

86-研(四)

屏東林邊沖淤調查研究(I)

台灣省政府交通處

港灣技術研究所

台中 梧棲

中華民國八十六年六月

屏東林邊沖淤調查研究 (I)

執行單位	海岸工程組
參與學者	郭金棟 教授
	林銘崇 教授
	郭一羽 教授
計畫主持人	黃清和 研究員兼組長
共同主持人	蔡立宏 助理研究人員
參與研究人員	吳 基 助理研究人員
	江金德 助理研究人員
	蔡金吉 助理
	徐如娟 助理
	楊怡芸 技工
	李江澤 技工
	陳進冰 技工
	蔡瑞成 技工
	何炳紹 技工

目 錄

摘要.....	1
圖目錄.....	II
表目錄.....	VIII
第一章 引言.....	1
§ 1-1 研究目的.....	1
§ 1-2 概述.....	2
§ 1-3 工作方法與步驟.....	3
第二章 台灣海岸侵蝕現況.....	6
§ 2-1 概述.....	6
§ 2-2 各縣市海岸現況.....	8
§ 2-3 結語.....	27
第三章 海岸侵蝕原因之探討.....	33
§ 3-1 概述.....	33
§ 3-2 從自然及人為因素分析.....	33
3-2-1 自然因素.....	33
3-2-2 人為因素.....	39
§ 3-3 從輸砂平衡分析.....	45
第四章 海岸侵蝕防治工法之探討.....	51
§ 4-1 概述.....	51
§ 4-2 海堤、護岸.....	54
§ 4-3 突堤群.....	62
§ 4-4 離岸堤.....	64
§ 4-5 人工養灘.....	73

§ 4-6	人工岬灣	78
§ 4-7	人工砂丘	80
§ 4-8	人工潛礁	81
§ 4-9	海灘水位降低法	85
第五章	侵蝕防治研究計畫推動策略	88
§ 5-1	研究大綱	88
§ 5-2	研究經費概估	96
§ 5-3	研究資源設備與人力	99
§ 5-4	研究經費分擔	100
§ 5-5	推動策略	101
§ 5-6	資料調查	106
第六章	屏東林邊海岸沖淤調查	126
§ 6-1	調查範圍	126
§ 6-2	海象資料分析	130
6-2-1	海流	131
6-2-2	波浪	132
§ 6-3	水深地形變化分析及侵淤量估算	159
6-3-1	等水深線變化分析	159
6-3-2	斷面變化分析	207
6-3-3	土方量侵淤變化分析	218
第七章	結論及建議	232
附錄一	現階段海岸科研人力資料	1-1
附錄二	各機關學校現有設備資料	2-1

摘 要

本研究為一經常性且長達四年之現場沖淤調查計畫，本報告為第一年研究成果，內容除就台灣海岸侵蝕現況、海岸侵蝕原因、海岸侵蝕防治工作以及侵蝕防治研究計畫推動策略作完整之先期探討外，並針對曹啓鴻、鄭國忠以及楊秋興等省議員所關注海岸線日漸消失之屏東林邊侵蝕海岸分別進行海象監測以及海岸沖淤研究調查，俾作為日後屏東大鵬灣開發該處海岸以及其他侵蝕海岸研擬保護措施之參考依據。

圖目錄

- 圖 2-1 淡水八里海域 1996 年 5 月、10 月地形監測比較圖
- 圖 2-2 新竹香山附近水域 1978 年與 1992 年地形比較圖
- 圖 2-3 外傘頂洲西側地形等深線變化比較圖 (1990 ~ 1993)
- 圖 2-4 屏東林邊海岸 1996 年 10 月監測地形
- 圖 2-5 花蓮港口附近水域 ± 0m 等水深線歷次變化圖 (1986 ~ 1995)
- 圖 2-6 曾文溪三角地帶
- 圖 2-7 漂沙運搬力示意圖
- 圖 2-8 台灣四週海岸沖淤近況示意圖
- 圖 4-1 緩坡堤
- 圖 4-2 鋪面板形狀
- 圖 4-3 突堤群
- 圖 4-4 離岸堤群
- 圖 4-5 各種型式之離岸堤
- 圖 4-6 人工養灘
- 圖 4-7 人工岬灣
- 圖 4-8 暴浪侵蝕斷面形狀
- 圖 4-9 人工潛礁工法
- 圖 4-10 人工潛礁波高透過係數
- 圖 4-11 波峰線形與海灘之流況
- 圖 4-12 意大利施工例

- 圖 4-13 海灘抽水降低水位法
- 圖 4-14-a 埋設透水層法 (實驗)
- 圖 4-14-b 埋設透水層法 (現場)
- 圖 6-1 屏東林邊海域大區域測量範圍示意圖
- 圖 6-2 屏東枋寮海域海象觀測站設置位置示意圖
- 圖 6-3 海流儀及壓力計水中配置情形示意圖
- 圖 6-4 上層海流流速時序圖 (第一次觀測)
- 圖 6-5 上層海流流向時序圖 (第一次觀測)
- 圖 6-6 下層海流流速時序圖 (第一次觀測)
- 圖 6-7 下層海流流向時序圖 (第一次觀測)
- 圖 6-8 上層海流流速時序圖 (第二次觀測)
- 圖 6-9 上層海流流向時序圖 (第二次觀測)
- 圖 6-10 上層平行海岸流分量 (第一次觀測)
- 圖 6-11 上層垂直海岸流分量 (第一次觀測)
- 圖 6-12 下層海流平行岸分量 (第一次觀測)
- 圖 6-13 下層海流垂直岸分量 (第一次觀測)
- 圖 6-14 上層海流平行岸分量 (第二次觀測)
- 圖 6-15 上層海流垂直岸分量 (第二次觀測)
- 圖 6-16 上層海流流速流向統計直方圖 (第一次觀測)
- 圖 6-17 下層海流流速流向統計直方圖 (第一次觀測)
- 圖 6-18 上層海流流速流向統計直方圖 (第二次觀測)
- 圖 6-19 上層海流能譜圖 (第一次觀測)
- 圖 6-20 下層海流能譜圖 (第一次觀測)

- 圖 6-21 上層海流能譜圖 (第二次觀測)
- 圖 6-22 上層海流 PVD 圖 (3月中、下旬)
- 圖 6-23 上層海流 PVD 圖 (4月上、中旬)
- 圖 6-24 下層海流 PVD 圖 (3月中、下旬)
- 圖 6-25 下層海流 PVD 圖 (4月上旬)
- 圖 6-26 上層海流 PVD 圖 (4月中、下旬)
- 圖 6-27 上層海流 PVD 圖 (5月上、中旬)
- 圖 6-28 H_{max} 、 $H_{1/3}$ 、 H_{meas} 時序圖
- 圖 6-29 $H_{1/3}$ 、 $T_{1/3}$ 時序圖 (第一次觀測)
- 圖 6-30(a) 屏東林邊海域水深地形圖 (77年11月, 第七工程處)
- 圖 6-30(b) 屏東林邊海域水深地形圖 (78年05月, 第七工程處)
- 圖 6-30(c) 屏東林邊海域水深地形圖 (78年11月, 第七工程處)
- 圖 6-30(d) 屏東林邊海域水深地形圖 (79年05月, 第七工程處)
- 圖 6-30(e) 屏東林邊海域水深地形圖 (79年11月, 第七工程處)
- 圖 6-30(f) 屏東林邊海域水深地形圖 (80年05月, 第七工程處)
- 圖 6-30(g) 屏東林邊海域水深地形圖 (85年10月, 本研究計畫)
- 圖 6-31(a) 屏東林邊海域水深地形圖 (77年11月, 第七工程處)
- 圖 6-31(a) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (77年11月, 第七工程處)
- 圖 6-31(b) 屏東林邊海域水深地形圖 (78年05月, 第七工程處)
- 圖 6-31(b) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (78年5月, 第七工程處)
- 圖 6-31(c) 屏東林邊海域水深地形圖 (78年11月, 第七工程處)
- 圖 6-31(c) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (78年11月, 第七工程處)
- 圖 6-31(d) 屏東林邊海域水深地形圖 (79年05月, 第七工程處)

- 圖 6-31(d) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (79 年 05 月, 第七工程處)
- 圖 6-31(e) 屏東林邊海域水深地形圖 (79 年 11 月, 第七工程處)
- 圖 6-31(e) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (79 年 11 月, 第七工程處)
- 圖 6-31(f) 屏東林邊海域水深地形圖 (80 年 05 月, 第七工程處)
- 圖 6-31(f) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (80 年 05 月, 第七工程處)
- 圖 6-31(g) 屏東林邊海域水深地形圖 (85 年 05 月, 本研究計畫)
- 圖 6-32(a) 屏東林邊海域水深地形圖 (77 年 11 月, 第七工程處)
- 圖 6-32(a) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (77 年 11 月, 第七工程處)
- 圖 6-32(b) 屏東林邊海域水深地形圖 (78 年 05 月, 第七工程處)
- 圖 6-32(b) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (78 年 05 月, 第七工程處)
- 圖 6-32(c) 屏東林邊海域水深地形圖 (79 年 11 月, 第七工程處)
- 圖 6-32(c) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (79 年 11 月, 第七工程處)
- 圖 6-32(d) 屏東林邊海域水深地形圖 (80 年 05 月, 第七工程處)
- 圖 6-32(d) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (80 年 05 月, 第七工程處)
- 圖 6-32(e) 屏東林邊海域水深地形圖 (81 年 11 月, 第七工程處)
- 圖 6-32(e) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (81 年 11 月, 第七工程處)
- 圖 6-32(f) 屏東林邊海域水深地形圖 (82 年 05 月, 第七工程處)
- 圖 6-32(f) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (82 年 05 月, 第七工程處)
- 圖 6-32(g) 屏東林邊海域水深地形圖 (85 年 05 月, 本研究計畫)
- 圖 6-33(a) 屏東林邊海域 ± 0 公尺、負 5 公尺以及負 10 公尺歷年水深變化比較圖
- 圖 6-33(b) 屏東林邊海域 ± 0 公尺、負 5 公尺以及負 10 公尺歷年水深變化比較圖

- 圖 6-33(b) (續) 屏東林邊海域±0公尺、負5公尺以及負10公尺歷年水深變化比較圖
- 圖 6-33(b) (續) 屏東林邊海域±0公尺、負5公尺以及負10公尺歷年水深變化比較圖
- 圖 6-33(b) (續) 屏東林邊海域±0公尺、負5公尺以及負10公尺歷年水深變化比較圖
- 圖 6-33(c) 屏東林邊海域±0公尺、負5公尺以及負10公尺歷年水深變化比較圖
- 圖 6-33(c) (續) 屏東林邊海域±0公尺、負5公尺以及負10公尺歷年水深變化比較圖
- 圖 6-34(a) 林邊溪口附近海域水深比較圖 (85年10月、86年5月)
- 圖 6-34(b) 下寮附近海域水深比較圖 (85年10月、86年5月)
- 圖 6-34(c) 枋寮漁港附近海域水深比較圖 (85年10月、86年5月)
- 圖 6-35(a) 林邊溪口附近海域水深比較圖 (85年10月、86年5月)
- 圖 6-35(b) 下寮附近海域水深比較圖 (85年10月、86年5月)
- 圖 6-35(c) 枋寮漁港附近海域水深比較圖 (85年10月、86年5月)
- 圖 6-36 屏東林邊海域斷面位置示意圖
- 圖 6-37(a) 屏東林邊海域 X=3500M 斷面歷年水深變化比較圖
- 圖 6-37(b) 屏東林邊海域 X=7000M 斷面歷年水深變化比較圖
- 圖 6-37(c) 屏東林邊海域 X=10000M 斷面歷年水深變化比較圖
- 圖 6-37(d) 屏東林邊海域 X=13000M 斷面歷年水深變化比較圖
- 圖 6-37(e) 屏東林邊海域 X=15000M 斷面歷年水深變化比較圖
- 圖 6-37(f) 屏東林邊海域 X=18500M 斷面歷年水深變化比較圖
- 圖 6-37(g) 屏東林邊海域 X=21500M 斷面歷年水深變化比較圖
- 圖 6-37(h) 屏東林邊海域 X=24500M 斷面歷年水深變化比較圖

- 圖 6-38(a) 屏東林邊溪口附近海域斷面水深變化比較圖
- 圖 6-38(b) 屏東下寮附近海域斷面水深變化比較圖
- 圖 6-38(c) 屏東枋寮漁港附近海域斷面水深變化比較圖
- 圖 6-39 屏東林邊海域各分區範圍示意圖
- 圖 6-40(a) 屏東林邊海域第(1)分區歷年土方量變化圖 (水深±0公尺
~負5公尺)
- 圖 6-40(b) 屏東林邊海域第(2)分區歷年土方量變化圖 (水深±0公尺
~負5公尺)
- 圖 6-40(c) 屏東林邊海域第(3)分區歷年土方量變化圖 (水深±0公尺
~負5公尺)
- 圖 6-40(d) 屏東林邊海域第(4)分區歷年土方量變化圖 (水深±0公尺
~負5公尺)
- 圖 6-40(e) 屏東林邊海域第(5)分區歷年土方量變化圖 (水深±0公尺
~負5公尺)
- 圖 6-40(f) 屏東林邊海域第全區歷年土方量變化圖 (水深±0公尺~負
5公尺)
- 圖 6-41(a) 屏東林邊海域第(1)分區歷年土方量變化圖 (水深負5公尺
~負10公尺)
- 圖 6-41(b) 屏東林邊海域第(2)分區歷年土方量變化圖 (水深負5公尺
~負10公尺)
- 圖 6-41(c) 屏東林邊海域第(3)分區歷年土方量變化圖 (水深負5公尺
~負10公尺)
- 圖 6-41(d) 屏東林邊海域第(4)分區歷年土方量變化圖 (水深負5公尺
~負10公尺)
- 圖 6-41(e) 屏東林邊海域第(5)分區歷年土方量變化圖 (水深負5公尺
~負10公尺)
- 圖 6-41(f) 屏東林邊海域(全區)歷年土方量變化圖 (水深負5公尺~負
10公尺)

表目錄

- 表 4-1 離岸堤堤長、離岸距離、堤趾水深關係建議案 (豐島)
- 表 4-2 離岸堤開口幅與繫陸島形狀
- 表 4-3 離岸堤具有海岸侵蝕防止效果之開口幅界限與離岸距離
- 表 5-1 海岸線變化分析研究經費概算 (萬元)
- 表 5-2 海岸侵蝕原因分析研究經費概算 (萬元)
- 表 5-3 海岸數值模擬與水工試驗研究經費概算 (萬元)
- 表 6-1 現場海象觀測作業時程表
- 表 6-2 屏東林邊海域各分區 (±0 公尺~負 5 公尺水深) 土方量表
- 表 6-3 屏東林邊海域各分區 (負 5 公尺~負 10 公尺水深) 土方量表
- 表 6-4 屏東林邊海域各分區 (±0 公尺~負 5 公尺水深) 侵淤量表
- 表 6-5 屏東林邊海域各分區 (負 5 公尺~負 10 公尺水深) 侵淤量表
- 表 6-6 屏東林邊海域小區域 (±0 公尺~負 5 公尺水深) 土方量表
- 表 6-7 屏東林邊海域小區域 (負 5 公尺~負 10 公尺水深) 土方量表
- 表 6-8 屏東林邊海域小區域 (±0 公尺~負 5 公尺水深) 侵淤量表
- 表 6-9 屏東林邊海域小區域 (負 5 公尺~負 10 公尺水深) 侵淤量表

第一章 引言

§ 1-1 研究目的

台灣本島四面環海，陸地資源有限，過去為配合經濟發展需要，政府及人民相競於海岸地區圍堤築港、開墾海埔新生地、養殖漁塭等工程措施，以提高民生經濟發展，然當時之開發過程均未詳細評估工程開發後對當地生態環境及海岸安定問題可能造成之影響，以致在高度開發之後造成本省多處海岸產生嚴重之侵蝕現象，自北往南如基隆新港、淡海新市鎮、淡水國內商港、觀音工業區及專用港、新竹漁港、新竹海埔地、香山區開發、通宵電廠及通宵南區開發、台中港、大肚溪口之垃圾掩埋場、彰濱工業區、王功海埔地、永興海埔地、六輕及雲林離島工業區、鰲鼓海埔地、台南縣之中心漁港、濱南工業區、安平港、興達電廠至永安 LNG 接收站、南星廢棄物掩埋場、高雄紅毛港、東港深水漁港等大大小小之工業區，商漁港工程之進行，無一不是移山填海造陸工程，致使得本省林口海岸、台中港外海、雲嘉外海、高雄彌陀海岸、屏東林邊海岸等均是海岸線遭受嚴重侵蝕，沙灘多處流失，更甚者已危及當地居民之生命財產安全，對社會經濟發展亦造成嚴重威脅。

為保護國土及確保人民生命財產，政府興建五百餘公里之海堤，暫時遏止了大部份海岸淹水災害，但海岸侵蝕非但未見消弭，最近更因河川輸砂之減少與地層下陷反使侵蝕益趨嚴重。海岸侵蝕問題已非某局部地域性問題而成為全省不分東西岸普遍性之問題。並引起台灣省議會曹啓鴻、鄭國忠以及楊秋興等省議員諸公極為關切，乃於 84 年夏要求本所研擬防治方法。

鑑於問題之嚴重性與普遍性，本所認為欲因應此問題必需從長計議，仍釐訂一為期四年之現場沖淤調查研究。第一年工作除就台灣海岸侵蝕現況、海岸蝕原因、海岸侵蝕防治工作以及侵蝕防治研究計畫推動策略作完

整之先期探討外，並針對曹啓鴻、鄭國忠以及楊秋興等省議員所關注海岸線日漸消失之屏東林邊侵蝕海岸分別進行海象監測以及海岸沖淤研究調查，俾作為日後屏東大鵬灣開發該處海岸以及其他侵蝕海岸研擬保護措施之參考依據。

§ 1-2 概述

台灣四周環海除本島以外另有 85 個離島，海岸長約本島 1137 公里、離島 429 公里，合計 1566 公里，而面積僅有 36,000km²，且陡峻之山地佔 3/4 國土，人類能活動之主要舞台--平原則僅有 1/4，而人口高達 2100 餘萬人，人口密度居世界第二位，且大部分集中在適宜於生產及居住之沿海地帶。

雖台灣海岸線單調缺少變化，無明顯之灣澳可做為天然港灣或做養殖海域之用，但有斷崖海岸、海蝕台、海埔地、外海砂洲、瀉湖、珊瑚礁岸、砂丘等等各式各樣不同特性之海岸。此等海岸或提供吾人休閒旅遊場所或供建設港灣運輸漁撈之地，亦提供不少土地資源開墾為漁業、養殖、晒鹽、農墾、工業基地等生產、休閒空間，海岸誠為台灣極寶貴之自然資源之一。

但因台灣地理位置特殊為颱風必經之地，又受強烈之冬季季風肆虐，此等嚴酷之氣象與海象常常帶來兇浪、暴潮、海嘯與強風襲擊海岸，造成不少災害與海岸土地流失。政府為保護海岸每年投資超過 30 億元，但仍然無法遏止海岸災害與侵蝕。

二十世紀以前台灣尚未開發，每遇暴風雨荒山野溪攜帶豐富之砂源沖積於海岸，日積月累形成海岸平原與河口三角洲，或堆積於內海使南部海岸線迅速外移發達成今日之海岸線。唯自進入二十世紀後全力推行水保工作與治山防洪工程、興建攔砂壩與水庫而使河川砂源大量減少，海岸不再發達。近廿年來更由於氣候長期變遷引起之海面上升，以及沿海地區地層

下陷使海岸線急迅速內移，同時因水庫阻擋輸砂以及河川大量採砂之結果，使海岸砂源速減少，西南海岸普遍發生侵蝕現象，而若干大型港灣建設與海岸開發案亦引起局部性嚴重侵蝕現象。沿岸砂丘亦被恣意破壞，海岸失去天然屏障阻擋浪潮入侵，再加地層下陷、沿海海水倒灌日趨嚴重，某些沿海地區竟成澤國，成為台灣最應關注之災區。東部海岸直接受強大波浪之衝擊，海岸線嚴重後退，每屆颱風來臨沿岸公路即被沖蝕得柔腸寸斷交通中斷。

海岸侵蝕不但使國土流失、海堤被破壞，村落失去安全保障房屋被沖毀，亦能使沿海浪潮災害發生頻率增加，並使低窪地區海水倒灌之災情擴大，沿海居民生命財產失去保障，經濟建設亦受阻礙。就土地資源極其貧乏沿海經濟高度發達之台灣而言誠為一大威脅，海岸侵蝕應早日設法遏止。

省議員曹啓鴻、鄭國忠以及楊秋興先生等對海岸侵蝕問題極為關切，於 84 年夏省議會中要求交通處進行研究防治對策，港研所亦奉命邀請專家學者舉行座談，一致認為必需從長計議，先做完整之先期規劃與有計畫地從事長期而有系統之調查研究與實驗，才能釐訂完整有效之海岸防治對策。

§ 1-3 工作方法與步驟

本研究第一年工作內容，方法與步驟如下：

1. 成立規劃小組研訂台灣海岸侵蝕防治技術研究方案規劃計劃，除由郭金棟教授主持外，另邀請台灣大學林銘崇教授及交通大學郭一羽教授成立規劃小組，分工蒐集相關資料擬訂規劃大綱草案。

海岸侵蝕之防治除必需充份掌握平常之海、氣象及地形等外力及內因演變因素外，更需掌握短期突變之因果關係，方能擬定防治計畫採取應有之防禦措施，唯台灣四週之波浪、潮汐、潮流及地形變化資料目

前尚極為缺乏。凡受自然支配之災害都有地區性，除可自國外引進技術外，應因應其自然條件，研究最適宜之防護工法與復原保育對策。

過去水利局一直採用海堤或配合離岸堤與突堤防治海岸侵蝕，在若干地區固有成效，但未必充份發揮其功能，而對海岸環境之破壞最近常受批評，顯然硬性工法需轉變為柔性工法之社會要求已漸突顯，不論研究與設計上均應做為考慮之對象。海岸侵蝕防治往往需站在整個輸砂之攔砂平衡之考量，故應自最主要之輸砂來源；集水區沖蝕、水庫對輸砂之攔截、河川採砂等問題大範圍之研究，而不能僅著眼於海岸局部發生之現象。同理侵蝕之防治工作應涵蓋大範圍軟硬體之保護對策，基於此認識研究內容包括：

A. 全省海岸侵蝕現況分析

就現有資料做初步分析與說明

B. 台灣海岸侵蝕原因分析

分別就自然因素與人為因素剖析

C. 既有侵蝕防治工法之探討

從保護效果、景觀之衝擊等探討其利弊

D. 研究上面臨之瓶頸

分析問題之關鍵與解決對策

E. 研究方案大綱

擬訂研究專題、子題名稱、經費概算

F. 推動研究方案之策略

等項目分別撰寫報告，供舉辦座談會之用。

2. 現況調查：

為瞭解全省海岸之現況、研究人力設備、過去相關研究之成果，做為研擬方案推動日後研究工作之參考，需對過去相關事宜有所掌握。因此辦理下列工作：

- A. 現場勘查：規劃小組分赴各縣市海岸勘查海岸現況，自海岸外貌研判蝕狀況。
- B. 蒐集資料：調查過去四十年有關台灣海岸地形、波、流、風、及漂砂各種保護工程之研究報告，包括相關調查、分析、數值模擬、水工模型試驗、設計規範等之論著。
- C. 空中錄影與照相：於 86 年 月 日由研究人員搭乘直昇機以 8mm 攝影機及照相機拍攝海岸地貌存檔，供日後海岸變遷比較之用。

3. 舉辦座談會：

本所並於八十六年五月廿一日在國立成功大學國際會議廳邀請專家學者、民意代表及有關單位舉辦座談會，就規劃大綱提供意見，俾使規劃案更臻完整。

4. 屏東林邊海岸地形沖淤調查

收集原省水利局第七工程處七十七年度～八十一年度在屏東縣海岸地形觀測計劃報告，配合本年度（八十六）於八十五年十月及八十六年五月本所在林邊海岸地形觀測資料，作當地海岸沖淤積變化分析以及斷面分析比較。

5. 屏東林邊海域海象資料調查

於八十六年三月份開始在屏東枋寮海域，設置海上觀測站長期收集當地波浪以及海流資料。

第二章 台灣海岸侵蝕現況

§ 2-1 概述

台灣海岸線雖只有約 1,600 公里長，但各種地質特性之海岸幾均可在此區範圍內發現。影響海岸形狀之因素有地質種類、地殼變動、海蝕營造力與河川搬運力，大致而言北部及東北部屬於沉降與隆升互動之合成海岸，中部平原則為隆升平原海岸及三角洲中性海岸，南部為隆升珊瑚礁海岸。整體而言海岸平直甚少深入之海灣，而在各類堆積性海岸地形均出現於西部砂質海岸。茲依地質性質粗分如下：

1. 岩石海岸

自淡水河至三貂角之北部海岸全長約 85km，地質上屬於第三紀之粘板岩、砂岩頁岩互層與火山岩層。海岸齟齬突角與海灣交互，屬於 Rias 式沉降海岸。因山脈地層走向與海岸線成直交山脈逼近海岸，海岸下只有狹窄之海灘，或海崖直臨海岸經長年波浪侵蝕形成海蝕台。又因地層走向與海岸直交之關係，堅硬之岩石突出海岸而鬆軟之地層則被侵蝕，故呈鋸齒狀，沿岸可見海侵柱豎立海中，海洞、石門散佈於海岸。這些地形特徵與蕈狀石、豆腐岩顯示本段海岸又屬於隆升海岸。

自三貂角之台灣東北角往南之海岸經蘇澳、花蓮、台東至九棚長約 500 公里之東海岸，除蘭陽平原、花蓮海岸平原及台東平原以外亦屬於岩石海岸，為舊第三紀砂岩與粘板岩、下堊紀以前之結晶石灰岩與片岩、新三紀之火山噴出物與砂岩頁岩而成。岩質較硬，地層走向與海岸平行為斷層作用所形成之海岸，海底坡度陡峻呈 1/10 之陡坡，急降至水深 4,000m 之深海。海岸線除蘇澳一帶外甚為單純平直，三貂角至頭城間有海蝕平台，蘇澳至花蓮間大斷層崖高數百公尺直迫海岸。美崙台地東側之斷層崖一直延伸至海岸山脈東緣亦為斷層崖，海岸亦甚平直，唯時有

隆起珊瑚礁、海岸段丘點綴呈顯隆升海岸之特徵而知本以南出現之大武斷層岩亦直逼海岸，海岸單調僅有小型三角洲散佈於河口，砂灘多為卵石混合粗砂及礫石，坡度陡寬數十公尺分佈於斷崖下。

2. 砂質海岸

自淡水河南岸起至枋寮附近約 400 餘公里間，除在高雄有局部之隆起珊瑚礁海岸外，都以台地或平原為背地之礫石、砂質或泥質海岸。北部淡水河至桃園縣海岸係由礫石層台地向西傾沒入海中成為西北部海岸之新期海濱堆積物之基盤，除局部有礫石外大部份屬於砂質海灘，海灘內砂丘發達。頭前溪以南因潮差大，海岸坡度變為極平緩，海埔地發達。彰化縣一帶寬達四、五公里大致為泥質土。濁水溪以南有砂嘴(spit)或砂堆(sand bar)及外海砂洲(offshore bar)與海岸線斜交排列。在台南縣及高雄縣間約 100 公里之海岸，離岸砂洲與海岸平行羅列成群，與內陸間形成潟湖，一直延伸到林邊溪右岸，計有七股、鯤鯓、新打、高雄及大鵬等淺而細長之潟湖，海灘坡度約在 1/30，由細砂及中砂所構成。林邊溪以南則由粗砂漸變為礫石海灘，楓港以南至海口間山地逼近海岸附近，礫石與塊石構成陡坡狹窄之海岸。除西部砂質海岸之外，東岸之蘭陽海岸、花蓮、台東、太麻里均屬河川三角洲所形成之砂質海岸，此外尚有八瑤灣、金山灣等小型袋狀海灘。

3. 珊瑚礁海岸

本島除砂質海岸外到處可發現珊瑚礁，如北岸之富貴角、基隆、茨頂及西岸觀音、高雄以及東岸富岡，但都不發達。唯有恒春半島海岸最適於珊瑚礁之發育，普遍形成裙礁(Fringing reef)，此種現生裙礁與隆起珊瑚礁圍繞於恒春半島形成珊瑚礁海岸。恒春西方之台地係斷層海岸，因逼近海邊，僅有非常狹小之砂質海灘及隆起珊瑚礁。隆起珊瑚礁高約 10 公尺漸向海傾斜而移化為現生珊瑚礁。萬里洞至關山間受海蝕影響斷崖後退成為海蝕崖。貓鼻頭至大板埕海蝕最為嚴重因而向北凹入，

惟海岸附近裙礁最為發達。大板埕至鵝鸞鼻間舊期珊瑚石灰岩阻擋海蝕。繞過鵝鸞鼻東海岸亦屬珊瑚礁台地，經強勁之波浪侵蝕海岸凹凸，沿岸現生珊瑚礁亦甚為發達。小琉球島、部份蘭嶼海岸以及澎湖群島亦有珊瑚礁之散佈。

§ 2-2 各縣市海岸現況

1. 台北縣海岸(含基隆市)

台北縣及基隆市海岸起自台灣海峽北西側下寮經台灣最北端之富貴角至東北角三貂角，其中除下寮至淡水河南岸間屬於砂質海岸外，大部份屬於岩石海岸，包括一般所稱之東北角海岸及北部海岸。由於岩石結構硬度鬆硬不一與岩石層走向之關係，此段岩石海岸有突出之岬角如三貂角、鼻頭角、野柳、富貴角等，也有深入之小灣如卯澳、澳底、龍洞、深澳等。野柳、基隆一帶之海岸因砂岩受強烈之海蝕作用形成豆腐岩(千疊敷)、蕈狀石(萬人堆)等奇形怪狀之形像蔚為奇觀，而頁岩岩層走向與海岸平行處，因受長期海浪海蝕作用呈現海蝕平台(wave cut platform)或海蝕崖，存在於海岸上之海蝕洞則因開闢或拓寬公路多已不復見。石門一帶海岸屬於礫石海岸，山麓逼近海岸菱岫之安石岩塊散佈沿岸礫石間，早期無路時都跳石而過俗稱跳石海岸。富貴角突出於最北端與麟山鼻間，沿岸有砂丘飛砂嚴重，海岸有珊瑚礁散佈。存在於海岸上之海蝕洞則因公路開闢或拓寬，多已不復見，而在岬角間零星散佈一些小型砂灘海灣即所謂袋形海灘(pocket beach)，如淺水灣、白砂灣、金砂灣、翡翠灣及福隆等，這些小灣多因溪流注入之輸砂堆積所形成，例如此段海岸中最大之二砂灘中員潭溪之與金砂灣，及雙溪川之與福隆海灘，而若干小型袋形海灘則屬於崩潰之岩石風化堆積而成。此段海岸因地形封閉交通較為不便，人口較稀少，但景觀特殊觀光事業及海上休閒活動發達，同時小型漁港密佈數居全島之首。這些袋形砂灘因有兩側岬角阻擋大致安定無侵蝕現象，且磺港漁港及雙溪川口因河川輸砂而有淤塞問

題。本段海岸雖有海堤之建設，但多興建於海水浴場或漁港之鄰近地點，多用為防潮浪而非防侵蝕，雖地勢較高亢，唯颱風浪潮洶湧時有越波，而都依賴消波混凝土發揮保護功能。沙崙北側目前正闢建淡海新市鎮興建圍堤中。三芝淡水間海岸段丘向海緩傾海岸平直單調，岩礁與狹窄砂灘交互出現，海岸尚稱安定。

淡水河左岸至桃園縣境交界處林口鄉下寮以東屬於砂質海岸。淡水河右岸因有沙崙突出於北岸河口，阻擋河川輸砂向北擴散再加冬季北浪能較夏季能量強勁約四倍，故淡水河之輸砂均偏南堆積，等深線在南岸較北岸寬鬆，河口北岸坡度約在 1/50，而河口南側則為 1/200-1/100。依理淡水口南岸獲得河川豐富之輸砂供應應為堆積性海岸，但因此等排出之土砂大部份堆積於河口至八里間水深-2--5m 間，形成砂堆促成碎波，以及河口至下崙尾向外海-5--10m 間。雖年淤砂量約有 20 萬立方公尺，但因-2m 至灘線間卻形成近岸溝槽，部份河流流量及沿岸流沿此南流，以致海岸線嚴重後退。1904 年至 1919 年間海岸線雖有前進，但 1958 年起即節節後退，嚴重處至 1993 年後退 200-300m。海岸後退，於石門水庫及翡翠水庫完成後即逐漸明顯以至需建防砂突堤保護海岸，而在 1986 年淡水河口大量採砂時尤其嚴重，即使在八里污水處理場興建時，八里海水浴以北仍然侵蝕不止，迫使搬遷戶不得再向內陸遷移。往西離淡水河愈遠海岸線後退量逐漸減緩，但侵蝕依然，舊公路已被沖刷迫使 17 號公路內移，唯此段海岸在河口西側-5--10m 間則有相當量之河川輸砂堆積量，約為 200 萬立方公尺。位處河口漂砂下游之河岸而發生侵蝕現象頗堪注意。

本縣海岸於 1994 年在淡水鎮北方開發淡海新市鎮特定區計畫，填海造地工程正在施工中，於南岸則有八里污水處理廠、八仙遊樂區、林口電廠等海岸開利用工程，目前淡水港第一期工程(1993-1997)正施工中，由於北防波堤之興建其北側之海岸侵蝕已減緩，但港址南側之海岸勢必引起局部侵蝕。

本所八十六年辦理淡水八里海域監測計畫，有關淡水八里海域北起淡水河口，南迄林口發電廠，根據不同水深範圍自民國八十二年五月以後歷年侵淤量計算結果分顯示，全區在 $\pm 0\text{m} \sim -5\text{m}$ 水深範圍間，自港期間(82年5月 \sim 83年5月)年淤積量約110萬方，逐年遞減到第一期建港北防波堤完工後二年(即84年5月 \sim 85年5月)呈年侵蝕約100萬方；在 $-5\text{m} \sim -10\text{m}$ 水深範圍間，則由建港期間之年淤積約68萬方逐年遞減到完工後第二年約79萬方之侵蝕量；惟在 $-10\text{m} \sim -15\text{m}$ 以及 $-15\text{m} \sim -20\text{m}$ 水深範圍則呈沖淤互見；根據分結果顯示，自84年5月到85年5月間在 $-10\text{m} \sim -20$ 深範圍內侵蝕嚴重，其中約有160萬方係淡水工程處在85年元月到85年4月25日間人為浚挖回填用。

整體而言，自民國82年5月建港開始到民國85年5月三年期間，若考量計算到 -20m 水深，則淡水、八里海域其沖淤積量分別為 -20.5 萬方、 $+244.7$ 萬方以及 -823.3 萬方等，惟第三年侵蝕量含淡水工程處在北防波堤南側在第三標區域浚挖數量約160萬方，故實際平均每年侵蝕量約為150萬方；而根據本在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，同樣考量計算到 -20m 水深處，則北防波堤以南侵蝕量約242萬方，以北則淤積約61萬方，但若考量淡水工程處該間在北防波堤以南浚挖數量約330萬方(按在第三標區域約浚挖66萬方，第四標區約浚挖264萬方)，則實際上該區海域在民國85年5月 \sim 9月夏季期間北防波堤南北兩側係分別淤積88萬方與61萬方，即全區海域在夏季期間共淤積約150萬方。

圖2-1為淡水、八里海域民國85年5月以及10月兩次水深地形比較圖。

2. 桃園縣海岸

本鄉海岸包括蘆竹鄉、大園鄉、觀音鄉及新屋鄉等四鄉，海岸約有40km之海岸線長，大致由東西向漸轉西南西向，海岸坡度約1/100平均

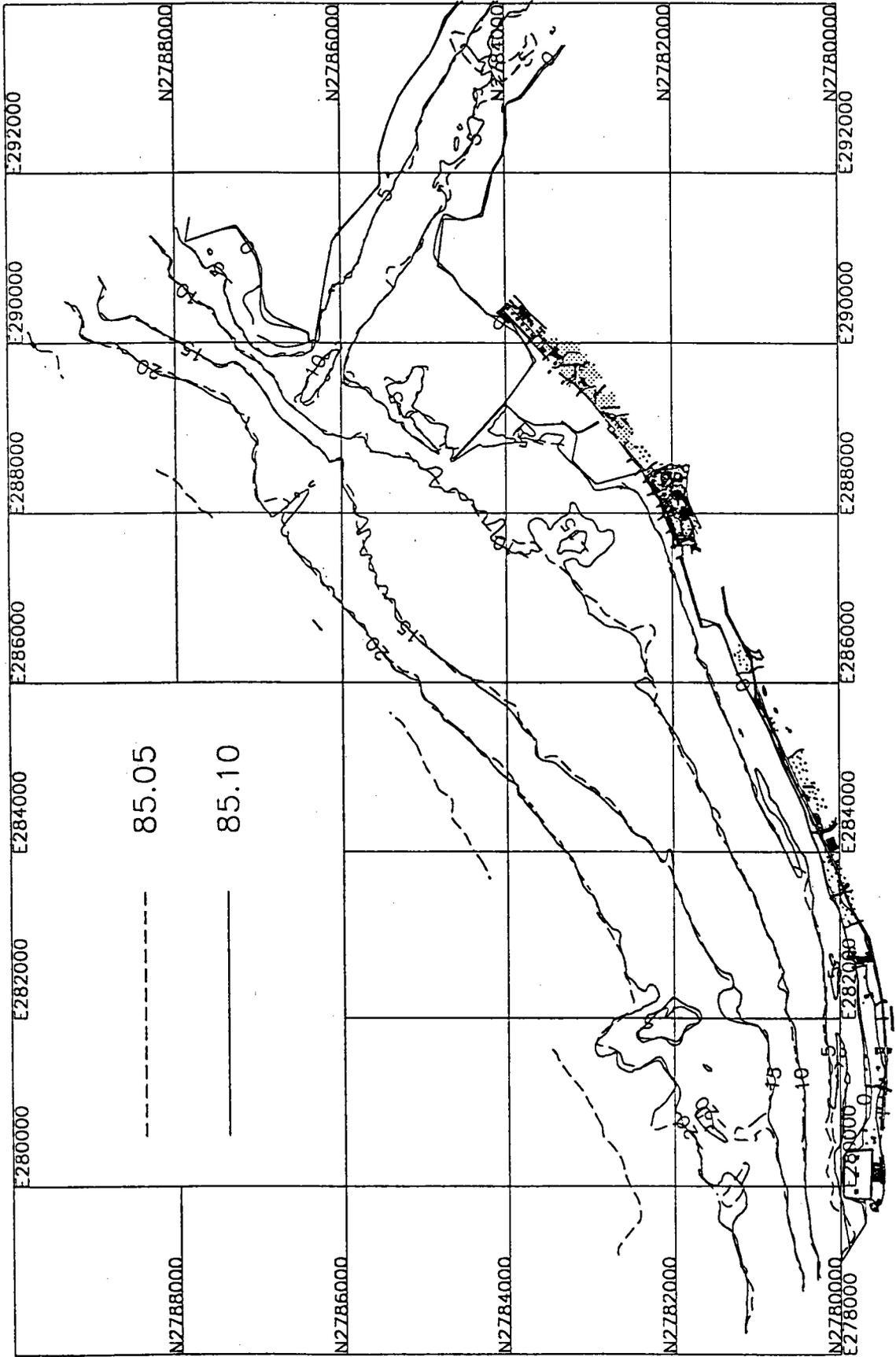


圖 2-1 淡水八里海域 1996 年 5 月、10 月地形監測比較圖

潮差 240cm，有南崁溪、埔心溪、新街溪、老街溪、大堀溪及社子溪等三次要河川及普通河川數條注入於海。沿岸日治時代於砂丘植有防風林定砂保護海岸，而海灘亦有寬近百米之砂灘消浪，唯此等防風林因受林口電廠影響或疏於保護或被破壞已漸枯萎消失，縣府正積極植林中。海灘亦部份被闢為魚塢。此段海岸大部份屬於中粒徑砂質，砂岸間有局部珊瑚礁出現於海底，唯南崁溪口至大堀溪口竹圍附近海灘則屬礫石，但海灘寬度正萎縮中，有的已不到三十公尺寬。由本縣所有溪口均向西南向偏，顯示漂砂卓越方向係由東北向西南向，永安港南側因防堤阻擋有局部性侵蝕，以及白玉附近海灘呈現侵蝕露出部份礫石。從歷年測量圖之比較分析大部份海岸因海岸隆升及來自中壢台地沖刷之土礫堆積結果平均外海有年 1.5m 之堆積。本縣工業局曾於 1994 年提出桃園縣觀音擴大(外海)工業區計畫，預定自新街溪口至大堀溪南側填海間開發工業區並闢建工業港，唯尚未見實施。竹圍漁港及永安漁港曾因漂砂而淤塞，均經擴建延長防波堤而克服。此外另有二處觀音海水浴場及竹圍海水浴場，唯竹圍海水浴場因漁港擴建而納入漁港南堤內，漁港西側海灘亦經大量採砂。

3. 新竹縣市海岸

北起於新豐鄉洋寮溪口南至鹽水港間約 30km 海岸線海岸，海岸線走向大約為東北—西南，平均潮差有 3.25m。由於有鳳山溪及頭前溪二溪，年約 260 萬立方公尺豐富之砂源及大潮差形成極為平緩之海灘，漲退潮露出水面之海埔地(潮間帶)有 1.5 公里遠，往南海埔地寬度漸減。於 1904 至 1987 年間此一帶海灘約生長 0.7km，尤以客雅溪附近生長最快年約 20m，年淤砂量約有 40 萬立方公尺。1959 年退輔會於客雅溪北側至新竹市北側六公里間開發海埔新生地 314 公頃，此後海岸尚稱穩定，但於 1970 年在頭前溪口南岸興建新竹漁港後，由於防波堤伸長達 1.6 公里(含港區)阻擋沿岸漂砂，以至新竹垃圾掩埋場附近之海堤日漸侵蝕，需以消波塊保護堤腳。其南側南濱海水浴場前方之砂灘亦逐漸後退，漲潮時已

剩不到 30m，唯香山一帶海岸尚稱穩定，外海尚有潛砂洲存在。鳳山溪以北新豐鄉海岸近年亦逐漸發生侵蝕，須賴海堤保護。1985 年省府提出香山區海埔地造地開發計畫，擬沿 -1.0~±0m 築堤 9.6 公里，開發 990 公頃海埔地分三期施工，計畫尚在審議中。如香山開發計畫完成則新竹市自然海岸將消失，而依環境影響評估，將影響竹南海岸之安定。

根據本所收集地形資料，香山一帶僅有民國 67 年以及 81 年兩年之地形變化水深圖，經本所整理繪製如圖 2-2 所示，再將地形平面切割分成(1 區~VIII 區)等共八個分區，每一分區水平距離長 1,000 公尺，垂直距離範圍涵蓋到水深負 15m 處，以分區計算比較分析歷年之土方量作為漂沙沖淤參考。

計算分析結果顯示，自民國 67 年到 81 年間在新竹香水區附近水域除南、北兩端即第(1)區、第(II)區、第(VII)區以及第(VIII)區係屬侵蝕外，中間部份在第(III)區~第(VI)區則屬淤積，尤其是第(IV)區以及第(V)區，即海山船澳以北 2,000 公尺範圍香山地區海岸，在該段期間共淤積 946 萬立方公尺(計算面積 555 萬平方公尺，水深到 15 公尺處)，即每年平均淤積量約為 67.5 萬立方公尺；每單位平方公尺平均每年淤積 12 公分，累計這 14 年期間每年平方公尺平均淤積 1.68 公尺；而該區水域，北端則每年平均約侵蝕 33.5 萬立方公尺(計算面積為 422 萬平方公尺)，推算為每平方公尺平均每年侵蝕約 8 公分；累計 14 年期間每平方公尺平均侵蝕 1.12 公尺，南端則每年平均侵蝕約 43 萬立方公尺(計算面積為 368 萬立方公尺)，換算為每平方公尺平均每年侵蝕 11.7 公分，在這 14 年期間每平方公尺平均侵蝕 1.64 公尺；惟考慮整個新竹香山區附近海域之總侵淤積量，在這 14 年期間共淤積 121 萬立方公尺，即平均每年淤積約 8.64 萬立方公尺。

4. 苗栗縣海岸

包括竹南鎮、後龍鎮、通霄鎮及苑裡鎮等四鄉介於鹽水港至房裡溪

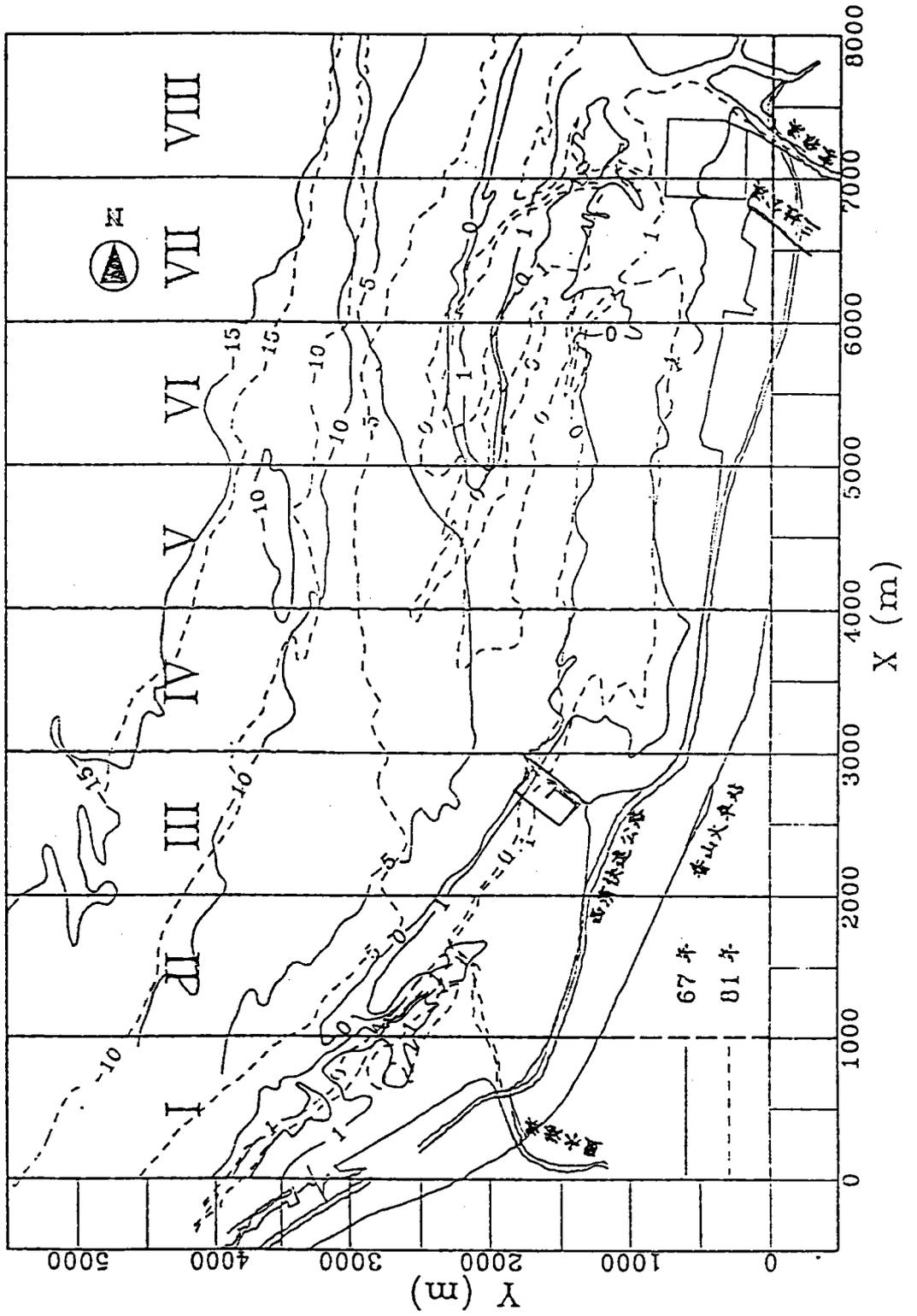


圖 2-2 新竹香山附近水域 1978 年與 1992 年地形比較圖

之海岸，共約 50 公里長。海岸線走向約成北北東至西南向，計有中港溪、西湖溪、通霄溪、南勢溪、苑裡溪等，中港溪屬於次要河川提供年約 200 萬立方公尺之砂源外，餘均屬集水面積甚小之普通河川，所提供之砂源有限。崎頂至外埔以北間砂丘發達，砂丘頂遍植防風林成為天然屏障；通霄溪至苑裡溪間亦有 +4.0m 高之砂丘，亦已完成造林。此區平均潮差 3.26m，海岸坡度約在 1/500~1/300，故亦有約 1000m 至 500m 寬之海埔地，除於苑裡溪口以南南部有部份卵石外餘均屬砂質海灘。崎頂及海尾至出口間有若干侵蝕現象外，大至亦相當安定。通霄、苑里一帶雖依地形圖海岸線於 1926~1983 年間有相當之淤積，但至 1994 年已呈顯後退。通霄電廠取水管曾於颱風通過時被全部破壞而重新修建，可知暴風期此地海底地形變化之激烈。賀伯颱風時，秋茂園至通霄精鹽廠間之海堤曾被波浪嚴重損毀或越波，造成相當之災害。

苗栗縣海岸除建有通霄電廠及精鹽廠外，尚有外埔漁港、通霄船澳、苑裡船澳以及崎頂海水浴場、通霄海水浴場等海岸利用；同時亦於 1994 年由縣府提出通霄南區海埔地開發計畫，欲於通霄溪口至苑裡溪口間，沿 -1.0~±0m 線圍堤開發海埔地 173 公頃之申請案。

5. 台中縣海岸

北起自房裡溪口南至烏溪口間包括大甲鎮、大安鄉、清水鎮、梧棲鎮及龍井鄉等五鄉鎮之海岸，海岸線長 41 公里。由於得自大安溪、大甲溪及烏溪三大河川豐富之輸砂沖積，以及平均潮差 3.70m 大潮差所產生水平方向之潮流與強烈之波浪作用，形成寬大之海埔地，台中港未興建之前，梧棲海岸之海埔地亦如鹿港一帶遠達二、三公里之遙。大甲溪口以北砂灘混有卵石而以南則屬砂灘，在 1958 年以前平均海岸線以 3.8m/yr 速度成長，斯後大甲溪開發計畫實施完成一連串水庫，輸砂量大為減少，至 1994 年海岸生長遲鈍，高美一帶反需建堤保護。而台中港完成後，北防波堤阻斷沿岸漂砂其北側形成嚴重之堆積，而南防波堤以

南之南海堤原建在 $\pm 0\text{m}$ 者，因失去南下砂源之補充，而由烏溪流出向北之輸砂又被台中電廠切斷無法補充，竟被沖刷至 -5m ，所幸有堅固之海堤保護得予遏止。本縣海岸除五甲漁港北側有局部性侵蝕外，海岸大致亦相當穩定。由於本縣潮差大，海灘坡度緩，而小排水路紛歧易受暴潮影響，故沿岸均建有防潮堤保護。因宥於地形及潮差大，有五甲漁港及松柏漁港利用漲潮進港外，大甲鎮及大安鄉境內並無其他工程，但清水鎮高美以南之海岸則已闢為台中港及台中火力電廠，自然海岸盡失。

6. 彰化縣海岸

北起烏溪南迄濁水溪，涵蓋伸港鄉、線西鄉、鹿港鎮、福興鄉、芳苑鄉及大城鄉，海岸線長約 61 公里，平均潮差 3.21m。在濁水溪未整治前其三大支流之一舊濁水溪自鹿港南側排入海中，此一支流及現濁水溪之西螺溪以及烏溪三大河川沖積成今日之平原與海岸。全縣海灘坡度約 1/1500 極為平緩，再加潮差大，海埔地廣達四公里，底質屬於粉土與粘土極細顆粒之成份，除於各排水溝所形之潮溝略有小變動，海灘平坦極為安定且結實，牛車、鐵牛車可於海灘上行走。海埔地上底棲生物豐富盛產蠔蠣，並於日治時代即已開發鹿港鹽場、漢寶農場海埔地，1968 年以後開發窩埔區、線西區、王功區、永興區等海埔地約 2000 公頃。因大致均沿零米線圍堤，堤前尚留有二、三公里之灘地足以消浪，故海岸仍保持安定。1979 年起又於本縣鹿港以北地區至伸港間開發彰濱工業區，目前繼續開發中，由於崙尾區圍堤沿 -1.0m 興建，潮流之水流斷面縮小以及碎波直接作用於堤腳，使得堤前海灘流失發生嚴重之沖刷，而需以突堤群保護。由於本縣海岸大部份已由開發海埔地圍堤保護，僅剩鹿港—王功、芳苑—大城間未開發但亦建有海堤，故海岸線固定於海堤線而無變化，但因地層下陷及部份海堤已老舊，1996 年賀伯颱風中曾發生越波破損，目前正積極改建中。

本縣海岸原屬於豐富砂源區，十七世紀之地形圖上即有寬闊之海灘，海岸成長迅速，昔日海灘已成陸地有滄海桑田之感。未開發海埔地前約以 40-50m/yr 速度成長，年淤積量約為 $6 \times 10^6 \text{m}^3/\text{yr}$ 。但據最近幾年之水深測量，淤積速度已大為減緩，甚致於寓埔區外海出現明顯之侵蝕現象，而漢寶、芳苑間外海亦有輕微侵蝕發生。

7. 雲林縣海岸

起自濁水溪口至北港溪口，涵蓋麥寮鄉、台西鄉、四湖鄉及口湖鄉四鄉之海岸線長約 58 公里。由於濁水溪未整治前，分歧之西螺溪、虎尾溪及北港溪等支流供應豐富之輸砂源來沖積之結果形成平緩之海灘，同時沿岸海岸線曲折富於變化，許多排水路河口形成之潮溝分隔砂灘，並有離岸砂洲或露出或潛沒，斷斷續續分佈於沿岸，離岸距離約 3-4 公里處。最北之離岸砂洲為海豐島(佐佐木島)，自新虎尾溪口外 4 公里處，向南西南向延伸約 8 公里長，島寬漲潮時約 500m、退潮時約 1000m。海豐島於 1970 年代消失成潛沒砂洲逐漸東移，最近又成砂嘴(spit)復現於海面上，與陸地相連但規模已大為縮小。另外在 1926 年自下崙外海亦有潛沒砂洲向西南延伸，然後發展成統汕洲、外傘頂洲一連串之長約 15 公里之離岸砂洲群。此等外海砂洲亦徐徐向西南移至金湖外海，60 年間南移 5 公里，以年約 80m 速度在移動，但其規模亦萎縮甚多。崙背鄉及台西鄉之海岸線亦於 60 年間向西生長約 2000m，唯箔子寮至台子村間則海岸無明顯生長然外海砂洲內移。

雲林縣海岸除麥寮區及台西區海埔地分別由縣政府及土資會圍堤開發外，其餘海岸線亦經水利局整建將海岸線拉直，但部份海堤仍屬簡陋，以致於賀伯颱風時損毀一部份，而海灘亦因地層下陷而降低內移，碉堡亦陷於水中。砂洲內潮溝或內海亦刷深，而統汕洲、箔子寮洲及外傘頂洲之萎縮將使此一天然屏障失去功能，所幸本鄉海岸已全被規劃為雲林離島工業區，一旦開完成則海岸線外移，自然內陸無直接被波浪侵蝕之

憂，但如規劃不當則侵蝕將所難免。本縣之海岸保護不在海岸線，而應在如何確保砂洲及砂嘴不再萎縮。

本所在民國 79 年～82 年間曾在外傘頂洲連續監測海岸線變化，根據連續四年觀測分析結果顯示，該區海岸灘線向陸側內移 300 公尺，即平均每年向陸側侵蝕大約 100 公尺左右，如圖 2-3 所示。

8. 嘉義縣海岸

北起自北港溪口南至八掌溪口間長約 40 公里，涵蓋東石鄉、布袋鄉及義竹鄉三鄉海岸。因北港溪、朴子溪及八掌豐富之輸砂沖積，又外海有外傘頂洲遮擋波浪，使得本縣海岸線曲折迂迴，砂洲斷續散佈於二溪口間。北港溪口西南灘地已被台糖開發為鰲鼓海埔地，海堤自原海岸西突出約 4 公里。布袋鎮及東石鎮亦由縣府開發新生地成為漁港及社區。網寮、白水湖、新苓寮沿岸開發為鹽田，好美寮闢為養殖場。但這些新生地之圍堤或海堤因開發單位不同，有僅以土堤砌磚，有以乾砌卵石堤興建者強度差異甚大，高度亦參差不齊，常造成決堤或越波，淹水時有所聞為全省海岸害最頻發之區。其他海岸線則由水利局負責修建海堤尚稱穩固。本縣沿海本屬低窪地區，勉力被人為開發利用為鹽地或養殖池。地層年代尚輕應有自然沉陷潛能存在，目前因超量抽取地下水地層下陷頗為嚴重，溢淹潛能更加重。所幸因外傘頂洲南移遮蔽北來波浪，形成穩靜之水域無漂砂能力，但好美寮外已不在外傘頂洲遮蔽區內，故波浪仍可直襲該處海岸，以致砂洲及海灘流失，防風林及海堤受損，為遏止海灘侵蝕於該處海岸建有八座離岸堤保護之。

外傘頂洲為本縣最貴重之海岸防災屏障，但該砂洲目前不僅面積逐漸萎縮，高程亦降低，砂洲上防風林已不見，大潮時波浪已可刷過砂洲頂，如何確保該砂洲乃本縣海岸保護之關鍵。

140636.039E
2596363.961N

152656.8542E
2608384.7763N

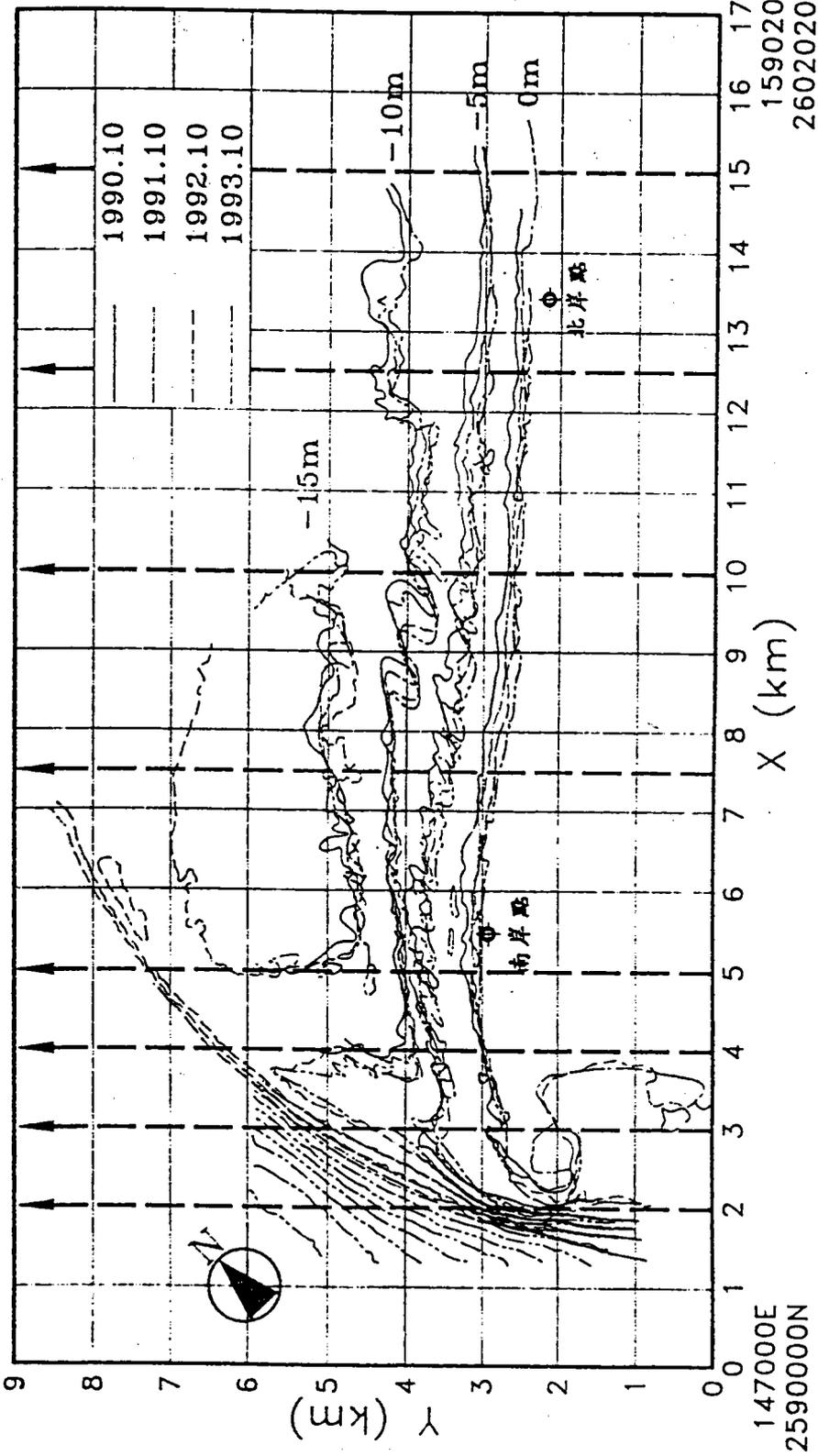


圖 2-3 外傘頂洲西側地形等深線變化比較圖(1990~1993)

9. 台南縣海岸

台南縣海岸北起自八掌溪口南至曾文溪口，包括北門鄉、將軍鄉及七股鄉三鄉，全長約 56 公里。本島外緣有王爺洲、青山洲、網子寮洲、頂頭額洲及新浮崙洲等，一連串外海砂洲成為屏障，其內側則為數百至數公里寬之潟湖。

十七世紀時北門至佳里間屬於台江內海之一部份，由於接受八掌溪、急水溪及曾文溪等河川豐富之輸砂內海日漸淤積，而形成今日內陸海岸線，但自 1926 年後乃內陸海岸線已甚少變化，外海砂洲群則日漸內移並稍向南移動，尤以 1925~1958 年間之內移較為明顯，而後雖潮口位置稍有變遷或砂洲有斷缺外大致相當穩定。此等外海砂洲之內側即潟湖相繼被開發為新生地，如曾文海埔新生地、七股鹽場、北門漁業專業區等，故目前僅剩網子寮洲與頂頭額洲間之七股潟湖。青山洲自開發鹽場時建築海堤保護新生地後，即徐徐發生侵蝕現象，於 1994 年中心漁港興建後侵蝕加速，目前南防波堤以南約二公里間砂灘已不見，而需以突堤群保護。將軍溪口於開發北門海埔新生地以前頗不穩定，河口淤砂、航道變幻不定，故縣府於河口兩測興建突堤希能穩定之，唯未奏效，但自開闢北門海埔地後航道即穩定，而突堤南側則飛砂淤積，青山洲北端外穩定。網子寮洲與頂頭額洲間之潮口亦有些許移動，常有時相連而於另處形成新潮口，唯仍可免強維持漁船通行，但於闢建中心漁港之際為確保航行亦建防波堤亦稱共同航道。自曾文溪上游興建曾文水庫之後，河川供應之輸砂量已幾被切斷，因此溪口附近之濕地稍有擴大外海岸有漸被侵蝕之勢。目前七股潟湖有濱南工業區開發案審議中，如日後興建專用港防波堤是否會因之而影響砂洲之安定頗值注意。

10. 台南市海岸

本市海岸北起曾文溪口南至二仁溪口，全長約 22 公里。依十七世紀之地圖荷蘭人佔領時代，台灣內海南起自二仁溪口北至北門，而東側陸

地則在今日鹽行、西港、佳里一帶。於本市部份之海岸外側則有北線尾汕及今日安平之鯤鯓至今日喜樹之七鯤鯓等砂洲群。1904年之地圖此等砂洲群已連成一線，形成今日之台南海岸線。而台江內海則因曾文溪之一再氾濫與改道而淤積，僅剩今日之安平新港池及安平漁港及遠洋漁港泊地，以及二者間之細長渠道(今日支航道)，其餘則陸化成安南區。曾文溪經整治支流則萎縮成鹿門溪及鹽水溪短促之溪流，而二仁溪口位置則甚少變化大致維持在同一位置。自1904年以來台南市海岸線甚少變化保持安定狀態，-7m以外等深線歷次水深測量幾乎維持在同一位置。昔日舊安平港航道雖建有導流堤，但因僅延伸至砂灘前緣故無法維持而廢除，而漁船另由新港進出，但海岸線迄無變化。安平新港港口亦僅有少量淤積，浚渫量極為有限，沿岸年漂砂量約為20萬立方公尺北向優勢。但近年喜樹海岸之砂灘已逐漸萎縮，寬度已僅剩約五十公尺頗值注意。安平新港防波堤北南兩側淤積量亦有限，海岸線僅伸長約150公尺至200公尺之譜，南側較北側者長，可見由南向北之沿岸漂砂稍多於由北向南者。因曾文溪口起海岸走向轉向東南，與西南夏季之西南向波浪約成垂直方向，故夏季漂砂應以向離岸方向為主，而冬季波浪則因波浪方向擴散關係波高並不大，約與夏季相同，但有若干沿岸成份。

11. 高雄縣市海岸

本段海岸北起自二仁溪口南迄高屏溪口共約65公里，涵蓋高雄縣茄萣鄉、永安鄉、彌陀鄉、梓官鄉及高雄市之援中、左營、旗津、中洲及高雄縣林園鄉等鄉市。過去亦由於二仁溪、岡山溪(阿公店溪)及高屏溪豐富之排砂而形成新打、左營及高雄等潟湖。新打潟湖已先後開發為鹽田、漁港及電廠用地而萎縮，1993年起將剩餘者全開闢為遠洋漁港而消失殆盡。左營及高雄二潟湖則分別開闢為軍港及商港。

本段海岸因係由二仁溪及岡山溪上游泥岩流下之輸砂堆積而成，故粒徑極細屬於細砂及粉土，再加波浪與海岸略成垂直，大浪來襲時易成

離岸輸砂將土砂移向外海。自 1940 年代首由蚵子寮海岸始頻傳海岸侵蝕，1947 年開始築堤保護。蚵子寮昔日百餘公尺海灘已消失，經建設直立式海堤累建累毀，最後以拋放消波塊方不再受損，但堤趾沖刷日深。以後赤崁海岸亦逐漸被侵蝕，同時侵蝕亦逐漸擴大到蚵子寮以南之海岸，援中港砂灘亦已盡失。

原來彌陀以北至茄苳間亦即新打瀉湖外之砂洲，亦有相當發達之砂洲與防風林，然自 1980 年代興建興達電廠、永安 LNG 接收站及濫墾漁塭後逐漸消失，同時海岸侵蝕亦由蚵子寮向北逐漸擴大至南寮、新港、螺底以南海岸幾乎已無砂灘，而完全依賴海堤及離岸堤保護。自興建興達漁港導流堤以後，先則崎漏海岸侵蝕，而在 1992 年之後茄苳海岸亦漸難維持，侵蝕由南向北擴大至喜樹海岸。原來此處海灘約有百餘公尺寬供燒王船盛會活動用，今已剩不到 20m 寬。1996 年賀伯颱風來襲時茄苳砂灘流失波浪直襲涼亭岸壁，涼亭全毀，1997 年取得台電補助修建突堤及離岸堤群保護海岸。

高雄市海岸紅毛港(今二港口)附近之海岸在 1950 年代即有侵蝕現象，乃建簡陋之海堤保護之。鳳鼻頭北側亦於 1970 年代發生相當之侵蝕，這些侵蝕現象於興建中鋼、中船疏浚高雄港南側港地時，將大量土砂排放於海岸後即安定未再侵蝕。而中洲一帶亦由市府興建突堤群保護，林園一中芸海岸於 1970 年代即需以突堤防治侵蝕，而汕尾海灘亦有減少之勢，中芸以北海灘亦然，1995 年曾因西南氣流之暴浪而潰堤。此帶海岸雖在高屏溪河口，理應堆積卻發生侵蝕，諒係輸砂落入河口海溝而無法補充兩岸所致。由以上可知高雄縣海岸乃全省海岸侵蝕最為嚴重之一縣，幾無一處不無發生侵蝕，成為離岸堤、突堤最密集之地。

12. 屏東縣海岸

屏東縣海岸包括東、西海岸，於西岸起自高屏溪口至鵝鸞鼻，東岸起自觀音鼻至鵝鸞鼻，海岸線全線長約 152 公里，為唯一同時面臨台灣

海峽、巴士海峽與太平洋之縣，同時海岸特性亦包含砂灘、卵石灘、岩石及珊瑚礁等四種性質迥異之海岸特性。主要河川有高屏溪、東港溪、林邊溪及次要河川率芒溪、南勢湖溪、枋山溪、楓港溪、四重溪、保力溪、石牛溪及東岸港口溪、旭海溪等。

自車城鄉龜山頭以南至鵝鸞鼻轉至東岸九棚間，僅有港阿鼻至觀音鼻為岩石，以及八瑤灣、港口、南灣等為砂質海灘外餘屬珊瑚礁岸，珊瑚發達強迫波浪碎波，再加礁岩較堅硬海岸線殊少變化。

高屏溪雖河長輸砂量多，但因河口有海溝，輸砂大部份流入海溝中，以至無法補充兩岸，故無發達之三角洲。東港海岸尚維持平衡狀態而大鵬瀉湖外之砂洲昔日尚有相當寬度，但目前已大為萎縮，往南水利村附近海岸已嚴重退縮需賴離岸堤保護。圖 2-4 為本所在 1996 年 10 月在屏東林邊海岸監測之地形水深圖。林邊溪以南佳冬鄉海岸因地層下陷，使砂灘日漸減少亦賴離岸堤保護。枋寮海岸由砂質轉變為卵石，電台一帶曾發生嚴重侵蝕漁港北側亦然，該處民國 60 年代曾賴反波式護岸保護，但因侵蝕依然進行而加拋菱形塊消波猶難遏止，然在漁港興建後趨於安定。楓港海岸因侵蝕碉堡陷入海中，目前亦賴護岸保護。南灣、八瑤灣等袋形海灘大致保持平衡無甚變化。

13. 台東縣海岸

本縣海岸北起於長濱鄉大峰，南迄於達仁鄉南田，涵蓋大武鄉、太麻里鄉、台東市、卑南鄉、東河鄉、成功鄉及長濱鄉，海岸計約 175 公里長，面臨太平洋接受強勁之颱風波浪，除卑南溪形成之台東三角洲，太麻里溪堆積成之太麻里三角洲及大武溪堆積成之小型大武三角洲外，幾乎都或多或少發生侵蝕，唯大武、台東間之斷層崖海岸海岸平直，因岩層堅硬並於崖下有數十公尺砂混礫石灘可消減部份波能後退速度轉慢，但金崙至大武間沿海公路每於颱風來臨時駁坎即被破壞交通受阻，碉堡滾落海灘消失。

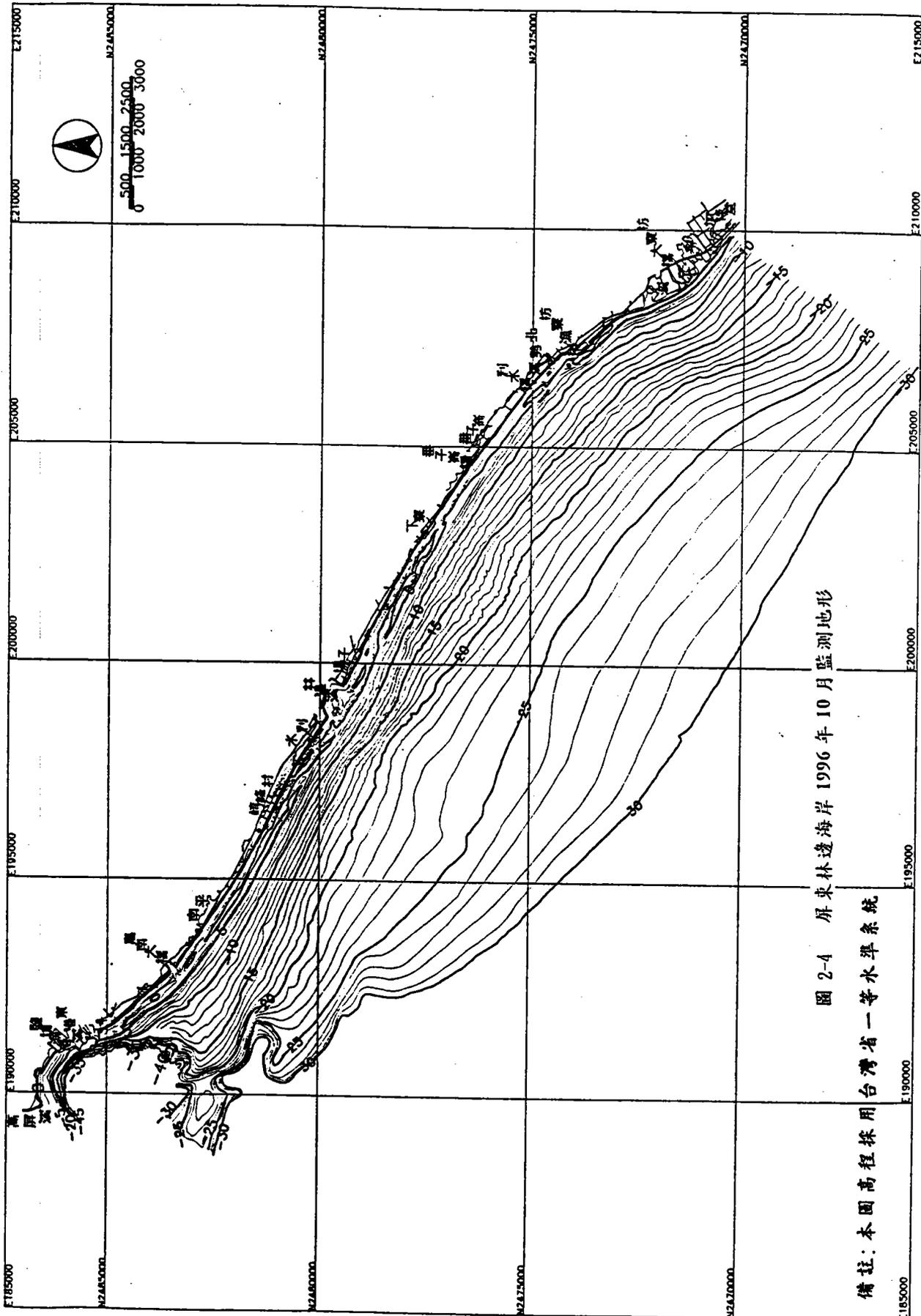


圖 2-4 屏東林邊海岸 1996 年 10 月 監測地形

備註：本圖高程採用台灣省一等水準系統

大港口至台東間除於加路蘭附近有珊瑚礁外，屬於東部海岸山脈東麓之海岸砂岩段丘，地質較鬆軟於颱風暴浪作用下侵蝕速度相當快，尤以新港至都蘭間為然，沿海公路於此段亦因海岸侵蝕影響路基而向西遷移，亟待加強保護。

以上係依有限資料及現場勘查所做之初步分析，各地確實之侵蝕現況尚需更進一步由詳細之測量加以分析，方足以做定量之分析。

14. 花蓮縣海岸

北起和平溪溪口南至靜浦，涵蓋秀林鄉、新城鄉、花蓮市、泰豐鄉及豐濱鄉海岸，海岸線長約 175km，約成北北東走向平直陡急，屬於蘇花大斷層崖之一部份，清水斷崖直逼海岸幾無海灘，花蓮溪口至靜浦間亦因海岸山脈逼近海岸，此段海岸線間雖有和平溪、立霧溪及花蓮溪輸出大量土砂，但因受地形阻隔及海岸坡度陡急之限制，僅於河口形成三角洲無法提供附近海岸砂源。大部份海岸非無砂灘即砂灘寬度狹窄，台 11 號公路瀕海行駛於山麓，飽受颱風波浪威脅。花蓮溪口至水璉之海灘僅一、二十公尺，於大浪來襲時直撲海岸公路駁坎常被摧毀。花蓮市南濱海岸因闢建公園將護岸外移砂灘減小，並因花蓮港擴建東防波堤，波浪因而繞射而發生極為嚴重之侵蝕。

圖 2-5 為本所辦理花蓮港務局委辦計畫，收集水利局第九工程處提供以及本所現場實測有關北濱、南濱與仁化海岸鄰近海域，歷年±0m 等水深線比較圖。

15. 宜蘭縣海岸

宜蘭縣海岸起自東北角海岸石刀鼻至東海岸和平溪(大濁水溪)口，包括頭城鎮、壯圍鄉、五結鄉、蘇澳鎮及南澳鄉五鄉鎮，海岸全長約 105km。萊萊鼻至外澳海岸屬於礁溪海崖海岸，長約 22km。海岸呈北東、

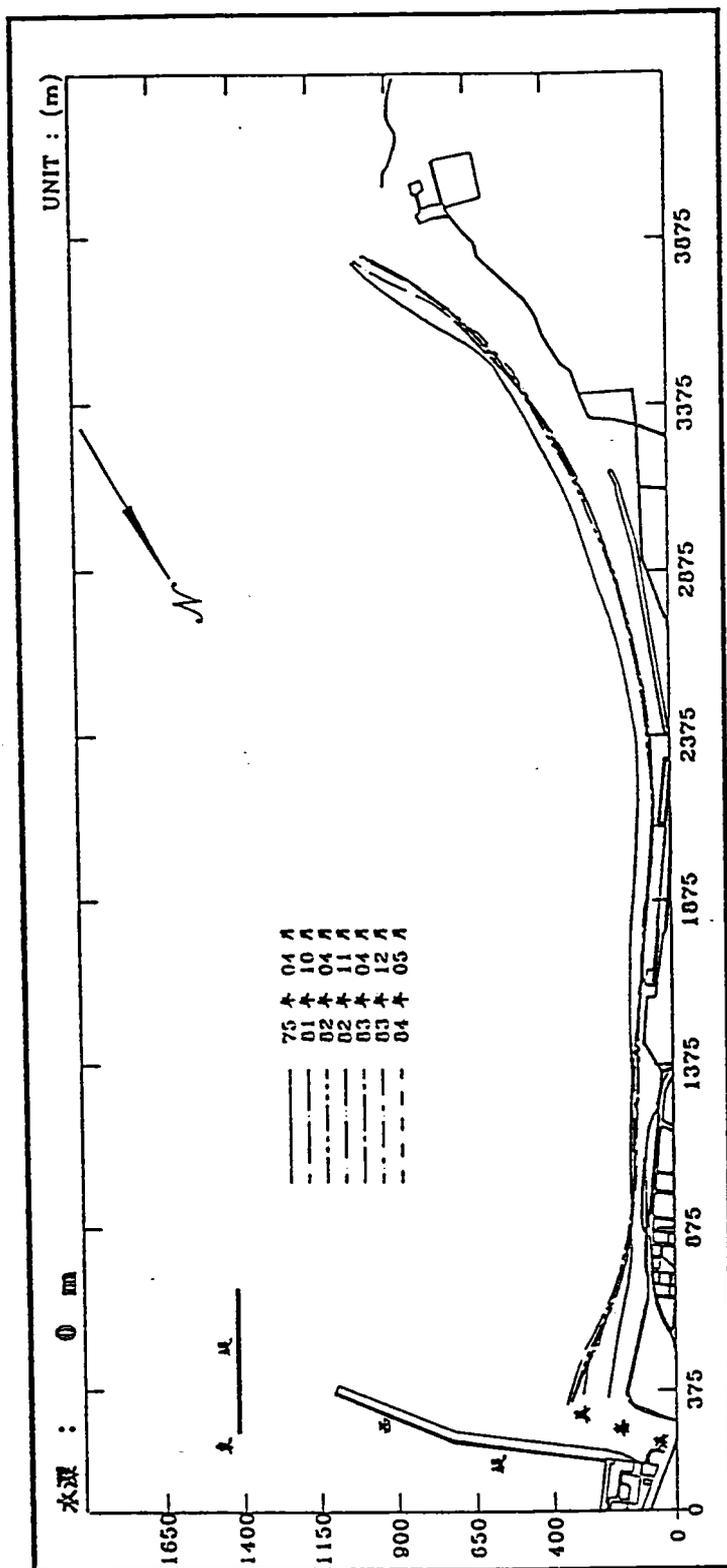


圖 2-5 花蓮港口附近水域±0m等水深線歷次變化圖(75/4-84/5)

南西略成小弧形灣，沿海海蝕台發達，砂岩、頁岩、粘板岩等呈緩傾斜，海蝕順岩石節理、斷層面之裂縫進行，被削成岩灘，並由於隆起而成海蝕段丘 wave cut (terrace)，鐵路沿段丘上建設，殊少砂灘存在，僅於梗枋及大溪附近有溪流排出之土砂形成局部砂灘。

外澳以南至蘇澳北方則為由蘭陽溪排出之土砂所形成之宜蘭三角洲，長約 40km 稍向西凹入約成北南走向，沿海岸砂丘發達高達約 14~19m 成為防護鹽害之天然屏障。砂丘內則為濕地，今都已開發為養殖魚塢。宜蘭此部份海岸北南兩端有三貂角及北方澳岬角突出，於此二岬角間形成安定之弧灣弓形海岸，並於此弓形海岸中間蘭陽溪(舊稱濁水溪)口形成向東凸出之尖三角洲(Cuspate delta)。冬山河口形成向北延伸之砂嘴，顯示蘭陽溪豐富之輸砂構成宜蘭海岸地形，海灘亦有近 100m 之寬度足可抵浪，但頭城金面溪以北海岸因無砂源供給有侵蝕現象，港口附近海岸亦可能因北方澳岬使東南向波浪產生之繞射而有局部侵蝕。其他部份之海岸於 1985 年以前均顯示堆積現象，然最近數年則河口以南砂灘漸形消失砂丘亦有部份後退，顯然因過量之河床採砂使砂源短少所引起。按南陽溪正式核定之採砂量為 $6 \times 10^6 \text{M}^3/\text{年}$ ，實際採砂量恐遠超過於此。

蘇澳南海岸復又屬於蘇花斷層崖海崖聳立於海岸，除於南埤漁港外有局部砂灘，東澳、南澳、漢本等處因東澳溪、南澳溪及和平溪輸砂堆積之三角洲外幾無砂灘可言。

§ 2-3 結語

台灣西海岸北自淡水河口起，沿林口、新竹、崎頂、後龍、通霄、台中港、雲林、東石、布袋、七股、安平、興達港、高雄、東港，南至恒春止，大部份係由河流排出之土砂沖積所構成，為粒徑小於 0.1mm ~ 0.2mm 以下之細砂。過去由海埔地及漁港方面之觀測記錄資料及計算，海岸有明顯之侵蝕現象，幸賴過去河川之土砂大量補給，尚能維持成長，

例如新竹海埔地、彰化王功、窩埔海地、雲林台西海埔地、嘉義鰲鼓海埔地、台南七股及曾文海埔地等均為利用過去河川大量排出之淤積泥沙在西部海岸形成淺灘糊，而加以圍堤造成新生地，是為最好證明。

近年來由於河流上游水土保持工作之改善及多處水庫之興建，河流之沖積物已逐漸減少，新竹、崎頂、後龍、白沙屯、台中、雲林、外傘頂洲及二仁溪以南興達港、蚵仔寮、高雄港海岸、中芸、林邊、枋寮等海岸皆發生侵蝕現象。換言之，即台灣西海岸及西南岸已進入侵蝕期，其特性說明如下：

1. 近十餘年，由於石門水庫、翡翠水庫相繼完成，集水面積減少以及大量抽砂結果，淡水河山以南呈侵蝕，海岸線退縮，惟-2 以下部份則淤積；碎波帶變寬，外灘坡度變緩，而內灘則淤深內移。
2. 西海岸雲林縣海豐島以及嘉義縣外傘頂洲一帶沙洲，則由濁水溪之沖積所形成，其中外傘頂洲最先形成，其次為海豐島，最後為佳里附近海灘。
3. 外傘頂洲形成之後，由南向北之漂沙被遮斷，而由北向南之漂沙則堆積形成海豐島，並對南邊之沙灘影響極大。因外傘頂洲之北部，在冬季 NNE 向季節風時所產生之波浪對漂沙之影響，遠較夏季 SW 風向之波浪影響為大，因而向南之漂沙停泊在外傘頂洲，故對南邊海岸無法再供給漂沙。
4. 近年來因來自虎尾溪之土砂沉積物逐漸減少，致海豐島部份開始侵蝕，且其頂端逐漸減少，昔日島上之燈塔及防風林已經倒毀，預測最後海豐島終將消失。
5. 因海豐島之形成，使外傘頂洲之供給砂源減少，導致外傘頂洲整體之減少，近三年除外海側之乾潮線每年平均向陸側退縮 100 公

尺外，其頂部高程亦逐漸減少（由原先之十公尺到目前之一公尺），整個沙洲並向南延伸，此現象明確地顯示漂沙係由北向南面移動之傾向。

6. 外傘頂洲以南區域因北來波浪阻，布袋海岸前沙洲由南面而向北伸展，係由南方來襲波浪產生之漂沙所形成。即東石至布袋間之沙洲全部由北上之漂沙所供給，漂沙之供給來源，過去為曾文溪，現今為北港溪、八掌溪及急水溪，數量甚微，且日漸減少。在此附近之沙洲及海灘似處於侵蝕階段。從八掌溪口正北新沙洲之形成，及其漸由南尚北伸展，顯示漂沙係向北移。
7. 東石布袋附近之外傘頂洲對由北而來之波浪遮斷效果漸減，因冬季向南移動漂沙量，愈向南方愈增加，而夏季向北移動之漂沙量亦有愈南方愈增加之趨勢。
8. 依舊海圖，在曾文海灘前之沙洲，似因曾文溪河道之南移所形成。
9. 自台南或高雄連接東石之直線西之沿海區域，為曾文溪三角地帶，如圖 2-6 所示，該區域皆被外傘頂洲所遮蔽，則在此區之沙灘多數受曾文溪所影響。此三角地帶以曾文溪口為頂點，此現象表示曾文溪流出之土砂有向北堆積之傾向，此現象亦可由急水溪和曾文溪在洪水時所發生之地形變化大部份在北側而得證明，即曾文溪口於排出土砂時向南移；東石以北為濁水溪之影響範圍，濁水溪之土砂向南漂移而面積，此與曾文溪及急水溪土砂之向北移成相反方向。由曾文溪及濁水溪所形成之沙洲，深度約 20 公尺。

由以上所述，西海岸之海灘形成及發展經過，以東石與布袋之間為分界線形成兩部份，此境界線正與澎湖群島相對，產生波浪及潮流之變化。境界線以北，冬季北來波浪對漂沙之搬運力遠較夏季南來之波浪對

漂砂之搬運力為大，境界線以南之情形恰相反，如圖 2-7 所示，潮位及風之作用亦有同樣傾向之可能性。

其次為曾文溪口至高雄壽山約 45 公里之西南海岸，其能產生砂源之溪流，僅曾文溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪而已，經查阿公店水庫已完成，且二仁溪排泥沙量含泥較沙為多，因此此段 45 公里長西南海岸，其漂沙來源有限，僅靠曾文、二仁兩溪每年排沙量及海岸淺灘糊以往淤積沙量，受季風所產生沿岸流，冬季則由北向南移動，夏季則由南向北移動為主，由外海向內灘縱向移動之漂沙量小，因此已逐漸呈現侵蝕現象，尤其是蚵仔寮及興達港附近海岸侵蝕現象更為明顯，水利局於蚵仔寮海岸每年投資大工程費修建海堤，以防止海灘侵蝕稱為黃金海岸即為明證。同時自安平港以南海岸亦無法再出現大型離岸沙洲，海岸線均呈現與海底水深線平行之灘線。亦即泥沙供給來源不多之明證。

自高雄港以至恒春約 80 公里長稱為南部海岸，其地質礫及砂，粘土構成，此區域內能夠產生沙源之溪流，僅有高屏溪、東港溪、林邊溪三條，其中高屏溪之年排沙量雖然高達 2,570 萬立方公尺，但由於其出海口處有一大深溝，因此每年排出之泥沙均被其和沒，以致對兩岸海灘均不致構成淤積之威脅。南區海岸即然無大量漂沙來源供應，又是本省颱風頻繁之地區，故其海岸目前已進入侵蝕狀態，故整個西海岸之沖淤近況可概略整理如圖 2-8 所示。



圖 2-6 曾文溪三角地帶

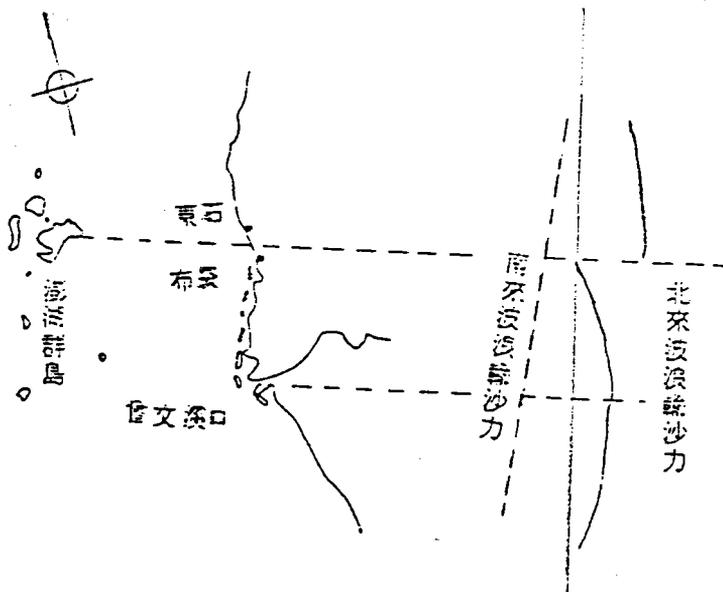


圖 2-7 漂沙運搬力示意圖

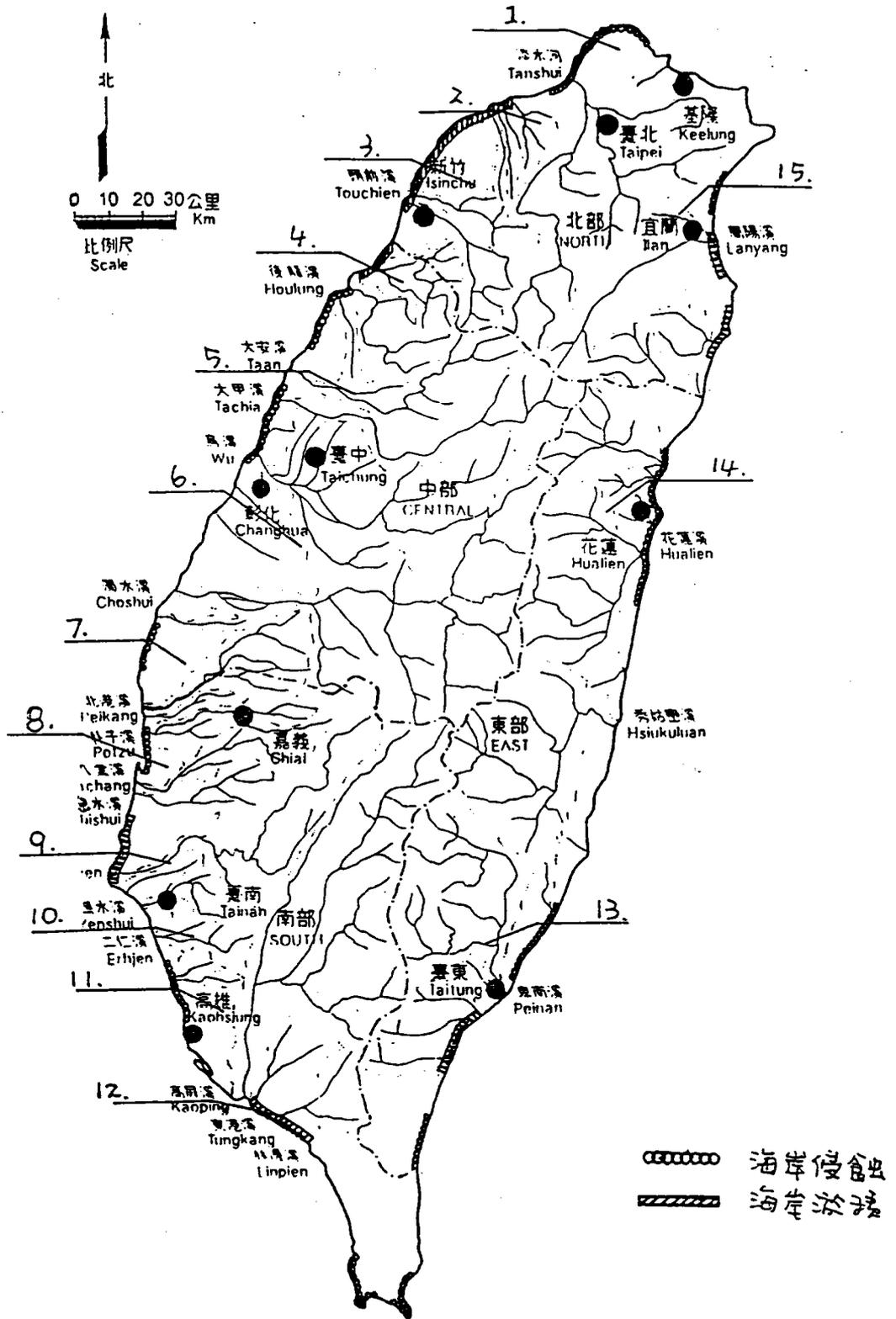


圖 2-8 台灣四週海岸沖淤近況示意圖

第三章 海岸侵蝕成因之探討

§ 3-1 概述

台灣四周海岸空間多年來逐漸開發利用，尤其西部海岸，空間使用幾近飽和，而近年來使用上也遭遇不少問題。在海岸工程方面，其中最嚴重的，莫過於海岸的侵蝕，海岸空間逐漸消失，更甚者影響海堤基礎，嚴重威脅沿海居民生命財產安全。因此，對於海岸侵蝕成因的研究刻不容緩。

海岸的發達或衰退可以從地質學就長期的過程加以觀察，亦可就較短期的變化過程加以分析。如果以中小尺度的過程而言，海岸變化的原因可就自然及人為因素或就輸砂平衡關係剖析。

§ 3-2 從自然及人為因素分析

3-2-1 自然因素

1. 地殼變動

海陸相對地有昇降運動現象發生。如二者之間陸地相對上昇，即所謂隆昇海岸(Emerging coast)，反之謂沉降海岸(Submerging coast)。除此垂直方向之變化外尚有水平方向之變化，亦即侵蝕海岸(Eroding coast)與堆積海岸(Out-building coast)。隆昇加上堆積作用使海岸前進陸地增加，反之沉降加上侵蝕則海岸後退陸地減少。如果隆昇海岸有海岸侵蝕則可能使海岸之前進或後退減緩或無變化，反之沉降海岸有堆積作用亦然。如果在沉降海岸再加侵蝕作用海岸後退加速。反之，於隆昇海岸如再有堆積作用海岸前進更快。

林朝榮認為台灣北部海岸過去曾發生相當規模之沉降呈現齟齬海岸，而近期稍有隆起，因而有隆起珊瑚礁、隆起海層、茸岩、石門等

奇景出現。地盤隆起與大量泥沙之淤積形成沖積平原。南部及東部海岸亦有隆起現象。

依據彭宗宏等(1977)之報告，北部海岸地區地殼平均上升率大約每年 $2 \pm 0.7\text{mm}$ 至 $5.3 \pm 0.7\text{mm}$ 之間，台灣南部及東部海岸山脈的平均上升率為每年 $5 \pm 0.7\text{mm}$ 。石門以北北部海岸雖有隆昇但並未出現海灘，故在水平方向並無堆積現象發生，這段海岸雖有海蝕但屬岩石海岸，後退速度極慢。恒春半島裙礁及隆起珊瑚礁發達，只在海口與楓港溪口形成小形三角洲，枋寮至海口間有狹窄之礫石海灘，隆昇現象明顯而堆積或侵蝕現象並不明顯，但貓鼻頭至大阪埭則受強烈之海蝕明顯後退。淡水河以南至枋寮之海岸大部份以台地及平原做背地，河川將背後地之礫質、砂質或泥土大量帶到海岸形成沖積平原，海岸平滑、海灘寬度從數十公尺至數公里不等，水平方向之運動較垂直方向運動明顯。早期雖有明顯之堆積，但近期則有地盤下陷若干地區出現侵蝕現象。

2. 海水面上升

海水面除每日二次之天文潮之升降外，亦有季節性之變化，乃至海風推昇、河川流量、水溫及海流變動都會引起海水面昇降。而海水面之昇降不僅使海岸線位置向內陸內移或向外海移動，亦能因水深變化使波浪改變，影響漂砂運動產生不同之海岸過程。如果將短時間之海水面予以過濾，只看長時間之平均海水面，則其變化雖無每日變化之大，但月平均海水面可能有數十公分之大，而冬季可能有數公分至一、二十公分大，因緯度而異。年平均海水面亦因氣候及水質而變動。但如長期追蹤年平均海水面就可發現每年以穩定狀態長期上昇中。

世界潮位站所觀測之海面資料集中到英國 Bridston 觀測所，Eornitz 與 Lebedeff(1987)從此資料庫中挑出能修正地盤變動之 130 站，分析 10 年以上之連續記錄後得到全球 1880~1982 年間之海面上升率

為 $1.00 \pm 1.1 \text{ mm/yr}$ 。其他研究亦指出上升率在 $1.0\text{-}2.0 \text{ mm/yr}$ 。Wigly及Raper(1987)由模式計算推估海面上升率為 $2\text{-}6 \text{ mm/year}$ ，其原因乃近百年間氣溫上昇使得海水溫度隨之上升，因海水之熱膨脹佔此中之一半，而另一半則為氣溫上升使冰河及冰床溶解所導致。

將來海面變化如何？因應氣候變化而變，亦即因瓦斯排出假定量而不同。依為IPCC之預測，在2030年上昇 $18_{-10}^{+11} \text{ cm}$ (±表示最高及最低值)，2070年上昇 $44_{-23}^{+27} \text{ cm}$ ，2100年上昇 $66_{-35}^{+44} \text{ cm}$ 。即使以此較保守的估計，若干海拔低而平坦的海岸地帶將因此為海水淹沒，災害位能增大，海岸保護設施之機能及安全性降低，為防止災害必要投下巨資建設閘門改善堤防，海岸地下水鹽份入侵地下使水質惡化。河川堤防高度不足使得河川整治計劃必需重新檢討。由於水位上昇波浪可能溢過離岸砂洲，沖刷砂洲上之土砂往灣內或瀉湖堆積，使離岸砂洲移向內側。一般海岸及離岸砂洲外側，則因水位上昇使砂灘淹沒，使海岸侵蝕加速威脅沿海建築物及生命財產。Bruun(1962)提出一模式；如海面上昇海灘後灘將因之被沖刷而帶往外海沉積，其結果所形成之斷面相當於將近灘底床依水面上升高提昇平行內移。依此模式如海面上升50cm前灘坡度 $1/20$ 之海灘將後退10m， $1/30$ 之海灘將後退15m，坡度 $1/50$ 之海倒退25m，對高度利用之臺灣海岸之威脅之大不言而喻。

3. 河川輸砂堆積作用

就大部份海岸而言從河川輸出之泥砂是最主要的近岸輸砂來源。河川輸砂量自上游山岳地帶匯集大量坡地表土沖蝕之土壤及地滑或火山碎屑物所產生之土石流，隨滾滾洪水攜帶到河口，因河床坡度減緩流水斷面增大，流速及輸砂能力急速降低因而沉積於出海口及其近岸。注入海中之砂更因潮流、沿岸流及波浪等搬運成沿岸漂砂漂向下游側。這些大量淤積於河口及近岸之泥砂經長時間堆積之後形成與海面稍高之平坦三角洲。

三角洲為河川堆積與海岸侵蝕力相互較勁組合之結果，其形狀及規模受河川輸出之泥砂量、河口水深、斷面及坡度、海底坡度、波浪、沿岸流及潮流等影響。如果海洋輸砂能力勝過河川堆積作用則成向陸地凹進去之弧形，反之堆積作用大於海洋侵蝕作用則形成突出狀之三角洲。三角洲外緣會形成島狀之砂洲(sand bar)，而隨砂洲之成長三角洲逐漸擴大，砂洲過於發達可能阻塞水流形成瀉湖，或者發達成外海砂洲形成自然堤防，使河川氾濫時之土砂堆積於其背後形成微高地或低濕地。這類海岸地形在台灣雲林、嘉義、臺南及高雄一帶西南海岸都可發現，這些地形特徵充份說明西南部海岸在過去尚無人為影響時河川供應之輸砂甚為充沛，遠勝過波浪輸砂作用，屬於堆積形海岸。

河川輸砂來源之多寡因背後腹地高程、流域面積、岩石或土壤性質、植被種類與密度、降雨強度及河川流量而異。山坡地之破壞、不利水土保持之農作物雖然使河川輸砂量增加，但水庫、攔砂壩、河川整治以及河床採砂卻截下大部份泥砂使河口砂源大量減少，於是河川堆積作用弱於波浪侵蝕作用海灘後退，西海岸近二十年之海岸侵蝕多導因於此。

4. 波浪及潮流搬運

波浪與潮汐產生之水流為海岸輸砂作用之原動力。波浪如垂直入射則在淺水區波形不對稱，波峰流速快而時間短，波谷流速較慢而時間長，波浪質量輸送使粗顆粒底質向岸移動而細顆粒底質向外海移動，但波浪碎波產生之推升(set-up)使碎波帶內產生回流(return flow)，同時加上重力之作用讓砂粒向外海移動，海灘愈陡重力成份愈大回流流速愈強。此一現象可用於解釋波浪垂直入射於海岸時之輸砂現象，碎波帶之底質移向離岸方向堆積於外灘。陡坡海灘之碎波帶內愈有產生侵蝕之傾向。波浪在砂灘產生溯升(run-up)與回降(run-down)，水流在砂灘表面上下流動，使得砂灘上之砂粒隨之在灘面上

以薄層流(sheet flow)之形態上下移動，同時灘面上之水流部份滲入灘面下成為滲透流流回海測。倘組成砂灘之底質空隙率大而且波浪平坦，則滲透流較多回流速度較慢，升速度慢，容易產生堆積，反之，則產生侵蝕。所以一般而言，細顆粒砂灘易成侵蝕，而粗顆粒如卵石海灘則易成堆積。颱風波浪往往將內灘土砂帶往外灘堆積，海岸線急速後退。

波浪如斜向入射則碎波產生沿岸流，使碎波帶附近之水流沿海岸平行方向移動。碎波時之衝擊力擾動海床底質成為懸移質，成懸移狀態由沿岸流搬運流向下游方向。如海岸線有波狀起伏，則波浪產生封閉性環流(cell circulation system)，沿岸流由凹岸流向凸岸兩側，然後於凸岸處成離岸流(rip current)流向離岸方向。沿岸方向之邊緣波(edge wave)使海灘產生沿岸地形成波狀起伏，所以一般海岸隔若干距離就會有離岸流發生。沿岸流流速於波高大時較大，浪小時沿岸流流速約在0.2~0.5m/s，浪高時可能達到1.0m/s。在波浪斜向入射之海岸沿岸流產生之沿岸輸砂為支配海岸輸砂之主要因素。颱風波浪強烈之沿岸流為造成短期強烈變化之原因。

潮差大之海岸或海灣口潮流流速較強，潮流產生之輸砂在海岸輸砂之貢獻不可忽視。水流產生之輸砂率與水流功率或流量成正比，其輸砂率可由河川輸砂公式推算。討論中西部海岸過程時潮流之影響不能忽視。

垂直於海岸方向之波浪能量成份使泥砂產生垂直海岸方向之輸砂，其現象同波浪垂直入射時類似有向、離岸方向之輸砂，所引起之海面剖面變化屬於短期性者。波浪平坦且海岸坡度小時產生階梯型斷面，坡度陡波浪尖銳時形成砂堆型(bar type)斷面。

細顆粒通常成懸移質流向外海沉澱於深水，很難留在砂灘上，但浪小時細砂會被帶到海灘。

波浪衝擊海崖，崖腳被波浪沖蝕形成楔狀深入海崖中，楔上土壤或岩石重量不勝負荷時崩塌形成砂灘供應源，然後再由沿岸流輸送到其他地方。在平常浪小潮升高小，故不致影響海崖地形變化，唯有浪大時才產生海崖潰落。岩崖堅硬抗蝕力強後退速度慢，非固結性海崖後退約在0.3-1.0m/yr，崩落之土方成為海灘來源，如果山崖屬於粉土或粘土對海灘貢獻有限。袋形海灣海崖侵蝕之貢獻較大。一般海岸海崖供應之砂量很少超過總供應量之5-10%，屬於次要砂源。

5. 海灘特性

海岸地形如無水位變化、地殼變化、潮流及漂砂來源，其主要原因受入射波浪之性質、海岸地形及海岸坡度三者控制。入射波浪包括：波浪、週期之長短、波高大小即波形銳度，以及波向。暴風浪波形銳度大將前灘及後灘之底質帶往內灘堆積，形成侵蝕性海灘。反之，暴風浪過後之餘波波形銳度小，將內灘之土砂帶向前灘堆積。海灘坡度陡則底床顆粒垂直重力成分大，於波浪後退時將砂粒帶向外海方向之力遠超過推向向岸之力量成份易形成侵蝕性海岸，反之坡度平緩者不易侵蝕。另一影響海灘特性之重要因素為海灘粒徑大小及密度。海灘粒徑大如卵石者或粗砂者易堆積，而粒徑係如細砂粉土，海灘易侵蝕，同時密度小者易堆積。如果波浪入射於海灘，海灘之侵蝕或堆積大致可由波浪、坡度及粒徑三者及可由horikawa-sunamura公式判斷。高雄縣海岸坡度大、粒徑細，如有西南氣流產生之波浪即有侵蝕作用，且該地區波浪幾與海岸垂直入射海灘底質被帶往內灘堆積且無漂砂源可補充，故形成嚴重侵蝕現象。中部海岸海灘平坦坡度僅1/100-1/2000雖有季節風浪亦不易被侵蝕。枋寮一帶卵石海岸亦因粒徑大雖海岸陡亦相當安定。一般認為碎波波峰現與海岸線成30°左右時沿岸流最強漂砂最多，故暴浪與海岸斜向入射時強盛之沿岸漂砂量可能於數小時即將前灘沖刷，如無上游砂源之補充極易形成海灘侵蝕。

6. 飛砂

堆積於海岸的砂在風速超過臨界速度時間開始移動，在強風吹襲時飛砂之移動量極為可觀。據台中港北防波堤外之觀測，風速 $u_{100}=14\text{m/sec}$ 時飛砂量達 $300\text{cm}^3/\text{sec/cm}$ 。防砂柵阻礙下二年間在 30萬M^2 面積內堆積 41萬M^3 ，即一年平均淤高 68cm ，可見其對海岸地形之影響。北部及中西部海岸大至與冬季季風風向平行。故冬季飛砂大約與海岸成平行方向移動，遇有防風林、籬柵或防波堤等則堆積。通常風向由海向陸成某種角度吹送故一般會將砂灘上之砂吹往內陸方向，形成海岸砂丘。據調查冬天以 $0.2\sim 0.15\text{cm/day}$ 的速度堆高。不僅北部海岸砂丘發達，東部海岸也有相當發達之砂丘地形，成為防止災害之自然屏障，但就海灘言卻是土砂損失原因之一。

7. 地形阻絕

海底深谷常延伸至淺水區河口附近，致使河川流出之泥砂流入河口海溝而無法輸送到鄰近海岸。高屏溪口即有海溝伸向小琉球方向，深百公尺以上，成為高屏溪輸砂之陷阱，使兩側海岸無法獲得充份之砂源。另一方面垂直海岸之海溝亦成為捕捉沿岸漂砂之陷阱，突出之岬角切斷沿岸漂砂而使下游海岸侵蝕上游堆積。

3-2-2 人為因素

1. 海岸結構物對海岸地形之影響

海岸地形及波流和風等外力和砂與地形之間長期相互作用所形成之結果。除河口、潮口、岬等特別突出或彎入之地形外大致已呈顯接近平衡之狀態。因此如果上節所述之輸入或輸出因子中有所變化，立即反應到海岸線之變化上。結構物之興建可能產生兩種效果：

a. 直接切斷漂砂移動

原來沿海岸移動之沿岸漂砂因防波堤或突堤等結構物之阻擋而沒有辦法繼續向漂砂下游方向移動而堆積在結構物與海灘交界處之上游側。隨堆積量之增加堤腳處等深線外移形成弧形，波峰線隨地形變化慢慢調整，終致使波峰線漸漸與等深線平行，海灘線調整到與波向線幾乎平行時波能無沿岸成份地形停止變化。

b. 改變波場與流場

因為結構物阻擋波浪使波浪產生折射、繞射、反射及透過等現象，波速分佈改變使得波向線或波峰線因而改變原來進行方向。堤後遮蔽區，波小而穩靜流速較慢，使泥砂容意沉澱堆積。波浪斜向入射時，下游入射區將海灘土砂推向下游方向，堆積在堤背後遮蔽區內無法繼續向下游供應。同樣下游區之入射波亦將土砂推向下游，但因無上游側之輸砂供應而以當地海灘土砂為供應源，海灘因而會侵蝕，堤後形成之環流則將土砂推向堤背後堆積。上游側入射波也可能與堤防衝突而產生強烈反射使海灘侵蝕，同時發生局部性沖刷。

由以上現象知：結構物上游側會發生堆積，下游側發生侵蝕，這一事實已成一般常識，普遍被認知。

1) 防波堤及突堤(導流堤)之影響：

防波堤對鄰近海岸之影響，乃沿岸漂砂及向離岸漂砂綜合影響之結果。由於現象複雜非完全可由解析推算，只有借助於調查。固然因結溝之佈置方向、離岸距離及長度等而有若干形狀上之差異，但不離上節所述原則；上游側堆積、下游側侵蝕、遮蔽區堆積、反射強處侵蝕。

防波堤與突堤具有直接阻止漂岸漂砂之功能，隨著其長度之延長，兩側海灘成比例變化。如果堤短、波向線與堤線交角小，下游側海岸可能還能獲得沿岸漂砂之補給。如果漂砂來源豐富，上游側灘線可能淤積到堤頭，防波堤與突堤失去其功能，大部份沿岸漂砂可源源不斷輸送到港內或下游側海岸，一部份向外斜向流向下游外海方向，視波向及堤線交角而定。如果二者之交角微小時，近堤線附近會因反射波及尾波而沖刷，灘線反會凹進去，乃至於堤根發生侵蝕。如果波向與堤線交角太大接近垂直且潮流強時，堤頭前方會產生沖刷坑，例如台中港及新竹漁港等。

下游側侵蝕範圍往往長過上游側堆積長度，其長度視防波堤長度及入射角而定。其範圍往往長於遮蔽區，超過堤防長度之3倍以上。如永安漁港、新竹漁港、台中港、台南中心漁港等均為此典型。如果主波向來自兩側波能略均等時侵淤就不會太激烈，防波堤左右兩側都會有堆積，如永安LNG站防波堤及安平商港等。

2) 離岸堤之影響：

離岸堤係平行於海岸興建之結構物，如目的在阻止波浪使其減衰通常設於遠岸處，如為保護海灘則離岸較近約在水深3m處。由於其背後蔭蔽區波高小並形成環流，就會自兩端將泥砂帶入蔭蔽區內堆積形成砂舌繫陸洲，而堤兩端外側海岸被侵蝕。離岸堤群如佈置得宜則開口部海岸線不但不會侵蝕而且會堆積，但堤群兩端外側仍然會侵蝕。為避免此現象發生堤群西側堤位置要近岸佈置。表面上看離岸堤雖會使海岸堆積，實際上堆積僅呈現在海岸線，水面下如開口附近及堤外側均發生侵略，只不過這些被侵蝕之土砂被移到堤背後的海灘堆積而已，並未因而獲得土砂，總量未變。

離岸堤因其設置位置、長度及開口寬度之不同，其背後可能形成繫陸砂洲(tombolo)或砂嘴(salient)，形成繫陸砂洲則沿岸漂砂

幾乎被切斷較不利於下游海岸保護，而砂嘴則仍有若干沿岸漂砂可補充下游，故如果波浪有沿岸成份時未必強求形成繫陸洲地形。

3) 海堤

海堤一般建設在海灘上正常波浪不到之處，但於惡候潮高浪大時則會受海水衝擊，亦有建於海灘前水淺者。其目的有二；(1) 防災：阻止波浪溢波、海水倒灌及(2) 保護：保護海灘免被繼續侵蝕。為防災興建者不拘於海中或海灘上興建，亦較不拘於堤體型態。為保護海灘興建時不論堤體型態與位置均需慎重選擇，非則為保護海灘者反而助長海灘消失。自然海灘之坡度與寬度之存在表示其必需要有那么寬之規模才能使波浪能量完全消失。如今於其上面建堤縮短海灘距離則波浪在堤前非常短促之距離內波能未必能消耗殆盡，設計如有不當可能使這些能量轉換為反射波及回潮能量成為沖蝕海灘之能量，彌陀及茄苳海堤都導因於此被波浪沖毀。雖興建時堤前尚有海灘，但日久海灘消失，堤趾被侵蝕陷入海水中海堤因而倒塌。為避免此種現象之發生除應盡可能將堤線內移外，同時應採用高透水性之緩坡堤。設在平均高潮線以下之海堤其海灘很少不發生侵蝕者。堤線兩端未保護地帶由於波浪繞射也常會有侵蝕發生。

4. 新生地圍堤

於海中圍堤填埋新生地，對海岸所造成的影響一如防波堤及突堤，於圍堤漂砂上游側發生堆積作用。故如於新生地上游側附近有排水溝、潮溝或溪流，如其枯水流量低則會因產生河口閉塞，影響排水及洪水宣洩並使水質惡化。漂砂下游側則發生侵蝕現象，使末端土地流失且可能危及圍堤本身安全。平行海岸部份之堤防則因波浪反射使圍堤前面產生侵蝕海床刷深，或淘空堤腳如保護不善會因沖刷使基礎石料、被覆石塊流失，產生管湧(piping)現象，圍堤內附近之土壤流失，嚴重時圍堤崩潰。為減少反射通常必需採用低反

射之海堤型式，即採用緩坡且高空隙率之斷面，同時堤基需特別留意加強保護。

防波堤、突堤、離岸堤等海岸結構物不僅阻擋水流，也使波浪產生繞射與反射現象，而使遮蔽區之波浪變小流速降低使泥砂沉澱，而反射區之波浪則變大流速增加泥砂易移動。另一方面繞射使波向線向堤後彎曲於堤背後形成環流，將泥砂帶向堤後。沿岸流被結構物阻擋沿岸漂砂沉澱於結構物之上游側，部份泥砂被沿結構物平行向外海方向流動之離岸流帶向外海方向。如結構物較短則離岸流可能折向結構物下游方向，將漂砂帶往下游，部份沿岸漂砂可繼續流向下游側海岸。如果堤長太長則將沿岸漂砂完全阻擋，下游無法獲得砂源。因此防波堤、突堤及離岸堤下游側會侵蝕、上游側堆積，繞射區內堆積，堤愈長此種現向愈強烈。結構物附近之侵蝕與堆積現象於結構物興建時即慢慢形成，海岸線隨之慢慢調整以至到波向線與海岸線大致垂直時沿岸漂砂幾近停止形成平衡海岸。如果結構物長度短且有充份之沿岸漂砂來源，則泥砂堆滿上游側後漂砂可繞過堤頭繼續補給下游，下游側之海岸侵蝕就會較緩和。

2. 浚渫航道及抽砂

開挖航道或海底抽砂亦如同前節所述會對海岸有二種影響；

- 1) 切斷沿岸漂砂之移動
- 2) 改變波場及流場

開挖航道維持足夠水深供船舶自由航行，因航道較兩側海床低水深大，波浪傳播速度較快，產生局部折射及反射現象，同時沿岸輸砂流入航道，航道成為漂砂陷阱日漸淤淺，同時下游漂砂源被切斷下游海床會侵蝕。

抽砂區如在深海，對波浪進行速度之影響較不敏感，對折射影響較小，對波高或波向之影響也較小，而如在土砂臨界移動界限外對海岸地形影響亦較小，只不過離填土區較遠需較長之輸砂管與加壓設備增加工程費。如在較近海岸之淺水區抽砂採石，則抽砂使海床形成抽砂孔(dredged holes)，則一如海岸結構物，會影響波浪折射改變沿岸碎波、波高分佈，使原來海岸地形產生變化。另一方面抽砂區成為漂砂移動之陷阱，切斷下游漂砂補給源。Horikawa & Sasaki(1977)曾以數模及水工模型試驗探討其影響。抽砂區有如離岸堤之作用形成砂舌於其背後而二側則發生侵蝕。抽砂後之海底地形恢復非常緩慢，如新打港及安平外海之抽砂坑至今已經二十多年，尚未恢復。

由以上事實知人工結構物興建之後，必使海岸線重新調整，漂砂上游側淤、下游側侵。欲使之對海岸無影響除非有人為砂源之供應，否則無法避免。

3. 地盤下陷

結構物重量之沉壓、土壤性質之變化及地下水位之降低等均將造成地盤之下陷，其中又以地下水位之降低所引起之影響最為嚴重。台灣西南海岸過去超抽地下水以供養殖漁塭使用，致使地層嚴重下陷即為實例之一，據水利司公佈之資料顯示台灣目前有將近1057平方公里之土地受地盤下陷所影響，即可知此一問題之嚴重性。地盤下陷非但造成地下水鹽化、感潮河段延長、海水倒灌及越波等災害外，更將引起海岸之侵蝕問題。概地盤下陷將使海岸地帶之水深變大前灘內移，而造成後灘內縮，使原有之海灘變窄。另一方面因水深變大，波高加大其淘蝕力也增強同時碎波帶亦內移而更加劇砂灘之沖蝕，故海岸因而遭致侵蝕。依農委會之調查顯示，台灣受地盤下陷所引起之海岸侵蝕問題以高屏地區最為嚴重，雲林、

嘉義次之。

4. 河川輸出之減少

由於山坡地水保之改善、河川整治、攔砂壩及水庫之興建、攔河堰及防潮閘等工程設施使輸砂堆積在這些結構物背後，河川輸砂量減少。海岸從河川得到的砂源比過去減少時漂砂下游側河口之海岸線即開始後退。如果再從河床採砂則河川供應之砂源更短缺，海岸侵蝕現象更加嚴重。如果河川只實施河川整治工程或興建小型攔砂壩則對河川輸砂量之減少有限，對海岸變化尚不致於發生明顯之影響。水庫之興建如同集水區面積之減少，所截流之流量面積愈大輸砂量減少愈多。淡水河及蘭陽溪口之侵蝕與抽砂及水庫興建不無關係，日本海岸侵蝕亦多起因於此。

5. 礦物開採

於海底開採天然氣或石油有時產生與抽地下水同樣效果，引起地盤下陷導致海岸侵蝕、後退。在海岸抽砂石或採礦石，則減少砂源引起海岸侵蝕，故除非海岸線有很明顯之堆積，一般均嚴禁開採。日本新瀉海岸初因開採海底天然氣使地盤下陷引起海岸侵蝕繼而因河川整治河川輸砂減少使侵蝕加速，台南縣青山洲海灘亦曾因開採重砂引起海岸侵蝕而停止。

§ 3-3 從輸砂平衡分析

海岸輸砂總量可從縱橫方向考慮，縱向輸砂包括山波地沖蝕輸砂量、水庫及攔砂壩堆積量、河川輸砂量、河床堆積量、河床採砂量等，原自河川之輸砂收支，以及海崖崩塌、波流向離岸輸砂及填土抽砂等海岸垂直方向之輸砂收支。橫向輸砂包括平行海岸方向之土砂移動，包括沿岸漂砂之輸入輸出、飛砂移動、流入海溝或航道之土砂等。在考慮海岸平衡安定問

題時應就其縱橫方向輸出入總量考慮。如果縱橫方向如有某一原因發生變化海岸隨之反應。

如果於海岸取一控制體考慮其輸砂之收支平衡關係，則其輸砂來源(收入)及損失(支出)有如下各項：

來源	損失
沿岸輸入(I_l)	沿岸輸出(O_l)
河川輸砂(I_r)	河川砂源減少(O_r)
海崖侵蝕(I_c)	流入海溝(O_m)
向岸輸入(I_o)	離岸輸出(O_o)
填土或棄土(I_d)	挖泥抽砂(O_d)
飛砂堆積(I_s)	飛砂搬出(O_s)
生物堆積(I_h)	生化融解(O_h)

輸砂來源總和 $\Sigma(I_i)$:

$$\Sigma(I_i) = I_l + I_r + I_c + I_o + I_d + I_h$$

輸砂損失總和 $\Sigma(O_i)$:

$$\Sigma(O_i) = O_l + O_r + O_m + O_o + O_d + O_s + O_h$$

此一控制體有如銀行存摺，如果在此控制體內來源(即收入)多於損失(即支出)， $\Sigma(I_i) > \Sigma(O_i)$ ，則海灘會堆積(accretion)海岸線外移，反之，如輸入短於輸出， $\Sigma(I_i) < \Sigma(O_i)$ ，則海灘會侵蝕(erosion)。

以上收入中沿岸輸入及河川輸入為最大來源。海崖輸入及向岸輸入量較小，除非海崖高且土質鬆軟，這些輸入量幾可忽視。飛砂量在冬天風速快砂灘寬闊之地區其量不可忽視，非則可省略。如風向平行海岸且無障礙物則飛砂之輸入輸出幾乎相等。生物堆積在一般砂灘亦可忽視。挖泥抽砂則由工程量決定，生化融解量有限可省略。由這些關係可知人為影響，如建防波堤則可取防波堤做控制體下游側，沿岸輸入被防波堤阻擋儲蓄在防波堤上游堆積成三角洲，而在防波堤下游側之控制體內則無沿岸輸入只有輸出故海灘侵蝕。如果在一單調之平衡海岸 $\sum I_i = \sum O_i$ 抽砂（包括河床採砂、水庫積砂、海底抽砂、採礦等），則 $\sum O_i$ 中增加 O_d （未抽砂時 $O_d=0$ ， $\sum O_i$ 中無 O_d 項）

$$\sum I_i < \sum O_i + O_d$$

收入不變支出增加入不付出海岸必然發生侵蝕。海岸容許之最大抽砂量

$$O_d = \sum I_i - \sum O_i$$

即在無結構物影響下此範圍內長期看尚不致於發生海岸侵蝕（此時之 $\sum O_i$ 項中不含 O_d ），在無結構物單調平直波浪分佈均勻之海岸沿岸輸入與輸出量大致相等， $I_1 = O_1$ ，其他項與之相比屬於微小量時，在此控制體內只有河川輸入 I_r 及抽砂 O_d 為控制海岸平衡主要因素。如欲保持海岸平衡，最大抽砂量不得大於河川輸砂量：

$$O_b \leq I_r$$

此時控制體平行海岸外緣取在臨界移動水深。因此如果抽砂區在臨界移動水深外則不受此限制，因該處無漂砂活動，但抽砂後地形不可能再回復。如果在臨近海岸之內灘（inshore）區抽砂，則因河川流出之輸砂只有15%~25%較粗顆粒之土砂沉積於內灘範圍，故抽砂量就僅能容許在河川輸

砂量之15%~25%範圍內：

$$O_b \leq (0.15 \sim 0.25) I_r$$

如在河川興建水庫或攔砂壩或於河床採砂等則河川輸入量減少亦可視同輸出增加之效果，故原來在未興建水庫時堆積之海岸可能於水庫興建後變為侵蝕海岸，原來平衡海岸採砂量過多變為侵蝕海岸，此種事例見之於日本新瀉海岸、皆生海岸、靜岡海岸、駁河海岸等。淡水河及蘭陽溪抽砂量年達500萬立方米而引起該二河兩岸侵蝕。

台灣海岸侵蝕有源於自然及人為所造成者，在民國五十年以前人為因素甚少，但枋寮、紅毛港及蚵仔寮海岸仍發生侵蝕，其原因乃因自然漂砂源不足、海灘及波浪特性所致，範圍尚屬有限。民國六十年以後水庫、攔砂壩及港灣建設急遽增加，人為因素漸顯，最近十年河川採砂石量迅速增加年採量達近億立方公尺，遠超過河川輸砂量，河床急速下降，多處橋墩基礎竟至露出，何來砂源可補充至河口做為海岸輸砂來源？海岸豈有不侵蝕之理？河川輸砂來源之短少應為最主要原因。河川輸砂不足時海岸侵蝕先於河口附近之海岸發生，而後逐漸向下游方向蔓延其影響並非立即出現，可能經十年以上才顯現出來，若干台灣大河口海岸後退現象堪足吾人注意，必定先由淤積海灘，轉變為淤積減少後再轉變為侵蝕。

在海岸漂砂平衡改變方面，可就來源及區域內波流場改變引致漂砂平衡改變分別加以探討。在來源方面，近年來由於河川上游水庫的興建，使得河川出海含沙量減少，而破壞原有之海岸平衡，而產生侵蝕，以台北縣八里鄉為例，由於淡水河上游興建翡翠水庫、青潭堰等水庫，造成近年來八里鄉沿海海岸線逐年內縮。而近年來海岸空間逐漸開發，港灣設施、海埔新生地開發、核火電廠之興建等，改變原有海岸地貌，將對區域波流場造成改變，如規劃不當，亦將引起海岸侵蝕。海岸地形受波浪之影響產生漂砂活動，然而在海岸興建人工結構物，將因波流場改變導致漂砂運移特性的改變，使原有的海岸地貌隨之改變。以高雄縣蚵仔寮海岸為例，海堤

的興建雖在短期內有防浪防潮的效果，然而由於堤前波浪的反射造成堤前沖刷，使原有的海灘因而消失。

台灣另一引起海岸侵蝕之原因為沿岸地層下陷。沿岸地層多屬河川輸砂堆積形成之三角洲平原，地質年代尚幼，即使不加壓密或抽水亦會慢慢沉陷，再經大量抽取地下水後更加速其沉陷。沿岸地層下陷則形同海面相對上升，海床下降海岸線內移，水深增加使波能損失降低碎波帶內移，溯升增加凡此均能增加海岸侵蝕能量，彰化、雲林、屏東一帶海岸侵蝕應與此有密切關係。

在沿海地區地層下陷方面，近年來由於本省西部及宜蘭沿海地區養殖漁業發展迅速，大量抽取地下水；以及在彰化、雲林、嘉義、台南沿海一帶政府積極開發海埔新生地作為工業區之用，然而開發過程中造成地下水不敷使用，因此大量抽取地下水的結果使得含水層水壓下降，形成土壤壓密現象導致地盤嚴重下陷，進而造成海岸線內移，沿海波浪更容易深入侵蝕海岸。根據經濟部水資會之調查結果(1991)，台灣發生地陷地點主要集中於沿海一帶，分佈於宜蘭、嘉義、高屏等處，實測最大下陷從幾十公分到2.5公尺，而下陷面甚至多達一兩百里。根據林銘崇等(1995)之研究指出，在波浪亦擴大地陷之影響範圍，地陷存在時因波浪共同作用，使地陷對海底地形之變遷量隨之增加。因此，在地層下陷區域的侵蝕現象更需注意。

海岸結構物改變波浪及潮流引起漂砂方向及量的改變，乃至切斷沿岸輸砂結構物上游堆積、下游侵蝕，此即一般所謂之突堤效應。結構物伸入海中之長度愈長愈深其影響愈明顯，影響範圍愈廣，國內過去興建之大小商漁港均出現此結果，國外亦然。

波浪為海岸能量最大來源，波能與波高二次方成正比，輸砂能量約與波高三次方成正比，東海岸在長期太平洋洶湧波浪長期破壞切割搬運作用下被蠶食，砂質海岸後退尤其迅速，而被搬運之土砂又因海岸陡急，一旦

被搬運至外海者殊難再回淤至海灘。

海灘粒徑細小，海岸坡度陡，同時波向垂直海岸而浪大，容易形成離岸漂砂，則為南部高雄縣海岸侵蝕之原因。

台灣四周海岸有出於以上單一原因亦有數種原因共同影響下造成者，治本上應先排除這些侵蝕之基本原因，再以工法防護。

第四章 海岸侵蝕防治工法之探討

§ 4-1 概述

海岸侵蝕之原因，從長期看有：地殼變動、海面上升、地層下陷、漂砂來源之減少、暴風頻率之增加等。這些長、中期變化現象往往引起大範圍區域性之侵蝕，常非人力所可遏止。由於廿世紀後半以來人類活動在海岸急速增加，開發行為規模愈來愈大，人為破壞力增加，使得海岸侵蝕更為加速，例如建設港灣防波堤、開發海岸新生地、興建海岸結構物以及抽砂採礦等，都能引起入射波波向之改變及波高分佈之改變，導致波浪能量之收斂或擴散之變化，以及近岸水流之改變，同時結構物及抽砂坑或航道等會阻斷漂砂向離岸或沿岸之移動，因此會引起海岸局部性之變化，這些人為因素反而成為今日海岸侵蝕之重要因素之一。在正常狀態，波浪能量小之季節海岸變動非常微小，可能有季節性之海岸線或砂堆(Bar)之移動，向離岸輸砂將海岸線或砂堆推向海或向陸來回移動，如無沿岸漂砂之減少，海岸變化應甚微小，但如遇颱風暴浪與暴潮來襲，可能一次即發生明顯之海岸後退達百米亦有可能。基於保護海岸資源以及海灘、砂丘本身安定需要，吾人可採取下列保護策略：

1. 撤退(Retreat)：即不採取任何干涉或企圖去做保護措施任其自然侵蝕，而於海岸或砂丘若干距離設定後退線(Setback line)，放棄其海側之現有建築物，疏散住民至後退線內，限制活動及禁止開發，新開發行為僅限於後退線內陸。唯此方法對海岸利用高度開發之處實施恐有困難，僅能在未開發之海岸實施。
2. 適當調整(Accommodate)：可繼續佔有災害脆弱區，但予以必要之開發限制與建築管制，或輔導農業轉作養殖等耐鹽水生產事業，俾能承受若干程度之溢淹。

3. 保護(Protect)：於人口集中、經濟活動頻繁及自然資源豐富之地區建設保護工程，保障海岸社區農工漁業，或於嚴重侵蝕區建堤遏阻侵蝕防止土地流失。

離岸堤、人工岬等海岸保護工無非用來控制或修正主波向與潮位變化所導致海灘之反應，俾增加後灘及前灘之堆砂量，不論任何方法均在阻止或減少漂砂移動並借由砂灘吸收波能保護侵蝕中之海岸。故不能對缺少漂砂源之海岸地區有實質上增加砂源之可能，僅能拿東牆補西牆，保護某地卻又引起其上、下游海岸之侵蝕。

在計畫控制海灘侵蝕結構物時應先做下列事項之分析：

1. 最大暴潮位
2. 最大波浪、主要波向
3. 海深圖及砂灘粒徑分佈
4. 沿岸漂砂主要方向、季節變化之輸砂比例
5. 向、離岸輸砂範圍及季節變動量
6. 沿海及鄰近海岸之輸砂變化情形
7. 海岸後退速度、砂源損失量及其損失來源與去處
8. 可能存在之輸砂地形框架(cell)內輸砂環流系統
9. 保護措施之必要性及優先性
10. 未來可能增加之影響因素(如地層下陷、海面上升、輸砂源變化)

在開闊海岸波浪為主要輸砂機構之能源，同時為控制自然海灘地形之主因，在潮差大之海岸強勁之潮流對波浪及輸砂之影響不能忽視，同時為選擇保護工法之依據。近岸波浪方向為支配近岸流及沿岸輸砂改變海灘之驅動力，故應詳細推算折繞射，研判沿岸漂砂或向離岸漂砂之優勢方向。

防止侵蝕之結構物不外下列數類：

1. 海堤或護岸(Seawall, revetment)
2. 突堤(防砂突堤)(Groins)
3. 離岸堤(Offshore or detached breakwater)
4. 人工礁(Artificial Reef work)
5. 岬島(Headland defence work)
6. 人工養灘(Beach nourishment)，土砂側渡(Sand bypassing)
7. 砂丘(Sand dune)
8. 海灘水位控制

由上列方法之一，或複數混合使用，以達到控制波浪、漂砂及流之目的。

此等工程方法之優劣應從其功能、安全性、耐久性、經濟性、施工性、環境衝擊及景觀等予以評估。

各種結構物均有其特殊之功能，應就其所需要之目的何在選擇結構物種類。安全性包括受波力及其他外力時結構物之安全性，以及興建後對外界之危害程度。經濟性則包括建設工程費、用地補償費等。施工因陸地施工或海上施工所需施工設備及工程費用相差很大，同時海上施工往往工期受限制，施工場地受限等而有相當之差異。環境衝擊包括對海岸地形平衡之破壞、水生動植物棲息環境之影響及水質影響等。景觀當為未來建設結構物之一大問題，不僅不能因而破壞海上景觀，更需加強水邊設計(water front design)，積極改善沿岸景觀，提供居民海邊活動、休閒空間。

以下分別就各種海岸保護工法之規劃原則予以介紹，並予以探討。

§ 4-2 海堤、護岸

海堤、護岸乃為保護生命財產及陸地被波浪沖蝕，大約平行於海岸與海陸交接處興建之結構物。如其背後即為陸地而堤高僅略高於陸地者稱為護岸(Revetment)。海堤(Seawall)則為高出地表嵩立於灘線附近防止海水侵入陸地阻擋暴潮及波浪之結構物。建設海堤或護岸本來之目的在阻止暴潮時海水入侵陸地，同時防止陸地被海浪沖蝕，並無防治海灘侵蝕之功能。但由於近來海岸砂丘之消失，或因海岸線後退使砂丘之相對高度降低，或因濱鄰海岸之鄉村需有防潮、防浪之安全措施，海堤反而成為廣被採用之防止侵蝕之工程方法。其原因可能由於海堤護岸在直接感覺上較有安全感，被認為可遏阻灘線後退之簡易方法，同時因施工方便且工程費用較其方法低廉而被普遍採用，實則如設置不當，非但無法遏阻侵蝕反而助長侵蝕，導致堤體潰決等現象。

如在灘線附近波浪經常打到之處興建海堤、護岸，則波浪與堤防衝擊，反射波使流向外海之回流或沿岸流加速，泥砂搬運力增強，堤前之土砂被沖刷流向下游或外海方向，非但堤基被淘蝕，如基礎深度不足，堤防即倒塌陷落乃至崩潰，海灘亦因而消失。此種現象尤常見於反波式或直立式陡坡海堤，故海堤或護岸雖能遏止陸地續被侵蝕，但不具有防止海灘侵蝕之功能，並不適用於侵蝕性海岸保護。即使採用緩坡式或空隙式柔性海堤也只能治標性的減輕海灘被沖刷的速度。在防止海灘後退、前灘侵蝕、堤址淘刷上殊少貢獻。天然海岸如發生大規模侵蝕，對背後之房屋或公共設施有造成災害之虞時，除應興建海堤防止海水入侵外，更應配合防砂突堤、離岸堤或人工養灘等培養海灘方能奏效。

如欲海堤或護岸兼具防災及保護海灘之作用，基本上其堤面坡度應平緩方能減低反射率防止沖刷並降低溯升及越波。從波浪溯升特性而言，堤面坡度能放緩到 $1/6-1/10$ (圖4-1)最為理想，但由於土地利用及節省工程材料等關係，海堤、護岸之堤面坡度在若干國家如英國、美國、日本、台

灣等都採用陡坡堤，因此非但無法抑制海岸侵蝕反而加速海灘流失。日本從失敗中獲取經驗，海堤設計之理念由光面陡坡堤變為消波護基堤，再又變為緩坡堤。

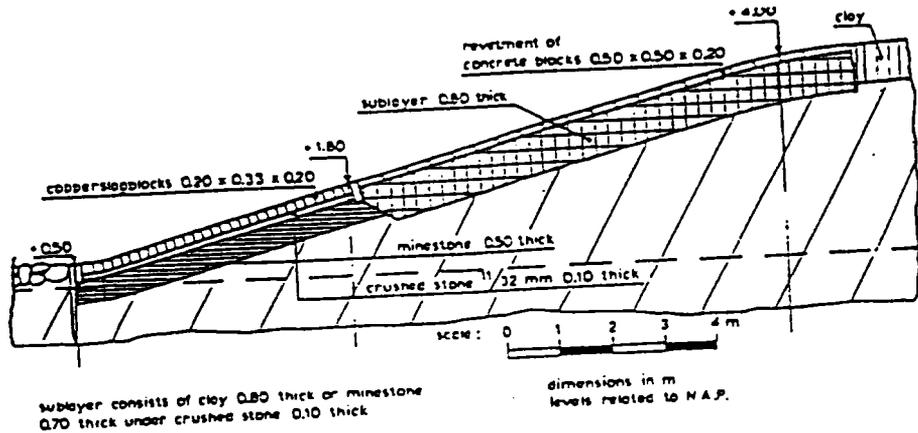


圖 4-1 緩坡堤

荷蘭等西歐國家對海岸保護已有長年經驗，早在13世紀已具備各種防護方法。基本觀念上採用流線原理，順應自然減少反作用之柔性工程方法，故海堤、護岸均採取極緩坡度之1/10坡度大斷面，或許與其建築材料都使用砂土瀝青有關，但的確此種坡度之海堤溯升高度非常低而且堤基冲刷甚少發生。台灣西海岸若干海埔地海堤亦仿此採用1/7坡度卵石堤面，迄今四十年仍安然無恙。日本海埔地圍堤亦採用之。西德之堤防坡面亦採用之1/4-1/6，印度等開發中國家亦因採用石材建堤，故堤面坡度亦屬1/4-1/10，在防止侵蝕上發揮良好之效果。Bruun 有鑑於此極力主張緩坡工法。技術發達之國家如美、日、英、台則過於信賴科技，採用與自然抗爭之工法，多用陡坡之剛性海堤、護岸，反射作用因而大增，反射率強則波浪淘蝕力大增，海灘反而加速流失。

海堤、護岸如依外型分類可分為：

傾斜堤：

拋石堤 (Rock armor)

消波塊被覆堤 (Armour layers with concrete units)

混凝土鋪面堤 (Placed block revetments)(圖4-2)

瀝青鋪面堤 (Asphalt mixtures revetments)

土堤 (Earth filled)

階梯式堤 (Stepped-face)

直立堤：

混凝土直立堤 (Concrete vertical)

混凝土反波式直立堤 (Concrete curved-face)

堆石直立堤 (Rubble mounds with vertical wall)

開口沉箱堤 (Perforate cassion)

鋼板樁壁 (Steel sheet-pile bulkhead)

木板樁壁 (Timber sheet-pile bulkhead)

混凝土壁 (Concrete sheet-pile bulkhead)

傾斜堤能將載重分佈於較廣面積，對基礎土壤之要求較不高，施工也較容易，並易於擴建加高維護，雖適於各種水深，但水深大時斷面龐大工程費增加，故於中、小水深採用之。直立堤多依賴重力保持安定，除沉箱

海堤、護岸如依外型分類可分為：

傾斜堤：

拋石堤 (Rock armor)

消波塊被覆堤 (Armour layers with concrete units)

混凝土鋪面堤 (Placed block revetments)(圖4-2)

瀝青鋪面堤 (Asphalt mixtures revetments)

土堤 (Earth filled)

階梯式堤 (Stepped-face)

直立堤：

混凝土直立堤 (Concrete vertical)

混凝土反波式直立堤 (Concrete curved-face)

堆石直立堤 (Rubble mounds with vertical wall)

開口沉箱堤 (Perforate cassion)

鋼板樁壁 (Steel sheet-pile bulkhead)

木板樁壁 (Timber sheet-pile bulkhead)

混凝土壁 (Concrete sheet-pile bulkhead)

傾斜堤能將載重分佈於較廣面積，對基礎土壤之要求較不高，施工也較容易，並易於擴建加高維護，雖適於各種水深，但水深大時斷面龐大工程費增加，故於中、小水深採用之。直立堤多依賴重力保持安定，除沉箱外亦有方塊，以中、大水深處採用較宜，對施工經驗及技術要求較高。

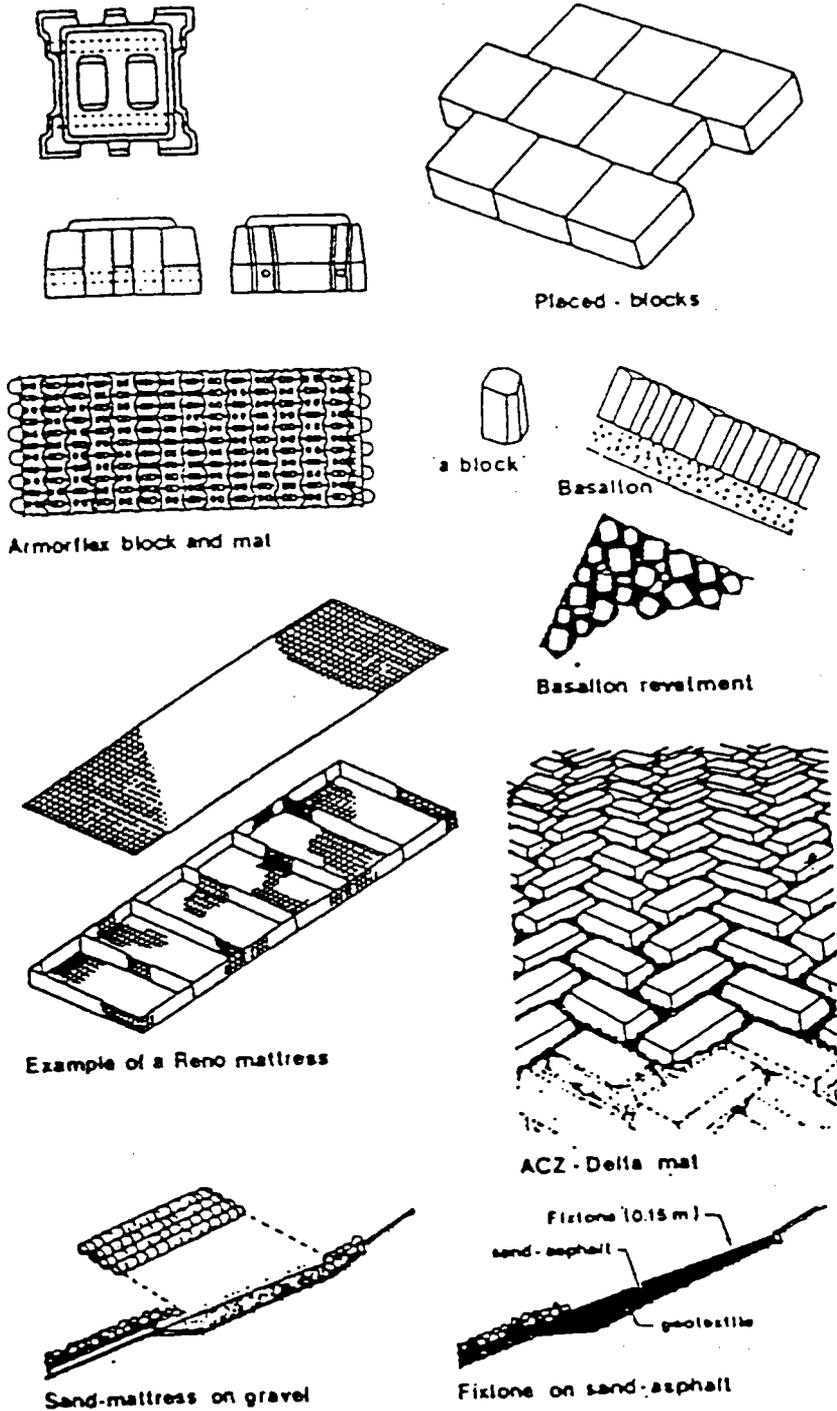


圖 4-2 鋪面板形狀

1. 該不該建海堤？
2. 海堤究竟應設置在什麼位置最適當，亦即最不致於造成海灘之侵蝕而又能有效阻擋波浪及禦潮？
3. 海堤的堤面坡度究竟應採用多少最能有效消浪，又能防治海灘之流失？
4. 海堤堤面採用什麼型式既不妨害景觀又能安定及消能？
5. 如何防止堤趾沖刷？

海堤只不過是許多海岸保護工之一，但常被誤導為優先考慮之工法，實則海堤興建之後會改變海岸過程，並且會加速海岸侵蝕，如非屬必要以不建為宜。不過如果地勢低窪容易發生溢淹及危險，或者侵蝕速度很快導致高經濟損失或生態損失，則不得不做海堤保護之，唯應對負面影響充份考慮設法彌補，即盡量設法減少反射，以及海堤兩端未建堤部份海岸近岸流，包括離岸流產生之離岸輸砂及沿岸流可能導致鄰近海灘侵蝕，而以採用柔性工法達到此要求，在海堤前最好能以養灘創造海灘吸收波浪。

關於第二問題，如果有充份之腹地海堤位置應盡量後退，俾保留海灘吸收波能，但往往由於海堤常常用於保護居民或田地防浪禦潮，並無充份之腹地容許如此，甚致於常常需設置於灘線乃至於海中，以致於建設後反因反射加強造成海岸侵蝕，即使設置於海灘上暴潮溯升能到達之範圍內，任何地點或多或少均有產生反射之可能，堤趾愈近灘線反射愈強，愈有造成海灘流失之可能。若能於此範圍內找到最佳之位置，亦即離岸距離或堤趾高程最不致於影響海灘安定，又不受制於腹地當有助於堤線之決定。唯此事與海灘坡度、海堤坡度及型式，乃至於海灘粒徑均有關值得深入探討。

關於第三問題，從前都採用重力式直立堤，乃至1:2以上之陡坡堤，以致造成強烈之反射與回流乃至沿岸流，海灘或海底土砂因而流失，本欲保護海岸者卻反而加速海岸侵蝕。荷蘭採用1/6~1/10坡度頗具成效，日本近年反省之後亦均改為緩坡堤。採用緩坡堤固然會因而需佔用較寬之腹地，同時海堤斷面積增加可能影響工程費，但緩坡堤不但反射降低潮升高亦降低，因而堤高相對降低不致太阻擋視界影響景觀，同時人民欲下海親水亦較方便，從環境及景觀上乃至防治侵蝕言都比陡坡堤優秀。從工程經費言，堤面面積增加及堤體斷面積增加可能因而增加工程費，但保護層厚度及重量減輕、堤高降低、施工容易等因素都可能使工程費略為降低。因此以什麼坡度即能不致於造成工程費之增加，卻能不致於造成海灘流失，乃至於可促進海灘成長達到海岸保護與親水目的，如何選擇堤面坡度才合理有效應為研究之方向。

通常海堤波緩於1:3之堤防或護岸稱為緩坡堤。如果堤面採用不透水性、光滑混凝土面則消能不佳，採用消波塊又有礙景觀阻擋親水難達消能又親水之目的。因此緩坡堤常採用表面具有粗糙又有透水性之堤面，降低反射及潮升。在1970年代以前台灣若干海埔地堤防均採用1:6或1:7之 $\phi 30\text{cm}$ 卵石，堤下鋪設過濾層，這些海堤雖未使用混凝土卻安然無恙，值得吾人思考學習，唯現在不但卵石取得不易施工亦有困難。荷蘭、日本等國乃採用平板型混凝土塊(concrete slab block)代替過去之不透水性混凝土面或透水性之菱型消波塊，此種平板型混凝土塊介於以上二種堤面中間，雖透水性不如消波塊，但比混凝土面強亦不妨害親水性，而工費卻因只有一層，混凝土塊數量減少，會較消波塊便宜且施工亦容易各種常見之鋪面板形狀如圖4-2所示。但這種堤面會因上舉力(up lift force)增加被掀起或滑動，失去保護下層過濾材料之作用，其設計之重點在表層安定重量需多少？過濾層用何材料及多厚？次層(subsoil)應如何設計等，而這些均與上舉力及間隙壓力(pore pressure)有密切關係，同時又與表層空隙率有關，而空隙率又與消能有關。過去若干試驗及現場經驗證實，適當之坡

度與空隙率不但可防止沖刷，反而使砂灘有若干之堆積。在設計此類海堤時應對空隙率(或透水性)與上舉力及間隙壓力等破壞力學有充份之明瞭，方不致於失敗。

堤趾沖刷為海堤安定之致命傷，海堤之潰壞往往由堤趾沖刷所引起，一但發生沖刷堤址水深增加使得波能增大，流遠及溯升增加破壞力加強，而堤面坡度因堤趾折斷而變陡，均會導致上列破壞因素之增強，最後導致全堤倒坍或潰壞，因此設計時需充份加予考慮防治其發生。比如各種海堤斷面之沖刷深度如何？用什麼工法？用何種材料保護？基礎深度或寬度應多大？多需釐清。由於沖刷深度與海堤坡度、空隙率、波高、波向、堤趾水深、底床粒徑等等因素有關，現象複雜，目前現場實驗資料尚屬有限，有待深入研究。

§ 4-3 突堤群(Groynes)

突堤為大約垂直或垂直於海岸線由砂灘向海興建，用以控制海灘地形、沿岸輸砂、改變海岸線方向、阻擋沿岸流或壓迫潮流方向之結構物，其平面形狀有直線型、L型、T型、Y型與曲折型等如圖 4-3 所示。有採用透水性亦有不透性堤，使用材料有拋石、混凝土塊、板樁等，因欲阻擋之沿岸漂砂量、材料來源、成本、波浪與施工需要而有不同選擇。

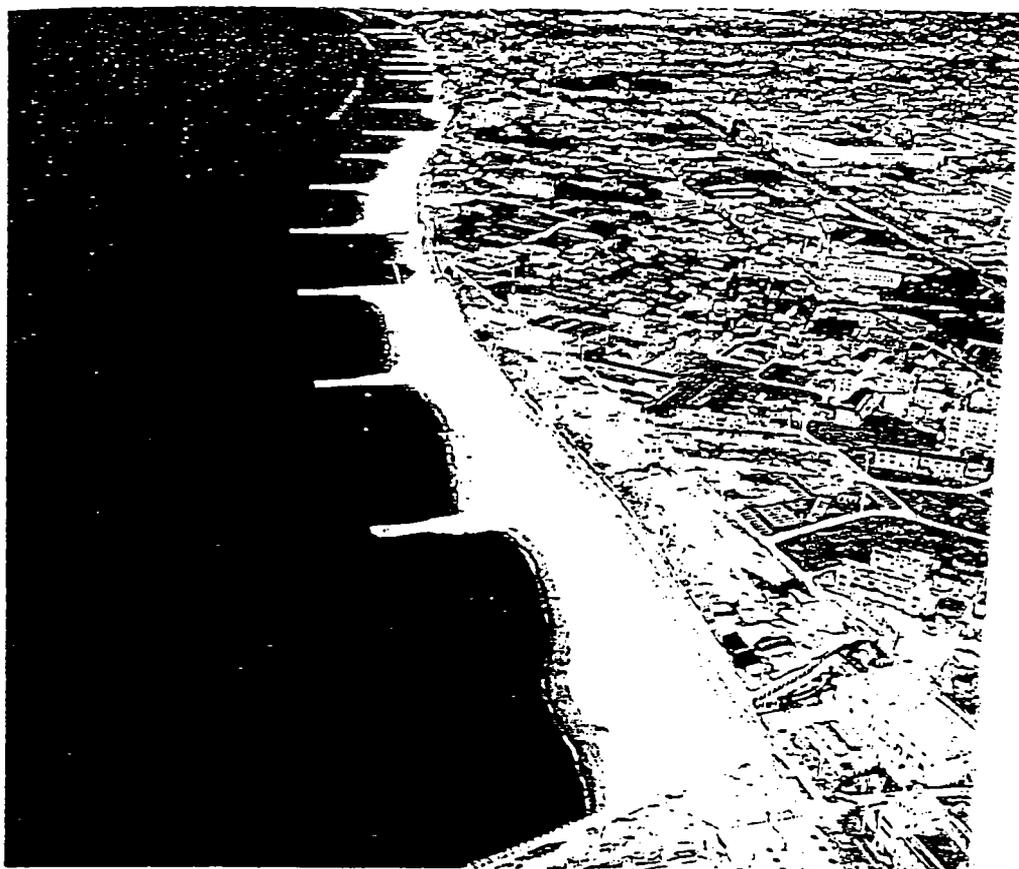


圖 4-3 突堤群

突堤一般由大潮平均海水面起向海延伸，其長度視所欲阻擋之沿岸輸砂率而定。如堤頭延伸至碎波點大約可阻擋 80% 沿岸輸砂，碎波線至灘線間長度與捕砂率之關係略成直線遞減。為考慮鄰近海岸之安定輸砂應能繼

續供應到下游側，以不大量阻擋沿岸輸砂為宜，故中間段之堤長大約以延伸至碎波帶長度 0.6-0.4 倍為度，或大約伸長至平均低潮位時水深 1.5-3.0m，就分別可阻止約 50-75%之沿岸輸砂量，同時兩端之突堤其堤頭以 5° - 6° 斜角遽減。實際之突堤長因潮差、前灘坡度、粒徑、堤高而異，在日本突堤長度 58%短於 30m 即有效防止侵蝕，英國平均長度則介於 60-95m，因卵石灘或砂灘而異。

突堤間隔因欲建立之砂灘高、灘線方向、波向角等而定，間隔窄則漂砂被迫流向外海，太寬則堤腳被侵蝕，故以最後形成之海灘上游側不超過堤腳，下游側不超過堤頭，而能保持最大砂灘面積為佳。一般以堤長之 1-3 倍配置，粒徑愈粗間隔可愈寬，英國之平均寬度卵石灘 60m、砂灘 130m，堤長/堤寬比分別為 0.5-1.7 及 0.8-2.7，突堤高通常由夏季或冬季砂灘最高灘頂高度平行灘面降到高潮位。

以上係基於若干經驗法則由成功案例之歸納，及一些實驗與數值模擬所得之結果。突堤功能應與當地波浪條件、潮差、海灘坡度等有密切之關係。上述經驗法則是否可適用於台灣海岸，有待進一步研究。

§ 4-4 離岸堤

離開海灘平行或大致平行於海岸線成島狀建設於外海中，用以促進海灘成長保護海岸之結構物稱為離岸堤。離岸堤由於其背後波浪繞射形成蔭蔽區，波高及沿岸流速減緩，使得沿岸漂砂沉澱淤積於堤後，形成突出於原海岸地形之砂嘴(capstan spit)，最後形成繫陸島(tombolo)如圖 4-4。離岸堤最初採用於義大利、日本，因其效果良好，美、歐漸多採用做保護海岸促進砂灘成長之結構物，唯因建設於海中受力頗大結構物需堅固，故成本極高且受施工設備之限制等使用率不高。離岸堤之長度大小及高度一般視地形及攔砂需要決定，通常採用透水堤以便漂砂能自外海滲入。離岸堤雖可使堤後累積漂砂形成海灘，但亦能使其漂砂下游側發生侵蝕堤前發生沖刷。離岸堤與防波堤雖在結構上類似但功能不同，防波堤僅做阻擋波浪破壞波動消滅波能之用，離岸堤則兼具減衰波浪與控制海灘安定之功能。由於離岸堤突出海面嶙峋不雅觀，故最近有採用潛堤(submerged breakwater)之趨勢，即將堤頂降低到低於平均低潮位以下以免破壞海岸景觀。



圖 4-4 離岸堤群

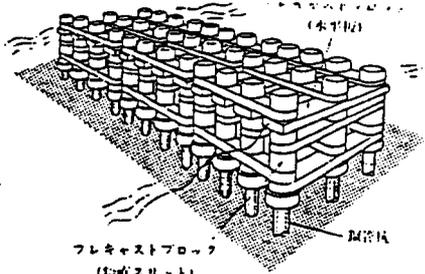
離岸堤建設後海岸線變化之反應，主要因素來自鄰近海岸之沿岸漂砂、向離岸漂砂、離岸堤佈置方式、波浪條件及海灘坡度與粒徑。如波向與海岸垂直入射則堤背部後波浪繞射，將土砂從堤開口輸送到遮蔽區，最後海灘線調整到與繞射波峰線成平行，輸砂量趨近於停止，故caspate spit或tombolo呈現對稱形。如波浪斜向入射，則離岸堤下游側沿岸漂砂量減少導致沿岸漂砂沉積下來，caspate spit偏在堤後下游側形成，亦能慢慢成長為tombolo，一旦tombolo形成則沿岸輸砂完全被阻斷，無法繞過堤供應下游海岸，此後下游海岸將形成嚴重侵蝕。斜向入射波形成之caspate或tombolo地形不對稱，其形狀因離岸堤長、離岸距離及近岸波浪條件而異。這些海岸線變化大致可由數值模擬加以預測。而最近對離岸堤背後地形變化之物理模型試驗亦不少，頗有助於地形變化之了解。離岸堤設計時必要考慮到興建後之利弊，

究竟以後之海岸線成為caspate spite好或成tombolo地形好？tombolo之形成可獲得較寬敞之海灘，提供休閒設施及遊憩區與安靜之水域供遊客利用直到離岸堤，但如前述如果波浪斜向入射之海岸，恐有阻斷沿岸漂砂引起下游侵蝕之慮，故波浪斜向入射之海岸以採用caspate spite形海岸為宜，尤以波向有季節性變化之海岸採用caspate spite形可使大部份沿岸漂砂通過堤背繼續供應上下游，又不致於迫使漂砂通過堤前而流失到外海，對兩側海岸地形改變較少應較有利。

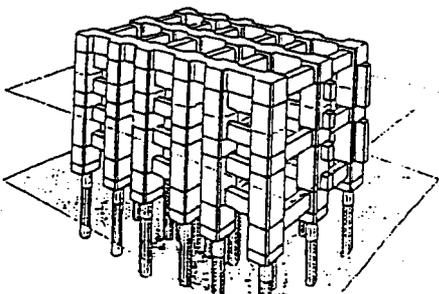
1)離岸堤型式有

- A.單支島堤或分隔堤(Segmented Breakwater)。
- B.潛堤或露出堤。
- C.透水堤或不透水堤。
- D.消波堤或離岸堤。
- E.拋石堤、沉箱堤、椿堤、浮堤、廢船堤。
- F.平行板堤、氣襄堤。

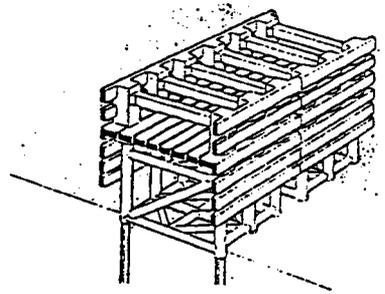
各種型式之離岸堤如圖4-5所示。



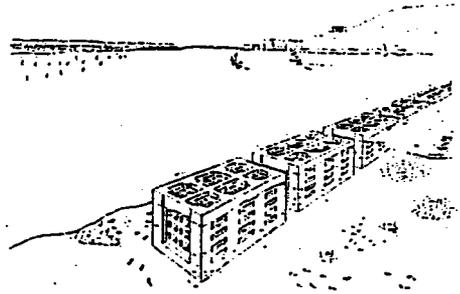
a) 預鑄水平板離岸堤



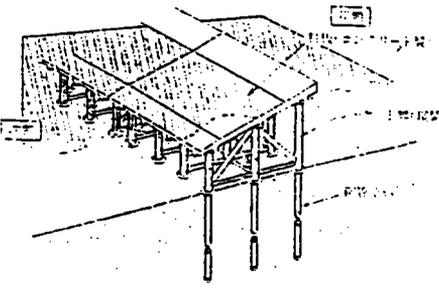
b) 預鑄多重框離岸堤



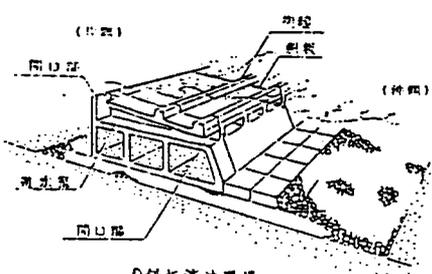
c) H型框離岸堤



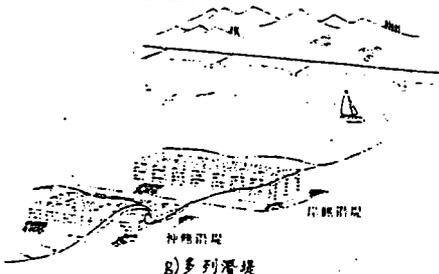
d) 透過水平板樑沉箱離岸堤



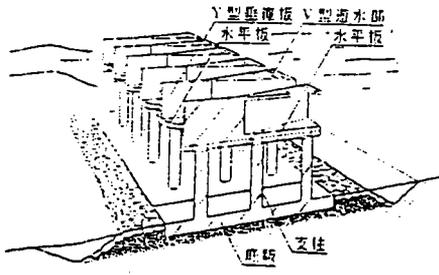
e) 預鑄箱管式離岸堤



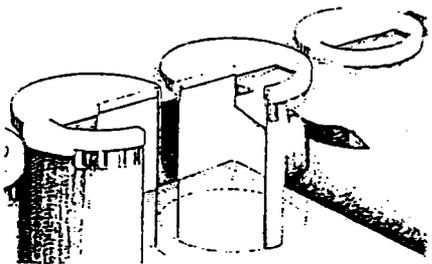
f) 斜板波濤堤



g) 多列潛堤



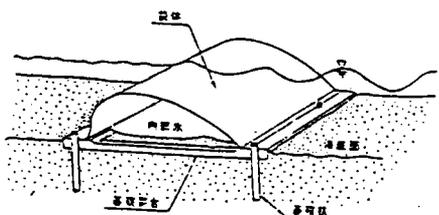
h) 複合波濤堤



i) 圓板圓筒離岸堤



j) 菱型堤



k) 鑽石式潛堤

圖 4-5 各種型式之離岸堤

為消減波能獲得寧靜海域及保護結構物之需要者，通常採用長度甚長之單支島堤，為養殖及保護海灘者則多採用留有開口連續排列之分隔堤，俾使漂砂能自開口流入或有海水自開口流入與流出促進水流交換改善水質，而同時又保有寧靜水域。為景觀環境需要或供養灘目的者通常採用潛堤式，而為養殖目的者亦有採用潛堤或浮堤，以利海水可自堤頂或堤下交流，此種型式又以灣內養殖區多採用之。

在海崖或海灘保護上常於灘線附近興建消波堤阻止波浪直接沖擊海崖防止侵蝕。為使水流不僅自開口流入亦可自堤身流入或排出，通常採用拋石或消波堤之透水堤，消波塊堤不但粗糙有利反射之減低亦可適當的減少斜向入射時之沿岸流減少沖刷。倘使目的僅在阻止波浪則採直立堤或混成堤亦可。

2) 離岸堤設置位置

離岸堤之設置目的在阻止漂砂移動，在促使其背後形成砂嘴或繫陸砂洲，故其設置位置即離岸距離應有足夠於使波浪與流減衰到漂砂沉澱之最小空間，但一方面從經濟觀點言又以盡量靠近灘線才能節省工程費，亦需考慮到盡量離開地形變化大坡度陡急之處。離岸太遠設置水深太深，非但不經濟，地形變化亦較大，也會使沿岸流無法減緩不易形成繫陸島，而流及波之減衰又與開口寬度有關，故設置位置尤需配合堤長與開口比例，以及碎波位置與設置位置之比例，頗難決定一良好之法則。日本離岸堤之離岸距離有從10-300m，水深±0-8m者，但以離岸30-100m，水深3-5m者所佔比例最多，未滿水深5m者佔90%。美國CERC認為離岸距離Y必須大於離岸堤長B。

$$B < Y$$

蓋如此方能使自兩端之繞射波未達海岸線即交叉，始有機會形成繫陸砂洲， $B < 2Y$ 幾乎都形成。在開闢海岸其設置水深一般介於1-8m，設置於

正常碎波帶內較易促進海岸線之生長形成繫陸砂洲。如設置在碎波帶外則大部份沿岸漂砂會通過堤外海側，攔砂率較低海岸線調整較緩慢，此一做法通常在陡坡碎波帶狹之海岸採用。從波浪透過率以及水位上升言，如離岸距離不到 $1/5-1/10$ 波長，必有明顯之水位上升增加海堤越波量。

依清治等(1986)現場資料之統計，砂嘴面積比

$$T_s = \frac{1/2L_c B_c}{BY} \quad (4-1)$$

L_c 為繫陸島高度， B_c 為其半長度

於海岸較緩砂洲發達之海岸大約於 $B/Y \doteq 1.6$ 時最大。此即表示如欲使繫陸島相對面積最大，則堤長與離岸距離保時 1.6倍最佳，而設置水深 h' 與碎波水深之比 h'/h_b 大部實例均在1以下。 h'/h_b 值愈大 T_s 愈大，即離岸愈遠相對堆積面積愈大。而就海底坡度陡急無砂洲之海岸，則以 $B/Y \doteq 2.0$ 時 T_s 達最大值， $B/Y > 2.0$ 無明顯增加， $h'/h_b > 1$ 時， T_s 反而減小，表示設置於碎波帶外之離岸堤繫陸島面積比反小。

野田等(1983)在三維試驗中指出 $X/X_b = 0.56$ 時Tombolo最發達，設置於碎波帶外無漂砂透過堤輸入堤內，反之接近灘線則為迴流帶走流失。榎木則認為離岸距離要 $5/4$ 倍堤長方能堆砂。

Savage亦由單支堤試驗獲堤長波長 L_o 比得 $B/L_o = 1$ 、 $Y/L_o > 5/4$ 時方能產生砂嘴，而篠原則得 $B/L_o = 1.13$ 時 $Y/L_o = 2.0$ ($Y/B = 1.76$)時產生砂嘴。

3)離岸堤長度

一般離岸堤離岸愈遠每座長度愈長，同時開口亦可較大。依豐島之建議堤長 B 與堤趾波長 L 之關係應依設置水深調整，其關係如下表：

表4-1 堤長、離岸距離、堤趾水深關係建議案(豐島)

堤趾水深(m) h		離岸距離(m) Y	堤長(m) B	開口比(m) G	備註
灘線附近			(2-3)L	1L	面對外洋陡海 每座B=50-100 m, G=20-30m。
小水深(<-1.0m) (陸上施工)			(3-5)L 或60-100	1L或10-30	潮差大,滿潮時 波長之浪來處 長要長些。
中水深 (-2--4m)	單堤	(1-3)L	(3-10)L 或100-300		
(海上施工)	群堤	(0.3-1)B 或30-100m	(2-6)L 或60-200	1L或20-50	
大水深超過惡劣 海象時碎波帶外		依水深、繞射、 水面利用決定。			以遮蔽、碎波為 的,不期待淤砂

亦有建議離岸距離之2倍($B=2Y$)為堤長者,依 $B/Y=2$ 時面積比最大,此一建議頗為合理,豐島之建議案大致亦有此比例關係。

樁木(1991)認為堤長約為半深海波波長 $B=L_0/2$,或堤長約等於一波長($B=L_0$),但設置於碎波帶外時可捕捉50-70%自上游流下之沿岸漂砂,堤長等於波長但設於碎波帶內時可捕捉全部沿岸漂砂。

依Nir(1982)調查以色列離岸堤之地形所得結果,離岸距離介於70-216m,堤長180-314m, $X=距離/長度=0.38-0.97$,平均砂嘴 h_s 高度與之關係為

$$h_s = 1.786 - 0.809X \quad (m) \quad (4-2)$$

即距離／長度比 $X > 2$ 時不積砂。

依據栗山、加藤(1988)歸納日本沿岸五處人工養灘之離岸堤，海灘安定後離岸堤長度 Y_b 與堤後海岸線起伏之振幅 X_a 之間大致有如下關係： $X_a = 0.2B$ ；而與海岸線最凹處之距離則為 $X_b = 0.65B$ ，唯日本海柏崎海岸則偏離此關係甚多。

開口寬度 G_o 與離岸堤長大致維持如下關係：

$$G_o = 0.3B \quad ; \quad B < 160m$$

$$G_o = 1.8B - 230 \quad ; \quad B > 160m$$

故一但 X_b 條件給與，並決定 B, G_o 之後即可由此求得 X_a 。又據川口等(1972)之試驗 $B=0.73L_o$ 時繫陸島之規模較大。

4) 開口寬

分隔堤開口部份一則可使水流及波浪自開口部份灌入，保持良好水質，亦可使漂砂自開口處輸入，同時亦可利用為漁船進出之用。開口部份不建造堤亦可節省不少工程費，但開口太大則波浪遮蔽不良，不利漂砂沉積，同時堤防溯升及越波量增高無法達到海岸保護之目的。如何調整堤長／開口寬比及離岸距離，才能使堤背後能產生最大攔砂量達到保護海岸之目的當為設計之重點，但到目前尚無規則可規範乃在探討中。

川口等(1972)曾由一連串之試驗，以二支離岸堤堤長一定($B=L_o/2$)，改變設置位置及堤長／開口比舉行試驗，觀察堤後所形成之地形，將此分為四類：

A型：單頭型砂嘴：二支離岸堤相連成一支堤。

B型：台字形雙頭型砂嘴：砂嘴波谷亦較原灘線前進。

C型：雙頭型，但開口處海岸線幾乎無變化，堤後有砂嘴介於D、

B型間，自海岸防侵觀點乃一臨界型。

D型：雙頭型，但開口過寬，離岸堤後之砂嘴砂源取自中間海岸，
開口部海岸侵蝕後退。

歸納試驗結果如下表4-2及表4-3：

表4-2 開口幅與繫陸島形狀

開口幅 B	離岸距離 Y=L ₀				離岸距離 Y=0.73L ₀				離岸距離 Y=0.46L ₀			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
0	0	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—
L ₀ /8	0	—	—	—	0	—	—	—	—	0	—	—
L ₀ /6	0	—	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—
L ₀ /4	—	0	—	—	—	0	—	—	—	—	0	—
L ₀ /2	—	—	0	0	—	—	—	0	—	—	—	0
L ₀	—	—	—	0	—	—	—	0	—	—	—	0

表4-3 具有海岸侵蝕防止效果之開口幅界限與離岸距離

離岸距離 Y	開口幅 B (A,B,C型)	開口幅G ₀ (A,B型)
L ₀	L ₀ /2以下	L ₀ /4以下
0.73 L ₀	L ₀ /4以下	L ₀ /4以下
0.46 L ₀	L ₀ /4以下	L ₀ /6以下

由此可知離岸距離短時開口寬度需採較窄之寬度方能不致於使海岸侵蝕，開口寬於離岸距離 $Y=L_0$ 、 $0.73L_0$ 時要 $L_0/4$ 以下， $Y=0.46L_0$ 時要 $L_0/6$ 以下方有效。

清治等(1986)依據現場資料開口寬與堤長比 G/B 對開口部份灘線之變化量，指出 $G/B \div 0.3$ 者海岸線均有前進且前進量有達50m者， $G/B \div 0.3$ 、 $B/Y \geq 2$ 時海岸線不前進，即離岸距離小於堤長一半海灘不見前進。而 $G/B \div 0.5$ 者前進後退各半，前進量最大不過10m，後退最大達20m。

$Y < B/2$ 時海岸後退，此原因乃開口部之波高因離岸堤之設置反較原來增加之故。

又依Pope & Dean(1986)調查美國離岸堤之結果指出：堤長 l 與開口寬比 G/B 小，同時堤平均離岸距離 Y_{ave} 與水深 h 之比 Y_{ave}/h 小時易形成Tombolo，反之不易。

§ 4-5 人工養灘

砂灘為可有效消滅波能且不破壞環境之海岸保護工。海岸侵蝕乃起因於砂源自然供應之減少，故如於砂灘放置客土應可恢復或形成海灘免再侵蝕獲得海岸安定保護海岸之效果。於侵蝕海岸堆放並定期補充客土之工法稱為人工養灘(Artificial beach nourishment)如圖 4-6。於實施人工養灘前需對於當地侵蝕性海岸之水理特性及客土之力學機構應有詳細調查分析其可行性，必要時應建突堤防止或限制沿岸漂砂被帶往下游側，減少堆砂之流失保持突堤間砂灘安定，亦應設潛堤防止離岸輸砂之流失。海灘特性因波浪而異，從海灘斷面安定言，波浪、海灘坡度及粒徑間之關係為決定侵蝕或堆積之重要因素(參照 Sunamura 公式)，故可借坡度及粒徑之改變獲得侵蝕之改善。規劃養灘時應做下列事項之評估：

1. 推估當地及鄰近海岸沿岸輸砂量及缺少量

沿岸輸砂量可由沿岸輸砂公式與沿岸能量之關係求得，或由歷次空照、地形圖等之比較求得長期變化量。通常灘面損失一平方公尺約損失 8 立方公尺砂。

2. 評估當地海灘土砂性質

目的在由當地與借土土砂之比較求得一適當之海灘動態平衡關係。取樣應年二次分別於夏冬兩季舉行，範圍介於波浪作用到之高灘地至土砂移動臨界水深間，篩分粒徑分析作為選擇借土之用。

3. 評估借土區土砂性質

土壤組織影響養灘後在波浪潮汐與水流等自然力作下之適應潛能。這些作用具有篩分作用會重新分佈借土，將細粒者帶往海側粗粒徑者存留於灘面，使置土慢慢接近原有當地海灘粒徑結構並減少海灘土方。同

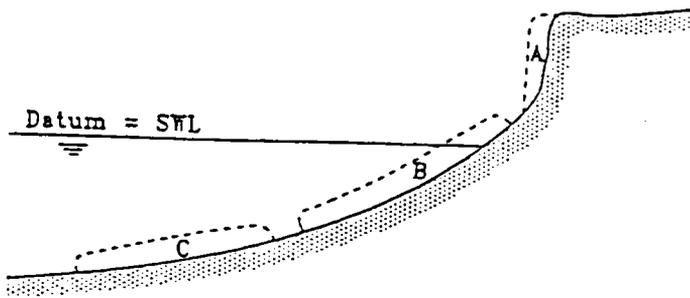


Fig. 4.1 Possible nourishment zones

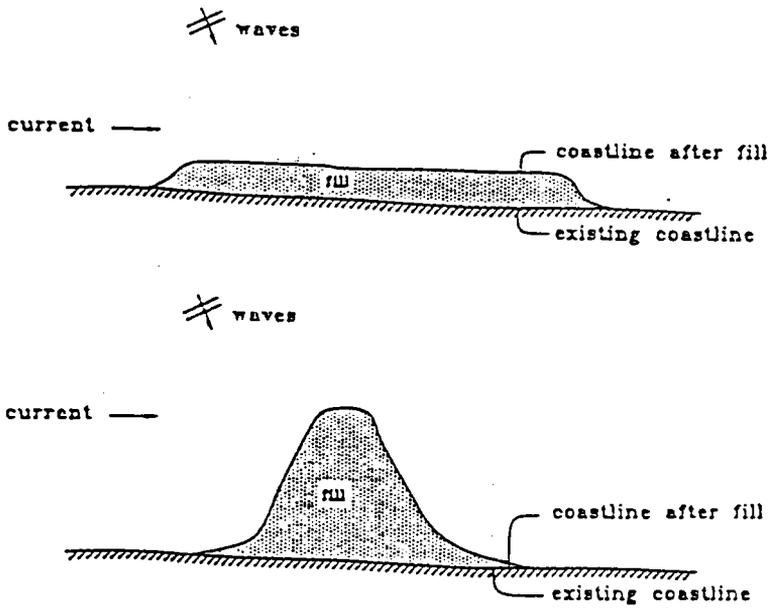


Fig. 4.2 Fills in plan view

圖 4-6 人工養灘

時使近岸坡度變緩前灘粒徑變粗坡度變陡。粗粒徑底質在暴風浪下被帶往外海，但浪靜後運回之機會不大，唯如粒徑甚粗則在惡浪作用下仍能安定無損，但如借土較原有海灘粒徑甚細，則可能一次大暴浪即大量損失。借土與原海灘粒徑相同者最適宜，稍粗者亦適用，波浪篩分作用可假定與原海岸相同，輸砂損失與原海岸類似。

4. 平台高度及寬度評估

海灘有時無平台亦有一或數道平台者，低平台乃在正常波浪下之溯升所形成，高平台則為暴風浪下之波浪及波推昇所形成。如置土低於正常平台則高潮時波浪會越過平台頂積水，故置土應高於此。如原海岸有平台即可做為指標，非則可由溯升公式推算設計平台頂高程。平台寬可由颱風期可能損失量再加最小要求保護後灘寬估計，如做休閒游泳用則應由休閒需求面積計算之。

5. 坡度估計

坡度設計之目的在估算填土土方。初期前灘坡度可假定平行當地或對應之天然海灘低潮位上之坡度設計，外灘坡度則依當地或鄰近海岸低潮位下至明顯移動水深間平均坡度計算，或約以 1:20~1:30 坡度自低潮位斜線延伸至與原海床相交處。

依 Vellinga(1982)之研究，原有海灘砂粒沉降速度為 ω_1 ，客土之顆粒沉速度為 ω_2 ，則等深線 d 之原海原離岸距離 l_1 ，與新海灘經波浪作用後同一水深之離岸距離 l_2 之關係為

$$\frac{l_1}{l_2} = \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^{-0.56}$$

坡度亦可以同一關係設計。由此可知移置之客土粒徑如粗於原海岸則坡度可維持較陡，反之粒徑如細於原海灘則經波浪篩分後被沖走而需

有較平緩之坡度才能維持安定剖面，準此如在外灘無潛堤阻擋時養灘頗難維護，需持續補充。

6. 剖面預測

養灘後安定剖面可由 Bruun 或 Dean 之指數函數式

$$h=Ay^{2/3}$$

或
$$h=By^{2/3}d_{50}^{1/3}$$

h ：水面下水深， y ：離岸距離， B ：常數

ω ： d_{50} 之沉降速度， d_{50} ：平均粒徑

或由 Vellinga(1984)

$$h=0.70(H_0/L_0)^{0.17}\omega^{0.44}y^{0.78}$$

等公式計算。

7. 斷面活動範圍推算

客土粒徑如與原海灘相同或細則海灘剖面可能發展之最大水深影響堆砂量之推估。海灘活動極限水深可由 Hallermeier(1978,1981)建議，推算波浪作用下砂質海床變動微小之水深 d_1

$$d_1=2.28H_s^{0.137}-68.5(H_s^2/gT_s^2)$$

$$\approx(1.95-2.00)H_s^{0.137}$$

d_1 : 低潮位下水深

$H_{s\ 0.137}$: 超過 0.137%(12 小時/年)頻率之當地有義波高

T_s : 有義波周期

在 d_1 水深以淺之區域沿岸漂砂及向離岸輸砂在波浪作用下會有較明顯之變化，而以深之外海區則波浪對底床之影響微小，僅有少量之向離岸輸砂到臨界移動水深 d_1 仍有一段距離。 d_1 到 d_2 間之變遷區可假定直線減衰。臨界移動水深由下式推算：

$$\frac{2\pi d_2}{L} = \arcsin h\left(\frac{\pi H_{s50}}{T\sqrt{8\Delta g d_{50}}}\right)$$

或 $d_2 \doteq 2d_1 = 3.5H_{s\ 0.137}$

d_2 : 臨界移動水深

H_{s50} : 年平均波高

Δ : 水中砂粒比重($\doteq 1.6$)

8. 堆土位置

養灘客土可直接堆放於欲保護之當地，亦可儲蓄於其上游，再由沿岸流供應至其下游海灘，儲蓄區與保護區愈遠，所需漂移時間愈久。從斷面言，堆土位置亦可拋放於前灘、後灘或外灘，而後再任由波浪與水流向離岸搬運，最後形成安定斷面。

§ 4-6 人工岬灣

類比於自然小型袋形海灘(pocket beach)大致均會成弧形，海岸線與波向線略成垂直狀，殊少沿岸漂砂保持平衡狀態。此一構想始於Silvester之靜態安定海灘學說，即於海岸以一定間隔設立介於突堤與離岸堤狀之短控制堤，則於二堤間會形成螺旋形安定海岸線。此後再由Tsuchiya提議動態說，並由Hsu再加以歸納實際袋形海岸地形及離岸堤鄰近海岸線，求出經驗公式，建立所謂岬灣控制系統(headland control system)。

人工岬灣工法(圖 4-7)曾於新加坡海岸實施，因該處近赤道且介於島嶼間波浪甚小並無颱風，故海岸線得賴以維持。日本亦於天之橋立海岸之砂嘴上採用此法，該處亦位於內海浪小處施工後海岸即安定。像台灣常有颱風經過，季風波浪亦不小之海岸，於大浪來襲時波浪可能繞過岬角控制堤，而將其背之砂灘沖蝕成為離岸堤狀，且兩岬角間凹進去之弧度可能深入原有之海岸線，倘無相當寬敞之海灘必侵蝕到原海岸線以內失去其建設之意義，而對波向近似垂直入射之海岸，大浪時之離岸輸砂卓越處恐亦無效，僅能用於對小波浪且沿岸漂砂方向一定之海岸保護。

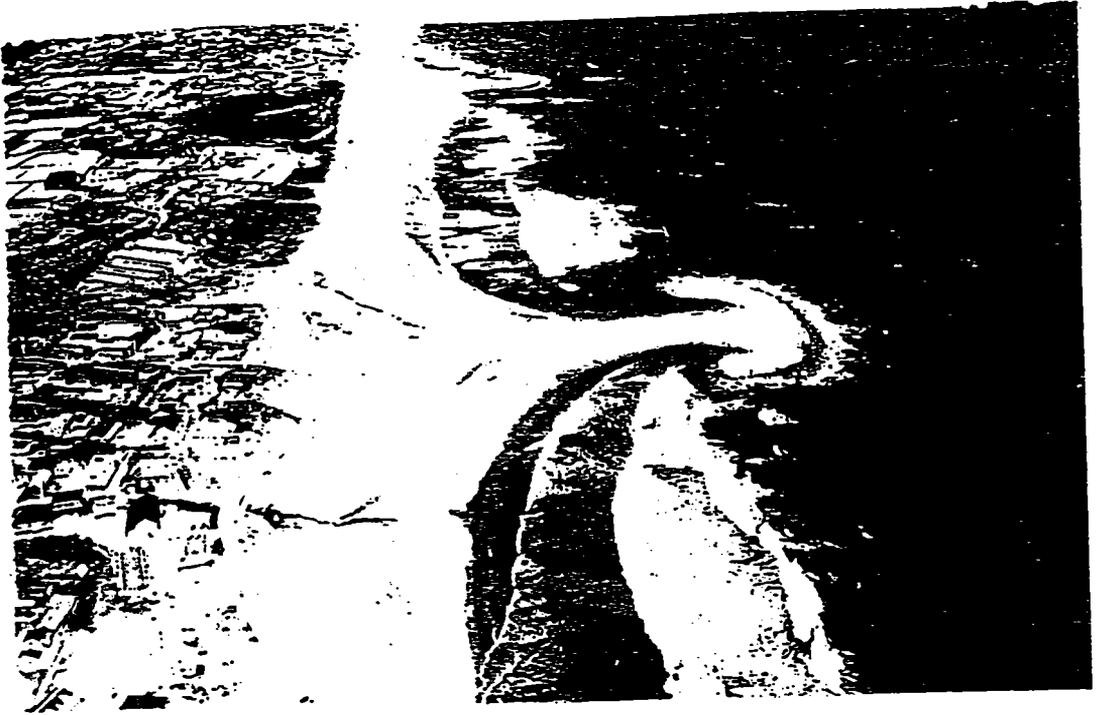
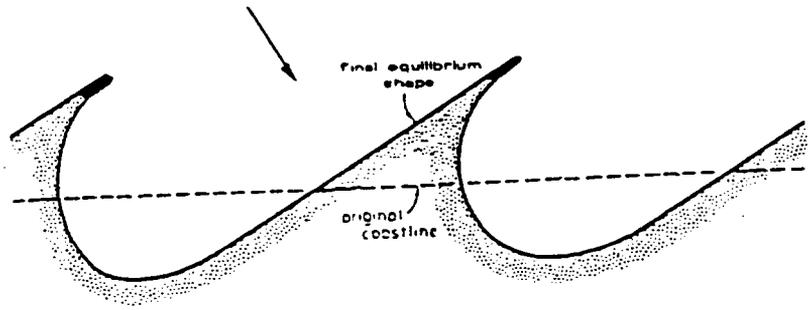


圖 4-7 人工岬灣

§ 4-7 人工砂丘

為人工海灘之另一方式，即於侵蝕海岸或砂丘寬度或高度不足需予以加固之處，自他處借土堆放於海灘上成砂丘如圖4-8，或拋於既有砂丘前、上或後側保護海灘或砂丘。海岸及砂丘之後退量可由Vellinga(1986)經多年試驗所訂出之海岸剖面模式，以百年再現(或其他)機率出現之暴風浪及暴潮做為設計之波高、水位及作用時間，預測可能產生之侵蝕斷面，而事先預壘必要之土砂，供長年大波浪搬運淤積於海灘或前灘。人工砂丘法應屬於人工養灘之一種，只不過堆放之位置在高程較高位置之後灘或砂丘上，做更長時間之考量的一種柔性工法，目前只應用於荷蘭。

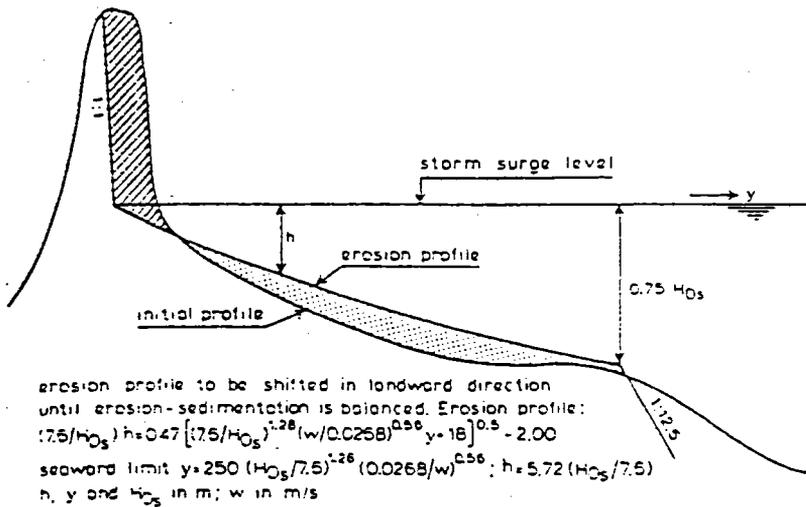


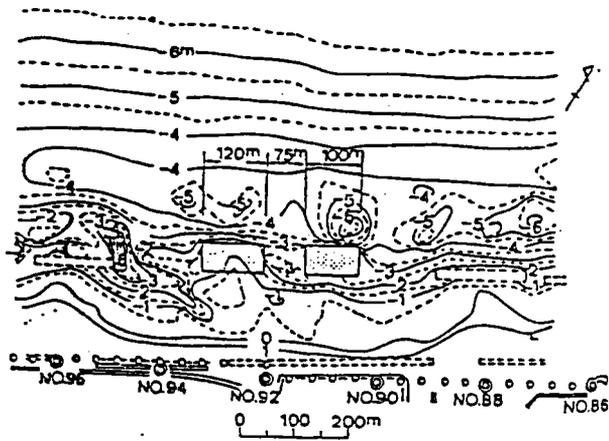
圖 4-8 暴浪侵蝕斷面形狀

§ 4-8 人工潛礁

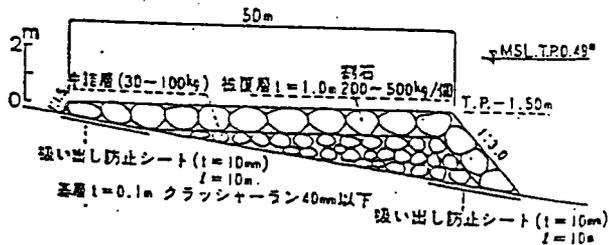
通常潛堤之寬度小、堤頂水深淺，用以強制波浪發生碎波，使波浪減衰或使之反射控制透過波。而潛礁工法(如圖 4-9)則學習自珊瑚礁，由長而淺之礁裙使波浪碎波，借波流之攪亂使波浪減衰失去漂砂能力達到抑制海灘侵蝕之效果。由於一年四季中自夏季小波浪至冬季大波浪，乃至颱風暴浪均可能產生，故潛礁之設計必需針對使用目的選擇堤頂水深(即潛沒度)。由於暴風浪時輸砂力量特別強，同時會將土砂帶往外海方向，使海灘或人工養灘損失，因此應以颱風波浪、暴潮位做為設計之考慮條件。由於水位愈高波浪透過率愈高，故以高潮位做為設計潮位分析波浪之透過率或減衰波浪之基準。透過波之大小由堤頂水深 R 及堤寬 B 決定如圖 4-10，潛礁並非如潛堤離岸獨立於海中，而係繫岸之潛堤。潛礁寬度愈寬愈有減衰波浪之效果，但工程費必更高，以何種堤頂水深及堤寬才能達到抑制漂砂達到海灘保護之目的，應由動床水工試驗決定。

海灘之侵蝕或堆積性之判斷一般可由 Horikawa-Sunamura 判別式判斷。潛礁透過波波高應抑制到多少？可由此判斷式產生，由堆積型海灘 (Type III) $C < 18$ 求得相對應之波高，再由此反推 R 及 B 。唯此乃二維現象，實際現場乃三維問題，此一判斷僅能供參考。

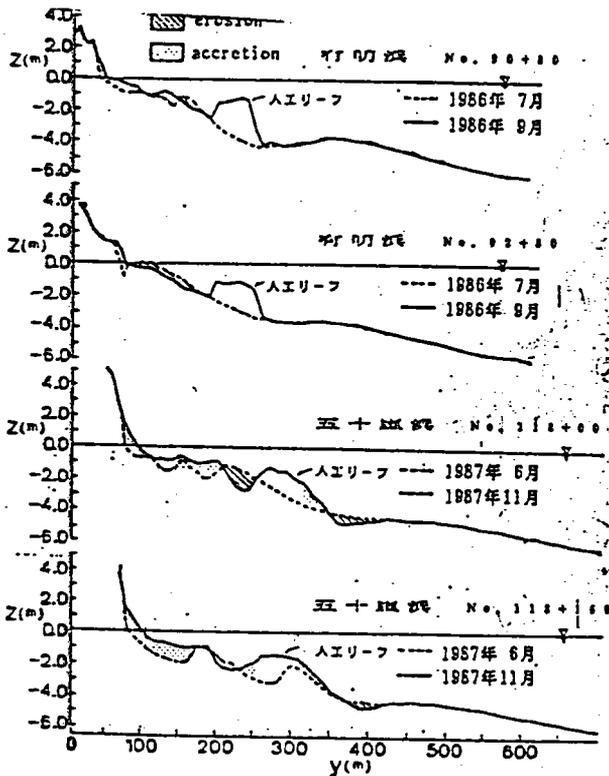
人工潛礁亦如離岸堤需間隔某一距離設一開口。由於開口部份不設潛礁仍然維持原來海床，故該部份波高與潛礁部份不同會較高些，波高平面分佈很複雜、波峰交會，而於潛礁背後產生環流(圖4-11)，開口愈大環流愈強。開口寬與堤長比約為 $1/4$ ，過寬效果不彰。人工潛礁尚在研究階段，其工程費比離岸堤將明顯提高。圖4-12為意大利施工實例。



a. 有明湾人工潜礁周達海澱形状(1987年1月)



b. 人工潜礁断面形



c. 有明湾與五十嵐人工潜礁施工断面

圖 4-9 人工潜礁工法

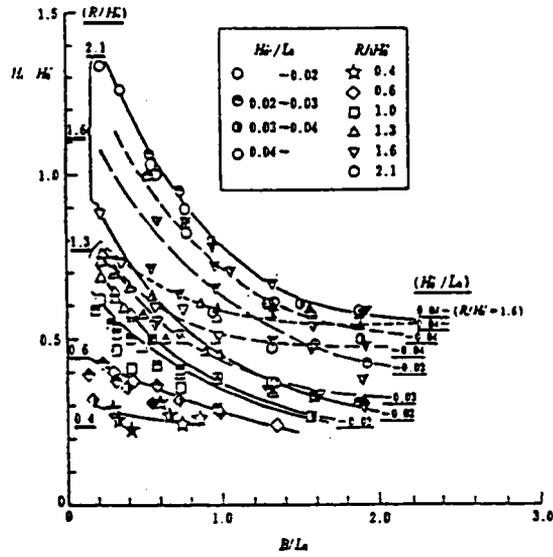


圖 4-10 人工潛礁波高透過係數
入射波方向

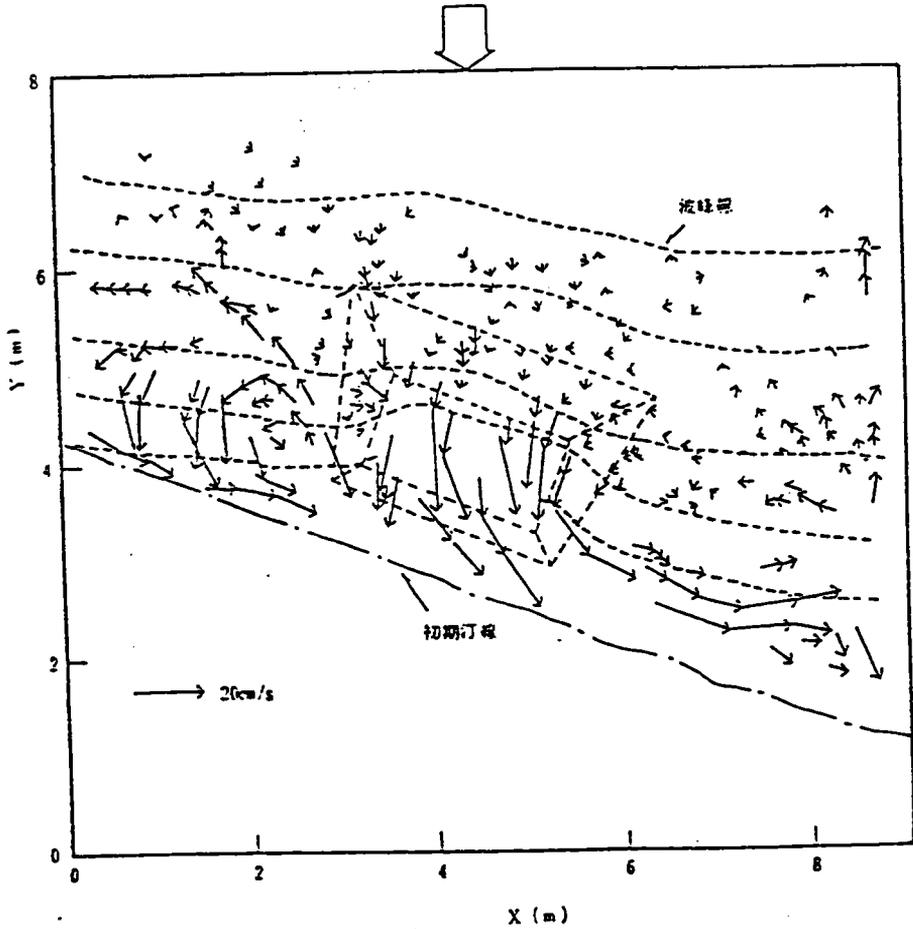


圖 4-11 波峰線形與海灘之流況(實驗開始直後)

§ 4-9 海灘水位降低法

於海灘及前灘下埋管抽取地下水或鋪設透水層等排水系統如圖 4-13，增加溯升海水滲透量、減低溯升高、減緩溯降回流流量及速度，一方可使海灘壓密另一方面可降低地下水位，不但可抑制海岸侵蝕亦可促進低波浪之堆積作用。在丹麥海岸海灘抽水工程中，不經意發現海岸有堆積現象之後，於丹麥、美國開始抽水對海保護之現場及試驗研究，日本則從事於海灘下埋設過濾層之現場及實驗觀測如圖 4-14，二法均經證實海灘地下水位靠重力作用而有明顯降低、溯升流量亦降低、砂灘增厚、平台(Berm)部份於小浪增加約50cm而大浪時侵蝕量減小。埋管抽砂法對原海灘之破壞較小而施工上亦較易，但欲長期抽水非但經費不貲，維護上亦有困難，蓋多年後抽水管空隙及過濾層，日漸淤塞抽水效率將大為降低，埋設透水層必需將海灘掀開埋設後再填回，施工期整面海灘環境受損，雖埋設後地面無結構物痕跡，但經費恐會相當昂貴。

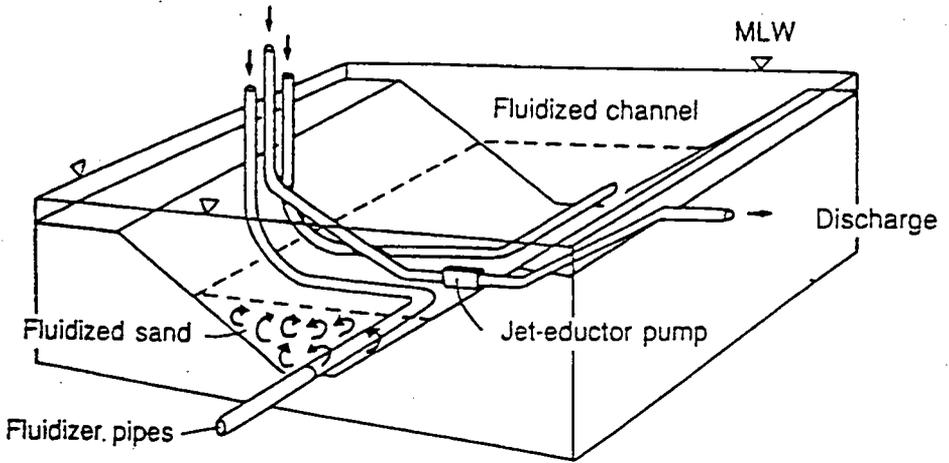


Figure 24.6 Fluidized sand bypassing.

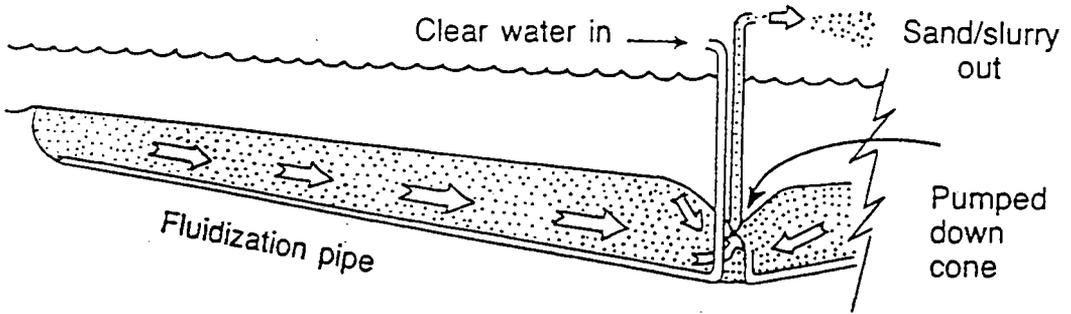


Figure 24.7 Induction of lateral flow in a fluidized channel.

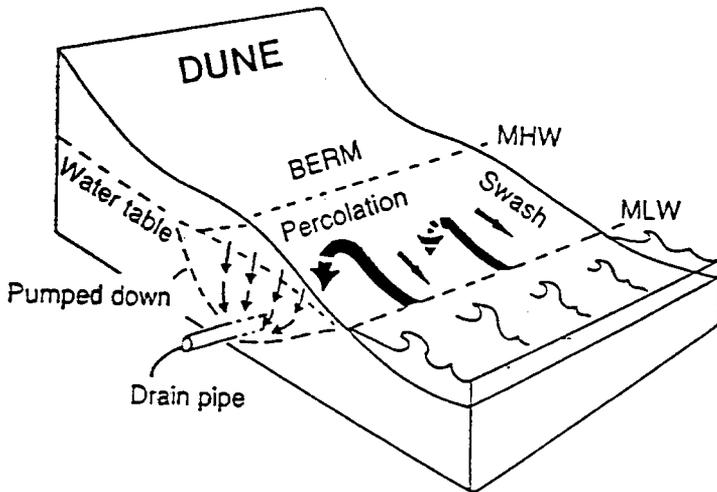


圖-13 海灘抽水降低水位法

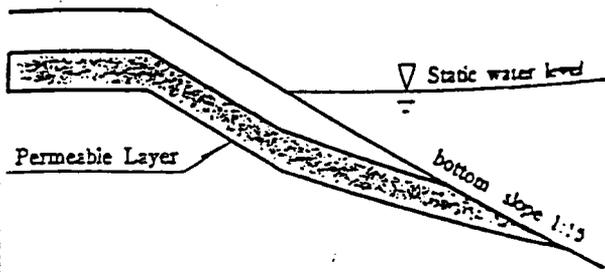


Figure 1 Experimental profile.

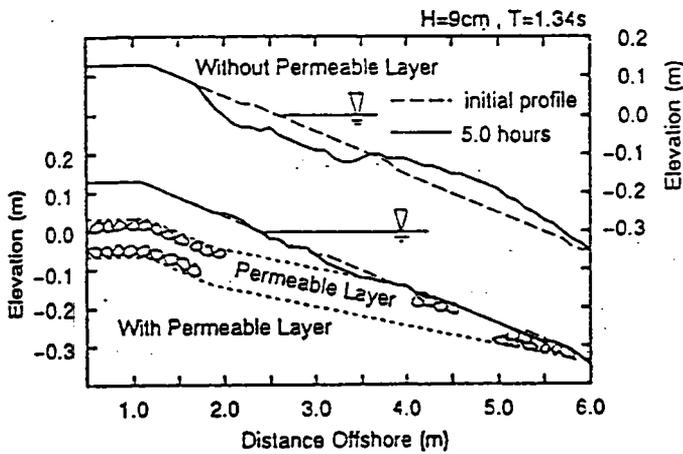


Figure 2 Comparison of profile changes (in two dimensional experiment).

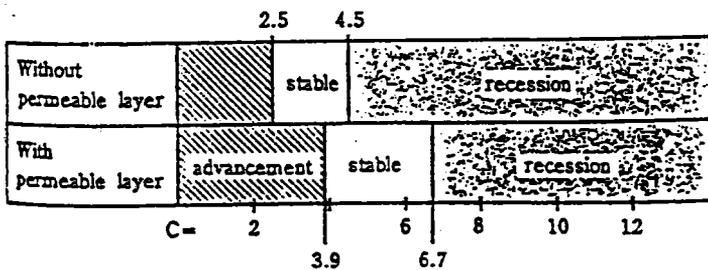


圖 4-14-a 埋設透水層法 (實驗)

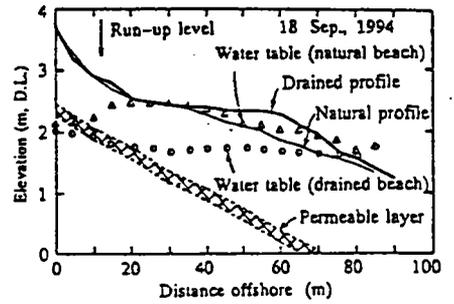


Figure 1 Profiles of ground water table.

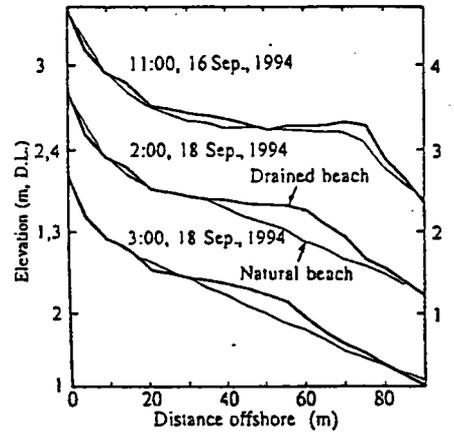


Figure 2 Comparisons of profiles between the drained and natural beaches.

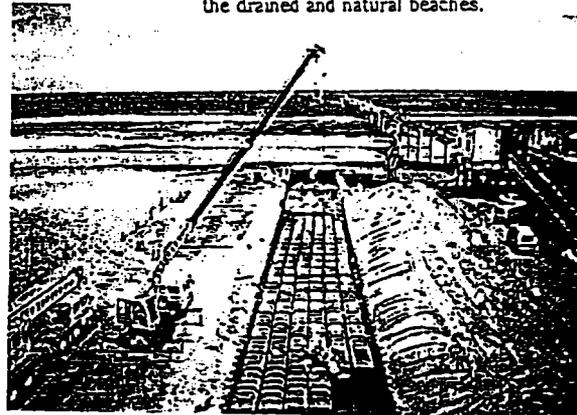


Photo. 1 Execution of porous layer.

圖 4-14-b 埋設透水層法 (現場)

第五章 侵蝕防治研究計畫推動策略

§ 5-1 研究大綱

海岸侵蝕原因及防治方法已如前二章所述，沿海岸侵蝕有如治病，必先診斷病情、病因之後必需開具治療方法，或用藥方或動手術，除卻病源或抑制病情，同時對治療成效需定期追蹤監測。因台灣東西海岸波浪、海岸地形迥異，而南、北海岸特性、河流性質及利用形態各有不同，侵蝕現象與原因亦異，應用之防治方法亦因應而採行適當之方法，國外可行之方法可能因自然現象與社會環境之限制未必能逕加採用，應經詳細調查分析、研究之後，因地制宜設計之。基於此認知本案規劃下述研究大綱，分年實施應能有助於侵蝕之改善。

(一) 侵蝕現況分析

第二章已對台灣海岸侵蝕有初步瞭解，但只做定性上之考察仍需做定量之分析，瞭解各地之侵蝕速度，並依此決定防治先後順序

1. 線變遷分析：由過去歷年地形測量圖、衛星遙測、航照圖等解析海岸線變化速度，掌握侵蝕區及侵蝕速度。
2. 區侵蝕量分析：就既有之歷次水深測量圖分析斷面變化及侵蝕量。
3. 海岸線變化監測：利用衛星定點測量儀(GPS)及航空器每年拍攝海岸線變化。並於侵蝕嚴重區定點連續監視海灘變化。
4. 海崖後退量分析：就東部依海岸線後退速度估算海崖侵蝕體積。

(二)侵蝕原因分析

作用於海岸之主要外力為波浪、潮汐及水流等力量，在平行海岸方向產生沿岸漂砂，在垂直海岸方向產生向離岸漂砂，漂砂量之多寡與波能、粒徑、坡度有關。侵蝕與否取決於供應砂源與波浪輸砂能力，亦即砂源輸入與輸出量之差值。通常海岸漂砂於大河流間或大結構物間會形成輸砂細胞(cell)，於此細胞間分析輸入量與輸出量即可找出侵蝕平衡關係。河川輸砂源於集水區沖蝕量，沖蝕速度因土壤、植被、利用情形而異。如被降雨沖蝕之土砂流入河川中有攔砂埧或水庫則大部份沉澱淤積，部份隨益流排放到下游流到河口堆積於海岸，或隨流消失於外海中。

1.海岸過程分析

1)輸砂來源及變化分析

A.河川輸砂量分析：

- a.集水區沖蝕量估算：分區就集水區之土壤性質、雨量強度、植物類別與密度、土地利用情形等等推估其關係，求出經驗公式，進而推算歷年變化情形。
- b.水庫淤積及推砂量估算：就各河系中之水庫淤積測量推算年淤積量，並蒐集經年河床採砂量等推估近年河川輸砂減少情形。
- c.河口輸砂量及沿岸輸砂分析：依據集水區輸砂供應量、水庫淤積及採砂量及水庫下游輸砂量求得河口輸砂量。並與波浪沿岸輸砂量比較。

B.海岸輸砂供應及損失分析

- a.向離岸、沿岸輸砂估計：依測量或輸砂公式估計各輸砂細胞之向離岸及沿岸輸砂量。

b.輸砂收支平衡分析：綜合以上各項分析結果推估近年各漂砂細胞中之輸砂收支平衡狀態。

2)海岸漂砂特性分析

A.海岸平面特徵與侵淤關係調查：依據測量資料分析海岸線、砂洲分佈與波浪粒徑之關係，分析安定海灘之條件、判斷侵淤之可能性。

B.海灘剖面特性與侵淤關係調查：依據現場測量剖面分析其形狀與粒徑、波浪及坡度，判斷侵蝕淤積與安定之關係。

C.砂丘特性分析：依據地圖沿岸砂丘分佈與規模分析其成因與消長過程與海岸安定關係。

3)近岸流分析

2.作用外力分析

1)各地波浪統計及沿岸能量成份分析

A.既有波浪資料分析：蒐集既有波浪站資料，分析機率分佈，季、年之平均值及極大值，並分析其沿岸能量成份。

B.颱風波浪推算：分析各區之氣壓、最大風速半徑等統計分佈，並進而推算各種出現機率之波浪。

2)各地潮汐資料分析：分析平均水位、高低潮位等，並解析暴潮位機率。

3)各地水流分析：蒐集各地既有海流潮流及沿岸流資料予以整理歸納瞭解其分析。

3.人工結構物對海岸侵淤影響

- 1)防波堤、突堤對周邊海岸地形、輸砂之影響：由防波堤、突堤周邊歷次測量資料分析其海岸線等深線變化，計算漂砂量。
- 2)離岸堤、海堤對周邊海岸地形、輸砂之影響：由實測資料解析侵淤量，驗判其防護效果。

4.海面上升及地層下陷對侵蝕影響分析

- 5.海岸侵蝕與輸砂構制綜合分析：綜合以上之結果提出輸砂收支與侵淤因果關係。

(三)現場調查與測量

全省海岸不論波、潮流、漂砂及水深等資料十分有限，尤以水深、地形資料最感缺乏，以致無法真正瞭解海岸侵蝕狀況，掌握作用外力與漂砂之關係，更無法做適切之防治對策。波浪測站目前僅四站記錄較為完整其他的五站斷斷續續。沛汐亦以港務單位之記錄較完整，站數亦不足，不論波浪潮位站均有增設之必要，尤以東部為然。漂砂問題因實驗縮尺效應其結果難呈現實際現象，計算亦有同樣困難，二者均需現場資料驗證，現場調查雖費錢費力，不但不能偏廢更需加強

1.全省海岸海深測量：

- 1)水深-20m以內海深測量：全省海岸水深-20m以內應做一次全面測量、分區實施。以後每4~5年再測一次。
- 2)侵蝕區碎波帶水深測量：於北、中、南。東部侵蝕區選擇數處，每年測量二次-7m處平台間之水深測量，俾能分析剖面變化侵蝕量及侵蝕海岸之特性。

3)結構物鄰近地區地形測量：選擇數處防波堤、突堤及離岸堤測量海底地形推算侵淤量瞭解防治及阻砂效果、地形特徵。

2.增設波、潮測站

1)測波站增設：於北、中、南、東部至少各增一站做為防災預警及防護設計資料蒐集之用。

2)測潮站增設：於北、中、南、東部測站稀少處至少增設十站做為暴潮防災預警及設計之用。

3.漂砂調查

1)侵蝕區碎波帶沿岸流—漂砂調查：於、中、南、東部侵蝕地點配合地形測量，以捕砂器、追蹤劑等方法量測，向離岸及沿岸漂砂量、解析侵蝕原因。

2)砂灘淤升及輸砂調查：於不同砂灘坡度處設置計量設備於平時及暴風時觀測淤升及輸砂量。

3)結構物基礎沖刷調查：選擇既有離岸堤、突堤或防波堤測量颱風期及長年堤基、堤頭沖刷量。

4.海岸地形特徵研究

1)平面地形特徵調查：選擇數地調查平面地形特徵與粒徑、波浪坡度關係區別侵淤界限。

2)海灘剖面特徵調查：選擇數處淤積及侵蝕地區調查波、潮、粒徑、坡度、砂堆關係區別侵淤界限。

3)袋形海灘地形特徵調查：測量袋形海灘海岸線及剖面解析其地形特徵。

5. 結構物沉陷及破壞原因調查

1) 離岸堤沉陷及堤體安定調查：監測南部離岸堤之沉陷量，堤體坡度、消波塊損壞率，分析其原因供設計參考。

2) 海堤破壞原因調查：調查破壞位置分析破壞因素

(四) 數值模擬與計算

1. 侵蝕區近岸波浪及流分佈模擬：配合現場調查選擇若干侵蝕區以數模分析波、流分佈。

2. 侵蝕區海岸地形變化模擬：延續波、流數模，計算海岸變化，並予驗證予測未來變化。

3. 結構物鄰近波、流分佈及地形變化模擬：選擇二、三防波堤模擬波流及地形變化並予驗證，預算未來變化。

4. 突堤群對海岸侵蝕防治效果模擬：改變海岸坡度、堤長與間隔模擬其地形，選擇較優佈置。

5. 離岸堤對海岸侵蝕防治效果模擬：改變海岸坡度、堤長、開口寬及離岸距離等模擬地形變化，優選佈置條件。

6. 潛堤對海岸侵蝕防治效果模擬：改變潛沒度、潛堤位置、堤數模擬、海岸地形變化，優選最佳佈置。

7. 養灘對海岸地形變化影響模擬：變化養灘位置、形狀及規模預測可能地形變化做防治優選參考。

8. 海灘抽水對海岸地形影響模擬：改變抽水量、位置，模擬海灘剖面變化並與實驗比較。

9.海灘二維變化模擬：建立二維海灘變化預測模式進而預測水面上升及颱風海灘後退量。

10.砂丘變化模擬：預測砂丘後退量預疊所需土方。

(五)水工試驗

1.斷面試驗

- 1)海灘動床歪比及時間縮尺選定試驗：改變垂直水平歪比，檢討何種歪比可完全模擬海灘地形並決定漂砂時間比尺，供後續試驗之用。
- 2)各種緩坡堤上舉力測定及安定試驗：以定床改變鋪面混凝土塊型式及堤面坡度，測定上舉力、間隙壓力與安定重量關係。
- 3)緩坡堤堤趾沖刷及安定海灘斷面試驗：以動床測定沖刷與斷面之變化過程。
- 4)鋼柔性混合式海堤斷面試驗：海堤前推緩坡砂觀測海灘變化試驗其可行性。
- 5)養灘斷面試驗：配合與不配合潛堤試驗養灘效果與補給砂量。
- 6)潛堤配置與海灘安定試驗：改變一道或數道潛堤高度及位置、間距試驗防治侵蝕效果。
- 7)陡坡海岸侵蝕防治方法試驗：以 D 剖面或其他不損景觀之方法思考可能之防治工法。
- 8)降低水位防治侵蝕可行性試驗：以抽水或鋪設透水層試驗防治可行性。

2. 平面試驗

- 1) 養灘對海岸安定影響試驗：分別就垂直或平行海岸拋填客土時可能形成之海岸地形，分析應補充土方量。
- 2) 沿岸輸砂對砂突堤變形試驗：觀測沿岸輸砂分佈，供應下游砂量。
- 3) 潛堤保護工試驗：就各種不同之佈置探討潛堤之海灘防護效果。
- 4) 低突堤群保護工試驗：改變不同長間隔之低突堤群研究對沿岸漂砂之影響，探討防治效果。
- 5) 陡坡海岸保護工試驗：就斜向入射時之陡坡保護工之淤砂及安定試驗。
- 6) 其他新型海岸保護工法試驗

(六) 海岸管理

§ 5-2 研究經費概估

表 5-1 海岸線變化分析研究經費概算

(萬元)

海岸線變化分析	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5-8 年 (每年)
既往東海岸海岸線變化分析	200	200			
既往西海岸海岸線變化分析	300	300			
東海岸海岸線變化監測	200			300	300
西海岸海岸線變化監測(二站)	400			600	600
海岸侵蝕區海深測量					
北區海深測量	1000		1000		1000
中區海深測量		1000		1000	1000
西南區海深測量	1000		1000		1000
南區海深測量	1000		1000		1000
東北區海深測量		1000	1000	1000	1000
東南區海深測量		1000	1000	1000	1000
既有水深測量資料分析					
北區海岸	150			200	150
中區海岸		150		200	150
西南區海岸		150		200	150
南區海岸	300			400	150
東區海岸		200		200	200
整體海岸區域管理	200	200			
合 計	4750	4200	5000	5100	7700

表 5-2 海岸侵蝕原因分析研究經費概算

(萬元)

侵蝕原因分析	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5-8 (每年)
北區集水區表土沖蝕研究	300	300			
中區集水區表土沖蝕研究			300	300	
西南區集水區表土沖蝕研究	300	300			
南區集水區表土沖蝕研究		300			
東區集水區表土沖蝕研究			400	400	
南中北部水庫淤積及河川採砂量之調查	300	300			
北區海岸輸砂收支分析		300			
中區海岸輸砂收支分析			300		
西南區海岸輸砂收支分析			300		
南區海岸輸砂收支分析		300			
東區海岸輸砂收支分析			300		
既有沿岸波浪資料統計分析	200	200	200	200	150
既有潮汐波浪資料統計分析	400	400	400	400	150
既有潮流波浪資料統計分析			200	200	100
測波站新設及維護	1000	1000	1000	1000	200
測潮站新設及維護	1000	1000	1000	1000	200
侵蝕區沿岸波浪能量及沿岸漂砂調查分析	300	300	300	300	
海灘淤升—輸砂量—沖刷調查	200	200	200	200	
海灘剖面、平面地形特徵調查分析	200	200	200	200	
袋形海岸地形特徵調查分析			200	200	
離岸堤沉陷及破壞調查			200	200	
海堤損害原因調查	200	200			
合 計	4400	5300	5500	4600	800

表 5-3 海岸數值模擬與水工試驗研究經費概算

(萬元)

數值計算與模擬	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5-8 年
侵蝕區近岸波浪及流分佈模擬(二件)	200	200			(每年)
侵蝕區海岸地形模擬(二件)	200	200			
結構物附近波、流、地形變化模擬			150	150	
突堤群海岸防侵效果模擬	150	150			
離岸堤海岸防侵效果模擬			150	150	
養灘海岸防侵效果模擬			150	150	150
抽水對海岸地形影響模擬(斷面)			100	100	150
砂丘地形變化模擬	100				
水工試驗					
動床歪比時間比尺選定試驗(2D)	200	200			
各式緩坡堤上舉力及安定試驗(2D)	200	200	200		
剛柔性海堤安定斷面試驗(2D)	200	200			
養灘安定斷面試驗			200	200	
潛堤海灘安定斷面試驗	200	200			
陡坡海岸防侵方法試驗(2D)	200	200	200	200	
降低水位防侵可行性試驗(2D)			200	200	
低潛堤群保護工法試驗(2D)			200	200	
其他海岸保護工法試驗(2D)					200
養灘對海岸安定影響平面試驗	300	300			
沿岸輸砂對砂突堤變形試驗			300	300	
潛堤(配合養灘或否)保護工法試驗					
低潛堤群保護工法(3D)					200
陡坡海岸保護工法試驗(2D)			300	300	300
其他海岸保護工法試驗(3D)					300
合 計	1950	1850	2150	1950	1300

§ 5-3 研究資源設備與人力

研究設備包括現場調查儀器、模型試驗設備儀器及數模電腦等。以目前各大學及研究單位言，現場調查設備以成大水工所及港研所較完整，成大水利系次之。試驗設備及儀器則以港研所、海洋大學、成大水利系較具規模，交大及成大水工所次之，其他大學尚待爭取經費予以加強，俾能分擔相關研究工作。各大學之設備如附錄二。

能從事海岸侵蝕防治工作研發之高級人才如附錄一所列，集中在港研所、成大及海大，總共僅92人。

由以上研究設備與人力所能承擔之工作量，自然非能在短期內可完成防治研究工作，因此必需分年於四年內完成，而在若干問題亦缺專才(如海岸管理、動床試驗)，需延攬或培訓。

§ 5-4 研究經費分擔

研究經費在觀測儀器設備以及試驗設備儀器上，可向水資源局、教育部爭取或請水資源局、氣象局、水利處等單位添購設置。其他研究經費則分別請省交通處、水利局、中央水資源局、營建署、國科會等分擔，透過立法委員、省議員等民代爭取編列預算。

由於海岸侵蝕防治與水理、水文、地質、氣象及海岸各部門有關，同時需整合以上相關人才，而其效益又涉及港灣公路交通單位與水利、漁業單位，故經費應設法廣為爭取。

§ 5-5 推動策略

(一)呼籲政府、民代注意海岸侵蝕之嚴重性編列防治研究經費

台灣許多環境問題，例如養殖漁塭地下水超抽引起地層下陷問題、山坡地超限使用種植檳榔引起表土流失水影響源涵養問題，學者及社會關心人士均於問題出現時，即呼籲政府注意防治，但均被放置不積極處理，以致問題愈加深刻乃至事態嚴重至無法處理。海岸侵蝕問題已浮現，不但海岸日被蠶食國土流失，沿岸漁村飽受威脅，交通中斷，淹水災害之潛能增加。台灣已非過去大家所認知，「浮台灣沉福建」西海岸為堆積性之海岸，而是自然環境之改變及人為因素影響下轉變為侵蝕海岸，此一趨勢將日漸嚴重。實則海岸侵蝕問題不僅台灣乃世界普遍發生之問題，美國、日本、英國、荷蘭等等國家無不投入相當之財力人力防治，我政府民代亦知南部海岸侵蝕嚴重性，只因海岸位處邊緣偏僻地帶未受中央高官及一般人民注意而未予充份關心，故應設法加強報導、質詢引起人民關心督促政府重視加強防治，並籌措研究及防治經費。

(二)加強環境影響評估審查與地下水及採砂石管理

海岸侵蝕除自然因素之外，人為因素諸如港灣、防波堤、海埔地開發之圍堤、大型海岸結構物、海岸抽砂阻擋漂砂外，水庫及河川抽砂使河輸砂來源減少、海岸地層下陷導致海岸線後退、恣意破壞或開挖砂丘，乃至任意興建不當之海堤均為原因之一。故政府對海岸開發可能引起之侵蝕及災變之環境影響評估之審查應予特別注意嚴格審查，並應要求有具體之減緩設施。同時改進水庫排砂設施或應設法減低淤砂使之能補充至海岸，而對採砂更應有適當之限制，使河川供應之土砂與漂砂間能保持平衡方為治本之道。

(三)宣導柔性防治工法之可靠性，使沿岸居民樂於接受

不論從侵蝕防治之長期效果或景觀之相容性言，採用鋼性防治工法已漸被淘汰，先進國家已逐漸改採柔性防治方法。鋼性工法在外觀上堅固可靠，台灣沿岸居民非看到混凝土不足安心，但往往因其興建反而因反射增加引起沖刷或切斷沿岸漂砂引起下游侵蝕，雖救了自己卻將災害推給別人，又得設法防治下游侵蝕永無終止，以至最後沿海岸線海堤、離岸堤綿綿不斷有如海上長城。海岸如採用陡坡堤勢必因提高而阻擋視界不能直接看到海景，且容易發生堤趾沖蝕，於海堤前拋放消波塊或興建離岸堤固可減少反射消滅波能保護海灘，但切斷下海親水權，且外觀嶙峋破壞景觀，為遊客及關心環境觀景者所不能忍受。採用潛堤則恐妨害漁船漁撈不被接受，養灘則顧及沿岸生態而不能實施。唯基於漂砂過程及海灘永續利用長期海岸侵蝕防治之觀點，如非限於材料、海岸及海象特性等限制，應盡量採用柔性防治工法，此種觀念應透過媒體宣導，並編輯通俗性書刊宣導正觀念。

(四)需有整體性之規劃

海岸地形乃在波、流、潮等海象及河川輸砂供應下所形成之自然過程。不論開發利用興建結構物或興建海岸防治工程均會改變其自然過程，此種動態之海岸過程只有有任何局部之地形改變必牽與其鄰近地區之地形改變並可能導致災害及不可逆性之環境衝擊，與靜態之陸地可任意建設公共設施或土地開發在本質上完全不同，即使靜態之山坡地土地開發亦會對環境造成不可收拾之破壞。因此海岸土地資源之利用必需從海岸自然地形之安定、沿岸災害之防護、海陸動植物生態系統之保育、社會文化及經濟等各種因素之考量下，經嚴密謹慎之調查分析與研究後，擬訂長期整體性之規劃案在完善之管理下做永續之利用。倘未有整體規劃將引起連鎖性災害反應後患無窮。此乃關心海岸人士共通之認識、深盼政府予以採納。

(五)引進新科技建立監測系統

台灣四周僅有四站波浪站及不到十站之潮位站，海底地形變化及漂砂移動現象，乃至海岸侵蝕實態幾無資料可資掌握，凡此均應加強相關之監測系統蒐集基本資料。目前科技發達迅速，比如海底地形可以航測測量，海岸線變化可借衛星遙測或衛星定位儀監測，波、潮、流、水質均有精密儀器自動記錄分析，但因限於經費並未積極引進廣設於沿岸蒐集相關資料。倘無完整之基本資料即難做合理而安全之規劃與設計或正確研究。

(六)分期分區長期研究

大地變化一般均進行緩慢而易被忽視，海岸侵蝕變遷如非有強烈颱風來襲其變化緩慢不易察覺，故需長期持續觀測始能把握，然防治又刻不容緩。台灣研究人力及經費等資源有限，無法將不同地點同時進行研究，故應先選擇侵蝕最嚴重者優先集中人力進行調查研究，再及於次要者。侵蝕原因需蒐集長期資料才能分析，防治方法可於中、短期時間完成，但效果評鑑則需長期監測後才能分析。基於此等因素研究應分短、中、長期，每期四年以十二年時程做目標推行，並依海岸之類似性分為北部、中部、中南部、西南部及東部海岸五區，分由不同學術研究單位調查研究。

(七)優先研究柔性防治工法

鋼性工法國內外經驗較多，柔性工法固在國外案例亦不少，但國內尚無不同之海岸環境不同工法有其適應性。為取得沿岸居之信任，不僅需加緊各種柔性工法之研究，把握其可行性，更需對工法實施後之效果做實地監測取得民眾信任。

(八)吻合社會、環境、景觀、防災之侵蝕防治對策

鄰近都市之海岸必發展成休閒形海岸，故其侵蝕防治應以舒適(Amenity)海洋休閒為規劃之主要考慮，採用階梯式海堤、人工養灘。東

(五) 引進新科技建立監測系統

台灣四周僅有四站波浪站及不到十站之潮位站，海底地形變化及漂砂移動現象，乃至海岸侵蝕實態幾無資料可資掌握，凡此均應加強相關之監測系統蒐集基本資料。目前科技發達迅速，比如海底地形可以航測測量，海岸線變化可借衛星遙測或衛星定位儀監測，波、潮、流、水質均有精密儀器自動記錄分析，但因限於經費並未積極引進廣設於沿岸蒐集相關資料。倘無完整之基本資料即難做合理而安全之規劃與設計或正確研究。

(六) 分期分區長期研究

大地變化一般均進行緩慢而易被忽視，海岸侵蝕變遷如非有強烈颱風來襲其變化緩慢不易察覺，故需長期持續觀測始能把握，然防治又刻不容緩。台灣研究人力及經費等資源有限，無法將不同地點同時進行研究，故應先選擇侵蝕最嚴重者優先集中人力進行調查研究，再及於次要者。侵蝕原因需蒐集長期資料才能分析，防治方法可於中、短期時間完成，但效果評鑑則需長期監測後才能分析。基於此等因素研究應分短、中、長期，每期四年以十二年時程做目標推行，並依海岸之類似性分為北部、中部、中南部、西南部及東部海岸五區，分由不同學術研究單位調查研究。

(七) 優先研究柔性防治工法

鋼性工法國內外經驗較多，柔性工法固在國外案例亦不少，但國內尚無不同之海岸環境不同工法有其適應性。為取得沿岸居之信任，不僅需加緊各種柔性工法之研究，把握其可行性，更需對工法實施後之效果做實地監測取得民眾信任。

(八) 吻合社會、環境、景觀、防災之侵蝕防治對策

鄰近都市之海岸必發展成休閒形海岸，故其侵蝕防治應以舒適(Amenity)海洋休閒為規劃之主要考慮，採用階梯式海堤、人工養灘。東

部海岸地形陡波高大又需保持原始景觀風貌，極難選擇適宜工法；南部海岸應可配合水庫清淤工作，採用人工養灘或人工砂丘法；中部、中南部緩坡海岸也許可用溝渠淤砂法或鋼柔性混合法等等，於規劃防治方法及研究計劃時宜多方考慮選擇適宜之保護工加強推動。

(九)加強現場調查

海岸侵蝕之主要外力來自風、波、流與潮汐，而接受這些外力所產生之因應函數則為海岸地形，包括平面形狀與斷面之水深變化，底質粒徑以及周邊砂源。從防治對策之考慮上言上述外力及因應函數亦同等重要。故不論從漂砂及侵蝕現場之瞭解或選擇合理有效之防治方法言，必需有長期完整之資料做依據。目前之所以不能正確掌握台灣海岸侵蝕現象優選最佳之防治對策，實乃由於調查資料之不足。

氣象局有長年之風速風向資料，但測站均設於內陸與海上或海岸風速風向差異甚大，非經與海岸或海上測站比對不能逕予引用，而海上或海岸測站寥寥無幾，應予加強。

測波站因有氣象局設立之四站及港務局設立者，但記錄時間尚短，亦有缺測不全。潮汐除三大港資料較完整外，其餘水利局設立之測站亦時間短而缺測者頗多。海底地形除海埔地及港灣開發鄰近地區以及水利局選擇性做斷面測量外，絕大部份海岸均無資料可稽，對漂砂狀況甚少投入調查，故不論量與方向均未掌握侵蝕防治工程完成後亦未追蹤監測其成效，這些基本資料均需及早建立以資以後設計規劃之參考及後續研究之用。

(十)以實用性研究為主學術性研究為輔

因海岸侵蝕防治刻不容緩，亟待獲得有效可行之防治方法與對策，為一任務導向之研究工作，需國內學術界與工程界之通力合作，分別從現場調查、水工實驗及計算分析多管齊下尋求答案，俾能於四、五年內獲得具

體成果。因國內人力、財力有除因此前四年以實用性研究為主導，斯後再於中、長期計畫中逐漸增加理論性研究。

(十一)組織研究群，考核研究成果

為使研究成果能具體實用，各研究專題能相輔相乘，除分為北中南東區，選擇代表性之侵蝕區集中人力物力組成研究群，由較具實務經驗之資深學者領導，於提出研究計畫時即相互討論分擔研究工作項目，調查測量時間彼此相配合，以及事後之資料相互支援等，雖彼此工作內容不同，但應能相互流用資料，並能整合內容掌握侵蝕之因果關係才有意義。故每年之研究結果最後應由研究群召集人加予整合歸納，並參考整合成果擬定次年工作內容才不致偏廢某一部份之工作，獲得完整之研究，研究成果亦可經此整合顯現。研究成果之良莠應組評審委員嚴予審核，對於成果不佳者暫停委託計畫。

§ 5-6 資料調查

台灣海域海象資料普查範圍包括海浪、海流潮汐、風、水溫、電解質、礦物質及水深等、由於資料散亂欠缺整理，蒐集工作著實繁瑣，為力求其完整性及正確性，因此仍持續整理與校對當中，而現有蒐集的資料已匯整成台灣海域海況資料一覽表，以下將海象資料分成波浪、海流、潮汐、地形水深等項目整理分析：

I、波浪

(一)北部

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
基隆	1983/06-1987/09		基隆局、宇泰公司	缺 1983/08 1983/10-1983/11
基隆	1987/12-1989-03		港研所	
鼻頭角	1980/10-1987/12		氣象局、宇泰公司	缺 1982/07 1983/11 1984/06-06 1984/08-11
鼻頭角	1987/01-1988/06		成大水海所	超音波波高計
金山、野柳	1985/01-1986/02		台南水工所	
台灣北方	1983/06-1983-12		中油	
淡水外海	1980/06-1981/08		文大、基隆港務局	
淡水河口	1985/11-1986/11		台南水工所	
永安	1981/12-1984/06		港研所、宇泰公司	
新竹外海	1979/01-1987/11		中油	
新竹外海	1984/09-present		中油、台大	

(二)中部

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
通霄	1988/2.3.7		台電	
台中港	1971/07-1977/12		港研所、中港局	缺 1973/05-1973/12 1974/12 1975/11-1976/03 1976/07-1977/06 1977/09-1977/11
台中港	1981/11-1981/12		港研所、中港局	
台中港	1986/12-1987/01		港研所、中港局	
台中港	1987/03-1987/03		港研所、中港局	
台中港	1988/03-1988/04		港研所、中港局	
中部海域	1989/02-1989/08		台南水工所	

(三)雲嘉地區及澎湖

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
外傘頂	1992/10/1 11:55 1992/10/02 11:00	波高、週期	能資所	每小時測一次
台西	1994/01-1995/11	最大波高、最大週期、示性波高、週期參數統計值	成大水工所	
台西	1992/11-1995/11	最大波高、最大有義波高	成大水工所	
台西	1992/11-1995/11	示性波高與週期聯合發生機率百分比	成大水工所	
台西	1993/12-1995/04	示性波高與波向聯合發生機率百分比	成大水工所	
台西	1992/11-1995/04	平均示性波高與平均示性波週期	成大水工所	
澎湖東吉島	1977/12		氣象局	
澎湖東吉島	1971/07-1987/12		氣象局、宇泰公司	缺 1983/06-1985/01 1985/08
澎湖外海	1978/01-1981/04		中油	
澎湖東吉島	1985/02-1986/07		港研所	外港

(四)南部

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
二仁溪河口	1982/05-1983/06		台南水工所	
急水溪河口	1983/04-1983/07		台南水工所	
急水溪河口	1988/08-1989/06		台南水工所	
興達	1984/02-1985/11		港研所、台電 宇泰公司	斷續施測無法將所有時間列出
興達	1984/06-1985/10		港研所	缺 1985/06
興達電廠	1988/04-1990/06		成大水海所	容量式波高計
興達電廠	1988/09-1988/12		台南水工所	
高雄	1965/08-1977/12		高港局、 宇泰公司	
高雄	1988/08-1989/05		台南水工所	
高雄外海	1978/03-1983/03		中油	
大鵬灣	1973/03-1984/12		港研所	內港
大鵬灣	1978/09-1984/12		高港局	
屏東	1988/09-1989/08		台南水工所	
小琉球	1977/01-1987/12		氣象局、 宇泰公司	缺 1978/02 1978/07-08 1980/08-09 1981/05-10 1982/01-04 1983/01-12 1985/07-08
小琉球	1988/05-1988/09		成大水海所	

(五)東部

	期 間	資料型式	機 構	備 註
蘇澳			港研所	斷續施測無法列出時間
蘇澳	1984/07-1984/10		港研所蘇澳分港	
蘇澳	1984/10-1985/10		台電	
蘇澳	1986/04-1986/12		港研所蘇澳分港	外港
蘇澳	1986/07		港研所蘇澳分港	
蘇澳	1986/09-1986/11		港研所蘇澳分港	內港
蘇澳	1987/01-1987/02		港研所蘇澳分港	外港
蘇澳	1987/06-1987/07		港研所蘇澳分港	內港
蘇澳	1988/11-1989/12		台南水工所	
和平	1983/04-1984/09		交大、台電	
和平	1989/11-1990/09		交大、中華顧問	
花蓮			港研所	繼續施測無法將所有時間列出
花蓮	1984/06-1984/09		港研所	缺 1984/08
花蓮港	1984/06-1984/08		交大、花蓮港務局	
花蓮	1988/01-1988/01		港研所	
花蓮	1989/12-1993/03	示性波高及週期、每月平均值	港研所	
花蓮	1991/05-1994/05	波高、週期	港研所	
鹽寮	1982/04-1983/03		台電	
鹽寮	1982/04-1983/03		港研所	外港
鹽寮	1983/04-1984/03		台電	
成功	1988/01-1990/06		成大水海所	超音波波高計
新港 (成功)	1980/06-1987/12		氣象局	
蘭嶼	1988/04-1989/06		台電	

台灣海域施測波浪資料的單位不少，但各個機構大多是因應個案研究需要僅作短時期資料量測，長期觀測以氣象局於鼻頭角、東吉島、小琉球、新港(成功)；基隆港務局於基隆外海、蘇澳內港及外港；花蓮港務局於花蓮港外海；高雄港務局於大鵬灣；台中港務局於台中外海設置波浪觀測站為主，這些測站早期的資料屬於類比信號、資料應用上效果不佳，近年來才由成大、港研所加裝信號轉換器，將資料數值化，對於上述各觀測站之資料，港研所絕大部分已蒐集儲存於電腦資料庫中，並已作統計分析，成績斐然，台南水工所亦積極進行整理儲存，此外台南水工所近幾年在台西蒐集相當完善的波浪資料，並持續進行當中。台灣北部以中油及台大擁有長期波浪資料，氣象局擁有鼻頭角 1980 之後的波浪資料、小琉球十年以上的資料及新港的長期觀測資料，目前較為欠缺的是中部海域的資料，顯示波浪資料各單位歷年調查研究不多，長期觀測資料不足，應儘早規劃進行長期資料觀測，以利日後研究應用所需。

II、海流

(一)北部

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
基隆港及外海	1978/07-1979/04		文大、中華顧問	
基隆	1984/09-1985/03		基港局、宇泰公司	
基隆海域	1988/07-1989/01		台南水工所	
深澳海域	1988/01-1988/09		台南水工所	
深澳海域	1988/07-1989/01		台南水工所	
金山、野柳海域	1985/01-1986/02		台南水工所	
淡水	1986/03		成大、宇泰公司	
淡水	1986/08		成大、宇泰公司	
觀音	1992/01-1992/05 1992/09-1992/10	十六個方向 流速統計結果	港研所	
永安			港研所	斷續施測無法將 所有時間列出
永安	1982/02-1982/05		港研所、宇泰公司	
永安	1983/05-1983/07		港研所、宇泰公司	
桃園海域	1987/12-1988/04		台南水工所	
新竹外海	1984/07-present		台大	

(二)中部

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
通霄	1988/2.3.7		台電	
台中			港研所	斷續施測無法將所有時間列出
台中	1981/11-1981/12		港研所、宇泰公司	
台中	1982/04-1982/05		港研所、宇泰公司	
台中	1982/08		港研所	
台中	1983/03		港研所、宇泰公司	
台中	1985/12-1986/01		港研所	
台中	1986/03-1986/4		港研所	
台中	1986/12-1987/03		港研所	
台中	1988/03-1988/04		港研所	
中部海域	1989/02-1989/08		台南水工所	
台中港	1990/01-1991/03	十六個方向流速統計結果	港研所	
台中港	1990/01-1990/03	流速(0-25cm/s)發生率(%)之統計	港研所	
彰化	1981/02-1981/08		文大、中興顧問	

(三)雲嘉及澎湖群島

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
台西	1994/9.10.11 1995/2.3.4 1996/8.9	沿岸流	成大水工所	浮標追蹤
台西(YLCH)	1996/10/04- 1996/10/18	每日流速溫度、導電 度極端值表	成大水工所	
台西(RA)	1996/11/26- 1996/12/9	每日流速溫度、導電 度極端值表	成大水工所	
台西(YLCW)	1996/8/10- 1996/09/14 1996/10/18- 1996/11/18 1996/11/24- 1996/11/30	每日流速、溫度、導 電度極端值表	成大水工所	
台西 RB	1996/11/28- 1996/12/09	每日流速溫度、導電 度極端值表	成大水工所	
台西(YLCD)	1996/9/25- 1996/10/5	每日流速、溫度、導 電度極端值表	成大水工所	
台西(YLCE)	1996/9/25- 1996/10/5	每日流速、溫度、導 電度極端值表	成大水工所	
台西(YLCG)	1996/10/4- 1996/10/18	每日流速、溫度、導 電度極端值表	成大水工所	
雲林離島	1995/08- 1995/11	沿岸流	成大水工所	浮標追蹤
外傘頂	1992/9/10- 1992/9/14 1993/5/13- 1993/5/18	流速、流向表	能資所	
麥寮	1992/06- 1992/09 1993/4.6.7.8 1994/04-1994- 05	最大流速及其對應流 向	成大水工所	

(四)南部

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
高雄港	1990/01-1990/12	流速在 16 個方向 之統計結果	港研所	
高雄港	1990/01-1990/12	流速(0-25cm/s) 發生率(%)之統 計	港研所	
二仁溪河口	1982/09-1983/06		台南水工所	
急水溪河口	1983/04-1983/07		台南水工所	
急水溪河口	1988/08-1989/05		台南水工所	
興達			港研所	斷續施測無法 將所有時間列 出
興達港-高雄	1983/11/21-22		高雄海專	漂流瓶
興達港-高雄	1984/05/31		高雄海專	漂流瓶
興達港-高雄	1984/07/18		高雄海專	漂流瓶
興達港-高雄	1984/08/21-25		高雄海專	漂流瓶
興達	1984/08-1985/11		港研所	
興達港-高雄	1984/09/18-19		高雄海專	漂流瓶
興達港	1985/03-1985/12		高雄海專所	RCM4/S 海流儀
興達	1988/09-1988/12		台南水工所	
興達	1990/01-1990/12	海流速度在 16 個 方向之統計結果	港研所	

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
左營	1989/02-1990/06		中山大學	間歇測量 工業局委託
旗津	1987/01-1987/12		高雄海專	RCM4/S 海流儀
大林埔	1988/01-1989/04		高雄海專	RCM4/S 海流儀
高雄大林埔	1988/11-1989/06		文大、中華顧問	
大林埔	1989/03-1989/05		中山大學	CTS 資料 國科會計畫
大林埔	1989/08-1989/09		中山大學	CTS 資料 國科會計畫
大林埔	1989/03-1990/06		中山大學	間歇測量 工業局委託
高雄海域	1988/07-1989/01		台南水工所	
高雄	1988/08-1989/06		台南水工所	
屏東海域	1988/09-1989/08		台南水工所	
紅柴			港研所	斷續施測無法將所有時間列出
紅柴	1982/12		港研所	
紅柴	1984/02-1984/11		港研所	
核三廠	1987/03/03-04		高雄海專	RCM4/S 海流儀

(五)東部

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
蘇澳	1984/07-1985/11		台電	
蘇澳	1986/09-1986/11		港研所	
蘇澳	1988/11-1989/12		台南水工所	
鹽寮	1983/04-1984/03		台電	
花蓮港	1990/01-1990/12	十六個方向流 速統計結果	港研所	缺 1990/08
和平	1983/04-1984/09		文大、台電	
蘭嶼			港研所	斷續施測無法將 所有時間列出
蘭嶼	1982/06		港研所	

海流資料如同波浪資料缺少連續長期的資料，僅台中港、新竹外海及台西海域有較充分的海流資料外，其餘海域都僅有短暫數個月到一年的資料。港研所所擁有台中港 1981 年以後資料，資料斷斷續續約有三年的資料量，完整性仍嫌不足；台大則擁有新竹外海海流長期觀測資料，觀測時間 1984 年至今，是海流資料較完整的地區；而台南水工擁有台西近幾年的海流資料，也是屬於較完善的地區。

III、潮汐

(一)北部

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
基隆	1956/01-1988/10		基隆港務局	
基隆	1977/01-1987/08		基港局、宇泰公司	
基隆港	1989/01-1989/12	潮位及潮差基本統計量	港研所	觀測(小時)8759
澳底漁港	1988/11-1989/07	潮位及潮差基本統計量	港研所	觀測(小時)6117
淡水	1973/01-1983/08		基港局、宇泰公司	
淡水油車口	1984/12-1986/01	潮位及潮差基本統計量	港研所	觀測(小時)8857
金山	1968/12-1976/02		台電	
富基漁港	1988/12-1989/07	潮位及潮差基本統計量	港研所	觀測(小時)3287
林口	1977/08-1979/06		台電	
竹圍	1976/08-1980/12		省水利局	
竹圍	1981/05-1984/01		省水利局	
竹圍	1984/03		省水利局	觀測中
竹圍潮位站	1988/01-1989/01	潮位及潮差基本統計量	港研所	觀測(小時)8857
永安	1982/04-1984/03		港研所	缺 1983/01-1983/03
桃園(永安)	1983/04-1984/03		港研所、宇泰公司	
永安漁港	1987/09-1988/01	潮位及潮差基本統計量	港研所	觀測(小時)8577
新竹漁港	1986/09-1987/08	潮位及潮差基本統計量	港研所	觀測(小時)7527
新竹外海	1984/06-present		中油、台大	

(二)中部

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
外埔漁港	1989/07- 1989/08	潮位及潮差基 本統計量	港研所	觀測(時數)1223
台中	1976/07- 1978/12		省水利局	1978/12 停測
台中	1971/03- 1989/06		港研所、中港局	缺 1976/08- 1977/04
台中	1978/08- 1986/05		中港局、宇泰公司	
台中港	1988/01- 1988/12	潮位及潮差基 本統計量	港研所	觀測(時數)8783
王功	1972/02- 1975/01		省水利局	
王功	1975/03- 1976/02		省水利局	
鹿港	1969/04- 1967/08		省水利局	
鹿港	1971/01- 1975/06		省水利局	
鹿港	1975/08- 1977/12		省水利局	1977/12 停測
芳苑	1978/06-		省水利局	觀測中

(三)雲嘉及澎湖群島

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
台西	1970/02-1982/11		省水利局	缺 1974/12 1975/05-07 1975/11 ;1982/12 停測
台西	1996/01-1996/12	每日高低潮高及 發生時間表	成大水工所	
台西	1996/01-1996/12	逐時潮位表 per hour	成大水工所	
三條侖	1983/07-		省水利局	觀測中
箔子寮漁港	1988/11-1989/08	潮位及潮差基本 統計量	港研所	觀測(時數)7271
布袋	1987/09-1988/08	潮位及潮差基本 統計量	港研所	觀測(時數)8783
赤崁漁港	1988/12-1989/07	潮位及潮差基本 統計量	港研所	觀測(時數)5279
赤馬漁港	1988/11-1989/08	潮位及潮差基本 統計量	港研所	觀數(時數)6767
塭港	1963/02-1969/12		省水利局	
塭港	1970/05-1973/10		省水利局	
塭港	1973/11-1975/05		省水利局	
塭港	1975/08-1975/10		省水利局	
塭港	1976/01-		省水利局	觀測中
澎湖	1971/01-1987/12		海軍氣象中心	

(四)南部

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
將軍	1979/10-		省水利局	
將軍	1980/01-1984/12		省水利局、宇泰公司	
將軍潮位站	1988/11-1989/08	潮位及潮差 基本統計量	港研所	觀數(時數)7247
興達	1978/10-1984/06		台電、台大	
興達	1984/06-1985/11		台電、宇泰公司	
興達漁港	1987/08-1988/06	潮位及潮差 基本統計量	港研所	觀數(時數)7211
岡山	1975/04-1977/03		省水利局	
岡山	1977/08-1978/04		省水利局	
高雄	1971/01-1987/12		中央氣象局	
高雄港	1975/01-1975/12	潮位及潮差 基本統計量	港研所	觀數(時數)8759
高雄	1976/01-1987/04		高港局、宇泰公司	
中芸漁港	1987/08-1988/09	潮位及潮差 基本統計量	港研所	觀數(時數)9038
東港漁港	1987/08-1988/07	潮位及潮差 基本統計量	港研所	觀數(時數)7901
海口船澳	1988/11-1989/06	潮位及潮差 基本統計量	港研所	觀數(時數 5759)
枋寮漁港	1988/10-1989/08	潮位及潮差 基本統計量	港研所	觀數(時數)7583
核三廠	1976/05-1983/09		台電	
後壁湖漁港	1987/09-1988/08	潮位及潮差 基本統計量	港研所	觀數(時數)8697

(五)東部

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
大溪第二漁港	1988/11-1989/08	潮位及潮差基本統計量	港研所	觀測(時數)7751
梗枋	1976/09-1979/03		省水利局	
梗枋	1979/06-1982/04		省水利局	
梗枋	1982/12-		省水利局	觀測中
蘇澳	1980/01-1987/12		中央氣象局	
蘇澳	1987/01-Present		中央氣象局	
蘇澳港	1988/11-1989/04	潮位及潮差基本統計量	港研所	觀測(時數)4343
鹽寮	1980/06-Present		省水利局	
花蓮	1976/01-1980/12		中央氣象局	
花蓮	1984/01-1987/12		港研所	
花蓮	1993/01-1993/12	平均潮位 平均高潮位 平均低潮位 平均潮差	港研所	
花蓮港	1989/01-1989/11	潮位及潮差基本統計量	港研所	觀測(時數)8015
富岡	1976/10-		港研所	觀測中
金樽漁港	1989/02-1989/08	潮位及潮差基本統計量	港研所	觀測(時數)5039
伽藍漁港	1987/09-1988/09	潮位及潮差基本統計量	港研所	觀測(時數)8911

台灣四周沿海有不少固定潮汐測站，基隆、淡水、台中、芳苑、台西、塭港、澎湖、高雄等地海域有定期觀測資料，資料來源以省水利局為主。港研所在台中海域亦有十年以上之觀測資料，並且擁有台灣各地漁港的潮汐資料，中央氣象局在高雄海域之潮汐資料觀測期間在 1971 年至 1987 年，基隆港務局在基隆港的潮汐資料可追溯至 1956 年，此外，海軍氣象中心在澎湖亦有十五年以上觀測資料。中央氣象局在東部海域蘇澳港是唯一較具代表性的測站，資料頗豐。

IV、地形及漂沙

區 域	期 間	資料型式	機 構	備 註
八斗子漁港	1980-1984 1987 1990-1993	地形水深	漁顧社	
新竹漁港	1980-1985 1990 1992-1996	地形水深	漁顧社	
台中港北防波堤	1993/12-1996/01	沙灘面積與潮汐變化關係	港研所	
外傘頂	1932 1970 1980 1992	斷面水深	能資所	
外傘頂	1990/10 1991/10	水深測量圖	能資所	1:25000
外傘頂	1992	二維及三維水深圖	能資所	
台南中心漁港	1989-1996	地形水深	漁顧社	
台南中心漁港	1996	漂沙	漁顧社	
大武漁港	1980	漂沙	漁顧社	
大武漁港	1979 1984 1989- 1997	地形水深	漁顧社	
興達漁港	1976 1977 1984 1985 1987-1990 1993-1995	地形水深	漁顧社	
和美	1995	漂沙	漁顧社	
東港漁港	1975 1980-1984 1986 1988 1993 1995 1996	地形水深	漁顧社	
烏石漁港	1986 1989-1996	地形水深	漁顧社	
烏石	1996	漂沙	漁顧社	
箔子寮漁港	1978 1984 1985 1988 1989	地形水深	漁顧社	

目前地形水深的蒐集仍嫌不足，正在持續蒐集，日後若有更完備的資料，即儘快補足，以利地形水深的完整性。

海岸開發目前已為國家發展的重點，海岸開發中各種相關的自然資料是研究發展的基礎資料，從台灣海象資料分析中發現以往各單位多半是因應個別計畫需要，僅作區域性、短時間斷續的觀測蒐集，或是限於經費、技術與人力不足等，難有整體性、可靠性長期的海象量測資料計畫，近幾年來，不少單位已開始有系統著手進行整理歷年研究所集的海象資料，是件可喜之事，這是值得大家注意與努力的。為了加速達到資料的整合與交流，提升海洋科技水準，提出如下意見，作為日後資料蒐集管理參考：

- (1)建議各單位加強歷年海象調查資料整理作為資料整合與交流的基本。
- (2)由於有些資料老舊，需多方校正與查証其可信度。
- (3)目前缺乏有關單位(如：港研所、氣象局、水利局或學術單位)主導統籌規劃全面海象資料現場量測以避免重覆投資的浪費。
- (4)強化各單位間的連繫合作，並且制定一套海象資料統一格式，以利日後資料整理與交流。
- (5)成立海象資料中心(如港研所)，制定交流辦法，同時進一步建立資訊網路，促進海象資料交流辦法，加速海洋科技發展。

由於海象資料零散欠缺整理，且蒐集工作著實繁瑣，為力求完整性及現況所需，蒐集工作仍持續進行當中，以下幾點為日後蒐集整理的主要方向。

- (1)判斷海岸開發利用及海岸保護所需的資料。
- (2)根據目前所缺乏的資料，進行多方考證及蒐集。
- (3)經研究後提出具體的建議案以期建立完整的海岸資料系統。

第六章 屏東林邊海岸沖淤調查

於海岸地區進行開發工作，首要當須了解當地海岸性質如地質、未來海岸線變遷情形、海象條件等，以確保工程設施安全；本計畫第一年研究工作除完成上述章節有關台灣四週沖蝕防治技術先期規劃外，並重點選擇海岸線日漸消失之屏東林邊侵蝕海岸分別在枋寮附近海域進行海象觀測以及海岸沖淤調查分析，俾作為日後屏東大鵬灣開發該處海岸保護措施研擬之參考依據。

§ 6-1 調查範圍

本次屏東林邊海岸地區沖淤調查測量係委託詮華工程顧問有限公司辦理，共分為大區域測量以及小區域測量分別在八十五年十月以及八十六年五月完成，大區域測量其測量範圍北起東港溪口南至枋寮溪口全長約 21 公里之區域如圖 6-1 所示，水深測量至負 30 公尺處距岸約 9 公里，水深測線測距，至負 20 公尺處每隔 200 公尺施測一條測線，重點區域（河川出口處及離岸堤）則每隔 50 公尺施測一條測線，總測線數 196 條，水深測量至負 30 公尺處，則每隔 2 公里施測一條測線，總測線數 11 條。

由於經費之限制，小區域測量範圍僅選擇東港溪口至枋寮溪口間三處小區域測量，長度各為 2 公里，水深測量至負 10 公尺處，測量時間則係在 86 年 4 月 1 日至 86 年 5 月 15 日完成外業工作，水深測線間距，每隔 50 公尺施測一條測線。此外本年度並收集原水利局第七工程處自七十七年度到八十一年度在該地區離岸堤海岸地形觀測資料加以分析比較歷年來該區海岸沖淤積近況以及地形變遷。

同時為瞭解該區水域海象條件，自民國 86 年 3 月中旬起則選擇在屏東枋寮海域建立海流以及波浪觀測站，設置位置以及儀器水中配置情形分別如圖 6-2 以及圖 6-3 所示。

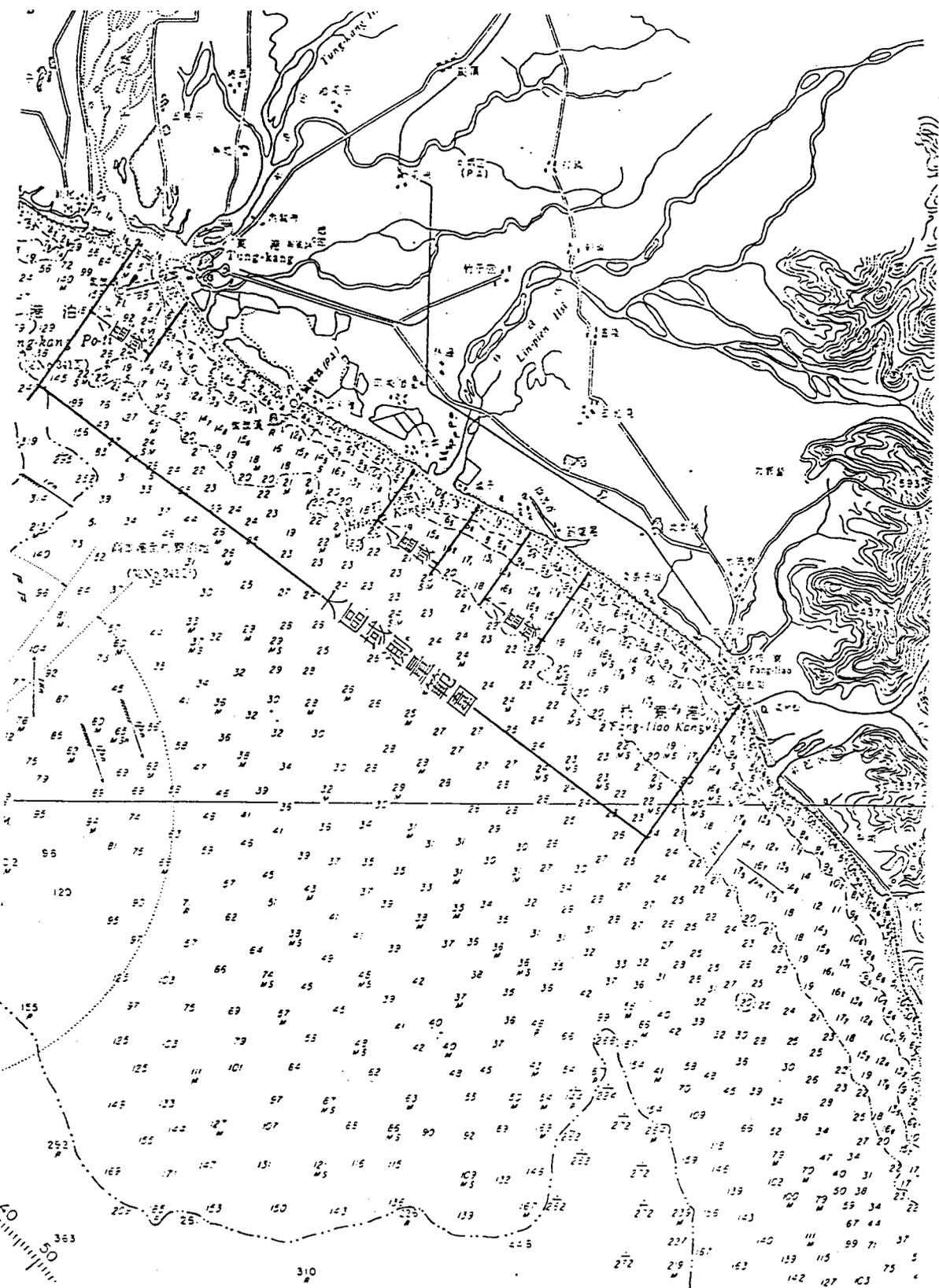
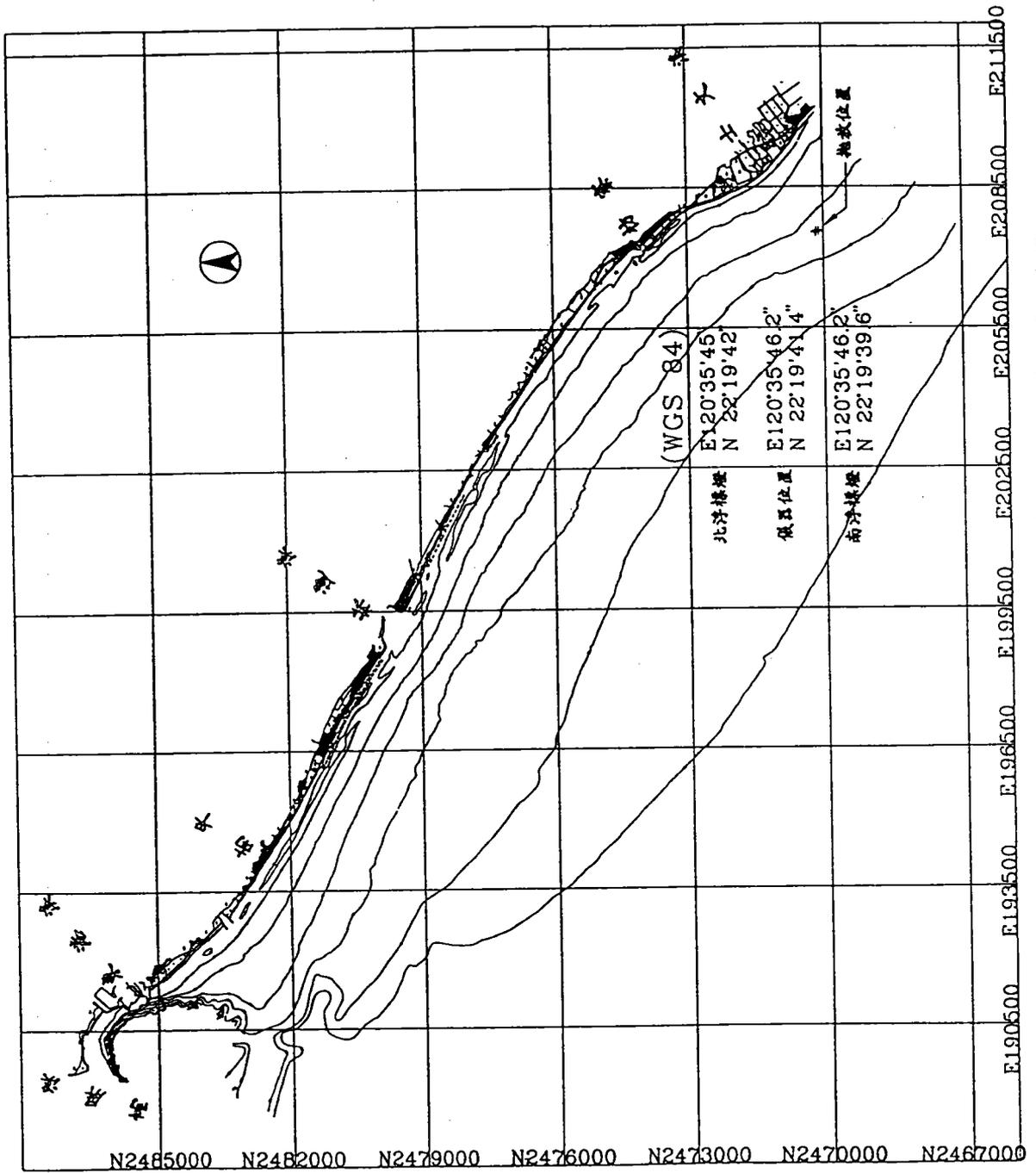


圖 6-1 屏東林邊海域大區域測量範圍示意圖



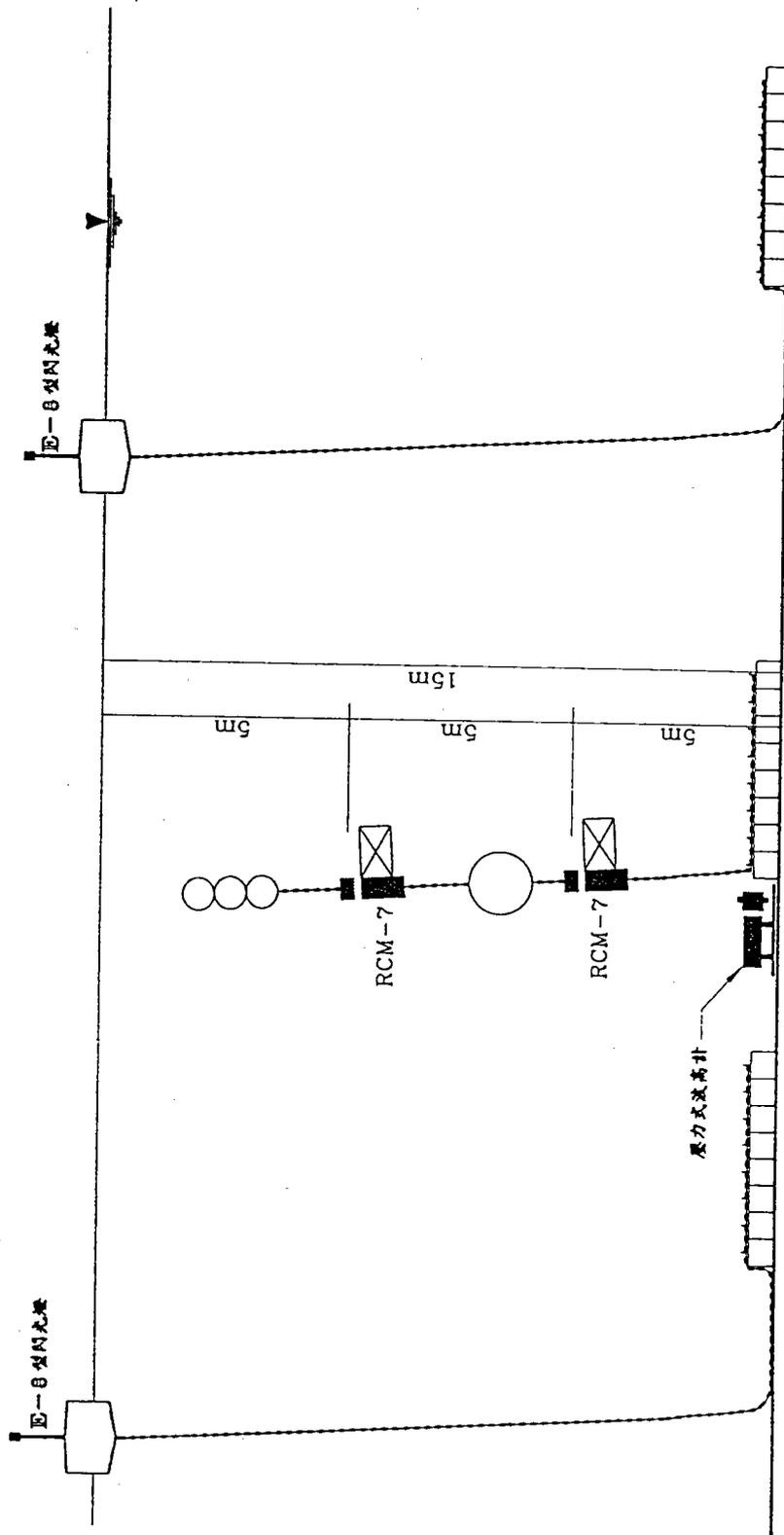


圖 6-3 海流儀及壓力計水中配置情形示意圖

§ 6-2 海象資料分析

海象觀測的工作包括了海流及波浪現象之量測，在海流部份所使用的儀器是挪威 AANDERAA 公司生產的 RCM-7 海流計，該儀器係以 Rotor 量測水流通過的轉數，同時以 COMPASS 量測平均流向。儀器設定為 10 分鐘紀錄一次，所得資料儲存於內部 DSU 模組內。測波儀則採用 NBA 公司生產之 DNW-5M 潮波儀，該儀器為壓力式波高儀。設定為每 2 小時錄 10 分鐘，取樣頻率為 0.5 秒一組水壓資料，記錄存於內部 SRAM 卡內。

本年度海上作業自 86 年 3 月展開，共實施三次，工作時間及工作項目如表 6-1 所示。

表 6-1 現場海象觀測作業時程表

序號	工作時間	作業項目
1	86 年 3 月 12 日～13 日	施放警示燈標及二部 RCM-7 一部 DNW-5M。
2	86 年 4 月 17 日～18 日	更換燈標，回收儀器，下載資料，重置 RCM-7 二台入水，DNW-5M 取回所分析。
3	86 年 6 月 25 日～26 日	更換燈標，回收二台 RCM-7 下載資料後重置入水，另 DNW-5M 一台入水。

海象觀測之位置選定，除了要能反應該海域一般的海象特性外，為了儀器的使用安全，在沿海地區也必需考慮到儘量不要影響當地的漁業活動，以免遭致不必要的困擾，經本所與枋寮區漁會人員協調後選定枋寮漁港南側士文溪出海口外，水深約十五米之位置施測，二台海流儀分別觀測水下-5 米及-10 米水深處之流況，而波浪儀則置於海底水泥塊上，儀器頂端繫有表面浮球，而儀器錨碇組南、北端約二十米距離各設置警示燈標組作夜間閃光警示。儀器配置圖如圖 6-3 所示。

6-2-1 海流資料分析

海流紀錄由儀器公司提供之軟體讀出後，經本所現有之軟體作統計分析，並繪製各類圖表，本年度共有二段海流資料，時間分別是 1997 年 3 月 13 日～4 月 16 日及 4 月 18 日～5 月 15 日，第一段資料上、下層數據均正常，第二段資料中之下層數據因儀器不正常，無法解析，僅有上層數據可供分析。

圖 6-4～圖 6-9 為歷次觀測上、下層海流流速、流向時序圖，由圖可看出觀測期間本海域之流速均小，第一次觀測之上層流速最大值為 45cm/s，平均流速在 20cm/s 以下，下層流速更低，最大值僅 38cm/s，第二次觀測之上層流速最大值為 44cm/s，流向則多集中在 SSE～S 以及 NW～NNW 二個主要方向，也就是在平行海岸的方向作周期性之往復變化。此一現象由圖 6-10～圖 6-15 海流平行岸及垂直岸分量圖中亦可看出。垂直岸之流速分量與平行岸分量相較，其值甚低。

圖 6-16～圖 6-18 是將流速及流向資料分別作統計分析所得之直方圖，二次觀測結果差異性不大，流速多在 40cm/s 以下。流向分佈在 16 方位均有發生，但 SW 與 NW 二個主峰方向仍相當明顯。

除了由時間域解析海流特性外，還可將海流資料作傅氏轉換而得到頻率域上的資訊。圖 6-19～圖 6-21 是三張能譜密度圖。橫軸為

頻率，縱軸為能譜密度值，圖中兩個主要的峰值分別對應了半日潮及全日潮的頻率，顯示影響本海域海流之潮汐現象為混合型(Mixed Tide)。

為瞭解本海域之水團長期之運動趨勢，我們將流速向量之時間序列頭尾相接，製作了累進向量圖(PVD圖)，圖 6-22 ~ 圖 6-27 為各層分段之結果，表層水流在 3 月中、下旬是往南方移動，平均移動速度為 1.8 公里/天。4 月上旬仍往南移動，平均速度為 1.2 公里/天。到了 4 月下旬水團向東南方向移動，平均速度則增至 3 公里/天以上，下層水團在 3、4 月間淨移動方向為東南，平均速率較表層為小，在 1 公里/天左右。

6-2-2 波浪資料分析

潮波儀資料之原始數據為水壓信號，經軟體處理為水位數據，藉著儀器取樣時間之設定可作量測波浪與潮汐之選擇，本年度之波浪施測資料為 1997 年 3 月 13 日 ~ 4 月 15 日，約三十三天，經統計得到 H_{max} 、 T_{max} 、 $H_{1/10}$ 、 $T_{1/10}$ 、 $H_{1/3}$ 、 $T_{1/3}$ 、 H_{mean} 、 T_{mean} 等序列。

風是波浪最主要的生成原因，在施測期間適逢春季大陸高氣壓勢力衰退，本島處於由東北季風轉型為西南季風之過渡時期，風力平緩而多變，本海域東邊又有陸地山巒屏障，因此波浪相當平緩，圖 6-28 為施測期間 H_{max} 、 $H_{1/3}$ 、及 H_{mean} 之序列圖， H_{max} 之時序中最大值尚不及 0.7 米， $H_{1/3}$ 而值多在 0.2 米上下。圖 6-29 為 $H_{1/3}$ 與 $T_{1/3}$ 之關係圖， $H_{1/3}$ 之最大值發生在 3 月 28 日，僅 0.41 米而 $T_{1/3}$ 則在 8 ~ 10 秒間佔有較大之比例，超過 10 秒以上之時間均對應於 $H_{1/3}$ 較小值，顯示是在海面較平靜之時段由遠方傳來之平緩湧浪所致。

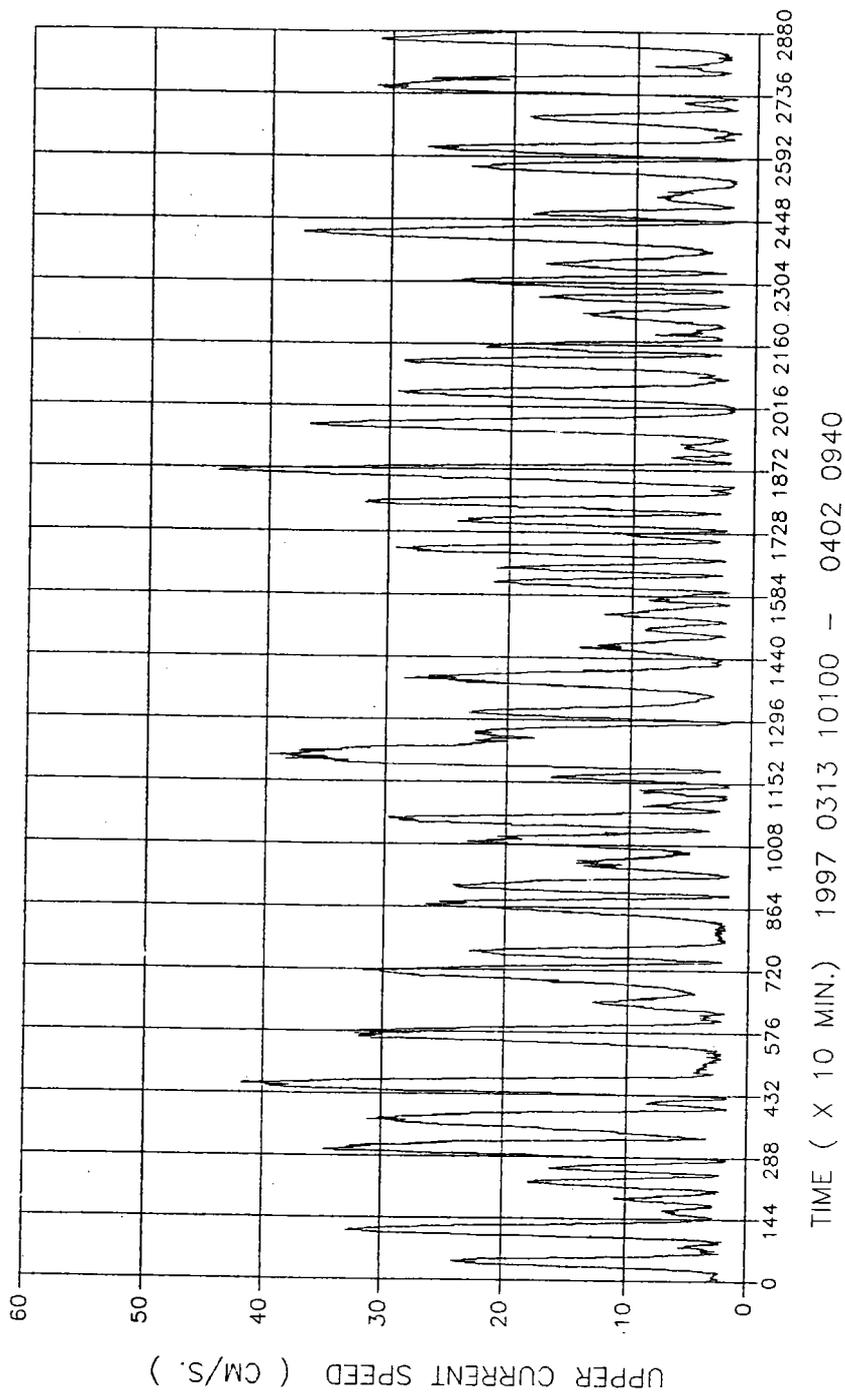


圖 6-4 上層流速時序圖(第一次觀測)

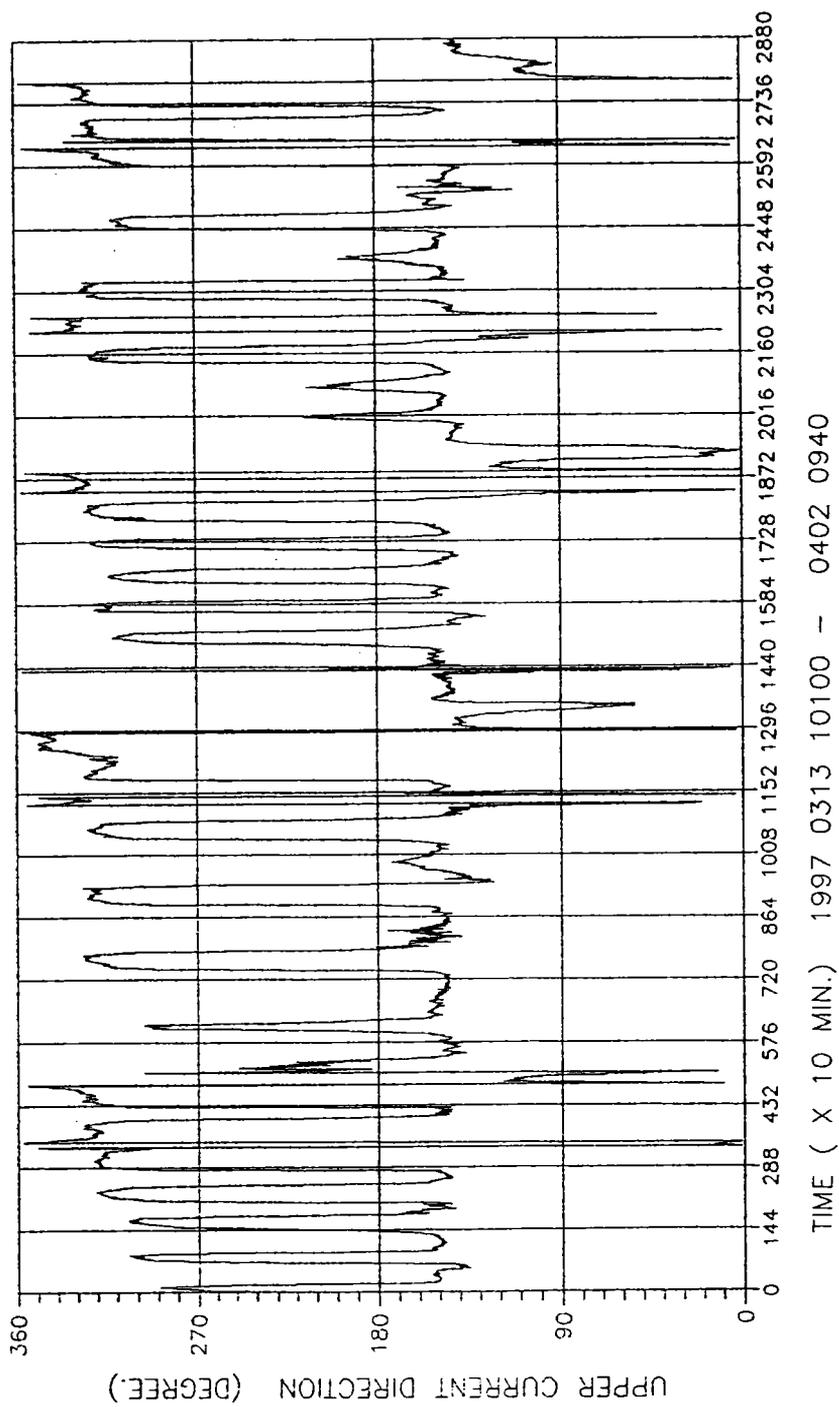


圖 6-5 上層流向時序圖(第一次觀測)

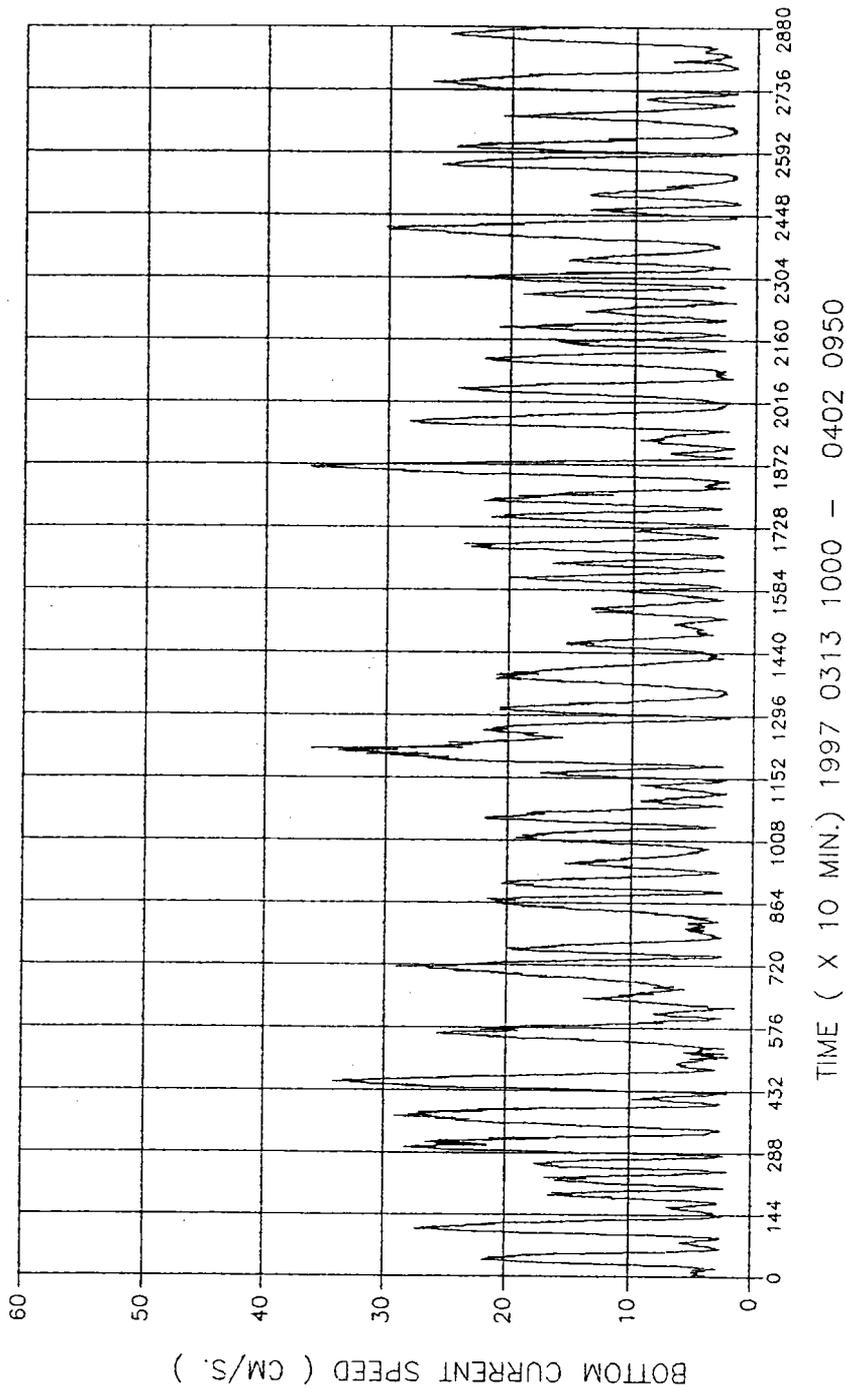


圖 6-6 下層海流速時序圖(第一次觀測)

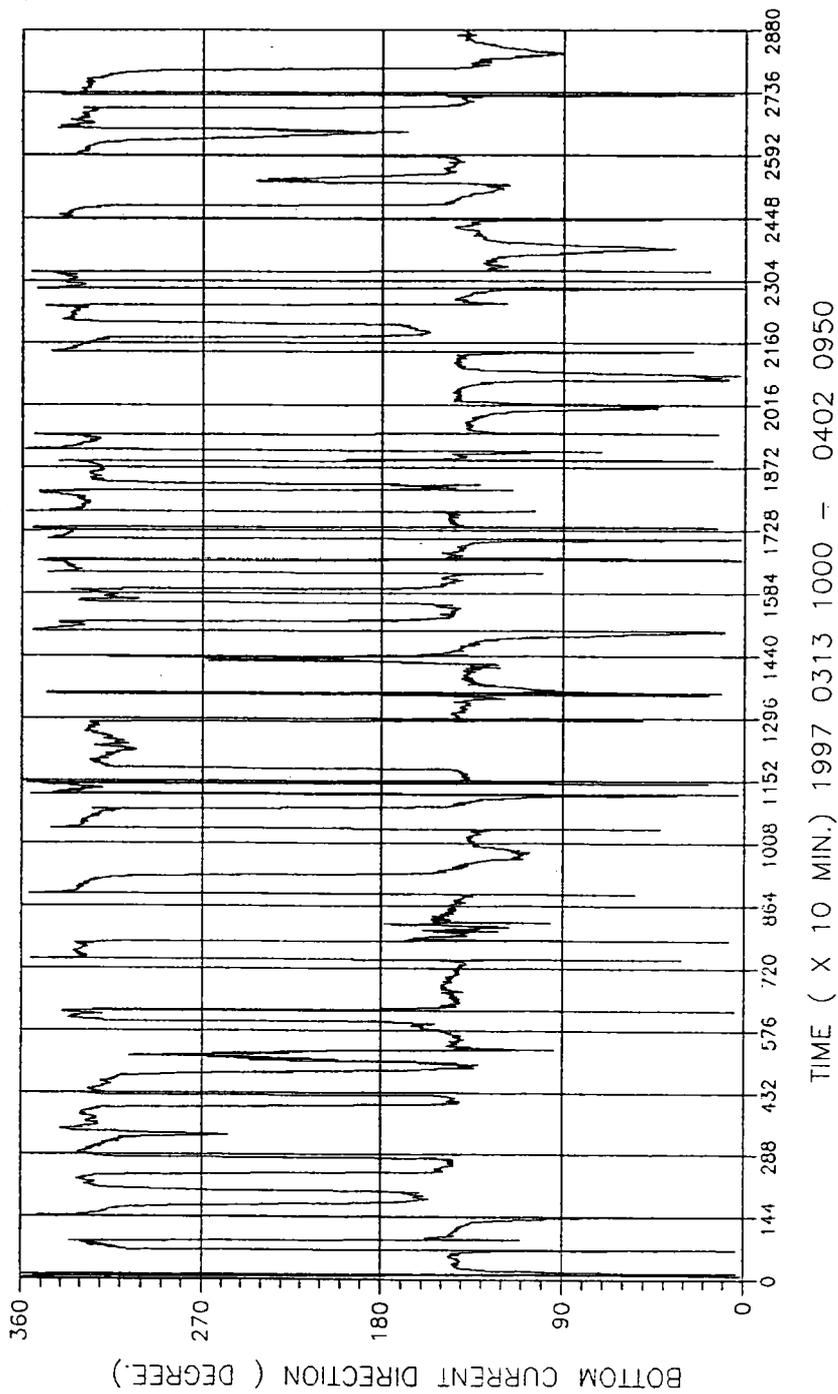


圖 6-7 下層海流向時序圖(第一次觀測)

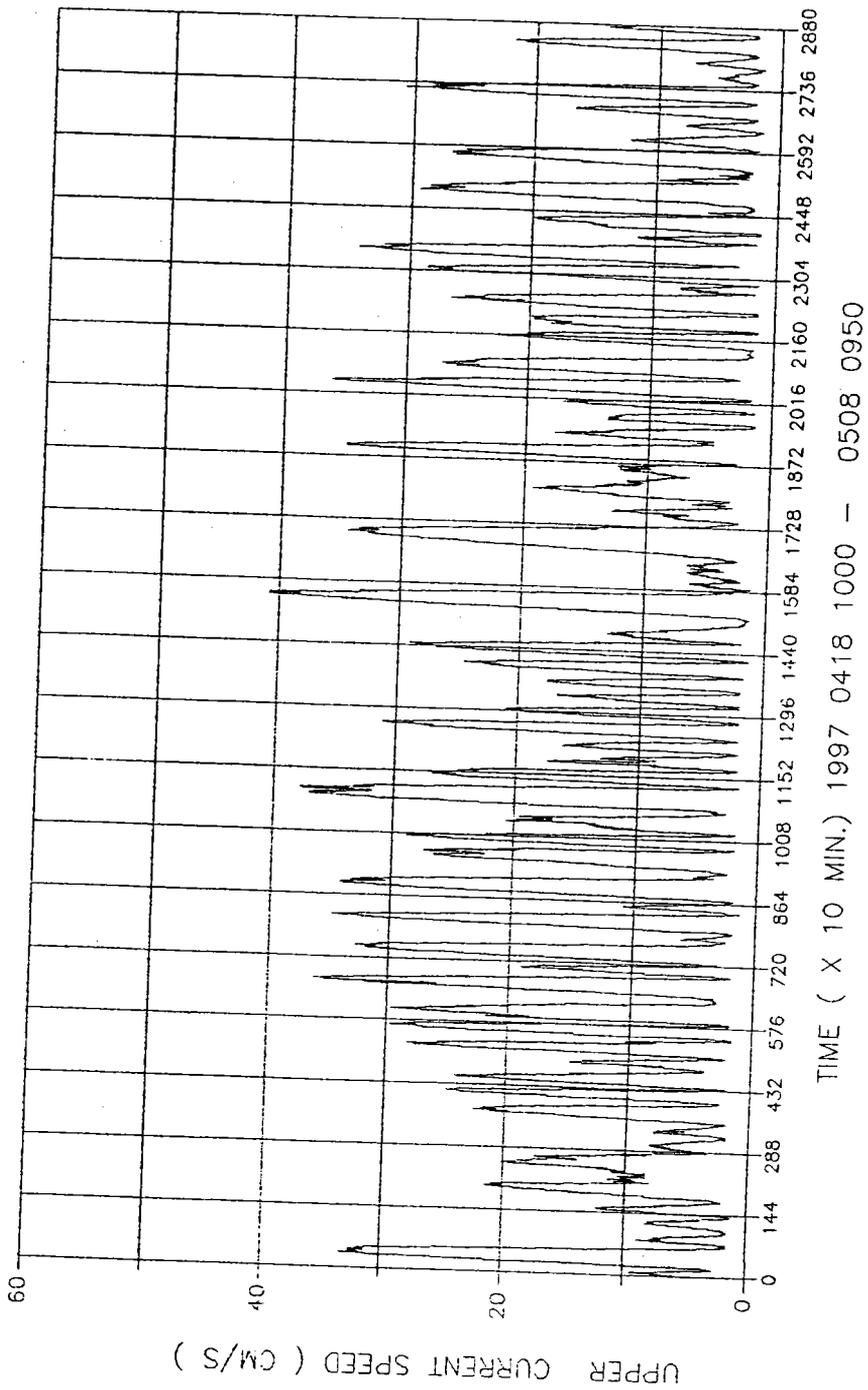


圖 6-8 上層海流流速圖(第二次觀測)

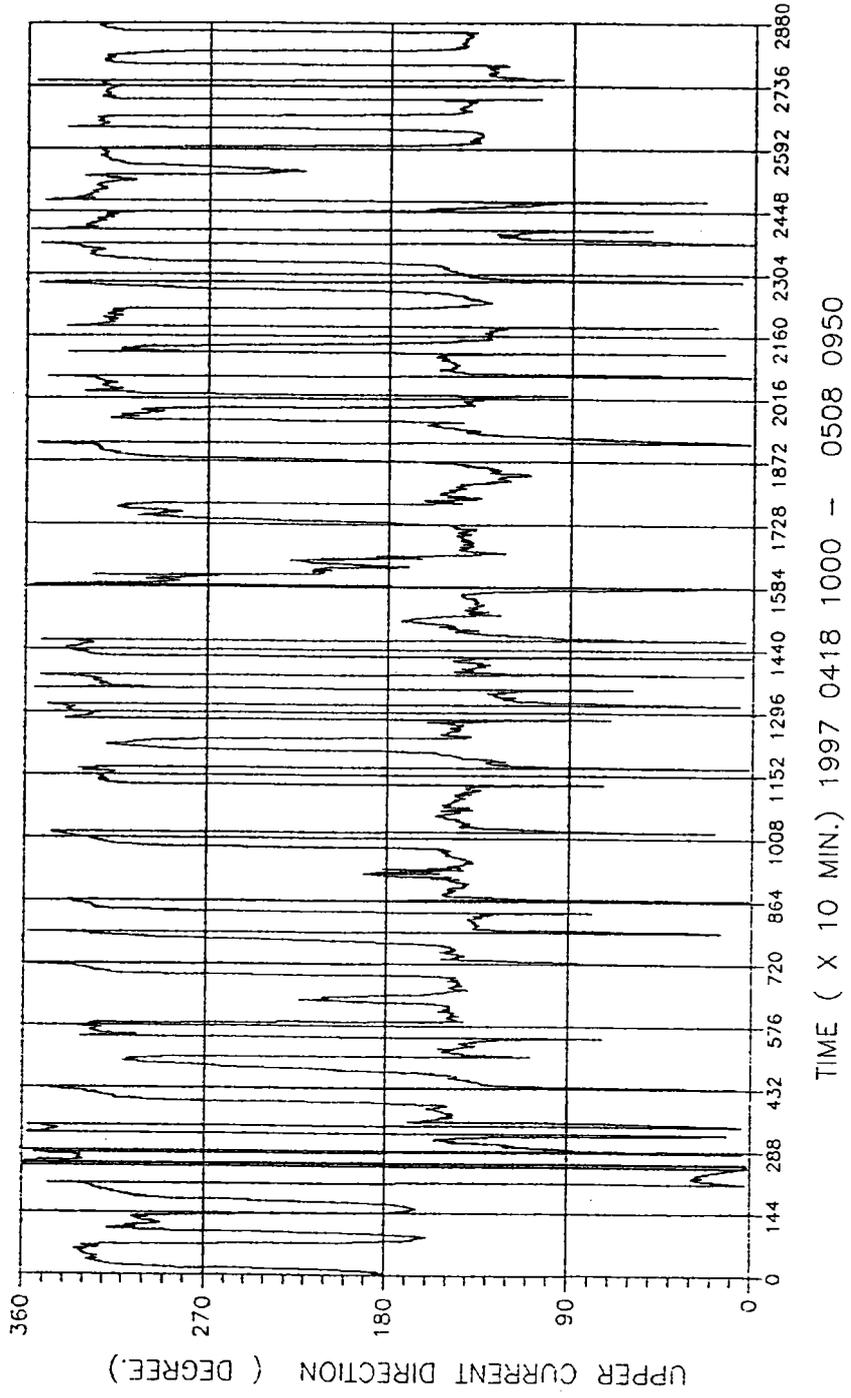


圖 6-9 上層海流流向圖(第二次觀測)

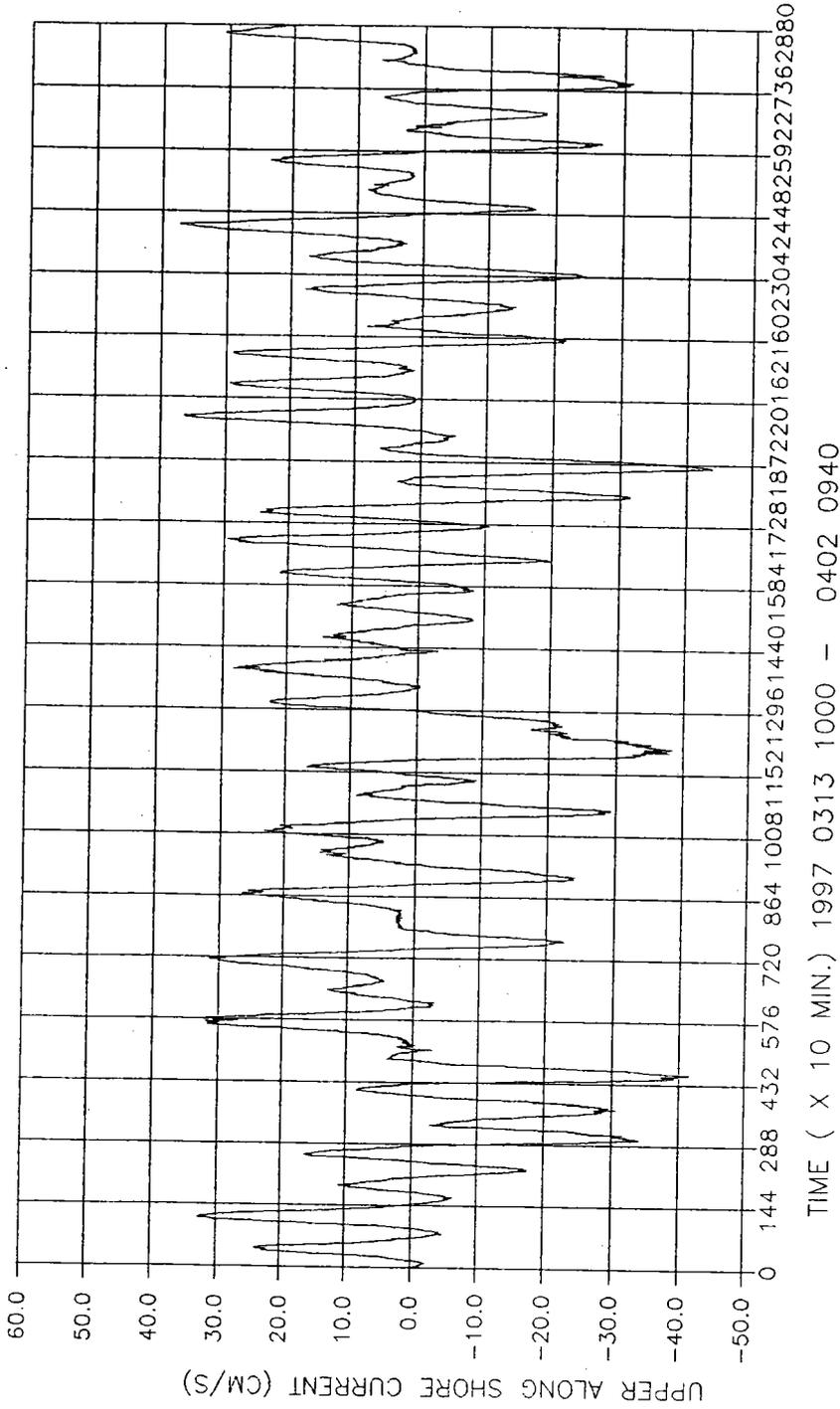


圖 6-10 上層平行岸流分量(第一次觀測)

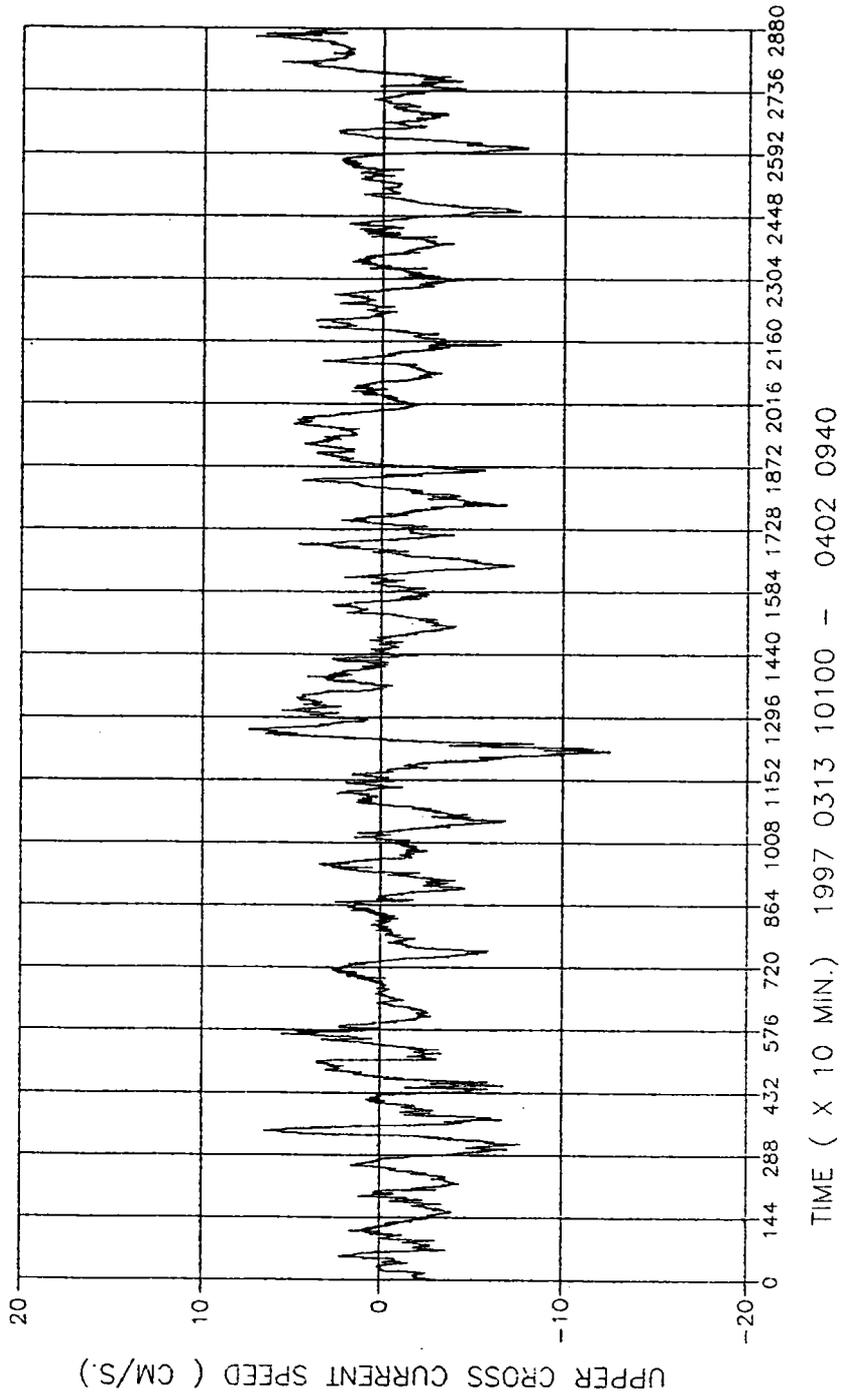


圖 6-11 上層垂直海岸分量(第一次觀測)

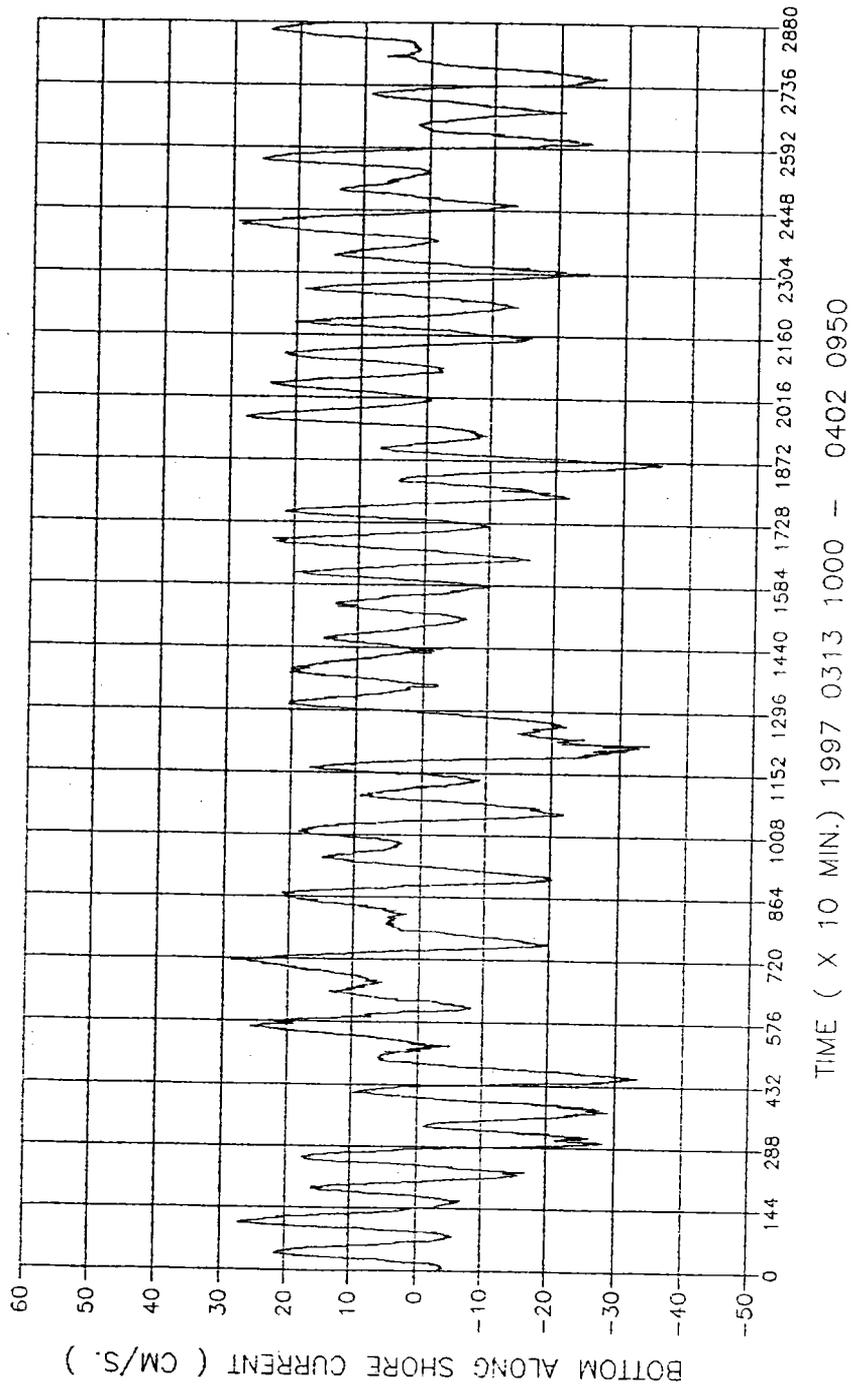


圖 6-12 下層海流平行岸分量(第一次觀測)

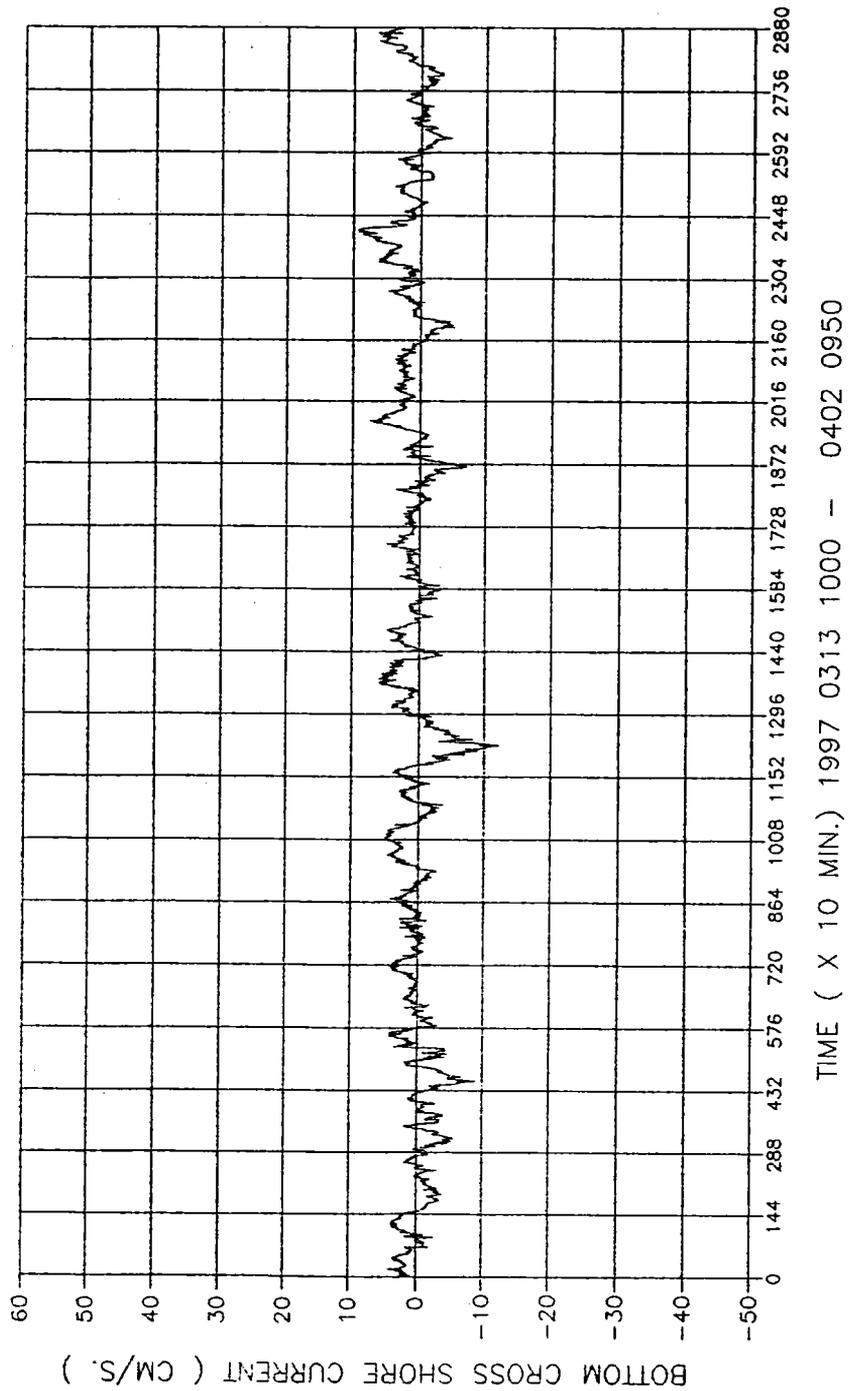


圖 6-13 下層海流垂直岸分量(第一次觀測)

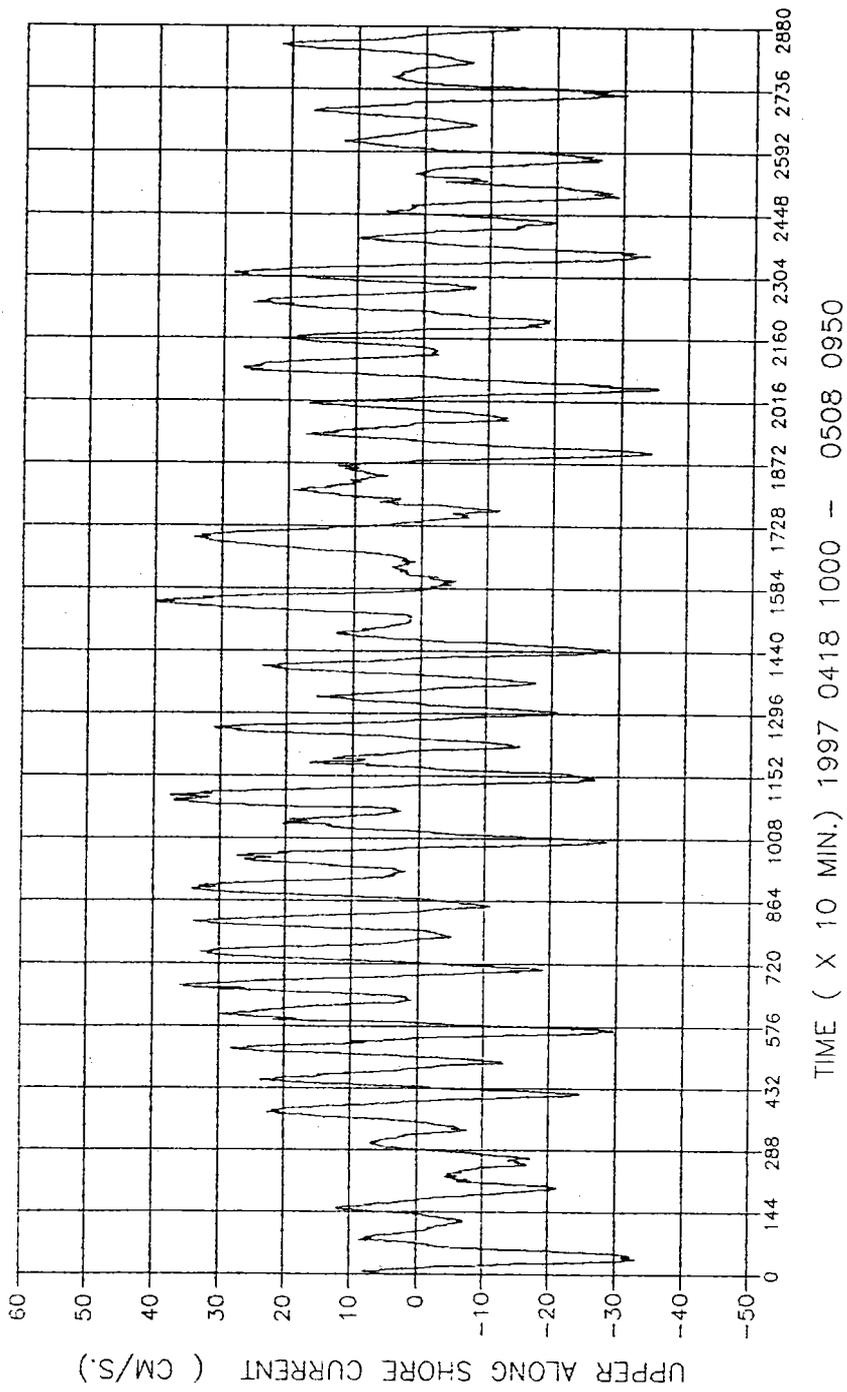


圖 6-14 上層海流平行岸分量(第二次觀測)

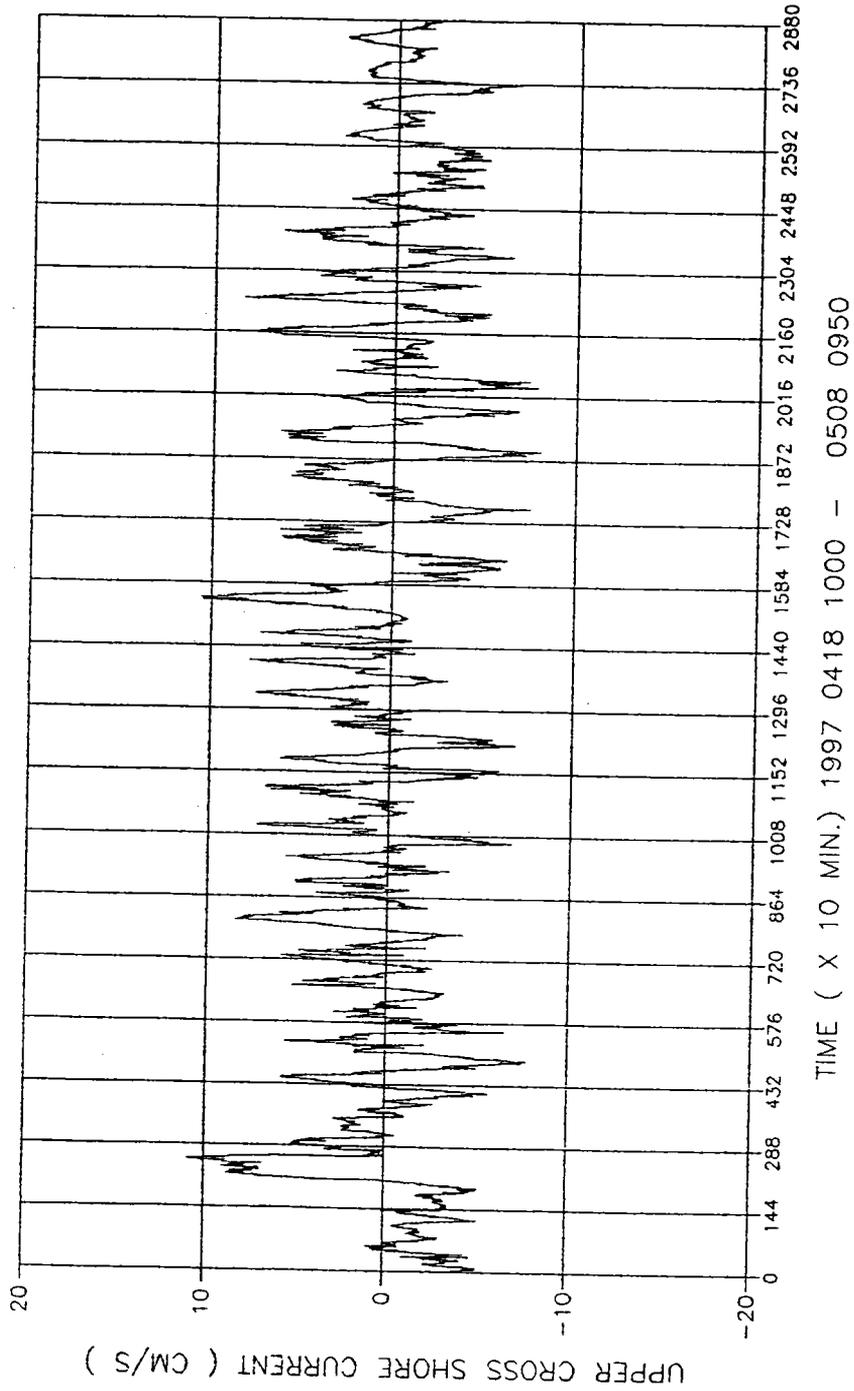
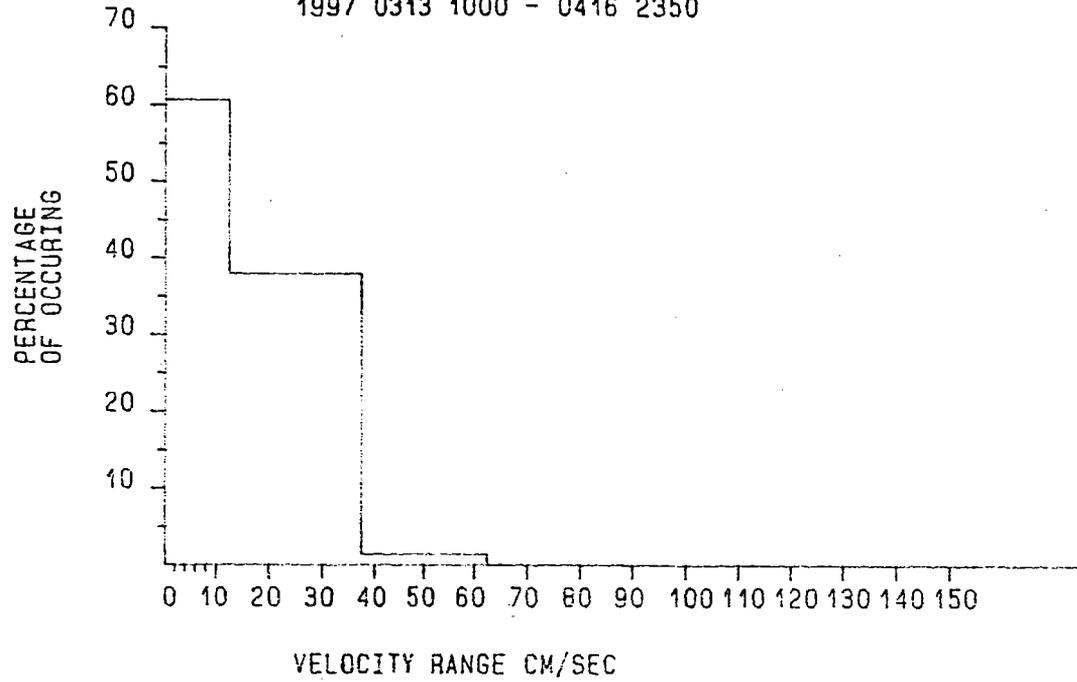


圖 6-15 上層流垂直岸分量(第二次觀測)

HISTOGRAM

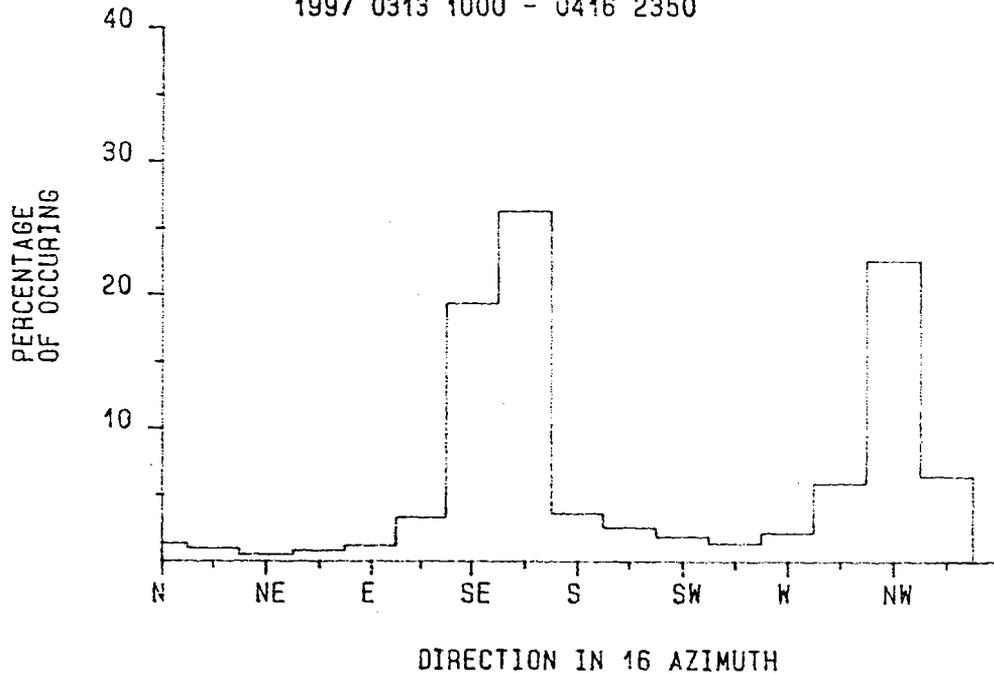
HISTOGRAM OF CURRENT SPEED
STATION : FONLIEW
1997 0313 1000 - 0416 2350



VELOCITY RANGE CM/SEC

HISTOGRAM

HISTOGRAM OF CURRENT DIRECTION
STATION : FONLIEW
1997 0313 1000 - 0416 2350

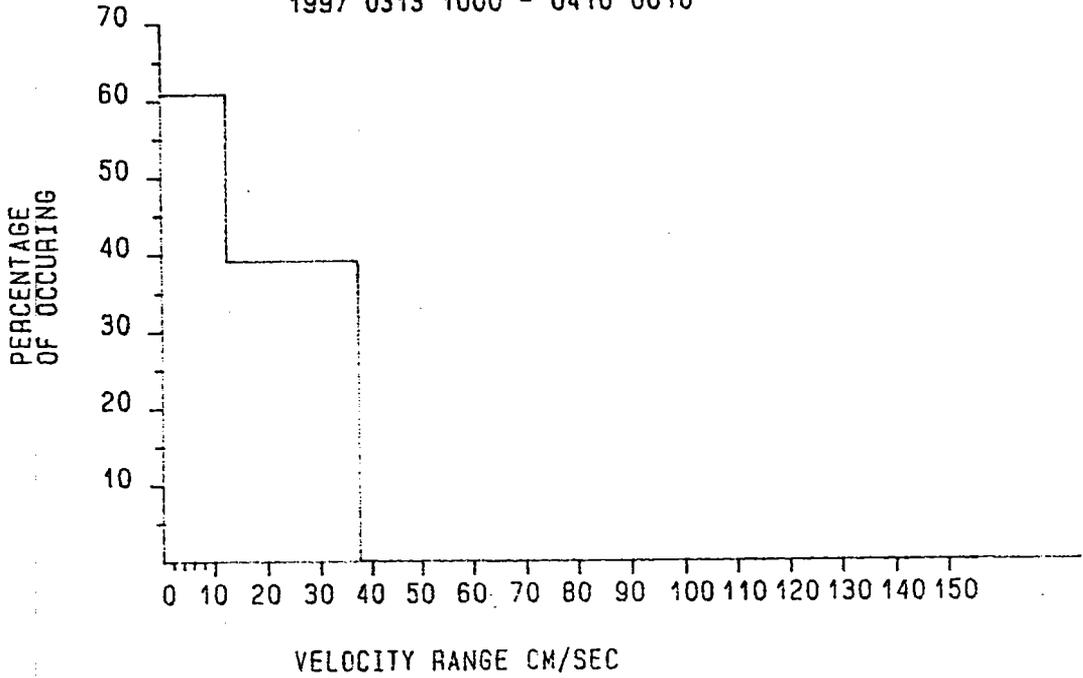


DIRECTION IN 16 AZIMUTH

圖 6-16 上層海流流速流向統計直方圖(第一次觀測)

HISTOGRAM

HISTOGRAM OF CURRENT SPEED
STATION : FONLIEW
1997 0313 1000 - 0410 0010



HISTOGRAM

HISTOGRAM OF CURRENT DIRECTION
STATION : FONLIEW
1997 0313 1000 - 0410 0010

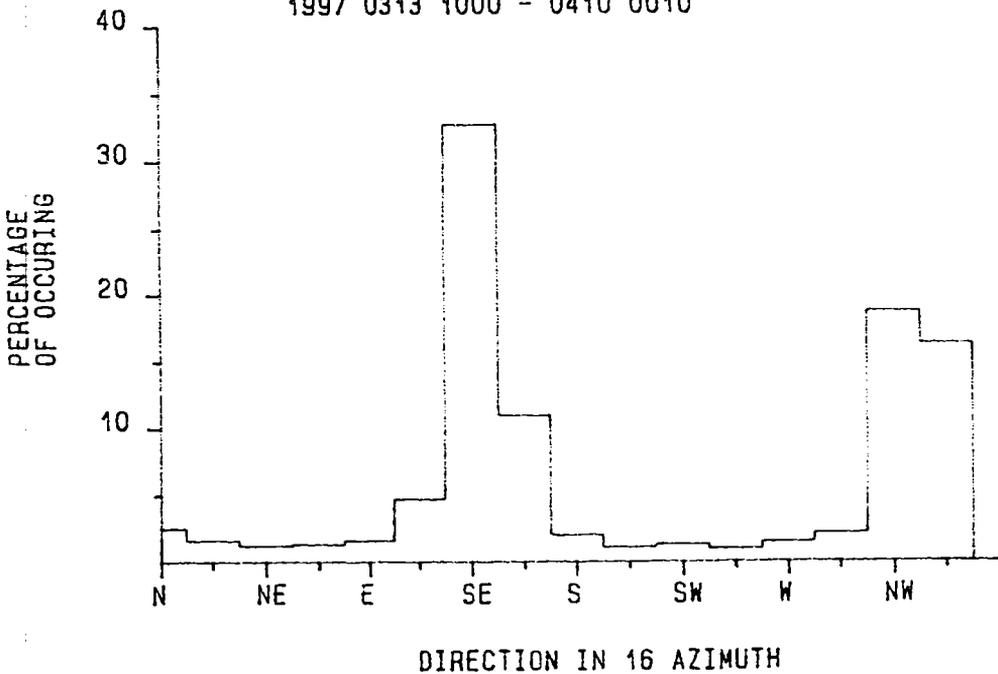
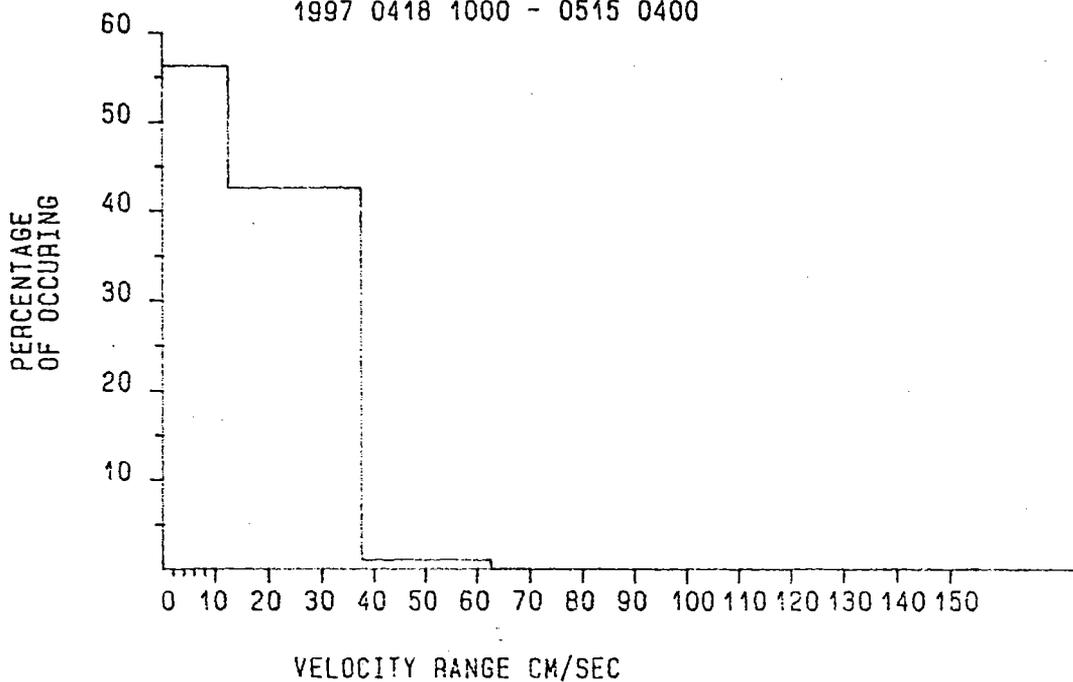


圖 6-17 下層海流流速流向統計直方圖(第一次觀測)

HISTOGRAM

HISTOGRAM OF CURRENT SPEED
STATION : FONLIEW (UPPER LAYER)
1997 0418 1000 - 0515 0400



HISTOGRAM

HISTOGRAM OF CURRENT DIRECTION
STATION : FONLIEW (UPPER LAYER)
1997 0418 1000 - 0515 0400

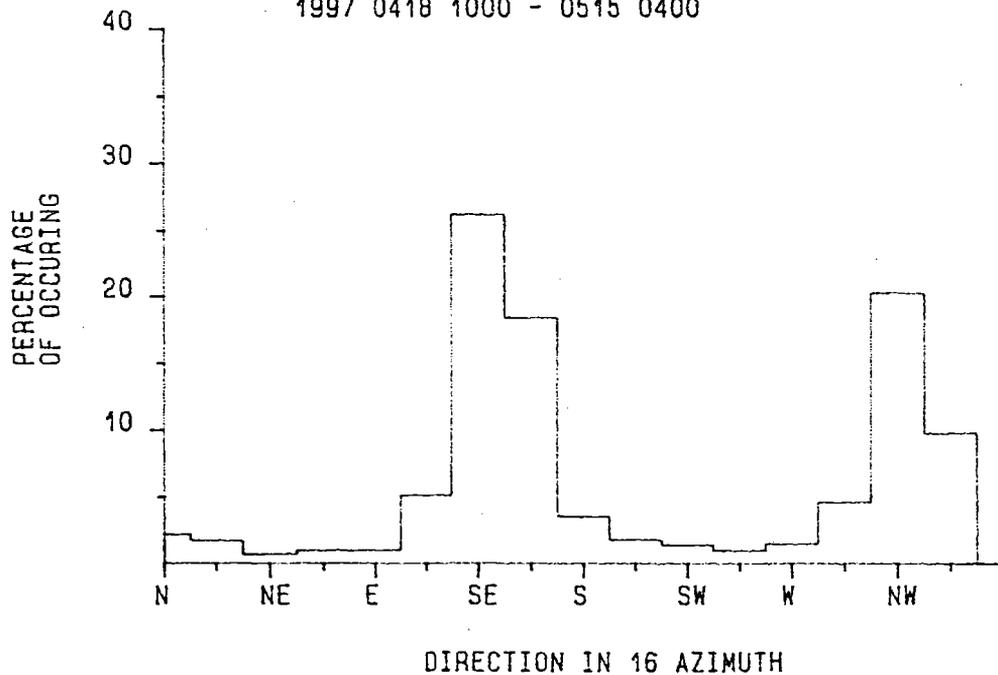


圖 6-18 上層海流流速流向統計直方圖(第二次觀測)

FONLIEW UPPER CURRENT 1997 MARCH

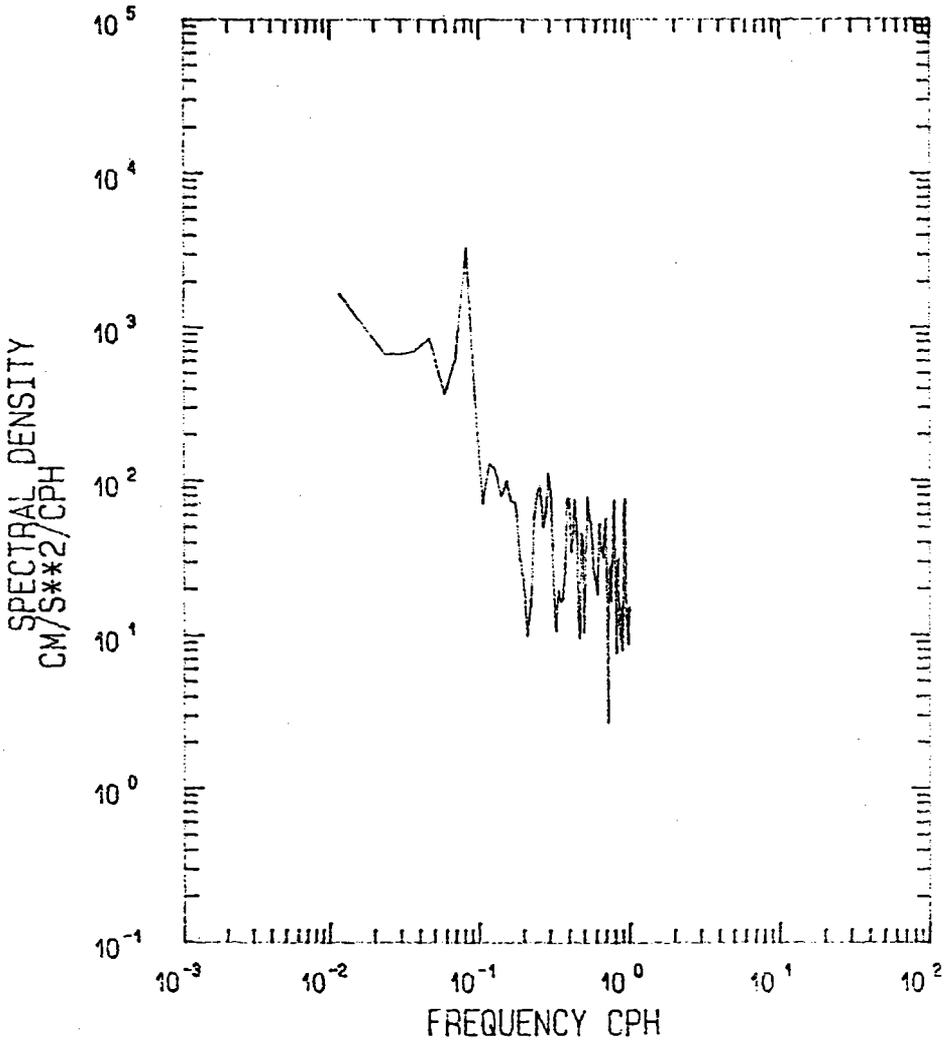


圖 6-19 上層海流能譜圖(第一次觀測)

FONLIEW BOTTOM CURRENT DATA 1997 MARCH -

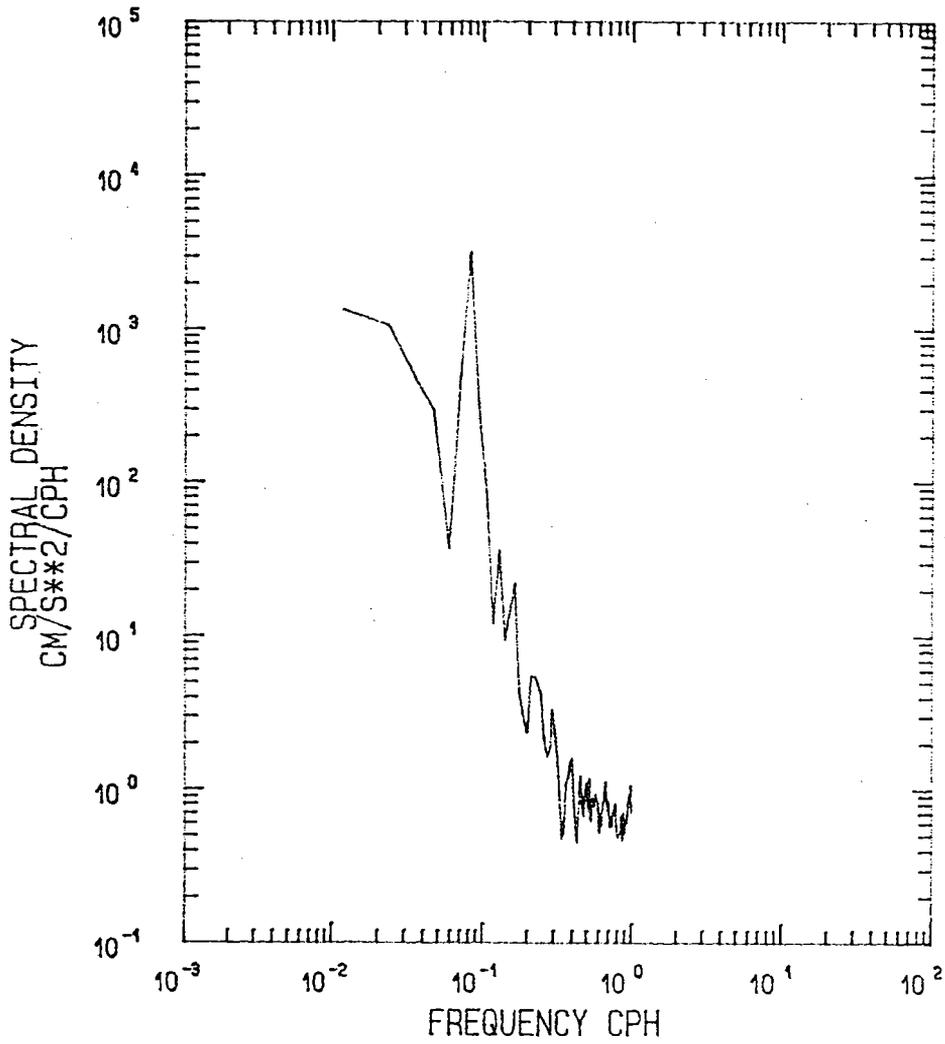


圖 6-20 下層海流能譜圖(第一次觀測)

FONLIEW UPPER CURRENT 1997 APRIL

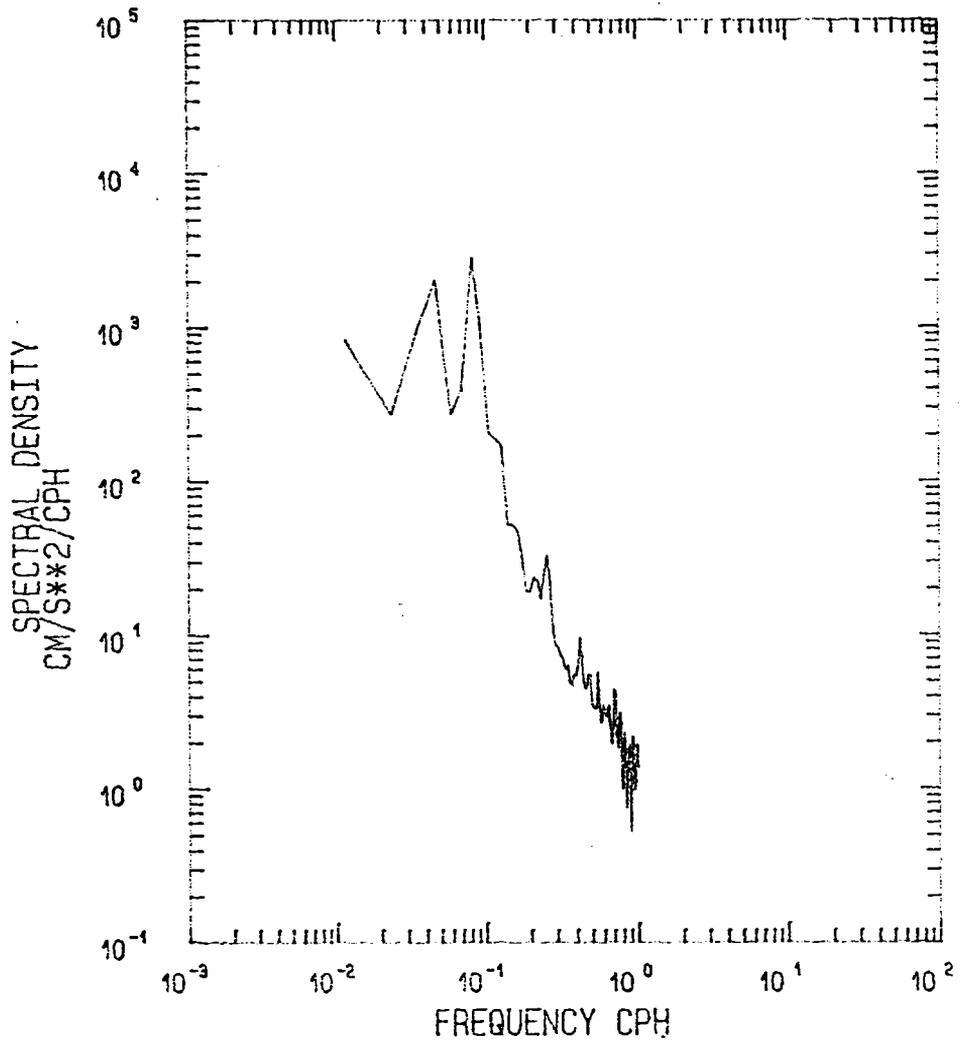


圖 6-21 上層海流能譜圖(第二次觀測)

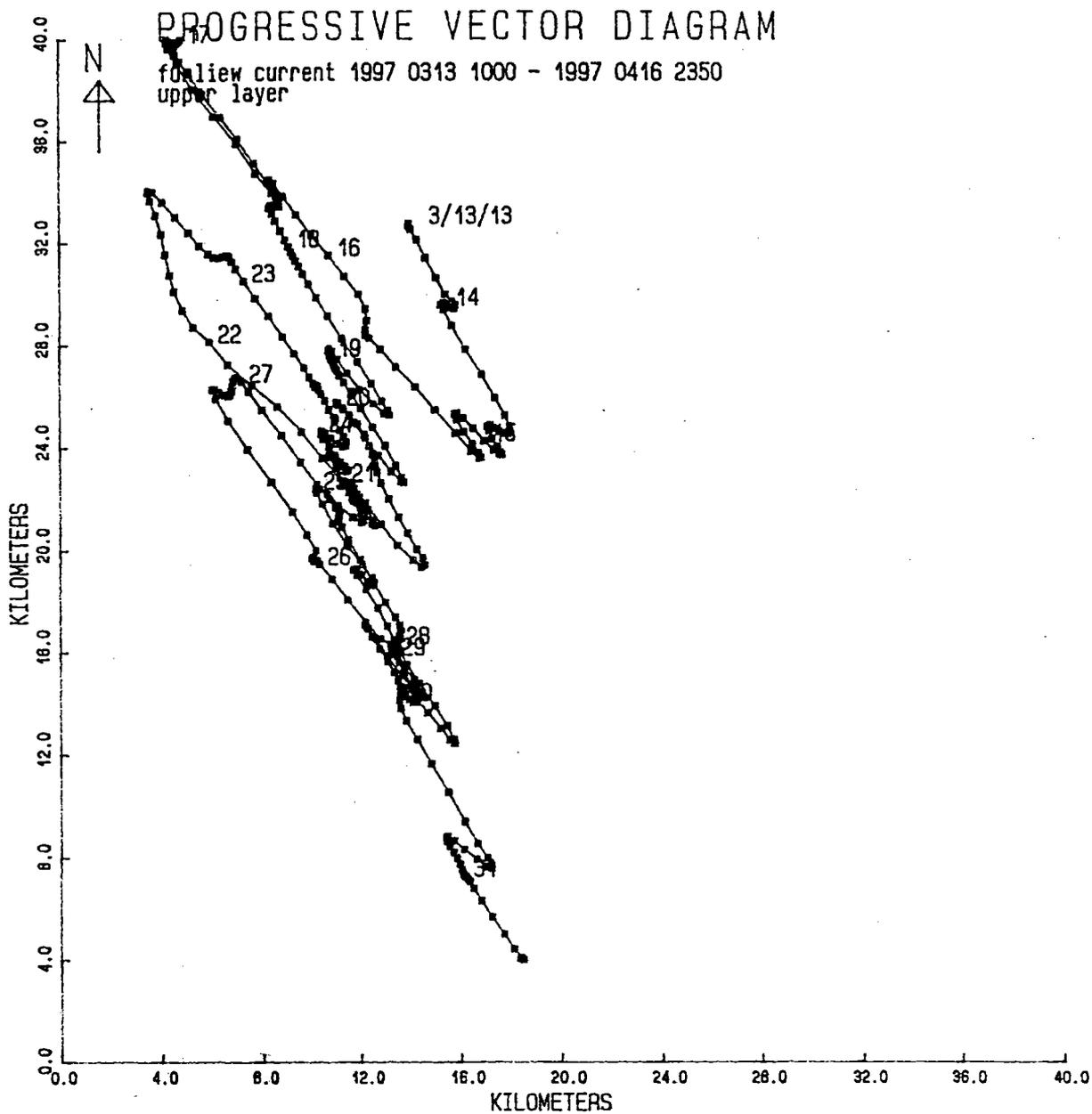


圖 6-22 上層海流 PVD 圖 3 月中、下旬

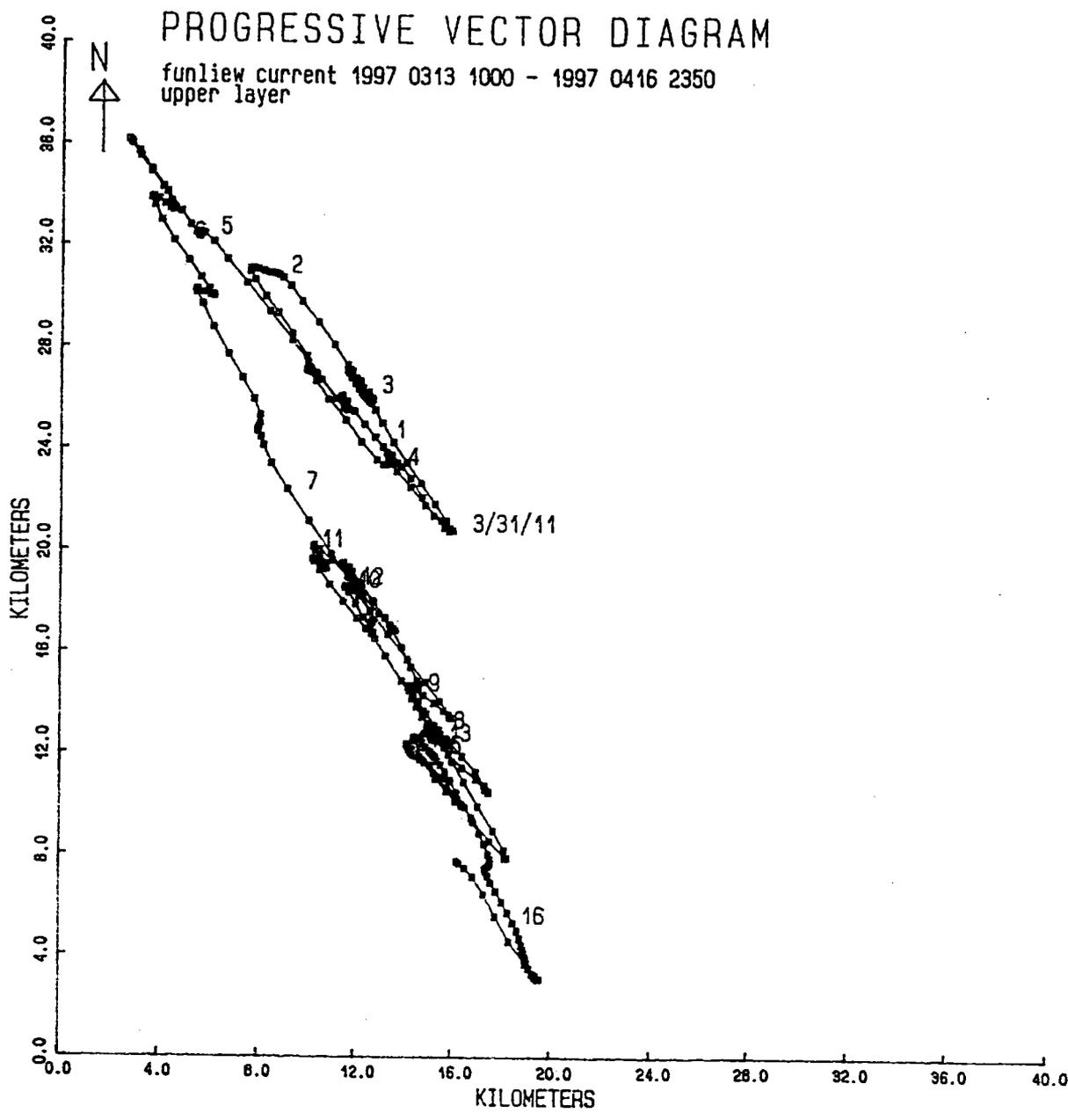


圖 6-23 上層海流 PVD 圖 4 月上、中旬

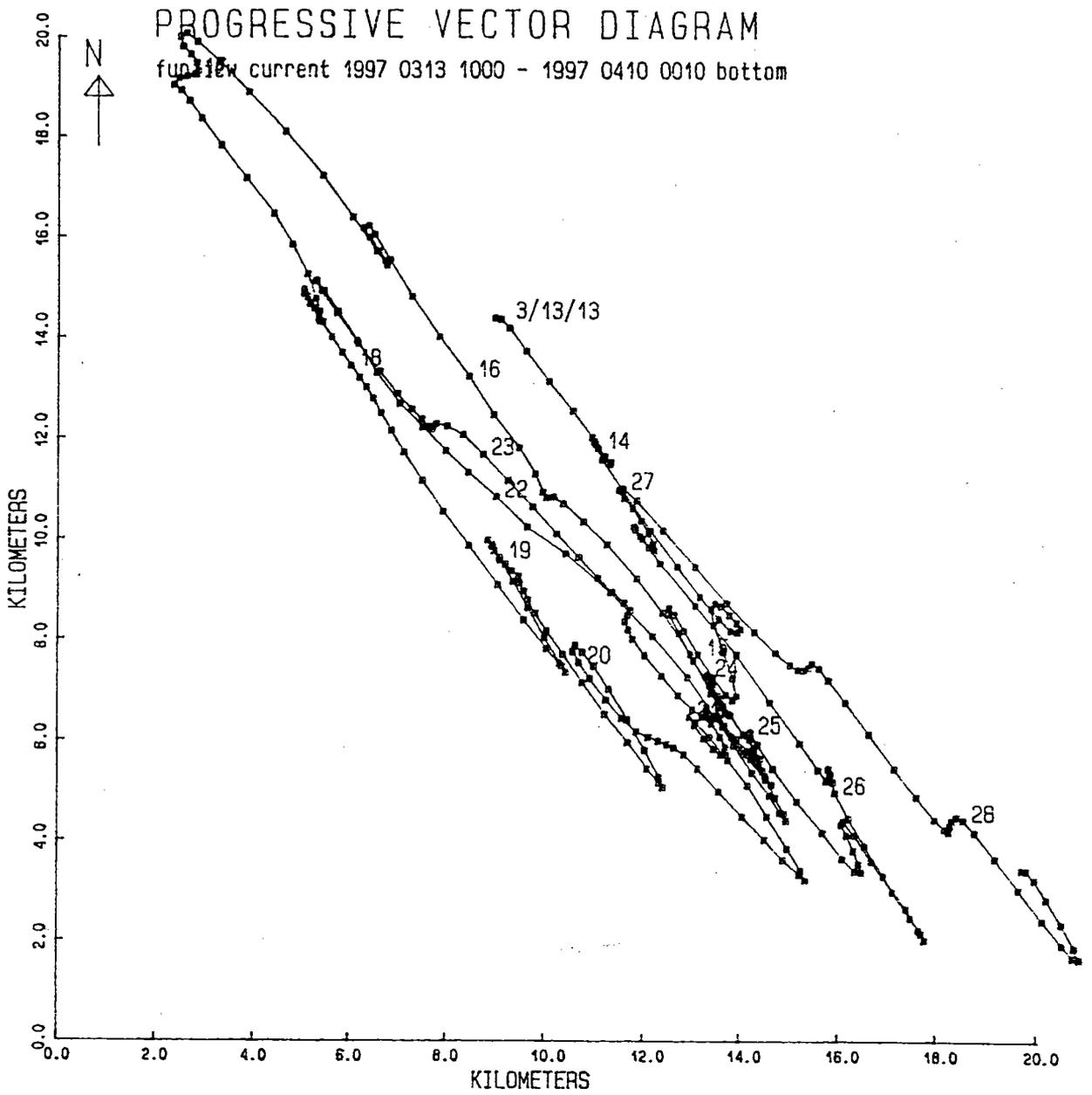


圖 6-24 下層海流 PVD 圖 3 月中、下旬

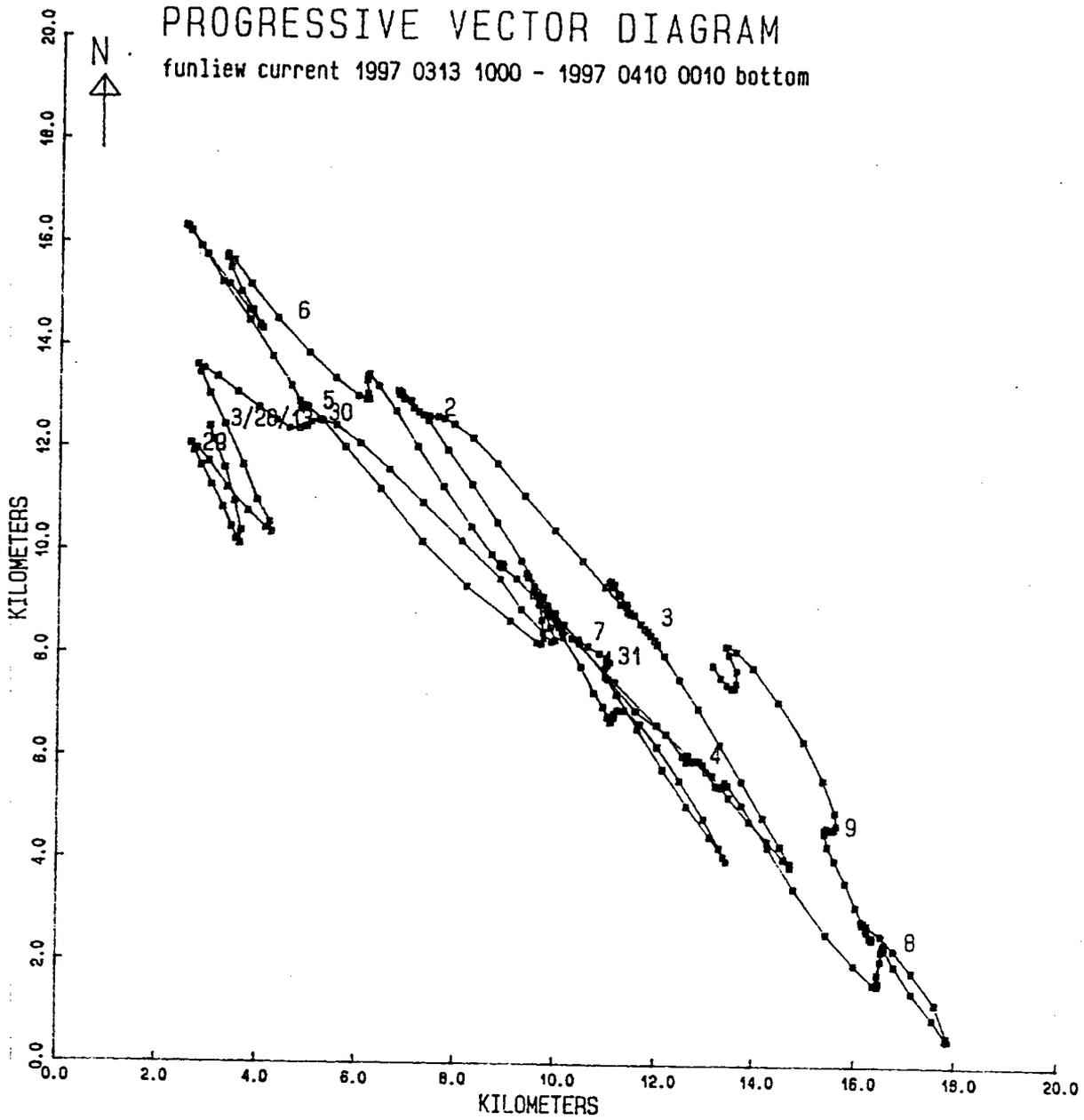


圖 6-25 下層海流 PVD 圖 4 月上旬

PROGRESSIVE VECTOR DIAGRAM

STATION : FON-LIEW
DATA : UPPER CURRENT
DATE : 1997 0418 1000 - 0515 0400

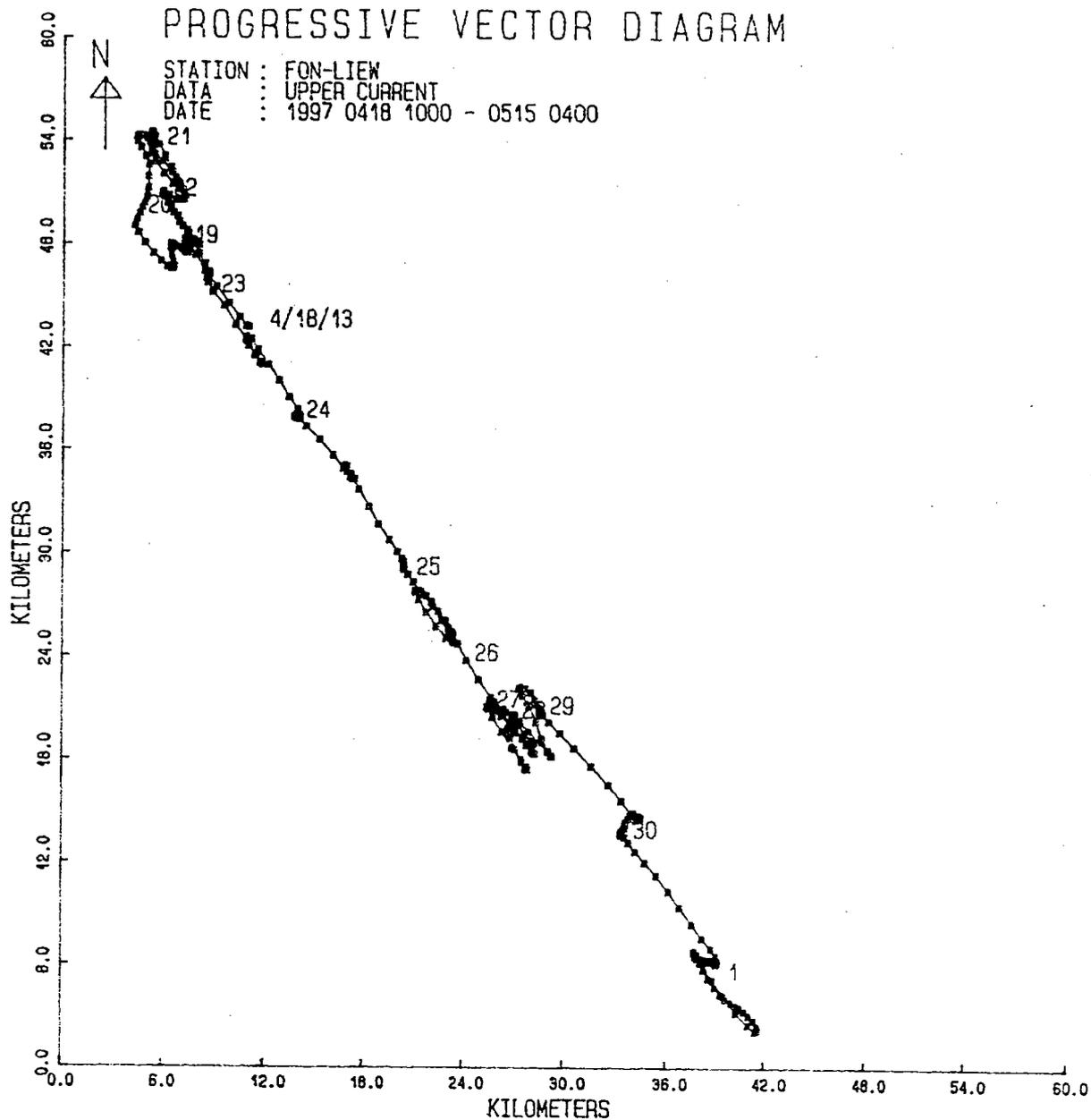


圖 6-26 上層海流 PVD 圖 4 月中、下旬

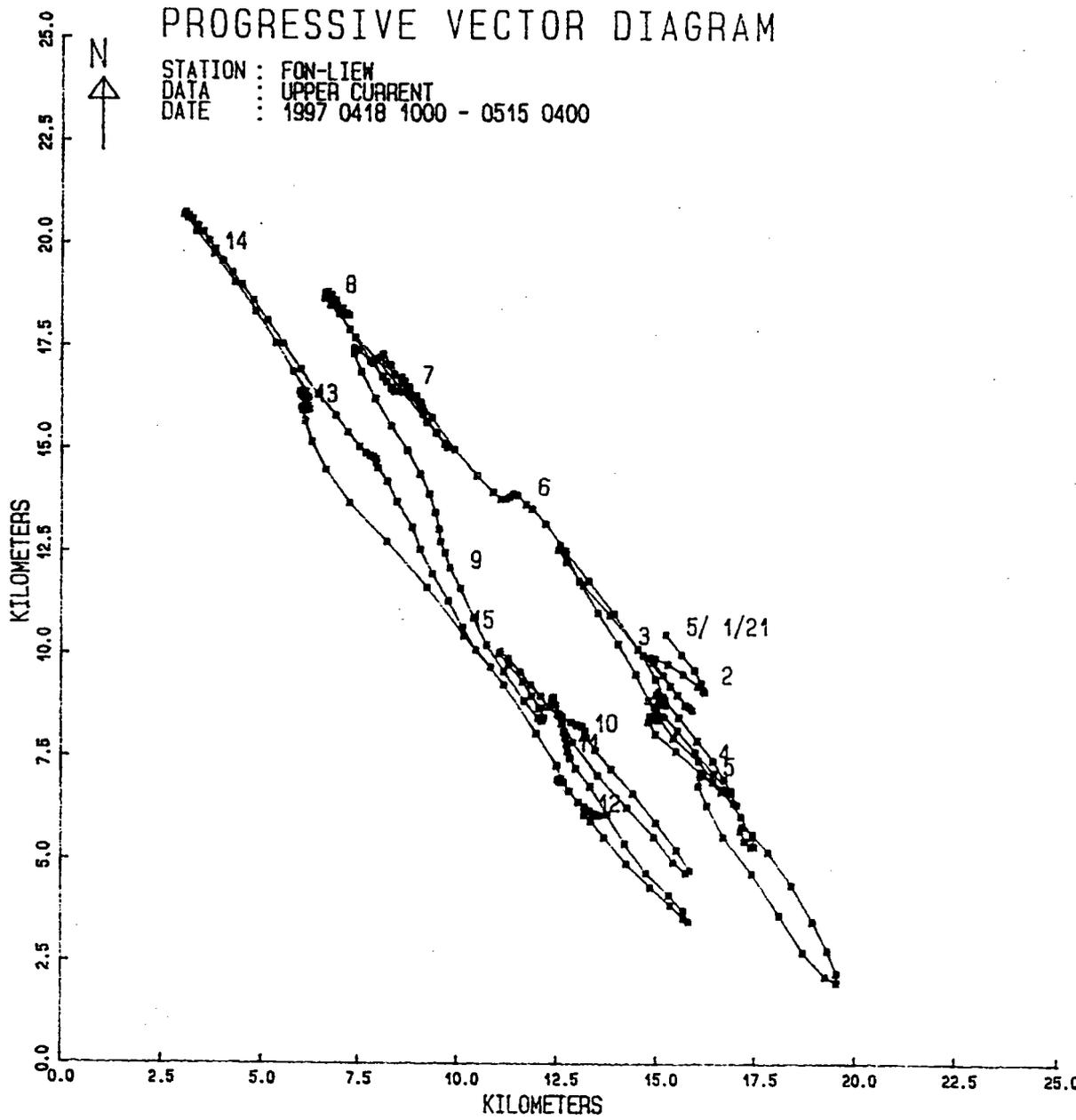


圖 6-27 上層海流 PVD 圖 5 月上、中旬

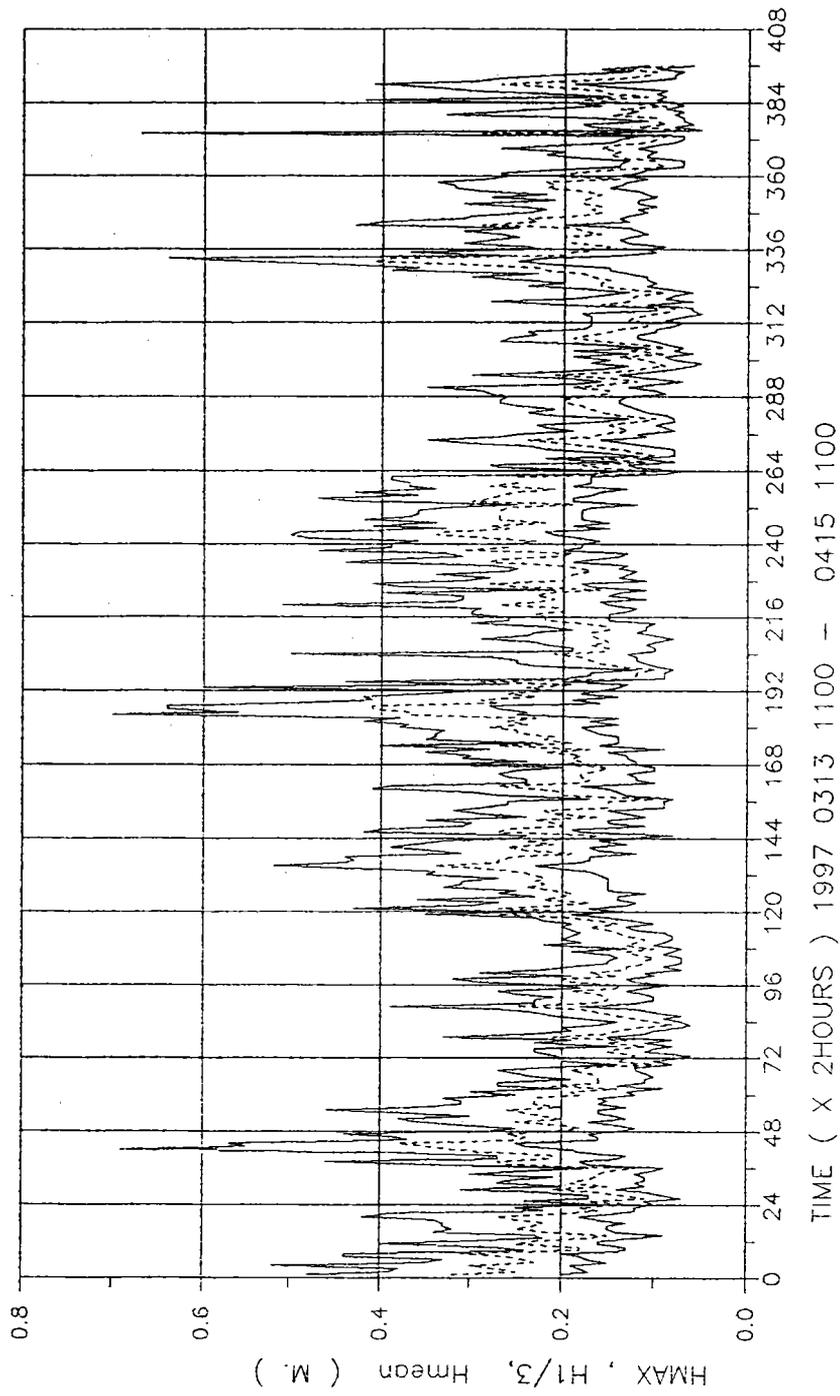
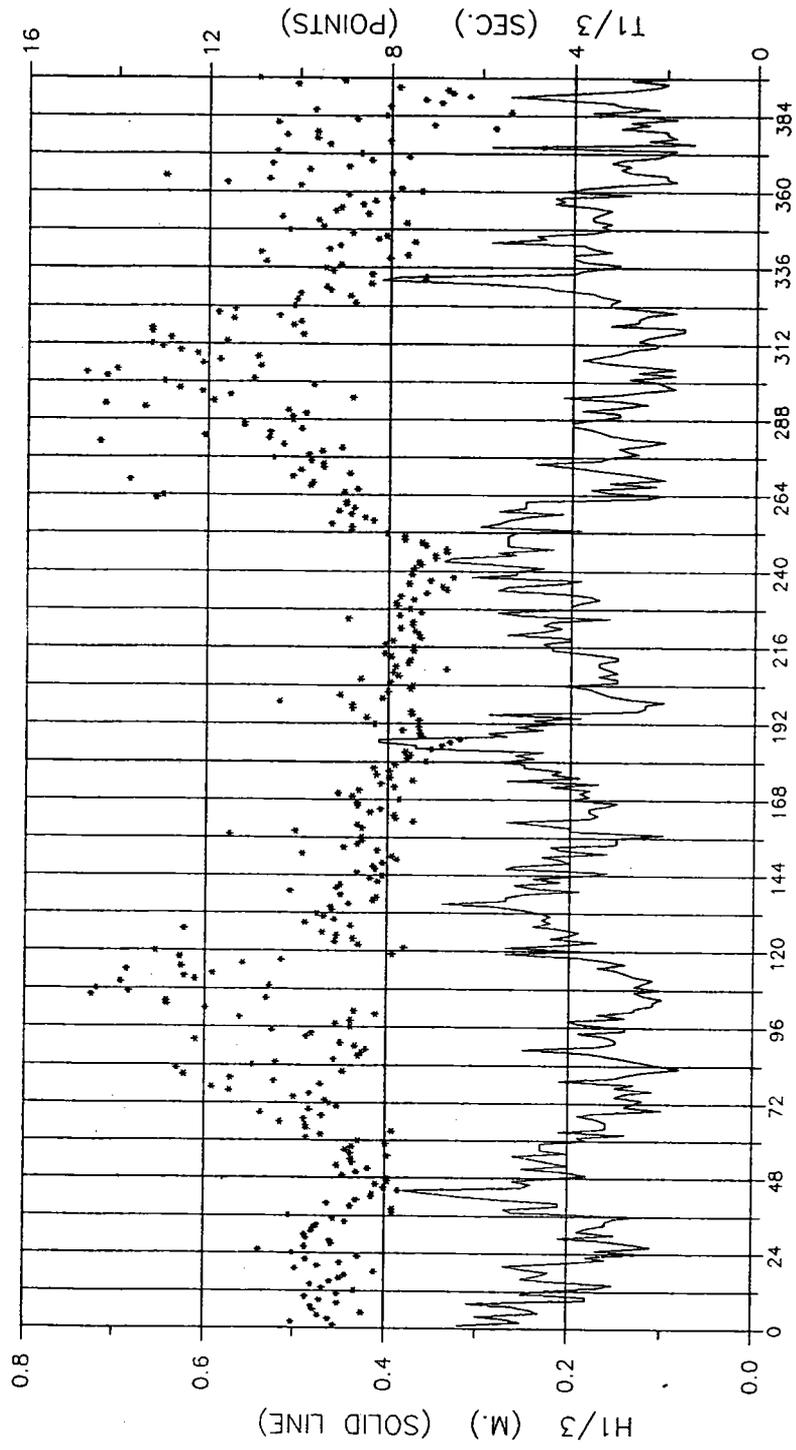


圖 6-28 H_{max} 、 $H_{1/3}$ 、 H_{mean} 時序圖



TIME (X 2 HRs.) 1997 0313 1100 - 0415 1100

圖 6-29 $H_{1/3}$ 、 $T_{1/3}$ 時序圖 (第一次觀測)

§ 6-3 水深地形變化分析及侵淤量估算

本研究第一年工作，除收集原水利局第七工程處七十七年~八十一年度，在屏東縣海岸地形觀測計劃報告中，有關將該區海域每年春、秋兩次自±0 公尺灘線到負 10 公尺水深海底地形資料整理、建檔外，本所並分別於 85 年 10 月(大區域測量)以及 86 年 5 月(小區域測量)委託詮華工程顧問有限公司在林邊海岸進行地形測量，俾作當地海岸斷面分析、等深線變化分析以及土方量侵淤變化分析等工作。

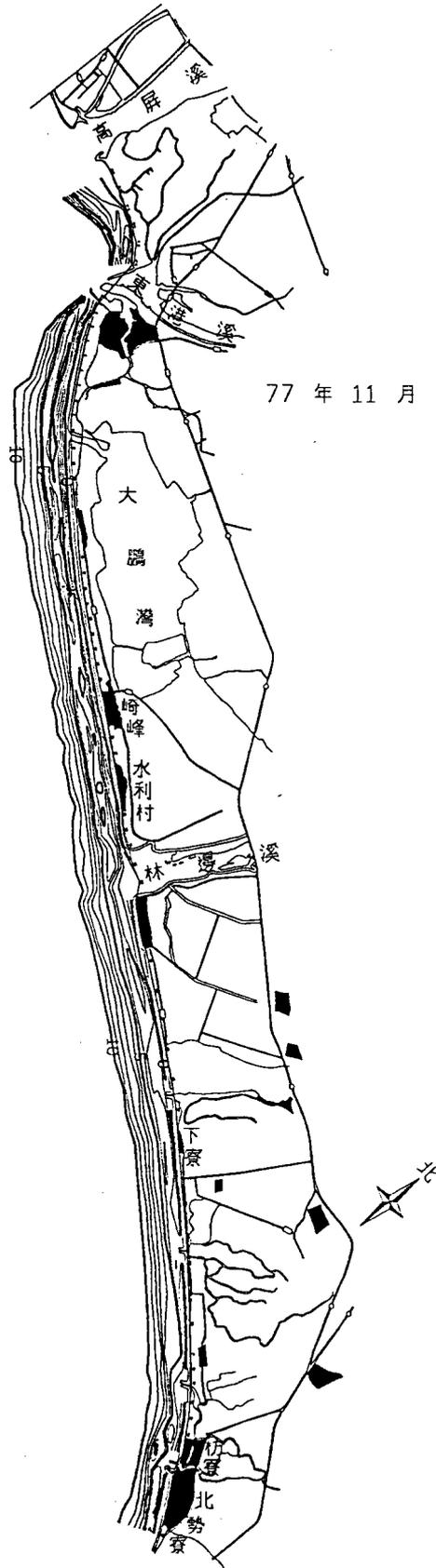
圖 6-30(a)~(g)分別取自第七工程處在屏東林邊海岸於民國 77 年 11 月、78 年 5 月、78 年 11 月、79 年 5 月、79 年 11 月、80 年 5 月以及本所於 85 年 10 月等，北起東港溪，南到枋寮溪口全長約 21 公里區域水測測量圖，除(g)圖係由本所施測水深到負 30 公尺外，其餘均為水利局第七工程處提供資料本所整理繪製，惟其水深僅測到負 10 公尺處；為進一步清楚地比較其等深線變化趨勢，特將其整理繪製如圖 6-31(a)~(g)以及圖 6-32(a)~(g)所示。

6-3-1 等水深線變化分析

圖 6-33(a)~(c)為屏東林邊海岸等水深線±0 公尺、負 5 公尺以及負 10 公尺歷年水深變化比較圖；其中(a)圖為本所取自水利局第七工程處歷年水深測量圖整理繪製而成；(b)與(c)圖為放大圖以資清楚比較分析；吾人若以民國 77 年 11 月所測地形圖為研判基準，則分析結果顯示到民國 78 年 11 月即經過一年後，高屏溪口南側與東港溪口北側間，其±0 公尺灘線向外移動有淤積趨勢，水深負 5 公尺與負 10 公尺等水深線近高屏溪口處則有內移呈侵蝕狀，近東港溪口處該兩等深線則無明顯變化；惟到民國 80 年 5 月則±0 公尺、負 5 公尺以及負 10 公尺等水深線則明顯內移均呈侵蝕。

其次東港溪口以南到林邊溪口以北沿屏東大鵬灣、崎峰村以及水利村海岸，分析結果顯示在大鵬灣入口側南岸以及靠近崎峰村海岸，依據民國 78 年 11 月所測地形研判，其±0 公尺灘線有內移呈侵蝕趨勢，負 15 公尺等深線亦然，尤其是在崎峰村、水利村更形嚴重，惟負 15 公尺等深線變化則侵淤互見，而到民國 80 年 5 月，分析結果顯示在靠近崎峰村、水利村外海水域，其負 5 公尺等深線更是明顯內移呈侵蝕，再者自林邊溪口南側到士文溪口北側間海域水深資料分析結果顯示，該區±0 公尺灘線已非常靠近岸邊，但負 5 公尺以及負 10 公尺等深線在林邊溪與下寮溪間海域，於 78 年 11 月時有明顯內移呈侵蝕現象，而下寮與枋寮漁港間水域，負 5 公尺與負 10 公尺水深線則外移呈淤積；而到民國 80 年 5 月，圖形顯示自林邊溪以南到士文溪以北，整區負 5 公尺以及負 10 公尺等深線均明顯內移呈侵蝕。

由於水利局第七工程處在該區每年度所測水深地形並無標示絕對座標點，僅係相對位置參考點，故若用來與本所於 85 年 10 月所測地形加以比較，恐誤差蠻大，而本所因限於經費，86 年 5 月在該區海域僅選擇性地在林邊溪口、下寮以及枋寮漁港附近水域作小區域測量，範圍 2 公里，水深測至負 10 公尺，本所第一年所測兩次地形比較如圖 6-34(a)~(c)以及 6-35(a)~(c)中示，該區海域因地處台灣西南海岸對東北季風遮蔽效果佳，致±0 公尺灘線、負 5 公尺以及負 10 公尺等深線均無變化。



屏東林邊海域水深地形圖 (77 年 11 月，第七工程處)

圖 6-30(a)

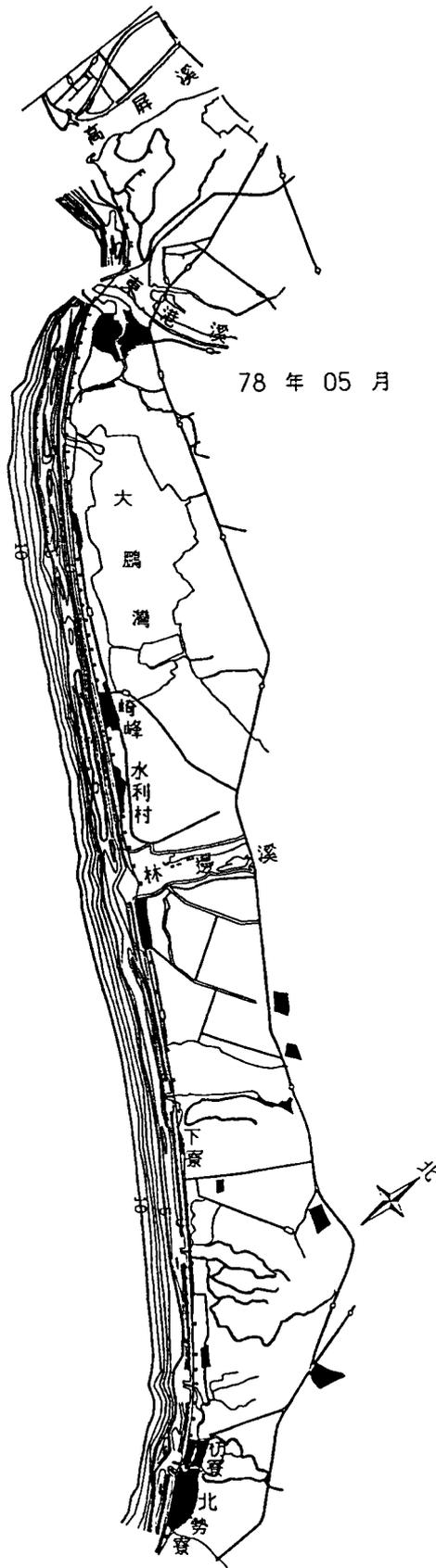
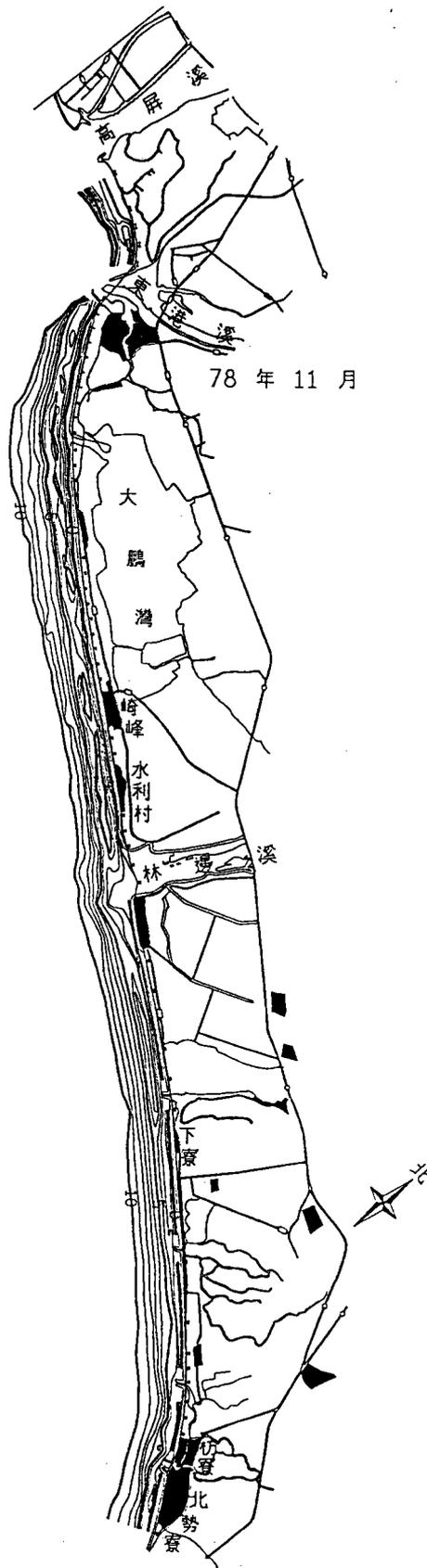
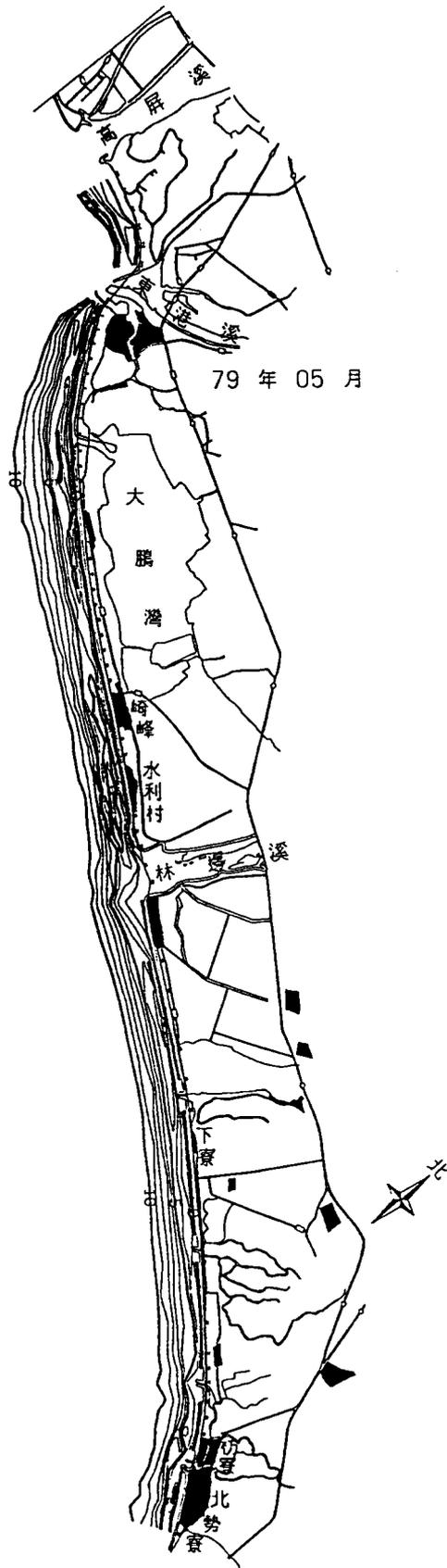


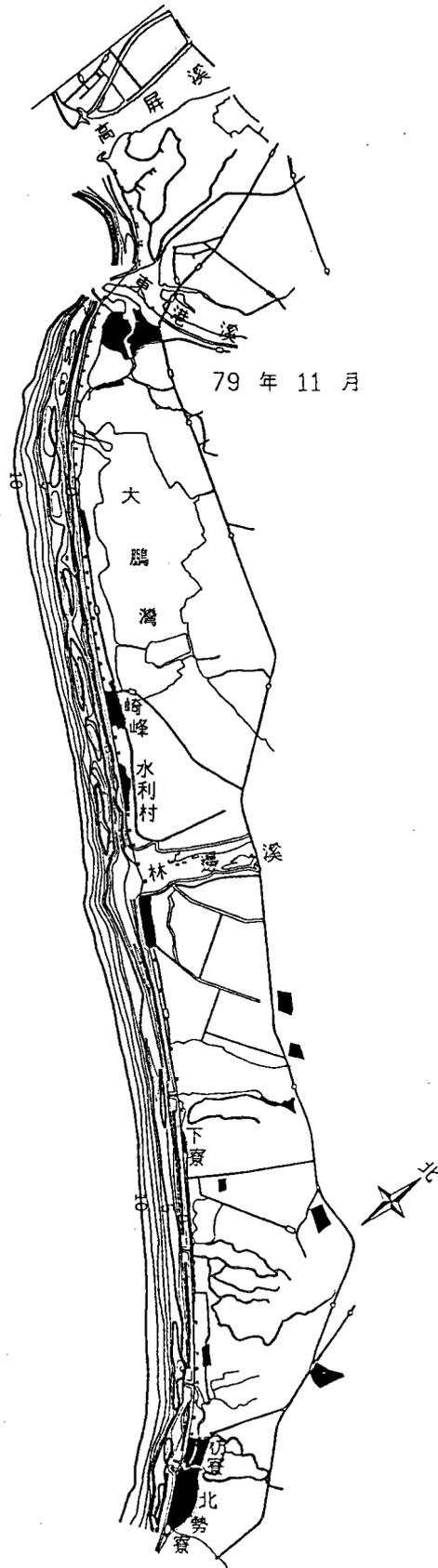
圖 6-30(b) 屏東林邊海域水深地形圖 (78年5月, 第七工程處)



屏東林邊海域水深地形圖 (78年11月, 第七工程處)



屏東林邊海域水深地形圖 (79年5月, 第七工程處)



屏東林邊海域水深地形圖 (79年11月, 第七工程處)

圖 6-30(c)

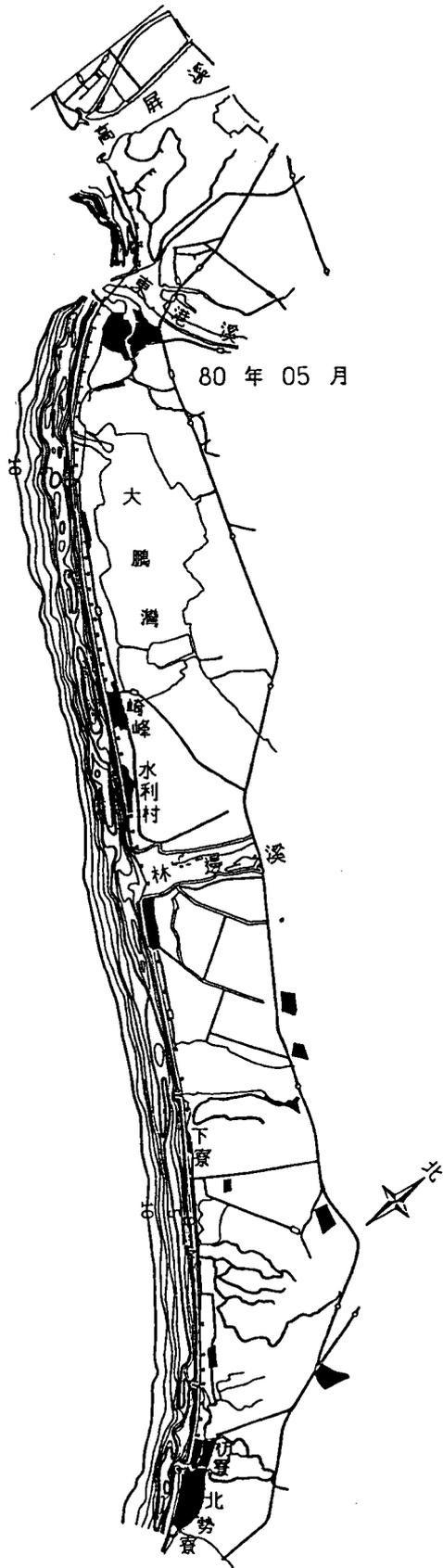


圖 6-30(f) 屏東林邊海域水深地形圖 (80年5月, 第七工程處)

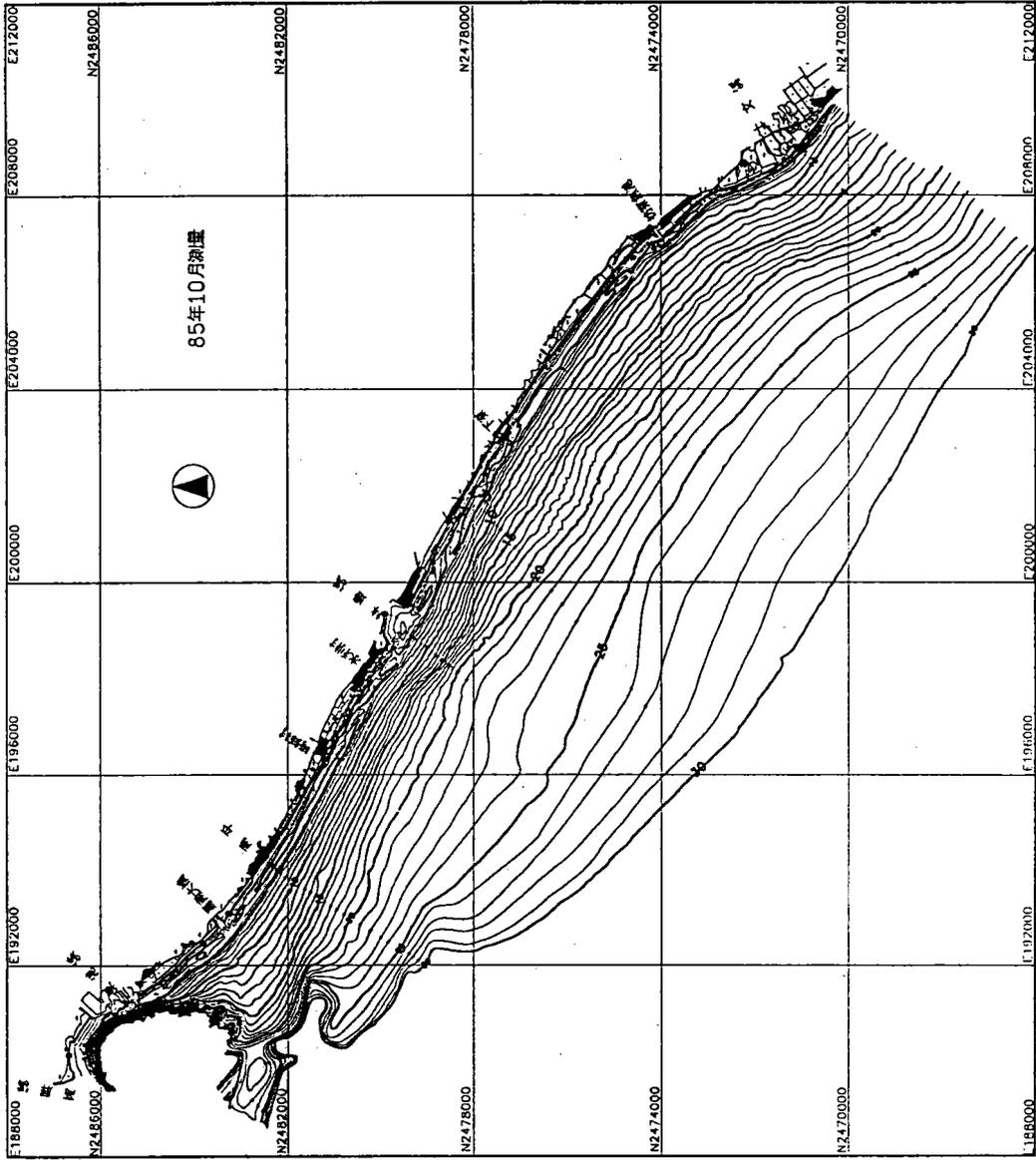


圖 6-30(g) 屏東林邊海域水深地形圖 (85年10月, 本計畫)

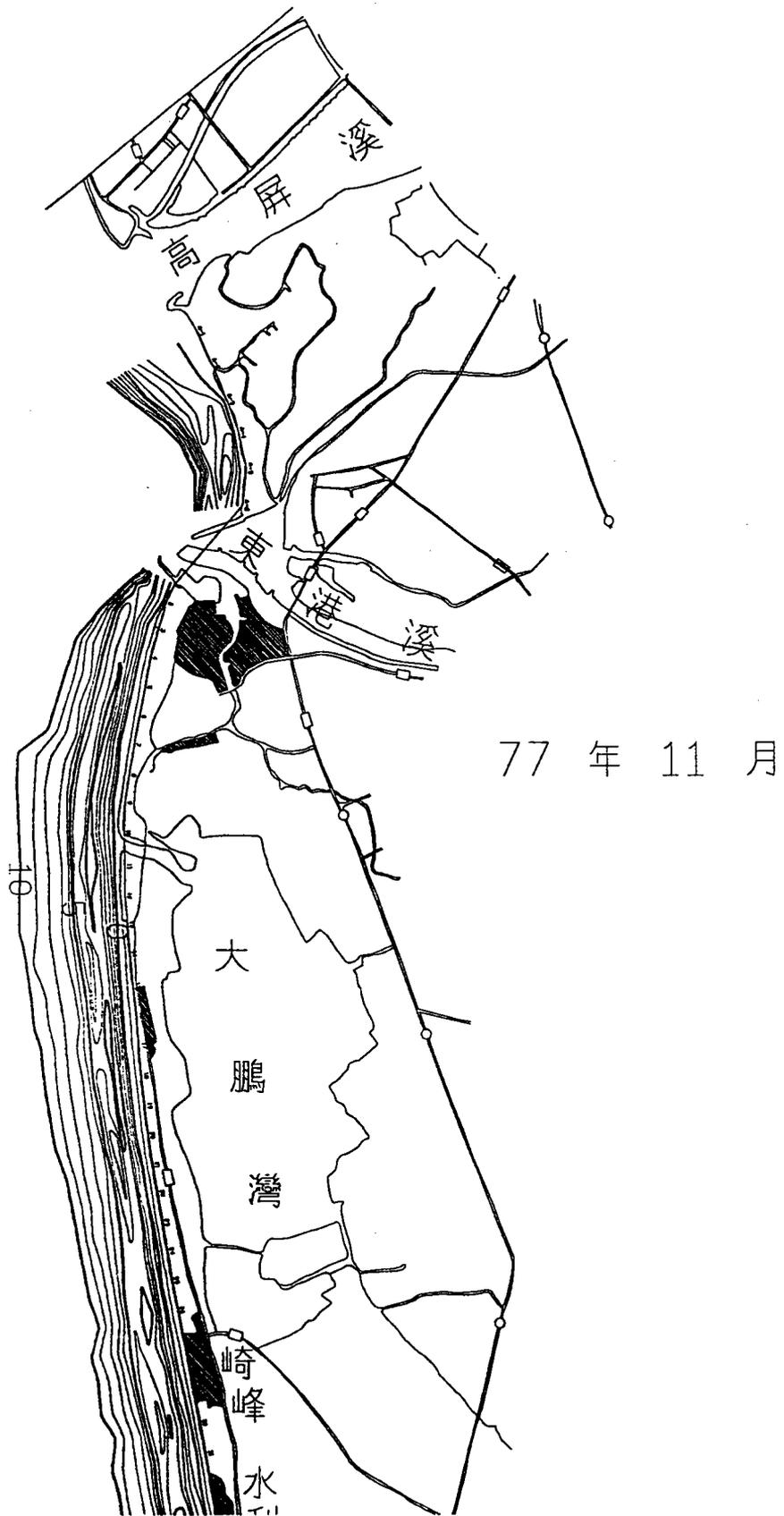


圖 6-31(a) 屏東林邊海域水深地形圖 (77年11月, 第七工程處)

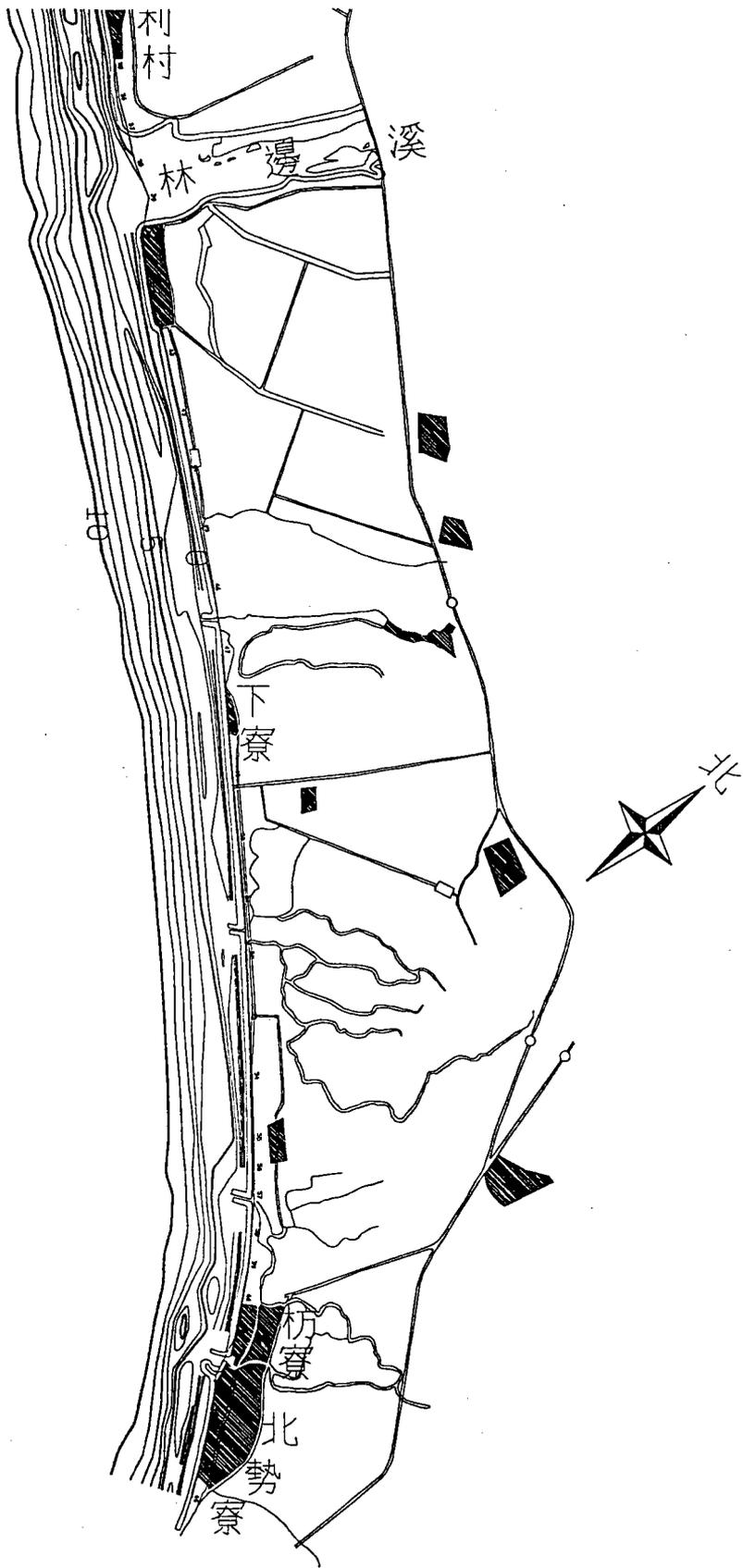


圖 6-31(a) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (77年11月, 第七工程處)

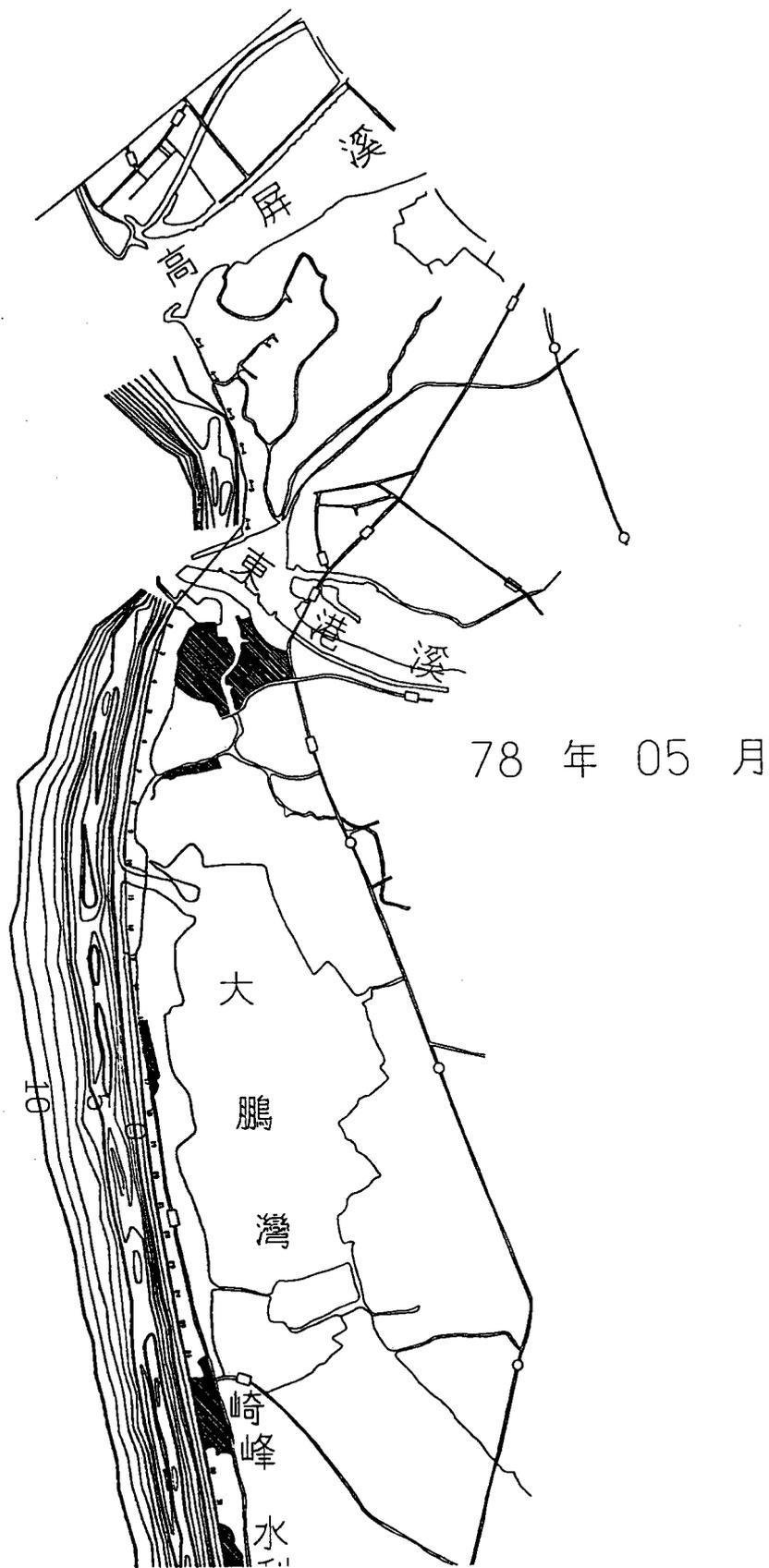


圖 6-31(b) 屏東林邊海域水深地形圖 (78年5月, 第七工程處)

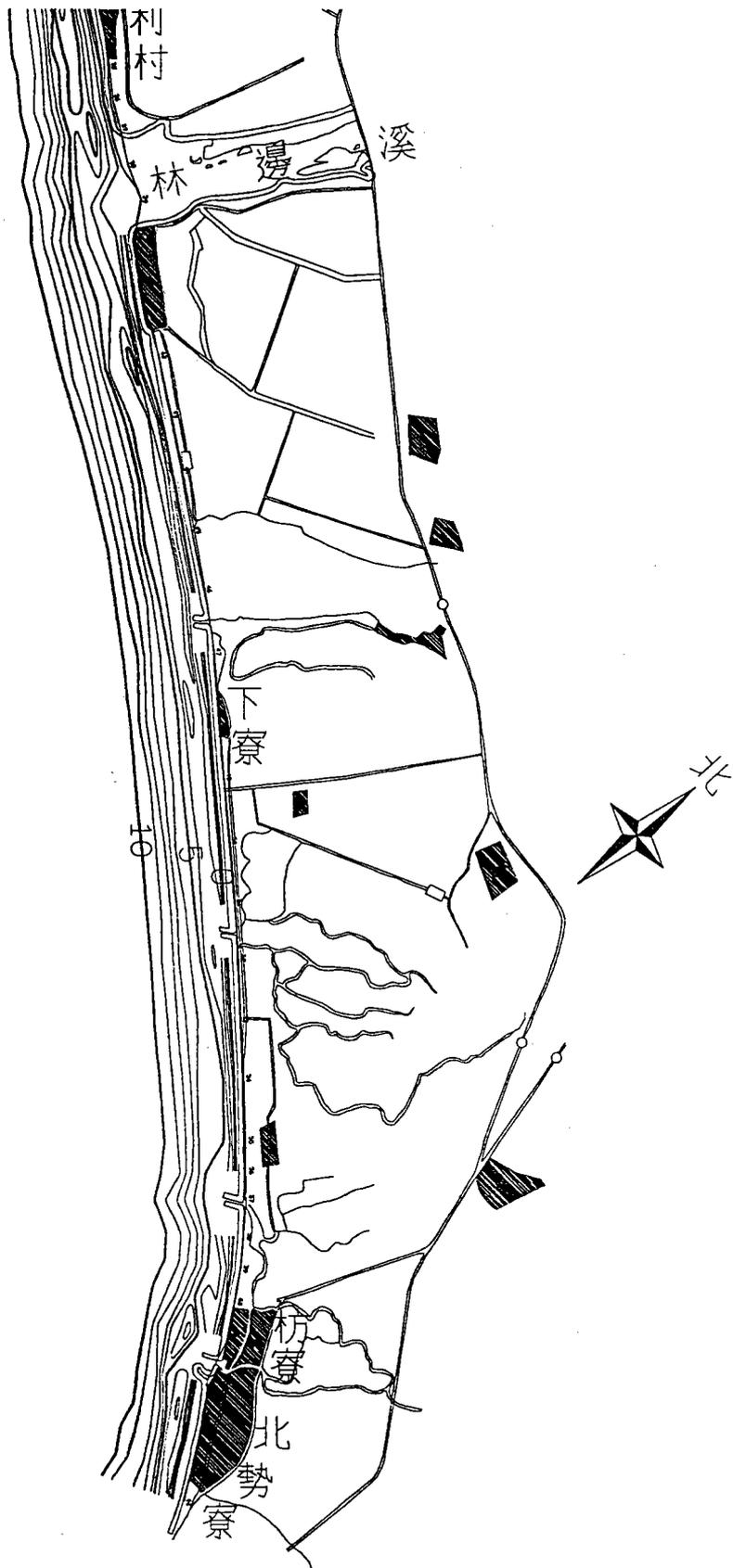


圖 6-31(b) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (78年5月, 第七工程處)

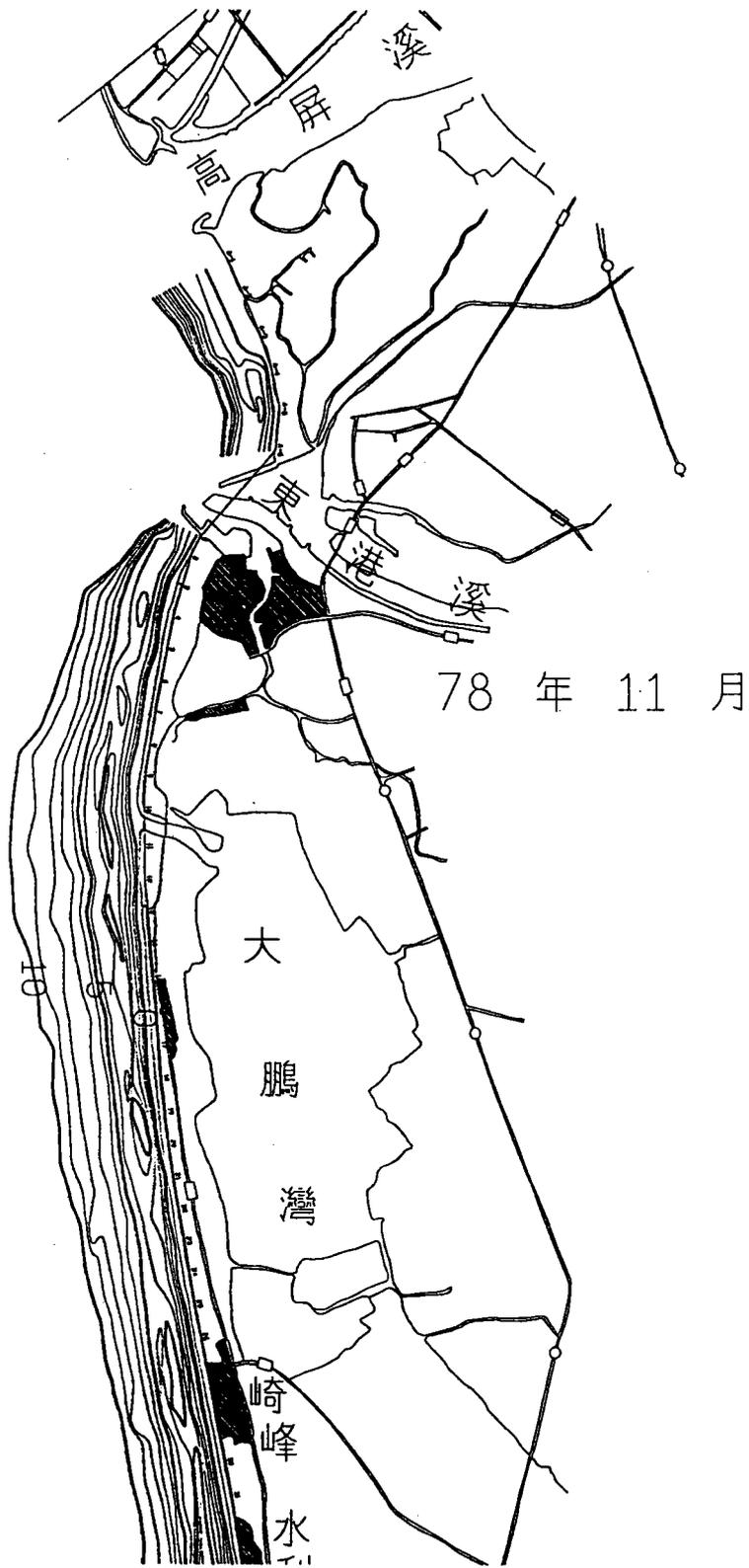


圖 6-31(c) 屏東林邊海域水深地形圖 (78年11月, 第七工程處)

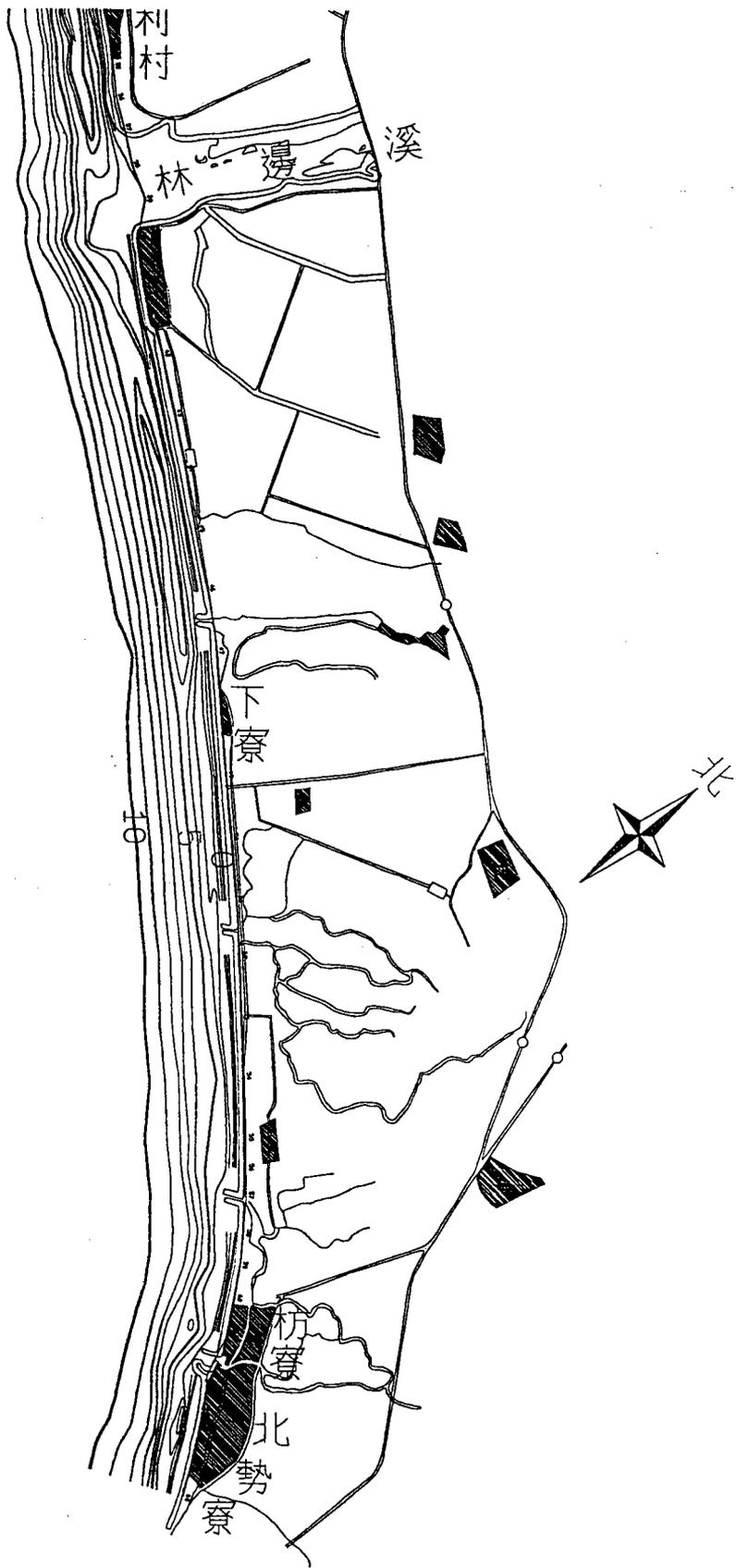


圖 6-31(c) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (78 年 11 月, 第七工程處)

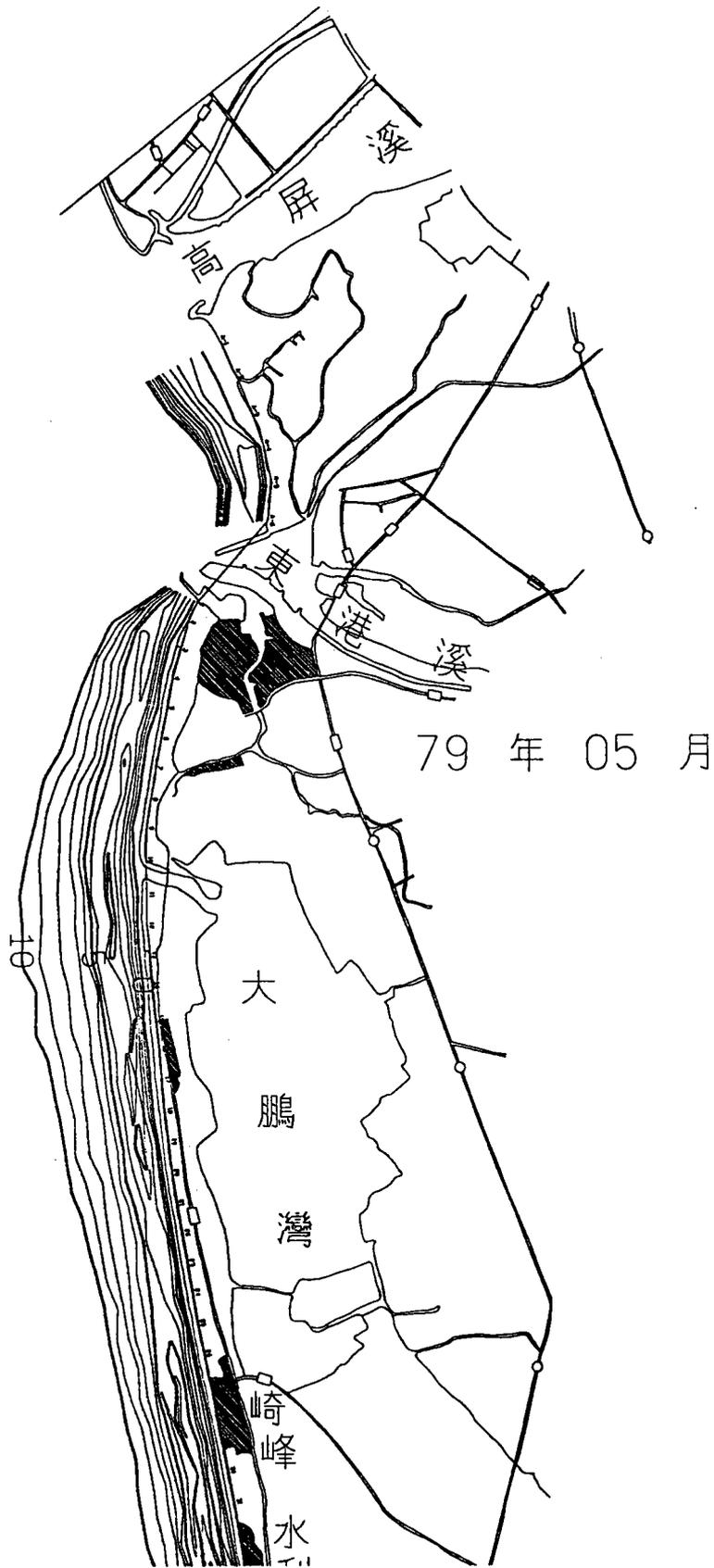


圖 6-31(d) 屏東林邊海域水深地形圖 (79年5月, 第七工程處)

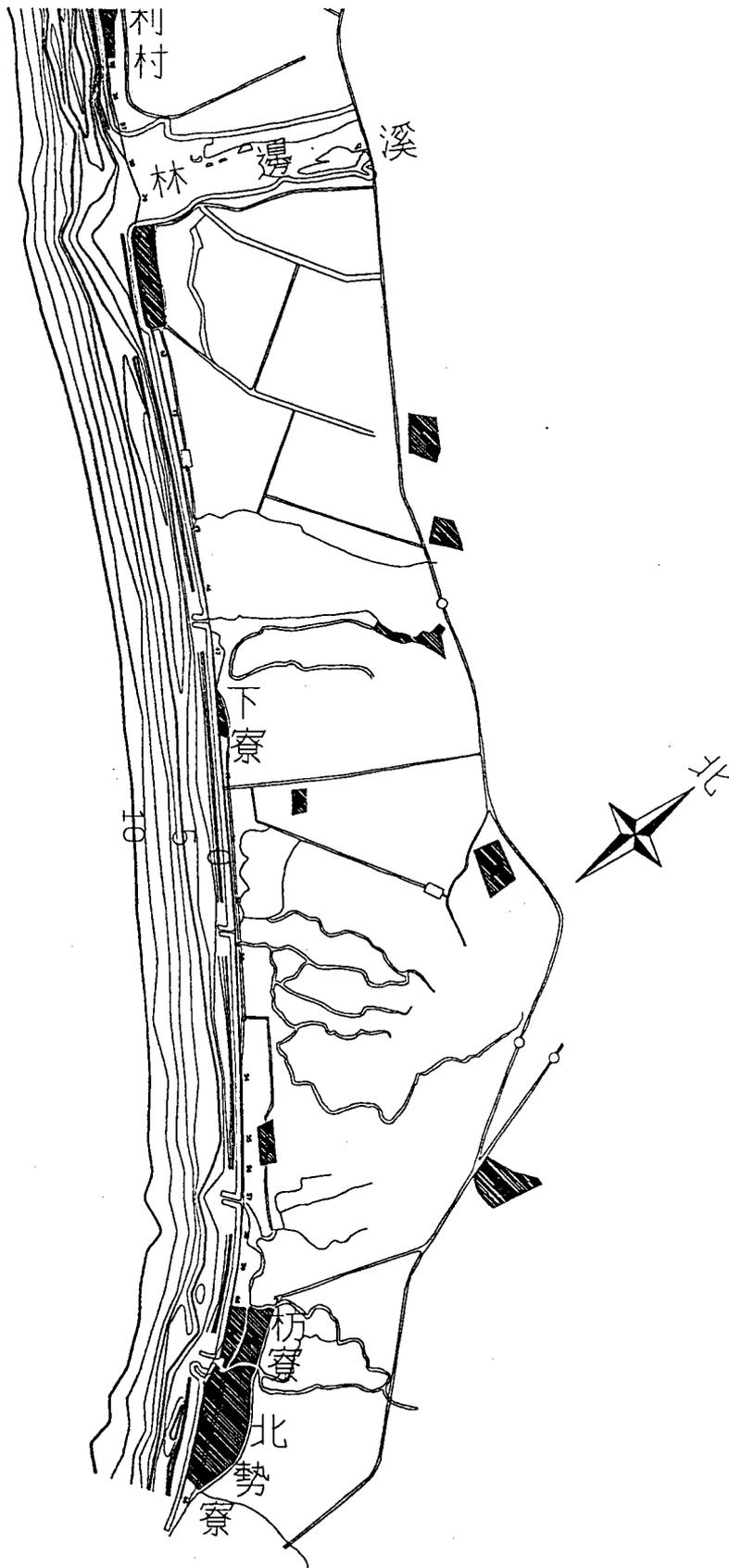


圖 6-31(d) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (79 年 5 月, 第七工程處)

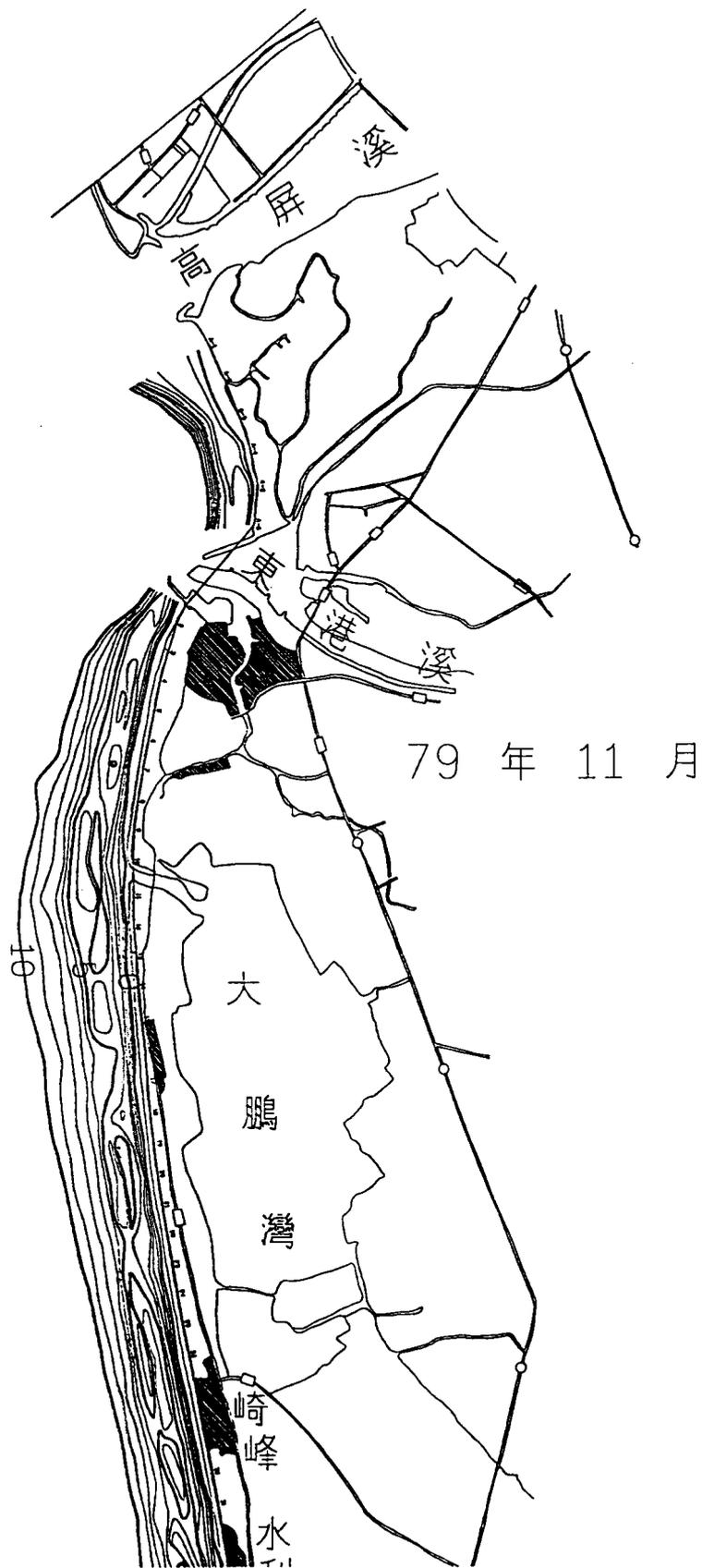


圖 6-31(e) 屏東林邊海域水深地形圖 (79年11月, 第七工程處)

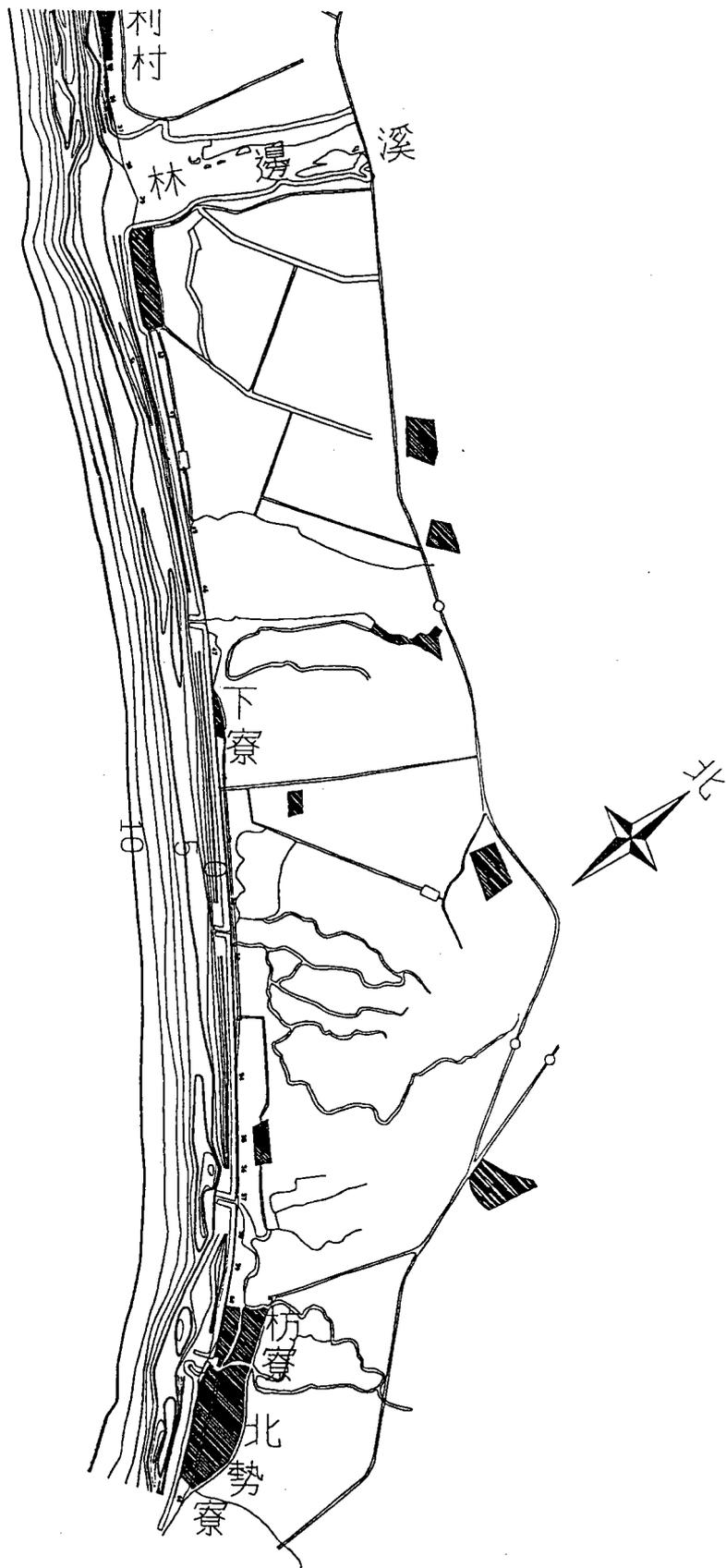


圖 6-31(e) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (79年11月, 第七工程處)

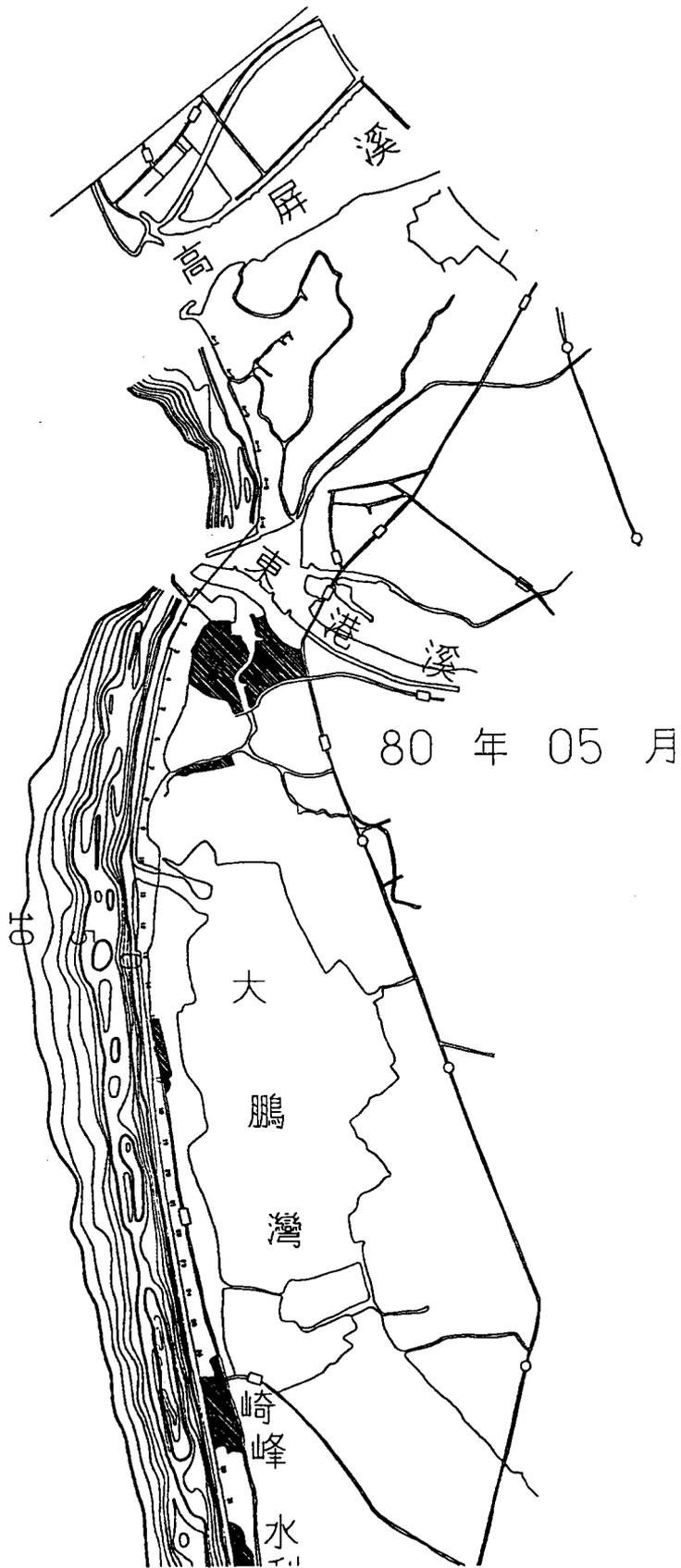


圖 6-31(f) 屏東林邊海域水深地形圖 (80年5月, 第七工程處)

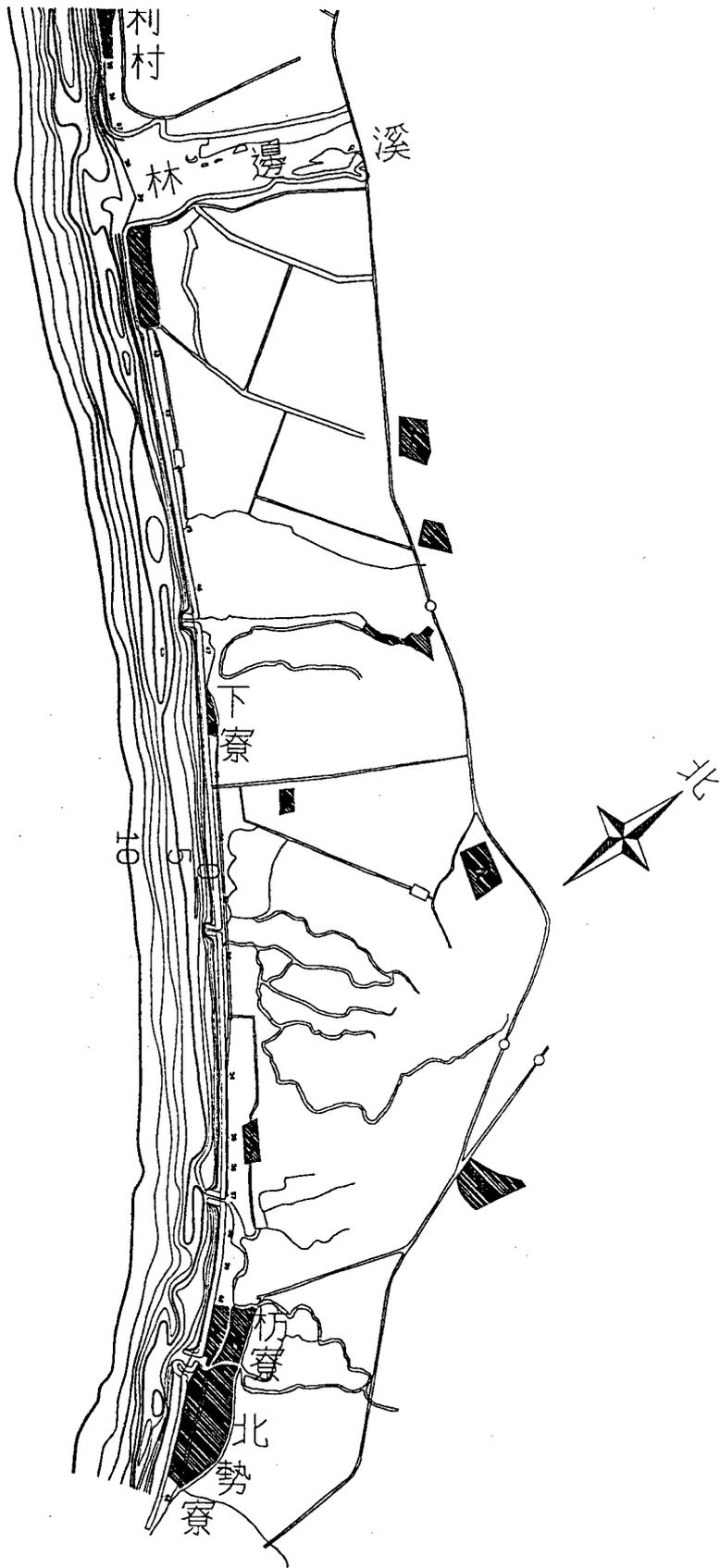


圖 6-31(f) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (80 年 5 月, 第七工程處)

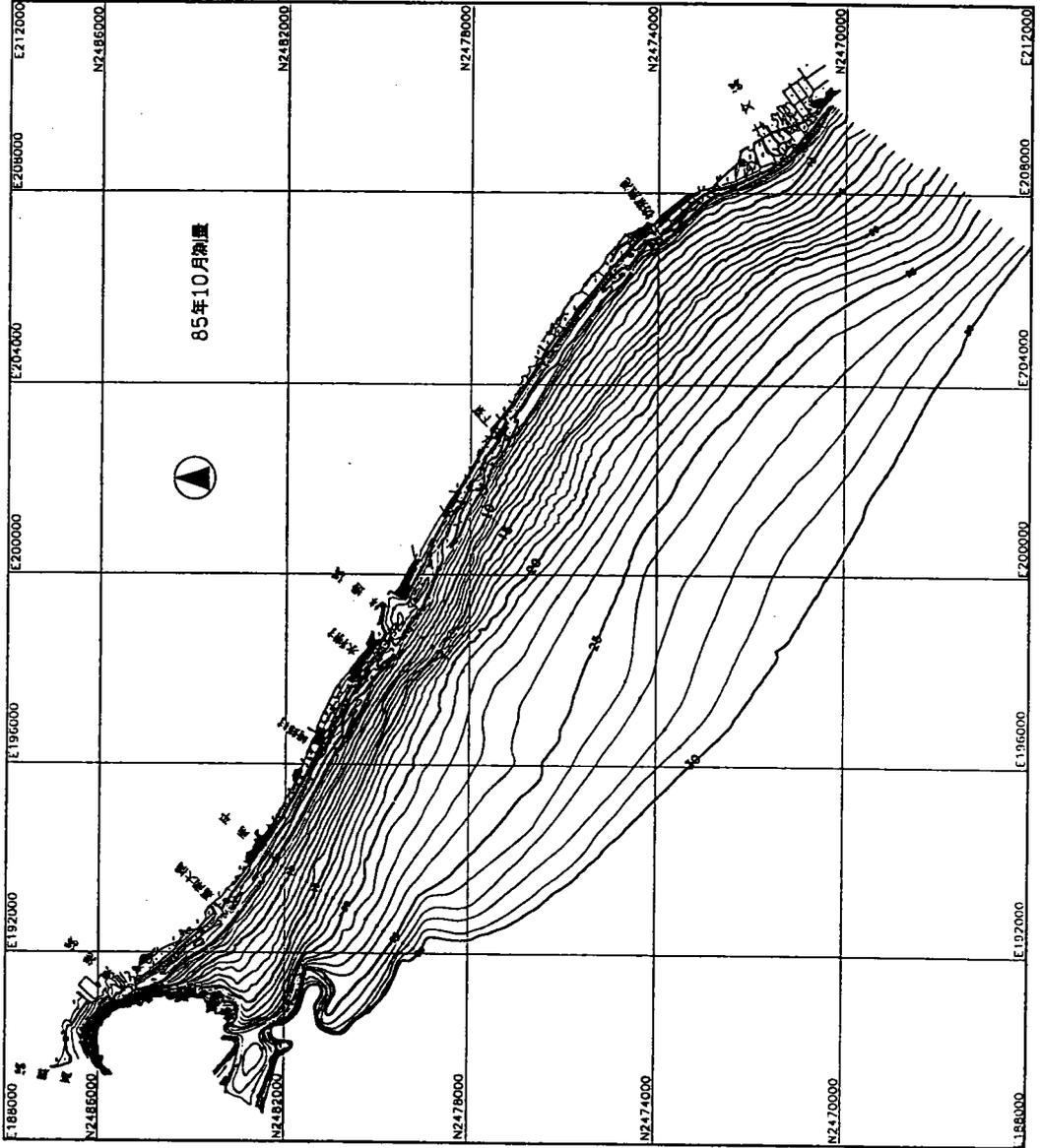


圖 6-31(g) 屏東林邊海域水深地形圖 (85年5月, 本計畫)

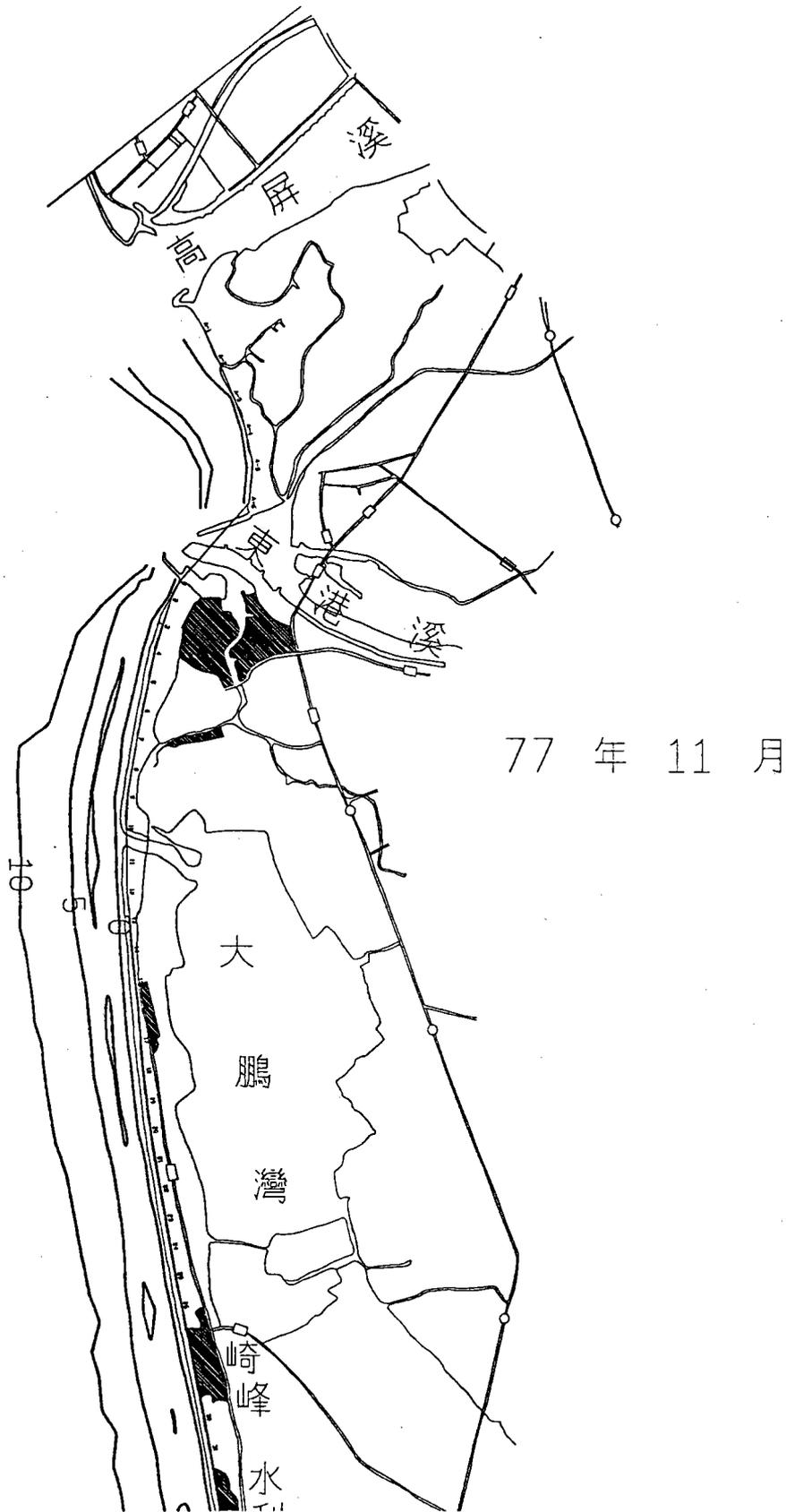


圖 6-32(a) 屏東林邊海域水深地形圖 (77年11月, 第七工程處)

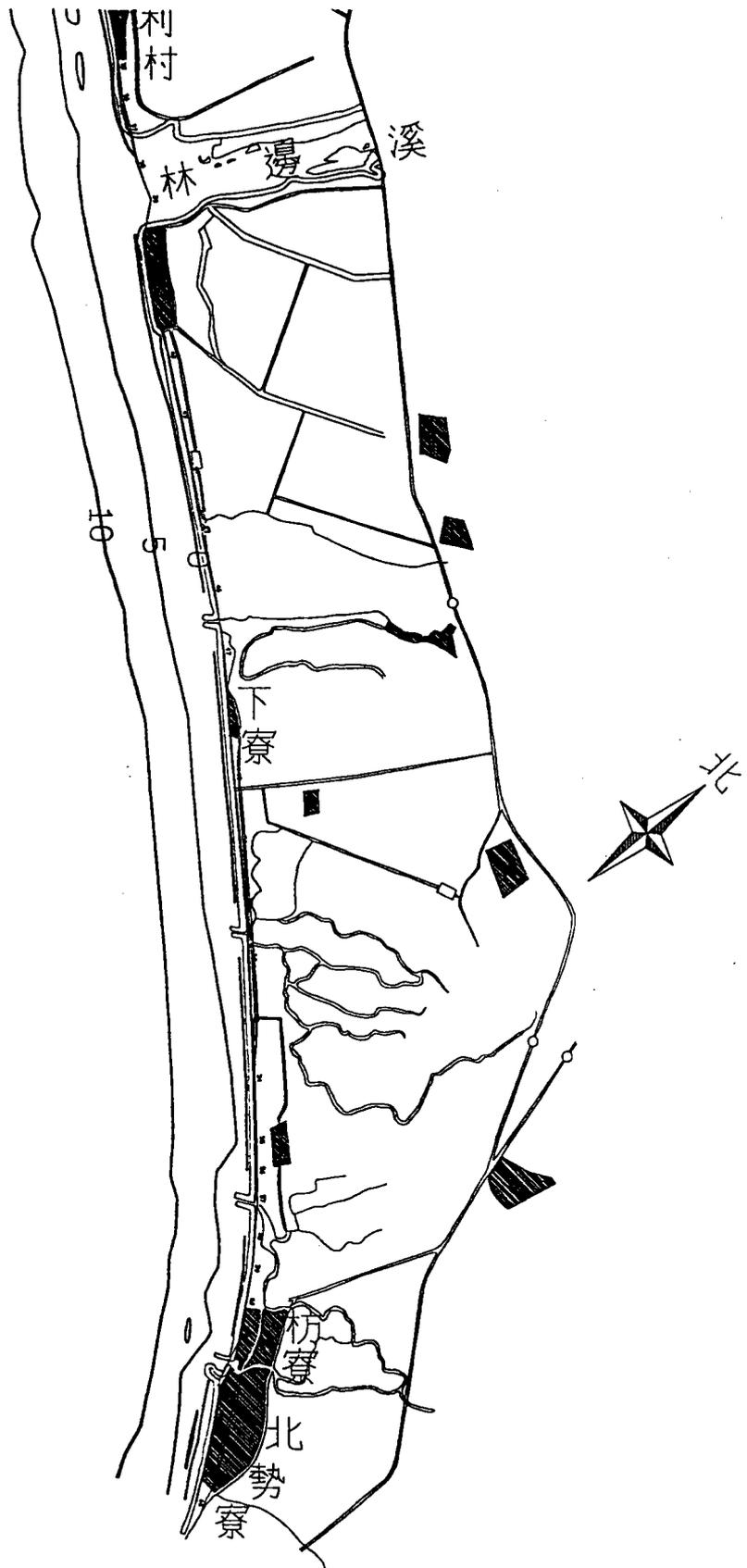


圖 6-32(a) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (77年11月, 第七工程處)

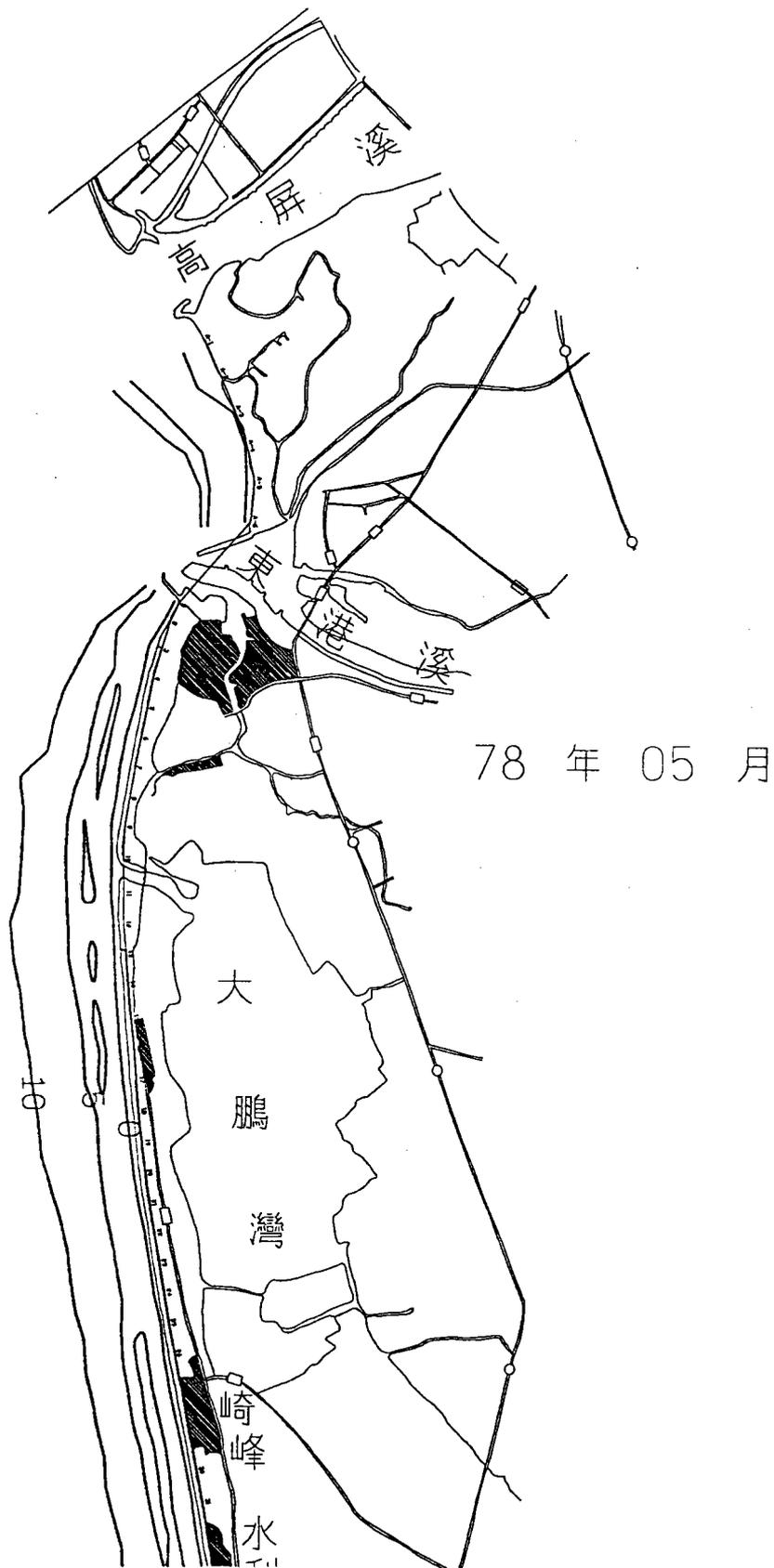


圖 6-32(b) 屏東林邊海域水深地形圖 (78年5月, 第七工程處)

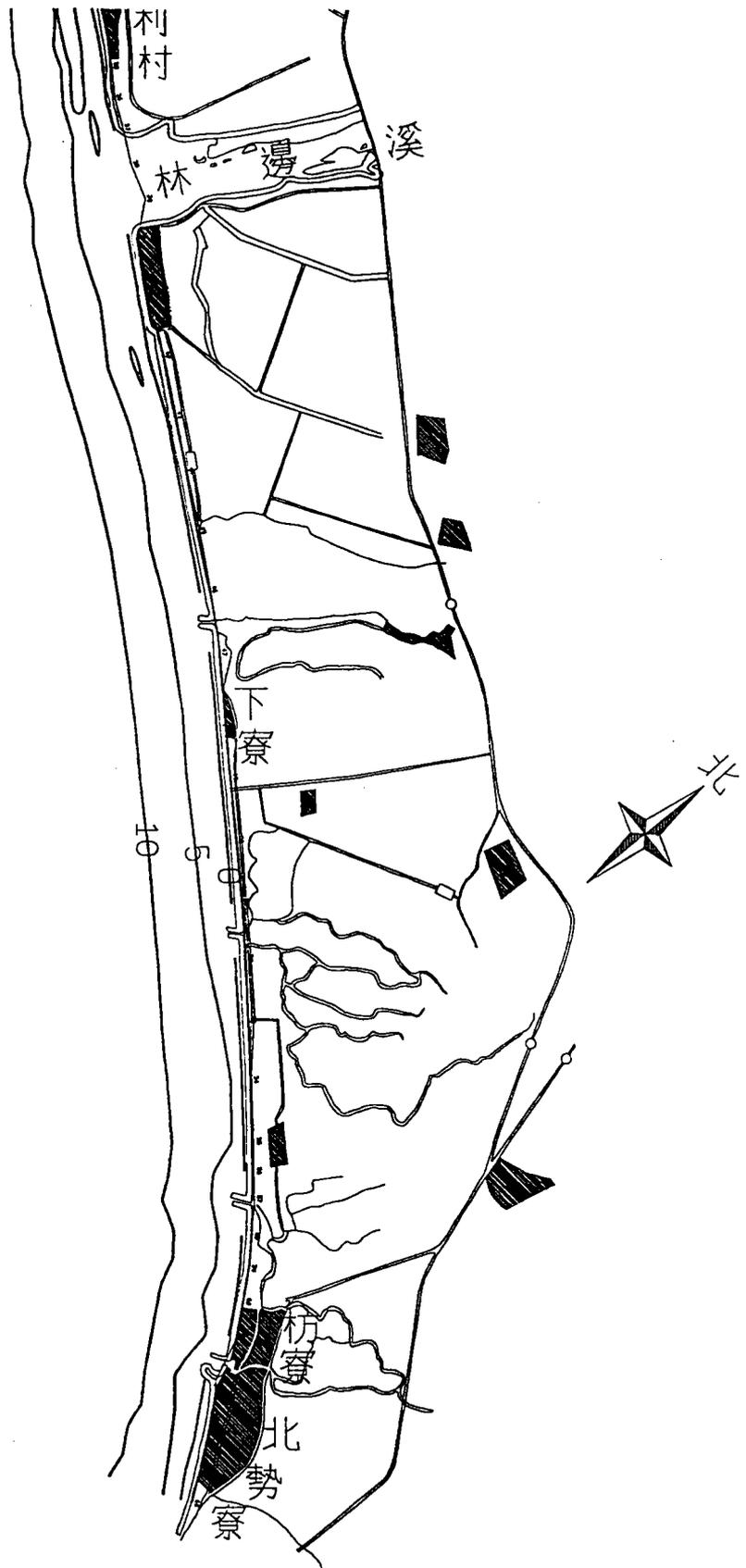


圖 6-32(b) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (78 年 5 月, 第七工程處)

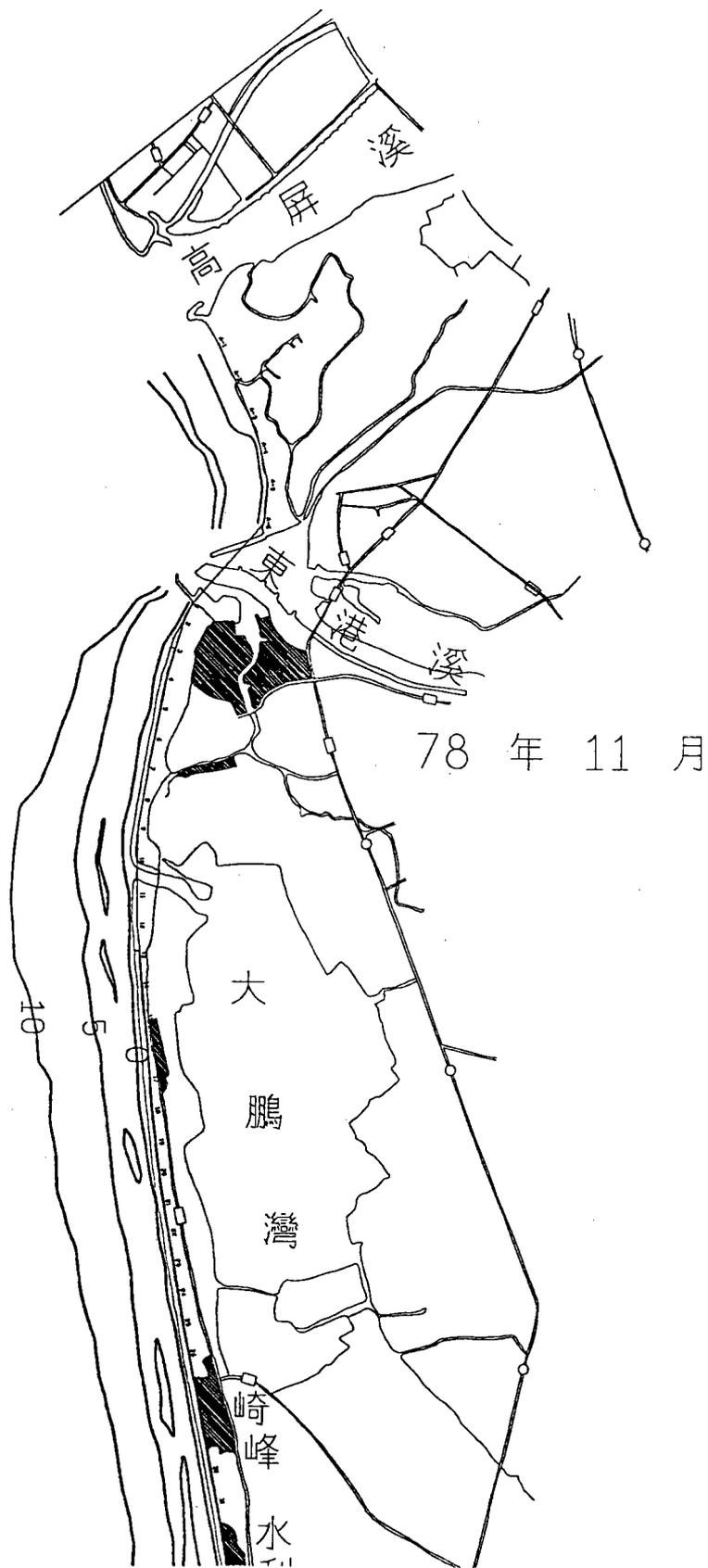


圖 6-32(c) 屏東林邊海域水深地形圖 (79年11月, 第七工程處)

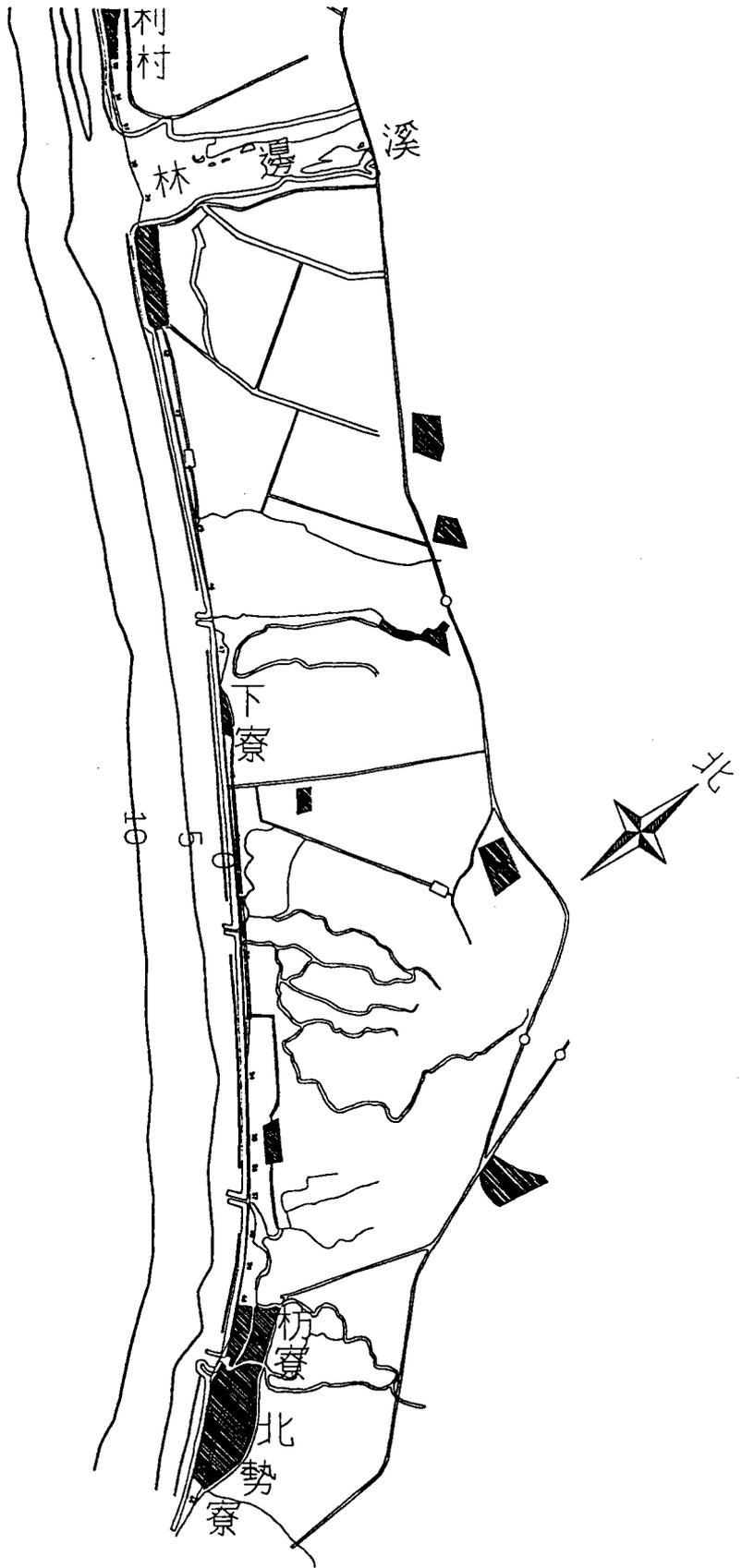


圖 6-32(c) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (79 年 11 月, 第七工程處)

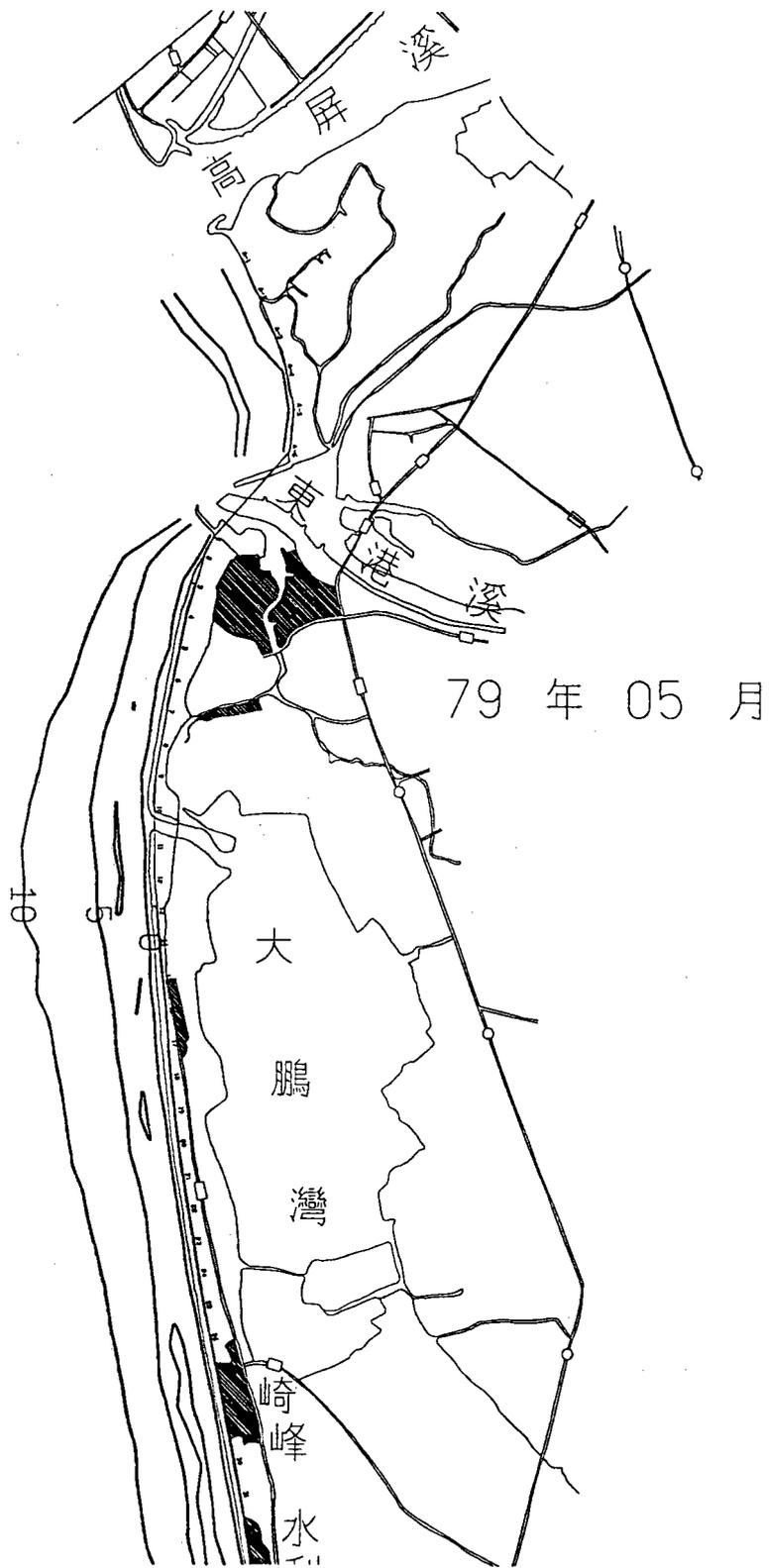


圖 6-32(d) 屏東林邊海域水深地形圖 (80年5月, 第七工程處)

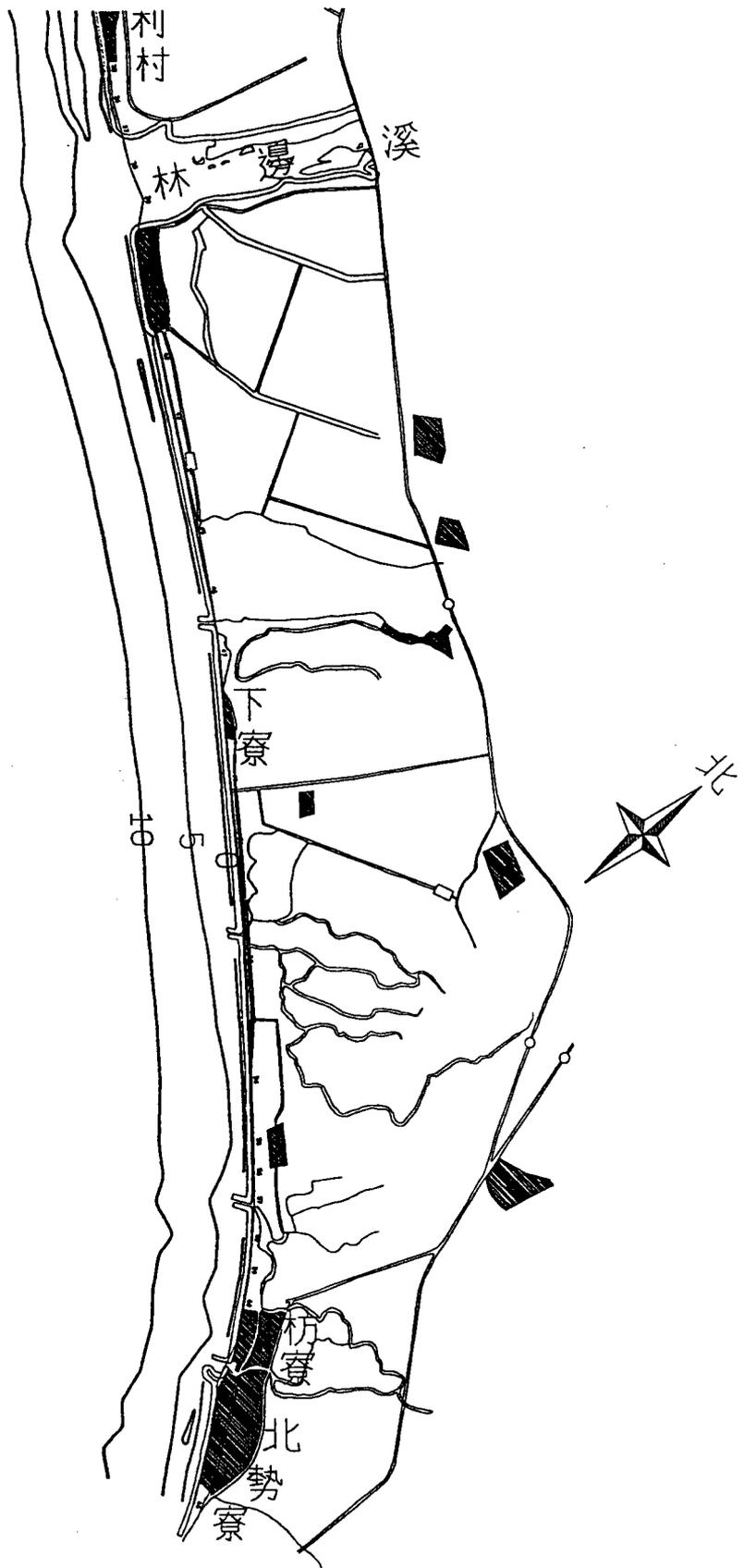


圖 6-32(d) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (80年5月, 第七工程處)

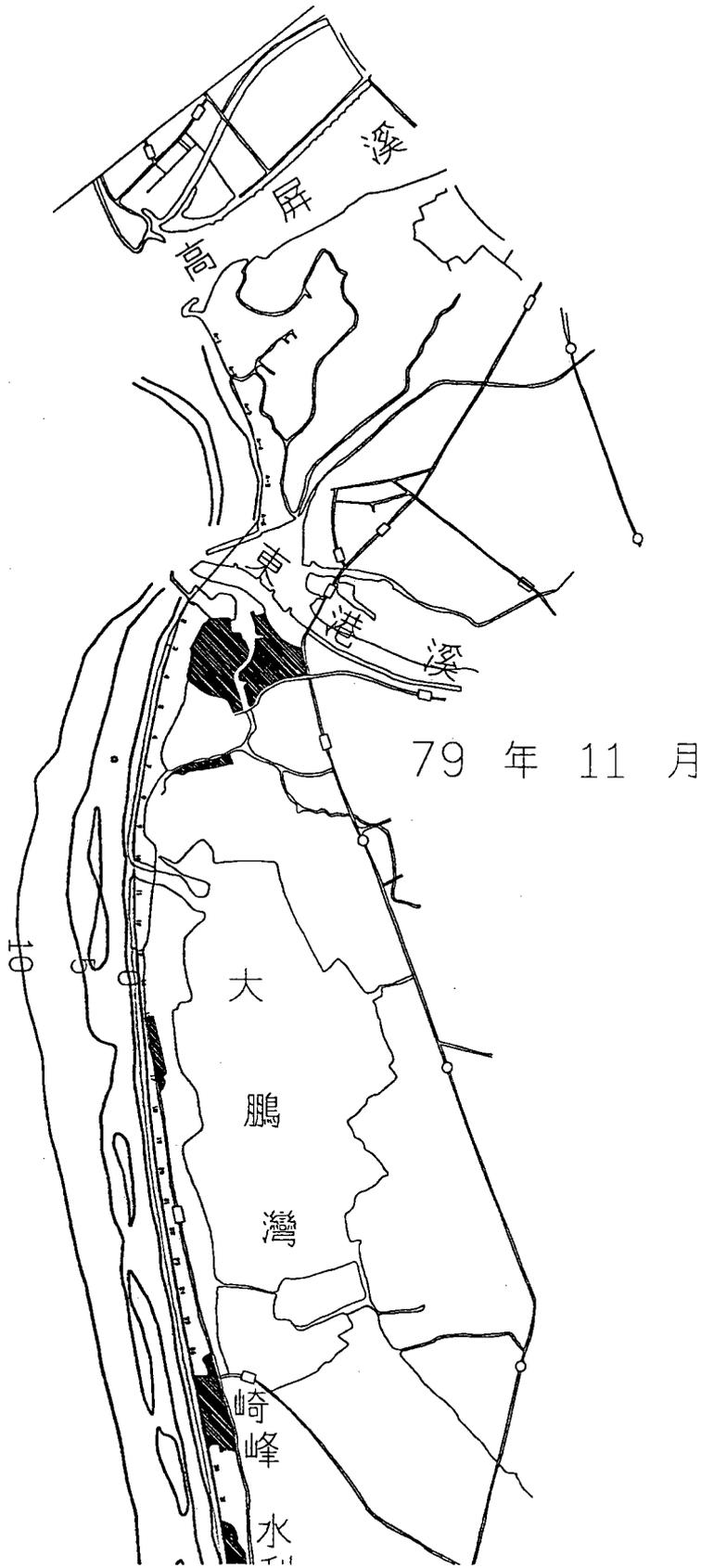


圖 6-32(e) 屏東林邊海域水深地形圖 (81年11月, 第七工程處)

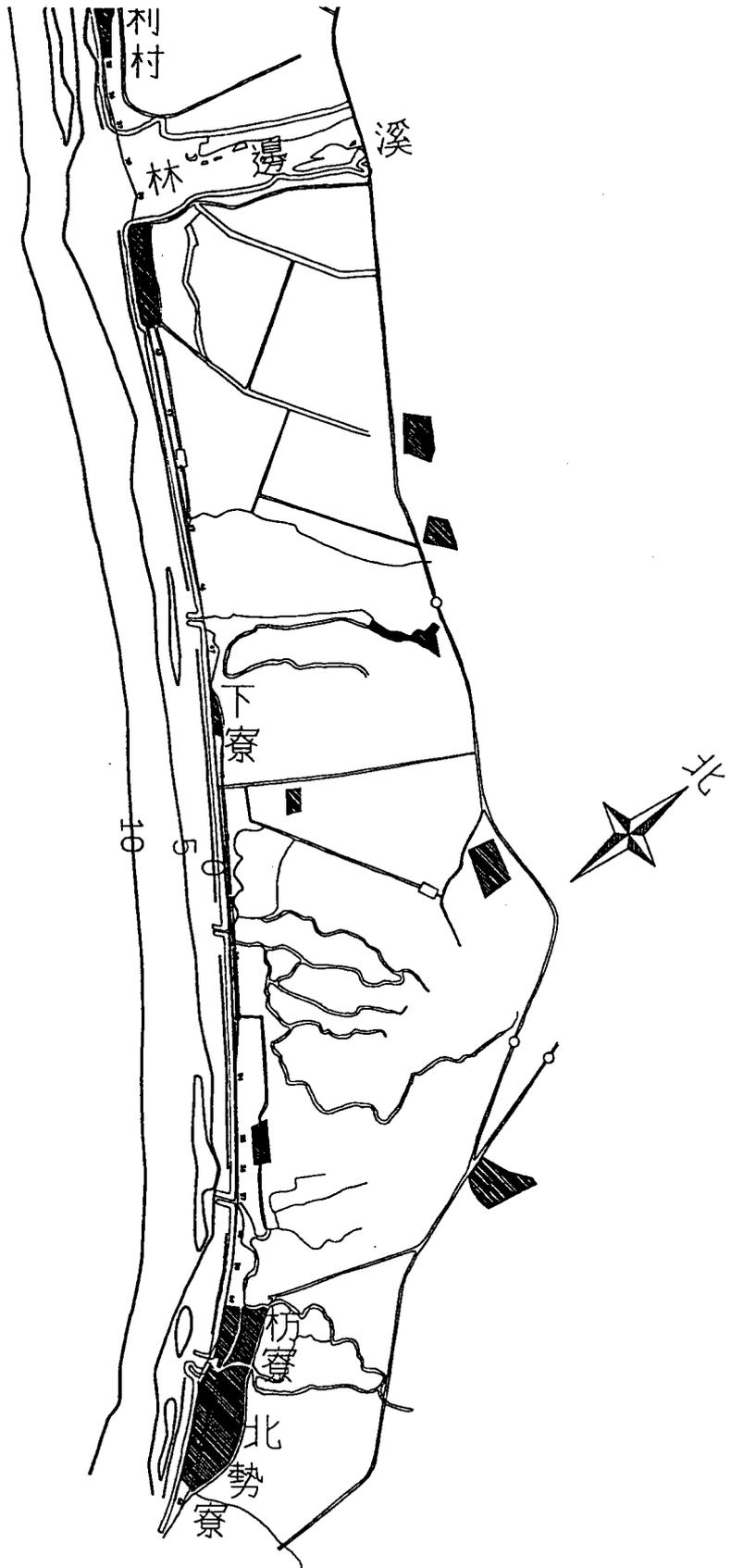


圖 6-32(e) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (81年11月, 第七工程處)

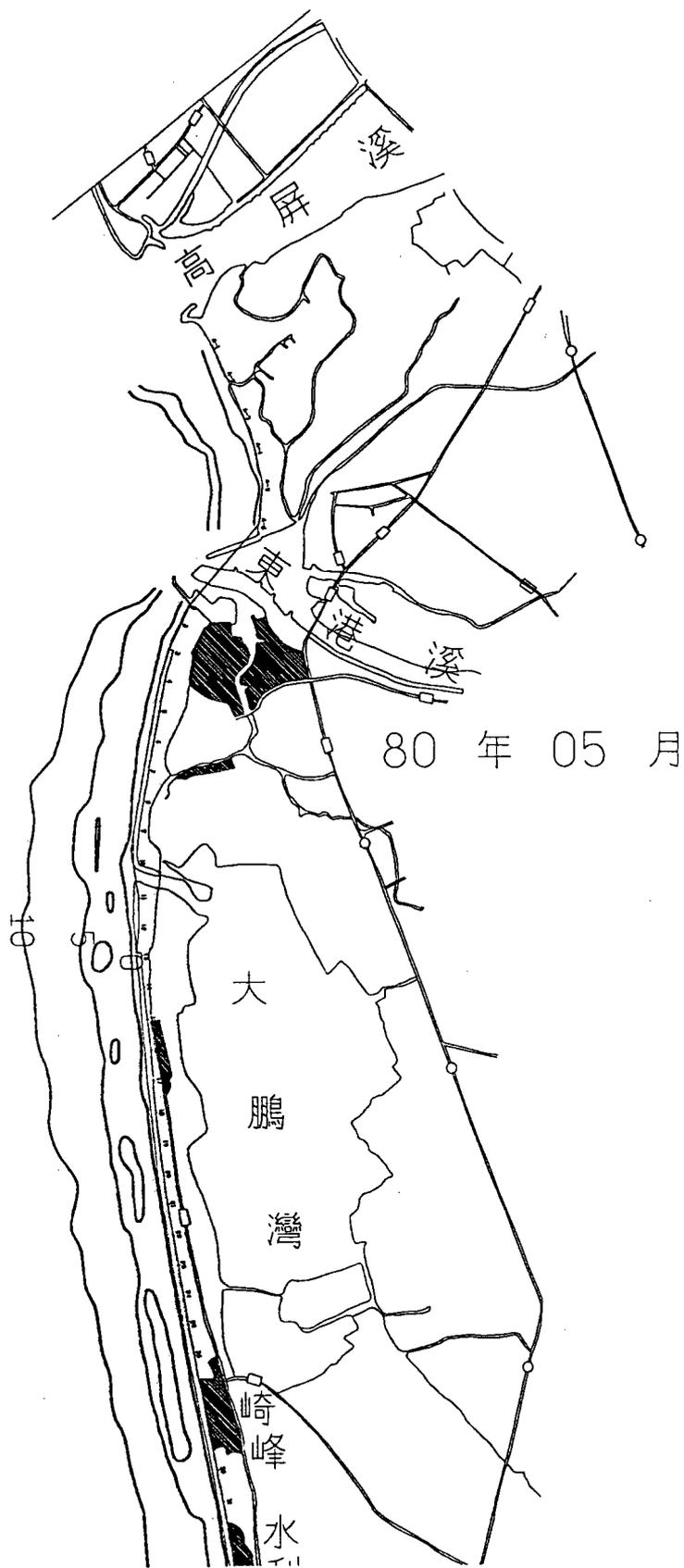


圖 6-32(f) 屏東林邊海域水深地形圖 (82 年 5 月, 第七工程處)

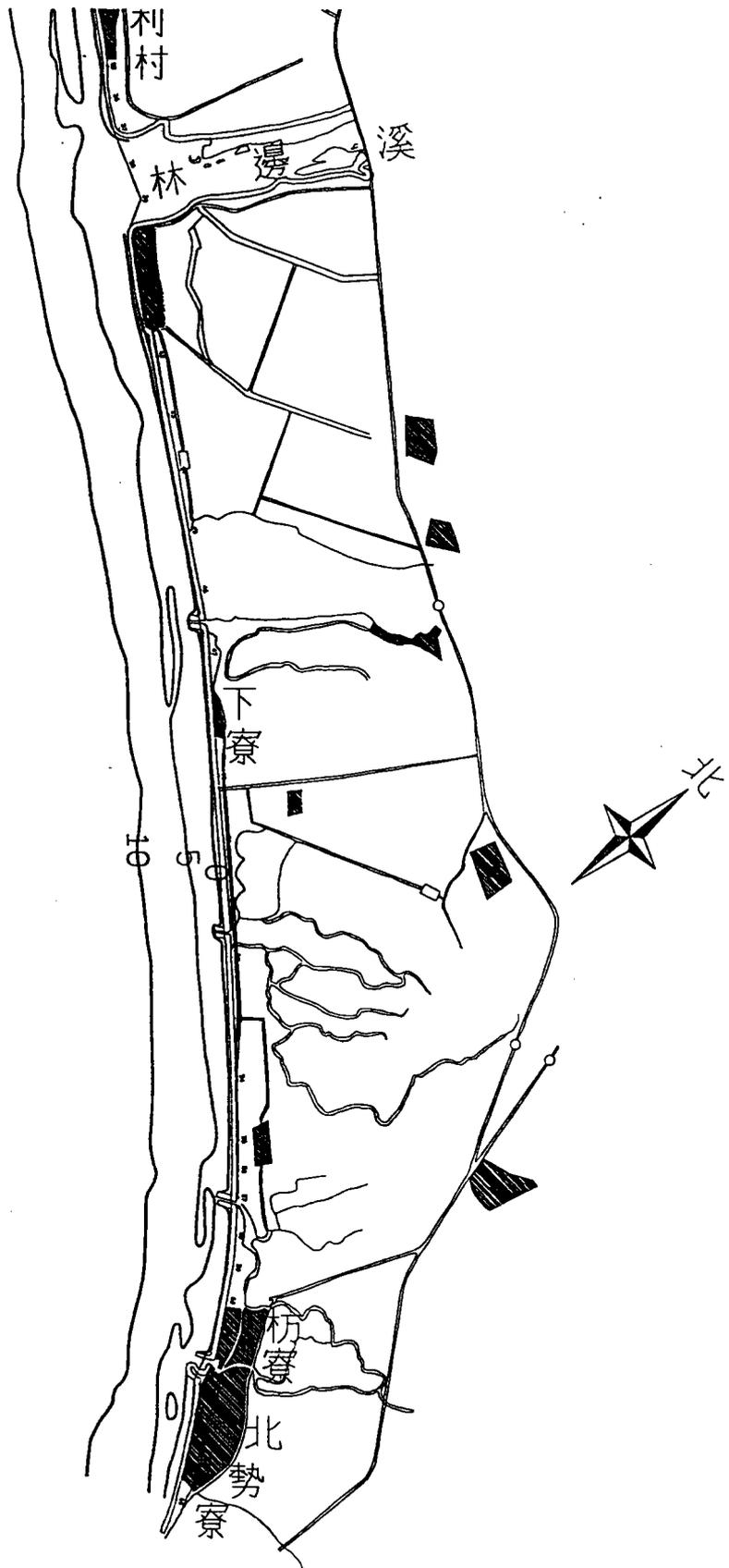


圖 6-32(f) (續) 屏東林邊海域水深地形圖 (82年5月, 第七工程處)

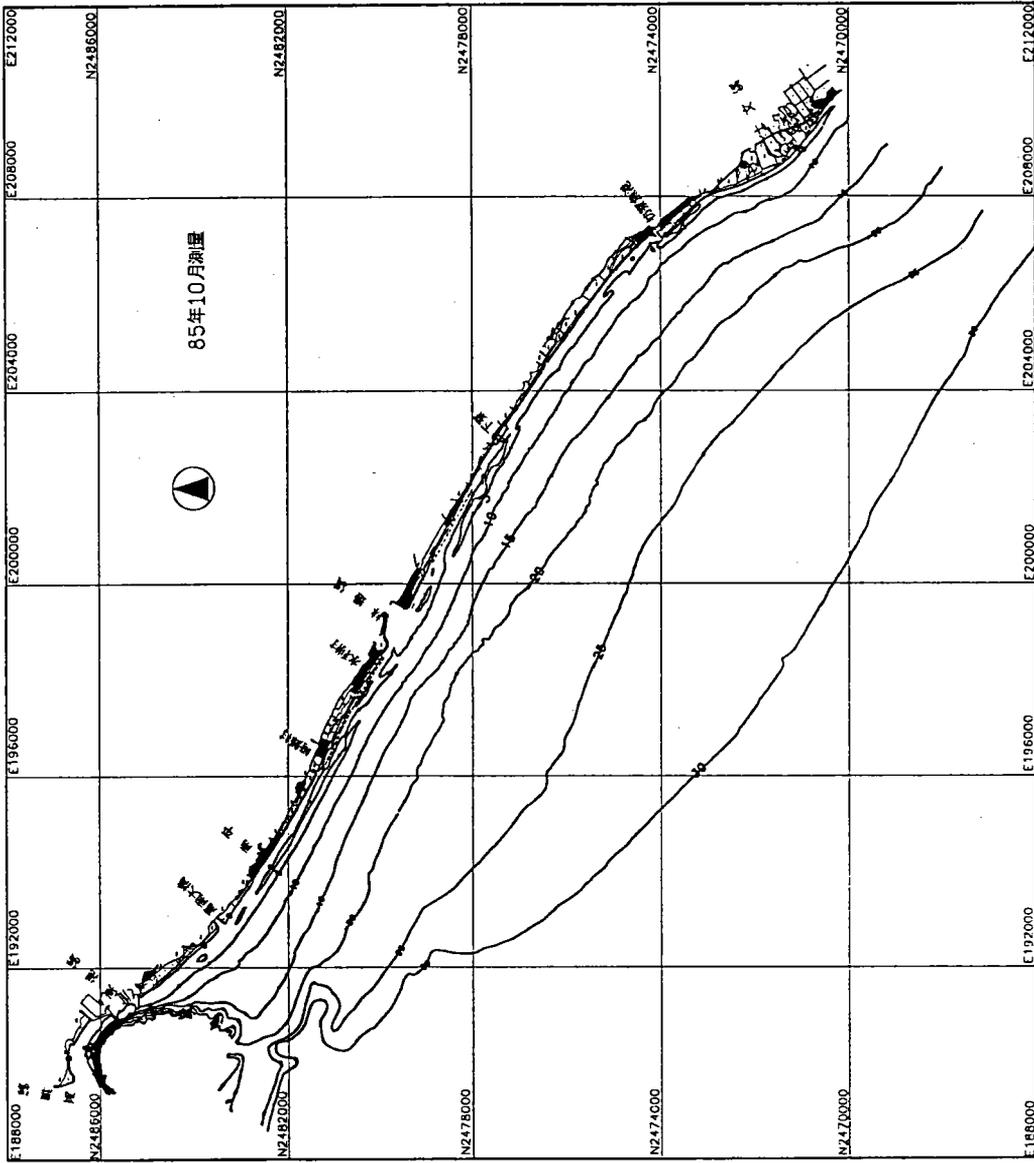
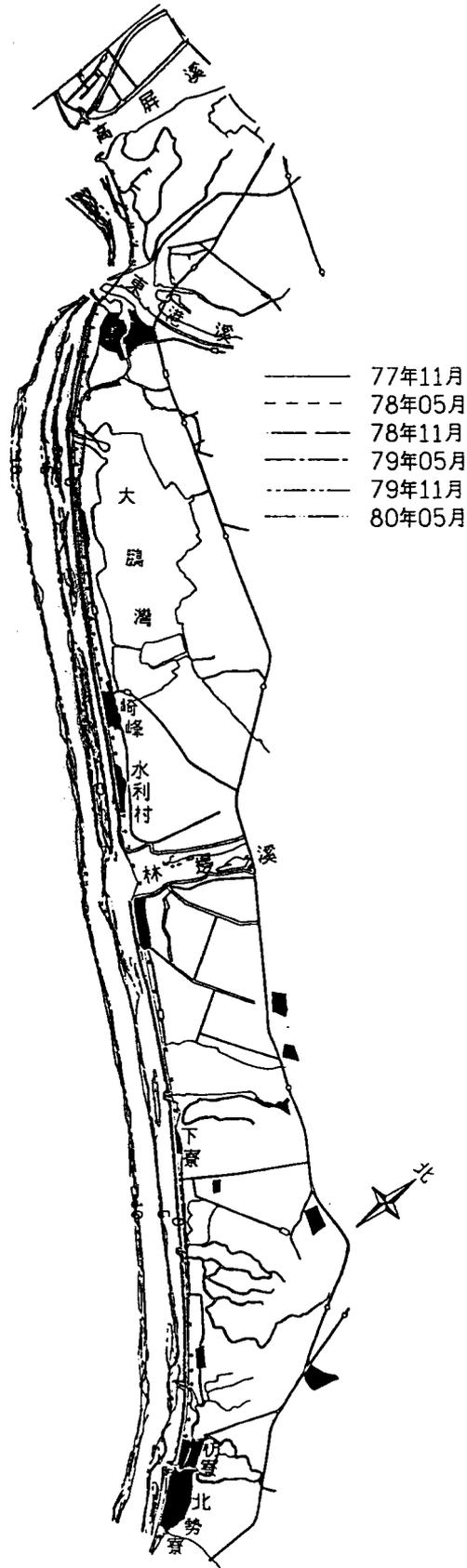


圖 6-32(g) 屏東林邊海域水深地形圖 (85 年 5 月 , 本計畫)



屏東林邊海域±0公尺、負5公尺以及負10公尺歷年水深變化比較圖
 圖 6-33(a)

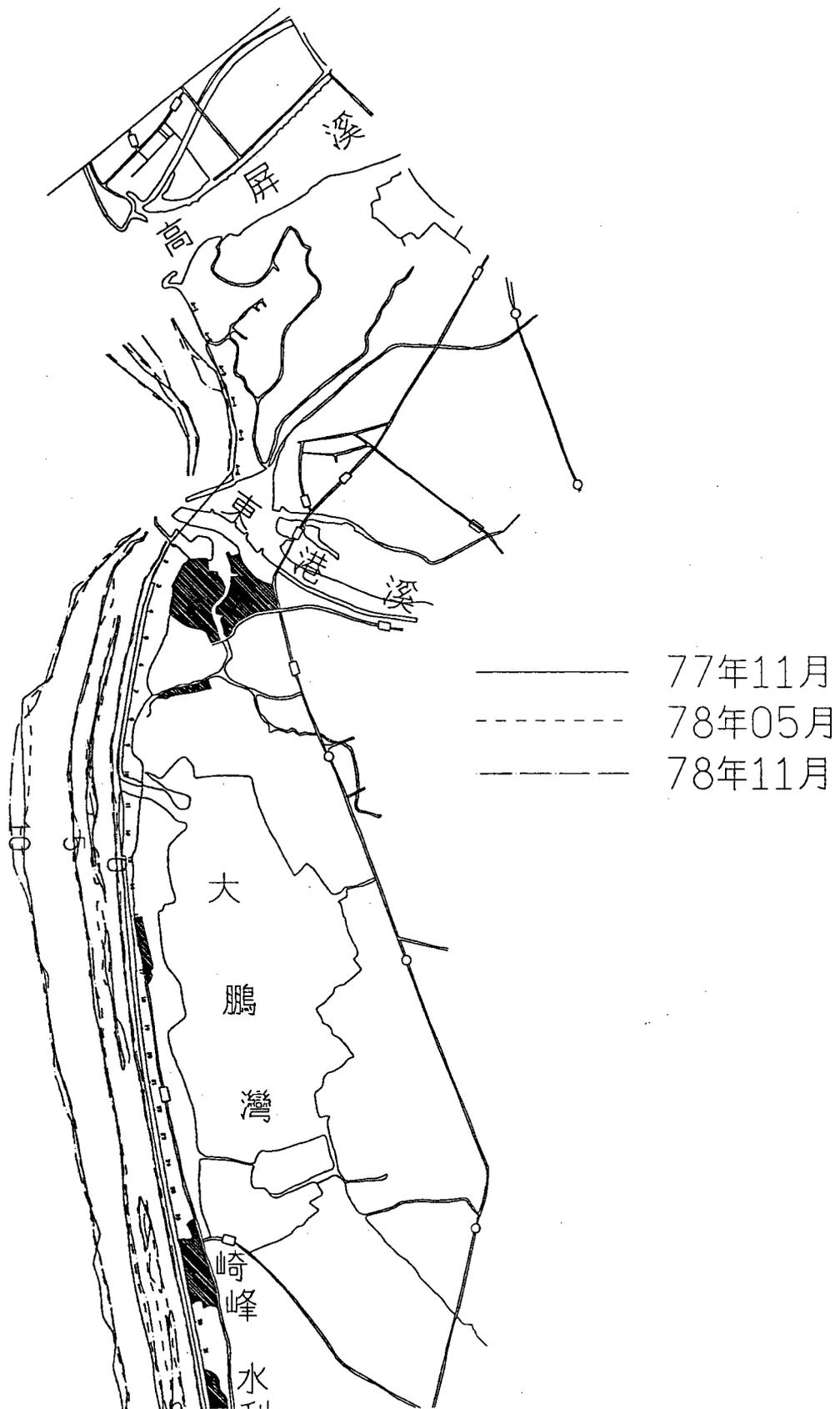


圖 6-33(b)

屏東林邊海域±0公尺、負5公尺以及負10公尺歷年水深變化比較圖

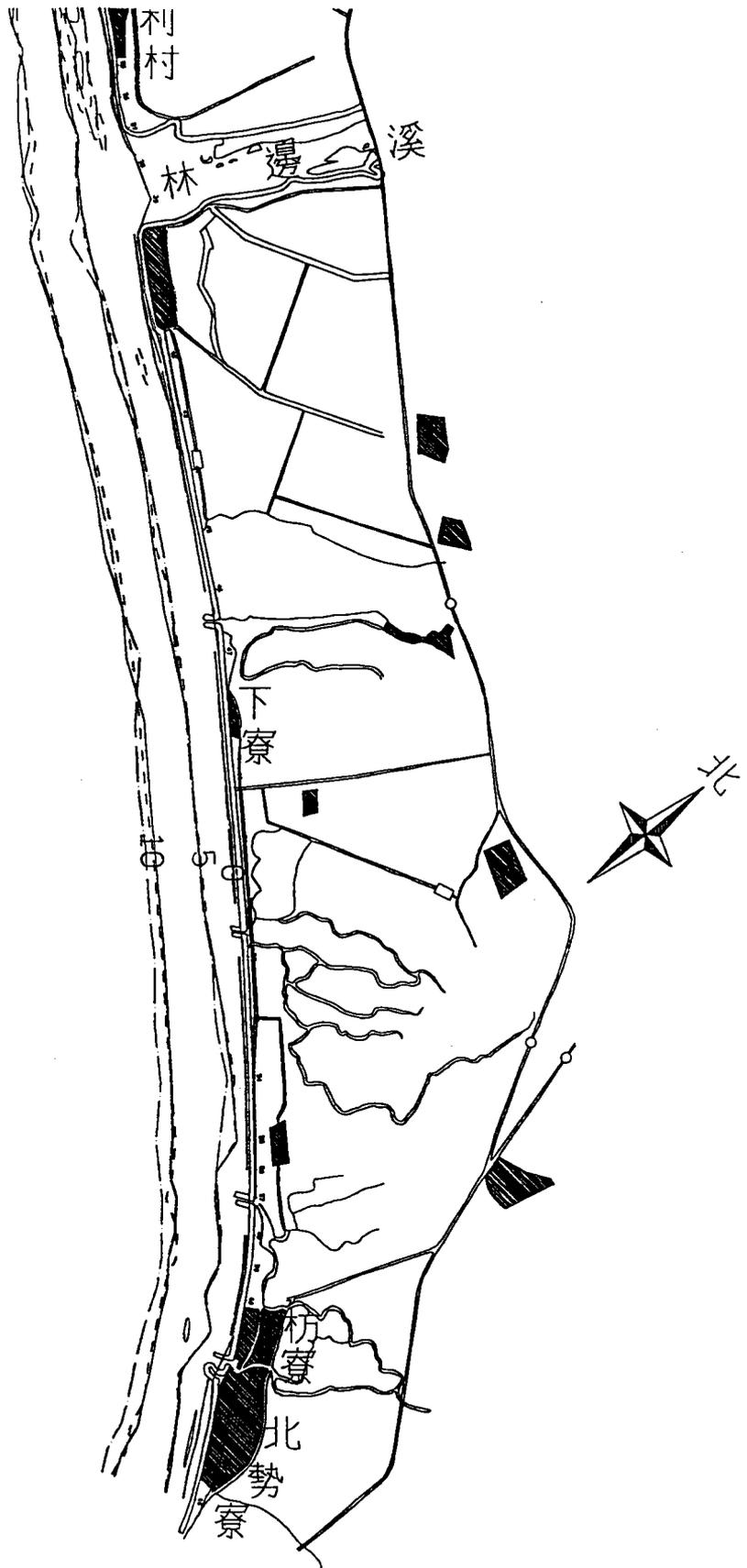


圖 6-33(b) (續) 屏東林邊海域±0公尺、負5公尺以及負10公尺歷年水深變化比較圖

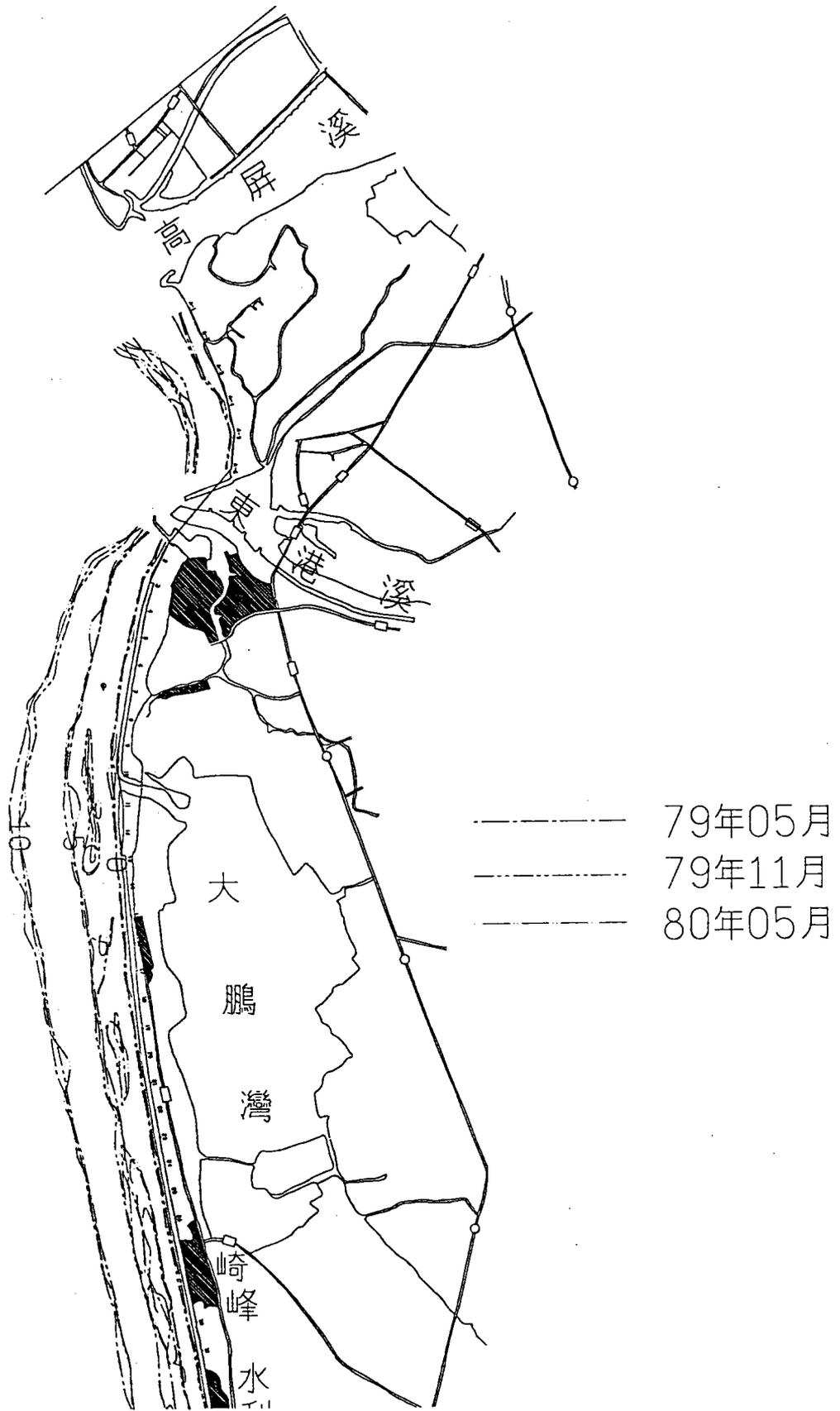


圖 6-33(b) (續) 屏東林邊海域±0公尺、負5公尺以及負10公尺歷年水深變化比較圖

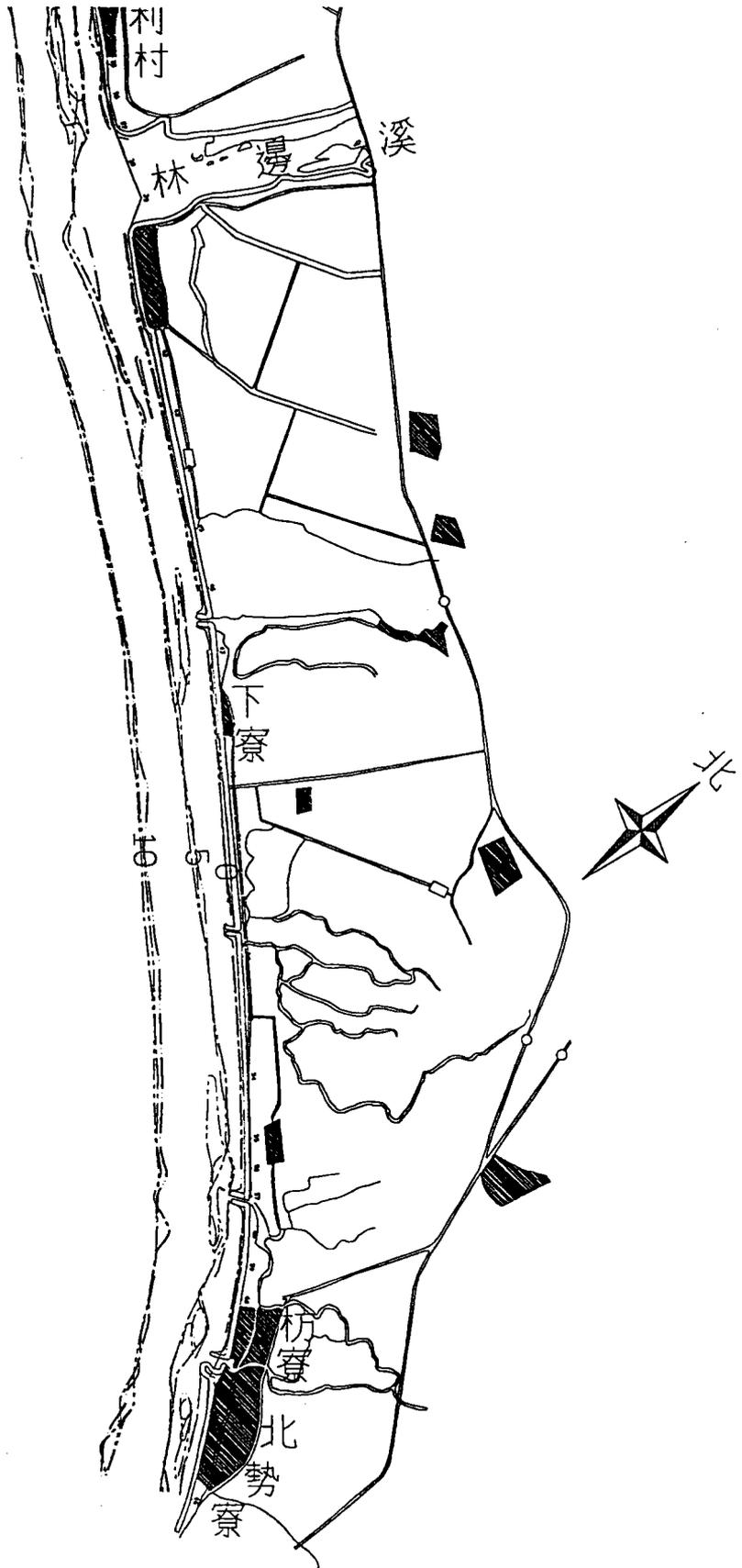


圖 6-33(b) (續) 屏東林邊海域±0公尺、負5公尺以及負10公尺歷年水深變化比較圖

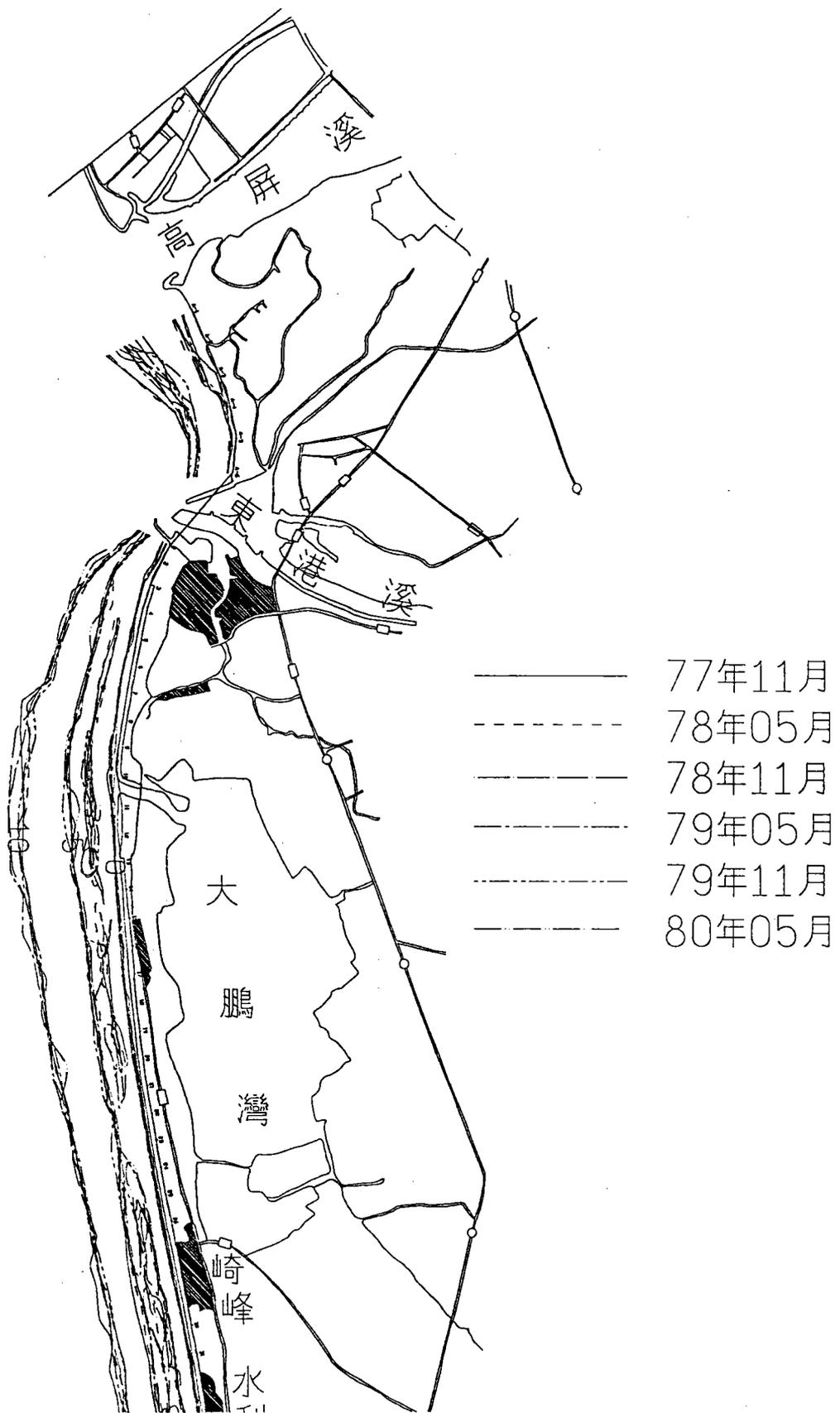


圖 6-33(c) 屏東林邊海域±0公尺、負5公尺以及負10公尺歷年水深變化比較圖

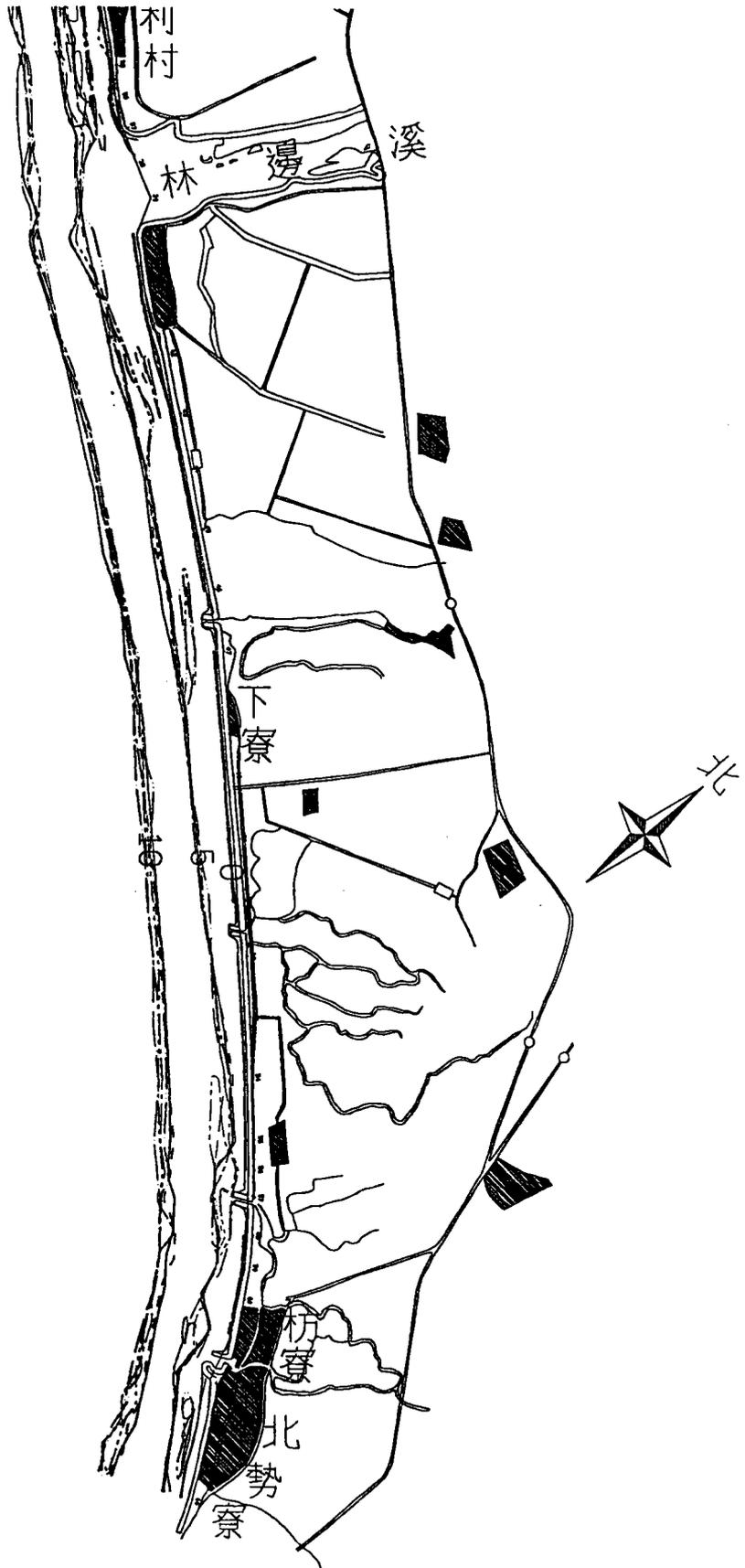


圖 6-33(c) (續) 屏東林邊海域±0公尺、負5公尺以及負10公尺歷年水深變化比較圖

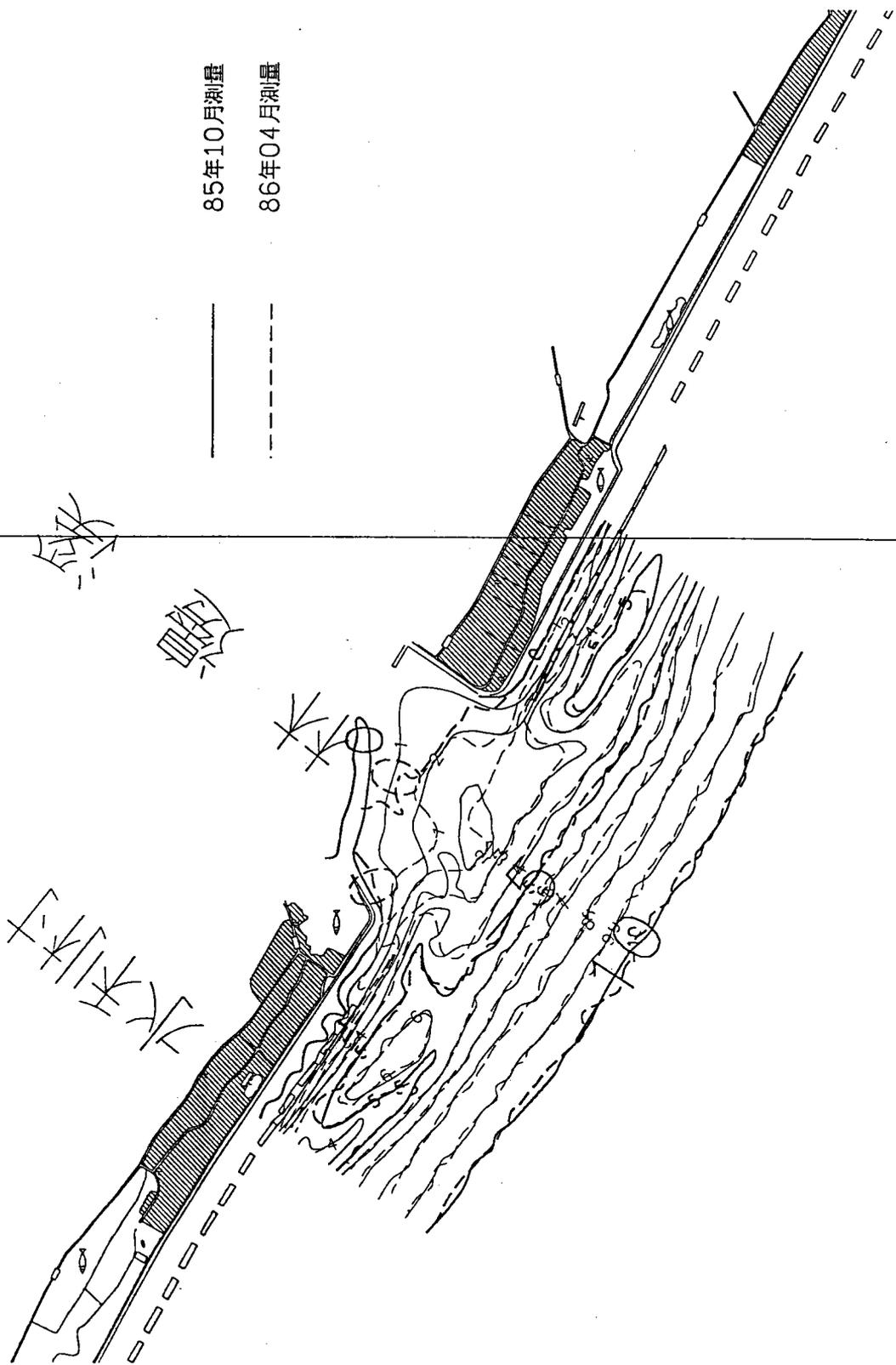


圖 6-34(a) 林邊溪口附近海域水深比較圖 (85年10月、86年5月)

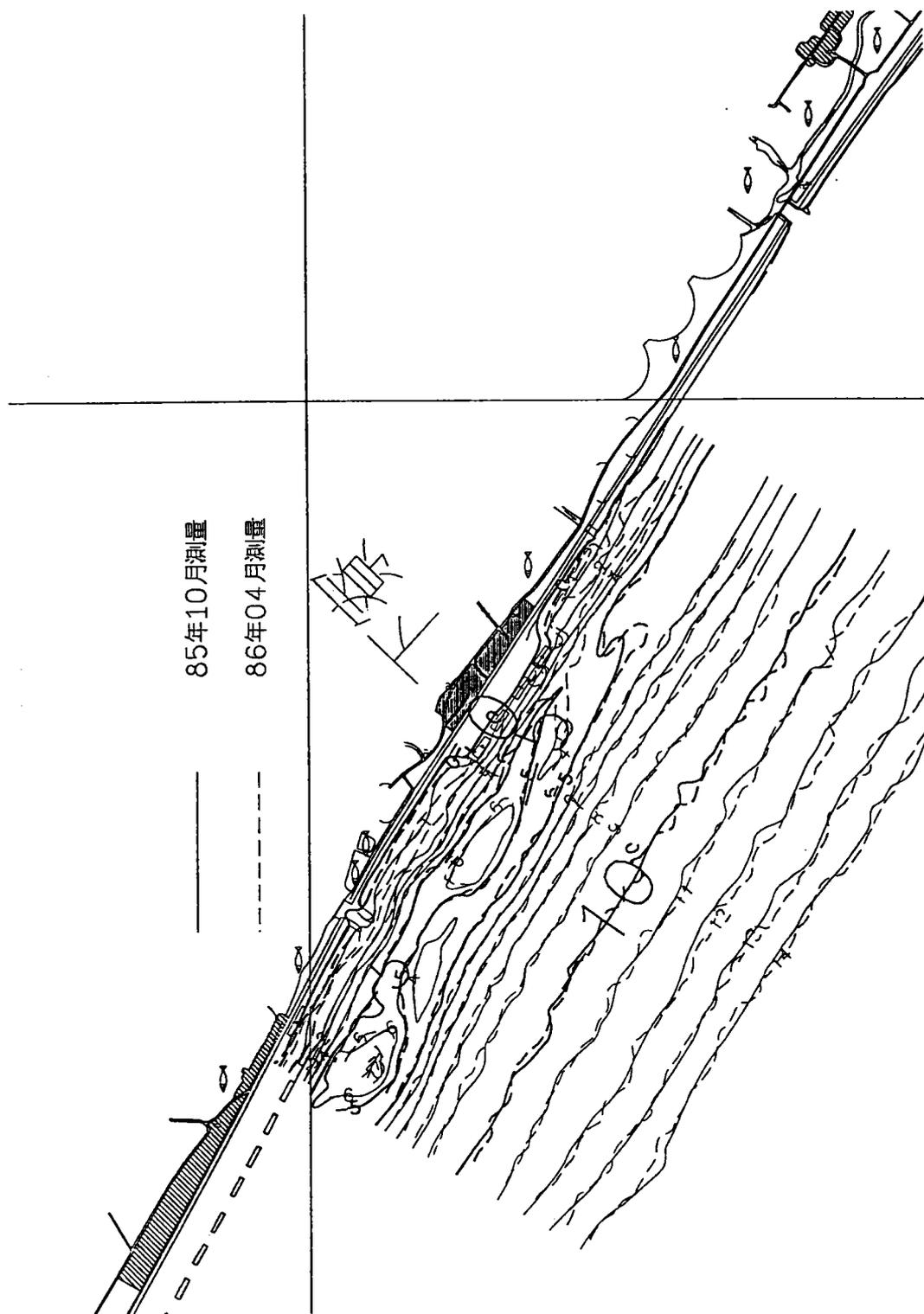


圖 6-34(b) 下蔡附近海域水深比較圖 (85 年 10 月、86 年 5 月)

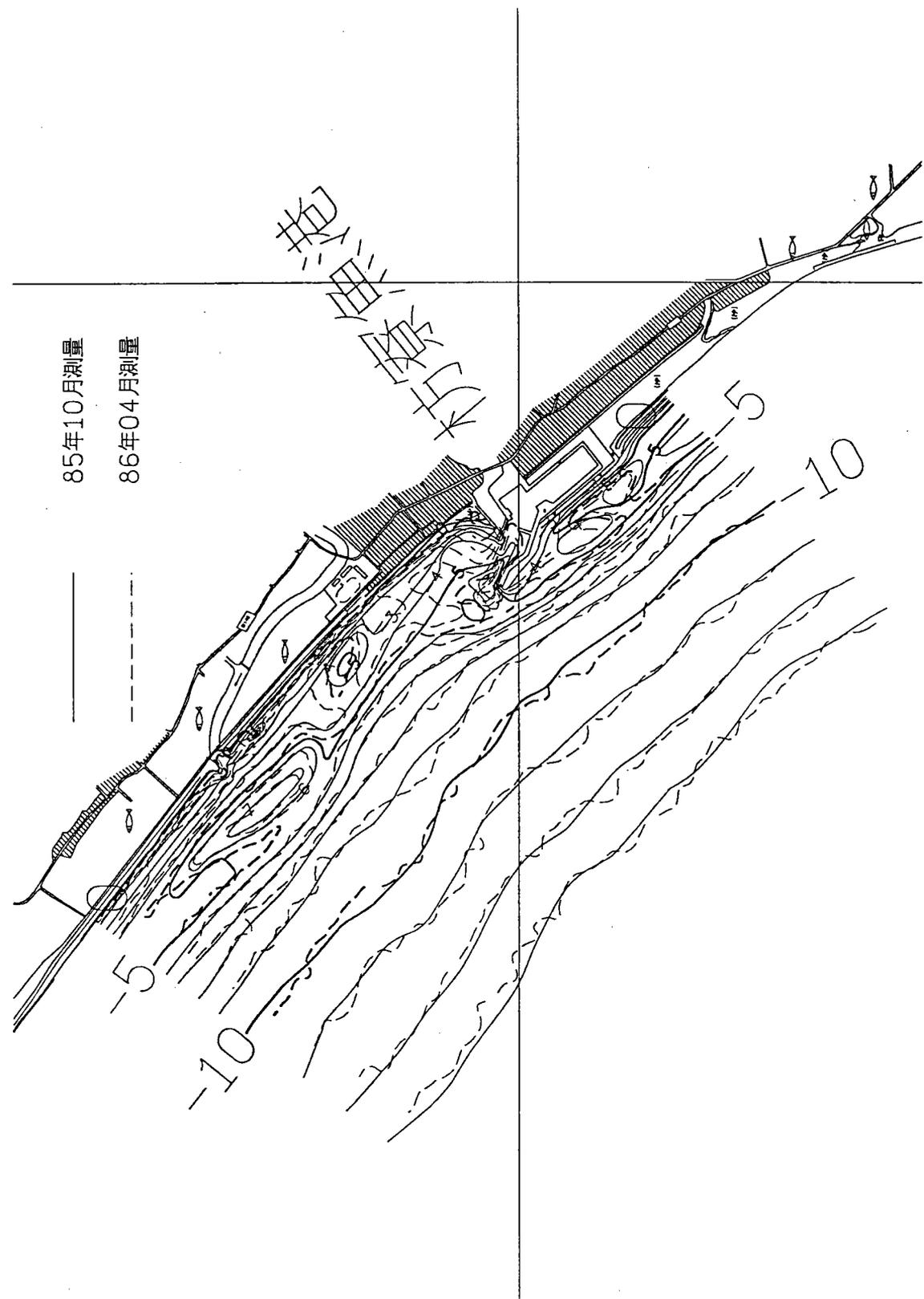


圖 6-34(c) 枋寮漁港附近海域水深比較圖 (85 年 10 月、86 年 5 月)

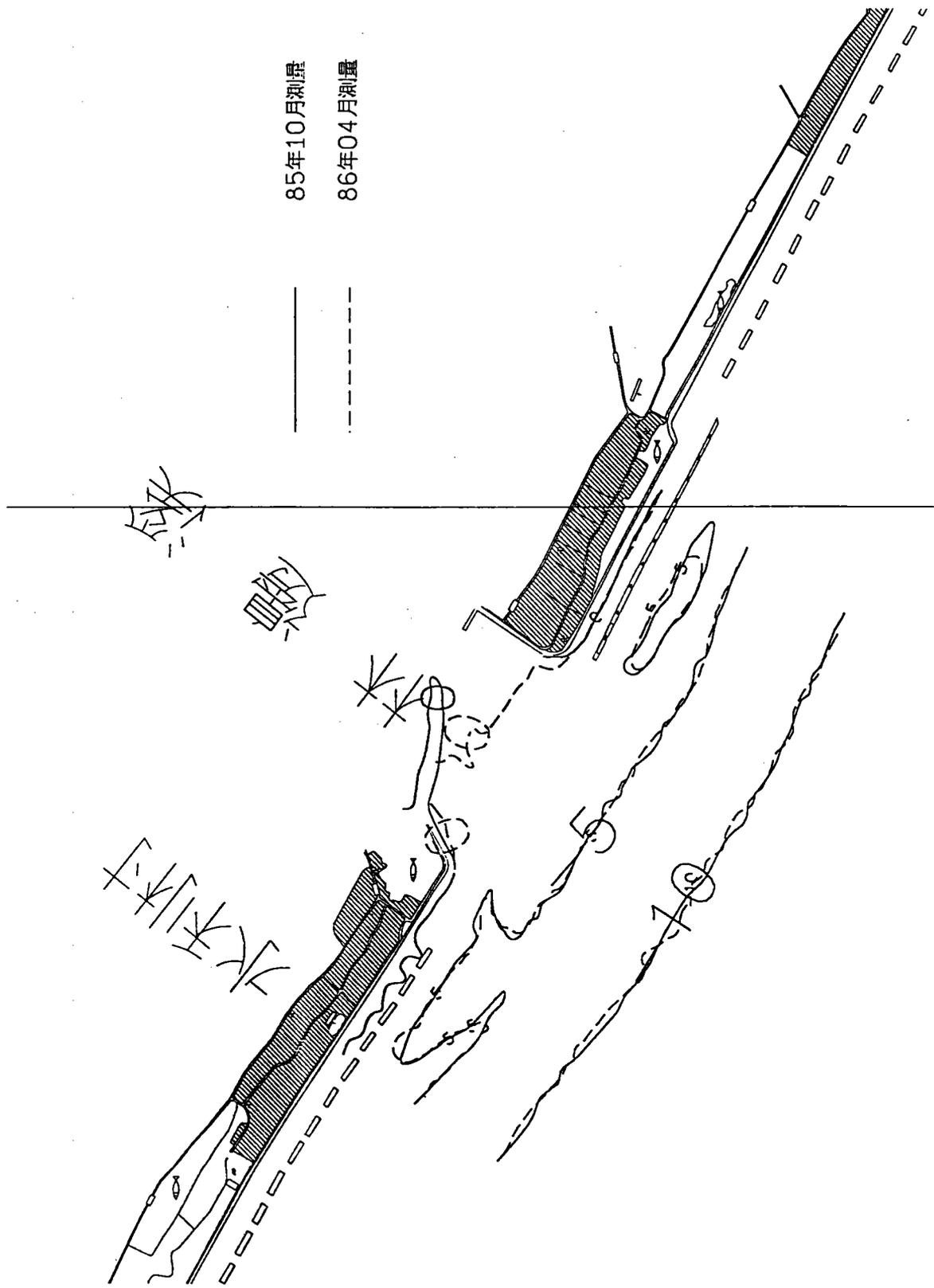


圖 6-35(a) 林邊溪口附近海域水深比較圖 (85年10月、86年5月)

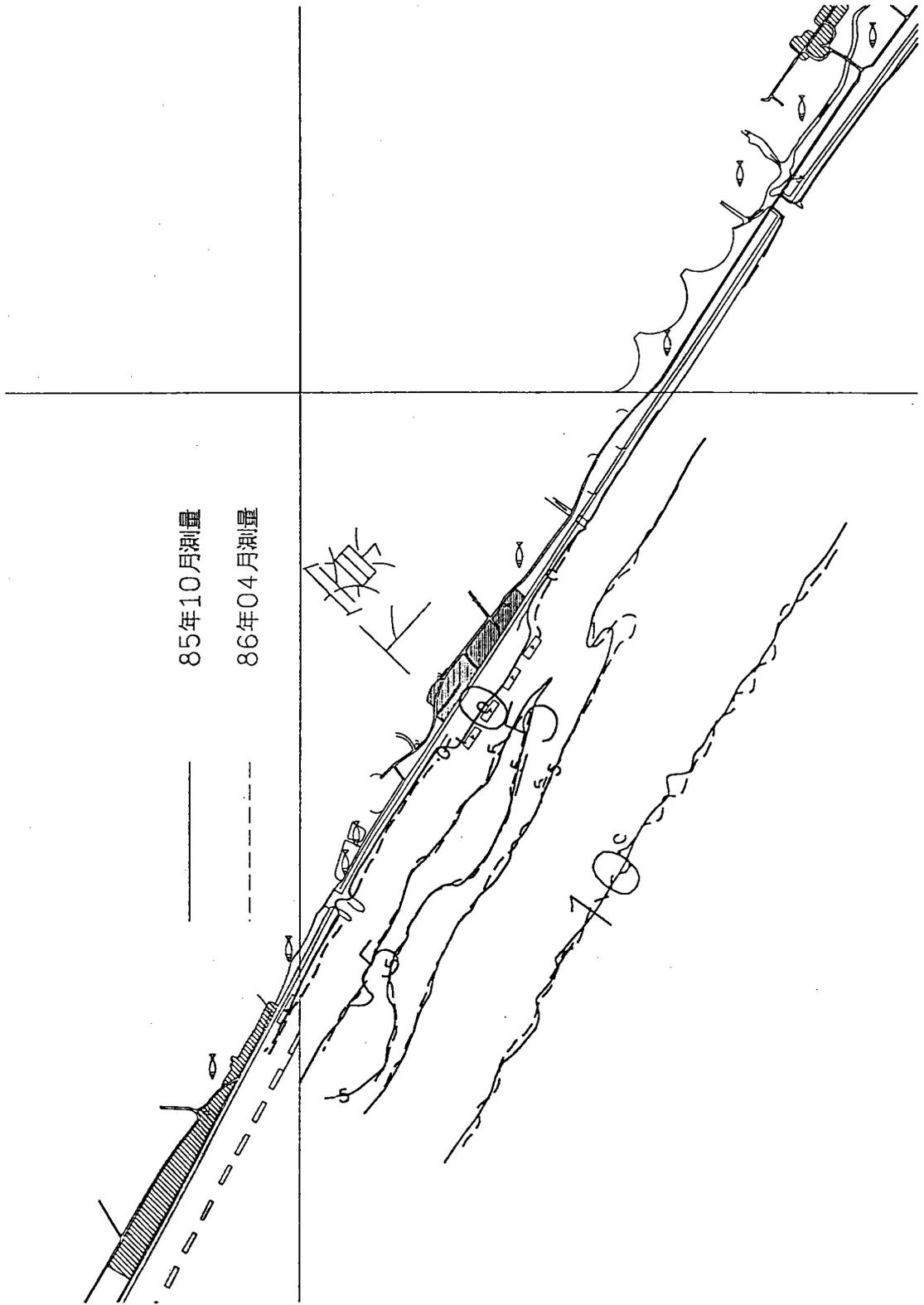


圖 6-35(b) 下蔡附近海域水深比較圖 (85 年 10 月、86 年 5 月)

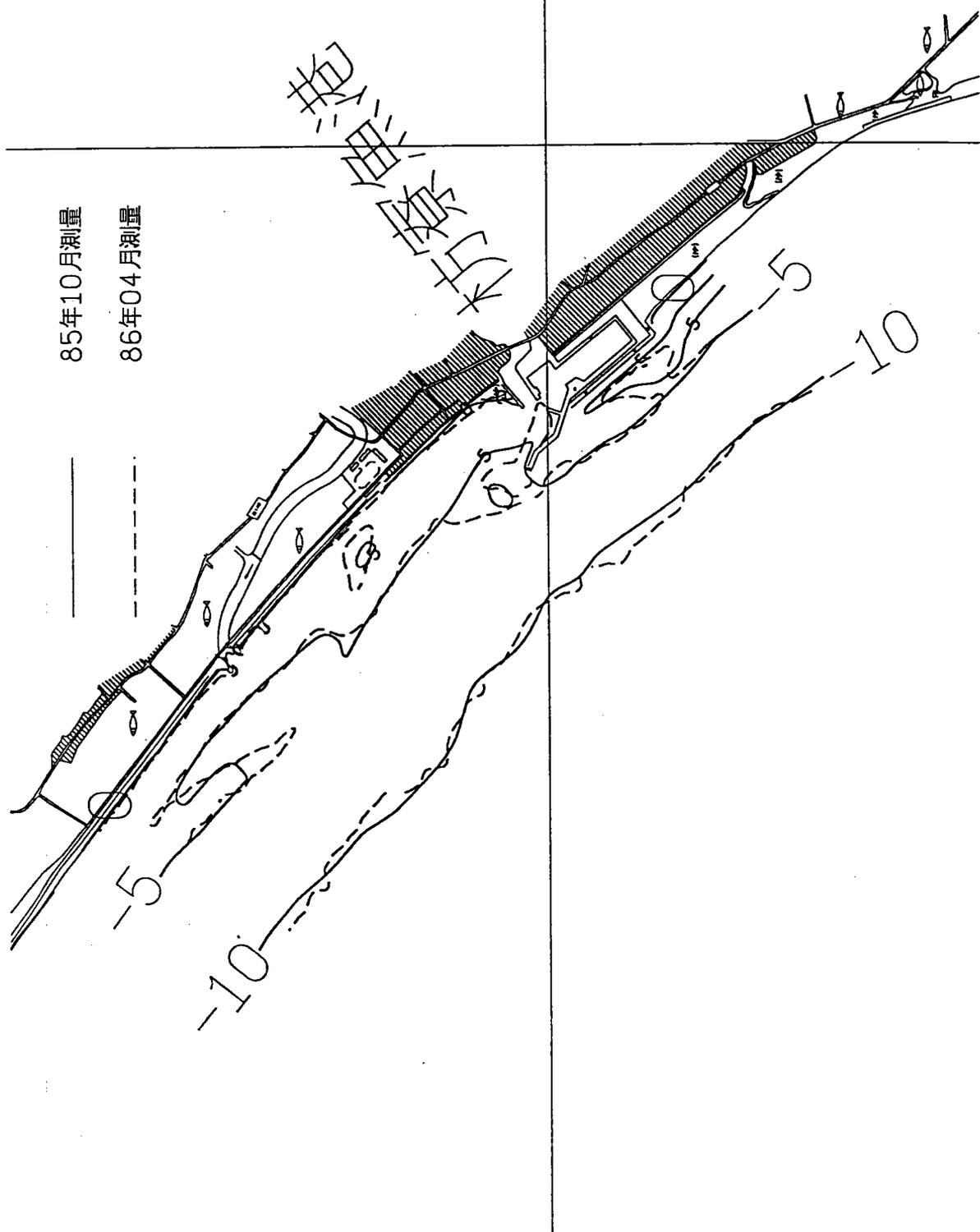


圖 6-35(c) 枋寮漁港附近海域水深比較圖 (85年10月、86年5月)

6-3-2 断面變化分析

為進一步了解該區海域水深地形變化，根據第七工程處提供民國 77 年 11 月、78 年 5 月、78 年 11 月、79 年 5 月、79 年 11 月、80 年 5 月以及本所 85 年 10 月所測水深地形，吾人選擇八個断面作進一步分析。圖 6-36 為各選取面位置示意圖，而圖 6-37(a)~(h)則為各断面歷年水深地形變化比較分析圖，茲將各断面地形變化敘述如下：

1. X=3500m 断面

該断面位處高屏溪與東港溪間海岸，歷年断面水深比較分析圖顯示，民國 77 年 11 月到民國 78 年 5 月冬季東北季風期間，該断面自岸邊到-2 公尺水深處地形並無顯著變化，惟-2 公尺水深以下則呈嚴重侵蝕，到民國 78 年 11 月歷經夏季西南季風與颱風期間，-2 公尺以下水深，侵蝕更加嚴重，而-2 公尺水深以上則岸邊呈淤積形成灘面，成長約 150 公尺爾後經過冬季東北季風期間到民國 79 年 5 月則-3 公尺以上水深呈侵蝕，水深-3 公尺以下則逐漸回淤；迨 79 年 11 月歷經西南季風及颱風期間又呈侵蝕，到 80 年 5 月又呈淤積，根據本所 85 年 11 月所測最近一張水深圖比較則又呈侵蝕。故整體而言該區水域地形隨季節有明顯變化，冬季期間呈淤積，颱風期間則呈侵蝕，且侵蝕趨勢一年比一年嚴重，底床坡度則由 78 年間平均坡度 1/50 演變目前之 1/40 如圖 6-37(a)所示。

2. X=7000m 断面

該断面位處屏東大鵬灣入口北側，断面分析資料顯示，該断面在距離岸邊 250 ~ 300 公尺水深負 2 ~ 負 4 公尺處有沿岸砂洲產生，沙洲高度約為 1 公尺 ~ 2 公尺左右；根據水利局第七工程處提供資料顯示，離岸邊約 200 公尺範圍內係呈侵蝕，距岸邊 350 公尺以外則呈淤積，惟根據本所 85 年 10 月所測水深地形資料顯示，該断面呈侵蝕，整體剖面

呈侵蝕，向岸移動 60 ~ 70 公尺，如圖 6-37(b)所示。

3. X=10000m 斷面

該斷面位處大鵬灣入口以及水利村中間海岸，該斷面變化情形與 X=7000m 處斷面相似，距岸邊 150 公尺 ~ 200 公尺水深-3 公尺 ~ -4 公尺有沿岸沙洲形成，根據第七工程處提供資料顯示，在民國 77 年 11 月 ~ 80 年 5 月間，該斷面侵淤互見，惟整個剖面根據本所 85 年 10 月所測資料顯示，同樣有向內陸逼近呈侵蝕趨勢，如圖 6-37(c)所示。

4. X=13000m 斷面

該斷面位處水利村海域，林邊溪口北側，資料顯示同樣在距岸邊 250 公尺 ~ 350 公尺範圍，水深-4 公尺 ~ -5 公尺間有沿岸沙洲存在，惟該斷面自民國 77 年 11 月以來，整個剖面均向內陸移動，呈侵蝕趨勢，根據本所所測最新資料顯示，目前岸邊底床坡度約為 1/15 ~ 1/20，如圖 6-37(d)所示。

5. X=15000m 斷面

該斷面位處林邊溪口南側，根據資料分析結果顯示該斷面自民國 77 年 11 月以來在水深-5.5 公尺以下逐年侵蝕，但自水深-5.5 公尺以上則沖淤互見，同時自民國 80 年 5 月開始該斷面即呈明顯侵蝕，且根據本所 85 年 10 月所測資料顯示，在距岸邊約 300 公尺，水深-3 公尺 ~ -4 公尺處則明顯有沿岸沙洲存在，高度約為 2 公尺，沙洲高程在水深-3 公尺處；岸邊底床坡度則自 1/75 形成目前之 1/30，如圖 6-37(e)所示。

6. X=18500m 斷面

該斷面位處下寮海岸，斷面水深變化趨勢與 X=15000m 斷面水深變化趨勢相同，距岸邊約 350 公尺，水深-5 公尺處亦有沿岸沙洲存在，

近岸邊底床坡度亦由民國 78 年之 $1/60$ 成為目前之 $1/30$ ，如圖 6-37(f) 所示。

7. X=21500m 斷面

該斷面位處下寮與枋寮海岸中間，斷面水深變化情形與前面二個斷面水深變化趨勢頗為相似，在距岸邊 350 公尺，水深-5 公尺處亦有沿岸沙洲存在，岸邊底床平均坡度則由民國 78 年之 $1/60$ 演變成目前之 $1/30$ ，如圖 6-37(g)所示。

8. X=24500m 斷面

該斷面位處枋寮漁港南側，該斷面亦存在有該區海域沿岸沙洲特性，根據第七工程處提供資料，自民國 77 年 11 月到 80 年 5 月期間，斷面-4 公尺~-8 公尺水深間並無顯著變化惟-8 公尺以下水深則呈淤積，其次根據本所 85 年 10 月所測水深資料顯示，存在-4 公尺水深之沿岸沙洲向內陸前進約 100 公尺左右且整個斷面全面呈侵蝕，岸邊底床坡度約為 $1/20$ ，如圖 6-37(h)所示。

故整體而言，屏東林邊附近海域，除高屏溪與東港溪間水域外，自東港溪以南到士文溪以北間海域，在距岸邊約 200 公尺~300 公尺均存在有沿岸沙洲。沙洲頂部高程約在水深-4 公尺處，靠近岸邊底床坡度目前平均約在 $1/20 \sim 1/30$ 間。

已如前述，本年度因委外經費限制，本所在 86 年 5 月僅選擇性地在該區海域選擇林邊溪口、下寮以及枋寮等三地作小區域測量，測量範圍為 2 公里，水深則測至-10 公尺，本年度兩次所測水深地形變化比較分析圖，如圖 6-38(a)~(c)所示，歷經半年東北季風作用監測分析結果顯示除在林邊溪口南側 X=14500m 斷面處，在水深-2 公尺以上呈淤積外，其餘斷面均無變化，如圖 6-38(a)所示。

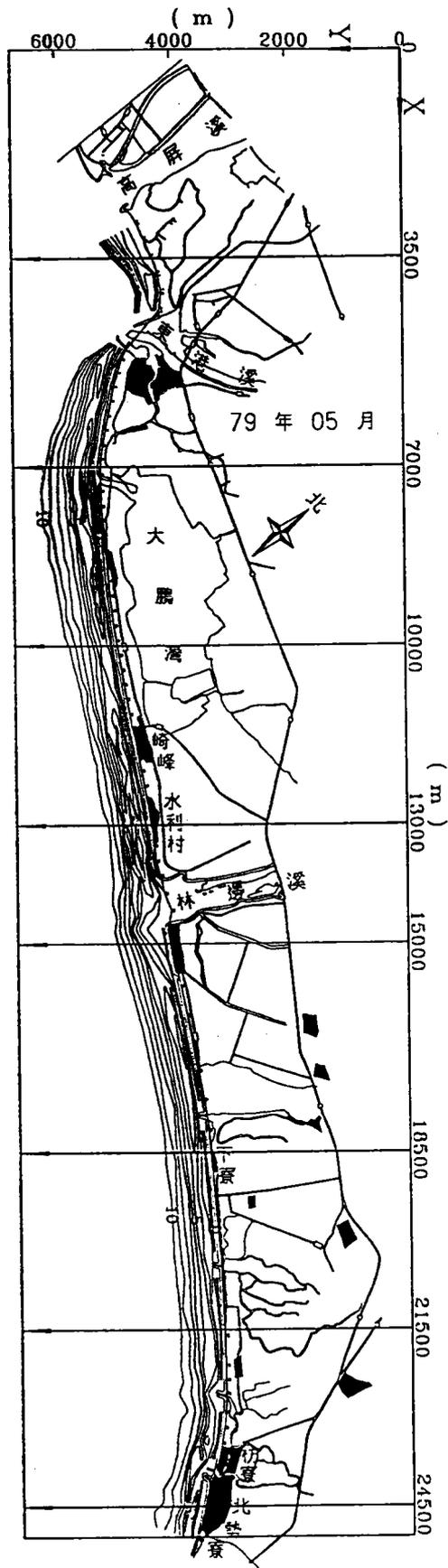


圖 6-36 屏東林邊海域斷面位置示意圖

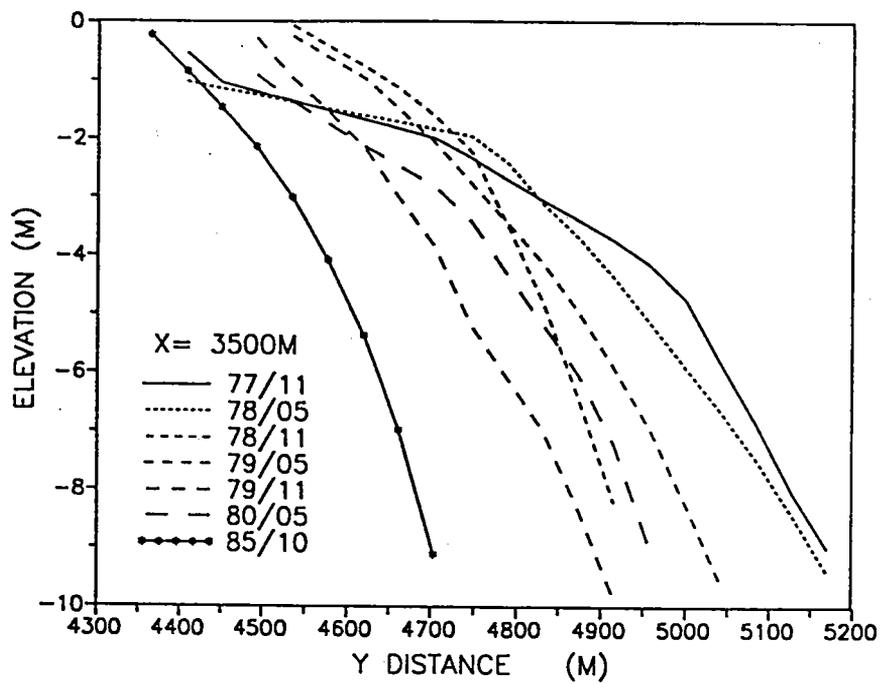


圖 6-37(a) 屏東林邊海域 X=3500M 断面歷年水深變化比較圖

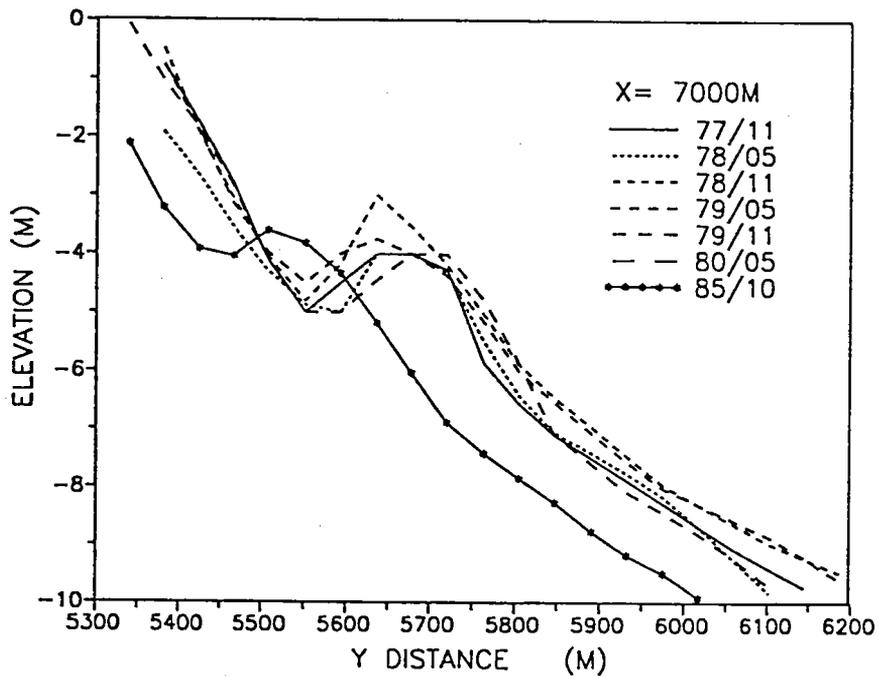


圖 6-37(b) 屏東林邊海域 X=7000M 断面歷年水深變化比較圖

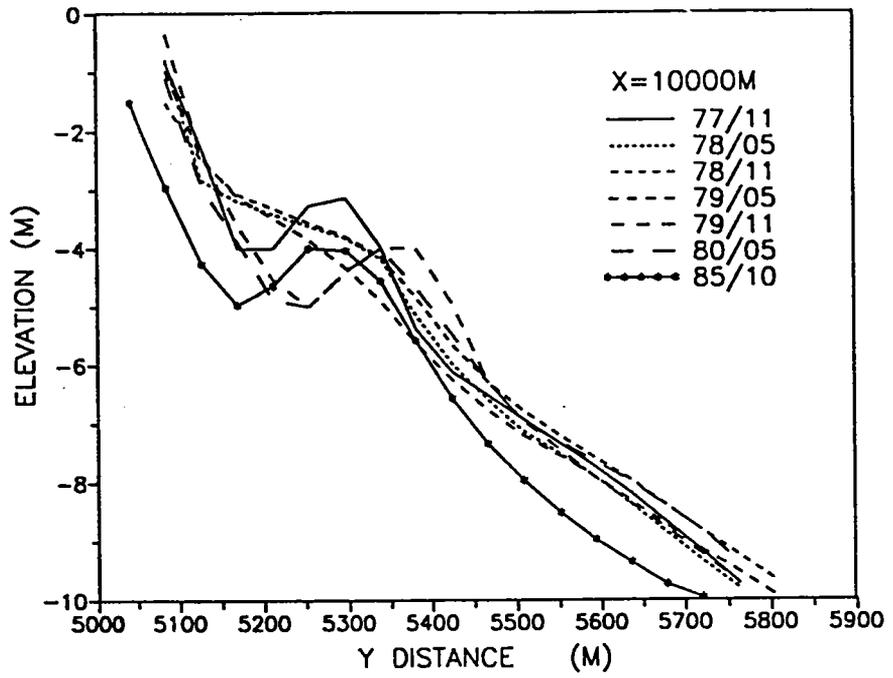


圖 6-37(c) 屏東林邊海域 X=10000M 断面歷年水深變化比較圖

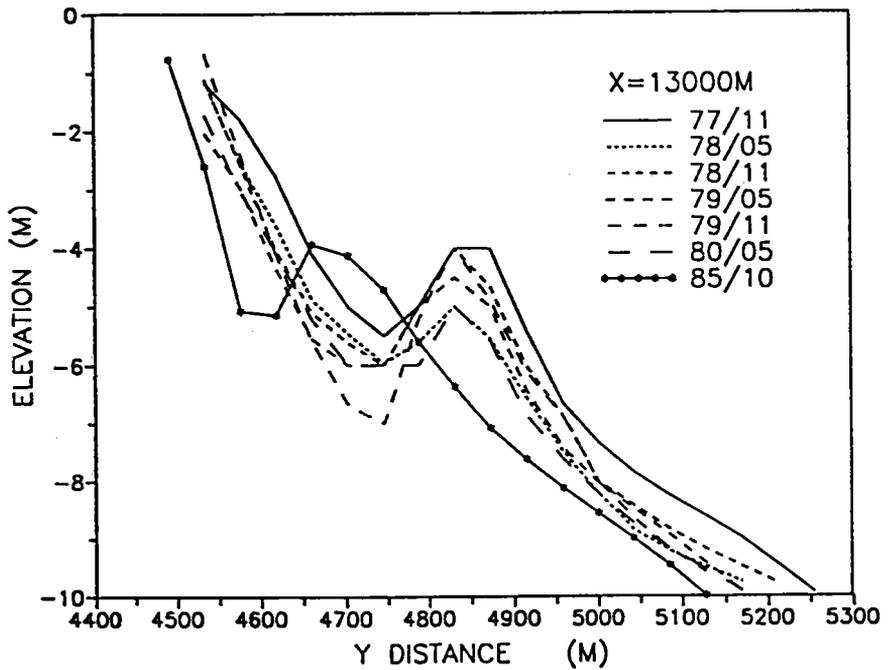


圖 6-37(d) 屏東林邊海域 X=13000M 断面歷年水深變化比較圖

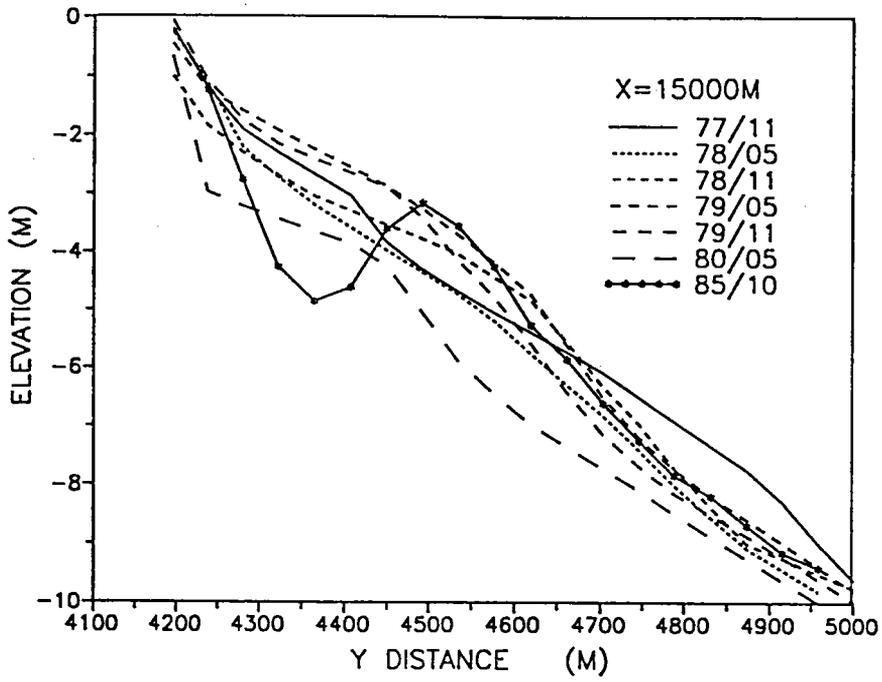


圖 6-37(e) 屏東林邊海域 X=15000M 断面歷年水深變化比較圖

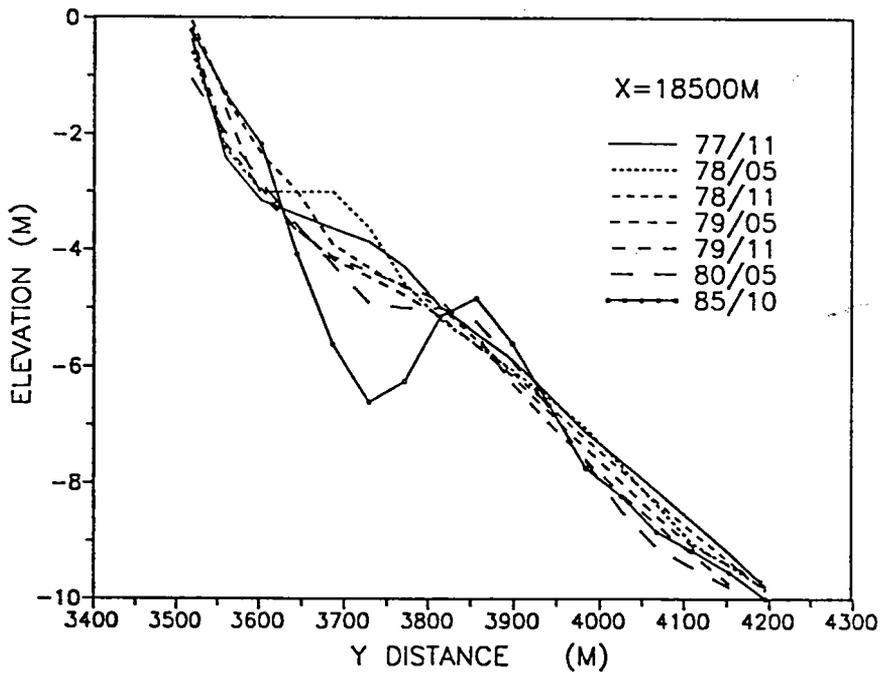


圖 6-37(f) 屏東林邊海域 X=18500M 断面歷年水深變化比較圖

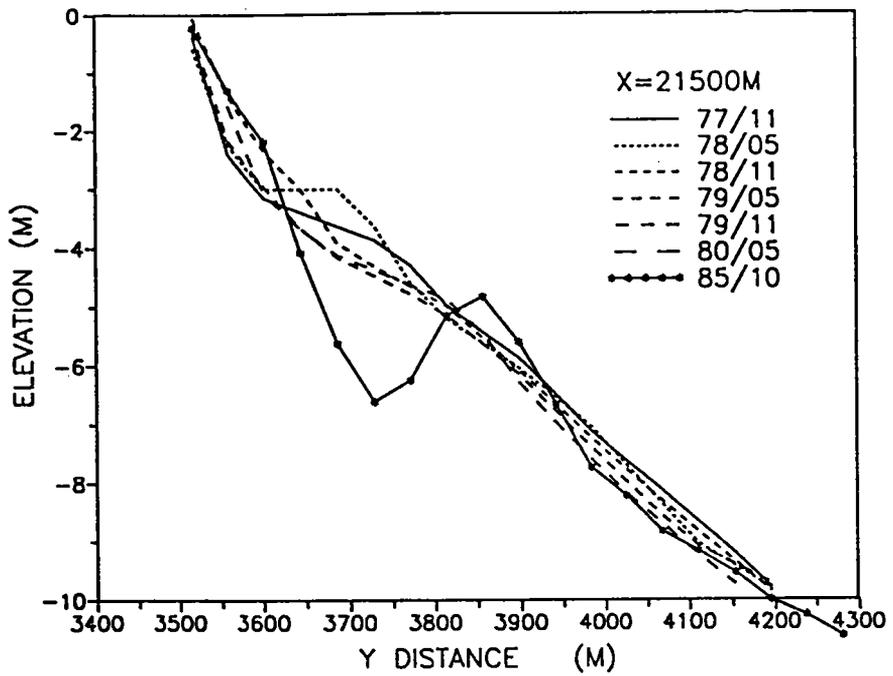


圖 6-37(g) 屏東林邊海域 X=21500M 斷面歷年水深變化比較圖

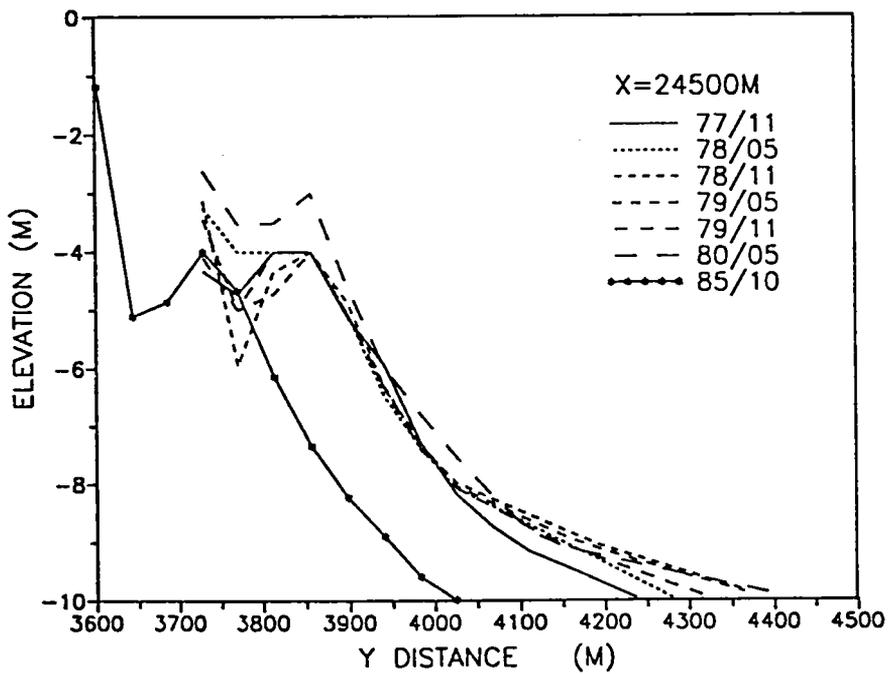


圖 6-37(h) 屏東林邊海域 X=24500M 斷面歷年水深變化比較圖

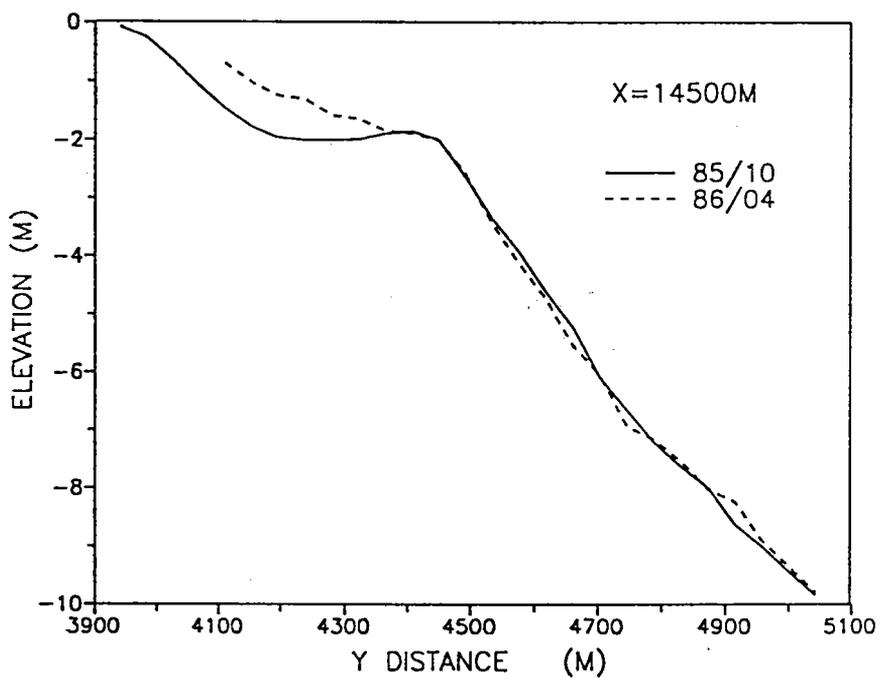
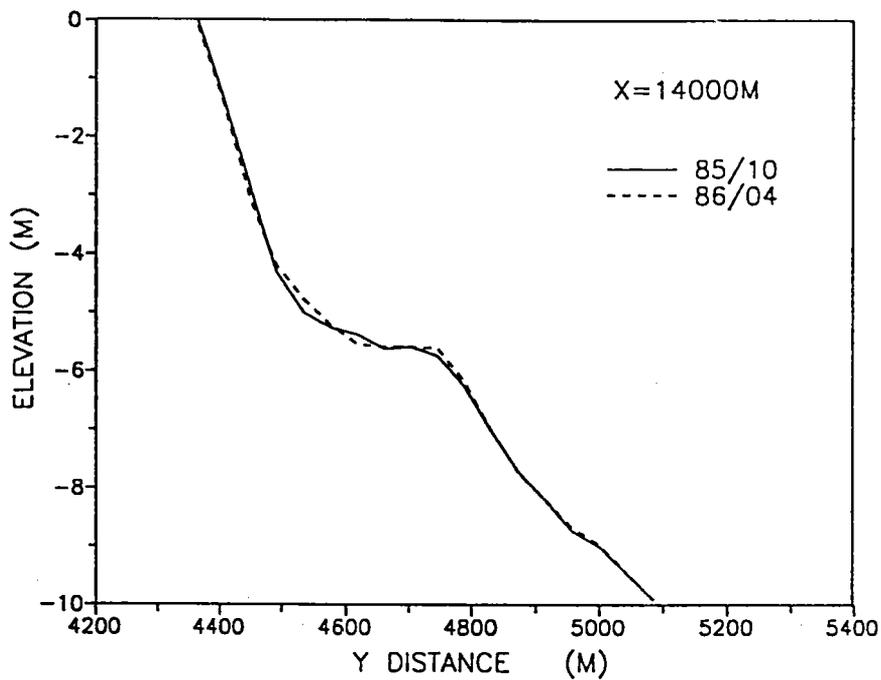


圖 6-38(a) 屏東林邊溪口附近海域斷面水深變化比較圖

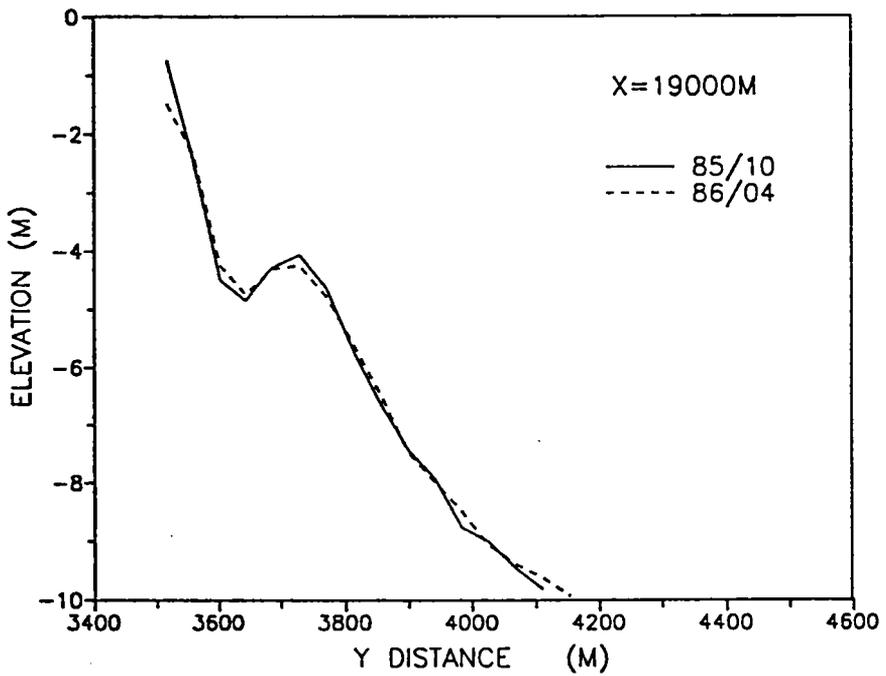
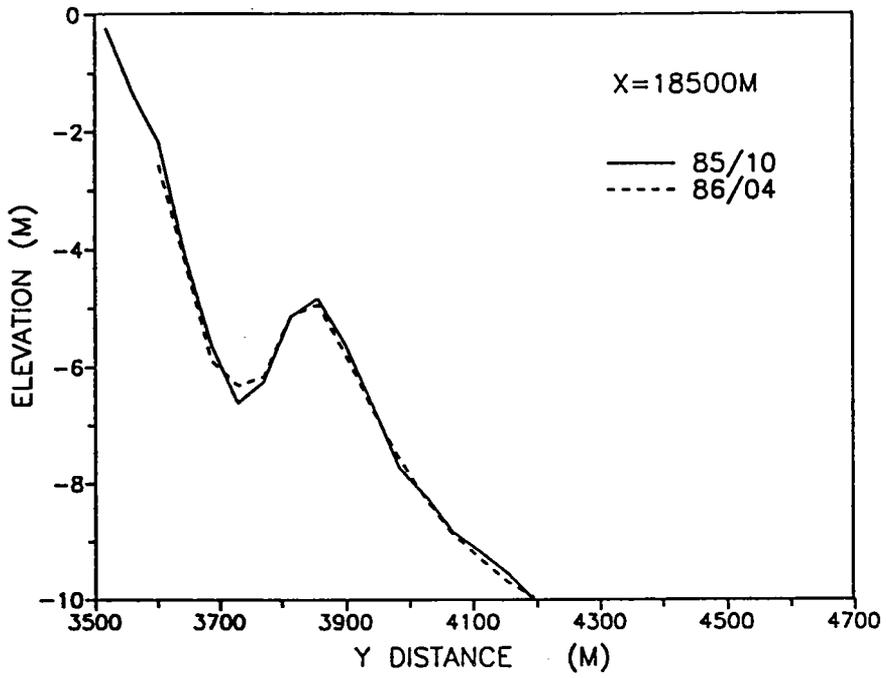


圖 6-38(b) 屏東下寮附近海域斷面水深變化比較圖

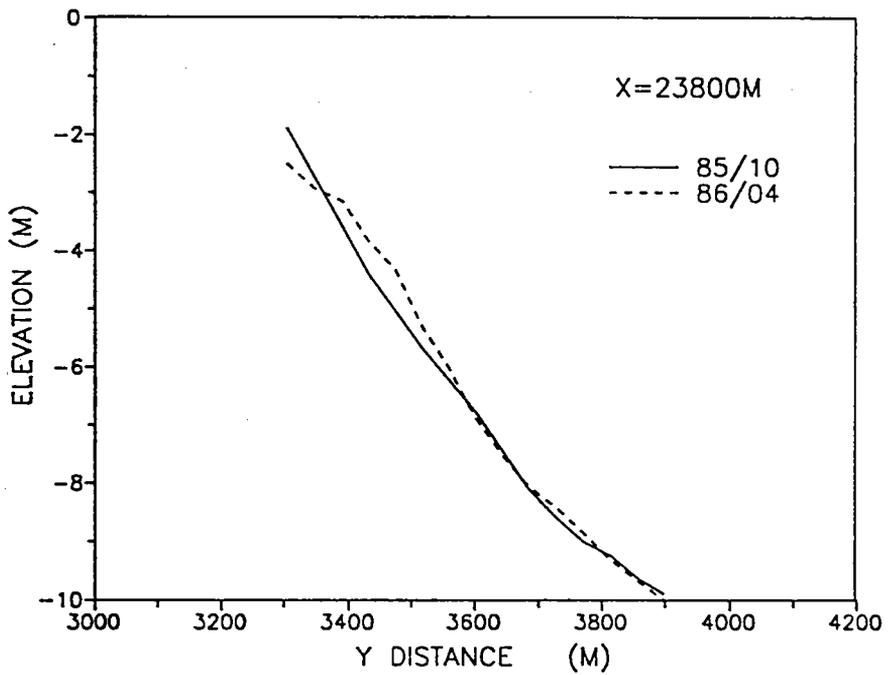
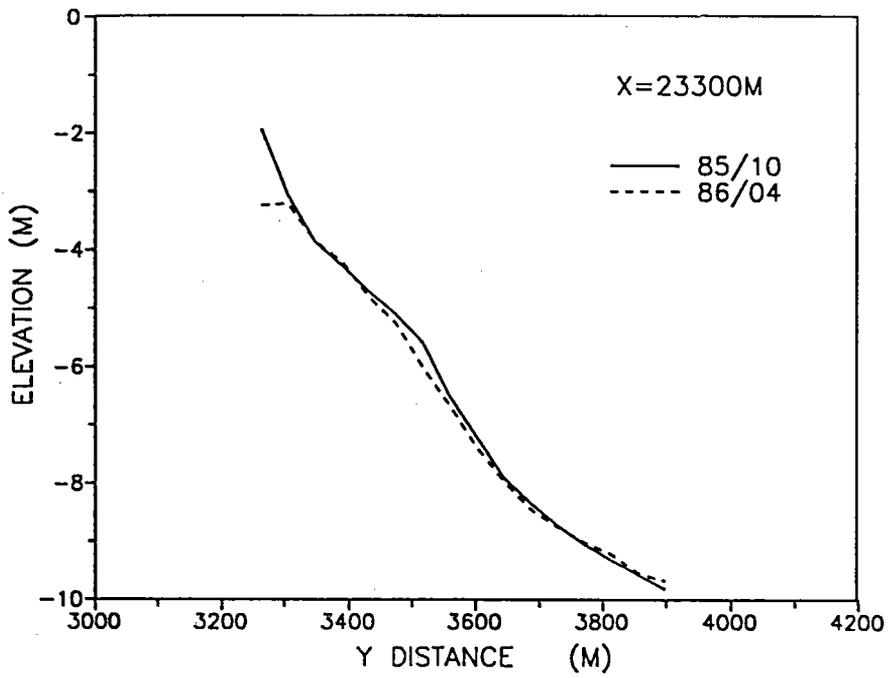


圖 6-38(c) 屏東枋寮漁港附近海域斷面水深變化比較圖

6-3-3 土方量侵淤變化分析

為進一步瞭解屏東林邊海域土方量侵淤近況，本研究特將該海域分為 5 個區域加以探討，各分區範圍示意圖如圖 6-39 中所示，並考慮自±0 公尺灘線到水深-5 公尺處以及水深-5 公尺到-10 公尺範圍分別計算其海底地形侵淤狀況，表 6-2 與 6-3 分別為本計畫整理自民國 77 年 11 月、78 年 5 月、78 年 11 月、79 年 5 月、79 年 11 月、80 年 5 月以及 85 年 10 月水深地形圖計算屏東林邊海域各分區考慮±0 公尺灘線到-5 公尺水深以及-5 公尺~-10 公尺間海域歷年土方量表；而表 6-4 與表 6-5 則為各分區歷年侵淤量表，為分析方便起見分別將其點繪如圖 6-40(a)~(f)與圖 6-41(a)~(f)各分區以及全區歷年土方量變化圖，謹將各分區與全區海域土方量侵淤情況，說明如下：

1. 第(1)分區

該分區位於高屏溪與東港溪間寬 1000 公尺海域，根據資料分析結果顯示，在±0 公尺灘線到-5 公尺水深間係呈逐年輕微侵蝕，土方變化量不大；在-5 公尺~-10 公尺水深間，則分析結果顯示，土方量 n 為定值達穩定情況，分別如圖 6-40 與圖 6-41 中(a)所示，而自民國 77 年 11 月民國 85 年 10 月這八年期間，該分區其被帶走 32 萬土方量，平均每年侵蝕 4 萬方，約每平方公尺約被刷深 20 公分左右。

2. 第(2)分區

該分區涵蓋東港溪口以南大鵬灣外沙洲 4700 公尺範圍內水域，根據分析資料顯示於民國 78 年 11 月~79 年 5 月間，在-5 公尺~-10 公尺水深間係呈淤積，爾後逐年呈現侵蝕，分別如圖 6-40 與圖 6-41 中(b)所示，累計八年期間，該分區被帶走約 267 萬土方量，平均每年侵蝕 33.3 萬方，約每方公尺被刷深 13 公分。

3. 第(3)分區

該分區涵蓋林邊溪口以北約 5000 公尺範圍包括崎峰村、水利村間海域，資料分析結果顯示，該分區逐年呈嚴重侵蝕，分別如圖 6-40 與圖 6-41 中(c)所示，根據統計在達八年期間該分區其被帶走 289.8 萬土方量，平均每年侵蝕 36.2 萬方，約每平方公尺被刷深 14 公分。

4. 第(4)分區

該分區涵蓋林邊溪口以南到下寮 5500 公尺海域，資料分析結果顯示自民國 77 年 11 月以後，該分區亦逐年呈侵蝕，但自民國 80 年 5 月以後卻逐年淤積，分別如圖 6-40 與圖 6-41 中(d)所示；若考慮近五年期間該分區共淤積 98.8 萬方，平均每年淤積 20 萬方，約每平方公尺淤積 6.5 公分。

5. 第(5)分區

該分區涵蓋下寮以南到北勢溪間海域 5000 公尺範圍，資料分析結果顯示，自民國 77 年 11 月到民國 80 年 5 月間，該分區土方量並無顯著變化，惟近 5 年在 ± 0 公尺灘線到 -10 公尺水深範圍都呈侵蝕，尤其是在 -5 公尺~-10 公尺水深間，分別如圖 6-40 與圖 6-41 中(e)所示，共被帶走 200 萬方，平均每年侵蝕 40 萬方，約每平方公尺被刷深 19 公分。

6. 全區沖淤近況

整體而言，屏東林邊海域北起高屏溪口南到北勢寮間約 21 公里範圍水域，考慮自 ± 0 公尺灘線到 -10 公尺水深間，根據資料分析結果顯示，自民國 77 年 11 月以來係呈逐年侵蝕狀況，分別如圖 6-40 與圖 6-41 中(f)所示，從表 6-2、表 6-3 統計在該海域約 1000 多萬平方公尺範圍，在八年期間全區共被帶走 325 萬土方量，平均每年 115.6 萬方侵蝕量，

約每年每平方公尺平均被刷深 11 公分。

表 6-6 ~ 表 6-9 為本計畫於民國 86 年 5 月在屏東林邊海域選擇林邊溪口、下寮以及枋寮等三小區域地形測量結果與在民國 85 年 10 月所作地形監測兩者用來比較土方侵淤量計算表格；根據表中資料分析結果顯示，在這段東北季風作用期間，林邊溪口附近水域在 ± 0 公尺灘線到 -5 公尺水深間係呈局部淤積，約每平方公尺淤積 6.4 公分而 -5 公尺 ~ -10 公尺水深間則呈侵蝕，約每平方公尺被刷深 3.4 公分；但在下寮以及枋寮兩小區域測結果顯示兩者侵淤情形恰與林邊溪口附近相反，即在 ± 0 公尺灘線到 -5 公尺水深範圍係呈侵蝕，其每平方公尺分別被刷深 4.2 公分與 23.7 公分；而在水深 -5 公尺 ~ -10 公尺間則呈淤積，約每平方公尺分別淤積 3.3 公分與 4.3 公分等。

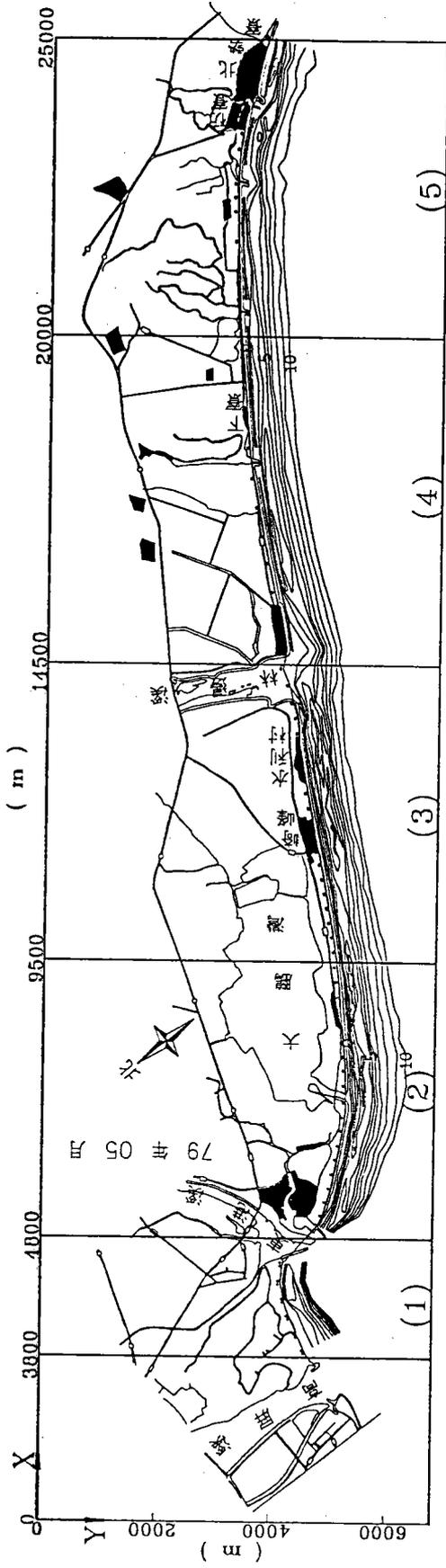


圖 6-39 屏東林邊海域各分區範圍示意圖

表 6-2 屏東縣林邊海域各分區 (0 米~-5 米水深) 土方量表

(單位：拾萬方)

土 方 量 日期	分 區	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	總和
各區 面積 (10^4m^2)		19.40	123.20	132.90	131.80	43.10	450.40
77.11		-4.26	-45.74	-46.87	-43.75	-15.80	-156.42
78.05		-4.34	-48.05	-54.63	-48.64	-16.03	-171.69
78.11		-3.78	-43.82	-52.47	-44.61	-14.73	-159.41
79.05		-4.28	-45.28	-55.74	-46.63	-14.96	-166.89
79.11		-5.56	-47.70	-56.68	-48.68	-14.94	-173.56
80.05		-5.14	-46.63	-59.26	-53.90	-14.98	-179.91
85.10		-7.49	-55.84	-61.05	-51.12	-21.76	-197.26

表 6-3 屏東縣林邊海域各分區 (-5 米~-10 米水深) 土方量表

(單位：拾萬方)

土 方 量 日期	分 區	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	總和
各區 面積 (10^4m^2)		0.36	137.5	137.5	169.5	164.1	608.96
77.11		-0.24	-106.9	-99.3	-119.2	-124.0	-449.64
78.05		-0.20	-106.6	-105.4	-127.8	-124.0	-464.00
78.11		-0.22	-103.6	-101.7	-126.7	-118.8	-451.02
79.05		-0.22	-103.8	-105.1	-127.9	-121.8	-458.82
79.11		-0.25	-107.1	-106.3	-132.6	-122.0	-468.25
80.05		-0.24	-107.9	-105.8	-132.4	-124.9	-471.24
85.10		-0.19	-123.5	-114.1	-125.3	-138.2	-501.29

表 6-4 屏東縣林邊海域各分區 (0 米 ~ -5 米水深) 侵淤量表

(單位：拾萬方)

土 方 量 日期	分 區 (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	總和
77.11-78.05	-0.08	-2.31	-7.76	-4.89	-0.23	-15.27
78.05-78.11	0.56	4.23	2.16	4.03	1.30	12.28
78.11-79.05	-0.50	-1.46	-3.27	-2.02	-0.23	-7.48
79.05-79.11	-1.28	-2.42	-0.94	-2.05	0.02	-6.67
79.11-80.05	0.42	1.07	-2.58	-5.22	-0.04	-6.35
80.05-85.10	-2.35	-9.21	-1.79	2.78	-6.78	-17.35

表 6-5 屏東縣林邊海域各分區 (-5 米 ~ -10 米水深) 侵淤量表

(單位：拾萬方)

土 方 量 日期	分 區 (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	總和
77.11-78.05	0.04	0.30	-6.09	-8.60	0.00	-14.35
78.05-78.11	-0.02	3.00	3.70	1.10	5.20	12.98
78.11-79.05	0.00	-0.20	-3.40	-1.20	-3.00	-7.80
79.05-79.11	-0.03	-3.30	-1.20	-4.70	-0.20	-9.43
79.11-80.05	0.01	-0.80	0.50	0.20	-2.90	-2.99
80.05-85.10	0.05	-15.60	-8.30	7.1	13.3	-3.45

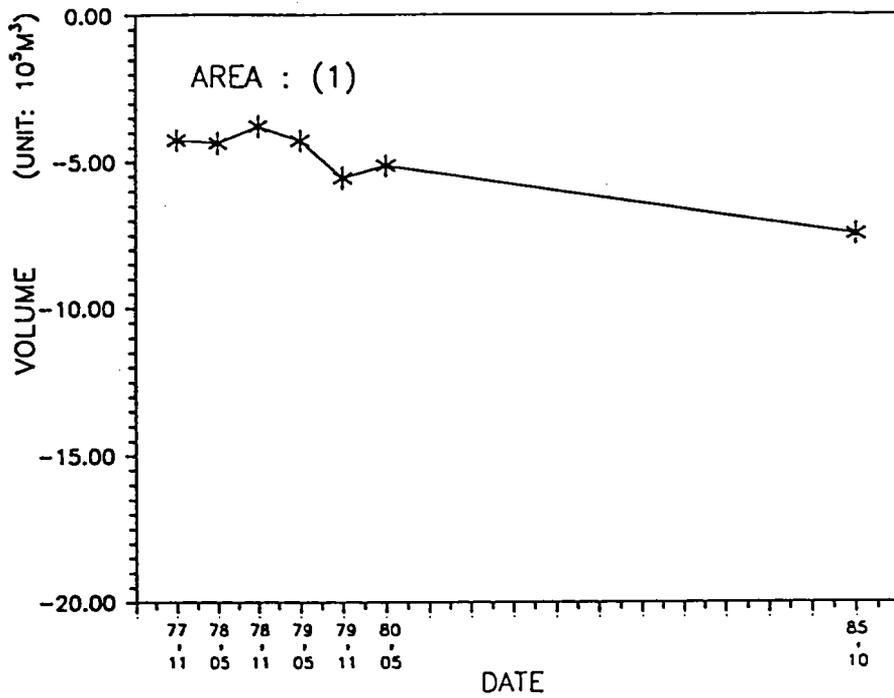


圖 6-40(a) 屏東林邊海域第(1)分區歷年土方量變化圖 (水深±0公尺 ~ 負5公尺)

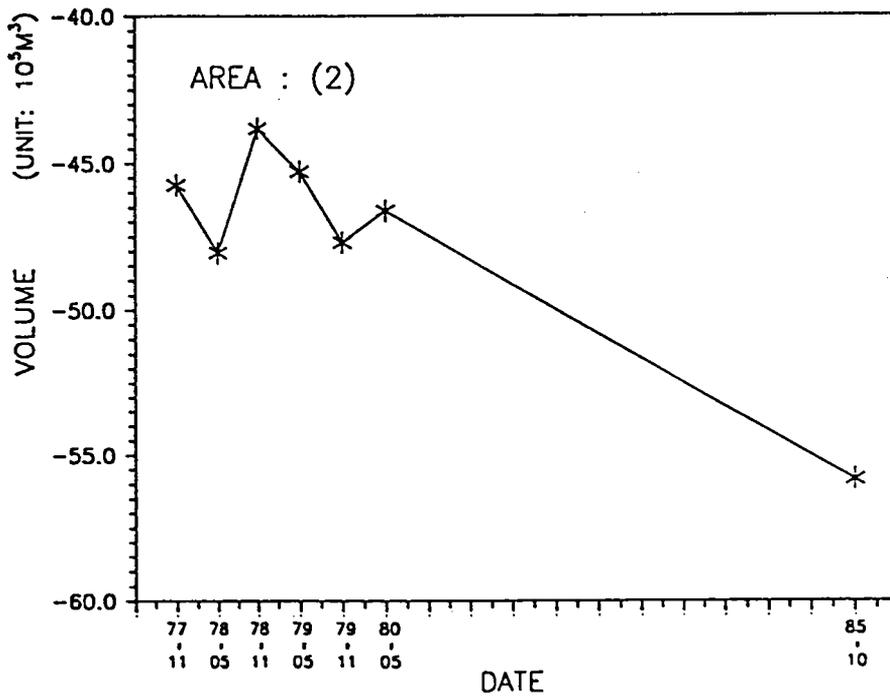


圖 6-40(b) 屏東林邊海域第(2)分區歷年土方量變化圖 (水深±0公尺 ~ 負5公尺)

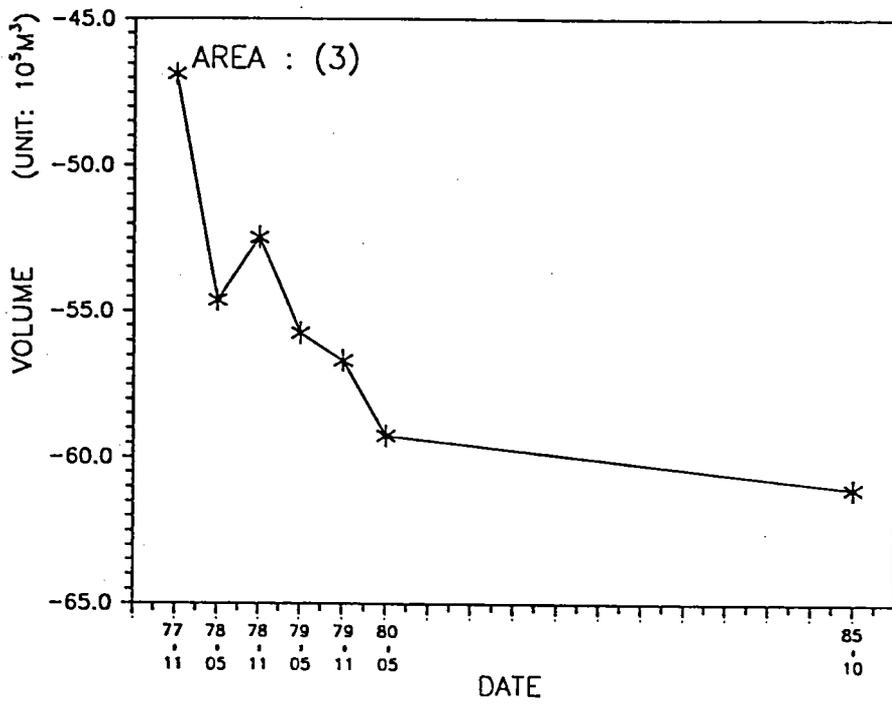


圖 6-40(c) 屏東林邊海域第(3)分區歷年土方量變化圖 (水深±0公尺 ~ 負5公尺)

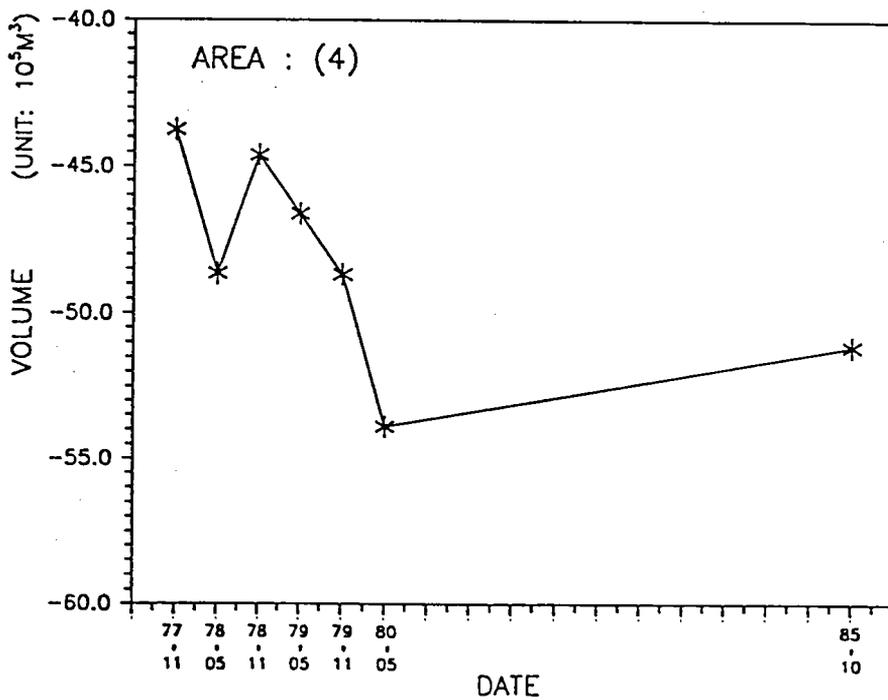


圖 6-40(d) 屏東林邊海域第(4)分區歷年土方量變化圖 (水深±0公尺 ~ 負5公尺)

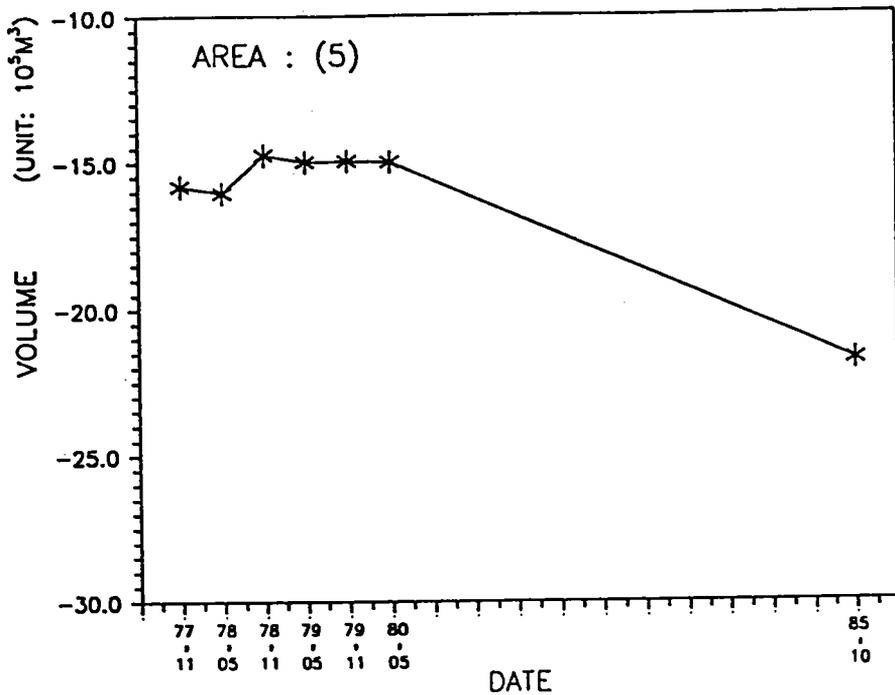


圖 6-40(e) 屏東林邊海域第(5)分區歷年土方量變化圖 (水深±0公尺~負5公尺)

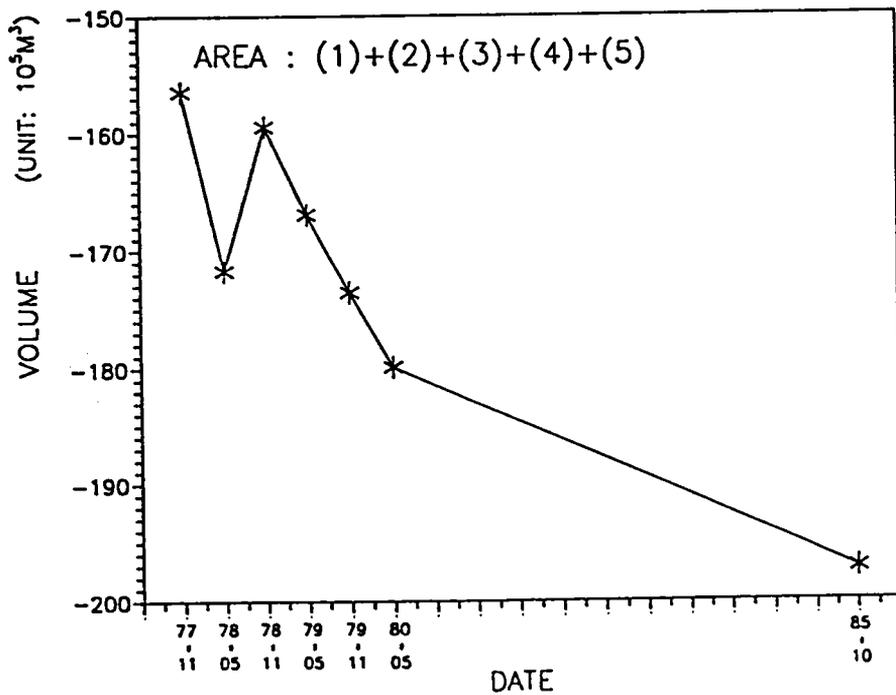


圖 6-40(f) 屏東林邊海域第全區歷年土方量變化圖 (水深±0公尺~負5公尺)

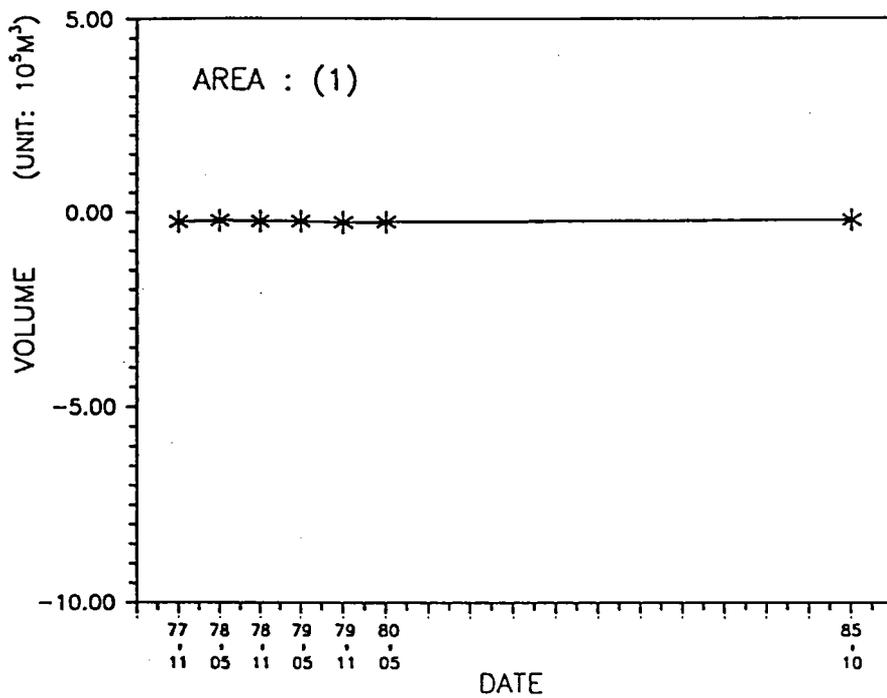


圖 6-41(a) 屏東林邊海域第(1)分區歷年土方量變化圖 (水深負 5 公尺 ~ 負 10 公尺)

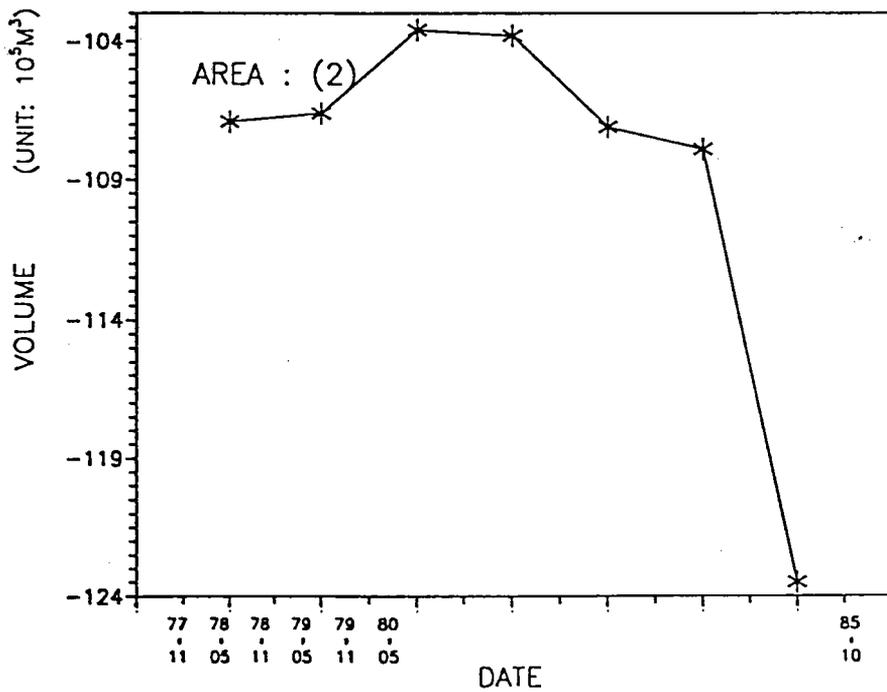


圖 6-41(b) 屏東林邊海域第(2)分區歷年土方量變化圖 (水深負 5 公尺 ~ 負 10 公尺)

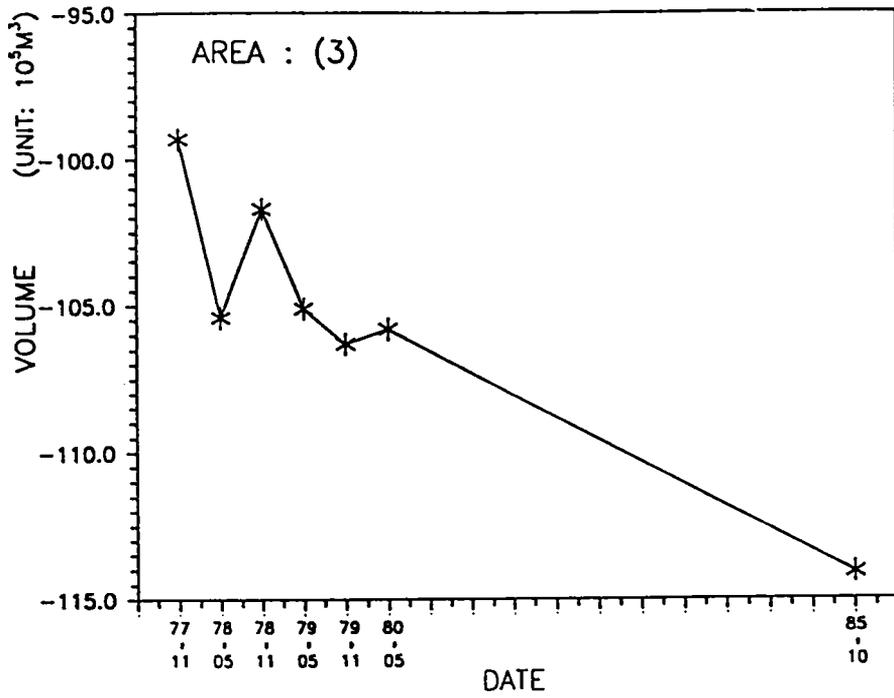


圖 6-41(c) 屏東林邊海域第(3)分區歷年土方量變化圖 (水深負 5 公尺 ~ 負 10 公尺)

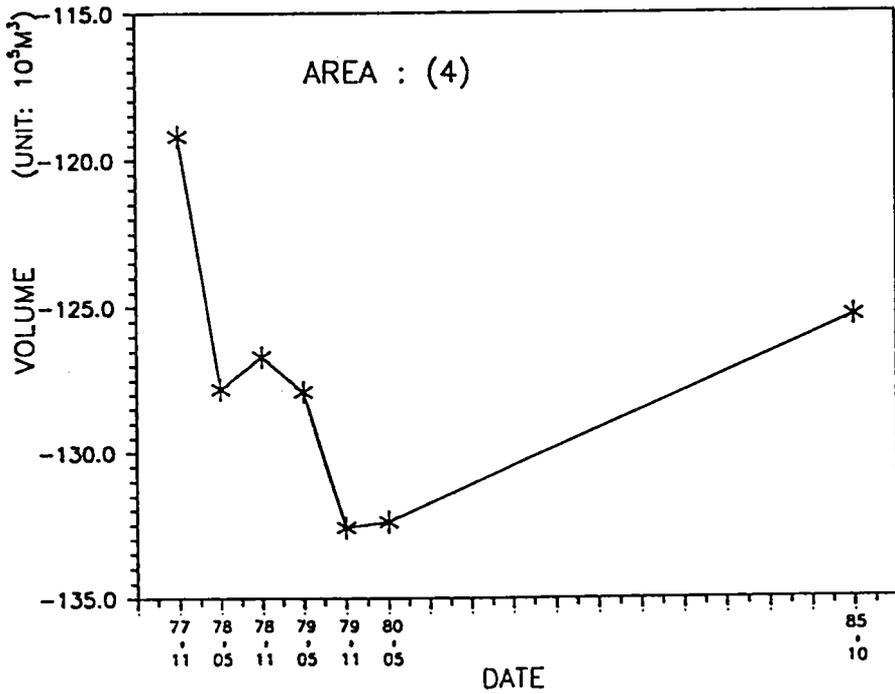


圖 6-41(d) 屏東林邊海域第(4)分區歷年土方量變化圖 (水深負 5 公尺 ~ 負 10 公尺)

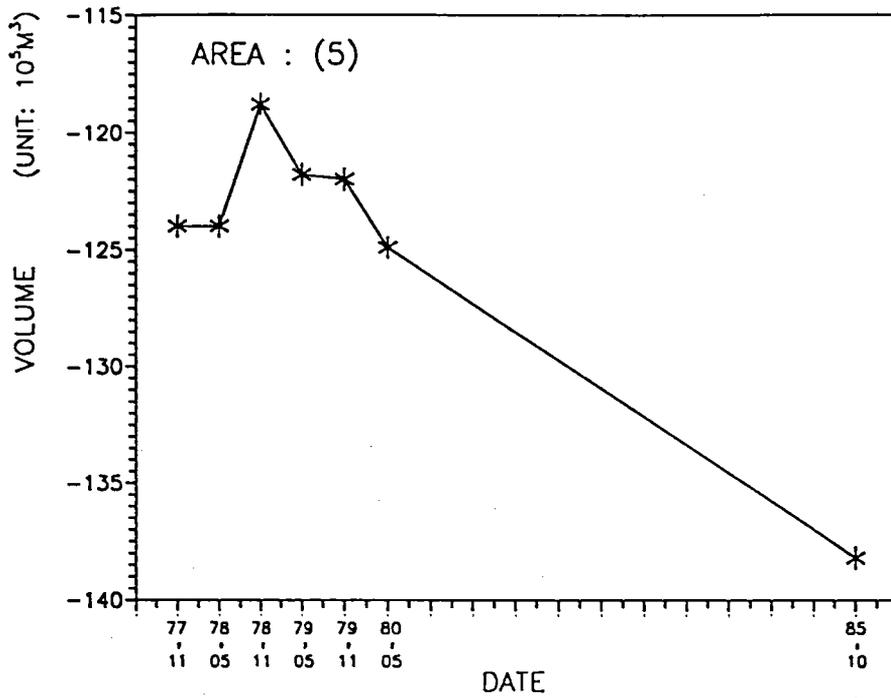


圖 6-41(e) 屏東林邊海域第(5)分區歷年土方量變化圖 (水深負 5 公尺 ~ 負 10 公尺)

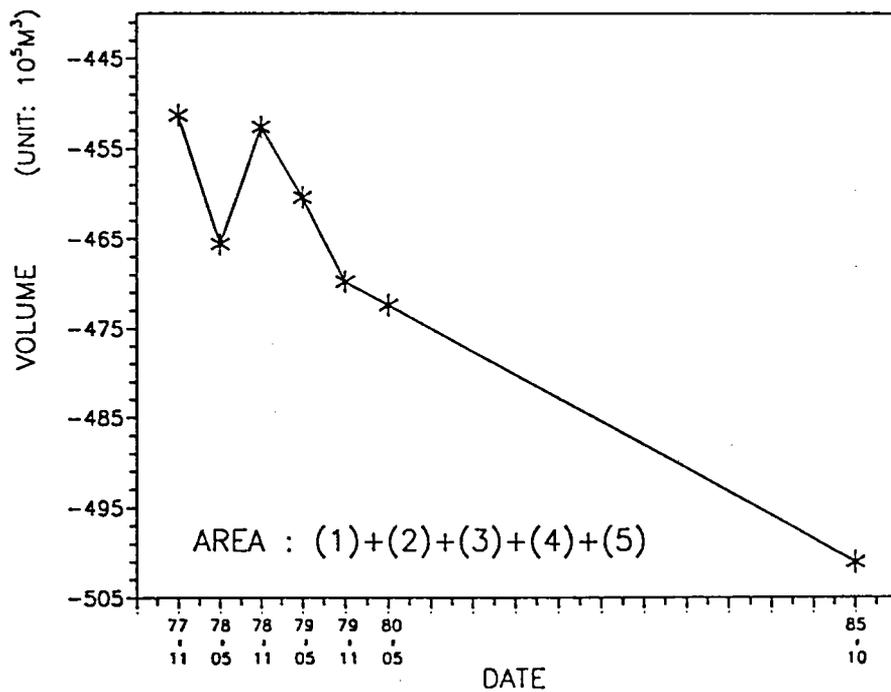


圖 6-41(f) 屏東林邊海域第全區歷年土方量變化圖 (水深負 5 公尺 ~ 負 10 公尺)

表 6-6 屏東縣林邊海域小區域 (0 米 ~ -5 米水深) 土方量表

(單位：拾萬方)

土 方 量 期-	分 區	林邊 溪口	下寮	枋寮
各區 面積 (10^4m^2)		54.2	23.7	19.4
85.10		-15.29	-8.10	-6.55
86.04		-14.94	-8.20	-7.01

表 6-7 屏東縣林邊海域小區域 (-5 米 ~ -10 米水深) 土方量表

(單位：拾萬方)

土 方 量 期-	分 區	林邊 溪口	下寮	枋寮
各區 面積 (10^4m^2)		87.6	89.4	116.0
85.10		-71.2	-75.6	-101.2
86.04		-71.5	-75.3	-100.7

表 6-8 屏東縣林邊海域小區域 (0 米 ~ -5 米水深) 侵淤量表

(單位：拾萬方)

土 方 量 期-	分 區	林邊 溪口	下寮	枋寮
85.10-86.04		0.35	-0.10	-0.46

表 6-9 屏東縣林邊海域小區域 (-5 米 ~ -10 米水深) 侵淤量表

(單位：拾萬方)

土 方 量 期-	分 區	林邊 溪口	下寮	枋寮
85.10-86.04		-0.30	0.30	0.50

第七章 結論及建議

綜合以上各章節，本文可歸納獲致以下數點結論及建議

- 一、台灣海岸不論西岸或東岸之砂灘都逐年陸續發生侵蝕，尤以南部海岸侵蝕較為嚴重，不但造成國土逐漸流失且對沿岸居民生命財產亦造成莫大威脅，建議應速謀有效防治對策。
- 二、海岸侵蝕原因固然有部份是出於自然現象之過程，但亦有人為因素：如防波堤等之阻斷漂砂移動，亦有起因於水庫淤砂及河川攔砂所導致之河口砂源之缺少以及地盤下陷與海埔地開發所引起。
- 三、防治海岸侵蝕方法雖有構建海堤、離岸堤、突堤等工法，但近年來因環保意識之普及以及對景觀之關心，建議應改較柔性工法如養灘、興建潛堤及採水位降低法等予以配合，惟治本之道應從海岸整體之輸砂平衡著手，上述防護工程為治標方法。
- 四、海岸保護工法一旦實施勢必影響到鄰近海岸之安定，故應從長計議，審慎研究規劃，避免引起後遺症，且保護工法因海象海岸特性及社會需求亦應有不同之選擇。
- 五、多一份研究，可發揮防治工程效果並可節省工程費用，本計劃第一年工作擬訂以四年為期之研究計畫並概估經費，俾從侵蝕原因調查分析、海象與漂砂觀測、水工試驗及數值模擬等研究，期能獲致較佳之侵蝕防治對策等。
- 六、全省海岸除少數海岸開發區外，迄無水深測量圖，建議應優先辦理海深測量，並就已侵蝕區持續監測。
- 七、海岸侵蝕影響及交通建設安全、臨海居民安全、農漁民財產、國土流失等，故建議中央及省各相關部會處編列預算支援所需經費。

- 八、根據本所於屏東林邊海域在民國 86 年 3 月 13 日～5 月 15 日這段期間海流、波浪觀測資料分析結果顯示，海流流速最大值為 45cm/s，平均流速在 20cm/s 以下，流向則多集中在 SSE～S 以及 NW～NNW 二個主要方向也就是在平行海岸方向作週期性之往復變化，而垂直岸之流速分量與平行岸分量相較其值甚低。本海域水團長期之運動趨勢，分析結果顯示表層水流在 3 月中、下旬是往南方移動平均移動速度為 1.8 公里/天，4 月上旬往南移動平均速度則為 1.2 公里/天，到了 4 月下旬水團向東南方移動，平均速度則增至 3 公里/天以上；而下層水團在 3、4 月間淨移動方向為東南，平均速率較表層為小，在 1 公里/天左右。經由能譜分析，影響本海域之潮汐現象為 半日潮及全日潮之混合型。
- 九、屏東林邊海域波浪觀測期間適逢春季大陸高氣壓勢力衰退，處於由東北季風轉型為西南季風之過度時期且東邊又有山脈屏障，故波浪相當平緩，觀測資料分析結果顯示在該段期間最大波高(H_{max})值尚不及 0.7 公尺，而有義波高($H_{1/3}$)則在 0.2 公尺左右， $H_{1/3}$ 之最大值發生在 3 月 28 日僅 0.41 公尺而週期 $T_{1/3}$ 則在 8～10 秒間佔有較大比例。
- 十、根據水利局第七工程處所提供近年水深圖以及本所在民國 85 年 10 月以及 86 年 5 月在該地區所作地形監測分析結果顯示，屏東林邊海岸正逐年侵蝕，尤以大鵬灣入口處以南，崎峰村水利村到下寮一帶最為嚴重，斷面分析結果顯示該區海域在距岸邊約 200 公尺～300 公尺普通有沿沙洲存在，沙洲頂部高程約在水深-4 公尺處，靠岸邊底床坡度正由民國 77 年時之 1/60～1/70 演變成目前之 1/15～1/20。
- 十一、屏東林邊海域北起高屏溪口南到士文溪口間長約 21 公里範圍水域內，若考慮自±0 公尺灘線到-10 公尺水深間，根據地形圖資料分析結果顯示，自民國 77 年 11 月以來，則係呈逐年侵蝕趨勢，估算在該海域約 1000 多萬平方公尺範圍到民國 85 年 10 月在八年期間全區共被帶走 925 萬土方量，平均每年有 115.6 萬方侵蝕量，約每年每平方公尺被刷深 11 公分。

大專、政府及民間機構海岸科研人力資源統計表

單 位	參與科研人數
海洋大學河海工程學系	7
台灣大學土木工程學系	2
成功大學水利及海洋工程學系	18
交通大學土木工程學系	6
中興大學土木工程學系	5
逢甲大學水利工程學系	3
嘉義農專土木工程科	1
台灣大學水工所	4
成功大學水工所	12
中興工程顧問有限公司	8
亞新工程顧問股份有限公司	6
方舟工程顧問公司	3
港灣技技術研究所	13
漁業技術顧問社	4
合 計	92

學校：國立海洋大學（河海工程學系）

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
周宗仁	日本九州大學 博士		<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸結構物對波流共存場的影響 2. 海濱流系統數值分析 3. 海岸地形變化數值預測 4. 操船模擬在港灣規劃之應用 5. 孤立波在海岸附近之變形研究
楊文銜	美國北卡州立 大學博士		<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸潮流受潮汐、波浪作用之模擬研究 2. 海岸污染物擴散及含涵能力之研究 3. 非線性寬波譜淺化及碎波之研究
尹 彰	德國卡斯魯工 業大學博士		<ol style="list-style-type: none"> 1. 非線性波演變 2. 波浪統計特性 3. 風波交互作用 4. 風波預報模式
施士力	台灣大學博士		<ol style="list-style-type: none"> 1. 碼頭壁碰設施之研究 2. 彈性結構物對波浪影響之研究 3. 消波式堤防及碼頭設施之研究 4. 堤防受力及破壞之研究 5. 浮式碼頭受力及運動行為之研究
岳景雲	交通大學博士		<ol style="list-style-type: none"> 1. 新型消波結構物之研究 2. 海域漂砂水工模型之研究

學校：國立海洋大學（河海工程學系）

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
蕭松山	海洋學院河海碩士		<ol style="list-style-type: none"> 1. 波流與大型結構物交互作用 2. 海洋波浪觀測預報
翁文凱	海洋學院河海碩士		<ol style="list-style-type: none"> 1. 港口附近船舶運動及受力 2. 港灣結構物受力分析

學校：國立台灣大學（土木工程系）

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
郭振泰	美國康奈爾大學博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水資源系統析 2. 水質模擬 3. 都市水文學 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水庫系統最佳操作 2. 河川、湖泊水質模擬 3. 集水區水量、水質管理
蔡丁貴	美國康奈爾大學博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 波浪在區域性海岸水域之變形 2. 地下水及污染物傳輸之數值模擬 3. 專家系統在水處理廠之應用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 波浪潮汐、水流及地形變化在區域性海岸水域之數值模擬研究 2. 地下水及污染物傳輸之數值模擬 3. 土石流之力學研究及數值模擬

學校：國立成功大學（水利及海洋工程學系）

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
涂盛文	成功大學土木工程碩士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 消波理論及消波結構物 2. 造波水槽內再反射波之研究 3. 海堤最佳面坡之研究 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海堤堤腳之淘刷 2. 海堤前地形淘刷之防制 3. 動床試驗材料與侵淤之關係
郭金棟	日本東京大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 新型防波堤 2. 台灣海岸地形變化 3. 海岸管理 4. 離岸堤工法 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 波動剪應力及摩擦係數 2. 台灣海岸地形變化法 3. 突堤功能 4. 潛堤防砂功能
顏沛莘	成功大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海洋放流調查及分析 2. 洪水預報系統 3. 水庫泥沙淤積調查及分析 4. 漂砂活動現場調查 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 即時洪水預報 2. 地下抽水試驗 3. 海氣介面氣泡及飛沫特性 4. 水庫淤砂量測自動化
楊春生	成功大學土木工程碩士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海嘯數值推算 2. 海中結構物受波力及動力分析 3. 壩承受地震作用之動壓力及其反應 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海洋結構受地震作用之動壓及動力反應
歐善惠	成功大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸侵蝕 2. 離岸堤規劃 3. 漂沙相似律 4. 風浪波譜 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地形分析與預測 2. 風浪波譜 3. 海底邊界層 4. 漂浮流之測定
黃煌輝	成功大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 波動邊界層 2. 沙漣形成及運動特性 3. 大尺度之地形變化 4. 射流渦流結構 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 波浪之傳動 2. 亂流流場及渦流結構 3. 可透水底運動特性 4. 沙漣形成過程之流場與作用力

學校：國立成功大學（水利及海洋工程學系）

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
蔡長泰	成功大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不均勻河床質之河床演變研究 2. 淹水預警研究 3. 水庫二維水理水質模擬 4. 河流二維水理模式研究 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 景觀河流複式斷面之演變研究 2. 地理資訊系統應用於淹水預警系統 3. 排水統之水理模擬研究 4. 水庫淤積清除研究 5. 河流水理模式研究
高家俊	德國漢諾威大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海洋結構物受力分析 2. 波浪統計特性 3. 海岸結構物受力分析 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 環島波浪特性分析 2. 近海海氣象特性分析 3. 海洋結構物受力分析
李兆芳	美國奧立岡州立大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 波浪與撓屈性結構物相互作用分析 2. 造波理論 3. 波浪與可透水結構互制分析 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 波浪與結構物互制非線性分析 2. 大範圍海岸波浪之模擬分析
黃正欣	成功大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海象現場調查及分析 2. 防波堤之波壓 3. 波浪變形 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海象現場調查及分析 2. 防波堤之波壓 3. 波浪變形
許泰文	成功大學水利及海洋工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸侵蝕與防禦 2. 邊界層流 3. 波譜在潛水海域之減衰 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸侵蝕與防禦 2. 邊界層流 3. 二相流 4. 波譜在潛水海域之減衰 5. 人造沙連共振波之研究
簡仲和	成功大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 颱風波浪推算 2. 消波防波堤之波力行為 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 颱風波浪與暴潮、設計水位 2. 防波堤位移運動模擬 3. 海床波面變化 4. 堤體結構之安定

學校：國立成功大學（水利及海洋工程學系）

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
賴泉基	英國伯明罕大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 密度流流動之試驗與模擬 2. 紊流模擬與量測 3. 二維最佳參數地水模式 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 紊流與密度流模擬與量測 2. 流場可視化與定量化 3. GIS及環境水力模式之結合應用
林西川	成功大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 波浪與撓屈性結構物相互作用分析 2. 造波理論 3. 波浪與可透水結構互制分析 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 波浪與結構物互制非線性分析 2. 大範圍海岸波浪之模擬分析
唐啓釗	美國愛荷華大學機械工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 自由表面邊界層流 2. 孤立波之黏滯性衰減 3. 波流分析及實驗 4. 大區域暴潮及污染 5. 水庫內山崩湧浪 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 計算流力 2. 非線性音波學 3. 隧道通風熱傳分析 4. 黏滯波浪（孤立波） 5. 地下水滲透研究
黃清哲	美國愛荷華大學機械工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 聲波繞射 2. 造波理論 3. 波浪變形 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 聲波繞射 2. 波浪折繞附與變形 3. 水中氣泡爆破動力分析 4. 波浪溯升 5. 透水底床對波浪的影響
詹錢登	美國加州柏克萊大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸地形變化 2. 土石流 3. 流體阻力係數 4. 河岸侵蝕 5. 非點源污染 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 土石流 2. 海岸工程 3. 流體阻力係數 4. 非點源污染模式 5. 可岸侵蝕
謝正倫	日本京都大學博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 河口地形變化 2. 水庫淤砂 3. 河川輸砂 4. 土石流預警系統 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 土石流現場觀測、防災規劃 2. 水庫排砂模擬分析 3. 河口水理及地形變化模式 4. 非牛頓性流體力學

學校：國立交通大學（土木工程學系）

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
郭一羽	日本國立九州大學工學博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 淺海之不規則波浪特性的研究 2. 矽灰材料在海洋水利工程上的應用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 淺海之不規則波浪特性的研究 2. 衛星遙測海洋波浪 3. 波壓波力特性之研究
吳永照	美國德拉瓦大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 造波理論 2. 波浪與多孔介質的交互作用 3. 波浪的變形 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 二階表面波與多孔介質的交互作用 2. 二階表面波的變形研究 3. 非線性淺水波與結構的交互作用
楊錦釗	美國愛荷華大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 複雜河系淹水、輸砂及水質模式之發艱應用研究 2. 二維砂模式之研究 3. 集水區點源、非點源污染傳輸模式及管制策略之研究 4. GIS在河川治理規劃之應用研究 5. 淹水模式與GIS整合之應用研究 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 河川空間利用 2. 低水河槽沈澱及污染質傳輸之研究 3. 地盤下陷預測模式之發展應用 4. 水文及水利模式不確定性之分析研究 5. 水庫淤砂行為模擬研究
張良正	美國康乃爾大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 最佳控制方法在地下水非飽和層污染整治規劃之應用 2. 污染質在非飽和層之傳輸模擬 3. 序率控制方法在多水庫操作上之應用 4. GIS在地下水管理上之應用 5. 地質統計於地下水觀測站網規劃之應用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 碎形理論於水文地質參數推估之研究 2. 平行計算於地下水污染整治規劃之應用 3. 多層次地下水流及污染傳輸模擬 4. 地下水觀測站網之最佳佈置

學校：國立交通大學（土木工程學系）

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
葉克家	美國愛荷華大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 彎道理論之研究 2. 河川水理及沖淤研究 3. 水文系統之不定性分析 4. 土石流之研究 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蜿蜒河川水理及變遷之研究 2. 水力及水文系統之不定性與可靠度研究 3. 河川動床數值模式之研發
張憲國	國立成功大學水利及海洋工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 近岸波場 2. 人工沙洲應用於海岸防護 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 颱風波浪模式 2. 沿岸流解析 3. 實用波浪理論

學校: 國立中興大學 (土木工程學系)

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
盧昭堯	美國科州州立大學博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 降雨對淺水明渠水力特性之效應研究 2. 利用地理資訊系統建立河道輸砂模式 3. 土壤沖蝕相關研究 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 非均勻礫石運移之試驗研究 2. 土壤沖蝕相關研究 3. 台灣河川流量與泥沙量觀測技術之開發與應用
陳正炎	國立中興大學碩士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 堰壩下游局部沖刷 2. 投潭水流之水躍特性及消能效應 3. 區域排水規劃 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 防砂壩下游沖淤機構及改善對策 2. 投潭水流場之特性研究 3. 集水區之治理規劃 4. 滯洪壩之流場制控
藍振武	泰國亞洲理工學院博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海洋污染數值模擬 2. 水質源系統分析 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海洋污染數值模擬 2. 水質源系統分析 3. 數值分析方法之研究
蔡清標	國立成功大學土木工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 防波堤前波浪作用下底床土壤反應及液化潛能研究 2. 海堤堤趾沖刷問題之研究 3. 近岸波流場數值模擬 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 任意海岸形狀之波流場數值模擬 2. 海岸結構物對海岸灘線變化影響之數值模擬 3. 海岸保全新工法研究
林 呈	國立成功大學水利及海洋工程博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 自由剪力流(層流、射流)之研究 2. 流場可視化方法之研發 3. 雷射測速儀之試作 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 波動底部邊界層之探討 2. 紊流邊界層與鈍體之互制 3. 射流場中渦流結構之非线性發展

學校：私立逢甲大學（水利工程學系）

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
林朝福	國立成功大學 土木工程博士	1. 波浪波譜變形 2. 不規則波堤上溯升及越波量	1. 親水性防波堤溯升、越波之分析 2. 堤體透波研究
許少葦	美國愛荷華大學 土木及環境工程博士	1. 彎道水流與動床試驗 2. 渠道非均勻沉滓之沖淤試驗與模擬	1. 水庫異重流之模擬與試驗 2. 地下水未飽和層之水流與污染傳播 3. 沉砂池之淤積與沖刷試驗
連惠邦	國立中興大學 水土保持博士	1. 水工結構局部沖刷及推移載採樣技術之研究	1. 土石流及高含砂水流形成、運動和停積機制等之研究 2. 土砂災害防治工法之研究 3. 坡地土砂運動之研究

學校：國立嘉義農專農業（土木工程科）

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
陳文俊	國立成功大學 土木工程研究所博士	1. 海岸保護工法之研究 2. 海岸源砂之研究 3. 水質自淨能力之分析	1. 利用GIS探討海岸地形之變遷 沿岸土地利用 2. 海岸變遷之探討 3. 河口閉塞對策之研究

學校：國立台灣大學（水工所）

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
何興亞	台灣大學博士	1. 彎曲河道水理與床形變化之研究	1. 彎曲河道水理與床形變化之研究
陳明仁	台灣大學博士	1. 防蝕通氣槽滲氣消長 2. 河道輸砂模擬	1. 高速流水理設計—穴蝕、閘門振動及高速流 2. 洪水預報之決策支援系統模式 3. 多變量時間序列之介入模式 4. 水文、農田水利基本資料訊化
柳文成	台灣大學碩士 台灣大學農業工程研究所博士班	1. 地表水質 2. 河川水理 3. 環境流力學	1. 感潮河川及河口水理及水質 2. 環境流力學
連上堯	台灣大學碩士 台灣大學農業工程研究所博士班肄業	1. 河川水理 2. 下水道水理	1. 河川水理

單位：成大水工所

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
宋長虹	台大土木所博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水波與多孔介質底床動力反應之研究 2. 降雨對波浪減衰效應之影響 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸漂沙水工模型試驗 2. 水流與多孔介質互制研究
吳念祖	德國漢諾威大學工學博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸直立式結構物上碎波波壓之數值模擬 2. 電廠溫排水熱擴散水工模型試驗 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸結構物承受之波力及結構物前地形沖刷 2. 海岸設施所引致之地形變遷
楊瑞源	台大造船所博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以有限容積法解析三維內流場問題 2. 因點源引發之雙擴散效應在微弱剪力風影響下之穩定性分析 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水工模型試驗（平面動床漂沙試驗及海岸變遷）
丁肇隆	美國密西根大學博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 實驗量測水波之生成及其物理機制之探討 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 漂沙機制之探討 2. 海岸侵蝕防制措施之研究 3. 水波物理機制之研究 4. 非侵入式流場量測方式之研究 5. 電廠溫排水熱擴散之研究
馮秋霞	博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 多分子氣體於地表下傳輸機制之研究與分析 2. 嘉南地區水田灌溉、補注地下水之調查與評估 3. 濁水溪沖積扇丘陵地區地下水車注方法評估 4. 海域河口水質模式之驗證與應用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 揮發性有機污染物於可變飽和地下水層傳輸轉換機制之多相模式的建立與應用分析 2. 丘陵地區地下水補注量之評估

單位：成大水工所

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
陳漢宗	Ph.D	<ol style="list-style-type: none"> 1. 中尺度渦漩和洋流在大陸棚的動力過程。 2. 運用遙感探測來探討台灣週圍海域海流的物理現象。 3. 運用海洋二度空間來模擬及預報近岸的潮汐現象。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用遙感探測來研究台灣四週海岸線線的變遷情形。 2. 用遙感探測來研究台灣四週海域的波浪和近岸海洋學及污染（溫度、油污、污水等等）的追蹤與監控。 3. 利用遙感技術來追蹤台灣各主要河川及水庫的水源分佈及集水情形。
管秩豐	Ph.D	<ol style="list-style-type: none"> 1. 美國五大湖即時預報系統 2. 紊流污染擴散數值模擬 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 台灣及其附近區域海象、氣象預報系統 2. 台灣海域紊流擴散污染
莊士賢	Ph.D	<ol style="list-style-type: none"> 1. 資料庫 2. (方向) 波譜分析、波浪統計 3. 外海結構物作用分析 4. 海象資料分析 5. 海底底質調查分析 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 資料庫與GIS 2. 海象資料品質管與分析 3. 波浪統計與波譜分析 4. 河海結構物作用分析
李德藩	Ph.D	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地理資訊系統 2. 水資源經理最佳化 3. 人工智慧未來之應用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 環境監測資訊系統 2. 水資源經理決策支援系統 3. 專家系統 4. 遙測技術在水資源經理之應用
林永淮	MS	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地理資訊系統 2. 電腦動畫 3. 淹水預警系統 4. 地籍圖幅管理作業系統 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 輸水管線資訊系統 2. 遙測應用 3. 海氣象監測資訊系統

單位：成大水工所

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
許榮庭	博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 岩石破碎帶地下水流動 2. 非達面流地下水 3. 海岸地區淹水及排水模擬分析 4. 未飽和層地下水流 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 洪氾區之淹水及排水模擬分析 2. 河川輸砂與河口地形變動
劉景毅	博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海域水質數值模擬 2. 海洋放流 3. 海岸地形變動數值模擬 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 結構物影響下之海帶地形變動 2. 3-D 海域水理水質數值模擬

單位：中興工程顧問有限公司

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
劉進義	亞洲理工學院 工程碩士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 抽砂填海造地對海岸地形變化之影響 2. 堤腳沖刷防制研究 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 親水性海堤及離岸淺礁堤研究 2. 暴潮颱風波浪溯升禍及越皮量推估
樊誠山	博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸地形變遷 2. 放射性核種在地下水中污染傳輸 3. 水資源整體規劃 4. 海岸水理分析 5. 平壓塔及水錘分析 6. 流域水文模式建立 7. 地下水潛能評估 8. 地盤沈陷分析 9. 低地排水規劃 10. 工業用水需求分析 11. 河口濕地水文研究 12. 海埔地開發環境影響評估 13. 工業港規劃 14. 濱海工業區開發 15. 暴潮與颱風波浪分析 16. 海岸及港灣結構物設計 17. 序率地下水文學研究 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸地形變遷 2. 水資源供需刺析及整體規劃 3. 地下水潛能及地盤下陷 4. 工業用水需求供給及營運管理 5. 工業港規劃 6. 海岸空間利用 7. 濕地水文、水利及生態之互動研究
陳家正	學士	<ol style="list-style-type: none"> 1. GPS 應用於海域地形測量 2. 航空攝影測量應用在海岸淺灘及砂洲之地形測量 3. 工業用水與生產成本之關係分析 4. 工業用水設施經費分攤計算 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工業用水營運管理辦法研擬

單位：中興工程顧問有限公司

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
周芳昌	博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸地形變遷模擬 2. 電廠溫排水熱擴散分析模擬 3. 地下水水流水質模式 4. 地下水庫儲水之規劃及設計 5. 海水淡化廠可行性分析 6. 溢油漂移擴散模式 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 河海抽砂對海岸地形變遷之影響 2. 親水性海岸之規劃及管理 3. 台灣波浪暴潮分析 4. 洪水量分析與河川水理及安定 5. 輸砂量預測及排砂設計
呂育勳	碩士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 集水區水文分析 2. 集水區水理計算 3. 河川洪水演算 4. 水資源分析 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 河川洪水演算 2. 工業區排水設計 3. 水資源開發利用
謝章淦	碩士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸地形變遷模擬 2. 電廠溫排水熱擴散分析模擬 3. 海域懸浮物二維傳輸模擬 4. 海域波浪、流場數值分析模擬 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 填海造地工程規劃、設計 2. 電廠海底取排水系統規劃、設計 3. 河海抽砂對海岸地形變遷之影響
楊博仁	碩士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海象資料整理分析建檔 2. 波、潮流數值模擬 3. 海岸地形變化數值模擬 4. 衛星資料監測高灘地地形變化 5. 漂砂觀測分析、輸砂量預測 6. 河海輸砂平衡與海岸侵蝕 7. 河海抽砂對海岸底地形安定之影響 8. GPS應用次斷面測量 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸開發對環境影響與管理政策 2. 海岸防侵軟性工法研究 3. 河海結構物作用分析 4. 颱風、暴潮對海岸地形變化預測 5. 海岸特性與保育開發利用 6. 地層下陷時對河口及沿海濕地之影響 7. GIS應用於海岸開發之研究
楊慶宗	碩士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海象資料整理分析建檔 2. 颱風暴潮推算分析 3. 颱風波浪計算分析 4. 溯升、越波推估 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 颱風洪水暴潮 2. 河海結構物作用分析 3. 親水性海岸之規劃管理 4. 海岸防侵軟性工法研究

單位：亞新工程顧問股份有限公司

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
潘國樑	美國愛荷華大學地質系博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 台灣西部沿海地區地層下陷解決對策之研擬 2. 地層下陷潛感區之劃定 3. 天然災害之防治對策 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地層下陷防治策略與規劃 2. 地下水資源有效開發及運用之規劃 3. 地層下陷區土地再利用方案研擬
秦中天	美國麻省理工學院土木工程系博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遙測技術應用於地層下陷區土地利用之監測 2. GPS應用於地層下陷之監測 3. 永安地區、蘭陽平原地層下陷研究與調查 4. 軟弱黏土行為研究 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高科技應用於地下水與地層下陷問題之研究 2. 地層下陷地區土壤行為與沈陷問題之探討 3. 地層下陷地區興築工程時之工程對策 4. 新水源開發之相關大地工程問題分析
顏東利	國立台灣大學土木工程系碩士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地層下陷調查、監測及分析 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地層下陷區工程開發大地工程分析 2. 地層下陷地區對工程結構之影響
楊恆偉	美國加州大學戴維斯分校土木工程系博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地層下陷潛感區之劃定 2. 地下水及地層下陷模式分析 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地層下陷區土地開發大地工程分析與評估 2. 地下水與地層下陷模式分析 3. 乾旱缺水期工業因應措施研擬
朱天民	美國堪薩斯大學地質系博士	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dakota aquifer水化學資料庫 2. 水岩地化反應研究 3. 地下水地化演進分析 4. Coupled hydrogeochemical模擬 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地下水資源開發與保育 2. 地下水污染調查與整治 3. 污染源鑒定 4. 地下水庫之儲水研究

單位:亞新工程顧問股份有限公司

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
尚新民	國立成功大學 水利暨海洋工 程系碩士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工程防災策略 2. 防災設施與配置 3. 區域排水規劃 4. 親水海岸規劃 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 調洪池功能評估 2. 排水設計規範編擬 3. 水土災害防治對策

單位：方舟工程顧問公司

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
薛曙生	博士 (海岸、水利、環境)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 洪水災害保險制度可行性 2. 海岸地區相容性使用 3. 風景區內潛在危險地區調查研究 4. 海岸管理財務制度之建立 5. 海岸環保管理著手門徑探討 6. 颱風暴潮數值模擬 7. 台灣颱風氣候特性與頻率研析 8. 海洋放流水質模擬 9. 海岸地貌變遷模擬 10. 美國FEMA洪水災害風險研究 (河岸及海岸) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 台灣環島暴潮洪水數值模擬 2. 全國洪水平原統一管理策略研析 3. 海岸土地相容性使用研究 4. 洪水保險制度 5. 台灣沙質海岸侵蝕與地貌變遷研究 6. 海水位變遷、地盤下陷與海岸濕地
張怡穎	博士 (環境、生物)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸地區相容性使用 2. 洪水保險制度可行性 3. 排放廢水之氣處理對河川底棲生物之影響 4. 微生物膜對水中重金屬之生物濃縮作用對附著過程之衝擊 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸地區相容性使用之研析 2. 土地整復與保育技術探討 3. 都會區廢水再使用之途徑研究
陳文榮	碩士 (電腦)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸環保管理電腦資訊系統 2. 洪水保險制度資訊管理 	<ol style="list-style-type: none"> 1. GIS 資料庫在洪水平原管理上之運用

單位：省政府交通處港灣技術研究所

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
張金機	泰國亞洲理工學院	1. 海象觀測分析研究 2. 港灣規劃研究	1. 海象觀測分析研究 2. 港灣規劃研究
莊甲子	成功大學土木工程博士	1. 波浪溯升與越波研究 2. 波浪預報	1. 親水性海岸結構物 2. 遙測在海岸工程應用
黃清和	泰國亞洲理工學院水利及海岸工程研究所碩士	1. 碎波帶中懸浮質現場調揚研究 2. 海岸漂沙移動行為研究	1. 海岸沖淤調查及防治對策研究 2. 懸浮質現場調查研究
徐進華	美國約翰霍普金斯大學博士	1. 波流交互作用 2. 方向波譜測量方法	1. 波、流、地形交互作用 2. 近岸波浪預報模式建立
何良勝	成功大學水利及海岸研究所博士班進修	1. 兩波交會特性研究 2. 波譜預報模式	1. 波譜及波浪統計特性研究 2. 海岸漂沙防禦特性研究
簡仲環	交通大學土木工程研究所博士	1. 台灣四周海氣象特性研究 2. 近岸海域波譜模式研究	1. 衛星遙測於海洋環境監測之應用 2. 近岸海域波非線性研究
蘇青和	成功大學水利及海洋工程研究所博士	1. 港池共振透水性結構物之消波特性 2. 波場及流場數值計算	1. 港池污染、地形變遷、數值計算
邱永芳	交通大學土木工程研究所博士	1. 波壓波高與水粒子速度間之關係研究 2. 消波結構之研究	1. 近海標準頻譜之建立 2. 結構物與波間之互制作用 3. 地形變遷研究
洪憲忠	台灣大學造船及海洋工程研究所博士	1. 台灣四周海氣象特性研究 2. 繫纜船舶運動及操船	1. 港灣操船系統建立 2. 季風、颱風下繫纜船舶運動及繫纜受力研究 3. 淡水港海氣象特性研究

單位：省政府交通處港灣技術研究所

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
李勇榮	美國德拉瓦大學博士候選人	<ol style="list-style-type: none"> 1. 消波塊模型試驗之比較研究 2. 海氣象相互作用研究 3. 波流互作用機制研究 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸及港灣結構物對波浪之調變作用 2. 中尺度海氣象相互作用研究
曾相茂	台灣大學海洋研究碩士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 台灣四周海氣象現場調查與研究 2. 花蓮港附近港內外觀測調查與研究 3. 台中港現場調查與研究 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 台中港港口擴後海域特性研究 2. 花蓮港港池不穩定查研究 3. 蘇澳港調查與研究
莊文傑	國立台灣海洋大學河海工程研究所碩士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 波與流交互作用 	不均勻流對波浪作用之影響研究
陳明宗	國立清華大學電機學士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不規則波浪模擬 	造波系統之研究GIS應用

單位：漁業技術顧問社

姓名	最高學歷	過去五年主要研究主題	未來五年主要研究主題
徐世達	國立成功大學 水利及海洋工程研究所碩士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 港灣開發管理規劃設計 2. 海岸特性與保育開發利用 3. 親水性海岸規劃設計 4. 港灣、海埔地開發之環境影響評估 	
陳昌生	國立成功大學 水利及海洋工程研究所碩士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 港灣規劃 2. 海岸特性與保全規劃 	
許永誠	國立台灣大學 海洋研究所碩士 國立台灣大學 造船及海洋工程研究所 博士班進修	<ol style="list-style-type: none"> 1. 海岸侵蝕與保護 2. 波潮流數值預報 3. 海岸地形變化預報 	海岸開發之影響研究
陳柏旭	國立成功大學 水利及海洋工程研究所碩士	<ol style="list-style-type: none"> 1. 港池波浪穩靜數值分析 2. 潮流及沿岸流數值分析 3. 港灣規劃 	海岸漂砂數值分析

單位：國立海洋大學河海工程學系

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
<p>海洋工程綜合實驗室</p>	<p>1 50×50平面水槽 2 16×0.6 多方向不規則波造波裝置 3 10×0.6 單方向不規則波造波裝置 4 8×1.5規則波造波裝置 5 100×3×3 大型無反射式不規則波造波斷面水槽 6 50×1×0.8中型無反射式不規則波造波斷面水槽 7 20×0.8×0.8小型風洞規則波造波斷面水槽 8 迴流發生裝置 9 起潮裝置 10模型船操船模擬系統 11船體運動及受力測定系統 12三分力計、六分力計 13數據自動分析系統 14流況觀測系統 15影像處理裝置 16超音波、熱線、螺槳等各式流速計 17容量式波高計36頻道 18 HP工作站 4台 19. 486 各人電腦12台 20現場觀測用鹽度、溫度、電導度、濁度、風素、流速及波高計 21現場觀測用BOD、DO、PH及油脂測定儀</p>	<p>1 大型水中振動台 2 大型造波風洞 3 海洋結構物動力測定及分析系統 4 超音波水中物體測定儀 5 風速分佈測定系統</p>	<p>1 港內水面振動數值分析 2 海岸結構物之消波特性的研究 3 船舶在港口附近的運動分析 4 非線性波演變 5 波浪統計特性 6 風波交互作用 7 波變形之研究 8 新型消波塊之研究 9 碼頭壁碰設施之研究</p>

單位：國立海洋大學河海工程學系

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
流體實驗室	1 海岸地區數值模擬模式一套 2 鹽度計一套 3 濁度計一套 4 風速計一套 5 流速計一套 6 波高計一套 7 BOD 測定儀一套 8 DO測定儀一套 9 PH值測定儀一套 10油脂測定儀二套 11影像處理器一套 12個人電腦及週邊設備	1 C.O.D.測定儀 2 重金屬測定儀	1 深水港抽砂填海漂砂擴散數值模擬 2 基隆港海水交流量及污染物分佈研究 3 六輕建港潮流數值模擬計算 4 碎波波譜之研究 5 渦流擴散係數之研究
海洋環境流體擴散實驗室	1 開放吸入式風洞 2 循環式水洞	1 流場量測儀器 2 污染濃度量測儀器	1 防風牆風場紊流特性 2 污染水域擴散特性
大地試驗室	1 大型三軸試驗儀 2 岩石直街剪力試驗儀 3 共振柱試驗儀 4 動力三軸試驗儀 5 岩石三軸試驗儀 6 靜力三軸試驗儀 7 直街剪力儀 8 壓密儀 9 試驗資料擷取系統	1 Rowe-Type 壓密儀 2 大型實驗土槽之設立	1 水力抽砂回甜土壤力學行為及液化潛能之探討 2 土壤在波浪力反覆作用下之行為 3 土壤於動力作用下之孔隙水變化 4 三軸試驗分析土壤之透水性
海洋材料實驗室	1 萬能材料試驗機 2 壓力試驗機 3 直流腐蝕量測設備 4 交流腐蝕量測設備 5 基本材料性質量測設備	1 耐候試驗設備 2 孔隙率量測設備	

單位：國立台灣大學土木工程學系

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
<p>水工試驗室</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 水理試驗自動化量測／控制系統 2 水理試驗流量自動化控制系統 3 玻璃水槽一座8m(長)×60cm(寬)×60cm(高) 4 水位、水深量測儀器： <ol style="list-style-type: none"> (1)水位勾尺10支 (2)超音波探測儀一套 (3)砂面測定儀二套 (4)自計水位計一套 5 水作用力量測儀器： <ol style="list-style-type: none"> (1)壓力感應器15個 (2)液體剪斷力器一套 6 流速量測儀 <ol style="list-style-type: none"> (1)旋槳式流速儀四套 (2)小型葉片流速儀二套 (3)電磁式流速儀二套 7 水中砂含量量測儀器 <ol style="list-style-type: none"> (1)光學式濃度計一套 (2)濁度計一套 (3)荷重指示儀三套 8 雷射流速量測儀 9 中長尺度可調坡度玻璃水槽二座 <ol style="list-style-type: none"> (1)35cm(長)×100cm(寬)×150cm(高) (2)15cm(長)×20cm(寬)×20cm(高) 	<ol style="list-style-type: none"> 1 流場可視化量測設備 2 資料自動擷取系統 3 高精度量測儀器 	<p>基本理論研究：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 密度層變流中的擴散及其在海洋放流的應用 2 陡坡地複式斷面排水溝水理特性模型試驗之研究(二) 3 河川斷面糙率分析及模型試驗之研究 4 溪流斷面糙率分析及模型試驗之研究(二) 5 沖積河流之沖淤力學與數值模擬—以濁水溪為應用對象 <p>壩工模型試驗研究：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 新山水庫溢洪道水工模型試驗報告 2 榮華壩水工模型試驗報告 3 翡翠水庫工程水工模型試驗 4 立霧溪發電計劃谷園壩水工模型試驗 <p>河流工程模型試驗研究：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 直潭淨水廠提防水工模型試驗 2 宜蘭縣鐵路擬建工程暖暖～八堵段沿基隆河南段興建陸橋水工模型試驗及水理模擬研究 3 台北市水源路快速道路向南延伸工程規劃水工模型試驗 <p>數值模式應用研究：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 台北都會區大眾捷運

單位：國立台灣大學土木工程學系

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置 主要研究設備	本實驗室主要研究成果
			系統防洪排水設計之 研究 2 德基水庫集水區治理 規劃研究

單位：台大水工試驗所

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
大水槽	大水槽	電腦自動化量測擷取系統	防砂壩之水理特性探討
土石流	流場顯影系統，包括： 1 486個人電腦 2 RGB Monitor 3 高速電子藕合攝影機 (CCO camcra) 4 影像處理卡 實驗水槽(10米×0.5米×0.5米) 二向應力計 (三個) 攔阻壩 (凹壩) 示波器 啓動器(trigger) 放大器(Amplifier) 5 V8攝影機 6 錄放影機	1 紅外線感測器 2 超因波測速儀 3 電磁波地下水水位計 4 砂石傳送系統 5 降雨模擬機	1 土石流對阻礙物之撞擊力研究；凹壩的消能能力；彈性管壁管流模擬
渦流室	1 PC 2台 2 Printer 一台 3 波高式水位計一支	PC 更新	進水口第一及第二期計畫
台大試驗室	1 供水系統 室外蓄水槽：70M×1.8M 舊館室內蓄水槽：最大流量約0.1CMS 2 試驗水槽十一座： 多功能水槽：一可調坡度、供定床、動床水理試驗，37×1×1.2m0.24CMS，最大坡度0.015。 精密量測用水槽：雷	高速攝影量測技術相關儀器。 精密之影像量測技術相關儀器。	一、基礎研究，包括： 水文分析： 如集水區逕流模式、淹水模擬。 水理分析： 如河道洪水演算、彎道水理學、急變洪流等。 輸砂模擬分析： 河道窄縮沖淤研究、水庫淤砂研究。 水中結構物水理分析： 如橋墩沖刷演算、水流

單位：台大水工試驗所

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
	<p>射都卜勒量測試驗使用，$12 \times 0.3 \times 0.6M$，最大流量$0.03CMS$，可調坡度。</p> <p>其他水槽：包括陡坡水槽、異重流水槽、波浪水槽、彎道水槽、循環水槽、土石流陡槽、東試驗場小水槽、西試驗場大水槽及流速儀檢定水槽等九座。可供高速流、異重流、沈滓輸送及波浪特性等之水力試驗用。</p> <p>3 試驗儀器</p> <p>精密量測儀器：包括二維雷射都卜勒流速儀（含$3W$雷射一部、$300mW$雷射二部、光學組件及訊號組件）、雷射切光及影像分析設備。</p> <p>一般量測儀器：共100餘項，類別如下： 水位量測—水尺、波高式水位計、電容式波高計。 流速量測—旋杯式、螺旋式及電磁式流速儀。 壓力量測—皮托管、壓力轉換計。 動床量測—砂面測定儀、搖篩機、荷重計。</p>		<p>越過方形阻礙體之流暢解析。</p> <p>二、推廣及服務</p> <p>1 建立本所多項特有水文、水理數值模式如：</p> <p>水文分析： 如降雨頻率分析模式、集水區水文演算模式。</p> <p>水理分析： 如河川變量演算模式、二維河道流場演算模式。</p> <p>輸砂模式分析： 如河道輸砂演算模式、水庫淤砂模式。</p> <p>水中結構物水理分析： 如橋墩沖刷模擬模式。</p> <p>排水分析： 如二維淹水式、排水系統水流模式。</p> <p>特殊水理分析： 如溢洪道防蝕通氣槽下游含氣計算模式；進水口渦流場模擬式</p> <p>2 完成政府機關、顧問公司及民間之委託研究，共達200餘項，重要計畫如：</p> <p>水文分析： 如德基水庫集水區治理規劃研究報告；台灣地區雨量—面積—</p>

單位：台大水工試驗所

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
	<p>比重量測：比重計。</p>		<p>延時關係之研究等。 河川水理分析： 如基隆河整治對河川影響及監測系統研究、淡水河中下游定床水理研究。 輸砂分析： 如濁水溪下游河段河床穩定之研究、淡水河穩定縱坡之研究等。 水中結構物流場分析： 如中山高速工路拓寬工程橋墩設置對淡水河水理之影響研究、北區防洪設施跨河構造物及河道穩定與抽砂作業相互影響之研究、高莖作物對河川水流之影響。 排水分析： 如台北大眾系統捷運防洪排水、嘉義地區流域基本資料庫及立及淹水模式運用、受迴水影響之下水道幹線排水功能檢討與改進等。 系統分析： 如石門水庫操作模式與自動化監控系統規劃研究、台北自來水網路模擬模式適用參數研究等。</p>

單位：國立中央大學土木工程學系

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
流力試驗室	1 斷面試驗水槽：包括造波機、鼓風機、造流機及量測設備 2 入滲試驗水槽	1 平面試驗水槽 2 水素氣泡產生器 3 剪力計	1 波浪潮上對海堤斷面設計之影響 2 層級土壤入滲運動觀測

單位：私立中原大學土木工程

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
流體力學實驗室	1 可調斜率水槽長24M 寬50CM，深60CM 2 TSI/IFA 100-4 四頻道熱絲儀 3 TSI 1225二維流速、流向校準儀 4 單管式顯微鏡 5 溫度、流速切換器 6 二維噴流試驗裝備 7 三維噴流試驗裝備 8 二維平移自控機架 9 三維平移自控機架 10 A/D Convertor 11 60 MHz 示波儀 12 七孔 Pitotmeter 13 立體顯微鏡 14 IBM PC/AT 486三組 15 IBM PC/AT 586二組 16 列印機一台 17 雷射印表機一台 18 數位板繪圖機 19 MDAS 7000資料擷取系統 20 TSI/IFA 200-4四頻道資料處理機 21 水用熱膜探針校準儀 22 風洞試驗段 180mm×400mm×600mm (高×寬×長) 最大風速40 m/sec 23 TSI/IFA 300-2 二頻道熱絲流速儀 24 水文裝置	1 雷射量測儀器 2 流速、流向儀	1 二維平行、非平行變射流干涉實驗研究 2 二維光滑凸曲面壁射流邊界層發展實驗研究 3 折向平板壁射流之捲增與邊界層發展實驗研究 4 二維非平行變射流干涉實驗研究 5 三維平行雙射流干涉實驗研究 6 均勻橫流中二維單射流發展實驗研究

單位：國立交通大學土木工程學系

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
<p>水工實驗示</p>	<p>1. 平面波浪水槽(30m×40m) 2. 斷面波浪水槽(2m×100m) 3. 水位、波壓等之量測儀器</p>	<p>1. 平面水槽之潮流設備 2. 實驗自動控制系統</p>	<p>1 淺海不規則波浪頻譜之研究 2 有關不規則波浪之波壓特性的研究 3 港灣遮蔽及漂沙試驗</p>
<p>河川輸砂實驗室</p>	<p>1. 可傾式水槽(0.4m×12m) 2. 玻璃水槽(0.5m×20m) 3. 彎道水槽(0.4m×10m)</p>	<p>1. 實驗室相關量測設備</p>	
<p>波浪實驗室</p>	<p>1. 室內斷面造波水槽(12m×0.5m×0.8m) 2. 波高計</p>		

單位：國立中興大學土木工程學系

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
流體力學實驗室	1 多功能試驗水槽 2 循環水槽 3 濁度儀 4 流速儀 5 剪力計 6 風洞試驗儀	1 高速攝影機 2 雷射輔助儀器 3 水文動態模擬設備	1 投潭水作用下卵石渠床動態平衡研究 2 堰壩投潭局部沖刷試驗研究 3 變形橋墩之挾砂沖刷試驗研究 4 含懸浮質速度剖面之研究
水工實驗室	1 矩形平面水槽(25m×30m×1.5m) 2 斷面水槽(100m×2m×2m) 3 二維波浪環流精密水槽(15m×0.5m×1m) 4 容量波高計 5 熱感式記錄器 6 砂面測定儀 7 水準儀 8 PC微電腦386及486 9 XY-RECORDER 10 Laser printer 11 波壓測完設備 12 超音波都音勒測速儀	1 迷你型平面及斷面波浪試驗水槽 2 循環水流造流設備 3 超音波式波高測定器 4 擴散試驗水槽	1 港灣防波堤配置之水力模型試驗研究 2 消波塊安定試驗研究 3 防波堤斷面穩定試驗研究 4 漂砂模型試驗研究 5 防波堤斷面波壓試驗研究 6 海岸保護工作研究
精密流力量測實驗室	1 光纖雷射測速儀 2 氬氣泡產生器 3 光纖雷射照明儀 4 雷射莖光量測儀 5 影像處理系統 6 He-Ne雷射管2支 7 熱膜(線)測速儀 8 數據收集系統及AT電腦(380MB)二部，精密繪圖機一台 9 孔口設流箱三組	1 雷射全像干涉儀 2 雷射粒徑量測儀 3 二維He-Ne雷射測速儀 4 雷射光纖孔隙量測儀 5 大型光學防震桌(3.5M×2.0M)	

單位：國立嘉義農專土木科

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置 主要研究設備	本實驗室主要研究成果
	<p> 水工試驗水槽： 長18公尺，寬70公分， 高80公分，具可降坡度 水理特性試驗水槽： 長 5公分，高80公分， 寬60公分 河口淤塞試驗水型水池 ： 長2.5 公尺，寬 2公尺 電磁式流速儀： 單頻道 1部 四頻道 1部 砂面測定儀一部 水位計： 單頻道 2部 六頻道 1部 水中剪力計二個 水中壓力計二個 動態應變增幅器六頻道 一部 資料收錄系統一套 HP715/33工作部一部 ARC/INFO地理資訊系統 二套 </p>		

單位：國立成功大學水利及海洋工程學系

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
人工降雨實驗室	1 10m(長)×4.5m(寬)×2.5m(高)人工降雨設備 2 模型箱 3 蓄水池 4 雨量計 5 控制系統	1 雨量分佈控制系統 2 自動資料收錄系統	1 台灣西南部泥岩坡地沖蝕與地下水之研究(一)、(二)、(三) 2 暴雨型態及坡面安定保護之試驗 3 沖蝕控制及邊坡穩定(一)、(二)
河工模型實驗室	1 定水頭箱 2 循環渠道 3 蓄水池 4 閘門流量控制系統 5 施測台及軌道	1 射影機流速器 2 水位計 3 潮位控制系統	1 頭前溪與鳳山溪河口之水工試驗研究(一)、(二) 2 北港溪河口整制試驗 3 河口堤防與海堤合併之規劃研究(一)、(二)
擴散實驗室	1 18m(長)×7m(寬)×1.4m(深)試驗水池 2 規則造波機 3 造潮機 4 定溫加熱器 5 測溫系統 6 資料收錄/控制系統	1 不規則造波機 2 測壓儀器	1 台灣電力公司核能三廠出水口增建導流堤口改善熱污染擴散研究
流體力學實驗室	1 文德利水表 2 巴歇爾水槽 3 流量檢定設備 4 強制渦流試驗台 5 平壓管/水錘試驗台 6 管流摩擦損失試驗台 7 層流試驗台 8 雷諾試驗台 9 孔口計試驗台 10 動床試驗台 11 振動水池 12 多功能水力試驗台	1 亂流試驗台	

單位：國立成功大學水利及海洋工程學系

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置 主要研究設備	本實驗室主要研究成果
三維波浪水池實驗場	1 80m(長)×40m(寬)×1.2m(深)試驗水池 2 造潮機 3 規則造波機 4 不規則造波機 5 計測台及鐵軌 6 計算機自動控制系統		1 中油公司液化天然氣專用接收站平面遮蔽模型試驗 2 北部海岸海洋環境不規則波水工模型試驗 3 彰化濱海工業區水工模型試驗(一)、(二)、(四)
二維波浪水槽實驗場	1 100m(長)×3m(寬)×3.2m(深)水槽 2 不規則造波機 3 計算機自動控制系統 4 計測儀器		1 蘇澳港北外廓防波堤規則波斷面模型試驗 2 中油公司液化天然氣專用接收站防波堤不規則波斷面模型試驗 3 興達液化天然氣港防波堤規則波斷面模型試驗
風浪水槽實驗場	1 75m(長)×1m(寬)×1.2m(深)水槽 2 規則造波機 3 鼓風機 4 資料處理系統		
循環波浪水槽實驗場	1 45m(長)×16m(寬)×2m(深)水池 2 規則造波機 3 循環造流設備 4 控制系統		1 台灣電力公司二林機煤灰池海堤斷面結構水工模型試驗研究 2 綠島漁港擴建計劃颱風波浪推算及海堤安定水工模型試驗 3 綠島漁港消波式碼頭消波效果水工模型試驗研究
模型試驗水池實驗場	1 50m(長)×16m(寬)×1m(深)水池 2 規則造波機 3 控制系統		1 台中港LNG進口站橫流水工模型試驗 2 第三核能發電廠進水口防波堤佈置研究

單位：國立成功大學水利及海洋工程學系

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
	4 計測台車及鐵軌		3 開元港第二期擴建第二方案水工模型試驗研究
波浪水槽實驗場	1 80m(長)×1m(寬)×1.2m(深)水槽 2 規則造波機 3 控制系統 4 計測儀器		1 高雄市紅毛港遷村計劃水工模型試驗研究(一)、(二)
輸砂測定水槽實驗場	1 50m(長)×1m(寬)×2m(深)水槽 2 定水頭箱 3 蓄水池 4 流量控制系統	1 加砂裝備 2 砂面測定儀	
風浪循環水槽實驗場	1 35m(長)×1m(寬)×2m(深)水槽 2 鼓風機 3 不規則造波機 4 循環水流系統		

單位：國立成大水工所水工模型試驗組

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
玻璃斷面水槽	1 規則造波機一台 2 水槽(70×1×1.2立方公尺) 3 波高計<1米 4 位移計 5 砂面測定儀	1 壓力計 2 加速度計 3 波力計 4 孔隙水壓計	1 彰濱工業區海堤斷面安定試驗及堤腳沖刷斷面試驗
斷面水槽	1 水槽(40×2×2立方公尺) 2 規則造波機一台 3 波高計 4 位移計 5 砂面測定儀	1 波高計 2 水位計 3 試驗量測軟體	1 澎湖尖山火力電廠溫排水擴散試驗 2 彰濱工業區海堤堤腳沖刷平面試驗
平面水池	1 水池(40×16×1立方公尺) 2 規則造波機四台 3 波高計 4 溫度計 5 砂面測定儀 6 溫排水加熱控制系統 7 簡單造流設施 8 流量計	1 造潮造流設施 2 溫度計 3 波高計 4 試驗量測軟體 5 水位計	
擴散試驗室	1 水池(20×10×1立方公尺) 2 不規則造波機兩台 3 波高計 4 砂面測定儀 5 ADV 流速計 6 電磁流速計 7 雷射測距儀	資料收錄用電腦(PC)	1 海堤堤址沖淤試驗研究(國科會83~85) 2 東沙島海岸穩定及碼頭整建水工模型試驗

單位：國立成功大學水工試驗所資地組

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
資料庫及地 李資訊系統	1 Intergraph 工作站 2 IBM工作站 3 ARC/INFO 4 MGE 5 Genamap 6 Oracle 7 Infornix	遙測資料處理及 分析設備即時資 料收集系統 多媒體製作設備	1 彰濱工業區地理資訊 系統 2 海象中心資料庫系統 3 離島工業區地理資訊 系統

單位：國立成功大學水工試驗所

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置 主要研究設備	本實驗室主要研究成果
現調組保管 儀器	1 非擾動土樣取土器 2 現場滲透系數測定儀	1 土壤水份張力計 2 土壤水份飽和度量測器	1 嘉南地區水田硬板層分佈及厚度調查 2 硬板層滲透能力調查與評估

單位：國立中山大學海洋環境學系

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
環境工程化學實驗室	<ol style="list-style-type: none"> 1 氣相層析質譜儀 2 高效液相層析儀 3 氣相層析儀 4 微波消化系統 5 離子層析儀 6 李曼原子吸光儀 7 總有機碳分析儀 	1 particle counter	<ol style="list-style-type: none"> 1 海洋放流場污染物之傳輸現象研究 2 硝化/脫硝作用處理廢水 3 固微胞法處理廢水 4 海域污染監測 5 輔助教學與研究
應用海洋物理研究室	<ol style="list-style-type: none"> 1 環球定位系統 2 溫度剖面測計儀 3 測深儀 4 流速儀 	<ol style="list-style-type: none"> 1 海底剖面鹽溫深度測定計 2 海象觀測浮標 	<ol style="list-style-type: none"> 1 波浪與結構物交互作用 2 海岸變遷 3 海洋污染受層化之影響 4 輔助教學與研究
流體力學實驗室	<ol style="list-style-type: none"> 1 多功能水槽 2 基本水文系統 3 層流分析儀 4 管系磨擦損失儀 		1 輔助教學與研究
測量學實驗室	<ol style="list-style-type: none"> 1 經緯儀 2 水準儀 3 測距儀 4 平版儀 5 即時差/測量全球定位系統 	1 船用波高計	<ol style="list-style-type: none"> 1 海上定位與測繪自動化 2 海岸變遷 3 輔助教學與研究
土壤力學實驗室	<ol style="list-style-type: none"> 1 直剪試驗儀 2 三軸試驗儀 3 單向度壓密儀 4 土壤物理性質試驗設備 5 土壤滲透儀 	<ol style="list-style-type: none"> 1 動力三軸試驗機 2 土壤鑽探採樣機 	<ol style="list-style-type: none"> 1 輔助教學與研究 2 海岸砂粒徑分析及砂源研判 3 海洋沈積物承载力分析
工程材料實驗室	<ol style="list-style-type: none"> 1 抗壓試驗機 2 洛杉機磨損儀 	1 非破壞性檢驗儀器	1 輔助教學與研究

單位：國立中山大學海洋環境學系

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置 主要研究設備	本實驗室主要研究成果
	3 海砂檢定器	2 拉伸實驗機 3 腐蝕電位量測儀 4 混凝土透水實驗儀 5 混凝土內鋼筋腐蝕實驗高壓蒸鍋	
水工模型實驗室	二維造波及造流水槽	1 流速剖面儀 2 三圍造坡水槽	1 海岸保護潛堤 2 人工魚礁
環境微生物實驗室	1 無菌操作台 2 高壓滅菌釜 3 烘箱 4 超音波振盪器 5 恆溫培養箱 6 恆溫水槽 7 顯微鏡 8 恆溫振盪箱	1 呼吸測定儀 2 A T P測定儀 3 螢光顯微鏡	1 海洋污染生物性傳輸機制之研究 2 海水水質生物性指標之監測 3 輔助教學與研究

單位：國立屏東技術學院土木工程技術系

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置 主要研究設備	本實驗室主要研究成果
<p>水工試驗場</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 大型透明可動渠槽 2 大型透明固定渠槽 3 管路系統試驗裝置 4 電子流速儀 5 電腦自動記錄器軟硬體設備 	<ol style="list-style-type: none"> 1 3mm 正逆流速儀 2 導電度計 3 水位計 4 紗面測定儀 5 移動物追蹤裝置 6 間隙水壓計 7 水中剪力計 8 室外水工模型試驗場鋼架及水電工程 	

單位：省政府交通處港灣技術研究所實驗場棚

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
第一場棚	1 大平面 (四台自走式規則 40m×55m×1m 造波機) 2 小平面 (1)固定式推擊式 8m×30m×1m (2)規則造波機 1m×30m×1m		辦理相關外廓防波堤配置之平面遮蔽、動床漂沙研究等
第二場棚	1 平面水池 60m×55m×1m (1)平推式不規則造波機二組四架 (2)活動台車 (3)活動起重吊架 (4)活動操作小屋 2 浮球儀測驗架		辦理相關外廓防波堤配置之平面遮蔽、動床漂沙研究等
風洞斷面水槽	100m×1.5m×3m 1 鼓風機 (風扇式 75 匹馬力) 2 不規則造波機 3 環流設備		辦理相關結構物斷面穩定、越波量以及底址沖刷試驗研究等
室外斷面水槽	100m×3m×3m 1 規則造波機 2 移動台車 3 流速儀率定設備		辦理相關結構物斷面穩定、越波量以及底址沖刷試驗研究等
流力實驗室	流力實驗水槽 (含造波及造流設備雷射卜勒流速儀)		由邊界合引發二次環流實驗
電腦室	HP 工作站 乙台 NOVELL 網路 乙套		花蓮港數值動態模擬

單位：省政府交通處港灣技術研究所海上外業

試驗室名稱	現有主要研究設備	未來五年擬添置主要研究設備	本實驗室主要研究成果
海象觀測儀器室	1 波浪 (1)壓力式波浪儀 (2)超音波式波浪儀 (3)浮球式波向波高波浪儀 2 海流 (1)自記式流速儀 (2)電磁式流速儀 3 潮汐：壓力式無線電潮汐儀 4 風：超因波式風速儀	1 台中港、蘇澳港、波浪海流潮汐無線電觀測儀器 2 海氣象自動傳輸接收與擷取系統更新	
海氣象監控站	1 海象自動傳輸接收與擷取系統 2 台中港北堤海氣象觀測網系統 3 衛星氣象接收儀 4 花蓮港雷達波浪儀		