

台灣海峽外傘頂洲灣內波能量 分析與漂沙量之研究

Research of Littoral Transport Rate and Wave Energy Analyses of the Bay
Inside the Wai-San-Ding Barrier of the Taiwan Strait, R.O.C.

主持人：侯 和 雄

Ho-Shong Hou

執行單位：交通部運輸研究所

中華民國七十六年十月編印

本研究係國科會補助之專案計畫

編號：NSC—75—0410—E127—01

執行期間：民國七十五年四月至七十六年八月

台灣海峽外傘頂洲灣內波能量分析與漂沙量之研究

主持人：侯 和 雄

摘 要

波浪能量與漂沙量為港灣、海岸工程規劃中最重要之考慮因素。本研究乃針對台灣海峽西南岸之外傘頂洲內之波浪實測分析，輔以風與浪關係建立整年波能量資料，並分析外傘頂洲內之漂沙量，俾供布袋—馬公離島客貨運輸航線規劃與航道維護工程設計之參考。

本研究主要內容包括：

- (一)台灣海峽外傘頂洲尖位置之波浪觀測資料分析，與灣內、布袋、新港港址位置之波浪實測資料之分析與波能量之推算，並由兩站波浪觀測值研究其間由外海至灣內之減衰情形。
- (二)建立外傘頂洲灣內風與浪間之關係，作為將來分析與預測之依據，藉已知之氣象資料條件，推算波浪，以瞭解其波性。
- (三)經由(二)之研究可建立長期之年波能量資料，並與外傘頂洲歷年來土沙量變化作比較，可建立此處波浪能量與漂沙量之具體關係公式。

Research of Littoral Transport Rate and Wave Energy Analyses
of the Bay Inside the Wai-San-Dina Barrier of the Taiwan Strait,
R.O.C.

Ho-Shong Hou

Abstract

Wave energy and littoral transport rate are very important factors for the planning and design of harbor and coastal engineering. The research deals with analysis of the measured waves of the bay inside the Wai-San-Ding Barrier of the Taiwan SW coast, supplementary with the relationship between waves and winds for establishing the whole year wave energy. The littoral transport rate of the bay area inside the Barrier is simultaneously analyzed for providing the design data of the maintenance of navigational channel and planning bases of the retransportation shipping line between Putai of this island and Maakon of the Penhu (i.e. offshore island).

The main contents of this research are consisted of

(1) Analyses of the observed wave data of the tip offshore area of the Wai-San-Ding Barrier and the measured waves of the bay area inside the Wai-San-Ding Barrier. Then the wave decaying situation from offshore toward the bay area is realized. The wave energy of

the bay area is also comouted.

(2) The relationship between the wind speeds and waves among the meteorological stations and wave stations is then established for the bases of the future prediction and analyses. Therefore, from the given meteorological conditions, the waves are then comouted by the relationship of the equation the wave chraracteristics is also understandable.

(3) From the research of (2) the long term yearly wave energy is obtained and compared with the year littoral transport rate of the continuously yearly topographical change. The relationship between the wave energy and the littoral transport rate is then procured.

壹、前言

台灣海峽位於台灣與大陸之間，而致使台灣海峽的風受風域與對岸距離之限制，使得波浪狀況極為複雜，為使海峽上沿岸各項海洋、海岸工程能經濟且安全地設計建造，本島與澎湖離島之客貨運輸航線之安全，則瞭解海峽之風與浪之特性實有必要。

由於國內海岸工程學者，湯麟武、郭金棟、梁乃匡及主持人侯和雄等均發現使用 S. M. B. 法來推算台灣海峽的波高與波週期有很大的差距。對於全年季節風與波浪關係推算台灣海峽之風浪模式者，郭金棟（1976，1977）分析台中港實測之波浪資料，以固定風域法而得半經驗之波浪推算模式，侯和雄（1982）亦曾對季節風與浪實測記錄統計分析台灣海峽風浪之特性。

台灣海峽外傘頂洲灣內海域地形特殊（見圖 1.1），氣象條件與海峽上之情況迥異，交通部運輸研究所（前為交通部運輸計劃委員會）曾為研究環島航運系統規劃，對灣內海域波浪實施季節性之觀測資料，對於灣內海岸亦有整年之實測風況資料，足以與鰲鼓測站風況記錄作比較分析，同時推演灣內海域風與浪之關係式，經由鰲鼓測站風況之長期記錄，建立灣內海域長期年波能量資料。

外傘頂洲位於本省西南海岸，正對澎湖列嶼，為由北港溪，以及濁水溪沙源南下沖積而成之三角洲，突出於本省西南海岸。於東北季風盛行時，對位於其南岸灣內提供一良好之風浪遮蔽海域。由於附近數條河流之沖積，以及上游漂沙向南輸送，及波浪特殊情況，因此灣內年漂沙量一直是重要研究課題，俾供布袋至馬公通航，離島客貨運輸航線開闢以及外傘頂洲海埔新生地規劃利用之參考依據。

外傘頂洲地形變遷，林錦崇等（1981，1984，1985）曾作

研究，而外傘頂洲上下游沿岸漂沙與海岸空間資源利用，侯和雄等（1980，1983，1984，1985）亦作過研究，外傘頂洲整片狹長沙洲如能定沙保護，穩定海岸線，加以有效規劃利用此區域，可提供二萬餘公頃之工業區用地，配合灣內海域港埠與航運之發展，則可發展成一次港灣為中心之濱海工業地帶。亦為本研究之最終目的。

布袋海域位於臺灣西南海岸嘉義縣境內，西北有狹長沙洲外傘頂洲形成天然屏障，根據侯和雄、曾哲茂、翁國和（1983）之研究，除由西南方向入射波浪有輕微波能集中現象外，其他方向入射波均為發散；使波能及波高在此巨幅衰減。究其原因除布袋海灣地勢良好及四週防風林有防風效果外，外傘頂洲在東北季風期間阻擋自北部南下之風浪為重要因素。在侯和雄、廖泰璋、王宗州（1984）對外傘頂洲上下游沿岸漂沙量之研究中，根據當地在民國 63 年及 69 年所作水深測量圖計算土方變遷情況，發現外傘頂洲上游為堆積海岸而下游為侵蝕海岸。但 69 年以後因河川整治防洪及上游地區水土保持良好，由河川輸出沙量減少，淤沙補充量少於攜運量，使外傘頂洲上游海岸線逐漸後退成侵蝕海岸，下游侵蝕則更加劇烈，造成海底坡度愈形陡峻，波能量集中。由於漂沙係向南輸送，每沿外傘頂洲形成沙岬（Sand Spit）及季節變化之沙丘，並由外傘頂洲南端逐漸坡積南移而到達布袋海域，使外傘頂洲南端向南伸展而布袋海域逐漸淤淺。此情況將影響整個布袋海域的波浪及漂沙型態。本文由布袋新港址設置之波高計紀錄推算當地沿岸波能量及漂沙量，再與侯和雄、廖泰璋、王宗州計算土方變化量而得之漂沙量作比較，進而修正布袋海域波能量與漂沙量之關係式，作為估計本區沿岸漂沙量之參考。

由於波浪實測紀錄不足涵蓋全年，本文採用風與浪有某種簡單函數關係之理論推算無波浪紀錄部分之資料。據 Sverdrup-Munk 之研究，完全成熟的波浪，波高與波速之平方成正比，而 Pierson-Neu-

mann-James 等人則主張波高與風速之一次方成正比。侯和雄、劉正中 (1982) 研究台灣海峽風浪特性，取基隆、台中港、小琉球三地實測風浪紀錄分析，發現有義波高 ($H_{1/3}$) 與風速之相關係數 (Correlation Coefficient) 有高達 0.8 者，有義週期 ($T_{1/3}$) 與風速間之相關係數亦有 0.44 之多，並由各月份風向、風速、波浪特性將台灣海峽波浪分為三個時期：

- (1) 冬季季風期：十月、十一月、十二月及次年一月、二月、三月上半月。以東北季風為主，海峽中影響較大。
- (2) 季節過渡期：四月、五月、九月，為東北季風及夏季西南季風交互吸送，而以前者吹送時風浪較大。
- (3) 夏季季風期：六月、七月、八月，為夏季西南季風，並時有颱風來襲。

作者以波高及週期與風速之一次至三次多項式迴歸方程式推算無實測紀錄部分之波浪資料。結果顯示較 SMB 法為佳，誤差較小，其中又一次、二次之相關性較大，三次以上之相關性微小，此結果又與 Sverdrup-Munk 及 Pierson-Neumaun-James 等人理論相吻合。

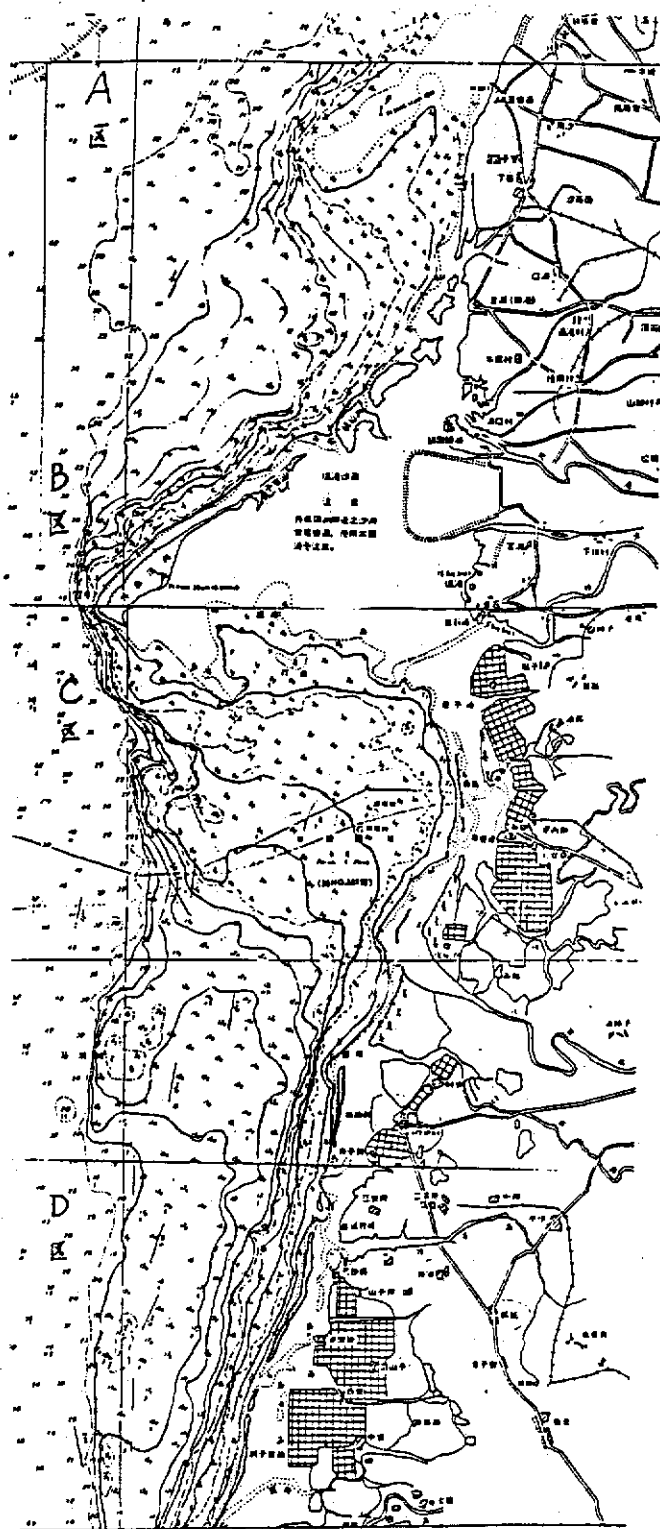
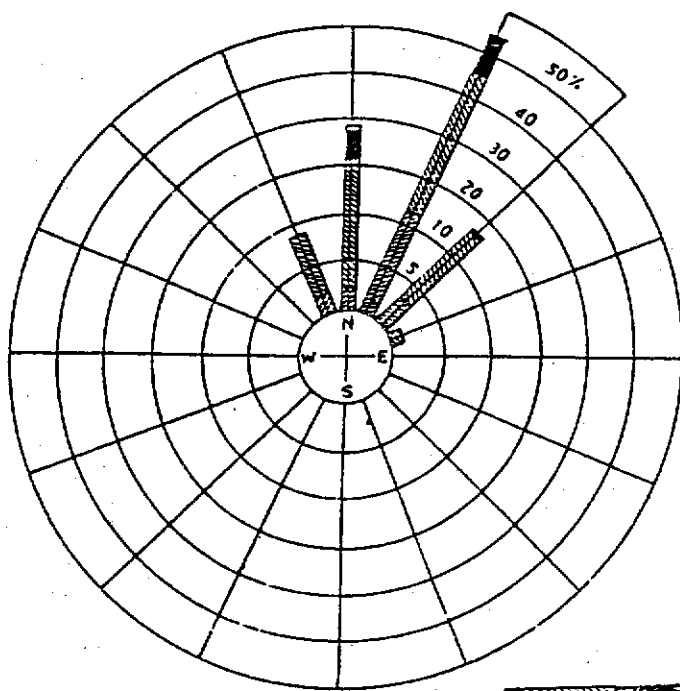


圖 1-1 外傘頂洲海域地理位置

貳、布袋海域地理環境及波浪狀況

布袋海域位於嘉義縣內，面臨臺灣海峽，水域面積約 900 公頃，水深在低潮位時負 3.5 公尺，西北方狹長沙洲為外傘頂洲，長 22 公里、寬 3 公里，漲潮時仍露出海面。目前與雲林縣海岸相鄰。由當地 71 年 11 月至 72 年 10 月對風之實測紀錄分析顯示，本地東北季風期為每年九月下旬至次年 3 月，風向以 N、NNE、NE 居多，平均風速 2.8 m/s 至 12.9 m/s（見圖 2.1），夏季季風期自四月至九月，風不定變化多，而以 N、NNE、SSE、S 居多，平均風速自 1.8 m/s 至 6.1 m/s（見圖 2.2）。由風向分析可見，全年以 N 向最多，假設波向與風向一致，則由北方南下之波浪必然居多，至台灣海峽中部受海岸綫方向改變及水深變化影響有向東南方向偏轉之傾向，亦自原先 N、NNE 方向轉至 NNW、NW 方向，而外傘頂洲正係 NE—SW 走向，恰好垂直波向並遮蔽其「背後」之布袋海域，使布袋海域在冬季波高不超過一公尺。夏季則因颱風湧浪自台灣海峽南部進入，僅暴潮一項值得注意，其養無颱風時期根據實測紀錄平均波高在 0.5 公尺以下，平均週期 8 至 10 秒。而外海（-15 公尺）與港址（-8 公尺）（如圖 2.3）波浪比較，可知波浪經淺化及折射至海岸處，波高因幅散而大量衰減，其衰減係數為 0.45。（見圖 2.4）。其深海（-15^M）波高與淺海（-8^M）波高之關係圖如圖 2.5、2.6、2.7 與圖 2.8 所示，深海波週期與淺海波週期之關係圖則圖如 2.9、2.10、2.11 與圖 2.12 所示，亦顯示波高衰減至鉅，然週期有增長趨勢，圖 2.13 圖 2.17 則表示二至六月實測波浪（-8^M）之波能量與週期分佈圖。

December
(1981)



January
(1982)

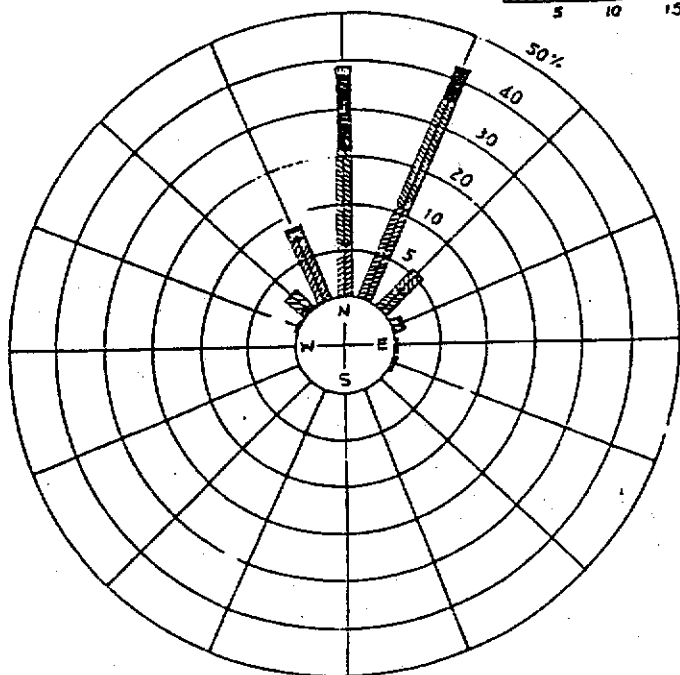
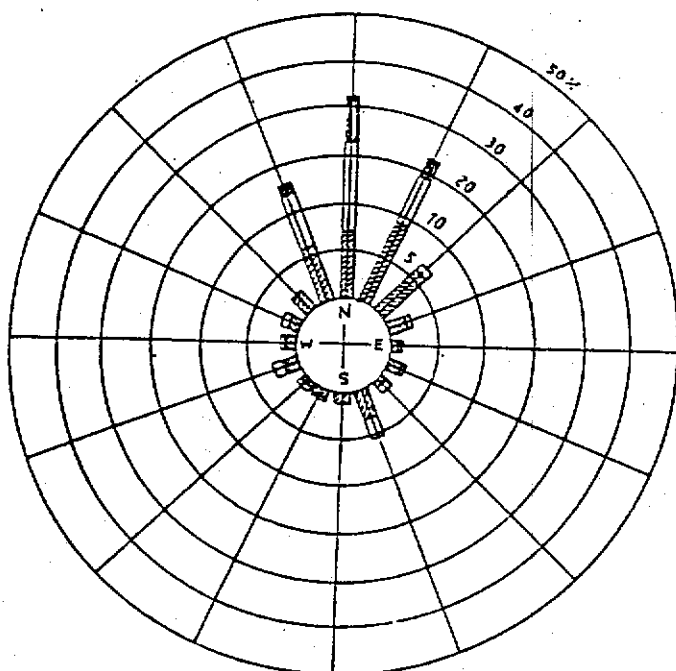


圖 2.1 冬季季風玫瑰圖

April
(1982)



May
(1982)

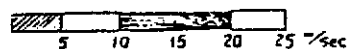
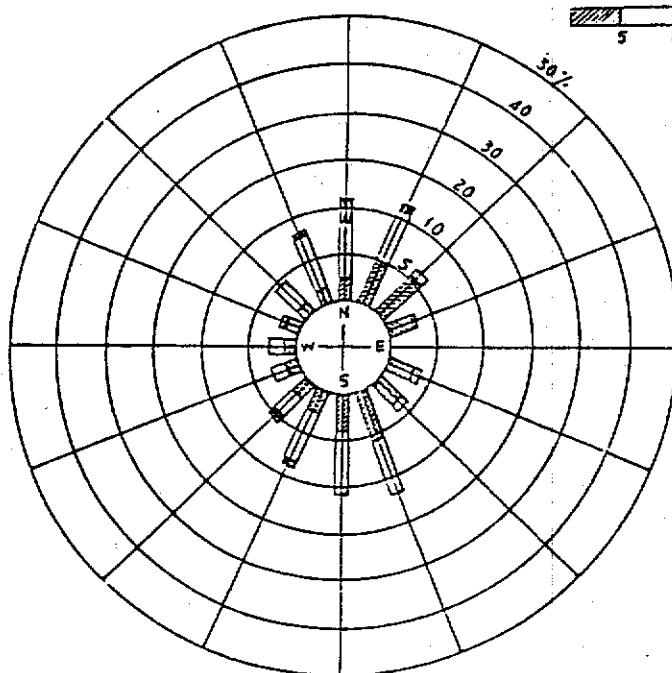


圖 2.2 夏季季風玫瑰圖

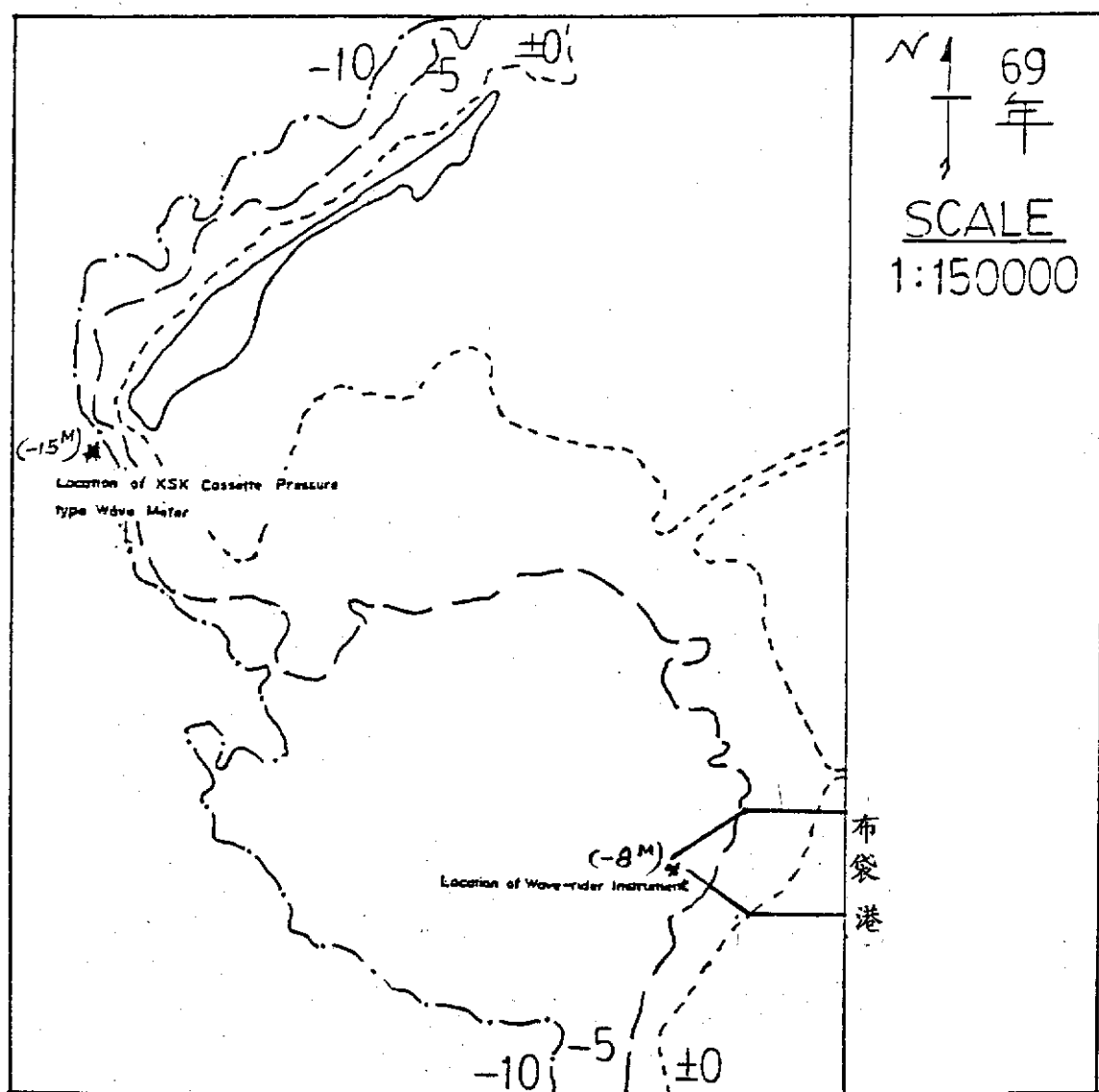


圖 2.3 波高計位置示意圖

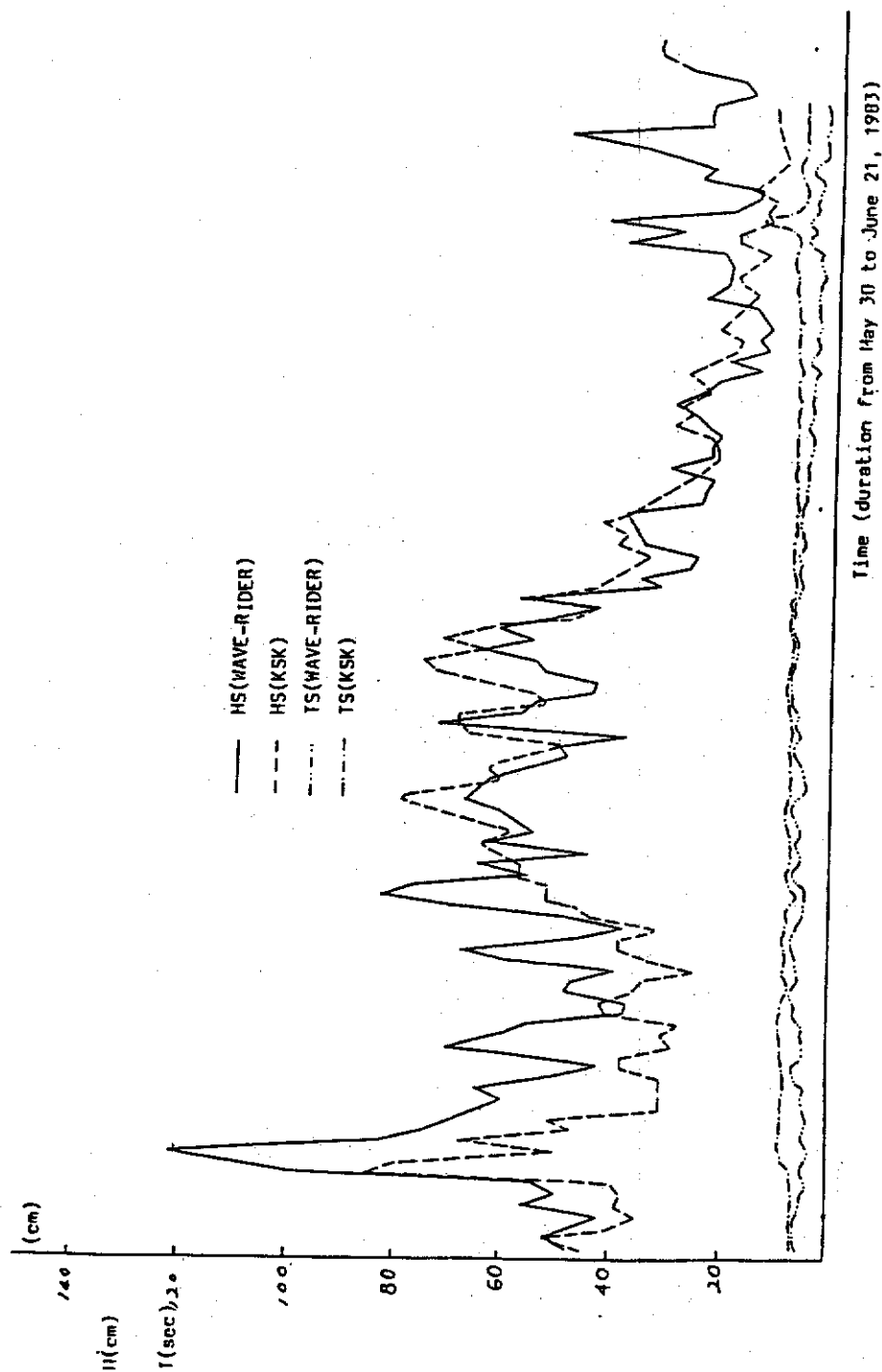


圖 2.4 布袋海域波浪衰减圖

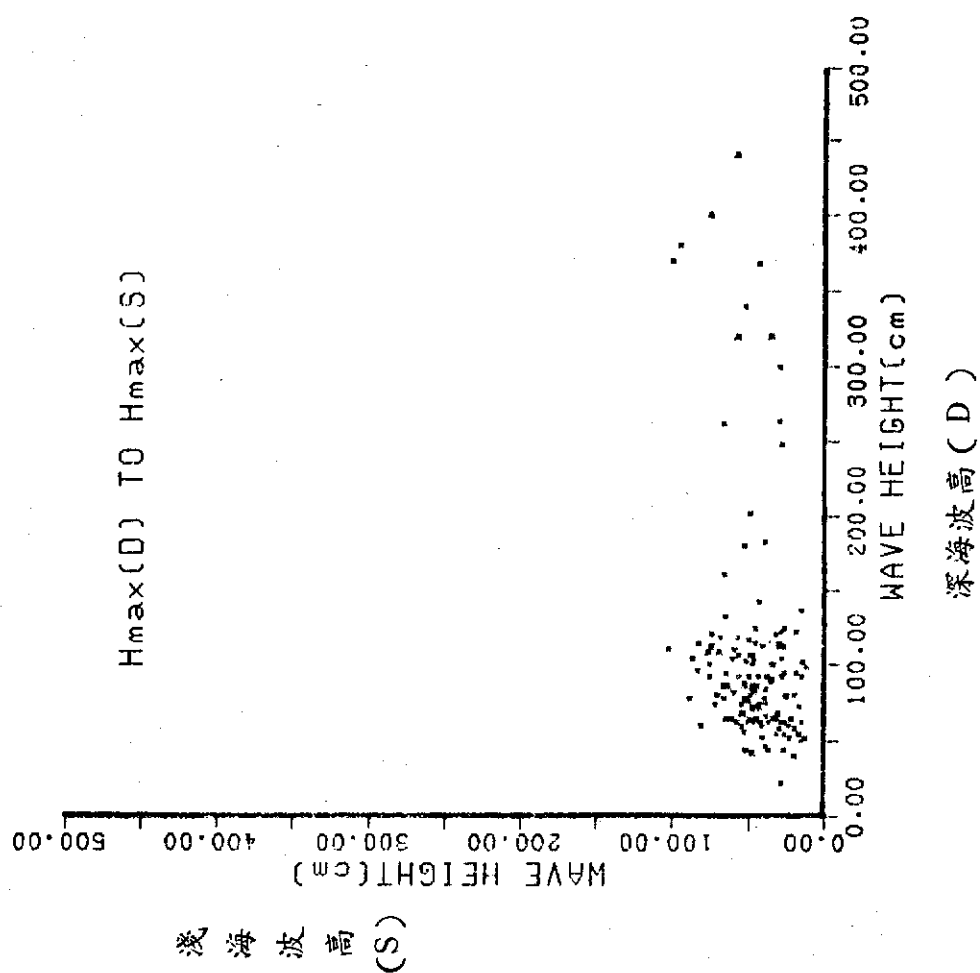


圖 2.5 深海 (-15m) 最大波與淺海 (-8m) 最大波之比較

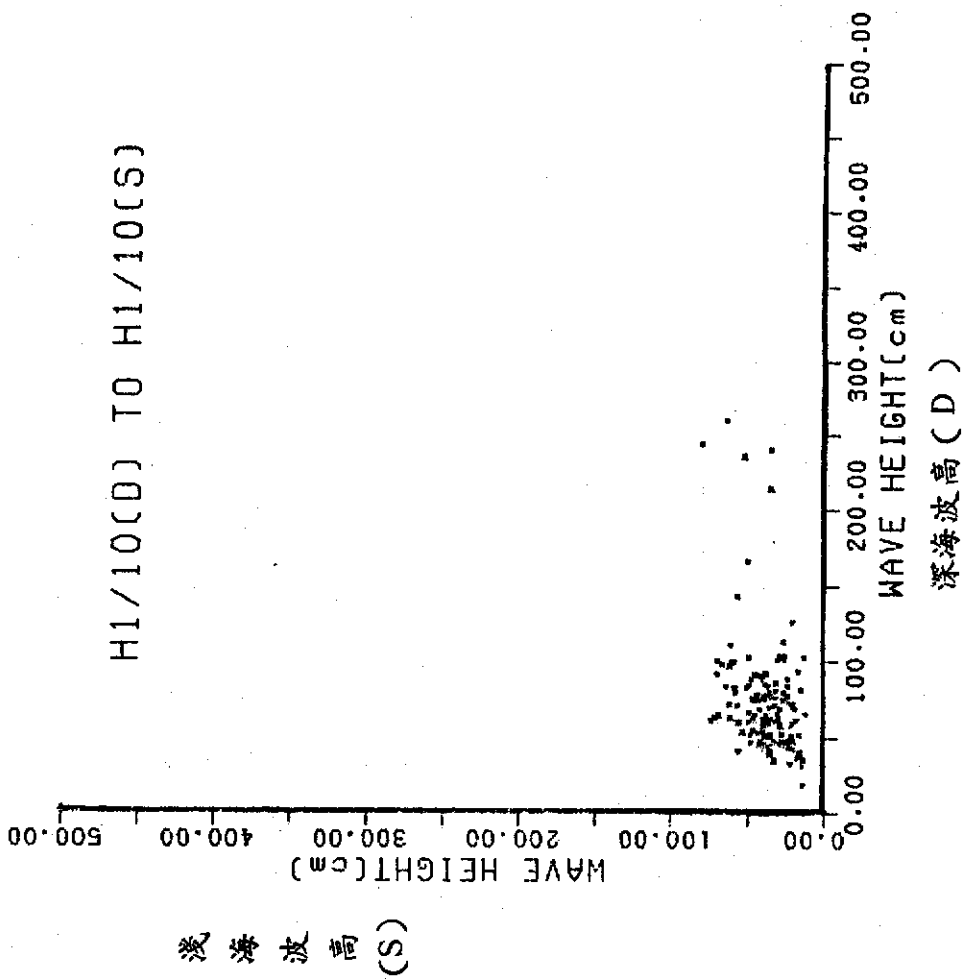


圖 2.6 深海 1/10 大波與淺海 1/10 大波之比較

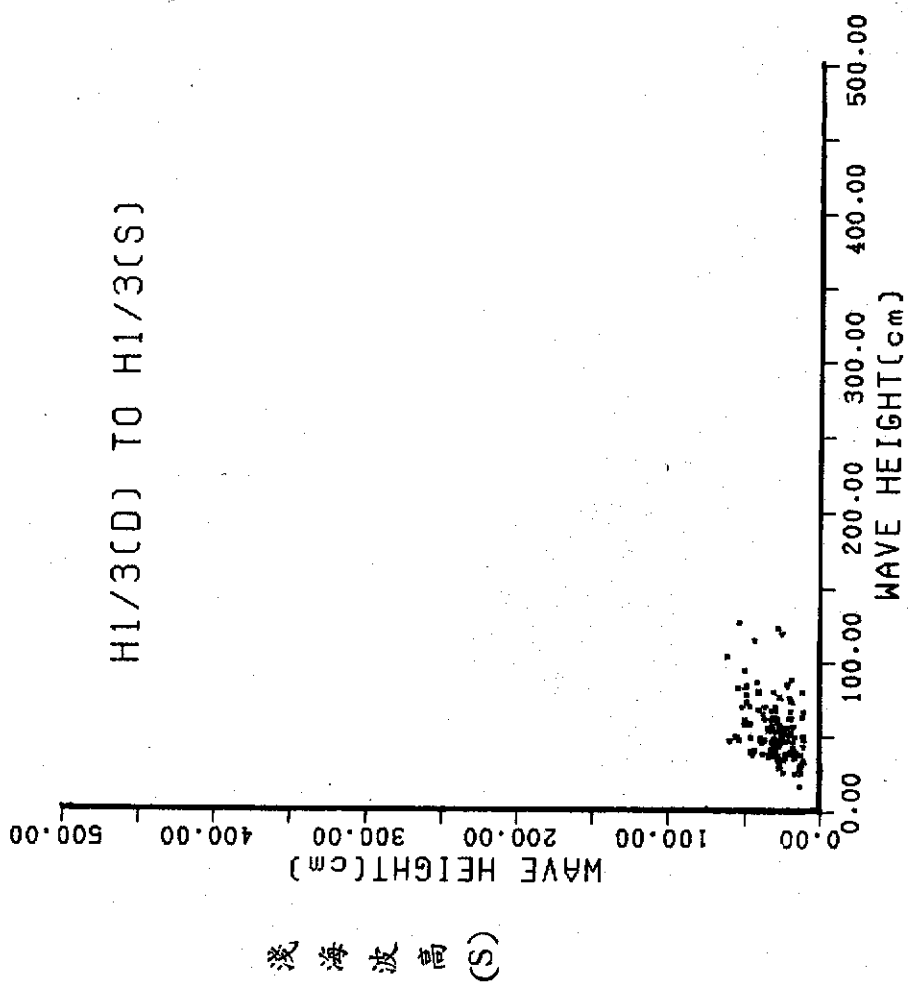


圖 2.7 深海 (-15^M) 示性波高與淺海 (-8^M) 示性波高之比較

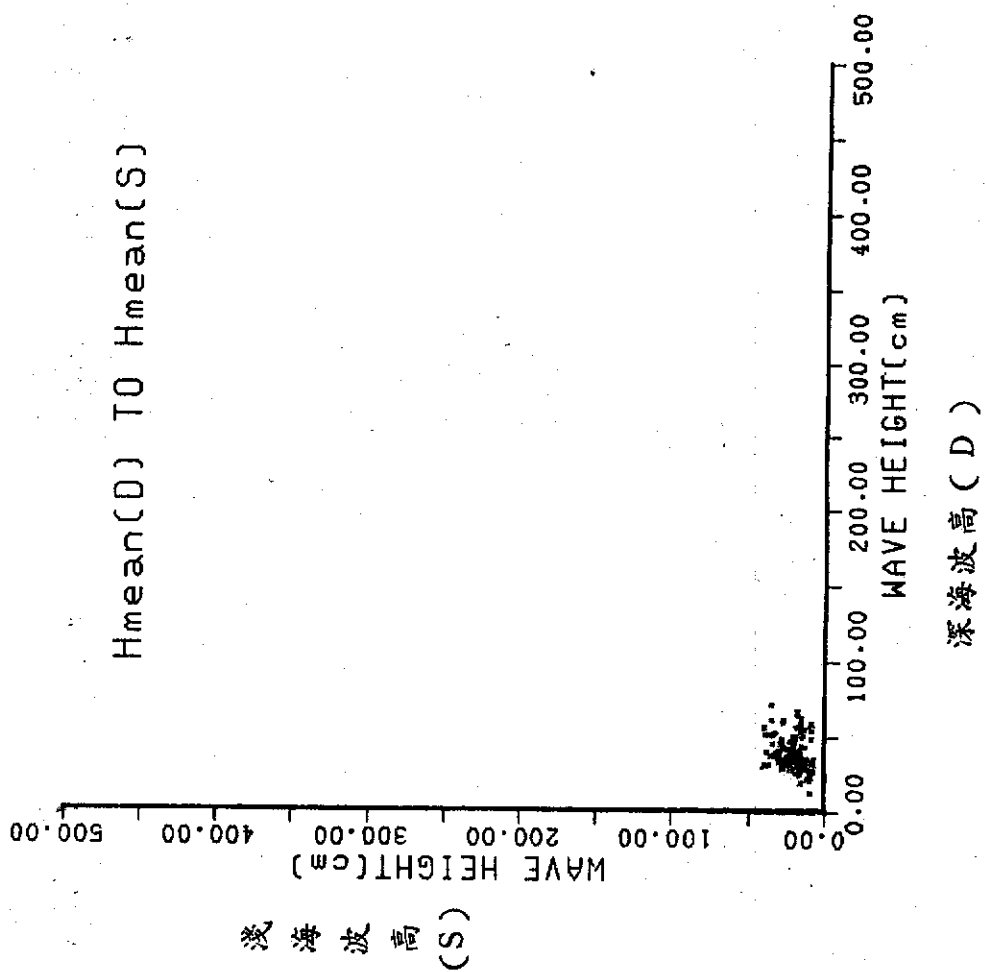


圖 2.8 深海平均波高與淺海平均波高之比較

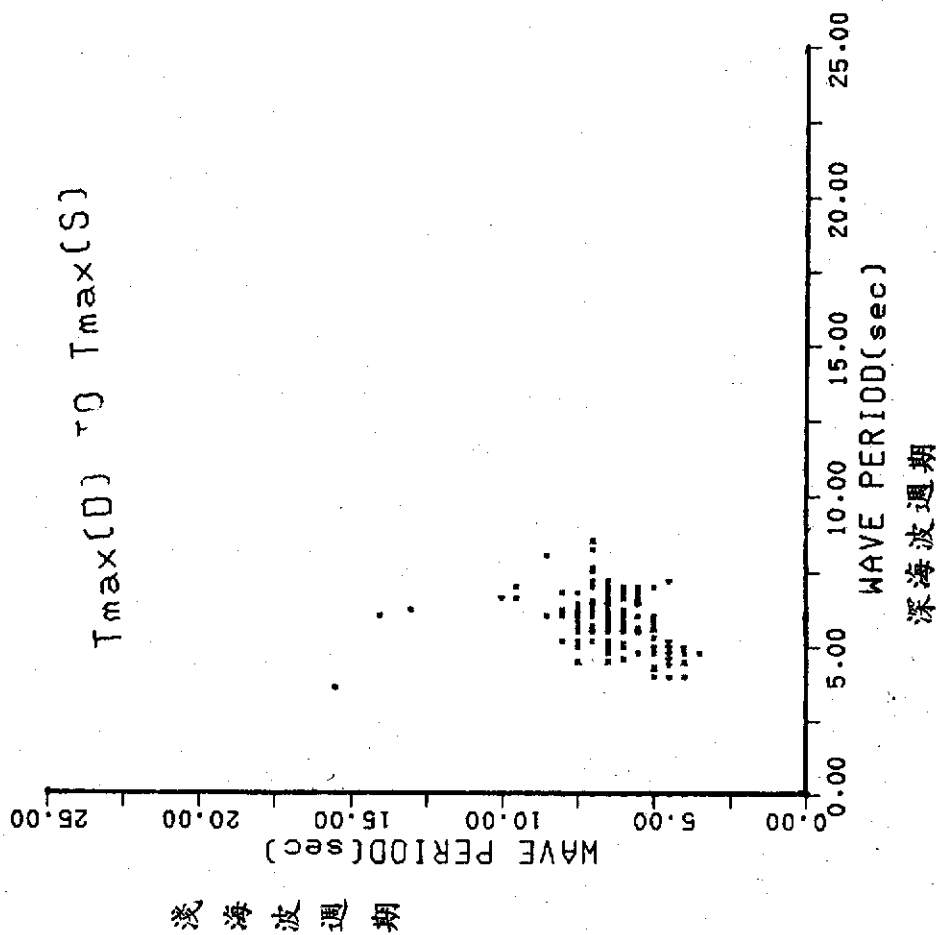


圖 2.9 深海 (15^M) 最大波週期與淺海 (-8^M) 最大波週期之比較

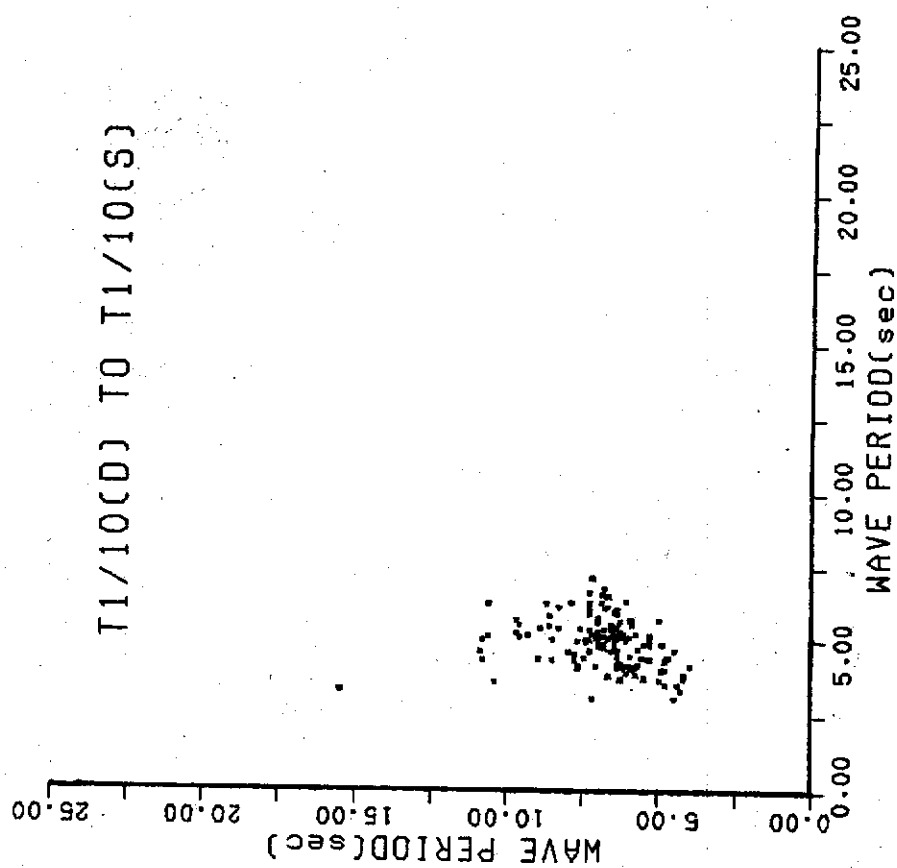


圖 2.10 深海 1/10 大波週期與淺海 1/10 大波週期之比較

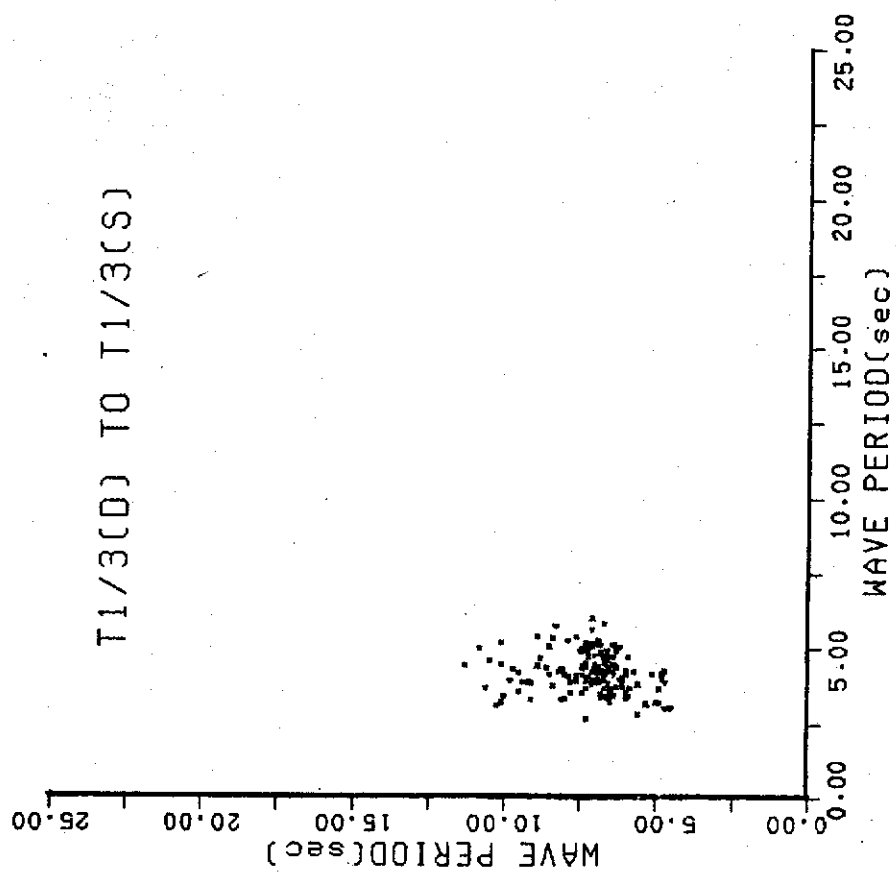


圖 2.11 深海示性波週期與淺海示性波週期之比較

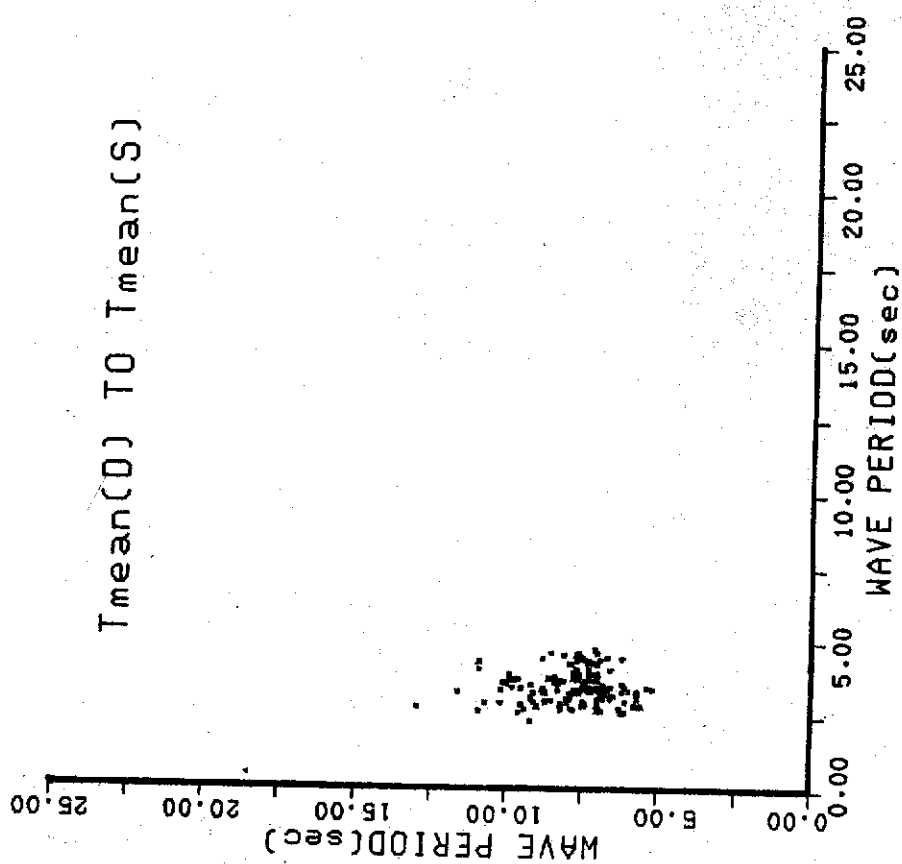


圖 2.12 深海平均波週期與淺海平均波週期之比較

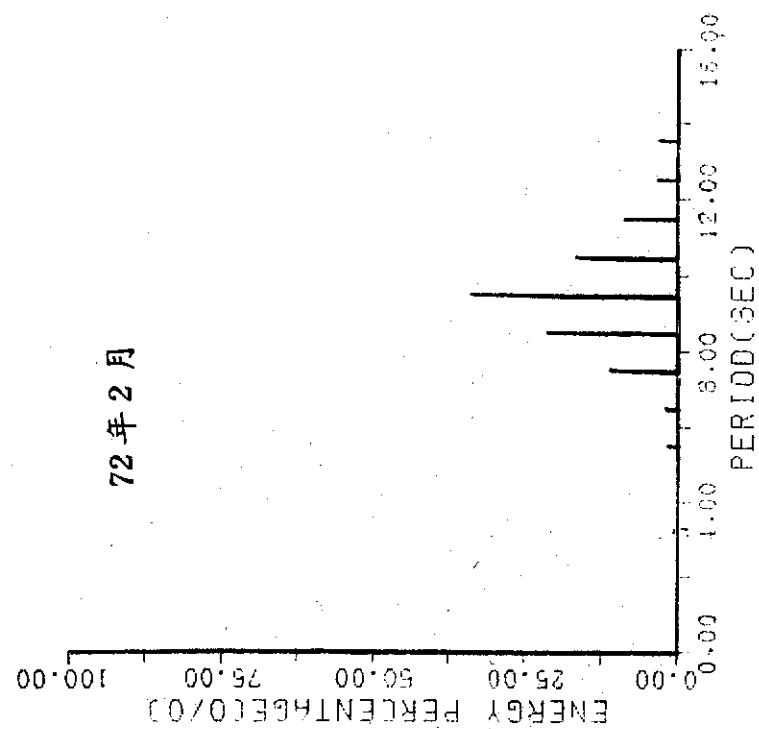


圖 2.14 布袋波浪能量與週期分佈圖

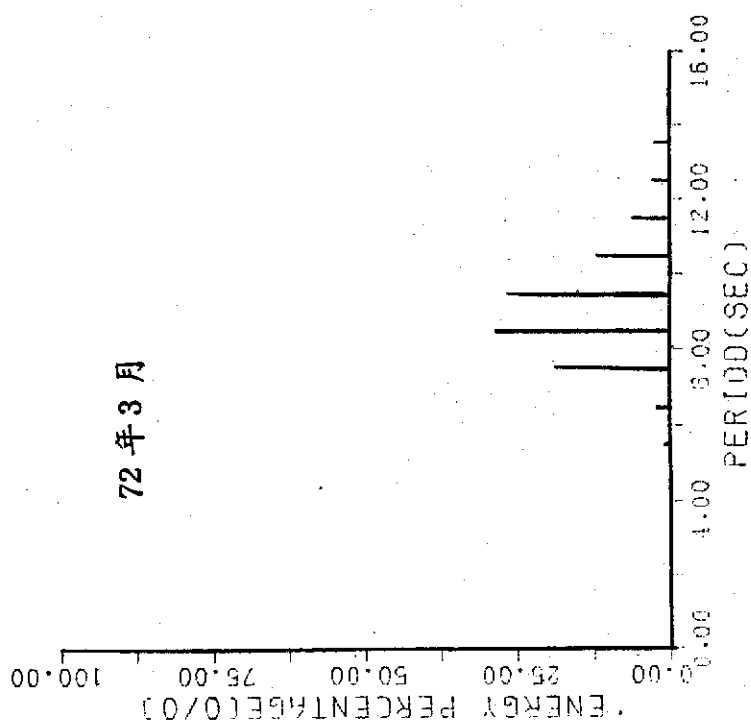


圖 2.13 布袋波浪能量與週期分佈圖

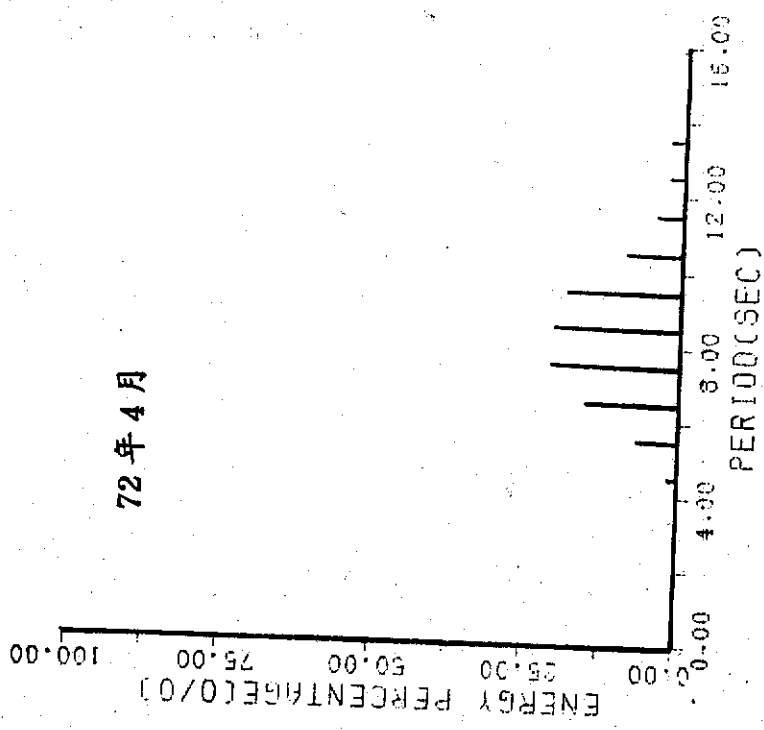


圖 2.15 布袋波浪能量與週期分佈圖

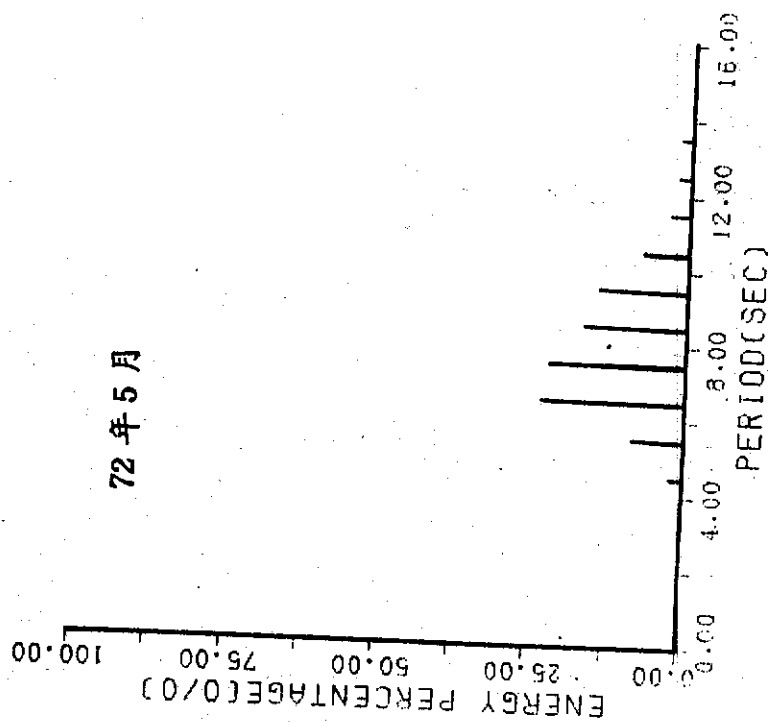


圖 2.16 布袋波浪能量與週期分佈圖

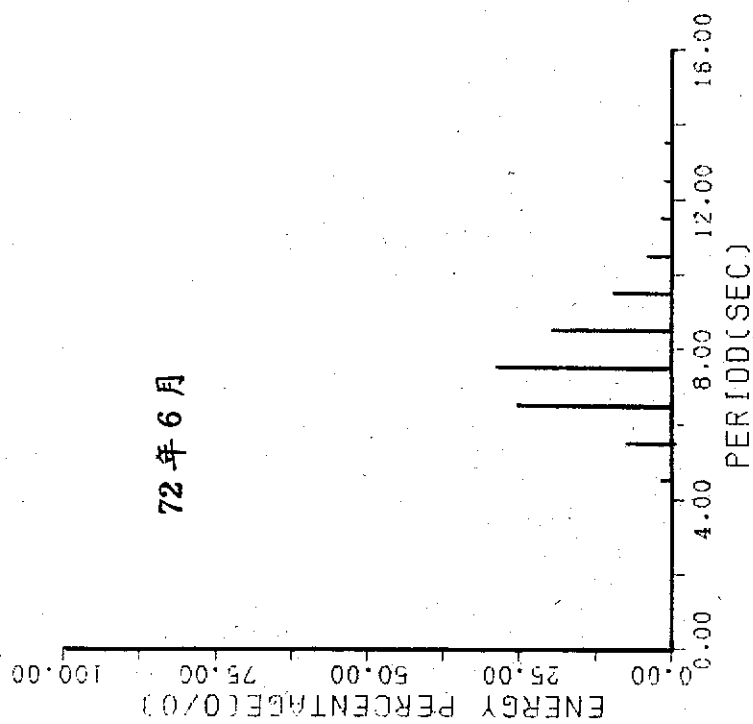


圖 2.17 布袋波浪能量與週期分佈圖

叁、漂沙量之推算法

漂沙為波浪所引起水底沙粒輸送現象，造成海岸侵蝕或堆積等地形上的變化，如河口變遷、港口淤塞等。因此漂沙量之推算為海岸工程及港灣工程中不可忽視且重要課題。目前常使用的沿岸漂沙量估算法，可分為以下四種：

(1) 土沙量變化網格計算法

(2) 漂沙試驗推算法

(3) 波能量推算法

(4) 沿岸流推算法

本文係採用第三種方法，利用沿岸碎波波能量來推算沿岸漂沙量並由以往使用第一種方法之結果來作比較，概述如下：

在波浪作用下，海水所具有之能量即為波浪所傳遞之功率；由微小振幅波理論，波高為 H 之波浪，在單位寬度內一個波長所具有之平均波能量密度 E (Wave Energy Density) 為：

$$(1) \quad E = \frac{1}{8} \rho g H^2$$

其中 P 為海水密度， g 為重力加速度。而在相距 Δb 之波向綫 (Wave ray) 間所傳遞之功率 P 為

$$(2) \quad P = E \cdot C_g \cdot \Delta b$$

C_g 為波之群速度 (Group Velocity)。如圖 3.1 所示， α 為波峯綫與等深綫之夾角時，沿海岸方向傳遞之功率為：

$$(3) \quad P \sin \alpha = E \cdot C_g \cdot \Delta b \cdot \sin \alpha$$

海岸綫長 $\Delta \ell$ 與 Δb 之關係為

$$(4) \quad \Delta b = \Delta \ell \cdot \cos \alpha$$

因此單位海岸綫長度內沿岸方向之波能量為：

$$(5) \quad P\ell = E \cdot C_g \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

將(1)式代入為

$$(5a) \quad P\ell = \frac{1}{8} \rho g H^2 \cdot C_g \cdot \sin \alpha \cos \alpha$$

(5a) 式即為沿岸方向，單位長度內波浪運送沙粒所具有之可用功率，簡稱沿岸波能量。

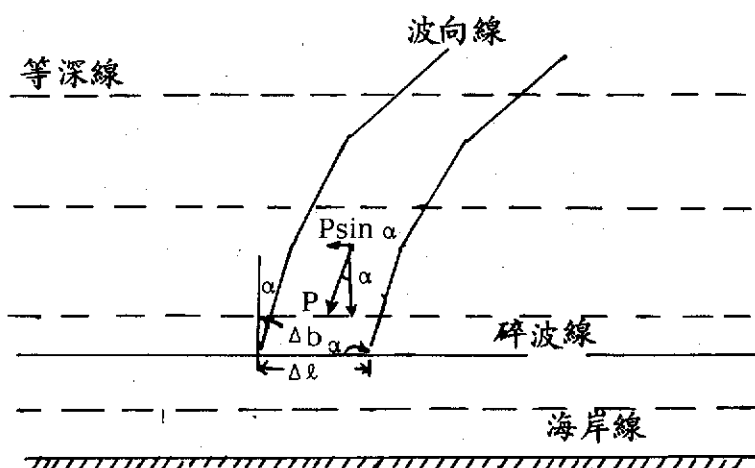


圖 3.1 波浪折射示意圖

沿岸方向之浸重漂砂率可表示為：

$$(6) \quad I\ell = (\rho_s - \rho) \cdot g \cdot a' \cdot Q\ell$$

其中 P_s 為沙粒密度， a' 為比例常數大約為 0.6， $Q\ell$ 為沿岸方向之體積漂沙率。因為沿岸漂沙絕大部分均在碎波帶內傳送，尤其是沿岸沙洲 (Alongshore bar) 所形成之天然溝渠，使沙沿著海岸漂送，因此須考慮 $P\ell$ 取在碎波時，由 (5a) 式可知碎波時之沿岸波能量為：

$$(7) \quad (P\ell)_b = \frac{1}{8} \rho g H_b^2 (C_g)_b \cdot \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b$$

其中下標 b 表示「碎波」。

根據 Saville 等人之實驗證實，沿岸波能量每與沿岸漂沙量成正比，(5a) 式及(6)式可以下列關係相連接

$$(8) \quad I\ell = K \cdot (P\ell)。$$

係數 K 須由各地已有漂沙及波能量紀錄決定，此亦為沿岸浸重漂沙率與碎波時沿岸波能量之關係，Komar 及 Inman (1970) 集合數位專家試驗數據決定 $K = 0.77$ 為上限，表示漂沙形態業已完全發展，沙源充足時之關係式。侯和雄、李忠潘 (1980) 研究台中港鄰近海岸之沿岸漂沙率與實測波能量分析獲致 $K = 0.55$ ，而侯和雄、廖泰璋、王宗州 (1984) 研究外傘頂洲至布袋新港址海岸漂沙量獲致 $K = 2.73 \times 10^{-3}$ 之關係。

肆、波能量推算

一、使用公式

本文利用 72 年 2 月～6 月在布袋新港址所實測之波浪紀錄，根據(7)式推算當地碎波帶內之沿岸波能量。

由於群波速與波相速度 (Phase Velocity) 有如下關係：

$$(9) \quad C_g = nc$$

其中 C 為相速度， n 為群速度與相速度之比值

$$(9a) \quad n = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi h/L}{\sinh 4\pi h/L} \right]$$

h 為水深， L 為波長。

又由於 $C = L / T$ ， T 為週期，所以(7)式可以下式代替

$$(10) \quad (P\ell)_b = \frac{\rho_w g}{8} \cdot n \cdot \left(\frac{L}{T} \right)_b \cdot H_b^2 \cdot \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b$$

其中 $\rho_w g = 1.03 \text{ ton/m}$ 為海水之重量密度。

二、計算過程

1. 由實測紀錄整理得每兩個小時一次的波高均方根值 H_{rms} 及週期平均值 T ，代表碎波帶之波高及週期。

2. 由微小振幅波理論導出之離散關係 (Dispersion Relation)

$$(11) \quad L = \frac{g}{2\pi} T^2 \tanh \frac{2\pi h}{L}$$

可由當時水深及週期算出波長

3. 計算 n 值 (由 (9a) 式)

4. 根據波高、週期及入射波向，繪製當地波浪折射圖 (圖 4.1 至 4.3)，在風向與射波向一致之假設下，量取各時不同週期及波

向（風向）的碎波入射角 α_b ，結果參見表 4.1。

5. 將(10)式之單位換算為單位沿岸長度，每兩個小時沿岸波能量為：

$$(12) \quad (P\ell)_b = \frac{\rho_w g}{8} \cdot n \cdot \left(\frac{L}{T}\right)_b \cdot H_b^2 \cdot \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b \cdot$$

3600 · 2

其單位為 tcm—m，m—2hrs，最後將本節 1～4 中 Hrms、T、L、n、 α_b

表 4.1 波向換算對應表

T 週 期	波 向						
	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
15 以上	20	27	30	24	24	12	17
15～14	18	23	27	25	27	11	18
14～12.5	16	21	26	26	28	10	18
12.5～11	14	19	25	26	29	9	18
11～9	10	17	23	27	29	10	19
9～7	9	16	22	28	30	11	20
7 以下	8	15	21	28	31	12	21

註：1. 風向為 E，ENE，ESE 者定角度為 0° 。

2. 風向為 NE，NNE，N 視作 NNW。

3. 風向為 SSE，S 視作 SSW。

4. T 週期單位秒。

5. 波向單位度。

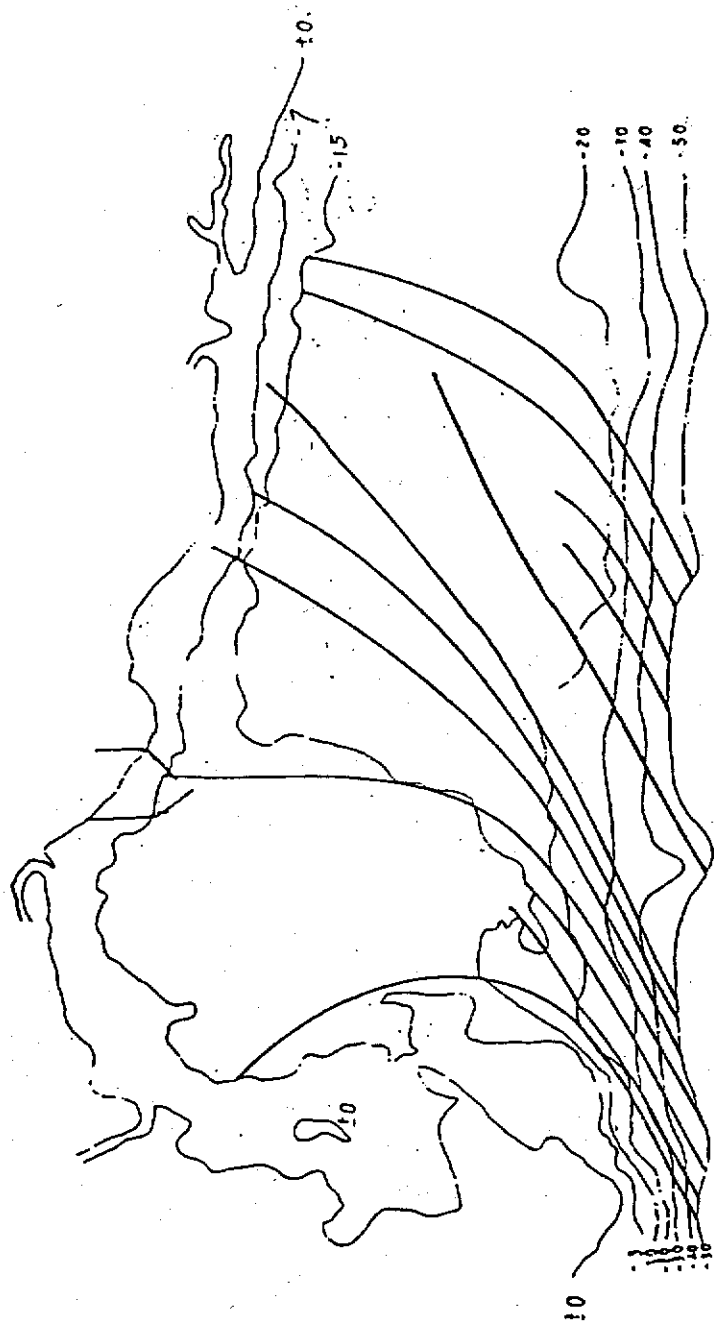


圖 4.1 布袋海域波浪折射圖 (波向 NNW, 週期 12Ser)

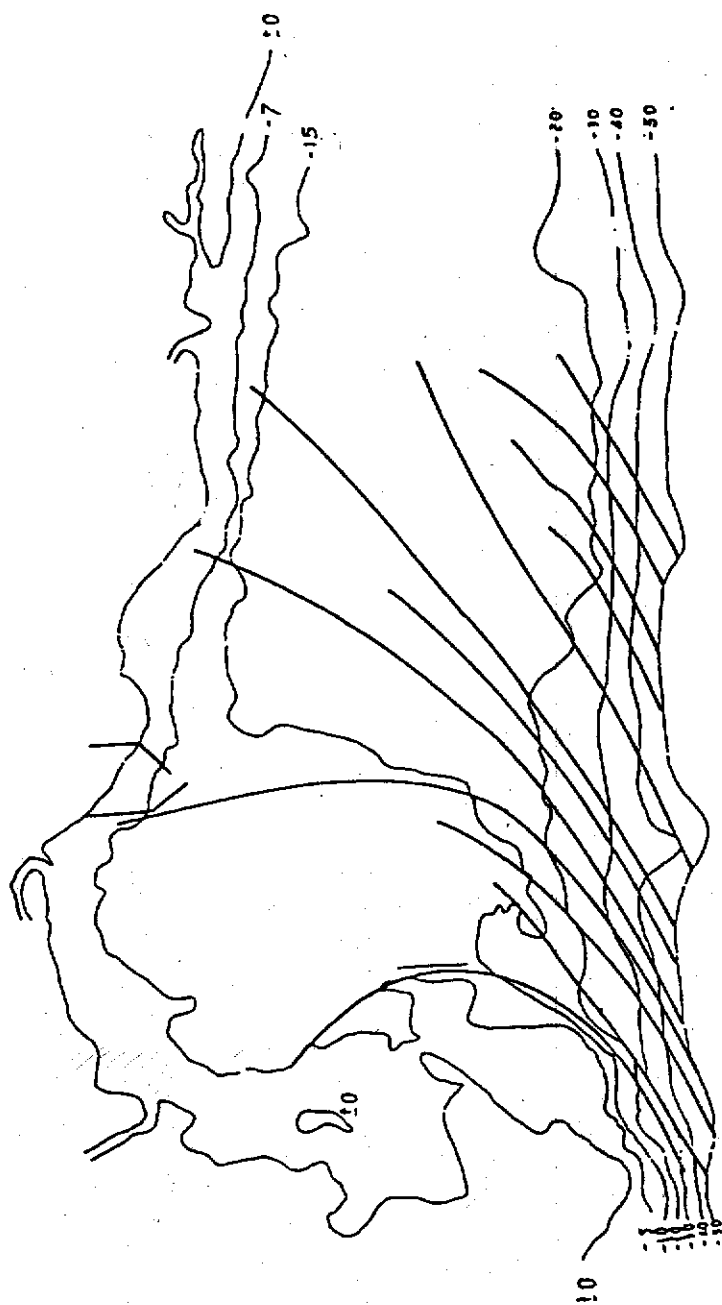


圖 4.2 布袋海域波浪折射圖 (波向 NNW, 週期 14.5Ser)

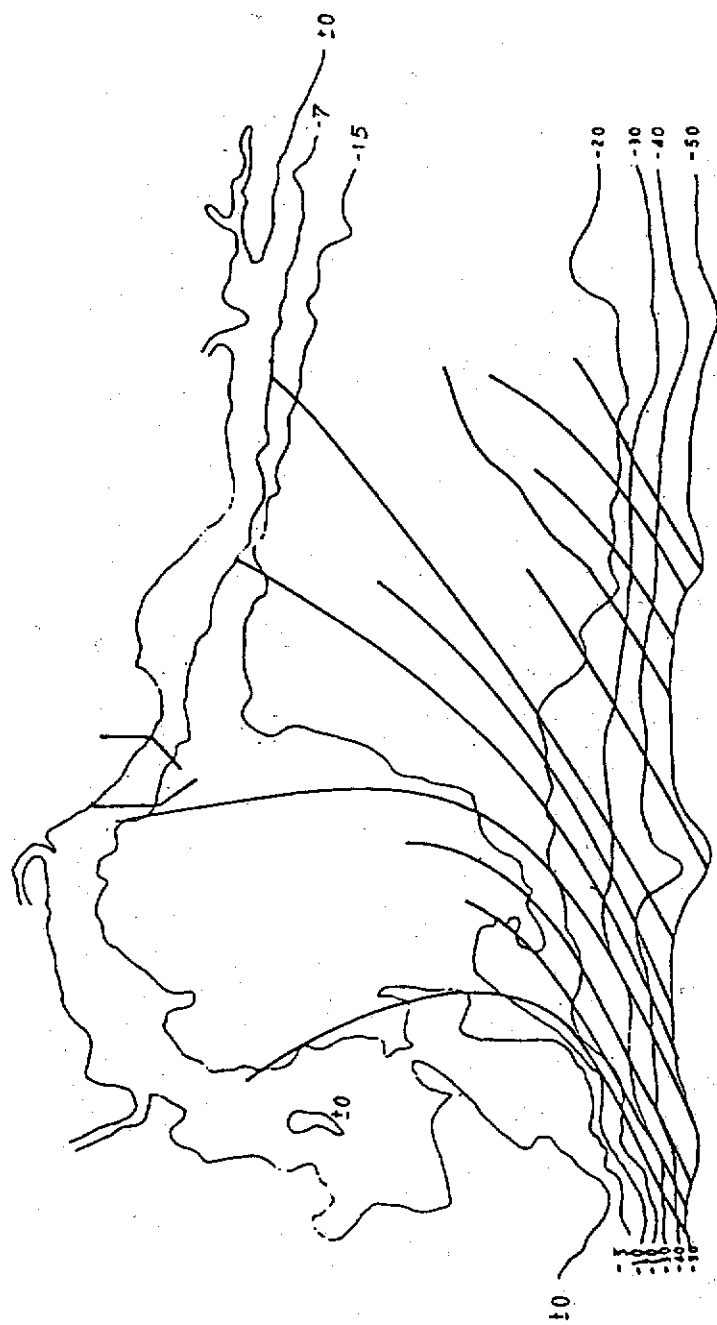


圖 4.3 布袋海域波浪折射 (波向 NNW , 週期 15 Ser)

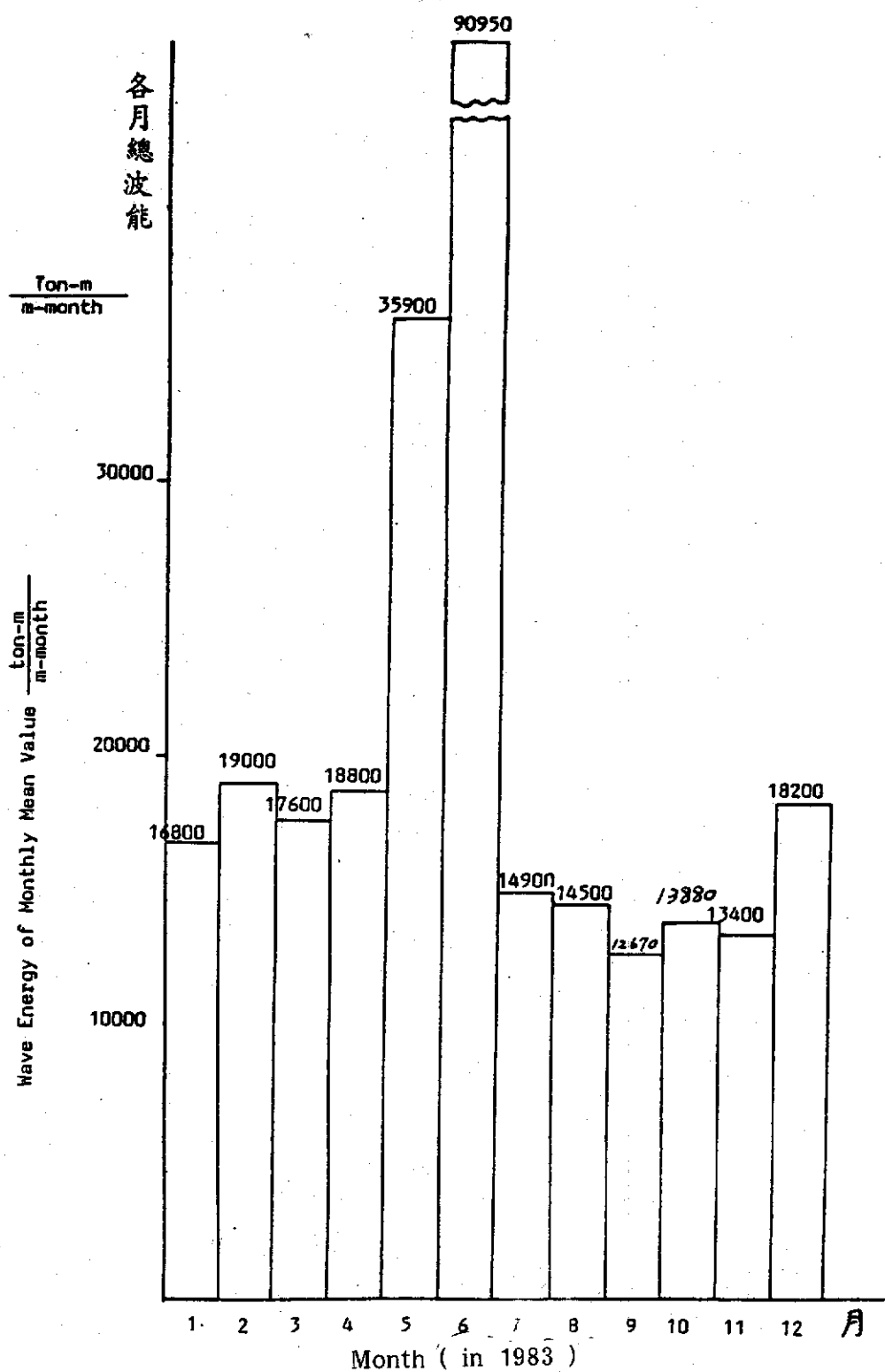


Fig 5.1 Wave Energy of Envisaged Putai Port (Monthly Mean)

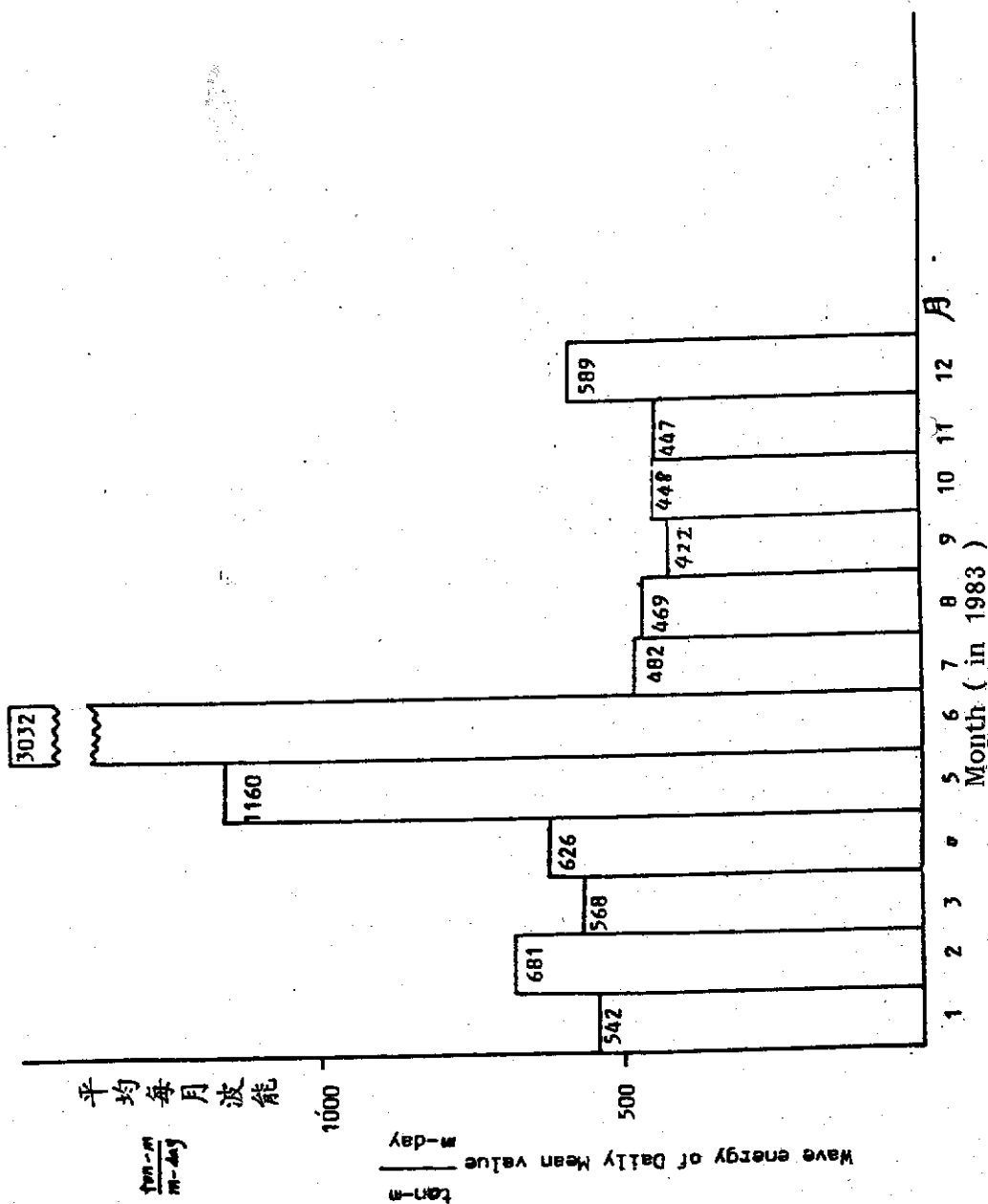


Fig 5.2 Fig Wave energy of Envisaged putai port (daily mean)

代入上式，算出 $(P\ell)_b$ 。

6. 將每兩小時算出之 $(P\ell)_b$ 按日、按月相加得全月之總波能。由於紀錄有限，僅得 年2月至6月部分。見表 4.2。

表 4.2 各月總波能量與平均日波能量

月	二	三	四	五	六	單 位
當月總波能	19077	17608	18780	35950	90950	ton-m-mooth
當月平均每 日 波 能	081.3	568	626	1160	3031	ton-m m-day
風 向	NNE N	N.S NNE	N.S.SSW NNE. SSWNW	WSW.SSE N.S.SW NW	WSW. WSSW	

結果顯示在五月、六月有極高的波能量，此乃因颱風風浪及湧浪造成，二月風向為典型東北季風，波能量稍大。三月風向已逐漸轉型，自南方吹來的風漸多，波能略小。四、五月風向則為東北季風與西南季風交互吹送，風向多且亂。五、六月開始受颱風出現影響。

伍、風與波浪間之推算模式

一、一般介紹

本文利用二月至五月的風、浪紀錄，找出兩者的相關性，並以二次多項式迴歸方程式作為風速推算波高及波週期之模式。波浪實測紀錄有效部分為二月至六月，由上述模式及布袋實測風速風紀錄彌補不足部分。

二、計算過程

- 1 找出各月份波浪與風速在統計上的相關性。由二月至五月份的風速風向資料及波浪資料中整理出同一時間兩者對應值，由於風速小於 5 m/s 對波浪影響太小，所以濾去低於此值部份，然後算出各月份波高、週期及風速之平均值、變異數及相關係數 (Correlation coefficient) 等統計量，結果見附表 5.1。

表 5.1 各月波高、週期及風速之平均值、變異數及其相關係數

風速 V (m/sec)			波高 H_{rms} (cm)		波高與週期之相關係數
月 份	平均 μ_v	分散 U_v	平均 U_H	分散 J_H	ρ_{bH}
2 月	7.60	1.72	17.38	4.80	0.20
3 月	7.76	2.45	17.10	5.31	0.55
4 月	6.85	1.61	21.24	11.11	0.01
5 月	6.34	1.15	14.33	4.47	-0.20

週 期 T			週期與風速之相關係數
月 份	平均 μ_T	分散 U_T	$\rho_{v,T}$
2 月	9.88	1.45	- 0.19
3 月	9.14	1.37	- 0.32
4 月	8.62	1.86	- 0.03
5 月	9.63	1.87	0.34

註：平均 (Mean) $\mu_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$

分散 (Variance) $\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \mu_x)^2}$

相關係數 (Correlatio Coefficient)

$$P_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^N [(X_i - \mu_x)(Y_i - \mu_y)]}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu_x)^2 \sum_{i=1}^N (Y_i - \mu_y)^2}}$$

由上表可知，風與波浪之相關性並不是很理想，較好的是三月，二、五月次之，四月最差，推究其原因，可能受外傘頂洲及海岸地形影響，風和浪在進入布袋海域後，產生嚴重的折射和擴散，而遮蔽及淺化的影響又由於地形過於複雜無法列入考慮，且三、四、五月份為季節風轉型期，風向不固定，也會造成各月相關係數偏低。此外未考慮風與波浪間可能有的延遲效應（Delay），亦造成誤差。

2 找出風速與波高、週期之多項式迴歸方程式由於二月及五月份風與波浪間之相關性較佳，且風向較穩定，遂以二月為冬季風之推算，五月為夏季風之推算，最小平方法作得多項式迴歸方程式（Neter & Wasserman（1974））。

令 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ 為 n 個風速值

$Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$ 為 n 個對應波高、週期值。

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$ 為 m 次多項式迴歸方程式之常數。

$$X = \begin{bmatrix} 1 & X_1 & X_1^2 & X_1^3 & \dots & X_1^m \\ 1 & X_2 & X_2^2 & X_2^3 & \dots & X_2^m \\ \vdots & & & & & \vdots \\ \vdots & & & & & \vdots \\ 1 & X_n & X_n^2 & X_n^3 & \dots & X_n^m \end{bmatrix}$$

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix}$$

得下列關係式：

$$(13) \quad X^T X A = X^T Y$$

其中 X^T 為 X 之轉置矩陣 (Transposed Matrix) 利用計算機解出(13)式中的 A , 即可求得該月份波高或波週期對風速的 m 次迴歸方程式中係數 a_0 , a_1 , a_2 a_m 。則週期或波高可由下式推算：

$$(14) \quad H = a_0 + a_1 V + a_2 V^2 + \dots + a_m V^m$$

$$(15) \quad T = b_0 + b_1 V + b_2 V^2 + \dots + b_m V^m$$

其中 V 表示風速。

將二月及五月之資料按以上方法計算所得之結果如下：

①二月份推算式

(1)一次迴歸 ($m=1$)

$$(16) \quad H = 13.079 + 0.566 V$$

$$(17) \quad T = 11.115 - 0.102 V$$

(2)二次迴歸 ($m=2$)

$$(18) \quad H = -3.734 + 4.947V - 0.271V^2$$

$$(19) \quad T = 11.997 - 0.392V + 0.0142V^2$$

(3)三次迴歸 ($m=3$)

$$(20) \quad H = -29.873 + 14.934 V - 1.483V^2 + 0.0467V^3$$

$$(21) \quad T = 11.338 - 0.140V - 0.0163V^2 + 0.00118V^3$$

②五月份推算式

(1)一次迴歸 ($m=1$)

$$(22) \quad H = 11.151 - 0.760 V$$

$$(23) \quad T = 0.113 + 0.554 V$$

(2)二次迴歸 ($m=2$)

$$(24) \quad H = 52.534 - 10.995 V + 0.754V^2$$

$$(25) \quad T = -2.872 + 3.309 V - 0.204 V^2$$

(3)三次迴歸 ($m=3$)

$$(26) \quad H = 75.0185 - 21.2185 V + 2.269 V^2 - 0.0725 V^3$$

$$(27) \quad T = -18.311 + 10.328 V - 1.241 V^2 + 0.0498 V^3$$

單位：H cm

T sec

V m/ sec

經比較後，決定以二次多項式迴歸方程式作為推算模式。

3. 結果

推算其他各月份所用之風速實測紀錄分別為71年11月、12月，72年元月、7月、8月由布袋測站測得之紀錄。以及72年9月、10月鰲鼓測站紀錄。其中9、10、11、12、元月份使用冬季的推算模式，即(18)(19)二式。7，8兩月份使用夏季推算模式，即(24)(25)二式。波高及週期推算出來後並依照前述推算波能量方法將各月份波能量算出，結果見附表5.2。

表 5.2 各月份波能量及其平均日波能量

月 份	七	八	九	十	十一	十二	一	單 位
全月總波能	14,957	14,533	12,670	13,880	13,466	18,245	16,826	$\frac{\text{ton-m}}{\text{m-month}}$
平均每日波能	482.5	468.8	422.3	447.7	466.9	588.6	542.8	$\frac{\text{ton-m}}{\text{m-day}}$

將全年12個月份波能量整理比較，見圖5.1及圖5.2，可以得到各月份總波能及平均每日波能大小之比較。（表5.3）。

七月、八月因未考慮颱風影響，純粹是夏季季風影響下之波能量，總和量亦較各季季風期各月為小，此與實際現象相符；九月至十一月為冬季季風初期，推算結果與其他冬季月份相較稍為偏低，

此乃因為此三個月份風向不穩定，可能不完全適用由典型東北季風型的二月所導出的推算式，同時在決定推算模式時並不考慮 5 m / sec 以下的風速資料，故在推算其他月份時亦不適用於較小的風速，以上諸問題均有待進一步的研究。

基本上本文由統計法式推出之波能量與實測資料推算者相去不遠，因此不失為一種既經濟又簡便可靠的推算波能及漂沙量的方法，可供海岸及港灣工程中運用參考。

表 5.3 各月份總波能及平均每日波能

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平 均
平均 每日 波能	542.8	681.3	568	626	1160	3031.6	482.5	468.8	422.3	447.7	446.9	588.6	$\frac{\text{ton-m}}{\text{m-day}}$
該月 天數	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
總 波 能	16826	19077	17608	18780	35950	90950	14957	14533	12670	13880	13406	18245	$\frac{\text{ton-m}}{\text{m-month}}$
每日 波能 量× 30天	16283	20440	17040	18780	34790	90950	14474	14064			13406	17657	$\frac{\text{ton-m}}{\text{m-30days}}$

陸、外傘頂洲漂沙分析

一、海岸條件概述

外傘頂洲位於嘉義與雲林兩縣之縣境內，為一突出於台灣海峽之狹長沙洲，該沙洲長年由濁水溪與北港溪之淤沙帶至海岸，在波浪、海流作用下，向下游堆移，加上由朴子溪補注入海之淤沙，乃形成此一西南走向之廣大沙洲，無形中對布袋港海岸則形成一良好遮蔽波浪之天然沙堤，此一沙堤如能加以適當之造林定沙，將可發揮其防風、防浪與攔沙兼具之效果，對於海埔地之開發，布袋港之發展，必有莫大之助益。

二、現場觀測與採樣

為瞭解本區海域之漂沙與海底底質特性，分別於外傘頂洲之沙嘴（Sand spit）與布袋港海域採取沙樣，其位置詳如圖 6-1 所示。

採回之沙樣經篩分析（如相片 1）結果如下：

（一）外傘頂洲沙嘴部份：

如圖 6-1 所示，共採七個點，其原始分析資料如附錄表 1-7 及附錄圖 1-7。本區海域海底雖屬沙質，但依採沙之位置與水浮分析，其中值粒徑（ d_{50} ）互有差異，平均為 2.46mm，屬細砂。一般而言，相同水深者，以靠北方之採樣點，其粒徑較粗，而靠南方者，粒徑較細，此或為靠南方者已受到外傘頂洲之部份遮蔽，較粗之沙粒受浪、流之輸送不易之故，此一特點可由外傘頂洲沙嘴現場之波浪入射岸邊時，波浪會沿著沙嘴往外傘頂洲之內側前進看出端倪。

（二）布袋港海域部份：

如圖 6-1 所示，在本區海域共採六個點，其原始分析資料如附錄表 8-13 及附錄圖 8-13，其水深由 -2.3 ~ -5.2 公尺，其中值粒徑稍有

變化，平均值為 0.12 mm ，粒徑甚細。

依據外傘頂洲與布袋港海域之沙樣分析可初步研判外傘頂洲海域之漂沙呈南北走向。

三、外傘頂洲海域土方變化分析

(一) 土方變化分析範圍與方法

本研究範圍北自箔子寮汕，南至虎尾寮，西至水深約—50公尺之海域近岸皆為研究之對象。

為了精確計算本範圍海域之土方變化情形，以歷年海圖為主，輔以局部水深測資料，以補足全域水深資料。並將此範圍繪成 24×31 之網格點，每一網格邊長相當於海域現場之 750 公尺；為求精確或對各局部區域深入瞭解，本研究亦設計一電腦程式可依須要將每一網格細分成 4 ~ 100 個小格，以便對各局部海域作細部計算及繪圖，進一步研判此網格海域之侵游變化情形。在本研究中，取 52 年，56 年及 69 年之本範圍海圖作為研究的依據。如圖 6-2 ~ 6-4 所示。

(二) 土方變化分析之電腦程式設計：

本程式由三個可視須要而結合或獨立之交談式之子程式所組成，其特性分述如下：

(1) 程式一 (SVV) —— 離散水深點轉換成規則網格水深點子程式，本程式係依加權 (Weighting) 原則將海圖上之散亂水深點轉換成規則座標之網格點，以利土方變化之計算。細節詳見程式一。

(2) 程式二 (SVC1) —— 土方變化計算繪圖程式，主要內容為輸入水深資料及海圖重要參數，如比例尺，網格邊長，網格分割數等，以進行任一網格或區域之土方變化演算及離岸水深變化剖面圖之繪製等。程式演算細節詳見程式二。

(3) 程式三 (SVC2) —— 漂沙變化計算繪圖程式，可利用前述程式傳來資料計算沿岸不同海域之單位寬度 (公尺) 之漂沙量，可與波能量

求得某種關係，並繪製外傘頂洲本研究範圍內各區域侵蝕或堆積示意圖，以瞭解整區之漂沙現象。

程式演算細節詳見程式三。

(二) 土方變化分析結果：

利用前述之電腦程式可繪出外傘頂洲全區侵淤圖（圖 6-5）及離岸剖面水深變化圖（圖 6-6 ~ 圖 6-13）。

(1) 外傘頂洲侵淤圖——此圖乃利用 52 年，69 年之外傘頂洲之海圖水深資料，依各網格點之差值逐點計算繪製而成。由圖上可清楚看出外傘頂洲上游屬侵蝕海域，沙嘴部份則堆積，並略往南堆積，但下游則多屬侵蝕海域，僅在下游海岸區域略有堆積，綜觀全區，整個研究範圍內，侵蝕大於堆積，且有往南漂沙之現象，此與前述粒徑大小分佈趨勢判斷漂沙方向之結論相吻合，又林銘崇（1985）亦研究出外傘頂洲上游，在未來三十年內，將續有侵蝕發生，除非等到目前三條崙外之沙嘴南移與現今之外傘頂洲重疊，方有堆積情形發生，詳細情形如圖 6-5 所示。

(2) 離岸剖面水深變化圖——為瞭解本區內各離岸剖面水深變化情形乃於圖上選擇七個代表剖面，並利用 52 年，56 年，69 年之海圖進行各剖面圖之繪製。其中七個剖面位置如圖 6-6 所示，而各剖面之水深變化如圖 6-7 至 6-13 所示；一般而言，水深均有逐年變深之現象，此種現象在上游又更為明顯。此外，在剖面 4，5 可看出其陡降趨勢，此正是外傘頂洲沙嘴地區，浪，流首當其衝，地形亦較陡峭之故。

四、外傘頂洲漂沙量分析：

為瞭解本研究範圍內，沿岸各區域單位寬度漂沙量，乃依網格編號，由南向北計算本區各段海域之單位寬度漂沙量，並繪成分佈圖，如圖 6-14 與 6-15。其中圖 6-14 為 69 年對 56 年各區域漂沙分佈圖，圖 6-15 為 69 年對 52 年各區域漂沙分佈圖，此二圖之漂沙量分佈甚為相似，

除了網格座標14至20其值為正之外，座標1至13，21~31均為負值，而座標14至20正是外傘頂洲沙嘴部份，堆積現象如前所述，亦可參照圖6-5，同理漂沙量負值表示侵蝕，各區段侵蝕堆積數量如圖中所示，總體而言侵蝕量大於堆積量，再度證實本區為一侵蝕海域。

為進一步瞭解本研究範疇內各海域漂沙情況，及就網格座標上以黑線圈出擬研究之區域，再以計算機計算其漂沙量，在本研究中共圈出六個不同範圍大小之海域，如圖6-16所示，其漂沙量分別由-858.8 ~ -1356.6 m³/m-yr，其相關計算值如表6.1。

表 6.1 外傘頂洲各海域漂沙量計算表

	網 格 座 標		海岸長 (m)	漂沙量 (69 ~ 52年) m ³ /m-year	漂沙係數	備註
	x	y				
(1)	3 ~ 24	1 ~ 20	14250	- 858.8	2.992×10^{-3}	負 值 表 侵 蝕
(2)	4 ~ 23	2 ~ 15	9750	- 1045.1	3.641×10^{-3}	
(3)	1 ~ 24	1 ~ 31	22500	- 1164.3	4.057×10^{-3}	
(4)	4 ~ 23	2 ~ 8	4500	- 1356.6	4.727×10^{-3}	
(5)	4 ~ 23	1 ~ 12	8250	- 1263.3	4.402×10^{-3}	
(6)	1 ~ 24	6 ~ 9	2250	- 1323.5	4.611×10^{-3}	

柒、總波能與漂沙量之關係

綜合以上結果得知，布袋海域沿岸波能量為 287,000 ton-m/m-y_r，而漂沙量則隨各區略顯不同，介於 $0.9 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{m-y}_r$ 至 $1.4 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{m-y}_r$ 之間如表 6.1 所示。

表 1 中之漂沙係數根據下式而來：

$$Q_a = K \times E_a$$

其中： Q_a 表每年單位海岸寬度之漂沙量， $\text{m}^3/\text{m-y}_r$

E_a 表每年單位海岸寬度之沿岸波能量

此漂砂量與漂沙係數與侯和雄（1985,1987）所求得之漂沙量與漂沙係數 $K = 3.475 \times 10^3$ 甚為接近，顯示外傘頂洲海域年漂沙量單位寬度約 1300 m^3 左右。

捌、結論與建議

- 一、有關外傘頂洲上下游與沿岸布袋灣形海域內波浪衰及漂沙量等問題，在侯和雄等人（1983, 1984）之系列研究中，已有深入探討。本文係配合風速、風向及波浪諸實測資料算出當地全年沿岸波能量，並決定波能量與漂沙量關係式之係數 $K = 3.5 \times 10^{-8}$ ，此關係可供作當地推算沙量之依據，資料來源及結果均極寶貴，可供參考及比較之用。
- 二、本文所用由風速推算波高週期之模式，是一種簡便有效的預估風浪方法，可供海洋、海岸工程之運用或參考，惟須考慮在不同季節時不同風況之適用性。
- 三、海峽風浪進入布袋海域時受外傘頂洲影響，而使波浪繞射、轉向，尤其冬季自北部而來的NNE及N向皆轉為NNW方向，使海域內風浪呈單一波向，沿海灘擴散消耗，成為當地風浪特色，因此在推算波能量中，決定外海波向何時須特別注意。
- 四、本文算出之漂沙量係數K，可待日後進一步之印證，例如可與布袋新港每年航道挖泥量比較，再作更佳之修正。
- 五、布袋新港址處海床砂質極細，易為波浪啟動，宜在航道內作淺堤以保護海床，防止輸砂。
- 六、根據侯和雄（1980）對台中港海岸波浪之推算，當地每年波能量比本文計算布袋海域波能量高出許多，因為冬季東北季風為台灣海峽典型風象，故自北方而來的波浪能量最多最大，而外傘頂洲提供最佳遮蔽效果使布袋海域波能顯著降低。
- 七、漂沙方向依據波浪、海流，及粒徑分佈，土方變化趨勢可知在本

區域為由南向北。

八、漂沙量計算，將網路細分，以計算機計算本區漂沙量約為 1300 $\text{m}^3 / \text{m-y}_r$ 。

玖、謝誌

本計畫之完成承蒙運輸研究所之行政支援，研究助理廖泰璋之協助土方推算，本所同仁翁國和、林美霞與廖美容之協助外海採砂工作與現場勘察作業。

拾、參考文獻

1. 外傘頂洲海岸空間利用資源開發及布袋新港闢建規劃計畫。(侯和雄) [1985]
2. 修正 Bigger 輸沙率公式，以估算沿岸漂砂量之研究。(曾若玄、侯和雄、梁乃匡) [1979]。台大海洋所專利
3. 荷蘭 NEDECO 工程顧問公司對台灣地區環島航運發展計畫有關港埠規劃與設計評估。
4. Research of wave characteristics in Pu-Tai bay-SW coast of Taiwan R.O.C. (侯和雄) [1984]
5. Research of littoral transport along the upstveam and downstream coast of Wai-San-Ding sand barrier (侯和雄、廖泰璋、王宗州) [1984.]。
6. 台灣海峽風浪特性之研究。(侯和雄、劉正忠) [1982]。
7. Relationship between alongshore wave energy and littoral drift in the Mid-West coast at Taiwan (侯和雄) [1980]。
8. Research on the wave decaying and refraction of the Pu-Tai new Port. (曾哲茂、翁國和、侯和雄) [1983]。
9. Research of the development of wai-San-Ding Sand barrier S-W coast of Taiwan. (侯和雄、王宗州、廖泰璋) [1984]。
10. Research on the wave decaying and littoral transport of Pu-Tai new port. (侯和雄、曾哲茂、翁國和、王宗州) [1984]。
11. 嘉義縣布袋港——金門縣子威港通航計畫。(嘉義縣政府)

12. Heuristic method of sand transport in the surf zone. (R.G. Deam)
[1972]
13. 外傘頂洲地形變遷之研究 (林銘崇) (1985) 海洋學院河工專刊。
14. 布袋港址波浪分析與漂砂量研究 (侯和雄) (1985) (台大造船所)。
15. Analytical Research of Littoral Transport Rate and Wave Energy Along the Putair Harbor Site (T.J. Wang, C.S. Lin, H-S Hou)
(1987), 20th ICCE.
16. Research of Lillaral Transport Rate and Wave Eneray Analyses of the Bay Tnside the Wai-San-Ding Barrier of the Taiwan Strait, R.O.C. Ho-Shong Hou (1987) Coastal Hydrodyaniecs June 29-July 1, 1987.

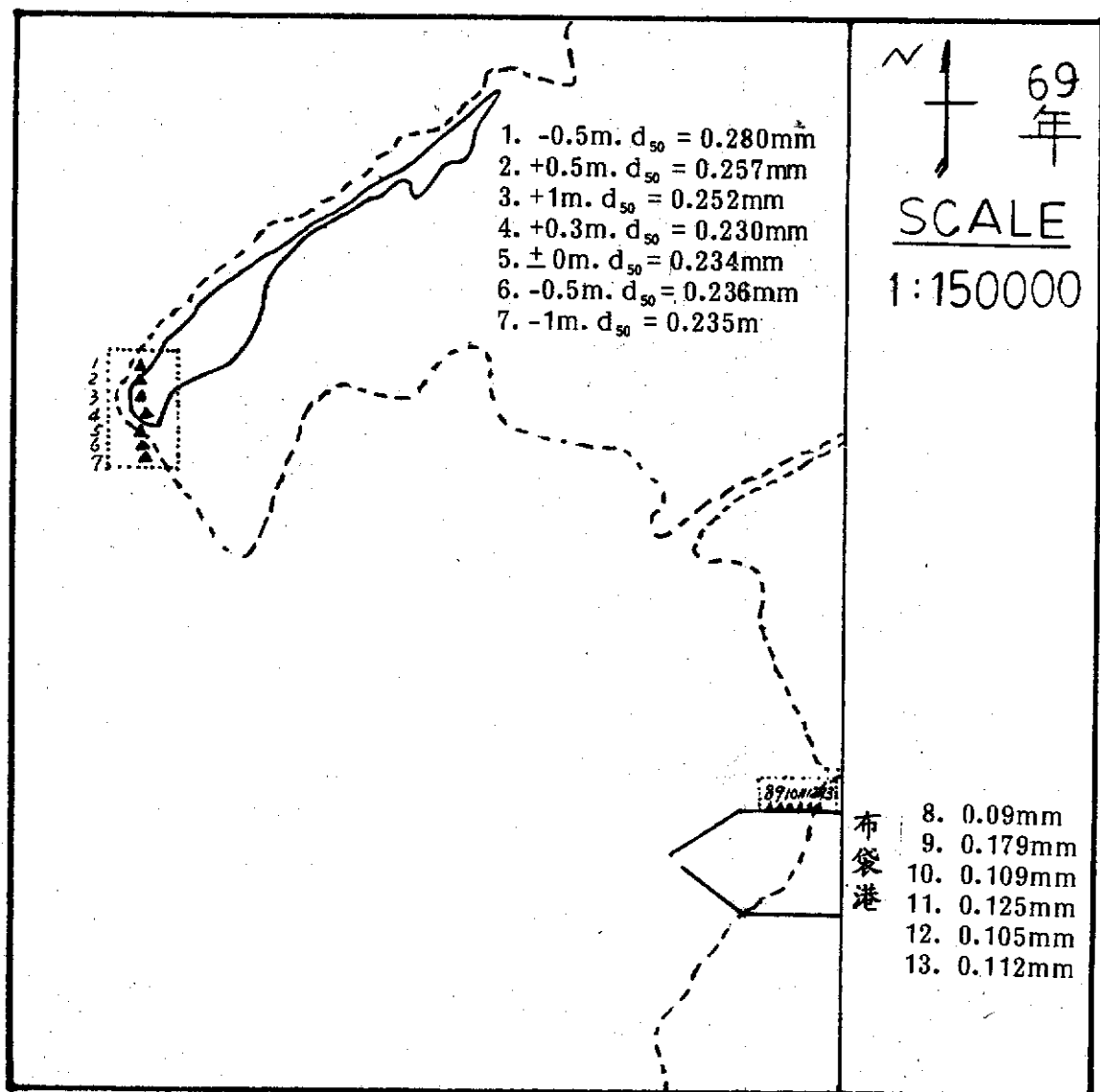


圖 6.1 採樣點位置與中值粒徑 (d_{50}) 示意圖

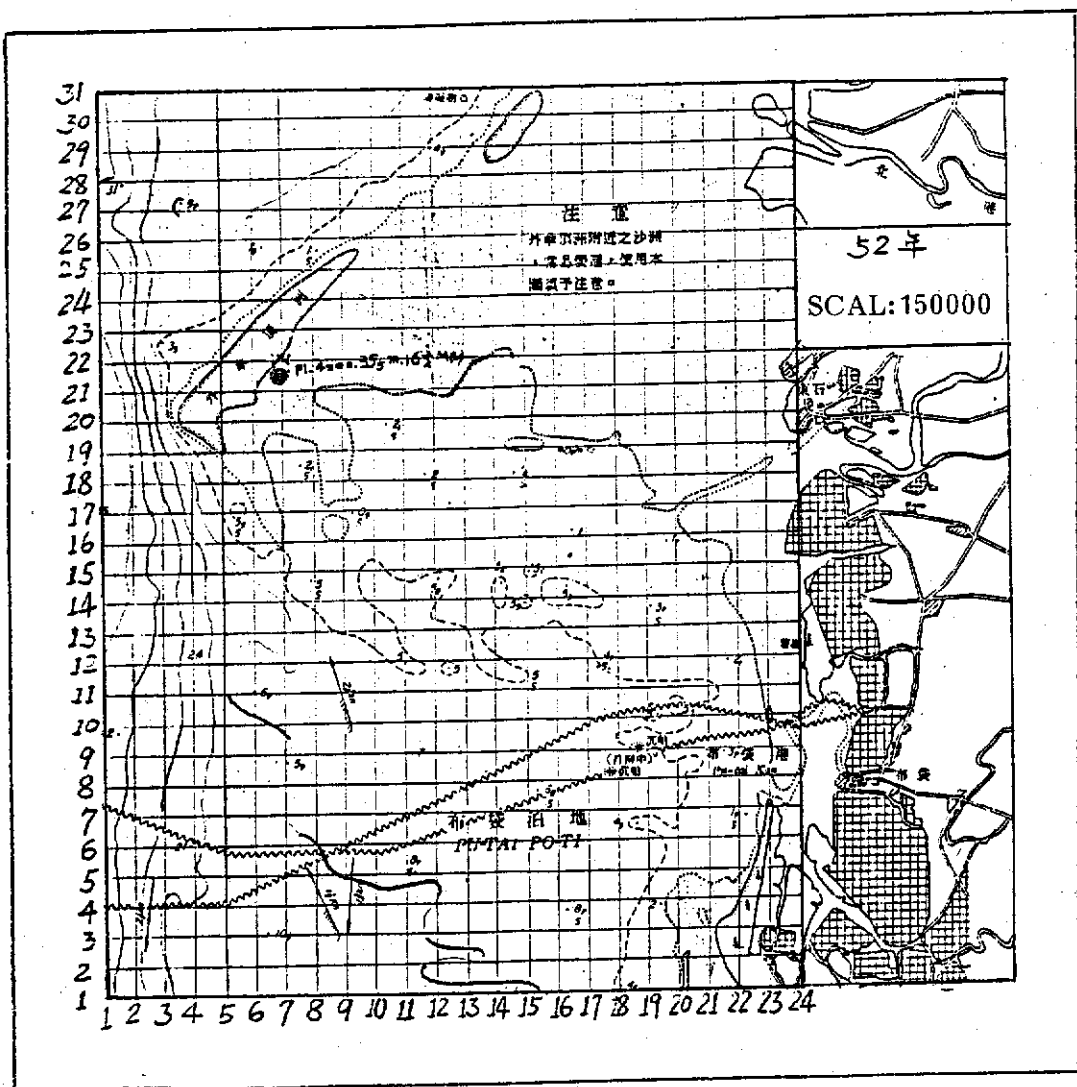


圖 6.2 外傘頂洲 52 年網路示意圖

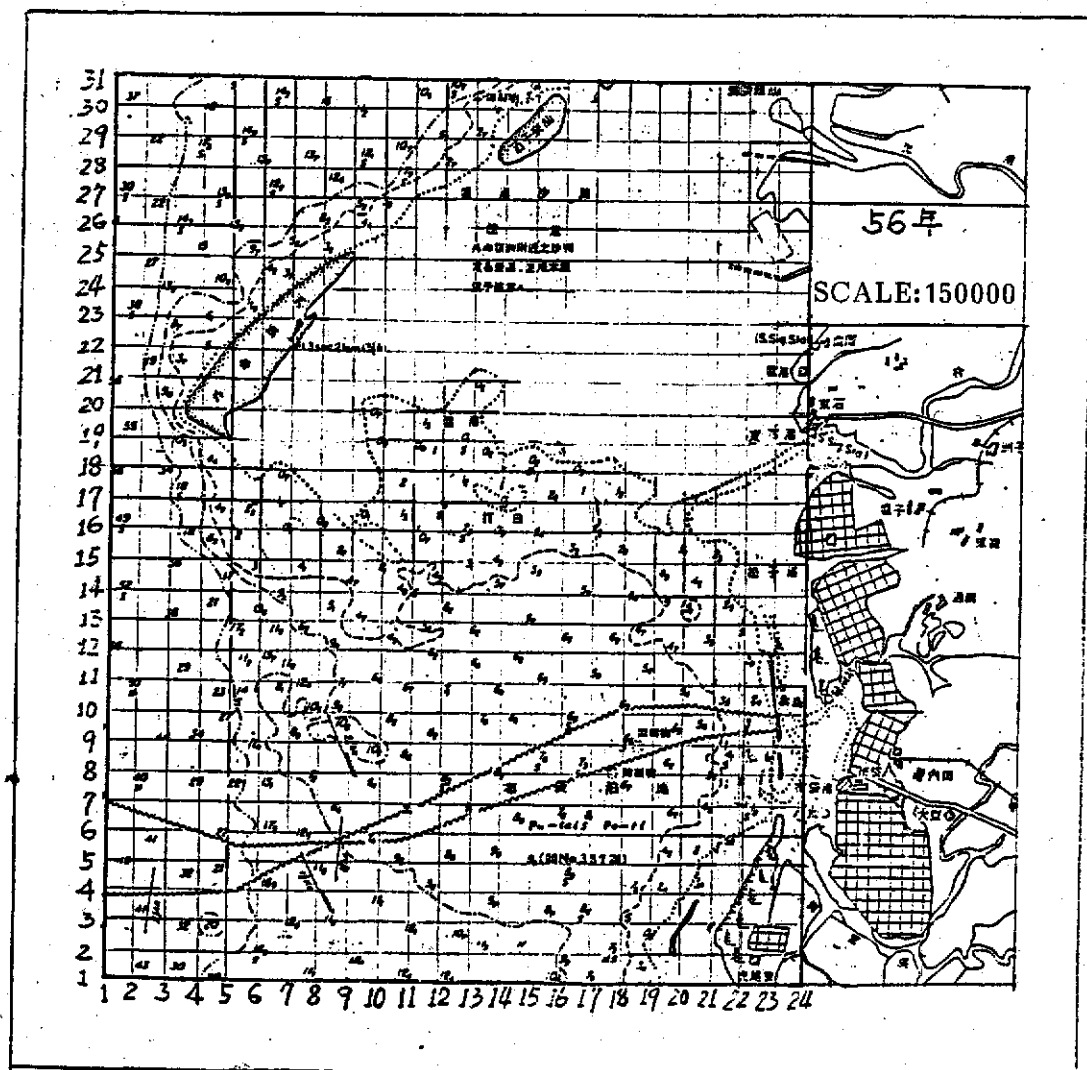


圖 6.3 外傘頂洲 56 年網路示意圖

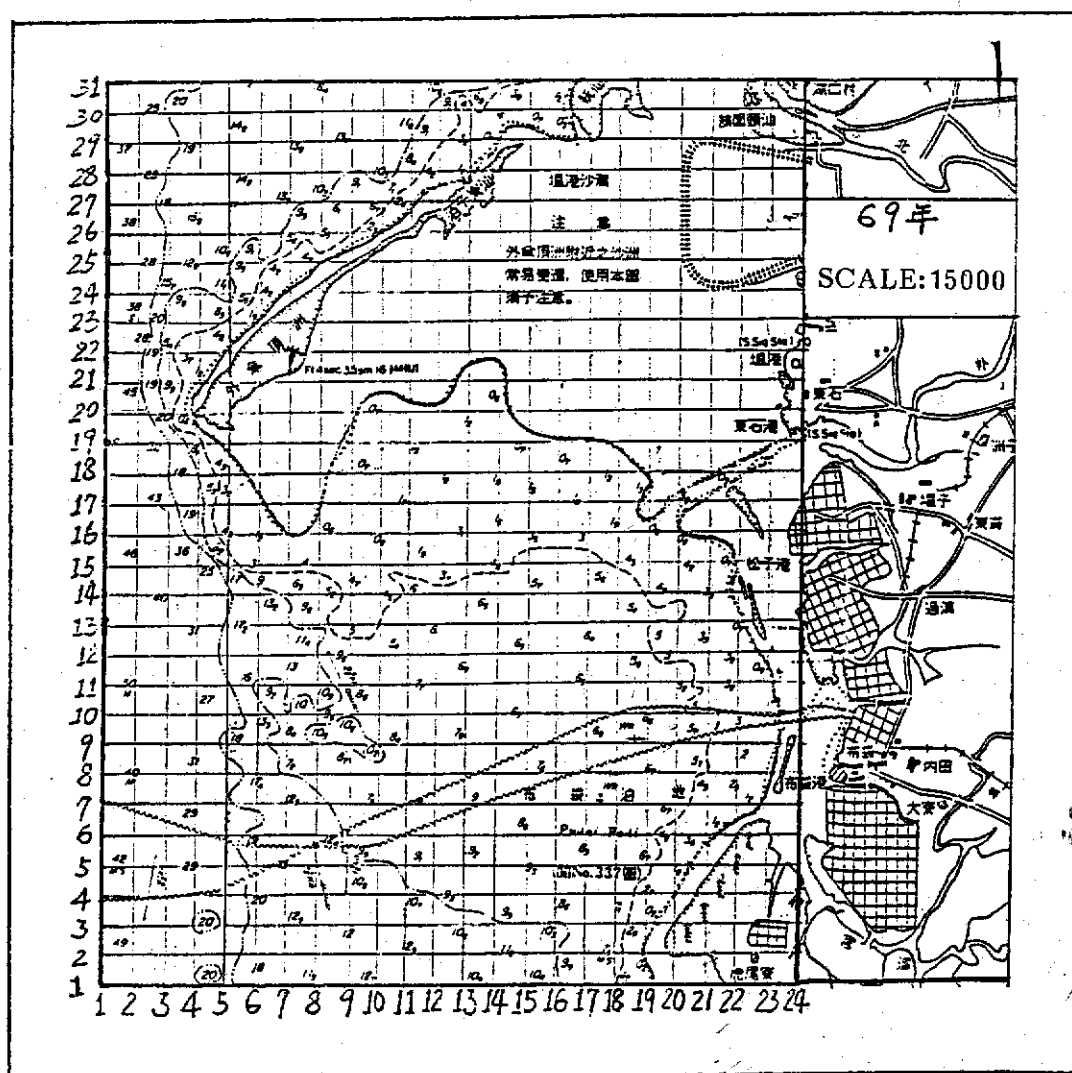


圖 6.4 外傘頂洲 69 年網格示意圖

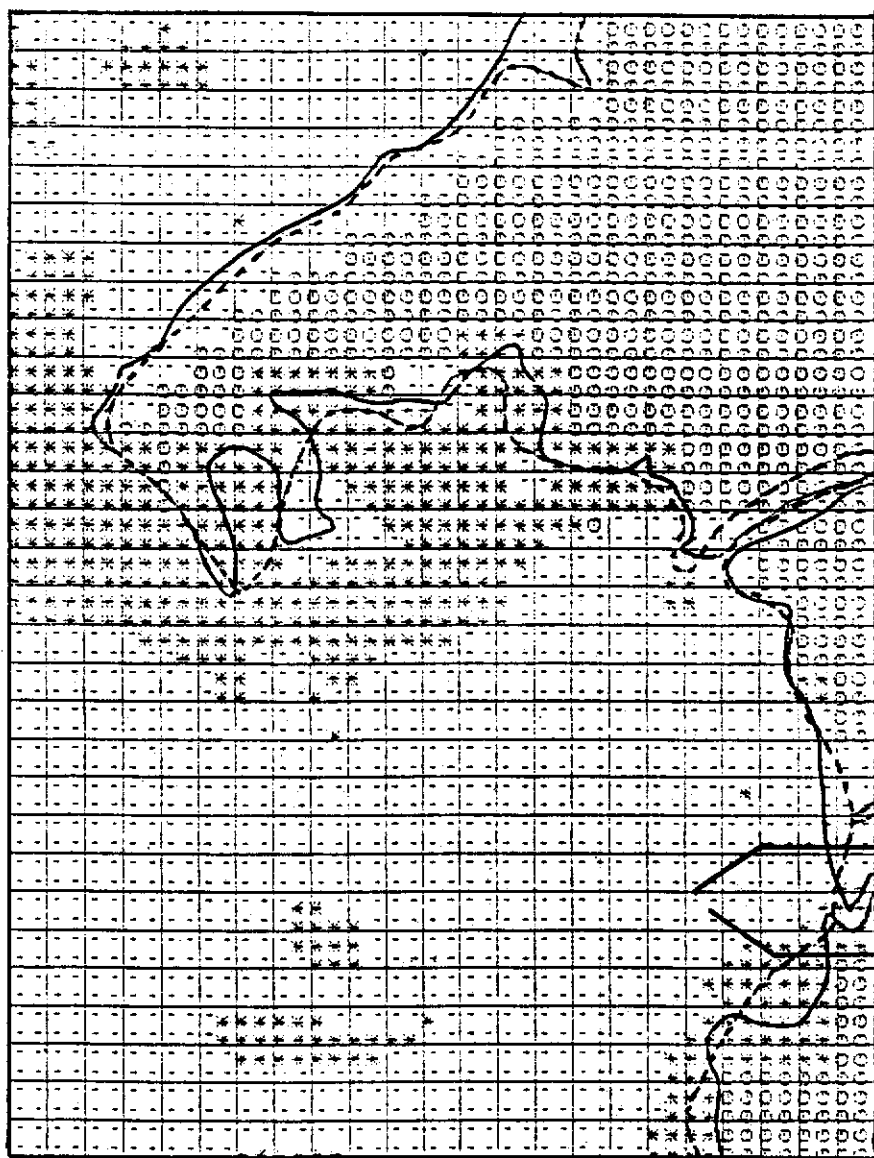


圖 6.5 外傘頂洲侵淤示意圖

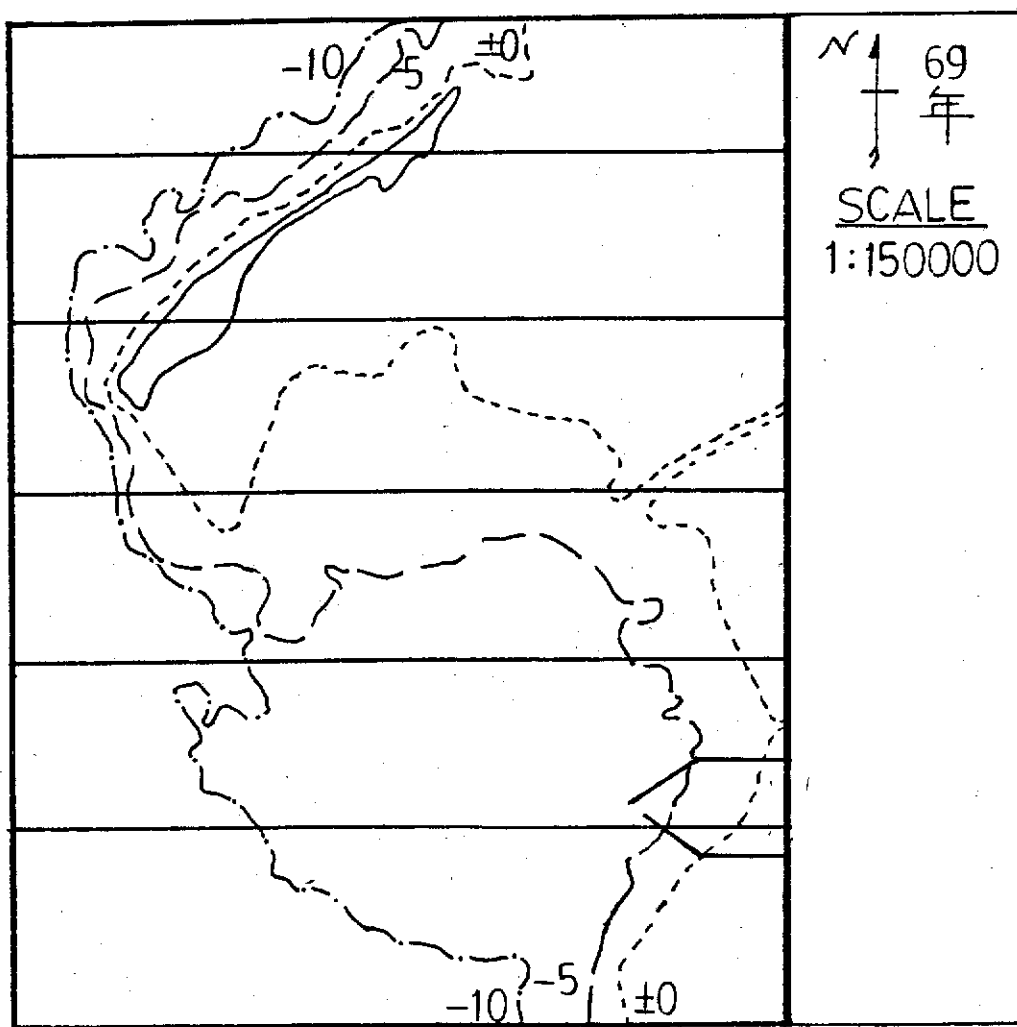


圖 6.6 外傘頂洲離岸剖面位置圖

PROFILE LINE No. : 1

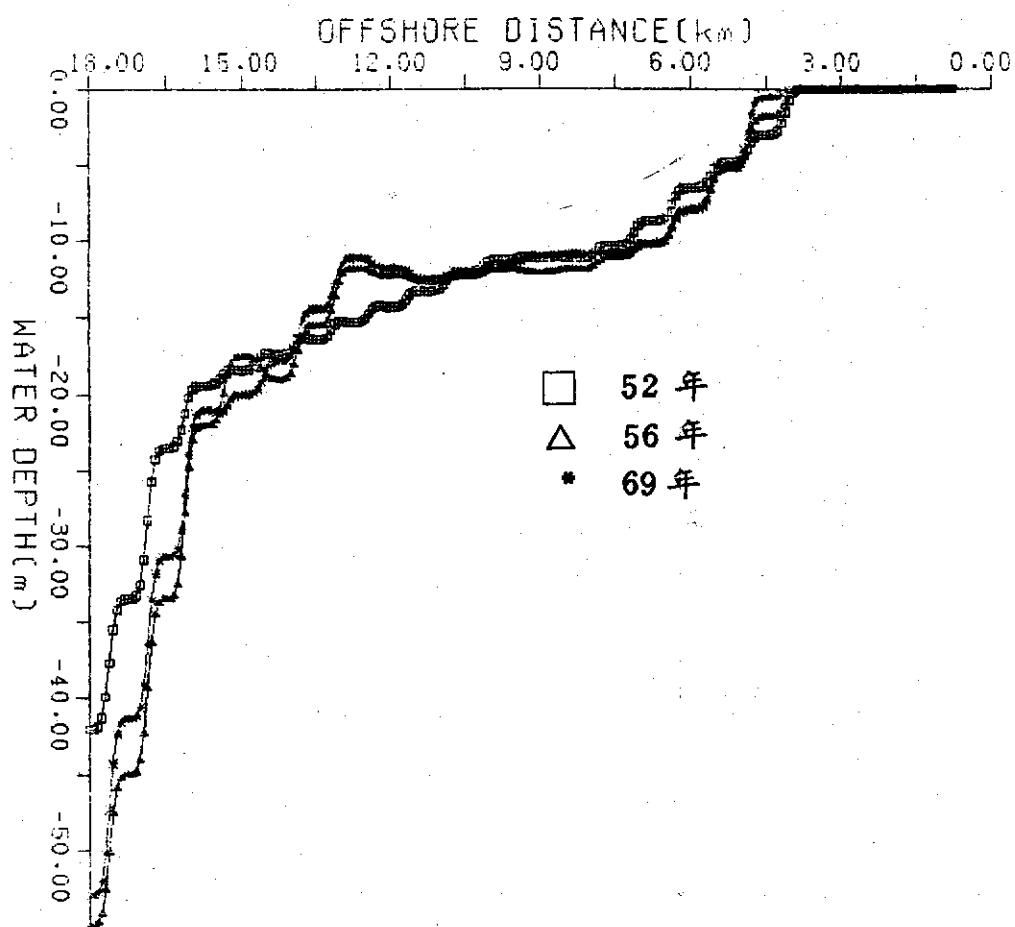


圖 6.7 第一剖面水深變化圖

PROFILE LINE No. : 2

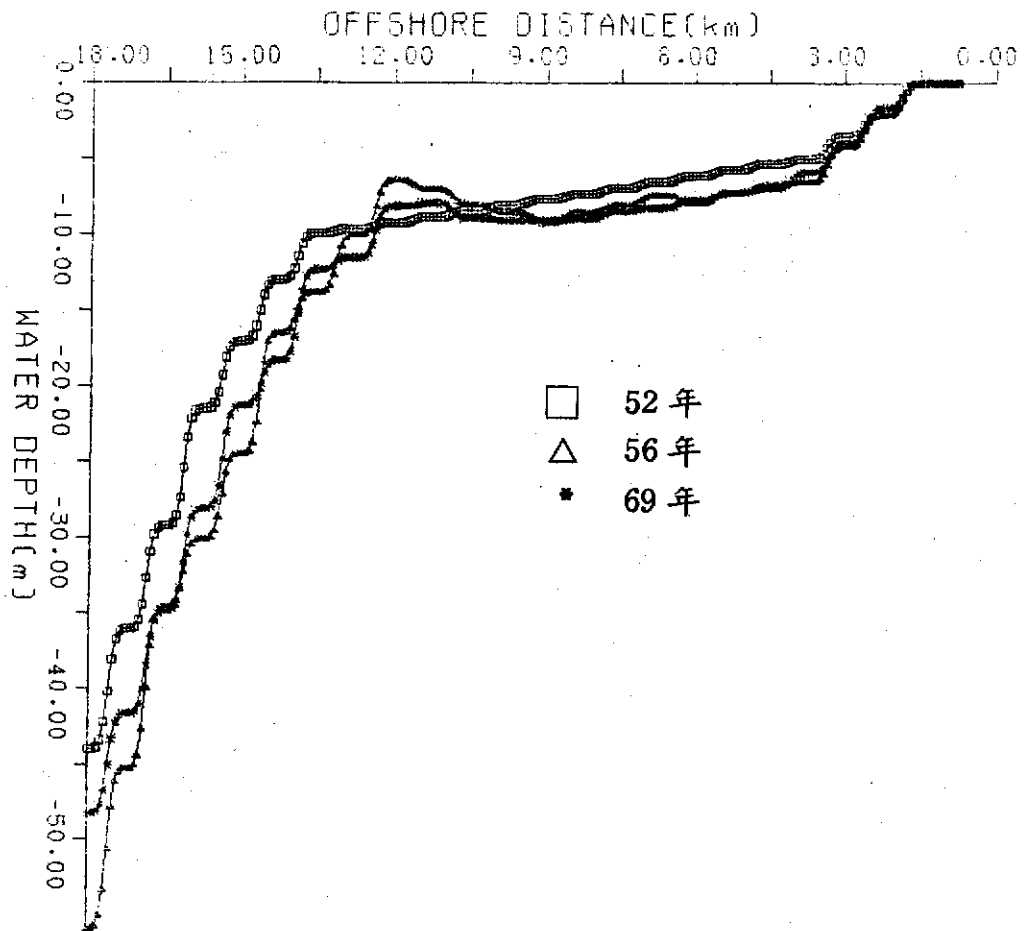


圖 6.8 第二剖面水深變化圖

PROFILE LINE No. : 3

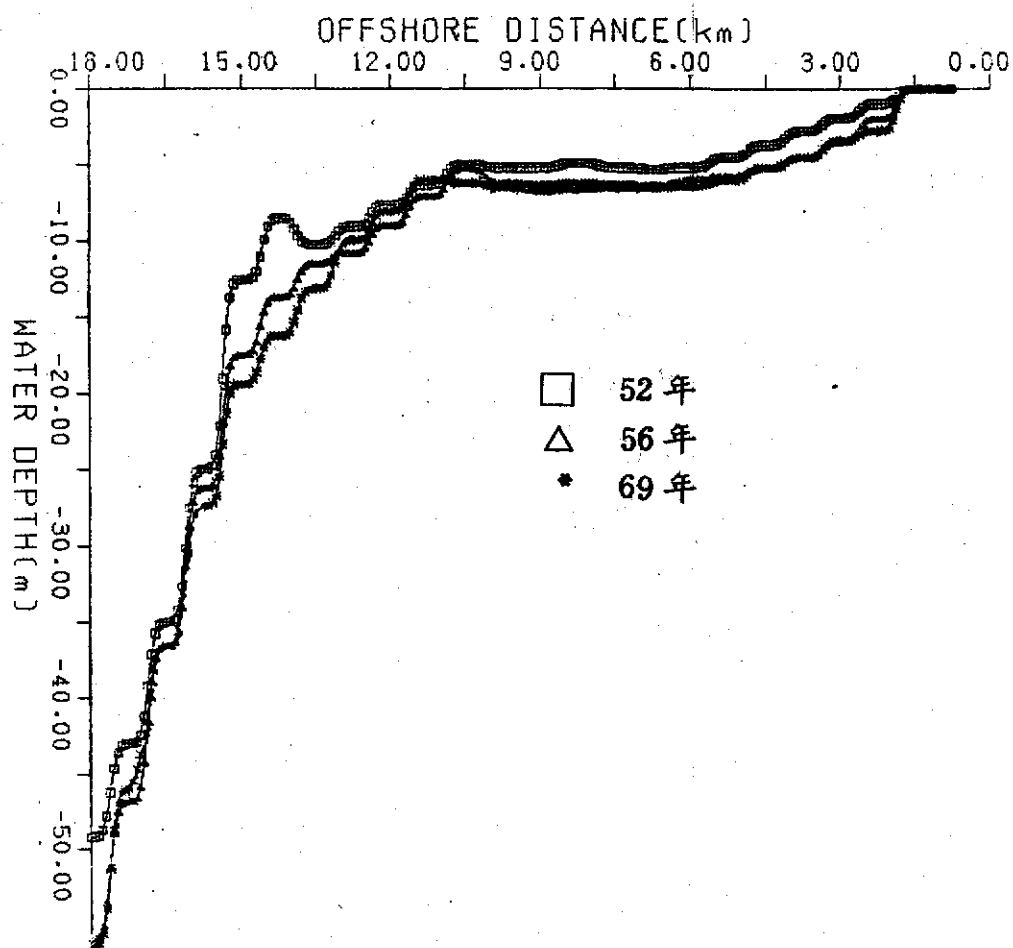


圖 6.9 第三剖面水深變化圖

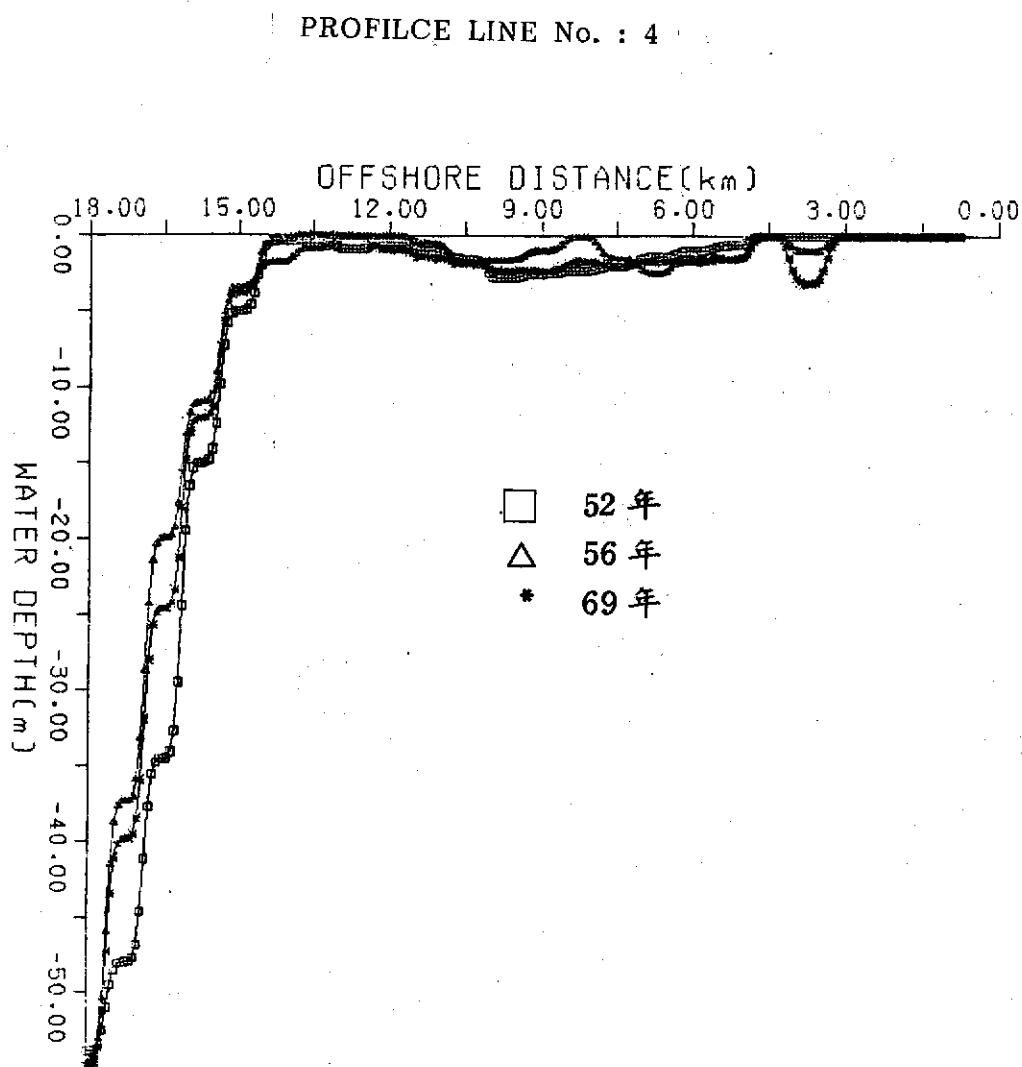


圖 6. 10 第四剖面水深變化圖

PROFILE LINE No. : 5

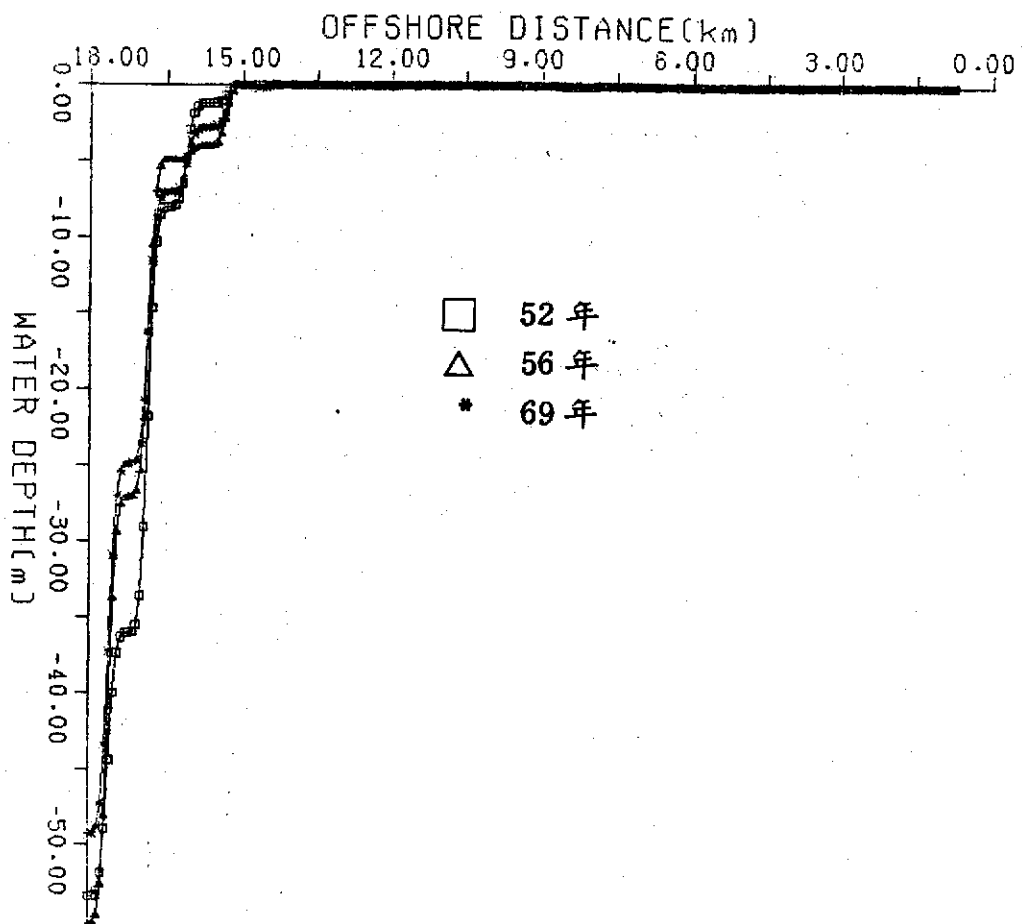


圖 6.11 第五剖面水深變化圖

PROFILE LINE No. : 6

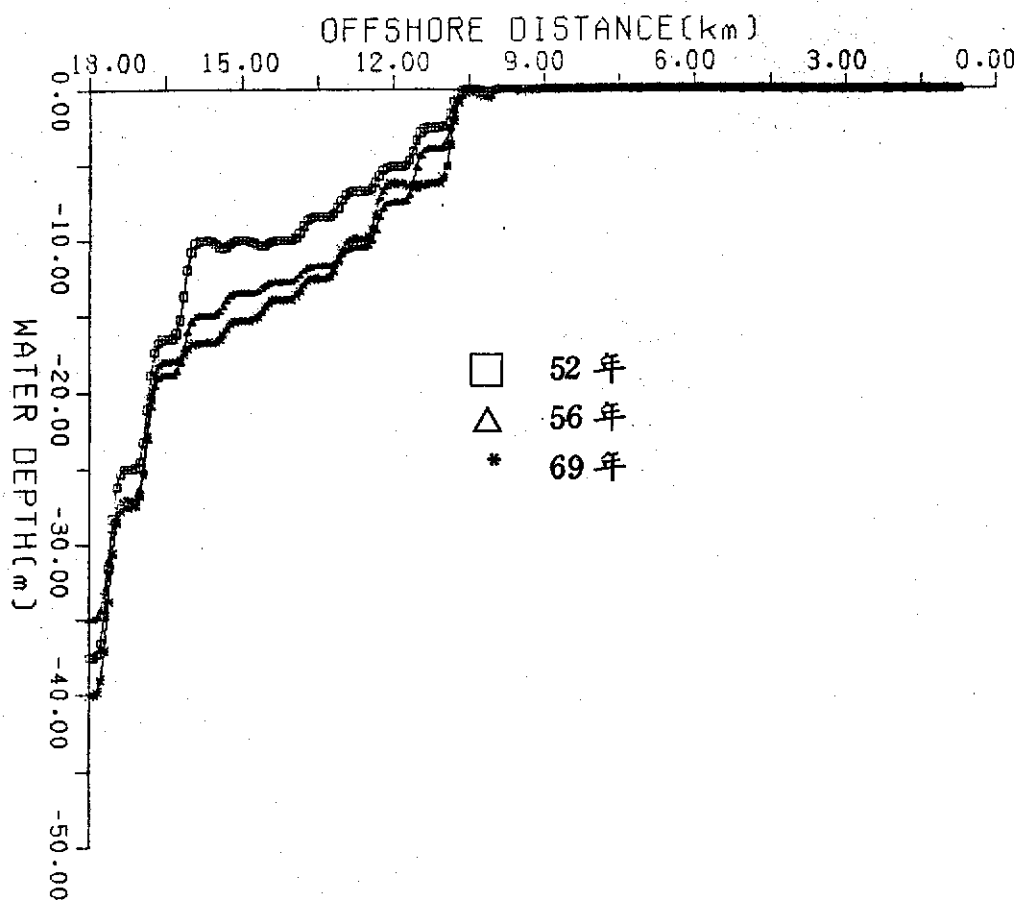


圖 6.12 第六剖面水深變化圖

PROFILE LINE No. : 7

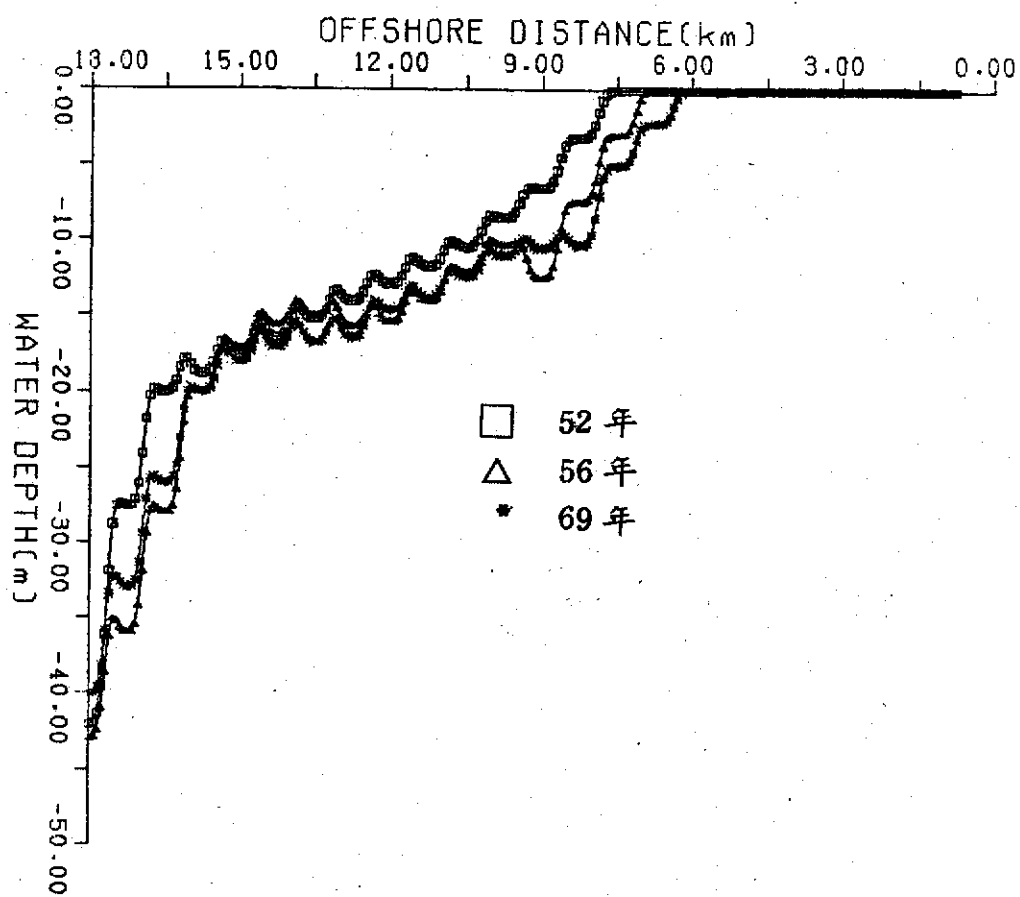


圖 6.13 第七剖面水深變化圖

THE TOTAL AVERAGE = -8437.50 M**3/M

69-56

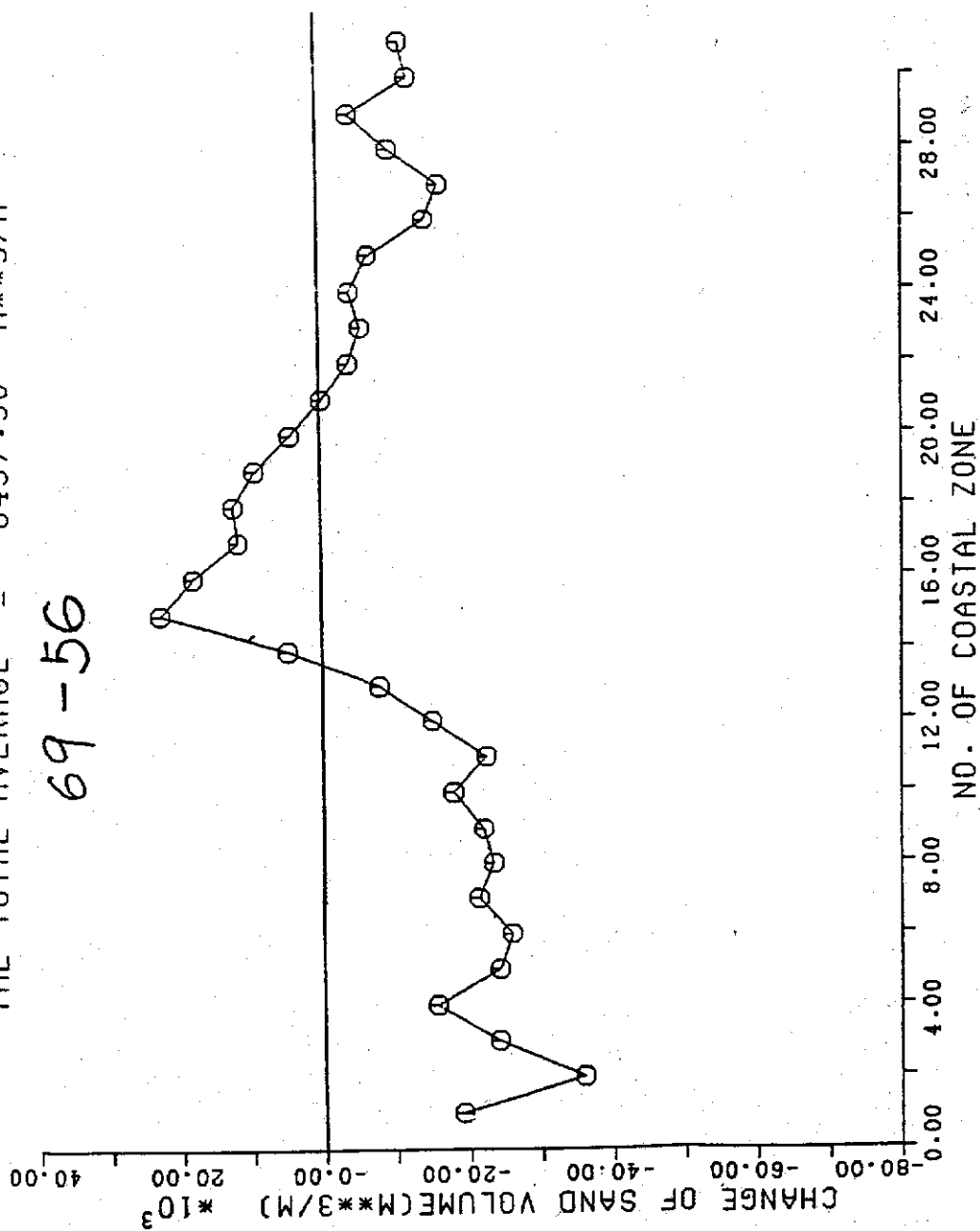


圖 6.14 外傘頂洲各區域單位寬度漂砂量

THE TOTAL AVERAGE = -12193.55 M**3/M

69-52

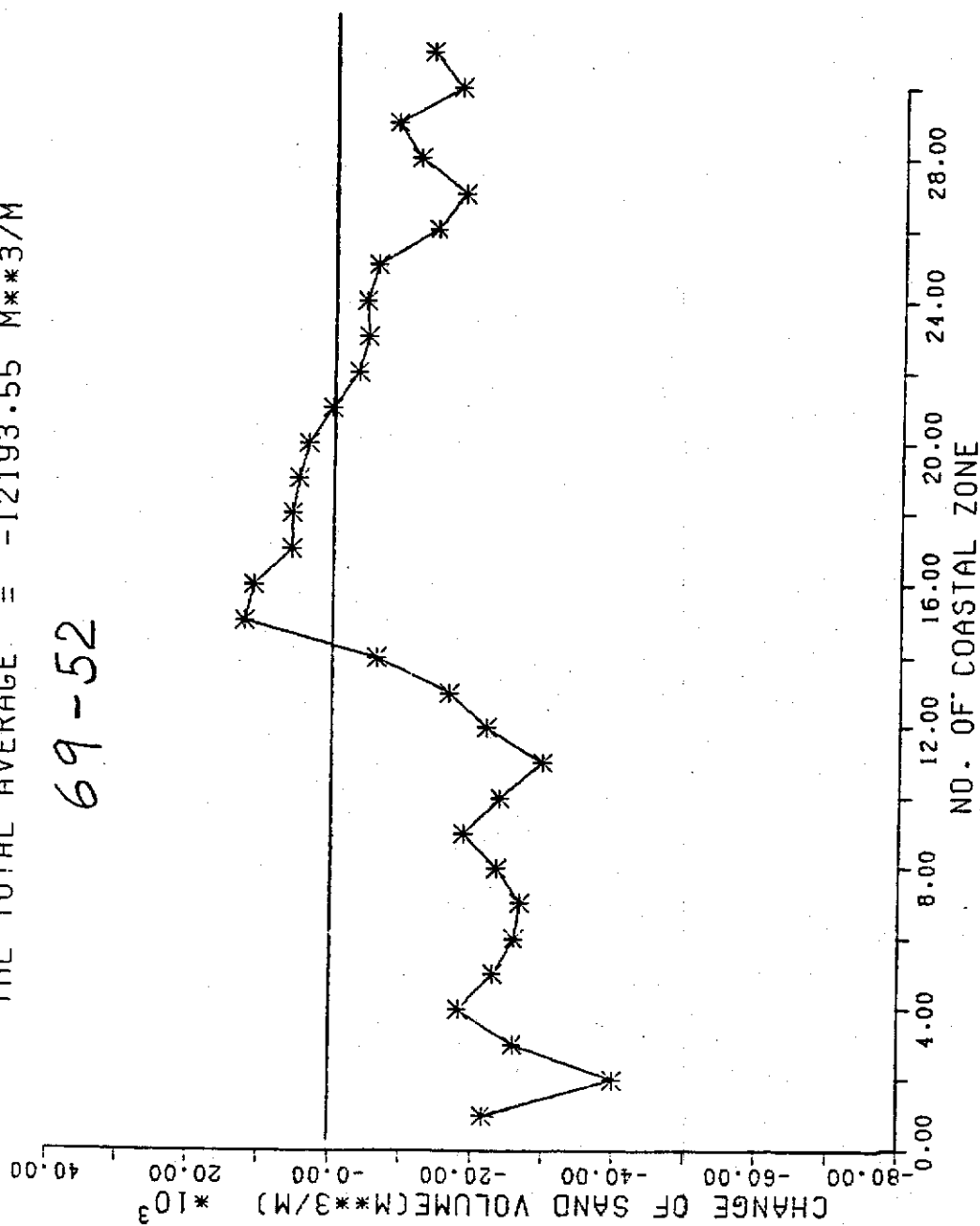


圖 6.15 外傘頂洲各區域單位寬度漂砂量

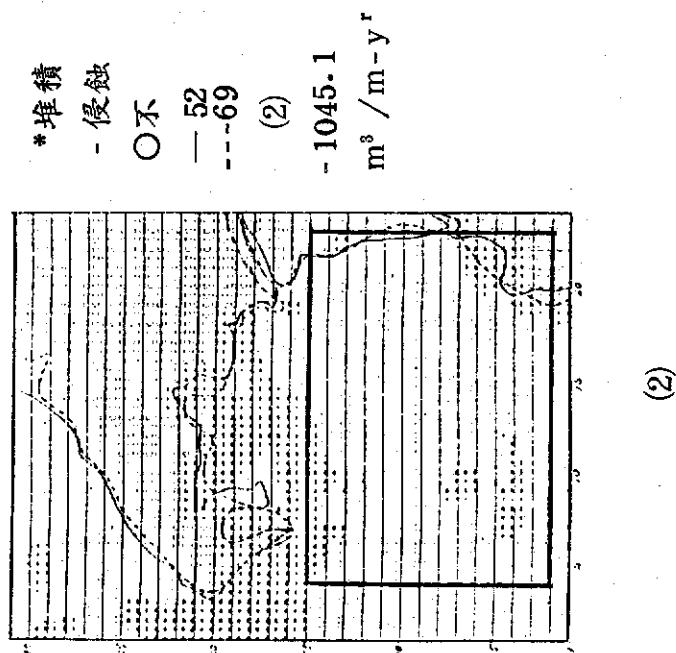
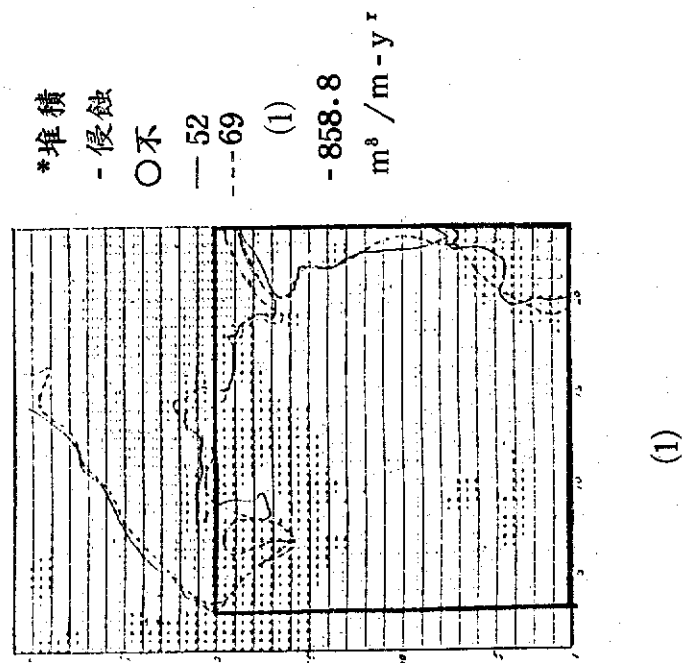
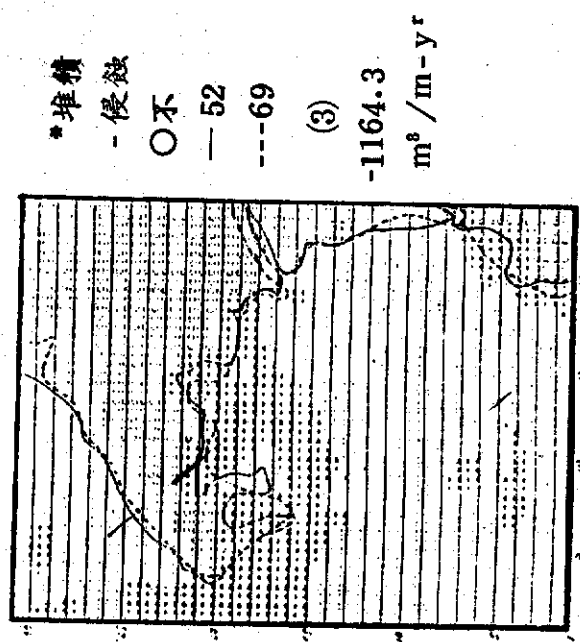
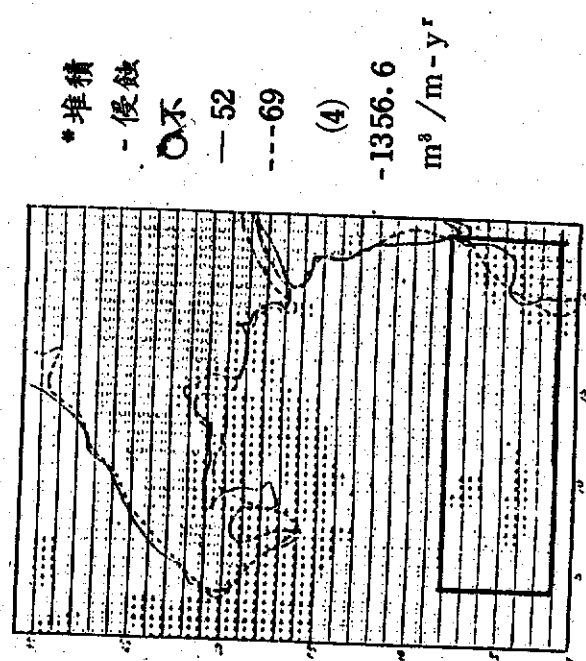


圖 6.16 外傘頂洲漂砂研究各海域示意圖

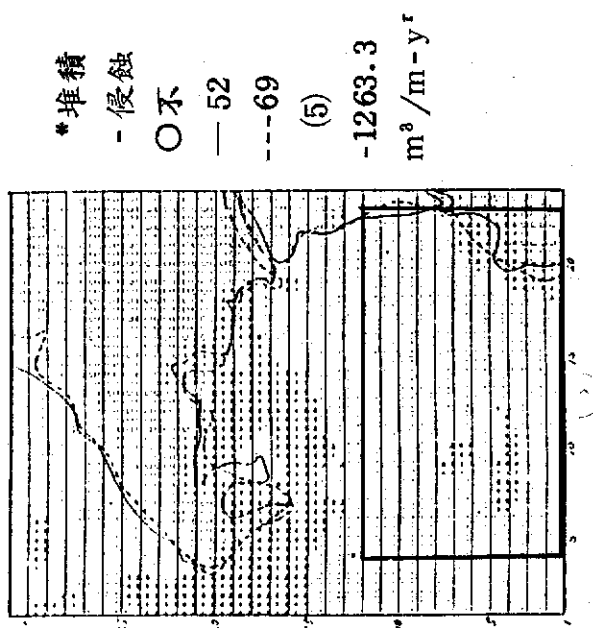


(3)

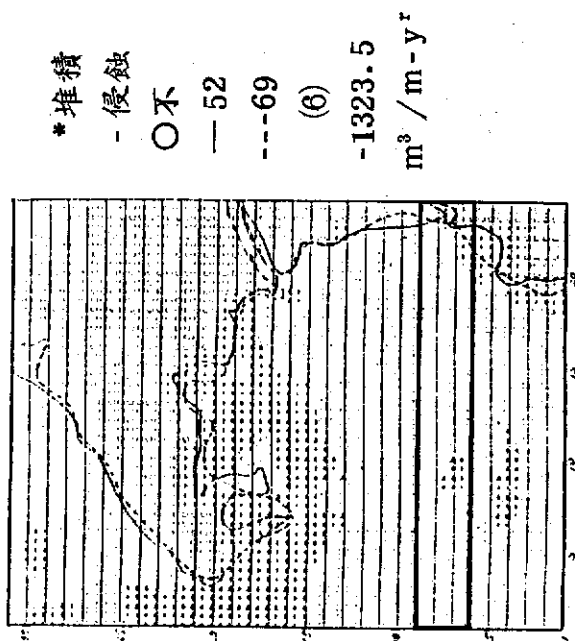


(4)

圖 6.16 外傘頂洲漂砂研究各海域示意圖 (續)

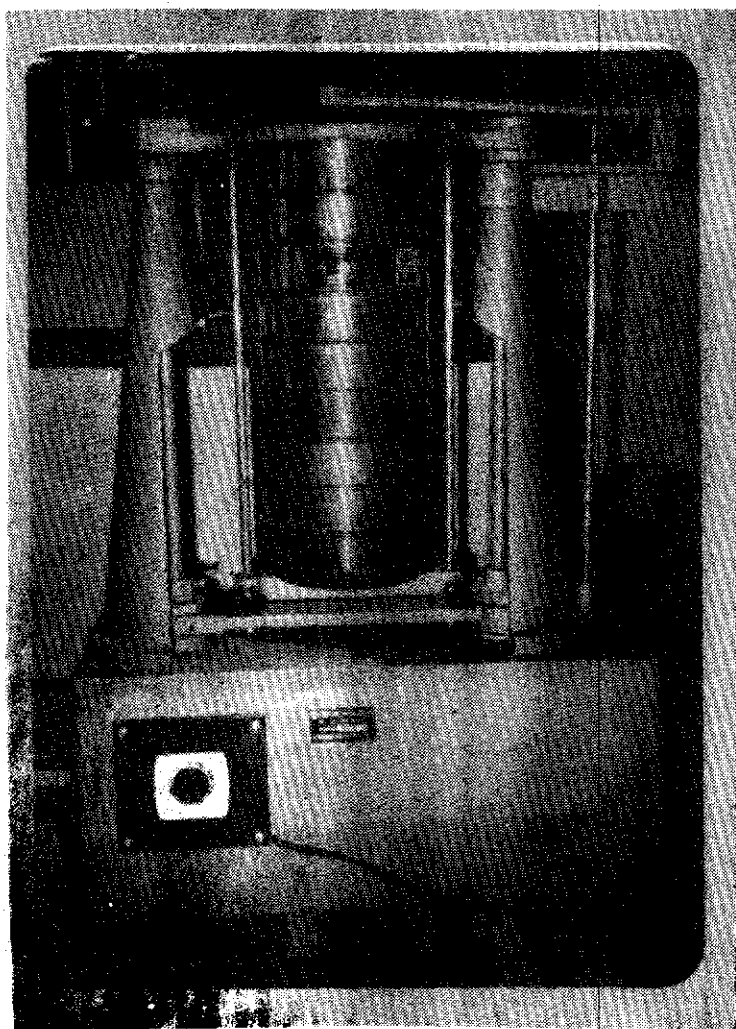


(5)

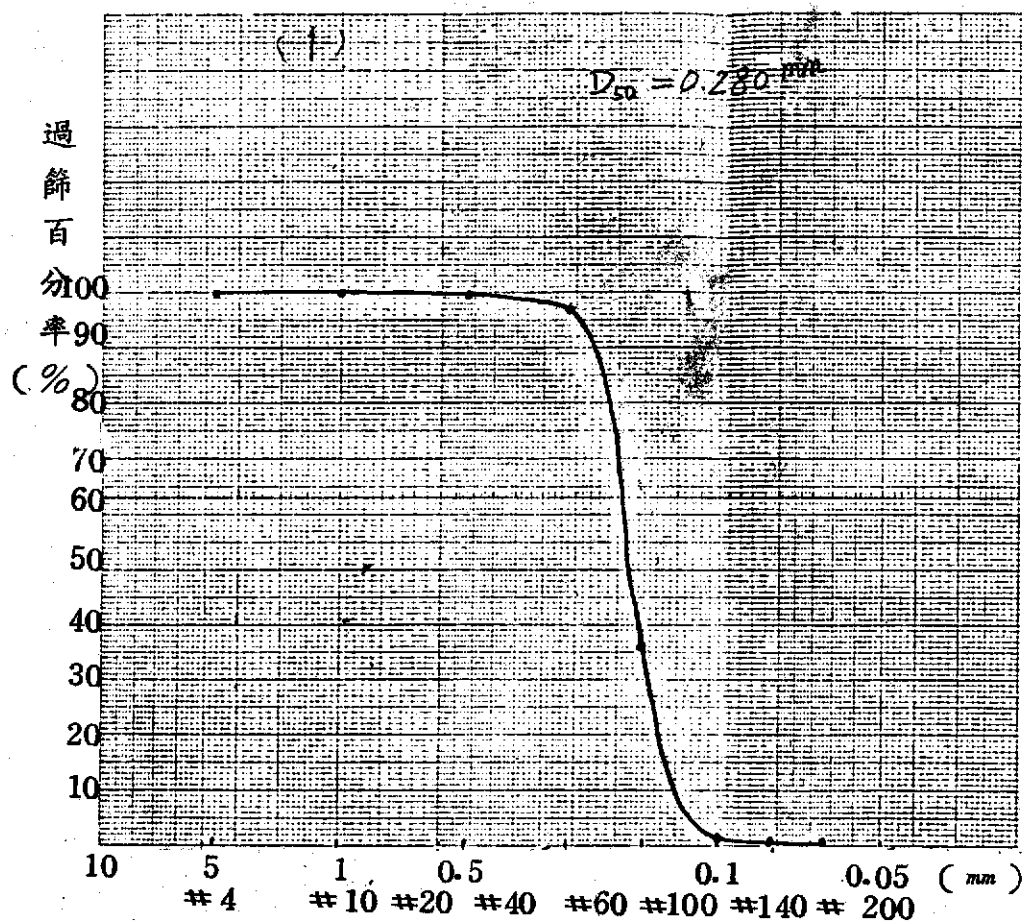


(6)

圖 6.16 外傘頂洲漂砂研究各海域示意圖 (續)



相片1. 沙樣分析搖篩機



附錄 圖 1

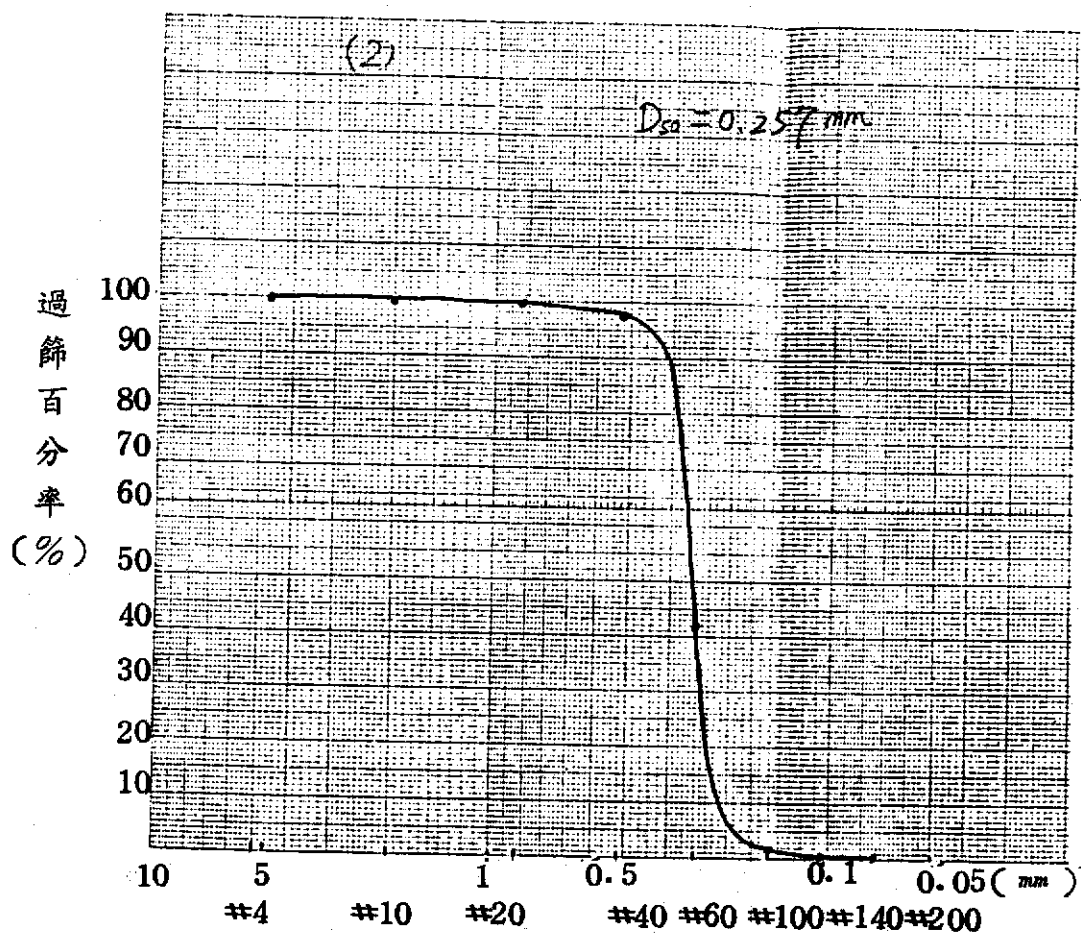


圖 2

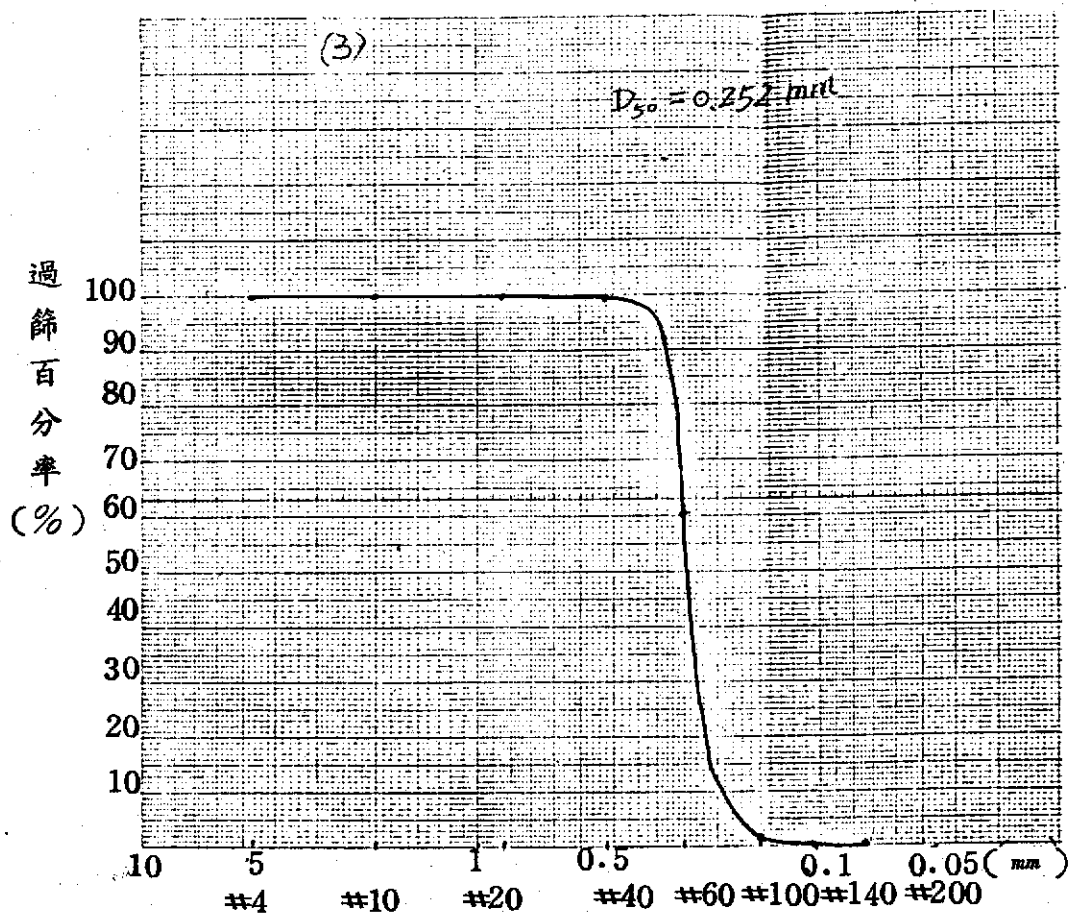


圖 3

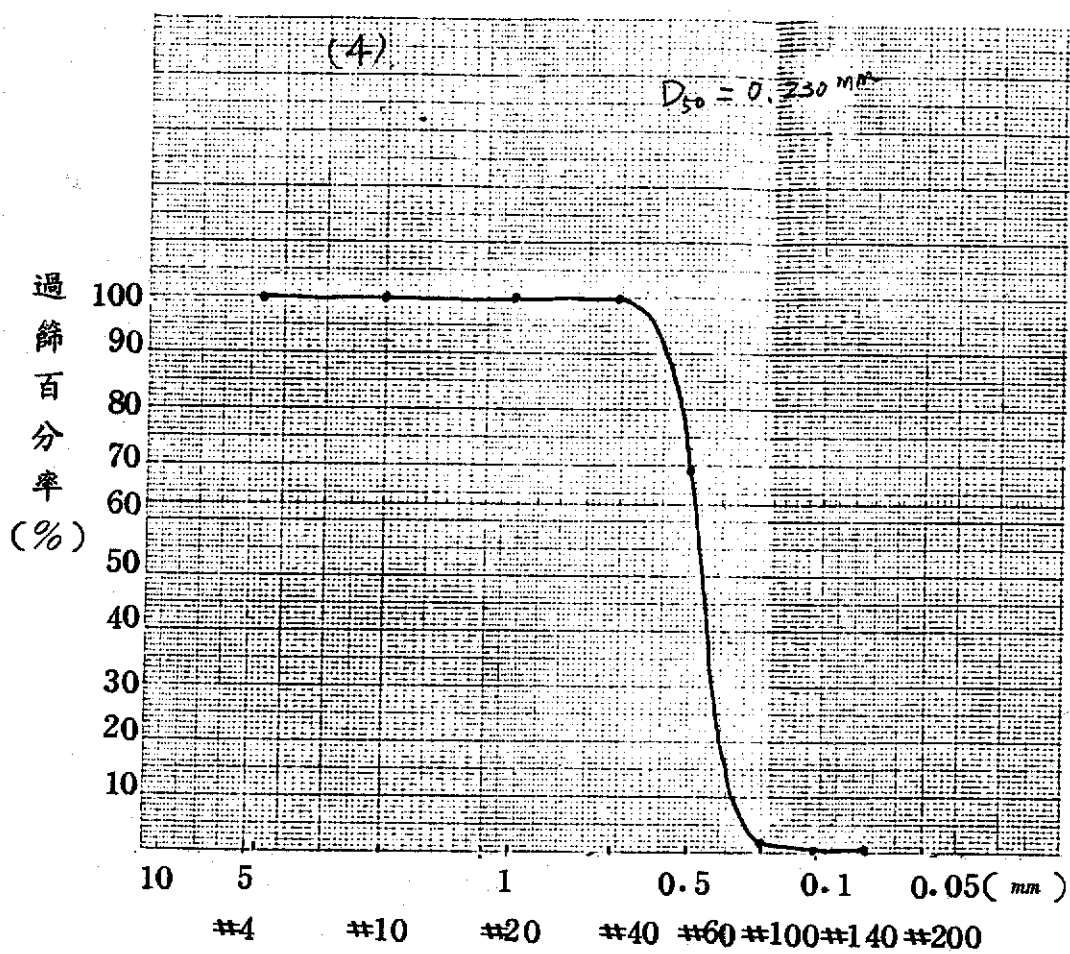


圖 4

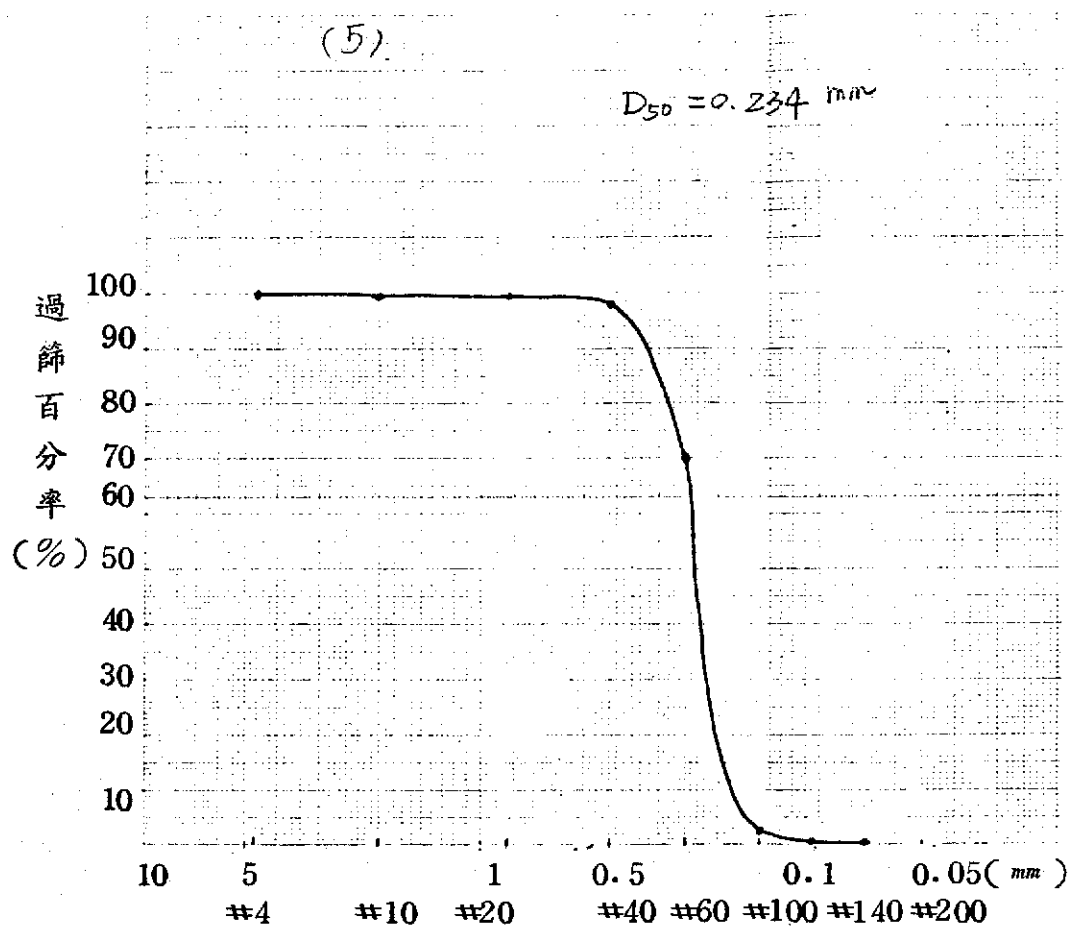


圖 5

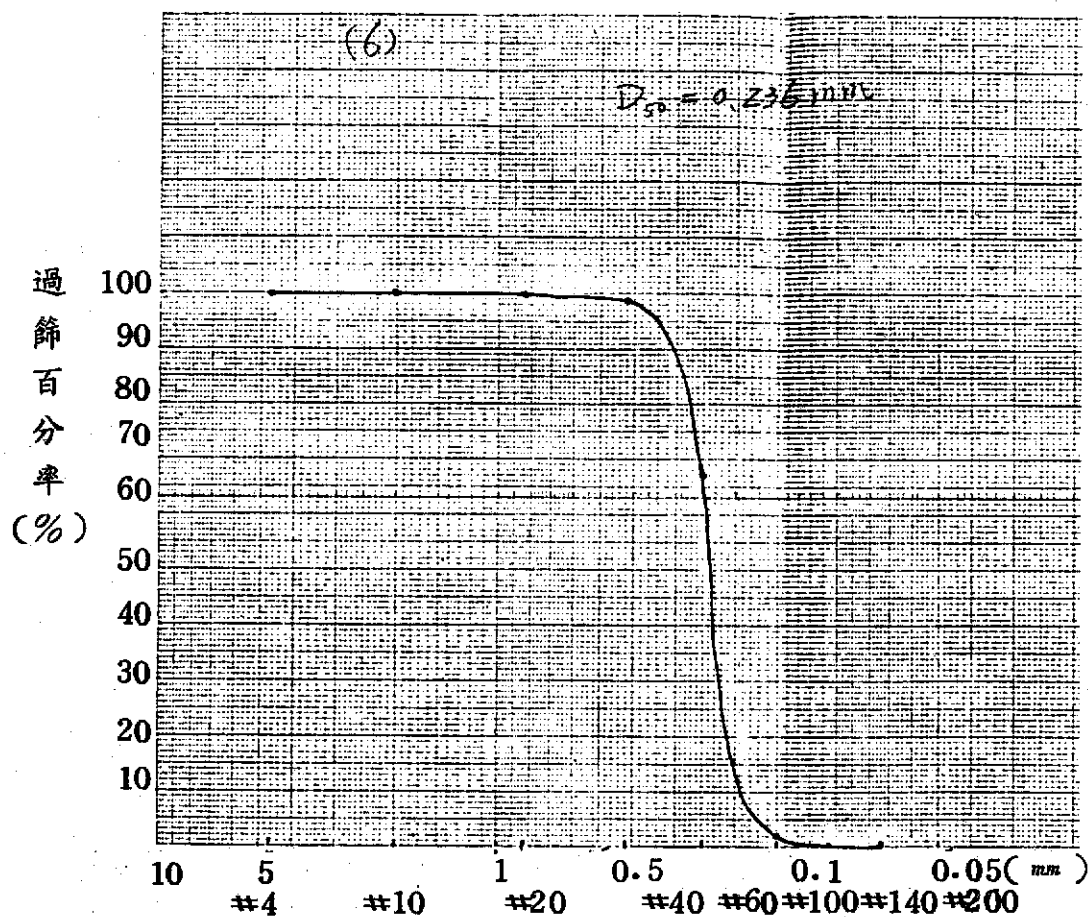


圖 6

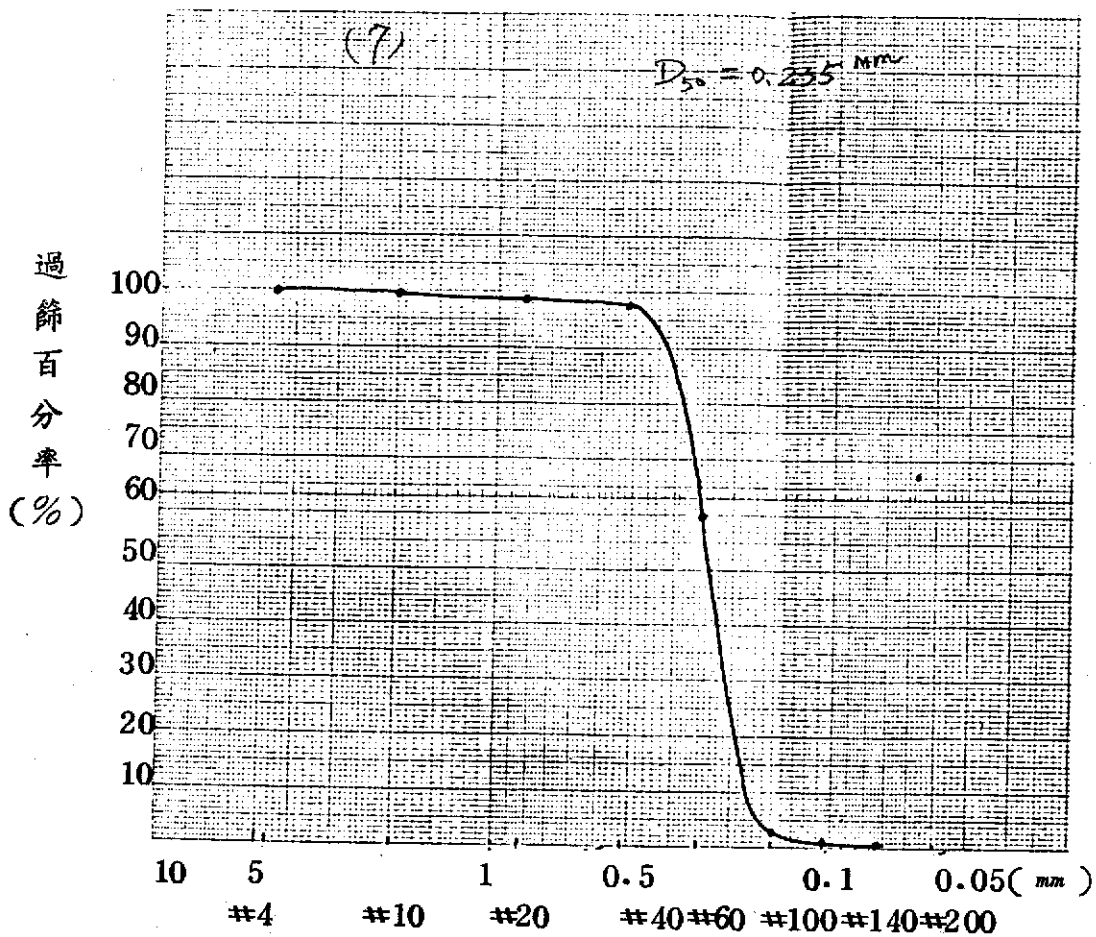


圖 7

過篩百分率
(%)

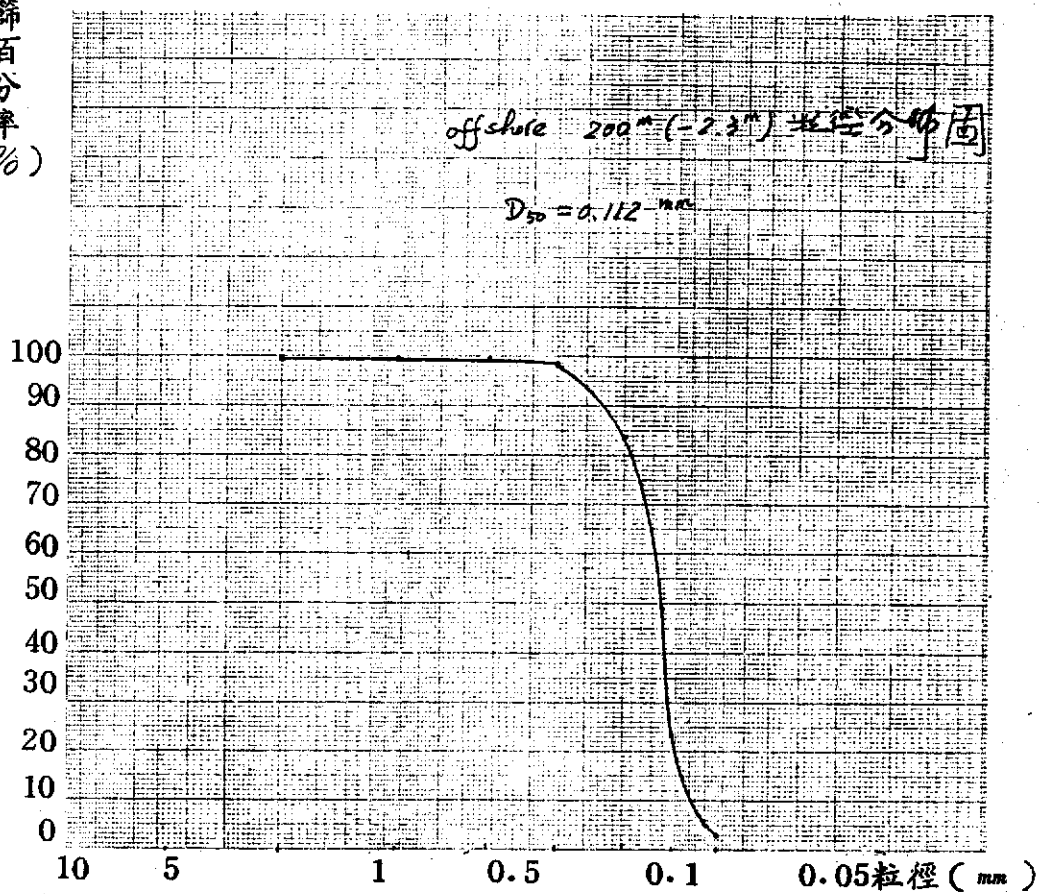


圖 8 距岸 200 公尺 (-2.3^M) 之砂粒徑分佈圖

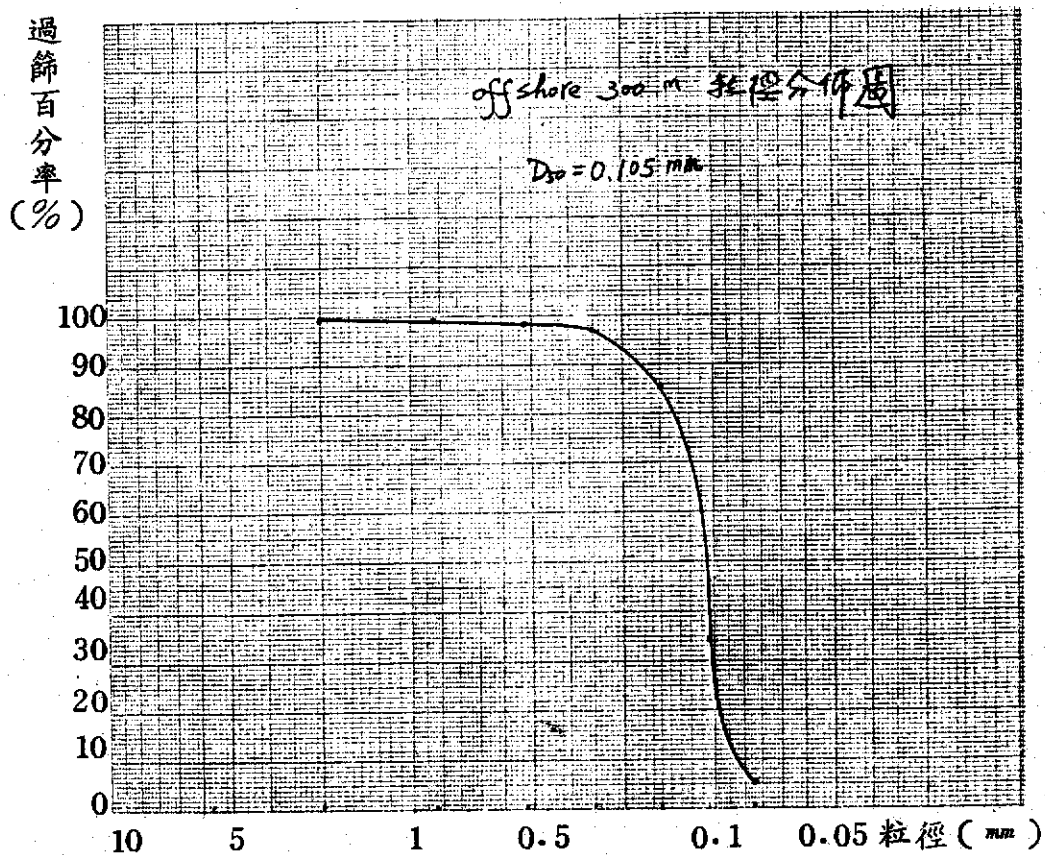


圖 9 距岸 300 公尺之砂粒分佈圖

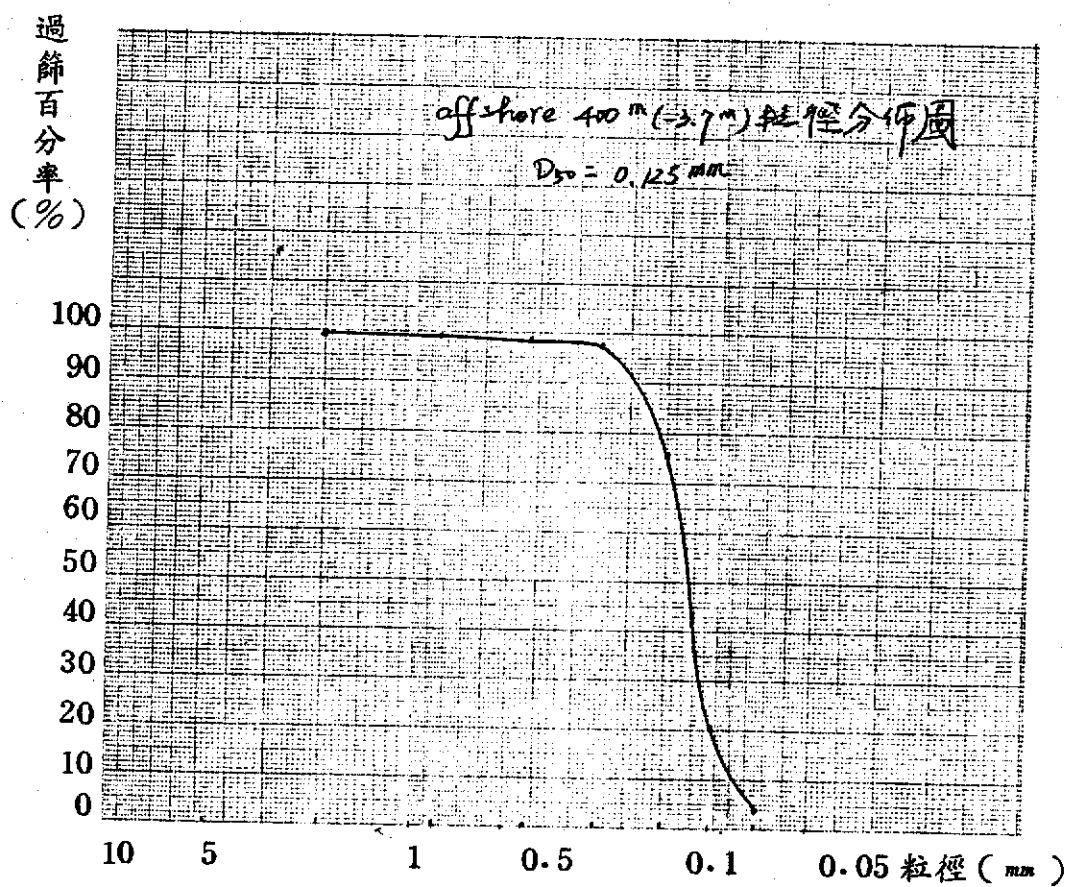


圖 10 距岸 400 公尺 (-3.7^M) 之砂粒徑分佈圖

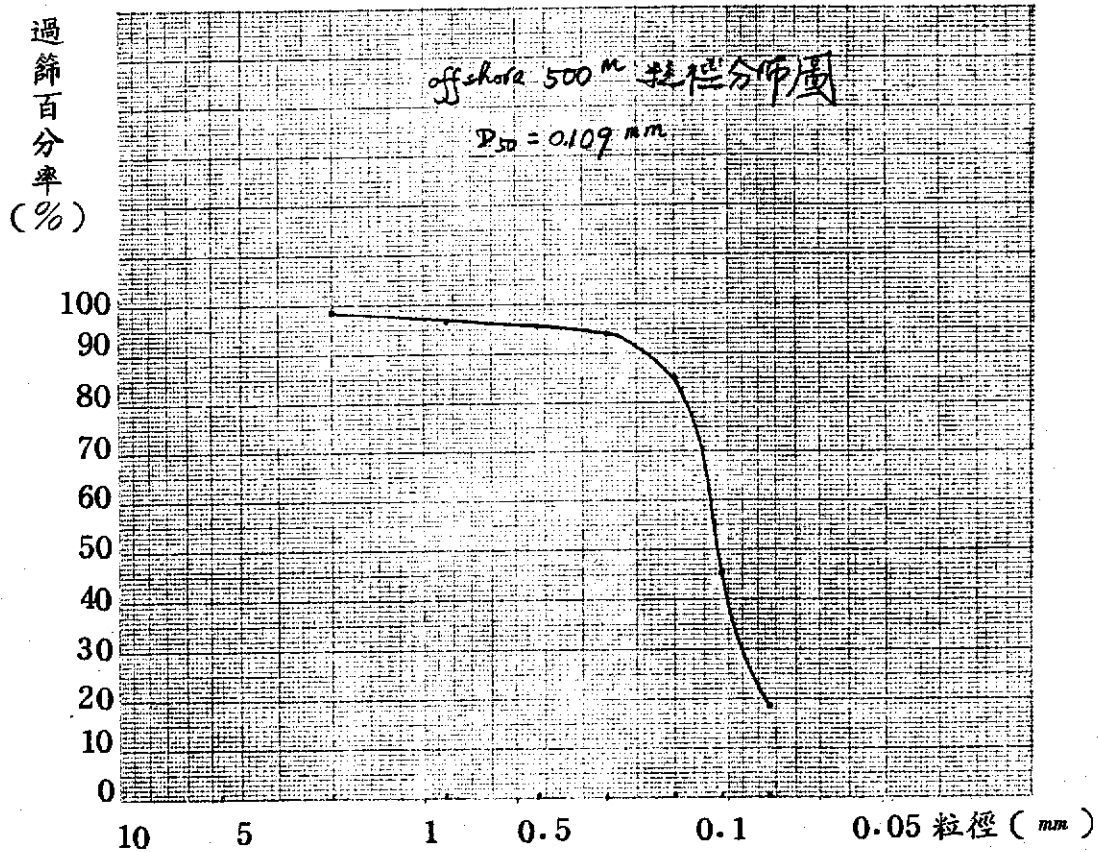


圖 11 距岸 500 公尺之砂粒徑分佈圖

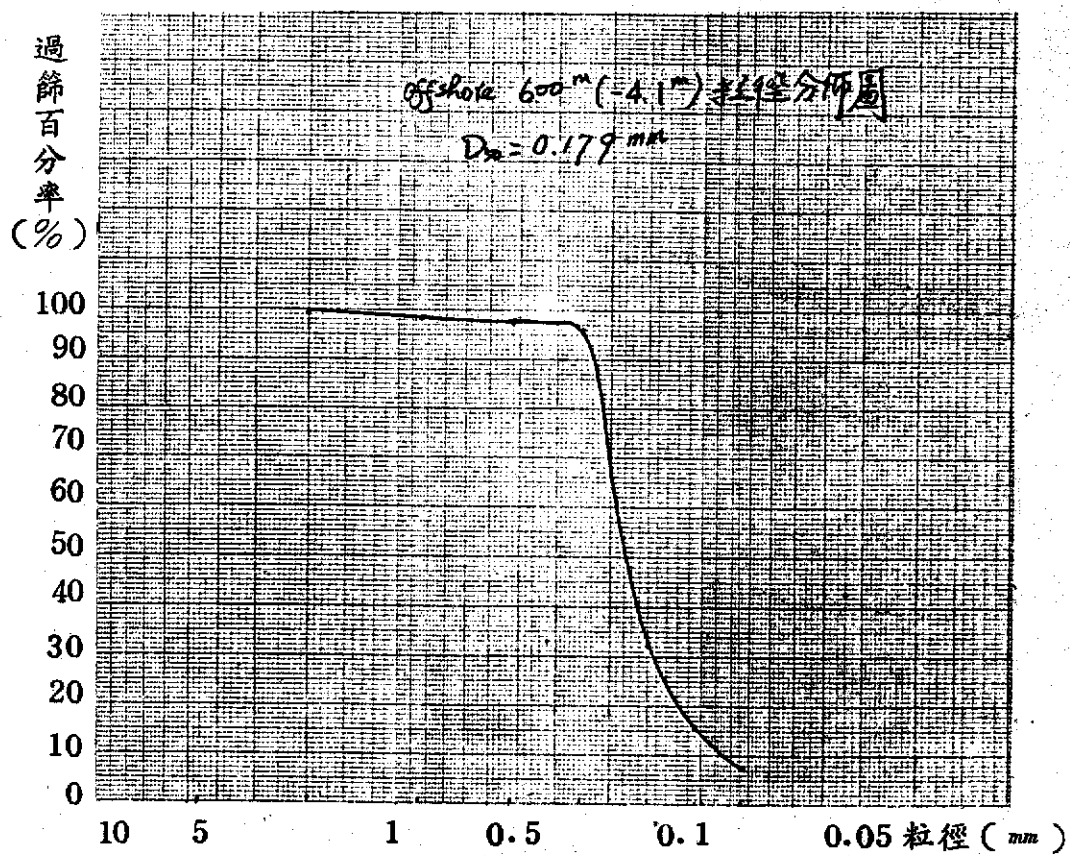


圖 12 距岸 600 公尺 (-4.1^M) 之砂粒徑分佈圖

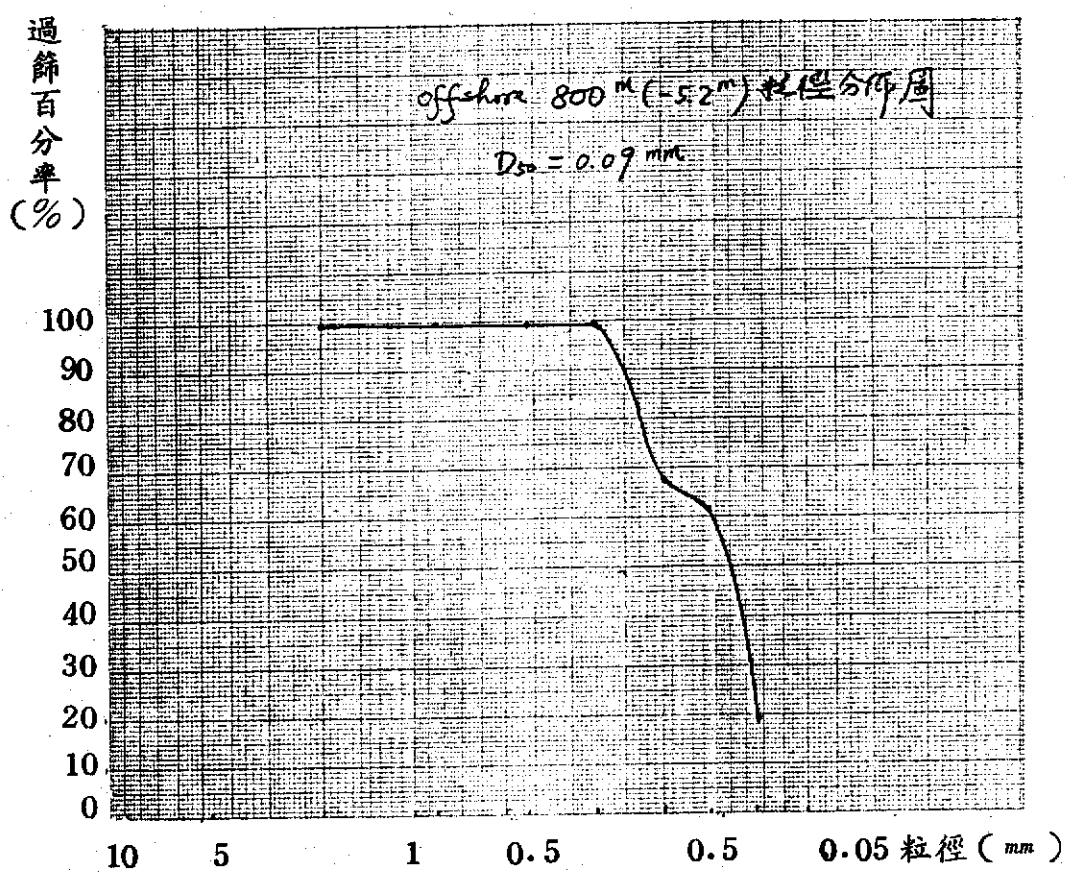


圖 13 距岸 800 公尺 (-5.2^M) 之砂粒徑分佈圖

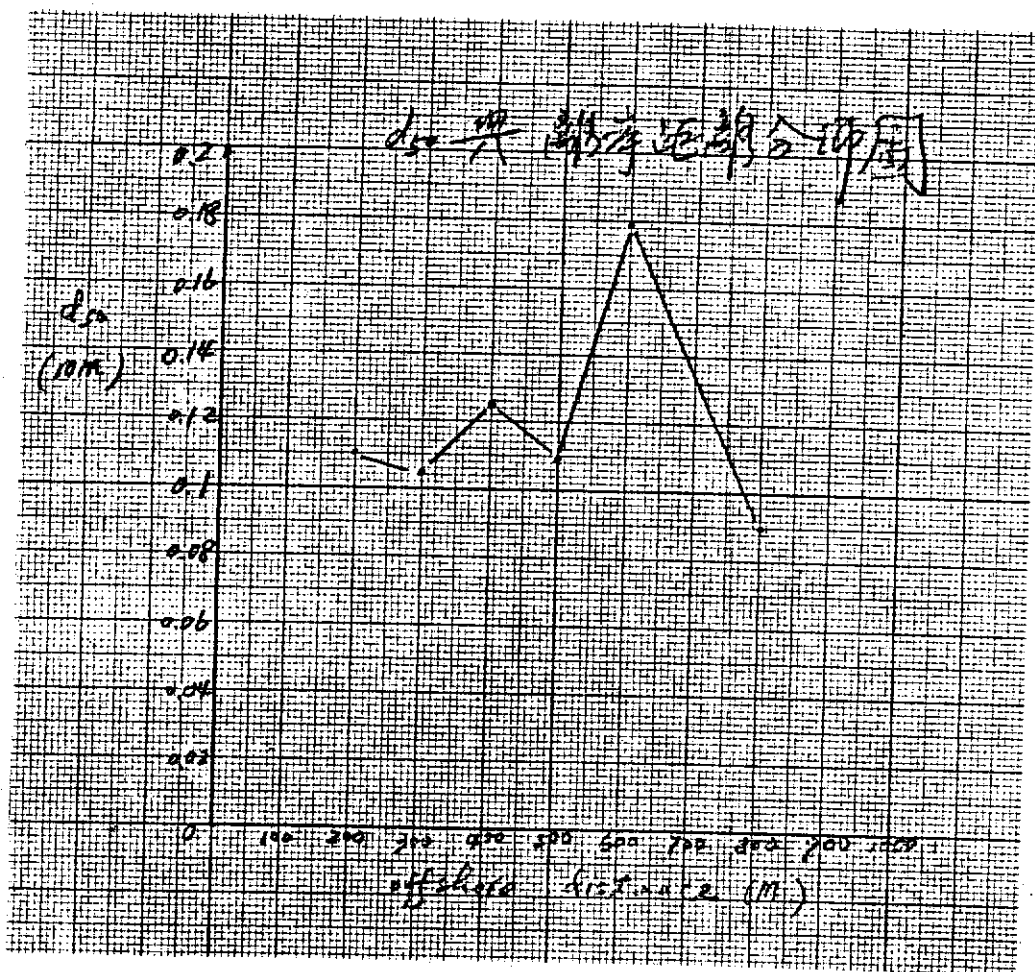
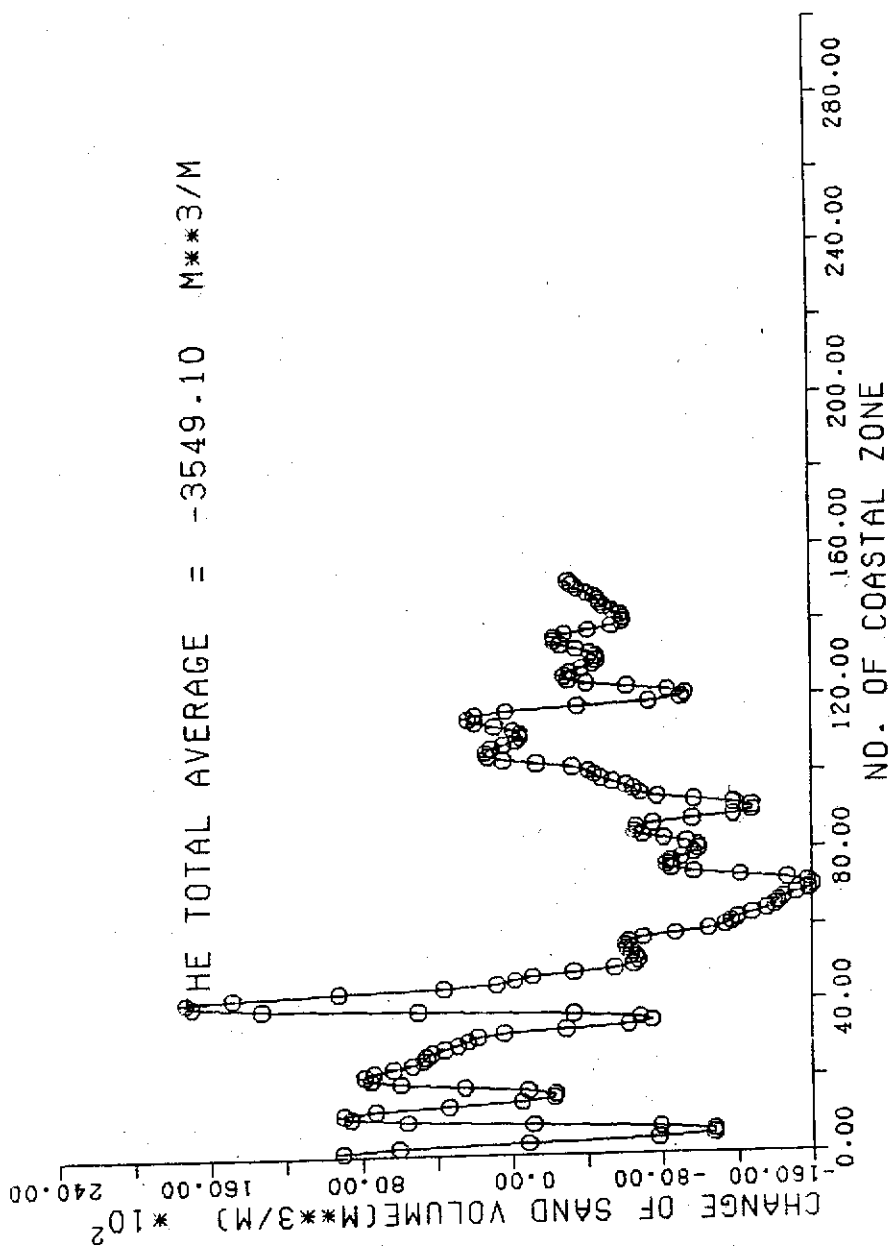
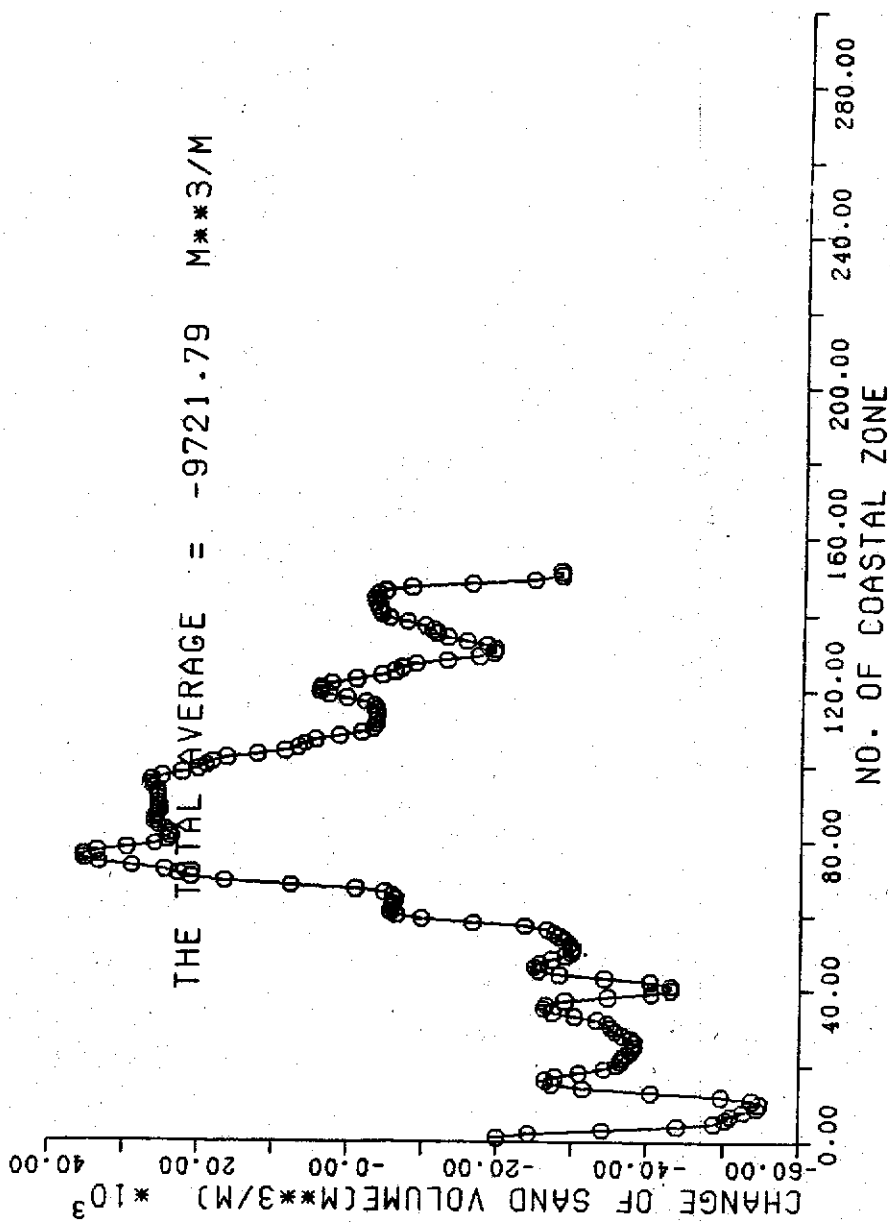
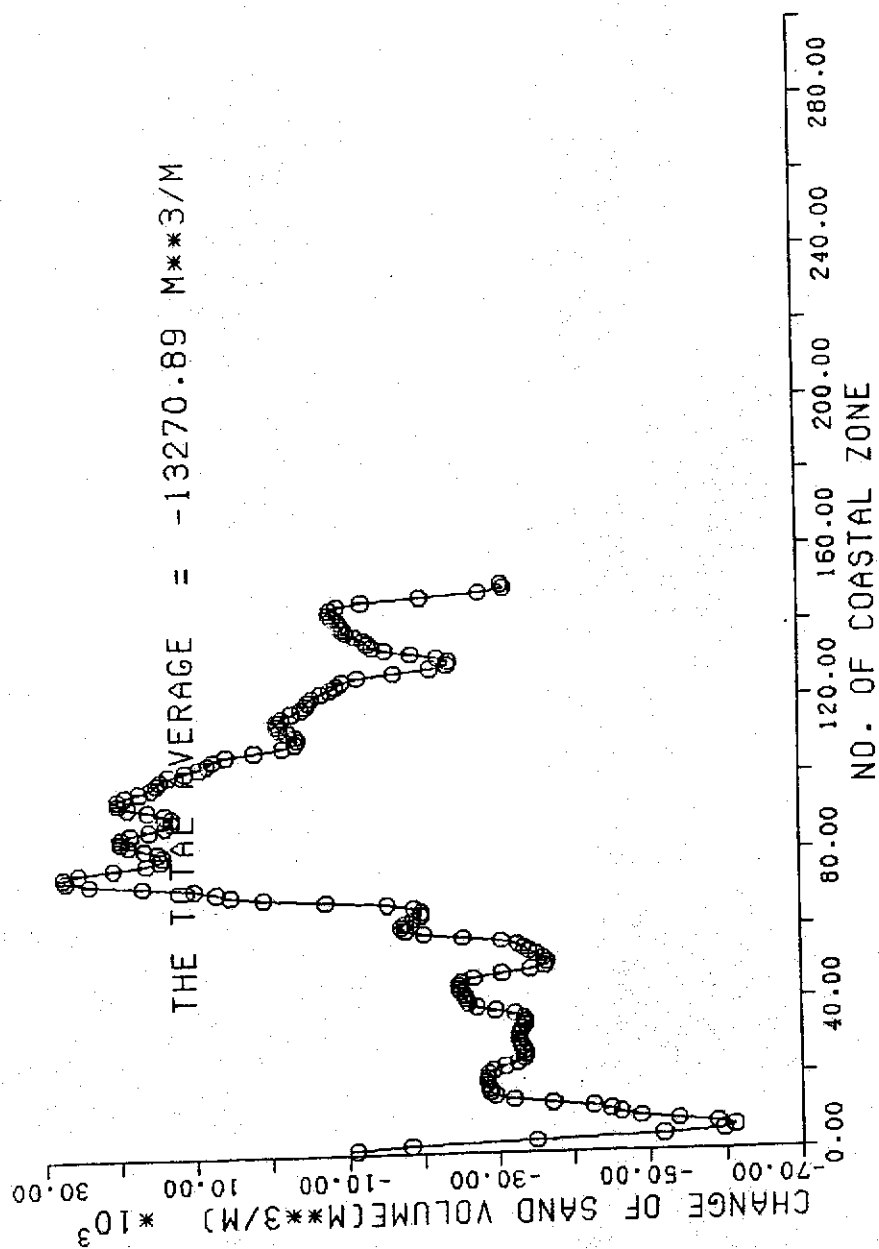


圖 14 距堤岸距離與砂樣中央粒徑關係







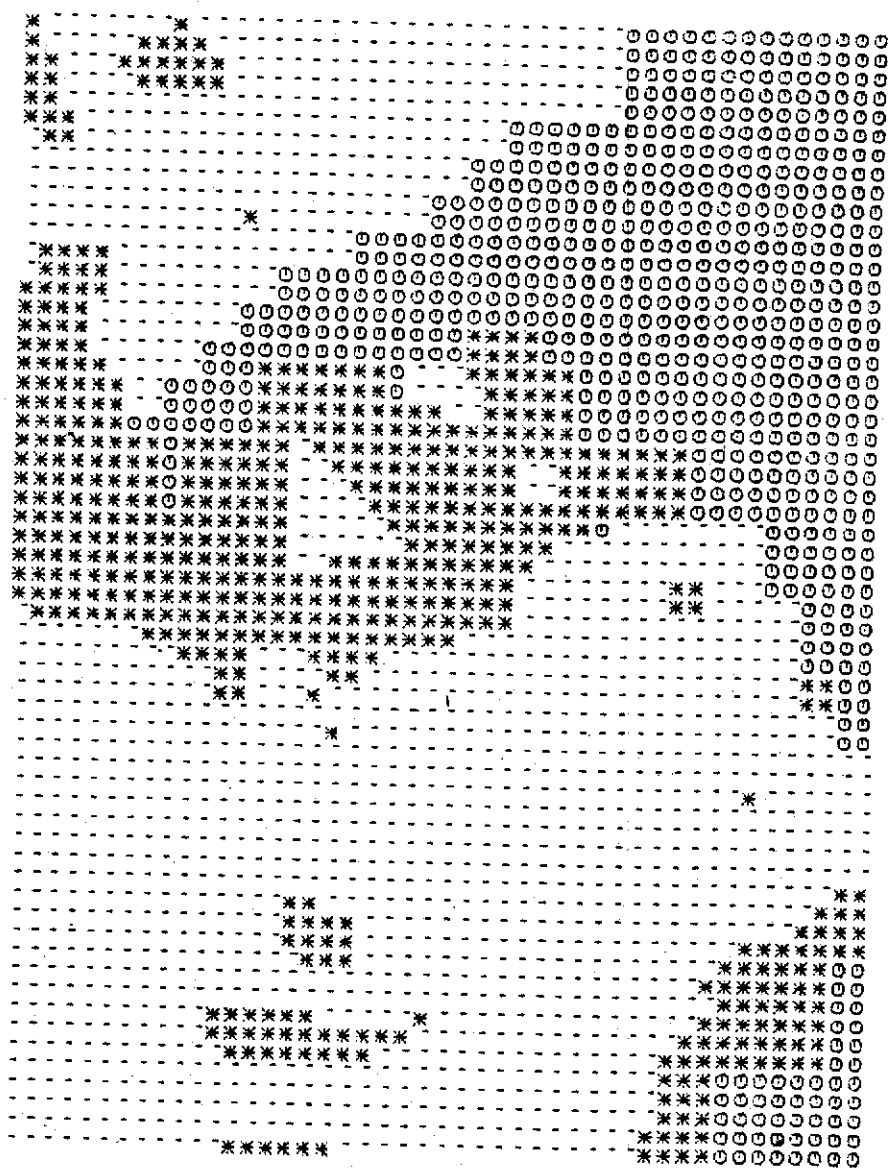


圖 18 外傘頂洲海岸堆積與侵蝕之情況

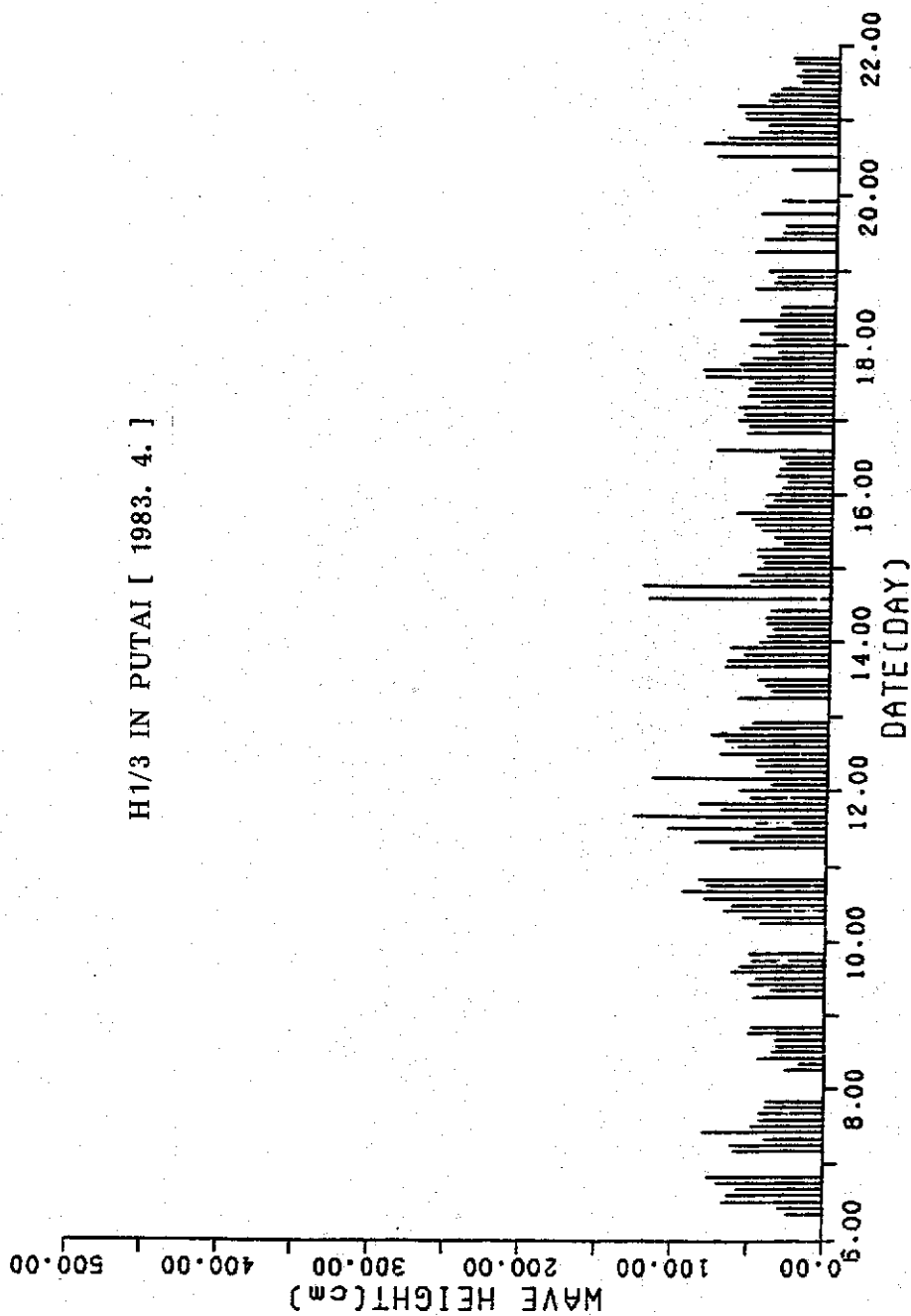
*：表示堆積 ---：表示侵蝕

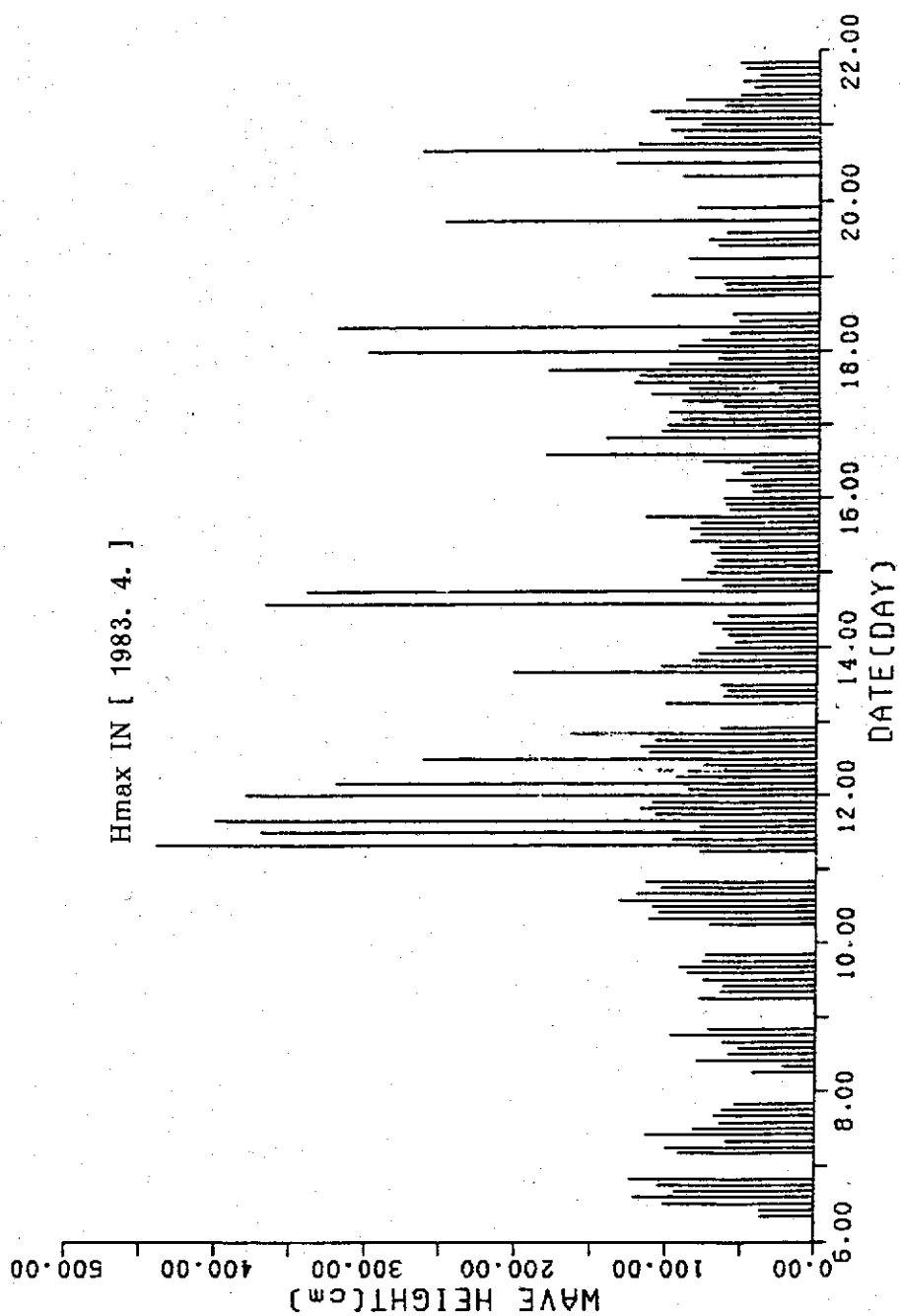


-69
-56
-52

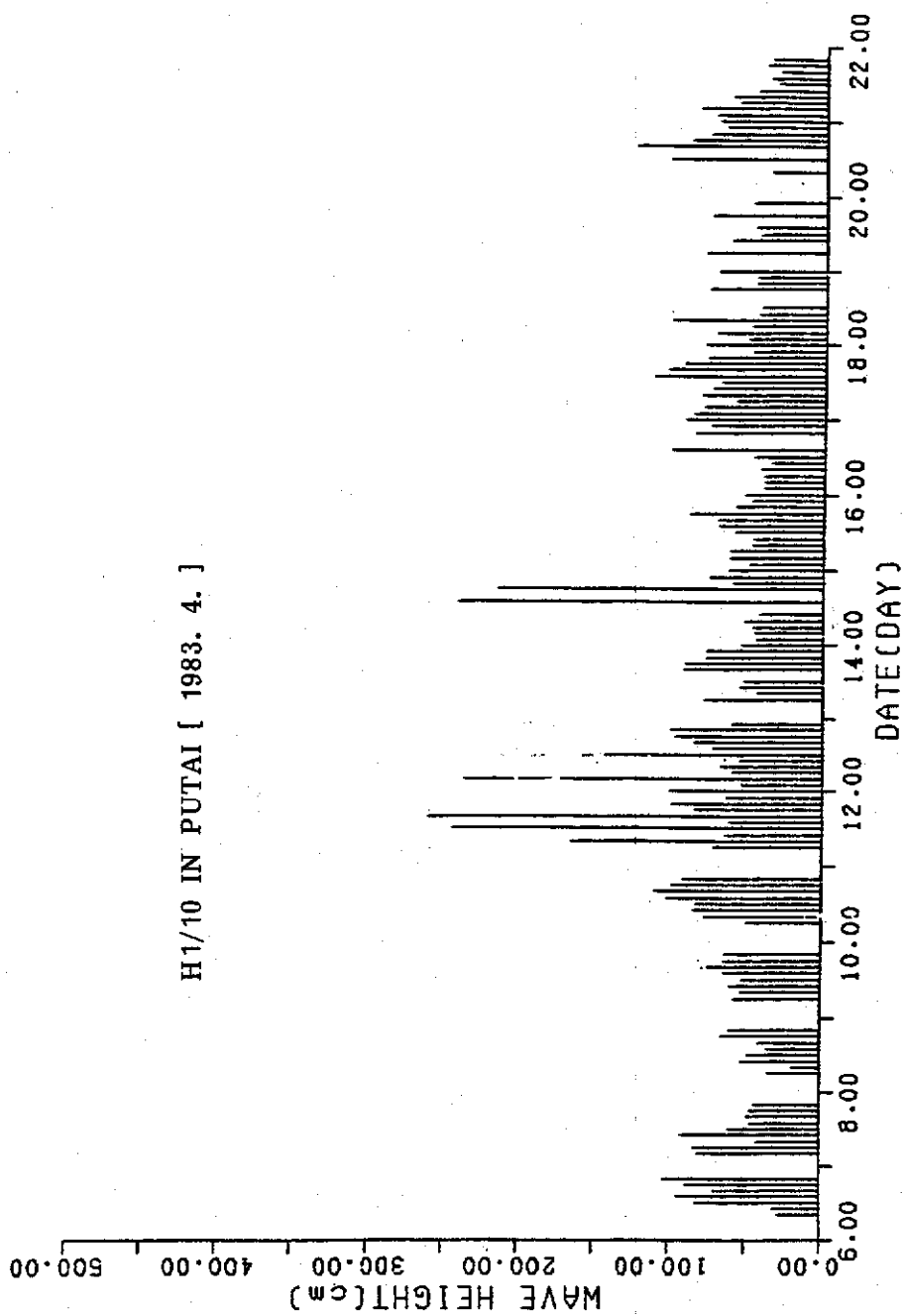
圖 19 外傘頂洲海岸灘線 ($\pm 0^M$)，在 52 年、56 年與 69 年之變遷圖

H1/3 IN PUTAI [1983. 4.]

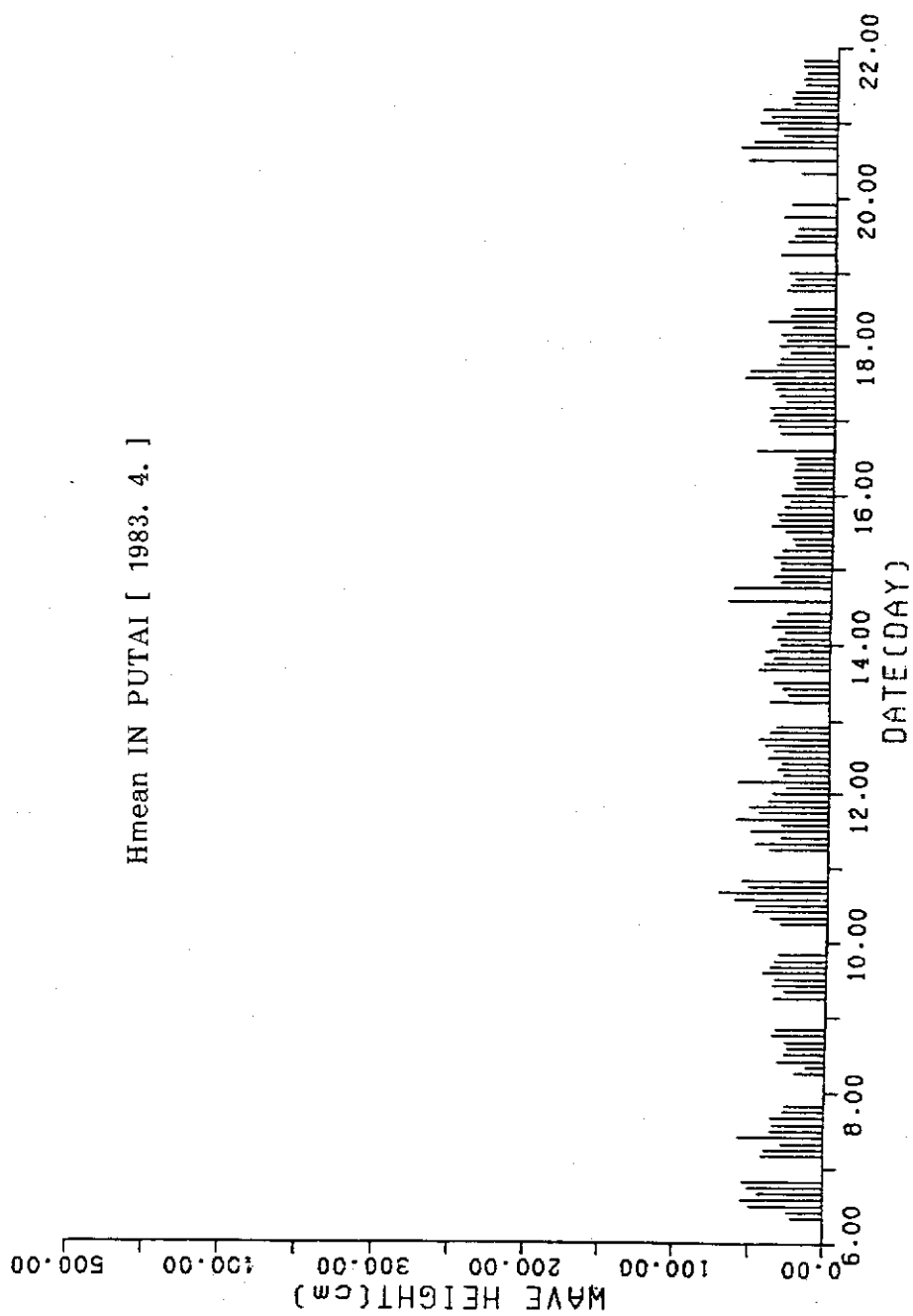


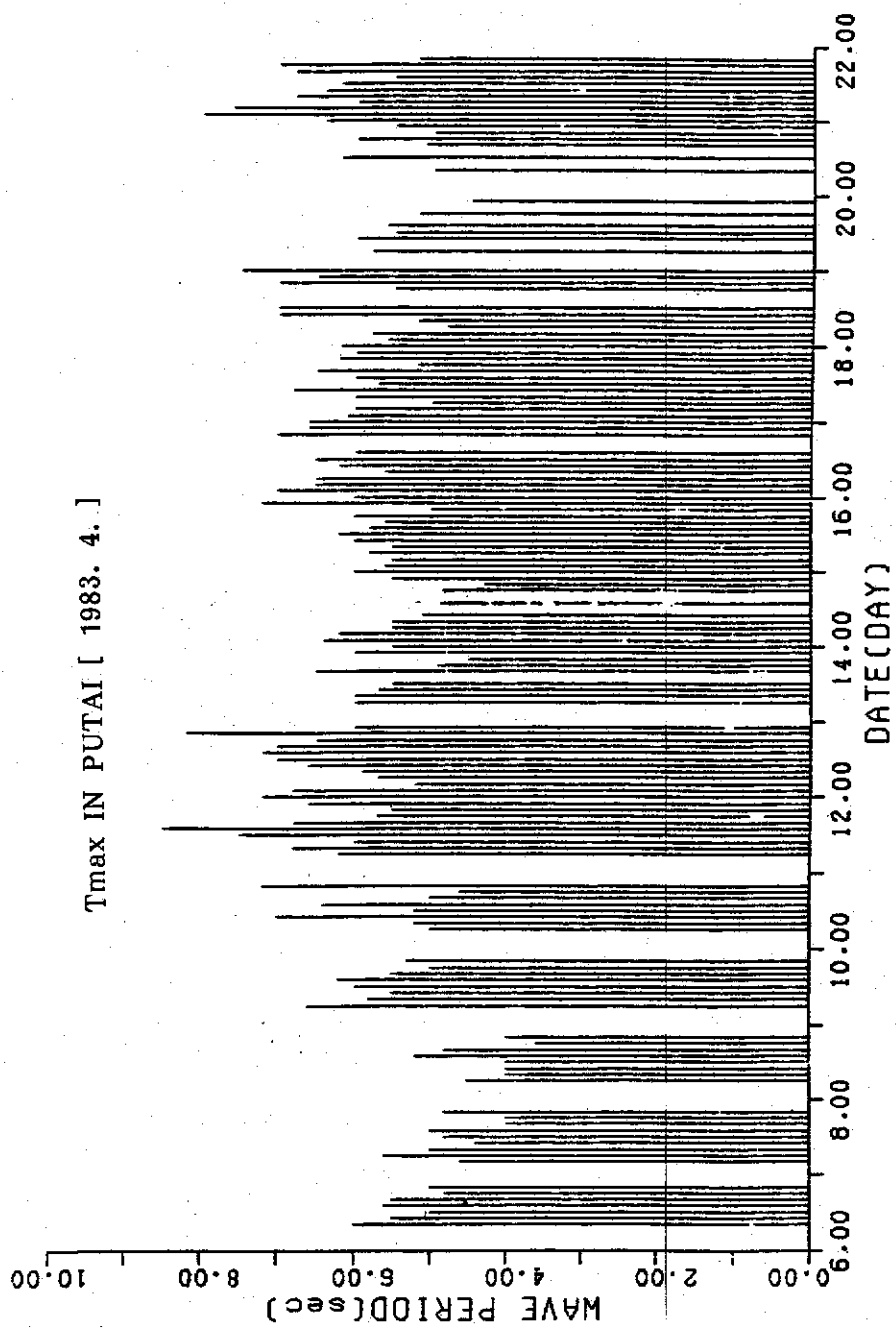


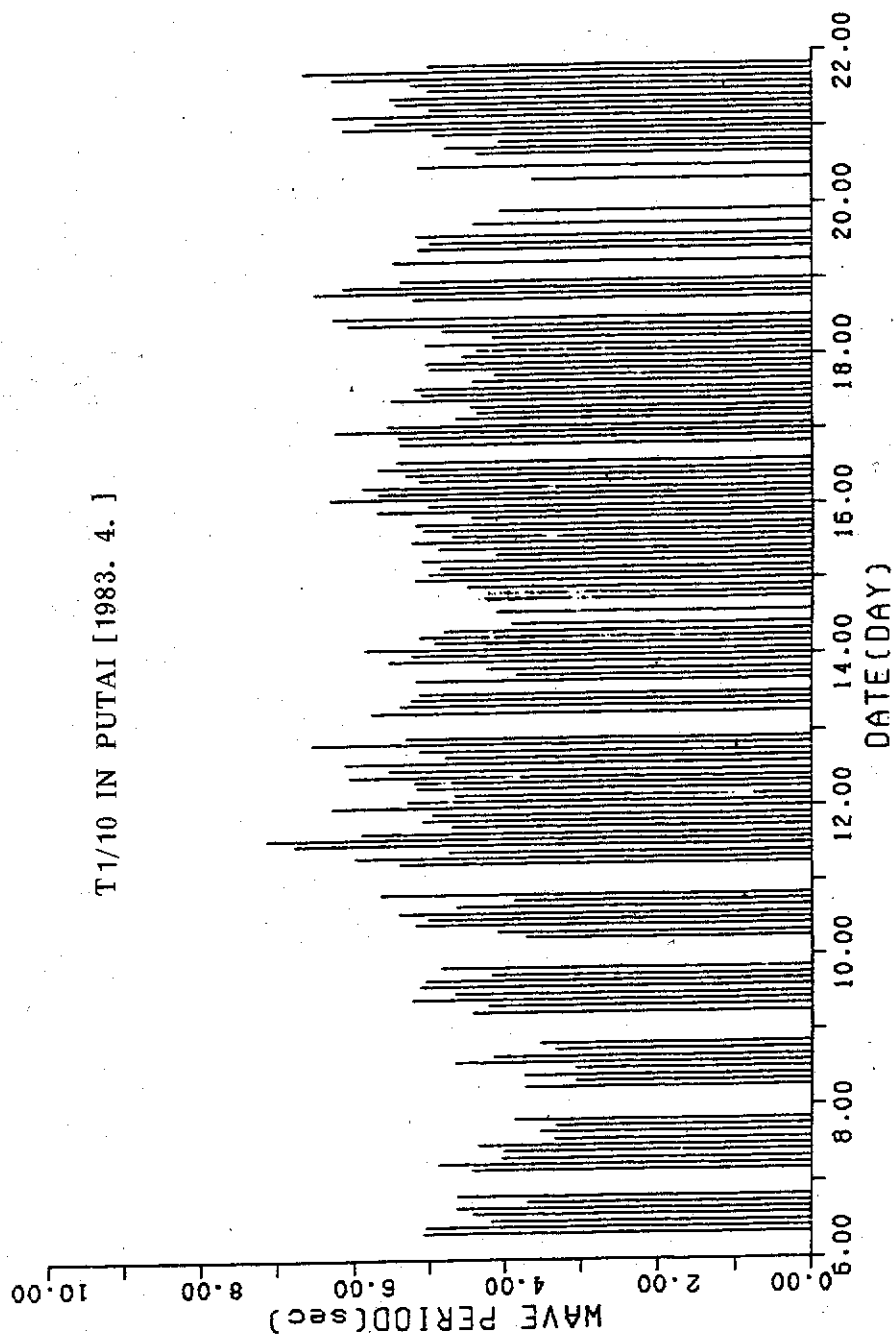
H1/10 IN PUTAI [1983. 4.]



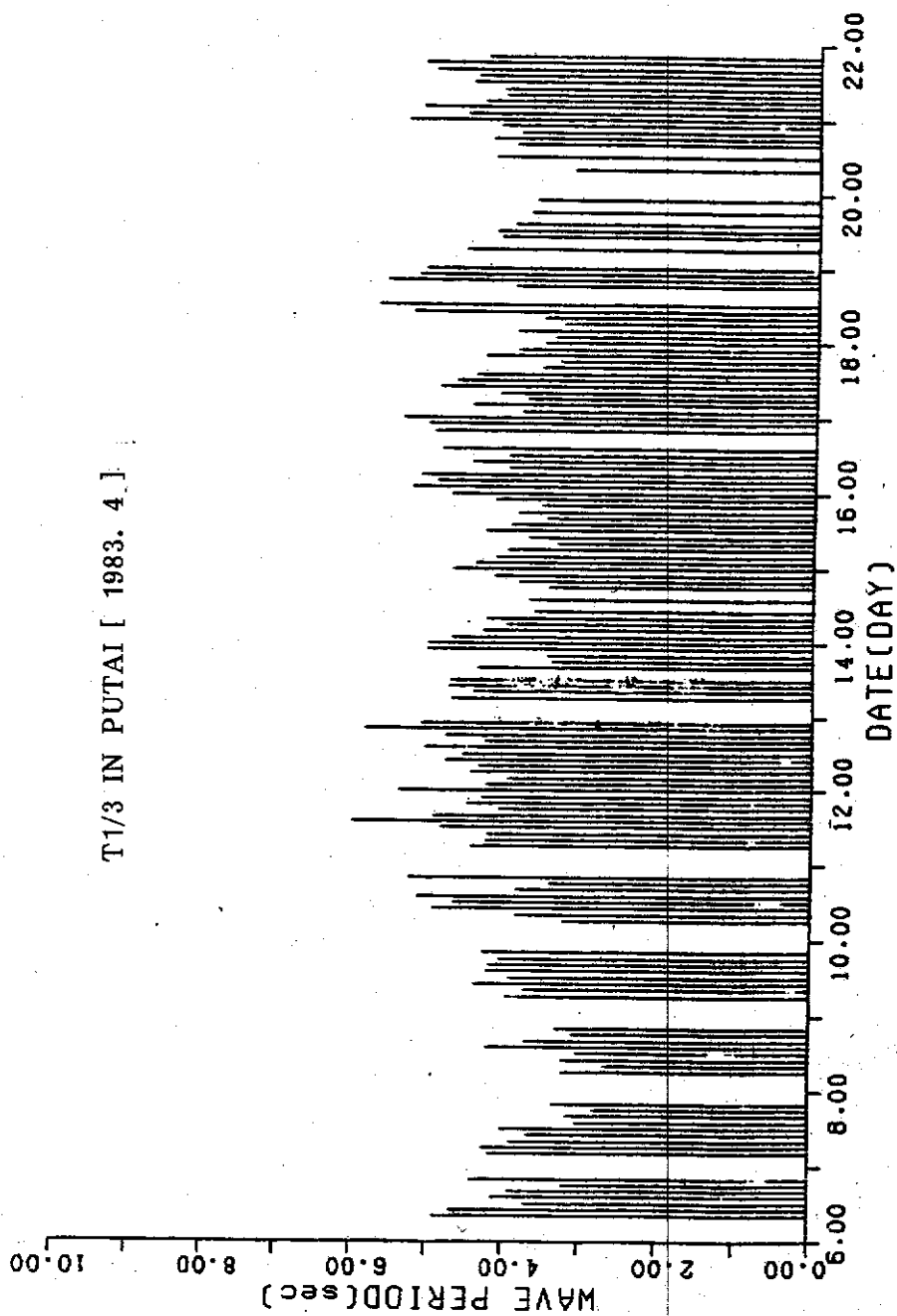
Hmean IN PUTAI [1983. 4.]



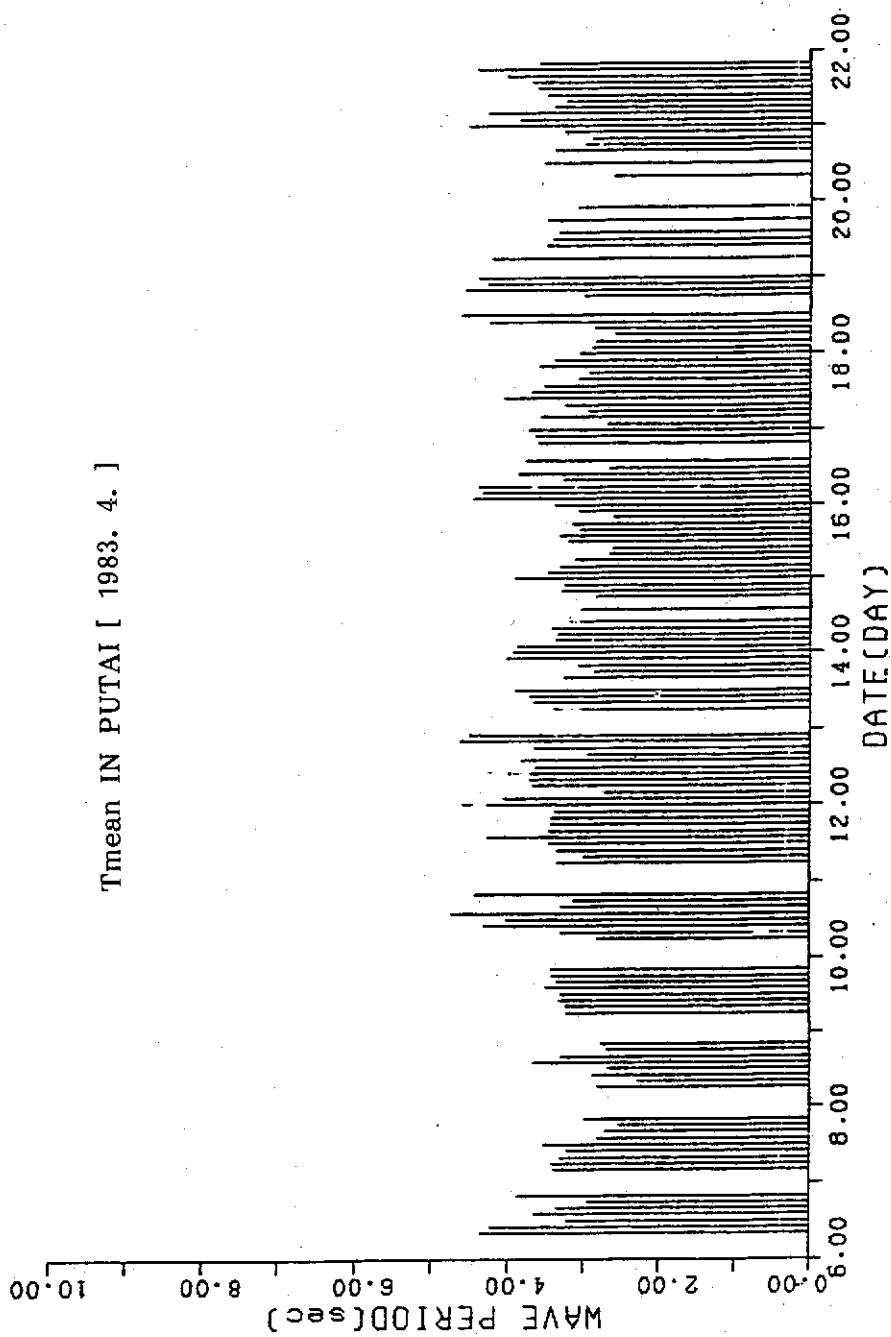




T1/3 IN PUTAI [1983. 4]



Tmean IN PUTAI [1983. 4.]



附錄表 1

粒料篩分析報告

Screen Analysis of Aggregat

第 號
No. 1

中華民國 年 月 日
Date

計畫名稱
Project

取樣日期
Sample Date

取樣地點：
Sample From 1

試驗日期
Test Date 76. 7. 7

篩 號 尺 寸 Screen Size	留 篩 量 (克) Indiv. Wt. Retained (g)	留 篩 百 分 率 % % Retained	留 篩 累 計 百 分 率 % Cum. Retained	過 篩 百 分 率 % % Passing	備 註 Remarks
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
3/8"					
# 4	0	0	0	100	
# 10	0.43	0.08	0.08	99.92	
# 20	3.67	0.7	0.78	99.22	
# 40	11.4	2.17	2.95	97.05	
# 60	322.51	61.30	64.25	35.75	
# 100	181.57	34.52	98.77	1.23	
# 140	4.63	0.88	99.65	0.35	
# 200	1.15	0.22	99.87	0.13	
底 Pan 盤	0.7	0.13	100	0	
共 Total 計	526.06	100			

試驗者 廖 泰 璋
Tested By

附錄表 2

粒料篩分析報告

Screen Analysis of Aggregat

第 號
No. 2

中華民國 年 月 日
Date

計畫名稱:
Project

取樣日期
Sample Date

取樣地點:
Sample From 2

試驗日期
Test Date 76. 7. 8

篩 號 尺 寸 Screen Size	留 篩 量 (克) Indiv. Wt. Retained(g)	留 篩 百 分 率 % % Retained	留 篩 累 計 百 分 率 % Cum. Retained	過 篩 百 分 率 % % Passing		備 註 Remarks
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
3/8"						
# 4	0	0	0	100		
# 10	0.12	0.02	0.02	99.98		
# 20	2.52	0.52	0.54	9.46		
# 40	8.97	1.82	2.36	97.64		
# 60	274.18	55.81	58.17	41.83		
# 100	197.26	40.16	98.33	1.67		
# 140	6.62	1.35	99.68	0.32		
# 200	0.96	0.19	99.87	0.13		
底 Pan 盤	0.61	0.13	100	0		
共 Total 計	491.24	100	100			

試驗者 廖 泰 璋
Tested By

附錄表 3

粒料篩分析報告

Screen Analysis of Aggregat

第 號
No. 3

中華民國 年 月 日
Date

計畫名稱
Project 3

取樣日期
Sample Date 76. 7. 9

取樣地點
Sample From 3

試驗日期
Test Date

篩 號 尺 寸 Screen Size	留 篩 量 (克) Indiv. Wt. Retained (g)	留 篩 百 分 率 % % Retained	留 篩 累 計 百 分 率 % Cum. Retained	過 篩 百 分 率 % % Passing		備 註 Remarks
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
3/8"						
# 4	0	0	0	100		
# 10	0	0	0	100		
# 20	0	0	0	100		
# 40	1.3	0.25	0.25	99.75		
# 60	203.25	39.62	39.87	60.13		
# 100	300.79	58.64	98.51	1.49		
# 140	6.48	1.26	99.77	0.23		
# 200	0.62	0.12	99.89	0.11		
底 Pan 盤	0.54	0.11	100	0		
共 Total 計	512.98	100	100			

試驗者 廖 泰 璋
Tested By

附錄表 4

粒料篩分析報告

Screen Analysis of Aggregat

第 號
No. 4

中華民國 年 月 日
Date

計畫名稱
Project 4

取樣日期
Sample Date

取樣地點：
Sample From 4

試驗日期
Test Date 76. 7. 10

篩 號 尺 寸 Screen Size	留篩量(克) Indiv. Wt. Retained(g)	留篩百分率% % Retained	留篩累計百 分率% Cum. Retained	過篩百分率% % Passing		備 註 Remarks
3"						
2½"						
2"						
1½"						
1"						
¾"						
⅝"						
# 4	0	0	0	100		
# 10	0	0	0	100		
# 20	0	0	0	100		
# 40	0.46	0.1	0.1	99.9		
# 60	139.26	30.77	30.87	69.13		
# 100	304.73	67.34	98.21	1.79		
# 140	7.3	1.61	99.91	0.18		
# 200	0.4	0.09	99.91	0.09		
底 Pan 盤	0.4	0.09	100	0		
共 Total 計	452.55	100				

試驗者 廖 泰 璋
Tested By

附錄表 5

粒料篩分析報告

Screen Analysis of Aggregat

第 號
No. 5

中華民國 年 月 日
Date

計畫名稱
Project

取樣日期
Sample Date

取樣地點
Sample From 5

試驗日期
Test Date 76. 7. 10

篩 號 尺 寸 Screen Size	留 篩 量 (克) Indiv. Wt. Retained (g)	留 篩 百 分 率 % % Retained	留 篩 累 計 百 分 率 % Cum. Retained	過 篩 百 分 率 % % Passing		備 註 Remarks
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
3/8"						
# 4	0	0	0	100		
# 10	0.22	0.05	0.05	99.95		
# 20	3.49	0.75	0.8	99.2		
# 40	10.35	2.22	3.02	97.98		
# 60	129.5	27.73	30.75	69.25		
# 100	313.22	67.08	97.83	2.17		
# 140	8.15	1.74	99.57	0.43		
# 200	0.5	0.11	99.68	0.32		
底 Pan 盤	1.5	0.32	100	0		
共 Total 計	466.93	100				

試驗者 廖 泰 璋
Tested By

附 錄 表 6
粒 料 篩 分 析 報 告
Screen Analysis of Aggregat

第 號
No. 6

中華民國 年 月 日
Date

計畫名稱:
Project

取樣日期
Sample Date

取樣地點:
Sample From 6

試驗日期
Test Date 76. 7. 11

篩 號 尺 寸 Screen Size	留 篩 量 (克) Indiv. Wt. Retained (g)	留 篩 百 分 率 % % Retained	留 篩 累 計 百 分 率 % Cum. Retained	過 篩 百 分 率 % % Passing		備 註 Remarks
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
3/8"						
# 4	0	0	0	100		
# 10	0	0	0	100		
# 20	0.72	0.14	0.14	99.86		
# 40	6.87	1.31	1.45	98.55		
# 60	164.68	31.35	32.80	67.20		
# 100	341.77	65.07	97.87	2.13		
# 140	10.4	1.98	99.84	0.16		
# 200	0.09	0.03	99.87	0.13		
底 Pan 盤	0.7	0.13	100	0		
共 Total 計	525.23	100	100			

試驗者 廖 泰 璋
Tested By

附錄表 7

粒料篩分析報告

Screen Analysis of Aggregat

第 號
No. 7

中華民國 年 月 日
Date

計畫名稱:
Project

取樣日期
Sample Date

取樣地點:
Sample From 7

試驗日期
Test Date 78. 7. 12

篩 號 尺 寸 Screen Size	留 篩 量 (克) Indiv. Wt. Retained (g)	留 篩 百 分 率 % % Retained	留 篩 累 計 百 分 率 % Cum. Retained	過 篩 百 分 率 % % Passing	備 註 Remarks
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
3/8"					
# 4	0	0	0	100	4.76 mm
# 10	5.02	0.86	0.86	99.14	2.99
# 20	4.12	0.71	1.57	98.43	0.84
# 40	7.11	1.22	2.79	97.21	0.42
# 60	218.23	37.59	40.38	59.62	0.25
# 100	330.04	56.84	97.22	2.78	0.149
# 140	14.34	2.47	99.69	0.31	0.105
# 200	1.3	0.22	99.92	0.08	0.074
底 Pan 盤	0.47	0.08	100	0	
共 Total 計	580.63	100			

試驗者 廖 泰 璋
Tested By

附錄表 8

粒料篩分析報告

Screen Analysis of Aggregat

第 號
No. 8

中華民國 76 年 3 月 10 日
Date

計畫名稱:
Project

取樣日期
Sample Date

取樣地點: offshore
Sample From 200 m(-2.3m) 8 點

試驗日期 76. 3. 10
Test Date

篩 號 尺 寸 Screen Size	留 篩 量 (克) Indiv. Wt. Retained (g)	留 篩 百 分 率 % % Retained	留 篩 累 計 百 分 率 % Cum. Retained	過 篩 百 分 率 % % Passing		備 註 Remarks
3"						
2½"						
2"						
1½"						
1"						
¾"						
⅜"					含 篩 重	空 篩 重
# 4						
# 10	0.33	0.09	0.09	99.91	443.23	442.9
# 20	0.19	0.05	0.14	99.86	386.59	386.4
# 40	0.47	0.13	0.27	99.73	366.2	365.73
# 60	4.44	1.26	1.53	98.47	360.14	355.7
# 100	51.72	14.73	16.26	83.74	388.31	336.59
# 140	211.85	60.34	76.6	23.4	543.62	331.77
# 200	72.04	20.52	97.12	2.88	402.2	330.16
底 Pan 盤	10.05	2.88	100	0	369.93	359.88
共 Total 計	351.09					

4.76 mm

0.22

0.84

0.42

0.25

0.149

0.105

0.074

試驗者 廖 泰 璋
Tested By

附錄表 9
粒料篩分析報告
Screen Analysis of Aggregat

第 9 號
No. 9

中華民國 76 年 3 月 20 日
Date

計畫名稱:
Project

取樣日期
Sample Date

取樣地點: offshore
Sample From 300m 9 點

試驗日期
Test Date 76. 3. 11

篩號尺寸 Screen Size	留篩量(克) Indiv. Wt. Retained(g)	留篩百分率% % Retained	留篩累計百 分率% Cum. Retained	過篩百分率% % Passing			備 註 Remarks
3"							
2 1/2"							
2"							
1 1/2"							
1"							
3/4"							
3/8"					含篩重	空篩重	
# 4							
# 10	0.06	0.02	0.02	99.98	443.36	443.3	
# 20	1.41	0.58	0.60	99.4	387.29	385.88	
# 40	2.06	0.85	1.45	98.55	367.81	365.75	
# 60	3.67	1.51	2.96	97.04	358.9	355.23	
# 100	27.32	11.24	14.2	85.8	363.42	336.1	
# 140	125.06	51.45	65.65	34.35	456.17	331.11	
# 200	70.51	29.01	94.66	5.34	400.33	329.82	
底 Pan 盤	12.98	5.34	100	0	372.6	359.62	
共 Total 計	243.07						

粒徑

4.75 mm

2.00

0.84

0.42

0.25

0.149

0.105

0.074

試驗者 廖 泰 璋
Tested By

附錄表 10
粒料篩分析報告
Screen Analysis of Aggregat

第 號
No.

中華民國 76 年 3 月 10 日
Date

計畫名稱
Project

取樣日期
Sample Date

取樣地點： offshore 10 點
Sample From 400 m(-3.7 m)

試驗日期
Test Date 76. 3. 12

篩 號 尺 寸 Screen Size	留篩量(克) Indiv. Wt. Retained(g)	留篩百分率% % Retained	留篩累計百 分率% Cum. Retained	過篩百分率% % Passing		備 註 Remarks
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
3/8"					含篩重 空篩重	
# 4						
# 10	1.25	0.31	0.31	99.69	443.97	442.72
# 20	1.12	0.28	0.59	99.41	387.04	385.92
# 40	1.83	0.45	1.04	98.96	367.2	365.37
# 60	4.38	1.08	2.12	97.88	359.9	355.52
# 100	88.93	21.96	24.08	75.92	425.11	336.18
# 140	225.05	55.57	79.65	20.35	556.26	331.21
# 200	67.18	16.59	96.24	3.76	396.87	329.69
底 Pan 盤	15.27	3.76	100	0	375.27	360
共 Total 計	405.01					

粒徑
4.76 mm
2.00
0.84
0.42
0.25
0.149
0.105
0.074

試驗者 廖 泰 璋
Tested By

附錄表 11

粒料篩分析報告

Screen Analysis of Aggregat

第 號
No. 11

中華民國 76 年 3 月 20 日
Date

計畫名稱
Project

取樣日期
Sample Date

取樣地點： offshore
Sample From 500 m 11 點

試驗日期
Test Date 76. 3. 13

篩 號 尺 寸 Screen Size	留 篩 量 (克) Indiv. Wt. Retained (g)	留 篩 百 分 率 % % Retained	留 篩 累 計 百 分 率 % Cum. Retained	過 篩 百 分 率 % % Passing		備 註 Remarks
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
3/8"					含 篩 重	空 篩 重
# 4						
# 10	1.9	1.36	1.36	98.64	444	442.1
# 20	2.86	2.05	3.41	96.59	389.19	386.33
# 40	1.08	0.78	4.19	95.81	366.66	365.58
# 60	2.43	1.75	5.94	94.06	358.15	355.72
# 100	12.3	8.84	14.78	85.22	348.47	336.17
# 140	55.33	39.77	54.55	45.45	387.18	331.85
# 200	37.24	26.77	81.32	18.68	367.4	330.16
底 Pan 盤	25.99	18.68	100	0	365.72	339.73
共 Total 計	139.13	100				

粒 徑

4.76 mm

2.00

0.84

0.42

0.25

0.149

0.105

0.074

試驗者 廖 泰 璋
Tested By

附錄表 12

粒料篩分析報告

Screen Analysis of Aggregat

第 號
No. 12

中華民國 76 年 3 月 20 日
Date

計畫名稱
Project

取樣日期
Sample Date

取樣地點：
Sample From offshore
600 m (14.1 m) 12 點

試驗日期
Test Date 76. 3.14

篩 號 尺 寸 Screen Size	留 篩 量 (克) Indiv. Wt. Retained (g)	留 篩 百 分 率 % % Retained	留 篩 累 計 百 分 率 % Cum. Retained	過 篩 百 分 率 % % Passing		備 註 Remarks
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
3/8"					含 篩 重	空 篩 重
# 4						
# 10	1.42	0.3	0.3	99.7	444.63	443.21
# 20	5.55	1.17	1.47	98.53	391.55	386
# 40	4.2	0.89	2.36	97.64	369.5	365.3
# 60	6.33	1.33	3.69	96.31	362	355.67
# 100	304.29	64.12	67.81	32.19	640.24	335.95
# 140	77.85	16.4	84.21	15.79	408.59	330.74
# 200	39.82	8.39	92.6	7.4	370.11	330.29
底 Pan 盤	35.11	7.4	100	0	394.63	359.52
共 Total 計	474.57	100				

粒 徑
4.76 m
2.00
0.84
0.42
0.25
0.149
0.105
0.074

試驗者 廖 泰 璋
Tested By

附錄表 13

粒料篩分析報告

Screen Analysis of Aggregat

第 號
No. 13

中華民國 76 年 3 月 20 日
Date

計畫名稱
Project

取樣日期
Sample Date

取樣地點： offshore
Sample From 800 m (-5.2 m) 13 點

試驗日期
Test Date 76. 3. 16

篩 號 尺 寸 Screen Size	留 篩 量 (克) Indiv. Wt. Retained (g)	留 篩 百 分 率 % % Retained	留 篩 累 計 百 分 率 % Cum. Retained	過 篩 百 分 率 % % Passing		備 註 Remarks
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
3/8"					含 篩 重 空 篩 重	
# 4						
# 10	0.3	0.08	0.08	99.92	443.83	443.5
# 20	0.57	0.13	0.21	99.79	387	386.43
# 40	0.2	0.04	0.25	99.75	365.9	386.43
# 60	2.36	0.54	0.79	99.21	358	355.64
# 100	139.1	31.69	32.48	67.52	476.1	337
# 140	26.71	6.08	38.56	61.44	358.41	331.7
# 200	185.65	42.3	80.86	19.14	515.75	330.1
底 Pan 盤	84.02	19.14	100	0	443.54	359.52
共 Total 計	438.94	100				

粒 徑
4.76 mm
2.00
0.84
0.42
0.25
0.149
0.105
0.074

試驗者 廖 泰 璋
Tested By

程式一、離散水深點轉換規則網路點程式

```

C      PROGRAM FOR TRANSFORM DEPTH FROM RANDOM TO GRID
      PARAMETER (MX=15,MY=25)
      DIMENSION X(500),Y(500),Z(500),G(500),Z1(500),D(50,50)
      CALL ASSIGN(MX,'SVV.DAT')
      CALL ASSIGN(MY,'SV1.DAT')
      READ(MX,10) NI,NJ,NK
10     FORMAT(3I5)
      READ(MX,20) (X(K),Y(K),Z(K),K=1,NK)
20     FORMAT(3F10.2)
      DO I=1,NI
        DO J=1,NJ
          DO K=1,NK
            G(K)= ((I-X(K))**2+(J-Y(K))**2)**.5
            IF(G(K).EQ.0.) THEN
              D(I,J)=Z(K)
              GO TO 25
            ELSE
              Z1(K)=Z(K)
            END IF
          END DO
          CALL SORT(NK,G,Z1)
          GG=1./G(1)+1./G(2)
          D(I,J)=(Z1(1)/G(1)+Z1(2)/G(2))/GG
25     END DO
      END DO
      PRINT 30,((D(I,J),I=1,5),J=1,5)
30     FORMAT(5F10.2)
      STOP
      END

      SUBROUTINE SORT(K,G,Z)
      DIMENSION G(K),Z(K)
      DO 100 I=1,K-1
        DO 100 J=I+1,K
          IF(G(I).LE.G(J)) GO TO 100
          GEMP=G(I)
          G(I)=G(J)
          G(J)=GEMP
          ZEMP=Z(I)
          Z(I)=Z(J)
          Z(J)=ZEMP
100     CONTINUE
      RETURN
      END
  
```


程式二、土方變化主程式 1 , SVC1

```

*****
* PROGRAM(1) FOR COMPUTING SAND VOLUME *
*****
      DIMENSION D1L(500,500),D2L(500,500),D3L(500,500)
      COMMON NN,NIT,NJT,SL,SGRA

C      CALL RE_GRID(D1L,D2L,D3L)

C
10     TYPE 11
11     FORMAT(/ 1X, 'CHANGE OF SAND VOLUME OF ANY AREA ? (S or N or Y):' $)
      ACCEPT 1,ANS
      FORMAT(A1)
      CALL SNY(ANS,*999,*20,*15)
15     CALL SA_VO_CH(D1L,D2L,D3L)
      GO TO 10

C
20     TYPE 21
21     FORMAT(/ 1X, 'PLOT X-Z PROFILE LINE ? (S or N or Y):' $)
      ACCEPT 2,ANS
      FORMAT(A1)
      CALL SNY(ANS,*999,*30,*25)
25     CALL PLOT_X-Z(D1L,D2L,D3L)
      GO TO 20
30     CONTINUE
999    STOP
      END

C
      SUBROUTINE RE_GRID(D1L,D2L,D3L)
      PARAMETER MY=25
      DIMENSION D1(50,50),D2(50,50),D3(50,50),
      D1L(500,500),D2L(500,500),D3L(500,500)
      COMMON NN,NIT,NJT,SL,SGRA
      CALL INPUT(NI,NJ,D1,D2,D3)
      CALL AMP(NI,NJ,D1,D1L)
      CALL AMP(NI,NJ,D2,D2L)
      CALL AMP(NI,NJ,D3,D3L)
      NIT=NN*(NI-1)+1
      NJT=NN*(NJ-1)+1
      CALL ASSIGN(MY+2,'SV3.OUT')
      CALL ASSIGN(MY+3,'SVT.OUT')
      WRITE(MY+2,10) NIT,NJT
10     FORMAT(2I4)
      WRITE(MY+2,30) ((FLOAT(I),FLOAT(J),D3L(I,J),J=1,NJT),I=1,NIT)
30     FORMAT(3F8.2)
      WRITE(MY+3,11) NN,NIT,NJT,SL,SGRA
11     FORMAT(3I4,2F10.2)
      WRITE(MY+3,12)((D1L(I,J),D2L(I,J),D3L(I,J),I=1,NIT),J=1,NJT)
12     FORMAT(3F10.2)
      RETURN
      END

```

程式二(續一)

```

C
SUBROUTINE INPUT(NI,NJ,D1,D2,D3)
PARAMETER (MX=15,MY=25)
DIMENSION D1(50,50),D2(50,50),D3(50,50)
COMMON NN,NIT,NJT,SL,SGRA
CALL ASSIGN(MX,'SV1.DAT')
CALL ASSIGN(MX+1,'SV2.DAT')
CALL ASSIGN(MX+2,'SV3.DAT')
READ(MX,10) NI,NJ
10  FORMAT(2I5)
READ(MX,20) ((D1(I,J)),I=1,NI),J=1,NJ)
20  FORMAT(12F5.1)
READ(MX+1,10) NI,NJ
READ(MX+1,20) ((D2(I,J)),I=1,NI),J=1,NJ)
READ(MX+2,10) NI,NJ
READ(MX+2,20) ((D3(I,J)),I=1,NI),J=1,NJ)
TYPE 30
30  FORMAT(/ 1X,'SCALE OF SEA CHART : SCALE = '$)
ACCEPT *,SCALE
TYPE 31
31  FORMAT(/ 1X,'LENGTH OF THE GRID SIDE (cm) = '$)
ACCEPT *,SL
BGRA=(SCALE/100.*SL)**2
TYPE 32
32  FORMAT(/ 1X,'SEGMENT NO. OF THE GRID SIDE : NN= '$)
ACCEPT *,NN
SGRA=BGRA/NN/NN
RETURN
END

```

```

C
SUBROUTINE AMP(NI,NJ,D,DL)
DIMENSION G1(10,10),G2(10,10),G3(10,10),
* G4(10,10),GG(10,10),D(50,50),DL(500,500)
COMMON NN,NIT,NJT,SL,SGRA
DO II=1,NN
DO JJ=1,NN
IF(II.EQ.1 .AND. JJ.EQ.1) THEN
ELSE
G1(II,JJ)=((II-1)**2+(JJ-1)**2)**1.5
G2(II,JJ)=((NN-(II-1))**2+(JJ-1)**2)**1.5
G3(II,JJ)=((II-1)**2+(NN-(JJ-1))**2)**1.5
G4(II,JJ)=((NN-(II-1))**2+(NN-(JJ-1))**2)**1.5
* GG(II,JJ)=1./G1(II,JJ)+1./G2(II,JJ)
+1./G3(II,JJ)+1./G4(II,JJ)
END IF
END DO
END DO
END DO

```

程式二(續二)

```

C
DO I=1,NI
  DO J=1,NJ
    DO II=1,NN
      DO JJ=1,NN
        IF(II.EQ.1 .AND. JJ.EQ.1) THEN
          DL(NN*(I-1)+1,NN*(J-1)+1)=D(I,J)
        ELSE
          DL(NN*(I-1)+II,NN*(J-1)+JJ)=(D(I,J)/G1(II,JJ)
          *      +D(I+1,J)/G2(II,JJ)+D(I,J+1)/G3(II,JJ)
          *      +D(I+1,J+1)/G4(II,JJ))/GG(II,JJ)
        END IF
      END DO
    END DO
  END DO
END DO
RETURN
END

C
SUBROUTINE SNY(ANS,*,*,*)
COMMON NN,NIT,NJT,SL,SGRA
IF(ANS .EQ. 'S') THEN
  RETURN 1
ELSE IF(ANS .EQ. 'N') THEN
  RETURN 2
ELSE
  RETURN 3
END IF
END
END

C
SUBROUTINE SA_VO_CH(D1L,D2L,D3L)
DIMENSION D1L(500,500),D2L(500,500),D3L(500,500)
COMMON NN,NIT,NJT,SL,SGRA
TYPE 1
FORMAT(/ 1X,'KEY IN COMPUTE AREA : (I1,I2,J1,J2) 'S)
ACCEPT *,I1,I2,J1,J2
VOL21=0.
VOL31=0.
VOL32=0.
DO I=I1,I2
  DO J=J1,J2
    VOL21=VOL21-((D2L(I,J)-D1L(I,J))*(D2L(I+1,J)-D1L(I+1,J))
    *      +(D2L(I,J+1)-D1L(I,J+1))*(D2L(I+1,J+1)-D1L(I+1,J+1)))/4.*SGRA
    VOL31=VOL31-((D3L(I,J)-D1L(I,J))*(D3L(I+1,J)-D1L(I+1,J))
    *      +(D3L(I,J+1)-D1L(I,J+1))*(D3L(I+1,J+1)-D1L(I+1,J+1)))/4.*SGRA
    VOL32=VOL32-((D3L(I,J)-D2L(I,J))*(D3L(I+1,J)-D2L(I+1,J))
    *      +(D3L(I,J+1)-D2L(I,J+1))*(D3L(I+1,J+1)-D2L(I+1,J+1)))/4.*SGRA
  END DO
END DO
PRINT 140,NN,I1,I2,J1,J2,VOL21,VOL31,VOL32
WRITE(MY,140) NN,I1,I2,J1,J2,VOL21,VOL31,VOL32
140 FORMAT(2X,' NN','T9','I1','T14','I2','T19','J1','T24','J2','T31','VOL(56-52)'
*      ,T46,'VOL(69-52)',T61,'VOL(69-56)' / 2X,I3,4I5,3F15.2)
RETURN
END

```

程式二(續三)

C

```

SUBROUTINE PLOT_X_Z(D1L,D2L,D3L)
DIMENSION D1L(500,500),D2L(500,500),D3L(500,500),
*      P1(500),P2(500),P3(500)
COMMON NN,NIT,NJT,SL,SGRA
TYPE 1
1  FORMAT(/ 1X,'KEY IN THE PROFILE LINE No.(J2)= ' $)
ACCEPT *,J2
DO I=1,NIT
    P1(I)=D1L(I,J2)
    P2(I)=D2L(I,J2)
    P3(I)=D3L(I,J2)
END DO
CALL PLOTS(0,0,7)
CALL PLOT(5.,5.,-3)
DO I=1,NIT
    CALL SYMBOL((I-1)/(NN*2.),(50.-P1(I))/5.,0.07,0,0.,-2)
END DO
CALL PLOT(0.,0.,3)
DO I=1,NIT
    CALL SYMBOL((I-1)/(NN*2.),(50.-P2(I))/5.,0.07,2,0.,-2)
END DO
CALL PLOT(0.,0.,3)
DO I=1,NIT
    CALL SYMBOL((I-1)/(NN*2.),(50.-P3(I))/5.,0.07,11,0.,-2)
END DO
CALL PLOT(0.,10.,-3)
CALL AXIS(0.,0.,21HOFFSHORE DISTANCE(km),21,12.,0.,18.,-1.5)
CALL AXIS(0.,0.,14HWATER DEPTH(m),-14,10.,270.,0.,-5.)
CALL SYMBOL(2.,2.5,0.35,17HPROFILE LINE No.:0.,17)
RJ2=J2
CALL NUMBER(8.3,2.5,0.35,RJ2,0.,-1)
CALL PLOT(0.,0.,999)
RETURN
END

```

程式三、土方變化主程式 2 , SVC2

```

*****
*      PROGRAM(2) FOR COMPUTING SAND VOLUME      *
*****
*      SVC2
*****

CHARACTER*12 INPUT_FILE
DIMENSION D1L(400,400),D2L(400,400),D3L(400,400)
*      ,VOL31(400),VOL32(400),VOL21(400),
*      GV31(400,400)
COMMON NN,NIT,NJT,SL,SGRA
C***** OPEN DATA FILE *****
WRITE(*,22)
22  FORMAT(46H INPUT REAL DATA FILE NAME (BY 'filename.DAT'))
ACCEPT *,INPUT_FILE
OPEN(UNIT=2,FILE=INPUT_FILE,STATUS='OLD')
READ(2,11) NN,NIT,NJT,SL,SGRA
11  FORMAT(3I4,2F10.2)
READ(2,12)((D1L(I,J),D2L(I,J),D3L(I,J),I=1,NIT),J=1,NJT)
12  FORMAT(3F10.2)
DO J=1,NJT
VOL1=0.
VOL2=0.
VOL3=0.
DO I=1,NIT
GVOL2=0.
VOL1=VOL1-((D3L(I,J)-D2L(I,J))+(D3L(I+1,J)-D2L(I+1,J))
*      +(D3L(I,J+1)-D2L(I,J+1))+(D3L(I+1,J+1)-D2L(I+1,J+1)))/4.*SGRA
VOL2=VOL2-((D3L(I,J)-D1L(I,J))+(D3L(I+1,J)-D1L(I+1,J))
*      +(D3L(I,J+1)-D1L(I,J+1))+(D3L(I+1,J+1)-D1L(I+1,J+1)))/4.*SGRA
VOL3=VOL3-((D2L(I,J)-D1L(I,J))+(D2L(I+1,J)-D1L(I+1,J))
*      +(D2L(I,J+1)-D1L(I,J+1))+(D2L(I+1,J+1)-D1L(I+1,J+1)))/4.*SGRA
GVOL2=-1.*((D3L(I,J)-D1L(I,J))+(D3L(I+1,J)-D1L(I+1,J))
*      +(D3L(I,J+1)-D1L(I,J+1))+(D3L(I+1,J+1)-D1L(I+1,J+1)))/4.*SGRA
GV31(I,J)=GVOL2
END DO
VOL32(J)=VOL1/SQRT(SGRA)
VOL31(J)=VOL2/SQRT(SGRA)
VOL21(J)=VOL3/SQRT(SGRA)
END DO
PRINT 140, (VOL31(J),J=1,NJT)
140  FORMAT(5X,5F13.2)
9    TYPE 1
1    FORMAT( / 1X,'PLOT SA-VO-CH /(M) ?(S or N or Y):'$)
ACCEPT 2,ANS
2    FORMAT(A1)
CALL SNY(ANS,*20,*15,*10)
10   CALL PLOT_S_Y(VOL21,15.,12.,1)
CALL PLOT_S_Y(VOL32,15.,12.,2)
CALL PLOT_S_Y(VOL31,15.,12.,11)
15   TYPE 3
3    FORMAT( / 1X,'PLOT X-Y SYMBOL ?(S or N or Y):'$)
ACCEPT 4,ANS
4    FORMAT(A1)
CALL SNY(ANS,*20,*20,*16)
16   CALL PLOT_X_Y(GV31)
20   STOP
END

```

程式三(續一)

```

SUBROUTINE PLOT_S_Y(VOL31,XL,YL,INTEQ)
DIMENSION VOL31(500)
COMMON NN,NIT,NJT,SL,SGRA
VOL=0.
DO I=1,NJT
    VOL=VOL+VOL31(I)
END DO
AVOL=VOL/NJT
CALL PLOTS(0,0,7)
CALL PLOT(5.,5.,-3)
CALL AXIS(0.,0.,19HNO. OF COASTAL ZONE,-19,XL,0.,0.,2.)
CALL AXIS(0.,0.,29HCHANGE OF SAND VOLUME(M**3/M),29,YL,90.,
-30000.,10000.)
*
DO I=1,NJT
    V=(VOL31(I)+80000.)/10000.
    CALL SYMBOL(I/NN/2.,V,0.25,INTEQ,0.,-2)
END DO
CALL SYMBOL(2.,12.5,0.3,38HTHE TOTAL AVERAGE = M**3/M,
*           0.,38)
CALL NUMBER(8.5,12.5,0.3,AVOL,0.,2)
CALL PLOT(0.,0.,999)
RETURN
END

SUBROUTINE PLOT_X_Y(GV)
DIMENSION GV(400,400),PX(200),PY(200)
COMMON NN,NIT,NJT,SL,SGRA
C*****
C    THIS IS A SEA FIGURE PLOTTING PROGRAM *
C*****
CALL PLOTS(0,0,7)
OPEN(UNIT=8,FILE='PCL.DAT',STATUS='OLD')
C***** PLOT GRID *****
CALL PLOT(2.,2.,-3)
CALL GRID(0.,0.,0.5,0.5,23,30)
C***** PLOT CONTOUR LINE *****
M=0
200 READ(8,100) N
    IF(N.EQ.0) GO TO 150
    READ(8,101) (PX(I),PY(I),I=1,N)
100  FORMAT(I5)
101  FORMAT(2F5.1)
    M=M+1
    IF(M.EQ.2) THEN
        GO TO 200
    ELSE
        TYPE *,M,N
        DO II=1,N
            PX(II)=(PX(II)-1.)/2.
            PY(II)=(PY(II)-1.)/2.
        END DO
        CALL PLOT(PX(1),PY(1),3)
        CALL SMOOT(PX(1),PY(1),0)
        DO 5 I=1,N
            CALL SMOOT(PX(I),PY(I),-2)
5      CONTINUE
        CALL SMOOT(0.,0.,-3)
        END IF
    GO TO 200

```

程式三(續二)

```

*****
*      PLOT X-Y SYMBOL      *
*****
150    PRINT *,((GV(I,J),I=1,10),J=1,10)
      CALL PLOT(-0.2,-0.2,-3)
      DO 1 I=1,NIT-1
        X=((FLOAT(I-1)/NN+1.)*2-1.)/2.*SL
        DO 1 J=1,NJT-1
          Y=((FLOAT(J-1)/NN+1.)*2-1.)/2.*SL
          IF(GV(I,J)) 10,11,12
10      CALL SYMBOL(X,Y,0.15,15,0.,-1)
      GO TO 1
11      CALL SYMBOL(X,Y,0.15,1,0.,-1)
      GO TO 1
12      CALL SYMBOL(X,Y,0.15,11,0.,-1)
1    CONTINUE
      CALL PLOT(0.,0.,999)
      RETURN
      END

      SUBROUTINE SNY(ANS,*,*,*)
      COMMON NN,NIT,NJT,SL
      IF(ANS.EQ.'S') THEN
        RETURN 1
      ELSE IF(ANS.EQ.'N') THEN
        RETURN 2
      ELSE
        RETURN 3
      END IF
      END

```