

平緩沙灘碎波帶內波浪、流況以及漂沙特性研究(二)

計劃主持人：所長張金機

共同主持人：研究員何良勝
副研究員邱永芳

參與人員：研究員黃林清和
助理研究員蔡柏立青
助理工張富宏
技楊怡東
何炳芸
蔡瑞紹
陳進成
李江冰
澤

平緩沙灘碎波帶內波浪、流況以及漂沙特性研究(二)

目 錄

中文摘要	I
圖 表 名	II
第一章 前 言	1
第二章 流速觀測及其相關特性分析.....	2
2-1 現場觀測	3
2-2 觀測資料分析	4
2-3 波浪水分子水平速度之經驗式	7
第三章 漂沙懸浮質濃度觀測	12
3-1 懸浮質濃度分析	12
第四章 結論與建議	14
參考文獻	15

摘 要

本研究係配合國科會『海岸空間利用工程問題之研究』重點計劃，屬為期三年研究方案之第二年研究報告。本年度工作重點在於研究探討台中港附近碎波帶內流場變化情況以及漂沙懸浮質濃度分佈情形，其研究成果包含 (1)利用帶通濾波方式，以有義波法統計分析受波浪影響之水分子水平速度之轉換函數經驗式為：

$$\frac{U}{H\omega} = \text{EXP} [0.356 (\omega^2 Z^2 / gd)^2 - 1.675 (\omega^2 Z^2 / gd + 0.295)]$$

(2)利用潮汐漲退之水深變化情況，迴歸分析平均懸浮質濃度經驗式為

$$C = 7000 \times \text{EXP}(-0.6 \times d)$$

圖 名

- 圖 2-1 觀測系統之硬體架構方塊圖
- 圖 2-2 現場觀測樁與觀測儀器配置圖
- 圖 2-3 波浪及流速、流向變化之瞬時時間序列圖
- 圖 2-4 流速分佈玫瑰圖
- 圖 2-5 非波浪水分子作用之流速分佈玫瑰圖
- 圖 2-6 單一波浪之水平水分子運動軌跡圖
- 圖 2-7 帶通濾波處理前之瞬時流速延時序列圖
- 圖 2-8 帶通濾波處理後之瞬時流速延時序列圖
- 圖 2-9 實測水平水分子速度UTF值與參數 $\omega^2 Z^2 / gd$ 之迴歸關係圖
- 圖 3-1 MTB-16K 濁度計位置圖
- 圖 3-2 MTB-16K 濁度計之率定圖
- 圖 3-3 濁度計測站水深變化時間序列圖
- 圖 3-4 離底3公分平均懸浮質濃度之時間序列圖
- 圖 3-5 離底10公分平均懸浮質濃度之時間序列圖
- 圖 3-6 離底35公分平均懸浮質濃度之時間序列圖
- 圖 3-7 離底60公分平均懸浮質濃度之時間序列圖
- 圖 3-8 離底3公分平均懸浮質濃度隨水深變化圖
- 圖 3-9 離底10公分平均懸浮質濃度隨水深變化圖
- 圖 3-10 離底35公分平均懸浮質濃度隨水深變化圖
- 圖 3-11 離底60公分平均懸浮質濃度隨水深變化圖

第一章 前言

台灣四周環海，海岸線形成西部多屬平緩沙灘海岸，根據以往水利局與縣政府所收集之觀測記錄資料計算及研判，西部海岸均有明顯侵蝕現象，加以沿岸地區地下水之濫用導致地層下陷等因素，更加速其侵蝕現象，故為確保沿岸海域開發與利用以及人民生命財產安全，有賴數值模式之預測，俾事先作防範及保全工作，惟目前有關數值模式所依據波浪、流與漂沙等彼此間之力學關係，至今尚未突破，全依賴經驗以及假設參數，致使海岸地形之預測工作常失之千里，僅可供定性參考，究其原因乃以往賴以研判之波浪、流況以及漂沙資料等均屬片斷，缺乏連續一貫性，因此本研究計劃係配合國科會『海岸空間利用工程問題之研究』重點研究計劃針對該項缺失，旨在有系統地、長期性地在平緩沙灘海岸設置一永久性地觀測站，藉長期、連續性地記錄波浪、流以及漂沙量測工作等，以建立三者間之力學相關性，俾提供數值模式有關三者力學機構參數，進而預測海岸地形變化。

此研究計劃為三年期之研究方案，在實施方法上整個架構係選擇在台中港北防沙堤以北平緩沙灘間碎波帶內，打五支預立樁，建立一永久性現場觀測站，並於觀測樁上提供參與國科會"海岸空間利用"重點計劃其它學術研究機構學者設置風速計、波浪儀、壓力計與流速計等以連續記錄風速、波浪及流況等相關參數。本計劃第二年之工作重點係利用電磁式流速儀及壓力計，觀測海流受海岸地形、波浪與潮流等影響因素，所產生之瞬時變化情況，藉由流況之取得，吾人可對海岸碎波帶附近之流場，得出一較為精確與完整的描繪；另外，並利用連續性記憶式濁度計（MTB-16K），觀測分析漂沙濁度之結果。本文第二章係描述流速觀測及其相關特性之研究，第三章則為漂沙濁度之觀測結果，並於第四章作一結論與建議。

第二章 流速觀測及其相關特性分析

張 富 東

淺海地帶因受海岸地形、波浪、各種水流及吹風等因素之影響，產生沿岸流(longshore current)、裂流(rip current)等交互作用後之紊流(turbulent flow)，其流況頗為複雜；往昔學者Bowen(1969)、Longust-Higgins(1970)等皆對此一問題提出解析，然公式非常複雜，且各項參數須由實測值求出，尚未達實用階段。另如 Galvin, Eagleson (1965)及 Horikawa & Sasaki(1976)等亦從實驗室中觀測其結果；但皆與實際海象相去甚遠。近年之研究如NIEMEYER, H. D. 於德國Groyne海域實測潮流(1987)和於德國 East Frisia海域實測海濱流(1990)等；雖測得現場流況並進行歸納分析，然其結果卻皆僅限於對區域性海域之描述而已。

另於波浪水分子速度之研究領域中，如 Wheeler(1970)採線性濾波法(Linear filter)及水深衰減函數代入微小振幅波理論求解；Pajouhi與 Tung(1975)利用Morison公式和微小振幅波理論解得水面變動與波力間之轉換函數；Nath Hsu(1987)更利用試驗法找出適用平均海水面附近之替代水深代入微小振幅波理論推估水分子速度與加速度。觀諸上述之研究皆以修正微小振幅波理論之精確度為對象，其與實際海域之波浪特性差異甚大。

因此，本計劃即利用台中港北防沙堤北側附近設置之觀測樁，置放壓力計與流速儀等現場觀測儀器，辦理波浪與流況實測並配合潮位計，進行相關數據之統計與分析處理；再輔以有關學者試驗之結果，進而提出一具有實用性之波浪與水分子速度間之轉換函數經驗公式，以供有關港灣工程規劃設計者之參考。

有關儀器設備與統計分析過程敘述如后：

2-1 現場觀測

一、觀測儀器設備

海上觀測平台與陸地觀測站間鋪設海底電纜，以供給觀測站儀器所需之電源；本計畫主要之觀測儀器設備尚有：

1. 電磁式流速儀：採用日本ATEC公司X-Y雙方向連續式流速儀。其最大量測流速達250 cm/sec，誤差在 ± 1 cm/sec內。
2. 個人電腦主機：採用美國IBM公司PC-386級相容性電腦主機，內含100 Mbyte之抽取式硬碟。
3. 14位元A/D 類比數位轉換器：採用FLYTEC公司產製之AD-DA14 轉換卡。輸入類比電壓範圍 ± 8 伏特，數位解析度14位元，轉換速度42 μ sec 以內，轉換誤差 ± 1 位元內。
4. 可程式計時器：採用第三波公司產製之PC MUTI-FUNCTION EXPERIMENT 卡。以內建之8253計時IC中三組獨立計時器作為串聯除頻，可經軟體程式設定任意之取樣頻率。
5. 資料擷取控制程式：採用自行研發之自動擷取量測系統。以組合語言(Assembly Language)為硬體控制語言，另C語言為使用者介面主架構。

本計畫重點研究之一係量測海流之瞬時變化情況，故觀測儀器之選擇首重在其穩定性、高速性、解析度、資料容量等量測性能因素之考量。本系統中選用之各項儀器設備，整合後並經長期測試；證實確為一套合乎經濟原則下最佳化之理想組合。主體電磁式X-Y雙向流速儀其最大量測流速達250cm/sec，誤差在 ± 1 cm/sec內，反應速度0.5sec。A/D 類比數位轉換器解析度14位元，轉換速度42 μ sec以內，轉換誤差 ± 1 位元

內。可程式計時器以內建之8253計時IC中三組獨立計時器作為除頻，可經軟體程式設定任意之取樣頻率。而資料擷取系統程式皆為作者以組合語言(Assembly Language)為硬體功能控制，另以C語言為主架構自行研發而成；故在資料擷取、轉換與操作維護上之親切性，更非一般市售系統所能比擬。

為配合其他研究機構學者在同一觀測現場蒐集波浪波壓、懸浮質濃度、風速等相關資料時間之一致性，便以達到資料共享與分析比較之目的；故資料取樣頻率設定為每秒 5個取樣點。且為利於長期流速變化之觀測，以每一小時擷取40分鐘為資料段落，連續高密度儲存資料後，系統關機20分鐘藉以冷卻設備，如此可避免儀器因長期運作產生過熱損毀或訊號漂移現象。資料擷取後之儲存與備份則以系統中個人電腦所具有之抽取式100 Mb記憶容量硬碟儲放。採用此直接儲存方式主要在於方便新資料容量互換與免去離線(offline)作業時資料轉換之困擾；且可防止一般無線電傳輸作業，常發生訊號失真影響資料可靠度之慮，以達到高穩定性之要求。整套系統之硬體架構如圖 2-1。而現場觀測樁與儀器配置如圖2-2所示。

2-2 觀測資料之分析

現場觀測所得之資料數據，因須考慮長期蒐集時之資料量頗為可觀，故一般皆以二進位(Binary)數據儲存。資料處理過程首先須經轉換成為標準碼(ASCII)格式，以供其他研究學者所共享。

本計畫主要研究目標之一係觀測海流之變化情況，然資料處理分析時，皆須輔以同一觀測樁現場所調查之其他海象資料；如波浪、潮汐、風速等數據資料，以求得其相互間之關聯性。此其中波浪資料為成功大學水利及海洋研究所高教授家俊所提供；潮汐及風速資料為本所現有之台中港區觀測站所提供。經處理後得出波浪、海流其變化之基本資料如下：

一、瞬時時間序列

波浪及流速、流向變化之瞬時時間序列之典型圖，如圖 2-3。由圖中資料所示，吾人可概觀出兩者之間必有交互影響之關係存在，而此即為本計畫所欲探索的重點之一；其分析之結果於文後另述之。

二、流速、流向分佈

依瞬時時間序列原始資料，以每二小時取十分鐘為時段，繪出十二小時之潮汐週期，其流速分佈玫瑰圖，如圖 2-4。由圖示可窺出每一時段海流之流向分佈；而其因受波浪之水分子速度往復作用所造成之東北及西南流向成份，於圖中極為明顯。吾人當可藉此推知該時段之波浪作用方向，應以東北向為主；經對照該時般之風速資料與海岸地形，證實頗為吻合。又以同時段資料另採用超越平衡量 (Overbalance) 方法，消除離岸與向岸流向之各成份逆向平衡量，繪出其流速分佈玫瑰圖如圖 2-5。而此法適可簡易除去波浪造成之水分子速度往復作用成份；由圖示與潮汐資料對照，吾人發現除去波浪作用效應後，流向分佈有隨潮汐之漲退而產生旋轉變化之勢。

三、水平水分子運動軌跡

概觀瞬時時間序列資料，其瞬時流速變化受波浪週期影響甚大；故可研判波浪水位變化所產生之水分子速度應為瞬時流速之主要成份。圖 2-6 為分離出各單一波浪週期後所繪之水平水分子運動軌跡圖。由圖示可知水平水分子運動軌跡，經一波浪週期後形成非封閉曲線，產生質量輸送情形；而其質量傳輸方向與波浪

進行之方向具有其一致性。

海岸近岸地區因受海岸地形變遷、海岸結構物遮蔽、波浪淺化效應、潮汐漲退變化等因素之影響，所以其海象觀測作業相較於一般海域調查常倍感艱辛。尤其各不同研究單位蒐集之相關資料間格式(FORMAT)、取樣速度、時段對應等皆互異；故資料之轉換處理常為分析研判前，所需面對的一大課題。

2-3 波浪水分子水平速度之經驗式

由實測所得之波動與流速資料延時序列中顯示，兩者間必有相依關係；本研究主要目的在探討其相關特性。

一、相關理論研究

由前言中可知往昔學者皆以修正微小振幅波理論來推估水分子速度。依照微小振幅波理論在線性假設時，進行波之水平及垂直方向水分子速度 U 及 V 分別為：

$$U = \frac{H\omega}{2} \frac{\cosh[k(d-z)]}{\sinh(kd)} \sin(kx - \omega t) \quad (2-1)$$

$$V = - \frac{H\omega}{2} \frac{\sinh[k(d-z)]}{\sinh(kd)} \cos(kx - \omega t) \quad (2-2)$$

其中 k : 波數 H : 波高 z : 測點水深
 ω : 週波率($2\pi/T$) d : 水深

然而在實際海域中，其波浪特性與線性理論間差異甚大；故考慮採用非線性理論以提高推算之精確度。根據陳陽益(1989)利用攝動法推展之三階非線性流場解

$$\Phi_1 = \frac{1}{\omega_0} \frac{\cosh(d+z)}{\cosh d} \sin(x+t_p) \quad (2-3)$$

$$\Phi_2 = \frac{1}{4}(\omega_0^{-3} - \omega_0)t_p - \frac{1}{8}(\omega_0^{-7} - \omega_0) \frac{\cosh 2(d+z)}{\cosh 2d} \sin 2(x+t_p) \quad (2-4)$$

$$\Phi_3 = \frac{1}{64}(9\omega_0^{-13} + 5\omega_0^{-9} - 53\omega_0 + 39\omega_0^{-1}) \frac{\cosh 2(d+z)}{\cosh 2d} \sin 3(x+t_p) \quad (2-5)$$

式中 Φ_1 、 Φ_2 及 Φ_3 分別為各階流速勢函數解，而整個流場解 Φ 則為：

$$\Phi = \varepsilon \Phi_1 + \varepsilon^2 \Phi_2 + \varepsilon^3 \Phi_3 \quad (2-6)$$

其三階非線性水粒子速度為：

水平速度 U

$$U = \frac{\partial \Phi}{\partial X} \quad (2-7)$$

垂直速度 V

$$V = \frac{\partial \Phi}{\partial Z} \quad (2-8)$$

式中 $\omega_0 : \sqrt{\tanh d}$

ε : 攝動展開之微小參數 ($\varepsilon = ka$)

但據邱、郭、尤(1993)對波浪水粒子速度特性之研究，波浪水分子速度依線性理論與實驗求解之比較顯示兩者間存有甚大之差異，而三階非線性理論相較於線性理論雖稍能提高精確度，但也未獲明顯的改善。由此可知若再接續採用更高階之非線性理論來探求其解，似乎仍無法達到有效描述水分子運動之目的。因此，本計畫建議現階段欲了解此問題，需仰賴現場資料建立經驗公式，才能補理論解析之不足。

另邱、郭、尤(1993)在試驗室量測波浪水分子速度，透過頻譜法(Spectrum method)歸納統計後，再以因次分析方法建立一水分子速度、波高與週波率之間的經驗轉換函數式進行波水平方向

$$\frac{U}{H\omega} = \exp\left[0.243\left(\frac{\omega^2 z^2}{gd}\right)^2 - 1.689\left(\frac{\omega^2 z^2}{gd}\right) + 0.38\right] \quad (2-9)$$

進行波垂直方向

$$\frac{V}{H\omega} = \exp\left[0.185\left(\frac{\omega^2 z^2}{gd}\right)^2 - 1.458\left(\frac{\omega^2 z^2}{gd}\right) - 0.37\right] \quad (2-10)$$

基於上述研究之基礎，本計畫則以海岸碎波帶附近現場實測之瞬時流速資料，先以帶通濾波(Band-pass filter)方式儘可能濾除非屬波浪水分子速度成份之其他紊流，再利用有義波法(Significant wave method)找出有義波內之每一個別波中其所對應的水分子速度之平均值，定為水分子之有義速度；其表示式各為

有義波高

$$H_s = \frac{3}{n} \sum (H_1 + H_2 + \dots + H_{n/3}) \quad (2-11)$$

有義波週期

$$T_s = \frac{3}{n} \sum (T_1 + T_2 + \dots + T_{n/3}) \quad (2-12)$$

有義速度

$$U_s = \frac{3}{n} \sum (U_1 + U_2 + \dots + U_{n/3}) \quad (2-13)$$

其中 n : 波列波數

藉由統計分析求得實測資料各時段之 H_s 、 T_s 、 U_s 值後，帶入實驗之經驗轉換函數式中，可比較出海岸現場與實驗值兩者間波浪水分子速度之差異性；並經由迴歸分析來修正實驗經驗式中之係數值，使其更符合實際海域受相關邊界條件影響下，波動與水分子速度間應有之轉換特性。

二、實測經驗公式之建立

欲針對波浪所造成之水分子速度進行剖析；首先需對實測之瞬時流速資料，做帶通濾波前置處理，以分離出真實的波浪水分子速度。而濾波過程中帶通頻寬(Band width)之給定，是以同一時段之波浪資料經頻譜分析後，得到之頻率分佈為依據；其理由乃建立在波動變化與水分子速度必有相依關係之基本假設成立的基礎上。

本計畫採用快速傅立葉轉換(Fast Fourier Transform)法互逆方式，將瞬時流速資料正向轉換頻率域後，消去非屬波浪頻率分佈能量之成份，再逆向轉換還原為瞬時流速之延時序列；其處理前後之資料如圖 2-7、2-8。另因本文採用日製ATEC公司X-Y雙向流速儀，故濾波處理時須以X、Y速度分量個別處理之，再計算其合理向量，才不致產生失真現象。

分離出波浪水分子速度後，接續利用有義波法統計出各時段之 H_s 、 T_s 、 U_s 值，再配合潮位資料找出水深 d 與計測水深 z 等經驗式中之控制因子，則實測波浪水分子速度轉換函數值即可解得。

因選用之流速儀不具垂直接流速之量測功能；故僅能就其水平波浪水分子速度進行探討。本計畫以實測資料每小時前10分鐘為一單位時段，經上述方法分析後，統計出72小時之轉換函數分佈如圖2-9。依圖示可知實驗所求得之經驗式與實測資料解得之轉換函數值頗為符合；但於無因次參數 $(\omega^2 z^2 / gd)$ 值漸增時卻產生偏差現象。經迴歸分析後得出實測值之迴歸關係式為

$$\frac{U}{H\omega} = \exp\left[0.356\left(\frac{\omega^2 z^2}{gd}\right)^2 - 1.675\left(\frac{\omega^2 z^2}{gd}\right) + 0.295\right] \quad (2-14)$$

藉此迴歸關係式，可修正實驗之經驗式，使其更符合實際海域之轉換特性。

第三章 漂沙懸浮質濃度觀測

往昔學者偏重理論研究，然因理論上有關水體運動與漂沙運動兩者間摩擦係數(f)以及懸浮質擴散理論方程式中之擴散係數(ϵ_z)值等，均有待試驗及現場資料決定，卻因物理模型試驗縮尺效應以及現場實測工作之耗時及受限於經費，一直未能有所突破。本研究有鑑於此，故配合國科會『海岸空間利用工程問題之研究』重點計劃中有關現場波浪、沿岸流等數據，探討碎波帶內實測局部底床質移動量以及垂直方向懸浮質濃度等漂沙運動與水體運動間之相互關係，當有助於爾後數值模式計算以迅速預估海岸變遷過程。

3-1 懸浮質濃度分析

一、MTB-16K型濁度計

本年度懸浮質濃度觀測係將MTB-16K連續性記憶型濁度計置放於固定點，利用潮汐之漲退量測不同斷面之懸浮質濃度，有關濁度計位置如圖3-1所示。

MTB-16K型濁度計係利用紅外線反射原理，濃度量測範圍可達200ppm，精確度為 $\pm 2\%$ ，解析度為0.1ppm，儀器率定性能良好成線性，其率定結果如圖3-2所示。

二、實測資料分析

由於實測波浪資料無法配合，本年度先依潮汐漲退之水位變化研究探討有關懸浮質濃度變化關係。有關濁度計測站之水深變化情況如圖3-3所示。依濁度計之置放位置，量測離底3公分、10公分、35公分、60公分等不同斷面之懸浮質濃度分佈情況，有關觀測結果如圖3-4~圖3-7所示。由各圖中顯示，平均懸浮質濃度值隨量測斷面之不同而有顯著差異，離底3公分及10公分者，懸浮質含量較多，

其平均濃度即較大，且隨水深之高低週期變化，呈現反比之週期變化；而離底35公分及60公分者，由於懸浮質含量小，其平均濃度即偏低，且不受水深變化之影響。

以固定離底床 3公分、10公分、35公分及60公分等平均懸浮質濃度隨水深變化之分析結果，如圖3-8～圖3-11所示。由於懸浮質大部份靠近底床附近，因此，水深之變化對底床附近之懸浮質濃度影響極大。由各圖中得知，除離底3公分之平均懸浮質濃度隨水深之增大而明顯減低外，其餘者之平均濃度並無甚變化，而離底3公分之懸浮質平均濃度依迴歸分析可得下列之經驗式

$$C = 7000 \times \text{EXP}(-0.6 \times d) \quad (3-1)$$

式中 C：平均懸浮質濃度值(P.P.M)

d：水深(m)

第四章 結論與建議

本計劃主要目的乃配合國科會『海岸空間利用工程問題之研究』之重點研究計劃在台中港北防沙堤以北碎波帶內建立一永久性觀測站，觀測相關之風、浪流等海氣象資料以及漂沙懸浮質間相關特性，茲謹將第二年執行成果作一結論及建議。

一、本計畫利用帶通濾波方式，濾除非波浪作用之紊流成份，再以有義波法統計分析，歸納出波浪水分子水平速度之轉換函數經驗式為

$$\frac{U}{H\omega} = \exp\left[0.356\left(\frac{\omega_s^2 Z^2}{gd}\right)^2 - 1.675\left(\frac{\omega_s^2 Z^2}{gd}\right) + 0.295\right]$$

吾人可利用相關之已知條件，推估其他相關因子之未知量。

二、實測之水分子流速其包含成份頗為複雜，本計畫利用帶通濾波法處理，濾除非屬波浪成份之其他紊流或潮流，頗為可行。

三、本計畫利用有義波法建立波浪水分子速度之轉換函數經驗式，對實際工程應用上化繁為簡，以已知之波浪條件直接應用，更能增加實用性。

四、於漂沙懸浮質分析方面，利用潮汐漲退之水深變化情況，迴歸分析求得離底3公分之平均懸浮質濃度經驗式為

$$C = 7000 \times \text{EXP}(-0.6 \times d)$$

五、由於本計畫需配合之研究機構眾多，在儀器相互支援資料規格與擷取時段及取樣頻、傳輸方式等皆未獲統一，常增加處理分析之困擾，此為往後應改進的目標。

參 考 文 獻

1. R.E. Meyer (1972): " Waves on Breaches", AP. P203-248.
2. Longuet-Higgins (1970a, b) : " Longshore Currents Generated by Obliquely Incident Sea Waves 1 & 2", J. Geophys. Res 75
3. Liu & Mei(1974) : " Effects of a Breakwater on Near - shore Currents due to breaking waves ", Parsons Lab., MIT, Report 192.
4. Liu & Dalrymple (1977), Bottom Friction Stresses and Long-shore Currents due to Waves with Large Scale of Incidence", J. Marine Res. 36
5. Kraus & Sasaka(1979): "Influence of Wave Angle on the Long-shore Current ", Marine Science Comm., Vol 5, No.2, p.91-126.
6. Visser (1984) : "Uniform Longshore Current Measurement and Calculations, Proc. 19th Coastal Engg. Conf. P. 2192-2207.
7. Brian A. & SAMIR ZEIN(1974): " Numerical Modelling of Suspended Sediment ", Coastal Eng. Chapter 65, PP. 1109-1128.
8. RUBEN D. KOS'YAN (1985): "Vertical Distribution of Suspended Sediment Concentrations of the Breaking Zone" Coastal Eng., 9, PP. 171-187.
9. JAN J. Bosman & Henk J. Steetzel(1986): " Time and Averaged Concentrations under waves ", Coastal Eng. Chapter 74, PP. 986-999.
10. Hans H. Dette & Klemens Uliczka(1986): " Velocity and Sediment Concentration Fields Across Surf Zone ", Coastal Eng. Chap. 79, PP. 1062-1076.

11. Suphat V. (1986): " Profile of Suspended Sediment Due to wave Action ", Vol. 112, No. 1, J. of Waterway, Port and Ocean Eng. PP. 35-53.
12. Rolf D., Jorgen F & Ida B. H. (1986): "Suspended sediment in the Surf Zone ", Vol. 112, No. 3, J. of Waterway, Port and Ocean Eng. PP. 115-121.
13. Aronne Armanini & Piero Ruol (1988): " Non-Uniform suspended Sediment under waves", ICCE, Chap. 84, PP. 1129-1139.
14. Tadeusz B. & Andrzej L. (1974) : " Field Investigations of Suspended Sediment ", Coastal Eng. PP. 1096-1107, Chap. 64.
15. Timothy W. K. (1978): " Surf Zone Measurements of Suspended Sediment" Coastal Eng. PP. 1725-1743. Chap. 104.
16. Timothy W. K. and Larry G. W. (1980): "Nearshore Suspended Sediment Load during storm and Post-Storm Conditions", Coastal Eng., PP. 1158-1174., Chap. 71.
17. Douglas L. Inman etl. (1980) : " Field Measurements of Sand Motion in the Surf Zone", Coastal Eng., Chap. 74., PP. 1215-1234.
18. Nicholas C. K. etl. (1982) : "Field Experiments on Longshore Sand transport in the Surf Zone", Coastal Eng., PP. 969-988.
19. Sergiei M. A etl. (1983): "Measurements of Coastal Suspended Sediment Concentrations ", Coastal Eng, 7, PP. 145 - 166, Amsterdam.
20. R. W. Sternberg etl. (1984), " Field Investigations of Suspended Sediment Transport in the Nearshore Zone ", Coastal Eng., Chap 120, PP. 1782-1798.

21. Kazumasa K. & Norio TANAKA(1986) : "Local Movements of Sand in the Surf Zone", Coastal Eng., Chap. 91, PP.1240-1254.
22. Kazuo Nadaoka, Seizo Ueno & Tatsuyuki I.(1988) : " Field Observation of Three Dimensional large-Scale Eddies and Sediment Suspension in the Surf Zone", Coastal Eng. in Japan , Vol.31, No. 2, JSCE.
23. Makoto I. & Tadao K.(1988) : "Suspended Sediment Concentration in the Surf Zone ", Coastal Eng. Chap. 123, PP. 1661-1675, ICCE.
24. Serqey M. A. & Ruben D. K (1990) : " Study of Suspended Sediment Distribution in the Coastal Zone ", Coastal Eng., 14, PP. 147-172, Amsterdam.
25. Yoshiaki K. Hiroshi Y. & Yoshito T.(1990) : " The in situ measurements of Sediment transport and bottom topography changes ", Coastal Eng., Paper No. 77, ICCE.
26. 郭金棟(1991): "大武漁港現場調查及水工模型試驗研究報告" 成功大學水利及海洋研究所。
27. 張金機(1991) : "碎波帶設立觀測樁及流沉調查研究 (I)" 國科會專題研究計劃, NSC 80-0410-E124-01 以及 NSC 80-0240-E124-01。
28. 黃清和(1991):"碎波帶中懸浮質濃度場及局部底床質移動研究(I)" , 國科會專題研究, NSE 80-0410-E124-02。

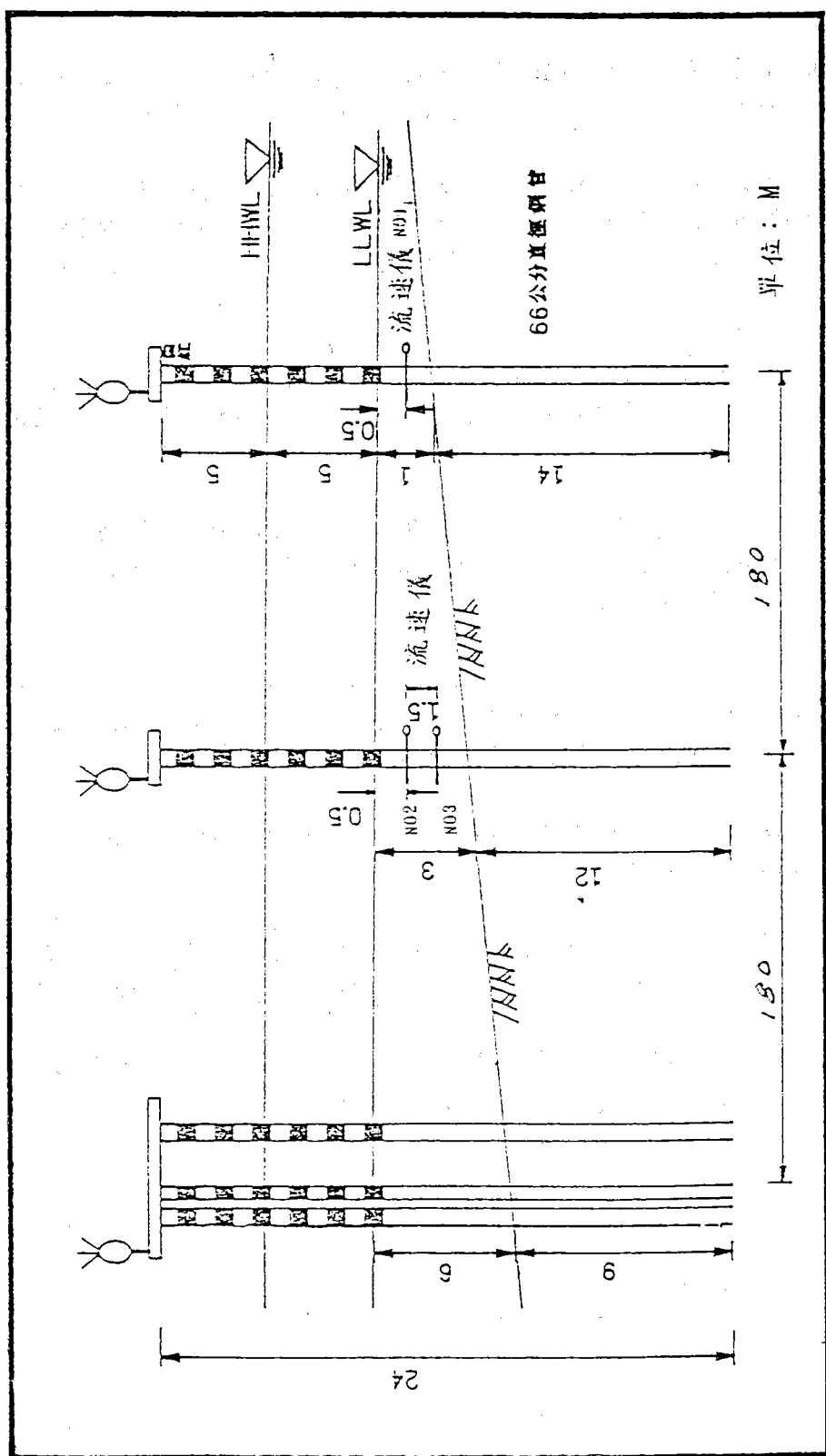


圖 2-2 現場觀測樁與觀測儀器配置圖

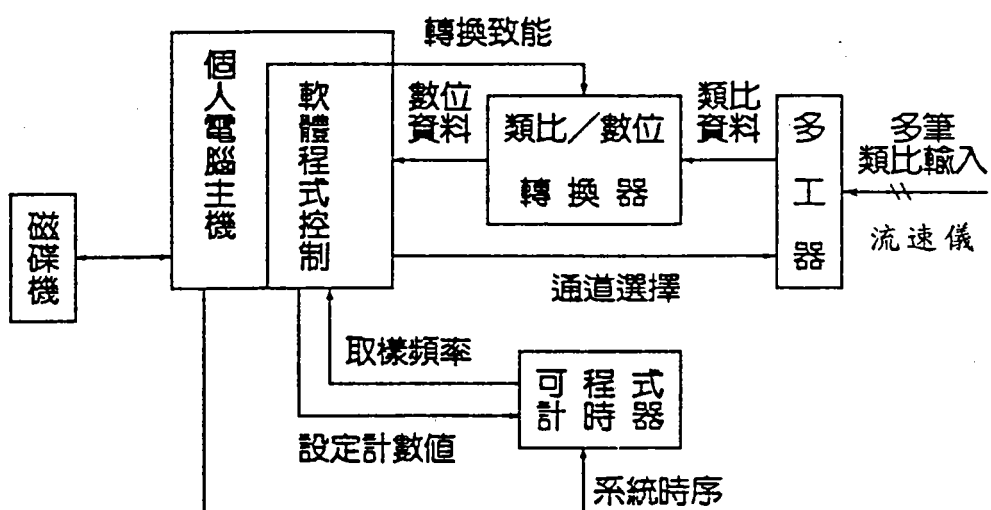


圖 2-1 觀測系統之硬體架構方塊圖

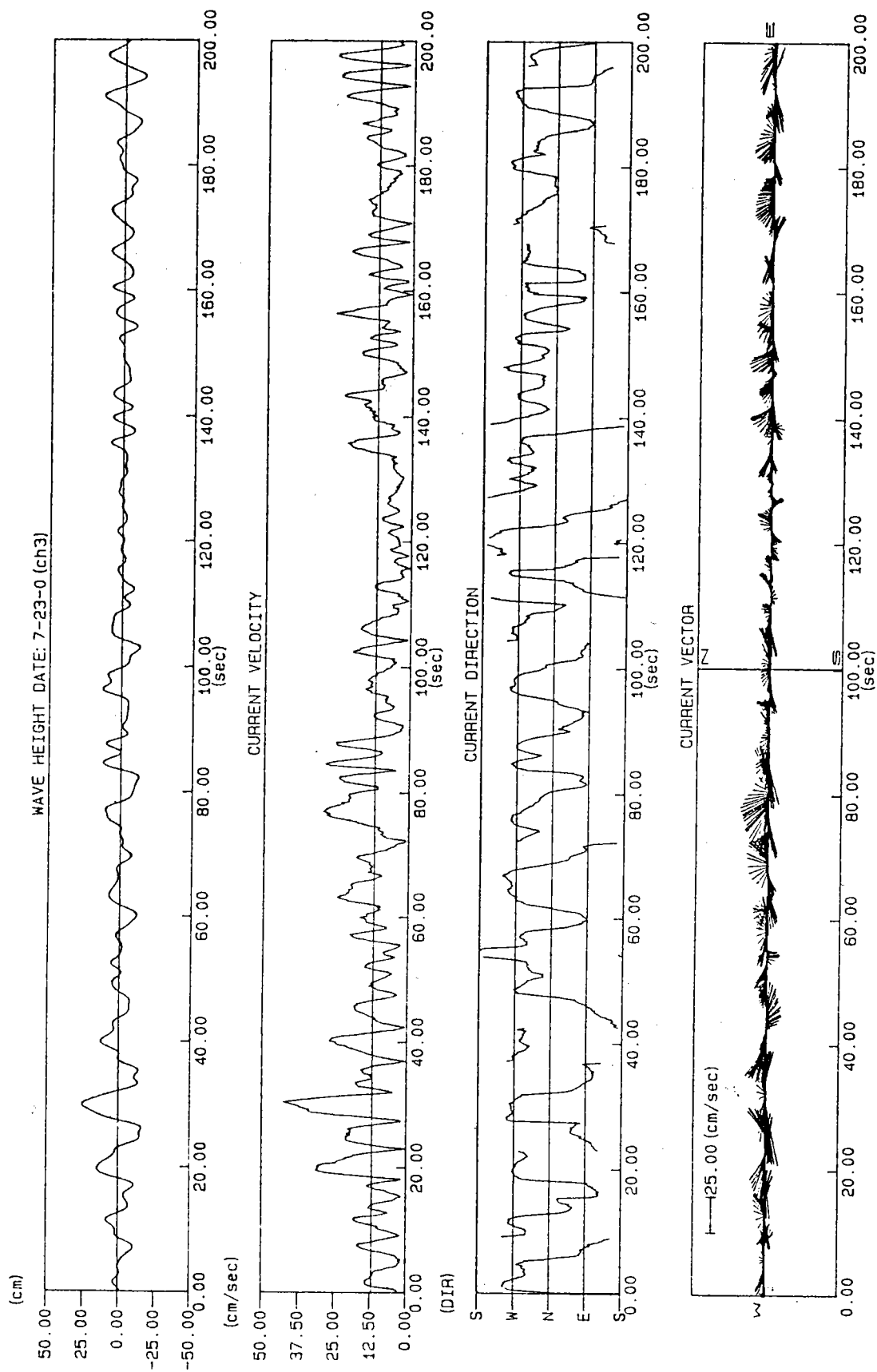


圖 2-3 波浪及流速、流向變化之瞬時時間序列圖

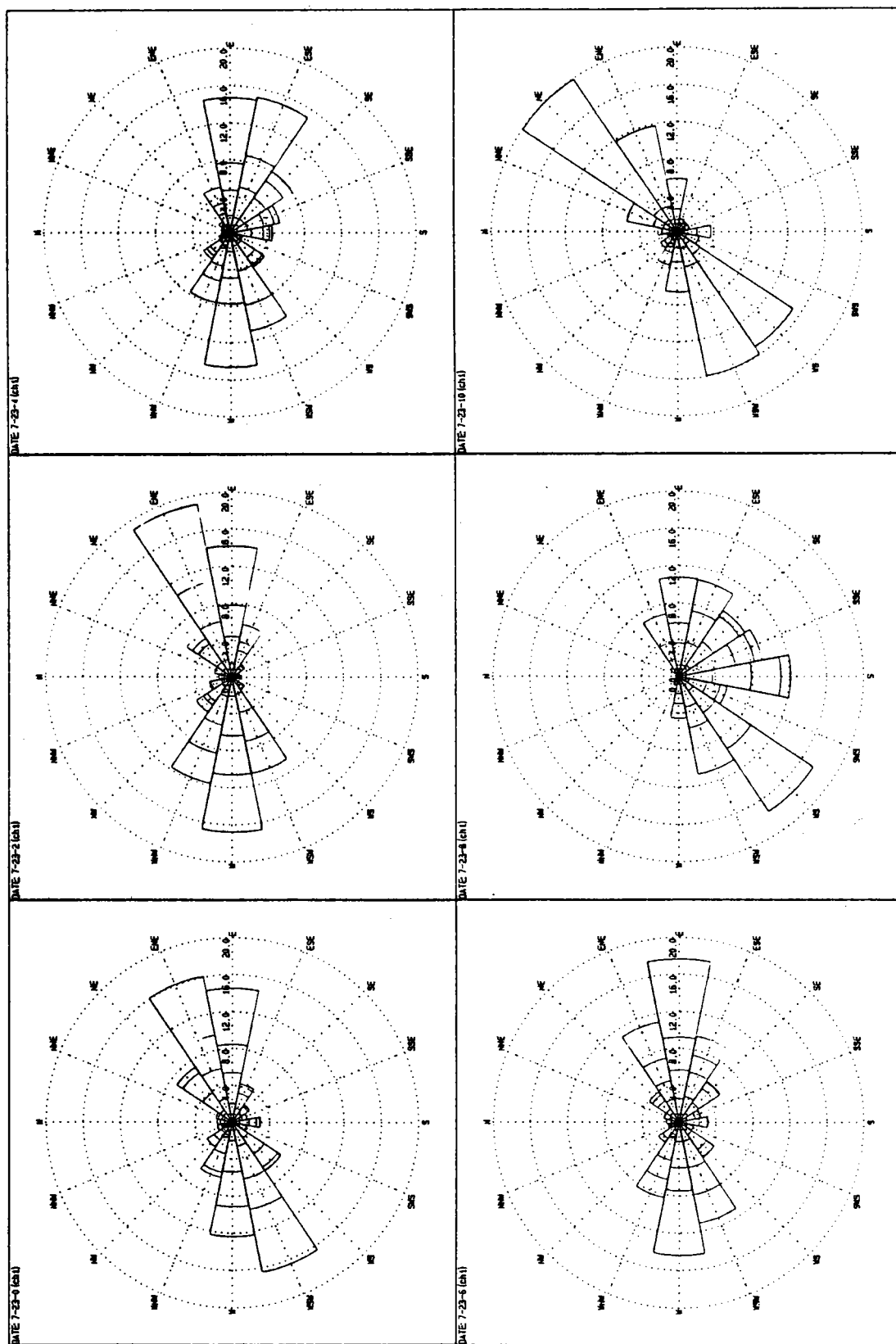


圖 2-4 流速分佈玫瑰圖

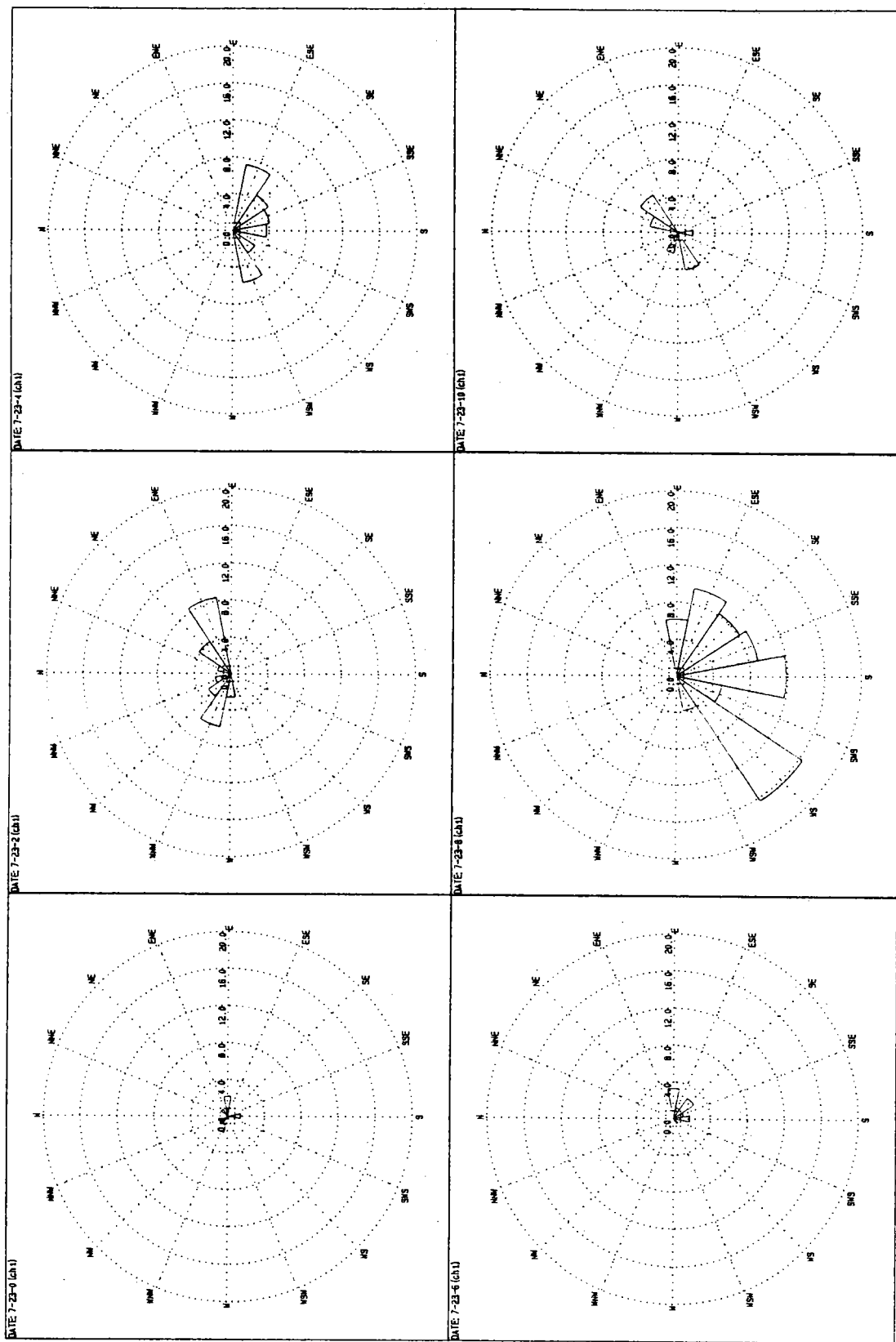


圖 2-5 非波浪水分子作用之流速分佈玫瑰圖

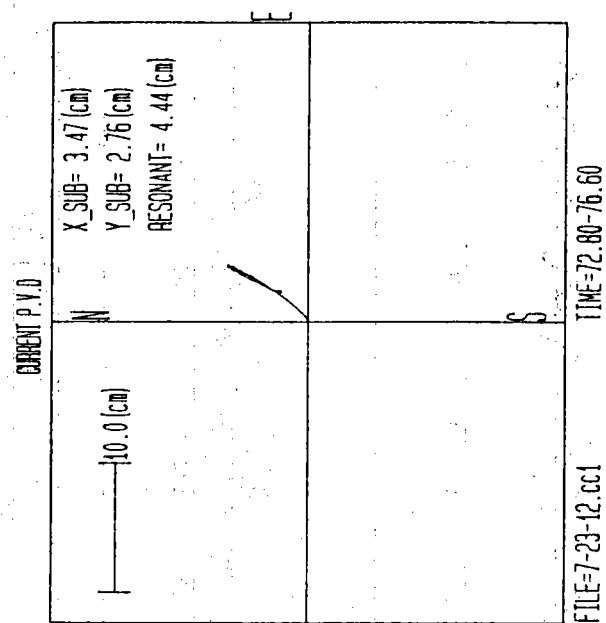
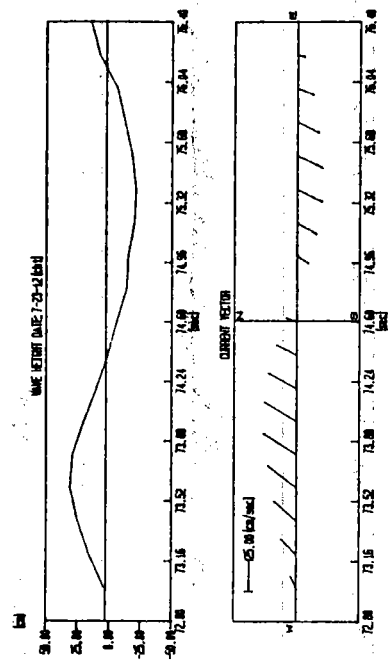
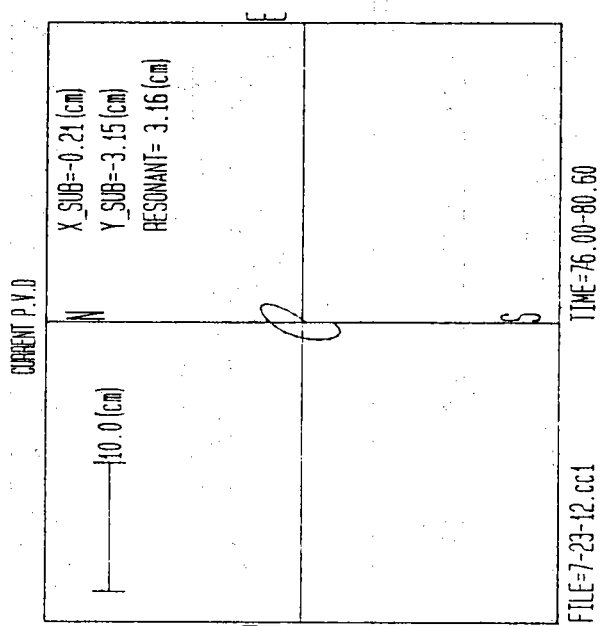
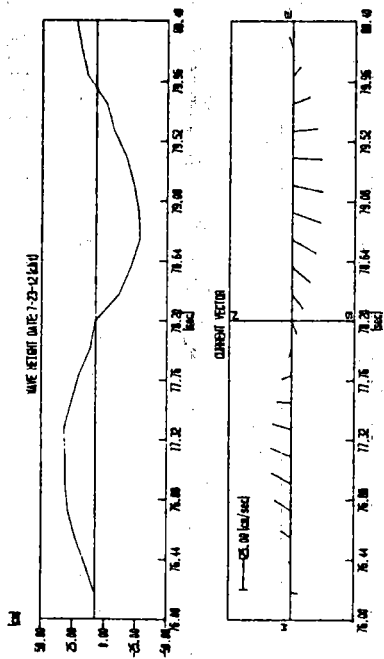


圖 2-6 單一波浪之水平水分子運動軌跡圖

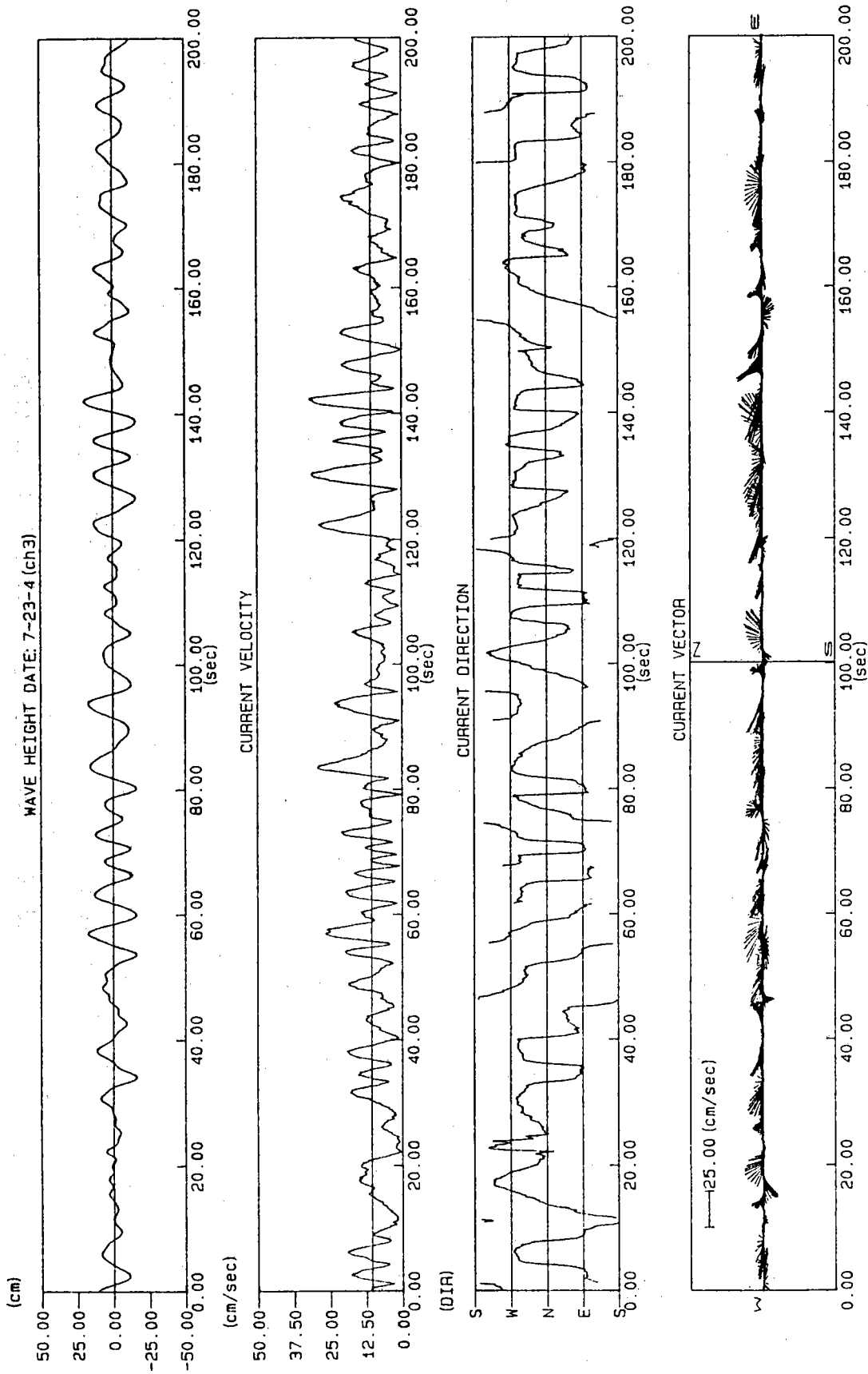


圖 2-7 帶通濾波處理前之瞬時流速延時序列圖

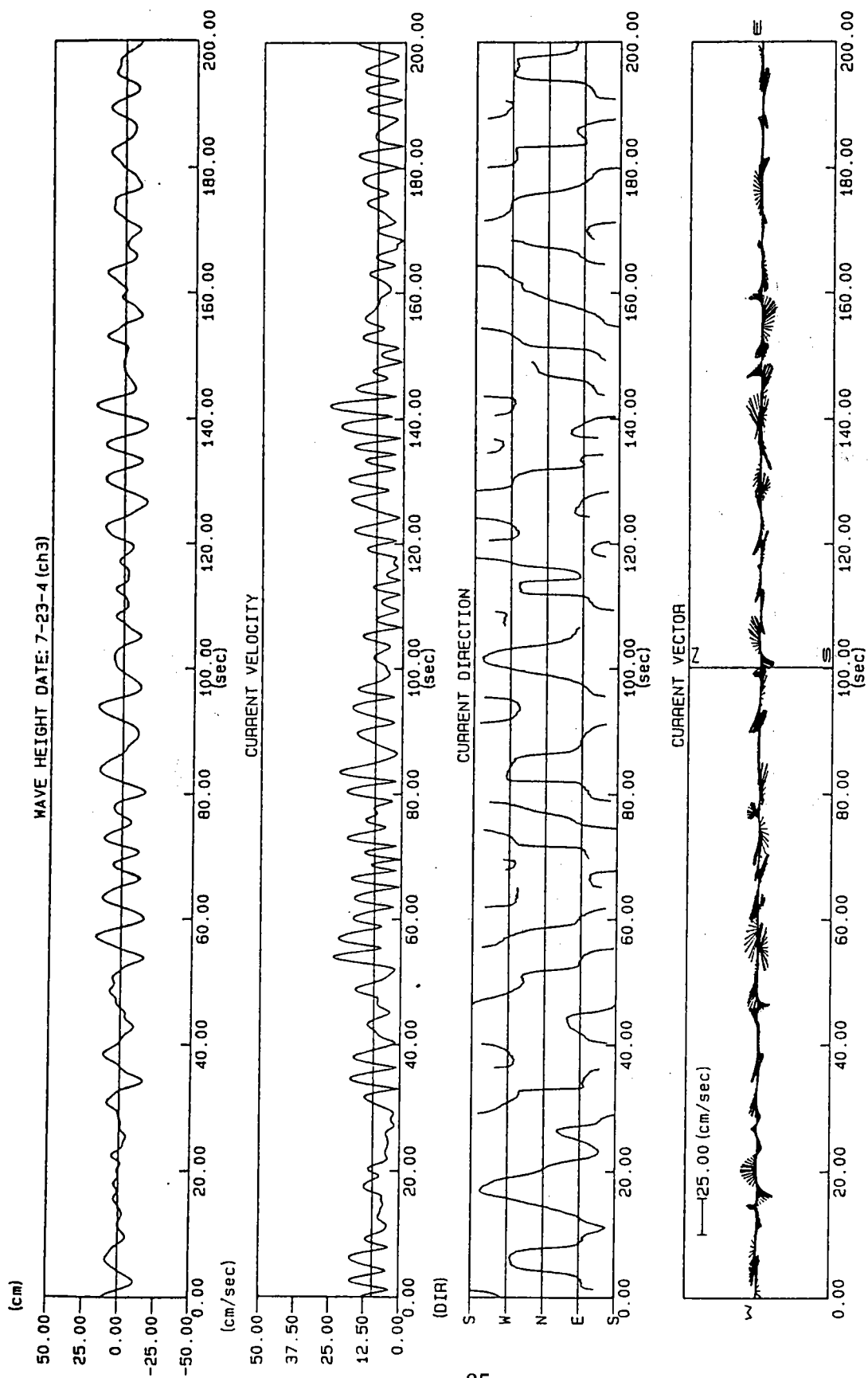


圖 2-8 帶通濾波處理後之瞬時流速延時序列圖

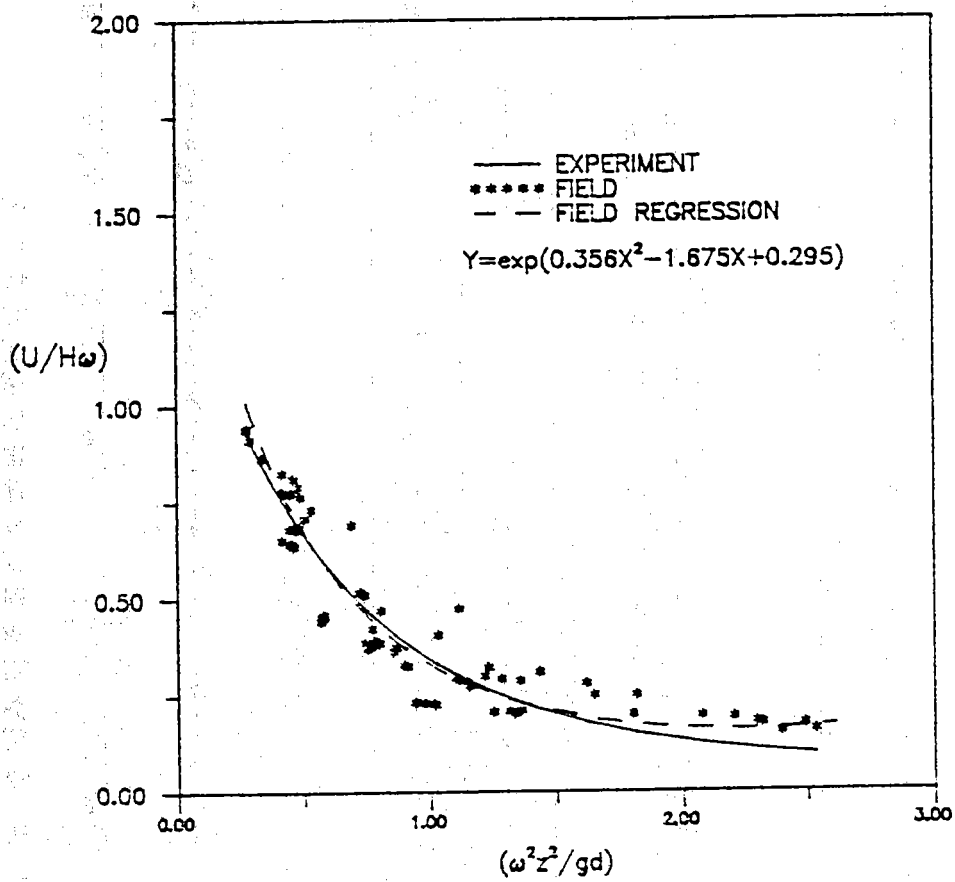


圖 2-9 實測水平水分子速度UTF值與參數 $\omega^2 Z^2 / gd$ 之迴歸關係圖

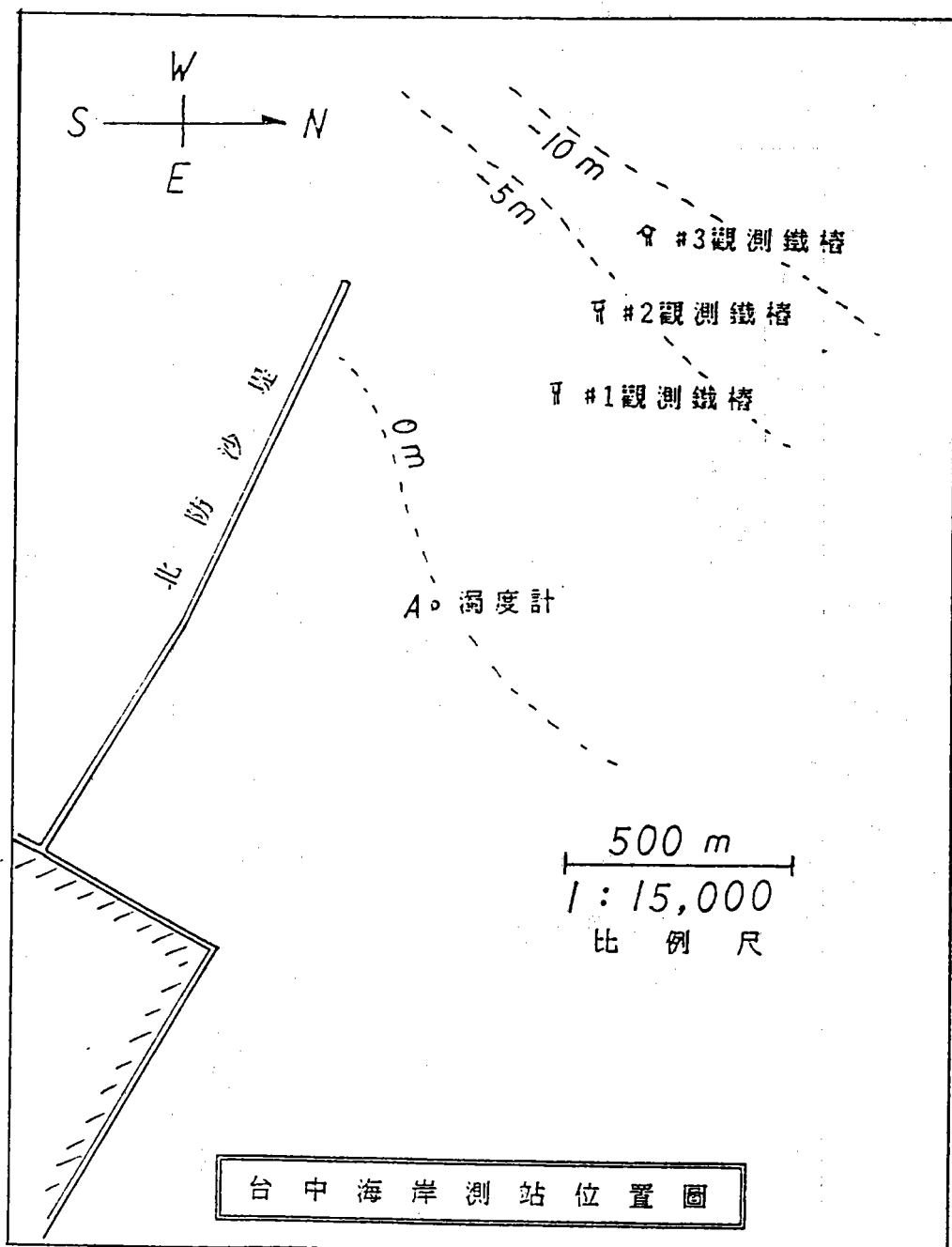


圖 3-1 MTB-16K 濁度計位置圖

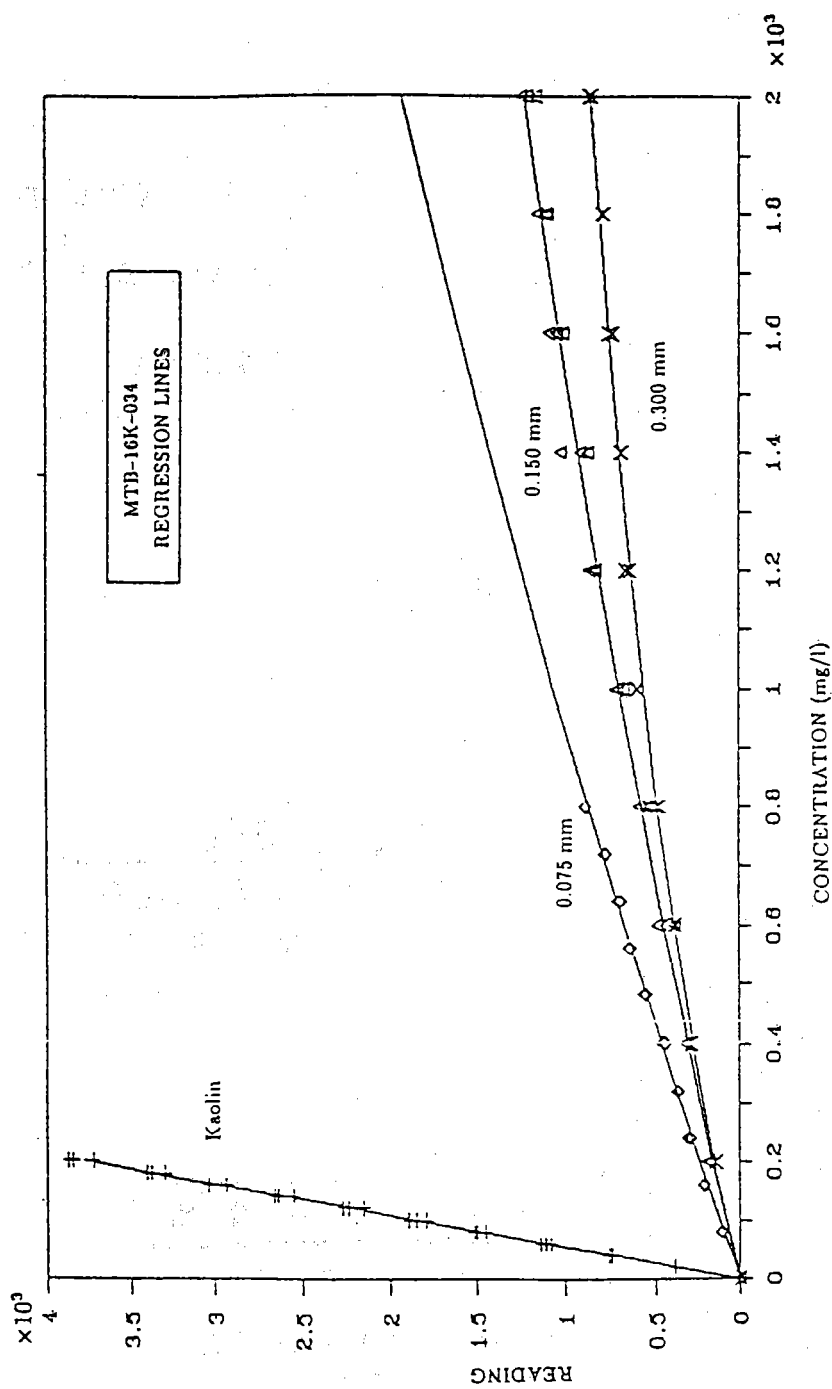


圖 3-2 MTB-16K 濁度計之率定圖

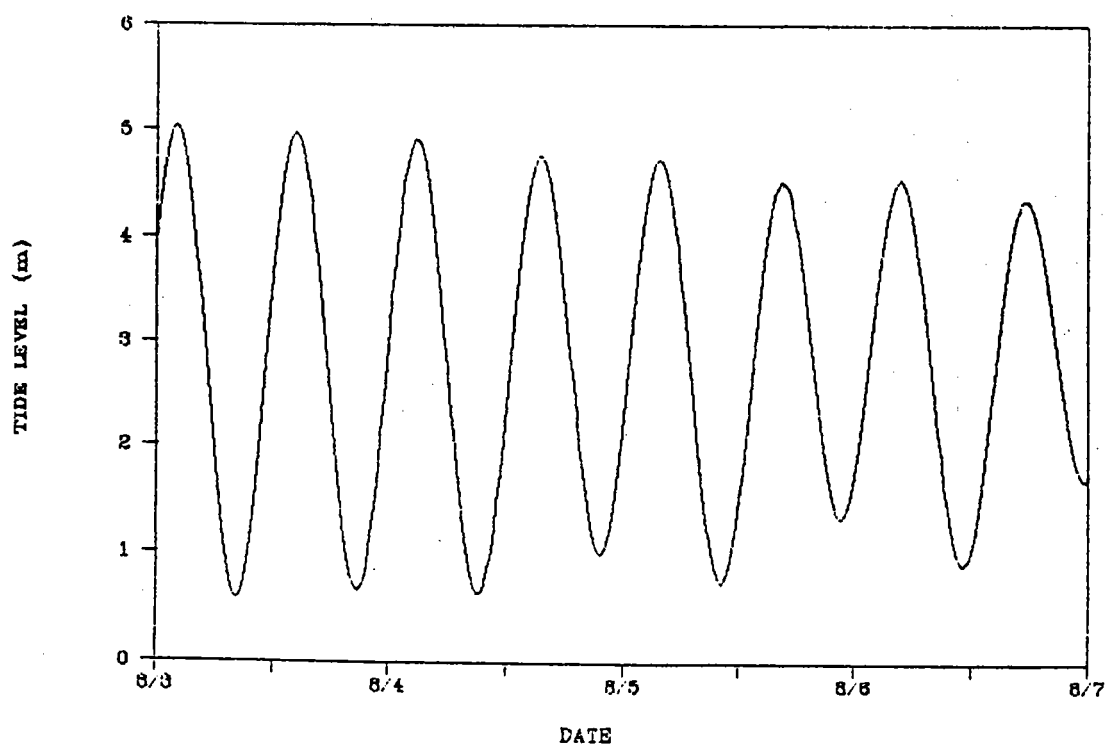
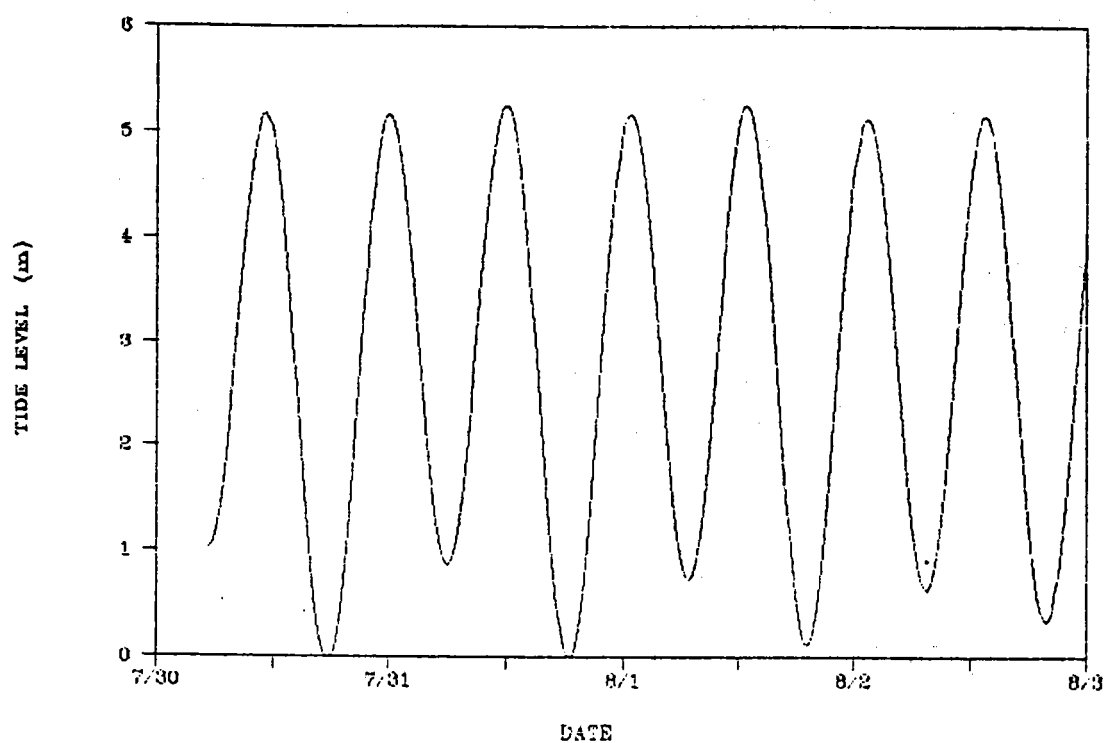


圖 3-3 濁度計測站水深變化時間序列圖

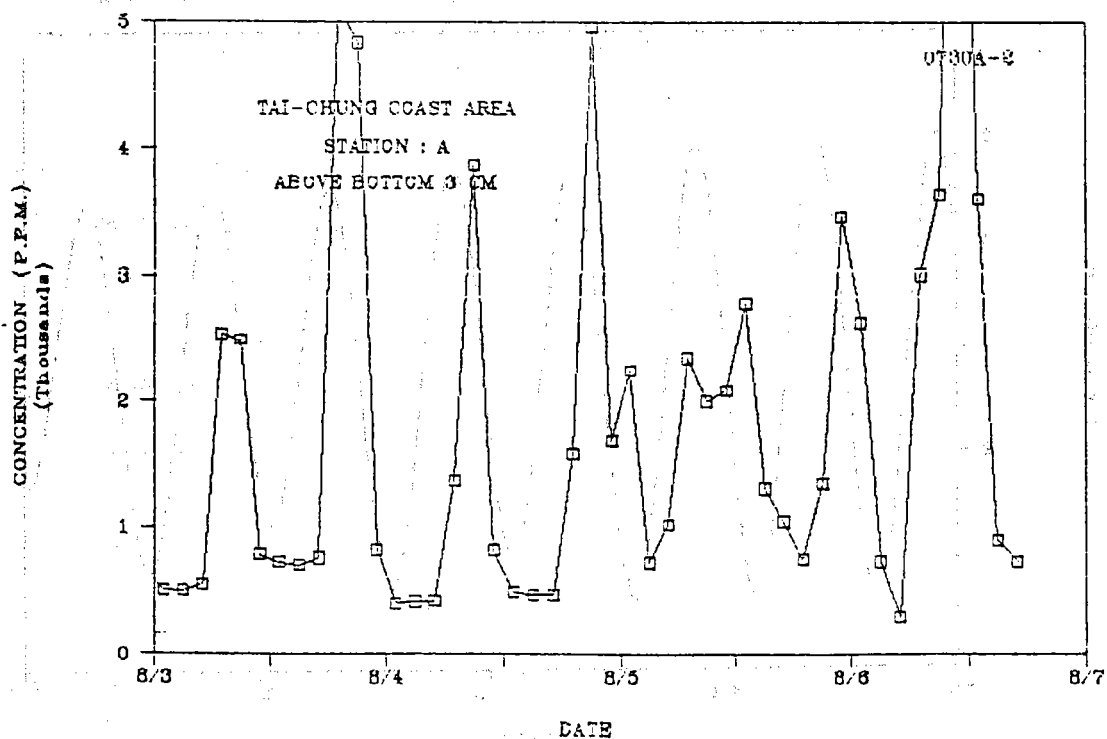
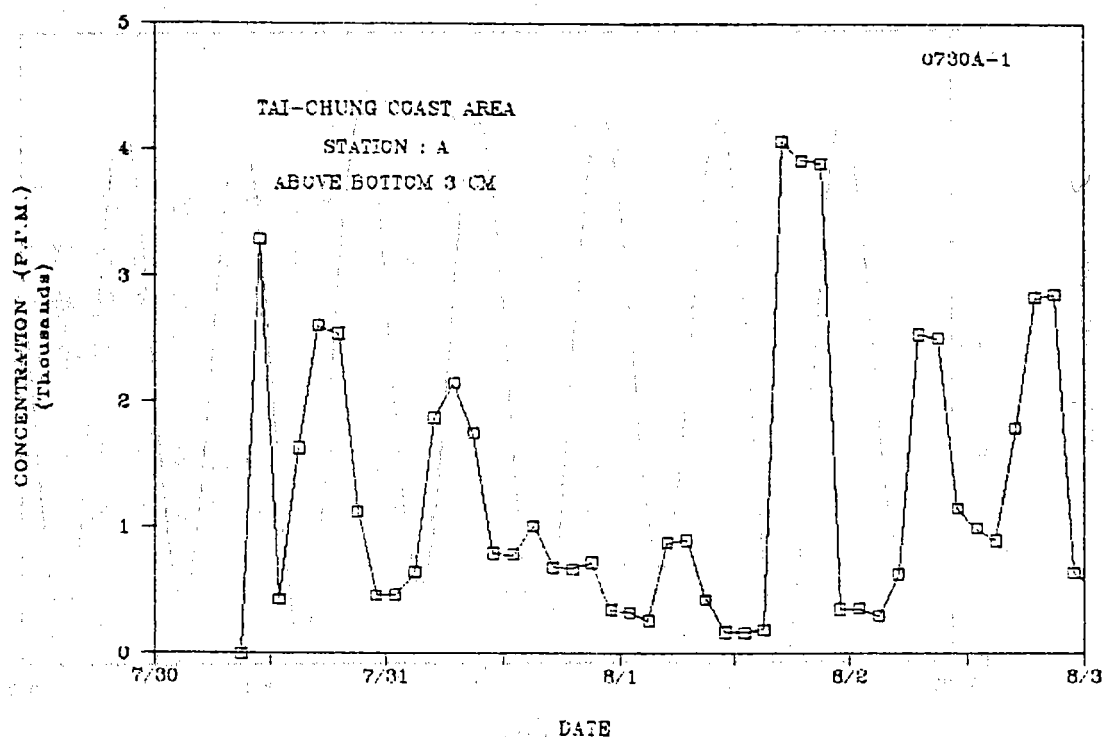


圖 3-4 離底3公分平均懸浮質濃度之時間序列圖

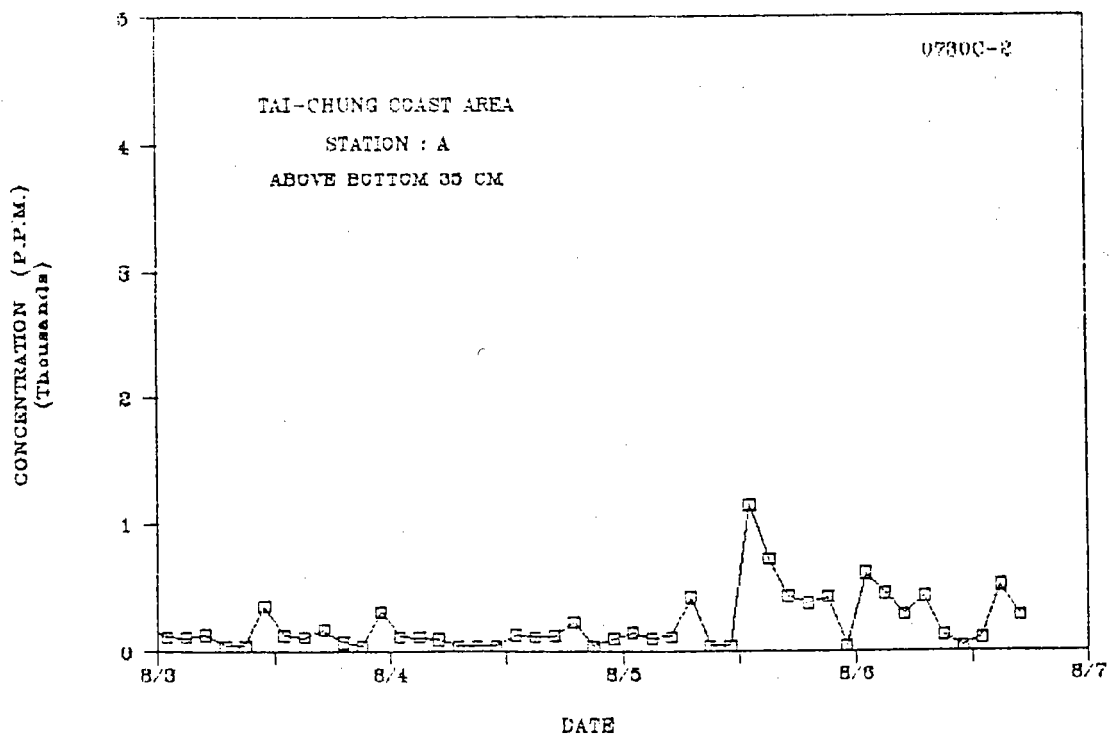
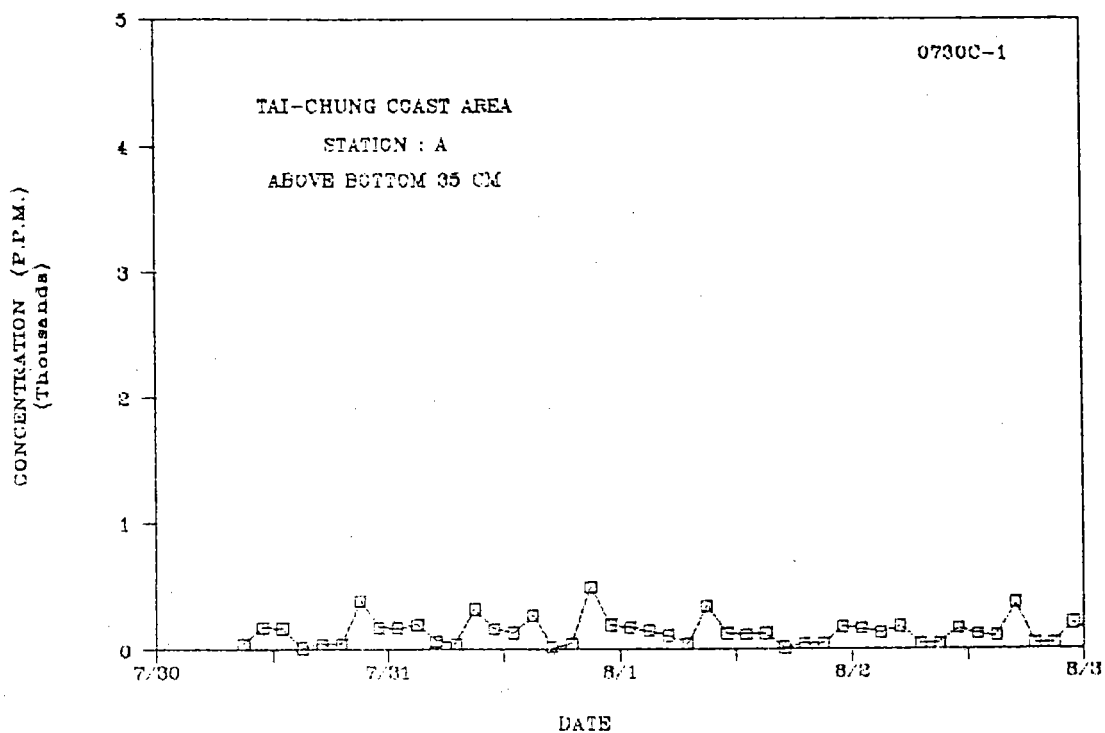


圖 3-6 離底35公分平均懸浮質濃度之時間序列圖

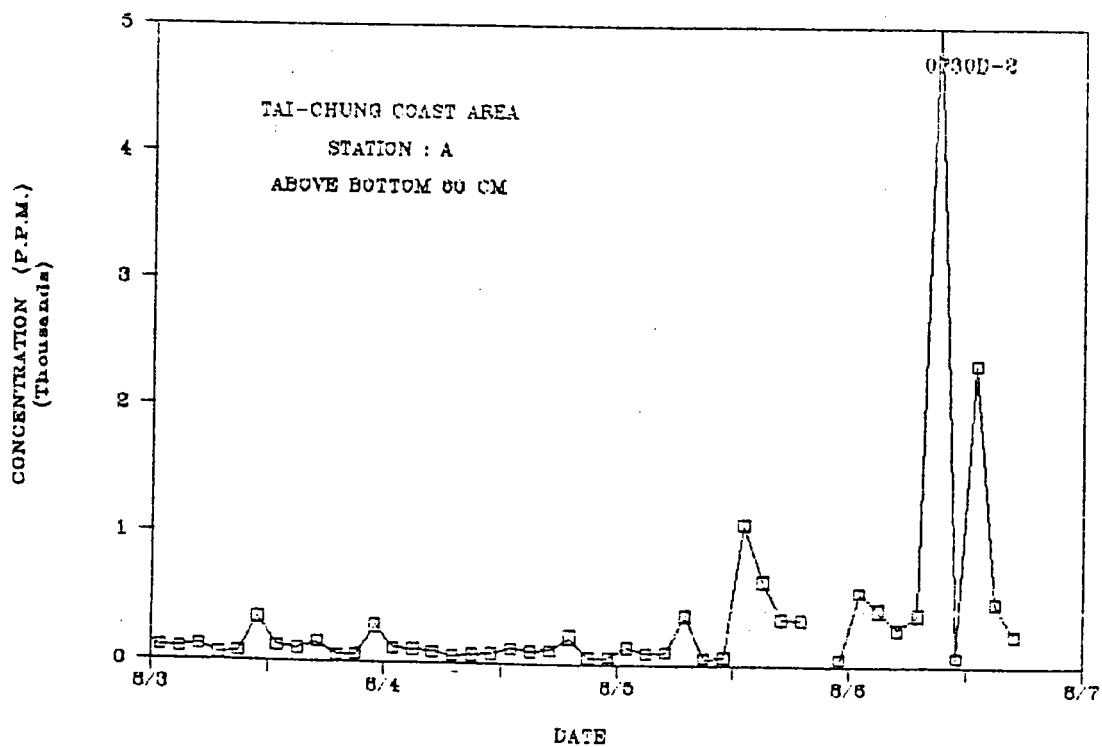
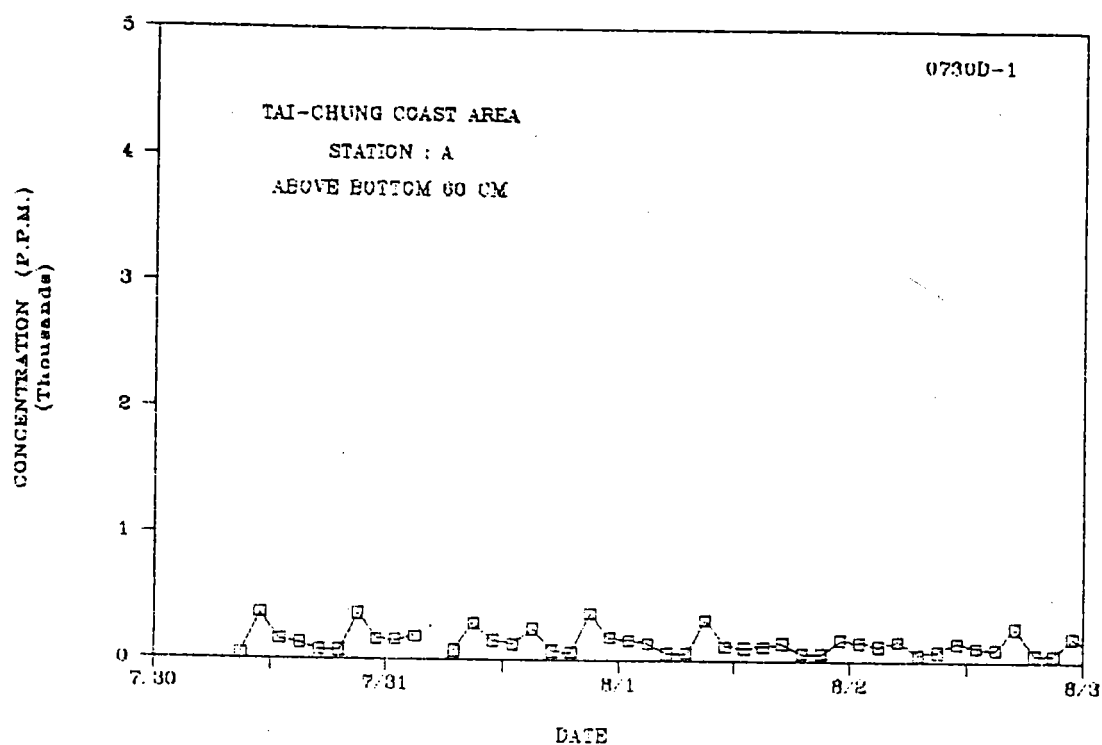


圖 3-7 離底60公分平均懸浮質濃度之時間序列圖

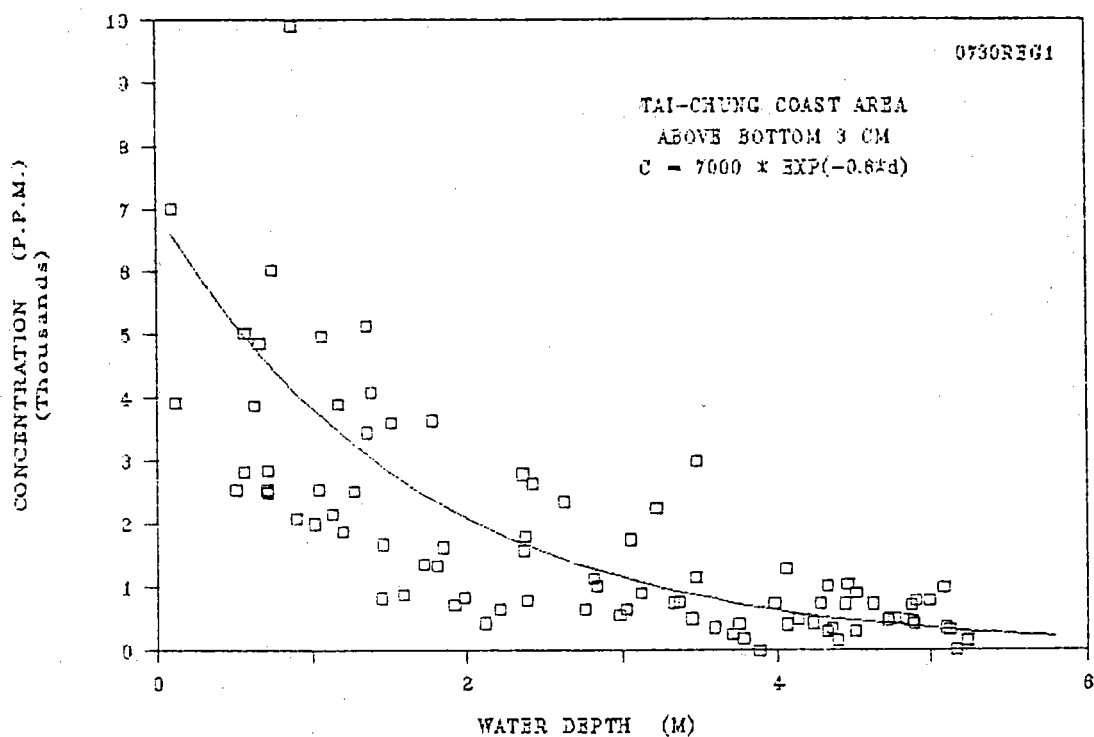


圖 3-8 離底3公分平均懸浮質濃度隨水深變化圖

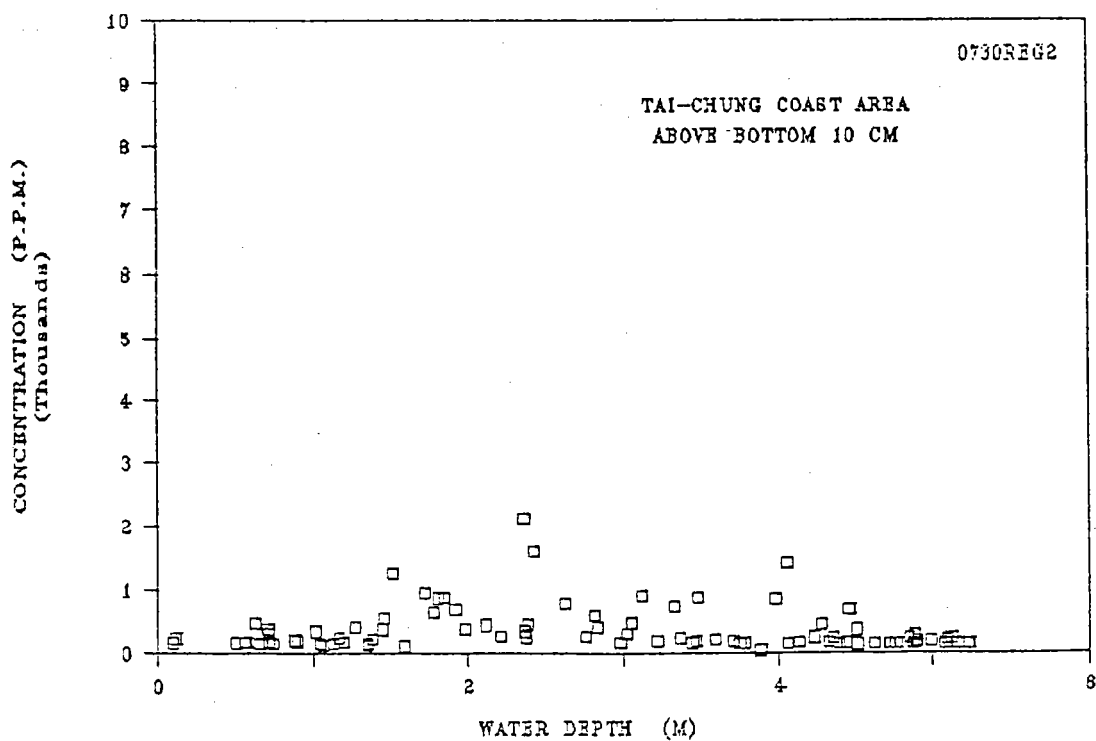


圖 3-9 離底10公分平均懸浮質濃度隨水深變化圖

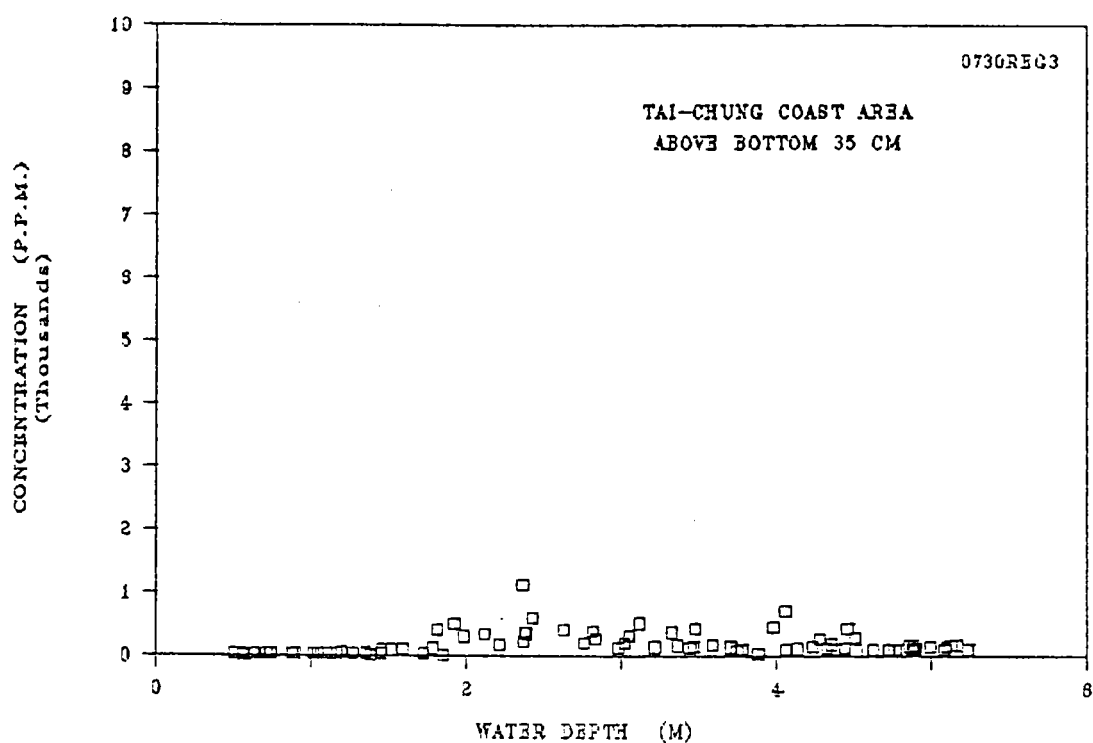


圖 3-10 離底35公分平均懸浮質濃度隨水深變化圖

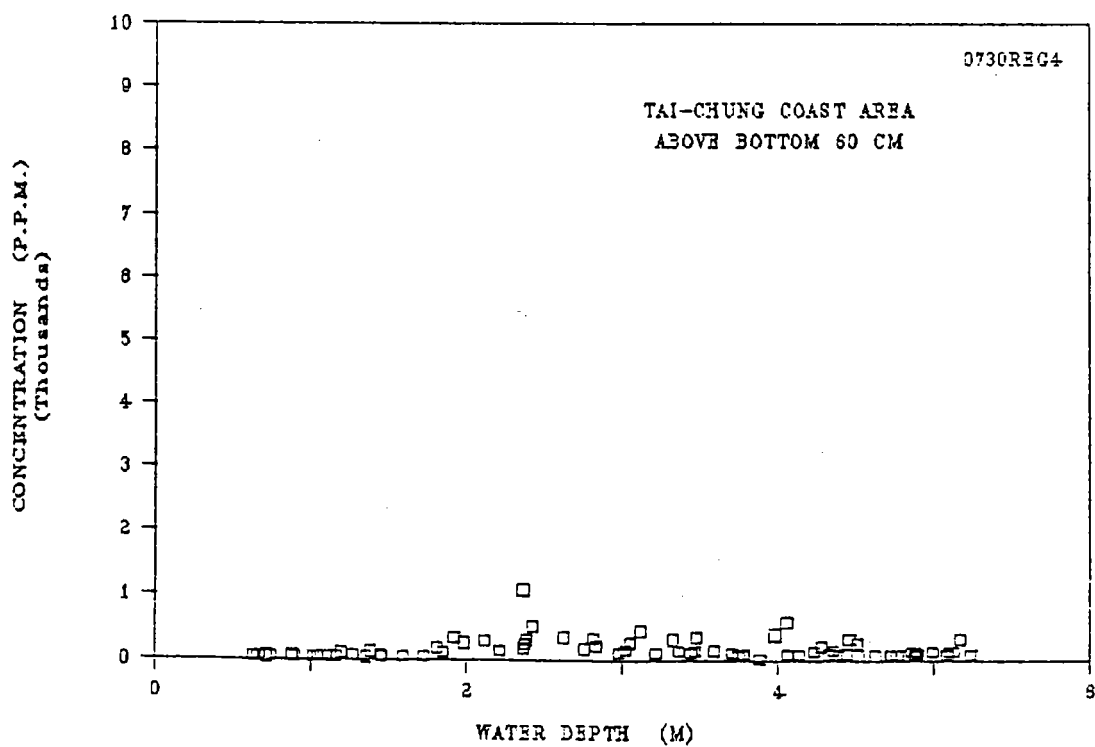


圖 3-11 離底60公分平均懸浮質濃度隨水深變化圖