

知識天地

打造臺灣首座海底影像監視系統

詹榮桂研究員（生物多樣性研究中心）

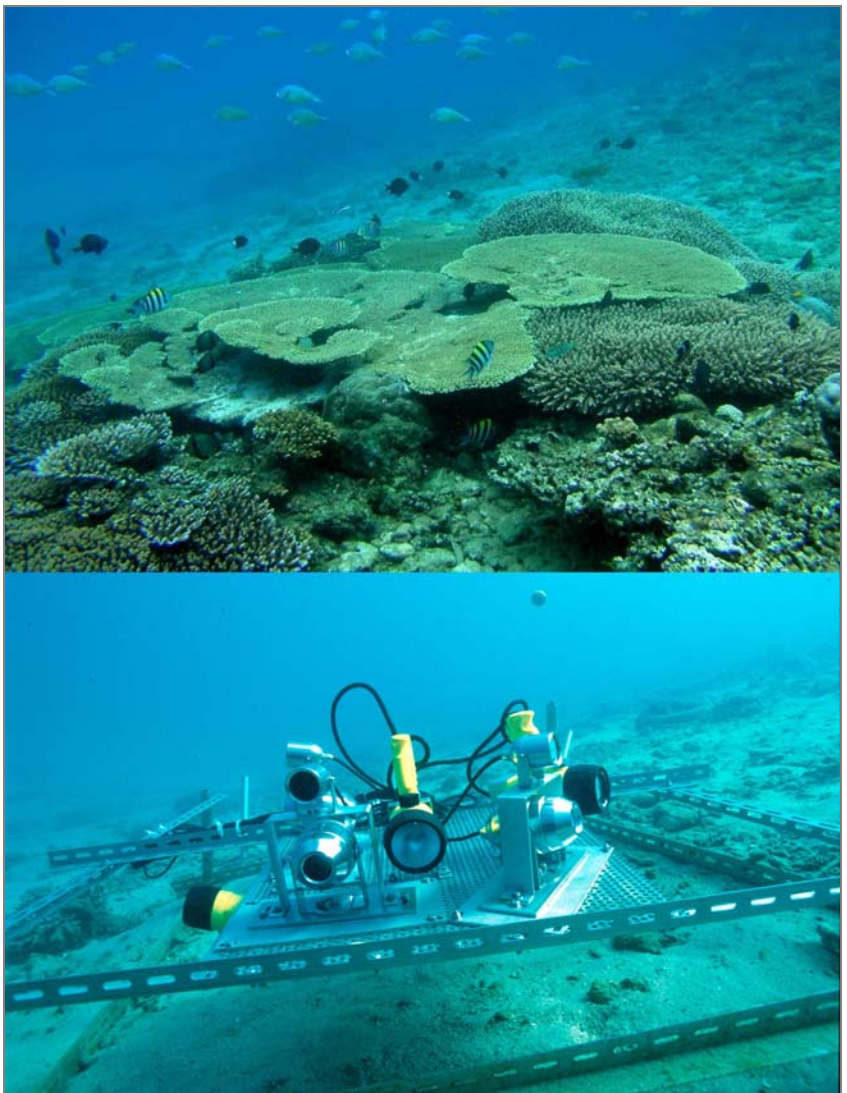
民國 92 年秋，所內的邵廣昭研究員找我（當時我們仍隸屬動物研究所），構思如何在墾丁珊瑚礁海域架設一個可以遙控的海底影像監視系統。

多年來恆春、墾丁地區人為活動蓬勃，使得南灣海域的珊瑚礁群承受如過漁、水質優養化、沉積物覆蓋等等的棲地破壞，加上近年來全球氣候變遷所帶來的聖嬰以及其他異常氣象（如颱風、大雨）等等自然因素的影響，使得棲息在此的珊瑚產生白化、死亡與海葵蔓延擴大造成珊瑚礁衰退的現象；這些自然及人為因子對珊瑚礁生態系所造成的影響，是長期生態研究的一項課題。如果能有一個海底影像監測系統，以 24 小時連續的方式現場傳播海底資訊，將有助於對珊瑚礁生態系的監測、展示與研究。同時，海底現場環境狀況和生物活動實況的播放，也能使閱覽者有如親臨海底實地觀察一般，感受深刻，拉近人與海洋生物的距離。

經邀請國立海洋生物博物館的樊同雲博士（提供珊瑚資訊）及國家高速網路與計算中心（編制已改為「財團法人國家高速網路與計算中心」，簡稱國網中心）的林芳邦博士（提供資訊技術）共組團隊後，打造計畫隨即展開。

架設的地點選定在核三廠入水口海域。長期以來，人為活動在這裡受到管制，因此海域並未受捕魚或遊憩活動所影響，加上終年的穩定水流，如今在海底但見珊瑚群體密集生長，珊瑚礁魚類也非常豐富（圖一），因此是合適的地點。國科會於民國 90 年開始推動臺灣第一個海域長期生態研究計畫，亦將核三廠入水口設為對照組的長期測站之一（Shao & Jan 2002）。在這裡架設，器材保全較易，則是另外一個選擇因素。

此一海底影像監測系統包含三個主要部分：海底攝影、影像傳輸網路及介面整合。海底攝影系統長期浸泡在海水裡，需承受海底水流經常性的衝擊，整個系統（包括電源供應及訊號的傳導）對防水、抗壓、抗鹽的耐受性需求甚高，岸上設備亦需防水與防鹽害。影像傳輸網路採微波無線傳輸，無線區域網路為雲狀，涵蓋整體入水口區，因此無論是移動監測點，或是增加觀測點皆可無須再多架設網路線；聯外段是租用中華電信兩條雙向 512 Kb ADSL 線路。介面整合以國網中心主導的「長期生態觀測格網（Eco-Grid）」模式進行，直接在區域網路上作資源存取、備援與加值應



圖一、核三廠入水口海底美麗珊瑚礁生態系（上）；海底攝影系統的配置（下）：手榴彈形的不鏽鋼體內含攝影機，其上較小形者含紅外光源，黃色者為可見光源。

用。在技術上，以網路瀏覽器作為終端，並納入網路安全機制，研究單位與國網中心亦分別作資料異地備份及備援。於國網中心進行影像資料壓縮，以期在日後提供超級電腦計算資源進行影像檢索與存取。

設備的安裝分為岸上施工及水下施工；岸上施工由國網中心主導，水下施工由我們主導，施工期間為 92 年 11 月至 93 年 2 月。岸上施工的內容為(一)配電線路架設、(二) 設置岸上機箱、(三)將攝影機組與照明系統裝於盤架，整理纜線並穿入蛇腹管及(四)內部網路設定作業。水下施工則包括了(一) 樁柱安置、(二) 設置輔助支持架、(三)攝影系統下水及固定(圖一)及(四)影像調整。

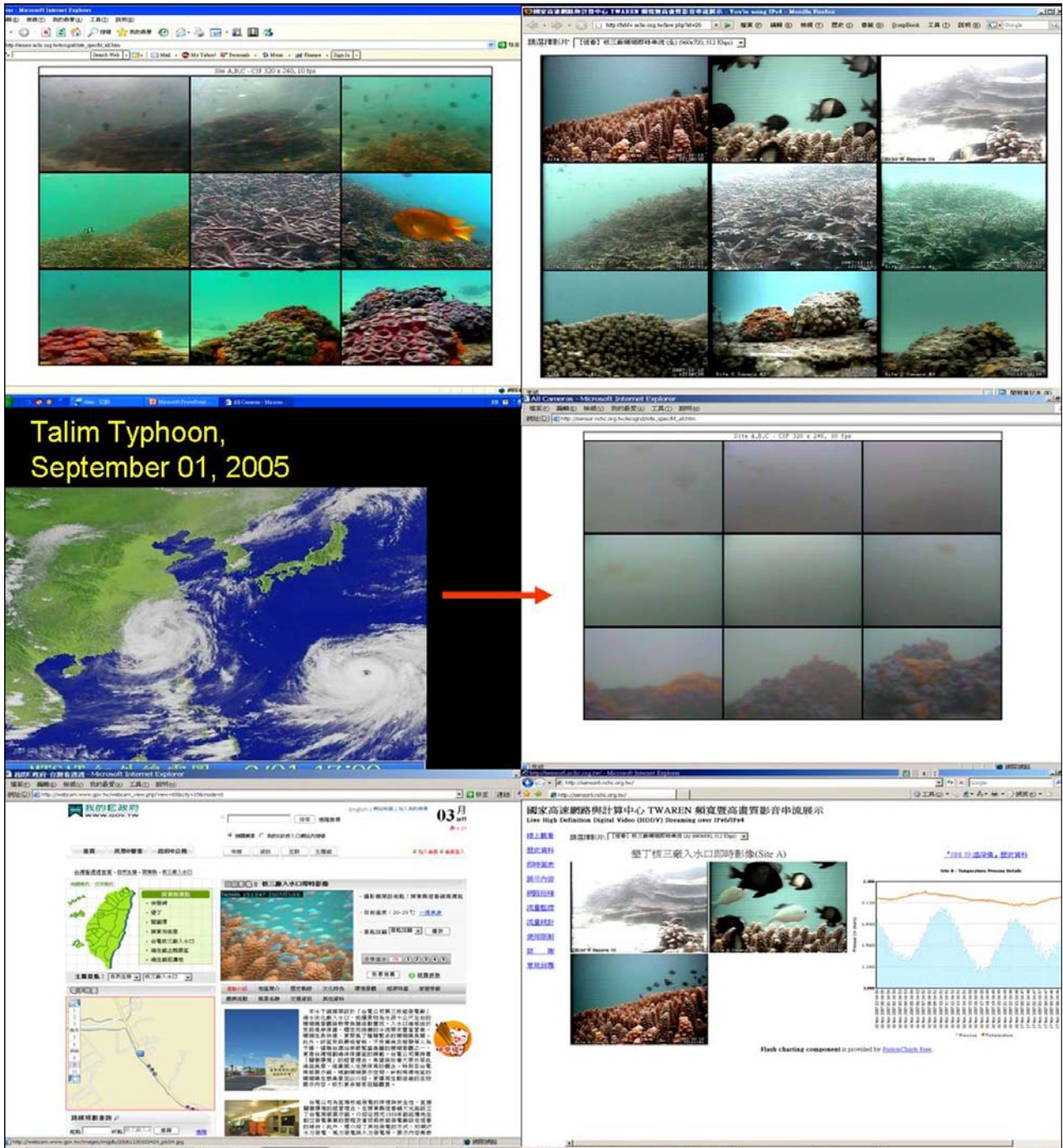
後續工程則包括水下纜線的強化、ADSL 設定以及攝影機組的維修等等。在海水中，纜線極易附生藻類、藤壺及其他生物，當啃食性魚類(如鸚哥魚)前來攝食時，往往會咬破纜線 PU 材質的包覆層，引起攝影機組進水。為保護水下纜線，我們另行以厚 1.5mm 的尼龍纖維管帶包覆纜線組的外層，並以塑料束帶每隔 50cm 加以固定，最後並將整束線組以 50cm 長的角鋼定樁於海底。為了系統的清理及保養，排定(一)每週二次以去污泡綿清除生長於鏡片及不銹鋼本體上之附著生物及物質，並且移除纏繞基座上之漂流物；(二)每 2 個月更換或調整攝影機組之螺絲及螺帽，且清理轉軸滑動面。此外，亦視情況調整攝影機及照明器具之角度，以及更換損壞之物件。

初期影像品質受限於 video web server 的影像處理格式，未能發揮攝影機組應有之畫面水準，終端機所呈現的影像畫素約為 320x240 (圖二上、中)；如此的畫面品質固然可以應用於研究分析上，唯公開展示仍有所不足，因此在 93 年底將伺服器內建的影像處理系統予以升級，影像畫素提昇至 640x480，約為一般 DVD 規格，已適合於較大型之顯示器播放。但如此也大幅增加流量，在 ADSL 頻寬不足的情況下，系統改以控制室之終端機為影像暫存裝置，待累積相當容量後以 ftp 傳輸方式將資料回傳至國網中心主機，並進行存檔及後續整理使用。

本系統於民國 93 年 5 月開始啟用，初期曾對觀測所得的魚類數據做評估 (Jan et al., 2007)，也對珊瑚蟲的攝食做連續觀察分析。民國 96 年，在水下鏡頭組位置加裝海洋環境測量儀器 (SBE39 溫深儀)，針對水溫及潮位(水深變化)進行持續測量，並即時傳送到網頁 ([http:// sensor6.nchc.org. tw/](http://sensor6.nchc.org.tw/)) 上供點閱 (圖二右下)。臺灣看透透網站於 95 年 12 月將墾丁核三廠水下影像上線播放 (圖二左下)，可惜因為在影像連結上出現問題，目前此網站中的本景點已經關閉。

在野外自然海域架設監測系統，並以無線方式傳輸資訊，是重要的技術突破 (Porter et al. 2005)。目前整個系統運作穩定，影像品質優良，首創國內海底現場即時轉播。本系統也受到社會大眾的重視，93 年 11 月 12 日出刊的英文版 Taiwan Journal 於 Economy 版對這一海底監測系統做整版介紹。另外，團隊成員林芳邦博士於 96 年 4 月獲得國科會頒給「傑出科技貢獻獎」，建置珊瑚礁生態觀測網亦屬其貢獻之一。

目前此一據點已經納入世界「珊瑚礁環境觀測網路」(Coral Reef Environmental Observatory Network, <http://www.coralreefeon.org/>)；在今年 3 月 13-14 日，全球珊瑚礁環境觀測網與環太平洋格網應用與中介軟體聯盟，共有臺灣、美國、澳洲、日本、韓國、墨西哥、馬來西亞、哥斯大黎加及泰國等地的專家學者 60 位，由國網中心接待，實地觀摩核三廠入水口「海底生態監測系統」，及進行國際「珊瑚礁環境觀測網路」討論會，會中對此一系統目前因所使用的 ADSL 的頻寬不足，影響高品質畫面即時傳輸的流暢之事提出討論，並認為此一瓶頸有待將來換用光纖網路來解決。對我們而言，水下系統受到附著生物的附生，即在非實驗期間，維護也不能間斷，長期下來，所費不貲，也算是一個缺點。本計畫承蒙院方、合作機關及臺灣電力股份有限公司的長期支持，還有團隊的腦力激盪與野外協力，特此致謝。



圖二、不同的兩個時段以 Microsoft® Internet Explorer 所接收的三個測站共九個畫面 (上)；颱風來襲時顯示出的海底影像 (中右, 左方衛星雲圖為中央氣象局資料)；97 年 3 月 16 日臺灣走透透網站所顯示的核三廠入水口即時影像 (左下)；目前本監測系統已經附加上水溫及潮位的即時資料 (右下)。

參考資料

1. Chu O (2004) Sea ecology studied using new technique. Taiwan Journal, November 12, p. 8.
2. Jan RQ, Shao YT, Lin FP, Fan TY, Tu YY, Tsai HS, Shao KT (2007) An underwater camera system for real-time coral reef fish monitoring. Raffles Bull. Zool. Supplement 14: 273-279
3. Porter J, Aazberger P, Braun HW, Bryant P, Gage S, Hansen T, Hanson P, Lin CC, Lin FP, Kratz T, Michener W, Shapiro D, Williams T (2005) Wireless sensor networks for ecology. BioScience 55: 561-571
4. Shao KT, Jan RQ (2002) Current status and LTER project of the coral reef ecosystem in Kenting National Park. Proceedings of IUCN/WCPA-EA-4 Taipei Conference, March 18-23, Taipei, Taiwan. pp.351-359

※各期知識天地文章請逕於本院網頁：<http://www.sinica.edu.tw/>「常用連結」之「週報〈知識天地〉」項下瀏覽。※