

# 基隆港務局

## 台北港漂砂調查及海氣象與海岸地形變遷監測計畫

( 第 二 年 )

內 容

第一單元 -- 氣象及海象監測

第二單元 -- 海岸地形變遷數值監測模式

第三單元 -- 漂沙調查研究

### 附錄

1. 海岸地形變遷數值監模式期中報告審查意見及辦理情況說明
2. 台北港漂沙調查及海氣象與海岸地形變遷監測計畫期末報告審查意見及辦理情況說明

基隆港務局  
台北港漂砂調查及海氣象與海岸地形變遷監測計畫  
(第二年)

第一單元— 氣象及海象監測

委託單位：台灣省政府交通處基隆港務局

承辦單位：台灣省政府交通處港灣技術研究所

中華民國 八十八年 六 月

基隆港務局  
台北港漂砂調查及海氣象與海岸地形變遷監測計畫  
(第二年)

第一單元— 氣象及海象監測

目 錄

目錄 .....	i
表目錄 .....	ii
圖目錄 .....	iv
壹、前言 .....	1-1 ~ 1-2
貳、觀測現場作業及資料處理 .....	吳基、林柏青、洪憲忠 ..... 2-1 ~ 2-20
參、風力資料分析 .....	蘇青和 ..... 3-1 ~ 3-11
肆、波浪資料分析 .....	蘇青和 ..... 4-1 ~ 4-32
伍、潮汐資料分析 .....	蘇青和 ..... 5-1 ~ 5-6
陸、海流資料分析 .....	蘇青和 ..... 6-1 ~ 6-40
柒、懸浮質資料分析 .....	黃清和、蔡立宏、林柏青 ..... 7-1 ~ 7-38
捌、結論 .....	8-1 ~ 8-3
參考文獻 .....	9-1 ~ 9-2
附錄一、一般能譜分析 .....	A-1 ~ A-8
附錄二、旋轉能譜及潮流橢圓分析 .....	B-1 ~ B-4

## 表 目 錄

表2-1 淡水現場觀測風資料蒐集情形 .....	2-10
表2-2 淡水現場觀測波浪資料蒐集情形 .....	2-11
表2-3 淡水現場觀測潮汐資料蒐集情形 .....	2-12
表2-4 淡水現場觀測海流資料蒐集情形 .....	2-13
表2-5 淡水現場觀測懸浮質資料蒐集情形 .....	2-14
表3-1 淡水現場觀測風資料統計表 .....	3-1
表3-2 淡水風測站風速(m/s)及風向分月統計表 .....	3-6
表3-3 淡水風測站風速(m/s)及風向分季統計表 .....	3-6
表3-4 淡水風測站風速(m/s)分佈百分比(%)分月統計表 .....	3-7
表3-5 淡水風測站風向(來向)分佈百分比(%)分月統計表 .....	3-7
表3-6 淡水風測站風速(m/s)分佈百分比(%)分季統計表 .....	3-8
表3-7 淡水風測站風向(來向)分佈百分比(%)分季統計表 .....	3-8
表3-8 1997年淡水風測站逐時風速W(m/s)及風向D(來向)聯合分佈 百分比(%)年統計表 .....	3-9
表3-9a 淡水風力吹風延時分月、分季及年機率統計表 .....	3-10
表3-9b 淡水風力吹風延時分月、分季及年機率統計表 .....	3-10
表4-1 淡水現場觀測波浪資料統計表 .....	4-1
表4-2 淡水觀測波浪示性波高、示性週期及波向分月統計表 .....	4-10
表4-3 淡水波浪之示性波高 $H_{1/3}$ (米)分佈百分比(%)分月統計表 ....	4-11
表4-4 淡水波浪之示性週期 $T_{1/3}$ (秒)分佈百分比(%)分月統計表 ....	4-11
表4-5 淡水波浪之波向(來向)分佈百分比(%)分月統計表 .....	4-12
表4-6 淡水波浪之示性波高 $H_{1/3}$ (米)分佈百分比(%)分季統計表 ....	4-13
表4-7 淡水波浪之示性週期 $T_{1/3}$ (秒)分佈百分比(%)分季統計表 ....	4-13
表4-8 淡水波浪之波向(來向)分佈百分比(%)分季統計表 .....	4-13

表 4-9	1997 年淡水波浪測站逐時 $H_{1/3}$ (米) 及 $T_{1/3}$ (秒) 聯合分佈百分比 年統計表 .....	4-14
表 4-10	1997 年淡水波浪測站逐時 $H_{1/3}$ (米) 及波向(來向) 聯合分佈百 分比年統計表 .....	4-15
表 5-1	淡水現場觀測潮汐資料統計表 .....	5-1
表 5-2a	淡水潮波之波高(米) 及週期(小時) 觀測值分月統計表 .....	5-3
表 5-2b	淡水潮波之波高(米) 及週期(小時) 觀測值分月統計表 .....	5-4
表 6-1	淡水現場觀測海流資料統計表 .....	6-1
表 7-1	淡水港現場長期懸浮質觀測統計表 .....	7-29
表 7-2	淡水港現場短期懸浮質觀測統計表 .....	7-31

# 圖 目 錄

圖 1-1	淡水 1991 年 3 月 11 日衛星影像 .....	1-2
圖 1-2	淡水 1997 年 5 月 6 日衛星影像 .....	1-3
圖 2-1	淡水海上觀測樁 .....	2-15
圖 2-2	淡水海上觀測樁平面位置圖 .....	2-16
圖 2-3	淡水海上觀測樁之儀器配置圖 .....	2-17
圖 2-4	淡水海氣象觀測儀器系統圖 .....	2-18
圖 2-5	MTB-16K 濁度計安置圖 .....	2-19
圖 2-6	MTB-16K 濁度計率定曲線 .....	2-20
圖 3-1a	1997 年風速統計方塊圖 .....	3-11
圖 3-1b	1997 年風向統計玫瑰圖 .....	3-11
圖 3-1c	1997 年淡水觀測之風東西分量統計方塊圖 .....	3-11
圖 3-1d	1997 年淡水觀測之風南北分量統計方塊圖 .....	3-11
圖 4-1a	1997 年全年波向(來向)統計玫瑰圖 .....	4-16
圖 4-1b	1997 年全年示性波高(H1/3)統計方塊圖 .....	4-16
圖 4-1c	1997 年全年示性週期(T1/3)統計方塊圖 .....	4-16
圖 4-2	典型冬季(1997 年 2 月)淡水觀測之水位變化圖 .....	4-17
圖 4-3	典型冬季(1997 年 2 月)淡水觀測之波高譜圖 .....	4-18
圖 4-4	典型夏季(1997 年 7 月)淡水觀測之水位變化圖 .....	4-19
圖 4-5	典型夏季(1997 年 7 月)淡水觀測之波高譜圖 .....	4-20
圖 4-6	典型颱風侵台前(1997 年 8 月溫妮颱風)淡水觀測之水位變化圖 .....	4-21
圖 4-7	典型颱風侵台前(1997 年 8 月溫妮颱風)淡水觀測之波高譜圖 .....	4-22
圖 4-8	典型颱風登陸時(1997 年 8 月溫妮颱風)淡水觀測之水位變化圖 .....	4-23
圖 4-9	典型颱風登陸時(1997 年 8 月溫妮颱風)淡水觀測之波高譜圖 .....	4-24
圖 4-10a	1997 年 3 月風速自相關函數圖 .....	4-25

圖 4-10b	1997 年 3 月示性波高(H1/3) 自相關函數圖	4-25
圖 4-10c	1997 年 3 月風速與示性波高(H1/3) 互相關函數圖	4-25
圖 4-11a	1997 年 3 月風速能譜圖	4-26
圖 4-11b	1997 年 3 月示性波高(H1/3) 能譜圖	4-26
圖 4-12a	1997 年 2 月風速自相關函數圖	4-27
圖 4-12b	1997 年 2 月示性波高(H1/3) 自相關函數圖	4-27
圖 4-12c	1997 年 2 月風速與示性波高(H1/3) 互相關函數圖	4-27
圖 4-11a	1997 年 2 月風速能譜圖	4-28
圖 4-11b	1997 年 2 月示性波高(H1/3) 能譜圖	4-28
圖 4-14a	1997 年 7 月風速自相關函數圖	4-29
圖 4-14b	1997 年 7 月示性波高(H1/3) 自相關函數圖	4-29
圖 4-14c	1997 年 7 月風速與示性波高(H1/3) 互相關函數圖	4-29
圖 4-11a	1997 年 7 月風速能譜圖	4-30
圖 4-11b	1997 年 7 月示性波高(H1/3) 能譜圖	4-30
圖 4-16a	1997 年 8 月風速自相關函數圖	4-31
圖 4-16b	1997 年 8 月示性波高(H1/3) 自相關函數圖	4-31
圖 4-16c	1997 年 8 月風速與示性波高(H1/3) 互相關函數圖	4-31
圖 4-17a	1997 年 8 月風速能譜圖	4-32
圖 4-17b	1997 年 8 月示性波高(H1/3) 能譜圖	4-32
圖 5-1	1996 年 12 月淡水潮位之潮波波高能譜圖	5-5
圖 5-2	1997 年 01 月淡水潮位之潮波波高能譜圖	5-5
圖 5-3	1997 年 02 月淡水潮位之潮波波高能譜圖	5-5
圖 5-4	1997 年 03 月淡水潮位之潮波波高能譜圖	5-5
圖 5-5	1997 年 04 月淡水潮位之潮波波高能譜圖	5-6
圖 5-6	1997 年 07 月淡水潮位之潮波波高能譜圖	5-6
圖 5-7	1997 年 08 月淡水潮位之潮波波高能譜圖	5-6

圖 5-8	1997 年 09 月淡水潮位之潮波波高能譜圖	5-6
圖 6-1a	1997 年 2 月海流東西分量能譜圖	6-7
圖 6-1b	1997 年 2 月海流南北分量能譜圖	6-7
圖 6-1c	1997 年 2 月海流沿岸分量能譜圖	6-8
圖 6-1d	1997 年 2 月海流向離岸分量能譜圖	6-8
圖 6-1e	1997 年 2 月海流橢圓半長軸長之能譜圖	6-9
圖 6-1f	1997 年 2 月海流橢圓長軸方向角譜圖	6-9
圖 6-2a	1997 年 3 月海流東西分量能譜圖	6-10
圖 6-2b	1997 年 3 月海流南北分量能譜圖	6-10
圖 6-2c	1997 年 3 月海流沿岸分量能譜圖	6-11
圖 6-2d	1997 年 3 月海流向離岸分量能譜圖	6-11
圖 6-2e	1997 年 3 月海流橢圓半長軸長之能譜圖	6-12
圖 6-2f	1997 年 3 月海流橢圓長軸方向角譜圖	6-12
圖 6-3a	1997 年 8 月海流東西分量能譜圖	6-13
圖 6-3b	1997 年 8 月海流南北分量能譜圖	6-13
圖 6-3c	1997 年 8 月海流沿岸分量能譜圖	6-14
圖 6-3d	1997 年 8 月海流向離岸分量能譜圖	6-14
圖 6-3e	1997 年 8 月海流橢圓半長軸長之能譜圖	6-15
圖 6-3f	1997 年 8 月海流橢圓長軸方向角譜圖	6-15
圖 6-4a	1997 年 9 月海流東西分量能譜圖	6-16
圖 6-4b	1997 年 9 月海流南北分量能譜圖	6-16
圖 6-4c	1997 年 9 月海流沿岸分量能譜圖	6-17
圖 6-4d	1997 年 9 月海流向離岸分量能譜圖	6-17
圖 6-4e	1997 年 9 月海流橢圓半長軸長之能譜圖	6-18
圖 6-4f	1997 年 9 月海流橢圓長軸方向角譜圖	6-18
圖 6-5a	1997 年 2 月半日潮水位變化圖	6-19

圖 6-5b	1997 年 2 月半日潮流橢圓圖 .....	6-19
圖 6-6a	1997 年 3 月半日潮水位變化圖 .....	6-20
圖 6-6b	1997 年 3 月半日潮流橢圓圖 .....	6-20
圖 6-7a	1997 年 8 月半日潮水位變化圖 .....	6-21
圖 6-7b	1997 年 8 月半日潮流橢圓圖 .....	6-21
圖 6-8a	1997 年 9 月半日潮水位變化圖 .....	6-22
圖 6-8b	1997 年 9 月半日潮流橢圓圖 .....	6-22
圖 6-9a	1997 年 2 月全日潮水位變化圖 .....	6-23
圖 6-9b	1997 年 2 月全日潮流橢圓圖 .....	6-23
圖 6-10a	1997 年 3 月全日潮水位變化圖 .....	6-24
圖 6-10b	1997 年 3 月全日潮流橢圓圖 .....	6-24
圖 6-11a	1997 年 8 月全日潮水位變化圖 .....	6-25
圖 6-11b	1997 年 8 月全日潮流橢圓圖 .....	6-25
圖 6-12a	1997 年 9 月全日潮水位變化圖 .....	6-26
圖 6-12b	1997 年 9 月全日潮流橢圓圖 .....	6-26
圖 6-13a	朔(陰曆初2~初4)半日潮水位變化圖 .....	6-27
圖 6-13b	朔(陰曆初2~初4)半日潮流橢圓圖 .....	6-27
圖 6-14a	上弦(陰曆8~10日)半日潮水位變化圖 .....	6-28
圖 6-14b	上弦(陰曆8~10日)半日潮流橢圓圖 .....	6-28
圖 6-15a	望(陰曆16~18日)半日潮水位變化圖 .....	6-29
圖 6-15b	望(陰曆16~18日)半日潮流橢圓圖 .....	6-29
圖 6-16a	下弦(陰曆22~24日)半日潮水位變化圖 .....	6-30
圖 6-16b	下弦(陰曆22~24日)半日潮流橢圓圖 .....	6-30
圖 6-17a	朔(陰曆初2~初4)全日潮水位變化圖 .....	6-31
圖 6-17b	朔(陰曆初2~初4)全日潮流橢圓圖 .....	6-31
圖 6-18a	上弦(陰曆8~10日)全日潮水位變化圖 .....	6-32

圖 6-18b	上弦(陰曆8~10日)全日潮流橢圓圖 .....	6-32
圖 6-19a	望(陰曆16~18日)全日潮水位變化圖 .....	6-33
圖 6-19b	望(陰曆16~18日)全日潮流橢圓圖 .....	6-33
圖 6-20a	下弦(陰曆22~24日)全日潮水位變化圖 .....	6-34
圖 6-20b	下弦(陰曆22~24日)全日潮流橢圓圖 .....	6-34
圖 6-21	1997年2月海流向量進行圖(PVD) .....	6-35
圖 6-22	1997年3月海流向量進行圖(PVD) .....	6-36
圖 6-23	1997年8月海流向量進行圖(PVD) .....	6-37
圖 6-24	1997年9月海流向量進行圖(PVD) .....	6-38
圖 6-25a	1997年2月潮汐水位自相關函數圖 .....	6-39
圖 6-25b	1997年2月沿岸流速自相關函數圖 .....	6-39
圖 6-25c	1997年2月潮汐水位與沿岸流速互相關函數圖 .....	6-39
圖 6-26a	1997年2月沿岸風速自相關函數圖 .....	6-40
圖 6-26b	1997年2月沿岸流速自相關函數圖 .....	6-40
圖 6-26c	1997年2月沿岸風速與沿岸流速互相關函數圖 .....	6-40
圖 7-1a	淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1996/12/14~1997/01/04)	7-4
圖 7-1b	淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/01/31~1997/02/07)	7-5
圖 7-1c	淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/02/05~1997/03/019)	7-6
圖 7-1d	淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/04/01~1997/04/22)	7-7
圖 7-1e	淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/05/07~1997/05/28)	7-8
圖 7-1f	淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/07/08~1997/07/25)	7-9
圖 7-1g	淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/07/30~1997/08/21)	7-10
圖 7-1h	淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/09/09~1997/10/04)	7-11
圖 7-1i	淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/10/16~1997/11/15)	7-12
圖 7-1j	淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/12/05~1997/12/27)	7-13
圖 7-1k	淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1998/01/03~1998/01/31)	7-14

圖 7-1l 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1998/02/17 ~ 1998/02/22)	7-15
圖 7-1m 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1998/03/07 ~ 1998/05/7)	7-16
圖 7-1n 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1998/06/01 ~ 1998/08/31)	7-17
圖 7-1o 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1998/09/01 ~ 1998/11/12)	7-18
圖 7-1p 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1999/02/01 ~ 1999/04/21)	7-19
圖 7-2a 懸浮質能譜圖(1996/12/16 ~ 1996/12/22)	7-20
圖 7-2b 懸浮質能譜圖(1997/02/05 ~ 1997/02/11)	7-21
圖 7-2c 懸浮質能譜圖(1997/02/27 ~ 1997/03/02)	7-22
圖 7-2d 懸浮質能譜圖(1997/04/05 ~ 1997/04/11)	7-23
圖 7-2e 懸浮質能譜圖(1997/05/10 ~ 1997/05/16)	7-24
圖 7-2f 懸浮質能譜圖(1997/07/09 ~ 1997/07/12)	7-25
圖 7-2g 懸浮質能譜圖(1997/08/01 ~ 1997/08/04)	7-26
圖 7-2h 懸浮質能譜圖(1997/10/29 ~ 1997/11/29)	7-27
圖 7-2i 懸浮質能譜圖(1997/12/14 ~ 1997/12/20)	7-28
圖 7-3a 短期懸浮質觀測記錄(5m , 1997/06/21 ~ 07/05)	7-32
圖 7-3b 短期懸浮質觀測記錄(5m,10m 及 15m,1997/07/12 ~ 07/26)	7-33
圖 7-3c 短期懸浮質觀測記錄(5m,10m 及 15m,1997/08/15 ~ 08/26)	7-34
圖 7-3d 短期懸浮質觀測記錄(5m,10m 及 15m,1997/08/24 ~ 10/27)	7-35
圖 7-3e 短期懸浮質觀測記錄(5m,10m 及 15m,1997/11/10 ~ 12/05)	7-36
圖 7-3f 短期懸浮質觀測記錄(15m,1998/09/10 ~ 12/19)	7-37
圖 7-3g 短期懸浮質觀測記錄(9m,12m 及 15m,1999/01/20 ~ 02/15)	7-38

## 壹、前 言

台北港(原為淡水國內商港、淡水港,88年5月21日公告名為台北港)現址位於台灣西北角,接近於淡水河口南岸(如衛星影像圖1-1及圖1-2),該地區因常年受波浪侵襲,致海岸逐年侵蝕,為確實掌握建港對週遭環境之影響,基隆港務局因工程計畫執行之需要(基港局,1996),曾分別委託顧問公司及學術單位辦理淡水、八里海岸地形變遷海象調查研究(中華顧問工程司,1990,1992)、數值模擬(中華顧問工程司,1994)、平面及斷面工模型試驗(廖等,1997)及動床水工模型試驗(何等,1996),以探討建港後海岸地形變化情形,進而研提防治對策。惟初步研究結果顯示,因漂沙力學機構極為複雜,至今仍無法完全了解。其原因為目前現有調查之資料不齊全,不足以提供數值模擬或水工試驗研究,僅能粗略做定性探討。為較完整蒐集海氣象現場基本資料,仍於民國八十五年元月委託本所辦理現場實際海岸地形監測,本計畫為延續第一年計畫擬繼續辦理海氣象基本資料蒐集與調查,以因應該港長期發展之規劃需要。

現場監測欲進行一完整之海氣象調查,必需包含大區域之地形水深測量調查(topographic survey)、波浪觀測(wave observation)、海流實測(current measurement)、潮位觀測(tide record)、風向風速觀測(wind obserbation)及漂砂活動調查(sedimentation investigaiton)。

然大型海、氣、地象等現場調查研究,除須投入龐大人力、物力及儀器外,最大困擾則為海裡儀器容易遭致外來人為的破壞,為避免儀器流失或遭受不當外力的破壞,以期獲得較長期完整的資料,特於商港防波堤西側偏南處,打設基樁建立一海氣象觀測平台,並將儀器安置於觀測平台或基樁附近。如此將可保障儀器安全、方便維護,可維持較長期的監測。

本年度研究報告包括氣象(風力)、海象(波浪、潮汐、海流及懸浮質)之監測過程及分析結果,以下就現場監測作業、項目、內容、處理方法及分析結果依序說明如后。第二章說明監測作業、儀器安置,資料蒐集及風、潮、波、流等基本資料之處理、轉換等過程,第三章為風力資料分析結

果，第四章為波浪資料分析結果，第五章為潮汐分析結果，第六章為海流分析結果，第七章為懸浮質資料分析結果，第八章則為結論。

ts91011pl.jpg

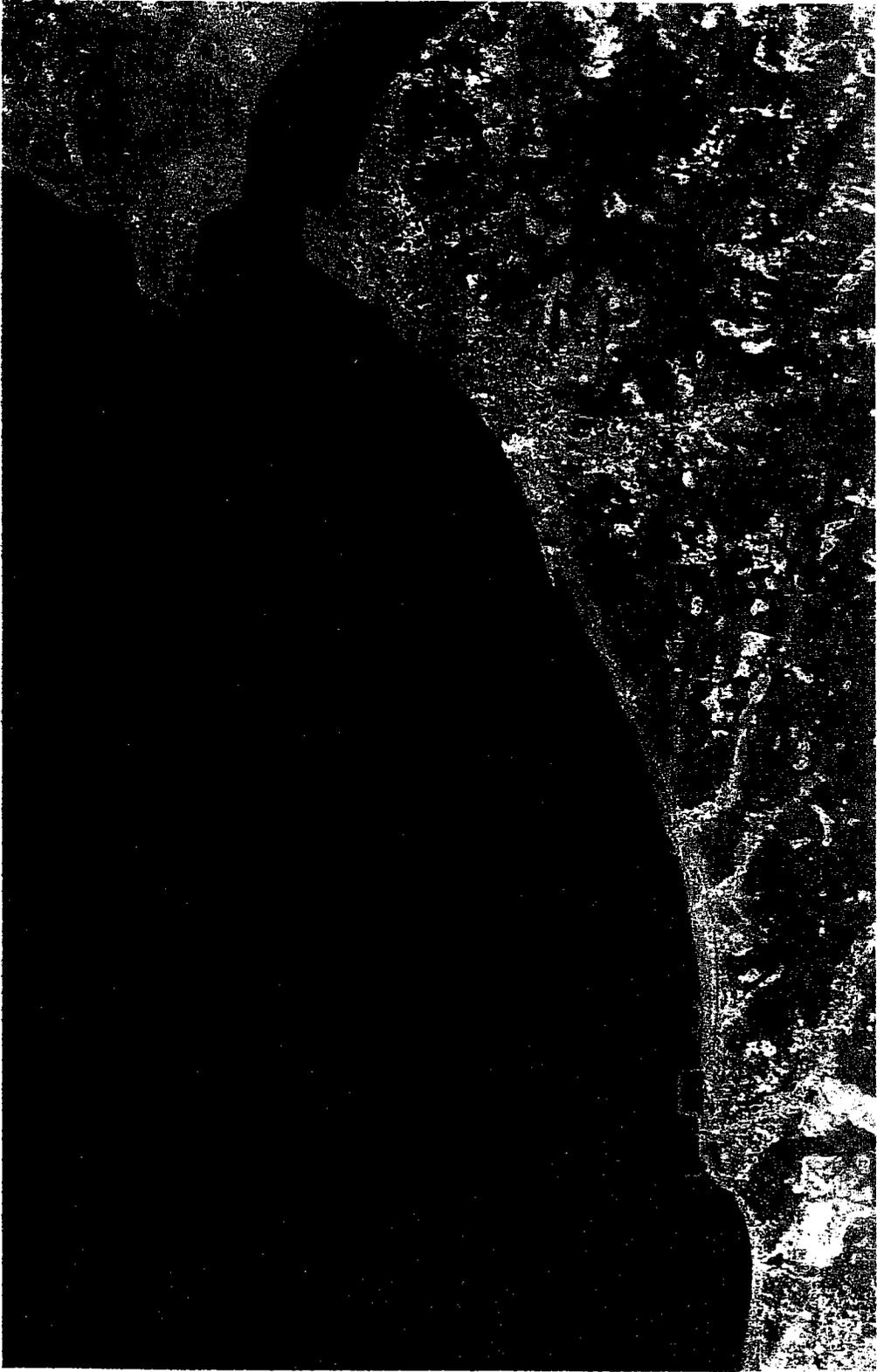


圖 1-1 淡水 1991 年 3 月 11 日 衛星影像

ts970506pl.jpg

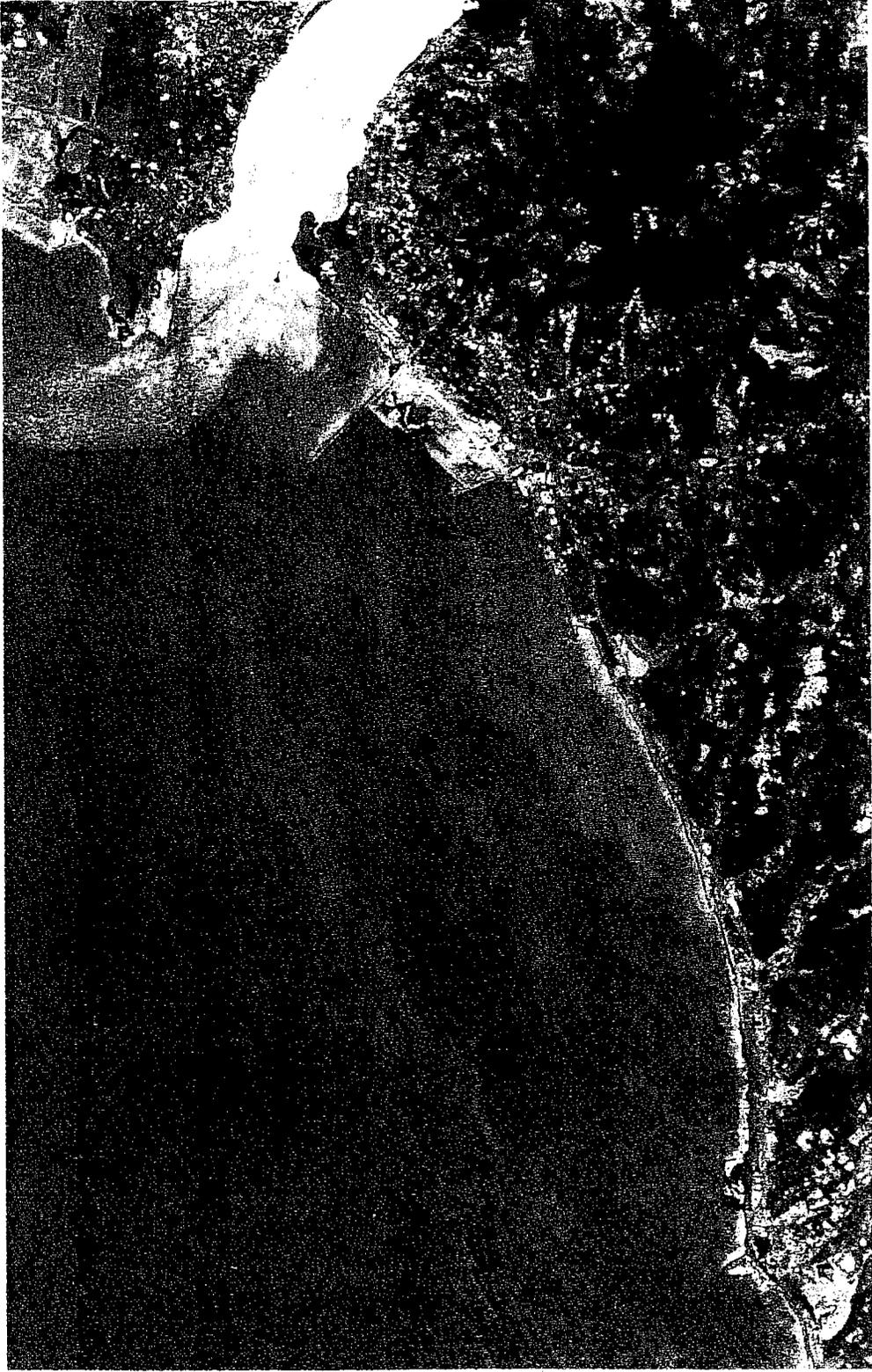


圖 1-2 淡水 1997 年 5 月 6 日 衛星影像

## 貳、觀測現場作業及資料處理

### 一、風、潮、浪、流觀測作業經過

淡水海上觀測樁於民國八十五年六月完工(見圖 2-1)，位置是在淡水河口南岸水深 15 米處，其位置見圖 2-2。隨即安裝潮波流儀開始觀測波浪、海流及潮位、風等海氣象因子。原計畫係以 Woodshole 公司生產之 SP-2160 潮波流儀分別安裝於水下 5 米及 10 米位置同步觀測潮、波、流現象。樁頂則安裝 Young Brand 之 Wind monitor 觀測風速、風向資料，所有之紀錄資料經無線電發射至八里岸上台儲存。樁上電源由太陽能板供應。觀測樁之儀器配置見圖 2-3，儀器系統見圖 2-4。但是裝設初期即屢次發生電纜斷裂之情事，經更換數次後情況仍未改善，實因海上漁網等漂浮物甚多，一旦發生掛網，電纜常無法承受巨大之拖曳力而扭曲變形，甚至斷裂。因此只得一方面改取自記式潮波流儀執行觀測作業，另一方面緊急採購美國新生產之鎧裝電纜，並於樁體周圍安裝電纜保護管框，重新敷設電纜線，同時致力解決整個系統之軟硬體問題。本年度之觀測期間自八十六年七月以後即採用鎧裝電纜連接水下儀器及樁上資料蒐集紀錄器，定時傳送資料入基地站電腦，但實際情形中斷之情形仍多，資料之取得往往仍賴人員出海直接接收、換儀器於岸上下載記錄。北部海域於東北季風期間風急浪高，作業相當艱苦。現將本年度內現場作業之過程作一整理，敘述如後。

86 年 1 月 17 日： 天氣陰，東北風 6 級。

11:00 出港，海上風、浪甚大，船隻擺盪過劇，無法靠泊觀測樁，返港待命。

1 月 18 日： 天氣陰，東北風 6 級。

07:50 出港，船仍無法靠泊觀測樁，潛水人員下水擬收回自記潮波流儀，發現已被漁網層層纏繞，恐潛水人員發生意外，決定先進行水下攝影後返港，待天氣好轉再加以處理。

- 1 月 30 日： 天氣晴，東北風 3~4 級。  
07:45 出港，潛水人員下水割除纏繞儀器之漁網，順利收回上層 SP-2160 儀器，進行水下攝影。人員登樁，收取風速計紀錄資料後返港。
- 1 月 31 日： 天氣陰，東風 4 級。  
07:30 出港，抵樁後，潛水人員下水清理下層儀器周圍漁網，收回下層潮波流儀，並換裝昨日回收之儀器改裝於下層，收回之儀器出水時濁度計撞及舷，脫落受損。人員上樁裝回風速儀。氣象預報明日鋒面過鏡，人員返回台中待天氣好轉再作業。
- 2 月 25 日： 天陰有霧，東風 4 級。  
10:10 出海，由潛水人員收回下層潮波流儀，安裝上層之潮波流儀，作水下攝影。下層儀器所附之濁度計出水時發現已斷裂。目前堪用者僅存一。水下工作完成後人員上樁安裝風速計。
- 2 月 26 日： 天多雲，海象尚可。  
11:00 出港，順利完成下層潮波儀之重新安裝。
- 3 月 20 日： 天陰，東北風 5~6 級。  
07:20 出港，港外波浪大，船隻搖晃，無法靠泊觀測樁，返港待命。
- 3 月 21 日： 天陰，東北風 5~6 級。  
07:50 出港，風浪稍減，潛水人員下水回收二台潮波儀。氣象預報明日鋒面將屆，人員返回台中待天氣好轉。
- 4 月 01 日： 天氣陰，東北風 5 級。  
08:25 出港，外海風浪大，工作人員多暈船，仍勉力完成安裝上、下二層潮波流儀。
- 4 月 29 日： 天氣晴時多雲，東風 3~4 級，浪高 0.5 米。  
搬運以不銹鋼製作之電纜固定保護管框北上，暫置淡水漁港碼頭。人員於 08:50 出港，09:15 登樁收取風速風向資料，潛水人員下水順利收回二台潮波流儀，近日之作業將以安裝電纜固定管框為優先。

- 5月07日：天氣多雲，偏南風3~4級，浪高0.5米以下。  
電纜保護框已完成80%，最上端仍未安裝，故儀器仍以自記式方式作業。09:00出港，吉誼公司人員登樁作系統準備，潛水人員安裝二台潮波流儀。
- 5月30日：吉誼公司人員安裝電纜保護管框完畢，預定於月內裝上鎧裝電纜，並測試系統。
- 6月8日~13日：潮波流儀製造廠高美國 Woods Hole 公司 Director of Marketing Earl 與技術人員抵台協助吉誼公司處理軟硬體問題，曾回收二台潮波儀測試波向，其中下層儀器感應器部份破壞，攜回檢修。上層繼續紀錄。
- 6月19日：淡水觀測樁樁體依照合約規定完成年度保養檢修。
- 7月08日：天氣晴，東南風5級，波高1米以下。  
09:50出港，上樁下放鎧裝電纜於船上連接潮波流儀後下水安裝於下層，但於樁上無法接通水下儀器，12:50風浪增大至1.5米，作業困難，水人員收回上層潮波儀。
- 7月09日：天氣晴時多雲，風力4~5級。  
10:40出海於船上連接昨日上層拆回之儀器入水，並登樁裝設風速儀及紀錄器 CR-10，樁上仍無法與水下儀器溝通，吉誼公司人員拆卸系統箱返回檢修。二台潮波流儀仍以自記方式錄中。
- 7月29日：天氣晴，偏南風4~5級，浪高0.5米。  
08:30出港，登樁下放電纜，在船上依序解脫二台潮波流儀，並下載風資料於手提電腦。
- 7月30日：天氣晴朗，西南風5~6級，浪高1米以上。  
12:30出港，海上風浪大，人員暈船，14:20終於安裝二台潮波儀入水。
- 8月21日：天氣晴，南風4~5級，浪高0.5米。  
11:15出港，登樁檢視發現儀器電瓶組電力不足無法發射訊號，更換新電瓶，回收自記式濁度計及上層潮波流儀。

- 8月22日： 天氣晴，南風5~6級甚強。浪高1米。  
先執行-10米自記式濁度計搜索，再裝設上層潮波流儀。檢測無線電傳輸，已可使用。下層資料將由岸上基地站下載。
- 9月17日： 原設於八里市區之資料接收站隨基隆港淡水工程處辦公場所移至淡水港新址，重新架設電腦接收設備。
- 9月25日： 天氣陰，風力5級。  
09:10出港，抵樁後下放電纜，船上解脫下層潮波儀，隨即按上已設定妥之另一台潮波流儀，並由樁上下載風資料。
- 9月26日： 天氣陰，風力5~6級。  
至八里新基地台裝設天線，並取得上層之潮波流儀內部紀錄。
- 10月上旬： 依照合約規定，進行觀測樁樁體檢測維護作業。拆除已破損變形之樓梯保護圈下層部份，改織安全繩網，敲平樁體邊緣平台。
- 12月05日： 天氣陰轉多雲，東北風5級，浪高1~1.5米。  
10:05出港，海面風浪起伏甚大，隻無法靠樁，先返港。12:25再出發，風浪稍緩，潛水人員拆除上層儀器，立即換裝新儀器下水。15:30返航，海上湧浪甚大。
- 12月06日： 天氣陰，東北風4~5級，浪高1米。  
07:25出港，潛水人員下水拆卸下層儀器，出水時適逢潮流轉向，船位控制不易，擦撞樁體，儀器電纜頭尚未及解脫，一度險象環生，幸船上人員幫忙，勉強固定之，完成換裝。同時登樁更換新電瓶並下載風資料。濁度計頭出水時發現已脫離電纜。
- 87年1月21日： 天氣陰雨，東北風6級，浪高約1.5米。  
無法實施出海作業。本所人員與吉誼公司技術人員轉往八里淡水工程處基地海象接收站，以無線電測試樁上儀器。傳輸仍中斷，推估係電源電力不足，只能下載基地站電腦中之上層潮波流儀記錄。
- 1月22日： 天氣陰，東北風4~5級，湧浪仍有1.5米。  
09:20出港，抵樁後，船隻起伏過劇，無法靠泊，改請潛水人員冒險游泳登樁，再以繩索將新電瓶送上樁頂。更換故障之電源系統。由陸上再進行下載資料及重新啟動。

2月19日：

天氣陰雨，東北風5級，浪高1.5米。

08:30 出港，浪大無法作業，返港。13:40 再行出港，風向轉南，海面已較平緩，收回下層之潮波流儀，當場換裝已準備好之另台潮波流儀，吊新電瓶上樁，吉誼公司人員測試傳輸系統。上層可以連接，下層仍有疑問，暫以自記方式處理。

## 二、懸浮質觀測作業及經過：

本研究懸浮質觀測，係根據裝置於觀測樁上之 OBS 濁度計長期監測固定斷面上懸浮質變化，該些資料利用無線電傳送至岸上之控制站，再以數據通訊方式傳至本所控制站監測，儲存並作分析；此外同時配合鋒面來臨前後在水深-5m、-10m 以及-15m 等安裝 MTB-16K 記憶型濁度計作短期觀測。儀器以 H 型鋼固定於距離底床五公分位置(如圖 2-5)，觀測量取底床附近的懸浮砂濃度變化。

► 三種水深處觀測站之經緯度座標分別如下：

-5m 水深處測站 --- N 25° 10.20' E 121° 23.47'

-10m 水深處測站 --- N 25° 10.37' E 121° 23.12'

-15m 水深處測站 --- N 25° 10.75' E 121° 22.70'

► 本年度短期懸浮質觀測儀器施放過程及資料說明如下：

1. 1997 年 6 月 20 日 --- 7 月 5 日

由三個觀測站收回之濁度計僅水深-5 公尺測站之儀器正常運作，其餘兩處皆因儀器故障致取得資料無法使用。而-5 公尺測站因漂砂活動劇烈使得部份觀測時段儀器探頭被砂掩埋，資料上出現懸浮砂濃度為 0 的不正常情形。

2. 1997 年 7 月 12 日 --- 7 月 26 日

更換安裝新購之濁度計，觀測站三組儀器均正常收回，但是-15 公尺水深測站之儀器因固定鋼絲鬆動，儀器落入底床穴洞中，取得濃度資料有偏高現象。

3. 1997 年 8 月 15 日 --- 8 月 25 日

水深-5 公尺測站因水下暗標沒有尋獲，無法安裝儀器。其餘兩個測站均順利完成安裝，並於 8 月 21 日收回水深-15 公尺測站儀器同時再安裝一組濁度計。-10 公尺水深儀器則於 8 月 25 日收回，兩測站取得資料皆屬正常。

4. 1997 年 9 月 24 日 --- 10 月 27 日

9 月 24 日收回水深十五公尺測站儀器並尋獲水深-5 公尺測站 H 型鋼樁，同時於三個測站安裝三部濁度計。至 10 月 27 日順利收回水深-15 公尺及水深-10 公尺測站儀器，但是水深五公尺測站 H 型鋼樁及儀器則無法尋獲，可能是鋼樁被漂砂掩埋，損失一部濁度計及寶貴資料。

5. 1997 年 11 月 10 日 --- 12 月 5 日

繼續於 11 月 10 日施放-10 公尺水深與-15 公尺水深測站儀器並於 12 月 5 日順利收回，資料顯示正常。

6. 1998 年 9 月 9 日 --- 1998 年 12 月 18 日

在水深-15m 處測站共測得長達約 3 個月之底床懸質資料。

7. 1999 年 1 月 20 日 --- 2 月 15 日

分別於水深-9m、-12m 以及-15m 處水深測得較完整不同位置水深近底床之懸浮質分佈。

### 三、氣象海象資料處理

#### 1. 風速、風向資料處理：

風速、風向現場監測之取樣方法為每小時連續各取 3600 點，取樣頻率為 1Herz。由每小時 3600 個風速及風向數據經算術平均得 1 小時平均風速(單位：米/秒)及風向(單位：度)。瞬間最大風速代表該小時 3600 個風速數據中之最大值，最大風速風向為當時之風向。淡水港 86 年監測得之風速、風向資料期間如表 2-1 所示。

#### 2. 波壓資料處理：

本計畫所用波浪及海流觀測儀器為壓力式潮波流儀。該儀器可將安裝於其上之壓力偵測器(Pressure Sensor)及流速儀所在位置之壓力及水分子運動速度偵測並加以記錄。此壓力將包括大氣壓力、流體動壓及靜水壓。

波浪現場監測取樣方法設定為每小時由整點向後連續取 2048 組壓力資料(約 17 分鐘)。取樣頻率為 2Herz。當取得潮波流儀之原始資料(Raw Data)後，再以資料處理程式轉成壓力之時間序列(Pressure time series)。監測得之波浪資料期間如表 2-2 所示。

#### 3. 潮汐資料處理：

潮波流儀之潮汐現場監測，取樣方法設定為每 3.75 分鐘，平均取 8 組潮汐資料。

當取得潮波流儀之原始資料後，同樣以資料處理程式轉成潮汐資料。

潮汐資料期間，如表 2-3 所述。

#### 4. 流速、流向資料處理：

潮波流儀之海流現場監測，取樣方法設定為 15 分(Bures Interval)連續各取 128 組數據(Measure/Burst)。取樣頻率為 1Herz(Measure Frequency)。

當取得潮波流儀之原始資料後，再以資料處理程式轉成流速及流向資料時間序列。

淡水國內商港 86 年監測得之上、下層海流資料期間如表 2-4 所示。

#### 5. 懸浮質資料處理：

##### (1)-15m 水深現場觀測樁 – OBS 濁度計

本計畫在-15m 水深觀測樁上採用 OBS 濁度計，長期觀測懸浮質，乃利用紅外線光學原理，該儀器安裝與壓力偵測器及流速儀所在位置一致，約為水面下-5m 及-10m 水深處。

懸浮質監測取樣方法設定為每小時整點向後連續取 2048 組資料(約 17 分鐘)，取樣頻為 2Hz；每小時之懸浮質大小為該時間測得有效資料之平均值，監測之懸浮質資料期間如表 2-5 所示。

##### (2)-5m、-10m 及-15m 水深底床處觀測站 – MTB 16k 濁度計

本計畫配合鋒面來臨所設置短期懸浮質觀測站分別在-5m、-10m 以及 -15m 等三個不同水深處，且以 H 型鋼樁固定於海床面，並將儀器 MTB 16K 濁度計安裝於鋼樁底部離底床約 5 公分位置，以觀測底床附近懸浮質濃度變化，三種不同型號之 MBT 16K 濁度計其率定曲線分別如圖 2-6 所示。由於濁度計為自記式，所觀測資料記錄於儀器內部記憶匣內，採樣方式為每隔 3 個小時或 4 個小時連續觀測一次取其平均值，儀器最長記錄時間可達一個月視取樣間隔時段，本研究開始係以每隔 4 個小時取樣乙次，每次連續間隔 1 秒(即 1Hz)取樣一個數據，記錄時間為 3 分鐘，共 180 個樣本，取其平均值作為該時段懸浮質代表性觀測值；後來則改每隔 3 個小時取樣乙次，每次連續間隔 2 秒(即 0.5Hz)取樣一個數據，記錄時間為 2 分鐘，共 60 個樣本，取其平均值作為該時段懸浮質之代表觀測值。

-15m 觀測樁上 OBS 濁度計，其懸浮質資料觀測期間如附表 2-5。

表 2-1 台北港現場觀測風資料蒐集情形

編號	年/月	風速、風向資料期間
1	85/12	12月1日~12月18日
2	86/01	1月1日~1月31日
3	86/02	2月1日~2月28日
4	86/03	3月1日~3月31日
5	86/04	4月1日~4月29日
6	86/05	無資料
7	86/06	無資料
8	86/07	7月9日~7月31日
9	86/08	8月1日~8月31日
10	86/09	9月1日~9月30日
11	86/10	10月1日~10月31日
12	86/11	11月1日~11月30日
13	86/12	12月1日~12月6日

表 2-2 台北港現場觀測波浪資料蒐集情形

編號	年/月	波浪資料期間
1	85/12	12月15日~12月31日
2	86/01	1月1日~1月5日, 1月31日
3	86/02	2月1日~2月21日
4	86/03	3月1日~3月19日
5	86/04	4月1日~4月22日
6	86/05	5月7日~5月28日
7	86/06	無資料
8	86/07	7月8日~7月31日
9	86/08	8月1日~8月21日
10	86/09	9月9日~9月30日
11	86/10	10月1日~10月31日
12	86/11	11月1日~11月18日
13	86/12	12月5日~12月31日

表 2-3 台北港潮汐現場觀測蒐集情形

編號	年/月	潮 汐 資 料 期 間
1	85/12	12月15日~12月31日
2	86/01	1月1日~1月5日
3	86/02	2月1日~2月21日
4	86/03	3月1日~3月18日
5	86/04	4月1日~4月22日
6	86/05	5月7日~5月28日
7	86/06	無資料
8	86/07	7月8日~7月29日
9	86/08	8月1日~8月14日
10	86/09	9月9日~9月25日
11	86/10	10月4日~10月31日
12	86/11	11月1日~11月17日
13	86/12	12月5日~12月24日

表 2-4 台北港海流資料現場觀測蒐集情形

編號	年/月	海流資料期間	蒐集情形	
			上層	下層
1	85/12	12月15日~12月31日	✓	✓
2	86/01	1月1日~1月5日	✓	✓
3	86/02	2月1日~2月21日	×	✓
4	86/03	3月1日~3月18日	✓	✓
5	86/04	4月1日~4月22日	✓	✓
6	86/05	5月7日~5月28日	×	△
7	86/06	無資料	×	×
8	86/07	7月8日~7月29日	✓	✓
9	86/08	8月1日~8月14日	✓	✓
10	86/09	9月9日~9月28日	△	✓
11	86/10	10月4日~10月31日	△	✓
12	86/11	11月1日~11月7日	✓	✓
13	86/12	12月5日~12月31日	✓	×

註： ✓：表示記錄正常

△：表示儀器固障或記錄資料不佳

×：表示無資料

表 2-5 台北港懸浮質資料現場觀測蒐集情形

編號	日期	蒐集情形	
		上層	下層
1	1996/09/14/14:00~1996/09/17/13:00	×	×
2	1996/09/24/15:00~1996/09/29/13:00	×	×
3	1996/10/29/12:00~1996/10/31/23:00	×	×
4	1996/11/06/16:00~1996/11/09/03:00	×	×
5	1996/12/14/11:00~1997/01/04/12:00	✓	✓
6	1997/01/31/09:00~1997/02/21/07:00	×	✓
7	1997/02/25/11:00~1997/03/19/10:00	△	✓
8	1997/04/01/08:00~1997/04/22/07:00	△	✓
9	1997/05/07/09:00~1997/05/28/08:00	×	✓
10	1997/07/08/10:00~1997/07/25/06:00	✓	✓
11	1997/07/30/12:00~1997/08/21/11:00	✓	✓
12	1997/09/09/15:00~1997/10/04/21:00	✓	×
13	1997/10/16/21:00~1997/11/15/03:00	✓	×
14	1997/12/05/12:00~1997/12/27/22:00	✓	✓
15	1998/01/03/15:00~1998/01/31/08:00	✓	×
16	1998/02/17/13:00~1998/02/22/12:00	✓	×
17	1998/03/07 ~1998/03/29	×	✓
18	1998/04/10 ~1998/05/17	×	✓
19	1998/06/01 ~1998/06/17	×	✓
20	1998/07/11 ~1998/08/03	×	✓
21	1998/08/16 ~1998/09/04	×	✓
22	1998/09/12 ~1998/10/09	×	✓
23	1998/10/15 ~1998/11/11	×	✓
24	1999/02/10 ~1999/03/11	×	✓
25	1999/03/25 ~1999/04/21	×	✓

註： ✓：表示記錄正常

×：表示無資料

△：表示儀器故障或記錄資料不佳

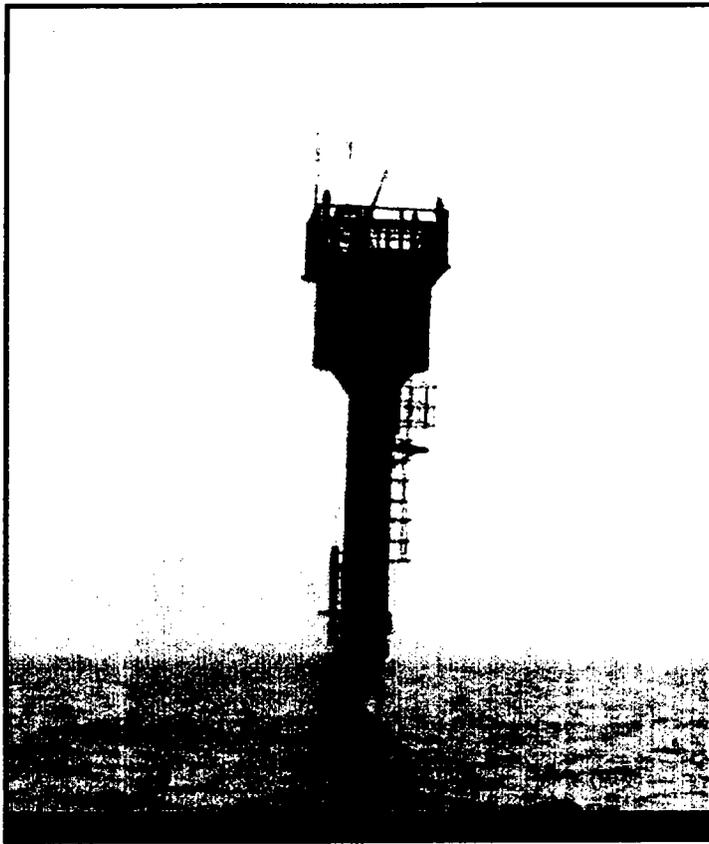


圖 2.1 淡水海上觀測樁

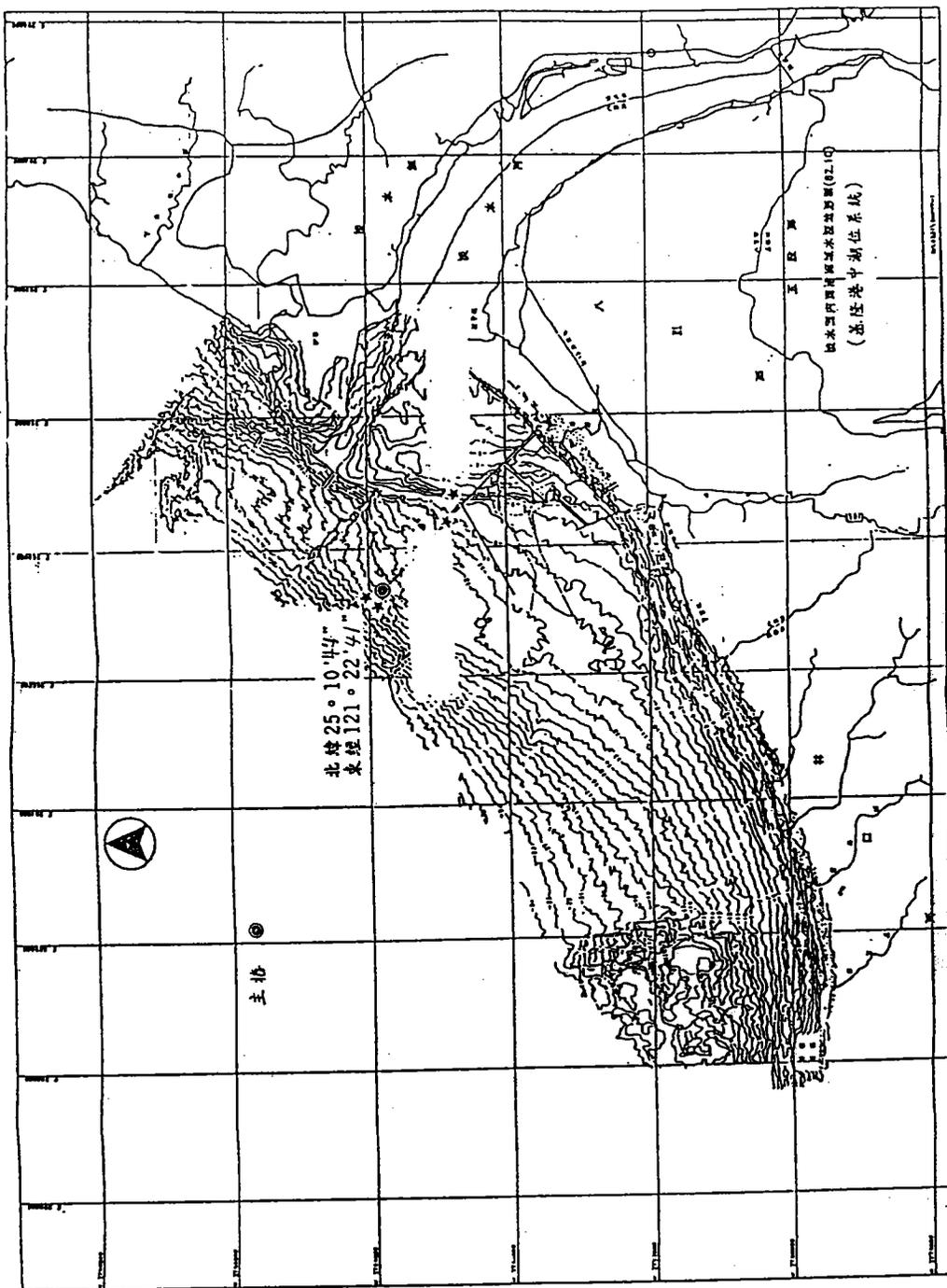


圖 2.2 淡水港觀測樁平面位置圖

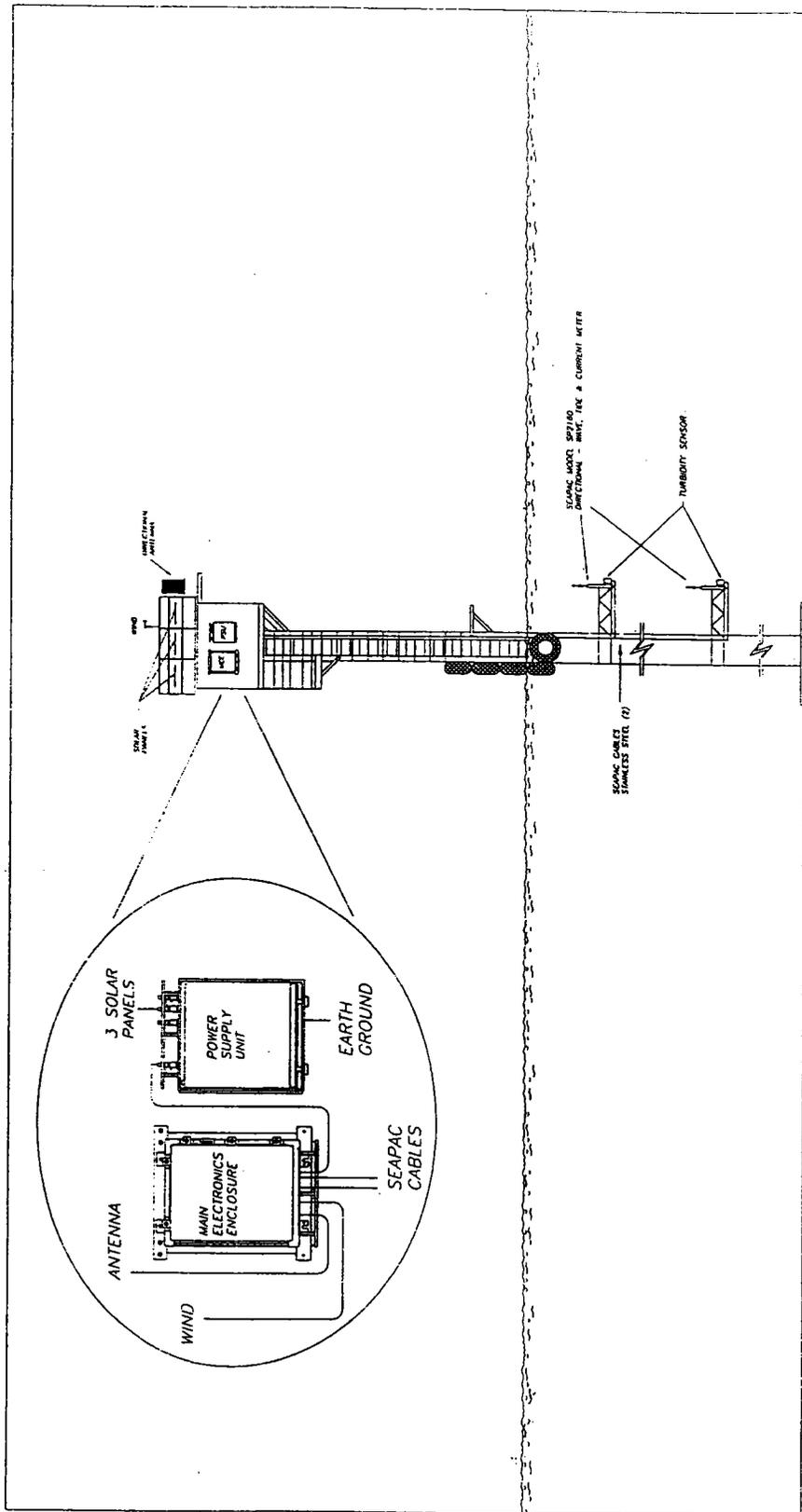


圖 2.3 淡水港觀測樁之儀器配置圖

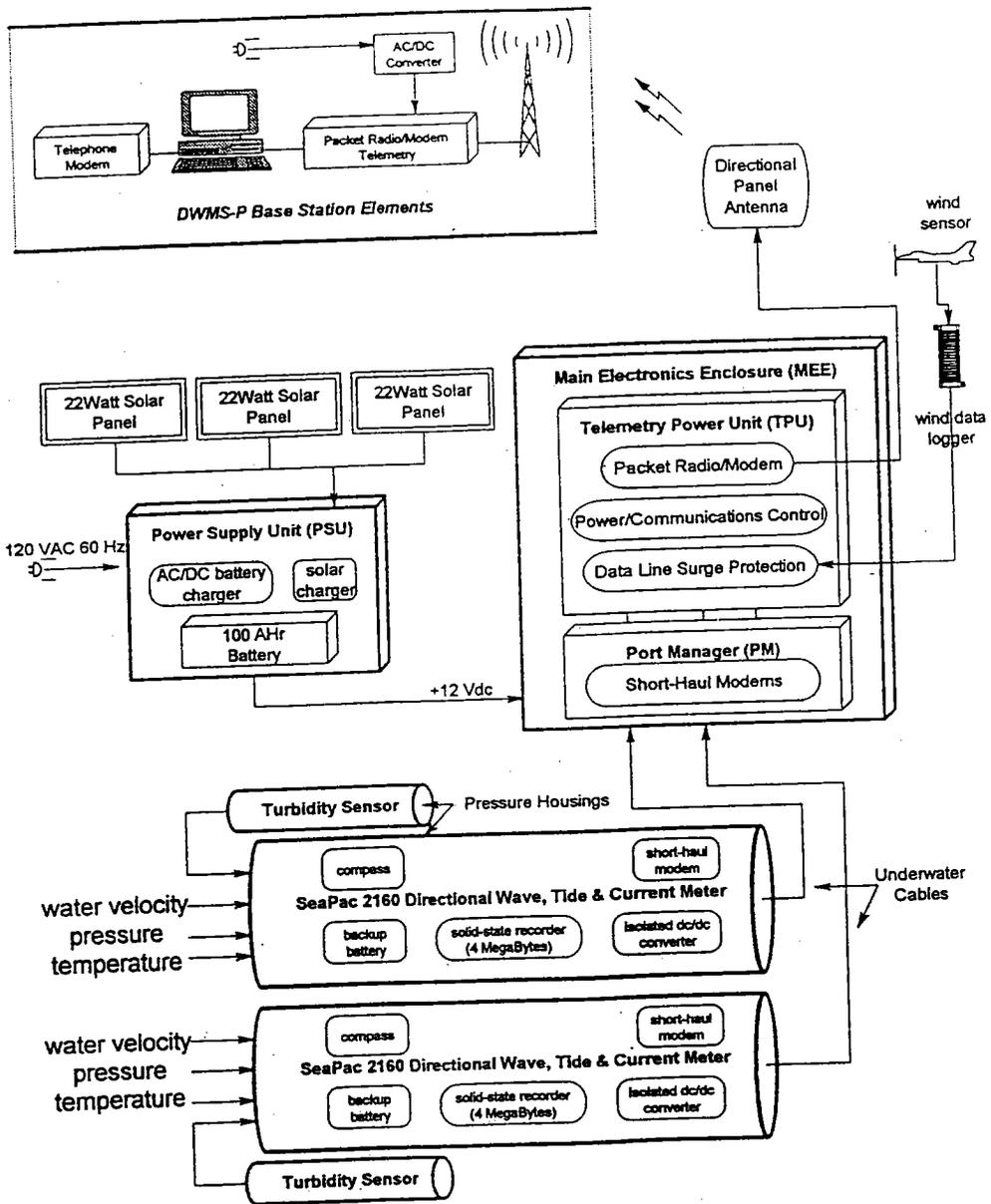


圖 2-4 淡水海氣象觀測儀器系統圖

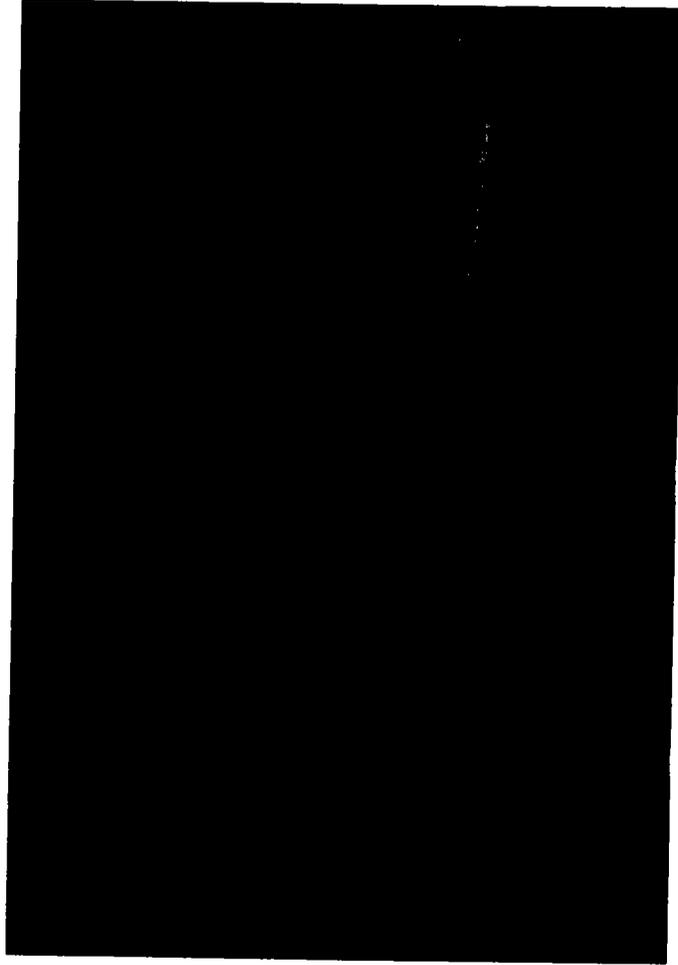


圖 2.5 MTB-16K 濁度計安裝圖

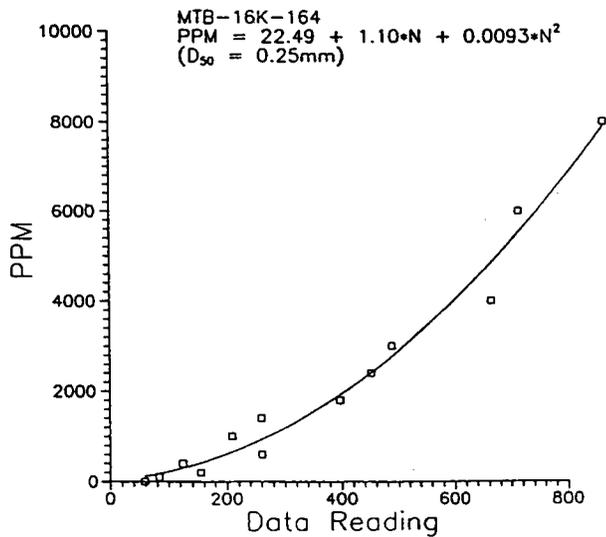
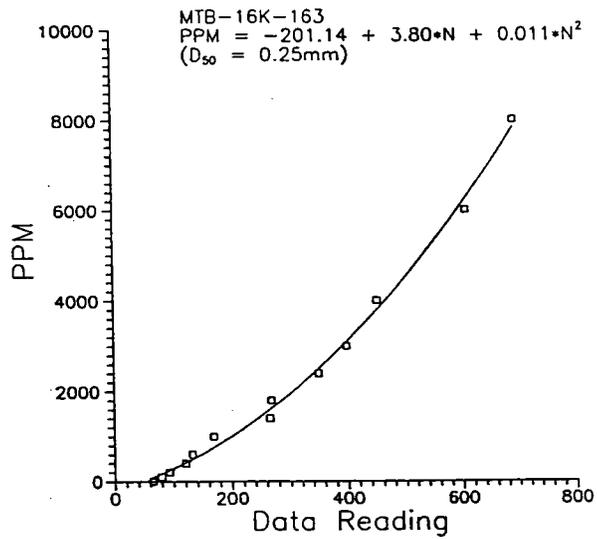
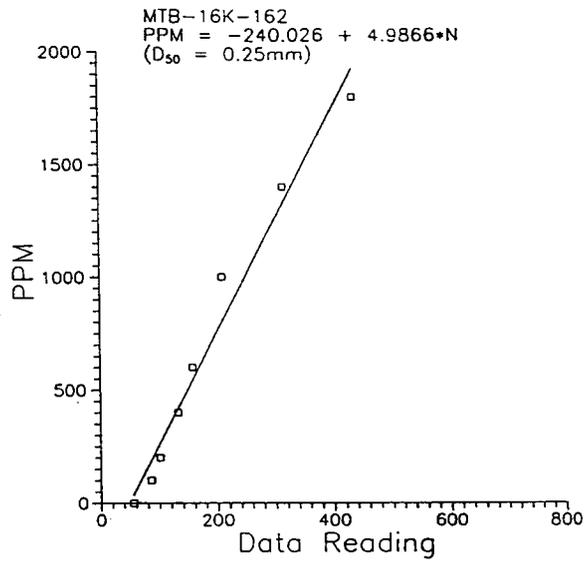


圖 2-6 MTB 16K 記憶型濁度計率定曲線

## 參、風力資料分析

風速計設置於觀測樁上離平均海平高約15米處，表3-1為85年12月至86年12月間風現場觀測期間資料統計表。除缺少5月及6月資料，並在12月、4月及7月缺少部份資料外，其他觀測資料甚為良好。以季節來分12月、1月及2月份風速較大，為典型冬季東北季風；3月、4月屬春季季風型態；7月及8月屬夏季季風型態；9月、10月及11月屬秋季為夏、冬間之轉換期。

表3-1 淡水現場觀測風資料統計表

序號	季節	月份 (年/月)	資料 檔名	啓止時間 (日.時:分~日.時:分)	觀測 天數	觀測 筆數
1	冬	1996/12	WI9612TS.1HE	01.15:00 ~ 18.00:00	18	394
2	冬	1997/01	WI9701TS.1HE	01.00:00 ~ 31.23:00	31	744
3	冬	1997/02	WI9702TS.1HE	01.00:00 ~ 28.23:00	28	672
4	春	1997/03	WI9703TS.1HE	01.00:00 ~ 31.23:00	31	744
5	春	1997/04	WI9704TS.1HE	01.00:00 ~ 29.09:00	29	682
6	夏	1997/07	WI9707TS.1HE	09.13:00 ~ 31.23:00	23	539
7	夏	1997/08	WI9708TS.1HE	01.00:00 ~ 31.23:00	31	744
8	秋	1997/09	WI9709TS.1HE	01.00:00 ~ 30.23:00	30	720
9	秋	1997/10	WI9710TS.1HE	01.00:00 ~ 31.23:00	31	744
10	秋	1997/11	WI9711TS.1HE	01.00:00 ~ 30.23:00	30	720
11	冬	1997/12	WI9712TS.1HE	01.00:00 ~ 06.09:00	06	130

風力大小直接影響到船隻在碼頭卸貨等港埠作業，風力也直接作用於船隻，對船隻進港操船安全也有影響。其次風力也是造成波浪之主要外力，而風吹海面引起之風吹流，皆為影響整個海面及港池之靜穩重要因素。

附錄A (表A-1~表A-11)分別為1996年12月~1997年12月測站逐時風速及風向月報表，此處逐時風速(m/sec)及風向(來向)指一小時內觀測之平均風速及風向。表中包括日平均風速、月平均風速，日最大風速(風向)，月最大風速(風向)。

附錄B (圖B-1 ~圖B-11)分別為1996年12月~1997年12月風速、風向、風東西分量及風南北分量逐時變化圖。以U-comp代表東西分量風速，正值代表向東分量，負值代表向西分量。以V-comp代表南北分量風速，正值代表向北分量，負值代表向南分量。

附錄C (表C-1 ~表C-11)分別為1996年12月~1997年12月間每月風速及風向聯合分佈百分比統計表，將風速及風向分成不同之區間值，經統計以求得不同區間之風速及風向所佔機率百分比。附錄D (表D-1 ~表D-4)分別為1996年12月~1997年11月間春、夏、秋、冬四季風速及風向聯合分佈百分比統計表。

附錄E (圖E-1 ~圖E-11)分別為1996年12月~1997年12月間每月風速統計方塊圖、風向玫瑰圖、東西分量風速及南北分量風速統計方塊圖。附錄F (圖F-1 ~圖F-4)分別為1996年12月~1997年11月間春、夏、秋、冬四季風速統計方塊圖、風向玫瑰圖、東西分量風速及南北分量風速統計方塊圖。

附錄G (圖G-1至圖G-11)分別為1996年12月~1997年12月間每月東西分量風速及南北分量風速能譜圖，有關能譜分析之理論可參考附錄一。附錄H (圖H-1至圖H-4)分別為1996年12月~1997年12月間每天不同時間之風速比較圖，每一曲線代表一個月之資料平均值。

由風速、風向分月統計表(表3-2)、風速、風向分季統計表(表3-3)、風速分佈百分比分月統計表(表3-4)、風向分佈百分比分月統計表(表3-5)、風速分佈百分比分季統計表(表3-6)、風向分佈百分比分季統計表(表3-7)、各月的風向玫瑰圖(圖E-1b ~圖E-11b)、各季的風向玫瑰圖(圖F-1b ~圖F-4b)、各月風速、風向聯合分佈百分比統計表(表C-1 ~表C-11)、各季風速、風向聯合分佈百分比統計表(表D-1 ~表D-4)可得以下初步統計量：

冬季12月~2月間，風向主要集中在東北東與北北東二個方向間，12月份佔65%，1月份佔63%，2月份佔52%，其他方向則明顯小很多，呈現典型的冬季東北季風型態；如以整季統計則冬季風向在東北東與北北東二

個方向間佔59%。風速大小在12月~2月各月份分別為：12月份平均風速7.9m/s，月最大風速為16.4m/s(風向東北)，風速小於5m/s佔29%，介於5~10m/s佔32%，風速大於10m/s佔39%；1月份平均風速8.3m/s，月最大風速為16.5m/s(風向東北)，風速小於5m/s佔21%，介於5~10m/s佔43%，風速大於10m/s佔36%；2月份平均風速8.1m/s，月最大風速為15.7m/s(風向東北)，風速小於5m/s佔23%，介於5~10m/s佔42%，風速大於10m/s佔36%；顯示12月、1月及2月份風速較大，為典型冬季東北季風；如以整季統計則冬季風速小於5m/s佔23%，介於5~10m/s佔41%，風速大於10m/s佔36%。

春季3月~4月間，風向主要仍然集中在東北東與北北東二個方向間，3月份佔56%，4月份佔48%，其他方向則明顯很小，呈現典型的春季季風型態；如以整季統計則春季風向在東北東與北北東二個方向間佔52%，略小於冬季。3月份平均風速6.8m/s，月最大風速為14.6m/s(風向北北東)，風速小於5m/s佔44%，介於5~10m/s佔25%，風速大於10m/s佔31%；4月份平均風速6.0m/s，月最大風速也為14.6m/s(風向北北東)，風速小於5m/s佔46%，介於5~10m/s佔37%，風速大於10m/s佔17%；3月及4月雖然主要風向仍為東北，但風速較冬季期間小，為屬春季季風型態；如以整季統計則春季風速小於5m/s佔45%，介於5~10m/s佔31%，風速大於10m/s佔24%。

夏季7月間風向主要集中在南南東及南南西二個方向間，本月份佔29%，8月間風向主要集中在西南西及西北西二個方向間，本月份佔23%，其他方向則較小，呈現典型的夏季西南季風型態。7月份平均風速3.8m/s，月最大風速為11.0m/s(風向為東北)，風速小於5m/s佔76%，介於5~10m/s佔23%，風速大於10m/s佔1%；8月份平均風速6.7m/s，月最大風速為24.8m/s(風向為東南)，發生在12日之溫妮颱風期間(WINNIE, 13日~19日)，另外於28日之安伯颱風期間(AMBER, 22日~29日)，風速也達24.6m/s(風向為東南)，本月份風速小於5m/s佔49%，介於5~10m/s佔28%，風速大於10m/s佔23%；7月及8月主要西、南向風，除颱風期間外，風速遠較

冬季期間小；如以整季統計則夏季風速小於5m/s佔60%，介於5～10m/s佔26%，風速大於10m/s佔14%。

秋季9月～11月間，風向主要集中在東北與東二個方向間，9月份佔39%，10月份佔66%，11月份佔39%，如以整季統計則秋季風向在東北與東二個方向間佔48%。9月份平均風速5.4m/s，月最大風速為13.4m/s(風向東北東)，風速小於5m/s佔53%，介於5～10m/s佔38%，風速大於10m/s佔9%；10月份平均風速6.8m/s，月最大風速為17.4m/s(風向東北)，風速小於5m/s佔37%，介於5～10m/s佔39%，風速大於10m/s佔24%；11月份平均風速6.4m/s，月最大風速為15.2m/s(風向北北東)，風速小於5m/s佔42%，介於5～10m/s佔37%，風速大於10m/s佔21%；9月、10月及11月主要風向集中在東北與東二個方向間，方向較冬季略偏東，風速也較冬季期間小；如以整季統計則秋季風速小於5m/s佔44%，介於5～10m/s佔38%，風速大於10m/s佔18%。

以季節分類，冬季風向主要集中在東北向，因強逕東北季風盛行，風速較大；春季風向主要仍然集中在東北向，但集中度略小，風速也較冬季期間小；夏季風向主要集中在南向及西南二個方向，除颱風期間外，風速遠較冬季期間小；秋季風向主要仍集中在東北方向，但方向較冬季略偏東，且集中度較小，風速也較冬季期間小。以整年統計(如年統計圖3-1及附表3-8年風速、風向聯合分佈百分比統計表)，年平均風速6.6m/s，年最大風速為24.8m/s(風向東南)，風速小於5m/s佔42%，介於5～10m/s佔35%，風速大於10m/s佔23%。全年風向集中在北北東與東二個方向間佔51%，全年風向集中在南與西南西二個方向間僅佔10%。

從月報表(附錄A)、每天不同時間之風速(月平均)比較圖(附錄H)，及能譜圖(附錄G)，顯示在冬季及春季期間風之日變化並不明顯，但夏季及秋季期間風之日變化則較明顯，每日於中午12時至下午6時之風速遠較其他時段為大，此差異在夏季尤為明顯。其原因為由於夏季季節、動量傳遞作用明顯，太陽輻射及海陸效應產生，常使風速出現日變化。因空氣

受到太陽輻射作用而使動量傳遞增強，所以風速常於午後增大，傍晚開始減弱，而於午夜至翌日清晨風速減小。而夏季能譜圖(附錄G)之能量部份集中在全日週期，也顯示此種效應存在。其次冬季能譜圖(附錄G)之主要能量集中在低頻處，即 $f=0.02$ 以下，也顯示東北季風在冬季之盛行現象。

淡水風測站之吹風延時分佈如表3-9所示，夏季風速過 $10\text{m/sec}$ 而延時超過2小時者，僅有13.5%之發生機率，延時超過8小時者更少，僅有10.6%之發生機率；秋季風速過 $10\text{m/sec}$ 而延時超過2小時者也甚少，僅有16.7%之發生機率，延時超過8小時者更少，僅有9.6%之發生機率。冬季則有明顯差距，風速過 $10\text{m/sec}$ 而延時超過2小時者，有34.5%之發生機率，延時超過8小時者，則也有27.7%之發生機率。春季風速過 $10\text{m/sec}$ 而延時超過2小時者，較冬季略小，有22.8%之發生機率，延時超過8小時者，則有14.7%之發生機率。

表 3-2 淡水風測站風速 (m/s) 及風向分月統計表

年、月	風速	風速	風速		風速	風向	風向
	平均值 (m/s)	最大值 / 風向 (m/s)	小於 5m/s (%)	介於 5 ~ 10 m/s (%)	大於 10m/s (%)	介於 NNE ~ ENE (%)	介於 SSW ~ WSW (%)
1996/12	7.9	16.4 NE	29.4	32.2	38.3	64.5	1.0
1997/01	8.3	16.5 NE	20.8	43.4	35.8	62.6	1.3
1997/02	8.1	15.7 NE	22.5	41.8	35.7	51.8	3.0
1997/03	6.8	14.6 NNE	44.1	25.0	30.9	55.8	5.1
1997/04	6.0	14.6 NNE	45.9	37.5	16.6	48.4	4.8
1997/07	3.8	11.0 NE	75.5	23.2	1.3	20.6	11.9
1997/08	6.7	24.8 SE	48.8	27.7	23.5	9.1	12.4
1997/09	5.4	13.4 ENE	52.8	37.9	9.3	21.8	7.1
1997/10	6.8	17.4 NE	36.6	39.1	24.3	26.5	2.2
1997/11	6.4	15.2 NNE	41.9	36.5	21.5	15.0	5.1
1997/12	9.6	17.1 NE	20.8	26.2	53.1	41.5	7.7

表 3-3 淡水風測站風速 (m/s) 及風向分季統計表

季	風速	風速	風速		風速	風向	風向
	平均值 (m/s)	最大值 / 風向 (m/s)	小於 5m/s (%)	介於 5 ~ 10 m/s (%)	大於 10m/s (%)	介於 NNE ~ ENE (%)	介於 SSW ~ WSW (%)
冬季	8.1	16.5 NE	23.3	40.4	36.3	59.0	1.9
春季	6.4	14.6 NNE	45.0	31.0	24.1	52.2	5.0
夏季	5.5	24.8 SE	60.0	25.8	14.2	14.0	12.2
秋季	6.2	17.4 NE	43.7	37.9	18.5	21.2	4.8

表 3-4 淡水風測站風速(m/s)分佈百分比(%)分月統計表

風速 年、月	0m/s (%)	1m/s (%)	2m/s (%)	3m/s (%)	4m/s (%)	5m/s (%)	6m/s (%)	7m/s (%)	8m/s (%)	9m/s (%)	10m/s (%)	12m/s (%)	14m/s (%)	16m/s (%)	18m/s (%)	20m/s (%)	40m/合計 (%)
1996/12	2.3	8.4	8.6	5.3	4.8	4.6	4.6	5.8	7.1	10.2	23.4	12.2	2.5	.3	.0	.0	100.
1997/01	3.9	2.7	5.9	4.0	4.3	7.5	7.3	10.2	9.7	8.7	16.1	12.5	6.5	.7	.0	.0	100.
1997/02	3.7	4.9	4.0	4.8	5.1	5.7	6.8	6.4	10.4	12.5	21.3	12.8	1.6	.0	.0	.0	100.
1997/03	3.9	9.0	11.7	9.7	9.8	6.7	3.9	3.8	5.1	5.5	17.9	12.6	.4	.0	.0	.0	100.
1997/04	5.9	11.6	11.4	9.1	7.9	6.3	5.0	6.3	9.2	10.7	13.6	2.6	.3	.0	.0	.0	100.
1997/07	6.9	12.8	19.3	21.9	14.7	7.4	5.6	5.8	3.0	1.5	1.3	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/08	3.6	11.6	12.4	13.6	7.7	7.3	6.2	6.2	5.5	2.6	5.8	6.5	4.3	3.1	1.3	2.6	100.
1997/09	3.2	8.8	15.6	12.5	12.8	6.9	6.8	9.6	7.9	6.7	8.2	1.1	.0	.0	.0	.0	100.
1997/10	4.0	6.6	10.8	8.9	6.3	7.9	7.3	6.0	7.7	10.2	16.4	5.4	1.9	.7	.0	.0	100.
1997/11	6.2	8.9	10.7	8.2	7.9	7.6	5.7	6.8	7.9	8.5	14.3	6.5	.7	.0	.0	.0	100.
1997/12	.0	2.3	5.4	10.0	3.1	4.6	5.4	3.1	6.2	6.9	20.8	12.3	13.8	6.2	.0	.0	100.

表 3-5 淡水風測站風向(來向)分佈百分比(%)分月統計表

風向 年、月	N (%)	NNE (%)	NE (%)	ENE (%)	E (%)	ESE (%)	SE (%)	SSE (%)	S (%)	SSW (%)	SW (%)	WSW (%)	W (%)	WNW (%)	NW (%)	NNW (%)	N (%)	合計 (%)
1996/12	1.3	20.6	43.9	6.9	6.3	9.9	3.0	1.3	.5	.5	.5	3.0	.5	.5	.5	.8	100.	
1997/01	5.4	30.9	31.7	5.9	5.5	7.4	1.9	1.7	.4	.5	.8	.9	1.2	.5	3.2	1.9	100.	
1997/02	11.3	17.7	34.1	9.4	2.7	7.3	1.6	.9	.7	1.5	1.5	3.3	3.6	2.4	.9	1.2	100.	
1997/03	5.9	21.6	34.1	4.4	2.6	3.5	4.8	4.0	2.7	1.9	3.2	2.3	3.9	1.5	2.0	1.5	100.	
1997/04	3.8	12.8	35.6	4.8	3.1	6.6	4.5	4.3	4.0	2.3	2.5	3.2	3.5	3.8	2.6	2.5	100.	
1997/07	6.7	9.6	10.9	4.8	3.3	5.0	8.0	11.7	16.9	6.1	5.8	1.5	2.8	2.4	1.9	2.6	100.	
1997/08	5.0	4.8	4.3	3.4	4.0	8.5	6.9	7.5	7.5	4.0	8.3	12.9	9.9	7.9	2.6	2.4	100.	
1997/09	2.1	5.3	16.5	22.4	12.1	7.2	3.6	4.0	6.5	3.5	3.6	3.1	1.5	4.7	2.2	1.7	100.	
1997/10	2.8	3.4	23.1	42.6	7.8	4.8	4.0	3.8	2.2	.9	1.2	1.2	.9	.1	.3	.8	100.	
1997/11	3.2	4.2	10.8	28.1	11.3	8.6	7.5	3.6	5.3	2.6	2.5	2.8	3.6	2.2	2.9	.8	100.	
1997/12	.0	.8	40.8	32.3	6.9	4.6	.0	.8	3.8	6.2	1.5	2.3	.0	.0	.0	.0	100.	

表 3-6 淡水風測站風速 (m/s) 分佈百分比 (%) 分季統計表

風速 季節	0m/s (%)	1m/s (%)	2m/s (%)	3m/s (%)	4m/s (%)	5m/s (%)	6m/s (%)	7m/s (%)	8m/s (%)	9m/s (%)	10m/s (%)	12m/s (%)	14m/s (%)	16m/s (%)	18m/s (%)	20m/s (%)	40m/合計 (%)
冬季	3.5	4.8	5.8	4.6	4.7	6.2	6.5	7.8	9.4	10.4	19.6	12.5	3.8	.3	.0	.0	100.
春季	4.8	10.2	11.6	9.4	8.9	6.5	4.4	5.0	7.1	8.0	15.8	7.9	.4	.0	.0	.0	100.
夏季	5.0	12.1	15.3	17.1	10.6	7.3	5.9	6.0	4.4	2.1	3.9	3.7	2.5	1.8	.8	1.5	100.
秋季	4.5	8.1	12.3	9.8	9.0	7.5	6.6	7.5	7.8	8.5	13.0	4.3	.9	.2	.0	.0	100.

表 3-7 淡水風測站風向 (來向) 分佈百分比 (%) 分季統計表

風向 季節	N (%)	NNE (%)	NE (%)	ENE (%)	E (%)	ESE (%)	SE (%)	SSE (%)	S (%)	SSW (%)	SW (%)	WSW (%)	W (%)	WNW (%)	NW (%)	NNW (%)	N (%)	合計 (%)
冬季	6.7	23.8	35.2	7.4	4.6	7.9	2.0	1.3	.6	.9	1.0	2.3	1.9	1.2	1.8	1.4	100.	
春季	4.9	17.4	34.9	4.6	2.8	5.0	4.7	4.1	3.3	2.1	2.9	2.7	3.7	2.6	2.3	2.0	100.	
夏季	5.7	6.9	7.1	4.0	3.7	7.0	7.3	9.3	11.5	4.9	7.2	8.1	6.9	5.6	2.3	2.5	100.	
秋季	2.7	4.3	16.9	31.1	10.3	6.9	5.0	3.8	4.6	2.3	2.4	2.3	2.0	2.3	1.8	1.1	100.	

表3-8 1997年淡水風測站逐時風速W(m/s)及風向D(來向)聯合分佈百分比(%)年統計表

1996年12月1日15時0分~1997年11月30日23時0分

風向 風速	N (%)	NNE (%)	NE (%)	ENE (%)	E (%)	ESE (%)	SE (%)	SSE (%)	S (%)	SSW (%)	SW (%)	WSW (%)	W (%)	WNW (%)	NW (%)	NNW (%)	N (%)	合計 (%)
0m/s	.8	.2	.2	.3	.2	.2	.3	.3	.3	.2	.2	.1	.1	.2	.4	.3		4.4
1m/s	.4	.4	.4	.4	.5	.8	.8	1.1	.9	.6	.4	.3	.5	.3	.4	.4		8.4
2m/s	.5	.6	.6	.7	.5	.6	.9	1.3	1.4	.9	.7	.5	.5	.4	.5	.3		11.0
3m/s	.6	.7	.7	.7	1.0	.7	.3	.6	1.0	.4	.8	.6	.4	.5	.4	.3		9.7
4m/s	.4	1.0	1.0	.8	.9	.7	.4	.3	.6	.2	.3	.4	.4	.3	.2	.2		8.1
5m/s	.3	.9	1.1	1.3	.8	.5	.4	.3	.3	.0	.3	.2	.1	.2	.1	.1		6.9
6m/s	.2	1.0	1.2	1.2	.7	.4	.3	.1	.1	.0	.1	.1	.2	.2	.0	.0		6.0
7m/s	.3	1.0	1.7	1.2	.6	.8	.3	.1	.1	.0	.0	.1	.2	.3	.0	.0		6.8
8m/s	.2	1.3	2.5	1.6	.3	.7	.4	.0	.0	.0	.0	.1	.2	.2	.0	.0		7.4
9m/s	.3	1.2	3.2	1.9	.2	.6	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0		7.7
10m/s	.2	1.4	3.0	1.6	.1	.3	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0		7.1
11m/s	.2	1.3	3.4	1.1	.1	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0		6.6
12m/s	.2	.9	2.3	.6	.0	.2	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0		4.5
13m/s	.0	.5	1.6	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.2	.0	.0	.0		2.7
14m/s	.1	.3	.6	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0		1.3
15m/s	.0	.1	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0		.6
16m/s	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0		.3
17m/s	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.2
18m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0		.4
30m/s																		
合計	4.8	12.8	23.8	13.9	5.9	6.8	4.6	4.3	4.6	2.4	3.1	3.5	3.3	2.7	2.0	1.6		100.0

[註1]: 風速介於2.0m/s~3.0m/s佔: 11.0%。風向介於NE~ENE佔: 23.8%。

[註2]: 風速平均值 = 6.64m/s, 風速最大值 = 24.82m/s, 其風向為SE

[註3]: 風速小於5m/s佔41.6%。風速介於5~10 m/s佔34.8%。風速大於10m/s佔23.6%

[註4]: 觀測點高度15米。資料每小時記錄一次, 合計6703筆。

表3-9a 淡水風力吹風延時分月、分季及年機率統計表

延時(時) 年、月	風速 ≥ 5 m/sec						風速 ≥ 10 m/sec					
	2 (%)	4 (%)	6 (%)	8 (%)	12 (%)	24 (%)	2 (%)	4 (%)	6 (%)	8 (%)	12 (%)	24 (%)
1996/12	69.5	67.3	67.3	67.3	51.8	46.7	37.6	37.1	30.5	30.5	25.4	22.3
1997/01	75.9	73.5	73.0	72.2	69.8	56.7	32.8	30.9	29.8	29.0	26.3	17.1
1997/02	76.6	74.1	73.5	73.5	66.2	66.2	32.9	26.8	22.9	22.9	17.4	10.3
1997/03	51.9	49.5	48.8	47.0	40.1	40.1	29.7	29.2	28.6	23.5	21.0	16.1
1997/04	53.2	49.7	47.2	46.2	45.0	19.4	15.2	10.6	8.1	5.1	3.7	.0
1997/07	22.4	20.6	12.2	8.7	5.0	.0	.7	.0	.0	.0	.0	.0
1997/08	48.9	45.7	41.4	36.4	30.2	24.1	22.7	21.0	19.2	18.3	15.7	13.0
1997/09	45.1	42.1	39.9	36.1	25.8	3.6	8.1	6.0	3.9	2.9	1.7	.0
1997/10	43.8	40.9	39.8	39.8	26.9	14.4	18.3	16.0	12.1	12.1	7.1	3.9
1997/11	52.2	49.4	47.6	46.7	45.6	30.7	19.7	14.9	14.3	8.9	6.5	4.3
1997/12	78.5	76.2	73.1	73.1	73.1	56.9	51.5	51.5	51.5	46.2	40.0	26.2
夏季	75.6	73.4	72.9	72.6	65.5	58.1	34.5	31.4	28.1	27.7	23.5	15.7
春季	53.8	51.1	49.5	48.1	43.9	30.2	22.8	20.3	18.8	14.7	12.7	8.4
夏季	37.8	35.2	29.2	24.8	19.6	14.0	13.5	12.2	11.1	10.6	9.1	7.6
秋季	53.1	50.2	48.5	46.9	38.8	22.3	16.7	13.6	11.4	9.6	6.7	4.3
1997年	56.4	53.8	51.6	49.9	43.4	32.0	22.2	19.6	17.4	15.8	13.0	8.9

表3-9b 淡水風力吹風延時分月、分季及年機率統計表

延時(時) 年、月	風速 ≥ 15 m/sec						風速 ≥ 20 m/sec					
	2 (%)	4 (%)	6 (%)	8 (%)	12 (%)	24 (%)	2 (%)	4 (%)	6 (%)	8 (%)	12 (%)	24 (%)
1996/12	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1997/01	2.0	2.0	.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1997/02	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1997/03	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1997/04	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1997/07	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1997/08	7.5	6.9	6.2	6.2	6.2	4.3	2.3	2.3	2.3	1.3	.0	.0
1997/09	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1997/10	1.2	1.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1997/11	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1997/12	10.8	10.8	6.9	6.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
冬季	.8	.8	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
春季	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
夏季	4.4	4.0	3.6	3.6	3.6	2.5	1.3	1.3	1.3	.8	.0	.0
秋季	.4	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
1997年	1.2	1.1	.8	.7	.7	.5	.3	.3	.3	.1	.0	.0

## Histogram of Wind(m/s) in Tan-Shui

Wind in Tan-Shui Harbor      1996/12/01.15:00-1997/11/30.23:00  
 mean : 6.6m/s, s.d.: 4.0m/s, min : .0m/s, max : 24.8m/s.  
 File : WI9700XX.1HE Data no. 6703 hours      Lost data no. 0 hours

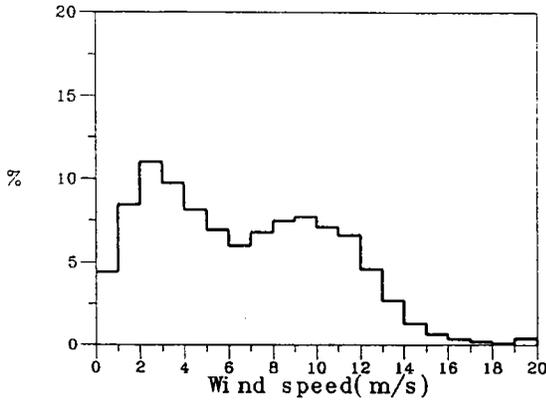


圖 3-1a 1997年風速統計方塊圖

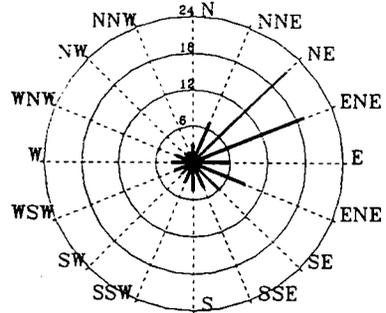


圖 3-1b 1997年風向統計玫瑰圖

Wind in Tan-Shui Harbor      1996/12/01.15:00-1997/11/30.23:00  
 mean : -3.6m/s, s.d.: 5.1m/s, min : -19.4m/s, max : 23.2m/s.  
 File : WI9700XX.1HE Data no. 6703 hours      Lost data no. 0 hours

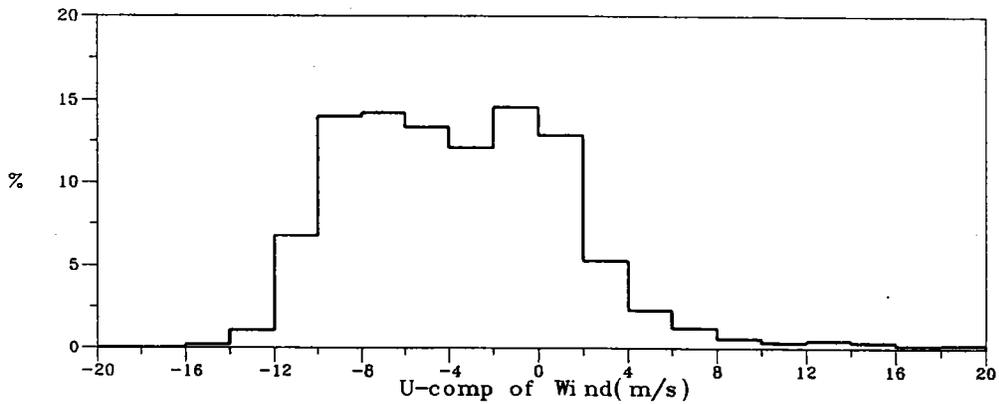


圖 3-1c 1997年淡水觀測之風東西分量統計方塊圖

Wind in Tan-Shui Harbor      1996/12/01.15:00-1997/11/30.23:00  
 mean : -1.9m/s, s.d.: 4.2m/s, min : -17.7m/s, max : 19.3m/s.  
 File : WI9700XX.1HE Data no. 6703 hours      Lost data no. 0 hours

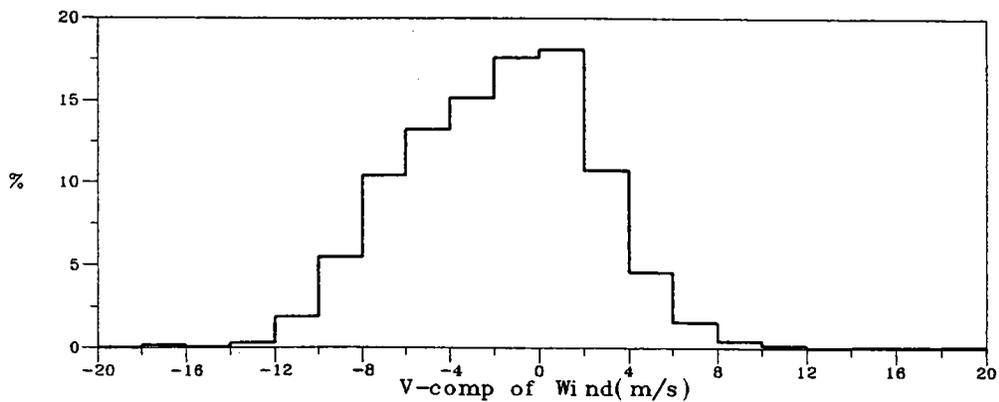


圖 3-1d 1997年淡水觀測之風南北分量統計方塊圖

## 肆、波浪資料分析

表 4-1 為 85 年 12 月至 86 年 12 月間波浪現場觀測期間資料統計表，除缺少 6 月份資料，並在 1 月份資料較短僅有 6 日外，其餘每月皆有約 20 日左右之觀測資料。配合風資料分類，以季節來分 12 月、1 月及 2 月份風速較大，為典型冬季東北季風期，3 月、4 月及 5 月屬春季，7 月及 8 月屬夏季，9 月、10 月及 11 月屬夏轉冬之秋季。

表 4-1 淡水現場觀測波浪資料統計表

序號	季節	月份 (年/月)	資料 檔名	啓止時間 (日.時:分~日.時:分)	觀測 天數	觀測 筆數
1	冬	1996/12	WX9612TB.1HA	15.13:00 ~ 31.23:00	17	395
2	冬	1997/01	WX9701TB.1HA	01.00:00 ~ 31.23:00	06	122
3	冬	1997/02	WX9702TB.1HA	01.00:00 ~ 21.08:00	21	489
4	春	1997/03	WX9703TU.1HA	01.00:00 ~ 19.10:00	19	443
5	春	1997/04	WX9704TB.1HA	01.10:00 ~ 22.06:00	22	501
6	春	1997/05	WX9705TB.1HA	07.09:00 ~ 28.07:00	22	503
7	夏	1997/07	WX9707TB.1HA	08.11:00 ~ 31.23:00	23	538
8	夏	1997/08	WX9708TU.1HA	01.00:00 ~ 21.11:00	21	492
9	秋	1997/09	WX9709TU.1HA	09.15:00 ~ 30.23:00	21	475
10	秋	1997/10	WX9710TU.1HA	01.00:00 ~ 31.23:00	24	584
11	秋	1997/11	WX9711TB.1HA	01.00:00 ~ 18.01:00	18	393
12	冬	1997/12	WX9712TU.1HA	05.14:00 ~ 31.22:00	27	619

資料分析分別依月、季及整年不同時間長度，整理如下之圖表：

1. 逐時波高及週期月報表：包括最大波高  $H_{max}$  及最大週期  $T_{max}$  月報表(如附錄 I)，波高  $H_{1/10}$  及週期  $T_{1/10}$  月報表(如附錄 J)，示性波高  $H_{1/3}$  及示性週期  $T_{1/3}$  月報表(如附錄 K)，平均波高  $H_{mean}$  及平均週期  $T_{mean}$  月報表(如附錄 L)。示性波高  $H_{1/3}$  及波向(來向)月報表(如附錄 M)，波高及週期可由水位資料利用零切法計算而得，此處水位資料每小時記錄 17 分，取樣頻率為 2 Herz，合計 2048 筆。波高及週期統計量有最大波高  $H_{max}$  及相對週期  $T_{max}$ ，最大十分之一波高  $H_{1/10}$  及相對週期  $1/10$

，示性波高  $H_{1/3}$  及示性波高  $T_{1/3}$ ，平均波高、平均週期及波向(來向)。  
表中包括日平均值、月平均值，日最大值，月最大值及符合每天早上六點至晚上六點間示性波高不大於0.5米(1.0米)之天數及百分比。

2. 每月示性波高  $H_{1/3}$ 、示性週期  $T_{1/3}$  及波向逐時變化圖，如附錄N。
3. 每月逐時最大波高  $H_{max}$  及最大週期  $T_{max}$  聯合分佈百分比(%)統計表，如附錄O。每月逐時波高  $H_{1/10}$  及週期  $T_{1/10}$  聯合分佈百分比(%)統計表，如附錄P。每月逐時示性波高  $H_{1/3}$  及示性週期  $T_{1/3}$  聯合分佈百分比(%)統計表，如附錄Q。每月逐時平均波高  $H_{mean}$  及平均週期  $T_{mean}$  聯合分佈百分比(%)統計表，如附錄R。每月逐時示性波高  $H_{1/3}$  及波向(來向)聯合分佈百分比(%)統計表，如附錄S。
4. 每季逐時示性波高  $H_{1/3}$  及示性週期  $T_{1/3}$  聯合分佈百分比(%)統計表，如附錄T。每季逐時示性波高  $H_{1/3}$  及波向(來向)聯合分佈百分比(%)統計表，如附錄U。
5. 1997年示性波高  $H_{1/3}$  及示性週期  $T_{1/3}$  聯合分佈百分比(%)統計表，如附表4-9。1997年示性波高  $H_{1/3}$  及波向(來向)聯合分佈百分比(%)統計表，如附表4-10。
6. 每月逐時示性波高  $H_{1/3}$ 、示性週期  $T_{1/3}$  統計方塊圖及波向玫瑰圖，如附錄V。每季示性波高  $H_{1/3}$ 、示性週期  $T_{1/3}$  統計方塊圖及波向玫瑰圖，如附錄W。1997年示性波高  $H_{1/3}$ 、示性週期  $T_{1/3}$  統計方塊圖及波向玫瑰圖，如附圖4-1。
7. 由調查記錄中選取代表性夏季、冬季及颱風異常期間之水位資料圖及波譜圖(圖4-2～圖4-9)。
8. 每月逐時波浪( $H_{1/3}$ ， $T_{1/3}$ )與風向量比較圖，如附錄W。
9. 取代表性之夏季及冬季期間探討風速能譜圖、 $H_{1/3}$ 能譜圖、風速自相關、 $H_{1/3}$ 自相關、風速與  $H_{1/3}$  互相關圖，如附圖4-10～圖4-17。

## 一、波浪基本統計特性

淡水區在冬季因受強勁東北季風之作用波高可預期較夏季之西南季風期之波高為大，而冬季12～2月之波高，也應較春季3月～5月及秋季9月～11月夏轉冬期之波高為大。

由每月 $H_{1/3}$ 及 $T_{1/3}$ 聯合分佈百分比統計表(如附錄Q)，每月 $H_{1/3}$ 及波向聯合分佈百分比統計表(如附錄S)，經統計得淡水觀測波浪示性波高 $H_{1/3}$ 、示性週期 $T_{1/3}$ 及波向分月統計表(表4-2)，淡水波浪之示性波高 $H_{1/3}$ (米)分佈百分比(%)分月統計表(表4-3)，淡水波浪之示性週期 $T_{1/3}$ (秒)分佈百分比(%)分月統計表(表4-4)，淡水波浪之波向(來向)分佈百分比(%)分月統計表(表4-5)。依冬、春、夏、秋分季也可得淡水波浪之示性波高 $H_{1/3}$ (米)分佈百分比(%)分季統計表(表4-6)，淡水波浪之示性週期 $T_{1/3}$ (秒)分佈百分比(%)分季統計表(表4-7)，淡水波浪之波向(來向)分佈百分比(%)分季統計表(表4-8)。以下為經初步分析整理之重要統計量：

波高分佈方面，由附表4-2及附表4-3顯示在冬季期間示性波高 $H_{1/3}$ 在97年12月份小於1米佔62%，介於1米～2米佔29%，大於2米佔9%；1月份因資料僅6天統計量代表性不足； $H_{1/3}$ 在2月份小於1米佔32%，介於1米～2米佔54%，大於2米佔14%。如以整季統計(附表4-6)則冬季 $H_{1/3}$ 小於1米佔51%，介於1米～2米佔36%，大於2米佔13%。

春季期間示性波高 $H_{1/3}$ 在3月份小於1米佔67%，介於1米～2米佔18%，大於2米佔15%； $H_{1/3}$ 在4月份小於1米佔87%，介於1米～2米佔12%，大於2米佔1%； $H_{1/3}$ 在5月份小於1米佔93%，介於1米～2米佔6%，大於2米佔1%。如以整季統計(附表4-6)則春季 $H_{1/3}$ 小於1米佔83%，介於1米～2米佔12%，大於2米佔5%。

以上分析顯示12月份之波高大於1米佔38%，2月份之波高大於1米佔68%，遠較3月份33%，4月份13%為多，5月份9%為多。整季比較冬季之波高大於1米佔49%，而春季之波高大於1米僅佔17%，冬季遠較春季比率

爲多。

在夏季期間示性波高  $H_{1/3}$  在7月份小於1米佔100%，無大於1米之波浪； $H_{1/3}$  在8月份小於1米佔85%，介於1米~2米佔7%，大於1米佔8%；如以整季統計(附表4-6)則夏季  $H_{1/3}$  小於1米佔93%，介於1米~2米佔3%，大於2米佔9%。夏季因西南季風不大，波高也相對偏小。但夏季波浪大於1米仍然高達12%，其主要原因爲8月期間有溫妮及安伯兩個颱風侵臺之故。

在秋季期間示性波高  $H_{1/3}$  在9月份小於1米佔70%，介於1米~2米佔21%，大於2米佔9%； $H_{1/3}$  在10月份小於1米佔81%，介於1米~2米佔16%，大於2米佔3%； $H_{1/3}$  在11月份小於1米佔75%，介於1米~2米佔19%，大於2米佔6%。如以整季統計(附表4-6)則秋季  $H_{1/3}$  小於1米佔76%，介於1米~2米佔18%，大於2米佔6%。

週期分佈方面，由附表4-2及附表4-4顯示在冬季期間示性週期，97年12月份  $T_{1/3}$  介於6~8秒佔52%，介於8~10秒佔40%，小於6秒僅佔5%，大於10秒也僅佔2%；2月份  $T_{1/3}$  介於6~8秒佔52%，介於8~10秒佔49%，無大於10秒及小於6秒之資料；如以整季統計(附表4-7)則冬季  $T_{1/3}$  介於6~8秒佔56%，介於8~10秒佔38%，大於10秒及小於6秒分別僅佔2%及5%。

在春季期間示性週期3月份  $T_{1/3}$  介於6~8秒佔58%，介於8~10秒佔38%，無大於10秒之波浪，小於6秒僅佔4%；4月份  $T_{1/3}$  介於6~8秒佔75%，介於8~10秒佔15%，小於6秒僅佔8%，大於10秒也僅佔2%；如以整季統計(附表4-7)則春季  $T_{1/3}$  介於6~8秒佔42%，介於8~10秒佔34%， $T_{1/3}$  大於10秒佔20%，小於6秒僅佔4%。4月份週期  $T_{1/3}$  主要介於4~7秒。因此冬季之波浪週期大於8秒佔40%較春季波浪週期大於8秒佔31%爲長。

在夏季期間示性週期7月份  $T_{1/3}$  介於6~8秒佔47%，介於8~10秒佔35%，大於10秒佔18%，小於6秒僅佔不足1%；8月份  $T_{1/3}$  介於6~8秒佔36%，介於8~10秒佔33%，大於10秒佔23%，小於6秒僅佔8%；如以整

季統計(附表4-7)則夏季T1/3介於6~8秒佔42%，介於8~10秒佔34%，大於10秒佔20%，而小於6秒僅佔4%。夏季期間示性週期介於6~8秒佔42%較冬季佔56%為小，但大於10秒夏季佔20%，反而較冬紀佔2%為大，其原因為8月有溫妮及安伯兩個颱風侵台，颱風波浪及湧浪週期一般大於10秒之故。

在秋季期間示性週期9月份T1/3介於6~8秒佔62%，介於8~10秒佔22%，大於10秒佔12%，小於6秒僅佔4%；10月份T1/3介於6~8秒佔59%，介於8~10秒佔27%，大於10秒佔8%，小於6秒僅佔6%；11月份T1/3介於6~8秒佔37%，介於8~10秒佔60%，大於10秒佔3%，無小於6秒波浪；如以整季統計(附表4-7)則秋季T1/3介於6~8秒佔54%，介於8~10秒佔34%，大於10秒佔8%，小於6秒僅佔5%。

波向分佈方面，由附表4-2及附表4-5顯示波向在冬季12月~2月間，波向主要集中在東南東與北北東二個方向間，97年12月份佔76%，2月份佔54%，其他方向則明顯小很多，呈現典型的冬季東北季風作用之波向型態；如以整季統計(附表4-8)則冬季波向在東南東與北北東二個方向間佔42%。

春季3月~4月間，波向主要仍然集中在東南東與北北東二個方向間，3月份佔37%，4月份佔45%，5月份佔30%，其他波向部份集中在西北西及南南西二個方向間，3月份佔22%，4月份佔17%，5月份佔38%；如以整季統計(附表4-8)則春季波向在東南東與北北東二個方向間佔38%，略小於冬季。

夏季7月~8月間，波向主要集中在西北西及南南西二個方向間，7月份佔60%，8月份佔53%，其他方向則較小，受現典型的夏季西南季風影響之故。如以整季統計(附表4-8)則夏季波向在西北西及南南西二個方向間佔58%。

秋季9月~11月間，波向主要仍然集中在東南東與北北東二個方向間及西北西與南南西二個方向間，前者9月份佔23%，10月份佔37%，11月份

佔37%，後者9月份佔35%，10月份佔19%，11月份佔15%，如以整季統計(附表4-8)則秋季波向在東南東與北北東二個方向間佔33%，在西北西及南南西二個方向間佔23%。

以整年統計，如年統計圖(圖4-1)、1997年示性波高與示性波高週期聯合分佈百分比統計表(附表4-9)、1997年示性波高與波向聯合分佈百分比統計表(附表4-10)，及重要年統計量表(附表4-2)顯示在年最大示性波高6.5米(週期12秒,波向東)， $H_{1/3}$ 小於1米佔77%，介於1米~2米佔17%，大於2米佔7%。 $T_{1/3}$ 介於6~8秒佔54%，介於8~10秒佔33%，大於8秒佔8%，小於6秒僅佔5%。全年波向集中在北北東與東南東二個方向間佔32%，全年波向集中在南南西與西北西二個方向間佔29%。

為進一步了解水位變化及波譜特性，由現場調查記錄中選取冬季1997年2月間四筆具代表性水位變化資料(圖4-2)進行波譜分析,其波譜圖如附圖4-3，其示性波高大小約3.2米~3.7米，示性週期大小約9.4秒~9.5秒，能譜圖也顯示主要能量落在10秒附近。再由現場調查記錄中選取夏季1997年7月間四筆具代表性水位變化資料(圖4-4)進行波譜分析,其波譜圖如附圖4-5，其示性波高大小約0.22米~0.25米，示性週期大小僅約5.7秒~6.0秒，同樣能譜圖也顯示主要能量落在6秒附近。夏季之波高遠較冬季為小，週期也較冬季為短。

其次欲了解夏季颱風異常期間之水位及波譜特性，由現場調查記錄中選取夏季1997年8月間溫妮颱風侵台前及登陸時各四筆具代表性水位變化資料(圖4-6及圖4-8)進行波譜分析,其波譜分別如附圖4-7及附圖4-9，侵台前四筆資料，其示性波高大小約0.55~0.64米，示性週期則高達13.5秒~15.7秒間，遠較冬季波浪週期為長，但波高並不大，其原因為長週期之颱風湧浪進行速度遠較颱風風速為快，颱風登陸前幾天湧浪已領先到台之現象。而溫妮颱風侵台時四筆資料，其示性波高大小約5.9~6.5米，示性週期大小約為11.5秒~12.6秒間，較侵台前湧浪週期為短，但波高則因強風登陸達到最大值。波譜圖4-7也顯示侵台前之能量集中於較長週期處(僅湧浪成

份)，但侵台時波譜圖 4-9 之能量集中不同長週期處，則也顯示波浪含有部份為颱風波浪及部份湧浪成份。

## 二、波浪與風之關係

俗語說無風不起浪，表示波浪之外力主要為風力，由附錄 X(圖 X-1 ~ 圖 X-1) 每月逐時波浪 ( $H_{1/3}$ ， $T_{1/3}$ ) 與風向量比較圖可明顯看出，風速較大的期間對應之示性波高也較大。反之風速較小時示性波高也明顯減小，但由比較圖僅能定性看出風速強弱與示性波高大小之關係，欲進一步了解風速與  $H^{1/3}$  相關大小或延時，需進一步做相關分析 (Correlation analysis)。

首先取冬春交替期之 3 月波浪與風資料進行相關分析，圖 4-10a 為 3 月份風速自相關，4-10b 為 3 月份示性波高  $H_{1/3}$  自相關，圖 4-10c 則為 3 月份風速與示性波高之互相關函數曲線。圖中自相關函數曲線及互相關函數曲線之最大值皆落在延時為零時，且僅是唯一的最大值，曲線並無週期性變化，風速及波高二個自相關函數曲線型態甚為相似，而二者之能譜圖 (圖 4-11a 及圖 4-11b) 也甚為相似。此現象說明，在主要東北風作用下，示性波高與風速大小皆甚為一致，並無明顯的週期變化，而二者互相關值在時間延時為零時最大值為 0.85，又顯示隨風之增大，波高在無延時之狀況下隨之增大，二者之相關係數高達 0.85 之程度。一般當相關係數為 1 時，表示二者為完全相關，此分析結果說明此地區之波浪主要受到區域季風之局部影響，而由遠洋傳遞到此區之其他成份波，例如湧浪並不明顯。

因為線性相關求得之風速與示性較高相關係數高 0.85，如以最小二乘法 (least squares method) 求得風速與示性波高之線性關係式可表示如下：

$$H_{1/3}(t) = -0.0319 + 0.126W_s(t), \quad t = 1, 2, \dots \quad (4.1)$$

式中時間  $t$  為小時單位。 $H_{1/3}$  為示性波高，單位為米。 $W_s$  為風速，單位為米/秒。

此段期間由線性關係式(4.1)推算示性波高之估算值與實測值之誤差絕對值其平均值為0.26米，標準偏差為0.22米。但假設二者為二次關係式時，可表示為

$$H_{1/3}(t) = 0.2347 - 0.0013W_s(t) + 0.0091W_s^2(t), \dots \quad (4.2)$$

由二次關係式(4.2)求得估算值與觀測值之誤差絕對值，其平均值為0.23米，較線性關係式(4.1)求得之平均值略小，但相差不大。而標準偏差同樣為0.22米，因此取簡易之線性關係(4.1)即可以描述風速與示性波高之相關特性。

由線性關係式(4.1)推算示性波高與風速之關係如下：當風速小於4.22 m/sec時，波高小於0.5米；風速大於8.19 m/sec時，波高大於1.0米；風速大於12.16 m/sec時，波高大於1.5米；而風速大於16.13 m/sec時，波高大於2.0米。

其次取冬季2月份在強勁東北風長期作用下(2月2日~2月19日,約18天連續吹東北風)之波浪與風資料進行相關分析，圖4-12a為2月份風速自相關，4-12b為2月份示性波高 $H_{1/3}$ 自相關，圖4-12c則為2月份風速與示性波高之互相關函數曲線。圖中自相關函數曲線之最大值皆落在延時為0時，但風速及波高二個自相關函數曲線型態不甚相似，而二者之能譜圖(圖4-13a及圖4-13b)也不相似；波浪有較短週期之變化，風速也有較長週期存在。互相關函數曲線之最大值落在延時為1小時處，互相關函數曲線並有些微週期變化之趨勢，但不明顯。因為二者自相關函數不甚相似，所以互相關值在最大值僅為0.53，此現象也說明波高與風速之線性相關不大。此分析結果說明此時期之波浪除受到區域季風之局部影響外，因在強勁東北風長期作用下，而由遠洋傳遞到此區之其他成份波，例如湧浪可能甚重要，其次各成份波間也可能存在較強之非線性效應。

最後取夏季7月份及8月份(有兩個颱風侵台)之波浪與風資料進行相關分析，圖4-14a為7月份風速自相關，圖4-14b為7月份示性波高 $H_{1/3}$ 自相關

，圖 4-14c 則為 7 月份風速與示性波高之互相關函數曲線，圖 4-15a 為 7 月份風速能譜圖，圖 4-15b 為 7 月份示性波高能譜圖。圖 4-16a 為 8 月份風速自相關，圖 4-16b 為 8 月份示性波高  $H_{1/3}$  自相關，圖 4-16c 則為 8 月份風速與示性波高之互相關函數曲線，圖 4-17a 為 8 月份風速能譜圖，圖 4-17b 為 8 月份示性波高能譜圖。圖中顯示不管 7 月或 8 月風速及波高二個自相關函數曲線型態不甚相似，而二者之能譜圖也不甚相似。因為二者自相關函數不甚相似，所以互相關值在最大值在 7 月僅為 0.54，而 8 月也僅為 0.68。

夏季波高與風速之線性相關不大，其原因為 97 年 7 月份間無颱風侵台記錄，夏季在本區域風速較小，部份過小之風力不足以產生成熟之波浪，因此不易建立良好之風速與波高關係。而 8 月份恰有溫妮及安伯兩颱風侵台，因此這段期間有颱風波浪之存在；一般颱風波浪之物理特性較複雜，也與季風波浪特性不相似。例如颱風湧浪之進行速度較風速為快，因此常有波場領先風場之現象。基於以上之風場與波場相關分析，顯示本區域之風與浪之關係甚為複雜，僅以前述之少數資料分析不易建立二者之完整相關，欲較完整建立風與浪二者關係，有必要引用數值模式來進行推算。

表 4-2 淡水觀測波浪示性波高  $H_{1/3}$ 、示性週期  $T_{1/3}$  及波向分月統計表

年、月	$H_{1/3}$ 平均值 (米)	$T_{1/3}$ 平均值 (秒)	$H_{1/3}$ 最大值 / 週期 / 波向 / 波向 (米) (秒) (來向)	$H_{1/3}$		波向		$T_{1/3}$			$T_{1/3}$ 大於10秒 (%)	
				小於1米 (%)	介於1~2米 (%)	介於NNE~ESE (%)	介於SSW~WNW (%)	小於6秒 (%)	介於6~8秒 (%)	介於8~10秒 (%)		
1996/12	.9	7.3	3.7 8.4 WSW	72.7	17.2	10.1	28.1	30.6	11.1	62.3	24.8	1.8
1997/01	1.1	8.0	2.9 9.2 N	58.2	28.7	13.1	635.5	13.1	3.3	49.2	38.5	9.0
1997/02	1.3	8.0	3.7 9.4 NE	32.1	53.8	14.1	54.4	8.0	.0	51.5	48.5	.0
1997/03	.9	7.6	4.0 8.9 SSW	66.8	18.3	14.9	37.0	22.1	3.8	58.2	37.9	.0
1997/04	.5	7.2	2.4 7.7 ESE	87.4	12.0	.6	45.1	17.0	8.4	74.7	15.2	1.8
1997/05	.4	7.8	2.4 8.5 E	92.8	6.0	1.2	30.2	38.4	8.2	51.7	28.8	11.3
1997/07	.2	8.4	.9 11.9 SW	100.0	.0	.0	13.2	60.1	.6	47.2	34.6	17.7
1997/08	.8	8.5	6.5 11.5 E	85.4	6.5	8.1	94.7	52.5	8.1	36.2	32.7	23.0
1997/09	.9	7.9	4.0 11.5 SSE	69.7	20.8	9.5	84.0	35.1	4.0	61.9	21.9	12.2
1997/10	.7	7.8	2.6 8.3 N	81.3	15.4	3.3	86.3	19.1	6.2	58.7	27.1	8.0
1997/11	.8	8.3	3.5 8.9 ENE	75.1	18.6	6.4	77.1	15.4	.0	36.9	60.1	3.1
1997/12	.9	7.7	3.1 9.1 E	62.0	29.4	8.6	120.1	7.2	5.0	51.4	40.4	3.2
冬季	1.1	7.7	3.7 9.4 NE	51.2	36.4	12.4	106.7	17.6	4.8	55.5	38.0	1.8
春季	.6	7.5	4.0 8.9 SSW	83.0	11.8	5.2	37.5	26.0	6.9	61.6	26.9	4.6
夏季	.5	8.4	6.5 11.5 E	93.0	3.1	3.9	39.8	57.6	4.2	41.9	33.7	20.2
秋季	.8	7.9	4.0 11.5 SSE	75.8	18.0	6.1	83.2	22.7	3.8	53.9	34.3	8.1
1997年	.7	7.9	6.5 11.5 E	76.5	16.8	6.7	65.3	29.1	5.0	54.0	32.7	8.3

表 4-3 淡水波浪之示性波高  $H_{1/3}$ (米) 分佈百分比(%) 分月統計表

$H_{1/3}$	0米	0.5米	1米	1.5米	2米	3米	4米	5米	6米	7米	8米	9米	10米	15米	20米	合計
年·月	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1996/12	34.4	38.2	11.4	5.8	8.4	1.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/01	25.4	32.8	16.4	12.3	13.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/02	6.1	26.0	29.4	24.3	13.1	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/03	52.6	14.2	7.7	10.6	13.5	1.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/04	58.9	28.5	9.4	2.6	.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/05	81.7	11.1	4.2	1.8	1.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/07	92.4	7.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/08	54.9	30.5	4.7	1.8	1.8	2.2	1.6	1.8	.6	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/09	34.7	34.9	14.7	6.1	6.9	2.3	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/10	48.6	32.7	10.6	4.8	3.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/11	39.4	35.6	12.5	6.1	5.3	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/12	35.4	26.7	16.3	13.1	8.4	.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.

表 4-4 淡水波浪之示性週期  $T_{1/3}$ (秒) 分佈百分比(%) 分月統計表

$T_{1/3}$	2秒	3秒	4秒	5秒	6秒	7秒	8秒	9秒	10秒	11秒	12秒	13秒	14秒	15秒	50秒	合計
年·月	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1996/12	.0	.0	.0	11.1	35.2	27.1	16.2	8.6	1.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/01	.0	.0	.0	3.3	21.3	27.9	14.8	23.8	9.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/02	.0	.0	.0	.0	7.4	44.2	39.1	9.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/03	.0	.0	.0	3.8	14.0	44.2	33.9	4.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/04	.0	.0	1.6	6.8	31.7	42.9	11.4	3.8	1.6	.2	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/05	.0	.0	.0	8.2	21.5	30.2	25.2	3.6	6.8	4.6	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/07	.0	.0	.0	.6	14.3	32.9	24.5	10.0	10.0	5.4	1.9	.4	.0	.0	.0	100.
1997/08	.0	.0	.0	8.1	25.4	10.8	18.3	14.4	8.3	5.7	4.9	1.8	1.2	1.0	.0	100.
1997/09	.0	.0	.0	4.0	28.0	33.9	13.5	8.4	4.2	3.6	3.2	1.1	.2	.0	.0	100.
1997/10	.0	.0	.0	6.2	20.5	38.2	19.0	8.0	3.4	3.8	.9	.0	.0	.0	.0	100.
1997/11	.0	.0	.0	.0	11.7	25.2	35.9	24.2	3.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
1997/12	.0	.0	.0	5.0	19.2	32.1	33.1	7.3	2.3	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.

表 4-5 淡水波浪之波向(來向)分佈百分比(%)分月統計表

風向 年、月	N (%)	NNE (%)	NE (%)	ENE (%)	E (%)	ESE (%)	SE (%)	SSE (%)	S (%)	SSW (%)	SW (%)	WSW (%)	W (%)	WNW (%)	NW (%)	NNW (%)	N (%)	合計 (%)
1996/12	3.8	2.5	9.1	2.8	13.7	3.5	10.1	9.1	8.9	13.4	6.8	6.6	3.8	4.1	.5	1.3		100.
1997/01	10.3	9.3	15.0	5.6	10.3	3.7	16.8	4.7	7.5	6.5	2.8	2.8	.9	2.8	.9	.0		100.
1997/02	14.9	4.5	24.9	2.5	22.5	3.3	8.6	3.7	6.1	3.3	2.5	1.8	.4	1.0	.0	.0		100.
1997/03	1.6	4.1	10.6	8.4	14.0	6.8	14.7	7.9	8.8	7.2	6.1	4.1	4.7	.9	.2	.0		100.
1997/04	9.0	4.6	19.2	4.0	17.4	4.6	10.6	5.0	7.6	5.0	5.2	4.4	2.4	1.0	.2	.0		100.
1997/05	.0	.0	7.4	11.1	11.7	7.6	8.9	5.0	9.7	10.7	15.3	10.1	2.2	.2	.0	.0		100.
1997/07	.4	.6	2.6	1.7	4.6	4.2	5.9	7.4	8.6	10.5	15.3	17.8	16.5	3.3	.6	.2		100.
1997/08	.8	1.5	1.9	1.5	2.7	2.3	4.9	6.1	6.1	6.1	6.5	10.6	29.3	17.9	1.9	.0		100.
1997/09	.0	6.6	6.0	6.0	4.7	6.6	7.8	11.6	11.9	14.1	7.8	6.9	6.3	2.8	.9	.0		100.
1997/10	8.7	3.8	12.5	5.2	15.1	5.8	11.7	5.6	9.3	6.4	5.0	4.6	3.0	2.4	.4	.4		100.
1997/11	6.1	3.1	13.3	4.1	16.7	4.4	16.0	5.8	11.9	4.8	5.5	4.4	.7	2.7	.0	.3		100.
1997/12	1.6	34.0	15.7	14.8	9.0	3.0	5.3	4.6	4.6	3.0	2.8	1.2	.2	.0	.0	.0		100.

表 4-6 淡水波浪之示性波高  $H_{1/3}$  (米) 分佈百分比 (%) 分季統計表

$H_{1/3}$ 季節	0米 (%)	0.5米 (%)	1米 (%)	1.5米 (%)	2米 (%)	3米 (%)	4米 (%)	5米 (%)	6米 (%)	7米 (%)	8米 (%)	9米 (%)	10米 (%)	15米 (%)	20米 (%)	合計 (%)
冬季	19.6	31.6	20.8	15.6	11.2	1.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
春季	64.9	18.1	7.0	4.8	4.8	.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
夏季	74.5	18.5	2.2	.9	.9	1.1	.8	.9	.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
秋季	41.6	34.2	12.5	5.6	5.0	1.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.

表 4-7 淡水波浪之示性週期  $T_{1/3}$  (秒) 分佈百分比 (%) 分季統計表

$T_{1/3}$ 季節	2秒 (%)	3秒 (%)	4秒 (%)	5秒 (%)	6秒 (%)	7秒 (%)	8秒 (%)	9秒 (%)	10秒 (%)	11秒 (%)	12秒 (%)	13秒 (%)	14秒 (%)	15秒 (%)	50秒 (%)	合計 (%)
冬季	.0	.0	.0	4.8	20.0	35.5	27.1	10.8	1.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	100.
春季	.0	.0	.6	6.4	22.7	38.9	23.1	3.8	2.9	1.7	.0	.0	.0	.0	.0	100.
夏季	.0	.0	.0	4.2	19.6	22.3	21.6	12.1	9.2	5.5	3.3	1.1	.6	.5	.0	100.
秋季	.0	.0	.0	3.8	20.6	33.3	21.8	12.5	3.6	2.7	1.4	.3	.1	.0	.0	100.

表 4-8 淡水波浪之波向 (來向) 分佈百分比 (%) 分季統計表

風向 季節	N (%)	NNE (%)	NE (%)	ENE (%)	E (%)	ESE (%)	SE (%)	SSE (%)	S (%)	SSW (%)	SW (%)	WSW (%)	W (%)	WNW (%)	NW (%)	NNW (%)	N (%)	合計 (%)
冬季	10.0	4.2	17.6	2.9	17.7	3.4	10.1	6.0	7.4	7.7	4.2	3.8	1.8	2.4	.3	.5	.0	100.
春季	3.6	2.8	12.4	7.8	14.4	6.3	11.3	5.9	8.7	7.7	9.0	6.3	3.0	.7	.1	.0	.0	100.
夏季	.5	.9	2.4	1.6	4.0	3.6	5.6	6.9	7.8	9.0	12.4	15.5	20.7	8.1	1.0	.1	.0	100.
秋季	5.5	4.4	10.8	5.1	12.5	5.7	11.7	7.4	10.7	8.2	6.0	5.2	3.3	2.6	.5	.3	.0	100.

表 4-9 1997 年淡水波浪測站逐時  $H_{1/3}$  (米) 及  $T_{1/3}$  (秒) 聯合分佈百分比 (%) 年統計表

1996 年 12 月 15 日 13 時 0 分 ~ 1997 年 11 月 18 日 1 時 0 分

$H_{1/3}$	$T_{1/3}$ 2秒	3秒	4秒	5秒	6秒	7秒	8秒	9秒	10秒	11秒	12秒	13秒	14秒	15秒	50秒	2~50秒 (%)
.0米	.0	.0	.1	2.6	10.7	16.1	11.1	5.7	2.9	1.2	.3	.1	.0	.0		50.8
.5米	.0	.0	.0	2.0	8.1	8.6	3.5	1.4	.7	.7	.3	.1	.1	.1		25.7
1.0米	.0	.0	.0	.2	1.9	4.8	2.9	.2	.2	.1	.0	.0	.0	.0		10.4
1.5米	.0	.0	.0	.0	.2	2.7	2.7	.6	.1	.1	.1	.0	.0	.0		6.4
2.0米	.0	.0	.0	.0	.0	.9	2.7	1.2	.2	.2	.2	.0	.0	.0		5.3
3.0米	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.2	.3	.0	.0	.1	.1	.0	.0		.9
4.0米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0		.2
5.0米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0		.2
6.0米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.1
7.0米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
8.0米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
9.0米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
10.0米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
11.0米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
12.0米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
13.0米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
14.0米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
15.0米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
50.0米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
0~50米	.0	.0	.2	4.8	20.9	33.1	23.2	9.5	4.2	2.4	1.1	.3	.1	.1		100.0

[註1]: 波高  $H_{1/3}$  介於 .0 米 ~ .5 米佔: 50.8 %。週期  $T_{1/3}$  介於 7.0 秒 ~ 8.0 秒佔: 33.1 %。

[註2]:  $H_{1/3}$  小於 1 米佔 76.5 %。  $H_{1/3}$  介於 1 ~ 2 米佔 16.8 %。  $H_{1/3}$  大於 2 米佔 6.7 %。

[註3]: 每小時記錄一次, 合計 4935 小時。觀測點水深 15 米, 儀器安置水深 5 米。

表 4-10 1997 年淡水波浪測站逐時  $H_{1/3}$  (米) 及波向 D (來向) 聯合分佈百分比 (%) 年統計表

1996 年 12 月 15 日 13 時 0 分 ~ 1997 年 11 月 18 日 1 時 0 分

波向 $H_{1/3}$	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	合計
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
.0 米	.6	1.1	3.1	2.7	4.7	2.8	4.2	3.7	4.9	4.9	6.0	5.5	5.0	1.9	.3	.1		51.4
.5 米	1.8	1.2	3.3	1.2	3.7	1.2	2.8	1.5	1.9	1.6	1.0	1.1	.9	.5	.1	.1		23.8
1.0 米	1.3	.5	2.3	.5	1.8	.5	1.4	.6	1.0	.6	.3	.2	.2	.1	.0	.0		11.2
1.5 米	.7	.2	1.3	.2	1.5	.1	.8	.5	.5	.4	.3	.2	.0	.2	.0	.0		7.0
2.0 米	.6	.3	1.3	.3	1.0	.2	.7	.2	.4	.5	.1	.2	.0	.1	.0	.0		5.9
3.0 米	.0	.0	.1	.0	.1	.1	.1	.1	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0		.8
4.0 米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
5.0 米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
6.0 米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
7.0 米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
8.0 米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
9.0 米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
10.0 米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
11.0 米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
12.0 米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
13.0 米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
14.0 米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
15.0 米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
50.0 米	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		.0
合計	5.0	3.2	11.4	4.9	12.7	5.0	10.1	6.5	8.7	8.1	7.8	7.2	6.1	2.9	.4	.2		100.0

[註 1]: 波向介於 E ~ ESE 佔: 12.7%。

[註 2]: 資料每小時記錄一次, 合計 4343 筆。

Rose Diagram of Wave Direction and Histogram of H1/3(m) and T1/3(sec)

File : WX9700XX.HTA Data no. 5799 hours Lost data no. 1445 hours

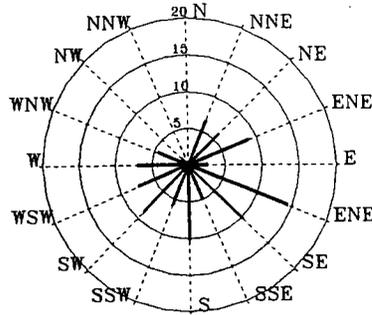


圖 4-1a 1997 年全年波向(來向)統計玫瑰圖

Wave in Tan-Shui Harbor at 1996/12/15.13:00-1997/11/18.01:00  
 mean : .7m, s.d.: .7m, min : .0m, max : 6.5m.  
 File : WX9700XX.HTA Data no. 5799 Lost data no. 864

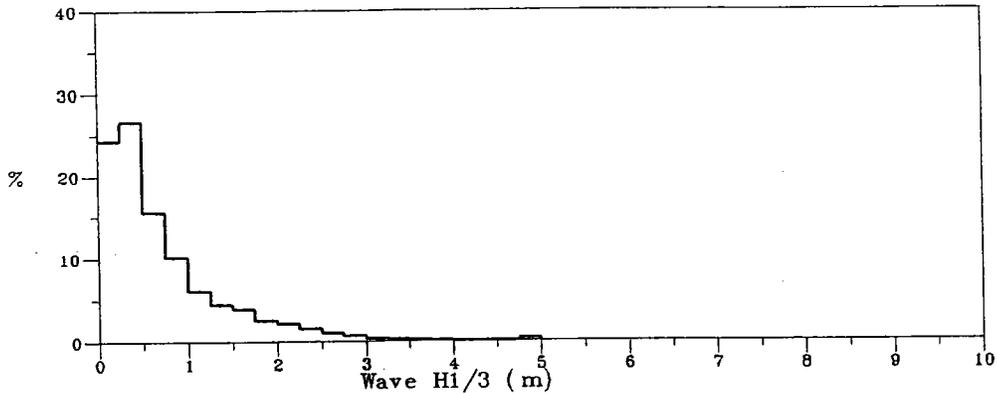


圖 4-1b 1997 年全年示性波高(H1/3)統計方塊圖

Wave in Tan-Shui Harbor at 1996/12/15.13:00-1997/11/18.01:00  
 mean : 7.9sec, s.d.: 1.4sec, min : 4.5sec, max : 15.7sec.  
 File : WX9700XX.HTA Data no. 5799 Lost data no. 864

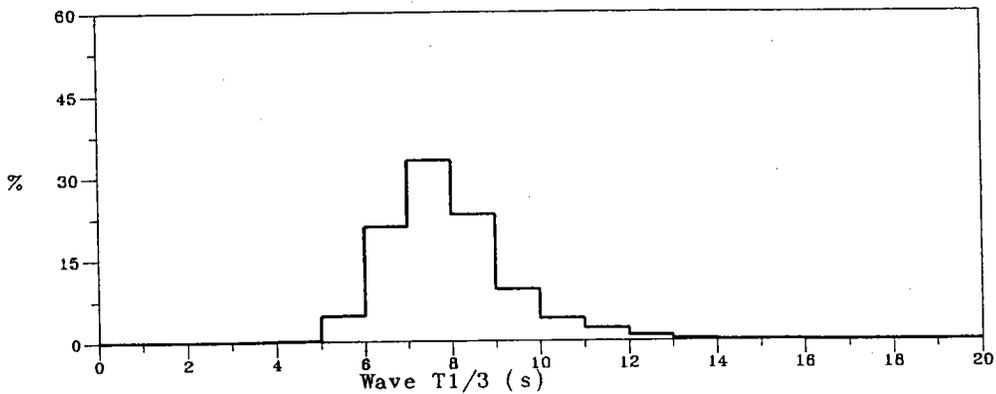


圖 4-1c 1997 年全年示性週期(T1/3)統計方塊圖

Water level data a (cm)

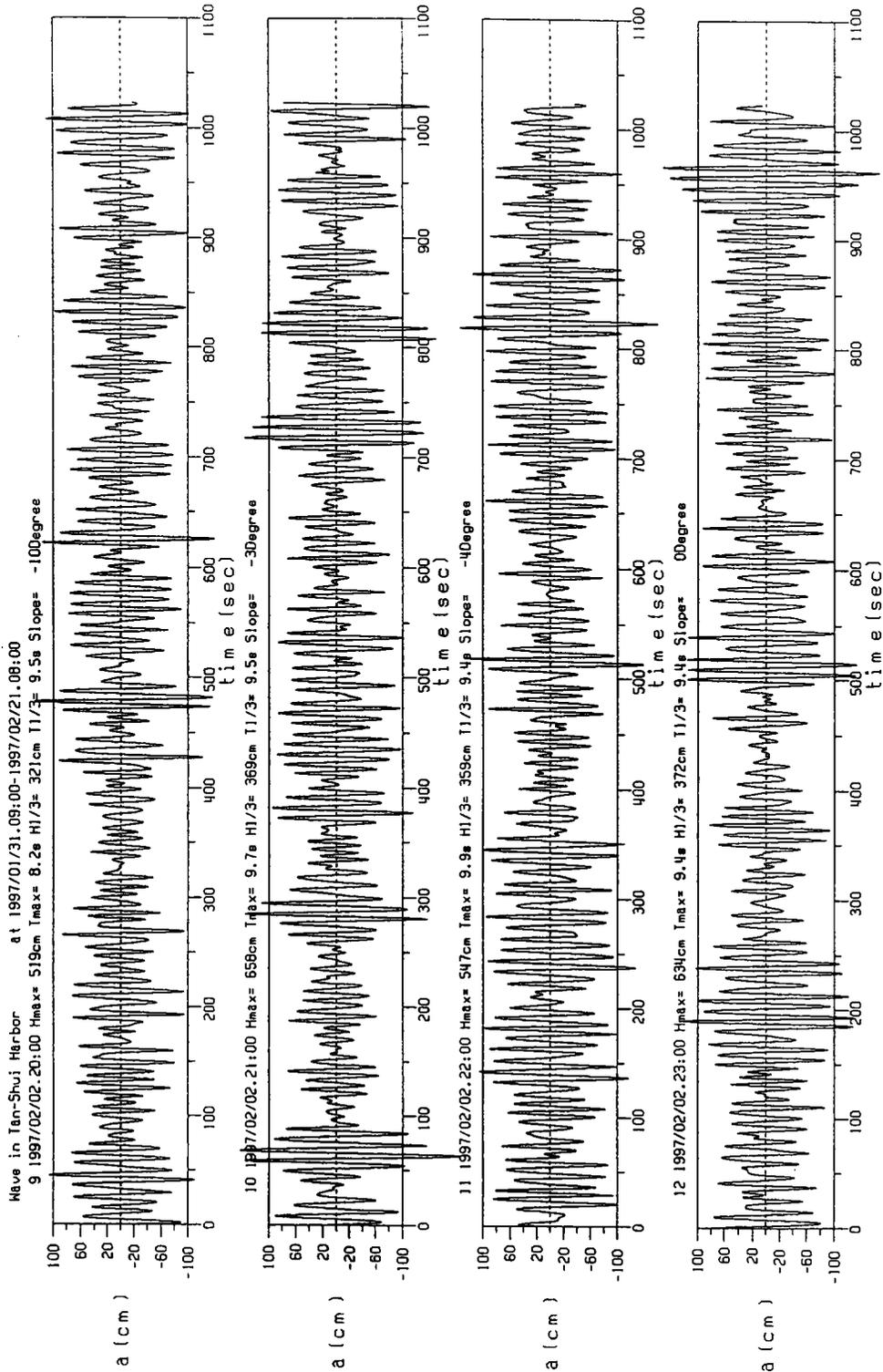
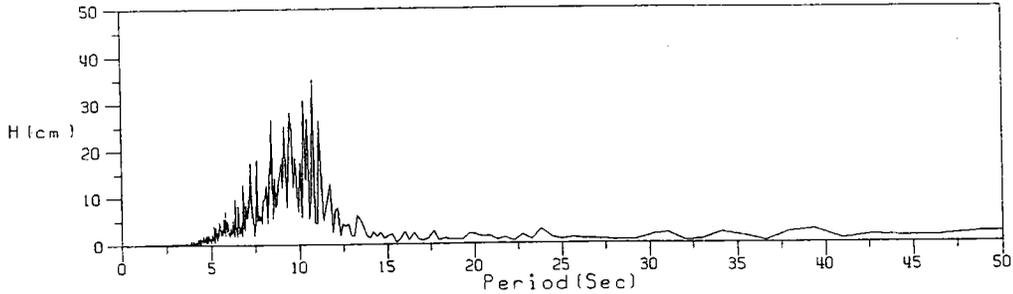


圖 4-2 典型冬季(1997年2月)淡水觀測之水位變化圖

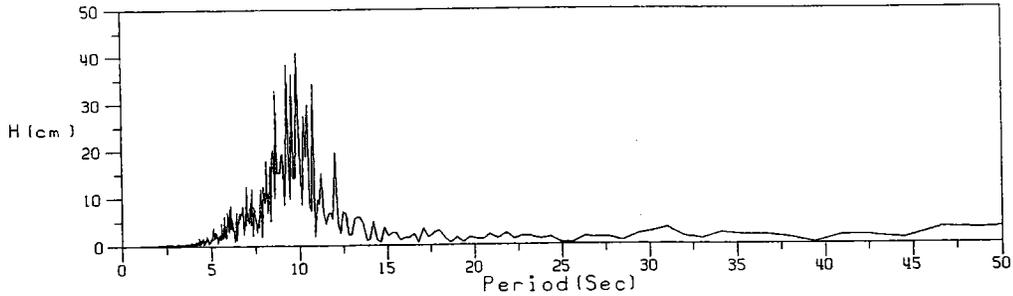
# Wave Spectral in Tan-Shui

Wave in Tan-Shui Harbor at 1997/01/31.09:00-1997/02/21.08:00

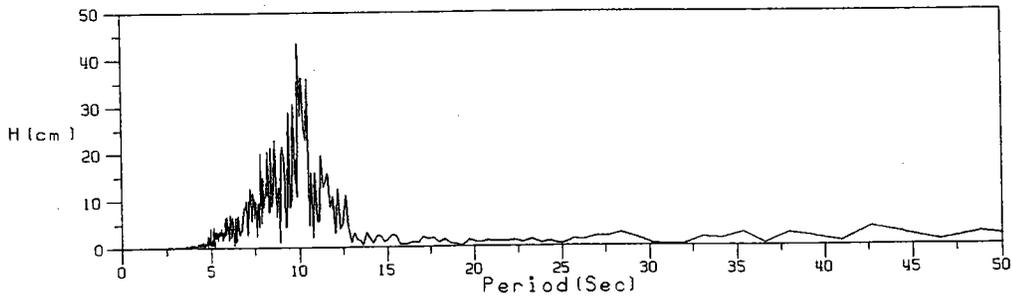
9 1997/02/02.20:00 Hmax= 519cm Tmax= 8.2s H1/3= 321cm T1/3= 9.5s Slope= -10Degree



10 1997/02/02.21:00 Hmax= 658cm Tmax= 9.7s H1/3= 369cm T1/3= 9.5s Slope= -3Degree



11 1997/02/02.22:00 Hmax= 547cm Tmax= 9.9s H1/3= 359cm T1/3= 9.4s Slope= -40Degree



12 1997/02/02.23:00 Hmax= 634cm Tmax= 9.4s H1/3= 372cm T1/3= 9.4s Slope= 00Degree

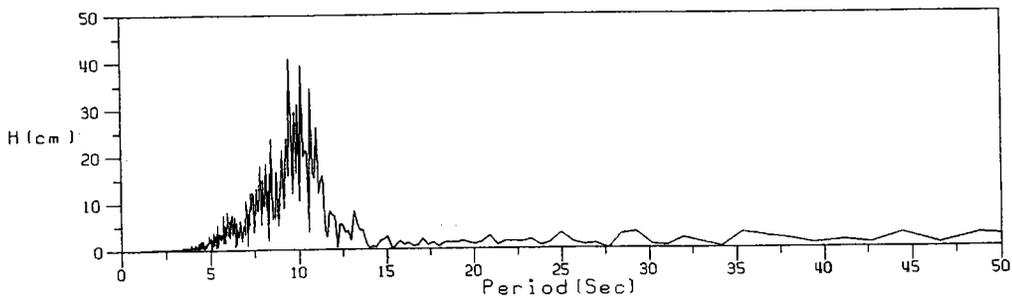


圖 4-3 典型冬季(1997年2月)淡水觀測之波高譜圖

Water level data a (cm)

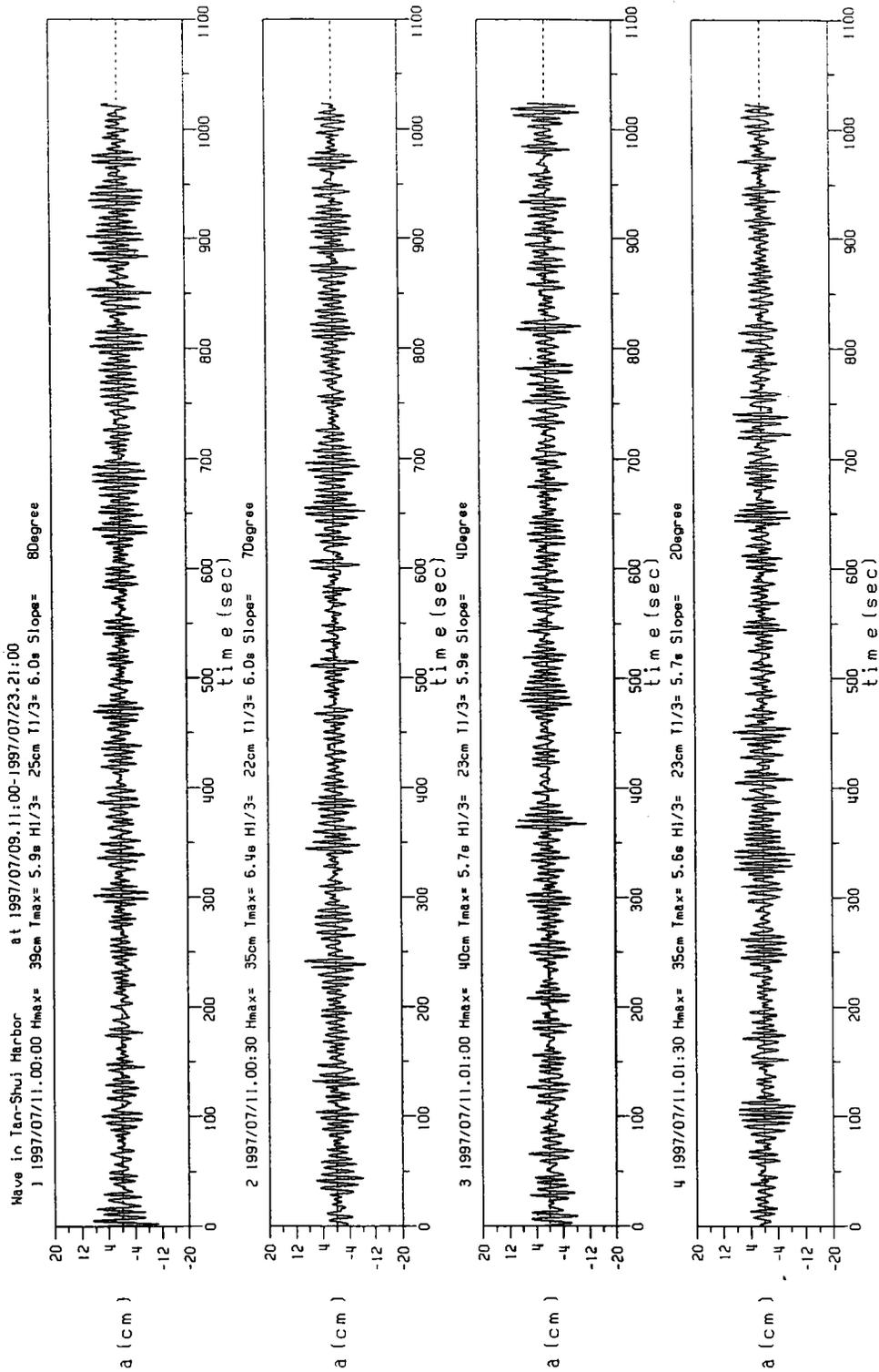


圖 4-4 典型夏季(1997年7月)淡水觀測之水位變化圖

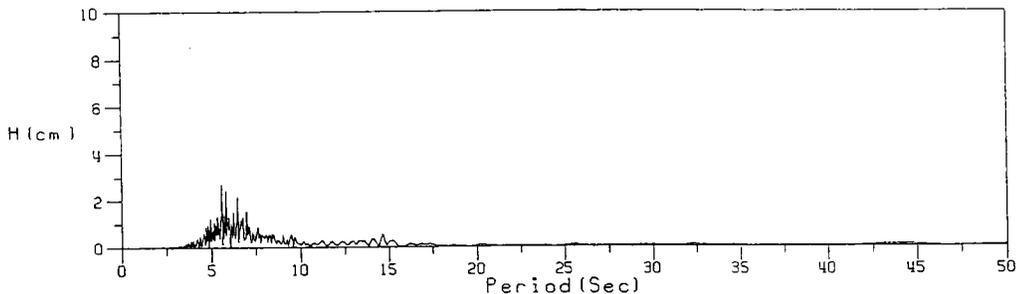
HY970701.LEV

Institute of Harbor & Marine Technology

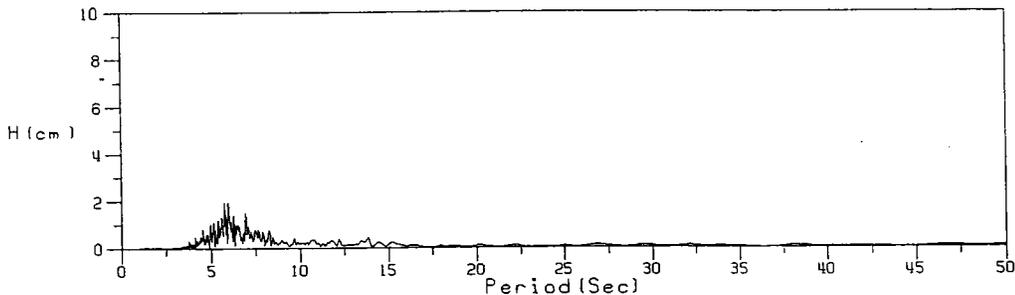
# Wave Spectral in Tan-Shui

Wave in Tan-Shui Harbor at 1997/07/09.11:00-1997/07/23.21:00

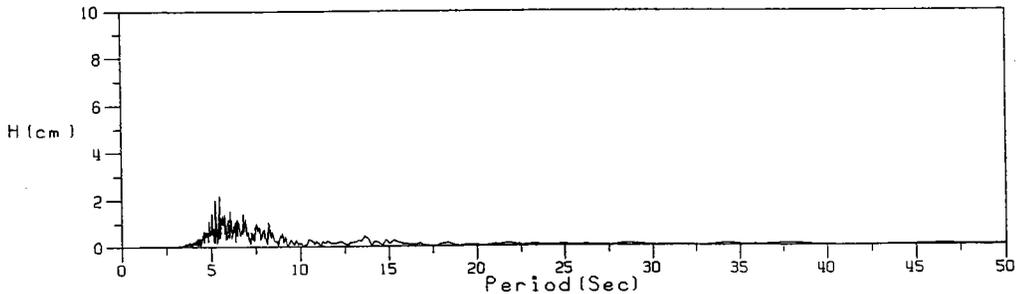
1 1997/07/11.00:00 Hmax= 39cm Tmax= 5.9s H1/3= 25cm T1/3= 6.0s Slope= 80Degree



2 1997/07/11.00:30 Hmax= 35cm Tmax= 6.4s H1/3= 22cm T1/3= 6.0s Slope= 70Degree



3 1997/07/11.01:00 Hmax= 40cm Tmax= 5.7s H1/3= 23cm T1/3= 5.9s Slope= 40Degree



4 1997/07/11.01:30 Hmax= 35cm Tmax= 5.6s H1/3= 23cm T1/3= 5.7s Slope= 20Degree

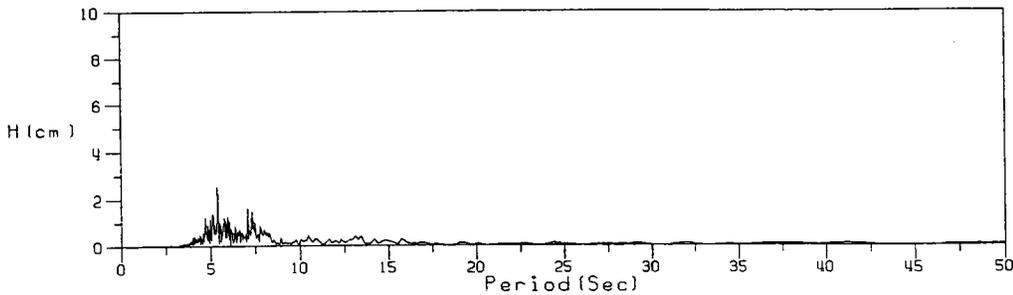
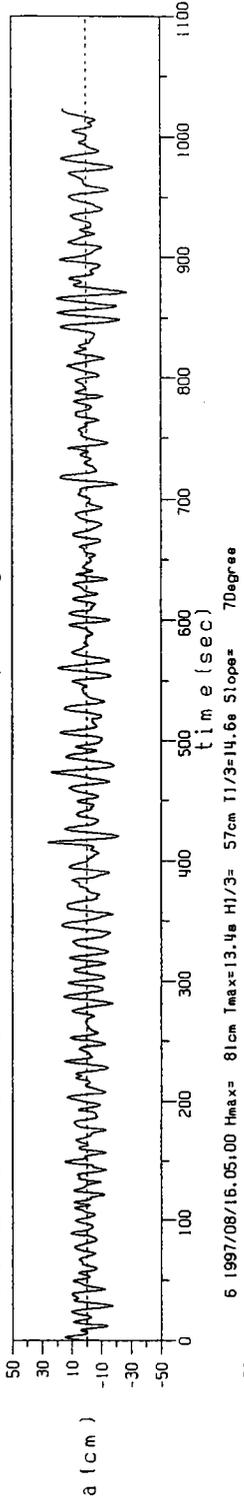


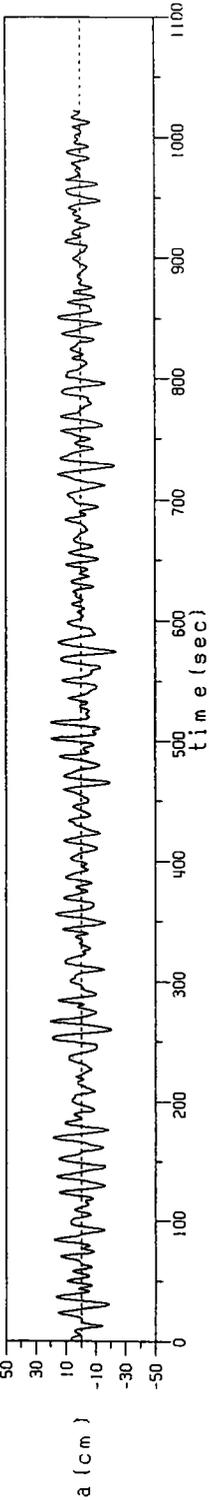
圖 4-5 典型夏季(1997年7月)淡水觀測之波高譜圖

Water level data a (cm)

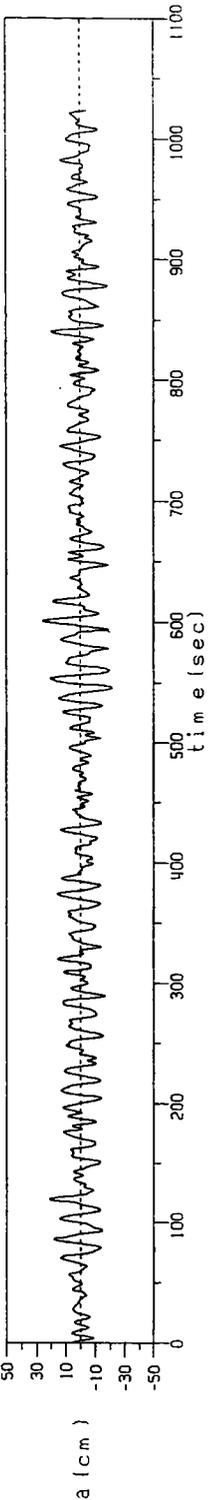
Wave in Tan-Shui Harbor at 1997/07/30.13:00-1997/08/17.18:00  
 5 1997/08/16.04:00 Hmax= 84cm I<sub>max</sub>=11.6s H1/3= 61cm T1/3=13.5s Slope= 80degree



6 1997/08/16.05:00 Hmax= 81cm I<sub>max</sub>=13.4s H1/3= 57cm T1/3=14.6s Slope= 70degree



7 1997/08/16.06:00 Hmax= 88cm I<sub>max</sub>=13.1s H1/3= 55cm T1/3=15.1s Slope= 80degree



8 1997/08/16.07:00 Hmax= 86cm I<sub>max</sub>=15.2s H1/3= 64cm T1/3=15.7s Slope= 50degree

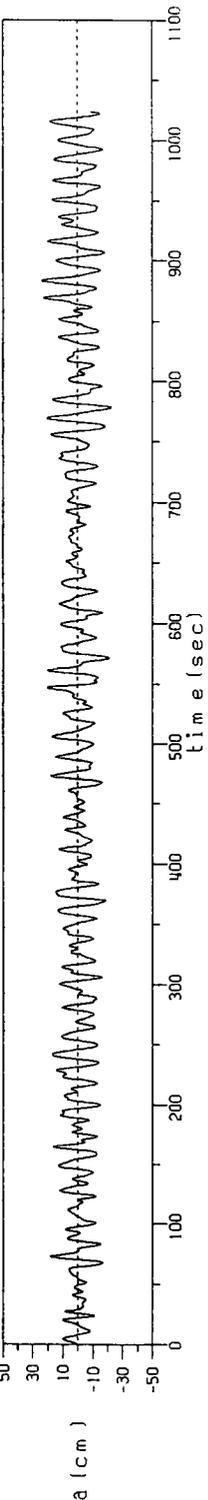
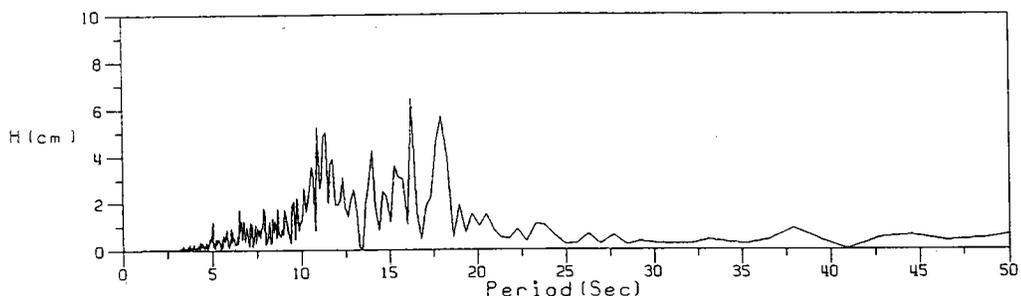


圖 4-6 典型颱風侵台前 (1997年8月溫妮颱風) 淡水觀測之水位變化圖

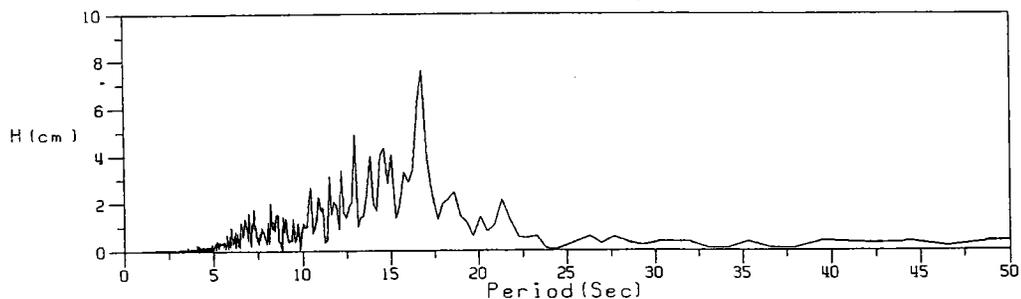
# Wave Spectral in Tan-Shui

Wave in Tan-Shui Harbor at 1997/07/30.13:00-1997/08/17.18:00

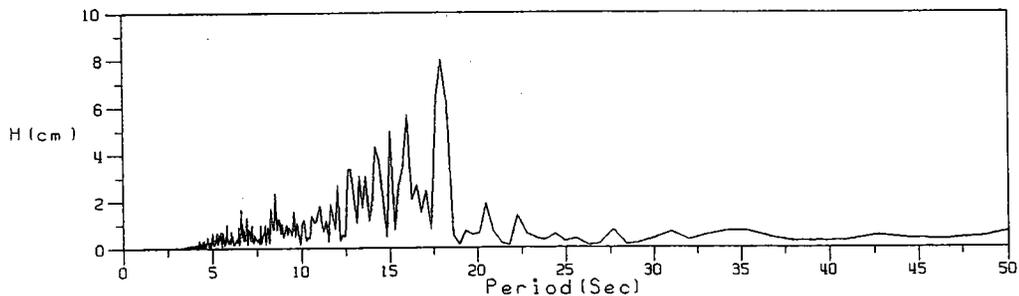
5 1997/08/16.04:00 Hmax= 84cm Tmax=11.6s H1/3= 61cm T1/3=13.5s Slope= 80Degree



6 1997/08/16.05:00 Hmax= 81cm Tmax=13.4s H1/3= 57cm T1/3=14.6s Slope= 70Degree



7 1997/08/16.06:00 Hmax= 88cm Tmax=13.1s H1/3= 55cm T1/3=15.1s Slope= 80Degree



8 1997/08/16.07:00 Hmax= 86cm Tmax=15.2s H1/3= 64cm T1/3=15.7s Slope= 50Degree

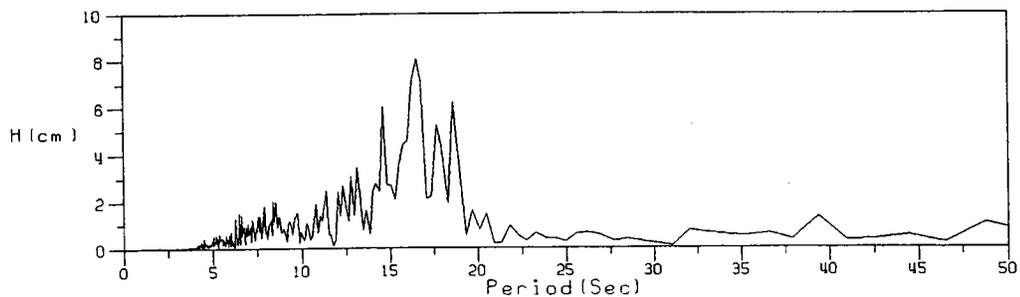


圖4-7 典型颱風侵台前(1997年8月溫妮颱風)淡水觀測之波高譜圖

Water level data a (cm)

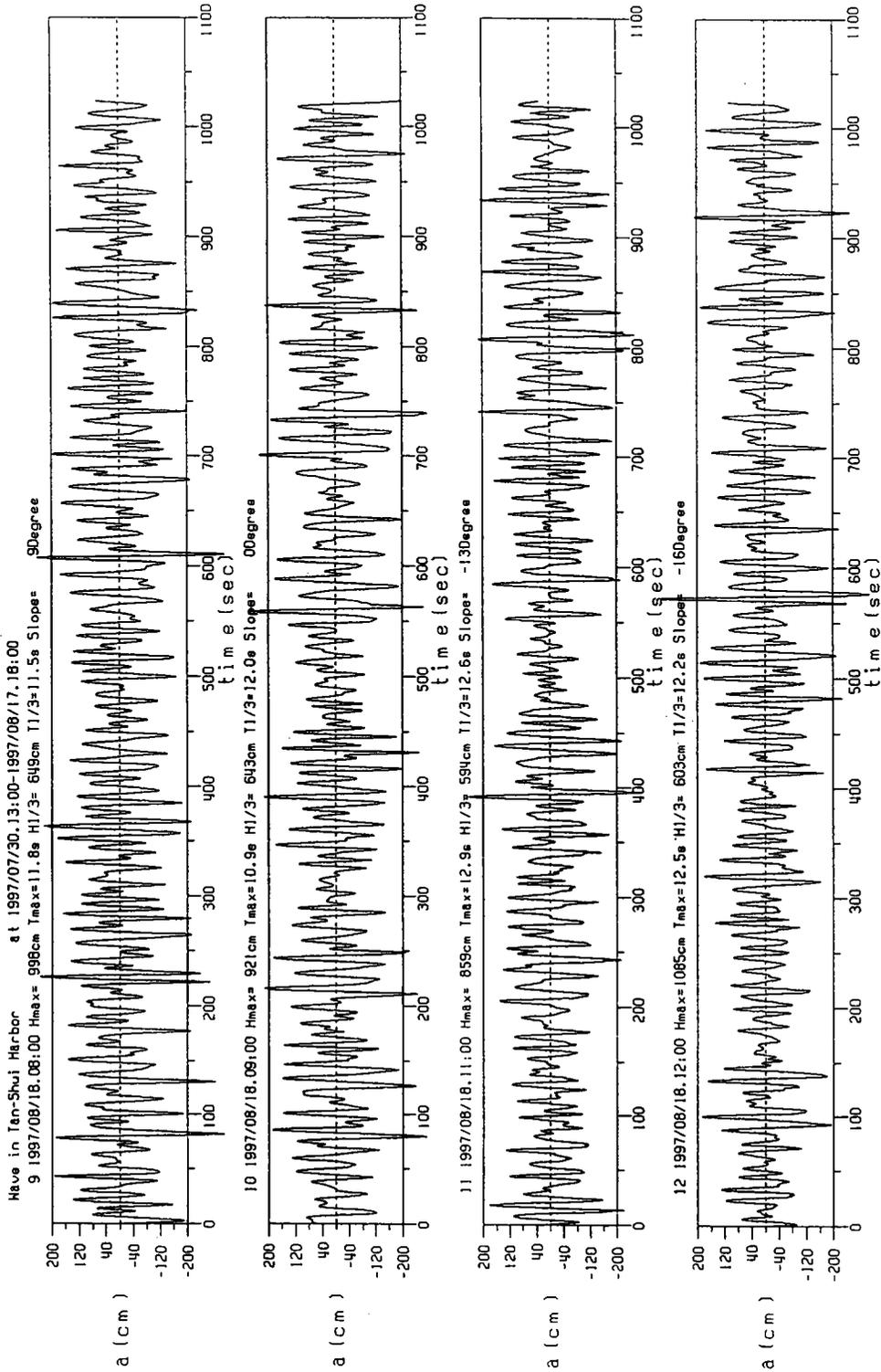


圖 4-8 典型颱風登陸時(1997年8月溫妮颱風)淡水觀測之水位變化圖

# Wave Spectral in Tan-Shui

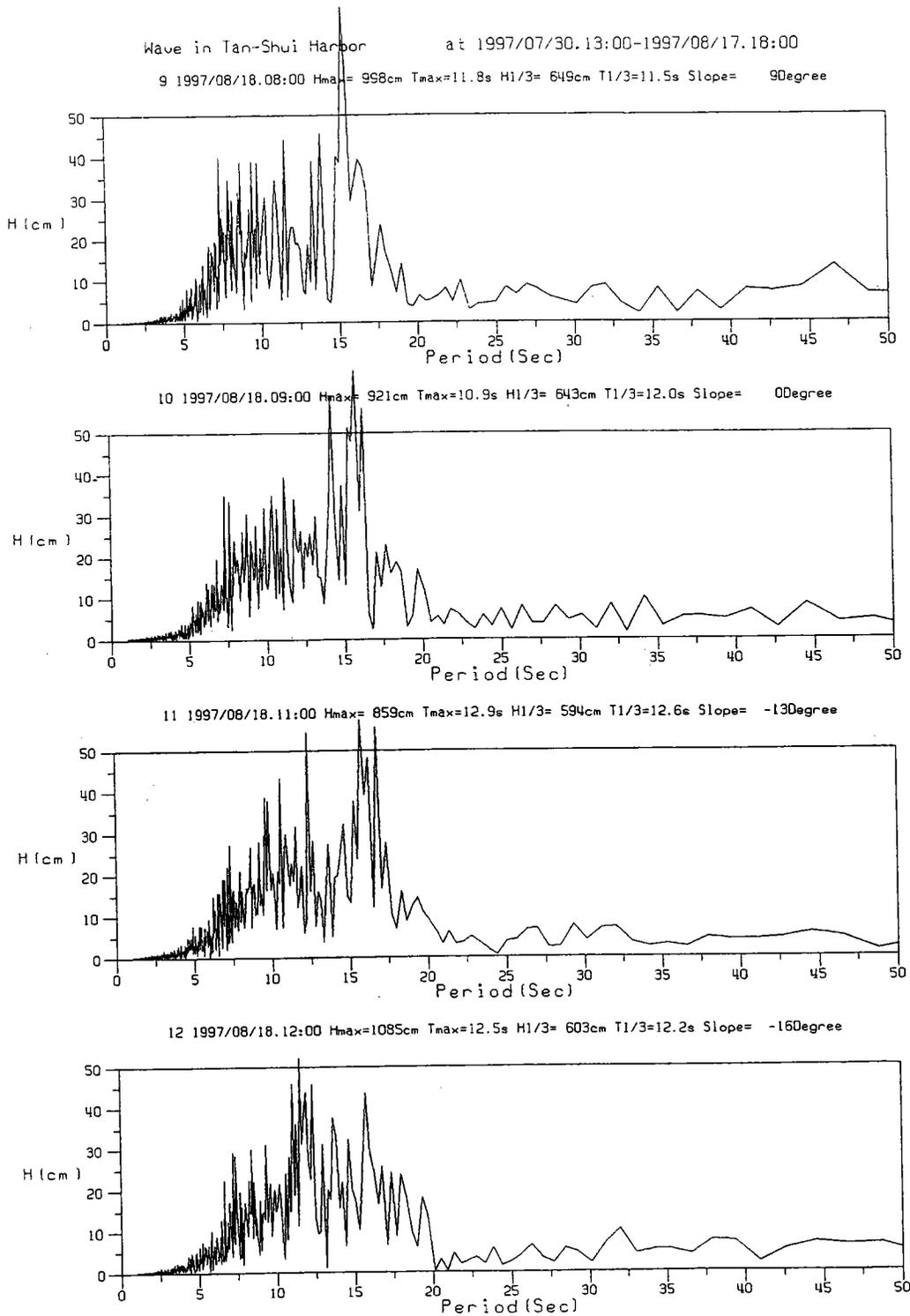


圖 4-9 典型颱風登陸時(1997年8月溫妮颱風)淡水觀測之波高譜圖

## Correlation Functions

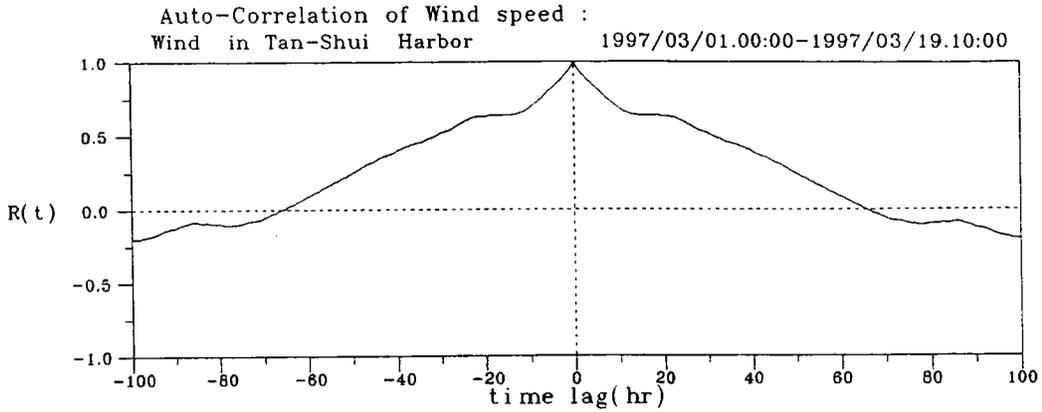


圖 4-10a 1997年3月風速自相關函數圖

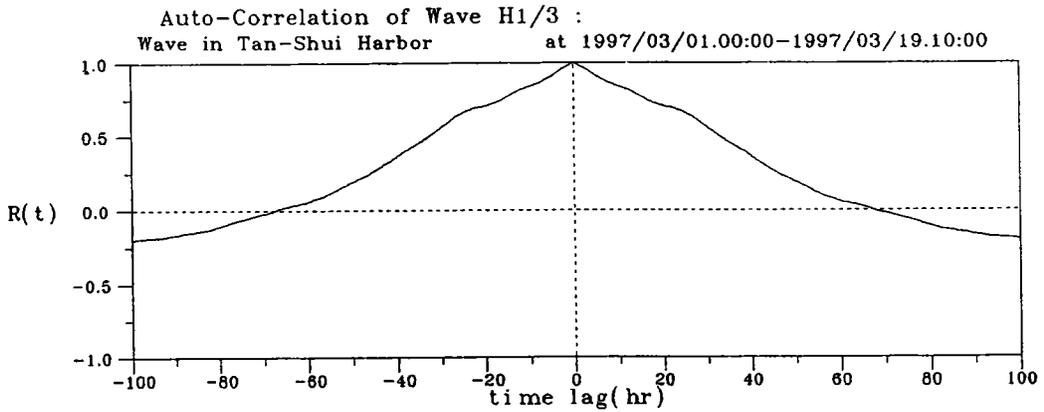


圖 4-10b 1997年3月示性波高(H1/3)自相關函數圖

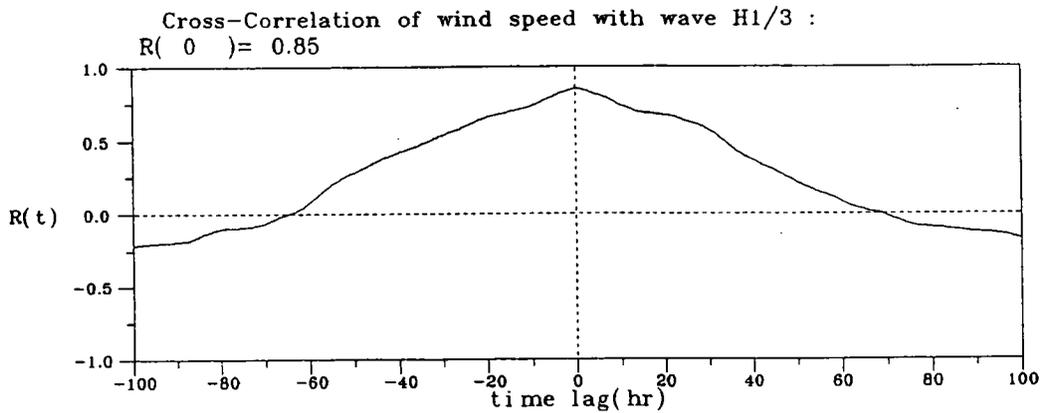


圖 4-10c 1997年3月風速與示性波高(H1/3)互相關函數圖

Wind and Wave spectrum in Tan-Shui

Wind in Tan-Shui Harbor

1997/03/01.00:00-1997/03/19.10:00

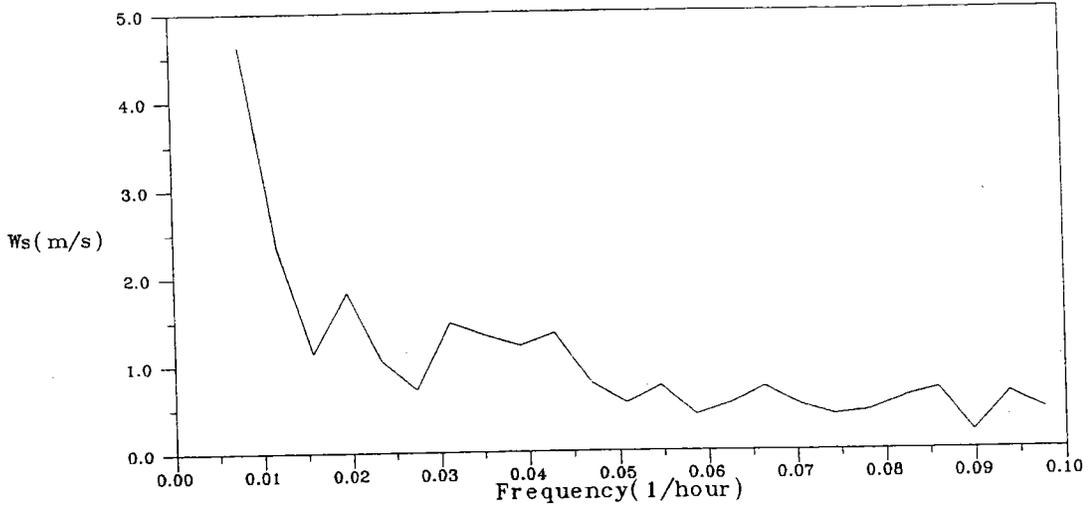


圖 4-11a 1997年3月風速能譜圖

Wave in Tan-Shui Harbor

at 1997/03/01.00:00-1997/03/19.10:00

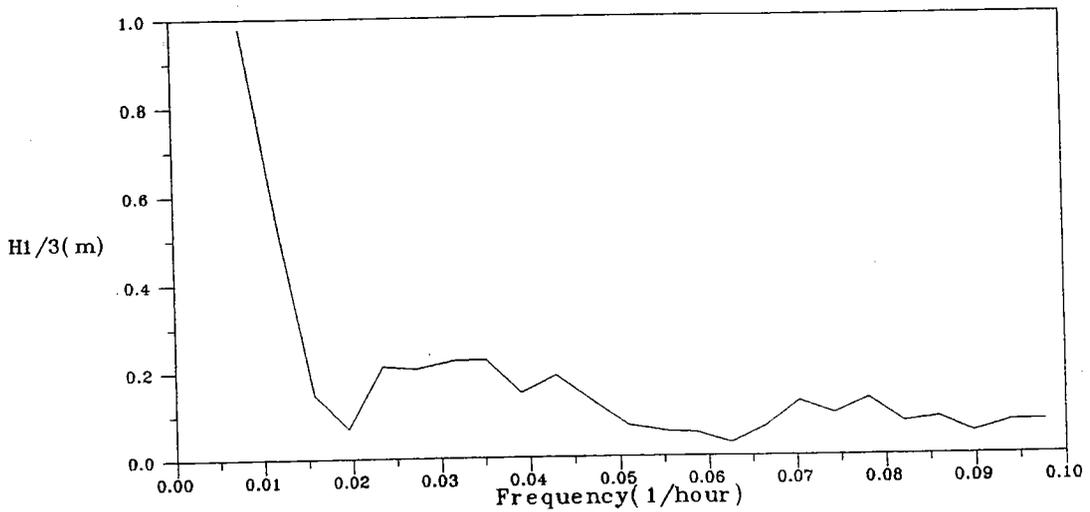


圖 4-11b 1997年3月示性波高(H1/3)能譜圖

## Correlation Functions

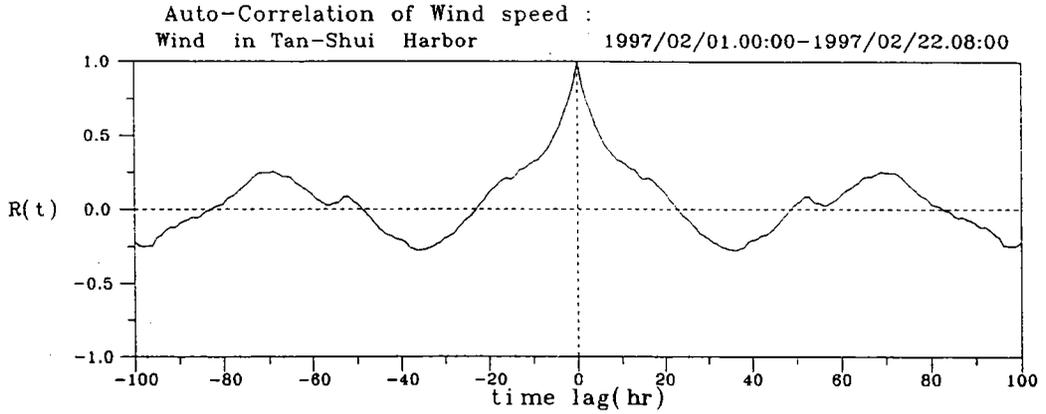


圖 4-12a 1997年2月風速自相關函數圖

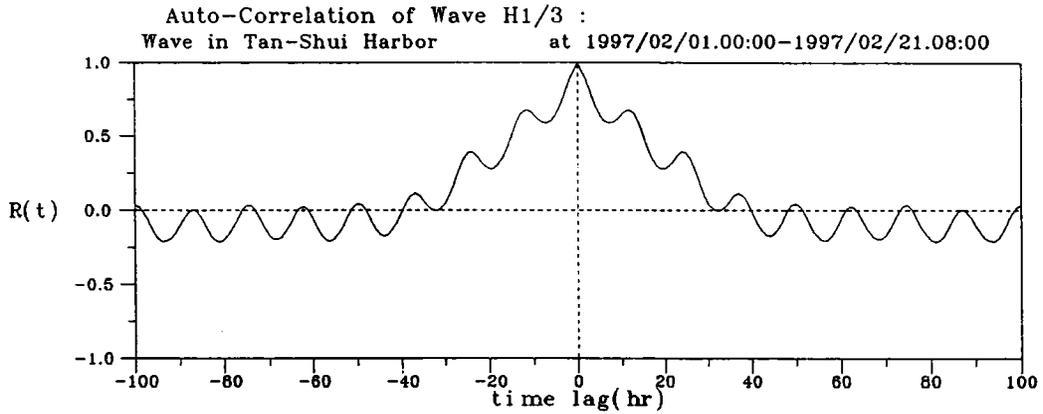


圖 4-12b 1997年2月示性波高(H1/3)自相關函數圖

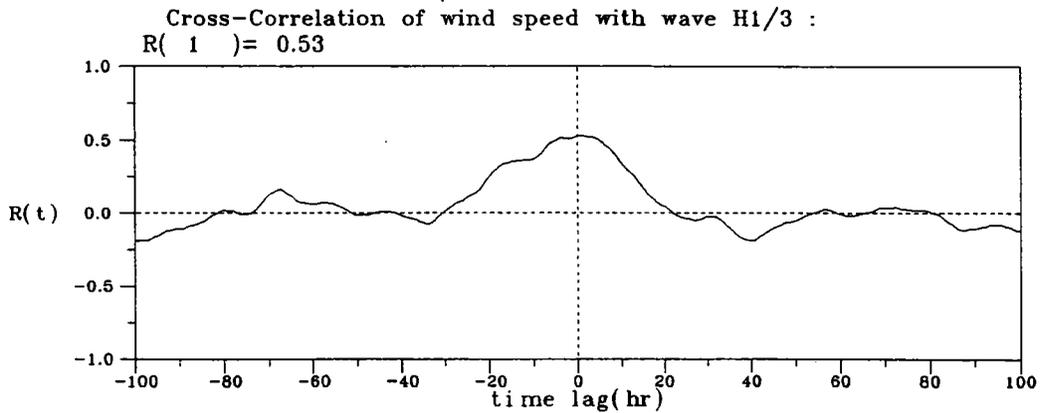


圖 4-12c 1997年2月風速與示性波高(H1/3)互相關函數圖

# Wind and Wave spectrum in Tan-Shui

Wind in Tan-Shui Harbor

1997/02/01.00:00-1997/02/21.08:00

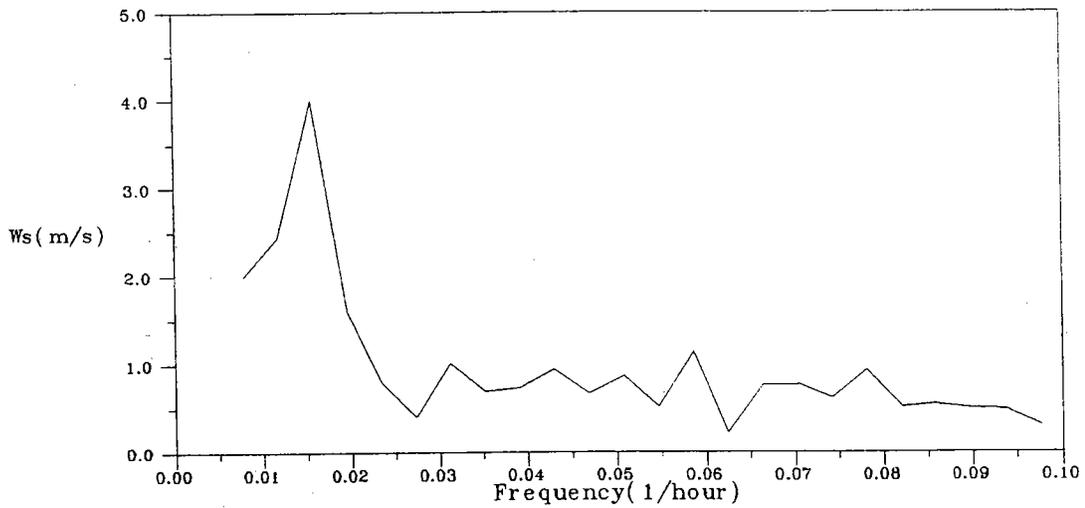


圖 4-13a 1997年2月風速能譜圖

Wave in Tan-Shui Harbor

at 1997/02/01.00:00-1997/02/21.08:00

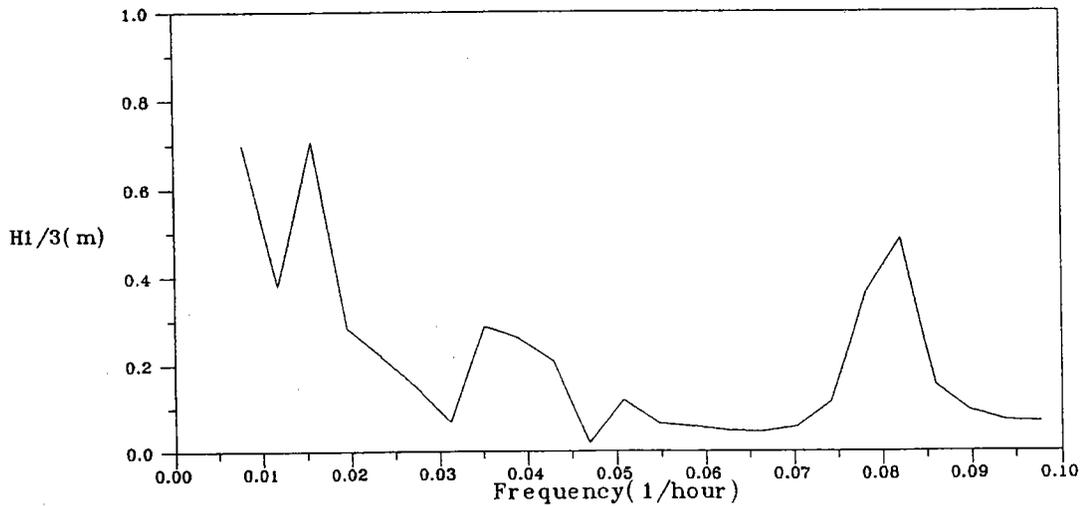


圖 4-13b 1997年2月示性波高(H1/3)能譜圖

## Correlation Functions

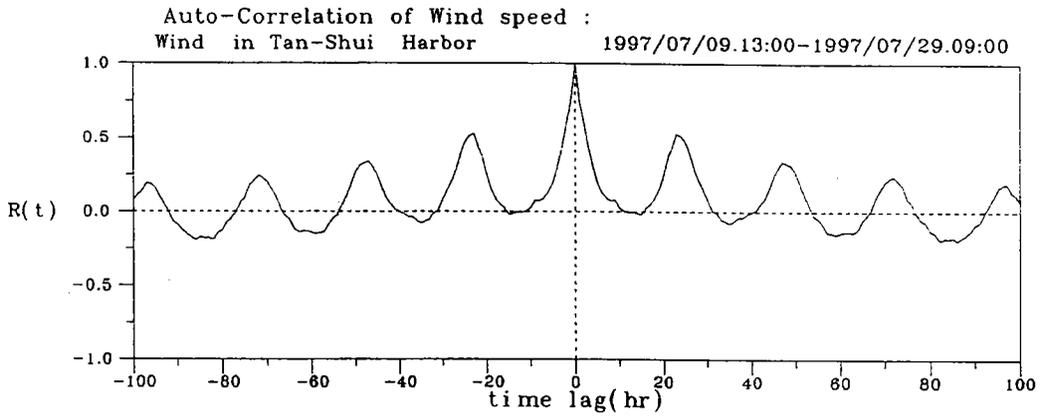


圖 4-14a 1997年7月風速自相關函數圖

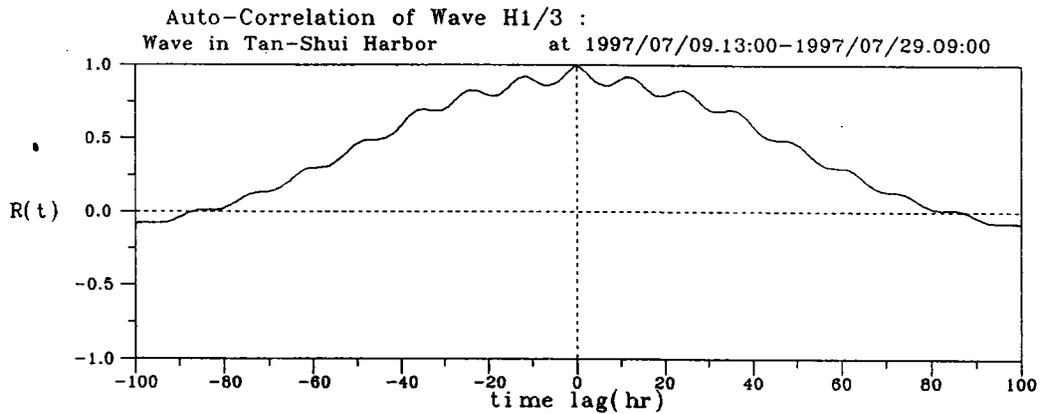


圖 4-14b 1997年7月示性波高(H1/3)自相關函數圖

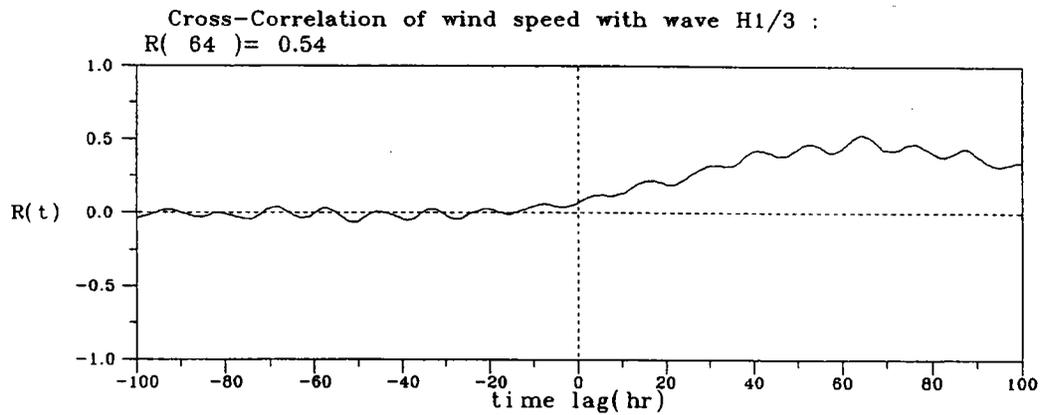


圖 4-14c 1997年7月風速與示性波高(H1/3)互相關函數圖

Wind and Wave spectrum in Tan-Shui

Wind in Tan-Shui Harbor

1997/07/09.13:00-1997/07/29.09:00

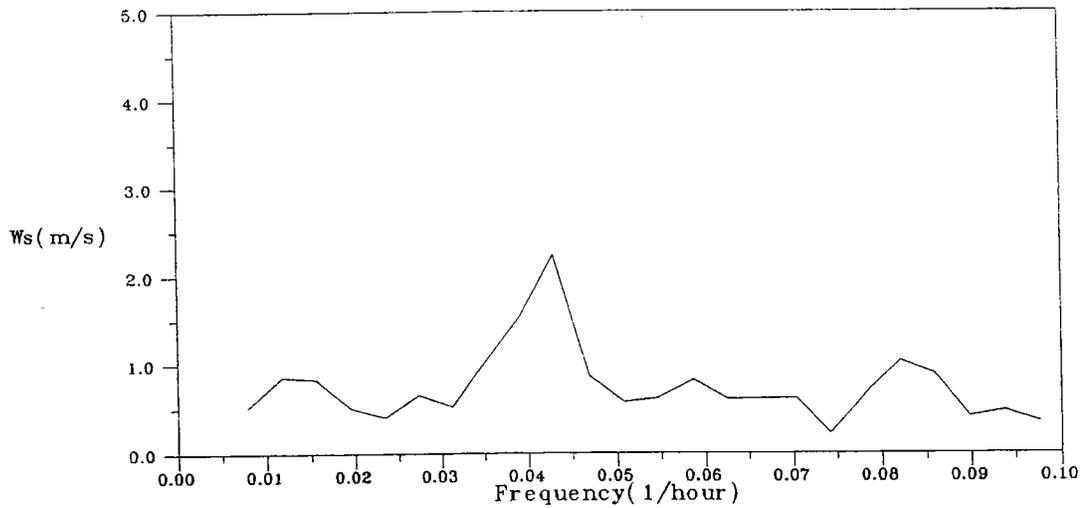


圖4-15a 1997年7月風速能譜圖

Wave in Tan-Shui Harbor

at 1997/07/09.13:00-1997/07/29.09:00

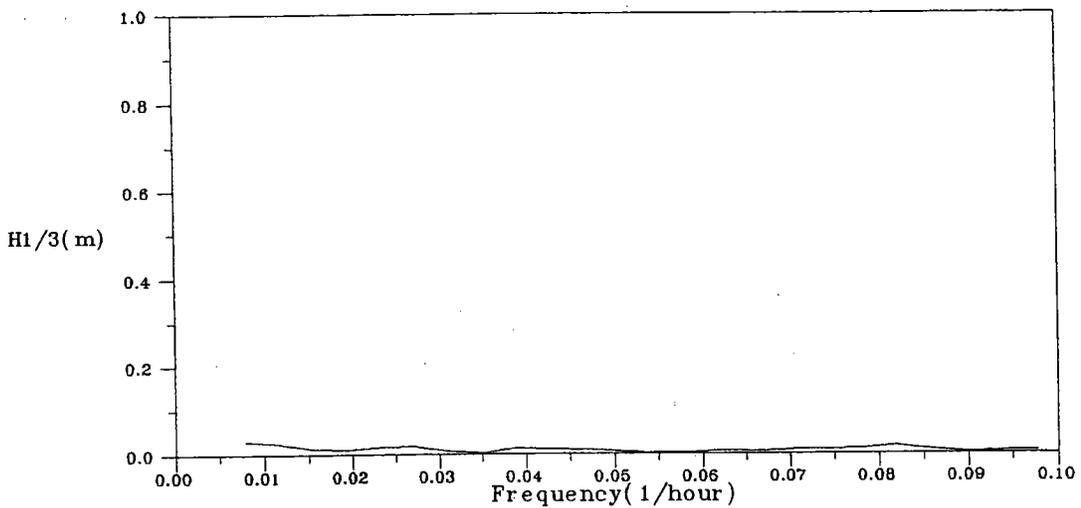


圖4-15b 1997年7月示性波高(H1/3)能譜圖

## Correlation Functions

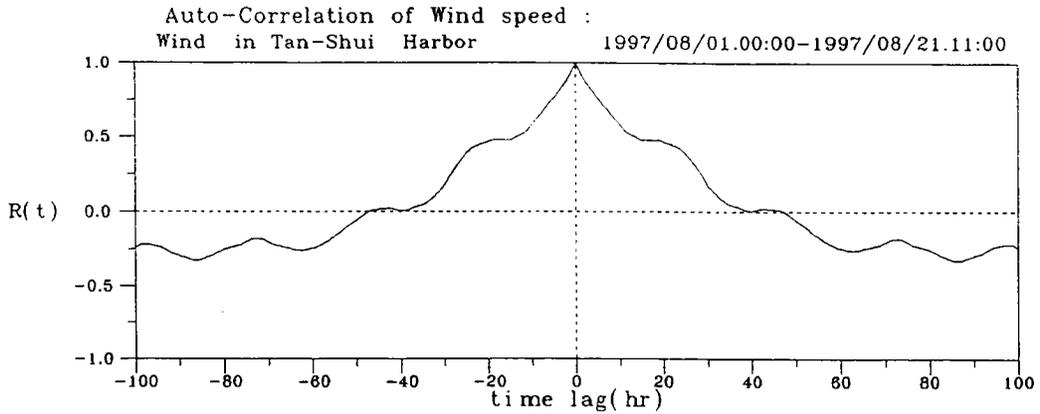


圖 4-16a 1997年8月風速自相關函數圖

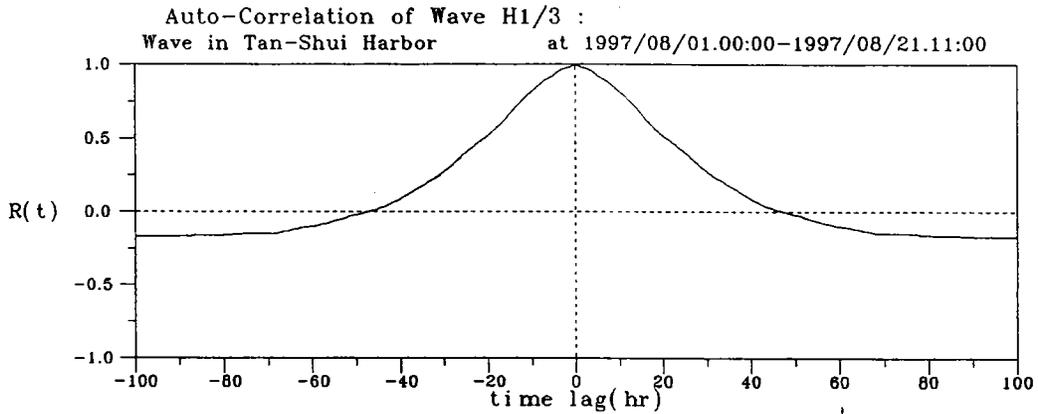


圖 4-16b 1997年8月示性波高(H1/3)自相關函數圖

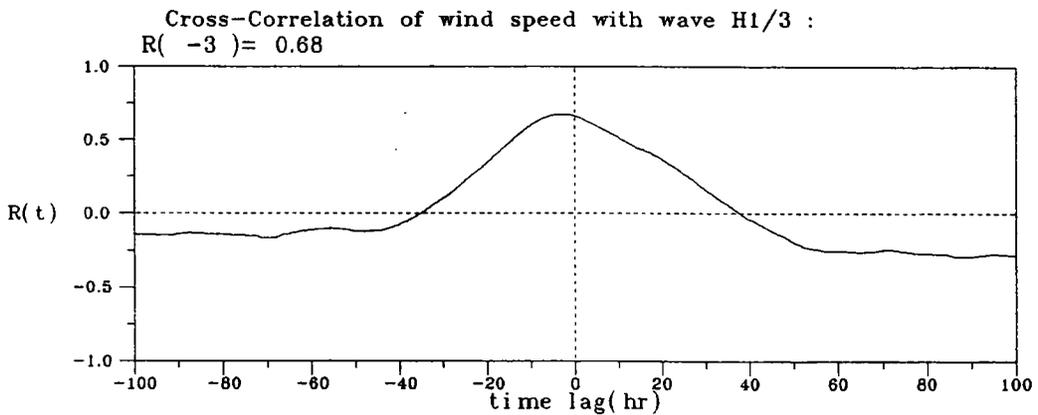


圖 4-16c 1997年8月風速與示性波高(H1/3)互相關函數圖

Wind and Wave spectrum in Tan-Shui

Wind in Tan-Shui Harbor

1997/08/01.00:00-1997/08/21.11:00

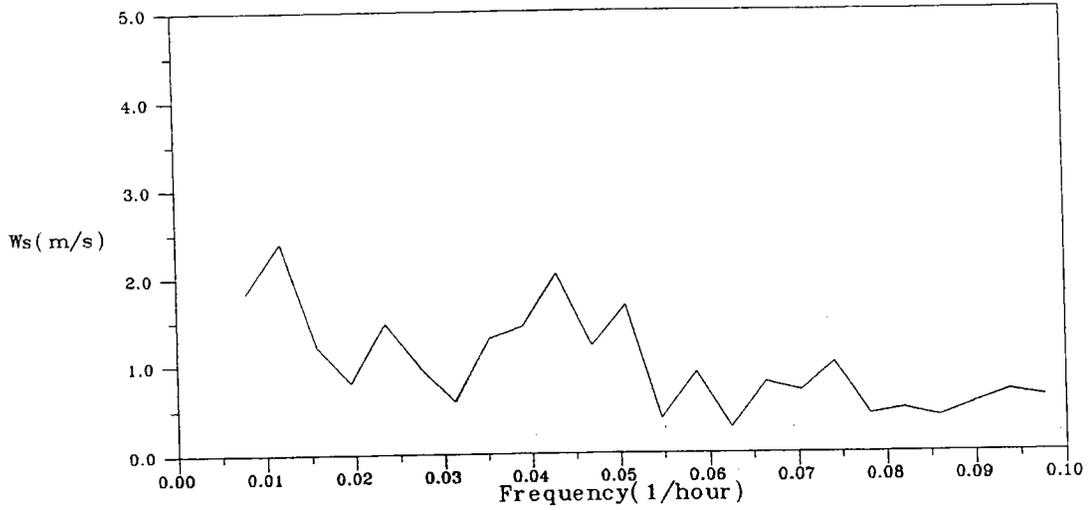


圖4-17a 1997年8月風速能譜圖

Wave in Tan-Shui Harbor

at 1997/08/01.00:00-1997/08/21.11:00

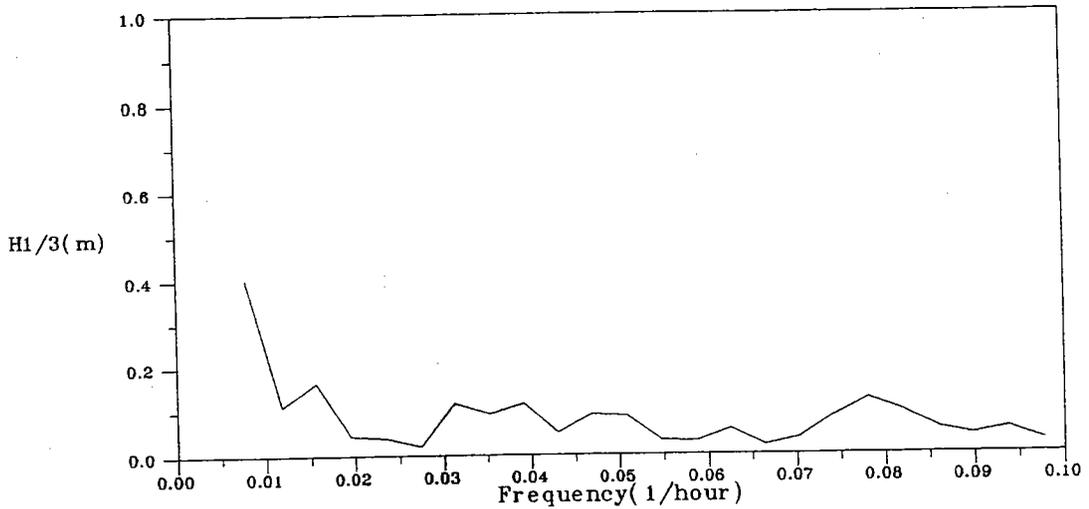


圖4-17b 1997年8月示性波高(H1/3)能譜圖

## 伍、潮汐資料分析

表5-1 為85年12月至86年12月間潮汐水位蒐集之資料統計表，資料期間與海流觀測期間相同，除缺少6月份資料，並在1月份資料較短僅有5日外，其餘每月皆有約20日左右之觀測資料。

表5-1 淡水現場觀測潮汐資料統計表

序號	季節	月份 (年/月)	資料 檔名	啓止時間 (日.時:分~日.時:分)	觀測 天數	觀測 筆數
1	冬	1996/12	TI9612TB.1HX	15.13:00 ~ 31.23:00	17	395
2	冬	1997/01	TI9701TB.1HX	01.00:00 ~ 05.10:00	05	107
3	冬	1997/02	TI9702TB.1HX	01.00:00 ~ 21.08:00	21	489
4	春	1997/03	TI9703TB.1HX	01.00:00 ~ 18.10:00	18	419
5	春	1997/04	TI9704TB.1HX	01.10:00 ~ 22.08:00	22	503
6	春	1997/05	TI9705TB.1HX	07.10:00 ~ 28.08:00	22	503
7	夏	1997/07	TI9707TB.1HX	08.11:00 ~ 29.11:00	22	505
8	夏	1997/08	TI9708TB.1HX	01.00:00 ~ 14.03:00	14	316
9	秋	1997/09	TI9709TB.1HX	09.17:00 ~ 25.14:00	17	382
10	秋	1997/10	TI9710TB.1HX	04.15:00 ~ 31.23:00	28	398
11	秋	1997/11	TI9711TB.1HX	01.00:00 ~ 17.19:00	17	291
12	冬	1997/12	TI9712TU.1HX	05.13:00 ~ 24.21:00	20	465

潮汐水位資料分析結果分別依調查月份整理如下之圖表：

1. 逐時潮位月報表，如附錄Y，表中並列出每日之高潮及低潮發生時間及潮差大小。
2. 每日潮位逐時變化，如附錄Z，圖中空心圓圈位置日期為農曆初一，實心圓圈位置之日期為農曆15日，其他二個半圓之弦朝上表示農曆初8，弦朝下為農曆22日。
3. 潮汐水位為一種長波，其潮波波高及週期分月統計表則如表5-2 ~ 表5-3。  
。潮波波高大小即相當於潮差大小。

4. 潮波每月波高譜圖，如附圖 5-1 ~ 圖 5-8。

淡水地區之月平均潮差(表 5-2)約為 2 米左右，而最大潮差約為 3 米。說明北部淡水潮差較中部台中港附近潮差 4 ~ 5 米為小(蘇等,1996)，但較南部高雄港潮差約 1 米為大(張等,1993)。

而由潮汐潮波高能譜圖，顯示潮汐主要成份為半日潮，全日潮並不明顯，其潮差僅為半日潮潮差約 1/5 左右，此一地區之潮型與台中港區潮汐較為相似，台中港潮汐主要為半日潮，全日潮差約為半日潮差之 1/8 ~ 1/10 間(蘇等,1996)。但與高雄港由全日潮與半日潮大小相近組成(張等,1993)，全日潮略大半日潮之潮型並不相同。

表 5-2a 淡水潮波之波高(米)及週期(小時)觀測值分月統計表

日期 (年/月)	$H_{max}$ (米)	$T_{max}$ (小時)	$H_{1/10}$ (米)	$T_{1/10}$ (小時)	$H_{1/3}$ (米)	$T_{1/3}$ (小時)	$H_{mean}$ (米)	$T_{mean}$ (小時)	波數
1996/12	2.97	13.6	2.88	13.4	2.74	13.4	2.21	12.4	31
1997/01	2.03	13.6			1.92	13.4	1.65	12.6	7
1997/02	3.23	12.8	3.17	12.7	2.81	12.5	2.20	12.5	39
1997/03	3.13	12.8	3.06	12.8	2.89	12.6	2.22	12.4	32

序號	1996/12		1997/01		1997/02		1997/03	
	波高(米)	週期(小時)	波高(米)	週期(小時)	波高(米)	週期(小時)	波高(米)	週期(小時)
1	2.00	11.5	2.03	13.6	1.48	12.0	1.74	11.9
2	2.75	13.5	1.52	12.1	1.91	13.3	1.90	12.8
3	1.90	11.7	1.46	12.0	1.36	11.6	1.53	11.8
4	2.50	13.4	1.41	11.7	2.02	13.4	1.94	13.5
5	1.80	12.0	1.71	13.3	1.47	11.9	1.34	11.6
6	1.99	12.7	1.82	13.3	1.99	13.6	1.98	13.8
7	1.82	12.2	1.62	12.0	1.65	11.9	1.39	11.5
8	1.98	12.8			2.36	13.1	2.27	14.0
9	2.16	12.9			2.07	11.9	1.66	11.4
10	1.90	12.1			2.69	12.9	2.56	13.6
11	2.45	13.2			2.31	11.9	1.97	11.5
12	1.93	11.8			2.81	12.9	2.87	13.4
13	2.61	13.2			2.48	11.9	2.25	11.6
14	1.97	11.7			3.07	12.8	3.05	13.0
15	2.72	13.4			2.65	11.9	2.54	11.7
16	1.82	11.0			3.23	12.8	3.13	12.8
17	2.82	13.3			2.80	12.1	2.80	12.0
18	1.98	11.4			3.21	12.7	3.01	12.6
19	2.97	13.6			2.79	12.1	2.95	12.3
20	1.92	11.1			2.94	12.5	2.96	12.4
21	2.85	13.4			2.69	12.4	2.79	12.4
22	1.94	11.1			2.68	12.5	2.63	12.1
23	2.81	13.4			2.52	12.6	2.75	12.8
24	1.87	11.2			2.20	12.0	2.28	12.0
25	2.76	13.4			2.38	12.9	2.55	13.0
26	1.85	11.1			1.84	11.9	1.90	11.8
27	2.58	13.4			2.10	13.1	2.30	13.4
28	1.75	11.3			1.60	11.9	1.61	11.6
29	2.39	13.3			1.97	13.4	1.96	13.5
30	1.65	11.4			1.31	11.5	1.35	11.4
31	2.20	13.2			1.78	13.9	1.84	13.6
32					1.43	12.3	1.12	11.4

表 5-2b 淡水潮波之波高(米)及週期(小時)觀測值分月統計表

日期 (年/月)	$H_{max}$ (米)	$T_{max}$ (小時)	$H_{1/10}$ (米)	$T_{1/10}$ (小時)	$H_{1/3}$ (米)	$T_{1/3}$ (小時)	$H_{mean}$ (米)	$T_{mean}$ (小時)	波數
1997/04	2.88	12.4	2.85	12.4	2.70	12.4	2.13	12.4	40
1997/05	3.06	13.5	3.00	13.4	2.79	13.5	2.11	12.4	40
1997/07	2.96	12.7	2.91	12.8	2.66	12.5	2.14	12.4	40
1997/08	2.83	13.2	2.83	13.1	2.68	13.1	2.12	12.0	26

序號	1997/04		1997/05		1997/07		1997/08	
	波高(米)	週期(小時)	波高(米)	週期(小時)	波高(米)	週期(小時)	波高(米)	週期(小時)
1	1.89	13.0	2.97	13.2	2.26	11.5	1.75	11.0
2	1.53	12.3	2.23	11.6	1.94	12.0	2.75	13.6
3	1.87	12.9	3.06	13.5	2.11	12.6	1.87	11.1
4	1.76	12.2	1.95	11.1	1.93	12.2	2.75	13.5
5	2.21	12.9	2.89	13.4	1.92	12.4	1.90	11.2
6	2.20	12.4	1.99	11.3	1.87	12.5	2.77	13.3
7	2.45	12.5	2.77	13.6	1.68	12.2	2.02	11.3
8	2.46	12.3	1.69	11.1	1.76	12.6	2.83	13.2
9	2.71	12.6	2.49	13.8	1.47	12.2	2.13	11.5
10	2.73	12.3	1.47	11.0	1.75	12.9	2.83	13.0
11	2.81	12.4	2.21	13.9	1.35	11.9	2.11	11.6
12	2.80	12.3	1.33	11.1	1.76	13.2	2.65	12.9
13	2.88	12.4	1.94	13.8	1.37	12.0	2.13	11.8
14	2.87	12.3	1.18	11.1	1.89	13.2	2.54	12.7
15	2.68	12.2	1.78	13.7	1.45	11.9	2.07	11.7
16	2.85	12.6	1.18	11.6	2.03	13.0	2.29	12.6
17	2.56	12.2	1.63	13.4	1.60	11.8	1.96	12.1
18	2.75	12.8	1.34	12.1	2.22	13.0	2.07	12.7
19	2.29	12.0	1.64	12.9	1.87	11.9	1.79	12.2
20	2.51	12.6	1.52	12.0	2.46	12.8	1.89	12.6
21	2.03	12.0	1.79	12.5	2.06	11.9	1.80	12.6
22	2.21	12.8	1.91	12.6	2.71	12.9	1.64	12.2
23	1.71	11.8	1.81	12.1	2.27	11.9	1.87	13.3
24	1.93	13.1	2.14	12.9	2.88	12.9	1.50	11.7
25	1.51	11.8	1.81	11.7	2.38	11.9	1.60	6.5
26	1.65	13.0	2.37	13.0	2.94	12.8	1.50	11.5

# Tidal Level Spetrum in Tai-ShuiI

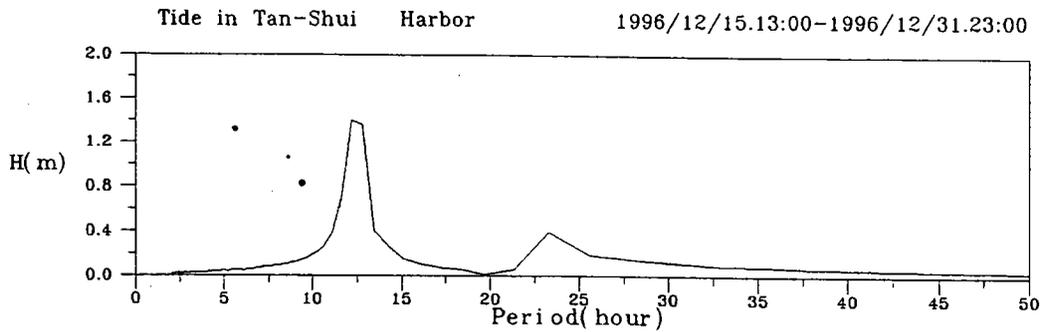


圖 5-1 1996 年 12 月淡水潮位之潮波波高能譜圖

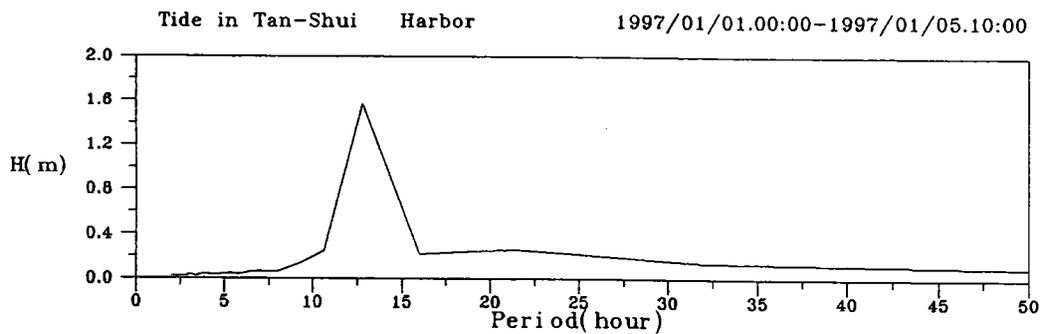


圖 5-2 1997 年 01 月淡水潮位之潮波波高能譜圖

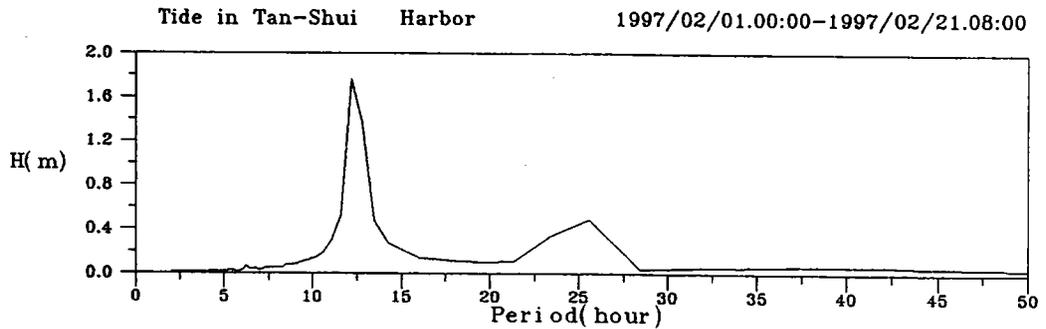


圖 5-3 1997 年 02 月淡水潮位之潮波波高能譜圖

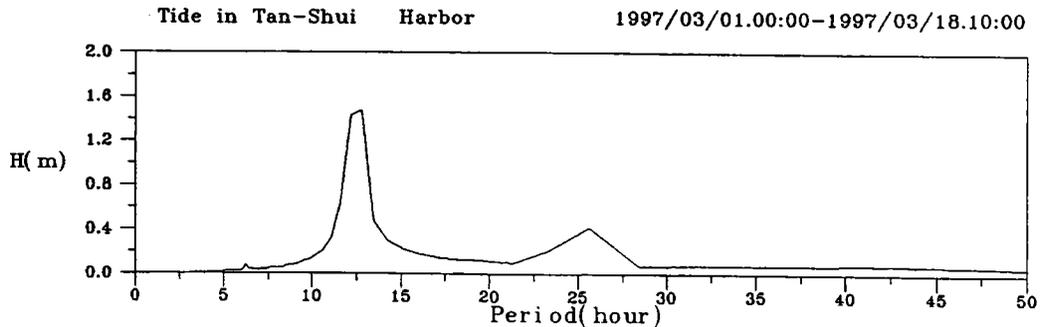


圖 5-4 1997 年 03 月淡水潮位之潮波波高能譜圖

# Tidal Level Spectrum in Tai-Shuil

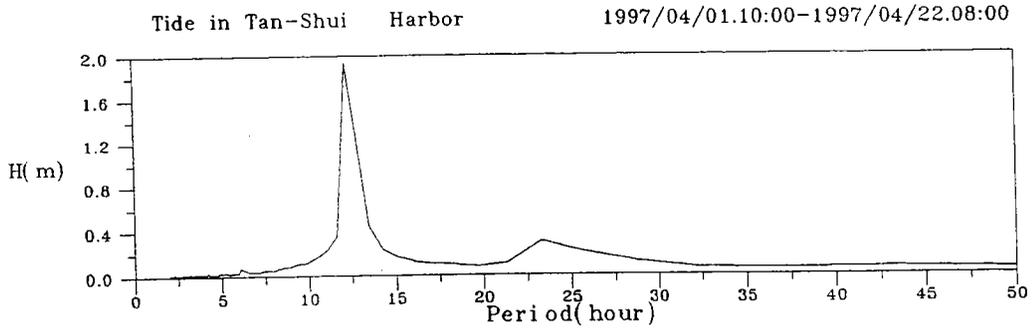


圖 5-5 1997 年 04 月淡水潮位之潮波波高能譜圖

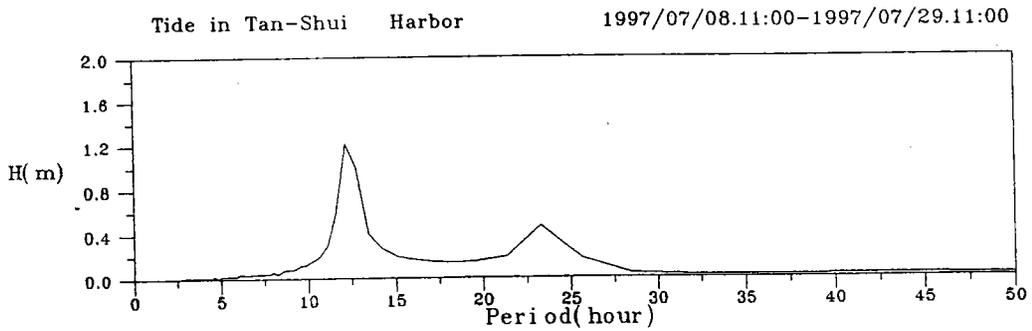


圖 5-6 1997 年 07 月淡水潮位之潮波波高能譜圖

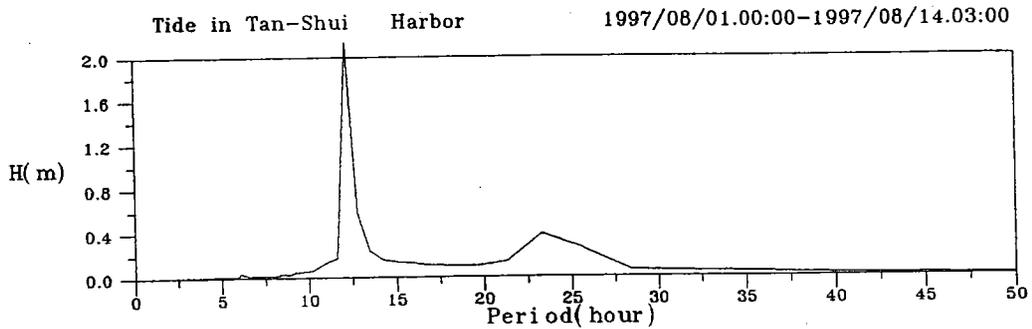


圖 5-7 1997 年 08 月淡水潮位之潮波波高能譜圖

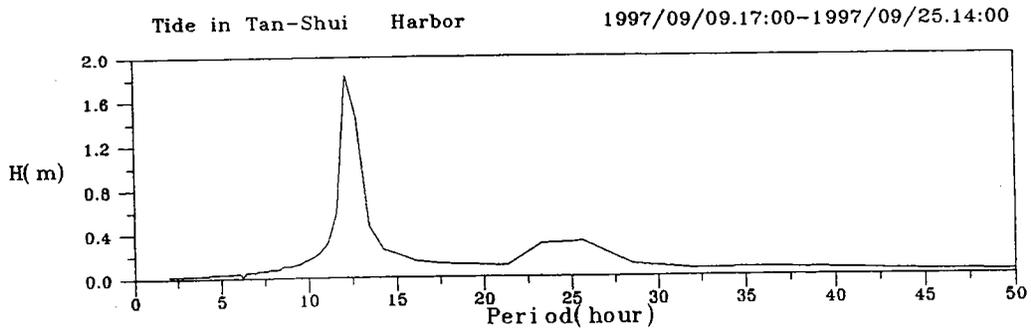


圖 5-8 1997 年 09 月淡水潮位之潮波波高能譜圖

## 陸、海流資料分析

影響近岸域之流場，主要外力有潮汐作用、波力、風力等。潮汐可視為一種淺水長波，其引致之流場稱為潮流，潮流一般較為規則化。風剪力所引起之流場稱為風吹流，其影響之深度有限，而颱風產生之暴潮及流況則較複雜。另將波浪視為一外力，其引致之流場，稱為沿岸流，波場本身即為一複雜之現象，因此沿岸流較為複雜。影響流場之因素尚有流體剪應力、科氏力、地形邊界效應、底床摩擦力等項目，而流體密度變化、濃差效應，除某些特定地區造成較大影響，一般實際情形影響不大。

表 6-1 淡水現場觀測海流資料統計表

序號	季節	測站	月份 (年/月)	資料 檔名	啓止時間 (日.時:分~日.時:分)	觀測 天數	觀測 筆數
1	冬	B	1996/12	CU9612TB.1HX	15.13:00 ~ 31.23:00	17	395
2	冬	U	1996/12	CU9612TU.1HX	15.13:00 ~ 31.23:00	17	395
3	冬	B	1997/01	CU9701TB.1HX	01.00:00 ~ 05.10:00	05	107
4	冬	U	1997/01	CU9701TU.1HX	01.00:00 ~ 04.12:00	04	085
5	冬	B	1997/02	CU9702TB.1HX	01.00:00 ~ 21.08:00	21	489
6	春	B	1997/03	CU9703TB.1HX	01.00:00 ~ 18.10:00	18	419
7	春	B	1997/04	CU9704TB.1HX	01.10:00 ~ 22.08:00	22	503
8	春	U	1997/04	CU9704TU.1HX	01.10:00 ~ 22.08:00	22	503
9	夏	B	1997/07	CU9707TB.1HX	08.11:00 ~ 29.11:00	22	505
10	夏	U	1997/07	CU9707TU.1HX	09.11:00 ~ 23.21:00	15	347
11	夏	B	1997/08	CU9708TB.1HX	01.00:00 ~ 14.03:00	14	316
12	秋	B	1997/09	CU9709TB.1HX	09.17:00 ~ 25.14:00	17	382
13	秋	B	1997/10	CU9710TB.1HX	04.15:00 ~ 31.23:00	28	398
14	秋	B	1997/11	CU9711TB.1HX	01.00:00 ~ 17.19:00	17	291
15	冬	U	1997/12	CU9712TU.1HX	05.13:00 ~ 24.21:00	20	465

表 6-1 為 85 年 12 月至 86 年 12 月間海流蒐集之資料統計表，除缺少 5 月及 6 月份資料，並在 1 月份資料較短僅有 5 日外，其餘每月皆有約 20 日左右之觀測資料。海流儀分別安裝在觀測測樁水深 5 米及 10 米處觀測，水深 5 米處稱上層站以 ST-U 表示，水深 10 米處稱底層站以 ST-B 表示，而觀測樁處水

深約為15米。底層(ST-B)海流資料除86年12月份因儀器固障資料品質較差外，其它記錄資料較齊全，但上層(ST-U)資料蒐集則較不完整。

海流相關資料分析結果分別依調查月份，整理如圖表：

1. 1996年12月～1997年12月間逐時流速(cm/sec)及流向(去向)月報表，如附錄AA(圖AA-1～圖AA-11)。表中包括日平均流速、月平均流速，日最大流速(流向)，月最大流速(流向)。
2. 每月海流之流速(cm/sec)，流向(去向)、東西分量流速(U-comp)，南北分量流速(V-comp)，沿岸分量流(A-comp)及向離岸分量流速(C-comp)逐時變化圖，如附錄AB(圖AB-1～圖AB-11)。其中流向指流之去向，東西分量流速、東分量為正，西分量為負，南北分量流速，北分量為正，南分量為負，向離分量、離岸分量為正，向岸分量為負，沿岸方向，以人面向大海右手方向為正，左手方向為負。流速以cm/s為單位。此處沿著海岸線之方向角經分析約為北偏東 $41^\circ$ 。
3. 每月流向玫瑰圖及流速、東西分量流速、南北分量流速、沿岸分量流速、向離岸分量流速等統計方塊圖，如附錄AC(圖AC-1～圖AC-11)。
4. 每月流速(cm/sec)及流向(去向)聯合分佈百分比統計表，如附錄AD(表AD-1～表AD-11)。
5. 典型之東西分量流速、南北分量流速、沿岸分量流速、向離岸分量流速、及海流潮流橢圓半長軸長度、長軸方向角等分量之能譜圖，如附圖6-1～圖6-4。潮流橢圓半長軸之大小，即為對應頻率(週期)運動中最大之潮流大小，而長軸方向即表示最大潮流時之流向，一般近岸地區潮流之長軸方向與海岸線近乎平行。
6. 典型之月平均半日(全日)潮流橢圓圖及半日(全日)潮汐水位變化圖，如附圖6-5～圖6-12。橢圓中心點至橢圓上任一點，即表示潮流在半日(全日)不同時間(以小時為單位)之潮流向量，圓心至橢圓之向量即表示潮流向量之大小。而半日(全日)潮汐水位變化即表示在半日(全日)

不同時間之水位變化。為進一步了解大潮及小潮之流速差別,分朔、上弦、望及下弦四個時期求得半日(全日)潮流橢圓圖及半日(全日)潮汐水位變化圖,如附圖6-13~圖6-20。

7. 典型之海流向量行進圖(progressive vector digarom),或稱PVD,如附圖6-21~圖6-24,向量行進圖之運動軌跡之物理為:假設測站附近為均勻海流分佈,放置一浮標於測站,則其浮標之軌跡即為PVD。
8. 每月海流向量、潮位變化、風向量之逐時變化比較圖,如附錄AE(圖AE-1~圖AE-11)。
9. 代表性之潮汐水位自相關圖、沿岸流速自相關圖、潮汐水位與沿岸流速互相關圖,附圖6-25。
10. 冬季代表性之沿岸風速自相關圖、沿岸流速自相關圖、沿岸風速與沿岸流速互相關圖,附圖6-26。

## 一、海流基本統計特性

首先比較上層海流與底層海流之差異,由附錄AA(圖AA-1,圖AA-5,圖AA-6)12月、4月及7月之流速、流向、東西分量流速、南北分量流速、沿岸分量流速,及向離岸流速,初步顯示兩層流速及流向皆甚為相近,但上層流速似較底層流速為大。經分析統計顯示,12月份底層平均流速為36.6 cm/sec,上層平均流速37.1cm/sec,相差僅0.5 cm/sec,上層流速較底層平均流速為大;4月份底層平均流速為36.2 cm/sec,上層平均流速36.8cm/sec,相差僅0.6 cm/sec,同樣上層流速較底層平均流速為大;7月份底層平均流速為36.1 cm/sec,上層平均流速40.9cm/sec,相差4.8 cm/sec,上層流速較底層平均流速大較多;如考慮上、下兩層逐時之差值(上層流速減下層流速)則12月份平均絕對誤差為6.6 cm/sec,4月份平均絕對誤差為7.0 cm/sec,7月份平均絕對誤差為6.7 cm/sec。同樣顯示上、下兩層海流相近特性。基於上、下兩層海流特性及大小甚為相似,此處僅以底層資料為分析對象。

由附錄AA 逐時流向變化圖(附圖AA-1b ~ 附圖AA-11b)說明流向明顯集中於東北向及西南向，而流向呈半日週期之變化，因淡水附近之海岸也近似東北與西南走向，因此顯示海流運動主要集中在沿岸平行方向做近似半日週期運動，向離岸方向分量流速遠比沿岸方向流速為小(圖AA-1c ~ 圖AA-11c)，也說明向離岸方向之流速分量並不明顯，而流向玫瑰圖及流速統計方塊圖(附錄AC)也顯示這些現象。

上章潮汐能譜分析顯示主要為半日潮，次要為全日潮。而海流資料分析也一致顯示海流沿海岸線平行方向做約半日週期之往近運動，潮流橢圓半長軸，長軸方向角，東西分量流速、南北分量流速、沿岸分量流速、向離岸分量流速之能譜圖(圖6-1 ~ 圖6-4)，也顯示海流主要為半日潮流及全潮流，但半日潮流遠較全日潮流為大，向離岸方向分量流速遠比沿岸方向流速為小。

半日潮流之月平均最大流速(圖6-5 ~ 圖6-8)顯示2月份為56cm/sec，3月份為58cm/sec，8月份為54cm/sec，9月份為45cm/sec，其流向皆為沿海岸之東北向或西南向，沿著海岸線之方向角約為北偏東 $41^\circ$ 。而由半日潮汐之水位變化與半日潮流橢圓比較(圖6-5 ~ 圖6-8)顯示潮汐水位增大，即漲潮時海流向西南向，潮汐水位降低時，即落潮時水位向東北，潮流橢圓運動為逆時鐘方向旋轉，長軸遠大於短軸。

全日潮流之月平均最大流速(圖6-9 ~ 圖6-12)顯示2月份為4cm/sec，3月份為4cm/sec，8月份為5cm/sec，9月份為3cm/sec，遠較半日潮流之流為小。其流向也皆為沿海岸之東北向或西南向，沿著海岸線之方向角約為北偏東 $41^\circ$ 。而由全日潮汐之水位變化與全日潮流橢圓比較(圖6-9 ~ 圖6-12)，也顯示潮汐水位增大，即漲潮時海流向西南向，潮汐水位降低時，即落潮時水位向東北，潮流橢圓運動大部份為逆時鐘方向旋轉，長軸遠大於短軸。

海流主要成份為半日週期之潮流，潮流橢圓分析(圖6-5 ~ 圖6-8)求得平均流之大小及方向：2月份為4.7cm/s，流向為北偏東15度，3月份為

1.4cm/s，流向為北偏西45度，8月份為9.5cm/s，流向為南偏西7度，9月份為8.2cm/s，流向為北偏西27度，顯示此地區除潮流外，其他恒流或洋流支流之影響皆不明顯，由每月海流向量行進圖(圖6-21～圖6-24)也顯示平均流甚小，海流主要為來回週期運動。

為進一步了解大潮及小潮之流速，分朔、上弦、望及下弦四個時期求得半日(全日)潮流橢圓圖及半日(全日)潮汐水位變化圖，如附圖6-13～圖6-20。半日潮流在朔(陰曆初2～初4)之平均最大流速為77cm/sec，上弦(陰曆8～10日)之平均最大流速為42cm/sec，望(陰曆16～18日)之平均最大流速為68cm/sec，下弦(陰曆22～24日)之平均最大流速為34cm/sec，而全日潮流在朔(陰曆初2～初4)之平均最大流速為7cm/sec，上弦(陰曆8～10日)之平均最大流速為3cm/sec，望(陰曆16～18日)之平均最大流速為8cm/sec，下弦(陰曆22～24日)之平均最大流速為4cm/sec，其流向皆為沿海岸之東北向或西南向，沿著海岸線之方向角約為北偏東41°。

## 二、海流與潮汐及海流與風之關係

為定量的探討潮流與潮汐之相關，或風吹流與風速之關係，僅取2月份資料做風、潮流、海流之相關分析。圖6-25a為潮位自相關圖，顯示其自相關為半日週期變化，圖6-25b為沿岸方向流速自相關圖，也顯示相關曲線為半日週期變化，而潮位與沿岸方向流速之互相關曲線圖，同樣顯示為半日週期變化，而最大相關值0.95發生在延時為2小時。此結果說明半日潮流乃由半日潮波引致而產生，潮汐水位領先潮流2小時。

同樣以最小二乘法可求得潮位與沿岸方向潮流流速之線性關係式如下：

$$U_a(t) = 18.04 - 26.34\eta(t - 2) \quad (6.1)$$

式中 $\eta(t)$ 為潮位，單位為m。 $U_a(t)$ 為沿岸方向流速，單位為cm/s。

最後進一步分析風與流之相關性，圖6-26c為沿岸方向風速(東北向與

西南向)與沿岸方向流速互相關曲線圖，其最大相關係數為0.13，也說明此地區之風吹流成份甚小。

# Current Spetrum in Tan-Shui

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/02/01.00:00-1997/02/21.08:00

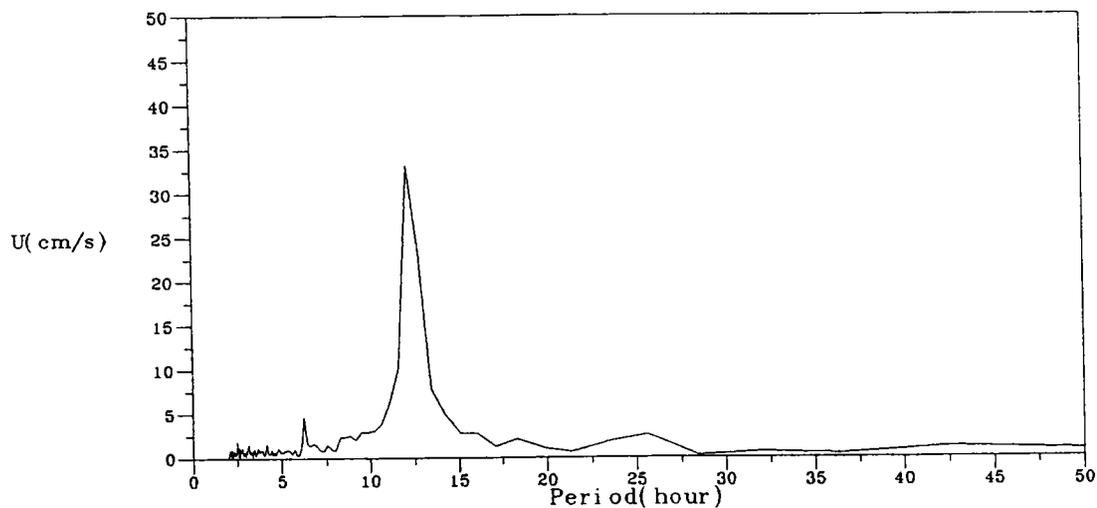


圖6-1a 1997年2月海流東西分量能譜圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/02/01.00:00-1997/02/21.08:00

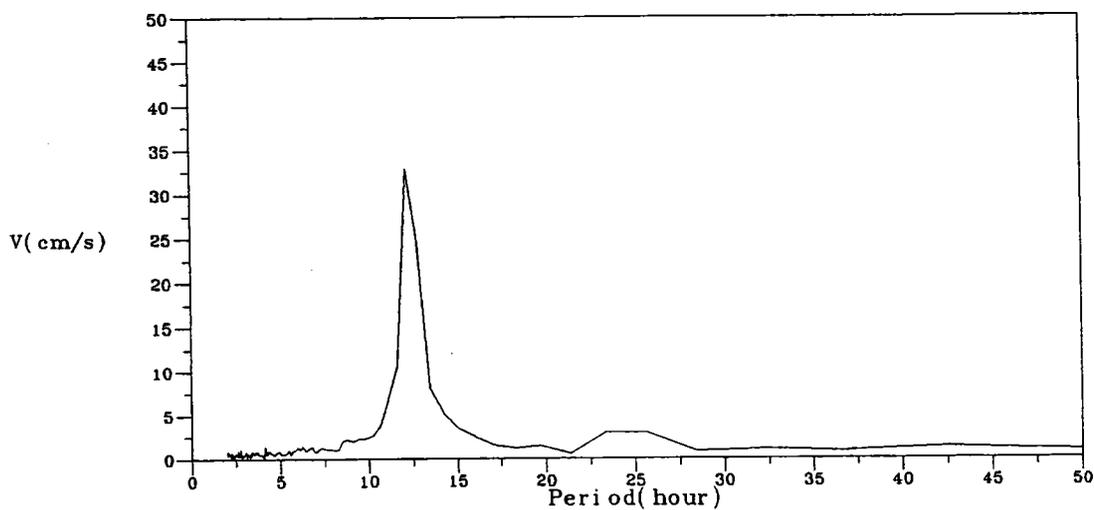


圖6-1b 1997年2月海流南北分量能譜圖

# Current Spetrum in Tan-Shui

Along-shore

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/02/01.00:00-1997/02/21.08:00

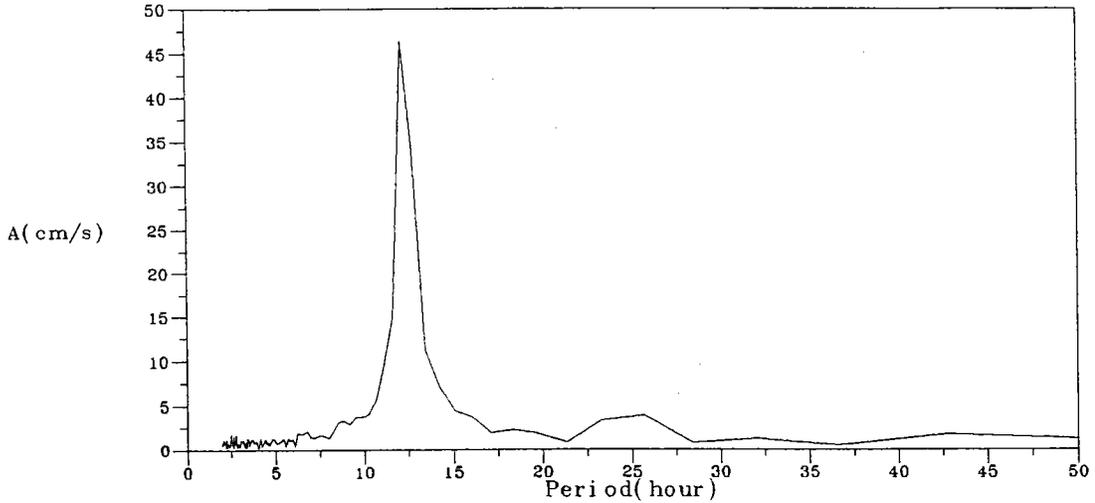


圖 6-1c 1997年2月海流沿岸分量能譜圖

Cross-shore

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/02/01.00:00-1997/02/21.08:00

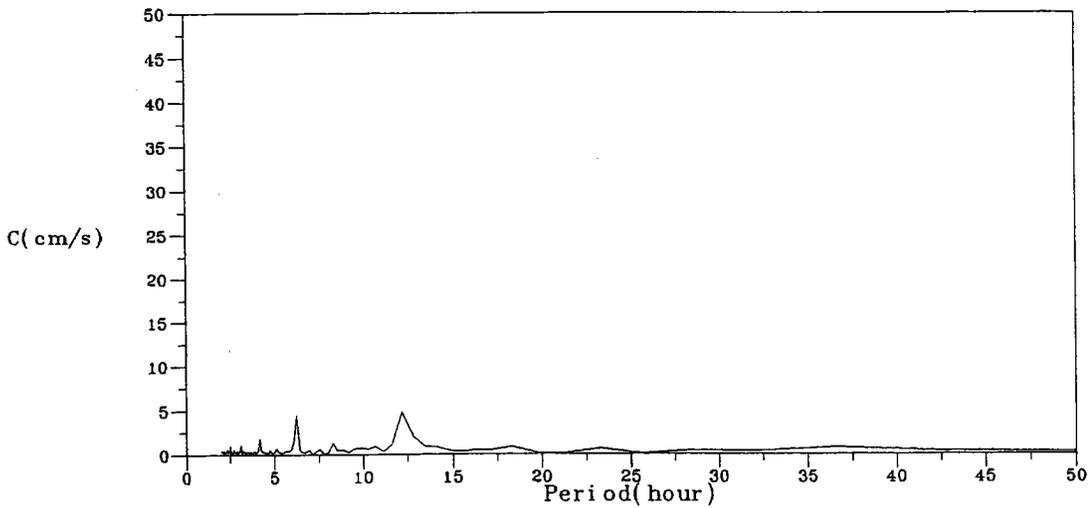


圖 6-1d 1997年2月海流向離岸分量能譜圖

# Current Spectrum in Tan-Shui

Length of Semi-major axis of tidal current

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/02/01.00:00-1997/02/21.08:00

Constant Current : Speed = 4.54cm/sec, Direction = 14degree

T= 12.5 T= 12.0 T= 13.0 T= 11.5 T= 13.3 T= 11.2

Max= 55.5

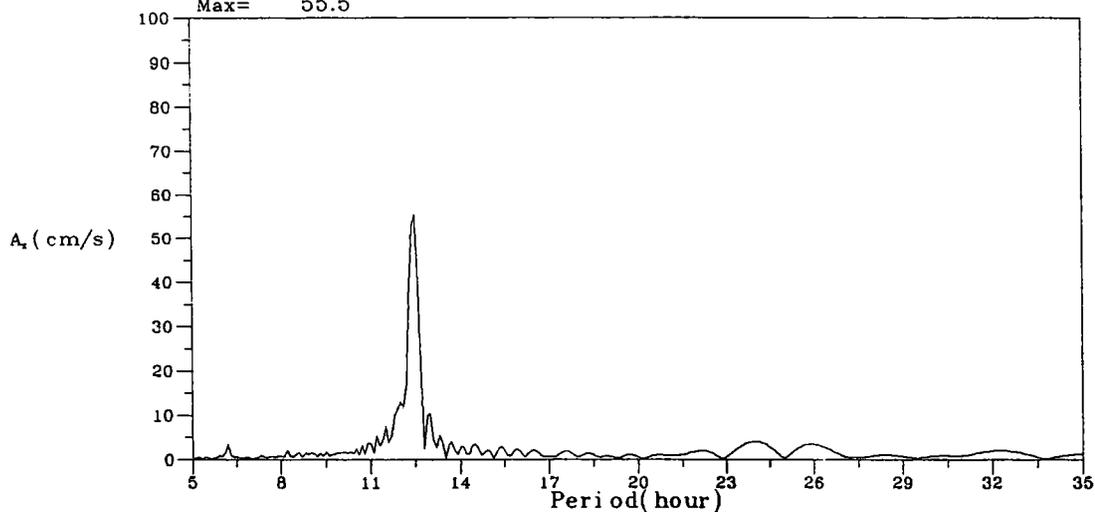


圖 6-1e 1997年2月海流橢圓半長軸長之能譜圖

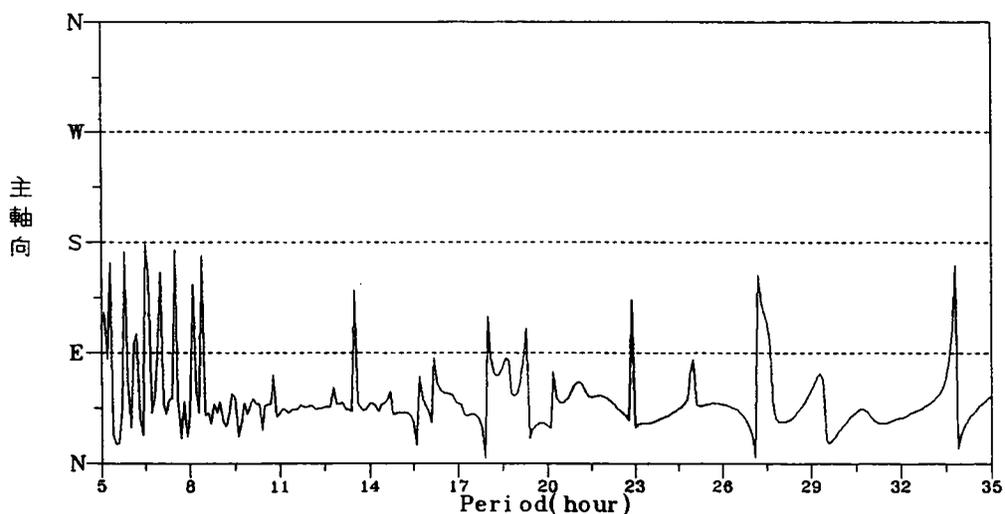


圖 6-1f 1997年2月海流橢圓長軸方向角譜圖

# Current Spectrum in Tan-Shui

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/03/01.00:00-1997/03/18.10:00

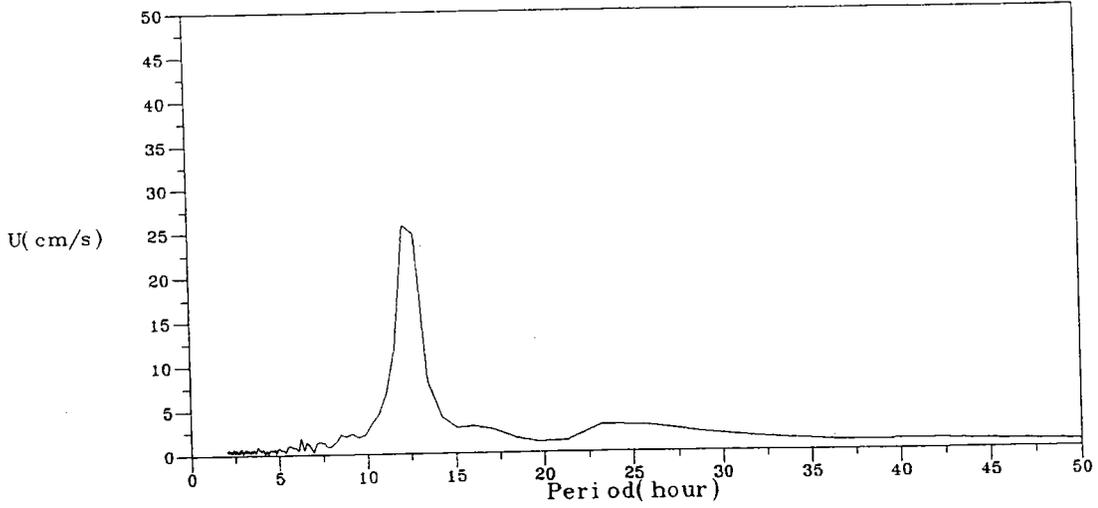


圖 6-2a 1997年3月海流東西分量能譜圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/03/01.00:00-1997/03/18.10:00

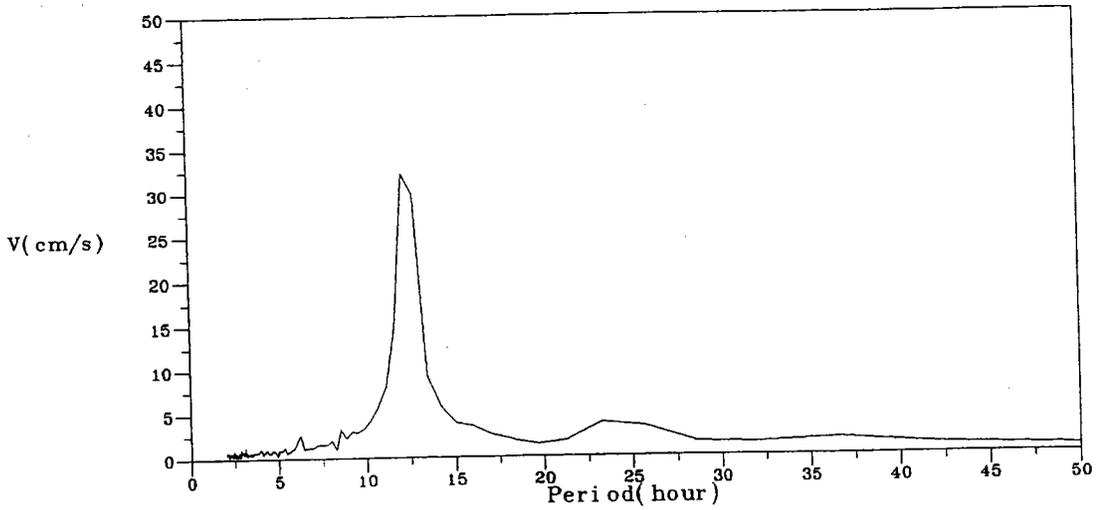


圖 6-2b 1997年3月海流南北分量能譜圖

# Current Spetrum in Tan-Shui

Along-shore

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/03/01.00:00-1997/03/18.10:00

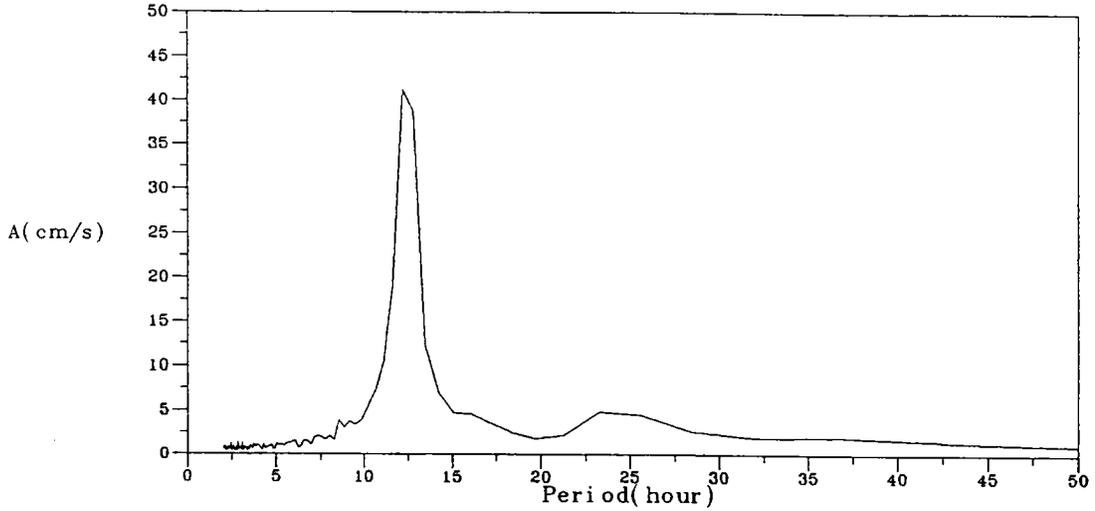


圖 6-2c 1997年3月海流沿岸分量能譜圖

Cross-shore

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/03/01.00:00-1997/03/18.10:00

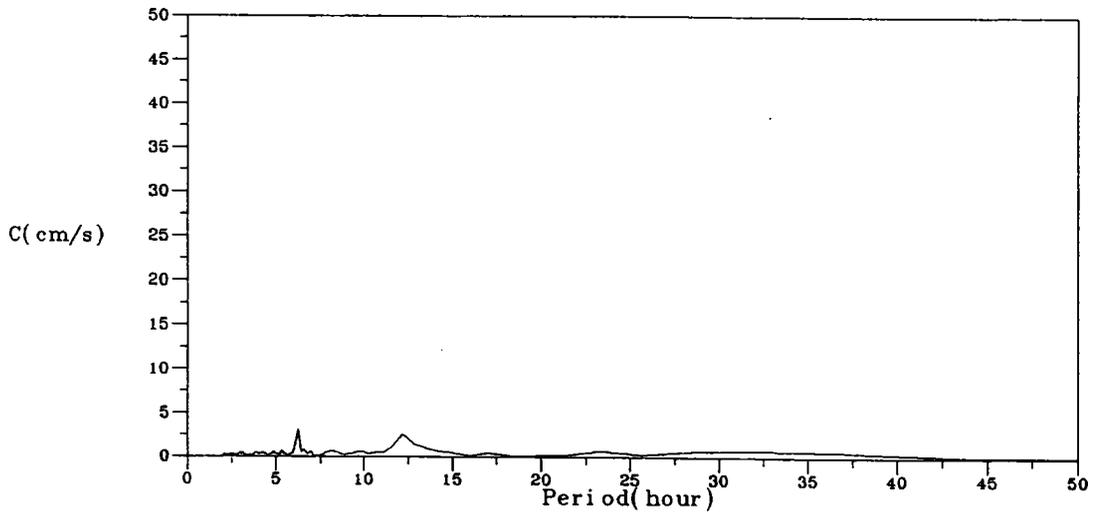


圖 6-2d 1997年3月海流向離岸分量能譜圖

# Current Spetrum in Tan-Shui

Length of Semi-major axis of tidal current

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/03/01.00:00-1997/03/18.10:00

Constant Current : Speed = 1.41cm/sec, Direction = 323degree

T= 12.4 T= 13.0 T= 11.7 T= 13.5 T= 23.7 T= 26.2

Max= 58.0

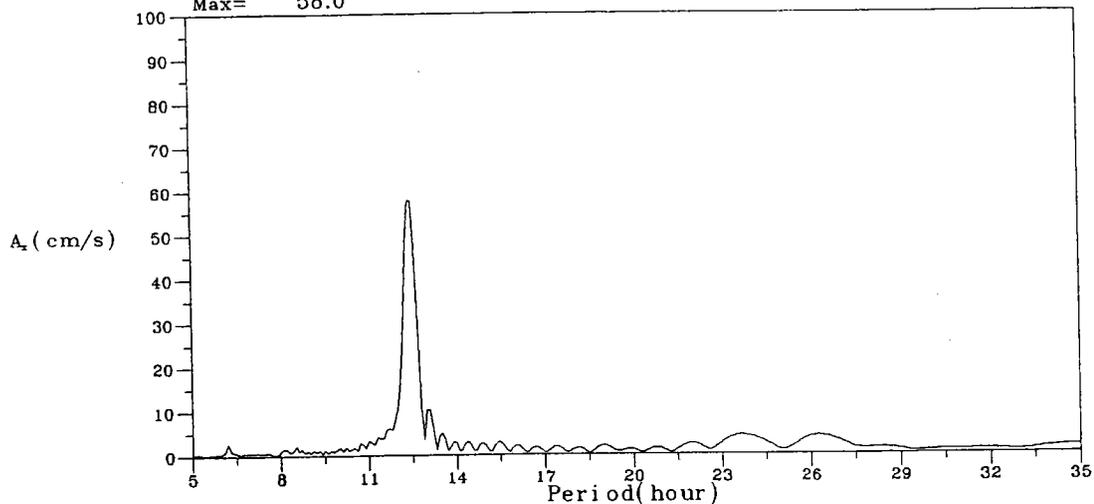


圖6-2e 1997年3月海流橢圓半長軸長之能譜圖

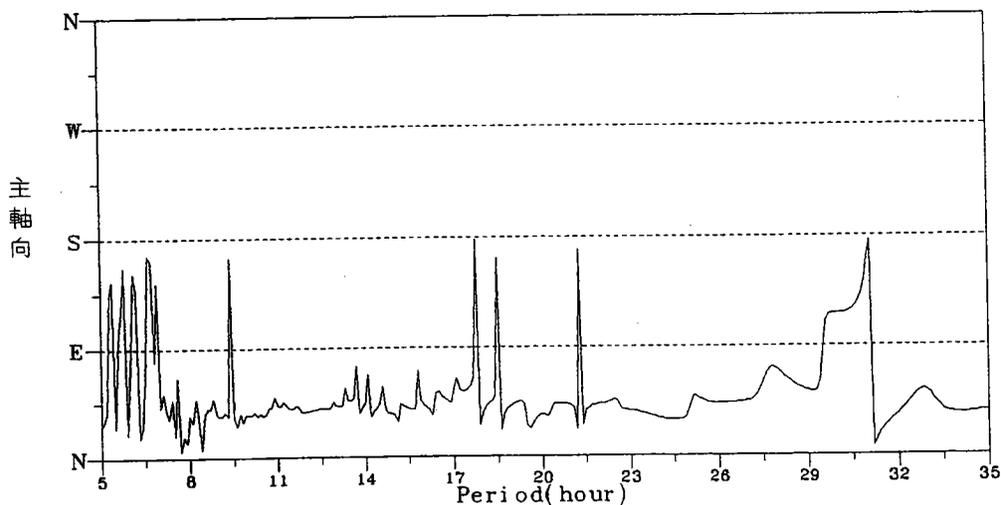


圖6-2f 1997年3月海流橢圓長軸方向角譜圖

# Current Spetrum in Tan-Shui

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/08/01.00:00-1997/08/14.03:00

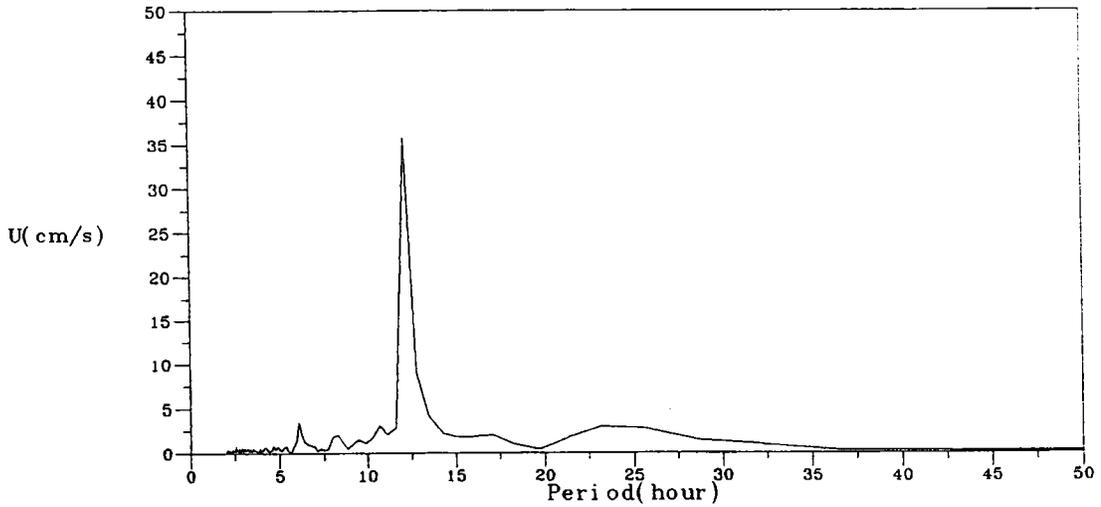


圖6-3a 1997年8月海流東西分量能譜圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/08/01.00:00-1997/08/14.03:00

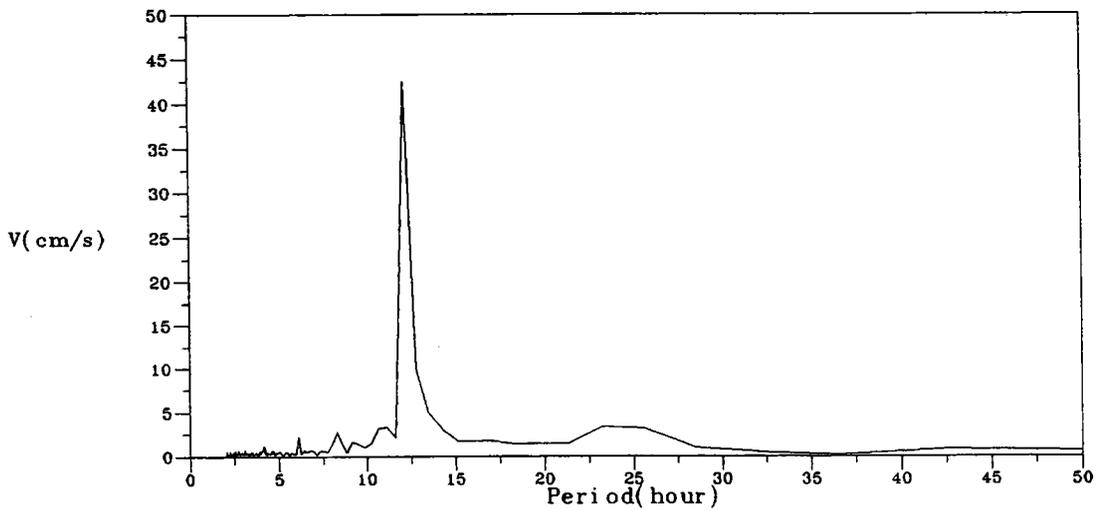


圖6-3b 1997年8月海流南北分量能譜圖

# Current Spetrum in Tan-Shui

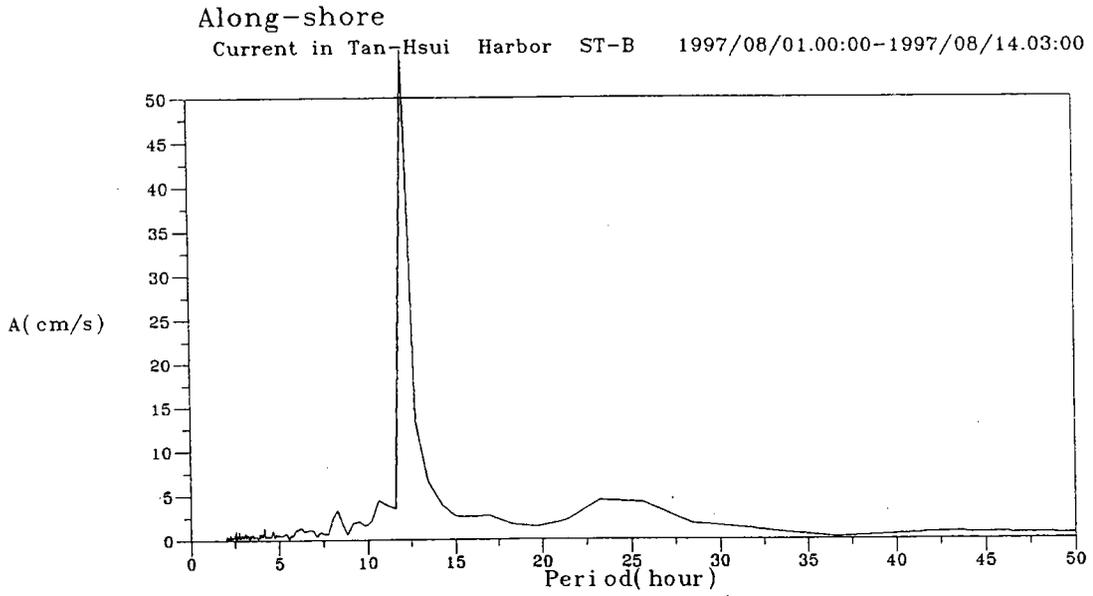


圖 6-3c 1997年8月海流沿岸分量能譜圖

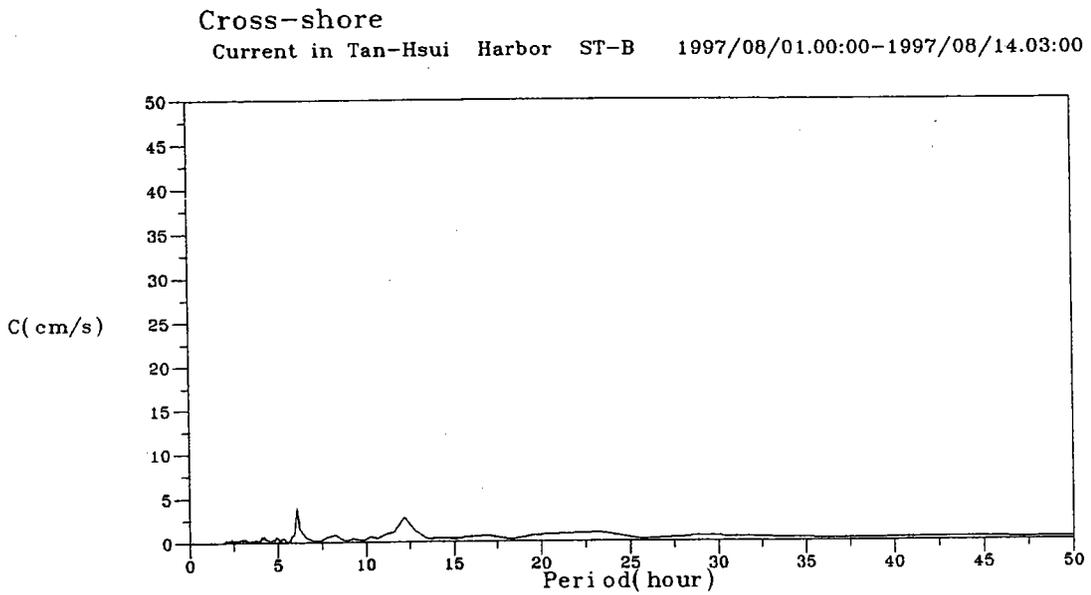


圖 6-3d 1997年8月海流向離岸分量能譜圖

# Current Spetrum in Tan-Shui

Length of Semi-major axis of tidal current

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/08/01.00:00-1997/08/14.03:00

Constant Current : Speed = 9.54cm/sec, Direction = 186degree

T= 12.3 T= 13.1 T= 11.7 T= 11.3 T= 13.7 T= 24.1

Max= 54.2

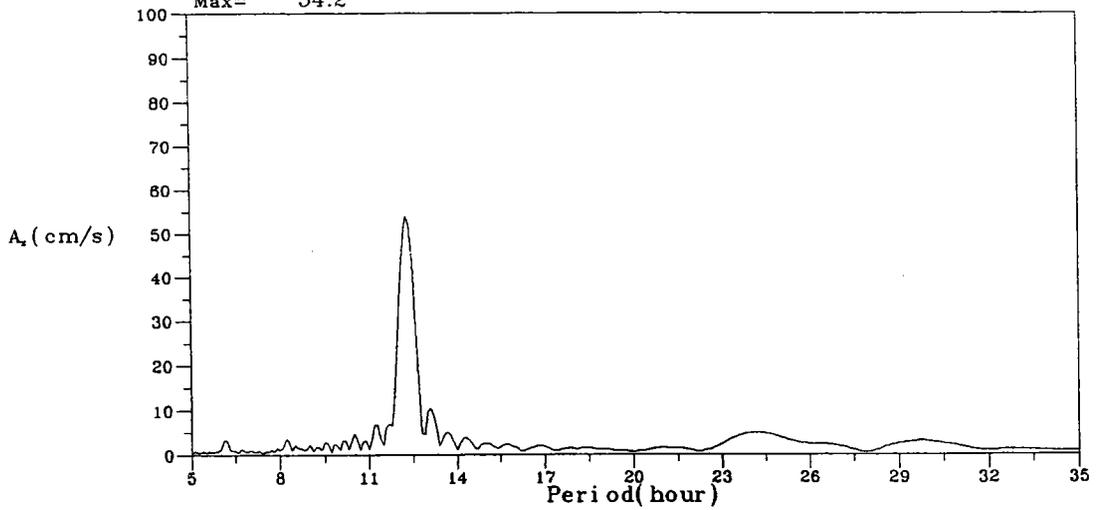


圖 6-3e 1997年8月海流橢圓半長軸長之能譜圖

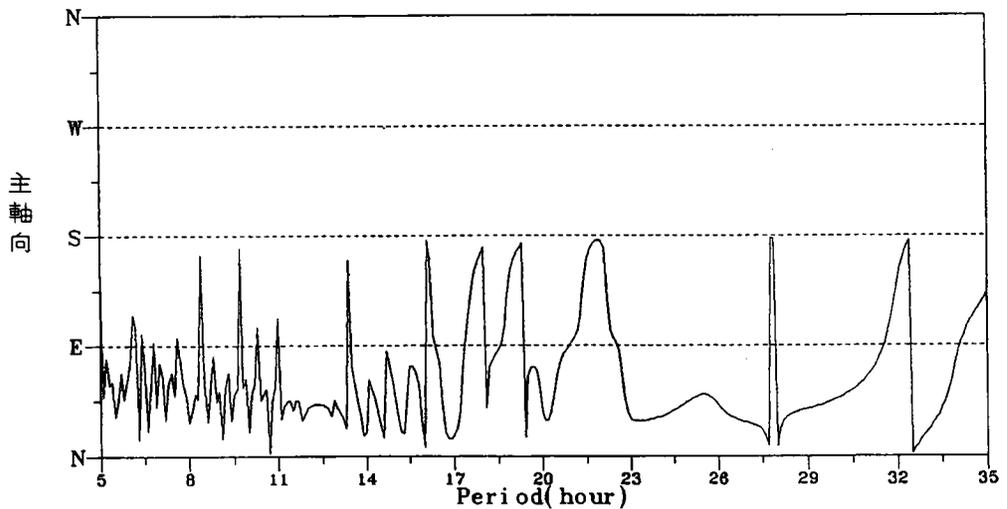


圖 6-3f 1997年8月海流橢圓長軸方向角譜圖

# Current Spetrum in Tan-Shui

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/09/09.17:00-1997/09/25.14:00

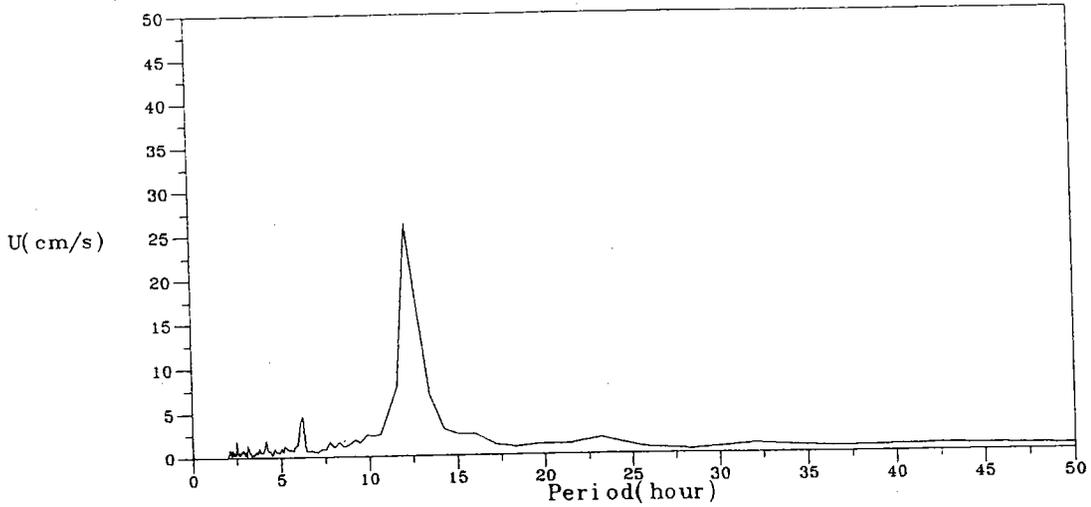


圖 6-4a 1997年9月海流東西分量能譜圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/09/09.17:00-1997/09/25.14:00

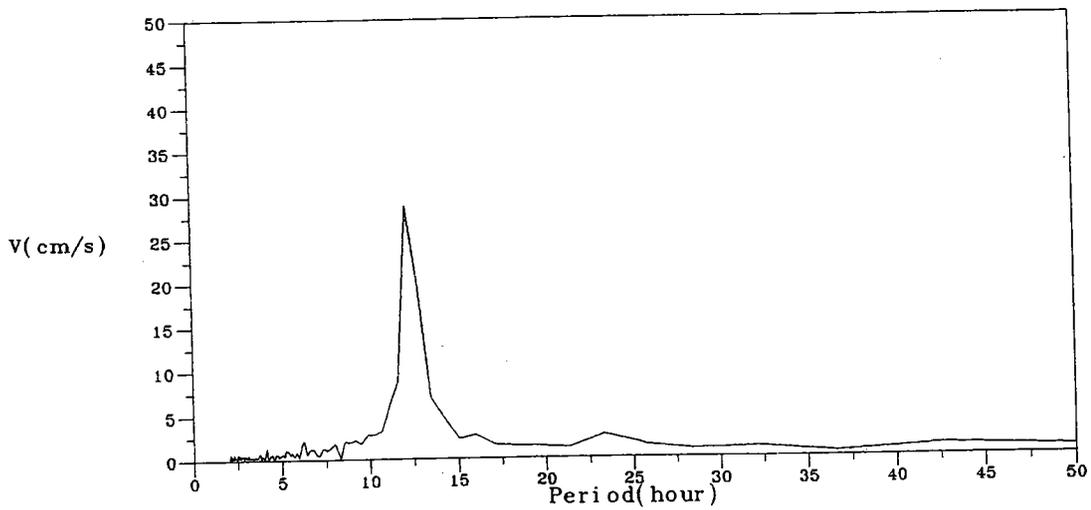


圖 6-4b 1997年9月海流南北分量能譜圖

# Current Spetrum in Tan-Shui

## Along-shore

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/09/09.17:00-1997/09/25.14:00

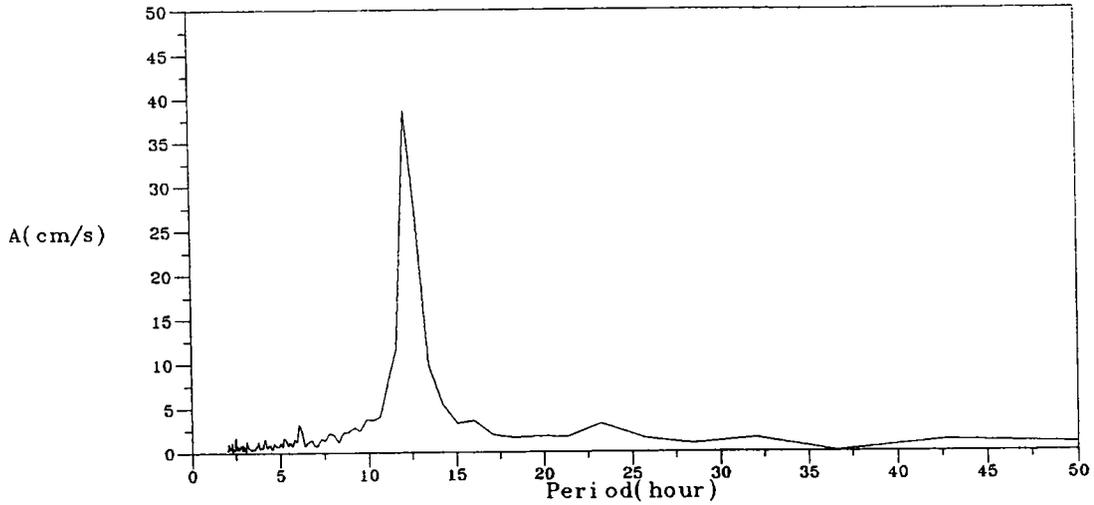


圖 6-4c 1997年9月海流沿岸分量能譜圖

## Cross-shore

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/09/09.17:00-1997/09/25.14:00

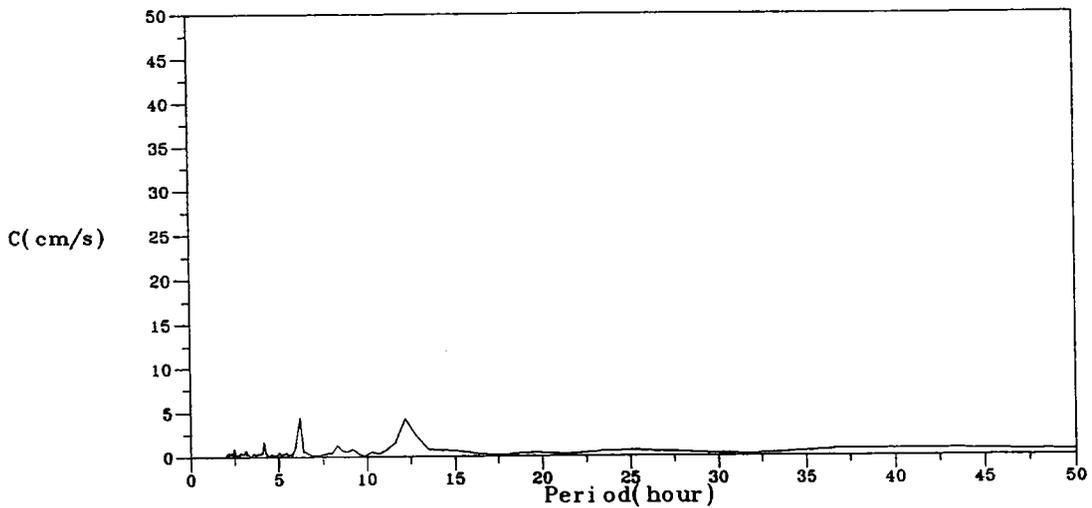


圖 6-4d 1997年9月海流向離岸分量能譜圖

# Current Spetrum in Tan-Shui

Length of Semi-major axis of tidal current

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/09/09.17:00-1997/09/25.14:00

Constant Current : Speed = 8.32cm/sec, Direction = 334degree

T= 12.4 T= 13.1 T= 6.2 T= 13.6 T= 11.6 T= 11.2

Max= 46.9

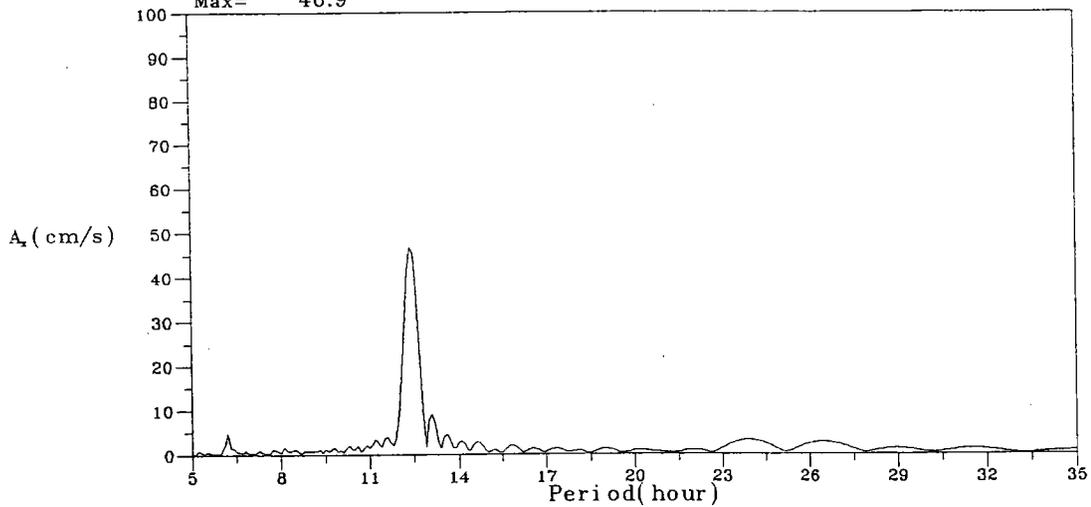


圖 6-4e 1997年9月海流橢圓半長軸長之能譜圖

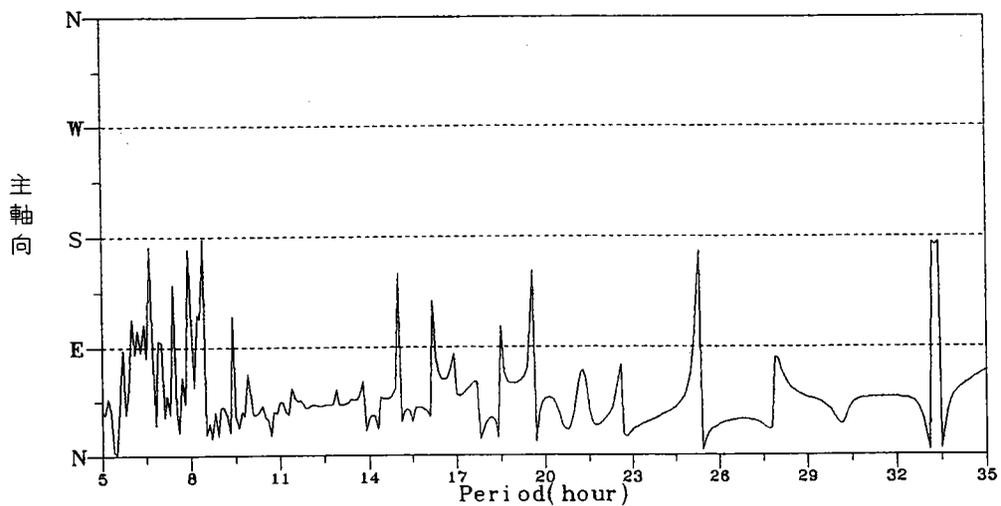


圖 6-4f 1997年9月海流橢圓長軸方向角譜圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/02/01.00:00-1997/02/21.08:00  
T= 12.5

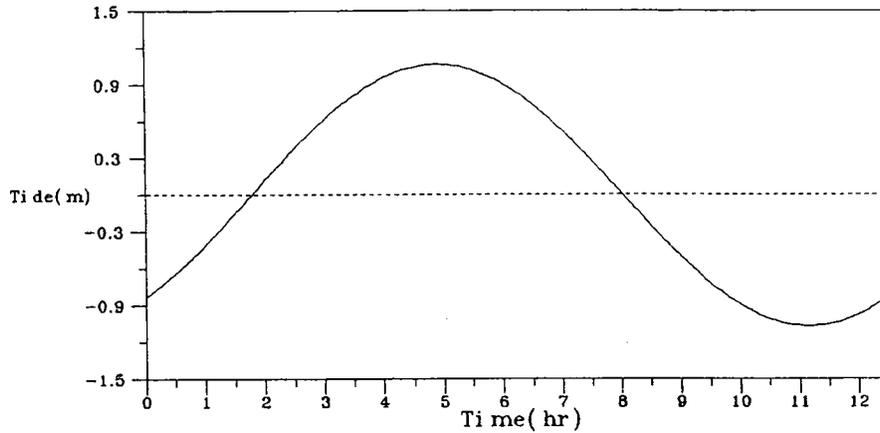
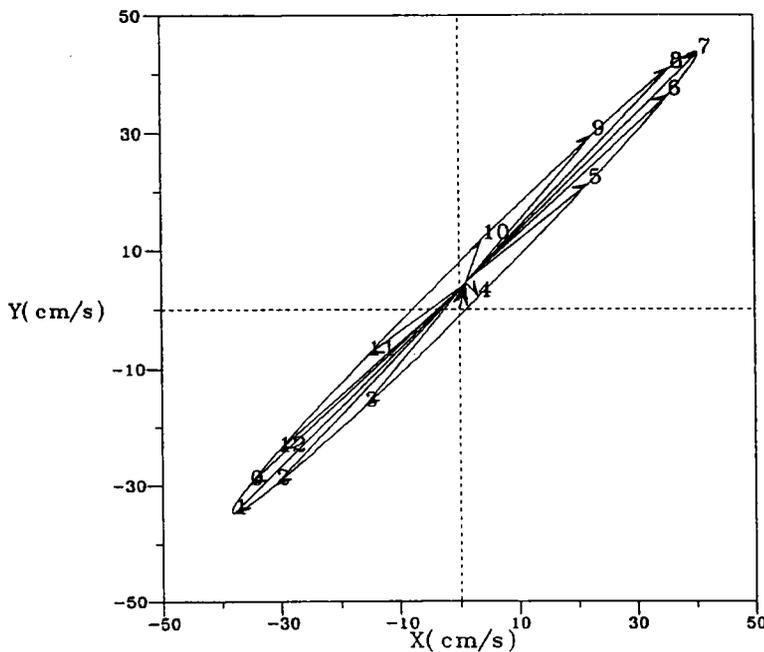


圖 6-5a 1997年2月半日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/02/01.00:00-1997/02/21.08:00  
T= 12.5



The Semi-Diurnal :  
Semi-major axis= 55.53 cm/sec  
Orientation = 224 degree  
Semi-minor axis= 3.24 cm/sec  
Constant Current :  
Current Speed = 4.68 cm/sec  
Direction = 75 degree

圖 6-5b 1997年2月半日潮流橢圓圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/03/01.00:00-1997/03/18.10:00  
T= 12.4

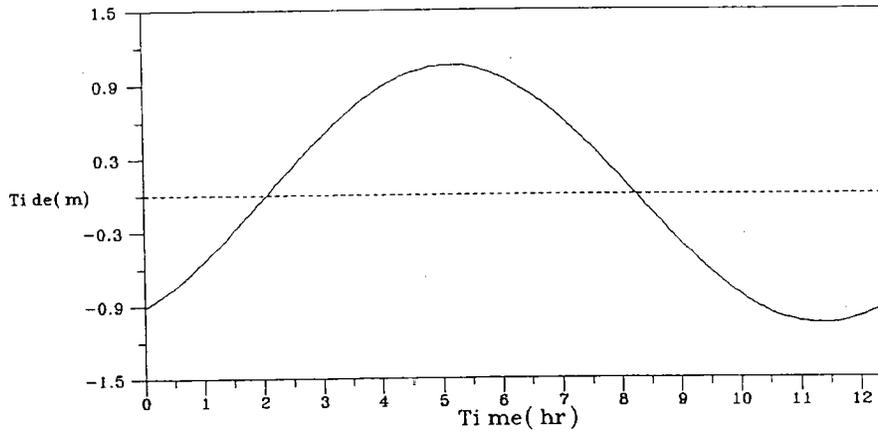
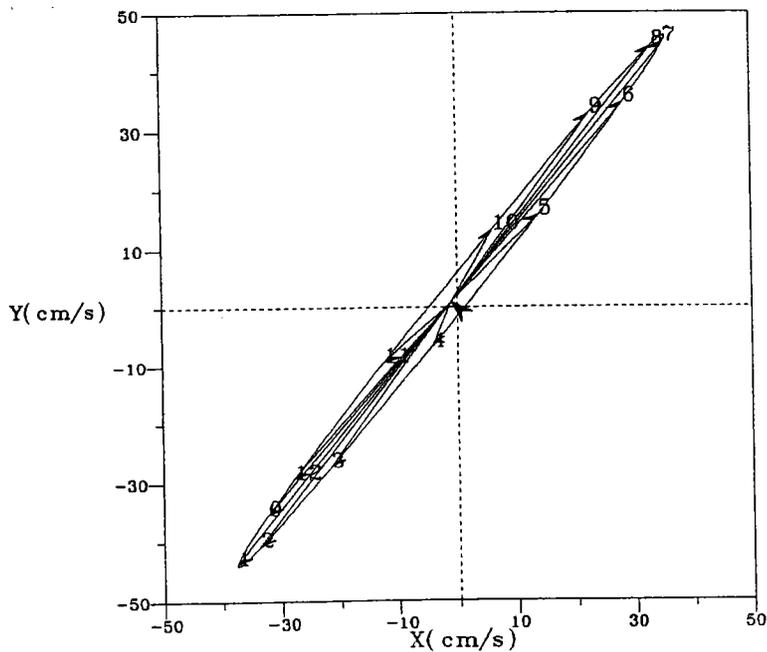


圖 6-6a 1997年3月半日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/03/01.00:00-1997/03/18.10:00  
T= 12.4



The Semi-Diurnal :

Semi-major axis= 58.04 cm/sec  
Orientation = 50 degree  
Semi-minor axis= 2.47 cm/sec

Constant Current :

Current Speed = 1.39 cm/sec  
Direction = 135 degree

圖 6-6b 1997年3月半日潮流橢圓圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/08/01.00:00-1997/08/14.03:00  
T= 12.3

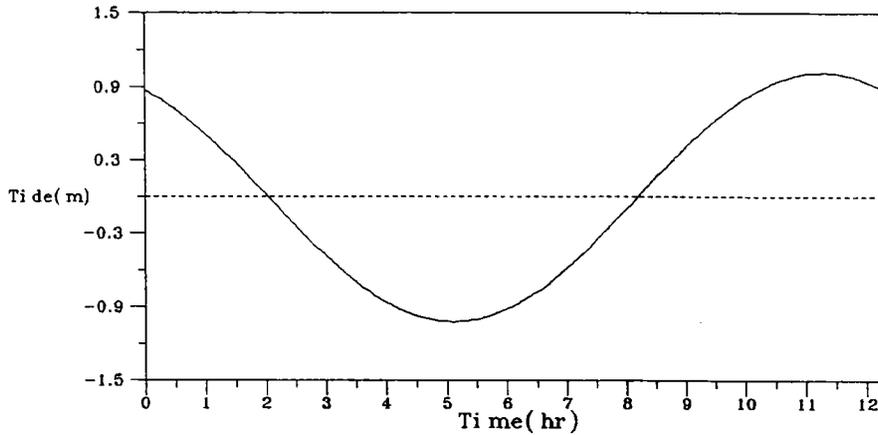
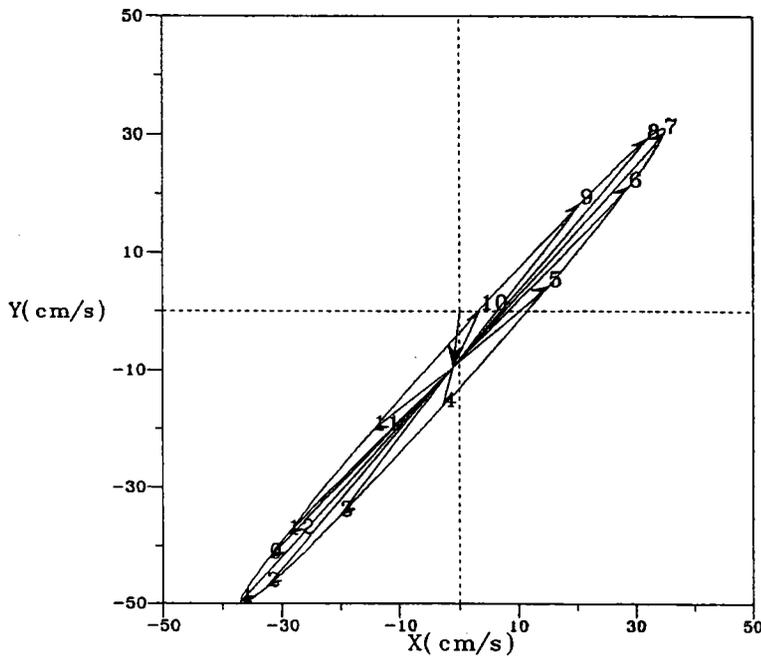


圖6-7a 1997年8月半日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/08/01.00:00-1997/08/14.03:00  
T= 12.3



The Semi-Diurnal :  
Semi-major axis= 54.20 cm/sec  
Orientation = 48 degree  
Semi-minor axis= 3.21 cm/sec

Constant Current :  
Current Speed = 9.52 cm/sec  
Direction = 283 degree

圖6-7b 1997年8月半日潮流橢圓圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/09/09.17:00-1997/09/25.14:00  
T= 12.5

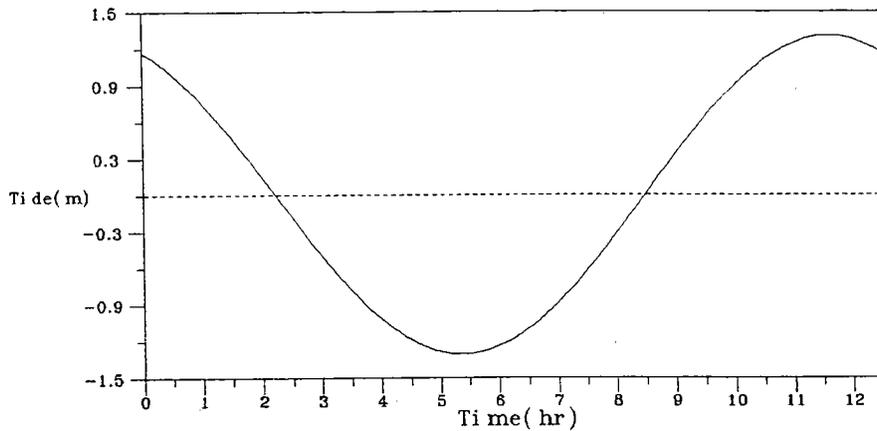
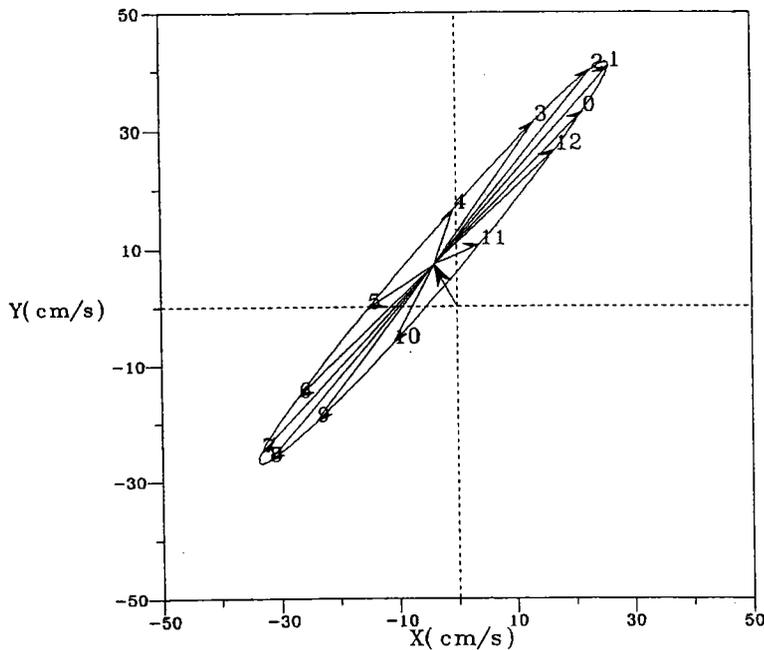


圖 6-8a 1997年9月半日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/09/09.17:00-1997/09/25.14:00  
T= 12.5



The Semi-Diurnal :

Semi-major axis= 45.29 cm/sec  
Orientation = 48 degree  
Semi-minor axis= 3.76 cm/sec

Constant Current :

Current Speed = 8.21 cm/sec  
Direction = 117 degree

圖 6-8b 1997年9月半日潮流橢圓圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/02/01.00:00-1997/02/21.08:00  
T= 24.0

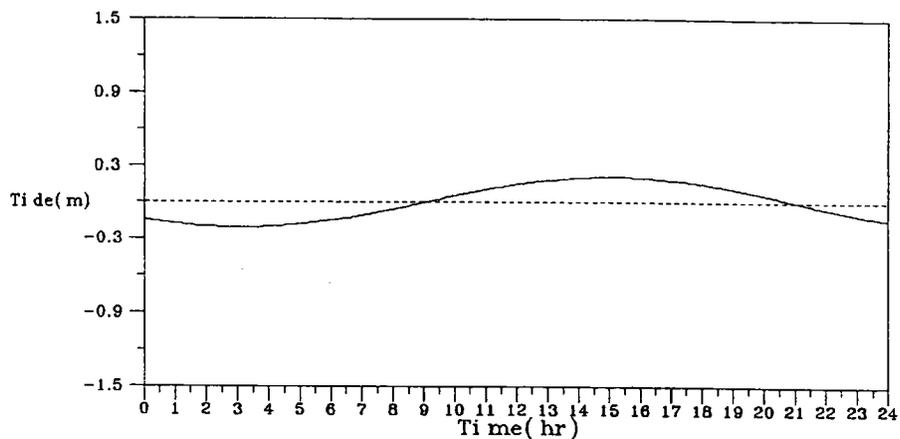
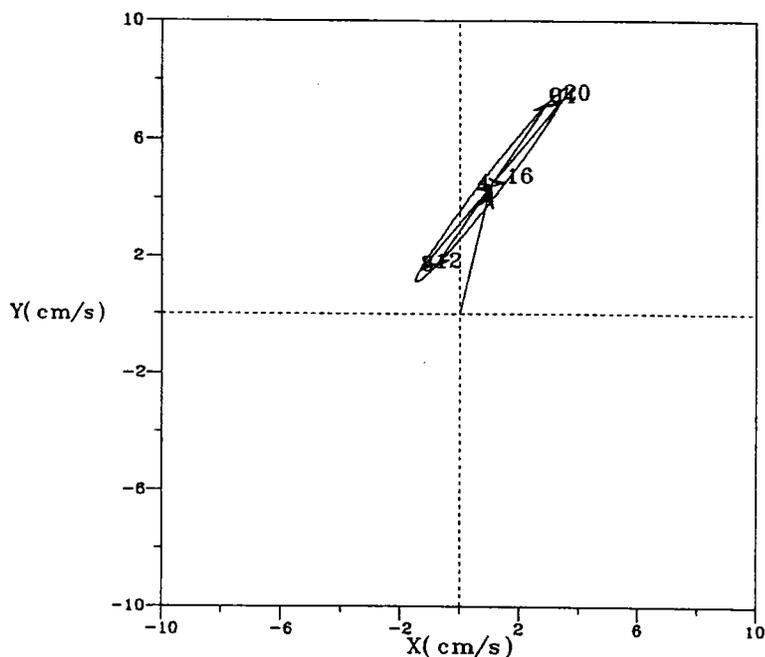


圖 6-9a 1997年2月全日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/02/01.00:00-1997/02/21.08:00  
T= 24.0



The Diurnal :

Semi-major axis= 4.17 cm/sec  
Orientation = 232 degree  
Semi-minor axis= .33 cm/sec

Constant Current :

Current Speed = 4.56 cm/sec  
Direction = 76 degree

圖 6-9b 1997年2月全日潮流橢圓圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/03/01.00:00-1997/03/18.10:00  
T= 24.0

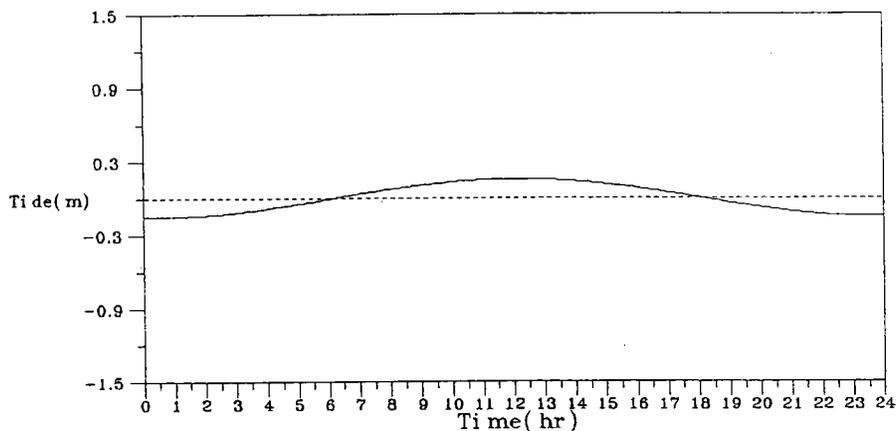
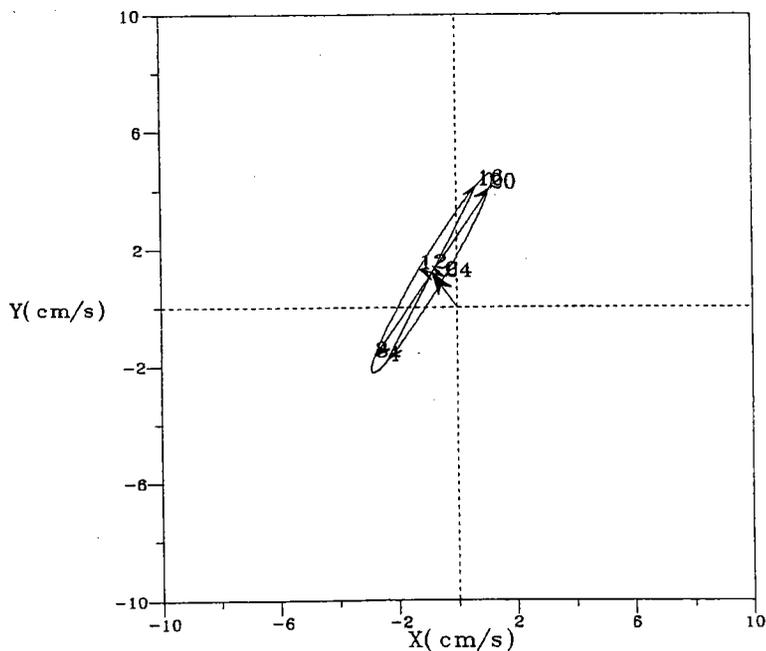


圖6-10a 1997年3月全日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/03/01.00:00-1997/03/18.10:00  
T= 24.0



The Diurnal :

Semi-major axis= 3.94 cm/sec  
Orientation = 59 degree  
Semi-minor axis= .44 cm/sec

Constant Current :

Current Speed = 1.44 cm/sec  
Direction = 125 degree

圖6-10b 1997年3月全日潮流橢圓圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/08/01.00:00-1997/08/14.03:00  
T= 24.2

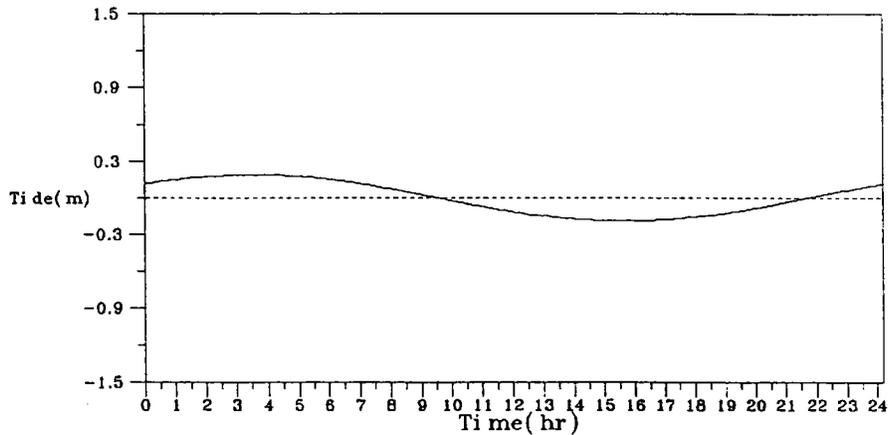
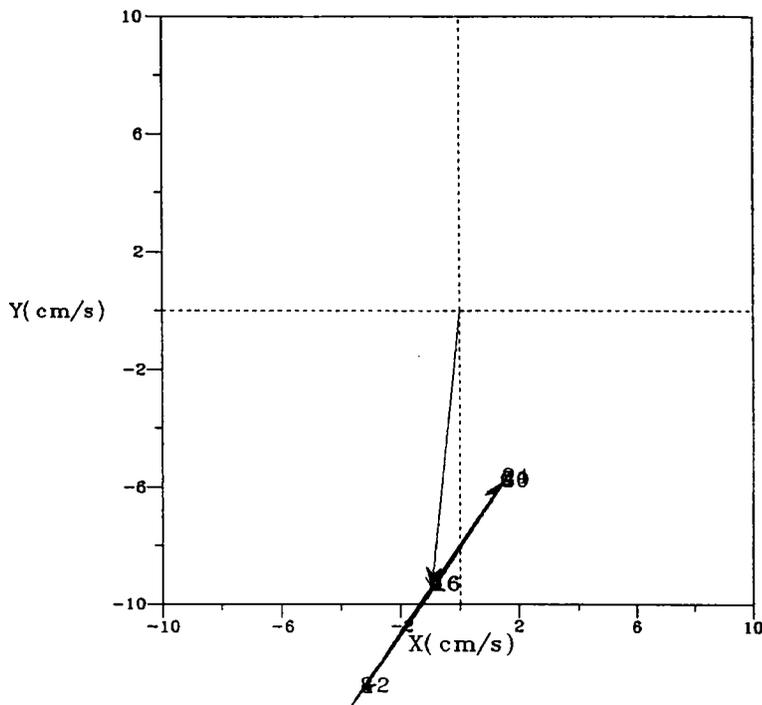


圖6-11a 1997年8月全日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/08/01.00:00-1997/08/14.03:00  
T= 24.2



The Diurnal :

Semi-major axis= 4.94 cm/sec  
Orientation = 236 degree  
Semi-minor axis= .06 cm/sec

Constant Current :

Current Speed = 9.54 cm/sec  
Direction = 284 degree

圖6-11b 1997年8月全日潮流橢圓圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/09/09.17:00-1997/09/25.14:00  
T= 24.0

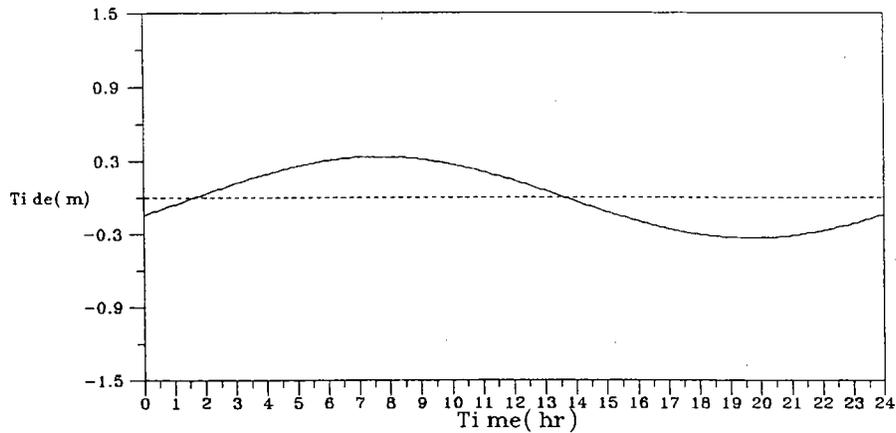
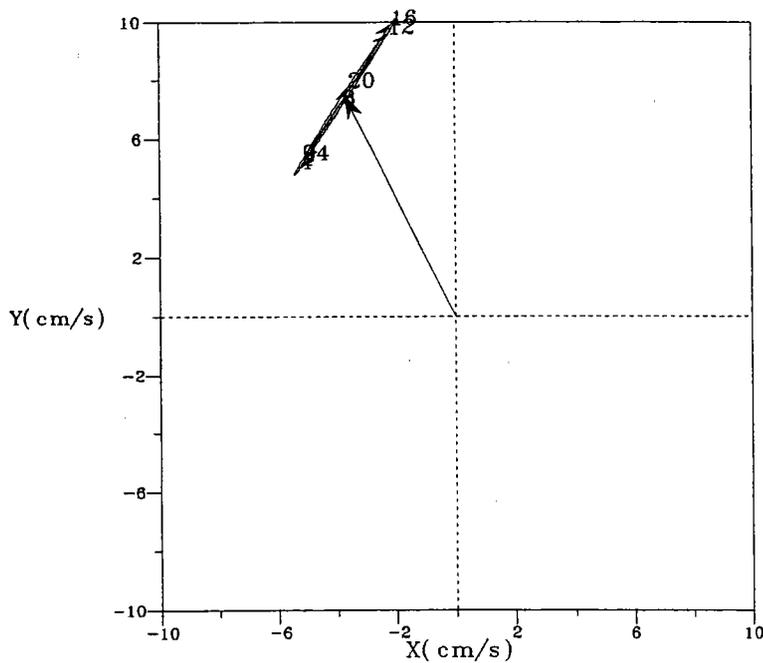


圖 6-12a 1997年9月全日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/09/09.17:00-1997/09/25.14:00  
T= 24.0



The Diurnal :

Semi-major axis= 3.19 cm/sec  
Orientation = 236 degree  
Semi-minor axis= .09 cm/sec

Constant Current :

Current Speed = 8.31 cm/sec  
Direction = 118 degree

圖 6-12b 1997年9月全日潮流橢圓圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/02/08.00:00-1997/02/10.23:00  
T= 12.5

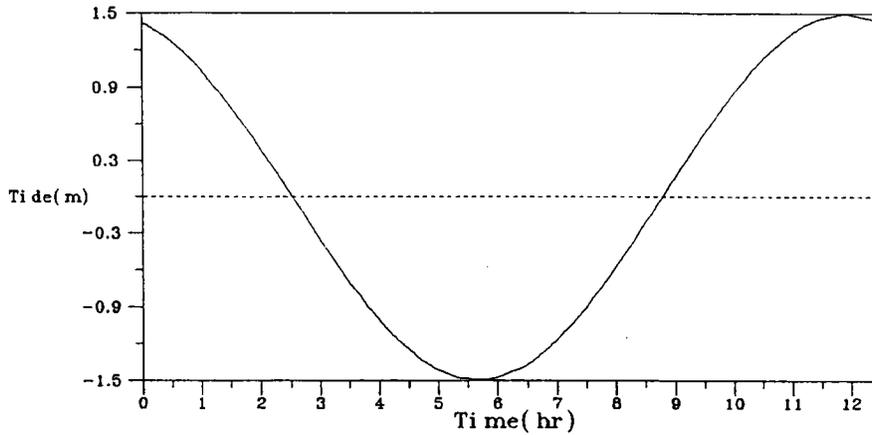


圖6-13a 朔(陰曆初2~初4)半日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/02/08.00:00-1997/02/10.23:00  
T= 12.5

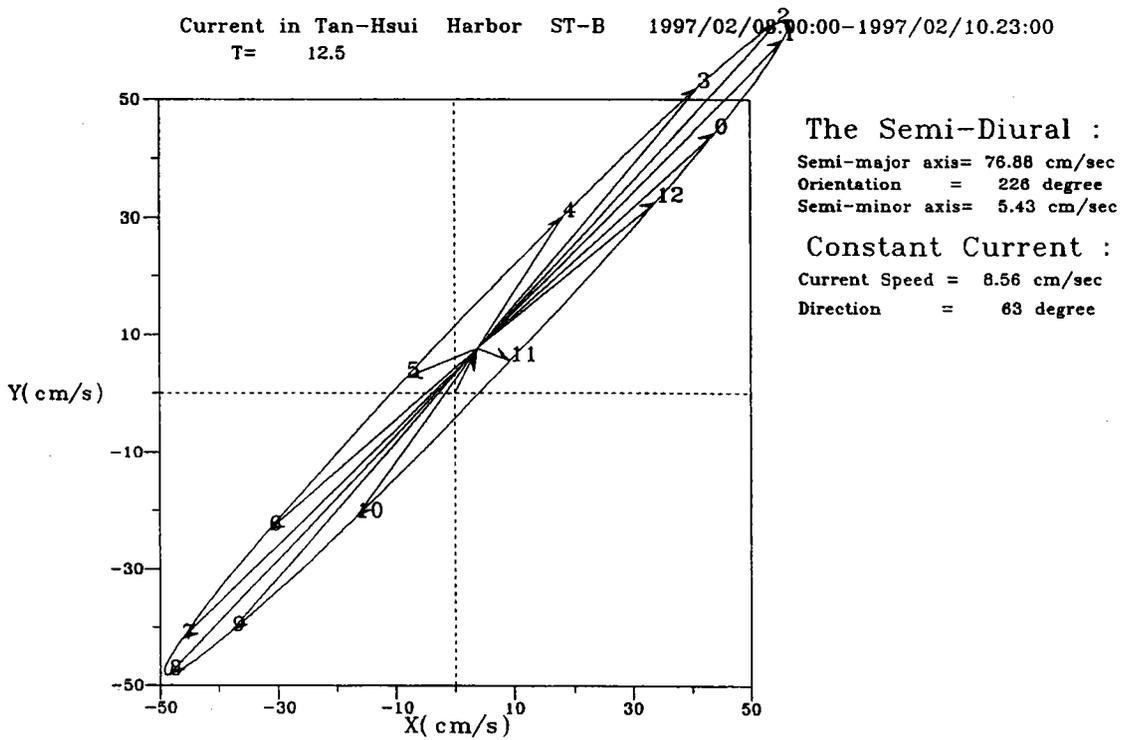


圖6-13b 朔(陰曆初2~初4)半日潮流橢圓圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/07/12.00:00-1997/07/15.23:00  
 T= 12.5

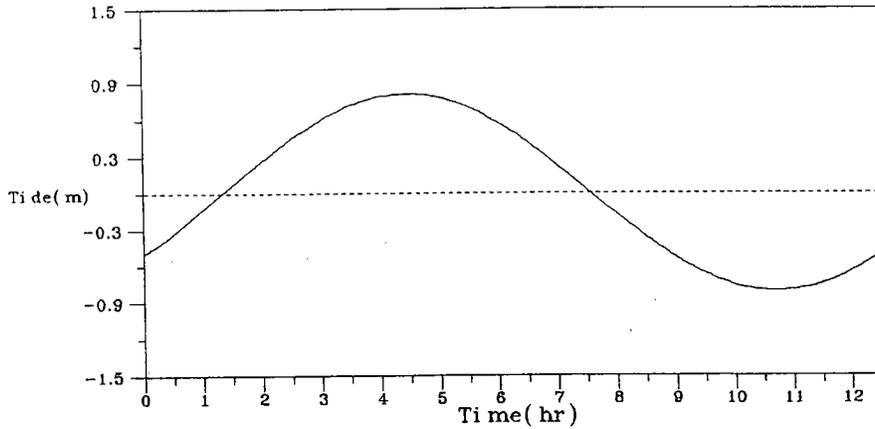
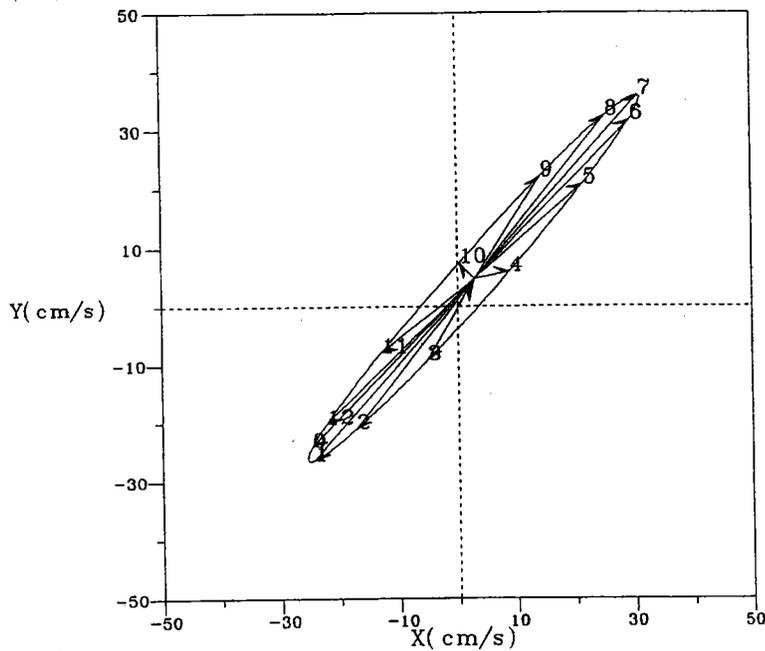


圖 6-14a 上弦(陰曆8~10日) 半日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/07/12.00:00-1997/07/15.23:00  
 T= 12.5



The Semi-Diurnal :  
 Semi-major axis= 42.01 cm/sec  
 Orientation = 47 degree  
 Semi-minor axis= 3.71 cm/sec  
 Constant Current :  
 Current Speed = 5.50 cm/sec  
 Direction = 58 degree

圖 6-14b 上弦(陰曆8~10日) 半日潮流橢圓圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/07/20.00:00-1997/07/22.23:00  
T= 12.5

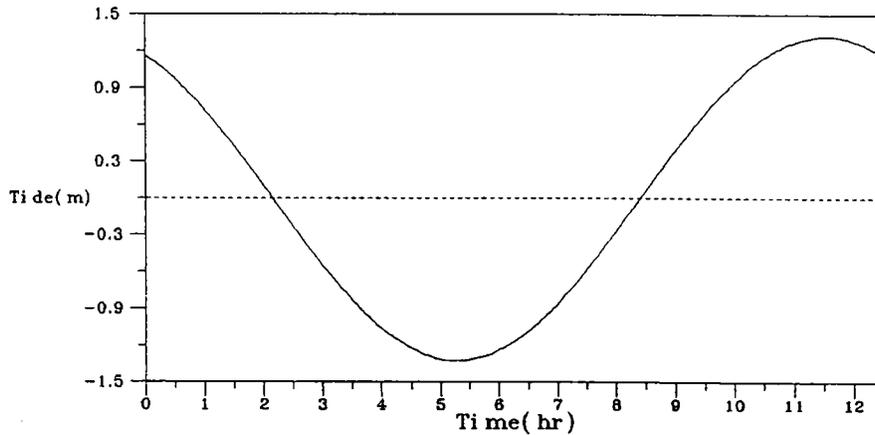
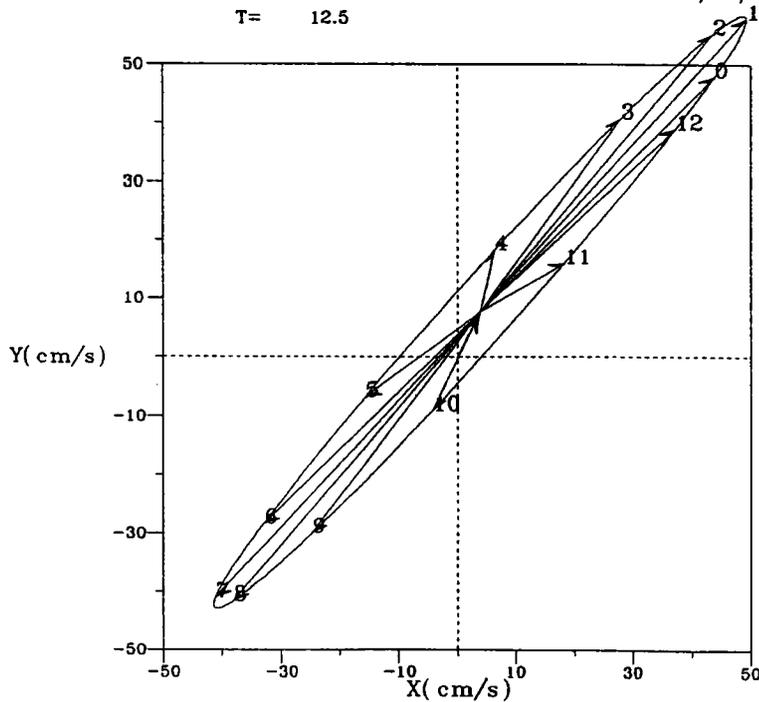


圖6-15a 望(陰曆16~18日)半日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/07/20.00:00-1997/07/22.23:00  
T= 12.5



The Semi-Diurnal :  
Semi-major axis= 67.71 cm/sec  
Orientation = 228 degree  
Semi-minor axis= 5.30 cm/sec  
Constant Current :  
Current Speed = 8.62 cm/sec  
Direction = 83 degree

圖6-15b 望(陰曆16~18日)半日潮流橢圓圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/01/01.00:00-1997/01/03.23:00  
T= 12.5

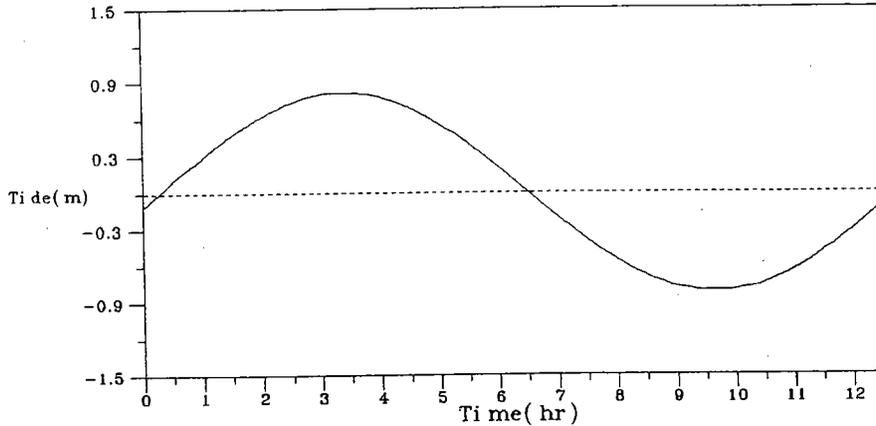
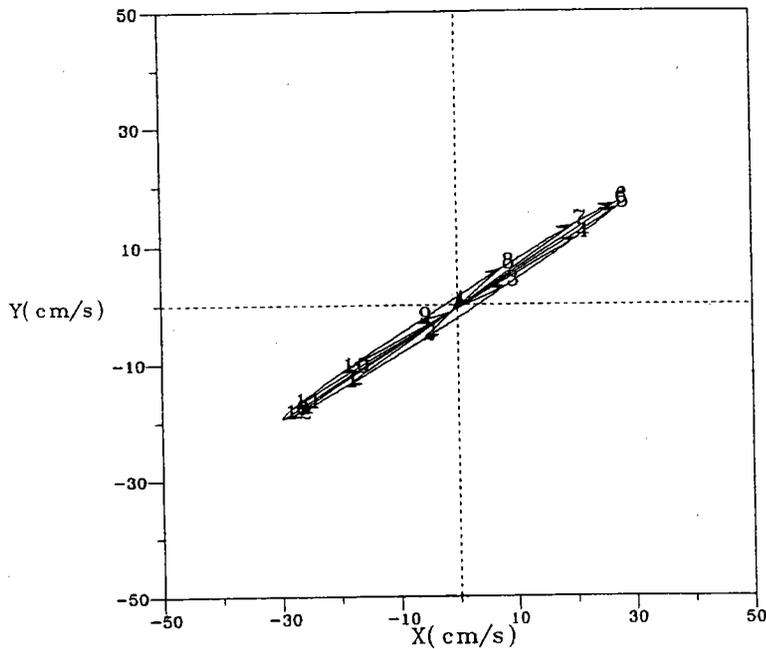


圖 6-16a 下弦(陰曆 22~24 日) 半日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/01/01.00:00-1997/01/03.23:00  
T= 12.5



The Semi-Diurnal :  
Semi-major axis= 34.13 cm/sec  
Orientation = 212 degree  
Semi-minor axis= 1.53 cm/sec  
  
Constant Current :  
Current Speed = 1.41 cm/sec  
Direction = 227 degree

圖 6-16b 下弦(陰曆 22~24 日) 半日潮流橢圓圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/02/08.00:00-1997/02/10.23:00  
T= 24.0

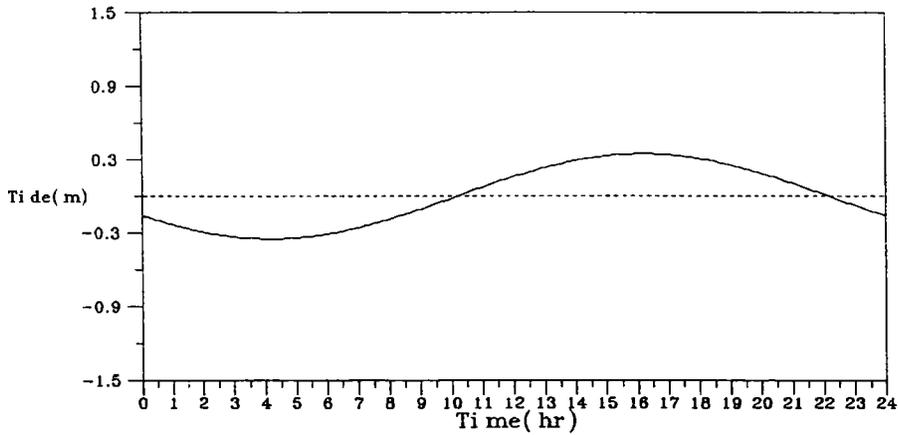
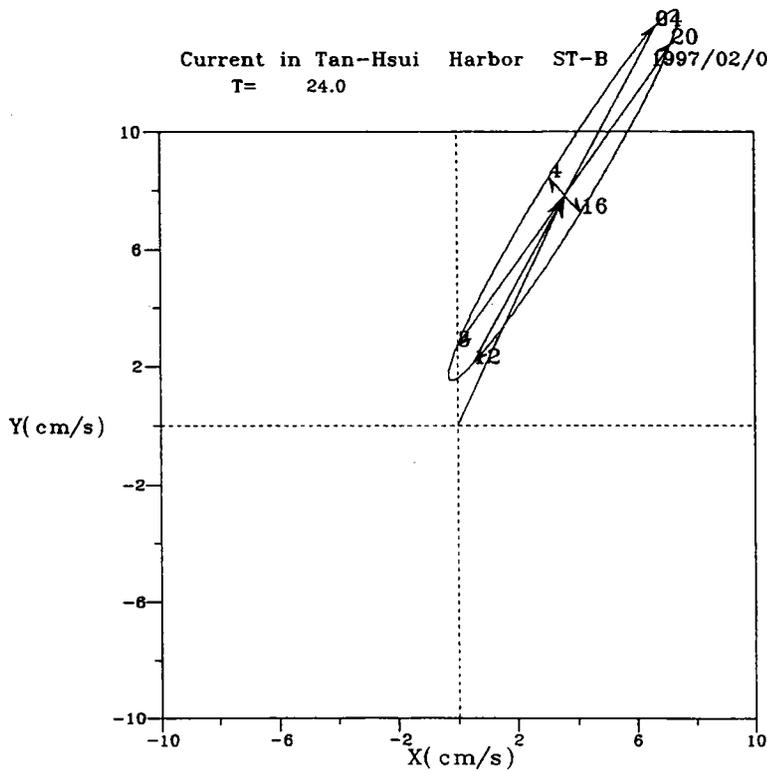


圖6-17a 朔(陰曆初2~初4)全日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/02/08.00:00-1997/02/10.23:00  
T= 24.0



The Diurnal :

Semi-major axis= 7.39 cm/sec  
Orientation = 58 degree  
Semi-minor axis= .77 cm/sec

Constant Current :

Current Speed = 8.63 cm/sec  
Direction = 65 degree

圖6-17b 朔(陰曆初2~初4)全日潮流橢圓圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/07/12.00:00-1997/07/15.23:00  
T= 24.0

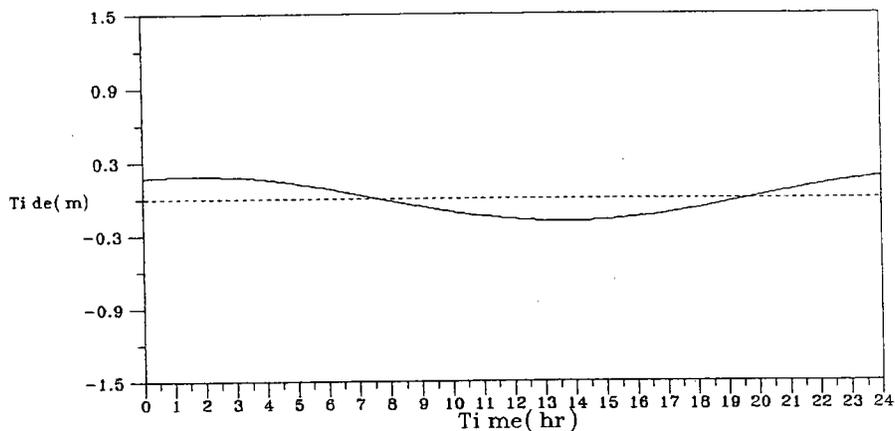
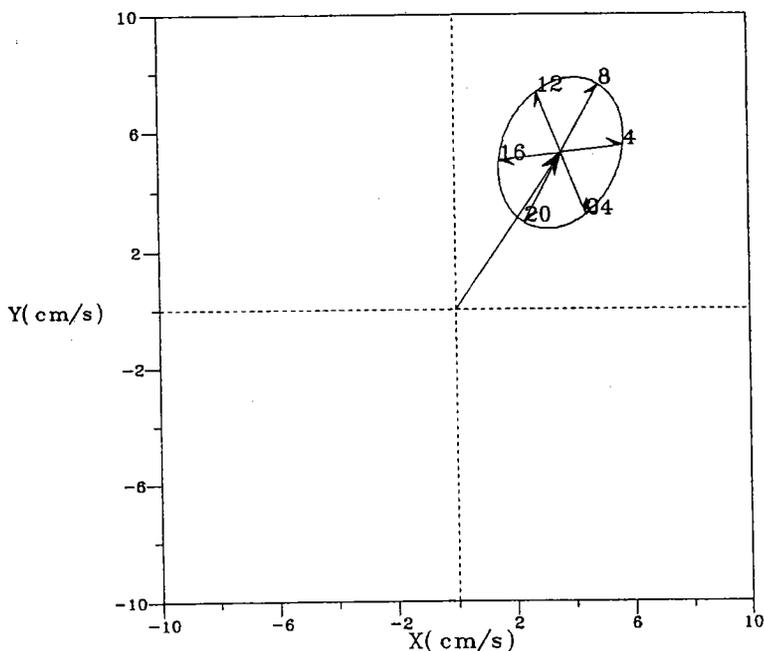


圖6-18a 上弦(陰曆8~10日)全日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/07/12.00:00-1997/07/15.23:00  
T= 24.0



The Diurnal :

Semi-major axis= 2.65 cm/sec  
Orientation = 244 degree  
Semi-minor axis= 1.98 cm/sec

Constant Current :

Current Speed = 6.40 cm/sec  
Direction = 55 degree

圖6-18b 上弦(陰曆8~10日)全日潮流橢圓圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/07/20.00:00-1997/07/22.23:00  
T= 24.0

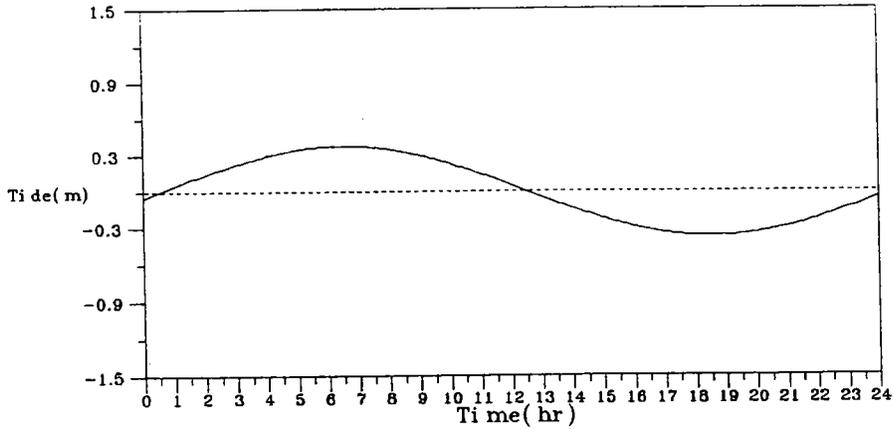
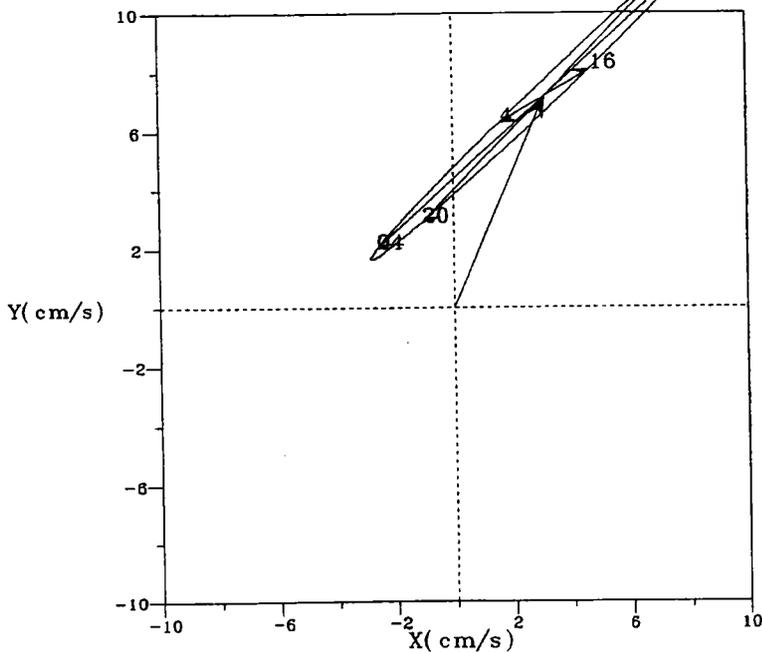


圖6-19a 望(陰曆16~18日)全日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/07/20.00:00-1997/07/22.23:00  
T= 24.0



The Diurnal :

Semi-major axis= 8.15 cm/sec  
Orientation = 222 degree  
Semi-minor axis= .40 cm/sec

Constant Current :

Current Speed = 7.86 cm/sec  
Direction = 66 degree

圖6-19b 望(陰曆16~18日)全日潮流橢圓圖

# Ellipse of Tidal Current

Tide in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/01/01.00:00-1997/01/03.23:00  
T= 24.0

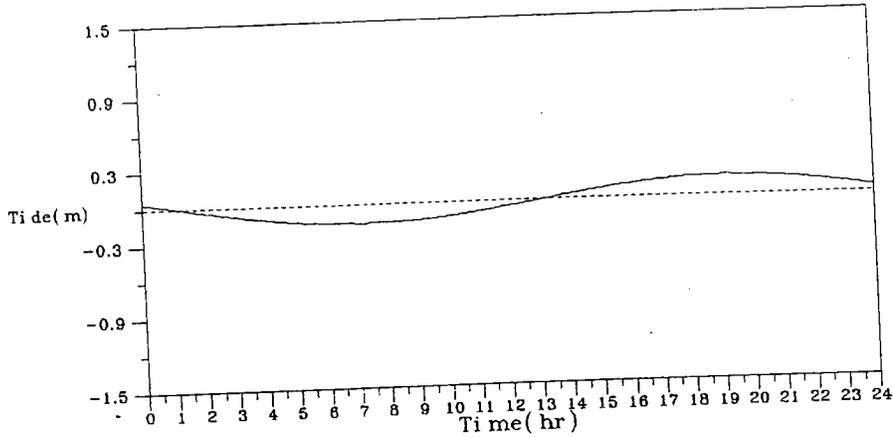
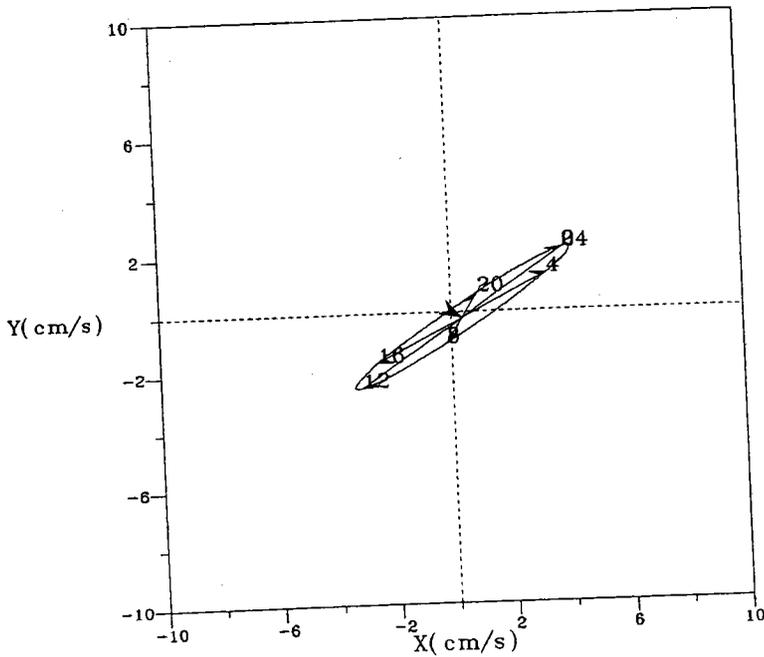


圖 6-20a 下弦(陰曆 22~24日)全日潮水位變化圖

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/01/01.00:00-1997/01/03.23:00  
T= 24.0



The Diurnal :

Semi-major axis= 4.39 cm/sec  
Orientation = 31 degree  
Semi-minor axis= .44 cm/sec

Constant Current :

Current Speed = .44 cm/sec  
Direction = 330 degree

圖 6-20b 下弦(陰曆 22~24日)全日潮流橢圓圖

# Progressive Vector Diagram

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/02/01.00:00-1997/02/21.08:00  
 Total hours: 489 -0

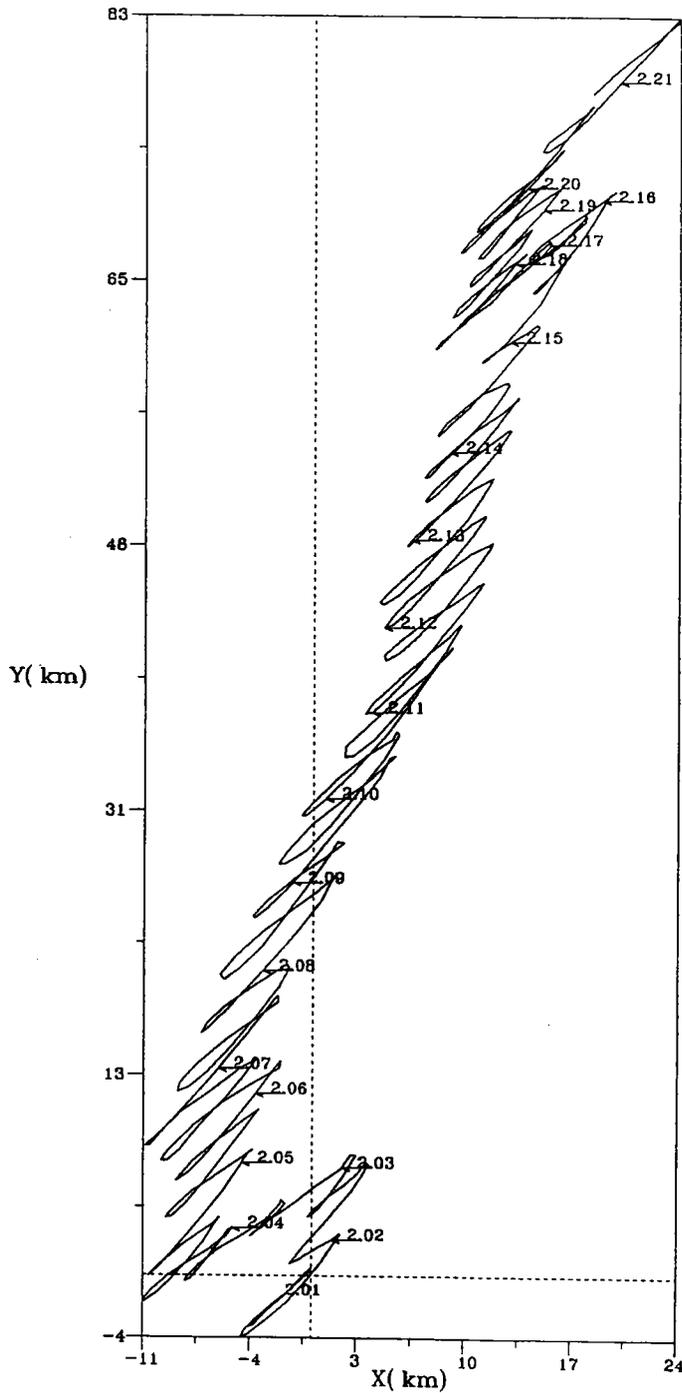


圖6-21 1997年2月海流向量進行圖(PVD)

# Progressive Vector Diagram

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/03/01.00:00-1997/03/18.10:00  
 Total hours: 419 -0

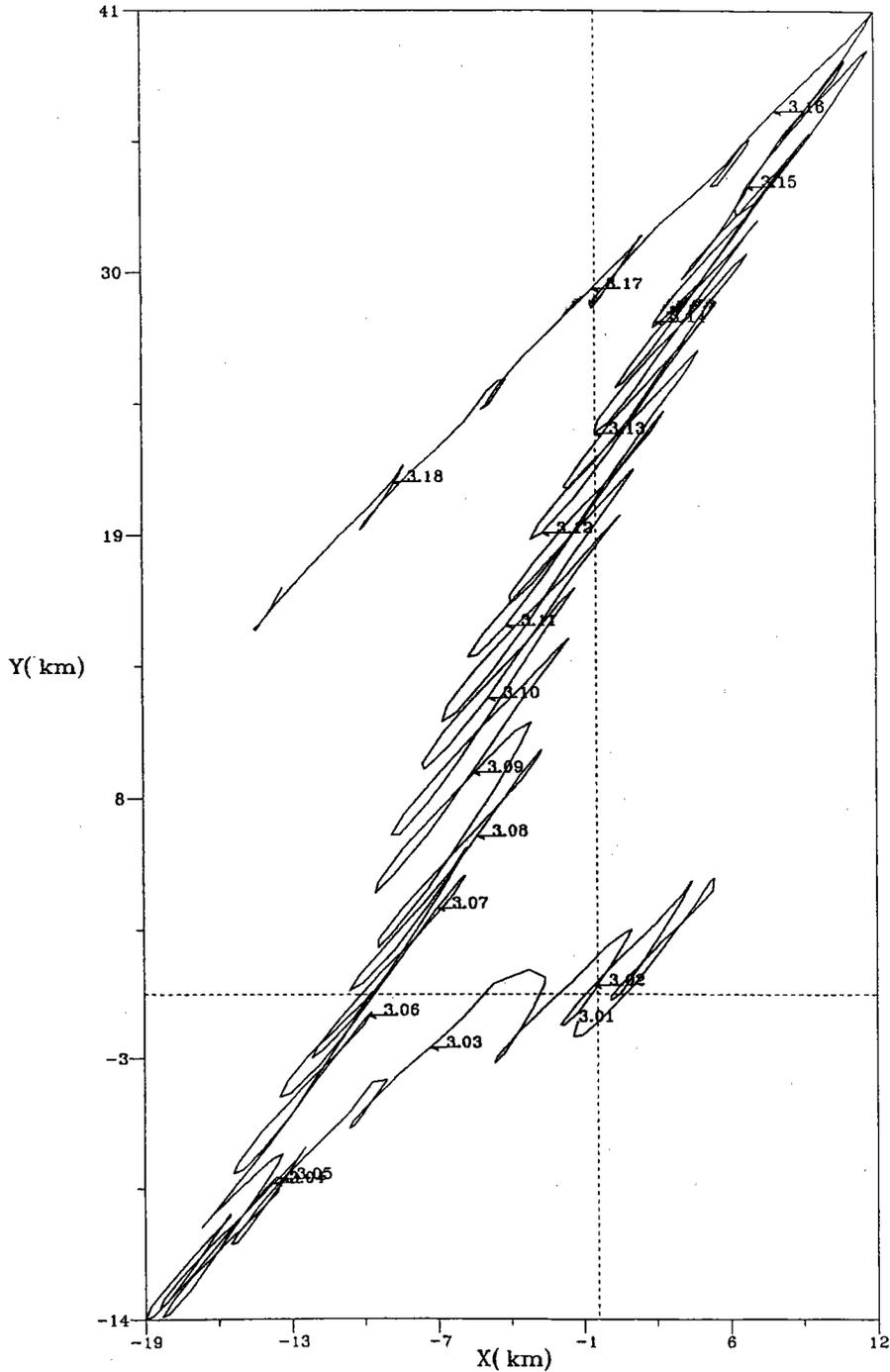


圖 6-22 1997年3月海流向量進行圖(PVD)

# Progressive Vector Diagram

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/08/01.00:00-1997/08/14.03:00  
 Total hours: 316 -0

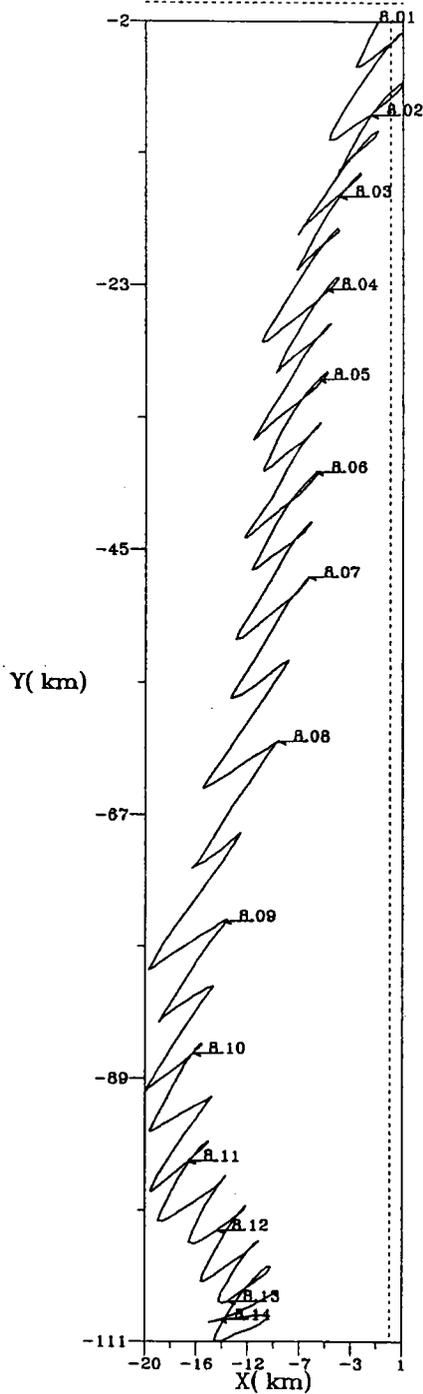


圖 6-23 1997年8月海流向量進行圖(PVD)

# Progressive Vector Diagram

Current in Tan-Hsui Harbor ST-B 1997/09/09.17:00-1997/09/25.14:00  
 Total hours: 382 -0

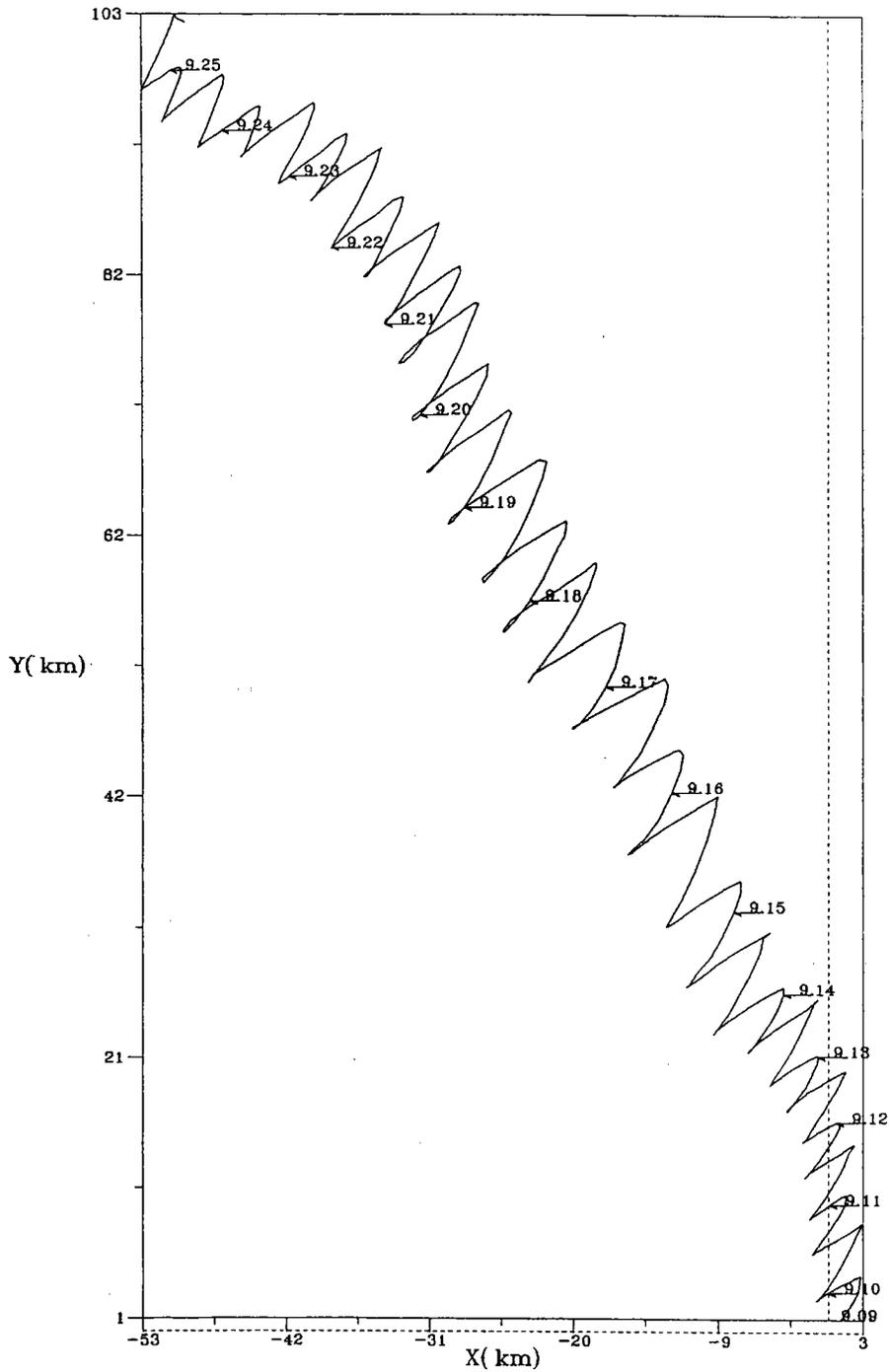


圖6-24 1997年9月海流向量進行圖(PVD)

## Correlation Functions

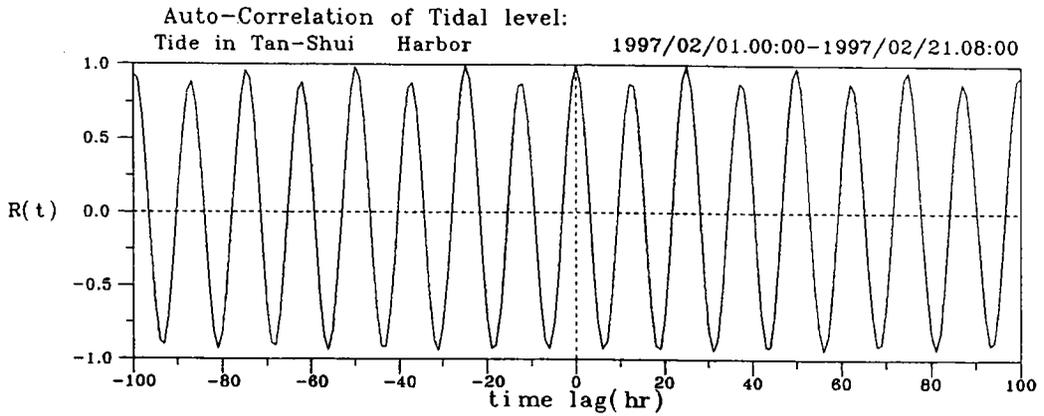


圖6-25a 1997年2月潮汐水位自相關函數圖

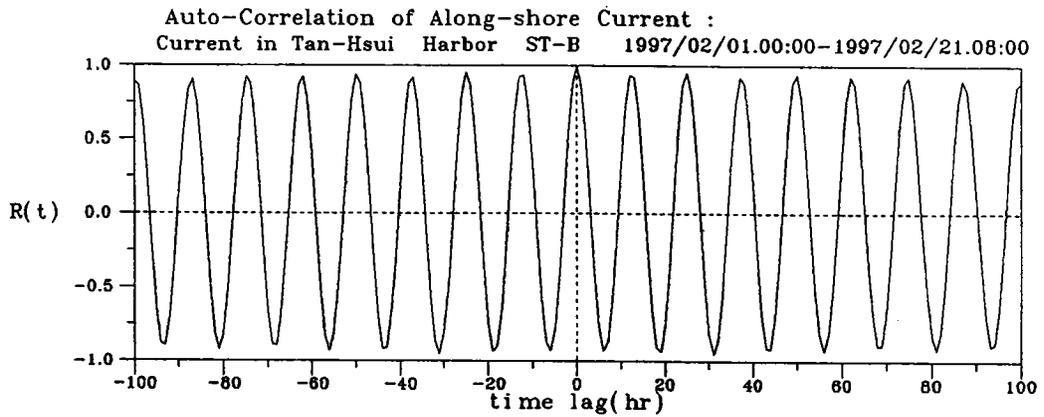


圖6-25b 1997年2月沿岸流速自相關函數圖

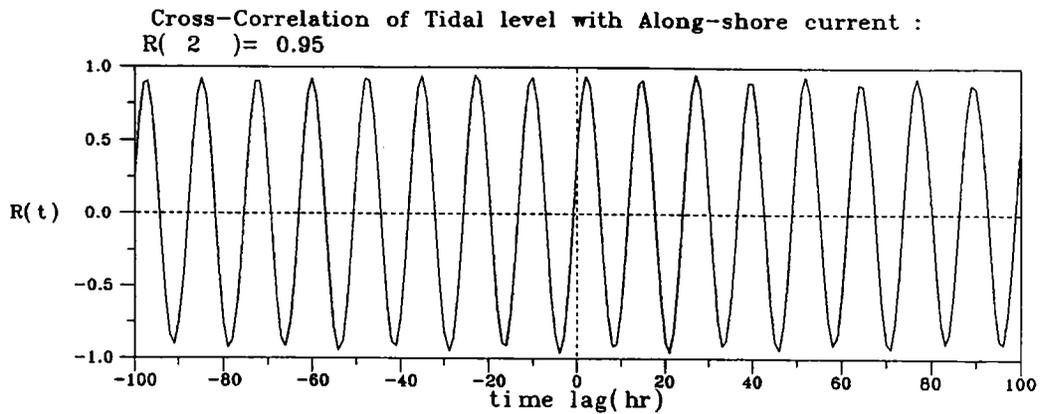


圖6-25c 1997年2月潮汐水位與沿岸流速互相關函數圖

## Correlation Functions

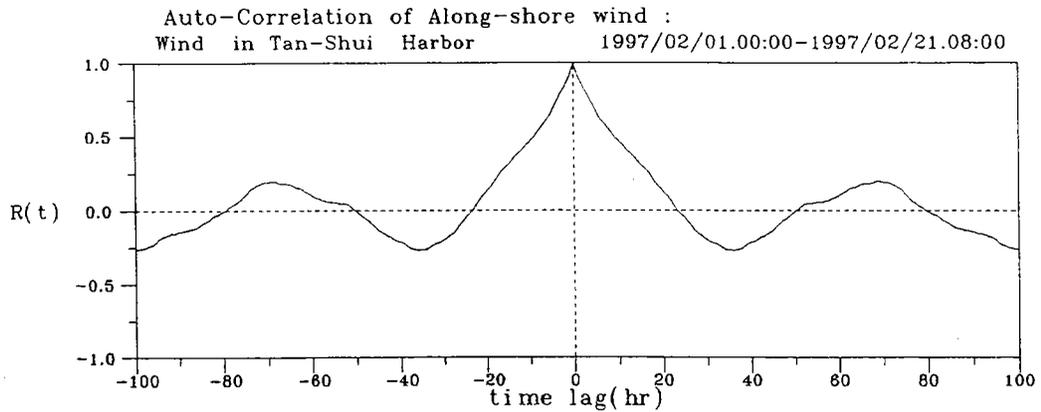


圖 6-26a 1997年2月沿岸風速自相關函數圖

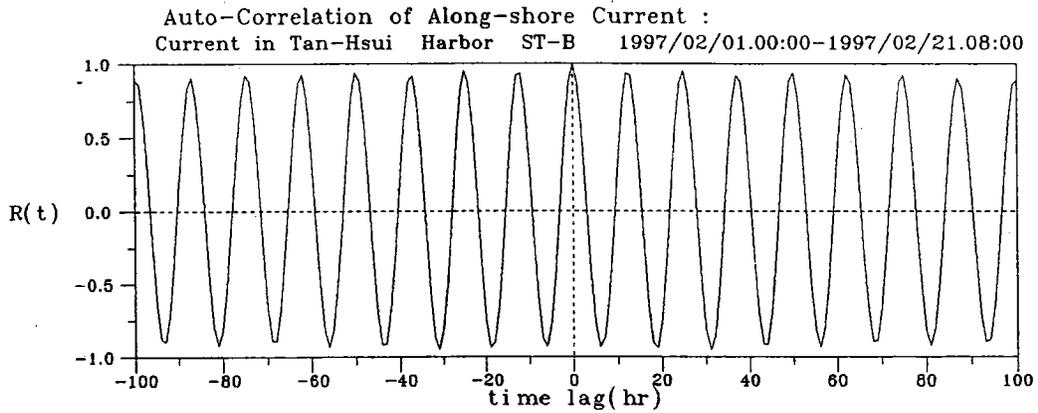


圖 6-26b 1997年2月沿岸流速自相關函數圖

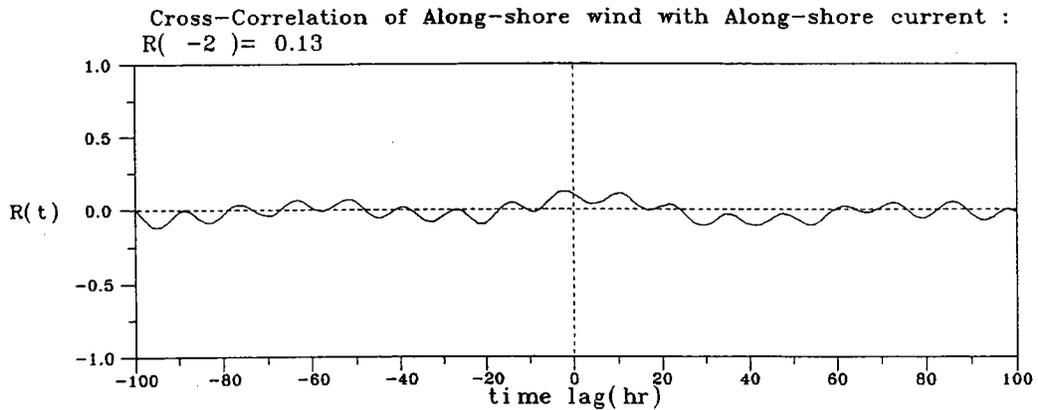


圖 6-26c 1997年2月沿岸風速與沿岸流速互相關函數圖

## 柒、懸浮質資料分析

本年度淡水國內商港現場長期以及短期懸浮質觀測天數分別如表 7-1 以及表 7-2 中所示。-15m 水深海上觀測樁上長期懸浮質觀測總共進行 29 個月(自民國 85 年 12 月起到民國 88 年 4 月)，除了在民國 86 年 6 月、87 年 12 月以及 88 年 4 月因儀器故障缺資料與民國 86 年 1 月、10 月、87 年 2 月以及 87 年 11 月觀測天數較少外，其餘月份，每個月均有 15 天以上之觀測資料，分別涵蓋春、夏、秋、冬等四個季節；而配合鋒面來臨，於-5m、-10m 以及-15m 水深近底床處所作短期懸浮質觀測共進行 7 個月(自民國 86 年 6 月起至民國 86 年 12 月)，除了在民國 86 年 9 月以及 12 月觀測日數較少外，其他月份均有 10 天以上觀測資料，涵蓋夏、秋等兩季，同時配合東北季風期間自民國 87 年 9 月起至民國 88 年 2 月，另選擇在-9m、-12m 以及-15m 水深近底床處進行為期約半年短期懸浮觀測，每個月觀測觀天數均在 20 日以上。

圖 7-1a~圖 7-1l 分別為-15m 水深處觀測樁上 OBS 濁度計在水面下-5m 與-10m 水深位置觀測記錄，圖中虛線表示在水面下-5m 處(即上層)之懸浮質觀測記錄，實線則為水面下-10m 處(即下層)之懸浮質觀測記錄，圖中同時分別摘錄該時段之相對示性波高  $H_{1/3}$  與流速記錄，圖 7-1m~圖 7-1p 則分別為-15m 水深處觀測樁上 OGS 濁度計在水面下-10 水深位置觀測記錄；圖 7-2a~圖 7-2i 則分別係根據長期懸浮質觀測資料所整理相對應之能譜圖。

-15m 水深處固定樁上長期懸浮質觀測資料分析結果顯示，在春季期間水面下-10m 水深處其懸浮質濃度平均約為 10~25 mg/l；夏季期間懸浮質濃度約為 10~40 mg/l；颱風來臨時則高達 900 mg/l 以上。秋季期間懸浮質濃度約為 90 mg/l；冬季期間懸浮質濃度約為 20~40 mg/l。

由懸浮質能譜分析結果其最大值週期約為 12 個小時，顯示在-15m 水深固定斷面其懸浮質濃度分佈與漲退潮有關，即與潮汐週期具有密切相關性。

圖 7-3a~圖 7-3e 分別為 MTB 16K 記憶型濁度計於-5m、-10m 以及-15m 水深近底床 5cm 處實測資料結果，而圖 7-3f 與圖 7-3g 則分別為濁度計於-9m、-12m 以及-15m

水深近床 5cm 之實測結果，分析結果顯示在民國 86 年 6 月 20 日到民國 86 年 7 月 5 日這段期間，於-5m 水深近底床處其懸浮質濃度平均約為 1500~2000 mg/l，其餘-10m 與-15m 水深處皆因儀器故障故無資料，而-5m 水深底床處測站因漂沙活動劇烈使得部份觀測時段儀器探頭被砂掩埋，資料上部份出現懸浮質濃度為 0 之不正常現象如圖 7-3a 所示，且美中不足者在該段期間並沒有測得相對波浪及風速資料。

民國 86 年 7 月 12 日到 7 月 26 日這段期間，-5m、-10m 以及-15m 水深底床處等觀測站三組儀器均正常收回，資料分析結果顯示-5m 水深處其底部懸浮質濃度平均為 130 mg/l，-10m 與-15m 水深底床處則其懸浮質濃度分佈平均分別為 90 mg/l 與 50 mg/l，愈往深處其懸浮質濃度分佈值愈小，同時這段期間波浪條件其平均波高  $H_{mean}$  約為 67cm，如圖 7-3b 中所示。

圖 7-3c 為 MTB 16K 濁度計在-10m 以及-15m 水深靠近底床處於民國 86 年 8 月 15 日到 8 月 25 日這段期間所測得懸浮質濃度分佈；-5m 水深測站因水下暗標沒有尋獲，無法安裝儀器，其它兩站取得資料均屬正常，觀測資料分析結果顯示，在-10m 水深底床所測懸浮質濃度平均高達 15000~20000 mg/l，而在-15m 水深底床處則其懸浮質濃度亦達 10000~15000 mg/l，根據海象資料分析結果顯示 8 月 17 日、18 日兩天剛好鋒面過境，8 月 17 日測得波浪其平均波高值  $H_{mean}=4.64$  公尺，當日最大波高值  $H_{max}=6.9$  公尺，而 8 月 18 日當時波浪其平均波高值  $H_{mean}=6.88$  公尺，最大波高值  $H_{max}=10.85$  公尺，8 月 19 日則鋒面減弱，當日平均波高值  $H_{mean}=1.27$  公尺，最大波高值  $H_{max}=2.08$  公尺，顯然底床處懸浮質濃度分佈隨波浪波高條件且水深較淺處其懸浮質濃度值較大。

圖 7-3d 分別為在-10m 以及-15m 水深近底床處於民國 86 年 9 月 24 日到 86 年 10 月 27 日長達約 1 個月所觀測得懸浮質濃度分佈，-5m 水深處測站 H 型鋼及儀器沒有尋獲，研判可能是 H 型鋼樁被漂沙埋沒，致損失一部濁度計及寶貴資料，分析結果顯示，在-10m 水深底床處其最大懸浮質濃度介於 5000 mg/l~10000 mg/l，惟在-15m 較深底床處，則其最大懸浮質濃度介於 1000 mg/l~1500 mg/l 之間，根據當時波浪情況；9 月 28 日時其平均波高值  $H_{mean}=0.77$  公尺、平均波高值  $H_{max}=1.23$  公尺；10 月 6 日其平均波高值  $H_{mean}=1.21$  公尺、平均波高值  $H_{max}=2.58$  公尺；10 月 26 日其平均波高值  $H_{mean}=2.50$  公尺、平均波高值  $H_{max}=4.26$  公尺。

圖 7-3e 則分別為在-10m 以及-15m 水深近底床處，於民國 86 年 11 月 10 日到民國 86 年 12 月 5 日所觀測得懸浮質濃度分佈，資料分析結果顯示，在-10m 水深處測站所測得最大懸浮質濃度值約為 6000 mg/l，而在-15m 水深測站，所測得最大懸浮質濃度則約為 4000 mg/l，按這段期間在 11 月 15 日記錄得之波浪其平均波高  $H_{mean}=3.5$  公尺、最大波高  $H_{max}=5.4$  公尺。

圖 7-3f 則為在-15m 水深近底床處，自民國 87 年 9 月 10 日起到民國 87 年 12 月 18 日止屬東北季風期間所觀測得懸浮質濁度分佈，資料分析結果顯示，該段期間在-15m 水深處測站所測得之最大懸浮質濁度值約為 9,000mg/l，美中不足者，在-12m 及-9m 水深處之濁度計並沒有測得資料。

圖 7-3g 則分別為在-9m、-12m 以及-15m 水深近底床處，自民國 88 年 1 月 20 日起到 88 年 2 月 15 日止，觀測所得懸浮質濃度分佈，資料分析結果顯示，三種不同水深在同時觀測時段時，以在-12m 水深近底床處測得懸浮質濃度值最大約為 8,000mg/l，惟在-15m 水深底床處則自 6,000 mg/l，-9m 水深底床處則約為 3,500 mg/l。

表 7-1 台北港現場長期懸浮質觀測統計表

序號	季節	月份 (年/月)	終止時間 (日.時:分~日.時:分)	觀測天數
1	冬	1996/12	14.11:00~21.23:00	17
2	冬	1997/01	0100:00~04.12:00 31.09:00~31.23:00	4
3	冬	1997/02	0100:00~21.07:00 25.11:00~28.23:00	23
4	春	1997/03	01.00:00~19.10:00	18
5	春	1997/04	01.08:00~22.07:00	21
6	春	1997/05	07.09:00~28.08:00	21
7	夏	1997/06	缺	0
8	夏	1997/07	08.10:00~25.06:00 30.12:00~31.23:00	18
9	夏	1997/08	01.00:00~21.11:00	20
10	秋	1997/09	09.15:00~30.23:00	21
11	秋	1997/10	01.00:00~04.21:00 16.21:00~31.23:00	8
12	秋	1997/11	01.00:00~15.03:00	14
13	冬	1997/12	05.12:00~27.22:00	22
14	冬	1998/01	03.15:00~31.08:00	28
15	冬	1998/02	17.13:00~22.12:00	5

表 7-1(續) 台北港現場長期懸浮質觀測統計表

序號	季節	月份 (年/月)	終止時間 (日.時:分~日.時:分)	觀測天數
16	春	1998/03	7日~29日	23天
17	春	1998/04	10日~30日	21天
18	春	1998/05	1日~6日	16天
19	夏	1998/06	1日~17日	17天
20	夏	0998/07	11日~32日	21天
21	夏	0998/08	1日~4日 16日~31日	20天
22	秋	1998/09	1日~4日 12日~30日	23天
23	秋	1998/10	1日~9日 15日~31日	25天
24	秋	1998/11	1日~13日	13天
25	冬	1998/12	缺	
26	冬	1999/01	缺	
27	冬	1999/02	10日~28日	19天
28	春	1999/03	1日~11日 25日~31日	18天
29	春	1999/04	1日~22日	22天

表 7-2 台北港現場短期懸浮質觀測統計表

序號	季節	月份 (年/月)	終止時間 (日~日)	觀測天數
1	夏	1997/06	20~30	10
2	夏	1997/07	1~5 12~26	18
3	夏	1997/08	15~25	10
4	秋	1997/09	24~30	6
5	秋	1997/10	1~7	26
6	秋	1997/11	10~30	20
7	冬	1997/12	1~5	5
8	秋	1998/09	9~30	22
9	秋	1998/10	2~24	23
10	秋	1998/11	1~30	30
11	冬	1998/12	1~31	31
12	冬	1999/01	1~31	31
13	冬	1999/02	1~24	24

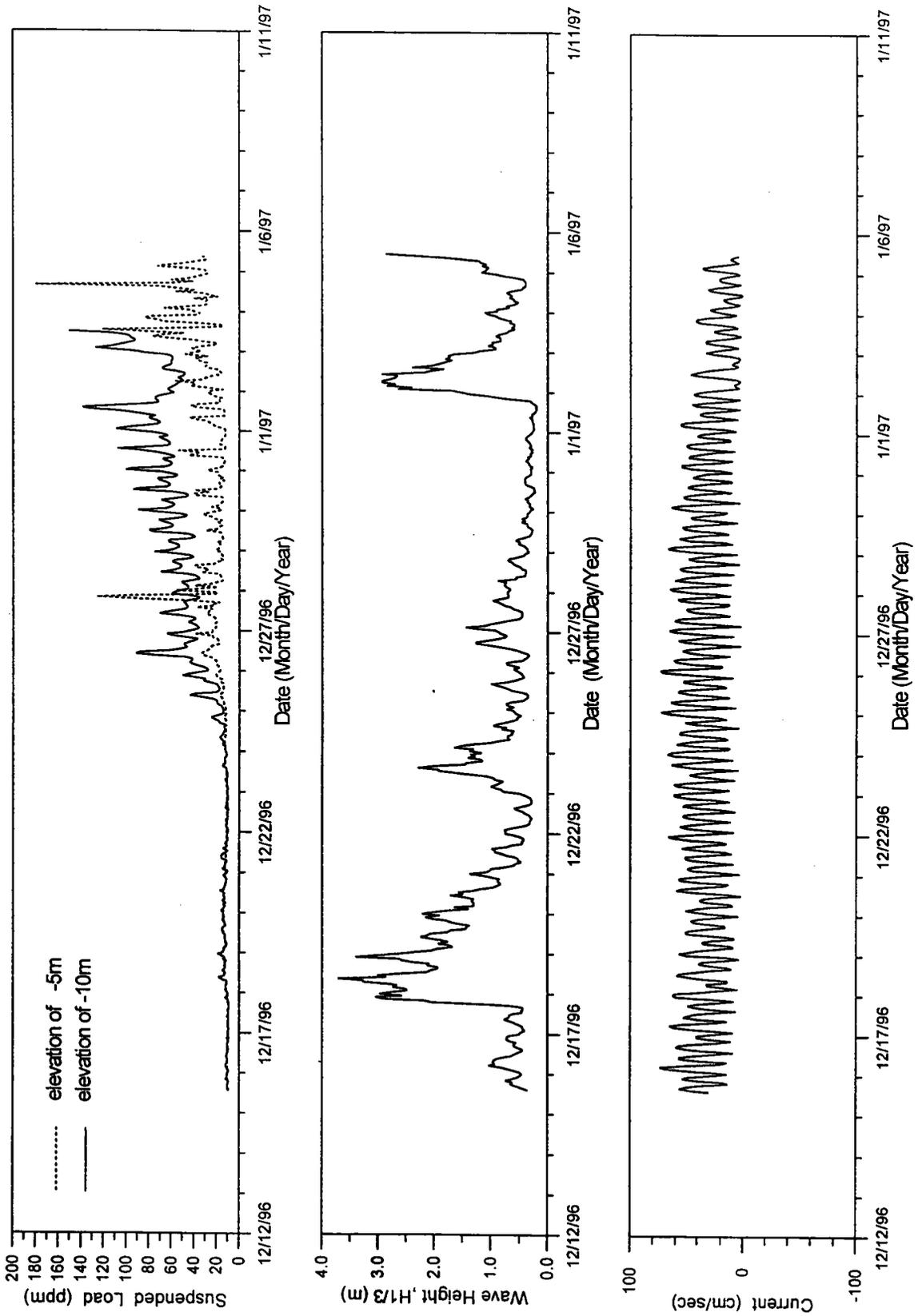


圖 7-1a 淡水海上觀測樁長期懸浮物質觀測記錄(1996/12/14~1997/01/04)

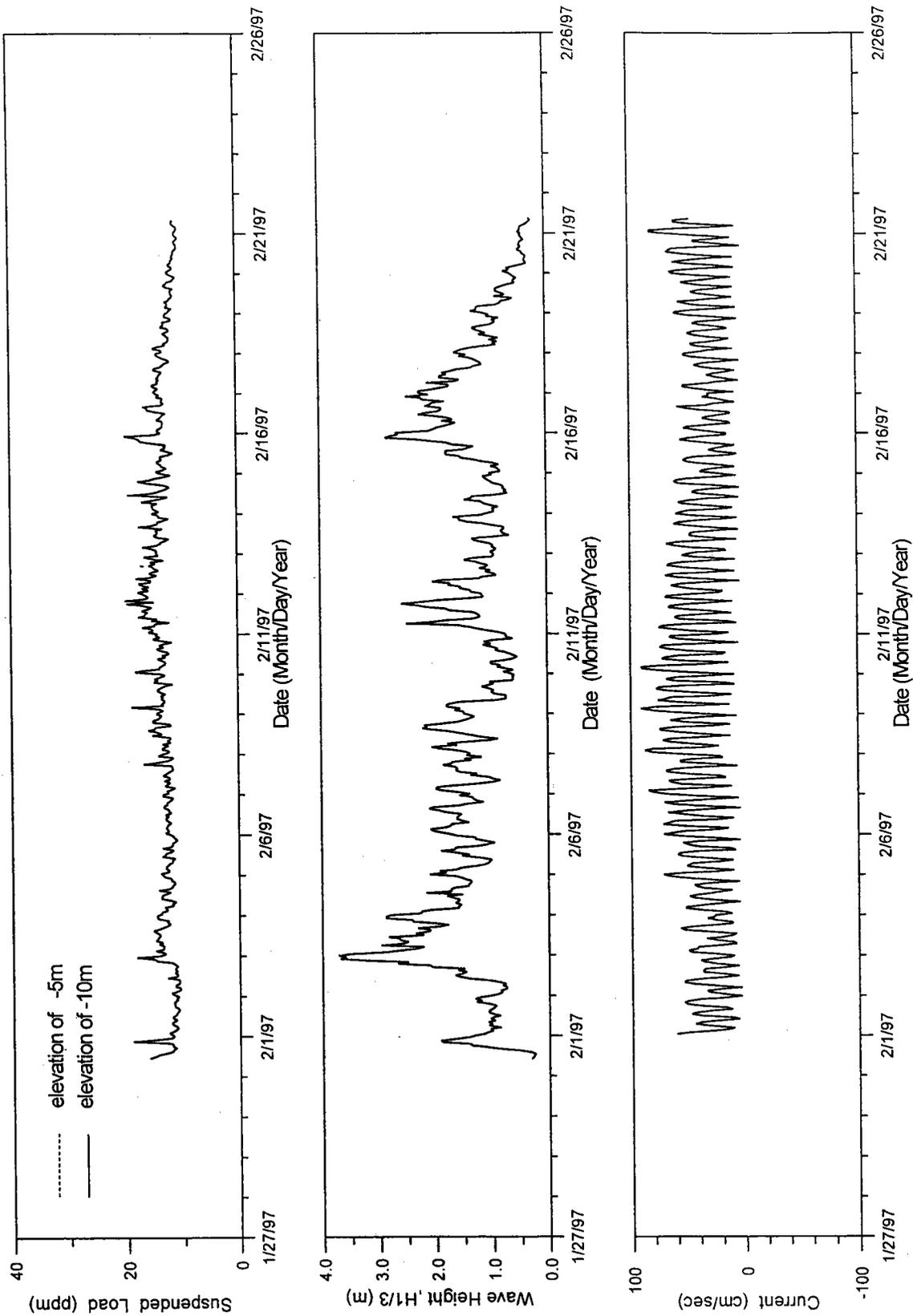


圖 7-1b 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/01/31~1997/02/07)

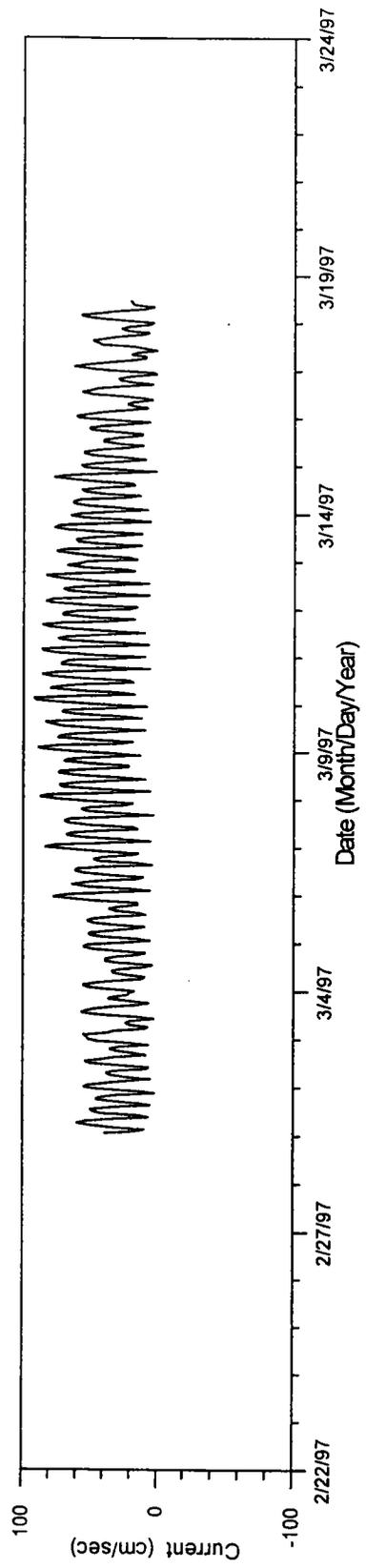
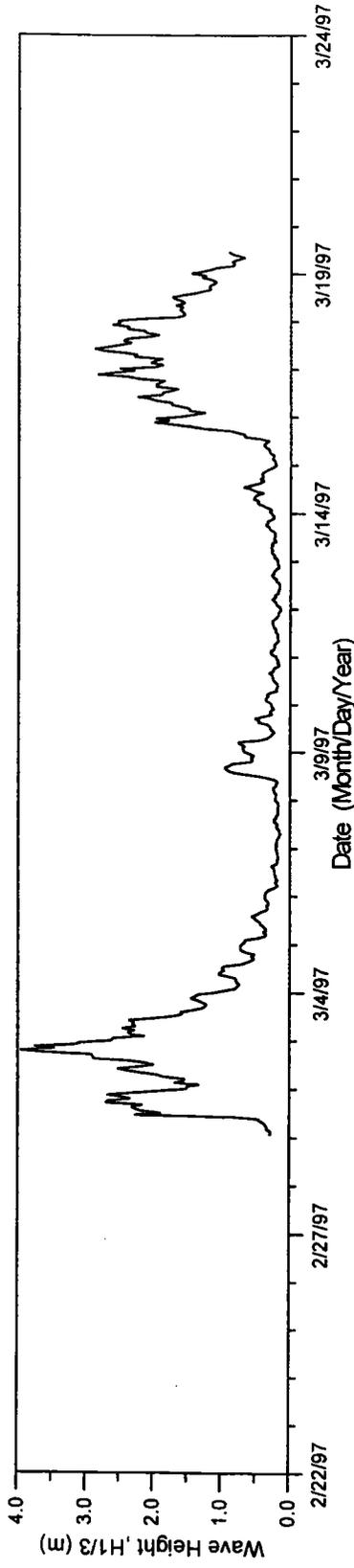
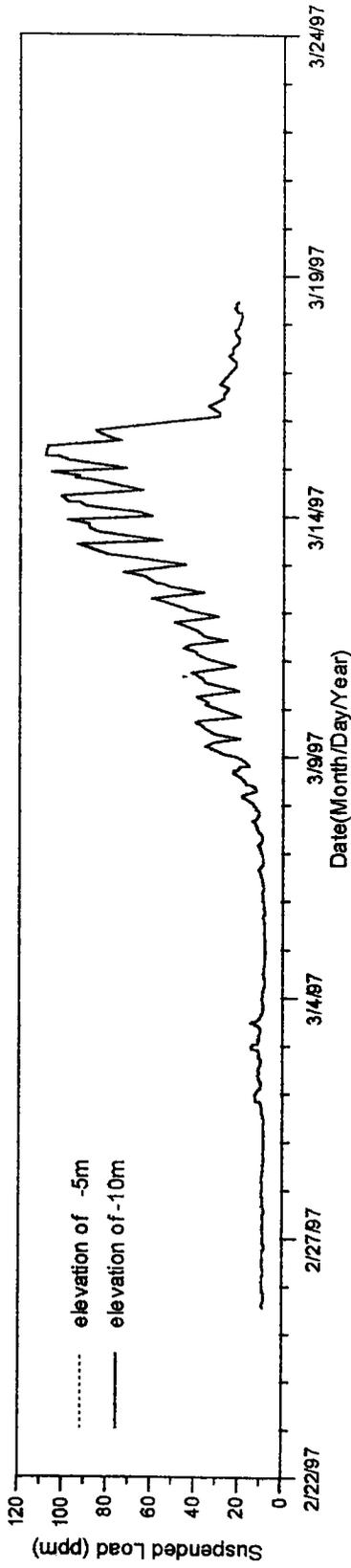


圖 7-1c 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/02/05~1997/03/019)

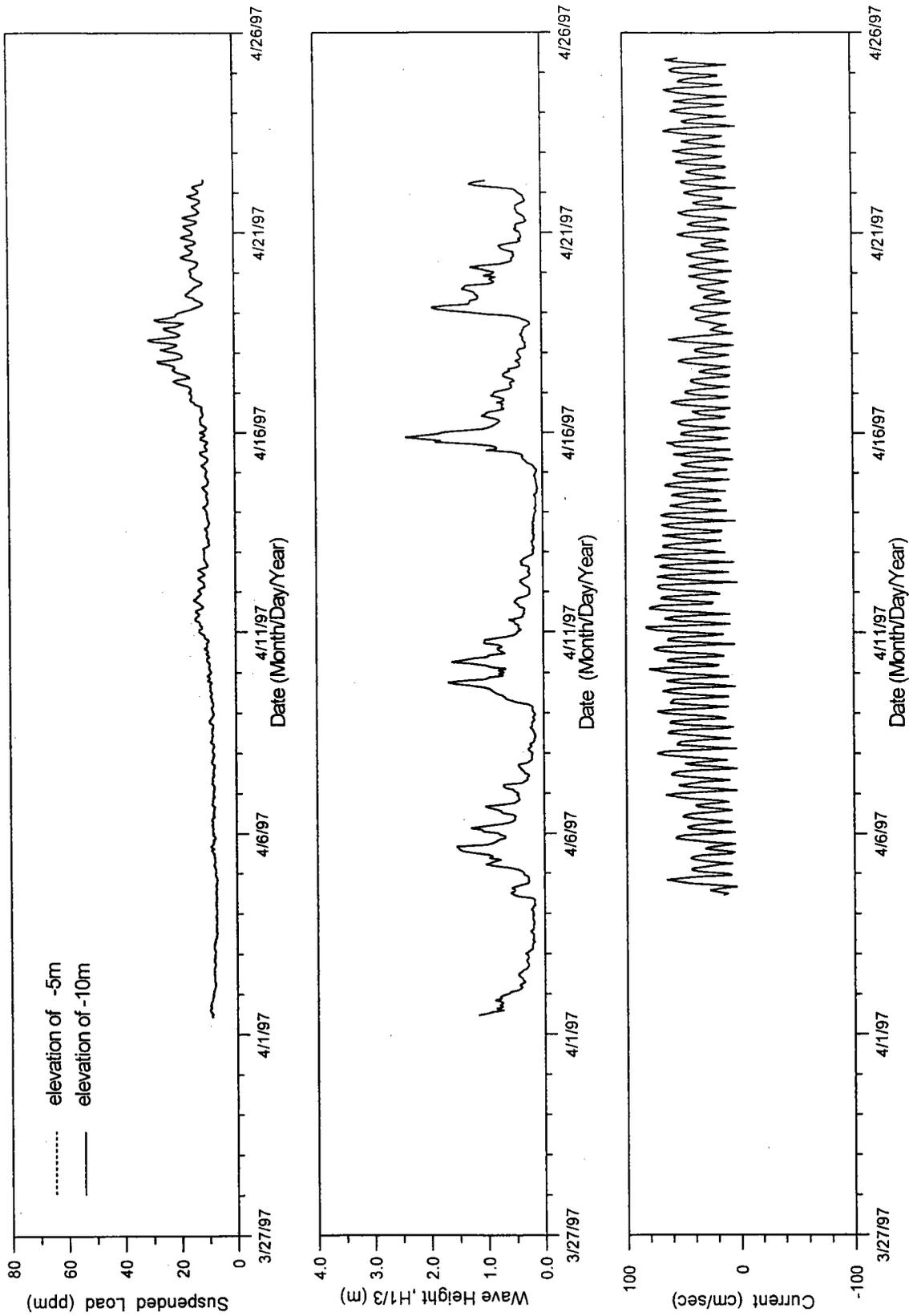


圖 7-1d 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/04/01~1997/04/22)

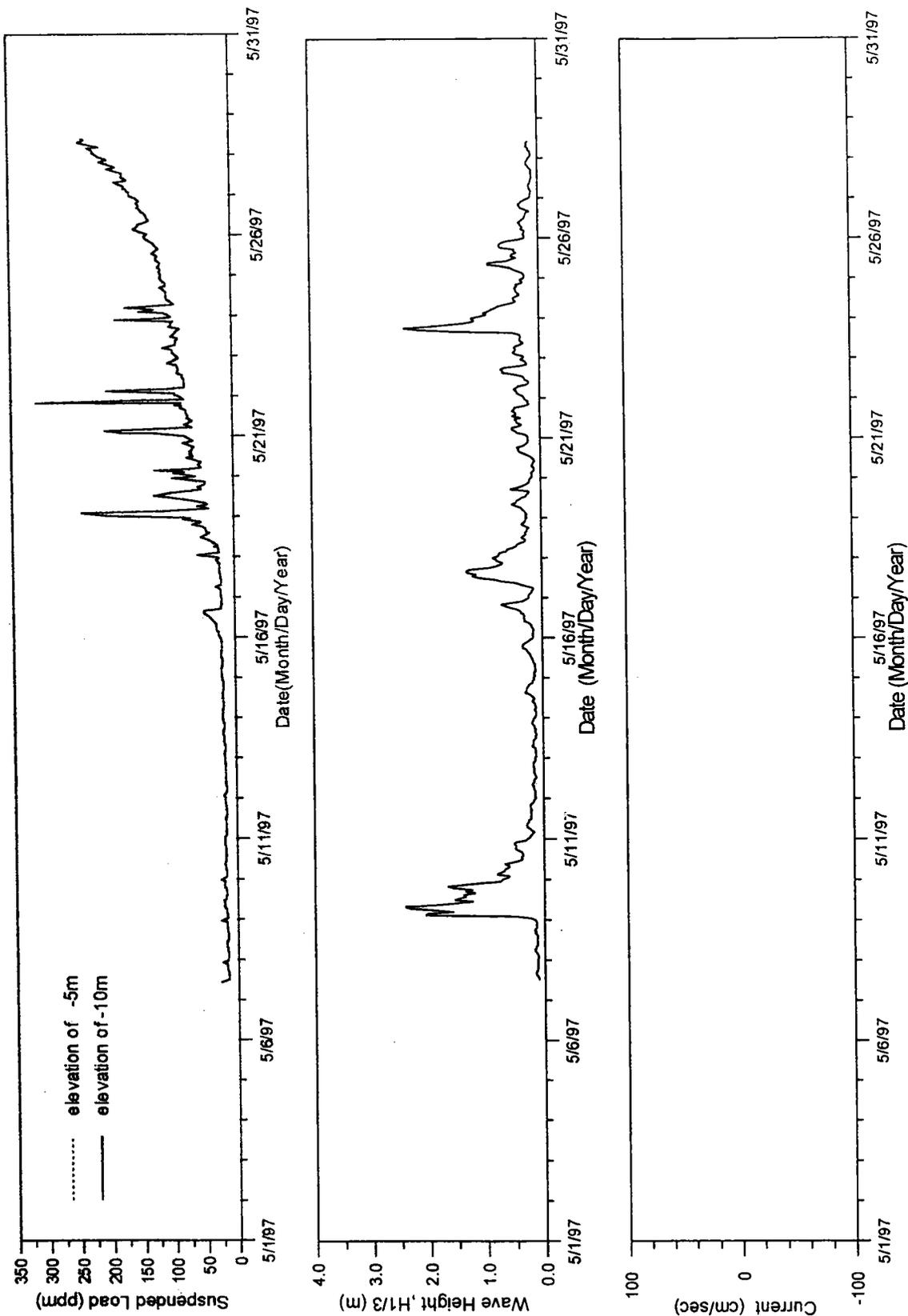


圖 7-1e 淡水海上觀測樁長期懸浮物質觀測記錄(1997/05/07~1997/05/28)

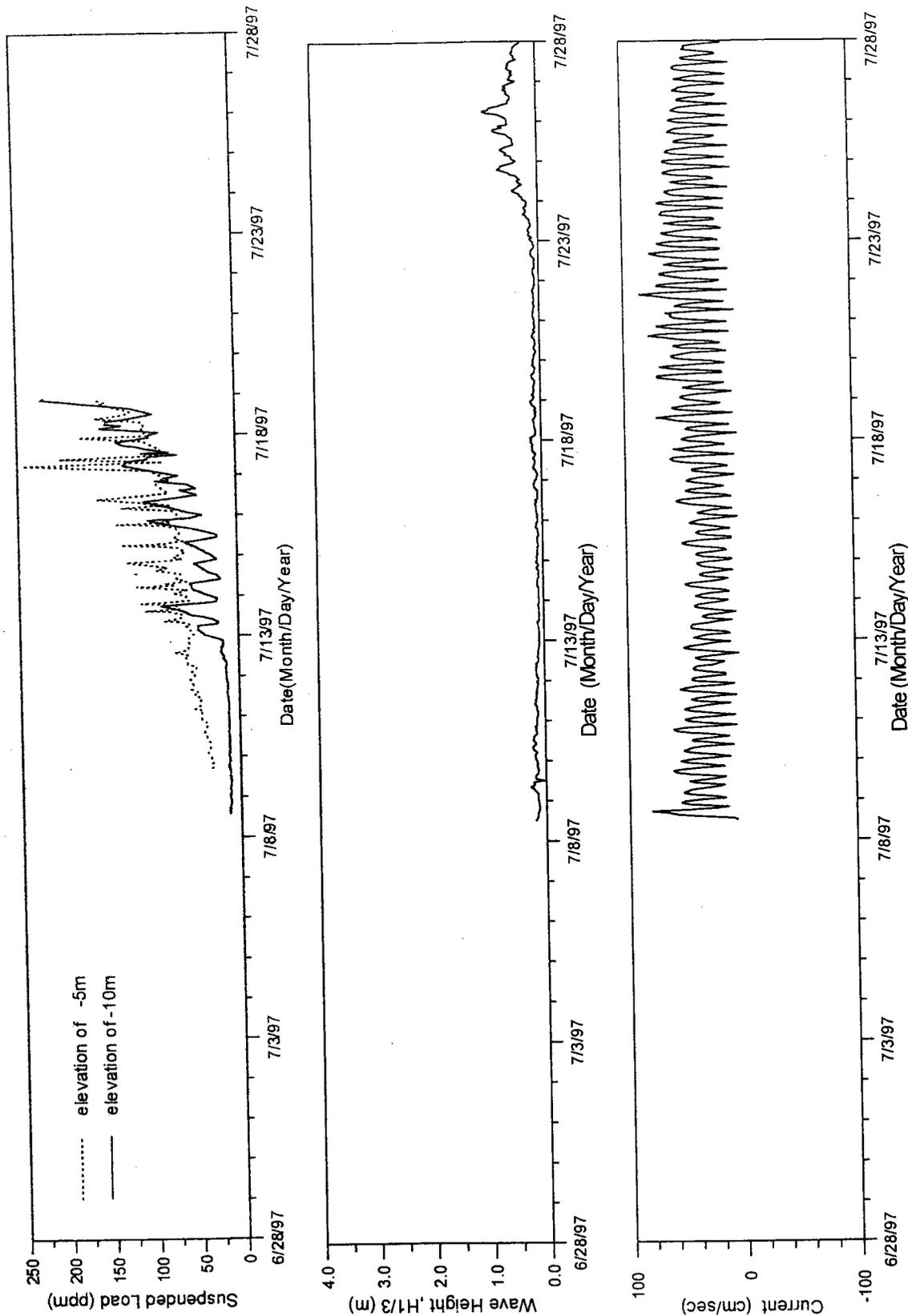


圖 7-1-f 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/07/08~1997/07/25)

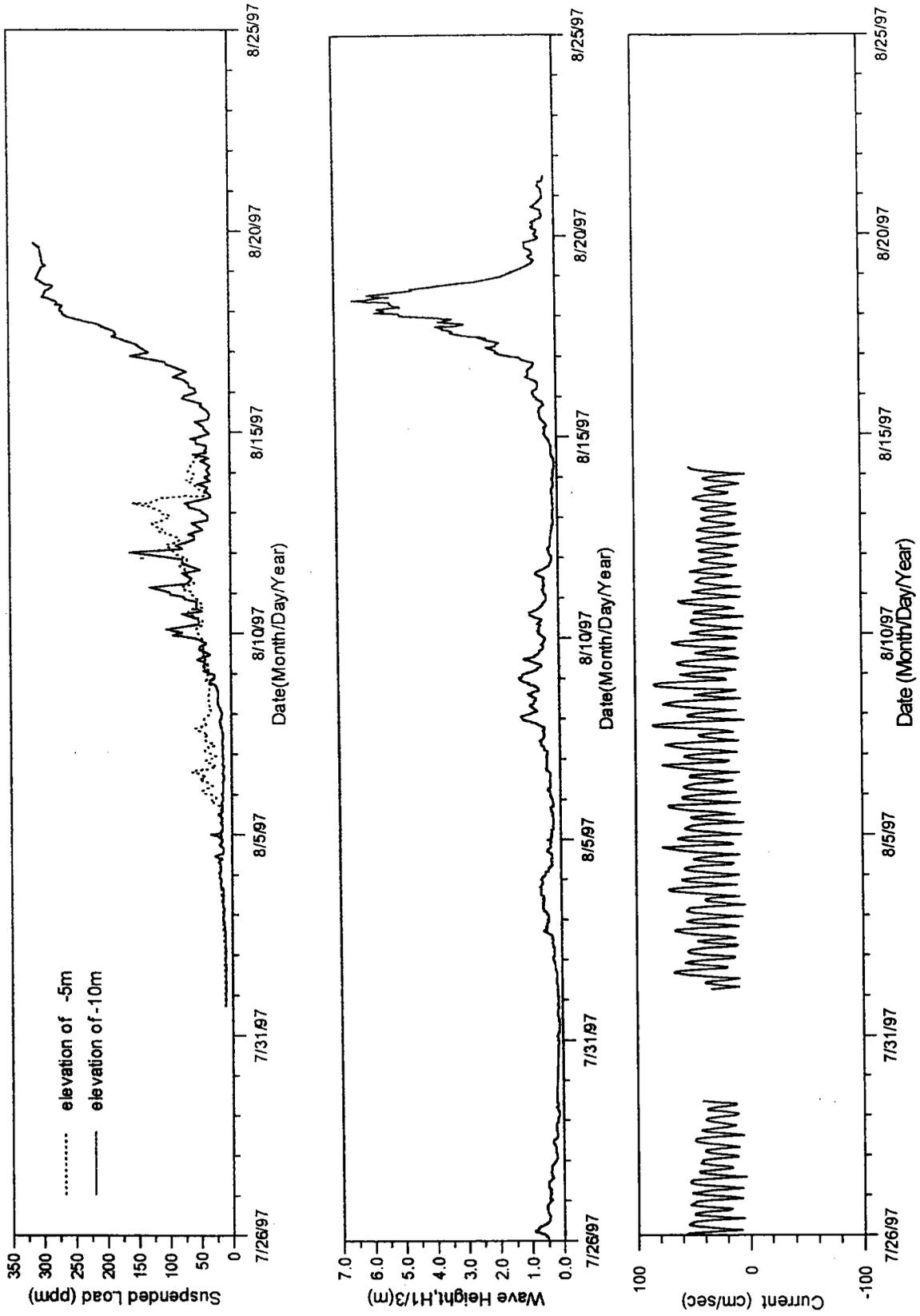


圖 7-1g 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/07/30~1997/08/21)

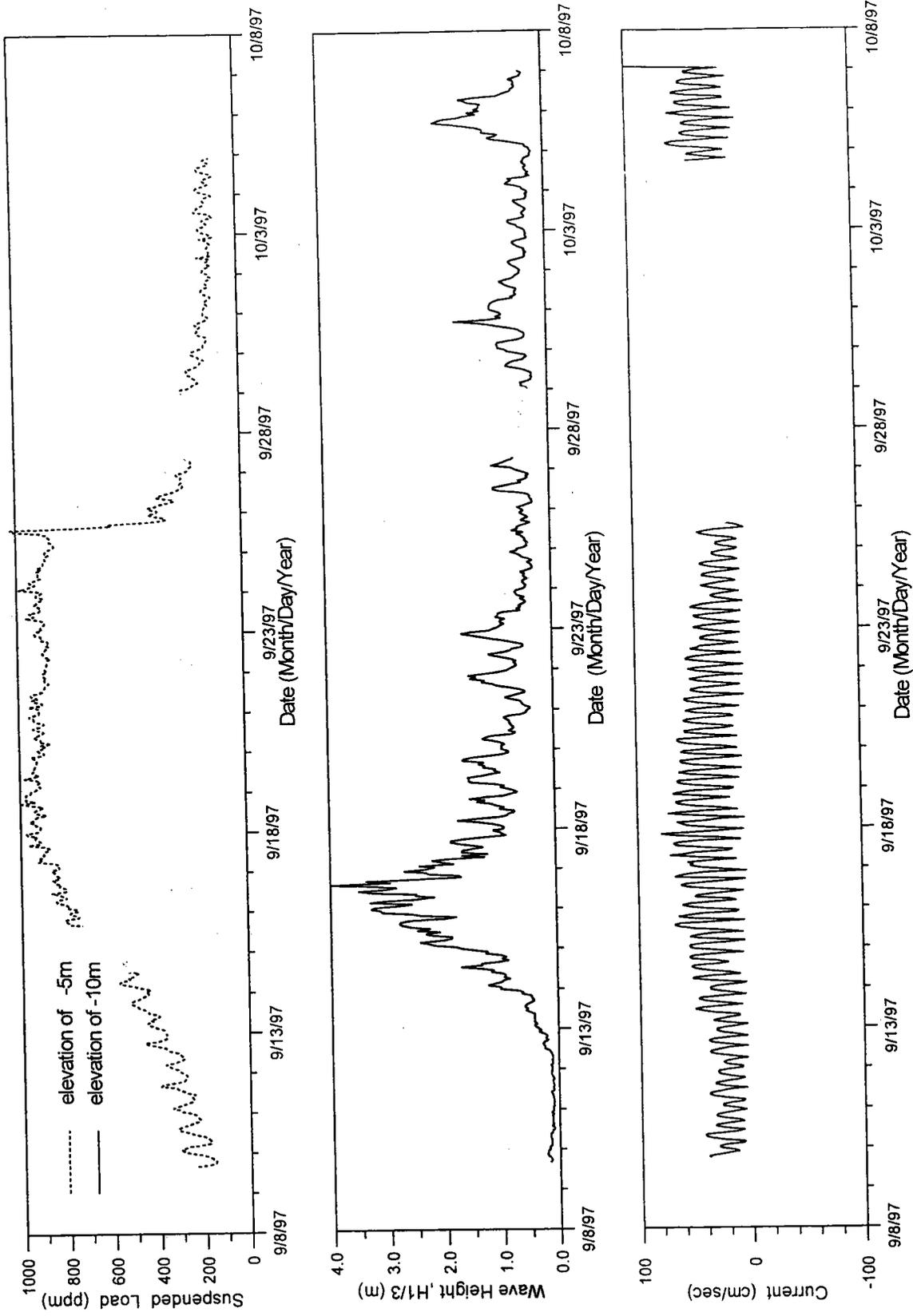


圖 7-1h 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/09/09~1997/10/04)

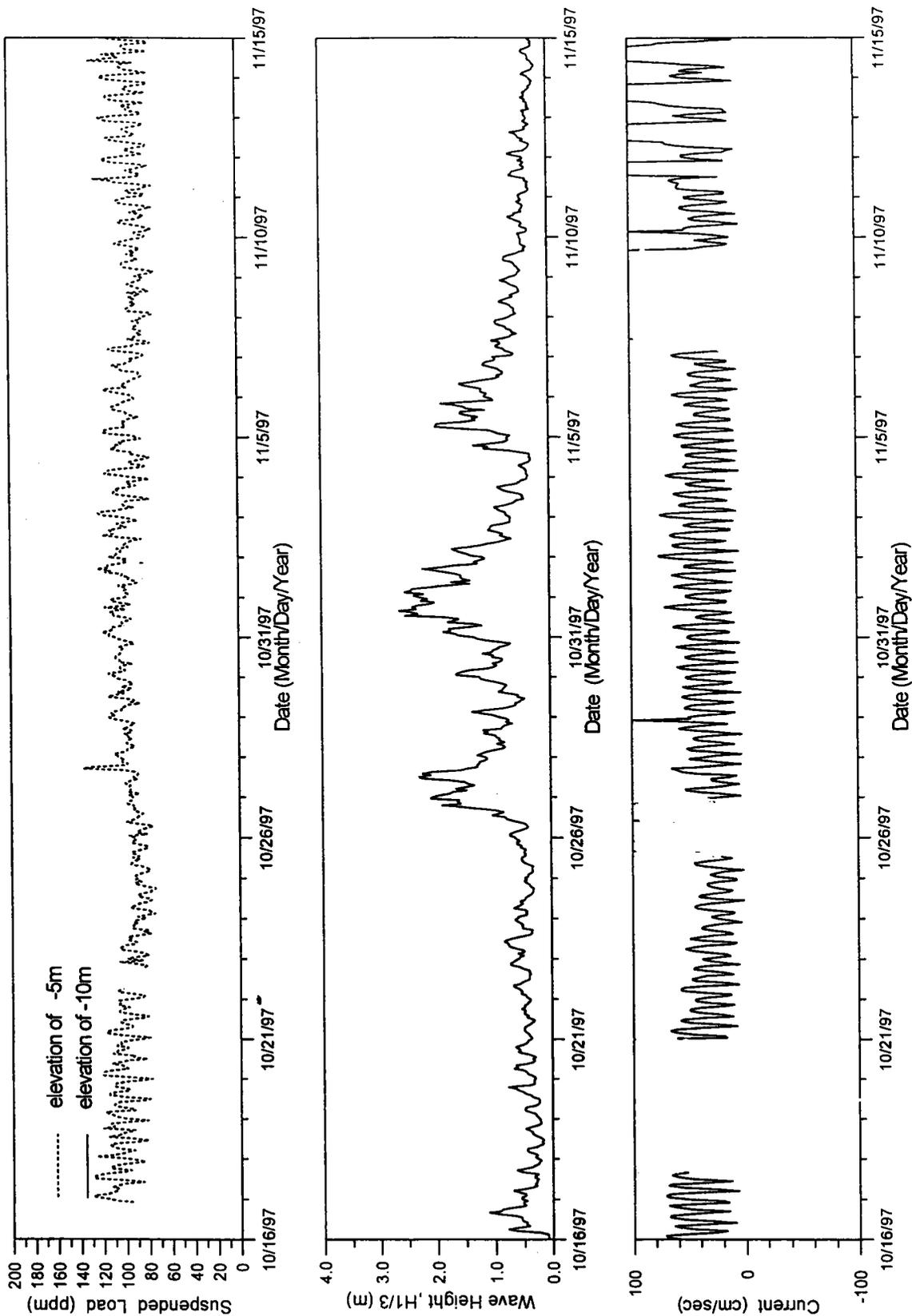


圖 7-1 i 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/10/16~1997/11/15)

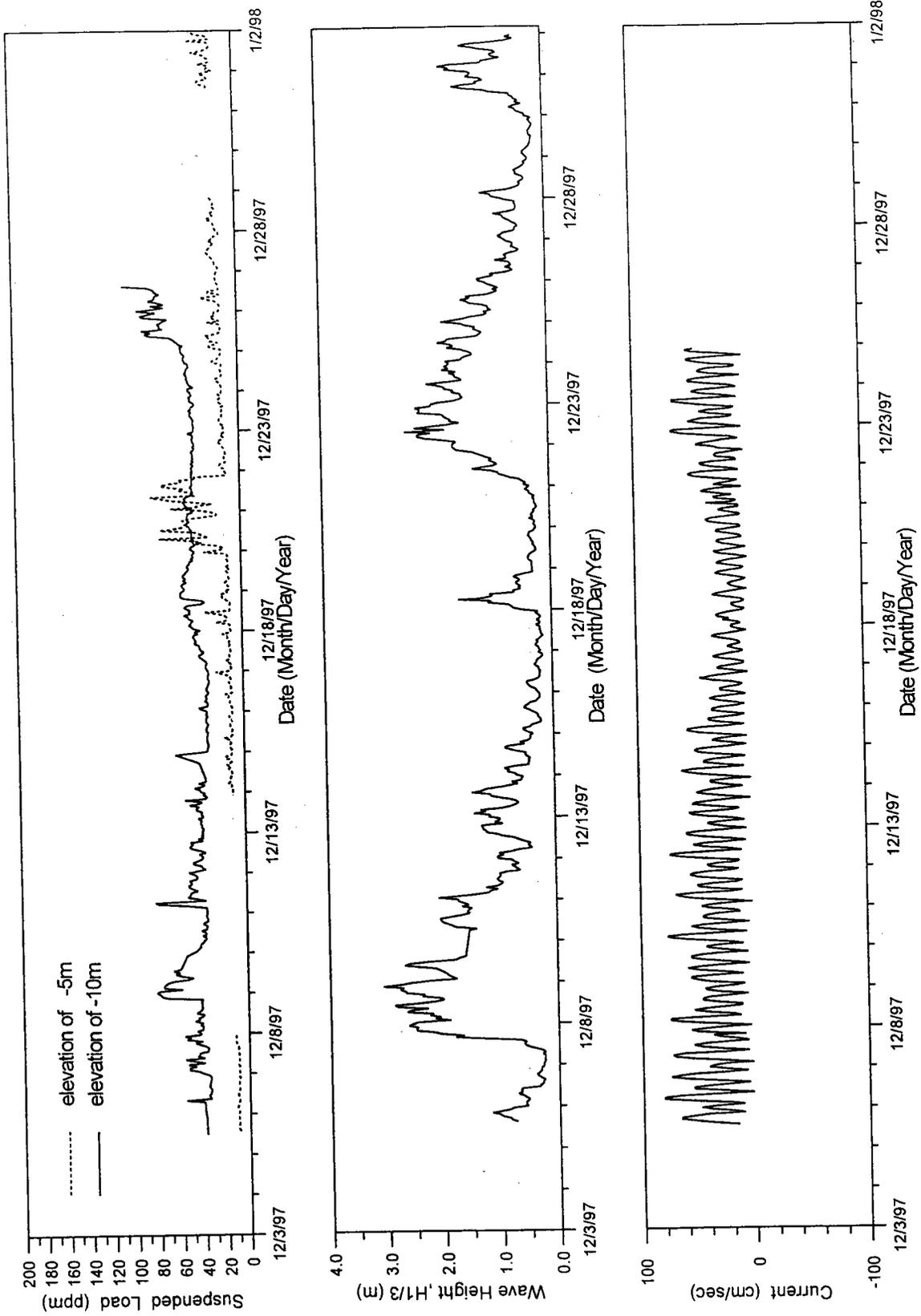


圖 7-1j 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/12/05~1997/12/27)

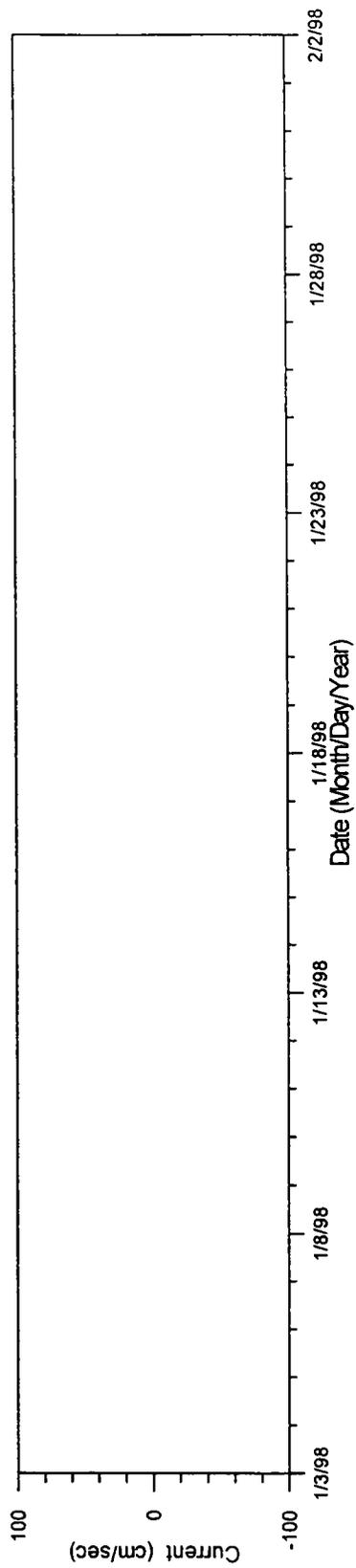
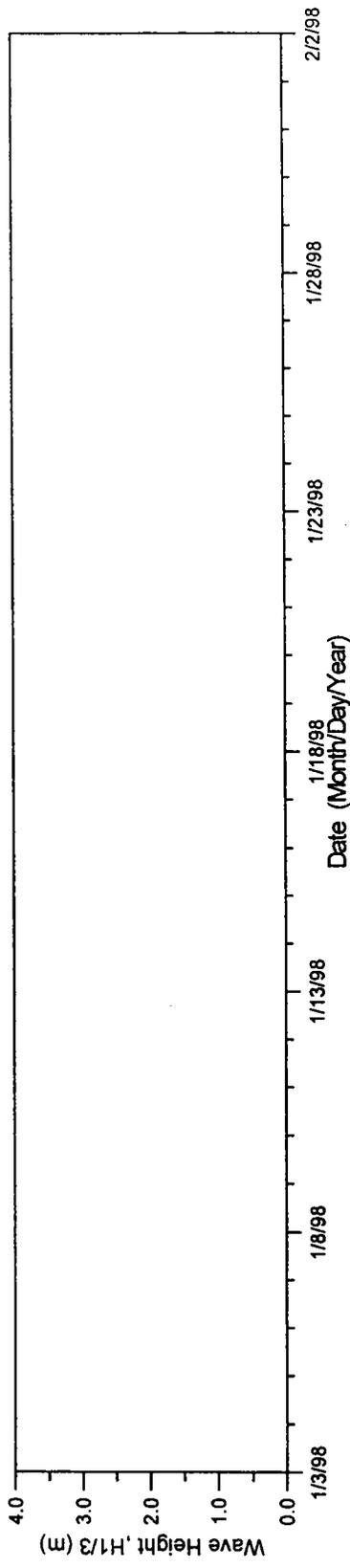
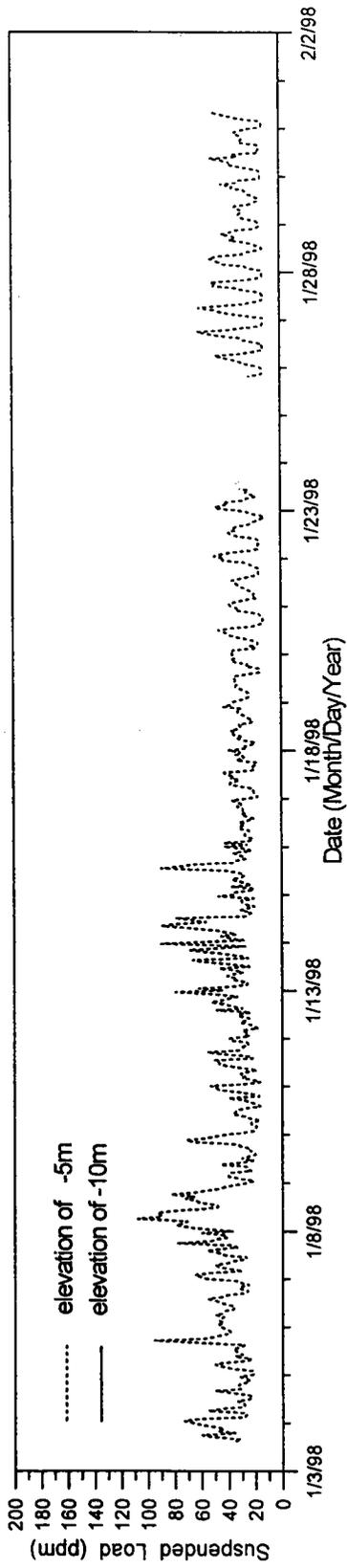


圖 7-1k 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1998/01/03~199/01/31)

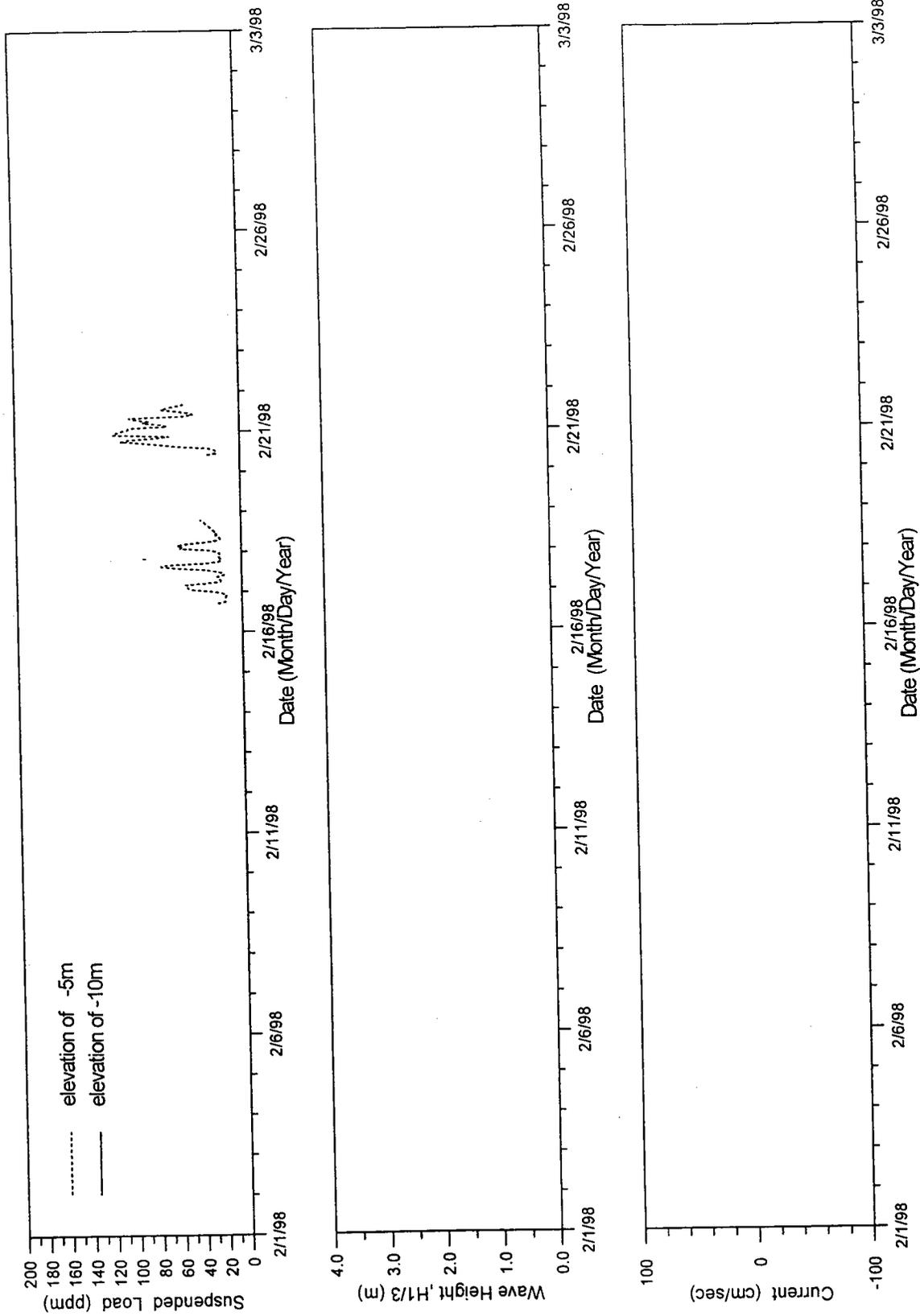


圖 7-1*l* 淡水海上觀測樁長期懸浮物質觀測記錄(1997/02/17~1998/02/22)

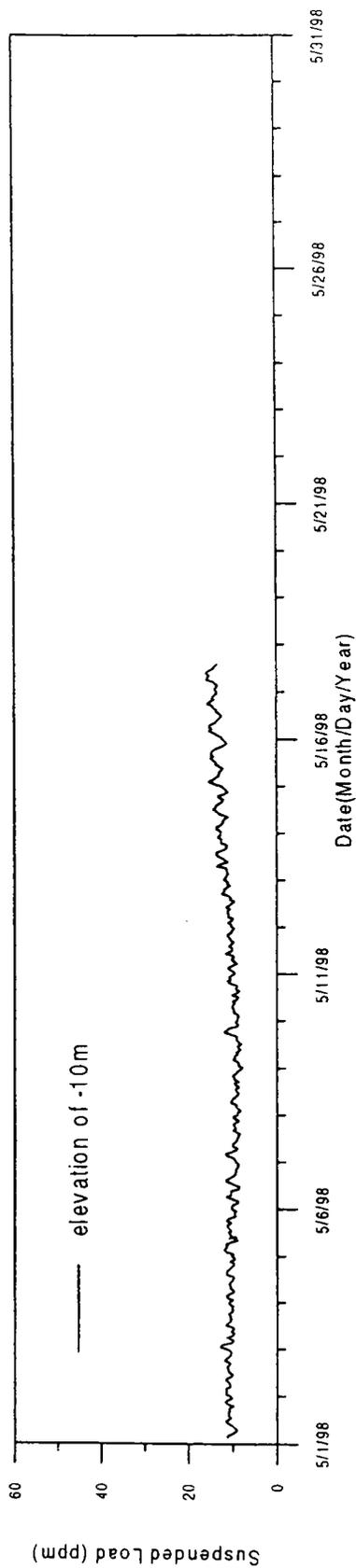
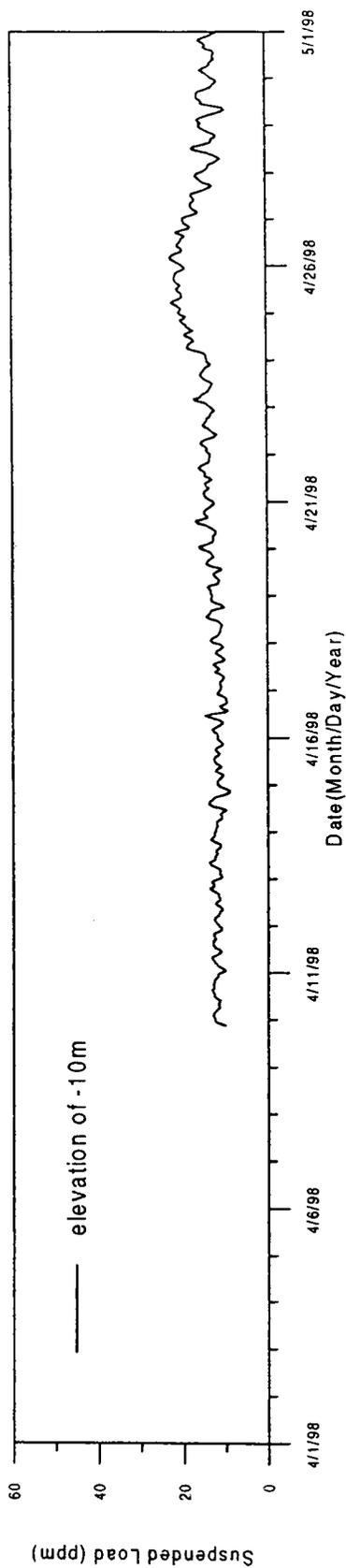
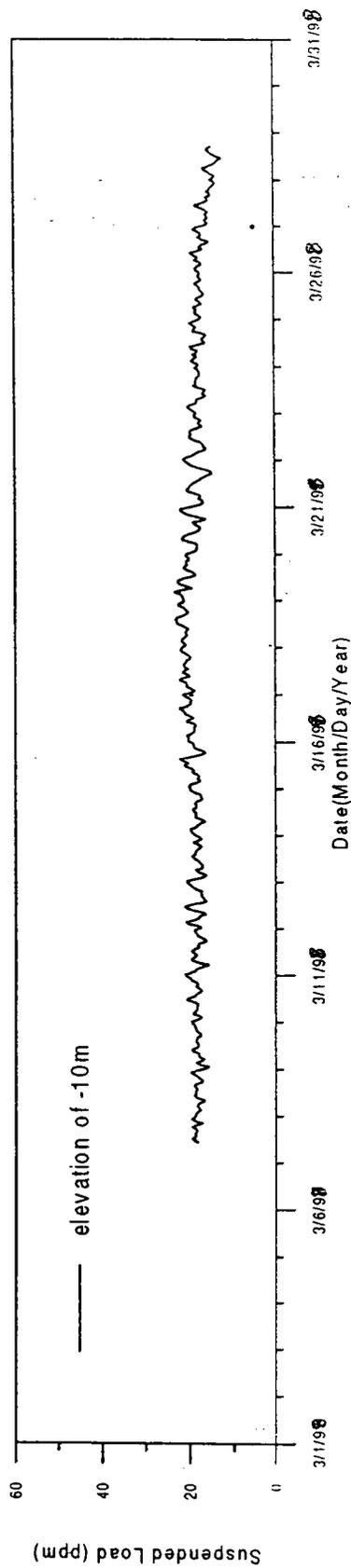


圖 7-1m 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/03/07~1998/05/17)

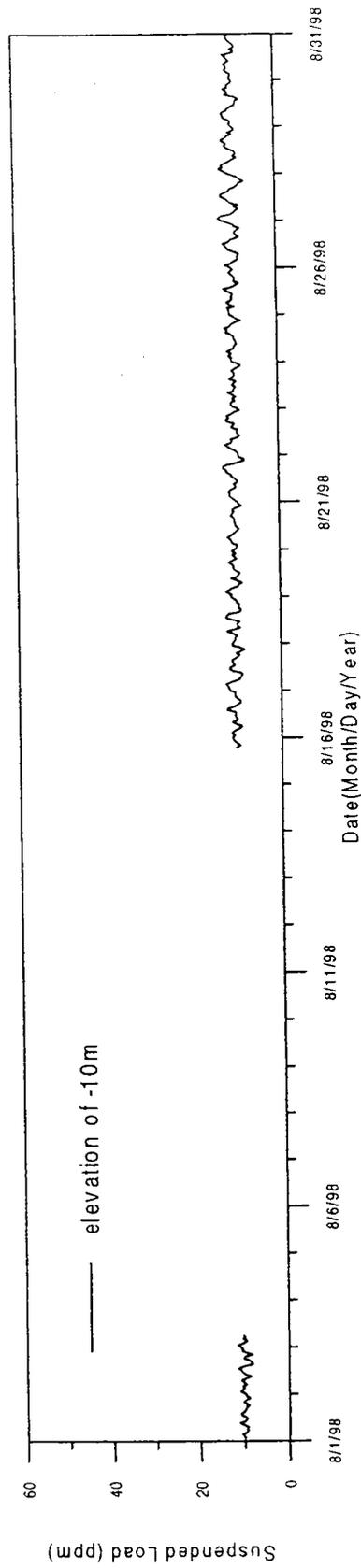
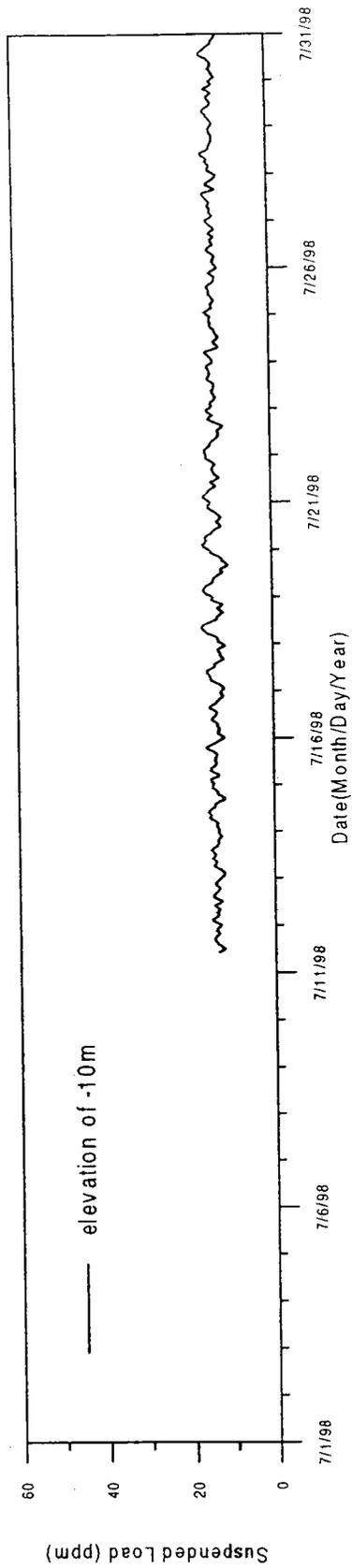
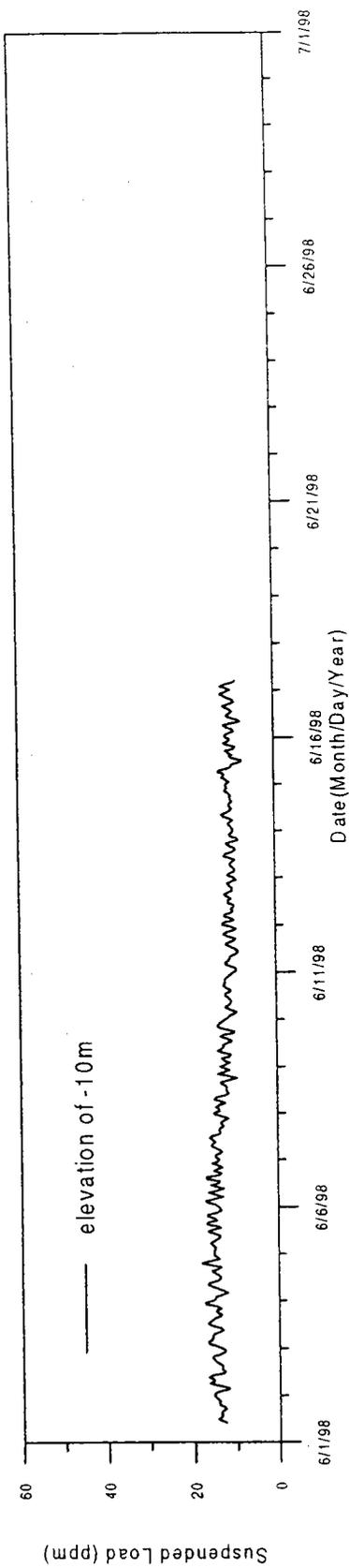


圖 7-1n 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/06/01~1998/08/31)

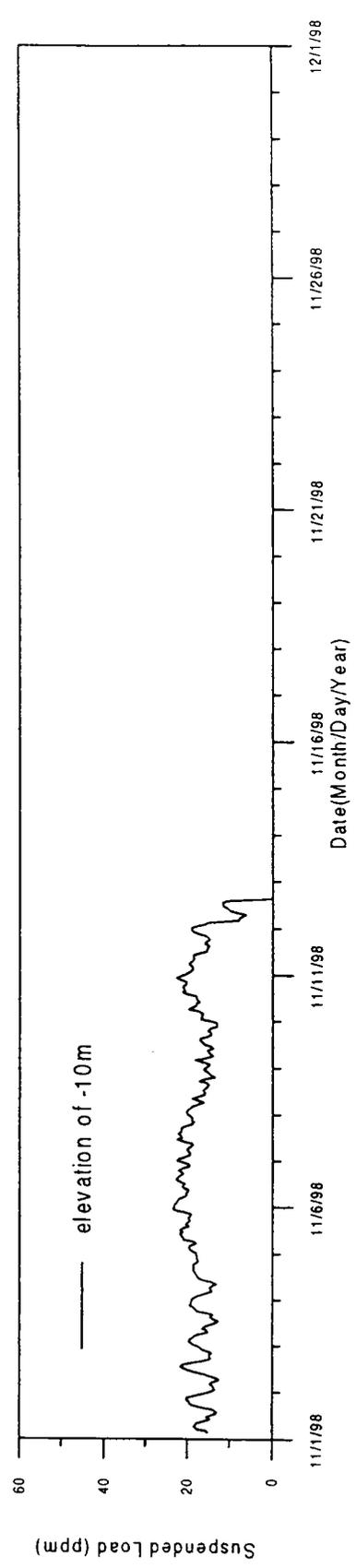
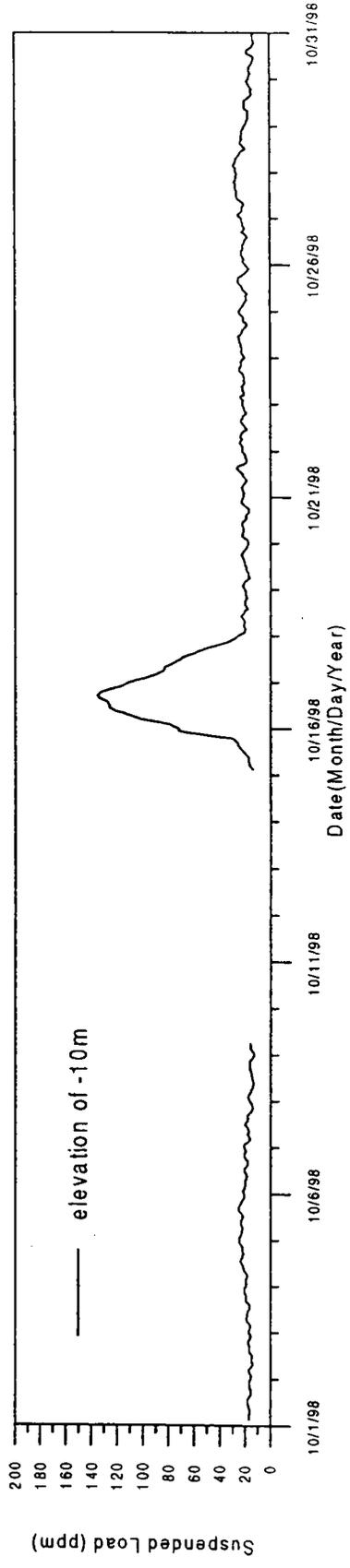
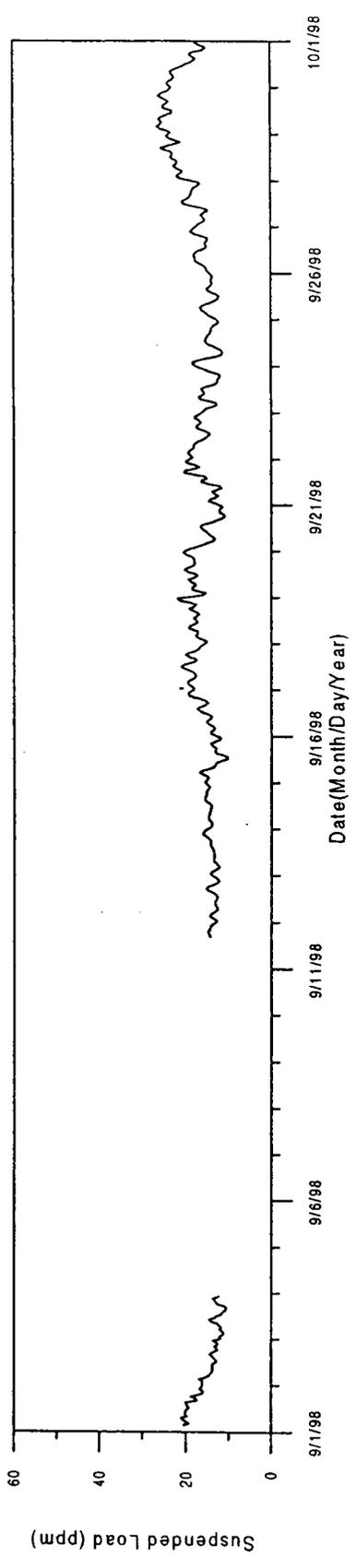


圖 7-10 淡水海上觀測樁長期懸浮質觀測記錄(1997/09/01~1998/11/12)

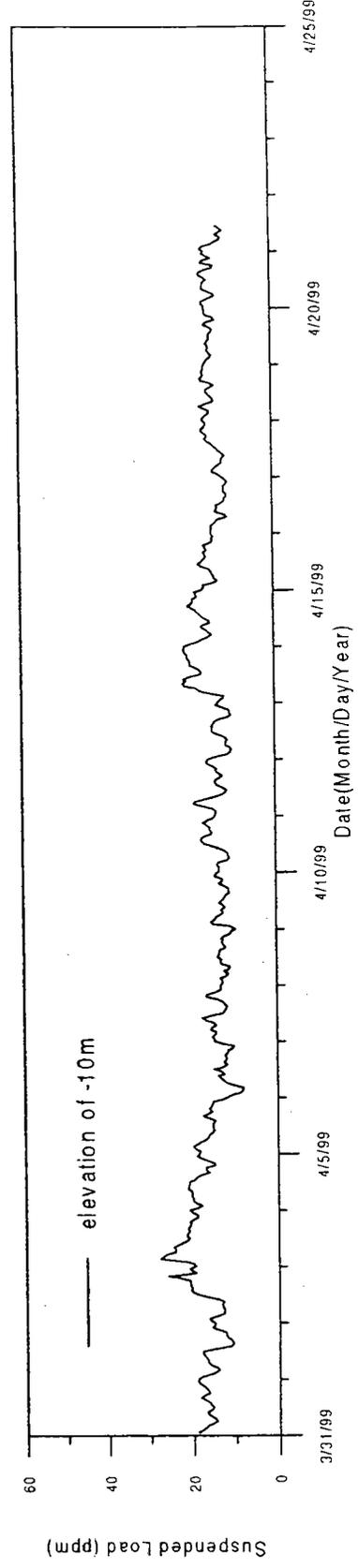
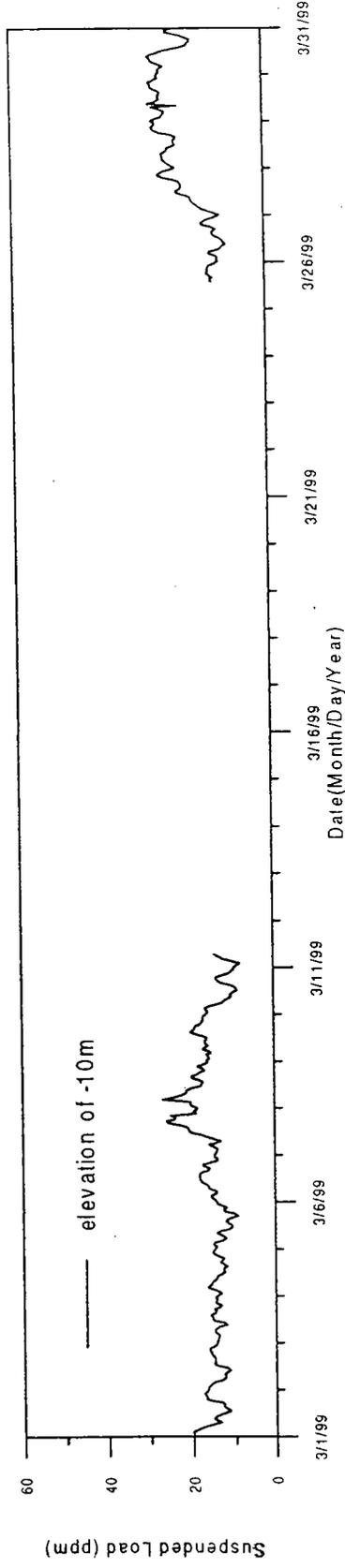
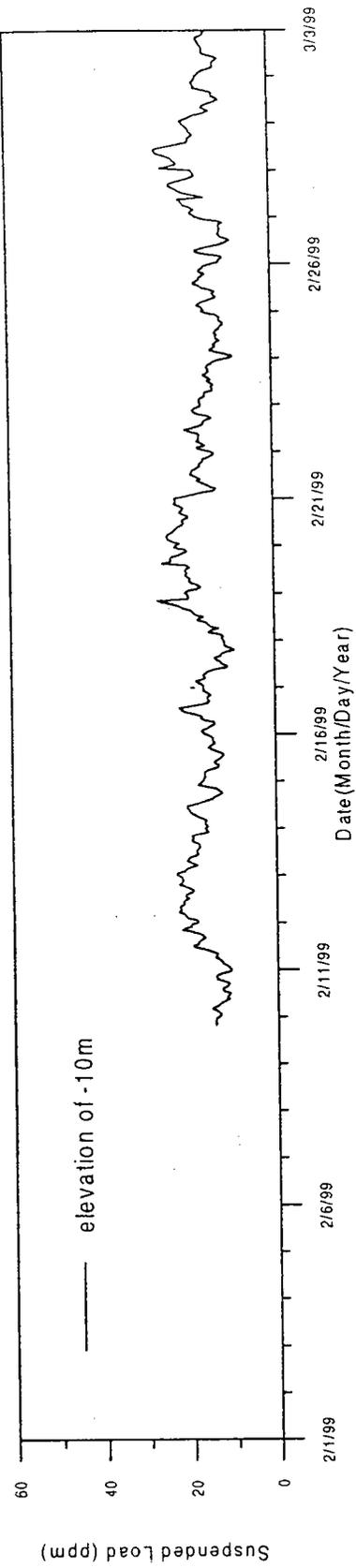


圖 7-1p 淡水海上觀測樁長期懸浮物質觀測記錄(1997/02/01~1999/04/21)

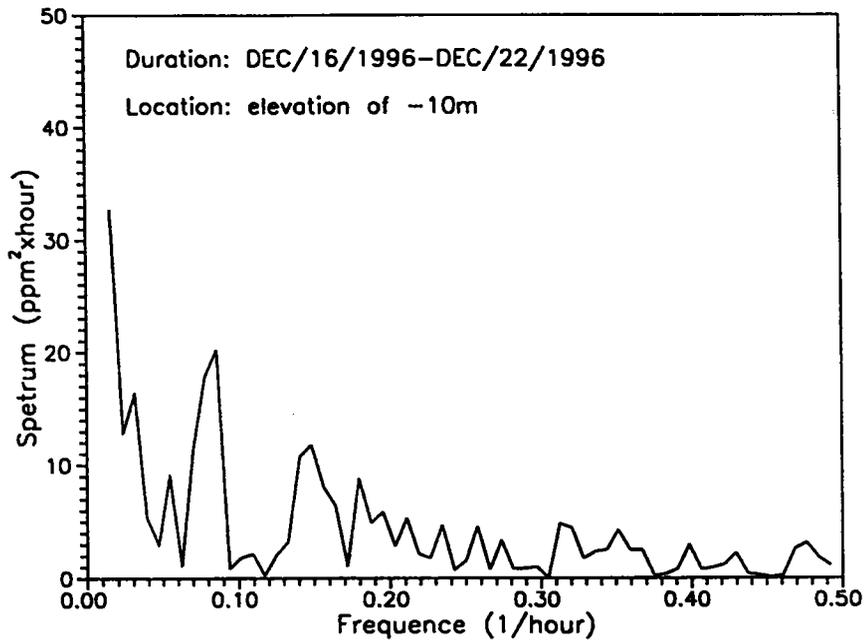
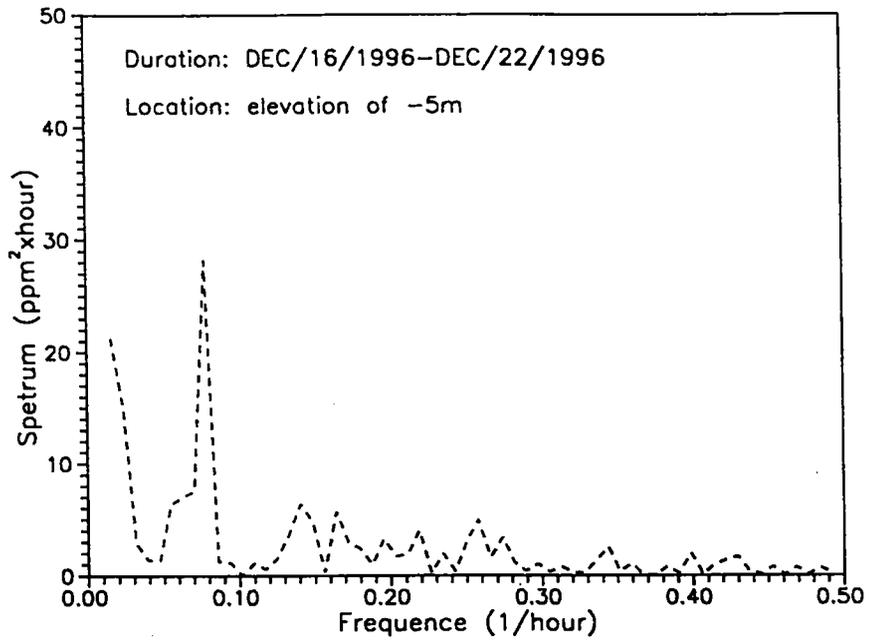


圖 7-2a 懸浮質能譜圖(1996/12/16~1996/12/22)

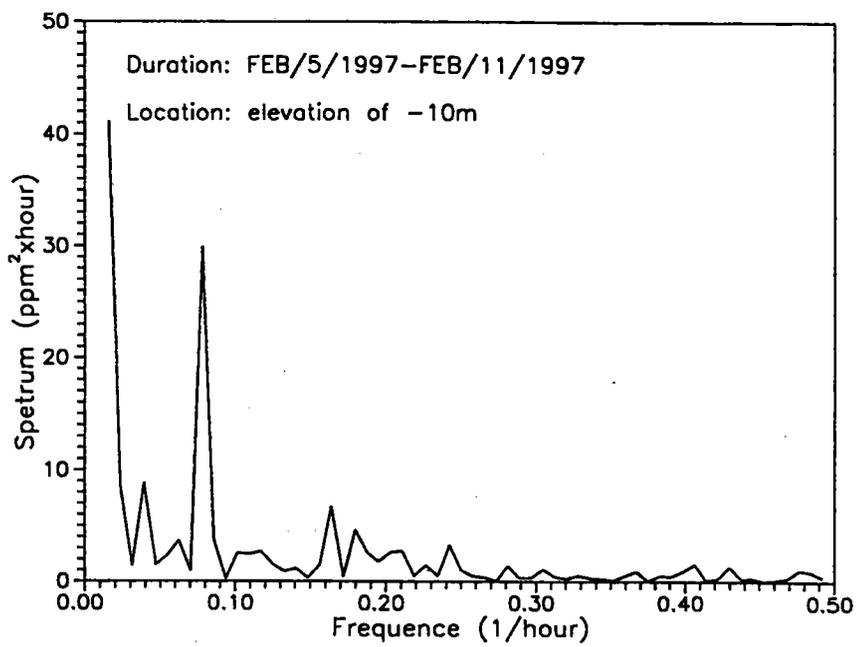


圖 7-2b 懸浮質能譜圖(1997/02/05~1997/02/11)

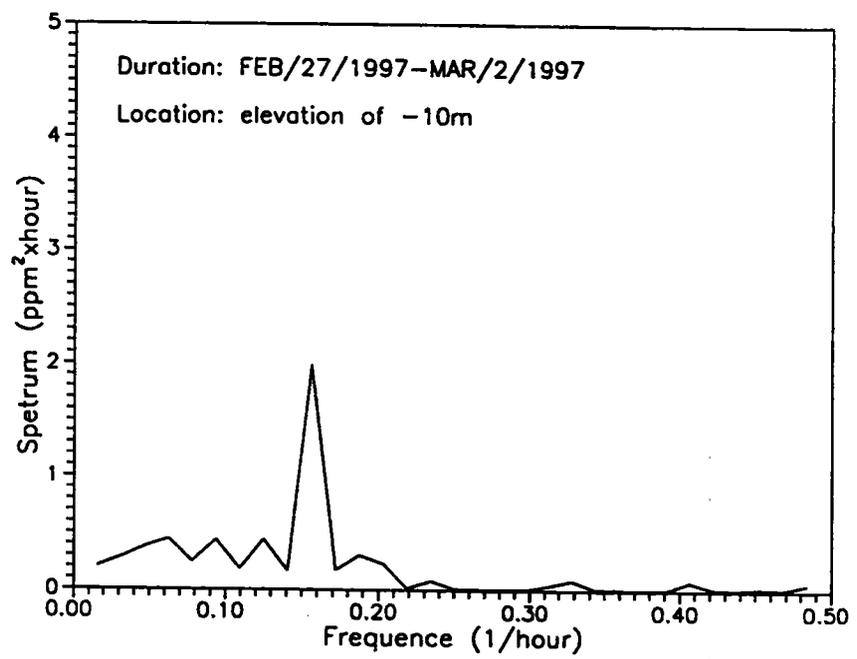


圖 7-2c 懸浮質能譜圖(1997/02/27~1997/03/02)

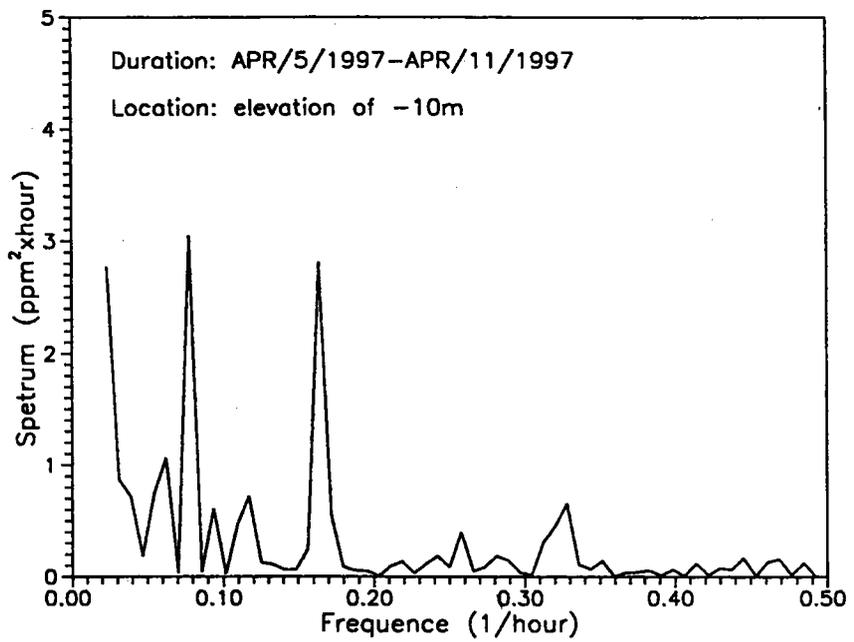


圖 7-2d 懸浮質能譜圖(1997/04/05~1997/04/11)

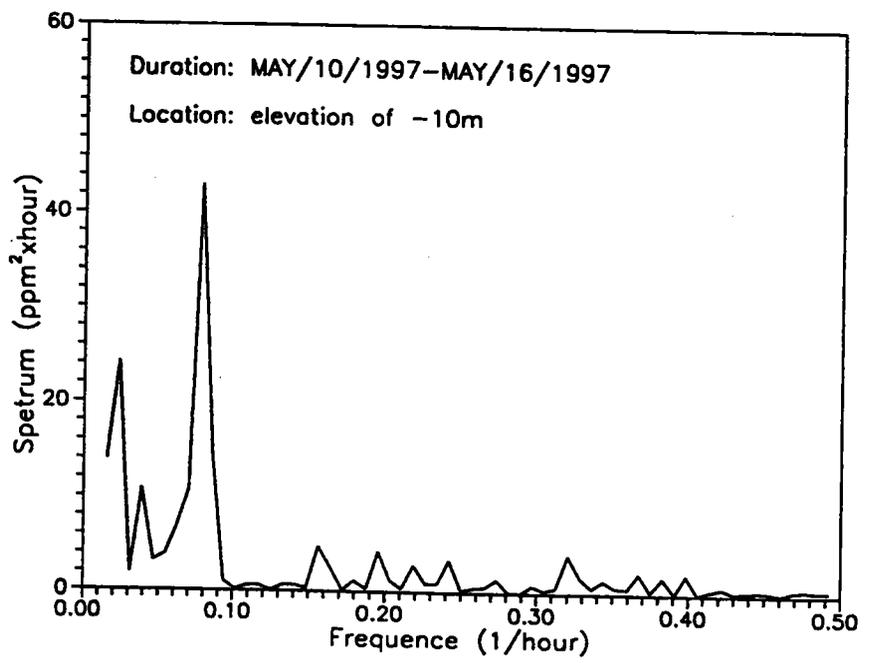


圖 7-2e 懸浮質能譜圖(1997/05/10~1997/05/16)

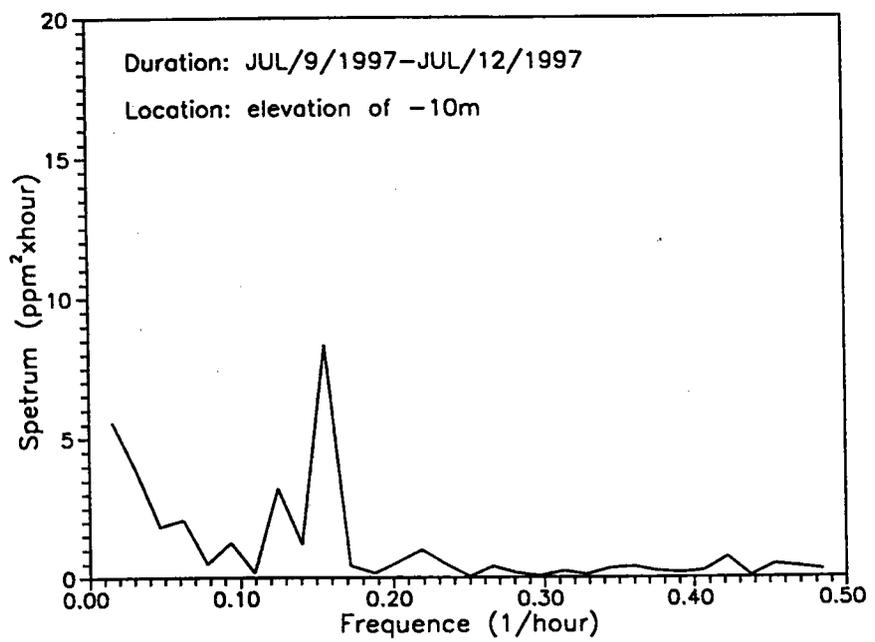


圖 7-2f 懸浮質能譜圖(1997/07/09~1997/07/12)

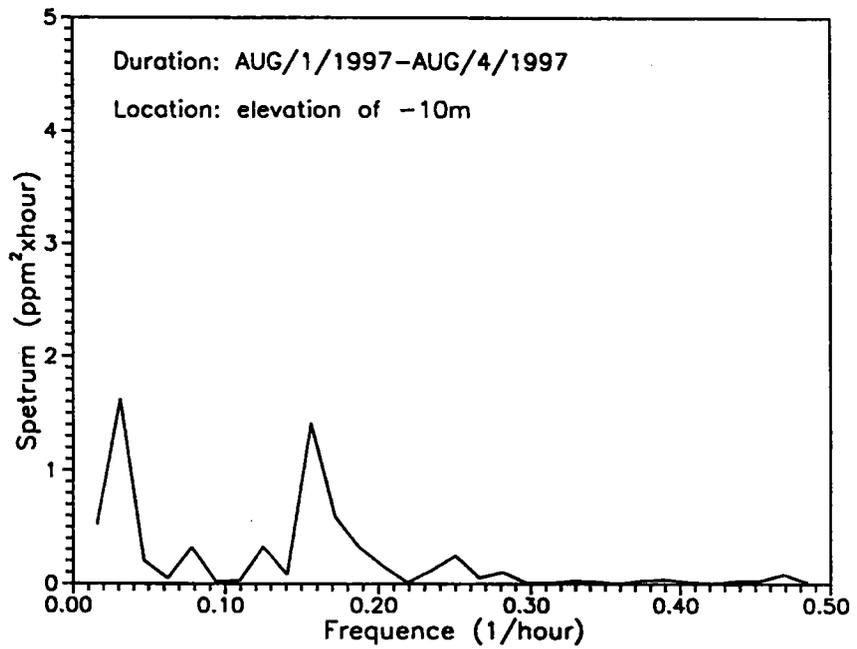
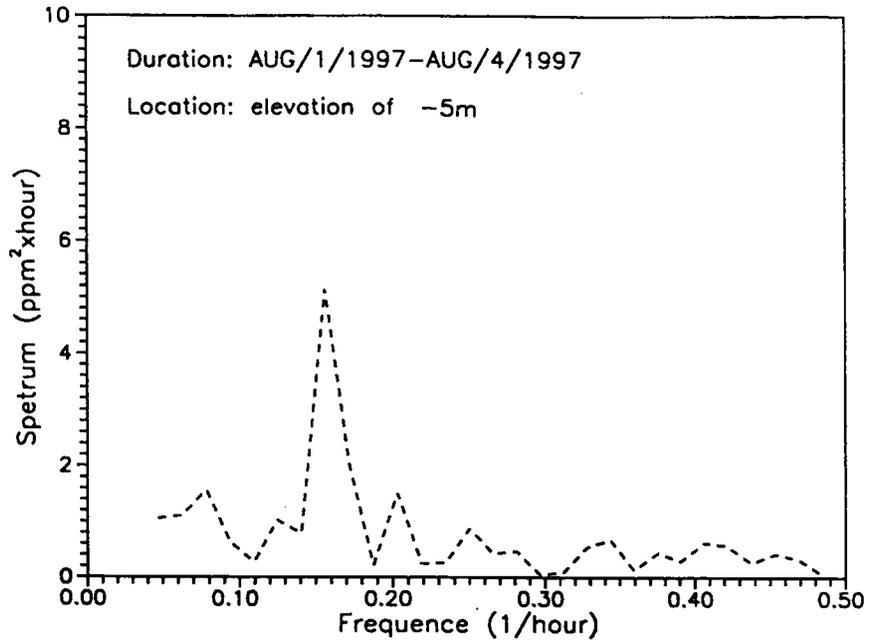


圖 7-2g 懸浮質能譜圖(1997/08/01~1997/08/04)

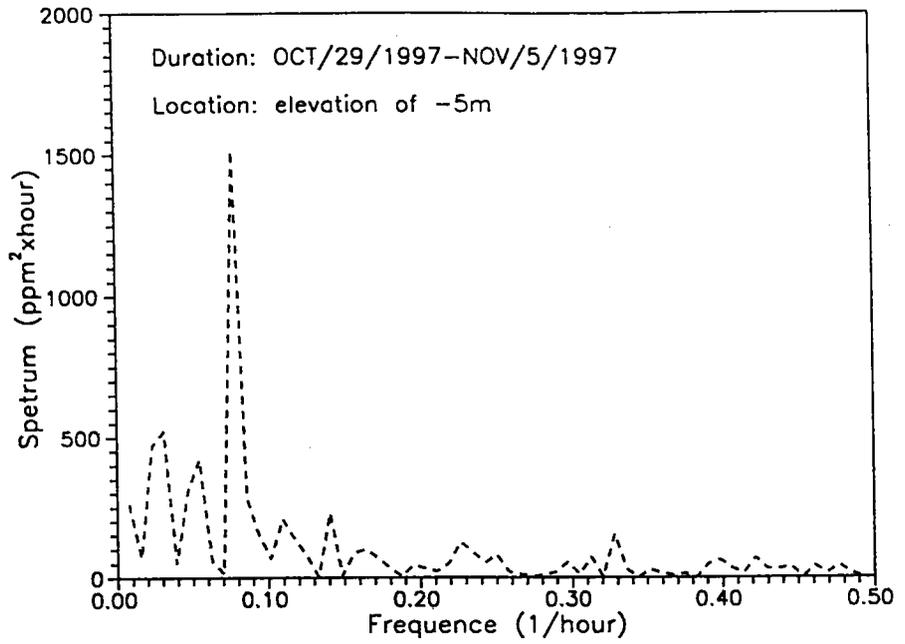


圖 7-2h 懸浮質能譜圖(1997/10/29~1997/11/29)

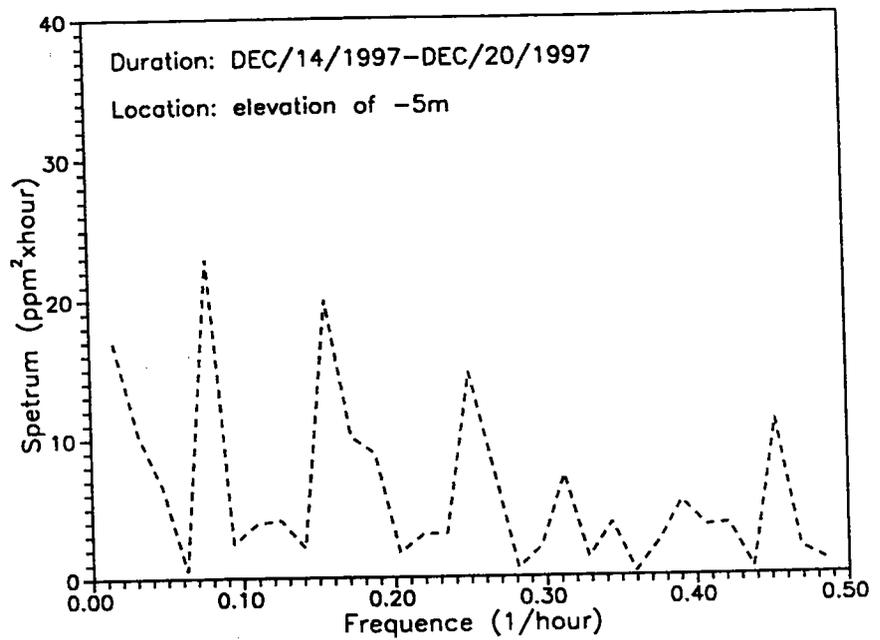


圖 7-2i 懸浮質能譜圖(1997/12/14~1997/12/20)

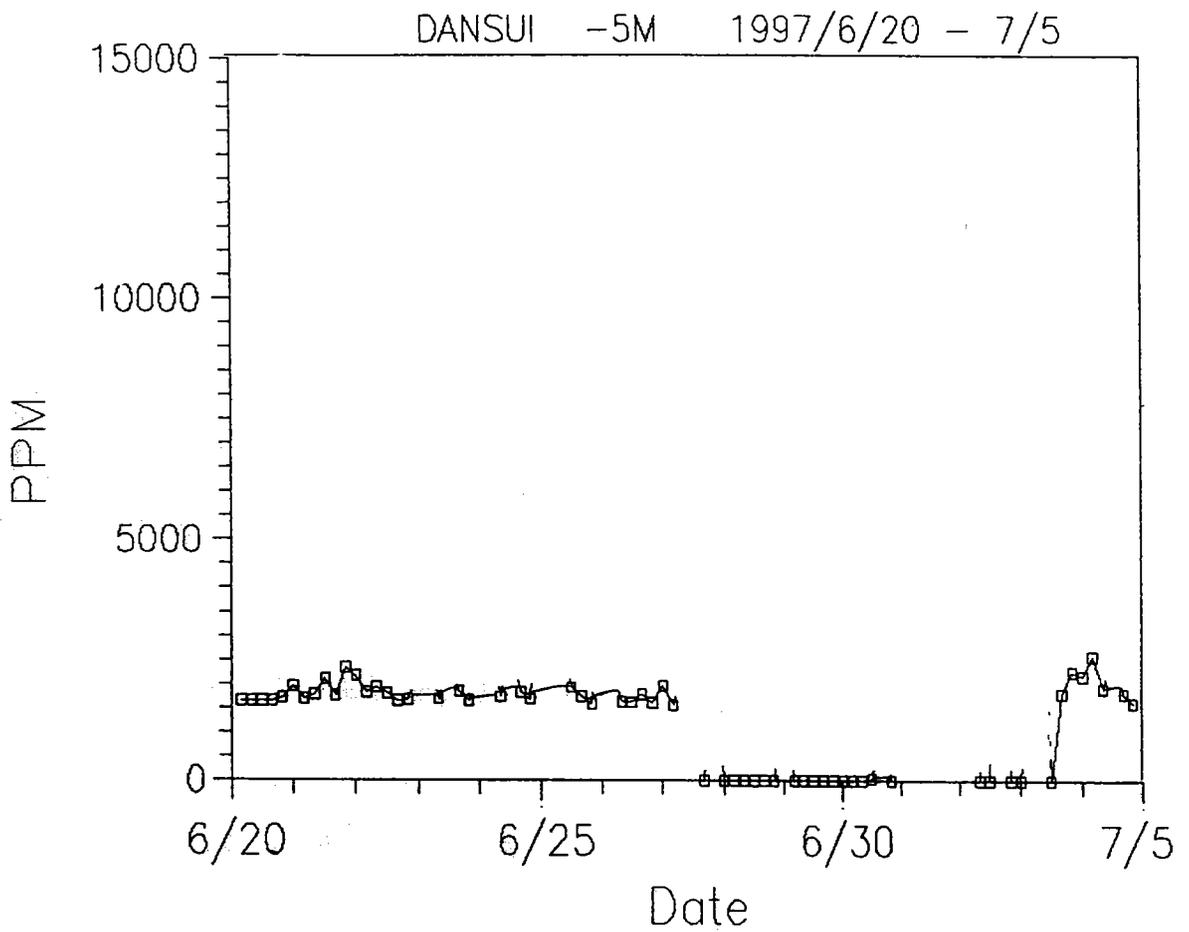


圖 7-3a 短期懸浮質觀測記錄(-5m 水深，1997/06/21~07/05)

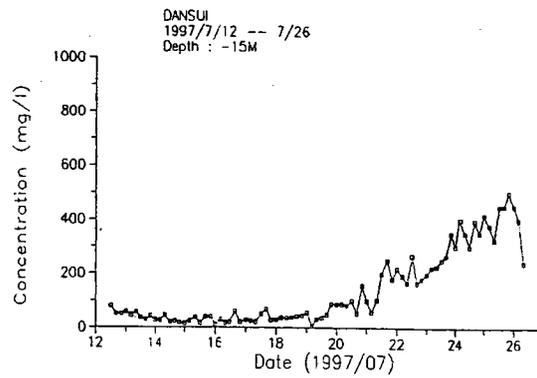
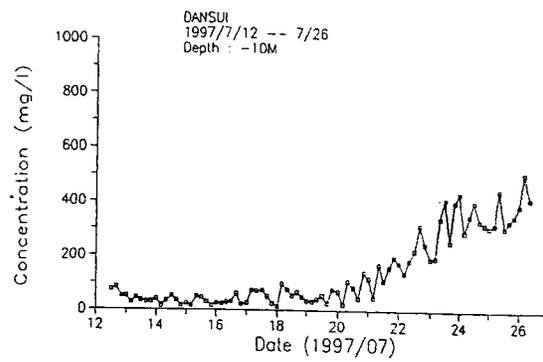
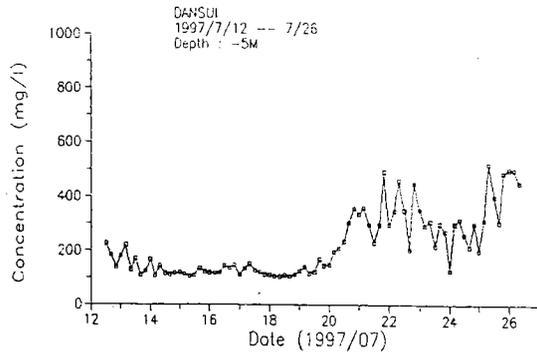


圖 7-3b 短期懸浮質觀測記錄

(-5m、-10m 以及 -15m 水深，1997/07/12~07/26)

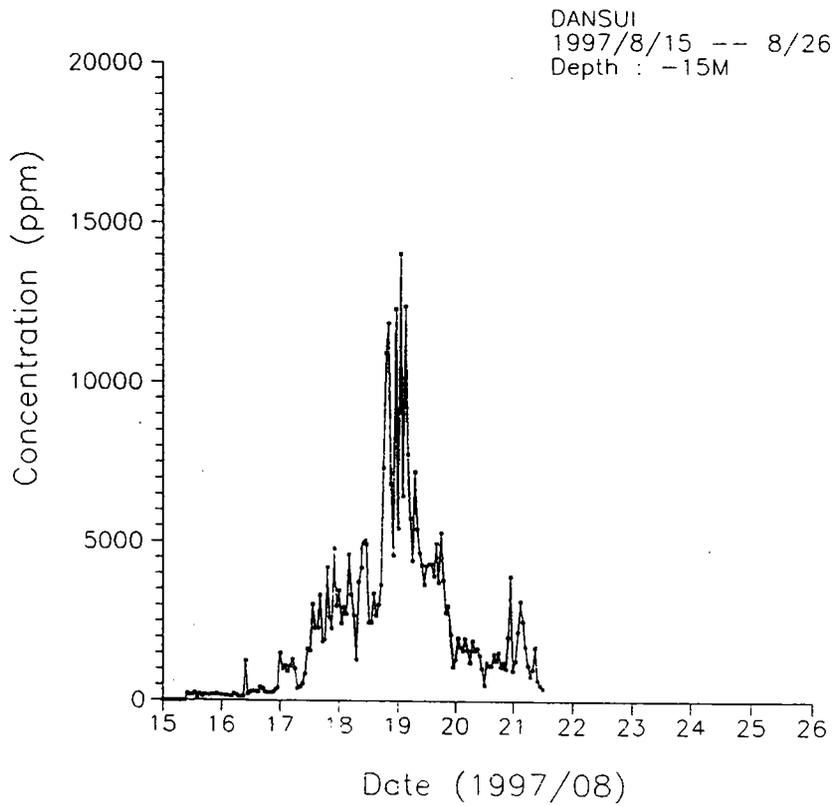
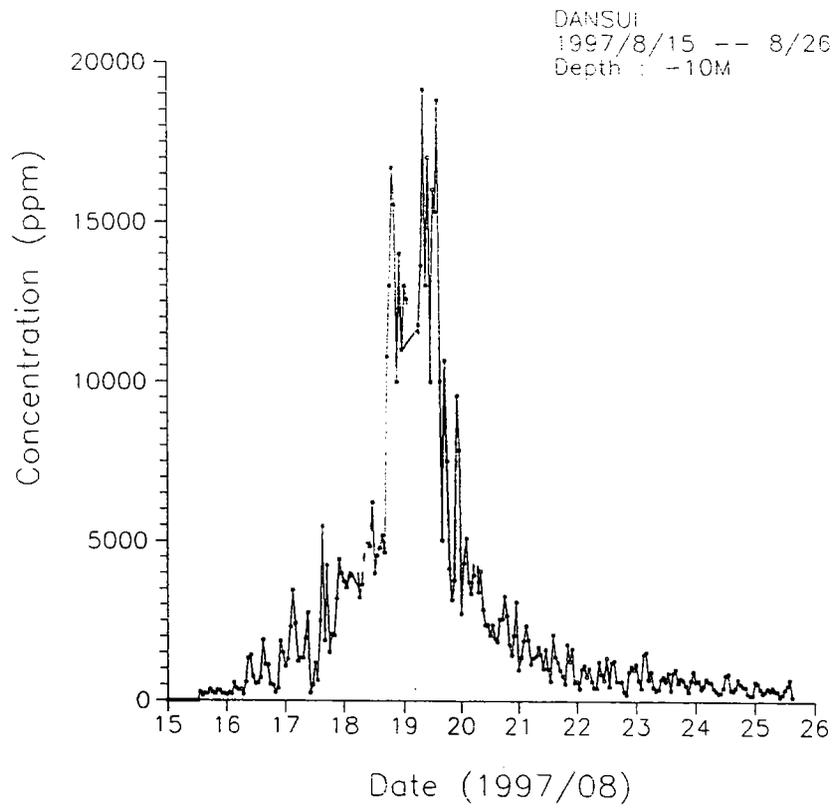


圖 7-3c 短期懸浮質觀測記錄

(-5m、-10m 以及-15m 水深，1997/08/15~08/26)

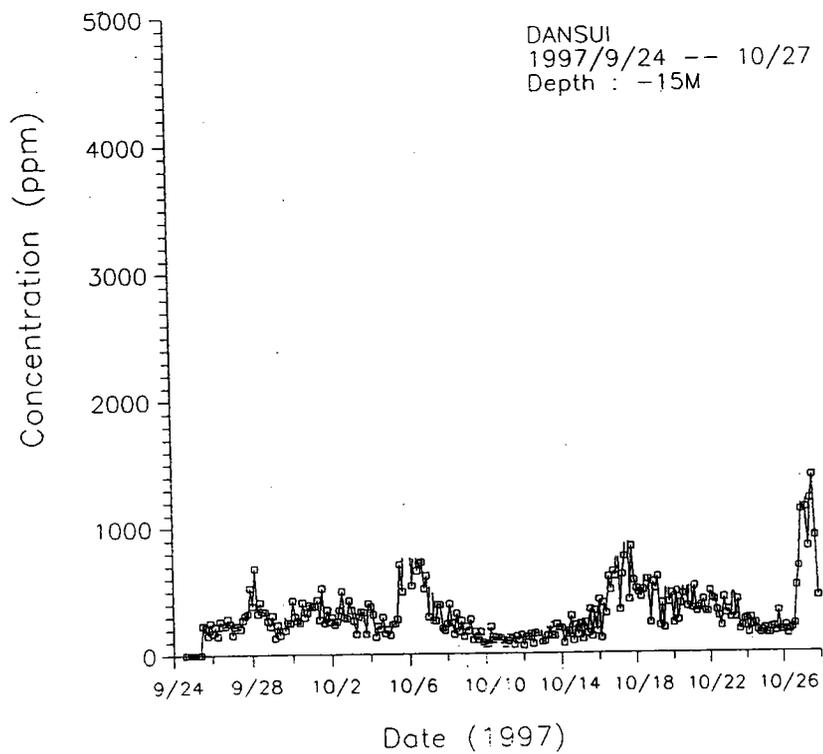
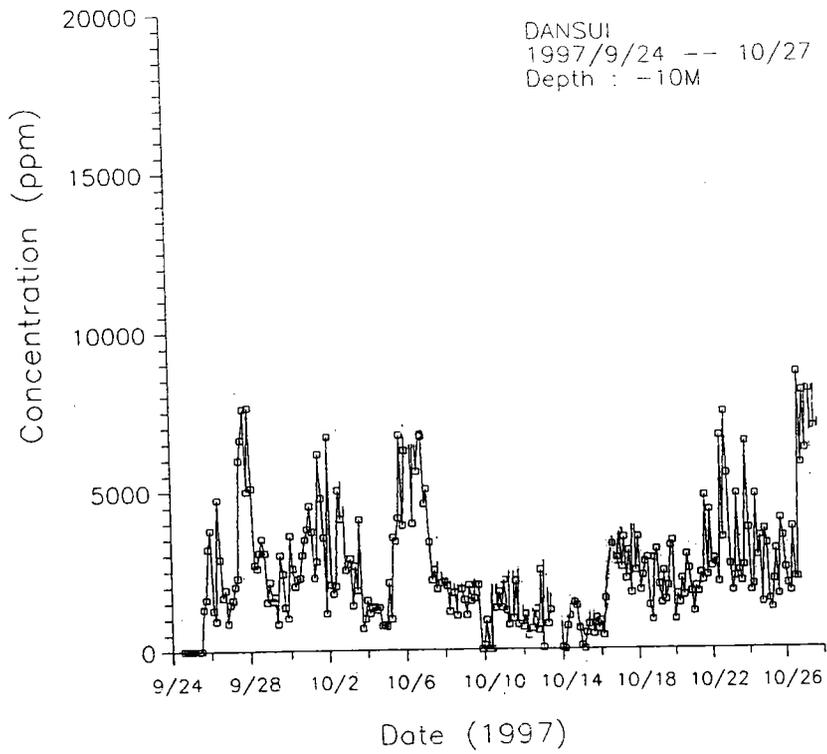


圖 7-3d 短期懸浮質觀測記錄

(-5m、-10m 以及 -15m 水深，1997/08/24~10/27)

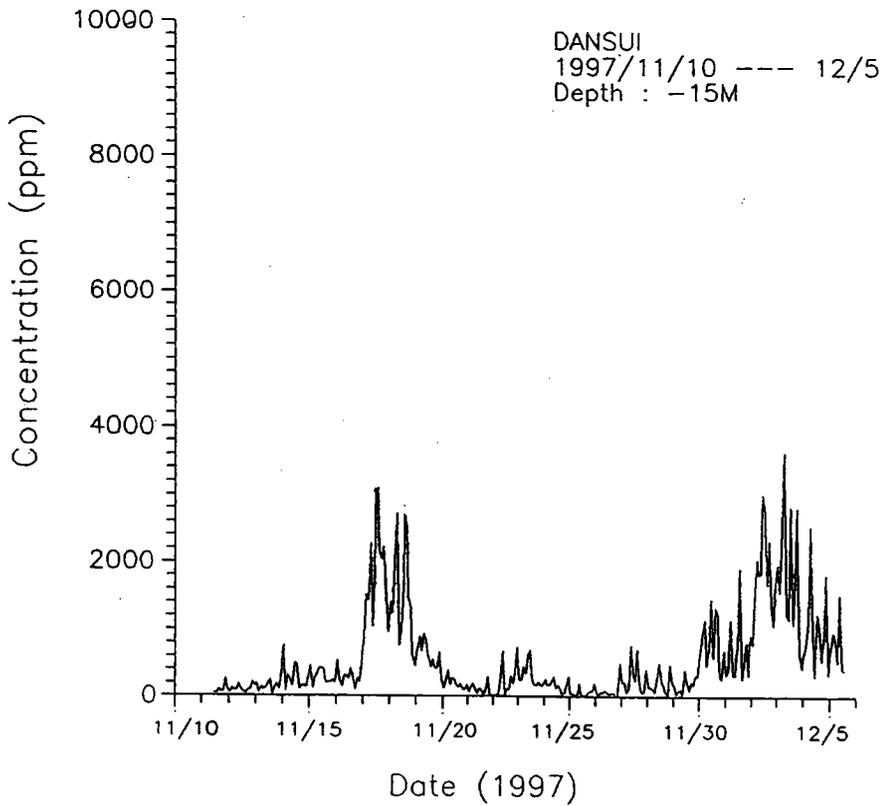
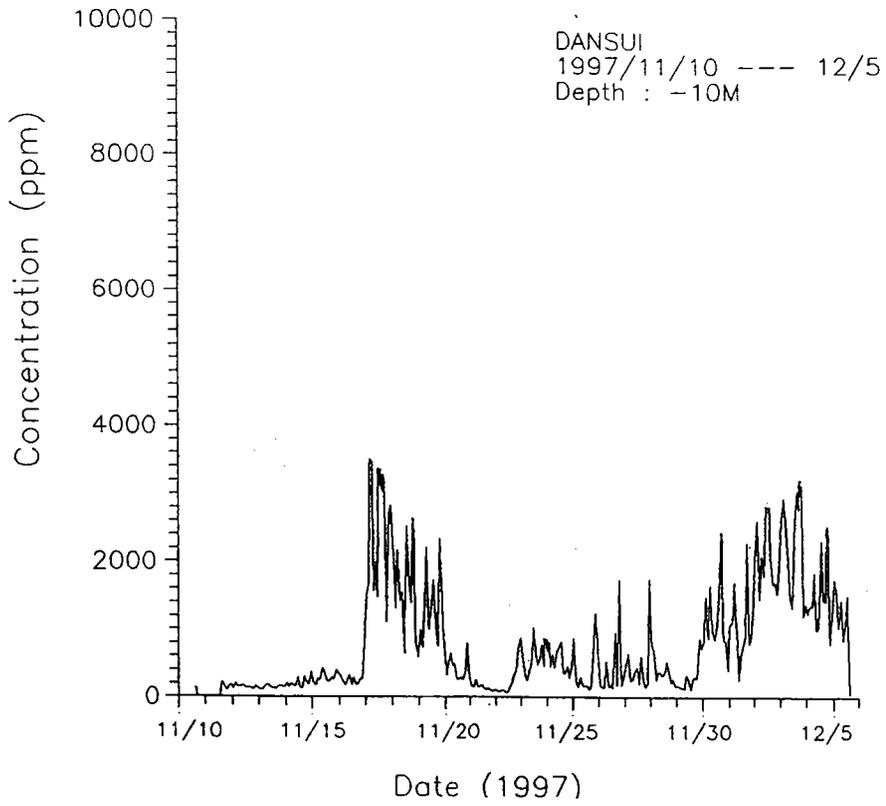
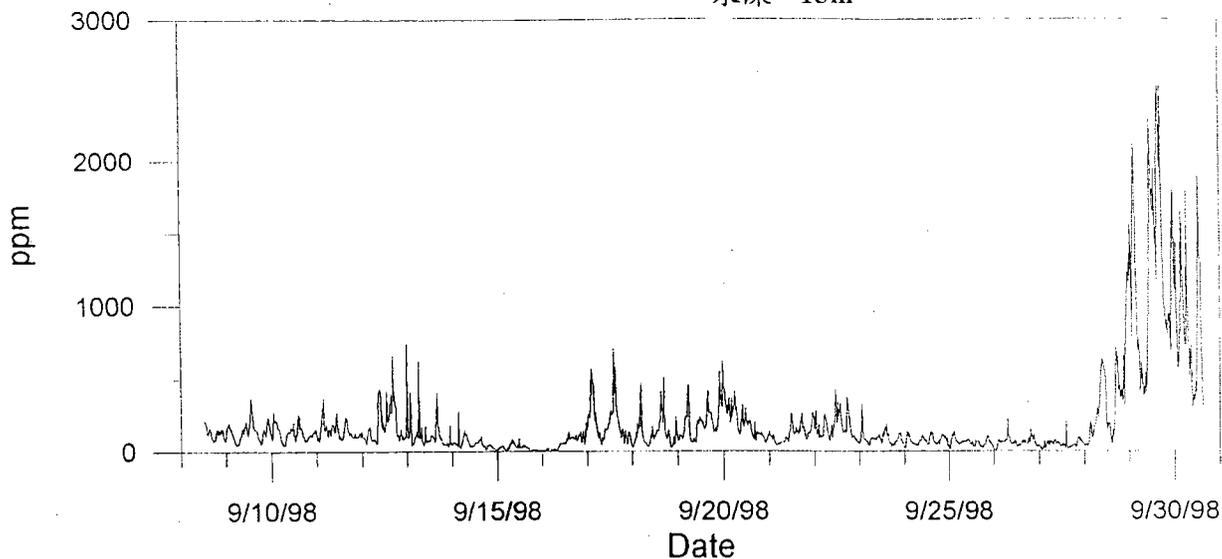


圖 7-3e 短期懸浮質觀測記錄

(-5m、-10m 以及 -15m 水深，1997/11/10~12/05)

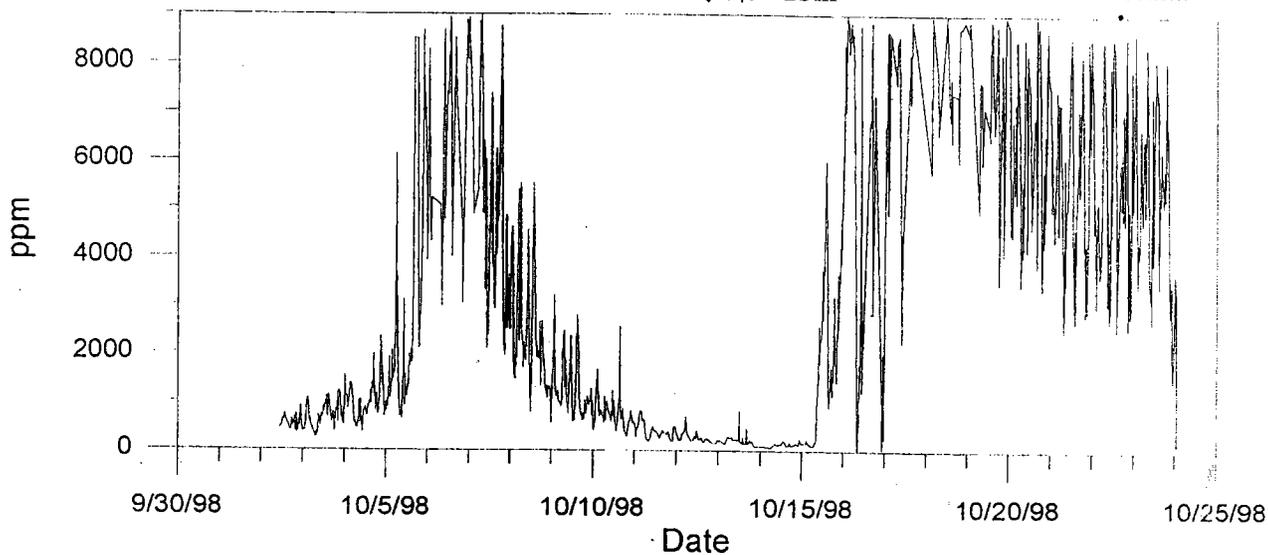
水深=-15m

Tanshui - Station A - bottom



水深=-15m

Tanshui - Station A - bottom



水深=-15m

Tanshui - Station A - bottom

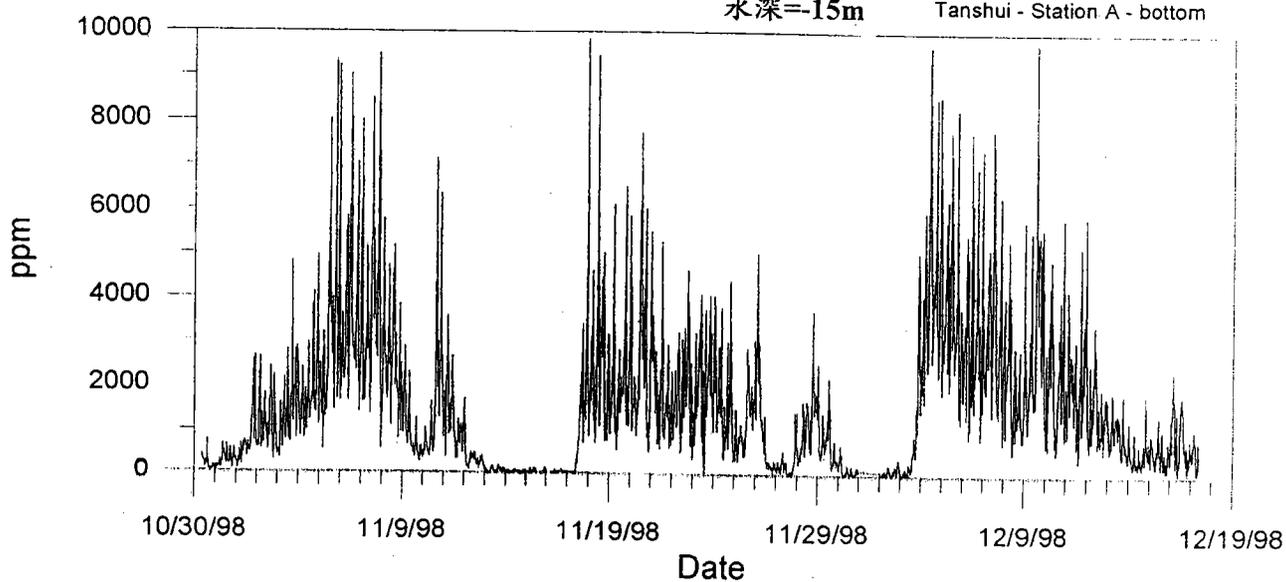


圖 7-3f 短期懸浮質觀測記錄(-15m 水深，1998/09/10~12/18)

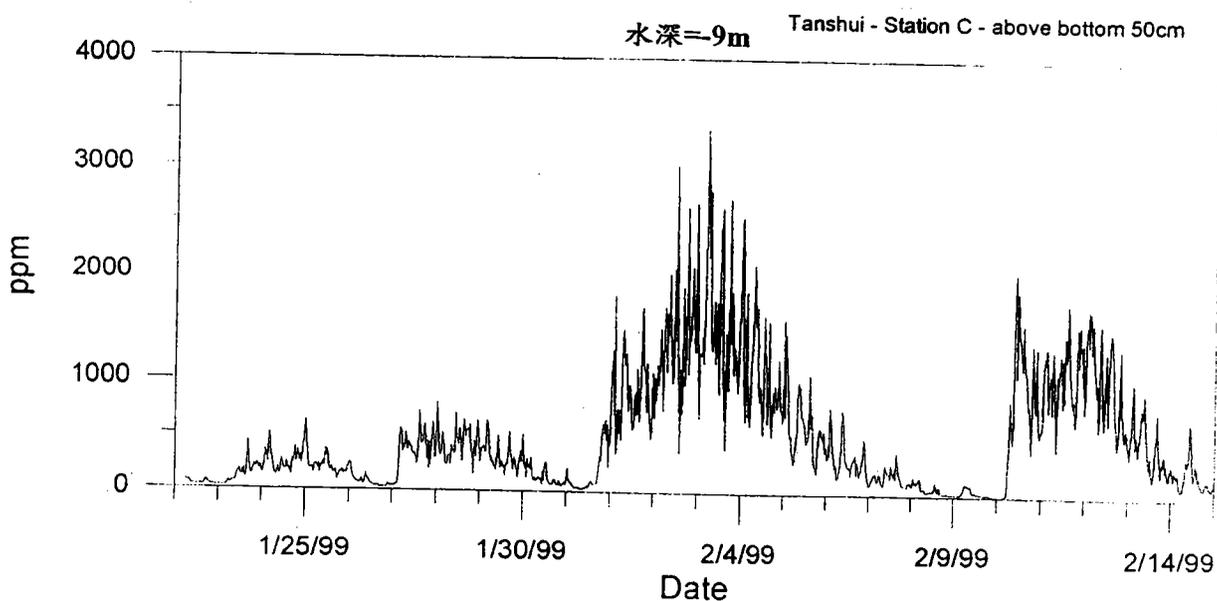
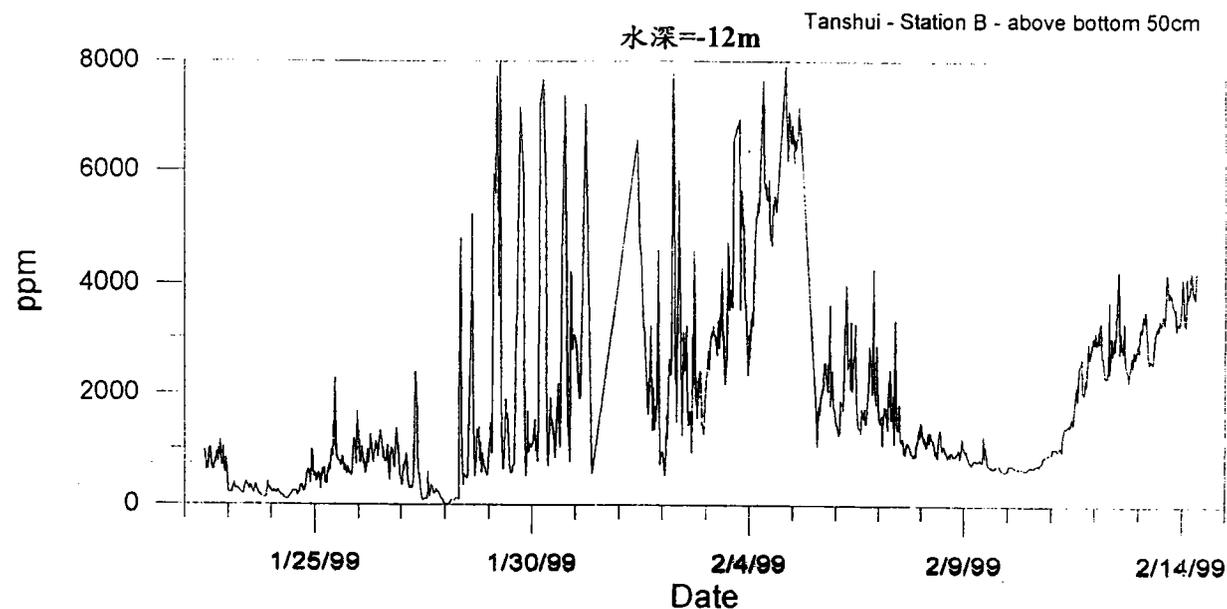
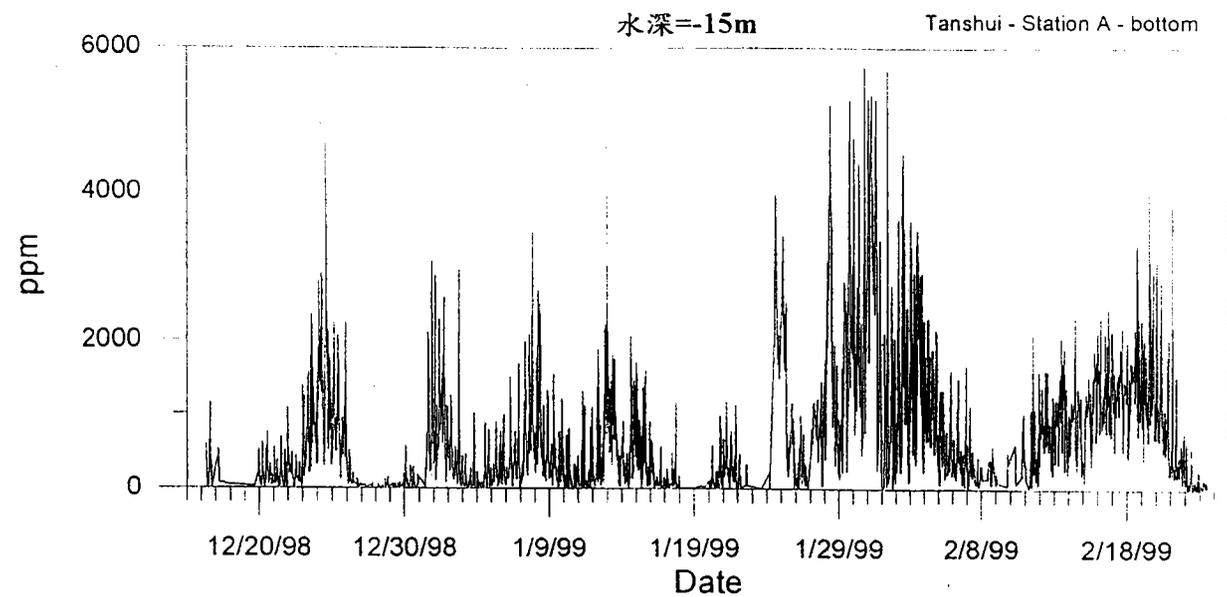


圖 7-3g 短期懸浮質觀測記錄(-9m、-12m以及-15m水深, 1999/01/20~02/15)

## 捌、結 論

本年度現場之監測至目前為取用之資料計有85年12月至86年12月間約一年之資料。風及流缺少5月及6月資料，波浪、潮汐及懸浮質缺少6月資料。風資料較為齊全，波浪、潮位及海流之資料，除1月份資料較短僅有5日外，其餘每月皆有約20日左右之觀測資料。此處僅將本年的觀測資料分析結果歸納如后：

1. 12月、1月及2月為典型冬季氣候，強力東北季風盛行，3月及4月仍屬東北季風之春季，夏季7月及8月間呈現典型的夏季西南季風型態。淡水附近海岸線為東北與西南走向。因海岸線方向與東北季風作用之方向平行，風力之影響較直接。觀測資料顯示12月、1月及2月東北季風盛行時，觀測點離海平面高15米處風速大於10m/sec，佔三分之一以上，約36%。冬季風向主要集中在東北向，風向在東北東與北北東二個方向間約佔59%。夏季風速則甚小，因此風速小於5m/s百分比高達60%。但夏季風速大於10m/s仍佔14%，其因為86年8月間有溫妮及安伯兩個颱風侵台之故。
2. 本區冬季波浪主要為由東北季風作用產生之區域性波浪，冬季 $H_{1/3}$ 小於1米佔51%，介於1米~2米佔36%，大於2米佔13%。夏季因西南季風不大，波高也相對偏小，夏季 $H_{1/3}$ 小於1米佔93%，介於1米~2米佔3%，大於2米佔9%。夏季波浪大於1米仍然高達12%，其主要原因為86年8月期間有溫妮及安伯兩個颱風侵臺之故。週期分佈，冬季示性週期 $T_{1/3}$ 介於6~8秒佔56%，夏季期間示性週期介於6~8秒佔42%較冬季為小，但大於10秒夏季佔20%，反而較冬紀佔2%為大，其原因也是溫妮及安伯颱風侵台期間之颱風波浪及湧浪週期一般大於10秒之故。溫妮颱風侵台前湧浪之示性波高大小約0.55~0.64米，示性週期則高達13.5秒~15.7秒間。溫妮颱風登台時，其示性波高大小約5.9~6.5米，示性週期大小約為11.5秒~12.6秒間，較侵台前湧浪週期為短，但波高則因強風登陸達到最大值。

#### 4. 第(4)分區(紅水仙溪~北防波堤間海域)

於建港期間，該分區水域在-5m~-15m 間水域呈淤積，淤積量共有 68 萬方，惟在水深-15m~-20m 間呈侵蝕，侵蝕量共約為 107 萬方，故就該分區整體而言，係呈侵蝕，在±0m~-20m 水深間其侵蝕量約為 40 萬方。

#### 5. 第(5)分區間(北防波堤~淡水河口南岸間海域)

於建港期間除在堤址±0m~-5m 水深間約有 32 萬方淤積外，在-5m 水深以下共侵蝕大約有 96 萬方。

#### 6. 第(6)分區(淡水河口南岸以北約 2 公里範圍間海域)

建港期間，±0m~-5m 水深線間呈淤積，在-5m~-15m 水深間則呈侵蝕，惟在-15m~-20m 水深間仍呈淤積。

### 二、民國 83 年 5 月至民國 84 年 5 月(北防波堤完成後一年)

#### 1. 第(1)分區(林口發電廠~大南灣間海域)

淡水國內商港北防波堤 1610 公尺興建完成後一年，該分區水域除在-5m~-10m 水深呈侵蝕外，其餘各水深線間均呈淤積，整體而言，該分區水域±0m~-20m 水深間共淤積約 15 萬方。

#### 2. 第(2)分區間(大南灣~南灣頭間海域)

沖淤數量計算結果顯示，該分區除在-15m~-20m 水深間呈侵蝕外，其餘自灘線±0m~-15m 水深間均呈淤積，累計該分區在這一年期間共淤積約 12 萬方。

#### 3. 第(3)分區間(南灣頭~紅水仙溪間海域)

該分區除在灘線±0m~-5m 間呈些微侵蝕外，-5m 水深以下均呈淤積，若考量±0m~-20m 間水深，則該分區共淤積約 192 萬方。

8. 設置在水深 15m 固定樁上，相對水深位置在水面下 5m 與 10m 處，長期懸浮質濃度觀測資料分析結果顯示，在春季期間其懸浮質濃度平均約為 10 ~ 20 mg/l；夏季期間約為 20 ~ 40 mg/l；秋季期間約為 90 mg/l；冬季期間則平均約為 20 ~ 40 mg/l；且由懸浮質能譜分析知其最大值相對應週期約為 12 個小時，顯然在固定斷面不同水深處其懸浮質濃度分佈與漲退潮有關。
9. 設置在水深 5m、10m 以及 15m 近底床處等測站，短期懸浮質濃度觀測分析結果顯示，平均在不同水深底床處，其懸浮質濃度分佈隨著測站水深位置加大而減小，當海面波浪波高在 1 公尺以下時，三個測站其懸浮質濃度量化的數據，由淺漸深分別為 130 mg/l、90 mg/l 與 50 mg/l 等；當海面波浪平均波高介於 1.21m ~ 2.50m，相對最大波高值介於 2.58m ~ 4.26m 時，在 10m 與 15m 水深底床處，其懸浮質濃度分佈分別介於 5000 ~ 10000 mg/l 以及 1000 ~ 1500 mg/l 間；而當海面平均波高介於 4.65m ~ 6.88m，相對最大波高值介於 6.9m ~ 10.85m 時，在 10m 與 15m 水深近底床處，其懸浮質濃度分佈則分別介於 15000 ~ 20000 mg/l 與 10000 ~ 15000 mg/l 之間。
10. 根據海氣象以及漂砂監測分析結果顯示，台北港海流主要成份為潮流，具備沿岸流成份；漂砂優勢方向係由東北向西南移動，故建港後防波堤結構物勢必改變鄰近海域流況分佈進而產生海岸所謂“突堤”效應，阻擋淡水河口輸砂由東北向西南移動，北堤以北將產生淤積，南堤以南到林口發電廠間海岸將因沙源補充不足而加速侵蝕。

## 參 考 文 獻

1. 中華顧問工程司，1990，”淡水國內商港整體規劃報告書”。
2. 中華顧問工程司，1992，”淡水、八里海岸地形變遷海象調查研究底質及懸浮質取樣分析報告”。
3. 中華顧問工程司，1992，”淡水、八里海岸地形變遷海象調查研究波浪觀測調查分析報告”。
4. 中華顧問工程司，1994，”淡水、八里海岸地形變遷數值模式分析”。
5. 中興工程顧問社，1992，”淡水河系污染整治計畫評估與問題探討評估報告”，行政院環保署專案研究計畫，計畫編號 EPA-81-G105-09-25。
6. 中興工程顧問社，1991～1994，”八里污水處理廠暨海洋放流管等工程施工期間環境品質監測報告”，台北市政府工務局衛生下水道工程處。
7. 台灣省交通處基隆港務局，1996，”淡水港第二期工程計畫(含第一期工程外廓防廓防波堤改善計畫)環境影響說明書”。
8. 台灣省交通處基隆港務局，1996，”淡水港第二期工程計畫(含第一期工程外廓防波堤改善計畫)環境影響說明書(附錄)”。
9. 何良勝、邱永芳等，1996，”淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫規劃-水工模型試驗”，港灣技術研究所專刊第122號。
10. 張金機等，1993，”高雄海域海氣象調查研究”，港灣技術研究所專刊第89號。
11. 廖慶堂、江金德，1997，”淡水港興建對鄰近海床地形變遷之影響-動床水工模型試驗”，港灣技術研究所專刊第147號。
12. 蘇青和、莊文傑等，1996，”台中港港池水理模式之研究”，港灣技術研究所基本研究報告，85-研(七)-1。

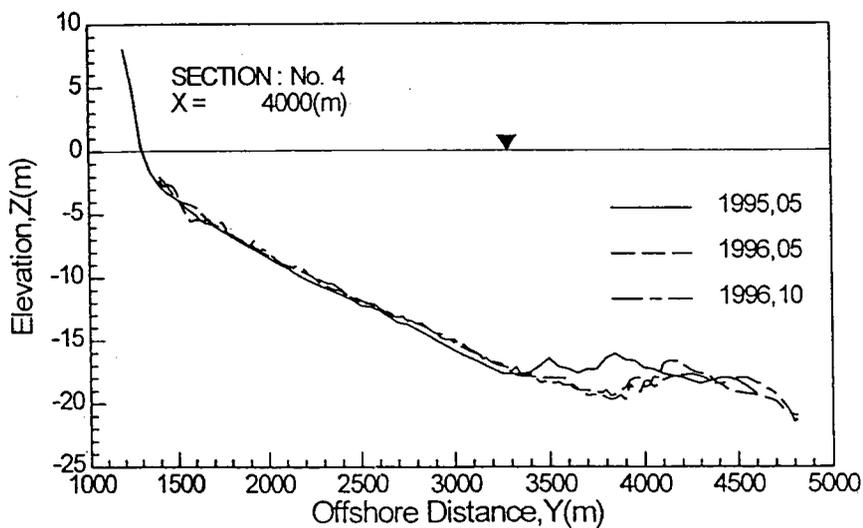
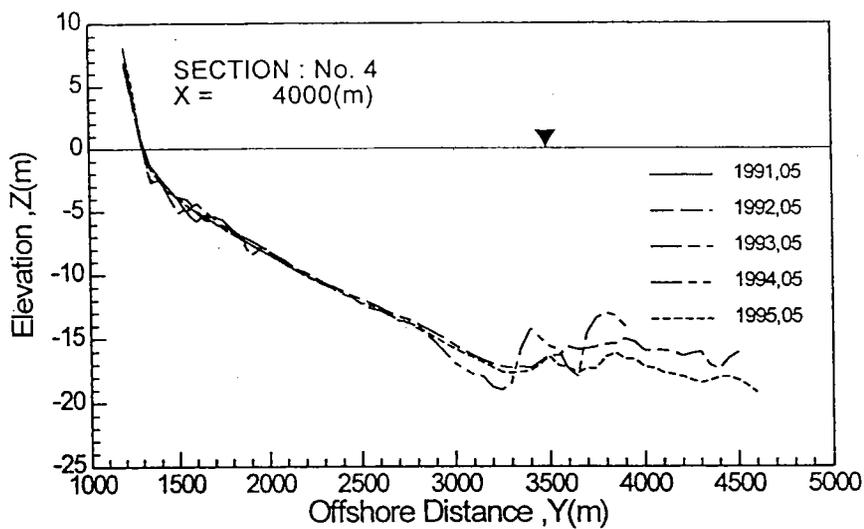
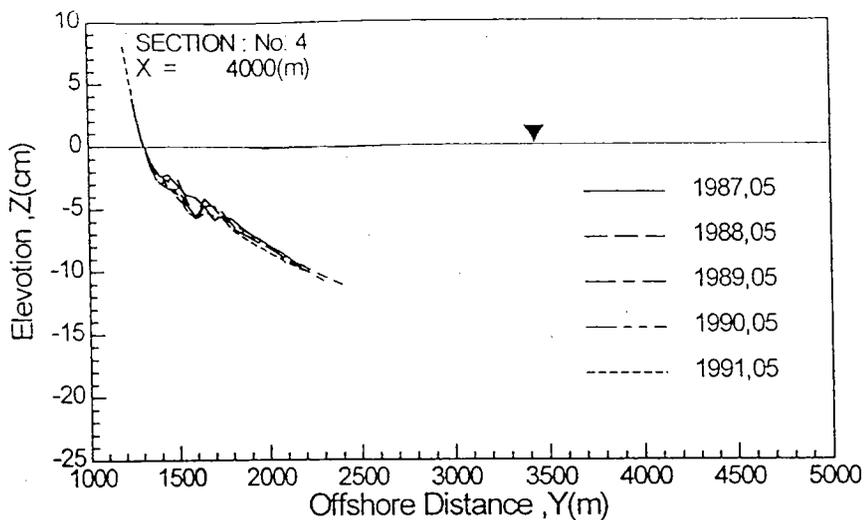


圖 3-5 (a) 淡水、八里海域断面 NO.4 歷年地形變化圖

## 附錄一、一般能譜分析

### 1-1 實數值時序能譜分析

#### 1. 變異函數(covariance function)及相關函數(correlation function)：

若實數值時序列  $x(t)$ ， $y(t)$  為定常，零平均值，則自變異函數(Auto covariance function)與互變異函數(cross covariance function)分別定義為

$$C_{xx}(\tau) = E[x(t)x(t + \tau)] \quad (A.1)$$

$$C_{xy}(\tau) = E[x(t)y(t + \tau)] \quad (A.2)$$

其中  $E[\ ]$  表期望值， $\tau$  為時間遲延(time lag)

自相關函數(Auto correlation function)與互相關函數(cross correlation function)分別定義為

$$R_{xx}(\tau) = C_{xx}(\tau)/C_{xx}(0) \quad (A.3)$$

$$R_{xy}(\tau) = C_{xy}(\tau)/C_{xy}(0) \quad (A.4)$$

- (1) 自相關函數為偶函數，即  $R_{xx}(-\tau) = R_{xx}(\tau)$ ，而且滿足  $|R_{xx}(\tau)| \leq 1$  及  $|R_{xy}(\tau)| \leq 1$ 。
- (2)  $R_{xx}(\tau)$  表示時序  $x(t)$  在任兩點時間遲延為  $\tau$  時之相關大小。
- (3)  $R_{xy}(\tau)$  表示時序  $x(t)$  與時序  $y(t)$  在任二點時間遲延為  $\tau$  時之相關大小。

## 2. 自能譜 (auto-spectrum) 與互能譜 (cross-spectrum) :

時序  $x(t)$  的自能譜密度函數定義為  $x(t)$  自變異函數的傅立葉轉換 (Jenkins and Watts, 1968)

$$S_{xx}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} C_{xx}(\tau) e^{-2\pi i f \tau} d\tau \quad (A.5a)$$

或

$$S_{xx}(f) = X(f)X^*(f) \quad (A.5b)$$

其中  $X(f)$  為時序  $x(t)$  的傅立葉轉換, \* 表共軛複數。

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-2\pi i f t} dt \quad (A.5c)$$

時序  $x(t)$  與時  $y(t)$  的互能譜密度函數定義為  $x(t)$  與  $y(t)$  互變異函數的傅立葉轉換, 即

$$S_{xy}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} C_{xy}(\tau) e^{-2\pi i f \tau} d\tau \quad (A.6a)$$

或

$$S_{xy}(f) = X(f)Y^*(f) \quad (A.6b)$$

## 3. 相關平方譜 (Coherence-squared spectrum) 與相位譜 (phase-spectrum) (Jenkins and Watts, 1968):

$$\begin{aligned} S_{xy}(f) &= P_{xy} - iQ_{xy}(f) \\ &= |S_{xy}(f)| e^{iF_{xy}(f)} \end{aligned} \quad (A.7a)$$

其中

$$|S_{xy}(f)| = \sqrt{P_{xy}^2(f) + Q_{xy}^2(f)} \quad (A.7b)$$

$$F_{xy}(f) = \tan^{-1} \left( -\frac{Q_{xy}(f)}{P_{xy}(f)} \right) \quad (A.7c)$$

$$H_{xy}^2(f) = \frac{|S_{xy}(f)|^2}{S_{xx}(f) S_{yy}(f)} \quad (A.8)$$

$H_{xy}(f)$  稱為時序  $x(t)$  與  $y(t)$  的相關平方譜,  $F_{xy}(f)$  稱相位譜。

- (1)  $S_{xx}(f)$  為正值函數。
- (2)  $S_{xx}(f)$  表示時序  $x(t)$  在頻率  $f$  之能量或出現頻率大小。
- (3)  $H_{xy}(f)$  表示時序  $x(t)$  與時序  $y(t)$  在頻率  $f$  之相關大小。
- (4)  $F_{xy}(f)$  表示時序  $x(t)$  與  $y(t)$  在頻率  $f$  之相位差。

#### 4. 頻率轉換函數 (frequency response function) :

$x$  序列對  $y$  序列之頻率轉換函數  $T_{xy}(f)$  定義為

$$\begin{aligned} T_{xy}(f) &= \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \\ &= \frac{P_{xy}}{S_{xx}} - i \frac{Q_{xy}}{S_{xx}} \\ &= G_{xy}(f) \exp(iF_{xy}(f)) \end{aligned} \quad (A.9a)$$

$$G_{xy}(f) = \left| \frac{S_{xy}(f)}{S_{xx}(f)} \right| \quad (A.9b)$$

式中  $G_{xy}(f)$  稱 Gain 函數,  $F_{xy}(f)$  稱相位函數,  $G_{xy}(f)$  表示時序  $y$  在頻率  $f$  與  $x$  之能量比值,  $F_{xy}(f)$  表示時序  $x$  領先時序  $y$  在頻率  $f$  之相位差。

我們將以一個例子說明頻率轉換函數之觀念, 假設  $x, y$  時序分別定義如下:

$$x(t) = 2\cos(2\pi t/T_1) + \sin(2\pi t/T_2) \quad (A.10)$$

$$y(t) = 3\sin(2\pi t/T_1) + 2\sin(2\pi t/T_2) \quad (A.11)$$

表示時序  $x$  與時序  $y$  皆含有  $T_1$  及  $T_2$  兩性週期成份。對週期  $T_1$  (頻率  $f_1$ ) 而言, 時序  $y$  之振幅為時序  $x$  振幅之 1.5 倍, 相位差時序  $y$  領先時序  $x$  值為  $0.5\pi$ , 或稱時序  $y$  落後時序  $x$  相位差為  $1.5\pi$ 。其次對週期  $T_2$  (頻率  $f_2$ ) 而言, 時序  $y$  振幅為時序  $x$  振幅 2 倍, 但無相位差。

根據頻率轉換函數之定義,  $x$  對  $y$  之頻率 Gain 函數及相位函數在頻率  $f_1$  及  $f_2$  分別為

$$G_{xy}(f_1) = 1.5^2 = 2.25 \quad (A.12a)$$

$$F_{xy}(f_1) = \pi/2 \quad (A.12b)$$

$$G_{xy}(f_2) = 2^2 = 4 \quad (A.13a)$$

$$F_{xy}(f_2) = 0 \quad (A.13b)$$

而在週期成份  $T_1$  及  $T_2$  之時間轉換函數 (time response function) 則可表示為

$$y_1(t) = 1.5x_1(t - \pi/2), \quad T = T_1 \quad (A.14a)$$

$$y_2(t) = 2x_2(t), \quad T = T_2 \quad (A.14b)$$

$x$  時序之  $T_1$  及  $T_2$  週期成份可由能譜分析原理求得, 其表示式為:

$$x_1 = 2\cos(2\pi t/T_1) \quad (A.15a)$$

$$x_2 = \sin(2\pi t/T_2) \quad (A.15b)$$

最後利用上述時間轉換函數之關係式, 即可求得  $y$  時序之  $T_1$  及  $T_2$  週期成份  $y_1$  及  $y_2$ 。

#### 5. 有限資料時序的估計能譜:

若實際觀測所得之資料時序  $x(k)$ ,  $y(k)$ ,  $k=0,1,2,..n-1$ , 爲  $n$  個觀測值, 記錄間隔時間爲  $\Delta t$ , 則自變異函數估計爲

$$\begin{aligned} C_{xx}(\tau) &= \frac{1}{n_1} \sum_{k=1}^{n_1} x(t)x(t+|\tau|), & -m\Delta t \leq \tau \leq m\Delta t \\ &= 0, & elsewhere \end{aligned} \quad (A.16)$$

其中  $m\Delta t$  爲最大時間遲延,  $n_1 = n - |\tau|$ ,  $t = k\Delta t$ ,  $\tau = r\Delta t$ 。

互變異函數估計爲

$$\begin{aligned} C_{xy}(\tau) &= \frac{1}{n_1} \sum_{k=1}^{n_1} x(t)y(t+|\tau|), & -m\Delta t \leq \tau \leq m\Delta t \\ &= 0, & elsewhere \end{aligned} \quad (A.17)$$

自相關函數估計爲

$$R_{xx}(\tau) = C_{xx}(\tau)/C_{xx}(0) \quad (A.18)$$

互相關函數估計爲

$$R_{xy}(\tau) = C_{xy}(\tau)/C_{xy}(0) \quad (A.19)$$

自能譜估計爲

$$S_{xx}(f) = \sum_{r=-m}^m C_{xx}(\tau) e^{-2\pi i r q/n} \quad (A.20)$$

$$q = -P, -P + 1, ..0, 1, 2., P - 1$$

其中  $f = \frac{q}{n\Delta t}$ ,  $n = 2P$ ,  $\tau = r\Delta t$

或定義為

$$S_{xx}(f) = X(f)X^*(f) \quad (\text{A.21a})$$

$$X(f) = \sum_{k=0}^{n-1} e^{-2\pi i k q/n} \quad (\text{A.21b})$$

$$q = -P, -P + 1, \dots, 0, 1, 2, \dots, P - 1$$

其中  $f = \frac{q}{n\Delta t}$ ,  $n = 2P$ ,  $\tau = k\Delta t$

互能譜估計為

$$S_{xy}(f) = \sum_{r=-m}^m C_{xy}(\tau) e^{-2\pi i r q/n} \quad (\text{A.22a})$$

$$q = -P, -P + 1, \dots, 0, 1, 2, \dots, P - 1$$

其中  $f = \frac{q}{n\Delta t}$ ,  $n = 2P$ ,  $\tau = r\Delta t$

或定義為

$$S_{xy}(f) = X(f)Y^*(f) \quad (\text{A.22b})$$

## 1-2 能譜的計算方法

一般較普遍的計算能譜有兩種方法：BT法(Blackman and Tukey method)及FFT法(Fast Fourier Transform method),我們將分別敘述於下：

### 1. BT法(Haubrich, 1965)

先求自變異函數  $C_{xx}(\tau)$  及互變異函數  $C_{xy}(\tau)$ ，再由此二者的傅立葉轉換，得到自能譜  $S_{xx}(f)$  及互能譜  $S_{xy}(f)$ 。但為減少計算過程中所產生的變異(variability)和(leakage)的現象發生，我們採用(hanning)的平均方法，處理上述能譜，可得到較好的結果，其過程如下：

$$S_{xy}(0) = 0.5S_{xy}(0) + 0.5S_{xy}(1) \quad (A.23a)$$

$$S_{xy}(r) = 0.25S_{xy}(r-1) + 0.5S_{xy}(r) + 0.25S_{xy}(r+1) \quad (A.23b)$$

其中  $1 \leq r \leq m-1$ ,  $m$  為最大時間遲延

$$S_{xy}(m) = 0.5S_{xy}(m-1) + 0.5S_{xy}(m) \quad (A.23c)$$

## 2. FFT 法 (Welch, 1967)

將資料時序  $x(k)$ ,  $k=0,1,2,\dots,n-1$ , 分成  $b$  段, 每段長  $s = 2^a$ ,  $a$  為正整數, 每段允許  $d$  點重複使用,  $s > d$ , 以  $x_m(k)$ ,  $k = 1, 2, \dots, s$ , 表示第  $m$  段的  $s$  個資料, 求出每段的傅立葉轉換, 但為減少 truncated error 的現象發生, 做轉換前先乘上 Data window

$$W(k) = 1 - \left( \frac{k - \frac{s-1}{2}}{\frac{s+1}{2}} \right)^2, \quad k = 0, 1, 2, \dots, s-1 \quad (A.24)$$

表示為

$$X_m(r) = \sum_{k=0}^{s-1} x_m(k) W(k) e^{-2\pi i k r / s} \quad (A.25)$$

$$r = 0, 1, 2, \dots, s/2, \quad m = 1, 2, 3, \dots, b.$$

若時序  $x(t)$  滿足 ergodic 的假設, 則

$$S_{xx}(r) = \frac{1}{bE} \sum_{m=1}^b X_m^*(r) X_m(r) \quad (A.26a)$$

$$r = 0, 1, 2, \dots, s/2$$

其中  $E$  為修正係數

$$E = \frac{1}{s} \sum_{k=0}^{s-1} W^2(k) \quad (A.26b)$$

能譜密度值對應的振幅為

$$a(f) = 2\sqrt{\frac{E S_{xy}(f)}{s}} \quad (A.27)$$

同理

$$S_{xy}(r) = \frac{1}{bE} \sum_{m=1}^b X_m^*(r) Y_m(r) \quad (A.28a)$$

$$r = 0, 1, 2, \dots, s/2$$

## 附錄二、旋轉能譜及潮流橢圓分析

### 2-1 複數值時序能譜分析

#### 1. 變異函數(covariance function)及相關函數(correlation function)：

若複數值時序  $\vec{u}(t) = u_1(t) + iu_2(t)$  為定常, 零平均值, 式中  $u_1$  及  $u_2$  分別為實數值時序, 則自變異函數(auto-covariance function) 定義為

$$C_{uu}(\tau) = E[\vec{u}^*(t)\vec{u}(t + \tau)] \quad (B.1)$$

其中  $E[\ ]$  表期望值,  $\tau$  為時間遲延(time lag)

自相關函數(auto-correlation function) 定義為

$$R_{uu}(\tau) = C_{uu}(\tau)/C_{uu}(0) \quad (B.2)$$

#### 2. 自能譜(auto-spectrum):

複數值時序  $\vec{u}(t)$  的自能譜密度函數定義為  $\vec{u}(t)$  自變異函數的傅立葉轉換

$$S_{uu}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} C_{xx}(\tau)e^{-2\pi if\tau} d\tau \quad (B.3)$$

或

$$S_{uu}(f) = \vec{U}^*(f)\vec{U}(f) \quad (B.4)$$

其中  $\vec{U}(f)$  為時序  $\vec{u}(t)$  的傅立葉轉換, \* 表共軛複數。

$$\vec{U}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} \vec{u}(t)e^{-2\pi ift} dt \quad (B.5)$$

時序  $\vec{u}(t)$  的自能譜密度函數  $S_{uu}(f)$  表示在頻率  $f$  之實數值時序  $u_1$  及  $u_2$  二者自能譜密度函數之和。  $S_{uu}(f)$  之值與座標系統有關。

### 3. 旋轉能譜 (rotary spectrum):

複數值時序  $\vec{u}(t)$  的傅立葉轉換可表為兩部份

$$\vec{U}_+(\sigma) = \vec{U}(f) = A(\sigma) \exp(iF_+\sigma) \quad \text{for } f > 0 \quad (B.6)$$

$$\vec{U}_-(\sigma) = \vec{U}(f) = B(\sigma) \exp(iF_-\sigma) \quad \text{for } f < 0 \quad (B.7)$$

其中  $\sigma = |f|$ 。一般  $\vec{U}_+$  及  $\vec{U}_-$  可化為

$$\vec{U}_+ = 1/2[(a_1 + b_2) + i(a_2 - b_1)] \quad (B.8)$$

$$\vec{U}_- = 1/2[(a_1 - b_2) + i(a_2 + b_1)] \quad (B.9)$$

其中  $a_1$  及  $a_2$  分別為  $u_1$  及  $u_2$  之餘弦傅立葉轉換。其中  $b_1$  及  $b_2$  分別為  $u_1$  及  $u_2$  之正弦傅立葉轉換。

正能譜 (positive spectrum) 或稱反轉能譜 (counter-clockwise spectrum) 定義為

$$S_+ = \vec{U}_+^* \vec{U}_+ \quad (B.10)$$

負能譜 (negative spectrum) 或稱順轉能譜 (clockwise spectrum) 定義為

$$S_- = \vec{U}_-^* \vec{U}_- \quad (B.11)$$

全能譜 (total spectrum) 定義為

$$S_t = S_+ + S_- \quad (B.12)$$

旋轉係數  $\varepsilon$  (rotary coefficient) 定義為

$$\varepsilon = \frac{S_+ - S_-}{S_t} \quad (B.13)$$

## 2-2 潮流橢圓分析

若複數值時序  $\vec{u}(t)$  表示海流向量,  $u_1$  及  $u_2$  分別為海流東西及南北分量。且時序  $\vec{u}(t)$  的傅立葉轉換  $\vec{U}(f)$  存在反傅立葉轉換則可表示為

$$\vec{u}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \vec{U}(f) e^{2\pi i f t} df \quad (B.14)$$

或

$$\vec{u}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} [A(\sigma) \exp(iF_+ + 2\pi i \sigma t) + B(\sigma) \exp(iF_- - 2\pi i \sigma t)] d\sigma \quad (B.15)$$

方程式(B.15)表示海流速度  $u(t)$  可由不同頻率  $\sigma$  橢圓運動組成, 在每一頻率  $\sigma$  橢圓運動又可分為一反時鐘方向之圓運動(半徑為  $A$ , 相位角為  $F_+$ , 角速度為  $2\sigma\pi$ ) 和一順時鐘方向之圓運動(半徑為  $B$ , 相位角為  $F_-$ , 角速度為  $-2\sigma\pi$ ) 組成。對頻率  $\sigma$  之橢圓運動其方程式為

$$A(\sigma) \exp(iF_+ + 2\pi i \sigma t) + B(\sigma) \exp(iF_- - 2\pi i \sigma t) \quad (B.16)$$

長軸之長為:  $A + B$ 。短軸之長為:  $|A - B|$ 。長軸之相位角  $\alpha = (F_+ - F_-)/2$ 。正能譜(或稱反轉能譜)代表反時鐘方向圓運動在不同頻率之能量

分佈大小，負能譜(或稱順轉能譜)代表順時鐘方向圓運動在不同頻率之能量分佈大小，而全能譜(total spectrum)代表兩者之能量和。旋轉係數 $\varepsilon = 1$ 代表純反轉， $\varepsilon = -1$ 代表純順轉， $0 < \varepsilon < 1$ 表反轉分量大於順轉分量， $-1 < \varepsilon < 0$ 表順轉分量大於反轉分量。

基隆港務局

台北港漂砂調查及海氣象與海岸地形變遷監測計畫

(第二年)

第二單元 一 海岸地形變遷數值監測模式

# 台北港漂砂調查及海、氣象與地形變遷監測

(第二年)

## — 海岸地形變遷數值監測模式 —

行政督導	所 長	張 金 機
	副所長	莊 甲 子
總計畫主持人	研究員	黃 清 和
共同主持人	副研究員	陳 明 宗
參與人員	副工程師兼課長	魏 震
	規劃工程師	黃 勗 哲
	助理研究員	蔡 立 宏
	助理研究員	廖 慶 堂
	助 理	蔡 金 吉
	技 工	楊 怡 芸
	技 工	錢 爾 潔
	丹麥水利研究所	Ida Brøker
		Claus Pedersen
		Jan K Rønberg
		Doris Mühlestein
		Berry Elfrink

# 台北港漂沙調查及海、氣象與地形變遷監測 (第二年)

## -- 海岸地形變遷數值監測模式 --

### 目 錄

壹、前 言 .....	1-1
1-1 計劃緣起 .....	1-1
1-2 工作項目 .....	1-1
1-3 預期成果 .....	1-2
貳、現場探勘 .....	2-1
參、資料分析 .....	3-1
3-1 風 .....	3-1
3-2 水位 .....	3-1
3-3 流 .....	3-5
3-4 波浪 .....	3-11
3-5 漂砂特性 .....	3-17
3-6 颱風資料 .....	3-18
3-7 模式所使用之波浪及風統計量 .....	3-21
肆、近岸波浪模式的建立和率定 .....	4-1
4-1 波浪模擬的目的 .....	4-1
4-2 MIKE 21 NSW 數值模式 .....	4-1
4-3 技術研討 .....	4-6

4-4 波浪模擬的模式設定 .....	4-8
4-5 模式率定的模擬和近岸波浪統計之估算 .....	4-10
4-6 波浪模擬的結果 .....	4-16
伍、水動力模式之建立和校正 .....	5-1
5-1 概述 .....	5-1
5-2 海域地形 .....	5-3
5-3 模擬週期 .....	5-6
5-4 驅動力 .....	5-7
5-5 率定參數 .....	5-13
5-6 水動力模式率定結果 .....	5-17
陸、漂砂輸送模式之設定與建立 .....	6-1
6-1 二維計算 .....	6-1
6-2 一維計算 .....	6-1
6-3 淡水海域沿岸漂砂 .....	6-1
6-4 每年的波浪資料 .....	6-2
6-5 水深地形資料 .....	6-3
6-6 模式之建立 .....	6-5
6-7 模式的模擬 .....	6-6
6-8 結論 .....	6-6
柒、模式整合 .....	7-1
7-1 模式整合之概念 .....	7-1
7-2 特定的模式建立 .....	7-3

7-3 所選定之水象情況 .....	7-6
捌、漂砂傳輸之現況分析 .....	8-1
8-1 開放式海岸之漂砂平衡 .....	8-1
8-2 現況的波浪、流況和漂砂輸送型態 .....	8-8
8-3 現況的每年漂砂輸送特性 .....	8-13
8-4 中程配置的漂砂輸送型態 .....	8-20
8-5 遠程配置的漂砂輸送型態 .....	8-22
玖、海岸保護措施分析 .....	9-1
9-1 保護對策 .....	9-1
9-2 未設置保護對策之海岸侵蝕 .....	9-4
9-3 替代保護方案 .....	9-8
9-4 保護對策方案 I 數值分析 .....	9-12
9-5 最適保護對策方案 II .....	9-16
拾、港口附近及港內漂砂 .....	10-1
10-1 輸送進入港內之細砂 .....	10-1
10-2 進入港內之漂砂量 .....	10-2
10-3 淡水河口區之淤積 .....	10-7
拾壹、結論及建議 .....	11-1
參考文獻	
附錄	

# 壹、前言

## 1-1. 計劃緣起

台北港位於淡水河口南岸，該地區因波浪侵襲，致海岸逐年侵蝕，為確實掌握建港對週遭環境之影響，基隆港務局（以下簡稱 貴局）曾分別委託顧問公司及學術單位辦理淡水、八里海岸地形變遷海象調查研究、數值模擬及動床水工模型試驗等，以探討建港後海岸地形變化情形，進而研提防治對策。

本研究除依台灣省水利處等以往監測成果以及本計畫第一年、第二年全面水深地形測量成果，進行冬季、夏季各測量斷面比較與各分區逐年之沖淤積量，藉以研判該區沖淤積變化之趨勢及原因外，本研究並與丹麥水利研究所（Danish Hydraulic Institute，簡稱 DHI）共同合作，利用 DHI 已發展成熟之 MIKE 21 以及 LITPACK 數值模式，配合以往該地區監測相關資料，建立一適合該區海域特性之海岸地形變遷數值監測模式。

## 1-2. 工作項目

本研究工作項目包括

### 1. 模式之建立與率定

本計畫引進 DHI MIKE 21 以及 LITPACK 數值模式，軟體部份由本所編列經費購置，然後由 DHI 提供相關 *know-how* 技術轉移並負責訓練本所及 貴局相關人員使用該些模式，同時根據民國 75~86 年省水利處及港研所監測地形成果作為模式參數率定依據。

### 2. 模式之驗證

根據本計畫第一年在該區所作淡水河口輸沙量調查、海岸底質與懸浮質之調查及取樣分析等成果，推估本所於民國 85 年此區所施測之全面地形作為驗證。

### 3. 推估台北港第一期、第二期工程興建對鄰近地形影響

根據所建立、率定以及驗證後之海岸地形變遷數值模式，分別推估台北港第一期、第二期工程興建後可能引起鄰近地形變遷衝擊影響。

### 4. 研擬保護對策

藉由發展數值模式，研擬台北港興建後所引起鄰近海岸地形變化之保護對策。

## 1-3. 預期成果

本計畫完成後將可獲致以下預期成果

1. 根據現場漂砂調查及海氣象與地形變遷監測資料，分析結果可提供 貴局作為該港長期發展之規劃參考。
2. 本計畫建立海岸地形變遷數值模式可提供 貴局作為監測該港興建後所引起鄰近地形變化並研提保護對策。
3. 所有調查及收集資料可提供其他學術單位，地方政府等學術探討及施政參考。

謹將整個海岸地形變遷及數值監測模式計畫辦理過程、方法、步驟以及結果等詳述如后：

## 貳、現場探勘

數值模擬最重要的就是要模擬現場的實況以及預估未來的變化結果。現場探勘對於數值模擬不但能提供各種起始條件的設定，相對於模擬結果更可將各種物理特性先行比對。現場探勘工作共進行兩次，分別在民國 86 年 4 月 7 日由本所同仁及丹麥 DHI 的 Ida 博士先行探勘，5 月 14 日再與 DHI 的 Mr. Jan 進行復勘。

4 月 7 日的潮汐變化非常近似於春潮。整個探勘過程開始於上午 11:00(約為大潮前 1 小時)，至下午接近 18:00 時結束(此時潮位非常接近最低潮)。當天的風剛開始吹的是西南風，風速約 5 至 7m/s，接近午後風就平靜下來，直到探勘結束，整個天氣都非常平靜。也由於風向的關係，沿著海岸的波浪狀態也都很平穩。

圖 2-1 表民國 85 年 9 月所測量的海岸地形以及現存的一些結構物。(從淡水河口到台北港間由省水利處置放的近岸保護措施並未加註，而河口北邊的淡海新市鎮也只概略的描繪)。在本章中，圖 2-1 也提供了拍照的參考位置以及沿著海岸線的一些記錄條件。

現場探勘是從淡水紅毛城開始，概略位置是離台北港 2-3 公里的淡水河北岸處，見照片 1、2。

往北走是個漁港，漁港防波堤利用消波塊來消滅西南向的波浪，在漁港的北方，其防波堤係用大型消波塊來保護，而沿著防波堤的頂端約 200 公尺有一沙灘，如照片 4、5。接著沙灘的是一海水浴場，約有 1 公里寬；然後就是淡海新市鎮的新開發區。照片 6 是由沙灘向北看，而照片 7 則是由沙灘向南望。在淡海新市鎮的北方構成一個沙灣樣的海岸線，如照片 8，其中並佈滿大石頭。

從台北港北防波堤至淡水河口間係由省水利處建置的突堤和護岸，保護著海岸線，如照片 9,10。這些照片大約是在 15:00 時拍攝，水位相當於 MSL,從照片 10 中可看到河口處有大面積的沙堆積。

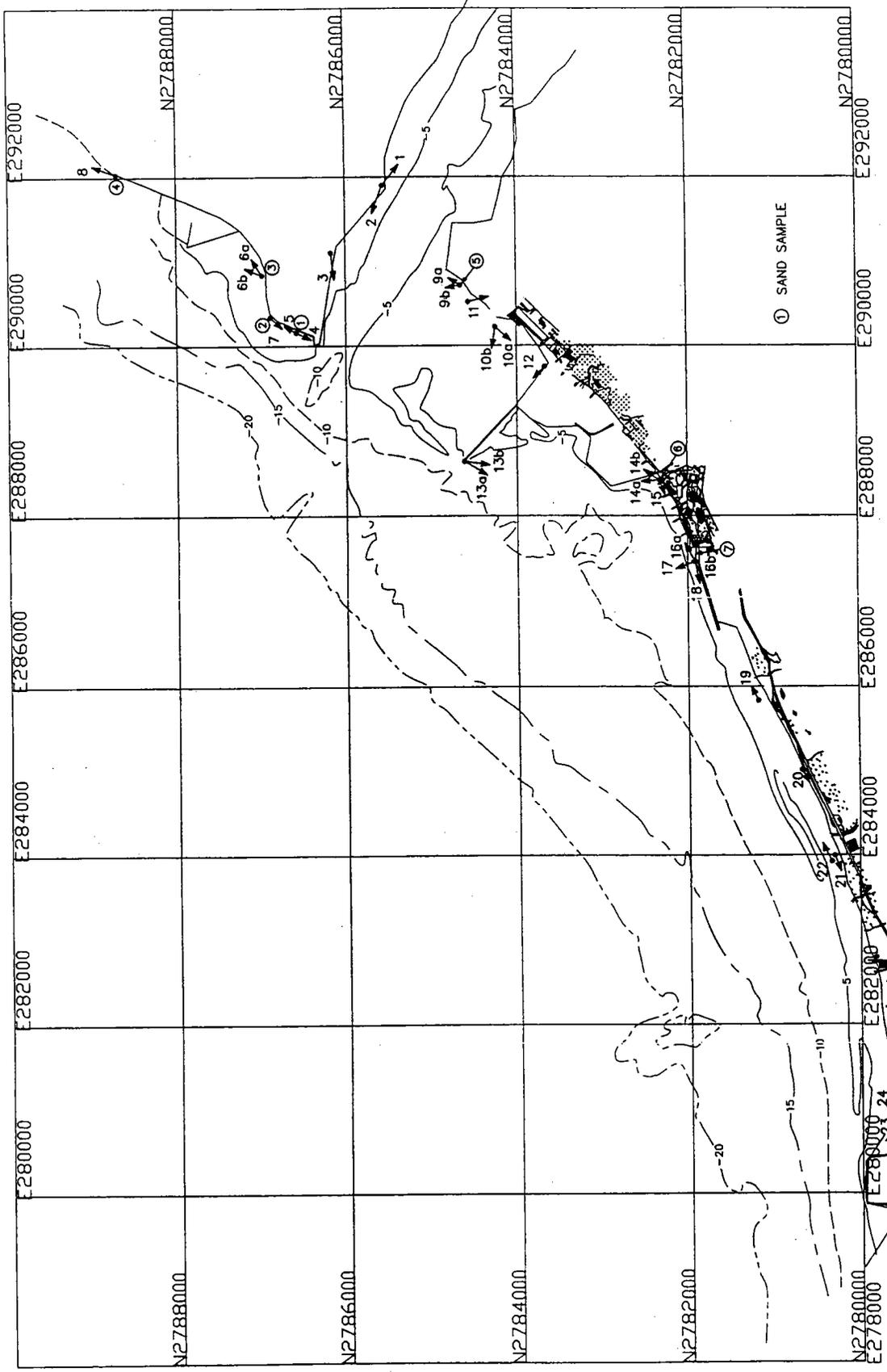


圖2.1 1996年9月之海岸地形、現有結構物及本章中所描述之拍攝地點

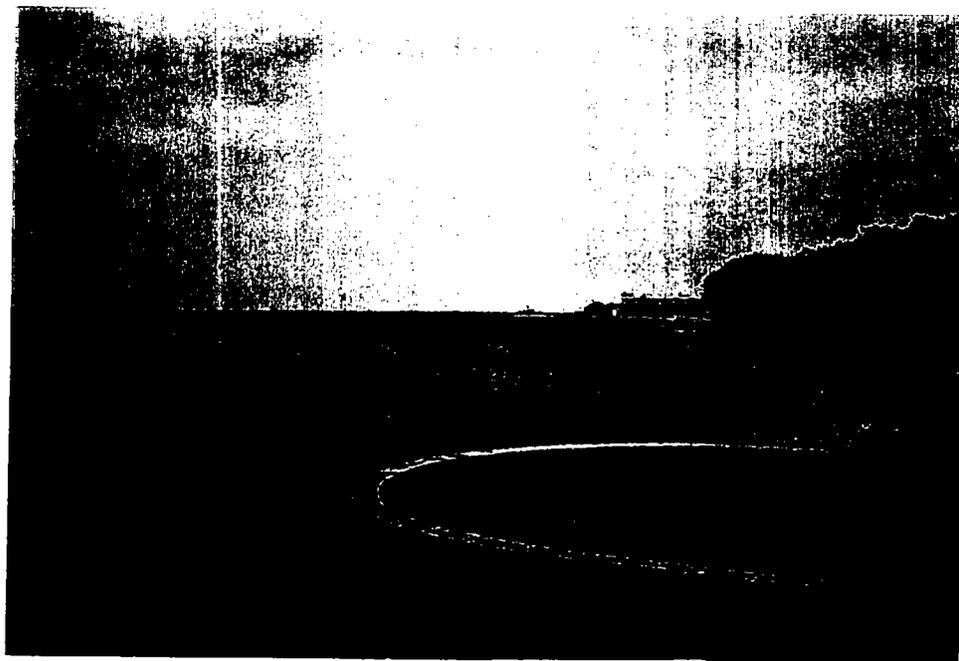
照片 11 是八里污水處理廠的緊急放流管處。由舊建物可清楚的看出在建構新防波堤前河口的南方是侵蝕，而現在北防波堤的北方現已轉成堆積區域，如照片 12，此時水位接近 MWL。北防波堤邊亦可明顯看到。照片 13 是由北防波堤的堤頭往南觀看整個台北港的景觀。在台北港的南方海岸線上係由一護岸及 7 個小突堤來保護。最南端的突堤後形成一個海灣，一個小漁港。照片 14 顯示台北港南邊的防波堤及第一個突堤，照片 15 是再往南看的一群小突堤；而現在的水位是低於 MSL。照片 16 是一小漁港，照片 17 則是最南端較寬且平之突堤。小漁港的南邊海岸線由大約 1 公里長的護岸來保護，如照片 18。

再往南走可發現一些侵蝕區域，如照片 19。在這些低且平坦的海岸平面高水位線和低水位線間佈滿著石頭，就如照片 20，此時約下午 6 時，水位接近 LLW。而從照片 21 也可看出這些石頭大小尺寸各不同，有些非常大。

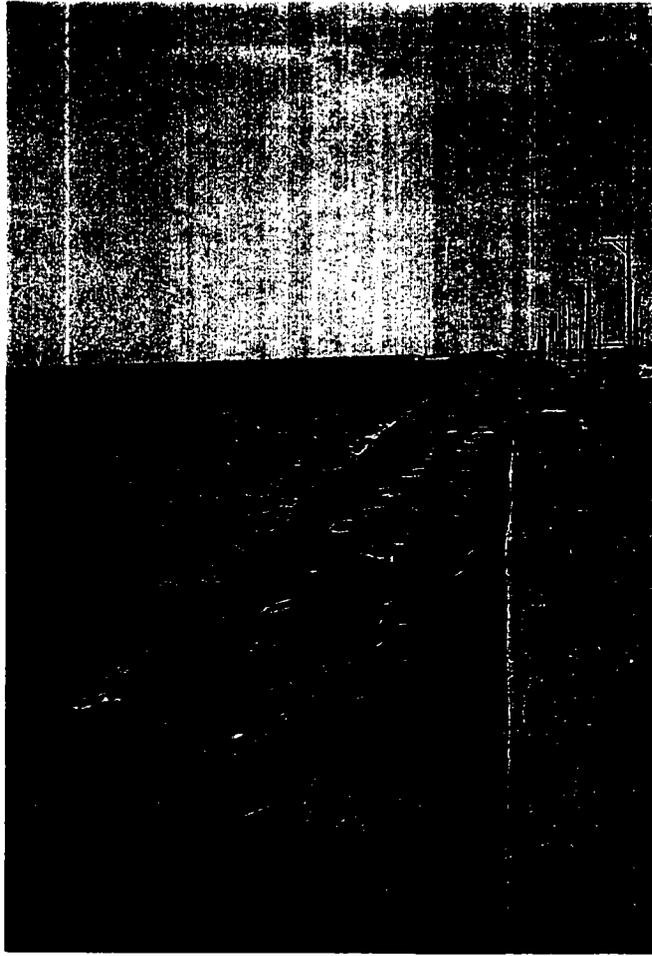
從火力發電廠往北約有 2 公里長的沙灘以及一些因風吹而形成之沙丘，如照片 22 及 23。



照片1 淡水河北岸  
(望向東南之現況)



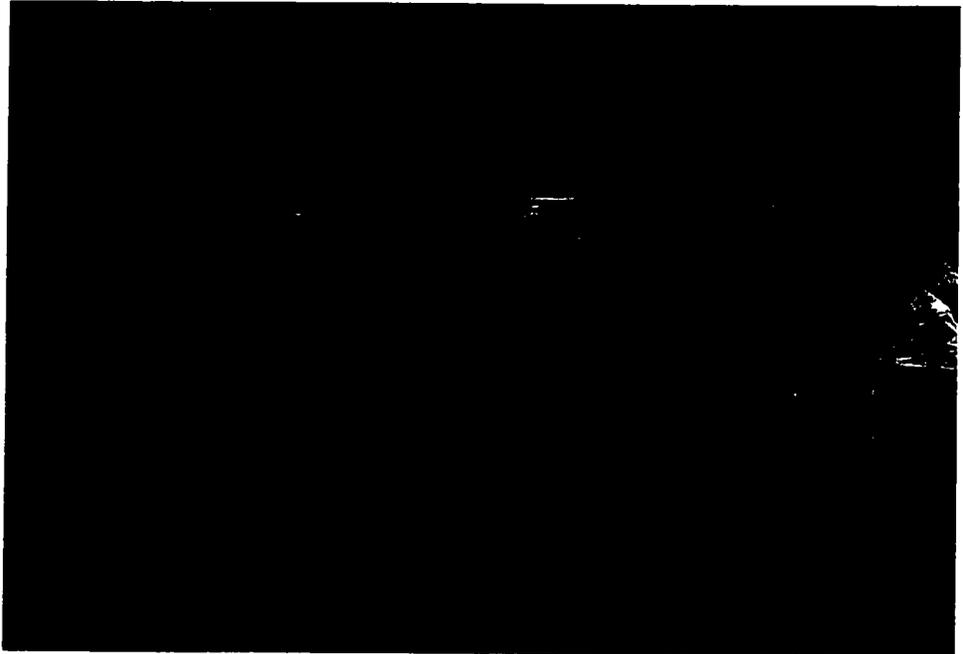
照片2 淡水河北岸  
(望向西方)



照片3 漁港南側防波堤



照片 4 漁港西側防波堤



照片 5 漁港北側海灘



照片 6 海水浴場及北方景觀



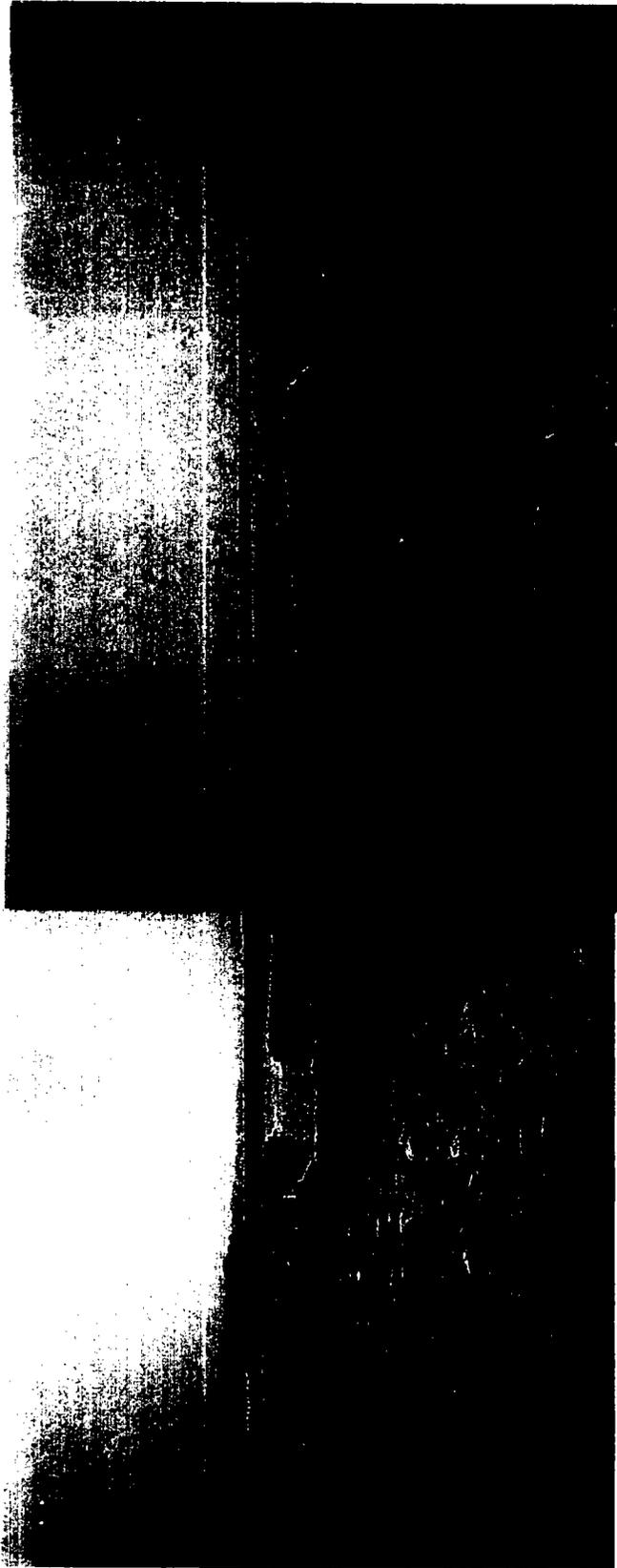
照片 7 從北方觀看漁港



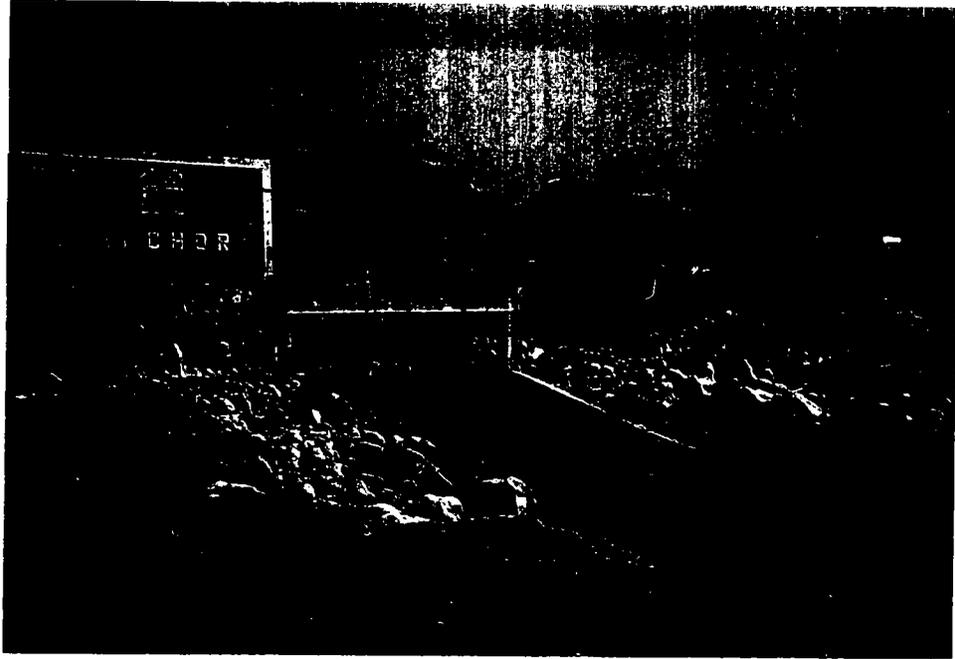
照片 8 淡海新市鎮北方的海灣



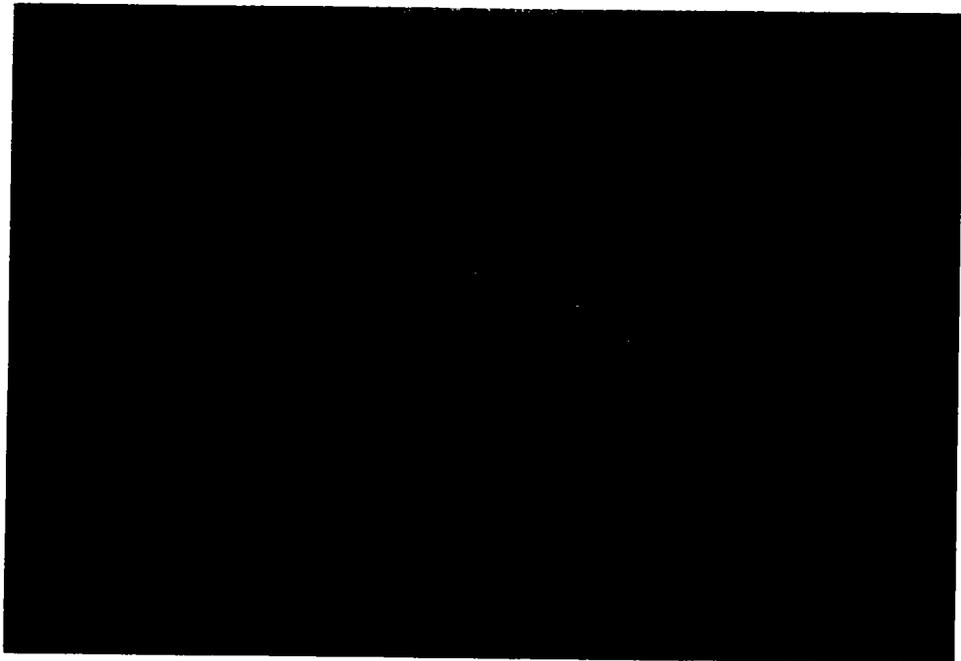
照片 9 台北港北方的海岸保護措施



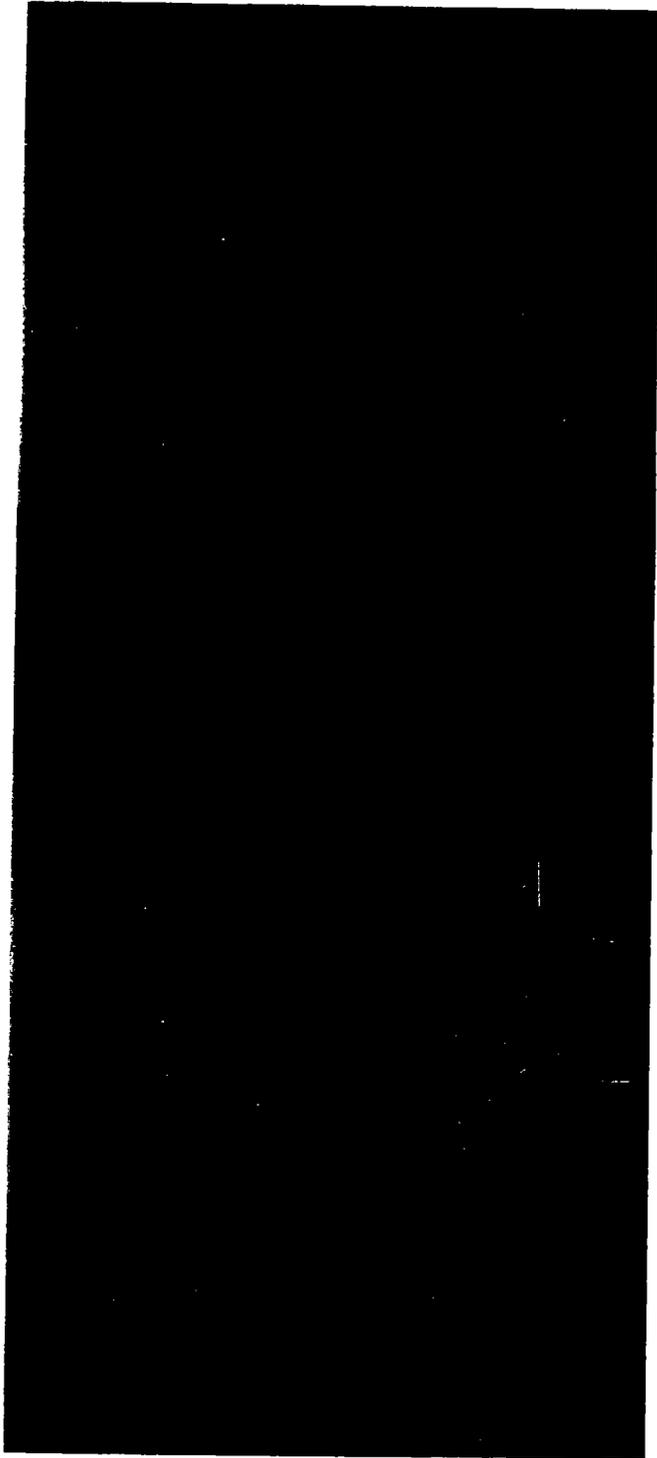
照片 10 台北港北方護岸



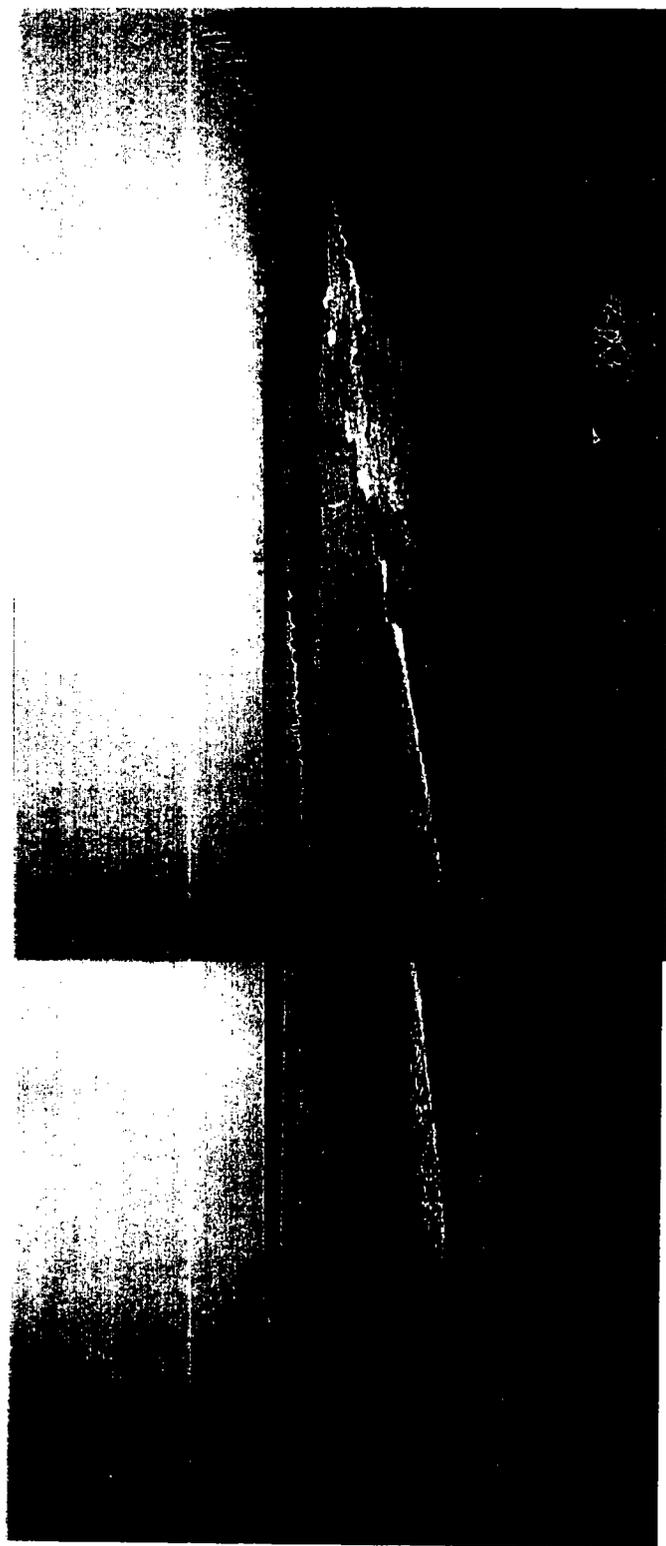
照片 11 污水處理廠外緊急外流口



照片 12 台北港北防波堤



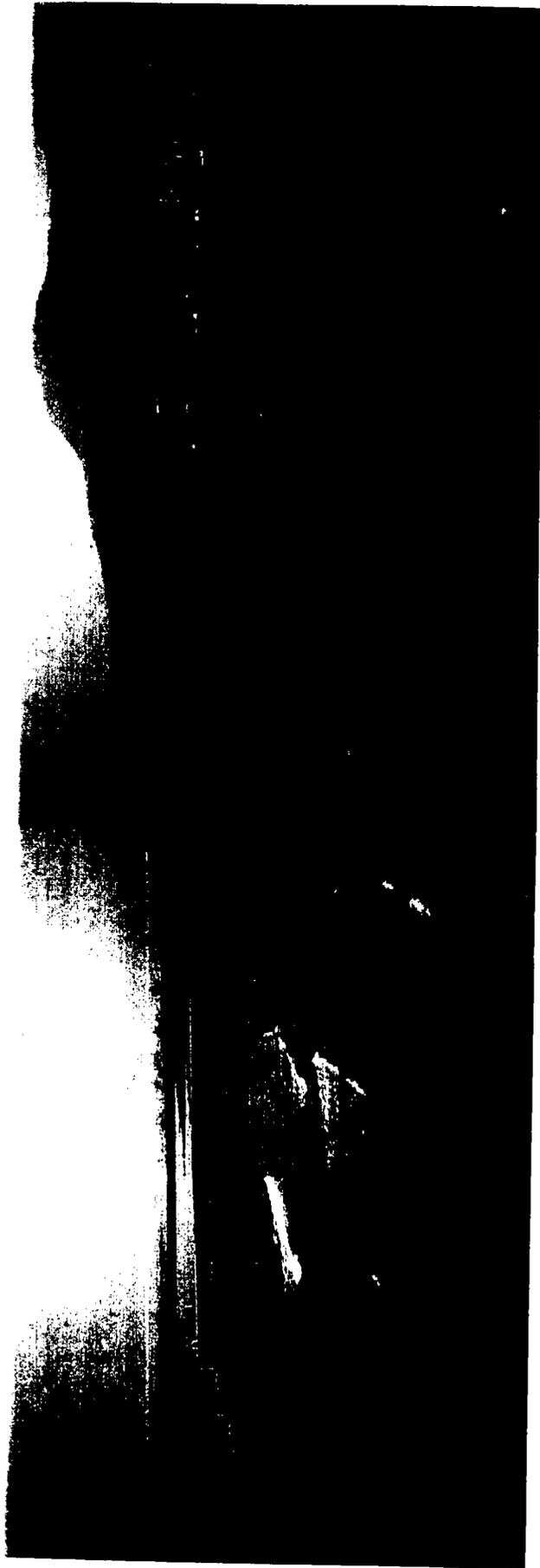
照片 13 台北港望向東南



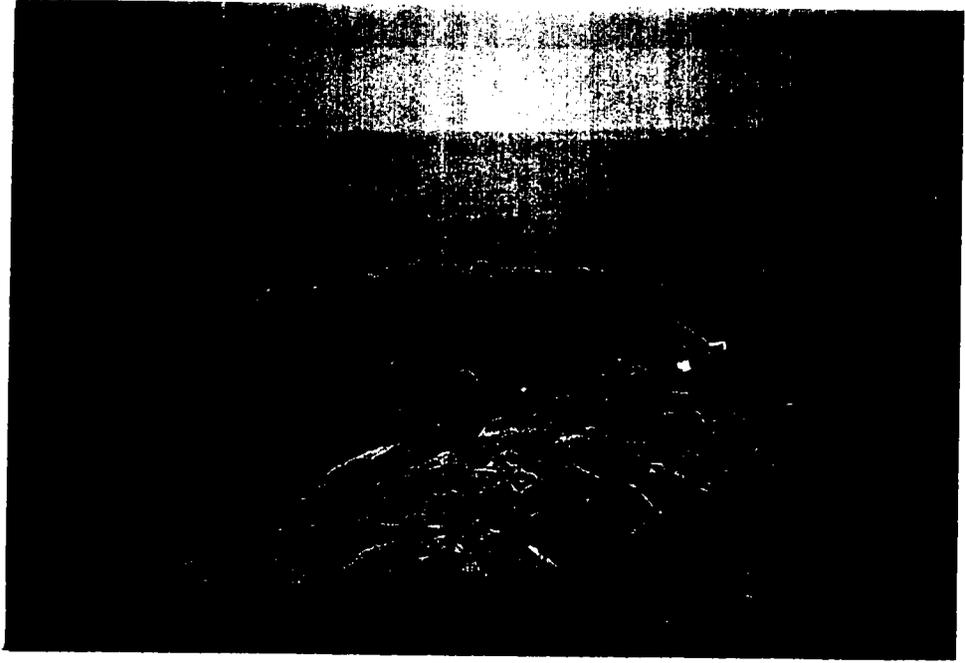
照片 14 台北港南方景觀



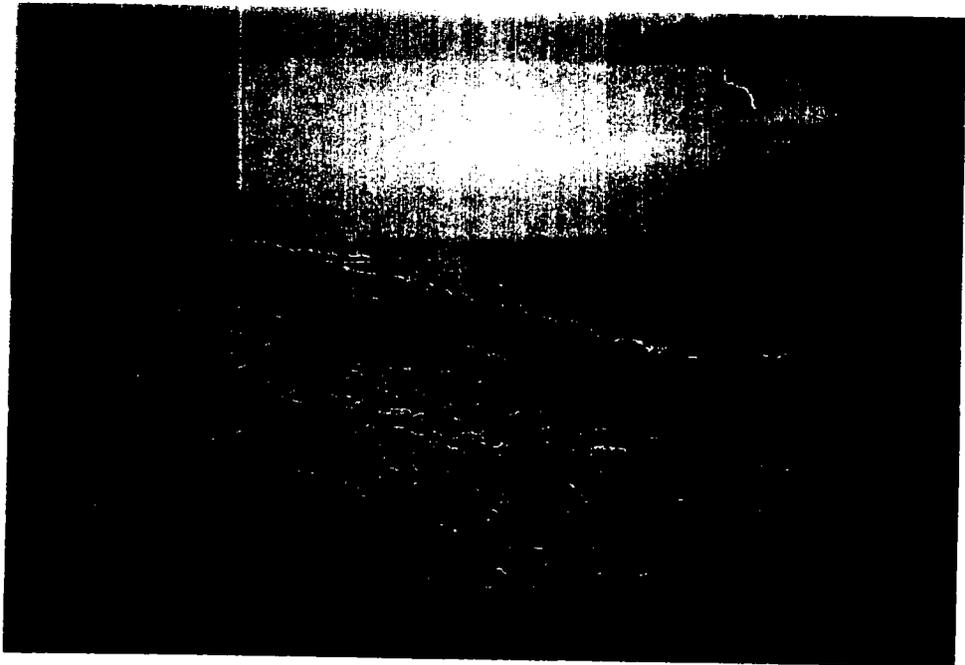
照片 15 台北港南方的小突堤



照片 16 突堤南方之小漁港



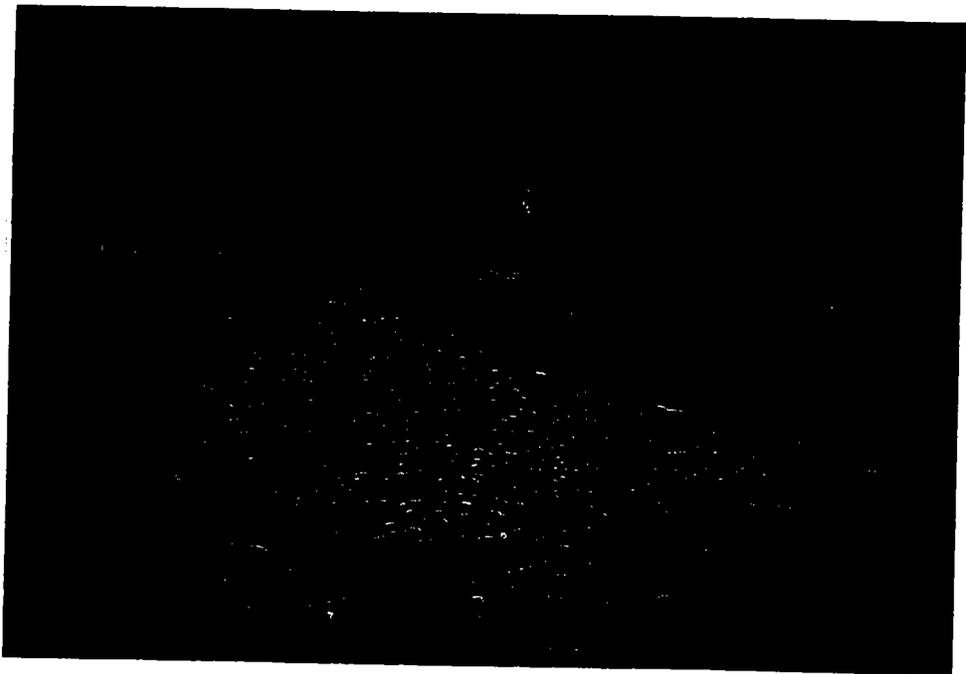
照片 17 台北港南方之南側小突堤



照片 18 突堤南方的護岸



照片 19 護岸南邊的侵蝕狀況



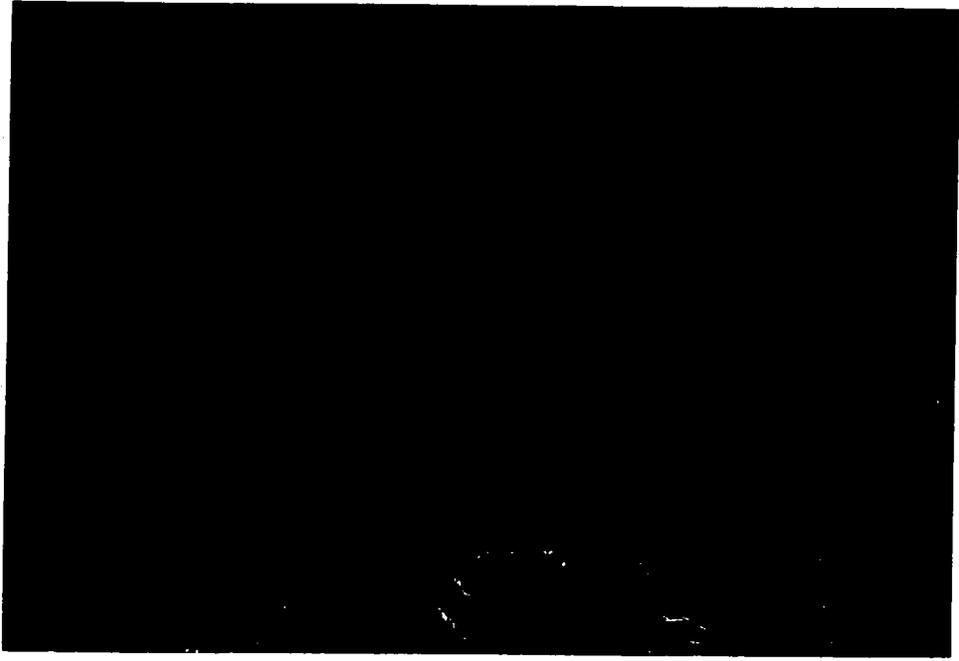
照片 20 卵石海灘



照片 21 大石頭區域



照片 22 火力發電廠北側海灘



照片 23 火力發電廠北側海灘

## 參、資料分析

在本章中利用本所在台北港觀測樁所實際測得之海氣象資料，以及調整成相同參考水位的各個測站潮汐資料，加以處理成適合 Mike 21 數值模式的格式。利用這些相關的資料，來進行各種分析。

### 3-1 風

從 1996 年 7 月到 1997 年 2 月實測風的資料開始分析，將每個月的風玫瑰圖整理，繪於圖 3.1。圖形顯示從 7、8 月開始就進入夏季，提供了夏季的一個標準風的條件。但從圖 3-1，可看出在 1996 年 9 月東北季風已經有開始的趨向。

從 11 月一直到 1997 年 2 月，整個風的狀態，非常清楚的顯示出冬天風的變化情形。

相當可惜的是在這段期間未曾記錄到颱風的資料，在將來若能記錄到颱風的行經路徑及風速和中心風壓，對於台北港地區的漂沙輸送就能提供一個較典型的颱風效應。

### 3-2 水位

潮汐的水位變化方面，是將實測之 1996 年 7 月和 12 月的水位資料進行分析。圖 3-2 表示了 5 個測站（基隆港、台北港觀測樁、淡水、新竹、竹圍）的整個水位變化情形。所有的資料都調整到相同的平均水位。

在圖 3-3 中同樣的水位資料，將 1996 年 7 月 1-7 日及 12 月 22-28 日之水位詳細的描繪出。可發現本所在台北港觀測樁測得之水位和淡水河測得之資料相比較皆非常相似。而從圖中也可清楚的看出東海岸(基隆)和西海岸的不同潮汐變化。

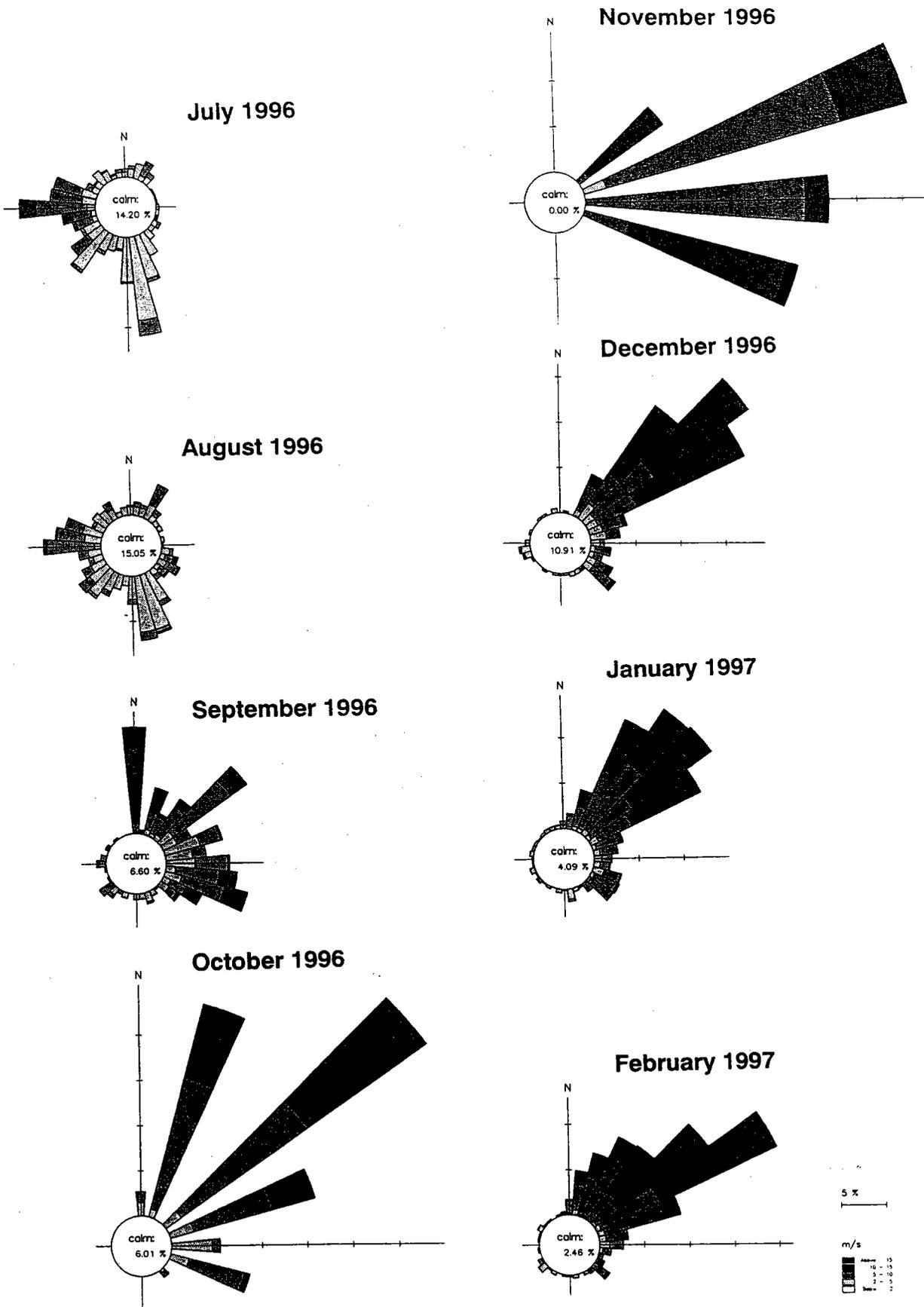


圖3-1 1996年7月至1997年2月之每月風玫瑰圖

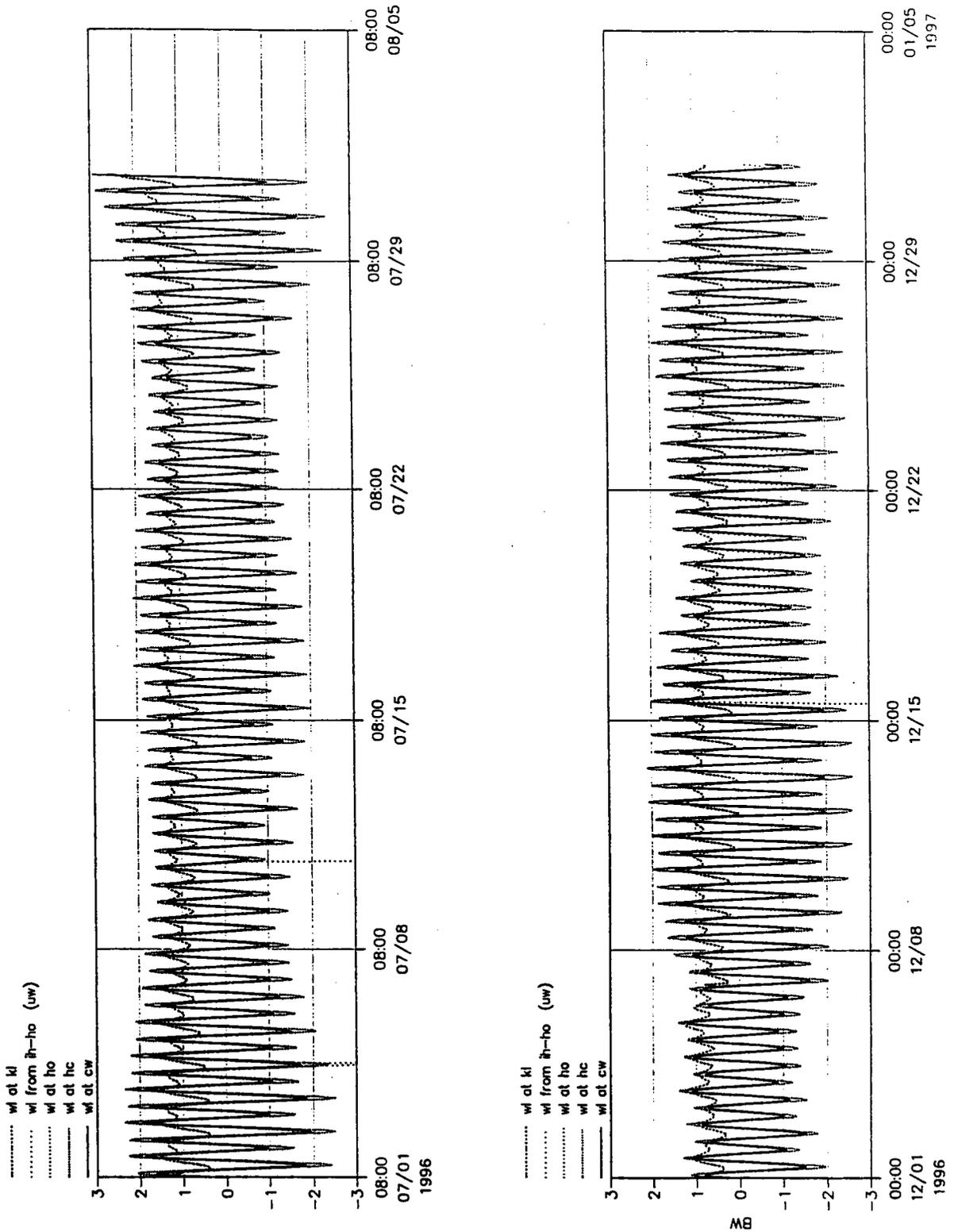


圖 3-2 1996年7月及12月之五個測站水位變化

kl: Keelung  
 ih-ho: IHMT's measurements  
 ho: Tan-shui HO  
 hc: Hsin-Chu  
 cw: Chu-Wei

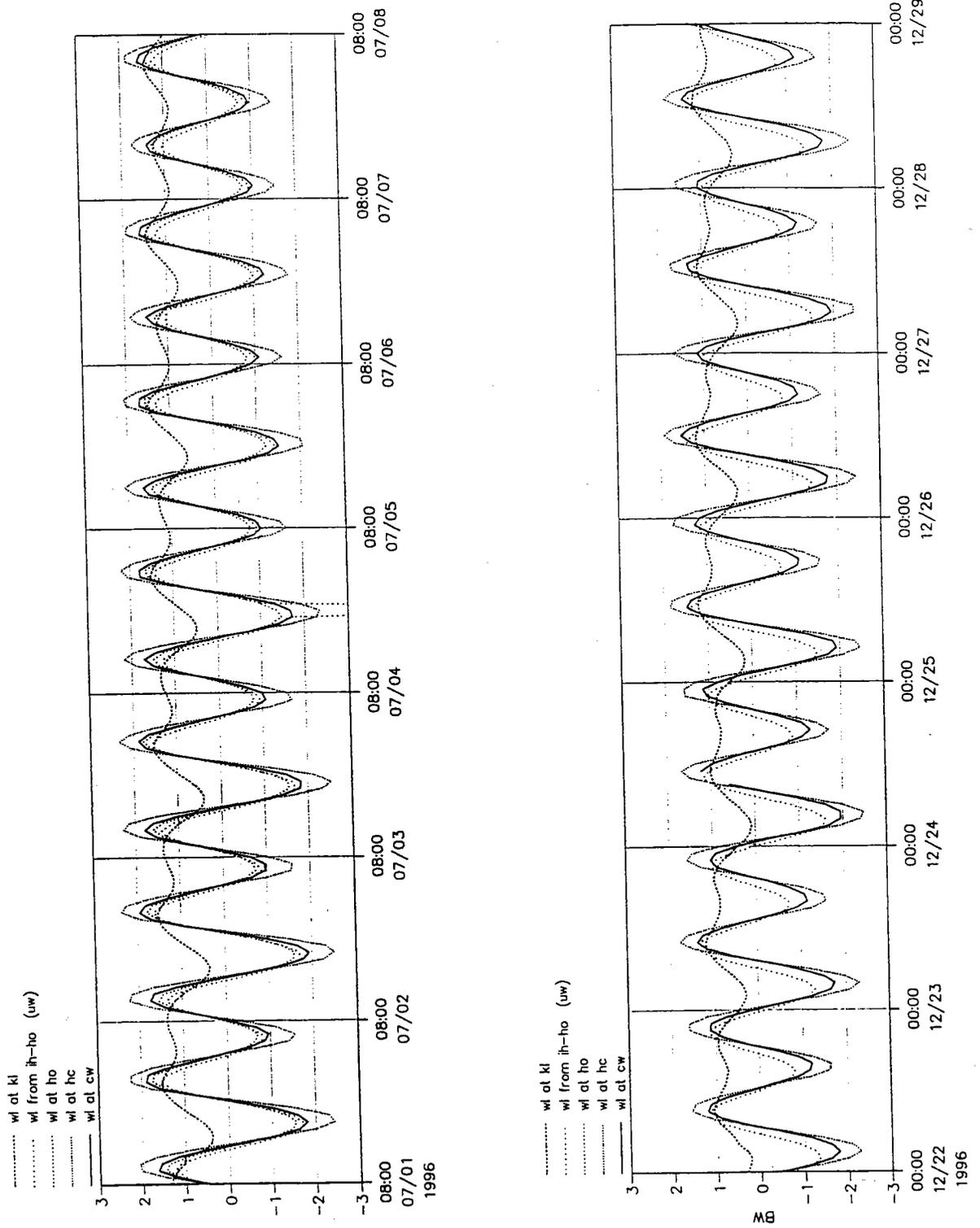


圖3-3 1996年7月1-7日及12月22-28日之五個測站水位變化

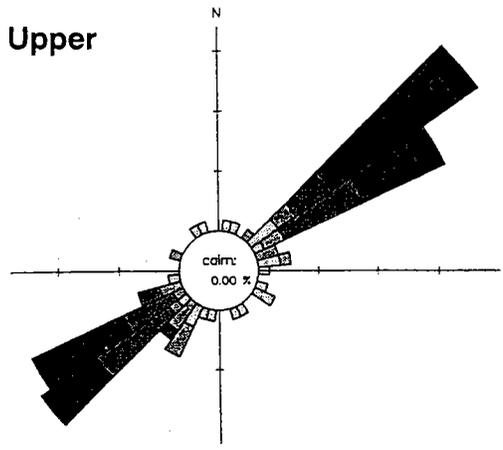
### 3-3 流

流的方面則是分析了從 1996 年 7 月到 1997 年 2 月這個期間的水流資料。每個時段的流況都繪成玫瑰圖來參考，而且每個時段的檔案都分別儲存；整體的感覺流況的資料品質相當良好。圖 3-4 顯示了 1996 年 9 月兩個時段的流玫瑰圖，可看出上層流速計的流向與下層的流速計比較有稍向順時鐘轉之現象。

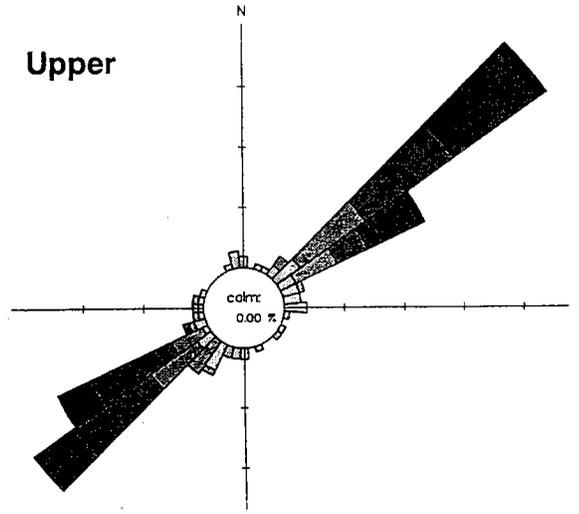
圖 3-5 及圖 3-6 表示了 1996 年 7 月和 12 月所測得之流速和流向，可清楚的看出流向的少許差異。

圖 3-7 及圖 3-8 將 7 月的 2 天和 12 月的 4 天測量的流況資料更詳細的描繪出。由 7 月份的資料可發現上下兩層測點流向非常類似，而上層的流速稍大於下層流速。而在 12 月中的資料，亦看出兩層流向也相當近似，但在某段時刻下層流速有時會稍大於上層流速。

兩層流速計所測得之資料得出非常合理的結果，對於水動力模式的率定相當有助益。



14/9-18/9



25/9-29/9

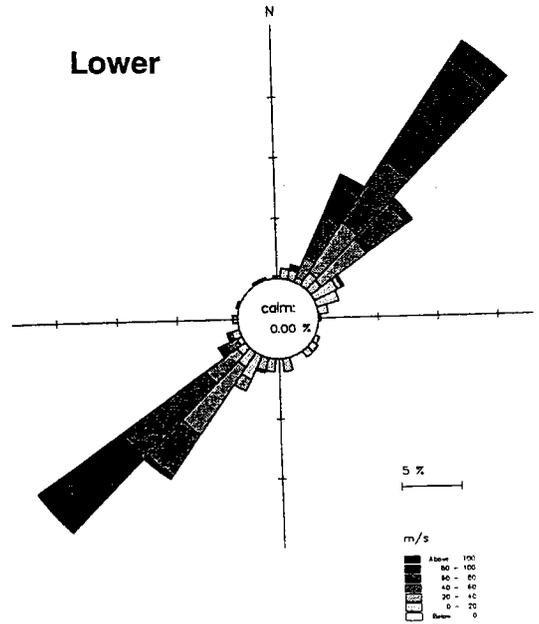
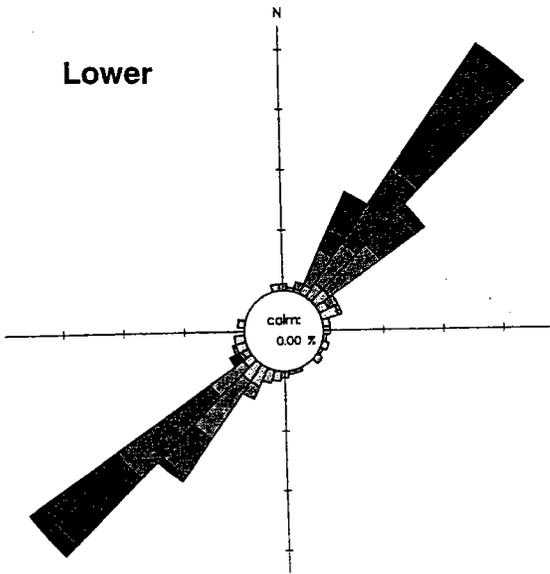


圖 3-4 兩個期間之流玫瑰圖

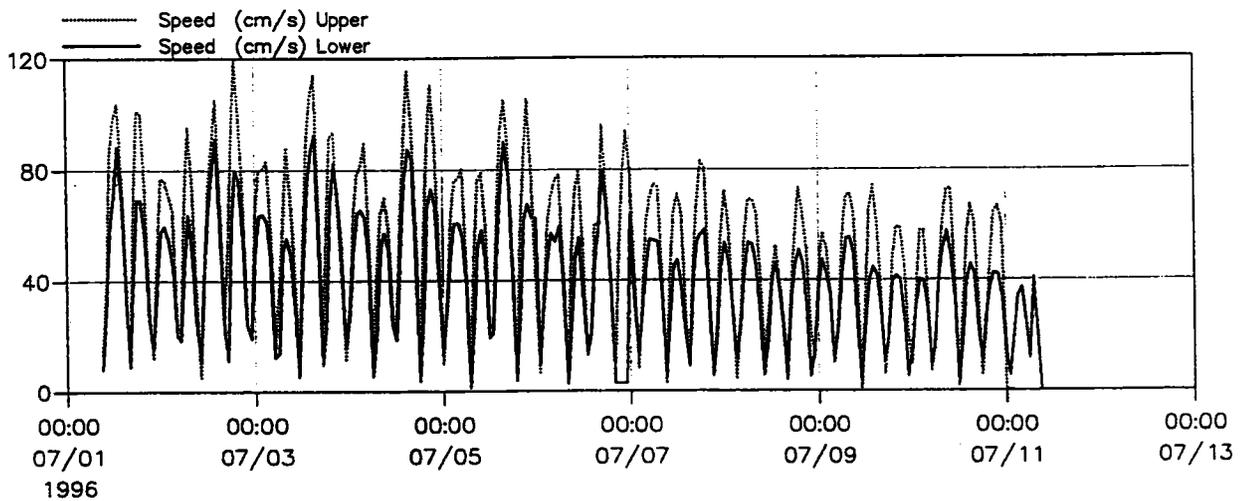
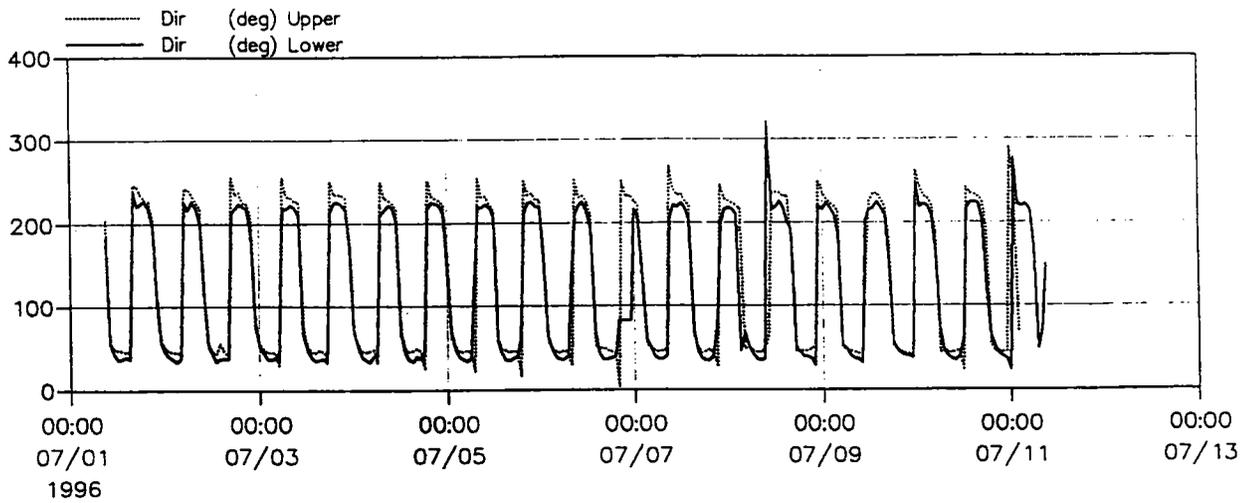


圖3-5 1996年7月上下兩層測點之流速和流向

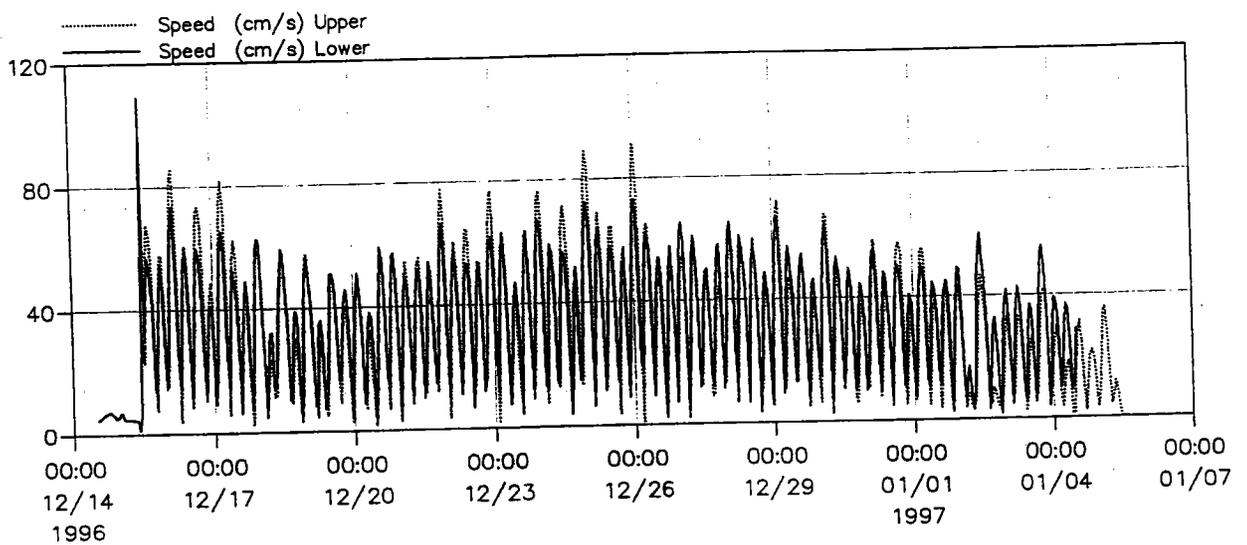
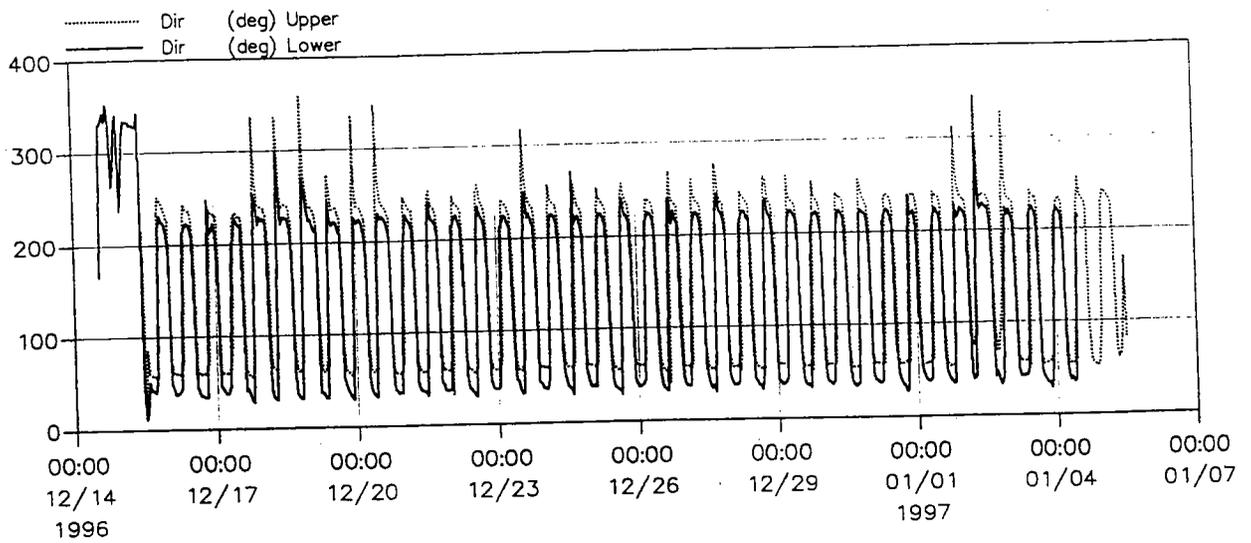


圖3-6 1996年12月上下兩層測點之流速和流向

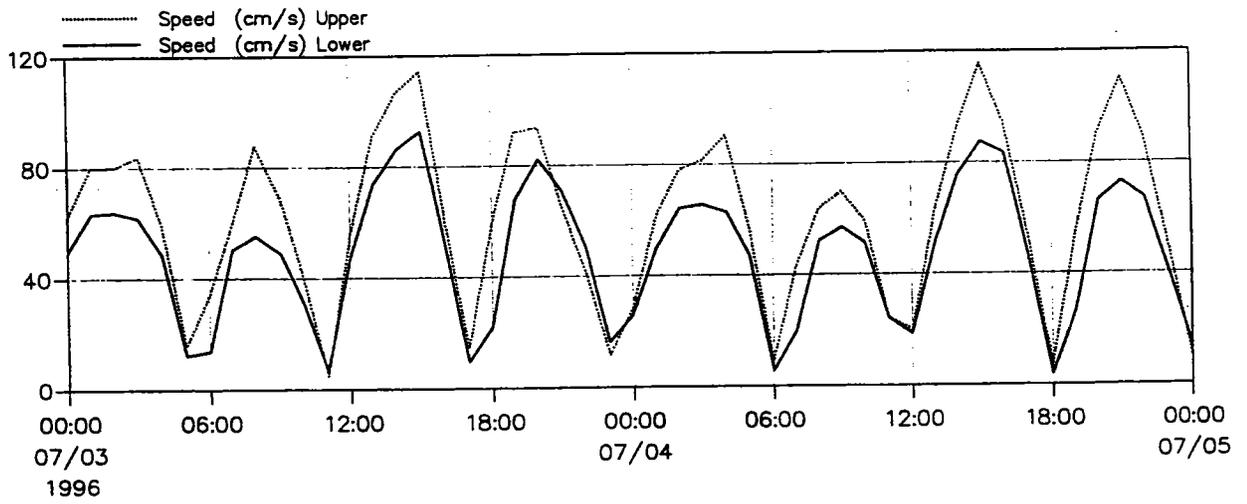
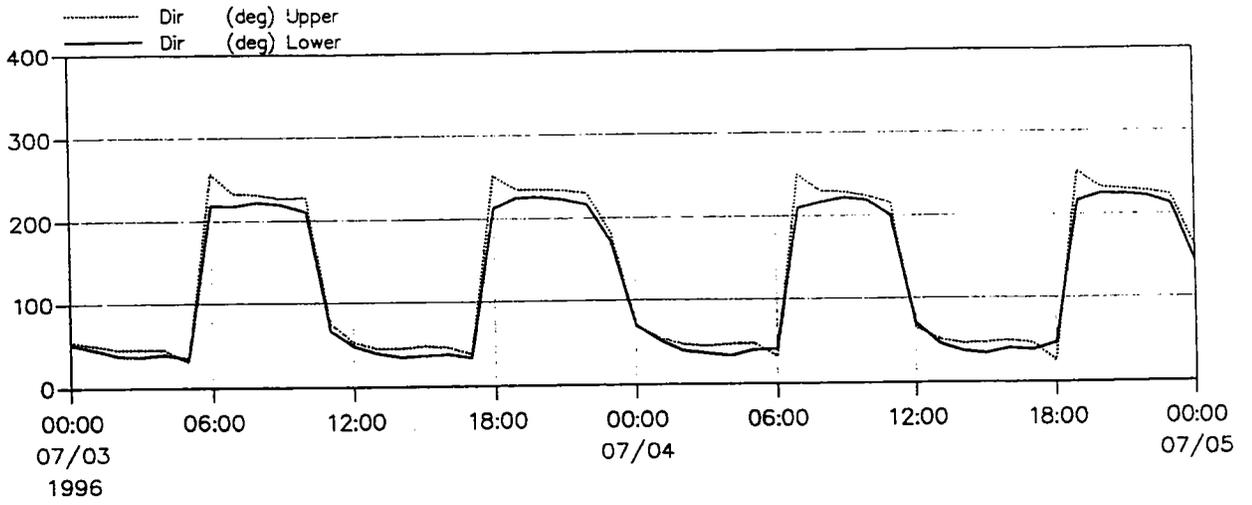


圖3-7 1996年7月3-4日上下兩層測點之流速和流向

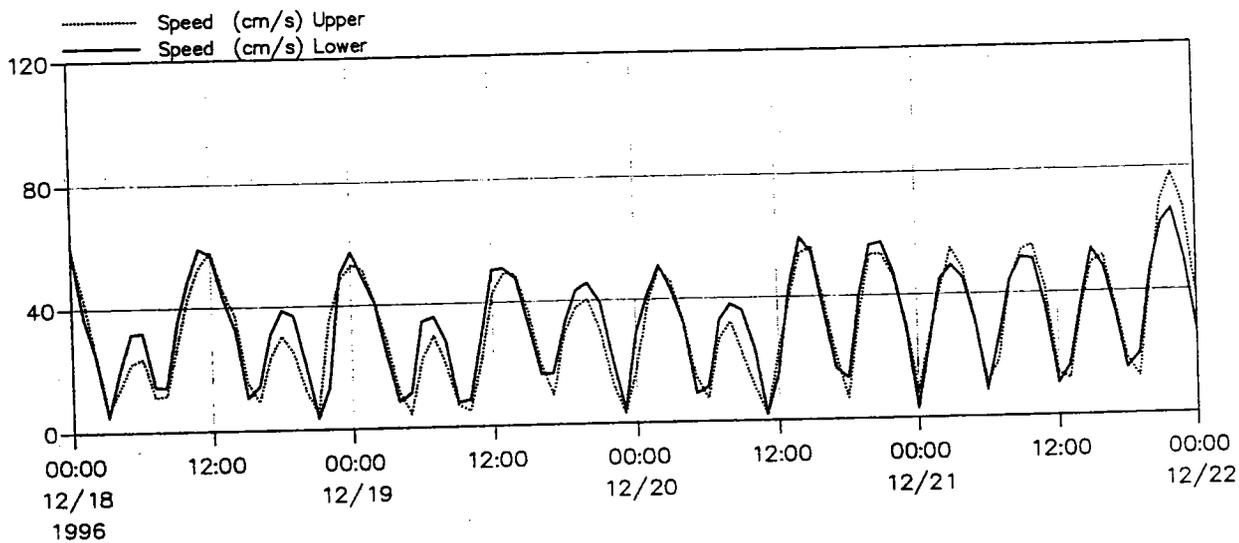
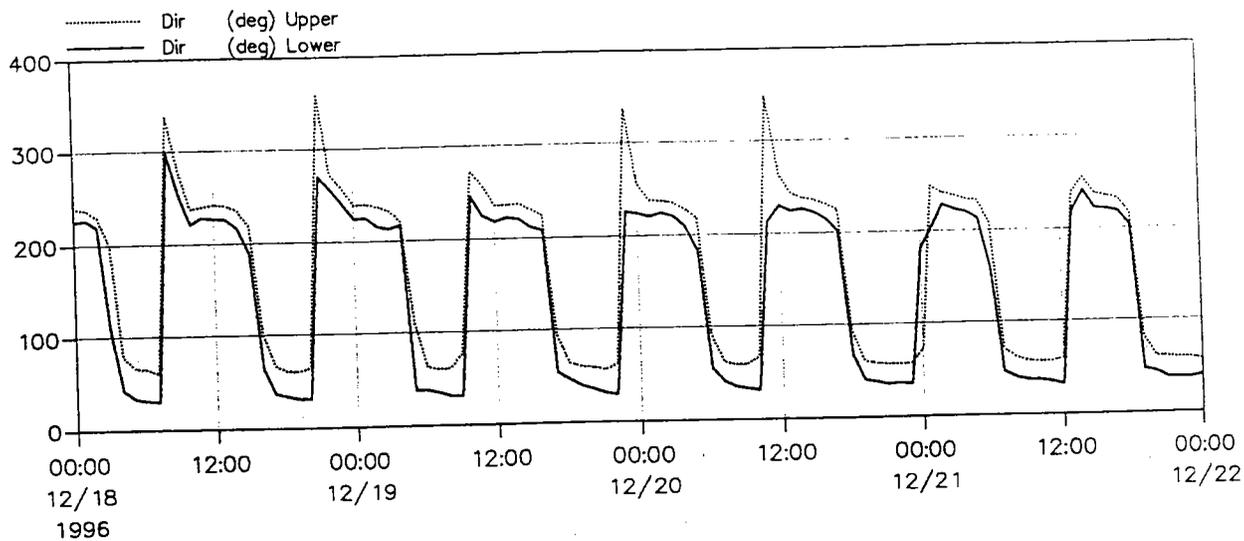


圖3-8 1996年12月18-21日上下兩層測點之流速和流向

### 3-4 波浪

在觀測樁上下兩層的電磁壓力式波高計可以測量波高、週期和波向。圖 3-9 和圖 3-10 即從上下兩層波高計的資料所計算而得到的有效波高和波向。依波高大小來看，兩層波高計記錄的結果非常相似。至於波向方面，7 月份的資料看來還算很合理，但 12 月份的波向卻變化相當大。而且 12 月份的波向大小似乎與水位變化相關。

由於波向非常散亂，在本階段中並未完全解決，待原始資料有進一步的更新後，再決定較佳之波向分佈方式。圖 3-11 表示了上下兩層波高計所測得之波高和波向。由圖中可清楚的看出波向，特別是上層波高計，都以成群存在。這個趨勢也很容易的從圖 3-12 波浪玫瑰圖看到。

圖 3-13 繪出了 1996 年 12 月間上下兩層波高計所測得之波高超越曲線圖，由超越曲線圖上可看到兩個波高計的波高超越曲線非常類似，可知所測得之波高還算相當的合理。

以上所描述的波高和水位的變化可以由圖 3-14 來作較清楚的說明，圖 3-14 係以 1996 年 12 月 14-22 日這段時間同時測量的水位和波高做比較。

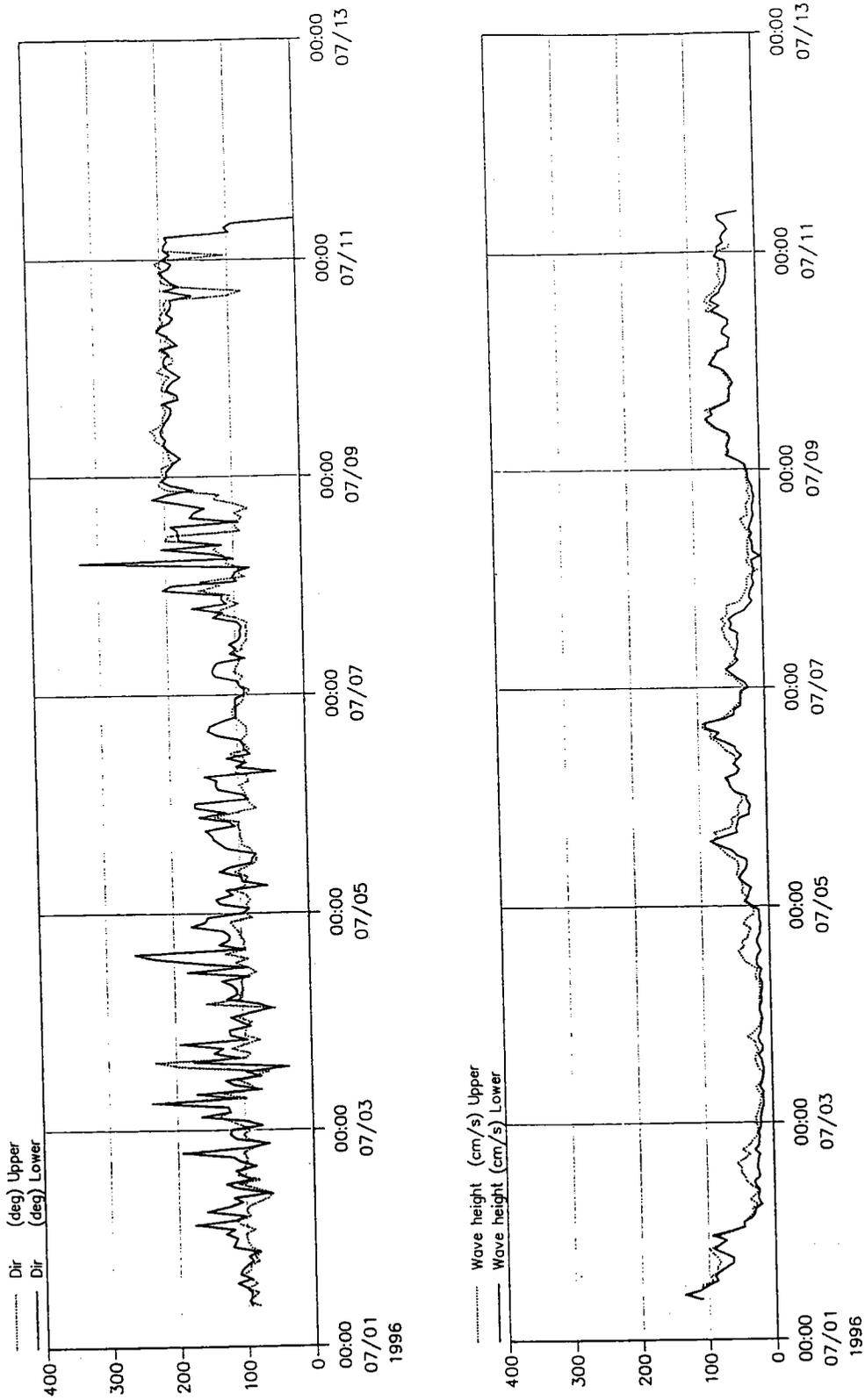


圖3-9 1996年7月上下兩層測點之有效波高及波向

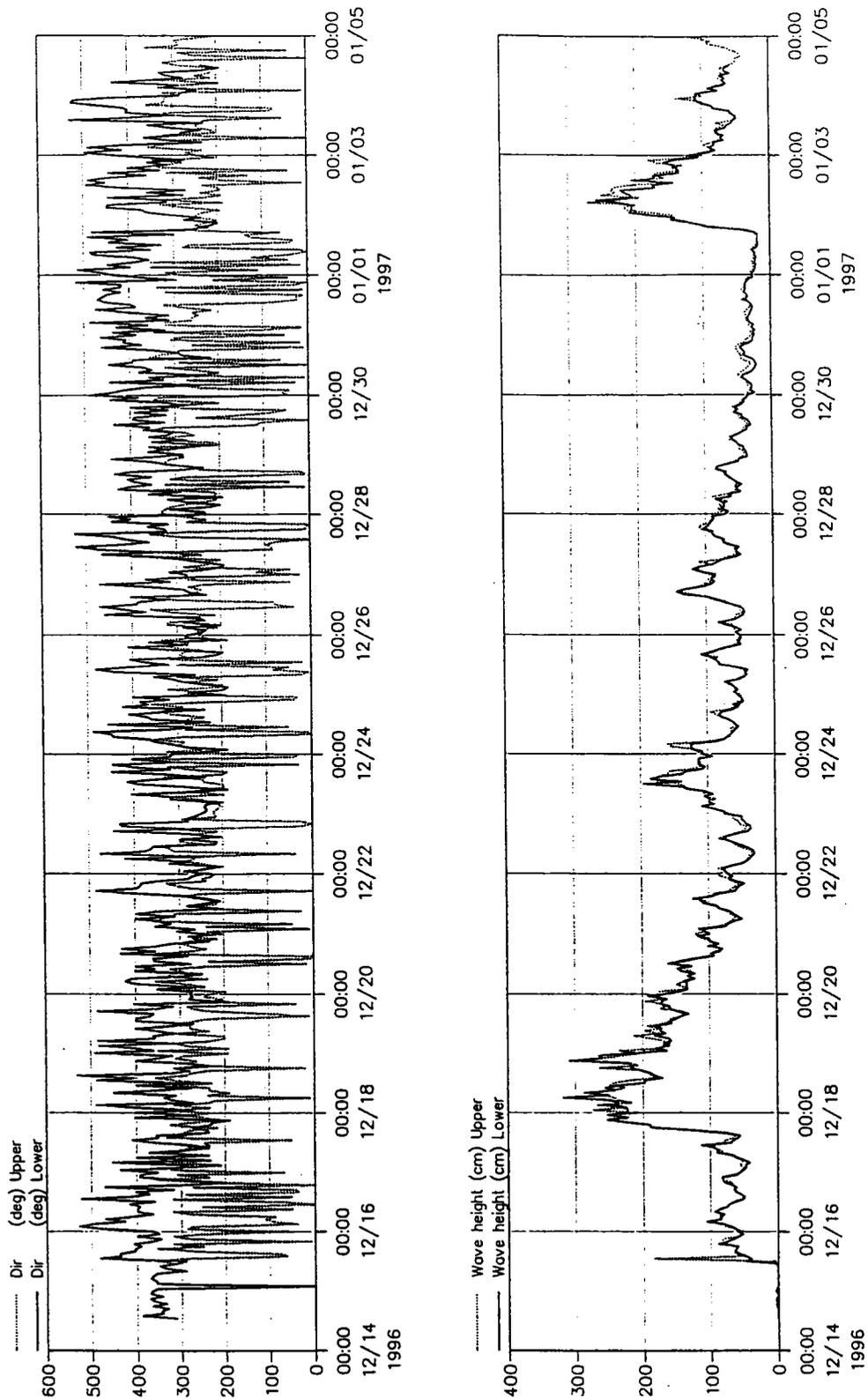


圖3-10 1996年12月上下兩層測點之有效波高及波向

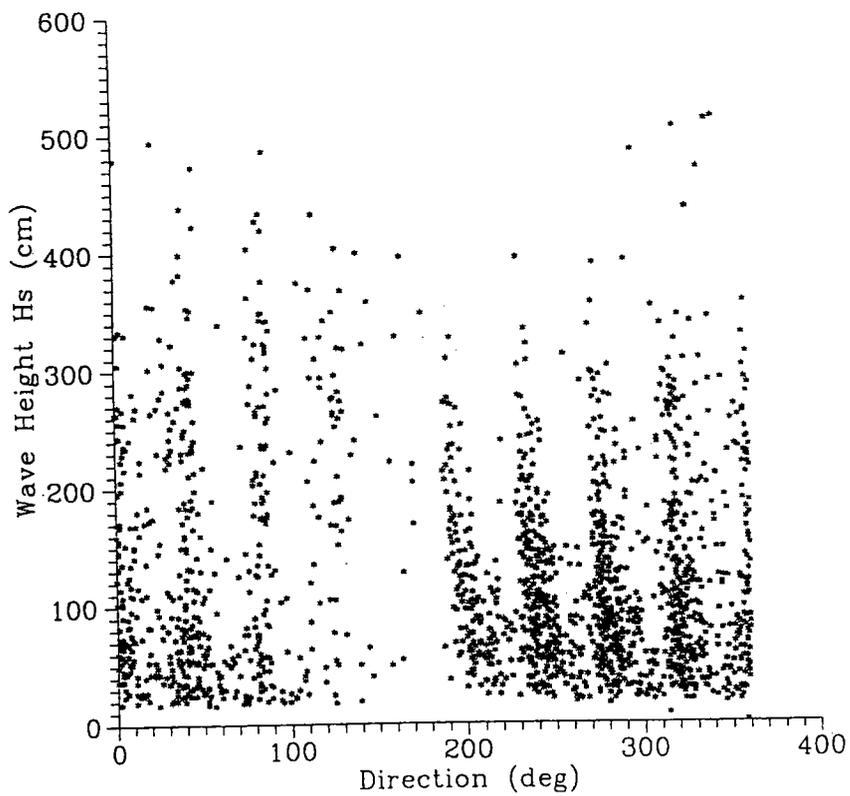
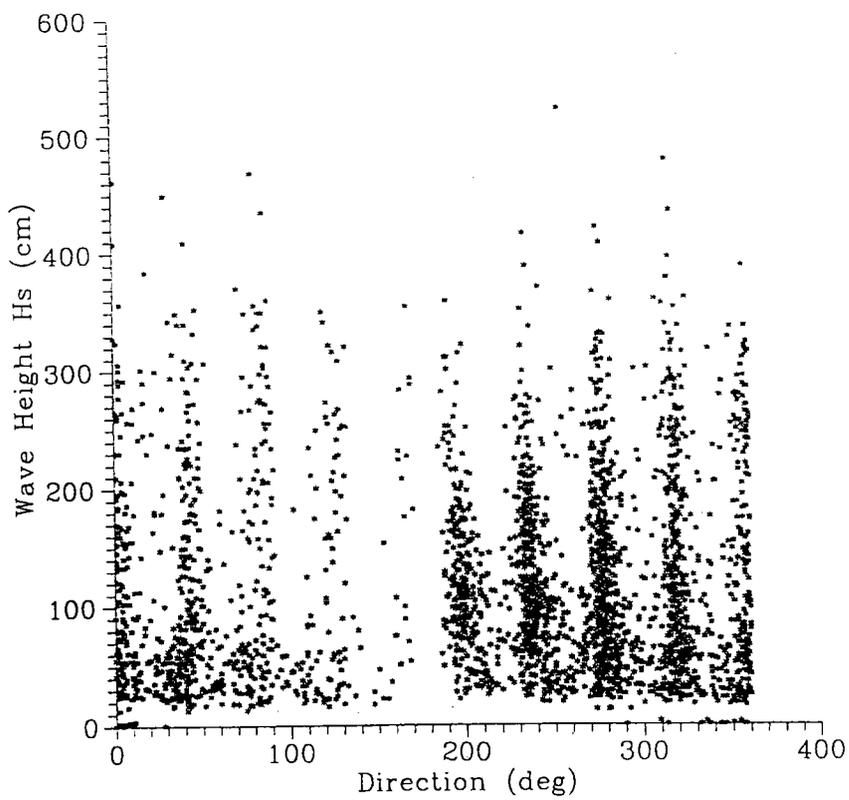


圖3-11 所有觀測之波高及波向  
 上：上層測點 (水下5米)  
 下：下層測點 (水下10米)

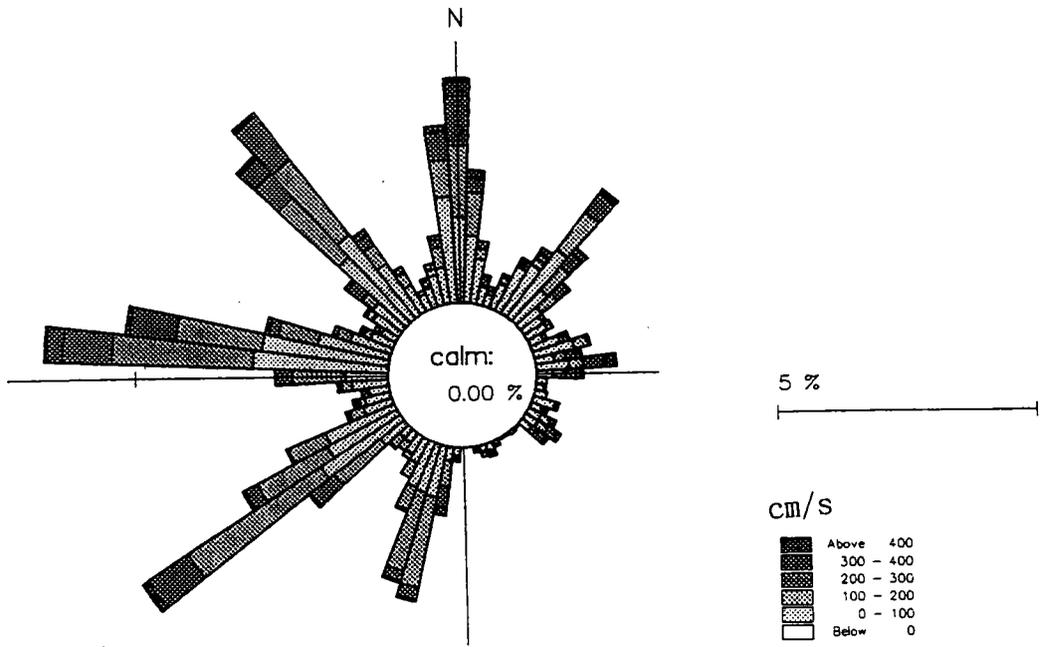


圖 3-12 所有波浪資料之波浪玫瑰圖

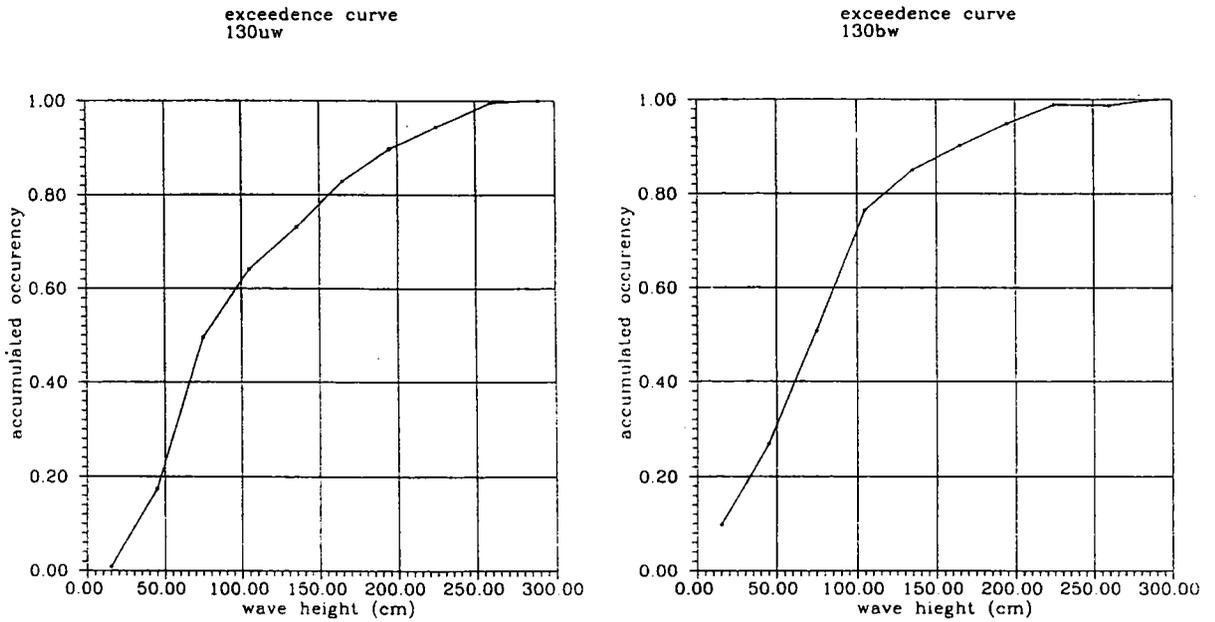


圖 3-13 上層測點(左)及下層測點(右)所測得之有效波高超越曲線圖

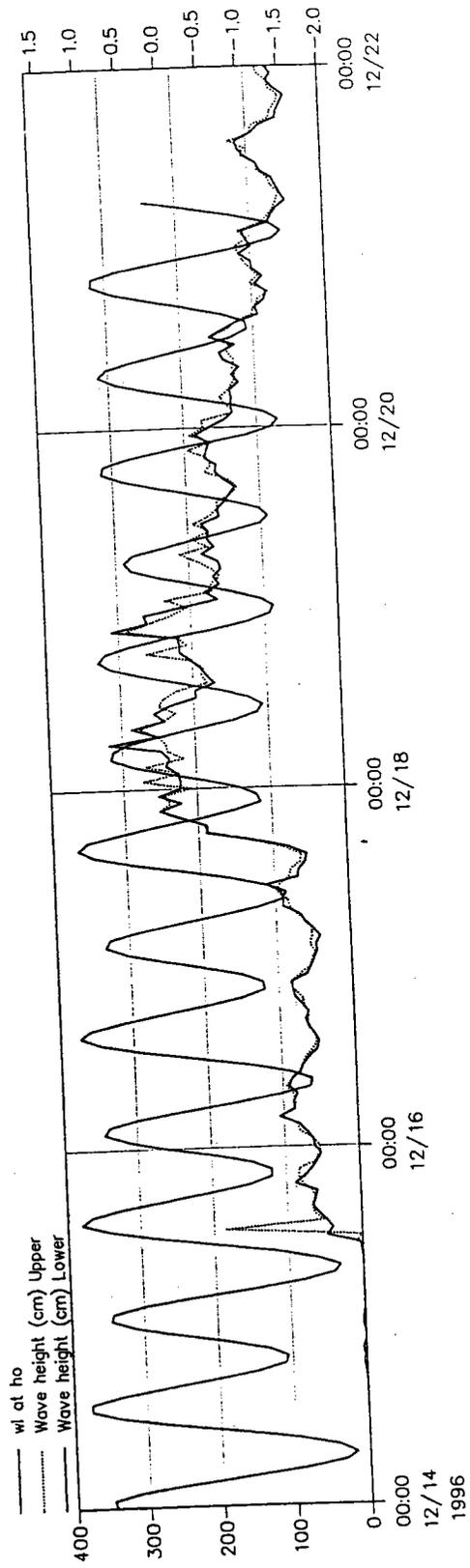


圖3-14 離淡水河口所測得之波高及水位

### 3-5 漂沙特性

在現場探勘過程中，同時進行漂沙的取樣。沿著河口北邊高水位線有四個取樣點，而沿著河口南邊中水位線找了 3 個取樣點，總計 7 個取樣點。概略的位置如圖 2-1 所示。

所有 7 個漂沙取樣都進行篩分析，其粒徑大小如下

取 樣 號 碼	$d_{50}$ mm
1	0.22
2	0.29
3	0.25
4	0.39
5	0.17
6	0.17
7	0.52

其篩分析曲線圖和分析試驗記錄表都包括在附錄 A。

從河口北邊取樣的沙粒其顏色為黃／棕色，而河口南邊的沙取樣顏色則為暗灰到黑色。

### 3-6 颱風資料

在夏季颱風經常會影響北部區域。當颱風經過時，典型的會帶來強風、強浪、暴潮以及帶給河川相當大的流量。雖然颱風的經過通常只延續一兩天，但對於整個河口的地形發展卻會造成相當的影響；颱風期間整個河川將會產生相當大的輸砂量。在近岸區域內主要的漂砂傳送是與東北季風期間持續性的波浪狀況有相當的關聯。

每一個颱風所造成的水文變化都有相當的差異。利用沿著河口的地形發展所獲得評估的一個量化的數據大小，藉以探討一個有代表性的颱風特性。

#### 3-6-1 颱風期間的河川流量

整個淡水河系的流量觀測在省水利處有相當完整又完善的記錄。為了研究並探討一個有代表性的颱風，將 1994 到 1996 年所測得的流量大小資料加以分析。從淡水河流域第 58（五堵）、48（三峽）、49（橫溪）、66（秀朗）、67（三鶯）、和 82（寶橋）等 6 個流量測站的每日平均流量資料中挑選 5 個颱風的大流量記錄表列於表 3-1 中。58 號測站，即基隆河，代表整個河川流域的北方分支流量，另外 5 個其它的測站，即大漢溪、新店溪、三峽河、景美溪則代表南方分支的流量大小。測站的位置如圖 5-4。

每日流量的大小級數依最極端的颱風記錄在北方的分支流量為  $400\text{m}^3/\text{s}$ ，而在南方的分支流量為  $3500\text{m}^3/\text{s}$ ，這些流量大小都被包含在模擬一個代表性的颱風流量中。

表 3-1 颱風期間淡水河流域系統流量記錄

Station	58	48	49	66	67	82	$\Sigma (48,49,66,67,82)$
Event	m <sup>3</sup> /s						
8/8-94	199	367	63	618	1350	117	2515
9/8-94	70	51	12	218	836	29	1146
21/8-94	117	243	36	543	1130	132	2084
22/8-94	45	41	15	211	1020	25	1322
10/10-94	348	254	22	1190	1210	212	2888
11/10-94	103	48	3	374	697	39	1161
31/7-94	145	334	88	756	874	258	2310
1/8-94	417	175	51	1890	2100	227	4443
28/9-96	396	152	53	645	89	263	1202
29/9-96	174	169	31	508	244	91	1043
30/9-96	101	89	18	336	439	39	921

### 3-6-2 颱風期間之波浪

依據宇泰工程顧問公司「淡水國內商港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫規劃」，採井島武士及湯麟武博士之波浪追蹤法理論，以電腦程式模擬推算颱風波浪。以通過  $119^{\circ} 18' \sim 123^{\circ} 18' E$ ， $23^{\circ} 24' \sim 27^{\circ} 24' N$  範圍之颱風，篩選出 67 個（1940~1997）對本區影響較大之颱風，進行颱風波浪推算，不同波向各迴歸期深海設計波，詳表 3-2。

表 3-2 淡水、八里外海各方向各迴歸期之颱風波高  $H_s[m]$  推算表

Return period [years]	NE	NNE	N	NNW	NW	WNW	W	WSW
5	5.20	4.72	4.02	3.43	2.73	2.25	2.20	2.52
10	6.60	5.99	5.10	4.35	3.47	2.86	2.79	3.20
15	7.40	6.71	5.72	4.88	3.89	3.20	3.13	3.59
20	8.00	7.26	6.19	5.28	4.21	3.46	3.38	3.88
25	8.40	7.62	6.49	5.54	4.42	3.64	3.55	4.07
50	9.70	8.80	7.50	6.40	5.10	4.20	4.10	4.70
100	11.00	9.98	8.51	7.26	5.78	4.76	4.65	9.70

### 3-7 模式所使用之波浪及風統計量

#### 3-7-1 波浪統計量

台北港口外觀測平台建立於 1996 年 6 月，並且開始蒐集各項海氣象資料。爲了探討整體的漂砂過程，關於波高、週期及波向，一個可靠性、長期性的統計量是必須的。由於現行所蒐集到的波浪原始資料和分析的結果有些異常，故新測站所測得之結果在現行將使用之方向性波浪並不能夠使用。但是過些時候，當波浪的原始結果可正確的解析其方向特性時，對於未來海岸研究分析新測站的資料將會變得非常有用。在本次研究中，其波浪統計量乃依據新竹外海 CBK 11 測站（E 120.65°；N 24.783°）從 1984 年 7 月至 1989 年 12 月所測得之波浪資料結合其風場統計值而獲得。在表 3-3 中列出從 CBK 11 測站所統計而得之示性波高與週期分佈機率統計值。整個統計分佈區分夏季和冬季，夏季涵蓋 4 月至 9 月，而冬季則涵蓋 10 月至 3 月。

表 3-3 新竹 CBK 11 區海域示性波高及週期分佈機率統計

*Waves statistics from CBK 11, frequency of occurrence in %*

$H_s$ [m]	<1	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0	3.0-3.5	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	>5.0
Summer	52.7	26.7	11.6	3.5	2.5	1.9	0.7	0.2	0.0	0.0
Winter	16.4	18.4	21.4	16.1	10.5	9.1	4.2	1.9	1.0	1.0

$T_s$ [s]	<5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	>13
Summer	22.1	22.2	27.1	18.4	7.0	1.7	0.6	0.2	0.1	0.6
Winter	4.1	13.6	26.3	35.5	14.9	2.8	0.8	0.5	0.5	1.1

### 3-7-2 風統計量

圖 3-15 為 1984 年在 CBK 11 測站所測得之風統計量圖。比較此風玫瑰圖和 3-1 節所測得之風玫瑰圖可清楚發現在淡水河口的測站並無法表現出台灣海峽北部地區沿岸風的特性。東北季風接近台灣時其風向轉向北方，而西南季風在接近台灣時則有轉向西之趨勢。

沿岸的波浪係由涵蓋此沿岸區域的風場所產生。模擬此波浪的連帶特性將在第捌章詳細討論。

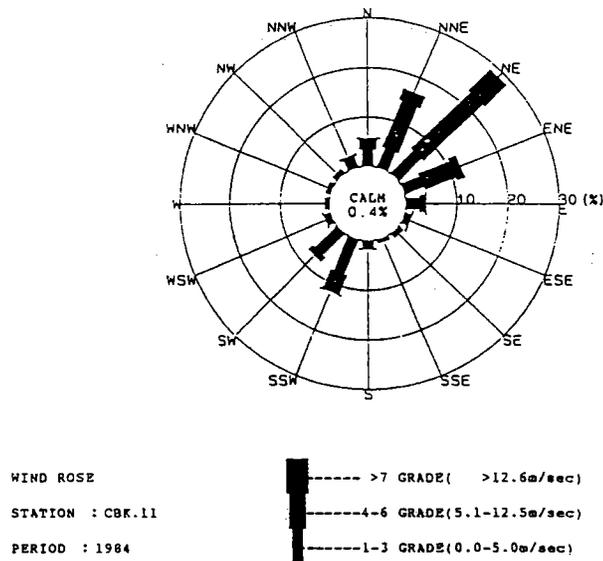


圖 3-15 新竹 CBK-11 全海域之風玫瑰圖

## 肆、近岸波浪模式的建立和率定

### 4-1 波浪模擬的目的

影響漂沙輸送最重要的就是流況和波浪。因此，評估台北港對於漂沙輸送的影響，瞭解該地區的波浪狀況是非常重要的。

波浪模擬的主要目的是

- \* 估算該區域之波浪概況
- \* 計算波浪驅動流場之剪應力，再利用從波浪模擬得來之波浪驅動剪應力當作水動力模擬之輸入。

### 4-2 MIKE 21 NSW 數值模式

海面上的波浪變化係利用 DHI 的近岸風浪數值模式 MIKE 21 NSW 來完成，它是一個方向性的穩態波浪模式。能夠處理包括淺化、折射、底床摩擦、碎波和風力等因素，但繞射現象則忽略。

本模式為一定常性(Stationary)及具方向性的多變數波浪模式，模式中波動平衡方程式的變數包含零階及一階頻譜動差函數  $m_0$  及  $m_1$ ，模式中輸入示性波波高  $H_s$ ，平均週期  $T_m$ ，平均波向  $\theta_m$  與方向分佈係數(Directional Spreading Factor)以表示入射波浪頻譜分佈。基本方程式根據波浪頻譜之能譜密度守恒推導而得，以零階 ( $m_0$ ) 及一階 ( $m_1$ ) 的頻譜動差函數為變數，將其守恒方程式 (Holthuijsen et. al., 1989)表示如下:

$$\frac{\partial (c_{gx} m_0)}{\partial x} + \frac{\partial (c_{gy} m_0)}{\partial y} + \frac{\partial (c_{\theta} m_0)}{\partial \theta} = T_0 \quad (4-1)$$

$$\frac{\partial (c_{gx} m_1)}{\partial x} + \frac{\partial (c_{gy} m_1)}{\partial y} + \frac{\partial (c_{\theta} m_1)}{\partial \theta} = T_1 \quad (4-2)$$

式中:

- $m_0(x, y, \theta)$  : 零階頻譜動差函數  
 $m_1(x, y, \theta)$  : 一階頻譜動差函數  
 $C_{gx}$  及  $C_{gy}$  : 群波波速在  $x, y$  方向之分量  
 $C_\theta$  : 波向線與群波波向線角度變化率  
 $x$  及  $y$  : 卡式直角座標  
 $\theta$  : 波浪進行方向  
 $T_0$  及  $T_1$  : 能量與外力項

其中第  $n$  階頻譜動函數之定義如下:

$$m_n = \int_0^\infty \omega^n A(\omega, \theta) d\omega \quad (4-3)$$

式中  $\omega$  為角頻率,  $A(\omega, \theta)$  代表各方向頻譜之頻譜密度, 群波波速  $C_{gx}$ ,  $C_{gy}$  及  $C_\theta$  可由線性波理論得之, 方程式左邊各項考慮波浪之繞射及淺化作用, 而方程式右邊  $T_0$  和  $T_1$  則包括底床摩擦與波浪碎波之能量減衰以及風吹供給波浪成長之能量。

有關風吹供給波浪成長之關係, 其公式乃採用美國陸軍工程兵團海岸保護手冊(SPM)深水海域之有限風域波浪成長的經驗公式。底床摩擦採用速度二次方來表示底床摩擦力, 其中摩擦係數  $C_{fw}$  根據 Jonssen(1966)及 Swart(1974)之經驗公式, 可以尼古拉(Nikuradse Roughness)係數  $K_N$  表示。波浪碎波時能量消耗則採用 Battjes & Janssen(1988)之表示式。有關模式輸出之波浪參數包括示性波高  $H_s$ , 平均週期  $T_m$ , 平均波向  $\theta_m$  等, 同時尚可計算近岸之輻射應力( $S_{xx}$ ,  $S_{yy}$ ,  $S_{xy}$ )。

#### 4-2-1 模式建立與計算限制

依據 MIKE 21 NSW 之基本控制方程式可知，計算波浪必須滿足零階與一階動差頻譜之守恒，同時在模式計算時，利用歐拉(Eulerian)有限差分方法，配合格網化地形，以求解各格網點的波浪頻譜變數(波高  $H_s$ ，週期  $T_m$ ，波向角  $\theta_m$ )等。由於數值解析過程係以  $x$  軸(波浪行進方向)為差分行進方向，故模式建立時，必須考慮以西邊邊界( $x=0$ )為波浪入射方向，同時為能獲得較精確之結果，邊界上入射波向之角度不宜太大(一般均在  $60^\circ$  以內)，以避免輸入非對稱性(Unsymmetric)之波浪頻譜條件；因此本研究波浪模式之建立，除必須依據不同波浪氣候條件(經常性與極端性)，建立不同波向入射之波浪模擬領域外，計算中尚必須考慮下列因素：

- (1) 模式計算範圍必須涵蓋研究區域(Interest Area)，且同時應考慮能提供水動力學模式計算所需之輻射應力分析與沿岸流計算之邊界條件。
- (2) 由於 MIKE21-NSW 可提供計算沿岸流流場之動力，而沿岸流流場主要係由於波浪碎波後所產生之水流(Longuet-Higgins, 1964)，因此模式格網之間距必須足以解析此現象(一般而言，破碎帶內至岸線至少必須有 5~6 個以上之格點)。
- (3) 網格間距及波向之分割必須滿足下列計算之穩定條件：

$$\frac{\Delta x}{\Delta \theta} \leq \frac{1}{2} \frac{d}{\nabla d} \quad (4-4)$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} \geq 2 \tan \theta \quad (\text{Holthuijsen et al, 1989}) \quad (4-5)$$

$$\frac{C_{gy} \Delta x}{C_{gx} \Delta y} + \frac{C_\theta \Delta x}{C_{gx} \Delta \theta} \leq 1 \quad (\text{Abbott, 1979}) \quad (4-6)$$

其中  $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 、 $\Delta \theta$  分別為格網間距與波向角間隔， $C_{gy}$ 、 $C_{gx}$ 、 $C_\theta$  同前所定義， $d$ 、 $\nabla d$  為水深與底床坡度。

#### (4)模式計算時間(CPU)與檔案存取空間

在解析度許可之情況下，電腦計算時間之久長與磁碟容量必須兼顧。

##### 4-2-2 參數與邊界條件設定

MIKE21-NSW 模式計算結果之可靠性與準確性，除受模式解析方法與控制方程式之假設所限制外，模式建立時，邊界條件之設定與模式相關經驗參數的正確性亦有著密切的關係。有關本模式之相關參數與邊界條件之設立如下：

##### (1) 底床摩擦(Bottom Dissipation)

本模式可考慮淺水區中底床摩擦對波能消散之影響，依據底床摩擦力為速度平方之關係，可將其消散波能表示如下式：

$$\frac{dE}{dt} = \frac{-1}{8\pi^{1/2}} \frac{C_{f\omega}}{g} \left[ \frac{\omega H_{rms}}{\sinh(kd)} \right]^3 \quad (4-7)$$

式中  $E = H_{rms}^2/8$

$\omega$  : 角頻率

$k$  : 波數

$d$  : 水深

$H$  : 波高

$C_{f\omega}$  : 底床摩擦係數

其中底床摩擦係數  $C_{f\omega}$  可利用 Jonssen(1966)及 Swart(1974)之經驗公式，以尼古拉糙率係數(Nikuradse Roughness Parameter) $K_N$  表示：

$$a_b / K_N < 2 \quad C_{f\omega} = 0.24 \quad (4-8)$$

$$a_b / K_N \geq 2 ; C_{f\omega} = \exp(-5.977 + 5.213(a_b / K_N)^{-0.194}) \quad (4-8)$$

式中  $a_b$  為底床水粒子之運動振幅。

本研究中以  $K_N=0.002\text{mm}$  為模式區域內之糙率係數，不考慮底床摩擦損耗對波浪週期之影響。

## (2)碎波

本模式中考慮波浪碎波之能量損失主要乃根據 Battjes & Janssen(1978)之經驗公式：

$$\frac{dE}{dt} = \frac{-\alpha}{8\pi} Q_b \omega H_m^2 \quad (4-9)$$

其中

$$\frac{1-Q_b}{\ln(Q_b)} = - \left[ \frac{H_{rms}}{H_m} \right]^2$$

式中 E : 波能

$\omega$  : 角頻率

$H_{rms}$  : 波高均方根值

$Q_b$  : 碎波量之大小

$H_m$  : 最大容許波高

其中最大容許波高

$$H_m = \gamma_1 k^{-1} \tanh(\gamma_2 kd / \gamma_1) \quad (4-10)$$

上式中  $k$  為波數， $d$  為水深，係數  $\alpha, \gamma_1, \gamma_2$  在模式中分別為 1.0、2、2，碎波對頻譜週期之影響忽略不計。

## (3)波浪分散

本研究控制方程係採用有限差分法求解，其中考慮波浪頻譜能量分佈將受水深淺化、折射以及底床摩擦、碎波等之影響，因而在計算時將波浪頻譜能量離散化(Discretization);即根據波浪頻譜之能量分佈，在格網內藉數個波浪擴散方向以描述波浪進行時能量擴散之現象，其表示方式如下：

$$E(\theta_i) = E_t D(\theta_i) \quad (4-11)$$

式中  $E_t = H_s^2 / 16$  表示波浪各方向之總能量，方向分散函數  $D(\theta_i)$  可定義如下：

$$D(\theta_i) = \beta \cos^n(\theta_m - \theta_i) \quad ; \quad |\theta_m - \theta_i| \leq \theta_d \quad (4-12)$$

$$D(\theta_i) = 0 \quad ; \quad |\theta_m - \theta_i| > \theta_d$$

式中  $\beta$  為頻譜正規化參數， $n$  為方向分散係數， $\theta_m$  平均波向， $\theta_d$  為最大波向角。

在本模式計算中，波向以平均波向角為中心，並用波向角間距  $\Delta\theta = 10^\circ$ ，切割為 13 個波浪分散方向來加以計算波浪能量擴散之現象。

### 4-3 技術研討

為了建立區域性波浪概況，就必須去估算當波浪接近海岸時，由於折射和碎波所造成波浪的變化

#### 4-3-1 大區域波浪模式

由水深大約 100 公尺到水深 30 至 40 公尺的波浪變化係利用了兩個網格間距  $\Delta X=100$  公尺（依波浪傳遞的主方向）及  $\Delta Y=400$  公尺的大區域波浪模式。其中一個大區域模式是用來模擬波浪從東北方向（東北季風）接近時之情況；而另一個則是模擬波浪從西方（西南季風）接近之情況。

波浪模擬的邊界條件如下：

- 風速和風向係涵蓋整個模式區域

- 在模式中輸入邊界的波浪條件（波高、週期和波向）係沿著模式 Y 軸的邊界。

所模擬的風及風向如下：

- 西南季風：230°N，240°N，250°N，260°N，270°N，280°N 和 290°N。
- 東北季風：30°N，40°N，50°N 和 60°N。

模擬了兩種風速：7.5m/s 和 12.5m/s。

在大區域波浪模式中所完成的所有模擬的水位都是以 WL=+1.6 公尺 KP 為準。有兩個啓始的模擬(這些模擬未包含在報告)，以水位 0 公尺 KP 和+3.0 公尺 KP 來完成；顯示在約 40 米水深所模擬的波浪條件對於不同的水位影響都很輕微。

#### 4-3-2 小區域波浪模式

小區域的波浪狀況是利用三個小區域波浪模式來模擬，其網格間距都是  $\Delta X=12.5$  米(依波浪傳遞的主方向)及  $\Delta Y=100$  米。這些小區域模式所涵蓋的區域和水動力模擬中小區域 HD 模式所使用的區域相同。由小區域波浪模式中所計算之剪應力拿來做為水動力模擬之輸入，以便模擬波浪驅動流。

在小區域模式中模擬所採用的邊界條件如下：

- 涵蓋模式區域的風速和風向與大區域的風場條件相同。
- 小區域模式中輸入的邊界波浪條件係由大區域模式中所模擬的模式邊界轉換得來。

利用 1996 年 12 月 17 日 02:00 至 12 月 18 日 04:00 所測得之時間序列水位來做為模擬的水位序列。將此 26 小時的不同水位以 1 小時為時間間隔來完成小區域模式之模擬。



模式 1 和模式 2 是大區域波浪模式。模式 1 是模擬波浪從東北方向來，而模式 2 是從西南方向來。另外三個小區域模式(Loc1 至 Loc3)涵蓋相同區域，只是其導向不同。

5 個波浪模式的說明總結在表 4-1，模式原點 (x=0, y=0)的定義則列在表 4-2。

表 4-1 波浪模式的說明

Model	Extent		Grid		Orientation y-axis (° N)	Name of file of the bathymetry
	X (m)	Y (m)	$\Delta x$ (m)	$\Delta y$ (m)		
NSW-Model 1	55,000	50,000	100	400	120	nsw1b
NSW-Model 2	55,000	50,000	100	400	350	nsw3b
NSW-Loc 1	13,950	22,500	12.5	50	60	nsw-Loc-2
NSW-Loc 2	22,500	13,950	12.5	50	330	nsw-Loc-2w
NSW-Loc 3	22,500	13,950	12.5	50	150	nsw-loc-2e

表 4-2 波浪模式原點的定義

Model	Local TM2-coordinate		Grid point in another MIKE 21 model		
	x	y	MIKE 21 model	x	y
NSW-Model 1	270,000	2,830,000			
NSW-Model 2	245,000	2,765,000			
NSW-Loc 1			HD-model	0	450
NSW-Loc 2			NSW-Loc 1	1116	0
NSW-Loc 2			HD-model	0	172
NSW-Loc 3			NSW-Loc 1	0	450
NSW-Loc 3			HD-model	450	450
HD-model	283,000	2,765,000			

這些模式的海岸地形以附錄 B 之 Drwgs B-1 ~ B-5 來表示。

## 4-5 模式率定的模擬和近岸波浪統計之估算

爲了要估算近岸波浪統計量，依近岸波向從 30°N 到 60°N（東北季風）和 230°N 到 290°N（西南季風）以每 10°一個階段來完成波浪模擬。風速則是以 7.5m/s 和 12.5m/s 來模擬。

在模式輸入邊界上所使用做爲邊界的波浪條件係依美國海軍海岸保護手冊(Shore Protection Manual)的 SMB 理論做基礎來建立。

表 4-3 表示了所使用之參數以及所有模擬事件模式邊界的波浪條件。利用 SMB 理論所得來的參數以及用來當作 MIKE 21 NSW 的輸入波浪條件參數，整理如下：

$U_A$	: Wind-Stress Factor(m/s)
$F$	: Fetch(km)(-distance over water in the direction of the wind direction)
$F_{max}$	: Fetch limit for fully arisen sea
Depth	: Mean water depth(m)over the fetch
Time	: Time(h) during which the wind is blowing
$H_{m0}$	: Significant wave height(m)
$T_p$	: Wave peak period
$T_m$	: Wave period used in the MIKE 21 NSW model. $T_m = T_{01} \cong T_p / 1.2$
MWD	: Mean wave direction, equal to wind direction

表 4-3 所模擬之波浪條件的邊界條件定義

東北季風

Wind conditions		U <sub>A</sub> (m/s)	F (km)	F <sub>MAX</sub> (km)	Depth (m)	Tim <sub>e</sub> (h)	Wave conditions				Identifi- cation of Simulation
Dir. (° N)	v (m/s)						H <sub>MO</sub> (m)	T <sub>P</sub> (s)	T <sub>m</sub> (s)	MWD (° N)	
30	7.5	8.5	1000	170	100	13	1.8	7.2	6.0	30	30-1
30	12.5	15.9	1000	600	100	25	6.3	13.2	11.0	30	30-2
40	7.5	8.5	1000	170	100	13	1.8	7.2	6.0	40	40-1
40	12.5	15.9	1000	600	100	25	6.3	13.2	11.0	40	40-2
50	7.5	8.5	1000	170	200	13	1.8	7.2	6.0	50	50-1
50	12.5	15.9	1000	600	200	25	6.3	13.2	11.0	50	50-2
60	7.5	8.5	1000	170	1000	13	1.8	7.2	6.0	60	60-1
60	12.5	15.9	1000	600	1000	25	6.3	13.2	11.0	60	60-2

西南季風

Wind conditions		U <sub>A</sub> (m/s)	F (km)	F <sub>MAX</sub> (km)	Depth (m)	Tim <sub>e</sub> (h)	Wave conditions				Identifi- cation of Simulation
Dir. (° N)	v (m/s)						H <sub>MO</sub> (m)	T <sub>P</sub> (s)	T <sub>m</sub> (s)	MWD (° N)	
230	7.5	8.5	1300	170	50	13	1.8	7.2	6.0	230	230-1
240	7.5	8.5	1300	170	50	13	1.8	7.2	6.0	240	240-1
250	7.5	8.5	400	170	75	13	1.8	7.2	6.0	250	250-1
260	7.5	8.5	300	170	75	13	1.8	7.2	6.0	260	260-1
260	12.5	15.9	300	-	75	6.0	4.0	10.6	8.8	260	260-1
270	7.5	8.5	200	170	75	13	1.8	7.2	6.0	270	270-1
270	12.5	15.9	200	-	75	12	3.7	9.2	7.7	270	270-1
280	7.5	8.5	200	170	75	13	1.8	7.2	6.0	280	280-1
290	7.5	8.5	200	170	75	13	1.8	7.2	6.0	290	290-1

表 4-4 列出了爲了設定模式的率定及爲了估算近岸波浪狀況所完成的一組模擬。

下列的參數和特性在所有的模擬都相同

Bottom dissipaton:

. Nikuradse roughness parameter  $k_n=0.002\text{mm}$

Discrete directions:

. No of grid points: 13

. Grid spacing  $10^\circ$

Wave breaking included with:

.  $\gamma_1 = 2$

.  $\gamma_1 = 2$

.  $\alpha = 1.0$

Spreading of wave direction

.  $n = 5$

. DWD =  $30^\circ$  (依主波向最偏差)

橫向波浪條件：對稱

在考慮小區域模式之模擬，如同表 4-4，當要模擬從東向而來的波浪時，波浪的入射可以從模式的北方邊界或東方邊界來完成；而要模擬波浪從西向而來時，波浪的入射可以從模式的北方或西方邊界來完成。這是由於模式邊界的入射波向與垂直方向（模式的 x 軸方向）不能偏差太多。假如入射到小區域模式邊界的波向太過傾斜，波向就不能夠模擬的很正確，就必須往 x 軸方向調整。

表 4-4 完成之模擬

Identification	Model NSW-	Wave conditions on model input boundary			Wind conditions		WL (m KP)	Name of Inputfile *.inp	Name of Outputfile *.dt2 *.ct2
		MWD (°N)	H <sub>m0</sub> (m)	T <sub>m</sub> (s)	Dir. (°N)	v (m/s)			
30-1	Model 1	30	1.8	6.0	30	7.5	1.6	30-1-b	30-1-b
30-2	Model 1	30	6.3	11.0	30	12.5	1.6	30-2-b	30-2-b
40-1	Model 1	40	1.8	6.0	40	7.5	1.6	40-1-b	40-1-b
40-2	Model 1	40	6.3	11.0	40	12.5	1.6	40-2-b	40-2-b
50-1	Model 1	50	1.8	6.0	50	7.5	1.6	50-1-b	50-1-b
50-2	Model 1	50	6.3	11.0	50	12.5	1.6	50-2-b	50-2-b
60-1	Model 1	60	1.8	6.0	60	7.5	1.6	60-1-b	60-1-b
60-2	Model 1	60	6.3	11.0	60	12.5	1.6	60-2-b	60-2-b
230-1	Model 2	230	1.8	6.0	230	7.5	1.6	230-1-b	230-1-b
240-1	Model 2	240	1.8	6.0	240	7.5	1.6	240-1-b	240-1-b
250-1	Model 2	250	1.8	6.0	250	7.5	1.6	250-1-b	250-1-b
260-1	Model 2	260	1.8	6.0	260	7.5	1.6	260-1-b	260-1-b
260-2	Model 2	260	4.0	8.8	260	12.5	1.6	260-2-b	260-2-b
270-1	Model 2	270	1.8	6.0	270	7.5	1.6	270-1-b	270-1-b
270-2	Model 2	270	3.7	7.7	270	12.5	1.6	270-2-b	270-2-b
280-1	Model 2	280	1.8	6.0	280	7.5	1.6	280-1-b	280-1-b
290-1	Model 2	290	1.8	6.0	290	7.5	1.6	290-1-b	290-1-b
30-1	Loc 3	Transfer from Model 1			30	7.5	0.8	30-1-loce	30-1-loce
30-2	Loc 3	Transfer from Model 1			30	12.5	0.8	30-2-loce	30-2-loce
40-1	Loc 3	Transfer from Model 1			40	7.5	0.8	40-1-loce	40-1-loce
40-2	Loc 3	Transfer from Model 1			40	12.5	0.8	40-2-loce	40-2-loce
50-1	Loc 3	Transfer from Model 1			50	7.5	0.8	50-1-loce	50-1-loce
50-2	Loc 3	Transfer from Model 1			50	12.5	0.8	50-2-loce	50-2-loce
60-1	Loc 3	Transfer from Model 1			60	7.5	0.8	60-1-loce	60-1-loce
60-2	Loc 3	Transfer from Model 1			60	12.5	0.8	60-2-loce	60-2-loce
30-2	Loc 1	Transfer from Model 1			30	12.5	0.8	30-2-locn	30-2-locn
40-2	Loc 1	Transfer from Model 1			40	12.5	0.8	40-2-locn	40-2-locn
50-2	Loc 1	Transfer from Model 1			50	12.5	0.8	50-2-locn	50-2-locn
60-2	Loc 1	Transfer from Model 1			60	12.5	0.8	60-2-locn	60-2-locn
230-1	Loc 2	Transfer from Model 2			230	7.5	0.8	230-1-locw	230-1-locw
240-1	Loc 2	Transfer from Model 2			240	7.5	0.8	240-1-locw	240-1-locw
250-1	Loc 2	Transfer from Model 2			250	7.5	0.8	250-1-locw	250-1-locw
260-1	Loc 2	Transfer from Model 2			260	7.5	0.8	260-1-locw	260-1-locw
260-2	Loc 2	Transfer from Model 2			260	12.5	0.8	260-2-locw	260-2-locw
270-1	Loc 2	Transfer from Model 2			270	7.5	0.8	270-1-locw	270-1-locw
270-2	Loc 2	Transfer from Model 2			270	12.5	0.8	270-2-locw	270-2-locw
260-2	Loc 1	Transfer from Model 2			260	12.5	0.8	260-2-locn	260-2-locn
270-1	Loc 1	Transfer from Model 2			270	7.5	0.8	270-1-locn	270-1-locn
270-2	Loc 1	Transfer from Model 2			270	12.5	0.8	270-2-locn	270-2-locn
280-1	Loc 1	Transfer from Model 2			280	7.5	0.8	280-1-locn	280-1-locn
290-1	Loc 1	Transfer from Model 2			290	7.5	0.8	290-1-locn	290-1-locn

在本章中小區域模式的模擬波浪條件與大區域模式所模擬的相對應條件來做比較。

從 30-1, 40-1, 50-1 和 60-1 的模擬中, (模擬從東向來的波浪) 可發現從東方邊界入射波浪來模擬是較正確的。在 30-2, 40-2, 50-2 和 60-2 的模擬中 (模擬從東向來的波浪) 則見從北方邊界入射波浪來模擬是較佳方式。另外, 模擬 260-2, 270-1, 270-2, 280-1 和 290-1 的波浪條件, 最佳的波浪入射是從北方邊界。模擬 260-1, 250-1, 240-1 和 230-1 則是從西方邊界入射波浪較好。

表 4-5 將列於表 4-3 中的 17 種風浪條件模式整理出來。

表 4-5 表列波浪模擬所使用之模式

Identification	Large NSW -model	Local NSW-model	Wave input in the local model
30-1	NSW-Model 1	NSW-Loc 3	Eastern boundary
30-2	NSW-Model 1	NSW-Loc 1	Northern boundary
40-1	NSW-Model 1	NSW-Loc 3	Eastern boundary
40-2	NSW-Model 1	NSW-Loc 1	Northern boundary
50-1	NSW-Model 1	NSW-Loc 3	Eastern boundary
50-2	NSW-Model 1	NSW-Loc 1	Northern boundary
60-1	NSW-Model 1	NSW-Loc 3	Eastern boundary
60-2	NSW-Model 1	NSW-Loc 1	Northern boundary
230-1	NSW-Model 2	NSW-Loc 2	Western boundary
240-1	NSW-Model 2	NSW-Loc 2	Western boundary
250-1	NSW-Model 2	NSW-Loc 2	Western boundary
260-1	NSW-Model 2	NSW-Loc 2	Western boundary
260-2	NSW-Model 2	NSW-Loc 1	Northern boundary
270-1	NSW-Model 2	NSW-Loc 1	Northern boundary
270-2	NSW-Model 2	NSW-Loc 1	Northern boundary
280-1	NSW-Model 2	NSW-Loc 1	Northern boundary
290-1	NSW-Model 2	NSW-Loc 1	Northern boundary

## 4-6 波浪模擬的結果

在經驗上來說，由於模式的一些率定參數如底床摩擦係數，波浪碎波係數和方向性剪力等並不能很清楚的瞭解，因此波浪模式有時並不須要率定。真正有興趣的是以和測量的風條件類似之模擬風條件所產生之模擬波浪條件與所測量之波浪做比較。

以下將測量風和波浪之期間拿來做比較：

西南季風：1996 年 7 月 5-6 日

東北季風：1996 年 12 月 17-18 日

實測之風和波浪資料與相比擬之風條件下所模擬推算之波浪結果總結在表 4-6。當然必須強調的是這些條件並不是完全可比擬，因為實測的風資料並不是涵蓋整個模擬風場；而且進行模擬時，整個風場是假設成定速和定向的。

實測的時間序列繪於圖 4-2

在表 4-6 的比較中可發現在相類似的條件下所記錄之波高和模擬計算之波高有近似之大小比值。所以可說明在模擬中所使用之模式參數還算合理。

在附錄 B，由 Drwgs B-1~B-23 可清楚的展現波浪模擬的一些結果。

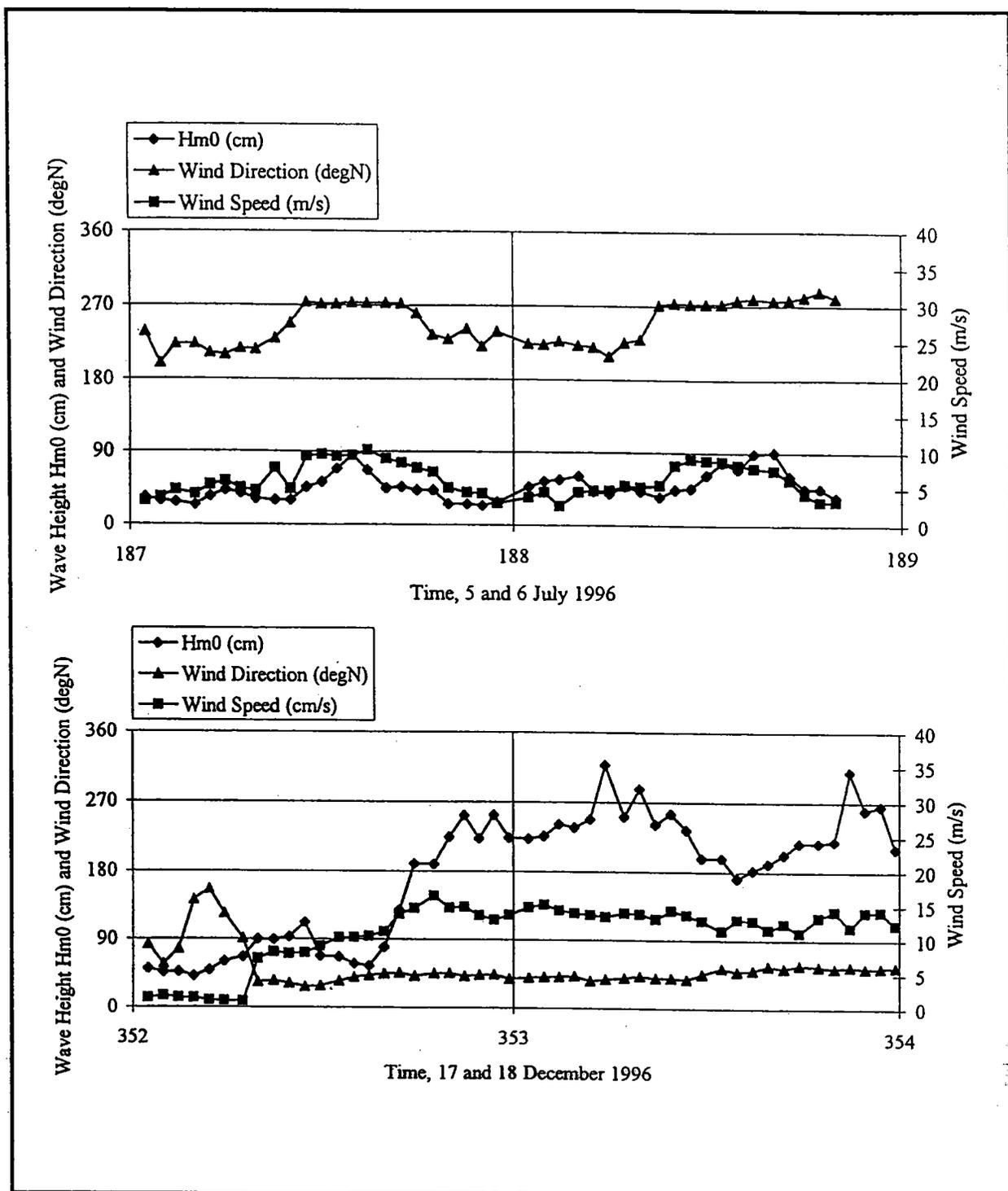
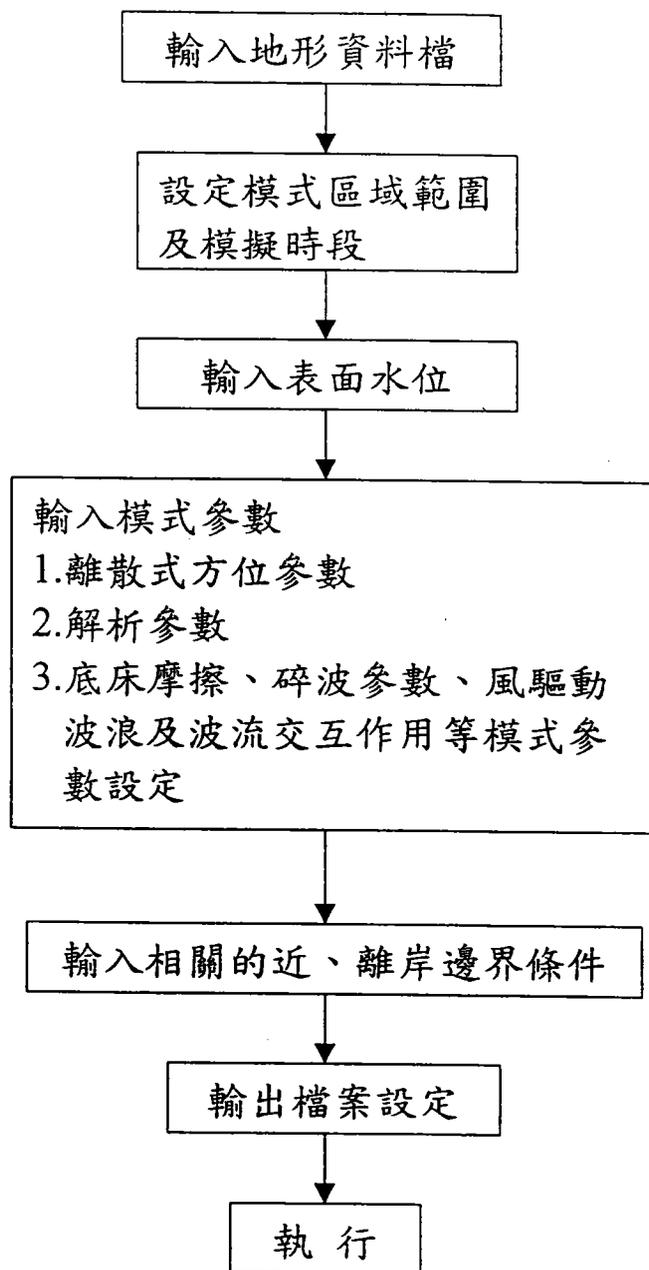


圖 4-2 1996年6月5~6日(上)及1996年12月17~18日(下)  
 在位置 $25^{\circ}10'44''N$ ， $121^{\circ}22'41''E$ 所記錄之風和波浪資料

表 4-6 比較在位置 25°10'44"N, 121°22'41"E 所測量的風和波高大小與在相同位置上由 MSW-Model 1[座標(294, 94)]和 NSW-model 2[座標(460, 32)]所模擬計算出之波高大小。

Recordings in pos 25° 10'44"N, 121° 22'41"E				Simulated conditions			
Date	Wind conditions		Wave height H <sub>mo</sub> (m)	Simulation ID	Wind conditions		Wave height H <sub>mo</sub> (m)
	Speed (m/s)	Direction (° N)			Speed	Direction (° N)	
5-6 July	2-10	190-280	0,2-0,9	230-1	7.5	230	0,57
				240-1	7.5	240	0,78
				250-1	7.5	250	1,02
				260-1	7.5	260	1,24
				270-1	7.5	270	1,43
				280-1	7.5	280	1,57
17 Dec.18:00-	11-16	40-55	1,7-3,2	40-2	12.5	40	3,14
18 Dec.24:00				50-2	12.5	50	2,61
1996				60-2	12.5	60	2,12



### 計算近岸波浪模式流程

# 伍、水動力模式之建立和校正

## 5-1 概述

本研究選用之計算模式為丹麥水利研究所研發之 MIKE 21-HD 水動力計算模式。MIKE 21-HD 模式能夠考量波浪作用力、潮汐水位變化、風、大氣壓力、地球自轉柯氏力及海底底床摩擦等因素，可模擬海水位變化及潮流流況。河川流量型態之流源(Source)或如蒸發損失型態之流陷(Sink)，此模式亦可加以考慮。研究區域之海水位變化及海潮流流況係以時變性之二維方格網系統加以計算解析。

該模式計算主要在求解平面 X 及 Y 方向之水深平均連續方程式及動量守恒方程式，其計算輸出結果則包括每一計算時階及格網點上之水深(h)、X 方向通量(p)及 Y 方向通量(q)，根據這三個基本物理量及地形資料，可推導出每一計算時階及格網點上相對應之海水位變化、X 方向流速、Y 方向流速、合成流速(純量)及流向。流場模式校正可藉調整底床摩擦係數(型態及大小)、消散係數(型態及大小)及風摩擦係數(常數或變數)等加以完成。主要之控制方程式如下：

連續方程式：

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \quad (5-1)$$

運動方程式：

X 方向

$$\begin{aligned} & \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} \\ & + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho\omega} \left[ \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_x) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_y) \right] - \Omega q \\ & - fVV_x + \frac{h}{\rho\omega} \frac{\partial}{\partial x} (P_a) = 0 \end{aligned} \quad (5-2)$$

Y 方向：

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} \\ + \frac{gq\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho\omega} \left[ \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega p \\ - fVV_y + \frac{h}{\rho\omega} \frac{\partial}{\partial y} (P_a) = 0 \end{aligned} \quad (5-3)$$

上列式中，各符號說明如后：

- $\zeta(x,y,t)$  : 水位變化(m)
- $p,q(x,y,t)$  :  $x$  及  $y$  向之流量強度 ( $m^3/s/m$ ) =  $(uh, vh)$ ;  
( $u,v$ )為  $x$  及  $y$  方向之水深平均流速
- $h(x,y,t)$  : 水深(m)
- $C(x,y)$  : Chezy 阻力係數 ( $m^{1/2}/s$ )
- $g$  : 重力加速度 ( $m/s^2$ )
- $f(V)$  : 風摩擦係數
- $V, V_x, V_y(x,y,t)$  : 風速及其  $x$  及  $y$  方向速度分量( $m/s$ )
- $\Omega(x,y)$  : 柯氏(Coriolis)參數，與緯度有關( $S^{-1}$ )
- $P_a(x,y,t)$  : 大氣壓力 ( $kg/m/s^2$ )
- $\rho$  : 水密度 ( $kg/m^3$ )
- $x,y$  : 空間座標(m)
- $t$  : 時間
- $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$  : 有效剪應力分量

### 5-1-1 模式建立與計算限制

模式計算時間間距的決定，主要考慮模式本身之穩定性及精確度，時間間距必須滿足 Courant Number :  $C_r$  小於 1 之限制，時距可依計算變數之最大訊息傳遞速度  $C_{max}$  及空間格距大小  $\Delta x$  決定如下：

$$\Delta t_{\max} = \frac{\Delta x \cdot C_r}{C_{\max}} \quad (5-4)$$

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

### 5-1-2 模式區域

水動力模擬已被執行在兩個連結的模式區域中；一個為大區域模式區域及一個小區域模式區域。有關的模式區域描述於圖 5-1。

為了模擬水動力學環境的模式特性，在季節風氣候區內數值模擬必須能反映季節的改變，為了這個理由，執行了一個期間為 1996 年 11 月的東北季節風和期間為 1996 年 7 月的西南季節風數值模擬。颱風是此區域的控制特色，但由於缺乏颱風資料，因此不大可能校正。所以在本章中，颱風模擬並未包括在內。

## 5-2 海域地形

以下三組海域地形資料已被使用在這裡產生模式區域

- 台北港和淡水河口測量圖，1996 年 10 月由本所測量。
- 中國海軍海圖第 0352 號，包括台灣北部，縮尺為 1:150000
- 1994 年完成的淡水河測量資料

加上 1996 年的台北港佈置圖也已包括在小區域模式中，根據上面提及的資料，建立大區域和小區域海域地形，並描述於圖 5-1。在表 5-1 中描述了模式區域的關鍵特性。



表 5-1 關鍵特性

	大區域模式	小區域模式
名稱	大區域	小區域
變異數		Locend1,Locend2
TM2 的原點 X 座標	268.000	283.000
Y 座標	2.747.000	2.763.000
Lat. Long 的原點	24.83014	24.97435
	121.17808	121.32686
方位	330°	330°
網格間格， $\Delta X \times \Delta Y$	200m $\times$ 200m	50m $\times$ 50m
特徵檔案	m21digREG.inp	m21digLOC.inp

大區域和小區域的水動力海域地形，和小區域水動力模式之海域地形變化被顯示在附錄 C。

### 5-3 模擬週期

模擬週期的選擇依照下列因素來決定

- 潮汐水位的有效資料和在這期間的率定資料
- 對於特徵情況模擬週期的代表性
- 在計算範圍的計算限制

如上所述，對於率定作用較有效的資料是由本所於台北港觀測樁所測量得來。這測站提供了從 1996 年 7 月至 1997 年 1 月的風、波浪和流的資料。分析這些資料，由 7、8 月份這兩個月可清楚地確認為西南季節風條件的代表性。9 月份所包括的資料不能清楚確認為西南或東北季風期。10 月和 11 月的風資料由於是有問題的資料，所以不予考慮。

1996 年 12 月、1997 年 1 月及 2 月展示東北季節風條件的特性，因此，1996 年 7 月和 1996 年 12 月被選擇來做為模擬西南季節風和東北季節風條件的資料。

由於本所測站 7 月及 12 月的資料並沒有包括完整月份，而且從結合計算限制，聯結廣泛的模式建立到執行，對啓始的率定模擬，下列兩種期間資料將被選擇。

#### ☛ 大區域模式

西南季節風條件

1996/07/01 0.0 時至 1996/07/07 22.4 時

東北季節風條件

1996/12/15 15.0 時至 1996/12/21 6.0 時

## ☞ 小區域模式

西南季節風條件

1996/07/01 17.0 時至 1996/07/06 17.0 時

東北季節風條件

1996/12/16 10.0 時至 1996/12/21 6.0 時

由於大區域模式須要一暖啓動期（水動力條件須要一些時間來穩定），所以相對於大區域模式，小區域模式就須要一遲延的啓始時間。在小區域 HD 模式的啓始率定總共花費了 5 天來模擬。

## 5-4 驅動力

### ☞ 大區域模式

大區域水動力模式是由南、北邊界的潮汐邊界條件來驅動，以及加上一個恒定的風域。

### ☞ 小區域模式

小區域模式依從大區域模式轉換得來的邊界以及加上一個風域來驅動。選擇模擬包括從近岸波浪模擬而來的輻射應力，另外從河川流量導入一個源項。這些項目將被描述於下列分項中：

#### 5-4-1 邊界條件

### ☞ 大區域模式

大區域水動力模式主要被潮汐水位時間序列在南、北邊界區域的資料來驅動。這些時間序列是從各測站的有效潮汐記錄綜合而來，這些潮汐站為

- 基隆(KL)
- 淡水(HO)
- 竹圍(CW)
- 新竹(HL)

水位變化的獲得，依

北邊界： $0.5 (KL + HO)$

南邊界： $0.5 (CW + HC)$

以中潮位系統(MSL)為基礎，在北和南邊界上一個常數值被加入到時間序列，由於位置關係基隆港與中潮位系統間有一潮位差變數，經由修正後與海域地形資料相關水位才一致。

在北和南邊界的水位變化化描述於圖 5-2

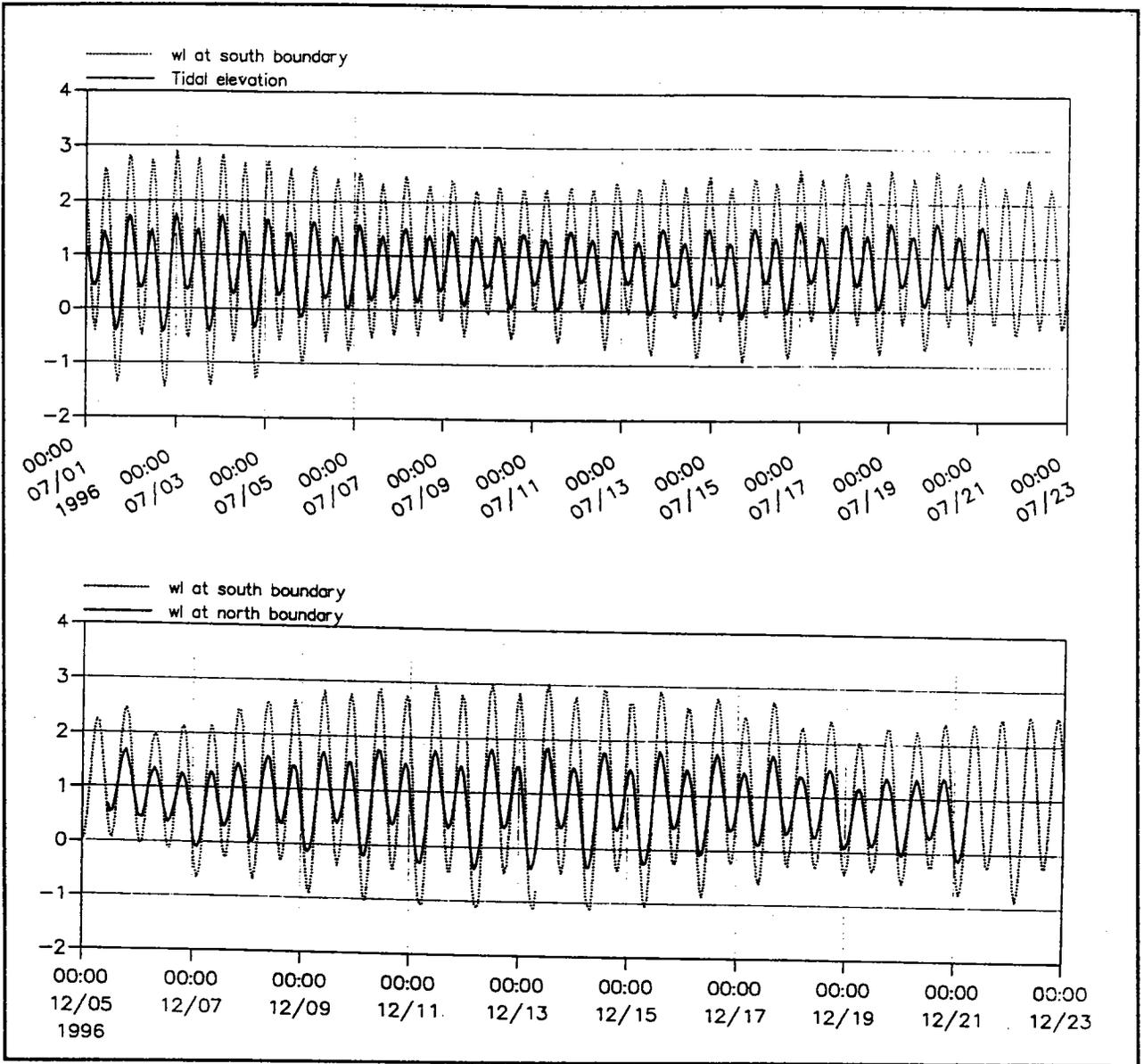


圖 5-2 1996 年 7 月和 11 月在大區域水動力模式中南北邊界的潮汐變化

<i>Tidal specification for Regional model</i>	<i>file name (*_10)</i>
	<i>NB-jul</i>
	<i>SB-jul</i>
	<i>NB-dec</i>
	<i>SB-dec</i>

東邊界是封閉的，所以沒有水量能貫穿東邊界線，這是被考量的合理假設，因為接近邊界的流近似平行於邊界線流動，而且南和北邊界有一近似延伸的空間。

## ☛ 小區域模式

小區域水動力模式的邊界條件可以由大區域模式轉換邊界而得到。這意味著小區域水動力模式描述邊界的流場條件完全依據大區域模式結果而來。

<i>Boundary conditions for local model</i>	<i>file name (*.t1)</i>
North boundary, July 1996	tr-n-jul
East boundary, July 1996	tr-e-jul
South boundary, July 1996	tr-s-jul
North boundary, Dec. 1996	tr-n-dec
East boundary, Dec. 1996	tr-e-dec
South boundary, Dec. 1996	tr-s-dec

淡水河上游是封閉的，而且一個河川流量被應用於近於模式區域河的開始端內。

### 5-4-2 風

#### ☛ 大區域模式和小區域模式

使用在大區域和小區域水動力模式的風場，其空間一致但隨時間而變化。風的資料是由本所台北港觀測樁量測而來的。其7月和12月的風玫瑰圖描述於第參章的圖3-1。

### 5-4-3 波浪驅動之輻射應力

#### ☛ 大區域模式

輻射應力（又稱波浪推力）表示由波浪碎波時，流所產生之驅動力。在大區域模式中，由於是大網格間距，碎波區無法充分的解決，所以在大區域模式中沒有應用輻射應力。

#### ☛ 小區域模式

在小區域水動力模式中，輻射應力已成功地被應用於三種不同例子。

在 5-3 節所描述的完全模擬週期並未執行包括輻射應力的模擬。

1. 固定的波浪輻射應力場(沒有變動潮汐水位)：

以 30°接近, 風速為 12.5m/s

以 60°接近, 風速為 7.5m/s

以 230°接近, 風速為 7.5m/s

模擬期間為 1996 年 12 月。

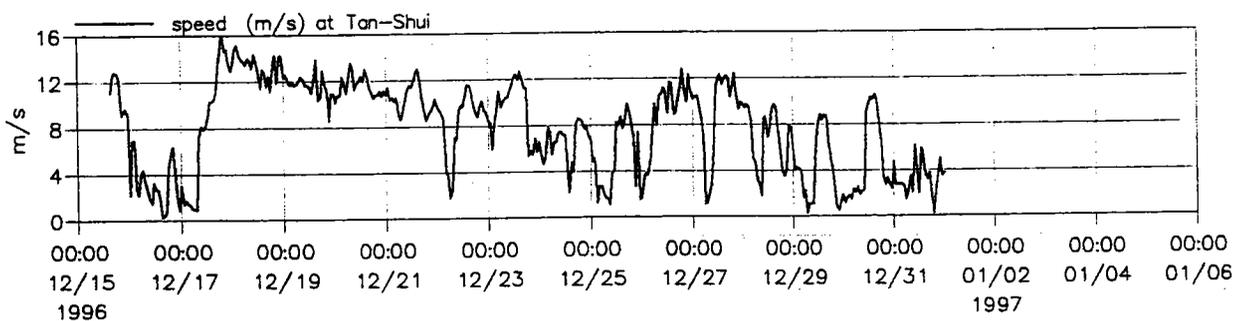
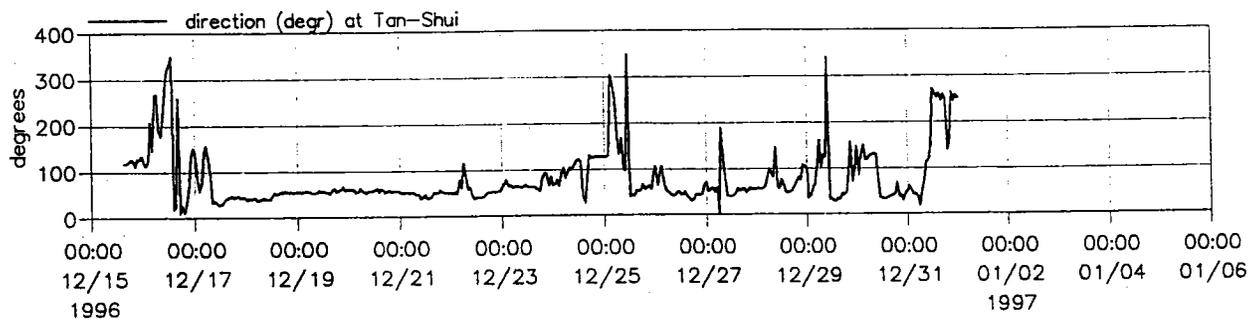
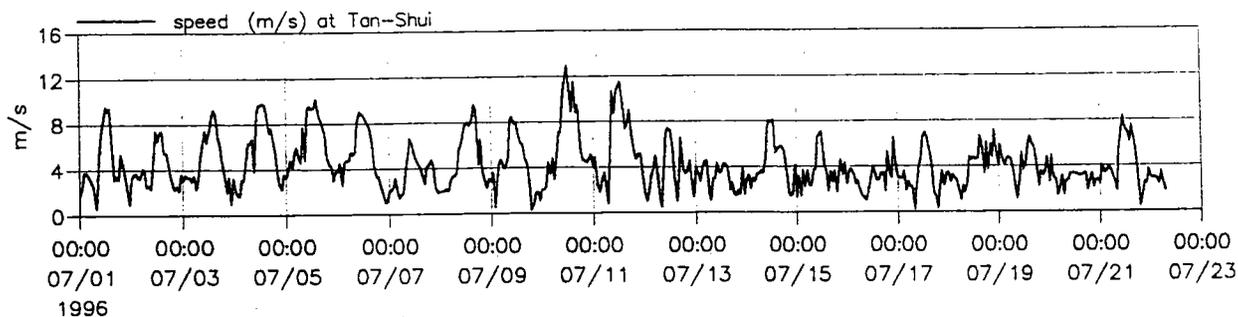
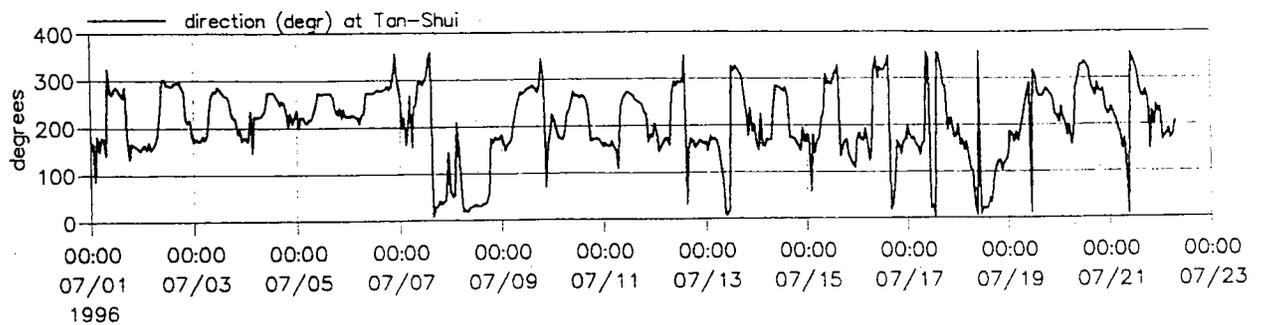


圖 5-3 台北港 1996 年 7 月(上圖)和 12 月(下圖)實測之風速風向圖

Simulation Period in HD-models	file name (*.t0)
	wi9607
	wi9612

## 2. 變動波浪輻射應力(水位隨時間改變)

以 230° 接近, 風速為 7.5m/s

Wave incidents	file name (*.hd)
30° stationary field	30-2-e-hd
60° stationary field	60-1-w-hd
230-1-w-hd	230-1-w-hd
23T-1-w-hd	23T-1-w-hd

輻射應力僅影響近岸區域的流場, 由於那裡波浪的碎波是明顯發生, 對小風速 7.5m/s 而言, 波引起的流並未重大的影響流場。但對大風速而言, 波引起的流卻能使流速明顯增加。

### 5-4-4 河川流量

#### ☞ 大區域模式

河川流量沒有被放入大區域模式

#### ☞ 小區域模式

在小區域模式中, 在淡水河上游兩個河川流量源被導入, 描述這個源項是依據淡水河河川測站記錄的河川流量的有效記錄 (由水資會出版)。測站位置如圖 5-4 所示。第一個源項的河川流通量由測站 48, 49, 66, 67 和 82 而來, 第二個源項的河川流通量由測站 58 提供, 測站的號碼參見地圖位置。兩個月期間之兩個源流量描述於圖 5-5。

## 5-5 率定參數

在水動力模擬中兩個不同的率定參數被提出: 漩渦滯性和底床糙度。

### 5-5-1 漩渦滯性

理論上漩渦滯性意指運動量通率由亂流, 垂直積分和在數值公式之小格網比例尺效應。

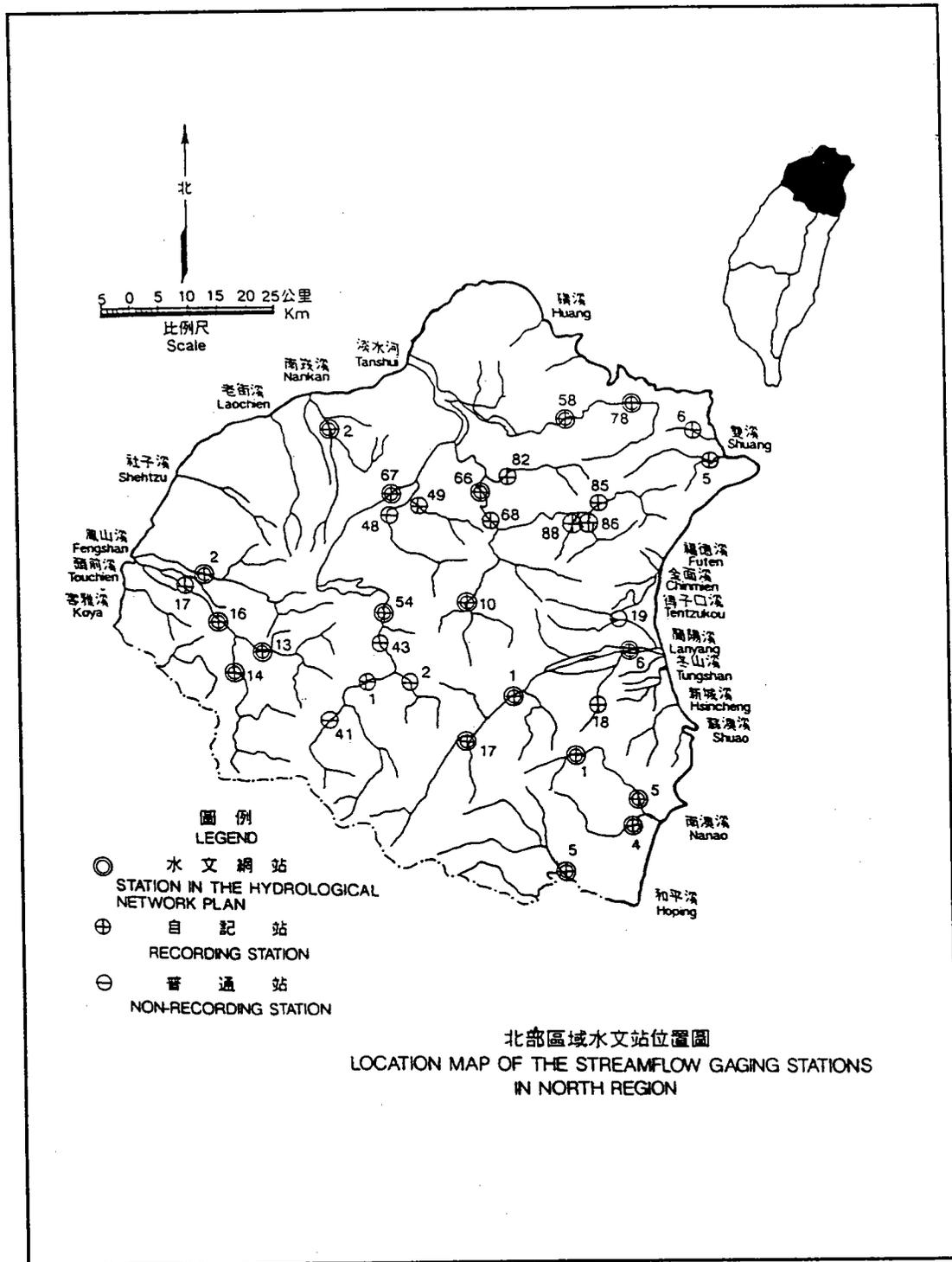


圖 5-4 北部區域水文站位置圖：1994 年台灣水文年報

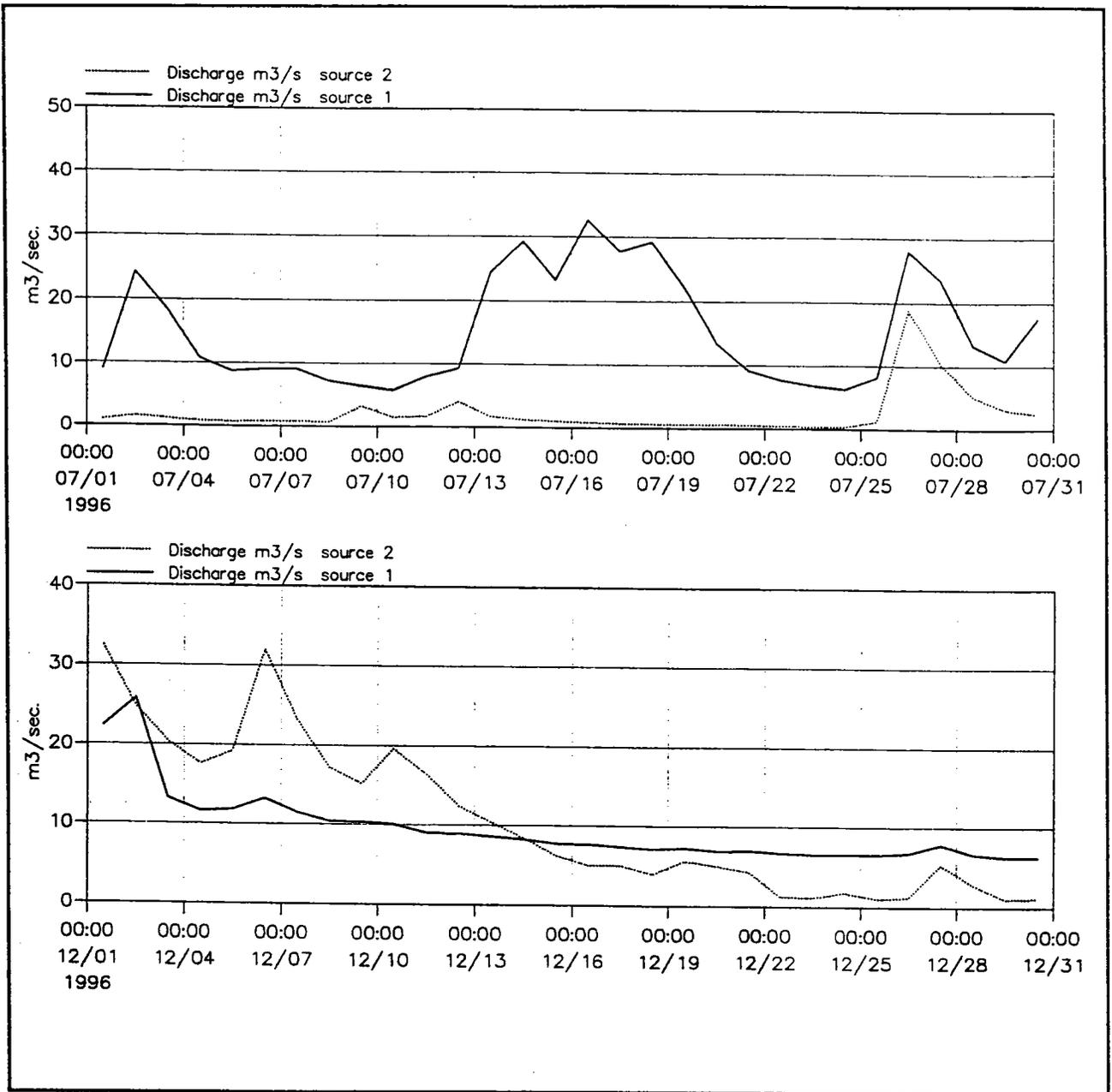


圖 5-5 1996 年 7 月和 12 月兩個源項之河流流量

<i>River discharge periods in local model</i>	<i>file name (*.t0)</i>
	<i>s1jul, s2jul</i>
	<i>s1dec, s2dec</i>

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

$$E \leq \frac{\Delta x^2}{2\Delta t} \quad (5-5)$$

並可依下式估算

$$E = 0.1 \times \Delta x \times V \quad (5-6)$$

式中， $\Delta t$  為時距， $\Delta x$  為網格間距， $V$  為流速。對於流場係隨時空而變化時，渦度係數尚可依 Smagorinski 觀念依下式估算，即

$$E = C_s^2 \Delta^2 \left[ \left( \frac{\partial U}{\partial x} \right)^2 + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial y} \right)^2 \right] \quad (5-7)$$

$U, V$  表水深平均之 X 及 Y 向流速分量， $\Delta$  為網格間距， $C_s$  可於 0.25 至 1.0 間選用。

在本研究所有水動力模擬中漩渦滯滯性皆選擇以 Smagorinski 公式代入，渦度係數被給定為 0.5，這是一個既設值。

### 5-5-2 底床糙度

在 MIKE 21 中一般可選擇 Chezy Number (M) 或使用 Manning Number (M) 來描述底床糙度之摩擦係數。兩者的關係為  $C = M \cdot h^{1/6}$ ， $h$  為計算區之水深， $C$  及  $M$  之單位分別為  $m^{1/2}/S$  及  $m^{1/3}/S$ 。當計算區水深變化較大時，建議使用 Manning Number，其選用範圍約在 20 至 40 間，一般可選用  $M = 32$ 。若選用 Chezy Number，則其選用範圍介於 30 至 50 間。本研究中選用曼寧係數  $M = 30$ 。由連續的嘗試測試，直到獲得最好的測量值和計算之流速，流向一致，底床摩擦被扣除。

## 5-6 水動力模式率定結果

模擬的目的陳述於 5-6 節，乃為證明 MIKE 21 HD 模式可以再現沿著淡水模式區域之流場特性。在兩個模擬期間，兩個水動力模式所產生之結果繪於圖 5-6~5-9。圖中代表著本所在台北港觀測樁所測量的流速和流向以及同樣位置所計算得來的流速和流向。

流的記錄有兩個位置，即在 15 米水深處 MSL 下 5 米和 10 米的地方。由記錄顯示上層比下層有較高的流速。這是對流速剖面一個重要屬性，一般來說上層記錄約比下層記錄流速高約 10%。另外，風吹流對於上層有較大的影響，且不會立即影響全部的水體。

假設對數流速剖面以平均流速來表示，則計算的結果會比較近似於下層的記錄速度。

圖 5-6 至圖 5-9 表示由潮汐和風驅動的大區域和小區域模式的計算流速結果與量測流速的比較圖。在這些模擬中並未考慮輻射應力的影響，且這種省略對 12 月份來說並不重要。但是在 1996 年 7 月期間省略波浪驅動流的因素，則所計算的尖峰流速就經常無法與記錄之尖峰流相符合。

1996/12/16 21:00 時之計算流速結果繪於附錄 C，dwgs.C-11 的計算沒有波浪因子加入，而 dwgs.C-12 則是波浪由 30°入射，伴隨著 12.5m/s 的風所產生之驅動流結果。由圖中可確切證明在近岸區域波浪有能力來驅動流。

附錄 C 中 dwgs.C-5~C-10 是選擇較有代表性的計算流型態，以大區域模式來計算 1996 年 7 月 2 日之 6 小時結果。

輻射應力僅影響在近岸碎波帶之流況。當風速 7.5m/s 時所產生之波浪，其波浪驅動流的大小與風驅動流及潮汐驅動流來比較時，被證明是有其極限的，這種入射波浪不包含輻射應力，對於流況的影響都沒有很大的差異。但是當風速達到 12.5m/s 時，波浪驅動流的效應就會很明顯。

總之，MIKE 21 HD 模式可說有能力再造一個區域的流況和大小，而且對於所選定的波浪入射亦能夠成功的加入輻射應力。

<i>Simulation Period</i>	<i>Specification file name (*.inp)</i>	<i>Results file name (*.dt2)</i>
July 1996 Regional model	m21hdR-J	Reg-july
Dec. 1996 Regional model	m21hdR-D	Reg-dec
July 1996 Local model	m21loc-J	local-J
Dec. 1996 Local model	m21loc-D	local-D

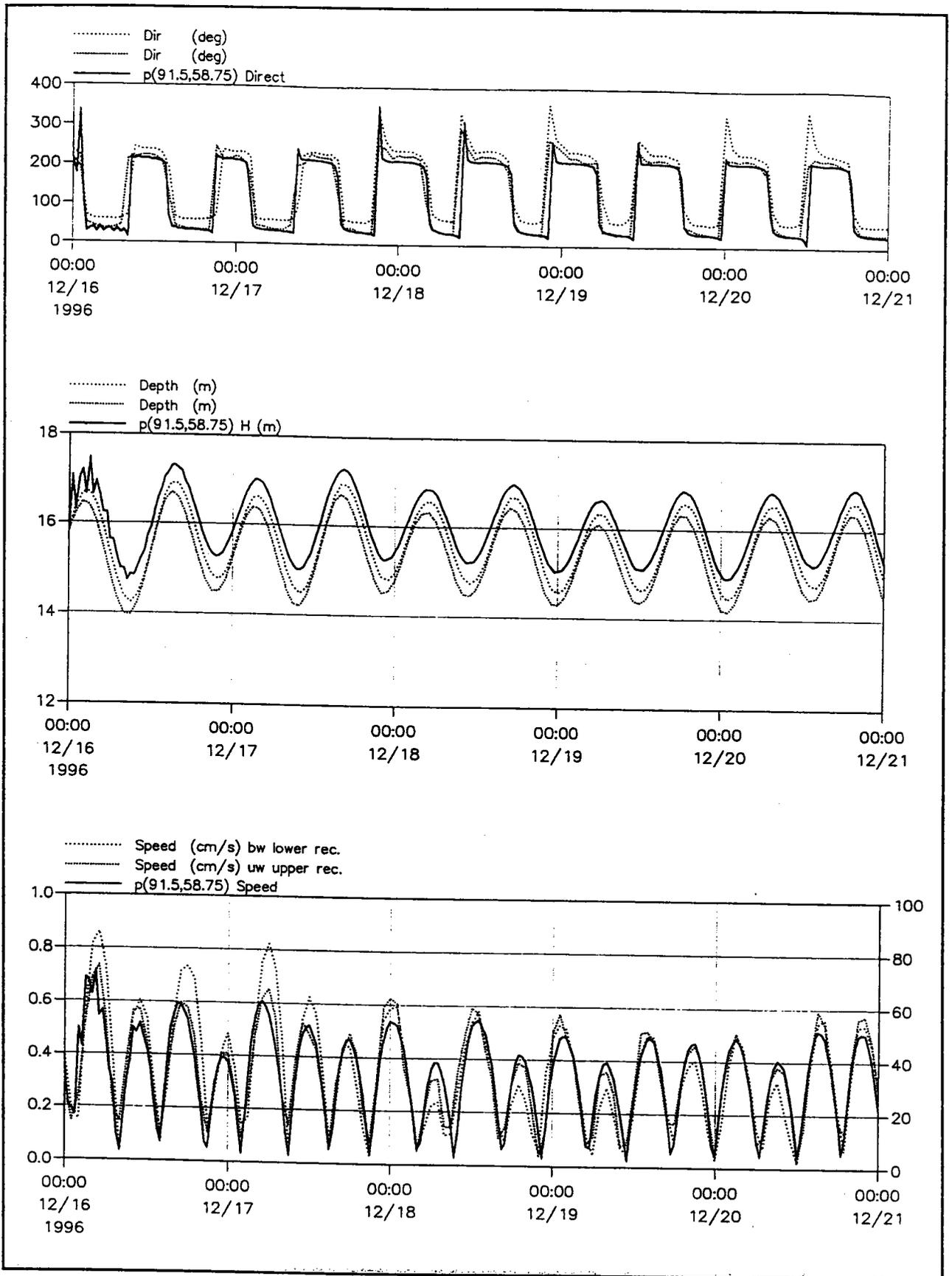


圖 5-6 1996 年 12 月本所在台北港觀測樁記錄之流速、流向和水位以及在大區域模式中同位置之計算值的比較(實線表計算值)

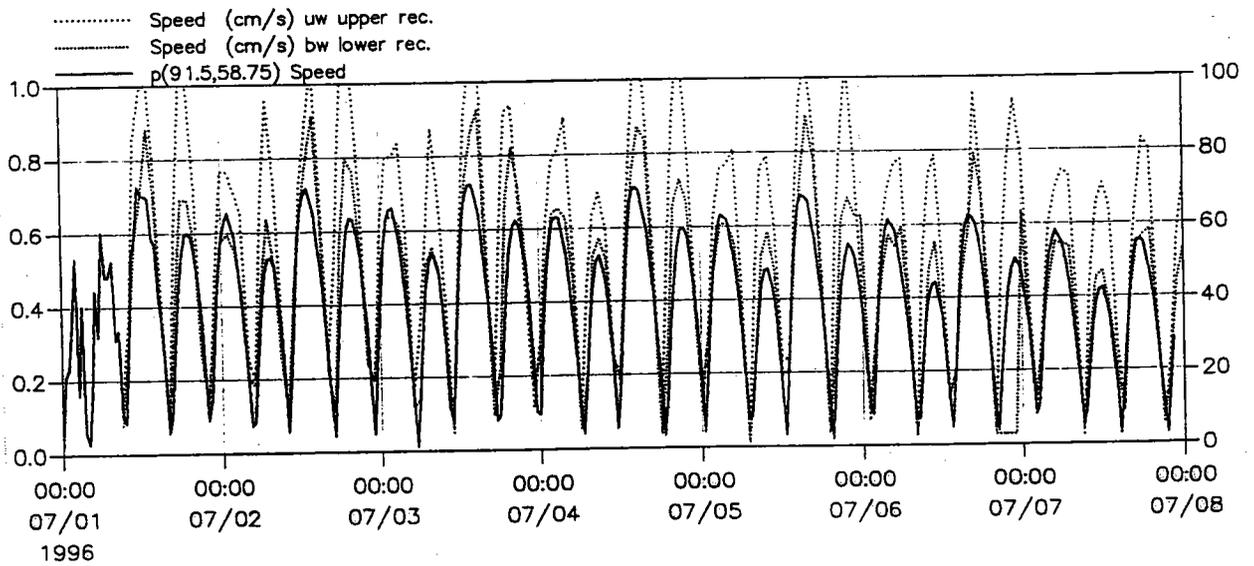
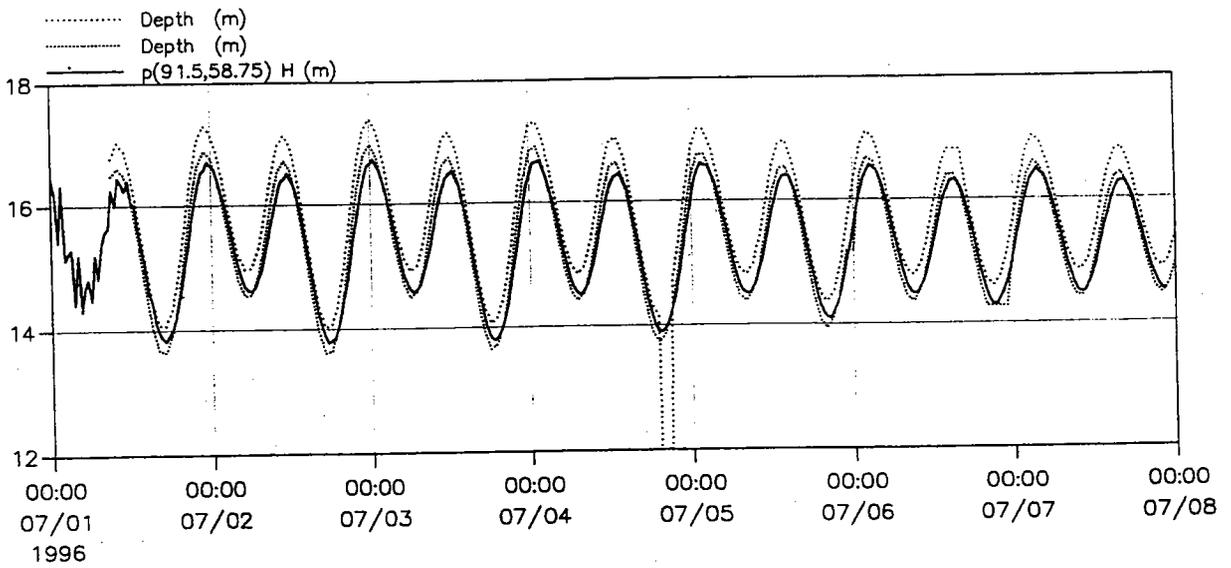
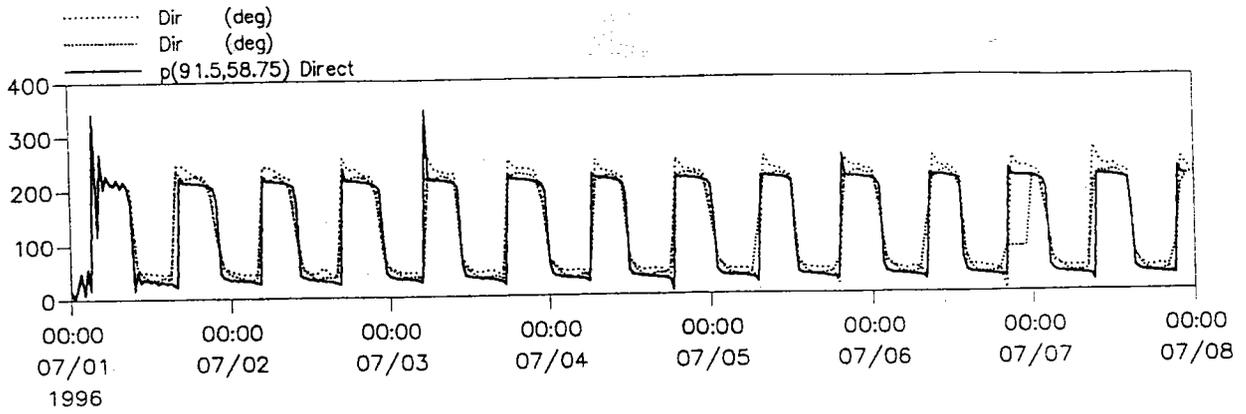


圖 5-7 1996 年 7 月本所在台北港觀測樁記錄之流速、流向和水位以及在大區域模式中同位置之計算值的比較(實線表計算值)

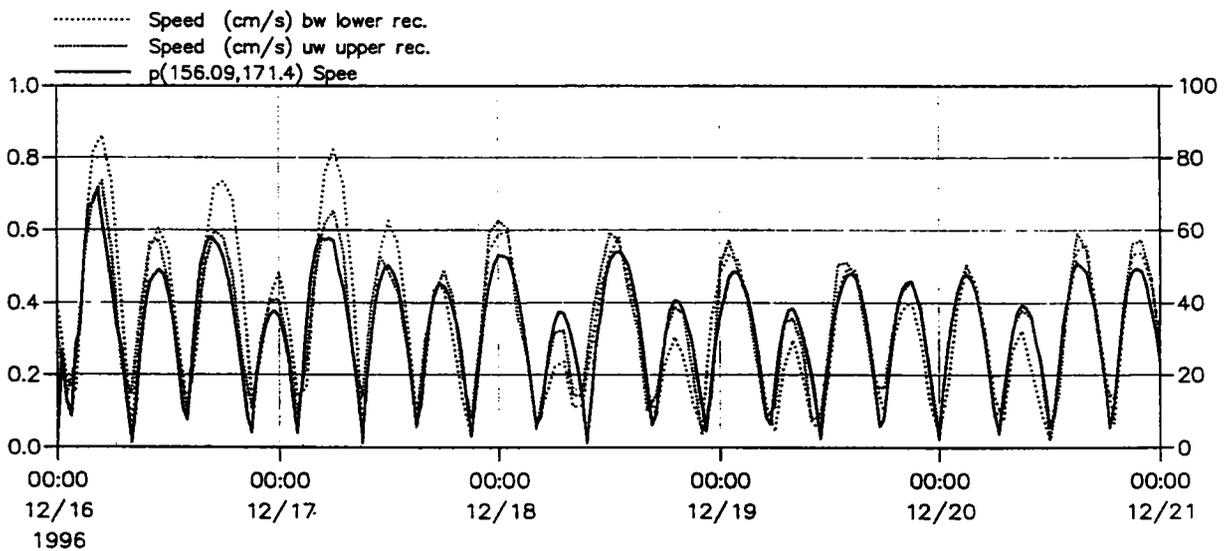
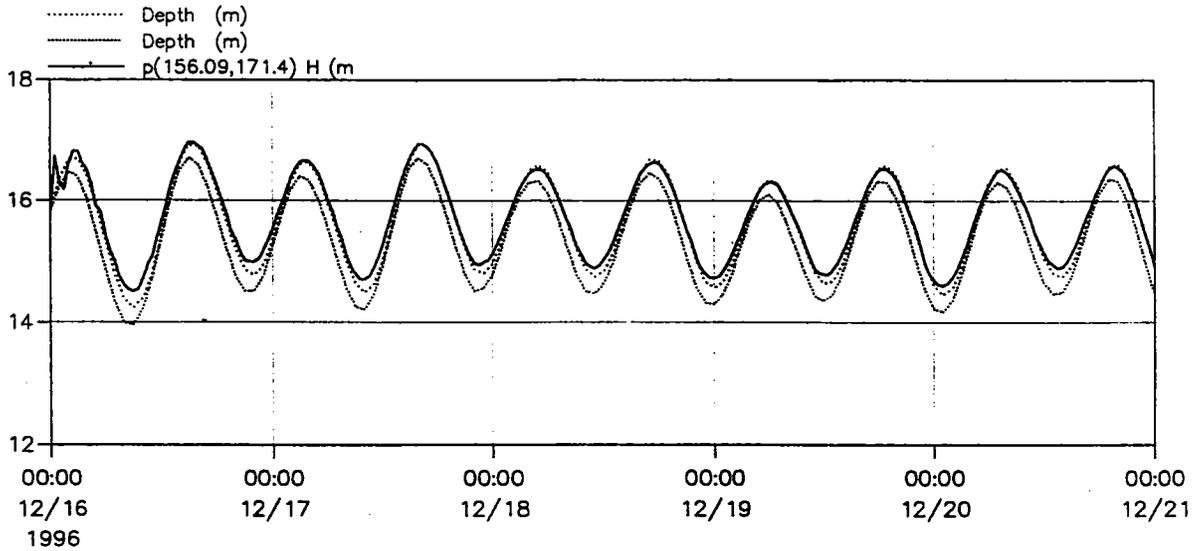
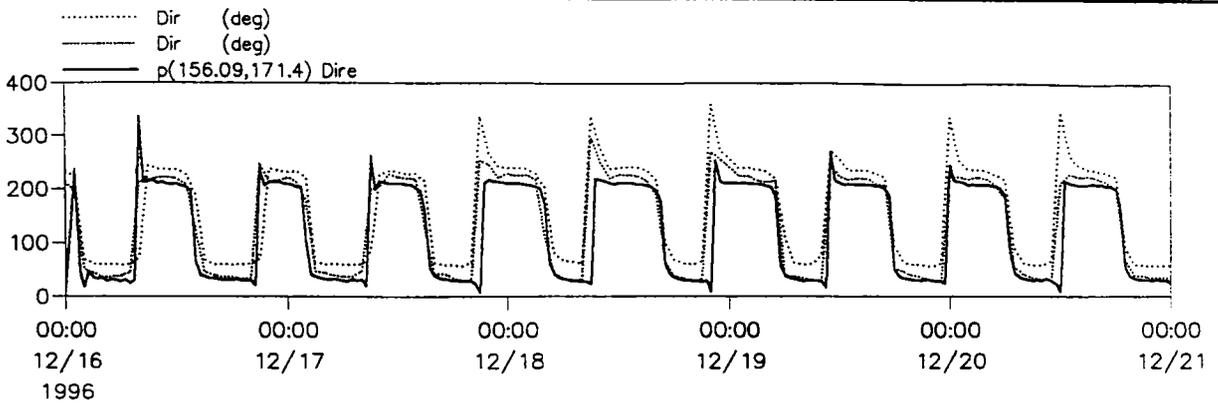


圖 5-8 1996 年 12 月本所在台北港觀測樁記錄之流速、流向和水位以及在大區域模式中同位置之計算值的比較(實線表計算值)

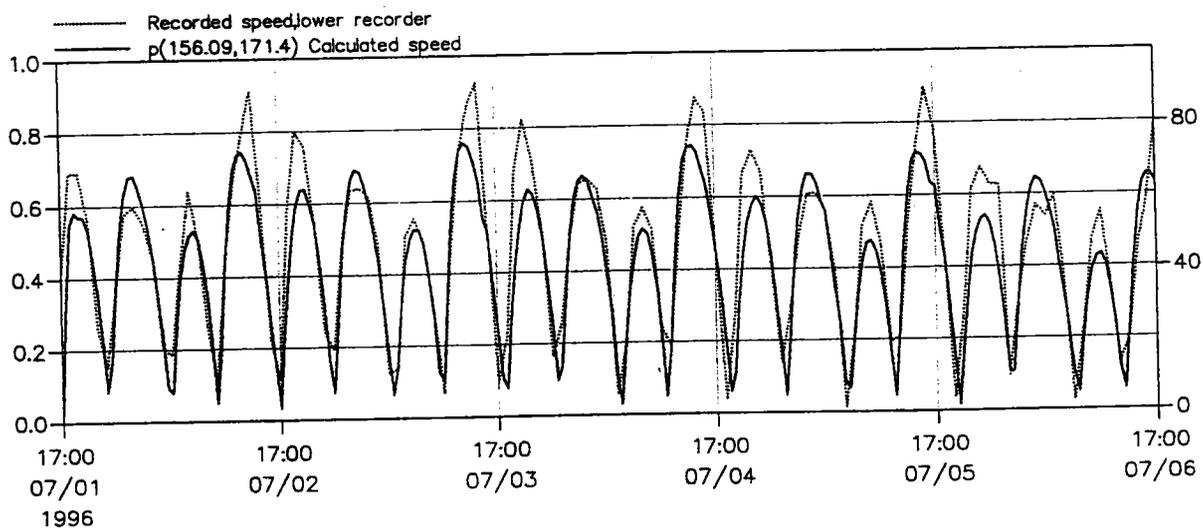
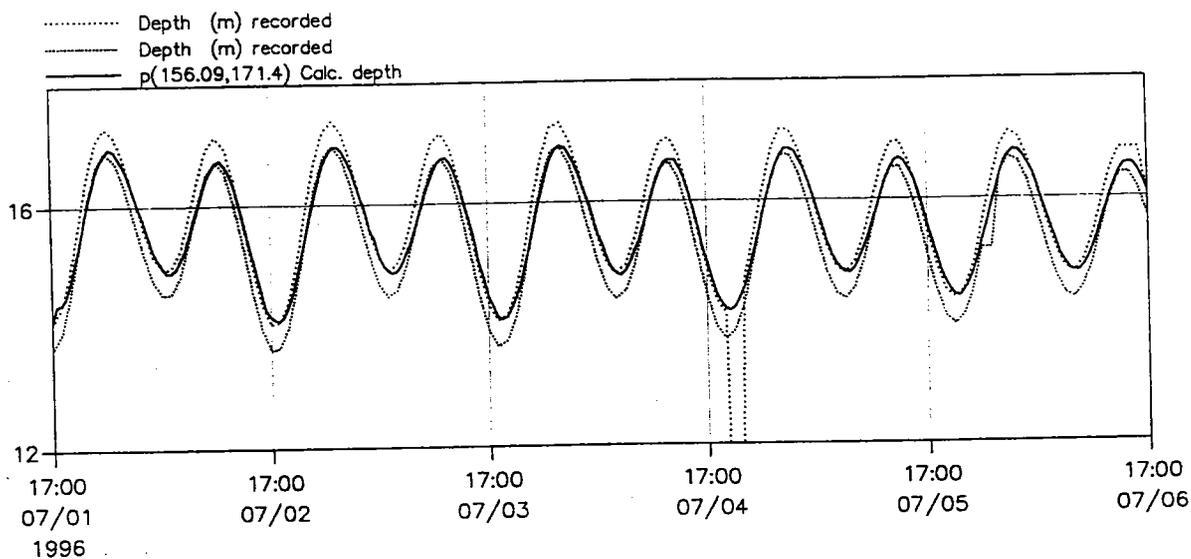
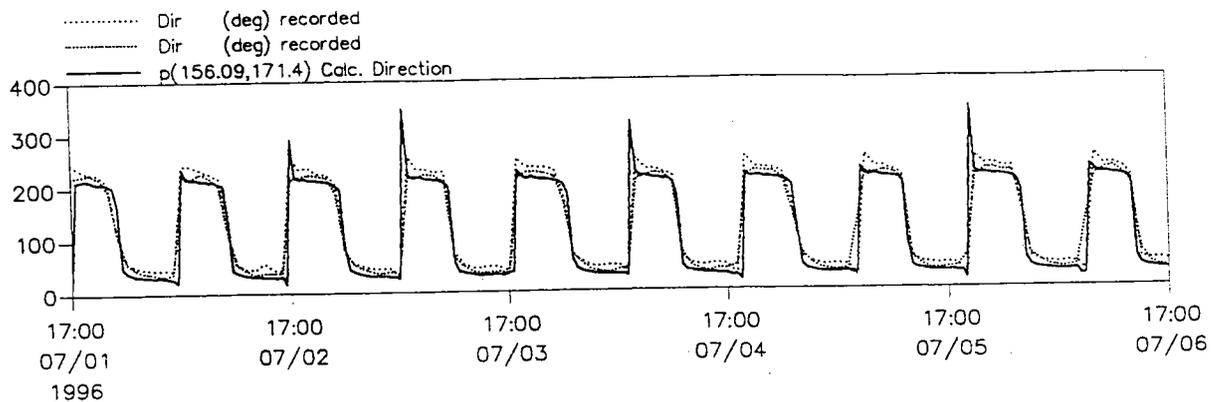
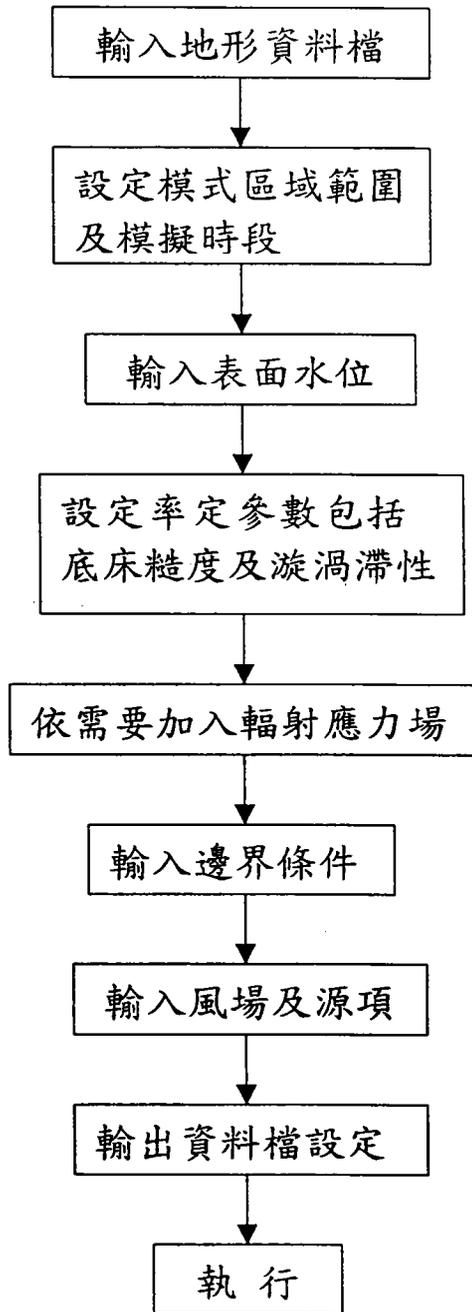


圖 5-9 1996 年 7 月本所在台北港觀測樁記錄之流速、流向和水位以及在大區域模式中同位置之計算值的比較(實線表計算值)



計算水動力模式流程

# 陸、漂砂輸送模式之設定與建立

## 6.1 二維計算

爲了計算台北港附近的漂砂輸送型態，應用了 MIKE 21 系統中的 MIKE 21 ST 漂砂輸送模式。某一定點輸砂之多寡及方向起因於該地點之流速大小和方向、波高、波浪週期、水深以及該地點之砂粒特性。

依據 MIKE 21 HD 模式推算之流速和流向，MIKE 21 NSW 模式推算之波高及週期以及底床質的資料，MIKE 21 ST 模式就能夠計算在一給定的模式區域的漂砂輸送能力。當然，這個模式的面積必須涵蓋 HD 和 NSW 這兩個模式之區域。

MIKE 21 ST 模式在本研究中被應用於研究其在港區及河口之輸送方式，並進而發展成能正確預估輸砂多寡之預測模式。

在附錄 D 之圖 6-1~6-5，係選擇一單一波浪條件由 7.5m/s 之風速所驅動，以 60° 接近之波浪來計算在河口及港區之輸砂結果。在計算中假設整個區域的砂質粒徑爲  $d_{50}=0.25\text{mm}$ ，利用週期爲 2 小時之計算來求每年之輸砂量。

## 6-2 一維計算

DHI 的漂砂輸送模式系統(LITPACK)可計算漂砂之侵淤，並能應用於計算因波及流所引起沿岸輸砂的多寡及斷面坡度之變化。爲了計算每年漂砂之侵淤及海上結構物可能的影響，詳細的現場波浪和水流的狀況以及水深地形、漂沙資料都是不可或缺的。假如以往的海岸線資料及河川漂沙資料都是齊全的，那就能用來率定此漂砂輸送模式。在本節中，將分析計算沿岸漂砂輸送所引起的向離岸海岸地形變化，而此結果將作爲未來在建造海岸結構物，諸如突堤、離岸堤和防波堤之參考。

## 6-3 淡水海域沿岸漂砂

淡水海域現場之沿岸漂砂主要是由波浪以及由波浪推動流運動所造成

的。而輸砂方向則是隨著季節而變。在東北季風時漂砂輸送方向為由北向南，在西南季節時漂砂輸送方向為由南向北。由於氣候上的因素，因此這個地區的漂砂輸送型態在長期來說都是非常穩定的。若無有效的防蝕對策加以保護，則此區域的近岸水深地形和海岸線將會產生很大的變化。

由海岸地形可看出此區域的漂砂優勢方向是由北往南。淡水河口西側有一綿延 3 公里的淺灘沙洲，其為淡水河輸砂與沿岸輸砂所造成。當淡水河流向大海時，其河水流速於河口處遞減，使得淡水河漂砂淤積於河口處；且這些淤沙隨著東北季風作用而往南輸送。

#### 6-4 每年的波浪資料

每年的波浪變化情形是率定及應用漂砂輸送模式的一個最重要的因素，而波浪的主要資料則是包含波高、週期和波向。本所自 1996 年 7 月即從事現場的波浪量測，量測的內容包括風、浪、流和水深地形等相關資料。在本章中僅將本所量測及一般性的波浪資料作統計分析，再進行漂砂模式之率定。由於現場量測尚在進行中，所以波向的不確定性尚待處理。

圖 6.1 為目前統計波浪資料的波浪玫瑰圖

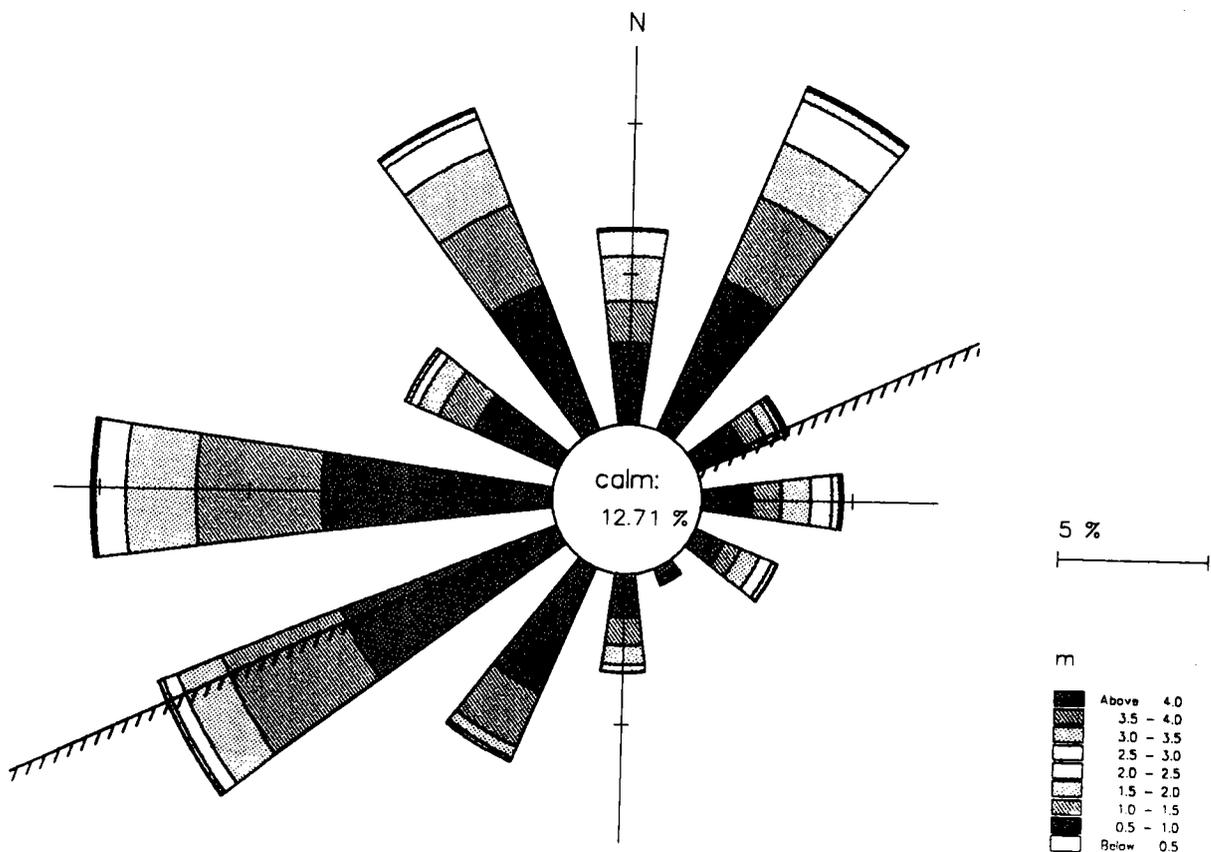


圖 6-1 波浪玫瑰圖

## 6-5 水深地形資料

水利局於 1986 年至 1995 年曾量測現場海岸水深資料。利用這些資料，本模式選用了 5 個斷面的水深資料來當做率定之參考。斷面圖 A-E 的位置如圖 6-2 所示。

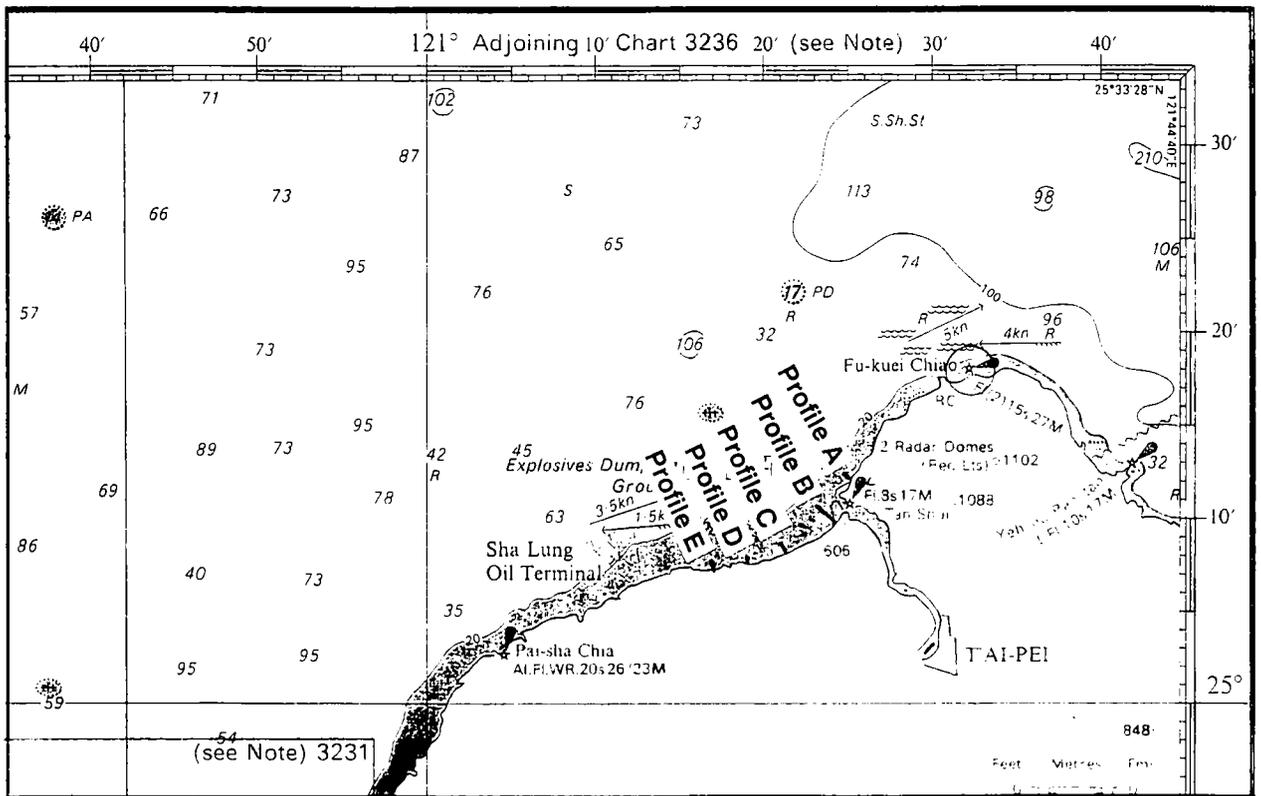


圖 6-2 率定本模式所使用的斷面位置圖

圖 6-3 為 1995 年之斷面水深圖，圖中河口北側之斷面 A 其坡度最陡，其平均坡度約為 1:80。而緊鄰河口南側的斷面 B 其坡度非常平緩，平均坡度約為 1:300。越往南則平均坡度愈陡，從斷面 C 的 1:130 到斷面 D 和 E 的 1:100。由此可知沙洲之產生河口南側較北側發達。

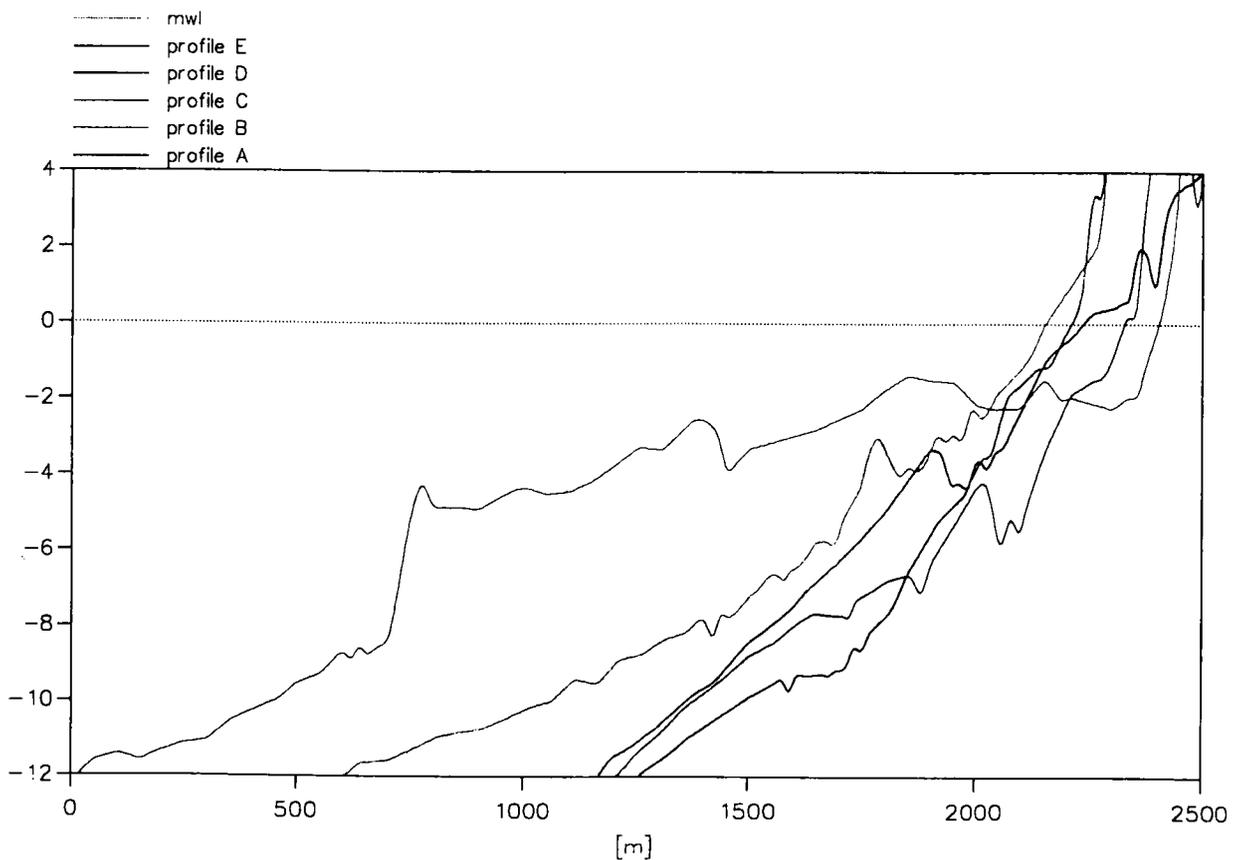


圖 6-3 1995 年淡水河口 5 個斷面水深比較圖

1997、1989、1991、1993 和 1995 年的斷面水深圖則參考附錄 E。

## 6-6 模式之建立

LITPACK 模式是以波和流交互作用為基礎來計算漂砂輸送。當波浪進入淺水區之後，由於地形緩慢變化而造成淺化及折射之波浪。而在碎波帶外之地區，亂流及漂砂輸送局限於靠近底床之邊界層內。由於波和流在邊界層所造成之影響成為 LITPACK 漂沙模式之基礎。而在碎波帶內由於波浪能量的釋放，產生較大的亂流。能量的大小、分散及消散對懸浮質漂移有重要的影響，且在 LITPACK 中已詳細考量。在碎波帶內，因有較大的輻射應力梯度可產生強較強之沿岸流，故沿岸輸砂主要發生在碎波帶中。如果入射波具較大的方向變異，則沿岸流之趨動力將減弱。在模式中，此效應主要係由效率因子模擬，而效率因子可由波浪頻譜分析結果決定其大小。此外，碎波帶中波浪所產生之推力係由摩擦力來平衡，而底床摩擦力一般係與床質特性，床型及附生植物等有關，在 LITPACK 係以底床糙度參數代表。此參數之大小一般在模擬前係未知數，故而在沿岸推移力計算中，其係一重要率定參數。

潮位變化影響灘線剖面型態，在高水位時，最大輸沙量將比低水位時更接近岸線區域。若輸砂量在沙質灘線剖面有較大變化或在海灘上有保護工程進行，則在沿岸輸砂計算中須含括水位之變動量，此外，潮流之影響可藉近岸流模擬時加入額外的動力項加以含括。

在本文之分析計算中，潮位之影響係藉六個不同之水位模擬並用以表示在本計算區之潮位特性。而依據水流量測結果，潮流係沿岸流動，潮流之時變特性甚為對稱，此意謂潮流對沿岸漂沙之影響與波浪產生之水流效應比較，其較不重要。故而在本研究中將潮流之影響忽略不計。但在輸砂模式以及淨輸砂率之細部檢核中潮流之效應仍將列入考量。

由於波浪資料尚有些缺乏，故漂砂輸送模式的率定尚不完全。一些率定因子如底床粗糙度，離散度等，由相關研究來先行估算。本研究假設底床粗糙度為 0.001m，中值粒徑為 0.2mm，波浪輻射應力之有效因素為 0.8。待有更多的資料，再行微調率定。

## 6-7 模式的模擬

本模式利用所蒐集之現場資料來計算每一個斷面之漂砂輸送之總體分佈，其結果如附錄 E。結果顯示漂砂輸送隨海岸地形之活動寬度而變。河口北側，輸砂範圍在離岸 0~500 公尺處；而河口附近的斷面 B，沿岸漂砂發生在離岸 1700~1800 公尺的較窄區域。在河口南側，最大漂砂發生的區域越來越往岸側移動。在斷面 C，其最大漂砂發生在離岸約 700~800 公尺；而斷面 D 和 E，其漂砂分佈則形成兩個不同的變大區域。

## 6-8 結論

沿岸輸砂隨著斷面水深不同而變化。河口北岸，漂砂輸送發生在離岸 500 公尺內。河口附近，坡度非常平緩，大部份輸砂發生在 1700 到 1800 公尺間。越往西側，最大輸砂處越來越接近海岸。距河口約 3 公里的範圍，漂砂最主要聚集在大約 400 公尺以及 800 公尺等兩個區域。

當爾後有更多波浪資料時，將使模式的模擬更趨完善。

# 柒、模式整合

## 7-1 模式整合之概念

爲了探討沿著台北港的地形發展以及整體漂砂的輸送情形，下述的資料過程和現象是必須的。

- ◆ 風驅浪：包括折射效應、淺化和碎波
- ◆ 流：經由潮汐、風、波浪碎波及河川流量所產生之流況
- ◆ 結合波浪和水流效應所產生之漂砂輸送

兩個不同的數值模式，LITPACK 以及 MIKE 21 被整合在一起應用來探討沿著台北港的這些現象。

### 7-1-1

LITPACK 是一整套的套裝軟體，用來研析一個被稱爲類常態沙質海灘的沿岸過程，此沙質海灘即其海岸剖面和沿著海岸線的水文條件變化非常的緩和；其最主要的沿岸過程係與在碎波區之波浪驅動流連結在一起。

由於折射現象，入射波當接近海岸線時會轉向海岸之方向。而淺化的效應，當波浪進入淺灘區時，其波高開始變大，直到波高/水深(wave height)/(water depth) 比變得大到其波浪開始破碎。在碎波的過程中，波浪開始損失其能量，在輻射應力張量的部分產生一個大的空間梯度。而延著沿岸方向張量的梯度驅動了一個沿岸流，在碎波線前，沿岸的波浪會驅動流速達到最大，另外在這個位置其水位亂流亦會達到最大值。大的水位亂流結合大的流速，在沿岸漂砂輸送速率上產生一個區域性的極大值。

上述過程係利用 LITPACK 中的 LITDRIFT 模組來模擬。基本上，其輸入條件爲波高、週期及在碎波區外的方向性擴展和主要方向，以及海岸剖面的形狀和沿著剖面的漂砂特性。在 LITDRIFT 中極大部份的近岸波浪情況可以自動的

計算和加總，根據一時間序列的波浪狀態或是波浪統計量，即可能計算出每年淨總沿岸漂沙，根據海岸線上不同的方向線可重覆的去計算淨總沿岸漂沙，沒有淨輸砂的方向線(平衡方向線)即可獲得。對於潮汐所驅動之流場所相對應之水位沿岸梯度在 LITDRIFT 亦可包括在內。LITDRIFT 利用漂砂輸送程式 STP 來計算漂砂輸送過程。STP 非常類似 MIKE 21 之 ST 程式，在下節會詳細的說明。

LITPACK 包含一個 LITLINE 的模組用來模擬海岸線的變化，LITLINE 又可稱為單線(one-line)之模式。基本假設是海岸線的變化是沿岸漂移海岸梯度的一個函數，並且假設海岸剖面形狀是固定的，在此種模式中堆積或侵蝕是模擬成海岸剖面作用部份斷面之移動情形。對於沿岸輸送上一個大型海岸構造物對海岸線變化的效應亦被簡單的包括在內。例如一個突堤就被假設在海岸線的某段距離區間(突堤的有效長度)阻礙了沿岸漂移之進行。LITPACK 可說是一個很強的工具，既可提供整體輸砂之資訊，亦能評估沙質海灘之長期發展。

詳細的 LITPACK 內容可參考使用手冊。

MIKE 21 是一個數值模式套裝軟體可分析波浪、流況、水位、漂砂輸送和水質。基本上所有的 MIKE 21 模組都使用相同的計算網格和相同的檔案格式，這樣可使資料非常容易的在各個不同模組間轉換。在本研究中有三種模式被使用：波浪場模式 MIKE 21 NSW、水動力模式 MIKE 21 HD 和一非凝聚性泥砂之傳輸模式 MIKE 21 ST。

MIKE 21 NSW 模式在第肆章已有詳細之描述，同樣的 MIKE 21 HD 模式亦在第伍章亦有清楚之說明。

MIKE 21 ST 模式是一個計算非凝聚性泥砂的傳輸模式。該模式可用來評估在海潮流和波浪共同作用下海域地形之底床侵淤速率。模式計算採用波浪場計算(NSW 模式)求得本區海域波浪場資料及流場計算(HD 模式，包括潮汐作用及波浪碎波產生之波浪驅動流)，求得本區流場資料再配合泥砂特性進行計算，可求得模式中每一網格點上泥砂輸送能力，並可進一步推導求出各網格點上之侵淤速率，模式之網格大小一般和水動力模式相同。

## 7-2 特定的模式建立

環繞著台北港之漂砂輸送型態在本研究中探討了現況配置以及未來兩個中、遠程配置。

在現況配置上從港口西南方一直到火力發電廠碎波帶間的漂砂輸送利用 LITPACK 已可清楚的計算出來。但是由於計畫中的港口範圍相當大，會影響整個海岸線，因此對於中、遠程的配置，港口西南方的波浪、流況及漂砂輸送場是極須利用二維計算的。

所以採用下列方法：

首先使用 LITPACK 之 LITDRIFT 來計算介於港口現況和火力發電廠之間經過一個特定斷面的淨總輸沙量。這個計算結果可以顯示沿著海岸剖面沿岸漂移的分佈以及近岸區內有多少不同的波浪條件可影響每年的平均漂砂輸送。這個資料可用來作為討論到底多少水深處可建立海岸保護結構物之參考，以及在 MIKE 21 執行中須要用多少個模擬加權來表示每年的平均輸砂量。

LITDRIFT 須要近岸波浪統計量作為輸入條件。就如同先前所說的，現行在台北港外觀測樁上之方向波浪儀，只記錄了一段期間，加上在處理原始資料上發生了一些問題，所以在現在的波浪統計量上並不採用，當然等該資料修正後，這些方向性波浪的資料將會是很有用的資訊。此時我們乃依據新竹外海 CBK 11 測站所蒐集之波浪統計資料結合風向之統計資料來做模式的輸入。由於 CBK 11 測站位於深水處，所以這些資料在應用到 LITPACK 時須先執行轉換，而此轉換乃在大區域模式 MIKE 21 NSW 時執行。

沿著海岸方向整個研究範圍超過 15 公里，主要的影響因素有淡水河之潮汐進出、颱風期間從集水區所產生之流量、波浪的作用和波浪所驅動之流場。由於台灣海峽的潮汐變化非常複雜，所以研究區域內沿著邊界上的水位變化必須先從一個大的模式來求得。為了解決此複雜情況，所以在水動力模式建立時，須先利用一個大區域水動力模式加上另一個比較小的小區域水動力模式。這個模式須包括風所驅動所產生之流況、潮汐和波浪，此即須要一個和水動力相同解析度的波浪場。所以透過大區域波浪場模式 MIKE 21 NSW，一個小區域的

NSW 模式被先建立。

在計算 MIKE 21 NSW 時，其模式地形有一些限制，就是在模式的計算網格上相對於波浪進入整個模式區域時，其 X 軸不能偏離邊界上主要的入射波方向超過 30°，是故利用兩個大區域 MIKE 21 NSW 水深地形建立來代表兩個季節風區域，再依據不同佈置及保護措施的有無來分別建立各個不同的小區域模式網格。

至於不同的網格或是不同的軸向可利用 MIKE 21 所附之服務程式 MIKE 21 T2TURN 來做轉換。MIKE 21 可執行下列各種不同檔案型式之轉換：

1. Type T0：一或多個項目之時間序列
2. Type T1：在計算網格時，延著一條線上之時間序列資料
3. Type T2：二維計算網格之時間序列資料

從一個模式可利用不同的服務程式，如 MIKE 21 T2\_T1 和 T2\_T0 來萃取資料當做另一個模式執行時之邊界條件。

MIKE 21 NSW 的大區域和小區域涵蓋範圍以及 MIKE 21 HD 之大區域和小區域涵蓋範圍詳如圖 5-1 及圖 5-2。而小區域模式之水深地形則表示在附錄 F 上。

緊接著 MIKE 21 ST 所進行的輸砂傳送計算則是在 MIKE 21 HD 的小區域模式範圍中執行。

模式的網格間距大小決定於精確度和計算速度之選擇，通常是採折衷的選擇。太細的網格間距會大大的提高執行時所花費的時間，但相對的太大的網格間距又可能無法正確的模擬正確的物理現象和過程。所以說在許可的時間範圍下選擇恰當的網格間距大小是門學問也是必須的。

依上述之考量，決定了描述水動力現象之模式範圍，在大區域模式中選用 200m 之網格間距解析度，在小區域模式中選用 50m 的網格間距可得折衷且較佳之效果。在模式的建立中，沿著台北港的結構物由潮汐和風所驅動之流況和水位變化現象都可很清楚的表現出來。其中比較困難的部份是相當小的波高時，

所產生之波浪驅動流；在這些情況時沿著海岸剖面其碎波帶在模式中只能用 5 到 10 個網格點來表示。這種效應會在非常近岸區中造成傳輸低估的趨勢，而此種不確定性可以沿岸漂移模式 LITDRIFT 利用各種不同的網格間距變化來解決。在 MIKE 21 ST 模擬中沿岸漂移低估的現象可利用各種不同水象情況加權到每年的平均漂砂輸送模型中獲得修正。

整組模式要完成一個潮汐時段，在一個 Pentium mmx-233 的 PC 上須執行大約 24 小時。在本研究中，11 種水象情況結合港口的三種佈置及各種不同的保護結構佈置，完成了完整的計算和比較評估。

對於一個給定的水象情況即給定時間時段相對於一個天文潮之時段，風速和風向，在小區域模式中邊界上河川之流量；其模式的執行過程詳述如下：

1. 依據水位測站之位置模擬計算出其構成之潮汐，做為大區域模式中邊界的水位資料。
2. 在大區域水動力模式中模擬其流況和水位結果。
3. 大區域波浪模式中其邊界上的波浪結果係利用風場來計算得出，而整個大區域模式則用來決定整體的波浪條件。
4. 從大區域水動力模式中萃取水位的時間序列，以便代入小區域的 NSW 模式，利用各種不同的水位來執行 Local NSW 模式。
5. 從大區域 NSW 模式中萃取波浪參數及資料做為小區域 NSW 模式之邊界條件。
6. 在小區域 MIKE 21 NSW 中執行波浪的模擬。
7. 從大區域水動力模式中萃取水位資料和流量資料做為小區域水動力模式之邊界條件資料。
8. 利用從大區域水動力模式中萃取之邊界條件和從小區域 NSW 模式中所獲得之輻射應力，加上模式邊界上代表源頭之河川流量後執行小區域水動力模式以模擬流況和水位。
9. 由流況、水位和波高、波向及其它漂砂之特性資料計算漂砂輸送結果。

經由上述的步驟產生整個模擬時段之漂砂輸送模型之時間序列，一個平均輸送場及模擬時段相對應之底床變化速率。

利用 MIKE 21 STINT 可將許多暴風情況所產生之漂砂輸送結果加權並加總在一起以獲得結果。

註：所有利用 MIKE 21 ST 所計算獲得之漂砂輸送速率，若無特別說明時都以實方來表示。

整個執行步驟，用圖 7-1 來說明。

上述模式的建立和率定可參考第肆章、第伍章。

### 7-3 所選定之水象情況(Hydrographic Scenarios)

模式所選定之水象情況概如前幾章所敘述，其中風的資料係利用在台北港外測站，從 1996 年 6 月至 1997 年 4 月所測得之資料做為水象情況之基本定義。至於波浪資料由於在波向之解析上尚未完全解決，所以利用美國海岸保護手冊 (Shore Protection Manual) 之原理來計算完整的風驅動波浪，並應用來做為大區域模式之邊界條件。

在漂砂輸送模式中，兩種風速 7.5m/s，12.5m/s，兩種風向 40°和 270°經評估後被使用。兩種乘以兩種，總計四種風的情況結合大潮和小潮兩種潮汐，組成八種水象情況。為了表現完整的一年水象，再加上一個典型的颱風情況。模式進行中，發現依據現場風統計資料及完全發展的波浪條件，會產生一個比代表性波高更大的近岸波高。由於水象情況的偏差，所以再加入兩種水象來修正其偏差：風速 10m/s，風向 40°結合大潮和小潮等兩種潮汐。至於颱風情況係利用一個定速 12.5 m/s，結合嚴重颱風的典型流量，從 40°方向來完全產生波浪。整個水象情況詳列於表 7.1。

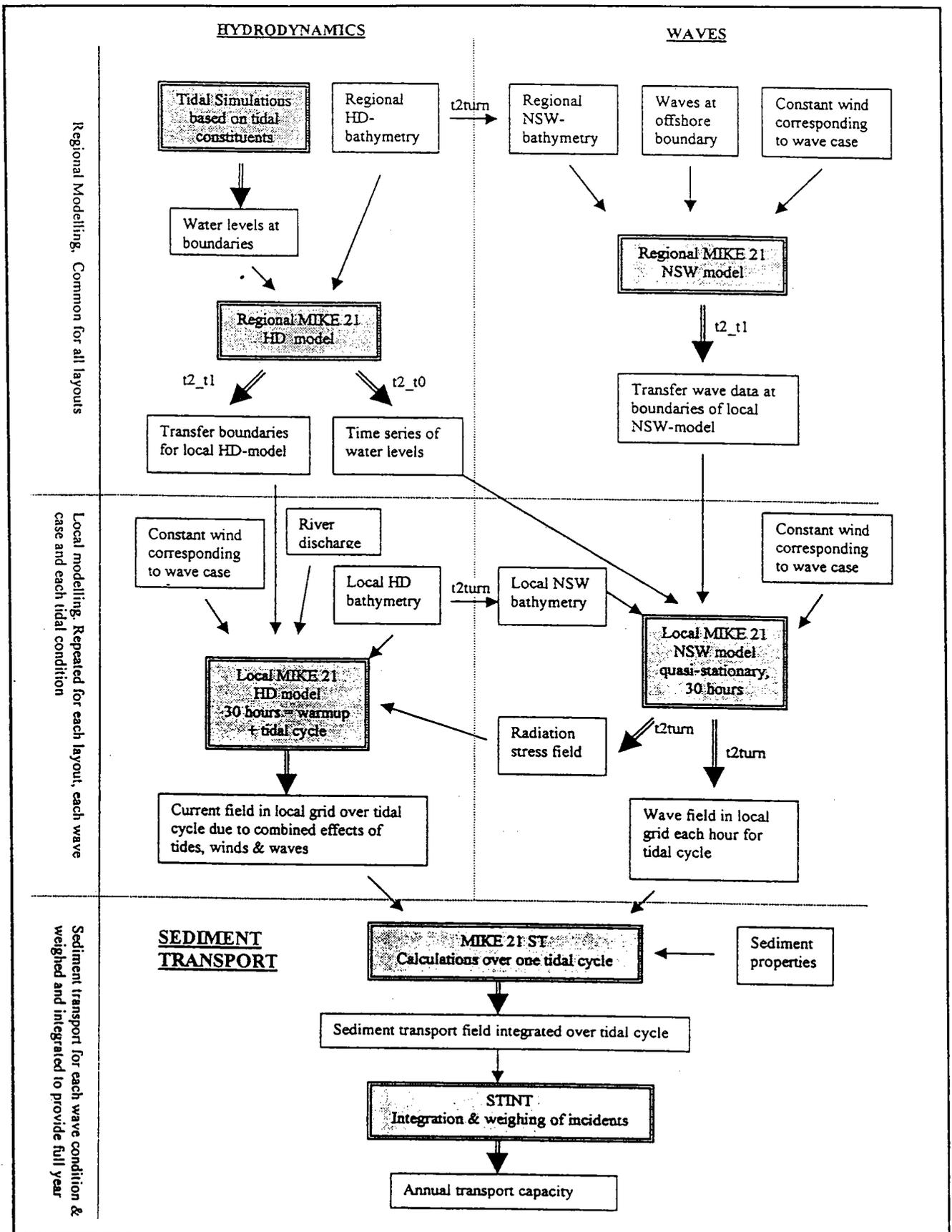


圖 7-1 計算二維漂砂輸送場之模式流程

表 7-1 MIKE 21 模式中所使用之水象情況

ID	Wind		Waves		Tide	discharge	
	Speed [m/s]	Direction [°]	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>m</sub> [s]		Northern branch [m <sup>3</sup> /s]	Southern branch [m <sup>3</sup> /s]
40-1s	7.5	40	1.8	6	Spring	9	11
40-1n	7.5	40	1.8	6	Neap	7	6
40-3s	10.0	40	3.6	8	Spring	9	11
40-3n	10.0	40	3.6	8	Neap	7	6
40-2s	12.5	40	6.3	11	Spring	9	11
40-2n	12.5	40	6.3	11	Neap	7	6
Typh.	12.5	40	6.3	11	Spring	400	3500
27-1s	7.5	270	1.8	6	Spring	2	21
27-1n	7.5	270	1.8	6	Neap	3	7
27-2s	12.5	270	3.7	7.7	Spring	2	21
27-2n	12.5	270	3.7	7.7	Neap	3	7

在大區域水動力模式中邊界上的大潮和小潮變化係由基隆(KL)、淡水(HO)、竹圍(CW)和新竹(HC)等測量之水位變化推導得出。在東北和西南邊界上的水位變化由基隆和淡水測量水位之平均值及竹圍和新竹測量水位之平均值估計獲得。兩組潮汐的構成經由計算得出，再計算出兩個潮汐的時間序列。從這些時間序列中環繞大潮和小潮各 30 個小時時段被選定用來做以後之模式使用。主要的分析係選擇 1996 年 7 月和 1996 年 12 月，這兩個期間所計算之潮汐變化顯示在圖 7-2，而所選定之小潮和大潮時段亦表示出來。由 7 月所得之大潮、小潮資料係結合從 270°而來之風，而由 12 月所得之大潮、小潮資料係結合從 40°而來之風。

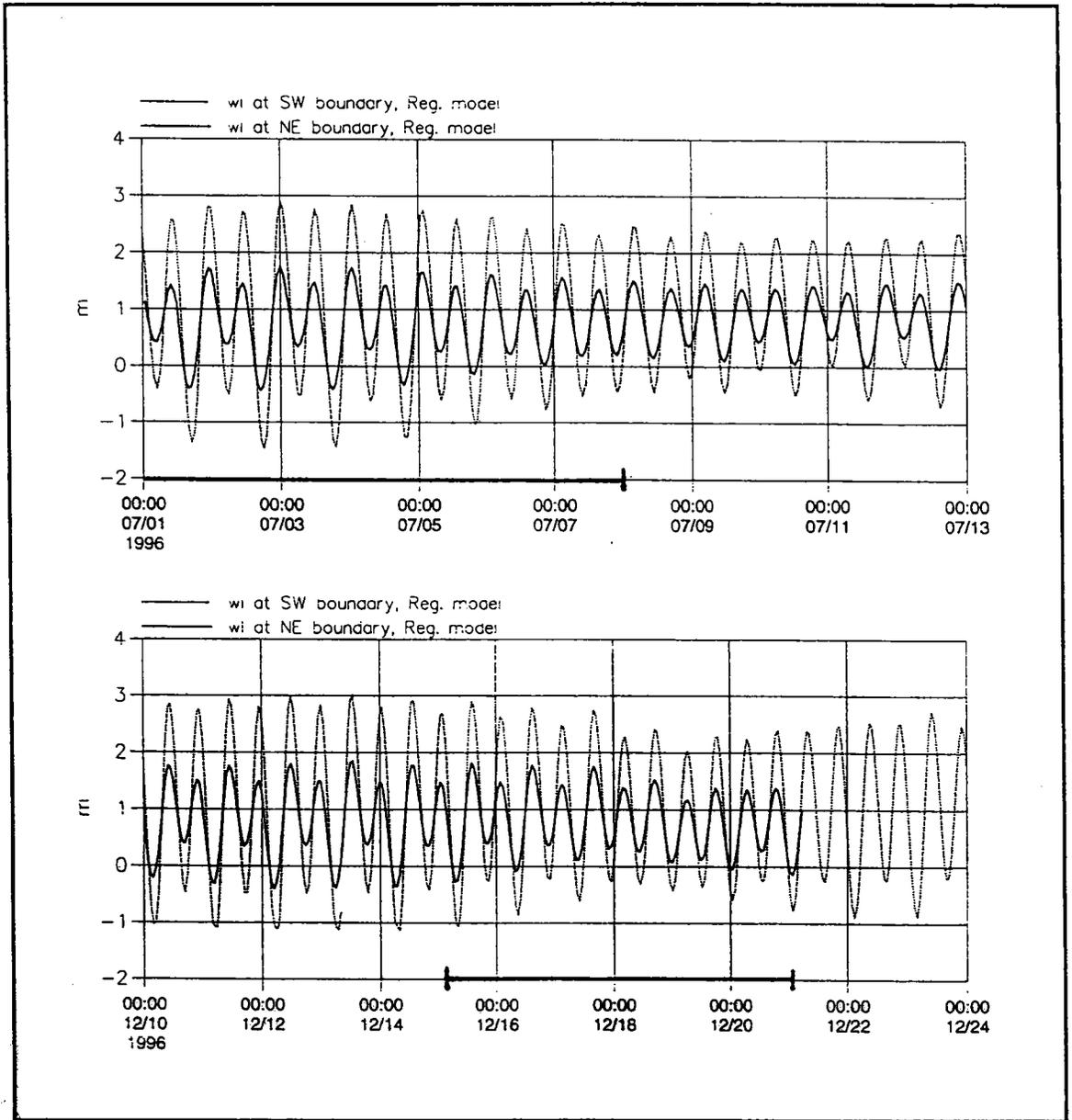


圖 7-2 大區域水動力模式中沿著東北和西南邊界所計算之潮汐水位  
(模式中所使用之大潮、小潮時段亦表示出)

# 捌、漂砂傳輸之現況分析

## 8-1 開放式海岸之漂砂平衡

如前所述利用 LITPACK 可以分析碎波帶間之漂砂輸送，即淨及總量沿岸傳輸，而此計算可以達到兩個目的：

1. 對於不同方位角之海岸線計算其淨及總量沿岸輸砂，從而找出海岸線的平衡方位線。
2. 可提供執行 MIKE 21 ST 結果時的加權參考，以便獲得一個每年平均漂砂輸送型態。

### 8-1-1 近岸波浪統計量

沿岸波浪參數對於漂砂輸送是相當的敏感，如同前幾章所言，現行使用的波浪統計量乃使用從 CBK 11 測站所獲得之資料量。很可惜的是該測站的波浪測量儀並不是方向性的波浪測量儀，所以並無法提供波浪的方向性資訊。爲了獲得波浪的方向性，乃利用相同測站所測得之風統計量求得其關聯性。從水深超過 15 公尺的深水波浪利用大區域的 MIKE 21 NSW 模式來進行其波浪轉換。所使用的波浪及風統計量，則如第陸章所述。

圖 8-1 表示了典型東北季風波浪中，深水處和近岸位置其波高和波向關聯性之計算結果，圖 8-2 表示了西南季風時之關聯性計算結果。在計算中波向的轉向和波高的減小都有考慮。兩個圖中模式資料的近岸萃取位置都特別標示出來。

風的統計量經由風玫瑰圖數化整理得表 8-1

表 8-1 離岸的風統計量

(%每年百分比)

風速	N+NEE	NE	ENE	S+SSW	SW+WSW
< 5 m/s	7.6	6.4	4.2	9.3	7.6
5-12.5 m/s	12.5	16.1	6.5	4.3	1.5
> 12.5 m/s	2.3	6.0	1.8	0	0

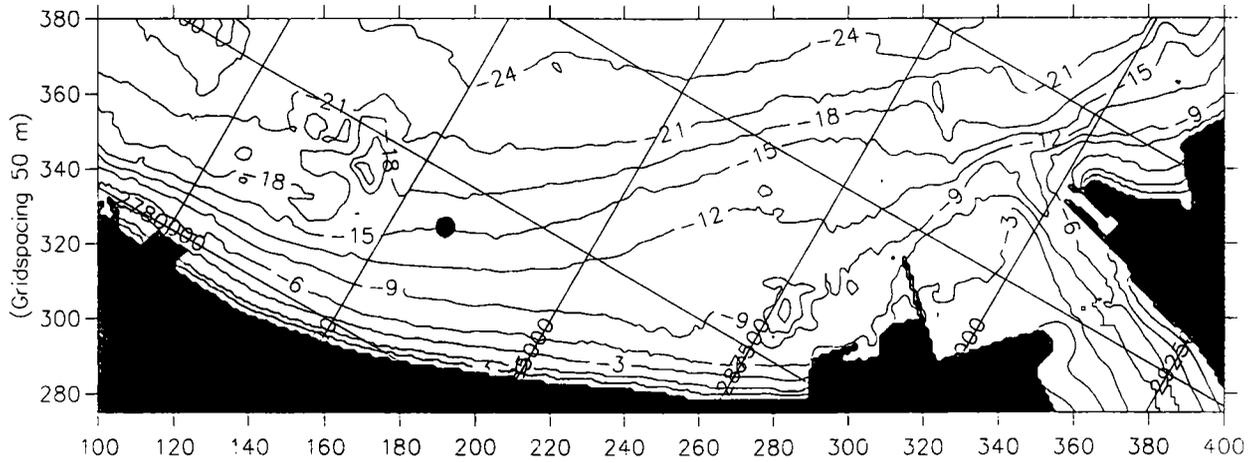
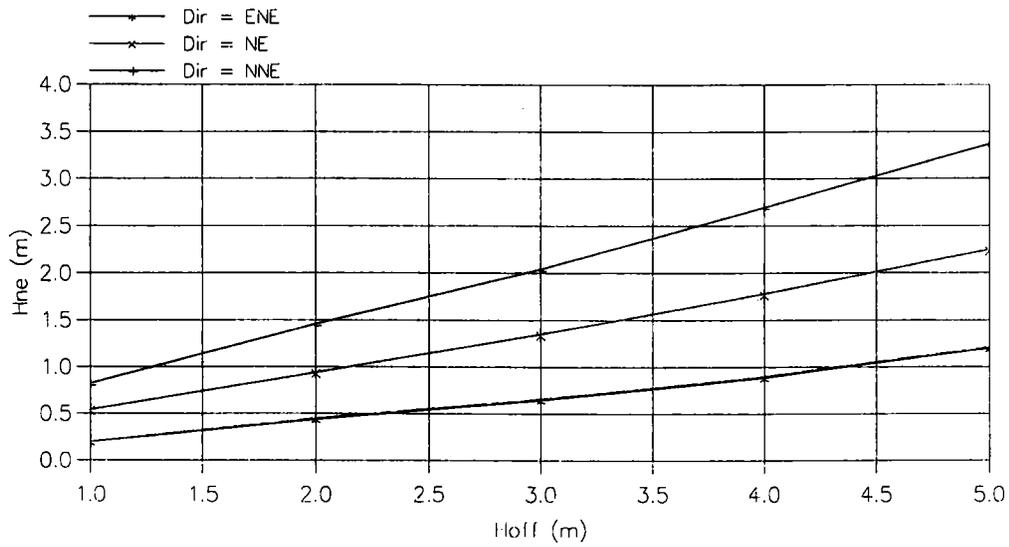
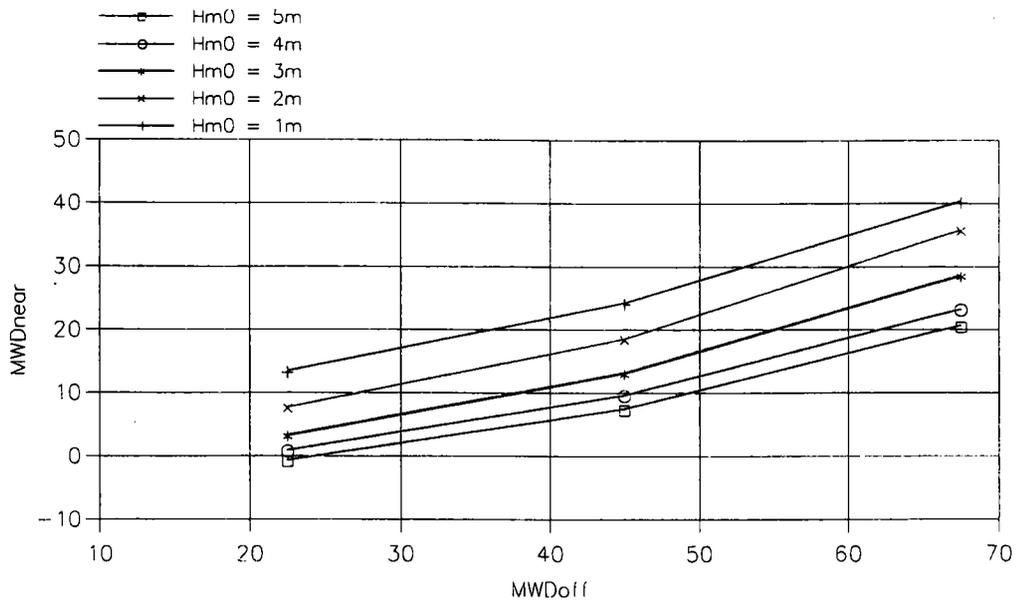


圖 8-1 東北季風波浪離岸和近岸之波浪變數相關性

比較兩個季節中風速和波高的超越頻率(exceedance frequency)，深水中從某一定方向波浪發生的頻率就可估計出來。最後離岸波浪統計量和相對應的近岸波浪參數被整理如表 8-2。

非常重要的一點就是對於任何海岸研究，正確的波浪資料是相當需要的一部份。因此強烈的建議能長期性的在台北港外海觀測樁從事測量及處理波浪資料。

#### 8-1-2 淨及總沿岸漂砂量、平衡方位角及終止深度

(Net and Gross Littoral Drift, Equilibrium Orientation and Closure Depth)

在台北港附近開放性海岸選擇了一個特定的斷面，使用 LITPACK 模組來計算其淨及總沿岸輸砂量，此斷面表示於圖 8-3。這個海岸線(近岸水深等深線)的向角估計大約為  $338^\circ$ 。(在以後，海岸線的方向角即定義為朝向海岸垂直線的方向，方位角以 " $\alpha$ " 來代表)。

執行 LITPACK 時，沿著此斷面選用了各種不同的網格間距來做測試，最後選定了 10 公尺來做為主要執行的網格間距。至於近岸波浪參數則如同 8-1-1 節所言，考慮此斷面離岸 15 公尺水深處之特性恰是有效的。另外，漂砂的性質亦如同前所使用之 MIKE 21 模擬，即  $d_{50}=0.25\text{mm}$  及  $\sigma=1.45$ ，為了包含整個潮汐變化的效應，此計算採用了好幾個水位來做模擬。

LITPACK 要有進一步的校正是必須根據長時期地形發展的觀測，即在大型結構物附近之淤積或侵蝕，以及海岸線上淨輸砂量為零的所在方位角等等。

利用水深之測量，台北港附近近岸區的體積改變量已經有超過一年的結果計算，詳 8-3-2。所觀測得知之侵蝕情況可提供一個控制範圍方塊內兩邊漂砂輸送速率差異之數量依據(如 8-3-2)，並可與所計算出之淨沿岸漂砂輸送速率做比較。假設流經向岸的邊界，向海的邊界和朝向港口之邊界等三個輸砂量，其淨輸送量是零，則在一年中所測量得知穿過西南邊界的淨輸砂量是  $428,000\text{m}^3$ 。在比較偏南方的位置 LITPACK 模擬得出一個  $488,000\text{ m}^3/\text{year}$  之結果，此數量可能係海岸線方位角的差異，所以得出的輸砂量偏大。根據 LITPACK 的計算，採

表 8-2 離岸波浪統計量和相對應的波浪變數

Offshore Conditions		Frequency of occurrence	Near-shore Conditions	
H <sub>s</sub> [m]	Direction [°]	[%]	H <sub>s</sub> [m]	Direction [°]
5.00	22.5	0.144	3.4	359
	45	0.375	2.2	7
	67.5	0.113	1.2	21
4.75	22.5	0.144	3.2	360
	45	0.375	2.2	9
	67.5	0.113	1.2	21
4.25	22.5	0.273	2.9	360
	45	0.713	1.9	9
	67.5	0.214	1.0	22
3.75	22.5	0.604	2.5	3
	45	1.57	1.6	11
	67.5	0.47	0.8	24
3.25	22.5	1.31	2.2	3
	45	3.41	1.5	12
	67.5	1.02	0.7	26
2.75	22.5	1.51	1.9	5
	45	3.94	1.3	15
	67.5	1.18	0.6	31
2.25	22.5	2.32	1.6	6
	45	6.06	1.0	16
	67.5	1.82	0.5	33
1.75	22.5	4.81	1.3	10
	45	6.19	0.8	20
	67.5	2.50	0.4	38
1.25	22.5	4.80	1.0	11
	45	4.10	0.6	23
	67.5	2.70	0.2	39
4.25	202.5	0.05	0.6	253
	225	0.02	0.9	278
3.75	202.5	0.19	0.5	250
	225	0.06	0.8	275
3.25	202.5	0.52	0.4	248
	225	0.18	0.7	273
2.75	202.5	0.68	0.4	242
	225	0.24	0.6	269

從 CBK 11 測站所測得之資料可推導出波高和週期的關係：

$$T_s = 5.6 + 0.75 H_s$$

$$T_s \text{ in [s], } H_s \text{ in [m]}$$

$$T_m = T_s / 1.21$$

用其二維結果之加權總量，可獲得一個  $420,000 \text{ m}^3/\text{year}$  之結果，非常接近所測得  $428,000 \text{ m}^3/\text{year}$  之數量。對於此特定的一年，所實測之侵蝕情形與所計算之平均每年侵蝕結果非常接近。但是也須注意的是每一年的變化量都可能有相當大的差異，尤其是颱風因素的影響。另外所計算的漂砂體積變化對於水深測量時之小誤差亦非常敏感。這兩個不確定的因素只有經過一長期的測量才可以減少其誤差。

在圖 8-4 中表示了穿過計算斷面的向北、向南以及淨輸砂量。延著海岸線的定向線總計淨輸砂量為  $488,000 \text{ m}^3/\text{year}$  向西。在此一代表年中向東輸送的成分非常接近零，但可能某一年中一個颱風帶著從西方向來的波浪就會造成很可觀的向東輸砂量。長期來看這是個平均年，可決定近岸區地形之發展。

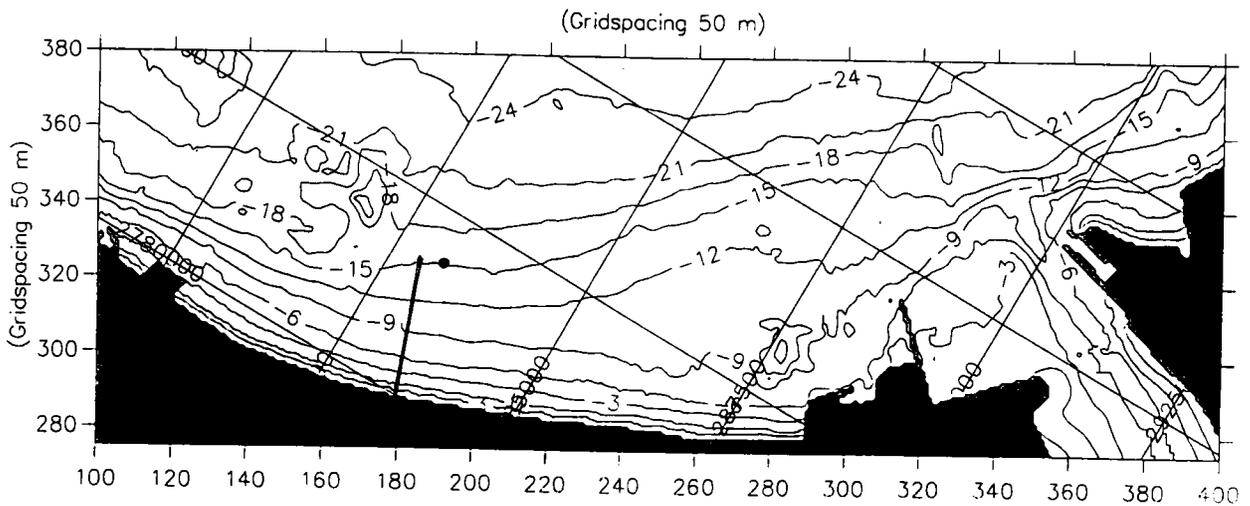


圖 8-3 採用 LITPACK 分析的斷面位置以及近岸波浪參數

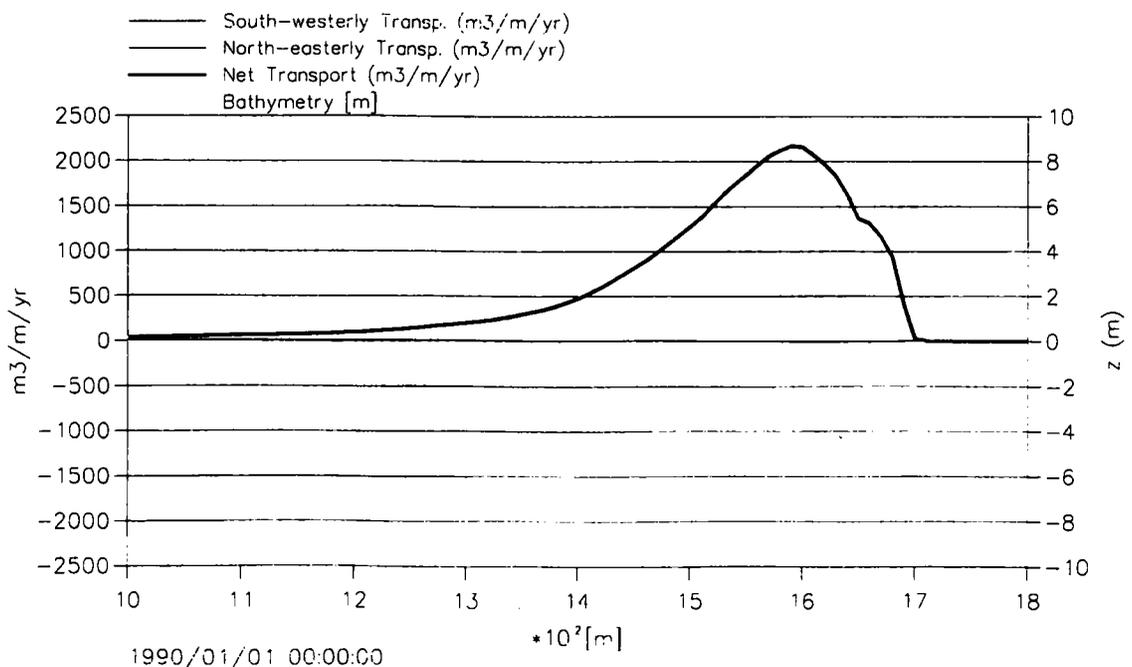


圖 8-4 經過海岸線方位角  $338^\circ$  的海岸剖面之東北向、西南向及淨沿岸輸砂

沿岸漂砂最主要都是發生在水深小於 7 公尺以內的地方，而終止水深 (Closure Depth) 就是在此水深內主要的傳輸過程是與波浪驅動流和波浪碎波相關。在本研究中，由於台北港鄰近地區有較強的潮汐和風驅流，所以漂砂亦發生在水深大於終止水深處。雖然環繞在終止水深附近仍然會有些小的輸砂率，但是在近岸區中的形態過程中最主要的還是碎波區之傳輸現象。在 8-2 節會有更詳細的討論。

有關不同海岸線方位角其淨沿岸輸砂量  $Q$  以及向南和向北的輸砂成份於本研究中都有計算。此種關聯性稱為  $Q-\alpha$  關係，即代表輸砂量和海岸線定向角的變化關係，整理如圖 8-5。在這個沿著海岸的位置(在此位置以特定的波浪入射)，如果此海岸線定向角接近  $9^\circ$  時，則其淨輸砂量會為零。在這個定向角上，其向北的輸砂和向南的輸砂量會達到平衡，而在這兩個方向上其數值大小，大約是  $80,000 \text{ m}^3/\text{year}$  的輸砂量。

值得注意的是上述的分析對於海岸過程中的整體描述和定量化結果都相當的重要，不僅對於一維的處理，同樣的對每年的二維結果分析也都很重要。整體結果的可靠度前題是須要有可靠的波浪資料；本研究中尚缺少有效的方向性離岸波浪資料，倘有更可靠的波浪資料時，對於未來的研究會更有效益。

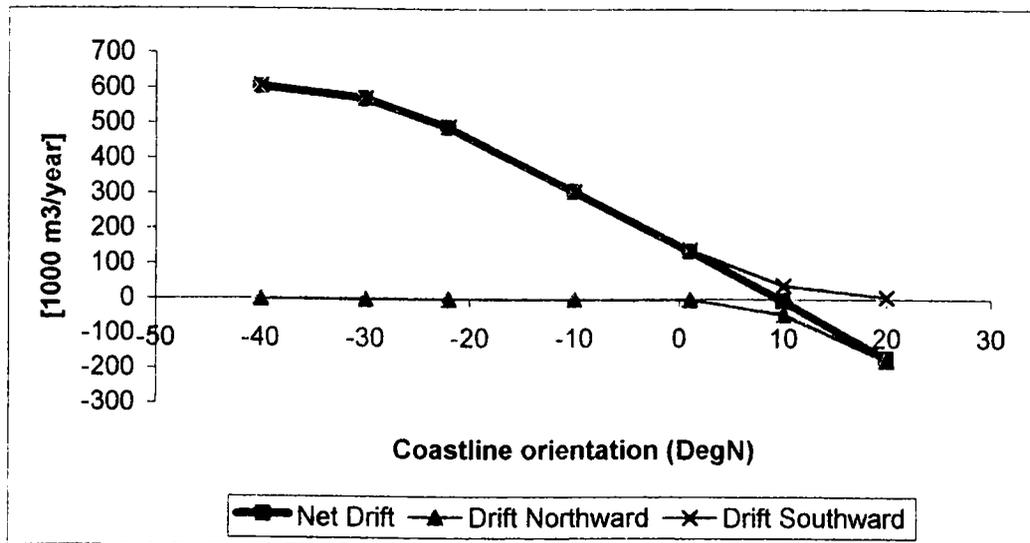


圖 8-5 淨輸砂量以及向西南和向東北輸砂成份與海岸線的各种方位角之函數關係(即  $Q-\alpha$  關係)

## 8-2 現況的波浪、流況和漂砂輸送型態

本節中描述所計算之波浪、流況和漂砂輸送型態以及一些海岸發展過程之討論。MIKE 21 的波浪、流場和輸砂模式被用來定量輸砂量之變化。這些模式的建立和所模擬的水象情況在第柒章有詳細的說明；而水動力模式和波浪模式的校正則在第肆章和第五章已詳細討論。

在 8-1 節中沿岸輸砂分析中指出最重要的水象條件是以 40-3n 和 40-3S 這兩種模擬情況表現得最好。在圖 8-6 和圖 8-7 中展示了水象情況 40-3S 在最大漲潮和最大退潮時之波浪、流況和輸砂型態。其它條件最大漲潮和退潮時之波浪、流場和輸砂型態則另繪於附錄 H 之 Dwg. H-1~H-22。個別的結果如下分析說明：

### 波浪型態

沿著本研究區域(從火力發電廠到淡水河口)從西到東的水深等深線其定向角有一些變化。當東北季風波浪接近水深等深線時在東側處會比在西側區會有一更大的夾角。因此波浪會在東側產生較大的折射現象，並且造成波浪變小；在近岸區中東側的波浪與西側比較甚至會產生波浪反時鐘轉向之現象。沿著區域往外，波高從東側往西側會有相當大的增大情形，此種變化乃係因台灣北部外海水深地形之關係。當波浪接近東側區域時會比接近西側時更向岸靠近，而接近更淺水區。所以在東側的波浪當接近近岸區時會損失更多的能量。這些現象描繪於圖 8-8，展現此大區域波浪模式 40-3 的水深地形和波浪場。

### 流場型態

現況配置、中程配置及遠程配置的流場型態在模擬時段中以每隔兩小時間隔繪出，表示於附錄 G，Dwg G-1~G-13。港口的波浪驅動流從主防波堤的西側遮蔽區往西加速，這個波浪驅動流非常的大，即使在最大的退潮流(在深水區水流向東流)時在碎波帶內的水流方向也仍然是向西進行。在碎波帶間其流速僅受潮流輕微的影響。

在中程及遠程配置中可發現港口的南側有一個大的漩渦，這個大的漩渦和港口的淤積影響會在第拾章中另行討論。由圖中更可發現此區域中加速的沿岸

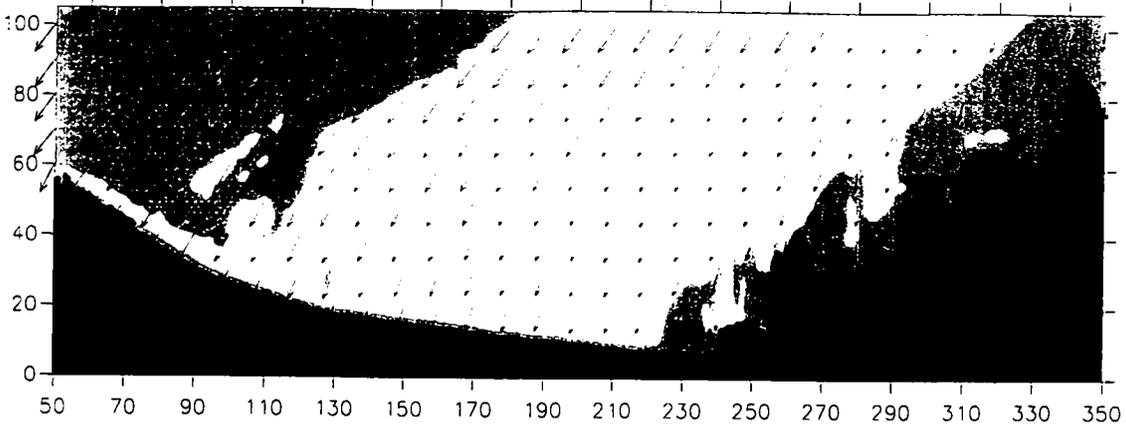
波浪驅動流向南移動，首先從現況配置往中程配置(Stage 1)移動，接著從中程配置往遠程配置(Stage 2)移動。這個沿岸波浪驅動流加速的區域位置決定了港口西南側沿著海灘最大侵蝕區的區域。

### 漂砂輸送型態

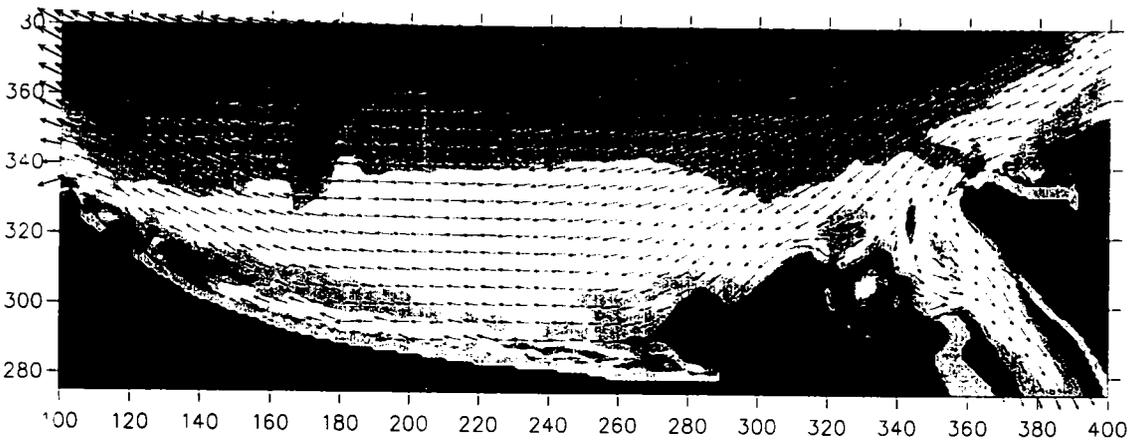
漂砂輸送型態與流場非常的相似，波浪的碎波效應清楚可見，在碎波帶中其輸砂率會達到最大值。從現況的配置中其輸砂型態可清楚的看到在港口南側碎波帶間傳輸的遞增情形，而此傳輸梯度造成了港口南側嚴重的侵蝕問題。

值得注意的是該地區潮流相當的大，在深水區中足以產生相當大的輸砂率。但是當計算輸砂率是以一個完整的潮汐週期來計算時，發現在漲潮間的傳輸率和退潮間的傳輸率，兩個不同情況的傳輸結果幾乎是互相平衡的，所以在深水中其淨輸砂率是相當的小。

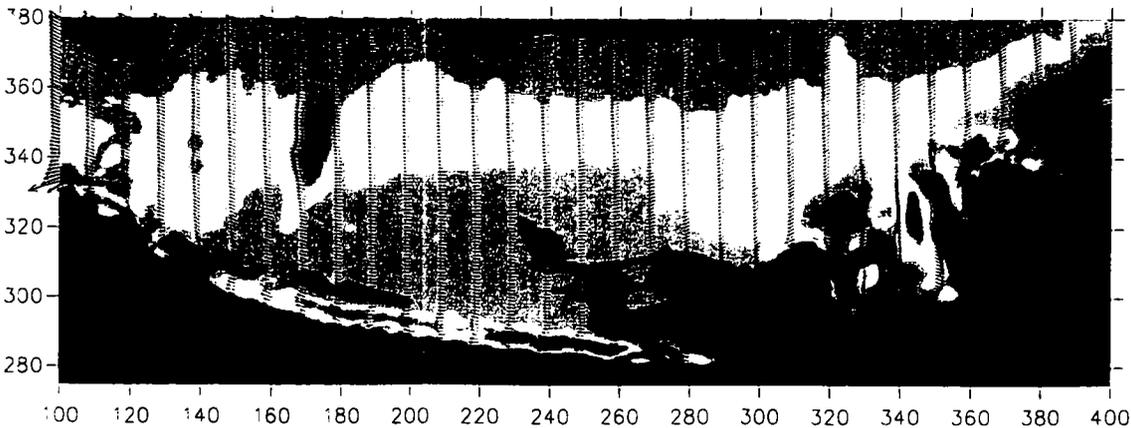
(Gridspacing 50 m)



1996/12/13 09:00:00



1996/12/13 09:00:00



1996/12/13 09:00:00

圖 8-6 水象條件 40-3s 之波浪、流場和漂砂輸送型態，即離岸有效波高 3.6m，波向 40°，大潮及最大漲潮時。

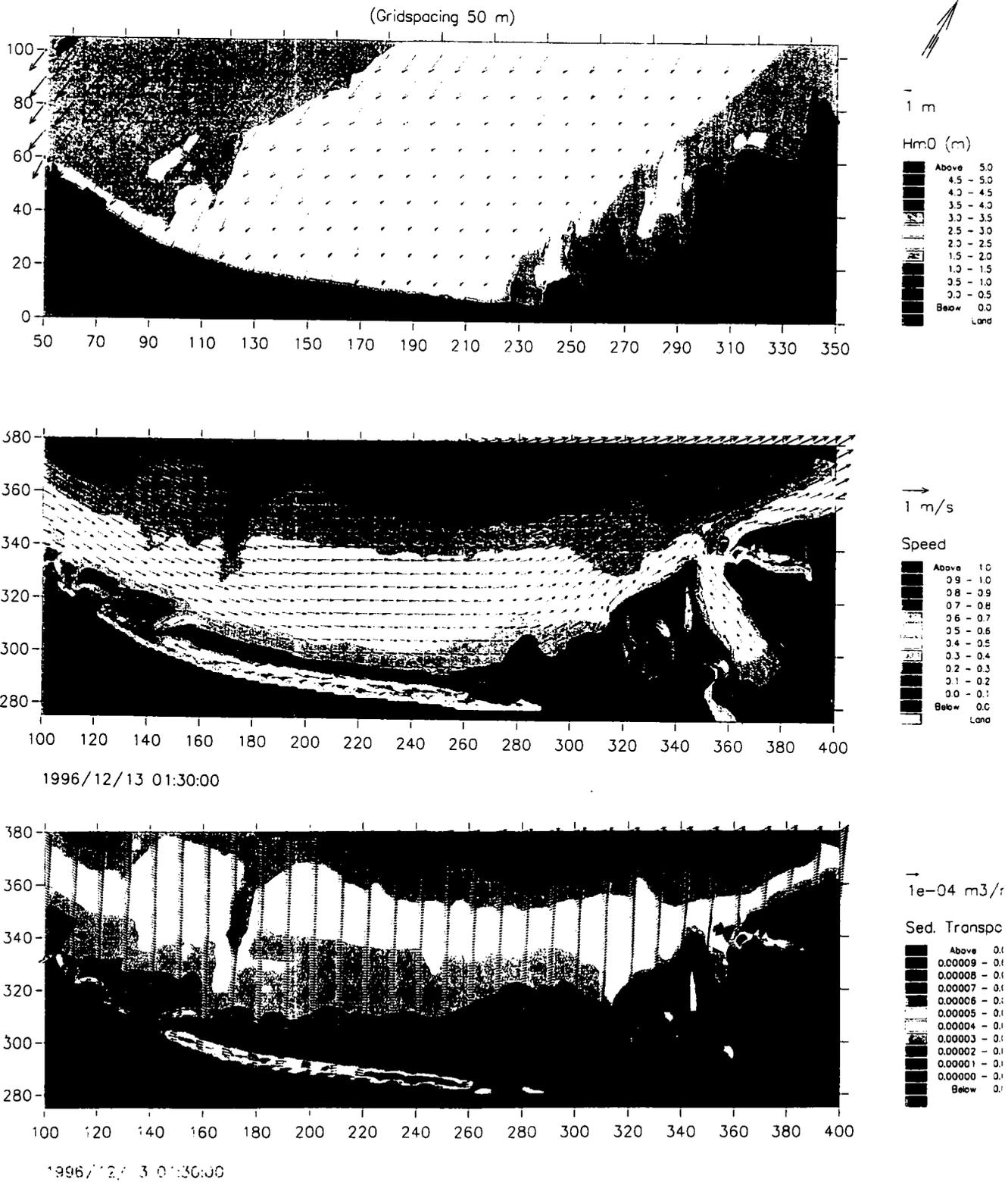


圖 8-7 水象條件 40-3s 之波浪、流場和漂砂輸送型態，即離岸有效波高 3.6m，波向 40°，大潮及最大漲潮時。

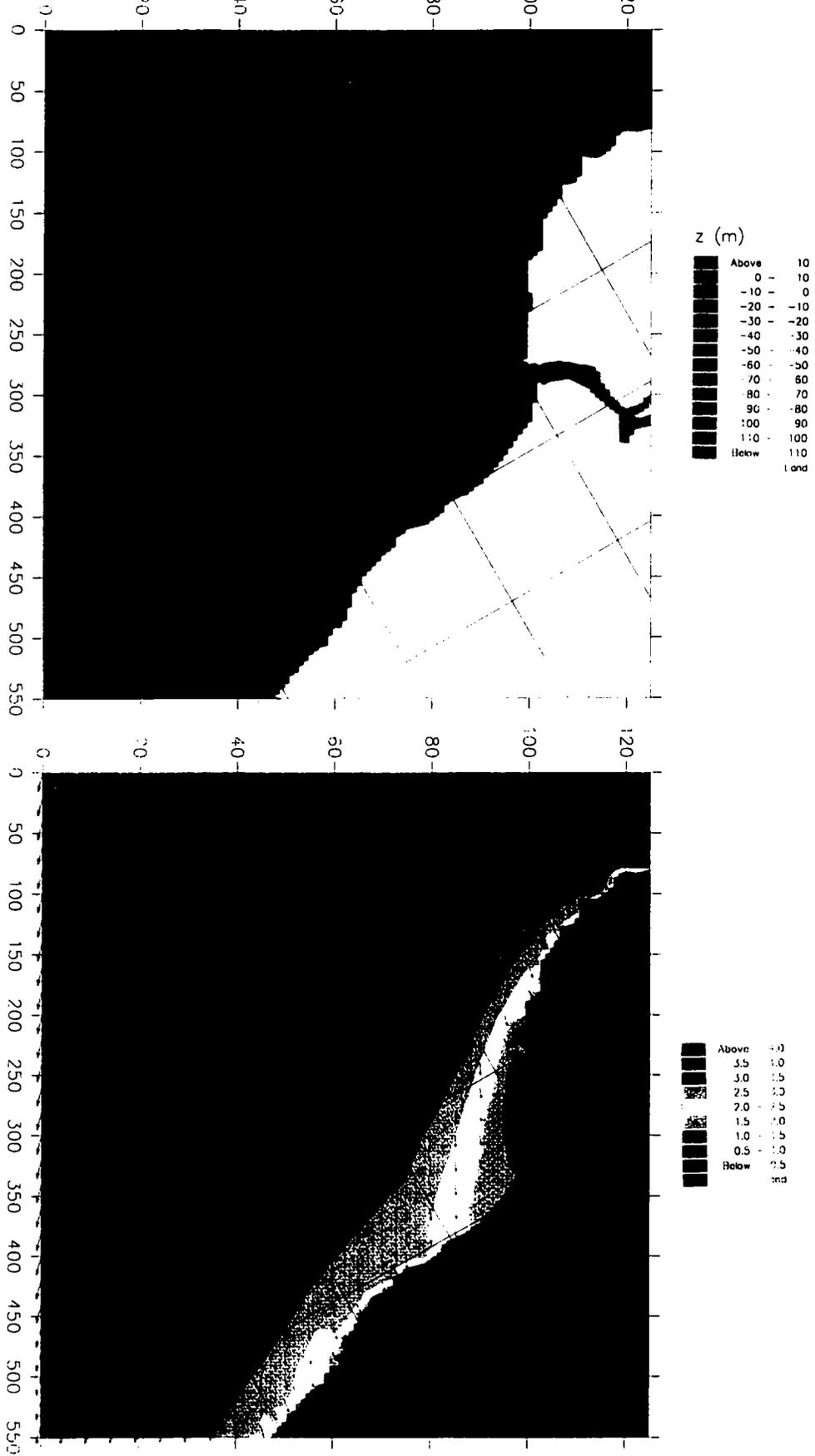


圖 8-8 MIKE 21 NSW 大區域模式之水深地形和波浪場  
水象條件：40-3

## 8-3 現況的每年漂砂輸送特性

### 8-3-1 MIKE 21 模擬的加權因素

在本研究中二維的年淨漂砂輸送型態可從 11 種模擬水象情況加以整理求出一加權因子並予以加總來獲得。這個加權因子可以從某一特定斷面由 LITPACK 計算其漂砂輸送結果以及在同一斷面採用 MIKE 21 計算其輸砂率來做比較後決定之。前述的研究中已經用 LITPACK 執行了完整的波浪統計量模擬，並利用一些蒐集到的資料做率定後求得每年平均的輸砂量。在計算中並採用一些 MIKE 21 的結果加權加總來符合其結果。

波浪參數和流況對於漂砂的輸送影響甚巨。在碎波帶間，當波浪從深水以接近  $50^\circ$  的角度接近海岸線時，其波浪驅動流會從直接入射波浪時的零值一直變化到最大。在碎波帶間，主要係由波浪及波浪產生之水流來影響輸砂結果；而在深水中主要的影響因素則是潮汐和海洋流。要求得正確的結果，在碎波帶間對於各種不同的波浪狀況最要緊的就是要決定正確的加權因子。而在深水部份，最重要的就是要求得正確的海潮流，所以在每個波浪狀況模擬時都同時採用大潮和小潮來模擬。至於波浪因子的計算方法則在下述詳細說明之。

在 8-2 節中，沿岸輸砂量已經採用 LITPACK 來計算總共 35 種離岸波高和波向的組合。但由於在 MIKE 21 的計算上僅須 5 種離岸的波浪條件，所以一些同樣朝北和朝南的沿岸輸砂量必須結合起來組成 5 種波浪條件。整個應用在 LITPACK 之離岸波浪統計量因此個別群組成 5 組波高和波向，如表 8-3，而每一組又分別代表兩個 MIKE 21 模擬，一個為大潮，另一個為小潮。經由與 LITPACK 分析時所使用同樣的斷面，沿岸輸砂量可從 MIKE 21 模擬中萃取出來。就整個沿岸輸砂的貢獻所使用的全部 LITPACK 波浪情況，代表性的 MIKE 21 水象情況和所計算出來的加權因子都表示在表 8-3 中。

值得注意的是計算中選用  $270-1n/s$  來代替  $270-2 n/s$  之波浪情況，即從西南方向來的較大的離岸波浪。主要的原因即是對於一個在深水中以  $270^\circ$  方向來的模擬波浪其近岸波浪波高比在西南季風期的實際波浪高來得大，其離岸的波向又可見比  $270^\circ$  方向還要更南向。因此這個  $270-2n/s$  模擬情況可能更足以代表一極端事件，像一個典型西南季風時之颱風狀態。

表 8-3 離岸波浪條件 包括發生的機率，每個情況(P×q)所提供的輸砂量，所代表的 MIKE 21 水象情況，代表性水象情況計算出之沿岸輸砂量和加權因子

H <sub>s</sub> [m]	Dir. [ °]	P [%]	p·q [m <sup>3</sup> /year]	Repr. MIKE 21	Q <sub>MIKE 21</sub> [m <sup>3</sup> /year]	Weighing factor
1.25	67.5	2.70	128	40-1s 40-1n	407000 397000	0.21 0.21
	45	4.10	8377			
	22.5	4.80	23855			
1.75	67.5	2.50	1049			
	45	6.19	23787			
	22.5	4.81	43565			
2.25	67.5	1.82	2339			
	45	6.06	36196			
	22.5	2.32	32523			
		Σp=35.3	Σpq=171871			
2.75	67.5	1.18	2657	40-3s 40-3n	1223000 1215000	0.12 0.12
	45	3.94	46443			
	22.5	1.51	32013			
3.25	67.5	1.02	3090			
	45	3.41	53861			
	22.5	1.31	37423			
3.75	67.5	0.472	2098			
	45	1.574	29762			
	22.5	0.604	23978			
4.25	67.5	0.214	1581			
	45	0.713	20087			
	22.5	0.273	13523			
4.75	67.5	0.113	1366			
	45	0.375	13723			
	22.5	0.144	9251			
		Σp=16.8	Σpq=290865			
5.00	67.5	0.113	2339	Typh	4065000	0.007
	45	0.375	36196			
	22.5	0.144	32523			
		Σp=0.63	Σpq=171871			
2.75	225	0.24	334	27-1s 27-1n	527000 518000	0.001 0.001
	202.5	0.68	≈0			
3.25	225	0.18	371			
	202.5	0.52	≈0			
3.75	225	0.06	214			
	202.5	0.19	≈0			
4.25	225	0.02	103			
	202.5	0.05	≈0			
		Σp=1.94	Σpq=1023			
Calm		45		Calm-s	0	0.166
				Calm-n	0	0.166

七個 MIKE 21 代表性水象情況的加權因子加起來總計百分比為 66.9%。其餘 33.1%的加權因子代表其波浪狀況比表列各水象狀況更小的波浪狀態，即平靜(calm)狀態。平靜狀態的相對應百分比時間，即考慮當其離岸波浪波高低於表 8-3 上所考慮之狀況，根據波浪統計量為 45%。而此差別最主要是由於下列兩個原因：

每一個 MIKE 21 執行的波浪事件代表 LITPACK 中好幾個波浪條件，但其中有一些偏差。

在 MIKE 21 中相當粗糙的網格間距無法完全解析碎波帶之結果 在碎波帶的輸砂量會有一低於預期的現象。而此效應已經在 LITPACK 中予以研究和量化。當我們以此斷面來做校正時，若網格間距使用 50m 來做間距則須要一修正因子 1.23。相對於 50 公尺和 10 公尺兩種網格間距，其個別淨輸砂的斷面分佈繪於圖 8-9。

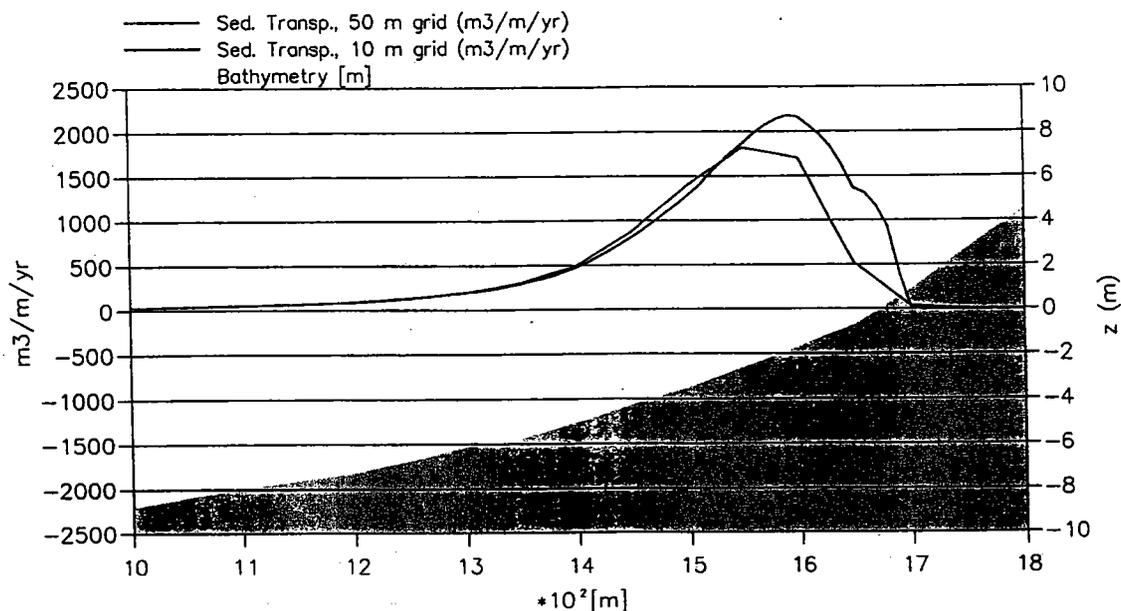


圖 8-9 採用 10 公尺和 50 公尺兩種網格間距所計算出之沿岸輸砂量

在碎波帶外，其流場係由風和潮汐來驅動，就可採用 50 公尺網格間距來解決此過程，其加權因子可以加總到 1。爲了達到此結果，在 MIKE 21 水象情況中再加入兩種平靜狀態，分別對應於一個大潮和小潮現象，而其波高爲零。

從表 8-3 中可以發現在東北季風時，主要的離岸波浪條件都是集中在從 NNE 和 NE 方向而有效波高在 1.5 公尺至 4 公尺間之波浪。在西南季風時只有非常大的波浪(大於 2.5 公尺波高)從 SW 方向來，會造成沿岸輸砂之影響，但是它的分佈機率仍是非常的小。此乃在此研究區域範圍當波浪接近海岸線時會產生一個很大的折射；所以從西南方向來的波浪其到達海岸線的波浪能量是非常的小。

### 8-3-2 每年淨輸砂型態的驗證

每年的淨輸砂型態利用在表 8-3 所列出之加權因子加以計算，其淨輸砂率表示在圖 8-10 上。

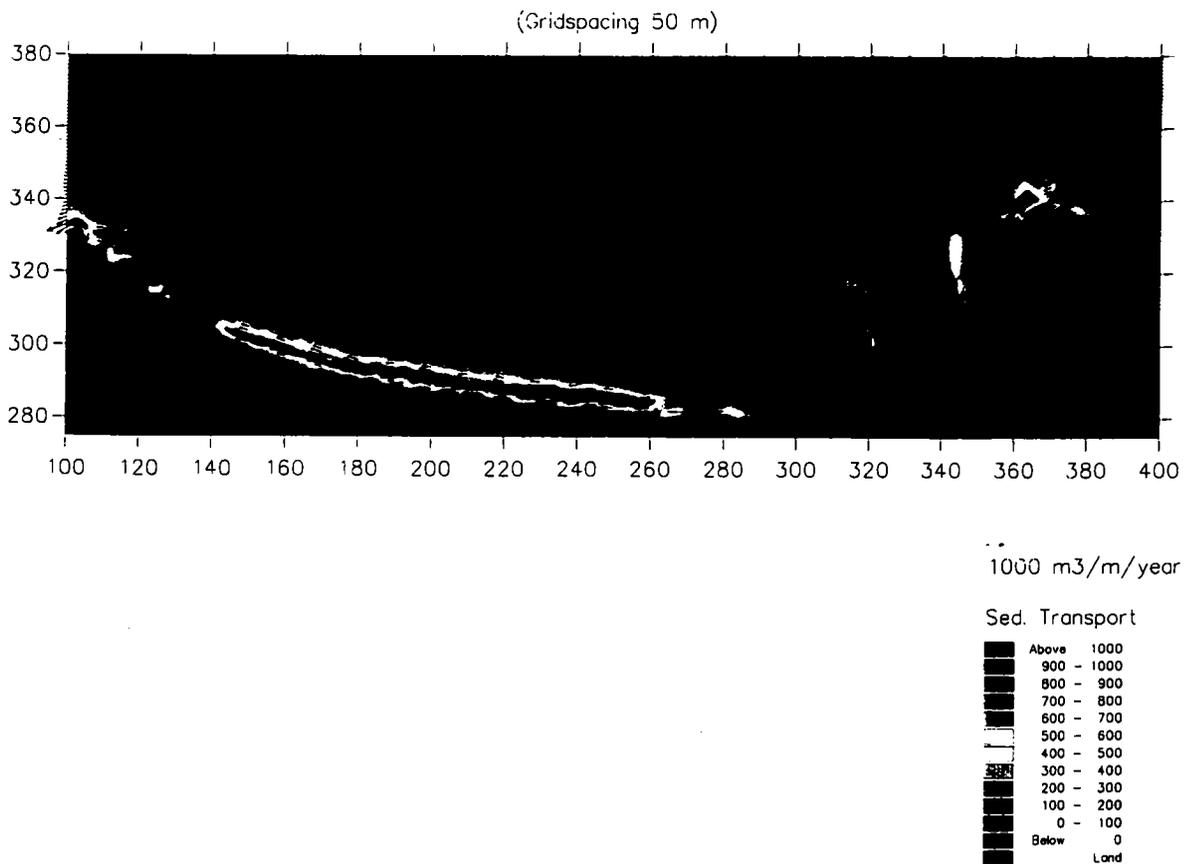


圖 8-10 現況條件計算出之淨輸砂率

本所在 1996 年 5 月、10 月以及 1997 年 5 月、10 月在台北港附近水域都進行了詳細的水深測量。所測量的地形變化從 1996 年 5 月到 1996 年 10 月，從 1996 年 10 月到 1997 年 5 月以及 1996 年 5 月到 1997 年 5 月都有計算。這些計算結果描繪在圖 8-11 中的 a、b、c。由於所測量的地形變化非常稀疏，是故以一個短的時間來做分析的確是有些困難。主要的不確定因素乃是測量本身的誤差及涵蓋整個範圍之水深測量線轉換到網格上時所產生之誤差，可能就會比地形變化本身的大小來得大。當地形變化很小的時候，稀疏的圖形就無法計算在深水中等深線的移動；所以當進行測量時最好有一個相當長的時間間隔。

在碎波帶間其地形變化的效應比在深水中快，所以可以較清楚的獲得一個可觀的侵蝕型態。在圖 8-12 中表示一個從 1996 年 5 月到 1997 年 5 月，沿著一個開放式海岸從水深是 0 一直到 7 公尺等深線的一個詳細的測量結果。在這個範圍內其體積變化加總起來，在一年內達到 428,000 立方米。而這個輸砂量就是在此控制方塊上從北側的邊界到南側的邊界的變化量。圖 8-10 中這個控制方塊北南兩邊的體積差值經由加權計算，每年的輸砂量為 420,000 立方米/每年。由計算的結果可發現和這個特定年的相比較其結果非常好，可以驗證這個模式的建立和率定的確是給定了一個輸砂的正確大小量級。

雖然說這些地形變化的測量非常稀疏，但是繼續的監測還是有其必要性。唯有長期性的量測，才能獲得較清楚的結果，也才能將深水區域較完整的描繪出來。在未來的幾年內，碎波帶間的地形變化仍可見的會有很大的變化，因此更須要監測來提供以後海岸保護措施的決定依據，以及提早發現必須疏竣的位置。

由於年輸砂型態係根據波浪的有效資訊來推導，而每一年的波浪狀態都有些變化，相對應的每年的淨輸砂以及平衡的海岸線方位角都會有所不同。是故波浪的長期觀測對未來的研究是非常重要的。

### 8-3-3 現況的輸砂型態

在圖 8-10 中每年的漂砂輸送型態可觀察到一些重要的特性，在下述詳細的探討之，至於包括定量計算結果等較深入的分析則在第玖章中再另外說明。

在深水中潮流相當的大，可以驅動一些漂砂；但是最大的輸砂率依然發生

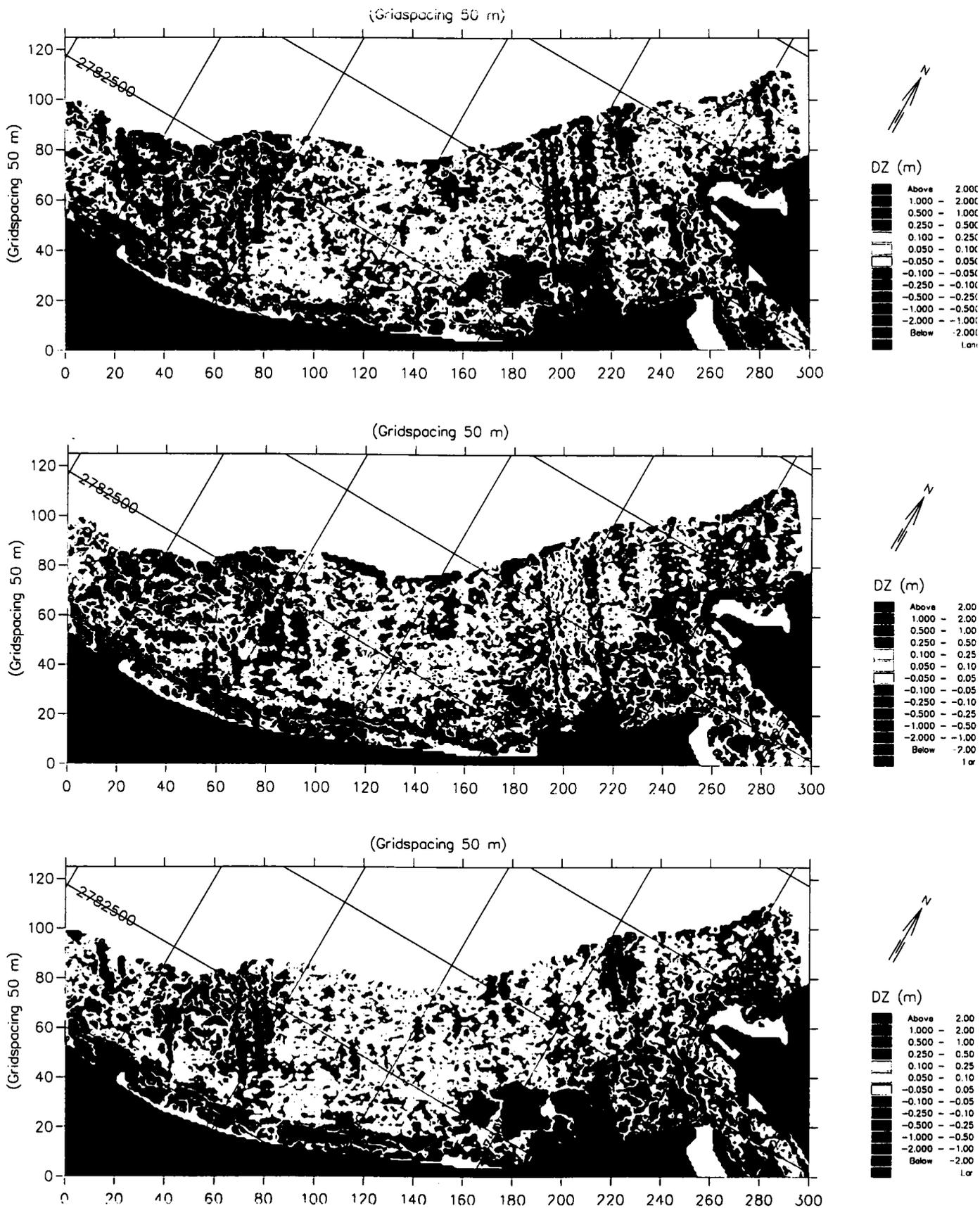


圖 8-11 台北港附近海域水深測量變化  
 (a) 從 1996 年 5 月至 1996 年 10 月  
 (b) 從 1996 年 10 月至 1997 年  
 (c) 從 1996 年 5 月至 1997 年 5 月

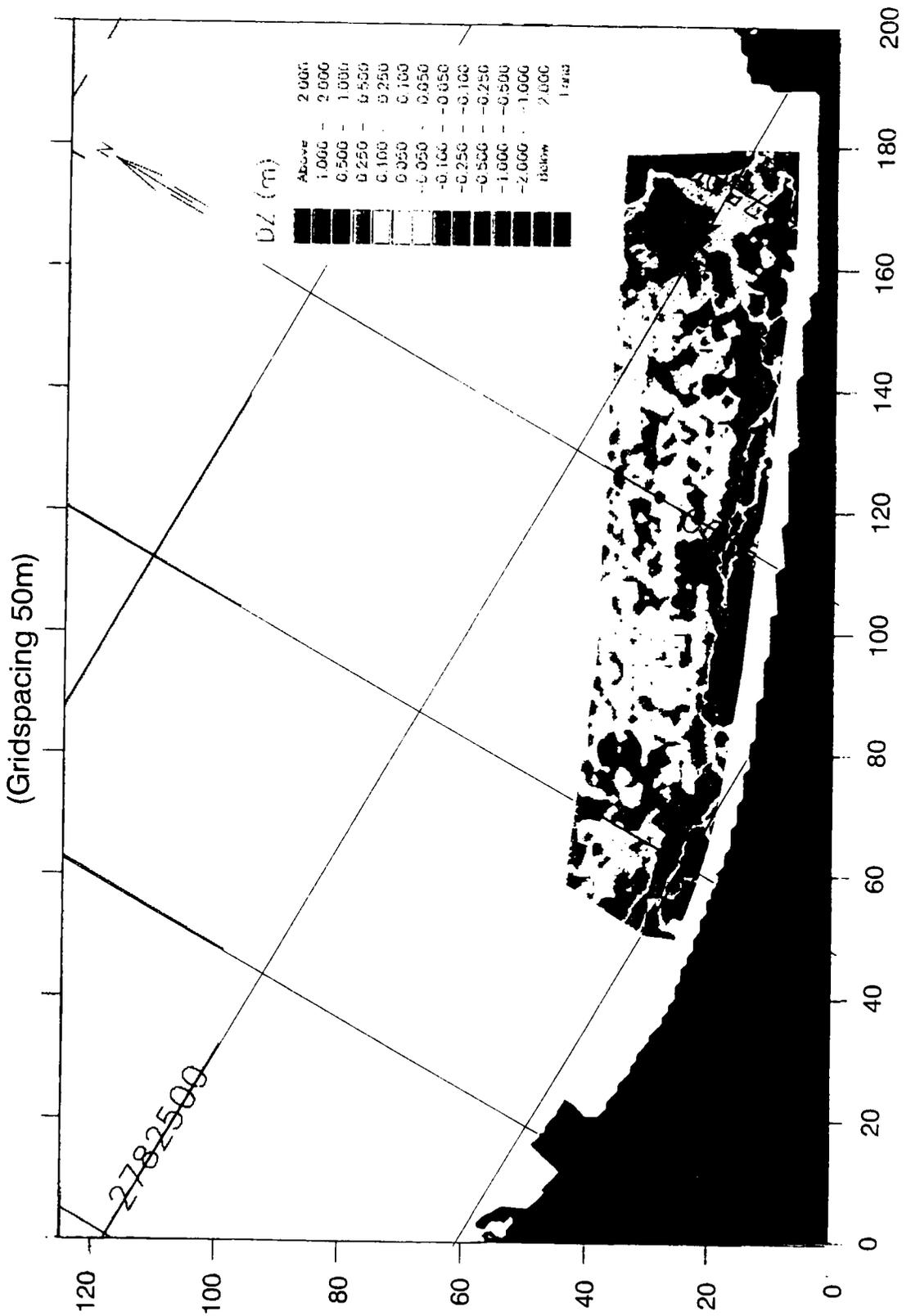


圖 8-12 台北港南側海域 0 米至 -7 米等深線間所量測到之詳細水深地形變化

在沿著海灘的碎波帶間。在這兩個區域中間，離開碎波帶的中值水深，由於其海潮流比在深水區處小，且其波浪驅動流幾可忽略。只能造成一些低的輸砂量。在地形上這個區域區隔了碎波帶以及深水處的輸砂作用，而海灘的侵蝕現象最主要的完全是碎波帶的作用。

很明顯的可以看到台北港的防波堤阻隔了碎波帶漂砂輸送的主要部份並且阻止了砂源往港口南側海灘輸送的供應。防波堤的建立在其港口南側造成了一個小的遮蔽區，但是在距離港口南側約 2 至 3 公里距離處碎波帶的輸砂會快速的增加到一個最大值。在這個區域內傳輸方向係為一大的且正值(遞增)的傳輸梯度；在經驗上來看，此碎波帶間可得知其為一最大速率的侵蝕現象。再往南到火力發電廠，由於海岸線方位角的改變造成傳輸率的遞減，這個區域就經驗上看來算是堆積區。

從港口區往南一直到火力發電廠，其海岸線方位角以順時針方向旋轉的改變，由港口區開始往南侵蝕愈來愈厲害，到極大值後，又往火力發電廠方向遞減，甚至開始產生淤積。

在現況中仍會有些漂砂越過火力發電廠往南輸送，但由於儲灰塘建物的影響，碎波帶被建築物前之深水所阻隔。若沒作任何措施，則碎波帶往火力發電廠接近時會先往海側移動，接著部份砂源會越過此建物而往火力發電廠方向遞增傳遞。

至於淡水河口區的輸砂型態，由於淺灘附近水深的變化，加上又結合了河流，潮汐和波浪驅動流，所以其狀態非常複雜。這個區域的變化非常動態，且其輸砂型態會隨著地形變化而變化。

#### 8-4 中程佈置(Stage 1)的漂砂輸送型態

中程佈置的年淨輸砂型態亦採用和現況佈置同樣的方法來計算。圖 8-13 表示出所計算的年輸砂率。在附錄(I)中這個淨輸砂型態與現況佈置和遠程佈置(Stage 2)放置在一起以方便比較。就淨的輸砂量來說，最值得注意的是沿岸輸送增加最大的區域往南移動，亦即沿著主防波堤侵蝕最嚴重，輸砂量最大的區域往南移。港口的主防波堤在漲潮時會造成一個束流區，而在退潮時又會產生一個裂流區。這個結果可以很清楚的由附錄 G 中看出，在附錄中一併將現況、

中程和遠程配置流場的時間序列描繪出以方便於比較。束流所造成往南的流動和沿著防波堤的裂流所形成往北的流動，產生一個淨的往南的傳輸。所以當中程佈置主防波堤結構建好之後沿著防波堤遮蔽區外部會開始發生侵蝕現象。在港口的內港區則會有漂砂淤積的情況；從淡水河流出的砂源會沿著主防波堤並隨著時間而淤積，緊接著會沿著防波堤而傳輸到內港區。

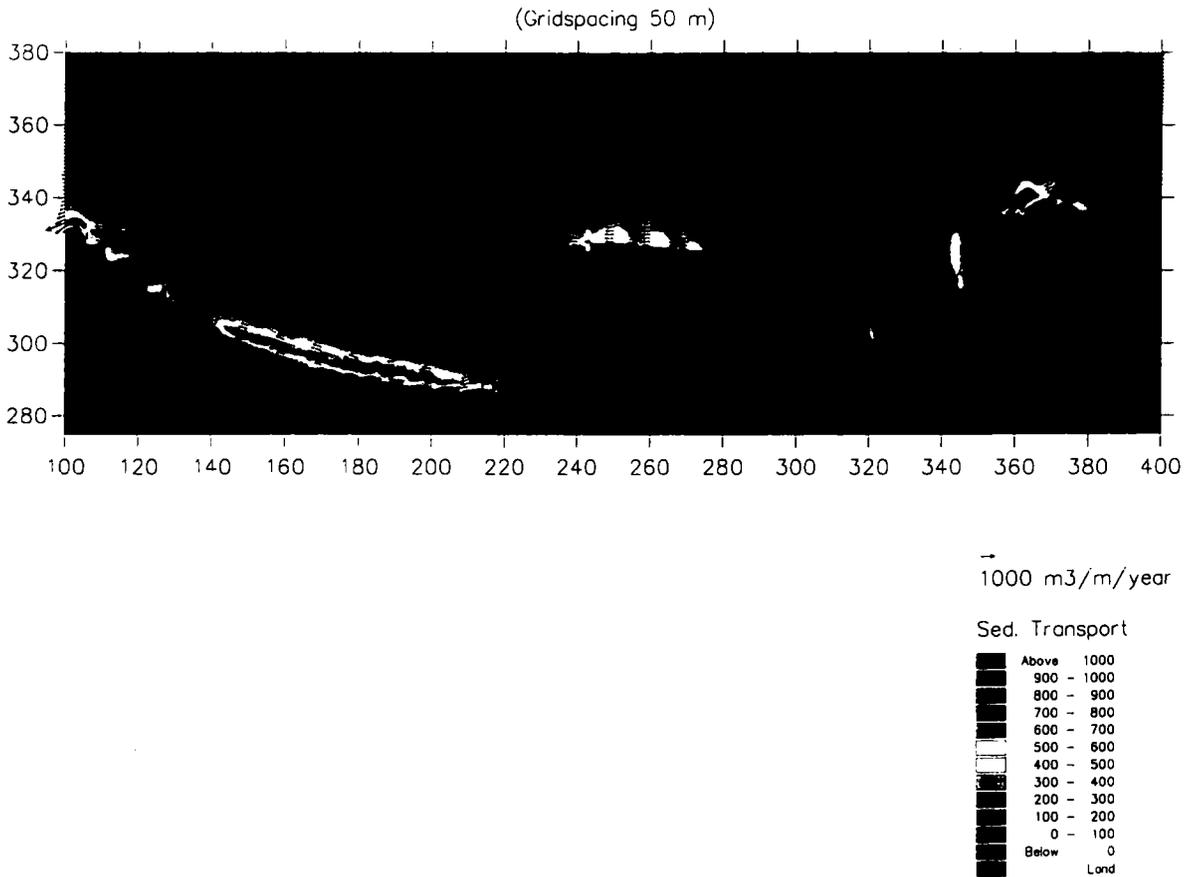


圖 8-13 中程配置(Stage 1)之淨輸砂型態

另一個重要的特徵就是在漲潮時會明顯的產生一個大的漩渦，這點可清楚的從附錄 I 中發現。這個漩渦會帶動大部份的細小懸浮砂源到港口的遮蔽區，而其中的大部份會沉澱下來造成沉積。在近岸區中港口的入口處，於東北季風時其波浪驅動流亦會直接的朝港口流動，這些現象會在第拾章更詳細的討論和量化。

## 8-5 遠程配置(Stage 2)的漂砂輸送型態

遠程配置的年淨輸砂型態採用和現況配置、中程配置同樣的計算方法來計算。圖 8-14 表示出所計算的年輸砂率。在附錄 I 中這個淨輸砂型態與現況配置和中程配置放置在一起以方便比較。主要的現象非常類似於中程配置。在附錄 G 中顯示了水象情況 40-3S 整個詳細的時間序列之流場。

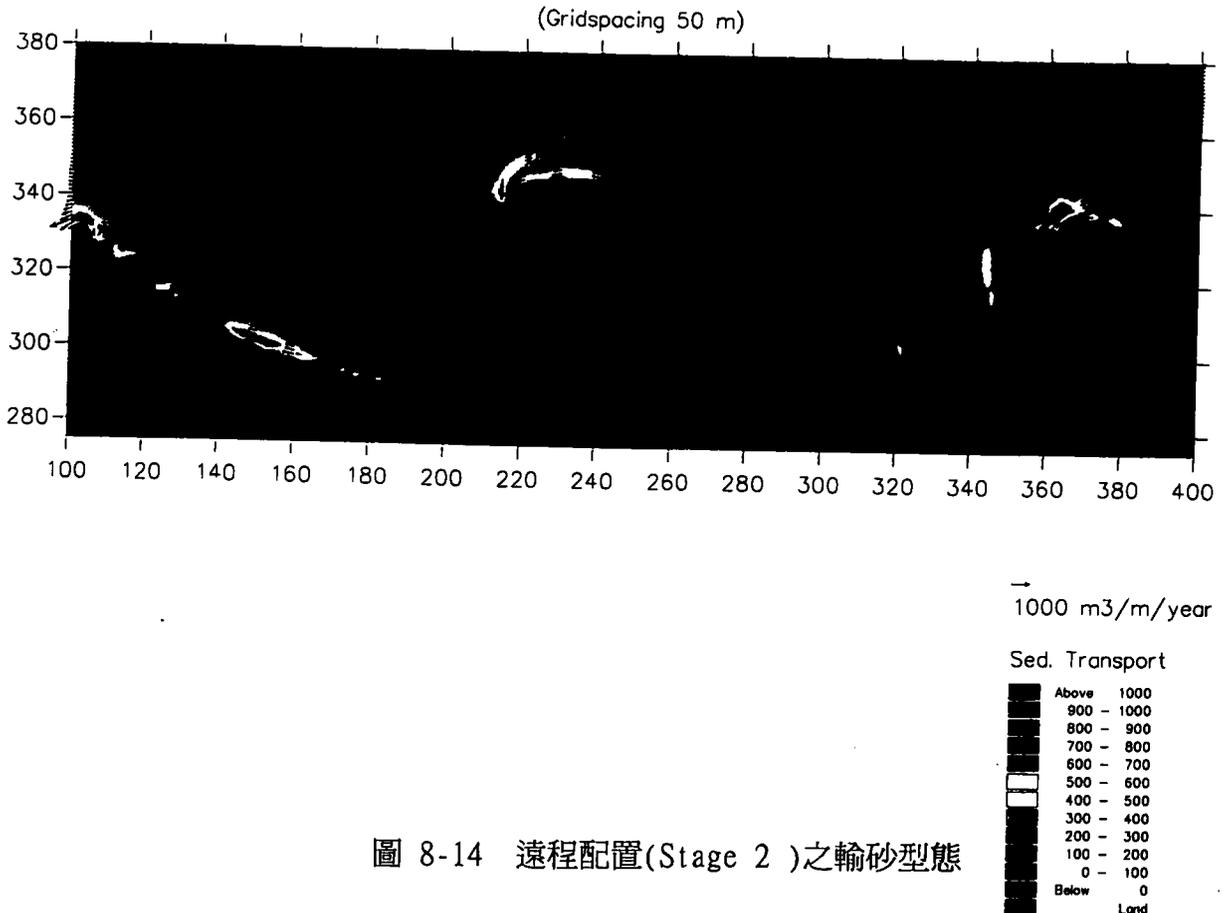


圖 8-14 遠程配置(Stage 2)之輸砂型態

沿岸傳輸上增加最大的位置比中程配置傳輸最大的位置更往南移動。

如同中程配置，在港口的南側有一個大的漩渦。由於在遠程配置的港口開口較小，所以在港口區由於漩渦效應而產生的沉積作用相對的小很多。

在近岸區中由於沿岸傳輸作用和大的漩渦效應會將漂砂帶向游艇港，此乃由於游艇港的入口處非常接近海岸。若以現在這種設計，則此游艇港的入口處會被沉積淤塞住。因此建議將此游艇港的入口處移往離岸較遠處，則在原址會產生一個穩定的海灘地形而不會再影響游艇港入口處的水深；而此時會造成沉積影響的因素只剩下水的漩渦變化。而此影響的因素是可以控制的，在第拾章中會提出一些方法來決此問題。

## 玖、海岸保護措施分析

由於台北港興建所日益產生侵蝕之主要區域包括北自台北港北防波堤，南到林口火力發電廠，在目前台北港興建階段其海岸線達 9 公里，惟到第 II 階段遠程計畫時，該侵蝕區域海岸線則減為 5 公里，本文主要即探討該些區域相關海岸保護措施。

### 9-1 保護對策

對某一海岸長度保護對策取決於該海岸地區規劃用途，屬娛樂性海灘地區則其保護對策通常異於如工業區之保護措施，而台北港與林口火力發電廠間這段海域並沒有規劃用途，因此其保護對策之選擇主要係根據港區未來發展配置以及目前海岸情況而定。在台北港第 II 興建階段，有包括遊艇港之規劃，而就在其西南側則為緊鄰八仙樂園，此意謂著沿著該段海岸吾人必須考量建造一砂質海灘作為娛樂性用途之可能性。

而在目前港址及林口火力發電廠中間，有一條主要道路非常接近海岸線且僅容許有非常小之海岸線後退。

此外為兼顧台北港最後配置(Stage II)實際情況，海岸保護對策也必須能提供目前及興建階段中保護作用，此臨時性保護措施必須減到最小。

為提供吾人選擇保護對策基準，各種不同型態之保護工法將略述如下。

#### 9-1-1 人工養灘(Beach Nourishment)

人工養灘係一種俗稱軟性工法之保護對策，若應用正確則可提供並維持一美麗之海灘，主要工程費用較低，但必須每年維護即再養灘，利用該法僅作海岸保護之可行性主要取決於所需要之土方、合適可用的砂源以及所需費用與其它不同保護措施費用之比較。

養灘經常配合著硬體工，其目的主要除養灘外並兼顧補充流失之砂源，人工養灘具有柔性工法之優點，不需要構建永久性之結構物，同時養灘數量可以調整俾反應所需要之改變。

### 9-1-2 護岸(Revetments)

護岸係沿著海岸線建造平行於海岸之結構物，在現有海岸線構建岸剛開始的時候並不會影響波浪、流以及漂砂輸送型態，因此當沿著一種侵蝕海岸興建護岸的時候，海岸線或許可以固定但在護岸前方將繼續侵蝕，當侵蝕持續將使得海岸剖面近岸處較陡，導致漂砂輸送能力減小直到某一階段即不再侵蝕，達到這種平衡情形時護岸前所需水深主要取決於波浪、海流以及砂源補注潛能與漂砂之形成，目前情況，砂源補注可以忽略，而波浪與海流條件則非常嚴重，此意謂著護岸前水深可能變得非常大，故護岸在設計前必須考慮到基礎水深及其承受波壓力，基本上由於無砂源補注，其平衡水深根據沿岸漂砂計算估計約為 7 公尺，由於在護岸前尚未達到如此大的水深以前，這些將侵蝕被帶走土方數量是如此的大，因此在護岸結構物尚未遭遇到嚴重波浪情況前，通常將有數年之期間，未來國內商港後階段被遮蔽地區若護岸被用來作為臨時性之保障措施，則可採行較小的水深即可。

護岸或海堤亦可構築在較少之海域用以在背後回填，若未來在該地區需要比因娛樂性目的海灘更多土地需求的話，這可能是一個較佳的替代方案，僅有關當局以及土地擁有者可決定是否如此，從水力觀點構築護岸以防止侵蝕是一種有效的防蝕對策。

### 9-1-3 平行海岸構造物(Shore parallel structure)

平行海岸構造物包含自近岸設備到碎波帶外之構造物等許多不同型式，這些構造物可以是單一離岸堤或離岸堤群，抑或離岸潛堤。以及透水性或不透水性等等。其作用主要是減少波能到達其背後之區域故可在其背後產生淤積就防對策，其功能與離岸堤在碎波帶之相對位置有些微之差異，放置在海岸剖面內側之防波堤其作用實際上和護岸相同，這些防波堤可能穩定海岸剖面內側，但外側仍然會侵蝕構建距海岸線某些距離之平行海岸防波堤，在其背後將形成遮蔽區，遮蔽範圍決定於許多因素包括(1)構造物長度與離岸距離之比值(2)構造物相對於水表面之高度以及(3)構造物之透水性等，在遮蔽區內波浪所衍生之驅動力以及水位堆升將減小，故漂砂輸送能力同樣將減小，由於沒有波浪推升導致自防波堤端點處向遮蔽區之開闊海灘水位梯度，在水上游區沿岸流向著遮蔽區加速，且若遮蔽效益是夠強的話，則在下游面將會形成一渦流，同時在下游則

導致一水流流向遮蔽區，此舉將造成漂砂被帶到平行海岸防波堤後側之遮蔽區，若離岸防波堤長度與其距岸距離比較夠長且有足夠之被帶走漂砂的話，這些機制通常會導致在防波堤後側形成繫岸沙洲(Tombolo)，若離岸堤長度相對其堤與岸邊距離較小比值者，則將導致一凸出部，大量漂沙可能被攔阻在防波堤後，並剝奪鄰近海岸砂，故若無充分砂源補注的話，將使得該處產生侵蝕，惟在台北港興建期間或之後，養灘則可以減緩這個問題。

平行海岸離岸堤相對於突堤之另一個優點即離岸堤不會產生垂直海岸所謂的裂流(rip-current)，如同在垂直海岸結構物常見者，且對深海漂沙之損失，離岸堤通常遠小於堤址水深與離岸堤相同之突堤者。

在海灘若有淨輸砂量則平行海岸結構物可用來穩定其上游面之海灘，其有效的長度取決於許多因素，其中最重要的包括原先海灘是否平衡、離岸防波堤與岸邊距離以及漂砂量之多寡。若原先海岸線已接近平衡狀態，則上游淤積帶可以沿著海岸延伸到上游很遠處，若原先海岸線與平衡海岸線差距很大的話，則在上游側僅有一段相對較短距離海岸線可預期達到穩定。

若離岸防波堤被建造在侵蝕海灘的話，則在其海側將會繼續侵蝕，其建造目的若僅為利用最短結構物以攔阻沿岸漂砂，則自水力觀點而言離岸堤建造最適地點應該在碎波帶海側處。

#### 9-1-4 突堤群(Groins)

突堤群係最經常被用來減少或攔阻沿岸砂之一種傳統構造物，其缺點為若突堤長度沒有延伸到整個碎波帶外，則在其上游側將產生所謂的裂流，將漂砂帶往較深水域，若該地區原屬侵蝕情況則密集較短的突堤群可攔阻碎波帶內近岸之沿岸漂砂使得侵蝕速率減緩，但因裂流緣故兩突堤間仍有部份漂砂將被帶走。

沿著某一已知海岸長度，長突堤群可以非常有效地改變漂砂輸送情況，假設突堤長度長達碎波帶外且海岸亦存在著淨輸沙量，則突堤可以發揮其功用，使其上游側海灘重新調適達到原先平衡狀態，與離岸堤相同突堤上游側海岸線平衡長度取決於許多因素，其中最重要者為局部性海岸線與原先平衡狀況之差距以及突堤長度，若目前海灘呈現侵蝕狀況，則長突堤群常被設計來攔阻沿岸漂

砂，使得上游側淤積，下游側漂砂逐漸流失，導致下游側產生侵蝕，假設沒有漂砂迂迴繞過突堤且補注下游側。長突堤可以是種用來改變海灘配置之有效措施，一系列長突堤 可用來分隔海岸線成許多片段，如果有充份足夠沙源可利用，將可使每一片斷海岸線再重新調適達到穩定狀態。

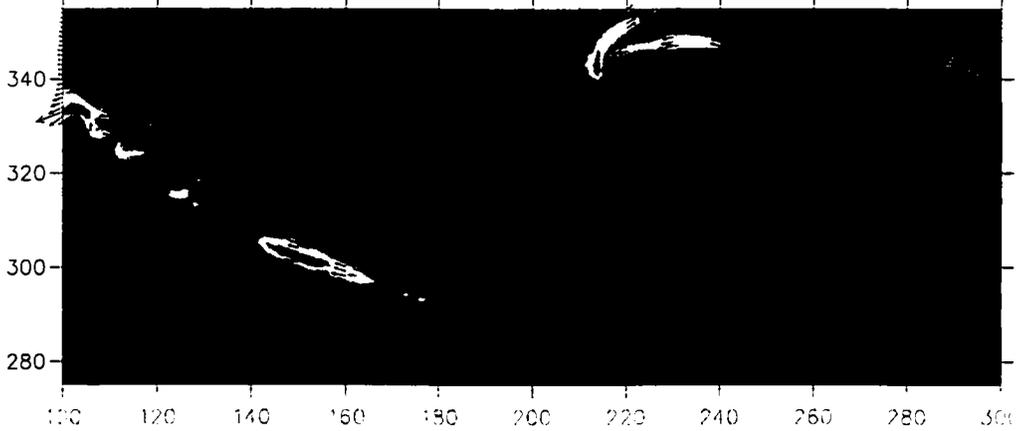
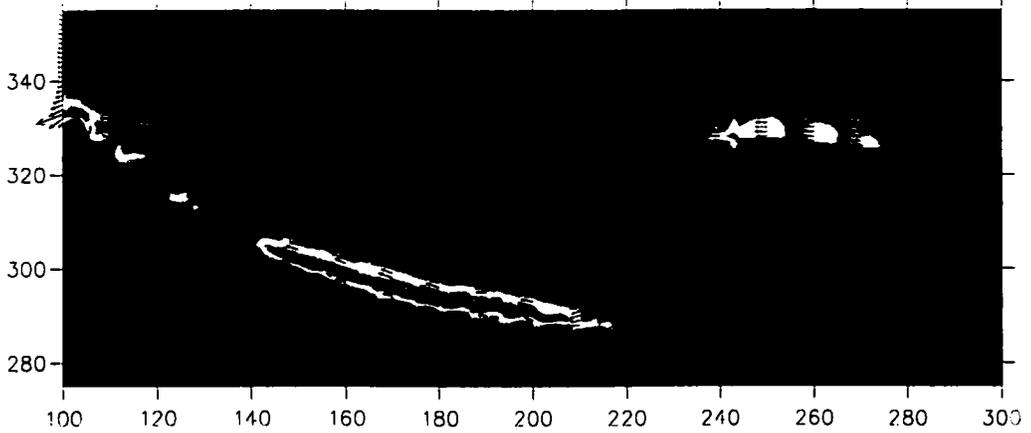
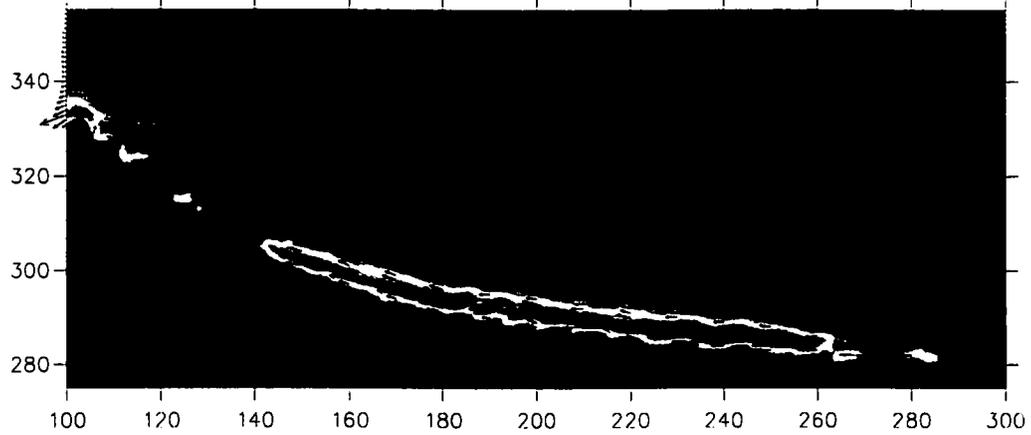
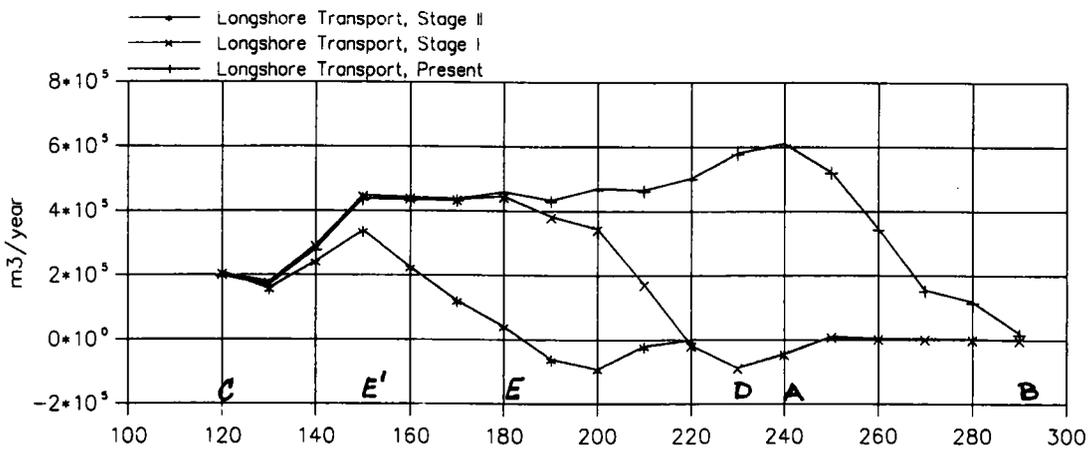
## 9-2 未設置保護對策之海岸侵蝕

本文為建立一適當保護對策設計依據，對台北港下游側可能引起海岸侵蝕作一評估。

### 9-2-1 漂砂及侵蝕型態

根據前面章節之計算結果，顯示在近岸區有一淨漂沙輸送量，其方向係由北往南，為提供該近岸區漂沙量化參考，圖 9-1 為台北港每一興建階段沿著港區到林口發電廠間海岸線，每間隔 500 公尺自陸地到水深 7 公尺範圍所計算平均年沿岸漂沙量，輸砂率係以體積表示，即漂沙之孔隙率已考量在內，沿著海岸漂沙量，正號表方向往南，負號表方向往北；並調整計算範圍延伸到火力發電廠水深 15m 處，以涵蓋整個近岸區之流失量。

計算年淨輸沙量，最大值每年達  $400,000 \text{ m}^3 \sim 600,000 \text{ m}^3$  之間，圖 9-2 為圖 9-1 中標示 A~E 之位置示意圖，根據上面章節計算結果顯示，海岸線平衡方位在港區正西逆鐘向大約  $9^\circ \sim 40^\circ$  間，就所給之波浪情況，海岸線目前方位很接近最大輸沙量時之方位。



→ 2000 m<sup>3</sup>/m/year

Sed. Transport

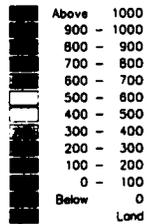


圖 9-1

台北港每一興建階段自陸地到水深 7 公尺範圍所計算之平均年沿岸漂砂量(漂砂之孔隙率已考量在內)

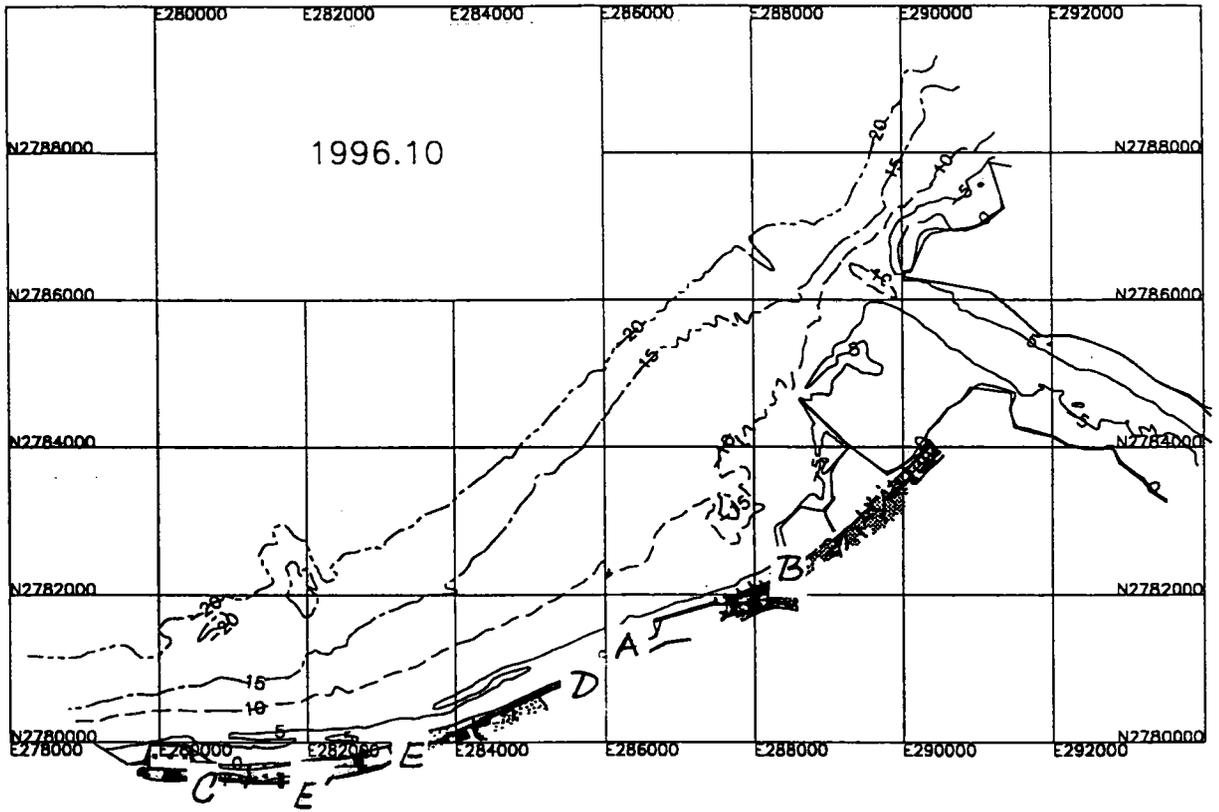


圖 9-2 位置圖

漂沙量之梯度導致侵蝕或淤積，在漂沙方向梯度增加海岸將侵蝕，反之當減小時則呈現淤積，有關台北港無任何保護措施之三種不同興建段，圖 9-1 顯示某些重要現象。

### 1. 現狀

自港區到西南側 2.5 公里，沿岸漂沙量基本上每年自零增加到最大值約為 600,000 m<sup>3</sup>，導致這一段海岸線嚴重侵蝕，估計港區到火力發電廠間近岸水域每年約 200,000m<sup>3</sup> 侵蝕量，迂迴繞過火力發電廠而往西南方向輸送。

### 2. 第 I 階段(中程配置)

台北港第 I 階段興建，由於港區面積向西南方向擴建，使得該區水域沿岸漂沙量重新分配，在回流(return current)區，並有沿岸漂沙被帶往其外廓防波堤之遮蔽區，第 I 階段與現狀沖淤比較，顯然較嚴重侵蝕區域將向西南側移動。

### 3. 第 II 階段(遠程配置)

在第 II 階段，由於港區是如此地大，以致其對嚴重東北季風波浪所提供遮蔽區，涵蓋大部份水域到達火力發電廠，與第 I 階段相同，在港口附近有部份地區其漂沙方向是往北，在回流區外，南向沿岸漂沙量則重新分配且其最大值遠小於現狀及第 I 階段港區配置，海岸漂沙輸送型態梯度如同沿岸漂沙在海岸線約近 3 公里之重新分配相同。

## 9-2-2 未來發展

台北港擴建時程如下：

◎2001 年：(民國 90 年)第 I 階段，主要防波堤尚餘外端 1,200 公尺未完成。

◎2011 年：(民國 100 年)第 I 階段完成。

◎2021 年：(民國 110 年)第 II 階段完成。

根據前面章節觀測及定量報告，台北港興建在沒有進一步防蝕對策情況下之地形變化預測，可將港區規劃擴建納入考量，參閱圖 9-1 與圖 9-2。

## 1998~2011年(民國 87年~民國 100年)

海岸線在位置 A 與 B 間將可預期嚴重侵蝕，該區在第一年之全部侵蝕量約為  $600,000 \text{ m}^3$ ，相對平均  $240\text{m}^3/\text{m}$ ，假設漂沙活動水深到負 7m 約相當於海岸線後退 35 公尺，或假設底床坡度為 1/100，則底床高程平均降低 0.35m。若位置 A 與 B 間之侵蝕不被阻礙的話，位置 A 與 C 之間海岸線將呈穩定；但當侵蝕靠近港區則該區漂沙量將減少且侵蝕範圍將會向南移動。防波堤向西南側之擴建亦將同樣造成侵蝕範圍之南移，到西元 2011 年，在位置 D 與 E 間將會發生侵蝕，預期的速率將達  $520,000\text{m}^3/2,500\text{m}/\text{year}=208\text{m}^3/\text{m}/\text{year}$ ，意即若考量漂沙活動水深到負 7m 時海岸線每年將後退 30 公尺，預估在防波堤第 I 階段興建期間，自位置 A 到 B 全部侵蝕量約為 1.2 百萬  $\text{m}^3$ ，假設整個海岸線剖面均係沙質海岸的話，則在 1998~2011 年間自位置 B 到 E 之全部侵蝕量約為 1.8 百萬  $\text{m}^3$ ，約平均  $320 \text{ m}^3/\text{m}$  或海岸線後退 46m。

以上所述及海岸線後退速率係假設該區屬砂質且可侵蝕之海灘部份海岸線係由護岸保護且沿著其他海岸剖面在低水位線往上，有部份利用塊石保護，這層塊石部份可能保護上部剖面且減少當地侵蝕率，同時在剖面外部則不受影響，當水線下侵蝕繼續時，剖面上部將暴露在更嚴重波浪作用，且在石層底下較細漂沙，將被沖蝕帶走，現存之微量保護工同樣愈來愈暴露在波浪作用下，可能造成結構物之損壞，故海岸線將後退，由於塊石層之保護作用將使得其速率減緩。

## 2012~2021年(民國 101年~民國 110年)

在位置 D 到 E 間，假設漂沙活動帶寬為 700m 的話，則該區將以  $208 \text{ m}^3/\text{m}/\text{year}$  或底床高程以平均  $0.3 \text{ m}/\text{year}$  速率繼續侵蝕。經過位置 C 之迂迴漂沙將增加，位置 C' 到 C 處之海岸線將前進且當在位置 C 處之海岸線靠近火力發電廠灰塘區海側邊緣時，迂迴之漂沙將增加，故在台北港南側海岸，若沒有任何保護措施，顯然是不可被接受的。

### 9-3 替代保護方案

如前所述，目前在該區並無任何管理計劃，主要問題和適合娛樂休閒用途海灘之需求有關，目前討論集中在水力觀點，然而地方性規劃以及限制等等並

未用以作為水力諮詢與考量。

某些包括保護方案選擇之考量概述如下：

- ◎ 自港區到火力電廠這一帶海岸，往昔係由河川沙源來補注，因此海岸線所保持方位其相對之沿岸漂沙為每年  $400,000 \text{ m}^3 \sim 600,000 \text{ m}^3$ ，而海岸線方位如果要達到平衡的話，則其方位必須要有相當的旋轉。
- ◎ 港區係以階段完成，故在初期某些嚴重侵蝕的地區，在以後階段將會完全被保護，為考量成本一效益問題在早期興建階段必須利用港區以後必須興建的結構物作為保護對策。
- ◎ 建港第 I 階段某些不適當水力特性，將因後期配置結構物之興建而趨於緩和。
- ◎ 目前已知火力電廠未來將興建一座碼頭用以進口原料煤，此意謂在深水區將有這種設備之構建，此舉可能對目前經由電廠迂迴漂沙之流將有很大之衝擊。

### 9-3-1 利用護岸之保護

如果該區海域不需海灘，則單獨利用護岸或海堤是一選擇，如同在第 9-1-2 節所述，純自水力觀點，沿著整個海岸線構建護岸或海堤是非常可行的，如果需要的話，可以回填相當的面積，且回填區之價值可資助回填區之構建，在東北季風期間及颱風期間結構物前之水深將相對地大，(即使非建造在深水區，則經過某段時間因侵蝕緣故)，且作用在結構物上之波力亦可能很大，就防蝕對策而言，構築護岸可預期是相對地容易且不需要進一步之模擬，若選擇護岸作為防蝕對策，則建議應對設計波作進一步研究，俾使構造物之細部設計更臻於完美。

### 9-3-2 以養灘作為保護對策

與沿著全部海岸構築硬體結構物相反的另外一保護工法即人工養灘，如同在第 9-1 節所述，這是種柔性工法，其可行性決定於需要之補注量，即被帶走的侵蝕量。

目前自火力電廠迂迴南下漂沙量每年大約在 200,000m<sup>3</sup> 且正增加中，參考第 9-2 節若人工養灘數量僅相等於在火力電廠迴南下漂沙侵蝕量，則海灘方位將繼續旋轉，參考第 8-3-3 節。若在靠近火力電廠附近沒有任何處置用以保住海灘的話，則海灘方位將因靠近港區海灘之侵蝕而試著旋轉直到平衡為止。若靠近火力電廠之海灘維持其現在位置，則其上游面海岸線必須後退數公里方可達到穩定方位。若僅用人工養灘而其數量約等於沿著海岸最大侵蝕量以抗衡侵蝕問題且不允許再侵蝕，這是不可能的。這個數量若平均中值粒徑  $D_{50}=0.25\text{mm}$  且幾何標準偏差  $\sigma_g=1.45$ ，則大約是每年 600,000m<sup>3</sup>(參考第 9-2 章節)，細砂部份增加的話，其數量更明顯增加，意謂養灘之沙源若含細砂成份，則所需要用以穩定海灘的養灘材質數量將相當地大。

養灘最佳之沙源是來自港區北側，台北港將有效攔阻來自淡水河較粗之輸砂，部份之漂沙都被淤積在北防波堤，對於港區南側侵蝕問題以及潛在長期的漂沙問題，來自淡水河口沙洲開始繞過北防波堤或利用人工養灘方法將港區北側淤沙迂迴排放到港區南側，上述兩者問題即可迎刃而解，惟在建港前海岸線已經侵蝕，僅是在建港後侵蝕速率已經減緩許多。此意謂著利用人工迂迴淤積在港區北側之淤沙不足以完全解決港區南側侵蝕問題，但人工迂迴港區北側之淤沙將可解決在河口淤塞以及沿著北防波堤漂沙淤積之問題，若該些淤積漂沙不挖掘清除的話，淤積區將沿著北防波堤逐漸擴大導致港口及港內漂沙之淤積。

另一問題即必須考量在颱風期間之沿岸漂沙問題，在 MIKE 21 數值模式中所引用之颱風，其沿岸輸沙量為每天 12,000 m<sup>3</sup> 為期 3 天，約等於一年淨漂沙量之 6%。此意謂不管選擇那一種防蝕對策，它必須能夠在一非常短期間承擔暴風在港區南側所侵蝕這個數量之漂沙。依目前情況單獨使用人工養灘所須要養灘數量及其費用被認為太大而不可行。

### 9-3-3 保護對策方案 I

本文保護方案選取包括一開闊海灘，該海灘可設計用來提供娛樂休閒活動，該海灘之取得係將目前海灘分為幾個斷面，每個斷面可以調整使其趨於平衡方位。

根據表 9-3 中所列之考量以及第 9-2 章節所描述地形估算，本文研提保護對策方案 I 如圖 9-3 以及附錄 F 中所示，包括護岸、突堤、兩座平行海岸之離岸堤。

採用如此組合的原因敘述如下：

- (1) 自目前港區南側首段 3,300 公尺海岸線建議引用護岸加以保護，建港第二階段最後配置包含一近乎平行海岸線隔離水道，且沿著隔離水道內緣建議構建一道護岸作為最後配置之部份結構物，這部份海岸線對目前港區配置將面對最大侵蝕，因此建議儘速開始這部份結構物之建造用以固定這部份之海岸線，但在以後建港階段結構物前將繼續侵蝕，而這些底質將被轉移侵蝕帶往其它地方。
- (2) 在靠近火力電廠處建議構築一道突堤用以攔阻港區南下侵蝕被帶走之漂沙，這道突堤可以配合火力電廠儲煤泊渠碼頭設備規劃，突堤長度愈長，對穩定海灘效果愈佳，但若延伸太長因水深過大則經費將很驚人。在模式中，這道突堤延伸到水深負 12m 處；另一方面，由於水流之束縮，突堤長度愈長則堤頭端點流速愈大，將造成此該區局部侵蝕，而衍生另一個問題。該道突堤將攔阻碎波帶內被帶往南移動之漂沙而在其上游側形成一淤沙區，此舉將使得局部海灘方位旋轉接近一較穩定之方位，突堤長度愈長附近海灘愈佳穩定，根據已知波浪數據，海灘穩定之方位大約在  $9^\circ$  左右。
- (3) 在護岸及突堤間，建議利用規模較大離岸堤加以穩定海灘，若僅構築突堤及護岸，則靠近突堤之海灘將累積多餘之漂沙量而流失到深海且開始迂迴繞過突堤，當建港工程第 I 階段完成(西元 2011 年)時，該區將特別容易引起侵蝕，預期平均侵蝕率高達  $208 \text{ m}^3/\text{m}/\text{year}$ ，研擬離岸堤之目的即在區分海岸線，使得每一分區海岸線再行重整而達平衡方位，如同在第 9-1-4 章節所述，避免因裂流所產生離岸之漂沙流失，離岸堤將較優於突堤；護岸及突堤間距離約有 5 公里，而原先研擬係利用兩道離岸堤以穩定該段海岸線，每道離岸堤長度為 800m，設置在水深負 7 公尺處。
- (4) 擬穩定防波堤與突堤所區隔之海灘有必要加以某些人工養灘，為避免因過早投資興建大型構造物之大量不確定成本，最適建港時程應使所需養灘減

為最小；依此觀點離岸堤應在先期階段建好，最好是在海岸線遭受嚴重侵蝕以前完成，護岸前侵蝕之漂沙將被攔阻在離岸堤後而取代在點 C 附近流失或以超額數量淤積在突堤上游側，這種規模離岸堤需要土方約 2~3 佰萬  $m^3$  以形成繫陸沙丘(Tombolo)，惟在初期其中有相當部份可能來自護岸前之侵蝕土方；正確養灘數量完全決定於擴建時程，不管是利用自然輸送抑或人工養灘，兩結構物間必須有足夠之沙源可資利用，結構物將在其後方攔阻大量土方量，且若在特定分區缺乏沙源的話，在海岸線暴露部份將會導致侵蝕，研擬之保護對策主要是用來減少該區漂沙之流失，惟該區因缺乏天然沙源，且經常有少量之沙源被帶往深水區，故為維持區海灘之穩定，適量沙源補注仍有其必要。

#### 9-3-4 火力電廠下游區之衝擊

火力電廠附屬結構物 E 處攔阻大部份原先應供給其下游側之漂沙，造成下游側海岸侵蝕；惟在電廠下游側已構築護岸加以防範。保護對策方案 I，突堤或其它結構物之興建，將減少迂迴繞過電廠之漂沙，將對電廠下游側有侵蝕逐漸擴大之影響，現存護岸情況以及在該區所增加侵蝕之敏感性並無所知。

由於火力電廠前供給沙源之減少，對電廠亦有正面之效果，即在其冷卻進水口將可減少漂沙之問題；同樣地，對這方面相關單位亦一無所知。

未來火力電廠儲煤區靠泊大型船隻碼頭之興建勢必影響漂沙迂迴南向，故突堤對其作用將較預期為小，惟建議應和火力電廠相關單位進一步釐清兩者對該區漂沙之影響。

### 9-4 保護對策方案 I 數值分析

所描述保護對策已經完成數值計算，方案中位在火力電廠儲煤區之突堤延伸到水深負 12m，兩道平行海岸之離岸堤則設置在水深負 7m 處，每座分別為 800 公尺長度，護岸前之地形則降低到負 4m 水深以探討進一步侵蝕作用；海岸線與近岸地形則假設繫陸沙丘(Tombolo)完全形成，且突堤上游側海灘則旋轉向前移動接近穩定海灘之方位，模式中有關台北港現狀、第 I 階段以及第 II 階段等配置其水深地形如附錄 F。

年淨漂沙量已經根據波浪、流及漂沙輸送模式計算求得，其權重與未配置保護對策之模擬相同。

圖 9-3 表台北港現狀及未來第 I、第 II 階段配置計算所得年輸沙量，且為易於與無保護對策結果比較，採用相同圖面表示，如附錄 I 中所示。

有幾個主要特性如下：

- ◎ 模式中水深為負 4m 之護岸前輸沙量與全部是海灘情況之輸沙量比較，有顯著之減少，惟仍繼續侵蝕。
- ◎ 不管有或無保護對策，台北港第 I 階段配置北防波堤延伸段向岸側區域之沿岸漂沙方向係朝向港口。
- ◎ 南防波堤與突堤間沿岸漂沙方向相反，表示對模擬波浪條件所提供海灘方位旋轉過大，圖 9-3 中所示輸送型態將迅速逆鐘向旋轉海灘朝向一較穩定方位。事實上，並無靜態地海灘穩定方位，其方位本身將隨優勢波浪條件隨時作動態地調整，海灘穩定方位係指在一年期間海灘向左自由旋轉之之平均方位。
- ◎ 台北港無論是現狀或第 I 階段與第 II 階段配置，兩防波堤間之灣形地幾乎都是穩定的，淨輸送方向是朝灣形地中央，意謂該灣形地是穩定的，僅有非常少量的沙自灣形地流失。
- ◎ 潮流將造成在突堤堤頭處局部性侵蝕（蓋在此處漂沙輸送能力最大，使得該處產生侵蝕），依據模擬，海灘的沙將不會延著突堤而向外海移動，在模擬過程中波浪驅動流，甚至沿著突堤朝向內陸，主要是因如前面所述，海灘過度之順鐘向旋轉所致，此意謂著突堤配置可以保住海灘，且其本身可以隨著波浪條件自行重新調整。

外海波高 3.6m，入射波向為 40° 之波浪，可代表優勢東北季風期間波浪情況，如附錄 J 中所示，分別代表三種不同階段(即現狀、第 I 階段及第 II 階段)漲退潮期間之瞬時輸沙能力以及三不同保護對策方案(即現狀、方案 I 及方案 II)比較結果，保護對策方案 II 結果將於下面第 9-5 章節討論。

沿著主防波堤海側淨輸送型態模擬結果顯示，在退潮期間，沿著防波堤存在著一大裂流區，漲潮時則水流沿著防波堤集中，這兩種水流型態之淨輸沙結果則形成南向之淨輸沙量。

保護對策方案 I 並沒有改變在建港第 II 階段，碎波帶內、外於漲退潮期間漂沙流向港內之事實。

有關現狀配置，建港第 I 階段及第 II 階段配合方案 I 保護對策，計算穿越斷面 1、2 以及 3 等所得之年輸沙量如圖 9-3 以及表 9-1 中所示。

表 9-1 有關現狀配置，建港第 I 階段及第 II 階段配合方案 I 保護對策，計算穿越斷面 1，2 以及 3 等所得之年輸砂量

Layout (incl. protection scheme I)	Sediment transport Section 1 [m <sup>3</sup> /year]	Sediment transport Section 2 [m <sup>3</sup> /year]	Sediment transport Section 3 [m <sup>3</sup> /year]
Present layout	127000	108000	72000
Stage I	112000	91000	20000
Stage II	122000	53000	-45000

穿越斷面之輸沙率顯示在離岸設置水深負 7m 以下更深水域，因受強烈海流影響仍有某些漂沙移動，此舉將造成該區相對緩慢的侵蝕，就現狀而言，在第一道離岸堤北側將有侵蝕發生，在第 II 階段主要侵蝕區域是在兩離岸防波堤離岸側，而在最後第 II 階段漂沙輸送方向在北側離岸堤係向北，南側離岸堤係往南，意謂在這兩段面之間屬侵蝕，在突堤堤頭附近沙源流失導致剖面外側部份侵蝕，由於強烈潮流影響所致，沙源之損失無法完全避免，若無設置保護工加以保護，則當海岸線逐漸接近火力電廠儲煤區外部邊緣時，則沙源流失將隨時間而增加。

在第 II 階段，保護對策方案 I 對減少漂沙進入遊艇港具有正面效果，然而，在第 II 階段位於遊艇港與北側離岸堤間之沙灘，幾乎對所有波浪方向都受到遮蔽，因此細沙都沉澱於此，且不易利用天然方法維持海灘之乾淨，浮游生物與細沉澱物將聚集在這半封閉的灣形地，此現象非娛樂休閒性目的海灘所樂見者，遊艇港與防波堤間距離應增大以消除這問題，作為娛樂休閒用途最佳海灘是暴露於波浪且經由波浪作用可以保持乾淨者。

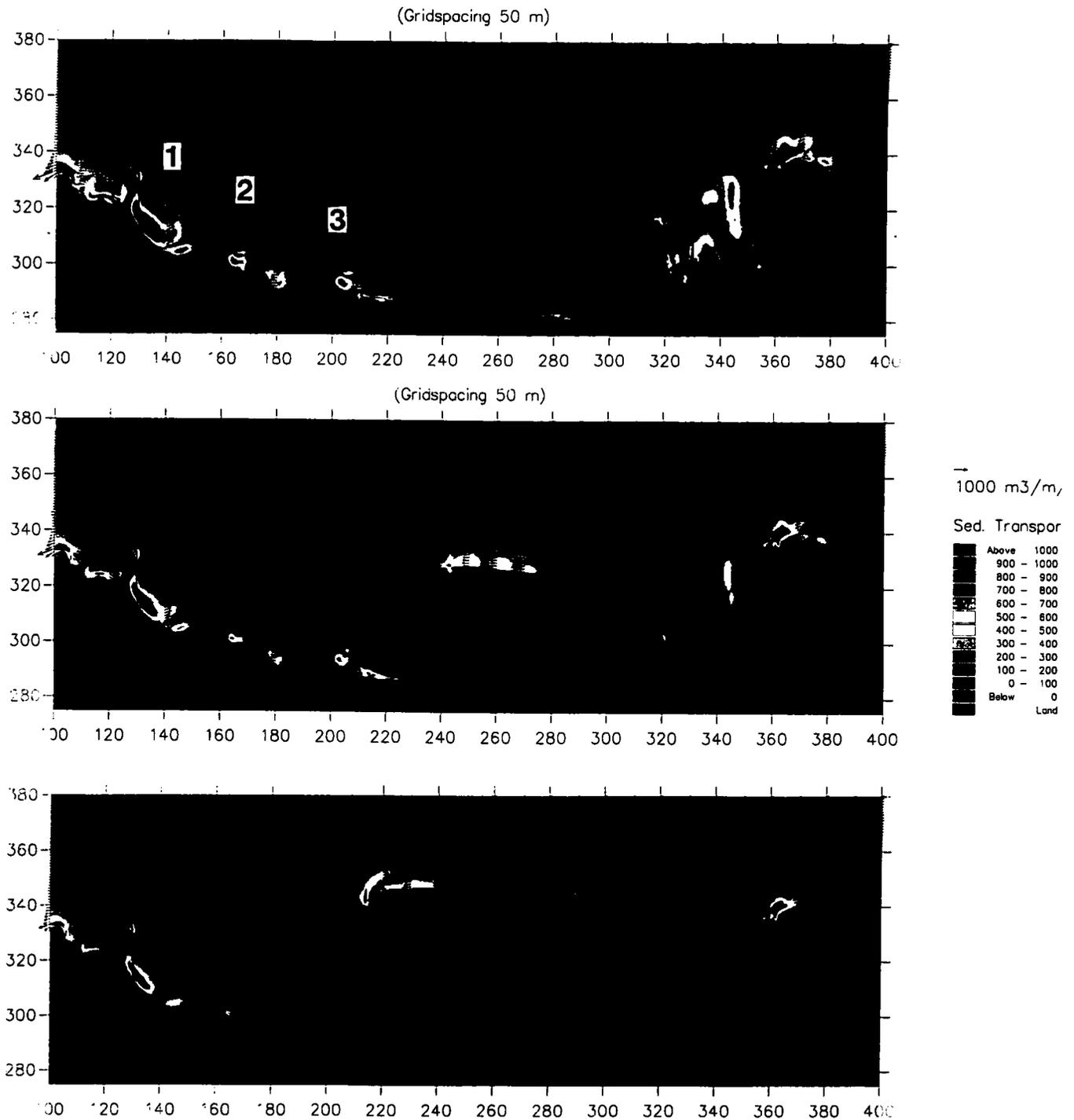


圖 9-3 現況配置，建港第 I 階段及第 II 階段配合方案 I 保護對策  
所得之年輸砂量

## 9-5 最適保護對策方案 II

### 9-5-1 保護對策方案 II 配置

保護對策方案 I 數值模擬結果顯示，兩道離岸堤北側於港區最後配置(即建港第 II 階段)並不需要，事實上，北側離岸堤太接近港區，將使得該區因過於被保護而不適於作為休閒娛樂用，故最好將離岸堤稍往南移動，惟在建港中間階段某些保護措施在第 II 階段延伸防波堤尚未完成前用以保護海灘是有必要的。因此，在建港最後第 II 階段尚未完成前，有必要往南增建臨時性護岸。

據聞在火力電廠北方有儲存設備擴建之規劃，若屬實則可將突堤再往北移，且將離岸堤數目由兩座減為一座，自然可以節省很多經費。

數值計算分析結果進一步顯示，建港第一階段因港區配置在南側非常開闊，對防止漂沙淤積及沉澱於港區非常不利，在港口處所形成甚大之回流將使得在碎波帶內靠近港之漂沙進入港區內，這個問題已經在最適保護對策方案 II 中提出，即增加一道南防波堤，該防波堤將成為修正過後第 II 階段最後外廓配置之一部份，原先建港第 II 階段配置，遊艇港之入口被規劃放置在靠近碎波帶淤積區處，而在最適保護對策方案 II 中，遊艇港入口則移到更外海處。

三種不同於保護對策方案 I 之修正過保護對策方案 II 分別如圖 9-4(b)與(c)中所示。

- ◎火力電廠儲煤向北延伸將取代約 700 公尺暴露之海岸線，也使得突堤向北移動相同距離。
- ◎海灘被保護之最後長度因而減少，離岸堤個數則減少僅剩一座，惟在第 II 階段必須增建臨時護岸。
- ◎在建港第 I 階段，保護對策方案 I 中形成渦流及波浪驅動流流向港口之缺點，將因增置南防波堤而獲得改善，該南防波堤將成為建港第 II 階段部份結構物。

保護對策方案 II 中模式水深地形如附錄 F 中所示，數值分析結果如下：

### 9-5-2 保護對策方案 II 數值分析

在有限時間內欲執行最適保護對策全部方案近乎不可能，因此保護對策方案 II 僅進行最主要水力方案，即選用大潮、外海波浪方向為 40°、波高  $H_s=3.6\text{m}$  條件；有關保護對策方案 I 與 II，在港區現狀，建港第 I 階段以及第 II 階段時期之漂沙輸送率分別如圖 9-4(a)、(b)與(c)圖中所示，模式中保護對策方案 II 之水深地形如附錄 F 中所示。模式中靠近突堤南側灣形水深地形與保護對策方案 II 水底地形比較呈輕微旋轉，對這灣形地在碎波帶內，漂沙仍然朝向北方且這特殊波浪情況意謂該灣形地將進一步輕微地朝逆鐘向旋轉。沿著海岸該位置有一較大緩衝區，且海灘旋轉將不會產生問題；相反地，將有助於防波堤下游側海灘進一步之穩定，該海灘係沿著這灣形地侵蝕最嚴重之區域，第 I 階段建港時期，保護對策方案 I 與方案 II 之比較清楚地說明在建港第 II 階段期間已建好之南防波堤，可防止在近岸區漂沙侵入港內，且減少砂與細顆粒往港區輸送；港區南側防波堤之存在改變了沿岸漂沙之方向，在第 I 階段建港期間，保護對策方案 II 中，利用暫時性護岸用以保護港區南側首段近乎 500 公尺海岸線是有必要的。

南防波堤之另一有利效果為可減少在建港第 I 階段期間，沿主要防波堤海側朝南向之淨輸沙量，此乃因為南防波堤有助於在退潮期間於港口之水流成流線型，此舉將使沿著主防波堤之水流減少許多，在附錄 J 中可以很明顯看出三種不同建港階段採用保護對策方案 I 及方案 II，瞬間漂沙輸送型態之比較。

在建港第 II 階段主防波堤將給予遊艇港到火力電廠這段海岸較大部份之遮蔽，在該階段對這種水力條件兩種灣型地都呈穩定的。

### 9-5-3 築港時程, 保護對策方案 II

沿著港區正面(擬規劃設計為港區最後配置之一部份) 內部之護岸必須構築且向南側延伸，俾防止該處侵蝕。

當西元 2001 年建港第一階段主防波堤最先部份完成時，漂沙輸送方向分裂點將沿著護岸之某處，該現象在西元 2001 年建港第 I 階段完成時將可明顯發現，在圖 9-1 中之 A 處輸沙方向係指向港區，因此港區自海灘擠出漂沙向西南進入遮蔽區，保護對策方案 II 中建議之南防波堤其目的即在防止漂沙進入港區，當北防波堤向南延伸夠長時，自水力觀點而言，構建該道南防波堤最適

時間應該在民國 90 年到民國 100 年之間。

突堤及離岸堤配置將可防止該區大量漂沙之流失，且攔阻防波堤後護岸前侵蝕之漂沙；純就水力觀點而言，這些構造物應儘速構築完成以減少全部漂沙之流失，惟就財務觀點而言，或許僅要作些效益成本分析，在初期增加某些養灘可能會較經濟，但該項分析已非本研究範圍。當缺乏漂沙時平行海岸防波堤即離岸堤可以與陸地連接以阻止堤後漂沙之輸送，為防止沙源自其鄰近海灘消失而造成當地侵蝕，在離岸堤興建期間應加以人工養灘，所需要沙源可自港區北側淡水河口挖掘，所需要養灘數量約在 20 萬  $m^3$  左右，其中某些可來自護岸前之侵蝕量，決定於建港時程，沿著整個海岸近岸區地形之估算，必須每年作定期之監測以提供數據作為保護工正確興建時程之決策參考。根據效益成本分析，保護工興建時程可調整以適應監測結果，此將決定於每一年正確的波浪條件及其變化。

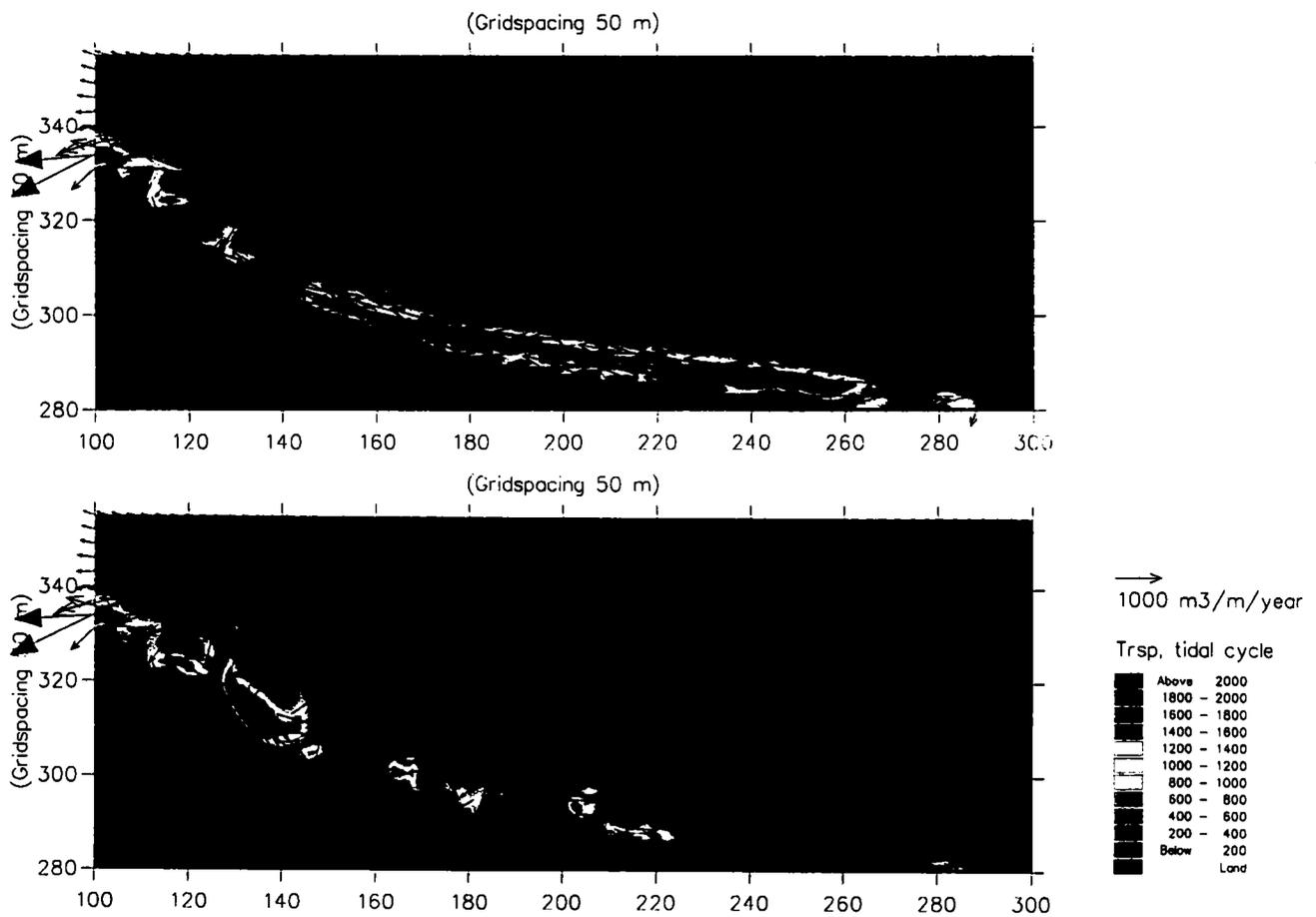


圖 9-4a 外海波浪方向為 40°，波高  $H_s=3.6\text{m}$  時，港區現狀及保護對策方案 I 在平均兩個潮汐週期之漂砂輸送率

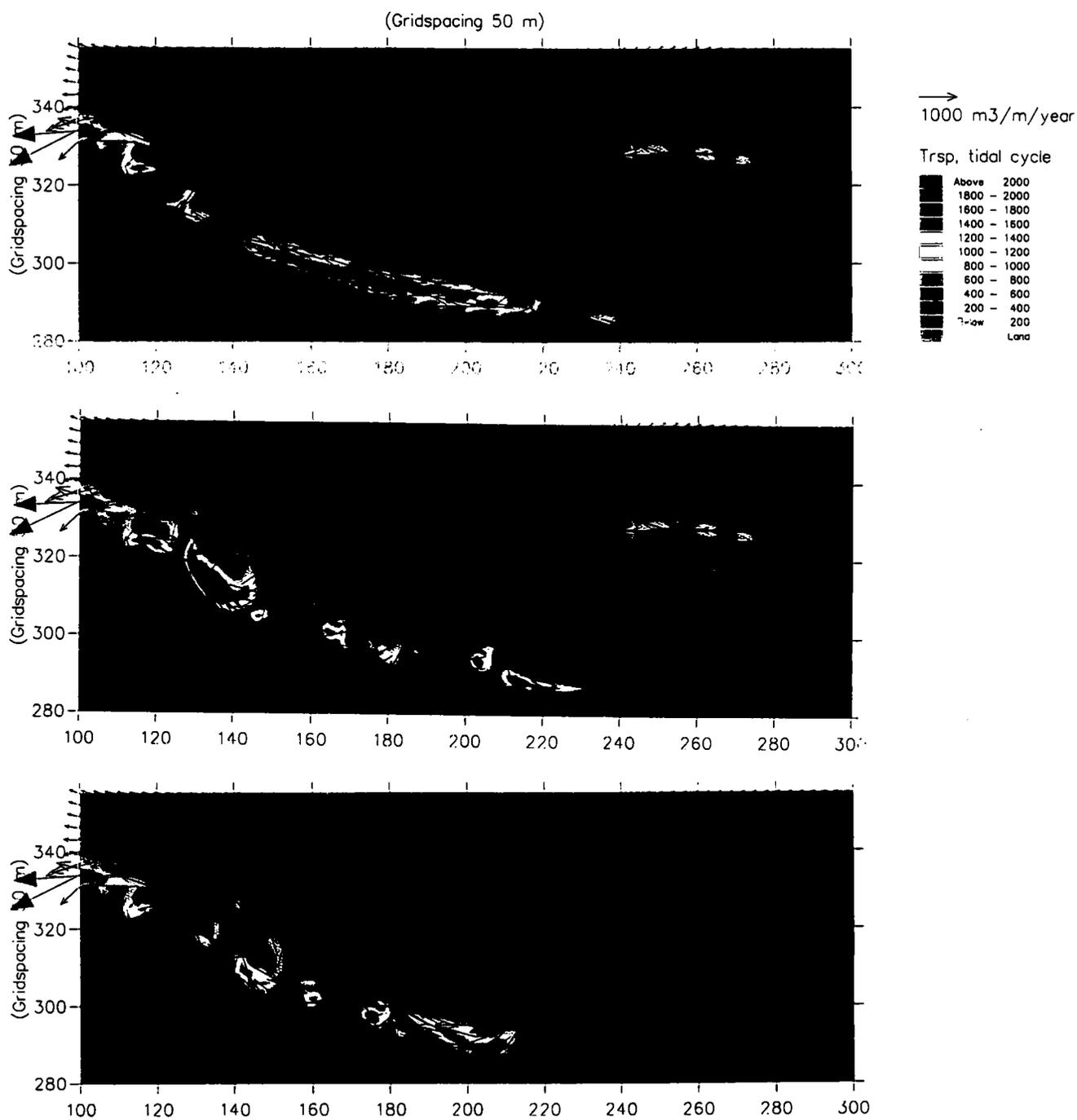


圖 9-4b 外海波浪方向為  $40^\circ$ ，波高  $H_s=3.6\text{m}$  時，建港工程第 I 階段沒有保護措施，保護對策方案 I 及保護對策方案 II 在平均兩個潮汐週期之漂砂輸送率

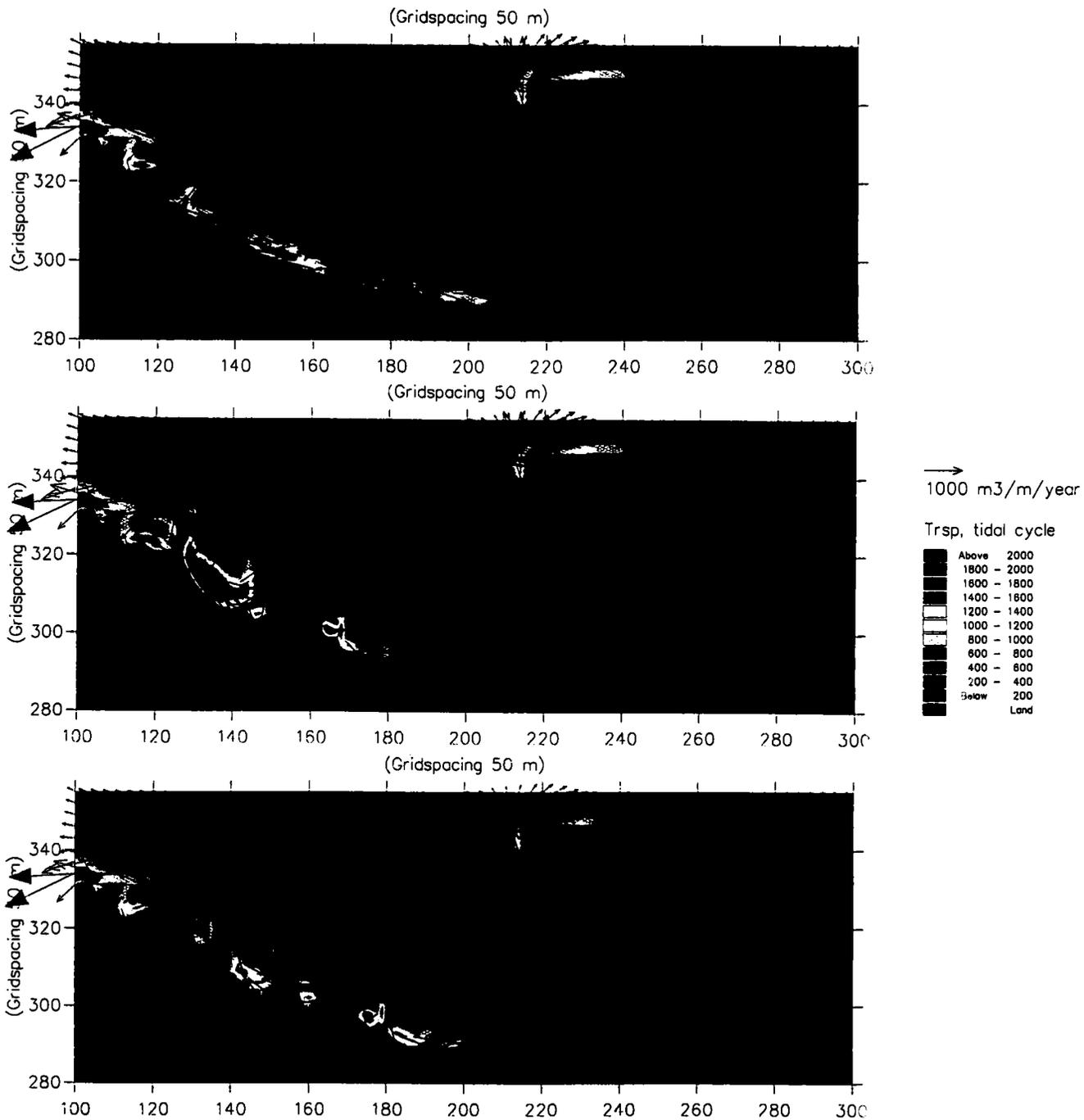


圖 9-4c 外海波浪方向為 40°，波高  $H_s=3.6\text{m}$  時，建港工程第 II 階段沒有保護措施，保護對策方案 I 及保護對策方案 II 在平均兩個潮汐週期之漂砂輸送率

## 拾、港口附近及港內漂砂

台北港位在沿岸具有強烈潮流海岸處，海流漲潮期間係沿著北外廓防波堤匯集，同時在港區下游面形成一大裂流區(參考附錄 G，海流型態之時間序列)；退潮時，水流方向則自港口進入港內，並沿著北外廓防波堤產生裂流。漲潮期間港口下游區所形成之大渦流(eddy)則攜帶漂砂進入港口及港內區域。此外，外廓防波堤在東北季風期間波浪作用時，於港區下游側提供遮蔽效果，同時在碎波帶內該遮蔽區外，波浪因碎波產生波浪堆升(set-up)，但在該遮蔽區內則無此現象，換言之，當波浪碎波時所形成之沿岸梯度變化，將導致沿岸流向港區入口處侵入，並攜帶漂砂進入港內。

本研究已對侵入港口及港內之漂砂量作一估算並研提防治對策，茲說明如下：

### 10-1 輸送進入港內之細砂

#### (Transport of Fines into the Harbour)

台北港中程規劃配置(Stage I)，因港區開口規劃方向朝西，使得當季風波浪作用時於港區下游側所形成之渦流，增加港區及鄰近區域潮流水體交換，本節將探討中程配置(Stage I)構建南防波堤對水體交換作用情形。

圖 10-1a 與 10-1b 中表示三種不同南防波堤配置，分別在漲、落潮期間水流型態分佈情況，外海波浪方向為  $40^\circ$ ，示性波高  $H_s=6.3$  公尺，小潮時數值分析結果顯示，由於南防波堤將減少渦流水體交換以及漂砂進入港內，使得部份細砂在港口外側通過並阻止近岸區域漂砂進入港內，此外如前面所述，南防波堤在退潮時將會減小沿著北防波堤所形成之裂流區域，在模擬期間每一秒時之水流型態如附錄 K。

已如前述台北港第 I 興建階段時(即中程配置)，其下游區水體交換情形，將因南防波長度而減緩，圖 10-2 為無南防波堤以及三種南防波堤配置，經歷兩個潮汐循環，其水體之累積進流量情形，橫斷面係自北外廓防波堤頭到南防波堤陸地，無南防波堤配置亦同。有點吾人應注意者，無南防

波堤配置時，因渦流(eddy)交換所致全部水體交換遠大於因潮流水體交換者達數倍之譜，而南防波堤配置 1 則減少進流量的一半，配置 2 及配置 3 則減少更多，配置 3 因渦流交換所產生水體交換，若與潮流交換所引起者比較，則微不足道。水體年進流量根據一組大潮(spring tide)模擬，若假設平均水體交換概估約為相對應於小潮水體交換的 2/3 時，則不同配置被帶進港內，平均懸浮質濃度為 10mg/l 之細砂，其全部體積如表 10-1 中所示。

表 10-1 懸浮質濃度為 10 mg/l 之細砂及水體之進流量

Layout	Inflow/24h [10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	Estimated yearly inflow [10 <sup>10</sup> m <sup>3</sup> ]	Total siltation for a conc. of 10mg/l [m <sup>3</sup> /year] *)
Stage I, without lee-side br.	162	3.9	195000
Stage I, layout 1	86	2.1	105000
Stage I, layout 2	60	1.5	75000
Stage I, layout 3	44	1.1	55000
Tidal exchange	34	0.8	40000

\*) the density of deposited material is set to 2000 kg/m<sup>3</sup>

平均懸浮質濃度以及其沉降速度在未來研究中應進一步加強，換言之在季風以及兩季期間必須進一步取樣，蓋這些數量將用來計算細砂進流量，同時懸浮質沉降速度對於估算港內淤積面積是非常有用。

剛開始由於缺乏懸浮質濃度數據，有關實際淤泥率是非常不確定，數值計算明確地證明淤泥量將隨流線設計有明顯減緩現象。

## 10-2 進入港內之漂砂量

圖 10-3 中分別為台北港第 I 階段(中程規劃)以及第 II 階段(遠程規劃)外廓防波堤配置，在港口附近其年淤積速率以及侵蝕速率數值計算結果，結果顯示在北防波堤堤頭附近產生局部刷深，而在港口附近則大部份形成淤積，此外在港區南側則明顯可看到侵蝕現象。

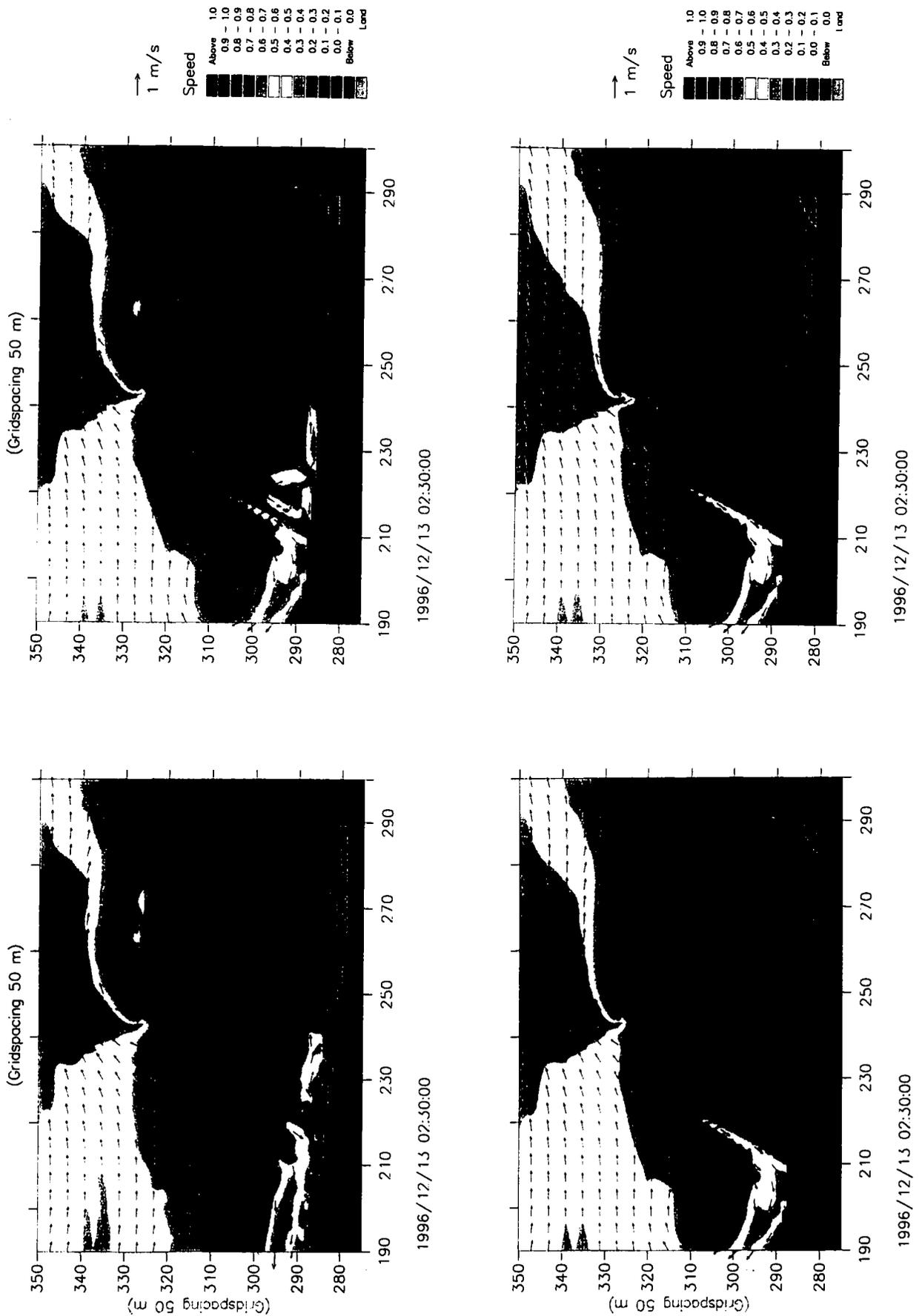


圖 10-1a 外海波浪方向  $40^\circ$ ，波高  $H_s=6.3\text{m}$ ，大潮時中程配置(Stage I)結合三種不同南防波堤配置在漲潮期間之水流型態分佈情況

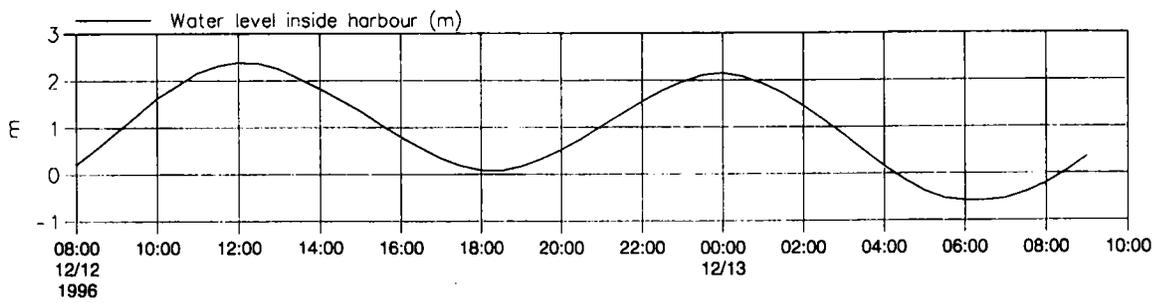
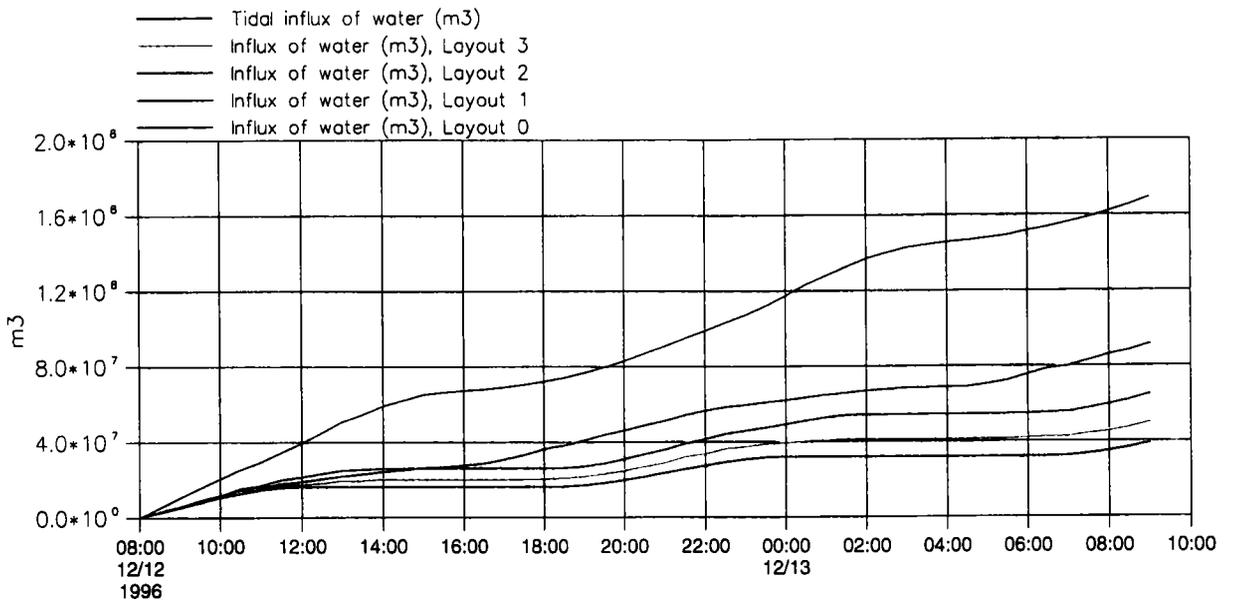


圖 10-2 中程配置(Stage I)無南防波堤以及三種南防波堤配置經歷兩個潮汐循環之水體累積進流量

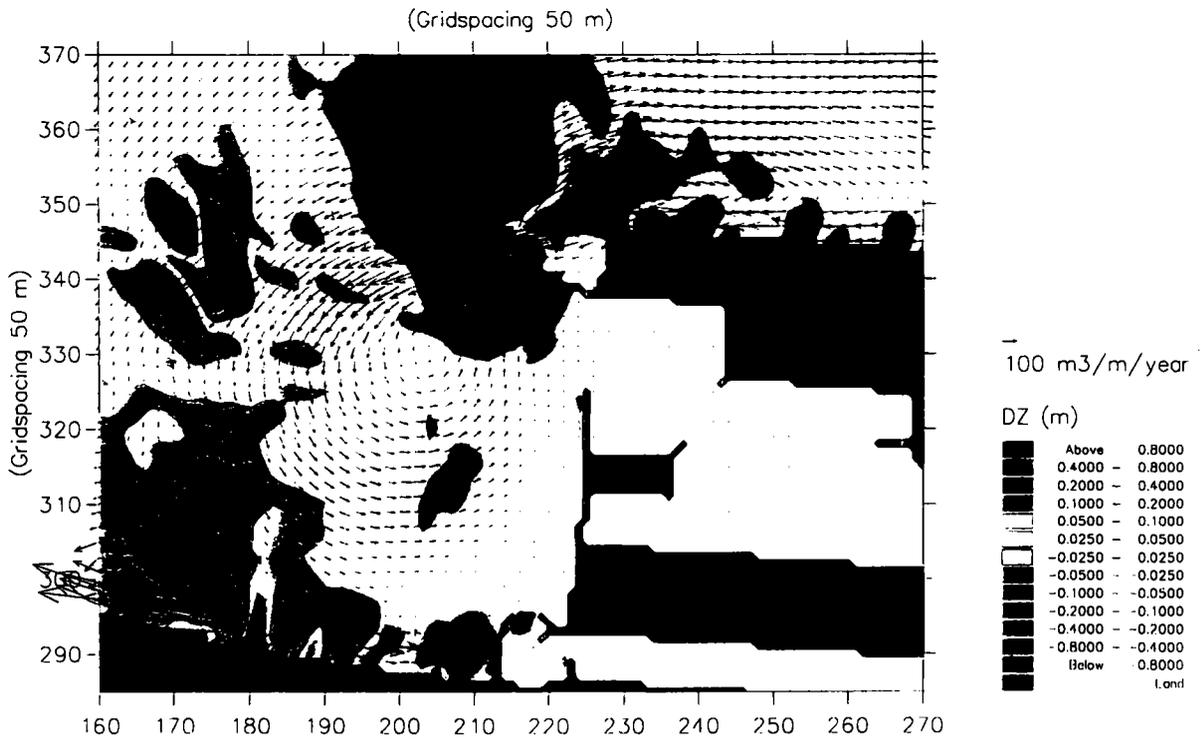
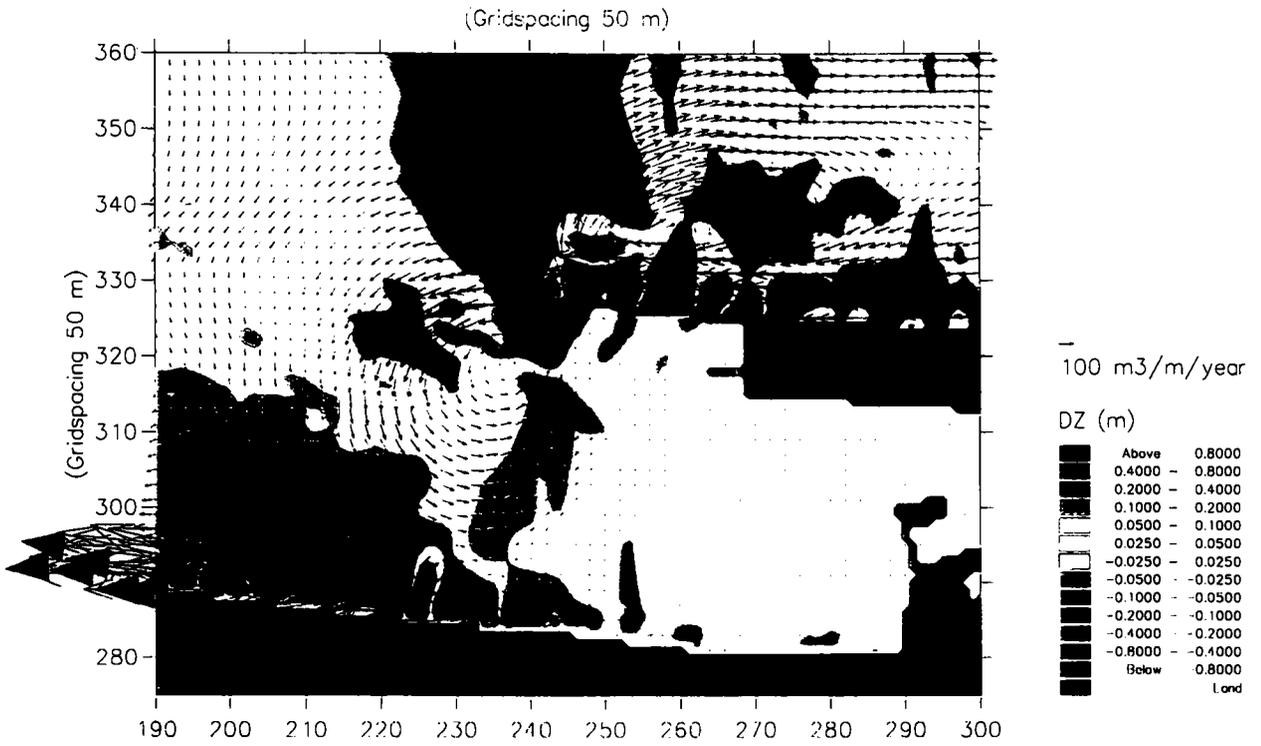


圖 10-3 中程(Stage I)及遠程(Stage II)配置在港口附近之年淤積及侵蝕速率

如同前面章節水體交換計算水力條件，台北港第 I 階段三種不同南防波堤配置，進入港區內之漂砂量計算結果如表 10-2 中所示。其計算橫斷面係由北防波堤堤頭到南防波堤陸地處，表中顯示第 I 階段無南防波堤配置時，向港區侵入之年漂砂量約為  $71,000\text{m}^3$ ，而南防波堤配置 1，防止漂砂進入港內效果，數據顯示將較無南防波堤配置時侵入港內之漂砂量減少 4/5，即為其 1/5 之侵入之淤積量，而南防波堤配置 3 則僅約為無南防波堤配置時侵入淤積量之 2%。

表 10-2 外海波浪方向  $40^\circ$ ，波高  $H_s=6.3\text{m}$ ，大潮時  
進入港口之漂砂量計算結果

Layout	Transport capacity One Scenario [ $\text{m}^3/\text{year}$ ]	Rel. Trans. Capacity	Yearly transport rate [ $\text{m}^3/\text{year}$ ]
Stage I, without lee-side br.	718293	1	71000
Stage I, layout 1	138532	0.17	
Stage I, layout 2	20141	0.03	
Stage I, layout 3	12777	0.02	

### 10-3 淡水河口區之淤積(Sedimentation in the River Mouth Area)

根據台北港興建前後於淡水河口區地形計算，可明顯看出，因北防波堤之興建，在淡水河口與北防波堤間地形呈淤積現象，為瞭解台北港興建後北防波堤阻斷由北往南輸送之漂砂對港口附近影響，有必要進一步探討淡水河口淤塞以及是否影響排洪相關問題。

河口局部地形變化很容易引起地區性水流形態之改變，因此在本數值模式有關該項論題進一步研究，將需要模擬淡水河口附近數種不同地形配置，俾瞭解行進中漂砂對河口影響，惟該項探討已非本研究範圍，以下討論僅係根據目前地形以及所瞭解物理過程加以探討。

在一般情況，淡水河較低部份水流完全係受潮汐水體改變而影響，僅有在某些情況例如當颱風來臨時，河流洪水量極大時，河川流量才顯得重要。這些極端事件對來自河川輸砂量非常重要，然而真正支配河口地形變

化者係每天穿越河口潮流，配合波浪與其所衍生沿著海灘之沿岸流以及河口外之砂洲。

事實上，自淡水河口東北海灘漂移到淡水河口者係相對地少，且其補注砂源更因河口東海岸回填區之興建而減少。淤積在淡水河口與台北港間之漂砂量主要是來自淡水河本身，原先在台北港北防波堤興建前，這個區域係呈現侵蝕。歷史的海圖顯示海岸線呈穩定的後退，意謂台北港興建前碎波帶內西南方向之漂砂量大於源自淡水河之輸砂量。

經由河川某一橫斷面之輸砂量與其流速有關，依次為河川流量、上游潮汐楔形體、潮汐高程以及橫斷面積、形狀和底床摩擦力。沿著河川某一點，假設其它參數相同，若橫斷面積減小，則流速將增大且經由該斷面輸砂量亦增加，其橫斷面積將根據輸砂量以及砂源補注，河川本身會自行調整趨於平衡。若河川兩岸係固定的且河川輸砂量遠大於砂源補注的話，如同淡水河兩邊大部份是固定的，則其底床將會產生侵蝕，換言之水深變深。河川平衡可能會因人為而改變，例如因築壩、堰、水庫以及回填使得潮流楔形體減小所導致水流與砂源補注之調節。

在河口處之水流及傳送型態遠較河川來得複雜，波浪驅動流對整個水流型態影響佔舉足輕重地位，且波浪將增加水體之擾動，導致懸浮漂砂量的增加。由於台北港目前位置在碎波帶內，波浪到達港區已經碎波，故不再具有足夠波浪所衍生之機制可將該區之漂砂帶走。就目前情況而言，波浪主要係重新分配港口附近區域漂砂，來自河川漂砂流量係由不同大小粒徑所組成，較粗的成份將在河口區域沉澱，然而較細的成份將被帶到深水區域，若波浪及潮流未能帶走在河口之漂砂，則在河口將會形成一三角洲。

若將台北港北防波堤到淡水河口北岸之間當作是淡水河之延伸，則該區之橫斷面將遠大於舊淡水河口區域橫斷面。若僅考量河川進出水流，勢必減少其對漂砂之輸送能力，故該區漂砂淤積為必然結果直到平衡為止，波浪活動力將重新分配漂砂而主要淤積區域將自北防波堤向河口西南岸邊西南延伸而進入深海。若無任何防制措施，則可預期該區漂砂將隨河口東北岸側延伸而繼續淤積，最後沿著台北港北防波堤漂砂將到達防波堤向海

極限，然後開始沿著防波堤向南延伸形成一大沙洲，慢慢地在此處又形成一新的碎波帶，這種過程需要多少時間，完全取決來自河川輸砂補注量，惟這個問題已非本文研究範圍。

這種估算取決於河川之延伸，約近似於相對應台北港北防波堤長度，惟若與淡水河整個長度比較的話，該延伸長度就顯得非常小，其所衍生對河川水流阻力可認為係微不足道的，因此就台北港興建所引起增加之洪水風險問題對整個淡水河集水區而言，可謂非常的小，惟沿著淡水河東北岸水流懸浮質濃度則可能產生局部某些侵蝕。

## 拾壹、結論及建議

綜合以上章節數值分析結果與討論，本研究可獲致以下數點結論及建議：

- 一、本研究引進 DHI MIKE 21 以及 LITPACK 兩套數值模式，根據民國 75 年至 84 年省水利處監測地形測量結果作為模式與參數率定之依據，並依本所在該區所作淡水河口輸沙量調查，海岸底質與懸浮質之調查及取樣分析結果，來推估將於此區進行之全面地形施測作為驗證和比對，數值計算結果顯示本研究所有模式之建立和率定，對於本區域物理特性都能提供一相當好的描述；與區域內所實測之結果比對亦非常符合。
- 二、數值分析結果顯示，沿岸輸砂隨著斷面水深不同而變化，淡水河北岸漂沙輸送發生在離岸 500 公尺內，河口附近坡度非常平緩，大部份輸砂發生在 1700 到 1800 公尺間，越往南側，最大輸砂處越來越接近海岸，距河口約 3 公里的範圍，漂砂最主要聚集在大約 400 公尺以及 800 公尺等兩個區域。
- 三、就現況配置數值計算結果顯示，自港口區往南侵蝕愈來愈厲害，以距港口約 2~3 公里處侵蝕最嚴重，往火力電廠方向侵蝕漸緩，甚至有淤積現象。同時會有些漂砂越過火力電廠往南輸送；當建港第 I 階段中程配置主防波堤完成，沿著防波堤遮蔽區外部有侵蝕現象，在港口的內港區則會有漂砂淤積，待建港第 II 階段遠程配置完成後，最大侵蝕區將更往南移且由於沿岸傳輸作用和大的漩渦效應，遊艇港入口處將沉積淤塞。
- 四、數值計算結果顯示，就現狀而言，自港區到西南側 2.5 公里，沿岸輸砂量基本上每年自零增加到最大值約為  $600,000\text{m}^3$ ，導致這一段海岸線嚴重侵蝕，估計港區到火力電廠近岸水域每年約  $200,000\text{m}^3$  侵蝕量，迂迴繞過火力電廠而往西南方向輸送；而建港第 I 階段，因港區面積自西南方擴建，若與現狀沖淤比較，嚴重侵蝕區域將向西南側移動且在沿岸漂砂被帶往遮蔽區；到建港第 II 階段，由於港區是如此遼闊，以致其對嚴重東北季風所提供遮蔽區，涵蓋大部份水域到達火力電廠，與第 I 階段相同，在港口附近有部份地區其漂砂方向是往北，南向沿岸漂砂量則重新分配，且其最大值遠小於現狀及第 I 階段港區配置。

五、本研究研提保護對策方案 I 包括構築護岸、突堤以及兩道離岸堤，詳如圖 9-3 以及附錄 F 中所示，分別為：

1. 自目前港區南側首段 3300 公尺海岸線建議利用護岸加以保護，這部份海岸線對目前港區配置將面對最大侵蝕，因此建議儘速開始這部份結構物之建造用以固定這部份之海岸線。
2. 在靠近火力電廠處建議構築一道突堤，用以攔阻港區侵蝕南下被帶走之漂砂，突堤長度愈長，對穩定海灘效果愈佳，惟若延伸太長因水深過大則經費將很驚人，模式中這突堤延伸到水深負 12 公尺處。
3. 在護岸及突堤間建議利用規模較大離岸堤加以穩定海灘，每道離岸堤長度為 800m，設置在水深負 7 公尺處。
4. 保護對策主要是用來減少該區漂砂之流失，惟該區因缺乏天然沙源且經常有少量之沙源被帶往深水區，故為維持海灘之穩定，適量沙源補助有其必要，正確養灘數量完全決定於擴建時程。

六、保護對策方案 I 數值計算結果顯示，兩道離岸堤北側，於港區最後配置(於建港第 II 階段)並不需要，若配合台火力電廠北方儲存設備擴建之規劃則建議採用保護對策方案 II，如附錄 F 中所示，將突堤再往北移，且將離岸堤數目由兩座減為乙座，當可節省很多經費，惟為防止建港第 I 階段在港口處所形成甚大回流將漂砂帶入港內，故另建議增加一道南防波堤，該防波堤將成為修正過後第 II 階段最後外廓配置之一部份，並將遊艇港入口移到更外海處，自水力觀點言，構築該道南防波堤最適時程應該在民國 90~100 年間。

七、為防止沙源自其鄰近海灘消失而造成當地侵蝕，在離岸堤興建期間應加以人工養灘，所需沙源可自港區北側淡水河口挖掘，所需養灘數量約在 20 萬  $m^3$  左右，惟其中某些可來自護岸前之侵蝕量，其數量決定於建港時程沿著整個海岸近岸區地形之估算；故建議必須每年作定期之地形監測以提供數據作為保護工正確興建時程之決策參考。

八、台北港興建所引起增加之洪水風險問題，對整個淡水河區集水區而言，可謂非常的小，惟沿著淡水河東北岸水流懸浮質濃度則可能產生局部某些侵蝕。

九、數值計算結果的可靠度取決於需要有可信賴的波浪條件，本研究中尚缺乏有效的方向性離岸波浪條件，倘有更可靠的波浪資料時，於未來研究將會有助益。

十、由於年輸砂型態係根據波浪的有效資訊來推導，而每一年的波浪狀態都有些變化，相對應的每年淨輸砂以及平衡的海岸線方位都會有不同，是故建議應對波浪作長期的監測。

## 參考文獻

1. User Guide and Reference Manual, MIKE 21 NSW, DHI
2. User Guide and Reference Manual, MIKE 21 HD, DHI
3. User Guide and Reference Manual, MIKE 21 ST, DHI
4. User Guide and Reference Manual, LITPACK, DHI
5. Tanshui Harbour Project, Interim Report, Setup and Initial Calibration of Numerical Models, DHI, May 1997.
6. Tanshui Harbour Coastal Hydraulic and Sedimentation Study, Draft Final Report, DHI, Feb.1998.
7. Shore Protection Manual, U.S. Army Corps of Engineers, 1989.
8. 淡水國內商港第二期工程細部規劃及遠程發展計畫規劃，宇泰工程顧問有限公司。
9. 台中港港口段航道設置減風設施可行性研究，港灣技術研究所，1996。
10. 雲林縣離島式基礎工業區開發計畫—八十二年度整體規劃通盤檢討及綱要計畫擬定—海岸水理及地形變遷研究，中興工程顧問社，1993。
11. 淡水港興建對鄰近海岸地形變遷之影響—動床水工模型試驗，港灣技術研究所，1996。

基隆港務局

淡水國內商港漂沙調查及海氣象與海岸地形變遷監測計畫

(第二年)

第三單元 — 漂沙調查研究

# 淡水港漂砂調查及海、氣象與地形變遷監測計劃

( 第 二 年 )

--- 漂沙調查研究 ---

行政督導	所 長	張金機
	副 所 長	莊甲子
總計畫主持人	研究員兼組長	黃清和
共同主持人	助理研究員	蔡立宏
參與人員	副工程師兼課長	魏 震
	規劃工程師	黃昶哲
	助 理	蔡金吉
	技 工	楊怡芸
		錢爾潔

# 目 錄

圖目錄 .....	I
表目錄 .....	III
壹、前言 .....	1-1
1-1 計畫緣起 .....	1-1
1-2 工作項目 .....	1-1
貳、等深線變化分析 .....	2-1
參、斷面地形分析 .....	3-1
肆、侵淤量計算 .....	4-1
4-1 各分區沖淤概況 .....	4-2
4-2 全區沖淤概況 .....	4-8
伍、結論及建議 .....	5-1
參考文獻 .....	5-3

## 圖 目 錄

- 圖 2-1 淡水、八里海域民國 76 年、78 年、80 年等深線變化比較圖  
(省水利處測量，本計畫整理)
- 圖 2-2 淡水、八里海域民國 80 年、82 年、84 年等深線變化比較圖  
(省水利處測量、本計畫整理)
- 圖 2-3 淡水、八里海域民國 84 年、85 年、86 年等深線變化比較圖
- 圖 2-4 淡水、八里海域民國 85 年 10 月、86 年 10 月等深線變化比較圖
- 圖 2-5 淡水、八里海域民國 85 年 5 月、85 年 10 月等深線變化比較圖
- 圖 2-6 淡水、八里海域民國 85 年 10 月、86 年 5 月等深線變化比較圖
- 圖 2-7 淡水、八里海域民國 86 年 5 月、86 年 10 月等深線變化比較圖
- 圖 3-1 淡水、八里海域各監測斷面位置示意圖
- 圖 3-2 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.1 歷年地形變化圖
- 圖 3-2 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.1 歷年地形變化圖
- 圖 3-3 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.2 歷年地形變化圖
- 圖 3-3 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.2 歷年地形變化圖
- 圖 3-4 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.3 歷年地形變化圖
- 圖 3-4 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.3 歷年地形變化圖
- 圖 3-5 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.4 歷年地形變化圖
- 圖 3-5 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.4 歷年地形變化圖
- 圖 3-6 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.5 歷年地形變化圖
- 圖 3-6 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.5 歷年地形變化圖

圖 3-7 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.6 歷年地形變化圖

圖 3-7 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.6 歷年地形變化圖

圖 3-8 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.7 歷年地形變化圖

圖 3-8 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.7 歷年地形變化圖

圖 3-9 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.8 歷年地形變化圖

圖 3-9 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.8 歷年地形變化圖

圖 3-10 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.9 歷年地形變化圖

圖 3-10 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.9 歷年地形變化圖

圖 3-11 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.10 歷年地形變化圖

圖 3-11 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.10 歷年地形變化圖

圖 3-12 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.11 歷年地形變化圖

圖 3-12 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.11 歷年地形變化圖

圖 3-13 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.12 歷年地形變化圖

圖 3-13 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.12 歷年地形變化圖

圖 3-14 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.13 歷年地形變化圖

圖 3-14 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.13 歷年地形變化圖

圖 4-1 淡水、八里海域各分區沖淤量計算範圍示意圖

圖 4-2 淡水國內商港工程處在港區附近浚挖數量及範圍示意圖

## 表目錄

- 表 4-1 淡水、八里海域各分區不同水深範圍內侵淤數量表  
(第(1)分區~第(3)分區)
- 表 4-1 (續) 淡水、八里海域各分區不同水深範圍內侵淤數量表  
(第(4)分區~第(6)分區)
- 表 4-2 淡水、八里海域全區 (1~6 區) 不同水深範圍侵淤數量表
- 表 4-3 淡水、八里海域全區 (1~6 區) 不同水深範圍累積侵淤數量表
- 表 4-4 淡水、八里海域各分區 (1~3 區) 不同水深歷年侵淤數量表
- 表 4-4 (續) 淡水、八里海域各分區 (4~6 區) 不同水深歷年侵淤數量表
- 表 4-5 淡水、八里海域全區 (1~6 區) 不同水深範圍歷年侵淤數量表

# 壹、前言

## 1-1. 計畫緣起

淡水港位於淡水河口南岸，該地區因波浪侵襲，致海岸逐年侵蝕，為確實掌握建港對週遭環境之影響，基隆港務局（以下簡稱 貴局）曾分別委託顧問公司及學術單位辦理淡水、八里海岸地形變遷海象調查研究、數值模擬及動床水工模型試驗等，以探討建港後海岸地形變化情形，進而研提防治對策。

本研究為「淡水港漂沙調查及海氣象與海岸地形變遷監測計劃（第二年）」有關“漂沙調查”報告，除依台灣省水利處以往淡水海域地形監測成果，並配合本計畫第一年、第二年全面水深地形測量結果，進行冬季、夏季各斷面比較與各分區逐年之沖淤積量分析，藉以研判該區沖淤積變化趨勢；研究成果配合以往該地區海氣象監測相關資料提供本計畫第二單元-- 海岸地形變遷數值監測模式研究，作為模式建立、率定以及驗證用，俾建立一適合該區海域特性之海岸地形變遷數值監測模式。

## 1-2. 工作項目

第二年計畫因限於研究經費限制，漂沙調查僅辦理斷面水深監測分析包括

### 1. 陸上控制點監測

陸上控制點監測，俾作為水深地形變遷長期監測之控制依據

### 2. 水深地形測量（春、秋各一次）

測量範圍為淡水河口北岸（關渡橋以北）至林口發電廠，長約 15 公里，水深測量至負 20 公尺處，距岸約 4 公里。

- 民國 86 年 4 月～5 月進行第三次全面水深測量
- 民國 86 年 9 月～10 月進行第四次全面水深測量

本研究斷面水深監測分析已如前述，係根據省水利處自民國 76 年以來在該區海域地形監測成果，配合本計畫第一年、第二年分別於 85 年春季 4、5 月間與同年秋季 9、10 月間以及 86 年春季 4、5 月間與同年秋季 9、10 月間在此進行四次全面水深地形測量成果分別進行等深線變化分析、各測線水深斷面比較分析外，並計算各分區逐年之侵淤數量，俾研判該區海岸地形變遷趨勢，謹敘述如后。

## 貳、等深線變化分析

圖 2-1~圖 2-7 係分別根據省水利處在該區海域於民國 76 年、78 年、80 年、82 年以及 84 年等每年 5 月間監測地形與本計畫在民國 85 年 5 月與 10 月以及 86 年 5 月與 10 月等四次監測地形，其 $\pm 0\text{m}$ 、 $-5\text{m}$ 、 $-15\text{m}$ 、以及 $-20\text{m}$ 等深線變化趨勢比較圖，比較分析結果顯示：

### 1. 淡水河口北側附近海域

#### (1) 自民國 76 年 5 月到民國 80 年 5 月間

$\pm 0\text{m}$  等深線沖淤互見； $-5\text{m}$  等深線亦然； $-10\text{m}$  等深線則略向陸側內移呈侵蝕狀，惟程度較輕微。

#### (2) 自民國 80 年 5 月到民國 84 年 5 月間

$\pm 0\text{m}$  等深線在淡水第二漁港北側自民國 82 年 5 月後向海側外移呈淤積； $-5\text{m}$  等深線則反向陸內移呈侵蝕； $-10\text{m}$  等深線略向海側外移； $-15\text{m}$  等深線則無變化；惟 $-20\text{m}$  等深線資料分析結果顯示沖淤互見。

#### (3) 自民國 84 年 5 月到民國 86 年 5 月間

於淡水第二漁港北側， $\pm 0\text{m}$  等深線向海側外移略呈淤積，往北側 $\pm 0\text{m}$  等深線呈侵蝕趨勢； $-5\text{m}$  等深線自民國 84 年後則向海側外移呈淤積，自 85 年到 86 年間無明顯變化，往北則侵淤互見； $-10\text{m}$  等深線分析結果顯示，自民國 84 年 5 月後則呈侵蝕， $-10\text{m}$  等深線略向陸側內移； $-15\text{m}$  與 $-20\text{m}$  等深線亦同樣顯示，自民國 84 年 5 月以後，其等深線略向陸側內移呈侵蝕，85 年與 86 年監測結果比較則無明確變化。

(4) 民國 85 年 10 月到民國 86 年 10 月間

圖 2-4 為本計畫第一年與第二年在 10 月間監測地形比較分析，圖形顯示在該區靠近淡水第二漁港北側±0m 等深線向海側外移呈淤積，往北側無明顯變化；-5m、-10m、-15m 以及-20m 等深線則略向陸側內移呈侵蝕。

(5) 民國 85 年 5 月~10 月、85 年 10 月~86 年 5 月以及 86 年 5 月~10 月間

圖 2-5~圖 2-7 則分別為本計畫第一年、第二年連續四次監測地形比較分析，表該地區在颱風季節以及東北季風期間地形變化情形，分析結果顯示，在淡水河口北側附近海域在颱風期間即每年 5 月~10 月間，地形略呈侵蝕，其±0m、-5m、-10m、-15m 以及-20m 等深線均向陸側內移；惟在東北季風期間，則其等深線並無顯著變化，如圖 2-6 所示。

## 2. 淡水河口南岸--八里污水處理廠--八仙樂園間附近海域

(1) 自民國 76 年 5 月到民國 80 年 5 月間

-5m 等深線沖淤互見；除八里污水處理廠附近呈淤積外，在淡水河口南處以及八仙樂園附近，其-5m 等深線則向陸側內移呈侵蝕；且該區海域-10m 等深線在這幾年間則明顯向陸側內移呈侵蝕。

(2) 自民國 80 年 5 月到民國 84 年 5 月間

該段期間除淡水河口南岸到八里污水處理廠間-5m 等深線明顯向陸側內移呈侵蝕狀態外，在八仙樂園附近其-5m 等深線則無明顯變化，而-10m 等深線分析結果顯示向海側外移，呈淤積；-15m 等深線以下則幾無變化。

(3) 民國 84 年 5 月到民國 86 年 5 月間

淡水國內商港北防波堤以北到淡水河口南岸，即八里污水處理

廠附近水域，由於該區由北南向漂沙被北防波堤攔阻呈淤積，其±0m 等深線，自民國 84 年 5 月以後並無顯著變化，-5m 等深線則呈淤積，等深線向海側外移；-10m 等深線則無明顯變化；-15m 與-20m 等深線則侵淤互見，靠近淡水河口南側呈侵蝕往南側呈淤積；淡水國內商港區到八仙樂園間海域，監測地形顯示，±0m 等深線無明顯變化，惟-5m 與-10m 等深線在八仙樂園外側海域則明顯向陸側內移，尤其是-10m 等深線則侵蝕；-15m 與-20m 等深線則無顯著變化。

#### (4) 民國 85 年 10 月到民國 86 年 10 月間

如圖 2-4 所示，北堤以北到淡水河口南側間-5m 等深線呈侵蝕，-10m、-15m 以及-20m 等深線則無明顯變化；淡水國內商港區到八仙樂園間海域，-5m 等深線呈淤積，惟-10m、-15m 以及-20m 則呈侵蝕。

#### (5) 民國 85 年 5 月~10 月、85 年 10 月~86 年 5 月以及 86 年 5 月~10 月間

圖 2-5 中自民國 85 年 5 月到 10 月間在八仙樂園外側海域，在-10m 等深線附近所呈現-15m 等深線仍係淡水國內商港工程處，挖掘航道人為所致，該浚挖區根據民國 86 年 5 月監測地形所示，仍然存在，惟到民國 86 年 10 月歷經颱風季節後該浚挖區已明顯迴淤，-15m 等深線已不復再現。

### 3. 八仙樂園--林口發電廠間附近海域

#### (1) 自民國 76 年 5 月到民國 80 年 5 月間

-5m 以及-10m 等深線均呈侵蝕狀態，尤其是靠近八仙樂園段，愈往南向則呈沖淤互見。

#### (2) 自民國 80 年 5 月到民國 84 年 5 月間

-5m 等深線仍呈侵蝕；-10m 等深線則略呈淤積；但-15m 以及-20m

等深線則無顯著變化。

(3) 自民國 84 年 5 月到民國 86 年 5 月間

圖 2-3 為本計劃第一年以及第二年在 5 月間所監測地形與水利處在民國 84 年 5 月間所監測地形比較分析，圖形顯示，在該段海域，自民國 84 年 5 月以後，在八仙樂園以南海域，其-5m、-10m、-15m 以及-20m 等深線均明顯向陸側內移呈侵蝕，被侵蝕之漂沙則淤積在林口火力電廠以北附近水域。

(4) 民國 85 年 10 月到民國 86 年 10 月間

該段海域自八仙樂園以南，-5m、-10m、-15m 以及-20m 等深線明顯向陸側內移呈侵蝕；林口火力發電廠外側海域則呈淤積。

(5) 民國 85 年 5 月~85 年 10 月、85 年 10 月~86 年 5 月以及  
86 年 5 月~86 年 10 月間

地形監測分析結果顯示，該段海岸，在東北季風期間（每年 10 月到翌年 10 月）-5m、-10m、-15m 以及-20m 等深線變化較不顯著；惟在颱風期間（每年 5 月~10 月間）則-5m、-10m-15m 以及-20m 等深線明顯呈侵蝕。

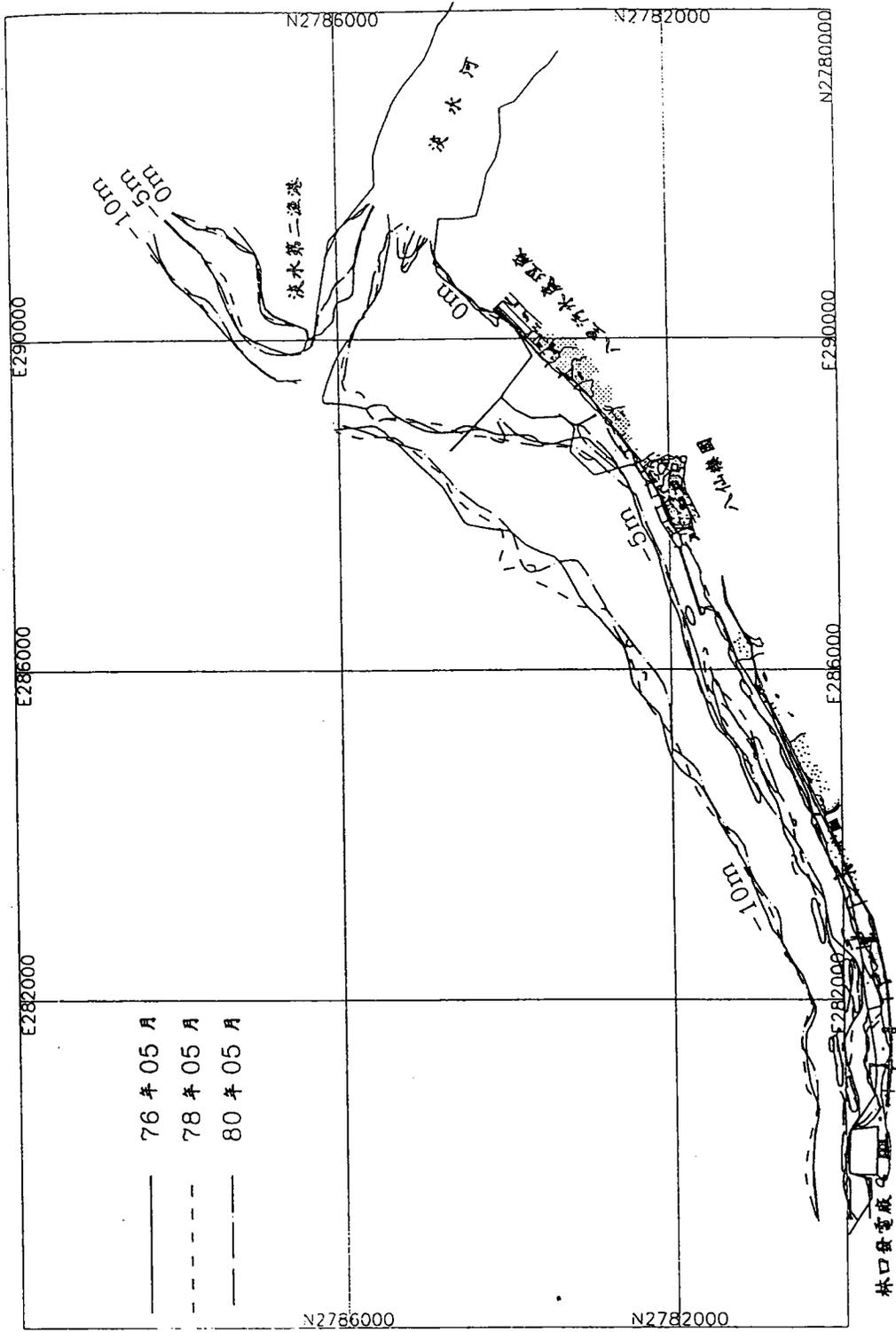


圖 2-1 淡水、八里海域民國 76 年、78 年、80 年等深線變化比較圖

(省水利處測量，本計畫整理)

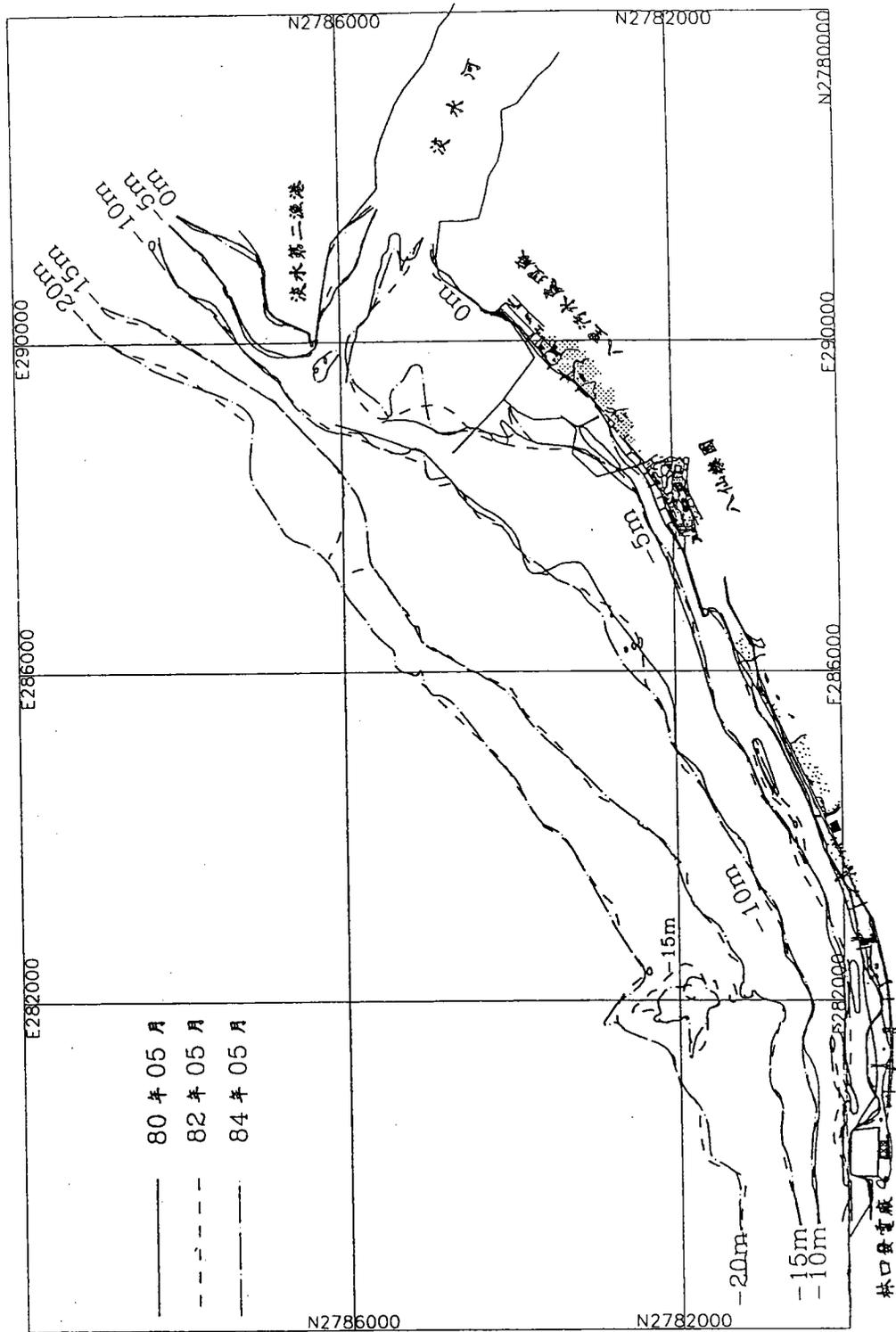


圖 2-2 淡水、八里海域民國 80 年、82 年、84 年等深線變化比較圖

(省水利處測量、本計畫整理)

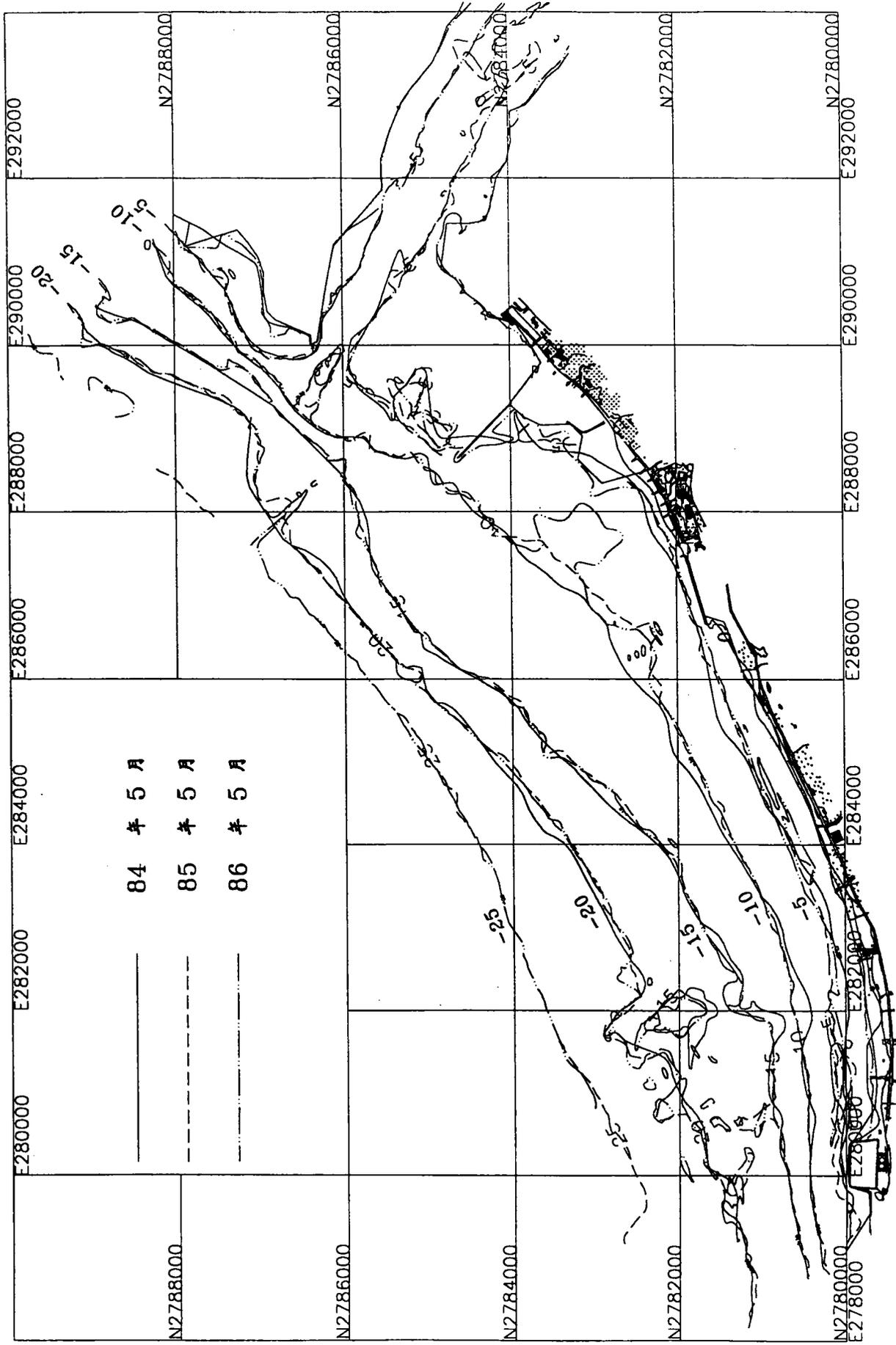


圖 2-3 淡水、八里海域民國 84 年、85 年、86 年等深線變化比較圖

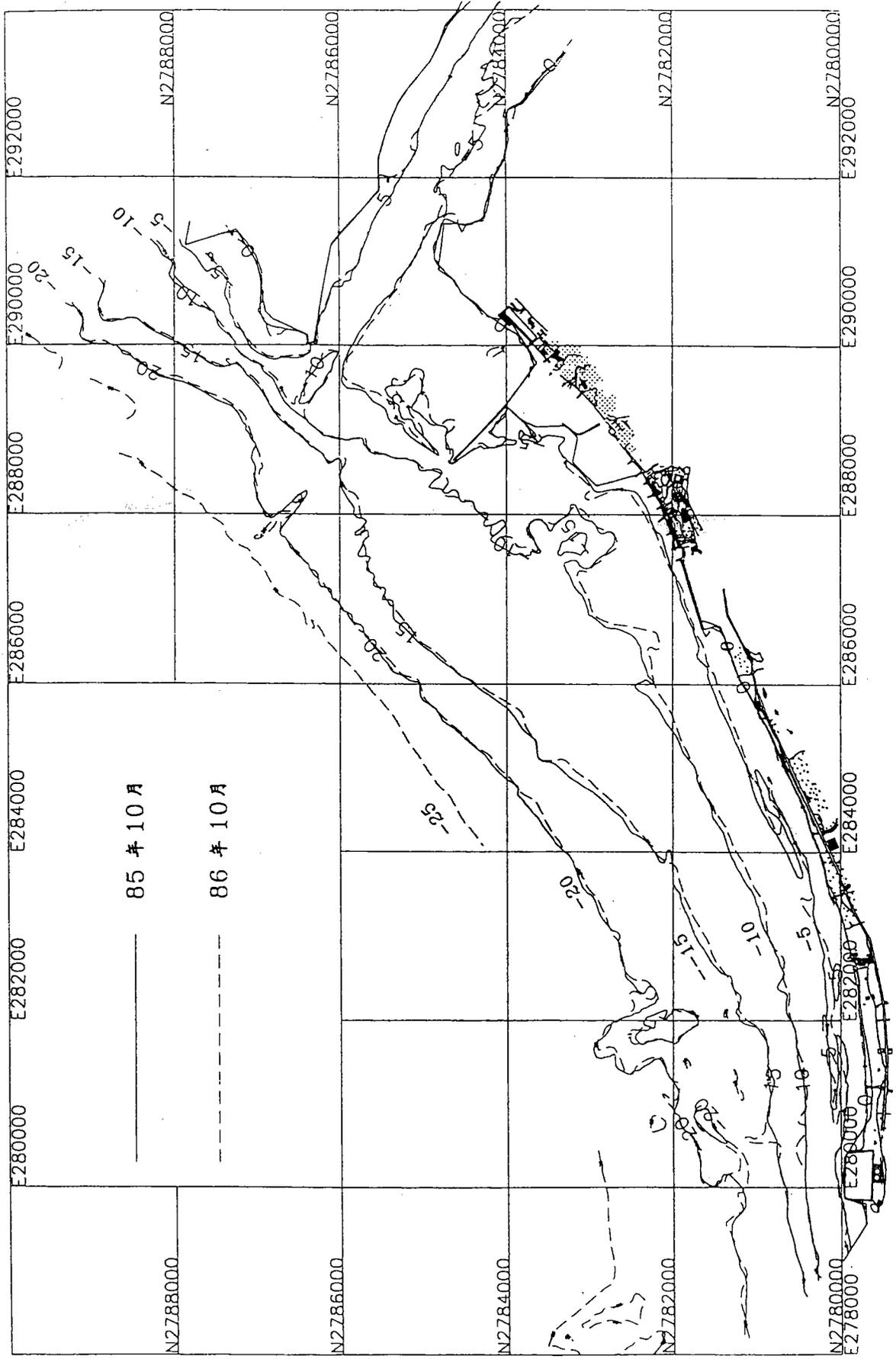


圖 2-4 淡水、八里海域民國 85 年 10 月、86 年 10 月等深線變化比較圖



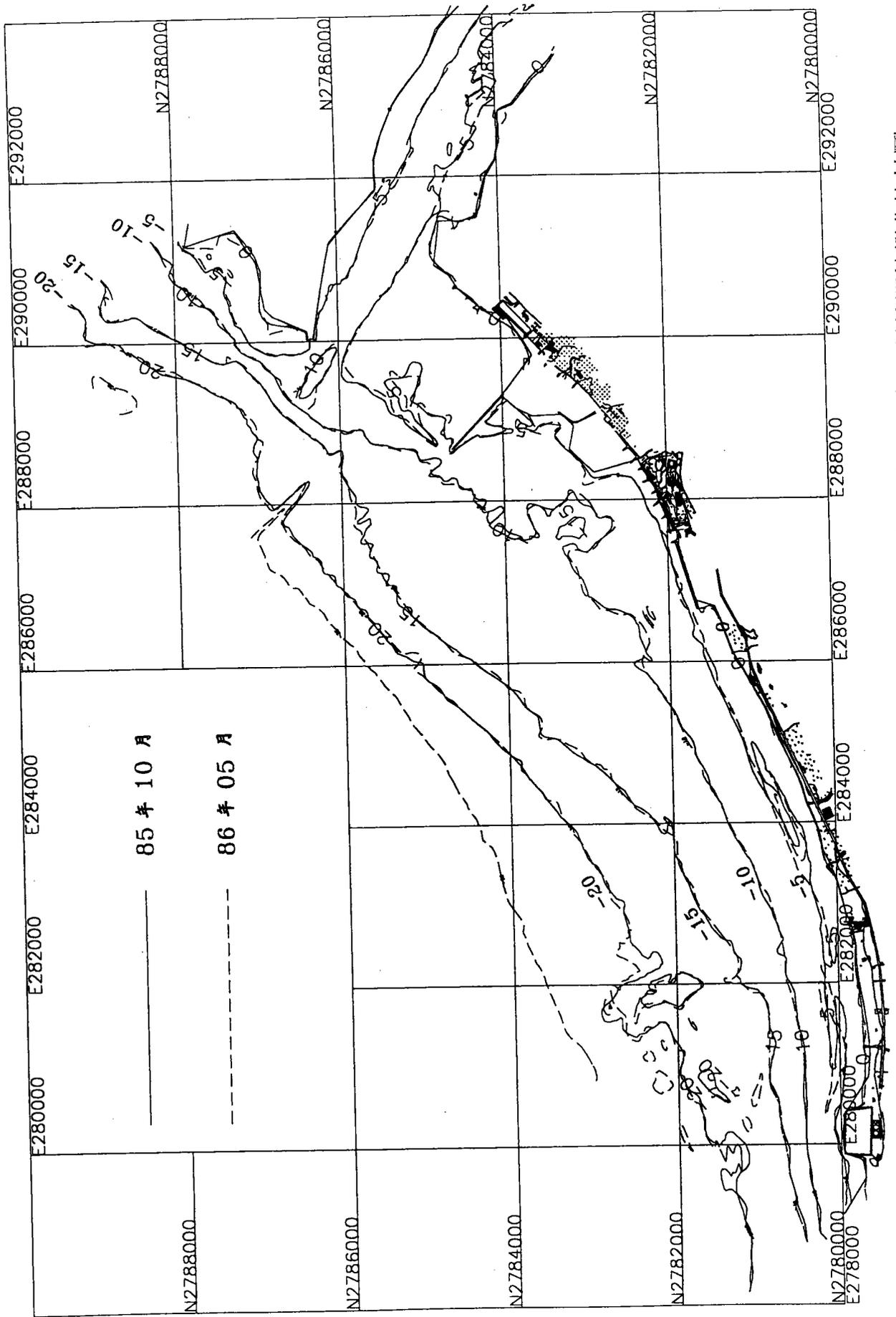


圖 2-6 淡水、八里海域民國 85 年 10 月、86 年 5 月等深線變化比較圖

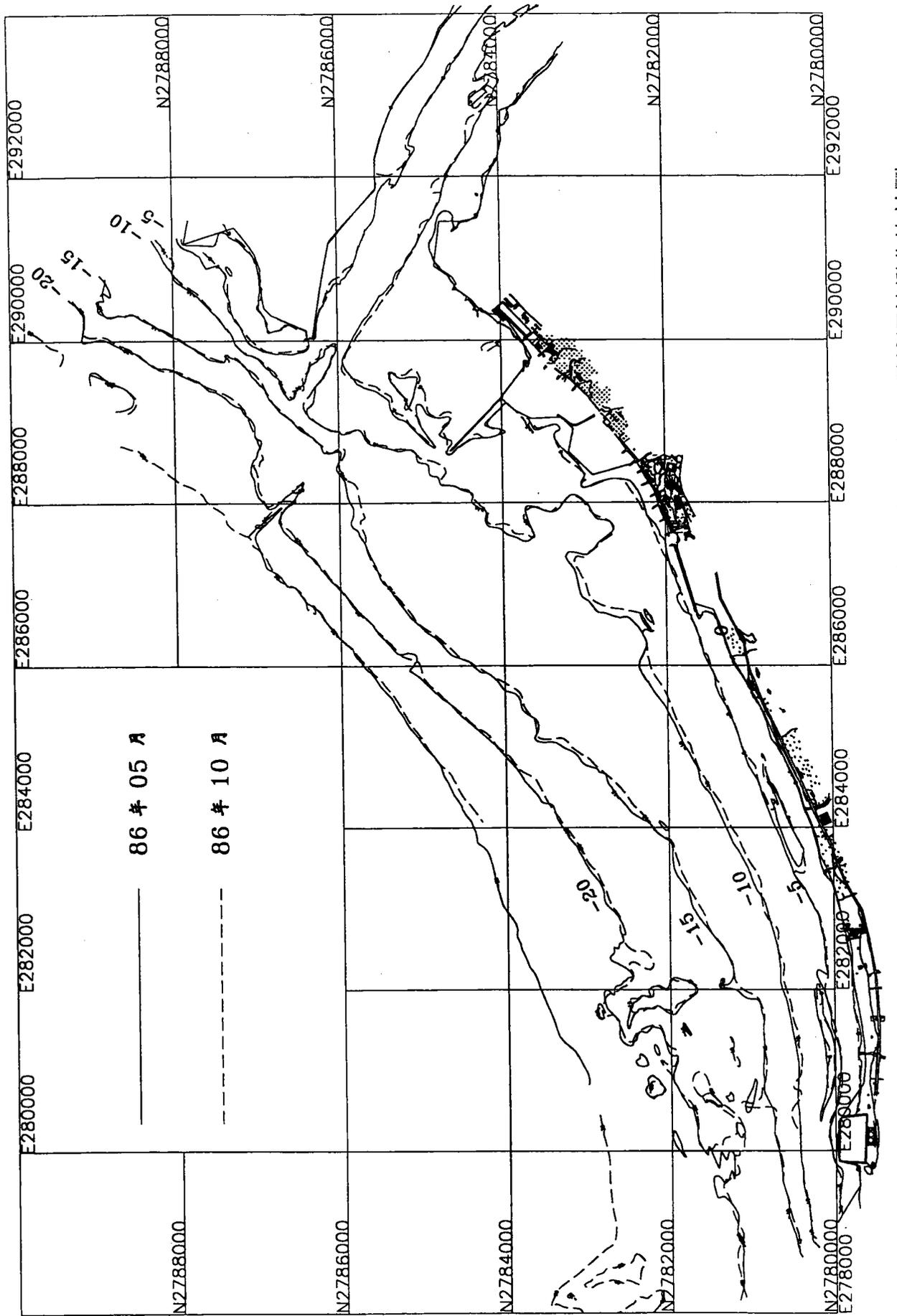


圖 2-7 淡水、八里海域民國 86 年 5 月、86 年 10 月等深線變化比較圖

## 參、斷面地形分析

圖 3-1 為淡水河口到林口發電廠間海域各監測斷面位置示意圖，從南側到北側共分割成 13 個不同斷面加以比較分析，每條斷面間隔 1,000 公尺，各斷面歷年地形變化詳如圖 3-2~圖 3-14 中所示，分析結果顯示：

### 1. 斷面 NO.1

斷面 NO.1 位處該區海域南端林口發電廠處，監測分析結果顯示，在民國 76 年 5 月到民國 80 年 5 月期間， $\pm 0\text{m}$  灘線以上略呈淤積，水深-3m 處亦呈淤積，惟水深-5m 附近初期呈侵蝕爾後再呈淤積，而-8m 水深處則沖淤互見，到民國 84 年 5 月間水深-3m 以上仍呈淤積，-5m 水深處則侵蝕，-10m 以下水深處斷面則無明顯沖淤變化；而根據民國 85 年春、秋兩季本計劃所測量分析結果顯示，在歷經一整年後水深-5m ~-8m 間明顯淤積達 1m~2m，然後經過一個夏季颱風期過後再度刷深成原來地形，分析結果同時顯示，在水深-15m 處仍有刷深現象，如圖 3-2 (a) 中所示。

而根據第二年即民國 86 年 5 月以及 10 月間監測地形顯示，在林口火力電廠灰塘區外側，自民國 85 年 5 月以來歷經颱風季節呈侵蝕以後，目前正逐漸迴淤中；此處迴淤漂沙仍來自上游侵蝕區，大體上在東北季風期間該斷面呈淤積，經過颱風季節後則再度呈現侵蝕；距火力發電廠外海 2,000~7,000 公尺，即-6m~-17m 水深間，根據近兩年來監測地形顯示並無明顯變化，更往外海側，即-17m 水深以後則仍呈侵蝕如圖 3-2 (b) 下圖所示。

### 2. 斷面 NO.2

該斷面距斷面 NO.1 北側 1,000 公尺處；在民國 76 年 5 月到 80 年 5 月間，水深-5m 以上到岸上間斷面均呈淤積，水深-5m~-8m 間斷面初期亦呈淤積，爾後又恢復到原來初期地形；在民國 80 年 5 月到 84 年 5 月間，分析結果顯示，水深-3m 以上斷面則略呈侵蝕，水深-5m

~-8m 間斷面則呈淤積，惟監測資料顯示在水深-15m~-20m 間斷面仍有明顯沖淤變化，其次根據本計畫監測結果加以比對，水面下±0m~-5m 間斷面呈侵蝕，尤其是在距邊 200m~400m 水深-4m 處呈明顯沖，深度約達 2m~3m 左右，而水深-15m~-20m 間斷面仍然是沖淤互見，詳如圖 3-3(a)中所示。

圖 3-3(b)中下圖為本計畫第一年、第二年監測地形斷面比較分析圖，圖形顯示，該斷面近年棧亦逐漸回淤，沿岸沙洲仍然存在與斷面 1 相同；在距岸 1,800 公尺即-15m~-20m 水深處則呈侵蝕。

### 3. 斷面 NO.3

分析結果顯示在民國 76 年 5 月到 80 年 5 月間，水深-3m 以上到岸側，明顯呈淤積現象，而水深-3m~-8m 間斷面則沖淤互見，差距達 1m 左右，水深-8m 以下則變化較顯著；到民國 84 年 5 月，在距岸邊 150 公尺左右，則形成一明顯沿岸沙洲至凸出水面達 1 公尺，水深-6m 以下則斷面尚稱穩定；惟在歷經一年期間到民國 85 年 5 月，則分析結果顯示原先露出水面水沙洲不復存在，而在水深-5m~-17m 間斷面則明顯呈淤積，平均厚度在 1~2m 間，惟在水深-17m~-20m 間則呈侵蝕，詳如圖 3-4(a)中所示。

根據第二章監測結果顯示，該斷面原先在-5m 水深處之沿岸沙洲已不復存在，且該斷面呈回淤狀況，岸前海灘已逐漸形成。

### 4. 斷面 NO.4

監測分析結果顯示，在民國 76 年 5 月到 80 年 5 月期間，岸上斷面無變化，惟在水深-3m 以下明顯呈侵蝕，尤其是在水深-5m 處，刷深深度達 1m~2m 左右；而迄民國 84 年 5 月，該斷面水深並無明顯變化，僅在水深-15m~-20m 間斷面監測分析結果顯示，該斷面在水深-3m~-17m 間呈些微淤積，但在水深-17m 以下則明顯刷深，詳如圖 3-5 (a) 中所示。

根據第二年即民國 86 年 5 月以及 10 月地形監測結果顯示，該斷面亦逐漸呈回淤狀況，灘線亦逐漸形成，如圖 3-5 (b) 下圖所示。

## 5. 斷面 NO.5

根據歷年地形斷面比對分析顯示，該斷面灘線到民國 80 年 5 月呈侵蝕，在水面下到水深-5m 處則沖淤互見，尤其是在距岸邊 200 公尺~300 公尺，水深-5m 處，刷深約達 2m 左右；到民國 84 年 5 月，灘線仍呈侵蝕，距岸邊 400 公尺水深-5m 處則有沿岸沙洲形成，高度亦為 2m 左右，水深-7m 以下則歷年斷面地形並無明顯變化；爾後再歷經一年到民國 85 年 5 月灘線與沿岸沙洲間溝渠則呈淤積，致沿岸沙洲再度形成，其高度約有 2m 左右，詳如圖 3-6 (a) 中所示。

根據第二年 5 月及 10 月監測地形顯示，距岸邊約 300 公尺-5m 水深處，沿岸沙洲逐漸形成，其高度約為 2m 左右，整個斷面在-5m 水深以下則全面性呈侵蝕，如圖 3-6(b)下圖所示。

## 6. 斷面 NO.6

民國 76 年 5 月到民國 80 年 5 月期間，該斷面沖淤互見，在距岸邊 400 公尺-500 公尺間水深處有沿岸沙洲形成為其斷面變化特性，水深-10m 以下，則地形變化些微並不顯著，惟自民國 80 年 5 月以後到民國 84 年 5 月，灘線後面高度約 5m 之陡坡開始呈侵蝕，水深-5m 處仍有沿岸沙洲存在；而根據本計畫在民國 85 年 5 月以及 10 月兩次監測地形結果與 84 年 5 月地形比較，分析結果顯示在近一年期間該斷面全面刷深約達 1 公尺左右呈侵蝕，是否因本計劃測量基點誤差所致，有待進一步觀察詳如圖 3-7 (a) 中所示。

圖 3-7 (b) 下圖為本計劃第一年、第二年相同基準地形監測結果，分析結果顯示，岸邊已有灘線，亦逐漸有沿岸沙洲形成，根據第二年 10 月監測地形顯示，整個斷面在-7m 水深以下仍呈侵蝕。

## 7. 斷面 NO.7

民國 76 年 5 月到 80 年 5 月間，自灘線到水深-5m 間地形呈淤積，水深-5m~-10m 間呈侵蝕，亦有沿沙洲形成；而民國 80 年 5 月到民國 84 年 5 月間，灘線到水深-5m 間地形較穩定無變化，惟水深-5m~-10m 間則仍呈侵蝕，水深-10m 以下，則變化極微，根據本計劃在民國 85 年 5 月以及 10 月歷次監測地形結果比較，水深-5m 以下仍全面呈侵蝕，其刷度平均約有 0.5m 左右，詳如圖 3-8 (a) 中所示。

根據第一年、第二年地形監測結果顯示，自民國 85 年 10 月以後，在-2m~-8m 水深處斷面呈侵蝕，該斷面地形監測結果顯示，其斷面變化主要受東北季風影響較大，如圖 3-8 (b) 下圖所示。

## 8. 斷面 NO.8

該斷面在民國 76 年 5 月到 80 年 5 月間海岸灘線沖淤互見，惟到民國 80 年 5 月時則分析結果顯示海岸灘線向海側外移約 50~60 公尺，且到水深-5m 間均呈淤積，厚度亦達 1~2 公尺左右，而水深 -5m 以下則呈侵蝕，該斷面海岸灘線則後退達一百多公尺，且到水面-10m 處全面侵蝕，刷深達 2~3 公尺左右；到民國 84 年 5 月海岸灘線才又逐漸恢復原來位置，而水深-3m~-10m 間才又見回淤；距岸邊 2 公里 ~3.5 公里在水深-12m~-20m 間，分析結果顯示該區全面淤積達 1~1.5 公尺；其次根據本計劃在民國 84 年 5 月與 10 月間測量結果顯示，該斷面沖淤互見並無顯著變化，詳如圖 3-9 (a) 中所示。

根據本計劃第一年、第二年，該斷面仍然沖淤互見並無顯著變化，如圖 3-9 (b) 下圖所示。

## 9. 斷面 NO.9

斷面 NO.9 位處八仙樂園海側距淡水港北防波堤堤趾南側約 2 公里處，該斷面在民國 76 年 5 月到民國 80 年 5 月間，海岸灘線略向海側外移，惟水深-1m 以下則無變化，到民國 84 年 5 月在距岸約 400~500 公尺水深-6m 處，該斷面有沿岸沙洲形成，其高度約有 2 公尺左

右；惟該沙洲根據本計劃在民國 85 年 5 月以及 10 月兩次監測結果比較顯示，其變化趨勢與斷面 NO.8 相同，而該斷面 85 年 10 月所測地形顯示凹洞係淡水港工程處港池浚挖水深所致，水深達-15m~-17m 左右，詳如圖 3-10 (a) 中示。

根據第二年地形監測結果顯示，該斷面在民國 85 年 5 月~10 月間所浚-12m 水深航道，則 86 年 10 月已回淤約 3~4 公尺，且斷面在 -2m~-6m 水深範圍亦全面回淤如圖 3-10 (b) 下圖所示。

## 10. 斷面 NO.10

該斷面正好位處目前淡水港第一期工程施工位置距北防波約 1 公里處，根據民國 76 年 5 月到 80 年 5 月間斷面分析結果顯示，在水深-5m~-7m 間地形沖淤互見，惟水深-7m 以下到水深-10m 間呈侵蝕，平均深度約達 1 公尺左右，而分析結果顯示該斷面在水深-10m~-20m 間地形有變化，且根據本計劃在民國 85 年 4 月以及 10 月兩次地形測量結果顯示，水深-5m~-10m 間仍呈侵蝕，惟在水深-10m 以下則地形不再有所變化詳如圖 3-11 (a) 中所示。

根據第二年即民國 86 年 5 月與 10 月兩次地形監測結果顯示，自民國 85 年 10 月以後，該斷面地形不再有所顯著變化，如圖 3-11 (b) 下圖所示。

## 11. 斷面 NO.11

該斷面位於淡水港北防波堤北側，距淡水河口約 2 公里處，自岸邊往海側約 1.5 公里範圍內，底床坡度平緩，水深介於-3m~-4m 間，分析結果顯示自民國 76 年 5 月到 80 年 5 月間該斷面底床沖淤互見，初期呈侵蝕平均刷深達 1.5 公尺，然後再逐漸回淤，而距岸邊 1.5 公里後即北防波堤堤頭位置後；斷面底床坡度變陡在水深-5m~-10m 間亦呈侵蝕；民國 80 年 5 月到 84 年 5 月間監測分析結果顯示該斷面沖淤互見，在水深-15m 處地形監測結果顯示，近年自北防波堤堤趾往海側 500 公尺範圍係呈淤積趨勢，厚度達 2~3 公尺左右，而水深在-10m 以下則略呈淤積，詳如圖 3-12 (a) 中所示。

根據第二年即民國 86 年兩次地形監測結果顯示，該斷面在水深  $\pm 0\text{m} \sim -3\text{m}$  間沖淤互見，惟在  $-3\text{m} \sim -7\text{m}$  水深間即離岸約 1,000 公尺  $\sim 1,500$  公尺間斷面則呈侵蝕，如圖 3-12 (b) 下圖所示。

## 12. 斷面 NO.12

斷面 NO.12 位處淡水河口南岸，灘線後側有約 8 公尺高山丘，監測分析結果顯示自岸邊往海側 1.5 公里範圍內，水深介於  $-2\text{m} \sim -3\text{m}$  間底床坡亦極平緩，該斷面自民國 76 年 5 月到 80 年 5 月間底床僅有些微淤積，而距岸 1.5 公里水域範圍外，底床地形變化較大沖淤互見；到民國 84 年 5 月，近岸處略呈淤積，往海側則呈侵蝕，惟根據本計劃 85 年 5 月以及 10 月兩次地形監測結果顯示，在近岸水深  $-2\text{m} \sim -4\text{m}$  間呈侵蝕，而水深  $-5\text{m} \sim -11\text{m}$  間則呈淤積，厚度達 2  $\sim$  3 公尺左右，而水深  $-11\text{m}$  以下則底床地形變化不大，詳如圖 3-13 (a) 中所示。

根據第二年結果顯示，該斷面則呈侵蝕狀況，斷面平均刷深在 1 公尺左右，圖 3-13(b) 下圖所示。

## 13. 斷面 NO.13

該斷面位處淡水河口北岸，圖中斷面最高點為淡水第二漁港防波堤，監測分析結果顯示淡水河口有多條沙溝存在，水深介於  $-4\text{m} \sim -7\text{m}$  間，底床地形變化沖淤互見，尤其是在民國 80 年 5 月到 84 年 5 月期間，如圖 3-14 (a) 中所示。

惟根據本計畫第一年、第二年地形監測結果顯示，該斷面自民國 86 年 5 月在淡水河口處即有沙洲浮出水面高度約為 1.5 公尺，到 86 年 10 月在河口處沙洲高度浮出水面高達 2.5 公尺，然淡水第二漁港外側，該斷面則無顯著變化。

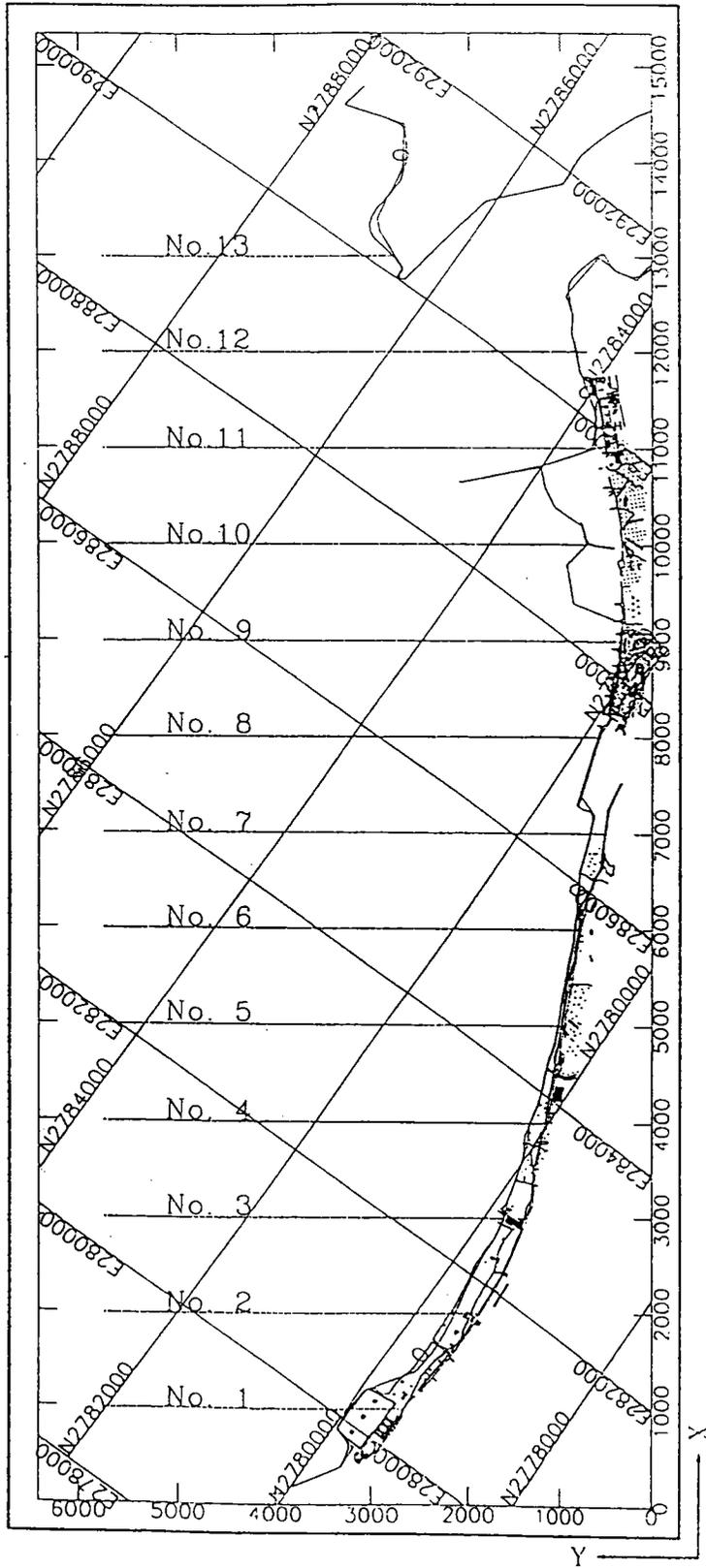


圖 3-1 淡水、八里海域各監測點位置示意圖

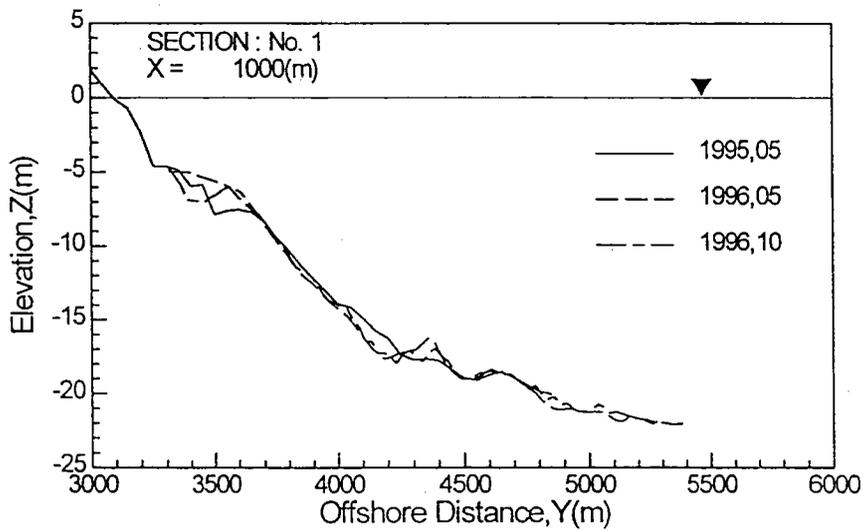
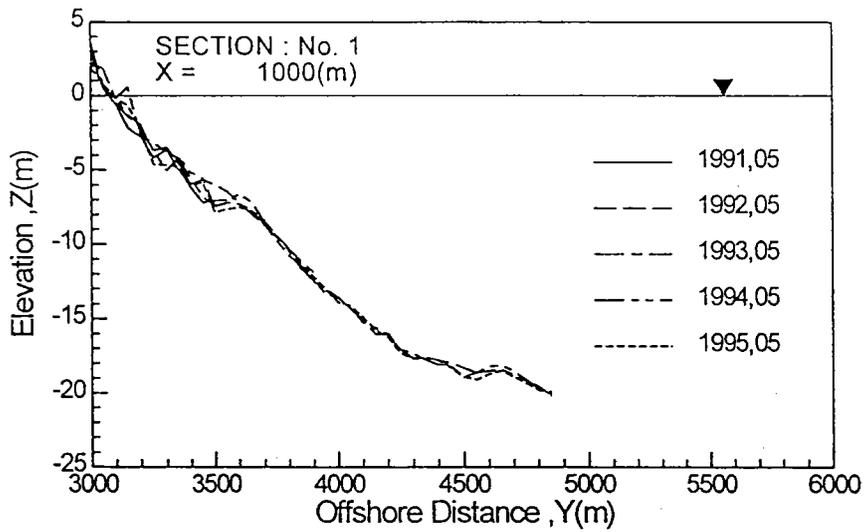
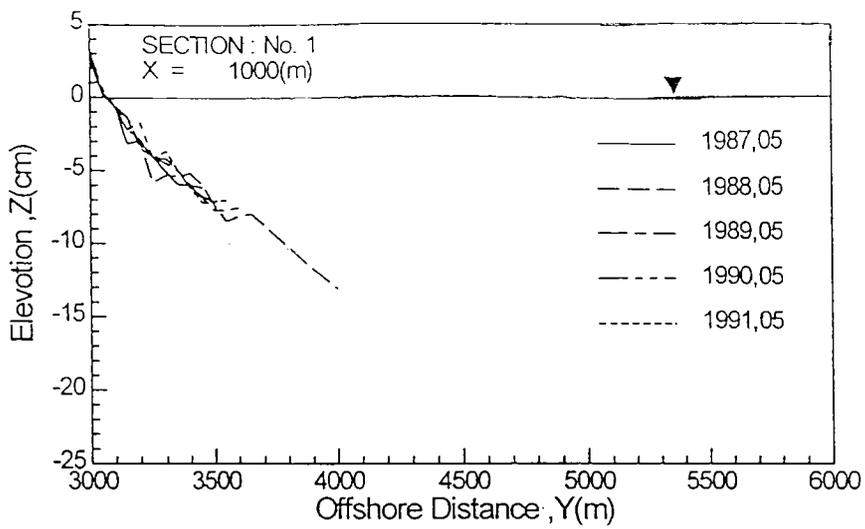


圖 3-2 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.1 歷年地形變化圖

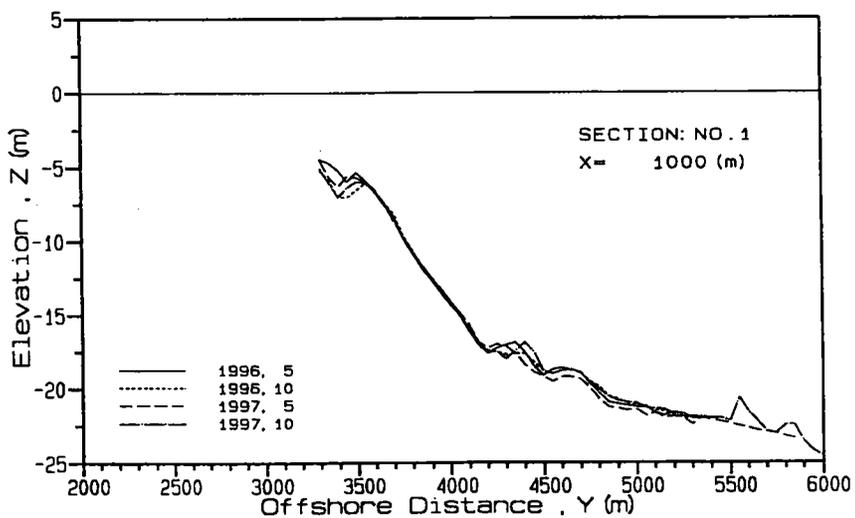
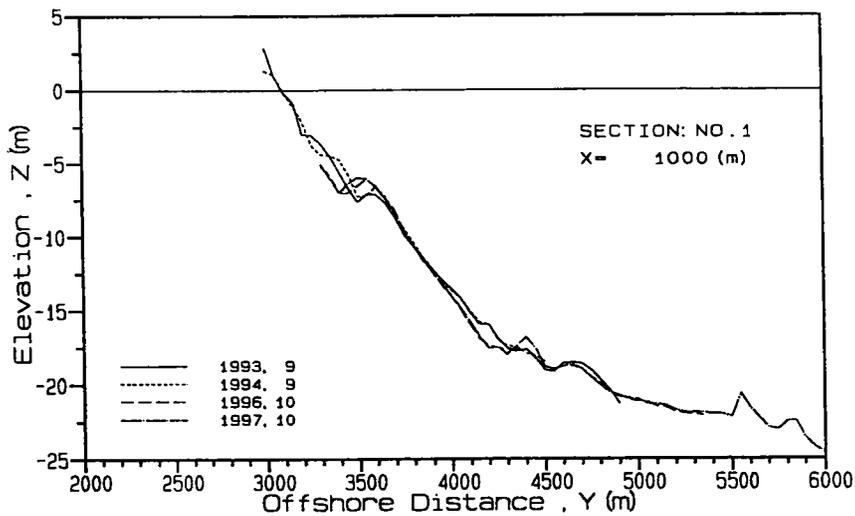
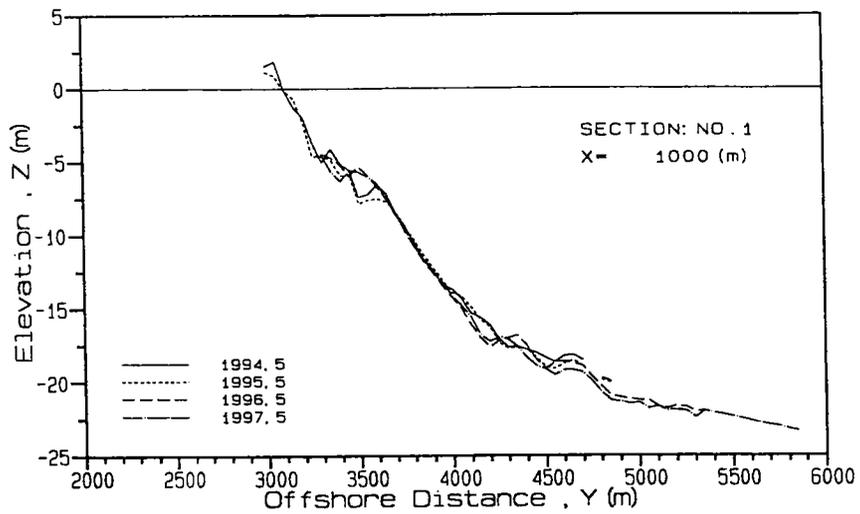


圖 3-2 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.1 歷年地形變化圖

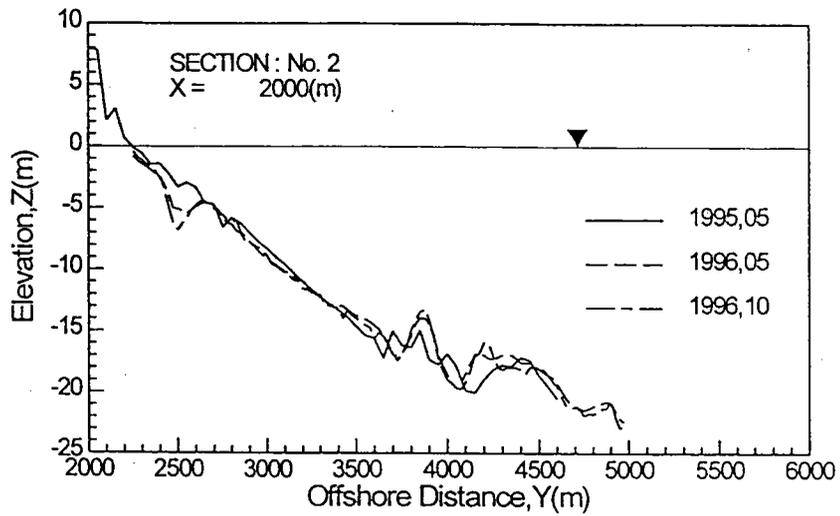
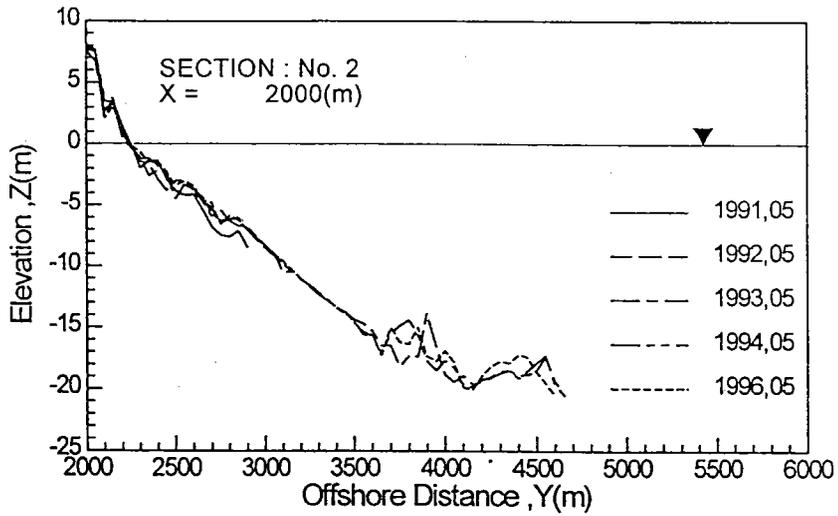
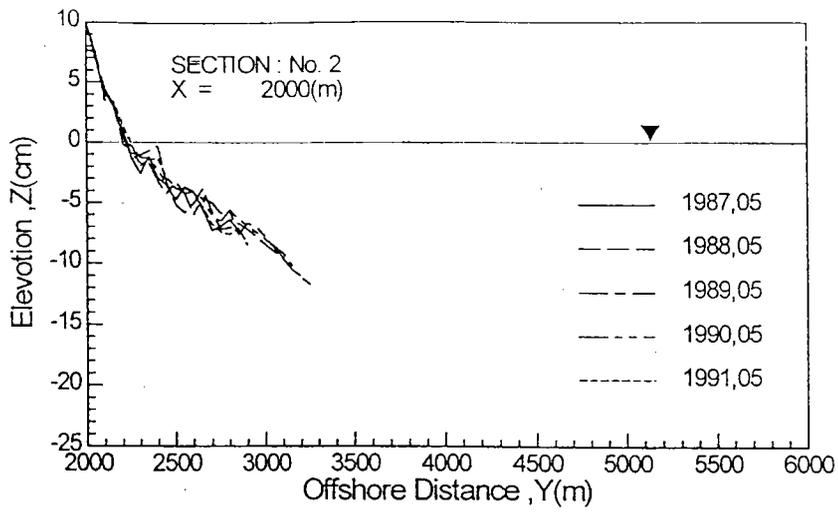


圖 3-3 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.2 歷年地形變化圖

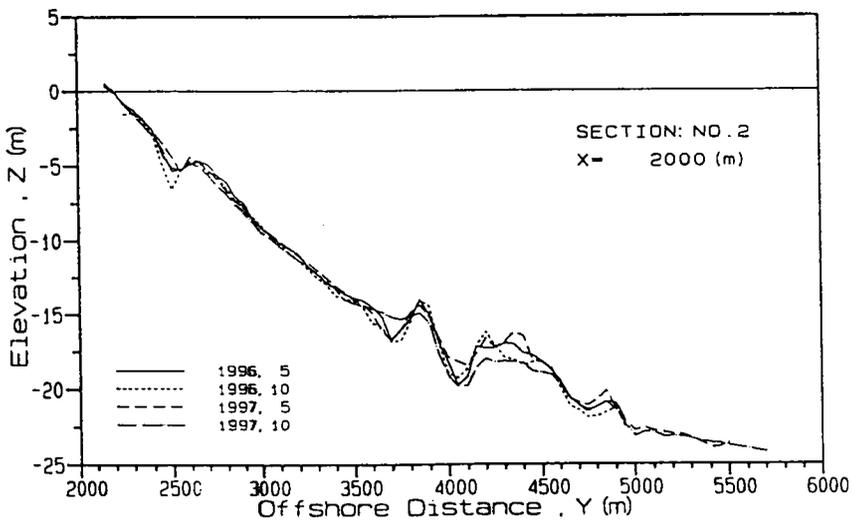
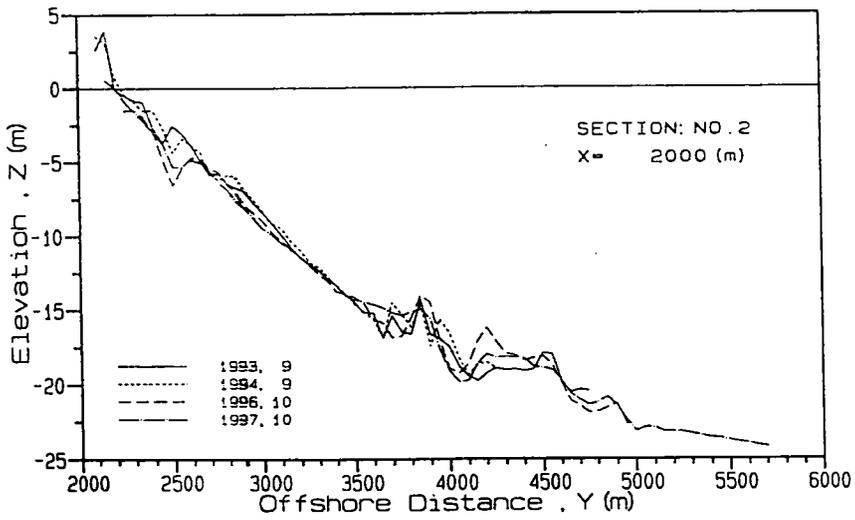
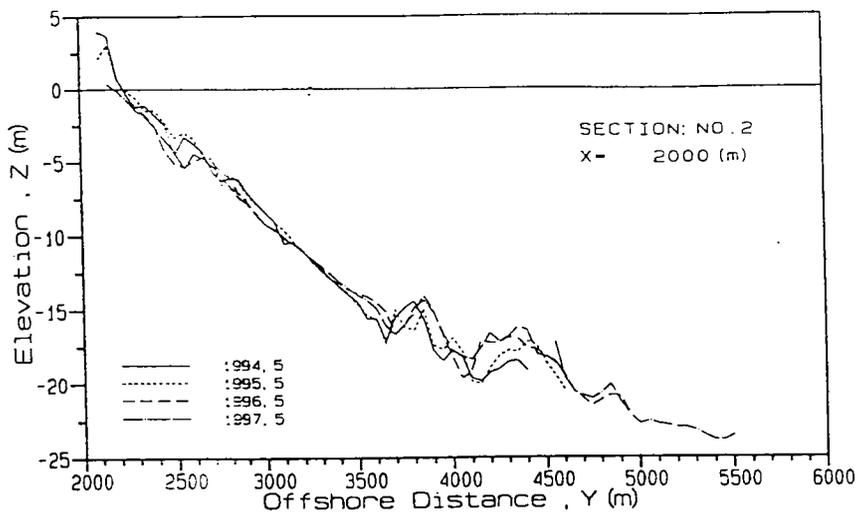


圖 3-3 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.2 歷年地形變化圖

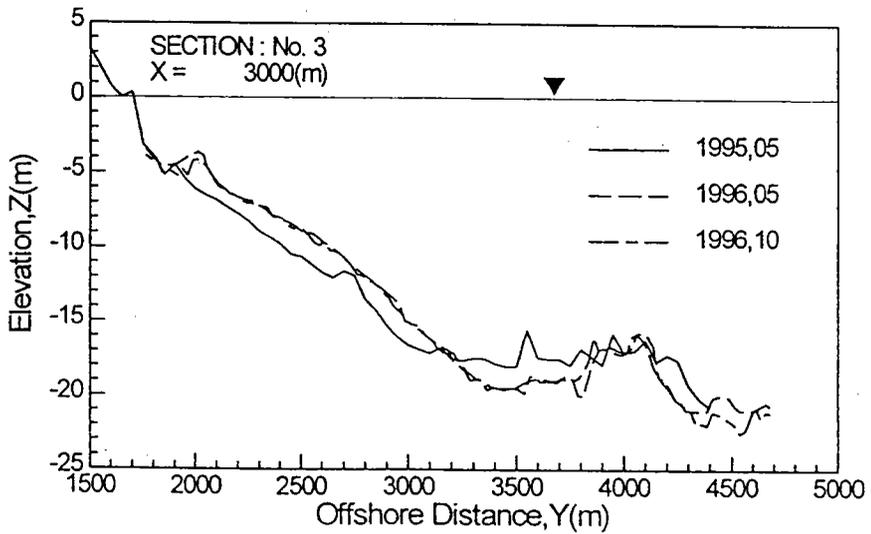
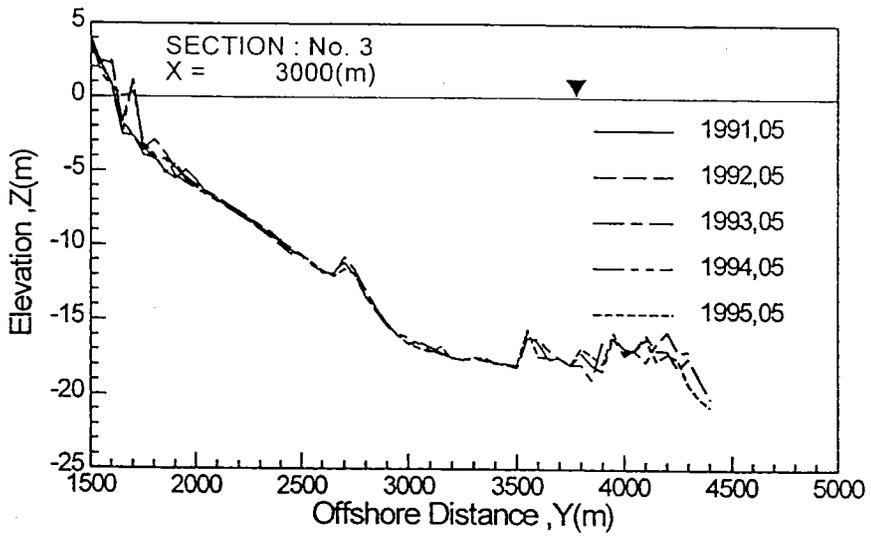
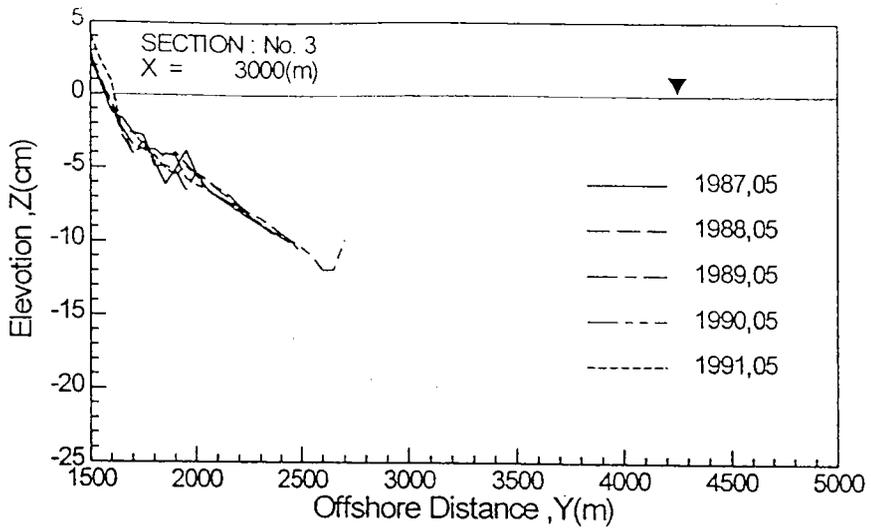


圖 3-4 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.3 歷年地形變化圖

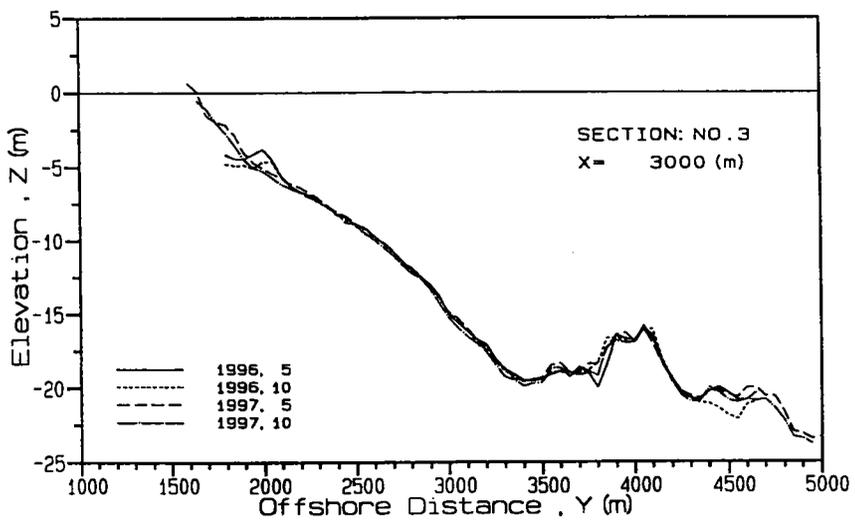
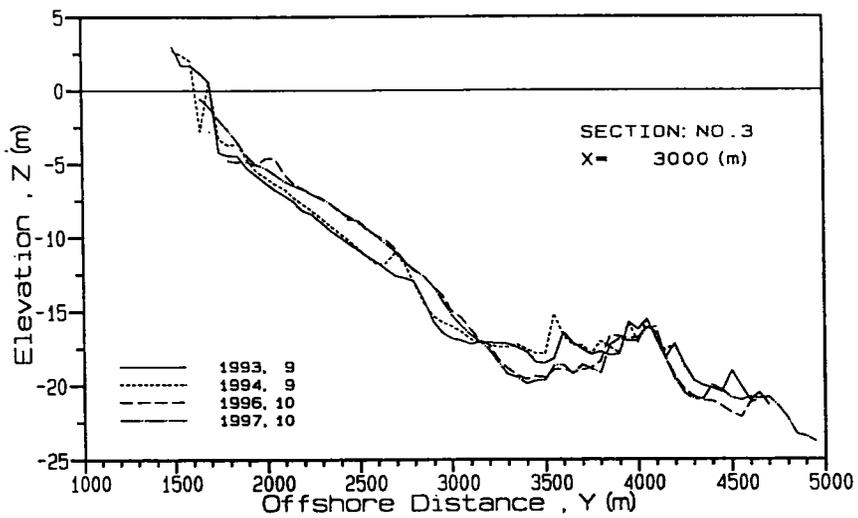
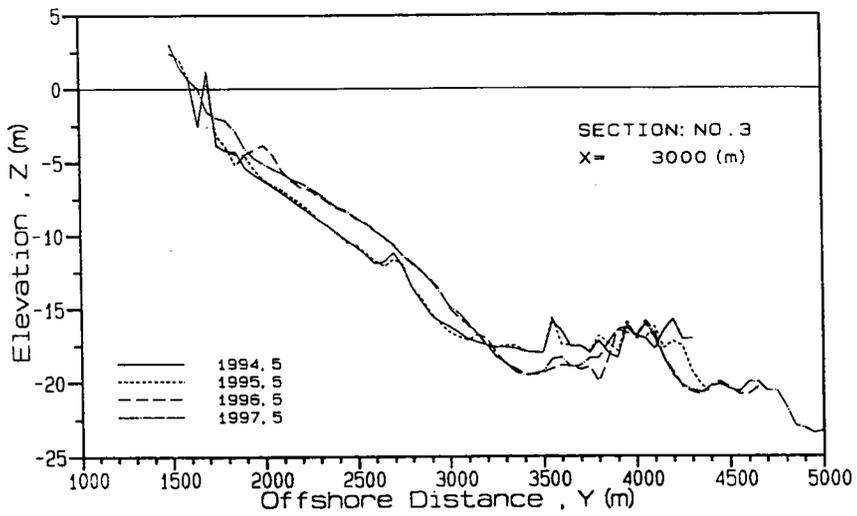


圖 3-4 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.3 歷年地形變化圖

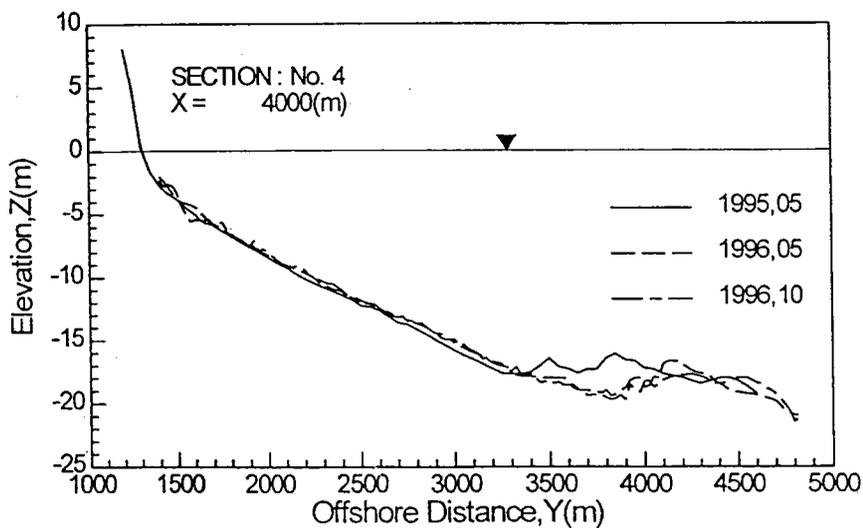
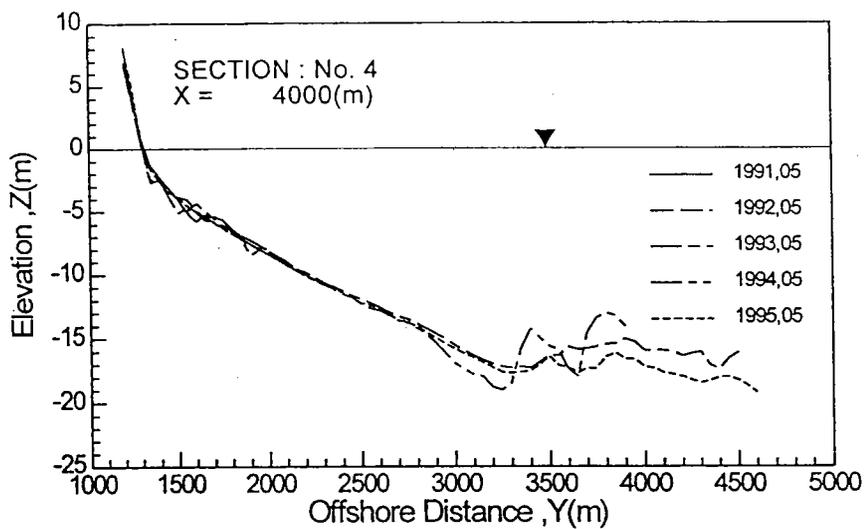
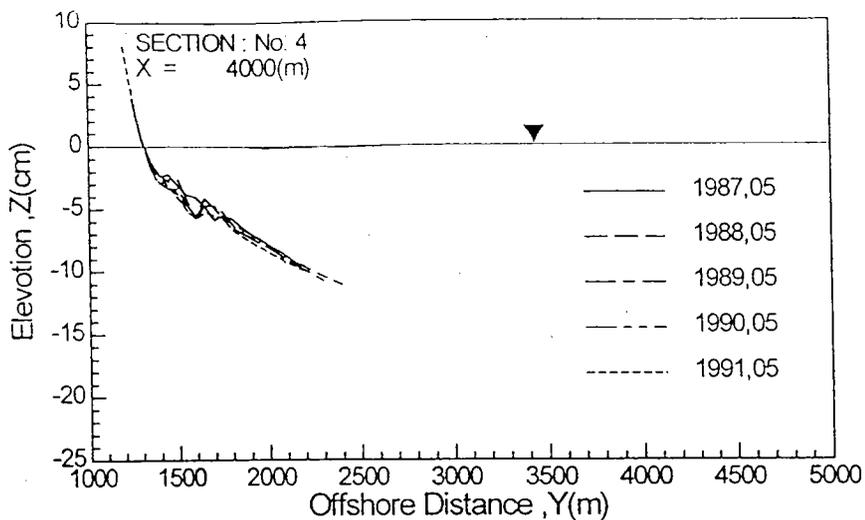


圖 3-5 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.4 歷年地形變化圖

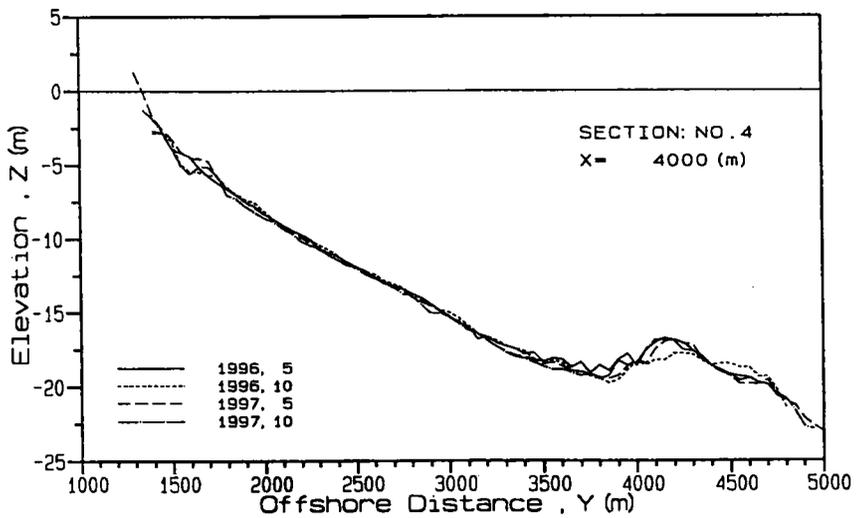
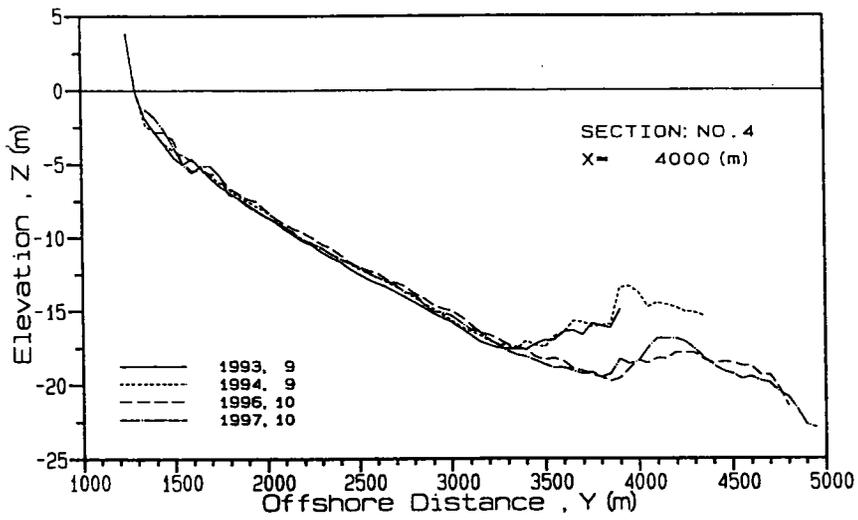
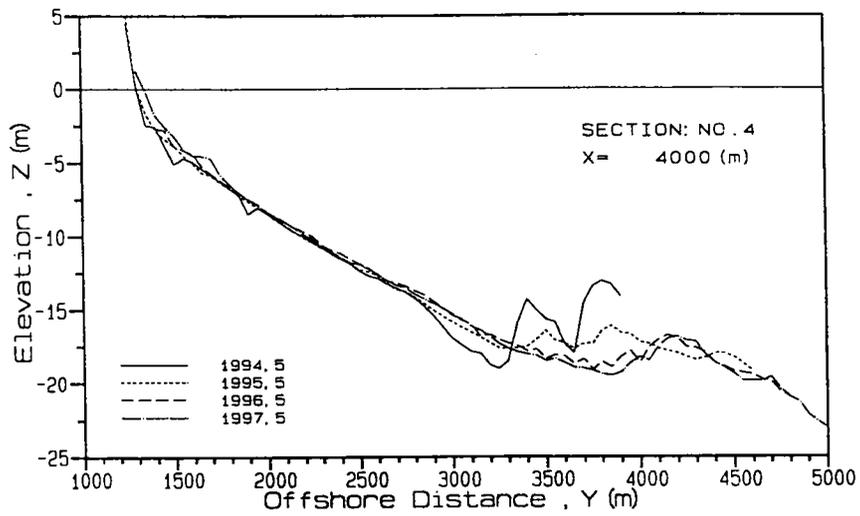


圖 3-5 (b) 淡水、八里海域断面 NO.4 歷年地形變化圖

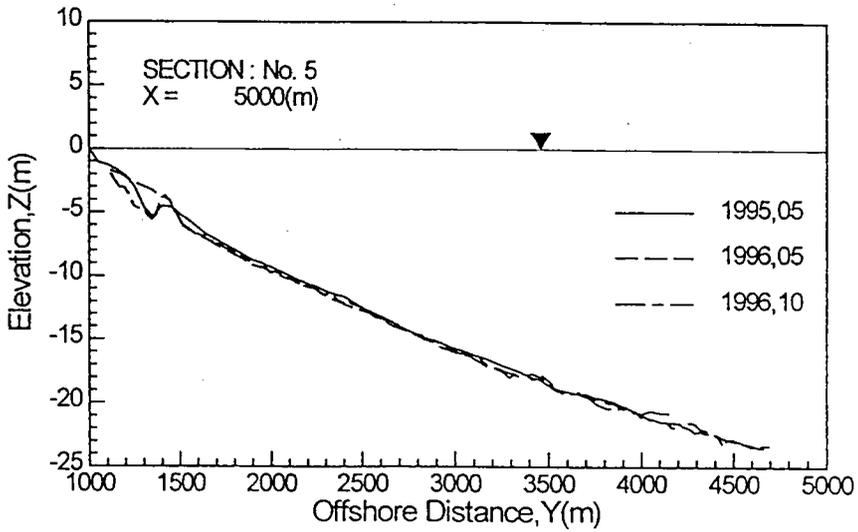
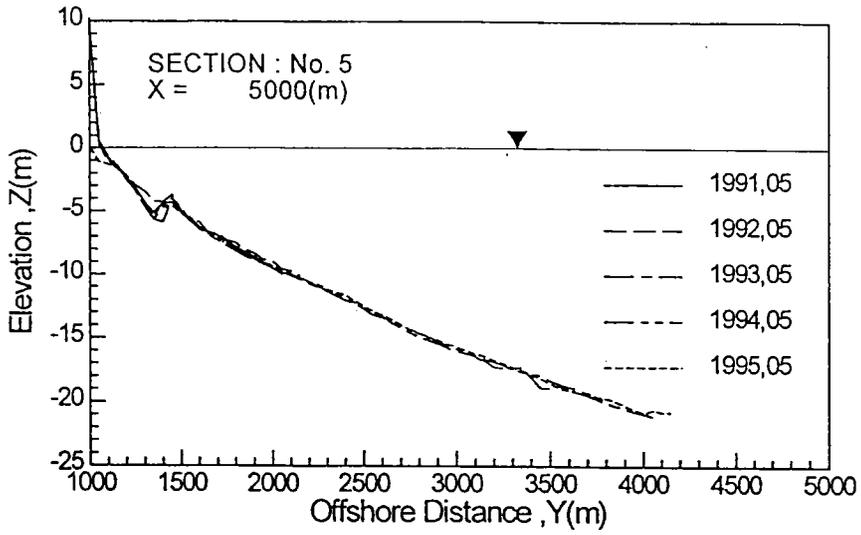
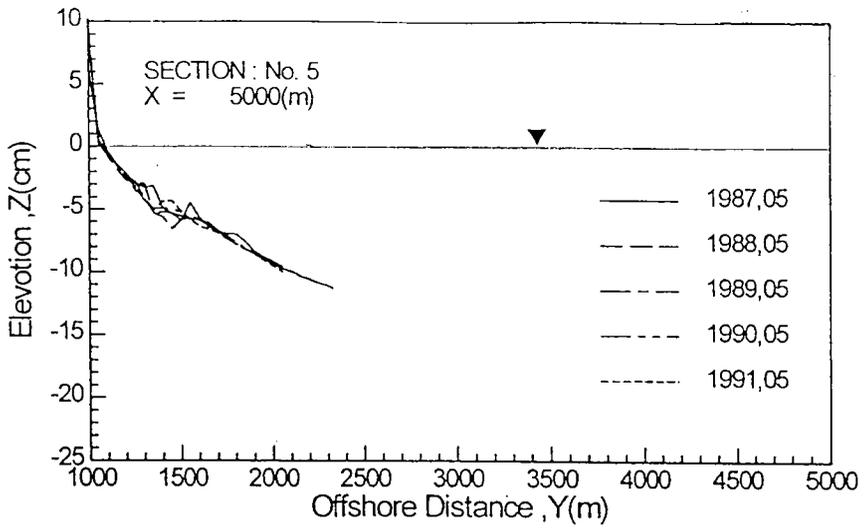


圖 3-6 (a) 淡水、八里海域断面 NO.5 歷年地形變化圖

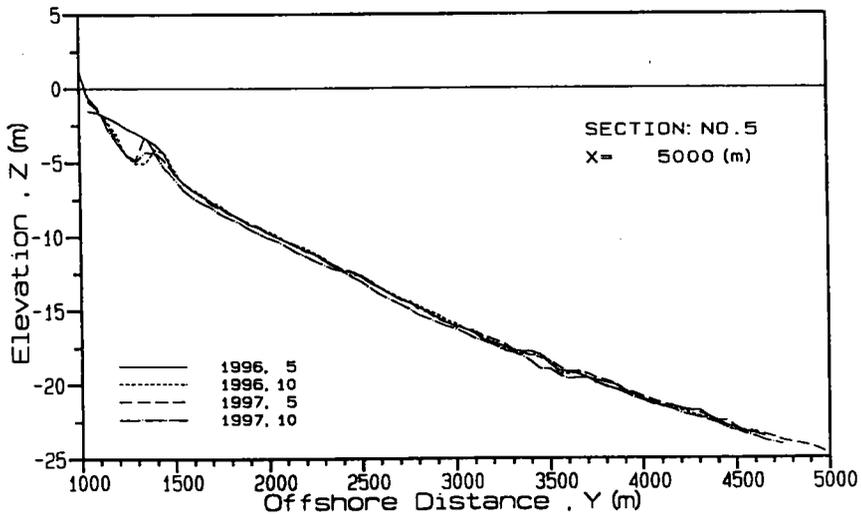
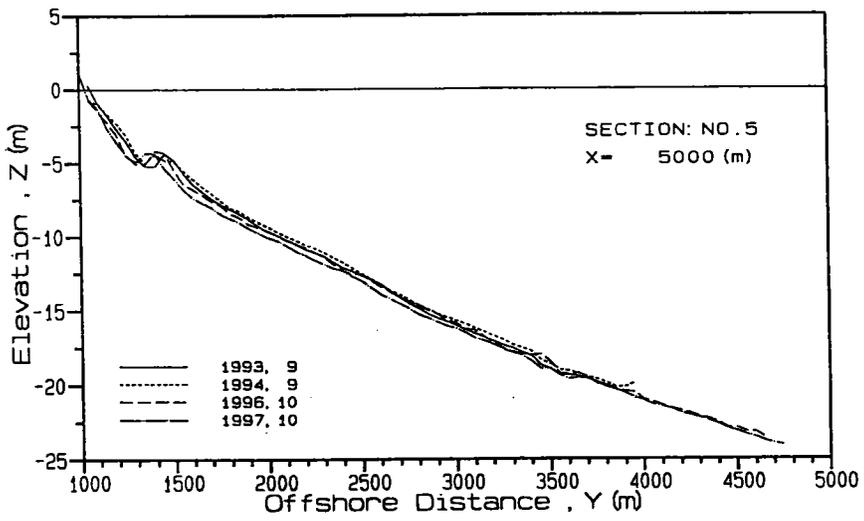
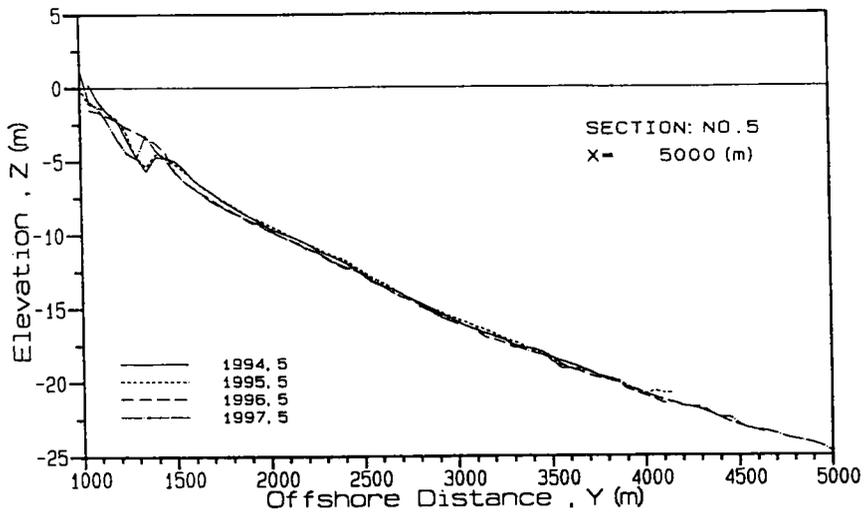


圖 3-6 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.5 歷年地形變化圖

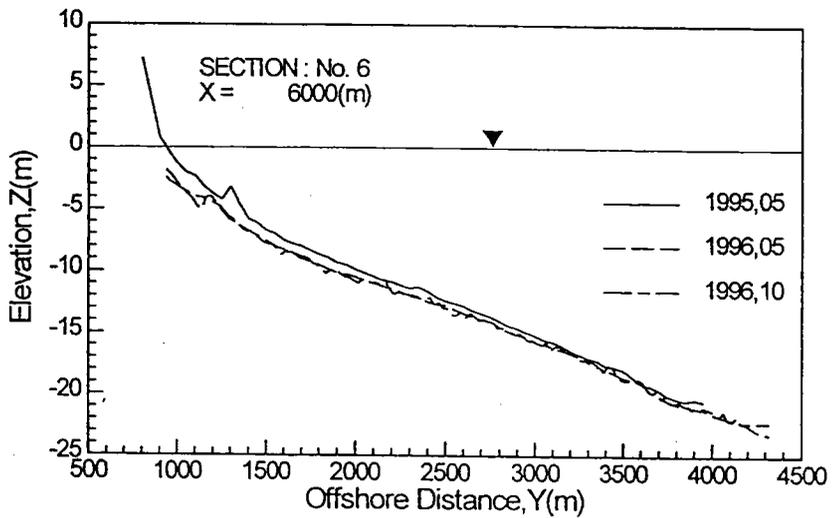
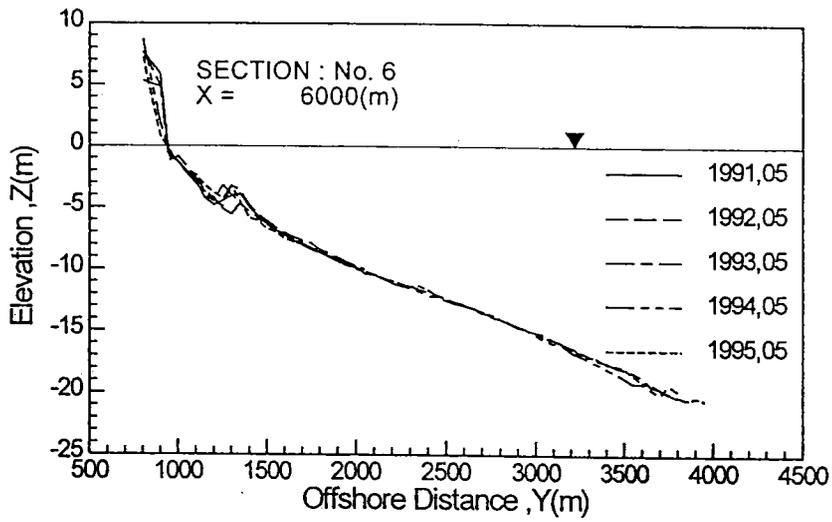
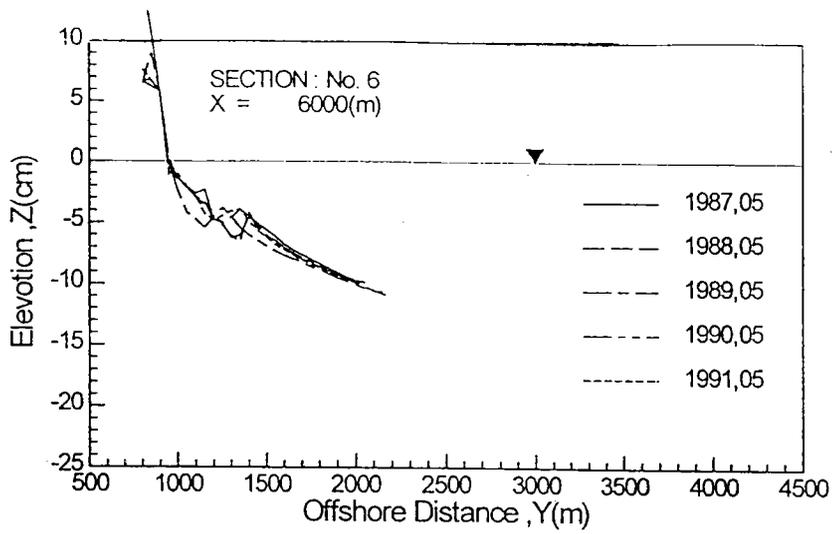


圖 3-7 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.6 歷年地形變化圖

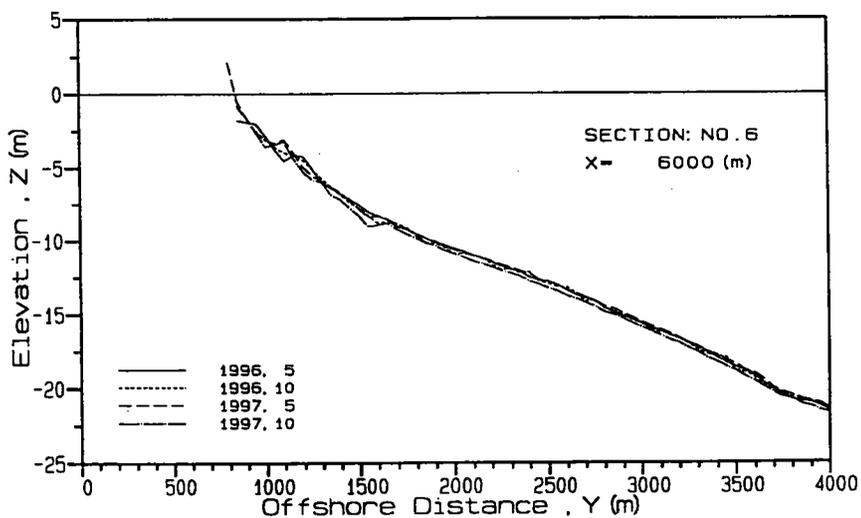
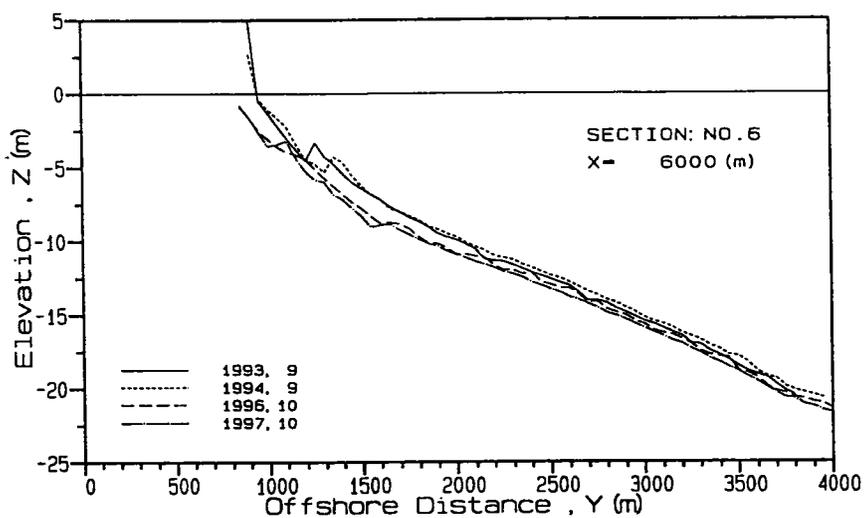
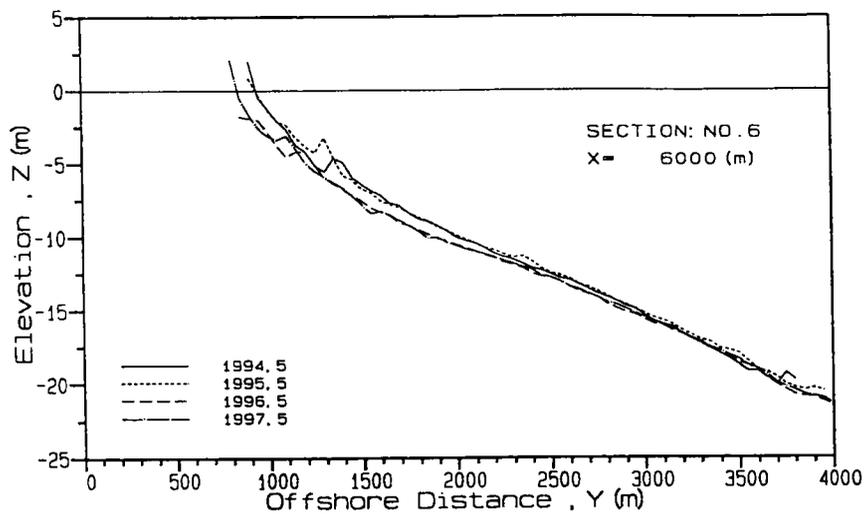


圖 3-7 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.6 歷年地形變化圖

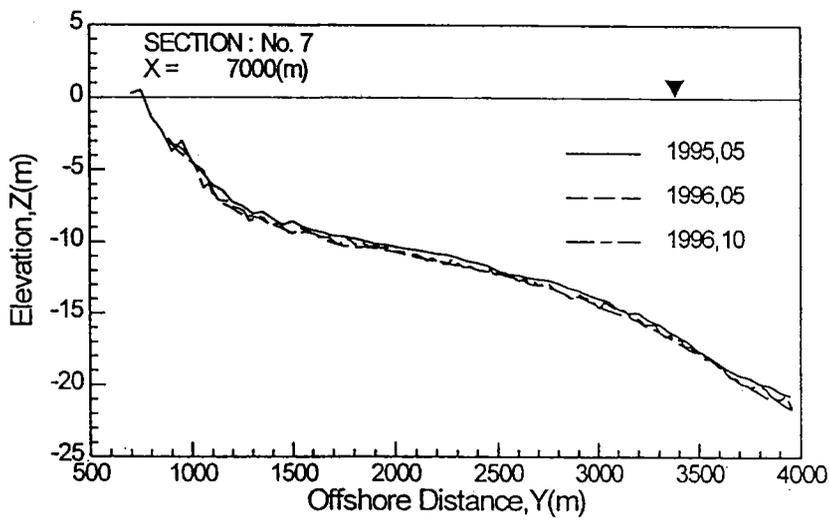
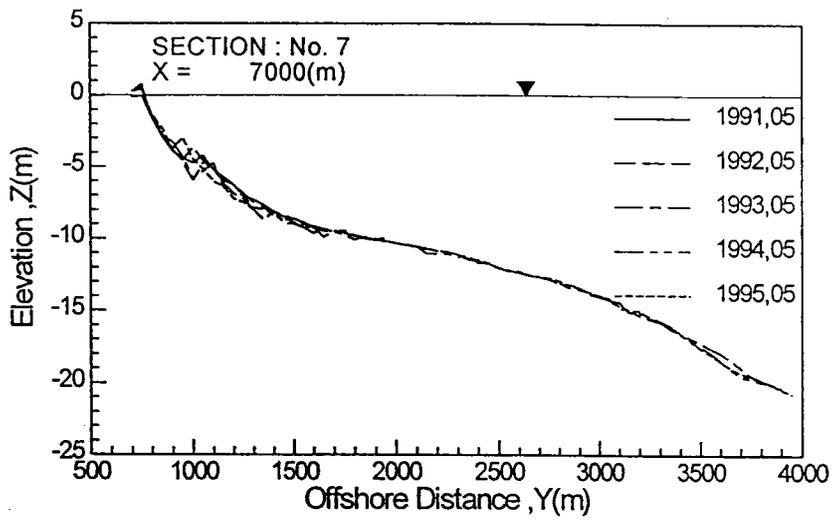
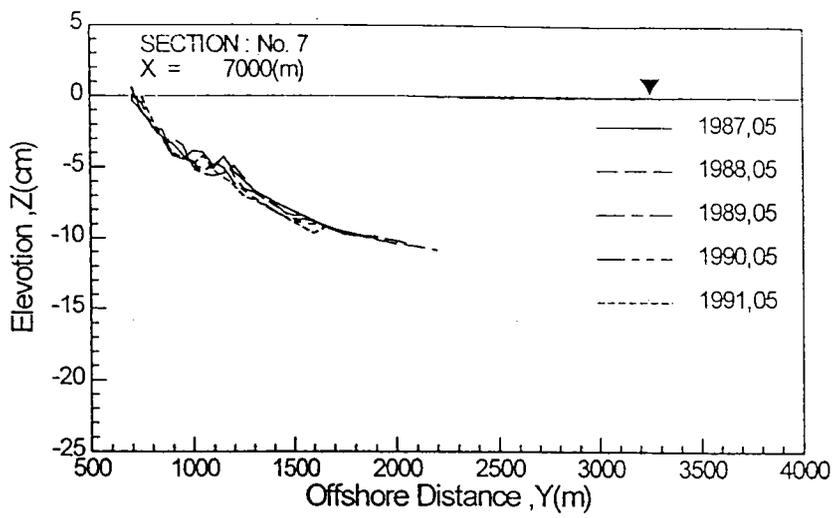


圖 3-8 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.7 歷年地形變化圖

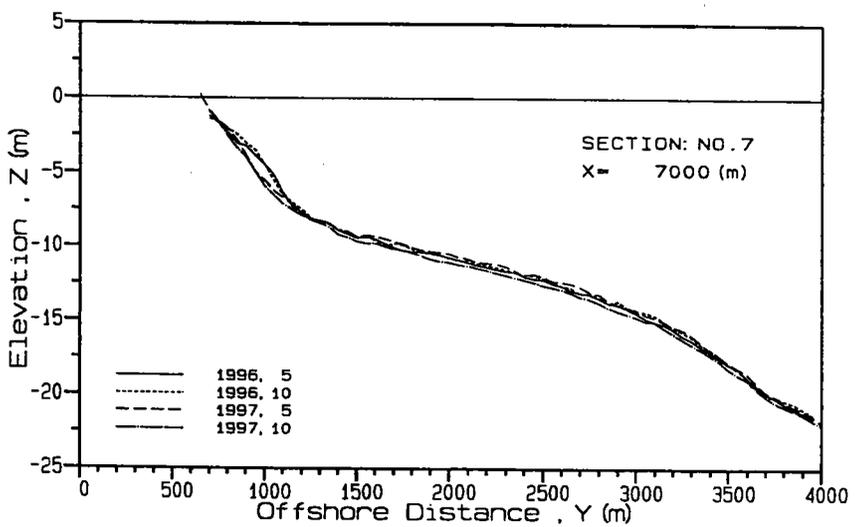
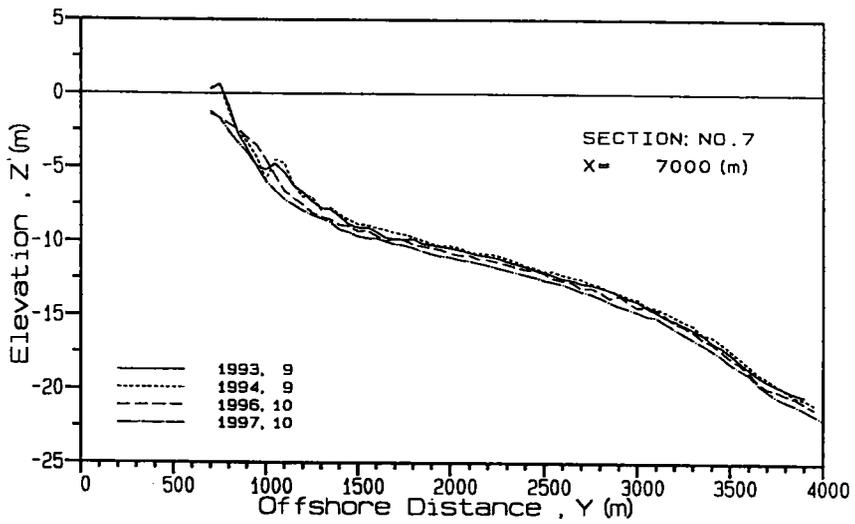
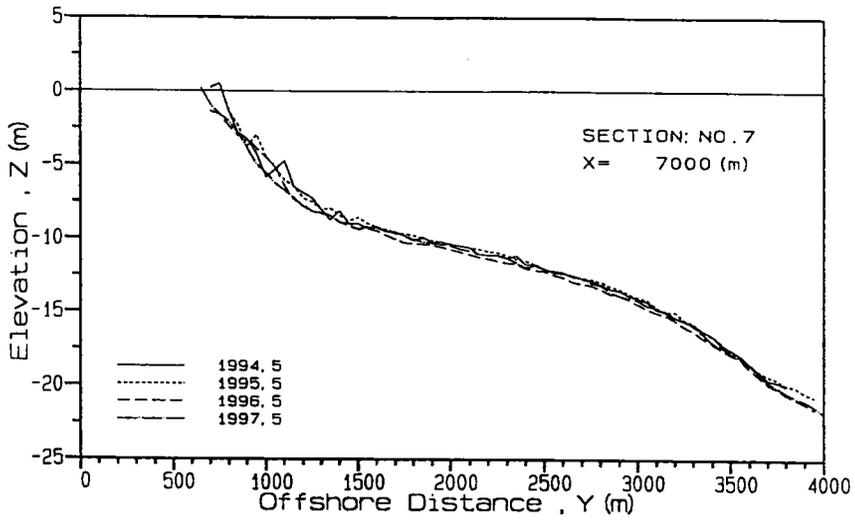


圖 3-8 (b) 淡水、八里海域断面 NO.7 歷年地形變化圖

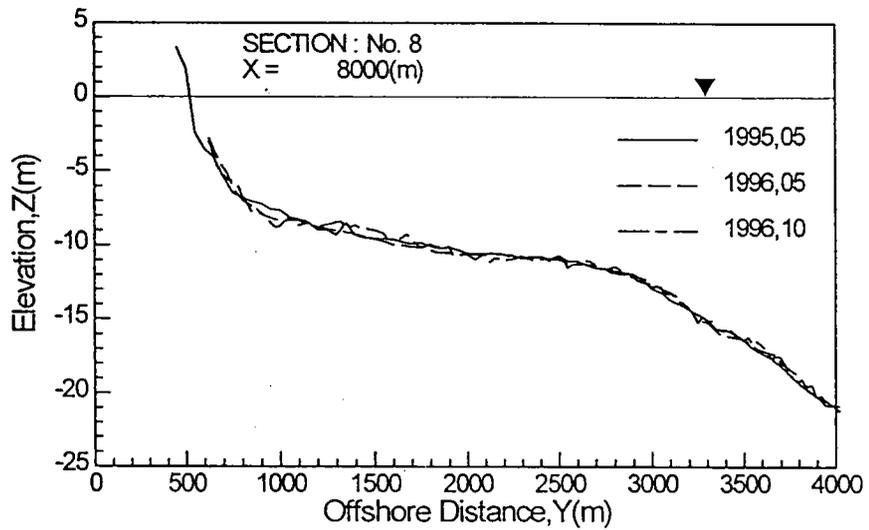
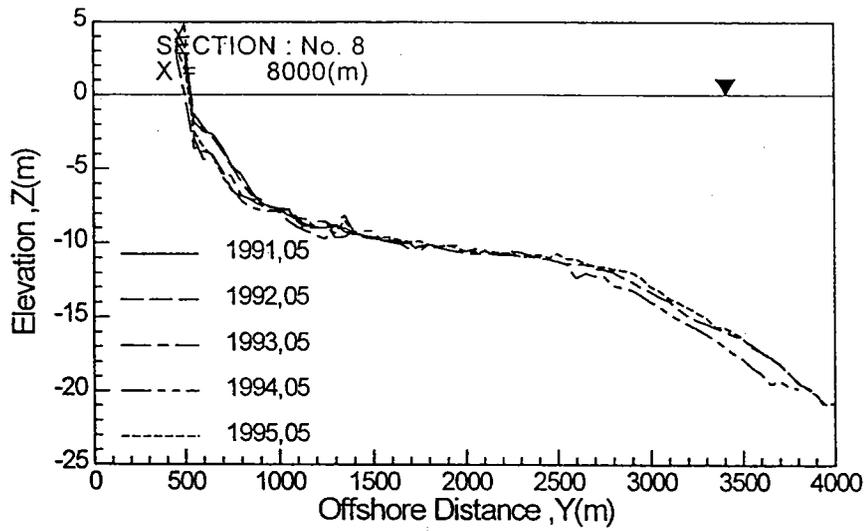
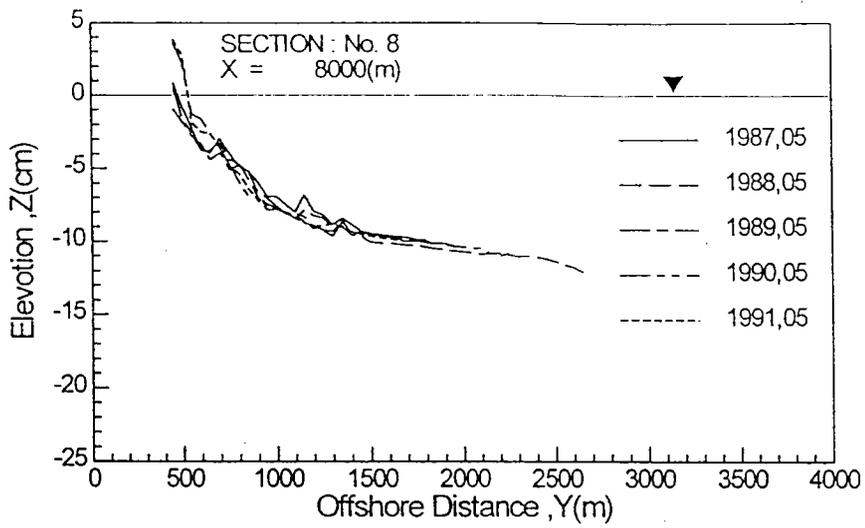


圖 3-9 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.8 歷年地形變化圖

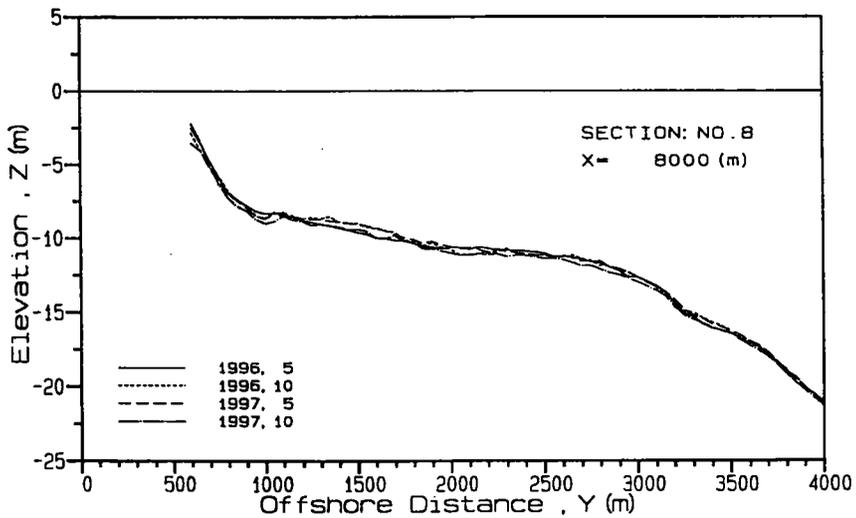
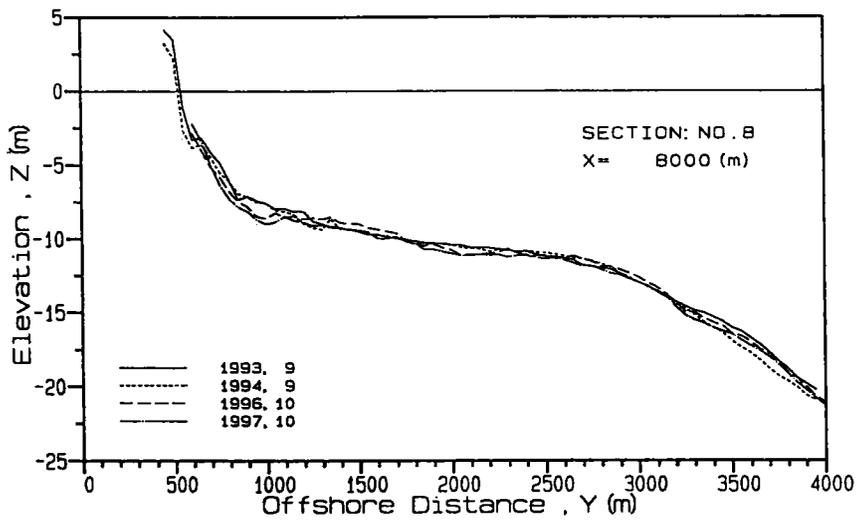
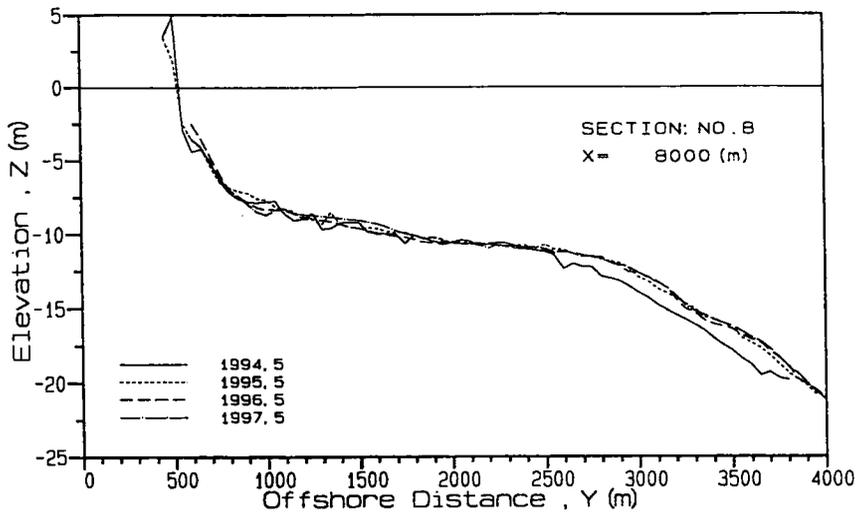


圖 3-9 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.8 歷年地形變化圖

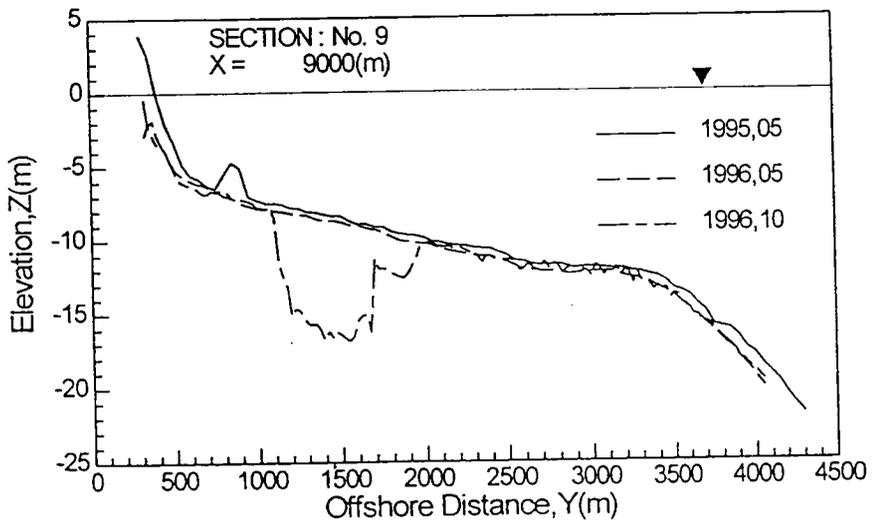
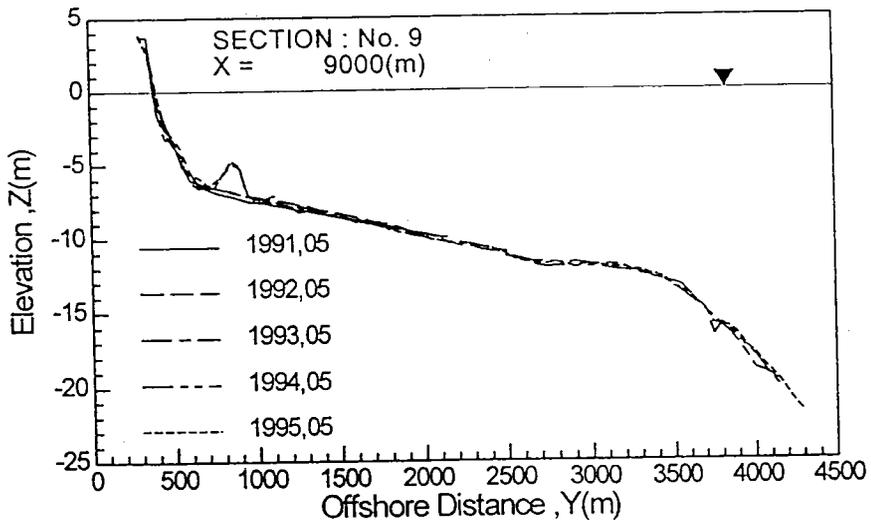
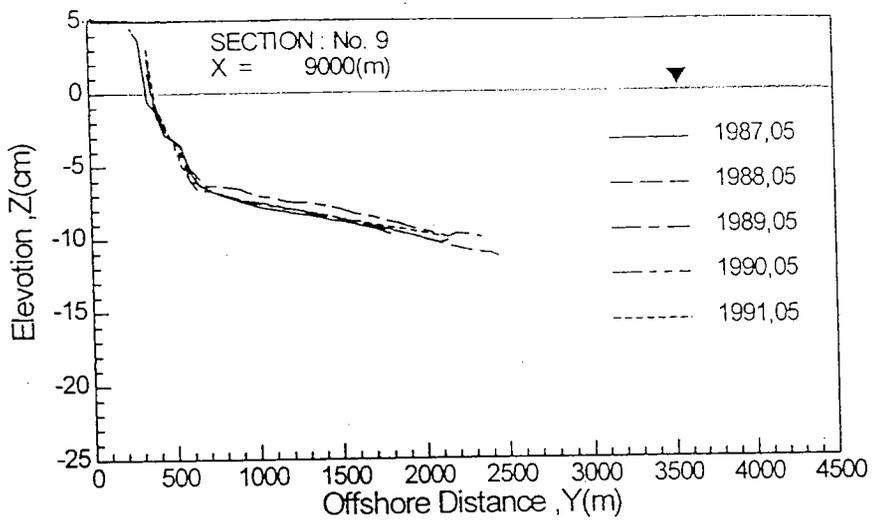


圖 3-10 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.9 歷年地形變化圖

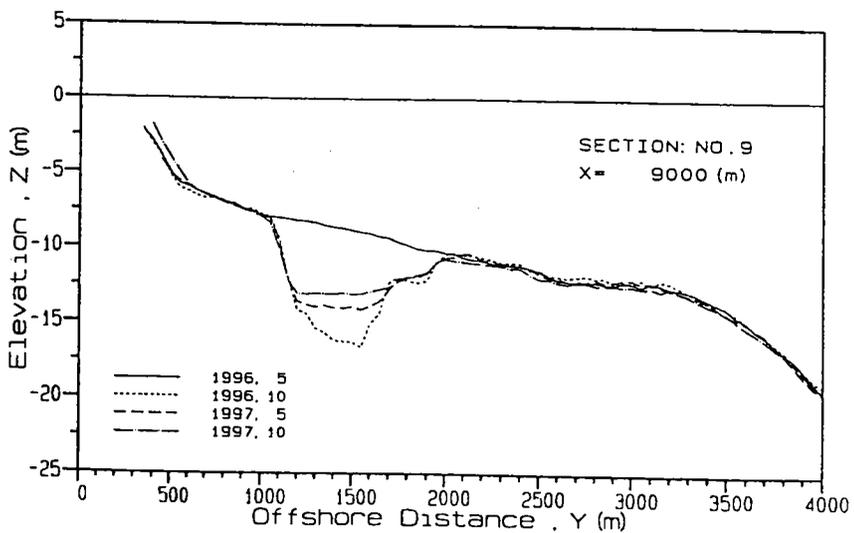
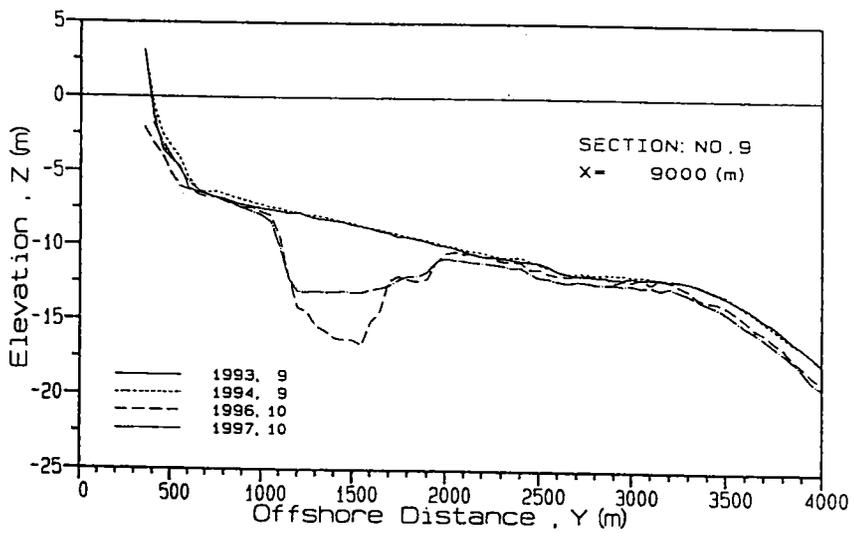
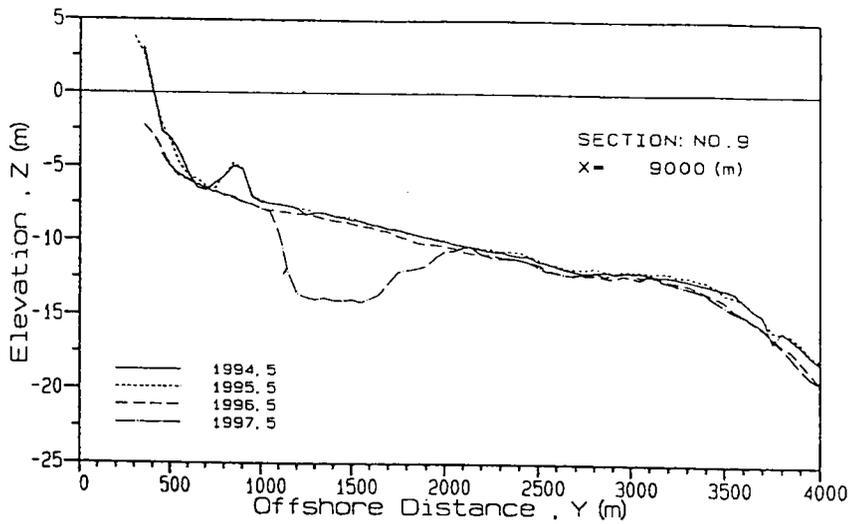


圖 3-10 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.9 歷年地形變化圖

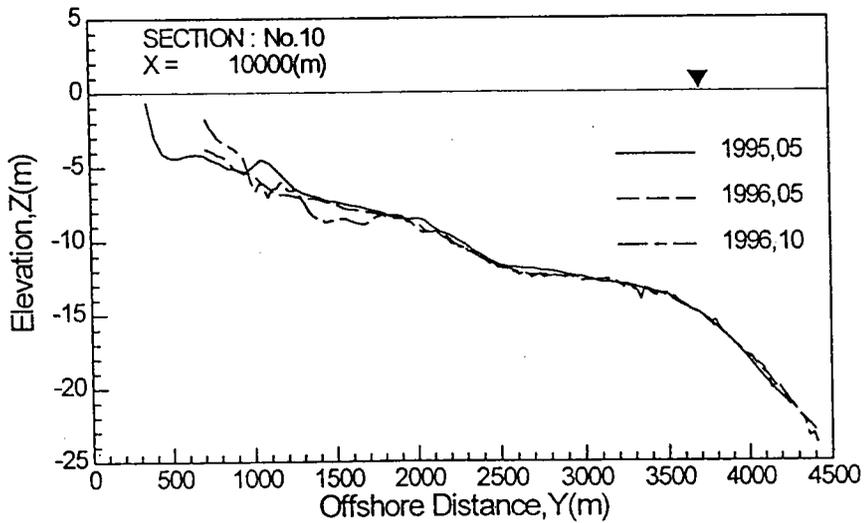
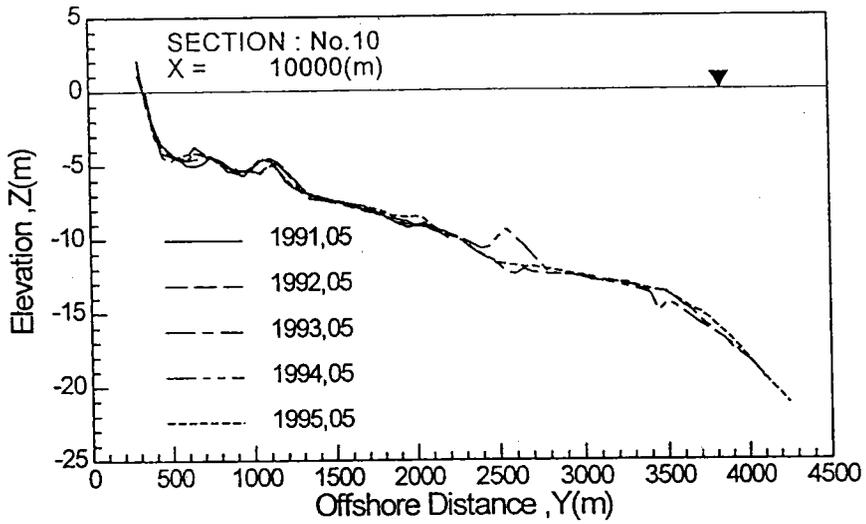
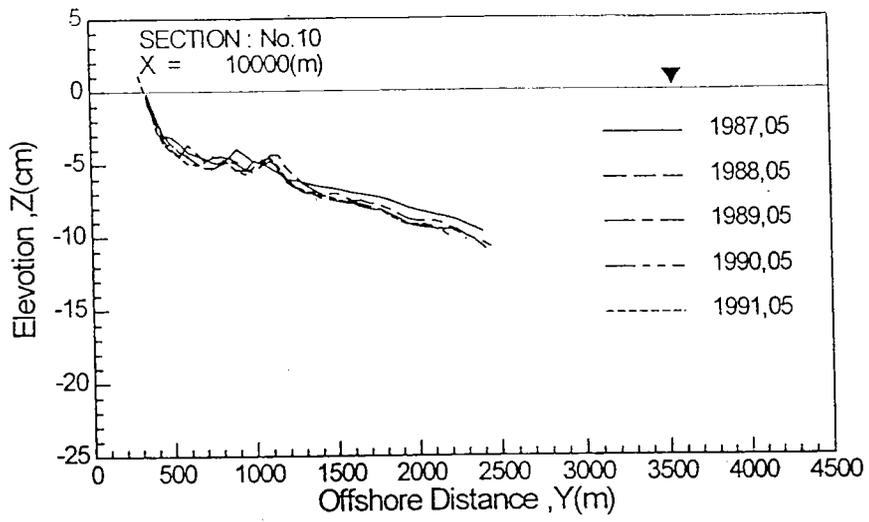


圖 3-11 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.10 歷年地形變化圖

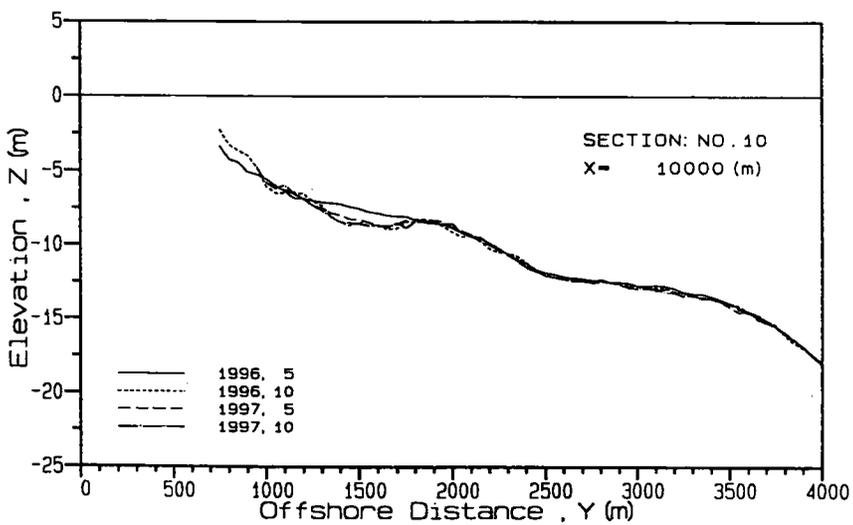
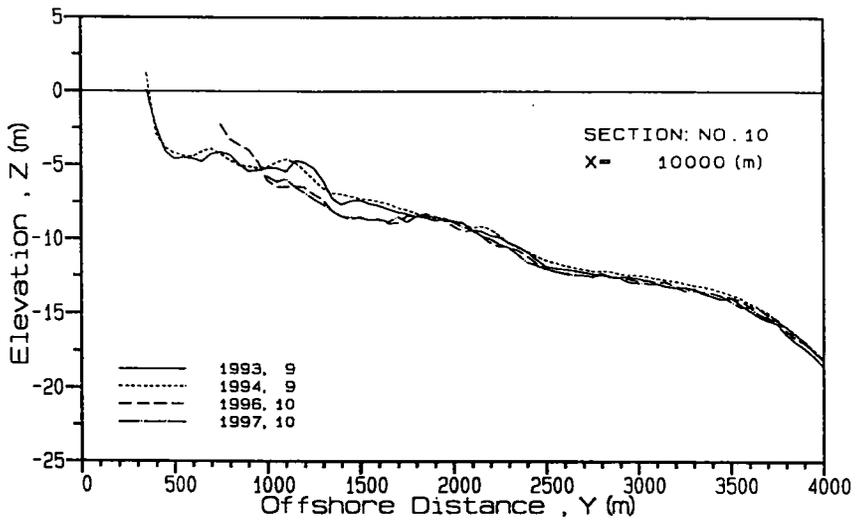
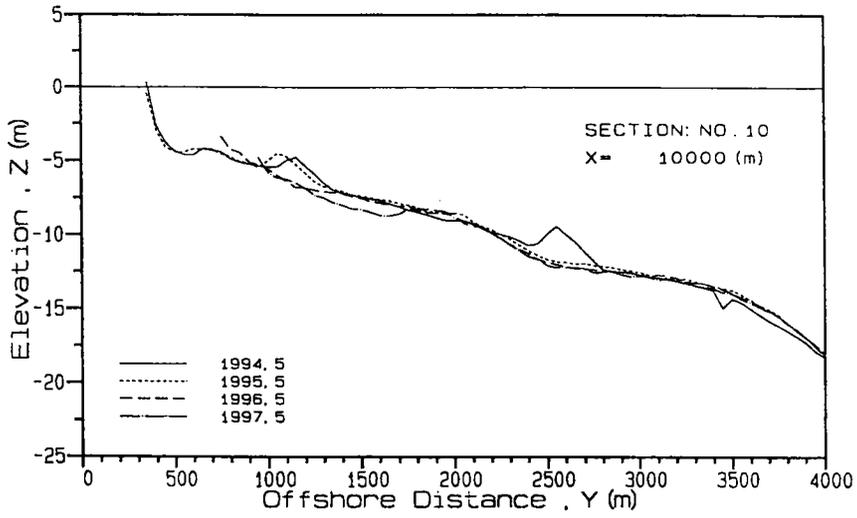


圖 3-11 (b) 淡水、八里海域断面 NO.10 歷年地形變化圖

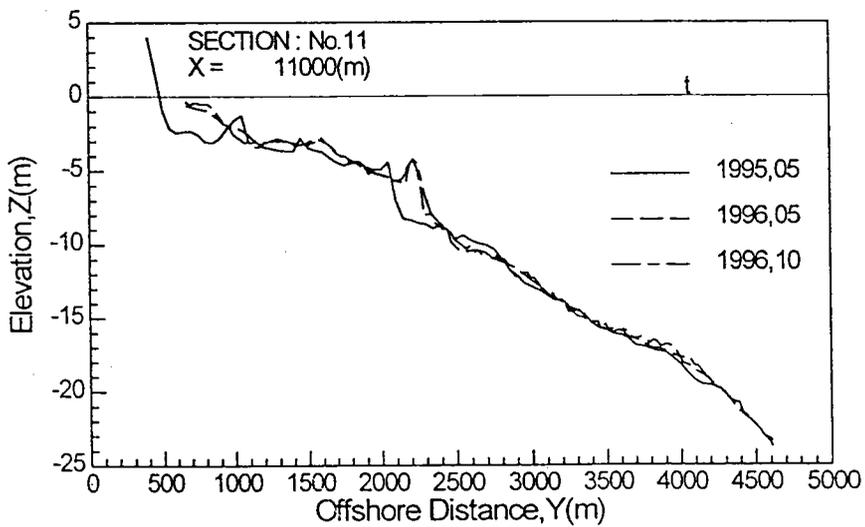
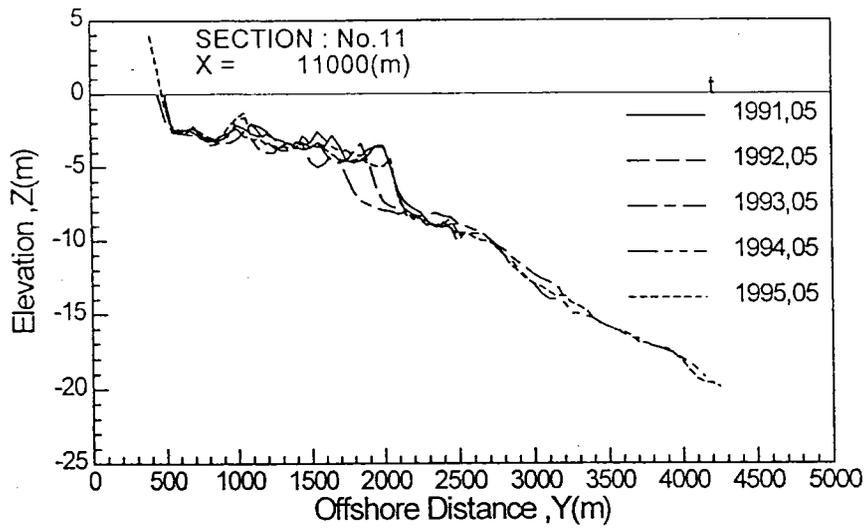
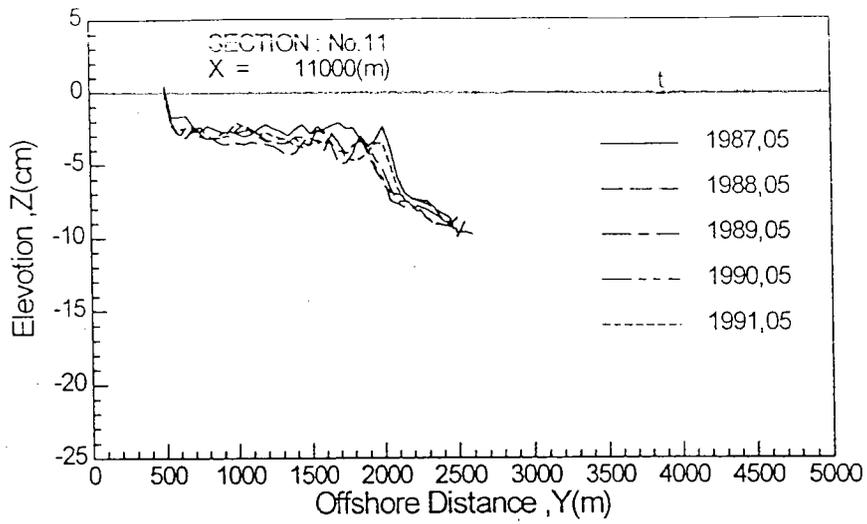


圖 3-12 (a) 淡水、八里海域断面 NO.11 歷年地形變化圖

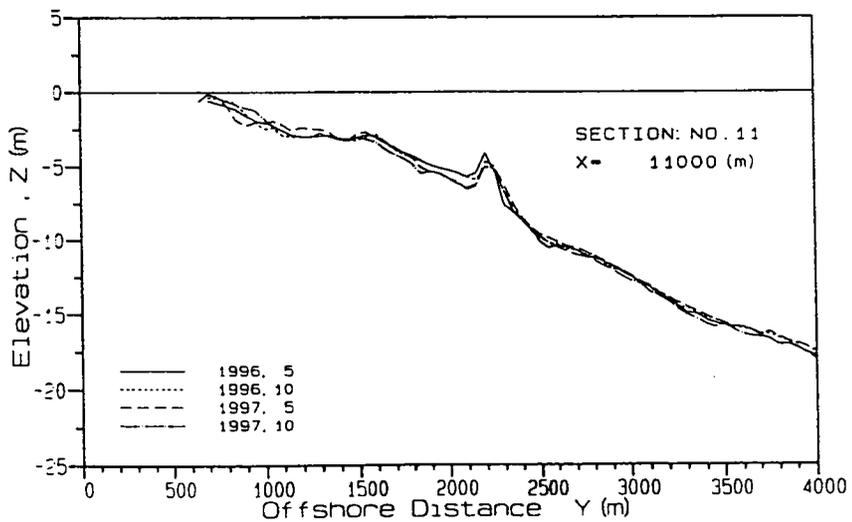
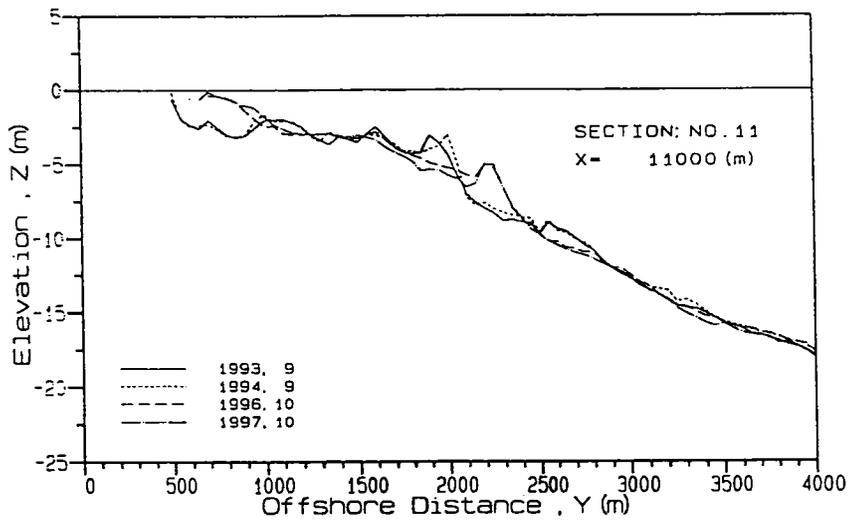
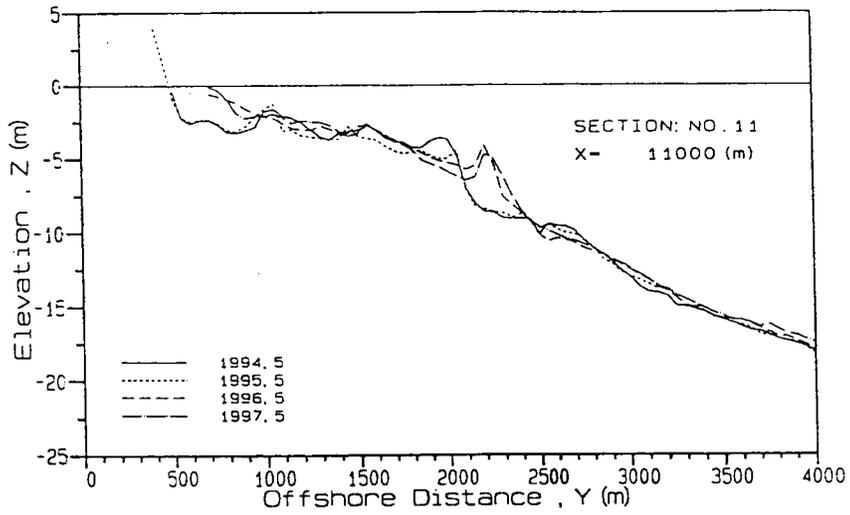


圖 3-12 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.11 歷年地形變化圖

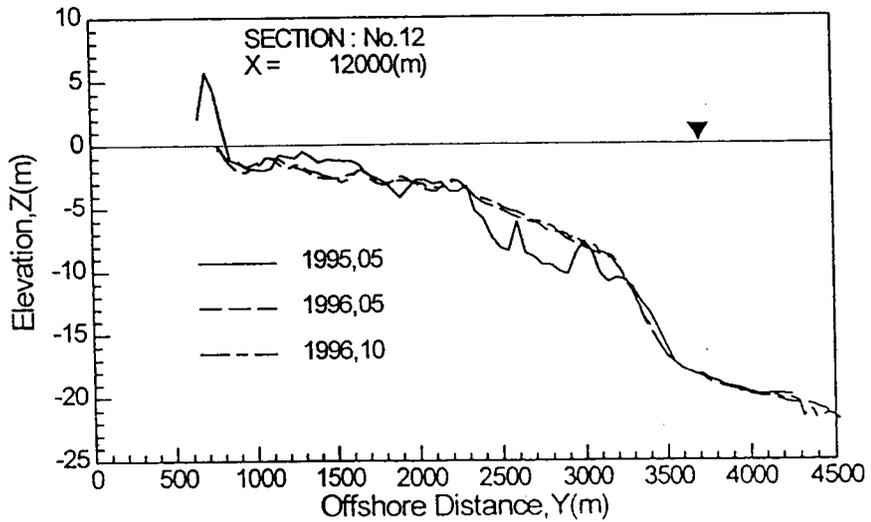
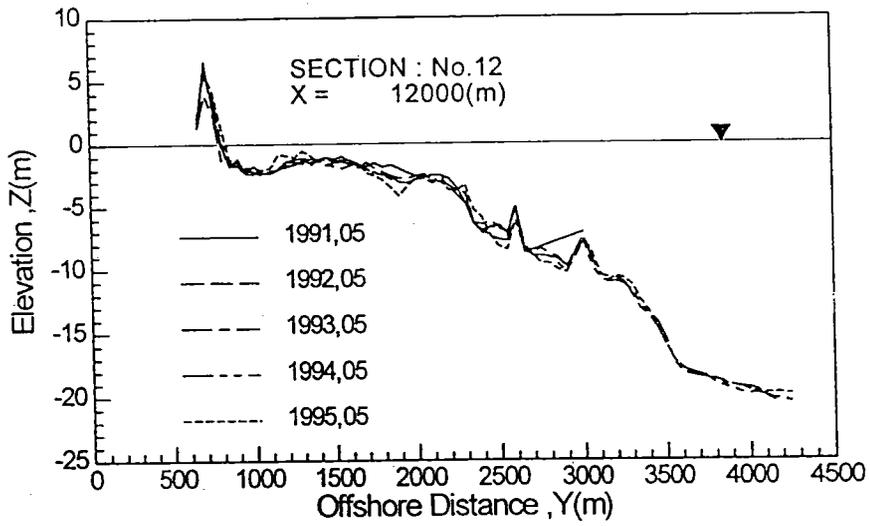
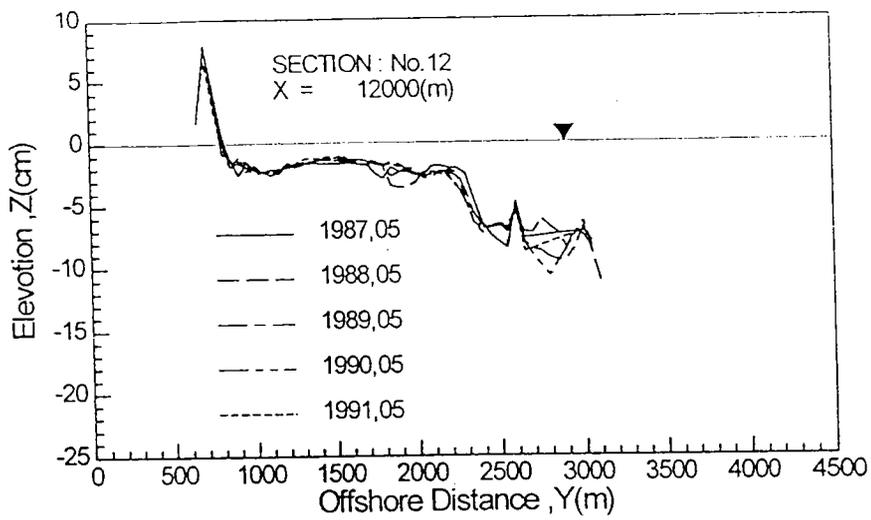


圖 3-13 (a) 淡水、八里海域断面 NO.12 歷年地形變化圖

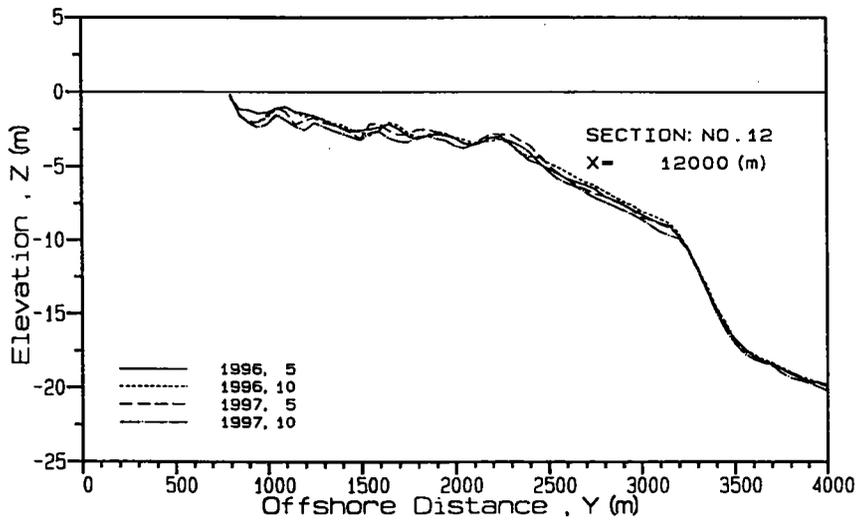
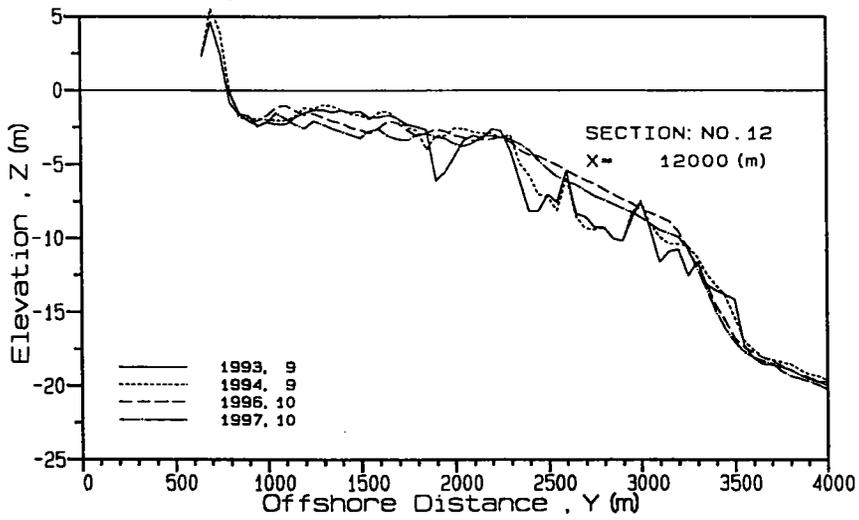
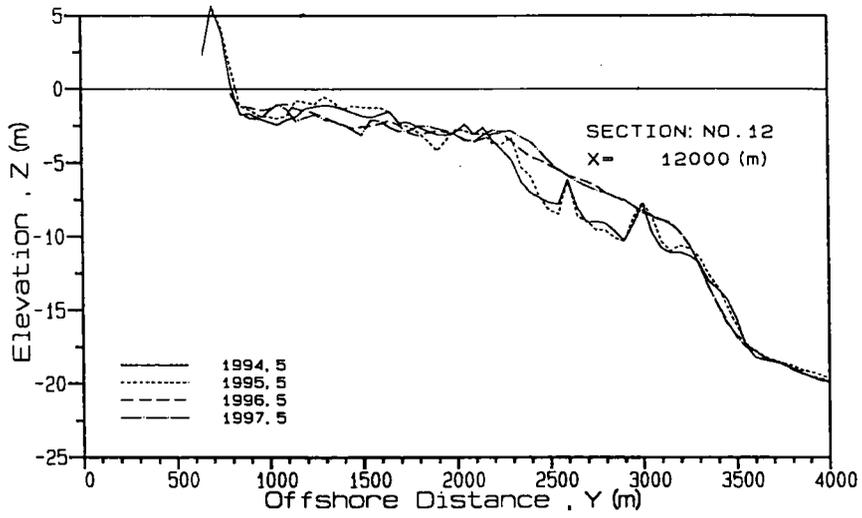


圖 3-13 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.12 歷年地形變化圖

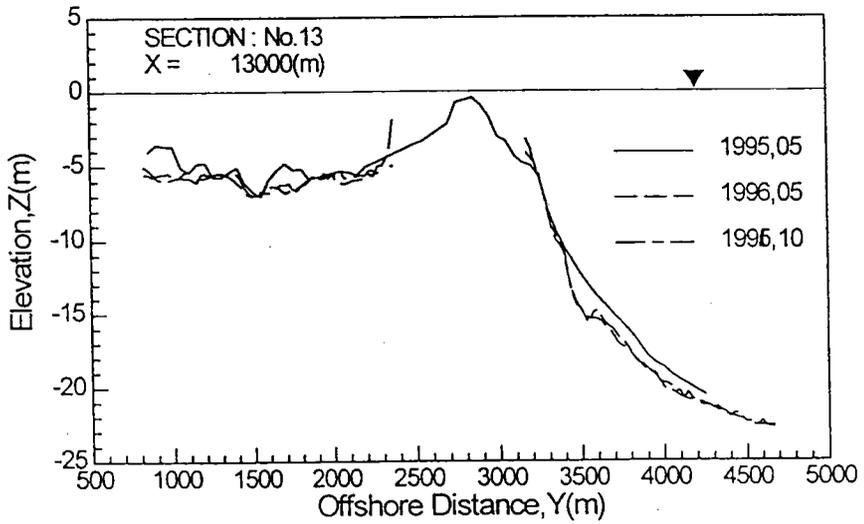
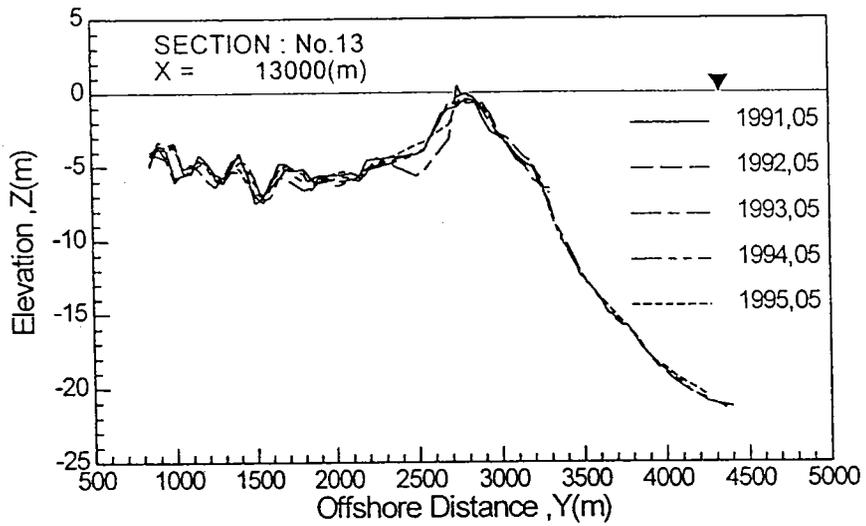
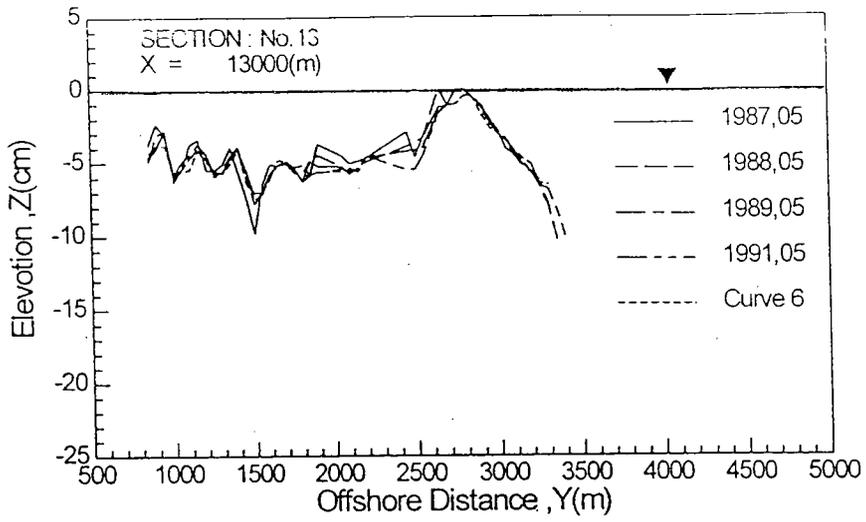


圖 3-14 (a) 淡水、八里海域斷面 NO.13 歷年地形變化圖

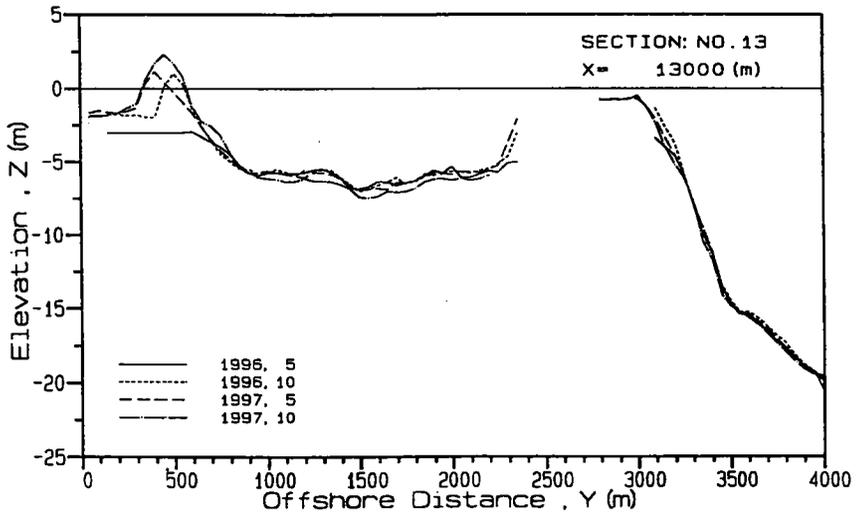
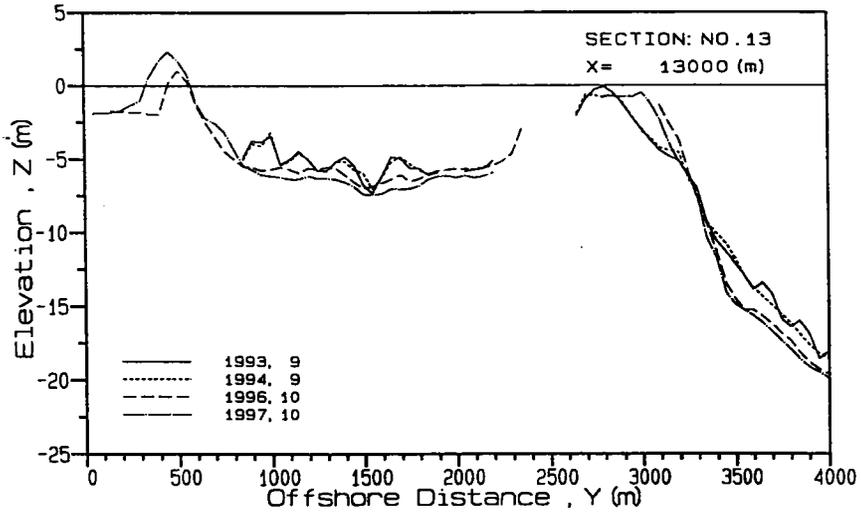
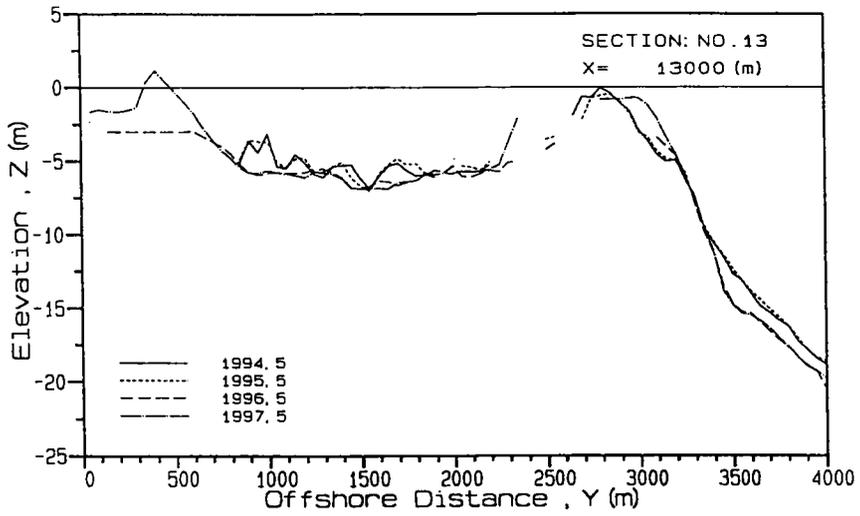


圖 3-14 (b) 淡水、八里海域斷面 NO.13 歷年地形變化圖

## 肆、侵淤量計算

在平直沙質海岸建港，漂沙活動乃悠關建港成敗最重要考量因素之一，淡水港港址位於淡水河口南側約 2 公里處，在民國 83 年 5 月已完成第一期北防波堤 1610 公尺工程，由於建港攔阻漂沙運行平衡，勢必對鄰近海岸地形穩定造成相當衝擊；過去八里海岸已呈嚴重侵蝕現象，省水利處自民國 75 年 10 月起，每隔半年即持續進行海岸地形變遷監測工作，而基隆港務局則於工程進行前後針對該區海域進行河川輸沙與海域底質、懸浮質以及漂沙活動一系列之調查活動，先後委託學術機構以及顧問工程公司辦理「台灣西部河川輸沙量推估研究」(民國 74 年，水資會)、「淡水河系長期水理觀測計畫」(民國 49 年開始，省水利局)、「淡水河河床穩定性與河口地形變化之研究」(民國 78 年，台灣大學水工試驗所)、「淡水、八里海岸地形變遷海象調查研究」(民國 81 年，中華顧問工程司)、「淡水河口南北海岸地形穩定之研究」(民國 79 年以及 82 年，成功大學水利及海洋工程研究所)、「淡水、八里地形變遷防治研究」(民國 81 年，中華顧問工程司)、「淡水港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫規劃」(民國 82 年，宇泰等工程顧問公司)以及委託本所辦理「淡水港漂沙調查及海氣象與地形變遷監測計畫」(民國 85 年)等，今年則為第二年之監測計畫。

為探討淡水港第一期北防波堤 1610 公尺工程(民國 82 年 5 月動工至 83 年 5 月完工)興建完成後，對該區鄰近海岸地形變遷影響情況，本計畫將水利處民國 75 年 10 月至民國 82 年 5 月間地形監測結果，僅比對近岸區 0m~-5m 水深範圍沖淤況；對民國 82 年 5 月至 86 年 10 月間地形監測成果，則分別考量±0m~-5m、-5m~-10m、-10m~-15m 以及-15m~-20m 等水深範圍之沖淤概況加以分析。

表 4-1 為民國 75 年 10 月至民國 86 年 10 月，有關淡水、八里以及林口發電廠間海域各分區不同水深範圍內侵淤數量計算結果；圖 4-1 則為各分區計算範圍示意圖；表 4-1 係分別考量±0m~-5m、-5m~-10m、-10m~-15m 以及-15m~-20m 等各分區不同水深範圍歷次測量沖淤數量計算

表；表 4-2 與表 4-3 則分別表自民國 82 年 5 月北防波堤開始興建後，淡水、八里海域全區不同累積水深範圍等歷次測量侵淤數量表；吾人亦可將之表示為各分區歷年與全區歷年侵淤數量表等，分別如表 4-4 與表 4-5 中所示。

根據本計畫有關淡水、八里間海域歷次地形測量計算沖淤數量分析結果顯示，該區海域在夏季（每年 5 月～9 月）、冬季（每年 9 月～翌年 5 月）期間究屬侵蝕抑或淤積並無定論，而係隨每年當季海、氣象條件而異，尤其與該年颱風發生次數、規模與路徑之不同，其沖淤數量差距極大，謹將淡水港北防波堤開始興建後歷次地形監測分析結果說明如下：

#### 4-1 各分區沖淤概況

圖 4.1 為淡水、八里海域各分區沖淤計算範圍示意圖，各分區不同水深歷年侵淤情形如表 4-4，詳述如下：

##### 一、民國 82 年 5 月至民國 83 年 5 月（即建港期間）

##### 1. 第（1）分區（林口發電廠～大南灣間海域）

建港期間，該區近岸海域 $\pm 0\text{m} \sim -10\text{m}$ 水深間呈些微淤積，惟自 $-10\text{m}$ 水深以下則呈侵蝕，以 $-15\text{m} \sim -20\text{m}$ 水深間侵蝕量較大，約有 25 萬立方；若考量 $\pm 0\text{m} \sim -20\text{m}$ 水深間，則第（1）分區在建港期間共淤積約 24 萬 3 仟多方。

##### 2. 第（2）分區間（大南灣～南灣頭間海域）

該分區，除在 $\pm 0\text{m} \sim -5\text{m}$ 水深間呈淤積外， $-5\text{m} \sim -20\text{m}$ 水深間，在建港期間均呈侵蝕，侵蝕量大約有 100 萬方。

##### 3. 第（3）分區間（南灣頭～紅水仙溪間海域）

於建港期間，該分區水域自 $\pm 0\text{m}$ 灘線以下均呈淤積，根據資料分析顯示，在 $\pm 0\text{m} \sim -20\text{m}$ 水深間共淤積約有 200 萬方土沙量。

#### 4. 第(4)分區(紅水仙溪~北防波堤間海域)

於建港期間，該分區水域在-5m~-15m 間水域呈淤積，淤積量共有 68 萬方，惟在水深-15m~-20m 間呈侵蝕，侵蝕量共約為 107 萬方，故就該分區整體而言，係呈侵蝕，在±0m~-20m 水深間其侵蝕量約為 40 萬方。

#### 5. 第(5)分區間(北防波堤~淡水河口南岸間海域)

於建港期間除在堤址±0m~-5m 水深間約有 32 萬方淤積外，在-5m 水深以下共侵蝕大約有 96 萬方。

#### 6. 第(6)分區(淡水河口南岸以北約 2 公里範圍間海域)

建港期間，±0m~-5m 水深線間呈淤積，在-5m~-15m 水深間則呈侵蝕，惟在-15m~-20m 水深間仍呈淤積。

### 二、民國 83 年 5 月至民國 84 年 5 月(北防波堤完成後一年)

#### 1. 第(1)分區(林口發電廠~大南灣間海域)

淡水國內商港北防波堤 1610 公尺興建完成後一年，該分區水域除在-5m~-10m 水深呈侵蝕外，其餘各水深線間均呈淤積，整體而言，該分區水域±0m~-20m 水深間共淤積約 15 萬方。

#### 2. 第(2)分區間(大南灣~南灣頭間海域)

沖淤數量計算結果顯示，該分區除在-15m~-20m 水深間呈侵蝕外，其餘自灘線±0m~-15m 水深間均呈淤積，累計該分區在這一年期間共淤積約 12 萬方。

#### 3. 第(3)分區間(南灣頭~紅水仙溪間海域)

該分區除在灘線±0m~-5m 間呈些微侵蝕外，-5m 水深以下均呈淤積，若考量±0m~-20m 間水深，則該分區共淤積約 192 萬方。

#### 4. 第(4)分區(紅水仙溪~北防波堤間海域)

除在-15m~-20m 水深間呈淤積外，其餘自灘線±0m~-15m 水深線間均呈侵蝕，整個分區而言，則被沖蝕約 46 萬方土沙量。

#### 5. 第(5)分區間(北防波堤~淡水河口南岸間海域)

大體而言，該分區因北防波堤興建完成，攔阻由北往南向之漂沙呈淤積，土方量約增加 43 萬方，然在-5m~-10m 水深間仍呈侵蝕。

#### 6. 第(6)分區(淡水河口南岸以北約 2 公里範圍間海域)

計算分析結果顯示，該分區自灘線±0m~-20m 水深線間均呈淤積，累計在這一時期間，該分區共淤積約 32 萬方。

### 三、民國 84 年 5 月至民國 85 年 5 月(北防波堤完成後後二年)

#### 1. 第(1)分區間(林口發電廠~大南灣間海域)

該分區在建港期間呈侵蝕，建港完成後一年呈淤積後，第二年又呈侵蝕，共計侵蝕約 35 萬方，惟在-5m~-10m 水深間則呈淤積，土方量在這一時期間則增加約 45 萬方。

#### 2. 第(2)分區間(大南灣~南灣頭間海域)

除在±0m~-5m 間呈淤積外，其餘-5m~-20m 水深間均呈侵蝕，尤其是-15m~-20m 間水深範圍共侵蝕約 130 萬方，而整個分區累計則共侵蝕 165 萬方。

#### 3. 第(3)分區間(南灣頭~紅水仙溪間海域)

建港完成第二年，該分區自灘線±0m~-20m 水深線間全面侵蝕共計侵蝕約 412 萬方；此數量有過於偏大之嫌，後經淡水工程處証實，自民國 85 年元月~8 月期間共計在該區浚挖 326 萬方。

#### 4. 第(4)分區(紅水仙溪~北防波堤間海域)

該分區除了在-15m~-20m 水深間略呈些微淤積外，自灘線±0m~-15m 水深間均呈侵蝕，該分區建港完成後第二年期間共計侵蝕約 82 萬方。

#### 5. 第(5)分區間(北防波堤~淡水河口南岸間海域)

該分區因北防波堤攔阻由北往南向移動漂沙，在±0m~-10m 水深間呈淤積共增加約 65 萬方；惟在-10m~-20m 水深則呈侵蝕，共被帶走約 70 萬方之土沙量。

#### 6. 第(6)分區(淡水河口南岸以北約 2 公里範圍間海域)

該分區呈全面侵蝕，除-5m~-10m 水深間侵蝕較緩外，其餘各水深間均呈嚴重侵蝕，整個分區在該段期間共帶走約 135 萬方。

### 四、民國 85 年 5 月至民國 85 年 10 月(本計畫監測期間)

#### 1. 第(1)分區(林口發電廠~大南灣間海域)

本計畫兩次地形監測期間相距半年，代表夏季颱風觀測期，資料分析結果顯示，該分區受 85 年 7 月 31 日賀伯颱風作用全面呈侵蝕，共被帶走約 47 萬方土方量。

#### 2. 第(2)分區(大南灣~南灣頭間海域)

該分區全面亦呈侵蝕，以±0m~-5m 水深以及-15m~-20m 水深間為甚，共計被帶走 82 萬方。

#### 3. 第(3)分區(南灣頭~紅水仙溪間海域)

該分區除在-5m~-10m 水深間呈較大侵蝕，被帶走約百萬方土沙量外，其餘各水深間均呈淤積，惟其中部份土方量仍係淡水港工程處在此區浚挖所致。

#### 4. 第(4)分區(紅水仙溪~北防波堤間海域)

該區位處淡水國內商港港址處，除在灘線±0m~-5m 水深呈淤積外，-5m 水深以下均呈侵蝕，共被帶走約 59 萬方。

#### 5.第(5)分區(北防波堤~淡水河口南岸間海域)

該分區除在±0m~-5m 水深間呈侵蝕外，在-5m 水深以下均呈淤積，本區共淤積約 47 萬方。

#### 6.第(6)分區(淡水河口南岸以北約 2 公里範圍間海域)

該分區漂沙沖淤情況與第(5)分區相類似，除在±0m~-5m 水深間呈侵蝕外，在-5m 水深以下均呈淤積。

### 五、民國 85 年 10 月~民國 86 年 5 月(本計畫監測期間)

#### 1. 第(1)分區(林口發電廠~大南灣間海域)

資料分析結果顯示，在東北季風期間該分區全面呈淤積狀況，在水深±0m~-5m 間淤積約 13 萬方；水深-5m~-10m 間淤積約 15 萬方；水深-10m~-15m 間淤積約 31 萬方，水深-15m~-20m 間約淤積 24 萬方，故若考量水深自±0m~-20m 間該分區在東北季風期間共淤積約 83 萬方。

#### 2. 第(2)分區(大南灣~南灣頭間海域)

該分區在東北季風期除了在水深-10m~-15m 間呈侵蝕外，其餘各水深處均呈淤積，考量水深±0m~-20m 間，則該分區共淤積 18 萬方。

#### 3. 第(3)分區(南灣頭~紅水仙溪間海域)

資料分析結果顯示，該分區水深±0m~-5m 間以及水深-15m~-20m 間係呈侵蝕狀況，其侵蝕量分別為 4.8 萬方與 5 萬方；惟在水深-5m~-15m 間該分區則呈淤積，其淤積量約為 23 萬方，故考量水深±0m~-20m 間，該分區在東北季風期間共淤積 13 萬方。

4. 第(4)分區(紅水仙溪～北防波堤海域)

該區位處淡水國內商港港址處，在這段東北季風期間，該分區除了在近岸處水深±0m～-5m 間略呈輕微侵蝕外，水深-5m 以下均呈淤積，監測分析結果顯示，考量水深±0m～-20m 間，該分區在東北季風期間共淤積約 54 萬方。

5. 第(5)分區(北防波堤～淡水河口南岸間海域)

資料分析結果顯示，該分區在東北季風期間，除在近岸處水深±0m～-5m 以及水深-15m～-20m 間略呈淤積外，於水深-5m～-15m 間則呈侵蝕狀況；總計該分區在東北季風期間共被帶走約 11 萬方之土沙量。

6. 第(6)分區(淡水河口南岸北約 2 公里範圍間海域)

資料分析結果顯示，該區在東北季風期間，各水深處全面呈侵蝕狀況，其侵蝕量約為 46 萬方。

六、民國 86 年 5 月～民國 86 年 10 月(本計畫監測期間)

1. 第(1)分區(林口發電廠～大南灣間海域)

資料分析結果顯示，在這段颱風期間該分區全面呈侵蝕狀況，水深愈深處侵蝕愈利害，該分區共被帶走約 68 萬方。

2. 第(2)分區(大南灣～南灣頭間海域)

該分區與第(1)分區相同，在颱風期間全面亦呈侵蝕狀況，且侵蝕情況較第(1)分區更嚴重，考量水深自±0m～-20m 間，該分區共侵蝕約 304 萬方。

3. 第(3)分區(南灣頭～紅水仙溪間海域)

資料分析結果，除在水深-5m～-10m 間呈淤積外，該分區其餘水深在夏季颱風期間均呈侵蝕，考量水深±0m～-20m 間，該分區共被帶走約 138 萬方。

4. 第(4)分區(紅水仙溪～北防波堤間海域)

該分區在夏季颱風期間全面呈侵蝕；考量水深±0m～-20m 間，其侵蝕量共約 84 萬方。

5. 第(5)分區(北防波堤～淡水河口南岸間海域)

該分區亦全面呈侵蝕，尤以近岸處水深±0m～-5m 間為甚，在夏季颱風這段期間，該分區共被帶走約 137 萬方。

6. 第(6)分區(淡水河口南岸北約 2 公里範圍間海域)

該分區與第(5)分區相同，在近岸處±0m～-5m 間侵蝕較為嚴重，於夏季颱風期間該分區共侵蝕約 82 萬方。

#### 4-2 全區沖淤概況

根據表 4-5 有關淡水八里海域全區全區不同水深範圍自民國 82 年 5 月以後歷年侵淤數量計算表中，吾人可知，全區±0m～-5m 間水深範圍間，自開港期間之每年淤積約 89 萬方逐年遞減到第一期建港北防波堤完工後第二年呈每年侵蝕約 80 萬方；去年則侵蝕約 40 萬方，在-5m～-10m 水深範圍間，則由建港期間每年淤積約 50 萬方逐年遞減到前年約 60 萬方之侵蝕量；去年侵蝕量則增加為 130 萬方，惟在-15m～-20m 水深範圍則呈沖淤互見，且自 84 年 5 月到 85 年 5 月間，在-10m～-20m 水深範圍內共計被帶走約 627 萬方之土沙量，惟其中約有 160 萬方係淡水國內商港工程處在 85 年元月到 85 年 4 月 25 日間人為浚挖回填用，有關淡水國內商港工程處自民國 85 年 1 月～8 月在該區浚挖數量及地點詳如圖 4-2 所示，去年在-10m～-20m 水深範圍內，則呈淤積，淤積量約為 55 萬方。

整體而言，自民國 82 年 5 月建港開始到民國 86 年 5 月四年期間，吾人若考量計算到-20m 水深範圍，則淡水、八里海域其沖淤積量分別為 -80.3 萬方、+306.1 萬方、-815.1 萬方以及-114.1 萬方等，惟第三年侵蝕量含淡水國內商港工程處在北防波堤南側在第三標區浚挖數量約 165

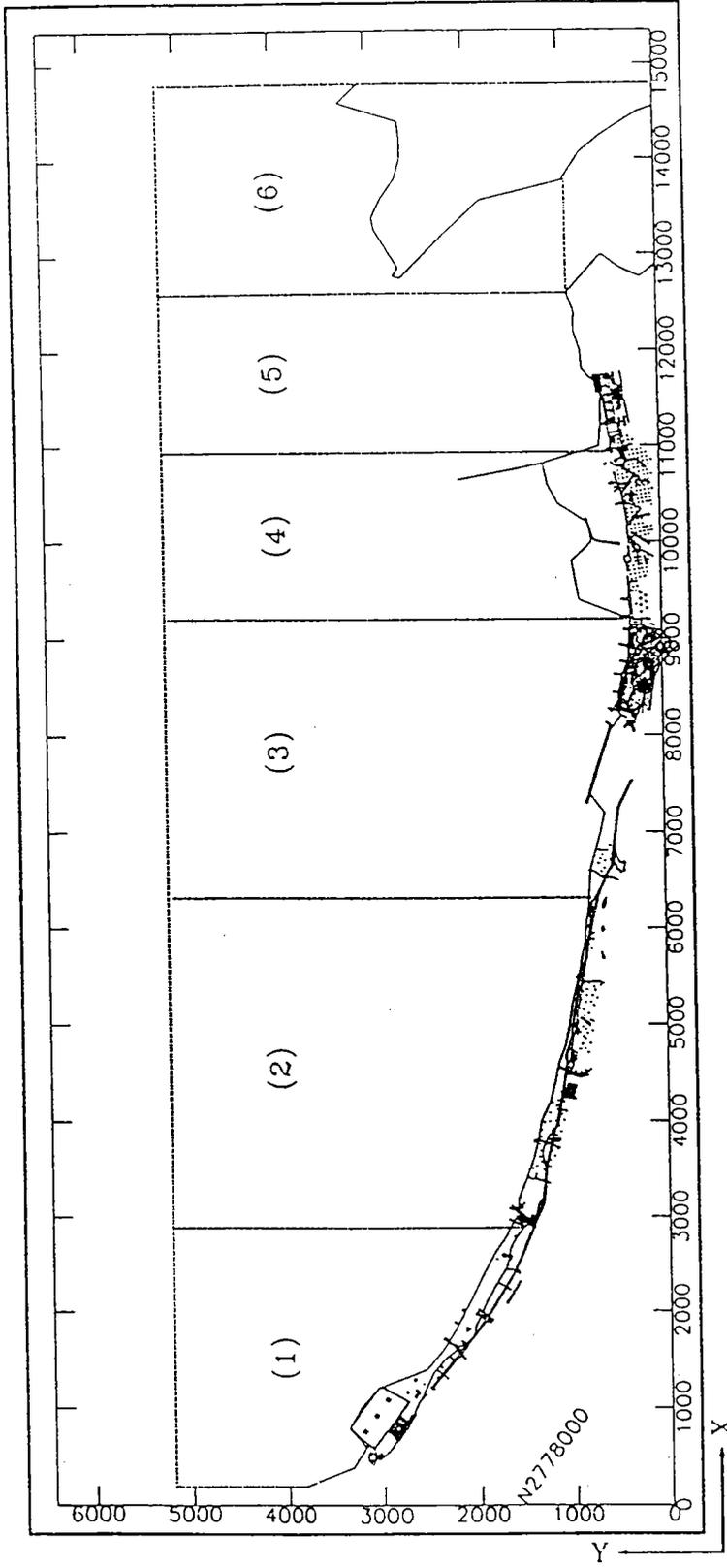


圖 4-1 淡水、八里海域各分區沖淤量計算範圍示意圖

表 4-1 淡水八里海域各分區不同水深範圍內侵淤數量表

單位：拾萬方( $\times 10^5 m^3$ )

分區 水深 時間	(1)						(2)						(3)					
	0~5m	5m~10m	10m~15m	15m~20m	0~20m		0~5m	5m~10m	10m~15m	15m~20m	0~20m		0~5m	5m~10m	10m~15m	15m~20m	0~20m	
75.10-76.05	5.41						2.30						2.26					
76.05-76.09	0.71						-0.25						-0.97					
76.09-77.05	0.57						-3.38						-0.82					
77.05-77.10	1.92						2.27						1.50					
77.10-78.05	-0.78						-1.38						0.24					
78.05-78.09	0.91						0.87						0.09					
78.09-79.05	-0.76						-1.64						-1.43					
79.05-79.09	-0.47						-9.65						-10.1					
79.09-80.05	-0.36						8.97						10.39					
80.05-80.09	2.65						1.38						-0.43					
80.09-81.05	-0.75						1.73						-0.48					
81.05-81.09	0.35						-0.42						-0.38					
81.09-82.05	-0.38						-4.08						-6.64					
82.05-82.09	-0.30	-0.62	-0.80	-1.40	-3.1		-0.89	-4.30	-5.90	-8.30	-19.40		6.94	6.40	11.00	12.30	36.6	
82.09-83.05	0.44	1.30	0.00	-1.10	0.6		1.34	1.00	2.20	5.00	9.50		-2.05	-0.20	-7.00	-9.30	-18.6	
83.05-83.09	0.18	0.42	1.40	4.90	6.9		2.13	4.10	5.40	4.10	15.70		1.06	1.90	10.40	9.20	22.6	
83.09-84.05	0.49	-1.45	-0.90	-3.50	-5.4		-1.88	-3.70	-2.60	-6.40	-14.6		-1.16	-1.10	-0.50	-0.70	-3.5	
84.05-85.05	-0.77	4.42	-1.30	-5.90	-3.6		1.55	-2.20	-2.80	-13.0	-16.5		-3.46	-11.40	-16.20	-8.60	-39.7	
85.05-85.10	-0.46	-1.39	-1.70	-1.10	-4.7		-3.50	-0.30	-0.40	-4.00	-8.20		0.12	-10.7	1.90	3.00	-5.7	
85.10-86.05	1.29	1.47	3.10	2.40	8.3		0.41	0.20	-0.20	1.40	1.80		-0.48	0.10	2.20	-0.50	1.32	
86.05-86.10	-1.17	-1.14	-1.60	-2.90	-6.8		-3.23	-7.90	-7.70	-11.6	-30.43		-0.02	5.00	-14.10	-4.70	-13.8	

表 4-1(續) 淡水八里海域各分區不同水深範圍內侵淤數量表

單位：拾萬方(×10<sup>5</sup>m<sup>3</sup>)

分區 水深 時間	(4)						(5)						(6)						總 計
	0~5m	5m~10m	10m~15m	15m~20m	0~20m		0~5m	5m~10m	10m~15m	15m~20m	0~20m		0~5m	5m~10m	10m~15m	15m~20m	0~20m		
75.10-76.05	1.81						7.56						1.42						
76.05-76.09	-1.19						-7.03						-0.78						
76.09-77.05	0.74						-5.25						-0.48						
77.05-77.10	-0.78						11.96						2.51						
77.10-78.05	1.15						-2.21						-0.88						
78.05-78.09	-0.04						2.03						1.06						
78.09-79.05	-0.35						-2.54						-0.89						
79.05-79.09	-1.97						-21.06						-10.50						
79.09-80.05	1.81						19.83						10.26						
80.05-80.09	0.24						5.03						2.96						
80.09-81.05	0.10						-9.36						-3.51						
81.05-81.09	-0.05						3.39						0.63						
81.09-82.05	-0.02						-5.02						-0.13						
82.05-82.09	0.29	1.70	-5.20	-14.4	-17.6		-6.28	-1.74	-3.20	4.00	-7.2		-0.82	-0.16	-0.30	3.60	2.3	-8.4	
82.09-83.05	-0.29	2.10	6.30	-2.30	5.8		9.19	-0.62	-2.10	-6.50	-0.0		1.35	0.12	-0.30	-3.00	-1.8	-4.4	
83.05-83.09	0.08	-0.30	-1.90	6.00	3.9		4.24	2.66	5.20	4.70	16.7		0.98	0.56	2.70	2.70	6.9	72.8	
83.09-84.05	-0.39	-1.40	-3.50	-2.70	-7.2		-3.45	-2.89	-2.70	-3.20	-12.2		-0.67	-0.26	-1.50	1.00	-1.4	-45.0	
84.05-85.05	-1.16	-2.10	-2.30	1.10	-4.5		0.29	6.22	-3.20	-5.20	-1.9		-4.50	-0.70	-3.40	-4.70	-13.3	-79.3	
85.05-85.10	-0.47	-5.20	-1.50	-0.70	-7.9		-0.24	2.21	2.00	0.70	4.7		-0.09	0.35	0.50	0.60	1.4	-20.4	
85.10-86.05	-0.06	2.10	2.00	1.40	5.4		0.28	-0.76	-1.40	0.80	-1.1		-0.77	-1.02	-1.40	-0.80	-3.99	11.8	
86.05-86.10	-0.41	-2.20	-3.70	-2.10	-8.4		-7.30	-2.11	-2.10	-2.20	-13.7		-3.24	-0.96	-2.10	-1.90	-8.2	-81.4	

表 4-2 淡水八里海域全區(1-6 區)不同水深範圍侵淤數量表

單位：萬方( $\times 10^4 m^3$ )

時間	水深	0~-5m	-5m~-10m	-10~-15m	-15m~-20m
75.10-76.05		207.6			
76.05-76.09		-95.1			
76.09-77.05		86.2			
77.05-77.10		193.8			
77.10-78.05		-38.6			
78.05-78.09		49.2			
78.09-79.05		-76.1			
79.05-79.09		-537.5			
79.09-80.05		509.0			
80.05-80.09		12.6			
80.09-81.05		-113.1			
81.05-81.09		35.2			
81.09-82.05		-162.7			
82.05-82.09		-10.6	12.8	-44.0	-42.0
82.09-83.05		99.8	37.0	-9.0	-172.0
83.02-83.09		86.7	93.4	232.0	316.0
83.09-84.05		-70.6	-108.0	-117.0	-155.0
84.05-85.05		-80.5	-57.8	-292.0	-363.0
85.05-85.10		-46.4	-150.3	8.0	-15.0
85.10-86.05		6.7	20.9	43.0	47.0
86.05-86.10		-153.7	-93.1	-313.0	-254.0

表 4-3 淡水八里海域全區(1-6 區)不同水深範圍累積侵淤數量表

單位：萬方( $\times 10^4 m^3$ )

時間	水深	0~-5m	0m~-10m	0~-15m	0m~-20m
75.10-76.05		207.6			
76.05-76.09		-95.1			
76.09-77.05		-86.2			
77.05-77.10		193.8			
77.10-78.05		-38.6			
78.05-78.09		49.2			
78.09-79.05		-76.1			
79.05-79.09		-537.5			
79.09-80.05		509.0			
80.05-80.09		12.6			
80.09-81.05		-113.1			
81.05-81.09		35.2			
81.09-82.05		-162.7			
82.05-82.09		-10.6	2.2	-41.8	-83.8
82.09-83.05		99.8	136.8	127.8	-44.2
83.02-83.09		86.7	180.1	412.1	728.1
83.09-84.05		-70.6	-178.6	-295.6	-450.6
84.05-85.05		-80.5	-138.1	-430.1	-793.3
85.05-85.10		-46.4	-196.7	-188.7	-203.7
85.10-86.05		6.7	27.6	70.6	117.6
86.05-86.10		-153.7	-246.8	-559.8	-813.8

表 4-4(續) 淡水八里海域各分區(1-6 區)不同水深歷年侵淤數量表

單位：萬方( $\times 10^4 m^3$ )

分區	(4 區)					(5 區)					(6 區)					
	0m~5m	5m~10m	10m~15m	15m~20m	0m~5m	5m~10m	10m~15m	15m~20m	0m~5m	5m~10m	10m~15m	15m~20m	0m~5m	5m~10m	10m~15m	15m~20m
時間																
82.05-83.05	0.0	38.0	11.0	-167.0	29.1	-23.6	-5.3	-25.0	5.3	-0.4	-6.0	6.0				
總和	-118.0					-14.2					4.9					
83.05-84.05	-3.1	-17.0	-5.4	33.0	7.9	-2.3	25.0	15.0	3.1	3.0	12.0	17.0				
總和	7.5					45.6					35.1					
84.05-85.05	-11.6	-21.0	-23.0	-11.0	2.9	62.2	-32.0	-52.0	-45.0	-7.0	-34.0	-47.0				
總和	-66.6					-143.3					-133.0					
85.05-86.05	-5.3	-31.0	5.0	7.0	0.4	14.5	6.0	15.0	-8.6	-6.7	-9.0	-2.0				
總和	-25.0					35.9					-26.3					

表 4-4(續) 淡水八里海域各分區(1-6 區)不同水深歷年侵淤數量表

單位：萬方(×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>)

分區 水深 時間	(4 區)					(5 區)					(6 區)					
	0m~5m	5m~10m	10m~15m	15m~20m	0m~5m	5m~10m	10m~5m	15m~20m	0m~5m	5m~10m	10m~15m	15m~20m	0m~5m	5m~10m	10m~15m	15m~20m
82.05-83.05	0.0	38.0	11.0	-167.0	29.1	-23.6	-5.3	-25.0	5.3	-0.4	-6.0	6.0				
總和	-118.0					-14.2					4.9					
83.05-84.05	-3.1	-17.0	-5.4	33.0	7.9	-2.3	25.0	15.0	3.1	3.0	12.0	17.0				
總和	7.5					45.6					35.1					
84.05-85.05	-11.6	-21.0	-23.0	-11.0	2.9	62.2	-32.0	-52.0	-45.0	-7.0	-34.0	-47.0				
總和	-66.6					-143.3					-133.0					
85.05-86.05	-5.3	-31.0	5.0	7.0	0.4	14.5	6.0	15.0	-8.6	-6.7	-9.0	-2.0				
總和	-25.0					35.9					-26.3					

表 4-5 淡水八里海域全區(1-6 區)不同水深範圍歷年侵淤數量表

單位：拾萬方(×10<sup>5</sup>m<sup>3</sup>)

分區 水深	(1 區~6 區)				(1 區~6 區)			
	0~5m	-5m~-10m	-10m~-15m	-15m~-20m	0~5m	-0m~-10m	-0m~-15m	0~20m
時間								
8205-8305	109.6	67.9	-53.0	-141	109.6	177.5	124.5	-20.5
8305-8405	20.2	-15.5	115.5	125	20.2	4.7	119.7	244.7
8405-8505	-101.7	-78.6	-292	-361	-101.7	-180.3	-472.3	-833.3
8505-8605	-39.7	-129.4	23.0	32.0	-39.7	-169.1	-146.1	-114.1

1. 85年11~8月港池共分第三標及第四標  
 (1) 第三標波挖

85.01.11	以前累計數量	547	42	3方
85.04.25	以前累計數量	1000	24	0方
85.07.04	以前累計數量	1607	86	7方
85.08.17	完工測量累計數量	1659	96	7方

波挖回填方向 [ 砂石碼頭 → 回填區 (北區) ]

(2) 第四標波挖

85.06.22	累計數量	639	47	6方
85.07.24	累計數量	1900	00	0方
85.08.31	累計數量	328	00	0方

波挖回填方向  
 [ 回填南區 → 回填北區 ]

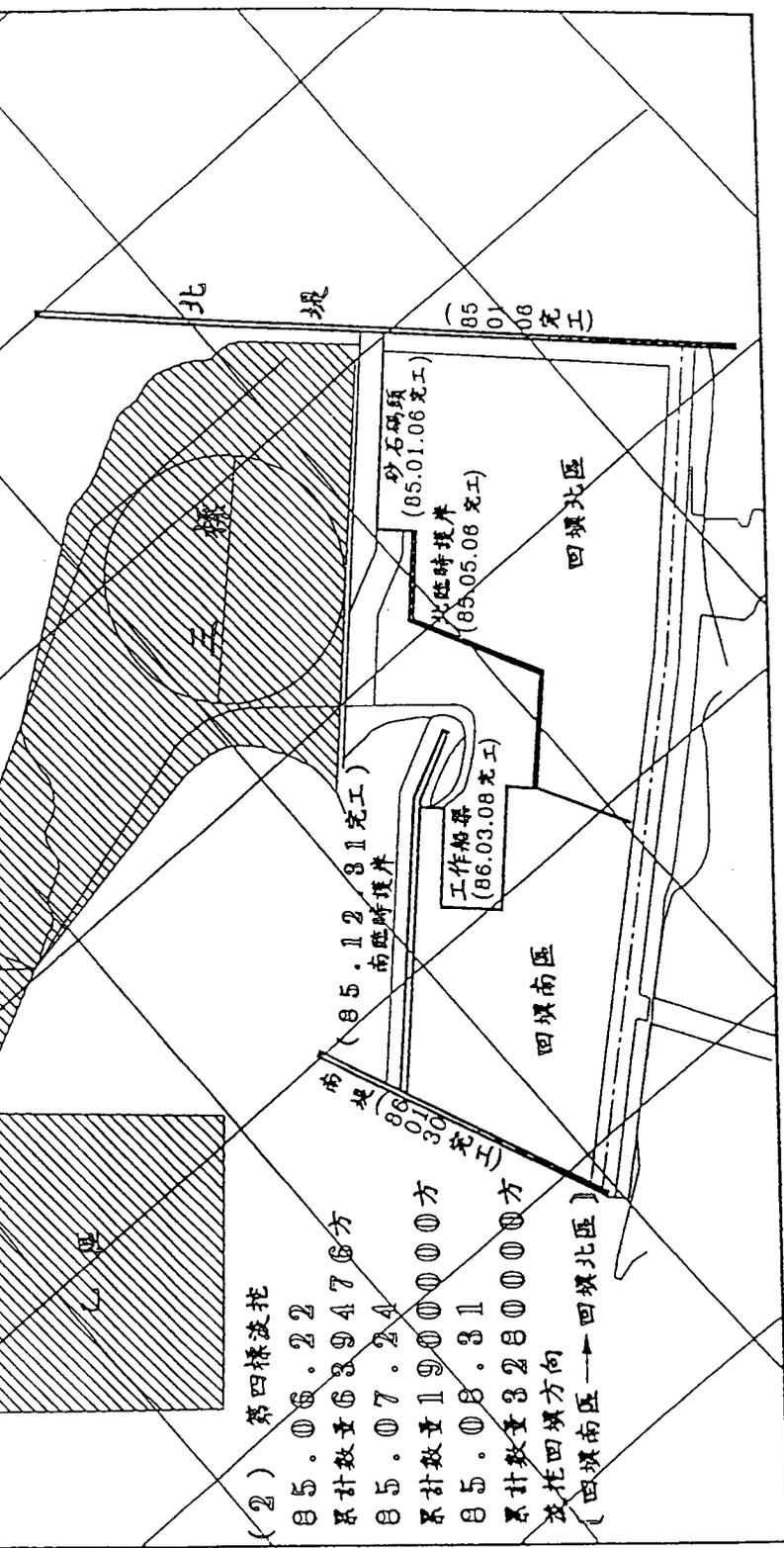


圖 4-2 淡水港工程處在港區附近浚挖數量及示意圖

萬方，第四標區約浚挖 328 萬方，故實際全區平均每年侵蝕量約為 53 萬方；而根據本所在 85 年 5 月以及 85 年 10 月兩次地形監測沖淤量計算結果顯示，同樣量計算-20m 水深處，則北防波堤以南侵蝕量約為 265 萬方，以北則淤積約 61 萬方，但若考量淡水國內商港工程處該段期間在北防波堤以南浚挖數量約 320 萬方(按在第三標區域浚挖 66 萬方，第四標區約浚挖 264 萬方)，則實際上全區海域在民國 85 年 5 月~9 月夏季期間北防波堤南北兩側係分別淤積 78 萬方與 61 萬方即全區海域在夏季期間共淤積約 150 萬方。

同時，根據本所在 85 年 10 月以及 86 年 5 月兩次地形監測沖淤量計算結果顯示，同樣考量計算到-20m 水深處，則北防波堤以南則淤積 168.2 萬方，以北則侵蝕約 57 萬方，故實際上全區海域在民國 85 年 10 月到 86 年 5 月東北季風期間共淤積 225 萬方。

其次根據本所在 86 年 5 月以及 86 年 10 月兩次地形監測沖淤量計算結果顯示，同樣考量到-20m 水深處，則北防波堤以南侵蝕 594 萬方，以北則侵蝕 219 萬方，故實際上全區海域在民國 86 年 5 月到 86 年 10 月夏季期間共侵蝕約 813 萬方。

## 伍、結論及建議

根據本計畫第一年以及第二年分別在民國 85 年 5 月與 10 月以及 86 年 5 月與 10 月等共四次地形監測分析結果，可獲致以下數點結論及建議：

- 一、等深線變化分析結果顯示，淡水河口北側附近海域，在這段監測颱風期間即 5 月～10 月間，其±0m、-5m、-10m、-15m 以及-20m 等深線均向陸側內移，地形略呈侵蝕，惟在監測東北季風期間，其等深線並無顯著變化。
- 二、資料分析結果顯示，自民國 85 年 5 月到 10 月間，在八仙樂園外側海域-10m 等深線附近呈現-15m 等深線仍係淡水港工程處挖掘航道人為因素所致，該浚挖區根據民國 86 年 5 月監測地形結果，仍然存在，但到民國 86 年 10 月，歷經颱風季節後該浚挖區已明顯回淤，-15m 等深線已不復再現，根據斷面分析結果顯示該區約回淤 3～4 公尺。
- 三、海岸地形等深線監測分析結果顯示，八仙樂園到林口電廠間附近水域，在這段監測東北季風期間，其-5m、-10m、-15m 以及-20m 等深線變化較不顯著，但在颱風期間則其-5m、-10m、-15m 以及-20m 等深線則明顯向陸側內移呈侵蝕。
- 四、斷面地形分析結果顯示，在林口電廠灰塘區外側海域，自民國 85 年 5 月以來歷經颱風季節呈侵蝕以後，目前正逐漸回淤中，此處回淤沙源仍來自上游侵蝕區，大體而言，附近斷面在東北季風期間呈淤積，經過颱風季節後則再度呈現侵蝕。
- 五、資料分析結果顯示，在林口電廠以北約 1～3 公里海岸範圍，其斷面原先存在之沿岸沙洲正慢慢消失，目前正逐漸回淤。
- 六、淡水港北防波堤以北斷面，根據地形監測斷面分析結果顯示，其斷面均呈侵蝕狀況，同時在淡水河口處自民國 86 年 5 月即有沙洲浮出水面，高度約為 1.5 公尺，到 86 年 12 月其沙洲高度更浮出水面約有 2.5 公尺。

- 七、整體而言，自民國 82 年 5 月建港開始到民國 86 年 5 月四年期間，若考量計算到-20m 水深範圍，則淡水、八里海域其沖淤積量分別為-80.3 萬方、+306.1 萬方、-815.1 萬方以及-114.1 萬方等；惟第三年侵蝕含量淡水港工程處在北防波堤南側第三標區浚挖數量約 165 萬方，第四標區約浚挖 328 萬方，故實際全區平均每年侵量約為 53 萬方。
- 八、根據本所在 86 年 5 月以及 86 年 10 月兩次地形監測沖淤積量計算結果顯示，同樣考量到-20m 水深處，則北防波堤以南約侵蝕 594 萬方，以北則侵蝕 219 萬方，故實際上全區海域在民國 86 年 5 月到 10 月這段夏季颱風期間共侵蝕約 813 萬方。
- 九、根據本計畫歷次地形測量計算沖淤數量分析結果顯示，該區海域在夏季(每年 5 月~9 月)、冬季(每年 9 月~翌年 5 月)期間究屬侵蝕抑或淤積並無定論，係隨每年當季海、氣象條件而異，尤其與該年颱風發生次數、規模與路徑之不同，其沖淤積數量差距極大，建議每年應繼續監測。

## 參考資料

1. 宇泰工程顧問有限公司(1996)，淡水國內商港第二期工程細部規劃及遠期發展計畫規劃，第二單元第三期報告初稿。
2. 省水利局(民國 75 年～迄今)，淡水河系長期水理觀測計畫。
3. 中華顧問工程司(民國 81 年)，淡水八里海岸地形變遷海象調查研究。
4. 中華顧問工程司(民國 81 年)，淡水八里地形變遷防治研究。
5. 港灣技術研究所(民國 86 年)，淡水國內商港漂沙調查及海氣象與地形變遷監測計畫—漂沙調查研究報告。

淡水港漂砂調查及海氣象與海岸地形變遷監測計畫

(第二年)

——海岸地形變遷數值監測模式——

期中報告

審查意見及辦理情況說明

**「淡水港漂砂調查及海氣象與海岸地形變遷監測計畫(第二年)  
— 海岸地形變遷數值監測模式」期中報告審查會議記錄**

問題與建議	辦理情形
<p><b>台大林銘崇教授：</b></p> <p>1. 模式本身應無問題，惟波浪條件因受潮流，位向角度、高低潮時間等因素影響，驗證時請留意。</p> <p>2. LITPACK 模式如何結合向離岸漂砂及沿岸漂砂？</p> <p>3. 本計畫運用之模式內容，請以附錄方式列出，俾供港務局審核運用。</p> <p>4. 部份下層測站之流速為何較上層流速高？</p>	<p>1. 遵照辦理。</p> <p>2. 由 LITPACK 模式算出各個斷面的一維漂砂結果後再組合各個斷面而得二維的向離岸漂砂及沿岸漂砂。</p> <p>3. 遵照辦理。</p> <p>4. 就大部份記錄顯示而言，上層仍較下層有較高的流速。</p>
<p><b>海洋大學楊文衡教授：</b></p> <p>1. LITPACK 模式可長期模擬向離岸及沿岸漂砂過程，以往淡水、八里測得之地形資料可供驗證時運用，俾利長期模擬之正確性，並請港研所提出未來十年後之模擬結果及防治對策，俾供港務局事先因應。</p>	<p>1. 遵照辦理。</p>
<p><b>水利局第十工程處：</b></p> <p>1. 水利局自民國 75 年就已開始在淡水、八里附近海域進行斷面測量，以往提供之斷面均無座標以致常發生誤差，且樁常遺失，故補設之樁位會變動，惟原點保持不變，故會有負值，但外界常把負值當成零，最近將做成地形數位化，並樂於供相關單位研究運用。</p> <p>2. 圖形表示請以近岸為原點。</p>	<p>1. 略。</p> <p>2. 已予改正。</p>
<p><b>基隆港務局工務局林組長：</b></p> <p>1. 模式模擬時是否有考量淡水港外廓防波堤的影響？</p>	<p>1. 本計算預定四個階段，目前期中報告已完成第一階段，未來將推估淡水港第一期及第二期興建對鄰近地形影響</p>

<p><b>基隆港務局淡水工程處林課長：</b></p> <p>1.請加入模式計算流程圖，俾利參閱。</p> <p>2.本局將興建保護沿岸之離岸潛堤，能否藉此模式提出適當之興建時機？</p> <p>3.請利用本模式模擬航道迴淤狀況。</p> <p>4.附錄四圖 7-5 顯示淡水河口北岸有漂砂活動現象，惟實際上該處海域漂砂量應很少。</p> <p><b>結論部份：</b></p> <p>請港研所建立本模式時能考量現場實際特性，將淡水港納入考量，使模式成果能運用在實際需求。</p>	<p>時，會將淡水港外廓防波堤納入考量，並研提保護對策。</p> <p>1.遵照辦理。</p> <p>2.本模式可推估淡水港工程興建對鄰近地形影響，然後加入離岸堤、潛堤等防治設施模擬，以瞭解是否達成改善目的，本所仍將盡力提出潛岸堤適當興建時機，並請丹麥水利研究所儘量轉移模式各種功能，使模式能模擬各種實際狀況。</p> <p>3.將於第三年研究報告中增列。</p> <p>4.將就模式之漂砂現象檢討。</p> <p>期末報告中，已儘可能考量現場實際特性，將淡水港型納入考量。</p>
---	---

# 淡水港漂砂調查及海氣象與海岸地形變遷監測計畫

(第二年)

期末報告

審查意見及辦理情況說明

「淡水港漂砂調查及海氣象與海岸地形變遷監測計畫(第二年)」

期末報告審查會議記錄

問題與建議	辦理情形
<p>台大造船及海洋工程研究所林銘崇教授：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.請增加波、流等機率統計分佈、俾增廣應用。</li> <li>2.波、流係由觀測樁同步觀測，惟漂砂調查時無辦理波、流觀測，未來難以了解地形變化之原因，亦無法進一步分析。</li> <li>3.數值模式目前係為研提海岸保護對策，未來辦理長期監測時，是否繼續運用發展作模式。</li> <li>4.模式計算應合理，惟水理模式應僅計算流場，不包括漂砂特性。</li> <li>5.計算過程中，歷時多久，才再根據新的地形重新算出新的波浪。</li> <li>6.海岸保護對策較偏重於突堤、離岸堤，應考量環保問題，保護對策每次均不同，港務局未來如何選擇最佳方案。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.遵照審查會決議，於第三年研究報告中增列。</li> <li>2.每次漂砂調查，均詳細記載起迄期間，故檢視觀測樁上長期波浪記錄資料，即可推算當時波浪條件並作進一步分析。</li> <li>3.數值模式擬於下年度監測時修正參數，並將運用於安平港，未來將繼續驗證以持續發展，並可訓練港務局人員，必要時可辦理研討會。</li> <li>4.水理模式僅將淡水河流量及濃度計算出懸浮質當成邊界條件輸入，未考量漂砂特性。</li> <li>5.模式計算過程中僅輸入原始地形，再由模式自動更新。</li> <li>6.海岸保護對策除突堤、離岸堤外，亦強調人工養灘，因如無沙源補注，突堤及離岸堤無法發揮作用，故擬將淡水港北堤以北淤積地區沙源移至淡水港以南侵蝕地區，海岸保護對策會多參考專家學者及相關單位意見，以納入後續計畫辦理海岸保護對策時考量。</li> </ol>
<p>交通大學土木工程研究所郭一羽教授：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.台北縣政府擬於八里地區海岸設置填土區，則本計畫擬設置之護岸將失去作用，應與相關單位協調。該區海岸保護對策在相關單位未達成共識前，應先蒐集該區基本數據資料以率定及驗證此海岸地形變遷數值模式，俾供未來海岸保護需求。</li> <li>2.報告指出數值模式與實測結果甚為接近，惟實測資料中颱風影響權重達</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.台北縣及台北市政府均有填土區計畫，惟各單位政策尚未明朗，若模式運用良好，則未來輸入各種邊界條件，即可適用各種情形。</li> <li>2.數值模式中，將颱風及季風折算成代表波浪作用時間之倍數模擬。</li> </ol>

<p>七、八成，模式是否考量颱風因素。</p> <p>3. 觀測樁位置蒐集之資料是否為外海波浪資料，若非外海波浪資料，應以計算方式推算外海資料。</p> <p>4. 建議將波高、波向及週期作成聯合分佈表，可求出限定波高、週期範圍時之波向分佈機率。</p> <p>5. 頻譜分析整理後應做進一步應用，如可提出淡水港頻譜分析之標準形狀。</p> <p>6. 風速與波高之相關係數可供為很好之參考數據，惟若相關係數不高，簡要敘述即可。</p>	<p>3. 可建立公式以推算出外海波浪資料。</p> <p>4. 遵照審查會決議，於第三年研究報告中增列。</p> <p>5. 同上。</p> <p>6. 遵照辦理。</p>
<p><b>海洋大學河海工程研究所楊文衡教授：</b></p> <p>1. 模式計算範圍陸域部份應儘量減少以縮短計算時間。</p> <p>2. 台北縣及台北市政府在八里地區海岸均有填土區計畫，各相關單位應互相協調配合。</p> <p>3. 為環保需求，應辦理水質、透明度、溫度、酸鹼度、溶氧及生化需氧量調查，擴散模式應考慮，水質監測應配合海氣象及地形變遷計畫。</p>	<p>1. 模式計算範圍之選定主要是考量淡水河支流流量問題。</p> <p>2. 請基隆港務局協調。</p> <p>3. 基港局已另案委託顧問公司辦理「淡水港外廓防波堤興建工程施工期間環境品質監測作業」。</p>
<p><b>中山大學海洋環境科學系薛憲文教授：</b></p> <p>1. 「漂砂調查研究」報告書 P.3-15 中，水利處及港研所施測結果不一致，建議應將使用施測設備、觀測方法及步驟、資料品質檢核分析、原始測線圖及等深線繪製方法等資料納入，俾利未來資料之比對。</p> <p>2. 請詳加說明侵淤量計算方法。</p> <p>3. 贊同基港局建立「淡水港海洋資料庫」，可將「漂砂調查資料」、「海氣象調查資料」及「海岸地形變遷數值預測成果」納入資料庫內，俾利日後長期資料比對。</p>	<p>1. 有關漂砂調查水深測量部份所使用施測設備、觀測方法及步驟、原始測線圖以及等深線繪製方法，請參閱本所辦理「淡水國內商港漂砂調查及海氣象與海岸地形變遷監測計畫」全面水深地形測量成果報告書(第 1-4 冊)。</p> <p>2. 侵淤量計算方法係將海域畫成數個格子分區利用網格法分區計算。</p> <p>3. 略。</p>

<p>4.0~3 公尺水深如何施測而得？內插或實測？</p> <p>5.建議加測海岸線並進行變化分析。</p> <p>6.請說明水深施測精度標準為何？有否施測檢核測線？</p>	<p>4.退潮時利用人工往海側測量，約可測到-2 公尺，漲潮時則利用船隻往陸側方向測量，無法銜接處則利用內插法補足。</p> <p>5.地形測量亦有加測海岸線變化。</p> <p>6.如同說明(1)。</p>
<p><b>基隆港務局淡水工程處：</b></p>	
<p>1.基隆港務局已有一個離岸堤之海岸防護計畫，惟台北縣及台北市政府在八里地區海岸均有填土區計畫，應有單位整合。</p> <p>2.配合淡水港外廓防波堤興建進度，附近海岸地形亦將隨之變化，數值模擬確定最佳保護配置方案後，請確定最佳興建時程，俾資據以編列預算辦理及達到海岸保護最大效益。</p> <p>3.淡水港附近海岸全區目前仍屬侵蝕性海岸，惟受築港影響，北堤以北淡水河口以南區域水深 0~10 公尺間水域仍屬淤積區(如漂砂調查第五區侵淤資料)，若無任何防制措施，最後漂砂會沿防波堤向南延伸，可能於港口附近形成一大沙洲，上述情況如何藉數值計算或實測監測預測？若確認上述情況，如何防治？數值模式建立後，宜技術轉移供本局作為整治海岸參考。</p> <p>4.淤水力計算時，有將河川流量納入，但河川輸砂卻未納入漂砂輸送，是否會影響模式精度，請考量。</p> <p>5.未受防波堤遮蔽之外航道，如何減少漂砂淤淺(如漲潮時港口處回流)及整治，宜進一步探討。</p> <p>6.報告建議護岸及離岸堤宜儘速開始興建，建請速訂興建時程。</p>	<p>1.請基隆港務局協調。</p> <p>2.參閱 P.9~17 中第 9-5-3 有關築港時程、保護對策方案 II 章節。</p> <p>3.淡水港北防波堤興建勢必攔阻自淡水河口由北往南之輸砂移動，解決之道唯有定期疏浚作為商港以南海岸侵蝕區作為人工養灘之沙源，配合離岸堤之興建以保護海岸，待數值模式建立完成後將技術移轉供貴局參考。</p> <p>4.本模式除考量淡水河川流量外並將其懸浮質考量在內。</p> <p>5.解決之道唯有監測並定期疏浚。</p> <p>6.就財務觀點言，建議作些效益成本分析，在初期增加某些養灘可能會較經濟。</p>

台灣省北區水資源局：

- 1.台灣省北區水資源局每年在八里地區海岸均投資數千萬保護設施，築港對環境必定會造成影響，研究報告結果與實地現場情況吻合。 1.略。
- 2.保護方案之突堤建議北移或多作，俾利積砂並減少侵蝕，以減低本局保護海岸業務。林口火力發電廠每隔一段時間均需清除進水口處之淤砂，可建突堤防制，八里地區海岸則以港區及火力電廠中間侵蝕最嚴重，海岸防護經費可考量由各相關單位協調均攤。 2.建請基隆港務局參考。
- 3.海岸邊之防護設施是由省水利處撥款辦理，八里地區海岸委由台北縣政府管理，若要興建填土區還是要向水利處提出申請，許可後由台北縣政府管理。台灣地區海岸地帶無母法，但有海岸管理細則，主管機關為水利處，本區海岸防護設施若需整合，可於本會議做成提案，專家報請水利處主導。 3.建請基隆港務局參辦。
- 4.淡水河系俟台北防洪工程完成後，將辦理疏浚，會影響淡水港觀測計畫。 4.建請基隆港務局參辦。

基隆港務局港工處：

- 1.綜觀二年監測結果，颱風期間未能得到實測記錄甚是可惜，究其原因是儀器受損或設置地點不理想導致最後關鍵無法測得資料。 1.颱風期間未能得到實測記錄，原因係儀器受損。
- 2.未來繼續監測時，除平時東北季風及颱風期之監測做詳實之記錄外，應特別就颱風期記錄颱風進行方向、風速大小、波高、流速及流向，以做為因此特殊氣象而產生之地形變化作數值模擬，在颱風過後再進行水深實測相互比對，以求模擬計算是否正確。 2.若儀器不發生故障應可記錄到颱風資料，惟颱風期間監測困難，數值模擬時通常以季節風表示，且漂砂調查應拉大時空因素觀察，蓋局部侵蝕或淤積常會變化，且上游若侵蝕則下游可能淤積，需長期觀察漂砂趨勢。
- 3.建議每個月應進行流速、流向、波高及潮汐監測記錄，以取得完整之各項 3.本計畫工作項目重點即辦理該些項目長期觀測。

<p>海氣象資料，供日後船隻航行或施工期間應注意之參考資料。</p> <p>4.有關漂砂淤積問題，建議於淡水港施工地點之斷面 9 至 11 加密監測斷面，以求得更精確之淤積或侵蝕現象。</p> <p>5.「漂砂調查研究」結論二顯示於 85 年 5 月~86 年 10 月期間回淤 3~4 公尺，惟結論八顯示同時段即為侵蝕，究為侵蝕或淤積。民國 85 年港區浚挖以致回淤量大，係人為現象是否亦應考量。</p>	<p>4.遵照會議決議，於第三年研究計畫加密監測。</p> <p>5.結論二顯示回淤 3~4 公尺係指港區浚挖後回淤之深度，而結論八係指全區測量水域至水深-20 公尺處為侵蝕；侵蝕或淤積常牽涉到比較之標準，需考量比較之時間及區域，若人為浚挖數量龐大，可於報告說明。</p>
<p><b>基隆港務局工務組設計課：</b></p> <p>1.淡水港北堤延長段已發包，堤址均遭侵蝕，建議對此段防波堤研提保護對策。</p>	<p>1.於第三年計畫加強監測再提保護對策。</p>
<p><b>結論部份：</b></p> <p>1.請港研所就本次會議各專家學者及各單位意見修訂報告，並作為本局後繼計畫及建立淡水港海洋資料庫之參考。</p> <p>2.台北縣、台北市政府及基隆港務局於八里地區海岸均有開發計畫，應專案報請「海岸管理細則」主管機關之水利處整合各相關單位之海岸防護計畫。</p>	<p>1.遵照辦理。</p> <p>2.略。</p>