

財團法人國家實驗研究院

台灣海洋科技研究中心

海底地震與板塊位移監測子計畫

100 年績效自評報告

中華民國 101 年 1 月

目 錄

壹、基本資料.....	1
貳、計畫目的、計畫架構與主要內容.....	1
一、計畫目的與預期成效：.....	1
(一)計畫目標.....	1
(二)計畫預期成效.....	2
二、海洋中心計畫架構.....	3
三、計畫主要內容.....	4
參、計畫經費與人力執行情形.....	12
一、計畫經費執行情形.....	12
(一)計畫結構與經費.....	12
(二)經費門經費表.....	12
二、計畫人力.....	12
(一)計畫結構與人力.....	12
(二)主要人力投入情形(副研究員級以上).....	13
肆、計畫執行成果.....	14
伍、評估主要成就及成果之價值與貢獻度.....	17
陸、與相關計畫之配合.....	19
柒、後續工作構想之重點.....	20

壹、基本資料

計畫名稱：海底地震與板塊位移監測子計畫

主持人：蕭毓宏

計畫期間：100年1月1日至100年12月31日

年度經費：18,768仟元

執行單位：財團法人國家實驗研究院台灣海洋科技研究中心

貳、計畫目的、計畫架構與主要內容

一、計畫目的與預期成效：

本計畫之目的主要為充實海洋中心的內在架構，除了有益於健全我國海洋科技研發體系外，同時在台灣海洋災害防護、深海探測新興課題研究等相關科技的水準應能藉由此計畫之執行而獲得顯著提升，此外並促進海洋資訊之整合、流通與充分利用。本計畫歸屬海洋中心「海洋科技發展計畫」之分項計畫二「海洋災防研究」項下。

(一) 計畫目標

協助推動國家經建發展；對於台灣海域海底地質、地形、結構及板塊位移加強觀測與研究，以掌握地震及海嘯的成因，針對導致海洋災害發生的機制、規模，及其活動進行監測，探討監控與預測的可行方法，降低海洋對民生安全與經濟發展的威脅或風險；同時開發海洋監測儀器，以降低長期監測所需之成本，並厚植國家研發及維護之能力，進而完善監測系統之涵蓋面。

在海洋災防研究方面，現階段以海洋災害防護為主，對於台灣海域海底地質及地形結構加強觀測與研究，以掌握地震及海嘯的成因，及導致海洋災害發生的機制、規模，及其監控與預測的可行方法，降低海洋對民生安全與經濟發展的威脅或風險；同時開發海洋監測儀器，以降低長期監測所需之成本，未來可運用於增進監測系統之涵蓋面使其更趨完善，對於我國海洋災防能力之提升有所助益。

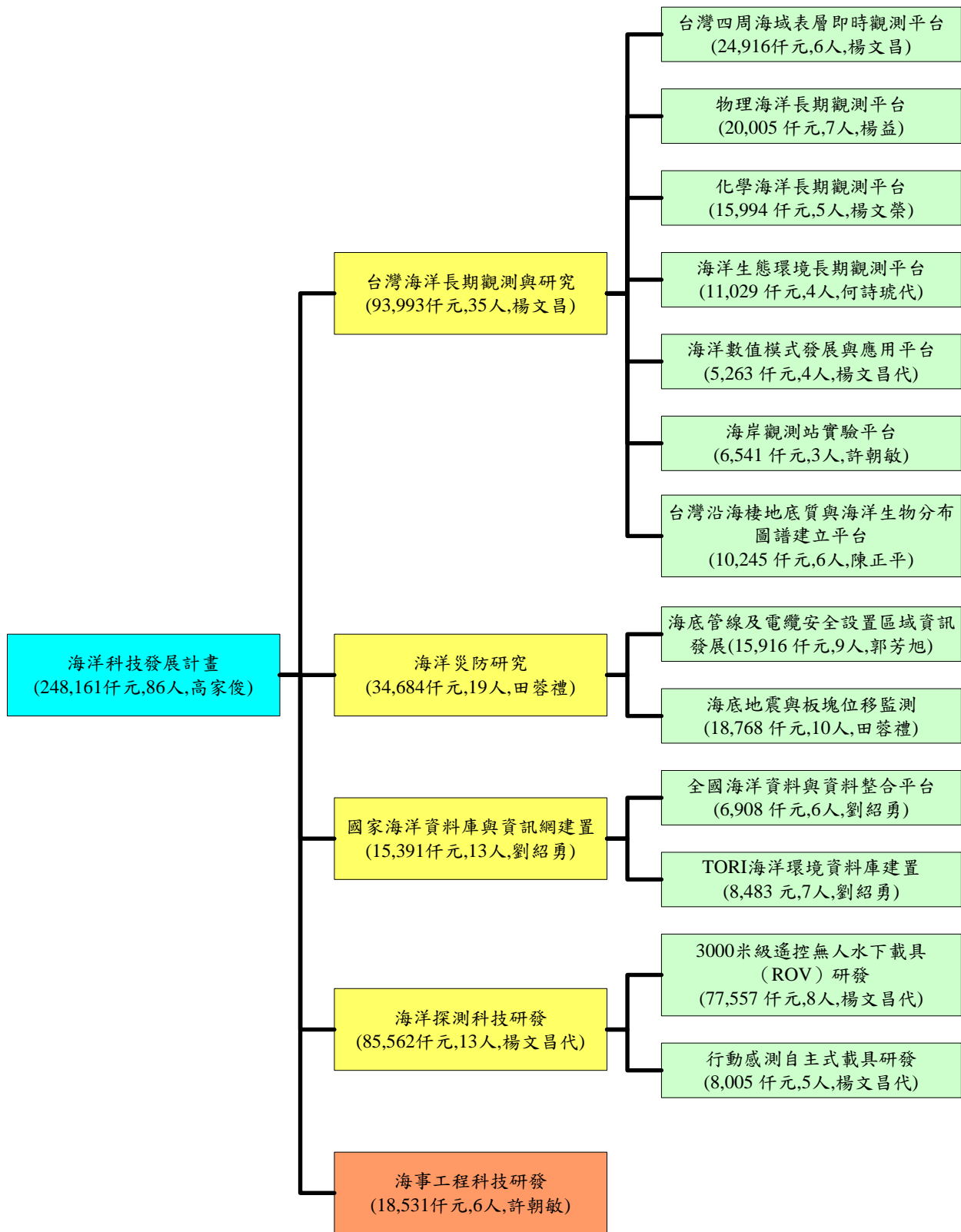
本計畫期能協助國內學研單位，進行各種災防與環境相關研究，並強化對台灣自然環境了解、建立對整體環境觀測、變化模擬與預測能力，進而發展各種災害防救技術，減少災害所造成損失，同時開發能有效利用天然能源與資源

之海事工程技術，以期與環境永續共存。海洋中心正與國研院內之地震中心、颱風中心及災防中心等單位合作，並與氣象局、海巡署及海軍大氣海洋局等單位洽談合作方式，以期能對極端氣候、地震海嘯及複合性災害防治等方向之研究提供貢獻。

(二) 計畫預期成效

「海底地震與板塊位移監測計畫」之執行將有助於對台灣海域海底地質、地形、結構及板塊位移加強觀測與研究，以掌握地震及海嘯的成因，針對導致海洋災害發生的機制、規模，及其活動進行監測，探討監控與預測的可行方法，降低海洋對民生安全與經濟發展的威脅或風險。

二、 海洋中心計畫架構(含樹狀圖)



100 年度海洋中心科技發展計畫架構

三、計畫主要內容

台灣位處於地震構造活動帶，地震活動非常頻繁，在最近的一百年之中，強烈地震對台灣本島就造成 10 次以上的重大災害(詳細震災報導可查閱氣象局「百年災害地震」以及最近的 921 集集地震、屏東地震等相關報導)，為了監測以及更確實的研究台灣地區的地震發震機制，中央氣象局在台灣島上建立了密集的地震觀測網(目前氣象局短週期地震儀約 80 個，強震儀超過 750 個，寬頻地震儀約 30 個)。根據氣象局地震網的記錄，台灣地區每個月平均有 2,000 個以上的地震發生(計數芮氏地震規模大於 0.5 者)。由於地震高頻能量會隨著震波傳播距離的增加而快速衰減，氣象局在陸地上由 S13 (1 Hz) 地震儀記錄到的地震多為靠近台灣島的地震事件；大約在東經 119° 到 123°、北緯 21° 到 26° 之間(範圍標示於圖 1 灰色粗方框，大致為台灣島中心向外延伸 200 公里左右)。然而，此區域東邊接近一半落在氣象局觀測網外，而此處正標示了海洋板塊高度形變的區域，雖然其他的國際地震觀測網(如 Global Seismological Network 等)可以提供大地震的觀測紀錄，但對海域地震的紀錄非常有限，這樣的地震資料缺失，是地震研究一直希望克服的問題。

近年來由於海域探測技術不斷的進步，世界各國都積極設立實驗室或研發團隊，發展海底地震儀，投入海域地震的研究(如日本 JAMSTEC 的 Stagnant Slab Project，或美國 NSF 支持的 PLUME、TAIGER 計畫等)。從科學研究的觀點而言，OBS 不受地球表面陸地分佈不均的限制，可以設置在海床上接收所需要的震波訊號。自 1980 年代起，各國所建置的海底地震儀系統提供了大量海域地震資料，除了加速研究地球內部的結構外，所得的結果已經應用於改進各國地震、海嘯的警報系統，同時也擴張人類對深海地層以及海床資源的探測能力。由此看來，OBS 系統已經是探討海域地球物理以及相關工程開發不可或缺的工具。

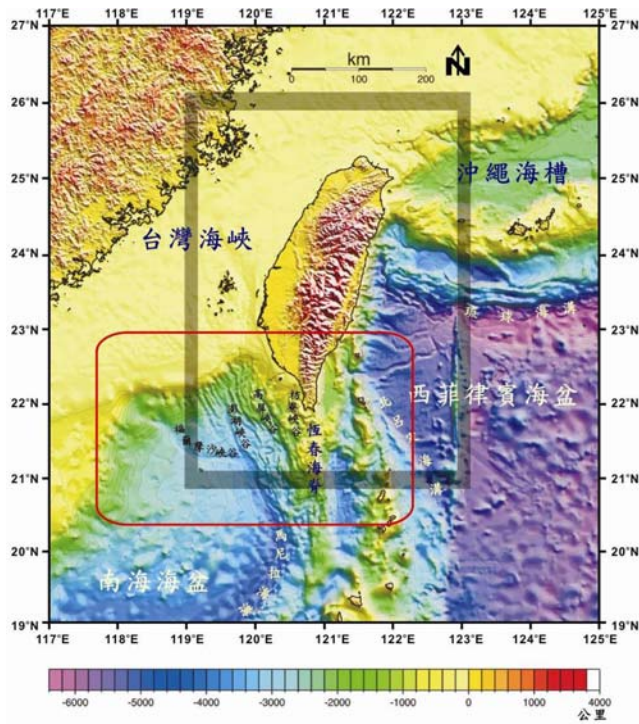


圖 1 台灣周圍海域地形圖，主要地質構造單元標示於圖上。位於台灣南方的紅色方框為主要研究地區，馬尼拉海溝以及台灣西南海域眾多海底峽谷在這個地區聚合，為新構造作用活躍地帶。圖上粗灰色方框為中央氣象局地震網主要的地震觀測範圍。

在海域地震的研究方面，監測（訊號的取得）只是第一步，但卻是極重要的關鍵，若缺乏完整而正確的基本資料，後續計畫只會流於泛泛之談。本計畫在相關議題的設定為研究海域地震的監測技術，為可確實掌握訊號品質，以及大地震發生時，各種地震波波相訊號之接收，以支應後續地震重新定位，及災害相關資訊研判之所需，自製海底地震儀的整體設計除了安全的回收之外，最重要的即是資料收訊的品質，這其中涉及相當多的水下工程專業的配合及技術的突破。未來將以科學研究所需的工程技術開發為主，目標為開發自主技術，確保上游工程和下游災防與科學之間的連結，以建立一個永續的長期監測計畫，不因技術支援之脫節或受制於商購產品之性能而被迫更改，落後，甚至停頓。紮實的監測依賴訊號品質，以及大地震發生時，各種地震波波相訊號之接收，以支應後續地震重新定位，及災害相關資訊研判之所需，自製海底地震儀的整體設計除了安全的回收之外，最重要的即是資料收訊的品質，這其中涉及相當多的水下工程專業的配合及技術的突破。目前不論是台灣或美、日等先進實驗室的海底地震儀實驗，儀器的佈放及回收無論是資料或是儀器本身尚存在相當的失敗率，還需要長期投資研發改進。本中心規劃先進行海底地震儀的佈放實驗，逐步確認儀器於深海中的機械性能、以及水中聲學訊號傳輸。台灣地區目前除了少數研究機構以有限的經費購置海底地震儀外，中央氣象局也

計畫在東北海域建置環狀電纜式海底觀測系統 (MARine Cable Hosted Observatory, 簡稱為 MACHO「媽祖」計畫)。他們主要目的為爭取地震的預警時間,與本中心建立技術與長期研究之宗旨不同,但能相輔相成。考慮經費使用效益以及未來技術的開拓性,本計畫將建置活動式的地震儀觀測系統,操作上可以靈活地將地震儀組成不同的空間陣列,機動地布置在特定地區監測地震活動,研發過程所累積的技術,可橫向擴展為海洋儀器發展所需之能量建置。為符合需求,初期所規劃的實驗地區為台灣南部海域(大致為圖 1 紅色框線所標示的範圍),該區除了蘊藏有豐富的天然氣水合物外,2006 年的恆春地震也讓大家警覺到,西南海域的構造地震將會是台灣地區重大災害的能量來源之一。而台灣南部隱沒系統中的馬尼拉海溝在緯度 20.5° 以北就漸漸失去海溝的地形特徵,以板塊運動模式而言,整個台灣西南海域為隱沒到造山作用之間的構造過渡帶,如何正確的評估該地區的地震發震位能以提供災防規劃,就必須對南部海域的地震構造特性有全面的了解。

在台灣,發展海域地震研究不只是引進一項科學儀器,海底地震儀系統和其他海洋探測工具的開發加起來可以組成一個“小而美”的工業。BBOBS 是海底地震儀發展中不可或缺的一環,寬頻能完整地記錄各種規模、深度與距離的地震。中央研究院地球科學研究所於 2006 年與 WHOI (Woods Hole Oceanographic Institution)合作,初步掌握 OBS 製作過程中的步驟,同時也熟悉各種電子裝置的性能。但是要使寬頻海底地震儀的技術在台灣生根,必須利用海洋中心的平台,結合災防組和其合作單位之工程人才,努力在機械設計,系統開發,測試與海上作業等每個環節尋求突破。災防組將與各個科學研究的「使用者」緊密溝通,將海底地震儀推廣紮根在各項實驗上,才能達到“小而美”的工業生產規模,持續引入經費進行相關研發及改良。希望藉此可以培育出一個科學工業,讓上下游串聯起來,使科學更加紮根,社會也更加受益。目前已經有其它海域地震研究佈放許多海底地震儀於台灣東部海域(如美國 NSF 的 TAIGER 計畫,中央研究院地球科學所的國科會計畫,等等),本組與這些計畫都有直接或間接合作,未來將共同發表研究成果,所以現階段年度地震儀布置的位置將盡量不與這些計畫的佈放點重複,而是往南捕捉馬尼拉隱沒帶的弧間及弧前地震構造(佈放點位大致標示於圖 2),甚至擴展到東部或東北部。東北部是板塊碰撞最激烈的地區,地震比南部頻繁,以災防組未來 OBS 陣列的實力,將不局限於局部區域。實驗操作上,海底地震儀的佈放時間可依多次實驗,規劃為幾個星期到一年,所回收的寬頻地震資料除了計算震源參數外,可以用來反演近場地震主要的破裂面位態,建立該區的構造活動模

式；這些是估算地震發震位能的基本背景資料，同時也可以配合海域數值地形模擬該區海嘯的發生能量。本計畫希望藉由建立海底地震儀系統，為國內海洋相關的儀器設計、製作、研發建立平台之觀念與技術，根植台灣自行研發地球科學儀器的能力，培養出國家級的海洋地球物理實驗室。

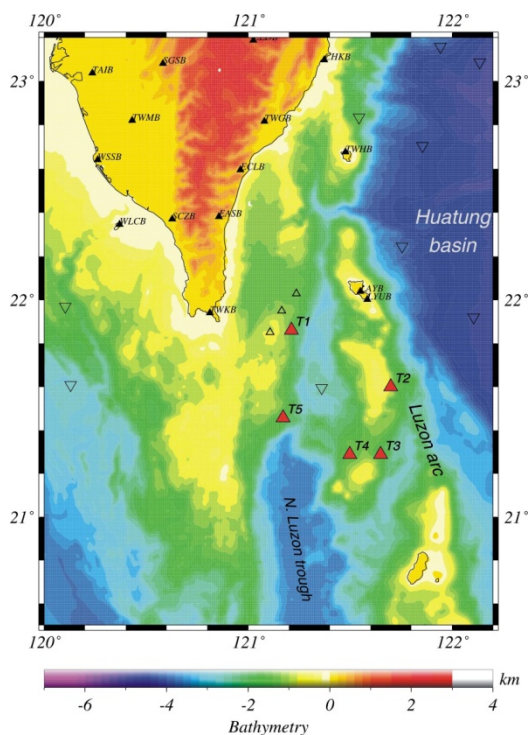


圖 2 台灣南部隱沒帶海域海底地震觀測網建制圖。大三角形 T1、T3、T5 為災防組寬頻地震站，T2、T4 中研院地科所地震儀的置放點。

OBS 不僅僅只應用於地球科學研究、日後還可以搭配高能空氣槍 (airgun shooting)，用以偵測海床資源，特別是油氣或礦物資源的開發。100 年度之工作內容規劃如下：

- (1)海底地震儀之佈放：本中心將於 100 年持續執行商購之 Lobster 和自製 Yardbird 之佈放。預計和中央研究院共同在南部和東部海域回收 (100 年 7 月) 和佈放 (100 年 9 月) Lobster 和 Yardbird，為期十月。本中心將保留少許 Lobster 和 Yardbird，與中研院 WHOI OBS 在同一定點互相性能測試，以瞭解感震器外置與內置之不同效果，以及不同型儀器接收訊號的能力。如上所述，考慮將 OBS 佈放在東北部外海，以就近描繪劇烈碰撞區的大地震發震機制與破裂過程。綜言之，本中心將一方面在地震頻繁處進行監測，一方面將設計實驗，進行 OBS 性能之總體檢驗，此乃是邁向一個先進的 OBS 實驗室必須完成的任務。
- (2)海底地震儀之研發：已完成之中短週期 Yardbird 包含了許多先進的觀念與技術。Yardbird 已達到了大部分之設計目標。以 Yardbird 為基礎，本中心目前已完成 2000 m 深度海底地震儀之規劃、設計、加工及組裝，100

年的工作內容以加強深海系統(5000 m)的設計規劃為主。未來將朝向寬頻演化，拉近與美國和日本先進實驗室的距離。持續發展的方向中有待突破之技術如下：

- 低耗能訊號數化及記錄系統：電耗是長期佈放系統的瓶頸。若只是增加電池組並不能徹底解決問題。而且商用產品的價位及性能是我們改良系統的重點之一。
- 改進釋放機制(release)：目前各單位設計的釋放裝置，仍大有改善的餘地。例如長期佈放後被沈積物部分掩埋，如何自海底脫困以提高佈放回收之成功率是當務之急。
- 發展強地動 OBS：本中心將設計 OBS 之衍生產品，加入強地動頻道，使其對外海大地震有足夠的解析能力。
- 擴大 sensor 的反應頻寬：此關鍵元件單價佔 OBS 系統之重要比例，若能由短週期之 sensor 加工並擴充其頻寬，則可有效降低系統造價成本。Yardbird 便是一個成功的例子。
- 設計感應器主動式水平姿態修正機構，以使地震訊號在垂直向及水平向上耦合的情況改善。在第一代短週期 OBS 中這項技術有卓越的效能。
- 加強深海系統(5000 m)的水密設計能力。以東部海岸具學術研究的佈放區域幾乎都在 5000 m 以深。因此要克服這個環境因素，我們必須利用鈦合金為基材加工。相關的 Know-How 在航太工業有基礎，但是我們的需求不是輕量化，而是耐高壓。因此相關的加工技術尚須在國內尋找加工技術成熟的廠商配合。
- 開發海底錄影系統，以 OBS 為載具，在 ROV 尚未到位之前，這是一個效益極高的設計。
- 開發自製海底地震資料儀，用資料格式轉換軟體，以期可以提供學界在其他既有的處理軟體中交流使用。
- 加入感震器水平姿態修正機構記錄裝置，記錄感震元件於海床之姿態以便於資料後處理，此乃簡易有效的海床移動監控裝置。
- 增加數位訊號記錄通道為 4 個，除原有之 XYZ 三軸外，水聽器之訊號亦能一併記錄。
- 發展深海閃光燈與無線電模組，目前該產品依舊採用商業化之模組，為了能有效節省開發成本，因此將該兩模組也列為開發要項中。

台灣位處於菲律賓板塊以及歐亞板塊的交界處，地震發生頻繁，為了有效掌握地震發生之機制、規模、以及建立預測的方法，除了使用海底地震儀來記錄海域地震之外，板塊位移監測也有其必要性。利用精確的 GPS 定位與聲學測距技術可以監測板塊的位移量，這個觀測方法近年來被應用於監測日本的東部海域以及美洲西岸的板塊移動。例如，透過中美洲所進行的 Cocos plate vs. Caribbean plate 的位移監測結果(Norabuena et al., 2004)、並配合陸上 GPS 數據，提供了哥斯達黎加地區地震孕育帶的地形與地震營力機制的背景資料。

利用 GPS 定位與聲學測距技術來監測板塊位移，必須將應答器佈放於海底，透過船載式收發器來量測收發器與應答器之間的距離（斜距），同時藉由全球定位系統來量測與推算收發器的絕對位置，再由量測的斜距與 GPS 資料來反算出海床應答器的位置。近年來，隨著 GPS 定位技術的改善以及應答器估算斜距精度的提升，目前已有研究使用自行開發的海床錨碇應答器（非商用產品）進行定位，並且宣稱已經可以達到公分等級的定位精度。由於地球板塊的運動速度大約 1~10 cm/year 左右，因此這些精密的應答器已經運用於海底地殼變動與板塊運動的觀測。例如 Spiess 等人（Scripps Institution of Oceanography）在美國西岸的 Juan de Fuca Plate 佈放應答器陣列，用以調查北美洲西北海岸與北美洲板塊內部的相關形變。除了美國之外，日本也位處地震頻繁之地帶，近年也積極進行海底地震的觀察與探測，其中日本也在北美洲板塊、菲律賓板塊、以及歐亞板塊交界處佈放了許多應答器陣列，運用 GPS 與聲學測距技術來調查地殼變動。

目前上述研究雖然宣稱應答器定位可以達到公分等級的精度，但是除了透過斜距殘餘誤差來呈現其量測精度之外，並未有其他方法來驗證其可信度。底碇應答器的定位量測作業有許多關鍵因素會影響定位的精度，當然也影響了板塊運動以及地層移動觀測的可靠度。這些關鍵技術主要包括水層聲速估測、GPS 定位精度、計時器精度與解析度、感測資料時間對齊、以及換能器(Transducer)收發聲訊之訊號處理，說明如下：

(1)水層聲速估測

應答器位置的估測是利用船載式收發器在數個不同的（水面）位置來量測斜距與 GPS 座標，而斜距是透過聲傳時間（Time of flight; TOF）與水層聲速剖面（Sound Speed Profile; SSP）估算出來的。聲傳時間的量測精度取決於聲學系統的硬體量測精度，水層聲速（受海水溫度、鹽度的控制）的分佈主要取決於 CTD 量測精度。由於底碇應答器的定位量測作業需要在許多不同（水面）位置進行，而且水層聲速的分佈是隨

時間與空間變化的，若要量測出精確的斜距，就必須要有完整的時域與空域水層聲速剖面資料。但是要獲得完整的時域與空域水層聲速剖面資料是一件耗時耗力的作業，所以在應答器定位量測作業進行中，通常只進行數次的 CTD 量測，但數量有限的 CTD 量測資料實際上無法完全代表整個水層的聲速分佈，也連帶影響了應答器位置估算的精度。

(2) GPS 定位精度

GPS 的定位性能受到時間、空間、衛星幾何、以及其他因素的影響，使得 GPS 位置時間序列的雜訊頻譜並非是白雜訊 (White noise)，而是色彩雜訊 (Color noise)。GPS 衛星主要由北向南的繞行運動，也造成東西向座標精度比南北向座標為差。此外，GPS 接收器與收發器音鼓裝設在不同位置，必須精確取得其相對距離，才能正確估算出收發器在大地座標系統下的位置。一旦收發器在大地座標系統下的位置不精確，便會影響應答器位置的估算精度。

(3) 計時器精度與解析度

聲音在水中傳播速率大約 1500 m/s，這表示如果時間量測誤差是 0.001 秒，便會造成斜距量測誤差 1.5 公尺，使得計時器的精度與解析度成為影響定位精度的重要因素之一。

(4) 感測資料時間對齊

收集斜距與 GPS 資料時，還必須同時記錄船體姿態，包括船艏向 (Heading)、縱搖 (Pitch)、橫搖 (Roll)、以及起伏 (Heave)，一般可藉由電羅經以及運動感測器來量測。然而，聲學儀器、GPS、電羅經、運動感測器等這些感測器的資料輸出頻率並不一樣，必須透過適當的方法將這些資料的時間對齊，避免因時間偏移而產生定位估測誤差。

(5) 換能器收發聲訊之訊號處理

斜距是透過聲音往返收發器與應答器所花的時間與水層聲速剖面計算出來的，然而目前國內尚未完全建立自主之換能器開發技術，所以應答器與收發器皆是國外採購的商用產品，其斜距量測精度也受到限制，無法提升。此外，收發器接收到應答器回訊的時間也難以由商用產品精確取得，這也造成感測資料時間無法確實對齊，因而降低應答器定位估算的精度。要解決此一問題，唯有建立自主之換能器開發技術。

現階段國外的應答器定位研究，除了透過斜距殘餘誤差來呈現其量測精度之外，並未有其他方法來驗證其量測結果的可信度。因此本計畫於 97 年度設計了可以架設數個應答器之海床底碇系統 (圖 2.5)，此一系統除了用於架設應答器之外，還可以安裝量測底碇系統姿態 (heading,

pitch, roll)的感測器、深度計、以及感測資料記錄器。此一底碇系統除了用於海床應答器的定位量測之外，另一個重要的目的，是要驗證應答器定位估算的可信度。由於底碇系統上可架設數個應答器，應答器之間的相對位置可以由利用雷射儀或是尺規事先量測得知，所以利用斜距與 GPS 估算出每一個應答器的位置之後，便能計算出各應答器之間的相對位置，並與實際量測值比對。此外，估算出的應答器位置也可以計算出底碇系統座落於海床上的方位與姿態，其結果可以與底碇系統上的姿態感測器量測結果相互比對，以進一步驗證應答器定位估算的可信度。此一海床應答器底碇系統已於 98 年度計畫進行加工與組裝，並完成實海域佈放、回收、以及初步定位測試(圖 2.6)。根據定位量測資料初步分析結果顯示，應答器的相對定位精度已在數公分之內，而且根據應答器定位結果計算而得的底碇架姿態，與底碇系統上的姿態感測器量測結果吻合，進一步驗證了應答器定位估算結果的可信度。

100 年度之工作內容規劃如下：

- A. 依據新一代海床應答器底碇系統設計，進行加工與裝配，以輔助驗證應答器之動態相對定位精度，進一步瞭解量測誤差來源。
- B. 於台灣西南外海佈放海床應答器底碇系統，進行實海域之應答器動態定位實驗之資料收集與分析，以驗證應答器動態相對定位的精度。

參、計畫經費與人力執行情形

一、計畫經費執行情形

(一) 計畫結構與經費

分項計畫		主持人	執行機關	備註
名稱	經費			
分項二：海洋災防研究 子項二：海底地震與板塊 位移監測計畫	18,768 千元	蕭毓宏	海洋中心	因原計畫主持人田蓉禮博士離職，由蕭毓宏博士代理。

(二) 經費門經費表

類別	經費項目	經費使用說明	100 年預算 (單位：千元)
經常支出	人事費	研究人力及行政後勤人力費	6,945
	業務費	國外或大陸地區差旅費、出席國際學術會議 差旅費。出海航次、資料蒐集與處理、運費、 設備維護費、差旅費、資訊處理、儀器材料、 研發加工、分析軟體、資料傳輸及其他等項 目。	4,059
資本支出	儀器設備	海底地震儀研發及板塊底碇系統所需之相 關設施等部分。	7,764
合計			18,768

二、計畫人力

(一) 計畫結構與人力

本子項計畫設計畫主持人 1 人，由蕭毓宏博士擔任，主要研究人力含研究、工程及管理職系人員 9 人，總計 10 人。另聘請兩位兼任副研究員。計畫主持人學經歷如表所述：

計畫主持人	學歷	專長	經歷
蕭毓宏助理 研究員	成功大學系統 及船舶機電工	海洋工程、水下機電 工程、系統工程、電	台灣海洋科技研究中心 助理研究員

	程研究所	子工程	
--	------	-----	--

兩位副研究員級以上之兼任研究人員如下表列：

類別	姓名	職稱	服務單位	在本子計畫內擔任之具體工作項目與內容
研究人員	王兆璋	兼任副研究員	中山大學海下所	學術與研發資料之研擬與指導
研究人員	陳信宏	兼任副研究員	中山大學海下所	學術與研發資料之研擬與指導

(二) 主要人力投入情形(副研究員級以上)

姓名	計畫職稱	投入主要工作及人月數	學、經歷及專長	
王兆璋	兼任副研究員	海底地震儀製作與研發、系統改良、佈放及回收/1.5人月	學歷	美國賓夕法尼亞大學 機械工程博士
			經歷	國立中山大學海下科技暨應用海洋物理研究所 副教授
			專長	海下機電系統、運動學與動力學、機器人力學、應用電子電路與實習、電腦語言與模擬等。
陳信宏	兼任副研究員	板塊位移底監測底碇系統研發、佈放及回收/1.5人月	學歷	國立成功大學機械工程博士
			經歷	國立中山大學海下科技暨應用海洋物理研究所 副教授
			專長	水下機電整合、機械設計、水下定位、水下載具。

與原計畫規劃差異說明：無

肆、計畫執行成果

海底地震與板塊位移監測

本子計畫配合中心定位與目標，著重於海底地震活動長期觀測，建立產學研界溝通及研究的管道，培養海洋科儀技術研發團隊，提升研發能量及水準。就台灣海底地震/海嘯/海底土石流等海洋災防及科學應用，針對台灣東北及西南海域海底地震進行觀測與研究，從促進國內整合著手，並藉由合作培育人才同時提升科學與工程技術關鍵能力。在 100 年計畫執行期間已在台灣東北及東南部海域建立監測定點，進行非即時海底監測站網現場觀測，配合自行開發之海底地震儀(Ocean Bottom Seismometer, OBS)實海域運作，逐漸擴充監測涵蓋面。同時結合國內有操作寬頻海底地震儀(Broad Band OBS)的學術研究單位及相關海下科技研發單位組成工作小組，分工合作進行海底地震儀核心及關鍵元件的開發。100 年度完成工作項目如下：

1. 海底地震長期監測與研究：

本中心 100 年持續執行商購之 Lobster 和自製 Yardbird 之佈放，預計和中央研究院共同在東南及東北海域進行 Lobster 和 Yardbird 海底地震儀回收和佈放作業，以就近在地震頻繁處進行監測。今年已於 5 月及 7 月回收 99 年所佈放於東南海域共 7 組海底地震儀，所回收的海底地震數據將與中研院共同研究分析，同時為達到服務學界之目的，海底地震儀所得之資料已於台灣地震科學中心(TEC)公開提供各界使用。而在 9 月份於台灣東北方沖繩海槽佈放 10 組海底地震儀，監測沖繩海槽內地震發生的機制與運作以及海底地震的重新定位，預計於明年中進行回收作業。

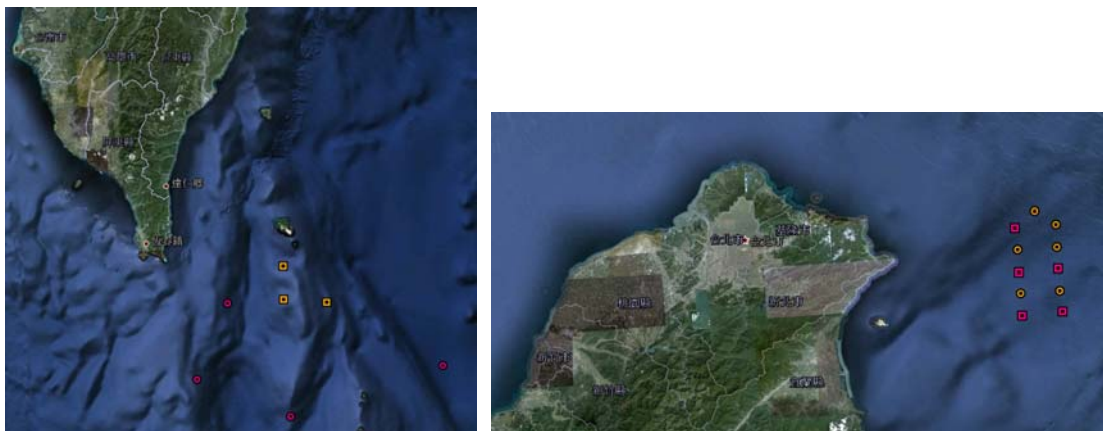


圖 2-2.1 位於台灣東北及東南的海底地震監測定點

2. 海底地震儀之研發：

目前完成之 Yardbird 海底地震儀包含了許多先進的觀念與技術，除在台灣東北及東南海域進行海底地震觀測作業外，亦在 11 月與中研院及韓國海洋研究與發展研究所(Korea Ocean Research and Development Institute, KORDI)共同於韓國釜山海域佈放 Yardbird 海底地震儀收集相關地動資料。今年工作內容以加強深海系統(5000 m)的設計規劃為主，未來將朝向寬頻演化，拉近與美國和日本先進實驗室的距離。今年已完成之工作項目如下：

- ✓ 水密技術研發：為克服東部海岸具學術研究的佈放區域幾乎都超過 5000 m 水深之環境因素，今年已完成以鈦合金為基材研發深海系統(5000 m)的水密耐壓設計能力，並已通過實際海域測試，本子計畫應用此技術已成功開發深海錄影系統，未來將掛載於海底地震儀用上以觀測其著落底床的姿態，可與水平姿態修正資料作比對及驗證，此一水密技術的研發未來將能廣泛應用於各項深海探測設備。
- ✓ 低耗能訊號數化及記錄系統：電耗是海洋環境長期觀測系統的瓶頸，若只是增加電池組並不能徹底解決問題，因此對現有海底地震儀及底碇系統進行改良，包含更低功耗元件的替換以及電路設計的改善，同時增加訊號取樣頻道數以因應未來海底地震儀所欲增掛載之觀測設備，如水下麥克風及強地動感應器等。
- ✓ 動式水平機構設計：因海底地震儀是利用投放的方式，從海平面沉降於海床上，無法準確掌控內部之三軸向感震器(geophone)著於海床的角度及方位，因此需要水平機構輔助調整三軸感震器的位態。現已完成主動式平衡機構設計與實作，並加入感震器水平姿態修正機構記錄裝置，記錄感震元件姿態以便於資料後處理，以上研發成果已應用於現有的海底地震儀，其相關設計專利正在申請中。

3. 海底板塊位移監測：

本子計畫在 99 年自行研發之海床應答器底碇系統，可以達成靜態應答器相對定位精度的驗證，今年 7 月進行新一代底碇架實海域測試，測試項目包含機構設計加工、系統配置、浮力分析及系統組裝，完成海床應答器底碇系統之改良設計，增加應答器定時自動移位功能，使此系統由靜態相對定位精度的驗證，提升為動態相對定位精度的驗證。同時該系統亦完成設計並製作「移動式海床應答器底碇系統」。此系統可以利用串列通訊(RS232)控制，使裝載在系統上之線性致動器可定時驅動其中一支應答器

產生微小位移，以模擬海底板塊位移，藉此評估以聲學測距技術進行應答器微小位移定位量測之可行性。此系統將原先底碇系統之商用音響釋放器改為熔絲式釋放系統，以減輕整體重量並可增加其它儀器加掛空間。目前系統已在小琉球海域完成浮力和重力配置實驗，並成功測試線性制動器作動情形。今年7月於台灣西南外海進行實海佈放試驗，透過實際資料收集以及潮位修正、船體運動姿態修正、資料時間同步等步驟，以數值最佳化來估算海床應答器相對定位精度，繼續提升應答器定位的技術。

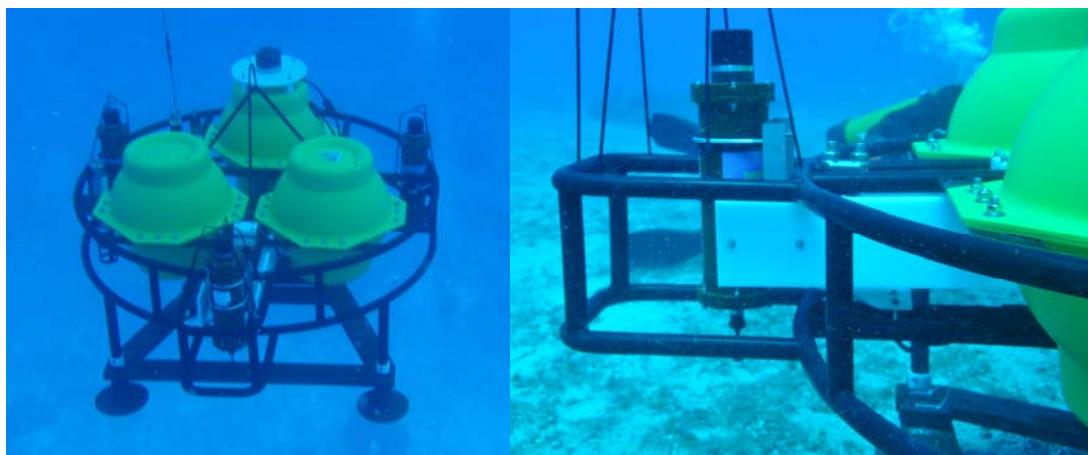


圖 2-2.2 移動式海床應答器底碇系統

水下定位為水中聲學的延伸應用，聲學換能器(transducer)為關鍵零組件之一，聲學換能器為高度精密工業，也是海洋探索、科學研究、水下作業不可或缺的重要工具。不過採用商用聲學換能器之斜距量測精度受到限制，且收發器接收到應答器回訊的時間也難以由商用產品精確取得，這也造成感測資料時間無法確實對齊，因而降低應答器定位估算的精度。因此今年進行聲學換能器驅動訊號開發與測試，在水槽試驗中完成水下商用音鼓訊號驅動實驗，此舉除累積國內海洋科技技術研發能量，亦提升國內應答器所需之換能器開發技術。

本子計畫致力於技術研發、平台建置、支援學術研究及前瞻研究的推動上，從無到有克服許多的難度，經由不斷的資料收尋、學習、討論、經驗交流、參訪過程中，明確未來研發走向。在技術團隊同仁的努力，使年度訂定之各項成果與績效指標皆已達成預期目標。

與原計畫規劃差異說明：

均依原計畫進行。

伍、 評估主要成就及成果之價值與貢獻度

學術成就(科技基礎研究)

本年度持續執行德國商用海底地震儀(中心採購)以及自主研發的 YardBird 海底地震儀(中心與中央研究院及中山大學共同研發)之佈放及回收作業；今年 5 月及 7 月已回收 99 年佈放於台灣東南海域的 7 組地震儀，所回收的海底地震數據將與中研院共同研究分析，相關分析數據將提供給地震中心、學界或研究單位使用；9 月於台灣東北方沖繩海槽不放 10 組海底地震儀，預計 101 年中旬回收。

本中心與中央研究院及中山大學共同研發之海底地震儀(YardBird OBS)獲國際矚目。韓國海洋研究與發展研究院(Korea Ocean Research and Development Institute, KORDI)提出海底地震觀測研究合作計畫，共同研究釜山海域地震特性。由韓方出資人員交通、食宿及相關作業費用，商借 4 組 YardBird OBS，中央研究院及本中心研究人員於 100 年 10 月前往韓國協助佈放海底地震儀。韓方高度重視這個計畫，在國營電視及 YouTube 上大幅報導。這次合作是我國海底地震儀研發成果邁向國際的首發。

期刊論文、研討會論文發表篇數：本計畫 100 年度之論文發表實際達成值為 8 篇，含期刊論文 3 篇（國內期刊 3 篇，國際期刊 0 篇）及研討會論文 5 篇（國內研討會 4 篇，國外研討會 1 篇）。

技術創新(科技整合創新)

在長期監測海底地震活動方面，本年度已在台灣東北及東南部海域建立監測定點，進行非即時的海底監測站往現場觀測，配合自行開發的海底地震儀(YardBird OBS)實海域運作，逐漸擴充監測涵蓋面。

在海底板塊位移監測方面，本中心自行研發的海床應答器底碇系統完成改良設計，並於 7 月成功完成新一代底碇架實海域測試，測試項目包含機構設計加工、系統配置、浮力分析及系統組裝，增加應答器定時自動移位功能，使此系統由靜態相對定位精度的驗證，提升為動態相對定位精度的驗證。

經濟效益(產業經濟發展)

中心研發之海底地震儀、應答器底碇系統及海洋探測工具可組成海洋儀器產業，技術發展部分可在國內生根，使生產與維修的能力可獨立完成，減低我

國於海洋探查與資源利用的成本，有助於發展海洋儀器產業，進一步帶來可期的經濟效益。

社會影響(民生社會發展、環境安全永續)

自製海底地震儀之原型機，在規格化量化生產後，可加入海域地震之觀測，直接效益可增加地震定位之精度，增進孕震機制之探討，對形成災害之構造與潛勢有所了解。且台灣地區的地震震源大部分發生在廣大的海域，因此自製海底地震儀是長遠發展所不可空缺之規劃。分項計畫之長程目標是能建立海嘯與地震之警報測報系統，以及能在發生地震災害時提供正確資訊讓政府做出正確決策，提升國土保安，保障人民之生命財產及安全。

陸、 與相關計畫之配合

本計畫在執行期間，結合國內具有操作海底地震儀經驗的學術研究單位—中央研究院地球科學研究所，以及相關海下科技研發單位—中山大學海下科技暨應用海洋物理研究所，共同組成工作小組，分工合作進行海底地震儀核心元件的開發與系統整合。同時，本子計畫亦參與國科會協調相關部會共同規劃研擬之「災害防救應用科技方案」(簡稱應科方案)，掌握地震災害防救重要課題，持續提升災害防救研發與技術支援能量，並以前瞻性角度，提供政府擬訂重要政策與施政計畫所需資訊可透過統籌規劃運作機制。

柒、 後續工作構想之重點

在 100 年海底地震監測計畫執行中，已累積相當多的研發能量，後續將以自行研發之海洋儀器－海底地震儀系統與學術界合作，進行台灣東北海域地震非即時監測，逐步擴大監測範圍，累積地震資料，並進一步針對發生在台灣附近海域之地震重新定位。在 5000m 海底地震儀完成設計規劃後，可在過往無法佈放的深海水域進行地震觀測，直接效益可增加地震定位之精度，對形成災害之構造與潛勢有所了解。在海底板塊位移監測方面，應答器底碇系統之研發與建置所養成之技術，將應用於海洋底質監測，以及建置海洋物理、化學、以及生物監測所需大型底碇系統(Lander)。除了海底地震長期觀測外，亦有搭配震測或高能空氣槍，用以偵測海床資源，特別是油氣或礦物資源的開發需求，因此未來將將根據短工作天數的需求，將進行輕便型超短週期海底地震儀的初步設計。

現有海底地震儀須等待成功回收，才能獲得地震資料的問題，因此水下資料通訊亦為研究重點項目之一，結合海底地震儀及水下數據機(Acoustic Modem)進行水下資料通訊的系統整合，配合分項計畫一「台灣海域長期觀測與研究」的海洋物理長期觀測平台(海氣象浮標)，在地震發生時盡速將資料送上水面上的海氣象浮標，再透過鈹衛星傳遞回陸地上，以達到近即時海底地震觀測的目標。先期將應用水下數據機建立水下資料通訊系統，並於實海域測試資料傳輸的正確性、穩定性及資料傳輸所消耗的時間，逐步確認儀器於深海中的機械性能以及水中聲學訊號傳輸效率。

水下定位為水中聲學的延伸應用，聲學換能器(transducer)為關鍵零組件之一。然而換能器為高度精密工業，也是海洋探索、科學研究、水下作業不可或缺的重要工具，目前國內尚未建立其開發技術，因此先期以商購應答器做為實驗設備，同時以商用音鼓產品，建立換能器驅動技術，未來將對功率放大電路設計、數位訊號處理、控制系統開發以及嵌入式系統開發等進行技術研發。基於所累積下來的研發能量，將建立海洋科儀及系統整合的研發團隊。