

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫三：南中國海河口三角洲及陸棚、坡沈積物之硫酸鹽 還原作用與有機碳之埋藏(II)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2621-Z-002-011-

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：林曉武

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 12 月 8 日

東南亞河川流域及海洋之碳循環—子計畫三： 南中國海河口三角洲及陸棚沉積物之硫酸鹽還原作用與有機碳埋藏(II)

執行單位：國立台灣大學海洋研究所

計畫編號：NSC93-2621-Z-002-011

計畫主持人：林曉武

研究人員：謝一之、錢家珍、林裕程

E-mail：swlin@ntu.edu.tw

中文摘要

珠江是中國大陸重要的河川之一，其亦是南海北部陸棚及陸坡區主要陸源沉積物來源。故本研究之目的將藉由分析珠江外海陸棚及陸沉積物中粒徑大小分佈、有機碳與碳酸鈣含量及沉積速率之變化，來探討珠江輸出之陸源有機物於南海北部陸棚及陸坡之傳輸、沉積及分佈變化，以瞭解珠江對南海北部沉積物分佈及有機碳埋藏之影響。

研究結果顯示珠江為此區域最主要之陸源沉積物之來源。沉積物細顆粒含量與有機碳之含量皆以珠江口與內部陸棚為最高，且隨離河口距離越遠細顆粒及有機碳含量逐漸降低，中部至外部陸棚沉積物為有機碳含量較低的粗顆粒。珠江口東西兩側之沉積物亦多為有機碳含量較低的粗顆粒沉積物。碳酸鈣含量則以陸坡較高，內部陸棚較低，其中以東砂島附近區域碳酸鈣含量最高。沉積速率的變化與細顆粒分佈變化相似，珠江口的沉積速率最高（0.5cm/year），並向中部及外部陸棚快速遞減。珠江口及內部陸棚的高沉積速率與高細顆粒含量顯示由珠江輸出之陸源細顆粒物質可能大多都沉積於河口及內部陸棚，而只有少量往南傳輸至中部及外部陸棚沉積。

一、前言

珠江是中國大陸重要的河川之一，其流域範圍約為45萬平方公里，僅次長江及黃河。珠江每年向南海輸出80.5百萬噸的沉積物（Zhang and Liu, 2002）。這些懸浮顆粒不僅攜帶上游母岩中的金屬與中下游人為污染排放之污染物輸出至海洋外，大量的有機物質亦會隨同這些懸浮顆粒一同輸出至南海中沉積。因此，珠江對於南海北部陸棚及陸坡沉積物的分佈及有機碳的埋藏扮演著非常重要的角色。

故本研究之目的將藉由分析珠江外海陸棚及陸沉積物中粒徑大小分佈、有機碳與碳酸鈣含量及沉積速率之變化，來探討珠江輸出之陸源有機物於南海北部陸棚及陸坡之傳輸、沉積及分佈變化，以瞭解珠江對南海北部沉積物分佈及有機碳埋藏之影響。

二、方法

本研究使用海研一號研究船ORI-695及海研三號研究船ORIII-896航次進行樣品採集工作，共採集了78個測站(含舊有樣品)的沉積物。採樣研究區域橫跨北緯19~23.5度，東經112~119度的南海北部海域陸棚及陸坡範圍(圖一)。

沉積物樣品的採集工作是利用箱型及重力沉積物採集器來進行。沉積物採樣器將沉積物樣品採集至甲板後，立即將沉積物樣品於研究船上的實驗室中以塑膠刀分切，每2公分取一樣品，20公分深以下每隔5公分取一樣品，切割分裝至PE塑膠離心管後，冷凍帶回陸上實驗室處理。沉積物樣品帶回陸上實驗室後，先稱取濕重及濕體積後，再以冷凍乾燥機(Labconco Freeze-dryer)乾燥7天，去除水份後，量測乾重，計算其含水量。乾燥後之沉積物樣品以瑪瑙研鉢研磨均質化後，將樣品以沉積物研磨機研磨成粉末狀，並置入PE塑膠瓶中保存直至分析。沉積物樣品處理流程列於圖二。

本研究分析項目包括間隙水營養鹽、pH值、總鹼度、沉積物金屬含量(鋁、鐵、錳、鋅、銅、鉛、鎘)、粒徑大小、有機碳及碳酸鈣含量及沉積速率之測定。上年度報告以沉積物金屬含量變化為研究對象，本年度則著重於粒徑大小、有機碳及碳酸鈣含量及沉積速率之研究。

1. 沉積物粒徑之分析方法

開雷射粒徑分析儀主機(coulter ls)暖機2小時以上，開啟電腦，於樣品瓶中加水到2~3ml，將樣品放入超音波震盪槽中震盪3分鐘，再注入儀器中讀出數據並記錄下數據。將超音波震盪槽清洗5次後，再分析下一個樣品。本實驗須是依照其顆粒大小採用下列不同的方法分析。使用美國Coulter LS100型雷射顆粒度分析儀(測量範圍4 μ m至900 μ m；1mm=1000 μ m)，測量標本內<0.9mm沉積物之粒徑分佈。對於>0.9mm之顆粒，則使用間隔0.5 ϕ 之篩網進行分析。

2. 沉積速率之測定

沉積速率之測定是根據Flynn(1968)所發表之方法。精稱1~5g乾燥研磨後之沉積物樣品置於燒杯中，加入適量之產率示蹤劑²⁰⁹Po，以50ml濃硝酸、5ml濃鹽酸於80°C下加熱消化8小時。隨後冷卻並過濾，將濾液以80°C加熱以分餾出硝酸。待溶液冷卻後加入1g hydroxylamine hydrochloride、0.5g sodium citrate及10mg Bi(NO₃)₃·5H₂O。以濃氨水調整pH值至2後，再加入適量的ascorbic acid。將拋光處理後的銀片置入溶液中四小時(溫度維持90°C)，使Po同位素鍍上銀片，最後以 α 粒子能譜儀分析。

3. 沉積物總碳及有機碳含量分析

a. 總碳含量分析步驟

總碳含量是使用LECO SC-444碳硫分析儀分析，取已乾燥研磨後的沉積物約0.25g，放入陶製燒船後，以推桿將燃燒船置入碳硫分析儀燃燒室，在高溫

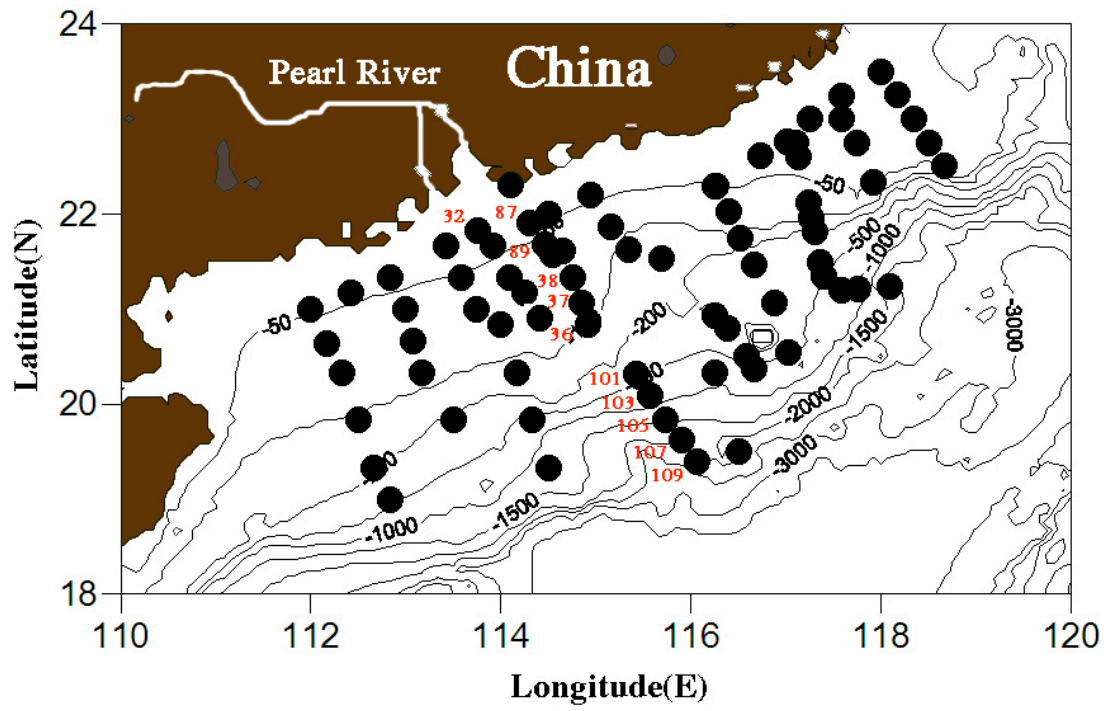
1350°C下燃燒產生之二氧化碳利用紅外線偵測器測定，並以LECO標準樣品（ $0.84 \pm 0.03\%$ ）加以校正定量之。

b. 有機碳含量分析步驟

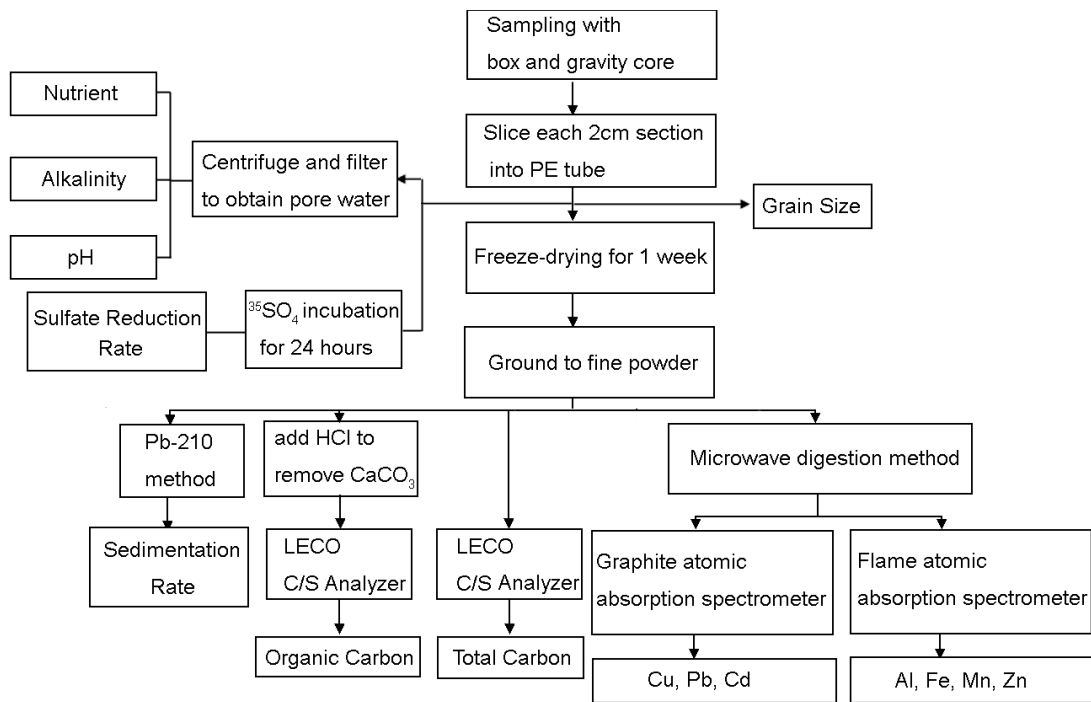
取已乾燥研磨後的沉積物約3g，置於PE離心管後，加入40ml的2N鹽酸，以去除無機碳（ CaCO_3 ），浸泡6小時後，以離心機（4000rpm）離心15分鐘將上層酸液丟棄，再將去離子水注入離心管至50ml，並使去離子水和沉積物充分混合，再以離心機離心，重複相同步驟四次，將酸液洗淨。洗淨後的樣品置入冷凍乾燥機中乾燥3天，並將乾燥後的樣品稱重並儲存於小塑膠瓶中備用。之後同總碳含量分析步驟進行分析。

c. 碳酸鈣含量分析方法

碳酸鈣含量是將總碳含量減去有機碳含量，經換算即得碳酸鈣含量。



圖一、珠江外海陸棚及陸坡沉積物採樣位置(●)；水深的單位為公尺



圖二、沉積物樣品處理流程圖

三、結果

1. 粒徑大小 (圖三(a))

珠江外海陸棚及陸坡表層沉積物粒徑分佈變化呈現內部陸棚較為細顆粒，且往外部陸棚顆粒逐漸變粗的趨勢。在珠江口外沉積物砂含量只有20%以下，且呈一扇型往南分佈。在珠江口以南的中部陸棚沉積物砂含量逐漸增加至50%以上，且於中部至外部陸棚間之沉積物砂含量介於50~70%之間。於陸坡地區砂含量則逐漸下降。在珠江東西兩側之沉積物砂含量較高。

2. 有機碳 (圖三(b))

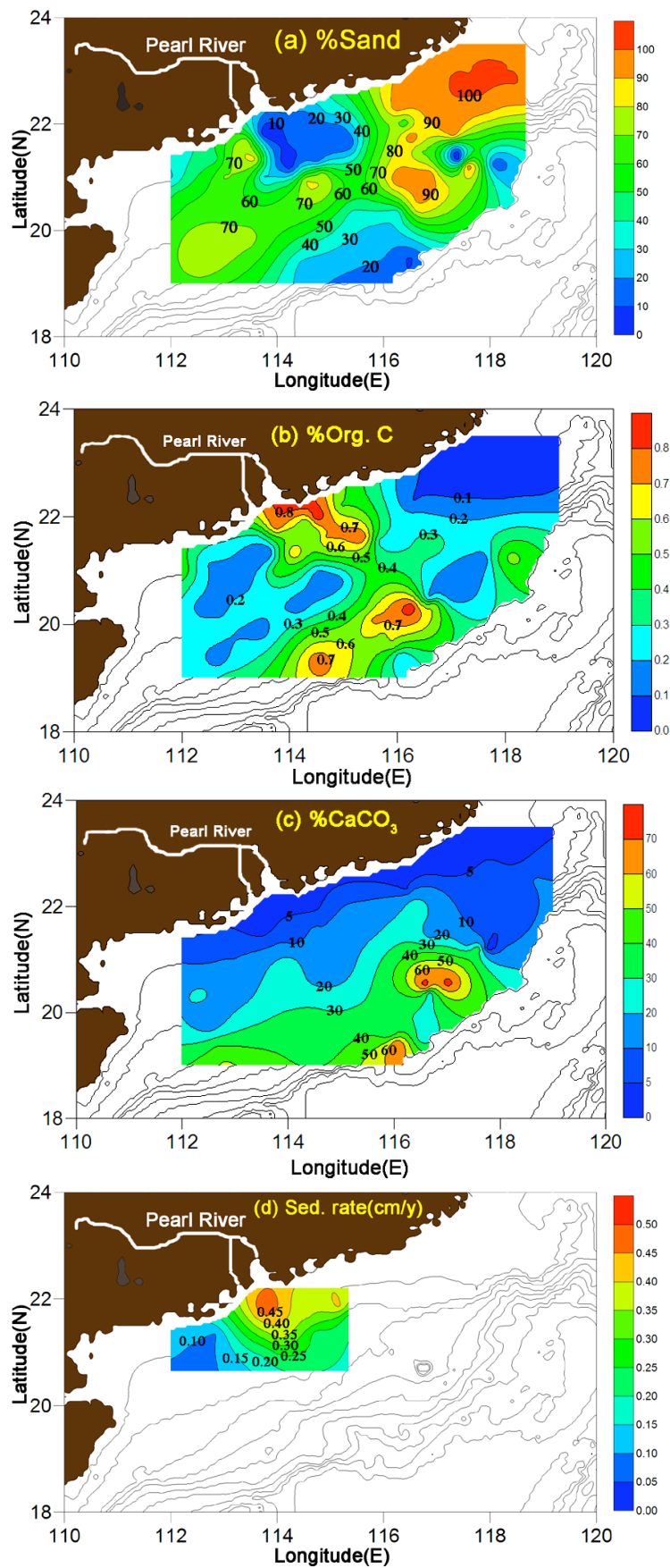
珠江外海陸棚及陸坡表層沉積物有機碳含量呈現由珠江口向外延伸的帶狀分佈，其含量介於0.01~0.91%之間，平均值為 $0.33 \pm 0.26\%$ 。有機碳含量以珠江口最高，平均超過0.8%；而以南海東北陸棚區最低，有機碳含量不超過0.1%。珠江口外海表層沉積物有機碳含量隨著離珠江口距離越遠呈現一條帶狀形狀往外降低的趨勢，從珠江口的0.8%下降至外部陸棚的0.4%以下。隨後進入陸坡區後，鋁含量又開始上升至0.7%。在珠江口以西的陸棚海域沉積物有機碳含量則只有0.3%以下。

3. 碳酸鈣 (圖三(c))

珠江外海陸棚及陸坡表層沉積物碳酸鈣含量呈現明顯的由內部陸棚往陸坡遞增的趨勢。碳酸鈣含量較高的區域在東沙群島及陸坡之南端。東沙群島周圍表層沉積物碳酸鈣含量平均超過60%之高值；而珠江口之內部陸棚區碳酸鈣含量則低於5%以下。

4. 沉積速率 (圖三(d))

珠江外海沉積物之沉積速率以河口外最高，沉積速率為0.45cm/year以上。沉積速率隨著離河口距離越遠，逐漸遞減，於中部陸棚沉積速率下降為0.25cm/year以下。於珠江口東側之沉積物沉積速率只有0.1cm/year的低值。



圖三、珠江外海陸棚及陸坡表層沉積物粒徑大小、有機碳、碳酸鈣含量及沉積速率之空間變化

四、討論

1. 顆粒大小之空間變化

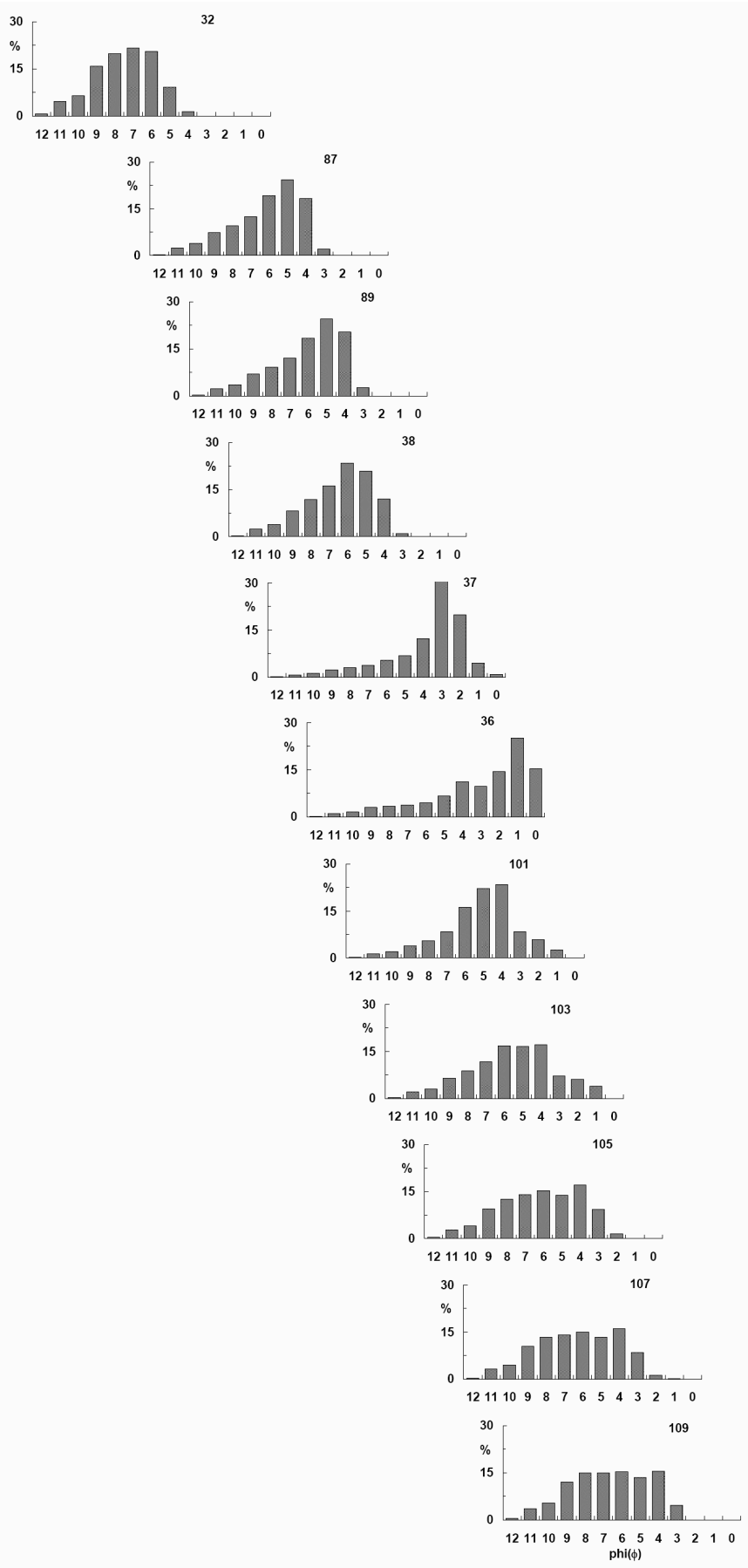
本區域之細顆粒物質主要沉積在珠江口三角洲，並向南延伸至中部陸棚。在中部陸棚至外部陸棚之間，只有少部份的細顆粒沉積。沉積物顆粒粒徑分佈從河口至外部陸棚明顯的改變，在河口沉積物近90%為細顆粒，且粒徑主要以 6ϕ 為主（圖四）。隨著距河口的距離越遠，粒徑從 6ϕ 逐漸變成以 5ϕ 為主，到了中部或外部陸棚，沉積物則多為粗顆粒，粒徑亦以 3ϕ 及 2ϕ 為最多。而在陸坡地區沉積物又開始變細，粒徑又回到以 6ϕ 為主的顆粒分佈。沉積物顆粒大小的分佈顯示珠江輸出之細顆粒物質多沉積於河口附近，並形成一扇形的分佈，而中部及外部陸棚則細顆粒的沉降較少。此外，珠江東西兩側的細顆粒沉積物亦較低，顯示珠江輸出的細顆粒沉積物只沉積於河口附近且往南的傳輸，只有非常少量往兩側傳輸沉積。珠江輸出的細顆粒沉積物以鋁矽酸鹽黏土礦物為主，沉積物鋁含量亦細顆粒含量呈現明顯的正向線性關係（圖五）。此外，其他金屬如鐵，鋅，銅，鉛等除於東砂附近之異常高值外，與細顆粒含量呈現良好的正向線性關係，顯示此區域沉積物金屬含量分佈變化明顯受到顆粒大小所控制，而珠江則是細顆粒陸源物質的主要來源。

2. 有機碳之分佈

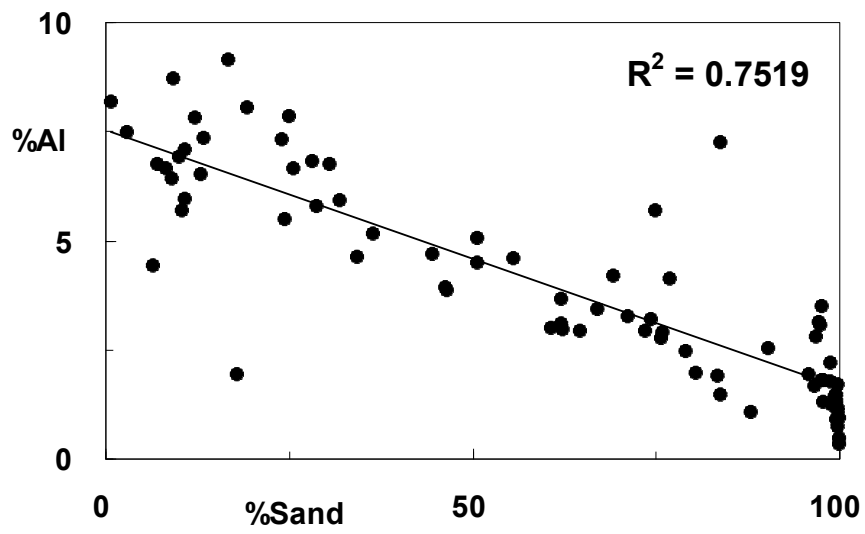
有機碳含量之空間分佈與細顆粒含量分佈變化相似，主要以珠江河口為最高，並逐漸往中部及外部陸棚遞減。於陸坡地區亦發現高有機碳的沉積。有機碳含量與細顆粒含量呈現很好的正向線性關係，顯示珠江輸出之有機碳物質隨同細顆粒沉積物一同沉降，且多沉積於河口附近。在珠江東西兩側則有機碳含量明顯偏低，只有0.3%以下。碳酸鈣含量則明顯呈現外部陸棚及陸坡較高，內部陸棚較少，這是因為海源之碳酸鈣殼體與珠江輸出之陸源細顆粒混合的結果。

3. 沉積速率

沉積速率亦顯示沉積物多於珠江河口附近沉積，沉積速率可高達0.45cm/year。而中部陸棚沉積速率就明顯降低至0.25cm/year。這結果與細顆粒沉積物多堆積在河口附近且離河口越遠顆較越粗的變化相似，顯示珠江輸出的細顆粒沉積物在河口快速沉積，使河口沉積速率可高達0.45cm/year。而中部陸棚沉積速率較低，亦反應出珠江輸出的細顆粒沉積物只有相當少量傳輸至中部及外部陸棚沉積。其他區域因沉積物的組成多為砂質沉積物或是岩心長度太短，無法有效利用Pb-210定年法測定沉積物之沉積速率。



圖四、從珠江口至陸坡沉積物粒徑大小之變化（測站位置見圖一）



圖五、表層沉積物鋁含量與粒狀大小之關係圖

五、結論

本研究藉由分析珠江外海陸棚及陸沉積物中粒徑大小分佈、有機碳與碳酸鈣含量及沉積速率之變化，來瞭解珠江對南海北部沉積物分佈及有機碳埋藏之影響。

結果顯示珠江為此區域最主要之陸源沉積物之來源。沉積物細顆粒含量與有機碳之含量皆以珠江口與內部陸棚為最高，且隨離河口距離越遠細顆粒及有機碳含量逐漸降低，中部至外部陸棚沉積物為有機碳含量較低的粗顆粒。粒徑大小從近河口區域之 6ϕ 為主的細顆粒，往南逐漸改變至以 5ϕ 為主，中部及外部陸棚則以 3ϕ 及 2ϕ 為主的粗顆粒。陸坡區域沉積物又是以 7ϕ 為主的細顆粒。珠江口東西兩側之沉積物亦多為有機碳含量較低的粗顆粒沉積物。碳酸鈣含量則以陸坡較高，內部陸棚較低，其中以東砂島附近區域碳酸鈣含量最高。沉積速率的變化與細顆粒分佈變化相似，珠江口的沉積速率最高（ 0.5cm/year ），並向中部及外部陸棚快速遞減。珠江口及內部陸棚的高沉積速率與高細顆粒含量顯示由珠江輸出之陸源細顆粒物質可能大多都沉積於河口及內部陸棚，而只有少量往南傳輸至中部及外部陸棚沉積。有機碳隨著這些細顆粒沉積物的沉降一同埋藏於珠江河口區域，這提供了沉積物中硫酸鹽還原作用主要的有機碳來源。

六、參考資料

- Flynn, W. W., 1968. "The determination of low levels of Polonium-210 in environmental materials" , *Anal. Chim. Acta.*, 43, 221-227.
- Zhang, J., and Liu C.L., 2002, "Riverine composition and estuarine geochemistry of particulate metals in China - weathering features, anthropogenic impact and chemical fluxes" , *Estuarine Coastal Shelf Sci.*, 54, 1051-1070.