85-研(三)-1

台灣五個國際港附近
海域海氣象調查研究

台灣省政府交通處
港灣技術研究所

台中　梧棲

中華民國八十五年六月

台灣五個國際港附近海域海氣象調查研究

計畫主持人　副研究員　曾相茂
共同主持人　所　　長　張金機
　　研究員　簡仲璟
協同主持人　助研員　吳　基
　　參與人員　楊怡芸
　　蔡瑞成
　　何炳紹
　　陳進冰
　　李江澤

各港務局參與人員

花蓮港務局	李詩鴻
蘇澳港務局	陳金水
基隆港務局	劉凡正
高雄港務局	游文在
台中港務局	吳啓東
台中港務局	尤仲卿

台灣五個國際港附近海域海氣象調查研究

總　目　錄

中文摘要..... I

壹、資料蒐集..... 1-1

貳、花蓮港附近海域海流與波浪調查與分析(VI)..... 2-1

參、台中港近海域海流與波浪調查與分析(VI)..... 3-1

參考文獻..... II

摘　　要

茲將本計畫本年度的研究工作內容摘述如下：第一章為本計畫歷年的海氣象資料蒐集，建檔情況說明。第二章為花蓮港附近海域海流與波浪調查，分別說明現場作業經過及針對颱風侵襲期間此區域的波浪特性；第三章為台中港港口擴建後台中港港口附近海流、波浪、潮汐及風調查研究，分別說明現場作業經過及其延伸公尺後北防波堤遮蔽效果：

壹、資料蒐集

一、前言

本計畫為一經常性之研究工作，除繼續辦理台灣四周有關波浪、海流、潮汐、風及颱風現場資料觀測外，並蒐集各有關單位提供之原始資料，輸入本所電腦資料庫，以建立基本標準檔；本年度工作重點包括現場觀測台中港、花蓮港附近海域波浪與海流等各項資料之收集。茲將目前資料蒐集情形敘述如后 ：

1-2 資料鍵入部份

各單位提供有關波浪、海流、潮汐、風及颱風等各項資料，大部份以電腦磁片提供或經由數據傳訊機直接傳到本所，再經本所整理後建檔在個人電腦中，目前本所已建檔有關風速風向、波浪、海流以及潮汐等各不同測站名稱與資料蒐集時間分別如表-1至表1-4。

1-3 結 語

任何港灣、海岸與海洋結構之規劃、設計施工及營運均需有長期分析之海象資料為依據。而在海洋環境中，波浪是最複雜且影響最大的自然外力。台灣地區處西太平洋亞熱帶，夏季均常處於颱風侵襲中，冬季則有強烈東北季風之吹襲，致使沿岸與海峽地區經年累月處於惡劣海象條件下。

有關台灣長期之波浪觀測除本所與各港務局合作在基隆、蘇澳、花蓮、台中及高雄等各港附近海域設有五個及時自動觀測站外，還有氣象局之鼻頭角、成功、小琉球、東吉島等四個觀測站；基隆港務局的基隆觀測站已於84年8月起開始運轉，蘇澳港觀測站在81年5月底時已故障至今。台中港觀測站自83年9月安裝後到現在都正常運轉中。另外，尚有台灣省水利局有8個驗潮站與6個氣象站對資料收集、分析有極大的貢獻，其它單位如國立成功大學、國立交通大學、國立中興大學、國立中山大學、國立海洋大學、國立高雄海專、台灣電力公司、中國石油公司、環境保護署等單位，近年來大多皆以臨時設置之觀測站做短期海象調查，以做為海岸與海洋工程設計之依據。

表 1-1　　風速、風向測站名稱及時間表

測站名稱	代號	時　　間	提供單位	備　　註
台中港	TC	1971/01-1996/06	中港局、港研所	缺 1981/01-1983/10
興達港	SD	1984/06-1985/08(IN) 1984/07-1985/03(OUT)	台電火力發電廠	內港 新港
大鵬灣	TP	1990/11-1995/06 1979/01-1984/12	高港局	新建
大武	TW	1965/01-1983/12	中央氣象局	
台東	TT	1965/01-1987/12	中央氣象局	
新港	SK	1965/01-1983/10	中央氣象局	
花蓮	HL	1965/01-1995/04	中央氣象局	缺 1991/11
鹽寮	YL	1982/01-1982/08(CC) 1982/01-1983/12(ABDE)	台電能源開發處	共有五個測站
觀音	KI	1981/12-1983/08	港研所	
澎湖	PH	1965/01-1987/12	中央氣象局	
東吉島	DG	1965/01-1987/12	中央氣象局	缺 1969/10-1970/09
彭佳嶼	PG	1965/04-1987/11	中央氣象局	
東沙	TS	1971/01-1987/12	海軍氣象中心	
南沙	NS	1971/01-1987/12	海軍氣象中心	
蘭嶼	LY	1965/01-1987/10	中央氣象局	
基隆	KL	1984/01-1995/06	中央氣象局	
蘇澳	SA	1984/01-1994/11	中央氣象局	
高雄	KS	1984/01-1995/01	中央氣象局	
梧棲	WC	1984/01-1995/06	中央氣象局	
外傘頂洲	WA	1988/01-1996/06	水利局	
鹿港	LK	1988/01/1996/06	水利局	
後安寮	AL	1988/01/1996/06	水利局	
塭港	WK	1988/01/1996/06	水利局	
曾文	TW	1992/05/1996/06	水利局	

表 1-2　　波浪測站名稱及時間表

測站名稱	代號	時　　間	提供單位	備　　註
台中港	TC	1971/0712-1977/1215 1981/1108-1981/1204 1986/1202-1987/0107 1988/0311-1988/0420 1987/0306-1987/0324 1989/0823-1989/0918 1989/1108-1989/1206 1994/10-1996/05	中港局 港研所	缺 1973/0521-1973/0912 1973/1024-1973/1207 1974/1201-1974/1231 1975/1101-1976/0304 1976/0722-1976/1002 1976/1110-1977/0630 1977/0929-1977/1107
興達港	SD	1984/06-1992/06	港研所	缺 1985/06
大鵬灣	TP	1990/11-1994/02 1978/09-1984/12	高港局	缺 1995/03-1995/07
新港	SK	1980/06-1995/06	中央氣象局	缺 1981/10 1983/01-1083/12 1984/10-1985/11
鹽寮	YL	1982/04-1983/03	台電	
觀音	KI	1981/12-1984/06	港研所	缺 1982/10-1983/04 1984/02-1984/04
蘇澳	SA	1984/07-1984/10 1986/07 1986/0908-1986/1102(IN) 1986/0418-1986/1207(OUT) 1987/0610-1987/0715(IN) 1987/0101-1987/0204(OUT) 1987/0610-1987/0715(OUT) 1987/0701-1988/0531(IN) 1987/0701-1987/1023(OUT)	蘇澳港分局 港研所	
基隆港	KL	1983/06-1990/04 1987/0710-1987/0919 1988/0308-1990/09 1995/08-1996/06	基隆港務局 港研所	缺 1983/08 1983/10-11

表 1-2（續）　波浪測站名稱及時間表

鼻頭角	BT	1980/10-1996/06	中央氣象局	缺 1982/07 1983/11 1984/03-06 1984/08-11
花蓮港	HL	1984/06-1984/09 1988/0122-1988/0129 1989/1229-1996/06	港研所	缺 1984/08
東吉島	DG	1977/12 1981/07-1996/06	中央氣象局	缺 1986/06-1985/01 1985/08
小琉球	LC	1977/01-1996/06	中央氣象局	缺 1978/02 1978/07-08 1980/08-09 1981/05-10 1982/01-04 1983/01-12 1985/07-08
外傘頂洲	WA	1990/11-1991/03 1989/0909-1989/1130 1989/0131-1989/0330	港研所	

表 1-3　海流測站名稱及時間表

測站名稱	代號	時　　間	提供單位	備　　註
台中港	TC	1981/11-1981/12	中港局	RCM-4 海流儀
		1982/04-1982/05	港研所	
		1982/08		
		1983/03		
		1985/12-1986/01		
		1986/03-1986/04		
		1986/12-1987/03		
		1988/0311-1988/0427		RCM-7 海流儀
		1992/01-1992/03		RCM-7 海流儀
		1994/10-1996/03		RCM-7 海流儀
興達港	SD	1984/08-1985/11	港研所	
紅柴	HT	1982/12	港研所	
		1984/02-1984/11		
蘇澳港	SA	1986/09-1986/11	港研所	RCM-2 海流儀
觀　音	YA	1982/02-1982/05	港研所	RCM-4 海流儀
(永安)		1983/05-1994/06		
蘭嶼	LY	1982/06	港研所	
花蓮港	HL	1989/1229-1990/0108	港研所	
		1990/0323-1995/06		
外傘頂洲	WA	1989/0301-1989/0330	港研所	

表 1-4　　潮汐測站名稱及時間表

測站名稱	代號	時　　間	提供單位	備　　註
台中港	TC	1971/03-1996/06	中港局、港研所	缺 1976/08-1977/04
興達港	SD	1984/06-1985/11	台電火力發電廠	缺 1984/08
高雄港	KS10 KS02	1971/01-1996/05 1988/01-1996/05	高港局	
花蓮	HL	1976/01-1994/01 1994/07-1995/06	中央氣象局 港研所	缺 1981/01-1983/12
蘇澳	SA	1981/01/1993/10	中央氣象局	
基隆	KL	1986/01-1995/08	中央氣象局	
永安	YA	1982/04-1984/03	港研所	缺 1983/01-03
塭港	WK	1988/01/1996/06	水利局	
三條崙	SL	1988/01-1995/04	水利局	
將軍	JJ	1988/01-1996/06	水利局	1993/09-1994/04
竹圍	CW	1988/01-1994/04	水利局	
芳苑	FU	1988/01-1996/06	水利局	
富岡	FK	1988/01-1996/06	水利局	
蟳廣嘴	KT	1988/01-1996/06	水利局	缺 1994/01

貳、花蓮港附近海域海流與波浪之調查與分析(VI)

目　錄

中文摘要 2-1

一、前言 2-2

二、現場作業概況..... 2-3

三、海流基本資料分析與特性..... 2-5

四、波浪基本資料分析與特性..... 2-6

五、颱風侵襲期間港外、港內波浪能譜分析..... 2-12

六、颱風波浪與船隻碇泊關係..... 2-15

七、討論與結論..... 2-18

附表..... 2-20

附圖..... 2-30

附錄 A-花蓮港波浪觀測站 ST.2 測站 1995 年 1 月至 1996 年 5 月間每個月的波高週期逐時變化圖　A-1

附錄 B- 波浪 $H_{1/3}$ 與 $T_{1/3}$ 聯合分佈統計表　B-1

附錄 C- 颱風在花蓮港港內、港外波浪能量集中週期比較表　C-1

貳、花蓮港附近海域海流與波浪之調查與分析(VI)

摘　　要

花蓮港位於台灣東岸每年夏天遭受菲律賓東方海面颱風波浪威脅。為進一步了解港池水力環境作為改善颱風波浪所造成港池不穩靜現象，本研究分別在花蓮港外海及港池內安裝波高計，同步測取颱風期間波浪資料。本報告分析實測波浪資料，比較港內、外波浪能譜結果顯示，外海短週期能峰密度經過防波堤遮蔽後在港內已經大幅減小，但是長週期波浪能量密度卻反而增加上百倍。同時間港外與港內水位變化圖可以很清楚的印證港內長週期能量增加。本文最後描述港外波浪與港內船隻碇泊，甚至往外海疏散情形。

一、前言

花蓮港位於台灣東部海岸，經過四期擴建後擁有 25 座碼頭，佈置如圖 1 所示，港池成簡單之漏斗型，長達四千五百多公尺，港口朝南，岸壁缺乏消波設施。每年夏季受太平洋颱風波浪直接侵襲，常造成港內船隻無法裝卸、碇泊，甚至可能發生斷纜而必需往外海疏散。民國 79 年 6 月 22 日遭受中度颱風(強烈轉中度)歐菲莉直接侵襲，路徑如圖 2 ，統計波浪延時變化圖如圖 3 ，實測波浪頻譜如圖 4 ，颱風登陸前約一小時外海測得最大波高超過 20m ，最大示性波高超過 13m ，造成港內碇泊船隻斷纜並撞毀碼頭設施，也使航經該港外錨泊於南濱海岸避難船隻擱淺斷裂等重大災難。

花蓮港除颱風直接侵襲造成災難外，也可能受菲律賓東方海面形成之遠洋颱風威脅。81 年 11 月在菲律賓東方海面艾爾西、漢特及蓋伊三個颱風，路徑如圖 5 至 7 。三個颱風中心距離花蓮港均在 1000km 以上，甚至超過 2000km ，氣象局尚未發佈海上颱風警報，但花蓮港卻受湧浪侵襲，雖然，港內波高並非太大，但船隻仍需往外海疏散，留港船隻甚至發生斷纜現象。

民國 79 年歐菲莉颱風與 81 年艾爾西、漢特及蓋伊颱風，本所雖測得相當完整之花蓮外海波浪，但卻缺乏港內波浪資料，無法進一步研析造成船隻無法碇泊之港池動力機制。為了解花蓮港在颱風波浪作用下，港池動力特性，作為改善港灣佈置之依據。本基本研究計畫與本所受花蓮港務局委託在颱風侵襲期間同步進行港外、港內波浪調查研究期限兩年，本報告所涵蓋之範圍系本所開始在花蓮港進行現場海氣象調查，即民國 83 年 7 月起至 85 年 5 月底止所觀測之所有海象及氣象資料，上述各觀測站之地理位置請見圖 8 ，本文謹就初步調查分析結果提出報告，期盼往後能再深入分析以了解造成不穩靜之力學機制。

二、現場作業概況

為量測颱風期間花蓮港內、外波浪資料，本所自 79 年 1 月起進行現場海象調查計畫，並自 83 年 7 月起展開港內與港外之現場調查，儀器佈置如圖 9 至圖 15 。茲分別就港外、港內觀測概況介紹如下：

2.1 港外波浪觀測

港外波浪觀測站由原來 78 年 12 月 28 日至 82 年 3 月底使用浮球式波浪儀從 ST.1 移至 ST.2 ，並且更改使用 Datawell 公司出品之浮球式方向型波浪儀(Directional Waverider)，每小時紀錄 20min 原始波浪資料，取樣頻率為 1.28Hz ，此外在波浪儀旁安裝流速儀同時測取流速。觀測期間波浪儀因受提姆颱風巨浪拍擊，錨碇系統斷裂，浮球被沖至岸邊嚴重受損。 ST.2 站之波浪儀損毀期間，曾在 ST.5 安裝臨時性波浪儀，測取波浪，但僅維持十天受凱特琳颱風波浪侵襲造成故障。隨後 8 月 16 日重新在 ST.2 安裝浮球式方向型波浪儀，順利測得接續而來的三個颱風波浪資料。此外港口附近 ST.5 在 83 年 7 月 5 日同時安裝一具壓力式波浪儀，但提姆颱風過境後經過十個月的尋找終於在 84 年 4 月找回，幸好儀器一切正常，記錄內存有非常完整之五個颱風(提姆、凱特琳、道格、弗雷特、葛拉絲颱風)的波浪資料。

2.2 港內波浪觀測

颱風期間為測取港內波浪資料，分別在#8 、#10 、#17 及#22 碼頭前使用壓力式波浪儀紀錄短期波浪資料，並在內航道量測流速。港內波浪每

小時紀錄 34min(2048sec)，取樣頻率為 1Hz 。83 年夏季共發生提姆、凱特琳、道格、弗雷特、葛拉絲、及席斯六個颱風侵襲台灣；84 年僅有從台灣南部穿越巴士海峽繼而從香港登陸的肯特颱風。茲就颱風期間各測站波浪量測情形整理如表 1 。

2.3 海流觀測

作業期間內，海流觀測使用挪威 AANDERAA 公司之 RCM-7 型海流儀，潮位觀測則使用美國 PACER 公司之 10688(A)/WTG 型之潮波儀。觀測期間儀器均能順利收回並無重大損失，至於資料回收情形則除了部份記錄因資料記憶體不穩，而無法使用外，其餘均完全正常(請見表 2)。

2.4 風速、風向觀測

風場之觀測係使用日本海上電機株式會社出品的 WA-200 型超音波風速儀，觀測期間在 83 年 6 月 22 日起至 8 月 20 日故障外，其餘均正常運作。(詳見表 2)。

三、海流基本資料分析與特性

現場調查作業使用的海流儀為挪威公司出品的RCM-7。記錄方式為將資料直接儲存在記憶體內，取樣間隔定為10分鐘，儀器收回後經READER 2995由傳入個人電腦中，再進行過濾，初步檢查資料品質，修正謬誤數值，篩選不良記錄後，經整理分析後得到海流之10分鐘平均、一小時平均、低通數值過濾後， 整理資料得

- 流速與流向之聯合機率分佈。
- 海流逐時變化圖。
- 海流累進向量圖。
- 能譜分析圖。
- 聯合機率直方圖。

表3代表海潮流調查之流速、流向之聯合機率分佈統計表。圖8代表花蓮港測站之海流累進向量圖。根據這些基本統計圖顯示，花蓮港測站主要是以長週期海流以及潮流所組合而成，由統計直方圖顯示流向分佈呈雙峰，其主軸為NNE， 而副軸為SW。由累進向量圖更可以看出花蓮港測站海流主要是沿著北北東(NNE) 方向附近運動，以上結果可知本區海域之海潮流與沿岸平行。由圖9代表ST.4站與圖10代表ST.5站可看出完全受地形導引沿著建築物而流動。

為了瞭解海潮流和潮汐之主要成份週期，對一小時間隔之資料作能譜分析，圖 11 為花蓮港測站之海流流速能譜圖。由能譜分析結果可知在頻率 0.0391CPH(週期 25.58 小時)、 0.0781 ～ 0.0859CPH(週期 12.81 ～ 11.64 小時)、 0.1250CPH(週期 8 小時)、 0.1641CPH(週期 6.09 小時)等四處呈現非常顯著的尖峰值。綜觀能譜圖，可見此地區的海流主要以半日潮流(頻率 0.0781 ～ 0.0859CPH)為主，顯示出有明顯的複合潮流產生。

四、波浪基本資料分析與特性

現場調查作業港內使用美國製PACER 10688與WOODS HOLD SP2200型壓力式波浪儀，取樣間隔1小時，記錄分鐘，記錄到的資料每1秒一次。收回之儀器由RS 232直接輸入個人電腦重新加權後之結果再加以分析；港外使用荷蘭製DATAWELL WAVERIDER浮球式波向波浪儀，其由加速度變化訊號轉換成水位變化，再以無線電方式傳送到接收站之接收機，再由RS 232直接輸入個人電腦硬碟中儲存。記錄上係每間隔2小時記錄20分鐘，每0.78125秒取樣一次收取波浪的水位變化，所以共有1536個資料經整理分析後取得：

- 波浪$H_{1/3}$與$T_{1/3}$聯合分佈統計表。
- 波浪之波高與週期H_{max}、T_{max}、$H_{1/3}$、$T_{1/3}$、H_{ave}、T_{ave}逐時變化圖。
- 波浪$H_{1/3}$與$T_{1/3}$聯合機率分佈直方表。
- 波浪能譜圖。

4.1 波浪特性

附錄A為1995年1月至1996年5月間在花蓮港測站每個月的波高週期逐時變化圖；附錄B為上述期間的波浪之波高$H_{1/3}$與$T_{1/3}$聯合機率分佈直方表，由這些基本統計表與圖再配合附錄C中之波浪能量集中週期表，可以看出波浪變化情形與颱風大小與路徑變化息息相關。從每年6月至8月可以看出基本上是颱風侵襲台灣附近的型態，11月至翌年3月是東北季風盛行的型態，4月、5月有明顯的季節風更替現象，這些都反應在實測波高變化上。

如圖12所示，發生於1994年7月10日20時10分之提姆颱風(詳見路徑圖13) 從台灣東部花蓮縣秀姑巒溪口登陸前所記錄之波浪資料，實測波高$H_{1/3}$為10.01公尺，應之週期$T_{1/3}$為14.1秒，1994年8月3日18時15分之輕度颱風凱特琳(路徑詳見圖14)登陸花蓮縣秀姑巒溪口前時所記錄到的波浪資料，實測波高$H_{1/3}$為4.38公尺，對應之週期$T_{1/3}$為12.3秒。圖15所示1994年8月20日之弗雷特颱風(路徑詳見圖16) 從台灣東部海面緩慢北上掠過北部海面進入大陸浙江省陸地期間時所記錄到之波浪資料，實測波高$H_{1/3}$為7.29公尺，對應之週期$T_{1/3}$為13.8秒。圖17所示，1994年8月31日之葛拉絲颱風(路徑詳見圖18)，雖然是輕度颱風，但一直向花蓮港逼進，最後稍為偏北於9月1日清晨在蘇澳港南邊登陸，其實測波高$H_{1/3}$為6.76公尺，$T_{1/3}$為13.7秒。圖19所示，1994年10月8日之席斯颱風(路徑詳見圖20)在距離台灣南部300～400公里左右已形成強烈颱風邊緣，幸好路徑一直都保持距離台灣東部300公里左右北上而過，實測波高$H_{1/3}$為7.91公尺，週期$T_{1/3}$為13.5秒。84年8月29日之肯颱風(路徑詳見圖21)由輕度轉中度，但一直朝西北西方向通過巴士海峽最後在香港登陸。圖22所示；發生於8月30日時實測波高$H_{1/3}$為6.29公尺，週期$T_{1/3}$為12.4秒(8月30日18時)。83年度之觀測期間共計六個颱風，84年度有一個颱風歸納出的主要波浪事件分別列於表4內。

4-2 颱風波浪資料分析

4-2-1 1994 年颱風波浪的特性

1994 年到 10 月為止，中央氣象局共發佈了六個颱風警報，第一號提姆颱風(TIM)與第二號凱特琳颱風(KAITLIN)都是從台灣東部花蓮縣秀姑巒溪口登陸後由台中附近出海；第三號道格颱風(DOUG)、第四號弗雷特颱風(FRED)等二個颱風都是由東部近海北上掠過台灣北部海面，第五號葛拉絲颱風(GLADYS)由蘇澳登陸；第六號席斯颱風(SWTH)則與台灣東部一直保持 300 公里左右距離北上而過。連續前五個颱風對台灣的殺傷力強，花蓮港遭今年首度佈警告的強烈颱風提姆侵襲時，東防波堤破壞嚴重。中央氣象局未發佈海上、上颱風警報時，花蓮港即已先受到湧浪之侵襲，造成港內船隻無法靠泊裝卸，甚至生斷纜現象。本計畫總共收集到六個颱風之路徑及中心位置、中心氣壓、中央最大風速、暴風半徑等資料。分別敘述如下：

(1) 提姆颱風

1994年7月7日還只是一個熱帶性低氣壓，兩天內不僅增強為中度颱風，並且來勢洶洶的如旋風般快襲至南台灣，9日又增強為強烈颱風後，10日晚時分由花蓮縣秀姑巒溪口登陸，約在日凌晨時從台中出海。花蓮港遭強烈颱風侵襲時，正逢農歷初二亦是大潮之滿潮(19時分)時附近登陸，海水高漲，狂風怒濤猛襲東防波堤的新堤段(波向約120°～130°)有近六百公尺的胸牆破損(詳見照片L-2)，港內東砂一號運砂船在第10號碼頭斷纜後漂盪，險象環生，本所觀測站(ST.2)之浮球式波向波浪儀在時分量測之 H_{max} 15.95公尺、T_{max} 13.7秒，有義波高 $H_{1/3}$ 10.01公尺、$T_{1/3}$ 14.1秒，資訊傳回後亦脫離錨碇系統隨浪漂流至岸邊，嚴重

毀損不堪使用。圖23是花蓮港ST.2觀測站所量測到提姆颱風在登陸前產生波浪連續變化壓力之能譜圖。

(2) 凱特琳颱風

輕度颱風凱特琳來去匆匆，8月3日在台灣警戒區域內即台灣東南部近海正式發展為颱風後，當天晚上6時15分已於花蓮縣秀姑巒溪口登陸，4日凌晨從台中附近出海偏北進行通過台灣海峽後進入大陸。台灣地區於8月4日～5日受到凱特琳外圍環流所狹帶的西南氣流豐沛降雨，各地都有陣雨，但花蓮附近海面因受到陸地保護影響不很大。本所暫時安裝在觀測站(ST.5)傳回之浮球式波向波浪儀在8月3日15時15分量測之H_{max} 10.85公尺、T_{max} 28.3秒，有義波$H_{1/3}$ 4.38公尺、$H_{1/3}$ 12.3秒;資料傳回後儀器故障，資訊隨即中斷。

(3) 道格颱風

8月4日輕度颱風凱特琳已遠離台灣地區，但尾隨而至並遙指台灣地區而來的道格颱風在4日早上8時已發展成中度颱風，7日增強為強烈颱風後，沿著台東海岸，由南向北通過台灣東北角的路徑前進，道格颱風過境時，在花蓮港附近海域掀起滔天巨浪，沖毀南濱海堤階梯。但因海上天氣不佳本所人員來不及重新修復與安裝儀器，所以道格颱風期間都沒有實測之資料。

(4) 弗雷特颱風

8月16日在關島北方發展成形的輕度颱風弗雷特，向台灣地區接近，18日已增強為強烈颱風後繼續向西北西行進，但是在19日受到地形及導引氣流的影響，前進路線蛇行不定，刁鑽的弗雷

特不僅行徑飄忽，且速度比預期的慢，在21日清晨4～6時左右通過東北部外海， 20日下午撲進花蓮地區海域引起巨浪，造成花蓮港東防波堤舊堤段損壞多處。實測波高在8月20日清晨5時14分之H_{max} 11.99公尺、T_{max} 14.4秒;有義波高$H_{1/3}$ 7.29公尺、$T_{1/3}$ 13.8秒。圖24為弗雷特颱風侵襲前後在花蓮港ST.2觀測站產生波浪連續變化壓力之能譜圖。

(5) 葛拉絲颱風

快如閃電的葛拉絲颱風讓中央氣象局預測失準，八月卅一日發佈海上颱風警報，即快速的向台灣接近，原本預報會在花蓮一帶登陸，結果偏北於九月一日早上十一時左右在蘇澳港南邊登陸，在下午二時左右由新竹出海， 造成宜蘭、台北災情慘重，實測波高在九月一日5時56分之H_{max} 13.42公尺、T_{max} 12.9秒，$H_{1/3}$ 8.43公尺、$T_{1/3}$ 13.6秒。圖25為葛拉絲颱風登陸前後在花蓮港ST.2觀測站產生波浪連續變化壓力之能譜圖。

(6) 席斯颱風

秋天很詩意，但『秋颱』卻恐佈，在氣象學上說秋颱的可怕在於大氣有兩個不同的氣候系統互相角力的結果，雨會很大，腳步放慢而且拖得較久，席斯就是典型的秋颱。十月八日強烈颱風的外環流已在東部海域掀起陣陣大浪，九日雖然已減弱為中度颱風，但仍猛沖海堤及離岸堤的消波塊，花蓮南濱公園海堤又有部份被沖毀，颱風中心不登陸台灣，沿著東部海面北上通過基隆外海後，速度加快北上離去。

實測波高在十月九日12時12分之H_{max}12.99公尺，T_{max}13.6秒，$H_{1/3}$7.56公尺，$T_{1/3}$13.3秒。圖26為席斯颱風在花蓮港ST.2觀測站產生波浪連續變化壓力之能譜。

4-2-2 1995 年颱風波浪的特性

中央氣象局發佈的颱風警報計有荻安娜(DEANNA)、蓋瑞(GARY)、海倫(HELEN)、珍妮絲(JANIS)、肯特(KENT)及賴恩(RYAN)等六個颱風，但都沒有直接侵襲本省，只有肯特及賴恩兩個颱風在台灣南部掠過；肯特颱風於 8 月 27 日在呂宋島東邊 400 公里左右形成，然後逐漸向巴士海峽逼近， 30 日靠近恒春 160 公里從巴士海峽通過， 31 日繼續往西北西移動而在香港附近登陸後，解除台灣南部地區颱風警報示， 8 月 30 日 8 時花蓮港現場實測波高H_{max}8.54 公尺，T_{max}11.2 秒；$H_{1/3}$6.26 公尺，$T_{1/3}$12.4 秒。

五、颱風侵襲期間港外、港內波浪能譜分析

(1) 提姆颱風

提姆颱風在菲律賓東方海面形成後，7 月 9 日增強為強烈颱風後以極快速度朝西北方向前進，7 月 10 日 20:10 在花蓮港南方秀姑巒溪口登陸。花蓮港外海 ST.2 實測波浪統計值延時變化(如圖 12)，因風浪太大浮球式波浪儀因旋轉環斷裂而遭流失因此沒有資料傳回(後來在海邊找到，但已變形損毀)。在波浪儀流失前測得最大波高 16m，示性波高 10m，港外、港內各測站統計波高最大值整理如表 4。颱風侵襲期間外海及港內波浪頻譜分析結果繪製如圖 27。港外、港內波浪頻譜圖顯示，外海能峰週期約為 15.5sec，港內長週期能量密度顯著增加為外海百倍以上，相對的短週期能量密度則大幅減小，外港#22 碼頭約減小 1/10，內港#8 及#10 碼頭則減為 1/100 或數百分之一。同一時間外海與港池內水位延時變化繪製如圖 28，內港水位波動幅度雖較外海大幅減小，但波動週期則顯著增加，外港#22 碼頭水面雖維持短週期波動，但平均水位仍呈現長週期波動現象，此種水位變動特性可以印證波譜分析結果港內長週期能量成長。

(2) 弗雷特颱風

弗雷特颱風 8 月 16 日在關島北方形成為輕度颱風，接著在 18 日增強為強烈颱風以每小時 20km 速度向西北西前進。當 20 日 02:00 颱風中心抵達花蓮港東南東方海面約 450km 後轉向北北西緩慢前進，在 21 日清晨通過北部海面。

弗雷特颱風侵襲期間花蓮外海波浪測站 ST.2 ，實測波浪延時變化圖 15 。雖然弗雷特颱風強度與範圍均較提姆颱風強大，且在花蓮東方海面延滯三天，在花蓮外海 ST.2 測得最大波高 12.5m ，示性波高 7.3m ，較提姆颱風期間波浪為小，究其原因，主要係路徑偏北所致，港外、港內各測站統計波高最大值整理如表 4 。外海與港內實測波浪原始資料辦理頻譜分析結果繪如圖 29 。外海能峰週期約為 14sec 外港短週期波浪能量密度約減為外海密度之 1/10 ，內港區則大幅減為 1/100 左右；相對的長週期波浪能量密度則增數十倍甚至上百倍。

(3) 葛拉絲颱風

葛拉絲颱風是中央氣象局在 8 月 31 日發佈海上颱風警報後，就以極快速度向西轉西北西移動，9 月 1 日 11:00 在蘇澳南方登陸。外海波浪測站 ST.2 實測波浪延時變化如圖 17 。颱風期間港外港內測站統計波高整理如表 6 。港外、港內波浪頻譜分析結果如圖 30 。因颱風路徑偏北，短週期波浪受防波堤有效遮蔽，港內能量顯著降低，但長週期波浪能量則大幅增加為港外數百倍。

提姆、弗雷特及葛拉絲三個颱風因路徑不同，利用方向式波浪儀在外海 ST.2 測得波浪資料，方向頻譜分析結果主波向因風場不同而有顯著差異。

提姆颱風發生在菲律賓東方海面向西北行進直撲台灣在花蓮南方登陸，方向頻譜顯示主波向在 130° 與 150° 間。弗雷特

颱風形成於關島北方，氣象局發佈海上颱風警報後，向西北西轉西北方向行進，掠過台灣北部海面。由於路徑偏北，在花蓮外海測得颱風所帶來波浪，主方向介於 120 ° 與 80 ° 間，隨颱風中心接近台灣波向有轉偏北之趨勢。葛拉絲颱風形成於台灣東方海面，向西行進，接近台灣時略向北偏，在宜蘭附近登陸。主波向大都維持在 100 ° 與 110 ° 間，颱風中心接近台灣時主波向減為 90 ° 左右。

根據波浪頻譜分析結果顯示外海颱風波浪能峰週期大都介於 13sec 至 15sec 間。港內長週期波浪能峰週期，在內港區#8 及#10 碼頭集中在 147.1sec 及 158.7sec，外港區#17 及#22 碼頭長波能峰週期分佈較為散亂，但以 137.0sec 、 147.1sec 及 185.2sec 發生頻率較高。

六、颱風波浪與船隻碇泊關係

花蓮港港口朝南，發生在台灣東南海面之颱風所形成風浪或東南方向遠洋傳來之湧浪均對港池穩靜造成威脅，茲就八十三年三個波浪紀錄較完整之颱風對花蓮港所造成影響分別概述如下：

(1) 提姆颱風

強烈颱風提姆在菲律賓東方海面形成後，直撲台灣，並在花蓮港南方約 70km 處登陸。颱風所帶來巨浪(風浪加湧浪)在高潮期間對花蓮港造成極為嚴重之破壞。消波式東防波堤胸牆受波浪作用損毀近 500m 。港內#25 碼頭消波艙支柱長 8m 斷面 1.2m × 1.2m 共 13 支斷裂傾倒，隔艙損毀，碼頭面版長 14cm 寬 7.2m 厚 1m 因未設置消氣孔受上揚力作用整塊被掀起；西防波堤堤基 20ton 護坡塊流失約 600 個。

提姆颱風威脅花蓮港前港內碇泊三艘商船及小型工作船。當 7 月 10 日 02:30 ，颱風中心在 19.9° N ，124.3° E 附近，距花蓮約 500 公里時，花蓮港外海 St.2 測得示性波高 3.8m ，此時碇靠在內港#15 碼頭約 6,000DWT 商船開始往外海疏散。停靠在外港池#17 及#23 碼頭約 15,000DWT 及 25,000DWT 船隻也在隨後五、六小時陸續往外海疏散，此時港內僅在內港區停泊小型工作船，颱風期間港內船隻動態及波浪特性整理如表 5 。

(2) 弗雷特颱風

弗雷特颱風在關島北方形成後，在 8 月 18 日增強烈颱風快

速向西北西前進。當8月19日17:00颱風中心位置在22.2° N，126.6° E距花蓮約550km處時，花蓮港外海St.2測得示性波高3.8m，此時碇靠在#6碼頭約2,500DWT貨輪開始往外海疏散避風浪。隨後每隔20分鐘陸續有貨輪自#19，#20碼頭往港外疏散。當停靠#24碼頭35,800DWT貨輪在18:20離港後港內除小型工作船外，已無商船。颱風期間港內船隻疏散情形與波浪特性整理如表5。

(3) 葛拉絲颱風

葛拉絲颱風在8月31日發佈颱風警報後以極快速度向西前進在8月31日18:00當颱風中心位於22.8° N，125.6° E，距花蓮約450km，停泊#10碼頭約14,000DWT貨輪開始往外海疏散，此時外海St.2實測示性波高僅1.8m，週期亦只有7.5sec。停泊在#25碼頭36,000DWT貨輪與#3碼頭2,500DWT貨輪亦陸續離港，當時波高亦只有2.3m，週期7.4sec。颱風期間港內船隻動態整理如表5。

提姆、弗雷特、葛拉絲三個颱風均造成花蓮港全部貨輪往外海疏散避難，每次颱風波浪與船隻動態資料顯示，造成貨輪出港避難之外海波浪差異極大。提姆颱風實測波浪資料分析顯示，波浪入射角度在140°至145°之間，對花蓮港港池直接造成威脅，且波浪隨颱風中心逼近而急遽增大，而此次颱風也確實給花蓮港帶來極大災害。但停泊在外港池#17及#23貨輪卻在外海波高超過5m時才往外海疏散。

弗雷特颱風掠過台灣北部海面，實測波浪資料分析顯示，入射波向幾乎垂直東防波堤，港池遮敝效果良好。然而停泊在外港池#19 、#20 及#24 船隻卻在波高未達 4m 時離港避難。因船隻出港時間均在傍晚五至六點，因此研判主要係因颱風直撲而來乘日落之前作好防颱心裏準備提前出港。

根據葛拉絲颱風行進路徑研判，其所造成波浪應不致對花蓮港港池穩靜造成直接威脅；實測波浪資料亦顯示，入射波向約為 100 ° 東防波堤能發揮良好遮敝效果，且隨颱風愈接近花蓮港波向愈偏北，遮敝效果良好。但是碇泊港內船隻卻在外海波高未超過 2.5m 時出海避難。研判主要係因颱風行進速度極快，直撲花蓮而來，氣象預報颱風將在花蓮附近登陸，造成港航人員心裏壓力，且前幾次颱風造成花蓮港不少災害，因此在傍晚以前作好防颱準備，提前出港避難。

七、討論與結論

花蓮港港池成漏斗型，岸壁缺乏消波設施受偏東南向颱風波浪作用造成港池內不穩靜船隻無法碇靠碼頭而必需往外海疏散避難。實測波浪資料分析結果顯示，港外 St.2 測站波浪能峰週期除少許時間外，大都在 11sec 至 15sec 間，並無異常之長週期波浪能量。但到達港口附近的港外 ST.5 測站之波浪週期其能量約略降低，但長週期亦顯著的出現。外海入射波浪受東防波堤遮蔽，港池內短週期波浪能量顯著降低，外港池約降低一階。內港池約降低二階，但 160 秒左右長週期波能卻大幅增加約二階。

隨颱風路徑與登陸位置不同，外海測站 St.2 所測取之波向亦顯著改變。提姆颱風路徑向西北行進在花蓮以南登陸，入射波主波向約為 145°，弗雷特颱風路徑也是向西北行進，但位置偏北，掠過北部海面，花蓮所測得主波向約為 115°，隨中心接近台灣入射角減小。葛拉絲颱風路徑向西前進並在蓮北方登陸，入射波向約為 110°，且隨著颱風中心逼近陸地而減為 90° 以下。

港內實測波浪延時變化顯示，內港池水位呈 150 餘秒長週期變動；外港池表面上雖為 20 餘秒短期波動，但平均水位亦呈長週期變化。外海入射波向偏北，東防波堤遮蔽效果愈顯著，外港池#17 碼頭前波高大約為#22 碼頭前一半。

船隻往外海疏散時機，除感受港內波浪大小外，颱風強度，中心路徑，行進速度及登陸時間等造成港航人員心裏壓力均為決定出海避之因素。就實際情況而言，葛拉絲颱風侵襲期間，碇泊港內貨輪，可以不必離港避難。

外海 ST.2 站波浪採用浮球式波高計，因加速度感應器無法感應長週期波重力加速度，因此外海波浪資料未顯現長週期波浪能量。港內波浪紀錄時間約 34 分，用以分析一百多秒長週期波譜資料點不足造成頻譜擾動現象。

外海短波群進入近岸時，兩種機制可能產生自由行進超長重力波，其一為碎波點位置振盪所生為之自由長波，另一種可能則是伴隨短波群前進之強制長波。根據徐(1995)研究指出颱風所產生之短波群可能在花蓮港港口附近碎波，產生自由長波進入港內，造成共振現象。另一種可能則是在港口附近未發生碎波現象，但颱風短波群波長增加(湧浪),且為斜向入射至淺海，因而在岸邊產生 Edge Waves ，使超長重力強制長波振幅增加，進入港內造成超長重力長波共振現象。詳細過程及分量則有待進一步計算分析。

表 1　颱風期間測站資料紀錄情形

年	颱風名稱	發生時間	紀錄時間					
			ST.1	ST.5	#8	#10	#17	#20
81	歐瑪	09/03～09/05	09/03～09/05					09/05
82	珂茵	06/25～06/28	06/25～06/28		06/26			06/26
		發生時間	紀錄時間					
			ST.2	ST.5	#8	#10	#17	#22
83	提姆 (TIM)	07/09～07/11	03/11～07/10	--	07/10～07/11	07/10～07/11	--	07/10～07/22
	凱特琳 (KAITLIN)	08/03～08/04	--	08/03～08/03	08/03～08/04	--	08/03～08/04	--
	道格 (DOUG)	08/06～08/09	--	--	--	--	--	--
	弗雷特 (FRED)	08/19～08/22	08/17～10/10	--	08/19～08/21	08/19～08/21	08/19～08/21	08/18～10/15
	葛拉絲 (GLADYS)	08/31～09/02	08/17～10/10	--	--	09/01～09/02	09/01～09/02	08/18～10/15
	席斯 (SETH)	10/07～10/11	08/17～10/10	--	--	--	--	08/18～10/15
84	肯特 (KENY)	08/27～08/31	08/27～08/31	08/27～08/31	08/27～08/31	--	--	08/27～08/31

表 2　現場作業資料回收狀況表

(1)海流—ST.2 觀測站

次序	儀器號碼	觀測期間	說明
1	RCM7-19741	1994 年 06 月 08 日 | 1994 年 07 月 04 日	
2	RCM7-10744	1994 年 07 月 04 日 | 1994 年 07 月 22 日	1994 年 7 月 10 日 20:10 提姆颱風登陸舵板受損，流向部份資料欠佳。
3	RCM7-10741	1994 年 08 月 17 日 | 1994 年 10 月 11 日	提姆颱風將整個觀測摧毀，等觀測站重新建立好後，才將儀器重新施放，量測正常。
4	RCM7-10741	1994 年 10 月 17 日 | 1994 年 11 月 16 日	
5	RCM7-10741	1994 年 11 月 17 日 | 1994 年 01 月 18 日	
6	RCM7-10741	1995 年 01 月 18 日 | 1994 年 02 月 22 日	
7	RCM7-10741	1995 年 02 月 23 日 | 1994 年 04 月 13 日	
8	RCM7-10741	1995 年 04 月 13 日 | 1994 年 06 月 05 日	

表 2(續) 現場作業資料回收狀況表

(2)海流—ST.4 觀測站

次序	儀器號碼	觀測期間	說明
1	RCM7-9890	1994 年 05 月 12 日 | 1994 年 06 月 07 日	
2	RCM7-10742	1994 年 06 月 24 日 | 1994 年 07 月 07 日	
3	RCM7-9891	1994 年 07 月 04 日 | 1994 年 08 月 05 日	7 月 10 日提姆颱風後 ROTTER 受漂流物纏繞著，7 月 20 日潛水人員下水清理後，儀器正常運轉。
4	RCM7-9891	1994 年 08 月 09 日 | 1994 年 09 月 06 日	

表 2(續)　現場作業資料回收狀況表

(3)海流—ST.5 觀測站

次序	儀器號碼	觀測期間	說明
1	RCM7-9614	1994 年 05 月 12 日 | 1994 年 06 月 09 日	
2	RCM7-9890	1994 年 06 月 09 日 | 1994 年 07 月 05 日	
3	RCM7-10741	1994 年 07 月 05 日 | 1994 年 08 月 05 日	7 月 9 日～10 日提姆颱風 8 月 3 日～4 日凱特琳颱風
4	RCM7-9614	1994 年 08 月 17 日 | 1994 年 10 月 08 日	1994 年 9 月 14 日後舵板受漂流物纏繞而影響資料之正確性。 8 月 19 日～21 日弗雷特颱風 8 月 31 日～9 月 1 日拉絲颱風
5	RCM7-9891	1994 年 10 月 18 日 | 1994 年 11 月 18 日	

表 2(續) 現場作業資料回收狀況表

(4)波浪—ST.2 觀測站

次序	儀器號碼	觀測期間	說明
1	NO.30099	1994 年 01 月 01 日 | 1994 年 03 月 11 日	收回保養
2	NO.30125	1994 年 03 月 11 日 | 1994 年 07 月 10 日	7 月 10 日 17:34 傳回最一筆資料後遭提姆颱風摧毀，已不堪使用。
3	NO.30126	1994 年 08 月 17 日 | 1994 年 10 月 12 日	10 月 8 日～ 10 日席斯颱風過境後， 12 日即沒有資料傳回， 14 日確定儀器已流失。
4	NO.30099	1994 年 11 月 15 日 | 1994 年 06 月 30 日	
5	no.30099	1996 年 7 月 | 迄 今	1995 年 7 月上旬收回儀器保養，更換電池後再下水繼續量測。

表 2(續) 現場作業資料回收狀況表

(5)波浪—#8、#10、#17、#22 碼頭

次序	儀器號碼	觀測期間	說明
#8 (ST.7)	10688-78	1994/07/10-1994/07/11	提姆颱風
	10688-78	1994/08/03-1994/08/04	凱特琳颱風
	10688-76	1994/08/19-1994/08/21	弗雷特颱風
	10688-	1995/08/27-1995/08/31	肯特颱風
#10 (ST.8)	SP2200-2	1994/07/10-1994/07/11	提姆颱風
	----------		凱特琳颱風(缺)
	SP2200-2	1994/08/19-1994/08/21	弗雷特颱風
	SP2200-1	1994/09/01-1994/0902	葛拉絲颱風
#17 (ST.3)	10688-75	1994/07/10-1994/07/11	提姆颱風(儀器故障)
	10688-75	1994/08/03-1994/08/04	凱特琳颱風
	10688-78	1994/08/19-1994/08/21	弗雷特颱風
	10688-78	1994/09/01-1994/09/02	葛拉絲颱風
#22 (ST.6)	10688-76	1994/07/04-1994/08/	提姆颱風
	10688-76	1994/07/04-1994/08/18	凱特琳颱風(儀器記憶已滿，共記錄到 7 月 22 日止)。
	10688-75	1994/08/18-1994/10/15	弗雷特颱風
	10688-75	1994/08/18-1994/10/15	葛拉絲颱風(儀器記錄到 10 月 1 日止)。
	10688-	1995/08/27-1995/08/31	肯特颱風

表 3　流速、流向分佈統計表

STATION : HAI-LIAN HARBOUR (ST2-01)
TIME : 1994/0510/1200 --- 1994/0608/1030
DEPTH : WATER DEPTH 25 METER ; INST. DEPTH -5 METER .
INST. : AANDERAA CURRENT METER RCM7-9691-01

BIVARIATE PROBABILITY FOR SKETCH OF THE CURRE NT ROSE

DIR.	0	25	50	75	100	125	150	175	200	TOTAL
NNE	5.76	16.22	14.42	2.69	.00	.00	.00	.00	.00	39.08
NE	4.61	13.53	4.99	.05	.00	.00	.00	.00	.00	23.18
ENE	2.62	1.30	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	3.91
E	1.10	.05	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.15
ESE	.65	.05	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.70
SE	.67	.05	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.72
SSE	.89	.02	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.91
S	1.54	.24	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.78
SSW	2.45	2.33	.26	.00	.00	.00	.00	.00	.00	5.04
SW	3.29	4.89	.67	.05	.00	.00	.00	.00	.00	8.90
WSW	1.58	.91	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	2.50
W	1.54	.22	.19	.12	.00	.00	.00	.00	.00	2.06
WNW	1.46	.22	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.68
NW	1.51	.12	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.63
NNW	1.78	.53	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	2.30
N	2.33	2.04	.10	.00	.00	.00	.00	.00	.00	4.46
ALL	33.76	42.71	20.63	2.90	.00	.00	.00	.00	.00	100.00

TOTAL MEAN OF TEMP. = 26.78
TOTAL MEAN OF VEL. = 17.65
TOTAL MEAN DIRECTION = 28.2
MEAN X-COMPONE NT = 8.31 MEAN Y-COMPONENT = 15.57
MAX. VELOCITY = 81.02 ITS DIRECTION = 24.2
MIN. VELOCITY = 1.50 ITS DIRECTION =187.9
MAX. TEMP. = 28.02 MIN. TEMP. = 23.94
VARIANCE OF X-COMP. = .1679272E+03 VARIANCE OF Y-COMP. = .4019364E+03
VARIANCE OF TEMP. = .2746357E+00 TOTAL NUMBER OF D ATA = 4168
SKEWNESS OF U = -.2431690E+00 OF V = .9041036E+03 OF T = -.5806305E-05
KURTOSIS OF U = .2712312E+01 OF V = .4421407E+06 OF T = .1589313E-05
30 DAYS OF DATA
DAILY MAX. TEMP. MONTHLY = 27.39 DAILY MIN. TEMP. MONTHLY = 26.01

表 3(續)流速、流向分佈統計表

STATION : HAI-LIAN HARBOUR (ST2-02)
TIME : 1994/0608/1040 --- 1994/0704/0930
DEPTH : WATER DEPTH 25.0 METER; INST. DEPTH 5.0 METER
INST. : AANDERAA CURRENT METER RCM7-10741

BIVARIATE PROBABILITY FOR SKETCH OF THE CURRE NT ROSE

DIR.	0	25	50	75	100	125	150	175	200	TOTAL
NNE	4.25	15.46	9.79	.35	.00	.00	.00	.00	.00	29.86
NE	6.26	12.23	2.51	.00	.00	.00	.00	.00	.00	21.00
ENE	3.67	.29	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	3.96
E	1.69	.13	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.03	1.85
ESE	1.69	.03	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.71
SE	1.55	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.55
SSE	1.58	.03	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.61
S	2.27	.16	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	2.43
SSW	5.43	3.88	.05	.00	.00	.00	.00	.00	.00	9.36
SW	4.71	5.40	.35	.00	.00	.00	.00	.00	.00	10.46
WSW	2.35	.94	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	3.29
W	1.79	.62	.24	.05	.00	.00	.00	.00	.00	2.70
WNW	1.44	.19	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.63
NW	1.79	.08	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	1.87
NNW	1.55	.48	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	2.03
N	2.89	1.71	.08	.00	.00	.00	.00	.00	.00	4.68
ALL	44.92	41.63	13.03	.40	.00	.00	.00	.00	.03	100.00

TOTAL MEAN OF TEMP. = 26.41
TOTAL MEAN OF VEL. = 11.22
TOTAL MEAN DIRECTION = 27.8
MEAN X-COMPONE NT = 5.22 MEAN Y-COMPONENT = 9.93
MAX. VELOCITY = 999.00 ITS DIRECTION = 99.2
MIN. VELOCITY = 1.78 ITS DIRECTION =297.1
MAX. TEMP. = 28.33 MIN. TEMP. = 2.94
VARIANCE OF X-COMP. = .3975491E+03 VARIANCE OF Y-COMP. = .5691838E+03
VARIANCE OF TEMP. = .6853409E+00 TOTAL NUMBER OF D ATA = 3738
SKEWNESS OF U = .3910677E+02 OF V = .2605726E+06 OF T = -.5087661E-03
KURTOSIS OF U = .1552197E+04 OF V = .2562730E+09 OF T = .5029599E-03
27 DAYS OF DATA
DAILY MAX. TEMP. MONTHLY = 27.32 DAILY MIN. TEMP. MONTHLY = 23.69

表 4　颱風期間港外與港內各測站統計波高最大值

年份	颱風名稱	測站	H_{max}(m)	T_{max}(sec)	$H_{1/3}$(m)	$T_{1/3}$(sec)	波向	發生時間
1994	提姆	St.2	15.95	13.7	10.01	14.1	68 °	0710/17:34
		St.5	7.7	13.9	5.6	13.8		0710/17:34
		#08	3.02	102.1	1.62	79.0		0710/20:00
		#10	2.49	176.4	1.60	91.9		0710/20:00
		#22	6.51	16.1	3.55	20.4		0710/20:00
		新港	13.57	16.3	9.51	14.4		0710/16:03
1994	凱特琳	St.2	6.86	11.1	3.96	10.2	136 °	0803/16:03
		St.5	2.0	6.0	1.2	15.8		0803/16:03
		#08	1.53	88.3	1.07	88.0		0803/18:00
		#17	1.63	10.4	1.14	11.6		0803/19:00
		新港	5.86	7.8	3.75	7.6		0804/09:00
1994	道格	St.5	2.19	70.1	1.29	15.8		0807/07:00
		新港	8.10	15.3	4.66	13.7		0807/07:00
1994	弗雷特	St.2	12.40	13.8	6.77	13.9	98 °	0820/12:00
		St.5	3.5	13.1	2.6	13.5		0820/12:00
		#08	2.40	95.9	1.82	90.3		0820/07:00
		#10	1.35	97.3	0.80	57.8		0820/07:00
		#17	1.78	16.3	1.30	20.8		0820/07:00
		#22	3.58	18.2	2.46	18.2		0820/06:00
		新港	6.33	12.8	4.62	12.7		0820/12:00
1994	葛拉絲	St.2	13.42	12.9	6.76	13.7	98 °	0901/05:56
		St.5	5.8	14.8	3.3	13.1		0901/05:56
		#10	1.46	151.6	0.87	111.7		0901/05:00
		#17	1.17	16.3	0.88	24.7		0901/06:00
		#22	3.15	16.2	1.76	17.7		0901/07:00
		新港	5.89	12.5	4.05	12.0		0901/07:00
1994	席斯	St.2	12.52	15.1	7.91	13.5		1009/15:09
		新港	儀器故障					
1995	肯特	St.2	9.64	11.2	6.3	12.4	155 °	0830/18:07
		St.5	10.7	13.5	6.3	12.0		0830/18:00
		#08	0.5	106.7	0.2	47.3		0830/18:00
		#22	1.1	14.4	0.6	17.0		0830/18:00
1992	歐瑪	St.1	9.7	10.3	6.1	12.43		0904/10:10
		#20	2.6	8.9	1.6	22.7		0904/10:10
1993	珂茵	St.1	7.9	14.45	5.9	14.44		0626/14:44
		#10	0.6	175.6	0.5	117.2		0626/14:44
		#20	1.9	27.8	1.3	39.2		0626/14:44

表 5　颱風期間波浪與船隻動態

颱風名稱	時間	外海波浪			船隻動態	碼頭前波浪		備註
		H_3 (m)	T_s (sec)	波向 (o)		H_s (m)	T_p (sec)	
提姆	0710/02:30	3.8	10.8	140	碇泊#15 貨輪 6,000 DWT 往外海疏散	0.6	147.1	颱風中心距花蓮港約 500km
		5.4	11.4	145	碇泊#23 貨輪 25,000 DWT 往外海疏散	1.9	147.1	
	0710/07:00	5.9	11.9	145	碇泊#17 貨輪 15,000 DWT 往外海疏散	1.1	147.1	
		10.0	14.1	142	實測最大波高、波浪仍繼續成形。港內除碇泊小型工作船外，無貨輪滯港。波高計流失未能繼續紀錄	3.55 1.60 1.62		#22 #10 #08
	0710/08:30							
	0710/17:34				颱風過境船隻進港			
	0710/20:00							
	0713/00:00							
弗雷特	0819/17:00	3.8	11.7	115	碇泊#6 貨輪 2,500DWT 往外海疏散	0.46	158.7	颱風中心距花蓮港約 550 km
	0819/17:20	3.9	11.7	115	碇泊#19 貨輪 13,000 DWT 往外海疏散	0.74	185.2	
	0819/17:40	3.9	11.7	110	碇泊#20 貨輪 9,600 DWT 出港避難	0.74	185.2	
	0819/18:20	4.0	12.3	105	碇泊#24 貨輪 35,000 DWT 出港避難	1.40	147.1	

	0820/ 07:00	6.77	13.9	110	發生最大外海波高，港內除小型工作船外無貨輪	2.46 1.30 0.80		
	0821/ 00:30	3.1	11.6	85	0821 颱風轉向 NNE 貨船開進港			#22 #17 #06
葛拉絲	0831/ 18:00	1.8	7.5	102	碇泊#10 貨輪 14,000 DWT 出港避難	0.23	158.7	颱風中心距花蓮港約 450 km
	0831/ 19:40	2.3	7.4	102	碇泊#25 貨輪 36,000 DWT 出港避難	0.70	137.0	
	0831/ 20:20	2.3	7.4	102	碇泊#3 貨輪 2,500 DWT 往外海疏散	0.30	158.7	
	0910/ 06:47	7.0	13.8	106	發生最大外海波浪，港內除停泊小型工作船外無貨船	1.76 0.88 0.87		#22 #17 #10
	0902/ 00:00	1.4	8.0		颱風警報已解除，貨輪開始進港			

註：1.#xx 為碼頭編號位置如圖 1 。

2.船隻噸位(DWT)為千噸近似值。

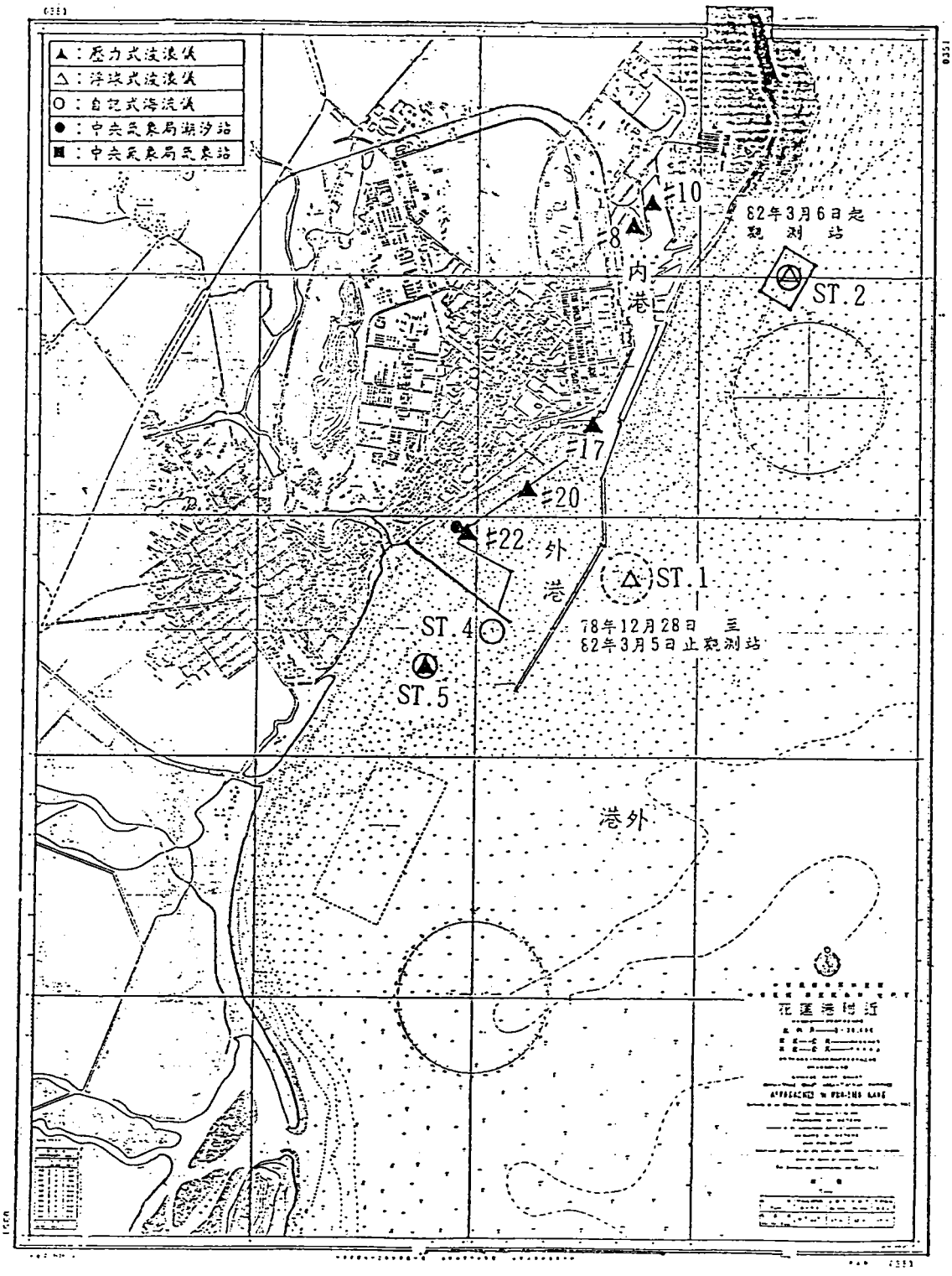
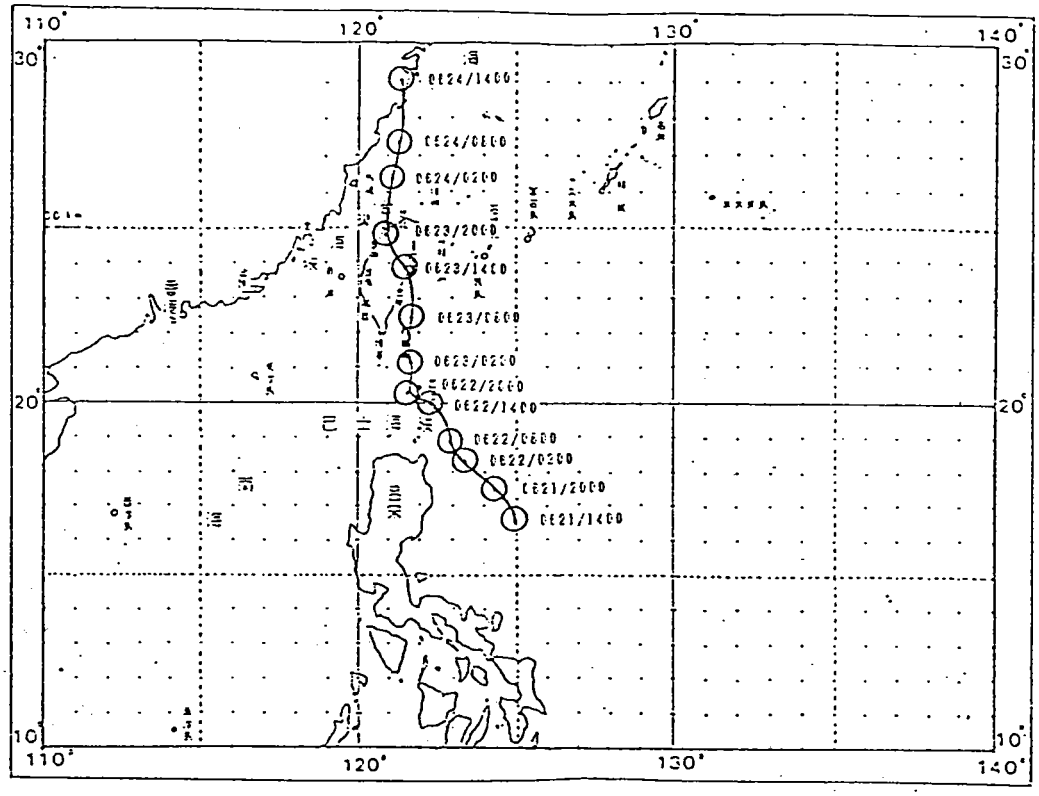


圖 1　花蓮港附近海域海氣象觀測站地理位置示意圖



時間	中心最大風速	中心氣壓	北緯 東經	七級暴風半徑	十級暴風半徑
0621 1400	32	980	15.5 125.0	200	100
0621 2000	35	975	17.4 124.3	200	100
0622 0200	35	975	13.2 123.4	200	100
0622 0800	38	970	18.9 123.0	200	100
0622 1400	38	970	20.0 122.3	200	100
0622 2000	38	970	20.3 121.6	200	100
0623 0200	38	970	21.1 121.9	200	100
0623 0800	38	968	22.4 121.8	200	100

時間	中心最大風速	中心氣壓	北緯 東經	七級暴風半徑	十級暴風半徑
0623 1400	33	975	23.9 121.5	200	80
0623 2000	28	985	24.8 120.8	180	50
0624 0200	25	988	26.4 121.2	120	30
0624 0800	25	988	27.3 121.3	120	30
0624 1400	25	988	29.0 121.4	120	30

圖 2　79年第2號颱風歐菲莉(OFELIA)之路徑圖

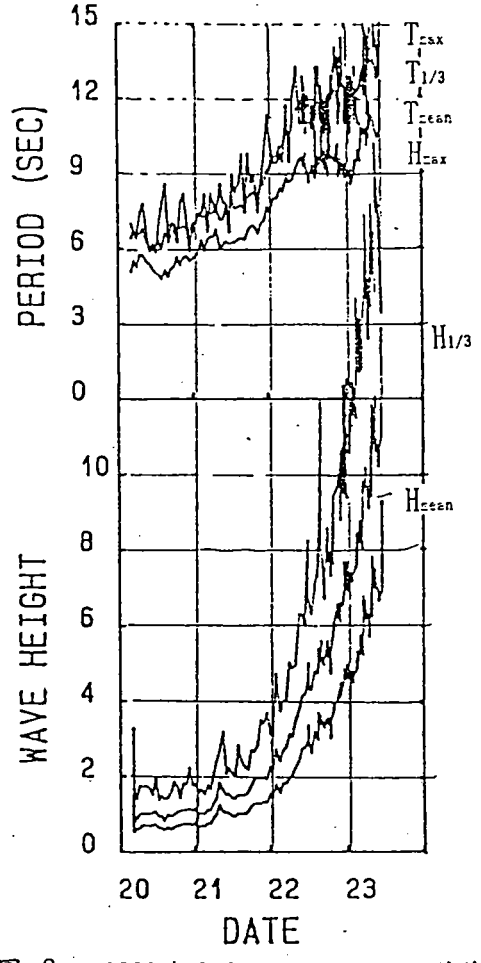


圖 3　1990 年 6 月 20 日～23 日欧菲莉颱風造成花蓮港港外 ST.1 站之波浪逐時變化圖

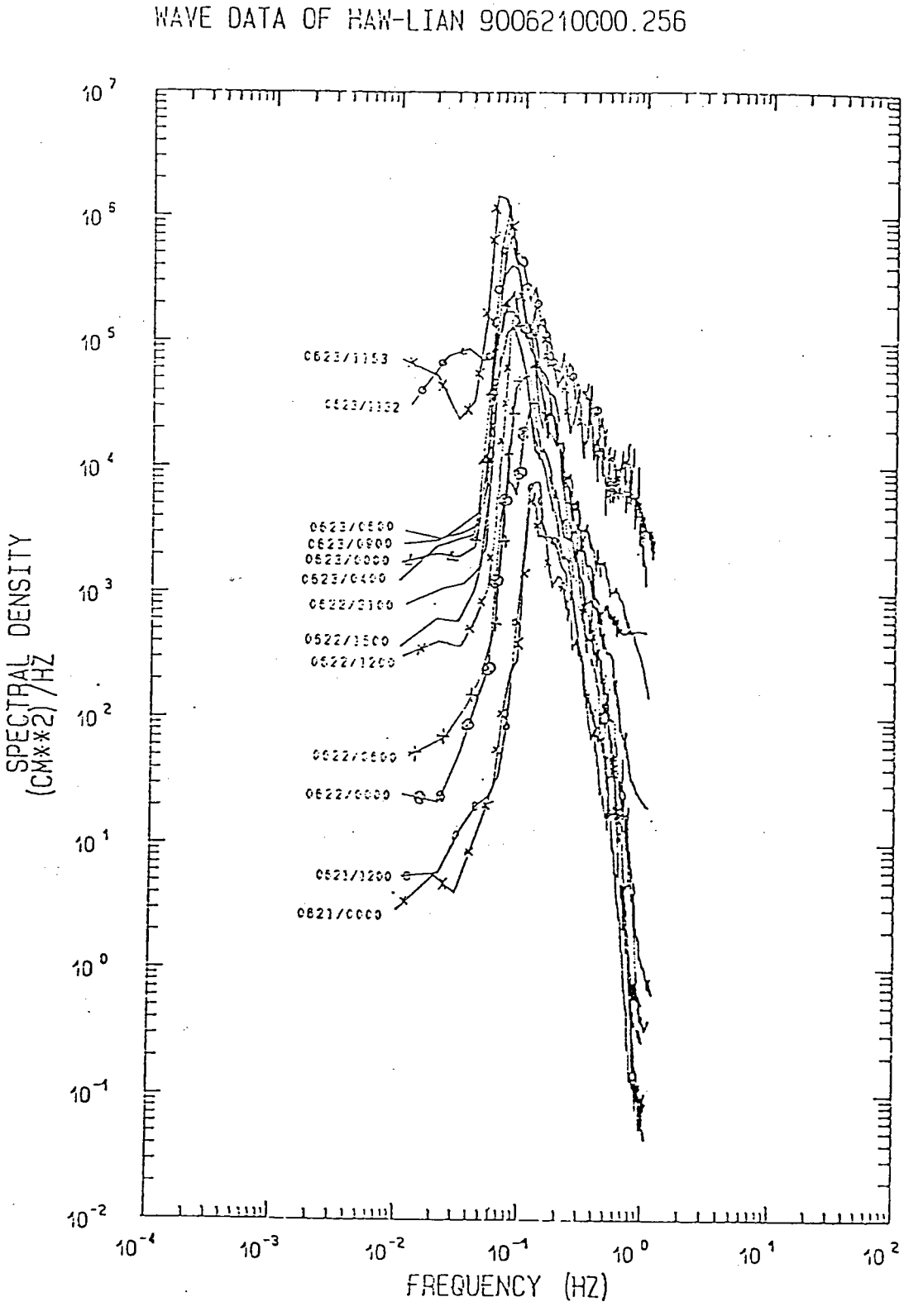
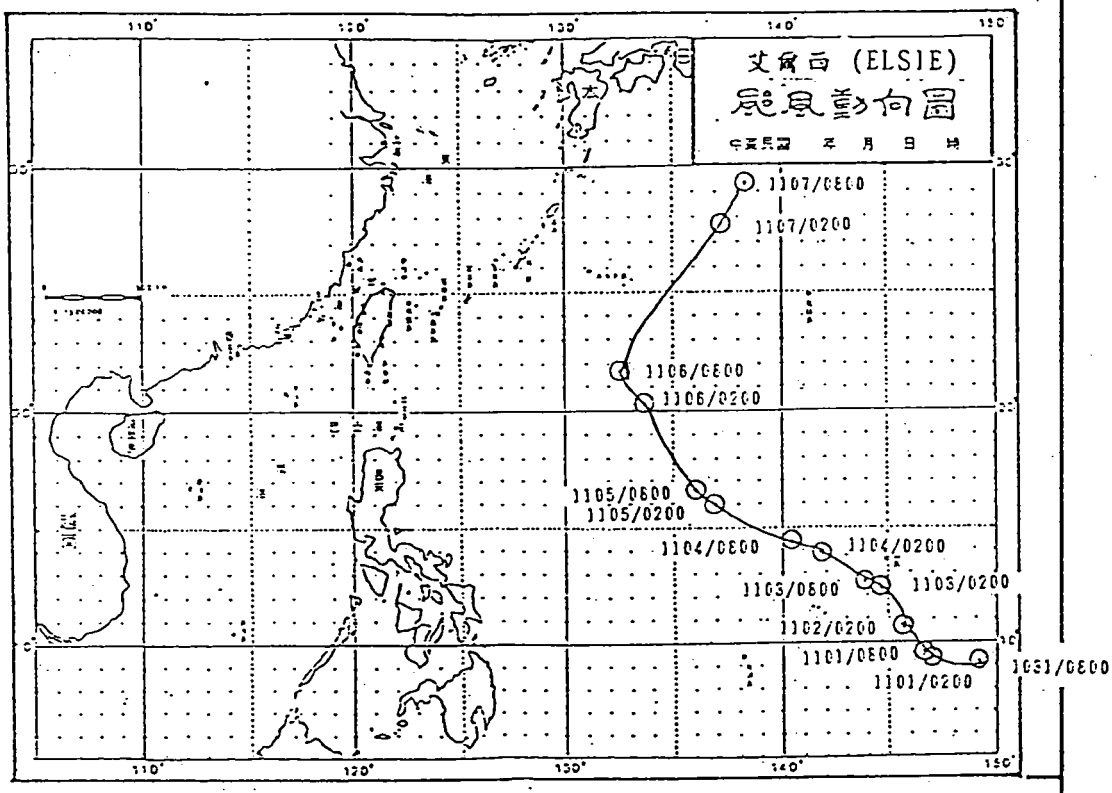


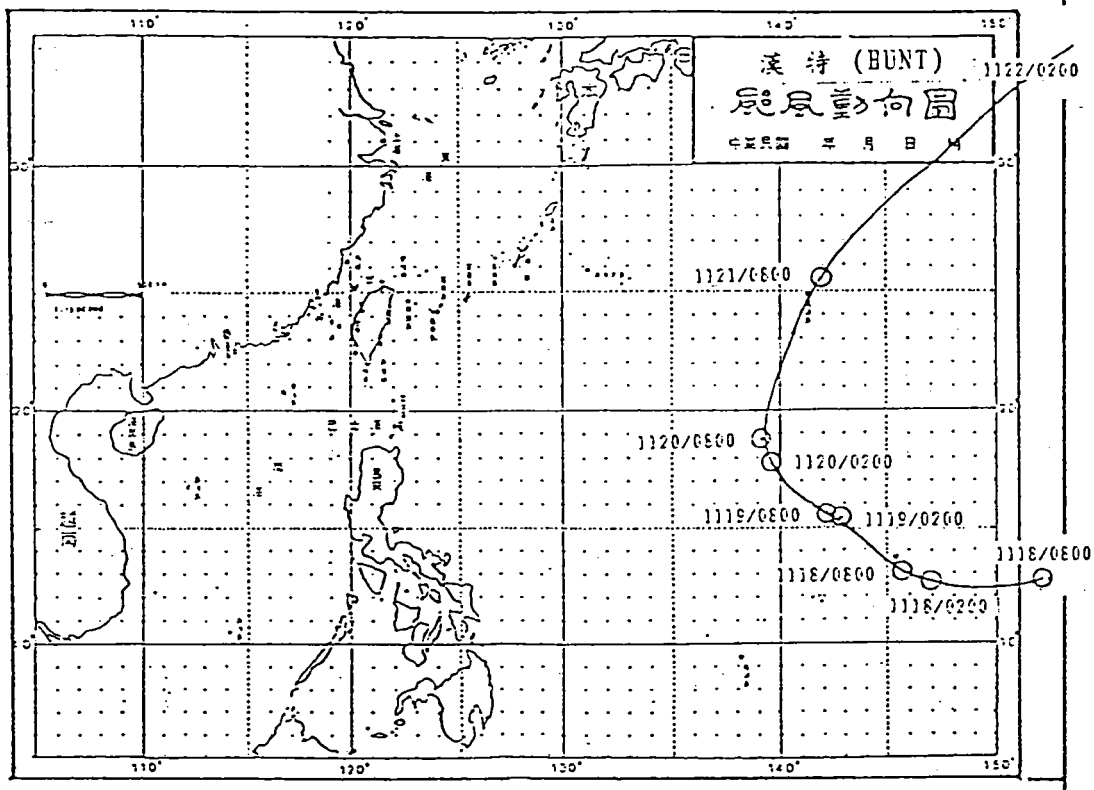
圖 4　歐菲莉颱風波浪能譜比較



時間	中心氣壓	北緯 東經	中心最大風速	七級暴風半徑	十級暴風半徑
1031 0800	985	9.4 149.1	25	150	----
1101 0200	970	9.5 147.0	35	200	100
1101 0800	970	9.6 146.7	35	200	100
1102 0200	970	10.6 145.7	43	200	100
1103 0200	970	12.3 144.6	40	200	100
1103 0800	955	12.6 144.0	43	200	100
1104 0200	950	13.9 141.8	51	200	100

時間	中心氣壓	北緯 東經	中心最大風速	七級暴風半徑	十級暴風半徑
1104 0800	940	14.4 140.4	53	200	100
1105 0200	940	16.0 137.0	53	250	150
1105 0800	930	16.8 136.1	55	250	150
1106 0200	930	20.2 133.8	55	250	150
1106 0800	920	21.7 133.7	58	250	150
1107 0200	945	27.8 137.2	45	250	150
1107 0800	945	29.2 138.4	45	250	150

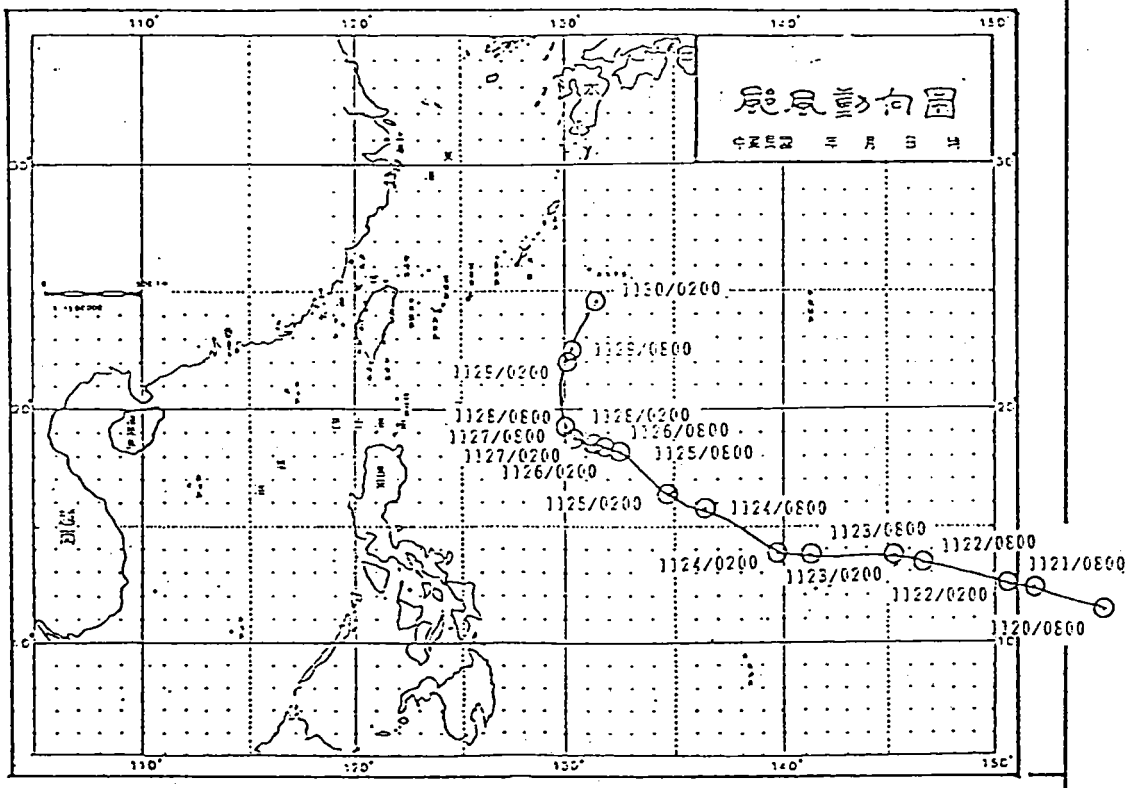
圖 5　1992 年艾爾西(ELSIE)颱風之路徑圖



時間	中心氣壓	北緯 東經	中心最大風速	七級暴風半徑	十級暴風半徑
1117 0800	998	12.7 152.0	18	100	----
1118 0200	990	12.7 147.0	28	120	50
1118 0800	975	13.0 145.8	33	150	80
1119 0200	975	15.3 142.9	43	200	80
1119 0800	965	15.5 142.2	38	200	80
1120 0200	950	17.9 139.7	45	250	120
1120 0800	940	18.8 139.3	51	250	120
1121 0800	950	25.5 142.0	45	200	100

時間	中心氣壓	北緯 東經	中心最大風速	七級暴風半徑	十級暴風半徑
1122 0200	975	34.0 155.0	30	150	80

圖 6　1992 年漢特(HUNT)颱風之路徑圖



時間	中心氣壓	北緯 東經	中心最大風速	七級暴風半徑	十級暴風半徑
1120 0800	935	10.1 160.9	58	200	100
1121 0800	925	11.5 155.8	60	250	150
1122 0200	920	12.2 151.7	60	250	150
1122 0800	920	12.4 150.5	60	250	150
1123 0200	930	13.4 146.8	55	250	150
1123 0800	930	13.6 145.3	55	250	150
1124 0200	950	13.7 141.2	48	250	150
1124 0800	950	13.9 139.6	45	250	150
1125 0200	965	15.8 136.5	40	250	150
1125 0800	960	16.4 134.9	43	250	150

時間	中心氣壓	北緯 東經	中心最大風速	七級暴風半徑	十級暴風半徑
1126 0200	950	18.1 132.6	51	250	150
1126 0800	950	18.3 132.0	51	250	150
1127 0200	955	18.4 131.5	48	250	150
1127 0800	955	18.3 131.4	48	250	150
1128 0200	965	18.6 130.5	40	250	150
1128 0800	965	19.2 130.2	38	250	150
1129 0200	975	22.0 130.3	35	200	100
1129 0800	980	22.3 130.4	30	200	100
1130 0200	988	24.5 131.5	25	150	80

圖 7　1992 年蓋伊(GAY)颱風之路徑圖

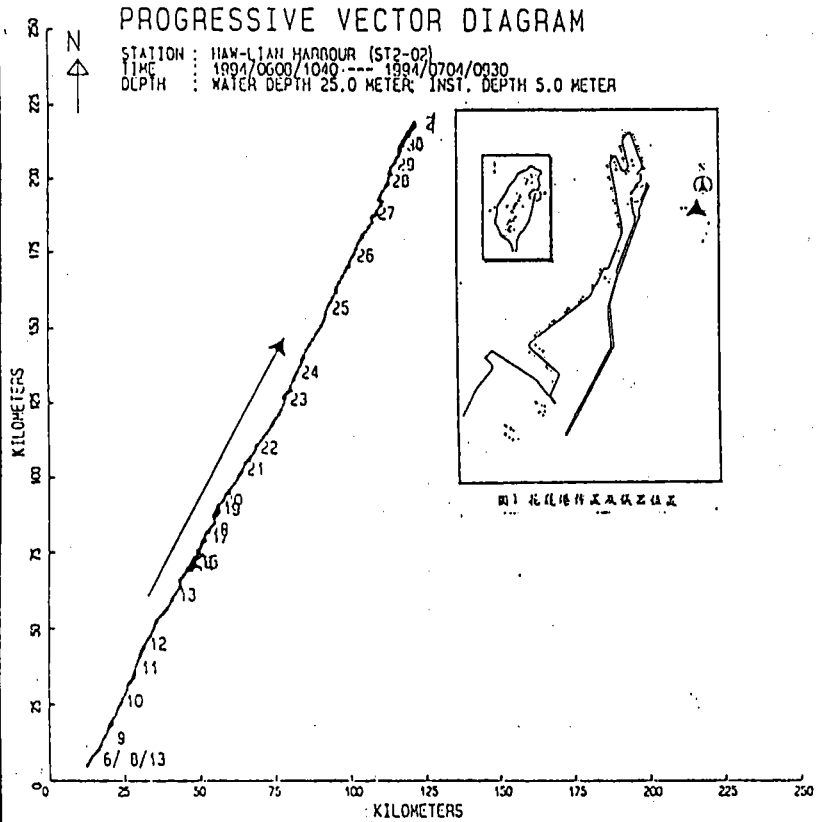


圖 8　ST.2 站海流累進向量圖

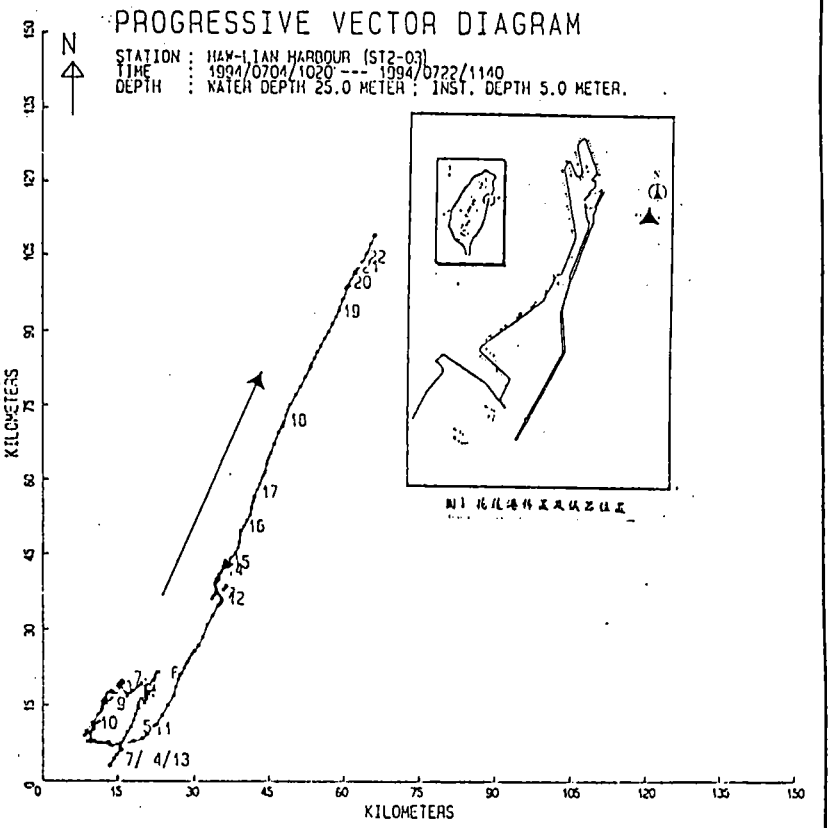


圖 8(續)　ST.2 站海流累進向量圖

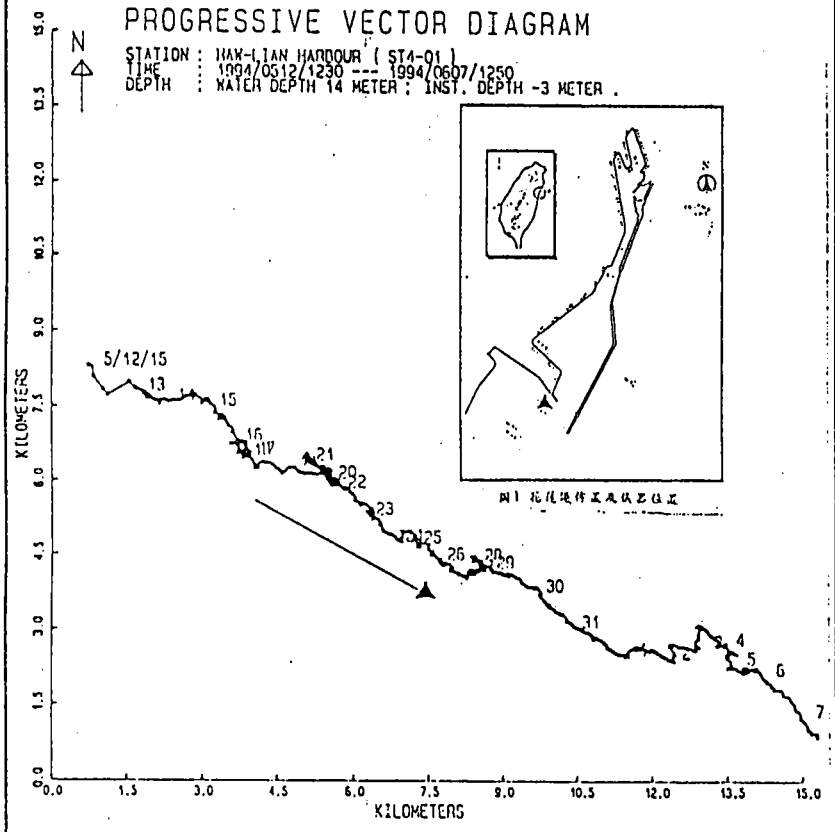


圖 9　ST.4 站海流累進向量圖

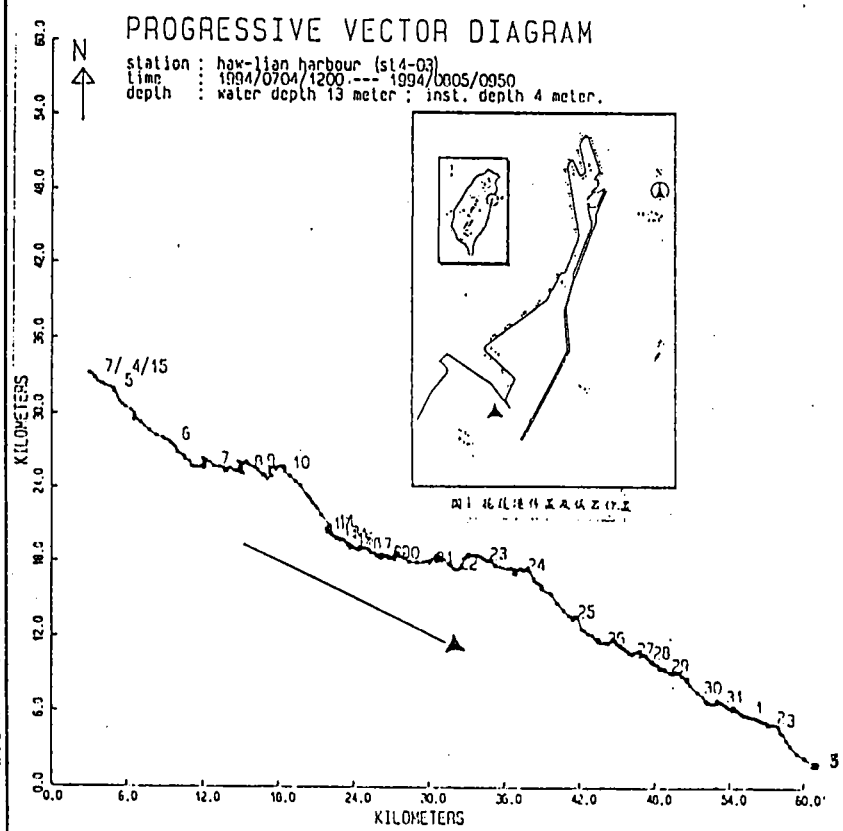


圖 9(續)　ST.4 站海流累進向量圖

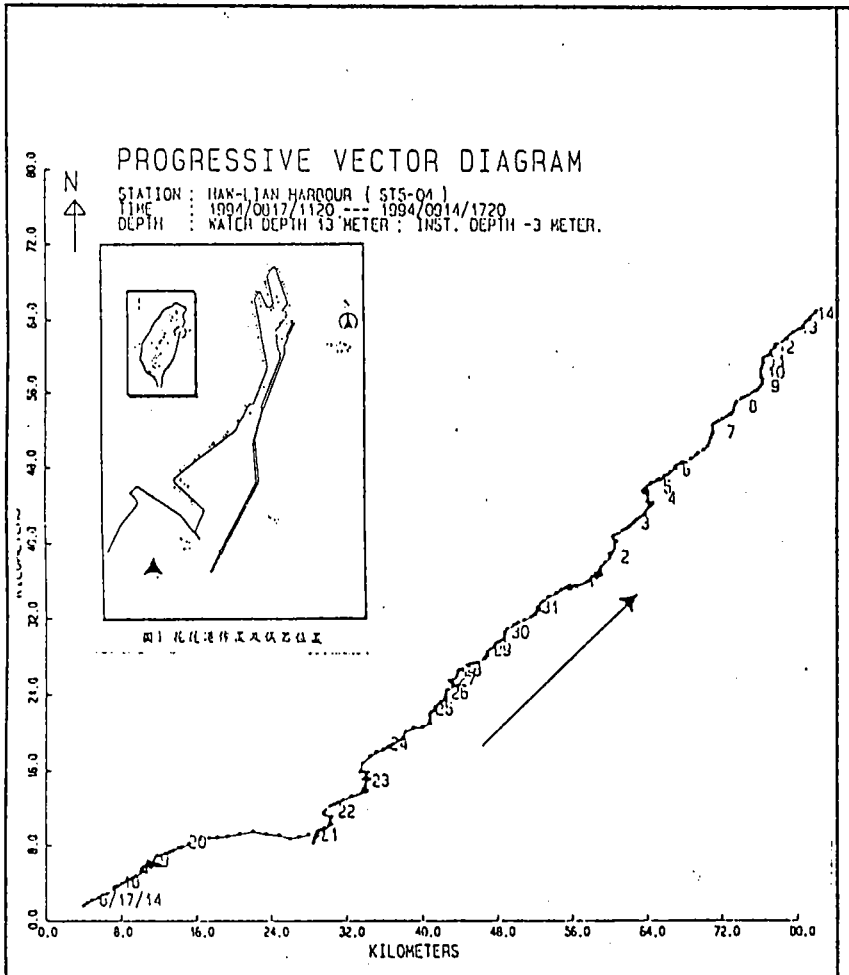


圖 10 ST.5 站海流累進向量圖

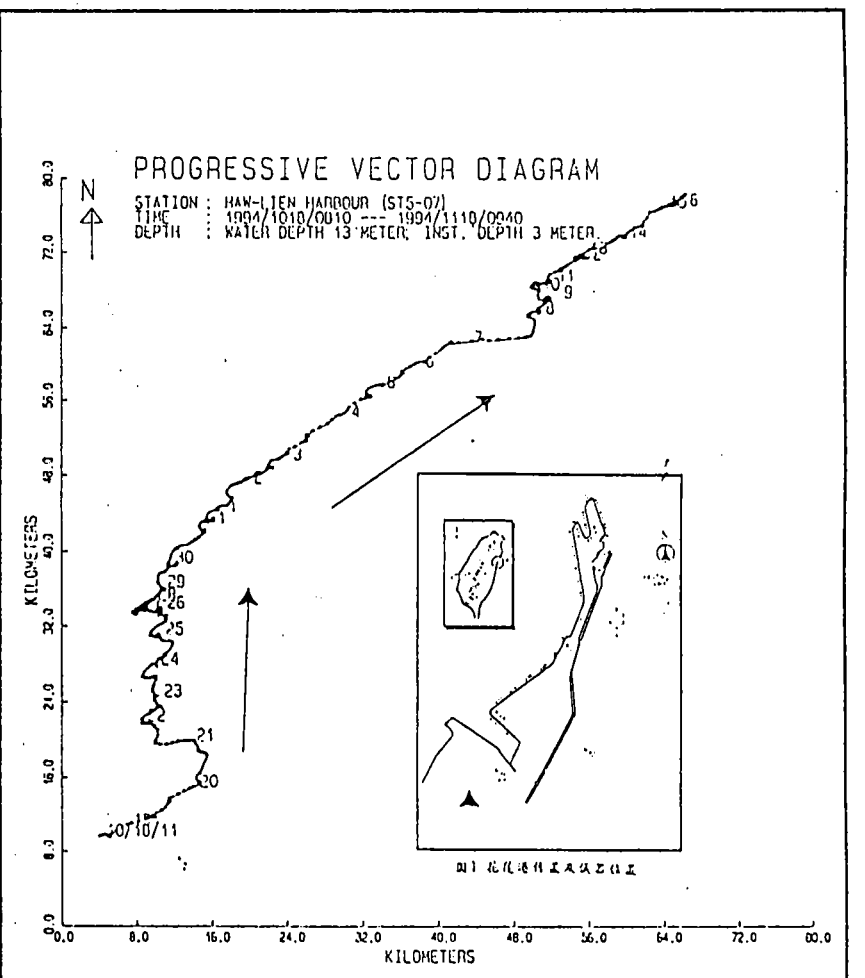


圖 10(續) ST.5 站海流累進向量圖

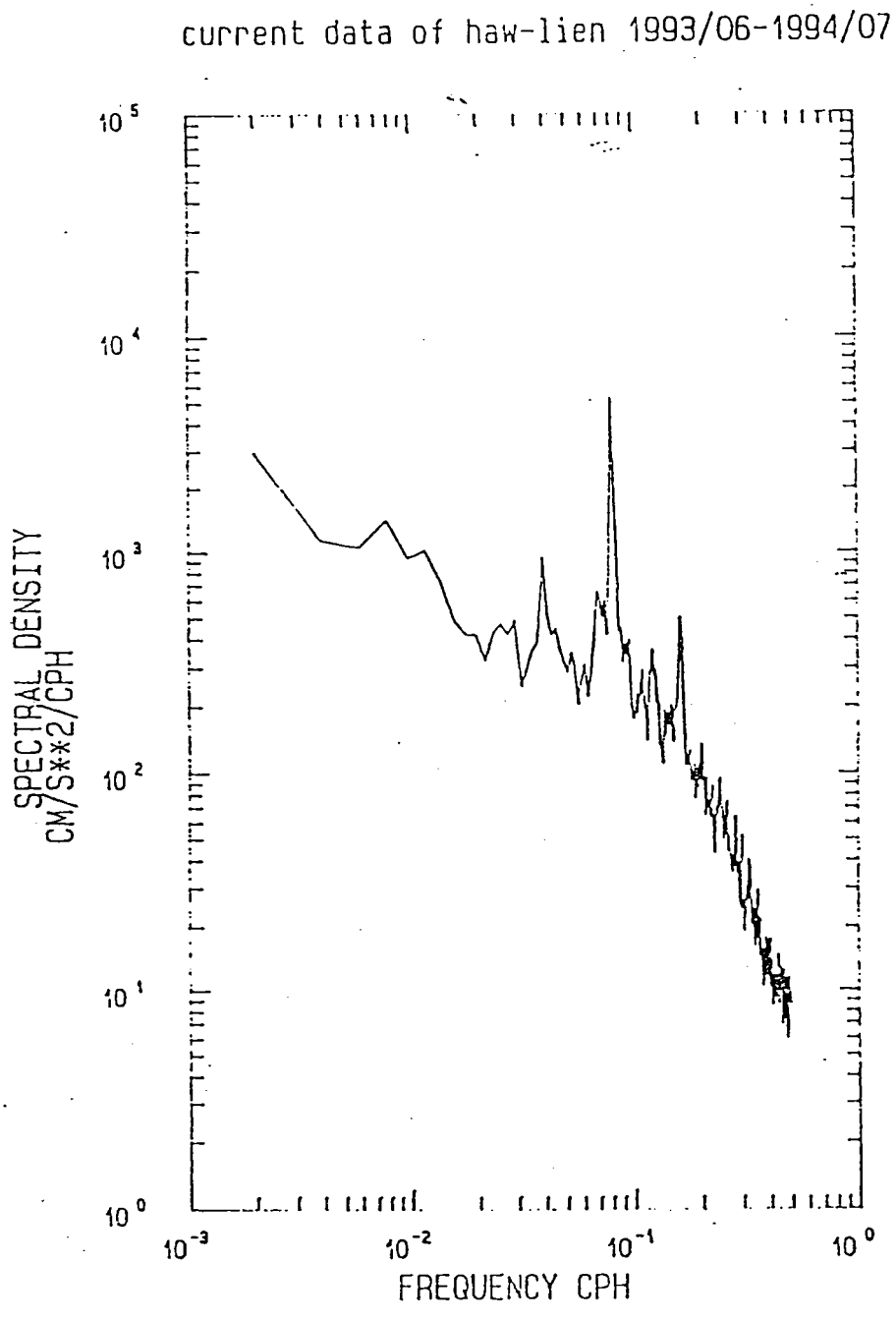


圖 11　花蓮港觀測站(ST.2)海流流速能譜圖

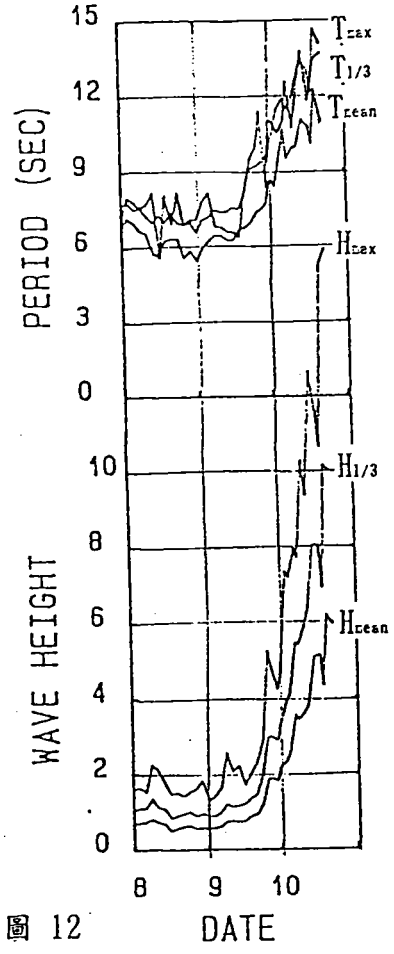


圖 12

1994 年 7 月 8 日～10 日提姆颱風造成
花蓮港港外 ST.2 站之波浪逐時變化圖

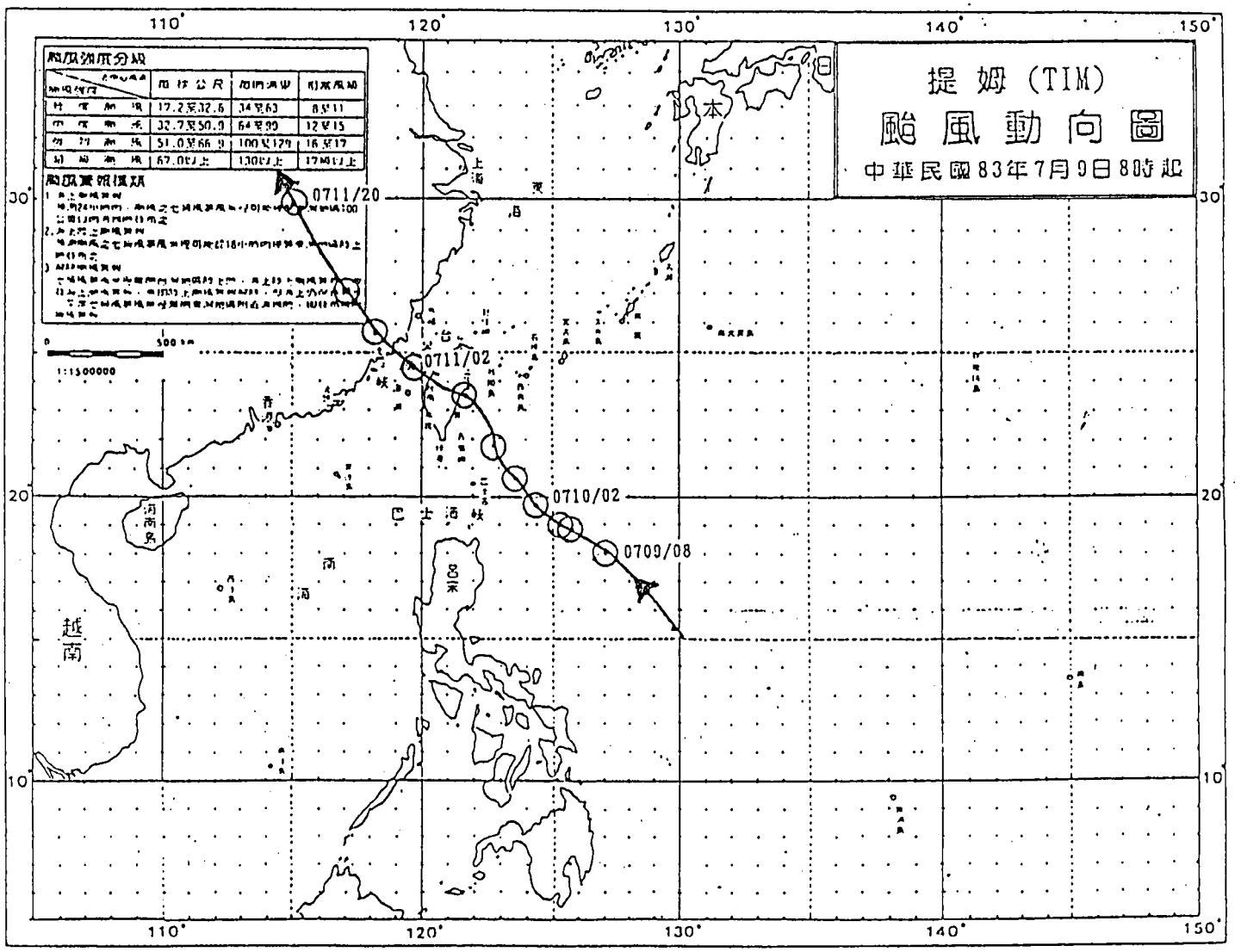


圖 13　1994 年提姆(TIM)颱風之路徑圖

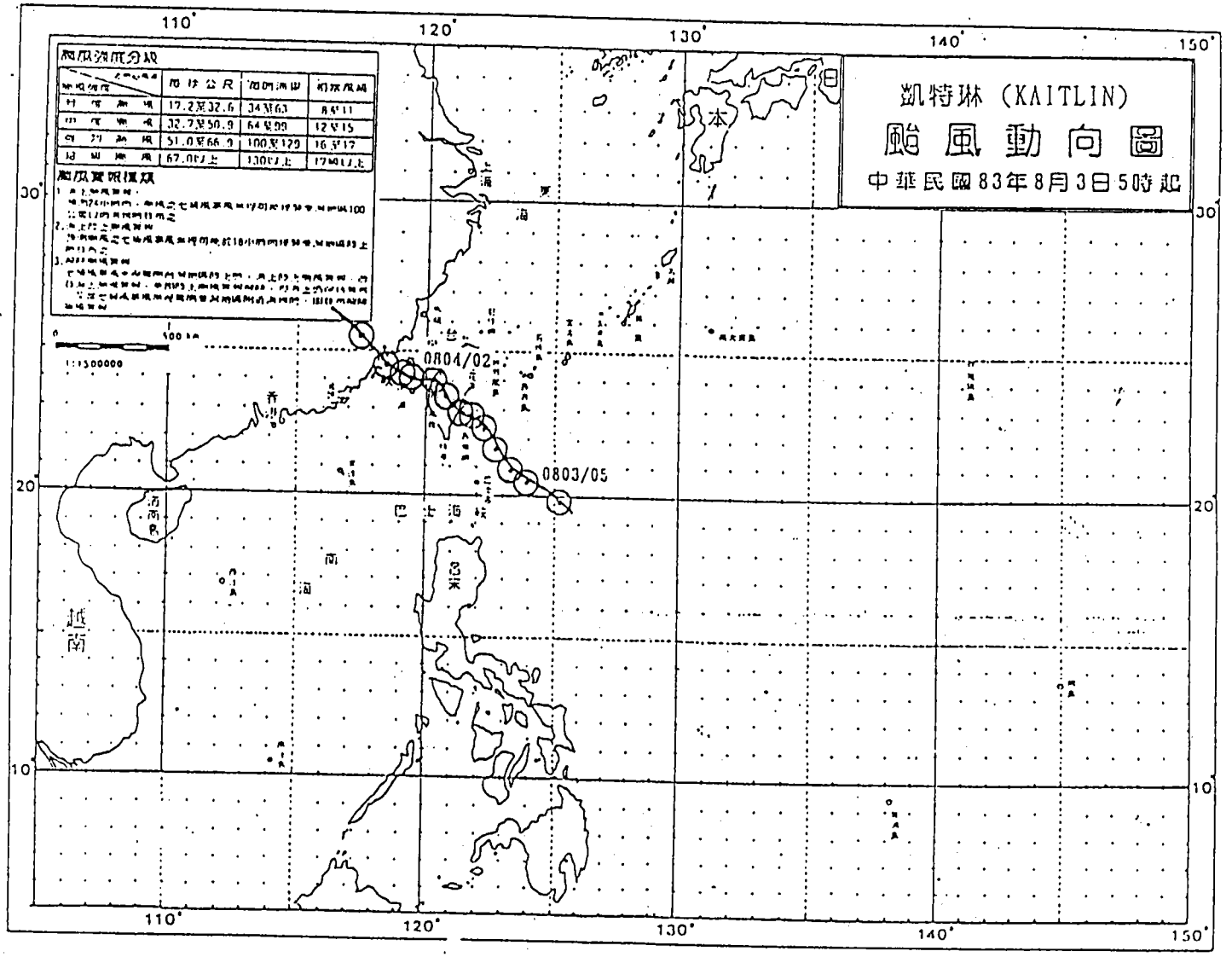


圖 14　1994 年凱特琳(KAITLIN)颱風之路徑圖

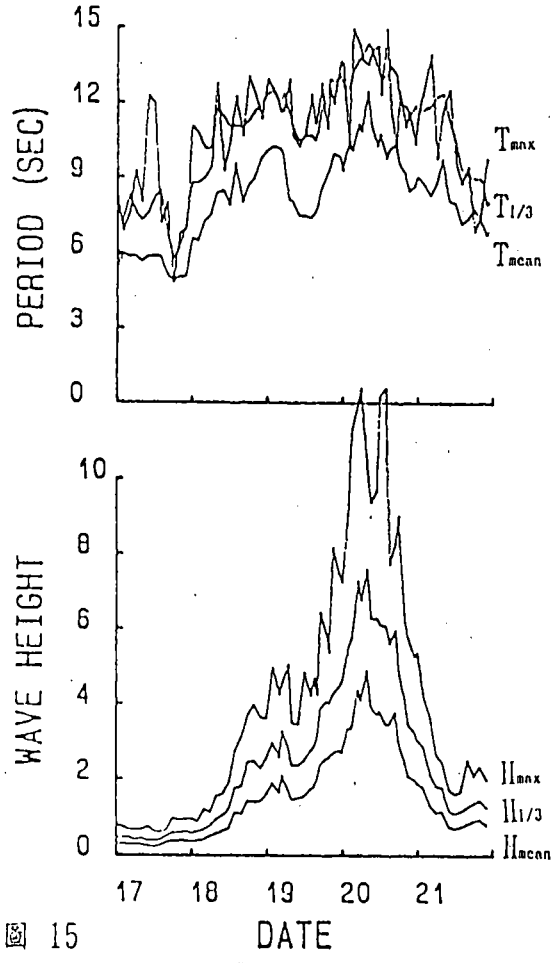


圖 15　1994 年 8 月 17 日～21 日弗雷特颱風造成花蓮港港外 ST.2 站之波浪逐時變化圖

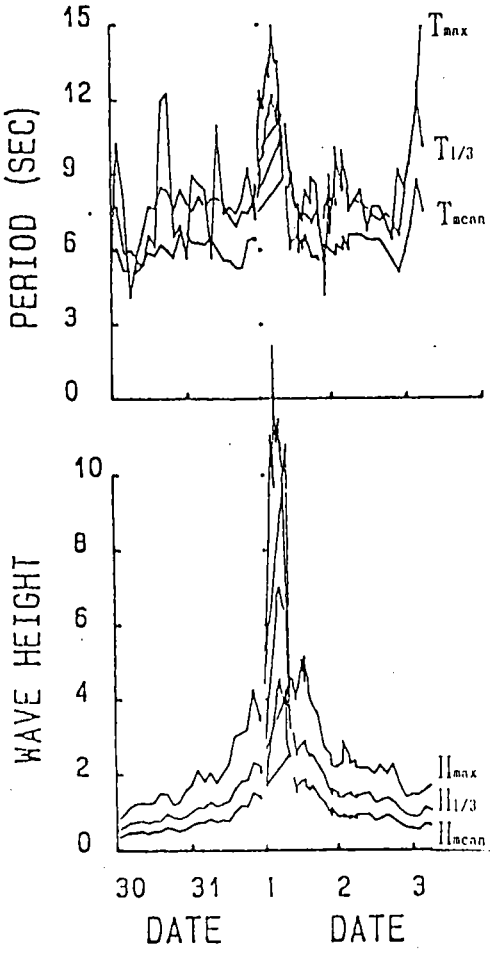


圖 17　1994 年 8 月 30 日～9 月 3 日葛拉絲颱風造成花蓮港港外 ST.2 站之波浪逐時變化圖

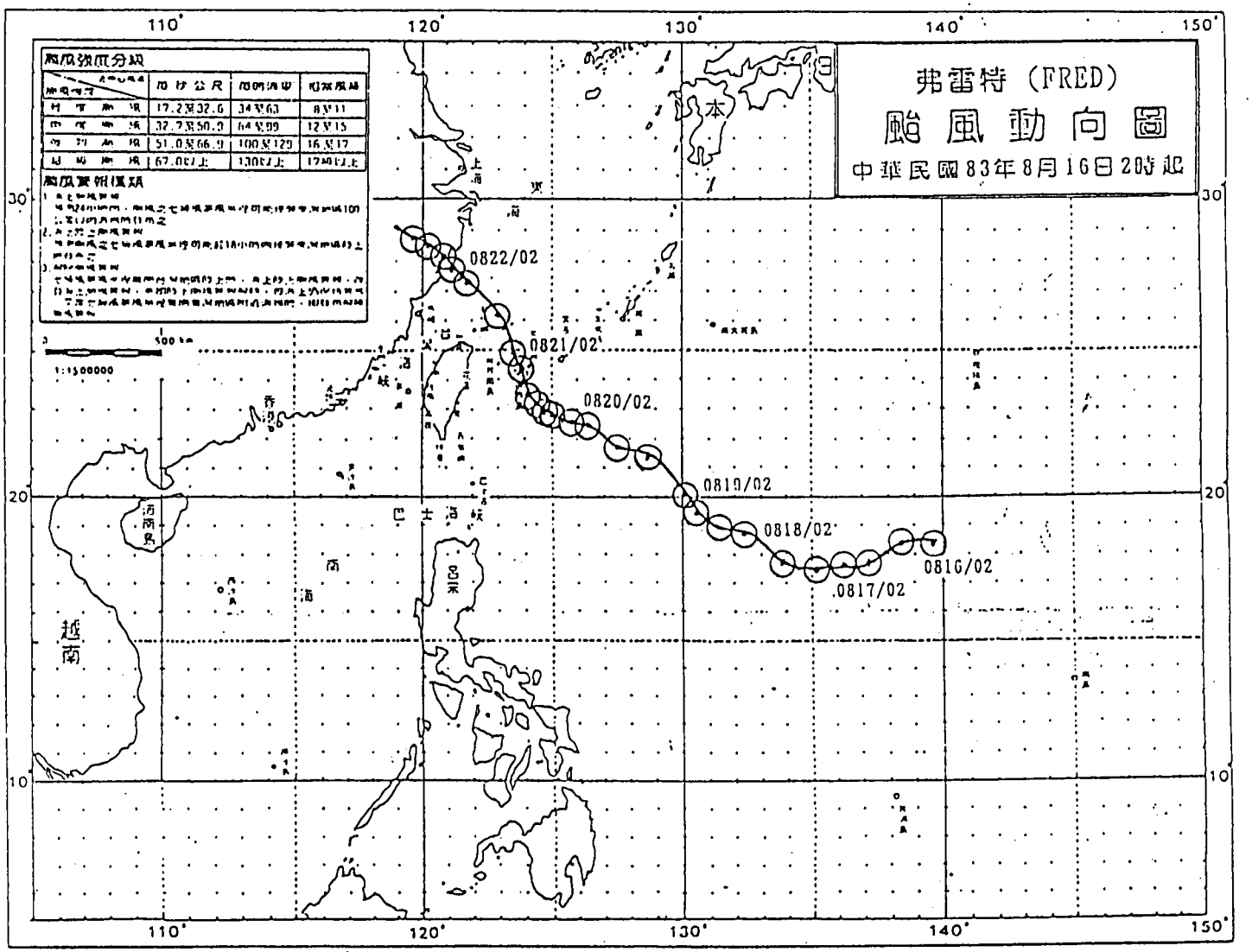


圖 16　1994 年弗雷特(FRED)颱風之路徑圖

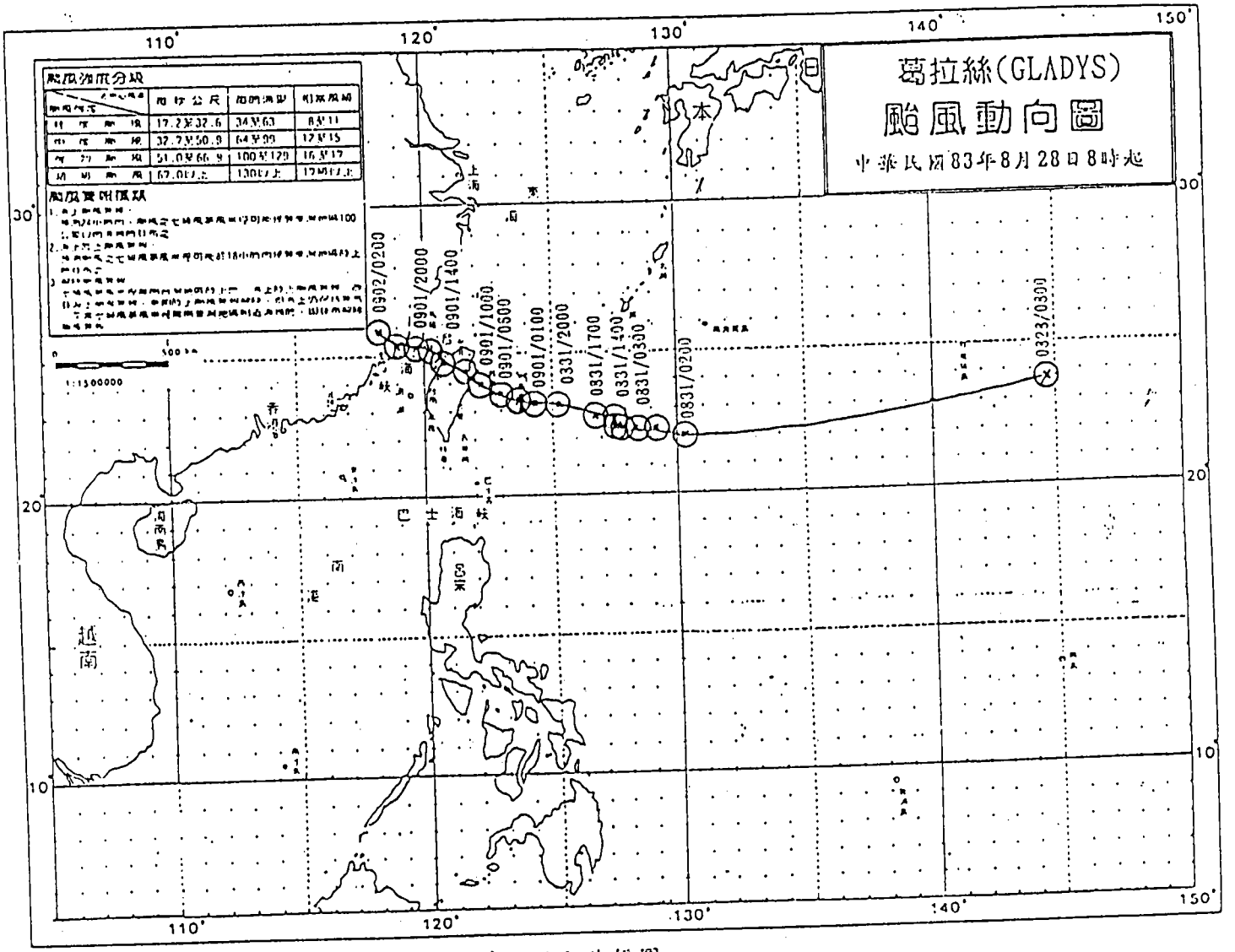


圖 18： 1994 年葛拉絲(GLADYS)颱風之路徑圖

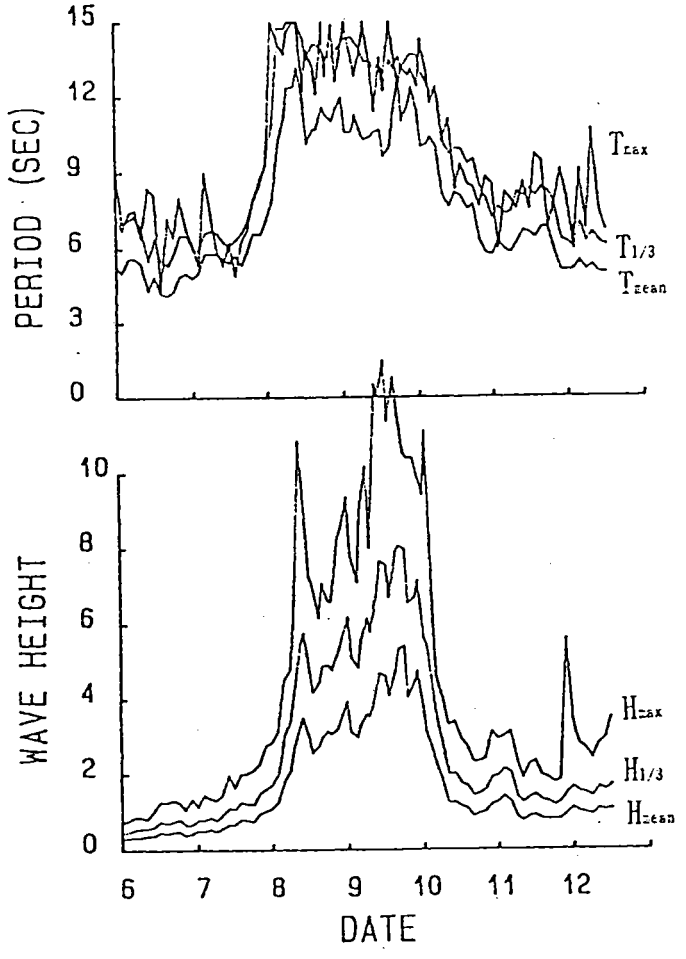


圖 19　1994 年 10 月 6 日～12 日席斯颱風造成花蓮港港外 ST.2 站之波浪逐時變化圖

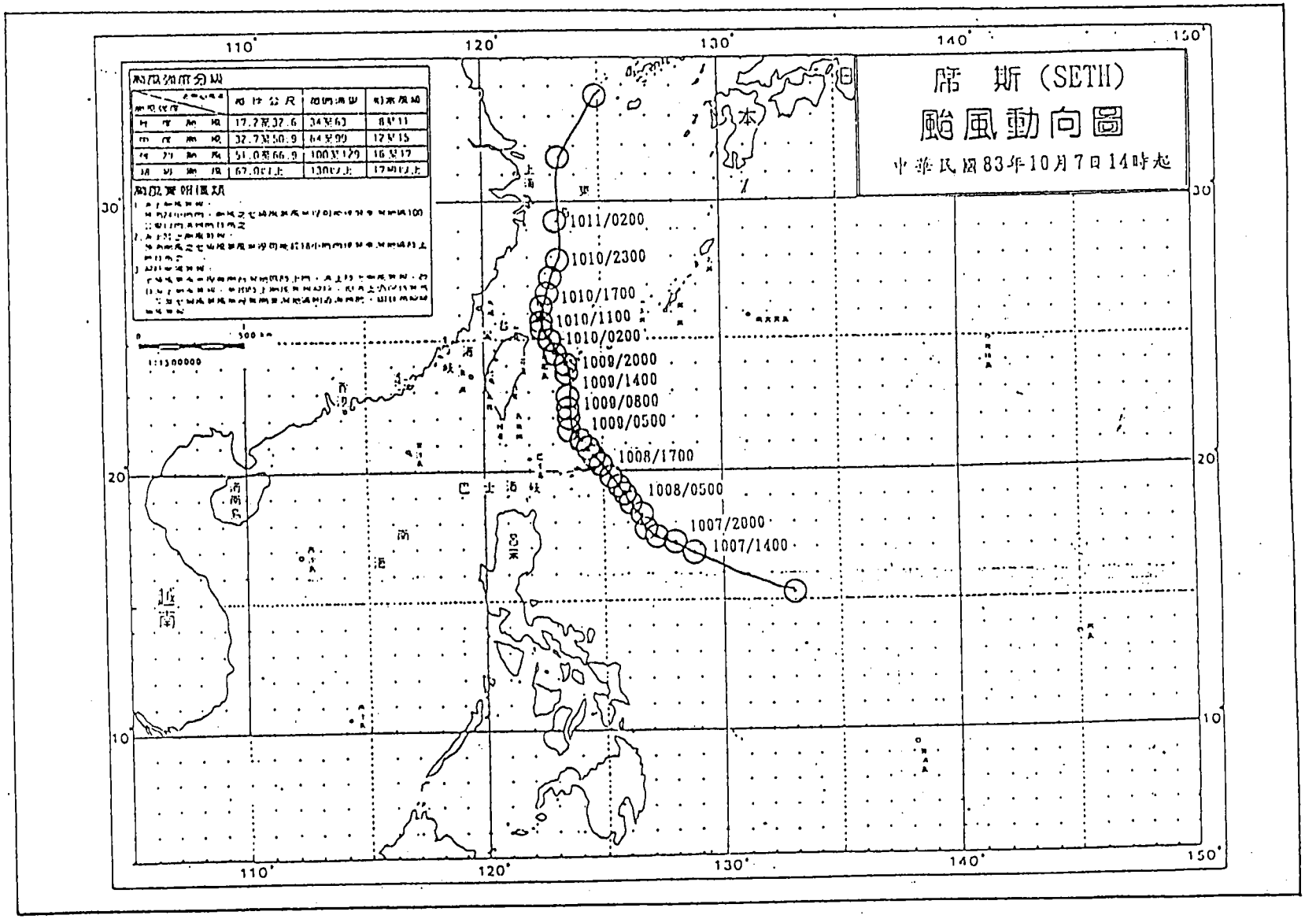


圖 20　1994 年席斯(SETH)颱風之路徑圖

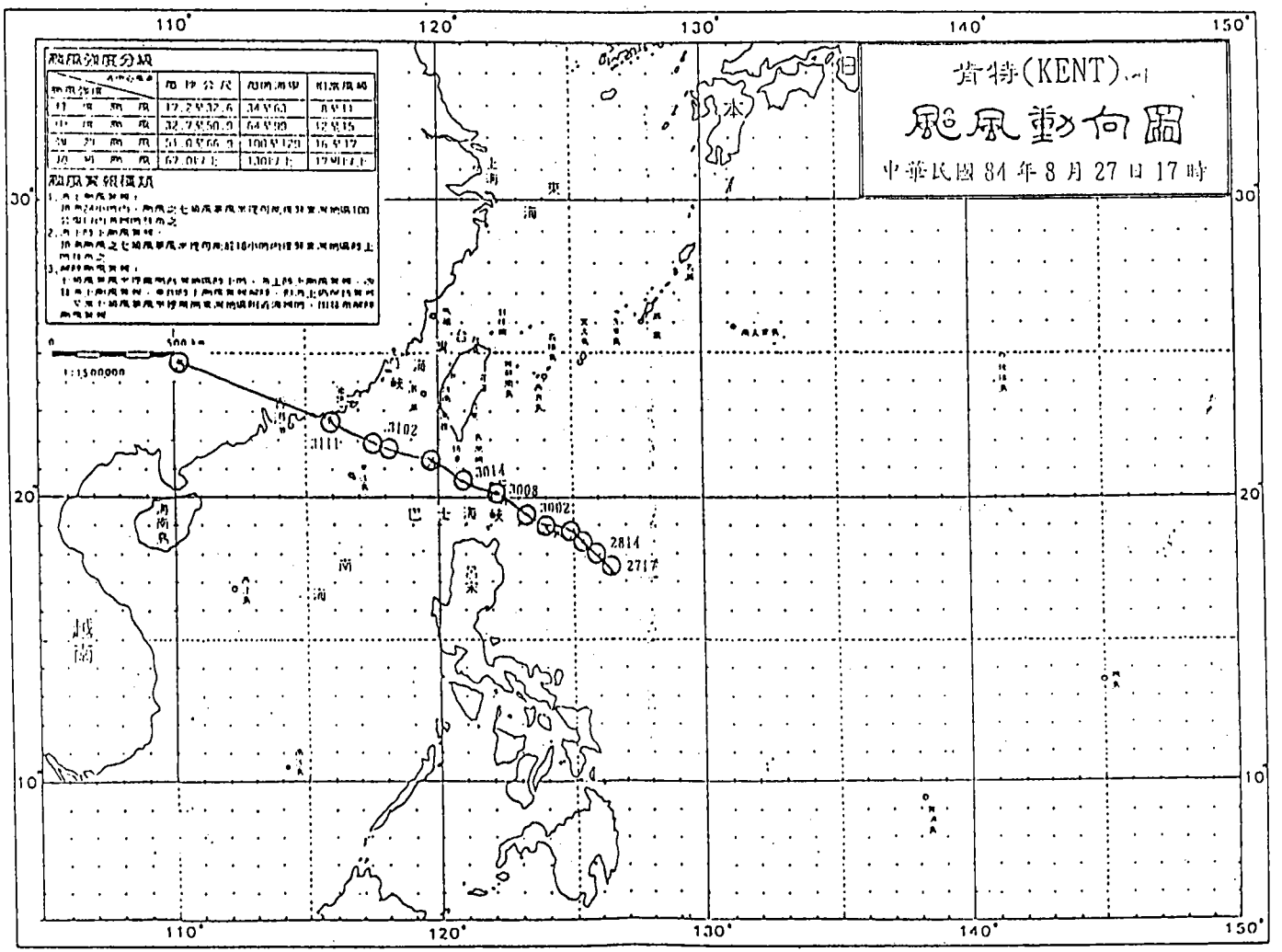


圖 21　1995 年肯特(KENT)颱風之路徑圖

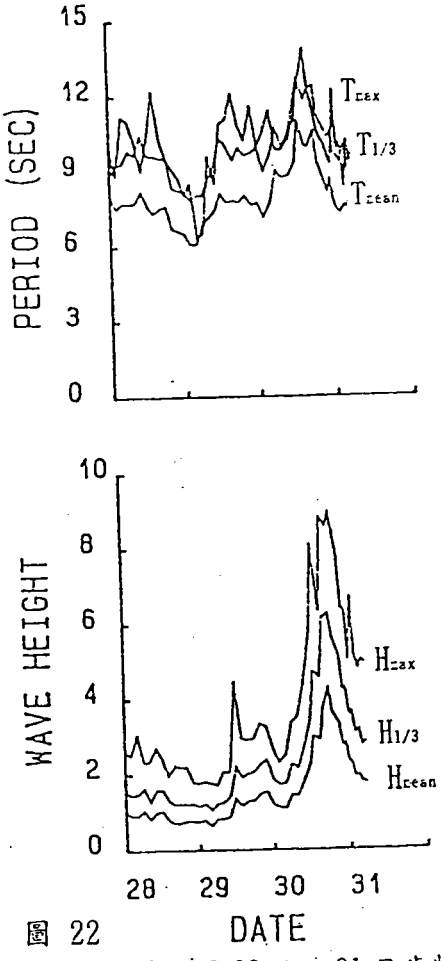


圖 22
1995 年 8 月 28 日～31 日肯特颱風造成
花蓮港港外 ST.2 站之波浪逐時變化圖

顏色	時 間	主頻率(Hz)	能譜密度(cm²/Hz)	備 註
紫	0710/0820	0.0850	0.3436534 E6	
綠	0710/1300	0.0700	0.9190938 E6	
藍	0710/1556	0.0650	0.1608447 E7	
紅	0710/1734	0.0600	0.1069268 E7	

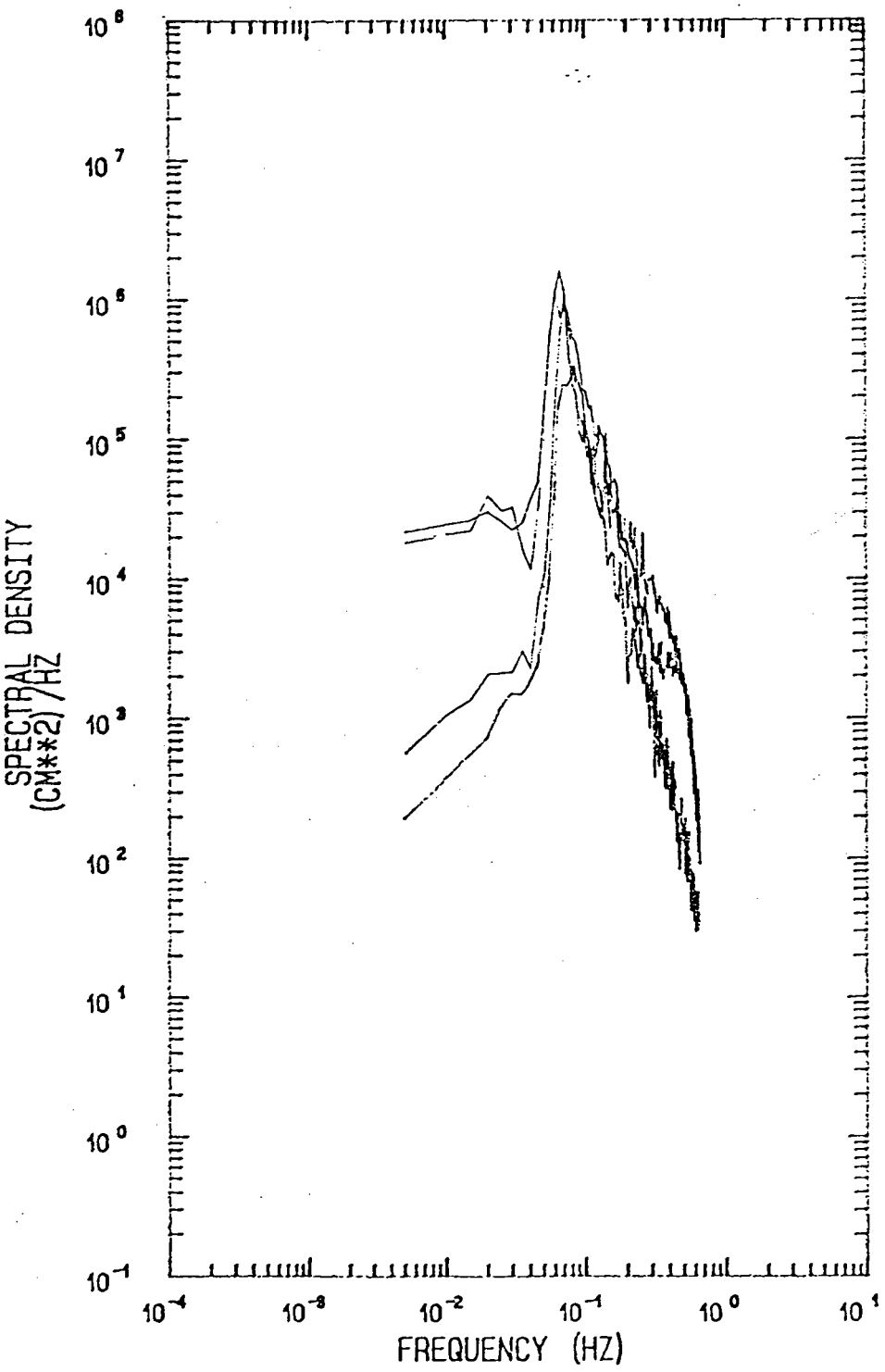


圖 23 花蓮港港外ST. 2測站83年7月10日
提姆颱風產生波浪連續變化壓力能譜密度圖

顏色	時間	主頻率(Hz)	能譜密度(cn²/Hz)	備註
橘	0819/1214	0.080	0.6281617 E5	
紅	0820/0345	0.070	0.5823247 E5	
藍	0820/0946	0.060	0.5289001 E6	
綠	0820/1844	0.075	0.2475321 E6	
紫	0820/2305	0.080	0.1753238 E6	

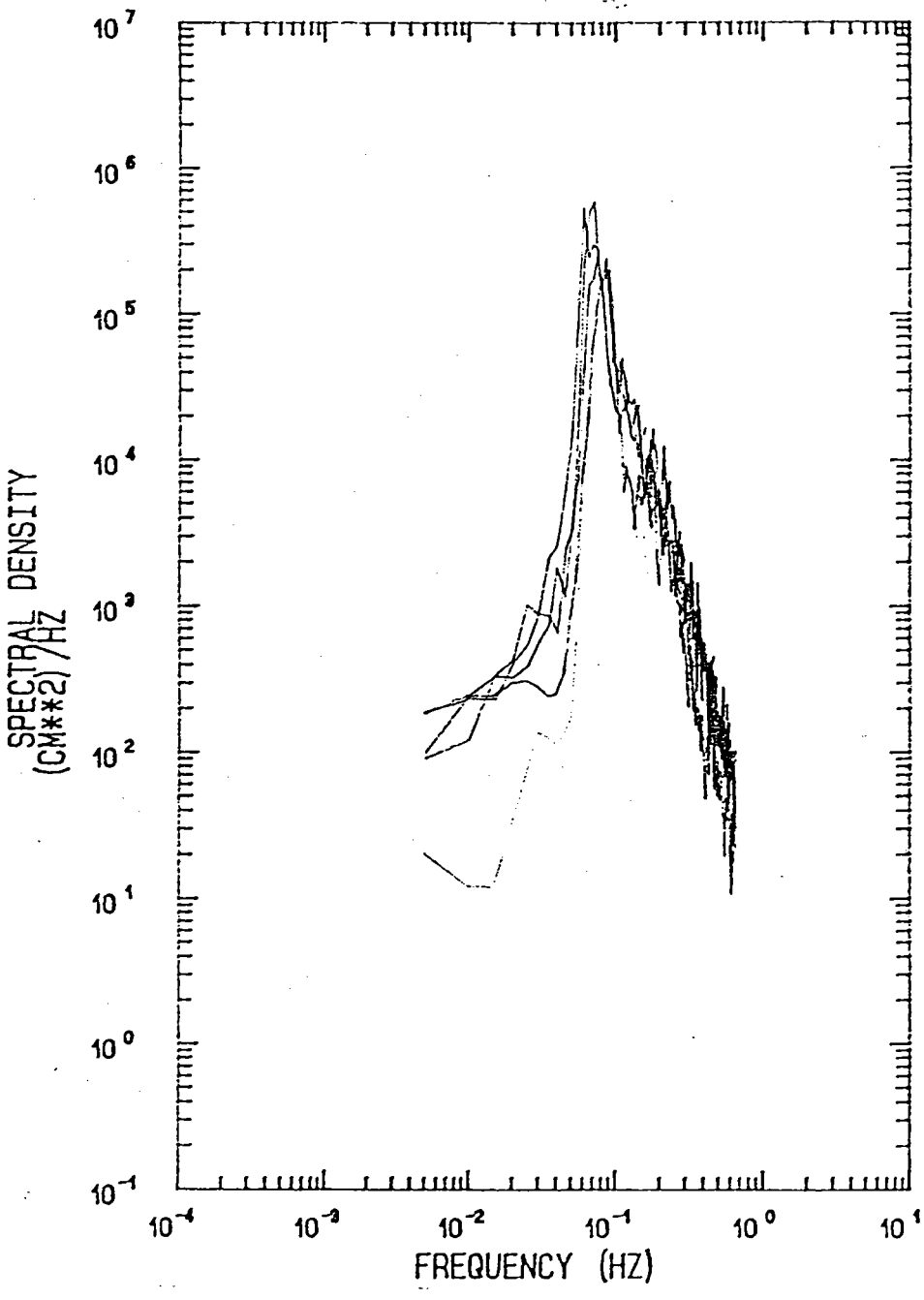


圖 24 花蓮港港外ST. 2測站83年8月19日～8月20日
弗雷特颱風產生波浪連續變化壓力能譜密度圖

顏色	時 間	主頻率(Hz)	能譜密度(cm²/Hz)	備 註
橘	0831/1825	0.0750	0.2534592 E5	
褐	0901/0212	0.0900	0.7081967 E5	
紅	0901/0647	0.0650	0.9278039 E6	
藍	0901/0816	0.0750	0.5824154 E6	
綠	0901/1036	0.0850	0.1665965 E6	
紫	0901/1303	0.1000	0.2522343 E5	

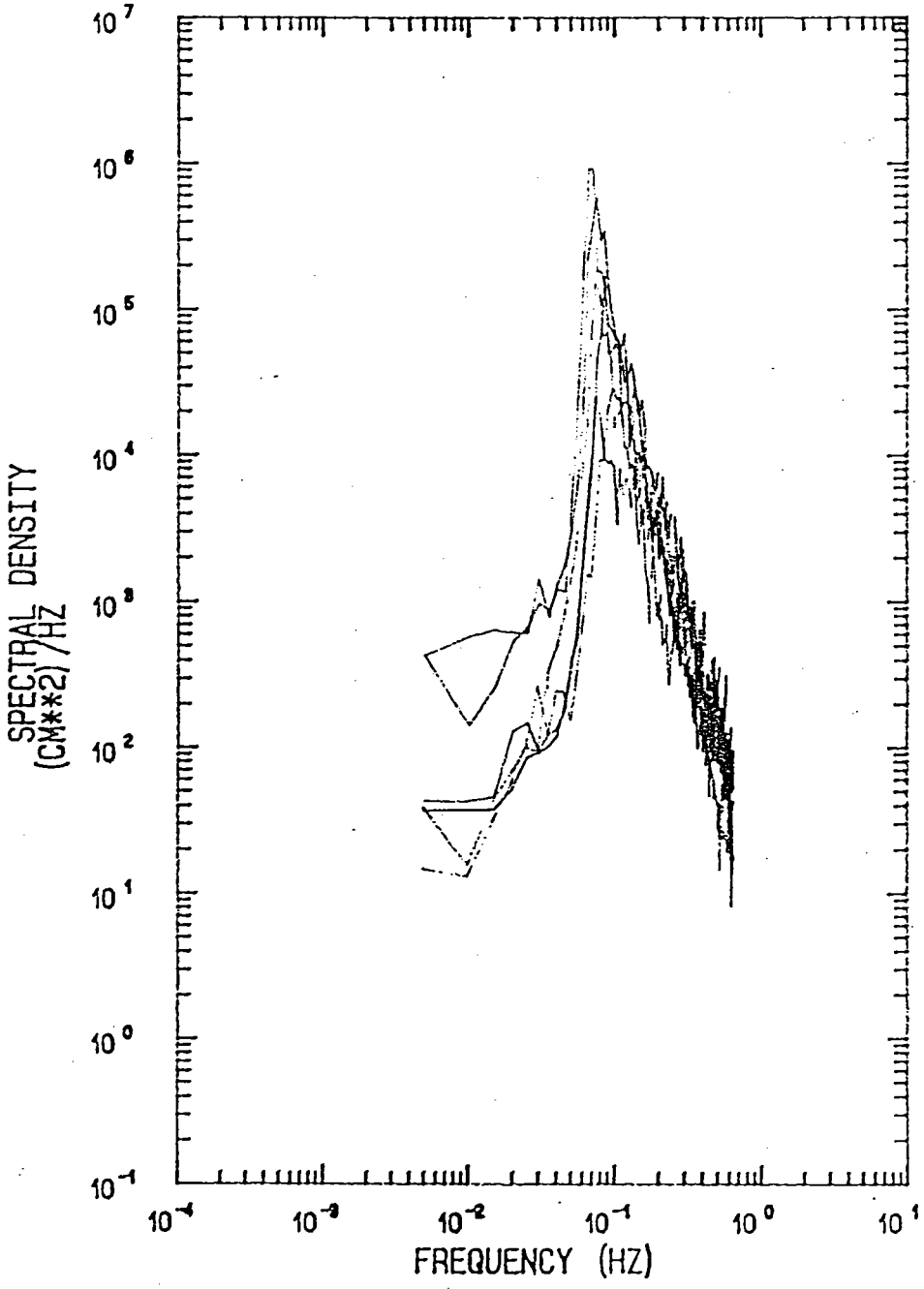


圖 25 花蓮港港外ST.2測站83年8月31日～9月1日
葛拉絲颱風產生波浪連續變化壓力能譜密度圖

顏色	時間	主頻率(Hz)	能譜密度(cm²/Hz)	備註
橘	1008/0624	0.0600	0.1043451 E6	
橘	1008/1810	0.0700	0.2665212 E6	
紅	1009/1212	0.0600	0.6286971 E6	
紅	1009/1811	0.0700	0.1272912 E7	
綠	1010/0014	0.0700	0.5285079 E6	
紫	1010/0603	0.0750	0.8129608 E5	
黑	1010/1234	0.0950	0.3257654 E5	

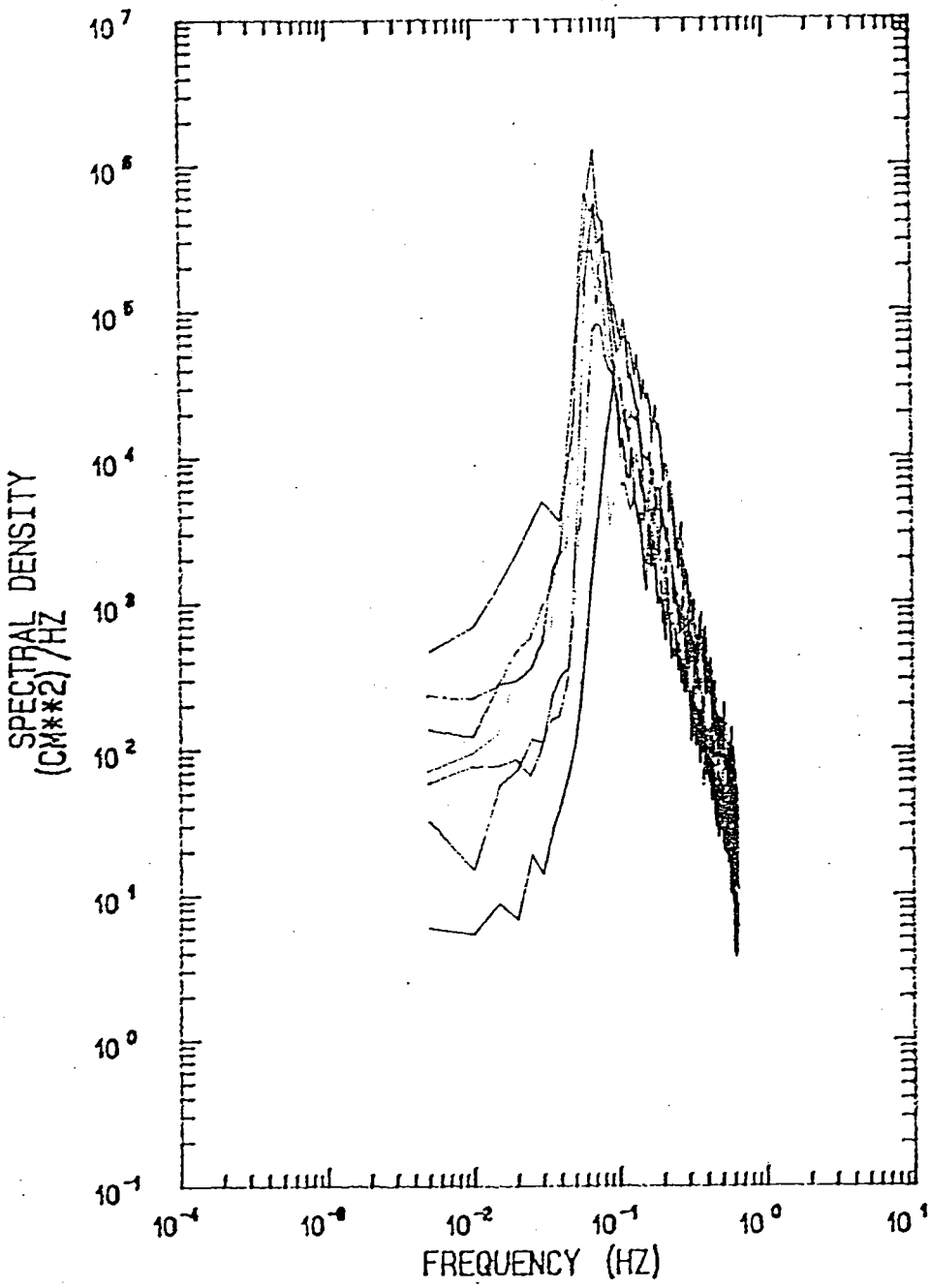
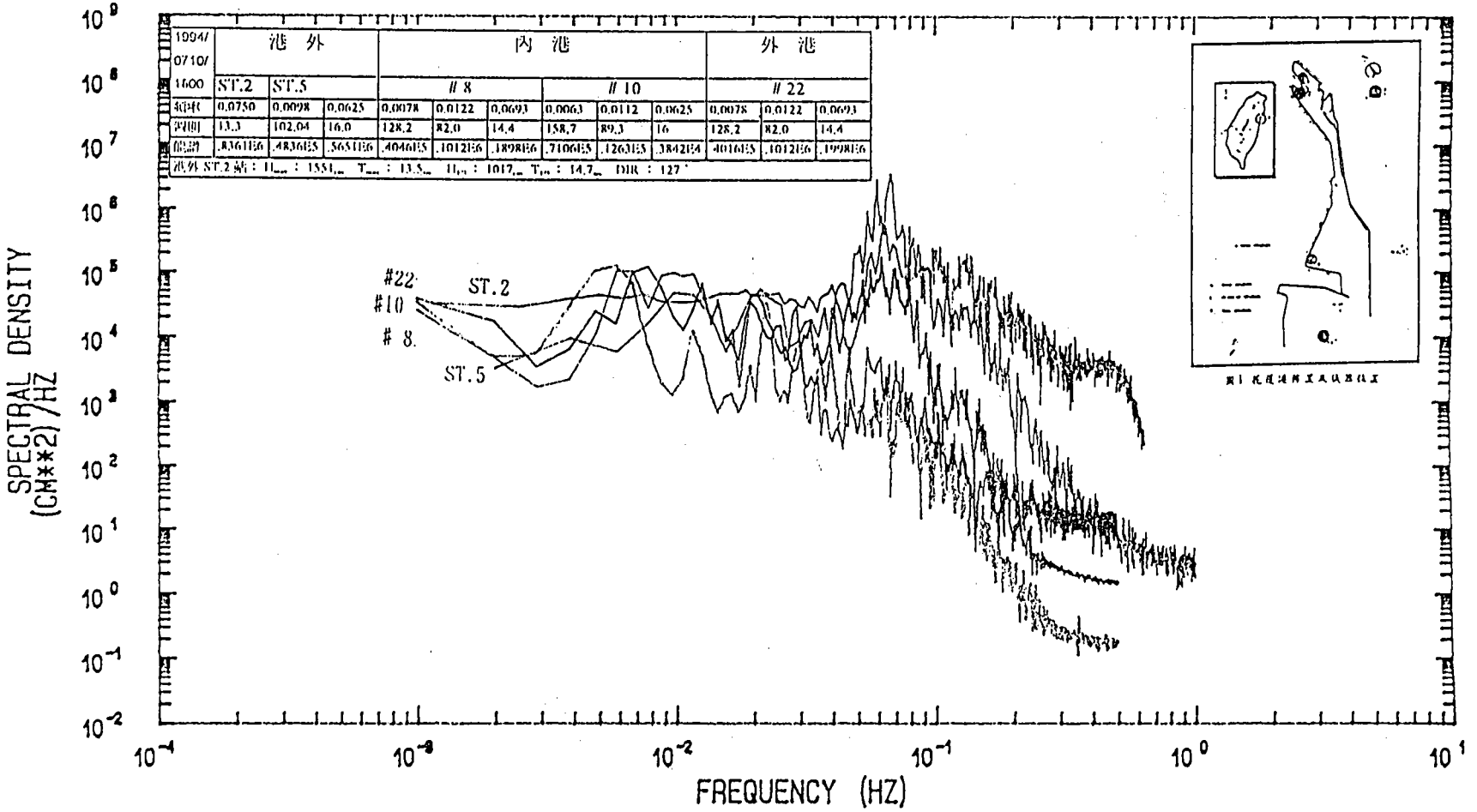


圖 26 花蓮港港外ST. 2測站83年10月8日～10月10日席斯颱風產生波浪連續變化壓力能譜密度圖

1994/0710/1600 wave data ϕfhh11.



1994/0710/1600	港外			內港						外港		
	ST.2	ST.5		# 8			# 10			# 22		
頻率	0.0750	0.0098	0.0625	0.0078	0.0122	0.0693	0.0063	0.0112	0.0625	0.0078	0.0122	0.0693
週期	13.3	102.04	16.0	128.2	82.0	14.4	158.7	89.3	16	128.2	82.0	14.4
能譜	.836E6	.483E5	.565E6	.404E5	.101E6	.189E6	.710E5	.126E5	.384E4	.401E5	.101E6	.199E6

港外 ST.2 波：H_{mo} : 155$_{cm}$ T_{mo} : 13.5$_{sec}$ H_{m0} : 101$_{cm}$ T_{m0} : 14.7$_{sec}$ DIR : 127°

圖 27　83 年 7 月 10 日 16 時提姆颱風侵襲時花蓮港 ST.2 、 ST.5 、#8 、#10 、#22 等觀測站波浪能譜比較圖

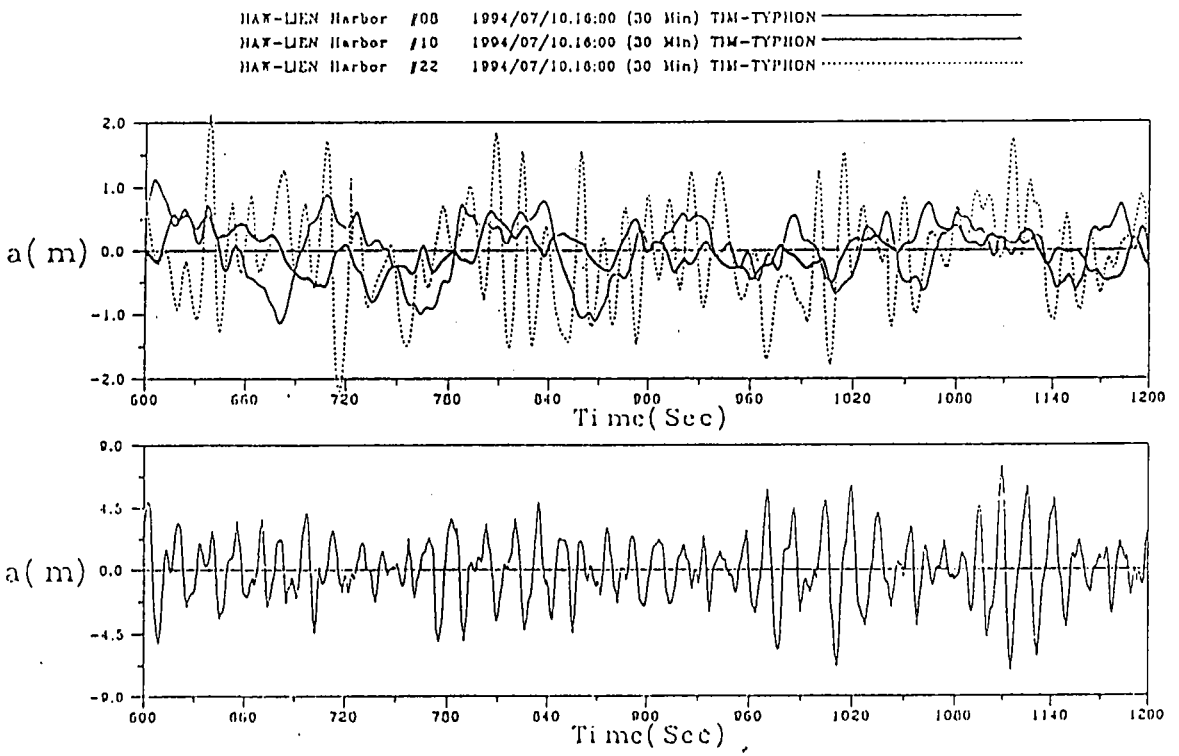
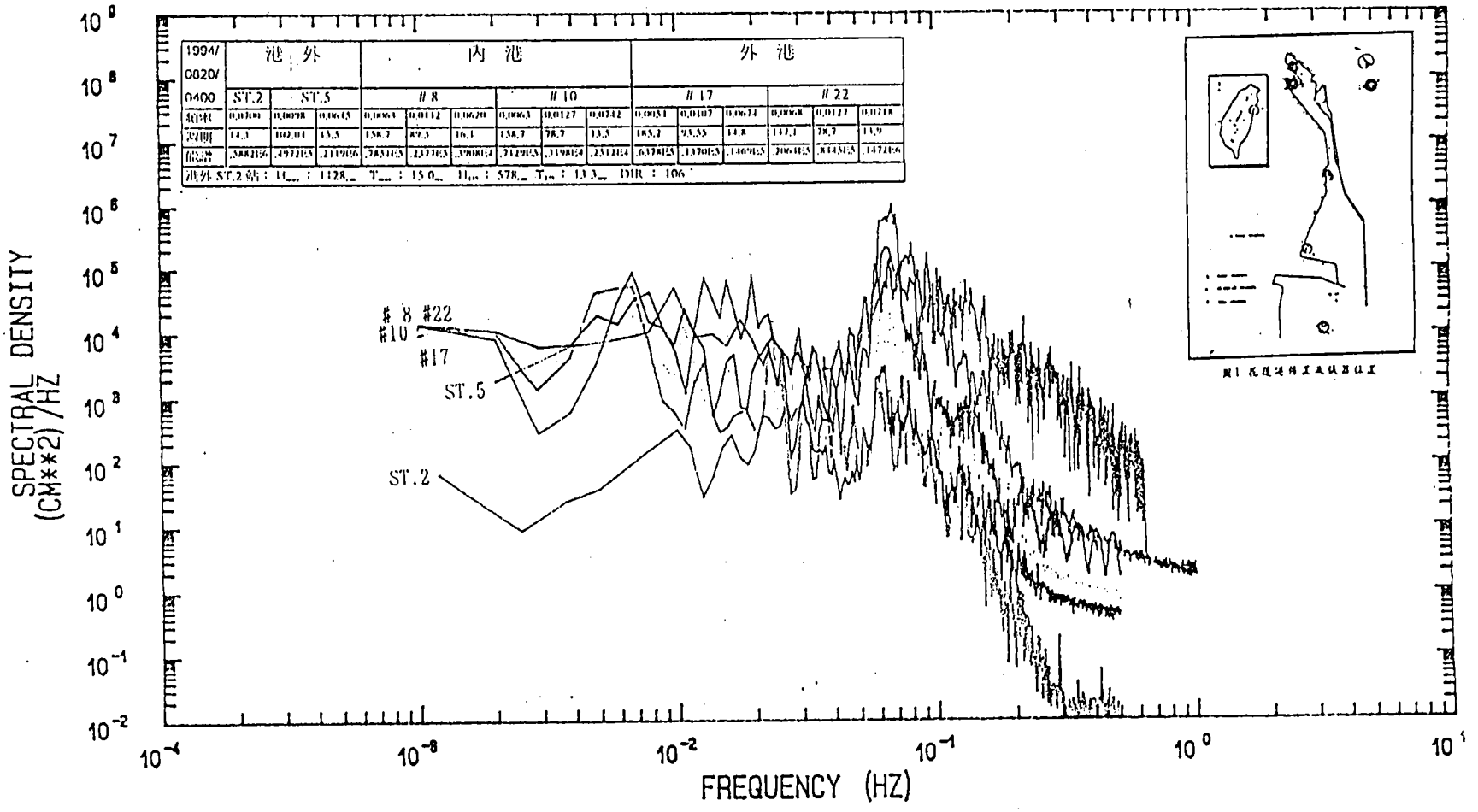


圖 28 挑姆颱風港內外水位延時變化

1994/0820/0400 wave data of h.l.

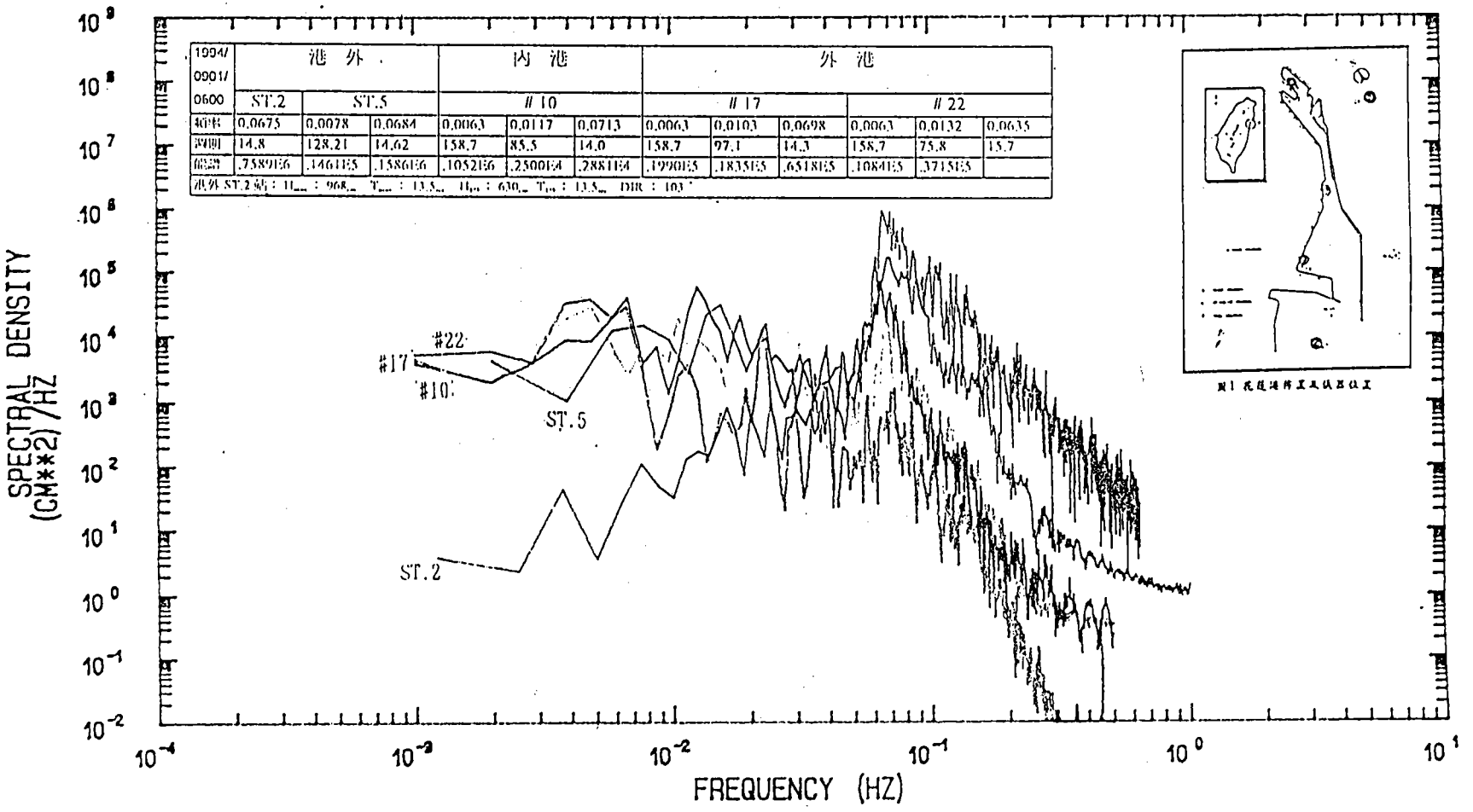


1994/0820/0400	港外			內港						外港					
	ST.2	ST.5		#8			#10			#17			#22		
波高	0.0301	0.0098	0.0645	0.0064	0.0112	0.0620	0.0063	0.0127	0.0742	0.0051	0.0107	0.0674	0.0068	0.0127	0.0718
週期	14.3	102.04	15.5	158.7	89.3	16.1	158.7	78.7	13.5	185.2	93.55	14.8	147.1	78.7	13.9
能量	.588E06	.497E05	.211E06	.783E05	.237E05	.390E04	.712E05	.319E04	.251E04	.633E05	.137E05	.146E05	.206E05	.811E05	.147E06

港外 ST.2 站：H_{mo} : 1128.　T_{mo} : 15.0　H_{m0} : 578.　T_{m0} : 13.3　DIR : 106

圖 29　83年8月20日4時非常特颱風侵襲時花蓮港 ST.2、ST.5、#8、#10、#17、#22 等觀測站波浪能譜比較圖

1994/0901/0600 wave data of h.1.



1994/0901/0600	港外			內港			外港					
	ST.2	ST.5		#10			#17			#22		
波高	0.0675	0.0078	0.0684	0.0063	0.0117	0.0713	0.0063	0.0103	0.0698	0.0063	0.0132	0.0635
週期	14.8	128.21	14.62	158.7	85.5	14.0	158.7	97.1	14.3	158.7	75.8	15.7
能量	.7589E6	.1461E5	.1586E6	.1052E6	.2500E4	.2881E4	.1990E5	.1835E5	.6518E5	.1084E5	.3715E5	

港外 ST.2 波：H_{mo} : 968. T_{mo} : 13.5. H_{po} : 630. T_{po} : 13.5. DIR : 103°

圖 30　83 年 9 月 1 日 6 時葛拉絲颱風侵襲時花蓮港 ST.2 、 ST.5 、#10 、#17 、#22 等觀測站波浪能譜比較圖

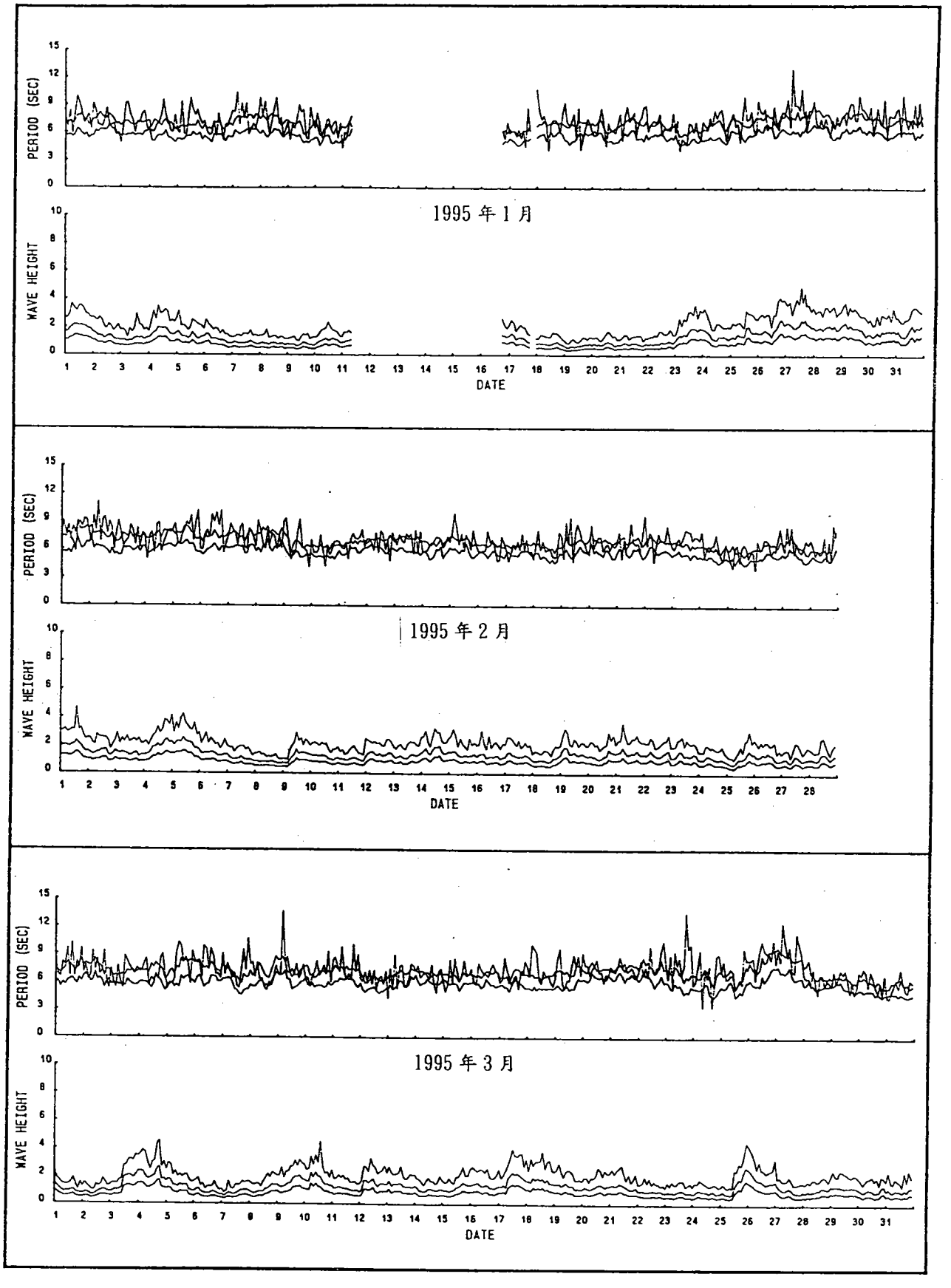


圖 A-1 花蓮港測站港外波浪逐時變化圖

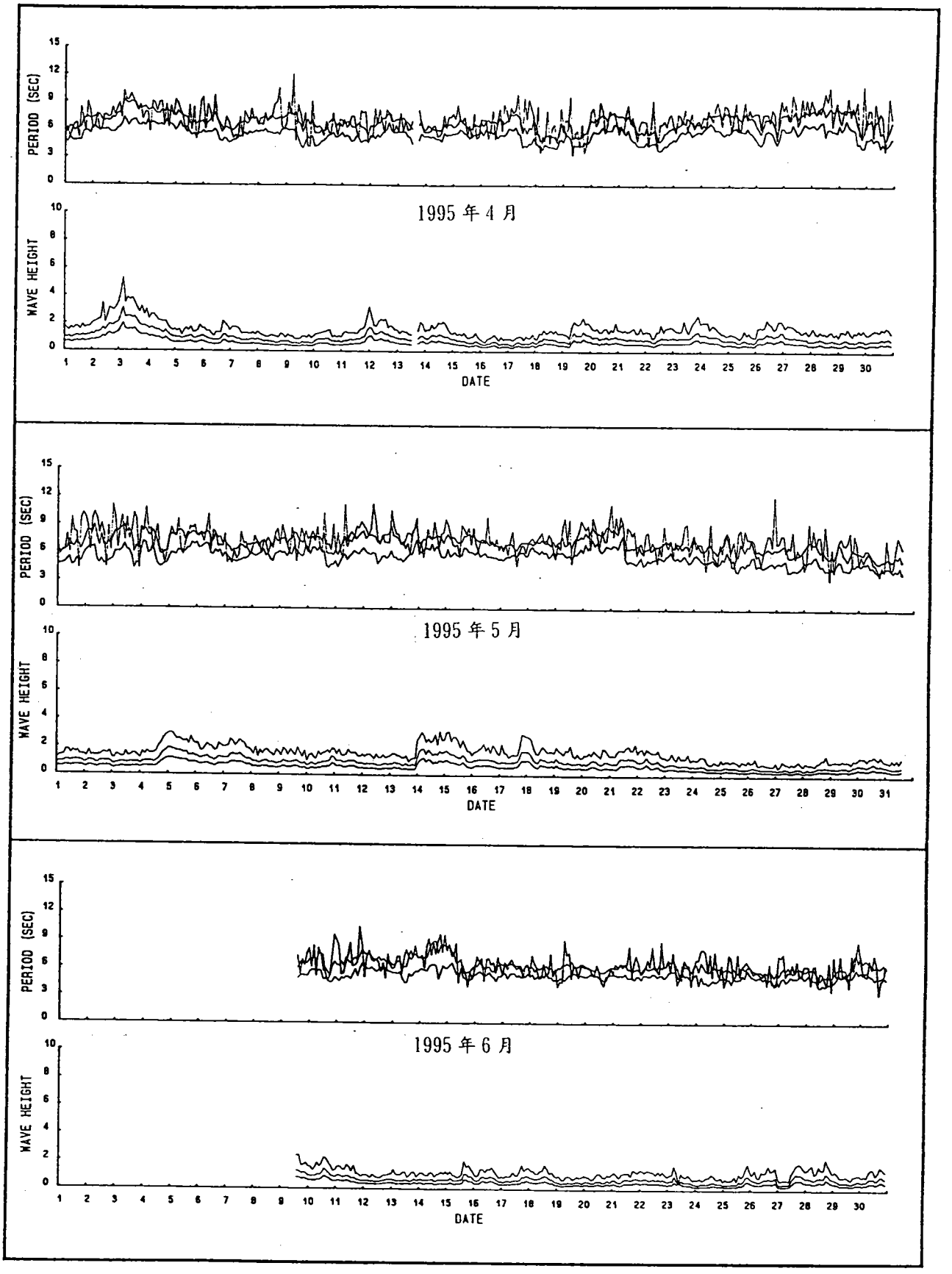


圖 A-2 花蓮港測站港外波浪逐時變化圖

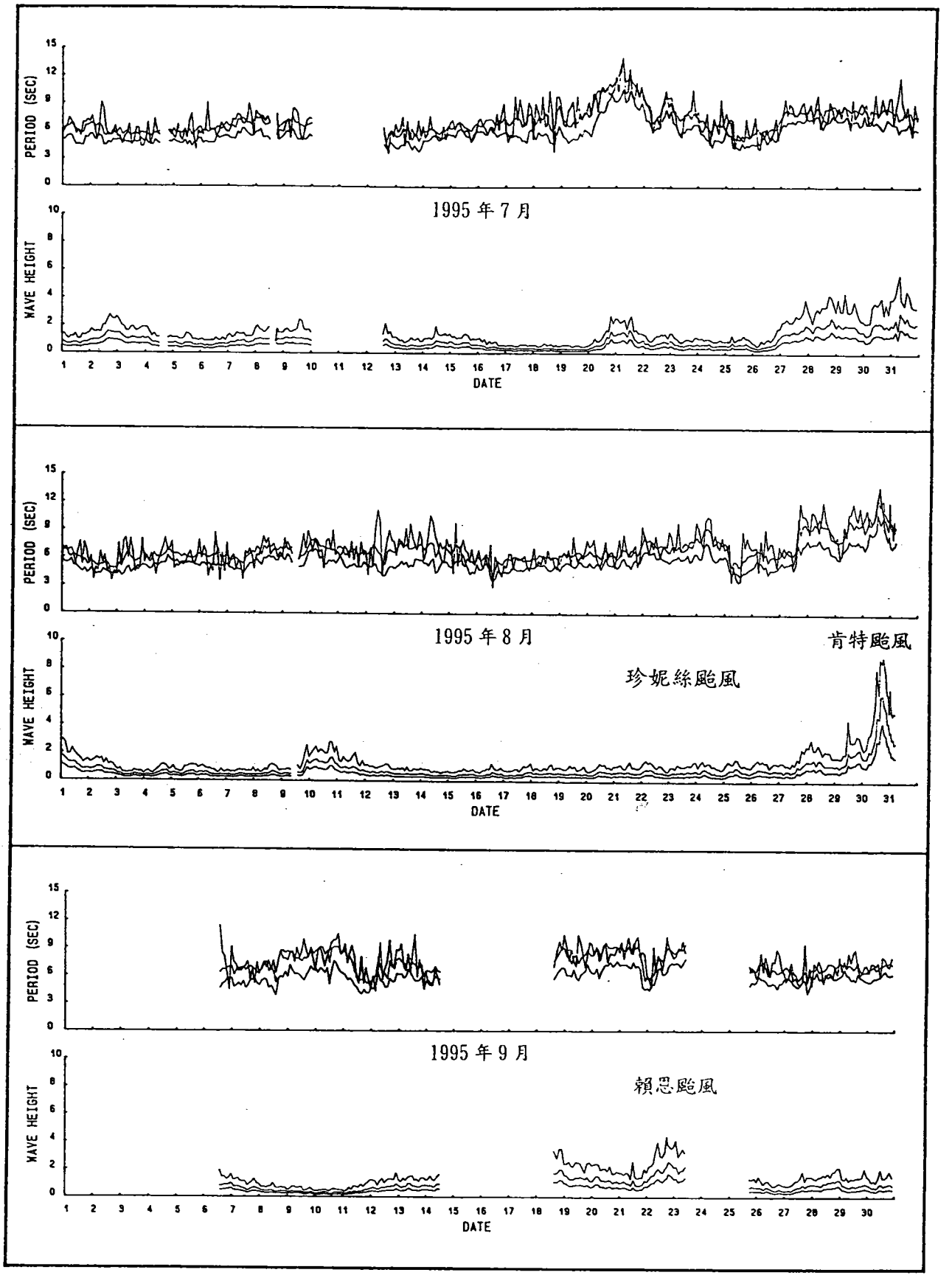


圖 A-3 花蓮港測站港外波浪逐時變化圖

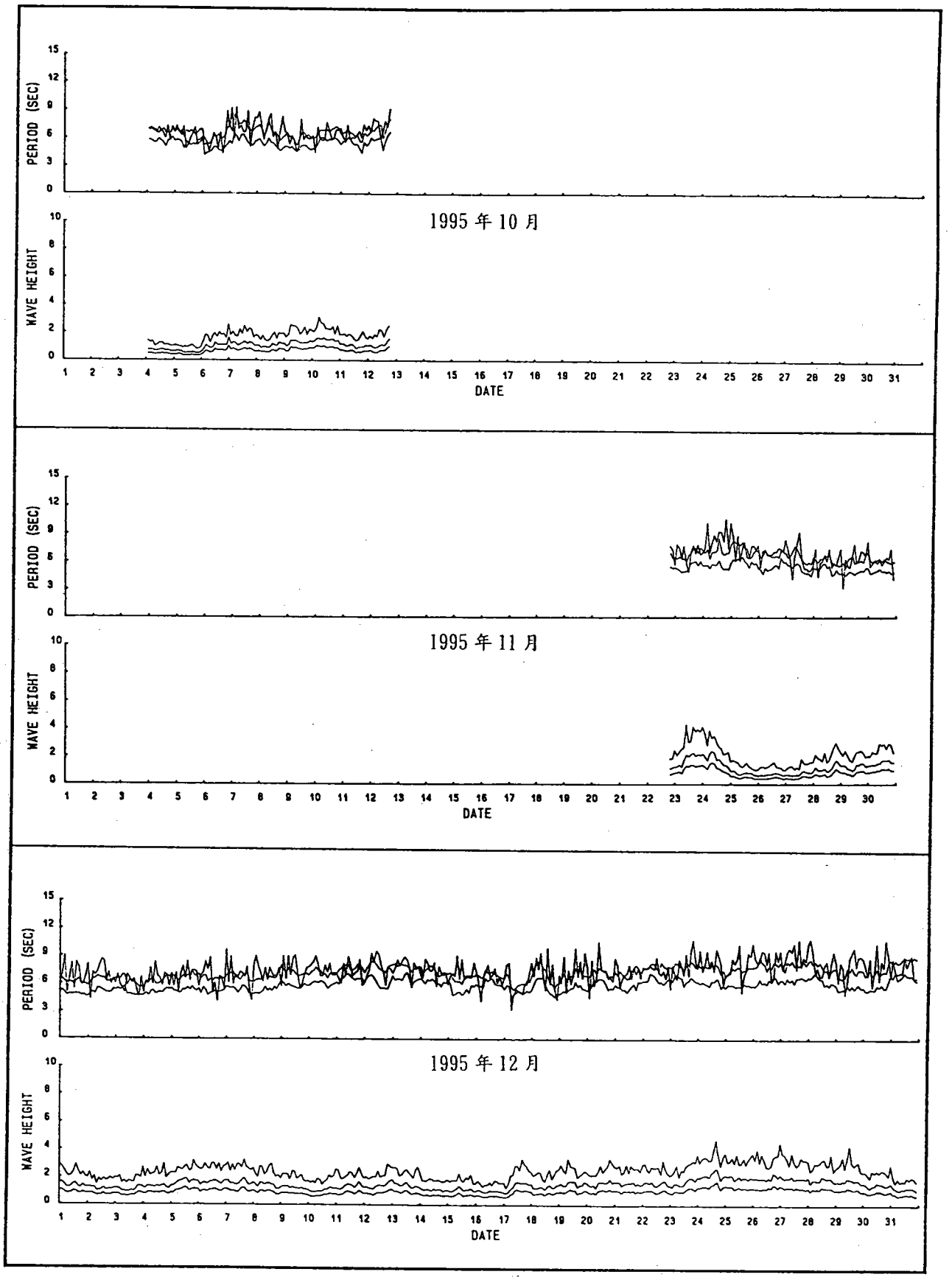


圖 A-4 花蓮港測站港外波浪逐時變化圖

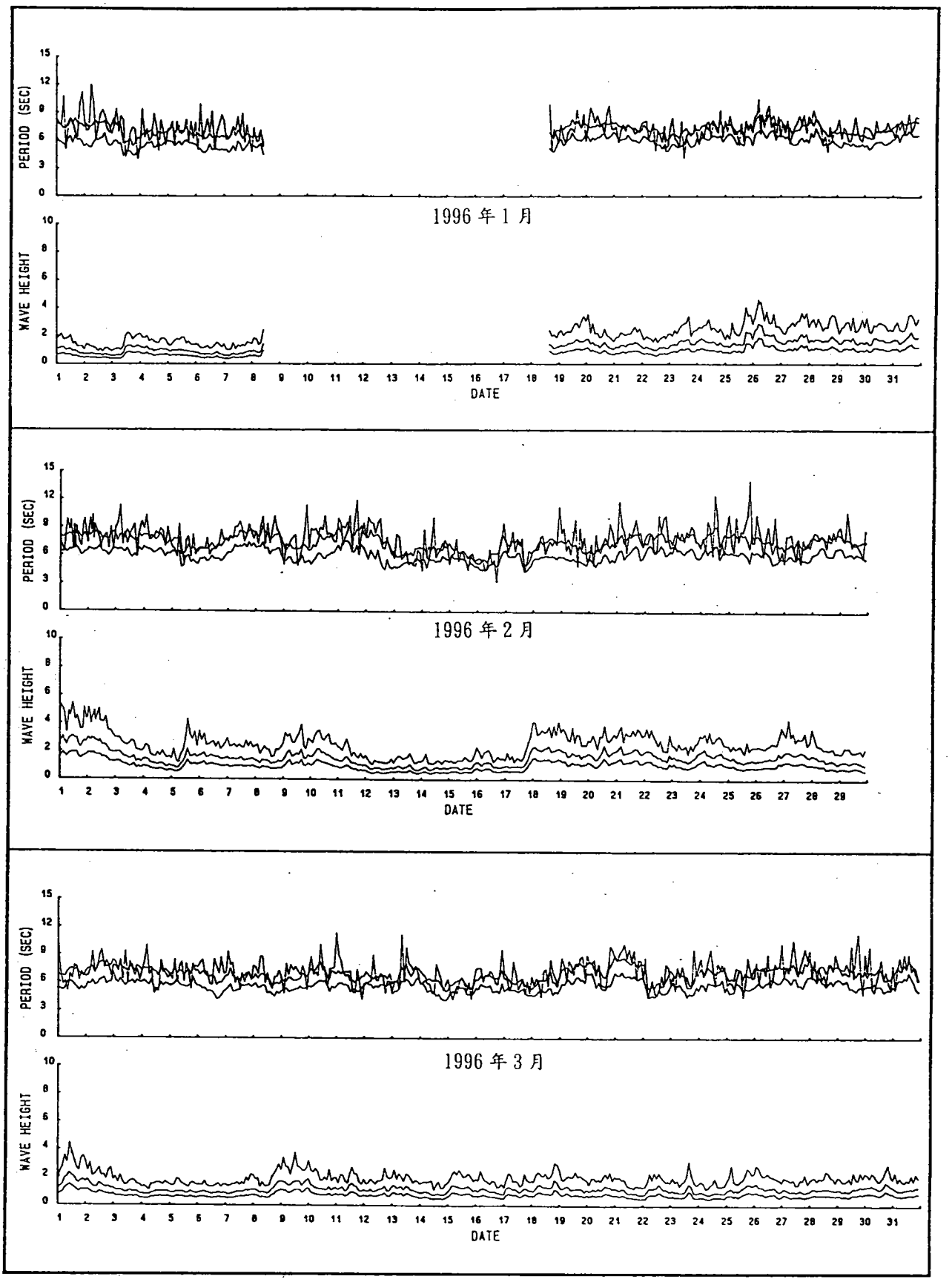


圖 A-5 花蓮港測站港外波浪逐時變化圖

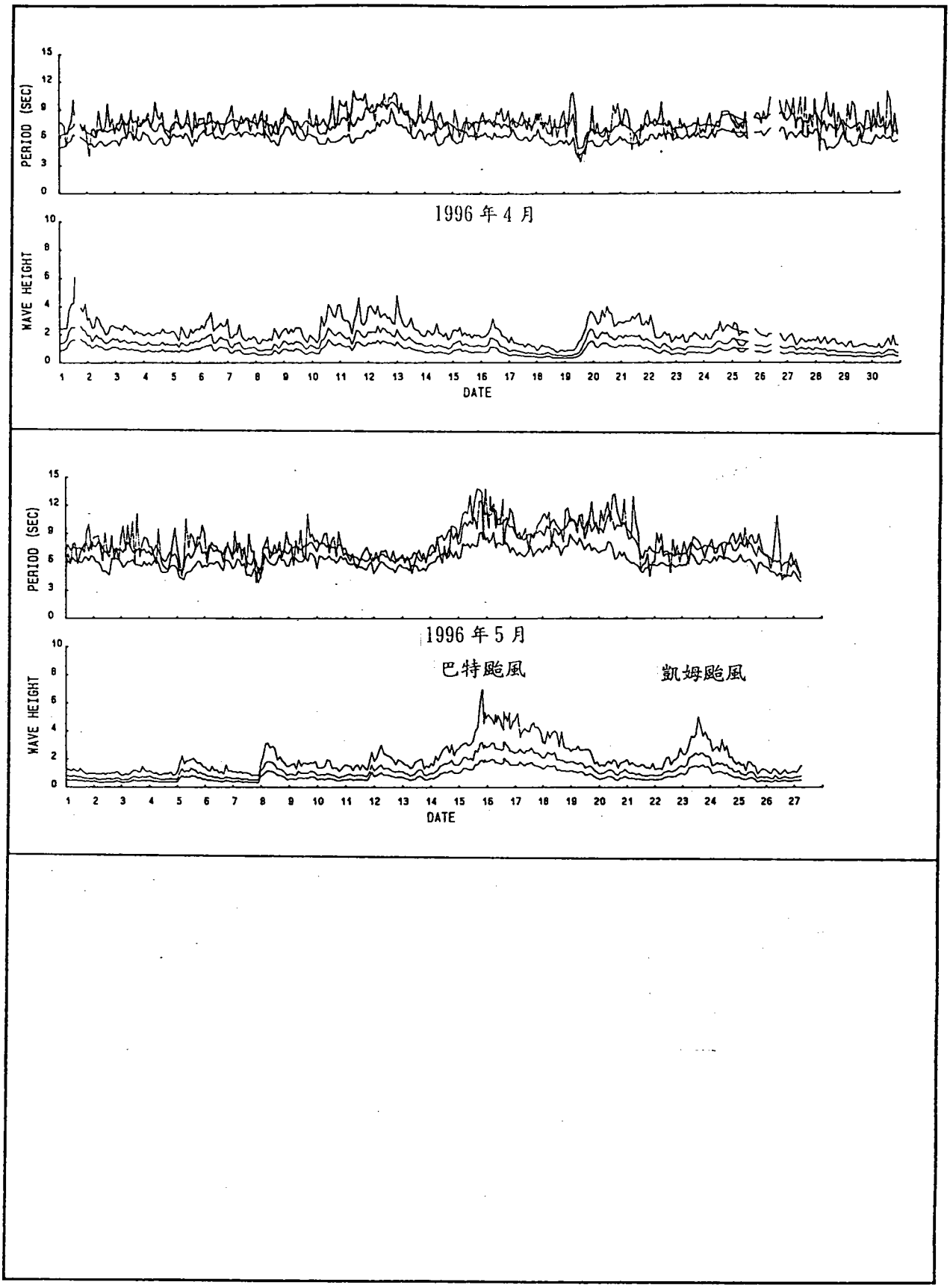


圖 A-6 花蓮港測站港外波浪逐時變化圖

表 B-1

```
PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HAW-LIAN --- st2          ST-02 DATE : 95.01.01.00:00-95.01.31.16:30

UNIT : M    ----          wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
             ( % )
    .00
              .00
    .50
           34.20          ********************************
   1.00
           30.62          ******************************
   1.50
           22.48          **********************
   2.00
           11.40          ***********
   2.50
            1.30          *
   3.00
             .00
   3.50
             .00
   4.00
             .00
   4.50
             .00
   5.00
             .00
   5.50
             .00
   6.00
             .00
   6.50
             .00
   7.00
             .00
   7.50
             .00
   8.00
             .00
   8.50
             .00
   9.00
             .00
   9.50
             .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  307       LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT     :   1.33     VARIANCE OF wave HEIGHT :   .25     STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  :  .50
   MAX  OF wave HEIGHT     :   2.61     1T"S wave period        :  8.50     AT TIME : 1995. 1.27.17: 9
   MIN  OF wave HEIGHT     :    .57     1T"S wave period        :  6.60     AT TIME : 1995. 1.19. 4:21
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 1.35     SKEWNESS OF wave HEIGHT :   .76     DC VALUE OF wave HEIGHT    : -13.99
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (   .50, 1.00) IS  34.2%
```

表 B-1(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-02  DATE : 95.01.01.00:00-95.01.31.16:30

UNIT : SEC    ----        wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE        DISTRBUTION
             ( % )
   4.00
             .00
   5.00
            3.58        ***
   6.00
           38.44        ************************************
   7.00
           49.84        ************************************************
   8.00
            7.82        *******
   9.00
             .33
  10.00
             .00
  11.00
             .00
  12.00
             .00
  13.00
  -          .00
  14.00
             .00
  15.00
             .00
  16.00
             .00
  17.00
             .00
  18.00
             .00
  19.00
             .00
  20.00
             .00
  21.00
             .00
  22.00

LOST DATA     .00

  TOTAL NO. OF DATA       :  307       LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
  MEAN OF wave period     :   7.08     VARIANCE OF wave period :   .40     STANDARD DEVIATION OF wave period :  .63
  MAX  OF wave period     :   9.10     1T"S wave  HEIGHT       :  2.06
  MIN  OF wave period     :   5.60     1T"S wave HEIGHT        :   .93
  CORNU RATIO OF wave period: 1.56     SKEWNESS OF wave period :   .10     DC VALUE OF wave period  :   -.59
  MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  7.00, 8.00) IS  49.8%
```

表 B-2

```
PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HAW-LIAN --- st2        ST-02 DATE : 95.02.01.00:00-95.02.28.22:30

UNIT : M    ----          wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE         DISTRBUTION
             ( % )
    .00
              .00
    .50
           12.84          ************
   1.00
           62.39          ************************************************************
   1.50
           20.00          ********************
   2.00
            4.48          ****
   2.50
             .30
   3.00
             .00
   3.50
             .00
   4.00
             .00
   4.50
             .00
   5.00
             .00
   5.50
             .00
   6.00
             .00
   6.50
             .00
   7.00
             .00
   7.50
             .00
   8.00
             .00
   8.50
             .00
   9.00
             .00
   9.50
             .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  335        LOST NO. OF DATA        :   0 ( .00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT     :   1.36      VARIANCE OF wave HEIGHT :   .11      STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  : .33
   MAX  OF wave HEIGHT     :   2.52      IT"S wave period        :  8.50      AT TIME : 1995. 2. 5.10:28
   MIN  OF wave HEIGHT     :    .69      IT"S wave period        :  7.10      AT TIME : 1995. 2. 9. 4:23
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 1.76      SKEWNESS OF wave HEIGHT :  1.68      DC VALUE OF wave HEIGHT    :  11.78
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (  1.00, 1.50) IS  62.4%
```

表 B-2(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-02  DAT2 : 95.02.01.00:00-95.02.28.22:30

UNIT : SEC    ----        wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE        DISTRBUTION
             ( % )
   4.00
             .00
   5.00
            2.99        **
   6.00
           43.88        ******************************************
   7.00
           46.27        *******************************************
   8.00
            6.57        ******
   9.00
             .30
  10.00
             .00
  11.00
             .00
  12.00
             .00
  13.00
             .00
  14.00
             .00
  15.00
             .00
  16.00
             .00
  17.00
             .00
  18.00
             .00
  19.00
             .00
  20.00
             .00
  21.00
             .00
  22.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  335       LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave period     :   7.01     VARIANCE OF wave period :   .38     STANDARD DEVIATION OF wave period :  .62
   MAX  OF wave period     :   9.10     IT"S wave  HEIGHT       :  2.28
   MIN  OF wave period     :   5.50     IT"S wave HEIGHT        :  1.14
   CORNU RATIO OF wave period: 1.53     SKEWNESS OF wave period :   .49     DC VALUE OF wave period  :  -2.29
   MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  7.00, 8.00) IS  46.3%
```

表 B-3

```
PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HAW-LIAN --- st2        ST-02 DATE : 95.03.01.00:00-95.03.31.22:30

UNIT : M    ----          wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
             ( % )
    .00
              .00
    .50
            27.22          ***************************
   1.00
            49.33          ************************************************
   1.50
            16.71          ****************
   2.00
             5.39          *****
   2.50
             1.35          *
   3.00
              .00
   3.50
              .00
   4.00
              .00
   4.50
              .00
   5.00
              .00
   5.50
              .00
   6.00
              .00
   6.50
              .00
   7.00
              .00
   7.50
              .00
   8.00
              .00
   8.50
              .00
   9.00
              .00
   9.50
              .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA      :  371        LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT    :   1.29      VARIANCE OF wave HEIGHT :   .17      STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  :  .41
   MAX  OF wave HEIGHT    :   2.74      IT"S wave period        :  7.80      AT TIME : 1995. 3.25.22:15
   MIN  OF wave HEIGHT    :    .57      IT"S wave period        :  7.60      AT TIME : 1995. 3. 7. 2:27
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 1.62     SKEWNESS OF wave HEIGHT :  2.03      DC VALUE OF wave HEIGHT    :   3.39
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (  1.00, 1.50) IS  49.3%
```

表 B-3(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-02  DATE : 95.03.01.00:00-95.03.31.22:30

UNIT : SEC    ----          wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE         DISTRBUTION
              ( % )
   4.00
              .00
   5.00
             5.12          *****
   6.00
            36.66          ************************************
   7.00
            45.01          *********************************************
   8.00
            10.78          **********
   9.00
             2.43          **
  10.00
              .00
  11.00
              .00
  12.00
              .00
  13.00
              .00
  14.00
              .00
  15.00
              .00
  16.00
              .00
  17.00
              .00
  18.00
              .00
  19.00
              .00
  20.00
              .00
  21.00
              .00
  22.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  371        LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave period     :   7.15      VARIANCE OF wave period :   .58      STANDARD DEVIATION OF wave period :  .76
   MAX  OF wave period     :   9.80      IT"S wave  HEIGHT       :  1.44
   MIN  OF wave period     :   5.40      IT"S wave HEIGHT        :  1.34
   CORNU RATIO OF wave period: 1.70      SKEWNESS OF wave period :  1.16      DC VALUE OF wave period  :   8.37
   MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  7.00, 8.00) IS  45.0%
```

表 B-4

```
 PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HAW-LIAN --- st2        ST-02 DATE : 95.04.01.00:00-95.04.13.12:21

UNIT : M    ----          wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
             ( % )
    .00
              .56
    .50
           59.50          ************************************************************
   1.00
           32.40          ********************************
   1.50
            5.03          *****
   2.00
            1.96          *
   2.50
             .28
   3.00
             .28
   3.50
             .00
   4.00
             .00
   4.50
             .00
   5.00
             .00
   5.50
             .00
   6.00
             .00
   6.50
             .00
   7.00
             .00
   7.50
             .00
   8.00
             .00
   8.50
             .00
   9.00
             .00
   9.50
             .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  358       LOST NO. OF DATA      :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT     :   1.00     VARIANCE OF wave HEIGHT :   .13     STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  :  .36
   MAX  OF wave HEIGHT     :   3.08     1T"S wave period      :  9.20     AT TIME : 1995. 4. 3. 4:14
   MIN  OF wave HEIGHT     :    .45     1T"S wave period      :  7.60     AT TIME : 1995. 4.17. 4:25
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 2.20     SKEWNESS OF wave HEIGHT :  7.02     DC VALUE OF wave HEIGHT    :  39.84
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (   .50, 1.00) IS  59.5%
```

表 B-4(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2          ST-02  DATE : 95.04.01.00:00-95.04.13.12:21

UNIT : SEC    ----          wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
              ( % )
    4.00
             1.40          *
    5.00
            13.41          *************
    6.00
            34.36          ***********************************
    7.00
            40.22          ****************************************
    8.00
             9.78          *********
    9.00
              .84
   10.00
              .00
   11.00
              .00
   12.00
              .00
   13.00
              .00
   14.00
              .00
   15.00
              .00
   16.00
              .00
   17.00
              .00
   18.00
              .00
   19.00
              .00
   20.00
              .00
   21.00
              .00
   22.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA        :  358        LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave period      :   6.90      VARIANCE OF wave period :   .75      STANDARD DEVIATION OF wave period :  .86
   MAX  OF wave period      :   9.20      1T"S wave  HEIGHT       :  3.08
   MIN  OF wave period      :   4.70      1T"S wave HEIGHT        :   .81
   CORNU RATIO OF wave period: 1.53       SKEWNESS OF wave period :  -.19      DC VALUE OF wave period  :  -2.90
   MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  7.00, 8.00) IS  40.2%
```

表 B-5

```
PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HA*-LIAN --- st2        ST-02 DATE : 95.05.01.00:20-95.05.31.22:30

UNIT : M    ----          wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
              ( % )
    .00
            2.18          **
    .50
           61.85          ************************************************************
   1.00
           27.79          ***************************
   1.50
            8.17          ********
   2.00
             .00
   2.50
             .00
   3.00
             .00
   3.50
             .00
   4.00
             .00
   4.50
             .00
   5.00
             .00
   5.50
             .00
   6.00
             .00
   6.50
             .00
   7.00
             .00
   7.50
             .00
   8.00
             .00
   8.50
             .00
   9.00
             .00
   9.50
             .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  367       LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT     :    .96     VARIANCE OF wave HEIGHT :   .10     STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  :  .31
   MAX  OF wave HEIGHT     :   1.91     IT"S wave period        :  7.50     AT TIME : 1995. 5.14. 6:28
   MIN  OF wave HEIGHT     :    .44     IT"S wave period        :  6.60     AT TIME : 1995. 5.27. 2:20
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 1.73     SKEWNESS OF wave HEIGHT :  2.09     DC VALUE OF wave HEIGHT    :  10.36
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (   .50, 1.00) IS  61.9%
```

表 B-5(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-02  DATE : 95.05.01.00:20-95.05.31.22:30

UNIT : SEC    ----        wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE        DISTRBUTION
             ( % )
   4.00
             .00
   5.00
            8.17        ********
   6.00
           31.88        ********************************
   7.00
           42.51        ******************************************
   8.00
           16.35        ****************
   9.00
            1.09        *
  10.00
             .00
  11.00
             .00
  12.00
             .00
  13.00
             .00
  14.00
             .00
  15.00
             .00
  16.00
             .00
  17.00
             .00
  18.00
             .00
  19.00
             .00
  20.00
             .00
  21.00
             .00
  22.00

LOST DATA     .00

  TOTAL NO. OF DATA       :  367       LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
  MEAN OF wave period     :   7.16     VARIANCE OF wave period :   .67     STANDARD DEVIATION OF wave period :  .82
  MAX  OF wave period     :   9.40     IT"S wave  HEIGHT       :  1.28
  MIN  OF wave period     :   5.20     IT"S wave HEIGHT        :   .84
  CORNU RATIO OF wave period: 1.52     SKEWNESS OF wave period :  -.06     DC VALUE OF wave period  :  -3.43
  MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  7.00, 8.00) IS  42.5%
```

表 B-6

```
PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HAW-LIAN --- st2          ST-02 DATE : 95.06.09.10:22-95.06.30.22:30

UNIT : M    ----          wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
              ( % )
    .00
            9.27          *********
    .50
           81.85          ********************************************************************************
   1.00
            8.88          ********
   1.50
             .00
   2.00
             .00
   2.50
             .00
   3.00
             .00
   3.50
             .00
   4.00
             .00
   4.50
             .00
   5.00
             .00
   5.50
             .00
   6.00
             .00
   6.50
             .00
   7.00
             .00
   7.50
             .00
   8.00
             .00
   8.50
             .00
   9.00
             .00
   9.50
             .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA        :  259        LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT      :    .73      VARIANCE OF wave HEIGHT :    .04      STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  :  .20
   MAX  OF wave HEIGHT      :   1.45      IT"S wave period        :  6.00      AT TIME : 1995. 6.10.14:20
   MIN  OF wave HEIGHT      :    .39      IT"S wave period        :  5.70      AT TIME : 1995. 6.24. 2:19
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 1.56       SKEWNESS OF wave HEIGHT :  1.62      DC VALUE OF wave HEIGHT    :   -.79
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (   .50. 1.00) IS  81.9%
```

表 B-6(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-02  DATE : 95.05.09.10:22-95.06.30.22:30

UNIT : SEC    ----          wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

 VALUE     PERCENTAGE         DISTRBUTION
            ( % )
   4.00
             .39
   5.00
          28.96          ****************************
   6.00
          55.98          *******************************************************
   7.00
          10.81          **********
   8.00
           3.86          ***
   9.00
             .00
  10.00
             .00
  11.00
             .00
  12.00
             .00
  13 00
             .00
  14.00
             .00
  15.00
             .00
  16.00
             .00
  17.00
             .00
  18.00
             .00
  19.00
             .00
  20.00
             .00
  21.00
             .00
  22.00

LOST DATA     .00

  TOTAL NO. OF DATA       :  259       LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
  MEAN OF wave period     :   6.30     VARIANCE OF wave period :   .50     STANDARD DEVIATION OF wave period :  .70
  MAX  OF wave period     :   8.90     IT"S wave  HEIGHT       :   .72
  MIN  OF wave period     :   4.70     IT"S wave HEIGHT        :   .92
  CORNU RATIO OF wave period: 1.82     SKEWNESS OF wave period :  2.89     DC VALUE OF wave period  :  16.17
  MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  6.00, 7.00) IS  56.0%
```

表 B-7

```
PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HAW-LIAN --- st2        ST-02 DATE : 95.07.01.00:00-95.07.31.22:30

UNIT : M    ----          wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE         DISTRBUTION
              ( % )
    .00
      -     15.04          ***************
    .50
            51.92          ****************************************************
   1.00
            14.75          **************
   1.50
             8.85          ********
   2.00
             7.67          *******
   2.50
             1.47          *
   3.00
              .29
   3.50
              .00
   4.00
              .00
   4.50
              .00
   5.00
              .00
   5.50
              .00
   6.00
              .00
   6.50
              .00
   7.00
              .00
   7.50
              .00
   8.00
              .00
   8.50
              .00
   9.00
              .00
   9.50
              .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  339       LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT     :   .97      VARIANCE OF wave HEIGHT :   .32      STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  :  .56
   MAX  OF wave HEIGHT     :  3.02      1T"S wave period        :  7.60      AT TIME : 1995. 7.31. 8:32
   MIN  OF wave HEIGHT     :   .31      1T"S wave period        :  7.30      AT TIME : 1995. 7.19.18:22
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 1.65     SKEWNESS OF wave HEIGHT :  2.71      DC VALUE OF wave HEIGHT    :   5.01
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (   .50. 1.00) IS  51.9%
```

表 B-7(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-02  DATE : 95.07.01.00:00-95.07.31.22:30

UNIT : SEC    ----          wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
             ( % )
   4.00
             .59
   5.00
           19.17          ********************
   6.00
           31.56          *********************************
   7.00
           21.53          **********************
   8.00
           18.88          ******************
   9.00
            2.36          **
  10.00
            2.65          **
  11.00
            2.06          **
  12.00
             .59
  13.00
             .59
  14.00
             .00
  15.00
             .00
  16.00
             .00
  17.00
             .00
  18.00
             .00
  19.00
             .00
  20.00
             .00
  21.00
             .00
  22.00

LOST DATA     .00

  TOTAL NO. OF DATA       :  339       LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
  MEAN OF wave period     :   7.18     VARIANCE OF wave period :  2.16     STANDARD DEVIATION OF wave period : 1.47
  MAX  OF wave period     :  13.50     1T"S wave  HEIGHT       :  1.60
  MIN  OF wave period     :   4.80     1T"S wave HEIGHT        :  1.08
  CORNU RATIO OF wave period: 1.75     SKEWNESS OF wave period :  3.19     DC VALUE OF wave period  :  11.16
  MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  6.00, 7.00) IS  31.6%
```

表 B-8

```
  PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HAW-LIAN --- st2        ST-02 DATE : 95.08.01.00:00-95.08.31.05:54

UNIT : M    ----         wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE        DISTRBUTION
             ( % )
    .00
            20.44         ********************
    .50
            58.86         ************************************************************
   1.00
            10.90         **********
   1.50
             3.81         ***
   2.00
             1.63         *
   2.50
              .82
   3.00
              .82
   3.50
              .54
   4.00
              .54
   4.50
              .54
   5.00
              .27
   5.50
              .27
   6.00
              .54
   6.50
              .00
   7.00
              .00
   7.50
              .00
   8.00
              .00
   8.50
              .00
   9.00
              .00
   9.50
              .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  367       LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT     :    .90     VARIANCE OF wave HEIGHT :   .67     STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  :  .82
   MAX  OF wave HEIGHT     :   6.26     IT"S wave period        : 12.40     AT TIME : 1995. 8.30.18: 7
   MIN  OF wave HEIGHT     :    .34     IT"S wave period        :  6.30     AT TIME : 1995. 8. 3. 8:19
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 3.08     SKEWNESS OF wave HEIGHT : 20.78     DC VALUE OF wave HEIGHT   :  96.28
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (   .50, 1.00) IS  58.9%
```

表 B-8(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-02  DATE : 95.08.01.00:00-95.08.31.05:54

UNIT : SEC    ----        wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

 VALUE     PERCENTAGE        DISTRBUTION
            ( % )
   4.00
            1.91          *
   5.00
           17.17          *****************
   6.00
           42.23          *******************************************
   7.00
           22.34          **********************
   8.00
            4.63          ****
   9.00
            7.36          *******
  10.00
            2.72          **
  11.00
             .82
  12.00
             .82
  13.00
             .00
  14.00
             .00
  15.00
             .00
  16.00
             .00
  17.00
             .00
  18.00
             .00
  19.00
             .00
  20.00
             .00
  21.00
             .00
  22.00

LOST DATA     .00

  TOTAL NO. OF DATA       :  367       LOST NO. OF DATA        :   0 (  .00 % )
  MEAN OF wave period     :   6.96     VARIANCE OF wave period :  1.95     STANDARD DEVIATION OF wave period : 1.40
  MAX  OF wave period     :  12.70     1T"S wave  HEIGHT       :  4.71
  MIN  OF wave period     :   4.10     1T"S wave HEIGHT        :   .69
  CORNU RATIO OF wave period: 1.89     SKEWNESS OF wave period :  3.66     DC VALUE OF wave period  :  20.05
  MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  6.00, 7.00) IS  42.2%
```

表 B-9

```
PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HAW-LIAN --- st2        ST-02 DATE : 95.09.06.14:19-95.09.30.22:30

UNIT : M    ----        wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE        DISTRBUTION
             ( % )
    .00
            20.37        ********************
    .50
            50.46        ***************************************************
   1.00
            18.06        ******************
   1.50
             6.48        ******
   2.00
             4.17        ****
   2.50
              .46
   3.00
              .00
   3.50
              .00
   4.00
              .00
   4.50
              .00
   5.00
              .00
   5.50
              .00
   6.00
              .00
   6.50
              .00
   7.00
              .00
   7.50
              .00
   8.00
              .00
   8.50
              .00
   9.00
              .00
   9.50
              .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  216       LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT     :    .89     VARIANCE OF wave HEIGHT :   .22     STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  :  .47
   MAX  OF wave HEIGHT     :   2.62     IT"S wave period        :  8.90     AT TIME : 1995. 9.22.19:51
   MIN  OF wave HEIGHT     :    .23     IT"S wave period        :  8.90     AT TIME : 1995. 9.10.14:23
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 1.81     SKEWNESS OF wave HEIGHT :  3.00     DC VALUE OF wave HEIGHT    :  15.30
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (   .50, 1.00) IS  50.5%
```

表 B-9(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-XX  DATE : 95.09.06.14:19-95.09.30.22:30

UNIT : SEC    ----        wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE        DISTRBUTION
              ( % )
   4.00
              .00
   5.00
             7.41        *******
   6.00
            34.26        ***********************************
   7.00
            29.17        ******************************
   8.00
            18.98        *******************
   9.00
            10.19        **********
  10.00
              .00
  11.00
              .00
  12.00
              .00
  13.00
              .00
  14.00
              .00
  15.00
              .00
  16.00
              .00
  17.00
              .00
  18.00
              .00
  19.00
              .00
  20.00
              .00
  21.00
              .00
  22.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  216       LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave period     :   7.34     VARIANCE OF wave period :  1.12     STANDARD DEVIATION OF wave period : 1.06
   MAX  OF wave period     :   9.60     1T"S wave  HEIGHT       :  1.15
   MIN  OF wave period     :   5.10     1T"S wave HEIGHT        :   .59
   CORNU RATIO OF wave period: 1.43     SKEWNESS OF wave period :   .30     DC VALUE OF wave period  :  -9.08
   MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  6.00. 7.00) IS  34.3%
```

表 B-10

```
PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HAW-LIAN --- st2        ST-02 DATE : 95.10.01.00:00-95.10.12.22:30

UNIT : M    ----          wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
              ( % )
    .00
              .00
    .50
            36.79          ***********************************
   1.00
            54.72          ******************************************************
   1.50
             8.49          ********
   2.00
              .00
   2.50
              .00
   3.00
              .00
   3.50
              .00
   4.00
              .00
   4.50
              .00
   5.00
              .00
   5.50
              .00
   6.00
              .00
   6.50
              .00
   7.00
              .00
   7.50
              .00
   8.00
              .00
   8.50
              .00
   9.00
              .00
   9.50
              .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  106        LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT     :   1.07      VARIANCE OF wave HEIGHT :   .09      STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  :  .30
   MAX  OF wave HEIGHT     :   1.64      IT"S wave period        :  7.20      AT TIME : 1995.10.  7.  0:23
   MIN  OF wave HEIGHT     :    .52      IT"S wave period        :  6.80      AT TIME : 1995.10.  5.10:23
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 1.52      SKEWNESS OF wave HEIGHT :  -.21      DC VALUE OF wave HEIGHT    :  -3.27
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (  1.00. 1.50) IS  54.7%
```

表 B-10(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-XX  DATE : 95.10.01.00:00-95.10.12.22:30

UNIT : SEC    ----        wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

 VALUE     PERCENTAGE        DISTRBUTION
            ( % )
  4.00
            .00
  5.00
          10.38        **********
  6.00
          64.15        ****************************************************************
  7.00
          22.64        **********************
  8.00
           2.83        **
  9.00
            .00
 10.00
            .00
 11.00
            .00
 12.00
            .00
 13.00
            .00
 14.00
            .00
 15.00
            .00
 16.00
            .00
 17.00
            .00
 18.00
            .00
 19.00
            .00
 20.00
            .00
 21.00
            .00
 22.00

LOST DATA     .00

  TOTAL NO. OF DATA       :  106       LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
  MEAN OF wave period     :   6.65     VARIANCE OF wave period :   .36     STANDARD DEVIATION OF wave period :  .60
  MAX  OF wave period     :   8.50     1T"S wave  HEIGHT       :  1.33
  MIN  OF wave period     :   5.20     1T"S wave HEIGHT        :   .77
  CORNU RATIO OF wave period: 1.75     SKEWNESS OF wave period :   .41     DC VALUE OF wave period  :  11.33
  MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  6.00, 7.00) IS  64.2%
```

表 B-11

```
PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HAW-LIAN --- st2        ST-02 DATE : 95.11.22.20:00-95.11.30.22:30

UNIT : M    ----          wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE         DISTRBUTION
              ( % )
    .00
              .00
    .50
            36.08          ************************************
   1.00
            34.02          ***********************************
   1.50
            18.56          ******************
   2.00
            11.34          **********
   2.50
              .00
   3.00
              .00
   3.50
              .00
   4.00
              .00
   4.50
              .00
   5.00
              .00
   5.50
              .00
   6.00
              .00
   6.50
              .00
   7.00
              .00
   7.50
              .00
   8.00
              .00
   8.50
              .00
   9.00
              .00
   9.50
              .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  97        LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT     :  1.27      VARIANCE OF wave HEIGHT :   .23      STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  :  .48
   MAX  OF wave HEIGHT     :  2.41      IT"S wave period        :  7.10      AT TIME : 1995.11.24. 8:23
   MIN  OF wave HEIGHT     :   .65      IT"S wave period        :  7.20      AT TIME : 1995.11.26. 0:23
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 1.42     SKEWNESS OF wave HEIGHT :   .98      DC VALUE OF wave HEIGHT    :  -9.79
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (   .50, 1.00) IS  36.1%
```

表 B-11(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-02  DATE : 95.11.22.20:00-95.11.30.22:30

UNIT : SEC    ----        wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE        DISTRBUTION
             ( % )
   4.00
             .00
   5.00
           10.31        **********
   6.00
           52.58        ****************************************************
   7.00
           31.96        ******************************
   8.00
            5.15        *****
   9.00
             .00
  10.00
             .00
  11.00
             .00
  12.00
             .00
  13.00
             .00
  14.00
             .00
  15.00
             .00
  16.00
             .00
  17.00
             .00
  18.00
             .00
  19.00
             .00
  20.00
             .00
  21.00
             .00
  22.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  97       LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave period     :  6.72     VARIANCE OF wave period :   .46     STANDARD DEVIATION OF wave period :  .68
   MAX  OF wave period     :  8.60     IT'S wave  HEIGHT       :  1.86
   MIN  OF wave period     :  5.40     IT'S wave HEIGHT        :  1.36
   CORNU RATIO OF wave period: 1.49    SKEWNESS OF wave period :   .92     DC VALUE OF wave period  :  -5.29
   MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  6.00. 7.00) IS  52.6%
```

表 B-12

```
PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HAW-LIAN --- st2        ST-02 DATE : 95.12.01.00:00-95.12.31.22:30

UNIT : M    ----          wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
              ( % )
    .00
              .00
    .50
             5.11          *****
   1.00
            47.31          ************************************************
   1.50
            36.83          ************************************
   2.00
             9.95          *********
   2.50
              .81
   3.00
              .00
   3.50
              .00
   4.00
              .00
   4.50
              .00
   5.00
              .00
   5.50
              .00
   6.00
              .00
   6.50
              .00
   7.00
              .00
   7.50
              .00
   8.00
              .00
   8.50
              .00
   9.00
              .00
   9.50
              .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       : 372        LOST NO. OF DATA        : 0 (.00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT     :   1.51     VARIANCE OF wave HEIGHT :   .12     STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  : .34
   MAX  OF wave HEIGHT     :   2.71     IT"S wave period        :  8.20     AT TIME : 1995.12.24.16: 0
   MIN  OF wave HEIGHT     :    .86     IT"S wave period        :  7.20     AT TIME : 1995.12.17. 2:25
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 1.49     SKEWNESS OF wave HEIGHT :   .87     DC VALUE OF wave HEIGHT   : -5.16
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (  1.00, 1.50) IS  47.3%
```

表 B-12(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-02  DATE : 95.12.01.00:00-95.12.31.22:30

UNIT : SEC    ----          wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
              ( % )
   4.00
              .00
   5.00
             4.30          ****
   6.00
            32.80          ********************************
   7.00
            41.94          ****************************************
   8.00
            20.16          ********************
   9.00
              .81
  10.00
              .00
  11.00
              .00
  12.00
              .00
  13.00
              .00
  14.00
              .00
  15.00
              .00
  16.00
              .00
  17.00
              .00
  18.00
              .00
  19.00
              .00
  20.00
              .00
  21.00
              .00
  22.00

LOST DATA      .00

   TOTAL NO. OF DATA    : 372        LOST NO. OF DATA        : 0 (.00 % )
   MEAN OF wave period  :   7.25     VARIANCE OF wave period :   .58     STANDARD DEVIATION OF wave period :  .76
   MAX  OF wave period  :   9.00     1T"S wave  HEIGHT       :  1.96
   MIN  OF wave period  :   5.40     1T"S wave HEIGHT        :  1.29
   CORNU RATIO OF wave period:1.42   SKEWNESS OF wave period :   -.07     DC VALUE OF wave period  :  -9.69
   MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  7.00. 8.00) IS  41.9%
```

表 B-13

```
PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HAW-LIAN --- st2        ST-02 DATE : 96.01.01.00:00-96.01.31.22:30

UNIT : M    ----          wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE         DISTRBUTION
              ( % )
    .00
              .00
    .50
            24.60          ************************
   1.00
            35.71          ***********************************
   1.50
            32.14          ********************************
   2.00
             5.56          *****
   2.50
             1.98          *
   3.00
              .00
   3.50
              .00
   4.00
              .00
   4.50
              .00
   5.00
              .00
   5.50
              .00
   6.00
              .00
   6.50
              .00
   7.00
              .00
   7.50
              .00
   8.00
              .00
   8.50
              .00
   9.00
              .00
   9.50
              .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       : 252        LOST NO. OF DATA        :  0 ( .00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT     :   1.37     VARIANCE OF wave HEIGHT :   .22     STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  :  .47
   MAX  OF wave HEIGHT     :   2.92     IT"S wave period        :  8.70     AT TIME : 1995. 1.26. 5:44
   MIN  OF wave HEIGHT     :    .59     IT"S wave period        :  7.70     AT TIME : 1995. 1. 3. 0:21
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 1.54     SKEWNESS OF wave HEIGHT :   .93     DC VALUE OF wave HEIGHT   :  -2.10
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (  1.00, 1.50) IS  35.7%
```

表 B-13(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-02  DATE : 96.01.01.00:00-96.01.31.22:30

UNIT : SEC    ----        wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE        DISTRBUTION
              ( % )
   4.00
              .00
   5.00
             2.38          **
   6.00
            30.95          ******************************
   7.00
            51.98          ****************************************************
   8.00
            14.68          **************
   9.00
              .00
  10.00
              .00
  11.00
              .00
  12.00
              .00
  13.00
              .00
  14.00
              .00
  15.00
              .00
  16.00
              .00
  17.00
              .00
  18.00
              .00
  19.00
              .00
  20.00
              .00
  21.00
              .00
  22.00

LOST DATA      .00

   TOTAL NO. OF DATA    : 252        LOST NO. OF DATA        : 0 ( .00 % )
   MEAN OF wave period  :   7.27     VARIANCE OF wave period :   .44     STANDARD DEVIATION OF wave period : .66
   MAX  OF wave period  :   8.90     IT'S wave  HEIGHT       :  2.83
   MIN  OF wave period  :   5.40     IT'S wave HEIGHT        :  1.20
   CORNU RATIO OF wave period:1.49   SKEWNESS OF wave period :  -.07     DC VALUE OF wave period  :  -5.35
   MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  7.00, 8.00) IS  52.0%
```

表 B-14

```
PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HAW-LIAN --- st2        ST-02 DATE : 96.02.01.00:00-96.02.29.22:30

UNIT : M    ----          wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE         DISTRBUTION
              ( % )
    .00
              .00
    .50
           17.09          *****************
   1.00
           30.81          ******************************
   1.50
           31.37          *******************************
   2.00
           13.17          *************
   2.50
            6.72          ******
   3.00
             .84
   3.50
             .00
   4.00
             .00
   4.50
             .00
   5.00
             .00
   5.50
             .00
   6.00
             .00
   6.50
             .00
   7.00
             .00
   7.50
             .00
   8.00
             .00
   8.50
             .00
   9.00
             .00
   9.50
             .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       : 357        LOST NO. OF DATA        : 0 (.00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT     :   1.59     VARIANCE OF wave HEIGHT :   .30     STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  :  .55
   MAX  OF wave HEIGHT     :   3.10     IT"S wave period        :  8.30     AT TIME : 1995. 2. 1.11:16
   MIN  OF wave HEIGHT     :    .70     IT"S wave period        :  6.60     AT TIME : 1995. 2.14. 8:23
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 1.58     SKEWNESS OF wave HEIGHT :  1.18     DC VALUE OF wave HEIGHT   :  .65
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (  1.50, 2.00) IS  31.4%
```

表 B-14(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-02  DATE : 96.02.01.00:00-96.02.29.22:30

UNIT : SEC    ----          wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
              ( % )
   4.00
              .00
   5.00
             3.92          ***
   6.00
            21.57          **********************
   7.00
            38.38          ****************************************
   8.00
            34.17          **********************************
   9.00
             1.96          *
  10.00
              .00
  11.00
              .00
  12.00
              .00
  13.00
              .00
  14.00
              .00
  15.00
              .00
  16.00
              .00
  17.00
              .00
  18.00
              .00
  19.00
              .00
  20.00
              .00
  21.00
              .00
  22.00

LOST DATA      .00

   TOTAL NO. OF DATA    : 357        LOST NO. OF DATA        : 0 (.00 % )
   MEAN OF wave period  :   7.54     VARIANCE OF wave period :   .67     STANDARD DEVIATION OF wave period :   .82
   MAX  OF wave period  :   9.60     1T"S wave  HEIGHT       :  1.67
   MIN  OF wave period  :   5.00     1T"S wave HEIGHT        :   .99
   CORNU RATIO OF wave period:1.47   SKEWNESS OF wave period :  -.87     DC VALUE OF wave period  :  -6.26
   MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  7.00. 8.00) IS  38.4%
```

表 B-15

```
PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HAW-LIAN --- st2        ST-02 DATE : 96.03.01.00:00-96.03.31.22:30

UNIT : M    ----          wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
              ( % )
    .00
              .00
    .50
            23.92          ***********************
   1.00
            66.67          ******************************************************************
   1.50
             8.33          ********
   2.00
             1.08          *
   2.50
              .00
   3.00
              .00
   3.50
              .00
   4.00
              .00
   4.50
              .00
   5.00
              .00
   5.50
              .00
   6.00
              .00
   6.50
              .00
   7.00
              .00
   7.50
              .00
   8.00
              .00
   8.50
              .00
   9.00
              .00
   9.50
              .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       : 372        LOST NO. OF DATA        : 0 (.00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT     :   1.19     VARIANCE OF wave HEIGHT :   .06     STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  : .25
   MAX  OF wave HEIGHT     :   2.33     IT"S wave period        :  7.40     AT TIME : 1995. 3. 1.10:25
   MIN  OF wave HEIGHT     :    .77     IT"S wave period        :  6.30     AT TIME : 1995. 3.14.12:21
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 1.66     SKEWNESS OF wave HEIGHT :  2.18     DC VALUE OF wave HEIGHT   :  5.98
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (  1.00. 1.50) IS  66.7%
```

表 B-15(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-02  DATE : 96.03.01.00:00-96.03.31.22:30

UNIT : SEC    ----          wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
              ( % )
   4.00
              .00
   5.00
             8.87          ********
   6.00
            38.17          ****************************************
   7.00
            42.74          *****************************************
   8.00
             9.95          *********
   9.00
              .27
  10.00
              .00
  11.00
              .00
  12.00
              .00
  13.00
              .00
  14.00
              .00
  15.00
              .00
  16.00
              .00
  17.00
              .00
  18.00
              .00
  19.00
              .00
  20.00
              .00
  21.00
              .00
  22.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA    : 372        LOST NO. OF DATA        : 0 (.00 % )
   MEAN OF wave period  :   6.99     VARIANCE OF wave period :  .54      STANDARD DEVIATION OF wave period : .74
   MAX  OF wave period  :   9.00     IT"S wave  HEIGHT       : 1.27
   MIN  OF wave period  :   5.10     IT"S wave HEIGHT        :  .86
   CORNU RATIO OF wave period:1.47   SKEWNESS OF wave period : -.16      DC VALUE OF wave period  :  -6.43
   MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  7.00, 8.00) IS  42.7%
```

表 B-16

```
PROBILITY Distribution of wave HEIGHT at HAW-LIAN --- st2          ST-02 DATE : 96.04.01.00:00-96.04.30.22:30

UNIT : M   ´----          wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
              ( % )
    .00
              .28
    .50
            22.56          **********************
   1.00
            42.90          ******************************************
   1.50
            24.23          ************************
   2.00
             8.08          ********
   2.50
             1.95          *
   3.00
              .00
   3.50
              .00
   4.00
              .00
   4.50
              .00
   5.00
              .00
   5.50
              .00
   6.00
              .00
   6.50
              .00
   7.00
              .00
   7.50
              .00
   8.00
              .00
   8.50
              .00
   9.00
              .00
   9.50
              .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  359        LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT     :   1.35      VARIANCE OF wave HEIGHT :   .22      STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  :  .47
   MAX  OF wave HEIGHT     :   2.67      IT"S wave period        :  9.70      AT TIME : 1996. 4.12. 8:30
   MIN  OF wave HEIGHT     :    .47      IT"S wave period        :  7.30      AT TIME : 1996. 4.19. 0:22
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 1.55      SKEWNESS OF wave HEIGHT :   .03      DC VALUE OF wave HEIGHT    :  -1.25
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (  1.00, 1.50) IS  42.9%
```

表 B-16(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-02  DATE : 96.04.01.00:00-96.04.30.22:30

UNIT : SEC    ----          wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE         DISTRBUTION
              ( % )
    4.00
                .56
    5.00
                .28
    6.00
           20.33          ********************
    7.00
           59.89          ************************************************************
    8.00
           15.32          ***************
    9.00
            3.62          ***
   10.00
                .00
   11.00
                .00
   12.00
                .00
   13.00
                .00
   14.00
                .00
   15.00
                .00
   16.00
                .00
   17.00
                .00
   18.00
                .00
   19.00
                .00
   20.00
                .00
   21.00
                .00
   22.00

LOST DATA       .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  359        LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave period     :   7.48      VARIANCE OF wave period :   .50      STANDARD DEVIATION OF wave period :  .71
   MAX  OF wave period     :   9.90      1T"S wave  HEIGHT       :  2.53
   MIN  OF wave period     :   4.90      1T"S wave HEIGHT        :   .72
   CORNU RATIO OF wave period: 1.86      SKEWNESS OF wave period :   .71      DC VALUE OF wave period  :  18.20
   MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  7.00, 8.00) IS  59.9%
```

表 B-17

```
PROBILITY Distribution of wave HEIGHT  at HAW-LIAN --- st2          ST-02 DATE : 96.05.01.00:00-96.05.27.14:30

UNIT : M    ----          wave HEIGHT H1/3(M )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
             ( % )
    .00
              .00
    .50
           45.85          ********************************************
   1.00
           23.69          ***********************
   1.50
           12.92          ************
   2.00
            7.08          *******
   2.50
            7.69          *******
   3.00
            2.77          **
   3.50
             .00
   4.00
             .00
   4.50
             .00
   5.00
             .00
   5.50
             .00
   6.00
             .00
   6.50
             .00
   7.00
             .00
   7.50
             .00
   8.00
             .00
   8.50
             .00
   9.00
             .00
   9.50
             .00
  10.00

LOST DATA     .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  325        LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave HEIGHT     :   1.30      VARIANCE OF wave HEIGHT :   .49      STANDARD DEVIATION OF wave HEIGHT  :  .70
   MAX  OF wave HEIGHT     :   3.24      IT"S wave period        : 12.50      AT TIME : 1996. 5.15.20: 2
   MIN  OF wave HEIGHT     :    .52      IT"S wave period        :  5.90      AT TIME : 1996. 5. 7.14:18
   CORNU RATIO OF wave HEIGHT: 1.52      SKEWNESS OF wave HEIGHT :  2.05      DC VALUE OF wave HEIGHT    :  -3.48
   MOST LOCATED  AT  wave HEIGHT  INTERVAL (   .50, 1.00) IS  45.8%
```

表 B-17(續)

```
PROBILITY Distribution of wave period at HAW-LIAN --- st2        ST-02  DATE : 96.05.01.00:00-96.05.27.14:30

UNIT : SEC    ----          wave period T1/3(SEC )  0.7802 SEC DATA

  VALUE     PERCENTAGE          DISTRBUTION
              ( % )
   4.00
              .62
   5.00
             4.00          ****
   6.00
            24.31          ************************
   7.00
            36.31          ************************************
   8.00
            11.08          ***********
   9.00
            11.38          ***********
  10.00
             8.92          ********
  11.00
             2.77          **
  12.00
              .62
  13.00
              .00
  14.00
              .00
  15.00
              .00
  16.00
              .00
  17.00
              .00
  18.00
              .00
  19.00
              .00
  20.00
              .00
  21.00
              .00
  22.00

LOST DATA      .00

   TOTAL NO. OF DATA       :  325       LOST NO. OF DATA        :  0 (  .00 % )
   MEAN OF wave period     :   7.85     VARIANCE OF wave period :  2.22      STANDARD DEVIATION OF wave period : 1.49
   MAX  OF wave period     :  12.50     IT"S wave  HEIGHT       :  3.10
   MIN  OF wave period     :   4.90     IT"S wave HEIGHT        :   .55
   CORNU RATIO OF wave period: 1.59     SKEWNESS OF wave period :  1.51      DC VALUE OF wave period  :   1.06
   MOST LOCATED  AT  wave period INTERVAL (  7.00, 8.00) IS  36.3%
```

表 C-1　　83年7月10日～7月11日 提姆颱風在花蓮港港內、外波浪能量集中週期比較表

日期		港外 ST.2	內港 #8 碼頭			內港 #10碼頭			外港 #17 碼頭			外港 #22 碼頭		
7月10日 00:00	頻率	0.0875										0.0078	0.0127	0.0752
	週期	14.4										128.2	78.7	13.3
	能譜	.1163E6										.2685E4	.1476E5	.9543E4
7月10日 01:00	頻率	0.0925										0.0078	0.0127	0.0737
	週期	10.8										128.2	78.7	13.6
	能譜	.1356E6										.3373E4	.1278E5	.2046E5
7月10日 02:00	頻率											0.0078	0.0146	0.0742
	週期											128.2	68.5	13.5
	能譜											.1167E5	.4411E5	.3339E5
7月10日 03:00	頻率	0.0825										0.0073	0.0127	0.0747
	週期	12.1										137.0	78.7	13.4
	能譜	.18806										.2533E5	.1070E5	.1782E6
7月10日 04:00	頻率	0.0800										0.0063	0.0127	0.0752
	週期	12.5										158.7	78.7	13.3
	能譜	.22356										.1059E5	.1823E5	.1065E6
7月10日 05:00	頻率	0.0750										0.0078	0.0127	0.0708
	週期	13.3										128.2	78.7	14.1
	能譜	.51346										.7424E4	.1046E5	.6128E5
7月10日 06:00	頻率											0.0063	0.0127	0.0776
	週期											158.7	78.7	12.9
	能譜											.1061E5	.3811E5	.1011E6

註：能譜單位(cm^2/Hz)

表 C-2　83年7月10日～7月11日 提姆颱風在花蓮港港內、外波浪能量集中週期比較表

日期		港外 ST.2	內港 #8 碼頭			內港 #10碼頭			外港 #17 碼頭			外港 #22 碼頭		
7月10日 07:00	頻率	0.0825										0.0068	0.0137	0.0757
	週期	12.1										147.1	73.0	13.2
	能譜	.3376E6										.2253E5	.1145E5	.1255E6
7月10日 08:00	頻率	0.0775										0.0073	0.0127	0.0728
	週期	12.9										137.0	78.7	13.7
	能譜	.4641E6										.1807E5	.5166E5	.1248E6
7月10日 09:00	頻率											0.0068	0.0127	0.0703
	週期											147.1	78.7	14.2
	能譜											.2005E5	.1942E5	.1875E6
7月10日 10:00	頻率	0.0700										0.0068	0.0146	0.0718
	週期	14.3										147.1	68.5	13.9
	能譜	.6585E6										.3966E5	.4585E5	.1089E6
7月10日 11:00	頻率		0.0088	0.0112	0.0718							0.0068	0.0146	0.0698
	週期		113.6	89.3	13.9							147.1	68.5	14.3
	能譜		.2010E6	.1837E6	.4059E4							.2992E5	.6668E5	.1623E6
7月10日 12:00	頻率	0.0650	0.0063	0.0107	0.0659	0.0073	0.0146	0.0630				0.0068	0.0146	0.0684
	週期	15.4	158.7	93.5	15.2	137.0	68.5	15.9				147.1	68.5	14.3
	能譜	.1634E7	.7019E5	.2008E6	.5561E4	.4132E5	.1269E6	.1599E6				.3315E5	.1269E6	.8857E5
7月10日 13:00	頻率	0.0725	0.0063	0.0107	0.0693	0.0049	0.0117	0.0703				0.0068	0.0127	0.0620
	週期	13.8	158.7	93.5	14.4	204.1	85.5	14.2				147.1	78.7	16.1
	能譜	.1044E7	.3229E5	.6230E5	.1750E4	.5980E5	.6607E5	.1307E4				.6335E5	.6611E5	.1067E6

註：能譜單位(cm^2/Hz)

表 C-3　　83年7月10日～7月11日 提姆颱風在花蓮港港內、外波浪能量集中週期比較表

日期		港外	內港						外港					
		ST.2	#8 碼頭			#10碼頭			#17 碼頭			#22 碼頭		
7月10日 14:00	頻率		0.0063	0.0103	0.0688	0.0063	0.0117	0.0737				0.0068	0.0122	0.0693
	週期		158.7	97.1	14.5	158.7	85.5	13.6				147.1	82.0	14.4
	能譜		.5744E5	.2755E6	.2502E4	.3177E5	.1900E5	.8868E3				.3345E5	.1128E6	.1763E6
7月10日 15:00	頻率	0.0750	0.0078	0.0122	0.0693	0.0063	0.0112	0.0625				0.0078	0.0122	0.0693
	週期	13.3	128.2	82.0	14.4	158.7	89.3	16				128.2	82.0	14.4
	能譜	.8361E6	.4016E5	.1012E6	.1898E6	.7106E5	.1263E5	.3842E4				.4016E5	.1012E6	.1998E6
7月10日 16:00	頻率	0.0675	0.0063	0.0098	0.0703	0.0063	0.0122	0.0640				0.0073	0.0122	0.0625
	週期	14.8	158.7	102.0	14.2	158.7	82.0	15.6				137.0	82.0	16
	能譜	.2205E7	.1560E6	.1107E6	.4193E4	.1678E6	.1901E5	.2231E4				.1336E5	.7160E5	.1436E6
7月10日 17:00	頻率		0.0068	0.0107	0.0635	0.0068	0.0122	0.0640				0.0068	0.0122	0.0708
	週期		147.1	93.5	15.7	147.1	82.0	15.6				147.1	82.0	14.1
	能譜		.2086E6	.1029E6	.7105E4	.1123E6	.3413E5	.5230E4				.1482E6	.3222E6	.2567E6
7月10日 18:00	頻率	0.0625	0.0073	0.0107	0.063	0.0059		0.0649				0.0078	0.0132	0.0776
	週期	16	137	93.5	15.9	169.5		15.4				128.2	75.8	12.9
	能譜	.1234E7	.1490E6	.1771E6	.4413E4	.2924E6		.3964E4				.1862E6	.1347E6	.2660E6
7月10日 19:00	頻率		0.0068	0.0107	0.0630	0.0054		0.0742				0.0073	0.0146	0.0654
	週期		147.1	93.5	15.9	185.2		13.5				137.0	68.5	15.3
	能譜		.1726E6	.2514E6	.6160E4	.2514E6		.4413E4				.9473E5	.7397E5	.1695E6
7月10日 20:00	頻率		0.0068	0.0112	0.0640	0.0059	0.0127	0.0605				0.0078	0.0146	0.0684
	週期		147.1	89.3	15.6	169.5	78.7	16.5				128.2	68.5	14.6
	能譜		.3600E6	.1281E6	.6784E4	.3873E6	.1663E5	.8131E4				.3109E6	.1316E6	.2312E6

註：能譜單位(cm^2/Hz)

表 C-4　　83年7月10日～7月11日 提姆颱風在花蓮港港內、外波浪能量集中週期比較表

日期		港外 ST.2	內港 #8 碼頭			內港 #10碼頭			外港 #17 碼頭			外港 #22 碼頭		
7月10日 21:00	頻率		0.0068	0.0112	0.0645	0.0063	0.0117	0.0664				0.0078	0.0146	0.0645
	週期		147.1	89.3	15.5	158.7	85.5	15.1				128.2	68.5	15.5
	能譜		.4401E6	.3744E6	.8210E4	.3046E6	.1186E5	.4546E4				.5370E6	.9733E5	.1858E6
7月10日 22:00	頻率		0.0068	0.0117	0.0728	0.0059	0.0117	0.0659				0.0078	0.0122	0.0669
	週期		147.1	85.5	13.7	169.5	85.5	15.2				128.2	82.0	14.9
	能譜		.2625E6	.2717E6	.5625E4	.3412E6	.1301E5	.2281E4				.2252E6	.1156E6	.1852E6
7月10日 23:00	頻率		0.0063	0.0098	0.0781	0.0063	0.0122	0.0776				0.0078	0.0122	0.0757
	週期		158.7	102.0	12.8	158.7	82.0	12.9				128.2	82.0	13.2
	能譜		.5448E6	.3177E5	.4704E4	.4476E6	.7304E4	.3174E4				.1149E6	.6768E5	.2065E6
7月11日 00:00	頻率		0.0063	0.0107	0.0610	0.0063	0.0117	0.0728				0.0078	0.0127	0.0693
	週期		158.7	93.5	16.4	158.7	85.5	13.7				128.2	78.7	14.4
	能譜		.1491E5	.7817E5	.2788E4	.1126E6	.4726E4	.2012E4				.4589E5	.6787E5	.1177E6
7月11日 01:00	頻率		0.0063	0.0122	0.0767	0.0063	0.0112	0.0762				0.0073	0.0122	0.0762
	週期		158.7	82.0	13.0	158.7	89.3	13.1				137.0	82.0	13.1
	能譜		.5222E5	.9241E5	.1139E4	.4829E5	.4807E4	.8302E3				.3434E5	.3336E5	.7294E5
7月11日 02:00	頻率		0.0063	0.0112	0.0703	0.0063	0.0112	0.0757				0.0063	0.0127	0.0747
	週期		158.7	89.3	14.2	158.7	89.3	13.2				158.7	78.7	13.4
	能譜		.9202E5	.3788E6	.1732E4	.7765E5	.1454E5	.5198E3				.5328E4	.2674E5	.3034E5
7月11日 03:00	頻率		0.0068	0.0112	0.0698	0.0068	0.0112	0.0713				0.0073	0.0132	0.0801
	週期		147.1	89.3	14.3	147.1	89.3	14.0				137.0	75.8	12.5
	能譜		.9266E4	.7371E5	.9754E3	.5286E4	.3498E4	.3086E3				.3905E4	.2637E5	.8568E5

註：能譜單位(cm^2/Hz)

表 C-5　　83年7月10日～7月11日 提姆颱風在花蓮港港內、外波浪能量集中週期比較表

日期		港外 ST.2	內港 #8 碼頭			內港 #10碼頭			外港 #17 碼頭			外港 #22 碼頭		
7月11日 04:00	頻率		0.0068	0.0107	0.0762	0.0063	0.0122	0.0762				0.0063	0.0122	0.0806
	週期		147.1	93.5	13.1	158.7	82.0	13.1				158.7	82.0	12.4
	能譜		.8857E4	.1066E4	.2531E4	.3834E4	.1295E4	.6962E3				.2546E4	.2148E5	.4256E5
7月11日 05:00	頻率		0.0063	0.0112	0.0884	0.0068	0.0122	0.078				0.0073	0.0132	0.0776
	週期		158.7	89.3	11.3	147.1	82.0	12.8				137.0	75.8	12.9
	能譜		.7299E4	.2492E5	.8960E3	.5469E4	.1480E4	.2788E3				.6528E4	.1632E5	.1600E5
7月11日 06:00	頻率		0.0063	0.0112	0.0781	0.0063	0.0122	0.0781				0.0078	0.0156	0.0776
	週期		158.7	89.3	12.8	158.7	82.0	12.8				128.2	64.1	12.9
	能譜		.8225E4	.9068E4	.8455E4	.7228E4	.5977E3	.2506E4				.2146E4	.8252E4	.2452E5
7月11日 07:00	頻率		0.0068	0.0117	0.0776	0.0049	0.0132	0.0752				0.0078	0.0132	0.0820
	週期		147.1	85.5	12.9	204.1	75.8	13.3				128.2	75.8	12.2
	能譜		.1384E4	.1113E5	.3252E4	.4795E4	.1012E4	.6521E3				.1116E4	.9058E4	.8496E5
7月11日 08:00	頻率		0.0068	0.0117	0.0786	0.0068	0.0117	0.0796				0.0068	0.0132	0.0820
	週期		147.1	85.5	12.7	147.1	85.5	12.6				147.1	75.8	12.2
	能譜		.6678E4	.4028E5	.1319E4	.3152E4	.2019E4	.1904E3				.2605E4	.1258E5	.1282E5
7月11日 09:00	頻率		0.0068	0.0112	0.0776	0.0063	0.0122	0.0781				0.0083	0.0127	0.0864
	週期		147.1	89.3	12.9	158.7	82.0	12.8				12.05	78.7	11.6
	能譜		.9326E4	.6454E4	.8805E3	.6591E4	.1066E4	.2609E3				.2479E4	.1224E5	.2039E5
7月11日 10:00	頻率		0.0073	0.0112	0.0757	0.0049	0.0112	0.0762				0.0073	0.0132	0.0913
	週期		137.0	89.3	13.2	204.1	89.3	13.1				137.0	75.8	11.0
	能譜		.2944E4	.2999E5	.5912E3	.3140E4	.1073E4	.0993E2				.1367E4	.3615E4	.8856E4

註：能譜單位(cm^2/Hz)

表 C-6　　83年8月3日～8月4日 凱特琳颱風在花蓮港港內、外波浪能量集中週期比較表

日期		港外	內港						外港					
		ST.2	#8 碼頭			#10碼頭			#17 碼頭			#22 碼頭		
8月03日 11:00	頻率	0.0925												
	週期	10.8												
	能譜	.80435												
8月03日 12:00	頻率													
	週期													
	能譜													
8月03日 13:00	頻率	0.0950												
	週期	10.5												
	能譜	.13176												
8月03日 14:00	頻率													
	週期													
	能譜													
8月03日 15:00	頻率													
	週期													
	能譜													
8月03日 16:00	頻率													
	週期													
	能譜													
8月03日 17:00	頻率		0.0049	0.0117	0.0820				0.0049	0.0017	0.0791			
	週期		204.1	85.5	12.2				204.1	85.5	12.6			
	能譜		.6859E4	.1871E5	.3348E5				.6859E4	.1871E5	.3523E5			

註：能譜單位(cm^2/Hz)

表 C-7　　83年8月3日～8月4日 凱特琳颱風在花蓮港港內、外波浪能量集中週期比較表

日期		港外 ST.2	內港 #8 碼頭			內港 #10碼頭			外港 #17 碼頭			外港 #22 碼頭		
8月03日 18:00	頻率		0.0054	0.0132	0.0923				0.0054	0.0132	0.0923			
	週期		185.2	75.8	10.8				185.2	75.8	10.8			
	能譜		.5259E4	.4664E5	.2532E5				.5260E4	.4661E5	.2537E5			
8月03日 19:00	頻率		0.0063	0.0112	0.0869				0.0054	0.0132	0.0933			
	週期		158.7	89.3	11.5				185.2	75.8	10.7			
	能譜		.2487E5	.3126E6	.3833E4				.1135E5	.8417E4	.4343E5			
8月03日 20:00	頻率		0.0063	0.0112	0.0967				0.0054	0.0151	0.0967			
	週期		158.7	89.3	10.3				185.2	66.2	10.3			
	能譜		.6591E4	.4619E5	.2241E4				.3772E4	.5627E4	.2298E5			
8月03日 21:00	頻率		0.0063	0.0112	0.0952				0.0054	0.0093	0.0981			
	週期		158.7	89.3	10.5				185.2	107.5	10.2			
	能譜		.1074E5	.2804E5	.9148E3				.1772E4	.4088E4	.6194E4			
8月03日 22:00	頻率		0.0073	0.0112	0.0903				0.0049	0.0127	0.0942			
	週期		137	89.3	11.1				204.1	78.7	10.6			
	能譜		.1833E4	.1470E5	.5057E3				.2488E3	.2559E4	.2177E4			
8月03日 23:00	頻率		0.0063	0.0112	0.0908				0.0054	0.0112	0.1138			
	週期		158.7	80.3	11.0				185.2	89.3	8.8			
	能譜		.5654E3	.1715E4	.3454E3				.1382E3	.2774E3	.3066E4			
8月04日 00:00	頻率		0.0063	0.0112	0.0908				0.0054	0.0132	0.0928			
	週期		158.7	89.3	11.0				185.2	75.8	10.8			
	能譜		.1376E4	.1742E4	.1380E3				.2354E3	.4594E3	.2779E4			

註：能譜單位(cm^2/Hz)

表 C-8　　83年8月3日～8月4日 凱特琳颱風在花蓮港港內、外波浪能量集中週期比較表

日期		港外 ST.2	內港 #8 碼頭			內港 #10碼頭			外港 #17 碼頭			外港 #22 碼頭		
8月04日 01:00	頻率		0.0063	0.0112	0.0928				0.0059	0.0127	0.0952			
	週期		158.7	89.3	10.8				129.5	78.7	10.5			
	能譜		.1821E4	.4266E4	.2201E3				.2190E3	.3656E3	.5431E4			
8月04日 02:00	頻率		0.0063	0.0112	0.0942				0.0059	0.0132	0.0952			
	週期		158.7	89.3	10.6				169.5	75.8	10.5			
	能譜		.6100E3	.1073E5	.1735E3				.2638E3	.1114E3	.8541E4			
8月04日 03:00	頻率		0.0063	0.0112	0.0928									
	週期		158.7	89.3	10.8									
	能譜		.3066E4	.5078E4	.6777E3									
8月04日 04:00	頻率		0.0050	0.0112	0.0898				0.0049	0.0132	0.0957			
	週期		169.5	89.3	11.1				204.1	75.8	10.4			
	能譜		.3696E3	.3066E4	.4355E3				.1958E4	.5678E3	.4445E4			
8月04日 05:00	頻率		0.0063	0.0112	0.0952				0.0049	0.0132	0.0957			
	週期		158.7	89.3	10.5				204.1	75.8	10.4			
	能譜		.7705E3	.7758E4	.2526E3				.2256E3	.5203E3	.3345E4			
8月04日 06:00	頻率													
	週期													
	能譜													
8月04日 07:00	頻率													
	週期													
	能譜													

註：能譜單位(cm^2/Hz)

表 C-9　83年8月19日～8月21日 弗雷特颱風在花蓮港港內、外波浪能量集中週期比較表

日期		港外 ST.2	內港 #8 碼頭			內港 #10碼頭			外港 #17 碼頭			外港 #22 碼頭		
8月19日 12:00	頻率	0.0800	0.0063	0.0107	0.0859	0.0049	0.0229	0.0713	0.0049	0.0088	0.0854	.0059	.0117	.0703
	週期	12.5	158.7	93.5	11.6	204.1	43.7	14.0	204.1	113.6	11.7	169.5	85.5	14.2
	能譜	.6282E5	.1409E4	.1012E5	.4433E3	.2949E4	.9498E3	.1362E3	.2997E4	.3294E4	.6087E4	.1009E4	.1853E4	.1938E5
8月19日 14:00	頻率	0.0750	0.0063	0.0107	0.0703	0.0063	0.0112	0.0723	0.0049	0.0093	0.0815	0.0068	0.0132	0.0723
	週期	13.3	158.7	93.5	14.2	158.7	89.3	13.8	204.1	107.5	12.3	147.1	75.7	13.8
	能譜	.1324E6	.1689E5	.3472E5	.5264E3	.1209E5	.1181E4	.1045E4	.2275E4	.8145E4	.8606E4	.1736E4	.1024E5	.3608E5
8月19日 16:00	頻率	0.0775	0.0063	0.0107	0.0776	0.0063	0.0132	0.0737	0.0049	0.0132	0.0815	0.0068	0.0127	0.0713
	週期	13.2	158.7	93.5	12.9	158.7	75.8	13.6	204.1	75.8	12.3	147.1	78.7	14.0
	能譜	.1410E6	.7974E4	.1131E5	.4254E4	.5923E4	.1795E4	.7205E4	.4784E4	.8891E4	.9161E4	.4046E4	.1803E5	.4502E5
8月19日 18:00	頻率	0.0750	0.0068	0.0112	0.0776	0.0068	0.0112	0.0737	0.0054	0.0107	0.0742	0.0073	0.0151	0.0654
	週期	13.3	147.1	89.3	12.9	147.1	89.3	13.6	185.2	93.5	13.5	137.0	66.2	15.3
	能譜	.1558E6	.1455E5	.1671E6	.4184E4	.7524E4	.4280E4	.9579E4	.7536E4	.6079E4	.1177E5	.3666E4	.1892E5	.8176E5
8月19日 20:00	頻率	0.0650	0.0068	0.0112	0.0615	0.0068	0.0117	0.0732	0.0054	0.0103	0.0698	0.0068	0.0127	0.0640
	週期	15.4	147.1	89.3	16.3	147.1	85.5	13.7	185.2	97.1	14.3	147.1	78.7	15.6
	能譜	.2681E6	.1324E5	.1548E6	.6576E4	.7136E4	.2280E4	.2919E4	.1457E5	.5615E4	.1017E5	.8418E4	.1598E5	.4928E5
8月19日 22:00	頻率	0.0625	0.0063	0.0103	0.0605	0.0063	0.0127	0.0708	0.0068	0.0127	0.0664	0.0068	0.0122	0.0693
	週期	16	158.7	97.1	16.5	158.7	78.7	14.1	147.1	78.7	15.1	147.1	82.0	14.4
	能譜	.3276E6	.4929E5	.1120E5	.1636E4	.2881E5	.2008E4	.1809E4	.8842E4	.1873E5	.1628E5	.8260E4	.4272E5	.9166E5
8月20日 00:00	頻率	0.0725	0.0059	0.0112	0.0610	0.0063	0.0117	0.0703	0.0059	0.0093	0.0693	0.0063	0.0122	0.0684
	週期	13.8	169.5	89.3	16.4	158.7	85.5	14.2	169.5	107.5	14.4	158.7	82.0	14.6
	能譜	.5999E6	.1963E5	.1944E5	.3074E4	.3253E5	.1552E4	.1023E4	.6780E4	.1289E5	.1367E5	.2547E5	.5937E5	.1181E6

註：能譜單位(cm^2/Hz)

表 C-10　83年8月19日～8月21日 弗雷特颱風在花蓮港港內、外波浪能量集中週期比較表

日期		港外	內港						外港					
		ST.2	#8 碼頭			#10碼頭			#17 碼頭			#22 碼頭		
8月20日 02:00	頻率	0.0775	0.0063	0.0112	0.0718	0.0063	0.0117	0.0776	0.0054	0.0098	0.0674	.0068	.0127	.0645
	週期	13.2	158.7	89.3	13.9	158.7	85.5	12.9	185.2	102.0	14.8	147.1	78.7	15.5
	能譜	.4816E6	.2501E6	.1542E6	.1812E5	.3012E6	.1797E4	.1608E4	.1364E5	.2508E5	.2513E5	.8479E4	.5588E5	.1218E6
8月20日 04:00	頻率	0.0700	0.0063	0.0112	0.0620	0.0063	0.0127	0.0742	0.0054	0.0107	0.0674	0.0068	0.0127	0.0718
	週期	14.3	158.7	89.3	16.1	158.7	78.7	13.5	185.2	93.55	14.8	147.1	78.7	13.9
	能譜	.5882E6	.7851E5	.2377E5	.3908E4	.7129E5	.3198E4	.2512E4	.6378E5	.1370E5	.1469E5	.2064E5	.8445E5	.1472E6
8月20日 06:00	頻率	0.0625	0.0063	0.0117	0.0625	0.0059	0.0132	0.0601	0.0059	0.0098	0.0645	0.0068	0.0127	0.0654
	週期	16.0	158.7	89.5	16.0	169.5	75.8	16.6	169.5	102.0	15.5	147.1	78.7	15.3
	能譜	.9763E6	.7282E5	.2370E5	.4887E4	.1084E6	.5032E4	.3156E4	.8677E5	.3400E5	.7503E5	.5291E5	.6469E5	.1506E6
8月20日 08:00	頻率	0.0650	0.0063	0.0112	0.0615	0.0059	0.0122	0.0718	0.0054	0.0098	0.0674	0.0078	0.0127	0.0591
	週期	15.4	158.7	89.3	16.3	169.5	82.0	13.9	185.2	102.0	14.8	128.2	78.7	16.9
	能譜	.8880E6	.3793E5	.3028E6	.8931E4	.2478E5	.1542E5	.3292E4	.2255E5	.6725E5	.4939E5	.8545E5	.3740E5	.1493E6
8月21日 10:00	頻率	0.0700	0.0063	0.0107	0.0654	0.0049	0.0117	0.0625	0.0049	0.0103	0.0605	0.0068	0.0127	0.0581
	週期	14.3	158.7	93.5	15.3	204.1	85.5	16.0	204.1	97.1	16.5	147.1	78.7	17.2
	能譜	.2966E6	.8782E5	.1611E6	.1677E4	.1280E6	.5571E4	.1195E4	.1031E6	.4571E5	.1621E5	.4272E5	.2536E5	.1930E6
8月21日 12:00	頻率	0.0775	0.0063	0.0107	0.0713	0.0049	0.0107	0.0713	0.0049	0.0127	0.0649	0.0068	0.0127	0.0640
	週期	13.2	158.7	93.5	14.0	204.1	93.5	14.0	204.1	78.7	15.4	147.1	78.7	15.6
	能譜	.6116E6	.6260E5	.2492E6	.3042E4	.6674E5	.5597E4	.3271E4	.6571E5	.3758E5	.1835E5	.2341E5	.6747E5	.2656E6
8月21日 14:00	頻率	0.0650	0.0060	0.0112	0.0615	0.0060	0.0117	0.0635	0.0049	0.0127	0.0610	0.0063	0.0122	0.0698
	週期	15.4	158.7	89.3	16.3	158.7	85.5	15.8	204.1	78.7	16.4	158.7	82.0	14.3
	能譜	.4966E6	.2408E5	.6200E5	.2059E4	.1916E5	.2733E4	.1233E4	.2072E5	.2143E5	.9855E4	.8770E4	.3958E5	.8303E5

註：能譜單位(cm^2/Hz)

表 C-11　83年8月19日～8月21日 弗雷特颱風在花蓮港港內、外波浪能量集中週期比較表

日期		港外 ST.2	內港 #8 碼頭			內港 #10碼頭			外港 #17 碼頭			外港 #22 碼頭		
8月20日 16:00	頻率	0.0700	0.0068	0.0112	0.0630	0.0054	0.0122	0.0742	0.0049	0.0117	0.0625	.0063	.0122	.0649
	週期	14.3	147.1	89.3	15.9	185.2	82.0	13.5	204.1	85.5	16	158.7	82.0	15.4
	能譜	.4737E6	.4879E5	.3827E6	.3620E4	.3567E5	.1666E5	.6617E3	.3150E5	.1804E5	.9607E4	.2242E5	.6862E5	.1319E6
8月20日 18:00	頻率	0.0750	0.0068	0.0117	0.0771	0.0063	0.0112	0.0747	0.0054	0.0093	0.0107	0.0752	0.0054	0.0654
	週期	13.3	147.1	85.5	13.0	158.7	82.0	13.4	185.2	93.55	13.3	185.2	78.7	15.3
	能譜	.2475E6	.9612E5	.5626E5	.1203E4	.6482E5	.5969E4	.1483E4	.2666E5	.2423E5	.9494E4	.1436E5	.1243E5	.1039E6
8月20日 20:00	頻率	0.0725	0.0063	0.0112	0.0737	0.0063	0.0112	0.0737	0.0054	0.0103	0.0064	0.0068	0.0127	0.0659
	週期	13.8	158.7	89.3	13.6	158.7	89.3	13.6	185.2	97.1	15.1	147.1	78.7	15.2
	能譜	.2044E6	.2649E5	.3060E6	.1179E4	.1757E5	.7045E4	.2695E4	.5763E4	.4785E4	.7068E4	.2613E5	.1635E5	.1880E5
8月20日 22:00	頻率	0.0825	0.0063	0.0112	0.0776	0.0063	0.0112	0.0723	0.0049	0.0103	0.0776	0.0068	0.0140	0.0645
	週期	12.1	158.7	89.3	12.9	158.7	89.3	13.8	204.1	97.1	12.9	147.1	68.5	15.5
	能譜	.1862E6	.1665E5	.2089E6	.2769E3	.1349E5	.7323E4	.1995E3	.3732E4	.1089E5	.5570E4	.9127E4	.1150E5	.9974E4
8月21日 00:00	頻率	0.0775	0.0073	0.0112	0.0610	0.0063	0.0117	0.0728	0.0054	0.0107	0.0811	0.0068	0.0137	0.0801
	週期	13.2	136.9	89.3	16.4	158.7	85.5	13.7	185.2	93.5	12.3	147.1	73.0	12.5
	能譜	.1592E6	.7453E4	.1795E5	.7542E3	.2491E4	.7819E3	.3666E3	.1074E4	.9173E3	.1921E4	.9086E4	.2707E4	.7532E4
8月21日 02:00	頻率	0.0750	0.0068	0.0112	0.0767	0.0068	0.0112	0.0732	0.0054	0.0132	0.0801	0.0078	0.0127	0.0698
	週期	13.3	147.1	89.3	13.0	147.1	89.3	13.7	185.2	75.8	12.5	128.2	78.7	14.3
	能譜	.1609E6	.1533E5	.3884E5	.7481E3	.7692E4	.1050E4	.6509E3	.3643E4	.9425E4	.2434E4	.1011E5	.2856E5	.8390E4
8月21日 04:00	頻率	0.0725	0.0068	0.0112	0.0689	0.0068	0.0137	0.0732	0.0054	0.0137	0.0698	0.0073	0.0127	0.0728
	週期	13.8	147.1	89.3	14.3	147.1	73.0	13.7	185.2	73.0	14.3	137.0	78.7	13.7
	能譜	.9262E5	.3122E5	.6055E4	.8749E3	.2152E5	.6365E3	.5508E3	.7815E4	.7796E4	.6154E4	.1700E5	.1432E5	.1152E5

註：能譜單位(cm^2/Hz)

表 C-12　83年8月19日～8月21日 弗雷特颱風在花蓮港港內、外波浪能量集中週期比較表

日期		港外 ST.2	內港 #8 碼頭			內港 #10碼頭			外港 #17 碼頭			外港 #22 碼頭		
8月21日 06:00	頻率	0.0700	0.0068	0.0107	0.0635	0.0054	0.0117	0.0786	0.0054	0.0107	0.0674	.0078	.0137	.0737
	週期	14.3	147.1	93.5	15.7	185.2	85.5	12.7	185.2	93.5	14.8	128.2	73.0	13.6
	能譜	.4544E5	.2366E4	.9617E4	.2767E4	.5792E4	.2232E3	.8630E3	.6754E4	.4612E4	.2882E4	.8577E4	.3633E4	.1948E5
8月21日 08:00	頻率	0.0725	0.0068	0.0112	0.0625	0.0068	0.0117	0.0742	0.0073	0.0117	0.0742	0.0073	0.0132	0.0718
	週期	13.8	147.1	89.3	16.0	147.1	85.5	13.5	137.0	85.5	13.5	137.0	75.8	13.9
	能譜	.6616E5	.4142E4	.1779E5	.9411E3	.2281E4	.7592E3	.2525E4	.1777E4	.1439E4	.2742E4	.1691E4	.7265E4	.1150E5
月　日	頻率													
	週期													
	能譜													
月　日	頻率													
	週期													
	能譜													
月　日	頻率													
	週期													
	能譜													
月　日	頻率													
	週期													
	能譜													
月　日	頻率													
	週期													
	能譜													

註：能譜單位(cm^2/Hz)

表 C-13　　83年8月31日～9月1日 葛拉絲風在花蓮港港內、外波浪能量集中週期比較表

日期		港外	內港						外港					
		ST.2	#8 碼頭			#10碼頭			#17 碼頭			#22 碼頭		
8月31日 14:00	頻率	0.1425												
	週期	7.0												
	能譜	.12195												
8月31日 15:00	頻率													
	週期													
	能譜													
8月31日 16:00	頻率	0.1175												
	週期	8.5												
	能譜	.14945												
8月31日 17:00	頻率													
	週期													
	能譜													
8月31日 18:00	頻率	0.0775										0.0078	0.0127	0.0703
	週期	12.9										128.2	78.7	14.2
	能譜	.3930E5										.6966E3	.7363E3	.7398E3
8月31日 19:00	頻率											0.0073	0.0127	0.0742
	週期											137.0	78.7	13.5
	能譜											.3910E3	.9382E3	.3328E4
8月31日 20:00	頻率	0.0800										0.0063	0.0127	0.0806
	週期	12.5										158.7	78.7	12.4
	能譜	.4672E5										.4506E3	.1126E4	.1944E4

註：能譜單位(cm^2/Hz)

表 C-14　　83年8月31日～9月1日 葛拉絲風在花蓮港港內、外波浪能量集中週期比較表

日期		港外	內港						外港					
		ST.2	#8 碼頭			#10碼頭			#17 碼頭			#22 碼頭		
8月31日 21:00	頻率											0.0068	0.0146	0.0811
	週期											147.1	68.5	12.3
	能譜											.6074E3	.1586E4	.1210E4
8月31日 22:00	頻率	0.0800										0.0073	0.0127	0.0806
	週期	12.0										137.0	78.7	12.4
	能譜	.2557E5										.6189E3	.1920E4	3512E4
8月31日 23:00	頻率											0.0073	0.0127	0.0801
	週期											137.0	78.7	12.5
	能譜											.4739E3	.1764E4	.2874E4
9月01日 00:00	頻率	0.0775										0.0073	0.0127	0.0723
	週期	12.0										137.0	78.7	13.8
	能譜	.4239E5										.1265E4	.8667E3	.1320E5
9月01日 01:00	頻率					0.0068	0.0127	0.0737				0.0073	0.0132	0.0806
	週期					147.1	78.7	13.6				137.0	75.8	12.4
	能譜					.8094E4	.1137E3	.4338E4				.2293E4	.3831E4	.7167E4
9月01日 02:00	頻率	0.0775				0.0063	0.0166	0.0737	0.0068	0.0132	0.0708			
	週期	12.9				158.7	60.2	13.6	147.1	75.8	14.1			
	能譜	.3218E6				.6977E4	.1178E4	.3449E4	.1225E4	.1672E4	.4563E4			
9月01日 03:00	頻率					0.0063	0.0112	0.0732	0.0059	0.0137	0.0791	0.0063	0.0132	0.0703
	週期					158.7	89.3	13.7	169.5	73.0	12.6	158.7	75.8	14.2
	能譜					.1903E5	.7889E3	.7165E4	.4464E4	.3758E4	.7584E4	.3367E4	.3939E4	.3124E5

註：能譜單位(cm^2/Hz)

表 C-15　　83年8月31日～9月1日 葛拉絲風在花蓮港港內、外波浪能量集中週期比較表

日期		港外 ST.2	內港 #8 碼頭			內港 #10碼頭			外港 #17 碼頭			外港 #22 碼頭		
9月01日 04:00	頻率	0.0725				0.0063	0.0112	0.0737	0.0068	0.0103	0.0698	0.0063	0.0127	0.0654
	週期	13.8				158.7	89.3	13.6	147.1	97.1	14.3	158.7	78.7	15.3
	能譜	.4313E6				.5938E5	.2455E4	.2770E4	.8284E4	.1182E5	.9487E4	.9743E4	.3878E5	.4808E5
9月01日 05:00	頻率	0.0675				0.0063	0.0117	0.0713	0.0063	0.0103	0.0698	0.0063	0.0132	0.0635
	週期	14.8				158.7	85.5	14.0	158.7	97.1	14.3	158.7	75.8	15.7
	能譜	.7589E6				.1052E6	.2500E4	.2881E4	.1990E5	.1835E5	.6518E5	.1084E5	.3715E5	
9月01日 06:00	頻率					0.0063	0.0112	0.0718	0.0054	0.0107	0.0693	0.0068	0.0127	0.0654
	週期					158.7	89.3	13.9	158.2	93.5	14.4	147.1	78.7	15.3
	能譜					.4008E5	.3971E4	.1867E4	.2468E5	.1727E5	.1591E5	.4830E5	.6290E5	.8596E5
9月01日 07:00	頻率	0.0675				0.0063	0.0117	0.0723	0.0073	0.0127	0.0713	0.0059	0.0127	0.0645
	週期	14.8				158.7	85.5	13.8	137	78.7	14.0	169.5	78.7	15.5
	能譜	.1824E7				.1602E6	.1714E4	.1105E4	.1623E5	.1359E5	.9055E4	.2917E5	.4146E5	.1632E6
9月01日 08:00	頻率	0.0750				0.0063	0.0112	0.0718	0.0054	0.0112	0.0703	0.0068	0.0122	0.0640
	週期	13.3				158.7	89.3	13.9	185.2	89.3	14.2	147.1	82.0	15.6
	能譜	.7806E6				.1352E6	.1727E4	.1036E4	.4191E5	.1466E5	.8623E4	.2684E5	.2192E5	.1422E6
9月01日 09:00	頻率					0.0063	0.0112	0.0718	0.0054	0.0112	0.0811	0.0078	0.0127	0.0645
	週期					158.7	89.3	13.9	185.2	89.3	12.3	128.2	78.7	15.5
	能譜					.1723E5	.1430E4	.8940E3	.2347E5	.5538E4	.9716E4	.7103E5	.5801E5	.4050E5
9月01日 10:00	頻率	0.0850				0.0063	0.0117	0.0728	0.0049	0.0122	0.0845	0.0063	0.0127	0.0806
	週期	11.8				158.7	85.5	13.7	204.1	82.0	11.8	158.7	78.7	12.4
	能譜	.2581E6				.2523E5	.8044E3	.2181E3	.6767E4	.3701E4	.3946E4	.5709E4	.2631E5	.6242E4

註：能譜單位(cm^2/Hz)

參、台中港港口擴建後海氣象調查研究(VI)

目　　錄

一、前　言 3-1

二、現場調查概況 3-3

三、波浪基本資料分析與特性 3-6

四、海流基本資料分析與特性 3-9

五、潮汐基本資料分析與特性 3-13

六、風速風向基本資料分析與特性 3-14

七、波浪、海流、風、潮汐間的相關特性 3-17

八、北防波堤延長效益評估--模型試驗數值計算

與現場調查結果比較..... 3-20

九、結果與討論 3-31

十、結語 3-34

十一、附圖..... 3-35

參、台中港港口擴建後海氣象調查研究(VI)

一、前言

台灣省政府交通處台中港務局，為徹底瞭解現有北防波堤延伸八百五十公尺後外廓防波堤之遮蔽效果，除作為評估港口擴建工程成效之依據外，並為未來擴建之參據。特委託台灣省政府交通處港灣技術研究所(以下簡稱本所)辦理台中港附近海域冬季季風與夏季季風及颱風期間波浪、海流、風及潮汐調查研究分析。

根據本所之經驗，完整之海氣象調查，必須包含現場波浪之觀測(wave observation)、海流實測(current measurement)、潮汐水位實測及分析(tide record and analysis)及風向風速觀測(wind observation)。因此現場實測調查研究計畫乃依據上述各項調查，就調查的內容，測定的方法，施測的頻率以及資料之分析，於下章中依序說明之。

民國七十年起，本所即接受中國石油公司委託進行台中港港口流況調查研究，其中包括當時港口外現場流況調查以了解台中港港口附近流況受風浪、海流及潮汐之影響，再利用現場所得資料決定數值模式的邊界條件及校核數值模型的正確性，使現場流況在模型上重現，綜合實測、數值模式及水工模型試驗的結果作出結論，提供中油公司參考。接著自民國七十年至七十二年，本所基本研究計畫辦理台中海岸流況調查研究計畫，並利用水工模型作沿岸流及碎波流況試驗。民國七十五年九月至七十七年六月，所接受台中港務局委託進行台中港港口擴建流況調查研究及水工模型試驗，其中包括港口附近在冬季強風侵襲時流速分佈情形，作為規劃港口擴建、延伸防波堤之依據。並利用流體力學方程式

建立近岸海流數值模式，以現有防波堤的形式設計一基本模式，配合實測資料，以驗証模式之正確性。並為瞭解未來北外廓防波堤擴建後，遮蔽效果及領港登輪區領港人員登輪之難易，辦理水工模型試驗。民國七十八年至七十九年，台中港務局委託本所辦理台中港港口擴建北防波堤延伸堤頭動床試驗，以瞭解防波堤延伸後堤頭穩定情形，辦理堤頭穩定三維動床試驗，以期能良好掌握擴建延長後港池波浪及堤頭穩定狀況。民國八十年至八十一年，台中港務局再次委託本所進行沈箱式防波堤施工中海床沖刷防治研究之流況調查部份，主要是考慮在強勁東北季風盛吹時堤頭附近的流況及其受風、潮汐等之影響及關係特性。由上述之資料作為台中港北防波堤延伸850公尺前之背景資料外，並可將以往之實測結果納入本計畫中共同分析，作為延伸850公尺後之參考，相信在本所有系統性之整理後，對於台中港附近海域之海氣象變化能有更深入之瞭解。由本所建立統一系統資料，以期作為台中港在日後規劃、設計之重要參考。

二、現場調查概況

2-1波浪觀測

1.觀測儀器

(a) 浮球式波向波高波浪儀一組

(b) 浮球式波浪儀三組

2.作業內容

(a) 長期觀測

本所已於民國八十三年九月於北防沙堤西北西方約800公尺水深-13公尺ST.1處設置一浮球式波向波高波浪儀正式運轉做一長期波浪觀測站。

(b) 短期觀測

於台中港北防波堤距堤頭約200公尺之間(ST.2)及南防波堤以南附近(ST.4)位置如圖3-1，設置一浮球式波浪儀，依合約須在83、84年冬季季風期間各觀測二至三鋒面過境時之波浪，但本所於八十三年十月在ST.2與ST.4兩站各安裝一組浮球式波浪儀，因安裝時費時費力，資料蒐集不易，因此本所決定在整個冬季期間都連續觀測，八十四年四月收回保養，七月及九月分別再安裝ST.2站與ST.4站。本計畫進行觀測期間因人為的破壞陸續損失十二組閃光浮燈與浮筒，但一有損失台中港務局信號台來電通知後即迅速補充，所以波浪儀都沒有損失。

2-2海流觀測

1.觀測儀器

使用RCM-4或RCM-7自記式海流儀或同品質之自記式海流儀共六具。

2.作業內容

(1) 長期觀測

本所在八十三年九月與波浪觀測站ST.1同測站，水面下2-4公尺處安裝一台自記式海流儀，記錄之取樣率定為每十分鐘記錄一次。定期收回儀器收取記錄帶及更換電池。

本省在冬季至前後為烏魚捕捉時期，因此調查工作常常因與漁民之雙托網式之流棘網交會而受到漁民之肆意破壞，因而流失了四部海流儀，故未能取得較完整之流速資料。

(2) 短期觀測

於觀測站ST.2及ST.4二個測站在83年冬季季風與波浪觀測期間短期同時觀測調查。

2-3風速、風向觀測

風向、風速資料對於港口設計及航行之安全有重大之影響，風對港口之佈置必需有足夠之風向風速統計資料作為規劃之參考，以確保船舶出入之安全。

1.本計劃使用本所在台中港北堤觀測站(ST.7)之風速風向統計實測資料進行分析，並找出海流、波浪與風向、風速之相互關係。

2.本所希望能在83年4月左右北防波堤堤頭延伸工程完工後即安裝一部風速儀，開始量測至長期監測網系統開始正常運轉止，因該項延伸工程到84年7月尚未完工，但本所希望能收集到較多的資料才能與長期測站(ST.7)重疊一年資料，於84年7月31日第一次安裝完成該觀測網系，但於8月底發覺遭受破壞已停止運轉，即迅速與美國原廠緊急採購零件於85年1月6日再行安裝，但1月24日左右又遭破壞，該系統接收與傳送部份已完全損壞不能使用，經與財政部關稅總局共同討論與現場會勘後得到共識，同意本所在不影響其白燈塔運作下可將觀測監測網系統安裝於白燈塔內。此系安好後將可正常運作而得到良好的資料。

2-4潮汐水位觀測

任何海岸工程或港灣工程進行設計之前首重基準水位之訂定，此須有長期之潮汐水位資料進行分析，根據實測分析之結果，即可得到平均水位、平均高潮位、平均低潮位、最高潮位、最低潮位。藉此可作為海岸結構物設計高度之決定。本計畫使用本所在台中港四號碼頭之潮汐觀測站之實測資料進行分析。

三、波浪基本資料分析與特性

現場調查作業ST.1站使用荷蘭製DATAWELL WAVEWRIDER浮球式波向波高波浪儀；ST.2與ST.4兩站使用同廠牌但沒有波向之波浪儀，其由加速度變化之訊號轉換成水位變化，以無線電傳回本所接收機，再經由RS232直接輸入個人電腦硬碟中儲存。

3-1資料處理

波浪觀測期站共有三處，資料涵蓋期間自1994年9月底至1996年3月止，下就各站的波浪特性作一分析說明:

(1) 初步資料分析

(2) 每一波浪記錄須以零上切法(Zero up-cross method)定出波高及週期，並進行下列分析。

(3) 每一筆之波浪記錄須分析求出 H_{max}、T_{max}、$H_{1/10}$、$T_{1/10}$、$H_{1/3}$、$T_{1/3}$、H_{mean}、T_{mean} 並列出時間及波數，分別以微電腦磁片儲存及列印出報表紙中。

(4) 求出每日、每月第(3)條內各項之平均及最大值。

波浪觀測期間之潮汐、風速、風向記錄須與波浪記錄合成繪製時間逐時連續圖。

(5) 每季調查記錄中選擇最大波浪及最常出現波浪之記錄，進行波譜(wave spectrum)分析。

3-2波浪基本資料分析

台中港港口附近的波浪觀測站共有三處，資料涵蓋期間自

1994年9月底至1996年3月底至年月止共計十九個月由各月料分析所繪之圖、表整理，以下就本調查海域各站的波浪特性作一分析說明：

1.由逐時變化圖(圖A-1～圖A-19)，可知在83年10月間分別有三個颱風通過台灣附近海域，其外圍環流及東北季風雙重影響所產生的湧浪與風浪，到達台中港海域ST.1站，所產生之有義波高($H_{1/3}$)、週期($T_{1/3}$)分別為(3.28公尺，7.70秒); ST.2站所產生之有義波高($H_{1/3}$)、週期分別為(4.21公尺， 7.45秒): ST.4站所產生之有義波高($H_{1/3}$)、週期分別為(3.45公尺，7.22秒)。

2.本地區波浪主要由冬季東北季風造成，由於海峽吹風區域受到限制，所以波浪之成長與衰退迅速，因此風速與波浪有良好的相關。以ST.1站而言，風速在5m/s左右時$H_{1/3}$在1公尺以下，$T_{1/3}$在4～5秒，風速在10m/s左右時，$H_{1/3}$在1～2公尺，$T_{1/3}$在5～7秒，風速在15m/s左右時，$H_{1/3}$在3～4公尺，$T_{1/3}$在6～8秒，波向在北北西～北北東之間。

3.由有義波高發生機率分佈與有義週期發生機率分佈可知台中港之波高與週期的發生次數百分比，在83年10月這段觀測期間的波浪，由於包含了季節風風浪與颱風湧浪合併列入計算，故造成波高、週期的提高。

4.由其方向波浪能譜立體圖，分別為觀測夏季颱風期間席斯颱風(10月8日至10日)過境時段、泰瑞莎颱風(10月20日至22日)外圍環流影響及弗恩颱風(10月23日至26日)在琉球南方海面滯留，增強了台灣地區的東北季風，由各組波浪記錄分析得到之能譜圖中得知，其波向主要在335°～350°間。

5.單一能量尖峰的水位能譜型態代表該記錄時段的波浪主要集中於此頻率， 波況較單純；亦有雙(或多)能量尖鋒的波譜發生，此時表示波浪有來自不同風場，在觀測站匯聚而成。一般情況可分區域性的風浪(較高頻分量)及遠方颱風與風場產生的湧浪(較低頻分量)匯聚而成。

四、海流基本資料分析與特性

4-1資料處理

本計畫現場調查作業使用的海流儀為挪威AANDERAA公司出品的自記式RCM-7，將資料直接儲存在DSU記憶體內，取樣時隔為10分鐘。儀器收回後由DSU READER 2995經RS232傳入手提式電腦中，回本所後再進行過濾、初步檢查資料品質、修正謬誤數值、篩選不良記錄後經由整理分析再經由下列方式處理：

(1)初步資料分析

(2)流速流向、潮汐、風速、風向、波高、週期等資料以逐時之時間序列繪製成每月連續逐時時間序列圖。

(3)流速、流向以每小時平均值繪製時間序列柱狀圖及列表。

(4)流速、流向海流累進向量圖(PVD)。

(5)每日流速資料之最大值、最小值及其相對應之流向、時間。

(6)流速、流向玫瑰圖。

(7)流速、流向極值圖(Scatter plot)。

(8)比較分析不同測站之流況間關係。

(9)比較分析潮汐、風與每測站之流況與波浪間關係。

4-2基本資料分析

台中港港口附近的海流觀測站共有三處，分別是北防沙堤測站ST.1(北緯24° 19' 25"，東經120° 30' 44"，水深15公尺)；北防波堤堤頭站ST.2(北緯24° 18'，東經120° 28' 09"，水深25公尺)；南防波堤登輪區測站ST.4(北緯24° 17' 10"，東經120° 29'，水深11公尺)，資料涵蓋期間自1994年9月至1996年2月共18個月。以下就各站的流況特性作一分析說明。

1.北防沙堤測站(ST.1)

由本站的冬季流況玫瑰圖如圖3-2可發現流向大部分為西南向，此顯示在冬季東北季風吹襲下本站的海流向受風驅流或沿岸流影響，此外由流速分佈極值圖如圖3-3，同樣發現大部份的資料點落在負x與負y的第四象限(正x軸為E向，正y軸為N向)，此也表示流向大致為西南向。在觀測期間曾於83年10月9日測得本站最大流速可達87cm/sec。由行進向量圖圖3-4也可明顯看出主要流向為西南。

由本站的夏季流況玫瑰圖如圖3-5則發現流向分佈較冬季散亂，但主要是南南西與東北兩個方向。此顯示夏季由於風速較小，風驅流不強，使得本站夏季海流含潮流成份較明顯。另外由流速分佈極值圖如圖3-6也可發現相同情形，不過流速較冬季為小。

2.北防波堤堤頭測站(ST.2)

由冬季流玫瑰圖如圖3-7，可發現大部分的流向分別分佈在西南西及北北西方向，此與北防沙堤測站明顯不同，西南西向的流可能是受到北防波堤結構物的影響，而產生之強制裂流(沿岸流或風驅流受結構物影響而轉向外海之海流)，至於北北西向的流則可能是恒流與潮流所造成。由極值圖如圖3-8，也可發現資料點大部份落在正ｙ軸與負ｘ軸向上，此同樣表示流向大都分佈在西南西向及北北西向上，其中西南西向的流速較北北西向為大。觀測期間曾於85年2月2日測得本站最大流速可達100cm/sec。另外由行進向量圖如圖3-9也可發現流向大都不是西南西向就是北北西向，其中以西南西向的行進距離較北北西向為大，另外配合北堤測風站的風速資料發現當風速較大期間(鋒面來襲時)，流向為西南西，而當風速較小時則流向為北北西，此與前述西南西向的流為強制裂流，而北北西向的流為恒流與潮流的推論一致。

由本站的夏季流況玫瑰圖如圖3-10發現流向集中在北北西向，此與冬季的情況相較已無西南西的強制裂流，此仍因夏季風向較不穩定且風速較小，使得風驅流及沿岸流減弱之故。由極值圖如圖3-11也可發現資料點大部份落在正Y軸近，表示本站夏季海流為恒流與潮流所組成，其型態較冬季單純。

3.南防波堤登輪區測站(ST.4)

由冬季流況玫瑰圖如圖3-12，可發現大部分的流向分佈在北至東北向之間，其分佈的集中程度不似上述兩站，且主要流向與

北防沙堤測站明顯相反，此顯示此站的海流受風的影響不大，也就是風驅流或沿岸流成份不高，主要還是恒流與潮流成份。另外由極值圖如圖3-13也可發現大部份資料點落在正x軸及正y軸向間，且分佈範圍為廣，不似北防沙堤測站的集中，且最大流速也較小僅70cm /sec左右。由行進向量圖如圖3-14也可看出本站海流大致流向東北，這與北防沙堤測站明顯不同。

而本站夏季的流況由玫瑰圖圖3-15及極值圖3-16可以發現大致與冬季相似，不過流向的分佈較冬季集中，而流速則較小。流場型態仍是以潮流及恒流為主。

五、潮汐基本資料分析與特性

台中港潮汐主要成份為半日潮與全日潮。而半日潮能量較全日潮能量為大。民國83年1月至85年3月間平均潮差為343cm，最大潮差為535cm，平均潮位為277.3cm，由資料中可看出能譜的相對尖鋒分別出現在頻率0.0391CPH(週期25.58小時)及0.0781CPH(週期12.80小時)，亦即台中港的潮汐主要由全日潮及半日潮組成的複合潮，但半日潮的成份大於全日潮。圖3-17為民國83年9月至85年3月之所有潮位之資料總和，可看出能譜的相對尖峰分別出現於14.3678日、24.096時及12.41小時。

六、風速風向基本資料分析與特性

本所北堤觀測站位於北防波堤與北防沙堤間如圖3-1，高程為27公尺。　觀測期間共有五十二次強弱不同的東北季風出現，其中有二十次強勁東北季風；在本工作期間冷鋒過境日期如下述：

表 6-1　　冷 鋒 過 境 日 期

編號	起迄時間	說　　明
1	83.10.06～83.10.06-07	東北季風，8日席斯颱風外圍雙重影響
2	83.10.18～83.10.19	東北季風
3	83.10.20～83.10.23	東北季風增強與泰瑞沙颱風外圍影響
4	83.10.23～83.10.26	弗恩颱風增強東北季風
5	83.11.15～83.11.20	微弱東北季風
6	83.12.02～83.12.03	東北季風
7	83.12.12～83.12.13	東北季風
8	83.12.16～83.12.19	東北季風
9	83.12.20～83.10.21	東北季風
1	83.12.26～83.12.27	東北季風
11	84.01.03～84.01.06	冷鋒，較強勁東北季風
12	84.01.10～84.01.14	冷鋒，較強勁東北季風
13	84.01.15～84.01.15	東北季風
14	84.01.23～84.01.25	冷鋒，東北季風
15	84.01.30～84.02.02	冷鋒，較強勁東北季風
16	84.01.30～84.02.02	冷鋒，較強勁東北季風
17	84.02.08～84.02.12	東北季風
18	84.02.14～84.02.17	冷鋒，較強勁東北季風
19	84.02.20～84.02.22	東北季風
20	84.02.25～84.02.27	東北季風

21	84.03.01～84.02.03	冷鋒，東北季風
22	84.03.04～84.03.05	冷鋒，較強勁東北季風
23	84.03.10～84.03.13	冷鋒，較強勁東北季風
24	84.03.16～84.03.18	冷鋒，東北季風
25	84.03.25～84.03.26	冷鋒，較強勁東北季風
26	84.04.01～84.04.07	東北季風
27	84.09.11～84.09.15	微弱東北季風
28	84.09.21～84.09.22	賴恩颱風，增強東北季風
29	84.10.05～84.10.11	東北季風
30	84.11.03～84.11.04	東北季風及安琪拉颱風外圍影響
31	84.11.07～84.11.08	東北季風
32	84.11.14～84.11.16	東北季風
33	84.11.19～84.11.22	東北季風
34	84.11.24～84.11.25	冷鋒，強勁東北季風
35	84.12.03～84.12.09	強勁東北季風
36	84.12.12～84.12.16	東北季風
37	84.12.17～84.12.19	東北季風
38	84.12.20～84.12.22	東北季風
39	84.12.24～84.12.27	強勁東北季風
40	84.12.29～85.01.01	冷鋒，強勁東北季風
41	85.01.08～85.01.11	冷鋒，強勁東北季風
42	85.01.12～85.01.14	微弱東北季風
43	85.01.18～85.01.22	強勁東北季風
44	85.01.26～85.01.30	強勁東北季風
45	85.02.01～85.02.03	冷鋒南下，強勁東北季風
46	85.02.05～85.02.065	冷鋒南下，強勁東北季風
47	85.02.09～85.02.10	冷鋒南下，強勁東北季風

48	85.02.17～85.02.20	冷鋒南下，強勁東北季風
49	85.02.18～85.02.18-22	冷鋒，強勁東北季風
50	85.03.01～85.03.02	冷鋒，強勁東北季風
51	85.03.08～85.03.11	冷鋒，強勁東北季風
52	85.03.17～85.03.20	微弱東北季風

冬季月份之風玫瑰圖以1996年2月份為例如圖3-18，顯示風向主要集中在東北方向，大約佔60%，風速超過15m/sec者約佔12%，呈現典型的冬季東北季風型態。夏季月份之風玫瑰圖以1995年7月份為如圖3-1中顯示風向集中在南及南南西方向大約佔50%，風速超過10m/sec者約佔5%，是屬夏季西南季風型態。此外由於夏季季節、動量傳遞作用明顯常使台中港風速出現日變化。空氣受到太陽輻射作用而使動量傳遞增強，所以台中港的風速常於午後增大，傍晚開始減弱，而於午夜至翌日清晨風速最小如圖3-20所示。

七、波浪、海流、潮汐及風相關分析

在本計畫調查作業期間，雖曾同時進行多項海氣象觀測，然受限於觀測方式，儀器穩定度及自然天氣狀況等等因素，而無法同時得到長期連續的各項資料。但為了進行相關分析，因此由觀測資料中擷取分別分佈於不同月份的六個時段，各段皆有7天以上的長度且在此六個時段各項海氣象資料皆完整正常。這六個時段分別是94/11/06：10～94/11/21：08、94/12/01：00～94/12/14：23、95/02/12：12～95/02/28：23、95/03/01：00～95/03/12：23、95/07/04：15～95/07/24：23及95/08/12：17～95/08/31：23。今將上述各時段的各測站海流資料，進行測站間相關分析，並以同時段的風速及潮位資料與流速變化作相關分析，藉此明瞭本海域海受風及潮汐的影響情形及不同測站間的流況變化。此外進行不同測站間的波浪資料相關性分析，同時也對各測站的波高、週期與同時段的風速變化相關性分析，以瞭解本海域波浪場的特性。

(一)不同測站間海流相關分析

由代表冬季時段的圖3-21中可發現ST.1站與ST.2站間流速的相關係數值在時間延時為-2時左右皆可達0.5以上，可見此兩站的流速變化趨勢稍具相關性而且無太大的時間差。至於流向由於相關係數值於各時間延時皆不大故相關性不高。同上述時段另外由圖3-22中可看出ST.2站與ST.4站間流速的相關係數值於時間延時為2小時附近皆達0.5以上，此顯示這兩站的流速變化趨勢也稍具相關性，(ST.4站落後ST.2站)，而流向間的相關性仍然不高。由以上說明可知冬季台中港附近的海流流速變化趨勢大致存在著某一程度的關連，但流向變化則受到結構物及近岸影響而關連性低。

由代表夏季時段的圖3-23中顯示ST.1站與ST.2站間流速的相關係數值於各時間延時皆不高(低於0.25)，此與上述冬季情況明顯不同。但是ST.2站與ST.4站間流速的相關係數值於時間延時2小時附近可達0.5以上如圖3-24。此表示這兩站的流速變化趨勢仍稍具相關性。至於各測站間的流向變化相關性仍然不高。

(二)流速與風速相關分析

由代表冬季時段的圖3-25及圖3-26中可發現ST.1站流速與風速的相關係數值於11月的時段皆可達0.75以上(延時約2小時)，但在2月的時段則不到0.25。此原因是在11月的時段中有多次強烈鋒面發生，因此風速大且持續穩定的時間也較長，相反的2月的時段中風速較小且較不穩定(此可由風玫瑰圖中可發現)。因此ST.1站的流速與強勁東北季風有密切關係。換句話說ST.1站的海流於強勁季風吹襲時是屬風驅流型態。ST.2站流速與風速的相關性可參考圖3-27及圖3-28，圖中顯示相關係數最大值並不高，且時間延時也不太穩定，此表示此站的流速與風速的相關性並不高，此原因可能是ST.2站的位置是在北防波堤堤頭附近，海流因受結構物影響而有不少的成份是屬強制裂流所造成。

由代表夏季時段的圖3-29、圖3-30及圖3-31顯示三站的流速與同時段風速相關係數值不高，此表示夏季海流中風驅流的成份較冬季為小。

(三)流速與潮位相關分析

ST.1站流速與潮位的相關性如圖3-25及圖3-26所示於冬季時段皆不高(相關係數值約0.25以下)，不過詳細比較後可看出於風速較小的時段2月份，其相關係數值較風速較大的11月時段來得稍大些，但不是很明顯。可見當風速變小時，潮流成份所佔的比例會增

加。至於ST.2站流速與潮位的相關性如圖3-27及3-28所示，其結果與ST.1站相似。至於夏季時段參照圖3-29、圖3-30及圖3-31可發現ST.1站的流速變化與潮位相關性不高，但ST.2站與ST.4站的流速變化與潮位相關性較高，其相關係數值於時間延時約5小時左右有較大值達0.5以上。

(四)波浪相關分析

本計畫波浪調查的三個測站相互之間有義波高的相關性可由冬季時段的圖3-32及夏季時段的圖3-33中得知，在冬季的時段各測站間的波高相關係數值於時間延時零時左右皆可達0.9以上；而夏季時段雖較小，但也可達0.7以上，此顯示這三個測站的波高變化趨勢具有相當的一致性。

三測站的有義波高與風速的相關性可由冬季時段的圖3-34及夏季時的圖3-35發現無論冬、夏季各測站有義波高與風速的相關係數值於時間延時-2小時左右可達0.7左右，這顯示台中港海域的波浪變化趨勢與風速變化有密切相關性，此與以往的研究結果相似。

八、台中港港口擴建北防波堤延長效益評估 —模型試驗數值計算與現場調查結果比較

台中港港口擴建延長防波堤前，曾辦理多次海象氣象調查、水工模型試驗及數值模擬計算，本章簡略介紹調查、試驗及計算結果。台中港擴建完成後為了解港口波浪及流況分佈特性再度委託本所辦理海氣象調查，作為評估防波堤延伸效益之依據。本章利用堤頭前及登輪區附近所測得波浪、流速、流向資料與港口擴建前遮蔽試驗及數值模擬計算結果作比較分析。比較結果顯示現場實測波浪資料與不規則波水工模型遮蔽試驗結果相當符合；流況模擬計算則因邊界受限及計算前驗證資料不足產生較大差異。本所利用 MIKE 21 計算結果與實測資料有一致之趨勢。

一、前　言

台中港原港口外廓防波堤佈置係根據日本調查團與中華顧問工程司所提佈置，再參考專家學者意見，經多次模型試驗修正後所獲得防沙防浪最佳佈置。民國 65 年外廓防波堤完成後，實測資料證實台中港外廓防波堤確實發揮防沙防浪效果。設計最大進港船型(巴拿馬極限級貨輪)於正常天候條件在領港人員領航下均能順利進港靠泊。但在強烈季節風侵襲期間，風速強勁，波浪洶湧，除領港人員登輪不易外，港口橫風、橫流影響進港船隻安全。民國 83 年台中港吞吐量近 34,000,000 公噸，進港船達 3,780 艘次，其中約 1 %超過 40,000GT 。平均船噸由 74 年 7,400GT 增加至 83 年 11,700GT 。營運資料顯示，台中港近十年來進港船隻數量劇增，平均船舶噸位亦大幅增長。

台中港務局為改善港口操船條件，以因應冬季季節風盛吹時，大型船舶能安全進泊，除根據 70 年中油公司委託本所測取冬季強風侵襲時港口流況資料外，民國 74 年曾再委託本所辦理現場流況調查，以蒐集數值計算、水工模型試驗及操船模擬等驗證資料，作為評估港口擴建防波堤延伸計畫之依據。

根據台中港港口擴建計畫評估研究結果，台中港務局於民國 80 年進行港口擴建，延伸北防波堤 850m 。北防波堤延長工程在 83 年底大致完成，台中港務局為瞭解北防波堤延長 850m 後，港口流況特性及登輪區遮蔽效果，委託本所辦理流況及波浪調查研究，作為評估港口擴建工程成效之依據。本章除對港口擴建後流況數值計算與現場實測結果作比較分析外，並就北防波堤延伸後登輪區波浪實測資料探討模型試驗可靠性，作為評估北防波堤延伸對改善港口操船效益之依據。

二、往昔調查試驗研究

(一)中油公司 LNG 計畫港口流況調查

中油公司為了解冬季港口流速作為規劃 LNG 進口站依據，在民國 70 年委託本所進行港口流況及相關海氣象調查研究，實測強風作用下港口流況，測站位置如圖 3-36 所示。本所配合年度研究計畫在台中海岸長期觀測風力與潮汐，海流與波浪則分冬季、夏季進行兩次觀測。

冬季冷鋒過境，風速急劇增加，引進強大風驅流。港口北防波堤堤端前約 800m 及 200m ，B 、C 兩測站在 70 年 11 月 26 日至 28 日及 12 月 1 日至 3 日間流速、流向及對應風速風向與潮汐延時變化繪如圖 3-37 及 3-38 。測站 B 在冷鋒過境東北季風增強

時流速與風速關係密切，相關係數超過 0.8 以上，風速領先流速約 2 小時，流速以風驅流為主。風速減弱時，則以恒流及潮流為主，流速隨半日潮週期變化，高潮時最小，漲潮至平均水位時段流速最大。接近堤頭測站 C ，在東北季風盛吹時受波浪產生之強制裂流影響，低潮時碎波帶接近測點，且橫流通過堤頭斷面因水深減小而縮減，流速劇增；高潮時，碎波帶遠離 C 測站，水深增大流速減緩，而與 B 測站相近。民國 70 年 11 月 27 日 8 時測站 C 測得風速超過 20m/s 低潮時流速達 212cm/s ，流向沿北防波堤線向西南西流；同時間測得測站 B 流速為 108cm/s ，流向約為 225° 高潮時測站 C 流速減慢與 B 站相近，流向亦往南偏接近 230°。

風速減低時，風驅流減小，碎波帶與測站 C 距離增加，測站流速除受恒流影響外，隨潮汐漲落而變化，如圖 3-39 。高潮時流速減至 20cm/s 左右，低潮時增至 40cm/s 上下，測站 B 與 C 趨勢相同，B 站流向穩定偏 NNE ，C 站流速、流向變化略大。

(二)台中港港口擴建流況調查

台中港務局為瞭解冬季強風侵襲時，港口附近流速分佈特性作為規劃港口擴建，延伸防波堤之依據。民國 74 年委託本所辦理流況調查，本次調查工作因遭受漁民肆意破壞未能測取得較大風速時港口流速資料。但分析各測站流速資料顯示港口流況特性與民國 70 年極為一致。沿岸流速與風速分量相關係數高達 0.89 ，風速領先流速約二小時。北防波堤前約 800m 測站 B 流速與風速關係顯示風速在 20m/s 時 B 測站流速約為 140cm/s 。研判此時北防波堤堤端 200m 附近流速可達 200cm/s 。東北季風轉弱，港口流速受恒流及潮流影響，東北向恒流強度約 30cm/s 。

(三)台中港港口擴建水工模型試驗

台中港務局為了解北防波堤延伸後領港登輪區波浪遮蔽效果及對港內水域穩靜度影響，在 76 年委託本所辦理遮蔽及船舶運動水工模型試驗。試驗結果選定北外防波堤沿航道平行方向延長 850m，南外防波堤拆除七個沉箱，南內堤拆除 50m 為定案佈置。定案佈置南外堤與內堤堤頭拆除後影響港內穩靜，建議在北外堤內側佈置消波設施。台中港務局進行港口擴建時為顧及北防波堤延長後受偏西向波浪作用，影響港池水域穩靜，暫不拆除南內、外防波堤。北防波堤沿航道平行方向延長 750m, 850m 及 1000m 受偏北向波浪作用時登輪區發揮不同之遮蔽效果， NNW 向入射波試驗結果各種不同週期各區波高係數分佈如圖 3-40 。受北防波堤遮蔽， NNW 向波浪侵襲時，登輪區附近波高係數減為外海入射波高之 0.6 至 0.7 倍。

(四)台中港港口擴建海流數值模擬

台中港辦理多次流況調查，已能逐步掌握現有港口流況特性；但為了解各種擴建佈置可能造成流況改變，必需利用數值模擬加以計算，以作為操船模擬之依據。海流數值計算由荷蘭 PRC 工程顧問公司辦理。 PRC 工程顧問公司針對潮汐、風與波浪時間週期差異所造成海流尺度不同，分別採用 CURMO 及 REFRAC 二種程式計算。

REFRAC 程式以折射理論同時考慮波浪淺化、碎波及底床摩擦能量消散等至各網格點波高，再計算各點之輻射應力輸入 CURMO 模式。 CURMO 程式係以動量平衡及流體連續公式計算海水流動。平均潮位，風速在 15m/s ，波高 2.5m 時定案佈置計算結果流況分佈如圖 3-41 。流向由北防波堤堤頭前 200m 西南西向往外海逐漸向南偏，堤頭前 800M 附近流向轉

為西南，流速約為 80cm/s 。風速增強除流速逐漸增大外，堤頭附近流向往西偏，漸趨平行防波堤，但距堤頭較遠處受防波堤影響漸減，水流逐漸向西南流。

三、擴建後海氣象調查

台中港務局為瞭解港口擴建北防波堤延長 850m 後，港口流況及領港登輪區遮蔽效果，作為評估港口擴建效益之依據，在民國 83 年委託本所辦理港口附近海域海、氣象調查。此外，台中港務局為因應船舶大型化發展趨勢，針對台中港港口擴建後既有港灣設施提供大型船舶進港安全進行評估研究，並研擬改善方案提供未來擴建規劃參考，委託本所辦理港口段航道設置減風設施可行性研究並計算港口流況。港口海氣象現場調查包括波浪、海流、潮汐及風力四個主要項目，測站佈置如圖 3-36 。謹就資料蒐集分析結果分別報告如下：

1.波浪觀測

本所於民國 82 年在北防沙堤堤頭西北西方約 800m ，水深 13m 測站 1(ST.1) 處設置超音波波高計，長期紀錄台中港外海波浪資料，但因北淤沙區整治抽沙造地，電纜遭受損毀， 82 年 10 月紀錄中斷。 83 年 9 月以浮球式波浪儀觀測 ST.1 波浪。此外為了解領港登輪區遮蔽效果，分別在堤頭前約 800m 測站 2(ST.2)及領港登輪區附近測站 4(ST.4)安裝浮球式波浪儀觀測短期波浪。

冬季期間民國 83 年 10 月至 85 年 3 月 ST.1 ， ST.2 及 ST.4 三波浪測站波高超過值統計分佈繪如圖 3-42 。堤頭 ST.2 測站波浪偏大，波高超過 2.5m 佔 29.6 %，登輪區受北防波堤有效遮蔽波高大於 2.5m 所佔機率減為 3.3 %。波高大於 2.0m 所佔

機率亦由 ST.2 約 54 %，降低為 ST.4 的 9 %。相反的波高小於 1.5 %所佔機率由 ST.2 約 28 %提高為 ST.4 約 77 %。ST.1 波高分佈機率則介於 ST.2 與 ST.4 之間。週期分佈分析結果顯示，ST.1 及 ST.2 二測站週期相當一致，集中分佈於 5sec 至 7sec ，所佔概率超過 85 %；ST.4 測站受防波堤遮蔽影響，週期集中在 4sec 至 6sec ，所佔機率超過 90%。為比較冬季東北季風侵襲時防波堤延長對登輪區遮蔽效果，除分析波高超過值累積機率外，選擇同時間三測站，所測取波浪資料，同時間每日波高與週期比值繪如圖 3-43 。堤頭前測站(ST.2)波高最大，北沙堤堤頭外側測站(ST.2)波高較登輪區(ST.4)略大。由圖 3-37 可知東北向風浪侵襲時，受北防波堤遮蔽影響，登輪區波高減為外海(堤頭前)波高之 0.5 至 0.6 倍；登輪區波浪週期較外海略減，兩測站比值約為 0.8 。

夏季偏西南向波浪作用時，短期間三測站，波高週期延時變化如圖 3-44 ，測站 1 及 4 所測得波高反比測站 2 略大。

2.海流觀測

台中港港口擴建海流調查配合波浪測站設置三個測點(ST.1,St.2 及 ST.4)測站 1 水深 15m ，測站 2 水深 25m ，測站 4 水深 11m ，海流儀採用挪威 AANDERAA 公司自記式 RCM-7 海流儀，每隔 10min 測取平均流速直接儲存於內部記憶體，儀器收回後經由 RS232 介面卡輸入 PC 中，再進行過濾與資料品質檢驗，篩選良好資料作處理分析。

流速流向分析統計結果如圖 3-45 。測站 1 受防波堤防沙堤結構物影響甚小且較近岸邊，冬季東北季風盛吹時，受強烈風吹流及漲退潮影響較大，受洋流影響較小，流向偏西南，其中

SW, WSW 及 SSW 三方向佔 70 %以上。11 月 6 日至 1 月 8 日二個月中測站水深 15m ，儀器安置在水下 6m 處有 16.2 %流速超過 50cm/sec ；2 月 12 日至 3 月 18 日流速減小，僅 5.4 %超過 50cm/sec 。測站 2 受堤頭束流影響，流向由測站 1 偏西南轉為偏西向。風浪較大的流速流向受風吹流及碎波後產生之沿岸流影響較大，流向偏西；風速減小時流向隨潮汐漲落改變。流速流向分佈統計圖顯示，1 月 8 日至 2 月 2 日約一個月資料中 WSW, W 及 WNW 三方向為主佔 70.4 %，其餘則以 N, NNW 及 NW 三方向為主約佔 27 %；流速約有 50 %超過 50cm/sec 。季風轉弱時，除流速減小外偏西向流速所佔比例亦減小，2 月 1 2 日至 3 月 2 6 日一個半月資料中，偏 WSW, W 及 WNW 三個方向所佔比率約 55 %， N, NNW 及 NW 三方向則提高為 43.2 %。測站 4 受北堤延長產生環流影響，流向偏北北東，強風盛吹時西南向風吹流增強偏 SSW 、ＳW及 S 所佔比率 8.5 %，當風速減弱時偏 SSW, SW 及 S 三方向比率減為 4.9 %，但偏北主流向則由十一月至一月份強風時佔 54.3 %，風速減弱後增加為 67.8 %。流速大於 50cm/sec ，由冬季佔 16.1 %減為春季僅為 1.3 %。

按月流速極值分佈繪如圖 3-47 ， 83 年 11 月份流速極值資料顯示，測站 1 較大，流速極值流向均為西南向，極值較小時流向則平均分佈在各象限。測站 2 流速極值之流向明顯分佈於北偏東及西偏南兩個主方向。偏西之極值較偏北約大 30 %，顯示強風時受潮流、風吹流及沿岸流影響流速增大流向西偏南；風速減低，受海、潮流合併，流向偏北。測站 4 流速極值流向分佈較散亂，極值較大時，流向偏東北及西北。整體而言，登輪區測站 4 流速極值甚少超過 50cm/sec ，流向隨潮汐漲落而轉變。

為更進一步了解潮汐漲落及風力強弱與三測點流況變化關係，選擇冬、夏季二時段繪製潮位、風矢及流矢延時變化圖，如圖 3-48 。冬季風速較小時風向較不穩定，測站 1 流速約在 10cm/sec 以下，流向隨潮汐漲退作 360 ° 旋轉。風速增強時，主要風向為 NNE ，但每日中午前後約 3 至 5 小時風向明顯轉為 NE 。測站 1 主流向為 SW ，流速隨潮汐漲落略有變化， 12 月 3 日至 5 日測站水深 15m ，儀器安置於水下 6m 處，風速約在 10m/sec 至 15m/sec 間，流速約為 40cm/sec 。測站 2 ，儀器安裝於水下 8m 處，風速較小時，流向明顯偏北，流速隨潮汐漲退而增減；風速增大時，流向轉為西偏南，退潮時則略為偏北，流速介於 40cm/sec 至 50cm/sec 間。測站 4 ，儀器安裝在水下 3m 處，風速較小，海面風浪平靜時，測點流速均在 10cm/sec 以下，受北防波堤延長段產生環流影響流向偏北，流速與流向隨潮汐漲落而變化。風速較大時，流速隨風速增大，流向則受漲退潮及波浪等因素改變，作 360 ° 迴旋，分佈相當散亂。

夏季時風速均在 5m/sec 以下，由 7 月 14 日至 16 日之風矢與流矢延時圖如圖 3-49 。測站 1 流速與流向很明顯隨潮汐漲落而改變，流向隨潮汐變化由西北順時針方向旋轉，流速亦由小轉大再減小，每日由最低潮升至最高潮時段約 5 小時流向偏西南向非常清楚，流速亦明顯偏大。堤頭前測站 2 ，流向除在每日最低潮漲潮時段約 5 小時偏西南西至西北西外，其餘時段流向雖隨潮汐升降略為改變，但明顯朝北流，流速在低水位期間較大可達 50cm/sec 以上。登輪區附近測站 4 之流向隨潮汐漲退改變，退潮至低水位附近時段水向北流，潮升時段流向順時針方向旋轉流速漸大，到高水位時流向在 SE 至 SW 間流速最小；退潮時段流向由西順時針方向往北旋轉，流速逐漸增大。綜合上述冬夏季流況特性顯示，冬季港口流況除受潮汐及海洋恒流

影響外，還受風吹流及碎波所產生之沿岸流影響，而且各項影響因素又交互作用，例如：漲退潮水位高低影響碎波帶位置；水位相同時碎波帶位置又決定於波高大小及週期長短；波高大小決定沿岸流強弱，堤頭束流強度又受碎波帶與堤頭距離影響。因此，冬季不論風力大小，海面波浪較夏季為大，流況分佈較複雜，流況特性較難掌握。夏季除颱風外，海面風平浪靜，潮汐漲落是影響流況主要因素，港口流況特性呈較規則性變化。

四、海象特性試驗、計算與調查結果比較

台中港港口擴建前曾對各種不同外廓防波堤佈置案，辦理波浪遮蔽模型試驗及流況數值模擬計算，如第二節(三)及(四)所述。港口擴建北防波堤延伸工程在民國 83 年完工後，為評估擴建效益，再度辦理現場海、氣象調查，部份調查資料分析結果如第三節所述。本節將就擴建前後研究調查結果比較驗證，除作為評估擴建效益之依據外，亦可供未來辦理類似擴建規劃之參考。

(一)登輪區波浪遮蔽特性比較

北防波堤沿航道方向延長 850m ，受 NNW 向入射波浪作用下不規則波水工模型試驗結果遮蔽區分區波高係數隨防波堤延伸長度，與波浪週期變化情形，如圖 3-40 。定案佈置北防波堤延長 850m ，領港登輪區波高係數為 0.6 至 0.7 間。同一試驗情況，試驗結果顯示愈接近港口南防波堤附近波高係數急劇減小。北防波堤延長 850m 完成後， 83 年現場波浪調查除在北防沙堤外海永久測站維續觀測外，為了解登輪區受偏北向波浪作用發揮遮蔽功效，分別在北防波堤前約 800m 水深 25m 處(ST.2)及登輪區附近水深 15m 處(ST.4)量測波浪。民國 83 年 12 月 1 日至 31 日實測風力資料顯示約有 80 %風向集中在 N, NNE 及 NE 三個方向，登

輪區(ST.4)受防波堤遮蔽後波高與北防波堤堤頭前 800m(ST.2)實測入射波高比值繪如圖 3-44 ，登輪區附近遮蔽後波高係數約為 0.5 至 0.6 間。12 月 3 日零晨後風速維持在 10 至 15m/sec ，風向為 NNE ，此時堤頭前入射波在 00:32 實測波浪資料方向波譜分析結果如圖 8-14 ，主波向為 344 ° 。由此顯示外海波浪經過析射後，在堤頭附近接近 NNW 向。三測站在 12 月 1 日至 4 日逐時示性波浪延時變化如圖 3-51 ，測站 2 平均波高比值約為 0.6 ，雖較試驗值 0.65 略低，實測波浪方向譜顯示主波向均介於 345 至 360 間 ，較試驗波向 NNW 略微偏北，因此北防波堤對登輪區發揮較佳之遮蔽效果。

(二)堤頭前 800m 及登輪區流況特性比較

台中港港口擴建北防波堤延長 850m 流況特性民國 77 年 PRC 模擬風速 15m/sec ，波高 2.5m 在中潮位時流速流向分佈計算結果如圖 3-41 。主要針對強風作用下港口附近流速、流向分佈作為操船模擬依據。受北防波堤束流影響堤頭前計算流速增大流向為 WSW ，與現場測站 2 風向 NNE 風速 10~15m/sec ，波高 2.5m 時觀測流速、流向相似；但離頭 800m 附近受計算邊界限制，流向由 WSW 轉為 SW 反而造成計算失眞與實測向略有差異。登輪區附近在強風作用時形成一環流計算流向偏北，流速約為堤頭流速三分之一。但現場實測結果顯示在 10m/sec 以上強風吹送下受風、浪、潮及洋流交互作用下，流速超 40cm/sec,流向則隨潮汐漲退改變與模擬計算結果有顯著差異。推斷造成流向誤差主要是因為數值模擬結果為平均水位流況，而依實測資料驗證顯示應為漲潮至平均水位時之結果，堤頭流向為西偏南，登輪區附近受防波堤延長段產生環流影響流向為北偏東。

登輪區附近計算流速偏小，主要係建立數值模式時缺乏驗證資料，無法調整邊界條件，重現該區流況特性。本所執行中之台中港航道研究計畫，利用 DHI 發展之 MIKE 21 模擬港口流況分佈作為操船依據。目前進度僅考慮 NE 風向，風速 15m/sec 作用下，未加入碎波所造成沿岸流因素，受潮汐漲落不同水位影響，模擬計算港口附近流況。堤頭前及登輪區附近流速流向均隨潮汐漲落而改變，登輪區附近在低潮位時流向偏南，如圖 3-52 所示。夏季風平浪靜時港口流況分佈在民國 77 年 PRC 並未模擬計算，因此本文引用本所執行中之港口流況計算結果，僅考慮受潮汐作用忽略風力及波浪因素所得流況分佈如圖 3-53 與實測資料作比較。計算結果顯示堤頭前在高、低潮位時出現較大流速，高水位前後約五小時流向為 WSW ，當水位降到平均潮位以下，流向由 NW 隨潮位變化逐漸轉為 N 。登輪區附近流向大都偏 N 向，隨潮汐漲落略偏 NNW 或 NNE 向，但在高潮轉潮前約三小時出現 S 向水流，流速甚小。實測夏季風浪甚小時港口附近流況特性如圖 3-48 。堤前之流向隨漲退潮略有變化，但大都偏 N 向，每日高潮前後約五小時流向由 WSW 逐漸向北旋轉，低潮時偏北，此與計算結果極為一致。登輪區附近測站 4 所測得資料顯示，流向流速均隨潮汐變化，流向在 NNW 與 NNE 間變化，在高潮轉潮前後二、三小時流向亦呈現往南流趨勢，此與計算結果相吻合。

九、結果與討論

綜合本計畫各項調查結果，歸納各章結論如下：

1.由觀測地點皆為近岸區域，因此受地形或海岸結構物的影響，不同測站的海流特性有明顯的差異，因此對於近岸的流況判斷宜小心。

2.北防沙堤測站海流成份主要為風驅流及沿岸流，流向西南最大流速87cm/sec。北堤堤頭測站海流成份主要為恒流，及強制裂流，流向明顯分佈於西南西向及北北西向，鋒面來襲時風速增強，強制裂流成份明顯流向向西南西，最大流速可達100cm/sec，當鋒面離境時風速減弱，恒流成份較明顯，流向向北北西。南防波堤測站海流成份主要為潮流及恒流，流向分佈較分散，大致在北向與東北向之間，最大流速70cm/sec。不同測站間的海流組成成份隨季節變化而有所不同。

3.與以往堤頭海流觀測資料比較發現，最大流速有偏小的趨勢，此可能是北防波堤延伸850公尺及堤頭水深變深，使得強制裂流的強度減弱所致。

4.ST.1站潮流振幅在50cm/sec左右，主要沿著平行海岸方向(北北東～南南西走向)往復運動。

5.83年10月份為秋、冬交接期間，受颱風與東北季風雙重影響，有明顯東北東強風出現，83年11月至85年3月期間風向集中在東北(NE)方向，呈現典型的冬季東北季風型態。

6.83年10月份台灣地區發佈之颱風警報有一次，但未直接通過調查海域，僅為湧浪傳播到達與外圍環流東北季風梯度增強所產生之有義波高、週期，分別為ST.1站(3.28公尺，7.70秒)，ST.2站(4.21公尺，7.45秒)， ST.4站(3.45公尺，7.22秒)；由於颱風路徑並未通過台中港附近海域，觀測結果較台中港過去相關記錄為低。

7.本地區波浪主要由冬季東北季風造成，由於海峽吹風區域受到限制，所以波浪之成長與衰退迅速，因此風速與波浪有良好的相關。以ST.1站來看，風速在5m/s左右時$H_{1/3}$在1公尺以下，$T_{1/3}$在4～5秒，風速在10m/s左右時，$H_{1/3}$在1～2公尺，$T_{1/3}$在5～7秒，風速在15m/s左右時，$H_{1/3}$在3～4公尺，$T_{1/3}$在6～8秒，波向在北北西～北北東之間。

8. 水位能譜的型態有單一能量尖峰的代表，該記錄時段的波浪主要集中於此頻率，波況較單純；亦有雙(或多)能量尖鋒的波譜發生，此時表示波浪有來自不同風場而來，在觀測站匯聚而成。一般情況可分區域性的風浪(較高頻分量)及遠方颱風與風場產生的湧浪(較低頻分量)匯聚而成。

9. 波浪觀測站ST.1、ST.2及ST.4三個站同時期之有義波高、週期之逐時變化資料中顯示出北防波堤延伸850公尺後東北季風時遮蔽已達到效果，使得ST.4站之波高已有明顯下降之現象。

拾、結　語

水工模型試驗與數值模擬計算是研究解決港灣與海岸規劃佈置最常使用方法，既省經費又可以在短期間內獲得所需資料，是執行規劃不可或缺的工具。現場海象調查是既耗費人力又需要龐大經費的工作，也是蒐集港灣及海岸工程規劃設計資料最重要的一環。過去許多港灣及海岸工程規劃設計往往為節省經費而忽視現場觀測調查，而以推算（追算）取代，殊不知因資料短缺，錯誤所造成工程浪費甚至失敗遠超過事前觀測調查費用。因此，我們常說：「已開發國家把有限經費花在工程規劃設計前之調查、試驗研究；開發中國家則將大筆金錢浪費在工程失敗的經驗上」。

台中港建港工程在國內是開啓港灣工程規劃調查與水工模型試驗先端，也是島內率先採用超音波波高計建立永久性觀測站連續量測外海波浪的第一站。民國 65 年建港完成後證明經過審慎試驗評估所獲的台中港外廓防波堤佈置發揮預期防沙防浪功能。民國 77 年為配合台電進船大型煤輪以及國際船舶大型化趨勢，並改善冬季強烈東北季風侵襲時港口操船條件，進行現場調查、水工試驗、流況數值計算及操船模擬作為規劃港口擴建之依據。港口擴建防波堤延長 850m 在 83 年順利完成；由進港船舶資料以及實際操船領港意見顯示，防波堤延長後，在強烈東北季風作用下六萬噸級船隻已可安全進港。台中港務局為了解防波堤延長後港口及領港登輪區附近波浪及流況特性，作為評估港口擴建之依據，委託本所辦理擴建港海氣象調查。本文為期中報告資料分析結果，在研討會提出希望借由研討會各位專家學者指教，以使期末報告更臻完善。

現場海象觀測調查工作是一項極為艱巨任務，風浪愈大取得的資料愈可貴，因此本所研究人員經常冒著惡劣天候出海佈放儀器，期盼測取強風巨浪侵襲時海面波浪與流速作為規劃設計依據。這些年來，本所工作同仁用盡不少心血，暈船嘔吐、吹風雨淋，頂著大太陽辛勤工作，也花費不少國家公帑，在海上安裝儀器，佈置警示燈，並依規定發佈海上航行通告，但卻遭釣客與漁民肆意損毀造成儀器流失，且只能取得殘缺資料。工作人員對漁民見利忘義感到悲憤，也對社會公義道德淪喪感到痛心。因而在此呼籲海上船隻應重視作業規範。

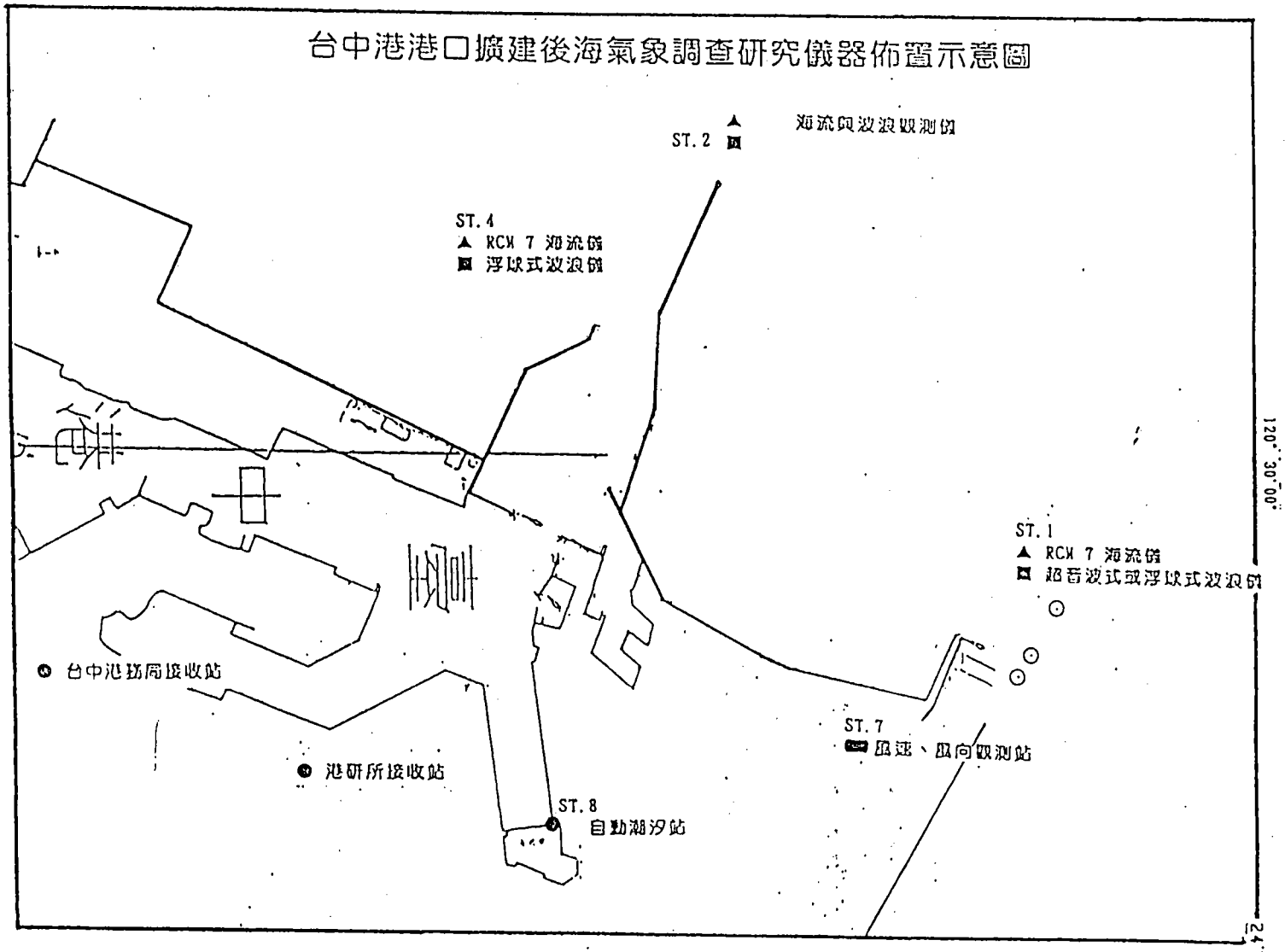
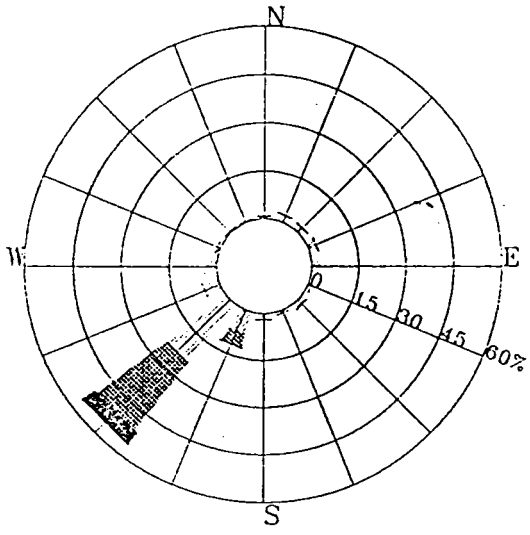


圖 3-1　台中港港口附近儀器佈置示圖



PERCENTAGE OF DISTRIBUTION

N	1.08	.00	.00	.00
NNE	2.55	.00	.00	.00
NE	2.15	.00	.00	.00
ENE	2.96	.00	.00	.00
E	3.49	.00	.00	.00
ESE	1.34	.00	.00	.00
SE	2.15	.00	.00	.00
SSE	1.08	.00	.00	.00
S	2.28	.00	.00	.00
SSW	7.39	4.70	.13	.00
WS	23.66	27.69	5.24	.00
WSW	5.51	.00	.00	.00
W	4.03	.00	.00	.00
WNW	1.21	.00	.00	.00
NW	.81	.00	.00	.00
NNW	.54	.00	.00	.00

CURRENT SPEED RANGE (CM/SEC)

0.0 - 25.0 25.1 - 50.0

50.1 - 75.0 75.1 - INFI

POSITION : TAI-CHUNG ST01

DATE : 1994/12/01 - 1994/12/31

DATA NAME : 9412ST01.DIS

圖 3-2 北防沙堤測站(ST.1)冬季流況玫瑰圖

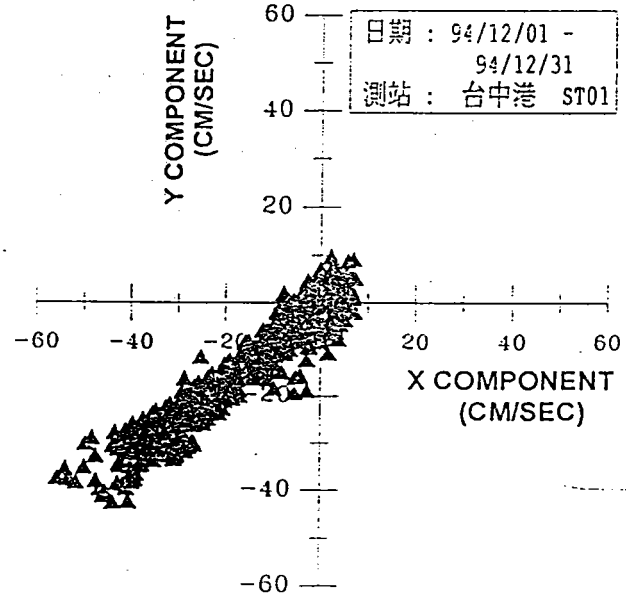


圖 3-3 北防沙堤測站(ST.1)冬季流速分佈極值圖

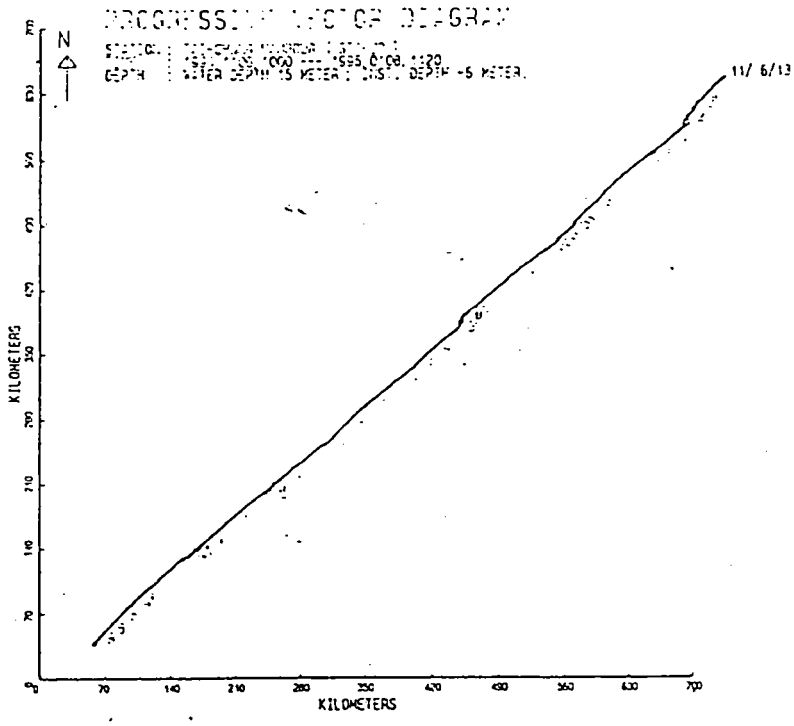
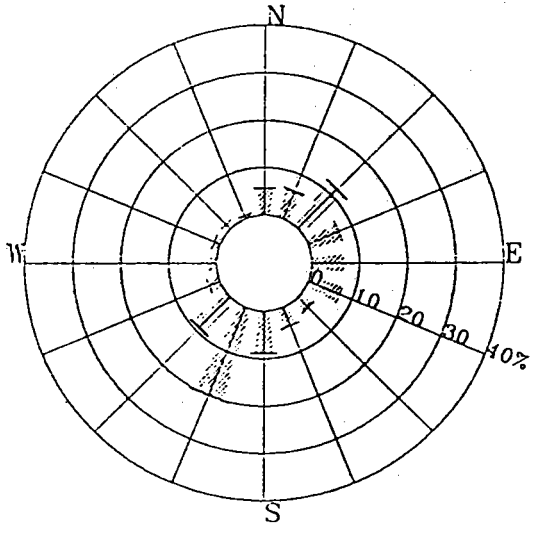


圖 3-4　北防沙堤測站(ST.1)冬季海流累進向量圖



PERCENTAGE OF DISTRIBUTION

N	5.83	.00	.00	.00
NNE	6.05	.43	.00	.00
NE	11.88	.00	.00	.00
ENE	7.13	.00	.00	.00
E	6.91	.00	.00	.00
ESE	7.34	.00	.00	.00
SE	3.24	.00	.00	.00
SSE	4.32	.00	.00	.00
S	8.86	.22	.00	.00
SSW	19.87	.43	.00	.00
WS	9.07	.43	.00	.00
WSW	2.59	.00	.00	.00
W	1.51	.00	.00	.00
WNW	1.51	.00	.00	.00
NW	1.51	.00	.00	.00
NNW	.86	.00	.00	.00

CURRENT SPEED RANGE (CM/SEC)

0.0 - 25.0　25.1 - 50.0

50.1 - 75.0　75.1 - INFI

POSITION : TAI-CHUNG ST01

DATE : 1995/08/12 - 1995/08/31

DATA NAME : 9508ST01.DIS

圖 3-5　北防沙堤測站(ST.1)夏季流況玫瑰圖

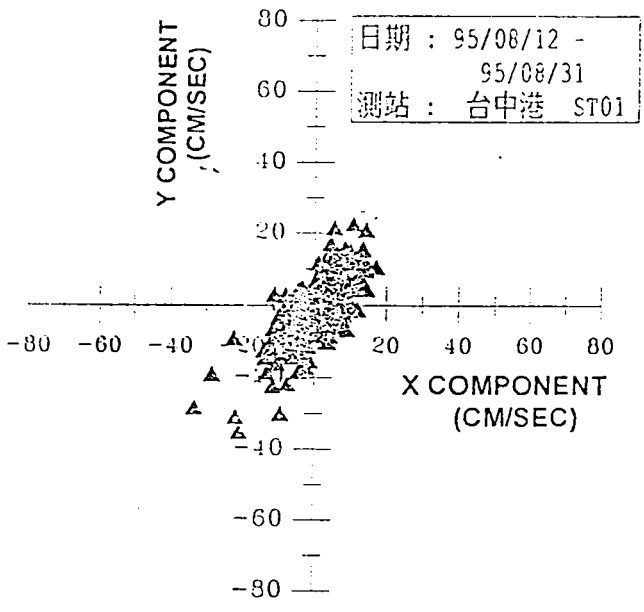
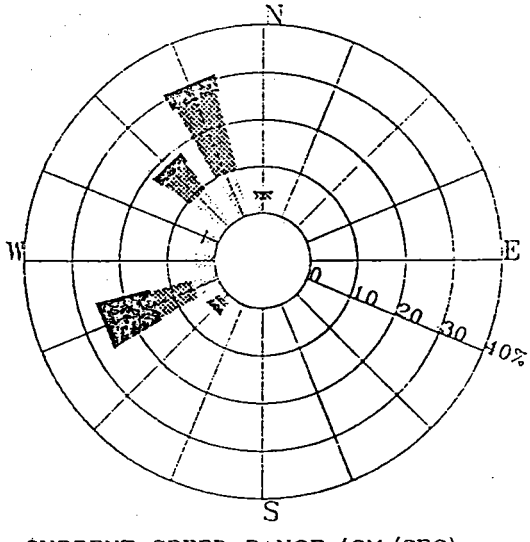


圖 3-6 北防沙堤測站(ST.1)夏季流速分佈極值圖



PERCENTAGE OF DISTRIBUTION

N	2.97	1.72	.16	.00
NNE	.00	.00	.00	.00
NE	.00	.00	.00	.00
ENE	.00	.00	.00	.00
E	.00	.00	.00	.31
ESE	.00	.00	.00	.00
SE	.00	.00	.00	.00
SSE	.00	.00	.00	.00
S	.00	.00	.00	.00
SSW	.16	.16	.00	.00
WS	1.72	1.72	1.10	.16
WSW	5.63	8.76	11.89	3.13
W	4.23	.00	.00	2.66
WNW	3.29	.16	.00	.00
NW	9.39	6.89	2.66	.00
NNW	10.33	16.90	3.91	.00

CURRENT SPEED RANGE (CM/SEC)

0.0 - 25.0 25.1 - 50.0

50.1 - 75.0 75.1 - INFI

POSITION : TAI-CHUNG ST02

DATE : 1995/03/01 - 1995/03/18

DATA NAME : 9503ST02.DIS

圖 3-7 北防波堤堤頭測站(ST.2)冬季流況玫瑰圖

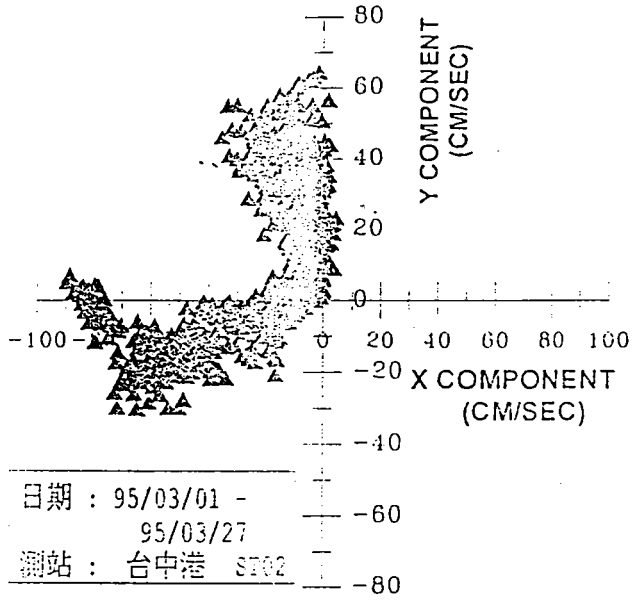


圖 3-8　北防波堤堤頭測站(ST.2)冬季流速分佈極值圖

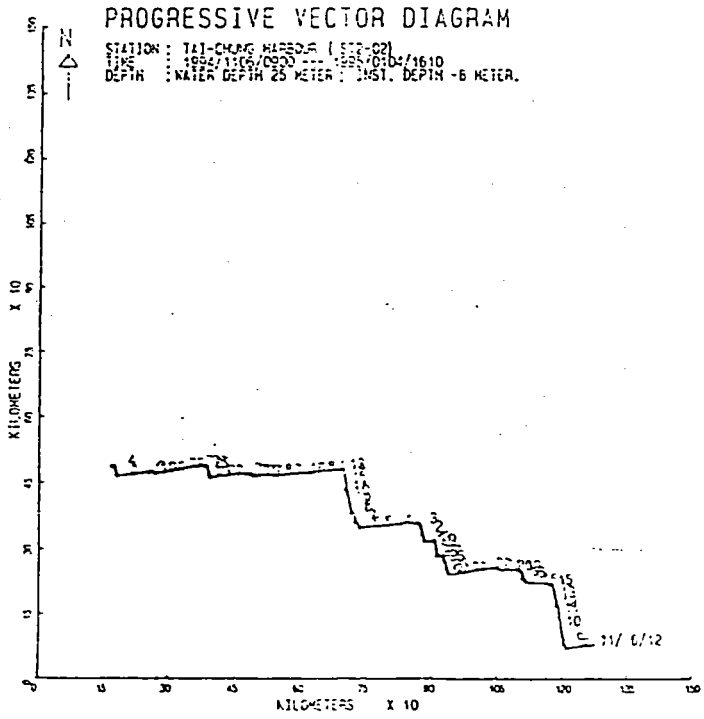
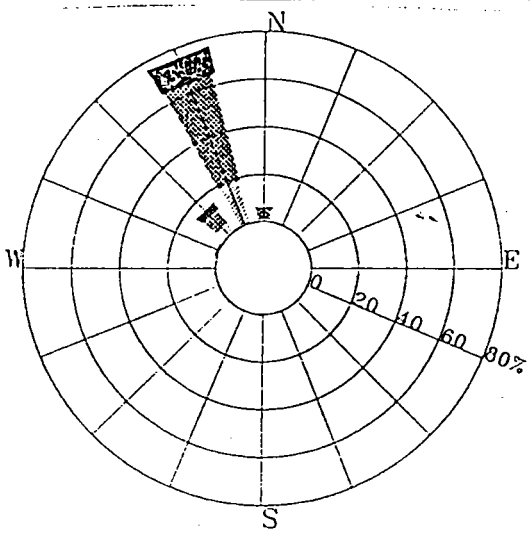


圖 3-9　北防波堤堤頭測站(ST.2)冬季海流累進向量圖



PERCENTAGE OF DISTRIBUTION

N	1.49	4.04	.85	.00
NNE	.00	.00	.00	.00
NE	.00	.00	.00	.00
ENE	.00	.00	.00	.00
E	.00	.00	.00	.00
ESE	.00	.00	.00	.00
SE	.00	.00	.00	.00
SSE	.00	.00	.00	.00
S	.00	.00	.00	.00
SSW	.00	.00	.00	.00
WS	.00	.00	.00	.00
WSW	.00	.00	.00	.00
W	.64	.00	.00	.00
WNW	1.06	.00	.00	.00
NW	4.47	7.23	3.40	.00
NNW	18.94	45.96	11.91	.00

CURRENT SPEED RANGE (CM/SEC)

0.0 - 25.0　25.1 - 50.0

50.1 - 75.0　75.1 - INFI

POSITION : TAI-CHUNG ST02

DATE : 1995/08/12 - 1995/08/31

DATA NAME : 9508ST02.DIS

圖 3-10 北防波堤堤頭測站(ST.2)夏季流況玫瑰圖

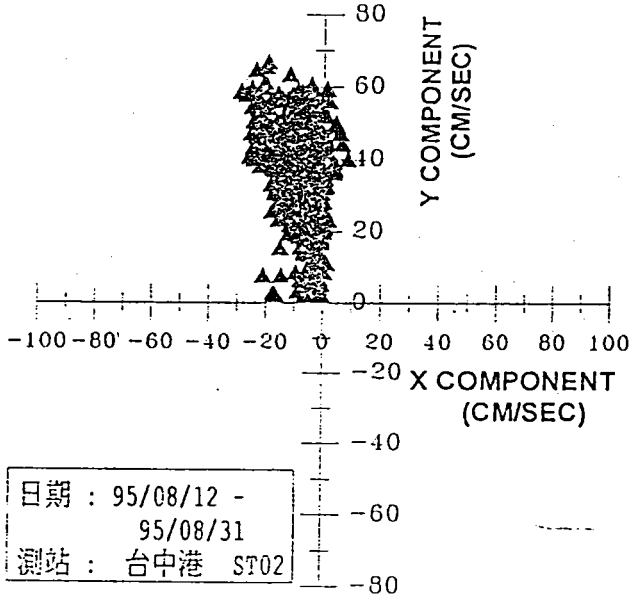
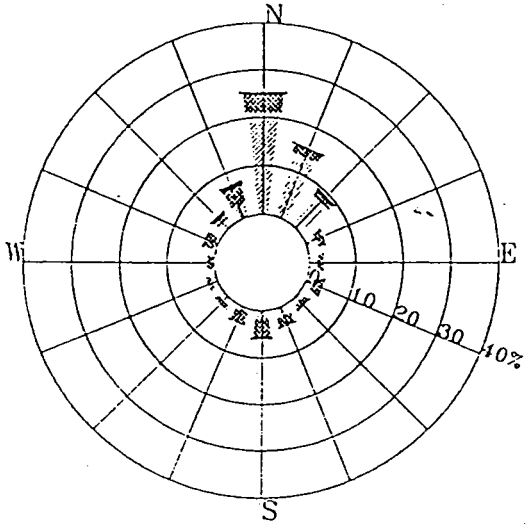


圖 3-11 北防波堤堤頭測站(ST.2)夏季流速分佈極值圖



PERCENTAGE OF DISTRIBUTION

N	21.24	3.90	.54	.00
NNE	13.71	1.88	.13	.00
NE	7.93	1.21	.40	.00
ENE	2.55	1.61	.13	.00
E	2.15	.94	.13	.00
ESE	1.88	1.75	.40	.00
SE	1.48	.81	.54	.00
SSE	2.15	2.02	.13	.00
S	1.88	4.03	.27	.00
SSW	.94	2.69	.00	.00
WS	1.21	1.08	.00	.00
WSW	1.21	.94	.00	.00
W	.54	1.21	.00	.00
WNW	.81	2.15	.13	.00
NW	1.48	1.48	.67	.00
NNW	2.96	3.63	1.08	.00

CURRENT SPEED RANGE (CM/SEC)

0.0 - 25.0 25.1 - 50.0

50.1 - 75.0 75.1 - INFI

POSITION : TAI-CHUNG ST04

DATE : 1994/12/01 - 1994/12/31

DATA NAME : 9412ST04.DIS

圖 3-12 南防波堤登輪區(ST.4)冬季流況玫瑰圖

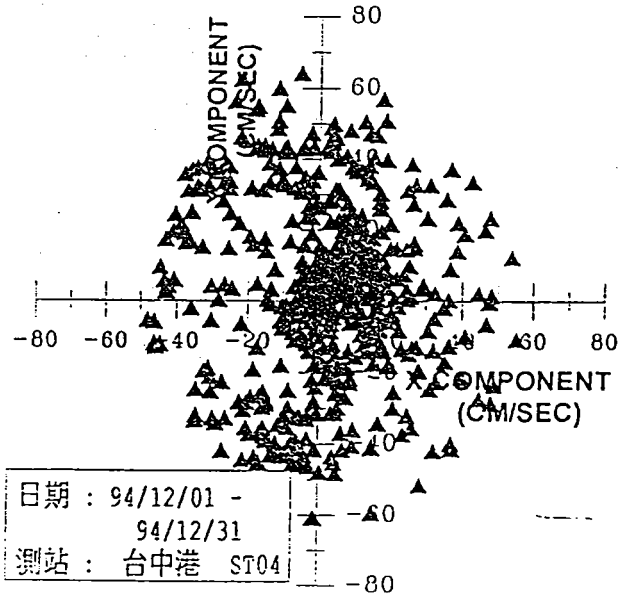


圖 3-13 南防波堤登輪區(ST.4)冬季流速分佈極值圖

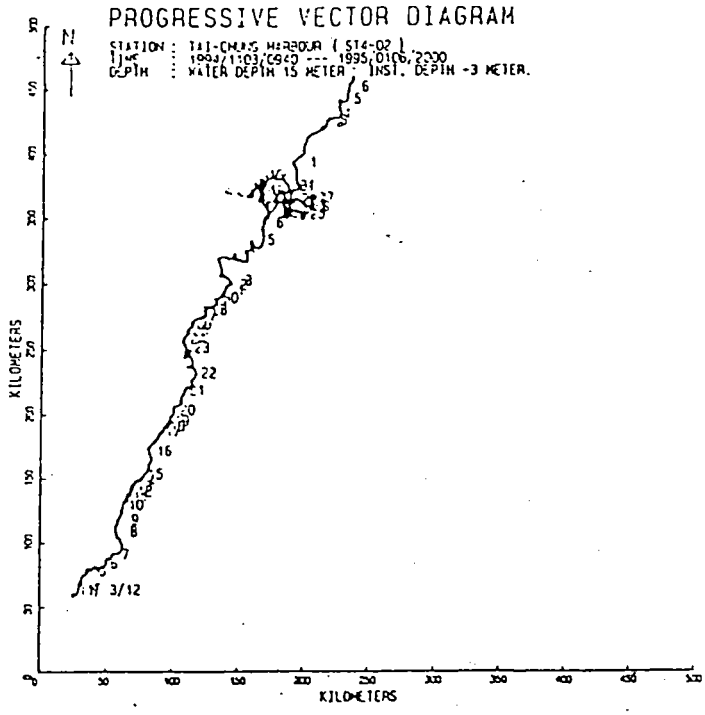
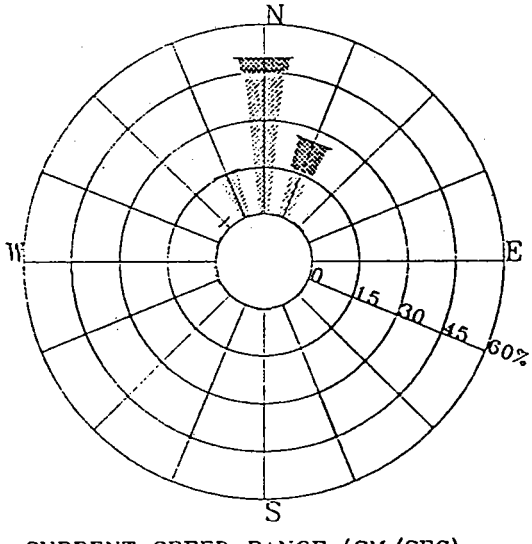


圖 3-14　南防波堤登輪區(ST.4)冬季海流累進向量圖



PERCENTAGE OF DISTRIBUTION

N	45.86	4.46	.00	.00
NNE	16.35	10.19	.00	.00
NE	.64	.00	.00	.00
ENE	.21	.00	.00	.00
E	.21	.00	.00	.00
ESE	.00	.00	.00	.00
SE	.21	.00	.00	.00
SSE	.21	.00	.00	.00
S	.64	.00	.00	.00
SSW	.00	.00	.00	.00
WS	.21	.00	.00	.00
WSW	.85	.00	.00	.00
W	.64	.00	.00	.00
WNW	.64	.00	.00	.00
NW	2.97	.00	.00	.00
NNW	15.71	.00	.00	.00

CURRENT SPEED RANGE (CM/SEC)

0.0 - 25.0　25.1 - 50.0

50.1 - 75.0　75.1 - INFI

POSITION : TAI-CHUNG ST04

DATE : 1995/08/12 - 1995/08/31

DATA NAME : 9508ST04.DIS

圖 3-15　南防波堤登輪區(ST.4)夏季流況玫瑰圖

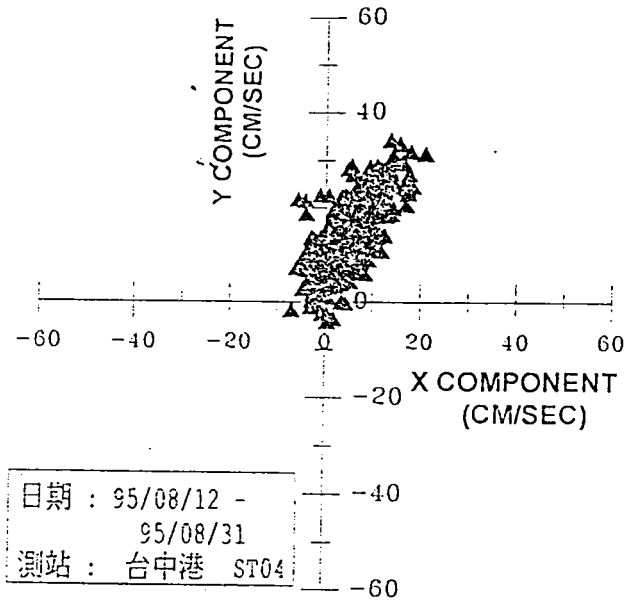
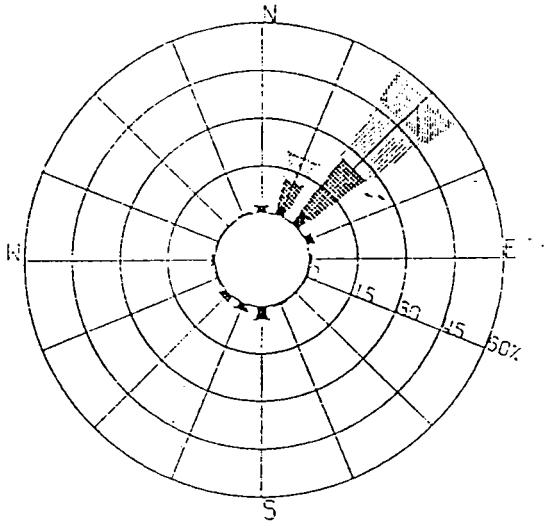


圖 3-16 南防波堤登輪區(ST.4)夏季流速分佈極值圖



PERCENTAGE OF DISTRIBUTION

N	1.29	1.15	.00	.00
NNE	3.02	8.76	8.33	.72
NE	4.89	21.12	21.70	10.92
ENE	2.73	.00	.00	.00
E	1.15	.00	.00	.00
ESE	.72	.00	.00	.00
SE	.14	.00	.00	.00
SSE	.57	.00	.00	.00
S	4.45	.00	.00	.00
SWS	2.16	.43	.00	.00
WS	.86	1.44	.00	.00
WSW	.43	.14	.00	.00
W	1.01	.57	.00	.00
WNW	.29	.00	.00	.00
WN	.29	.00	.00	.00
NNW	.72	.00	.00	.00

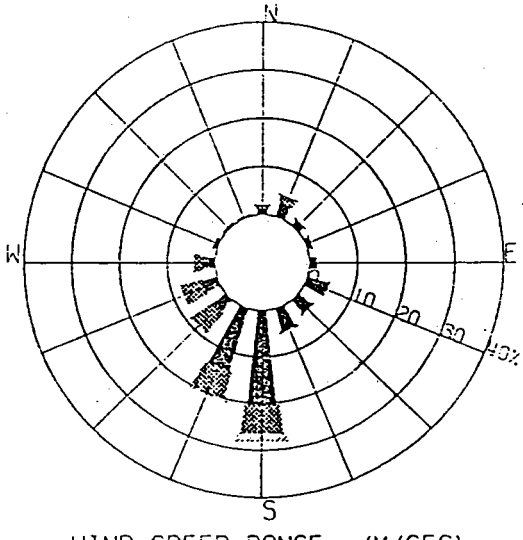
DATA NAME : W19602TC.DIS
DATA LOST = .00%

WIND SPEED RANGE (M/SEC)

0.0 - 5.0 5.1 - 10.0

10.1 - 15.0 15.1 - INF]

圖 3-17 台中港北堤觀測站 1996 年 2 月風玫瑰圖



PERCENTAGE OF DISTRIBUTION

N	1.22	.87	.00	.00
NNE	3.13	1.56	.00	.00
NE	1.56	.00	.00	.00
ENE	1.22	.00	.00	.00
E	1.74	.00	.00	.00
ESE	4.86	.00	.00	.00
SE	3.82	.00	.00	.00
SSE	5.03	.35	.17	.00
S	20.66	5.90	1.91	.00
SWS	14.06	5.73	.87	.17
WS	3.30	5.73	1.55	.00
WSW	3.30	4.69	.00	.00
W	2.95	1.74	.00	.00
WNW	1.04	.00	.00	.00
WN	.35	.17	.00	.00
NNW	.35	.00	.00	.00

DATA NAME : W19507TC.DIS
DATA LOST = 22.58%

WIND SPEED RANGE (M/SEC)

0.0 - 5.0 5.1 - 10.0

10.1 - 15.0 15.1 - INF]

圖 3-18 台中港北堤觀測站 1995 年 7 月風玫瑰圖

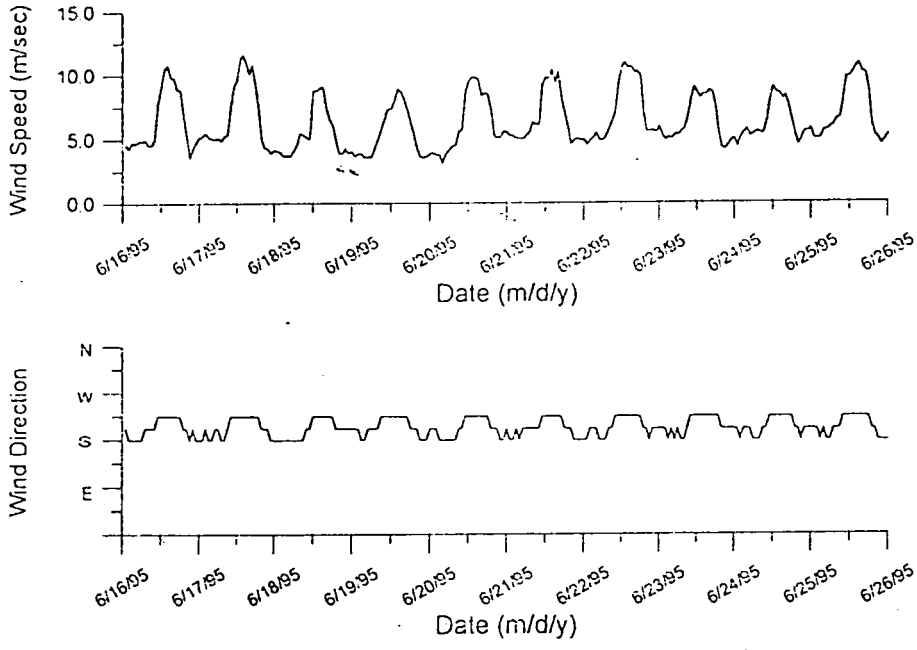


圖 3-19 風速、風向逐時變化圖(1995/06/16～1995/06/25)

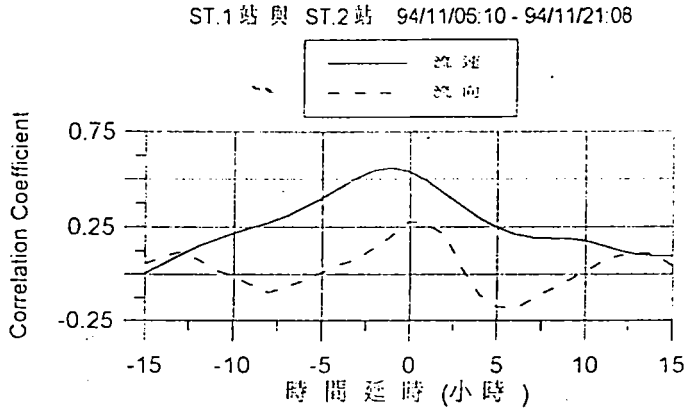


圖 3-20 冬季 ST.1 站與 ST.2 站流速、流向交互相關函數圖

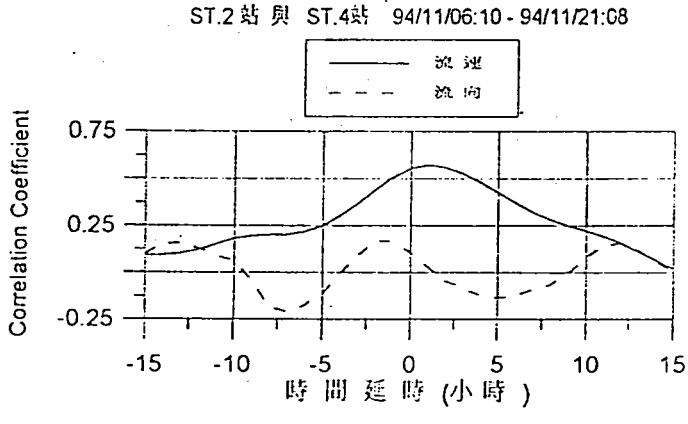


圖 3-21 冬季 ST.2 站與 ST.4 站流速、流向交互相關函數圖

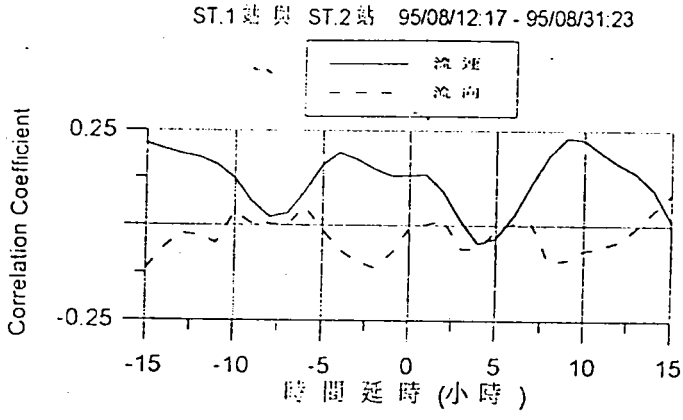


圖 3-22 夏季 ST.1 站與 ST.2 站流速、流向交互相關函數圖

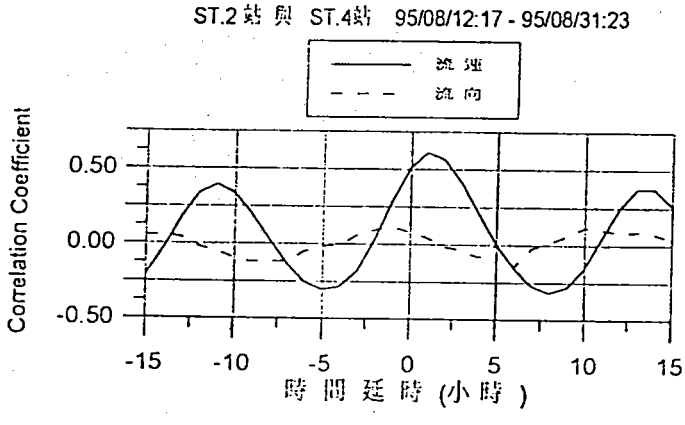


圖 3-23 夏季 ST.2 站與 ST.4 站流速、流向交互相關函數圖

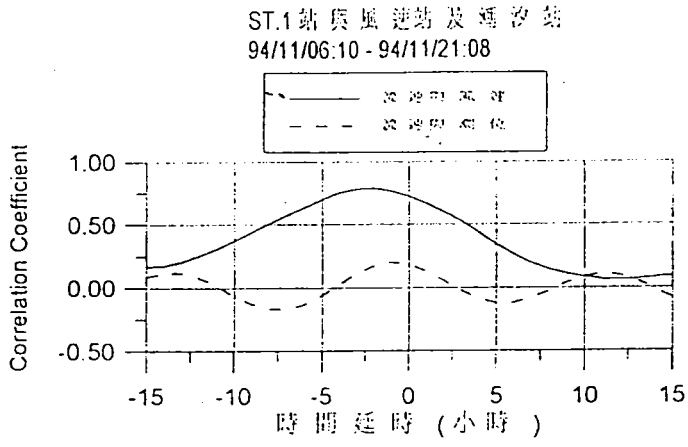


圖 3-24 冬季 ST.1 流速與風速及潮位交互相關函數圖(1994/11)

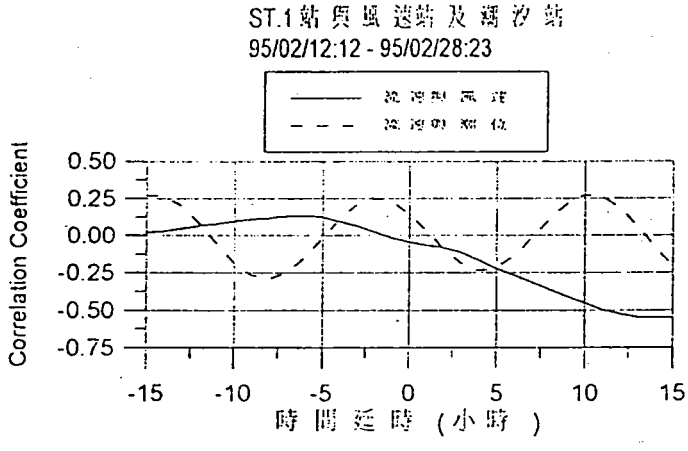


圖 3-25 冬季 ST.1 流速與風速及潮位交互相關函數圖(1995/02)

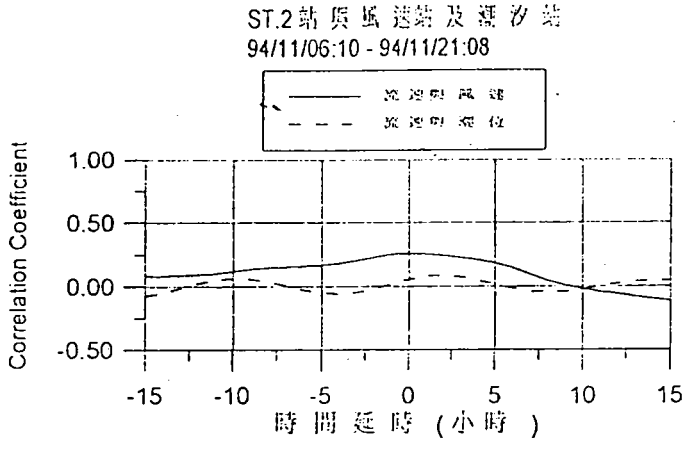


圖 3-26 冬季 ST.2 流速與風速及潮位交互相關函數圖(1994/11)

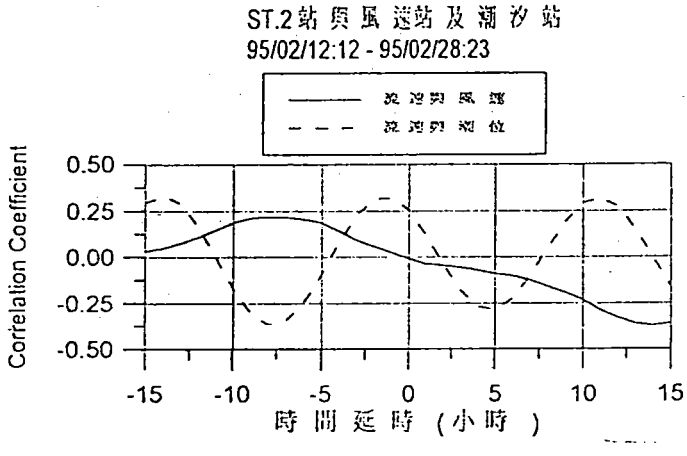


圖 3-27 冬季 ST.2 流速與風速及潮位交互相關函數圖(1995/02)

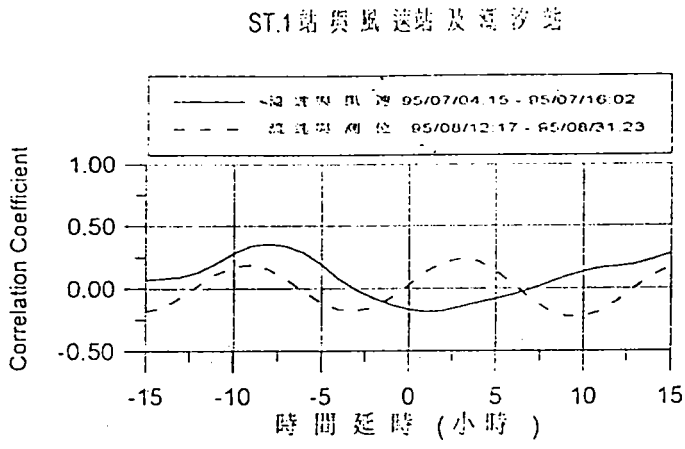


圖 3-28 夏季 ST.1 流速與風速及潮位交互相關函數圖(1995/07)

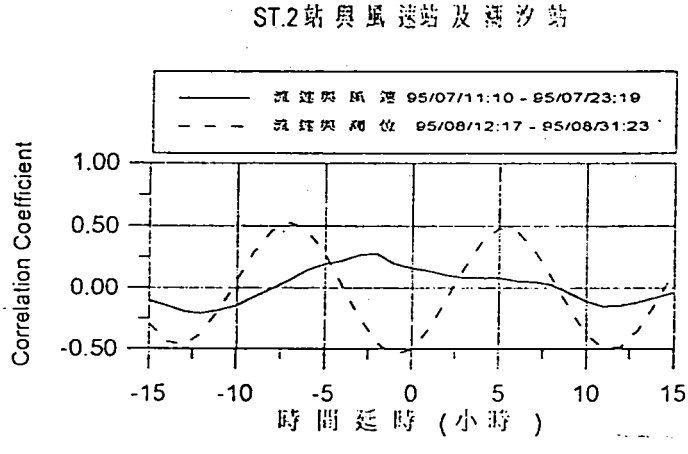


圖 3-29 冬季 ST.2 流速與風速及潮位交互相關函數圖(1995/07)

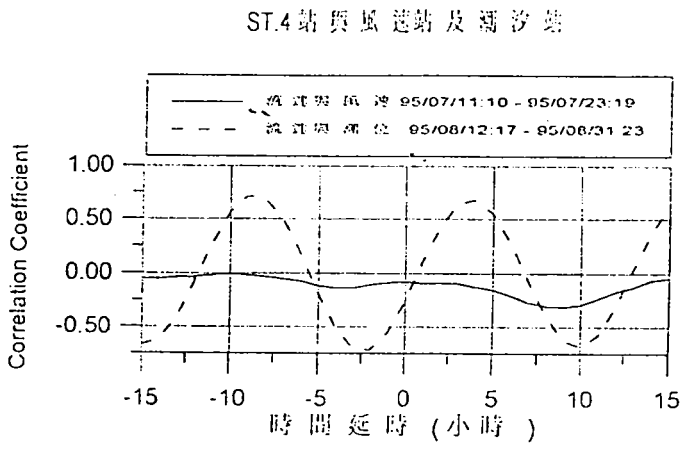


圖 3-30　冬季 ST.4 流速與風速及潮位交互相關函數圖(1995/07)

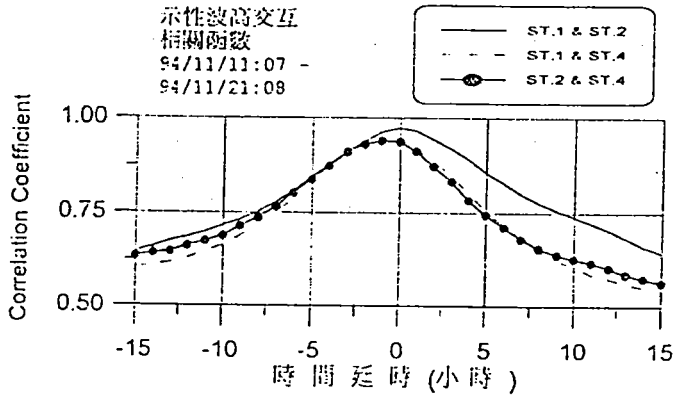


圖 3-31　冬季三測站間有義波高交互相關函數圖

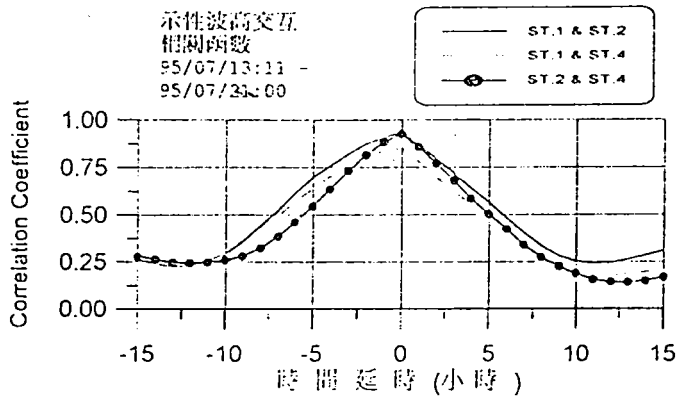


圖 3-32　夏季三測站間有義波高交互相關函數圖

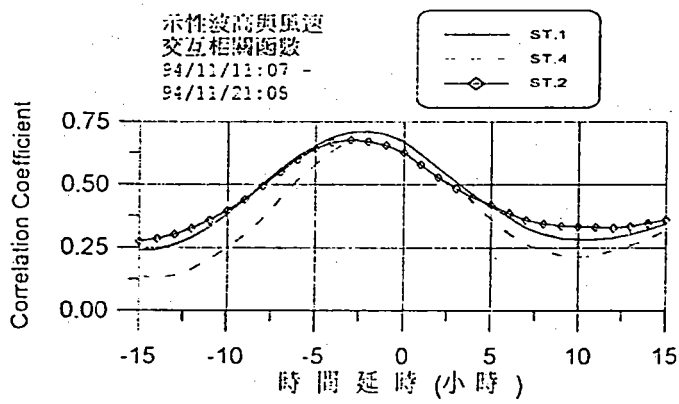


圖 3-33　冬季三測站有義波高與風速交互相關函數圖

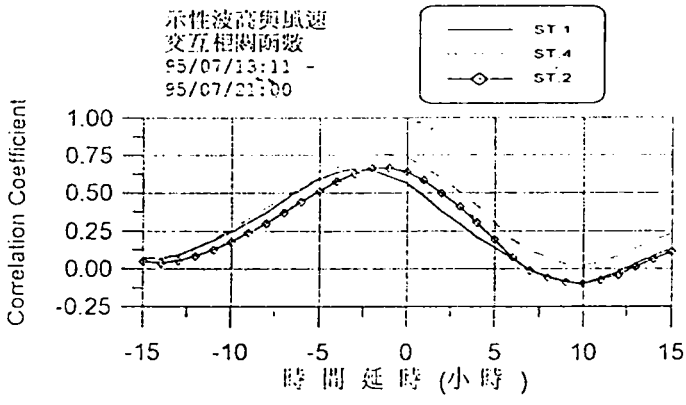


圖 3-34　夏季三測站有義波高與風速交互相關函數圖

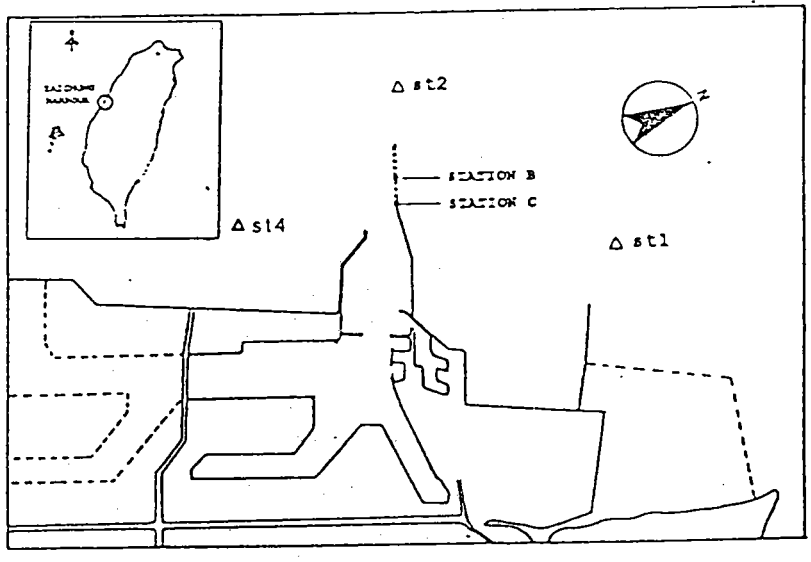


圖 3-35 台中港海氣調查測站位置

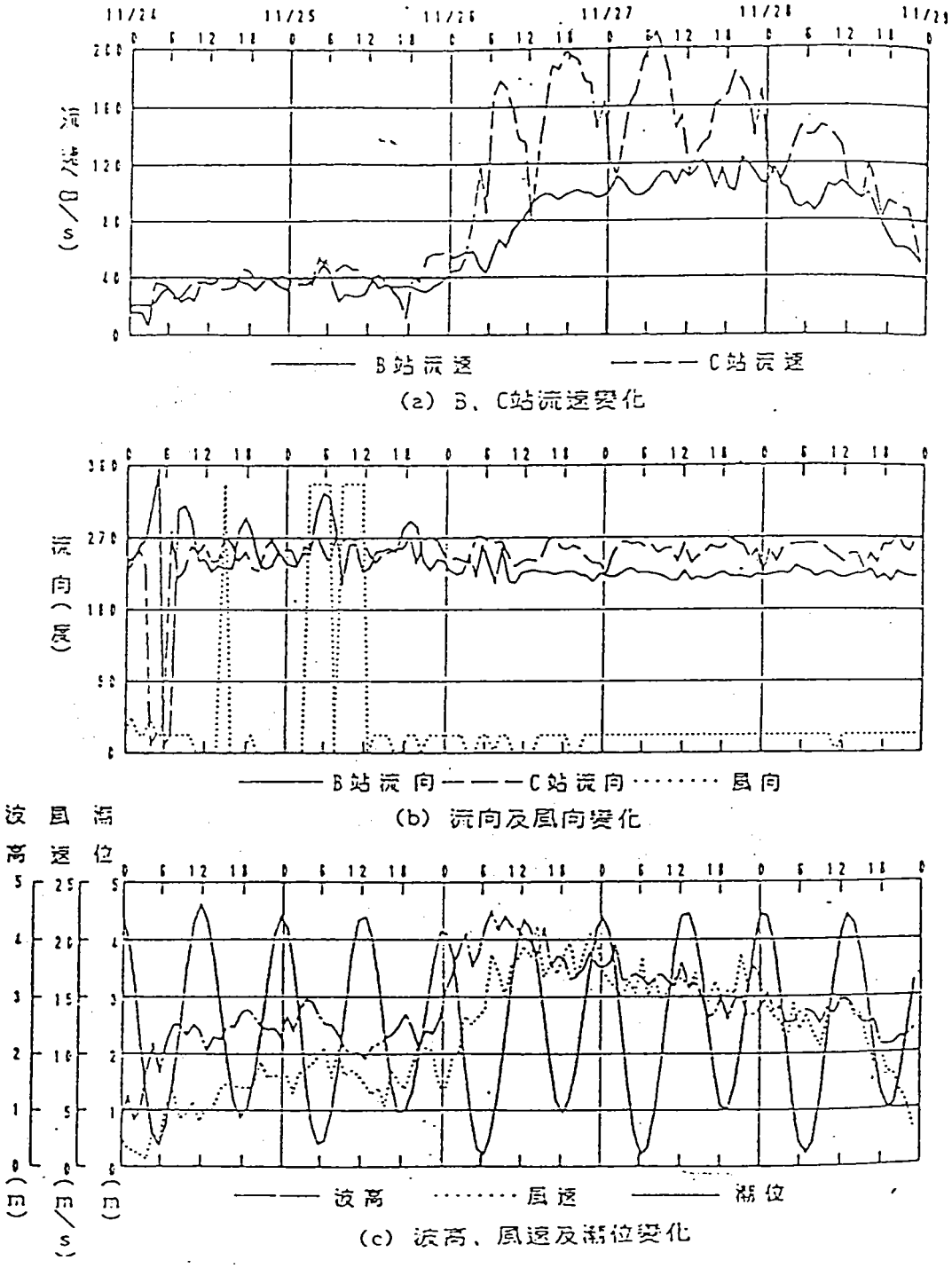


圖 3-36 強烈東北季風港口風、浪、潮與流延時變化
(70/11/26 ～ 11/28)

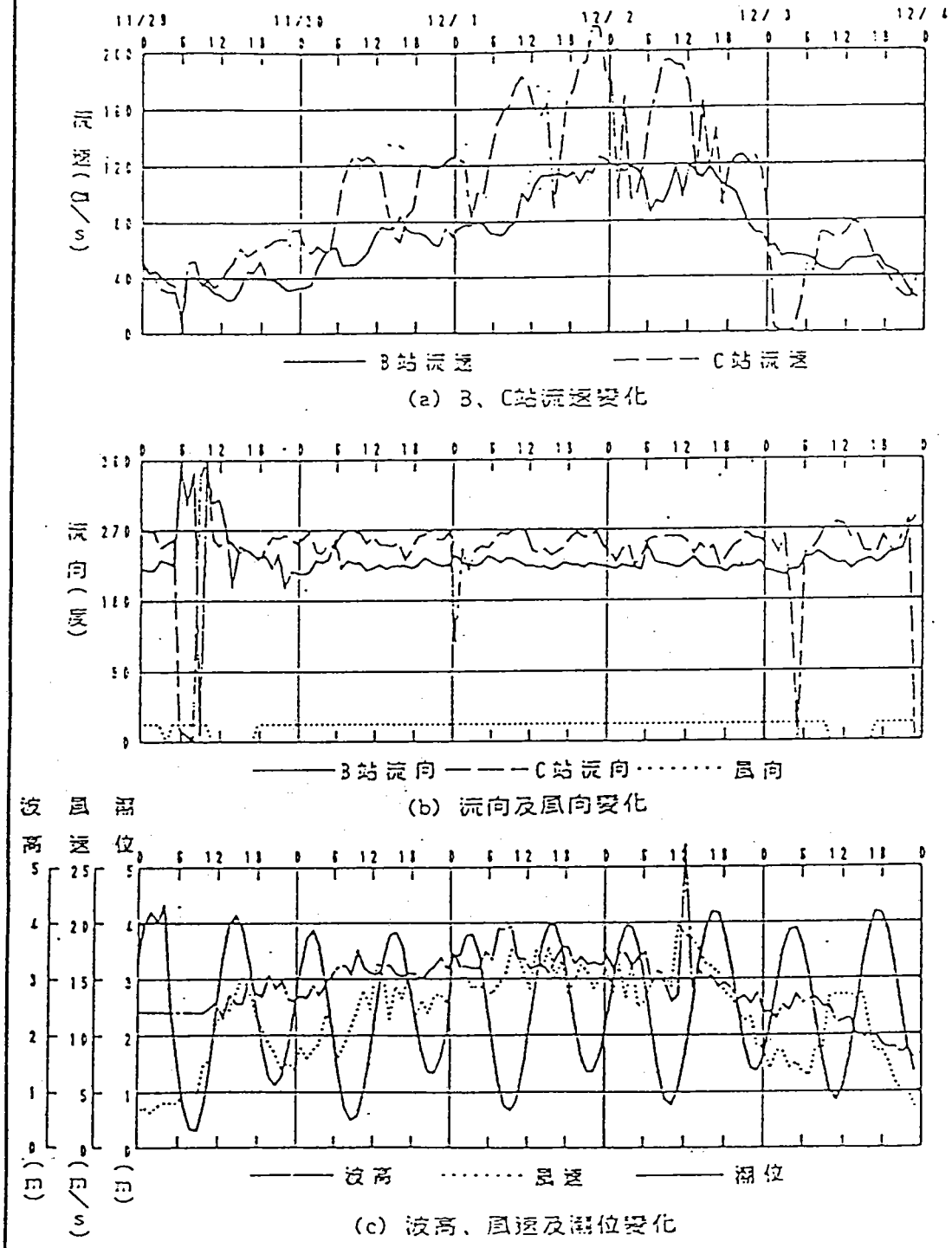


圖 3-37 強烈東北季風港口風、浪、潮與流延時變化
(70/12/01 ～ 12/03)

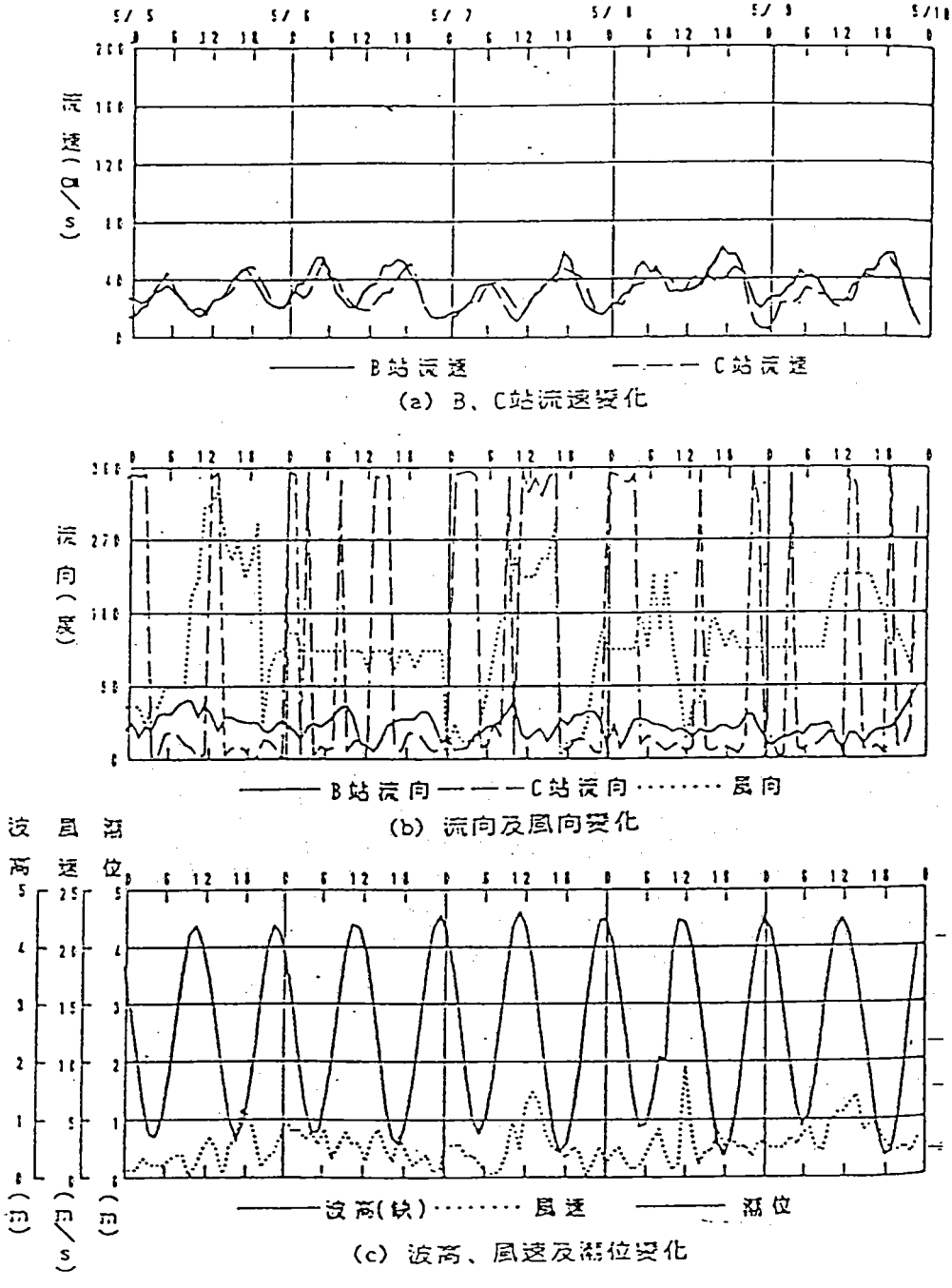


圖 3-38 低風速時港口風、浪、潮與流延時變化

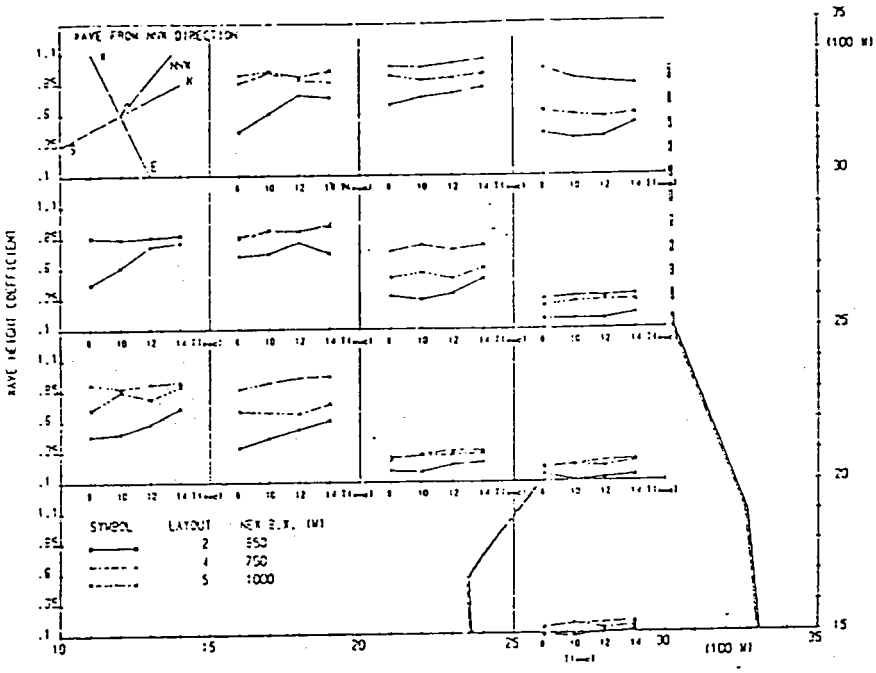


圖 3-39 防波堤延長後受 NNW 向波浪作用各區波高係數

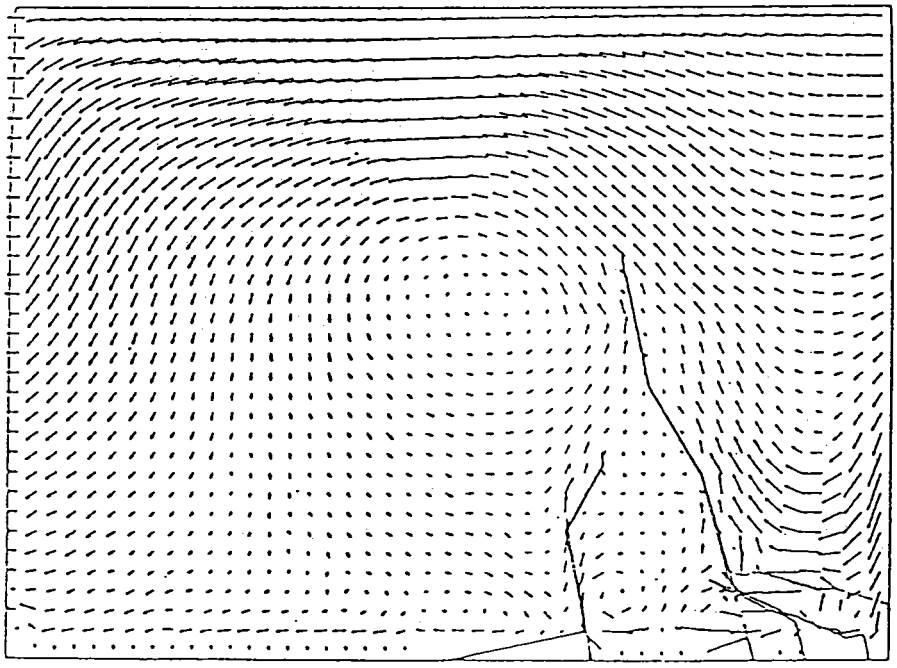


圖 3-40 防波堤延長 850M，在平均水位受風速 15m/s，波高 2.5m 作用時流況分佈計算值

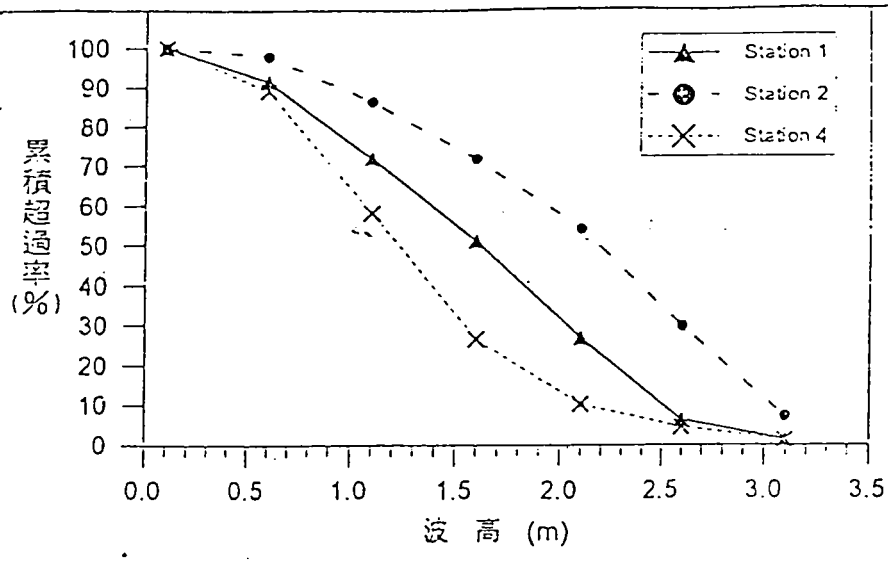
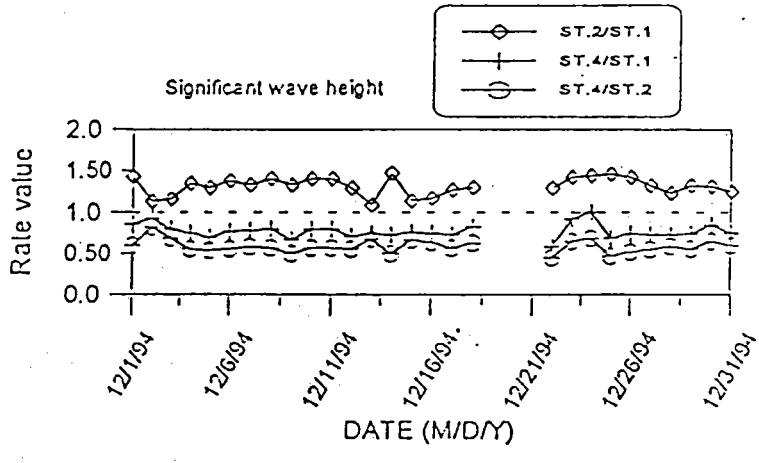


圖 3-41 冬季三測站波高超過值計圖(83/11 ~ 84/03)



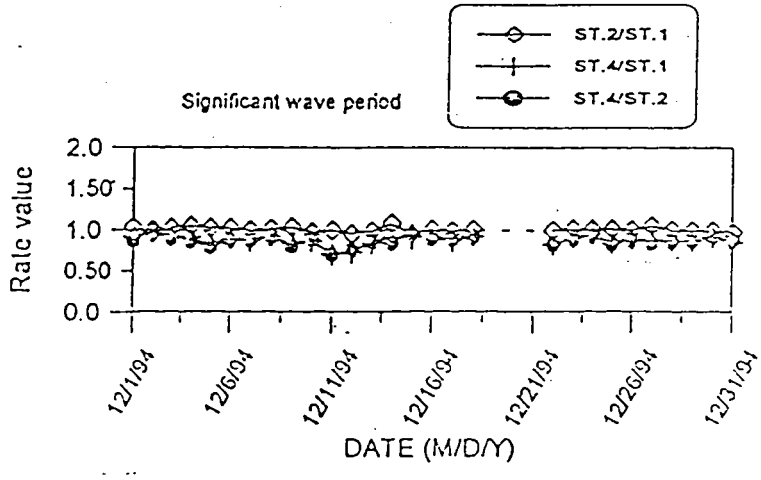


圖 3-42 冬季相對應時間三測站每日波高與週期比值

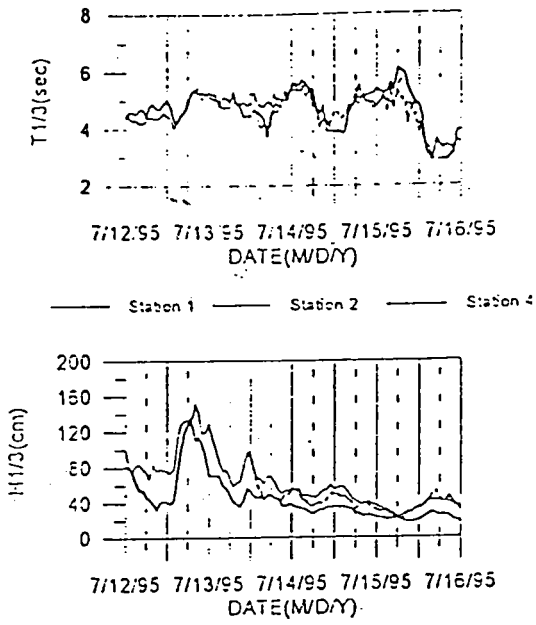


圖 3-43 夏季西南風三測站波高週期延時變化.

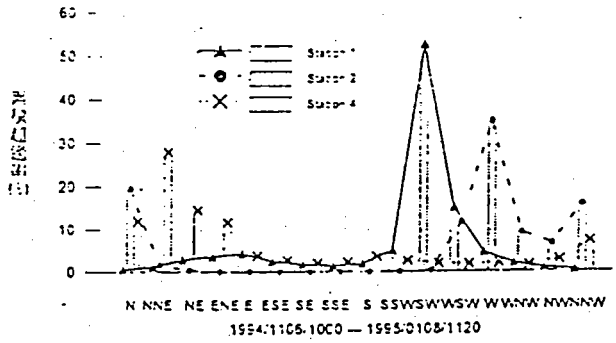


圖 3-44. 冬季風速較大時三測站流向統計分析

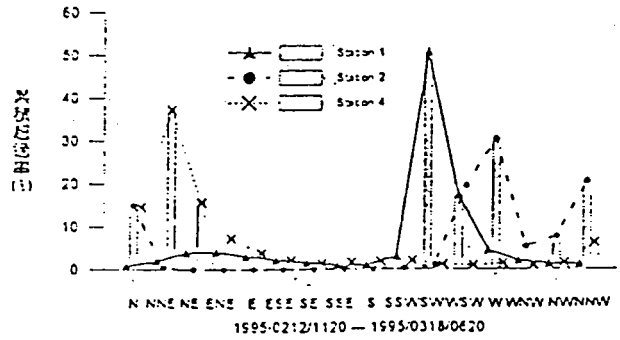
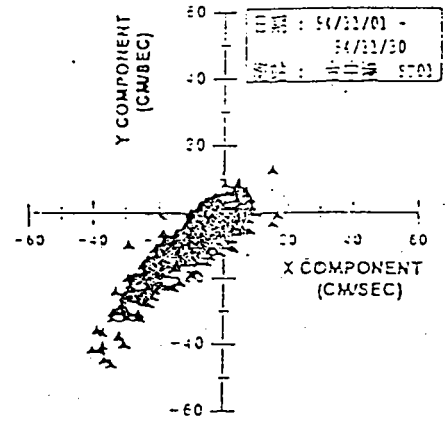
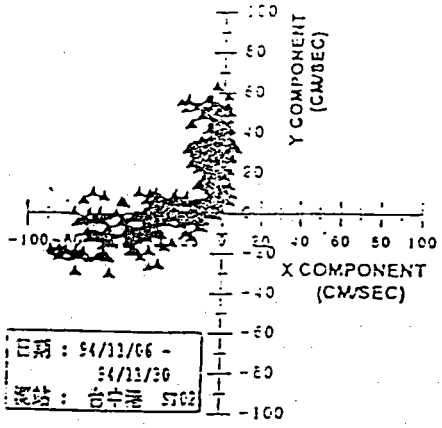


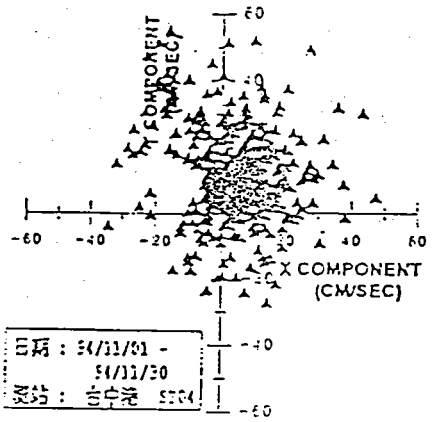
圖 3-45 春季風速減弱時三測站流向統計分析



流速分佈極值圖



流速分佈極值圖



流速分佈極值圖

圖 3-46 冬季時三測站流速極值分佈

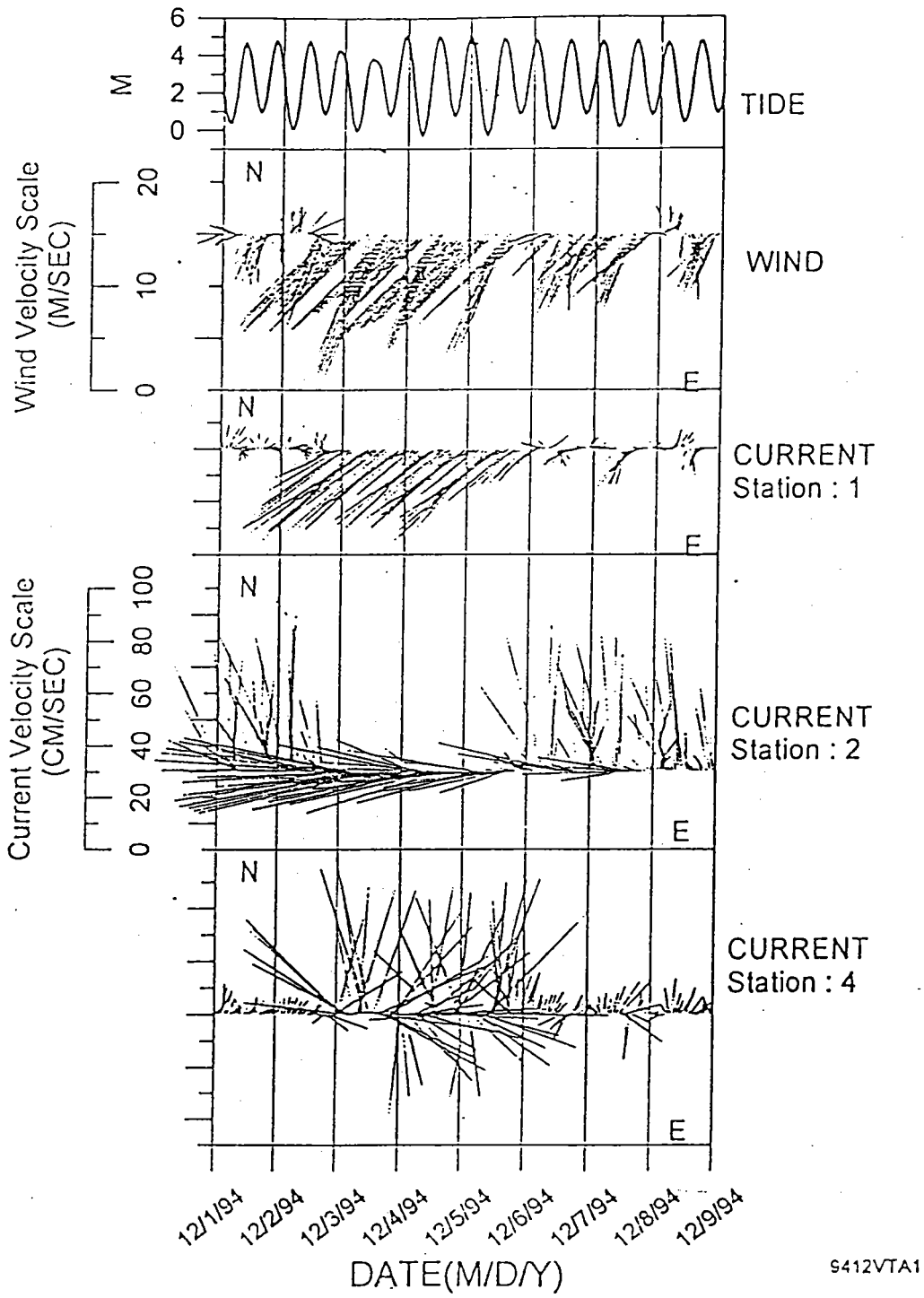


圖 3-47 冬季東北季風時潮位、風矢及流況延時變化

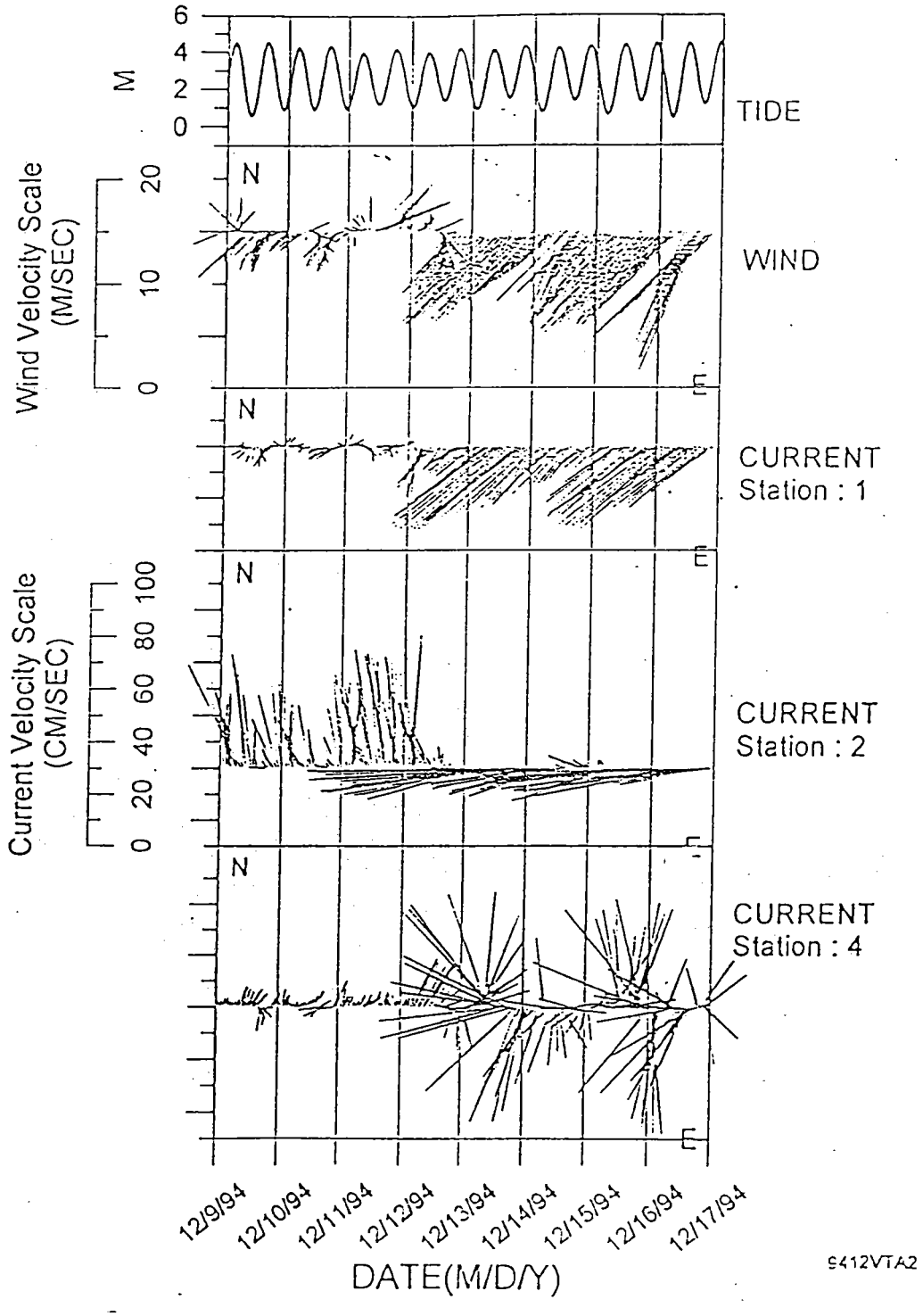


圖 3-47(續)冬季東北季風時潮位、風矢及流況延時變化(續)

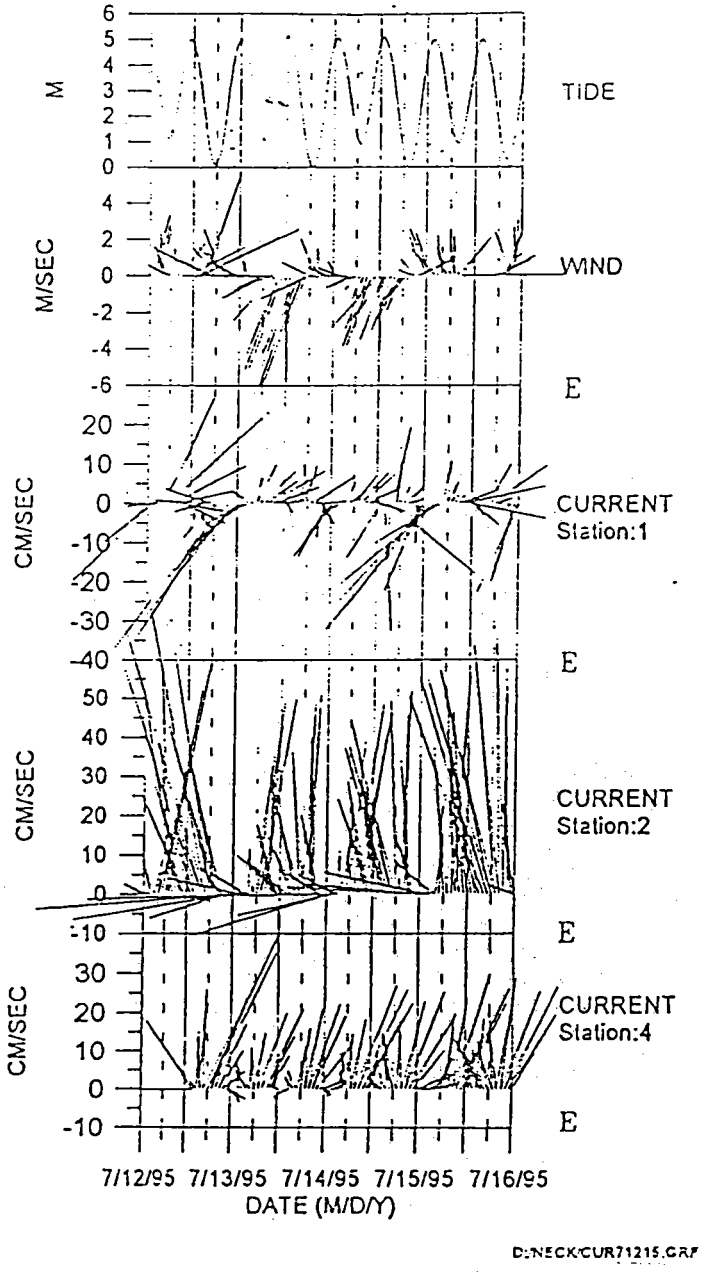


圖 3-48 夏季風遠轉弱時潮位、風矢及流況延時變化

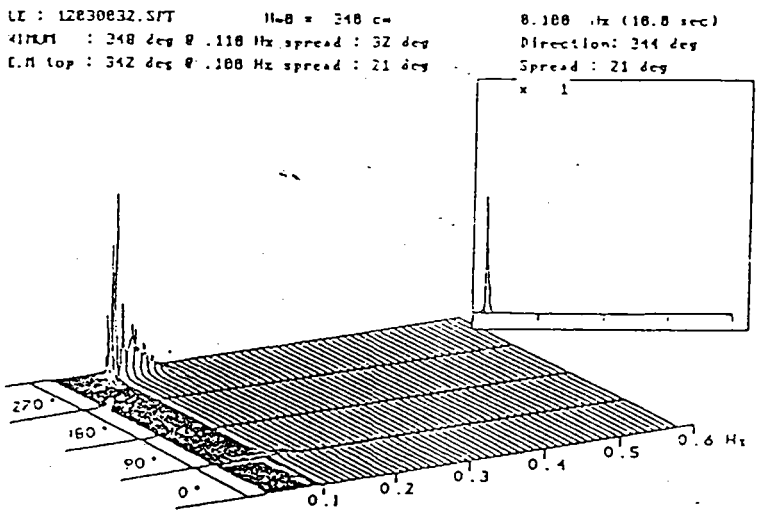


圖 3-49 堤頭前實測波浪方向頻譜

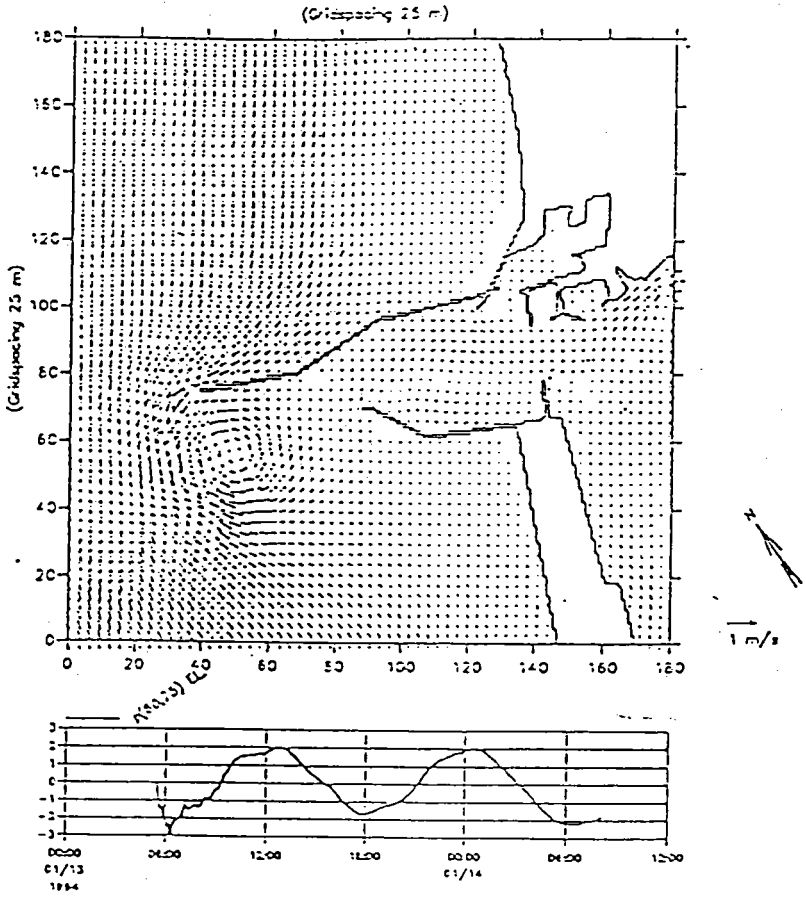


圖 3-50 潮汐作用(不考慮風與浪)港口流況計算結果

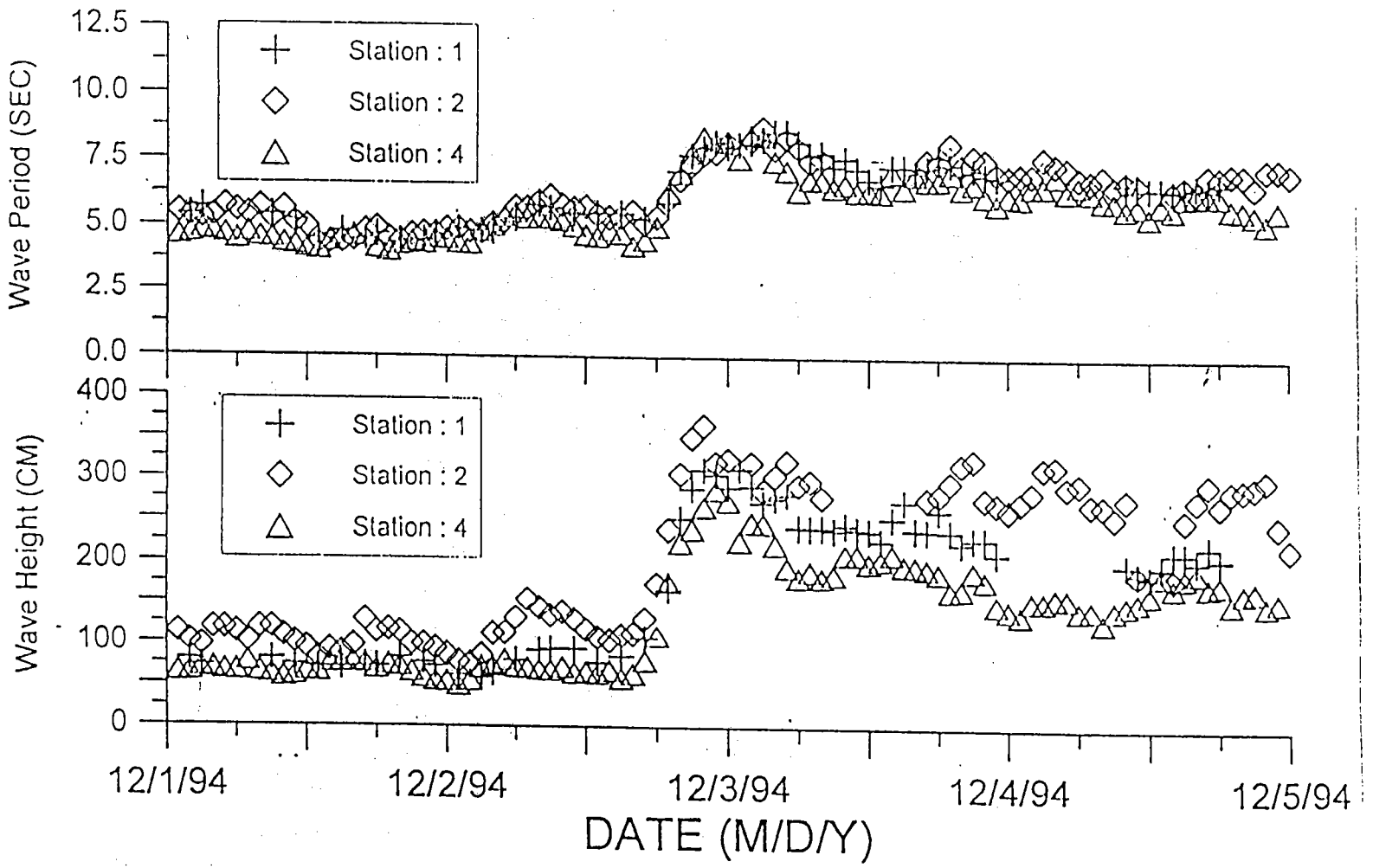


圖 3-51 冬季三測逐時波浪延時化

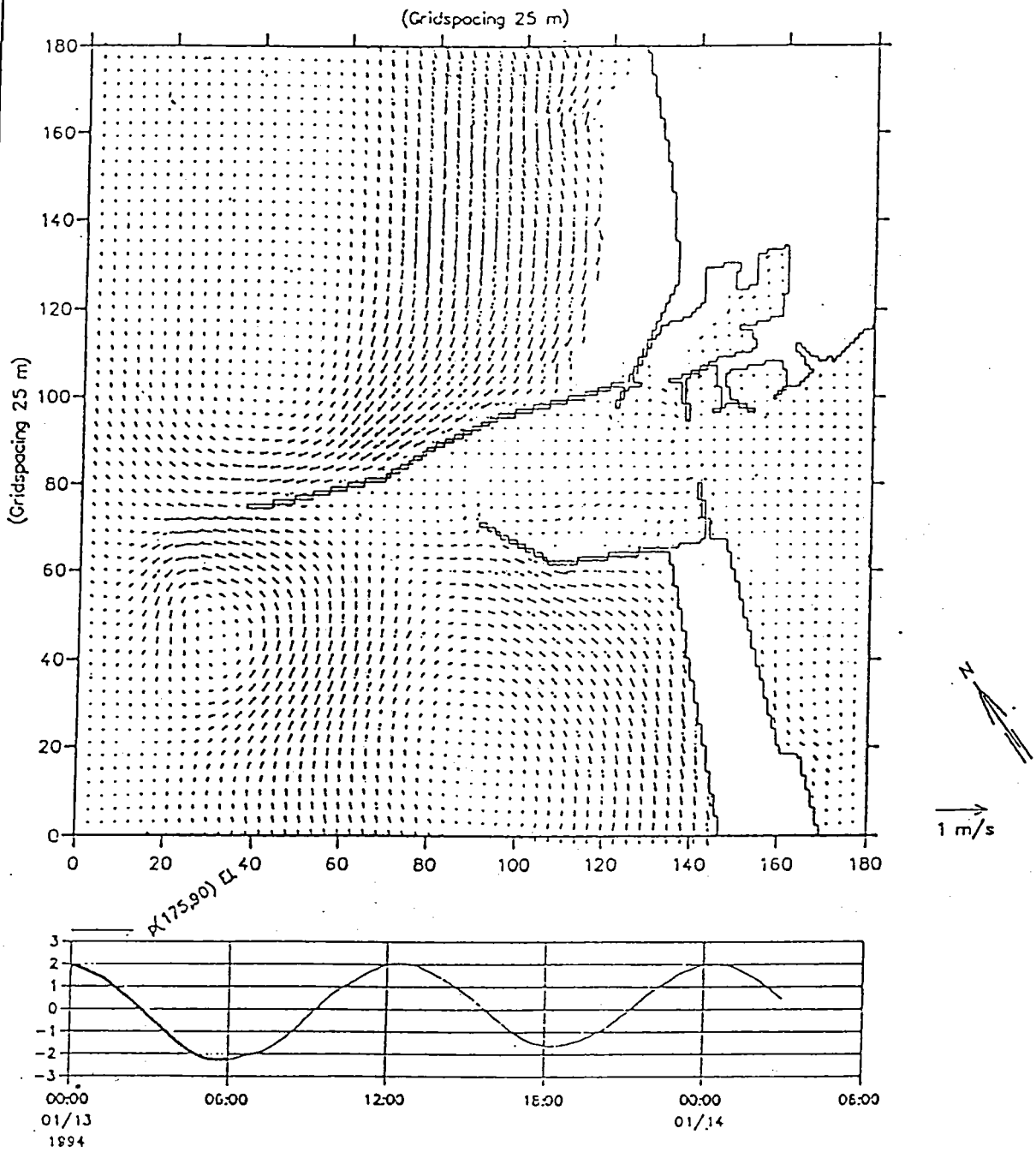


圖 3-52 東北向風速 15m/s，低潮時港口流況計算結果（未考慮波浪）。

參 考 文 獻

1. 梁乃匡、張金機等(1983)，台中海岸流況調查研究，港灣技術研究所 72 研(二)。

2. 張金機、蘇青和、簡仲璟(1988)，台中港港口流速調查研究，港研所專刊 50 號。

3. 張金機、何良勝、黃清和(1988)，台中港港口擴建水工模型試驗研究，港研所專刊 47 號。

4. 中華顧問工程司(1988)，台中港港口擴建計算評估研究，中華顧問工程司。

5. 張金機、曾相茂(1990)，“台灣四周海氣象調查研究(五)”，港灣技術研究所 79 研(三)。

6. 黃清和、曾相茂(1991)，“台灣四周海氣象調查研究(六)”，港灣技術研究所 80 研(三)。

7. 張金機、曾相茂(1992)，“台灣四周海氣象調查研究(七)”，港灣技術研究所 81 研(三)。

8. 簡仲璟、曾相茂(1993)，“台灣四周海氣象調查研究(八)”，港灣技術研究所 82 研(四)。

9. 張金機、曾相茂(1993)，“花蓮港港池不穩靜初步調查研究”，第十五屆海洋工程研討會論文集，pp.489-502 。

10. 簡仲璟、曾相茂(1994)，“台灣四周海氣象調查研究”，港灣技術研究所 84 研(二)-1 。

11. 張金機(1994)，“蘇澳港與花蓮港八十二年颱風災害探討”，港灣技術研究專刊第 99 號。

12. 花蓮港務局(1994),“颱風期間船舶動態資料”。

13. 曾相茂、張金機、簡仲璟等(1995)，台中港港口擴建後海氣象調查研究，期中報告。

14. 曾相茂、張金機(1995)，“台灣海域海氣象調查研究”，港灣技術研究所。

15. 張金機、曾相茂(1995)，“花蓮港港灣設施改善之研究期中報告”，港灣技術研究。

16. 徐進華(1995)，“長波非線性效應研究”，港灣技術研究所84(七)。

17. 張金機、曾相茂(1995)，“花蓮港港池不穩靜調查研究”，第十七屆海洋工程研討會暨兩岸港口及海洋工程研討會論文集，pp.131-143 。

18. 莊文傑、蘇青和等(1996)，台中港港口段航道設置減風設施可行性研究，期中報告。