

「比較不同離岸距離之海水結構及有孔蟲生態差異」報告書

研究教師：台南女中郭怡君、屏東女中鐘文淨
高雄女中蔡靜誼、麗山高中周家祥
麗山高中萬義昞

致謝

本研究承蒙中山大學校方、海科院系所、陳孟仙主任、張詠斌教授、林慧玲教授、林黛君小姐及新海研三號工作人員，對競賽各方面的支持及研究前後的許多協助，提供非常棒的機會以新海研三號研究船帶領我們進行真實的海洋研究，使我們五位來自各地的北中南不同學校的教師，有機會因為實際參與，了解台灣的海洋研究的實地現況，並能在過程中理解中山海科院在這方面硬體及人才的厚實狀況，提供我們在教學中對台灣海洋學術界現況的最好的實例教材。萬分感謝！

一、摘要

本研究在調整出海時間長度之後，計劃修改為：分析比較近河口陸側海域與廣闊海域之物理性質及沉積環境及有孔蟲之異同。研究測站為第一站位(東經 120.2358、北緯 22.5126 附近)及第二站位(東經 120.3673、北緯 22.4037 附近)，兩站將分別以溫鹽深儀 (CTD) 測量從海表到海底的鹽度、溫度、深度，以及各採一管 30 cm 岩心，在實驗室中進行沉積物粒度、碳酸鈣含量分析及有孔蟲鑑定、比較。

研究溫鹽深度資料結果顯示，兩測站的海水物理性質和南海海水接近。沉積物的粒徑分析結果顯示兩個站位點的沉積物粒徑幾乎都少於 0.35mm，並均在中砂等級及以下的大小。對照文獻資料，兩測站的粒徑分布曲線和高屏峽谷近海端的沉積及西南沉積物輸送相關，和兩測站溫鹽曲線對照後，推測前者測站地理位置有關，後者應受南海海域的輸送到此的沉積物影響。

以酸鹼反滴定推估各粒度範圍碳酸鈣之重量百分比，發現沉積物中碳酸鈣質的重量百分比大約在 5%~7.5% 附近，由於我們挑選的有孔蟲均約在 250 μm 以上，兩個站位

的有孔蟲豐度約佔 1.4%，其中第二站的有孔蟲豐度更低。有孔蟲分析結果，兩測站浮游性有孔蟲佔百分比較多，底棲性體積有孔蟲明顯比浮游性小很多，並且許多有孔蟲殼體上還膠結了一些細粒沉積物。由於時間的限制，本研究尚未完成有孔蟲的鑑定及拍照，待未來持續努力。

二、 研究目標

(一) 原定目標

1. 分析比較近河口陸側海域與廣闊海域海水水體特徵之異同。
2. 分析比較各測站岩心有孔蟲種類及數量，是否與離岸遠近或水深有關聯。

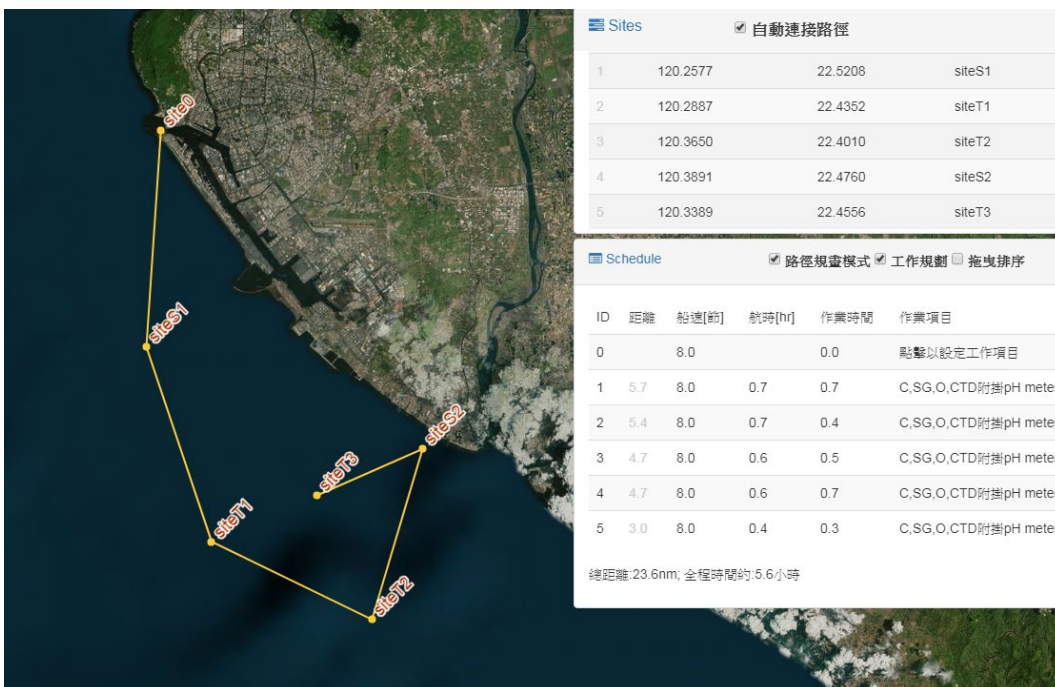
(二) 調整目標

分析比較近河口陸側海域與廣闊海域之物理性質及沉積環境之異同，包含：

1. 海水水體特徵
2. 沉積物特性
3. 有孔蟲種類及分布。

三、 研究計畫

(一) 原定研究計畫



測站位置（含站位經、緯度及圖）：

第 1 站（學生組測站 1）：東經 120.2577、北緯 22.5208

- 第 2 站（教師組測站 1）：東經 120.2887、北緯 22.4352
 第 3 站（教師組測站 2）：東經 120.3650、北緯 22.4010
 第 4 站（學生組測站 2）：東經 120.3891、北緯 22.4760
 第 5 站（教師組測站 3）：東經 120.3389、北緯 22.4556

圖一 研究原定計畫測站

原定計畫中測量位置如圖一所示，其中 siteS1 和 siteS2 是學生組的站點，siteT1、siteT2 和 siteT3 是我們規劃的站點，除將測量及採樣(計畫及時程見表一)從線擴充成面之外，若雙方的研究遇到難以判讀或詮釋時，也能作為彼此參照或佐證之用。

表一 研究原定各測站計畫

| 日期 | 到達時間 | 測站 | 工作項目 | 備註 |
|---------|--------------------|------------------|---------------------------------|---------|
| 109/6/7 | 13:00 自港口(第 0 站)出發 | | | |
| 109/6/7 | 13:42 | 第 1 站 (-70m) | CTD 附掛 pH meter、 Shipek Grab | 學生組測站 1 |
| 109/6/7 | 14:24 自第 1 站出發 | | | |
| 109/6/7 | 15:06 | 第 2 站 (-75m) | CTD 附掛 pH meter、 Shipek Grab | 教師組測站 1 |
| 109/6/7 | 15:30 自第 2 站出發 | | | |
| 109/6/7 | 16:06 | 第 3 站 (-300m) | CTD 附掛 pH meter、 Shipek Grab | 教師組測站 2 |
| 109/6/7 | 16:36 自第 3 站出發 | | | |
| 109/6/7 | 17:12 | 第 4 站 (-70m) | CTD 附掛 pH meter、 Shipek Grab | 學生組測站 2 |
| 109/6/7 | 17:54 自第 4 站出發 | | | |
| 109/6/7 | 18:18 | 第 5 站 (-25m) | CTD 附掛 pH meter、 Shipek Grab | 教師組測站 3 |
| 109/6/7 | 18:36 自第 5 站出發 | | | |

※若無 pH meter 則放棄附掛。

※若船程無法配合所有測站作業，將放棄第 5 站，從第 4 站直接返港。

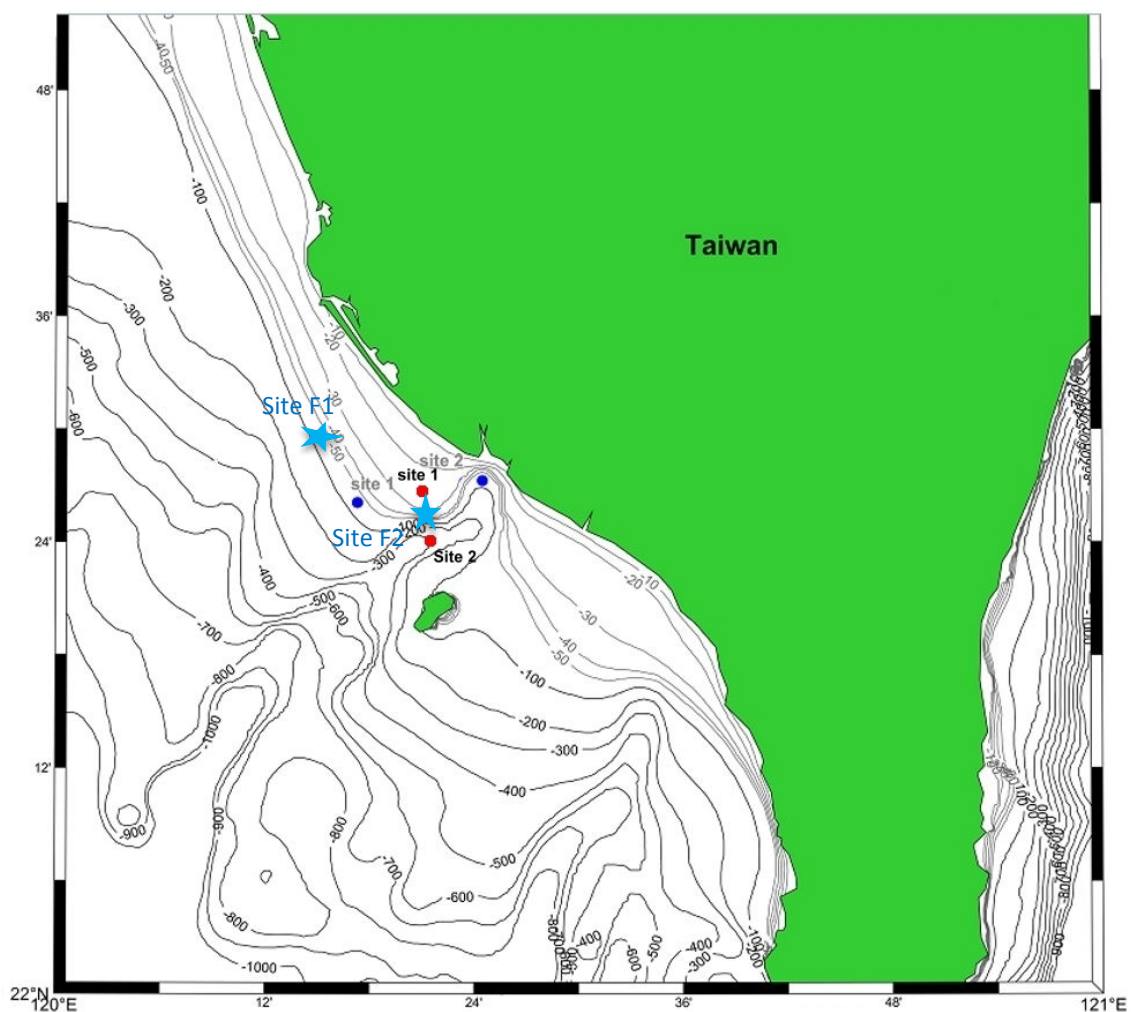
(二)調整研究計畫

由於研究性質相似的老師組和學生組排在同一時段，加上預估回航時間可能很晚，最多只能進行 3 個測站的工作。於是在出發時的領隊會議上，我們必須做出精簡作業的方案，最後的決定是，將相近的第一站和和第二站中選擇適合的一個站點施放 CTD 和進行採泥器採樣，以滿足學生組和教師組的需求，然後直奔到時間允許的高屏峽谷最深處施放 CTD(原計畫的教師組測站 2)，最後在靠近高屏溪出海口的淺水區採泥(學生組測站 2)，以便學生組能順利完成想做的有孔蟲比較。站位點的相對位置見圖二。

實際施測及採樣的站點位置如表二所示：

表二 6月7日實際海測狀況

| | 學生教師測站 | 測站位置 | 測量情況 |
|-----|------------------------|----------------------------|---|
| 第一站 | 學生組測站 1 教師測測站 1 | 東經 120.2358、 北緯 22.5126 | 實際水深 89m，CTD 下放深度 65m |
| | 第 1 站採泥位置 (site F1) | 東經 120.2371、 北緯 22.5152 | 實際水深 78m，採樣深度 78m。 因收回 CTD 後再進行採泥作業，船隻位置略有飄移 |
| 第二站 | 教師組測站 2 | 東經 120.3673、 北緯 22.4037 | 實際水深 428m，CTD 下放深度 400m，數據資料顯示最深資料是 354m。 |
| | 學生組測站 2(site F1) | 東經 120.3804、 北緯 22.4565 | 實際水深 30m，採樣深度 30m |



圖二 本研究站點在調整前後的比較
(調整前：紅點為教師組測站，藍點為屏東女中學生研究測站；調整後：淺藍色星號測站)

四、 研究方式：

(一)、水體物理性質分析

1. 收集各測站的 CTD 資料。
2. 解讀並繪製成圖，比較分析兩側站的物理性質。

(二)、沉積物粒度分析

1. 將 site F1 及 site F2 的沉積物分別以水沖洗透過編號 45、60、80、120 及 200 篩網，將沉積物分成以下幾種粒度範圍(如圖三)：(1) >0.35 mm，(2)0.25-0.35 mm，(3)0.177 mm-0.25，(4)0.125-0.177 mm，(5)0.074-0.125 mm。



圖三 (a)site F1 及(b)site F2 不同粒度範圍的分裝瓶

2. 將上述不同站位的 5 種粒度範圍沉積物烘乾，秤量重量，計算重量百分比。

(三)、鈣質沉積物豐度分析

1. 取兩個測站一部分5種粒度範圍的沉積物放入容器，預備進行反酸鹼滴定法。
2. 反酸鹼滴定試驗：
 - (1)清洗滴定管。
 - (2)標定0.1M NaOH(aq)。



圖四 過濾以 HCl(aq)溶解沉積物後的雜質

(3) 取用0.5克的沉積物樣品加入 0.11M HCl(aq) 20 ml 置入錐形瓶內攪拌。

(4) 將HCl(aq)過濾後(圖四)微微加熱趕走二氧化碳，並滴入3 滴酚酞(圖五)。

(5) 以NaOH(aq)滴定，直至酚酞指示劑呈粉紅色，並記錄NaOH(aq)之滴定量。

(6) 重複實驗三次，計算三次NaOH(aq)滴定量的平均。

(7) 計算樣品中碳酸鈣含量的重量百分比。

(8) 改變樣品的粒度範圍，重複步驟(3)-(7)。



圖五 將酚酞指示劑加入過濾後的測試錐形瓶



圖六 以 NaOH(aq) 滴
定試體



圖七 以 NaOH(aq) 滴
定，直至酚酞指示劑
呈粉紅色

(四)、有孔蟲的挑選與鑑定

(1) 取用粒徑0.25 mm 以上的有孔蟲一小部分放置於觀

(2) 以毛筆沾水挑起有孔蟲放置於標本收集盒內。

(3) 將收集到的有孔蟲鑑種、分類及拍照。



圖八 利用實體顯微鏡挑選有孔蟲

五、 結果與討論

(一)、水體物理性質分析

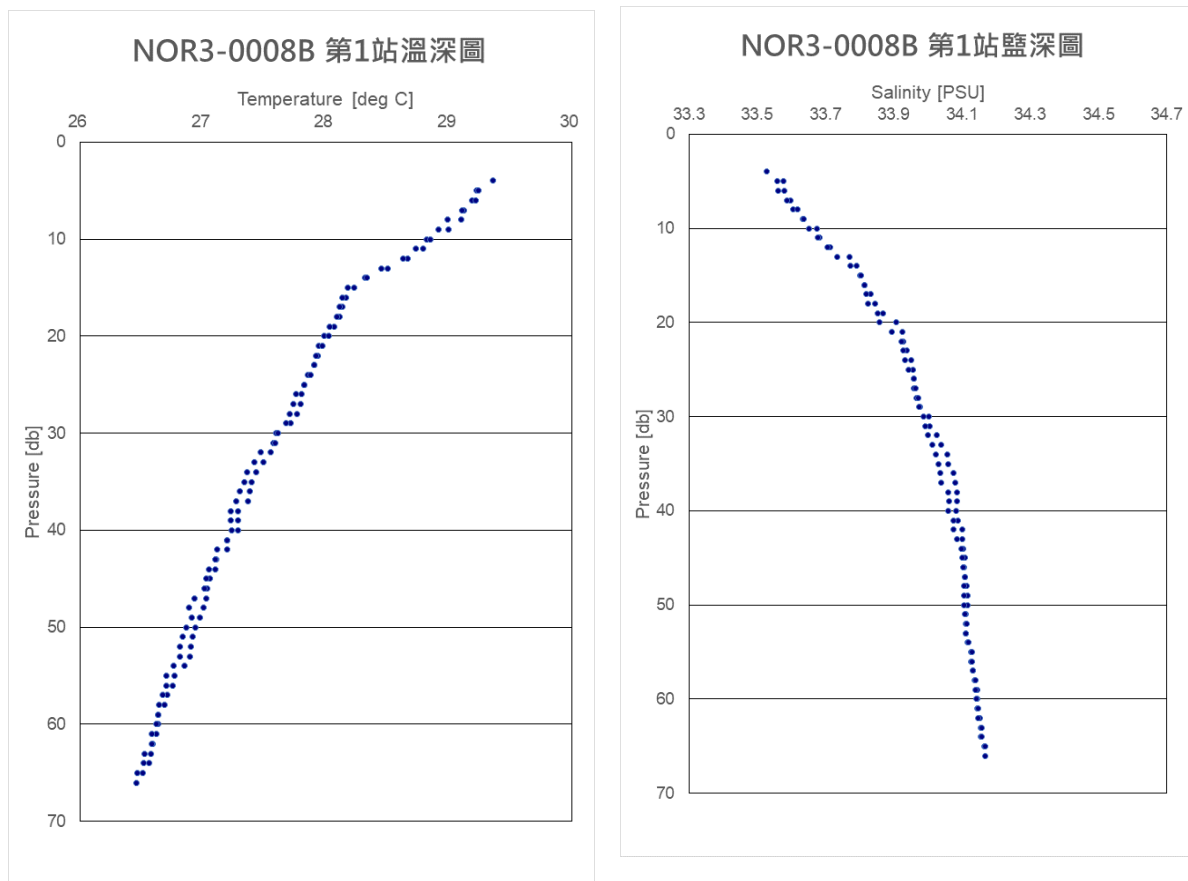
本次航程考量航程時間，僅於第 1、2 站施放 CTD。依據船上探測紀錄 (Servey Log)，施放站位資料如下：

表三 CTD 下放之測站紀錄資料

| 站位 | 緯度 | 經度 | 實際水深 | 下放深度 | 開始時間 | 結束時間 |
|---------------|-----------|------------|------|------|-------|-------|
| 第 1 站 site F1 | 22-30.754 | 120-14.145 | 89m | 65m | 15:31 | 15:47 |
| 第 2 站 site F2 | 22-24.222 | 120-22.038 | 428m | 400m | 17:13 | 17:45 |

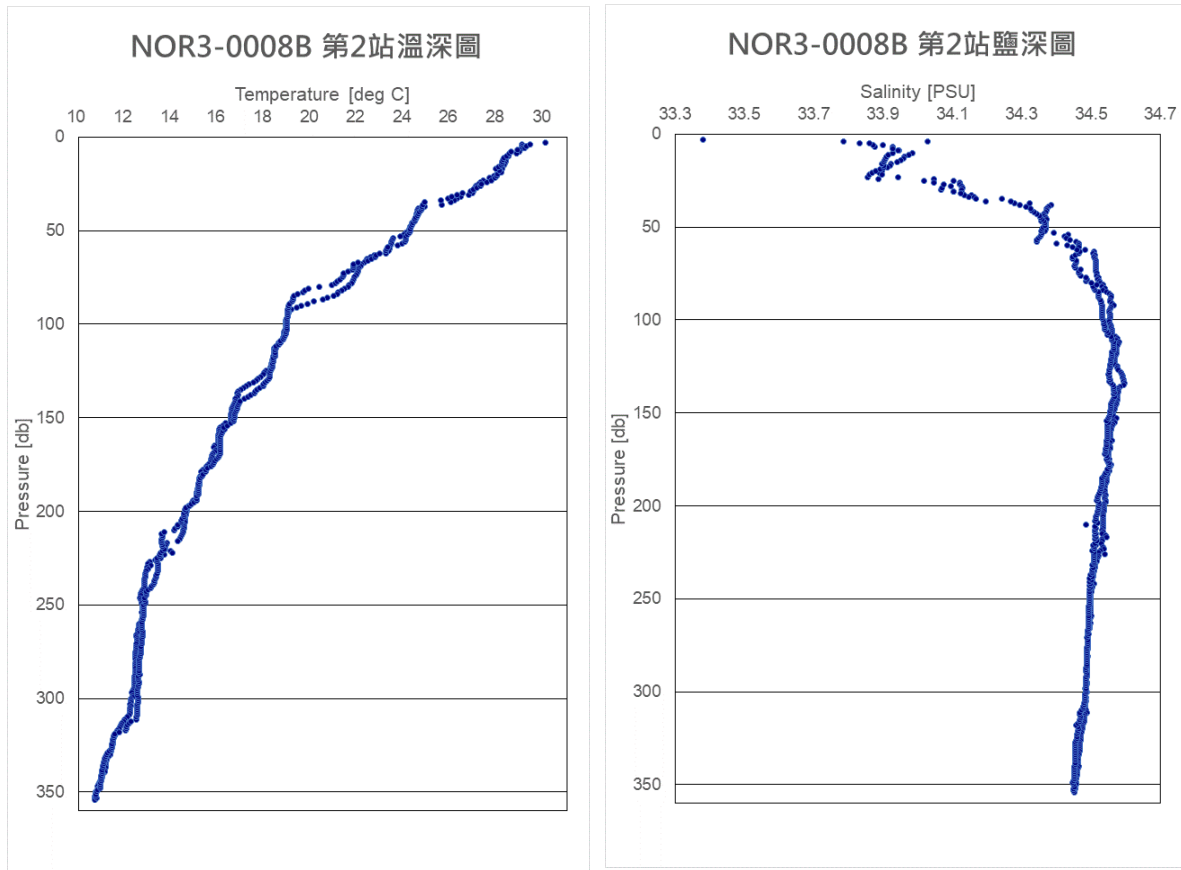
原計畫希望除了 CTD 之外能附掛 pH meter，惜未能實現，僅能分析比較溫度和鹽度的狀態。

第 1 站的溫度及鹽度隨深度 (壓力) 變化情形如圖九所示。



圖九 site F1 溫度及鹽度隨壓力變化情形

第 2 站的溫度及鹽度隨深度（壓力）變化情形如圖十。



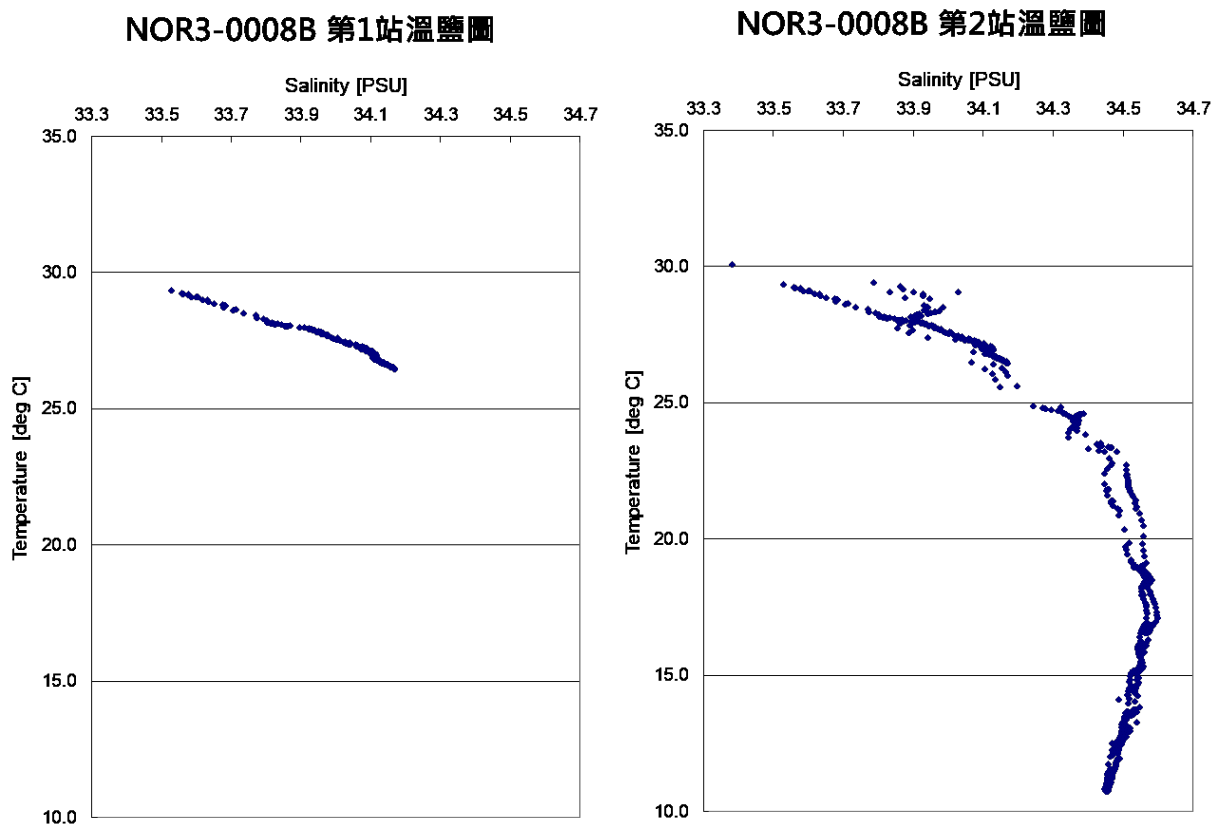
圖十 site F2 溫度及鹽度隨壓力變化情形

比較 2 站的溫度隨深度變化情形，第 2 站自 20db 至 35db 之間，溫度下降將近 4°C ，溫度變化幅度變大，第 1 站在同一區間溫度下降不到 1°C 。

比較 2 站同深度區間的鹽度，第 2 站的鹽度都較第 1 站高，鹽度隨深度變化幅度也較第 1 站來得大一些。

我們研判，雖然 2 站距海岸距離大致一樣，但第 2 站位於高屏峽谷上方，水深較第 1 站深得多，其海水性質應該會與開闊海域的海水更為接近。

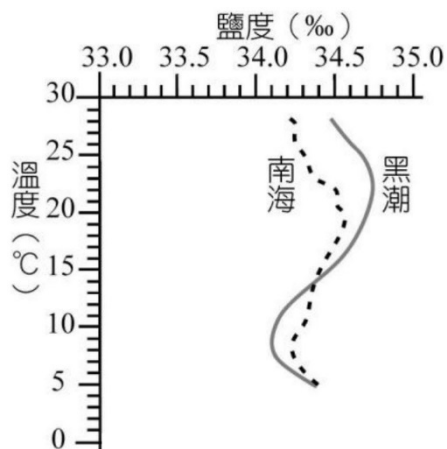
我們製作 2 站的溫鹽圖如圖十一。



圖十一 第一站(site F1)及第二站(site F2) 溫鹽圖的比較

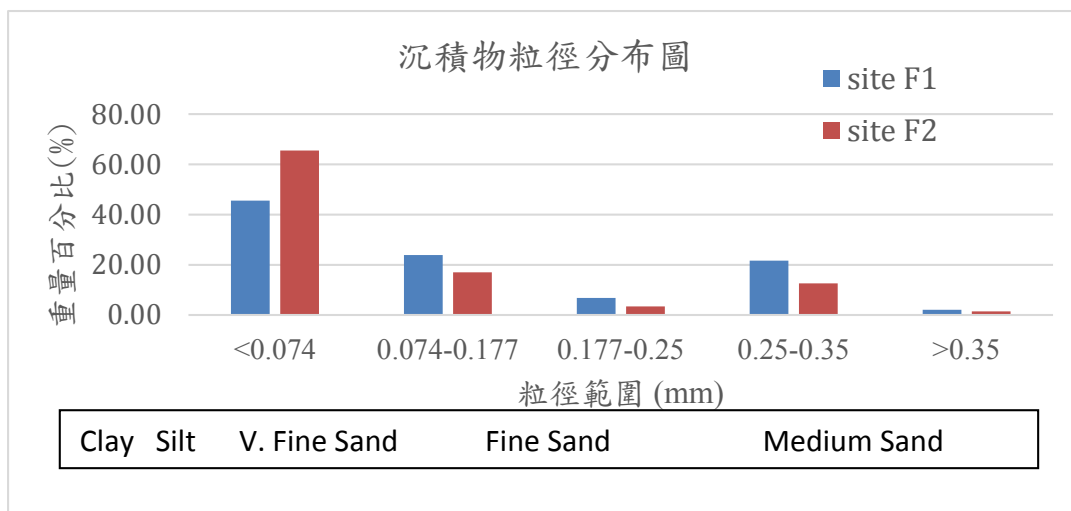
我們可以看到，第 1 站的溫鹽圖基本上就是第 2 站溫鹽圖的子集合，展現了同一區域水團的共同特性。

比照標準黑潮及南海海水溫鹽圖（圖十二），可發現 2 站海水具南海水團的溫鹽特性，鹽度明顯比黑潮水團來得低。



圖十二 南海與黑潮水團的溫鹽曲線

(二)、沉積物粒徑分析



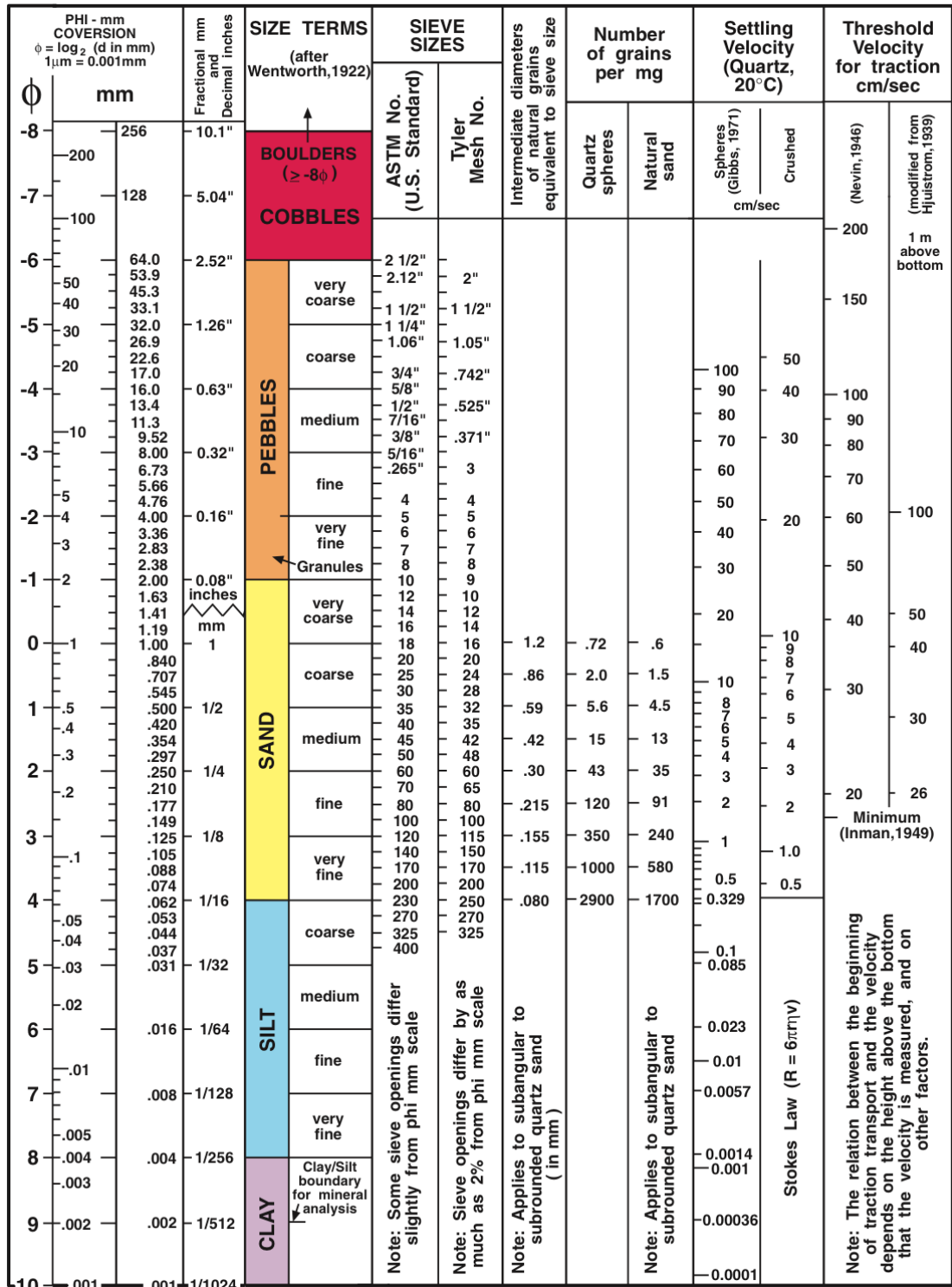
圖十三 測站之沉積物粒徑分析圖

根據沉積物的粒徑分析結果(圖十三)發現，兩個站位點的沉積物粒徑幾乎都少於 0.35mm，根據表四之粒徑分類，大約均在 medium sand (中砂)等級及以下的大小。其中，site F1 粒徑小於 0.074mm 佔所採集的沉積物的重量百分比約 45%，這個粒徑範圍包含極細砂 (very fine sand)、粉沙(silt)及黏土(clay)，其餘約 55%則為極細砂(very fine sand)、細沙(fine sand)及中砂(medium)。site F2 粒徑小於 0.074mm 的極細粒沉積物，佔所採集的沉積物的重量百分比比較 site F1 高，約為 65%，其餘約 35%為極細砂(very fine sand)、細沙(fine sand)及中砂 (medium)，重量百分比比較 site F1 低。

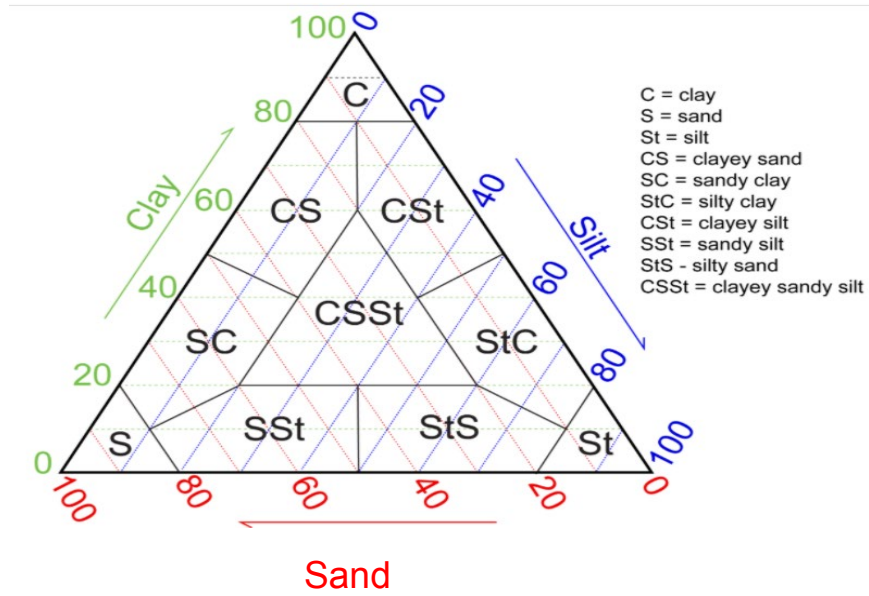
雖然我們的沉積物在粒徑小於 0.074 的樣品沒有再做分析，因此不能了解它們的粒徑及性質，但因為實驗時大致上黏滯性非常高，因此我們猜測極細顆粒內應該含有大量黏土，根據圖十四，推測 site F1 的沉積物可能為 CSSt(Clayey Sandy Silt)，site F2 可能為 CSt(Clayey Silt)。

查詢文獻發現，Liu, J. T. 等人(2001)的研究區域涵蓋了我們的兩個站位點(圖十五)，粒度分析的結果(圖十六)與我們兩個站位點的結果很接近。將我們的粒徑分析的橫軸，轉換方向並和 Liu, J. T. 等人(2001)對高屏溪河口附近海域，不同沉積機制的沉積物研究結果做比對圖(圖十七)，發現我們的細粒沉積物的分布百分比接近 Sediments on the Seaward End of Cayon，中粒沉積物的分布百分比接近 Southwest Sediment Transport，無法確定沉積物的來源。不過，似乎可以見到 site F2 在<0.074mm 的沉積物約接近 65%的高值結果，與其接近高屏峽谷有關。另外 0.25-.035mm 約 20%的量，和圖十一的溫鹽曲線對照後，發現和南海海域的輸送到此的沉積物相關。

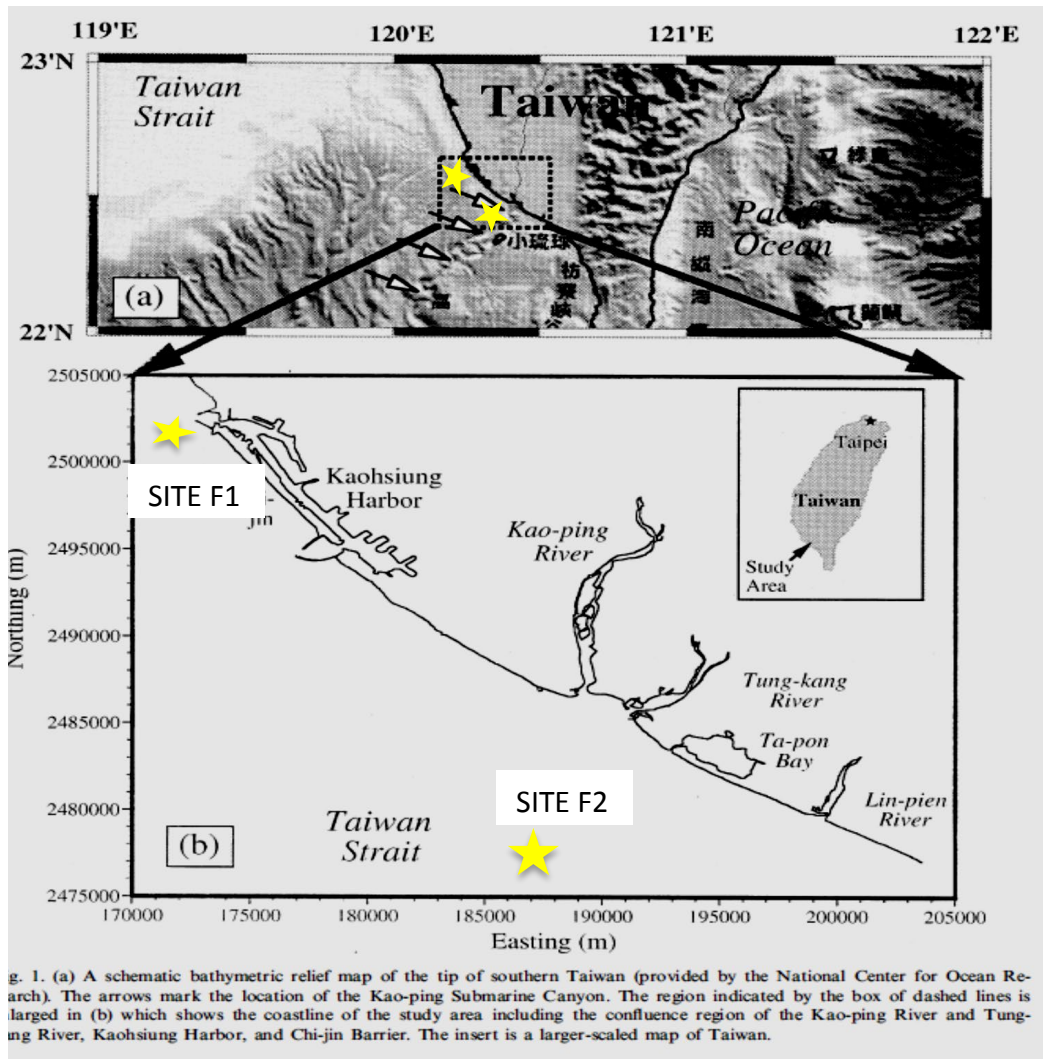
表四 Wentworth 粒徑分類表



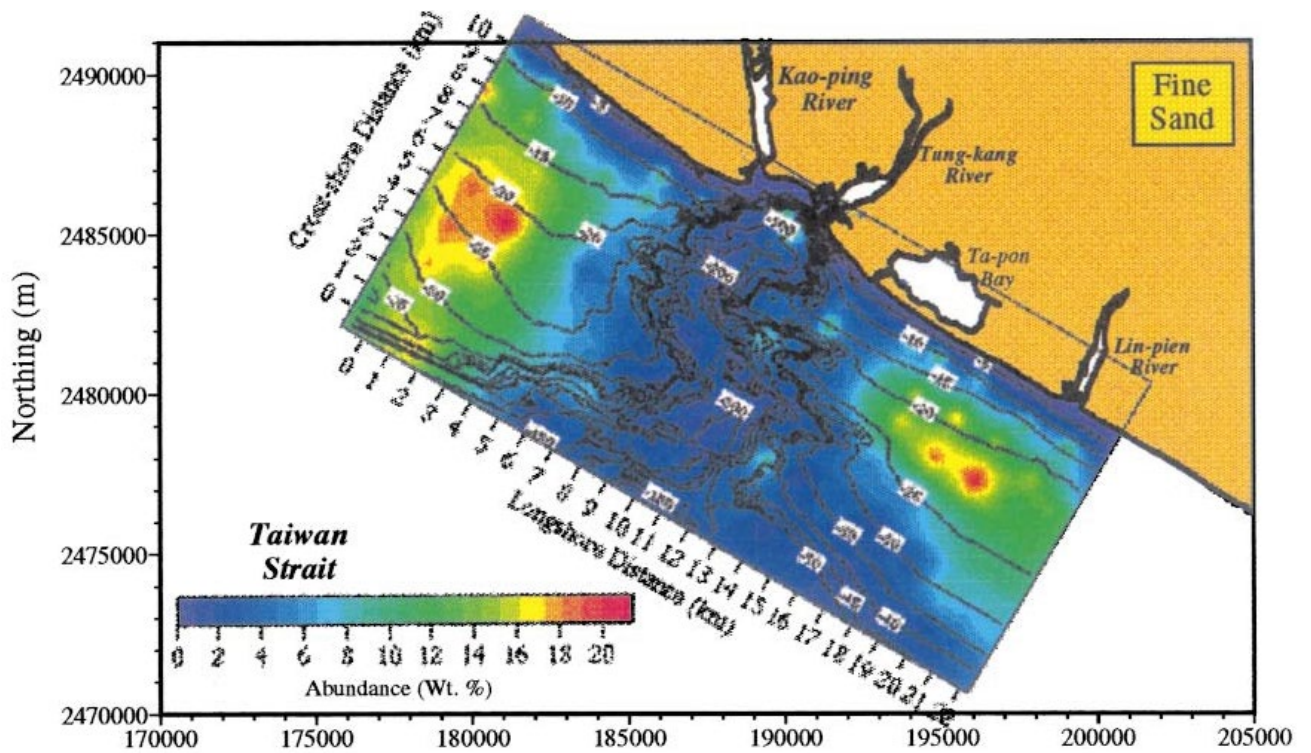
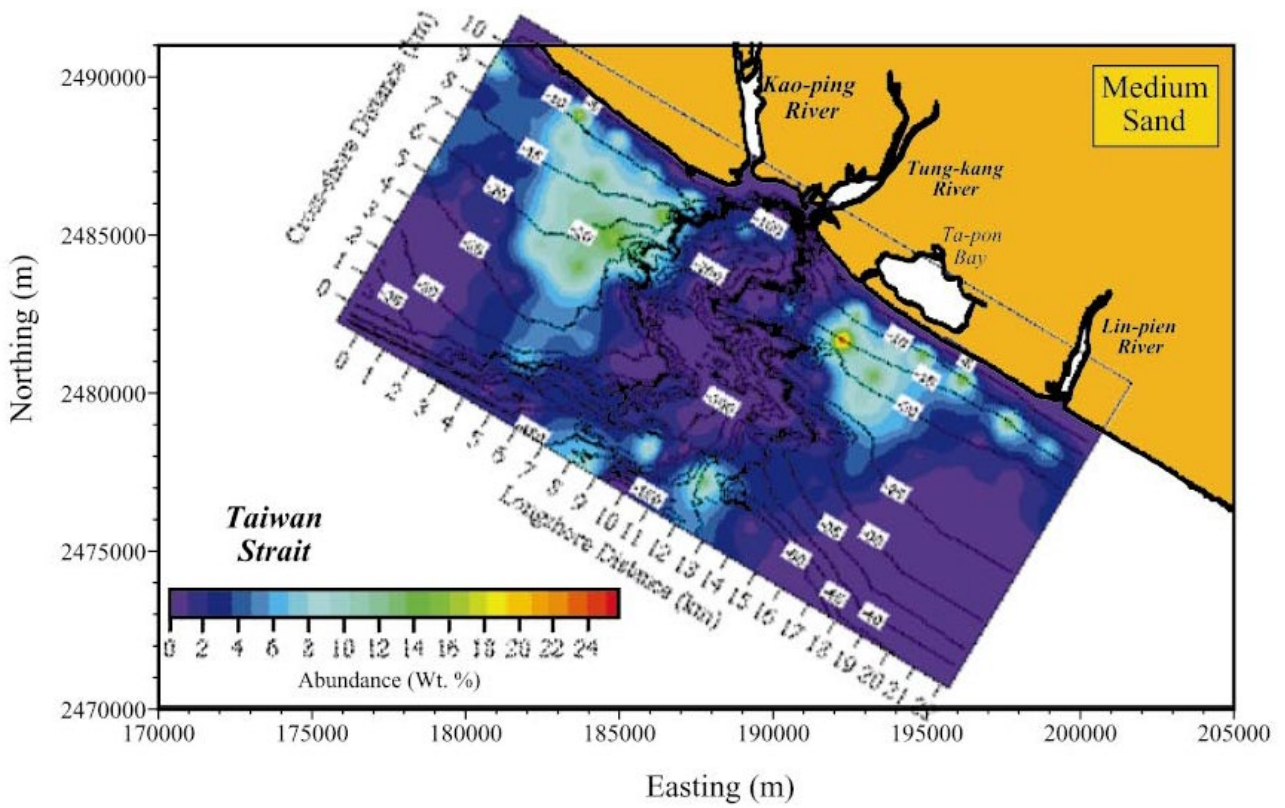
Wentworth grain size chart from United States Geological Survey Open-File Report 2006-1195



圖十四 沉積物分類圖



圖十五 Liu, J. T. 等人(2001)的研究區域涵蓋了我們的站位點(黃星號)



圖十六 Liu, J. T. 等人(2001)研究區域的沉積物不同粒度範圍的豐度分布圖

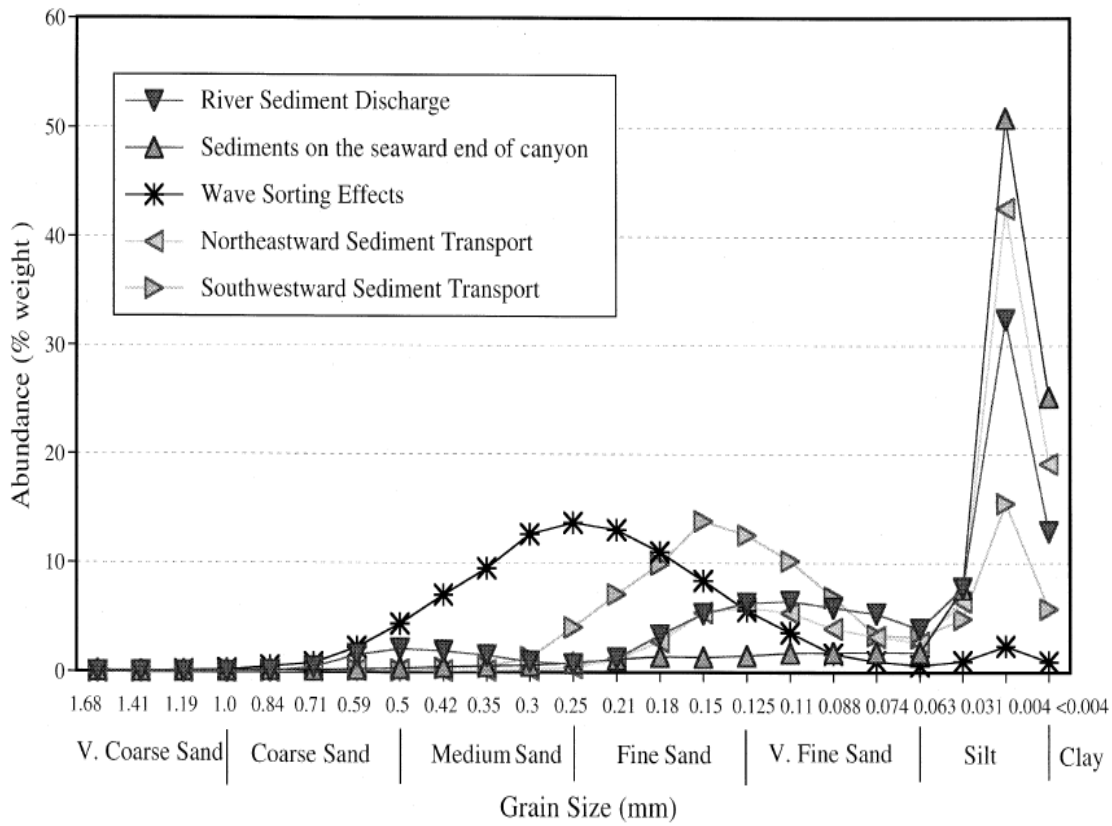
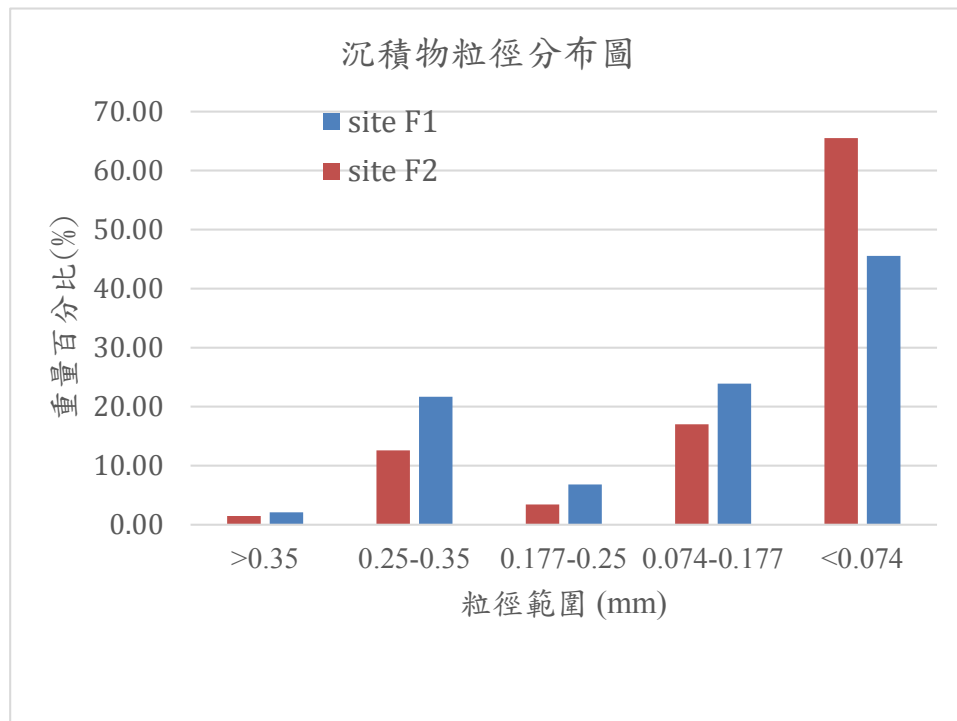
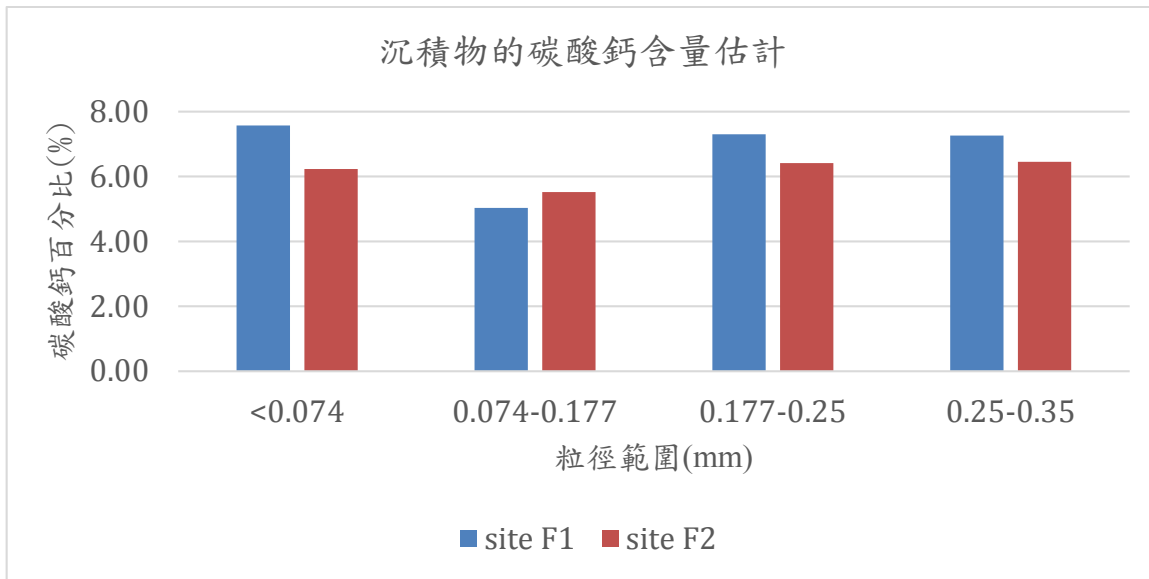


Fig. 11. Grain-size composition of the five hypothetical factors.



圖十七 本研究的粒度分析與 Liu, J. T. 等人(2001)不同機制的粒度分布比較

(三)、鈣質沉積物豐度分析






圖十八 以酸鹼反滴定推估各粒度範圍碳酸鈣之重量百分比

以酸鹼反滴定估計沉積物內碳酸鈣的含量的結果如圖十八所示，由於粒徑大於 0.35mm 的沉積物含量太低，因此我們沒有進行酸鹼滴定測試，除此之外的所有粒徑範圍內，研究結果顯示，沉積物中碳酸鈣質的重量百分比大約在 5%~7.5% 附近，由於時間有限，我們對於這個不同粒徑範圍內，碳酸鈣的含量差不多的原因還無法深入探究。不過，由於我們挑選的有孔蟲均約在 250 μm 以上，根據圖十三及圖十八的資料，可看出我們兩個站位的沉積物有孔蟲的豐度均不會太大，約沉積物內有孔蟲大小範圍的百分比約 20%，乘上碳酸鈣在該範圍的百分比約 7%，因此，兩個站位的有孔蟲含量應該算低 ($20\% \times 7\% = 1.4\%$)，但仍可進行分析。而 site F1 在此範圍的沉積物含量較多，碳酸鈣的含量也在 site F1 較多，說明了我們希望研究的樣本中 site F1 的鈣質殼體的有孔蟲數量會較多，相對的，也就是 site F2 的有孔蟲含量會非常少，挑蟲可能需要多費力。

(四)、沉積物的有孔蟲分析

兩個站位的有孔蟲豐度低，使我們在挑選有孔蟲時進度緩慢。挑選時，我們發現幾個特別的現象：浮游性有孔蟲佔百分比比較多，而底棲性有孔蟲明顯比浮游性小很多，並且許多有孔蟲殼體上還膠結了一些細粒沉積物。由於時間及儀器的限制，我們挑完蟲之後，大部分都沒有拍照，並且也來不及鑑種所以只能展現一部分拍照完的結果(圖十九)。查閱文獻發現(圖二十)，我們挑到的有孔蟲有些相近，例如圖二十 DEIJ 因此未來整理時，可以有對照的來源。

| 站位 | Site F2 | Site F2 | Site F2 |
|----|---|---|---|
| 照片 |  |  |  |
| 學名 | | | |

圖十九 挑選出來的有孔蟲照片

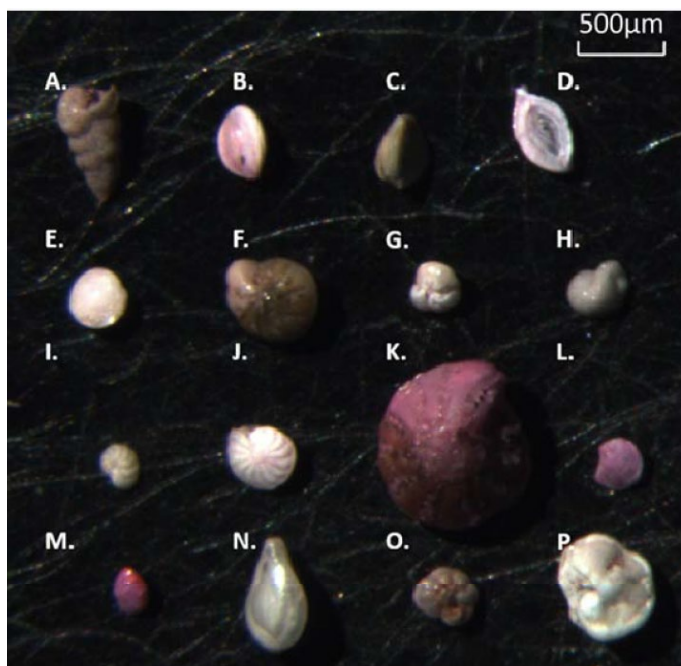


圖 4-10 各站位有孔蟲主要種屬(腹面)利用高倍數解剖式顯微鏡攝影，A- *Textularia* spp.; B- *Quinqueloculina* spp.; C- *Triloculina* spp.; D- *Spiroloculina* spp.; E- *Amphstgina* spp.; F- *Asterorotalia* spp.; G- *Ammonia* spp.; H- *Cibicides* spp.; I- *Discorbinella* spp.; J- *Elphidium* spp.; K- *Heterolepa* spp.; L- *Lenticulina* spp.; M- *Nonion* spp.; N- *Sigmodela* spp.; O- *Eponides* spp.; P- *Pararorotalia* spp. °

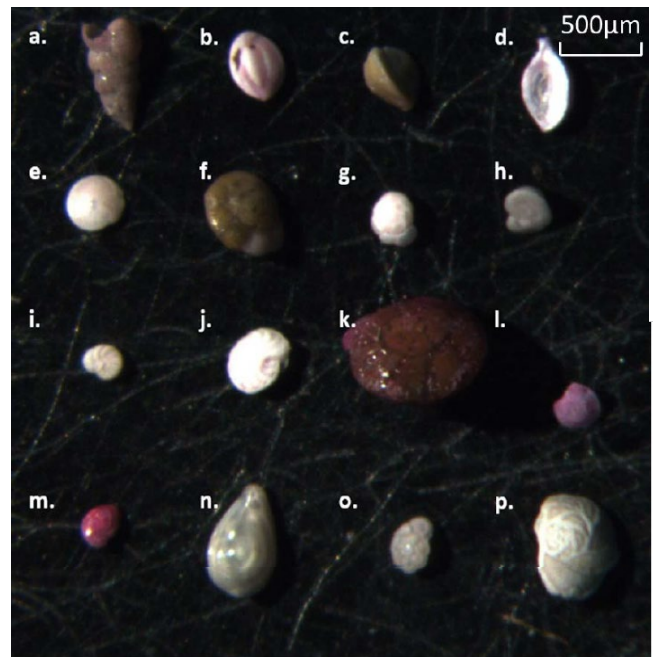


圖 4-10(續) 各站位有孔蟲主要種屬(背面)利用高倍數解剖式顯微鏡攝影，A- *Textularia* spp.; B- *Quinqueloculina* spp.; C- *Triloculina* spp.; D- *Spiroloculina* spp.; E- *Amphstgina* spp.; F- *Asterorotalia* spp.; G- *Ammonia* spp.; H- *Cibicides* spp.; I- *Discorbinella* spp.; J- *Elphidium* spp.; K- *Heterolepa* spp.; L- *Lenticulina* spp.; M- *Nonion* spp.; N- *Sigmodela* spp.; O- *Eponides* spp.; P- *Pararorotalia* spp. °

圖二十 江秉崑 (2015)之調查之台灣海峽底棲性有孔蟲主要種屬照片

六、 結論

1. 研究區域溫鹽深度資料顯示，兩測站 site F1 及 site F2 的海水物理性質和南海海水接近。其中 site F2 的溫度及鹽度隨深度的變化均較 site F1 大。
2. 沉積物的粒徑分析結果顯示兩個站位點的沉積物粒徑幾乎都少於 0.35mm，並均在 medium sand (中砂)等級及以下的大小。
3. 對照文獻資料，兩測站的粒徑分布曲線在粒徑小的部分所占百分比接近高屏峽谷近海端的沉積，中粒沉積物的分布百分比接近西南沉積物輸送，和兩測站溫鹽曲線對照後，發現前者與測站地理位置有關，後者應受南海海域的輸送到此的沉積物影響。
4. 以酸鹼反滴定推估各粒度範圍碳酸鈣之重量百分比發現，沉積物中碳酸鈣質的重量百分比大約在 5%~7.5%附近，由於我們挑選的有孔蟲均約在 250 μm 以上，兩個站位的有孔蟲含量約佔 1.4%，其中 site F2 的有孔蟲豐度更低。
5. 浮游性有孔蟲佔百分比比較多，而底棲性有孔蟲明顯比浮游性小很多，並且許多有孔蟲殼體上還膠結了一些細粒沉積物。由於時間的限制，本研究尚未完成有孔蟲的鑑定及拍照，待未來持續努力。

七、 參考文獻

- JT Liu, K Liu and JC Huang, 2002. The effect of a submarine canyon on the river sediment dispersal and inner shelf sediment movements in southern Taiwan, *Marine Geology*, 181 (4), 357-386
- 江秉崧，2015，年台灣海峽現生底棲性有孔蟲的分布，國立中山海洋科學系碩士論文。