行政院國家科學委員會專題研究計畫　成果報告

總計劃(2/2)

計畫類別：整合型計畫
計畫編號：NSC92-2611-E-002-005-CCS
執行期間：92 年 08 月 01 日至 94 年 01 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：楊穎堅，魏瑞昌，劉金源，涂季平
計畫參與人員：謝力文，林穎聰，張元櫻，邱永盛

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫為 A2 級列管案件，97 年 12 月 31 日後可公開查詢

中　華　民　國 94 年 5 月 1 日

國科會研究計畫91-2611-E-002-025-CCS

亞洲海域國際聲學實驗-總計畫

計畫主持人：陳琪芳

共同主持人：楊穎堅，涂季平，魏瑞昌，劉金源

研究人員：謝力文，林穎聰，張元櫻，邱永盛

摘要

國科會工程處支持本計畫由 90~92 年度(2001~2004)年共三個會計年度，主要成果為發表期刊論文 11 篇(SCI：7 篇)，國內外研討會論文 44 篇，2003 年舉辦 ASIAEX 初步資料分析國際研討會，建立國內海洋水聲研究團隊，繼續從事海洋聲學整合研究(國推會 93 年度海洋聲學整合實驗計畫)及參與國際合作研究(VANS/WISE 南海聯合研究計畫)。

ABSTRACT

The three-year project, from 2001 to 2004, is supported by the Department of Engineering and Applied Sciences of the National Science Council. As a result, publications consist of 11 journal papers (7 SCI papers) and 44 international and domestic conference papers. Moreover, in 2003 The Asian Seas International Acoustics Experiment (ASIAEX) Analysis Workshop was conducted, which helped to unify the ocean underwater acoustic research group in Taiwan. Subsequent efforts by this group include continual research in underwater acoustics (a 2004 grant from the Defense Research Program Office – the Ocean Acoustic Joint Experiment Project) and participation in international research collaboration (VANS/WISE South China Sea Research Project).

一　介紹

本計畫之目標為從事海洋聲音傳播理論與實驗研究、海洋聲音散射及混響理論與實驗研究、亞洲海域國際聲學實驗數據獲得、以及聲音實驗數據分析及理論驗證。以下就亞洲海域國際聲學實驗、國科會支持之計畫、計畫之整合架構分別說明：

1. 亞洲海域國際聲學實驗(Asian Seas International Acoustics Experiment)介紹

由美國海軍研究計畫處 (Office of Naval Research, ONR)策劃並推動「亞洲海域國際聲學實驗」(Asian Seas International Acoustics Experiment, 簡稱 ASIAEX)，參與的國家包括美國、中國大陸、台灣、韓國、新加坡等環太平洋國家，於 2001 年 4 月至 6 月，在中國東海(East China Sea)與中國南海(South China Sea)進行聲波傳播(propagation)、散射(scattering)、混響(reverberation)、地聲反算(geoacoustic inversion)等實驗，規模之大，前所未有。南海之研究區(SCS)以聲波在水中之傳遞效應及內波為主，東海研究區(ECS)以聲波在底層之反應及亂射(reverberation)為主。本計畫主要參與南海部分，南海研究區(SCS)之實驗區域及裝置分布圖如圖 1。在南海區域實驗裝置由 ASIAEX 合作單位共同設計配置，其中包括林洞海洋學院的 224 Hz 聲源(WHOI 224 Hz phase encoded source，參見圖 3)、美國海軍研究院 400 Hz 聲源(NPS 400 Hz phase encoded source，參見圖 4)、美國海軍研究室 300Hz 及 500 Hz 聲源(NRL 300 and 500 Hz FM source)、J-15-3 拖曳聲源(50-600 Hz towed source)、我國海研三號研究船(OR3)及水試一號(FRI)、寬頻燈泡實驗(Lightbulb

broadband implosions，參見圖 5)、接收陣列(VLA/HLA)及海洋水溫計串量測錨碇(參見圖 6~9)，聲學實驗與船期表如圖 2。『亞洲海域國際聲學實驗』(Asian Seas International Acoustic EXperiment, ASIAEX)之密集觀測期(Intensive Observation Period, IOP)已於 90 年 4 至 5 月順利完成，共進行 8 個觀測航次，分別是海研一號(Ocean Researcher 1, OR1)之 609 航次(楊穎堅領隊)、610 航次(王胄領隊)、611 航次(楊穎堅領隊)，海研三號(Ocean Researcher 3, OR3)之 699 航次(魏瑞昌領隊)、700 航次(王兆章領隊)、701 航次(魏瑞昌領隊)，水試一號(Fish Researcher 1, FR1)之施放航次(唐存勇領隊)、回收航次(唐存勇領隊)。楊穎堅在 91 年 5 月則帶領海研三號前往 ASIAEX 研究區進行內波與底質調查。

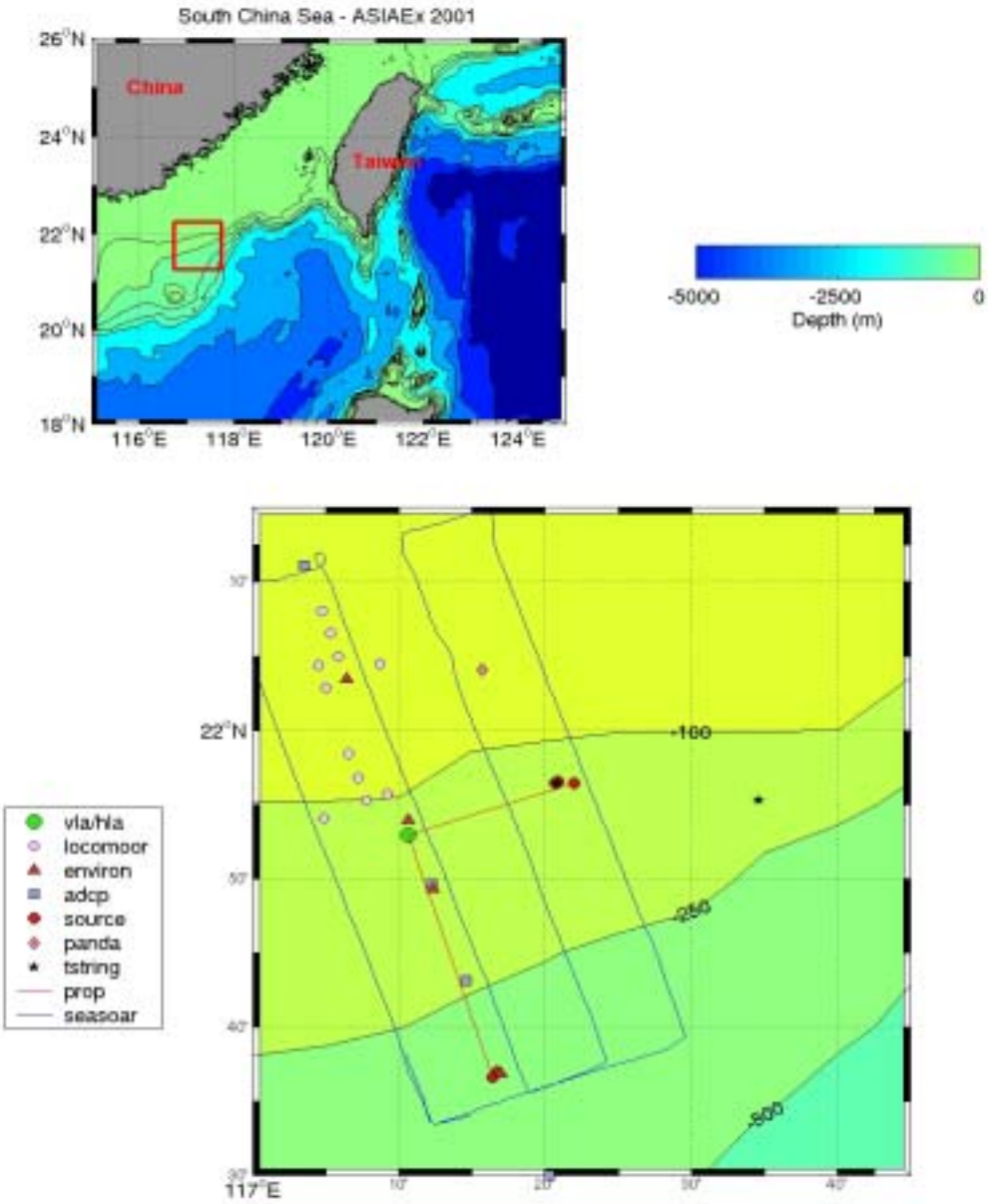

圖 1、ASIAEX 南海實驗區及儀器佈置[1]

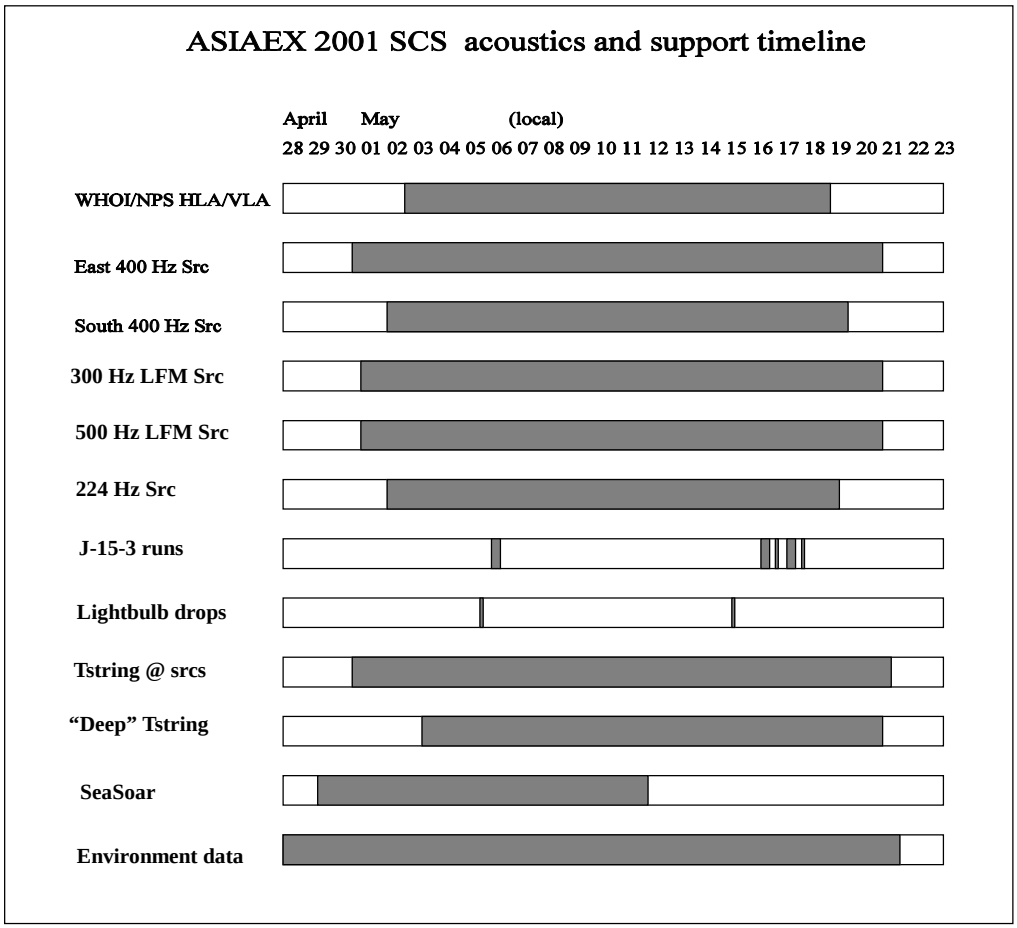

圖 2、南海研究區之實驗時間表 [1]

圖 3、林洞海洋學院(Woods Holes Oceanographic Institute, WHOI) 的 224 Hz 聲源[1]

圖 4、美國海軍研究院(Naval Postgraduates School, NPS) 的 400 Hz 聲源[1]

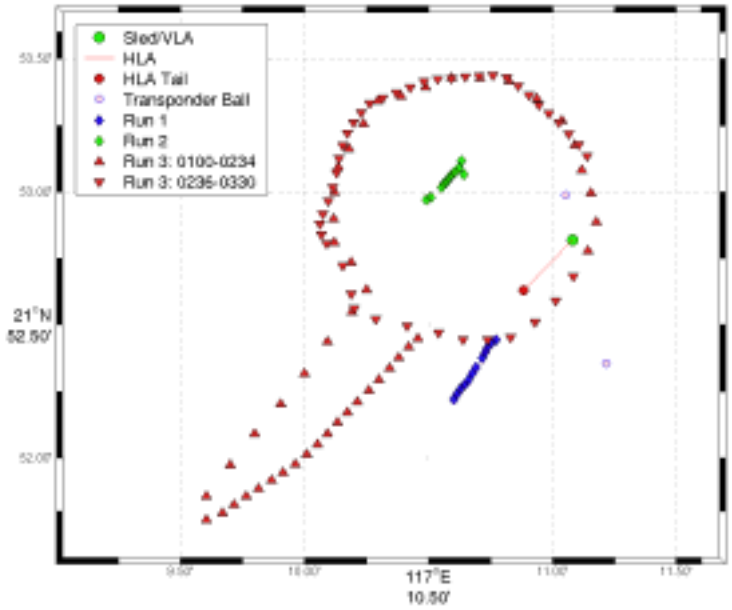

圖 5、5 月 5 日及 5 月 15 日燈泡實驗地點[1]

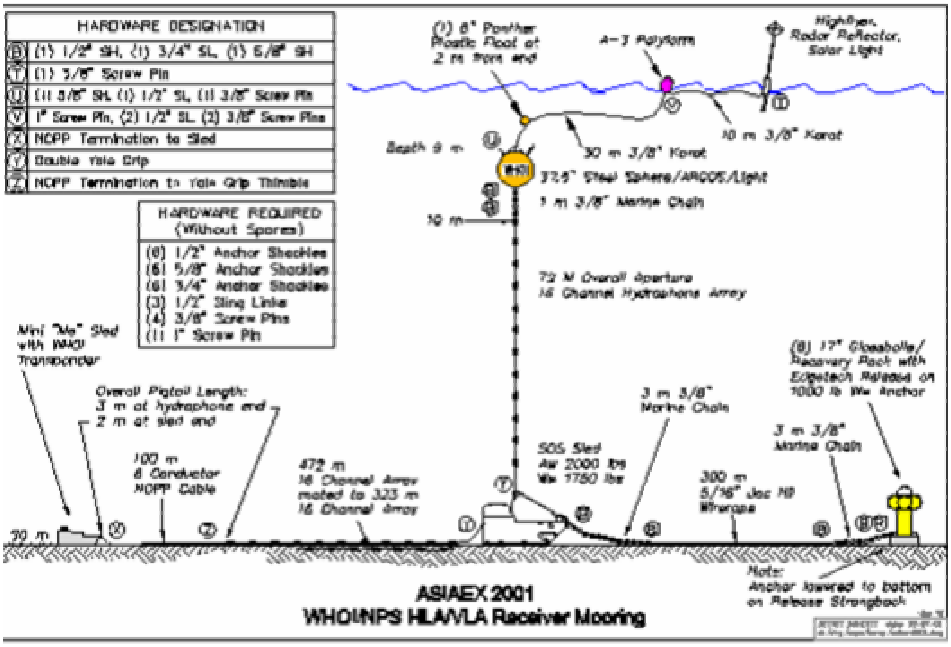

圖 6、水平及垂直陣列之錨碇佈置[1]

[[

圖 7、 水平陣列佈放[1]

圖 8、水平及垂直陣列之記錄器(Shark) [1]

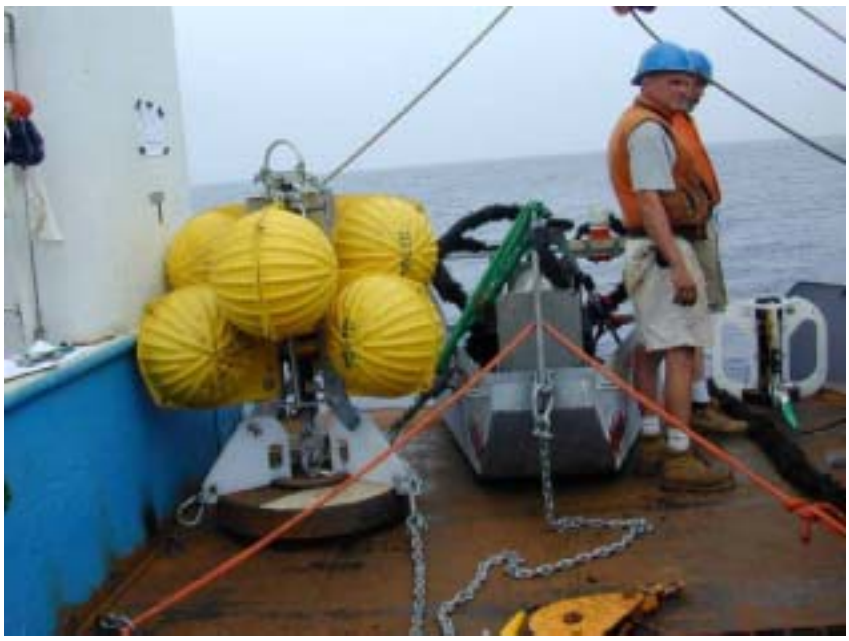

圖 9、陣列記錄器、音響釋放儀及音響定位系統[1]

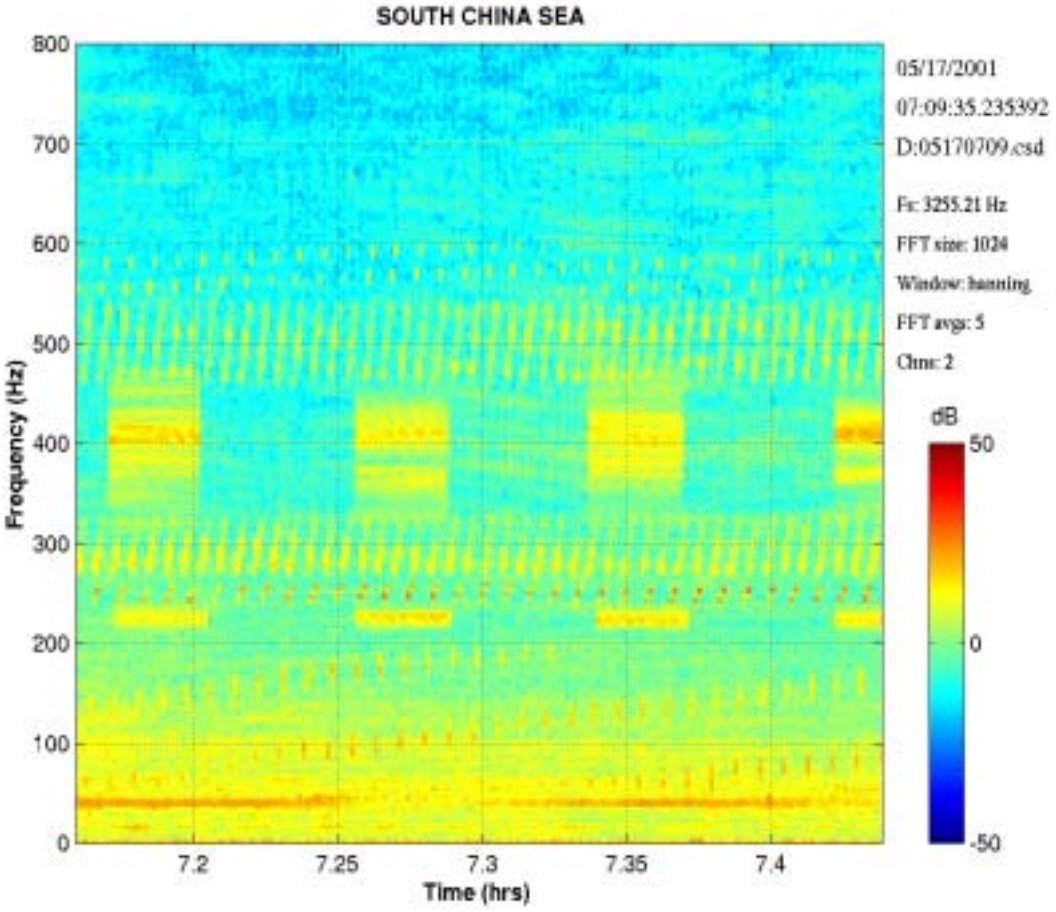

圖 10、5 月 17 日 7:09 之聲訊頻譜(所有聲源皆運作中)[1]

2. 90-92 年度計畫列表

國科會支持本國學者參與 ASIAEX 國際合作計劃，研究總目標為從事海洋聲音傳播、背景噪音、散射及混響理論與實驗研究，參與亞洲海域國際聲學實驗，藉由資料分享獲得海域聲學實驗數據，進行數據分析及理論驗證。國科會於八十八年度及八十九年度支持一兩年期之特約研究計劃(亞洲國際海域聲學實驗研究計劃(1/2)(2/2)，由台大海洋所唐存勇教授擔任主持人，90 年五月之海上實驗已圓滿完成。90-92 年度由國科會工程處支持本整合計畫繼續參與此國際實驗研究，進行實驗數據分析、聲學模式建立、及補齊海洋地質資料之蒐集。由台大工程科學及海洋工程系陳琪芳教授擔任總計畫主持人，是對外主要聯絡人，涂季平教授、劉金源教授、魏瑞昌教授、楊穎堅教授為總計劃共同主持人，90-92 年度各子計畫名稱及核定金額如表 1。

表 1、90-92 年度亞洲國際聲學實驗整合計畫

主持人及單位	計畫名稱	總經費		
		90 年度	91 年度	92 年度
陳琪芳 台灣大學工程科學及海洋工程系暨研究所	亞洲海域聲學計畫–總計劃	857,200	1,519,300	3,378,200
宋馭民 楊穎堅 海軍軍官學校應用科學系	子計畫一：南海北部陸棚邊緣的內波特性及其對海洋音傳的影響	531,300	822,000	552,000
涂季平 國立成功大學造船及船舶機械工程學系(所)	子計畫二：基於高階頻譜分析之類神經網路應用於 ASIAEX 水紋訊號辨識及聲源定位之研究	660,900	500,000	551,800
魏瑞昌 中山大學海下技術研究所 **馬幼俠** 中正大學應用地球物理研究所	子計畫三：海洋音測學之訊號處理研究	1,043,100	621,100	577,900
陳琪芳 台灣大學工程科學及海洋工程系暨研究所	子計畫四：三維模組反算聲速之模式建立	575,600	607,800	627,600
陳企韶 永達技術學院綜合教學部	子計畫五：南海 ASIAEX 實驗區環境噪音分析	273,200		
田文敏 中山大學海洋環境及工程學系	子計畫六 B：ASIAEX 研究海域海床地音特性之研究		761,500	
薛憲文 中山大學海洋環境及工程學系	子計畫六 A：利用多音束測深系統探測南海 ASIAEX 實驗區海底地形及海底地形統計模式建立	695,500		
劉金源 中山大學海下技術研究所	1. 子計畫七 A：南海波導環境中水聲散射與迴響分析(90) 2. 子計畫七 B：東海波導環境中水聲散射與迴響分析(91)	951,400	888,400	
王兆璋 中山大學海下技術研究所	海床表面小尺度粗糙度之量測		729,100	669,700
總金額		5,588,200	6,449,200	6,357,200

3. 計畫整合架構

聲波在海洋中傳播、散射、混響之研究，需要海洋環境之基本資料，包括海洋底部（地形、地質）、水文資料（聲速、密度）、海洋動態因子（海流、內波）等，因此本整合計劃也包括海洋地形、底質聲學性質及海洋底部深層結構之測量。本整合計劃有 10 個子計劃，11 位研究學者。研究主題包括聲音散射與混響、聲音傳播之多重路徑、介面效應及介質之非均勻度效應的研究；聲音傳播及散射與混響兩個主題之關係密切；並且聲音在海中的各種現象與海洋環境息息相關，所需之六大環境輸入資料為(1)水文資料，(2)精確水深資料(Bathymetric charts)，(3)測深儀(12KHz 或 3.5KHz)記錄(Echo Sounder Records)，(4)沉積物採樣及其聲學性質，(5)震測反射記錄(Acoustic Reflection Profile Records)，(6)大角度反射、折射量測(Wide-Angle Reflection and Refraction Measurements) 。故研究子題也包括海洋水文、底質及海床表面粗糙度等研究。總計畫與子計畫之整合架構如圖 11。

雖然實驗地點之地形已有初步測量[2]，海底精密地形及底質的資訊仍缺，故本計畫原規劃之子計劃中亦有包括地形、底質之測量。此資訊可提供其他子計劃使用，可惜地質與地形部份只執行一年，未能達到規劃目標。上述六項環境資料除了第一項水文資料已於 90 年五月實驗進行時，與聲訊一起蒐集外，第(4)項資料由子計劃六負責。子計劃一為研究海洋內波對音傳能量分布之影響與子計劃四(研究及建立利用音傳能量分布變化反算海洋聲速之變化，亦即內波之變化) 互為正算及反算模式之關係；同時又與子計劃七(研究內波與聲波相互作用-著重混響散射效應)可作成果交流。子計劃五針對背景噪音部份研究。子計劃七發展海床及海面散射與混響理論,也將考慮南海水層因內波引起之非均勻度之體迴響。聲訊分析分別由子計劃二及三針對聲源定位、聲訊反算聲速分布進行分析；其實驗數據結果分別與子計劃一、子計劃四及子計劃七之理論結果比較驗證。以上個別子計劃之縱橫關係之陳述表現本整合型計劃之必要性，整合後之應用為聲納音響效能分析及利用聲波作海洋內部觀測。圖 12 為聲納音響效能分析之架構，子計劃一、四、五及七為被動音響分析模式噪音及迴響之部分，而子計劃二及三、五則為現場量測資料處理。

本計劃整合之效益有四方面：(1)建立利用聲波作海洋內部觀測之技術, (2)提供聲納音響效能分析之基本技術, (3)本計劃為國內從事水下聲學研究之學者在國科會海工學門第一次提出整合構想。彼此之間皆認識多年,也分別有共同工作之經驗與默契，如此整合將可促進海洋聲學研究人力之凝聚與研究團隊之建立,及(4)參與國際聲學實驗，可學習聲學實驗之設計、執行，聲音訊號分析、海洋音測學的理論模型及獲得海洋聲音訊號等。

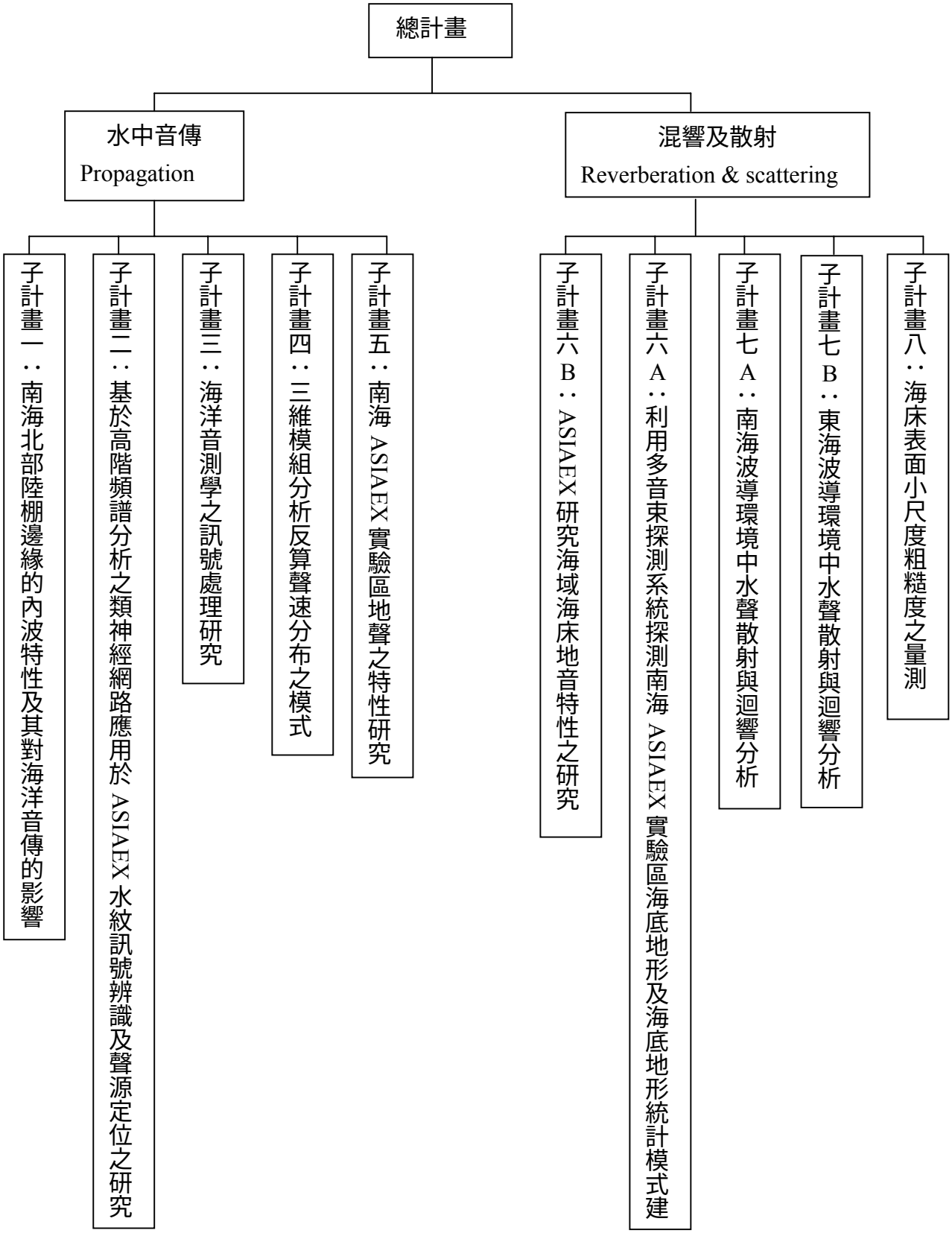
總計畫
水中音傳
Propagation
混響及散射
Reverberation & scattering
子計畫一：南海北部陸棚邊緣的內波特性及其對海洋音傳的影響
子計畫二：基於高階頻譜分析之類神經網路應用於 ASIAEX 水紋訊號辨識及聲源定位之研究
子計畫三：海洋音測學之訊號處理研究
子計畫四：三維模組分析反算聲速分布之模式
子計畫五：南海 ASIAEX 實驗區地聲之特性研究
子計畫六 B：ASIAEX 研究海域海床地音特性之研究
子計畫六 A：利用多音束探測系統探測南海 ASIAEX 實驗區海底地形及海底地形統計模式建
子計畫七 A：南海波導環境中水聲散射與迴響分析
子計畫七 B：東海波導環境中水聲散射與迴響分析
子計畫八：海床表面小尺度粗糙度之量測

圖 11、計畫整合架構

二、 各子計畫成果：論文發表篇數統計

主持人	子計畫名稱	成果報告	期刊論文 (SCI 篇數)	國際研討會論文	國內研討會論文
宋馭民 楊穎堅	子計畫一： 南海北部陸棚邊緣的內波特性及其對海洋音傳的影響(90-92)	3	5 (5)	13	6
涂季平	子計畫二： 基於高階頻譜分析之類神經網路應用於 ASIAEX 水紋訊號辨識及聲源定位之研究(90-92)	3	1, in reviewing (1)		
魏瑞昌	子計畫三： 海洋音測學之訊號處理研究(90-92)	3	3 (1)	6	3
陳琪芳	子計畫四： 三維模組反算聲速之模式建立(90-92)	3	3,有一篇 reviewing (2)	5	4
陳企韶	子計畫五：南海 ASIAEX 實驗區環境噪音分析(90)	1			
田文敏	子計畫五：ASIAEX 研究海域海床地音特性之研究(91)	1			
薛憲文	子計畫六： 利用多音束測深系統探測南海 ASIAEX 實驗區海底地形統計模式建立(90)	1			
劉金源	1.子計畫七： 南海波導環境中水聲散射與迴響分析(90) 2.子計畫六： 東海波導環境中水聲散射與迴響分析(91)	1 1	2(2)		
王兆璋	子計畫七： 海床表面小尺度粗糙度之量測(90-91)	2			

三、整合計畫執行成果

90-92 年度(2001~2004 年)已執行之工作項目如下。其中最重要的為第 8、10-13 項，舉辦「亞洲海域國際聲學實驗」中美雙方研討會，以及在 IEEE Journal of Ocean Engineering 的 Asian Marginal Seas 特別專輯上發表多篇論文。研討會會議進行得十分順利，共有 13 位外國學者來台參與會議。外國的與會學者對於這次的研討會均給予相當高的評價。

1. 取得實驗之水文、洋流、水聲數據。
2. 2001 年九月中旬、十月中旬、十一月中旬，2002 年 10 月共舉行多次研究討論會議。
3. 2001 年 10/30-11/2 六位計劃主持人(四位由國科會支助)參加 ASIAEX 工作會議(在夏威夷 MAUI 舉行)[3]。
4. 已有數據分析結果並發行「亞洲海域國際聲學實驗」簡訊。
5. 四度邀請美國 ASIAEX 負責聲學計劃之 Lynch 教授及 WHOI 資深研究員 Arthur Newholl 訪台作一系列水中聲學演講並指導 ASIAEX 聲訊分析研究(90 年 5 月、91 年 4 月、92 年 3 月及 93 年 1 月)。
6. 2002 年 4 月 24 日第四屆海下技術研討會暨國科會成果發表會中之 ASIAEX 專題研討場次, 各子計劃之初步研究結果報告[4]。
7. 2002 年 12 月 ASA, Cancum 會議初步研究結果報告[5]。
8. 2003 年 3 月 3-7 日舉辦 ASIAEX Analysis Workshop in Taipei [6]。
9. 2003 年 4 月 25 日第五屆海下技術研討會暨國科會成果發表會中之 ASIAEX 專題研討場次, 各子計劃之初步研究結果報告。
10. 於 IEEE Journal of Oceanic Engineering 發表多篇論文，如下所列：
    (1) Ying-Tsong Lin, James F. Lynch, Nick Chotiros, Chi-Fang Chen, et al ,"An estimate of the bottom compressional wave speed profile in the northeastern South China Sea using "sources of opportunity ". IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol.29, No.4, pp.1231-1248, 2004.
    (2) Ruey-Chang Wei, Chi-Fang Chen, A. E. Newhall, J. F. Lynch, and C. S. Liu, "A Preliminary Examination of the Low- Frequency Ambient Noise Field in the South China Sea During the 2001 ASIAEX Experiment," *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, Vol. 29, No. 4, pp.1308-1315, 2004.
    (3) Yang, Y. J., T. Y. Tang, M. H. Chang A. K. Liu, M.-K. Hsu, and S. R. Ramp, "Soliton northeast of Tung-Sha Island during the ASIAEX pilot studies," *IEEE J. Oceanic Eng.*, 29, 1182-1199, 2004.
    (4) Lynch, J. F., S. R. Ramp, C.-S. Chiu, T. Y. Tang, Y. J. Yang, and J. A. Semmen, "Research highlights from the Asian Seas International Acoustics Experiment in the South China Sea," *IEEE J. Oceanic Eng.*, 29, 1067-1074, 2004.
    (5) Beardsley, R. C, T. F. Duda, J. F. Lynch, J. D. Irish, S. R. Ramp, C.-S. Chiu, T. Y. Tang, Y. J. Yang, and G. Fang, "The barotropic tide in the northeast South China Sea," *IEEE J. Oceanic Eng.*, 29, 1075-1086, 2004.
    (6) Duda, T. F., J. F. Lynch, J. D. Irish, R. C. Beardsley, S. R. Ramp, C.-S. Chiu, T. Y. Tang, and Y. J. Yang, "Internal tide and nonlinear internal wave behavior at the continental slope in the northern South China Sea," *IEEE J. Oceanic Eng.*, 29, 1105-1130, 2004..

(7) Ramp, R. S., T. Y. Tang, T. F. Duda, J. F. Lynch, A. K. Liu, C.-S. Chiu, F. Bahr, H.-R. Kim, and Y. J. Yang, "Internal solitons in the northeastern South China Sea Part I: Source and deep water propagation," *IEEE J. Oceanic Eng*., 29, 1157-1181, 2004.

(8) Jin-Yuan Liu, Sheng-Hsiung Tsai, Chau-Chang Wang, and Chung-Ray Chu, " Acoustic wave reflection from a rough seabed with a continuously varying sediment layer overlying an elastic basement, " Journal of Sound and Vibration, Vol. 275, pp. 739-755, 2004.

(9) Jin-Yuan Liu, Sheng-Hsiung Tsai, and I-Chun Lin, Acoustic wave scattering from a rough seabed over a sediment layer with generalized-exponential density and inverse-square sound speed profiles, " Ocean Engineering, Vol. 31, No. 3, pp. 417-434, 2004.

(10) James G-P Too et al, "Time-delay Estimation of Wideband Echoes in Shallow Water " IEEE Journal of Oceanic Engineering, in reviewing, 2004.

(11) Chen, C.-F., L.-W. Hsien, Y.-S. Chiu, Y.-Y. Chang, R. Oba, S. Finette, and Y. J. Yang, 2005: Three-dimensional effects in the ASIAEX SCS experiment. *IEEE J. Oceanic Eng*. (submitted).

11. 人才訓練：透過本整合計畫，加強與國際學術交流，其中魏瑞昌教授於 2002 年暑假至 WHOI 訪問 3 個月[7]，陳琪芳教授至美國海軍實驗研究所訪問 4 個月[8]，台大水聲實驗室林穎聰博士獲教育部公費補助以訪問學生身份至 WHOI 訪問 1 年, 劉金源教授至 Scripps Institute of Oceangraphy 訪問，王兆璋教授由 ONR 資助至 University of Washington 訪問唐大鈞教授[9]。本計畫有 5 篇碩士論文， 1 篇博士論文，目前有 2 位碩士班學生，3 位博士班學生，以 ASIAEX 資料作為其論文研究。
12. 海洋聲學研究團隊建立：於 93 年獲國科會經費支持海洋聲學整合計畫-海洋音響參數量測、分析及應用[10]。
13. 持續國際合作：(1) VANS/WISE(南海海洋聯合研究計畫，國科會資助之"北南海變動"整合計畫)與美方 NPS、WHOI、UCSD 等學者合作，於 2004~2006 年執行；2005 年 4 月執行南海陸棚淺海聲學實驗；2005~2006 年為南海海域深海聲學實驗[11]。(2) 王兆璋教授與 University of Washington 唐大鈞教授合作發展雷射掃瞄量測海床粗糙度之技術，唐博士特於 2005 年 4 月來台訪問 1 週。

圖. ASIAEX analysis workshop in Taipei (March 3-7, 2003).

四、結語

「亞洲海域國際聲學實驗」國際合作計畫在 89-92 年度執行，成果豐碩，不僅在論文發表，更在促成國內海洋與水聲學者建立海洋聲學團隊，及與美方學者建立合作網路。非常感謝國科會的持續支持，期待海洋聲學團隊未來有更閃亮的成績。

五、參考文獻

[1] Newhall, A., et al., "Preliminary Acoustic and Oceanographic Observations from the ASIAEX 2001 South China Sea Experiment" Woods Hole Oceanog. Inst. Tech. Rept., WHOI-2001-12, 2001.

[2] R. C. Wei, et al., "Final Report of Bathymetric Survey in South China Sea for ASIAEX," NSYSU, 2001.

[3] 陳琪芳, "MAUI 會議報告", 2001.

[4] 陳琪芳, "亞洲海域聲學實驗中三維水聲模組分析研究"中華民國第四屆海下技術研討會論文集，2002.

[5] C. F. Chen, et al., " Environmental correlate of acoustic impulse response and arrivals with soilbore propagation in ASIAEX SCS experiment," *J. Acoust. Soc. Am.*, Vol. 112, 2449-2450, 2002.

[6] Chi-Fang Chen, et al.，Proceedings of 〝The Asian Seas International Acoustics Experiment (ASIAEX) Analysis Workshop〞 Taipei, Taiwan，2003.

[7] 魏瑞昌，訪問 WHOI 心得報告，2002.

[8] 陳琪芳，訪問 US Naval Research Laboratory 心得報告.

[9] C. C. Wang, "Work Report for VSP N00014-04-1-4058 to APL, U. Of Washington ", 2004.(王兆璋，訪問 University of Washington 報告).

[10] 海洋聲學整合計畫—海洋音響參數之量測、分析及應用-總計畫及子計畫五：海洋音響參數之量測、分析及應用(I)(計畫編號：NSC 93-2623-7-002-020).

[11] http://140.112.68.83/vans/