

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

南沖繩海槽濁流沈積物之分布與可能傳輸途徑(1/2)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2119-M-002-035-

執行期間：93年11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海洋地質及地球物理組

計畫主持人：蘇志杰

計畫參與人員：陳怡雯

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 6 月 14 日

摘要

自 2000 年迄今，吾人於南沖繩海槽南端地區的研究指出，發生於台灣東部外海規模大於 6.8 的海底地震可能是造成深海沈積物中數個濁流沈積層的主要原因。這些濁流沈積層給予吾人一個絕佳機會討論現代地震觀測記錄與地層記錄間的相關性。

本計畫希望結合沈積物年代資料、沈積物顆粒分析結果及 X-光攝影影像來幫助吾人瞭解此等濁流沈積物之來源及傳輸途徑。此外尚可提供吾人未來研究地震所引發之海底邊坡破壞的可能區域及其影響範圍所需之基礎資料。最終希望透過此等研究，合理的評估岩心中之濁流沈積層記錄作為古地震研究重要工具所可能遭遇的困難及解決方案。

關鍵詞：南沖繩海槽、濁流沈積物、粒徑分析、X - 光攝影、古地震

Abstract

In the past four years, our research in the southernmost part of Okinawa Trough suggest that the turbidite layers in deep sea sediments may caused by those large earthquakes ($M_L > 6.8$) occurred off eastern Taiwan. These turbidite layers give us an excellent chance to discuss the relationships between modern earthquake observation records and stratigraphic records.

In this project, we expect to combine the geochronological data, particle analysis results and X-radiograph images to help us understand the source and transport of the turbidites. It also can give us some basic information about how and where can earthquake induce slope failure and the scope of influence in the future. Finally, we hope this study can help us make a rational assessment of the difficulties by using turbidite records as an important tool for paleo-seismic research, and the scheme for solving the problems.

Keywords: southern Okinawa Trough, turbidite, grain size analysis, X-radiograph, Paleo-seismic

前言

自從 Heezen and Ewing (1952) 對於 1929 年 Grand Banks 地震的經典研究發表後，研究人員瞭解到地震具有引發濁流 (turbidity current) 的能力。此後利用濁流沈積物進行古地震研究的工作逐步展開 (Goldfinger et al., 2003)。但是此一方法仍有其需注意的地方，首先，濁流沈積物的成因除地震活動以外，暴風、河流氾濫及海嘯等皆可能造成濁流沈積。如何區分不同成因的濁流沈積便成了首要工作。其次是定年方法的準確性，由於濁流沈積為一瞬時大量沈積的偶發事件，因此在利用 ^{210}Pb 或 ^{137}Cs 等核種進行沈積速率計算工作時，如何合理的扣除濁流沈積事件獲得正確沈積速率成為重要且關鍵的工作。

過去三年多來，筆者與中研院盧治安研究員於宜蘭外海約 30 海哩處的數支岩心中發現數個濁流沈積層 (Huh et al., 2004)，初步結果顯示，這些濁流沈積層可能與台灣東部外海規模大於 6.8 的海底地震有關。這些地震分別是發生於 2002 年的花蓮 331 地震 ($M_L = 6.8$)，1986 年發生的花蓮地震 ($M_L = 6.8$)，1959 年發生於東部外海的地震 ($M_L = 7.5$) 及 1947 年發生於沖繩海槽的地震 ($M_L = 7.2$)。由於這些岩心位於蘭陽溪出海口外的海谷上，為了確認這些濁流沈積層確實起因於地震的影響，吾人除查驗蘭陽溪歷年輸出記錄外，亦於台灣東部的和平海盆採取箱型及活塞式岩心樣本進行比對 (OR687-18)，以確認和平海盆的濁流沈積物與大規模地震間也有類似的關係存在。選擇和平海盆進行採樣的重大原因在於可以排除河流輸入的影響，而且具有較穩定的沈積環境。沈積速率及 X 光攝影術分析結果顯示，這些濁流沈積主要與 1986 ($M_L = 6.8$)、1978 ($M_L = 7.0$)、1966 ($M_L = 7.8$) 及 1920 - 1922 ($M_L = 7.2 - 8.0$) 年發生於東部外海的海地地震有關。除此之外，在主要的濁流沈積層間還存在有規模較小的紋層，這些紋層是否代表受到小規模地震的影響，則還需進一步的分析研究方能確定。

研究目的

由目前已完成之分析資料顯示濁流沈積物的存在與規模於 6.8 的海底地震間具有相當密切的關係，但仍有許多細節需要進一步研究、討論。例如，如何將地震規模與濁流沈積物之

形成間的關係予以量化？地震所引發之濁流沈積物的影響範圍有多廣？及如何訂立一個準確的分類規範來區分不同成因的濁流沈積物等，都有待進一步的研究。因此，本研究結合沈積物年代資料、沈積物顆粒分析結果及 X-光攝影影像來幫助吾人瞭解此等濁流沈積物之來源及傳輸途徑。此外尚可提供吾人未來研究地震所引發之海底邊坡破壞的可能區域及其影響範圍所需之基礎資料。最終希望透過此等研究，合理的評估岩心中之濁流沈積層記錄作為古地震研究重要工具所可能遭遇的困難及解決方案。

研究方法

1. 沈積速率之測定

本計畫擬以 ^{210}Pb 及 ^{137}Cs 作為沈積速率測定工具。 ^{210}Pb 及 ^{137}Cs 之量測主要透過 ORTEC 公司最先進之高純鍺偵檢器 (HPGe Detector)。此外， ^{210}Pb 數據除了可利用 HPGe 偵檢器進行分析外，亦可利用放射化學分析方法，以 ^{209}Po 作為示蹤劑，並將 Po 電鍍至銀片，最後以 α 能譜儀測量其中所含 ^{210}Po 之活度。由於沈積物中的 ^{210}Pb 與 ^{210}Po 處於平衡狀態，因此測得之 ^{210}Po 活度即代表 ^{210}Pb 之活度。將測量所得之 ^{210}Pb 活度扣除 ^{226}Ra 活度 (via ^{214}Pb) 後，可由超量 ^{210}Pb ($^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$) 的半對數座標垂直剖面圖計算沈積物岩心之表觀沈積速率 (Huh and Su, 1999; Su and Huh, 2002)，是真正沈積速率的上限。除利用 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 計算岩心之沈積速率外，本計畫將利用 ^{137}Cs 求得另外一組獨立之自 1963 年迄今的平均沈積速率。不論是利用 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 或 ^{137}Cs 剖面計算沈積速率時，濁流層所造成的影響必須加以考慮。由於濁流沈積為一瞬時大量沈積的偶發事件，在進行沈積速率計算時必須加以扣除；目前筆者所使用的方法為利用 X 光攝影術，透過 X 光影像測量濁流層之厚度，並將其自放射性核種剖面中扣除。最後結合 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 及 ^{137}Cs 之計算結果，評估並求出最合理、正確的沈積速率。

2. X 光攝影術

在 X 光攝影術的前處理工作中，筆者設計了一組鋁製的長方形金屬容器。當沈積物箱型岩心上收至甲板，並完成次岩心之插管工作後，卸除箱型岩心外殼。將鋁製金屬盒插入，利

用粗釣魚線將金屬盒與箱型岩心分離並蓋上壓克力製的上蓋，最後以塑膠袋緊密包覆防止沈積物水分逸失。樣本帶回實驗室後，首先將鋁製金屬盒之四邊拆除，以塑膠製刮刀將表面刮平，將 30 cm × 10 cm 的透明壓克力盒垂直壓入沈積物中，以粗釣魚線將壓克力盒與鋁製金屬盒分開。壓克力盒取出後將沈積物表面刮平，蓋上壓克力蓋，以保鮮膜包覆壓克力盒表面以防止水分喪失。完成前處理之沈積物標本將利用中研院動物所之櫃型 X 光機進行照射，照射前先將裝有沈積物標本之壓克力盒置於醫用 X 光底片上，X 光機之條件設定為 10 mA、40 kV，照射 10 15 分鐘，並利用 KODAK 自動沖片機沖洗底片。重複上述過程，視情況需要改變電流、電壓及照射時間以獲得最佳影像。挑選效果最佳之底片，以底片掃描器獲取數位化影像，利用影像處理軟體及自行撰寫之灰度值判讀軟體將影像數值化以待後續分析使用。

3. 沈積物顆粒分析

由於沈積物的顆粒特徵，如圓度(roundness) 球度(sphericity) 表面痕(surface markings) 等，部分受控於沈積物之沈積環境，而沈積物之粒徑分佈及組構等與沈積當時的水文狀態間有著密切的關係。因此在過去的許多研究中都嘗試使用沈積物的顆粒參數作為沈積環境指標。雖然過去對於台灣附近海域沈積物的研究中不乏沈積物顆粒分析結果，但這些分析大多針對表層沈積物，或以固定間距取樣的方式進行，並無法反映其中所隱含特殊事件之正確顆粒參數。因此，本計畫擬以 X 光攝影術所取得之影像為基礎，進行沈積物岩心的細微取樣工作。之後以雷射粒徑分析儀進行粒徑分析工作。除粒徑分析外，本計畫亦將透過實體顯微鏡，對於細微取樣標本進行顆粒外形、表面特徵及礦物組成等進行分析工作。希望瞭解同一濁流沈積事件，沈積物顆粒分析結果是否在空間分佈上具有差異性，此等差異與沈積物之傳輸過程與沈積動力間的關連性為何，進行系統性的研究。

結果與討論

本計畫自 2004 年 11 月執行至今，主要工作內容有三方面。首先，本計畫獲國科會同意，採購了包含 PIDS (Polarization Intensity Differential Scattering) 系統之雷射粒徑分析儀

(BECKMAN COULTER LSTM 13 320) 一部 (見圖一)。目前儀器已完成安裝工作，正積極進行樣品前處理步驟確認及儀器狀態調整等工作，預計於暑假期間可全力投入分析工作。其次，為就近進行 X 光攝影工作，本人著手將台大海洋所原屬陳民本教授所有之 X 光機重新進行整理及維修工作。因操作需要，參加操作人員輻射安全訓練班課程，目前已取得操作證書，計畫本年度參加輻射安全證書考試。在海洋所之 X 光機未取得使用執照前，將繼續借用中研院動物所之 X 光機進行實驗。計畫執行至今已完成 OR642、OR679、OR687 及 OR729 航次沈積物岩心之 X 光攝影，其結果容後討論。第三，本計畫除進行原計畫書中所提之分析工作外，OR715 航次之沈積物岩心亦利用中研院地球所古地磁研究室新購之 MSCL (Multi-Sensor Core Logger) 儀器進行全岩心之波速、GAMMA 值、磁感率及電阻值之測量工作。

在本報告之前言中即已載明前人的研究指出“地震具有引發濁流的能力”(Heezen and Ewing, 1952), 且吾人過去於南沖繩海槽及和平海盆之研究亦顯示濁流沈積物的存在與規模於 6.8 的海底地震間具有相當密切的關係 (Huh et al., 2004)。因此，尋找濁流沈積物於南沖繩海槽之時、空分布成為本研究急需解決的首要問題。Hong and Chen (2000) 利用迴聲特徵，將南沖繩海槽地區分成數個區域 (圖二)，其中水深 200 至 1500 公尺地區，作者認為屬於重力引發下坡活動作用區 (圖三)。透過本研究於此區域之岩心採樣，筆者希望能更明確的指出濁流沈積物之地理分布及其相關性。

圖四為岩心之 X 光攝影照片及其採樣位置示意圖，圖中顯示具濁流沈積構造之岩心主要分布於南沖繩海槽北坡坡底至海槽中部地區。由於目前仍有許多 OR729 航次之岩心尚未進行 X 光攝影分析，無法提供岩心結構資料，但透過 MSCL 之分析結果，筆者認為可藉由 GAMMA 值之分布來判斷濁流沈積物之可能位置 (圖五)。圖六為 OR715 及 OR729 航次岩心之 GAMMA 值隨深度變化圖，結合本圖所判定之濁流沈積物與利用 X 光攝影所得之結果，筆者認為南沖繩海槽具濁流沈積物之岩心分布如圖七所示。

參考文獻

Heezen, B. C. and M. Ewing, 1952. Turbidity currents and submarine slumps, and the 1929 Grand Banks earthquake. *American Journal of Science*, 250, 849-873.

Huh, C.-A. and C.-C. Su, 1999. Sedimentation dynamics in the East China Sea elucidated from ^{210}Pb , ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$. *Marine Geology*, 160(1/2), 183-196.

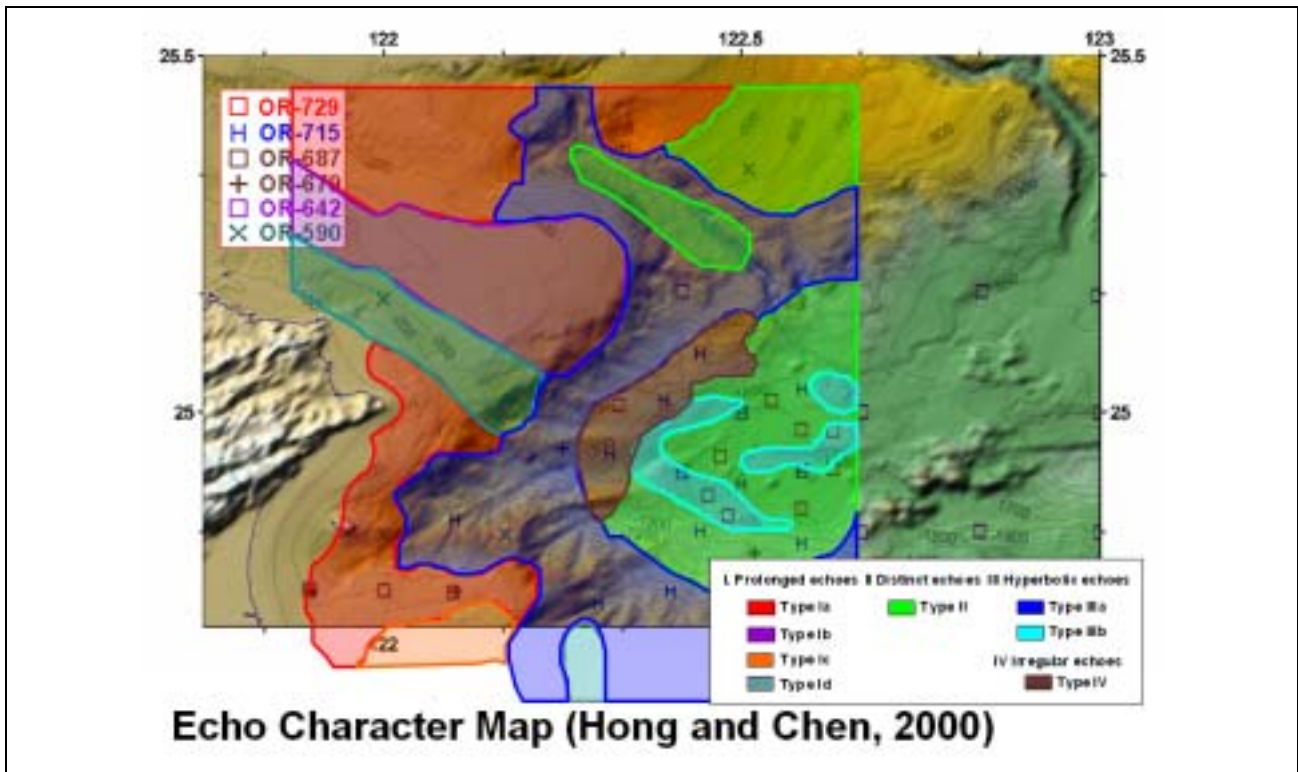
Huh, C.-A., C.-C. Su, W.-T. Liang, and C.-Y. Lin, 2004. Linkages between turbidites in the southern Okinawa Trough and submarine earthquakes. *Geophysical Research Letters*, 31, L12304, doi:10.1029/2004GL019731.

Goldfinger, C., C. H. Nelson, and J. E. Johnson, 2003. Holocene earthquake records from the Cascadia subduction zone and northern San Andreas Fault based on precise dating of offshore turbidites. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 31, 555-577.

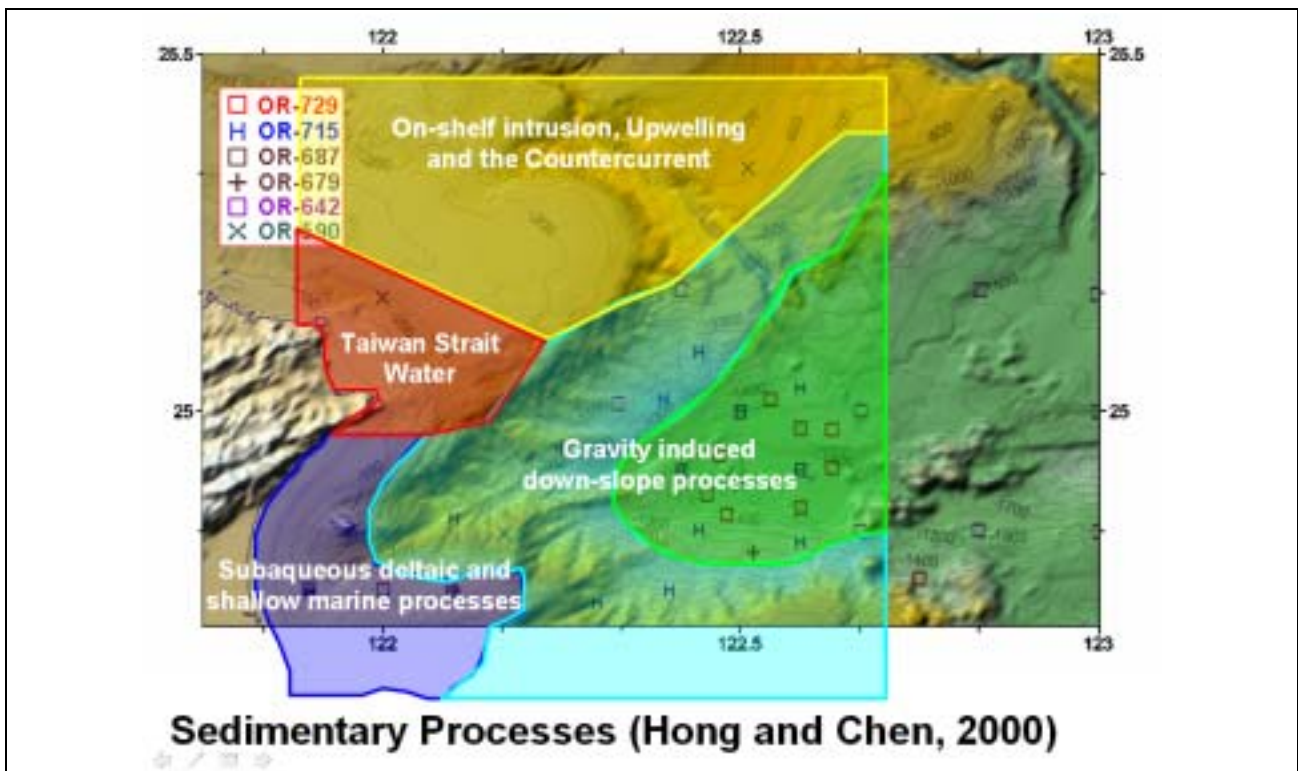
Su, C.-C. and C.-A. Huh, 2002. ^{210}Pb , ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ in East China Sea sediments: Sources, pathways and budgets of sediments and radionuclides. *Marine Geology*, 183(1-4), 163-178.



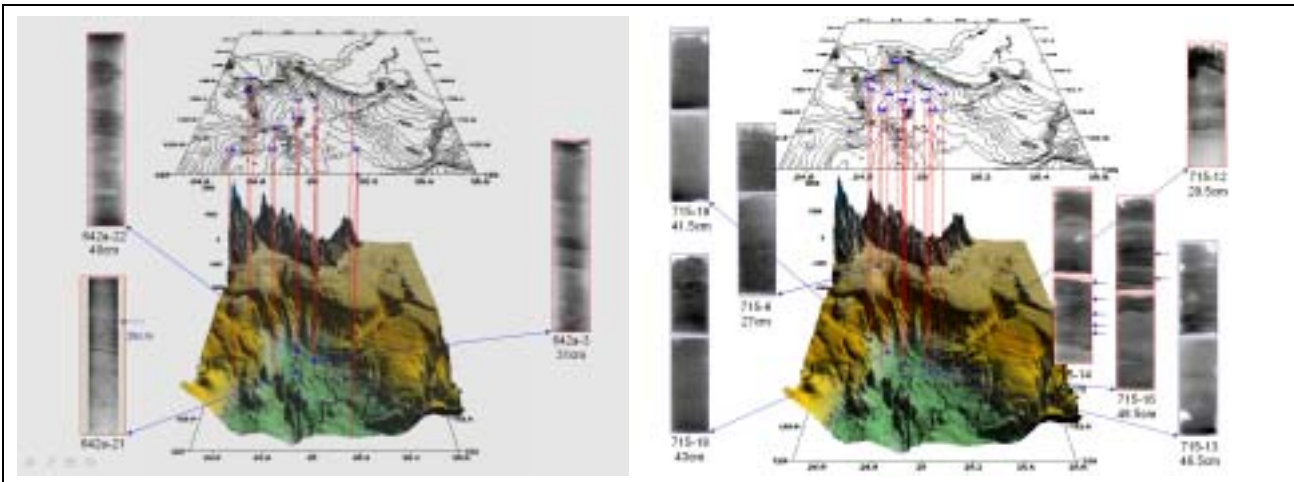
圖一、雷射粒徑分析儀 (BECKMAN COULTER LSTM 13 320) 之內部結構。



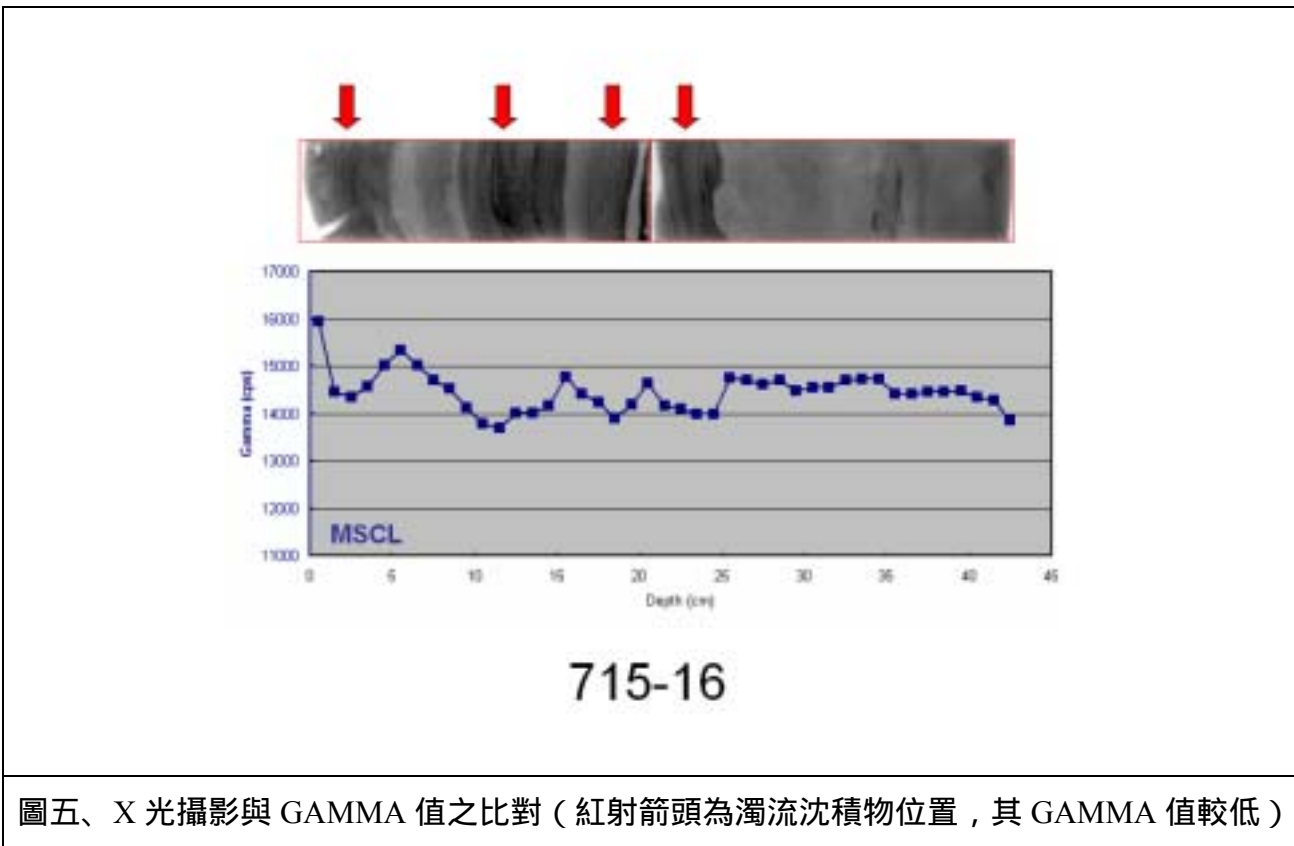
圖二、南沖繩海槽之迴聲特徵分區圖。



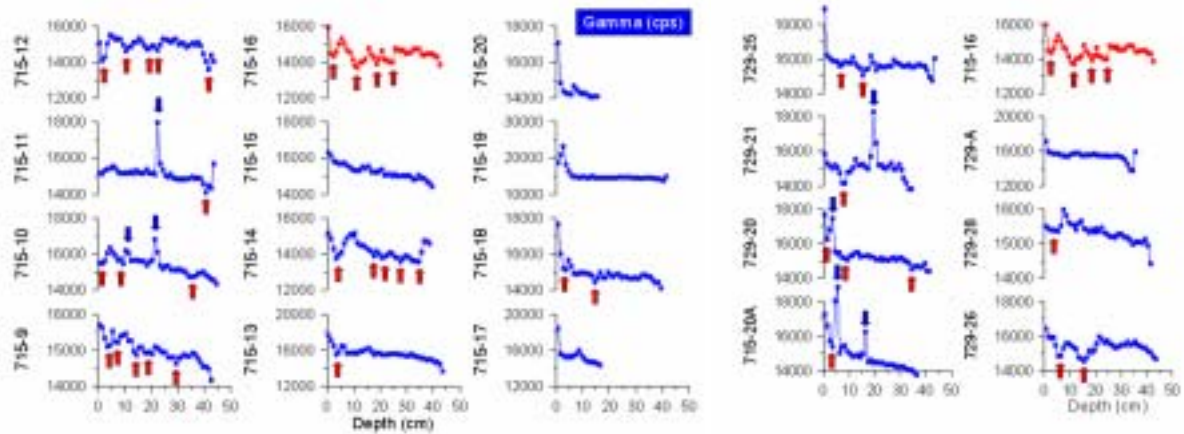
圖三、南沖繩海槽沈積作用分區圖。



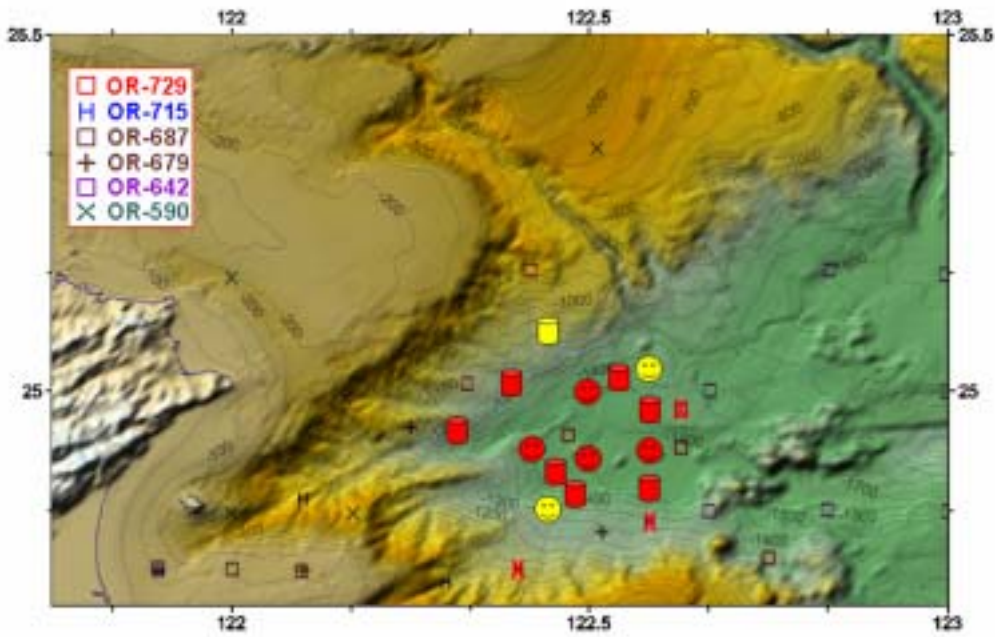
圖四、岩心之 X 光攝影照片及其分布位置。



圖五、X 光攝影與 GAMMA 值之比對（紅射箭頭為濁流沈積物位置，其 GAMMA 值較低）



圖六、OR715 及 OR729 航次沈積物岩心 GAMMA 值隨深度變化圖。



圖七、南沖繩海槽具濁流沈積結構岩心之分布圖。(紅色為具濁流沈積結構，黃色為可能具濁流沈積結構，X 為不具濁流沈積結構)

計畫成果自評

本計畫自去年 11 月執行至今，共計七個月，期間筆者完成雷射粒徑分析儀之購置及安裝工作，此一系統將於暑假期間全力投入分析工作。此外亦完成了大部分岩心之 X 光攝影，預期下半年度將可完成 OR729 航次之 X 光攝影。就實驗進度而言符合筆者之規劃，此外筆者利用 MSCL 系統進行岩心分析結果發現 GAMMA 值的分布可適切的反映出濁流沈積物的位置，不失為一個良好的快速偵測工具，但是 MSCL 的其他測量結果並無法具體反映出沈積物之結構分布。截至目前，本研究已就濁流沈積物之空間分布獲致良好結果，待配合微取樣分析濁流沈積物之粒徑分布與年代測定結果，將可對南沖繩海槽沈積物之時間、空間分布及傳輸途徑有更深層的認識。