

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

子計畫二：南海北部海洋內潮之研究(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2611-M-002-013-

執行期間：93 年 08 月 01 日至 94 年 07 月 31 日

執行單位：國立臺灣大學海洋研究所

計畫主持人：王宵

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 5 月 18 日

南海北部海洋內潮之研究 (1/3)

計畫編號：NSC 93-2611-M-002-013

執行期限：2004 8/1 - 2007 7/31

主持人：王 甯 國立台灣大學海洋研究所

共同主持人：

計畫參與人員：

一、中文摘要

南海北部海洋內潮之研究係北南海變動研究整合型計畫(VANS)屬下一項子計畫。本年度 VANS 與美國海軍研究計畫室(ONR)推動之 WISE(Windy-Islands Internal Solitons Experiment)計畫共同於 2005 年 4 月在南海北部執行大規模的現場實驗工作，本計畫第一年度主要任務即為配合支援此項實驗，在船舶雷達遙測、拖曳式 CTD 作業以及常規性水文觀測等作業上提供所需之相關技術、設備以及作業人力支援，待實驗完成後再由實測資料進行海洋內潮之相關研究工作。自計畫開始執行起，我們即按進度修改、測試了自行發展之雷達遙測系統，並在 2005 年 3 月將完整系統安裝於海研一號研究船上並測試完畢，此期間內另外亦完成了拖曳式 CTD 資料系統之測試以及重新修改後級資料分析軟體，這些預先準備工作保證了相關裝備在實驗期間能夠發揮功能，尤其是雷達系統，配合 EK500 漁探聲學回跡信號，實驗期間對預知內波之出現提供了重要的訊息。目前第一階段之現場實驗已經順利完成，各參與 PI 均回收了豐碩的實驗觀測數據，本計畫亦正分析處理這些數據中。

二、緣由與目的

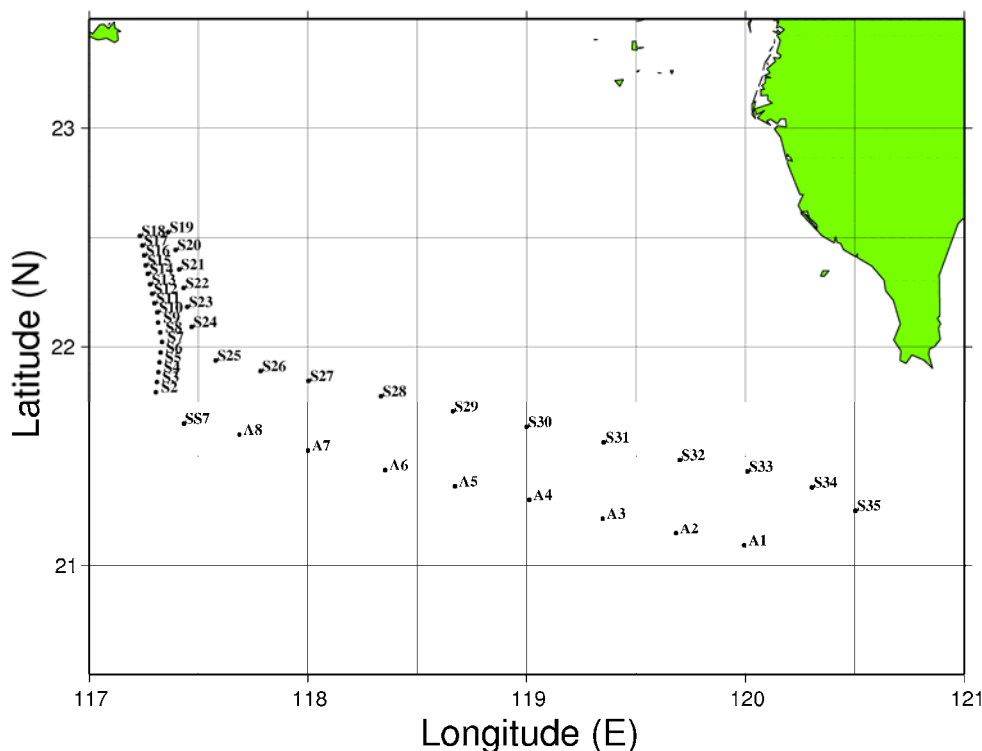
海洋內潮是南海北部海盆內無處不在的運動現象，內潮所導致之流速變化對台灣西南海域、台灣灘、以迄東沙群島附近海域之流況具有相當程度的影響效應。然而，有關內潮在南海內部傳播以及演化乃至於遭遇淺海時之反應等等問題，以往研究不多，因此是值得深入研究的課題。本計畫之主題即在於探討內潮長波在南海北部海盆內之傳播與演化問題，是一項三年期的研究工作，先期之研究內容主要為配合總計畫以及其他相關計畫所擬之研究船航次(與美國 ONR 支助之 WISE 計畫合作，後者將於 2005 年 5 月派遣美國研究船執行巴坦島以及呂宋海峽執行探測工作，我方則配合在南海北部同步執行觀測作業)，因此前兩年內我們將以現場實驗為主，使用海研一號負責執行南海北部以及與呂宋海峽鄰接海域的 SeaSoar 探測調查(與美方航次配合作業)，另外亦將負責自行建立雷達遙測技術以及使用研究船上之 EK500 和 ADCP 等聲學儀器，如此可以用拖測方式獲取有關大範圍海域內海洋密度場之立體結構以及水下內波構造之數據。我們期望根據這些資料將南海內潮波之傳播行為(波形構造、波長變化以及波速變化)以及演化過程(如何增強、演變為孤立子內波，如何衰減，對增強混合作用之效應)予以量化，然後再據以從動力學上提出合理解釋，找出較適當之演化機制以及實驗參數。在第三年度我們則將實際應用前項研究成果開展模式方面的工作，以大範圍的傳播模式配合小區域之反應模式為基礎，嘗試發展南海內潮之數值預報系統。

三、結果與討論

本計畫在本年度 VANS 與 WISE 密集觀測實驗期間內共承擔了兩個航次的觀測任務。其中，第一航次為 2005 年 4 月 6-10 日，目的為先行取得密度場分佈情形之訊息，藉以提供隨後航次在測站規劃以及設定聲學與溫度串等錨碇系統佈放深度時之參考，此外亦在 120.5°E, 21.3°N 附近執行了 Sea Soar 拖測作業。第二航次為 4 月 12-21 日，主要任務為佈放聲學系統以及溫度串、ADCP 等錨碇系統，另外則在東沙島以北之台灣灘西南側陸棚上

執行 Scan Fish (另一種拖曳式 CTD)拖測作業，以及再次執行 CTD 作業，藉著與上航次觀測資料相比對，從後者可以觀察出水文場之變化情形，此外在做 CTD 測站之同時亦進行了 Free Falling Turbulence Probe 的量測作業。這兩個航次均有美方(分別來自許多不同學校或單位，如 Woods Hole 海洋研究所，Naval Post Graduate School，Florida State University 以及 Rhode Island University 等)之研究人員以及技術人員共同參與。圖一為第一航次之測站分佈圖，最左側之密集測點(測站間距僅為 5 公里)為共同測線(連續兩航次均沿此執行了 CTD 量測作業)，經對比觀測結果後發現其變化情形(後述)很有動力學上的意義，值得進一步深入研究。這兩個航次之實驗作業共收集了大量的雷達遙測、風速、風向、海水溫鹽構造分佈、海流、水溫變化、聲學回跡以及亂流強度等等資料，我們仍在進行初步資料處理以及分析作業中，目前從一些初步分析結果已發現出一些有意義的訊息，值得進一步深入探討。

2005 4/6-10 ORI-749 CTD Stations

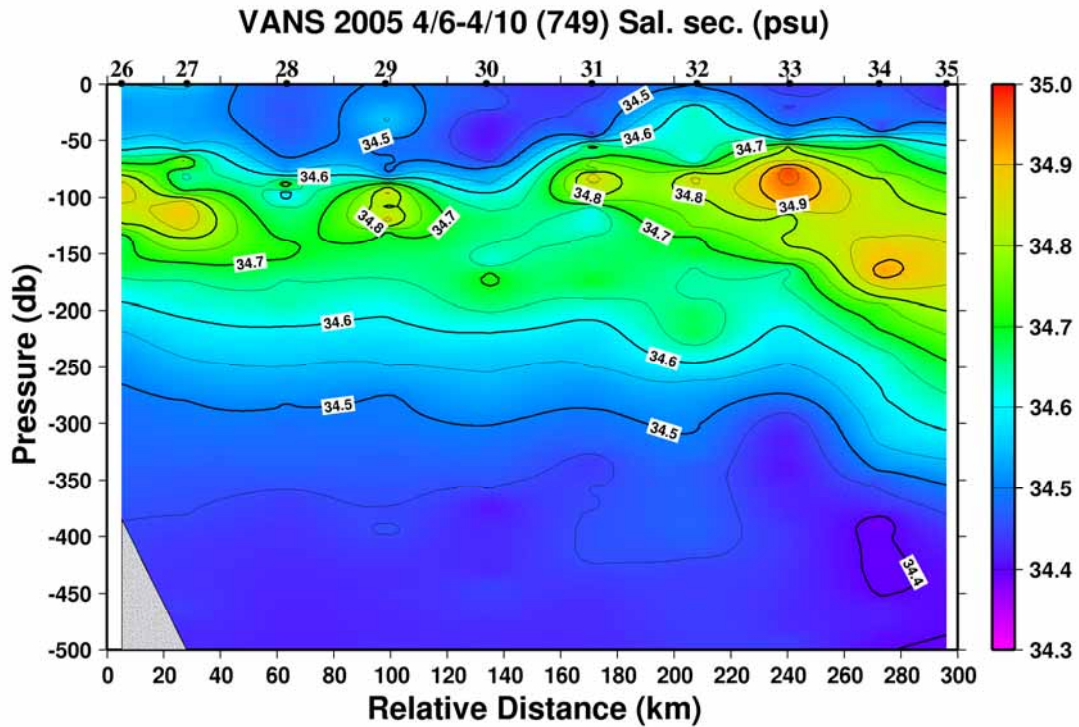


圖一、海研一號 749 航次(2005 年 4 月 6-10 日)作業測站分佈。

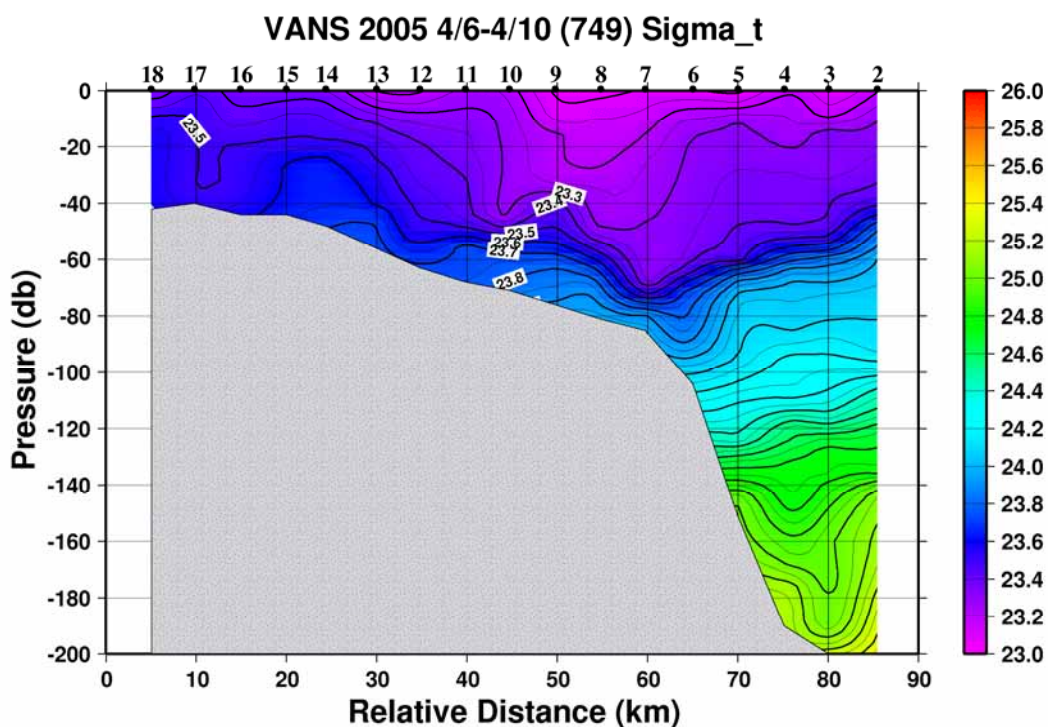
首先看南海北部海盆內之基本水文場構造情形(如圖二之鹽度分佈)，鹽度垂直斷面上顯示南海北部海盆內的鹽度最大值並非連續分佈，而是呈現出多處的局部高值，由於上個冬季東北風持續較久，且在航次前不久尚發生過幾次強東北風事件，因此這些特徵似乎是暗示在航次前應當曾發生過數次不完整的黑潮由呂宋海峽入侵南海之事件。此外在某些測站(如 St.28)亦發現鹽度最大值水層中有低鹽水交錯出現之狀況，這點則可能和台灣灘淺水區的混合水(鹽度較低)在東北風壓迫下脫離陸棚後鑽入深水域之外洋來水層中有關，然不管如何，這些確是有意義、值得深入了解的區域性現象。就本計畫之目的而言，我們日後將使用這些資料以 ray tracing 方法估算內潮能量在南海海盆內之傳播情形。

接著我們再觀察陸棚區上密度場的變化情形。圖三為第一航次沿共同測線所測者，在水深小於 60m 的區域分層較弱，因此作業時從雷達以及 EK500 回距均未看到較強的內波信號，特別要指出的是這段期間內風平浪靜且為小潮期間。第二航次出航後海況很差，東北風較強，且一連持續了一週左右時間，圖四為 4 月 19-20 日所量測(與圖三相同測線，相隔約 10 天)之密度斷面，與圖三相比顯然分層情形增強了很多，注意 60m 以淺的區域，表層密度變化不大(但 σ_t 小於 22.5 的水層卻變薄很多)但近底層密度卻變大了許多(σ_t 由原先的小於 23.6 增大至 23.7 以上)，再觀察所對應之溫、鹽場變化情形後，我們發現陸棚上鹽度值

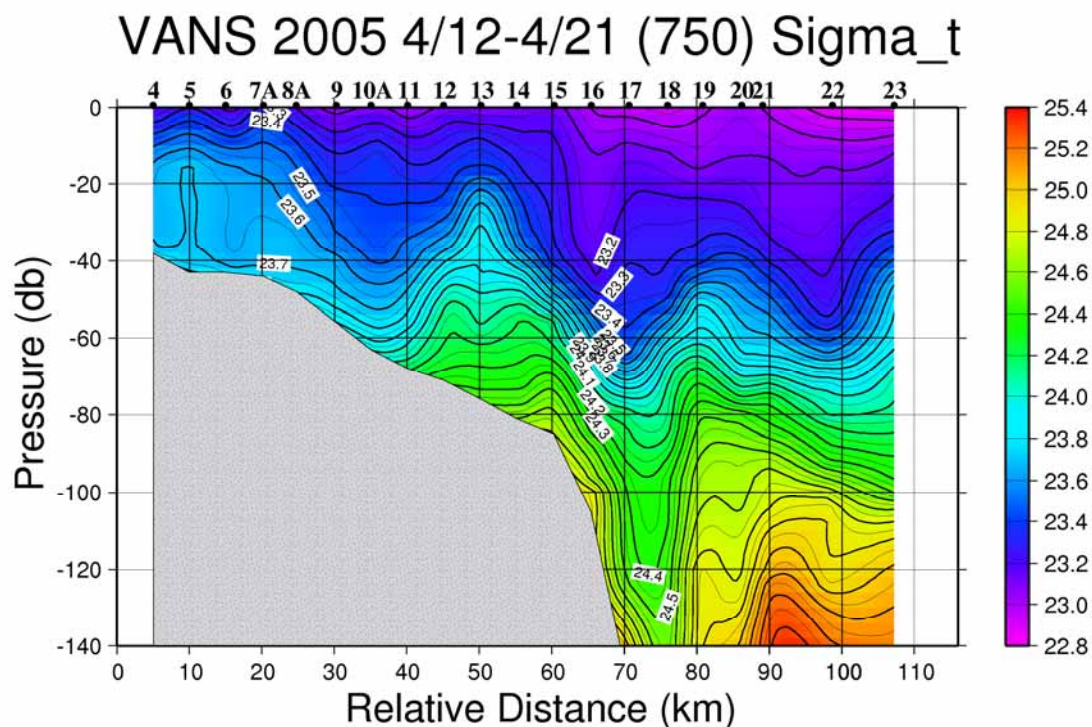
是整體性增大，但表層由於溫度增高之故因此密度變化不大，然而中層與底層的溫度卻變低了，因此造成密度增大，這些跡像顯然表示密度增加這種趨勢是因陸棚外深海區較深層海水湧昇所致。但是會是由什麼原因造成這種湧昇呢？目前我們猜測兩種可能機制，其一為風的作用，東北風可壓迫陸棚區弱分層的混合水向南流動，因其密度大於南海盆內的表層海水故會鑽入深海區的(在鹽度最大值附近)某一水層內，而形成圖二所示之高低鹽度水層交錯出現的現象，這種過程有可能產生類似 Baltimore harbor 的三層流況模式，也就是說在陸棚水南流之同時其近底層會產生北向之補償流。其次則可能為內波的作用所造成，內波所伴隨的質量輸送主要會集中在混合層底的斜溫層內，當內波傳至陸坡時因地形作用能量密度增大故會造成斜溫層下傾(set-up)，隨後在內波繼續向淺水傳時則會因碎波以及亂流導致內波能量耗損而促使斜溫層上傾(set-up)，與此同時當然也伴隨著向陸棚淺區流動的平均流，因此可將斜溫層附近之外海水源源不斷送上陸棚，這個機制的可能性甚大，值得深入探討。



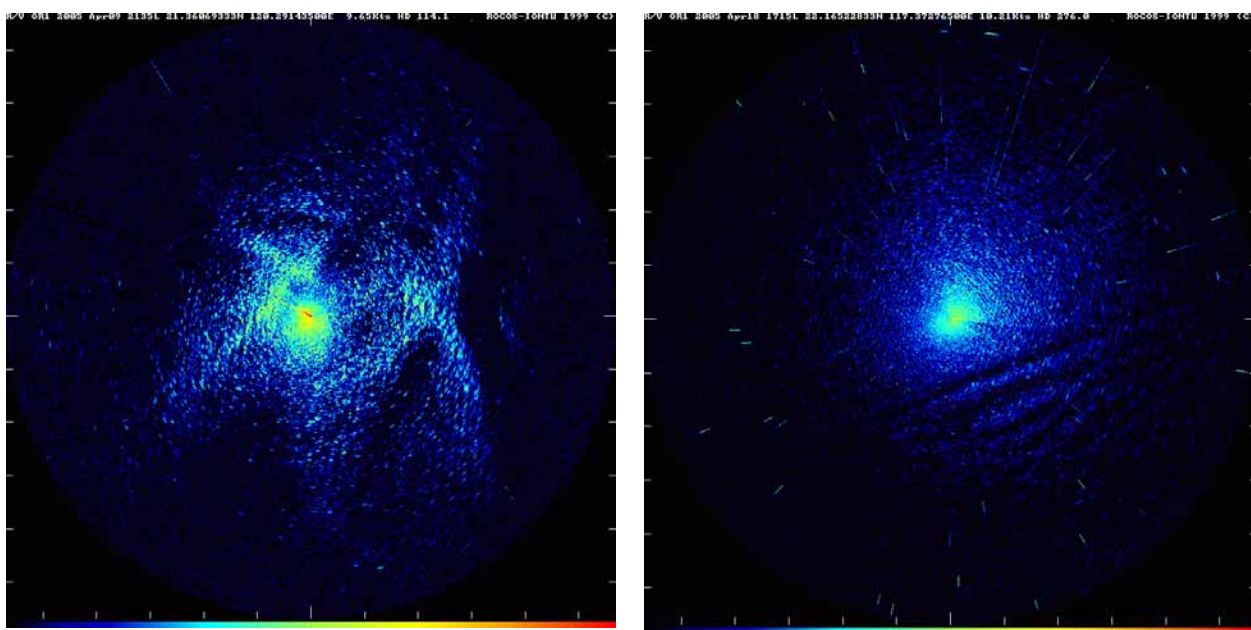
圖二、南海北部西北-東南走向鹽度(psu)垂直斷面構造。



圖三、749 航次陸棚區測線(圖一)海水密度斷面分佈情形。



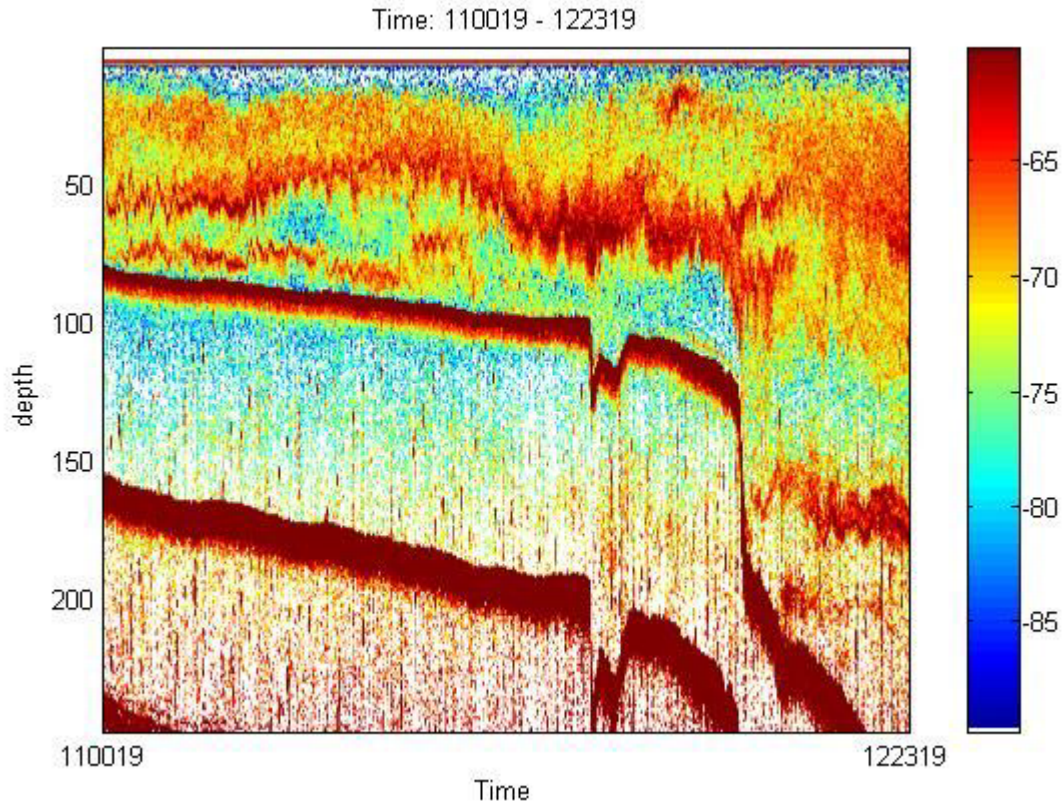
圖四、750 航次陸棚區測線(同圖二)海水密度斷面分佈情形。



圖五、雷達遙測到的內波波列，(a)交錯型波列，2005 年 4 月 9 日 2135L，21.36° N，120.29° E，(b)上舉型，2005 年 4 月 18 日 1715L，22.17° N，117.37° E。

除了水文觀測資料外，實驗中尚收集了大量的雷達遙測、EK500 聲學回跡、海研一號船測 ADCP、拖曳式 CTD、Turbulence Probe 等觀測資料。作業期間証實雷達遙測以及聲學回跡同步觀測對預知內波場出現是非常有幫助的，這些大量資料仍在處理中，我們僅在圖五舉兩個實例來說明雷達遙測之實用性。圖五(a)為第一航次所測資料，觀測位置大約在圖一之 St.35 附近，也就是位於呂宋海峽西側呈套流(Loop Current)型態的黑潮流軸附近(船載 ADCP 測得當時北向流速分量約在 1 m/s 左右)，這些交錯型波列顯示當地內波場呈現複雜之構造，海研一號通過此內波場後再下放 SeaSoar 往西追測，追了約三小時後再度接近時發現內波場已減弱了，這些訊息對研判內波演進或許有參考價值。至於圖五(b)則為在台灣灘西方陸棚上作業時所觀察到的內波波列，由於波列出現之情形為暗帶在前亮帶隨後(圖下方水深較深，波列為從南南東向北北西方向傳)，因此可辨識為上舉型內波波列，表示主分層位置係位於中下層，也就是當地海水分層狀況為上層相對較厚而底層則相對較薄，這個

推論和圖四所示之密度剖面相合。此外，圖六為聲學回跡圖之例子，是根據海研一號一段 EK500 聲學後向散射資料所繪製出的，該圖清楚顯示出內波在陸坡以及陸棚上之狀況，許多特徵和前述依照學理所推測(內波波列在遭遇陸坡地形時會使等密面發生 set-down 以及隨後在陸棚上由於能量損耗而使等密面呈現出 set-up)的行為一致。從聲學回跡圖更可輕易觀察出內波是呈現上舉型或是下壓型，甚或有時亦能看到不同的 mode 構造。如果有足夠的人力，我們期望日後能藉助肉眼由聲學回跡圖將內波之波高、波長等資訊予以參數化，配合對應之雷達觀測可估出波向，再由 Scan Fish 拖測資料可得出浮力頻率(Brunt-Vaisala Frequency)之分佈情形，如此這般或可對內波與地形作用後對海洋動力場之影響能有進一步之了解，也或可藉以証實或駁斥前段所提之內波產生湧昇流機制的假說。有關 Sea Soar 以及 Scan Fish 之資料仍待處理中，目前尚無法置入報告內。



圖六、EK500 聲學後向散射回跡圖，顯示陸棚區上出現許多短波長的上舉型內波，橫軸時間由左至右分別為：2005 4/18 1100L – 4/18 2023L，對應位置則為：117.334° E，22.078° N，以及 117.468° E，21.880° N。

四、計畫成果自評

本報告係報導說明三年期計畫第一年之工作進度。在這一年內我們按照預定進度將海研一號上之雷達遙測系統調整好、將 Sea Soar 備便、完成後級分析程式，隨後順利完成了被指派之合作調查航次，收集了大量的同步觀測資料，這些資料目前我們正在按部就班分析處理中。由此觀之，我們認為本計畫目前之執行狀況是符合預定進度的。