

簡介亞洲海域國際水中聲學實驗

(Asia Seas International Acoustic EXperiment, ASIAEX)

臺灣大學海洋研究所 唐存勇

一、簡介

二次世界大戰後，應潛水作戰／反潛作戰所需，各國（尤其先進國家）開始對水中聲學的研究大力支持，而聲音在水中之特質受當地海洋的水文、海水運動及底質特性影響而有所不同，故水中聲學是俱有區域性特質的。當蘇聯瓦解進入後冷戰時代，美國海軍開始對亞洲淺水海域之水中聲學研究有很大興趣，主要應該是因應區域性潛水／反潛作戰所需。

1996 年 6 月，美國海軍研究室（Office of Naval Research, ONR）與中國科學院（主要參與單位應為位於北京的聲學研究所與位於青島的海洋研究所）在黃海進行實驗，研究項目為內波與聲波之交互作用（internal wave-acoustic interaction），與聲波在海床上之反射（bottom reverberation）。黃海聲學實驗就科學而言，並不算是很成功，主要原因據知是因為該海域內波太複雜，因而引起複雜的水文及聲傳變化。但此實驗卻引起美方欲進一步在大陸附近其他淺水海域進行合作實驗的意願。在 1997 年 12 月，ONR 再度邀集大陸人仕，同時並邀請蘇俄、南韓、日本、新加坡等地近五十位學者（主要為聲學專長）於 San Francisco 舉辦國際淺水聲學研討會（International Workshop on Shallow Water Acoustics），推動於南海北部（珠江外大陸棚上）進行一國際合作的海洋科學與水中聲學大規模實驗。此會議可能因政治因素，台灣被排除在外。

1998 年 5 月，美國海軍學院（Naval Postgraduate School, NPS）兩位教授（Ching-Sang Chiu 與 Steve Ramp）來台，經由海科中心安排與國內海洋科學、水中聲學及海軍相關人仕會面，介紹南海聲學實驗之構想，並期瞭解我國參與之興趣。由於此一南海北部大陸棚上之研究對我國海洋科學與國防均甚重要，且位於我國經濟水域之內，故我國與會人仕均表達願意積極派遣研究人員及船隻參與此一國際合作計畫。隨後我國派員參與二次規畫會議中，基於地緣關係及我國科學家對南海海域的瞭解及海

上實驗工作優於南海臨近國家，故美方邀請我國參加的意圖變為強烈。回應美方的邀請，國科會、海洋學者及海軍有關人員曾共同討論商議後決定，我方應積極參與，因(1)研究可提昇我國水中聲學研究能力，因而可增進反潛能力；(2)瞭解此海域海洋物理特性；(3)參與區域性國際合作計畫；(4)對我經濟海域主權的宣示。

1999 年 7 月，美方邀請參與國（台灣、大陸、新加坡、韓、日本及蘇俄）對實驗作最後規畫，並命名為 Asia Seas International Acoustic EXperiment (ASIAEX)。會中決議二研究海域分別是東海陸棚／坡（長江口西方）及南中國海北部陸棚／坡處（東沙島的東北方），其研究區間如附圖一。先導實驗訂於 2000 年 4 月，密集觀測訂於 2001 年 4-5 月。我國經討論後決定 (1)參與南海北部實驗，主要項目是有關物理海洋探測；(2)派觀測員參與美研究船的東海探測；(3)美方提供聲傳實驗資料予我國科學家研究；(4)中美合作須經政府級正式管道簽約並正式申請至我南海經濟海域探測。東海探測研究區間距我國較遠，且考慮研究船資源有限，故不參與其現場實驗，但美方願提供資料予我方對該海域有興趣的研究人員。

先導實驗已於 2000 年 4 月執行完畢，而密集觀測的細節規畫亦已定案，下二節將報告先導實驗的一些先期成果及密集觀測的細節規畫，最後將提供一小結。

二、先導實驗的初期成果

先導實驗主要於 2000 年 4-5 月分東、南海二海域執行，工作以海洋物理及地形探測為主，實驗雖進行尚稱順利，唯亦遭遇不少困難與損失，結果並不十分完美，但此困難與損失亦是執行自然科學研究上常常不可避免的。在執行前，美方向我國、大陸、日本及韓國（東海研究區間亦涉及日、韓經濟海城）提出申請許可，我方經部會討論後同意，日、韓亦迅速同意，但卻一直未能獲得大陸官方正式反應。爾後大陸官方拒絕美研究船進入南海研究區

間，但同意東海實驗，唯同意研究區間略有移動並縮減。因應此變化，南海實驗由我國海研一及三號進行，美研究船則執行東海研究。

東海先導實驗於 1999 年 4 月執行，我方派一觀察員、而大陸及韓國皆派二員參加。先導實驗主要目的是蒐集研究該海域水文、海流、地形、底質等資料，實驗進行中因該海域有大量大陸漁船作業而數度中斷，美方錨碇儀器受底拖作業漁船影響，遺失近 75% 的儀器，在航次作業報告中特陳述此海域作研究業困難。作業成果以 chirp sonar 之探測地貌、底質結果較完整，顯示東海陸棚有多處古河床冲刷及回填並非一理想之水平均勻底質 (Range-independent environment)，其影像亦顯示拖網漁船在海底造成一條條刮痕。沉積物採樣計獲得 15 支 core。水文量測顯示黑潮在此區間有明顯東西向移動，大陸棚與黑潮間形成一明顯鋒面，而錨碇時間序列量測則因儀器損失而資料殘缺不全，雖測得數內波信號，唯整體錨碇作業應屬失敗。基於資料共享原則，我國雖未實際參與作業，但量測資料已備份交予我國海洋科學研究中心的資料庫。

南海實驗部份則主要由我國執行，美國為輔，主要工作是水文、海流及地形量測，漁船作業雖仍是困擾，唯錨碇損失遠較東海少，資料亦較完整。因研究船期限限制，地形量測由中山大學魏瑞昌教授於九月完成。其初期成果

1. 一高壓中心位於呂宋海峽與研究海域間；
2. 陸棚邊緣流場空間尺度僅約 10 餘公里；
3. 陸棚邊緣流場上下不一致，下層有流出陸棚，上層流入陸棚；沿等深線的海流，亦存有大的 horizontal gradient；
4. 成功地使用拖曳式 CTD (SEASOAR)，獲得連續完整的水文斷面；
5. 南海內波於大潮前後較易發生，且大都以 first mode 存在；
6. 內波發生時，上下流速反向，上層最大流速逾 200cm/s，下層最大流速約 150cm/s；
7. 內波週期約 10 分鐘，但隨地點而有所變易；
8. 內波引起次表層 (subsurface) 溫度變化約 5-6°C，最大可逾 12°C，此可能是曾觀測過內波引起的最大海溫變化；
9. 內波於上下層海域有明顯的相位偏移

(phase shift)，且節點 (nodal point) 位置隨時間上下變動，此大約也是首次觀測得知的現象；

10. 觀測的 first mode 內波皆屬下壓型波動 (depression wave)，即由上層沈降運動引起，而非舉行波動 (elevation wave) 下層向上抬升所引起的；
11. 觀測得到數次 second mode 內波，其振幅雖遠較 first mode 小，唯 second mode 內波過去從未在自然界測得。
12. 提供完整研究區間地形。

資料已開始進行分析研究，成果將發表於 Journal of Ocean Engineering 的 special issue。

三、密集觀測實驗

今年年初於美國海軍學院已討論決定實驗細節，東海實驗仍以美方及大陸研究船為主，其分別為 MELVILLE 及實驗二、三號，美、韓、日、中國大陸及我方科學家將登船參與實驗，南海則以我國研究船(水試一號及海研一、三號)為主，美、新加坡及我國科學家共同參與此實驗，現場作業時間是 2001 年 4 月中旬至 5 月下旬。美方約有 20 位科學家分批登我研究船參與南海實驗，新加坡約有 2-3 位科學家參與航次，我國主要參與研究人員為水試所秦韶生博士、中山大學劉金源、魏瑞昌教授，海大許明光教授，臺大陳琪芳、陳慶生、莊文思、王宵及唐存勇教授。美方研究單位計有麻省理工學院的木洞海洋研究所 (WHOI)，加州理工學院的 Scripps 海洋研究所，美海軍學院、緬因大學、佛羅里達大西洋大學、美海軍研究實驗室及太空總署等研究人員參與。

量測工作此次除重覆水文、海流調查，並增加其觀測密度外，將施放聲源陣列於大陸斜坡及聲接受器陣列於陸棚上，以瞭解聲音在此海域環境下傳遞的特性。我國過去鮮有實際水中聲學量測作業，更缺乏如此大規模實驗經驗。我國水下聲學科學家如陳琪芳、劉金源、魏瑞昌等教授，將積極參與此實際作業，且陳、劉二教授已於國科會工程處提出未來三年整合型計劃，分析研究此實驗的量測結果。相信此實驗將有助於提昇我國水下聲學之研究能力。

四、小結

我國參與『亞洲海域國際水中聲學實驗』基本上是被動邀請，美方邀請我國參加原因推

測有二，一是地緣關係，二是我國有良好的海洋探測能力。我國科學家的投入主要目的是學術研究，但亦含有宣示該海域我國的主權，尤其美方透過正式外交管道申請研究作業，對我國擁有該海域的主權有正面影響。綜觀參與此研究計畫的預期成果有

1. 增進對該海域的海洋特性瞭解；
2. 增進對內波的瞭解；
3. 提昇我國水下聲學的技術與研究；
4. 宣示該經濟海域我國的主權；
5. 增進國際間交流合作。