

出國類別：進修

與美國加州漁場環境監測團隊進行 學術交流

服務機關：行政院農業委員會水產試驗所海洋漁業組

姓名職稱：陳郁凱 助理研究員

派赴國家：美國

出國期間：99年7月20日至99年8月20日

報告日期：99年10月27日

摘要

本出國研習計畫係於 7 月 20 日至 8 月 20 日派員至美國國家海洋漁業局(NOAA, National Marine Fisheries Service)之西南漁業科學中心(Southwest Fisheries Science Center)與加州大學聖地牙哥分校(University of California, San Diego)之 Scripps 海洋研究所(Scripps Institute of Oceanography)與美國加州沿岸漁場環境監測計畫(California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations, CALCOFI)執行團隊進行訪談。CalCOFI 結合海洋環境科學、漁業研究機構以及漁業管理當局，以加州洋流區之海洋環境因子與生物資源調查及管理為研究重點，至今已邁入第 61 個年頭，目前已經能對加州洋流區的漁業資源狀態做出相當程度的預測並訂定管理措施。本次出國研習除與 CalCOFI 團隊之科學家與技術人員交換執行心得外，並隨 NOAA 研究船 New Horizon 出海執行 CalCOFI 計畫八月份調查航次(CalCOFI 1008NH)，實地考察各項海洋科儀與網具操作以及觀測資料處理之標準作業流程。

目次

一、	目的.....	1
二、	行程表.....	2
三、	研習過程.....	3
四、	心得與建議.....	11
五、	圖表.....	16

一、 目的

掌握漁海況之變動情形為良好漁業管理之基礎，但以往我國有關漁場環境因子方面之研究計畫多缺乏長期、有系統性的調查。美國加州沿岸漁場環境監測計畫(California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations, CALCOFI) 結合海洋環境科學、漁業研究機構以及漁業管理當局，以該流區之海洋環境因子與生物資源調查及管理為研究重點，至今已邁入第 60 個年頭，該團隊目前已經能對加州洋流區的漁業資源狀態做出相當程度的預測並訂定管理措施。台灣周邊海域漁場環境監測始自 2003 年，起步雖晚，但我國周邊海域長期之水文、海況及漁業生物資料庫之建立仍有其迫切性，以期掌握影響漁業資源變動的指標因子，提供漁政單位做出最適的管理策略。為提昇我國漁場環境調查技術，前往加州與 CALCOFI 團隊進行交流，實地觀摩該計畫科儀操作標準作業流程以及資料庫建置與應用方式，結合研究成果與漁業管理策略，實為當務之急。

二、行程表

日期	地點	研習機構及訪談對象
7/20(二)	桃園機場→美國洛杉磯 →聖地牙哥拉荷葉	往程
7/22(四)~ 7/23(五)	西南漁業科學中心	Dr. Nancy Lo Dr. Andrew Thomson Dr. Bill Watson Dr. Paul Crone Amy Hays, David Griffith, Noelle Bowlin, Sarah Zao, Gu Yu-Hong
7/26(一)~ 7/29(四)	西南漁業科學中心、加大聖地牙哥分校 SIO 海洋研究所	Dr. Mark Ohman Dr. Tony Koslow Dr. Goericke Ralf David Wolgast, Jim Wilkinson, Brian Overcash, Grand Susner, Jennifer Rodgers, Lauren Roche
7/30(五)~ 8/17(二)	加州外海	隨 NOAA 研究船 New Horizon 出海執行計畫，實地考察 CALCOFI 團隊各項海洋科儀與網具操作以及觀測資料處理之標準作業流程
8/18(三)~ 8/19(四)	西南漁業科學中心、加大聖地牙哥分校 SIO 海洋研究所	Dr. Karen Baker Shonna Dovel, Megan Roadman
8/20(五)	聖地牙哥→洛杉磯 →桃園機場	返程

三、 研習過程

此次赴美研習行程分爲兩大部分：第一部份是至美國國家海洋漁業局(NOAA, National Marine Fisheries Service)之西南漁業科學中心(Southwest Fisheries Science Center)與加州大學聖地牙哥分校(University of California, San Diego)之 Scripps 海洋研究所(Scripps Institute of Oceanography)進行訪談，與 CalCOFI 計畫執行團隊交換心得；第二部分則是隨 NOAA 研究船 New Horizon 出海執行 CalCOFI 計畫八月份調查航次(CalCOFI 1008NH)，實地考察各項海洋科儀與網具操作以及觀測資料處理之標準作業流程。

(一) 西南漁業科學中心與加大聖地牙哥分校海洋研究所研習

CalCOFI(California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations)係西南漁業科學中心最具代表性的研究，以結合含跨海洋生態系各領域的有系統性長期調查而聞名，調查內容包括了大量的海洋物理、海洋化學分析，生物方面則有從浮游植物到浮游動物的詳盡調查，以及對魚卵及仔稚魚的透徹研究。目前的定期調查的範圍爲加州外海北緯 30~35 度，西經 117~124 度之間的海域(圖 1)，共計 75 個測站。CalCOFI 在成立初期是爲因應沙丁魚危機而生的。在 1920~30 年代沙丁魚爲北美洲產量最高的魚獲，但在 1947~48 年魚獲量卻大幅減少僅達過去最高魚獲量的百分之二十左右，整個加州沿岸的漁民、加工廠、罐頭工廠深受其害。因此在 1947 年，加州政府對沙丁魚漁業開徵稅收，作爲沙丁魚資源研究的基金，並由科學家與產業界代表們共同組成了海洋研究委員會(MRC)，在 1953 年改爲 CalCOFI 的名稱並沿用至今。CalCOFI 計畫的目標，如同它的起源，希望透過海洋觀測以瞭解沙丁魚所處生態系之物理、化學狀態。相較於其他海洋觀測計畫，CalCOFI 相當特別的地方在於它具有純學術性與產業目的，包括海洋學家、漁業科學家、漁業管理者及產業界均參與其中。而目前 CalCOFI 的目標已轉移，以研究加州洋流區的海洋環境、管理其生物資源並監測聖嬰現象與氣候變遷指標。

CalCOFI 目前是由三個團體來共同推動：隸屬於聯邦政府的西南漁業科學中

心 (Southwest Fisheries Science Center, NMFS, NOAA)、加州大學聖地牙哥分校的 Scripps 海洋研究所 (Scripps Institution of Oceanography, SIO) 以及加州政府的漁業管理局 (California Department of Fish and Game, CDF&G)。目前推動 CalCOFI 的經費一年約 3 百萬美元，由 SIO 與 SWFSC 共同支應，並分別負責兩航次的採集。核心項目包括各測站之水溫、鹽度、營養鹽 (硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽、矽酸鹽)、透光度、溶氧、葉綠素、基礎生產力、二氧化碳、浮游植物鑑定、浮游動物豐度與鑑定、魚卵及仔稚魚鑑定等 (圖 2)。航行中則蒐集氣象資料、海流 (Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP)、聲納探測生物量以及海洋哺乳類與鳥類觀測等。除了核心調查項目外，在 2004 年，CalCOFI 與 CCE-LTER (California Current System - Long Term Ecological Research) 計畫結合，許多的附加研究計畫隨 CalCOFI 共同進行，包括了從灑鐵減少酸化的實驗到浮游動物的分子生物學、海中微量元素、細菌、超微自營性生物 (picoautotrophs)、溶解態有機物 (DOC, DON)、浮游植物色素、生物光學特性 (bio-optics)、PRPOOS (Planktonic Rate Processes in Oligotrophic Ocean Systems) 網具等。這些計畫都是建立在 CalCOFI 的大規模海洋調查基礎上而得以實行的，增添了 CalCOFI 歷年資料庫的豐富度。

筆者於西南漁業中心中心研習期間，首先與資深科學家 Dr. Nancy Lo 進行心得交流，由於我國周邊海域監測計畫在規劃初期曾數度邀請 Dr. Nancy 提供建議，故筆者先向其介紹目前我國周邊海域監測計畫的執行情形，並致贈「2008 年台灣周邊海域漁場環境監測航次報告」乙式，與其交換計畫執行心得，Dr. Nancy 亦詳細的向筆者介紹目前加州沙丁魚資源評估模式與管理現況。隨後在她的安排與引領下，一一拜訪各實驗室，首先與魚卵及仔稚魚實驗室的主持人進行訪談，由 Dr. Bill Watson 向筆者介紹 CalCOFI 的魚卵與仔稚魚種類組成 (圖 3)、浮游動物樣本處理、魚卵與仔稚魚鑑定等流程、人力分配與工作期程等經驗，並由該研究室 Dr. Andrew Thomson 向筆者介紹近期仔稚魚群聚生態研究方向與相關軟體，此外筆者亦與博士研究生 Noelle Bowlin 互相交換仔稚魚研究心得，並與鑑定人員 Sarah Zao 分享其從事鑑定 8 年來的經驗 (圖 4)。另外，筆者亦與 Amy

Hays 與 David Griffith 兩位從事 CalCOFI 調查有 20 年經驗的技術人員訪談，向筆者深入介紹 CalCOFI 多年來的採樣方式沿革、各項網具使用目的、資料處理流程、沙丁魚資源評估概況等相關事項。而 Dr. Nancy 計畫下之組員 Gu Yu-Hong 係於美國取得計算機與統計雙碩士之華人，負責資料統計與處理，他亦熱心的與筆者分享其資料分析的經驗。Dr. Paul Crone 則是西南漁業中心的資源評估科學家，向筆者分享他的資源評估經驗與研究理念。

筆者於加大聖地牙哥分校 SIO 海洋研究所研習期間，首先拜訪 CalCOFI 計畫目前的主持人(Director)Dr. Tony Koslow，向筆者解說 CalCOFI 目前執行的方向與經費人力運用狀況等。此外與 CCE-LTER 計畫主持人 Dr. Mark Ohman 詳談(圖 5)，CCE-LTER 於 2004 年與 CalCOFI 計畫結合，但計畫係以驗證假說(hypothesis testing)為主要目的，與 CalCOFI 的管理目標不盡相同，Dr. Mark 向筆者介紹目前世界上各主要的長期生態監測計畫目標、期程、地點選擇等的演變，並對我國周邊海域監測計畫提出相關建議。此外，筆者亦與該研究所之技術人員(Technician) David Wolgast、Jim Wilkinson、Brian Overcash、Grand Susner、Jennifer Rodgers 等人訪談(圖 6)，其中 David 與 Jim 兩位資深人員執行 CalCOFI 樣本分析都具有 20 餘年的豐富經驗，他們向筆者詳細的介紹 CalCOFI 各項物理化學分析儀器、實驗流程、資料分析品質管控、資料庫管理、網頁建置、程式撰寫等之經驗。另外，Dr. Karen Baker 具有豐富的長期生態資料庫建置經驗，目前係負責整合 CalCOFI 與 CCE-LTER 計畫資料庫的主持人(圖 7)，她向筆者介紹知識管理(informatics management)的概念，並說明各資料庫目前的概況。Dr. Goericke Ralf、Shonna Dovel、Megan Roadman 等人則是 CCE-LTER 計畫人員，向筆者介紹各項實驗分析使用儀器、原理與目的等事項。

(二) 隨 NOAA 研究船 New Horizon 出海執行 CalCOFI 調查航次

CalCOFI 每年按季進行四航次的調查，本航次使用之研究船為 New Horizon(圖 8)，船長約 50 公尺，噸位數約 300 噸(Registered Tonnage,Gross)，由於船體空間不足，必須將另外兩個內部改裝為實驗室的貨櫃吊載至研究船上

(圖 9)，一個為 HPLC 與 POM 實驗室，另一個則為設有 CUFES 系統的實驗室，方能進行所有實驗。由於使用的船隻包括 NOAA 的四艘以及 SIO 的三艘研究船，各航次使用的船隻並不相同，因此在各航次進行前必須有三天的行前裝載作業 (Loading days)(圖 10)，包括營養鹽分析儀、Bongo、Oozeki 網具以及聲探的管路等所有的實驗儀器設備(圖 11)，均必須於出航前重新裝載上船並組裝完畢，回航後所有儀器亦必須全部拆卸攜回實驗室，並於下航次在研究船上重新組裝。

CalCOFI 計畫於海上採集的营养鹽、葉綠素、基礎生產力、鹽度、溶氧、二氧化碳等樣本係直接於研究船上進行實驗分析，因此本航次隨船出海的研究人員 (seagoing team)共 18 名。成員包括了 SIO 的技術人員(technician)、SWFSC 的漁業生物學家(Fishery Biologist)、博士研究生(PhD student)、研究助理 (research assistant)以及志工(volunteer)等。負責 CTD 投放與操控、水樣採集、鹽度、溶氧、二氧化碳、葉綠素與基礎生產力測量的人員 7 名、營養鹽測量人員 1 名、各項採樣網具操作與樣本處理人員 4 名、聲探人員 1 名、Oozeki 樣本處理人員 1 名、海洋哺乳類觀測人員 3 名，以及鳥類觀察人員 1 名。由於海上樣本採集是 24 小時持續作業，因此採用 12 小時制，分日班(中午 12 點~晚上 12 點)與夜班(晚上 12 點~中午 12 點)輪流負責水樣採集、網具投放及實驗分析的工作。

研究船於 7 月 30 日啓程後，船長 Wess 立刻集合所有研究人員，宣告各種船上安全注意事項及規定(圖 12)，包括各項求生器材使用說明、急狀況發生時的鈴聲、作業中上甲板必須配戴安全帽以及救生衣，以及各項生活起居相關事項等。由於加州外海水溫相當低，緊急逃生時最重要的就是要先穿上完全防水的救生衣，因此船上人員每個禮拜必須進行一次的求生裝備演練(圖 13)。

CalCOFI 之標準水樣採集深度為 500 米，共 20 個水層，因此採用可裝載 24 支 10 公升採水瓶之之輪盤採水系統(Rosette)(圖 14)，此系統為磁控式擊發(圖 15)，較以往以彈簧控制式的擊發系統更為可靠，不容易發生誤擊的情形。採水系統內共配置了兩組溫鹽深探針，及螢光探針、透光探針、溶氧探針各乙組(圖 16)，並外接一組電源供應器。所有探針及組件均有一組以上之備品，航程中若

遇到無法排除之儀器故障，可立即更換備品以利航程順利進行。此外，由於探針數量眾多，各探針的使用狀況與校正日期等均有詳細記錄(圖 17)。

到達測站後，即開始準備採水系統的投放作業。在 New Horizon 上採水器之投放係於舷側以 J 型吊臂進行(圖 18)，投放時由領隊(watch leader)指揮絞機與吊臂的作業，另外三位研究人員配合領隊指揮以纜繩控制採水器，避免搖晃過大發生碰撞，待採水器入水後即可將纜繩抽離(圖 19)。採水器入水後，研究人員於電腦中心監控採水器投放情形(圖 20)，並與絞機人員以無線電通訊，將採水器控制在以每秒 50 公分的速度緩緩下放，到達預定深度後，以電腦控制擊發採水瓶。在採水器回收過程中，研究人員同時以紙本記錄採水瓶擊發時的實際深度、溫度、鹽度、經緯度等資訊，完整記錄每個測站採水器投放時的資訊(圖 21)。此外，由於採取之水樣數量眾多，技術人員 James Wilkinson 撰寫了一個名為事件記錄表(Event log)的程式來記錄採水器在各測站作業時的擊發與各項實驗採取之水層資訊(圖 22)，可避免人員採取水樣時發生誤取的情形。結束採水器投放作業後，研究人員會將探針測得之資料作剖面圖並列印紙本保存(圖 23)，若發生電子儀器故障仍可保有紙本原始資料。採水瓶擊發完畢後準備出水，由研究人員將控制用纜繩勾掛至採水器，上甲板後將採水器固定即完成投放作業(圖 24)。

採水器上甲板固定完畢後，即開始採集各項實驗所需水樣，包括溶氧、鹽度、營養鹽、葉綠素、浮游植物等樣本(圖 25)。溶氧樣本於裝瓶後立刻於溶氧測定實驗室進行化學實驗，以 SIO 設計之自動溶氧滴定法，以波長 365 nm 的紫外線測量其吸光程度(圖 26)。營養鹽樣本則是置於冰箱內，隔天以自動分析儀(Auto Analyzer 3)進行測量(圖 27)，原理同 Gordon et al.(1993)與 Koroleff(1969, 1970)。此外，由技術人員 James Wilkinson 撰寫之程式(圖 28)，可將各探針數據與各項實驗進行之電腦進行連線，比較實驗數據與探針數據之差異。鹽度樣本則是以鹽度計重複進行測定五次後取平均值(圖 29)，而鹽度探針讀數相當穩定，因此鹽度實驗主要是用來確認採水瓶是在指定水層擊發，該程式可將實驗數據與探針數據自動進行比較，差異過大之水樣將被標記，藉此比較可確保各項實

驗所採取水層之正確性。各測站分析完畢之所有數據、探針資料、氣象資料等除電子檔外，皆於船上列印出來另以紙本保存(圖 30)。此外，部分水樣則以濾紙過濾冷凍保存(圖 31)，攜回實驗室進行高效能液相層析(HPLC)、顆粒態有機物(POM)、溶解態有機碳、氮(DOC、DON)等實驗。另一部份水樣則以藥劑保存(圖 32)，攜回實驗室進行細菌(bacteria)、pico 級自營性生物(pico-autotrophs)、微型小型浮游植物(nano-microplankton)等實驗。此部分屬 CCE-LTER 之附屬性計畫(ancillary program)。

採水器投放完畢後，即開始網具作業，目前採集浮游生物使用的網具有 PRPOOS, PairOVET, Manta 及 Bongo 等四種。下網前先投放透明度板(sacchi disk)(圖 33)，由研究人員目測測站水體的透明度。隨後，拆卸透明度板，更換 PRPOOS 網具(圖 34)，此網具係為採集浮游植物所設計，結附重錘以投放至水深 300 米後垂直上揚，出水後則以海水噴霧器徹底沖洗網具避免殘留。隨後拆卸網具並更換重錘，結附 PairOVET 網具(圖 35)，投放至水深 70 米後垂直上揚，主要係為採集早期魚卵，採集完畢同樣以海水噴霧器徹底沖洗。垂直採集完畢，即更換 Manta 網具(圖 36)，以水平方式拖曳 15 分鐘採集較成熟的魚卵，此外，並鋼纜上並結附量角器，記錄拖曳過程中鋼纜角度之變化。隨後更換 Bongo 網具(圖 37)，Bongo 為 CalCOFI 調查的標準網，以採集仔稚魚為主要目的，投放至水深 210 米後以 45 度斜拖的方式進行採集，上揚過程中以 10 米為間距記錄鋼纜角度變化，網具回收後徹底沖洗。以上各網具中央均結附流量計以估算濾水體積，各末端則有可拆卸之囊網，浮游生物樣本於實驗室分別以酒精以及中性福馬林予以保存。由於各網具樣本量並不相同，因此他們設計兩種不同大小的瓶子，福馬林注射器以及硼酸鈉均標有適合兩種瓶子的刻度(圖 38)，易於維持固定濃度。

此外，於部分測站投放MOTH(Matsuda-Oozeki-Hu Trawl)網具，簡稱Oozeki，為較改良自MIKT的新型網具，網口由長方形不鏽鋼(SUS-316L)框架構成，面積為 5m²，網目較大(1.59mm)，材質是高強度無結聚乙烯(knotless ultra-high-strength polyethylene)(Toyobo Co. Ltd; Dyneema SK60)。日間下網前，先由聲探人員利用五種頻率(18, 38, 70, 120, 200 kHz)之聲探即時觀

測散漫層分布狀態(圖 39)，決定Oozeki網具投放深度，通常介於 350 至 500 米。夜晚作業時由於生物已上浮，故網具係投放至水深 150 米。Oozeki網作業時需 6~7 名研究人員合力操作(圖 40)，待網具下放至預定深度後，以 4 節(2~2.5m/s)的速度斜拖上揚。Oozeki網為美、日合作設計之新型中層拖網類網具，可捕獲體型相當大，具游泳能力的中層魚類(圖 41)，並可採集到一般網具較難捕捉到的非中層魚類幼魚樣本以及頭足類樣本(圖 42)，而除了中層魚類外，Oozeki網具更可捕獲到體型較大(2-3cm)的仔稚魚或幼魚(圖 43)，為目前採集效率最高的中層拖網類網具(圖 44)。

魚卵自動連續採集系統(Continuous Underway Fish Eggs Sampler, CUFES)係 CalCOFI 為採集魚卵所設計(圖 45)，根據過去研究顯示水下 3 米處為沙丁魚卵最密集處，因此將不鏽鋼管入水口設計於水面下 3 米，於航行中以幫浦將海水抽上來，再經由不同孔徑的濾網自動將魚卵與仔稚魚分離，當樣本累積至一定程度後即由研究人員在船上以顯微鏡計數與鑑定完畢。CUFES 主要是在冬季與春季的沙丁魚產卵季節使用，本航次則是第一次於夏季使用。

於白天航行中，2 位海洋哺乳類觀測人員分別於駕駛台左右以目視及望遠鏡記錄海洋哺乳類數量與種類，另一位人員則是於船艙電腦前聆聽拖曳於船尾的水下麥克風(hydrophone)即時回傳之訊號(圖 46)，監聽海洋哺乳類發生訊號並記錄種類以及數量。鳥類觀測人員則是於航行中及各測站作業時以目視及望眼鏡記錄鳥類種類及數量。此外，並投放數十個水文觀測浮標，接收衛星回傳訊號以觀測海流狀態(圖 47)

CalCOFI 累積的資料量相當龐大，包括水文資料庫(Hydrographic Data Reports)、基礎生產力資料庫(Primary Productivity Data Reports)、浮游動物生物量資料庫(Macrozooplankton Biomass Data Reports)、水文分布資料庫(Spatial Pattern Figure)、鳥類分布資料庫(Bird Figures)、溫鹽資料庫(Dual SBE 3plus & SBE 4)、溶氧資料庫(SBE 13 & SBE 43)、螢光探針資料庫(Seapoint Fluorometer)、透光探針資料庫(Wetlabs 25 cm Transmissiometer)、魚卵與仔稚魚數量資料庫(IchthyoDB)、浮游性無脊椎動物資料庫(SIO Pelagic

Invertebrates Collection)、浮游動物資料庫(ZooDB)、年代、採集方法、範圍不同的魚卵與仔稚魚資料庫(Fish Egg and Larvae Volumes- Vertical Tows, Manta Tows, Oblique Tows)、年代、採集方法、範圍不同的磷蝦類資料庫(Euphausiid Plot Gallery、BTEDB、MEDB、CEQul)、年度會議報告(CalCOFI Reports)以及各式的航次報告(Data Reports)及圖集(Atlas)。各項資料目前是獨立建立資料庫，而目前由 Dr. Karen Baker 導入 Information Management 的觀念，準備將所有資料庫整合以利運用。

本航次順利完成 75 個測站，自 7 月 30 日出港，8 月 17 日返港，共計 19 天。

四、心得與建議

在 1980 年之前約 30 年的期間，CalCOFI 的樣本與資料主要被用來探討各種在生態上與經濟上重要魚種的產卵場、分佈與豐度的時空變化，以及與其相關的海洋物理、化學特性，屬於瞭解加州洋流區海洋物理、化學與生物相的初期階段。除了相關研究報告外，共出版了 27 冊調查報告與圖集。隨著資料時間序列的累積，CalCOFI 的資料在近期越來越常被用來探討 ENSO、PDO、NPGO 等長期氣候現象對加州洋流區生態系統的影響。

嘗試以任何單一年或有限的數年間的資料來推估生態系的動態很可能會產生謬誤的結果，管理決策與措施會因為未考量生態系內在的長期變異性而失敗。因此，CalCOFI 對於加州洋流區約 400 種魚類經濟性以及非經濟性魚類之仔稚魚豐度做了長期而完整的紀錄，提供魚類資源動態相關研究相當好的研究題材。Hsieh 等人於 2006 年發表在「Nature」期刊的突破性研究，便是利用這個獨特的仔稚魚資料序列來證明漁撈行為會提高系群豐度的變異性，此假說在過去雖已被提出，但因欠缺長期觀測資料而無法證實，說明了 CalCOFI 長期累積資料的重要性。

CalCOFI 資料能夠廣泛的被使用，有一個很重要的原因就是它們維持了很好的資料正確性。他們使用兩組 CTD 探針，採水系統並結附螢光探針、溶氧探針，並取各層水樣測定鹽度、葉綠素濃度、溶氧。測量完畢後，將各項實驗數據與探針數據進行迴歸比較，並繪製該測站水溫、鹽度、葉綠素、溶氧等項目之剖面圖(含實驗數據與探針數據)，確認各項資料的正確性，因有時採水瓶會因為船體上下起伏或者誤擊而取到非目標水層的水，又或者人為實驗誤差，而得到錯誤的分析結果；如果發現資料有問題時則予以刪除，或者用內插法的方式來推估。通常鹽度與溶氧探針數據與實驗數據會相當吻合，而葉綠素因為受多種因素影響，兩者數據會有一定差異存在。營養鹽用液態氮儲存的方式，可能會因為浮游植物或者細菌細胞破裂而影響分析結果，可以進行比較實驗，最好的方式還是直接在船上測量

溶氧濃度與海洋生物的分布息息相關，因大多數海洋生物均需要一定的氧氣

濃度方能有效的呼吸和代謝，過高或過低的溶氧將對海洋生物的生理造成不良影響，亦是影響其分布的主因之一。且溶氧亦與光照強度及水溫共同影響藻類生物量與基礎生產力，因此建議將溶氧列入台灣周邊海域定期調查的觀測項目。

CalCOFI 的人力運用方面，值得一提的是計畫內的人員多半具有多年經驗，數位較資深的資料採集與分析人員已參與 20 餘年，進行各項實驗分析有關測量儀器、樣本或採樣過程可能發生的問題，如何避免錯誤發生、如何偵錯與校正等均相當熟練，年紀較輕的人員資歷最短也有四至八年以上，人員相當穩定，資料分析品質也相當穩定，CalCOFI 資料可信度極高與人力穩定亦有相當的關聯性。人力的穩定可能與他們的待遇相當好有關係，他們出海人員每天的補助額度超過新台幣 1 萬元。美國的志工制度(volunteer)值得學習參考，吸引學生興趣，培育未來的研究人才。

由於各測站進行多種網具採集，樣本相當多，因此魚卵及仔稚魚實驗室由 6 名西南漁業中心的人員以及 4 位學生所組成，各成員在魚卵及仔稚魚鑑定皆能勝任，方能針對龐大的樣本進行分類與鑑定。在加州洋流區的浮游動物樣本中，可鑑定的魚卵種類約有 60 種，仔稚魚則約 450 種。此外，仔稚魚實驗室並負責魚類生殖生物學研究，針對沙丁魚等目標魚種進行成熟階段、性成熟百分比與孕卵數等研究，提供資源評估模式所需的生物參數。

在浮游生物採集部分，1978 前 CalCOFI 也是使用圓形網(ring net)，但自 1978 起改用 Bongo 網具，係因 ORI 網具中央結附流量計的支繩會造成魚類的忌避效應(net avoidance)，而 ORI 網前方的重錘也會驚嚇到有游泳能力的仔稚魚。相較之下，Bongo 可減少仔稚魚逃避網具的效應，並可同時採集兩份樣本，除福馬林樣本外，另一份可以用酒精保存。在作業方式部分，於船舷側投放網具可以避免螺旋槳渦流對樣本造成傷害，而保存良好的樣本有助於種類鑑定(應檢查樣本之 PH 值，定期換藥)。台灣周邊海域漁場環境監測計畫至今皆使用 ORI 網具採集浮游生物，雖然 Bongo 網有其優點，但其直徑較小，是否適用於浮游生物較稀疏的台灣周邊海域仍有待探討，因為東、西太平洋之生物特性或許有所差異，但未來若改變採樣方式在航次報告中註記即可。

使用 Manta 網於表層採樣是因為很多較成熟的魚卵及仔稚魚(later stage egg)僅分佈在表層，若用 Bongo 可能根本採不到；使用 PairOVET 投放至 70 米處目的是因為沙丁魚的早期魚卵(early stage egg)多分佈在水深 40 左右,且較細密的網所採得之魚卵較完整易於鑑定；透過比較兩者採集的魚卵，可用來推估魚卵的死亡率(egg mortality rate)。

由於加州洋流區的沙丁魚在春季產卵，魚卵通常呈塊狀分佈，CUFES 的目的主要在航行中可探測何處魚卵密度較高，並進一步以 PairOVET 以 4 呎密集採樣，取得較佳的樣本以估計產卵量以及產卵親魚量。除了以魚卵分佈來推估沙丁魚的產卵場外，CalCOFI 的春季航次也會搭配拖網採集沙丁魚樣本，並研究其生殖狀態以推斷產卵場，並進行沙丁魚資源評估。

沙丁魚是美國加州沿岸最重要的漁業資源。為進行漁業管理，估計來年加入量是相當重要的一環，因此 CalCOFI 網具採樣設計係分別以水平(Manta)、垂直(PairOVET)、斜拖(Bongo)以及表層連續採集(CUFES)等方式，來估計單位立方水體中的卵量。加州洋流區緯度較高，魚種組成較為單純，而台灣周邊海域魚種組成複雜，是否能夠利用相同方式評估周邊海域漁業資源仍有待探討，不過使用不同網具可得到不同的資訊，例如水平與垂直採樣皆有其重要性，若增加水平採樣樣本雖可能有人力不足鑑定的問題，但如果某些測站有較多仔稚魚出現，那麼可以進一步鑑定該站水平樣本以彌補垂直採樣的不足。

CalCOFI 定期調查計畫本身並無資源評估項目，而是由西南漁業中心針對沙丁魚、鯷魚、鯖魚等種類，結合 CalCOFI 研究船調查資料(fishery independent)以及魚獲量資料(fishery dependent)，於每年九月年提出資源評估報告，並由另一群科學家檢視西南漁業中心人員使用的研究方法與評估結果的正確性，與委員會進行約兩個月的密集討論，訂定出明年的總容許魚獲量(TAC)，並於隔年一月一日起實施。然而總容許魚獲量總是低於漁民的期望，漁民甚至自掏腰包雇用直昇機來調查沙丁魚的絕對資源量(ground truth)，但資源現存量並不能保證明年年度會有相對應的加入量，因此總是有爭議存在。沙丁魚魚獲量管制僅適用於美國，與加拿大及墨西哥等國家之協議則是由聯邦政府負責。

Oozeki 網則屬於附加計畫，以採集沙丁魚、鯷魚之幼魚及磷蝦等中營養位階 (mid-trophic levels) 的物種為主要目的，配合現場魚探資料以決定採集水層，可採得許多種類的幼魚及成魚。比較魚獲體型大小與聲納預測結果，並以網具採集量結合聲探資料 (multi-frequency acoustic systems) 進行資源量估計的模式建構。某些中層魚類 (midwater fishes)，例如燈籠魚科魚類，數量相當龐大，並且是許多魚類、頭足類、海洋哺乳類的重要餌料來源，在生態模式建構上相當重要 (sentinel species)，而 Oozeki 網具便是採集的利器。除了中層魚類外，Oozeki 網具更可捕獲到體型較大 (2-3cm) 的仔稚魚或幼魚，為目前採集效率最高的中層拖網類網具，而過去國內不乏針對成魚及仔稚魚的相關研究，但有關體型較大的仔稚魚或幼魚之研究則付之闕如，未來若可引進此新型網具，將可提供魚類生態與資源研究相當重要的資訊。

CalCOFI 成立初期之測站範圍相當龐大，但後來因經費問題而縮減。我國漁場環境監測計畫中，黑潮流域的測站其水文與生物相相對較為單純，因此縮減部分測站，擴大調查範圍，或者是減輕樣本處理之負擔，投入更多人力於研究分析，是可以考慮的方向，但需要先檢視資料來決定予以縮減的測站。CalCOFI 的 CTD 標準投放深度為 500 米，因深層海水的性質較為穩定；而經由過去累積的調查資料，若東部黑潮流域確實較為單純與穩定，可考慮將我國漁場環境監測計畫的 CTD 標準投放深度縮減，將航次時間作不同的分配，例如增加不同的網具採樣，獲取更大的效益，又或者可考慮縮減部分測站，將資源投入其他更為複雜的海域。

台灣周邊海域漁場環境監測的目標，為調查仔稚魚、浮游動物與水文的時空分佈，瞭解仔稚魚與生態系間的關聯性，建立長期資料庫並評估漁業資源的動態，提供擬定漁業管理策略之科學依據。目前的首要之務為將仔稚魚樣本鑑定完畢，因為我們的目標就是要用這些資料來估計某些重要經濟性魚類仔稚魚的豐度時間序列以及各季節與年間的仔稚魚地理分佈，但礙於人力仍有部分樣本尚未鑑定完畢，因此建議整合所內性質接近之計畫、增加人力或者與學校合作，將樣本處理完畢。

CalCOFI 所累積的長期資料，引起了各領域研究人員的興趣，未來建議可以

合作方式增加人力，尤其是博碩士研究生，可將最新的知識與研究方法帶入計畫中；我國漁場環境監測也可邀請參與海洋調查計畫相關專家提供意見或共同參與研究，或與國際生態監測接軌（例如 I-LTER ），使研究成果更為全面，計畫將發揮更大的效益。

最後，關於本次研習行程，首先要感謝本所蘇 所長偉成的督促與勉勵，筆者才有機會在本(99)年度農委會農業科技研發-加強科技人才培育及國際合作計畫項下，赴美進行此次研習。西南漁業科學中心 Dr. Nancy Lo 熱誠安排筆者於該中心的訪談研習以及隨船出海考察，在此一併至上由衷的感謝。

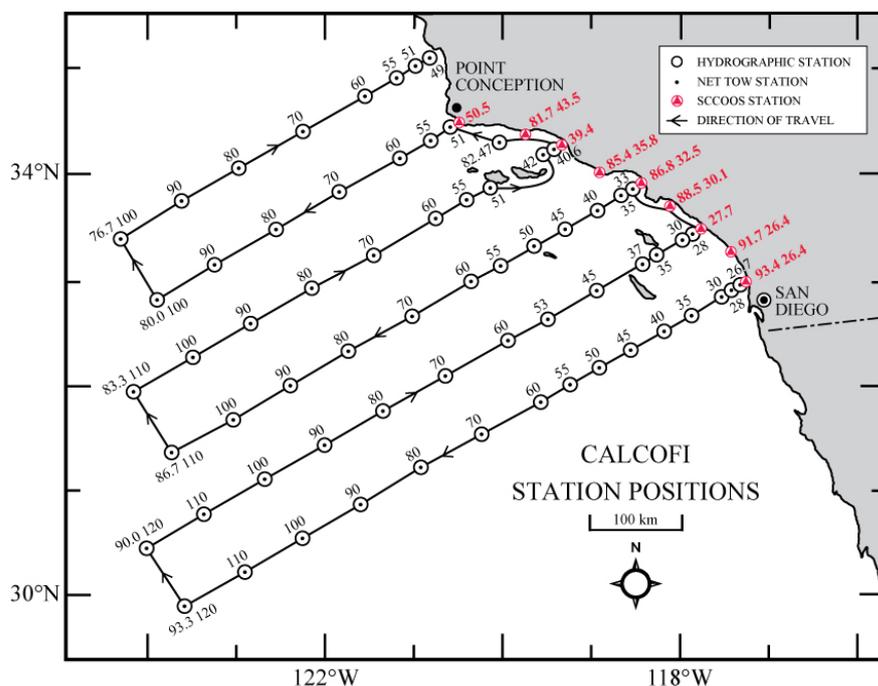


圖 1、CalCOFI 目前的測站規劃，共有 75 個測站。

Variable	Investigator/Program	Method
Temperature, salinity, Chl <i>a</i> fluorescence	CalCOFI	CTD, fluorometer
Light transmission @ 660 nm	CalCOFI	Transmissometer
Oxygen	CalCOFI	CTD, auto-Winckler
Nutrients (N, P, Si)	CalCOFI	Auto analyzer
Primary production	CalCOFI	C-14 uptake
Chl <i>a</i> extracted	CalCOFI	Fluorometer
Sea surface pCO ₂	CalCOFI	IR absorbance
Zooplankton, ichthyoplankton	CalCOFI	Bongo net tows
Iron concentration	Barbeau/CCE LTER	FeLume flow injection
Other bio-optical properties	Goericke/CCE LTER	cDOM, beam c vs. l
Particulate C&N	Aluwihari/CCE LTER	Dry combustion
Dissolved organics (DOC, DON)	Aluwihari/CCE LTER	Combustion
Upper ocean currents	Chereskin/CCE LTER	ADCP
Taxon-specific pigments	Goericke/CCE LTER	HPLC high performance liquid chromatography
Bacteria & picoautotrophs	Landry/CCE LTER	Flow cytometry (Hawaii)
Nano- & microplankton	Landry/Venrick	Microscopy, FlowCAM(making slides)
Mesozooplankton, optical size classes	Checkley/CCE LTER	OPC, LOPC
Mesozooplankton, sentinel species	Ohman/CCE LTER	Microscopy, ZOOSCAN
Acoustics: krill, micronekton, pelagics	Koslow	Multi-frequency EK-60
Seabirds	Pt Reyes Bird Observatory/Farallon Institute	Observer
Marine mammals	Hildebrand	Observers, passive acoustics

圖 2、CalCOFI 目前的觀測項目。



圖 3、筆者與魚卵與仔稚魚研究室主持人 Dr. Bill Watson 合影。



圖 4、技術人員 Sarah Zao 正在進行魚卵與仔稚魚鑑定工作。

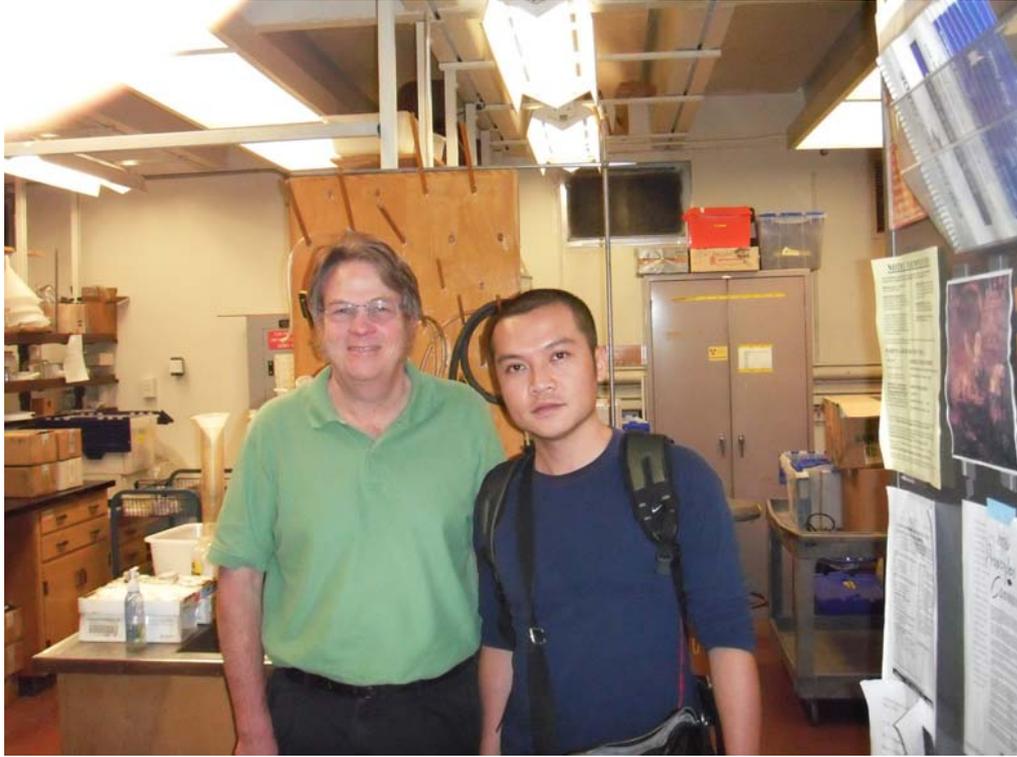


圖 5、筆者與 CCE-LTER 主持人 Mark Ohman 教授合影。

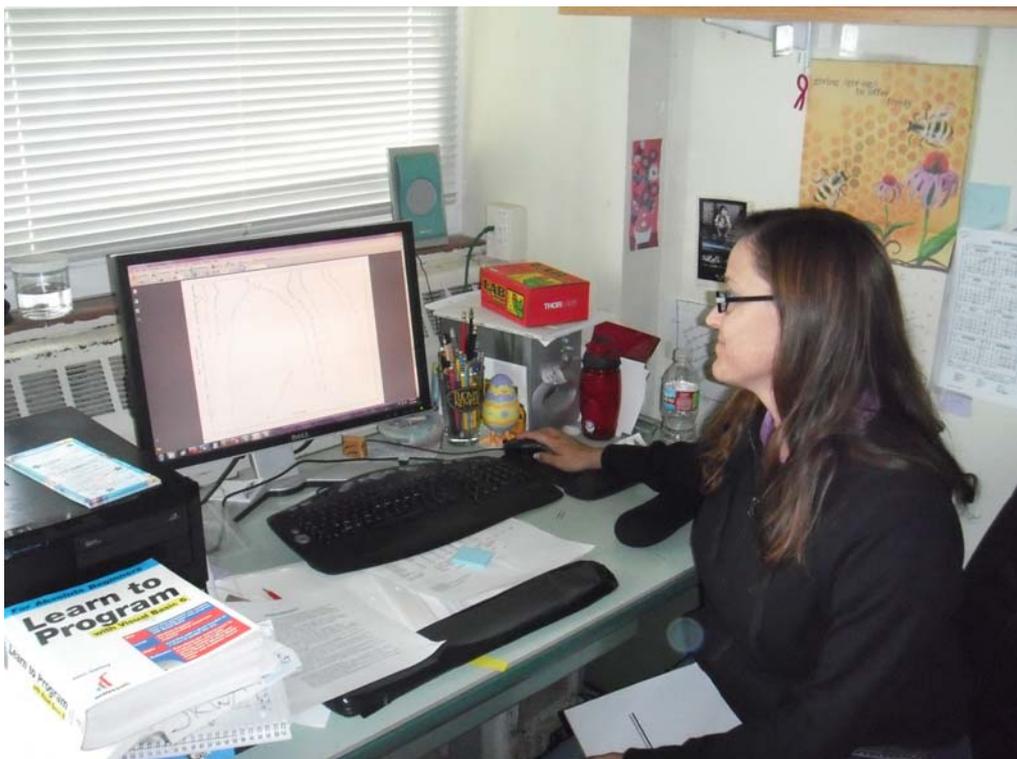


圖 6、技術人員 Jennifer Rodgers 展示資料品質控管流程。



圖 7.1、Dr. Caren Baker 為筆者說明目前 CalCOFI 資料庫整合狀態。

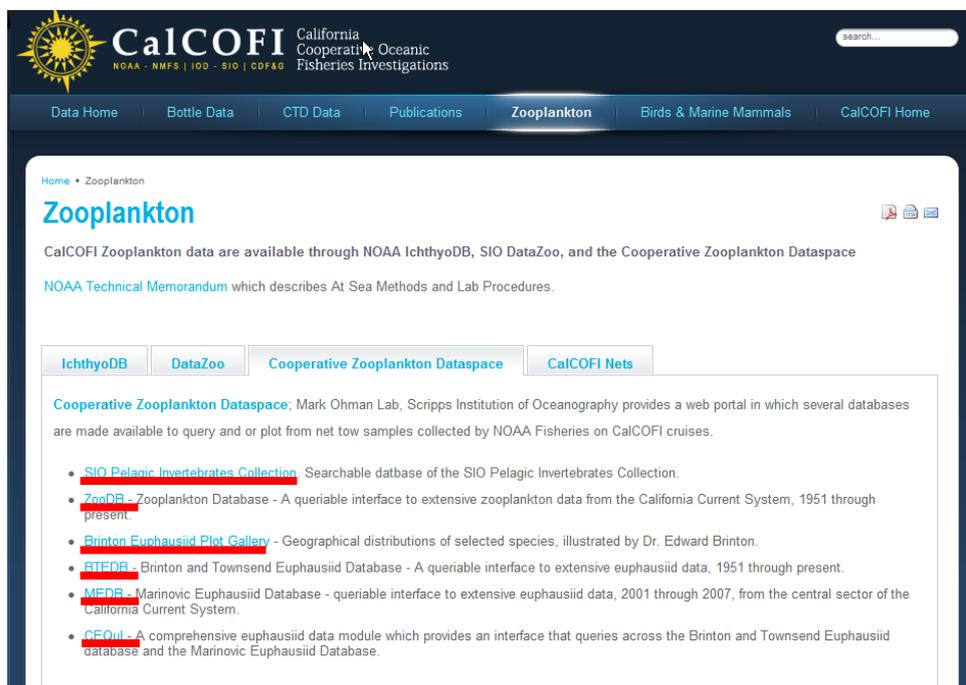


圖 7.2、CalCOFI 資料庫係由許多子資料庫所集合而成。



圖 7.3、CalCOFI 與 CCE-LTER 資料庫整合之架構海報。



圖 8、NOAA 之研究船 New Horizon。



圖 9、將內部改裝為實驗室的貨櫃吊載至研究船上。



圖 10、行前裝載作業(Loading days)。



圖 11.1、準備將各項儀器於船上的實驗室內組裝完畢。



圖 11.2、組裝營養鹽自動分析儀器。



圖 11.3、組裝 Bongo 網具以及 LOPC。



圖 11.4、組裝 Manta 網具。



圖 11.5、組裝五種頻率(18, 38, 70, 120, 200 kHz)之聲探管路。



圖 12、船長於行前告知各位研究人員應注意事項。



圖 13、每週五必須進行一次救生演練。



圖 14、可採集 24 個水樣之輪盤採水系統。



圖 15、磁控式採水瓶擊發系統。

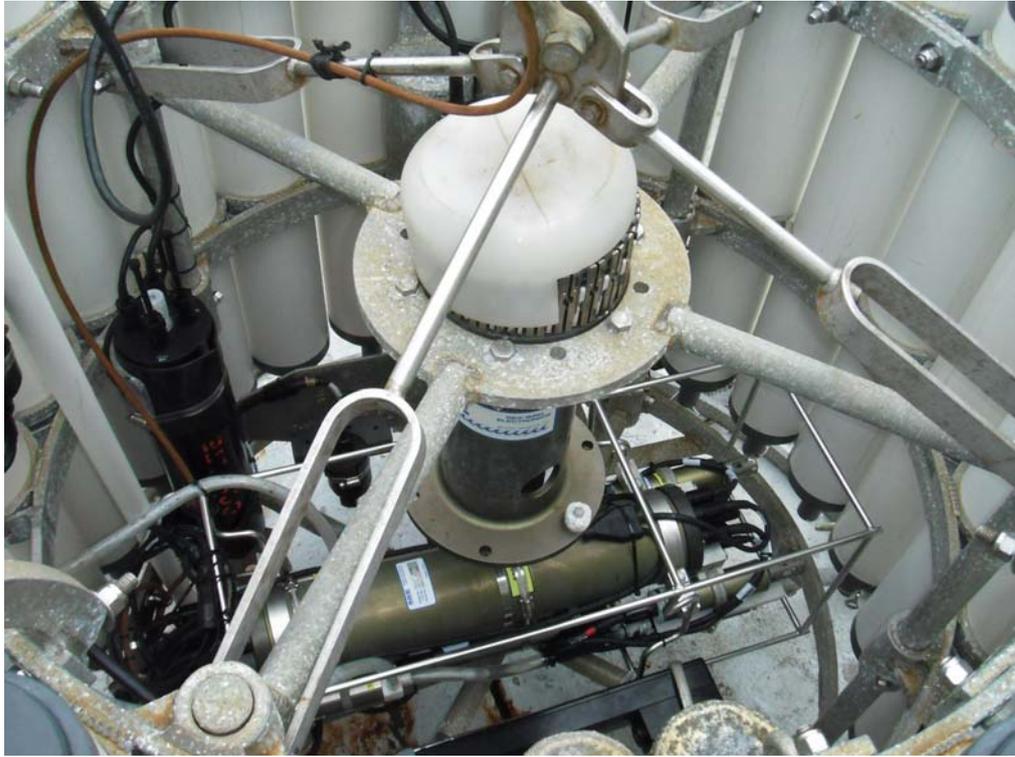


圖 16.1、採水器內結附 CTD 探針兩組及螢光、透光、溶氧探針各乙組。



圖 16.2、左：透光探針。 右：領隊 David Wolgast 正在組裝 CTD。

Cruise: 1007NH
 SBE 9Plus: Walter
 Initials: MGS
 Notes:
 1) Removed SBE43 advance in the SBE11.
 2) Configured system for horizontal deployment.

Voltage	6	7	Voltage	0	1
Sensor	ISUS	pH	Sensor	Xrmas	Fluor
Serial	111	709	Serial	1170	2483

Cond	1	Temp	2
Serial	357	Serial	5102

Voltage	4	5	Voltage	2	3
Sensor	O1	O2	Sensor	Altim.	PAR
Serial	1590	1075	Serial	46604	70209

Temp	1	Cond	2
Serial	2533	Serial	2206

Pump	1	2
Serial	5252	5060

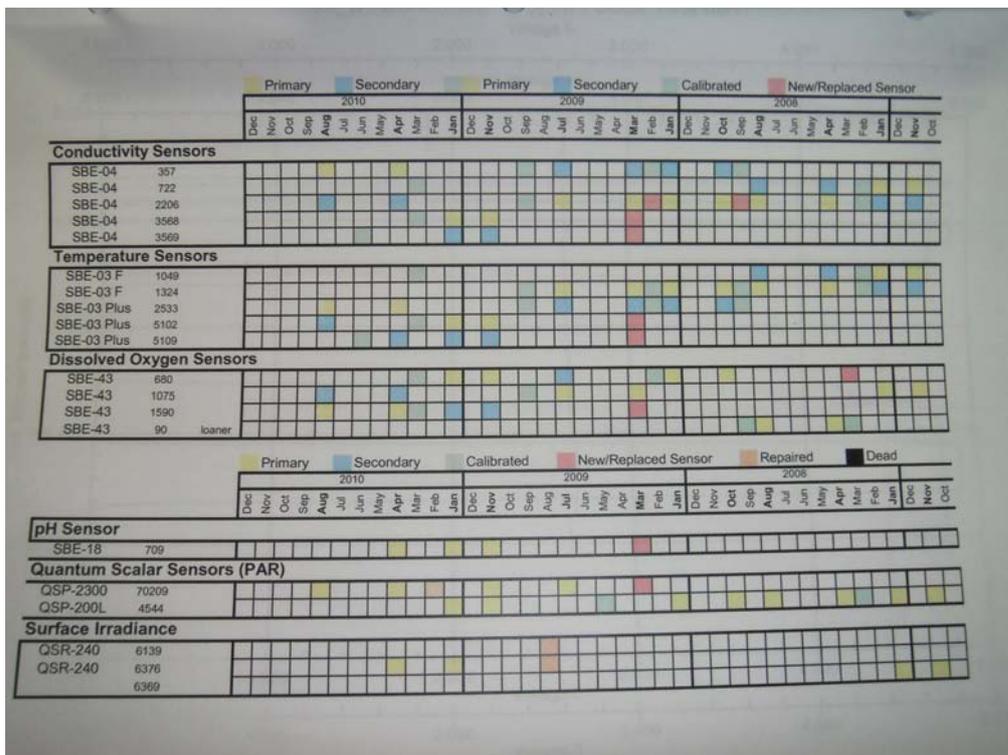


圖 17、各探針使用狀況與校正記錄。



圖 18.1、投放採水器與網具之 J 型吊臂(J-frame)。



圖 18.2、投放採水器與網具之絞機。



圖 19.1、研究人員準備投放 CTD。



圖 19.2、另外以三條纜繩控制採水器，避免搖晃過大發生碰撞。



圖 19.3、待採水器入水後即可將纜繩抽離

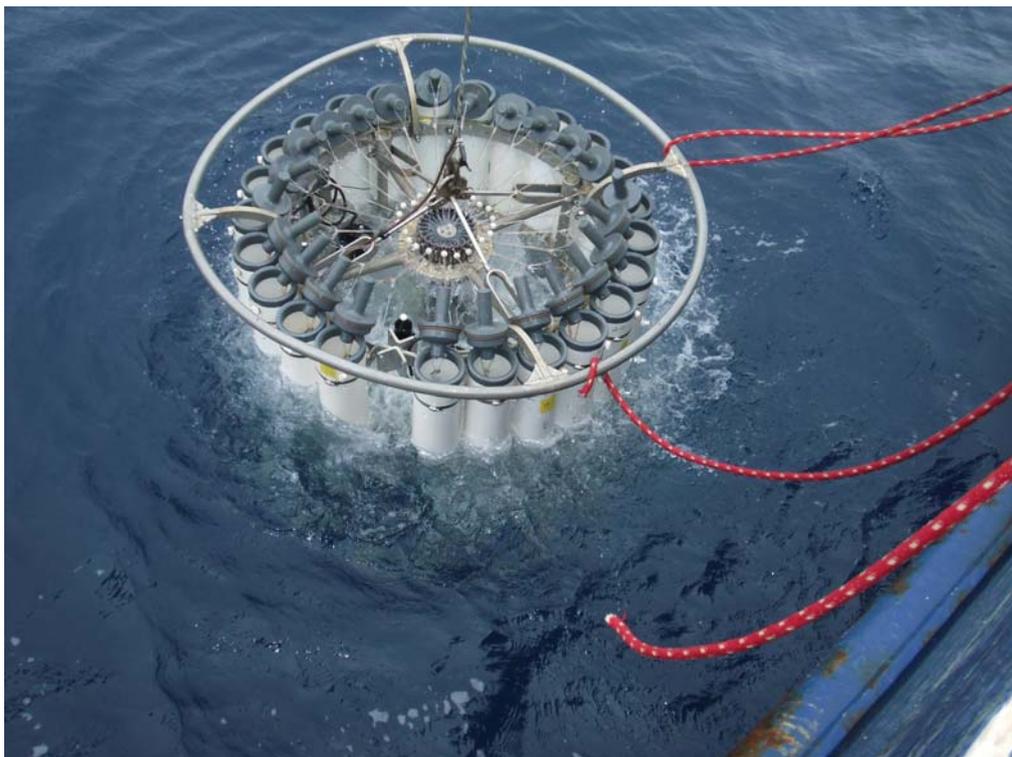


圖 19.4、完成CTD 入水。



圖 20、研究人員於電腦中心監控採水器投放情形，並與絞機人員以無線電通訊，於各水層擊發採水瓶。

Integrative Oceanography Division Scripps Institution of Oceanography										CalCOFI Console Operations Log					Date	Cruise
															8-7-10	100504
															Operator:	Sta:
															MGS	037
															Notes	Cast:
															10m	1005037.WEX
															File Name:	
															CTD Start Down	
															Time	151
															Depth	762m
															Lat	32° 59.421
															Lon	118° 52.499
															Rosette Start Up	
															Time	221
															Depth	753.7
															Lat	32° 59.345
															Lon	118° 52.516
															Cast Type	
															Rosette	<input checked="" type="checkbox"/>
															PRODS	<input type="checkbox"/>
															SCCOGS	<input type="checkbox"/>
															Pre-Cast	<input type="checkbox"/>
															Deck Cab	<input type="checkbox"/>
															Unid	<input type="checkbox"/>
															Pul Tube	<input type="checkbox"/>
															Rosin Glass	<input type="checkbox"/>
															PAR Cap	<input type="checkbox"/>
															ISUS vent / plug in	<input type="checkbox"/>
															Post-Cast	<input type="checkbox"/>
															Tied down	<input type="checkbox"/>
															Haystack Tube	<input type="checkbox"/>
															Flush w/ DI	<input type="checkbox"/>
															Rinse Pylon	<input type="checkbox"/>
															ISUS Charge Batt	<input type="checkbox"/>
															Backup / Preload	<input type="checkbox"/>
															Save Profile JPGs	<input type="checkbox"/>
															Proc #	37
Max	Depth	Time (PST)	Max	Con	Temp	Conduct	Salinity	Alt	Notes	File Name						
1	70.0	758	219	220	731.2	5.450	3.266	34.394								
2	210	685	222	221	160.8	5.547	3.273	34.387								
3	206	657	225	225	102.5	5.811	3.291	34.366								
4	515	512	227	228	515.3	6.345	3.437	34.313								
5	440	437	229	220	442.0	6.754	3.461	34.282								
6	380	376	232	232	379.5	7.323	3.509	34.264								
7	320	317	234	234	319.6	7.887	3.555	34.248								
8	270	266	236	236	269.9	8.171	3.577	34.230								
9	230	228	237	238	232.0	8.410	3.597	34.211								
10	200	198	239	239	189.7	8.939	3.641	34.191								
11	170	163	240	240	170.0	9.079	3.644	34.158								
12	140	138	242	242	140.3	9.150	3.656	34.065								
13	120	118	243	244	120.1	9.304	3.670	33.941								
14	100	98	244	245	102.3	9.559	3.689	33.819								
15	85	83	246	246	85.3	9.910	3.689	33.819								
16	70	68	247	248	70.2	10.044	3.696	33.757								
17	60	58	248	249	60.0	10.217	3.702	33.668	SALT ONLY							
18	60		249													
19	50	48	250	250	49.9	10.610	3.726	33.574								
20	40	38	252	252	40.0	11.152	3.773	33.370								
21	30	28	253	253	29.8	12.116	3.855	33.176								
22	20	18	254	255	20.2	14.889	4.115	33.469								
23	10	8	255	256	10.1	16.863	4.321	33.500								
24	0	0	256	257	1.5	17.515	4.374	33.215								

Pressure On Deck: Begin: 0.020 End: -0.105

Oil Max: 72m Mined Layer: Secchi:

Comments: Generally surge 760m (LIP HD) @ 740m depth. Altitude reads 10m. Not sure why only 20m off station. Even ship's altimeter was reading 750m. Bad coordinates? Underway. I think the system isn't working.

圖 21、以紙本記錄採水瓶擊發時各水層的溫度、鹽度、深度等資訊。

Expedition		Vessel		Leg	CTD at Depth Time (PST)		CTD at Depth Position		Proc #								
CalCOFI 1008		NEW HORIZON		1	06-Aug-2010 09:38:33		33 82.483 -118.62588		035								
Line	Sta	Cast Type	Cast #	O2 Case	Salt Case	Nut Rack	Back	Save	Next	Event #							
86.7	35.0	PRODD	2	5	007	Black				647							
Line	Sta	Depth	Flask	O2 T	Salt	Nuts	CH	Phyto	Prodo	DIC	FCMBP	Slides	HPLC	POM	TOC	Size	Comments
01	520.8	571	8.0	01	01					881							DIC: 6.40.34.304
02	443.7	1676	8.6	02	02												7.11.34.265
03	363.8	1237	9.1	03	03												7.71.34.260
04	323.7	583	9.2	04	04					882							DIC: 8.04.34.246
05	272.3	1013	9.8	05	05												8.46.34.231
06	232.2	532	10.2	06	06					883							DIC: 8.73.34.208
07	202.4	289	10.2	07	07	07											8.83.34.155
08	171.3	329	10.5	08	08	08				884							DIC: 9.10.34.117
09	141.1	606	10.9	09	09	09											9.45.34.087
10	120.9	373	11.1	10	10	10											9.68.34.018
11	101.4	434	11.2	11	11	11											DIC: 9.80.33.930
12	85.7	508	11.4	12	12	12											9.91.33.865
13	71.0	342	11.8	13	13	13											10.17.33.725
14	60.5	333	11.6	14	14	14											10.22.33.679
15	50.4	137	12.1	15	15	15				886							DIC: 10.56.33.555
16	39.7	504	12.3	16	16	16											10.80.33.539
17	28.8			17													SALTONLYDIC: 11.27.33.459
18	28.7	302	12.6	18	18	18			6ABC	887							Prodo: 11.27.33.460
19	20.8	466	12.9	19	19	19			5ABC								Prodo: 12.01.33.420
20	16.2	568	14.6	20	20	20			4ABC								DIC Prodo: 13.69.33.455
21	10.5	520	16.0	21	21	21			3ABC								Prodo: 15.62.33.463
22	10.7	157		22													LTER: 15.69.33.461
23	4.9	567	16.7	23	23	23			2ABC								Prodo: 16.32.33.463
24	0.8	551	16.7	24	24	24			1ABC	888							DIC Prodo: 16.39.33.460
Ink		JLW.B.	SD	SD	AN	DMW	JLW	AN	DMV								Sample Logs Saved+Salt File+D

圖 22、由技術人員 Jim Wilkinson 撰寫之 Event log 程式。

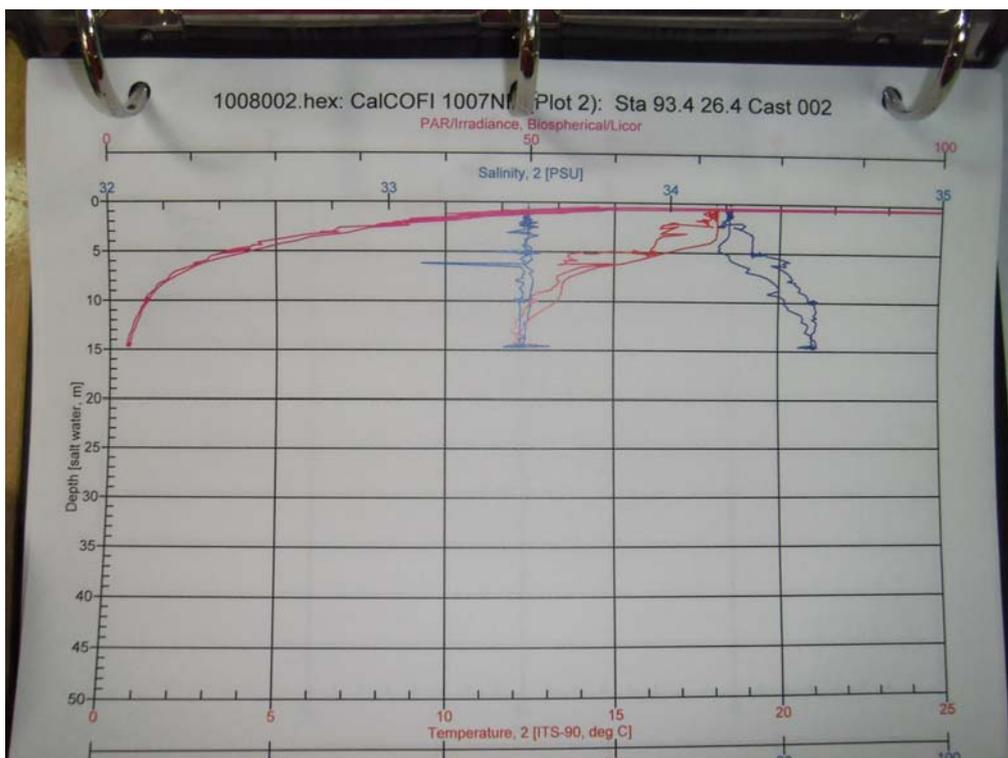


圖 23、將各測站探針測得之資料作剖面圖並列印紙本保存。



圖 24.1、採水器準備出水，研究人員將控制用纜繩勾掛至採水器。

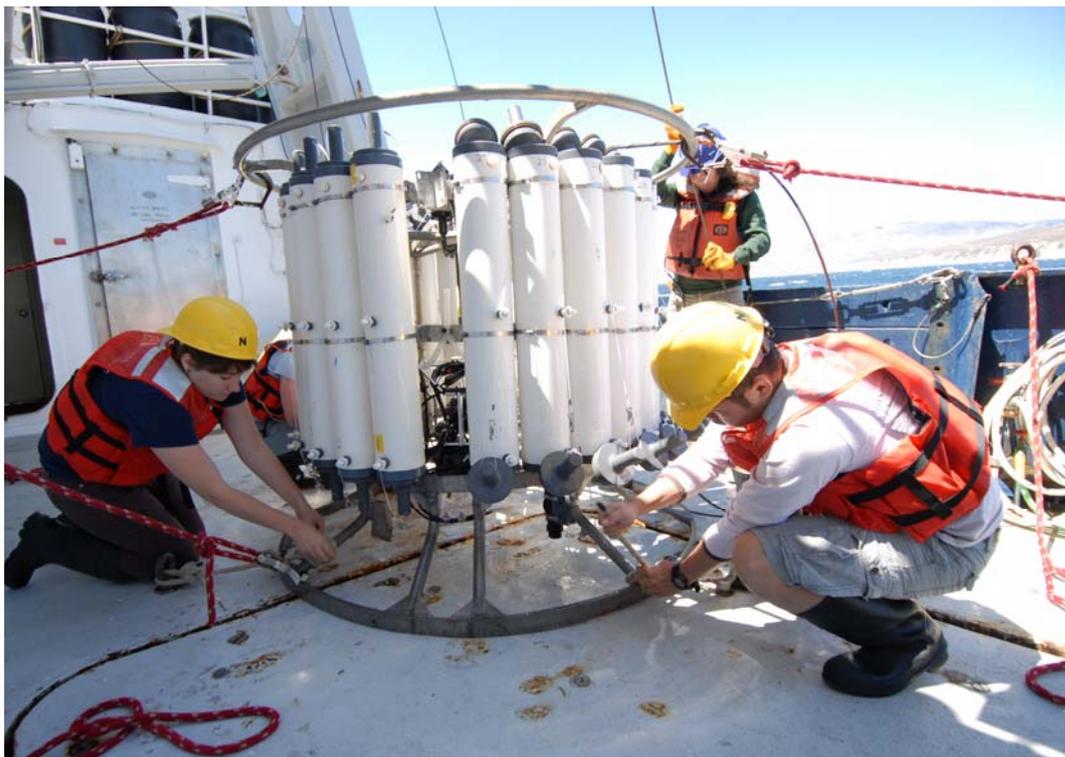


圖 24.2、完成採水器投放作業，將採水器固定於甲板。



圖 25.1、採集鹽度、營養鹽、葉綠素、浮游植物等樣本之容器。



圖 25.2、溶氧、鹽度、營養鹽、葉綠素等水樣採集。



圖 26.1、採集水中溶氧樣本。



圖 26.2、溶氧測定實驗室位於採水器旁，採集之水樣可立即進行溶氧測定。



圖 27.1、營養鹽自動分析儀(Auto Analyzer 3)。



圖 27.2、建立檢量線之深層海水樣本。

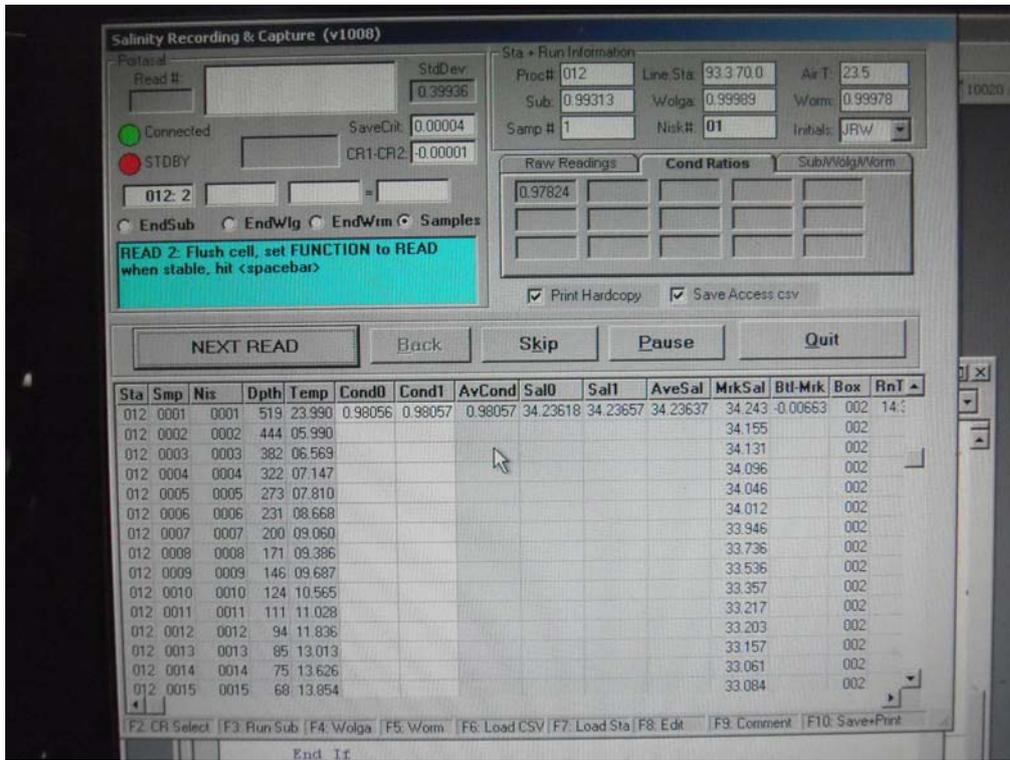


圖 28.1、由技術人員 Jim Wilkinson 撰寫之程式，可將探針數據與各項實驗進行之電腦進行連線，比較實驗數據與探針數據之差異。

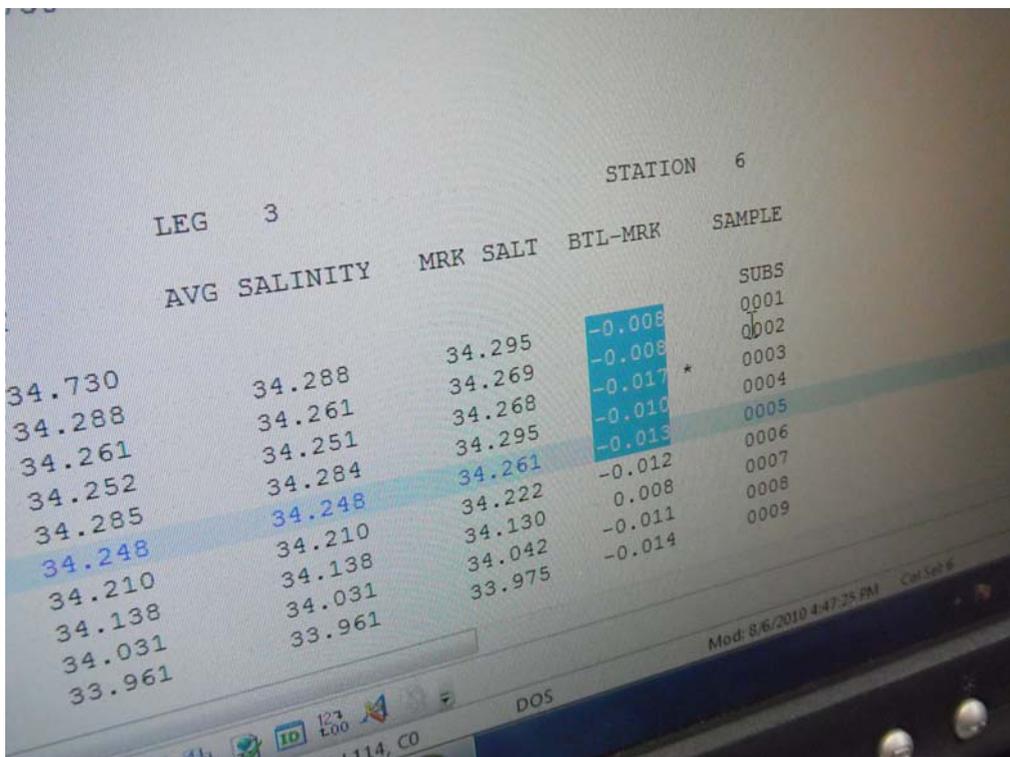


圖 28.2、該程式可將實驗數據與探針數據自動進行比較，差異過大之水樣將被標記。



圖 29、以鹽度計測定各水層水樣之鹽度，樣本重複測定五次。



圖 30、各項觀測資料與實驗數據除電子檔外，均另以紙本保存。



圖 31、以濾紙過濾水樣，攜回實驗室進行 HPLC、POM、DOC、DON 等實驗。



圖 32、保存浮游植物水樣，攜回實驗室進行 bacteria、picoautotrophs、nano-microplankton 等實驗。



圖 33、投放透明度板(sacchi disk)，目測水層透明度。

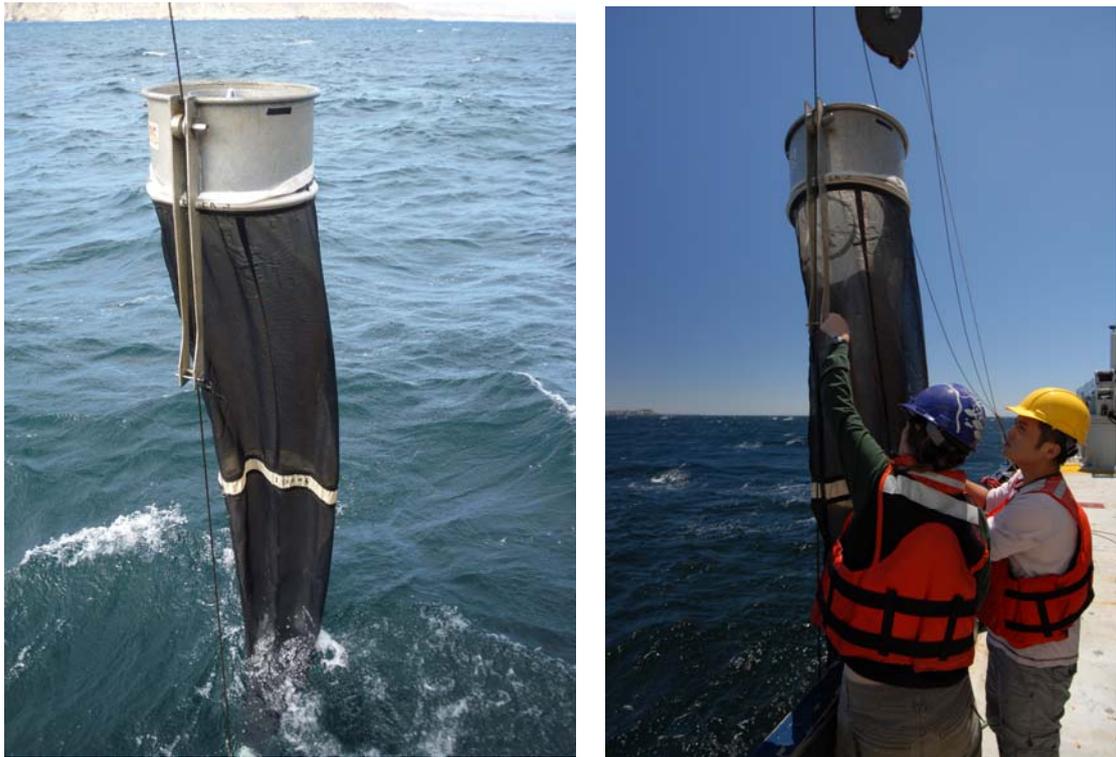


圖 34.1、垂直投放 PRPOOS 網具至 300 米後上揚，採集浮游植物。



圖 34.2、左：以海水噴霧器徹底沖洗網具避免殘留。右：拆卸網具。

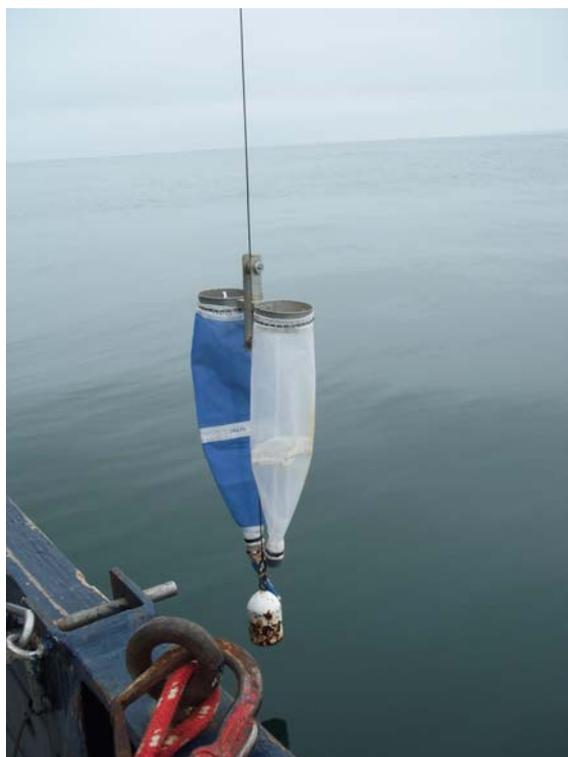


圖 35.1、左：準備結附 PairOVET 網具。右：垂直投放 PairOvet 網具至 70 米後上揚。



圖 35.2、以海水噴霧器徹底沖洗網具避免殘留。



圖 35.3、拆卸網具，準備結附 Manta 網具。



圖 36.1、Manta 網具以水平方式拖曳 15 分鐘。

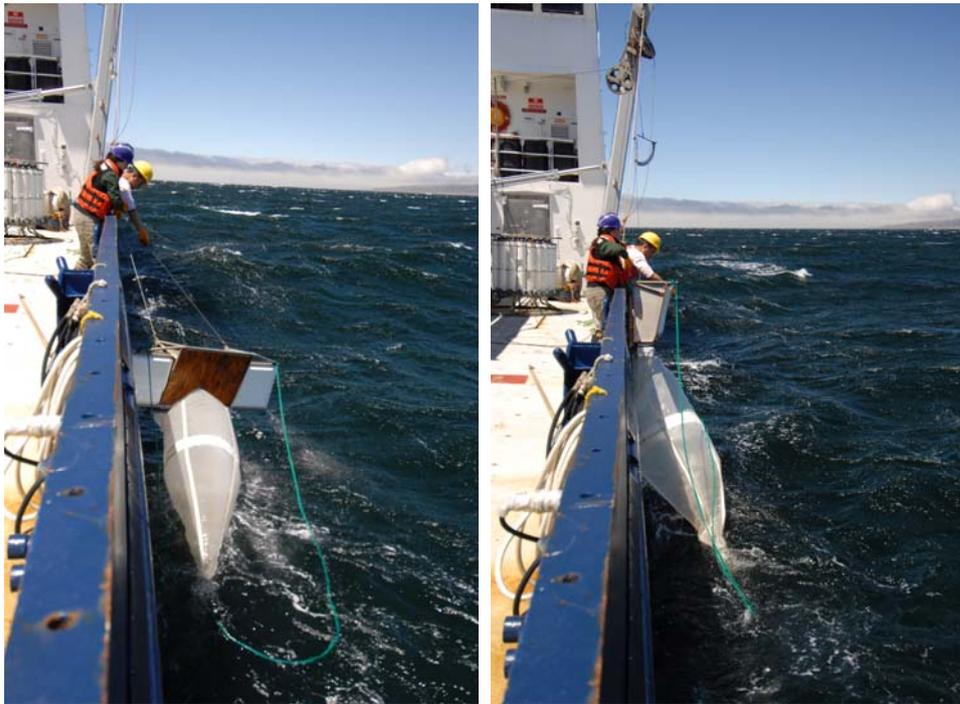


圖 36.2、回收 Manta 網具。



圖 36.3、鋼纜結附量角器，記錄投放過程中鋼纜角度之變化。



圖 37.1、準備投放 Bongo 網具。



圖 37.2、將 Bongo 投放至 210 米以斜拖方式上揚，並記錄角度變化。



圖 37.3、回收 Bongo 網具，並以海水噴霧器徹底沖洗網具避免殘留。



圖 38.1、浮游生物樣本處理。

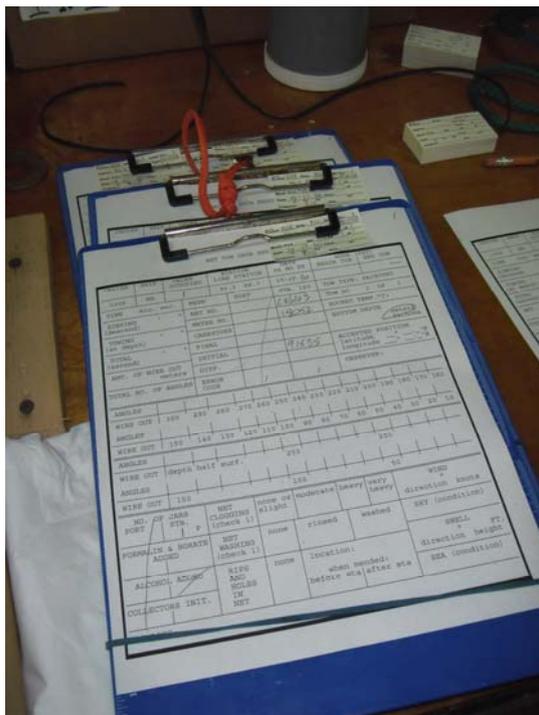


圖 38.2、左：各項網具均以不同之表格進行記錄。右：福馬林注射器。



圖 38.3、以經過濾之海水徹底沖洗網具上殘留之樣本。



圖 39.1、五種頻率(18, 38, 70, 120, 200 kHz)之聲探。



圖 39.2、即時觀測散漫層分布狀態，決定 Oozeki 網具投放深度。

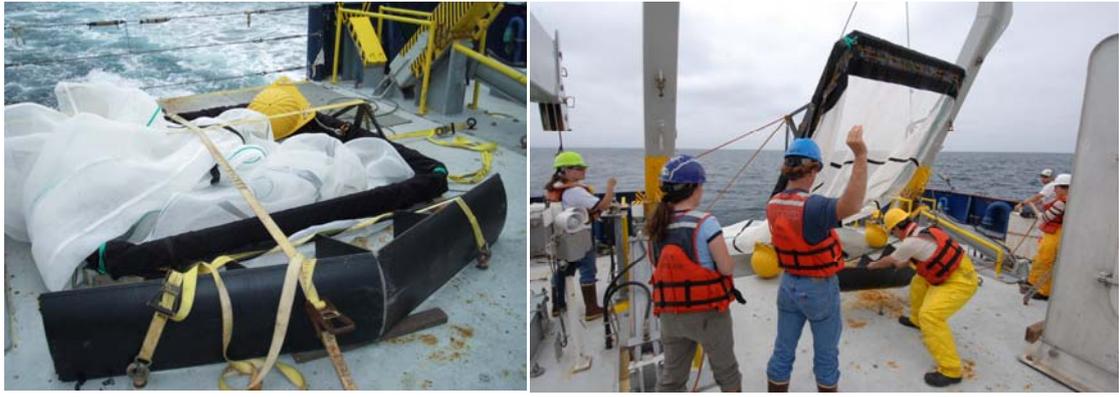


圖 40.1、Oozeki 網具投放作業。



圖 40.2、各項機具需由 6~7 位研究人員共同操作。



圖 40.3、Oozeki 網具入水，下放至預定深度後以斜拖方式上揚。



圖 40.4、Oozeki 網具回收作業。



圖 40.5、以人力回收網片及囊網部分。



圖 41.1、Oozeki 網可捕獲體型相當大，具游泳能力的中層魚類。



圖 41.2、於船上將樣本分類與鑑定。



圖 41.3、Oozeki 網為目前採集效率最高的中層拖網類網具。

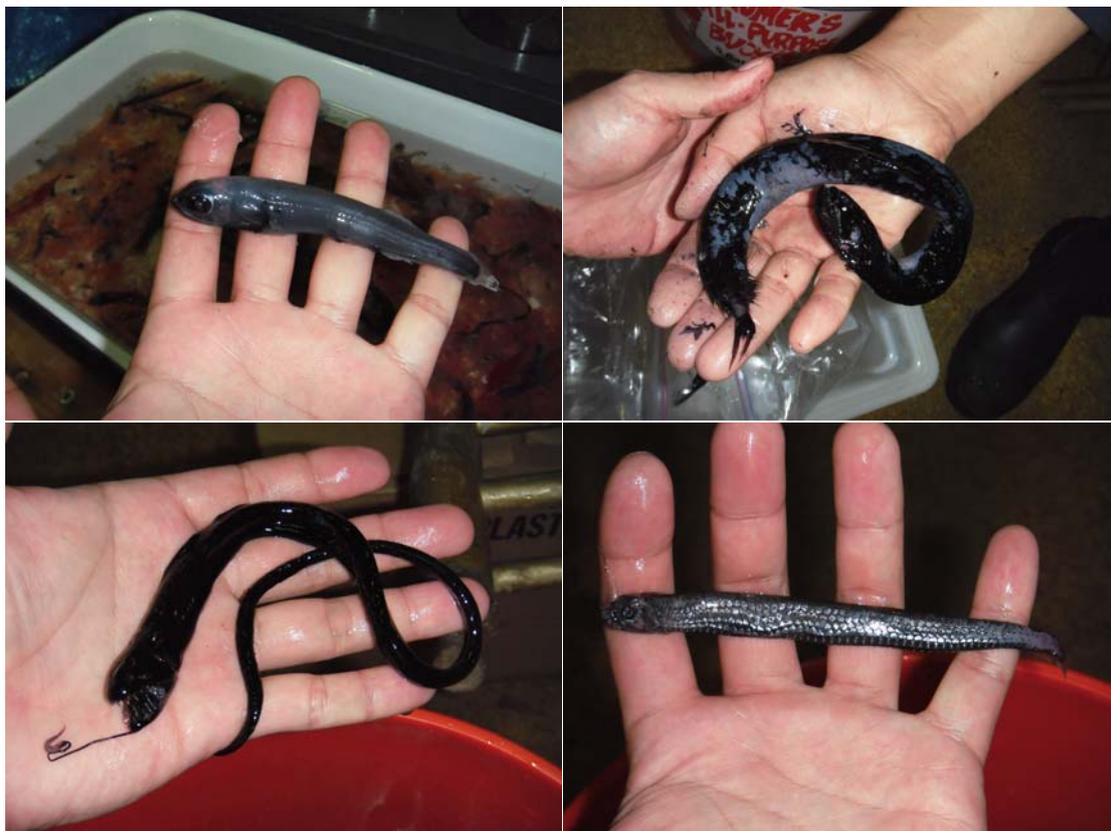


圖 41.4、各種中層魚類樣本。



圖 42.1、一般網具較難捕捉到的非中層魚類幼魚樣本。



圖 42.2、各種頭足類樣本。



圖 42.3、除中層魚類外，Oozeki 網具更可捕獲到體型較大(2-3cm)的仔稚魚或幼魚。

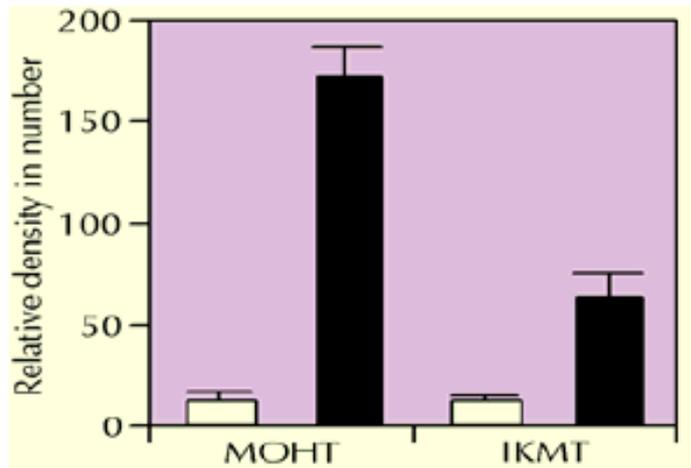


Fig. 3 Comparison of catchability (number of walleye pollock per volume of seawater filtered) between MOHT and IKMT during MIE-3; open bars: daytime, solid bars: nighttime.

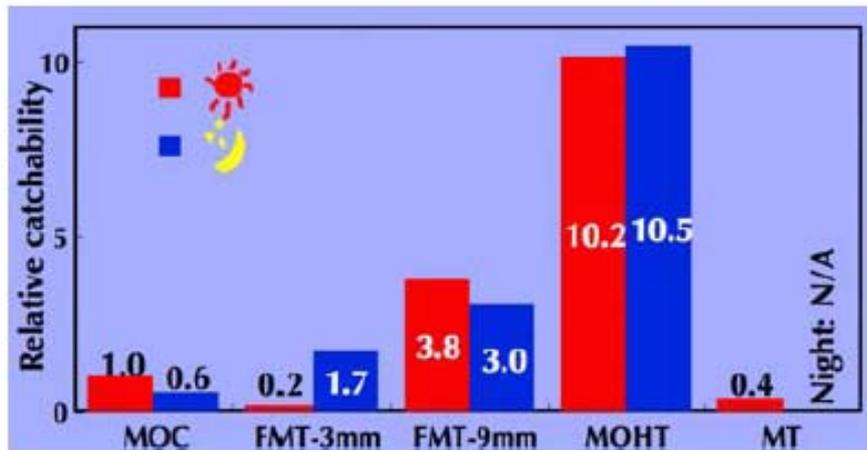


Fig. 2 Comparison of catchability (number of *Diaphus theta* (in >40 mm SL) per volume of seawater filtered) for different sampling gears during MIE-2: MOCNESS-10 (MOC), Hokkaido University Frame Trawl (FMT), Matsuda-Oozeki-Hu Trawl (MOHT), and rope trawl with multi-sampler (MT). Numbers are standardized so that MOCNESS-10 during daytime = 1.0.

圖 44、Oozeki 網為目前採集效率最高的中層拖網類網具。



圖 45.1、魚卵自動連續採集系統(CUFES)。

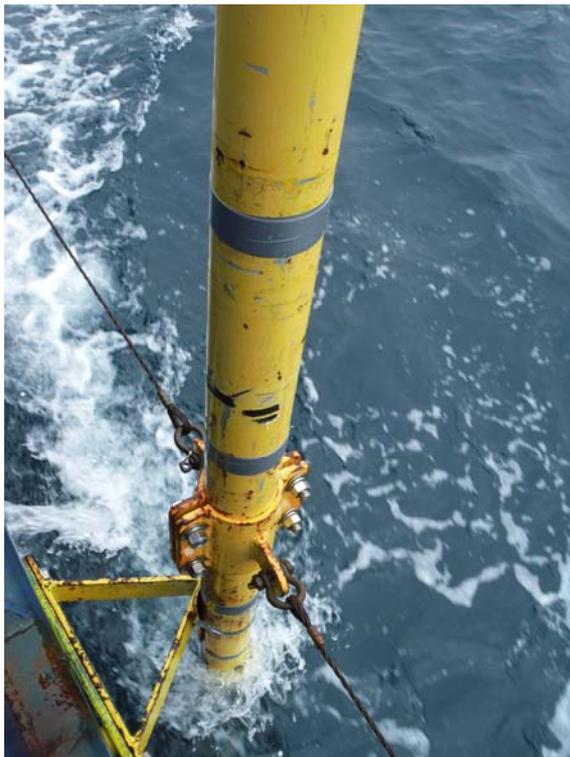


圖 45.2、左：不鏽鋼管入水口設於水下 3 米。右：取得的樣本立刻於船上鑑定完畢。



圖 46.1、於航行中拖曳水下麥克風(hydrophone)。



圖 46.2、研究人員監聽海洋哺乳類發聲；投放水下聲學浮標。



圖 47、投放水文觀測浮標。