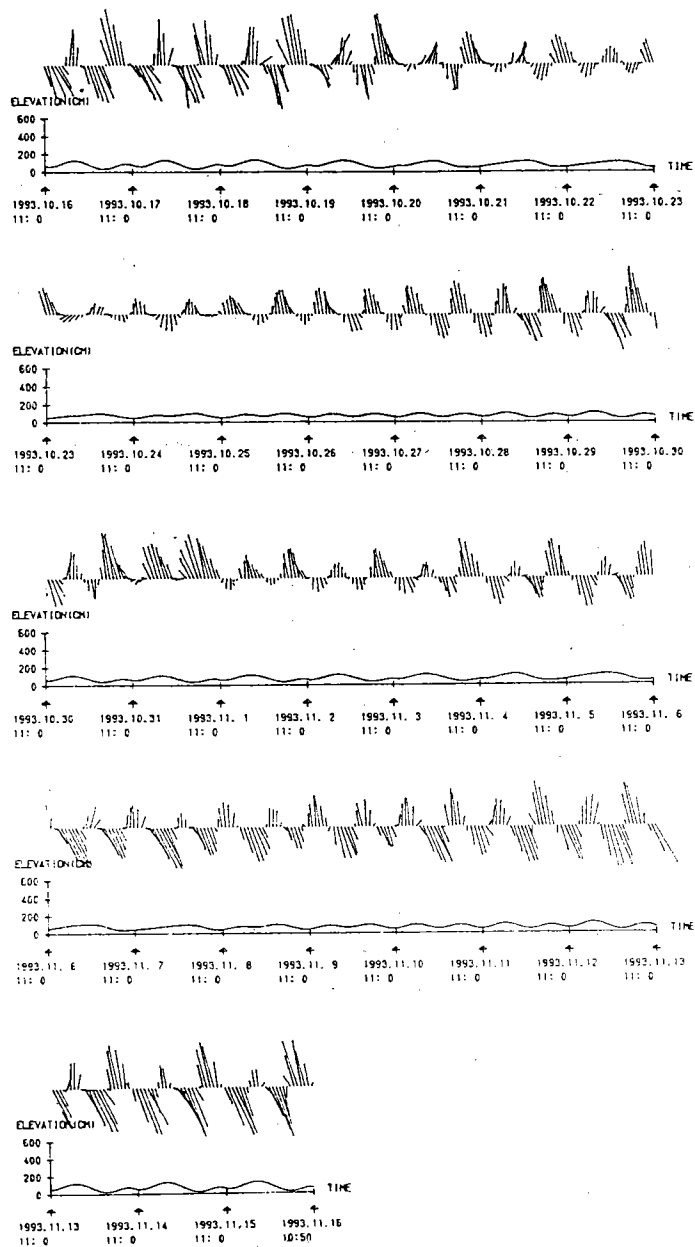


圖 4-11-6b 彌陀海域實測之海流逐時變化與對應之潮汐圖
(秋季 1993/10/16~1993/11/16)

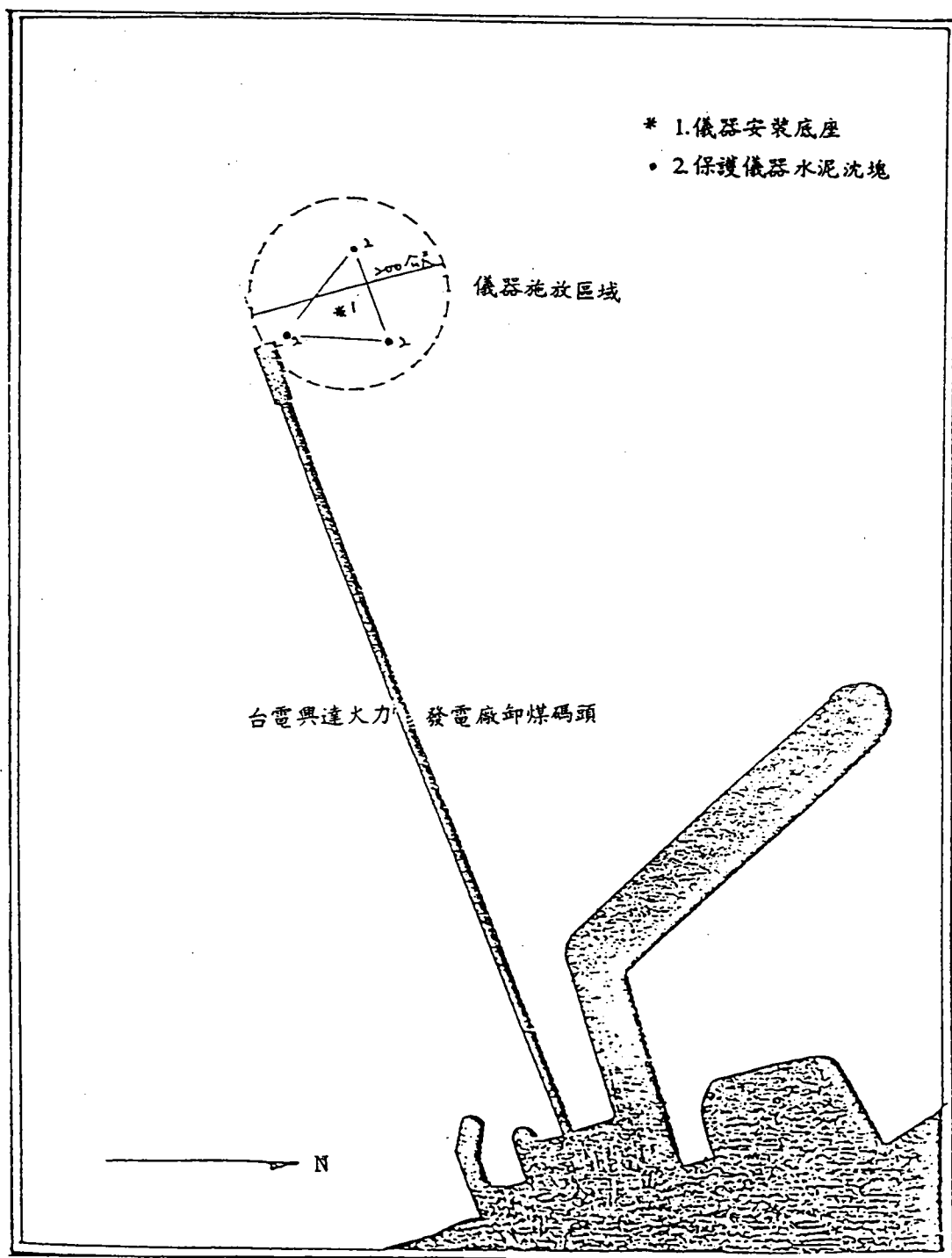


圖 4-11-7a 興達港海域海流測站位置圖

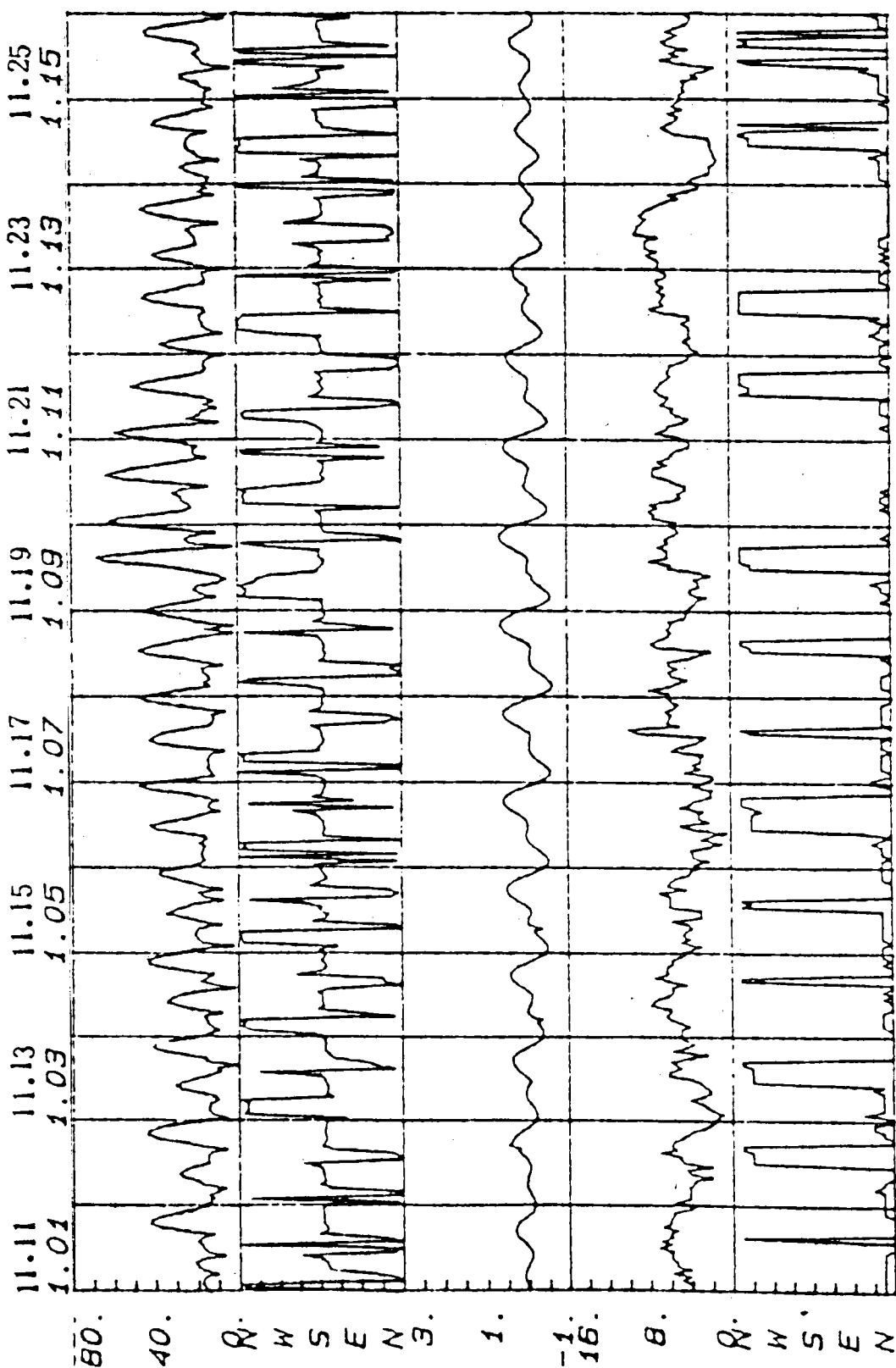


圖 4-11-7b 興達港實測海流流速、海流流向、潮位、風速與風向
(1985/01/01~1985/01/15)

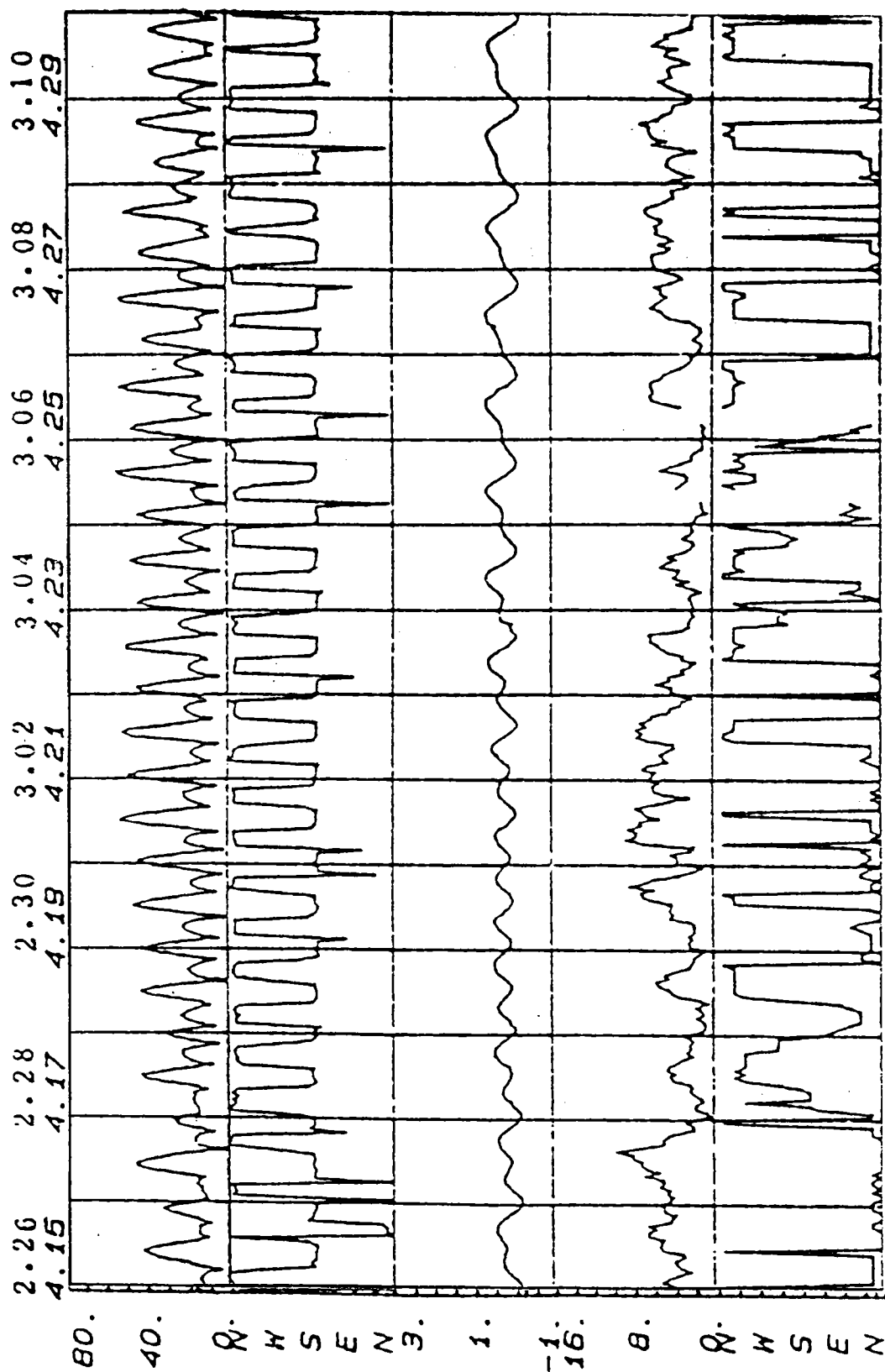


圖 4-11-7c 興達港實測海流速、海流流向、潮位、風速與風向
(1985/04/15~1985/04/29)

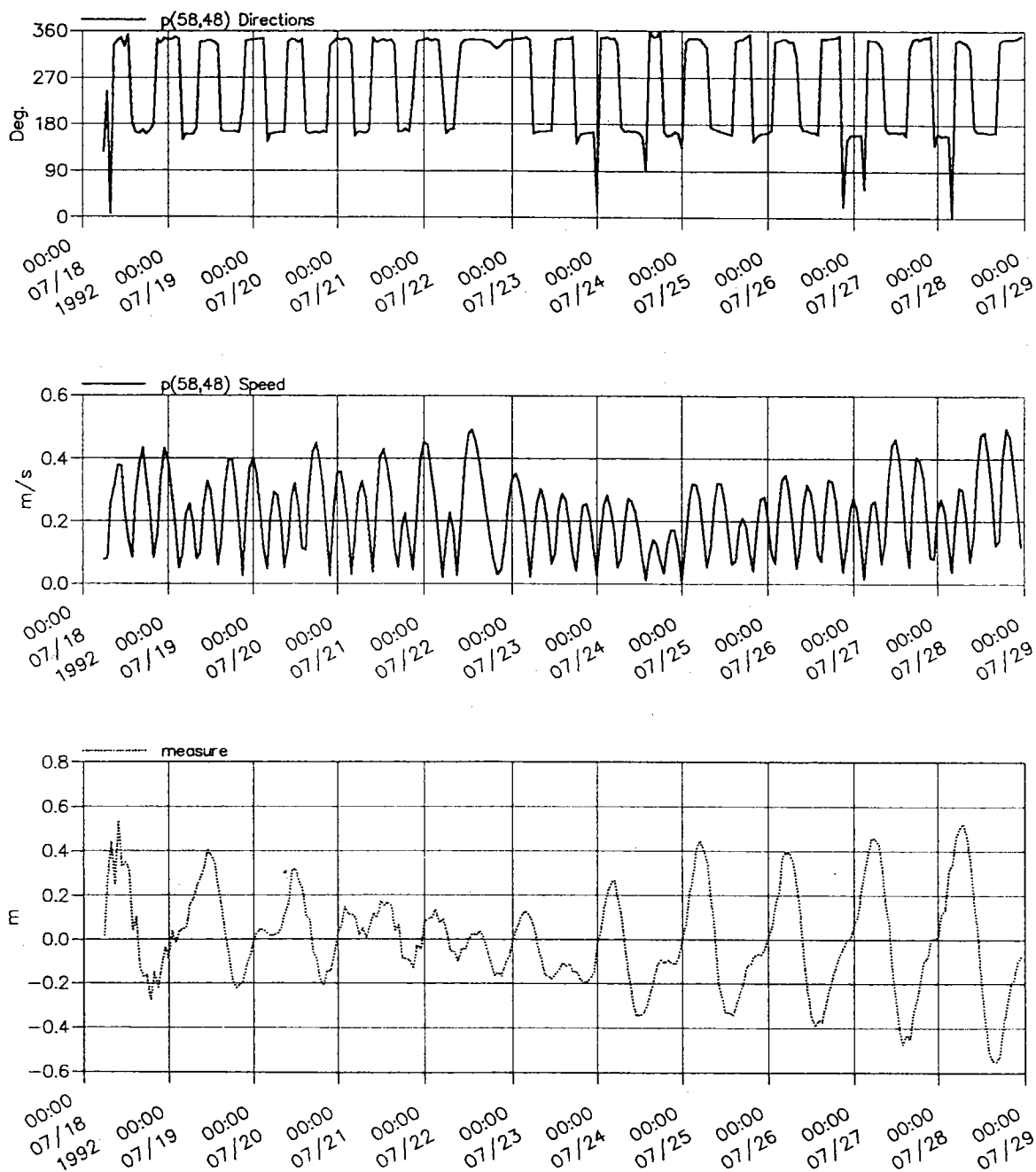


圖 4-11-8 興達港大域海流模擬計算水位及流場校核
(邊界條件調整同圖 4-11-2d)

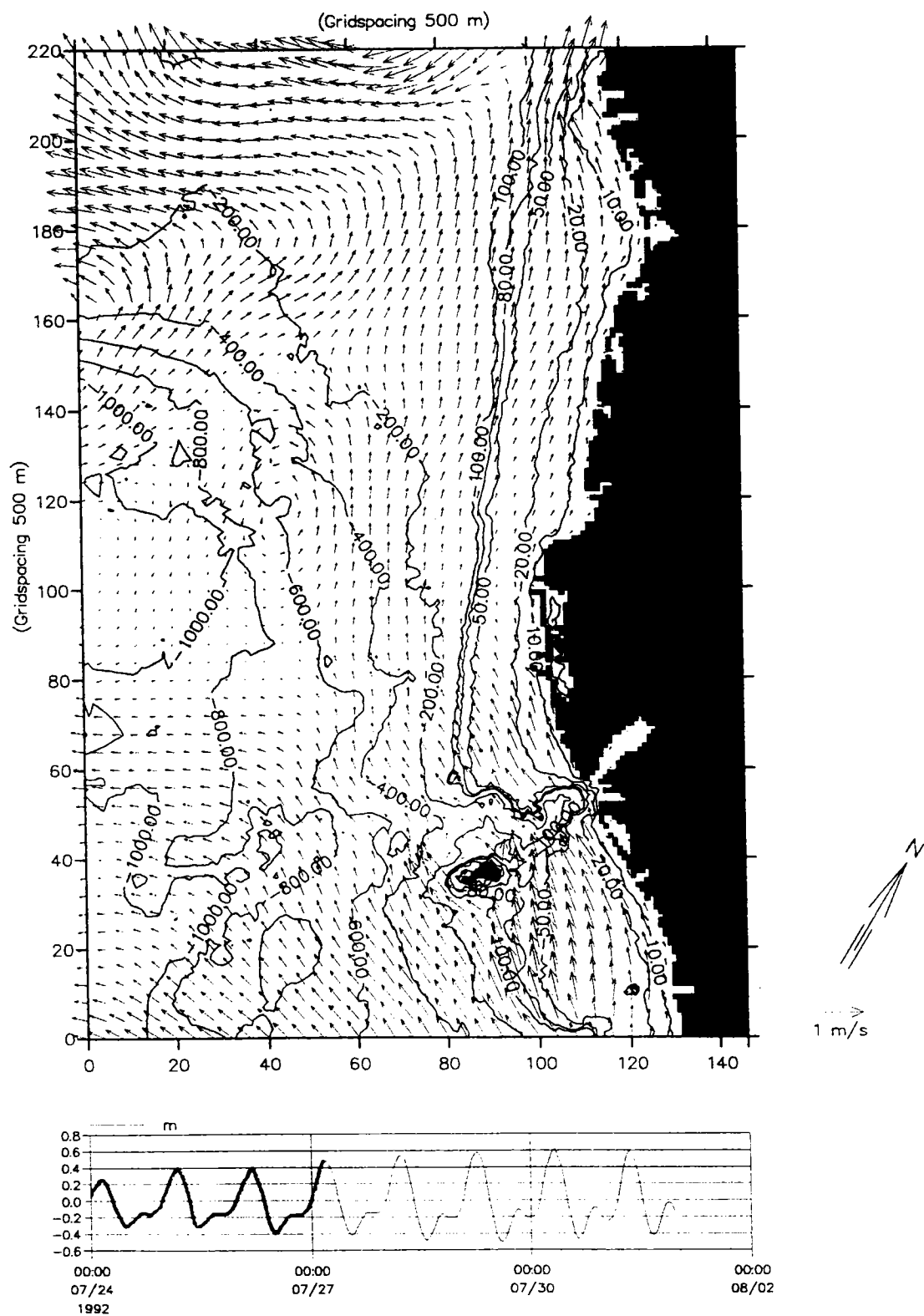


圖 4-11-9a 高雄港小域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/27 04:00:00)

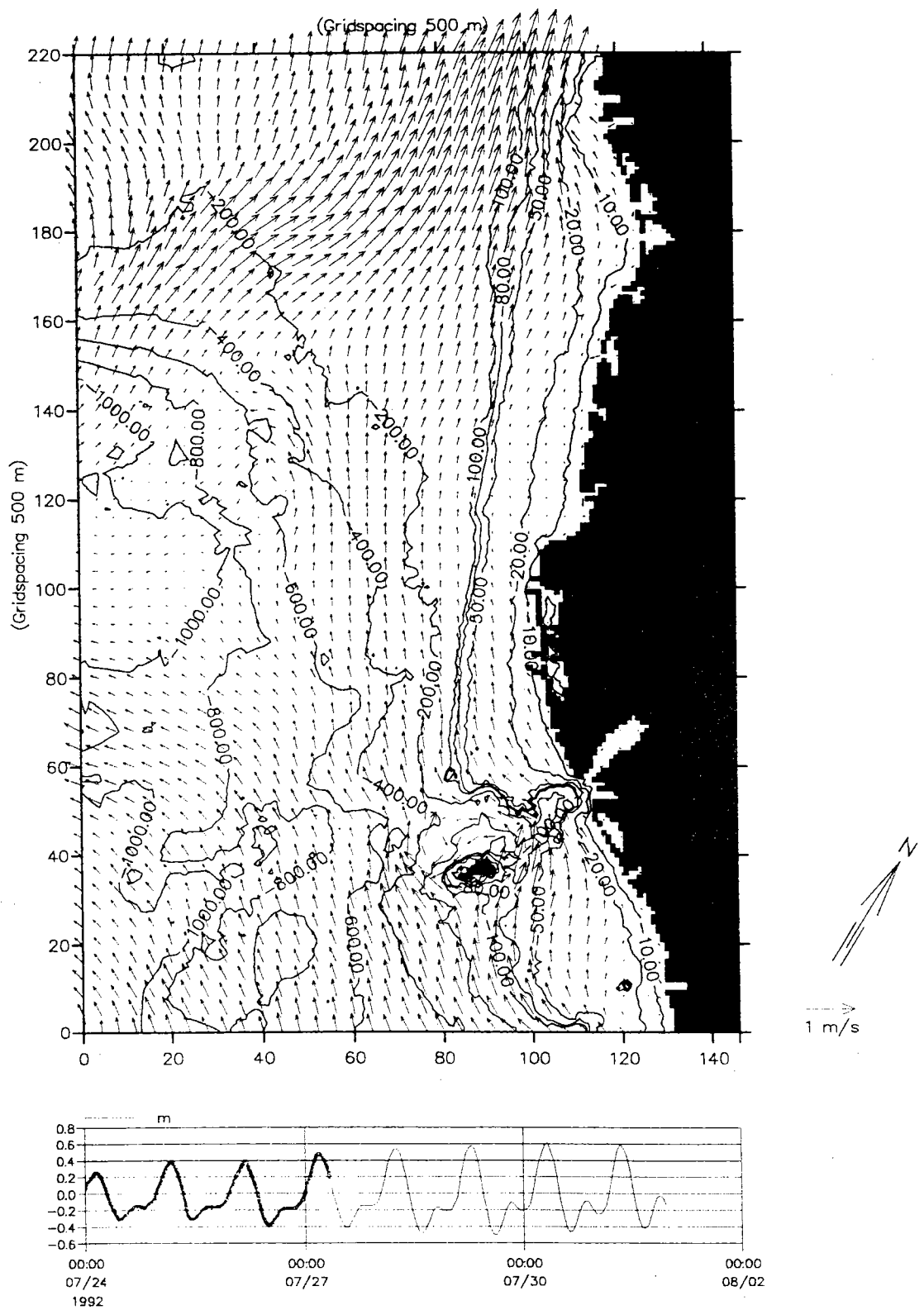


圖 4-11-9b 高雄港小域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/27 08:00:00)

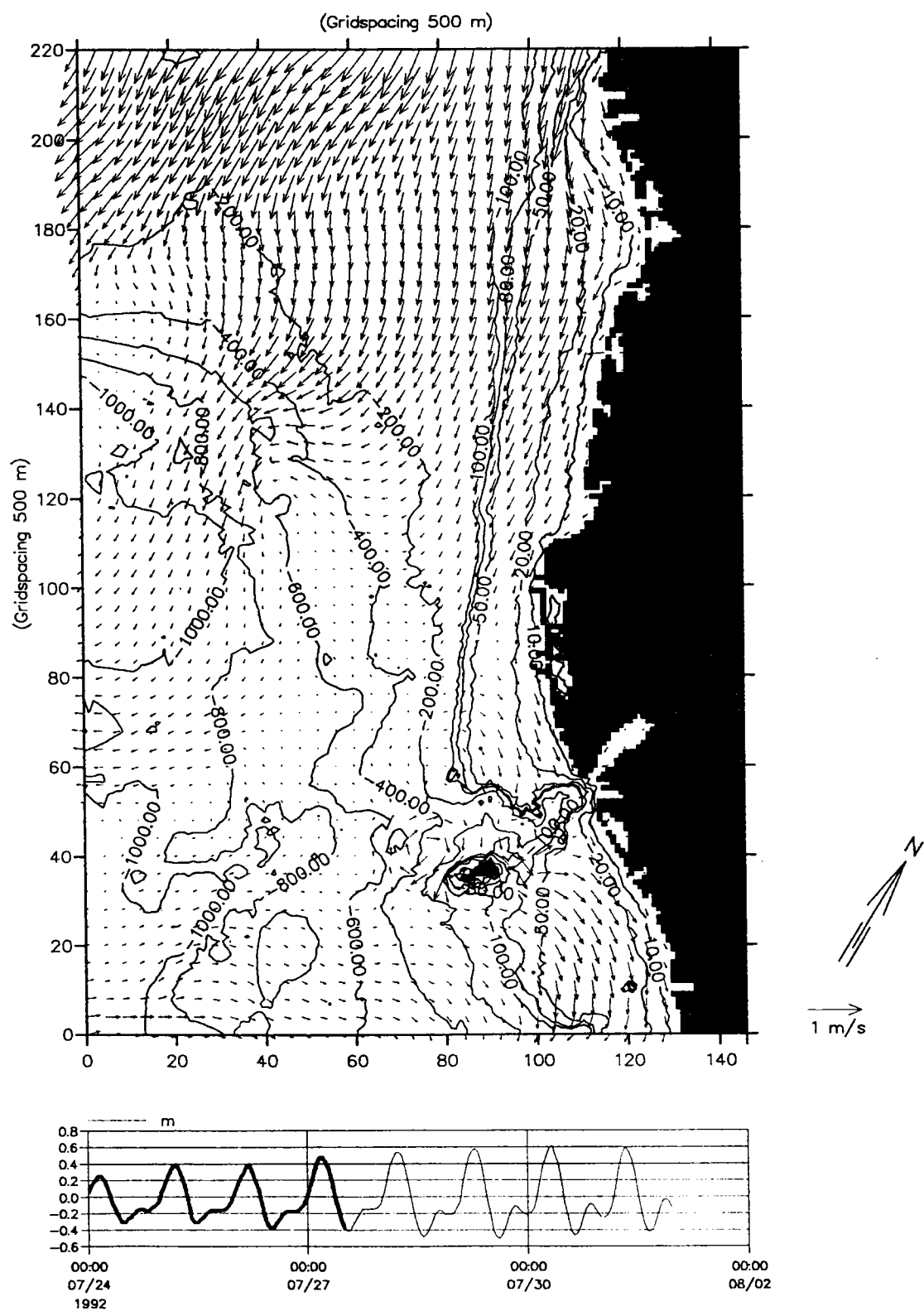


圖 4-11-9c 高雄港小域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/27 12:00:00)

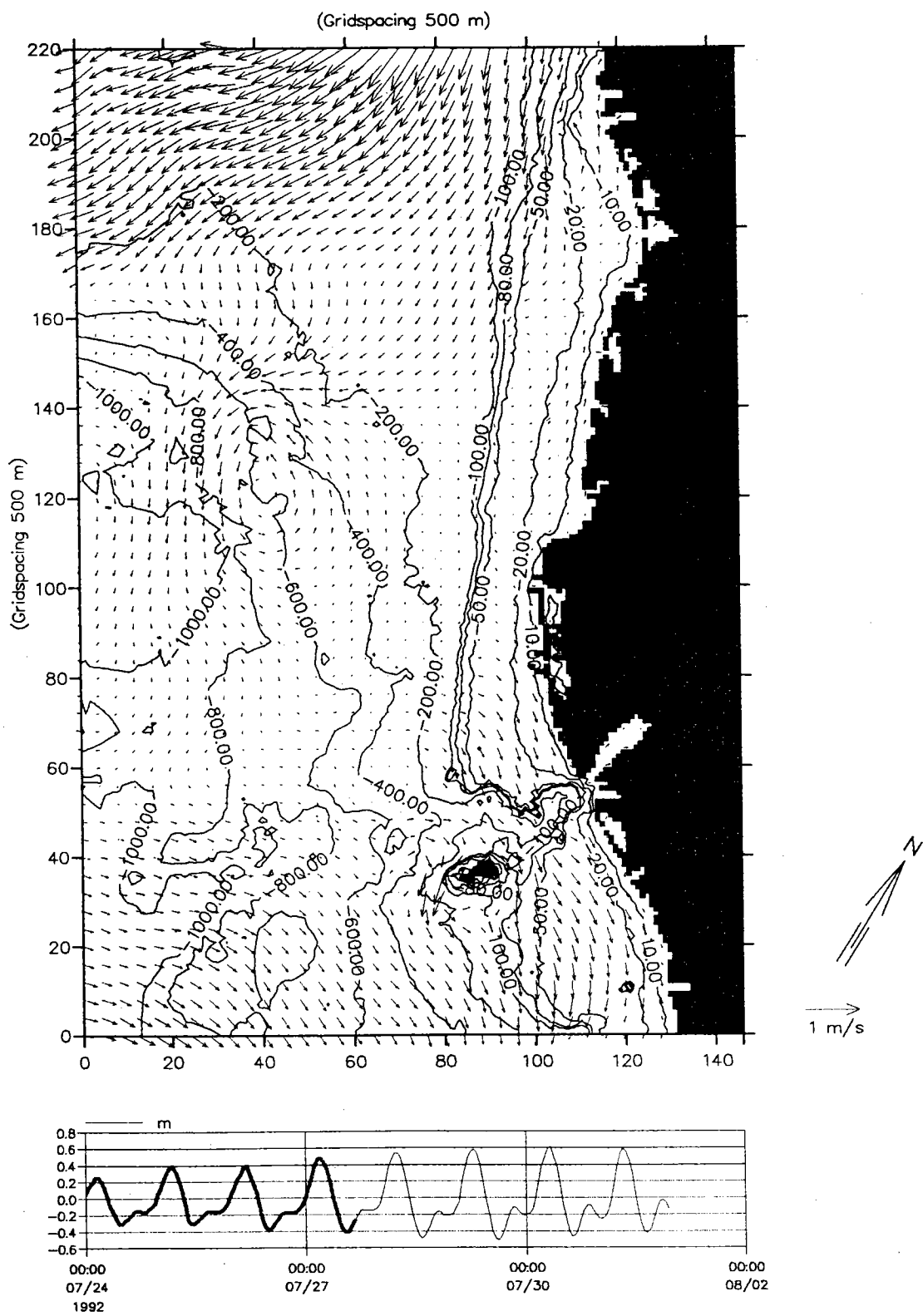


圖 4-11-9d 高雄港小域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/27 16:00:00)

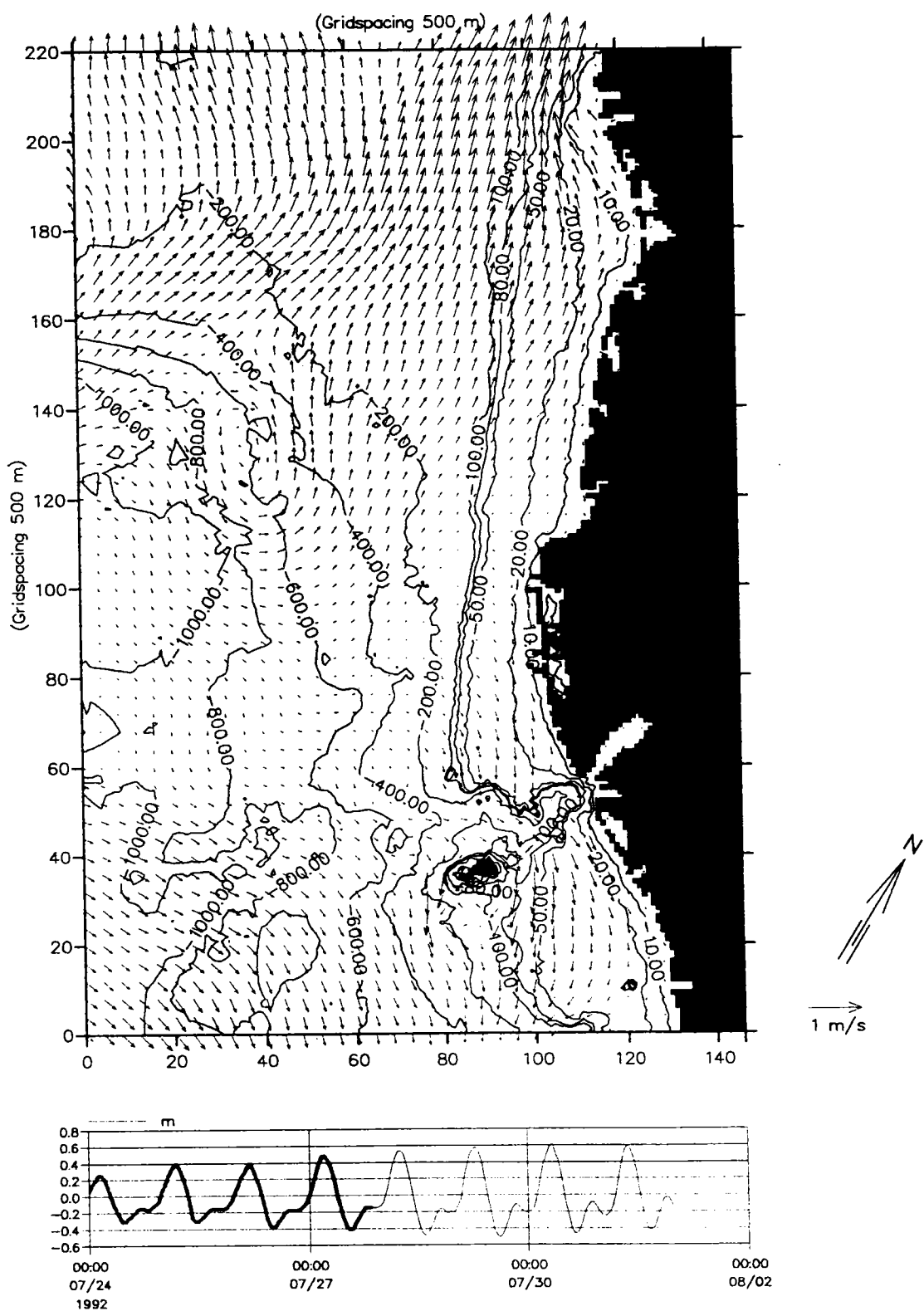


圖 4-11-9e 高雄港小域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/27 20:00:00)

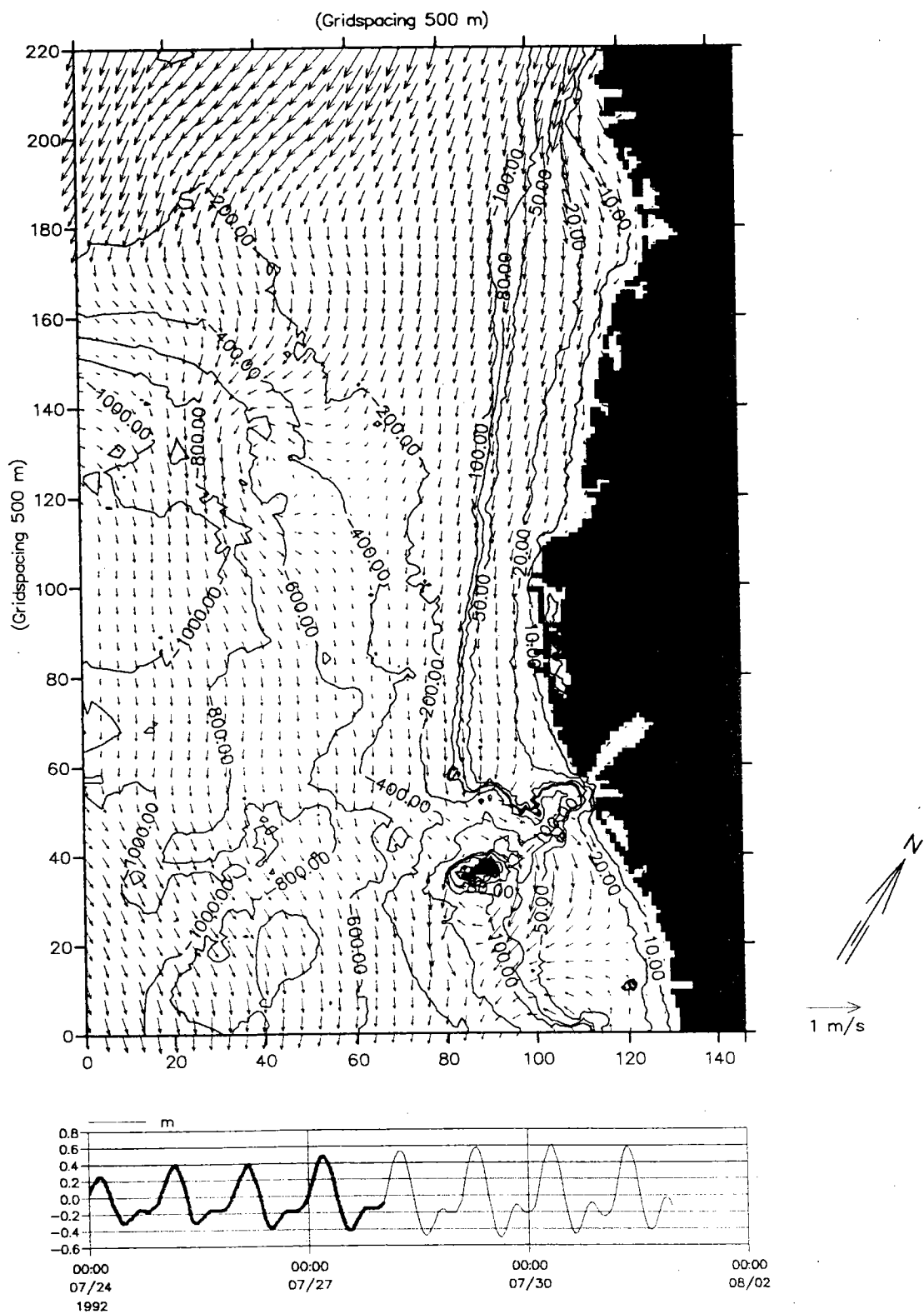


圖 4-11-9f 高雄港小域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/28 00:00:00)

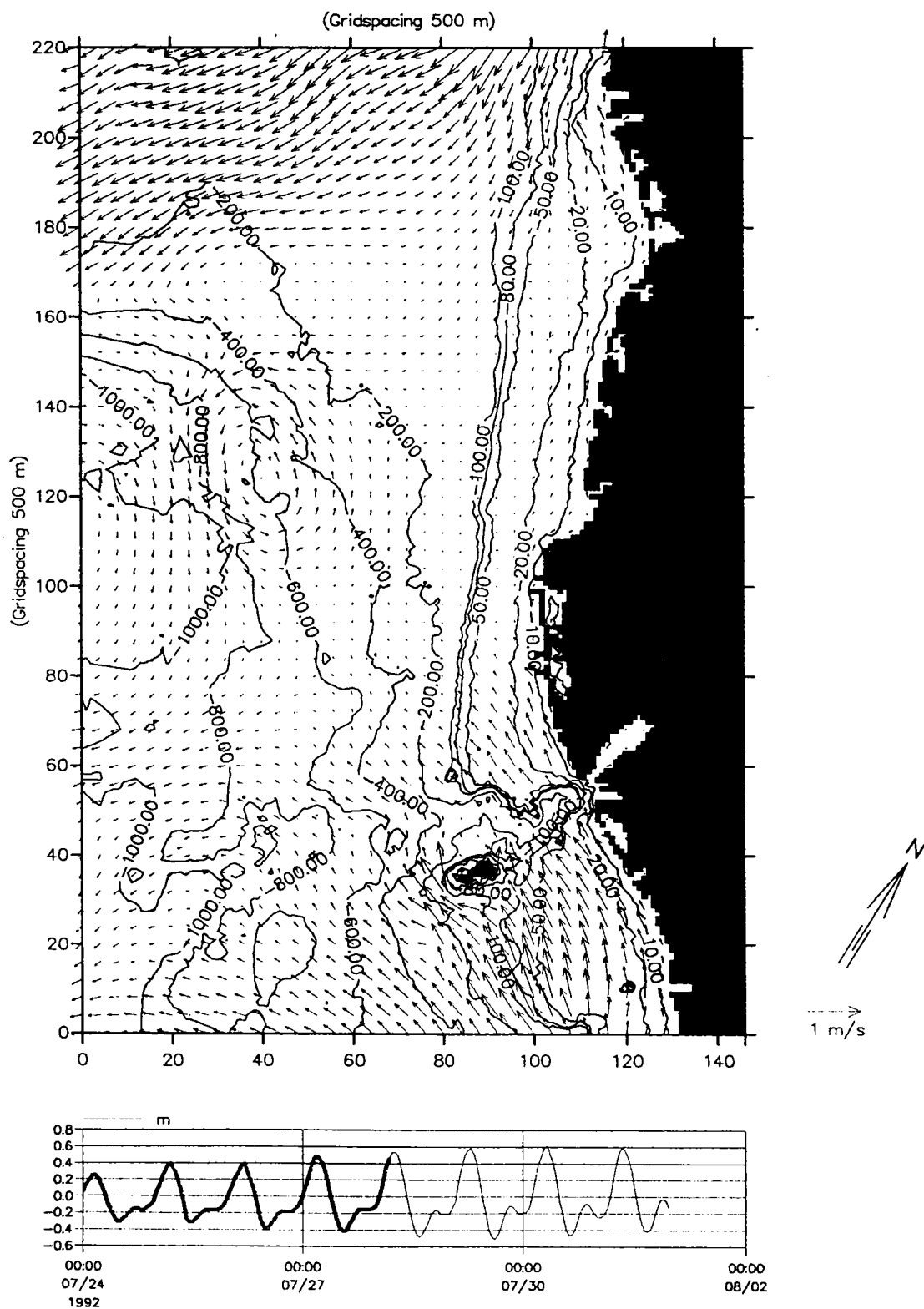


圖 4-11-9g 高雄港小域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/28 04:00:00)

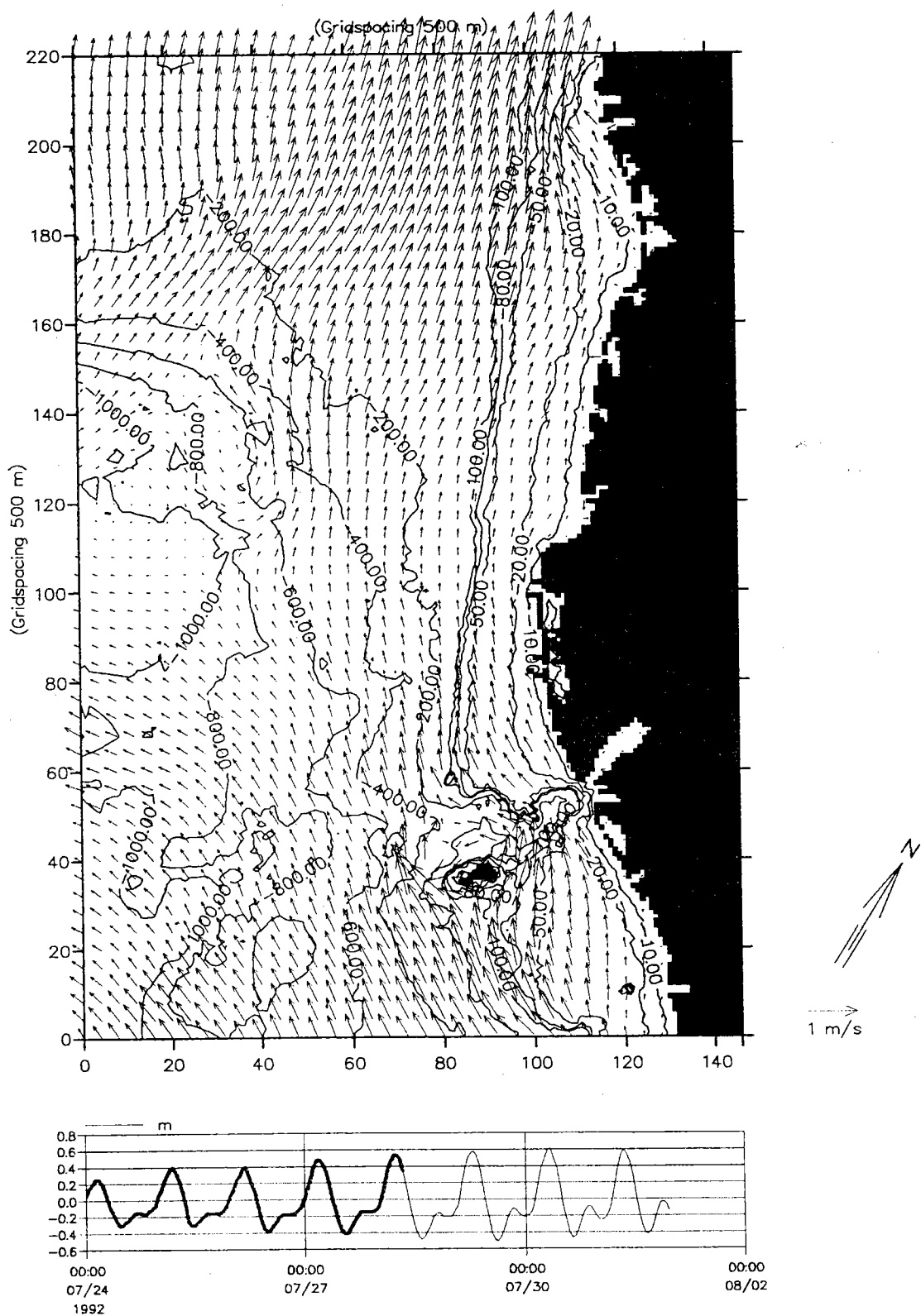


圖 4-11-9h 高雄港小域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/28 08:00:00)

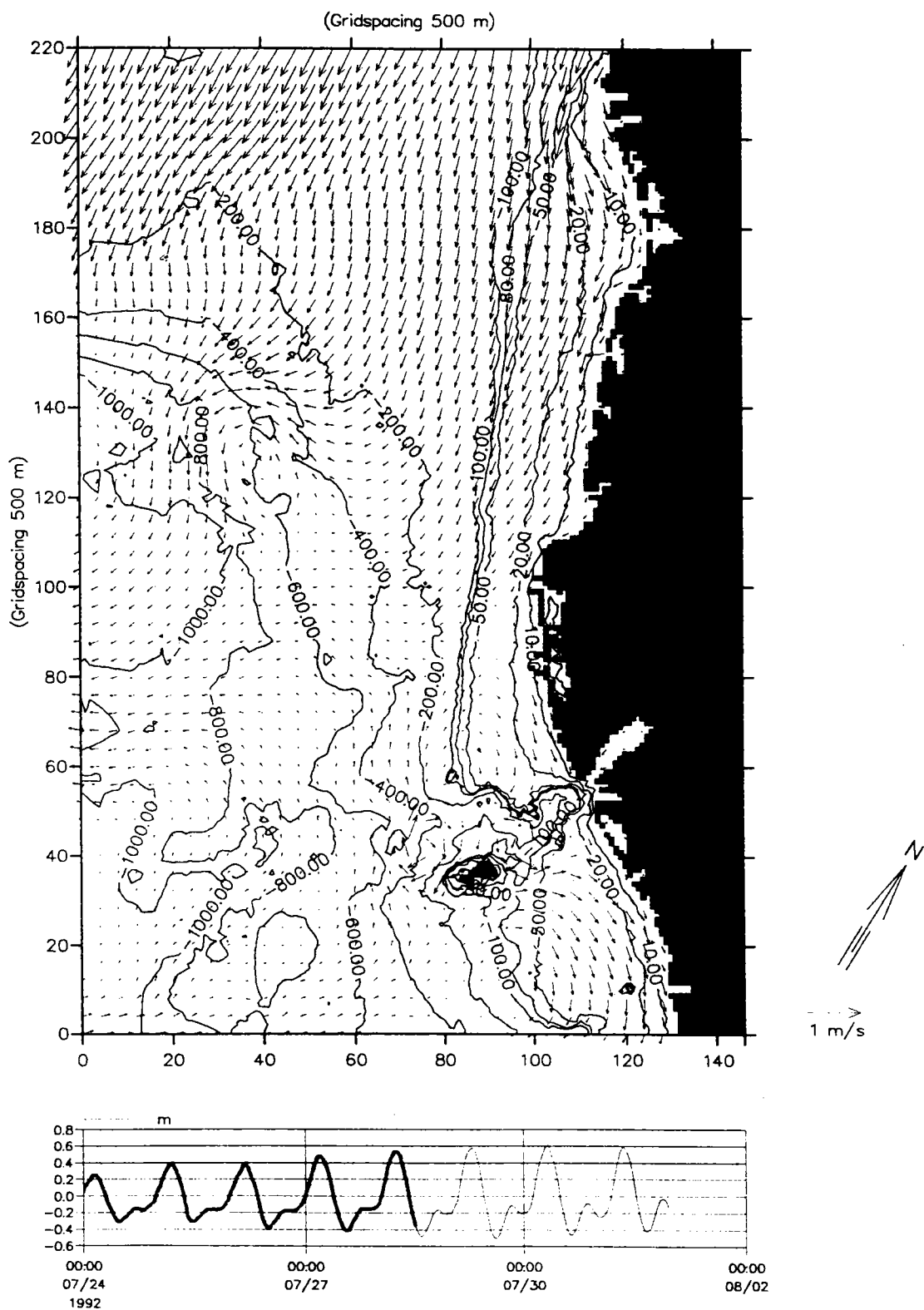


圖 4-11-9i 高雄港小域計算範圍海流模擬結果
(1992/07/28 12:00:00)

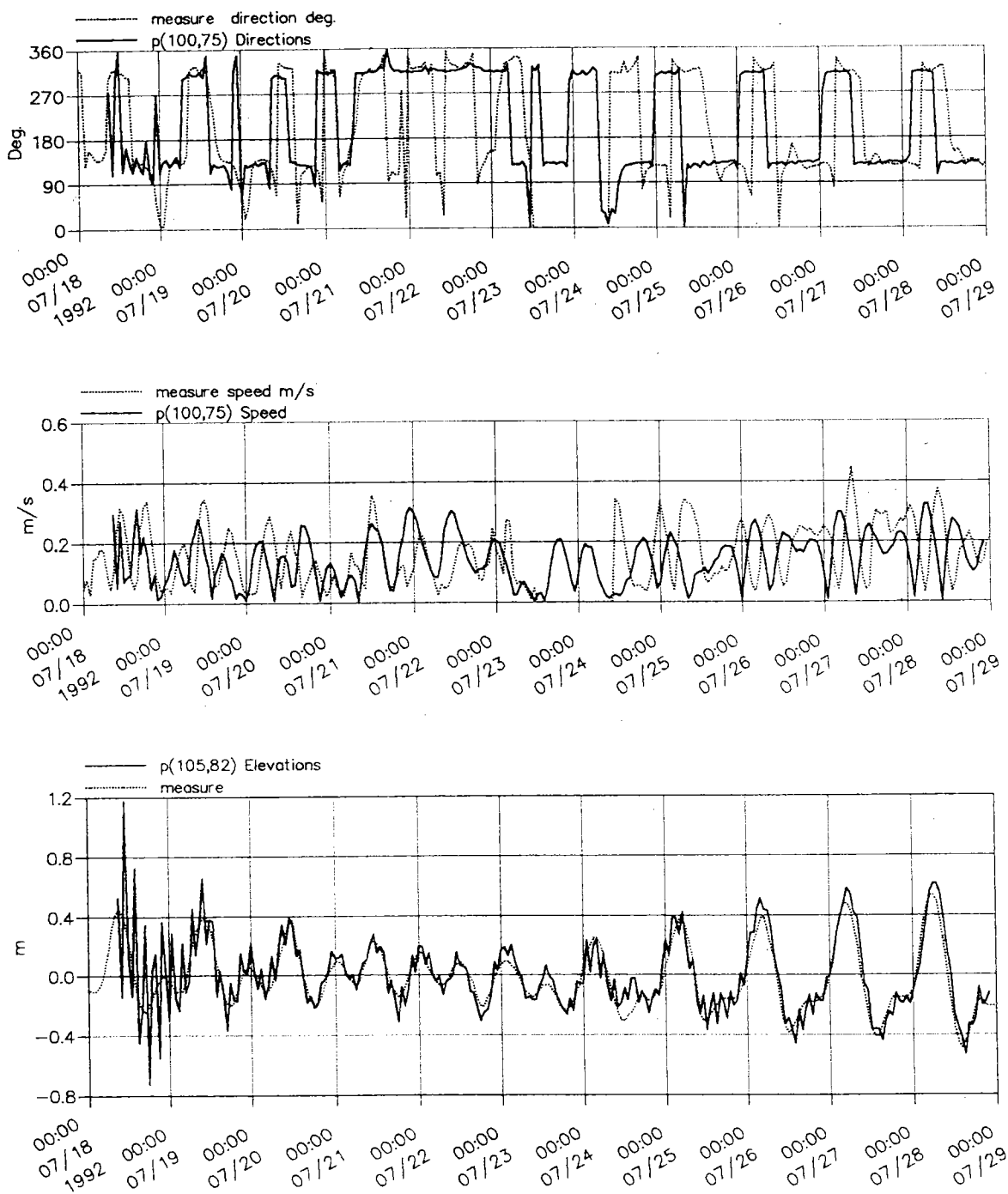


圖 4-11-10 高雄港小域計算範圍海流計算水位及流場檢核

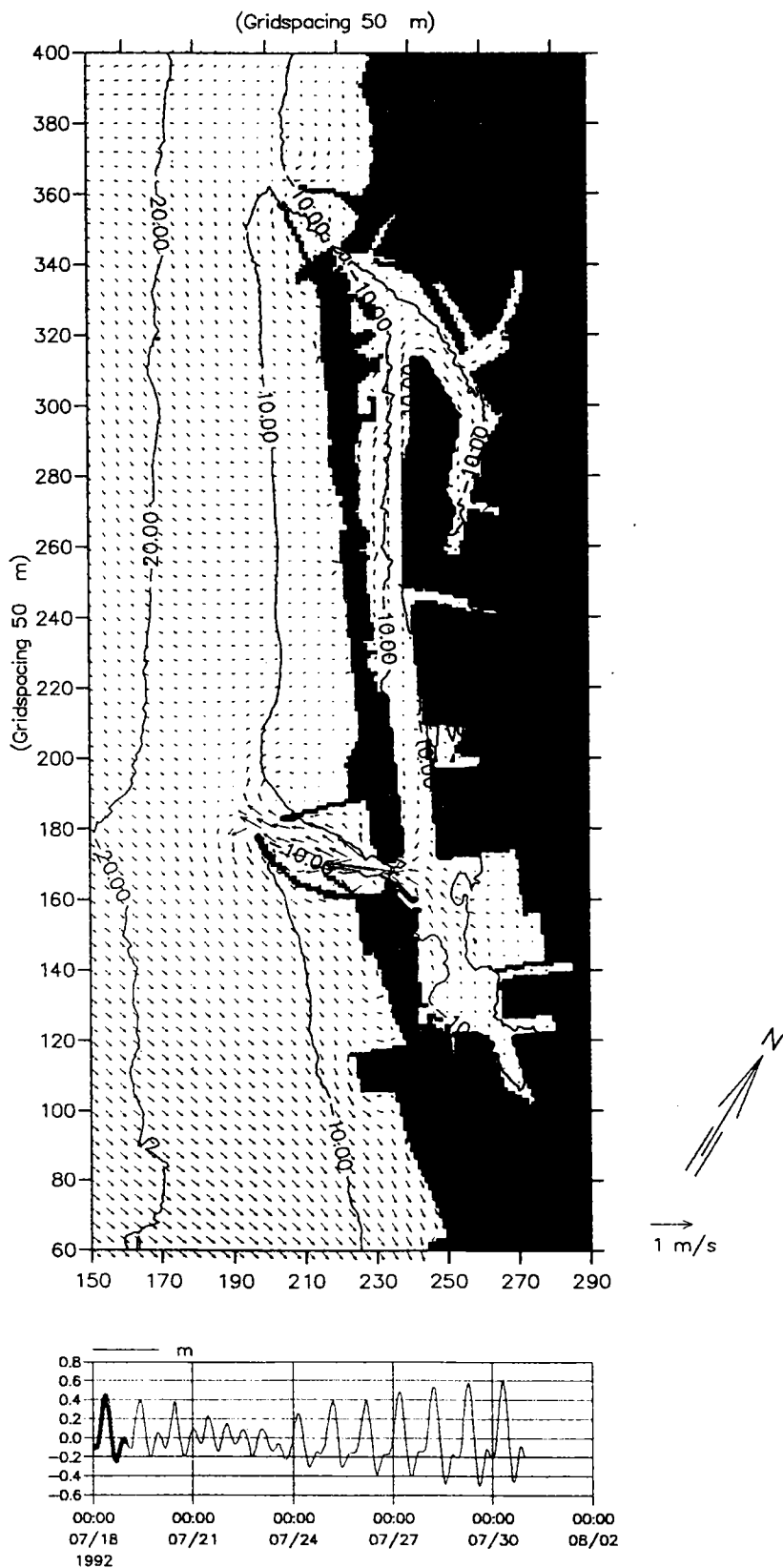


圖 4-11-11a 高雄港細部計算範圍海流模擬結果
(1992/07/19 00:00:00)

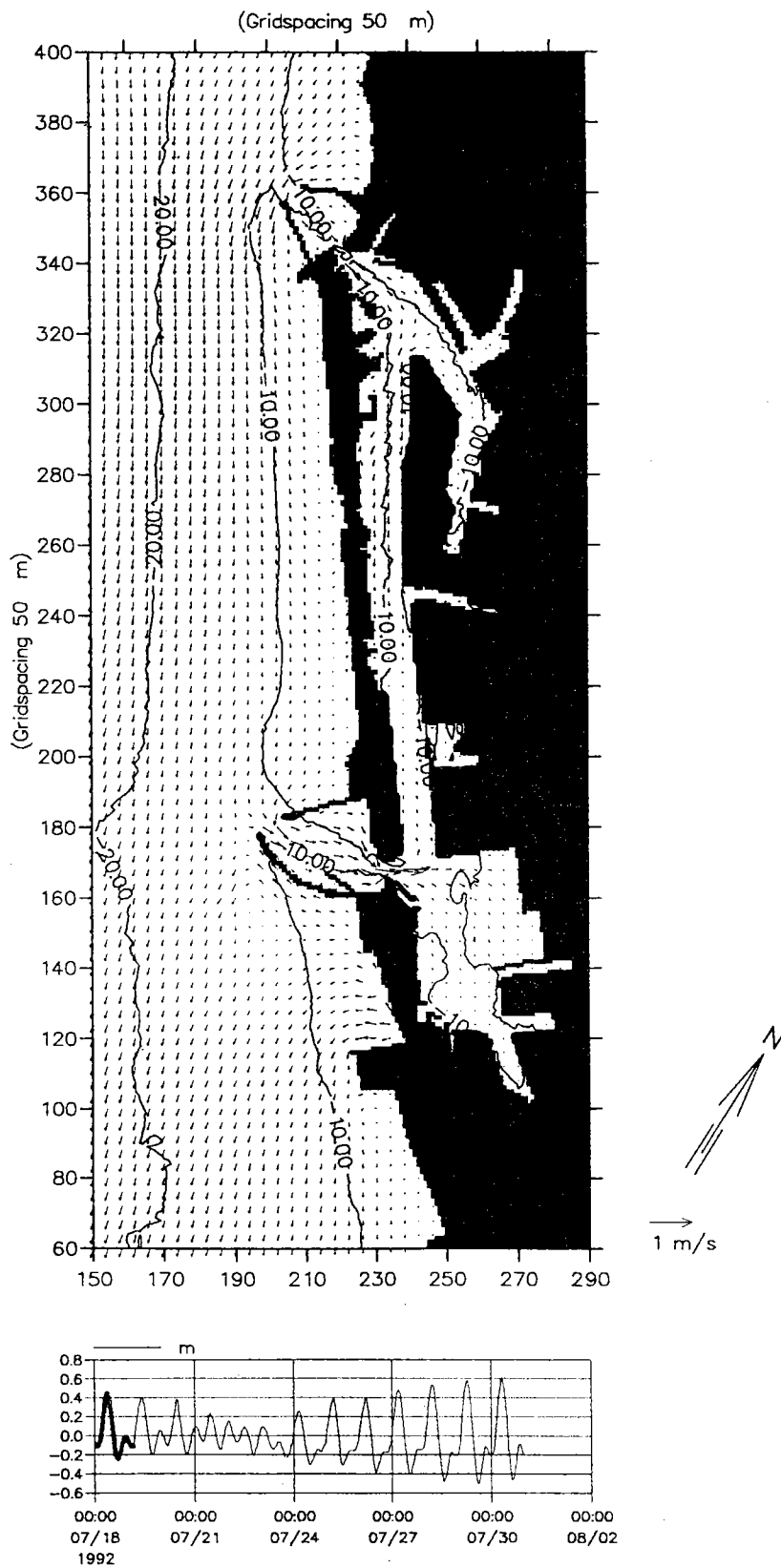


圖 4-11-11b 高雄港細部計算範圍海流模擬結果
(1992/07/19 04:00:00)

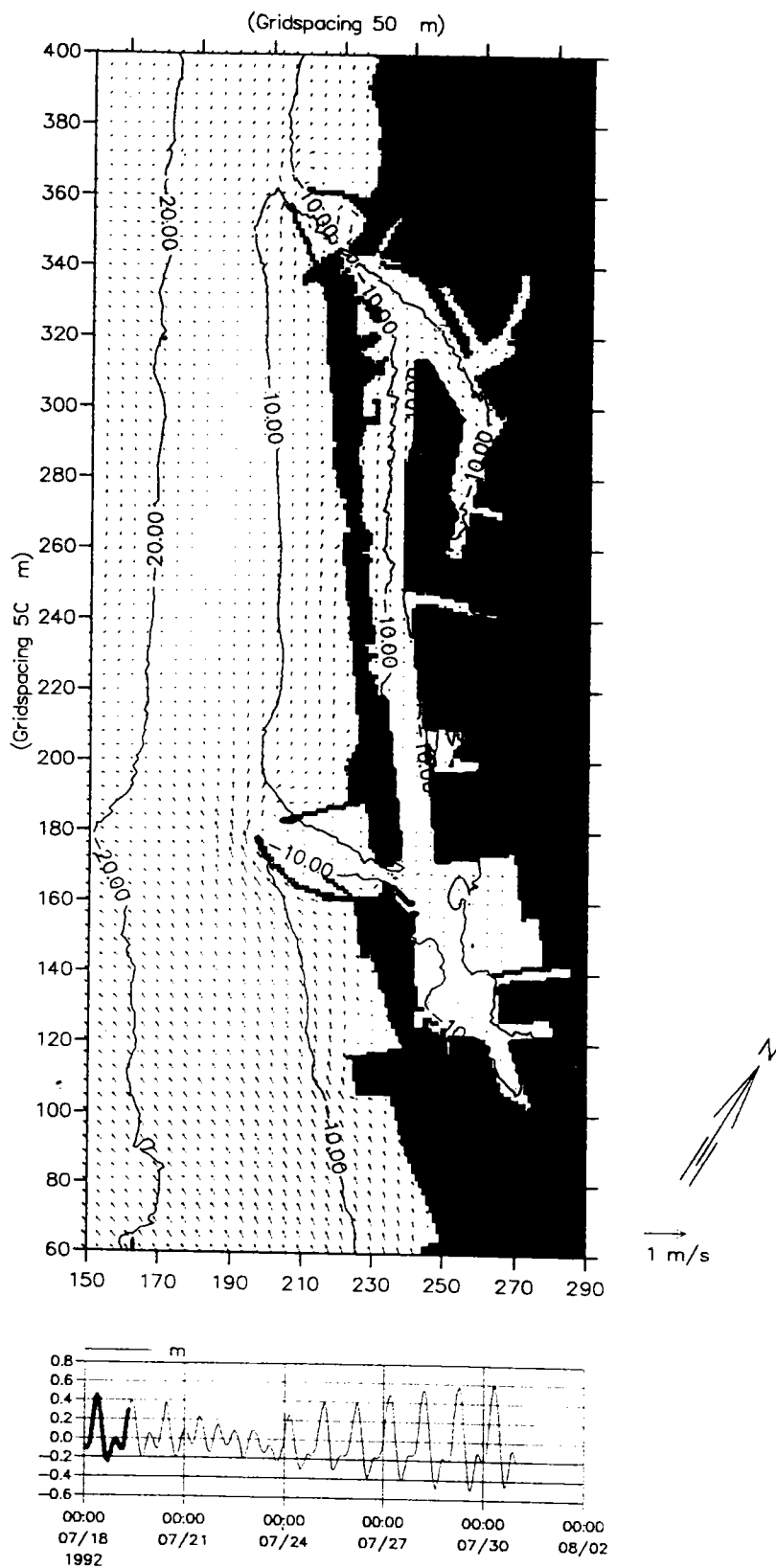


圖 4-11-11c 高雄港細部計算範圍海流模擬結果
(1992/07/19 08:00:00)

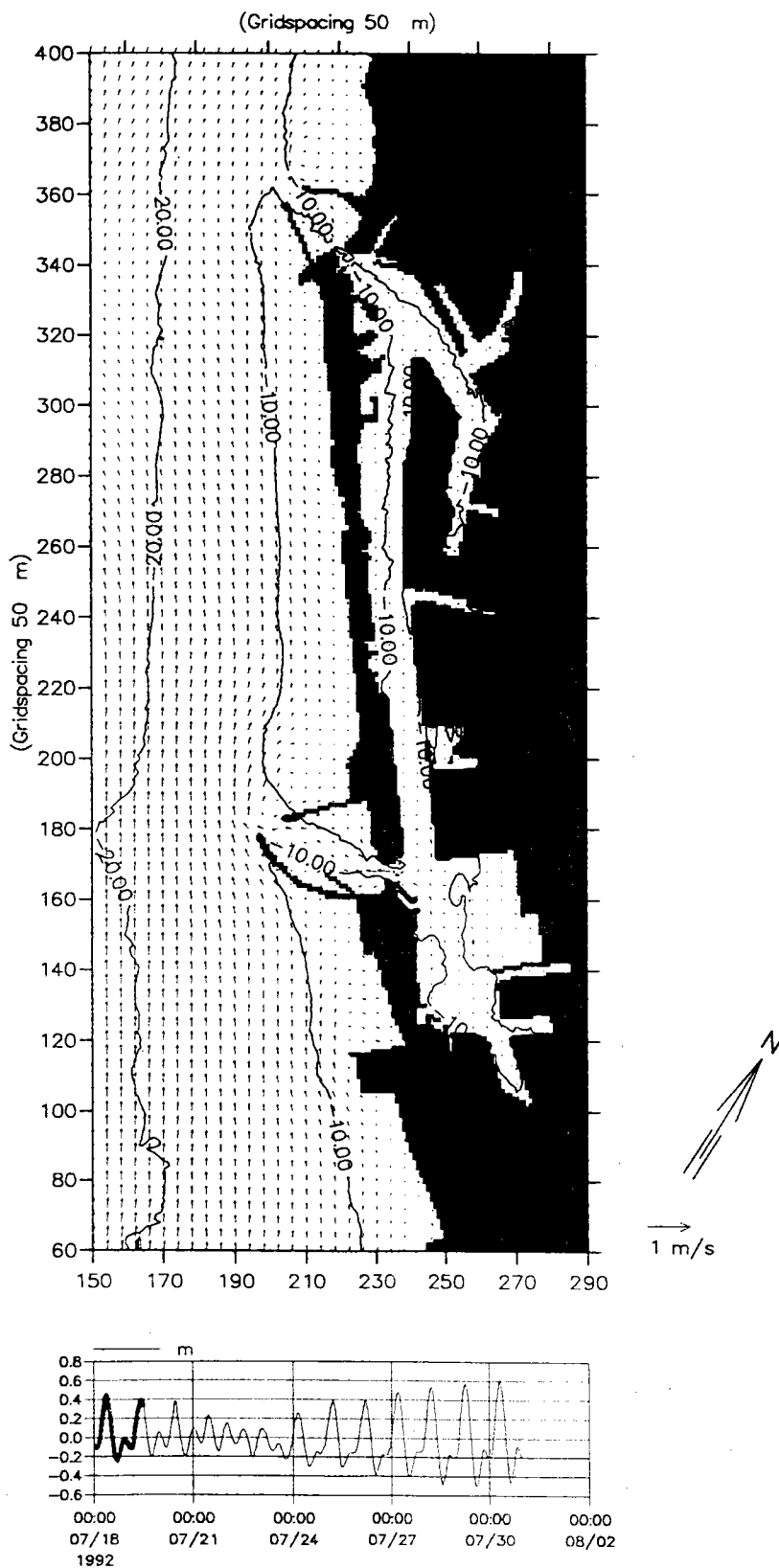


圖 4-11-11d 高雄港細部計算範圍海流模擬結果
(1992/07/19 12:00:00)

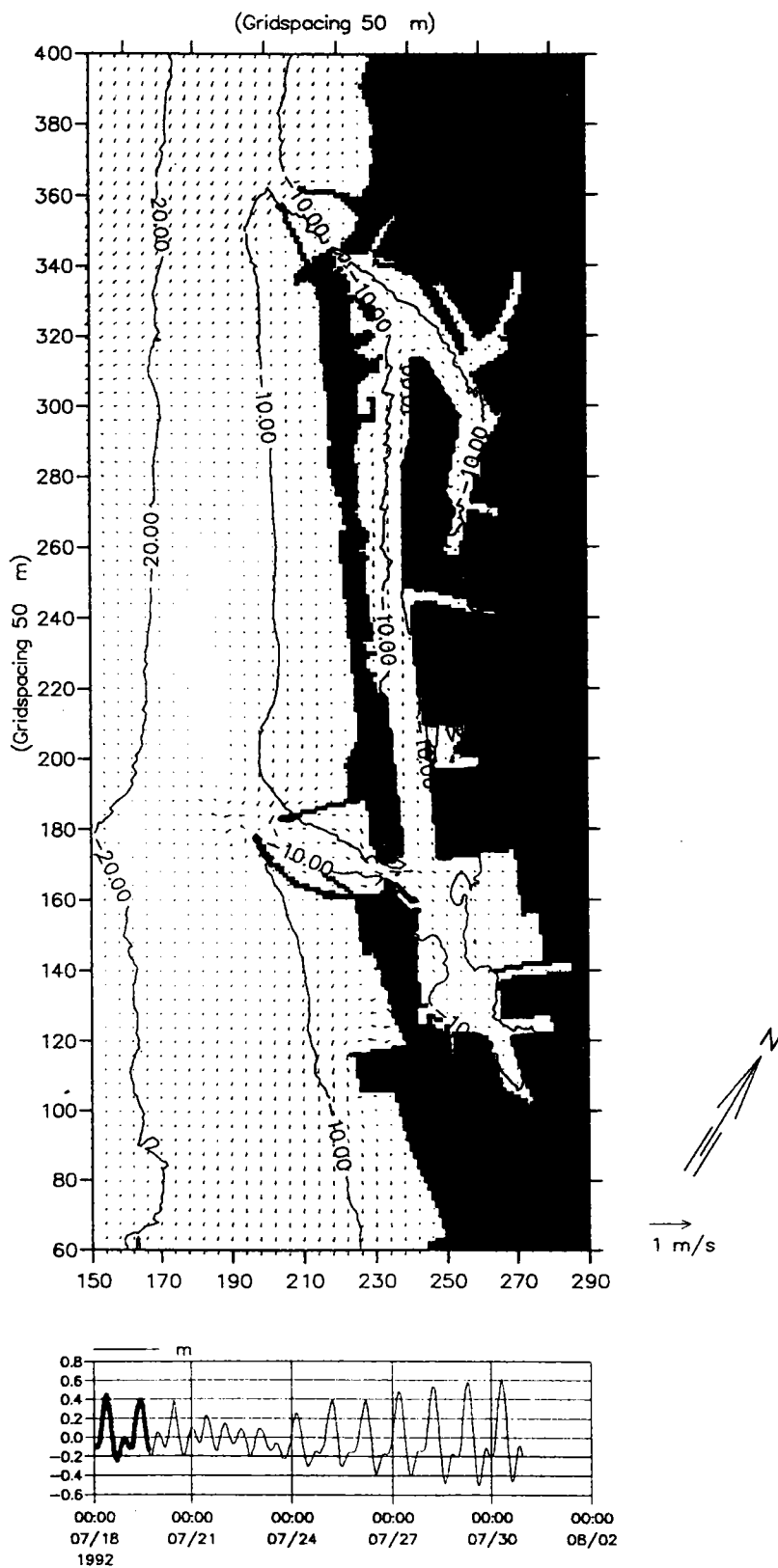


圖 4-11-11e 高雄港細部計算範圍海流模擬結果
(1992/07/19 16:00:00)

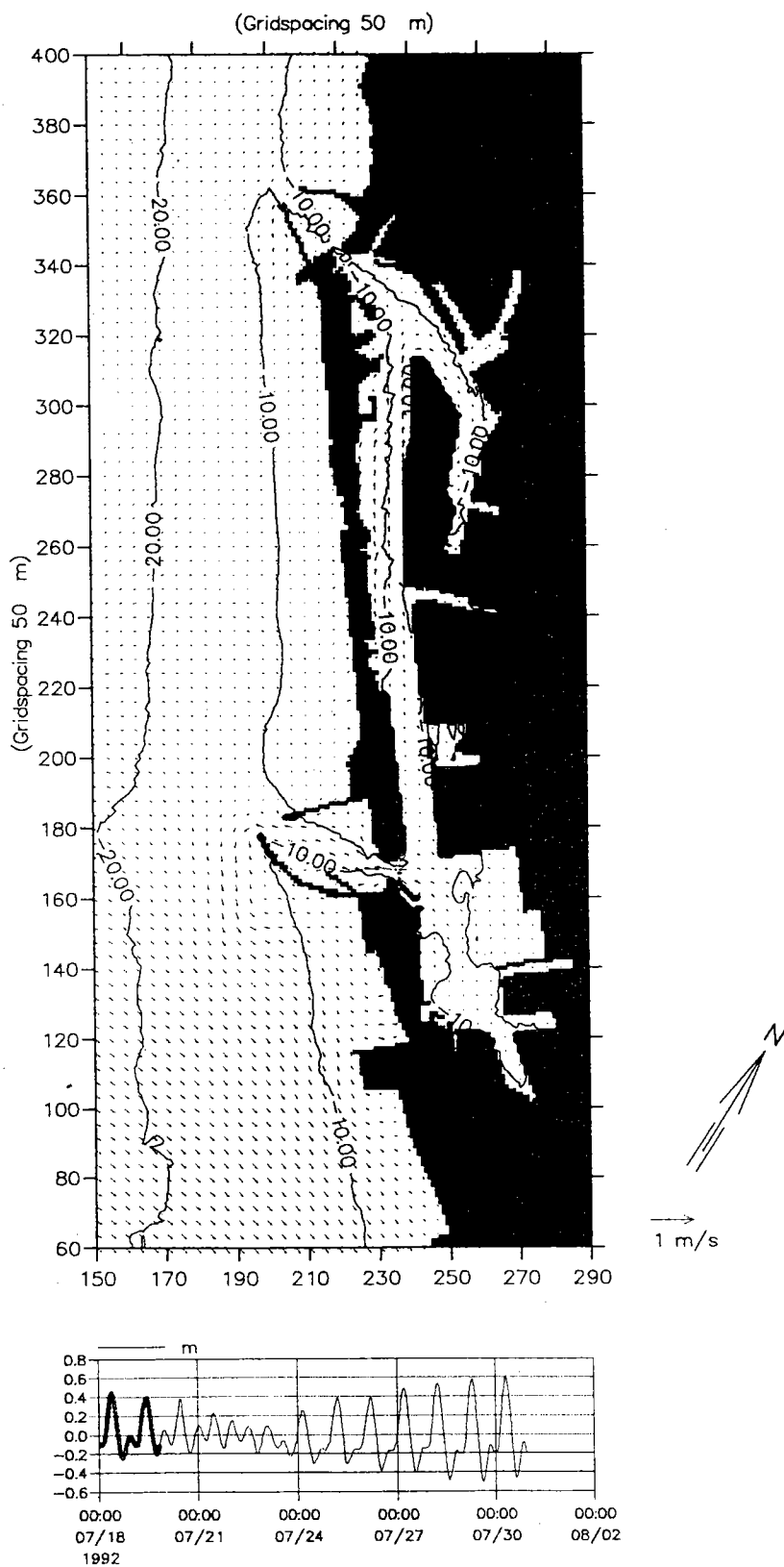


圖 4-11-11f 高雄港細部計算範圍海流模擬結果
(1992/07/19 20:00:00)

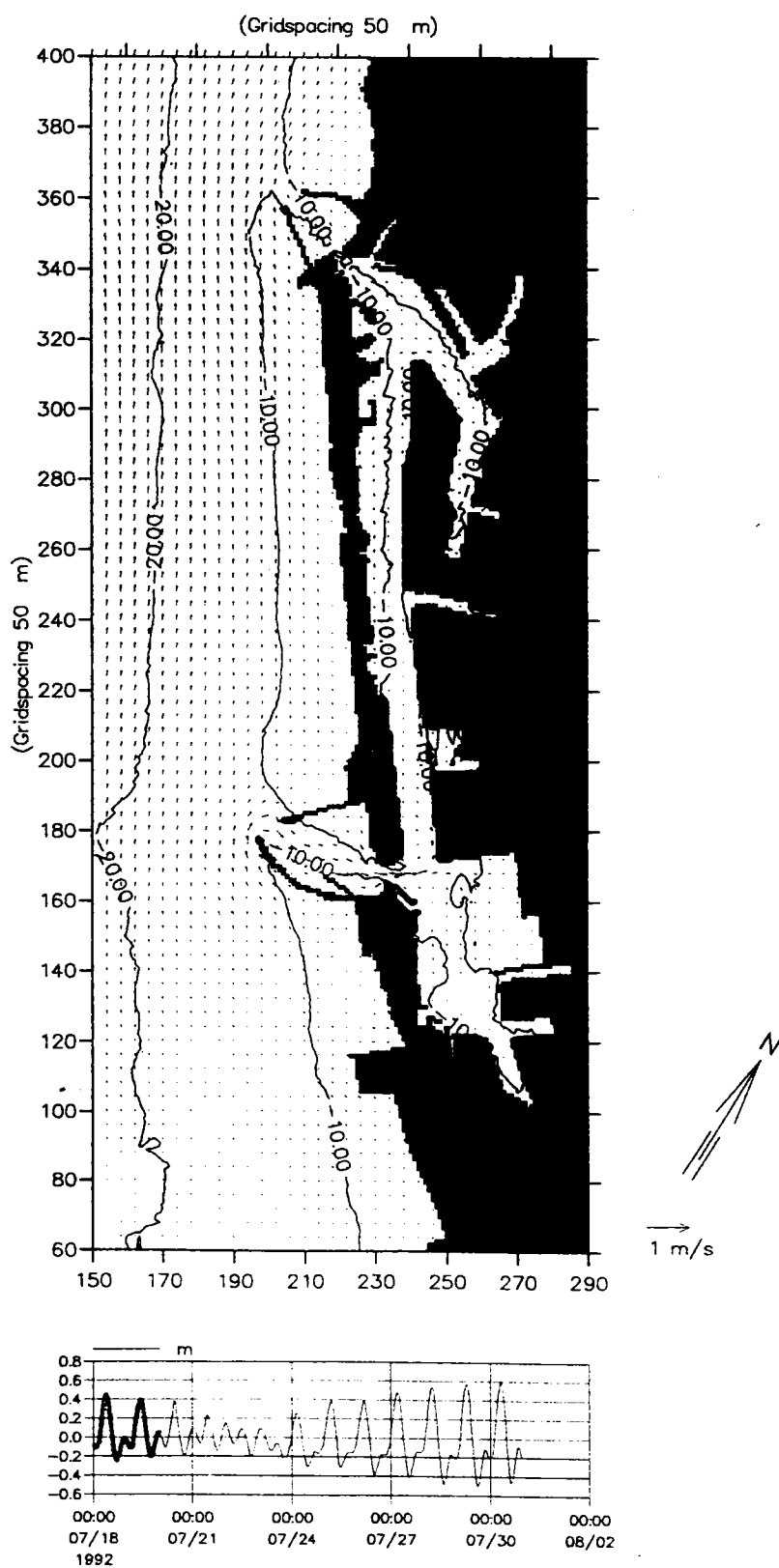


圖 4-11-11g 高雄港細部計算範圍海流模擬結果
(1992/07/20 00:00:00)

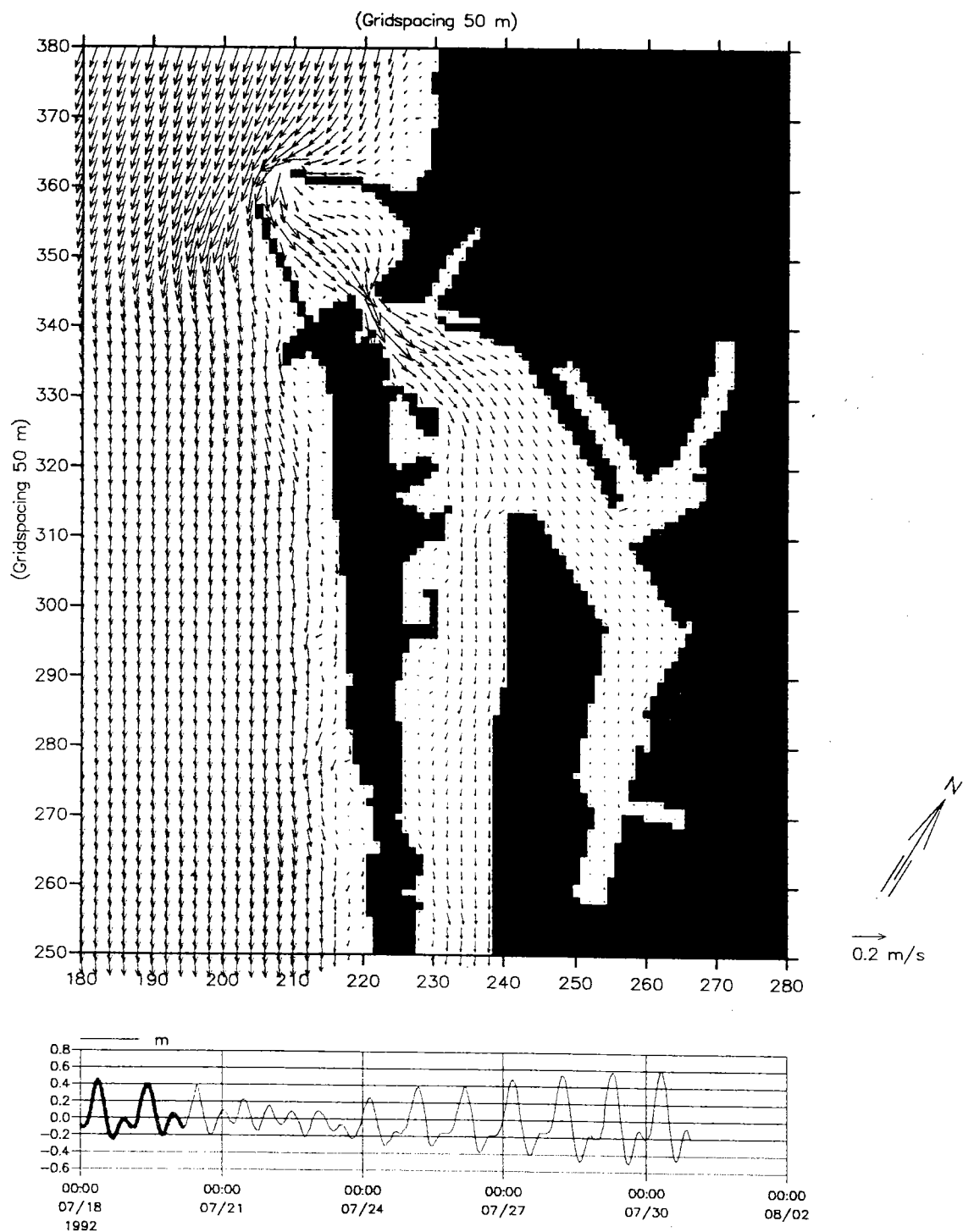


圖 4-11-12a 高雄港第一港口及港內細部流場
(1992/07/20 04:00:00)

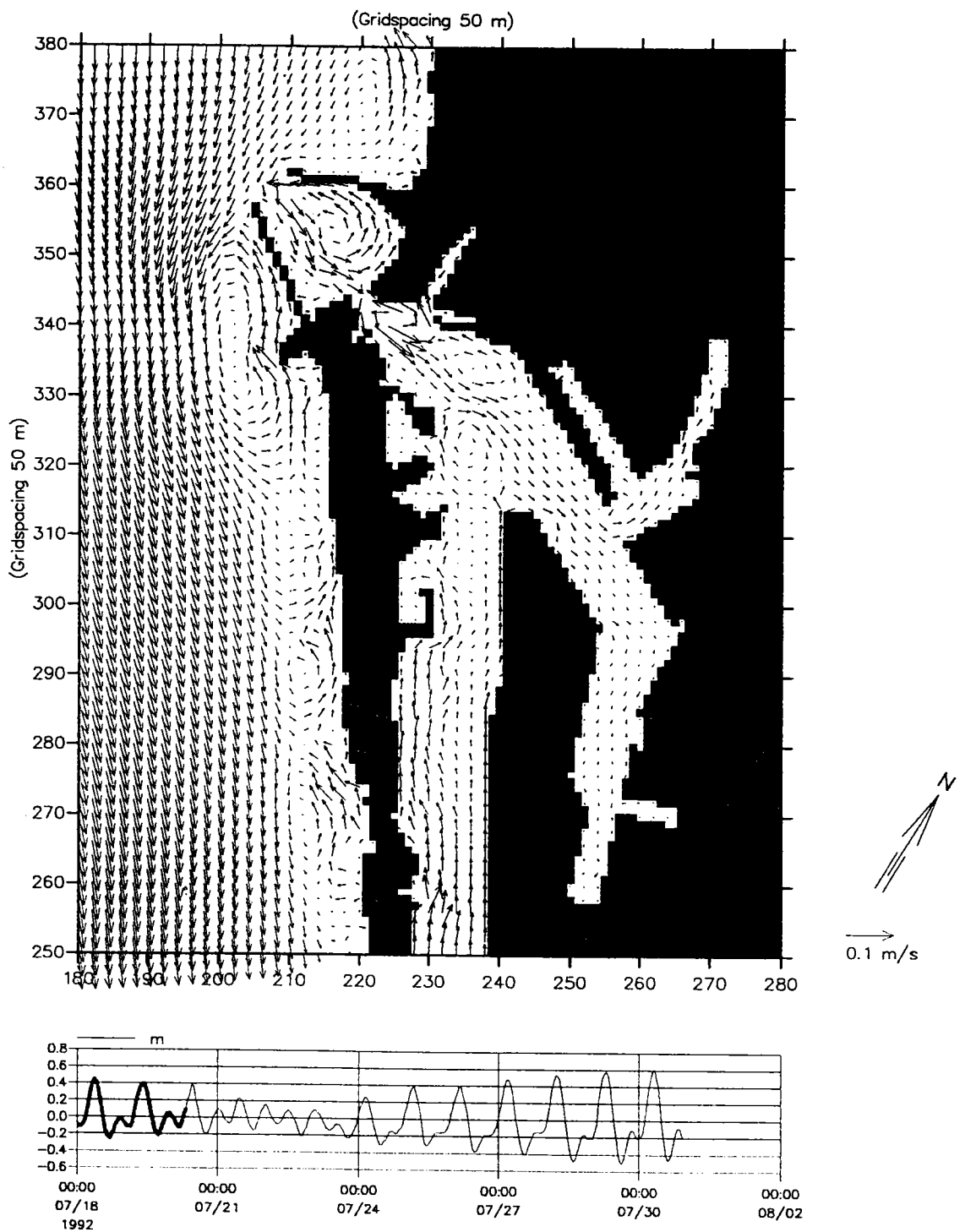


圖 4-11-12b 高雄港第一港口及港內細部流場
(1992/07/20 08:00:00)

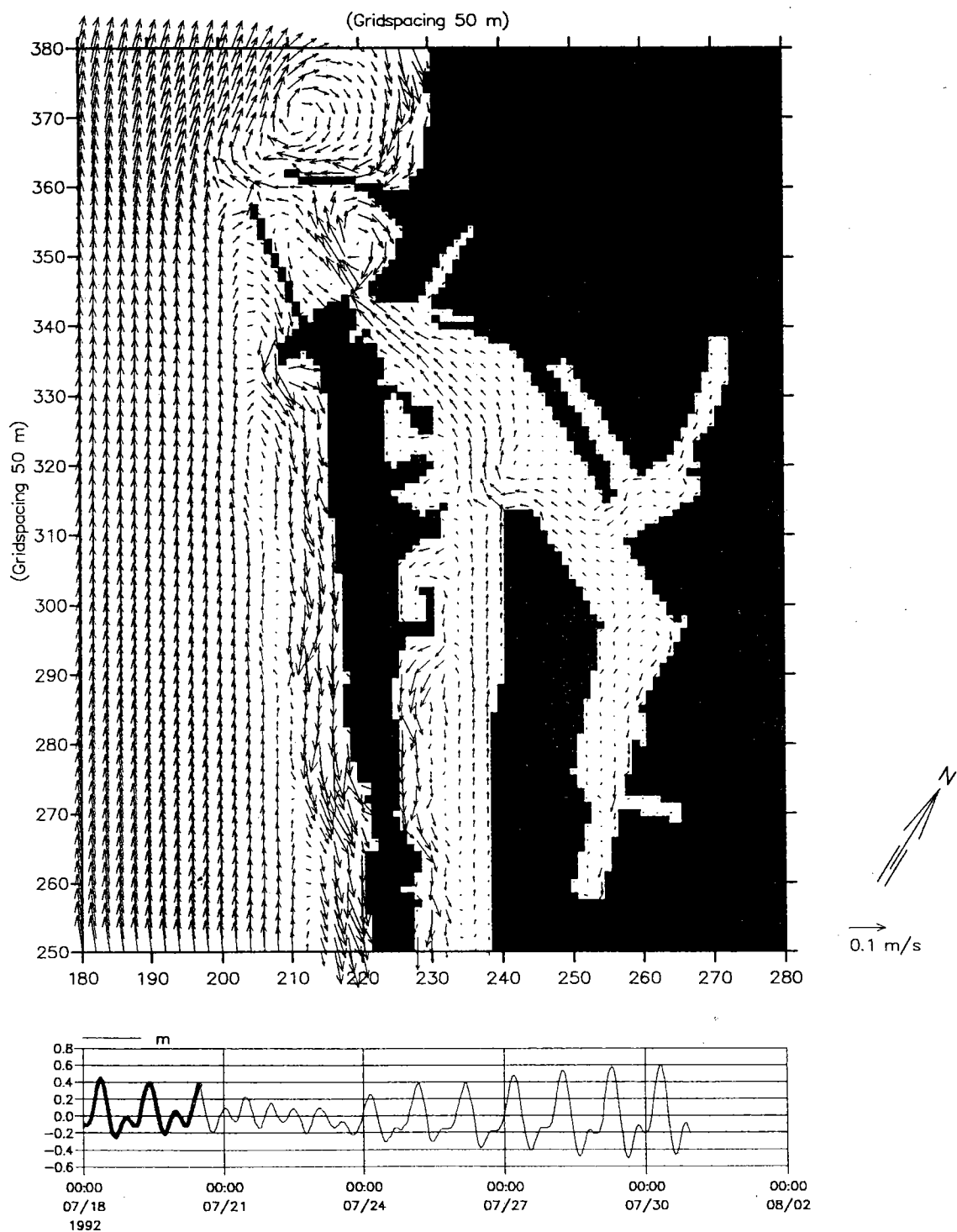


圖 4-11-12c 高雄港第一港口及港內細部流場
(1992/07/20 12:00:00)

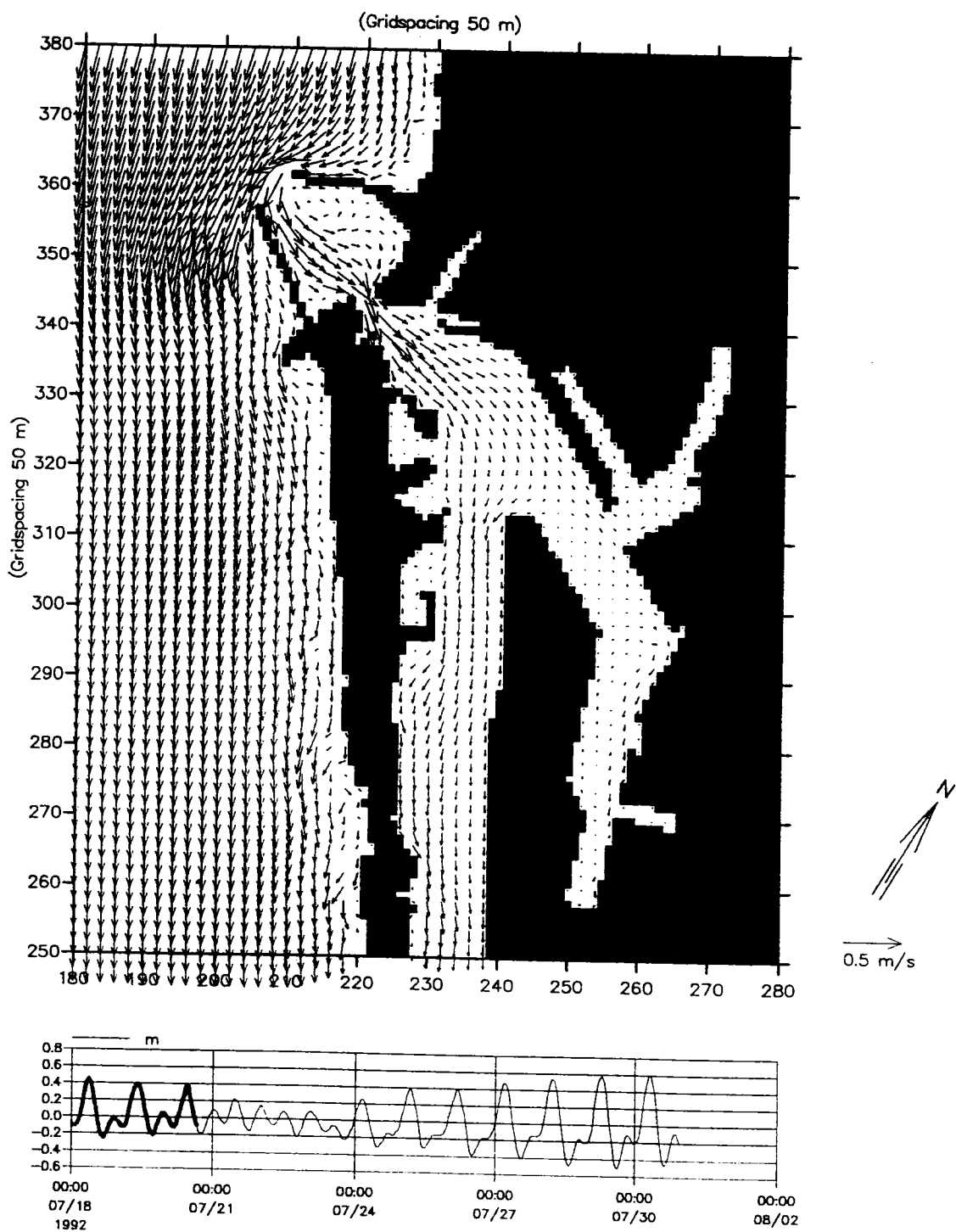


圖 4-11-12d 高雄港第一港口及港內細部流場
(1992/07/20 16:00:00)

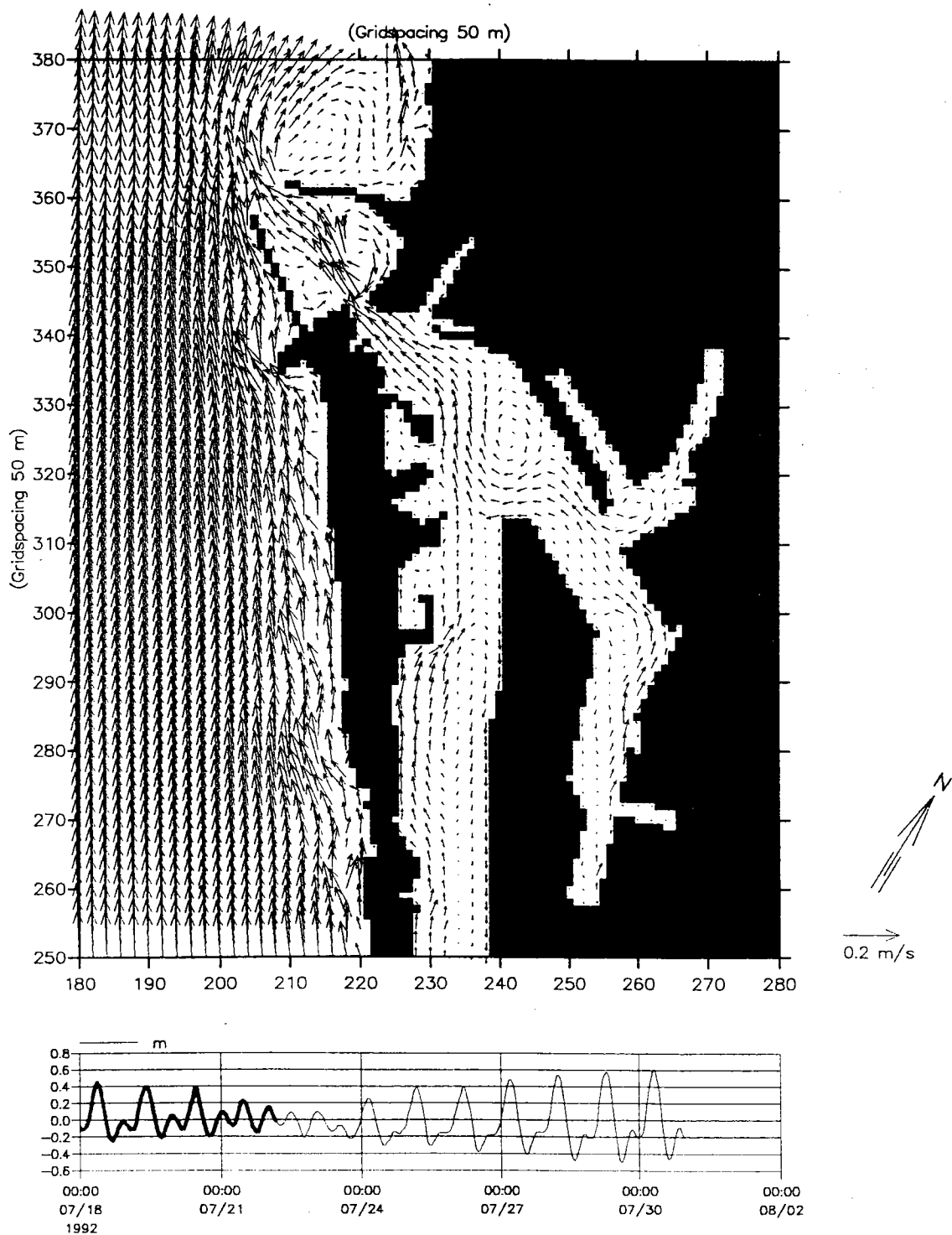


圖 4-11-12e 高雄港第一港口及港內細部流場
(1992/07/22 04:00:00)

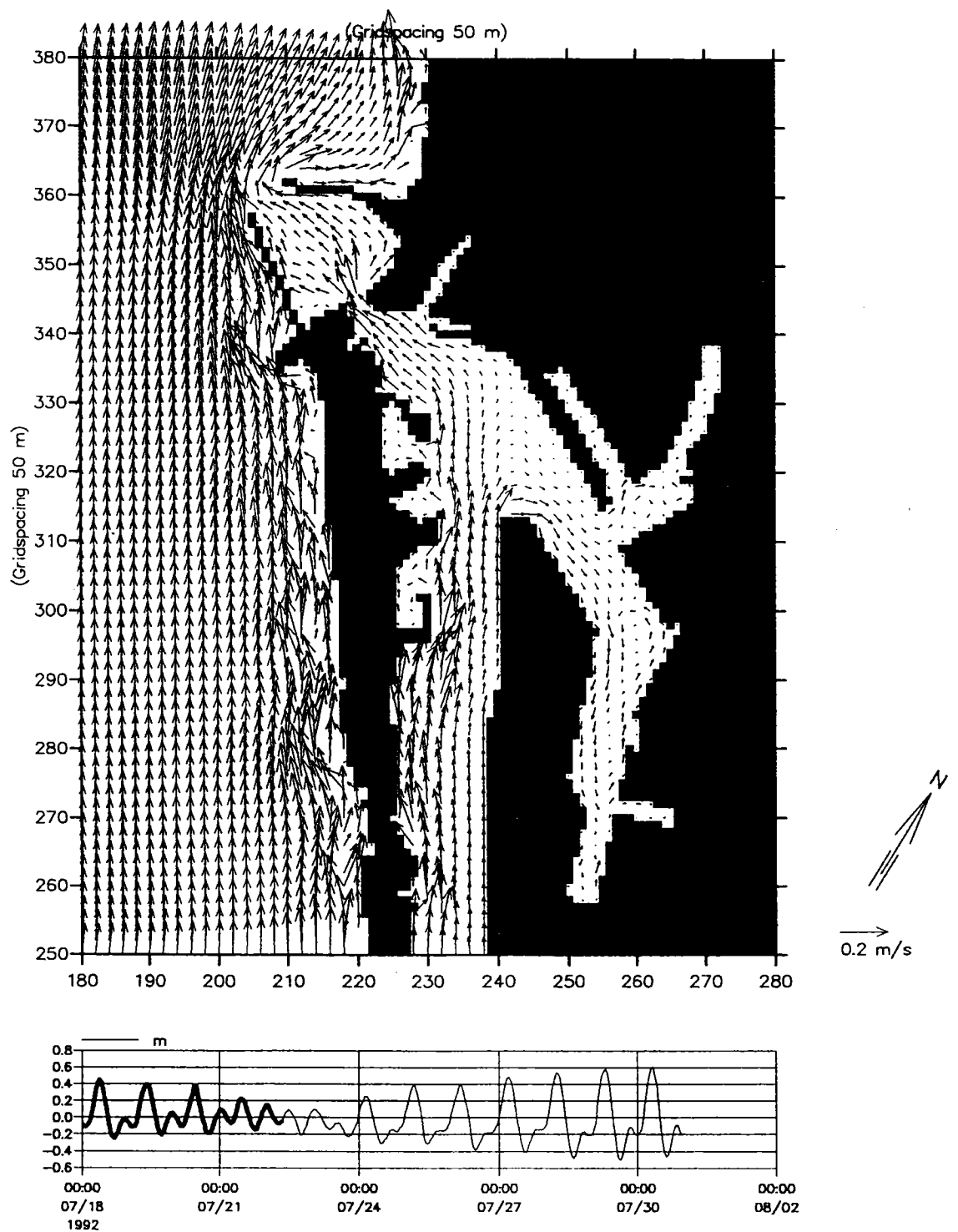


圖 4-11-12f 高雄港第一港口及港內細部流場
(1992/07/22 08:00:00)

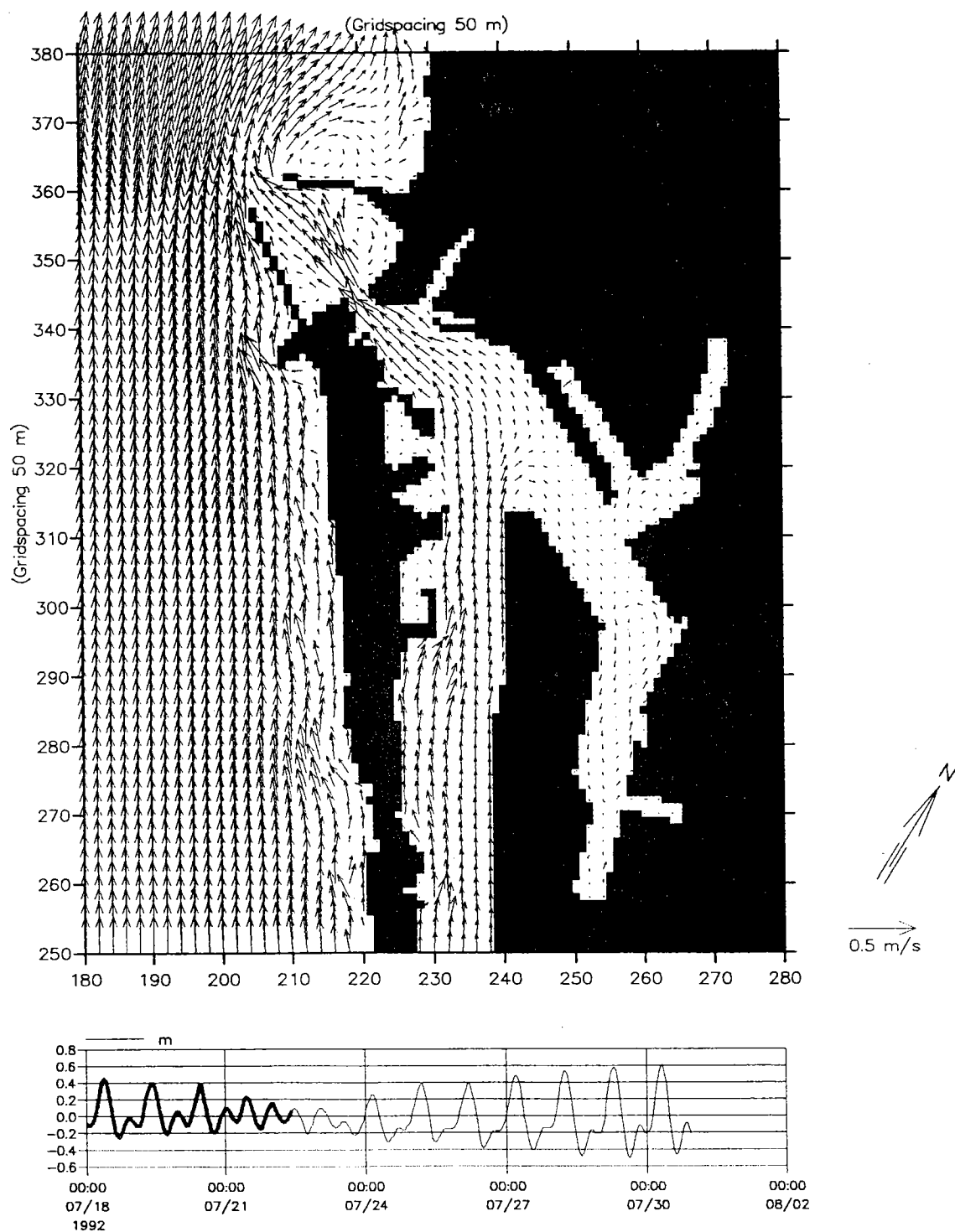


圖 4-11-12g 高雄港第一港口及港內細部流場
(1992/07/22 10:00:00)

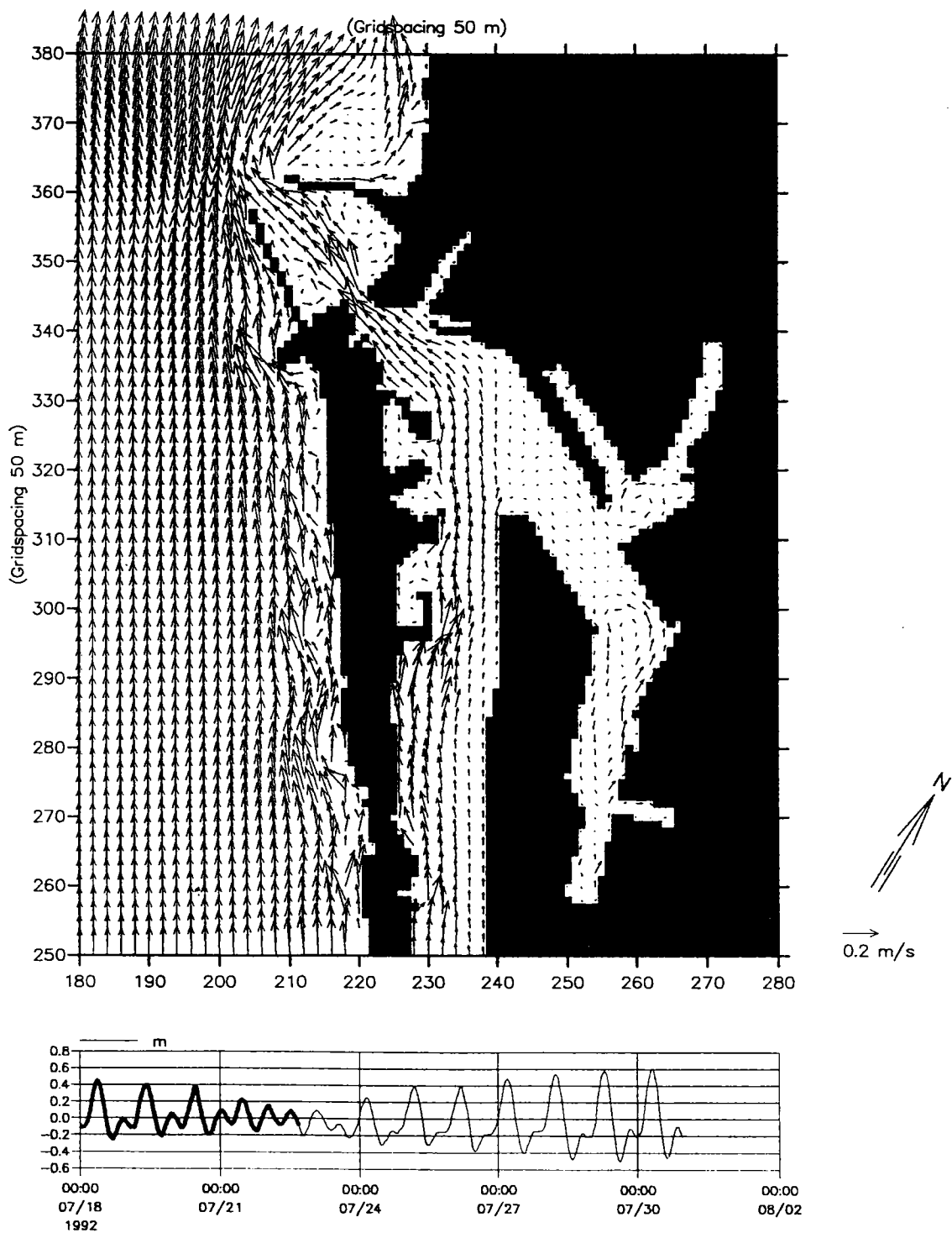


圖 4-11-12h 高雄港第一港口及港內細部流場
(1992/07/20 16:00:00)

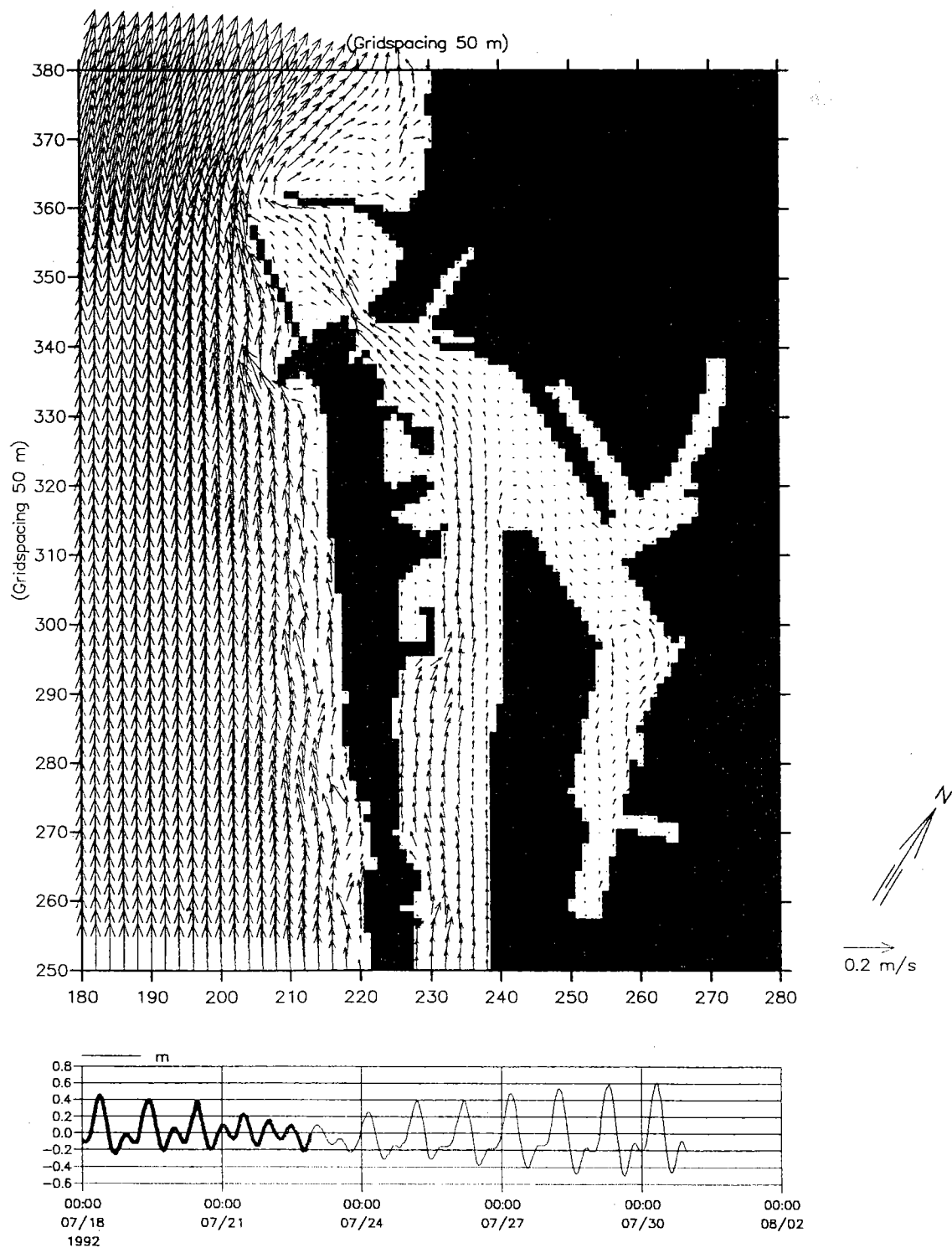


圖 4-11-12i 高雄港第一港口及港內細部流場
(1992/07/20 22:00:00)

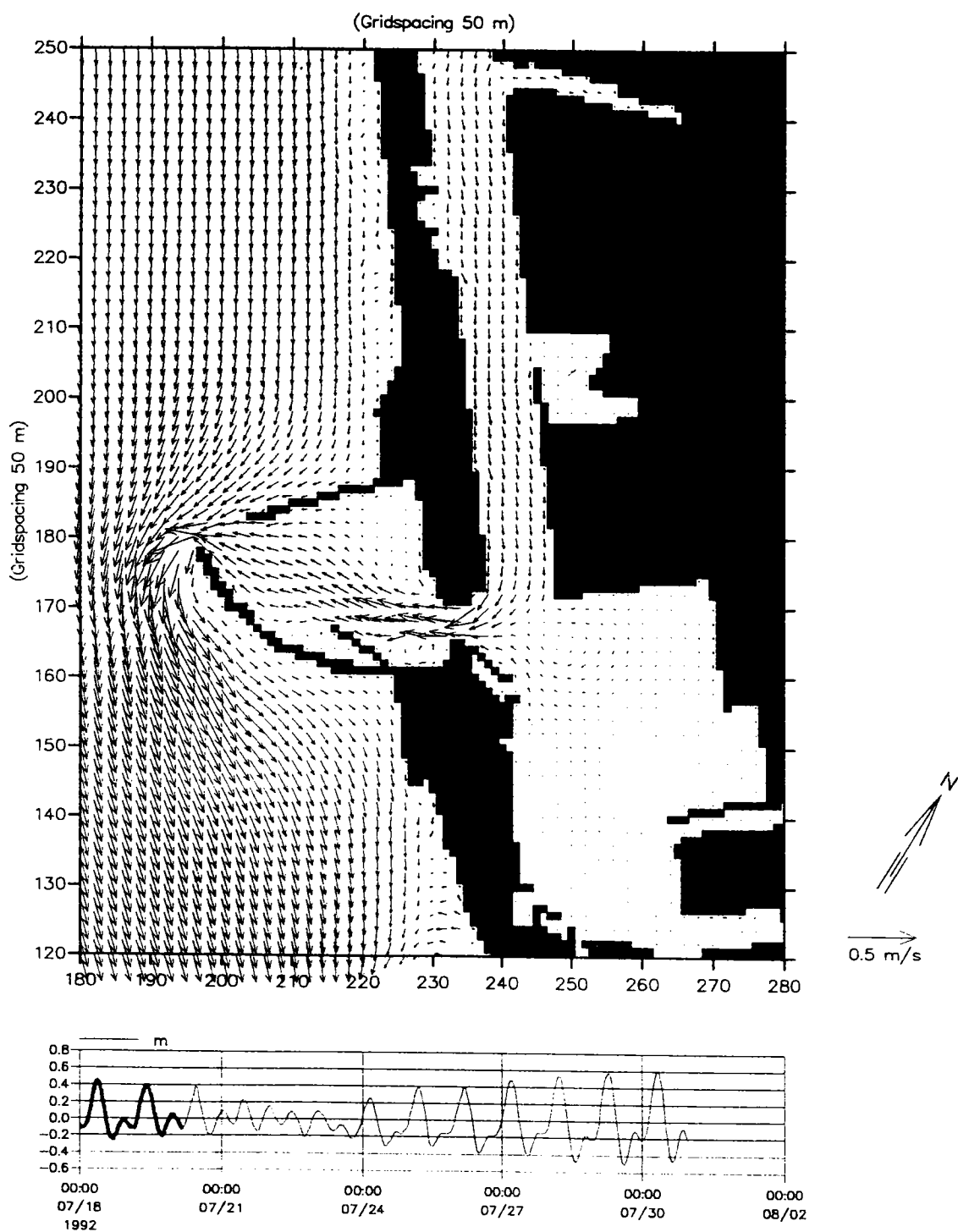


圖 4-11-13a 高雄港第二港口及港內細部流場
(1992/07/20 04:00:00)

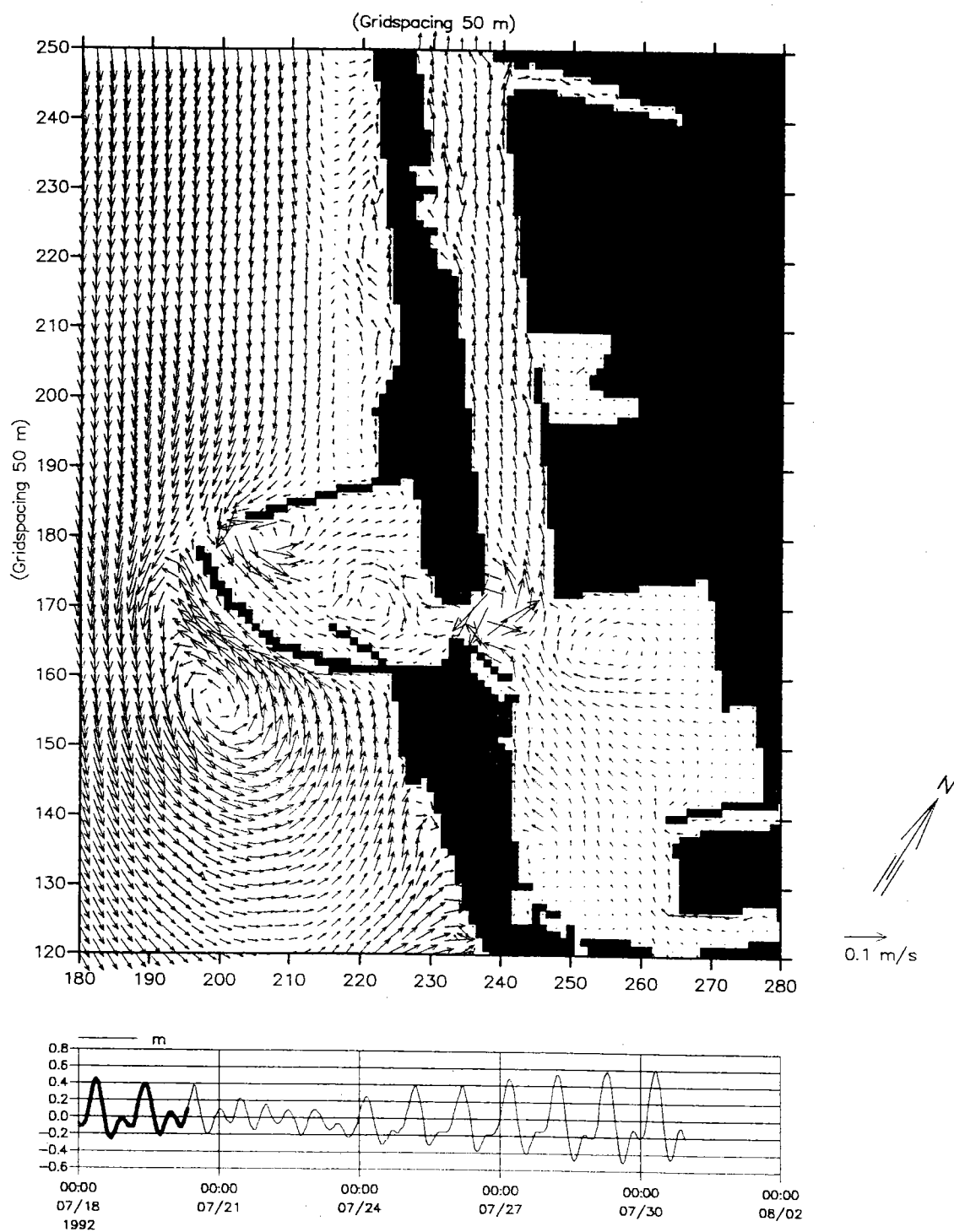


圖 4-11-13b 高雄港第二港口及港內細部流場
(1992/07/20 08:00:00)

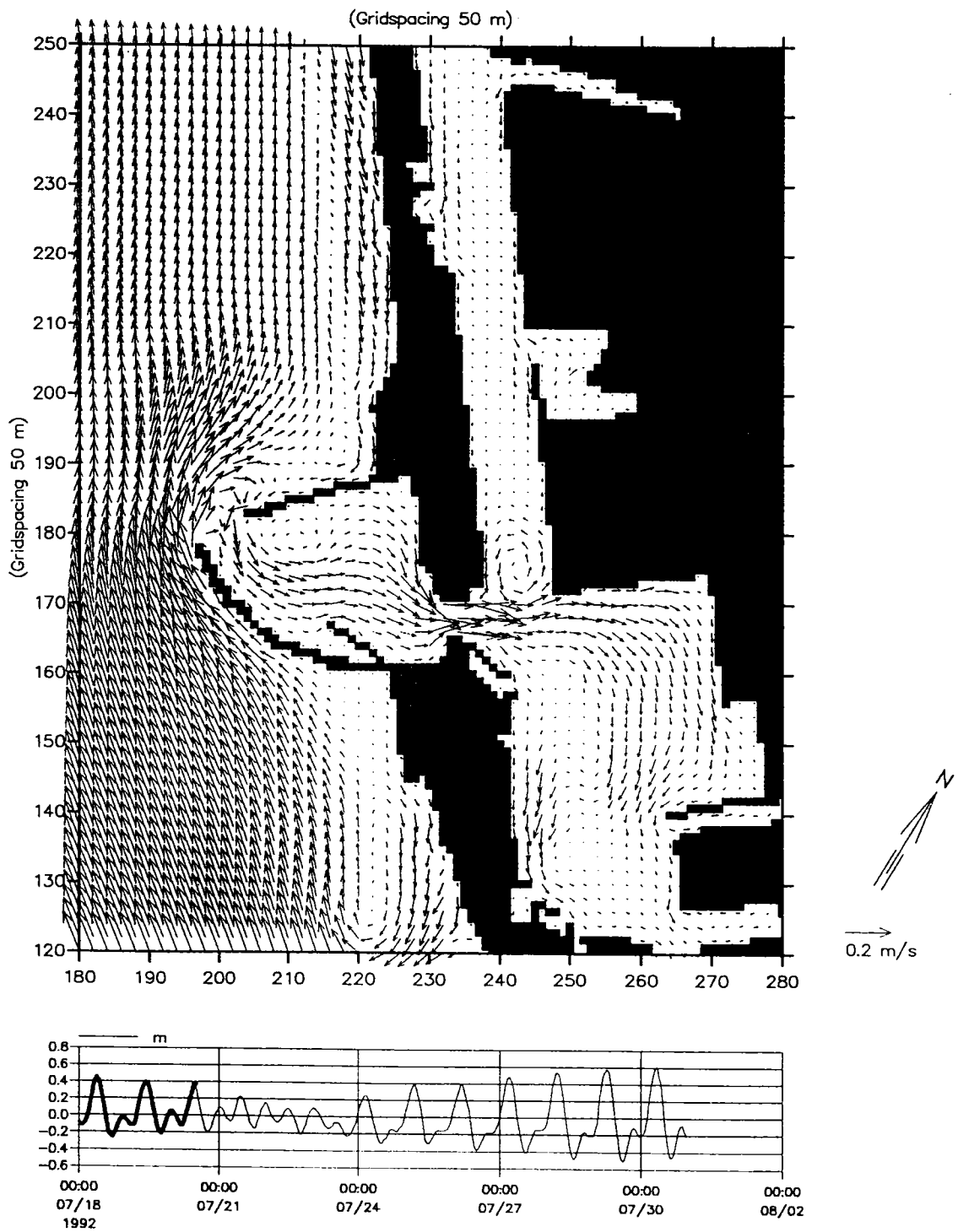


圖 4-11-13c 高雄港第二港口及港內細部流場
(1992/07/20 12:00:00)

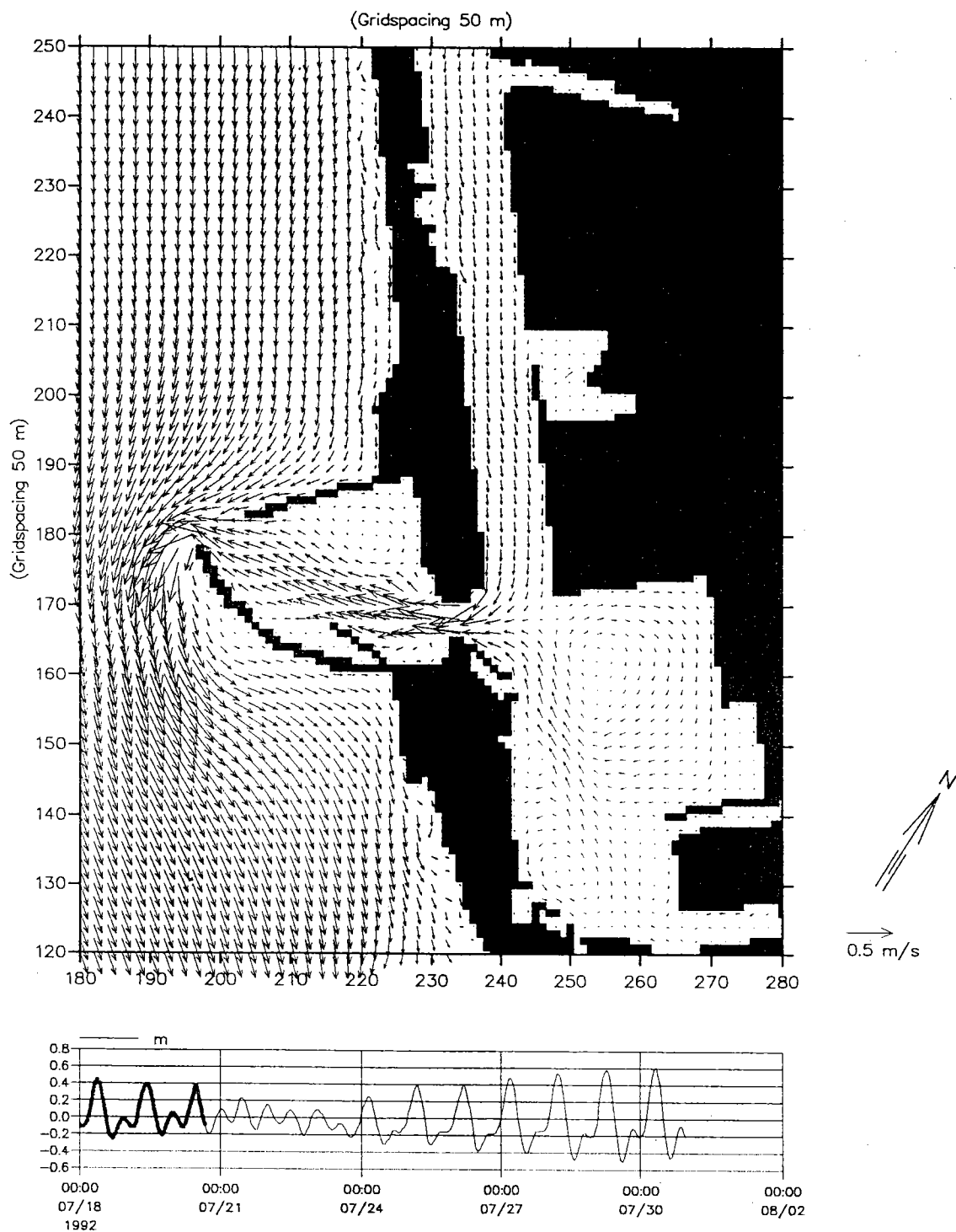


圖 4-11-13d 高雄港第二港口及港內細部流場
(1992/07/20 16:00:00)

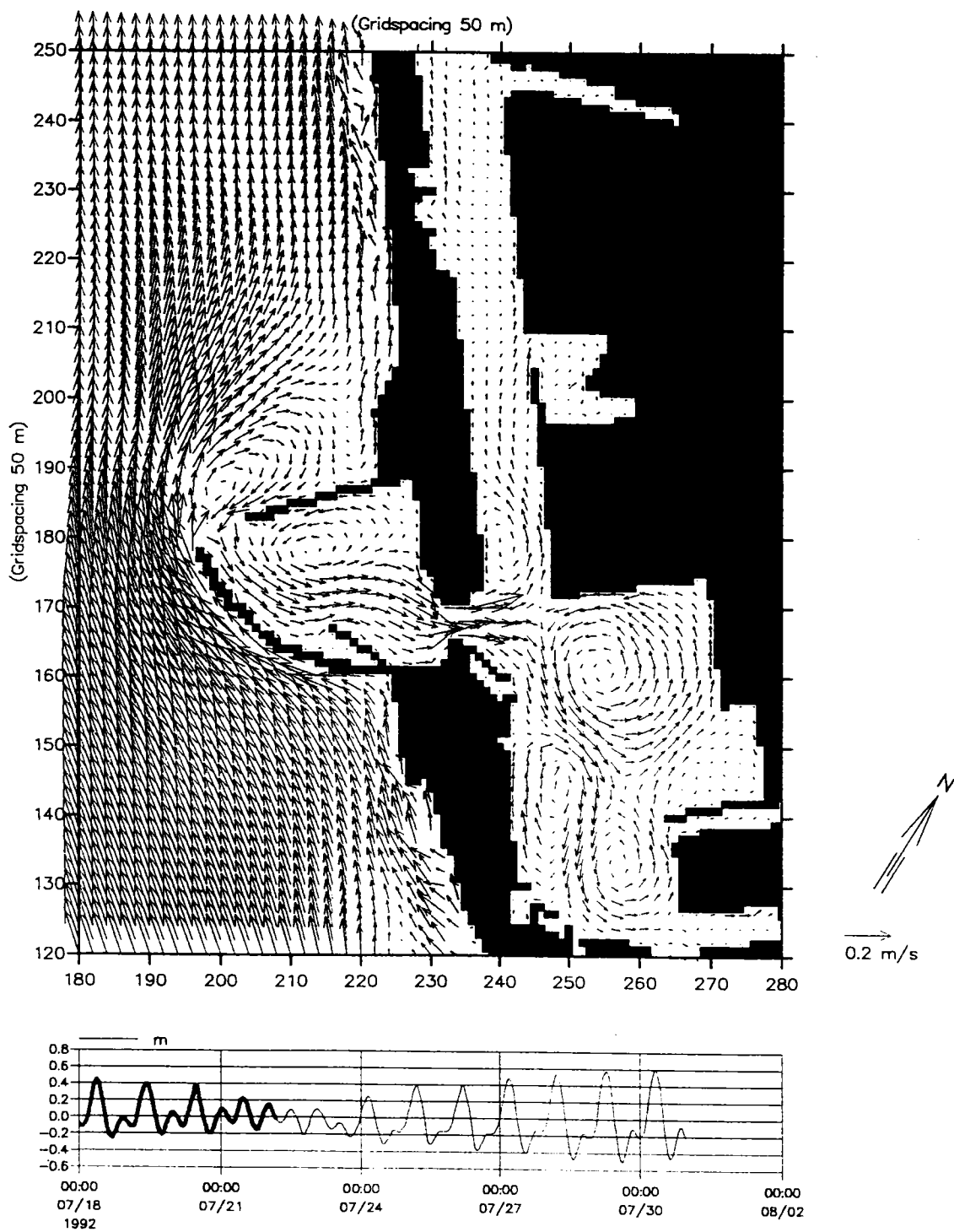


圖 4-11-13e 高雄港第二港口及港內細部流場
(1992/07/20 04:00:00)

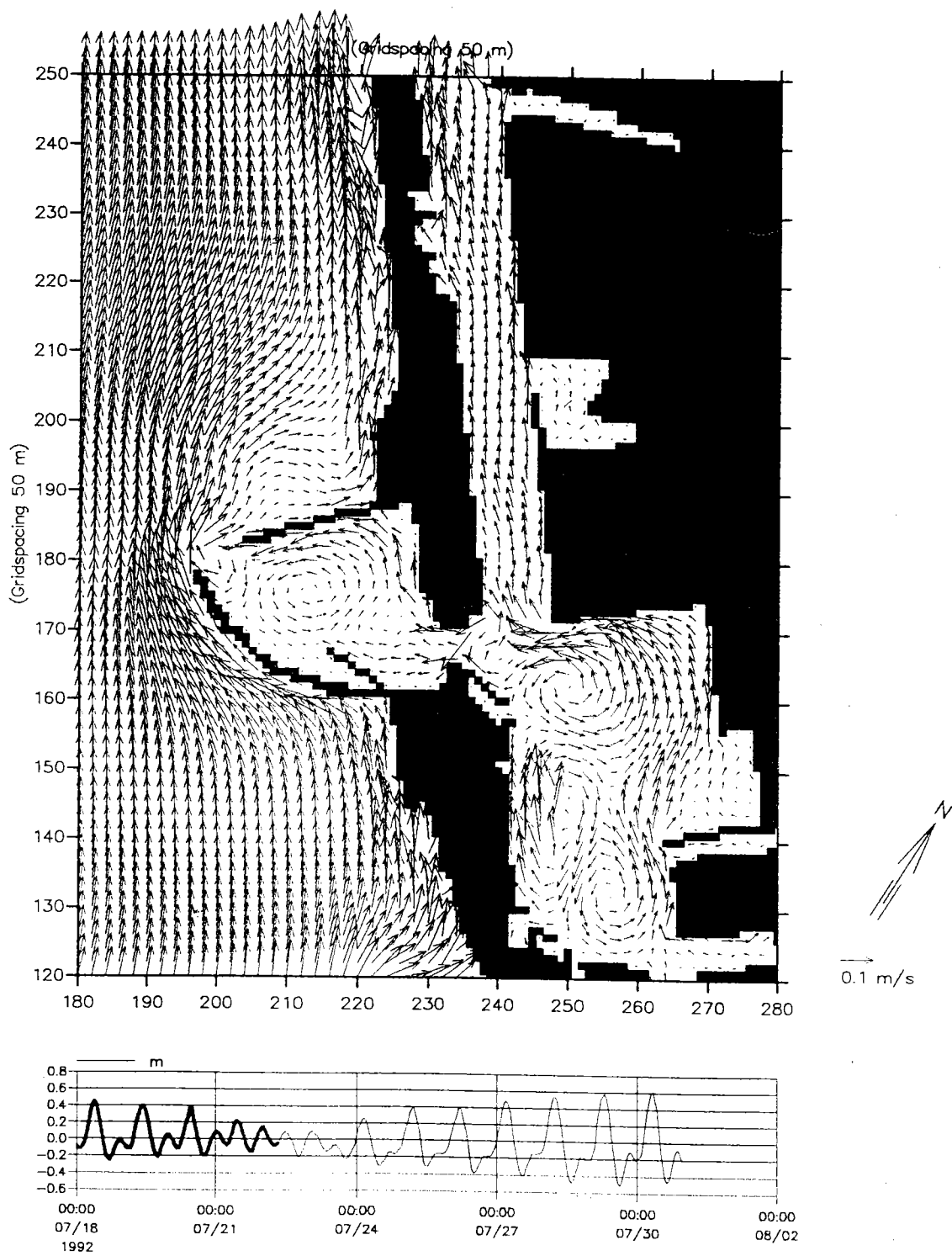


圖 4-11-13f 高雄港第二港口及港內細部流場
(1992/07/20 08:00:00)

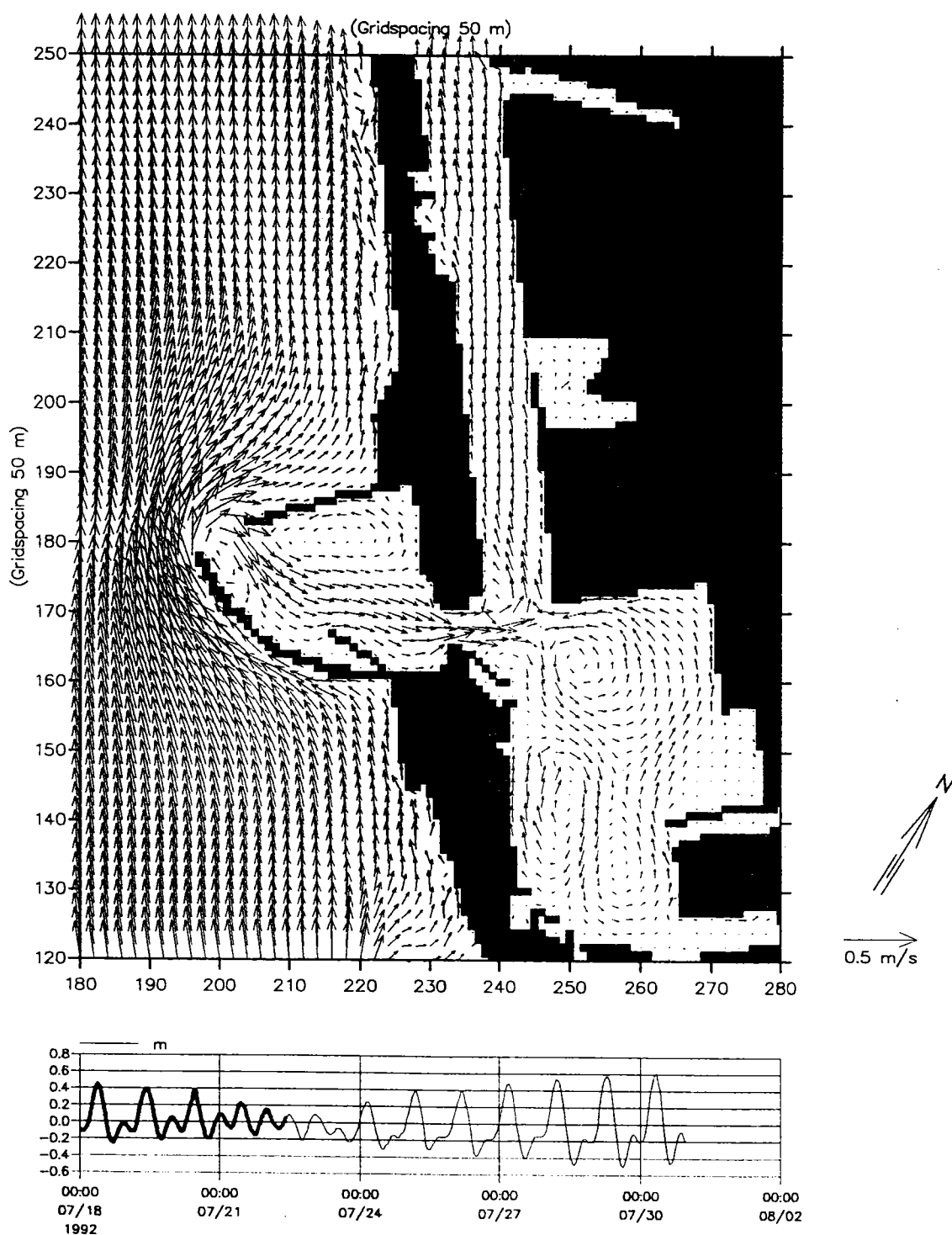


圖 4-11-13g 高雄港第二港口及港內細部流場
(1992/07/20 10:00:00)

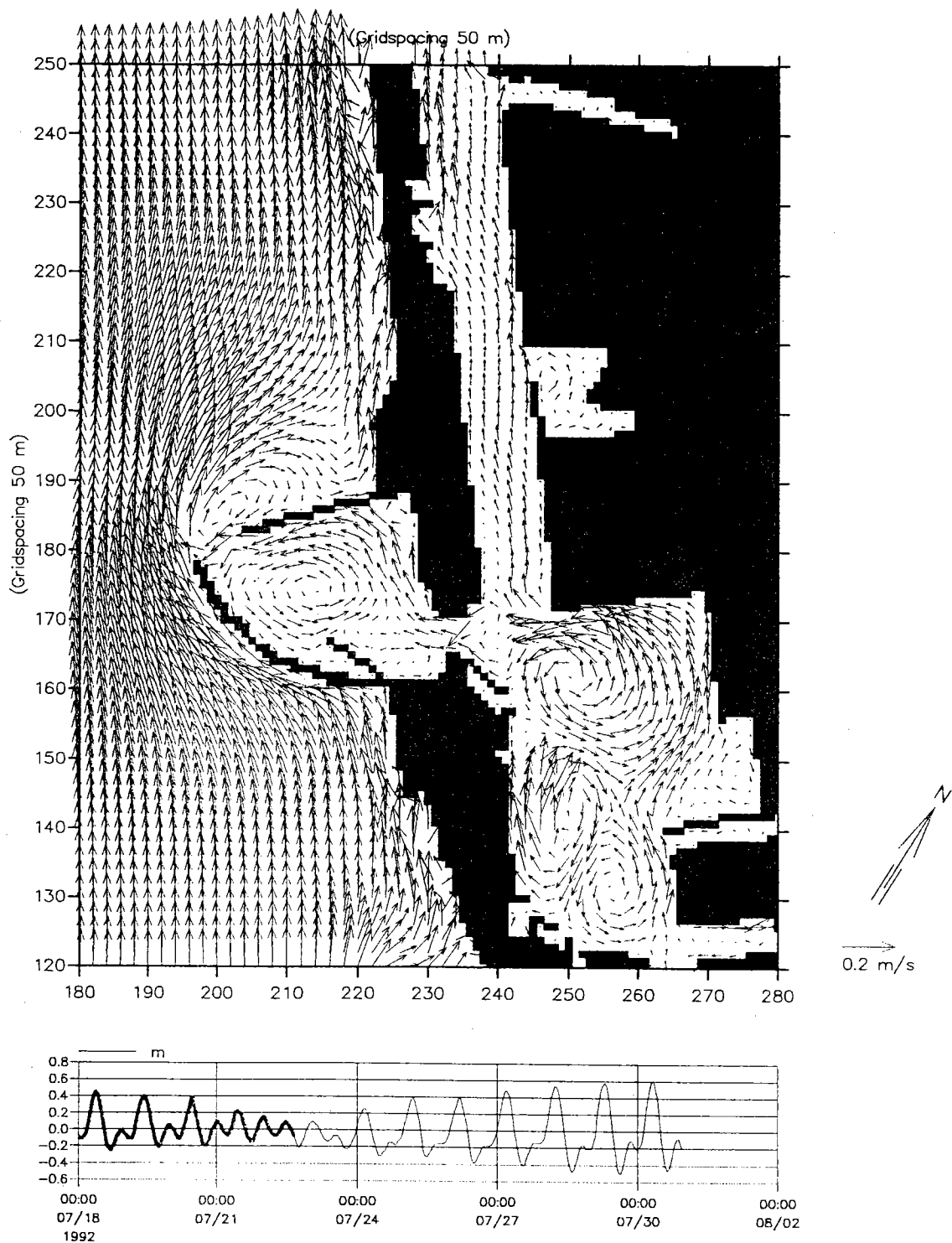


圖 4-11-13h 高雄港第二港口及港內細部流場
(1992/07/20 16:00:00)

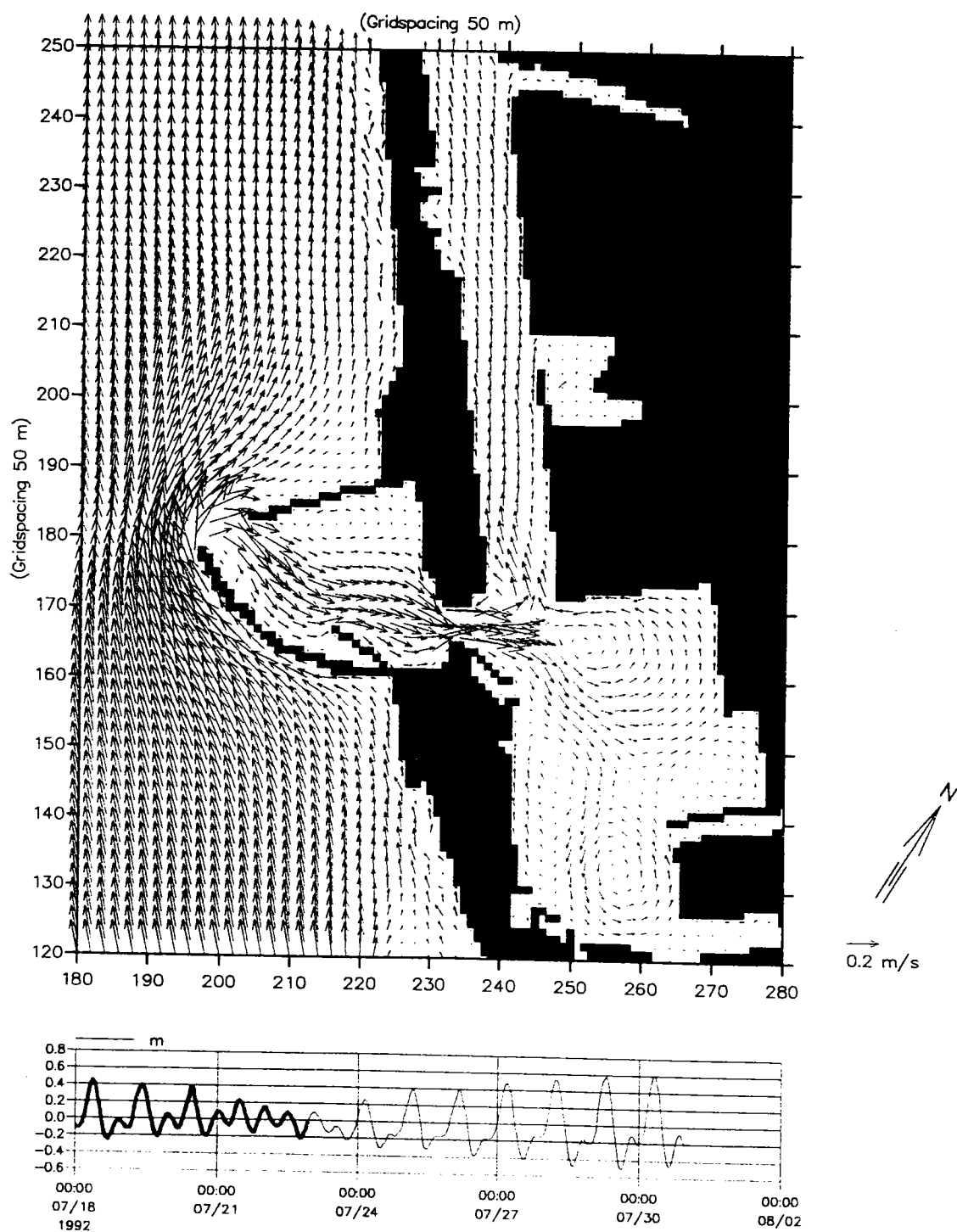


圖 4-11-13i 高雄港第二港口及港內細部流場
(1992/07/20 22:00:00)

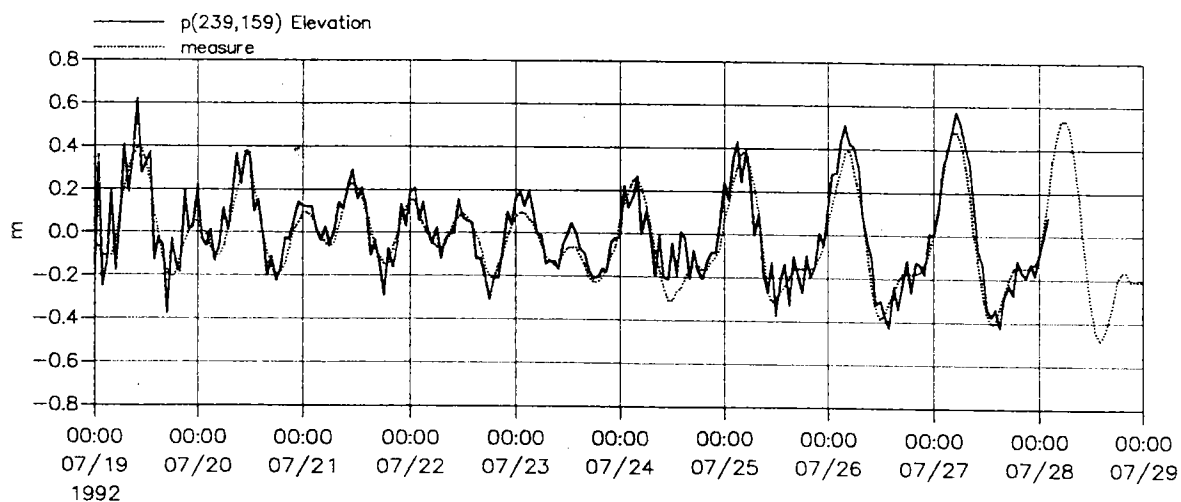
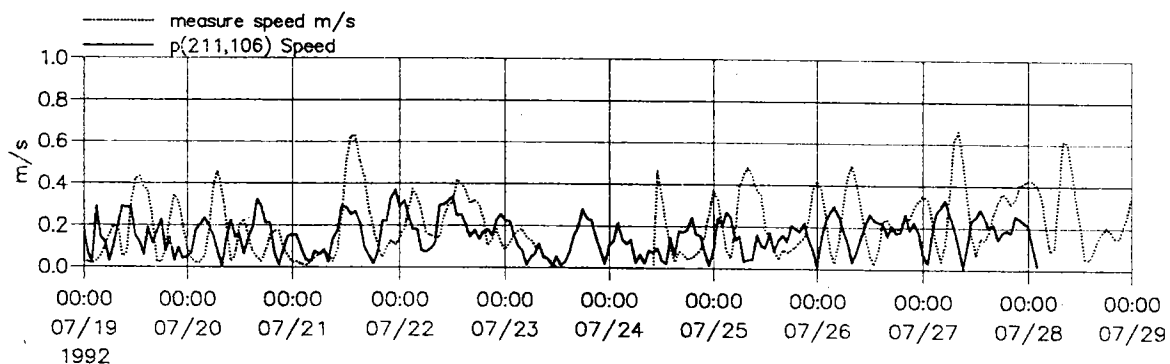
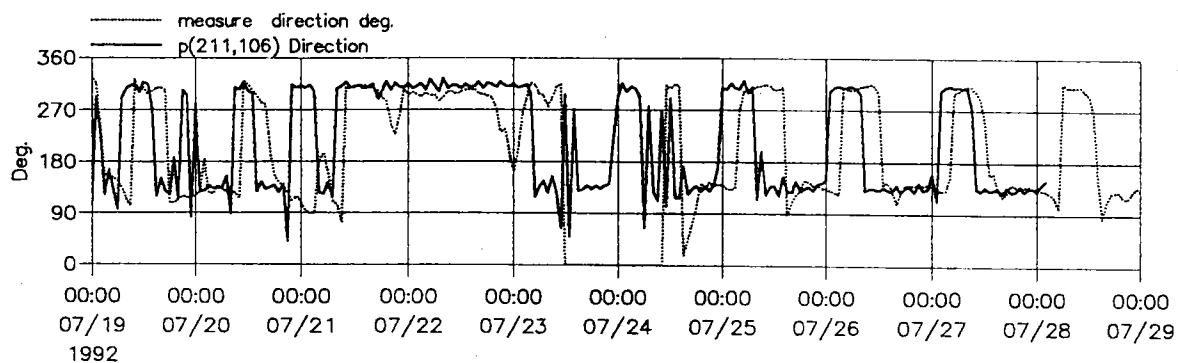


圖 4-11-14a 高雄港港外 10 米水深處上層實測與計算海流流向、流速及潮位之驗證

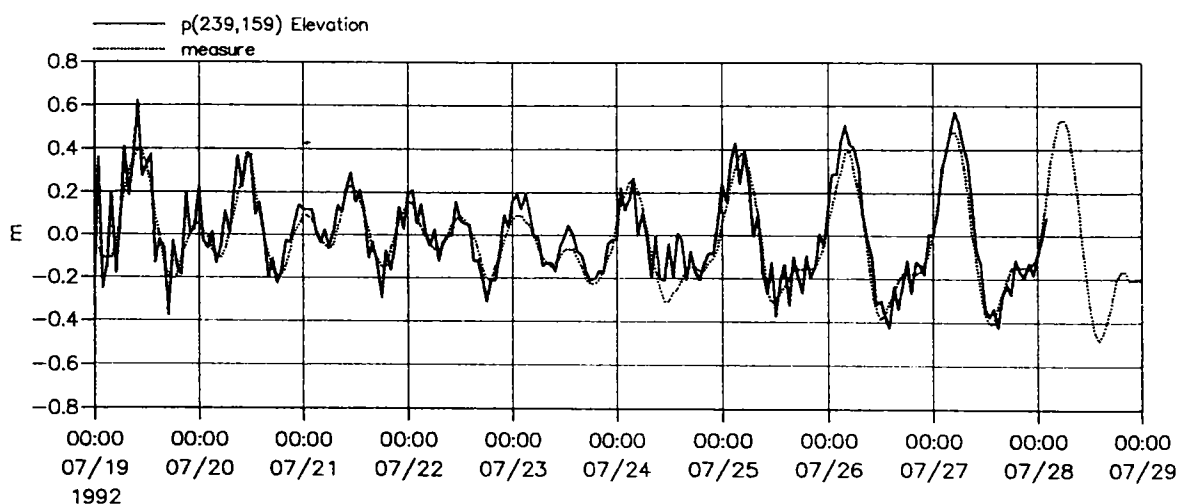
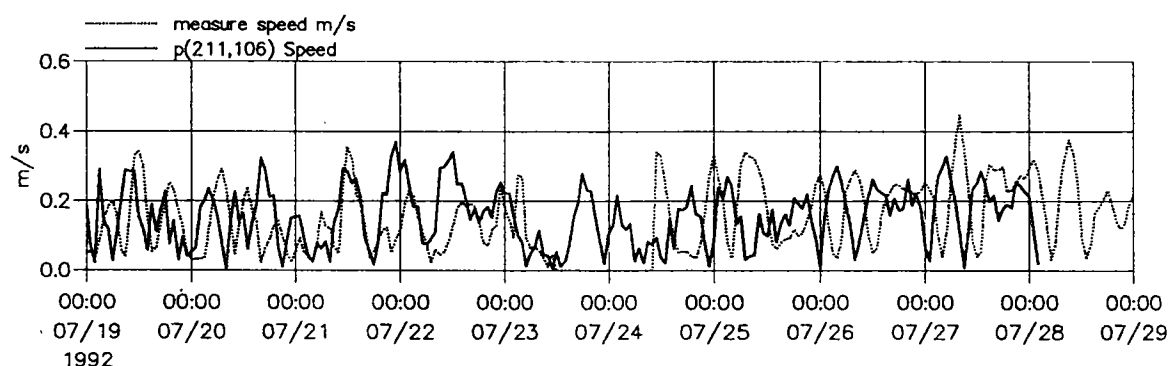
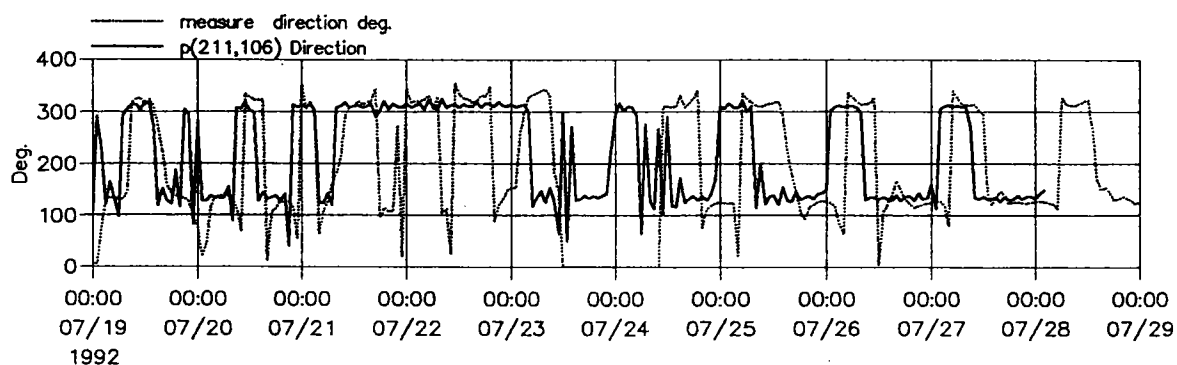


圖 4-11-14b 高雄港港外 10 米水深處下層實測與計算海流流向、流速及潮位之驗證

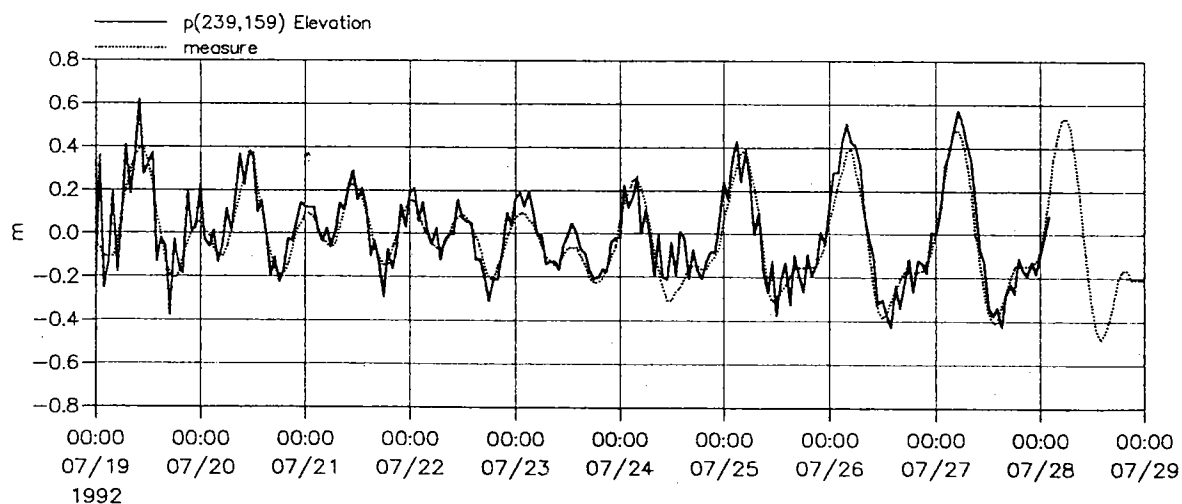
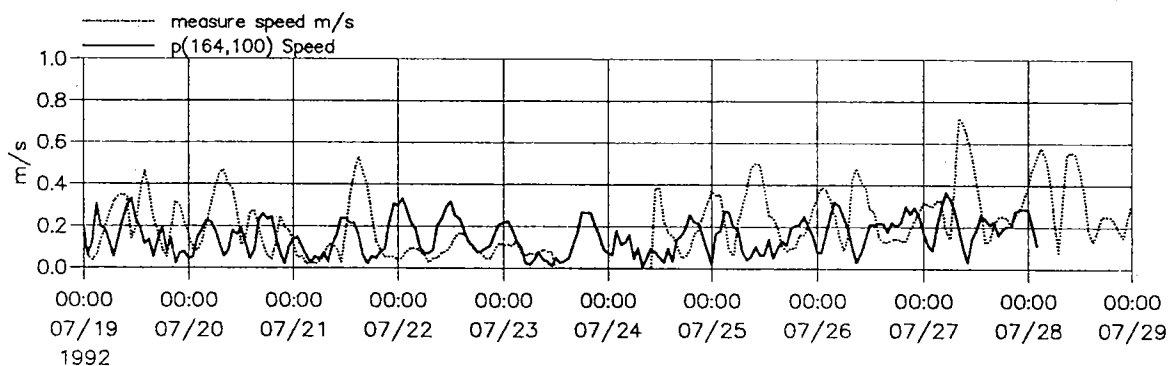
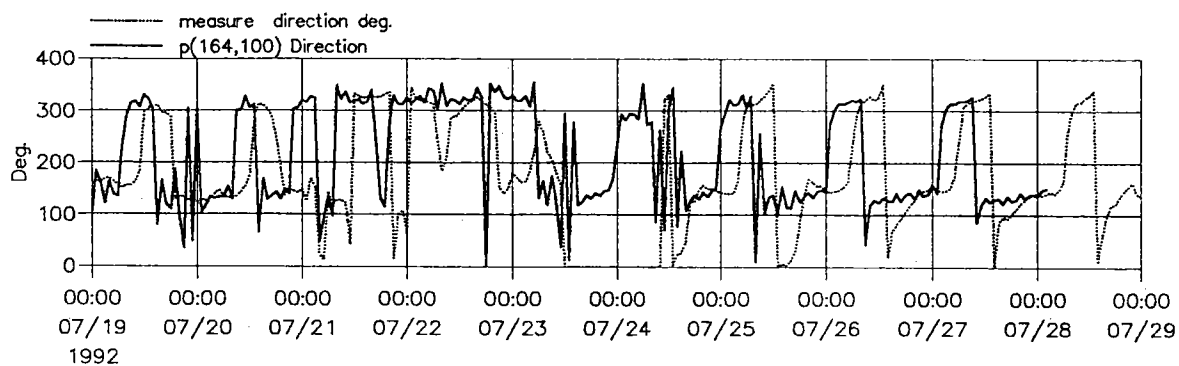


圖 4-11-15a 高雄港港外 20 米水深處上層實測與計算海流流向、流速及潮位之驗證

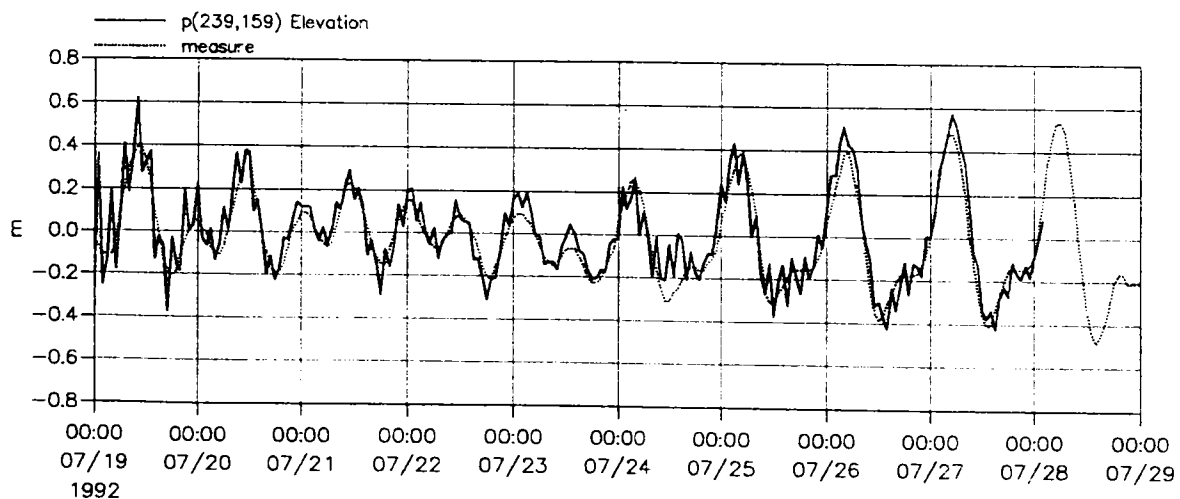
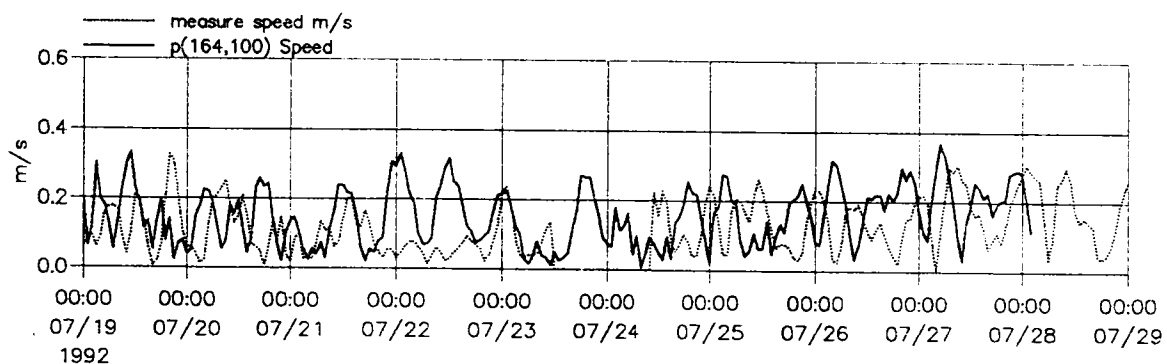
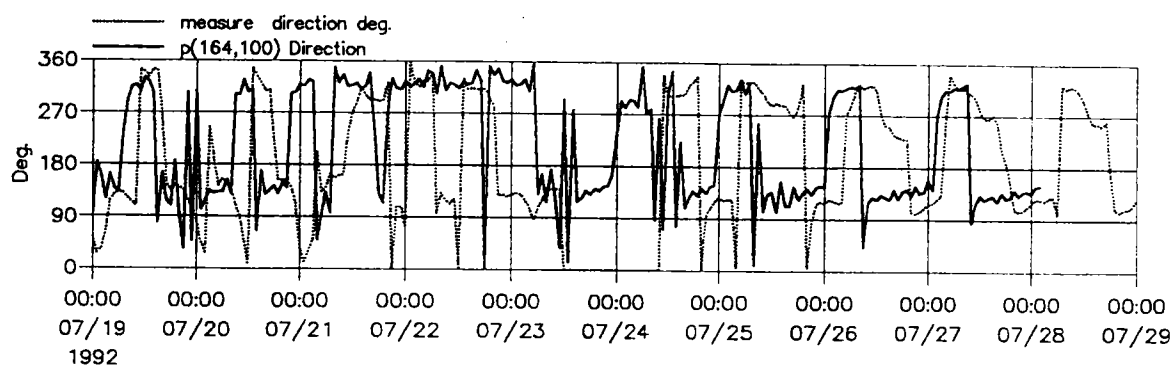


圖 4-11-15b 高雄港港外 20 米水深處下層實測與計算海流流向、流速及潮位之驗證

伍、結論與建議

5-1 結論

高雄港港域潮差與海流流速均不大，但潮型特殊，近混合潮之全日潮型在月小潮期間半日潮型明顯，在月大潮期間則全日潮型又較顯著，特殊之潮型伴隨港域海側頗為獨特之高屏斜坡與恒春海脊地形與水深，促使高雄港域之海流特性顯得頗為多變與複雜。本研究對高雄港域之海流及潮位計算模擬後，所得之主要結論如后：

- (1)由於水深與地形之影響，高雄港域海流計算範圍邊界上使用之潮位及潮時須謹慎調整檢核。不當之調整將引致極大之模擬誤差，不調整則使海流特性完全變形且不準確。
- (2)對於高雄港域海流之計算，為潮時及潮位調校之需要，計算範圍最好應涵括澎湖群島，因其可提供台灣西岸海側較為準確之潮時及潮位資料。
- (3)台灣海峽內，台灣灘、澎湖群島、高屏斜坡、恒春海脊及小琉球皆為台灣南部海域海流計算模擬所必需考量之地形要素。
- (4)高雄港域由於其潮位特性特殊，故而常有海流流向不隨潮位漲落改變之現象。
- (5)對於高雄港域之海流模擬，本研究於調校計算邊界之潮位與潮時後，所得之海流特性經與實測比較後，其準確度「雖不滿意，但可接受」。
- (6)本研究可提供高雄港區全面性逐時計算流場，以供港區執行環境維護及污染防治與污染源追蹤之應用。

5-2 建議

為提高海流數值模擬計算之精度，並輔助邊界條件之設定，對於相關單位在本省各沿岸海域執行海象調查時有下列幾點建議：

- (1)海象調查宜長期執行，在人力及物力有所限制時，至少應分四季並選擇大小潮期間進行。
- (2)海氣象調查點位應精確定位並紀錄，俾利應用對照與參考。
- (3)台東之綠島、蘭嶼，屏東之小琉球，南沙群島，澎湖之七美嶼，台北之彭佳嶼或棉花嶼以及宜蘭之龜山島等離岸島嶼應設置海氣站，並作較長期之海氣象資料收集，海氣象資料項目至少應涵括風與潮位，如此，對台灣沿岸海域海側之潮時估校與計算邊界條件設定將甚有助益。

參考文獻

1. 張金機，“台電興達火力發電廠海象調查研究報告”，專刊第 25 號，港灣技術研究所，1986。
2. 張金機，“高雄海域海氣象調查研究”，專刊第 89 號，港灣技術研究所，1993。
3. “MIKE 21-HD 使用手冊”，丹麥水力研究所，1994。
4. 歐錫祺、沈建全，“高雄縣彌陀船礁區之環境調查及效益評估--投放船礁之效益先期調查研究”，研究試驗報告，83 科技 2.15-漁-04，國立高雄海事專科學校，1995。
5. 劉景毅，“高雄河川、海域現況水質之模擬與分析”，研究試驗報告等 176 號，國立成功大學水工試驗所，1996。
6. 基隆、高雄、花蓮港整體規劃及未來發展計畫-“高雄港整體規劃及未來發展計畫”，港灣技術研究所，1996。
7. 劉文俊，“台灣的潮汐”，1996。
8. 劉文俊，“台灣海域潮汐特性之初步分析”，1996。
9. “高雄港簡介”，高雄港務局，1996。
10. “<http://www.khb.gov.tw/>”，internet 網際網路，1997。
11. 莊文傑，“台灣西部沿海之潮汐特性探討”，港灣報導，No.39, PP22~33, 1997。
12. 海圖，No.0307(1976/11)、No.0336(1982/06)、No.0340(1984/12)、No.0341(1988/10)、No.0341A(1993/04)、No.0341B(1993/04)、No.0341C(1993/05)，海軍海洋測量局。

高雄港港池水理調查研究

執行單位：規劃設計組

計畫主持人：曾哲茂 副研究員

參與人員： 曾相茂 副研究員

林柏青 助理研究員

江金德 助理研究員

曾文傑 助理

目 錄

第一章 計劃背景與目的	1
1-1 前言	1
1-2 高雄港海氣象概況.....	1
1.2.1 水文資料.....	1
1.2.2 海象資料.....	2
1-3 現場調查	5
第二章 港池延散係數推估	6
2-1 延散係數之文獻回顧	7
2-2 高雄港港池延散係數之推估	10
第三章 理論分析	12
3-1 流速剖面	12
3-2 浮標追蹤	12
第四章 現場調查內容與資料分析	14
4-1 現場調查內容	14
4.1.1 流速剖面量測	14
4.1.2 水溫度、鹽度之量測	15
4.1.3 浮標追蹤之量測	15
4-2 資料分析	15
4.2.1 流速剖面	15

4.2.2 浮標追蹤觀測.....	17
4.2.3 潮汐資料.....	17
4.2.4 溫度剖面.....	17
4.2.5 鹽度剖面.....	18
4.2.6 一、二港口 25Hrs 潮流觀測.....	19
第五章 結論及建議.....	20
參考文獻.....	22
附圖.....	25

表 目 錄

表一	86 年 1 月 28 日現場調查時之潮汐資料.....	23
表二	86 年 1 月 28 日各觀測點之擴散係數.....	24

圖 目 錄

圖 1	86 年 1 月 28 日量測點之位置圖.....	25
圖 2	86 年 5 月 7 日及 6 月 6 日量測點之位置圖.....	26
圖 3	86 年 6 月 20 日及 6 月 21 日量測點之位置圖	27
圖 4	86 年 1 月 28 日 ADP 流速剖面圖(去程).....	28
圖 5	86 年 1 月 28 日 ADP 流速剖面圖(回程)	29
圖 6	86 年 6 月 6 日 ADP 流速剖面圖.....	30
圖 7	86 年 6 月 6 日 ADP 流速剖面圖.....	31
圖 8	86 年 6 月 6 日 ADP 流速剖面圖.....	32
圖 9	86 年 6 月 6 日 ADP 流速剖面圖.....	33
圖 10	86 年 6 月 6 日 ADP 流速剖面圖.....	34
圖 11	86 年 5 月 7 日 10 號碼頭附近之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	35
圖 12	86 年 5 月 7 日一港口狹水道邊浮球之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	36
圖 13	86 年 5 月 7 日一港口狹水道中央之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	37
圖 14	86 年 5 月 7 日 50 號浮筒附近流速、溫度及鹽度剖面圖.....	38
圖 15	86 年 5 月 7 日 61 號浮筒附近流速、溫度及鹽度剖面圖.....	39
圖 16	86 年 5 月 7 日二港口狹水道南岸之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	40
圖 17	86 年 5 月 7 日二港口狹水道南岸之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	41
圖 18	86 年 5 月 7 日 61 號浮筒浮筒之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	42
圖 19	86 年 5 月 7 日 50 號浮筒邊之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	43
圖 20	86 年 5 月 7 日 25 號碼頭之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	44
圖 21	86 年 5 月 7 日一港口狹水道浮筒之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	45
圖 22	86 年 5 月 7 日一港口狹水道中間南岸之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	46
圖 23	86 年 6 月 6 日 25 號碼頭邊之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	47
圖 24	86 年 6 月 6 日一港口浮筒之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	48
圖 25	86 年 6 月 6 日一港口狹水道之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	49
圖 26	86 年 6 月 6 日 50 號浮筒之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	50

圖 27	86 年 6 月 6 日 61 號浮筒之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	51
圖 28	86 年 6 月 6 日二港口狹水道之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	52
圖 29	86 年 6 月 6 日二港口狹水道之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	53
圖 30	86 年 6 月 6 日 61 號浮筒之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	54
圖 31	86 年 6 月 6 日 50 號浮筒之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	55
圖 32	86 年 6 月 6 日一港口狹水道之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	56
圖 33	86 年 6 月 6 日一港口水道正中央之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	57
圖 34	86 年 6 月 20 日一港口邊浮筒之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	58
圖 35	86 年 6 月 20 日二港口南邊之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	59
圖 36	86 年 6 月 20 日 89 號碼頭之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	60
圖 37	86 年 6 月 20 日 78 號碼頭之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	61
圖 38	86 年 6 月 20 日 68 號碼頭之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	62
圖 39	86 年 6 月 20 日 61 號浮筒之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	63
圖 40	86 年 6 月 20 日 50 號浮筒之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	64
圖 41	86 年 6 月 20 日一港口浮筒之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	65
圖 42	86 年 6 月 20 日 43 號碼頭之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	66
圖 43	86 年 6 月 20 日 33 號碼頭之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	67
圖 44	86 年 6 月 21 日 33 號碼頭之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	68
圖 45	86 年 6 月 21 日外海 NO:1 之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	69
圖 46	86 年 6 月 21 日外海 NO:2 之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	70
圖 47	86 年 6 月 21 日一港口狹水道之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	71
圖 48	86 年 6 月 21 日一港口邊浮筒之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	72
圖 49	86 年 6 月 21 日一港口航道中央之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	73
圖 50	86 年 6 月 21 日 43 號碼頭之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	74
圖 51	86 年 6 月 21 日 50 號浮筒之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	73
圖 52	86 年 6 月 21 日 55 號浮筒之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	74
圖 53	86 年 6 月 21 日 61 號浮筒之流速、溫度及鹽度剖面圖.....	75
圖 54	86 年 1 月 28 日紅色浮標行走之軌跡.....	76
圖 55	86 年 1 月 28 日黃色浮標行走之軌跡.....	76
圖 56	86 年 1 月 28 日藍色浮標行走之軌跡.....	77

圖 57	86 年 1 月 28 日三個浮標行走之軌跡比較.....	77
圖 58	86 年 6 月 20~21 日兩港口 25Hrs 潮流觀測比較.....	78

第一章 計畫背景及目的

1-1 前言

高雄港港域遼闊，水域寬敞，為本省最大國際港。貨物吞吐量佔全省三分之二，年度貨物裝卸量高達兩億公噸，進出船舶超過二萬四千艘次；同時為世界第三大貨櫃港，八十四年度貨櫃裝卸量更突破五百萬TEU。但高雄港因受附近仁愛河、前鎮河、鹽水溪、五號船渠第一、二、三號船渠之主要與水箱涵排入污水，嚴重污染港池水質。政府鑑於我國經濟外貿及國際局勢發展之需推動台灣為亞太營運中心。為提共船商之週全服務，順應世界環保潮流及提昇國際形象，致力於港灣污染整治工作，乃刻不容緩。

本研究採用現場調查方法對高雄港港域的流況和擴散特性進行研究。現場量測項目包含港域流場、速度剖面、港池內外潮差、水鹽度及溫度等水理特性，以對港域內流況和擴散特性做全域的瞭解，並佐以模型實驗與數值模擬結果相互驗證以確定三者間之正確性。期能對高雄港港域污染有更深入之瞭解和對港域水質作更有效之管理。

1-2 高雄港海氣象概況

1.2.1 水文資料

高雄地區的年雨量約1834公釐，每年6月至9月為最大降雨月份，降雨量約佔全年總降雨量的80%左右，而10月至翌年3月則為旱季，降雨量極少，是一旱雨分明的地區。

高雄港地區年平均氣溫約為 25°C，月平均氣溫在 20°C~29°C 之間，以夏季 7 月份為最高，1 月份為最低。冬季多吹北風，夏季則以南風為主，偶而也吹西北風，年平均風速約為 2.3m/s。本地區於每年 9 月至翌年 3 月之冬季季風期間受蒙古及華北高氣壓之影響，強風之方向以北北西向較多，風速在 0.3 至 5.3m/s 之間，

吹風延時有達 16 小時者。每年 4 至 9 月為夏季季風，主要風向為西南風，一般風速多在 5.4m/s 以下。超過 5.5 至 15m/s 風速者亦屬常見，概係受颱風或太平洋低氣壓所致。每年 4 及 9 月為夏季季節風與冬季季節風轉換期。

根據中央氣象局高雄測候所及高雄港局前第二港口工程處氣象站之氣象及海象觀測紀錄，可知強風及巨浪多發生於每年之夏季 6~9 月，此時亦為颱風季節。在冬季及春季天氣良好，港面穩靜。高雄地區 7 月至 9 月常遭颱風侵襲，颱風之侵襲常帶來大量雨水，雖然可以沖洗河床且短期改善水質，但亦會從上游挾帶泥沙淤積於下游河段。

1.2.2 海象資料

(1) 潮汐

天體的萬有引力，如太陰、太陽的吸引力，地球的公轉與自轉，氣象的變化等作用於海面，使海水隨之產生一種週期性的升降運動現象，稱為潮汐(Tide)。潮汐依其發生原因可分為『天文潮』與『氣象潮』。天文潮係地球受太陽與太陰之引力而發生，因天體作一定週期性運動，故潮汐升降有一定的週期。氣象潮則因為氣壓之變化，如風、氣壓、波浪等之氣象情況變化所影響，故此類潮汐之升降無一定之週期性質。高雄港之潮汐為正規半日潮，每日之二次潮並不相等，高雄港區之平均潮位為 0.74m，平均潮差為 0.68m。而高雄港較為特殊之潮汐情況有如下：

- A. 高潮位發生於夏季朔望日左右，一般為農曆初三或十八，最高潮位約為 1.7 公尺，最低潮位大都發生在冬季朔望，潮位接近零，平均潮差約在 0.7 公尺左右。
- B. 發生過最大潮差高達 2.6 公尺，是在民國 58 年 7 月 28 日(陰曆 6 月 15 日)，當時因受『衛歐拉』颱風所影響，氣壓下降，其風暴激浪侵襲高雄港海面，又適逢高潮時期，因而有此異常潮位發生。
- C. 在第二港口未開口前，高雄港之內外港(二港口附近)之潮位相差在 50 公分左右，二港口開闢後，內外港水面相通，其潮差僅有 5 公分左右。

(2)潮流

隨著潮汐之海水在水平方向流動者稱為潮流，其垂直方向的升降運動為潮汐，故潮汐與潮流時為一種現象的二個形式，互有密不可分的關係。事實上在潮流中仍含有海流現象。海流與潮流有別，經過某一地點的海流流過後，絕無返回原同一地點；但潮流與潮汐相似，且有半日週期性。潮流隨潮汐的漲落而變化，一般潮差愈大，潮流愈明顯。潮流和潮汐隨為一種現象的二個形式，有不可分離的密切關係，但其振幅的比例；變化的現象，視各地區而異，其轉流的現象有時不隨潮汐之高低巢而變，有時潮汐大但潮流小；有時潮汐小但潮流大，但是在同一地區，大潮期間其潮流亦大。潮流的觀測是以流速及流向為主，高雄港的潮流觀測如下：

A.在第二港口未開口時，高雄港務局測量隊於民國 52 年 8 月~10 月使用 Ekman-Merz 流速儀施測港內六個定點，自水面下 1、3、5...處流速之平均值，得漲潮時以 0.2~0.3m/s 流速流向港內；退潮時亦以 0.2~0.3m/s 流速流向港外。以浮標追蹤法測得漲潮表面流速為 0.68m/s；退潮時為 0.73m/s。

B.第二港口開口後，港務局於民國 58 年 7~8 月間，在港口內外各選定 6 個測站，使用 OC 型及 CM- II 型流速儀來量測潮流，結果得港外流速為 0.8m/s，港內流速為 0.52m/s，而港口流速達 0.8m/s 以上。

C.第二港口未開闢前，港內潮流大致有一定軌跡，漲潮流進入港口後偏向旗津沿岸，落潮時偏向哨船頭沿岸，然後繞行而流出港口；在外海的潮流，漲潮時向『南流』，落潮時則向『西北流』。二港口開闢後已有變化，港內潮流在漲潮時，由第一港口及第二港口流入後，各向中島區附近進行；落潮時由前鎮河口之主航道分向各港口流出，其中第一港口狹水道之流速較第二港口狹水道之流速為大。

依台灣大學理學院海洋研究所於民國 66 年之調查結果現示：高雄內港之潮流退潮時，5 號船渠及仁愛河所排出之污水係經由第一港口排出，前鎮河所排出之污水則象東南移動，經由第二港口排出，且愈近第二港口流速愈大，高雄內港於退潮時之流向分界線約在 50 號碼頭附近，污水出

港後，順潮流被帶往西北方；漲潮時，由於港外沿岸潮流為東南向，正對第一港口，故潮水由第一港口湧入，同時第二港口航道與潮流方向垂直，造成『抽吸』內港水之作用，使第二港口於漲潮時向港內流出之作用不明顯，反而有大部分時間係向港外流出，而整個高雄港池之水流亦呈現向第二港口流動之情況，為流速較退潮時為小。

(3)波浪

在一般情形下，高雄港外海附近之波向大致與風向一致，亦即在南與西之間，而大多與海岸線約呈垂直之方向。其他情形下之波浪概述如下：

A.颱風時期之波浪狀況：

(a)颱風時之波浪，因颱風強度及其路徑而異，颱風在高雄地區附近海岸登陸，或其中心在高雄海岸極接近之處通過時，波浪較高，有實測 5 至 5.5 公尺之有義波高，10 至 12 秒週期波浪之紀錄。

(b)颱風沿台灣海峽北上時，對於在高雄港外外所影響之波浪，約在 4~5 公尺波高，12 秒週期。

(c)颱風橫越中央山脈，或通過北部地區時，在高雄港附近海面所發生之波浪較小，大都在 1.0 公尺以下，過去實測紀錄最大者為 3.6 公尺，週期 8.6 秒。

B.季節風時期波浪：

(a)夏季季節風時期之波浪，大多為風浪，或由遠岸處傳播來之湧浪，波高均不大，週期亦短。

(b)冬季季節風時期，風向大多為西北，對於高雄港外海所發生之波浪，呈湧浪性質，波高一般在 1 公尺左右，週期約 8 秒左右。

C.對於波浪之繞射情形曾在第二港口南堤沉箱作一試驗，其抵抗波浪性能之結果，繞射係數均大於 1，亦即反射波高約為入射波高之 2 倍。

1-3 現場調查

國內對於高雄港港域水質已有多次的現場調查，這些現場調查多著重於污染物濃度作點的量測，量測項目包括溶氧量(Dissolved Oxygen)、生化耗氧量(B.O.D.)、懸浮顆粒(Suspended Solid)濃度及酸鹼值(pH)等水質參數。但對港域之水理特性，如潮汐所引致之環流(Tide-induced Residual Circulation Current)、風驅流(Wind-induced Drift Current) 和港外海水交換率(Exchange)等參數因量測困難並未有一全盤性之調查研究，這皆因此類調查需釋放浮標和追蹤劑(Tracer)做長期監測，或以流速儀(例如Acoustic Doppler Current Profiler)做全港域的觀察，所需人力、設備、經費皆高。因此現場調查往往無法對港域的污染物擴散情形做深入的瞭解，唯可作為數值模擬相關參數假設之依據以及模擬結果印證之用。

本研究就潮汐和風力影響下港域水理特性和擴散情形，進行現場調查並量測港內水域垂直斷面流速分佈、水平延散係數、港池內潮差、水鹽度、溫度及密度等水理參數。

第二章 港池延散係數之推估

港域內之延散係數是港池水質稀釋能力最重要的參數。延散係數之值大表示港池水質稀釋能力強，反之亦然。而延散係數為港域內的流場特性來決定，並非一定值。港域內的流場特性和污染物分佈狀況係依據二維之連續方程式(Continuity Equation)、水深平均之動量方程式(Depth-averaged Momentum Equations)、密度傳輸方程式(Density Transport Equation)和濃度擴散方程式(Diffusion Equation)。茲分述如下：

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial [U(h + \eta)]}{\partial x} + \frac{\partial [V(h + \eta)]}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{DU}{Dt} - fV = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\tau_x^w - \tau_x^b}{\rho_o(h + \eta)} + g \frac{(h + \eta)}{\rho_o} \frac{\partial \rho}{\partial x} \quad (2)$$

$$\frac{DV}{Dt} + fU = -g \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\tau_y^w - \tau_y^b}{\rho_o(h + \eta)} + g \frac{(h + \eta)}{\rho_o} \frac{\partial \rho}{\partial y} \quad (3)$$

$$\frac{D\rho}{Dt} = \frac{1}{h + \eta} \nabla(K_h(h + \eta)\nabla\rho) \quad (4)$$

$$\frac{DC}{Dt} = \frac{1}{h + \eta} \nabla(K_h(h + \eta)\nabla C) + R \quad (5)$$

其中 $\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + U \frac{\partial}{\partial x} + V \frac{\partial}{\partial y}$ 為實質導數， U 、 V 分別為在 x 、 y 方面之水深平均流速， ρ 為水深平均水的密度， ρ_o 為參考密度， f 為科氏力參數， h 為水深， η 為水面位移高程， g 為重力加速度， τ^w 為風所造成之剪應力， τ^b 為底床剪應力， K_b 為

水平方向之延散係數， C 為污染物濃度， R 為污染物化學反應速率。計算時可用有限差分法或有限元素法對計算區域加以網格分割，再加上適當的起始條件和邊界條件。但此方法須輸入正確的擴散係數和邊界條件〔例如潮汐之流速，水位之變化，底泥對污染物之吸附或釋放率等〕，方能準確的計算出污染物之分佈(Signell and Butman, 1992)。延散係數受流速剖面、潮汐、風驅流及密度層變之作用將於下節中加以說明。

2-1 延散係數之文獻回顧

Bowden(1964)對於海域表面剪力流中之延散係數提出以下理論解析：

- (1)在海岸及河口地區因剪力效應所導致的水平混合主要來自潮流、密度流及風驅流等，其中水平方向有效延散係數 K_x 、 K_y 與垂直方向 K_z 成反比。
- (2)縱向水平延散受制於橫向速度梯度及紊流混合，且與垂直方向之速度分佈有關。
- (3)導因於潮流的水體運動受半日週期影響來回震盪，就污染物的長時間擴散而言，這種隨時間變化的影響必須加以考慮。
- (4)穩定的密度梯度將有效增加水平混合程度。
- (5)通常潮流的相位角隨深度變化不大。

Bowden(1964)分析潮流及風驅流不同速度剖面之水平有效延散係數(Effective values of K_x) 分別為

- (1) 潮流：

速度剖面	$K_x(U^*)$	$K_x(\bar{U}) \text{ } k=0.002$
對數剖面(Log)	$5.9U^*h$	$0.26\bar{U}h$
對數拋物線剖面(Log+parabolic)	$14.0U^*h$	$0.625\bar{U}h$

$\bar{U}h$ 代表的是單位寬度的流量，在河口或港池內由於受潮流來回震盪的影響，事實上 $\bar{U}h$ 是隨時間及位置改變。

(2) 風驅流：

水深 h	延散係數 K_x	延散係數 K_y
0.25D	8.3Φ	0.02Φ
1.25D	5.3Φ	1.1Φ

D 代表磨擦影響深度(The depth of frictional influence)。

式中 $\Phi = 10^{-3} (U^2 h^2 / K_x)$

一般而言：

$$K_x (\text{來回流}) \cong 1/2 K_x (\text{定常流})$$

Csanady(1963)對忽倫湖(Lake Huron)之紊流擴散做了以下分析：

(1) 潮流：

$$\text{管流} \quad K_x = 10.1 U^* a$$

$$\text{渠道} \quad K_x = 5.9 U^* h$$

(2) 風驅流：

$$\tau = 0.0012 \rho_a U^2$$

U ：海面上10米風速

ρ_a ：空氣密度

ρ_w ：海水密度

$$U^* = \left(\frac{\tau}{\rho_w} \right)^{1/2} = \left(0.0012 \frac{\rho_a}{\rho_w} \right)^{1/2} U$$

Chieh(1985)對二維溫排水排入海岸水域之水平延散係數提出以下延散係數估算經驗式

$$D_L = 4.53 * 10^{-4} L^{4/3}$$

D_L ：水平延散係數(單位 m^2/s)

L : Scaling dimension of dispersion process in (單位 m)

Fischer等人(1979)對水平縱向延散係數受潮汐來回震盪影響下之時變性提出下列關係(見圖7.4, Fischer et. al., 1979)

$$K = K_0 f(T') \quad , \quad \text{其中} \quad T' = \frac{T}{T_c}$$

T : Tidal period

T_c : The cross-sectional mixing time

K_0 : Dispersion Coefficient (當 $T \gg T_c$)

當斷面相較寬而淺時則密度的影響可忽略不計

$$K_0 = 0.1 \bar{u}^2 T_c$$

其中 $T_c = W^2 / \varepsilon_t$

$$\text{即 } K = 0.1 \bar{u}^2 T \left[(1/T') f(T') \right]$$

W : 為斷面寬度

ε_t : Transverse Mixing Coefficient

2-2 高雄港港池延散係數之推估

高雄港港池背景條件：

長(Length)：4000 m (考慮一、二港口皆開闢，允許海水交換)

寬(Width)：500 m

水深(Water Depth)：11 m

潮差(Tidal Range)：0.7 m

風速(Wind Speed)：2.3 m/sec

潮流入侵距離(Tidal Excursion)=4000*0.7/11=254.5 m

平均潮流速度(Mean Tidal Velocity) $\bar{U} = 254.5 / (6.25 \times 3600) = 0.011$ (m/sec)

橫向混合速率(Rate of Transverse Mixing) (Assumption) $U^* = 0.1 \bar{U} = 0.0011$ (m/sec)

代入上述學者的推倒公式，可估算高雄港港池的水平延散係數：

(1). Bowden, 1964

潮流：

$$K_x = 0.625h\bar{U} = 0.625 \times 11 \times 0.011 = 0.0756 (m^2 / s)$$

(for log parabolic velocity profile)

$$K_x = 0.26h\bar{U} = 0.26 \times 11 \times 0.011 = 0.0315 (m^2 / s)$$

(for log velocity profile)

風驅流：

$$\Phi = 10^{-3} (U^2 h^2 / k_x) = 10^{-3} \times (2.3^2 \times 11^2 / 0.0756) = 8.47 (m^2 / s)$$

$$K_x = 5.3\Phi \sim 8.3\Phi = 44.89 \sim 70.30 (m^2 / s)$$

(for wind speed 2.3m/s)

(2). Csanady, 1963

潮流：

$$\text{渠道} \quad K_x = 5.9hU^* = 0.0714 (m^2 / s)$$

風驅流：

$$U^* = (\tau / \rho_w)^{1/2} = (0.0012 \frac{\rho_a}{\rho_w})^{1/2} U = 0.0027 (m / s)$$

$$K_x = 5.9hU^* = 0.1752 (m^2 / s)$$

(3). Shin-Huang Chieh, 1985

$$K_L = 4.53 \times 10^{-4} L^{4/3} = 1.8 (m^2 / s)$$

(4). Fisher, 1979

潮流：

$$\varepsilon_t = 0.6dU^* = 7.26 \times 10^{-3} (m^2 / s)$$

$$T_c = L^2 / \varepsilon_t = 34435261 (sec)$$

$$T' = T / T_c = 45000 / 34435261 = 1.31 \times 10^{-3}$$

$$K = 0.1U^2 T(0.01) = 1.1 \times 10^{-3} (m^2 / s)$$

由上述參數可知，高雄港因潮流引起之水平延散約為 $0.05 \sim 0.1 m^2 / s$ 之數量級，約為台中港擴散係數($0.5 \sim 1.0 m^2 / s$)的十分之一。此原因主要是因高雄港其潮差值小，風驅流較小所致。

第三章 理論分析

3-1 流速剖面

本研究採用三維音波流速儀 ADP(Acoustic Doppler Velocimeter)及 UCM-40 電磁式流速計量測剖面流速。三維音波流速儀其原理乃利用杜卜勒(Doppler)效應量測全剖面之水流速度。UCM-40 電磁式流速計可量得每一測點之水平流速值(V)及其方向角(正北為零度)隨水深之變化。由主航道與正北之角度差(β)，可求得縱向(沿主航道)之水平流速(V_x)及側向(向岸)之水平流速(V_y)，即

$$V_x = V \cos \beta$$

$$V_y = V \sin \beta$$

3-2 浮標追蹤

若浮標 j 在時間 i 的水平座標點位置定義為(X_{ij}, Y_{ij})，從這些座標可以推估浮標的拉格蘭治速度(Lagrangian velocity)以及算出浮標組的形心位置(List et al.,1990)對 N 個浮標組在時間 i 時的形心之 X 座標可定義為

$$\overline{X}_i = \frac{\sum_j X_{ij}}{N}$$

同樣的 Y 座標為

$$\overline{Y}_i = \frac{\sum_j Y_{ij}}{N}$$

則浮標組的平均速度簡單的就是其位置座標的導數。浮標位置的變異(Variance) $\sigma_{x_i}^2$ 及 $\sigma_{y_i}^2$ 定義為

$$\sigma_{x_i}^2 = \frac{\sum_j (X_{ij} - \overline{X}_i)^2}{(N-1)} \quad \text{和} \quad \sigma_{y_i}^2 = \frac{\sum_j (Y_{ij} - \overline{Y}_i)^2}{(N-1)}$$

依據 Okubo(1974)浮標分佈的延散可定義為

$$\sigma_i^2 = \frac{(\sigma_{x_i}^2 + \sigma_{y_i}^2)}{2}$$

則可得相對延散係數 K (Relative dispersion coefficient)

$$K(t_i) = \frac{1}{2} \frac{\partial \sigma_i^2}{\partial t} \approx \frac{1}{2} \frac{\Delta \sigma_i^2}{\Delta t}$$

而空間有關的相對延散係數 (Spatially dependent relative dispersion)為

$$K_x(t_i) = \frac{1}{2} \frac{\partial \sigma_{x_i}^2}{\partial t} \approx \frac{1}{2} \frac{\Delta \sigma_{x_i}^2}{\Delta t}$$

$$K_y(t_i) = \frac{1}{2} \frac{\partial \sigma_{y_i}^2}{\partial t} \approx \frac{1}{2} \frac{\Delta \sigma_{y_i}^2}{\Delta t}$$

上述 $K(t)$ 和 σ^2 之間的關係在浮標數目足夠而每一個浮標組能充分代表整體 (Ensemble)特性的假設下方能成立。

第四章 現場調查內容與資料分析

本研究就潮汐和風力影響下港域水理特性和擴散情形，進行現場調查並量測港內水域垂直斷面流速分佈、水平延散係數、港池內潮差、水鹽度、溫度及密度等水理參數。現場調查為在港內選擇數個量測點量測資料，這些實測的現場資料將可增加對港內水理特性和擴散機制的瞭解，並可用於驗證或校正數值模式。現場調查有四次，日期分別為：第一次為 86 年 1 月 28 日，第二次為 86 年 5 月 7 日，第三次為 86 年 6 月 6 日，第四次為 86 年 6 月 20~21 日，共出海 4 次。

4-1 現場調查內容

4.1.1 流速剖面量測

港池內流速剖面量測係以船上作業，以衛星定位儀(GPS)定出測佔位置，定點下錨或將工作船繫在航道浮筒上，以三維音波流速儀ADP(Acoustic Doppler Velocimeter)或UCM-40電磁式流速計量測剖面流速。

86年1月28日是以三維音波流速儀ADP量測流速剖面，於港池內選擇11個點(量測點如圖1)，亦即21個採樣點，每點應包括沿航道及垂直航道兩個剖面。量測的方式為從第1測站開始(第一港口處)，依次至測站11；再反序量測至第1測站。早上量測時為漲潮時段，下午則為退潮時段。第2測站及第10測站位在船隻出海口處，以求取最大的流速變化在漲退潮週期內分別量測一次，每公尺一點，每點至少兩分鐘。

86年5月7日使用UCM-40電磁式流速計量測剖面流速而6月6日則以UCM-40電磁式流速計主測而佐以三維音波流速儀ADP作為印證比較之用，於港池內選擇6個點(如圖2)，在漲退潮週期內分別量測一次，亦即10~11個採樣點，由水面往下每間隔1~2公尺水深處定點量測流速2分鐘。

86年6月20~21日爲配合一、二港口25小時潮流觀測,儀器放收空檔則使用 UCM-40電磁式流速計進行部份港內重點位置之速度剖面觀測及外海潮向觀測,每個斷面依深度分別量測3~5點不等每點兩分鐘。

4.1.2 水溫度、鹽度之量測

水鹽度及溫度量測採用一溫度及鹽度剖面計(Temperature and Density Profiler),此一量測計附屬於UCM-40流速計,可用以量測垂直方向水鹽度及溫度。選擇港池內數點量測流速、溫度及鹽度剖面再據以推估相關之流況參數,尤其在港口海水和港池水交換處量測流速、鹽度隨潮汐變化之情形。這些現場實測資料將可增加對港域內水理特性和擴散機制的瞭解。

4.1.3 浮標追蹤之量測

本研究之浮標製作含三部份,最上部爲細鋼管及三角形布旗以利追蹤觀測,中間爲直徑30cm之浮球,下部爲二片垂直相交之鐵片以穩定浮標。經測試結果,浮標在水面漂浮相當穩定。浮標自流速剖面量測之作業船上施放,於早上漲潮時施放三個;同時在岸邊選擇一長73.9公尺之基線,兩端各利用一部電子經緯儀(Zeiss, Model Elta-6)以前方交會法進行追蹤浮標。並依據浮標之漂流軌跡分別推算出風驅流速度及水平延散係數(List,1990)。爲減少來往船舶所產生的尾跡波干擾,施放位置儘量選擇在港池較裡側。

4.2 資料分析

4.2.1 流速剖面

86年1月28日上午流速量測爲漲潮時刻(見表1),各測站之位置如圖1所示。第一港口(測站2)及第二港口(測站10)之流速均向東(即向港內),一港口之表面流速約10cm/sec,二港口約12cm/sec,故漲潮時海水分別由一、二港口湧入,而在49號

碼頭(測站5)、55號碼頭(測站6)及前鎮河口(測站7)其潮流速度較小，可視為二股向港內潮流互相牽制之結果。整個港內之深度平均流速分佈如圖3~5所示。由於本次是ADP儀器第一次用於港池內之流速量測，故在儀器設定上較無經驗。由音波強度水深值決定與實際狀況不相符，於是參照第二、三次之實際水深值來決定流速範圍。於第三次現場量測時，精度加以提高。

86年5月7日(農曆初一)的流速量測站有6個，如圖2所示。各測站之流速剖面如圖11~22所示。圖中沿渠道方向之速度以向港外為正，垂直渠道之方向則以向岸(即右轉90°)上午之量測時是退潮階段，一港口之潮流速度約為30cm/sec(一港口狹水道邊浮球段)，在一港口狹水道中央之底部最大速度達60cm/sec。而港內之潮流速度較小，約在10cm/sec以內。下午漲潮時，第一港口之流速約20~25cm/sec。故知一港口之流速較二港口為大，此乃一港口狹水道較二港口窄及淺之地形所致。

86年6月6日之量測站與5月7日相同(即圖2)量測方式除以UCM-40主測外並每站輔以ADP流速計量測比較。本次量測正逢大潮(農曆初二)，且高雄地區在6月4、5日適逢暴雨，故河川水位高漲，港內水位因而提高。上午量測時為退潮，一港口之表面潮流速度約54cm/sec，水平平均潮流約30cm/sec(圖25)。港池內50號及61號浮筒附近之潮流速度方向仍不明確，二港口之潮流速度則約為20~25cm/sec(向外)。下午漲潮時，因受河川水位上升之效應，表面水流仍向港外流，而在水面下則明顯有海水入流(即鹽楔)之情形(見圖31、32)。在二港口狹水道，水面二公尺以內水流向外，以下則海水向港內流(圖29)，此亦可由鹽度剖面得到證明。港內之流速約10cm/sec。而在一港口量測得水面之流速為30cm/sec(向港外)，約在水下3公尺以後海水才向港內流入。我們另以UCM-40快速量測一港口正中央之速度剖面(取10秒定點平均量測)，見圖33所示。可知在水面一公尺以下，海水流入港內最大流速可達60cm/sec。故可知高雄港潮差小，河川水位高低對於港內流速之方向及大小影響顯著。

本次量測並以ADP流速計利用其快速量測速度剖面的特性分別量測一、二港口狹水航道中間及南岸邊以供比較，但由於航道中間船隻進出頻繁無法錨碇，流速

又大量測之結果應配合測量船之漂移速度加以校正，經實測結果為一港口 0.67m/s 方向為流向港外，二港口為 $0.3\sim 0.4\text{m/s}$ 方向亦為流向港外。見圖6之D、H及M為航道中央未經船之漂移校正者，若依上述修正則C、D及G、H和L、M方向一致但航道中央及接近岸邊量測的速度相差可至2~3倍，由D中間隔3分鐘的兩個圖可發現船由邊緣漂入束縮斷面時速度急劇增大的有趣現象。

86年6月20~21日配合一、二港口25Hrs潮流觀測之餘除進行外海流速及流向觀測外且對港內進行補強觀測以供更深入探討之用，量測儀器仍採用UCM-40結果見圖34~53，外海觀測船隻係未錨碇狀況下進行因此量測結果需進行船舶漂移校正，經以GPS量得漂移速度約 1m/sec NW方向此時為退潮，再度印證沿岸流漲潮SE、退潮NW走向的看法。

4.2.2 浮標追蹤觀測

86年1月28日浮標觀測之軌跡如圖54~57所示。施放的三個浮標其顏色分別為紅、藍、黃三色。觀測的時間為90分鐘，每隔5分鐘紀錄一次，共19個觀測值。第16及17兩觀測值有不合理的現象，其原因可能是浮標被船隻撞到或船隻經過附近水域所引起較大的波浪而導致此現象。紅色浮標之平均速度為 0.091m/sec ；藍色浮標之平均速度為 0.1141m/sec ；黃色浮標之平均速度為 0.1389m/sec 。依Okubo(1974)方法求得之延散係數K值的範圍在 $0.17\sim 16.6\text{m}^2/\text{sec}$ 之間。此值遠較第二章理論估算值為大，主要是港池內浮標受船尾跡流及船波(bow wave)之效應很大，以非原先潮流之效應。故於第二、三次現場取樣放棄浮標觀測之項目。

4.2.3 潮汐資料

依高雄港潮位觀測站所獲得之潮汐資料得知：高雄港之潮汐型態為“一日二回潮”，採樣當天(86/1/28)之潮差分別為35公分及42公分。各時段之潮汐資料如表1所示。

4.2.4 溫度剖面

5月7日港池之平均水溫約為 27.3°C (見圖11~22)。因受日照之影響表面水溫較高，上午的水面與四公尺以下之海水溫度差約 0.2°C 。下午水面之溫差則以25號浮筒處之 1°C 最大。基本而言，靠近底床之水溫約為 27.2°C ，而水面之溫度以靠近港口處較低，港內較高。

以6月6日之溫度剖面來看(圖23~33)，因前幾天有暴雨發生，所以可以很明顯的發現水面上的溫度較低，港池內水面之平均溫度約 26°C 左右。水溫隨水深遞增，在水面下約八公尺左右，水溫呈一定值，不再增加，其溫度約 28°C 左右。而其溫度剖面隨水深變化以水面下四公尺內之變化最為明顯。此乃因暴雨逕流造成河水溫度下降所致。

6月20~21日之溫度剖面(圖34~53)則與5月7日一樣因受日照之影響表面水溫較高，水溫隨水深遞減，在水面下約八公尺左右，水溫漸呈定值。

4.2.5 鹽度剖面

5月7日之鹽度剖面於水表面處約3280ppm(退潮)~3310ppm(漲潮)(圖11~22)，水道底約3340~3400ppm。而二港口狹水道之鹽度較一港口之鹽度值為高，顯示港池內之水主要是由一港口流出。

以6月6日之鹽度剖面來看(圖23~33)，港池內水面之鹽度約1000ppm(靠第一港口)~2000ppm(靠第二港口)左右。鹽度亦隨水深遞增，在水面下約八公尺左右，鹽度呈一定值，不再增加，其值約3400ppm左右。由鹽度之分布再次證明主要之河渠流量是由一港口流出，而在漲潮時，水面下三公尺內仍可視為淡水，亦即有鹽楔產生(見圖32，一港口狹水道之速度圖)。

6月20~21日之鹽度剖面(圖34~53)港內各點的鹽度還是隨著水深遞增，臨河附近水表面約有2~4m較淡的水這個現象是可以理解的，但是外海檢測的兩點其鹽度從表面的3120ppm隨著水深遞增至3350ppm倒是蠻有趣的，唯一的解釋為沿岸河川所排放的淡水回流至此所以離岸再稍遠一點其鹽度的分布應該較為均勻。

4.2.6 一、二港口25Hrs潮流觀測

為瞭解一、二港口在漲退潮時潮流的進出情形特在高港一港口浮筒邊水深-9m、儀高離底5m及二港口狹水道水深-12m、儀高離底7.5m利用混凝土塊錨碇安裝流速計進行25小時觀測，同時為避免發生意外並雇用竹筏守護。

目前初步分析結果見圖58，一港口的平均流速較二港口大很多漲潮時尤其明顯兩者相差懸殊，潮流在漲潮時由一港口進二港口出而退潮時則由一港口出二港口入；兩者同進同出的情形只有在漲平潮或退平潮的情況下才會發生，但往往這時的流速多不大甚至低於流速計舵板的啓始速度，由圖中可看出其間方向頗不穩定尤其二港口更為明顯。因此我們獲得初步的結論認為高雄港平均潮差僅在70~80cm之間，港內流場由潮汐漲落的水位變化影響相較於潮汐產生的沿岸流影響要小的多；加以一、二港口走向使得潮流大部份經由一港口進出即使二港口相較於一港口來得寬，這是一個很有趣的現象。此外所謂50及61號間的停滯點應該只有在上述漲退平潮兩者同進同出的情形下才會發生且時間也很短暫並不明顯。

第五章 結論與建議

1. 根據文獻資料，以高雄港背景資料分析，顯示由潮汐漲落所導致的水平延散係數(m^2/s)其數量級大都在0.1左右；而由風驅流所導致的延散係數則在10左右。
2. 86年1月28日現場浮標觀測，浮標漂移的軌跡亦受到船隻尾跡流的影響很大，且觀測至90分鐘時，浮標竟被漁民撈走了。故浮標所量測的時間不夠長，而其所計算的延散係數也有震盪的情形。且在第16及17個兩觀測值有不合理的現象，推測其原因可能是浮標被船隻撞到或船隻經過附近水域所引起較大的波浪而導致此現象。依Okubo(1974)方法求得之延散係數K值的範圍在0.17~16.6 m^2/sec 之間。此值遠較第二章理論估算值為大，主要原因是港池內浮標受船尾跡流及船波(bow wave)之效應很大，以非原先潮流之效應，故取消第二、三次現場浮標觀測之項目。
3. 86年1月28日流速量測結果為：
第一港口(測站2)及第二港口(測站10)之流速均向東(即向港內)，一港口之表面流速約10cm/sec，二港口約12cm/sec，故漲潮時海水分別由一、二港口湧入，而在49號碼頭(測站5)、55號浮筒(測站6)及前鎮河口(測站7)其潮流速度較小，可視為二股向港內潮流互相牽制之結果。
4. 86年5月7日量測結果為：
 - (1) 上午之量測時是退潮階段，一港口之潮流速度約為30cm/sec(一港口狹水道邊浮球段)，在一港口狹水道中央之底部最大速度達60cm/sec。而港內之潮流速度較小，約在10cm/sec以內。
 - (2) 下午漲潮時，第一港口之流速約20~25cm/sec。故知一港口之流速較二港口為大，此乃一港口狹水道較二港口窄及淺之地形所致。
5. 86年6月6日量測結果為：

- (1) 量測時正逢大潮，且高雄地區在6月4、5日適逢暴雨，故河川水位高漲，港內水位因而提高。上午量測時為退潮，一港口之表面潮流速度約54cm/sec；二港口之潮流速度則約為20~25cm/sec(向外)。
- (2) 下午漲潮時，因受河川水位上升之效應，表面水流仍向港外流，而在水面下則明顯有海水入流(即鹽楔)之情形。在一港口量測得水面之流速為30cm/sec(向港外)，約在水下3公尺以後海水才向港內流入；在二港口狹水道，水面二公尺以內水流向外，以下則海水向港內流，港內之流速約10cm/sec。
- (3) 本次測得在水面一公尺以下，海水流入港內最大流速可達60cm/sec，故可知高雄港潮差小，河川水位高低對於港內流速之方向及大小影響顯著。

6. 溫度、鹽度剖面量測結果：

- (1) 5月7日港池之平均水溫約為27.3℃。上午的水面與四公尺以下之海水溫度差約0.2℃；下午水面之溫差則以25號碼頭處之1℃最大。基本而言，靠近底床之水溫約為27.2℃，而水面之溫度以靠近港口處較低，港內較高。鹽度剖面於水表面處約3280ppm(退潮)~3310ppm(漲潮)，水道底約3340~3400ppm。而二港口狹水道之鹽度較一港口之鹽度值為高，顯示港池內之水主要是由一港口流出。
- (2) 水溫隨水深遞增，在水面下約八公尺左右，水溫呈一定值，不再增加，其溫度約28℃左右。而其溫度剖面隨水深變化以水面下四公尺內之變化最為明顯。此乃因暴雨逕流造成河水溫度下降所致。港池內水面之鹽度約1000ppm(靠第一港口)~2000ppm(靠第二港口)左右。鹽度亦隨水深遞增，在水面下約八公尺左右，鹽度呈一定值，不再增加，其值約3400ppm左右。由鹽度之分布再次證明主要之河渠流量是由一港口流出，而在漲潮時，水面下三公尺內仍可視為淡水，亦即有鹽楔產生(見圖32~33)。

參考文獻

1. G.T. Csandy (1963), "Turbulent Diffusion in Lake Huron".
2. K.F. Bowden (1964), "Horizontal Mixing in the Sea due to a Shearing Current".
3. Fisher, List, Koh, Imberger, Brooks (1979), "Mixing in Inland and Coastal Waters".
4. Shin-Huang Chieh (1985), "Two-dimensional Model of Thermal Discharges".
5. Ioannis K. Tsanis (1989), "Simulation of Wind Induced Water Currents", Journal of Hydraulic Engineering Vol. , No.8 , pp1113~1134
6. "高雄港量測記錄", 高雄港務局測量資料, 民國54年

表1 現場調查時之高雄港潮汐資料

(單位：cm)

	86/01/28	86/05/07	86/06/06	86/06/20	86/06/21
0	88	59	68	78	73
1	76	56	72	80	76
2	64	59	75	88	82
3	48	69	83	100	93
4	39	86	95	116	107
5	33	100	110	129	124
6	34	125	123	135	135
7	36	120	129	135	140
8	36	121	130	130	140
9	55	111	126	116	132
10	63	98	111	98	115
11	68	80	91	83	98
12	65	60	74	67	79
13	67	48	57	56	65
14	52	40	46	49	53
15	46	40	42	49	48
16	46	48	40	57	50
17	51	60	45	68	58
18	46	74	57	75	71
19	60	85	64	85	81
20	71	89	71	87	87
21	80	85	75	86	92
22	88	77	73	80	86
23	88	74	70	76	82

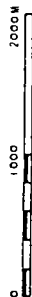
表2 各觀測點之擴散係數值

	σ_{xi}^2	σ_{yi}^2	$K_x(t_i) m^2/sec$	$K_y(t_i) m^2/sec$	σ_i^2	$K(t_i) m^2/sec$
1	0(入海)	0	0	0	0	0
2	4.591345	160.0373	-0.00765	-0.26673	82.3143154	-0.13719
3	96.15024	762.7375	-0.1526	-1.0045	429.443847	-0.57855
4	80.10406	294.5501	0.026744	0.780312	187.327092	0.403528
5	0.234605	171.028	0.133116	0.20587	85.631291	0.169493
6	23.06341	301.5231	-0.03805	-0.21749	162.293271	-0.12777
7	162.8691	3387.655	-0.23301	-5.14355	1775.26205	-2.68828
8	390.9929	4496.585	-0.38021	-1.84822	2443.78912	-1.11421
9	14.42075	112.3327	0.62762	7.307088	63.376735	3.967354
10	458.1642	4613.166	-0.73957	-7.50139	2535.6649	-4.12048
11	78.85807	683.4465	0.632177	6.549532	381.152306	3.590854
12	563.3472	9595.158	-0.80748	-14.8529	5079.25275	-7.83017
13	105.1433	132.2144	0.763673	15.77157	118.678847	8.267623
14	374.4214	402.1288	-0.4488	-0.44986	388.275093	-0.44933
15	1621.985	5762.659	-2.07927	-8.93422	3692.32186	-5.50674
16	3726.68	17089.37	-3.50783	-18.8779	10408.0272	-11.1928
17	183.2089	631.125	5.905785	27.43042	407.166971	16.6681
18	1243.317	3515.605	-1.76685	-4.80747	2379.46132	-3.28716
19	6336.628	15193.27	-8.48885	-19.4628	10764.9474	-13.9758

附

圖

高雄港總圖



高雄港
MAHSIUNG CITY

圖 1 86/01/28

量測點之位置圖

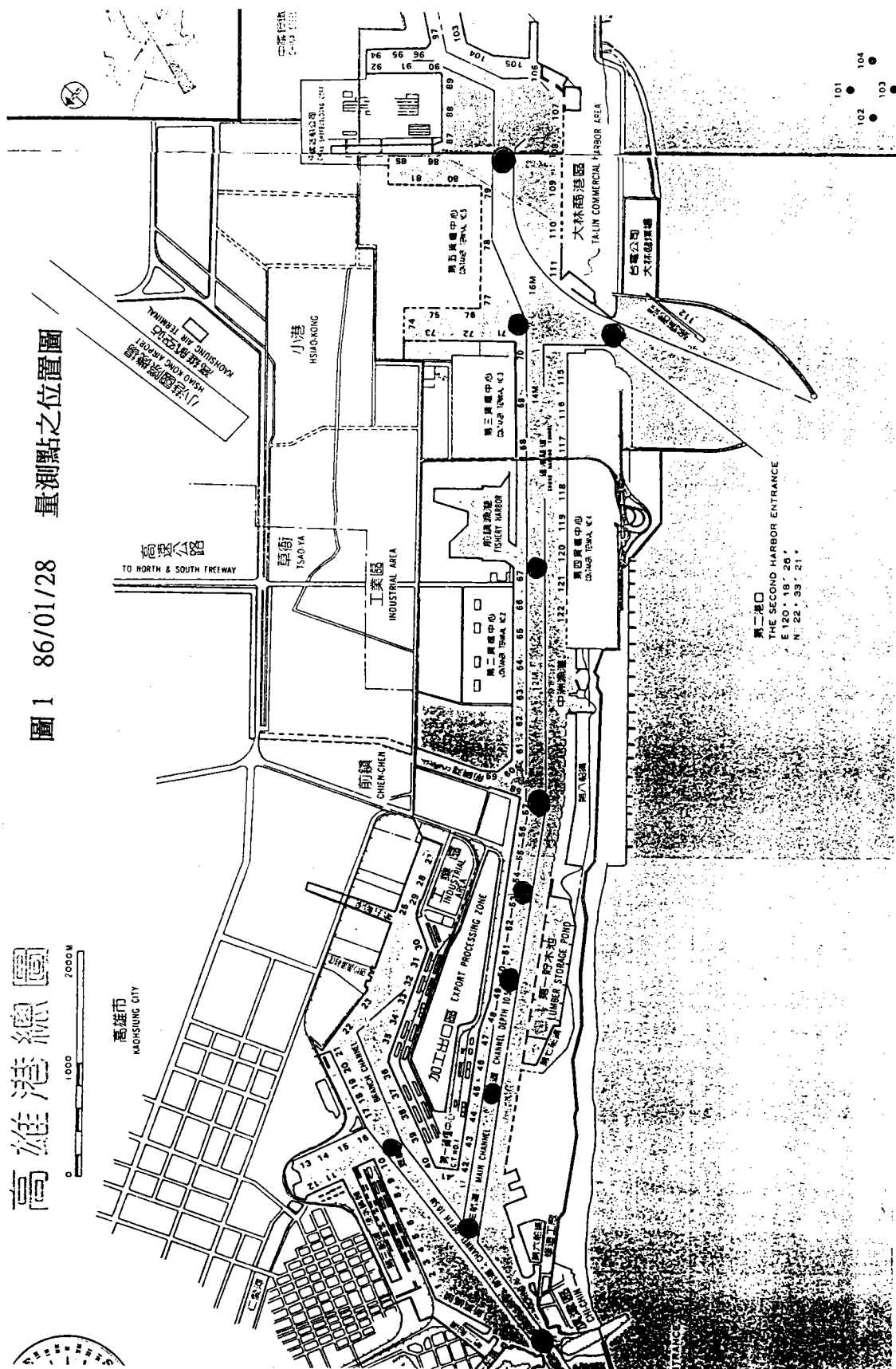
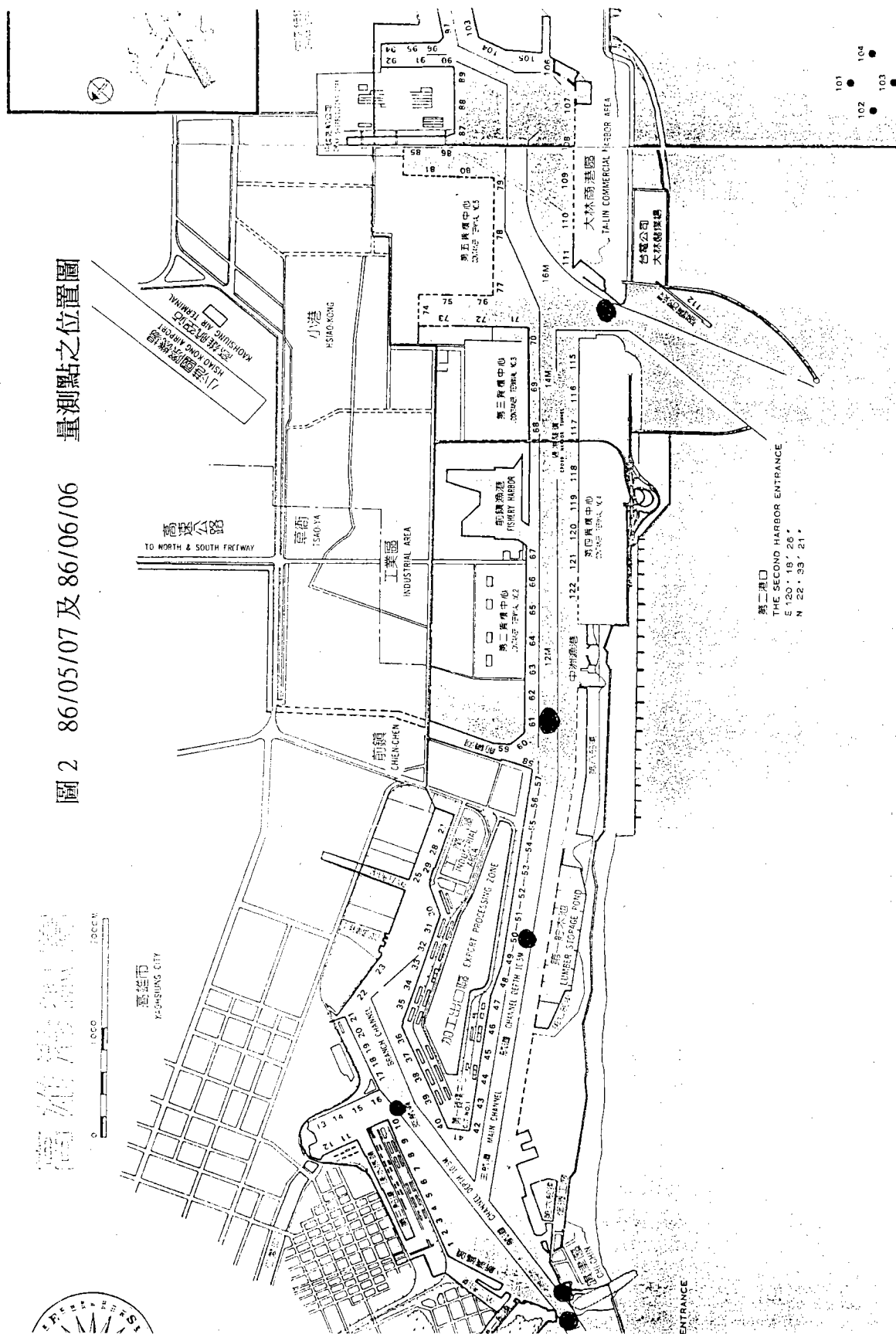


圖 2 86/05/07 及 86/06/06

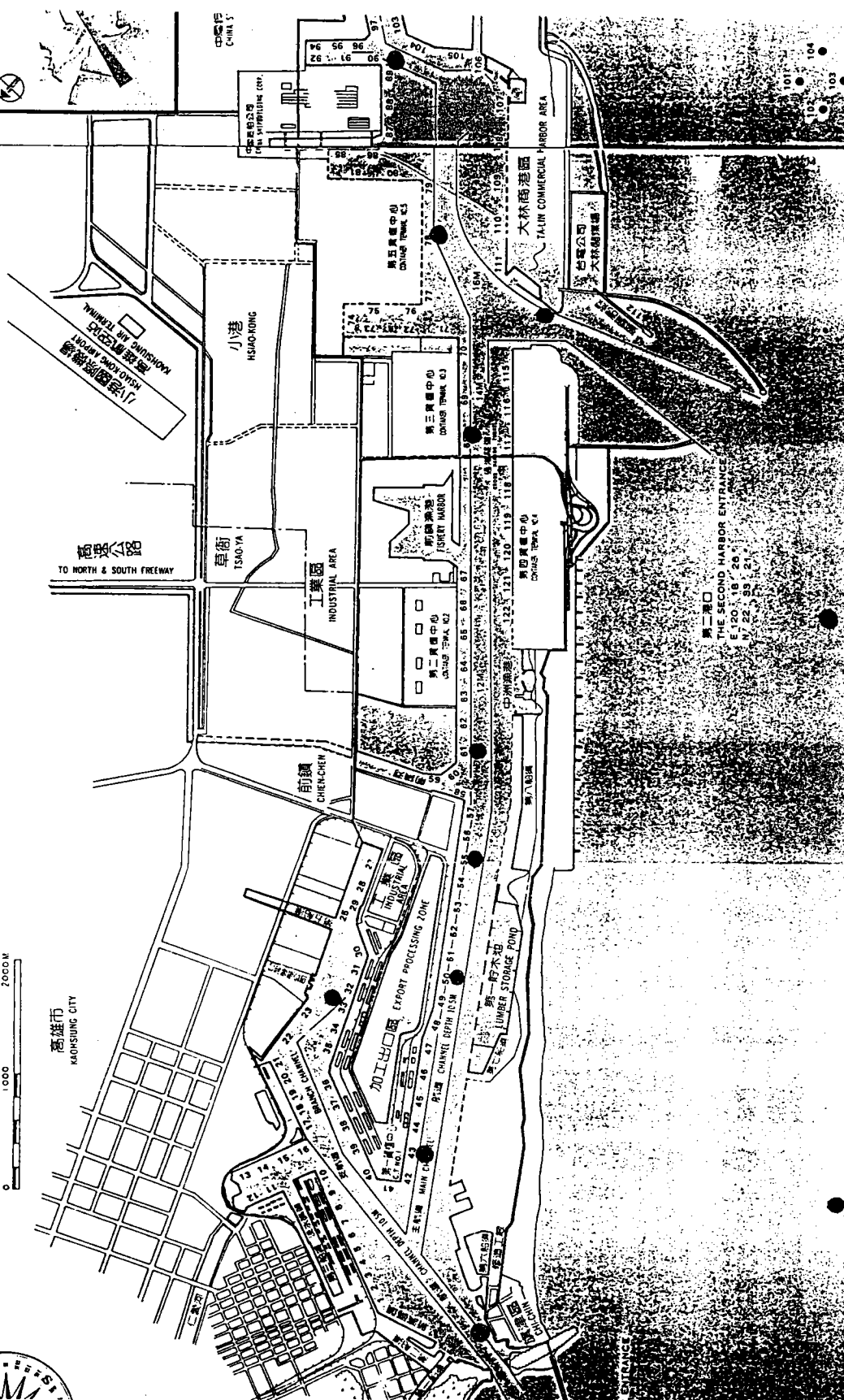


高雄港總圖

0 1000 2000 M

高雄市
KAHSUNG CITY

圖 3 86/06/20 及 86/06/21 量測點之位置圖



ADP (Acoustic Doppler Current Profiler) 1997/01/28

ADP 1997/01/28

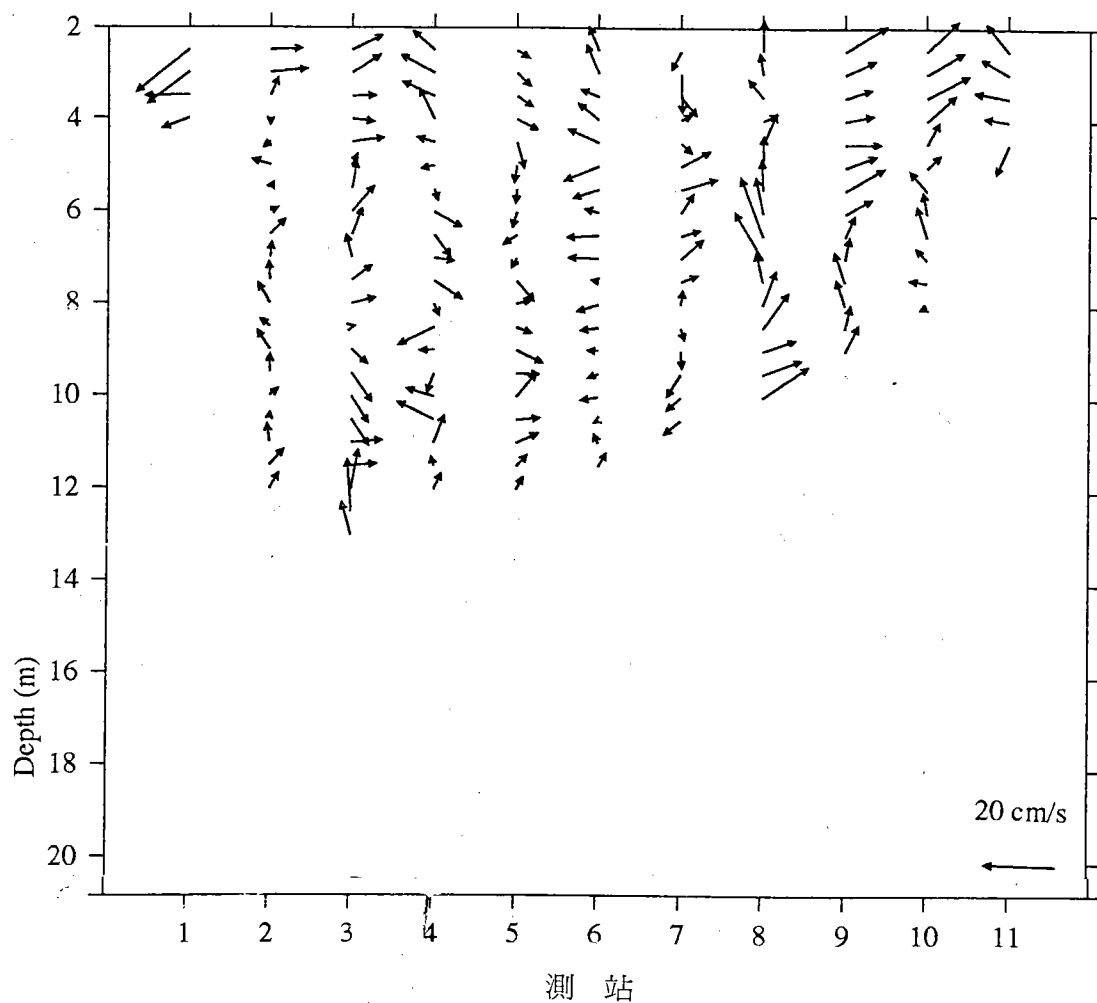


圖 4 86/01/28 ADP 流速剖面(去程)

ADP (Acoustic Doppler Current Profiler) 1997/01/28

ADP 1997/01/28

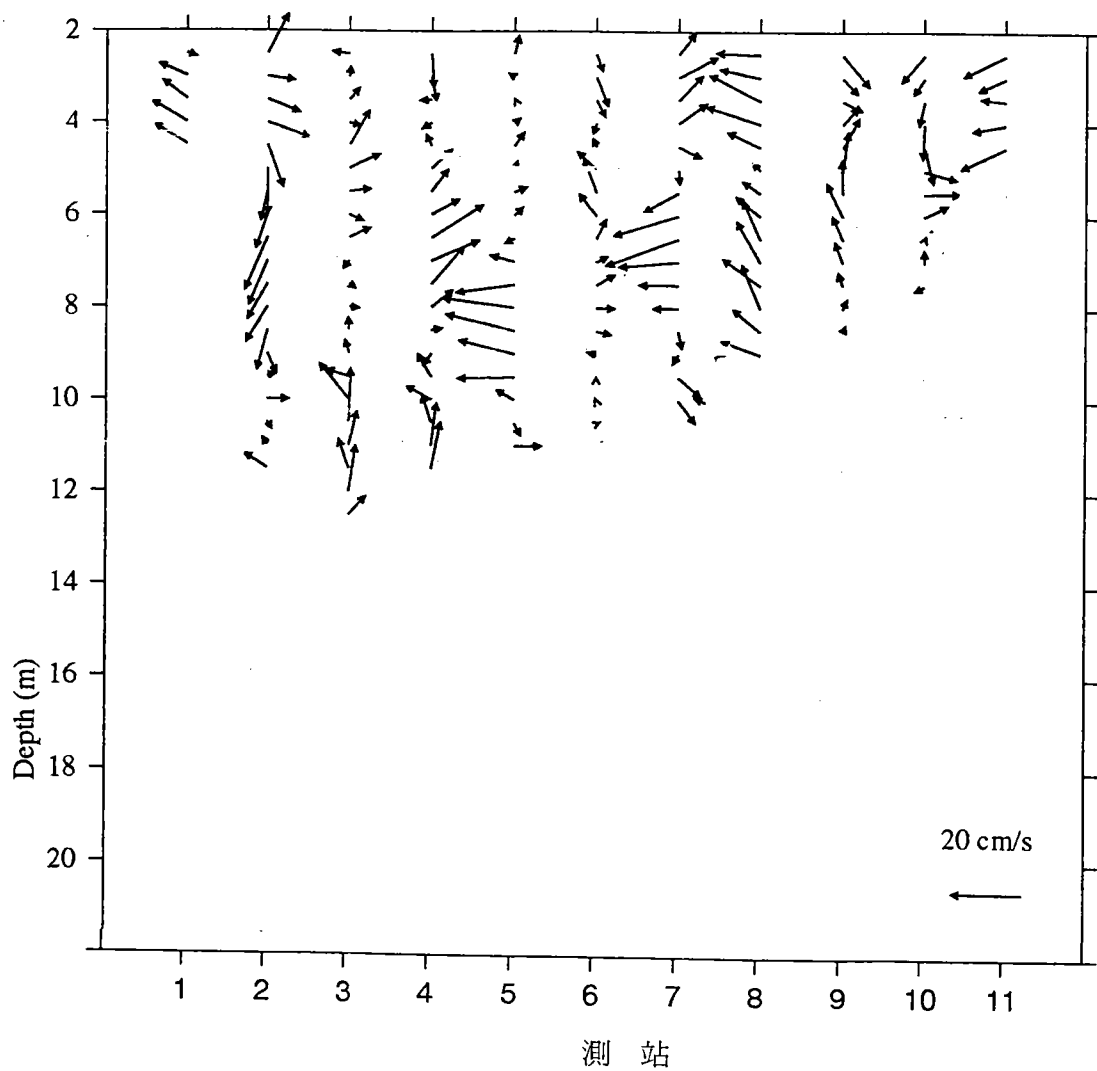


圖 5 86/01/28 ADP 流速剖面(回程)

圖 6 ADP (Acoustic Doppler Current Profiler) 1997/06/06

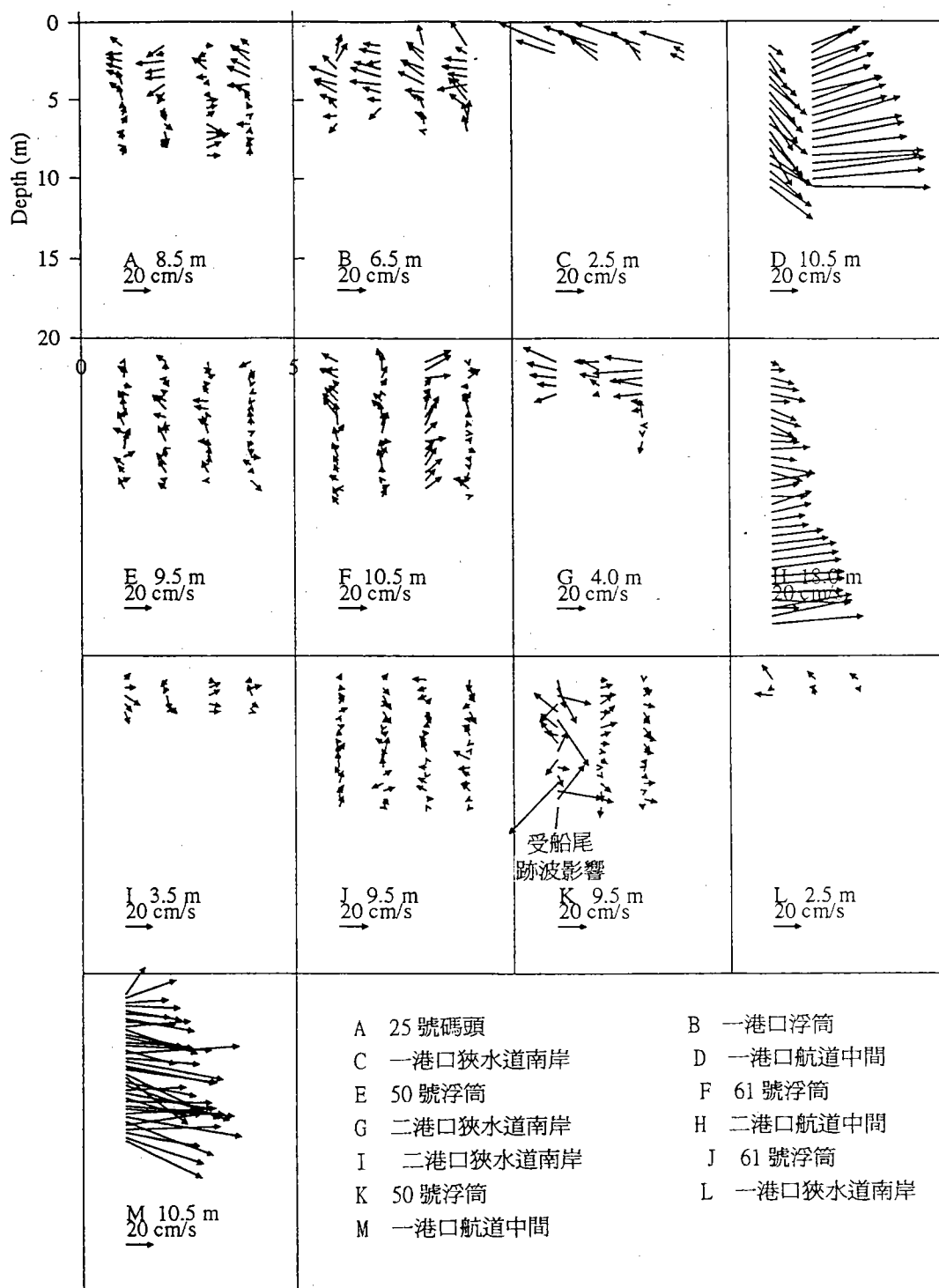


圖 7 ADP (Acoustic Doppler Current Profiler) 1997/06/06

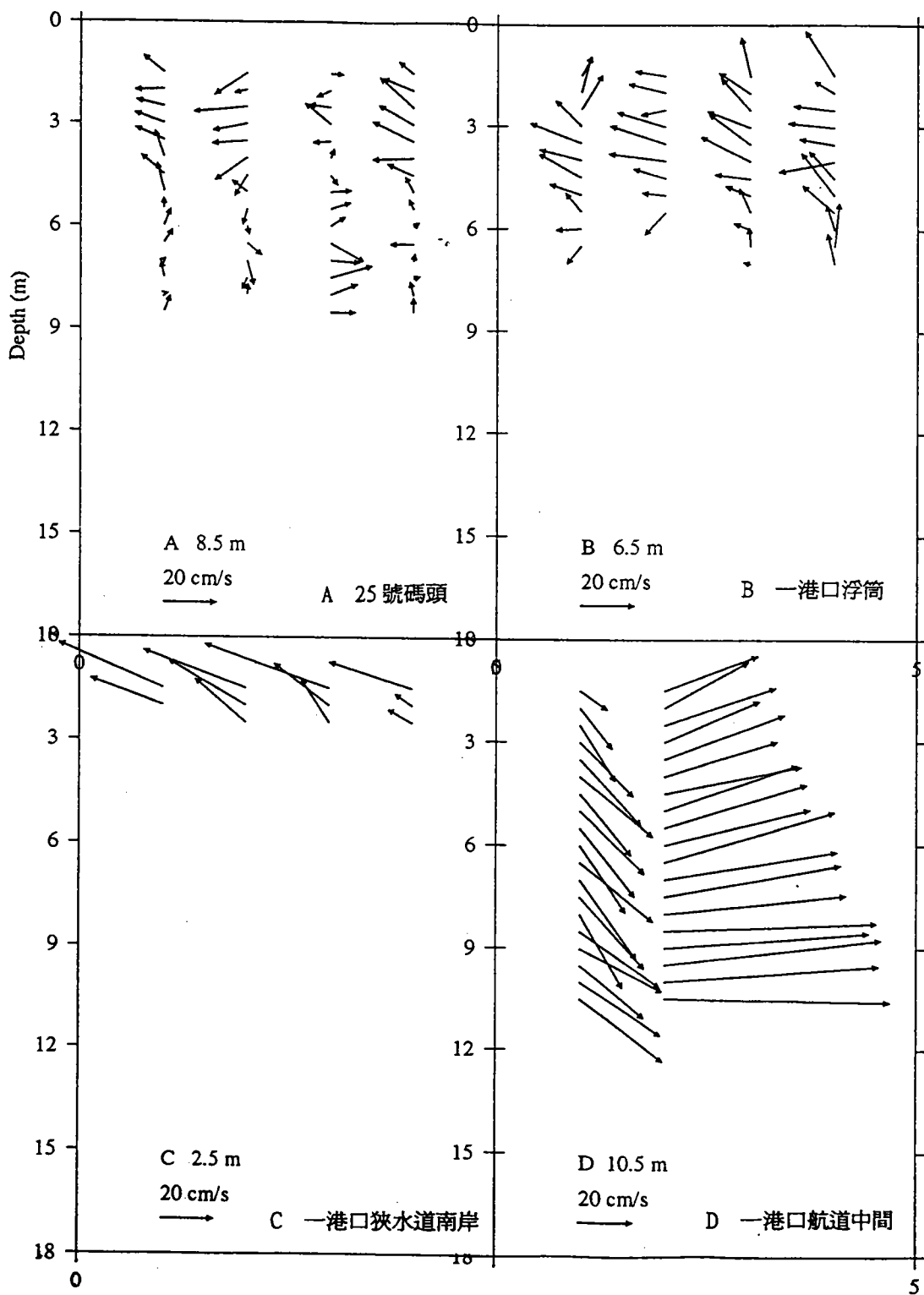


圖 8 ADP (Acoustic Doppler Current Profiler) 1997/06/06

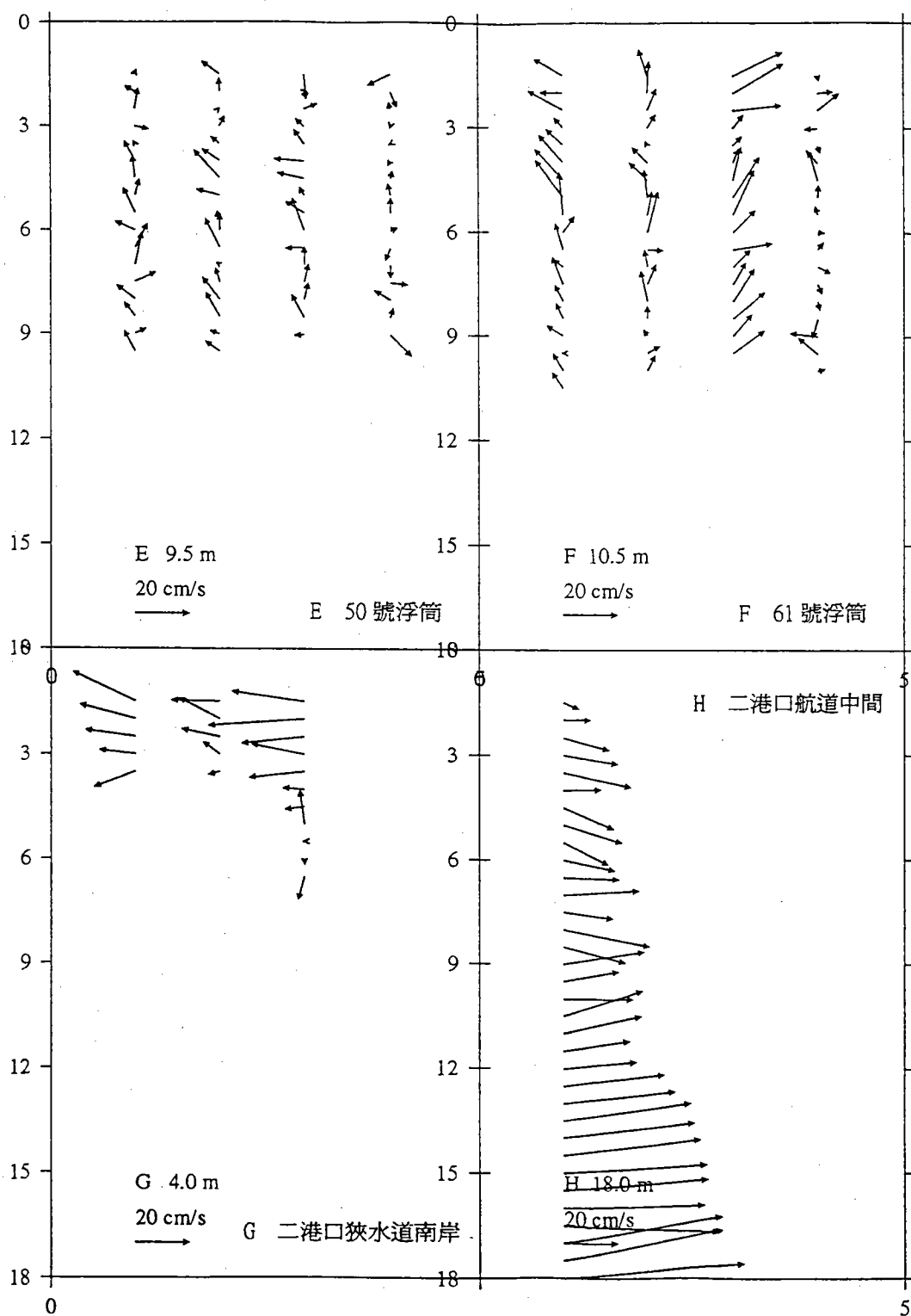


圖 9 ADP (Acoustic Doppler Current Profiler) 1997/06/06

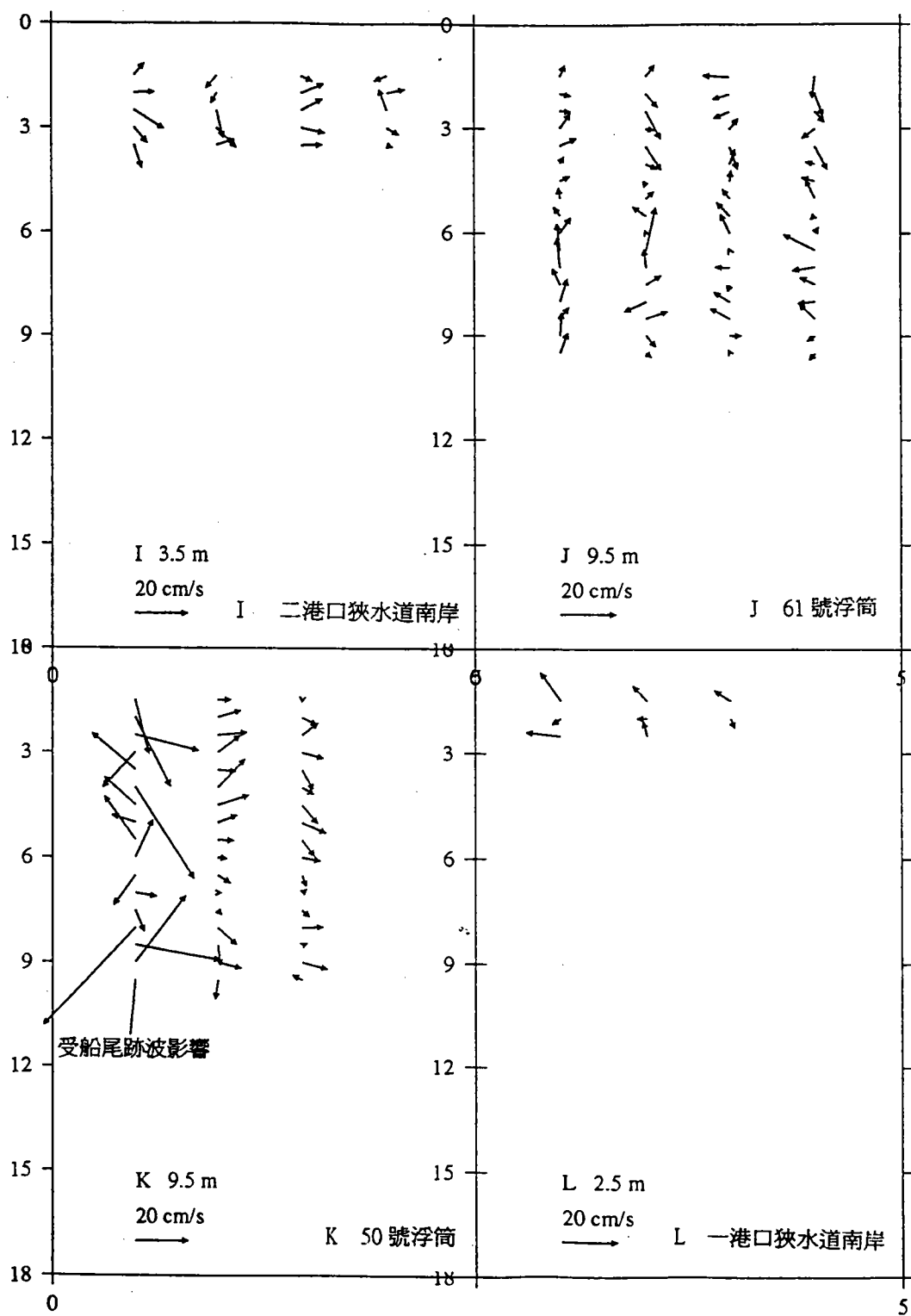
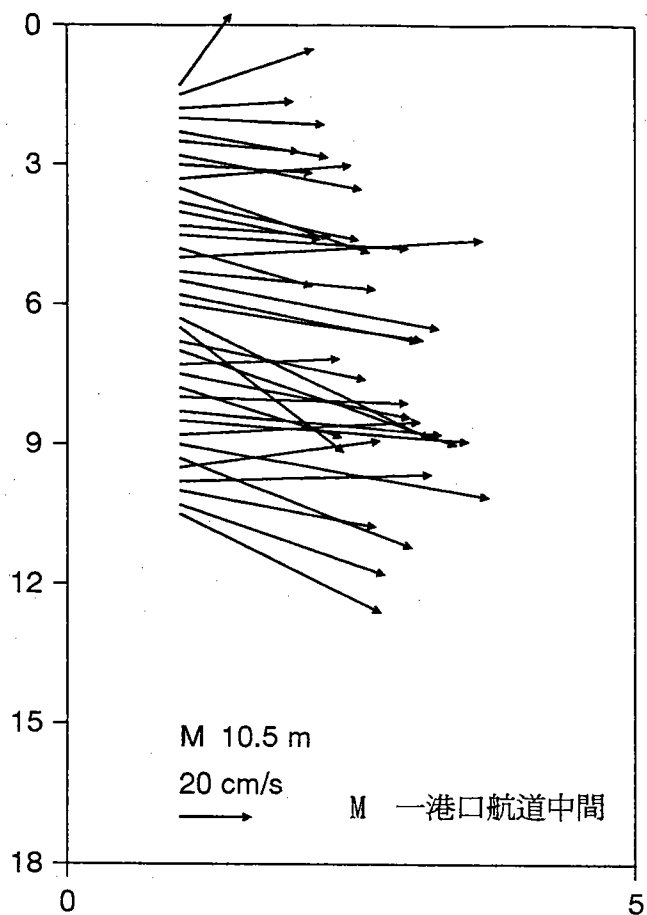


圖 10 ADP (Acoustic Doppler Current Profiler) 1997/06/06



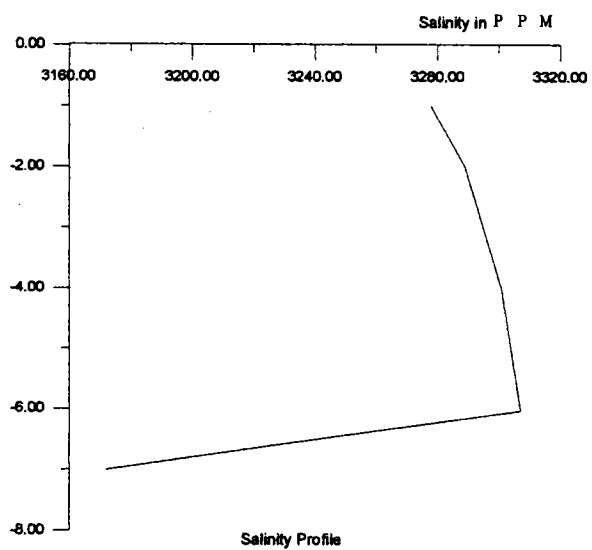
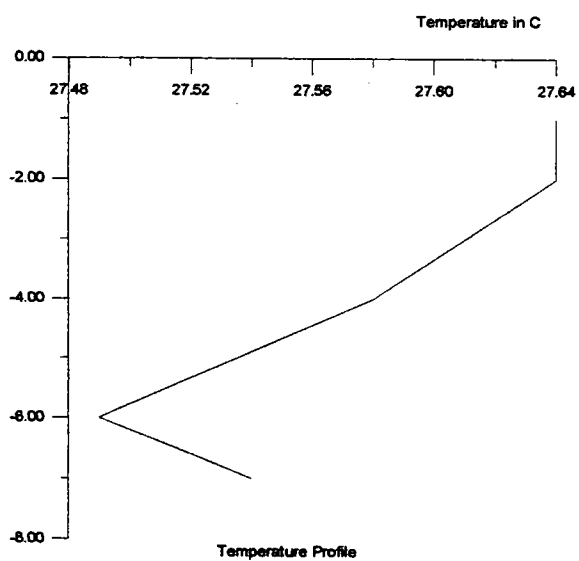
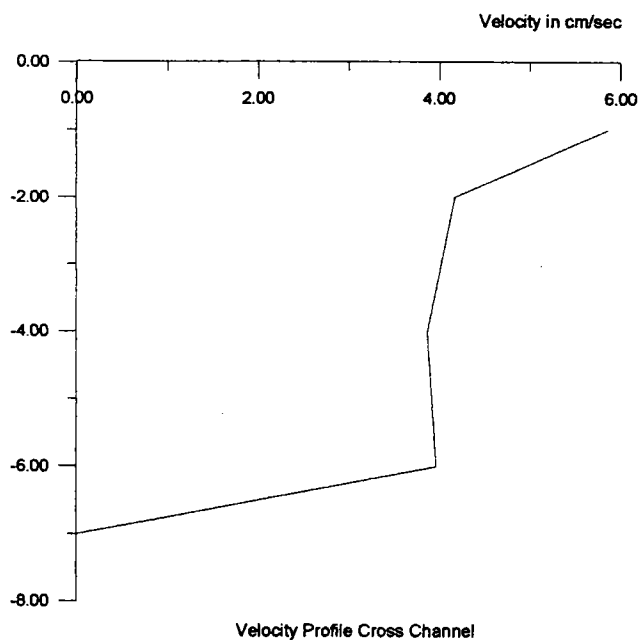
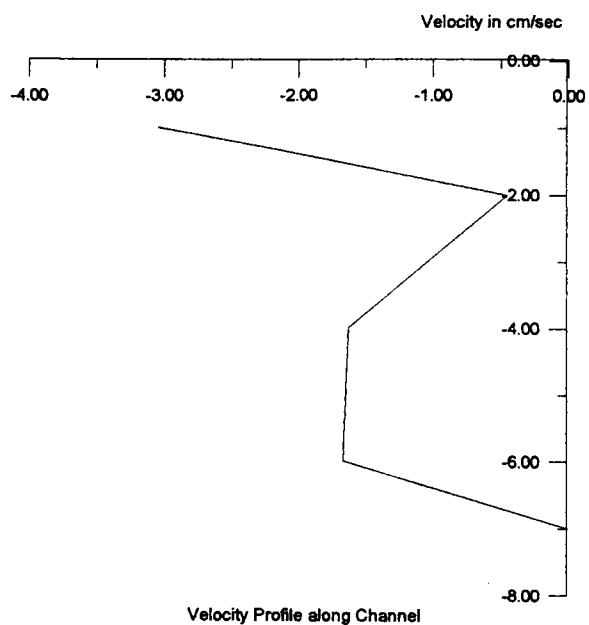


圖11 86/5/7 08:40 十號碼頭附近 D=6.8m

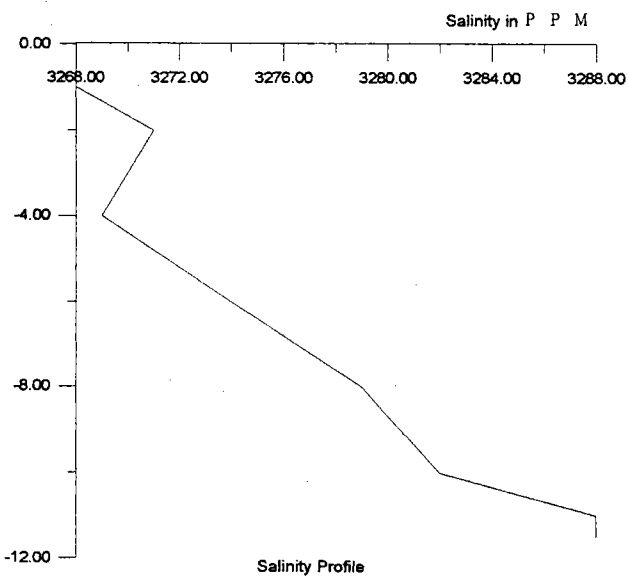
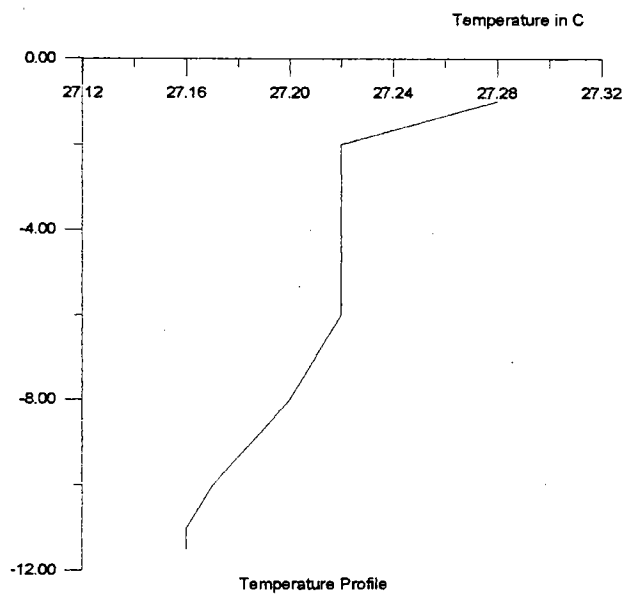
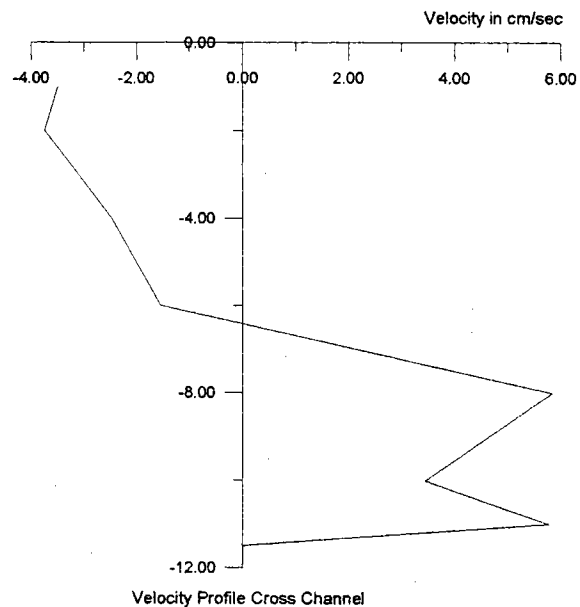
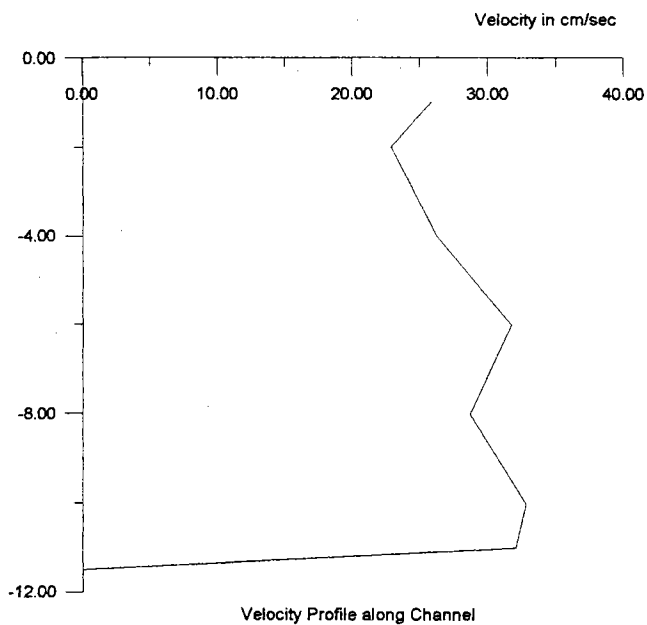


圖12 86/5/7 09:10 一港口狹水道邊浮球 D=11.5m

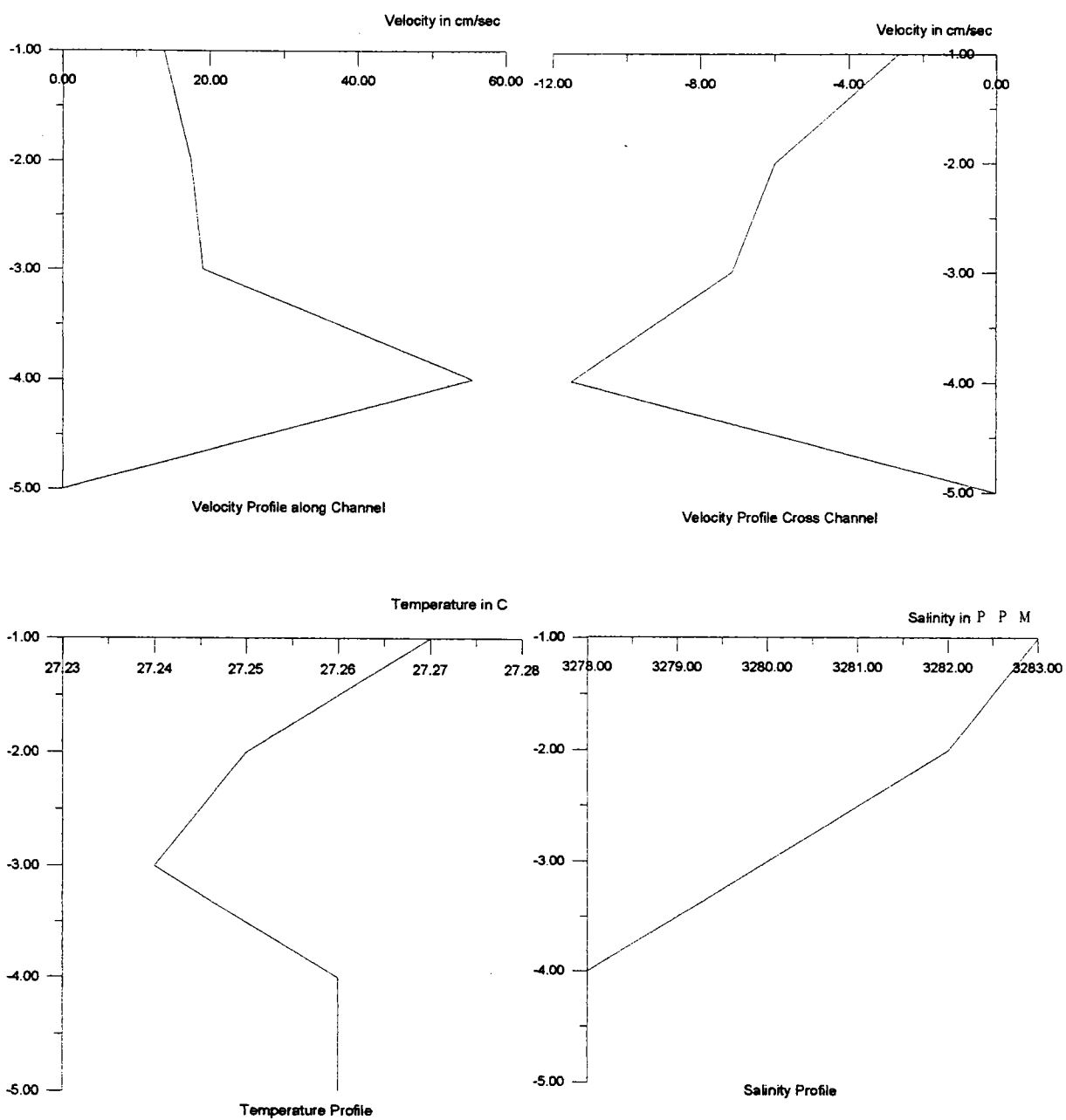


圖13 86/5/7 09:36 一港口狹水道中央 D=5.0m

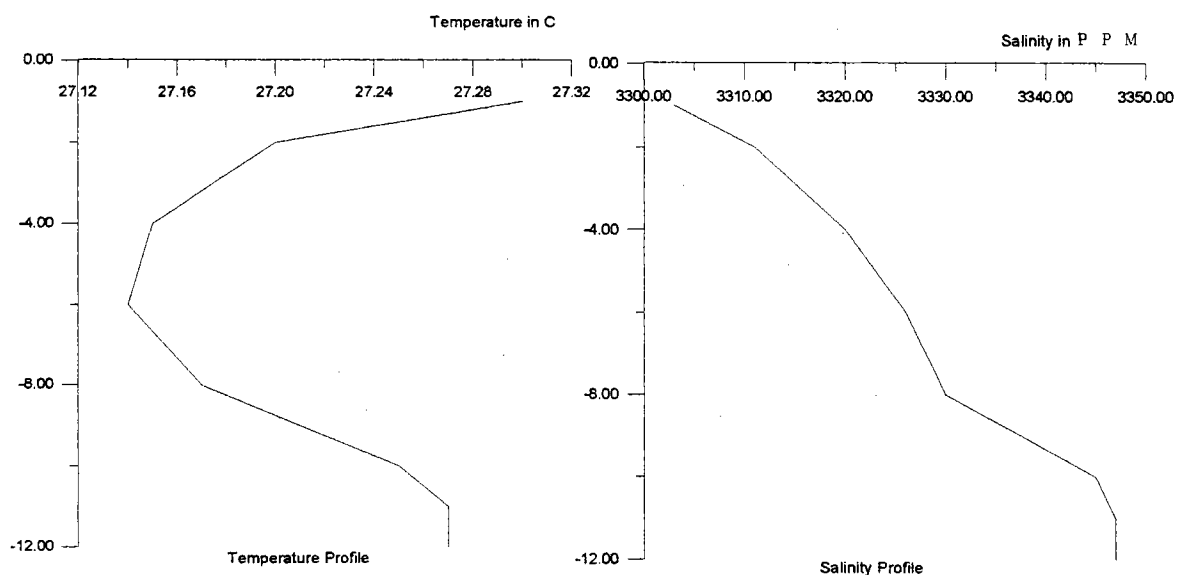
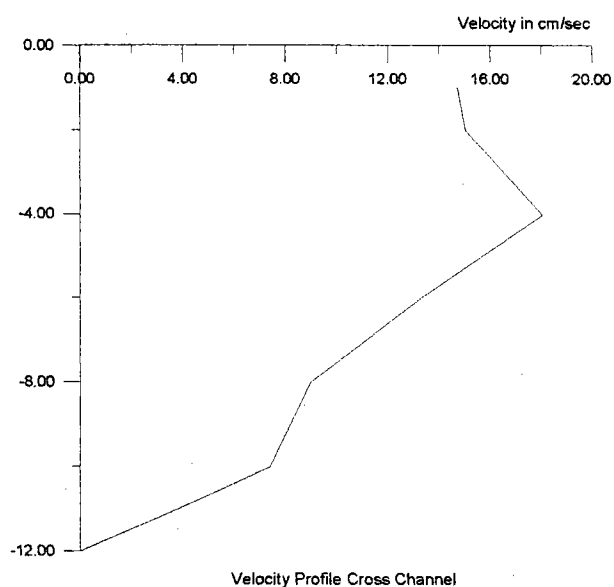
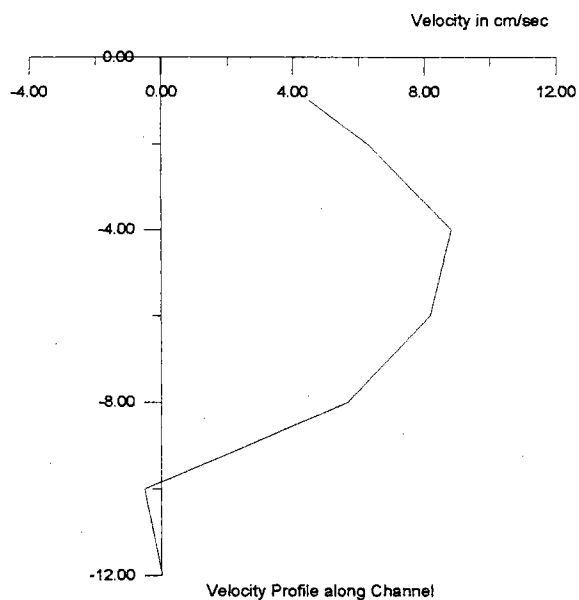
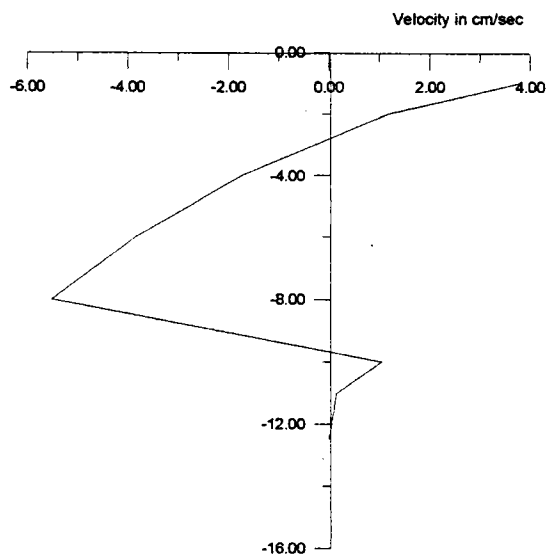
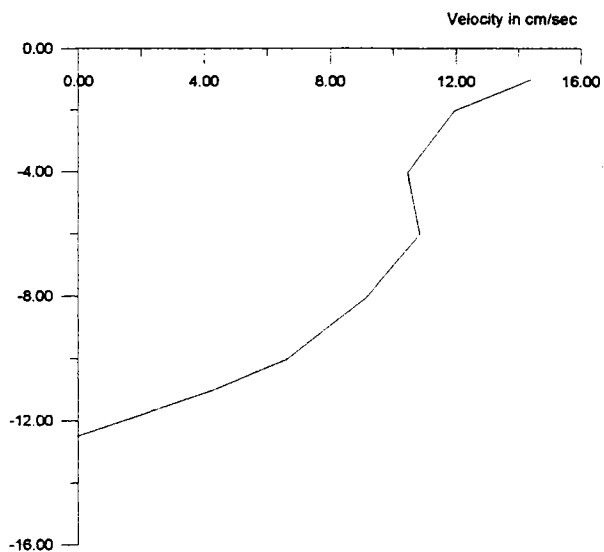


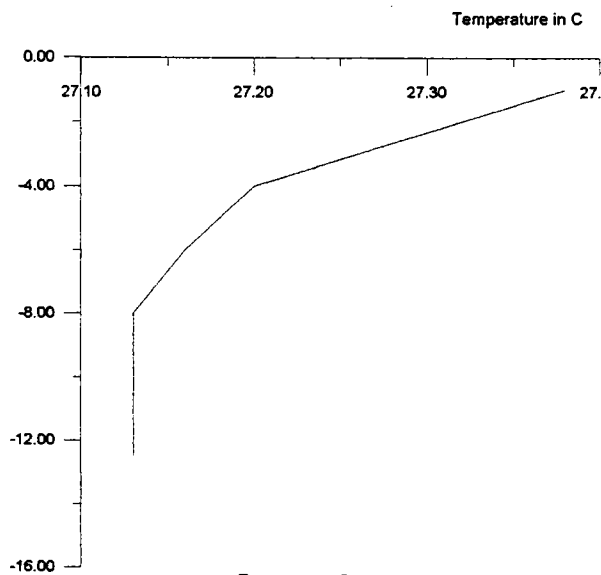
圖14 86/5/7 10:05 50號浮筒 D=12m



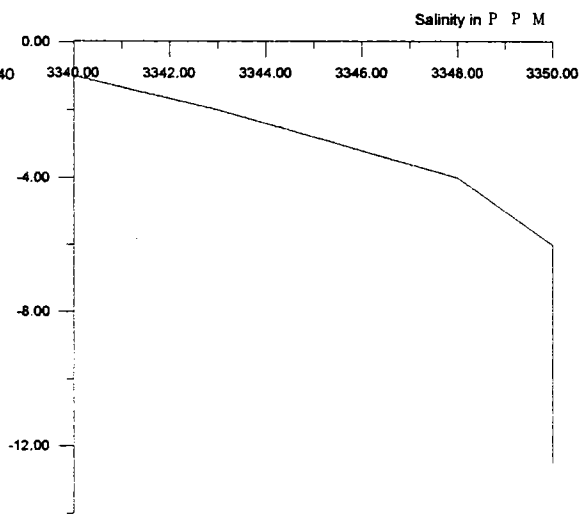
Velocity Profile along Channel



Velocity Profile Cross Channel



Temperature Profile



Salinity Profile

圖15 86/5/7 10:34 61號浮筒 D=12.5m

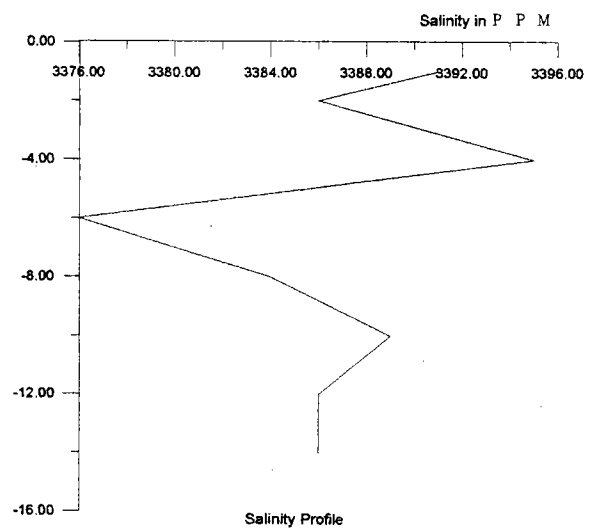
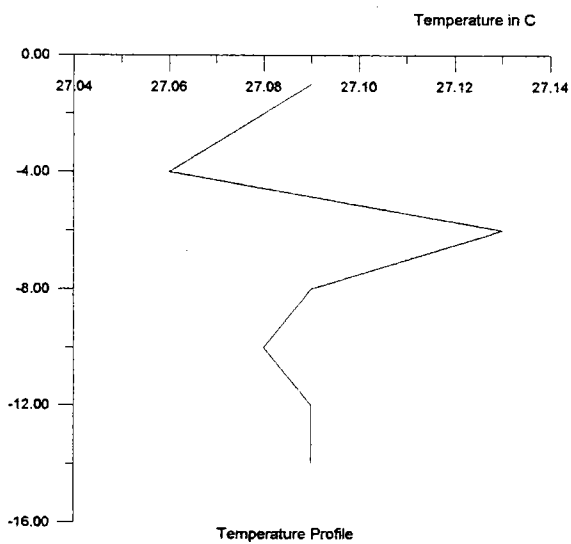
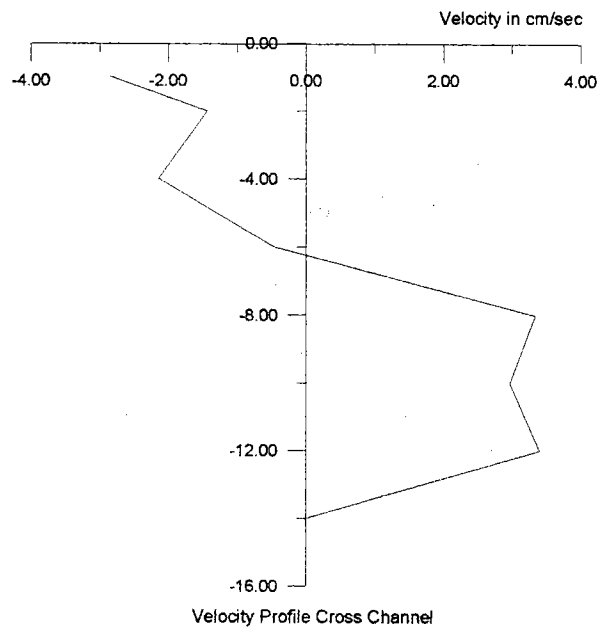
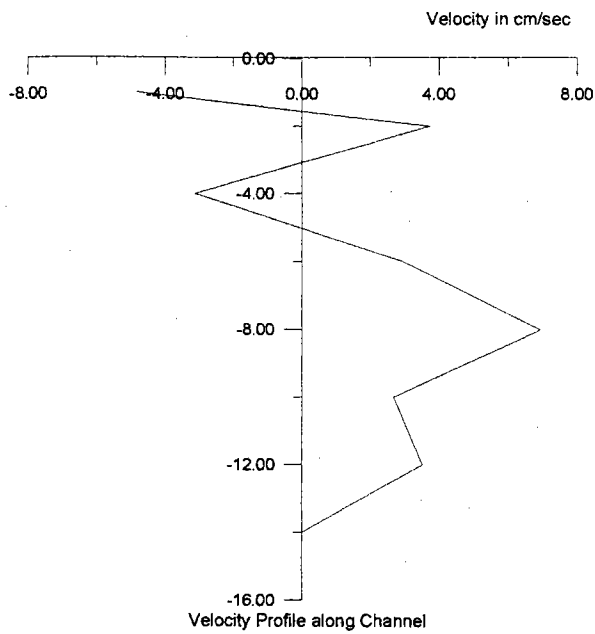


圖16 86/5/7 11:13 二港口狹水道南岸 D=14m

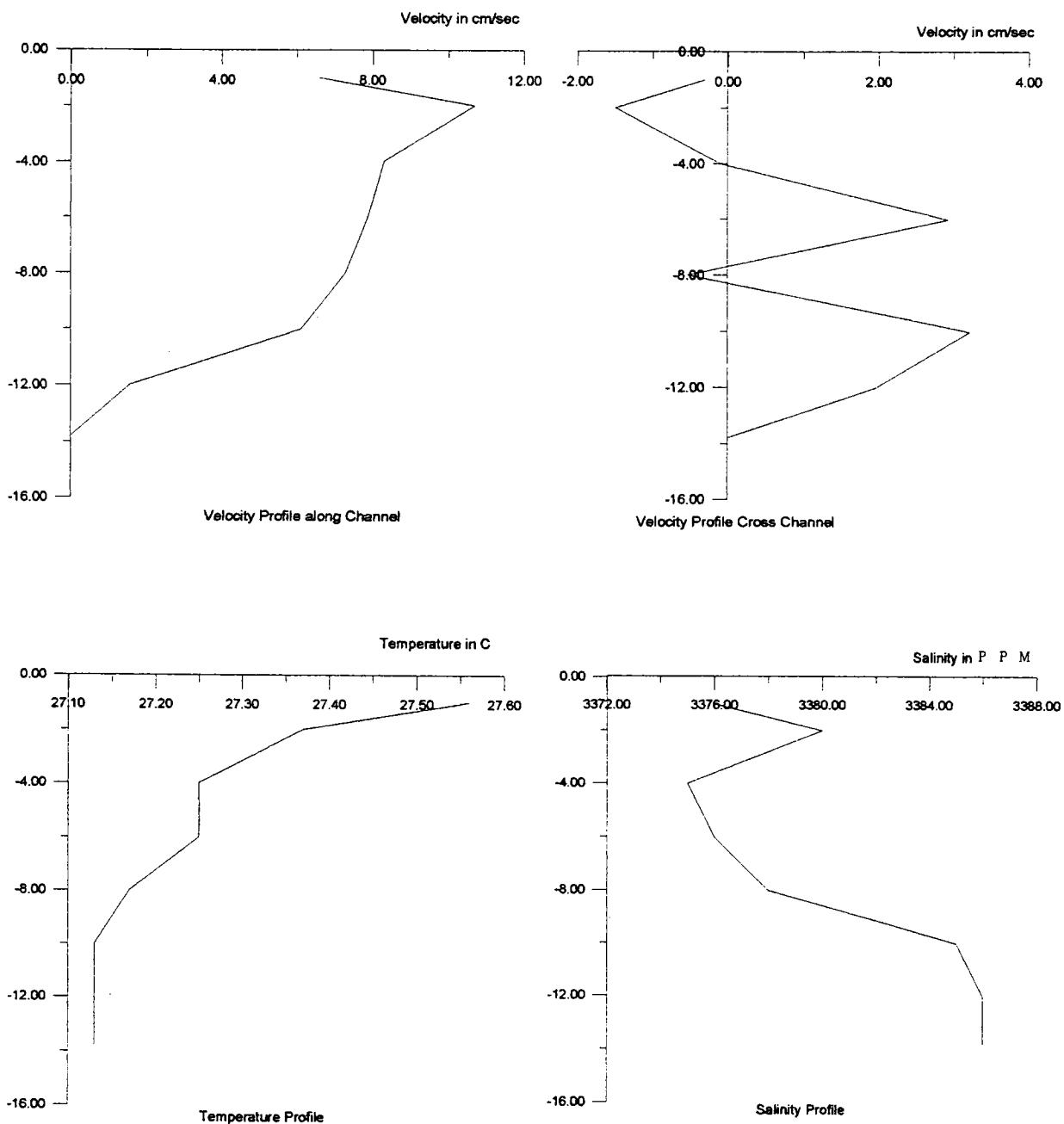


圖17 86/5/7 11:12 二港口狹水道南岸 D=13.8m

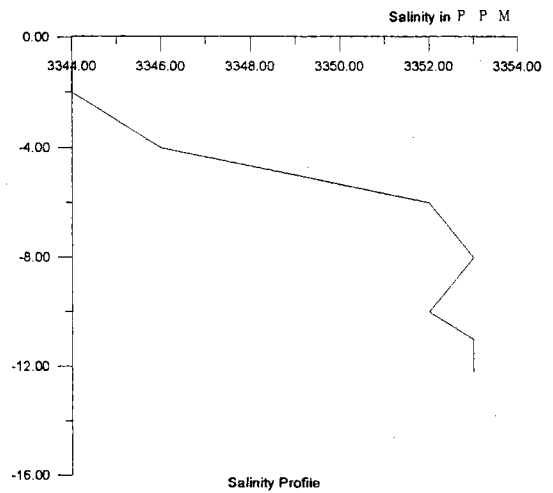
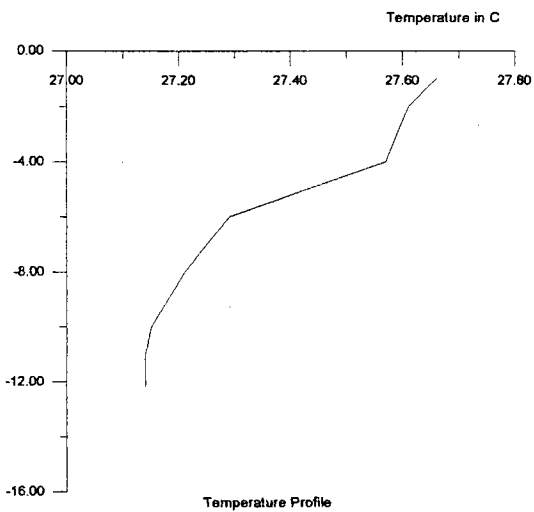
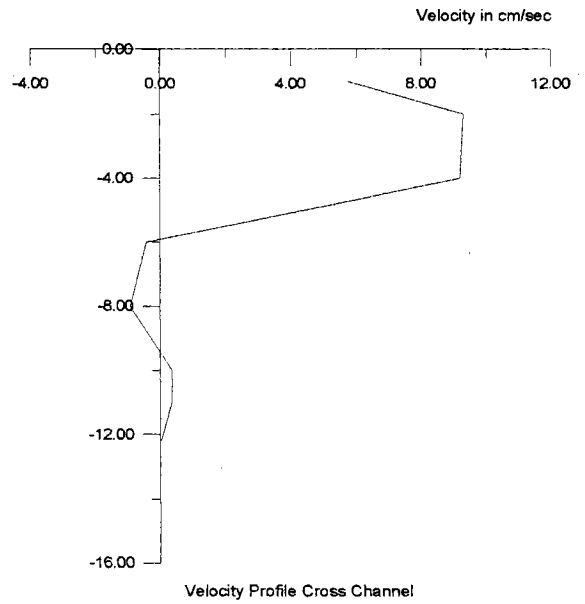
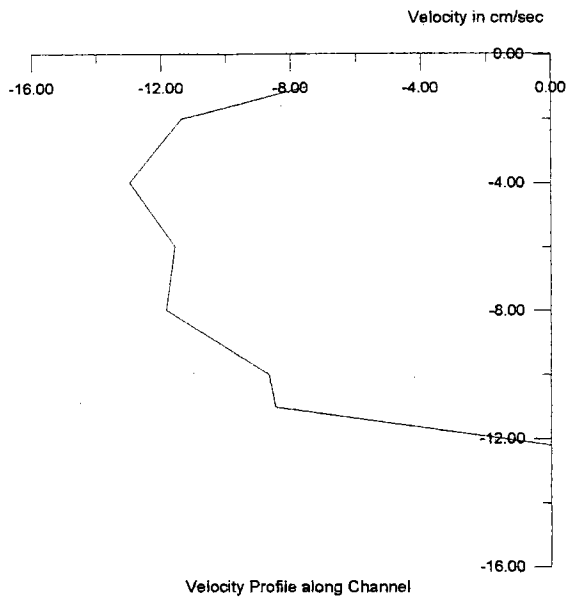


圖18 86/5/7 14:20 61號浮筒 D=12.2m

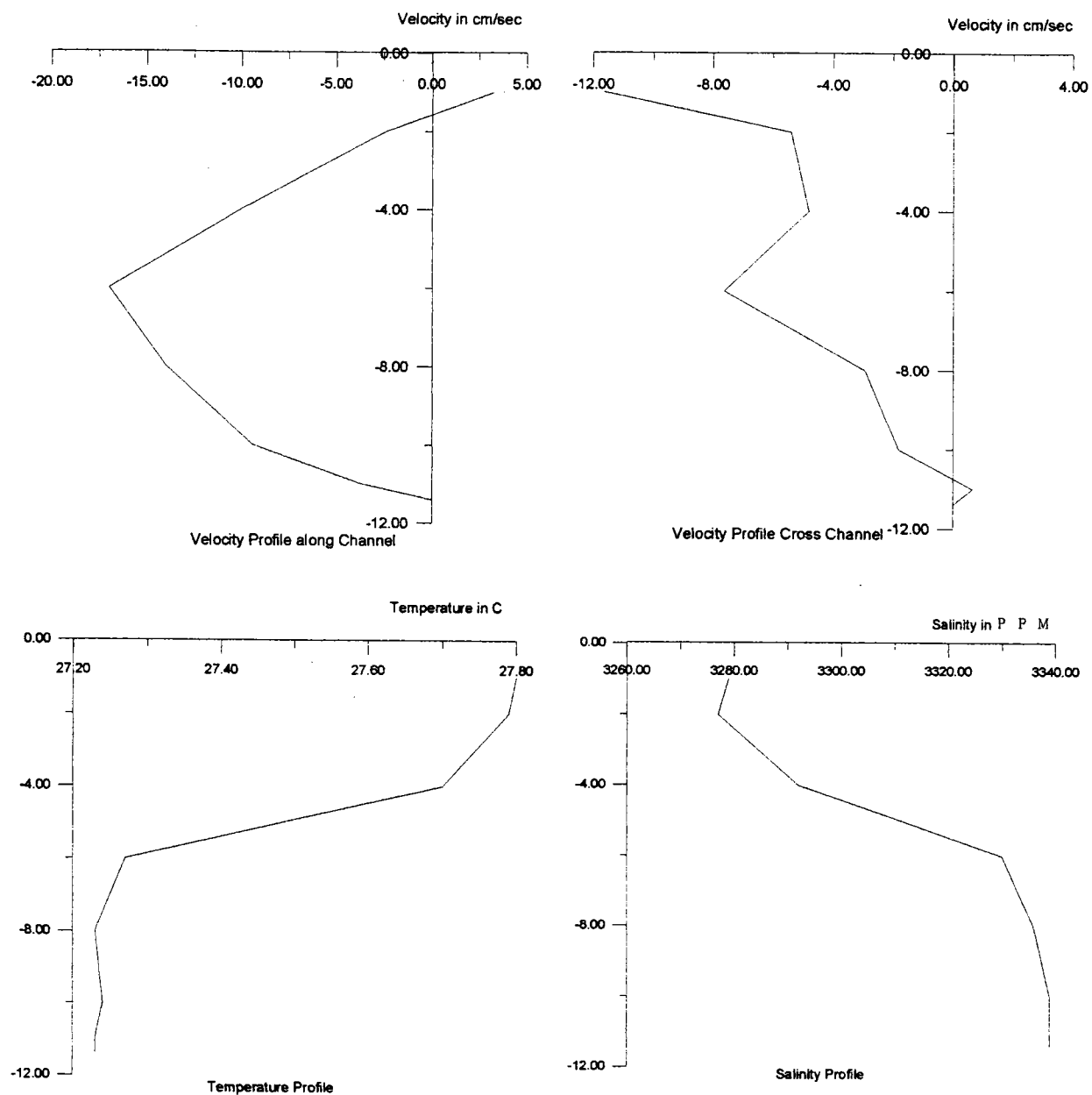


圖19 85/5/7 14:55 50號浮筒邊 D=11.4m

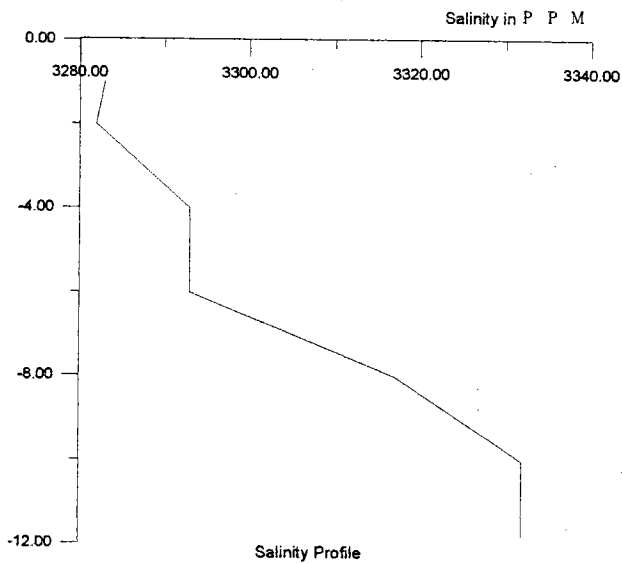
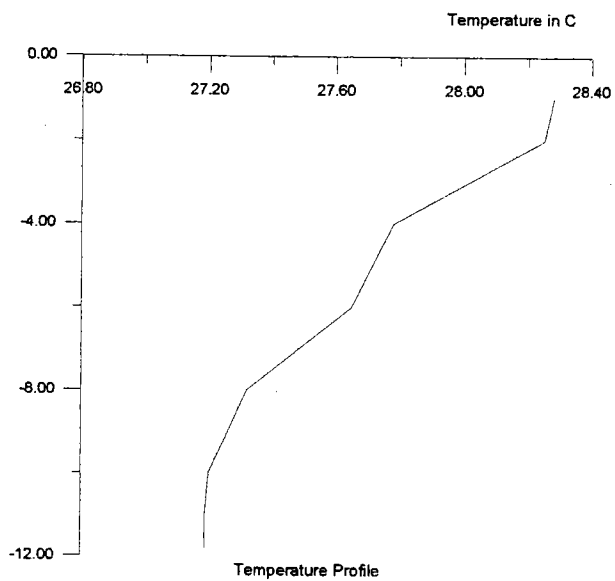
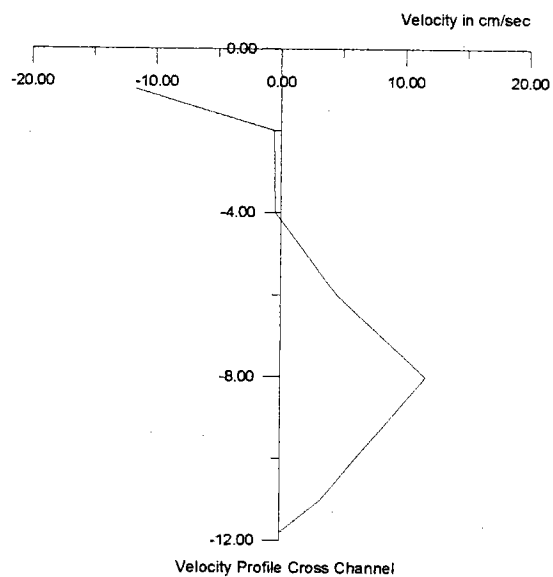
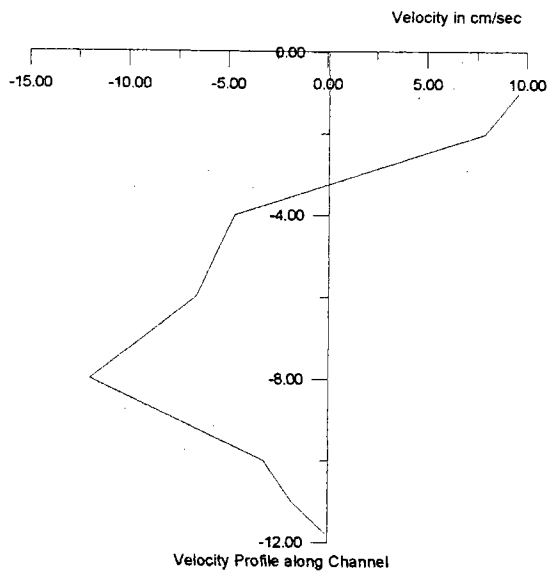


圖20 86/5/7 15:25 25號碼頭 D=11.8m

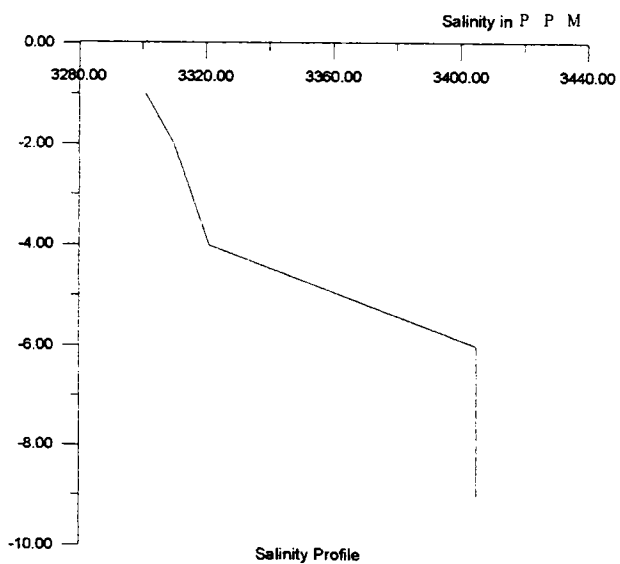
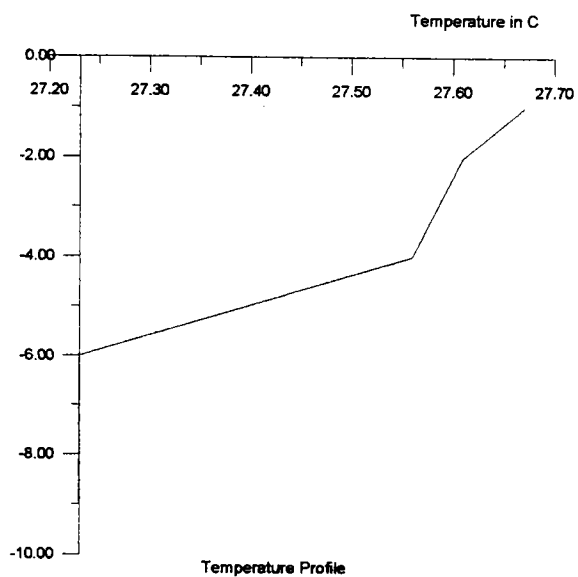
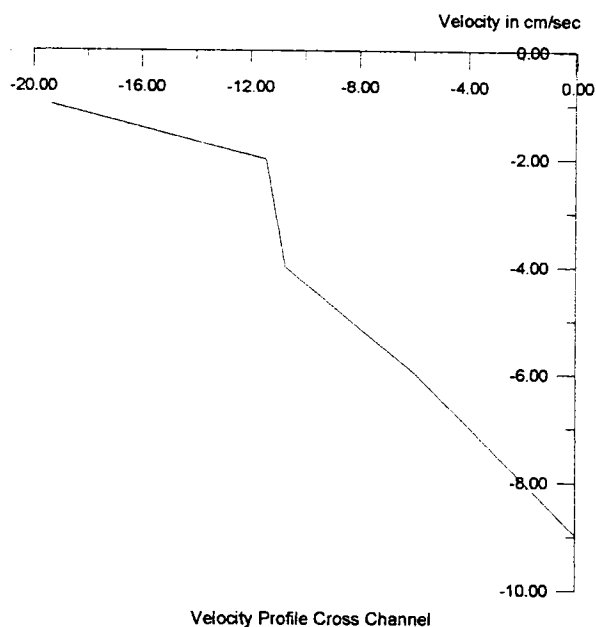
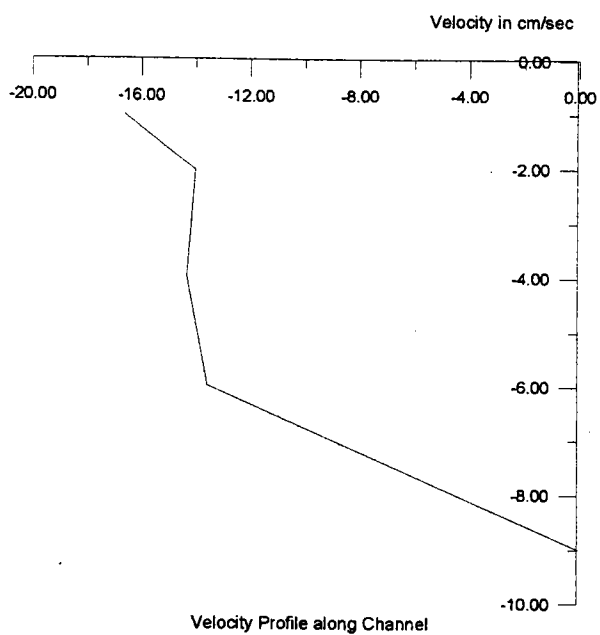


圖21 86/5/7 15:58 一港口狹水道浮筒 D=9m

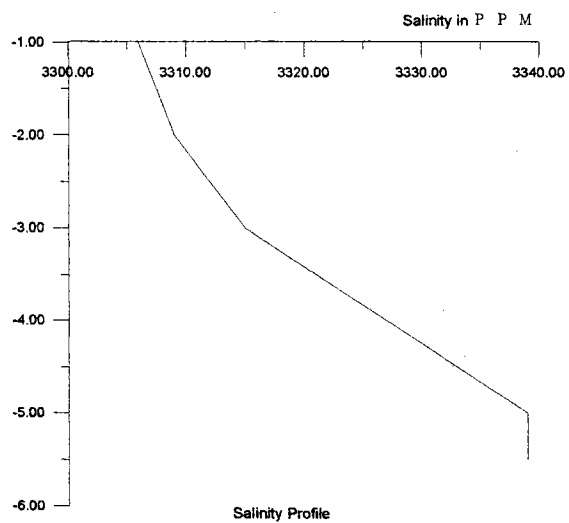
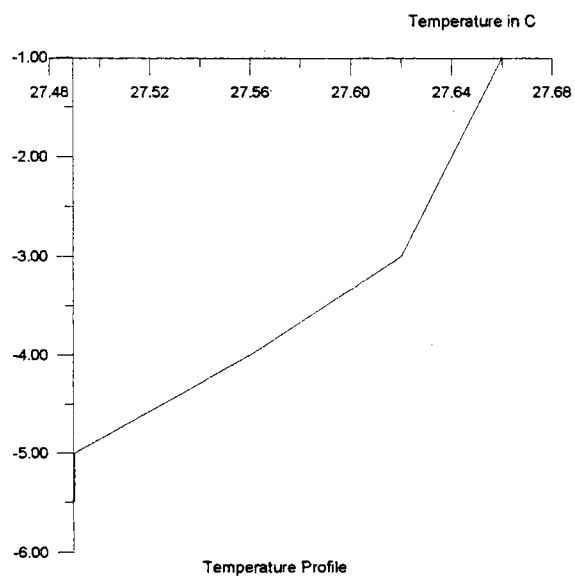
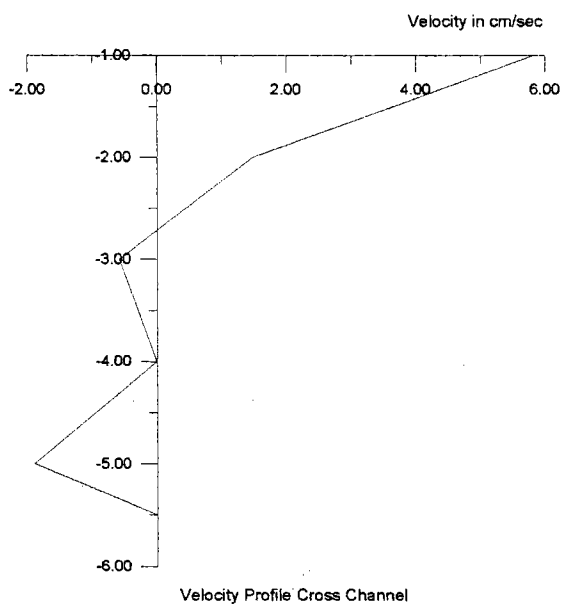
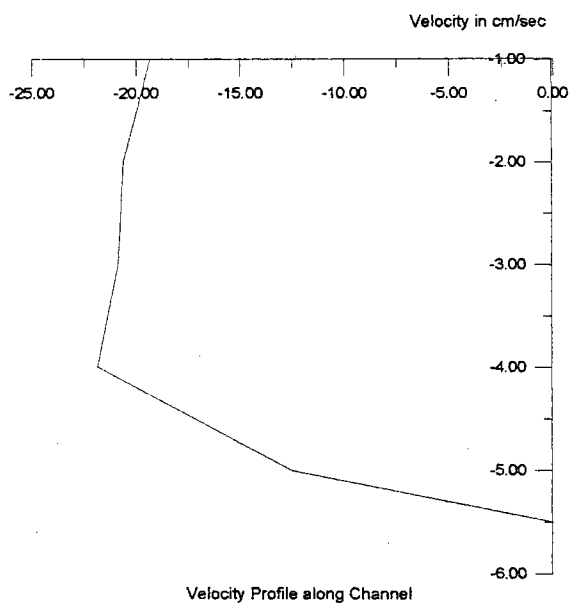


圖22 86/5/7 16:20一港口狹水道中間南岸 D=5m

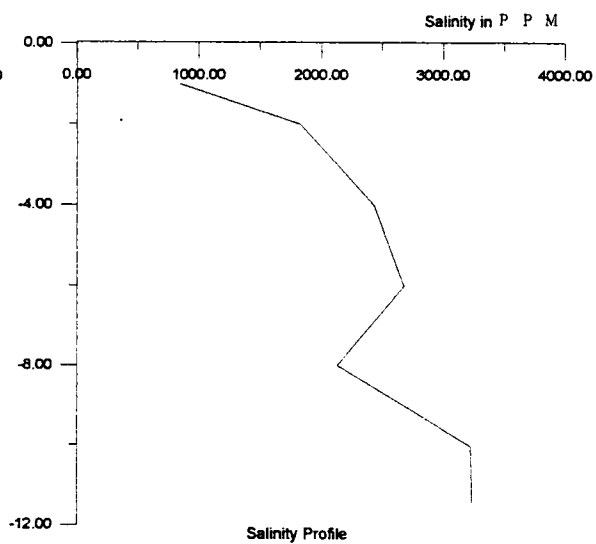
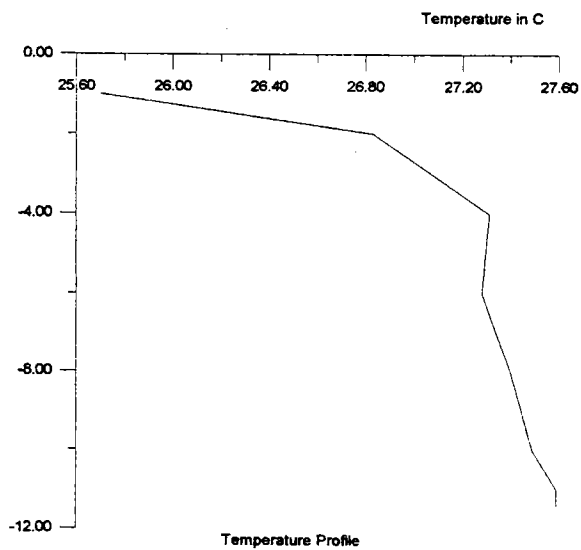
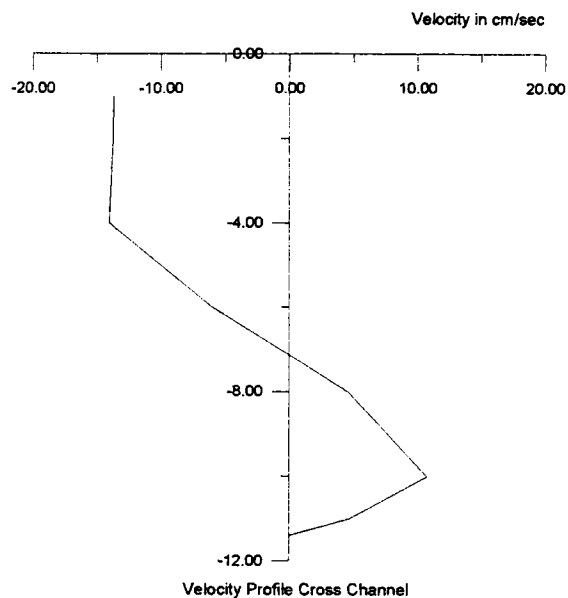
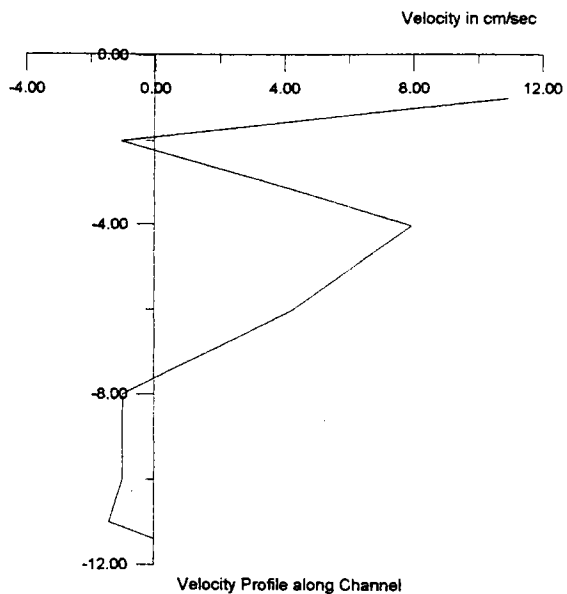


圖23 86/6/6 09:32 25號碼頭邊 D=11.4m

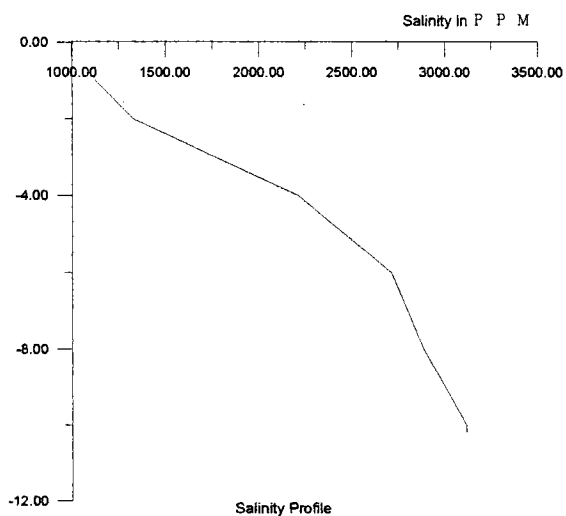
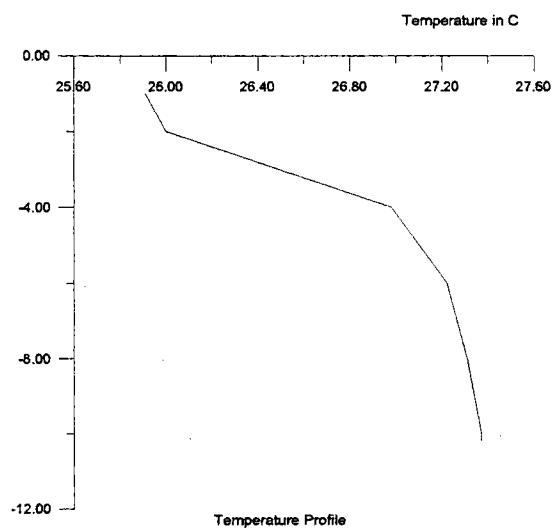
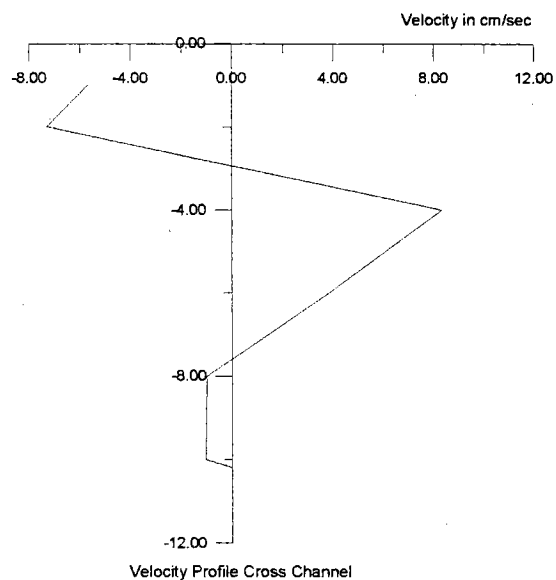
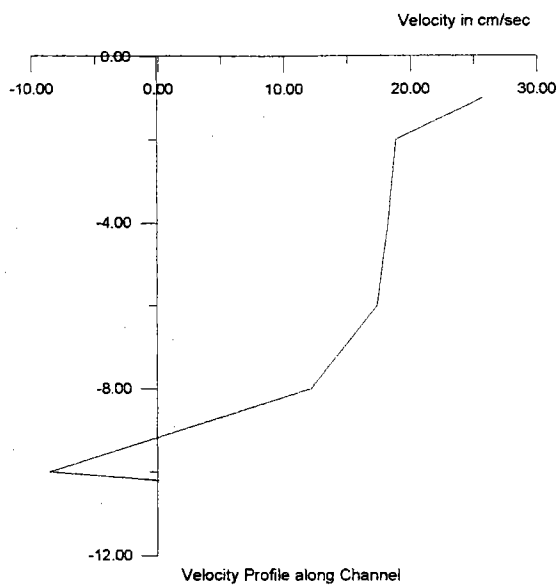


圖24 86/6/6 10:05 一港口浮筒 D=10.2m

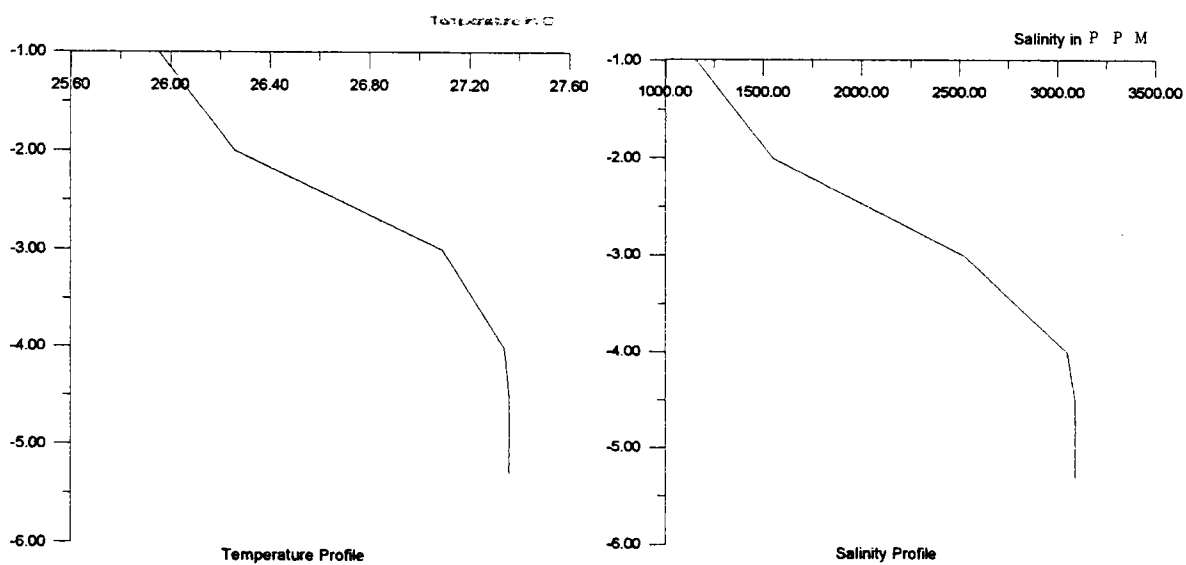
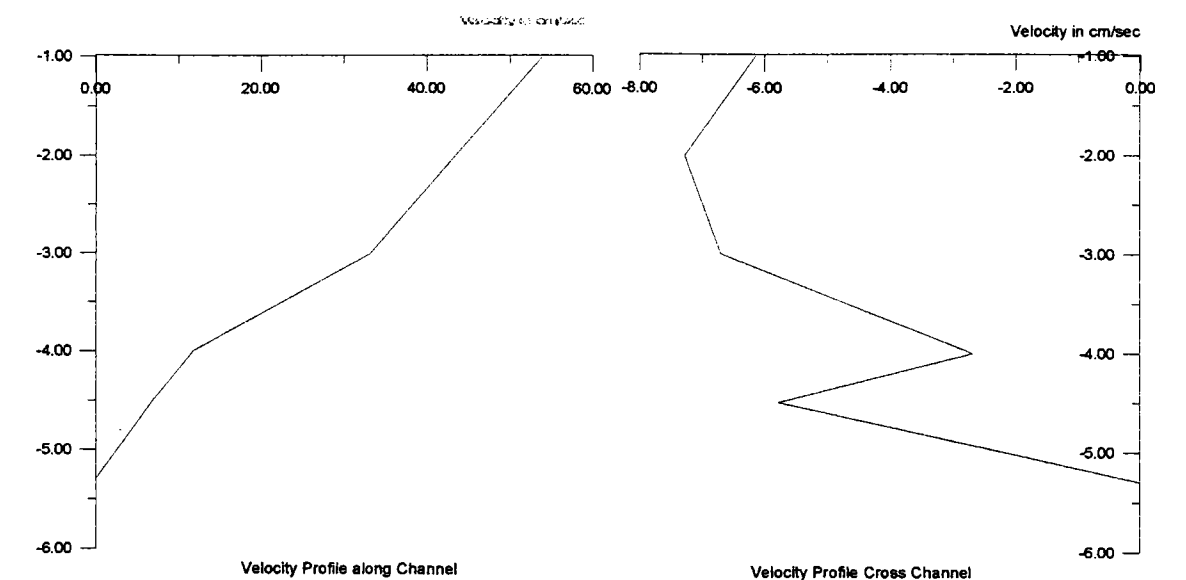


圖25 86/6/6 10:30 一港口狹水道 $D=5.3\text{m}$

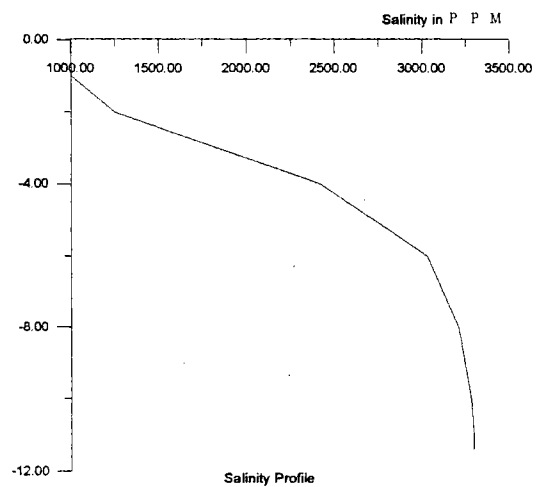
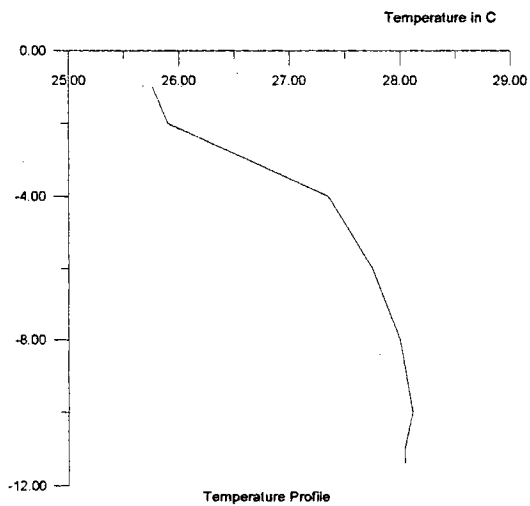
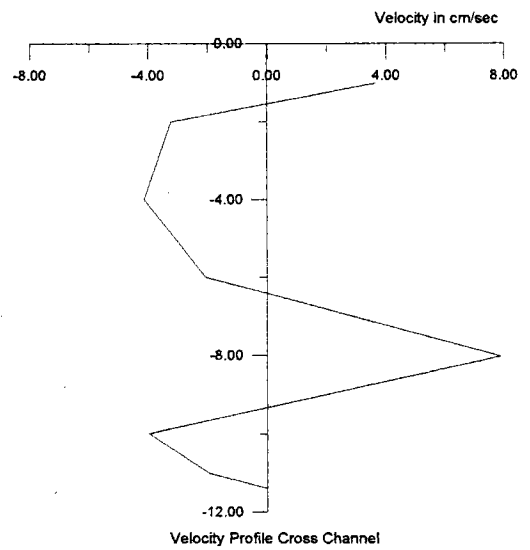
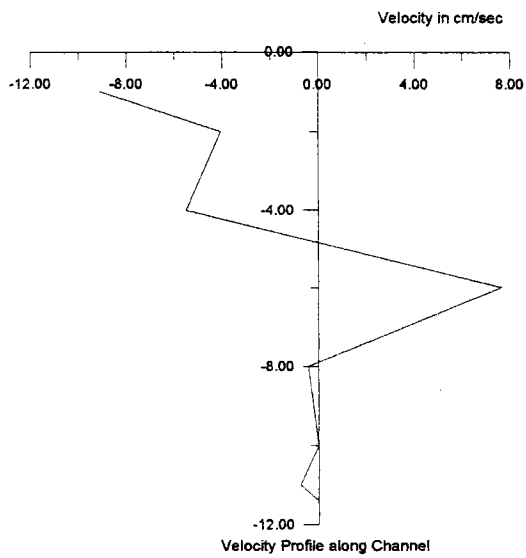


圖26 86/6/6 11:10 50號浮筒 D=11.4m

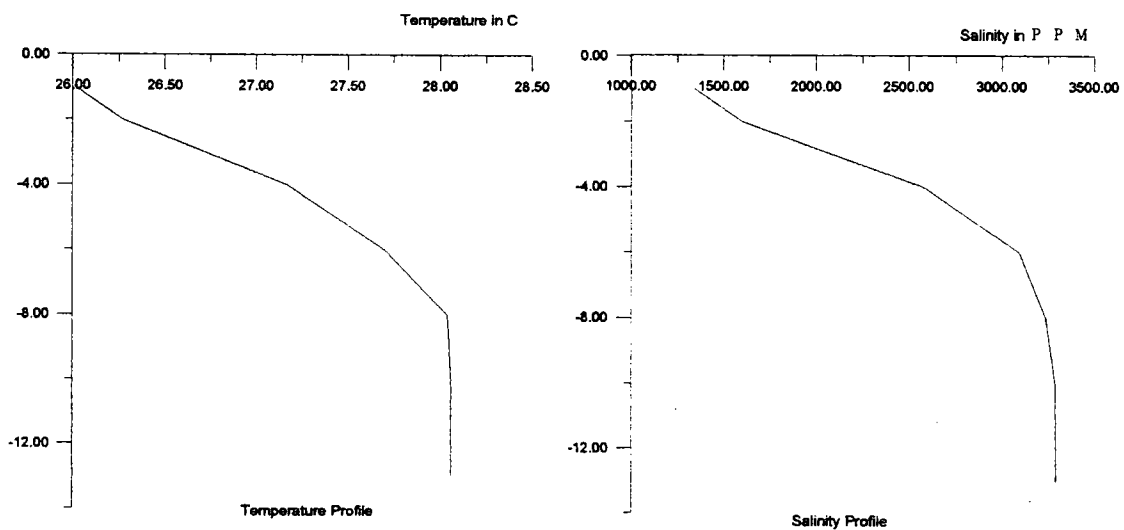
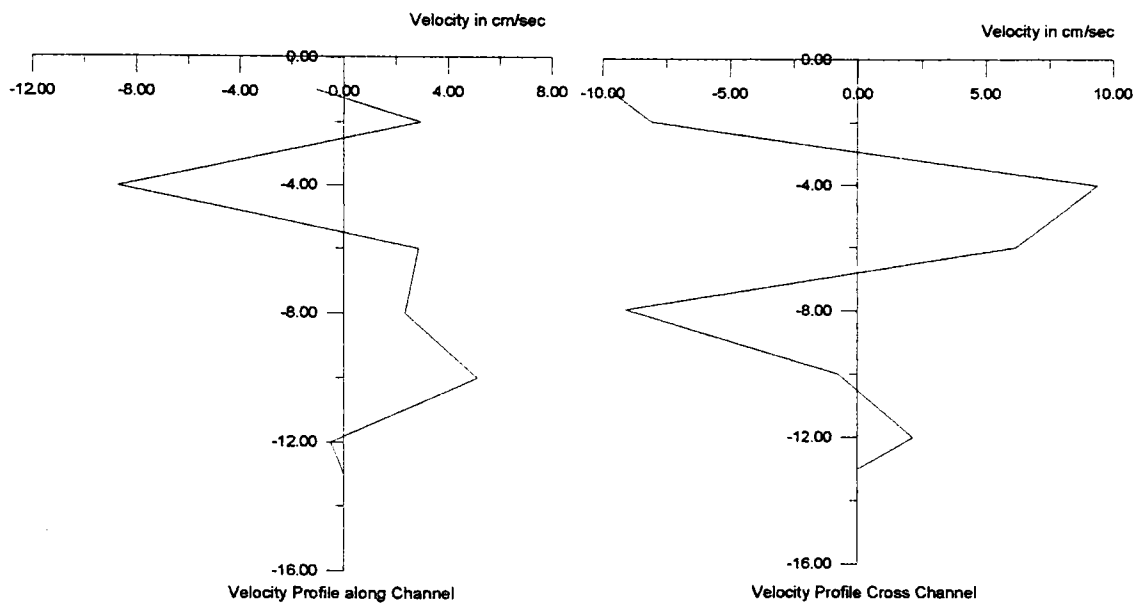


圖27 86/6/6 11:40 61號浮筒 D=13m

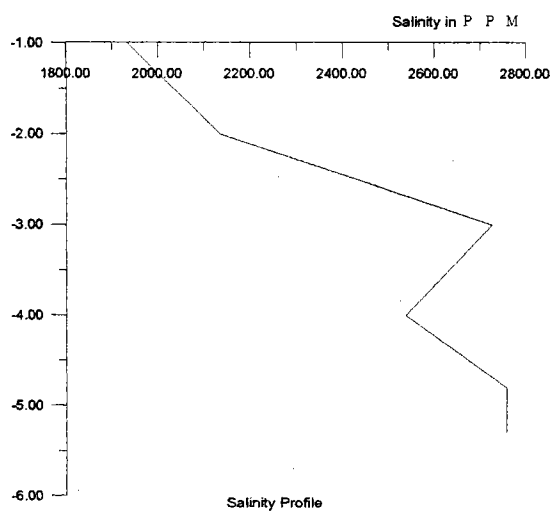
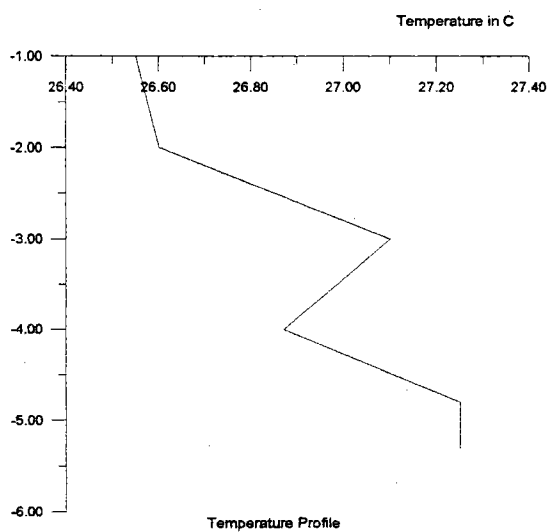
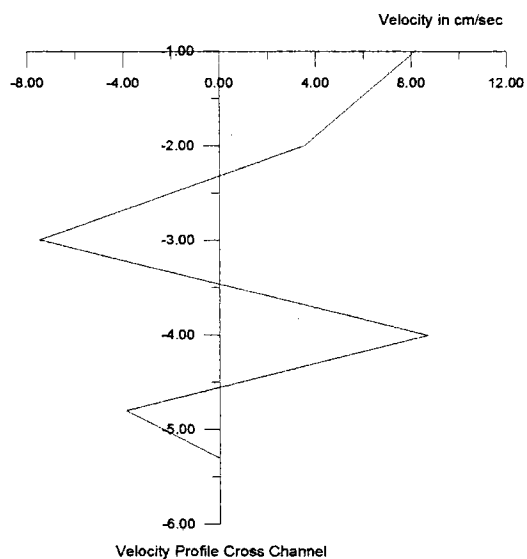
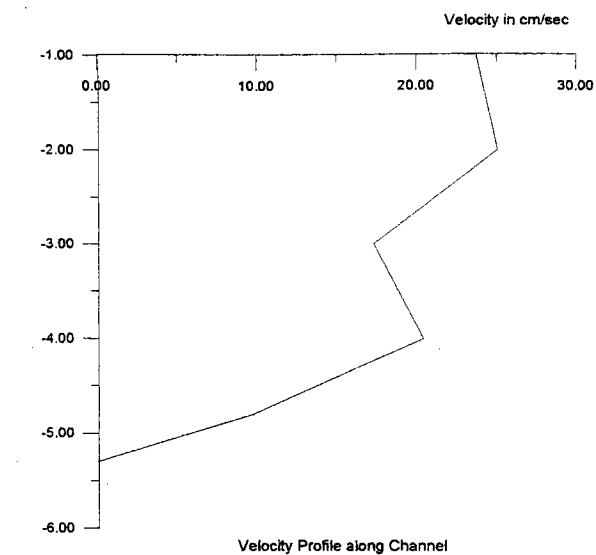


圖28 86/6/6 12:20 二港口狹水道 D=5.3m

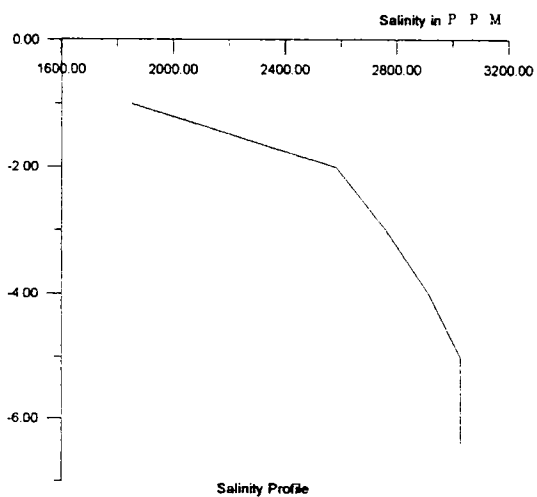
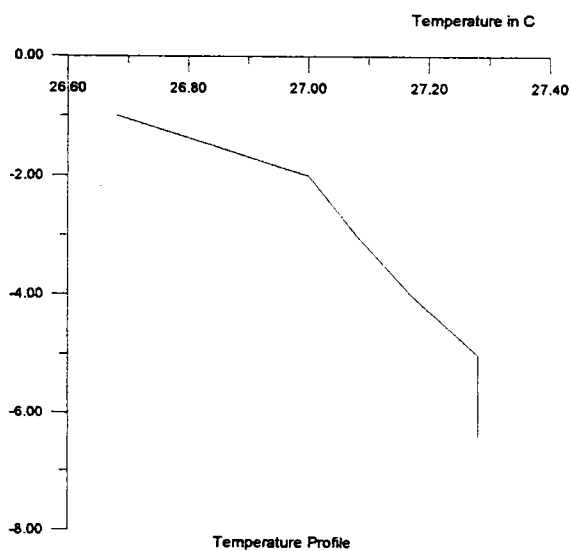
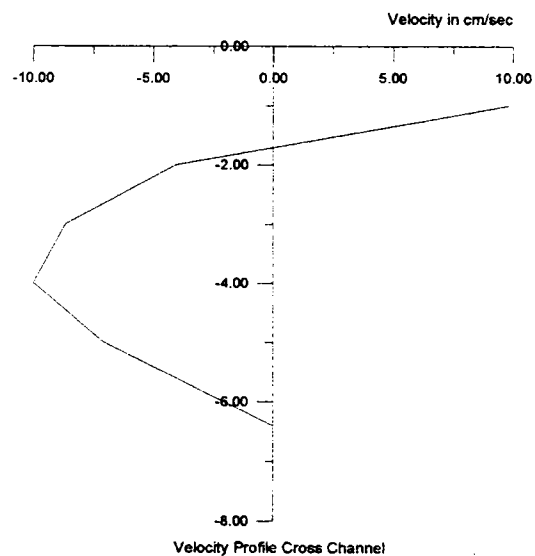
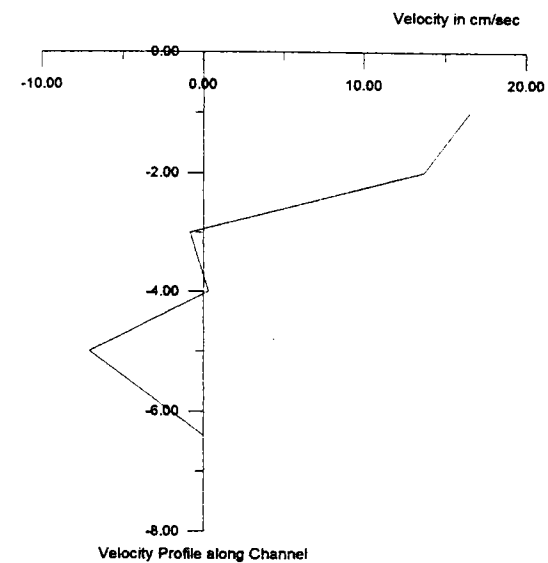


圖29 86/6/6 14:34 二港口狹水道 D=6.4m

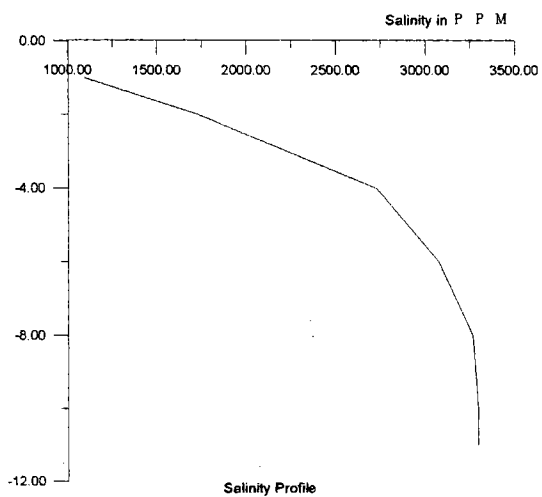
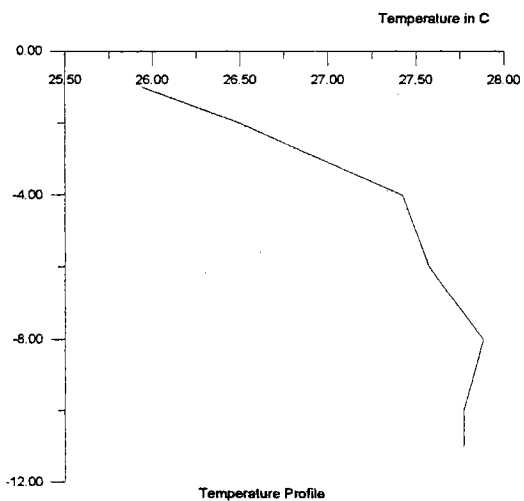
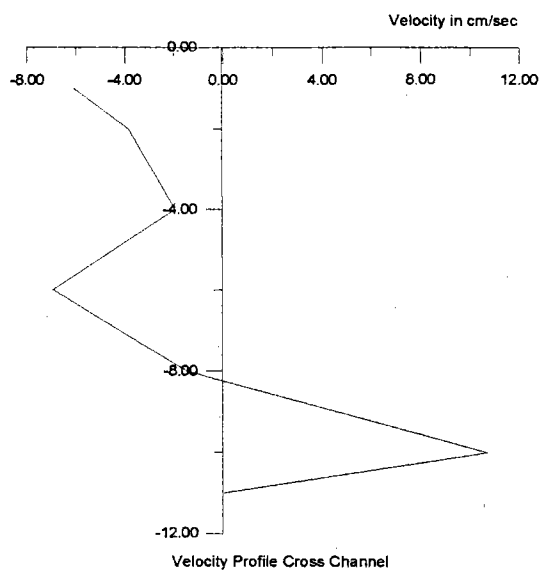
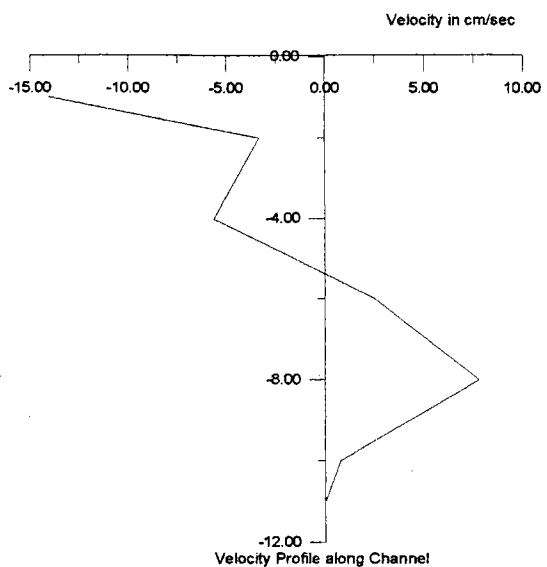


圖30 86/6/6 15:16 61號浮筒 D=11.8m

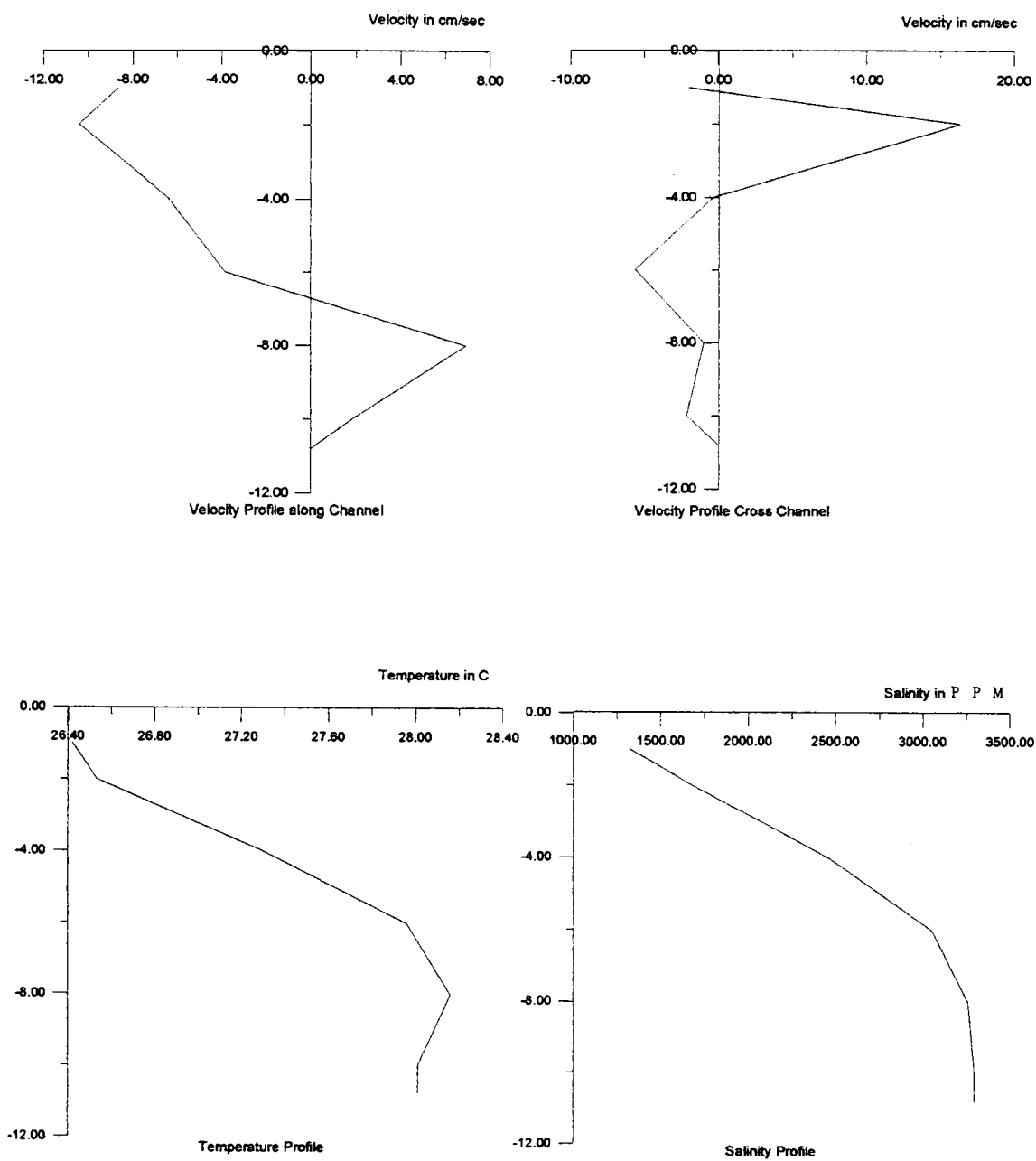


圖31 86/6/6 15:49 50號浮筒 D=10.8m

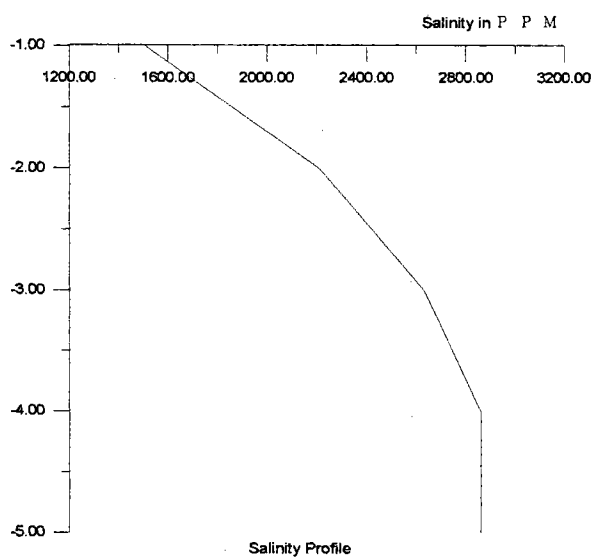
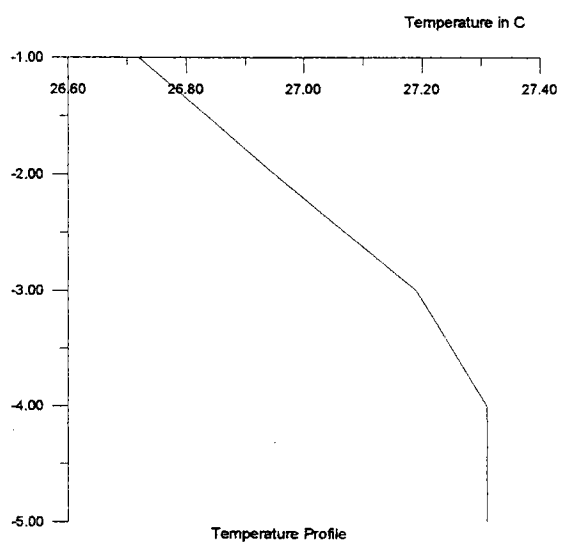
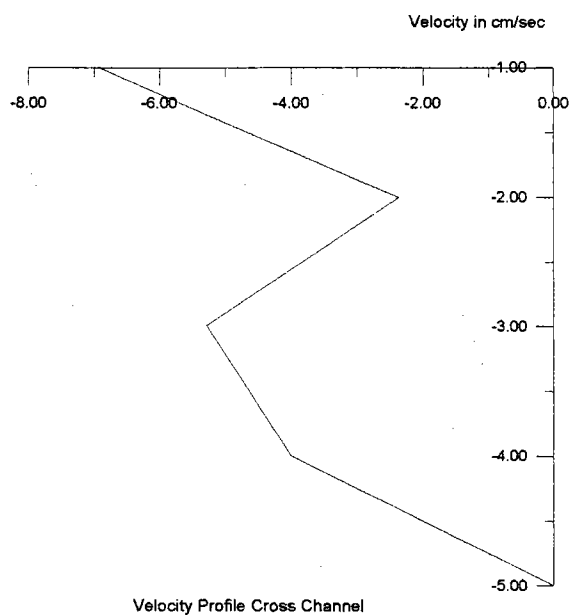
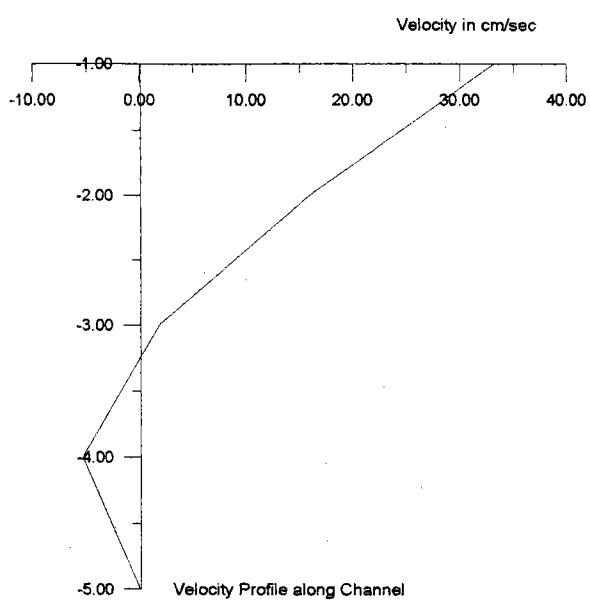


圖32 86/6/6 16:25 一港口狹水道 D=5m

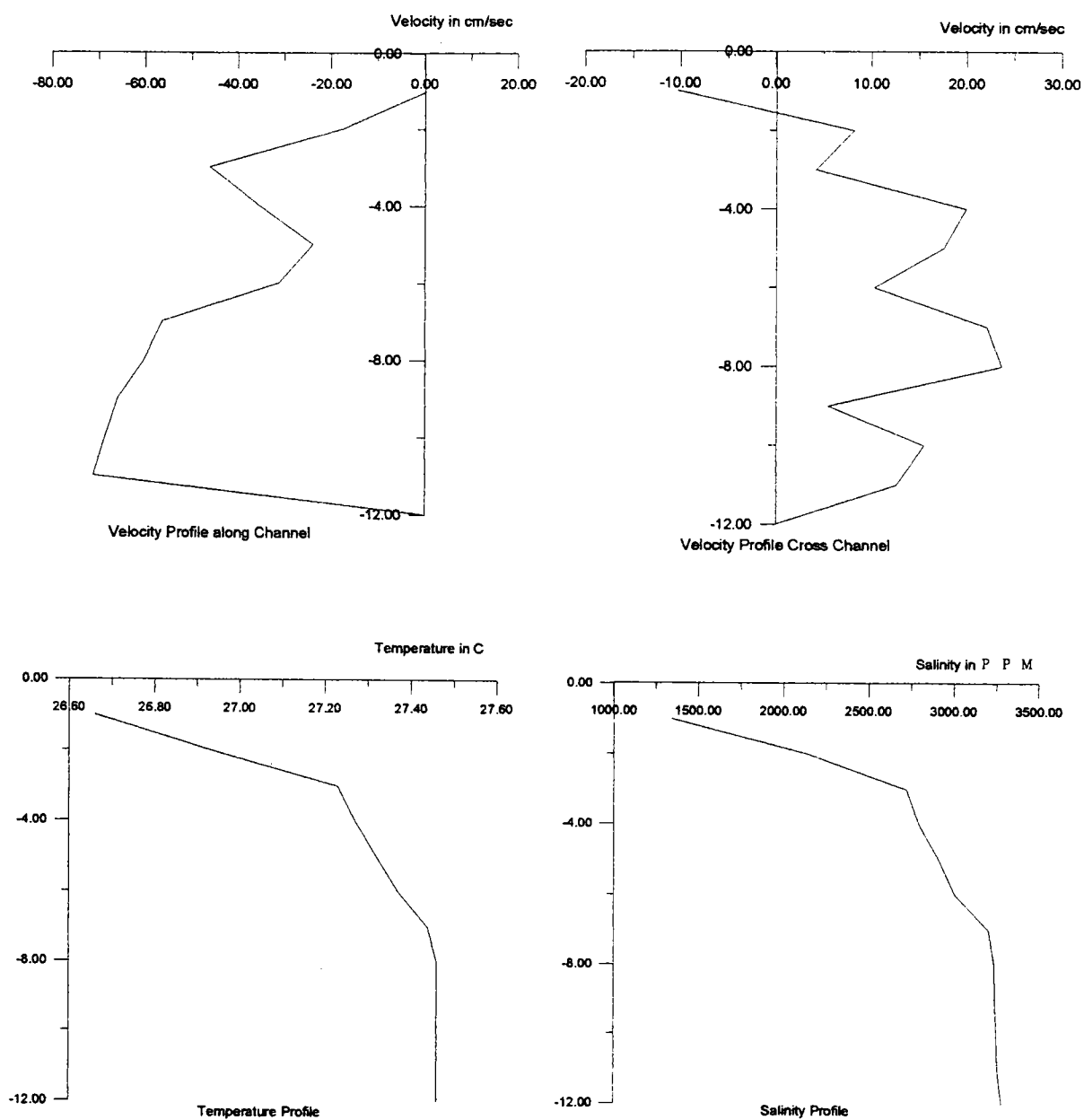


圖33 86/6/6 16:40 一港口水道正中央 D=13m

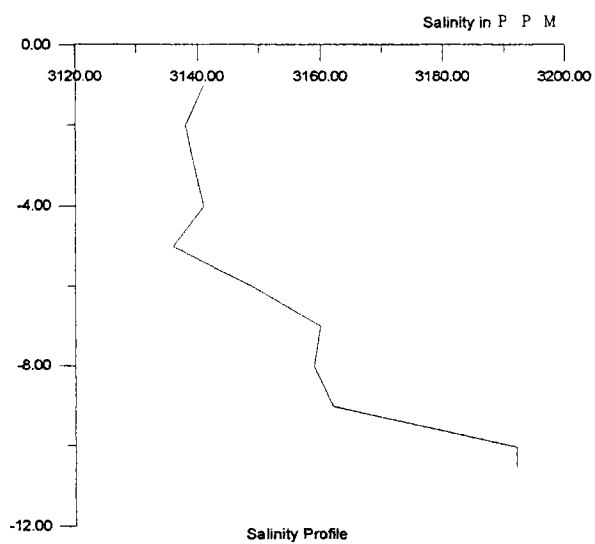
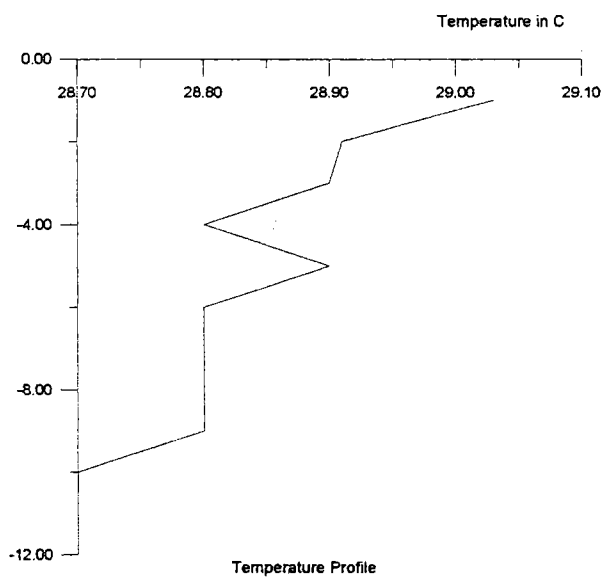
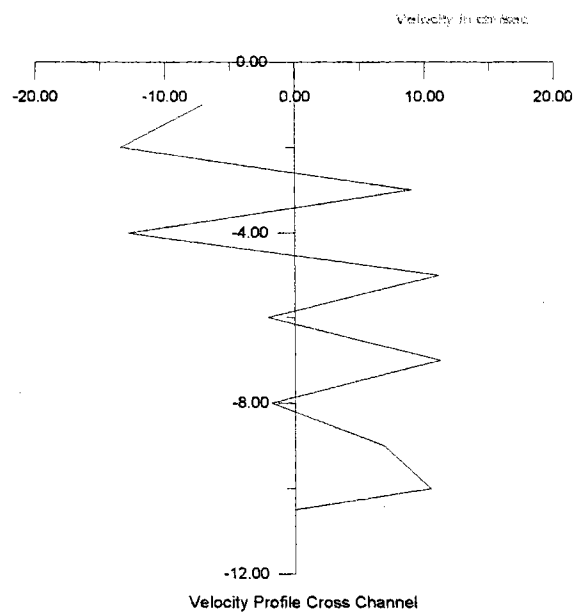
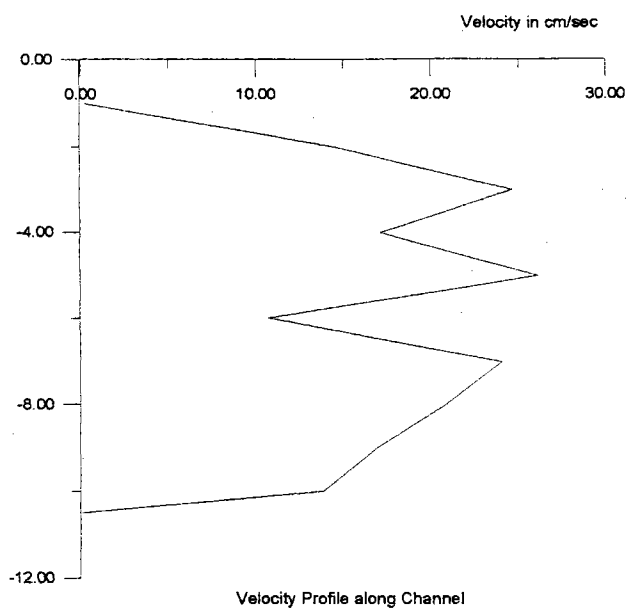


圖34 0620 10:10 一港口邊浮筒

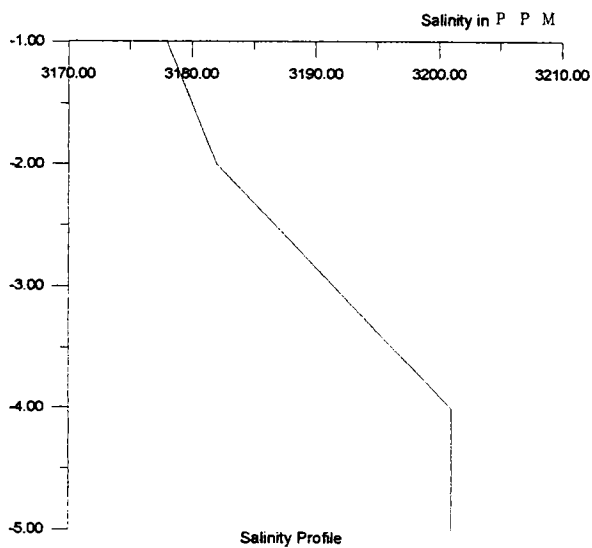
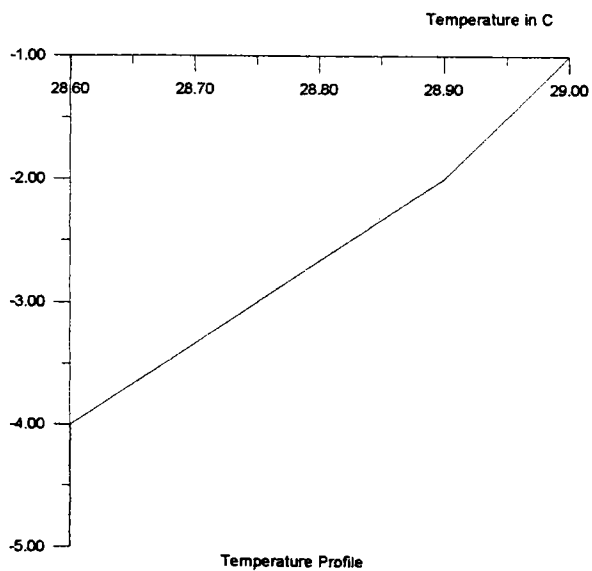
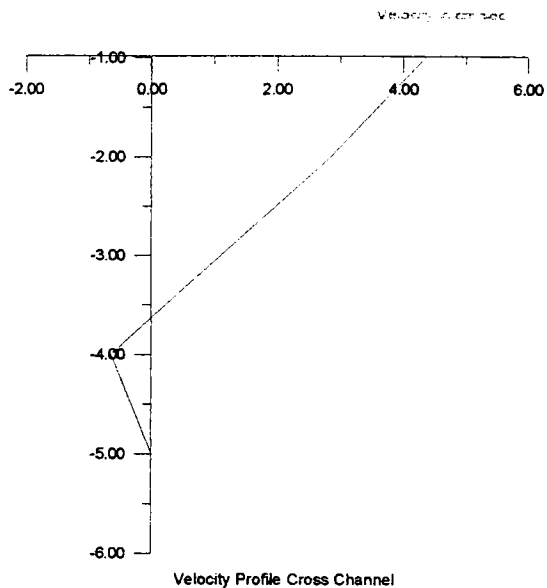
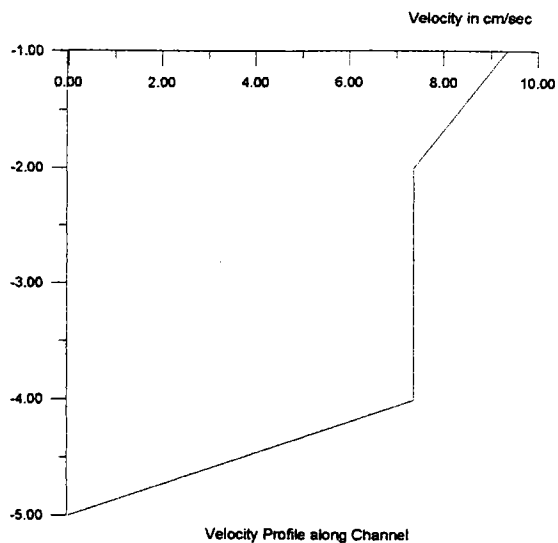


圖35 0620 12:30 二港口南邊

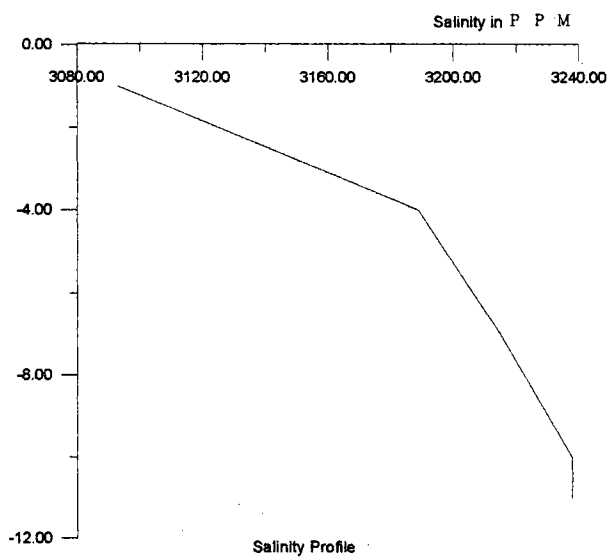
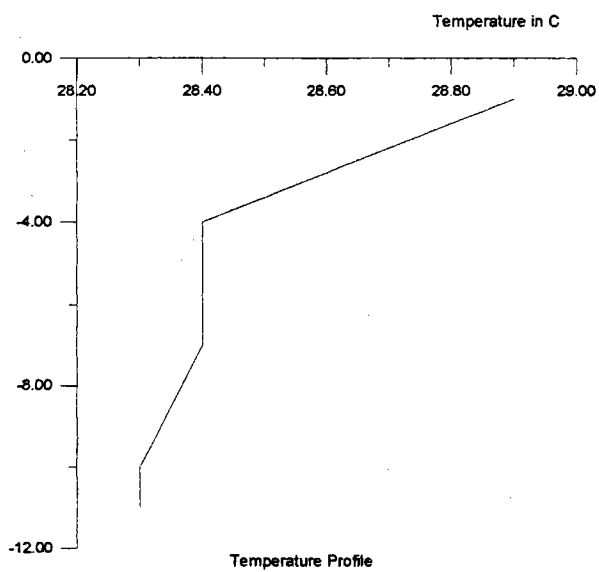
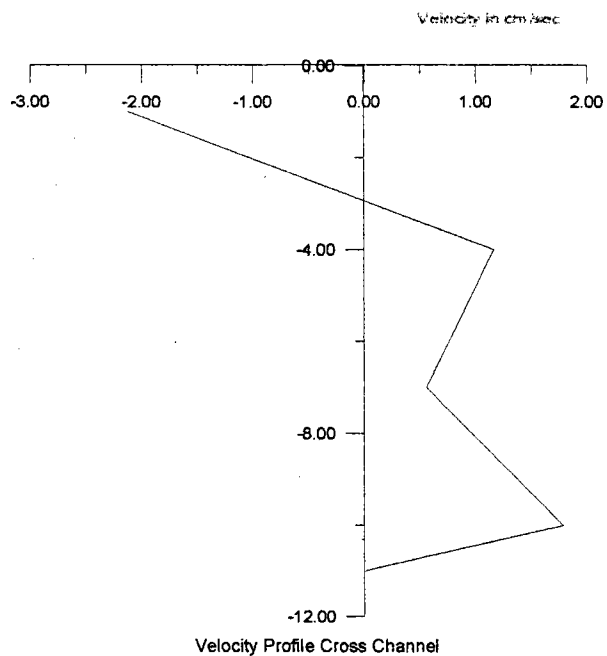
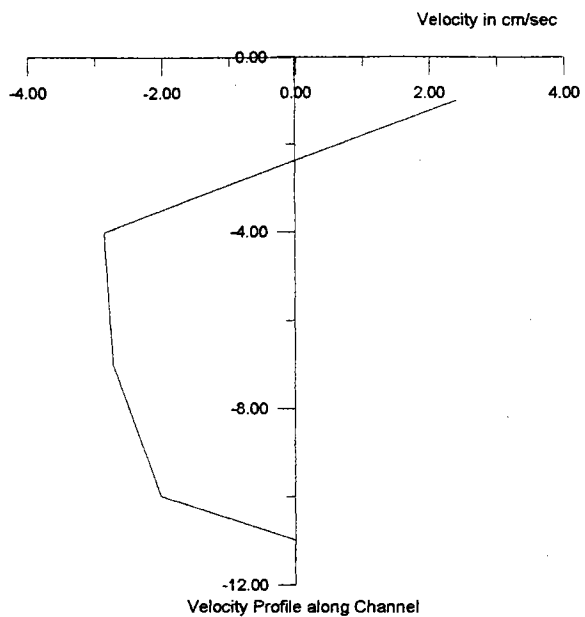


圖36 0620 13:52 89號碼頭

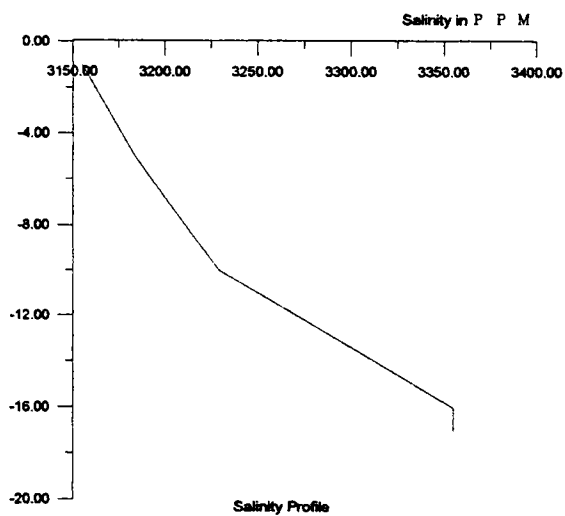
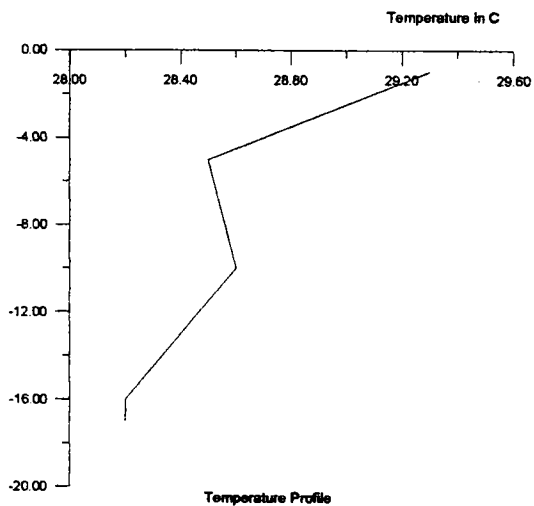
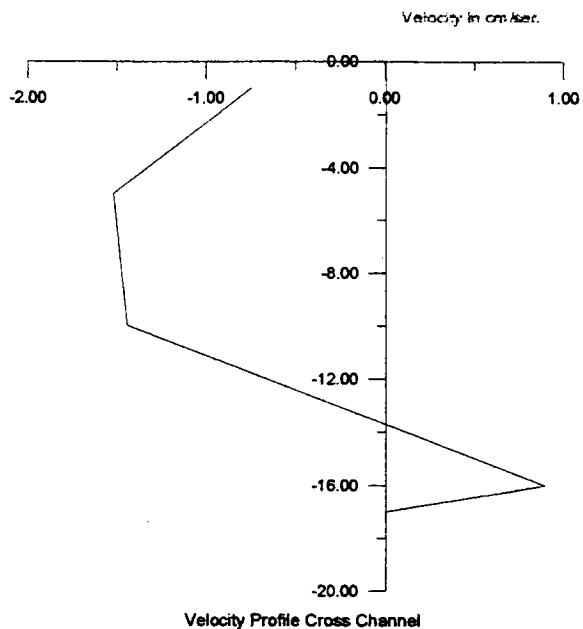
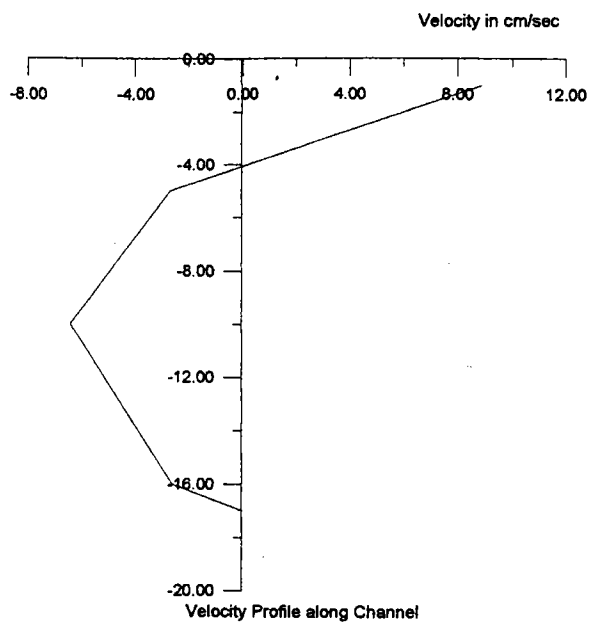


圖37 0620 14:10 78號碼頭附近

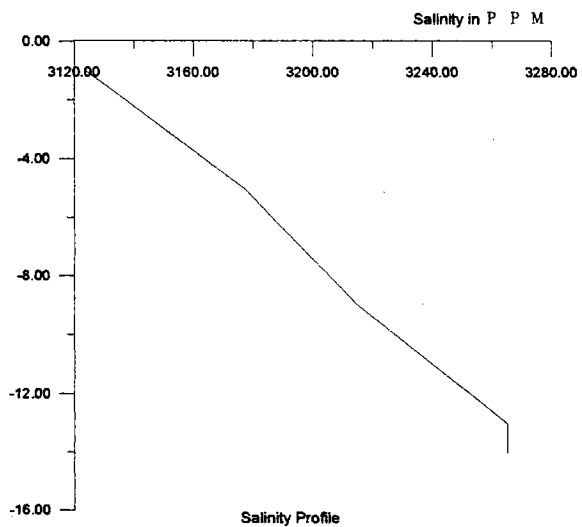
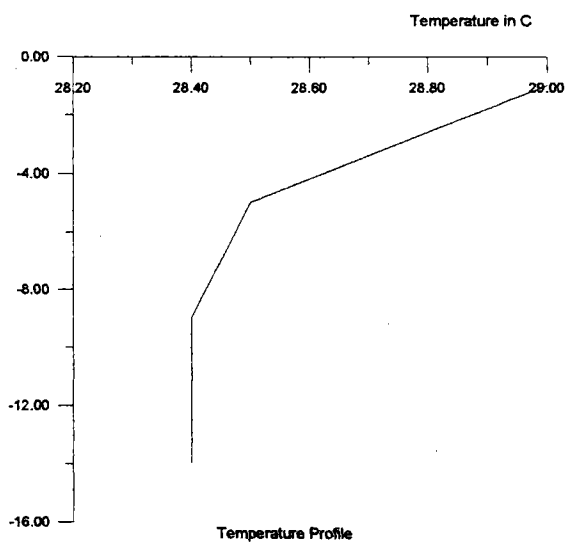
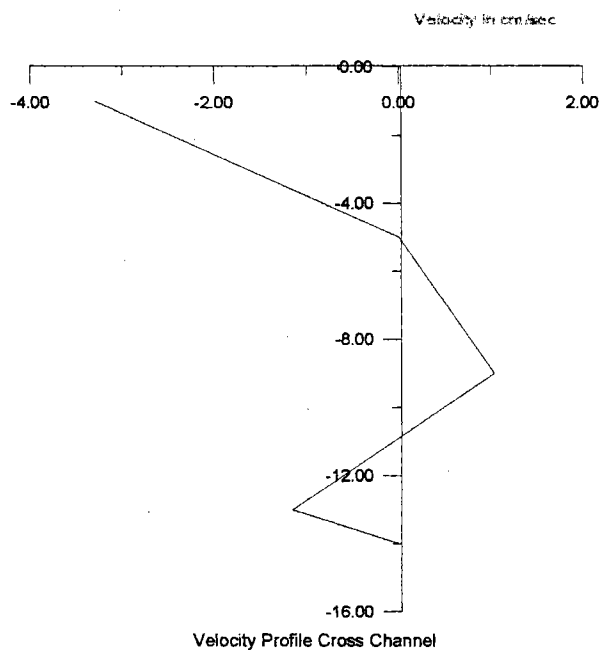
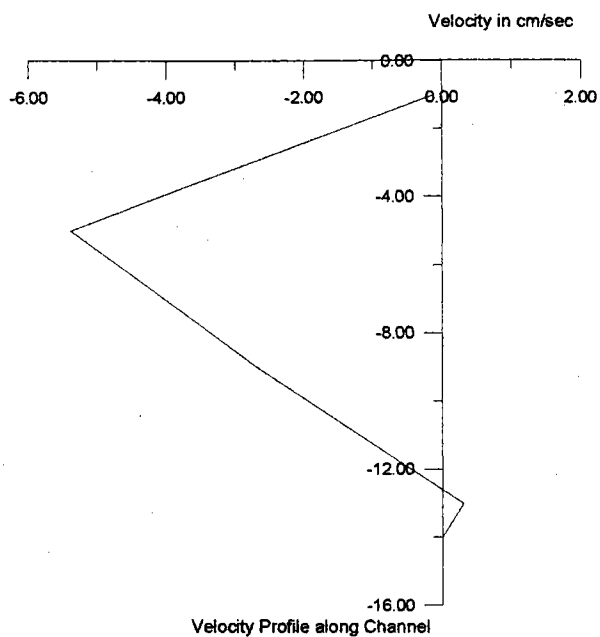


圖38 0620 14:35 68號碼頭

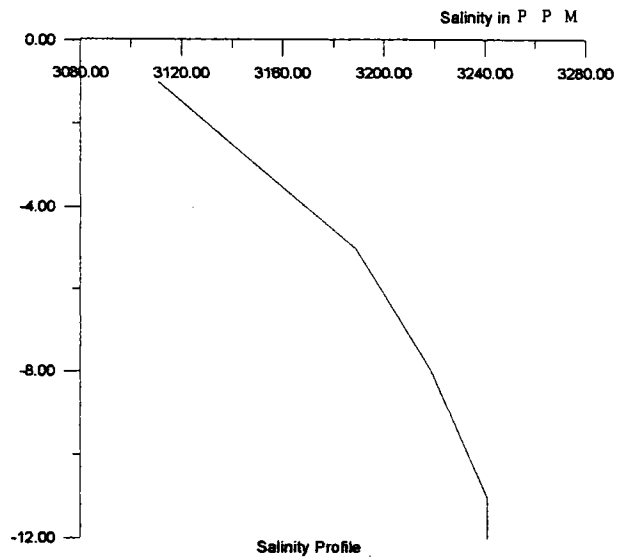
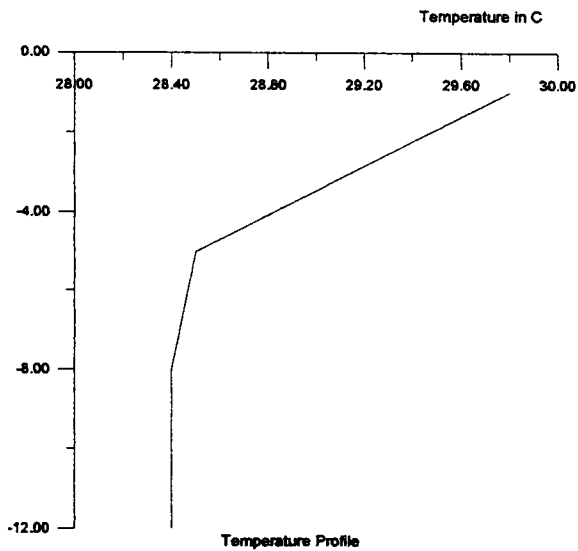
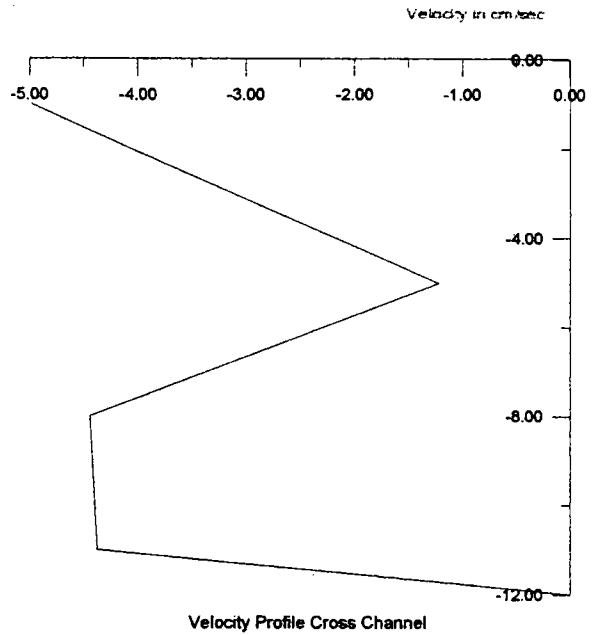
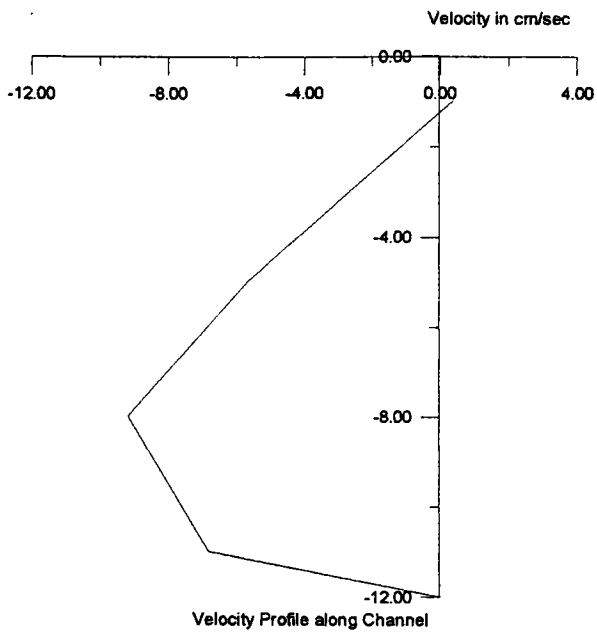


圖39 0620 15:00 61號浮筒

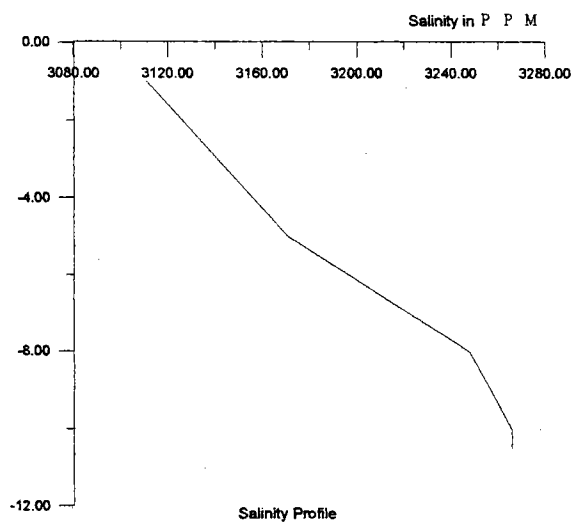
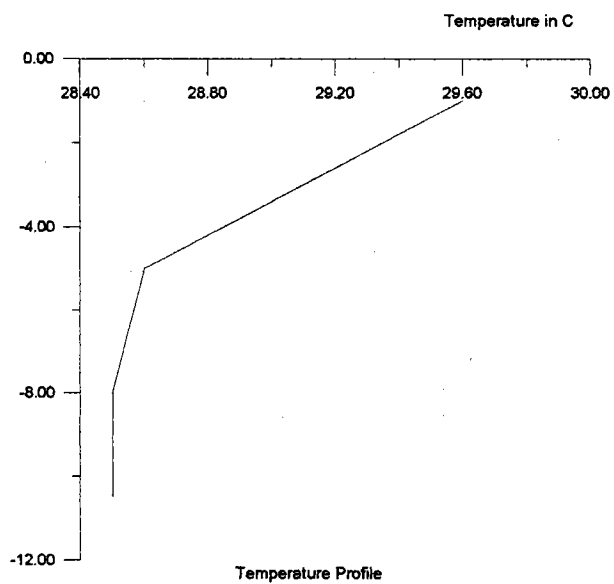
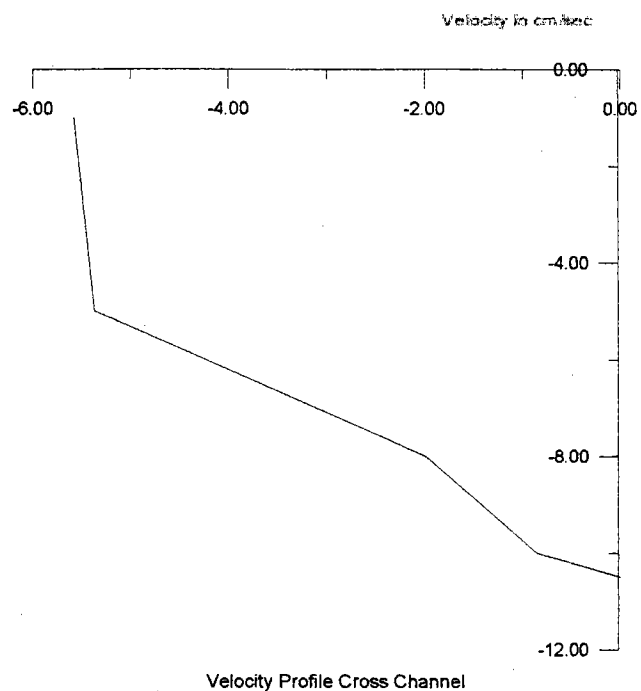
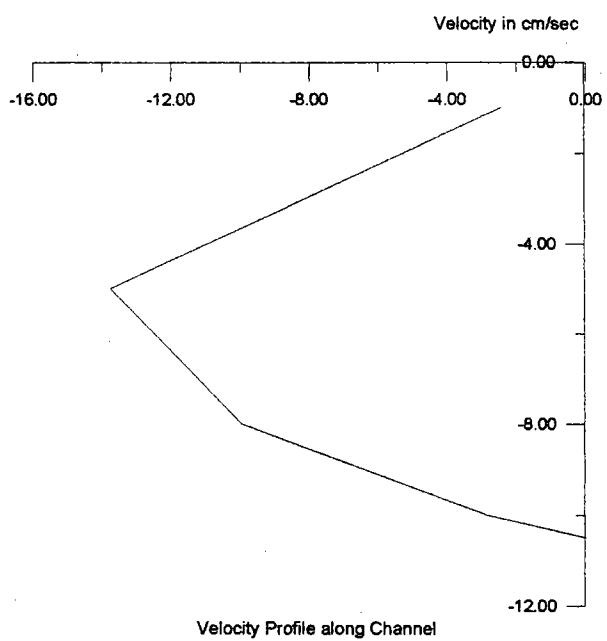


圖40 0620 15:27 50 號浮筒

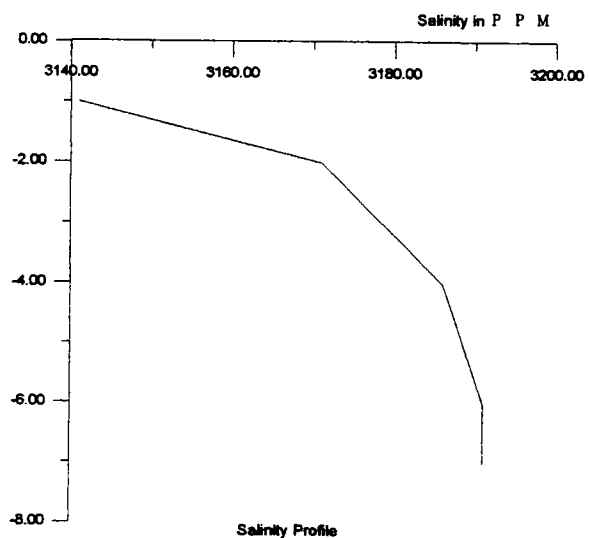
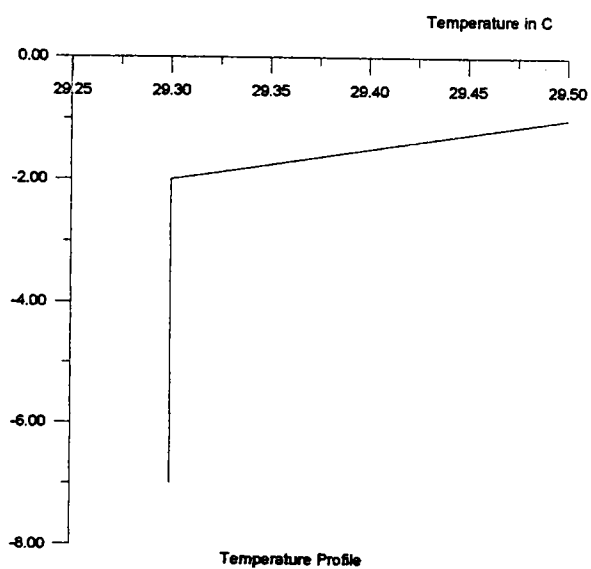
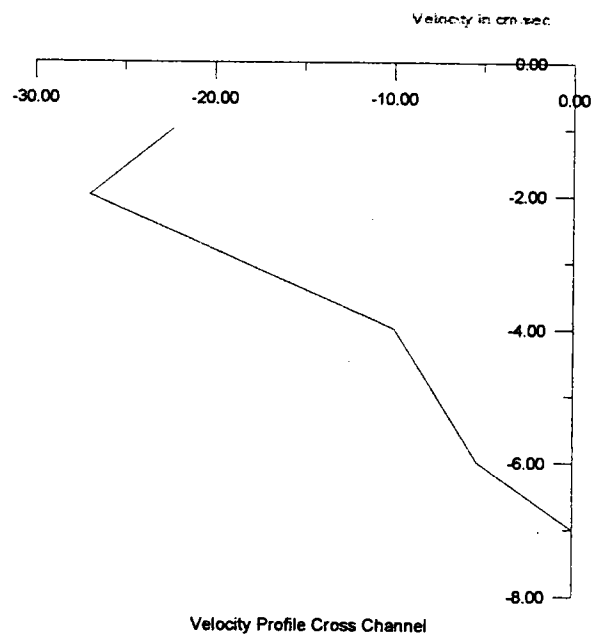
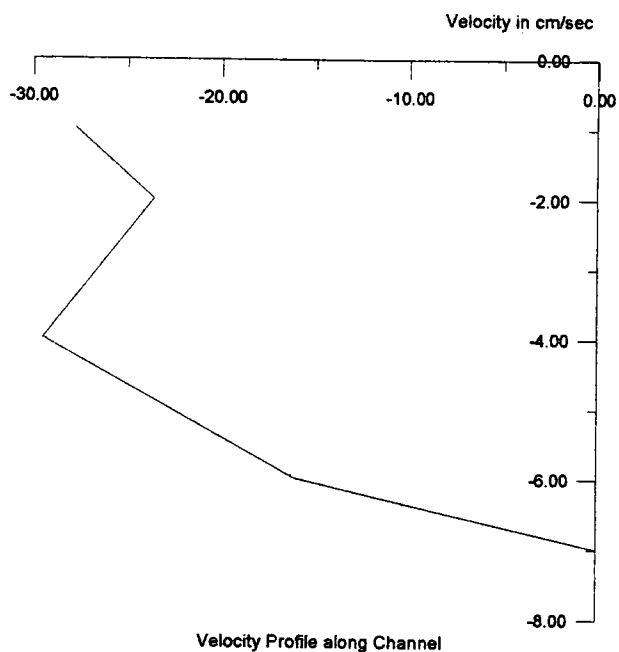


圖41 0620 16:00 一港口浮筒

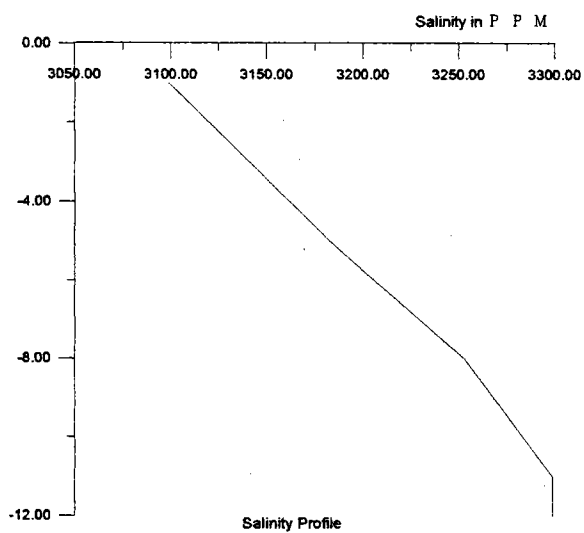
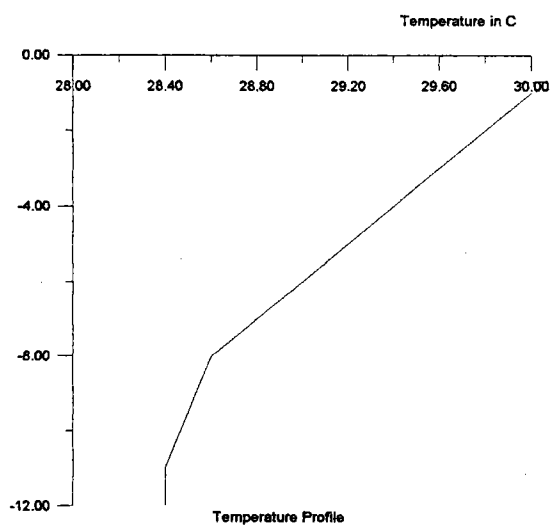
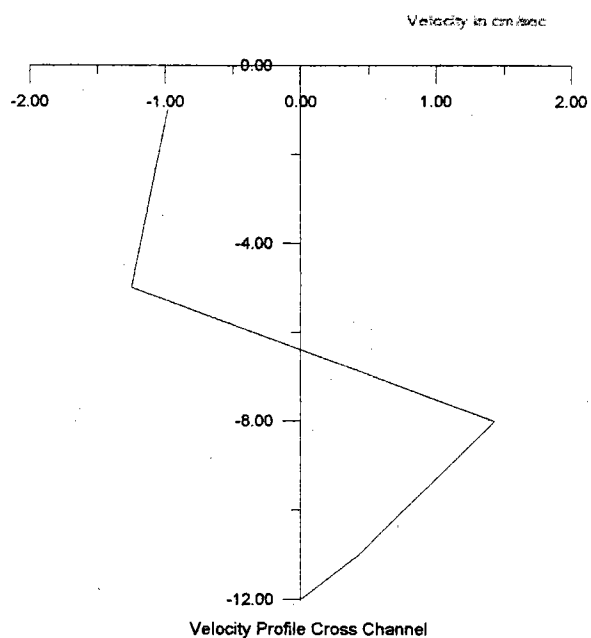
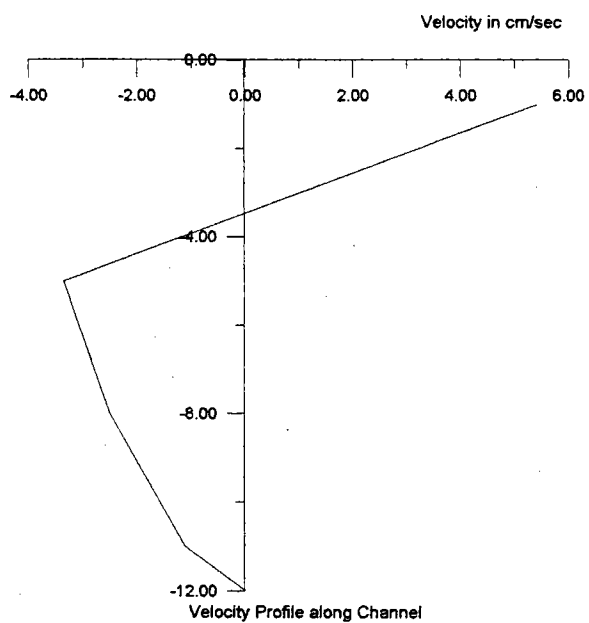
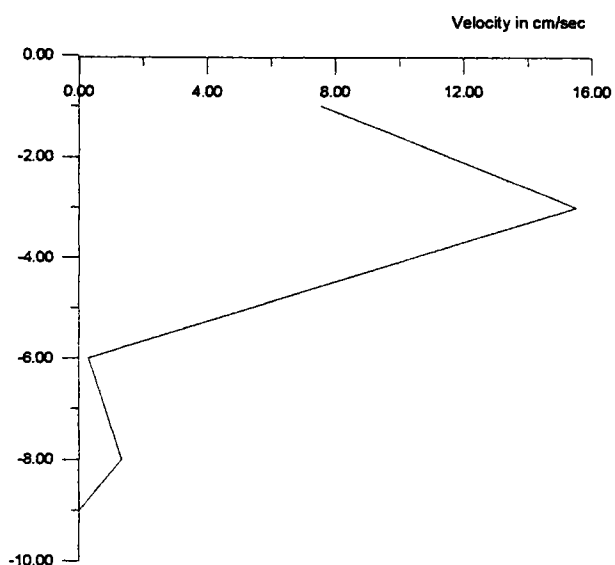
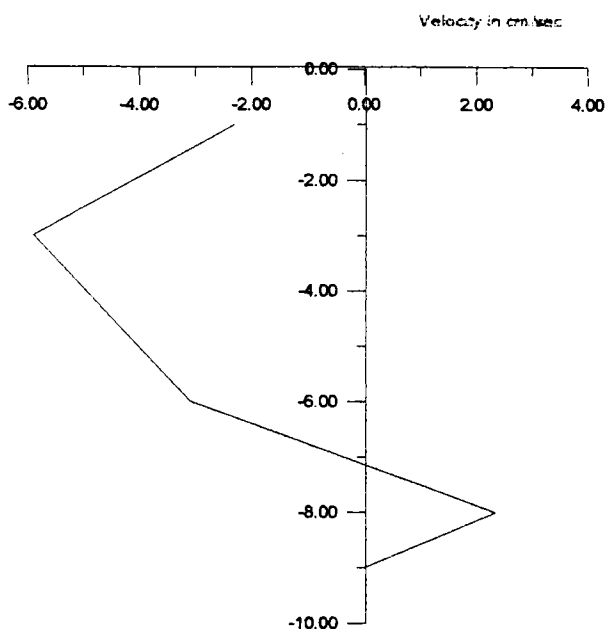


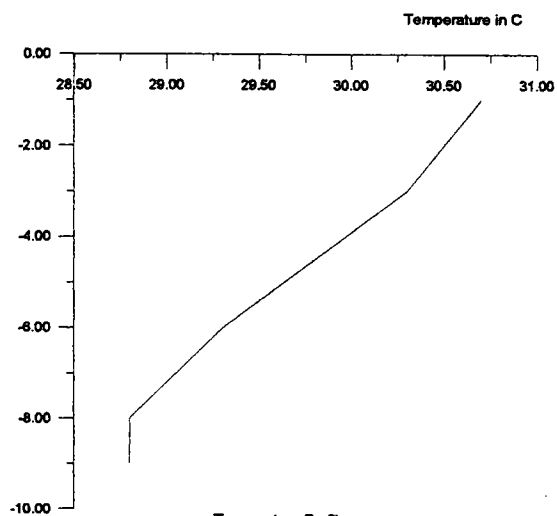
圖42 0620 16:30 43號碼頭



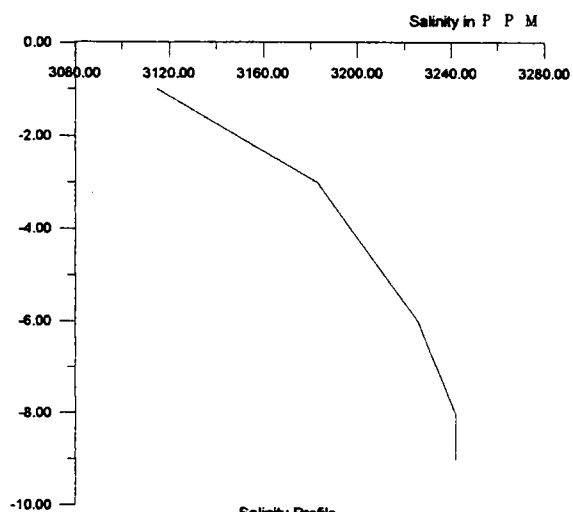
Velocity Profile along Channel



Velocity Profile Cross Channel



Temperature Profile



Salinity Profile

圖43 0620 16:51 33號碼頭

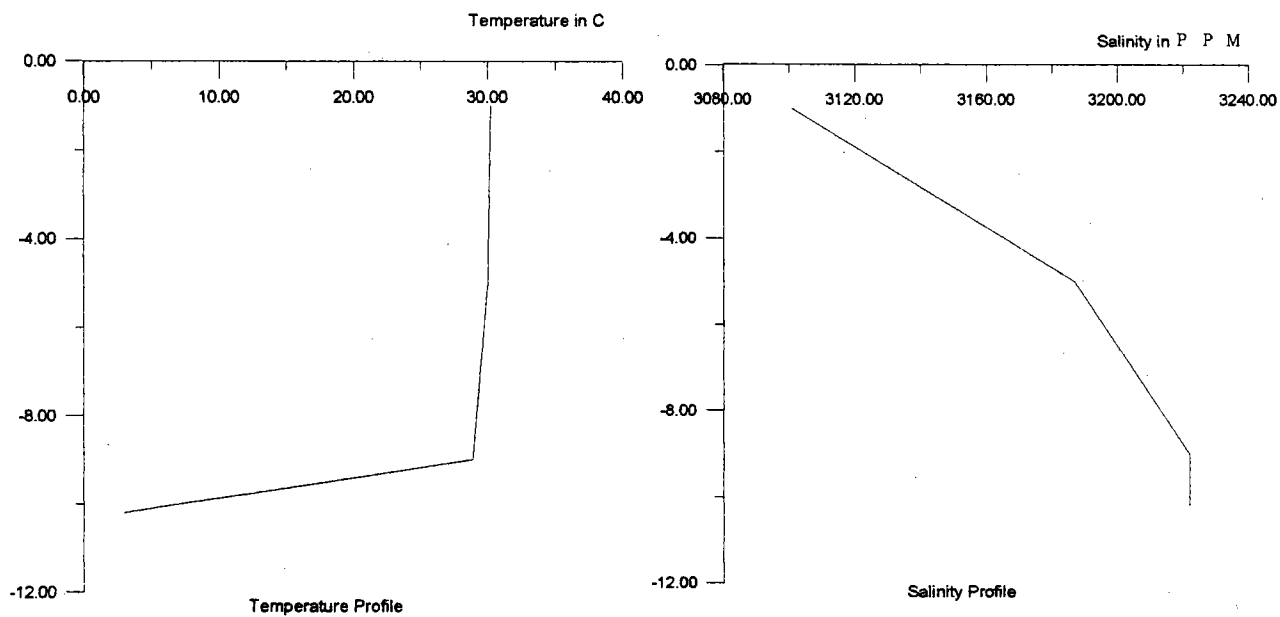
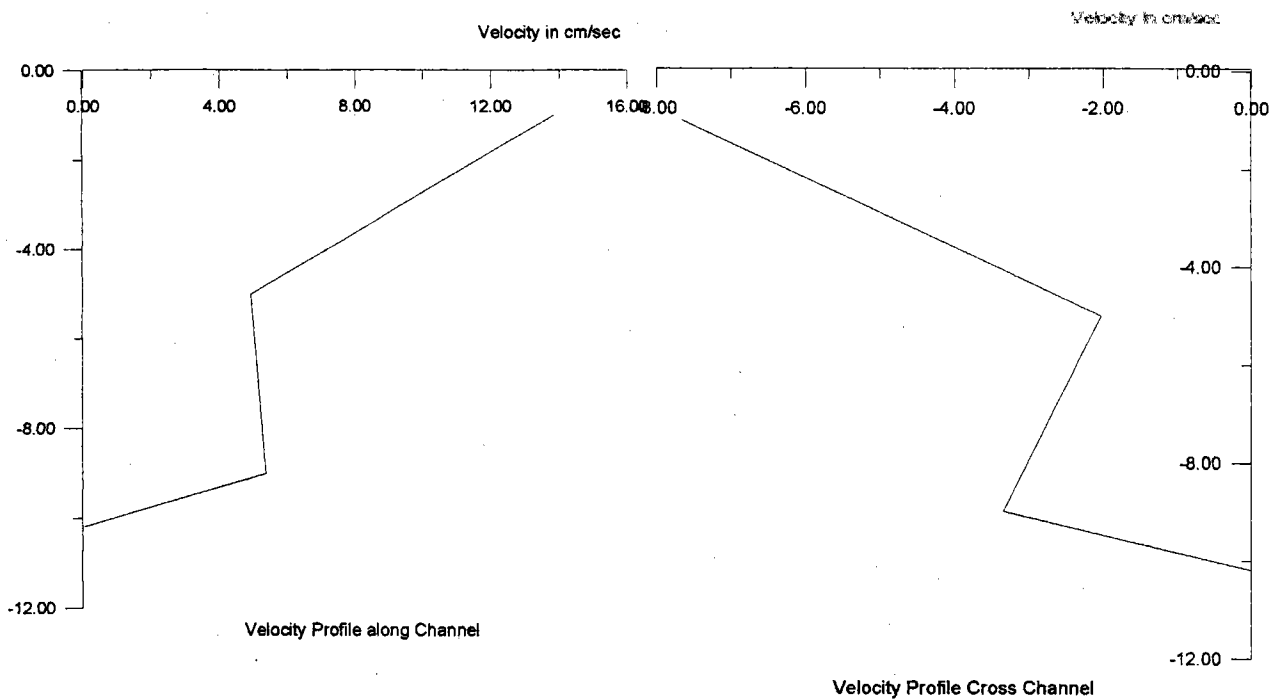


圖44 0621 08:21 33號碼頭

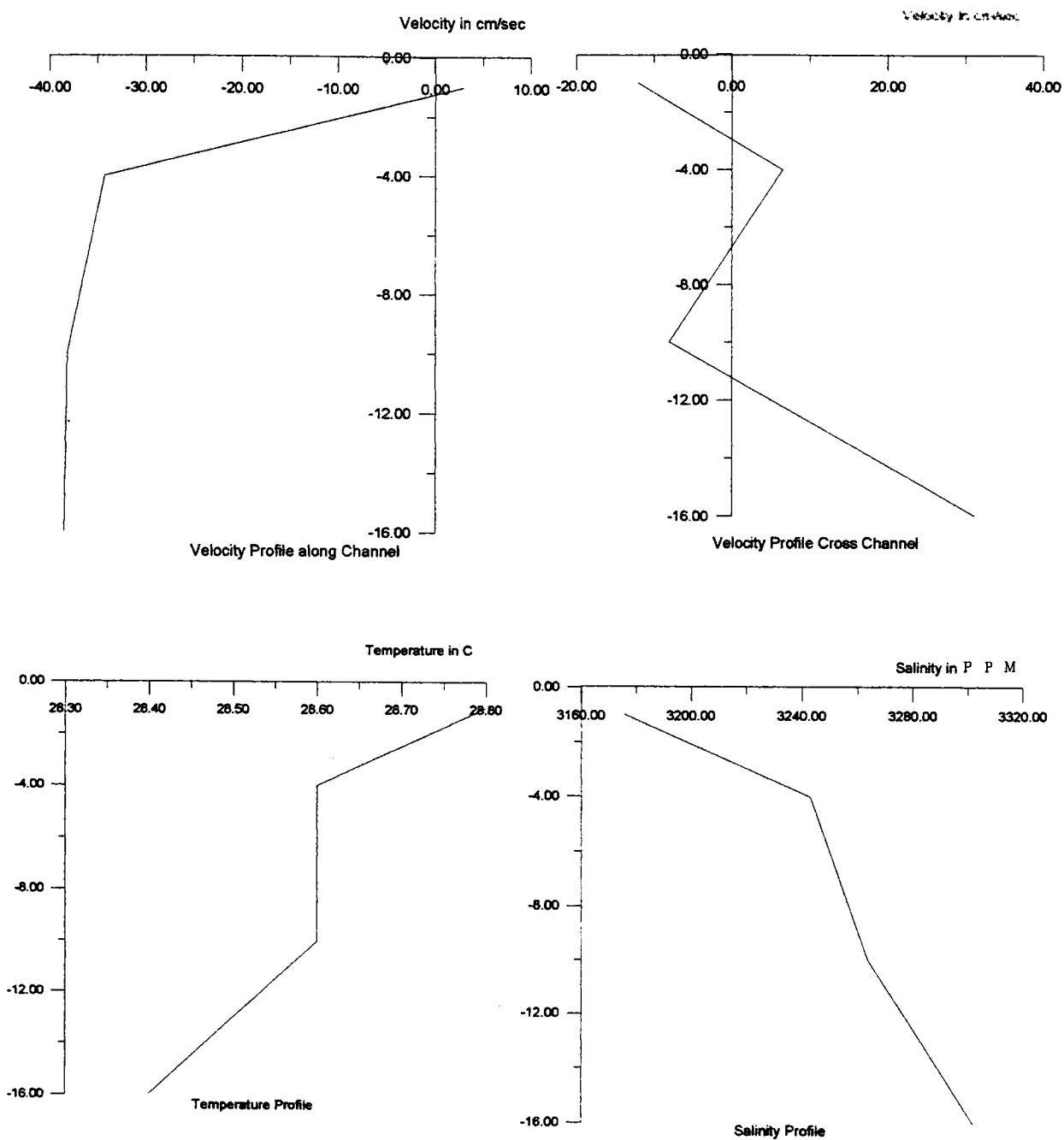


圖45 0621 08:51 外海 NO:1 (離一港口約一公里)

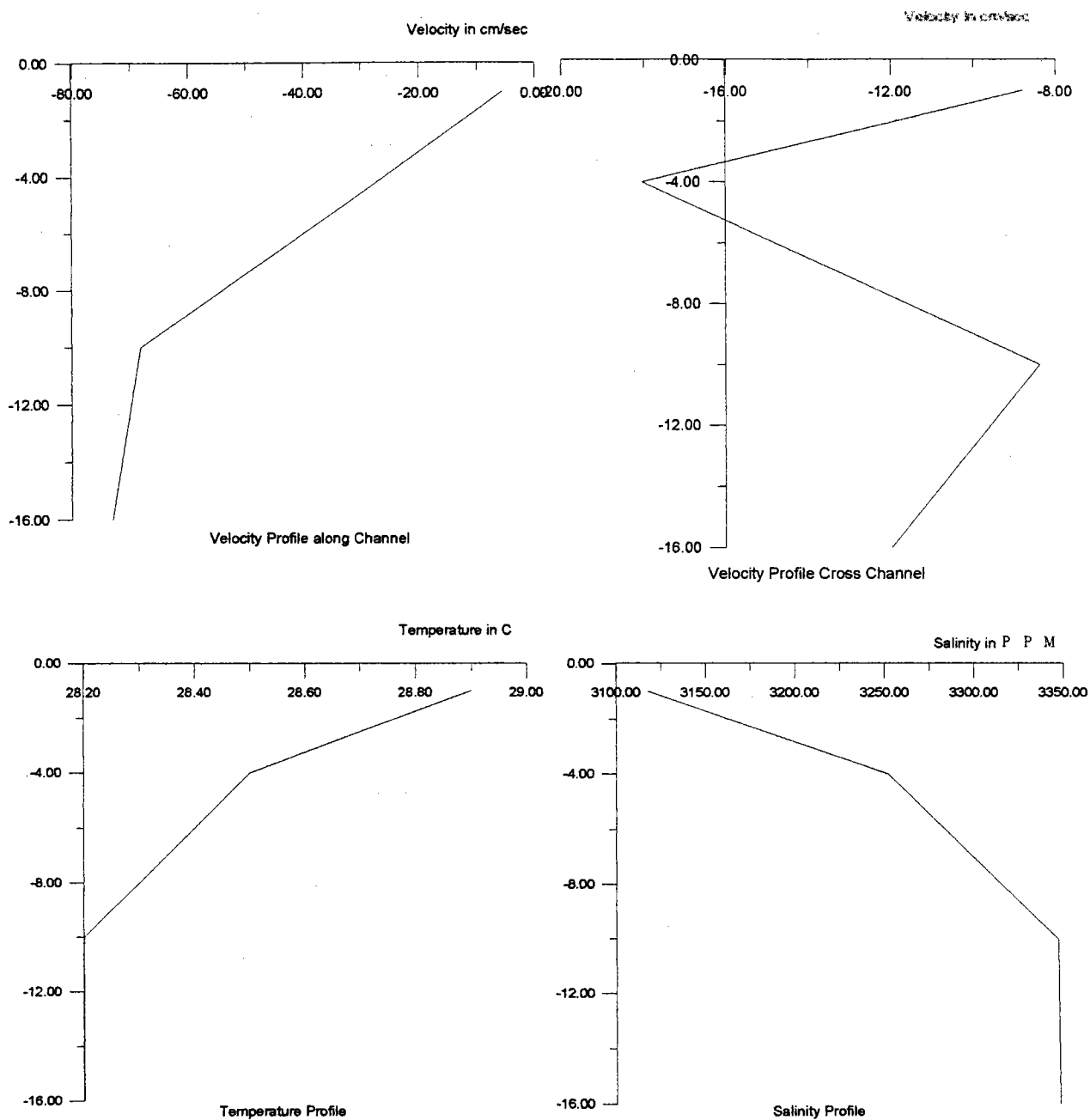


圖46 0621 09:12 外海NO:2 (一港口紅燈塔及白燈塔延長線近二港口)

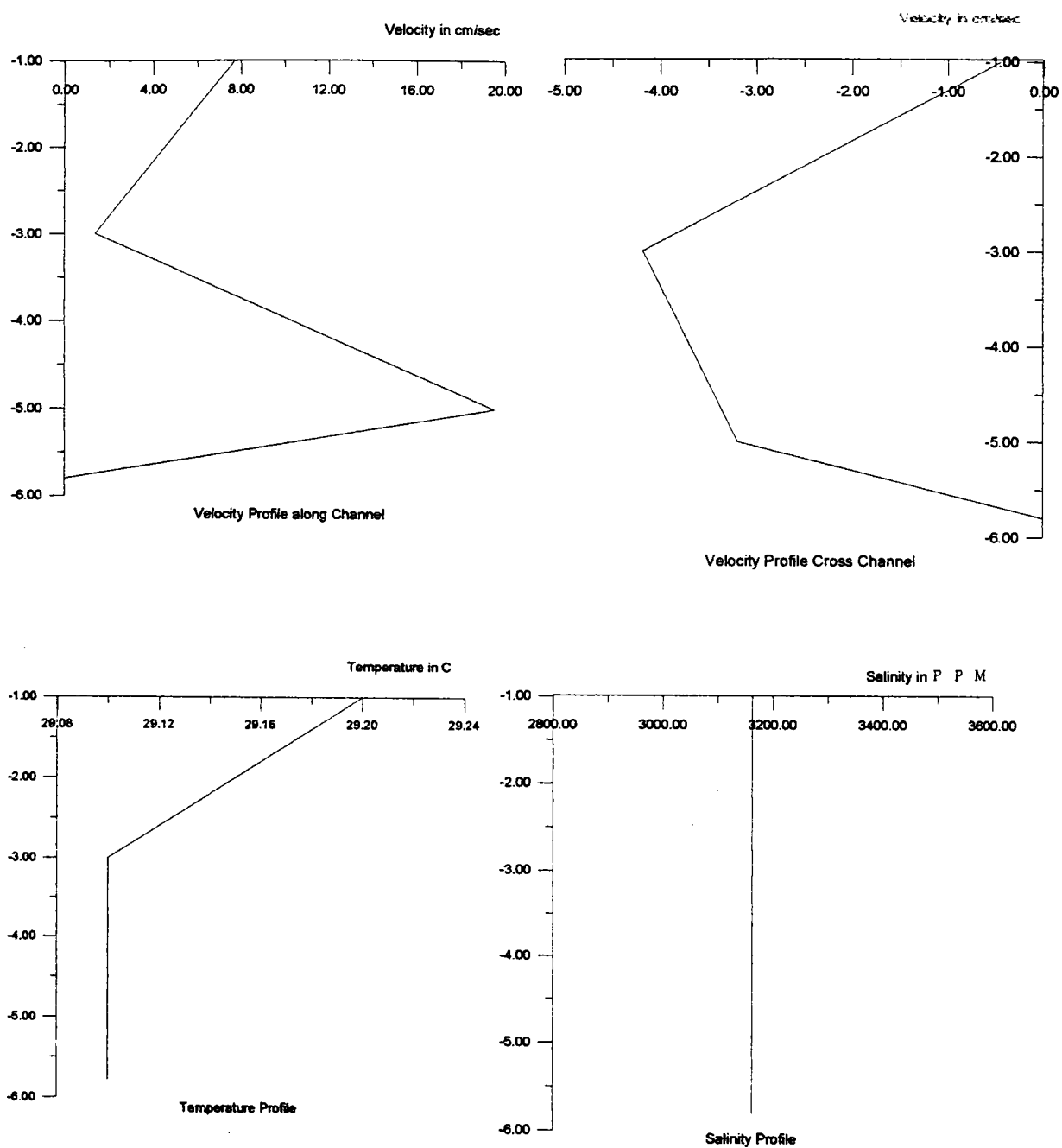


圖47 0621 09:32一港口狹水道

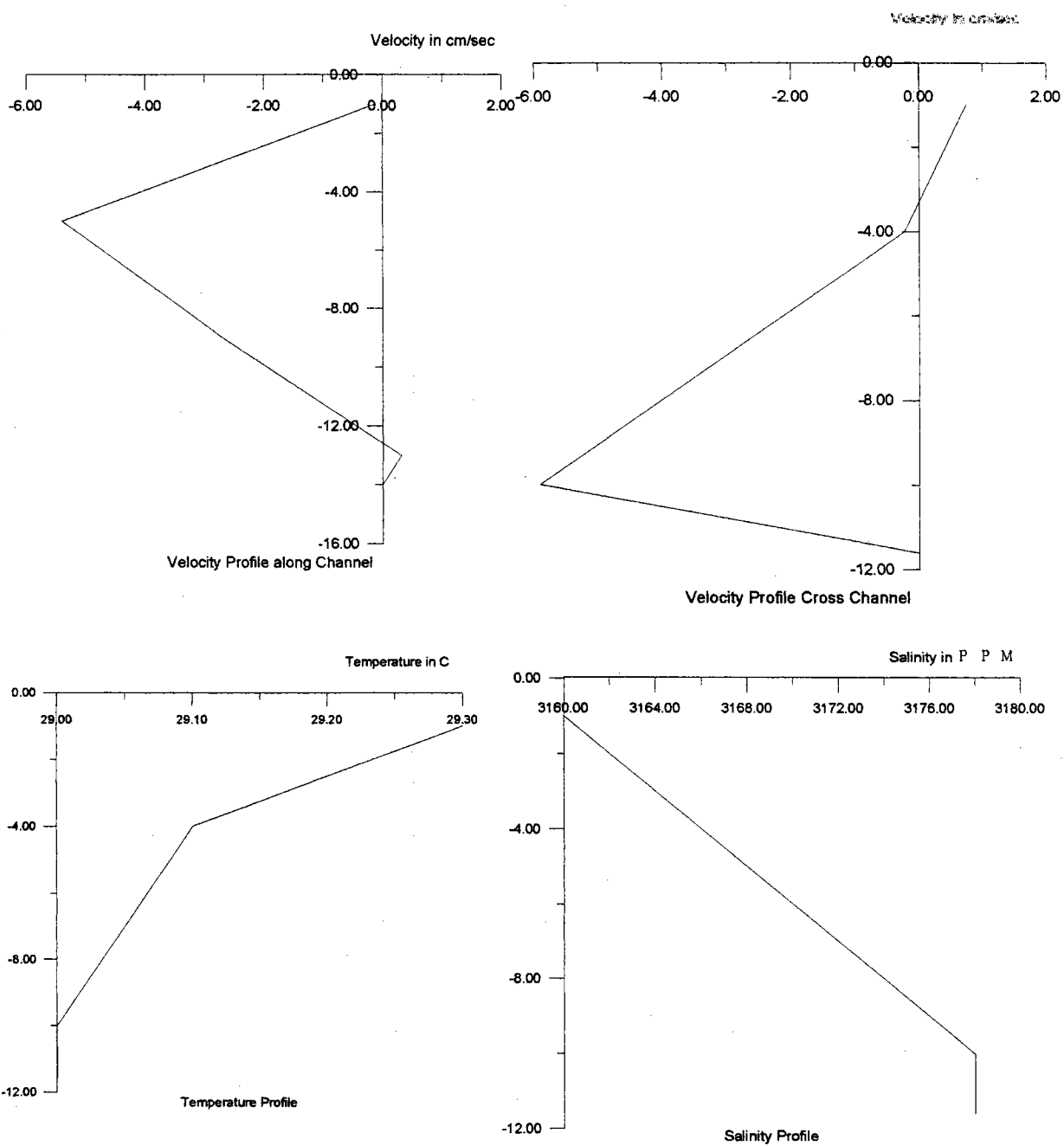


圖48 0621 09:46 一港口邊浮筒

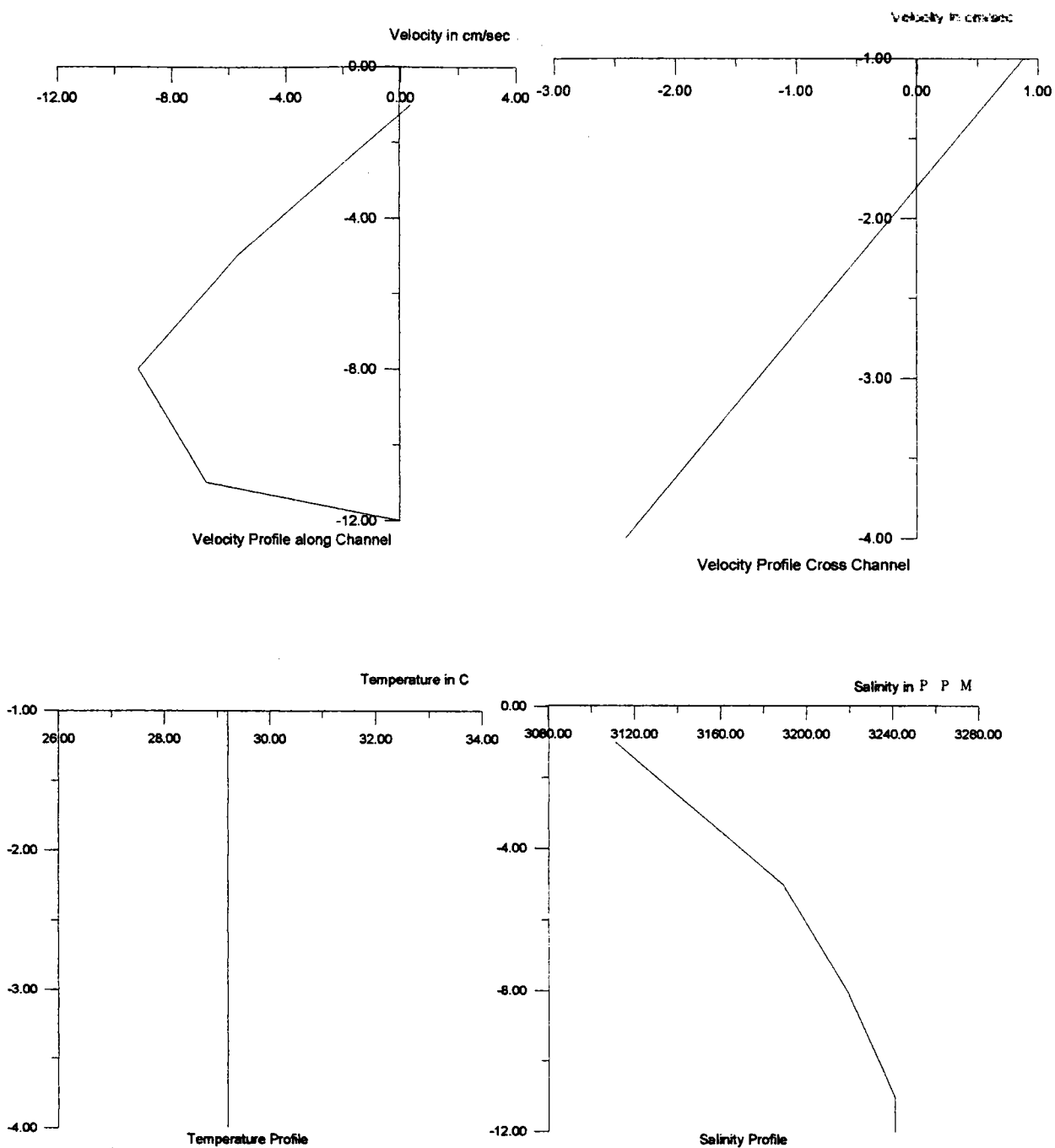


圖49 0621 09:52 一港口航道中央（船身未錨碇僅供參考）

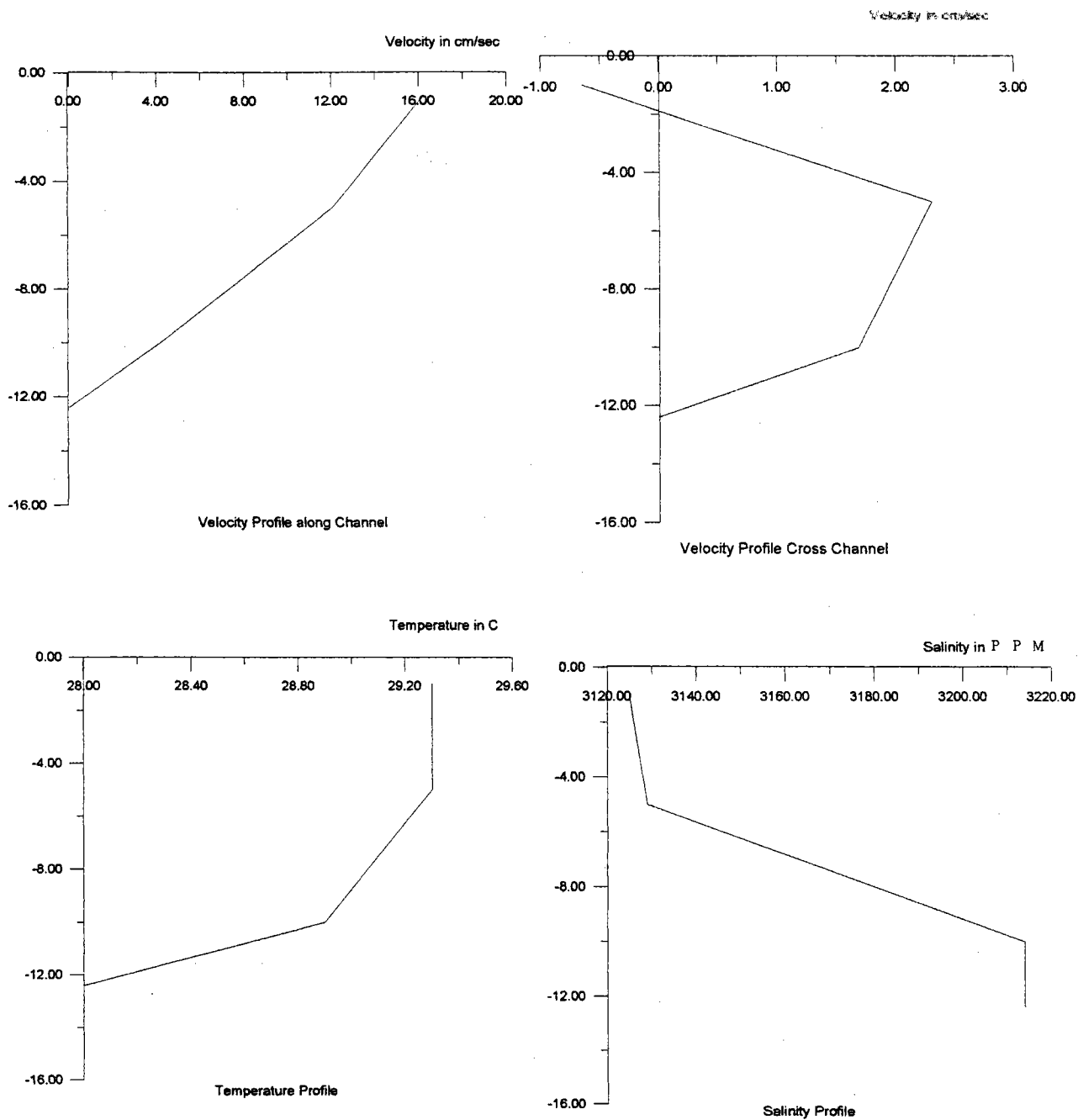


圖50 0621 10:12 43號碼頭

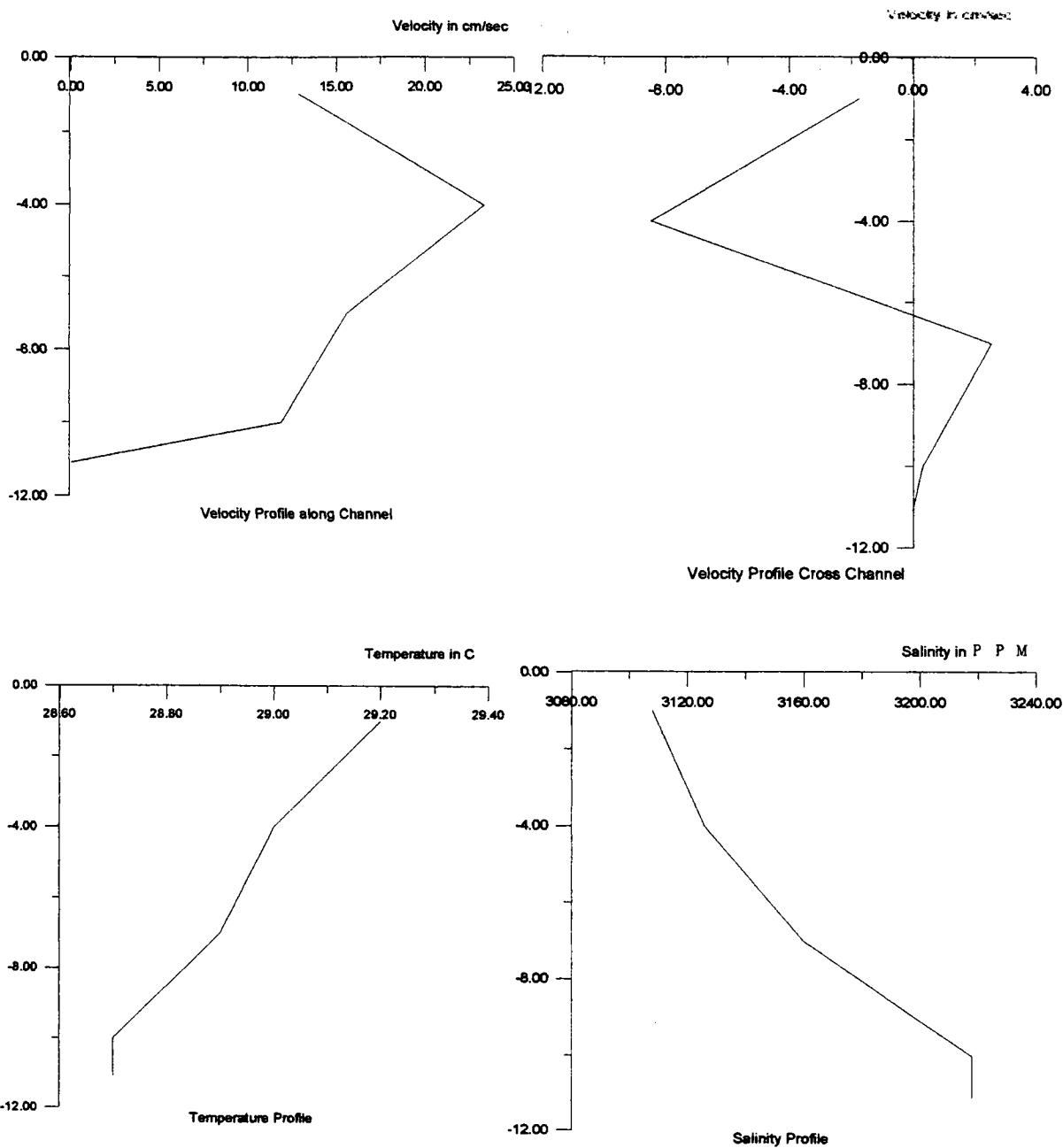


圖51 0621 10:28 50 號浮筒

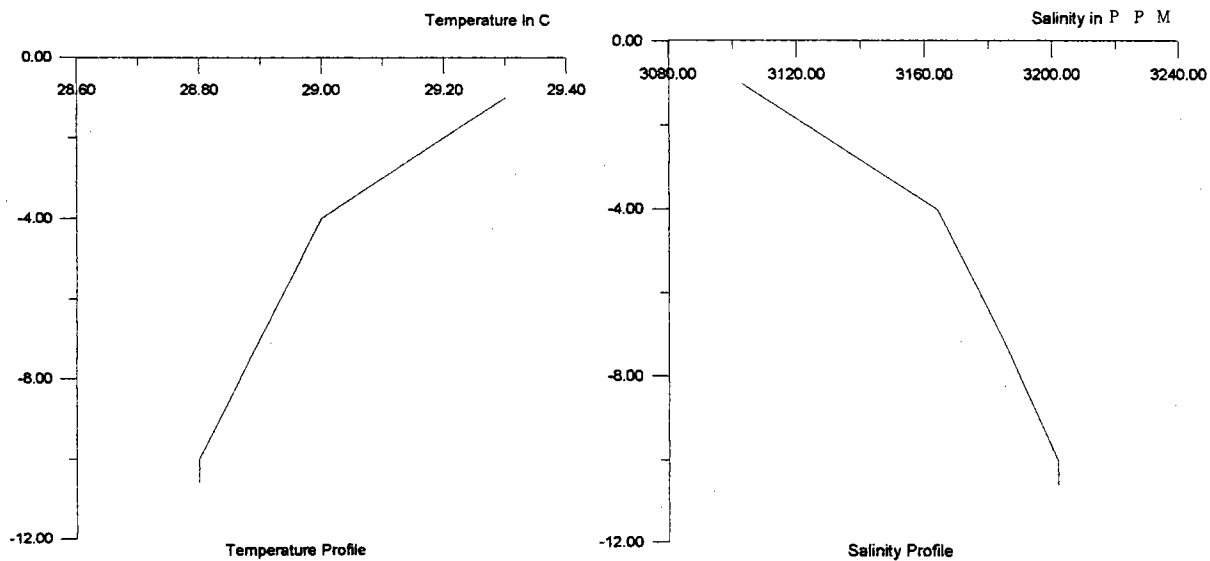
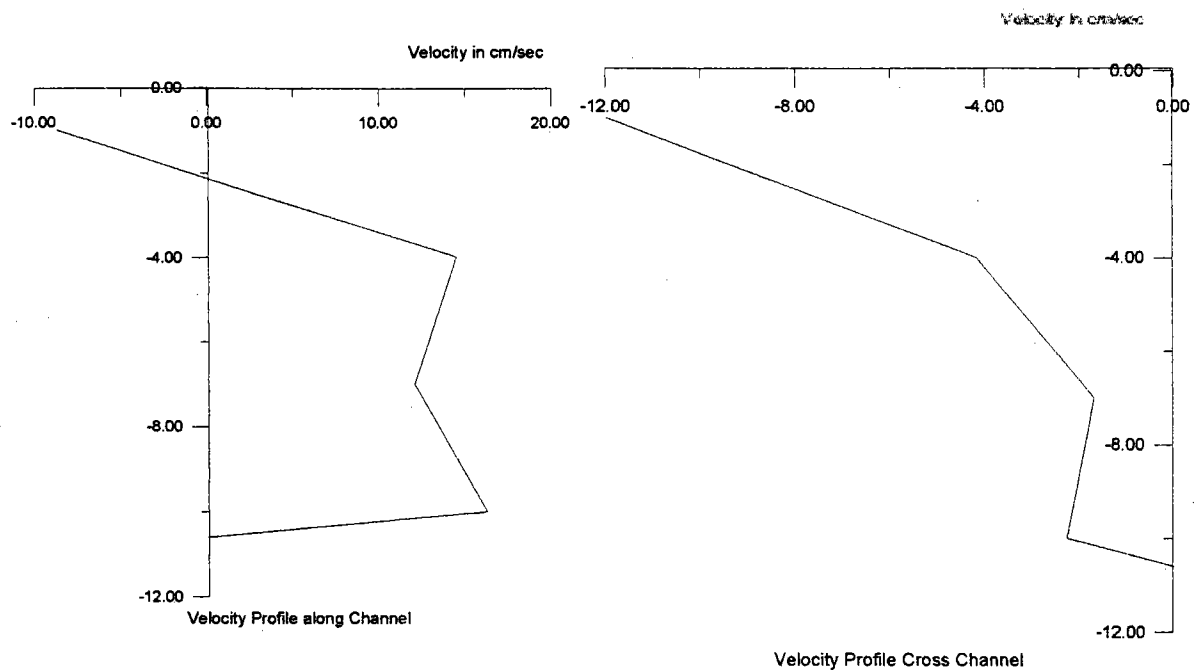


圖52 0621 10:46 55號浮筒

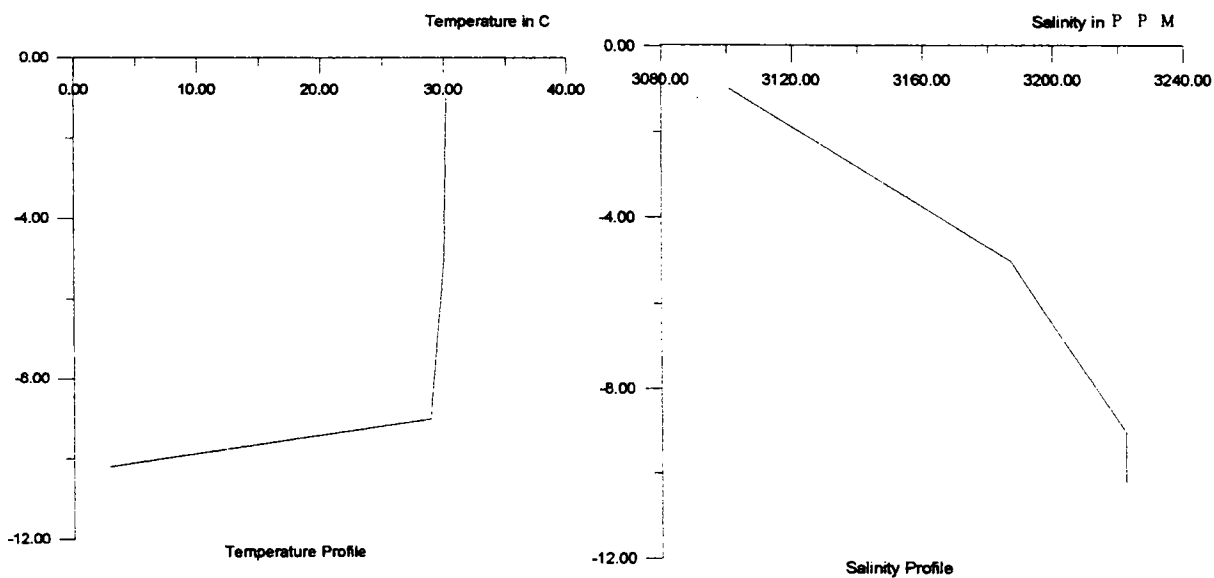
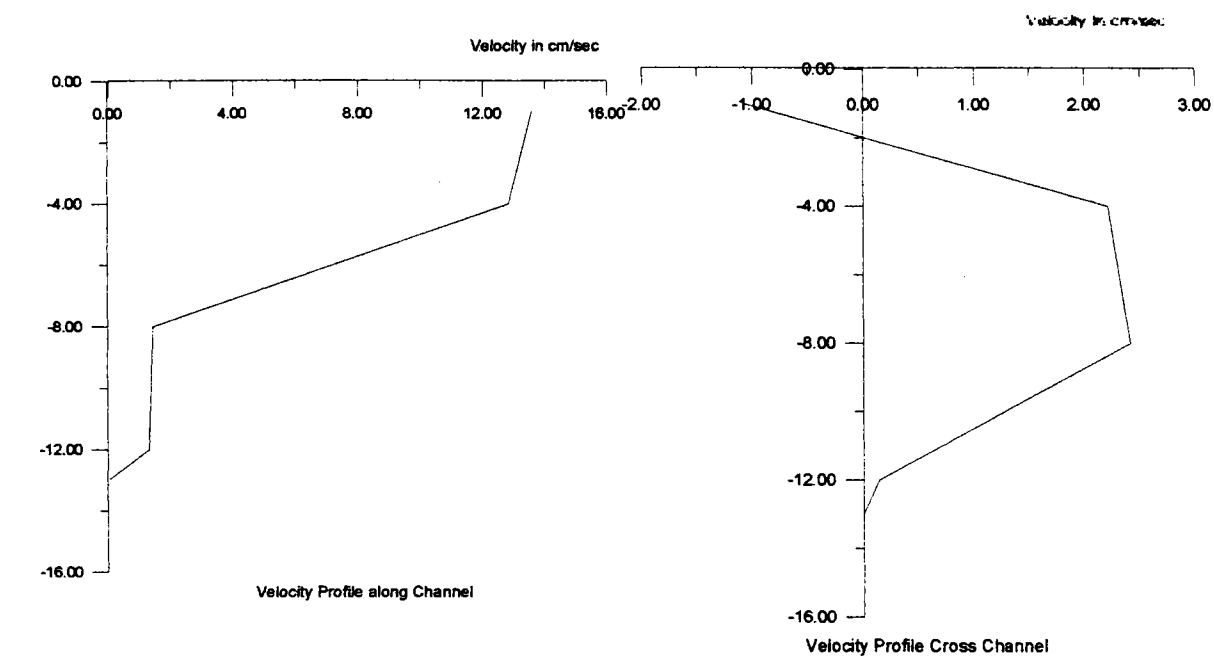


圖53 0621 11:07 61號浮筒

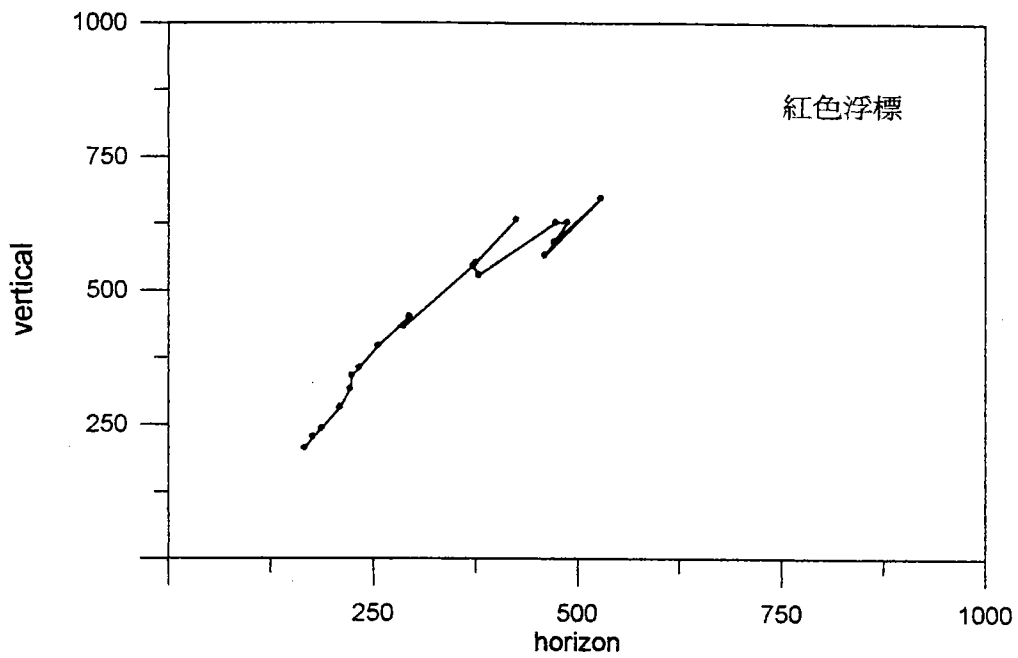


圖 54 紅色浮標行走之軌跡

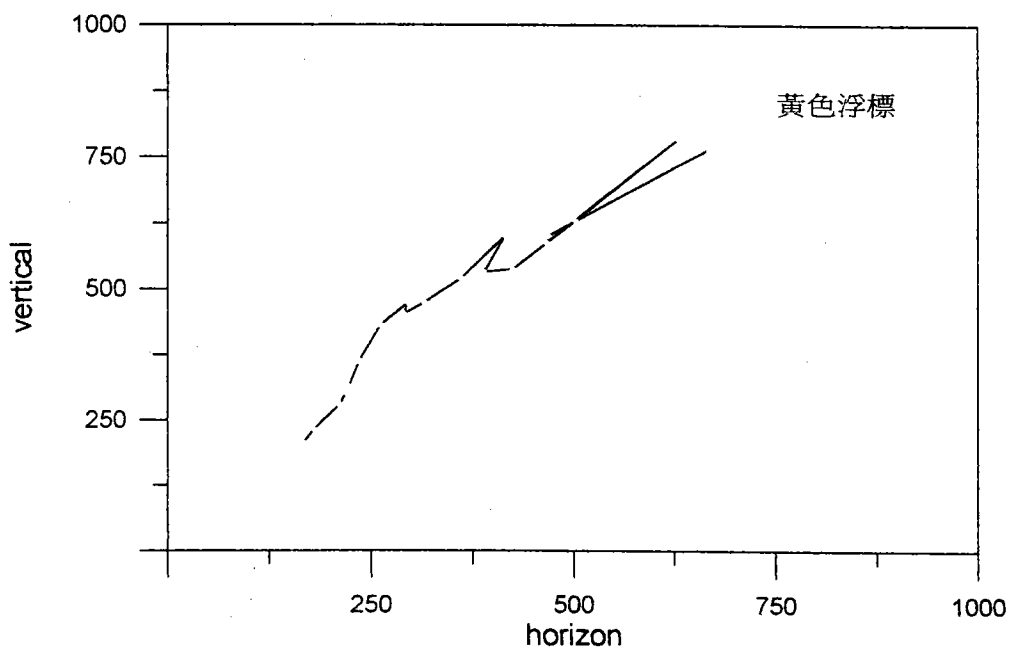


圖 55 黃色浮標行走之軌跡

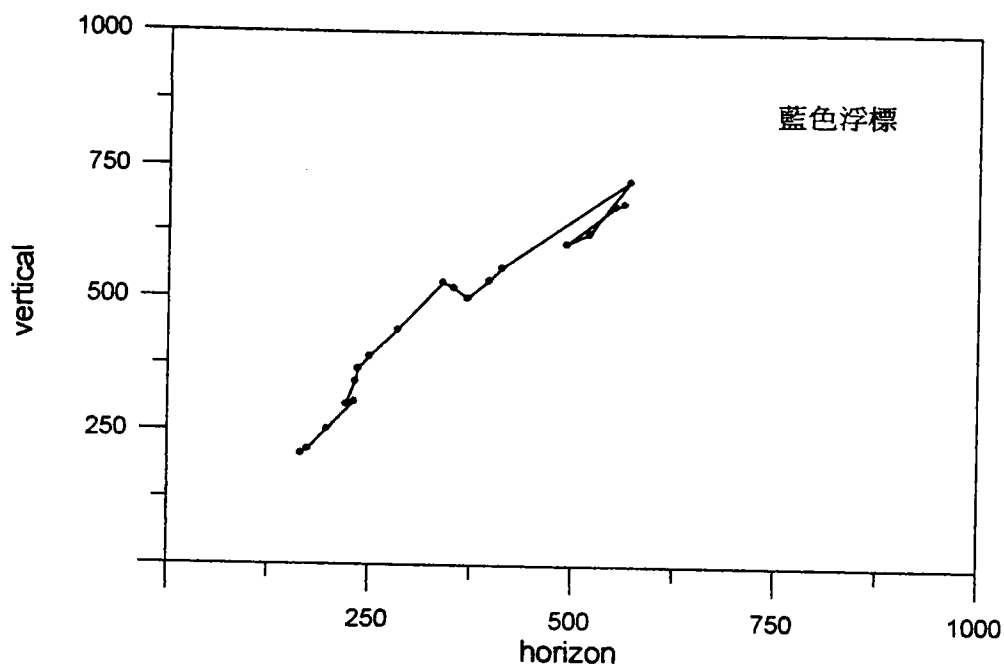


圖 56 藍色浮標行走之軌跡

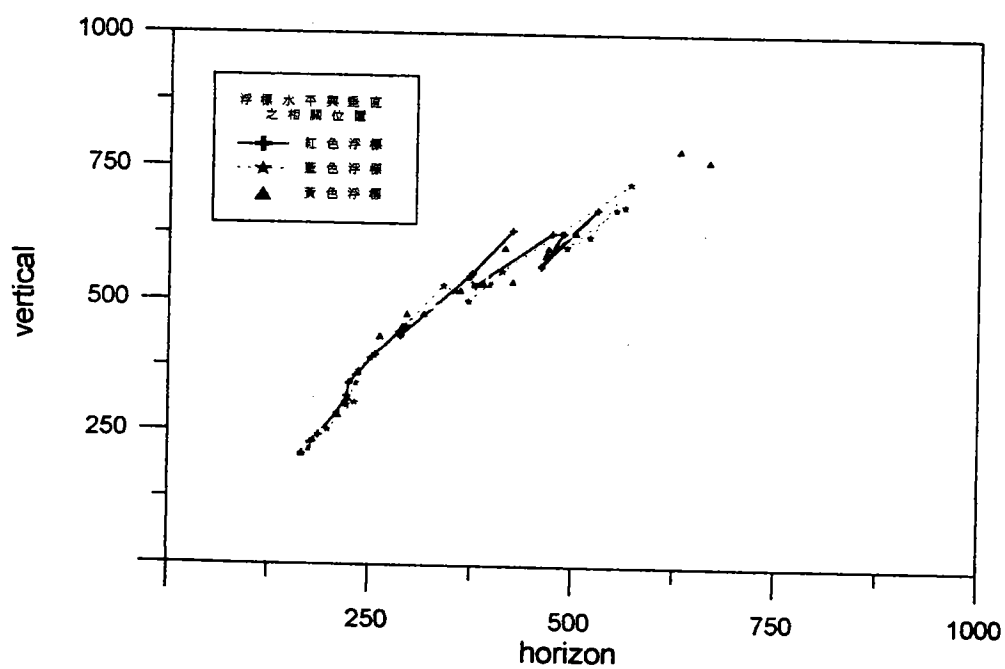


圖 57 三個浮標行走之軌跡比較

Kao-Hsiung Harbor

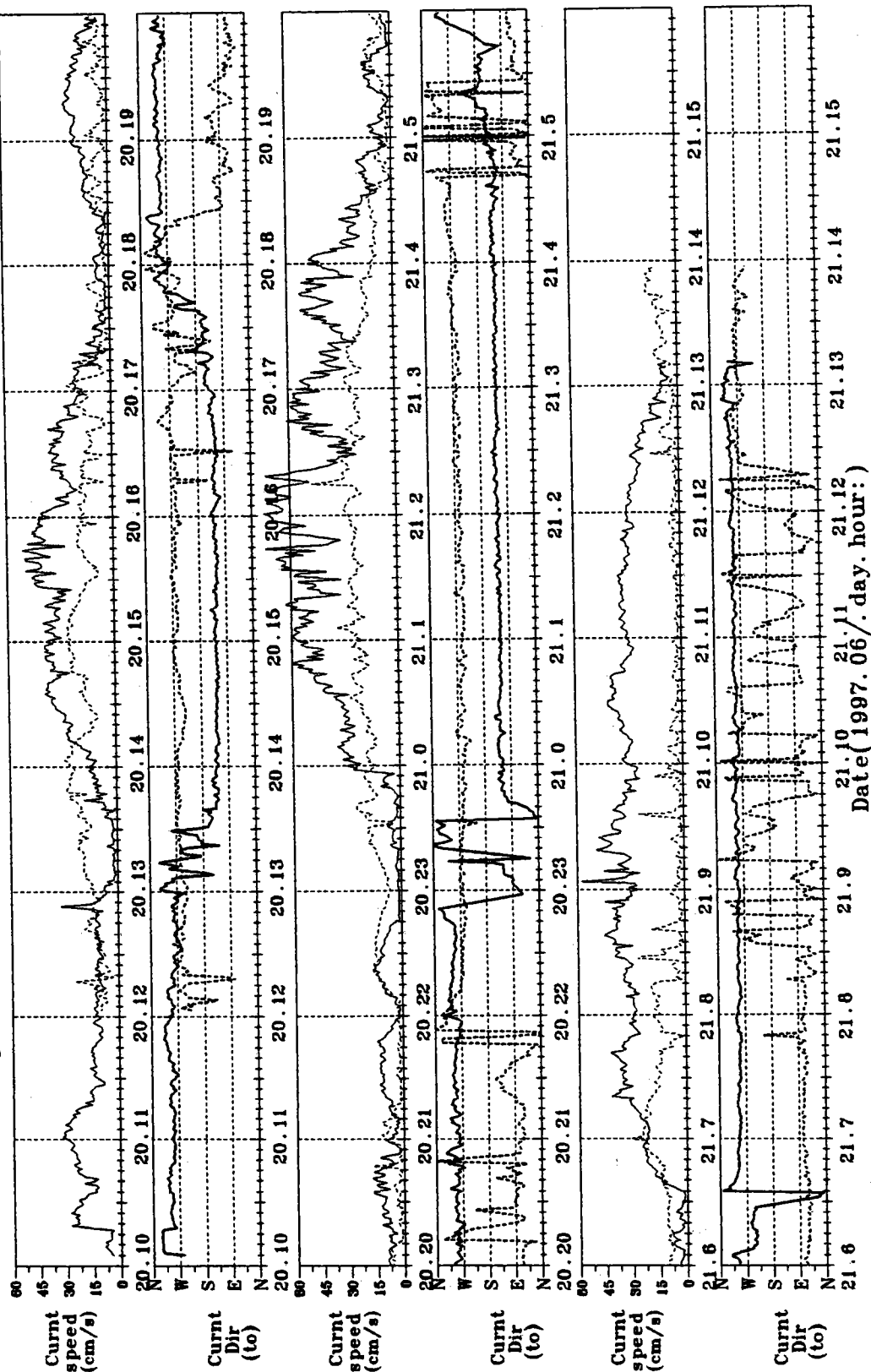


圖 58 高雄港一二港口 25Hrs 潮流觀測比較

Institute of Harbor & Marine Technology

高雄港港池水理模式研究

編輯者：蘇青和

發行人：張金機

發行所：台灣省政府交通處港灣技術研究所

打字排版：陳毓清

港灣技術研究所數學模式組

台中縣梧棲鎮臨海路 83 號

電話：(04)6564415

中華民國 86 年出版，印製 100 本，非賣品