

## 研究報告

# 南灣海域水質環境資料即時連續監測

孟培傑<sup>1,2,3</sup>，張家銘<sup>2</sup>

<sup>1</sup>國立海洋生物博物館；<sup>2</sup>國立東華大學海洋多樣性及演化研究所；<sup>3</sup>通訊作者 E-mail: [pjmeng@nmmba.gov.tw](mailto:pjmeng@nmmba.gov.tw)

**[摘要]** 本研究在墾丁國家公園管理處之經費補助下執行南灣海域水質環境資料即時連續監測，在此珊瑚礁環境觀測網計畫之監測項目包括：溫度、鹽度、導電度、溶氧、酸鹼值及濁度。執行期間並執行一系列之品質保證/品質控制之管控流程，加以提高本計畫監測數據之可信度，期望藉此提供一個有價值之資料庫。本研究將海洋環境中各種水質參數資料，即時資料傳回實驗室並同時下載儲存，分析所獲得之資料可提供做為海洋之文獻參考、海洋環境保護、海洋污染及海洋教育之多種用途。此外，當海洋意外事件發生時，本研究數據亦可提供做為第一時間關鍵性之資料解讀，例如南灣珊瑚礁海域冷水入侵事件。本計畫不但成功驗證各種模式模擬之結果且成功達成野外調查之功能；此外，由於本資料之連續性也有效解析環境水體中各種因子對珊瑚礁生態系短週期性之影響情況。

**關鍵字：**即時連續監測系統、氣候變遷、珊瑚白化、珊瑚礁環境觀測網

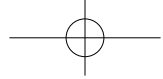
## Continuous Real Time Monitoring System of the Water Quality at Kenting National Park

Pei-Jie Meng<sup>1,2,3</sup> and Chia-Ming Chang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Museum of Marine Biology and Aquarium; <sup>2</sup>Institute of Marine Biodiversity and Evolutionary Biology, National Dong Hwa University; <sup>3</sup>Corresponding author E-mail: [pjmeng@nmmba.gov.tw](mailto:pjmeng@nmmba.gov.tw)

**ABSTRACT** Supported by the Kenting National Park Headquarters, the water quality in coral reef ecosystem in Nanwan Bay of southern Taiwan was monitored in on-line real time in this study. Parameters monitored include temperature, salinity, pH, dissolved oxygen, chlorophyll a, as well as turbidity for the “Coral Reef Environmental Observatory Network” monitoring program. The data obtained through quality assurance/quality control (QA/QC) performance has provided a reliable and valuable database. The monitoring provides useful information to the scientific community, serves as records of contamination events and baseline data for environmental conservation and uses for education purpose. Furthermore, the monitoring also was indicative of causes of natural episodic events, e.g., cold water intrusion, in this coral reef ecosystem. The program not only fits in the bench top simulation successfully, but also has a successful application in field work. The results, with emphasis on the short time scale (hours to days), in coral reef ecosystem are also discussed in this study.

**Keywords:** continuous real time monitoring system, climate change, coral bleaching, coral reef environmental observatory network



## 前言

墾丁國家公園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 33289.59 公頃。海岸以裙狀珊瑚礁為主(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，物種間的關係與微妙的機制，具有極高的學術研究價值，更是重要的觀光資源。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(Huang *et al.* 1987, Su *et al.* 1987, Hung *et al.* 1989, Dai 1997, Su *et al.* 1989, 李宏仁 1999, Lee *et al.*(1997, 1999, 1999a), 鍾國南等 2002, 方力行等 2006), 王維賢等 2007, Meng *et al.* 2004, Meng *et al.*(2007a, b), Meng *et al.* 2008, Chou *et al.* 2004, Chen *et al.* 2004, 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)。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。由於這些海洋的環境變化，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, Umar *et al.* 1998)；台灣海域經常因人為或是自然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，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(方力行等 2002)、2007 年 12 月間發生之綠島海域沿岸死魚事件，2008 年 7 月南灣海域魚體漂浮事件(邵廣昭等 2008)，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。

近年來因全球氣候變遷，導致溫室效應氣候暖化、海平面上升，湧升流及洋流模式等海洋環境因子的改變，進而影響海洋物種的生存與生長。在電子科技一日千里，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，藉由完整並具時效的資料獲取，加以更完美的解析事實真相，得以針對各種自然現象一窺全貌。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

表 1. NOAA 監控全球共 24 個珊瑚礁區表水溫度與 DHW 數值

Atlantic Ocean		Pacific Ocean		Indian Ocean	
<b>Bermuda</b> No Stress		<b>Midway Atoll, US</b> No Stress		<b>Guam</b> No Stress	
Current DHW	0	Current DHW	0	Current DHW	0
Hist Max DHW	7.5(1998)	Hist Max DHW	4.6(1987)	Hist Max DHW	5.1(1999)
Current SST(C)	23.3	Current SST(C)	23	Current SST(C)	28.7
Max Month SST	27.2	Max Month SST	26.9	Max Month SST	29.5
<b>Sombrero Reef, FL</b> No Stress		<b>Oahu-Maui, HI</b> No Stress		<b>Enewetok</b> No Stress	
Current DHW	1.2	Current DHW	0	Current DHW	0
Hist Max DHW	13.6(2011)	Hist Max DHW	7.6(1996)	Hist Max DHW	2.5(2001)
Current SST(C)	22.5	Current SST(C)	24.8	Current SST(C)	28.2
Max Month SST	29.3	Max Month SST	27	Max Month SST	29.1
<b>Bahamas, Lee Stocking Is</b> No Stress		<b>Palmyra, Isl</b> No Stress		<b>Palau</b> <b>Bleaching Watch</b>	
Current DHW	0	Current DHW	0	Current DHW	<b>0</b>
Hist Max DHW	7.8(1998)	Hist Max DHW	9.1(2009)	Hist Max DHW	<b>10.4(1998)</b>
Current SST(C)	25.6	Current SST(C)	28.3	Current SST(C)	<b>29.8</b>
Max Month SST	29.3	Max Month SST	28.7	Max Month SST	<b>29.5</b>
<b>Puerto Rico</b> No Stress		<b>Galapagos</b> No Stress		<b>Davies Reef</b> No Stress	
Current DHW	2.1	Current DHW	0	Current DHW	0
Hist Max DHW	7.6(2005)	Hist Max DHW	34.4(1998)	Hist Max DHW	4.8(1987)
Current SST(C)	28.3	Current SST(C)	21.7	Current SST(C)	27.9
Max Month SST	28.5	Max Month SST	26.5	Max Month SST	28.5
<b>Virgin Islands, US</b> No Stress		<b>American Samoa-Ofu</b> No Stress		<b>Heron Island</b> No Stress	
Current DHW	0	Current DHW	0	Current DHW	0
Hist Max DHW	10.3(2005)	Hist Max DHW	7.4(1991)	Hist Max DHW	6.0(1987)
Current SST(C)	28.1	Current SST(C)	28.4	Current SST(C)	25.4
Max Month SST	28.5	Max Month SST	29.3	Max Month SST	27.3
<b>Glovers, Belize</b> No Stress		<b>Tahiti-Moorea</b> No Stress		<b>Fiji-Beqa</b> No Stress	
Current DHW	0.5	Current DHW	0	Current DHW	0
Hist Max DHW	9.7(1998)	Hist Max DHW	7.3(1991)	Hist Max DHW	7.9(2006)
Current SST(C)	26.8	Current SST(C)	27.8	Current SST(C)	27.5
Max Month SST	28.9	Max Month SST	28.8	Max Month SST	28.1
				<b>Ningaloo, AU</b> No Stress	
Current DHW		Current DHW		Current DHW	0
Hist Max DHW		Hist Max DHW		Hist Max DHW	11.3(1999)
Current SST(C)		Current SST(C)		Current SST(C)	26.4
Max Month SST		Max Month SST		Max Month SST	28.2
				<b>Cobourg Park</b> <b>Bleaching Watch</b>	
Current DHW		Current DHW		Current DHW	<b>0</b>
Hist Max DHW		Hist Max DHW		Hist Max DHW	<b>6.0(2010)</b>
Current SST(C)		Current SST(C)		Current SST(C)	<b>30.8</b>
Max Month SST		Max Month SST		Max Month SST	<b>29.9</b>
				<b>Scott Reef</b> <b>Bleaching Watch</b>	
Current DHW		Current DHW		Current DHW	<b>0</b>
Hist Max DHW		Hist Max DHW		Hist Max DHW	<b>13.3(1998)</b>
Current SST(C)		Current SST(C)		Current SST(C)	<b>30.6</b>
Max Month SST		Max Month SST		Max Month SST	<b>30.1</b>

測珊瑚礁海域環境因子與珊瑚礁生態長期變化研究。目前國際上主要的珊瑚礁預警系統是由美國國家海洋暨大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)所主導。NOAA 發展出來的 DHW 指標，利用監測海水表面溫度與計算 DHW 數值的方式，在國際上不但已經受到認可，監控全球共 24 個珊瑚礁區(表 1)的珊瑚白化危機。台灣目前無完整的珊瑚礁預警系統，此計畫之進行，相信對墾丁國家公園南灣海域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。

本研究目的，延續以往之研究成果，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，分析了解墾丁附近海域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、氣候變遷等)對附近珊瑚生長水體環境之長期影響狀況，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；本研究之執行，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)，並為全球暖化海水溫度上升提供長期而連續之水質資料庫。

## 材料與方法

本研究之水質監測系統，其組合內容大致可分為：水質監測儀器、無線數據傳輸發送接收設備、太陽能電力系統及浮標錨定系統，其整體系統組合架構如圖 1，說明如下：

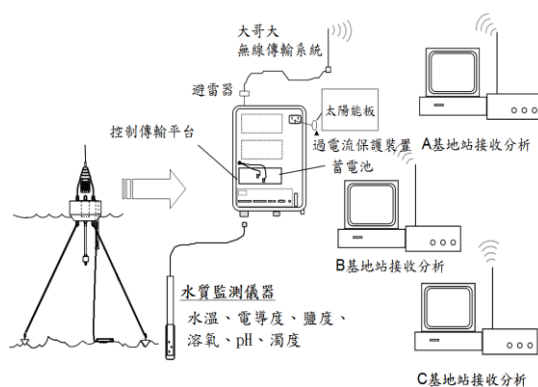


圖 1. 整體系統組合架構

水質即時連續監測系統(以下簡稱本系統)包括：

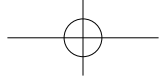
1. 多參數水質監測儀(YSI6600，所配附電極：(1)YSI6560 溫度/電導度電極。(2)YSI6561 pH 複合電極。(3)YSI6136 光學濁度電極與 YSI6150 溶氧電極)、無線網路傳輸發送設備、太陽能電力系統、浮標錨定系統。溫度電極以熱敏電阻為其溫度感測器，電阻隨溫度改變後，按熱電阻特性的方程式換算為溫度讀數；電極熱敏電阻外壁以薄鈦金屬，故導熱迅速且抗腐蝕。量測範圍-5°C~50°C，解析度為 0.01°C，精確度為±0.15°C。導電度，以 4 支純鎳電極測電導度，一對測驅動電壓方波，另一對測量電流，電導度常數 5.0/cm，此常數會依校正濃度自動調整。鎳金屬本身具高導電

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。量測範圍 0~100 ms/cm，解析度為 0.01 ms/cm，精確度為讀值之±0.5%。pH 電極為玻璃電極與參考電極一體之複合電極，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)。量測範圍 0~14，解析度為 0.01，精確度為±0.2。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 860 nm 的遠紅外線光源在電極下方 8 mm 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。量測範圍 0~10000 NTU，精確度±2%，解析度為 0.1 NTU。光學溶氧電極量測範圍 0~20 mg/L，解析度為 0.01 mg/L，精確度為±1%。

2. 監測資料庫系統、軟體、無線網路接收設備：設置於墾丁國家公園管理處管理中心內。本系統置於南灣海域適當處(N21° 57.016', E120° 45.372') 約水下 10 公尺處，並將所測得之資料透過無線方式將資料傳送至控制中心；所需電力以太陽能作為主要電力來源。系統運行中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，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，每季額外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。

DHW(Degree Heating Weeks)，為時間尺度較小的珊瑚白化指標，判斷標準為 0~16 數值；1 DHW 值代表該地點的水溫超過珊瑚白化閾值 1°C 且持續一星期，或是水溫超過閾值 2°C 且持續半星期。當 DHW 值大於 1 時，就可能有零星的珊瑚白化出現，當 DHW 值大於





孟培傑，張家銘

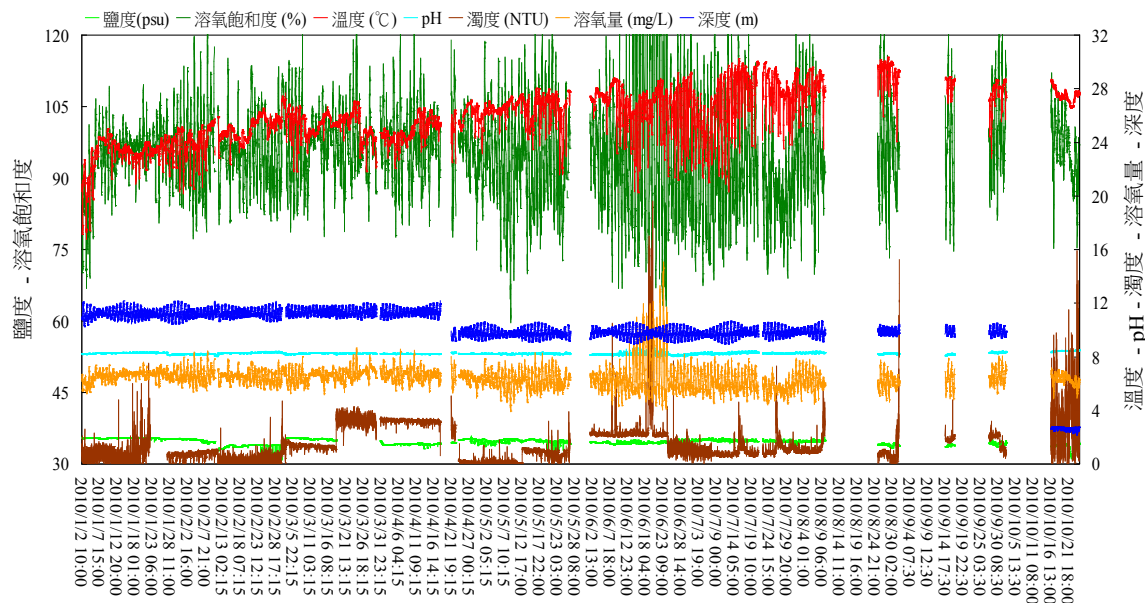


圖 2. 水質連續資料

10，珊瑚將會面臨嚴重的白化與死亡。DHW=高於珊瑚白化閾值的溫度(°C) x 週數，因此，1 DHW=高於珊瑚白化閾值溫度的 1°C 持續 1 週或高於閾值 2°C 持續 0.5 週。

## 結果與討論

本研究之海水連續監測項目包括：溫度、鹽度、導電度、溶氧、酸鹼值及濁度，各水質探針分別以不同之標準液進行校正工作，水質探針之校正項目包括導電度(ms/cm)、鹽度、pH、濁度(NTU)及溶氧飽和度(%)；校正結果發現各探針以濁度低濃度時誤差較大，顯示其探針之偵測極限值較高，近乎環境之背景值；其餘各探針無論高濃度或低濃度之讀值大致與標準值極為接近，經校正後各探針之讀值誤差均已達可接受之範圍(0.0%~0.6%)。此外，本研究執行期間以環保署 EIA(Environmental Impact Assessment)公告之標準檢測方法與水質連續監測系統之數據進行比對，共計進行十一次海水樣本之採集及現場水質資料分析，並同時施放溫鹽深儀(Conductivity Temperature Depth, CTD)以獲得隨深度連續變化之溫度及鹽度之資料，以提供相關數據比對之用途，採

集之海水樣本則攜回實驗室進行營養鹽分析；比對結果發現水質連續監測系統所獲得之各項水質因子之資料與環保署 EIA(Environmental Impact Assessment)公告之標準檢測方法分析所獲得之資料，除濁度之數據外，其相對誤差皆小於 5%之內，皆在可接受之範圍內。營養鹽之分析結果，其測值均在該海域環境變化範圍內(Meng *et al.* 2008)。

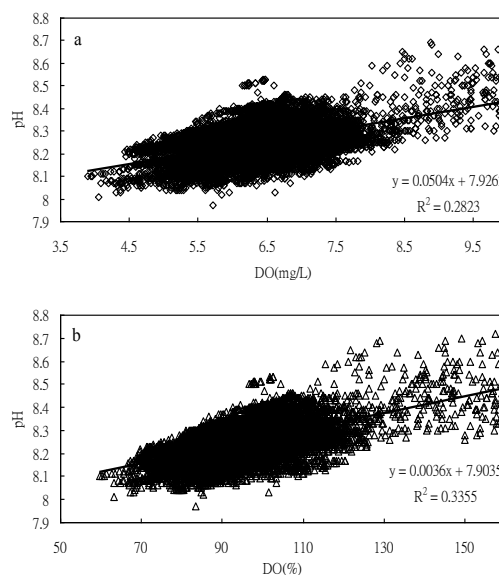


圖 3. pH 與溶氧量(a)及溶氧飽和度(b)皆具顯著之相關性(p<0.01)

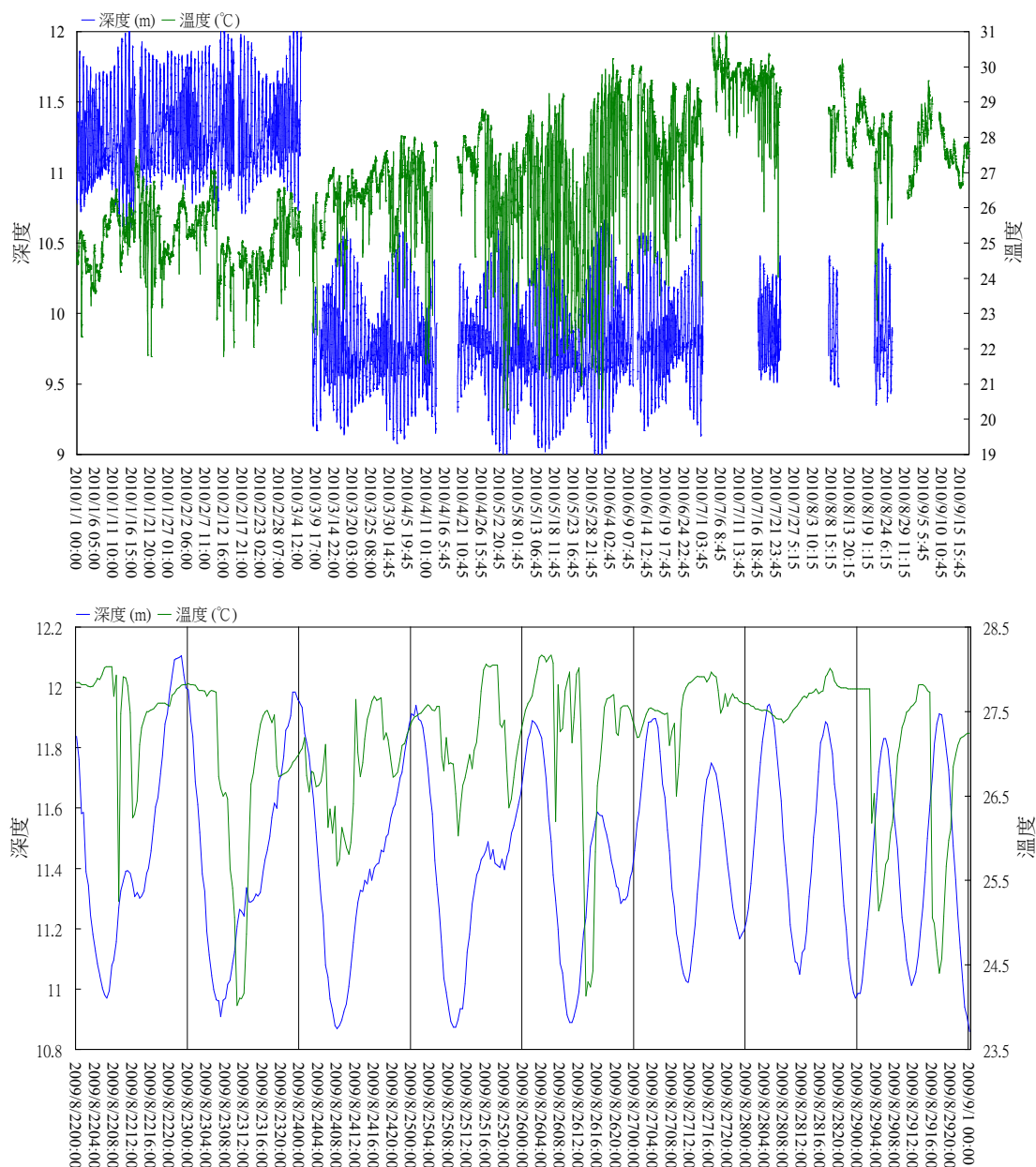
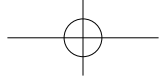


圖 4. 水質連續監測系統連續資料之溫度隨潮汐週期變化之情況(農曆)

由水質連續資料(圖 2)顯示，水質連續監測系統資料傳輸正常且數據穩定，各水質因子相互間之關係，由於水體中藻類進行強烈的光合作用，增加了水體的 pH 值及溶氧量，顯示生物之呼吸作用與光合作用，對水體之 pH 值具相當之影響力，pH 與溶氧量及溶氧飽和度皆具顯著之相關性(圖 3)。此外，值得注意的是，南灣海域每天隨著潮汐週期變化，溫度及溶氧飽和度會伴隨發生劇降之現象(圖 4、5)，

此結果針對南灣海域隨潮汐變化伴隨冷水入侵之現象(李宏仁 1999, Lee *et al.* 1997, 1999, 1999a)提供長期明確之佐證資料。

本研究參考珊瑚礁早期預警系統(Coral Reef Early Warning System, CREWS)的 DHW(Degree Heating Weeks)判斷標準，設定白化閾值；以珊瑚生長海域之海洋表面水溫度之最大月平均值(Maximum Monthly Mean, MMM)加上 1°C 設定為白化閾值。1 DHW 值代



孟培傑，張家銘

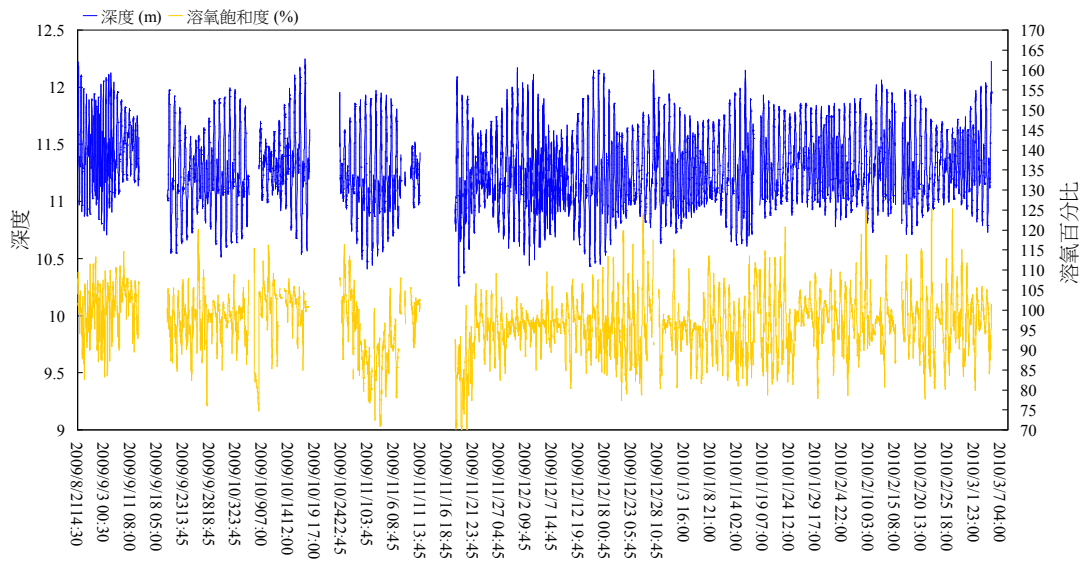


圖 5. 水質連續監測系統連續資料之溶氧飽和度隨潮汐週期變化之情況(農曆)

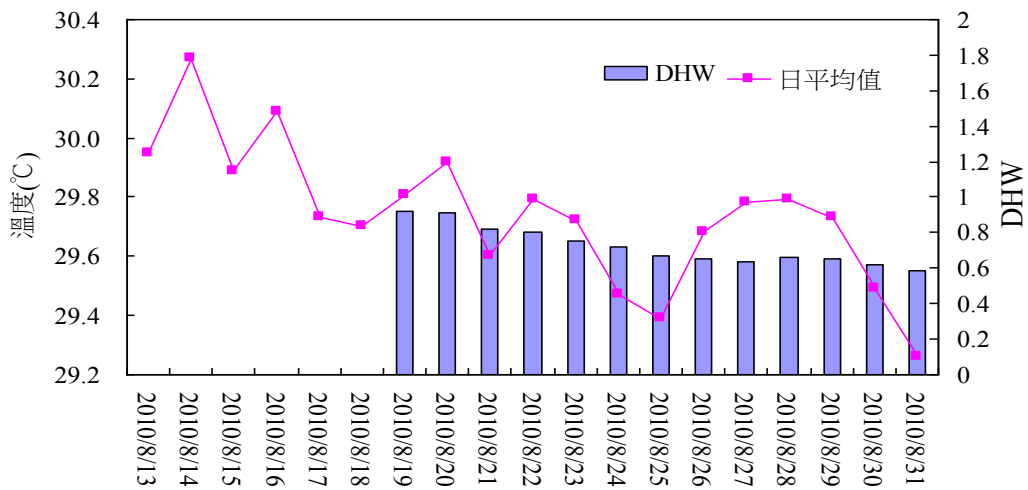


圖 6. 2010 年 8 月 13 日~30 日溫度與 DHW 變化之情況

表該地點的水溫超過珊瑚白化閾值  $1^{\circ}\text{C}$  且持續一星期，或是水溫超過閾值  $2^{\circ}\text{C}$  且持續半星期。資料顯示，當 DHW 值大於 1 時，就可能有零星的珊瑚白化出現；DHW 值大於 4 時，珊瑚將發生白化現象；DHW 值大於 8，珊瑚將會面臨嚴重的白化與死亡。白化閾值依珊瑚所在環境而異，依資料統計計算結果墾丁海域珊瑚白化閾值為  $29^{\circ}\text{C}$ ，核三廠出水口附近為  $30^{\circ}\text{C}$ ，龍坑海域  $27^{\circ}\text{C}$ ，墾管處所設置的系統則設定為  $29^{\circ}\text{C}$ 。從 NOAA 2010 年 8 月 12 日

(<http://www.osdpd.noaa.gov/data/cb/dhw/2010/dhwp.8.12.2010.gif>) 與 8 月 30 日(<http://www.osdpd.noaa.gov/data/cb/dhw/2010/dhwp.8.30.2010.gif>) 大尺度的太平洋 DHW 數值顯示，台灣南部附近海域 DHW 為 4-6 左右，屬於白化警戒一級(Bleaching Alert Level 1)，而南灣海域附近 DHW 值小於 1，經由水質連續監測系統資料計算分析結果(圖 6)顯示，DHW 最大值为 0.92 其變化均未發生大於 1 之情況，與 NOAA 呈現 DHW 數值相似，但溫度連續超過

白化閾值近 1°C、且持續約二星期，並未發生明顯珊瑚白化現象，但高溫環境的累加效應對於珊瑚可能產生白化壓力。

南灣海域在過去來研究中，均顯示南灣海域有冷水入侵現象(Liang *et al.* 1978, Lee 1995)，根據 Lee(1995)的研究指出，南灣沿岸海域時常發生海水水溫陡降的現象，且降幅可達 9°C 以上，在短短幾個小時海水表溫下降再回升，一天一次，這現象通常發生在大潮(Spring Tide)期間，而冷水湧升現象提高垂直的混合作用，調節了南灣海域內的海水溫度，使得夏季南灣海域溫度，減少高溫壓力的累加效應降低珊瑚白化機率。

表 2. NOAA 提供之全球珊瑚白化警戒數值範圍

Stress Level	Definition	Effect
No Stress	HotSpot $\leq 0$	No Bleaching
Bleaching Watch	$0 < \text{HotSpot} < 1$	No Bleaching
<b>Bleaching Warning</b>	<b><math>1 \leq \text{HotSpot}</math> and <math>0 &lt; \text{DHW} &lt; 4</math></b>	<b>Possible Bleaching</b>
<b>Bleaching Alert Level 1</b>	<b><math>1 \leq \text{HotSpot}</math> and <math>4 \leq \text{DHW} &lt; 8</math></b>	<b>Bleaching</b>
<b>Bleaching Alert Level 2</b>	<b><math>1 \leq \text{HotSpot}</math> and <math>8 \leq \text{DHW}</math></b>	<b>Mortality</b>

根據(童等 2006, 2007)報告，珊瑚白化溫度與緯度之間的回歸關係，求得珊瑚白化閾值，以南灣海域 1998 發生的白化事件為例，配合當年海水溫度得到  $\text{DHW} = 4.7$ ，落點在珊瑚白化危機評估中的白化警戒一級(Bleaching Alert Level 1)(表 2)。另外，2007 年全球因氣候暖化之故，致使世界各地珊瑚白化嚴重，南灣海域在 2007 年 7 月底的  $\text{DHW} = 1$ ，8 月初即達  $\text{DHW} = 2$ ，8 月中至 10 月初更持續維持在  $\text{DHW} = 5$ ，依據 NOAA 的珊瑚礁預警系統，屬於「白化警戒一級」(<http://www.osdpd.noaa.gov/data/cb/dhw/2007/dhwp.8.9.2007.gif>)(<http://www.osdpd.noaa.gov/data/cb/dhw/2007/dhwp.9.17.2007.gif>)，此期間亦有大量珊瑚白化事件發生。

## 結論與建議

近年來全球暖化及海水溫度上升之議題受到全球各領域科學家高度關注，若此現象持

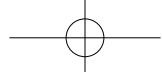
續惡化將導致全球氣候變遷、海平面上升、島嶼消失、人類居住之陸地面積縮減、極地冰原面積縮減、暴風雨機率增加等問題，而各種陸地、海洋生物及極地生物亦將受到相當之衝擊，例如珊瑚白化現象加劇，甚至導致物種滅絕，本計畫有鑑於此亦收集台灣附近海域長期水溫資料加以分析，台灣附近海域水溫連續監測系統溫度時序變化之情況，相信此長期資料之累積及分析將有助於上述議題之解析。

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；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。

## 引用文獻

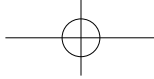
- 方力行、邵廣昭、孟培傑、樊同雲、陳正平、陳明輝、劉銘欽、鍾國南、張揚祺、林幸助。2006。墾丁國家公園海域長期生態研究計畫-人為活動對海域生態所造成之衝擊研究(六)環境教育之應用(三)基本生態資料之建立(三)與環境生態資料庫資訊系統之建立(二)。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。
- 王維賢、邵廣昭、孟培傑、樊同雲、陳正平、陳明輝、劉銘欽、張揚祺、林幸助、何平台。2007。墾丁國家公園海域長期生態研究計畫-人為活動對海域生態所造成之衝擊研究(七)環境教育之應用(四)基本生態資料之建立(四)與環境生態資料庫資訊系統之建立(三)。內政部營建署墾丁國家公園管理處委託研究報告。
- 李宏仁。1999。南灣潮流驅動渦流及冷水入侵





孟培傑，張家銘

- 成因之探討。國立臺灣大學海洋研究所博士論文。
- 孟培傑、陳正平、鍾國南、劉銘欽、樊同雲、張家銘、田文敏、張揚祺、林幸助、方力行、邵廣昭。2004。人為活動對墾丁國家公園海域生態衝擊之長期監測研究及生態與環境資料庫建立。國家公園學報 14(2):43-69。
- 孟培傑、鍾國南、陳正平、陳明輝、劉銘欽、張揚祺、樊同雲、林幸助、劉弼仁、張家銘、方力行、邵廣昭。2007。人為活動對墾丁國家公園海域生態衝擊之長期監測研究。國家公園學報 17(2):89-111。
- 孟培傑、鍾國南、陳正平、陳明輝、劉銘欽、張揚祺、樊同雲、林幸助、劉弼仁、張家銘、方力行、邵廣昭。2007。墾丁國家公園海域生態之長期監測研究。國家公園學報 17(2):71-88。
- 邵廣昭、樊同雲、孟培傑、張至維、李國誥、劉秉忠、張繼堯。2008。97年7月3日貓鼻頭海域發生大量珊瑚礁魚類死亡事件原因探討。台灣電力公司，14頁。
- 童慶斌、曾昭衡、戴昌鳳、李培芬。2007。建立氣候變遷對環境與生態永續性衝擊預警指標與機制。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
- 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。
- Chen CTA, BJ Wang and LY Hsing. 2004. Upwelling and degree of nutrient consumption in Nanwan Bay, Southern Taiwan. *Journal of Marine Science and Technology* 12(5):442-447.
- Chen CTA, SL Wang, BJ Wang and SC Pai. 2001. Nutrient budgets for the South China Sea basin. *Marine Chemistry* 75:281-300.
- Chou Y, TY Lin, CTA 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.
- Dai CF. 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* 123-131.
- Hodgson G. 1990. Tetracycline reduces sedimentation damage to corals. *Marine Biology* 104:493-496.
- Huang CC and TC Hung. 1987. Coral: study in Nanwan Bay adjacent to the third nuclear power plant in Taiwan. *SCOPE/ROC, Acad. Sin.*, 24.
- Hung TC, CC Huang and KL Fan. 1989. Nonbiological factors and corals study along the shallow water near the outlet of Third Nuclear Power Plant. *SCOPE/ROC, Acad. Sin.*, 71:32.
- Hsieh HJ, YL Hsien, MS Jeng, WS Tsai, WC Su and CA Chen. 2008. Tropical fishes killed by the cold. Coral reefs.
- Johannes RE, WJ Wiebe and CJ Crossland. 1983. Three patterns of nutrient flux in a coral reef community Vol.12:131-136.
- Lee HJ, SY Chao, KL Fan and TY Kuo. 1999. Tide-Induced Eddies and Upwelling in a Semi-enclosed Basin: Nan Wan Estuarine. *Coastal and Shelf Science* 49:775-787.
- Lee HJ, SY Chao, KL Fan, YH Wang and NK Ling. 1997. Tidally Induced Upwelling in a Semi-Enclosed Basin: Nan Wan Bay. *Journal of Oceanography* Vol.53:467-480.
- Lee HL, SY Chao and KL 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, CY Wu, WY Kao, SJ Kao and PJ Meng. 2007. Mapping anthropogenic nitrogen through point sources in coral reefs using d15N in macroalgae. *Marine Ecology Progress Series* 335:95-109.
- Meng Pei-Jie, HJ Lee, JT Wang, CC Chen, HJ Lin and WJ Hsieh. 2008. A long-term survey on anthropogenic impacts to the water quality of coral reefs, southern Taiwan. *Environmental Pollution* 156:67-75.
- Liao Ming-Hui, SL Tang, CM Hsu, KC Wen, H Wu, WM Chen, JT Wang, PJ Meng, WH Twan, CF Dai, KSoong and CA 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 JM, 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 and GM 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.
- Su JC, TC Hung, YM Chiang, TH Tan, KH Chang, CC Huang, CY Huang, KT Shao, PP Huang, KT Lee, KL Fan and SY Yeh. 1989. An ecological



- and environmental survey on the waters adjacent to the southern nuclear power plant. *SCOPE/ROC, Acad. Sin* 70:238.
- Su JC, TC Hung, YM Chiang, TH Tan, KH Chang, CC Huang, CY Huang, KT Shao, PP Huang, KT Lee, KL Fan and SY Yeh. 1987. An ecological and environmental survey on the waters adjacent to the nuclear power plant in southern Taiwan. *SCOPE/ROC* 50:224.
- Tockner K, F Malard, U Uehlinger and JV Ward. 2002. Nutrients and organic matter in a glacial river-floodplain system (Val Roseg, Switzerland) *Limnol. Oceanogr* 47(1):266-277.
- Umar MJ, LJ McCook and IR Price. 1998. Effects of sediment deposition on the seaweed *Sargassum* on a fringing coral reef. *Coral Reefs* 17:169-177.
- Yang RT. 1985. Coral communities in Nanwan Bay (Taiwan). *Proc. 5th Int. Coral Reef Congr* 2:273-278.
- Yang RT and CF Dai. 1980. Community structure and species diversity of reef corals at Nanwan Bay, Taiwan. *Acta Oceanographica Taiwanica* 11:238-251.