

墾丁近海海域水質連續監測系統建置

墾丁國家公園管理處委託辦理計畫報告
中華民國 九十七 年 十二 月

墾丁近海海域水質連續監測系統建置

受 委 託 單 位：國立海洋生物博物館

研 究 主 持 人：孟培傑 助理研究員

墾丁國家公園管理處委託辦理計畫報告
中華民國 九十七 年 十二 月

目次

表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究計畫目的	3
第二章 海域水質連續監測系統建置	5
第一節 材料及研究方法	5
第二節 自動式水質連續監測平台	12
第三節 結果	14
第三章 結論與建議	39
第一節 結論	39
第二節 建議	39
附錄一 評審會議紀錄	41
附錄二 期中審查會議紀錄	45
附錄三 期末審查會議紀錄	49
參考書目	53

表次

表 1	颱風影響研究期間表	• • • • •	16
-----	-----------	-----------	----

圖次

圖 2-1	整體系統組合架構	6
圖 2-2	多參數水質監測儀	7
圖 2-3	野外維修、保養及校正	7
圖 2-4	電極	8
圖 2-5	快速脈衝法作業循環週期	9
圖 2-6	傳統電極之所以需要攪拌	9
圖 2-7	快速脈衝與攪拌法的比較	10
圖 2-8	濁度電極測量原理	11
圖 2-9	水質連續監測平台	12
圖 2-10	傳輸平台 6 系列	13
圖 2-11	海域水質連續監測系統於南灣海域建置完成	19
圖 2-12	資料連線傳輸系統畫面	20
圖 2-13	水質連續監測系統即時資料	21
圖 2-14	水質連續監測系統下載畫面	22
圖 2-15	海域水質連續監測系統於 97 年 6 月 23 日 收回進行保養	23
圖 2-16	海域水質連續監測系統收集數據之初步結果	24
圖 2-17	97 年 5 月 23 日至 7 月 11 日水質連續監測系統 收集數據	24
圖 2-18	生物防護處理	25
圖 2-19	生物附著情況	28
圖 2-20	附著板生物附著情況	33
圖 2-21	颱風影響研究期間累積雨量	34
圖 2-22	97 年 7 月 21 日至 8 月 10 日水質連續監測系統 收集數據	34
圖 2-23	97 年 8 月 13 日至 8 月 19 日水質連續監測系統 收集數據	35
圖 2-24	97 年 8 月 25 日至 9 月 17 日水質連續監測系統 收集數據	35

圖 2-25	97 年 9 月 18 日至 9 月 29 日水質連續監測系統 收集數據	36
圖 2-26	97 年 10 月 14 至 10 月 22 日水質連續監測系統 收集數據	36
圖 2-27	97 年 11 月 7 日至 11 月 16 日水質連續監測系統 收集數據	37

摘要

關鍵詞：海域水質連續監測系統、珊瑚礁環境觀測網

本計畫於民國 97 年 5 月 23 日，將海域水質連續監測系統於南灣海域建置完成，並達成於第一時間透過電子傳輸途徑，將墾丁國家公園珊瑚生長環境之海洋中各種水質參數資料，即時資料傳回實驗室與下載之功能。由資料顯示，水質連續監測系統建置初期，因外部長滿附著生物，干擾所有電極造成數據異常，因此嚴重影響探針之功能及數據精密度及準確度之穩定性，經防污塗料處理後已有顯著之改善。為瞭解並確實掌握附著生物影響水質儀之狀況，本研究於水質儀附近增設生物附著板，觀察不同深度之附著生物相與藻類對水質監測項目的影響，進而改善降低附著生物的干擾經附著，實驗顯示，水深 6 公尺以下較不易有附著生物之生長，往後在架設水質連續監測儀時，若經費許可應考慮架設在水深 6 公尺以下。針對各種水質因子之探針，其穩定程度及期限各不相同，例如溶氧探針維持穩定僅只一週，經實驗與觀察瞭解後，經更換光學式溶氧 DO 電極後，已有顯著之改善，實驗數據分析結果顯示，整體而言，適當之保養頻率應以 14 天為一週期。因此由探針適當之換置，且必須藉由高頻率之保養及校正，來獲得高品質之數據，研究人員才可藉由完整、高品質並具時效的資料獲取，得以針對各種資料分析，針對現象一窺全貌，加以更完美的解析。

計畫之執行，期望將墾丁國家公園珊瑚生長環境之海洋中各種水質參數之資料長期連續獲取，不但分析可以了解墾丁地區各種人為及自然因子對附近珊瑚生長環境水體之長期影響狀況，當海洋生態意外事件發生時，可以於第一時間，即時將此資料透過電子傳輸途徑傳回實驗室，研究人員藉由完整並具時效的資料獲取，因此得以針對各種資料分析，針對現象一窺全貌，加以更完美的解析，更可以了解珊瑚大量產卵時期，水體環境發生何種變化，對珊瑚大量產卵機制之研究，在學術上極有參考價值；本計畫之執行，可與美國及澳洲等先進國家共同進行，跨國合作的珊瑚礁環境觀測網(Coral Reef Environmental Observatory Network, CREON)之合作研究計畫(台灣的墾丁、法屬社會群島的 Moorea 島和澳洲大堡礁)，相信對墾丁國家公園之生態保育及科學研究，都將具有相當之貢獻。

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

墾丁國家公園成立於1984年1月，是我國第一座成立的國家公園，三面環海，為我國同時涵蓋陸域與海域的國家公園，海陸域面積共33,268.65公頃。海岸以群狀礁珊瑚為主(Yang and Dai 1980, Yang 1985)，此處又是高溫鹽的黑潮洋流北上的首衝位置，因此是台灣海洋生物多樣性最高的區域之一，生物種間的關係與微妙的機制，具有極高的學術研究價值，而鮮豔美麗的生物與多變化的海底結構，更是重要的觀光資源，十足突顯墾丁海域的重要性。由於百萬年來地殼不斷的變動，所伴隨的則是各種地質作用，陸地與海洋彼此交互影響，造就了本區高位珊瑚礁、海蝕地形、崩崖地形等奇特的地理景觀。

墾丁國家公園是國內唯一涵蓋海域的國家公園，海岸以美麗的礁珊瑚礁生態為主要觀光資源，然而由於人口成長、土地開發和社會發展所造成的資源過度利用，珊瑚礁承受各種自然與人為的干擾(鍾等2002，方等2003，方等2004，方等2005，方等2006，王等2007，Meng et al., 2004，Meng et al., 2007a，Meng et al., 2007b，Meng et al., 2008，Huang. et al., 1987；Su. et al., 1987；Hung. et al., 1989；Su. et al., 1989，Chou et al., 2004，李宏仁，1999；Lee et al., 1997, 1999, 1999a，Chen et al., 2004，Dai 1997；Chen et al., 2005；Lin et al., 2007)，包括颱風、氣候變遷、湧升冷水入侵(李宏仁，1999)、二氧化碳濃度變動、過度捕捉藻食性魚類、水質優養化、沉積物、白化事件、疾病大發生、人類遊憩活動等，已使得許多珊瑚礁生態面臨滅亡和衰敗的威脅。海水溫度對於珊瑚礁生物的生態，以至於珊瑚的生理、生態與集體白化事件扮演重要角色，墾丁海域也曾經遭受到電廠溫排水使得珊瑚白化(Huang. et al., 1987；Su. et al., 1987；Hung. et al., 1989；Su. et al., 1989)，並對各種海洋生物群聚造成相當程度之影響(Chou et al., 2004)，影響其變動的因素主要有黑潮及其支流、南海表層流、南灣海域湧升流及颱風引起的深層冷水團上升(李宏仁，1999；Lee et al., 1997, 1999, 1999a)，湧升區域經由湧升現象可能會將大量營養鹽自底層海水抬升至表層(Chen et al., 2004)，進而經由潮流之傳輸進入南灣之內，此一物理作用對營養鹽通量(nutrient flux)至目前

為止尚未進行”學門間”有系統的研究，相關之研究在其它區域則有許多文獻資料足以稽考(Chen et al., 2001; Johannes et al., 1983; Morell et al., 2001; Tockner et al., 2002)，而其對珊瑚礁生物的影響亟待研究(Dai 1997; Chen et al., 2005; Lin et al., 2007)。依據文獻報導，海水中懸浮固體及沈積物對珊瑚礁之生長與生存以至於種類分布皆有顯著之影響 (Rogers, C.S., 1990; Bastidas et al., 1999; Riegl et al., 1996; Thomas et al., 2003; Fabricius, 2005; Thomas and Ridd 2005)。

此外其他如不定期的颱風，以及不明原因的珊瑚傳染疾病等等(Liao et al., 2007)，使得墾丁珊瑚礁正面臨嚴重的危機，原因複雜亟待研究，才能對症下藥，以便採取緊急措施來防止珊瑚礁環境的持續惡化。由於這些環境變化，使得沿岸珊瑚礁生態系受到的壓力愈來愈大(Hodgson 1990; Riegl et al., 1995; Rosemond et al., 2002; Umar et al., 1998)；海域經常因為人為或是自然之因素對海洋生態造成各種影響，此類海洋生態意外事件亦屢見不鮮；由歷史記錄可發現，臺灣附近海域經常因為人為或是自然之因素對海洋生態造成各種影響，此類海洋生態意外事件亦屢見不鮮，例如 1988 年 11 月發生之南灣魚群凍斃事件(Su et al., 1989)、2001 年 1 月間發生之龍坑阿瑪斯油污事件(方等，2002)、2007 年 12 月間發生之綠島海域沿岸死魚事件，以至於 2008 年 2 月間發生的澎湖海域大規模魚群死亡事件(Hsieh et al., 2008)；然而，以往國內外對於海洋環境因子之監測及研究，大多礙於經費、人力、交通、氣候、海象等諸多因素，其採樣及檢測頻率往往僅限於每月，甚至每季，以至於針對許多事件之解釋時，常常錯過第一關鍵時間，所獲得之資料宛如”瞎子摸象”無法全盤瞭解事實真相，只能就少數非即時且有限的資料，加入個人經驗之判斷及無限想像空間，而勾勒整體藍圖，其結果經常與事實有相當之差距；近年來，電子科技一日千里，各式精密之海洋監測儀器及傳輸技術不斷推陳出新，其不但可以長期連續獲得海洋中各種水質參數之資料，更可以於第一時間，即時將此資料透過電子傳輸途徑傳回實驗室，研究人員藉由完整並具時效的資料獲取，因此得以針對各種自然現象一窺全貌，加以更完美的解析事實真相。而近年來，國際上已開始積極推動海洋環境相關保護措施與全球珊瑚礁長期生態觀測網，以海洋環境自動監測系統監測珊瑚礁海域環境因子與珊瑚礁生態長期變化研

究。此計畫之進行，相信對墾丁公園之生態保育及科學研究，都將具有突破性之關鍵作用，並提供相當之貢獻。

第二節 研究計畫目的

本計畫目的，期望將墾丁國家公園珊瑚生長環境之海洋中各種水質參數之資料長期連續獲取，不但分析可以了解墾丁地區各種人為及自然因子(如颱風、水土保持、家庭廢水、觀光事業、湧升冷水入侵、核能發電廠之運轉等)對附近珊瑚生長環境水體之長期影響狀況，更可以了解珊瑚大量產卵時期，水體環境發生何種變化?以及其對珊瑚大量產卵控制機制之研究，在學術上極有參考價值；本計畫之執行，可與美國及澳洲等先進國家共同進行，跨國合作的珊瑚礁環境觀測網(Coral Reef Environmental Observatory Network, CREON)之合作研究計畫(台灣的墾丁、法屬社會群島的 Moorea 島和澳洲大堡礁)，相信對墾丁國家公園之生態保育及科學研究，都將具有相當之貢獻。此自動水質監測站設立的地點位於南灣水域附近，設立的目的也是以國家公園內珊瑚生長環境的水質環境狀況為研究及監測所設置。其不但可以長期連續獲得海洋中各種水質參數之資料，更可以在海域生態意外事件發生時，於第一時間，即時將此資料透過電子傳輸途徑傳回實驗室，研究人員藉由完整並具時效的資料獲取，因此得以針對各種自然現象一窺全貌，加以更完美的解析事實真相。

第二章 海域水質連續監測系統建置

第一節 材料及研究方法

自動水質監測系統（以下簡稱本系統）規劃於南灣海域適當處（ $21^{\circ}57.128'$ N、 $120^{\circ}44.888'$ E）於水下約 1 公尺做即時水質監測，並將所測得之資料透過傳輸線以有線方式將資料傳送至控制中心；本系統所需電力目前規劃以太陽能作為主要電力來源。運行中之水質監測系統需於固定期間進行野外現場設施及水質監測儀之保養維護，每次水質儀除清潔保養外亦需送往實驗室驗證以確保儀器精確度。控制中心所收集之即時水質資料除可即時查閱外，亦可配合需要點閱歷史資料及分類資料；此外，如有異常狀況時，於監測中心畫面將立即顯示警訊，以提醒監控中心立即處理。所有監測資料將轉入資料庫系統備份，除保障數據保存之安全性外亦可視需求將資料登入上網，以方便上網查詢使用。此外，每季額進行水中營養鹽包括磷酸鹽、硝酸鹽、亞硝酸鹽及氨氮水質檢測。

本計畫之連續自動監測整體系統，其組合內容大致可分為為：多參數水質監測儀、水質連續監測平台、遠端擷取監測資料傳輸系統及監控電腦，其整體系統組合架構如圖 2-1，說明如下：

水質監測系統架構圖

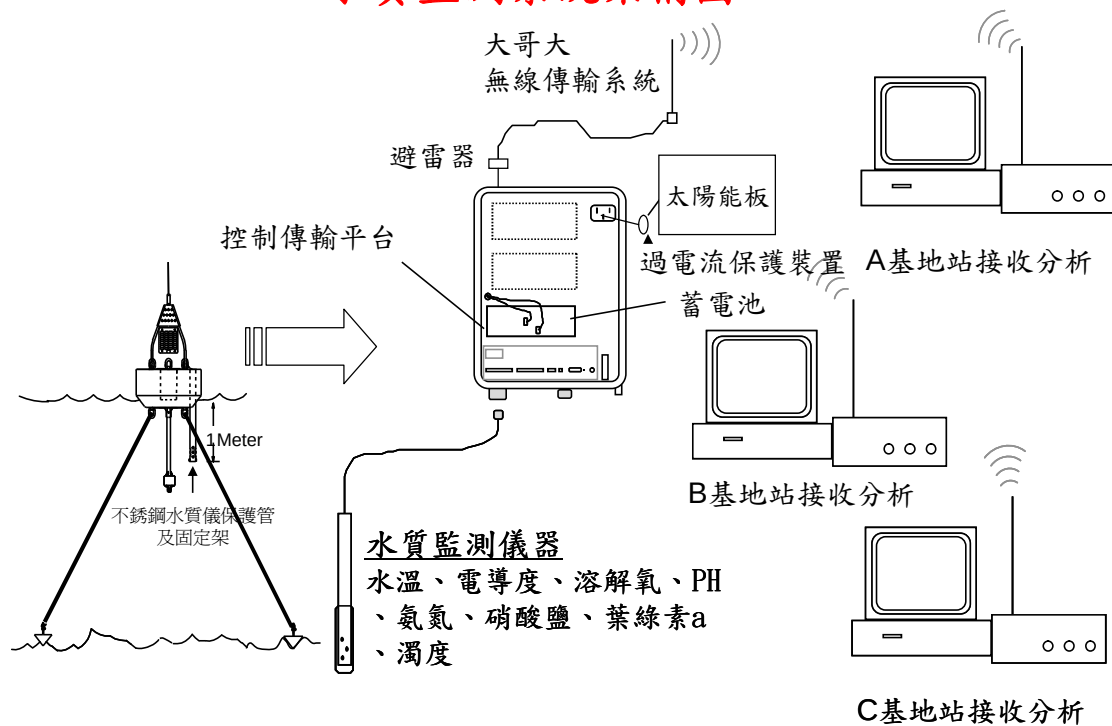


圖 2-1 整體系統組合架構

(資料來源：本研究資料)

一、多參數水質監測儀：

多參數水質環境監測儀(圖 2-2)，建議使用一套能夠同時測量多項水質物理參數且完成資料收集的系統，不論是對水質研究及環境影響評估皆有非常大的幫助。其測量項目可同時監測溶氧百分比(DO%)、溶氧值(mg/L)、電導度(Conductivity)、比較電導度(Specific Conductance)、溫度(Temperature)、鹽度(Salinity)、總溶解固體(Total Dissolved Solid)、酸鹼值(pH)、氧化還原電位(ORP)、濁度(Turbidity)等多種參數；且水質儀器需支援 RS-232 與 SDI-12 輸出介面，並可依此架構長期監測站及遙報系統，適用於水體之環境調查研究和水質監測。

為方便保養維護水質儀主機及電極建議皆為一體化設計且不需外掛，由於電極拆卸簡易，方便野外維修、保養及校正(圖 2-3)。



圖 2-2 多參數水質監測儀

(資料來源：本研究資料)



圖 2-3 野外維修、保養及校正

(資料來源：本研究資料)

二、電極原理：

1. 電極介紹：

水質儀選擇除本身精度外，電極最好能與 Sonde 一體化，同時將所需使用空間減少至最小，以避免操作時因水流或外力因素去損壞機體，且電極更換保養方便，較適合野外使用。

目前國內實例中翡翠水庫週測所使用之水質儀器（YSI6600）符合上述條件，建議以此水質儀升級為自動監測系統。

YSI6600 所能配附電極如下：

- 1) 溶氧電極。
- 2) 溫度/電導度電極。
- 3) pH 電極（&ORP 電極）。
- 4) 光學電極（濁度電極、葉綠素電極）。

(1)溶氧電極

YSI Dr.Clark 自研發極譜式電極以來，鑑於其電極於野外環境作業時期攪拌裝置對水體產生擾動而影響測值，故舊有電極原理為基礎，進一步研發快速脈衝法（Rapid-Pulse Probe）電極（圖 2-4）。

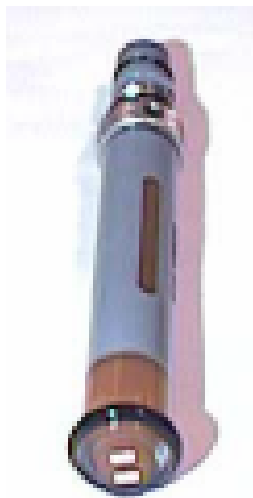


圖 2-4 電極

（資料來源：本研究資料）

所謂快速脈衝法，是以 4 秒作為一作業循環週期並以 1:99 的 on/off 比例運作（如圖 2-5）。故作用時耗氧量極少且電量需求小，最重要的是與過去溶氧電極有著革命性不同之處此種電極不再需要依賴攪拌器作用。

傳統電極之所以需要攪拌其原因，是因為電極必須不斷作用導致電極周遭溶氧量因快速消耗而不及補充所以需要靠攪拌將電極周遭溶氧與其他水體溶氧平衡，但由於水體會受到外力所擾動導致水中溶氧流失或破壞，此一情況尤以超飽和溶氧水體最為明顯；此外，傳統電極因作用時需要大量溶氧，若其覆膜遭受附著物附著對其測值將有嚴重誤差（圖 2-6）。

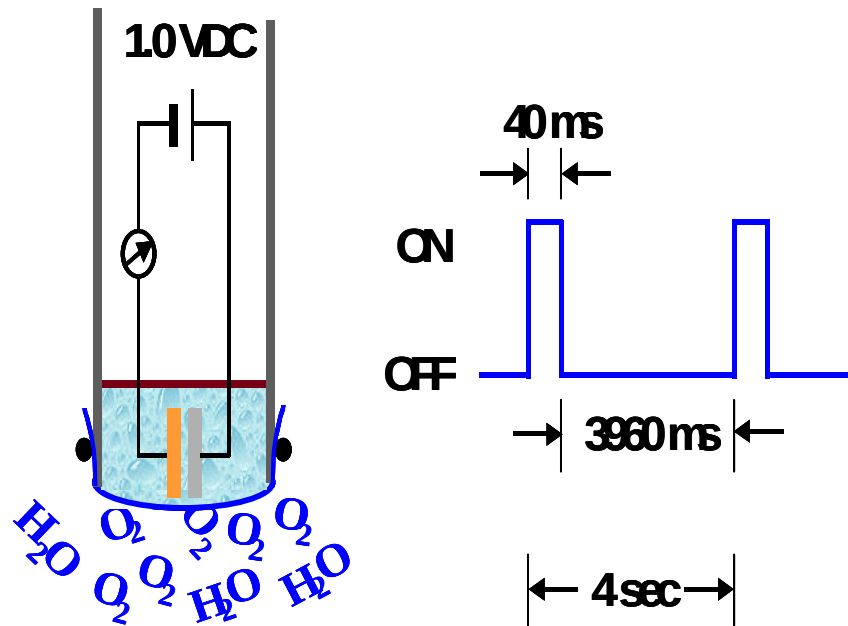


圖 2-5 快速脈衝法作業循環週期
(資料來源：本研究資料)

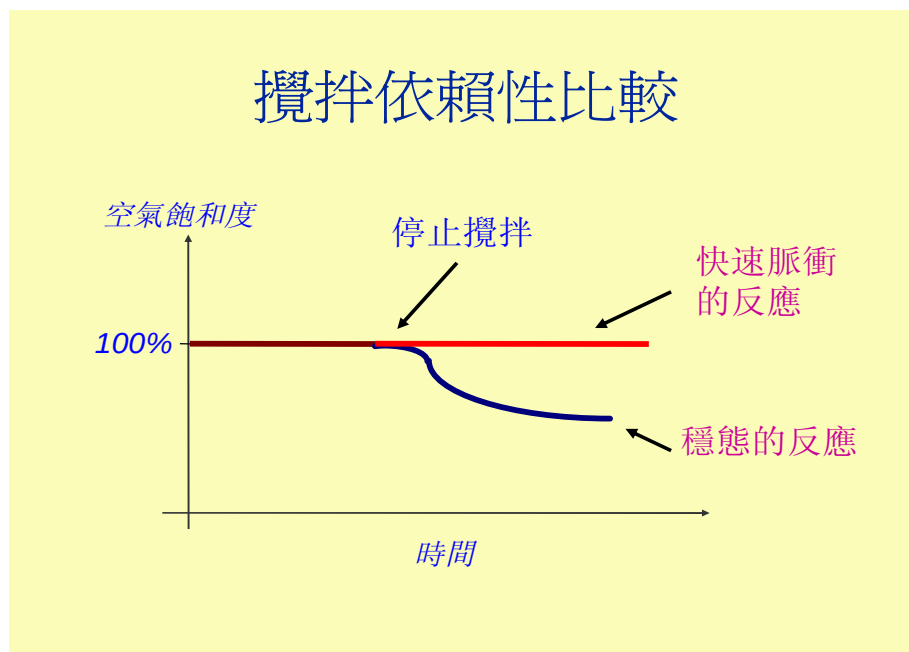


圖 2-6 傳統電極之所以需要攪拌
(資料來源：本研究資料)

此外溶氧電極攪拌裝置常被誤認具自動清潔效果，但事實上除非所帶動的水流速度夠快否則將無法達到任何清潔效果，且若水體受到擾動則將徹底破壞所欲測之水體平衡而使所得數據失去意義。

然而 Rapid-Pulse 電極因其本身所需耗氧量極少，故無需不斷地耗氧即可確保長時間準確（30 天漂移 $<1\%$ ）（圖 2-7）；且因所需消耗之溶氧量極小，所以不易受附著而影響數值，同時在低流速狀態仍能保持準確，再加上低耗電量故為同類產品中最可靠的長時間監測儀器。

快速脈衝 與攪拌法的比較 最後（100小時）

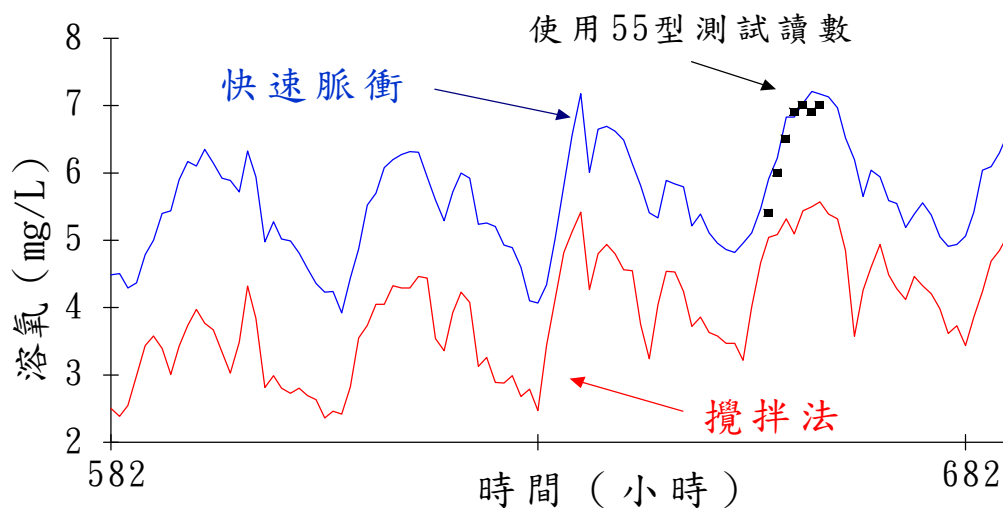


圖 2-7 快速脈衝與攪拌法的比較
(資料來源：本研究資料)

(2) 溫度/導電度電極

溫度：在溫度電極部分是用熱敏電阻為其溫度感測器，其基本電阻值在 25°C 下為 2252Ω (1%)，且電阻隨溫度改變後，按熱電阻特性的方程式換算為溫度讀數所以無須校正。而電極熱敏電阻外壁以薄鈦金屬為套統，故而導熱迅速且抗腐蝕。

導電度：導電度是用作於水中水樣質量指標，以決定溶液濃度、污染物的檢測及決定水樣的純正程度。而導電度的測量方式事先在鎳電極上給予交流電壓，使電極與水樣間產生電流後再求得其導電率值。而影響導電度測量因素為溫度及導電度常數，一般溫度變化每 $^{\circ}\text{C}$ 可達 3% 。電極導電度常數依測量範圍而定。YSI

是以 4 支純鎳電極測電導度，一對測驅動電壓方波，另一對測量電流，電導度常數 5.0/cm，此常數會依校正濃度自動調整。本方法有最高精度及穩定度，鎳金屬本身具高導電性且耐酸鹼之特色，故在水中長期監測亦不會受氧化作用及生物作用之影響。配合溫度與導電度計算可求得水體中鹽度及總溶解固體數值。

(3)pH(/ORP)電極

水中酸鹼值一旦偏低或偏高時代表可能有污染物存在或是具特殊之生態意義。而本產品之 pH 電極與一般 pH Meter 相同皆利用氫離子選擇電極來測量電極間電位來求得酸鹼值。有鑑於舊式 pH 電極將參考電極與玻璃電極分開容易導致因兩者內 KCl 溶液受到不同反應速度及補充頻率造成不一致的耗損從而產生因電極電位的誤差而增加誤差範圍；所以本機型所使用之 pH 電極為玻璃電極與參考電極一體之複合電極，此為工業用標準，由於共同使用同一濃度之 KCl 溶液，將不會因電極耗損產生量測誤差（因以同一電位為基準，故可實際反應讀值）ORP 電極參數，用以決定樣本中的氧化或還原性。

(4)濁度電極

測量原理，利用 EPA 認可 90 度散射法（即標準 NTU 法），以紅外線發光二極體出波長 860nm 的遠紅外線光源在電極下方 8mm 處與微粒接觸後，產生表面散射再以光纖線路收集散射光源求得水中濁度（圖 2-8）。

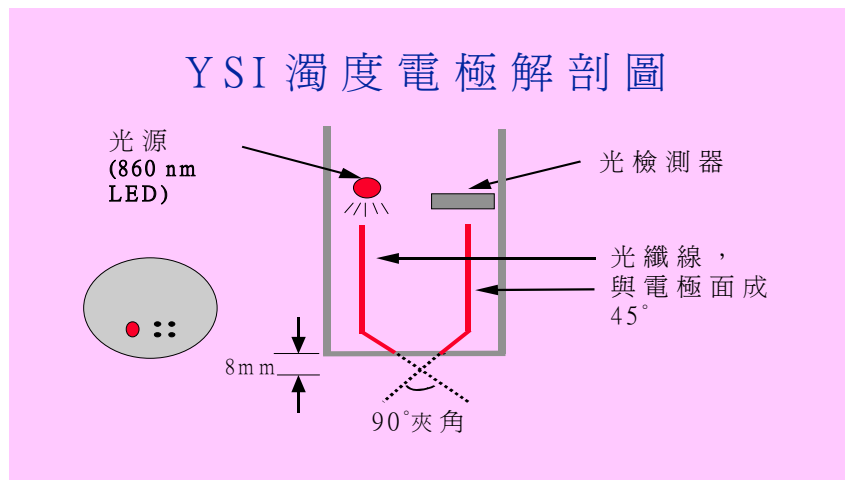


圖 2-8 濁度電極測量原理
(資料來源：本研究資料)

第二節 自動式水質連續監測平台

自動式水質連續監測平台：

水質連續監測平台為顧及作業的方便性及可移動性，浮標材質以強化鐵板為骨架，配合高密度抗紫外線浮材同時考慮保養維護的方便性，本浮標具可拆卸水質儀固定架，可直接於水上做例行保養維護無須將浮標拖回岸邊及可完成保養及校正程序，本浮標為 3800*2800cm 設計美觀浮標平台係以纜繩錨定於水底（圖 2-9），錨定方式採雙繩式兩點固定，可增加錨定力量同時避免因定錨過重而影響浮標平衡。

本系統供電方式以太陽能供電（40 瓦）系統為主，可充電式 12 伏電池，其中為避免因電壓不穩等問題故加裝過電流保護裝置使系統整體運作更加穩定。

基於安原考量為避免因夜晚或天候不佳等能見度低的情形時，有船隻誤觸浮標故加裝警示燈以維護水域安全。（備註：浮標平台將會以水域的不同而有不同設計方式最後設計方式以規格設計圖為主）

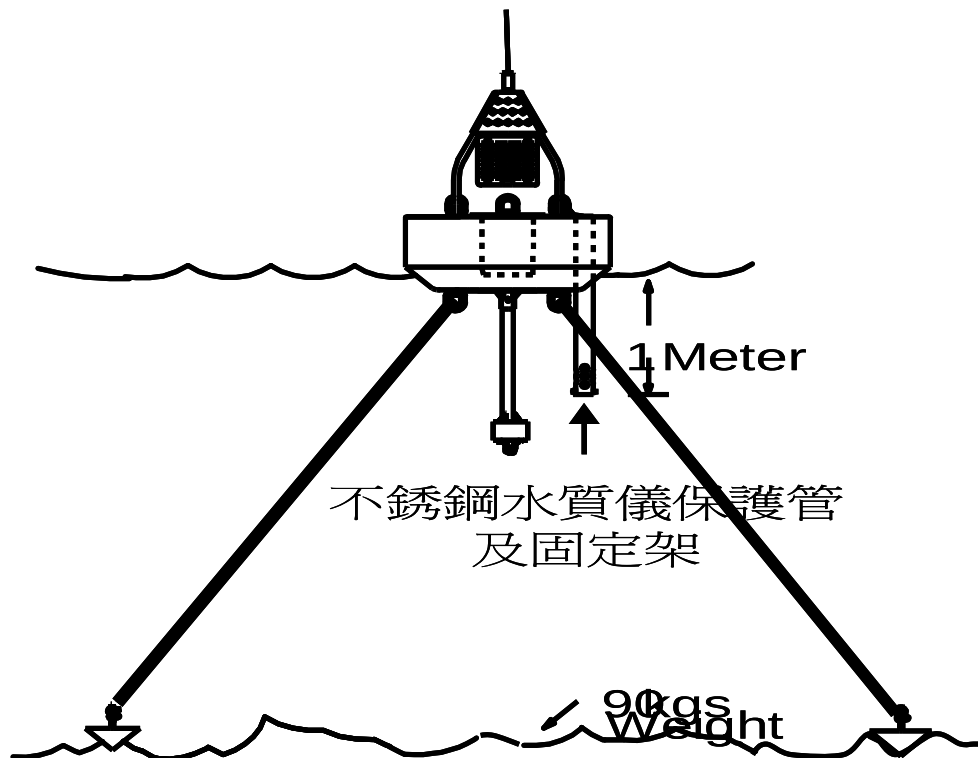


圖 2-9 水質連續監測平台

（資料來源：本研究資料）

遠端擷取監測資料傳輸系統：

水質監測儀可透過模組化系統達成數據遙測之功能，在數據擷取平台及資料處理軟體支援下，可收集即時或定時水質數據資料分析，並透過傳輸方式從野外站提取數據回基地站。

而傳輸平台 6 系列外，日後可視需求擴充氣象測量儀器（圖 2-10），且本身結構簡便，易於安裝；在外壁防護方面，採用通過 4 x NEMA 測試材質，可防日曬及風化（IP68 防護等級）。在通訊方面，可用電話線、無線電、大哥大或直接連接電腦皆可完成資料傳輸。一般建議用無線電來通聯，若有時野外站受地形影響無使用無線電時，則使用大哥大作為替代通聯方式。

野外站建構時，電源供應源可取得也是列一重點，因為有穩定的電源才能確保監測站的效能，如無法取得一般電源可以電池或太陽能板來提供電源。

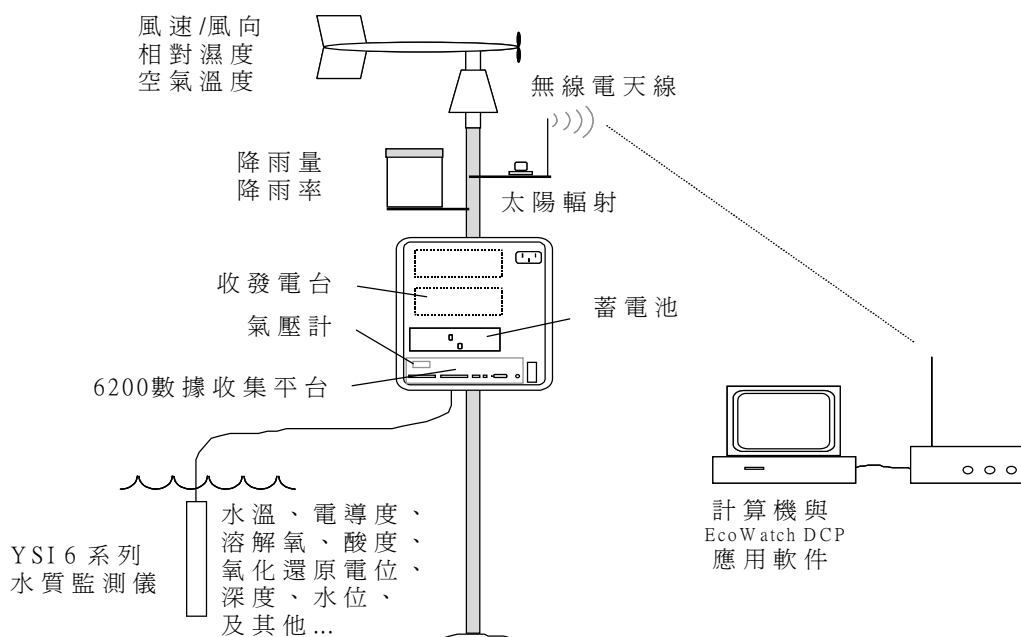


圖 2-10 傳輸平台 6 系列

（資料來源：本研究資料）

自動水質監測系統保養維護：

為確保水質監測系統測量數值之準確性，本系統之保養維護頻率至少得每月一次（保養頻率得視水質儀器準確度決定，其保養方式主要為水質儀之清潔保養及校正與系統各元件之保養）。保養維護後之水質儀亦需送回實驗室進行校驗以確認儀器精確度。

第三節 結果

本計畫於民國 97 年 5 月 23 日，將海域水質連續監測系統於南灣海域建置完成(圖 2-11)。並達成於第一時間透過電子傳輸途徑，將墾丁國家公園珊瑚生長環境之海洋中各種水質參數資料，即時資料傳回實驗室與下載之功能(圖 2-12、圖 2-13、圖 2-14)。

監測系統於 6 月 23 日收回進行保養，因水質連續監測系統外部長滿附著生物(圖 2-15)，造成鹽度、濁度與溶氧等數據不穩(如圖 2-16、圖 2-17)，所有電極均因附著物造成數據異常，因此嚴重影響探針之功能及數據精密度及準確度之穩定性，繼而造成數據判讀解析之困擾。為避免附著生物影響水質儀，在 6 月 23 日收回進行保養時做生物防護處理(圖 2-18)，於水質儀附近增設生物附著板觀察不同深度之附著生物相與藻類對水質監測項目的影響，進而改善降低附著生物的干擾(圖 2-19、圖 2-20)，經附著實驗顯示，水深 6 公尺以下較不易有附著生物之生長，往後在架設水質連續監測儀時，若經費許可應考慮架設在水深 6 公尺以下。此外，本研究期間由於颱風頻繁(表 1)(圖 2-21)，不但增加許多成本且影響本研究之進行，殊為可惜。

以下為水質連續監測系統從建置完成 5 月 23 日至 11 月 16 日期間，進行保養校驗、異常維修與颱風來襲中斷連續監測時間。

- (1) 民國 97 年 6 月 23 日 11:15 至 7 月 4 日，水質儀生物附著嚴重，所有電極均因附著物造成數據異常。清除附著生物與拆除 YSI 6600 保養校正，並做生物防護處理，出海佈放。
- (2) 民國 97 年 7 月 11 日 15:15 至 7 月 16 日 11:15(7 月 11 日發現 DO 溶氧脈衝式電極數據墜落速度太快，懷疑 DO 電極之鐵氟龍膜破損造成異常，取回水質儀檢測-下載資料無效)。
- (3) 民國 97 年 7 月 16 日 11:15 至 7 月 21 日 16:00(因 7 月 16 日卡玫基颱風發佈，現場取水質儀，浮標平臺留置現場)。另於實驗室校驗完成後出海佈放，本次數據再增加葉綠素電極。

7 月 23 日發現 DO 溶氧數據異常，同月 26 日取回檢測(圖 2-22)，因此次使用之 YSI-6600 水質儀 O-Ring 彈性疲乏，造成水質儀滲入海水，線路與電路版受損，故之前 DO 產生異常，經修復校驗完成後於 8 月 13 日出海佈放

- (圖 2-23)。8 月 19 日發現因 DO 數據異常(圖 2-23)，取回並開始瞭解。
- (4) 民國 97 年 8 月 19 日 16:30 至 8 月 25 日 12:15(懷疑因 DO 薄膜之 O-Ring 老化造成海水滲入，並重新換膜並再做電極防滲入處理後於 8 月 25 日佈放)(圖 2-24)。經實驗與觀察瞭解後，發現南灣水質不適合使用脈衝式溶氧電極，因海水透析度太好，易造成海水快速滲入，KCL 溶液快速減少，進而使電極之金屬表面快速氧化，造成數據異常。
- (5) 民國 97 年 9 月 17 日 21:30 至 9 月 18 日 12:45(更換光學式溶氧 DO 電極)。
- (6) 民國 97 年 9 月 27 日 08:00 至 9 月 29 日 15:15(因薔蜜颱風將連續監測水質儀移至後壁湖漁港)(圖 2-25)。
- (8) 民國 97 年 9 月 29 日 15:15 至 10 月 14 日 16:00(YSI-6600 水質儀取回維護保養，O-Ring 檢查，電極檢測處理，浮標平臺拖回港內檢測保養與鋼纜檢查)。
- (9) 民國 97 年 10 月 16 日 07:30 至 10 月 22 日 16:00(DO 與濁度數據異常，疑因船家拖浮標出海佈放時撞擊到水質儀而電極故障)(圖 2-26)。
- (10) 民國 97 年 10 月 22 日 16:00 至 11 月 7 日 18:00(取回異常之 YSI-6600 水質儀維修檢測。)。因佈放遭撞擊而 Bulkhead 損傷產生裂痕，測試之光學 DO 電極故障。此次更換回脈衝式 DO 電極測量，在安裝鐵氟龍膜時，力道減少避免鐵氟龍膜因太過緊繃，致使數據太快下降，並重新設定數據欄位，於 11 月 7 日佈放(圖 2-27)。

表 1 颱風影響研究期間表

颱風名稱		影響期間	強度	累積雨量(mm)
<u>卡玫基</u>	KALMAEGI	07/15~07/19	中度	248.7
<u>鳳凰</u>	FUNG-WONG	07/26~07/29	中度	143.5
<u>如麗</u>	NURI	08/19~08/22	中度	42
<u>辛樂克</u>	SINLAKU	09/10~09/16	強烈	49.7
<u>哈格比</u>	HAGUPIT	09/21~09/23	中度	58.8
<u>薔蜜</u>	JANGMI	09/26~09/29	強烈	65.2

(資料來源：中央氣象局全球資訊網)



(a)水質儀浮球運送裝載



(b)架設水質儀準備工作



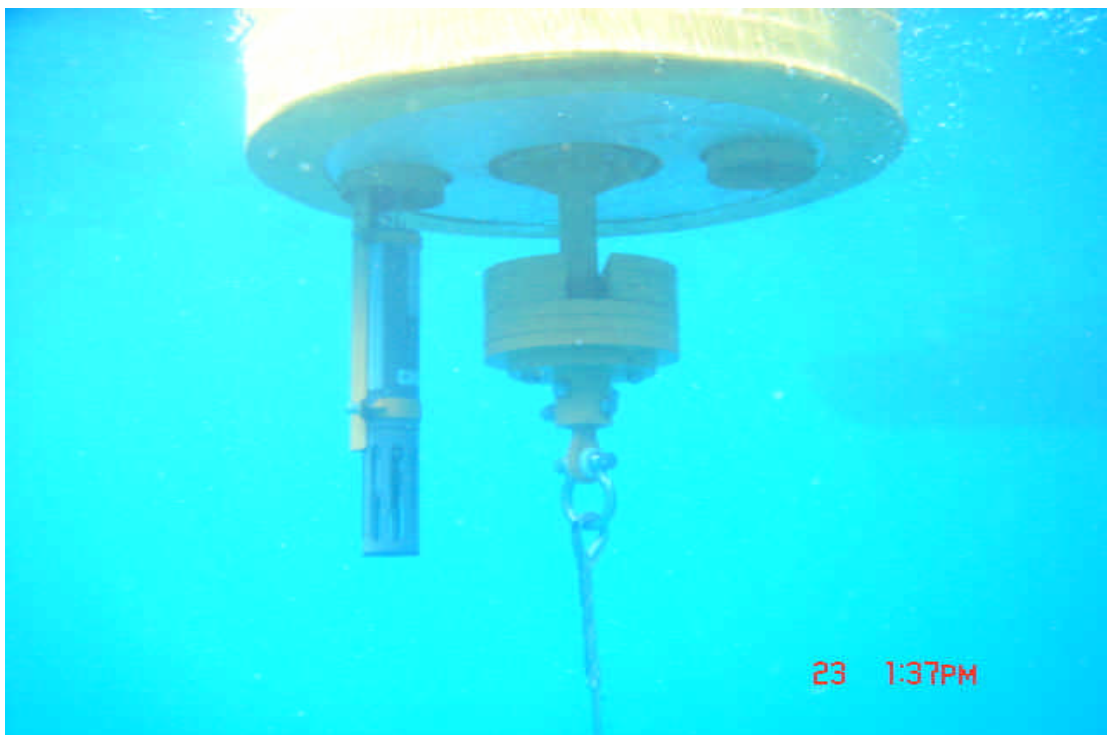
(c)固定水質儀之錨定



(d)水質儀架設



(e)太陽能板浮球



(f)水質連續監測系統架設完成

圖 2-11 海域水質連續監測系統於南灣海域建置完成
(資料來源：本研究資料)



圖 2-12 資料連線傳輸系統畫面

(資料來源：本研究資料)

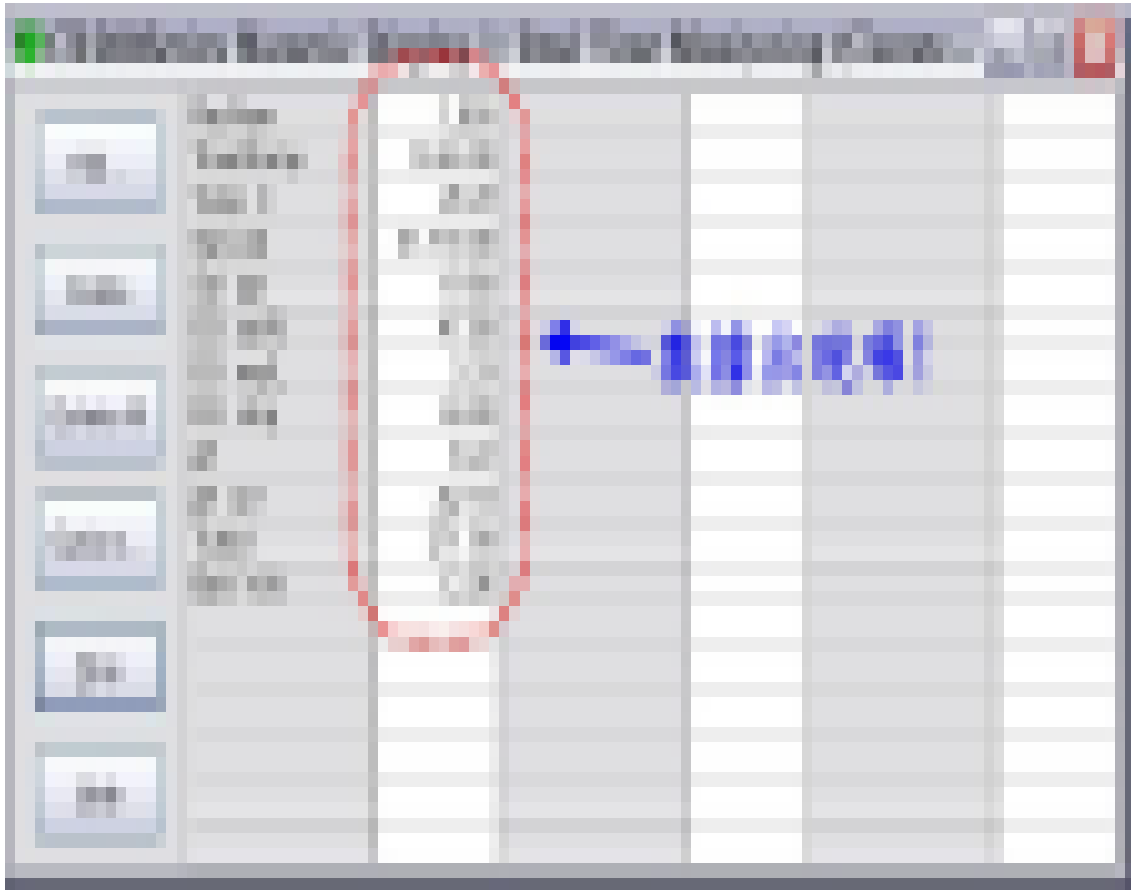


圖 2-13 水質連續監測系統即時資料

(資料來源：本研究資料)



圖 2-14 水質連續監測系統下載畫面
(資料來源：本研究資料)



(a)太陽能板電力系統附著物



(b)水質儀之附著生物

圖 2-15 海域水質連續監測系統於 97 年 6 月 23 日收回進行保養
(資料來源：本研究資料)

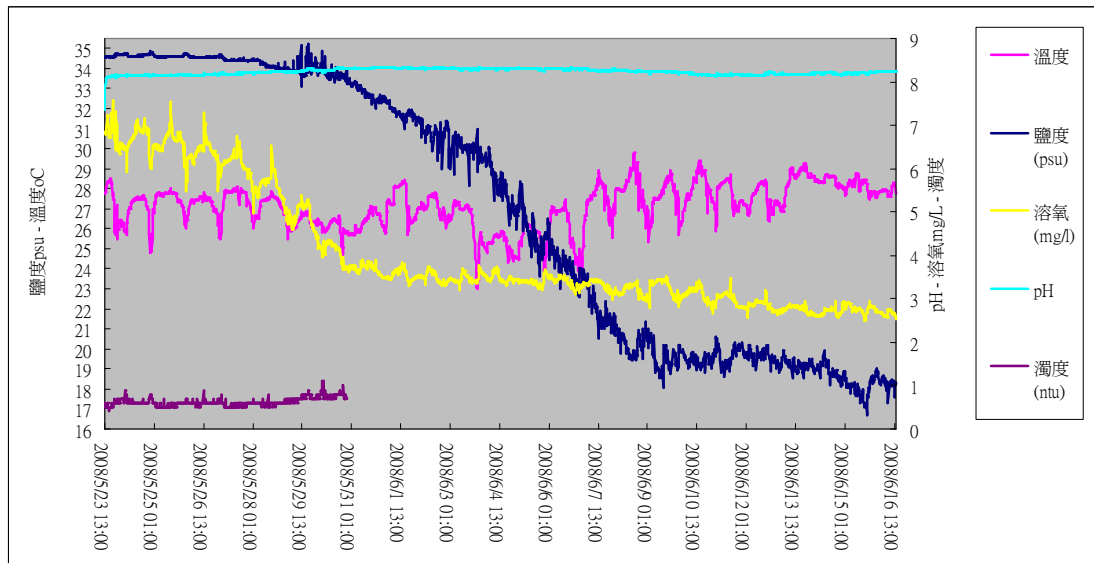


圖 2-16 海域水質連續監測系統收集數據之初步結果
(資料來源：本研究資料)

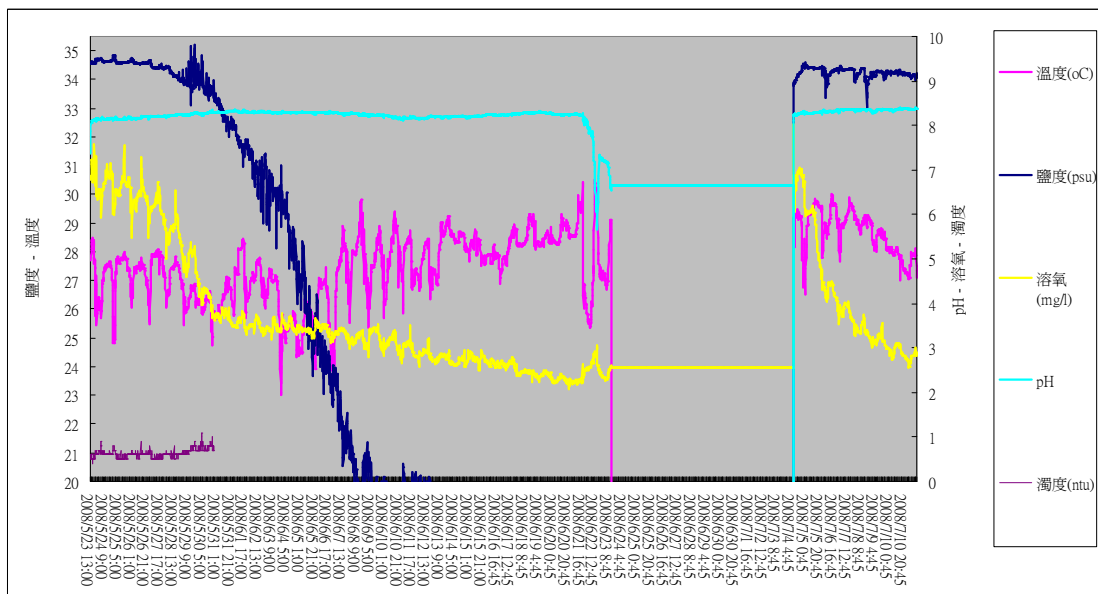


圖 2-17 97 年 5 月 23 日至 7 月 11 日水質連續監測系統收集數據
(資料來源：本研究資料)



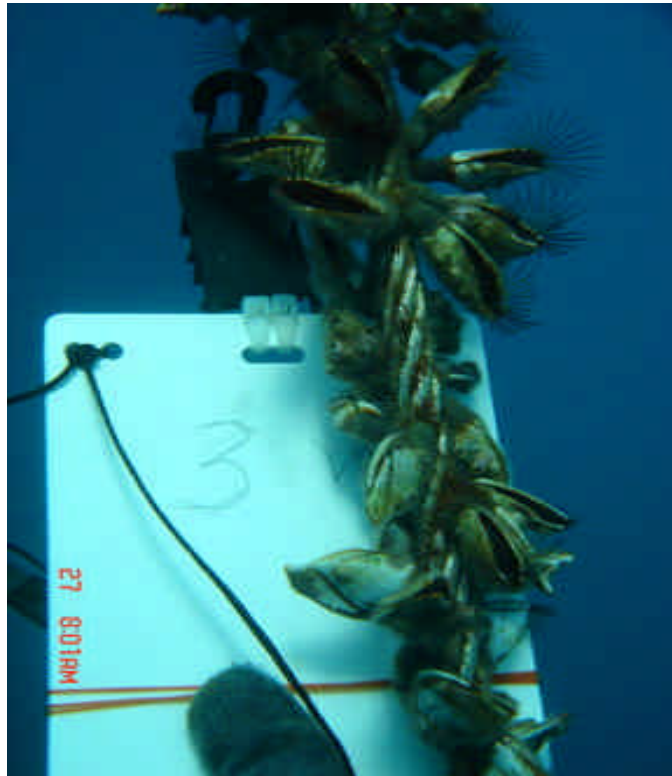
圖 2-18 水質儀經生物防護處理後之效果
(資料來源：本研究資料)



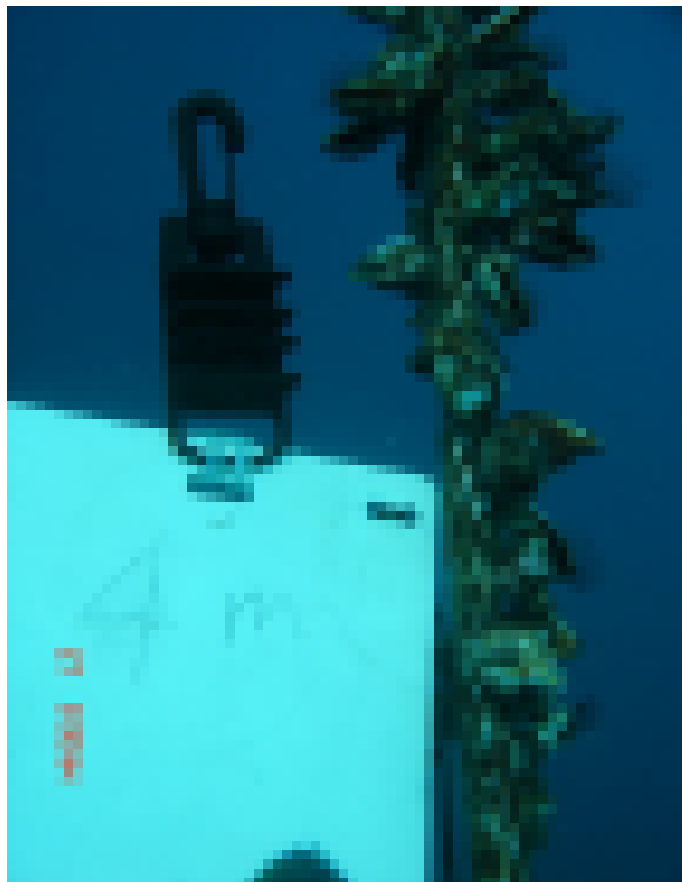
(a)水下 1m 附著生物情形



(b)水下 2m 附著生物情形



(c)水下 3m 附著生物情形



(d)水下 4m 附著生物情形



(e)水下 5m 附著生物情形



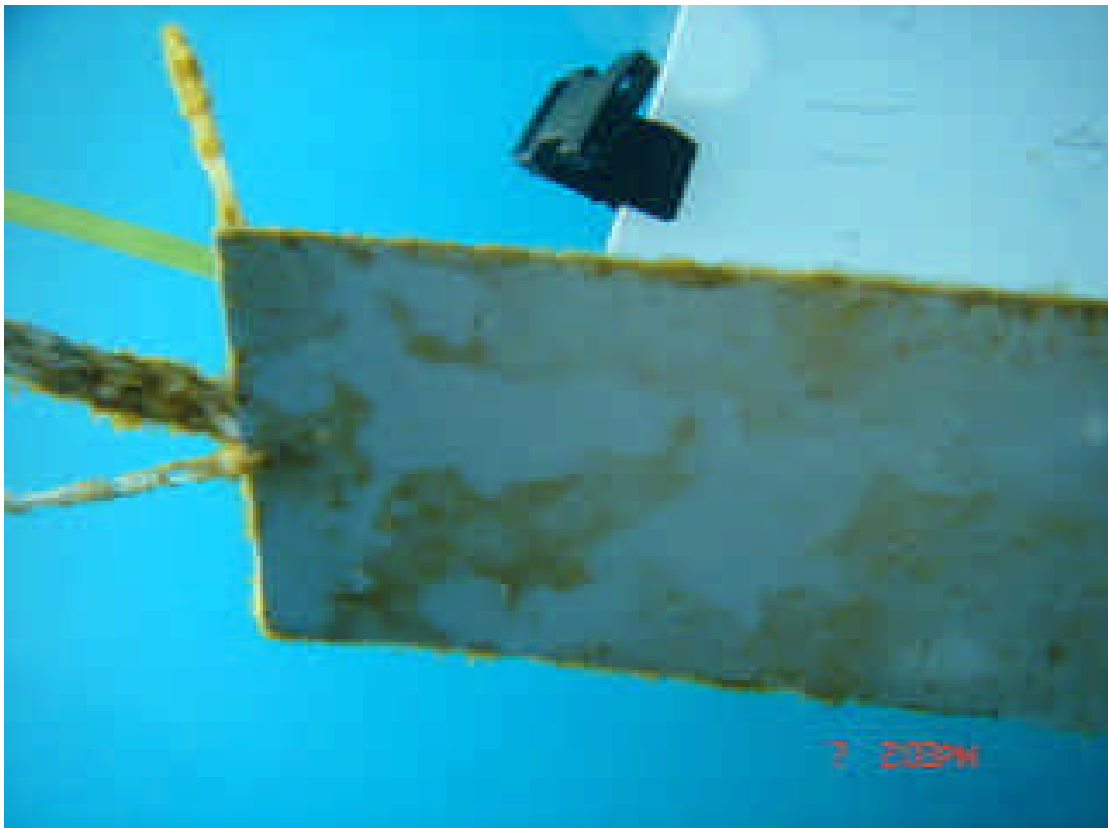
(f)水下 6m 附著生物情形

圖 2-19 不同水深之生物附著情況

(資料來源：本研究資料)



(a)附著板之設置



(b)水下 1m 附著板附著生物情形



(c)水下 2m 附著板附著生物情形



(d)水下 3m 附著板附著生物情形



(e)水下 4m 附著板附著生物情形



(f)水下 5m 附著板附著生物情形



(g)水下 6m 附著板附著生物情形



(h)水下 7m 附著板附著生物情形



(i)水下 8m 附著板附著生物情形



(j)水下 9m 附著板附著生物情形

圖 2-20 不同水深附著板之生物附著情況

(資料來源：本研究資料)

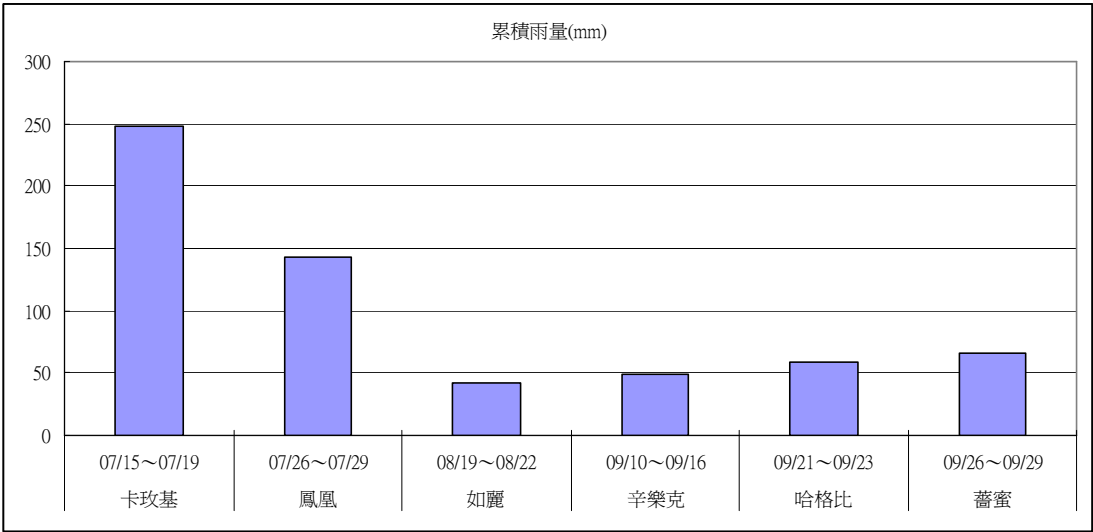


圖 2-21 颱風影響研究期間累積雨量
(資料來源：中央氣象局全球資訊網)

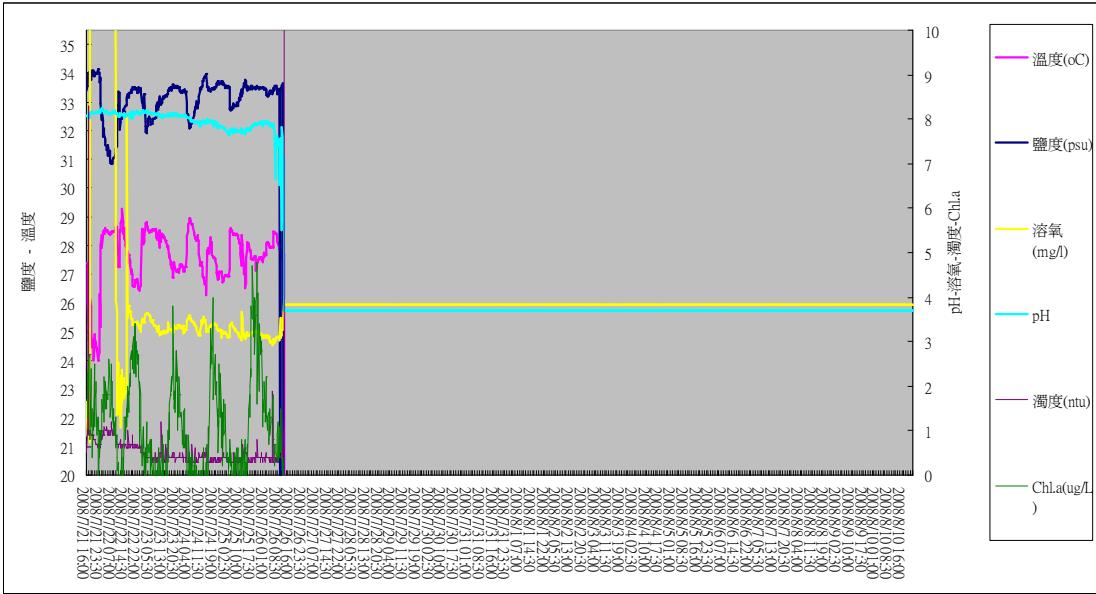


圖 2-22 97 年 7 月 21 日至 8 月 10 日水質連續監測系統收集數據
(資料來源：本研究資料)

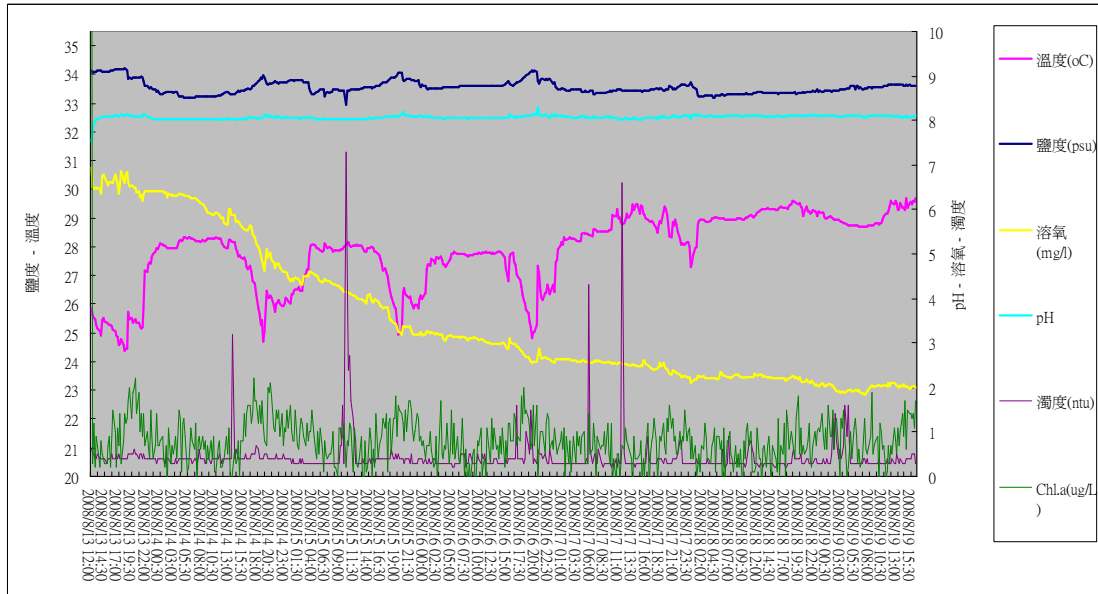


圖 2-23 97 年 8 月 13 日至 8 月 19 日水質連續監測系統收集數據
(資料來源：本研究資料)

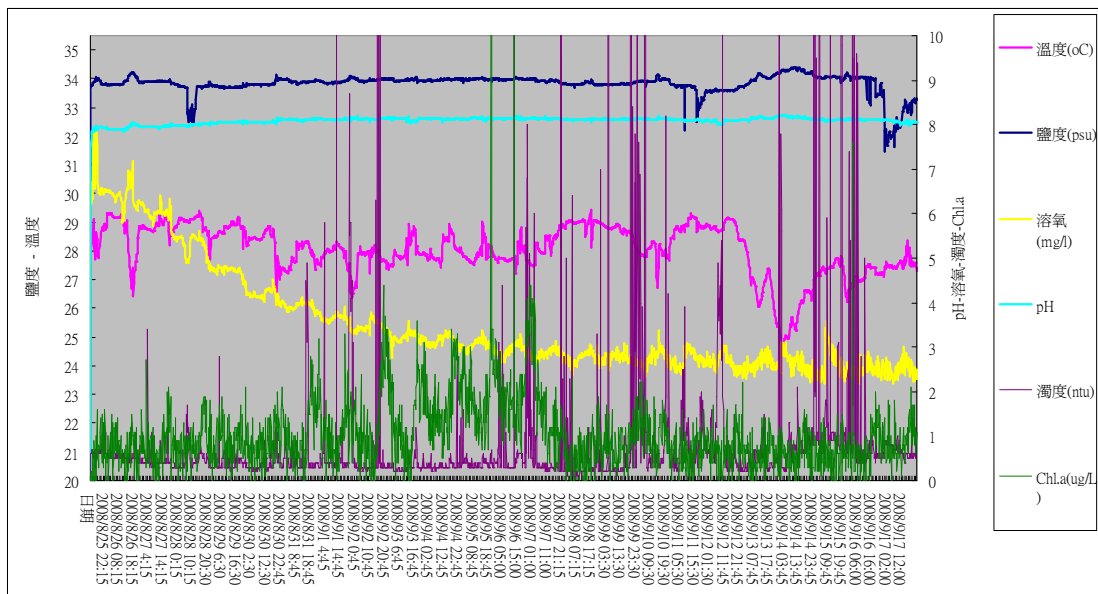


圖 2-24 97 年 8 月 25 日至 9 月 17 日水質連續監測系統收集數據
(資料來源：本研究資料)

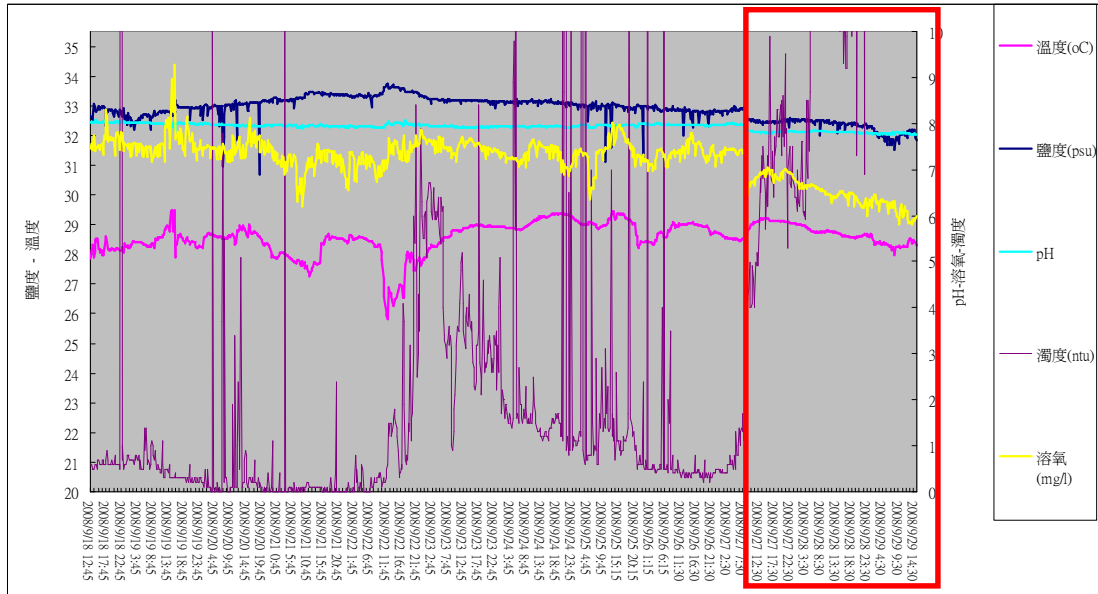


圖 2-25 97 年 9 月 18 日至 9 月 29 日水質連續監測系統收集數據
(資料來源：本研究資料)

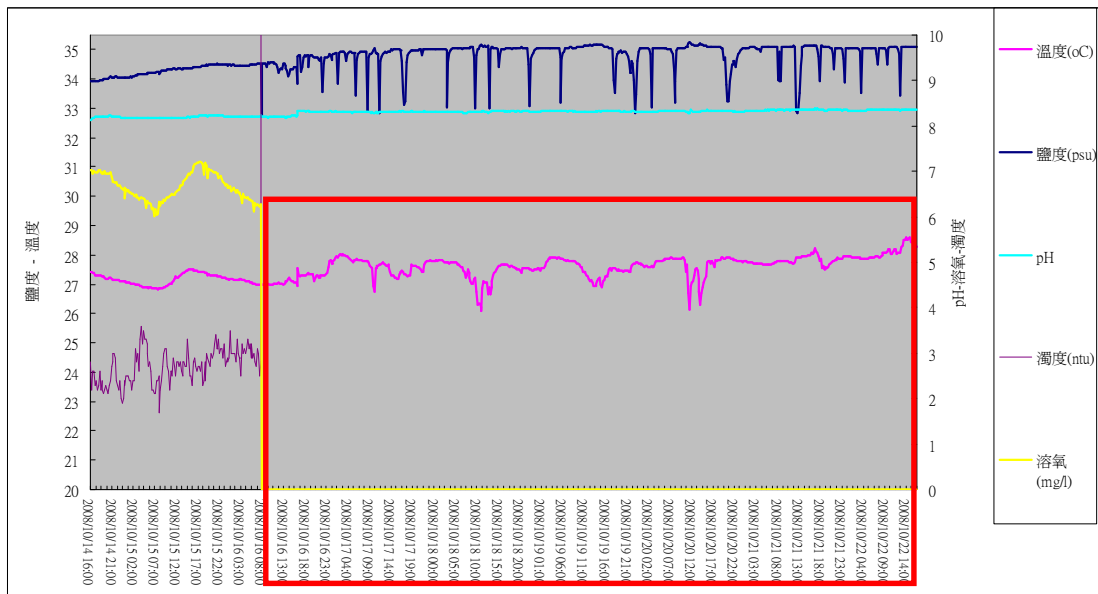


圖 2-26 97 年 10 月 14 日至 10 月 22 日水質連續監測系統收集數據
(資料來源：本研究資料)

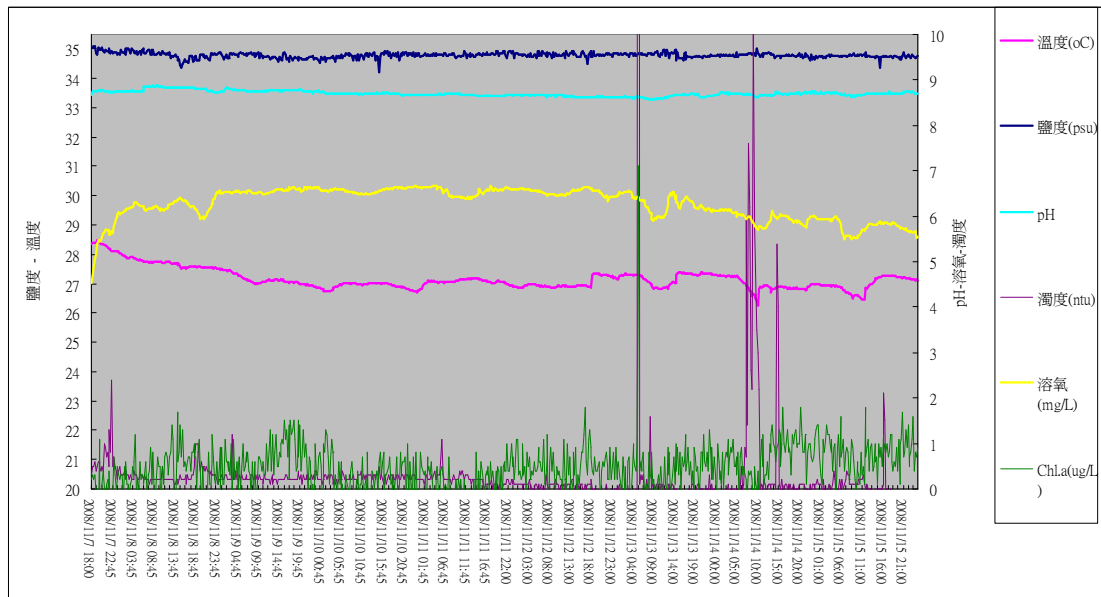


圖 2-27 97 年 11 月 7 日至 11 月 16 日水質連續監測系統收集數據
(資料來源：本研究資料)

第三章 結論與建議

第一節 結論

由資料顯示，水質連續監測系統因外部長滿附著生物，干擾所有電極造成數據異常，因此嚴重影響探針之功能及數據精密度及準確度之穩定性，經防污塗料處理後已有顯著之改善；再經附著實驗顯示，水深 6 公尺以下較不易有附著生物之生長，往後在架設水質連續監測儀時，若經費許可應考慮架設在水深 6 公尺以下。針對各種水質因子之探針，其穩定程度及期限各不相同，例如溫度探針可維持穩定達 1 個月之久，而溶氧探針維持穩定僅只一週，經實驗與觀察瞭解後，發現南灣水質不適合使用脈衝式溶氧電極，因海水透析度太好，易造成海水快速滲入，KCL 溶液快速減少，進而使電極之金屬表面快速氧化，造成數據異常；經更換光學式溶氧 DO 電極後，已有顯著之改善。因此由探針適當之換置，且必須藉由高頻率之保養及校正，來獲得高品質之數據，研究人員才可藉由完整、高品質並具時效的資料獲取，得以針對各種資料分析，針對現象一窺全貌，加以更完美的解析。

本計畫由於經費拮据，且執行定期系統收回保養所須支出之各種經費昂貴，如租船出海、潛水人員費用、清潔保養及校正儀器所須費用等等，因此擬訂本計畫內容時因經費考量，針對確保水質監測系統測量數值之準確性之執行，本系統之保養維護頻率僅擬訂為至少得每月 1 次（保養頻率得視水質儀器準確度決定，其保養方式主要為水質儀之清潔保養及校正與系統各元件之保養。保養維護後之水質儀亦需送回實驗室進行校驗以確認儀器精確度），顯示此頻率稍閒不足實驗數據分析結果顯示，適當之保養頻率應以 14 天為一週期。。

由於計畫執行期間並無法達成高頻率之保養及校正，僅可藉由本計畫示範將海域水質連續監測系統於南灣海域建置完成，且充分測試並釐清系統於本海域所須最低保養頻率等諸多因子，希望日後可作為管理單位之參考。

第二節 建議

建議將墾丁國家公園珊瑚生長環境之各種水質參數長期連續獲取之資料，加以分析不但可以了解墾丁地區各種人為及自然因子(如颱風、水土保持、家庭廢

水、觀光事業、核能發電廠之運轉等)對附近珊瑚生長環境水體之長期影響狀況，當海洋生態意外事件發生時，更可以於第一時間，即時將此資料透過電子傳輸途徑傳回實驗室，經研究人員藉由完整並具時效的資料獲取，因此得以針對各種資料分析，針對現象一窺全貌，加以更完美的解析，更可以了解珊瑚大量產卵時期，水體環境發生何種變化，對珊瑚大量產卵機制之研究，在學術上極有參考價值；本計畫之執行，可與美國及澳洲等先進國家共同進行，跨國合作的珊瑚礁環境觀測網(Coral Reef Environmental Observatory Network, CREON)之合作研究計畫(台灣的墾丁、法屬社會群島的 Moorea 島和澳洲大堡礁)，相信對墾丁國家公園之生態保育及科學研究，都將具有相當之貢獻。其次，在儀器所收集數據之品管方面，由於各種水質因子之探針於野外一段時間後，外部極易長滿附著生物，也因此嚴重影響探針之功能及數據精密度及準確度之穩定性，繼而造成數據判讀解析之困擾，其穩定程度及期限亦各不相同，必須藉由適當頻率之保養及校正，並且有備份之儀器加以替換，以避免在保養期間無法收集資料；至於南灣海域水質連續監測系統應設置何處最具代表性？最少應設置幾處？在經濟之考量並以南灣海域整體特性為基礎(例如冷水團入侵區域、核能電廠溫排水影響區域及中間緩衝區域)，依據以往長期資料之統計分析之結果，建議水質連續監測系統可設置三個主要測站，分別為香蕉灣、入水口及出水口至貓鼻頭間，此外，系統設置前該海域附著生物之特性調查(包括季節性分佈、不同深度之種類及生物量之變化等)是不可或缺的；每年各測站所需之資本門約新台幣 120 萬元，而經常門則約需新台幣 80 萬元，以三處測站而言，每年所需經費總額約為新台幣 600 萬元；唯有在最經濟之原則下，來獲得高品質之數據，研究人員才可藉由完整、高品質並具時效的資料獲取，得以針對各種資料分析，針對現象一窺全貌，加以更完美的解析。

附錄一 評審會議紀錄

評審會議紀錄

評審會議紀錄

評審會議紀錄

評審會議紀錄

評審會議紀錄

評審會議紀錄

評審會議紀錄

評審會議紀錄

評審會議紀錄

評審會議紀錄

評審會議紀錄

評審會議紀錄

評審會議紀錄

評審會議紀錄

評審會議紀錄

陸、主席致詞：歡迎各位評審委員蒞臨指導。

柒、參選廠商報告：略

捌、討論與建議：

*主席：本案經費運用情形為何？監測系統收集之資料是否可以網路分享？在 11 個監測項目中，溫度可能是變動最大的。

*參選廠商回應：本案原設計第 1 年約需 200 萬元，後來因公告金額較低，儀器部份無法新購，只能以本實驗室內儀器充之，費用可能用於系統建置與保養部份。

*詹委員榮桂：連續的監測的確比其他生物的監測還要直接，，如果有重大生態事件發生，大概溫度是主要的因素。本系統有自動傳輸監測資料功能嗎。其保養作業流程為何。

*參選廠商回應：當然藻華與溫度是有可能影響，因為營養鹽增多會造成藻華現象，進而 PH 值也會有變化。本系統大概每 10 分鐘會自動傳輸資料 1 次，當然傳輸頻率是可以改的，目前依中華電信傳輸費率 1 個月為 600 元。至於保養方面，因水底儀器與數據線連接，會請潛水人員下海將儀器帶上海面平台上保養。

*蔡委員明利：有關監測位置之選定與儀器放置深度有何考量？另監測儀器係外露置放，其附著生物是否會影響監測？。

*參選廠商回應：選擇地點考量的因素很多，例如避開水上活動人群以免遭受破壞，選擇地點應在珊瑚生長區域，大概在 10 米以內，原則上是要考量其安全問題。

*蔡委員豐富：本委辦案以前是否曾委託過？以標題看來為協助本處建置水質監測的系統，如果今年建置情形良好，以本處員工是否有能力去從事本項業務。

*參選廠商回應：此系統包括兩部份，一為數據的解讀，二為儀器的設計裝置。

儀器係委請廠商裝置保養，將來貴處如果要收集資料，亦可委請廠商處理，原始資料收集存於貴處資料庫，如遇重大事件發生，可委請專家學者來解讀這些監測資料。

玖、主席總結：本案評審成績平均為 86 分，合格，請續辦議價事宜。

拾、散會：同日上午 11 時 50 分。

附錄二 期中審查會議紀錄

墾丁國家公園管理處 97 年度「墾丁近海海域水質連續監測系統建置」委

辦案期中簡報會議紀錄

壹、開會日期：中華民國 97 年 7 月 22 日下午 14 時

記錄人：

唐俊軒

貳、開會地點：本處大型會議室

參、主持人：

張瑞芳

肆、審查委員：

中央研究院：

何國光

國立屏東科技大學：

廖仲利

伍、出席單位及人員：

受委託單位：

孟培傑

內政部營建署：

墾丁國家公園管理處：

李登志 陳幸雄 吳宗龍 郭曉敏
張芳如 林智博 廖國云
馬紹群 林欽心 陳文明 蔡乙集 林瓊瑤

陸、主席致詞：略。

柒、受委託單位報告：略

捌、討論與建議：

*詹委員榮桂：監測儀上附著物多，其顯示之數據可能係生物影響之結果，如果外面在不影響水流之情形下加裝一層網子，應可減少一些附著物效應。因各種感應器其保養期不同，或許能分類予以分開保養，如此或能分散一些測不到資料之風險。未來計畫之執行較其完整與高可靠度之分析，提供未來管理處規劃採購之參考。

*受委託單位回應：原本設計於監測儀上有短毛刷定時清理感應器表面，經這2次上岸保養發現有許多附著物，因此改以長毛刷處理，待下次進行保養時看其情況而定，並可運用加裝網子建議以減少附著物造成之影響，或許可考慮塗料或其它方式。本計畫係將各種感應器予以整合於監測儀上並測試其資料可靠度之期限，也因經費上之考量而定1個月為其保養期，經過去測試之結果，所定期限內資料之可靠度顯有不足，可加以改進其期限以增加資料可信度，並依委員建議於期末提出具體方式供墾管處參考。

*蔡委員明利：根據報告的資料水質監測項目中，有些項目似乎比其他項目更早發生異常的現象，這些最早發生資料異常的時間應可作為訂定水質監測儀器維護校正頻率的依據。附著生物可能是影響連續水質監測資料是否可靠的最主要因素。在該區海域的附著生物生物相是否具有季節性？不同附著生物相，對不同的水質監測項目有何不同的影響(例如，如果附著生物以藻類為主可能對D.O.的影響)？關於附著生物的影響及如何排除，澳大堡礁監測系統的經驗是否可作為參考。

*受委託單位回應：的確溶氧、pH等項目會較早發生數據不穩定之情況，約在一~二週間，當然將此期距可作為訂定水質監測儀器維護校正頻率的依據。本計畫儀器架設完成僅一個月，整體計畫執行期距亦僅10個月，並無法知道附著生物生物相是否具有季節性變化；當任何附著生物附生過

量，皆會對水質探針造成不同程度之影響。關於附著生物的影響及如何排除，不外乎加強保養頻率及使用防污塗料等措施，國內外皆然。

*馬主任協群：本案儀器所測試之項目其時間點是否不同？另其代表性為何？

*受委託單位回應：水質監測儀內所測試之項目係同時作測試的，所以其時間是相同的。

*林約聘解說員瓊瑤：如何利用水質參數來分析人為遊憩活動對水質之影響。

*受委託單位回應：其實人為遊憩活動本身對水質之影響是蠻小的，反而土地開發、民生廢水等因素是較大的。

*主席：珊瑚礁早期預警系統是否與本案有相同的功能？目前國內此儀器之運用情形如何？於期末簡報時是否能就本案提出較具體之建議，如設置經費、保養方式、建議置放地點等等，以利本處未來經營管理上之運用。

*受委託單位回應：基本上預警系統僅對溫度及鹽度作監測，而本水質監測儀器係以多功能監測為其主要設計，除溫、鹽度之外，還可對酸鹼度、葉綠素等環境因子作監測。目前國內許多水庫、港區及南部之大鵬灣管理處亦設有此設備。於期末簡報時將會針對主席之意見予以彙整提出。

玖、主席總結：感謝委員們之指導，本期中報告通過。

拾、散會：同日下午 15 時 30 分。

附錄三 期末審查會議紀錄

墾丁國家公園管理處 97 年度「墾丁近海海域水質連續監測系統建置」委

託辦理案期末報告審查會議紀錄

壹、開會日期：中華民國 97 年 11 月 25 日上午 10 時整

紀錄：

唐世軒

貳、開會地點：墾丁國家公園管理處行政中心大型會議室

參、主持人：李登志代

肆、審查委員：

中央研究院：

廖榮隆

國立屏東科技大學：

蔡明利

伍、受委託單位〈國立海洋生物博物館〉：

孟培傑

陸、列席單位：

內政部營建署：

柒、本處出席人員：

傅松茂

李登志

陳志淑

郭筱清

蔡乙榮

郭曉敏

傅文明

陳玄凱

傅宇祥

捌、主席致詞：略。

玖、業務單位報告：受委託單位依契約書第2條規定，於11月底前提出期末報告，並出席本處舉行之期末審查會議。

拾、受委託單位報告：略

拾壹、討論與建議：

*詹委員榮桂：本計畫先期作業能進行至此，已能解決未來投資上的一些風險，目前較有問題的是DO，如果光學上的問題能解決，以現在改進的狀況，應該值得去做的，但要設置幾個測站亦須評估其機具之經費。

*蔡委員明利：經過多次測試與改良後，已能避免許多附著物的干擾，干擾因素亦因地點、深度及季節而異，是否考慮於水中設置，而不是目前採漂浮式的。另保養頻率簡報中定為14天，是否有可能延長，以節省人力與經費。

*受委託單位回應：如果要做地點選擇的時候，可做先期的附著生物調查，調查其週期性及深度變化。本計畫所設置的深度因經費問題，因此才設置於1米處，發現其深度與週期都有變化，而6米深的地方，其附著物較少，因此，建議可設置於6米深的地方。另外，14天的保養頻率是保守的估計，經過這幾次的測試及改良後，基本上1個月的保養頻率應可應付。

*主席：本儀器測得之各參數，水深1米與6米處，於研究上有何不同？下雨過後鹽度變化，與水深有何差異？以您的觀點，墾丁需要設置幾個測站？本系統建置所需經費及維護費約需多少？保育課可考慮於99年度編列預算建置此系統，98年度如經費許可，可支援此系統之保養費用，以持續取得各參數。

*受委託單位回應：在珊瑚礁區域內，水深10米內雖有差異，但就海洋大尺度而言，其實是無差別的。鹽度基本上是水面較低的，當然，在連續監測考量上，是大尺度的測量，不會測到那麼細微的差異。因此，基本上於6米處應已可反應出一些事情出來。國科會計畫中已有設置20幾個測站，但於環境變化大，或較穩定區域，前者可設2個站，後者可設1個站。以目前而言，設置1個站約需200萬元，而1年保養費用估計約需60萬元。

*陳課長松茂：預警系統因美方調整部份經費項目，使得簽署備忘錄有所展延，未來會持續進行，以讓本工作順利進行。簡報中提到6米深的深度以下附著物較少，未來預警系統設置時依據您建議的深度及儀器上塗料減少附著

物等意見，屆時可供參考運用。

*主席：本處於明年度繼續執行海域長期生態委託研究案，其中有一項有關海域廢水排放之研究，本案是否與它有重複之處？

*受委託單位回應：長期監測係針對一些排水口及潮間帶區域所作的監測，與本案監測潮下帶之資料其實是不同的性質。

*蔡技士乙榮：水質連續監測儀器上之太陽能板，於陰天時其供電情形可否應付儀器本身之正常運作？另外，是否於完整報告中有具體建議案，例如至少要設幾個監測站？設置地點、深度、備品情形、設置經費與維修費用等，以利本處未來編列預算執行參考用。

*受委託單位回應：遵照辦理。

*陳技士玄武：有關冷水團問題，究竟要多大的幅度才能造成魚類所謂的冷休克？本項監測儀器是否具有事先預警的功能？未來如發生類似澎湖死魚事件，如何以人為力量來處理。

*受委託單位回應：依據1988年及今年數據來看，大概2次低溫皆於10度左右，澎湖死魚事件時的溫度大概在9度左右。本套系統功能能於預設值發生時顯示不同的顏色來警示。至於大自然的變化可能非人類力量所能改變的。

拾貳、主席總結：感謝委員們之指導，本期末報告通過。

拾參、散會：同日上午11時10分。

參考書目

- Bastidas C., D. Bone and E.M.Garcia (1999) Sedimentation Rates and Metal Content of Sediments in a Venezuelan Coral Reef Marine Pollution Bullentin, Vol. 38, No. 1pp. 16-24
- Chen C. T. A., B.J. Wang and L.Y. Hsing(2004) Upwelling and degree of nutrient consumption in Nanwan Bay, Southern Taiwan. Journal of Marine Science and Technology 12(5):442-447
- Chen C. T. A., S.L. Wang, B. J. Wang and S.C. Pai(2001) Nutrient budgets for the South China Sea basin. Marine Chemistry 75:281-300
- Chou Y., T.Y. Lin, C. T. A. Chen, and L.L.Liu(2004)Effect of nuclear power plant thermal effluent on marine sessile invertebrate communities in Southern Taiwan. Journal of Marine Science and Technology 12(5):448-452
- Chung-Chi Chen, Fuh-Kwo Shiah, Hung-Jen Lee, Kuo-Yuan Li, Pei-Jie Meng, Shui-Ji Kao, Yu-Fang Tseng, Chia-Lu Chung(2005) Phytoplankton and bacterioplankton biomass, production and turnover in a semi-closed embayment with spring tide induced upwelling. Marine Ecology Progress Series 304:91-100
- Dai, C. F. 1997. Assessment of the present health of coral reefs in Taiwan. In: Grigg, R. W. and C. Birkeland (eds), Status of coral reefs in the Pacific, pp. 123-131. Sea Grant Program, University of Hawaii.
- Fabricius, K. E. (2005) Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin* 50, 125-146.
- Hodgson G. (1990) Tetracycline reduces sedimentation damage to corals. Marine Biology 104:493-496
- Huang, C.C., T.C. Hung, (1987) "Coral: study in Nanwan Bay adjacent to the third nuclear power plant in Taiwan" , *SCOPE/ROC, Acad. Sin.* , 24pp.
- Hung, T.C., C.C. Huang, K.L. Fan, (1989) Nonbiological factors and corals

- study along the shallow water near the outlet of Third Nuclear Power Plant. *SCOPE/ROC, Acad. Sin.*, 71: 32pp.
- Hsieh H. J. , Y. -L. Hsien, M. -S. Jeng, W. -S. Tsai, W. -C. Su and C. A. Chen(2008) Tropical fishes killed by the cold. Coral reefs.
- Johannes R.E., W.J.Wiebe and C.J.Croosland(1983) Three patterns of nutrient flux in a coral reef community Vol.12:131-136
- Lee H. J., S. Y. Chao , K. L. Fan and T. Y. Kuo (1999) Tide-Induced Eddies and Upwelling in a Semi-enclosed Basin:Nan Wan Estuarine, Coastal and Shelf Science 49:775-787
- Lee H. J., S. Y. Chao, K. L. Fan, Y. H. Wang and N. K. Ling (1997) Tidally Induced Upwelling in a Semi-Enclosed Basin:Nan Wan Bay Journal of Oceanography, Vol. 53, pp. 467 to 480
- Lee H. L, S. Y. Chao, K. L. Fan (1999a) Flood-ebb disparity of tidally induced recirculation Eddies in a semi-enclosed basin:Nan Wan Bay Continental Shelf Research 19:871-890
- Lin Hsing-Juh, Chen-Yi Wu, Wen-Yuan Kao, Shuh-Ji Kao, Pei-Jie Meng (2007) Mapping anthropogenic nitrogen through point sources in coral reefs using $\delta^{15}\text{N}$ in macroalgae. Marine Ecology Progress Series 335:95-109
- Meng Pei-Jie, Hung-Jen Lee, Jih-Terng Wang, Chung-Chi Chen, Hsing-Juh Lin and Wei-Jiun Hsieh(2008) A long-term survey on anthropogenic impacts to the water quality of coral reefs, southern Taiwan. Environmental Pollution (In press)
- Meng Pei-Jie, Kuo-Nan Chung, Jeng-Ping Chen, Ming-Hui Chen, Ming-Chin Liu, Yang-Chi Chang, Tung-Yunn Fan, Hsin-Juh Lin, Bi-Ren Liu, Chia-Ming Chang, Lee-Shing Fang, Kwang-Tsao Shao (2007a) Long-term ecological monitoring on the marine ecosystem of Kenting National Park. *Bulletin of National Park*, 17(2):71-88 (in Chinese).
- Meng Pei-Jie, Kuo-Nan Chung, Jeng-Ping Chen, Ming-Hui Chen, Ming-Chin Liu, Yang-Chi Chang, Tung-Yunn Fan, Hsin-Juh Lin, Bi-Ren Liu, Chia-Ming Chang, Lee-Shing Fang, Kwang-Tsao Shao (2007b) Long-term ecological

- monitoring and studies of human activities on the marine ecosystem of Kenting National Park.. *Bulletin of National Park*, 17(2):89-111(in Chinese).
- Meng, P. -J., J. -P. Chen, K. -N. Chung, M. -C. Liu, T. -Y. Fang, C. -M. Chang, W. -M. Tian, Y. -C. Chang, H. -J. Lin, L. -S. Fang and K. -T. Shao(2004) Long-term ecological studies in Kenting National Park neighboring marine areas, on monitoring the impact factors from anthropogenic activities to the marine ecosystem and a preliminary database of its marine ecosystem. *Bulletin of National Park*, 14(2):43-69 (in Chinese).
- Ming-Hui Liao, Sen-Ling Tang, Chia-Ming Hsu, Kou-Chang Wen, Henry Wu, Wen-Ming Chen, Jih-Terng Wang, Pei-Jie Meng, Wen-Hong Twan, Chang-Feng Dai, Keryea Soong, and Chaolun Allen Chen (2007) The "Black Disease" of Reef-Building Corals at Green Island, Taiwan - Outbreak of a Cyanobacteriosponge, *Terpios hoshinota* (Suberitidae; Hadromerida). *Zoological Studies*. 46 (4):520
- Morell J. M. , J. Capella, A. Mercado, J. Bauza and J. E. Corredor(2001) Nitrous oxide fluxes in Caribbean and tropical Atlantic waters: evidence for near surface production *Marine Chemistry* 74:131-143
- Riegl B., C. Heine and G. M. Branch (1996) Function of funnel-shaped coral growth in a high-sedimentation environment. *Marine Ecology Progress Series* Vol. 145:87-93
- Riegl B., G. M. Branch (1995) Effects of sediment on the energy budgets of four scleractinian (Bourne 1990) and five alcyonacean (Lamouroux 1816) corals *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 186:259-275
- Rogers, C.S. (1990) Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *Marine Ecology Progress Series* 62: 185 - 202.
- Su, J. C. ; Hung, T. C. ; Chiang, Y. M. ; Tan, T. H. ; Chang, K. H. ; Huang, C. C. ; Huang, C. Y. ; Shao, K. T. ; Huang, P. P. ; Lee, K. T. ; Fan, K. L. ; Yeh, S. Y.

- (1989) An ecological and environmental survey on the waters adjacent to the southern nuclear power plan. *SCOPE/ROC, Acad. Sin.* 70: 238pp.
- Su, J.C.; Hung, T.C.; Chiang, Y.M.; Tan, T.H.; Chang, K.H.; Huang, C.C.; Huang, C.Y.; Shao, K.T.; Huang, P.P.; Lee, K.T.; Fan, K.L.; Yeh, S.Y. (1987) "An ecological and environmental survey on the waters adjacent to the nuclear power plant in southern Taiwan", *SCOPE/ROC*, 50:224pp.
- Thomas S. (2003) An underwater sediment accumulation sensor and its application to sediment transport processes at Lihir Island Papua New Guinea. Ph.D. Thesis, James Cook University, Townsville, Australia.
- Thomas S., P. Ridd (2005) Field assessment of innovative sensor for monitoring of sediment accumulation at inshore coral reefs. *Marine pollution Bulletin* 51:470-480
- Thomas S., P. Ridd, G. Day (2003) Turbidity regimes over fringing coral reefs near a mining site at Lihir Island Papua New Guinea. *Marine pollution Bulletin* 46(8):1006-1014
- Tockner K., F. Malard, U. Uehlinger and J.V. Ward (2002) Nutrients and organic matter in a glacial river-floodplain system (Val Roseg, Switzerland) *Limnol. Oceanogr.* 47(1):266-277
- Umar M.J., L.J. McCook and I.R. Price (1998) Effects of sediment deposition on the seaweed *Sargassum* on a fringing coral reef *Coral Reefs* 17:169-177
- Yang, R. T. 1985. Coral communities in Nanwan Bay (Taiwan). *Proc. 5th Int. Coral Reef Congr.*, 2:273-278.
- Yang, R. T. and C. F. Dai. 1980. Community structure and species diversity of reef corals at Nanwan Bay, Taiwan. *Acta Oceanographica Taiwanica* 11:238-251.
- 方力行、孟培傑、郭漢煌、張文炳、呂明毅、陳義雄、樊同雲、何平合、李展榮、林綉美、陳正平、周偉融，2002。阿瑪斯號貨輪擱淺地區生態資源監測與復舊計劃。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。

- 方力行、邵廣昭、孟培傑、樊同雲、陳正平、田文敏、陳明輝、劉銘欽、鍾國南、張揚祺、林幸助。2004。墾丁國家公園海域長期生態研究計劃-人為活動對海域生態所造成之衝擊研究(IV)與環境教育之應用(I)。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。
- 方力行、邵廣昭、孟培傑、樊同雲、陳正平、田文敏、劉銘欽、鍾國南、張揚祺、林幸助。2003。墾丁國家公園海域長期生態研究計劃-人為活動對海域生態衝擊之長期監測研究(III)及生態與環境資料庫建立(II)。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。
- 方力行、邵廣昭、孟培傑、樊同雲、陳正平、陳明輝、劉銘欽、鍾國南、張揚祺、林幸助。2005。墾丁國家公園海域長期生態研究計劃-人為活動對海域生態所造成之衝擊研究(五)環境教育之應用(二)基本生態資料之建立(二)與環境生態資料庫資訊系統之建立(一)。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。
- 方力行、邵廣昭、孟培傑、樊同雲、陳正平、陳明輝、劉銘欽、鍾國南、張揚祺、林幸助。2006。墾丁國家公園海域長期生態研究計劃-人為活動對海域生態所造成之衝擊研究(六)環境教育之應用(三)基本生態資料之建立(三)與環境生態資料庫資訊系統之建立(二)。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。
- 王維賢、邵廣昭、孟培傑、樊同雲、陳正平、陳明輝、劉銘欽、張揚祺、林幸助、何平合。2007。墾丁國家公園海域長期生態研究計劃-人為活動對海域生態所造成之衝擊研究(七)環境教育之應用(四)基本生態資料之建立(四)與環境生態資料庫資訊系統之建立(三)。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。
- 李宏仁 (1999)南灣潮流驅動渦漩及冷水入侵成因之探討。國立臺灣大學海洋研究所博士論文。
- 鍾國南、李展榮、孟培傑、韓僑權、郭鑫沅、邱協棟、宋國士、梁乃匡、方力行、邵廣昭(2002)墾丁國家公園海域長期生態研究-測站海底地貌及人為活動對海域生態衝擊監測之初報。國家公園學報 12(1):52-73。