

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

海洋聲學整合計畫—海洋音響參數之量測、分析及應用 (Ⅲ)--總計畫及子計畫五 研究成果報告(完整版)

計畫類別：整合型
計畫編號：NSC 96-2623-7-002-009-D
執行期間：96年01月01日至96年12月31日
執行單位：國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系暨研究所

計畫主持人：陳琪芳
共同主持人：黃維信、宋國士、劉家瑄、王崇武、康仕仲
計畫參與人員：研究人員：劉家瑄、宋國士、黃維信、宋家驥、湛翔智、苑梅俊、張元櫻、邱永盛、黃成鵬
共同主持人：王崇武

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 97 年 03 月 31 日

行政院國家科學委員會整合型研究計畫 結案報告

海洋聲學整合計畫-海洋音響參數之量測、分析及應用(Ⅲ)

計畫類別:整合型計畫

計畫編號: NSC96-2623-7-002-020

執行期間:96 年 1 月 01 日 至 96 年 12 月 31 日

執行單位:國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系暨研究所

計畫主持人:陳琪芳

共同主持人:王崇武

計畫參與人員: 劉家瑄, 宋國士, 黃維信, 宋家驥,
湛翔智, 張元櫻, 邱永盛, 黃成鷗, 苑梅俊

報告類型:簡要報告

報告編號:UAL-NTU TR

處理方式:除相關需求單位外, 本計畫不可對外提供參考

中華民國九十七年三月三十一日

目錄

目錄	2
圖目錄	4
中文摘要	6
Abstract.....	6
壹、計畫目標	8
貳、研究動機及現況	8
2.1 動機.....	9
2.2 研究現況.....	10
參、研究內容	12
3.1 西南海域驗證實驗.....	12
3.1.1 西南海域環境簡介.....	12
3.1.2 西南海域音傳實驗簡介.....	13
3.1.3 實驗結果與訊號分析.....	14
3.1.4 迴響.....	17
3.1.5 聲源強度及指向性.....	18
3.4 子計畫一：水文變化及海床沈積物之聲學特性研究	18
3.4.1 研究目的.....	18
3.4.2 研究要點.....	18
3.4.3 岩心資料分析成果.....	19
3.4.4 沉積環境探討.....	19
3.4.5 水文資料調查.....	21
3.5 子計畫二：海洋參數反算機制及到達時間之研究	21
3.5.1 研究目的.....	22
3.5.2 研究要點.....	22
3.5.3 模擬成果分析.....	23
3.5.4 結論.....	24

3.6 子計畫三：水下噪音實驗與分析	25
3.6.1 研究目的.....	25
3.6.2 研究要點.....	25
3.6.3 實驗位置.....	25
3.6.4 實驗儀器.....	26
3.6.5 噪音位準估算.....	28
3.6.6 檢討與建議.....	28
3.7 子計畫四：海洋環境參數與反潛作戰模式結合研究	29
3.7.1 研究目的：整合基礎與戰術級模型以分析阻柵效能	29
3.7.3 研究要點.....	29
3.7.4 反潛搜索.....	30
3.7.5 ASORPS 之應用	30
3.7.6 分析與結論.....	31
3.8 子計畫五：聲納偵測參數可靠度分析	31
3.8.1 研究目的.....	31
3.8.2 聲納偵測距離的不確定性分析.....	31
3.8.3 偵測距離不確定性分析.....	35
3.8.4 結論.....	39
3.9 子計畫六：海底底質音響參數量測與分析	40
3.9.1 研究目的.....	40
3.9.2 研究要點.....	40
3.9.3 地音模型的建立.....	40
3.9.4 地音參數資料庫架構.....	41
3.9.5 地音參數資料庫雛形.....	42
肆、結論	43
伍、致謝	43
參考文獻	44

圖目錄

圖 2-1 海洋聲學整合計畫研究架構	9
圖 2-2 聲納效能分析架構圖	10
圖 3-1 台灣西南海域海底地形圖及實驗測線示意圖（海科中心，1999）	13
圖 3-2 台灣西南海域實驗配置圖	14
圖 3-3、聲源實際行進路線及接收載台飄移狀況圖	15
圖 3-4 訊號處理流程圖	16
圖 3-5 能量頻譜密度(Power Spectrum Density)圖	16
圖 3-6 接收聲學訊號圖	17
圖 3-7 迴響訊號圖	17
圖 3-8 重力式岩心採樣位置圖	19
圖 3-8 各岩心孔隙率與磁感率相關分析圖	20
圖 3-9 各岩心孔隙率與壓縮波速率相關性分析圖	20
圖 3-10 海研三號航線(黑線)圖與 CTD 水文測站(黑點)位置圖.....	21
Figure 3-11 Flowchart of simulation and experiment structure for source localization	22
Figure 3-12 Comparison of ANN training error (Case 2)	24
Figure 3-13 Comparison of distance error (Case 2)	24
圖 3-14、臺灣附近海域及 2006 年 OAJEX 實驗位置圖	26
圖 3-15 被動式水下聽音器	27
圖 3-17 春季各頻率量測值與估算值比對圖，(a) 為 500 Hz (b) 為 1.5k Hz	28
圖 3-18 計算格點（15 分經緯度間隔）示意圖	32
圖 3-19 台灣週邊冬季主動聲納偵測距離分佈圖	33
圖 3-20 台灣週邊春季主動聲納偵測距離分佈圖	33

圖 3-21 台灣週邊夏季主動聲納偵測距離分佈圖	34
圖 3-22 台灣週邊秋季主動聲納偵測距離分佈圖	34
圖 3-23 偵測距離統計分析網格位置示意圖	35
圖 3-24 台灣週邊海域 1 月份（冬季）主動聲納統計分析圖	36
圖 3-25 台灣週邊海域 4 月份（春季）主動聲納統計分析圖	36
圖 3-26 台灣週邊海域 7 月份（夏季）主動聲納統計分析圖	37
圖 3-27 台灣週邊海域 10 月份（秋季）主動聲納統計分析圖	37
圖 3-28 地形變動性（藍線）與聲納偵測距離不確定性（紅線）關係圖	39
圖 3-29 地音參數模型架構示意圖。	41
圖 3-30 地音參數資料庫模型的示意圖。	43

中文摘要

由於國際局勢的改變，作戰環境的研究已由以往的大洋海域移轉至濱海海域，而台灣位於第一島鏈中點，戰略位置重要，惟台灣周邊海域環境複雜，連帶的影響海軍艦艇執行水下偵搜的聲納偵測效能，故有必要進行海洋聲學研究，以掌握海洋環境特性對水下偵測效能之影響。聲納系統在不同作業海域會有不同偵測效能，主要是因為水下聲波傳遞時受到海洋環境之特性不同而影響。聲納效能預估若只單靠數值模擬，無法完全掌握因海洋環境變化而造成之聲納效能的改變，因而直接影響反潛作戰兵力有效部署與戰術運用。本計畫主要目標為執行海洋聲學實驗，量測台灣西南海域之環境及音響參數，提供各海域聲納系統之參數校正，以提昇聲納偵測效能，並進行作戰研究與不確定分析，以瞭解多變的海洋環境對海軍艦艇水下偵測能力之影響，有效支援反潛作戰決策運用。

本整合計畫有六個子計畫，分別為海洋水文、底質岩心、聲源定位、噪音方向性、音傳實驗、音響參數應用及戰術模擬系統之研究。本報告為總計畫兼子計畫五一（音傳實驗及聲納效能統計分析）之第三年成果報告，其餘子計畫成果僅摘要敘述，請參閱各子計畫之成果報告。本計畫為三年期計畫，本報告為第三年成果，第一年主要工作為實驗規劃、數值模擬，及實驗儀器購置。第二年執行實驗，第三年實驗數據分析、歸納及應用。

Abstract

Sonar performance changes when deploy in different water which is due to the difference of underwater propagation in the ocean environment. If the prediction of sonar performance are evaluated by numerical simulation only, it would have a big discrepancy with the actual operations in the real water, thus the deployment plan of ASW would not be effective. The main objective of this joint project is to execute the ocean acoustic experiment and to measure the acoustic parameters of the surrounding waters of Taiwan which will enhance sonar detections and supporting the decision making in ASW.

The joint project has 6 individual projects, namely Ocean hydrographic and bottom measurements, Source Localization, Noise directionality, Acoustic Propagation, the statistical analysis of acoustic parameters, studies the tactics simulation system. The research periods of this joint project are three years. The report is the result of third year. The major work of this year is to execute the ocean acoustic experiment.

(本頁空白)

壹、計畫目標

臺灣四面環海，位於第一島鏈之關鍵位置，亦是大陸板塊與歐亞板塊碰撞的交會處，造成周邊海域海底地形環境極為複雜，濱海海域的環境變動性，不論在時間與空間上其變化起伏均較大洋中高，尤其台灣位於歐亞大陸板塊邊緣，西有台灣海峽之大陸棚地形，西南為海底峽谷，東北的沖繩海槽及東岸的深海盆地，使得週邊海域海底地形複雜，加上自南方北上具有高溫高鹽的黑潮、南中國海流與北方南下具有低溫低鹽特性之中國沿岸流等水文特性截然不同的洋流交會，形成世界上少有的複雜海洋環境。

孫子曰：「道天地將法，天者陰陽寒暑時制也.....知天知地，勝乃可全。」所謂的「天、地」指的就是作戰環境的運用，可知掌握環境的變動因素，即是決定作戰致勝的關鍵因素。海峽對岸的中共，以其快速成長的經濟為後盾，積極擴張武力，並時時向外宣稱不放棄以武力犯台，對我國家安全發展形成重大威脅。依據各項情報與中共公開發言推斷，以潛艦封鎖台灣將是其武力犯台的可能手段之一。所以我海軍為防範中共以潛艦對我實施封鎖，遂行反潛作戰，維持海上交通線暢通任務時，必需掌握聲納水下偵測效能的變化特性，了解它們對海軍作戰的影響，從而利用有利之海洋環境條件，提升聲納之偵測效益，有效提升海軍反潛作戰能力。本研究規劃海洋聲學整合實驗，以及相關訊號處理與戰術分析之研究，分析台灣海域周邊有關之水下戰場環境，並校驗台灣自力開發的聲納效能預測系統，進而評估水下聲波傳播受海洋環境變化的影響，以掌握水下偵測特性，做為海軍反潛作戰運用之參考。

本整合計畫計有六個子計畫如圖 2-1 所示，分別為海洋水文、底質岩心、底層量測、聲源定位、噪音方向性、音傳實驗、音響參數應用及戰術模擬系統之研究。本整合計畫為三年期計畫，第一年主要工作為實驗規劃、數值模擬，及實驗儀器購置。第二年執行海上實驗，第三年依據實驗結果進行實驗數據分析、歸納及應用，本報告為第三年之結案成果報告。藉本整合計畫之執行，達到下列目標：

- 一、建立國內聲學實驗之設計、執行，聲音陣列訊號分析之能力以支援海軍反潛研發能力。
- 二、國防水下作戰聲納系統之音響參數蒐集。
- 三、建立整合海洋環境、聲學實驗及偵測搜索模式之架構。

貳、研究動機及現況

濱海海域的環境變動性，不論在時間與空間上其變化起伏均較大洋中高，尤其台灣位於歐亞大陸板塊邊緣，西有台灣海峽之大陸棚地形，西南為海底峽谷，東北的沖繩海槽及東岸的深海盆地，使得週邊海域海底地形複雜，加上黑潮、中國沿岸流與南中國海流交會，形成世界上少有的複雜海洋環境。

雖然近十年來，我海軍武器裝備與載台性能均大幅提升，惟環顧我海軍所處在如此複雜海域之作戰環境，必需掌握時間與空間上的變化特性，採取適當之戰術作為，始能有效揮武器裝備效能。



圖 2-1 海洋聲學整合計畫研究架構

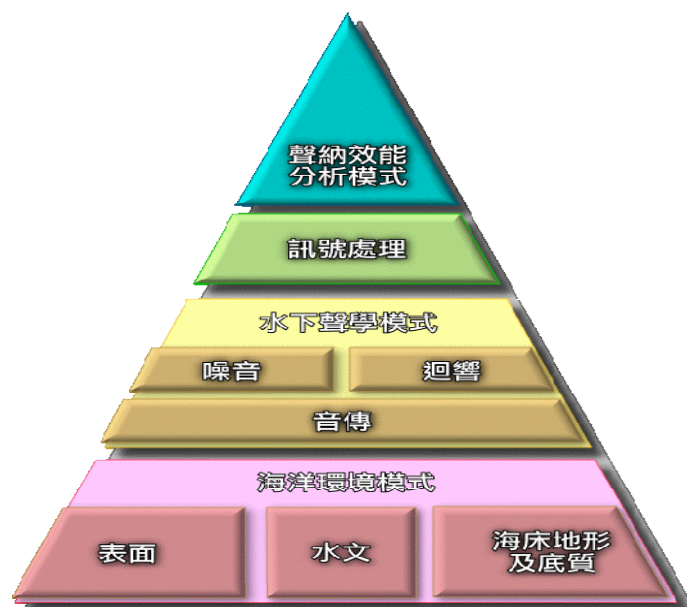
2.1 動機

在國際局勢整體改變下，作戰環境的需求已從深水海域移轉至濱海海域，故美軍自十數年前開始，即開始投入大量的經費與預算從事濱海海域的海洋環境調查與海洋聲學實驗 (Lynch, 2002)。由於濱海海域的環境特性隨著地區改變而變動性大，美軍不只在美國本土週邊海域進行，甚至前往黃海、東海及南海等海域從事相關海洋環境調查與海洋聲學的研究。

美軍除在中國大陸附近的濱海海域進行了數次海洋環境研究與聲學實驗外，並運用衛星長期進行這些海域的環境偵測，尤其台灣的南北兩端海域是西太平洋的重要水道外，更由於台灣周邊海域環境複雜，引發了美國海軍對於台灣週邊海域的高度關注，自 2001 年由美海軍研究署 (ONR，相當我國之國科會國防科技小組) 主導之 ASIAEX 計畫開始，後續又連續於南海與台灣南方巴士海峽海域進行 VANS、NLIWI 等海洋聲學實驗，並規劃 2009 年於台灣東北海域進行 QPE 聲學實驗，我國海洋聲學領域自參與美方台灣周邊海域研究的合作經驗中得到啟發 (唐, 2001, Newhall, 2001)，美海軍以其先進的模式技術與優異的武器裝備，針對其反潛作戰的需求，仍然應用其學術界之能量，於南海海域從事海洋聲學實驗，以獲得該海域之實際音響參數，修正相關模式參數，作為其艦隊遂行反潛作戰之依據。(Lynch et al, 2002)

台灣周邊海域，東北與西南海域，除地形複雜外，又加以黑潮流經此附近海域，水文變動急促，因而巨大振幅的海洋內波(或內潮)盛行，進而影響此海域之音響參數

變化，其海域之獨特性無法假乎外人獲得，必須進行海洋聲學整合性研究，方能發揮現有人力與裝備之能量，以收最大效果。爰此，海軍於 94~96 年度委託學術界執行「海洋聲學整合計畫-海洋音響參數之量測、分析及應用」研究案，案內包括數個子計畫，分別為海洋水文、底質岩心、震測量測、聲源定位、噪音方向性、音傳實驗、音響參數應用及戰術模擬系統之研究，如圖 2-2 之架構圖。（陳等，2006）



Ref: Paul C. Etter, *Underwater Acoustic Modeling: Principles, Techniques, and Applications*

Li-Chen UAL-NTU

圖 2-2 聲納效能分析架構圖

2.2 研究現況

聲音是水中能長距離傳遞能量的唯一工具，利用聲波偵測的聲納常用來探測海洋，以瞭解海洋環境，聲納的工作原理是在被噪音所環繞的聲波回訊中找尋所要的訊號；而聲納偵測效能的評估，則是以聲納方程式來計算偵測的效能。（Clay et al, 1977）聲納方程式是以不同的聲納參數（sonar parameters）適當連結組合而成，以作為聲納系統效能評估之依據。Etter（Etter, 1991）在”Underwater Acoustic Modeling”一書中更明確地以圖 2-2 說明，聲納效能評估主要包括了海洋環境模式、水下聲學模式及訊號處理等三大部分。

依據圖 2-2 之概念，本計畫規劃不同子計畫以進行相關研究項目如後：

（一）實驗海域之海洋環境特性量測

聲音在海中傳遞受到各種物理特性影響，其傳遞路徑並非直線進行，為瞭解正確聲波之傳遞狀況，必須進行各項與聲學有關之海洋環境參數觀測，其內容包括：

1. 水文資料：量測海水之溫度鹽度與壓力（深度）之關係，以掌握聲波於水下之傳遞路徑，一般以鹽溫深儀 CTD 或可棄式溫深儀 XBT 進行觀測。
2. 精確水深資料(Bathymetric charts)：以測深儀記錄(Echo Sounder Records)，海底地形的起伏，以瞭解聲波碰觸海底後之行徑路徑。
3. 沉積物採樣 (Core sampling)：採集海底岩心，分析其包括底質聲速密度

衰減係數聲速剖面梯度底質厚度……等聲學性質，以分析聲波與底質間之折射波及反射波的能量分佈關係。

4. 震測反射記錄(Acoustic Reflection Profile Records):利用聲波入射海底沉積物後，因不同沉積物特性產生不同反射聲波強度，進而推算其地音特性。

5. 大角度反射、折射量測(Wide-Angle Reflection and Refraction Measurements):利用空氣槍之高能量聲波進行海床沉積物構造之探測。

(二) 背景噪音量測

利用不同水下聽音器記錄實驗海域之背景噪音，不論使用何種聲納，都必須考慮到操作海域之音響環境，亦即該海域之音傳損耗以及背景噪音，背景噪音為聲納操作不可或缺的參數。

(三) 音傳實驗

利用不同之音源(聲納)拍發聲波，並以水下陣列記錄不同傳遞路徑之聲波傳遞能量，以探討聲音能量在水中因海洋環境變化產生的能量傳播損失，來評估聲納的偵測效能。

(四) 聲納陣列定位

利用聲波訊號抵達聲納陣列聽音器之不同時間差，以波束形成技術(Beam forming)進行音源定位分析。聲納系統主要元件為水下陣列，目標辨識與定位皆須仰賴精確的陣列位置，因此陣列及其元件定位之演算法為聲納系統目標辨識的重要技術。

(五) 偵測效能分析

以聲學模式為核心，利用聲納方程式為基礎，配合海洋環境資料，進行聲納水下偵測效能之分析，並以統計方式計算海洋環境與聲納偵測效能間之不確定性，掌握聲納偵測之可靠性。

(六) 反潛作戰模式分析

利用數學模擬與作戰分析理論，配合偵測效能計算模組，進行反潛作戰相關之作戰模式模擬，以分析各項戰術運用之效益，提供海軍反潛作戰決策運用參考。

依據上述研究要點整合計畫規劃六個子計畫，並邀集相關領域之專家學者組成研究團隊，成員計十一人，名單及專長如下：

子計畫一—水文變化及海床沈積物之聲學特性研究

楊穎堅(海軍軍官校應用科學系副教授，專長：海洋物理)

羅建育(海軍軍官校海洋科學系助理教授，專長：海洋沉積物)

馬炳彬(海軍軍官校海洋科學系助理教授，專長：水下聲學)

子計畫二—海洋參數反算機制及到達時間之研究

涂季平(成功大學造船及船舶機械系教授，專長：水下聲學、聲訊分析)

子計畫三—水下噪音實驗與分析

魏瑞昌(中山大學海下技術研究所助理教授，專長：水下聲學、聲訊分析)

子計畫四—海洋環境參數與反潛作戰模式結合研究

梁克新(實踐大學資訊管理學系助理教授，專長：聲納偵搜、作業系統)

子計畫五—聲納偵測參數可靠度分析及海底地形與震測分析

劉家瑄(台灣大學海洋研究所，專長：地球物理、海洋震測)

宋國士(台灣大學海洋研究所，專長：地球地質，海洋地形量測)

黃維信(台灣大學工程科學及海洋工程學系教授，專長：水下聲學)

宋家驥(台灣大學工程科學及海洋工程學系教授，專長：水聲感測器製作)

陳琪芳(台灣大學工程科學及海洋工程學系教授，專長：水下聲學)

子計畫六—海底底質音響參數量測與分析

王崇武(海軍備役少將，台北海洋技術學院副教授，專長：水下聲學)

本研究團隊由 2001-2004 執行亞洲海域國際聲學實驗(ASIAEX) 整合計畫之成員及 85-86 年度國防科技學術小組計畫成員為基礎而擴大,在分擔帶領航次,及訊號分析研究工作上,已建立良好互動及默契。總主持人陳琪芳教授擔任 ASIAEX 整合計畫總主持人，其領導能力已獲得大家認可。共同主持人王崇武教授為海軍備役少將,水中聲學博士,曾任達觀艦第一任艦長,國防工業基金會執行秘書長，為本計畫與海軍協調溝通最佳人選。各子計畫主持人在其所執行之子題的專業能力已由 ASIAEX 整合計畫及其國科會專題計畫研究成果證明。

參、研究內容

在總計畫主持人、共同主持人主導及整合下，各子計畫主持人共同規劃執行海上實驗，各子計畫間並且共享儀器，資料及研究船航次，藉由定期之聚會研討研究進度與彼此之協調合作，及與海軍合作單位討論報告研究進度，以確認研究進度，符合海軍需求。由總計畫下購置之主要聲納陣列接收系統也為所有參與學者使用，共同分享所記錄之聲訊。此外，子計畫一與五執行海洋環境水文錨錠及海床性質量測提供子計畫二、三及五之噪音、定位及聲納偵測參數可靠度分析所需之環境參數。子計畫四則以子計畫二、三及五之成果應用於搜索戰術之規劃研究，以下就共同執行之海上實驗及各子計畫之內容擇要說明（詳細之研究內容與成果請參閱各子計畫之成果報告）：

3.1 西南海域驗證實驗

台灣鄰近海域中，東北海域、西南海域因水文條件與戰略因素將成為傳統的反潛水域，本整合型計劃第一年(民國 94 年)已於台灣東北海域（東經 121° 00' 至 122° 18' 北緯 24° 54' 至 25° 06' ），進行三條不同的測線之音傳實驗，今年(第三年度)也已完成台灣西南海域之實驗，實驗所紀錄資料經由各子計畫分析處理，並透過總計畫整合方式，統合研究成果，提供反潛作戰應用參考。

3.1.1 西南海域環境簡介

台灣西南海域在地理特性上最為人知的就是高屏峽谷，而高屏峽谷與其它峽谷不同之處在於整個峽谷上並無其它的分支峽谷。另外，由於此海域部分為大陸棚邊緣，大部分水深均超過 1000 公尺。高雄港外 10 哩水深已超過 200 公尺，再向西南，則水深由 200 公尺遽降至 1000 公尺以上，由下圖 3-1 可以清楚的了解該海域之地形。

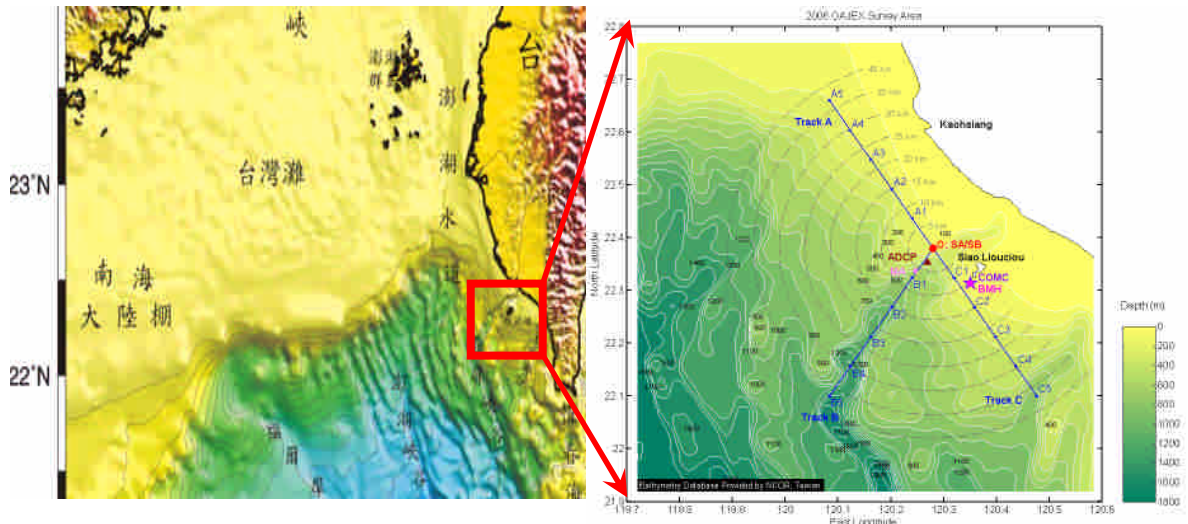


圖 3-1 台灣西南海域海底地形圖及實驗測線示意圖（海科中心，1999）

西南海域的海洋環境主要受大陸沿岸流、黑潮及南海海流之影響，有週期性的變化。在高屏峽谷內，更有內潮的現象；即不同水層內的海流運動方向都不太一樣，且潮流的強度隨深度的增加而增強，流速均在 1.08 公里/小時以上，實測的最高記錄是 4.86 公里/小時。更特別的是本區的潮流均發生在深度 170 公尺以下，且通常以 12 小時為週期，作順逆谷峽之交換運動（王，1993）。而在底質特性方面，西南海域最高聲速出現於東北側陸棚，壓縮波速 1600 ± 63 公尺/秒，衰減係數 1.04 ± 0.355 (dB/m/kHz)，統體密度 1.98 公克/立方公分；在高屏溪出海口附近，壓縮波速 1552 ± 28 公尺/秒，衰減係數 0.568 ± 0.2 (dB/m/kHz)，統體密度 1.93 公克/立方公分；其它地區，壓縮波速 1556 ± 48 公尺/秒，衰減係數 0.628 ± 0.367 (dB/m/KHz)，統體密度 2.04 (g/cm³)（陳，1996，王，1997）。

3.1.2 西南海域音傳實驗簡介

與東北海域之實驗相似，西南海域實驗同樣也選擇了三條測線，分別為測線 A：淺水區(約 500M 等深線)；測線 B：斜坡區，高屏峽谷；測線 C：峽谷區，越過枋寮狹谷，如圖 3-1。藉由上述三種地型比較音傳之間的差異性。在規劃三條不同類型的測線上，利用一高頻聲源發射固定的聲波，同時逐漸沿測線駛近接收船然後再行進至下一條預定的測站，三條測線的交點 R 為接收船的位置，在接收船上的聲納陣列接受由聲源傳遞過來的聲波訊號，並由台大水下聲學實驗室自製組裝的後續接收系統完成整個記錄。此外，三條測線上分別有標示圈的點位為發射聲波的船在行進的同時，沿途每隔一定的距離以 XBT 量測當時之海水溫度，作為理論模型中輸入聲速的參考值。

在此實驗中以 DAQ 卡，進行每個頻道 72kHz 的取樣點及 24bits 的解析度，並於聲納陣列的最下方處放置一個量測深度與溫度的儀器(SeaBird 39)，實驗配置如圖 3-2；在聲源的部分，頻率也改為更高頻的聲源(約 24kHz)，頻寬為 100 Hz，脈衝(Pulse)訊號長度 0.08 秒，訊號間格為 15 秒，深度 5 公尺。

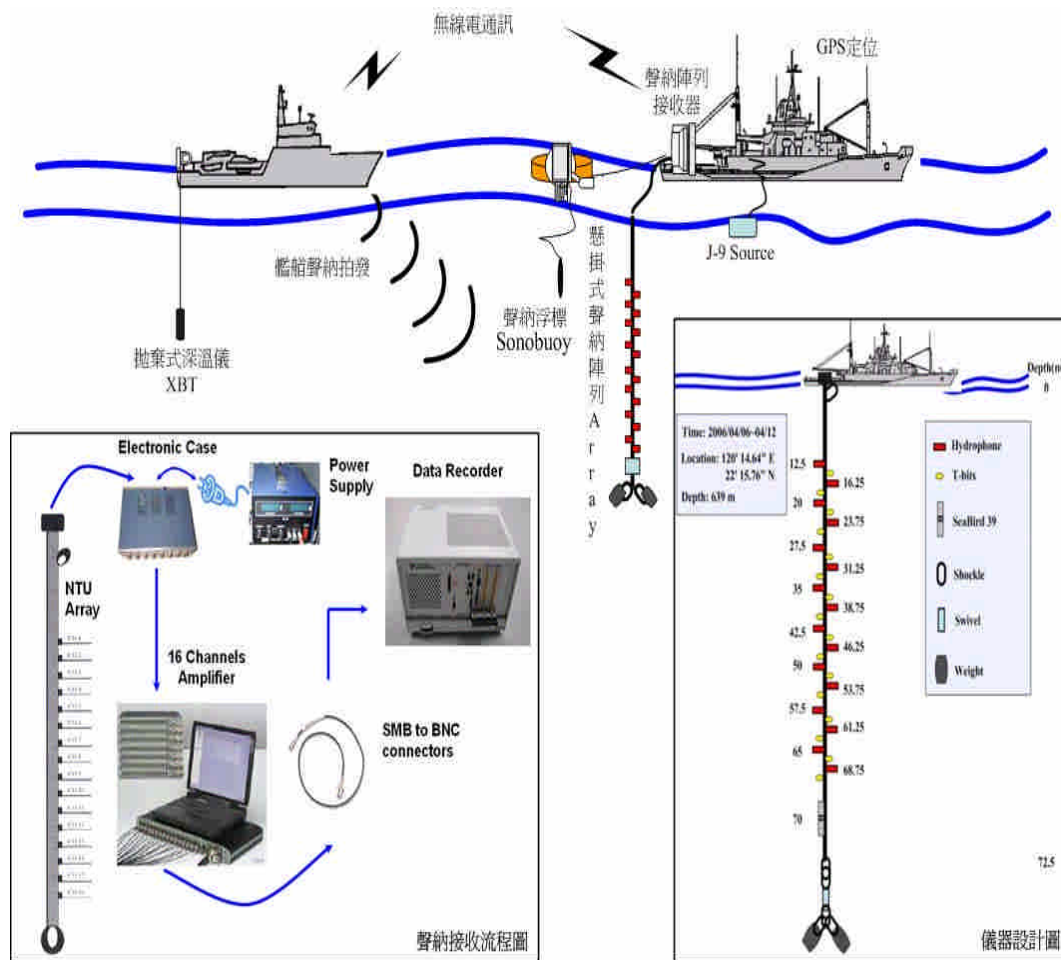


圖 3-2 台灣西南海域實驗配置圖

3.1.3 實驗結果與訊號分析

原實驗規劃海域及點位如圖 3-1，實驗分別在 10/5、10/18 及 10/25 三個實驗日重複執行。其中 O 點為接收點，聲源則按照 A、B 及 C 測線移動。

聲源實際行進路線及接收載台飄移狀況如圖 3-3 所示。在圖 3-3 中，由左至右((a)、(b)及(c))分別為 10/5、10/18 及 10/25 之行進路線及漂移情形，聲源測線執行順序為測線 A(藍線)、測線 C(黑線)、測線 B(紅線)，各測線執行時間約 3 小時。此外，各圖中藍色、黑色及紅色圓圈標記代表接收載台於各測線執行時之漂移情形。

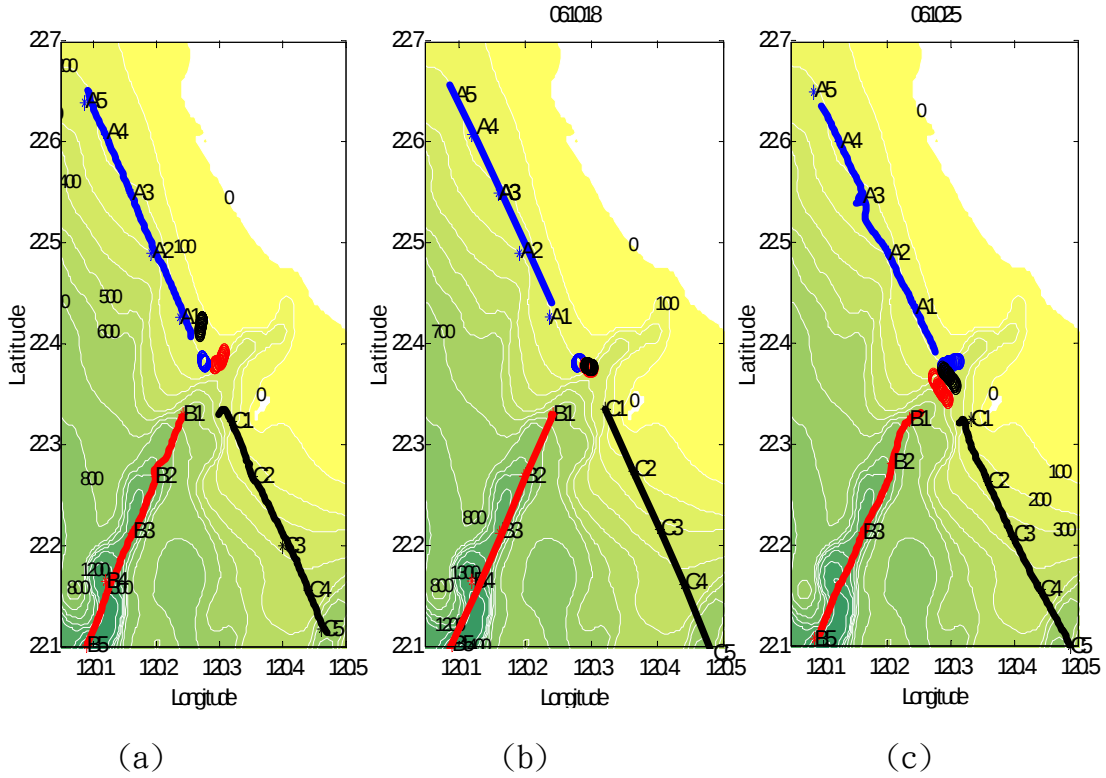


圖 3-3、聲源實際行進路線及接收載台飄移狀況圖

在計算傳播損耗時，必須先處理接收訊號，計算接收器處之接收訊號強度(聲強級，Sound Pressure Level)，再以聲源強度扣除計算得之聲強級，即可得傳播損耗。聲學資料之信號處理理論如下式：

$$\begin{aligned}
 p(t) &= \sum_n A_n \cos(2\pi f_n t) \\
 \langle p^2(t) \rangle &= \langle \sum_n A_n \cos(2\pi f_n t) \cdot \sum_m A_m \cos(2\pi f_m t) \rangle \\
 \therefore \langle \cos(2\pi f_n t) \cdot \cos(2\pi f_m t) \rangle &= 0, \quad n \neq m \\
 &= \langle \sum_n A_n^2 \cos^2(2\pi f_n t) \rangle = \sum_n A_n^2 \langle \cos^2(2\pi f_n t) \rangle = \sum_n A_n^2 \cdot \frac{1}{T} \int_T \cos^2(2\pi f_n t) dt \\
 &= \sum_n A_n^2 \cdot \frac{1}{T} \left(\frac{T}{2} + \text{window choice} \right) = \frac{1}{2} \sum_n A_n^2
 \end{aligned}$$

實際處理過程如圖 3-4 之架構，將聲學資料以 160 毫秒之時間長度依序(50% 資料重疊)取出，並使用圖 3-4 紅色框架內的流程計算此時間序列之能量頻譜密度(Power Spectrum Density)，如圖 3-5 所示。將中心頻率 7.5 千赫茲之能量密度記錄下來，並考慮 400 赫茲之頻寬，則可得此頻率範圍內之聲學資料。圖 3-6 為接收聲學資料之範例，此資料之接收時間為 2006 年 10 月 5 日 11 點 33 分，圖中六個訊號峰值即為六個不同時間之接收訊號強度。此圖為歷時一分鐘之能量頻譜密度，在中心頻率 7.5 千赫茲處可見到明顯的訊號能量，各訊號間隔 20 秒。

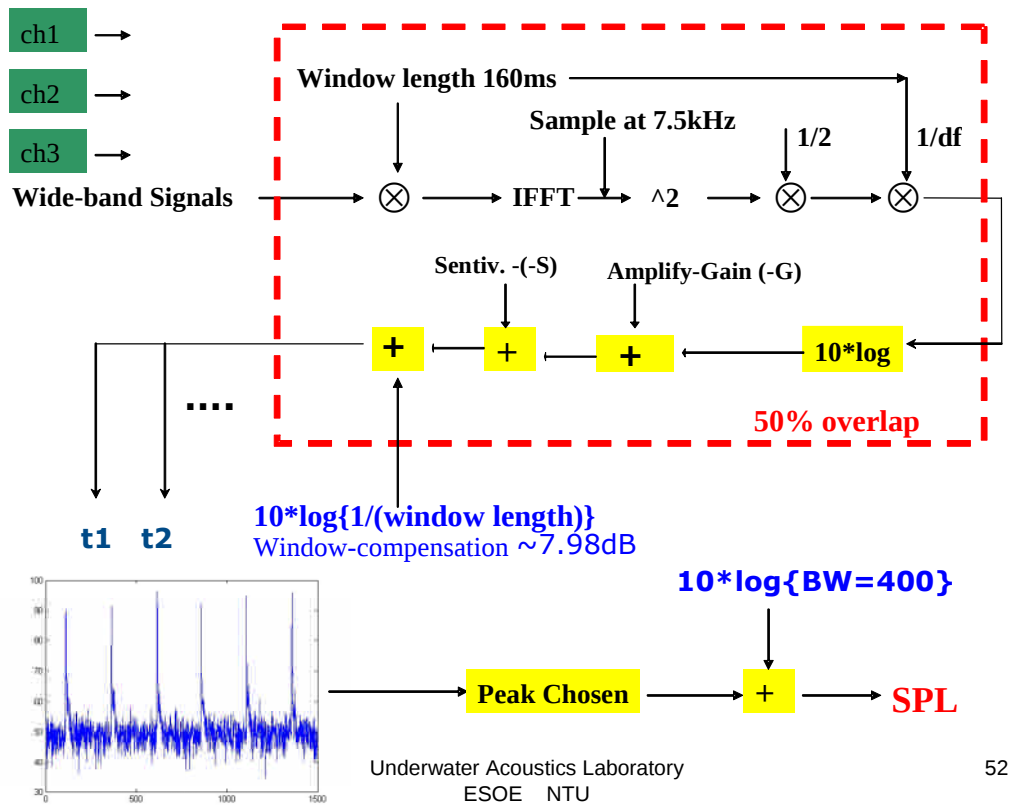


圖 3-4 訊號處理流程圖

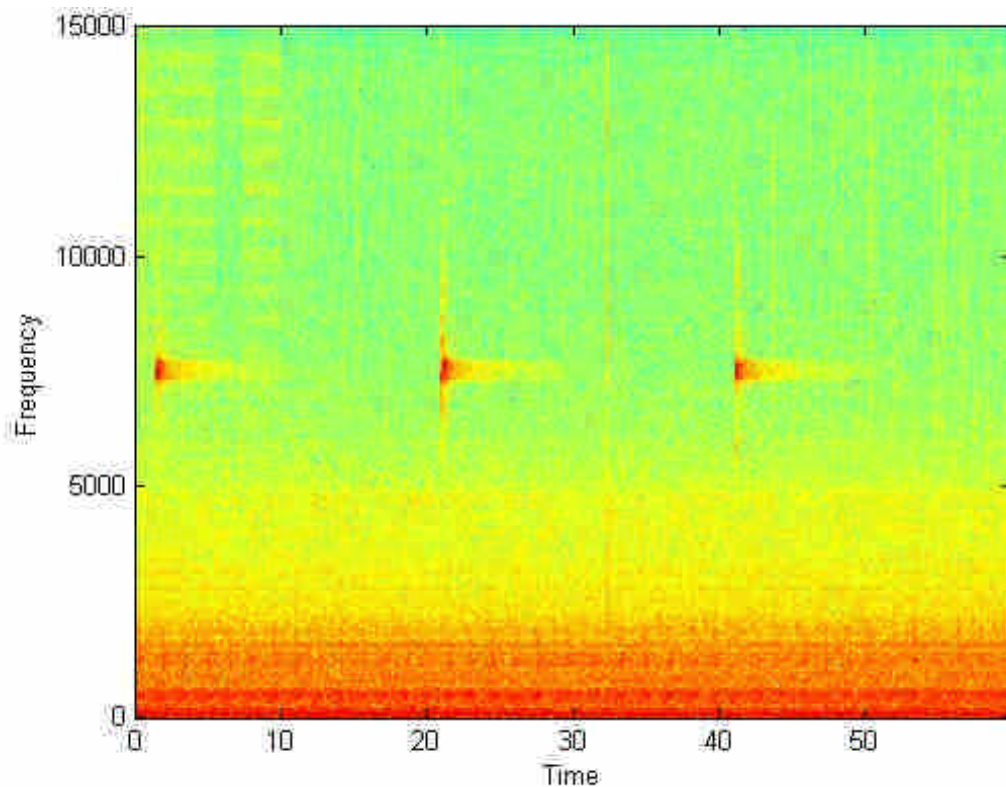


圖 3-5 能量頻譜密度(Power Spectrum Density)圖

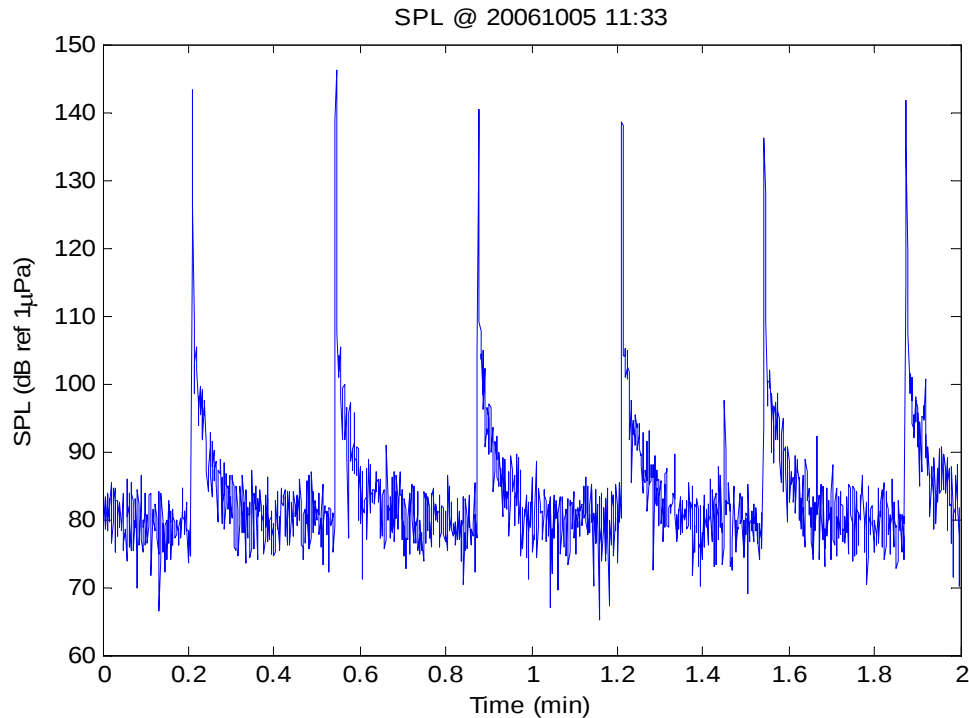


圖 3-6 接收聲學訊號圖

3.1.4 迴響

在資料分析之過程中，吾人發現聲學資料包含有明顯的迴響現象，因此針對迴響特別進行分析。圖 3-7 為接收訊號，此接收訊號包含有明顯之迴響現象，因此訊號延遲時間高達十秒以上，遠大於聲源訊號之 160 毫秒。吾人定義迴響之起始點為接收訊號之第二個峰值，而迴響長度為訊號強度由迴響起始點降至噪音級 (Noise Level) 之時間長度，如圖 3-7 之紅色線段。

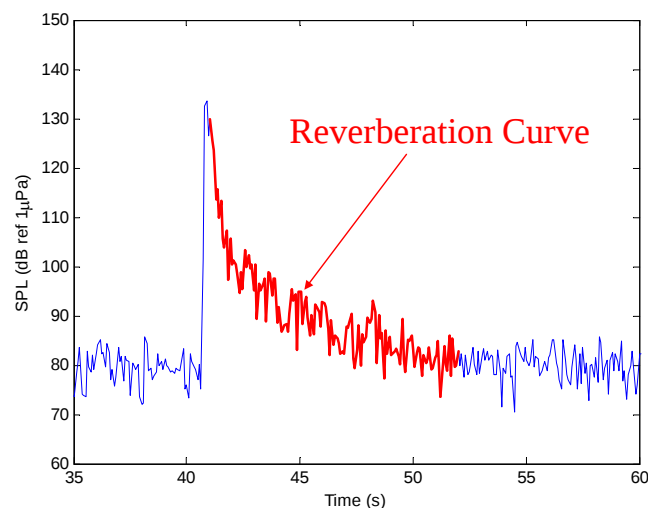


圖 3-7 迴響訊號圖

根據上述迴響長度之定義，資料分析步驟如下：

1. 先將聲學資料作移動平均(Moving Average)，以濾掉高頻之訊號變動，方便判斷訊號強弱。

2. 利用聲源訊號到達前之一分鐘，計算背景噪音強度。
3. 針對每個接收訊號計算其迴響長度，並做兩分鐘(六個訊號)之平均。

3.1.5 聲源強度及指向性

為瞭解聲源艦音源拍發之強度及其方向性，於海上實驗期間進行聲源方向性與聲壓強度校正實驗。聲源艦於距離接受器約 4 千碼位置(此為兩艦要求之安全距離)做定點轉向拍發，每四十五度方位為一實驗單位，將全方位(三百六十度)切分為八方位(各四十五度)，每方位拍發相同 6 組脈衝，歷時兩分鐘，因此整體實驗樣本採樣時間約為二十分鐘。此實驗結果將可提供使用單位更為精準之聲壓強度值與艦首拍發之方向位準。

3.4 子計畫一：水文變化及海床沈積物之聲學特性研究

3.4.1 研究目的

本整合型計畫著眼於台灣週邊海域水下作戰之音響參數量測與分析，由於聲音在海中的各種現象與海洋環境息息相關，所以環境特性之量測極為重要。其所需之海洋環境資料為 (1)水文資料；(2)精確水深資料(Bathymetric charts)；(3)沉積物採樣；(4)海底底質聲學性質，其中水文變化及海底底質對於聲波傳遞之影響，即是本子計畫的主要工作，

3.4.2 研究要點

本計畫所得到之參數將提供整合型計畫進行底質資料—結合水文資料—音傳模型—音傳損耗—反潛作戰模式之計算。

海底底質聲學性質即是有關海底對從海水入射聲波的反射和散射，以及聲波在海底沉積物中的傳播速度和衰減等特性。海底聲波的傳播，以淺海較為複雜。其中又以海洋水文環境的快速變化(如：內潮、內波等)，會影響聲波的傳遞與損耗。尤其台灣週邊海域的特殊水文結構，會使得聲波傳遞至海底。因此，海床的結構與沉積物組成，亦會影響聲波的傳遞特性。一般認為海底沉積物中的聲波傳播速度，與聲波頻率沒有明顯的關係，但與底質顆粒和結構有關。例如，在極細顆粒或高孔隙率的稀泥中，傳播聲速很接近或可能低於海水中的聲速；但在較密實的沉積物中，聲速會隨粒徑的增加和孔隙率的減小而遞次加快，且高於海水中的聲速。在固結的沉積層中，聲波除縱波外，還有橫波傳播。沉積物中的聲波衰減，主要由沉積物的黏滯性和摩擦作用所產生的，與沉積物的粒徑和孔隙率也有密切關係。細砂、砂質粉砂和粉砂質砂的聲波衰減最大。聲波衰減程度也隨聲波頻率的增加而增加。海底聲波的反射和散射，主要和沉積物分層結構有關，也與海底表面的粗糙程度有關。若海底表層中的聲速低於其上海水中的聲速，這種海底稱為低聲速海床；反之，則稱為高聲速海床。一般說來，低聲速海床的反射本領低於高聲速海床。此外，海底的聲波反射損失，會隨聲波頻率的增加而增加。聲波入射後的行為與海底類型有關，對於低聲速海床，會有一全透射角，聲波在此角度下入射，多數聲能透射入海底；若為高聲速海床，則存在一個全反射角(關與包, 2002)。

此外，海洋聲波受海洋水文變化影響甚鉅，其中又以內波或內潮最為明顯。

台灣周邊海域，海底地形變化複雜，內波與內潮運動盛行。故再台灣周邊海域進行海洋聲學研究，一定要考慮內波與內潮對其之影響。

本計畫配合總計畫執行三年，第一年著重於量測儀器之安裝設定，進行台灣西南海域、巴士海峽之海床沉積物採樣與實驗分析；第二、三年繼續海床沉積物採樣分析，並在研究海域佈放錨碇系統與海流儀，長期蒐集海流及水文資料，以及利用研究船於研究海域蒐集海洋環境與海洋背景音響資料。

3.4.3 岩心資料分析成果

本計畫已經進行了 17 之岩心採樣並完成實驗室分析。這 17 支重力式沉積物岩心，各岩心之水深為：K01 (1400m)、K02 (830m)、K03 (586m)、K05 (53m)、K06 (199m)、K07 (920m)、K08 (948m)、K09 (1918m)、K10 (1477m)、K11 (770m)、K12 (724m)、K13 (329m)、K14 (238m)、K15 (440m)、K17 (712m)、K18 (1126m) 與 K20 (1231m)。各岩心皆以 1 cm 間隔量測一筆資料。岩心採樣位置從高雄至恆春近岸之陸棚區向西南延伸至陸坡，水深範圍涵蓋 53~1918 m (圖 3-8)。量測得到之初始數據，需經岩心管徑、採樣水深、鹽度與底水溫度修正後，換算成壓縮(P)波速率、統體密度、磁感率、聲阻抗值與孔隙率，共各項聲學及物理參數。詳細內容請參閱子計畫之成果報告。

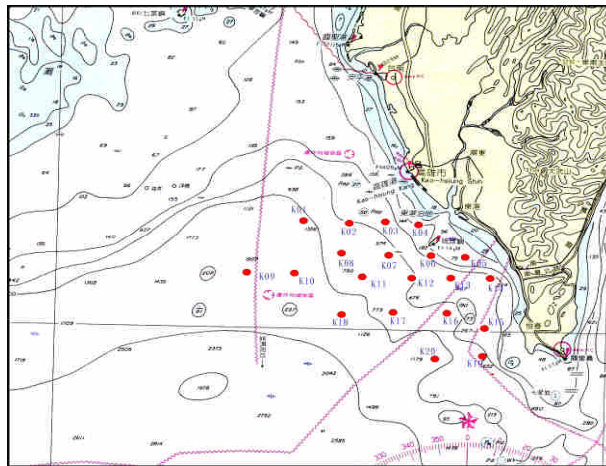


圖 3-8 重力式岩心採樣位置圖

3.4.4 沉積環境探討

研究區底質之孔隙率與磁感率略呈正相關性(圖 3-9)，深水區(1500~2000m)底質之磁感率比最淺區高 3 倍，孔隙率也高出 30 %。圖 3-10 顯示航次 OR3-1057, OR3-1126 各岩心孔隙率與壓縮波速率之相關性。壓縮波速率明顯地隨著孔隙率增加而減低。

另外，深水區之統體密度、壓縮波速率與聲阻抗值明顯較低。由陸棚過渡到陸坡至深水區，底泥物理及聲學性質差異如此大，推測粒徑分佈與顆粒排列方式可能是決定性因素。本研究區海底地形起伏大，沉積物來源相似，主要是高屏溪、東港溪和枋山溪輸出之泥砂，受到海中生物殼屑以不同比例相混合。接近河口之淺水區者可能粗顆粒比例較高，而愈往深水區，砂比例降低，使得底質聲學與物理參數均隨水深增加而具規律性變化(陳儀清,1977)。此由孔隙率遞增與濕比重遞減可推知。深水區有較高之磁感率，此現象與湄公河口外之選他陸棚坡相反，可能因湄公河口外深水域較多生物殼屑稀釋效應，而降低磁感率。

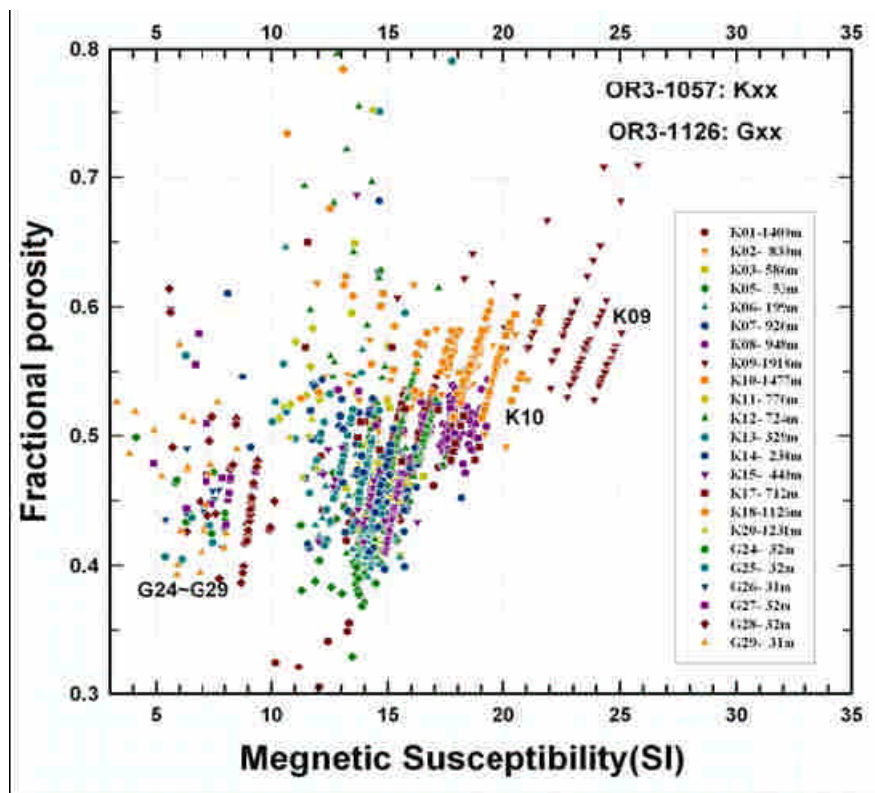


圖 3-8 各岩心孔隙率與磁感率相關分析圖

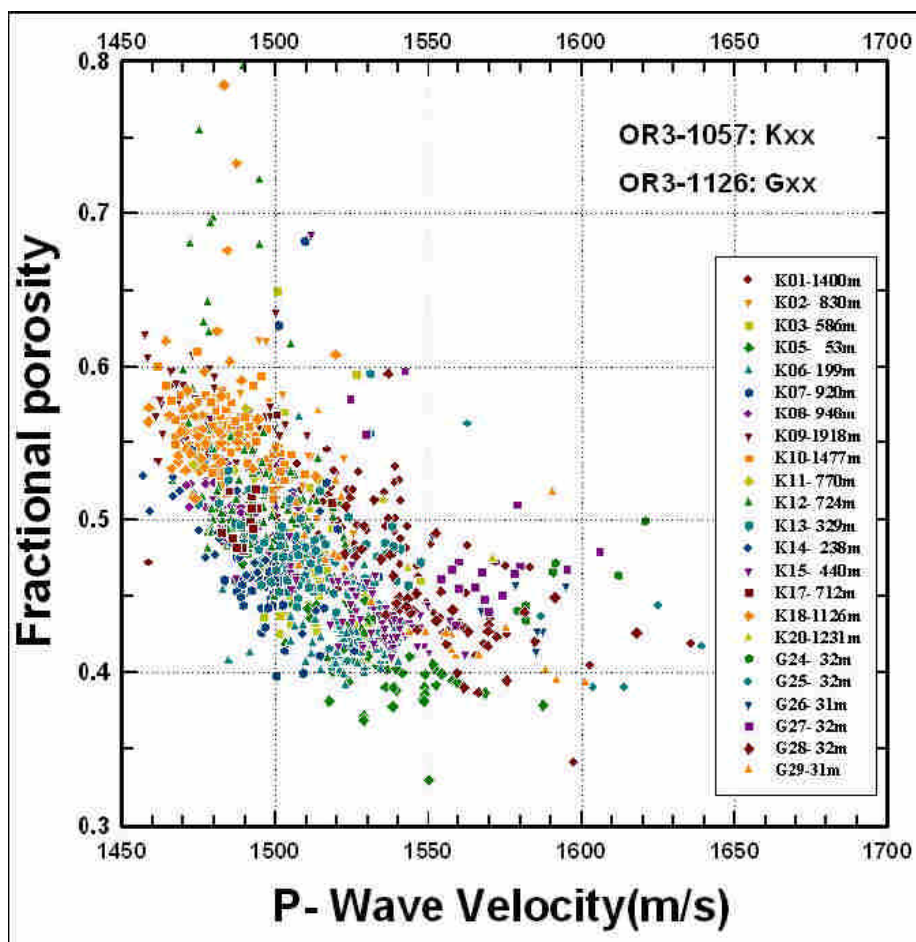


圖 3-9 各岩心孔隙率與壓縮波速率相關性分析圖

除了粒徑之外，顆粒排列方式、沉積物碳酸鈣與有機質含量，均會影響 P 波速度與其他參數。未來分析岩心之礦物組成、粒徑分佈型態，可以進一步探討彼此之相關性。由於除了粒徑之外，顆粒排列方式、沉積物碳酸鈣與有機質含量，均會影響 P 波速度與其他參數。本文提供一個檢視沉積環境與底質聲學性質相關性之機會，可作為未來探討複雜沈積環境之基礎。

3.4.5 水文資料調查

本計畫配合總計畫之海研三號實驗航次，於 2007 年 9 月 27~20 日期間，利用其船上的溫鹽深儀(Conductive-Temperature-Depth, CTD)於固定的航線上、在固定的測站(如圖 3-10)進行重複的 CTD 量測，並以此測得的時間序列資料，估算水文資料的潮汐變化。

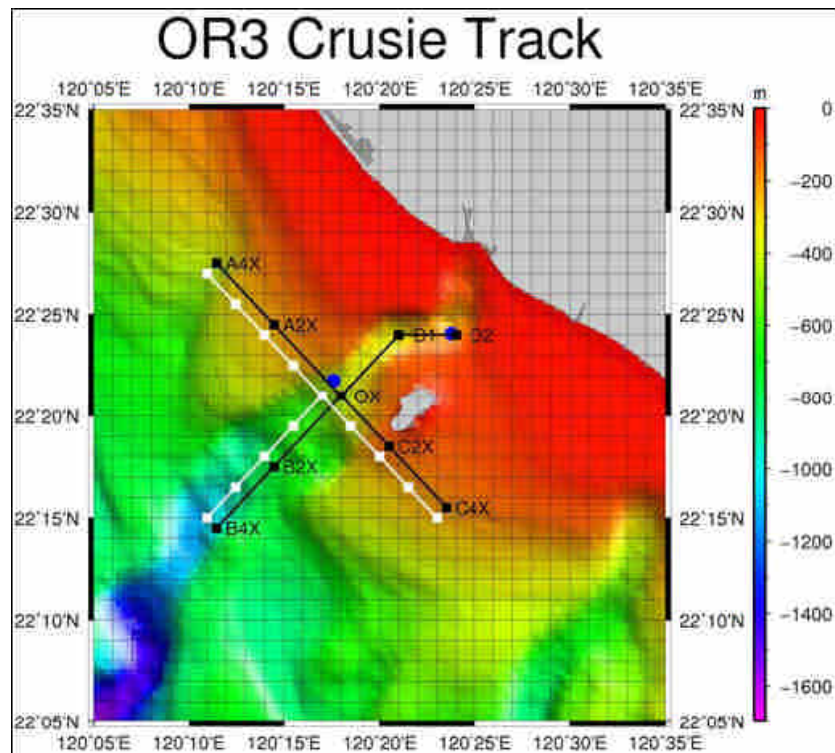


圖 3-10 海研三號航線(黑線)圖與 CTD 水文測站(黑點)位置圖

在三天的觀測中，第一天進行 A4X-A2X-OX-C2X-C4X 航線觀測，第二天進行 B4X-B2X-OX-D1-D2 航線觀測，第三天則是重複第一天的觀測。三天中，共進行了 95 次的 CTD 觀測。

利用調和分析方法分析全日、半日潮汐變化，首先資料要超過一天以上，再者資料點分佈最好能平均分配在各時間點上。從 B2 與 D1 兩測站的分析結果得知一天的資料已可大致分析出全日與半日變化；但是在 A4、B4、C4、D2 等四端點測站，由於進行船測時因時間緊湊，無法進行時間延遲，以致造成端點測站的固定觀測時差，無法滿足近似隨機的條件。所以，雖然各個時間點的分析非常接近觀測資料，但是完全的估算整體變化趨勢，以致有多估的現象。除了此四個端點測站外，本估算方法可大致估算出此海域的水文變化。於是，利用此方法估算此海域聲速變化後，供其它子計畫使用。

3.5 子計畫二：海洋參數反算機制及到達時間之研究

3.5.1 研究目的

The project presents a method of passive localization for acoustic source in shallow water based on Ray acoustic theory. Ray acoustic theory is used to establish underwater coustic channel and to analyze physical quantities, arrival time and arrival angle, received by sensors. Then, mutual relationship of rays between sources and receivers is determined by using artificial neural network (ANN) for source localization.

3.5.2 研究要點

There are two approaches for the inverse computation of source localization. One is to measure the arrival time and arrival angle by using a hydrophone. The other is to evaluate sets of arrival angles by using array hydrophones. Both these inverse approaches are established by ANN training to compute sound source location. In this study, the inverse computational method is not only used in shallow water, but it is also verified by using a non-trained source to proof its accuracy and reliability

In this present study, Ray theory is used to express propagation of sound wave in shallow water. The physical quantities such as: arrival time and arrival angle, are evaluated by use of ray theory to establish data basis and are used as inputs in artificial neural network. The network with input of ray physical quantities and output of source location is obtained. Therefore, when arrival time and arrival angle are measured or simulated as input, inversion of source location can be achieved by backward propagation network (BPN). The flowchart of the entire simulation and the practical experiment is shown as figure 3-11

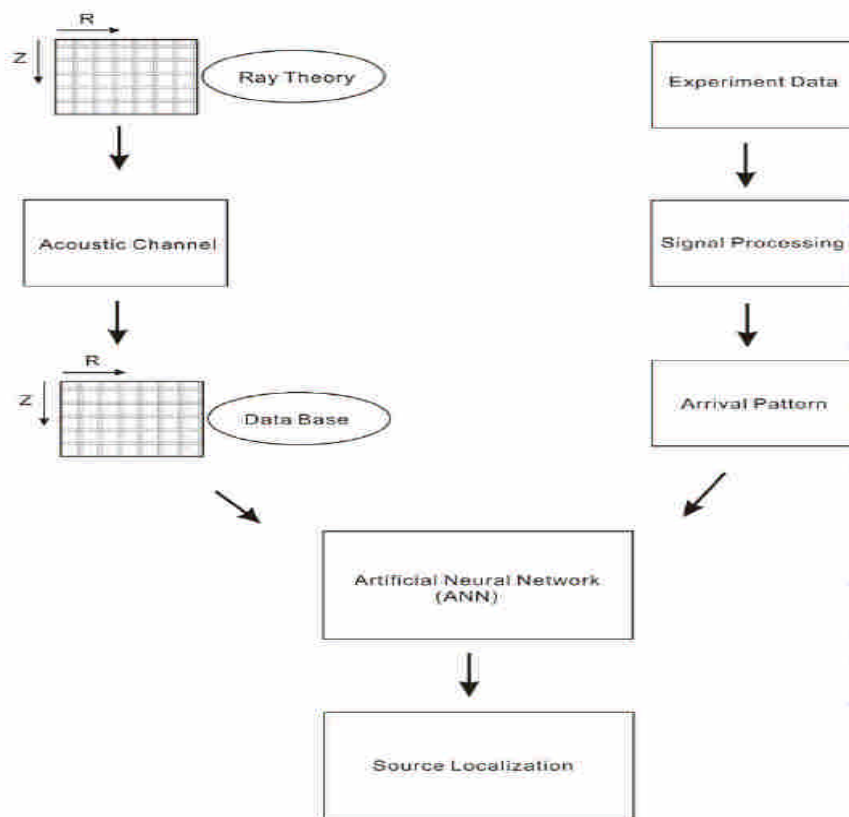


Figure 3-11 Flowchart of simulation and experiment structure for source localization

3.5.3 模拟成果分析

Test cases

The range distance error shown in Eq. 11 defines as absolute value of actual sound source distance minus inverse computed distance from ANN divided by actual sound source distance in the horizontal direction. The depth distance error defines as absolute value of actual sound source distance minus inverse computed distance from ANN divided by actual sound source distance in vertical direction.

$$\text{error\%} = \left| \frac{\text{actual sound source distance} - \text{inverse computed distance from ANN}}{\text{actual sound source distance}} \right| \times 100\% \quad (11)$$

Case 1

The source is 18765m apart in range, and the hydrophone is 40m in depth. The acoustic rays that the sensor receives are analyzed to find the highest pick value of arrival angle and travel time of rays, and then replace the results as inputs of artificial neural network then the outputs (range and depth) are calculated by the network. There is 1m difference of the inverse calculation in the range distance, which is an error of 0.0053%. A difference of 2.85m of the inverse calculation in the depth of source is an error of 2.85%.

Case 2

Three sources are located at 26670m, 27002m, and 26000m apart in range respectively, and three hydrophone receivers are located at 30m, 45m, and 100m in depth respectively. The acoustic rays that the hydrophone receive are analyzed to find the highest pick value of arrival angles from VLA 16 pairs of rays and then replace the results as inputs of artificial neural network then the outputs are calculated by the network. There is 33m difference of the inverse calculation in the 26670m range distance, an error of 0.124%, and a difference of 0.329m of the inverse calculation in the depth of source is an error of 0.165%.

There is 55m difference of the inverse calculation in the 27002m range distance, an error of 0.204%, and a difference of 4.569m of the inverse calculation in the depth of source is an error of 2.285%. There is 27m difference of the inverse calculation in the 26000m range distance, an error of 0.104%, and a difference of 0.567m of the inverse calculation in the depth of source is an error of 0.284%.

Figure 3-12 presents the variation of the training error with respect to the number of hydrophone receivers. That result indicates the more numbers of hydrophone receivers for arrival angles increase, the fewer errors occur. The x axis means the number of hydrophone receiver. Each hydrophone receiver has 420 arrival angles, and the average value is calculated as the arrival angle at the hydrophone location. Those physical quantities are used as input data of BPN. The y axis presents the mean square error of training rate by ANN.

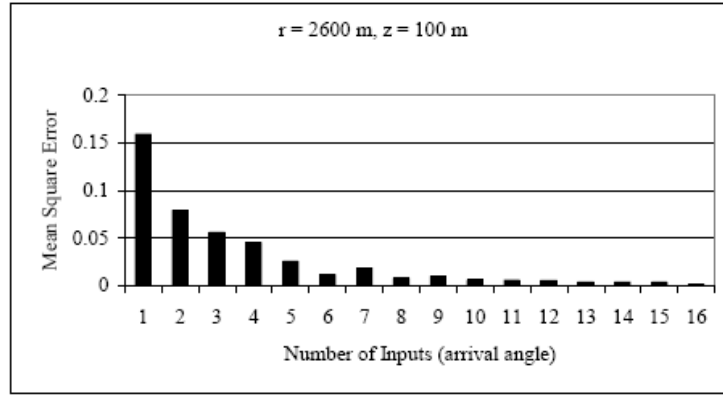


Figure 3-12 Comparison of ANN training error (Case 2)

Figure 3-13 shows the horizontal and vertical distance error with respect to number of hydrophone receivers. The x axis means the number of hydrophone receiver. Each hydrophone receiver has 420 arrival angles, and the average value is calculated to represent the arrival angle at the hydrophone location. Those physical quantities are used as input data of BPN. The y axis presents the distance error rate of inverse calculation by ANN. The black color means the range error rate and the gray color means the depth error rate. The horizontal distance error is less than 100m and vertical distance error is less than 10m. The distance error rates below 5% are acceptable.

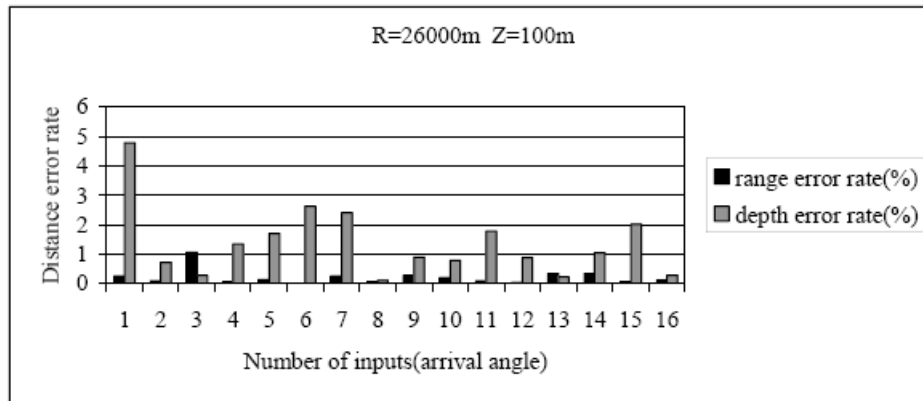


Figure 3-13 Comparison of distance error (Case 2)

3.5.4 結論

This research is to develop a new inversion procedure for source localization in shallow water. In this research, the physical quantities (such as: arrival time and arrival angle) of acoustic ray are evaluated by ray theory. And these are cooperated with neural networks to calculate the acoustic source position. Main conclusions are generalized as the followings:

3.5.4.1 Two inverse approaches:

In the present study, two inverse approaches for the source of localization are present. One is to measure the arrival time and arrival angle by using a hydrophone. The other is to evaluate sets of arrival angles by using array hydrophones. These inverse approaches by ANN can be applied to calculate the ocean environment parameters.

3.5.4.2 The effects of the discharged angle:

In this article, we launch the acoustic ray by controlling the discharged angle in the scope of $\pm 11^\circ$. From ray number - time distributed chart, it can prove that the discharged angle in the scope of $\pm 11^\circ$ is suitable and feasible. Therefore, it will reduce many unnecessary operations and save computer's load if we choose the scope of ray discharged angle appropriately. Besides, the results indicate that control of the discharged angle reduces the influence of multiple paths in the sea effectively from the relationship of the discharged angle. By controlling the discharged angle, the threshold of number of ray reflections will filter out the rays whose energy were dissipated because of too many reflections.

3.5.4.3. The effect of grid size of acoustic source:

The initial simulated grid is divided into one division per 100 meters in range (away from the receiver 18 to 20 kilometers for case 1 and 25.26 to 27.26 kilometers for case 2) and one division per 10 meters in depth (10 to 120 meters in depth for case 1 and 2.3 to 192.3 meters in depth for case 2). The results indicate good inverse mechanism to calculate the distance between source and receiver in range and in depth. Also, it proves that the more divided grids, the more precisely we can construct the net. Therefore, it is concluded that if we had enough operating time to set up more extensive grids, then the inverse calculating mechanism of source position can be more accurate.

3.6 子計畫三：水下噪音實驗與分析

3.6.1 研究目的

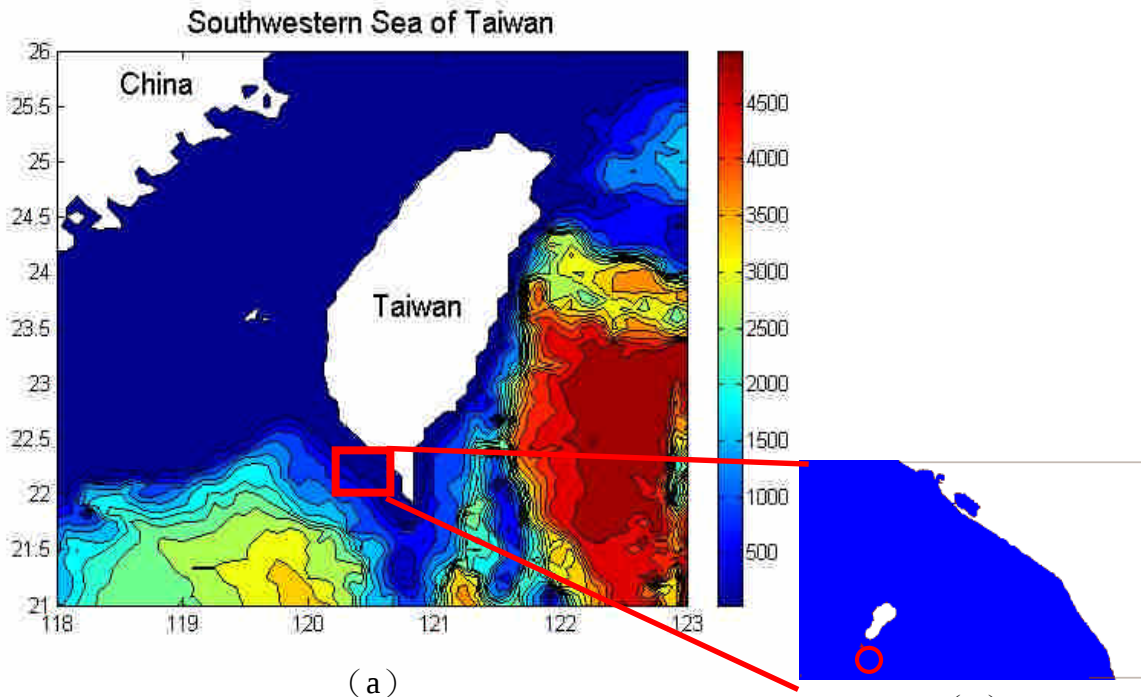
聲納系統可分為主動式聲納 (Active Sonar)，和被動式聲納 (Passive Sonar) 兩個系統，主動式聲納系統是由聲源拍發訊號，當聲波遇到目標物或是海洋環境邊界影響，所產生的反射，進而進行接收訊號，達到偵測的目的。由於淺海之環境噪音變動性大，噪音位準大小將會左右著聲納偵測的範圍，因此對特定海域的環境資料有足夠的了解，就顯得相對重要。

3.6.2 研究要點

本子計劃配合總計畫在 2007 年於台灣西南海域，小琉球嶼附近進行海洋聲學整合實驗 (OAJEX)，進行水下噪音資料蒐集，主要海洋環境噪音資料來自被動式水下聽音器系統 (Passive Acoustic Listeners, PALs)。海洋環境噪音與當地海域的氣候有密切關係，當風速達到一定大小將影響著環境噪音。本文資料量測期間，有 4 個颱風影響此實驗區，將做深入探討。

3.6.3 實驗位置

本次實驗在台灣西南海域靠近小琉球嶼附近位置，時間為 2006 年至 2007 年間，正確位置請見圖 3-14，由圖 3-14 (a) 所示，圖中紅色實線所框出來為儀器佈放位置，圖二 (b) 中紅線圈起來為實際的佈放點位及浮標位置，其佈放深度約為 82 公尺。



(a)
圖 3-14、臺灣附近海域及 2006 年 OAJEX 實驗位置圖(b)

錄音資料由表一可清楚看出其資料時間，資料儲存總天數共有 164 天。為了將資料分為春夏秋冬 4 個季節做探討，在此分別以 4、5 月份代表春季，6、7、8 月份代表夏季，10、11 月份代表秋季，12 月份則代表冬季，其中春季資料天數共有 34 天，夏季共有 66 天，秋季共有 38 天，冬季則有 12 天。

表一、環境噪音資料天數

	春		夏			秋		冬
月份	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	10 月	11 月	12 月
日期	21~30	1~24	14~30	1~31	1~18	12~31	1~30	1~12
天數	10	24	17	31	18	20	30	12

3.6.4 實驗儀器

被動式水下聽音器系統中，包含的組件有低雜訊水下麥克風 ITC-8263 (Hydrophone)、訊號放大器、控制電路面板，電池組，如圖 3-15 所示，儀器長度約 76 公分，其中水下麥克風等儀器規格則可參考表二所示，儲存的頻率則是先設定好，從 0~3k Hz 以每 200 Hz 平均為存取一個頻段，而從 3 至 50 kHz，則是每 1 kHz 平均存取為一個頻段 (Ma & Nystuen, 2005)。

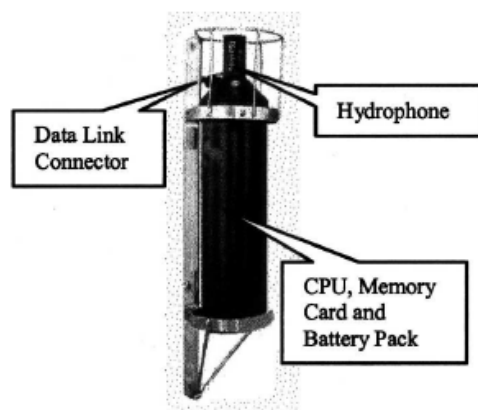


圖 3-15 被動式水下聽音器

表二、水下聽音器系統規格表

規 格	說 明
取樣頻率	100k Hz
取樣間隔	5 sec ~1 min
靈敏度 (Sensitivity)	-160 dB re1V/ μ Pa
系統運作時間	可運作長達一年

儀器系統取樣頻率為 100 kHz，取樣時間則會因為所感應之訊號不同，如當儀器偵測到不同氣泡大小產生之訊號等，啟動錄音間隔會改變為每 1 分鐘錄一筆資料或是 3~4 分鐘，而使得錄音存取的時間有所差異。當有突發性或不連續等聲源訊號，系統判斷後會作刪除，選擇環境噪音並獲得信號的頻譜，而當訊號未達設定值時，則會有 8~9 分鐘處於休眠狀態，等待訊號達到設定值再行紀錄。當被動式水下聽音器系統記錄這些頻譜，而不是聲壓值的時間序列，其目的是為了能節省記憶空間，以達到長時間的量測，內部還有數位式過濾器，高通濾波 300 Hz，低通濾波 40 kHz，其目的在減低來自低頻及高頻部份的雜訊。

本研究風速資料取得是由近海水文中心 (Coastal Ocean Monitoring Center, COMC) 佈放於小琉球的資料浮標所紀錄之資料 (國立成功大學近海水文中心)，且被動式水下聽音器系統即懸掛於近海水文中心的資料浮標下，如圖 3-16 所示，而風速資料是取每小時的最後 10 分鐘平均風速，以此平均風速來表示該小時之風速。

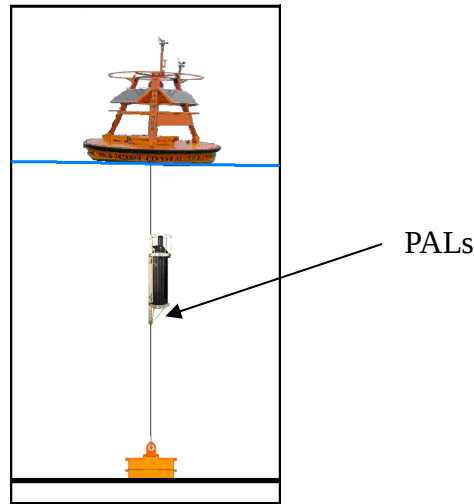


圖 3-16 PALs 懸掛位置圖

3.6.5 噪音位準估算

利用對台灣西南海域長時間序列的觀察，統計出環境噪音之分佈趨勢，藉由聲壓位準與風速資料的迴歸分析，求得此海域之估算噪音位準參數，可在無聲學儀器佈放量測時，得到此海域之環境噪音分佈情形。將各結果列於圖 3-17 中，可提供此海域環境噪音之參考值。圖 3-17 為春季各頻率的量測資料與估算值比對，藍色為原始聲壓位準，綠色則為估算值，圖中紅色虛線表示風速在 5 m/s 所估算出之聲壓位準大小，圖中可發現越高頻段之估算值越和實際值較相近，越高頻段估算值與原始聲壓位準差異越小，也證實了高頻率主要受風速所影響。

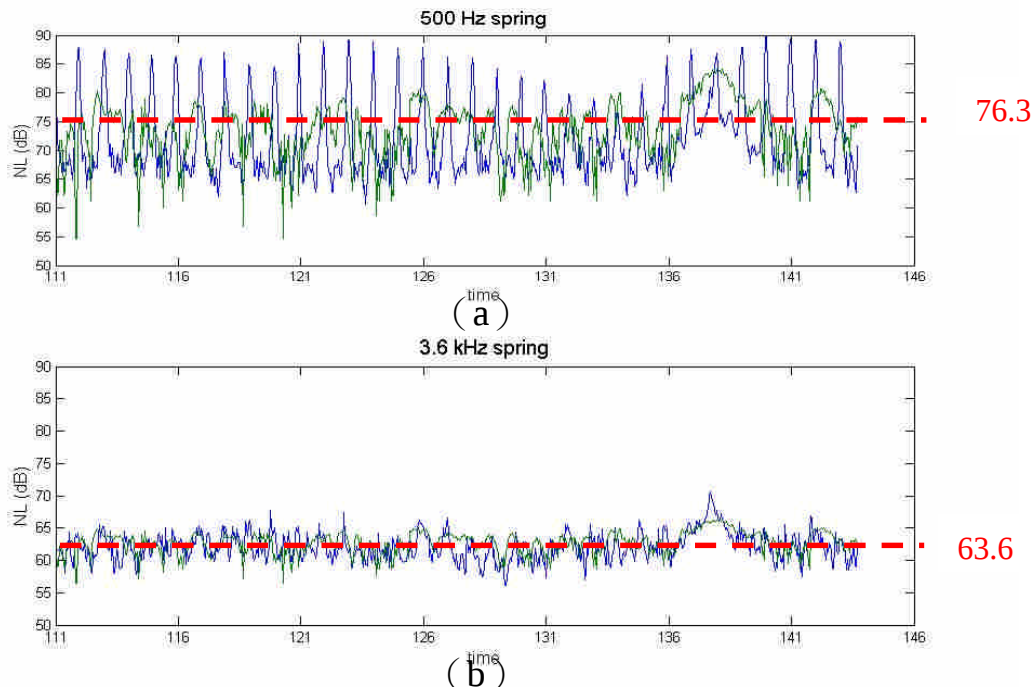


圖 3-17 春季各頻率量測值與估算值比對圖，(a) 為 500 Hz (b) 為 1.5k Hz

3.6.6 檢討與建議

本實驗探討了台灣西南海域整年度之環境噪音，在分析結果中，春季與夏季 500 與 1.5k Hz 受到不明高位準訊號影響，平均聲壓值比秋冬兩季高出許多，500

Hz 約高出約 10 dB，而 1.5 kHz 也高出約 5 dB。四季中 2.4k、3.6k Hz 這兩個較高頻段整體平均位準並沒有太大差異，平均位準都在 60 dB 左右，且其變動也在 3 dB 上下，且經由各月份聲壓位準的分佈發現，在 3.6 kHz 的聲壓位準分佈都較其他頻段集中，也觀察到聲壓位準隨著頻率增加而降低。

在沒有受高風速影響下，環境噪音之聲壓位準皆處與平穩狀態（除春夏兩季 500 與 1.5k Hz 受到不明高位準訊號影響），而在颱風影響前後，各頻率之聲壓位準皆有明顯變化。在珍珠颱風期間，各頻率聲壓位準約提升 3~5 dB，碧利斯颱風則在各頻率聲壓位準提升約 5~8 dB，凱米颱風則是在 2.4 與 3.6 kHz 的聲壓位準影響較大，約提高 5 dB 唯在寶發颱風期間，聲壓位準不升反降，推測是寶發暴風範圍影響時間較短，而沒有影響到此聲壓位準，此原因將有待解釋。

藉由本實驗可了解此海域，在不同時段環境噪音的變化及分佈情形，也利用迴歸分析得到估算聲壓位準之參數，將可有效的預估此海域環境噪音隨時間的變化，增加對此海域聲壓位準的了解，有效提升聲納效能系統，本文在冬季中，由於資料筆數取得較少，所以會有較高的偏差出現，需再加強更多長時間之觀測，才可修正冬季的誤差值，將可建立在此海域有更完整的預估値。

台灣由於處於重要之軍事位置，對於台灣四周海域及淺水海域，環境噪音之影響因素非常多，都必須加以了解及掌握，本文只針對了風速加以探討，如在對其他影響如船舶、潮汐及黑潮等因素加入分析，相信可更了解台灣四周海域的環境噪音之機制，如此才能有效提昇聲納的偵測效能，若我們得到此海域更多海洋相關資訊時，本文資料中的不明高位準訊號影響，或許可再深入做探討，進而找出其影響來源。

海洋環境變化大，不只針對風速影響，對於海洋環境噪音還必須依靠更多海洋物理資料作佐證，淺海環境由於地域特性，須加考慮附近船舶、海洋生物、岸邊工廠等暫態性聲源影響，而在淺海環境中，Grant B. Deane 也提到，風浪產生的碎波、白浪風、變動產生的壓力變化等，也都會因為海域的不同而有所差異，所以必須藉由更多量測及分析資料，聲納效能才能獲得更好的提升。

3.7 子計畫四：海洋環境參數與反潛作戰模式結合研究

3.7.1 研究目的：整合基礎與戰術級模型以分析阻柵效能

本研究之主目的乃在於分析海上巡邏區佈署兵力形成阻柵敵潛艦穿越之阻柵區。所需之數學模型為戰術模型與科學工藝模型之整合與運用；阻柵區之建立、兵力運用與敵我間之互動等屬於戰術模型，而所需之高可靠參數如偵測機率則依賴科學工藝基礎模型來提供。而台灣大學水下聲學實驗室所研發「先進聲納偵測距離預測系統」(Advanced SONAR Range Prediction System, ASORPS)為本研究的重要基礎模型。

3.7.3 研究要點

阻柵戰術的一個重要特點在海域的選擇。潛艦在執行任務對經過路徑與最終區域是選擇邏輯是不同的，經過的路徑是選擇最不會被發現，也是最快可以抵達目標區的；而最終的區域是與目標最有可能遭遇(攻擊、監偵)或接觸(支援、裝卸)

的地點。因此，執行反潛阻柵，選擇阻柵的區域通常為情報判斷中潛艦可能通過的區域，這些區域往往在一個較大的範圍，也就是說，偵測器的偵測距離隨著水文環境的變化有所不同，如何利用這種變化，取得阻柵設置之優勢是設計者重要之因素考量。孫子兵法說『道天地將法』，其中的天指的就是環境，作戰時最重要之決策因素此其一也，是故本研究將以台灣大學水下聲學實驗室所研發「先進聲納偵測距離預測系統」(Advanced SONar Range Prediction System, ASORPS)為基礎所建立水文環境之數據，進一步探討反潛阻柵戰術的效能與潛艦迴避運動對阻柵的影響。本研究主要探討議題

- 一、海洋環境對聲標戰術的影響。
- 二、潛艦在面對聲標戰術佈放主動聲標反應與戰術設計的關係。
- 三、海洋環境對隨機搜索戰術的影響。

3.7.4 反潛搜索

反潛作戰中高難度的部分不在攻擊階段，而是攻擊前的搜索與辨證(identification)也是耗時最長的階段。反潛兵力在廣大海域進行長時之搜索，主要目的就是蒐集所有來自海中的聲音，這些聲音的音源包括水流聲、魚群與海底微生物聲、來網漁船與商船聲以及刻意低調通過之不明目標聲。船聲又可分為主機聲、泵浦聲、機器與船體間震動聲、推進器聲等，皆有不同之頻率與強度。海域這個大自然扮演一個聲音傳遞的媒介角色，這些音源製造出的聲音經過海域媒介的吸收、折射、反射等揉合到達反潛兵力的偵測器與系統，進行數據解析、比對與輸出，在判讀何者是目標音響(signal)、何者是噪音(noise)、又何者是假信號(false alarm)。而隨著科技的快速進步，潛艦的噪音減碼已有跳躍式的進步，從艦體外吸音材質到艦內減震、減音的新穎設計建造，已能有規模的降低噪音的產生與減少艦體的音響反射。此舉將令搜索方兵力之被動偵測無異是雪上加霜，更難僅以聽的方式從事搜尋潛艦之任務。從所有音響中分析出不知名目標後，如何辨證出所要之敵對目標，又是另一個議題。許多國家從二戰至今就早已建立海洋情報之資料庫，並持續蒐集新數據更新原資料庫，其中重要之一即是存有敵、我及中立國所有軍艦、商船之音頻特性資料。反潛兵力具備這些資料後，就可以迅速的辨證目標之屬性，以利接續之戰術決心與行動。

3.7.5 ASORPS 之應用

ASORPS 系統透過複雜的海洋模式建構，結合多項水文、底質資料庫，計算聲音在水中的傳送損失，進而轉換成艦艇聲納的偵測效能。ASORPS 的最後輸出，經過換算，可提供之參數有：層次深度(Layer Depth; LD)、潛望鏡深度(Periscope Depth; PD)、最佳潛艦深度(Best Submarine Depth; BSD)、潛望鏡深度距離(Periscope Depth Range; PDR)、最佳深度距離(Best Depth Rang; BDR)等，可提供使用者方便應用於各類型反潛作戰。例如計算反潛屏衛時，各屏衛艦的間距，或進行平行掃描搜索時，搜索艦的間隔可運用 ASORPS 的輸出來決定。ASORPS 的應用，不以單一現場環境之應用為主，在進行模擬分析時，設定搜索機艦或潛艦的活動範圍都在一個較大的海域中。海域的範圍愈大，其中的海洋環境變化就愈大。如果只是設定一些固定的偵測機率值，往往無法準確的表達模擬分析的結果。ASORPS 可以產生某形聲納在某月、和某個經緯度的偵測機率，因此運用 ASORPS 的輸出，可將台灣週遭海域的偵測預測先行處理，產生大範圍的偵測機率資料庫，則所有相關機艦的偵測結果配合戰術模擬分析後，則可計算相關戰術

的效能。

本年度以台灣西南海域為範圍，來觀察在整個區域中，在不同位置進行反潛阻柵所形成的效能。我們設定四個案例以分析不同區域的隨機搜索阻柵效能，最後再以巨觀方式分析在西南海域進行反潛阻柵作戰可能的兵力運用。

3.7.6 分析與結論

- 一、在本報告中，顯示主動聲納比被動聲納的阻柵效能佳。
- 二、在反潛隨機搜索的效能分析中，阻柵需求之兵力，隨季節而有不同。
- 三、在台灣西南海域至南海一帶，阻柵位置的不同所能產生的戰術效能也不同，本研究將研究重點從戰術層級提升至戰役層級，並提供許多策略發展之重要建議。
- 四、本次研究跳脫以往須兼顧因數據不足之下層輸入端而以參數研究之設計與全程處理方式改以引用 ASORPS 之數據逕行專注上層分析，除降低極大之不確定性外亦令分析模型與處理過程更形簡易、結果可信度提升。

3.8 子計畫五：聲納偵測參數可靠度分析

3.8.1 研究目的

台灣周邊海域海洋環境複雜，不論在時間及空間上均時時在變動的，聲納系統在此多變的海洋中，亦會影響其水下偵測效能，在反潛應用中是以聲納方程式做為偵測效能評估的依據，其各項參數與海洋環境有密切關係，要瞭解水下偵測效能之優劣，就必須針對各項水下偵測參數進行分析研究，以掌握其影響偵測效能之程度。

本年度計畫重點在分析、量化台灣周邊海域海洋環境之不確定性 (uncertainty)，並估算其在聲場計算時所產生之影響，以進行聲納效能評估結果之可靠性分析。

3.8.2 聲納偵測距離的不確定性分析

在本年度的分析中，假設一水面艦於艦艏處裝置一具主動聲納，其聲納深度為 10 公尺，依據圖 3-18 之計算格點位置，實施全向性拍發，由於各點的水文狀況及地形剖面均不相同，故進行八方位計算，每一方位之計算均採獨立之地形剖面，所獲得之偵測距離，以色標顯示其遠近。此外，單一方位上如有兩個以上偵測距離，則取其平均值作為該點之偵測距離。

依據海科中心海底地形及 GDEM 之水文資料範圍，在空間上的分析範圍為經度 117 度～125 度，緯度 19 度～25 度，以每 15 分之經緯線格點進行每一格點八個不同方位的聲納偵測距離計算，進行不同季節的計算。

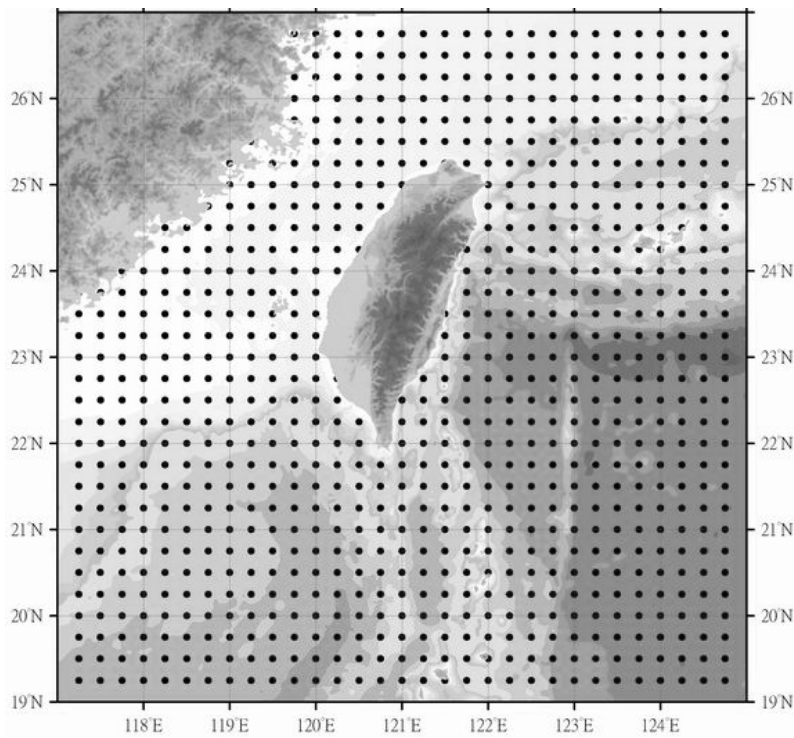


圖 3-18 計算格點（15 分經緯度間隔）示意圖

在淺水海域中，傳遞聲波能量的波導（waveguide）厚度較小，較易受到地形起伏變動的影響，相對於深水海域其波導厚度較大，地形起伏的影響作用則較小，故聲波在淺水海域水層中傳遞時，極易受到地形變動影響。所以，針對單一定點來說，聲納聲波能量向四面八方發送，雖然聲速剖面是一致的，但不同傳遞方位的地形起伏卻會有差異，使得聲納在不同方位的偵測距離亦有所差異，故在淺水海域或地形變化複雜海域之聲納偵測距離變動性較大。

冬季

自冬季 1 月份開始如圖 3-19，由於海水表面溫度較低，較容易形成層次深度，使得聲納偵測效能普遍較佳，隨著季節轉向春季，海水溫度漸漸升高，聲納偵測距離漸漸縮短，整個區域來說，由台灣西南海域開始變化，這是由於東北季風減弱，海水溫度較高的南海暖流及黑潮支流開始有機會流入台灣海峽。

春季

到了 3~4 月份春季，台灣東部近海海域之偵測距離已逐漸縮短（顯示藍色部分）如圖 3-20，這是受到黑潮的影響。黑潮向北流，於東北海域受到東海大陸盆與琉球島弧影響，使得黑潮沿著沖繩海槽向東北流動，由 3~4 月份的偵測距離分佈可約略看出。

夏季

隨著季節轉換表面海水溫度升高，於 5~8 月份時已無層次深度作用，台灣週邊海域除了淺水區域受到海底反彈影響，大部分已被藍色所覆蓋（偵測距離在 5km 以下），聲納的偵測效能不佳，如圖 3-21 所示。在南方的呂宋島弧及東北方的琉球島弧，受到特殊地形造成聲波反射影響，在特定位置之部分方位，有較佳的偵測效能。至於在淺水區海域，受到海底反彈的影響，普遍有較佳的偵測效能。惟在淺海水域，混雜回音（混響）現象亦會影響聲納偵測，惟在本次計算中，暫未列入。

秋季

到了秋季節，氣溫轉涼，整體偵測效能分佈又逐漸被黃、綠色所覆蓋，表示聲納有較佳的偵測效能，如圖 3-22。

圖 3-19 台灣週邊冬季主動聲納偵測距離分佈圖

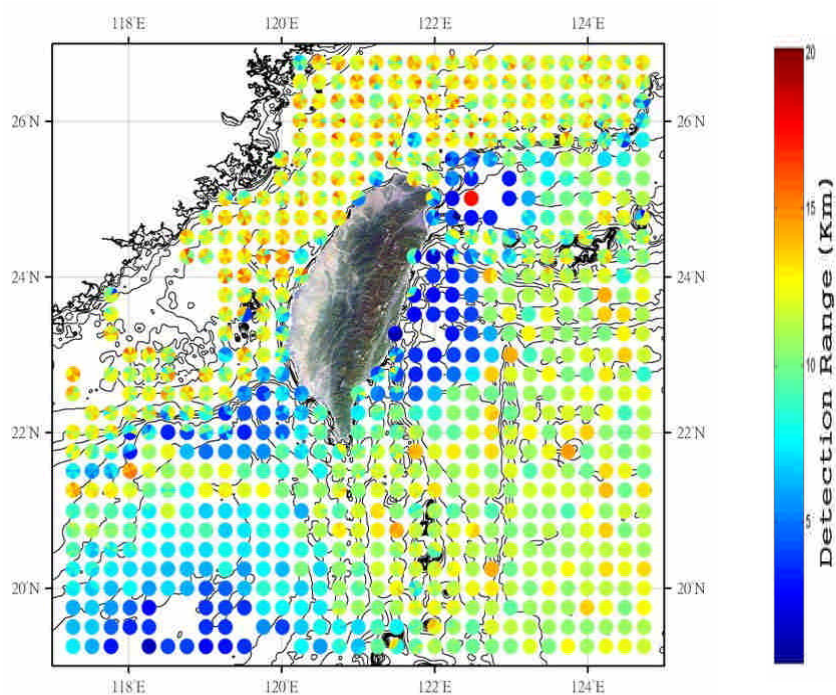
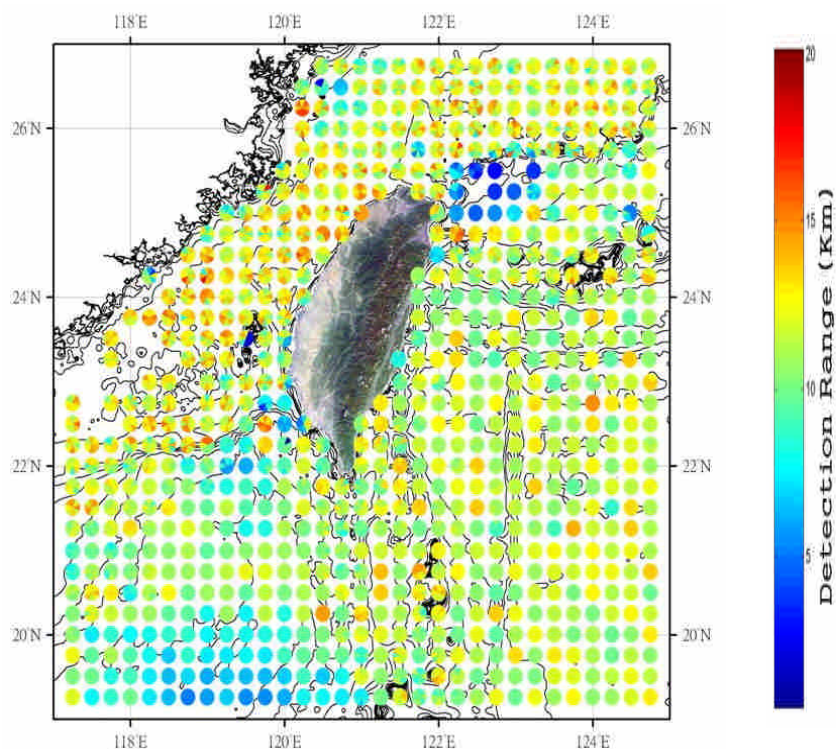


圖 3-20 台灣週邊春季主動聲納偵測距離分佈圖

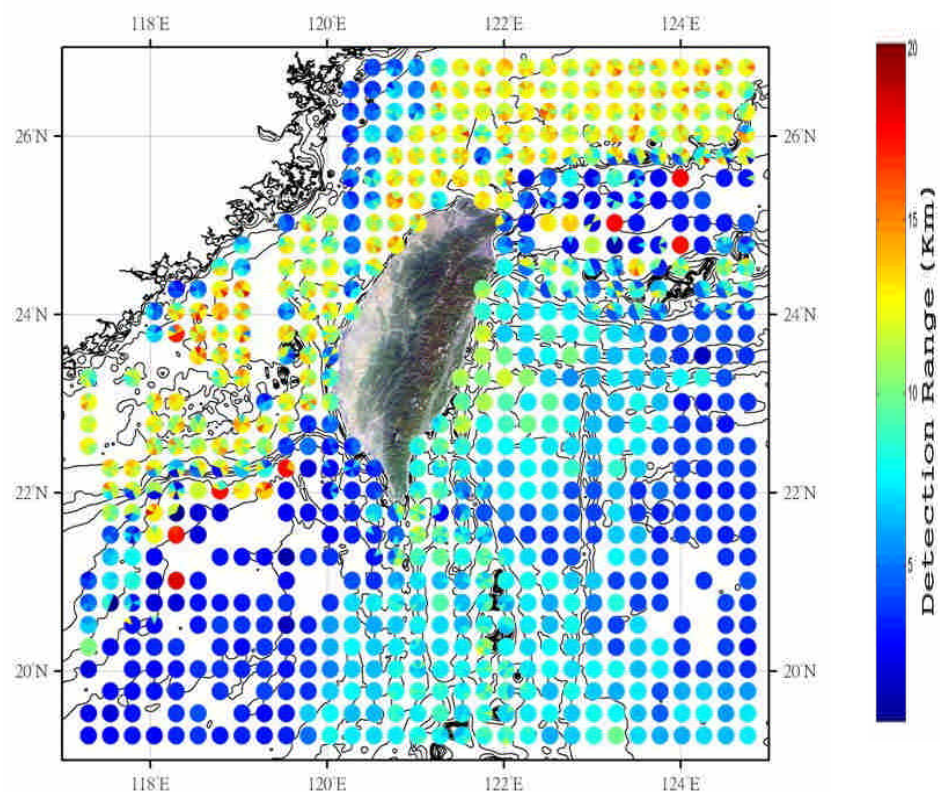


圖 3-21 台灣週邊夏季主動聲納偵測距離分佈圖

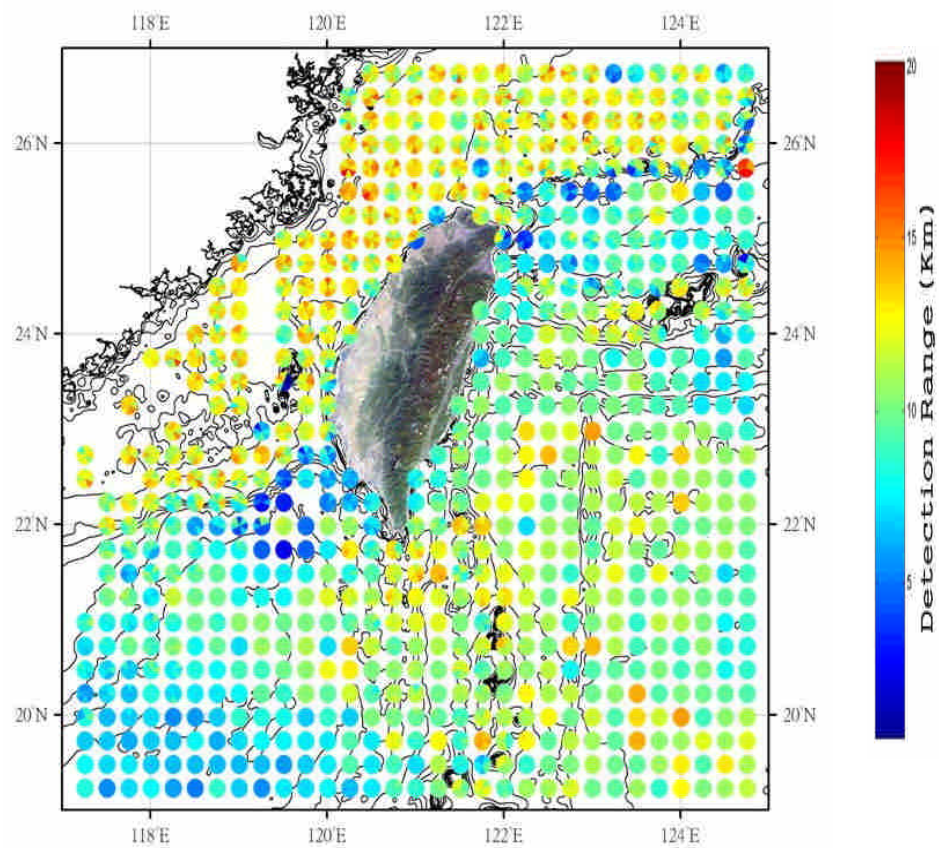


圖 3-22 台灣週邊秋季主動聲納偵測距離分佈圖

3.8.3 偵測距離不確定性分析

偵測距離在前述空間與時間上分析後，接著進行定性及定量的不確定分析。依據圖 3-23 方式，將台灣週邊海域以 2 度經緯線劃分 15 個統計方格，分別針對方格內之偵測距離進行不確定性分析。

定性分析

在圖 3-23 中，配合 GDEM 水文資料的網格密度，以 15 分之間隔為格點，進行每一格點八方位的聲納偵測距離計算，將 2 度經緯線方格內之所有偵測距離，計算其平均值與標準差，以瞭解偵測距離的不確定變化特性。圖 3-24 為 1 月份之主動聲納統計結果，由於有層次深度作用，其偵測距離平均多為 9-11 公里，如同之前的分析，在地形變化較大且水深較淺的區域，例如西岸大陸棚（work9~10、work14~15）、東北之琉球島弧（work11~work12）等區域其偵測距離不確定性亦較大（標準差多在 2 公里以上），位於東南深水海域（work4）之偵測距離變動性則較少（標準差在 1 公里以下）。到了春季如圖 3-25 之 4 月份統計資料所顯示，隨著表面海水溫度升高，層次深度變淺，表面聲音之效應減低，使得偵測距離縮短，約為 6-9 公里，其變動性幅度亦較冬季時為大，標準差由冬季之 1~2 公里，增加至 3 公里左右。到了 7 月份之夏季，整體的偵測距離已縮短為 3-7 公里，如圖 3-26 所示，其標準差亦增加為 3~4 公里左右，其變動幅度幾乎為平均值之一半，如此一來在聲納的運用上應要特別注意。進入秋季時，如圖 3-27 顯示，由於表面海水溫度降低，偵測距離逐漸增加為 7-10 公里，標準差亦略為減少。

由上述的分析可知，秋、冬季期間，由於上層海水溫度較低，容易形成層次深度，使得偵測距離較遠，在春、夏季期間，表層海水溫度升高，不易形成層次深度，連帶使得偵測距離較短，其不確定性（標準差）亦較秋冬期間為高，聲納偵測效益不佳。此外，在淺水海域部分，較不容易受海水溫度變化影響，均具有較遠的偵測距離，惟淺水海域的偵測距離不確定性亦較大。

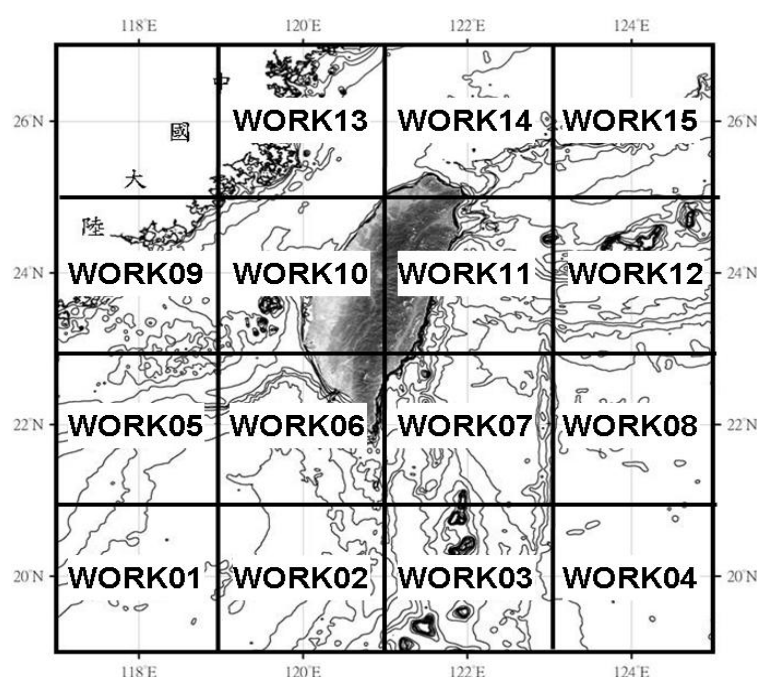


圖 3-23 偵測距離統計分析網格位置示意圖

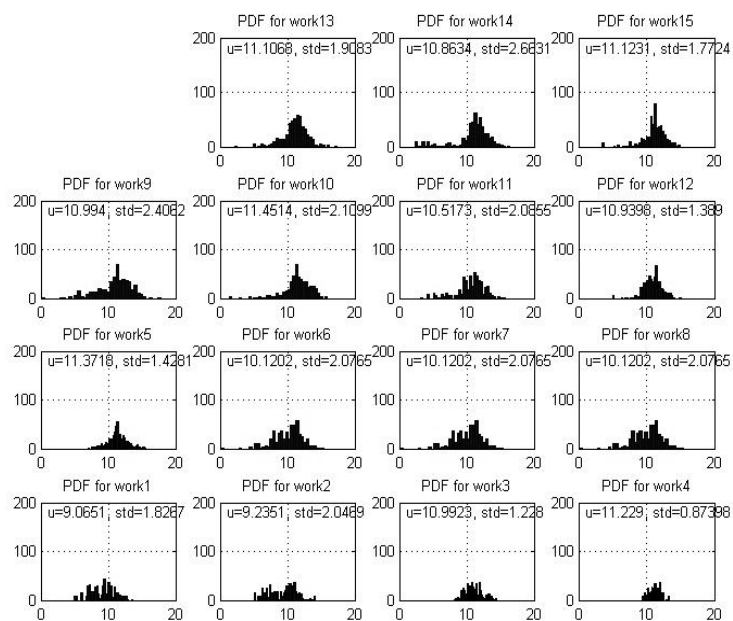


圖 3-24 台灣週邊海域 1 月份（冬季）主動聲納統計分析圖

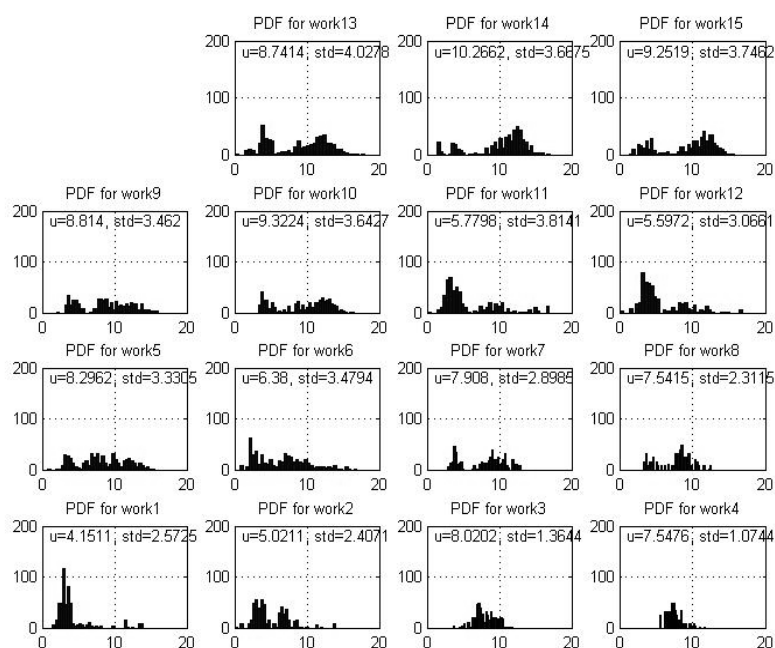


圖 3-25 台灣週邊海域 4 月份（春季）主動聲納統計分析圖

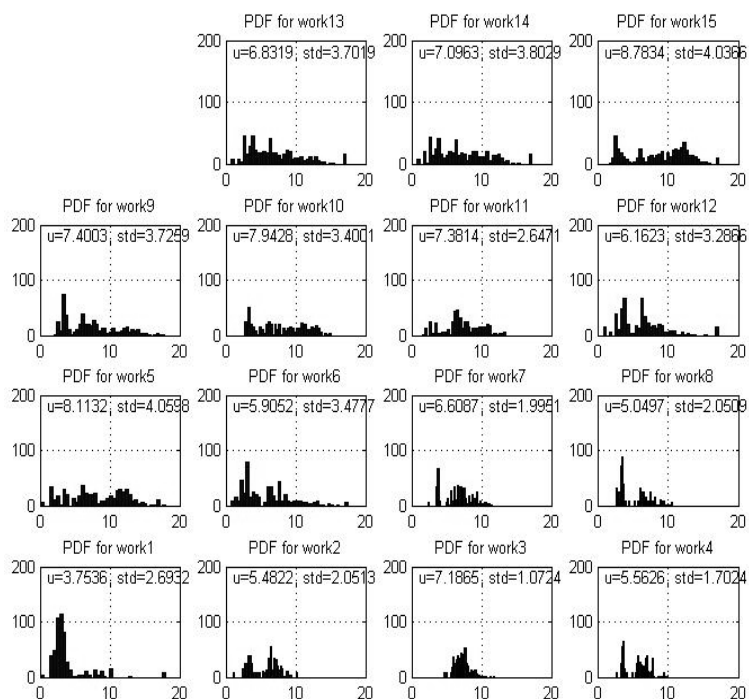


圖 3-26 台灣週邊海域 7 月份（夏季）主動聲納統計分析圖

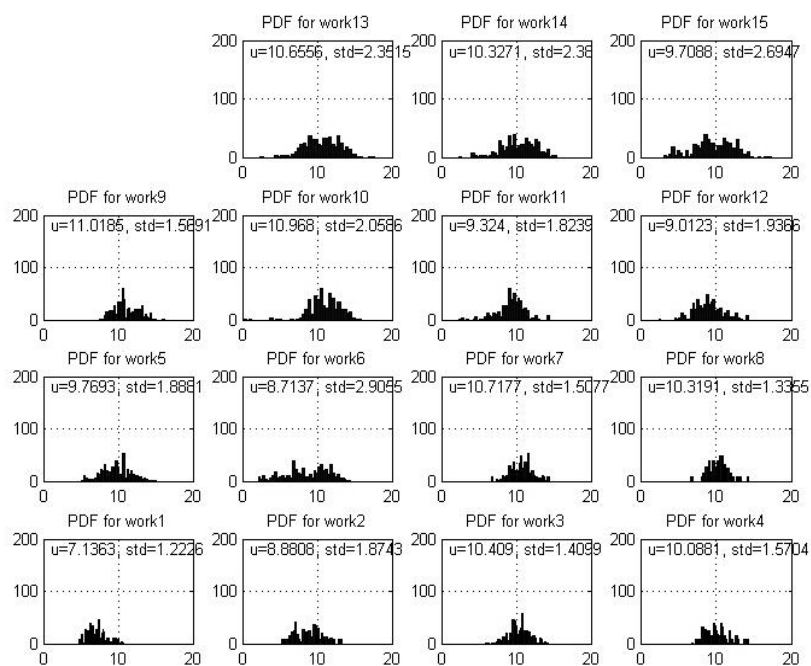


圖 3-27 台灣週邊海域 10 月份（秋季）主動聲納統計分析圖

定量分析

地形的變動是聲納偵測距離不確定性的主要影響因素之一，為瞭解地形對偵測距離之影響，本節分別計算地形的變動性與聲納偵測距離不確定性，以分析兩者間之關連性。

首先，仍沿用圖 3-23 之 2 度經緯線方格，在每一方格內以 0.25 度（15 分）的格點計算海底地形（水深）的變動性（標準差）。在前面的分析中，可知地形的變動量對於聲納偵測距離的影響程度隨著水層厚度（水深的深淺）的不同而有所改變，在淺水海域的聲納偵測距離變化，受到地形變化的敏感度要高於深水海域，也就是說，以相同的海底地形（水深）變化量，其影響聲納偵測距離的程度，淺水海域要高於深水海域，故在分析地形變動不確定性與偵測距離不確定性之相關程度時，由於兩者之尺度並不相同，應進行地形變動及偵測距離的正規化，如下式

$$\text{地形變動性} = \frac{\text{方格內水深變動的標準差}}{\text{方格內的水深平均值}} \quad (3.1)$$

$$\text{偵測距離不確定性} = \frac{\text{方格內偵測距離的標準差}}{\text{方格內的偵測距離平均值}} \quad (3.2)$$

完成正規化的計算後，接著依據 (3.3) 式進行地形變動性與偵測距離不確定性值之相關性分析，如圖 3-28，每一小圖表示 1~12 月份的比較結果，每一小圖的縱座標為正規化的地形變動性與偵測距離不確定性，橫座標為參照圖 3-23 之每一 2 度見方 work 網格的編號，紅線表示偵測距離的不確定性，藍線表示地形變動性，圖中左上角數值為兩者間依據 (3.3) 式計算的相關係數。

$$R(i, j) = \frac{C(i, j)}{\sqrt{C(i, i)C(j, j)}} \quad (3.3)$$

R：相關係數

I：表示方格內海底地形的數值

j：表示方格內的偵測距離數值

C：表示 Covariance Matrix

由圖 3-28 的分析可知，地形的變動性與聲納偵測距離不確定性在 4~9 月份有高度的相關性，其相關係數多在 0.7 以上，這是因為春夏期間，海水表面溫度較高，不易形成層次深度，故在水面拍發的聲波，無表面聲管作用，聲波路徑以向下折射為主，故此期間之偵測距離以受海床作用之海底地形影響較大，使得海底地形的變動性與偵測距離有高度相關性。在 10 至隔年 3 月份的秋冬季節期間，受到東北季風低溫且攪拌作用影響，易形成表面聲管，故偵測距離不確定性不只受到海底地形的影響，亦與聲速剖面有關，故與地形變動的相關係數多在 0.5 以下。

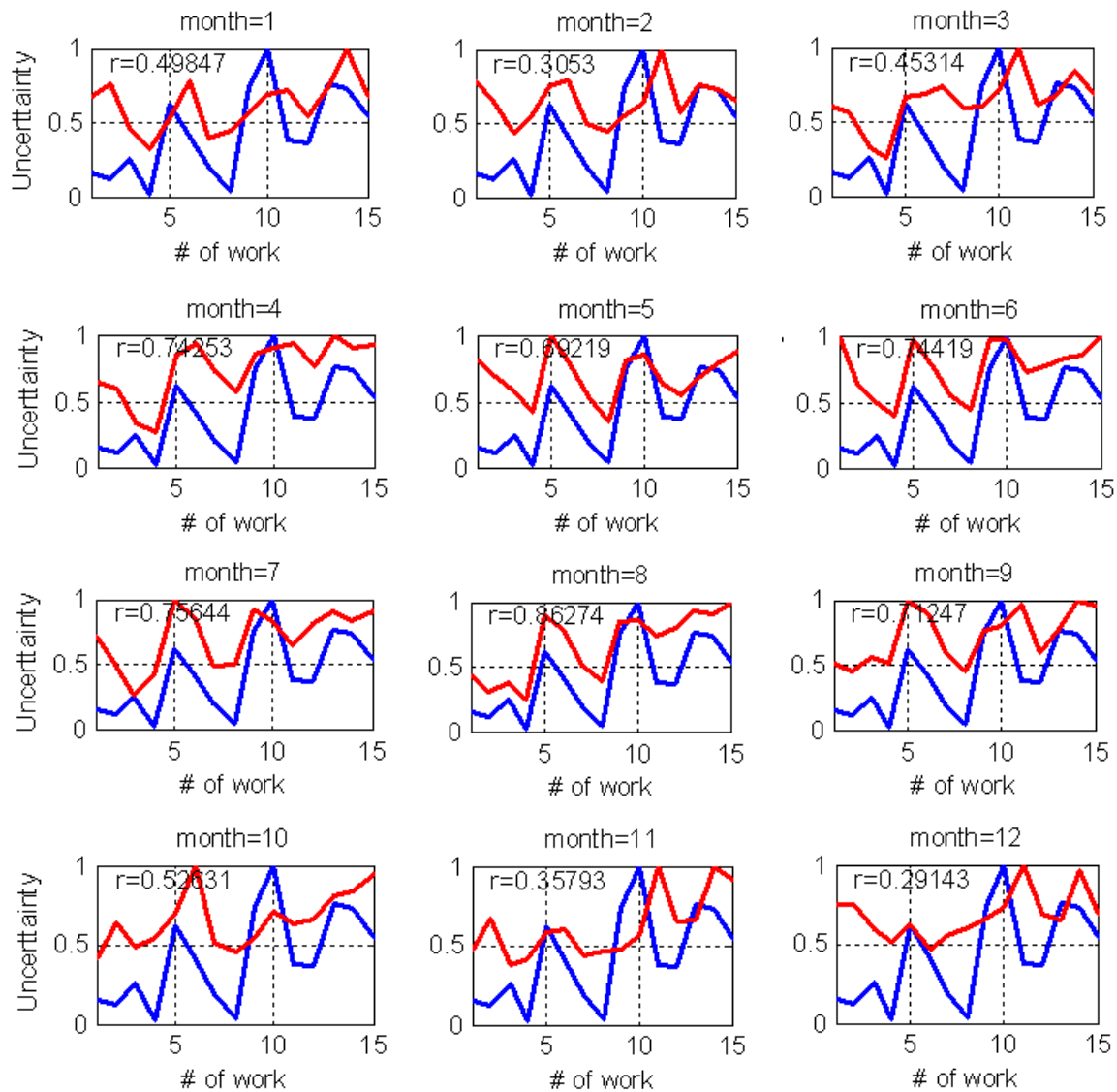


圖 3-28 地形變動性（藍線）與聲納偵測距離不確定性（紅線）關係圖

3.8.4 結論

最後，在台灣周邊海域偵測距離的定性不確定分析上，冬季時由於有層次深度作用，在地形變化較大且水深較淺的西部及東北之琉球島弧海域，其偵測距離平均多為 9-11 公里，使得的其偵測距離不確定性亦較大（標準差多在 2 公里以上）。位於東南深水海域之偵測距離變動性則較少（標準差在 1 公里以下）。到了春季，隨著表面海水溫度升高，層次深度變淺，表面聲管之效應減低，使得偵測距離縮短為 6-9 公里，其變動性幅度亦較冬季時為大，標準差由冬季之 1~2 公里，增加至 3 公里左右。到了 7 月份之夏季，由於無層次深度作用，整體的偵測距離已縮短為 3-7 公里，其標準差亦增加為 3~4 公里左右，其變動幅度幾乎為平均值之一半，如此一來在聲納的運用上應要特別注意。進入秋季時，由於表面海水溫度降低，偵測距離逐漸增加為 7-10 公里，標準差亦略為減少。

在分析地形的變動性與聲納偵測距離不確定上，由於地形的變動量對於聲納偵測距離的影響程度隨著水層厚度（水深的深淺）的不同而有所改變，在淺水海

域的聲納偵測距離變化，受到地形變化的敏感度要高於深水海域，故在分析地形的變動性與偵測距離不確定性之相關程度時，應進行地形變動的正規化，由圖 3-28 的分析可知，在春、夏季無層次深度作用期間，地形的變動性與聲納偵測距離不確定性有高度的相關性。

3.9 子計畫六：海底底質音響參數量測與分析

3.9.1 研究目的

水下作戰在於是否有效掌握聲納效能的預估，也就是掌握聲納效能參數，包含水文資料、海底地形以及底質資料；然而國內對於台灣周遭水文及地形資料已建立相關之資料庫，唯底質部分，目前尚未建立相關地音參數資料庫，且海軍所使用的音傳損耗計算程式只限於一般海域，對於台灣周遭環境劇烈之變化，原有之音傳損耗程式恐不敷使用，故程式中主要輸入條件一聲學模型所需要的基本底質資料，十分不足，使得音傳損耗預估之可靠度大打折扣。事實上，預估音傳損耗是必需具有精確的水中及底層聲學模型及合適之音傳損耗之計算程式；有鑑於此，吾人以台灣周遭海洋環境建立聲學研究所需之地音模型，以提供海洋聲學整合計畫在計算上所需之參數。本年度之工作重點在分析地音模型之應用與地音資料庫雛形之建立。

3.9.2 研究要點

本子計畫第二年（總計畫第三年）以台灣周遭海洋環境建立聲學研究所需之地音模型與地音參數資料庫，以提供海洋聲學整合實驗(OAJEX)之底質參數部分。由於目前國內對於此方面都尚未提出一套適合求地音模型參數的方式，因此就利用 Hamilton Model 方式建立一套適合求台灣周遭地音參數的模型(而地音模型輸入參數部分之一，主要由本子計畫中之第一年成果報告所反算出之衰減係數，當作其中一個輸入參數)。所建立的模型雖是雛形，惟可有效提供海洋聲學整合實驗中，在聲學領域所需之地音參數。至於特定地區或是地形變化起伏較大的地區(例如:高屏峽谷出海口附近等)，可藉由其他相關研究文獻，對此模型參數加以修正，以獲得該區域更正確的地音參數值。

本研究亦完成建立地音參數資料庫之架構，資料庫格式區分為三種，第一種為岩心資料庫格式、其次為震測資料庫處理格式，最後為底層剖面儀反算之資料庫格式，資料庫持續蒐整，在聲納距離預估上更為精確。

3.9.3 地音模型的建立

此地音模型參數的建立，主要依照 Hamilton 的方式建立，並參照相關研究之文獻資料，加以修正，以得到合理的地音模型參數求法。模型主要區分為兩種不同的計算模式(依照 Hamilton 衰減係數與粒徑大小之回歸曲線作分類，1980)，模式一為沈積物粒徑小於 4.5ϕ 、模式二為粒徑大於 4.5ϕ 。也就是由沈積物粒徑大小來決定使用何種計算的模式，待確定模式之後，再將當地區域要計算點位之水深由相關水文歷史資料中查得，並將該點水深位置之聲速找出或是計算出後(需依照時間季節，以找出對應聲速的部分)，得到三個主要輸入的參數，分別為粒徑大小，水深及該點水深之聲速(底水聲速)，再加上震測資料聲波在沈積物中的走時，即完成地音模型需輸入參數。按照以上步驟的順序，即可建立一個完整的地音參數模型。圖 3-29 為建立地音參數模型之架構示意圖。

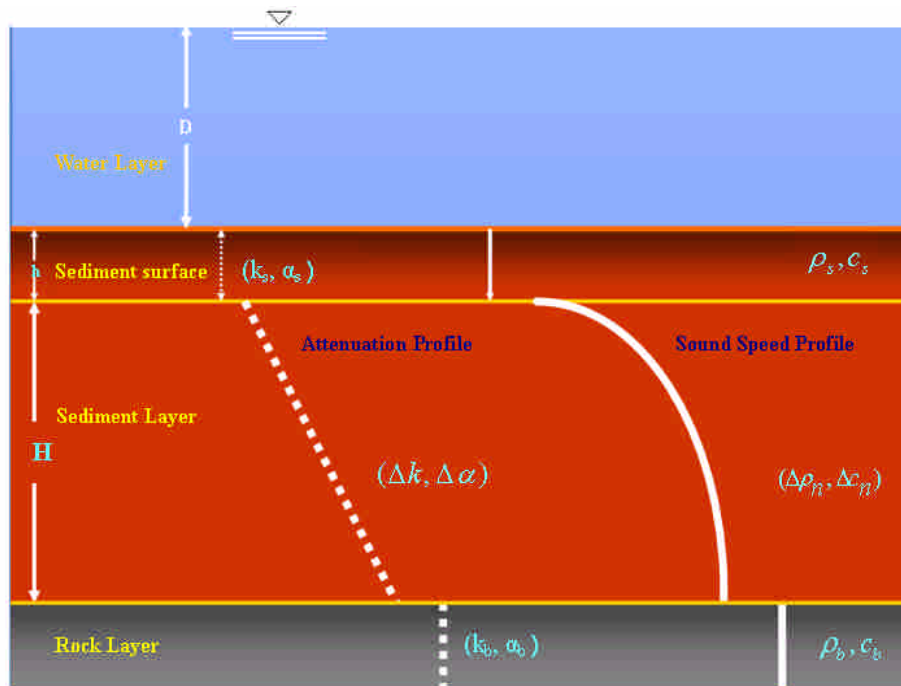


圖 3-29 地音參數模型架構示意圖。

3.9.4 地音參數資料庫架構

3.9.4.1 地音參數資料獲得方式

目前取得底質資料方式共區分為沈積物岩心採樣、震測資料收集、底層剖面儀及側掃聲納資料收集等四種，分述如下：

(1) 沈積物岩心採樣：

海底沉積物取得方法，依研究需求主要利用箱型岩心器、活塞式岩心器及重力岩心器等，將其繫於鋼纜利用重力方式打入海床取得沉積物樣本，作為研究分析用。箱型岩心器所取得之沉積物，主要作為有機物之氧化作用金屬之還原與再遷移、營養鹽之再生，沉積速率及沉積物之動力作用等研究。重力及活塞岩心器所取得之沉積物岩心，主要作為長時間尺度之地化作用、氣候變遷紀錄、古生物隨時間演變及礦物之形成等研究。另外，沈積物之岩心採樣對於海床聲學性質之研究亦扮演相當重要的角色。除了以上的介紹外，亦有其他相關採集岩心的方式，例如震動式(Vibration Corers)、Shipek grab、Dredge samples 及 Multi-corers 等，也都是作為沈積物採樣的方式。

(2) 震測資料收集：

多頻道震測反射系統，主要利用空氣壓縮機將高壓空氣(約 2000 psi)輸送至高壓空氣槍，經系統擊發後高壓空氣經由空氣槍釋放產生聲源，聲波傳遞至海底地層反射之訊號，經由研究船尾所拖曳之受波器電纜(目前國家海洋科學研究中心有 24 頻道及 4 頻道兩條電纜)接收，此回收訊號再經多頻道震測儀(DFS-V)處理後儲存於磁帶上，以便作後續分析。由於高壓空氣槍聲波屬於較低頻率(150Hz 以下)，具有高穿透力之特性(1 公里以上)，因此對於深層地層結構探測有極大幫助；另外，此震測剖面資料在後續地音模型建立上，會有著密不可分的關係。

(3) 底層剖面儀：

近年來，底層剖面儀已被廣泛使用在各項底質探測之研究。目前底層剖面儀資料，吾人共區分為三種，分別為：

1.海研一號連續變頻聲納系統：現在海洋研究船海研一號上所使用的海床淺層剖面儀器(sub-bottom profiler)，是一種具有 8 公分高解析度、穿透海底下約 200 公尺，可顯示海底淺層的底質、構造、地層變化的聲納。2 仟瓦功率放大器可提供 25 毫秒連續線性調頻訊號於 11000 深的水域作業，其訊號的頻率範圍在 1-11 千赫之間，主頻為 3.5 kHz，波束寬在 25-50 度之間；另外，由於此系統操作簡單，因此在資料收集上，對於使用者可節省很多的時間。

2.海軍達觀艦 TOPAS 系統：海軍達觀艦上之 TOPAS 系統為海床底質探測剖面儀，此系統能產生連續變頻聲納的聲源，頻寬在 1-5KHz，並以數位的方式記錄海床聲納迴聲剖面資料，可以快速提供台灣周遭海域高品質的海床聲納迴聲資料。

3.台灣大學海洋研究所劉家瑄教授 Tow Vehicle (SB-0512i)系統：此 SB-0512i 系統為可攜帶式的底層剖面儀，可依據個人需求隨時出海收集相關資料，不受特定船隻的影響，增加使用上方便；另外此系統聲源為連續變頻訊號對探測底層提供了極佳解析度與穿透力，砂地約 20 米穿透深度，而泥地約有 200 米深度，其操作頻率範圍介於 500 Hz-12 kHz，波束寬 16°-32°，而在使用限制上最大操作深度在 300 米，操作時船速最快不可超過 7 節；因此此系統的引進，對於海洋研究人員在做海底底質探測時，將會大幅提升研究人員判斷及分析的能力。

(4) 側掃聲納系統：

其主要用途在於海底地貌掃瞄及地物搜尋；一般為拖曳式，然後操作時沿著船行進的方向作兩側的掃描，其使用的頻率通常為數百千赫茲；而原理為藉由特徵物與海床阻抗對比呈現強弱不等之現象，同時亦可藉由陰影(影像反白區)估算特徵物突起或下凹高度。側掃聲納在使用不同頻率音波時，它具有分辨平坦海床覆著何類底質的能力，即海床上到底是泥底、細砂底或礫石底，其主要也是藉由海床表面散射能量予以區分。因此對於有經驗影像的解釋者，事實上是可以根據海床影像來作底質的判別。

3.9.5 地音參數資料庫雛形

整個資料庫的雛形就是依據前述內容來做統合，從資料的收集處理到後續的數值分析，依據此分析過程來完成地音模型，並依據各領域不同需求做資料分類，建立地音參數資料庫。圖 3-30 為地音參數資料庫架構。

在地音參數資料庫建立部分，本研究利用頻譜比對法的反算方式將衰減係數 K 值求出，進而將其值導入地音模型之中，以獲得聲學所需之地音參數，並建立地音參數資料庫。目前架構及方法均已完成，亦即能量已建立。後續將就不同的海域，利用此架構繼續研究，以利整個地音參數資料庫的建立。

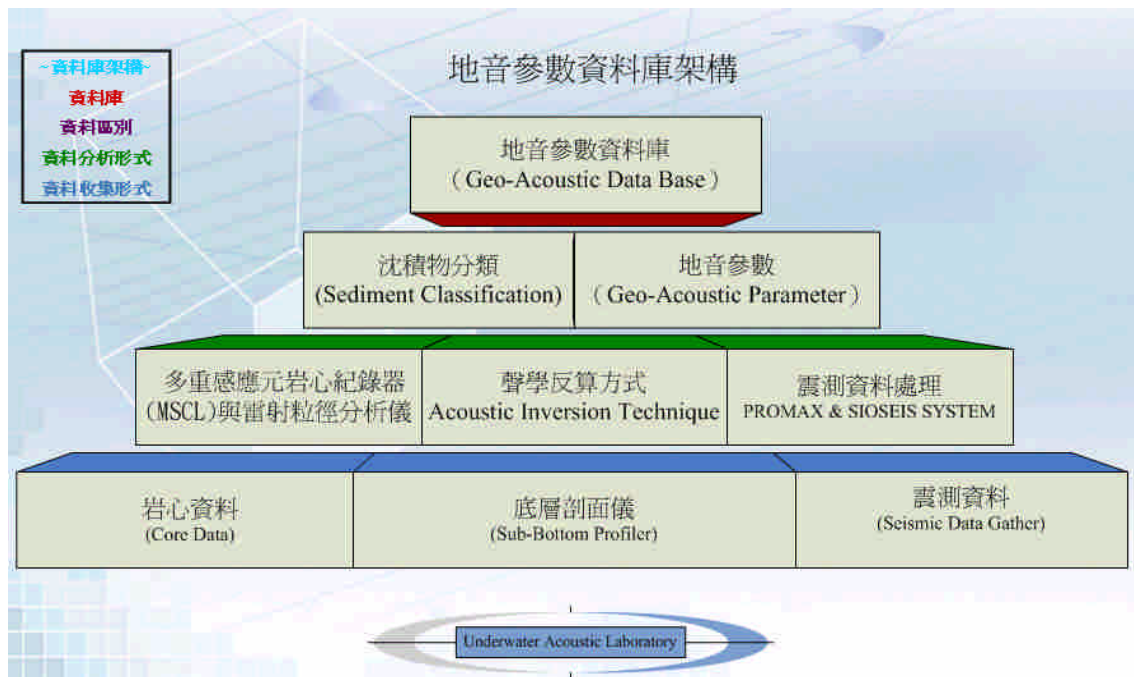


圖 3-30 地音參數資料庫模型的示意圖。

肆、結論

本整合型計劃的範圍涵蓋了海洋、聲學、軍事作業研究三大領域，如何建構與應用為本研究所探討之重點。本年度為海洋聲學整合計畫第三年之研究，已完成實驗規劃、實驗儀器的準備作業，包含聲納陣列、接收系統建置、相關儀器之整合等並出海實驗。在本年度研究中我們利用海上實驗將各子計畫所測得之沉積物震測海底地形及環境噪音等數據，輔以歷史資料庫之數據建構戰場環境分析模型，配合 GBM 及 PE 聲學理論模式的運算，驗證不同水文環境的傳播損耗值，並以統計量化的方式將聲納效能轉化為偵測機率，再配合反潛搜索戰術作為評估海洋環境對反潛戰術之影響。

從西南海域兩次的聲學實驗中，在沒有絕對聲源強度的情況下，我們可以發現聲學理論模型所計算的音傳損耗分佈走勢與實測值在空間上分佈的走勢非常的附合。所以本文的聲學理論模型可適用於台灣四周海域高低頻的音傳損耗計算，並應用於相關的戰術性模擬分析。

運用電腦模擬技術與作業研究的方法，在戰術模擬中發現不同的海洋環境下，反潛戰術作為也需跟著改變，如縮小搜索範圍或加派反潛直昇機來補足水面艦艇搜索不足的範圍。而在聲納裝備效能分析中，不同的季節表現出不同的海洋環境。藉由本研究可計算出不同季節的掃幅寬度值及差異性，並可提供未來建構台灣四周反潛搜索參數資料庫的依據。

伍、致謝

本整合計畫之執行要感謝行政院國家科學委員會及國防部海軍司令部對本研究計畫的支持。同時亦感謝所有各子計畫參與的教授、研究生、技術員、助理、助教等，對本研究案的付出與努力。此外，參與海上實驗船隻的工作人員在此一並提出深深謝意。

參考文獻

- 新聞信息報，2005 年3 月31 日，台海潛艇封鎖與反封鎖大推演
- 唐存勇，2001，“簡介亞洲海域國際水中聲學實驗”，自然科學簡訊，第13 卷第1 期，pp. 18-20.
- 陳琪芳，王崇武，2006。”海洋聲學整合計畫-海洋音響參數之量測分析及應用(I)”，國科會國防科技研究計畫成果報告，NSC95-2623-7-002-020。
- 王甯，陳慶生，1993，“高屏峽谷內層化水流之運動行為(I)”，國科會成果報告。
- 陳民本，陳儀清，1996，“高屏溪外海海床沉積物聲波性質研究”，國科會國防科技專題研究計畫。
- 王士豪，1997，“台灣西南高屏外海水下音傳特性研究”，國立台灣大學造船及海洋工程研究所碩士論文。
- 陳儀清，陳民本，1997，“台灣西南海域海床表層沉積構造與聲學特性圖集”。國科會成果報告。
- 陳儀清，1997，“台灣西南外海海床表層沉積現象之研究”。國立台灣大學海洋研究所博士論文，160pp.
- 梁克新，2006，”建立反潛作戰模式之累進偵測機率—以台灣海洋環境為例”，第三屆國軍軍事作業研究與模式模擬論壇，國防部整合評估室。
- 苑梅俊，2007，”淺水海域之水下音傳不確定性分析與偵測效能之研究”，國立臺灣大學工學院工程科學與海洋工程研究所博士論文。
- 國家海洋科學研究中心，<http://www.ncor.ntu.edu.tw>.
- 謝力文，2006，”「先進聲納偵測距離預測系統(Advanced Sonar Range Prediction System, ASORPS)」使用手冊”，台灣大學水下聲學實驗室。
- 李政哲，2006，“海床地音參數之反算與資料庫建立”，國立台灣大學工程科學及海洋工程學研究所碩士論文。
- 黃偉克，1996，”利用3.5 仟赫聲納迴聲化訊號遙測海床表層沈積物特性可行性之探討”，國立台灣大學理學院海洋研究所碩士論文。
- Lynch, J., A. Fredricks, J. Colosi, G. Gawarkiewicz and A. Newhall, 2002, “Acoustic Effects of Environmental Variability in The SWARM, PRIMER and ASIAEX Experiments”, In Impact of Littoral Environmental Variability on Acoustic Prediction and Sonar Performance, edited by N.G. Pace and F.B. Jensen (Kluwer, The Netherlands) pp. 3-10.
- Newhall, A. and L. Costello, 2001, “Preliminary Acoustic and Oceanographic Observations from the ASIAEX 2001 South China Sea Experiment”, WHOI.
- Clay, C., H. Medwin, 1977, “Acoustical Oceanography : Principles and Applications”, John Wiley & Sons, pp.2

- Etter, P. , 1991, “*Underwater Acoustic Modeling : Principles, Techniques and Applications*”, Elsevier Applied Science, pp.1
- Hurley, W.J., 1980, “*An Introduction to the Analysis of Underwater Acoustic Detection,*” Center for Naval Analyses, Alexandria, pp.i-v,1-66.
- Marrett, R. & Chapman, N. R., 1990, “*Low-Frequency Ambient-Noise Measurements in the South Fiji Basin*”, IEEE Journal of Oceanic Engineering, VOL.15, NO.4
- Grant, B D., 2000, “*Long Time-base Observations of Surf Noise*”, The Journal of the Acoustical Society of America.
- Wagner, D.H., Mylander, W.C. and Sanders, T.J. editors, 1999, *Naval Operations Analysis*, Naval Institute Press, Annapolis, Maryland, Third edition.
- Armo, K. R., 2000, *The relationship between a submarine's maximum speed and its evasive capability*. Master Thesis, Operations Research Department, Naval Postgraduate School, Monterey, CA.
- Turgut, A., et al., “*Inversion of range-dependent geoacoustic properties in South China Sea ASIAEx01 experimental site,*” J. Acoust. Soc. Am., Vol 113, 2003, pp. 2218.
- Wenz, G. M., 1936, “*Acoustic Ambient Noise in the Ocean: Spectra and Sources*”, J. Acoust. Soc. Am., 34, 1962, pp.
- Chang, Y. Y., Ying-Tsong Lin, Chi-Fang Chen, and Wei-Shien Hwang, 2005, “*Using Gaussian Beam Model in Oceans with Penetrating Slope Bottoms,*” Theoretical and Computational Acoustics 2005, Proceedings of the 7th International Conference of Theoretical and Computational Acoustics, Hangzhou, 19–23 Sept. 2005, World Scientific, Singapore.
- Hamilton, E. L., 1972, “*Compressional Wave Attenuation in Marine Sediments*”, Geophysics 37, 620-646.
- Jacobson, R. S., G. shor, Jr. and L. M. Dorman, 1980, “*Linear inversion of bodywave data-part II, attenuation versus depth using spectral ratios*”, Geophysics, v. 46(2), 152-162.
- Ma, B. B., and Nystuen, J. A. “*Passive Acoustic Detection and Measurement of Rainfall at Sea*”, J. Acoust. Soc. Am., 22, 8, 2005, pp. 1225-1248.
- Hamilton, E.L. (1980), “*Geo-acoustic modeling of the Sea Floor*”, J. Acoust. Soc. Am., Vol. 68(5), p1313-1340.