

至美國學習聲學探測相關技術及學術交流

計畫編號：101 農科-4.2.1-水-A4

計畫名稱：至美國學習聲學探測相關技術及學術交流

主持人：賴繼昌 助理研究員

研究人員：賴繼昌 助理研究員

執行單位：沿近海資源研究中心

摘要

本計畫赴美國波士頓進行聲學技術研習，共拜訪美國國家海洋漁業局 (NOAA, National Marine Fisheries Service) 所屬東北漁業科學中心 (Northeast Fisheries Science Center, NEFSC) 以及 Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI)。於 NEFSC 與 Dr. Jech 研習有關拖網結合多頻率科學魚探信號分析、登上其試驗船進行多頻率科學魚探之校正作業，並以當地拖網所漁獲之大西洋鯪魚為例進行分析，探討如何規劃拖網漁場之聲學測線。此外，在 WHOI 與 Dr. Foote 討論本中心所進行之魚類單體標物強度 (Target Strength, TS) 水槽試驗結果，了解國外非現場單體標物強度之試驗環境、水槽標準規格，最後以本中心目前現場及非現場聲學反射試驗結果為題目進行簡報，聽取研究人員相關意見，研究人員亦針對本次研習之相關項目，如魚探機之校正，魚類單體反射強度試驗及漁場探測等重點，提供十餘篇著作供參。

關鍵詞：拖網；聲學；標物強度；校正

目的

聲學技術結合拖網作業之研究，用以評估底棲性漁業資源漁外國已行之有年，然而此項技術並未廣泛用於低緯度地區之漁業資源評估，主要由於低緯度地區底拖網漁業的漁獲多樣特性，造成數據分析之不易，隨著聲學技術的發展及軟硬體設備性能之強化，漁獲多樣性之問題或許可藉由單體反射強度 (TS) 的實驗，配合分析軟體及多頻率魚探機所蒐集之回訊差異而過濾目標魚種。本計畫希望藉由向國外大型海洋科學研究中心學習與交流聲探技術之軟硬體操作與分析，除建立與國外聲學研究機構之聯繫管道，瞭解目前國際較先進之聲學研究儀器與方

法，並希望可解決目前國內利用聲學探測底拖漁業資源，數據分析不易之問題。

過程

2012/9/1 (六) 桃園國際機場 (台灣) → 舊金山國際機場 → 波士頓羅根國際機場

19:50 自桃園國際機場搭乘長榮航空 BR0018 班機飛往美國舊金山，飛行時數 11 小時 40 分鐘。於當地時間 16:30 降落美國舊金山國際機場。經入境審查及領取行李後，於當地時間 22:49 分經轉機搭乘聯合航空 UA376 班機於 9/2 清晨 7:34 到達波士頓羅根國際機場。

2010/9/2 (日)

9/2 到達波士頓羅根國際機場，經入境及行李提領後，於機場外搭乘 10:35 分巴士開往本次預計研習之機關所在地 Woods Hole，到達時間約 12:30。到達 Woods Hole 後便獨自步行前往約定住宿之地點安頓。

2010/9/3 (一)

每年 9 月的第一個星期一為美國勞工節連假，因此預計拜訪之研究中心並無開放，故由東北漁業科學中心的 Dr. Jech 帶領至 Woods Hole 周邊了解其漁業環境，Woods Hole 之漁業型態主要為底拖網漁業及龍蝦籠具漁業 (圖 1、圖 2)，因該處同時擁有，NOAA Fisheries, Northeast Fisheries Science Center (NEFSC)、Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI) 及 Marin Biological Laboratory (MBL) 等 3 個分屬於政府、私人及教育單位的海洋研究機構，因此碼頭邊常停有不同的試驗船，如隸屬於 WHOI 的 2600 噸試驗船 KNORR (圖 3) 與另一艘 16 噸的小型沿近海試驗船 TIOGA (圖 4)，該船速度可達 20 節，專責沿近海地區的海洋探測。而 Woods Hole 地區屬於美國東岸觀光勝地，故其周邊各處碼頭停泊了不少須繳費才可停泊於港區的私人小艇 (圖 5)，亦常見不少無繳停泊費用的船隻，於假日由汽車拖往碼頭區進行海洋休閒活動 (圖 6)。

2010/9/4~5 (二、三)

清晨 7:30 分與 NOAA 學者 Dr. Jech 自 Woods Hole 驅車出發，經 2 個小時車程前往停泊於羅德島隸屬於 NOAA 的大型試驗船 Henry B. Bigelow (圖 7)，上船出海執行 2 天 1 夜的多頻率科學魚探校正工作。Henry B. Bigelow 以世界著名的海洋學者，同時也是 WHOI 創辦董事之名命名，總噸數 1840 公噸，專責美

國東北海域底拖網海洋科學調查。本航次為每年 9~10 月大西洋鯡魚漁期開始前，為所有需利用該 Bigelow 試驗船之研究團隊進行儀器測試與校正所安排之航次，Dr. Jech 研究團隊負責大西洋鯡魚之每年度聲學資源調查，在進行聲學探測前段，最重要的工作便是科學儀器的校正，因此本航次將進行該試驗船上 5 種頻率 (18、38、70、120 及 200 kHz) 之多頻科學魚探校正作業。

登上試驗船後，初步了解其儀器操空機房之空間分布狀況 (圖 8~圖 9)，及所有擁有的聲學設備，主要為淺海多波束聲納 (ME70) (圖 10) 及多頻率之科學魚探 (EY60) (圖 11)，其聲學設備與型號基本上與本所水試二號之聲學設備相同，但多頻率科學魚探部分則多出 38 及 70kHz 兩個頻率。後續開始進行科學魚探校正前之準備工作，將所攜帶用於安放竿架之基座 (圖 12) 磨平拋光 (圖 13)，以適合安放於船舷邊之座槽 (圖 14)。校正工作於夜間 11 時左右，該試驗船完成其他儀器測試工作，駛入羅德島 Newport Bridge 前方灣區 (圖 15) 錨定後開始作業，該地區海域深度約 30 m，將可操控釣線長度的竿架安置於船右舷前後及左舷中間三個基座 (圖 16)，並連接電源與信號線，現場人員均攜帶無線電以備聯絡。選定適當標準球規格 (圖 17)，並於浸泡清潔劑後取出，防止該標準球於水中有氣泡依附影響校正數值，將其與重錘依序沉放於船底正下方 13~16 m 處及 20 m 處之後，回到儀器操空機房開始進行科學魚探校正 (圖 18)。首先必須審視船底各項聲學設備之安裝相對位置 (圖 19)，利用按鍵直接同時操控三組竿架之釣線收放與多波束科學魚探輔助尋找標準球，確定標準球已移至船底正下方後，依序移動至各個頻率之波束下方進行校正。筆者亦負責其中 38kHz 之完整校正流程 (圖 20)，實際完成校正圖及 Gain 與 Sa 參數之取得 (圖 21)。整個校正工作由夜間 11 時至隔日 7 時止，共持續進行 8 小時作業。

筆者亦利用作業空檔與 Dr. Jech 了解該試驗船拖網漁獲作業，該試驗船拖網網具架設於船尾甲板 (圖 22)，甲板上並設有整條輸送帶 (圖 23)，並在輸送帶末端設有量測設備及條碼掃描設備 (圖 24)，漁獲於起網後直接進入輸送帶，由研究人員直接當場進行漁獲選別及體長、體重量測，漁獲資料當場於輸送帶末端直接完成記錄，若單一魚種漁獲尾數過多時，則採樣 100~150 尾量測，研究人員於航次結束時，便可直接將數據帶回研究室分析，所有拖網漁獲除了少部分因特殊需求攜回研究室分析之外，皆當場海拋。由於該航次並無排定拖網作業，因此與 Dr. Jech 以觀看拖網作業影片之方式現場討論，漁獲作業過程示於圖 25~圖 27。

此外，亦利用此空檔與 Dr. Jech 介紹本中心目前在底拖網結合科學魚探之探測結果 (圖 28~圖 30) ，交換其在聲學探測測線規劃之經驗，針對亞熱帶地區底拖網漁獲組成複雜，造成聲學資料難以辨識單一魚種資源之問題，Dr. Jech 建議初步先掌握目標魚種之棲息漁場，以縮小探測範圍，減低不必要的作業時間浪費，在探測過程若遇明顯魚群反應之區域，可暫停測線，回頭進行底拖網漁撈作業，於作業後繼續航線之探測。經執行整夜科學魚探校正工作後，試驗船於 9/5 中午 12 時進港，駕車返回 Woods Hole 時約下午 2 時 30 分。協助卸載裝備，並參觀其倉庫，當時正由 NEFSC 研究人員測試水下攝影結合聲學設備之儀器 (圖 31 ~ 圖 33) ，該儀器經連結纜線後，最深可拖曳於水下 2000m 處進行水下聲學及影像資料蒐集。

2010/9/6 (四)

與 NEFSC 之 Dr. Jech 約定 8:00 於其辦公大樓會面，隸屬於 NOAA 之 NEFSC 大樓外觀如圖 34 ~ 圖 35，討論其應用多頻率科學魚探進行大西洋鯡魚之分析經驗 (圖 36) ，Dr. Jech 對應漁場地形圖解說漁場掌握及聲學側線之規劃方式 (圖 37) 。並展現各測站探測成果於網頁 (圖 38) 。

Dr. Jech 透過多頻率聲學資料結合拖網鑽研北美東岸之大西洋鯡魚已有多年經驗，善長辨析複雜之多頻率聲學資料，由於其主要目標為大西洋鯡魚，然而收錄之聲學資料並非僅有鯡魚之回訊 (圖 39) ，尚須經過一系列回訊分類後方能獲得目標資訊。因此，Dr. Jech 的分析方法有許多值得借鏡之處，得以用於未來水試二號多頻率魚探機系統收錄之資料分析。

Dr. Jech 所使用的資料分析方式，初始步驟與一般方法無異，皆須先透過標準金屬球進行魚探機之校正，不同的魚探機頻率需搭配不同大小及材質之標準金屬球，完成校正之魚探機方能與他人研究所使用的魚探機同列於統一標準。下一步驟則是濾除不必要之非生物雜訊，其中這些雜訊有來自海水表面擾動、水中微小氣泡亦或貼近海底處無法辨識物體。為了屏除海水表面擾動產生之雜訊，需要設定一深度大於海平面之界限，此深度亦須考慮魚探機的頻率高低及實驗時之海況優劣，當頻率低或海況糟時，則必須設定一較大之深度，並以此為篩選資料之上界限。水中微小氣泡則可以透過最小閾值 (Minimum Threshold) 濾除，最小閾值之作用在於能將資料中所有低於此值之回訊皆予以汰除，且不納入分析。

來自貼近海底處無法辨識物體之回訊，濾除方法類似於屏除海水表面擾動產生之雜訊，同樣為設定一固定深度之界限，不過此界限的深度必須以海底線為基準面，一般將深度設定為 $-0.5\text{ m} \sim -2\text{ m}$ ，意即此界限較海底線淺 $0.5\text{ m} \sim 2\text{ m}$ ，且與海底線完全平行，且為篩選資料之下界限。另外，若有其他已知非生物訊號，可使用手動圈選排除的方式，將該訊號移除。依據設定之上界限與下界限，排除所有不在此範圍內的所有資料。完成此二步驟後方能進行後續細部分析。

Dr. Jech 利用一種能清楚由頻率間之差異分類聲學資料的方法，在相同的探測位置，依據各個頻率收錄訊號的有無，可以將訊號群明顯的劃分，將此種交集或聯集之法繪製成圖（圖 40），可有效提升辨識回訊的效率，容易將已辨識之回訊做統計分析，計算海域內蘊藏之生物含量，進而透過長時間的探查，辨析各種生物依據時間序列，其分布狀況的變動，構築整個海洋生態系統的監測，掌握環境變動帶來的影響。此方法可望未來運用於台灣周邊海域的聲學調查，經規劃長時間及有系統的航跡測線，建構聲學資料庫，觀測拖網漁業活動是否影響生物分布變動，以及台灣沿岸洋流伴隨季節改變所影響之層面。

下午 1:30 至 Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI) 所在地 Bigelow 大樓（圖 41）拜訪聲學研究專家 Dr. Foote（圖 42），由 Dr. Foote 親自帶領進入 WHOI 的 Ocean Acoustics and Signals Lab 參觀其單體反射試驗專用水槽及相關儀器（圖 43~圖 45），並實際量測其水槽規格，該水槽為橢圓形水槽，長 3.5 m 、寬 2.1 m 、深 1.5 m ，可用於 $100 - 600\text{ kHz}$ 以上的單體反射強度試驗。隨後參觀其戶外大型水槽（圖 46），戶外大型水槽位於碼頭邊，長 23 m 、寬 6 m 、深 23 m ，旁有貨櫃屋可供人員進入安置相關儀器，並與裝設於外側水槽的儀器可以訊號線連接。隨後，在 Dr. Foote 帶領下，介紹其研究中心之各項聲學設備（圖 47）、水槽試驗之實驗設計與設備（圖 48、圖 49），隨後結束一天的拜訪行程。

2012/9/7 (五)

上午 9:00 再赴 WHOI 拜訪於 WHOI 攻讀博士學位之研究生，李伍鎔小姐，由李小姐介紹其運用寬頻科學魚探(broadband)在鎖管探測之成果，並藉以了解目前寬頻科學魚探之研究進展，目前國內並無寬頻科學魚探及相關研究，該項技術已發展至較現有科學魚探能有更精細之解析結果，若能解決更深海域之探測問

題，將為未來聲學領域研究之重要工具與趨勢。隨後拜訪 WHOI 的學者 Dr. Arthur Newhall(圖 50)，聽其簡報有關於聲學儀器結合影像系統應用於現場魚類探測，了解國外目前在聲學結合影像技術上的研究結果。

於下午 1:30 至 WHOI 簡報室與學者進行簡報，針對本中心在聲學領域研究上，有關現場及非現場實驗以 2 個題目(1) *In situ* Target Strength and Aggregating Behavior Measurements of Yellowfin Tuna Gathering around Sub-surface Fish Aggregating Devices by acoustical equipments. (2) A study on the sound scattering characteristic of living juvenile yellowfin tuna (*Thunnus albacores*). 進行約 1 小時的簡報，並聽取到場學者之意見，學者針對現場實驗之參數結果及非現場實驗之近音場範圍等研究內容熱烈討論，並提供寶貴意見，整場簡報及討論約進行 2 小時 30 分，會後並與與會學者合照 (圖 51)。

簡報結束後，持續於 WHOI 大樓內陸續各別拜訪各位學者，大部分學者均不吝嗇的再給予研究上的相關意見，最後，Dr. Foote 及 Dr. Jech 等人再針對本人此行在 NOAA 及 WHOI 拜訪研習的內容，熱心的提供十數篇其著作(如附錄)，期許未來在研究上可提供相關的助益，在此結束本次在 WHOI 的參訪研習行程。

2012/9/8(六) 波士頓羅根國際機場→ 舊金山國際機場

17:45 自美國波士頓羅根國際搭乘長榮航空 UA455 班機飛往舊金山國際機場，飛行時數 6 小時 25 分鐘。於當地時間 21:10 降落美國舊金山國際機場。

2012/9/9(日)舊金山國際機場 →桃園國際機場 (台灣)

於當地時間 01:40 分經轉機搭乘長榮航空 BR017 班機於 9/10 (一) 清晨 5:20 到達桃園國際機場，隨後搭乘高鐵返回高雄。

心得及建議事項

- (1) 美國對於利用多頻率科學魚探結合拖網進行漁場探測與資源評估已有豐富之經驗，並且非常注重探測試驗前之科學魚探校正工作，國外學者建議由於每航次探測之季節、水文環境等條件都會有所差異，

故應於每航次進行探測前進行科學魚探之校正，若探測試驗頻率過於頻繁，仍應每半年近行校正一次。因此其校正作業所使用的標準球調整設備均已採用自動化，遠端控制作業，基本設施架設完成後，在儀器操作室便可由一人獨力操作完成，與目前我國仍需多人合力操作進行校正相較更有效率，且更能針對校正角度進行調整，此類設備未來應導入我國聲學儀器校正流程，期能使儀器之探測功能更具公信力與準確性。

- (2) 關於拖網結合聲學儀器之現場探測試驗，由於地處亞熱帶之台灣周邊海域魚種組成相對多樣，國外學者建議應先針對目標魚種掌握漁期、漁場等生態因素後，適當的規劃測線，在不浪費多餘的探測時間與適當涵蓋魚群分布範圍的條件下取得平衡，並在探測過程中持續注意聲學儀器所接收的反射動態，若有疑似目標物出現，便即回頭進行現場採樣作業以作為查證，後續再以此模式完成整個漁場資源的探測作業。
- (3) 本次實際登上美國試驗船參與其試驗工作，對其現場底拖網漁獲作業的操作效率有更深一步的了解，漁獲資料於起網後便開始進入一系列分工明確的標準作業流程，研究人員於航程結束前即可取回該航次試驗資料進行分析，與我國將採集資料攜回實驗室詳細量測之做法大不相同，相較之下較有效率，也可減少試驗樣本的囤積。雖目前我國因試驗船空間問題難以仿效其做法，但對於試驗流程的規劃及明確訂定需量測的數據資料，有相當的參考性。
- (4) 此行對於國外非現場水槽試驗之實驗設計與水槽規格已有初步了解，未來期望可以針對不同的標地物及不同的實驗設計，決定適合的試驗水槽。而在試驗結果之分析上，由於國內目前尚難尋得適當深度之試驗水槽，在水槽過淺之情況下，對近音場的範圍應先以實際探測的方式予以確定，再進行後續資料蒐集，才能排除對原始資料正確性之疑慮。

參考文獻

1. Fleischer, G. W., Argyle, R. L., and Curtis, G. L. 1997. In situ relations of target strength of fish size for Great Lakes pelagic planktivores. *Transactions of the American Fisheries Society*, 126: 786–794.
2. Foote, K. G. 1991. Summary of methods for determining fish target strengths at ultrasonic frequencies. *ICES Journal of Marine Science*, 48: 211–217.
3. Foote, K. G., Knudsen, H. P., Vestnes, G., MacLennan, D. N., and Simmonds, E. J. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. *ICES Cooperative Research Report*, pp.144.
4. Gauthier, S., Horne, J.K., 2004. Potential acoustic discrimination within boreal fish assemblages. *ICES J. Mar. Sci.* 61, 836–845.
5. Godlewskaa, M., M. Colonb, L. Doroszczyka, B. Dugoszewski a, C. Verges b,c, J. Guillardb, 2009. Hydroacoustic measurements at two frequencies: 70 and 120 kHz – consequences for fish stock estimation. *Fish. Res.* 96, 11–16.
6. Guillard, J., Lebourges-Dhaussy, A., Brehmer, P., 2004. Simultaneous Sv and TS measurements on YOY fresh water fish using three frequencies. *ICES J. Mar. Sci.* 61, 267–273.
7. Hjellvik, V., Tjøstheim, D. and Godø, O.R., 2007. Can the precision of bottom trawl indices be increased by using simultaneously collected acoustic data? The Barents Sea experience. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 64, 1390–1402.
8. Horne, J.K., 2000. Acoustic approaches to remote species identification: a review. *Fish. Oceanogr.* 9, 356–371.
9. Jech J. M., 2011. Interpretation of multi-frequency acoustic data: Effects of fish orientation. *J. Acoust. Soc. Am.* 129 (1).
10. Knudsen, F.R., Larsson, P. and Jakobsen, P.J., 2006. Acoustic scattering from a larval insect (*Chaoborus flavicans*) at six echosounder frequencies: implication for acoustic estimates of fish abundance. *Fish. Res.* 79, 84–89.
11. Korneliussen, R.J. and Ona, E., 2002. An operational system for processing and visualizing multi-frequency acoustic data. *ICES J. Mar. Sci.* 59, 293–313.
12. Korneliussen, R.J. and Ona, E., 2003. Synthetic echograms generated from the relative frequency response. *ICES J. Mar. Sci.* 60, 636–640.
13. Love, R. H. 1971. Dorsal-aspect target strength of an individual fish. *Journal of the Acoustical Society of America*, 49: 816–823.
14. Love, R. H. 1977. Target strength of an individual fish at any aspect. *Journal of the Acoustical Society of America*, 62: 1397–1403.
15. MacLennan, D. L., Fernandes, P. G., and Dalen, J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science*, 59: 365–369.

16. MacLennan, D. L., and Menz, A. 1996. Interpretation of in situ target strength data. *ICES Journal of Marine Science*, 53: 233 – 236.
17. Madureira, L.S.P., Ward, P. and Atkinson, A., 1993. Differences in backscattering strength determined at 120 and 38 kHz for three species of Antarctic macroplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 93, 17–24.
18. Mitson, R.B., Simard, Y., Goss, C., 1996. Use of a two-frequency algorithm to determine abundance of plankton in three widely spaced locations. *ICES J. Mar. Sci.* 53, 209–215.
19. Ona, E. 2003. An expanded target strength relationship for herring. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 493 – 499.
20. Simmonds, E. J., and MacLennan, D. N. 2005. *Fisheries Acoustics: Theory and Practice*, 2nd edn. Blackwell Science, Oxford.
21. Trevorrow, M.V., Tamaka, Y., 1997. Acoustic and in situ measurements of freshwater amphipods in lake Biwa, Japan. *Limn. Ocean.* 42-1, 121–132.
22. Szalay, P.G., Somerton, D.A, 2009. A comparison of acoustic backscatter between a trawling and a free-running vessel for eastern Bering Sea walleye pollock (*Theragra chalcogramma*). *Fish. Res.* 96, 223–229.
23. Szalay, P.G., Somerton, D.A., Kotwicki, S., 2007. Correlating trawl and acoustic data in the eastern Bering Sea: a first step toward improving biomass estimates of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) and Pacific cod (*Gadus macrocephalus*)? *Fish. Res.* 86, 77–83.

To learn acoustic survey technique and academic exchange in USA.

Chi-Chang Lai

Abstract

This project was to learn acoustic survey technique and academic exchange in Boston, USA. I visit the Northeast Fisheries Science Center (NEFSC), which belongs to the National Marine Fisheries Service (NOAA), and also visit the Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI). Study the signal analysis about trawl combined multi-frequency scientific echosounder in NEFSC with Dr. Jech. Implementation the calibrate work of multi-frequency scientific echosonde on the USA research vessel, Henry B. Bigelow. And analyzed the trawl – acoustic data, take the Atlantic herring for example. We also discussed how to plan the survey line in trawl-net fishing grounds.

In addition to visited the NEFSC, also discussed the result of *ex-situ* experiment about acoustic target strength research with Dr. Foote in WHOI. Understood the foreign experiment environment, and the standard scale of water tank. Finally, make a 1 hour presentation, which were about the *in-situ* and *ex-situ* acoustic research result of our research center. Listened the advice of researchers in WHOI, about calibrate, TS experiment and fishing grounds survey. At last, brought back several references which were useful to our future research.

Keywords: trawl net ; acoustic ; target strength ; calibrate



圖 1. Woods Hole 主要的漁業型態之一—
底拖網漁船



圖 2. Woods Hole 主要的漁業型態之
二-龍蝦籠具



圖 3. 停泊於 Woods Hole 碼頭邊的試驗船
KNORR



圖 4. 停泊於 Woods Hole 碼頭邊的小
型試驗船 TIOGA



圖 5. Woods Hole 周邊停泊的私人小艇



圖 6. 於假日常見由汽車拖往碼頭區
進行海洋休閒活動的船舶



圖 7. 隸屬於 NOAA 的大型試驗船 Henry B. Bigelow 外觀

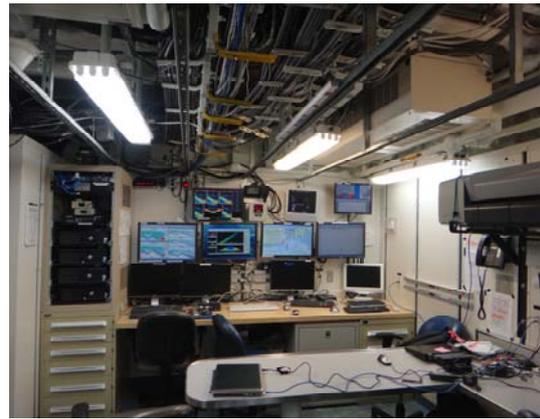


圖 8. 試驗船 Henry B. Bigelow 資訊機房空間配置-1



圖 9. 試驗船 Henry B. Bigelow 資訊機房空間配置-2

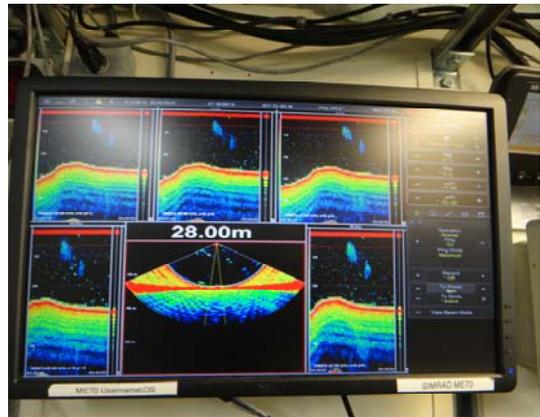


圖 10. 淺海多波束聲納 ME70

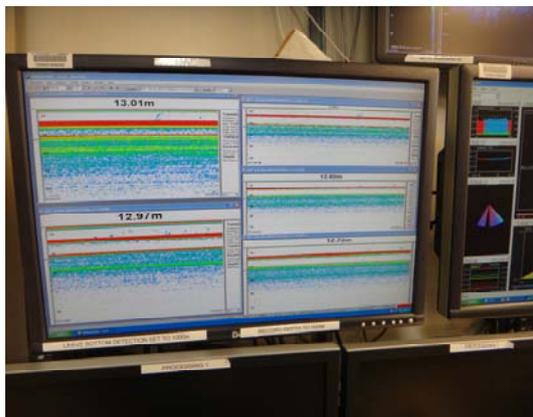


圖 11. 多頻率科學魚探 EY60

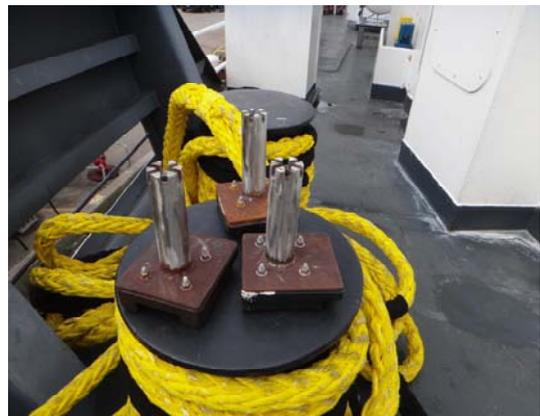


圖 12. 魚探機校正用竿架固定器



圖 13. 固定器磨平拋光作業



圖 14. 將固定器基座安放於船舷邊之座槽



圖 15. 本次科學魚探校正地點(黃色標記處)



圖 16. 校正竿架安置於船舷基座



圖 17. Dr. Jech 選定適當校正標準球

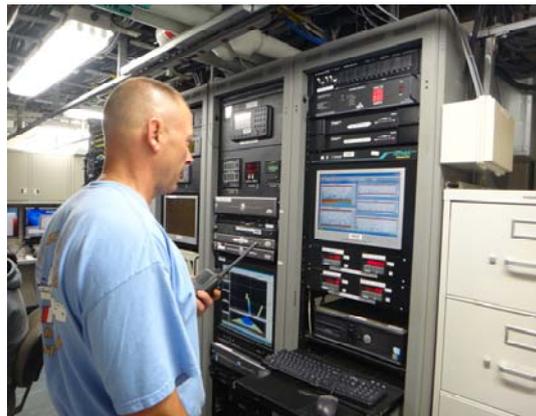


圖 18. 科學魚探校正前準備



圖 19. 校正前檢視裝設於船底之各項聲學設備位置



圖 20. 筆者實際參與科學魚探校正作業

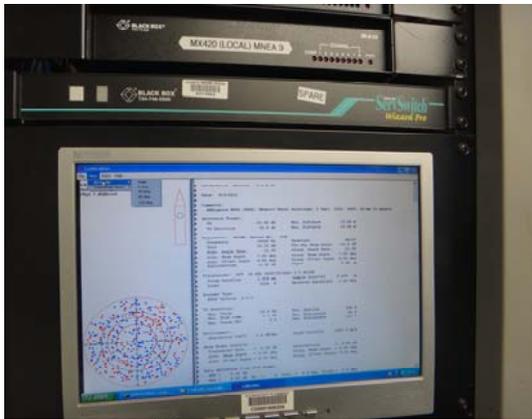


圖 21. 科學魚探校正結果(校正圖與參數)



圖 22. Bigelow 試驗船上之拖網網具



圖 23. Bigelow 試驗船上之漁獲輸送帶



圖 24. Bigelow 試驗船上之漁獲體長體重測與條碼掃描設備



圖 25. 拖網作業起網後，漁獲直接進入輸送帶



圖 26. 輸送帶上，研究人員直接進行漁獲選別作業



圖 27. 漁獲選別後裝置於有條碼的籃子送量測體長體重資料

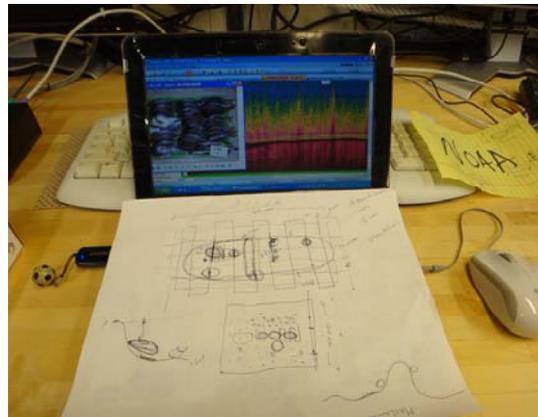


圖 28. 展示本中心目前在底拖網結合聲學研究之結果 1

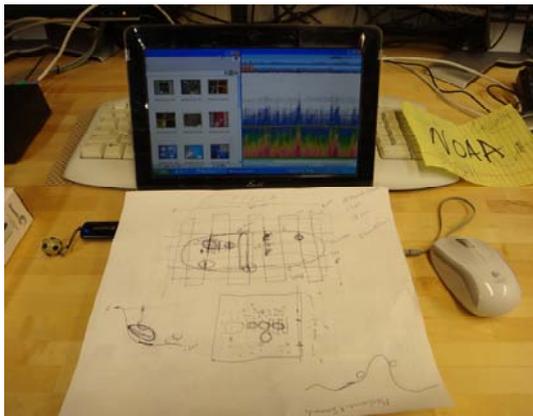


圖 29. 展示本中心目前在底拖網結合聲學研究之結果 2

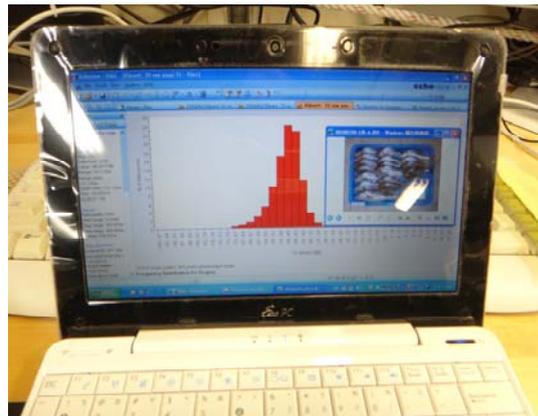


圖 30. 展示本中心目前在底拖網結合聲學研究之結果 3



圖 31. NEFSC 之攝影結合聲學設備(右下角為攝影鏡頭與光源)



圖 31. NEFSC 之攝影結合聲學設備(黃色部分為魚探機 transducer)



圖 33. NEFSC 研究人員測試攝影結合聲學設備



圖 34. NOAA 之 NEFSC 大樓外觀 1



圖 35. NOAA 之 NEFSC 大樓外觀 2

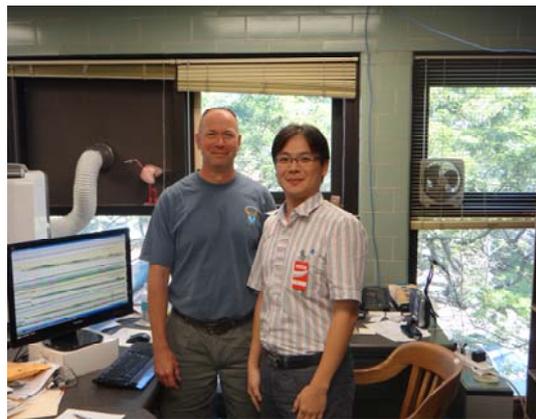


圖 36. 筆者至 NEFSC 辦公室與 Dr. Jech 討論多頻科學魚探分析方法



圖 37. Dr. Jech 對應漁場地形圖解說聲學測線規劃

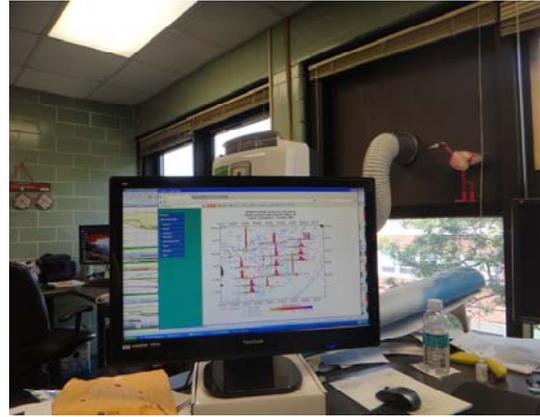


圖 38. 於網頁中展現大西洋鯡魚之各測站聲學探測成果

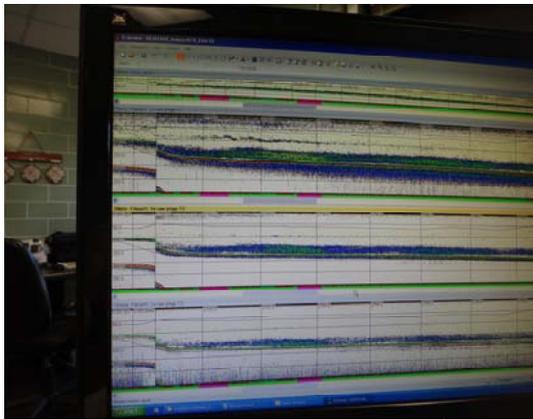


圖 39. Dr. Jech 應用實際探測結果解釋不同頻率探測下，不同魚種的反應結果

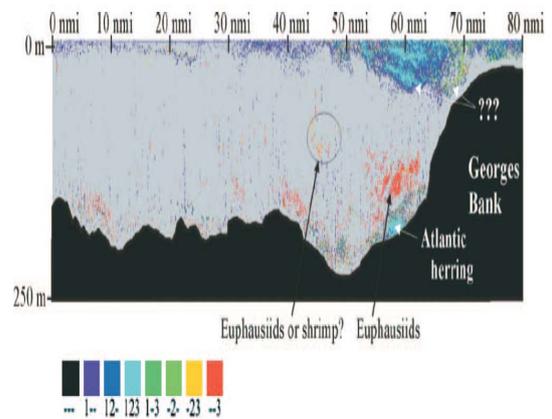


圖 40. Dr. Jech 以交集或聯集法繪製回訊圖進行分析(1、2、3 表示不同頻率)



圖 41. WHOI 所在地 Bigelow 建築



圖 42. 筆者與 Dr. Foote 合照



圖 43. Dr. Foote 協助測量 OASL 單體反射試驗水槽規格



圖 44. OASL 單體反射試驗水槽全貌



圖 45. OASL 單體反射試驗實驗室相關儀器



圖 46. OASL 戶外聲學專用大型水槽



圖 47. Dr. Foote 介紹 WHOI 聲學設備



圖 48. Dr. Foote 介紹水槽試驗用設備



圖 49. 存放於研究室的 broadband 科學
魚探

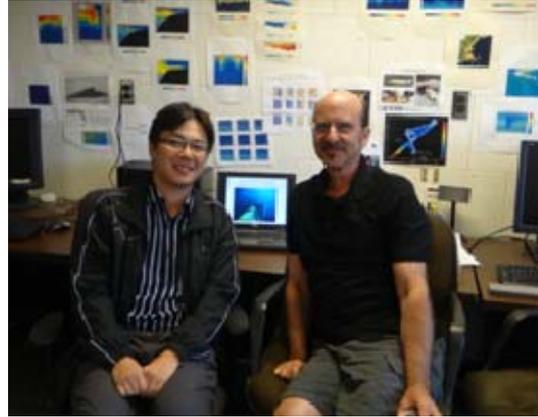


圖 50. 與 Dr. Arthur Newhall 合照



圖 51. 簡報結束後與 WHOI 學者合照