

臺灣周邊海底形貌與其代表意義

嚴國維、潘佳怡

水產試驗所海洋漁業組

國立臺灣大學海洋中心專案計畫研究員兼執行長劉家瑄教授是國內知名的海底地形及天然氣水合物研究專家，對臺灣周邊海底地形研究長達 40 年之久，對臺灣周邊海底地形形貌與其代表意義頗為專精。本所特別邀請劉教授進行專題演講（圖 1），分享其在「深海量測與探測誤差」、「從單波束到雙波束-聲納探測發展演進」及「高解析度精密海床探測」等方面之研究心得，本所特整理相關內容以饗讀者。



圖 1 曾振德主任秘書代表所長致贈本所推廣品

深海量測與探測誤差

最早的測深方式，是將重物綁上繩索再往水底投入，當繩索不再下沉且變鬆時，就可測得深度。第一次發現馬里亞納海溝是世

界上最深的海域，就是透過此種方法得知。不過當初測定時，8,000 多公尺長的繩索都已用盡仍無鬆動現象，因此科學家只知道深度已破世界紀錄，尚無法得知確實資訊，直到聲納儀器發明後，才得以測得確切的深度。而聲納除了可以探測海中魚類及浮游生物豐度，早期也利用聲納的聲學反應來辨識海床本質。透過聲學反應可概略了解海底的深度及地質，並可進一步透過採泥器所採集之底泥進行比對。

在這些研究過程中，無論使用繩索或聲納的量測都是非常不容易的技術，但前提是必須掌握準確的船位，否則所收回之聲學訊號將失去意義。現行的 GPS 科技雖可提供較為準確的定位，但為了避免 GPS 流為敵軍的軍事用途，因此在設計時對 GPS 訊號加入錯誤碼，這個部分是必須要校正的。另一方面，在量測海底地形的同時，船身、音鼓與海底之間的距離是聲學儀器可以收到的資訊，然而，潮汐會讓海水表面與海底之間的距離改變，但實際上海底的深度並未因潮汐而變深，因此在量測的過程，需要以潮位器或模型去校正。同時也須留心船隻移動、大氣電磁波等因素所帶來的定位誤差。水中聲速的不同也會造成聲學儀器訊號的誤差，因此每 6—8 小時要將溫深鹽儀 (CTD) 於不同位置投放以確定鹽度、溫度與深度的關係，並進一步校正聲速所帶來的誤差。

從單波束到雙波束—聲納探測發展演進

如前所述，聲納是現代重要的測深儀器。歐洲從 1940 年代就開始發展單波束的聲納探測海底技術，解決了許多測深問題。到 1980 年代聲納探測技術由單波束進展到多波束，可探測大範圍的海底地形及底質。如此高效率的儀器，可提供較為完整的軍事資訊，因此剛開始僅有軍事單位被允許使用，之後再逐步開放到非軍事單位。

國內最早擁有多波束系統的單位是海軍「達觀號海洋測量艦」，而後內政部因應國土測量需求，也在海研二號及水試一號安裝測深儀。過去單波束若遇到斜的海床，會收不到訊號，或收到錯誤訊號，定位與深度資訊都不太準確，因此如何提升精準度成為重要議題，進而加速多波束聲納的誕生，讓精準度大幅提升。早期在測深時，到底是海底還是魚群，在沒有經驗的情況下，是很難判定的。在多波束以及以不同頻率同時探測下，這個問題就解決了。多波束能夠以不同角度探測，儀器本身就是一個陣列，透過跟船身平行及垂直的方式，用很寬的波束進行探測。因此同時可以知道打到的那個位置是什麼？而且不僅是一點，而是讓每一個面都可完整的涵蓋，若有缺漏，也可以再前往研究區域補齊。

高解析度精密海床探測及其意義

當各種探測的應校正事項都已經完成校正與誤差分析後，一般的研究流程會先試著

跟自己過去的研究成果進行比較，倘若兩次探測數據出現極高的誤差，代表探測有極大的問題。而當結果符合預期時，下一步就是將成果與國際相關研究進行比較。這時候科學家往往就會陷入「到底要選擇哪一種探測結果？」的窘境。當不好與好的資料交會時，去蕪存菁的功夫就非常重要了。根據多次的探測過程大概可以確定，除非是專門測量海底地形的航次，否則資料的精準度都不甚理想。

另一方面，有關高解析度精密海床探測的出圖也有很多技巧，例如點的間距要設定為多少才具有科學意義？不同於其他研究講究超高解析度，地形研究過程中，若解析度過高，資訊的呈現結果未必是好的，而且出圖還要考慮國安問題，研究人員必須設法展現海床特性，又不讓國安單位緊張。兼顧各項出圖細節，再透過打光投影的方式，臺灣周邊海底形貌就可以很清楚得獲得呈現。

劉教授特別整理了過去 40 年的研究結果，盤點臺灣周邊海底形貌特徵及其代表的意義如下：

西部的臺灣海峽海底特徵，包含海底峽谷、淺灘、海底凹陷。由臺灣海峽的海底地形不難發現黑潮支流所扮演的角色。黑潮支流在澎湖東邊被侷限，流速變很強，侵蝕能力加大，過了澎湖後流速減慢，就產生雲彰隆起。

臺灣南部海域有很多峽谷及海槽，當然也有海溝，與臺灣最南方連接的就是馬尼拉海溝。經由海溝的存在，可證實該處為典型隱沒帶地形，臺灣西南海域有許多條狀的海脊褶皺，均因隱沒帶地形而產生。

東部海域的特徵則是朝北隱沒，有海底峽谷、海脊、海溝及海盆。到底是怎樣的形貌及其個別代表的意義，仍在持續研究中。臺灣東部的臺東峽谷接續花東縱谷，一直延伸到琉球島弧的南方。這一系列的峽谷都非常陡峭，只要離岸幾公里，深度即陡降至3、4千公尺。當這些峽谷被海脊阻擋，會產生許多沉積物，而沉積物受到垂直海流牽引就可能成為生態系統的重要養分來源。

整體而言，臺灣周邊海底形貌有深、有淺，從劉教授與其團隊完成的海底地形圖可清楚看出臺灣周邊海域地形的多樣性（圖2）。整個臺灣的地底架構，是歐亞板塊在臺灣南部隱沒在菲律賓板塊之下，菲律賓板塊又在東部海域隱沒於歐亞大陸板塊之下，呈現西淺東深、南縱北橫的樣貌。

劉教授也分享了現階段的研究主流係透過自主及遙控式的無人載具進行實驗，這些探測器可依據科學家的航線設定進行探測。過去船測會有一些航行的死角及技術限制，透過無人探測器就可以有效的解決這一方面的問題，所探測之結果也更為細緻及清晰。劉教授藉著演講，回首其40年來在深海地貌領域的研究歷程，他強調海洋是一個豐富寶庫，期許後續能有更多的研究者投入，持續揭開這個湛藍深邃之內太空的神祕面紗。



圖3 劉教授詳細說明水下遙控式無人載具 (ROV) 在研究上所扮演的角色

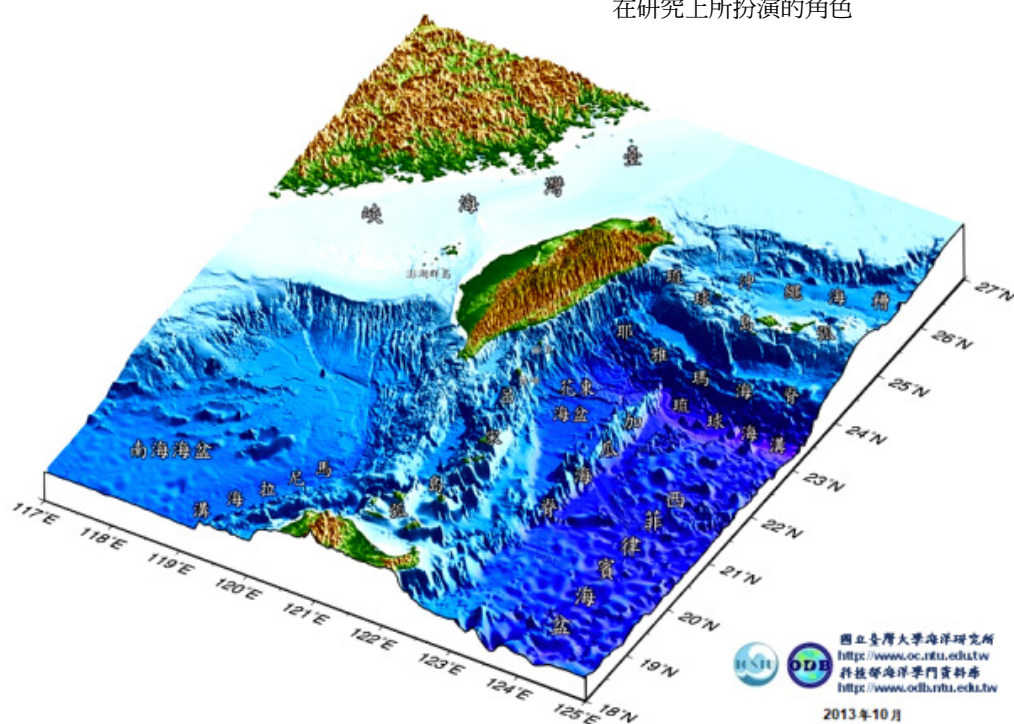


圖2 臺灣周邊海域地形圖 (資料來源：國立臺灣大學海洋研究所)