

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

東海南部陸棚沉積物受台灣河川輸出影響之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2611-M-002-011-

執行期間：91年08月01日至92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：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 11 月 24 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

東海南部陸棚沉積物受台灣河川輸出影響之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 91-2611-M-002-011

執行期間：2002年 8 月 1 日至2003年 7 月 31 日

計畫主持人：林曉武(swlin@ccms.ntu.edu.tw)

共同主持人：

計畫參與人員：謝偉棋，林裕程

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立臺灣大學海洋研究所

中華民國 2003 年 8 月 1 日

東海南部陸棚沉積物受台灣河川輸出影響研究

計畫編號：NSC 91-2611-M-002-011

執行期間：91年8月1日至92年7月31日

計畫主持人：林曉武, 台大海洋研究所(swlin@ccms.ntu.edu.tw)

計畫參與人員：謝偉棋, 林裕程, 台大海洋研究所

計畫經費：1574800.

一. 中文摘要

台灣河川每年向外傳輸達 380 M t 顆粒性物質，此等高河川懸浮顆粒傳輸通量幾與流經大部分北美大陸之 Mississippi River 相當，然而，關於此等高傳輸懸浮顆粒物質之研究卻極為缺乏，尤其是對於其最後之沈積，搬運與埋藏在東海分佈之研究更是闕如。

本研究調查分析瞭解東海南部陸棚沈積物之分佈，並藉其瞭解控制與分佈之機制。研究分析項目包括金屬(Al、Fe、Mn、Zn、Cu、Pb、Cd)，有機與無機碳。藉由瞭解整個東海南部沈積物化學組成成分之分佈來瞭解台灣河川輸出之懸浮物質在東海南部之影響並探討其最終之可能宿命。

研究結果顯示台灣河川對東海陸棚沉積物有非常重要之影響，淡水河向外傳輸在陸棚上有非常明顯之特徵，具有低鋁含量，非常高之錳，高鐵與鉛含量，略高之鋅，此類特色相對於東海南部之高鋁高鐵高鋅與台灣西部之略低之鋁，錳與鋅來比較是非常之不同。從目前之數據已可看出此區域沉積物重金屬受淡水河所影響而與鄰近其他區域沉積物有明顯之不同，而且淡水河亦是此區域沉積物重金屬之主要來源之一。

關鍵辭：East China sea, sediment, asian river, heavy metal

Transport and fate of sediment from rivers in Taiwan to the Southern East China Sea
continental shelf

Saulwood Lin, Inst. of Oceanography, National Taiwan University

Abstract

Rivers in Taiwan are characterized by very high sediment export flux to the shelf. A combined total annual river suspended sediment flux of approximately 380 million tons/year from rivers in Taiwan is almost as much as that by the entire Mississippi River in US. Yet no data are available concerning the final deposition of these tremendous amount of suspended sediment exported from the island of Taiwan to the East China Sea continental shelf region. No information is available concerning sediment distribution, transport and deposition on the surrounding shelf regions. This research evaluates contributions of solid materials exported from rivers in Taiwan by studying the sediment geochemical properties and their spatial variations on the Southern East China Sea continental shelf.

Surface sediments were collected and analyzed for their chemical properties, including metals (Al, Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd), organic carbon, carbonate content, and grain sizes. The results showed that rivers in Taiwan are exporting solid materials to the adjacent East China Sea and registered strong signature on surrounding areas. Sediments near the Tanshui river were characterized by low Al, extremely high Mn, high Fe, Pb and relatively high Zn as compared to those away from Taiwan region and those near the Fujin. In addition, data also indicated that part of the solid materials from Taiwan were transported away from shelf.

Keywords: East China sea, sediment, asian river, heavy metal

二. 緣由與目的

台灣河川單位面積懸浮顆粒輸出通量名列世界前茅，每年懸浮顆粒輸出通量根據 Milliman and Meade (1983) 之計算約等於 185×10^6 ton / yr。這個計算是根據台灣六大河川（濁水、高屏、曾文、花蓮、peinan、秀姑巒溪）所計算之輸出通量竟然可以與美國最大河川（Mississippi River）之年輸出量（ 210×10^6 ton / yr）相差不多，就可看出台灣之懸浮物質之年輸出量是多麼的可觀。尤其是當我們將台灣之面積（ $3.6 \times 10^4 \text{km}^2$ ）與美國 Mississippi River 之流域面積（ $3.27 \times 10^6 \text{m}^2$ ）來比較，更可看出我們台灣之懸浮顆粒輸出之特殊性。在如此高之懸浮顆粒輸出狀況下，台灣周圍之東海南部陸棚沈積物應該會強烈的受到台灣輸出之懸浮顆粒所影響，然而我們卻對台灣附近陸棚沈積物之研究卻仍極為缺乏，到底台灣河川之高輸出懸浮顆粒是否沈降於鄰近之陸棚亦或被搬運至其他區域沈積，至今亦因我們對台灣附近陸棚沈積物之研究之缺乏仍無明確之定論。本研究本年度之主要目的即在研究調查台灣周圍之東海南部陸棚沈積物之化學特徵，期能藉由研究調查此區域之陸棚沈積物化學特徵來瞭解區域沈積物之分佈，並區分台灣輸出之影響與範圍。

海洋沈積物之主要來源包括：陸地河川輸出之陸源物質、海洋中之生物遺骸，火山噴發、冰河殘留物、大氣傳輸之陸源物質、海中自生礦物與岩石經熱水交換作用形成之礦物、外太空物質等，各種物質因其來源不同而具有不同之特徵，這些各種不同來源之沈積物在海洋底部形成各種不同的特殊分佈。沈積物在海洋底部的分佈不僅視來源之差異而有所差異，更因為來源物質之沈降通量而會有相當大之分佈差異與垂直變化。愈接近大陸邊緣之河口附近之海洋底部不僅受河川輸出陸源物質影響，且因河川輸出之大量陸源物質故而在河口可能大量堆積，甚至形成河口三角洲堆積厚度更可達數百公尺至數千公尺之厚。

海洋沈積物除了受到大量陸源物質所控制影響外，亦受到海洋中生物遺骸沈降所控制。海洋中生物遺骸不僅可形成如陸源沈積物般在其主要堆積區域內形成厚層堆積，且隨年代之累積亦可達到數百公尺深層生物沈積層。陸源與海源沈積

物之特性相差頗大，一般陸源物質以矽酸鹽類為主，而海源沈積物則以碳酸鈣或矽質生物殼體為主故而二者相當容易區別。但是在部分陸地以碳酸鈣為主要地層組成成分時，則仍不易區分二者之差別，而需借助各種不同化學成分之分析來區分其相對影響。

海源沈積物主要以碳酸與矽質殼體為主，故在礦物組成成分之區分則易以碳酸鈣或生物源矽含量來區分來源。另因 Calcite 與 Aragonite 其 Ca、Mg、Sr 含量亦有差別，且不同之生物殼體其碳酸鈣含量組成亦有相當大之差異，故 Ca、Mg、Sr 之比例即常被使用來區分碳酸質生物殼體之形成化學組成。更且因為沈積環境之水體化學組成差異 Cd、Pb、Mn 與 C、O 同位素亦常被使用來瞭解碳酸質生物殼體其生長環境變化之記錄。雖然碳酸質與矽質殼體含量變化常被用來區分海域之生物與陸源沈積物區分之基礎，但對於有機物質懸浮顆粒之來源卻並非是最佳之指標，故而在有機碳循環與來源之研究，則經常使用有機碳成分組成（如 C、N 同位素，有機分子組成等）來鑑別海域沈積物其陸源與海源有機碳之沈降堆積之分別重要性。海源有機物具有特殊之碳同位素與 C/N/P 組成成分，這些成分在沈積物內之分佈經常被使用來區分河川陸源有機物質傳輸至海洋沈積之研究工具。

除海源物質具有特殊之化學組成成分來區別其來源之重要性外，陸源沈積物亦具有其特殊性，其矽酸鹽類風化重要產物（黏土礦物，與石英顆粒）等皆被使用作為區分陸源物質傳輸之工具，更且因為黏土礦物是非常良好清除金屬之顆粒物質，故其內含金屬含量與比例更常被使用為陸源物質傳輸金屬研究之工具。陸源沈積物更因其顆粒大小組成之傳輸受傳輸營力作用所控制，故而顆粒大小組成與顆粒形狀皆亦為研究陸源物質分佈傳輸之指標。

傳輸與沈降營力之變化亦是影響沈積物組成之重要因素，顆粒大小之搬運受營力大小所控制，細顆粒物質易受搬運作用所控制，故傳輸距離通常較遠。傳輸營力之差異控制顆粒性物質之沈降，沿岸流與邊界流之存在與否就經常控制陸源顆粒物質之沈降區域之變化。沈積物沈降後又可能因營力作用之改變故而導致再

懸浮，而後又經洋流之搬運至他處沈降，尤其是東海陸棚經常受季節性季風與夏季颱風所吹襲，沈積物經常因季節性營力作用之改變而改變其沈積通量與種類。

沈積物最後埋藏除受營力搬運，物質來源差異而產生特殊與不同之沈積型態，但其最後仍受到沈積後氧化還原環境之改變而改變。此種改變不但影響其化學組成成分之變化，甚且形成新的礦物，最常見的如硫化礦物之形成、氧化鐵、氧化錳礦物之形成富集於近表層處，故而埋藏後之改變是不可忽視。

台灣地區因島嶼本身受菲律賓板塊與歐亞板塊擠壓，故而產生非常特殊之地質。台灣島嶼成狹長紡錘型，中央山脈南北向位於島嶼中央，兩側為西部麓山帶與東部海岸山脈。台灣南北縱長約 385 公里，東西最寬處約 143 公里。其中中央山脈全長即達 350 公里，且至少有 25 個以上之主峰在 3000 公尺以上。此種短距離（約 100 公里）內高度之劇降是台灣島嶼非常特殊之特徵，也是河川高傳輸懸浮顆粒通量之主要因素之一。

台灣島嶼主要由沈積岩與變質岩所組成，除北部與澎湖有火山岩層外，東部有較多之變質石灰岩層，中生代造山運動前之沈積岩層經過板塊運動之擠壓形成台灣中央山脈內之變質雜岩系且多分佈在中央山脈東側，主要岩類包括黑色片岩、綠色片岩、矽質片岩、變質石灰岩為主。中央山脈西側主要以變質黑色頁岩、板岩與泥岩為主，西部麓山帶則以沈積岩為主。由於板塊運動之擠壓，斷層與地層不連續亦是台灣島嶼之特徵之一，且山陵坡降快速加上變質岩層之破碎頗易坍塌導致台灣島嶼具有高 denudation rate (Li, 1976)。

台灣島嶼位於亞熱帶地區，年降雨量分配並不均勻，夏季多雨而冬季較為乾燥。河川之流量亦隨著降雨之分配不均而變化。復且加上台灣島嶼坡降急遽，而雨季又多集中於夏季，故河川排水量與懸浮物質輸入多集中於夏季多雨季節進入河川。水資局收集多年台灣河川流量與輸砂量資料，但對於懸浮顆粒化學組成與時間變化則未進行調查研究，故台灣河川輸出之懸浮顆粒種類與組成之資料則十分缺乏。

鄰近台灣區域附近之沈積物組成卻相當缺乏，Boggs et al (1979), Niino

and Emery (1961)曾對此區域做過研究，但其數據皆已超過二、三十年之久，而在此段時間內，台灣島嶼進行大規模工商業改革，土地開發，大量人為之改變亦可能改變河川懸浮物質之輸出，甚且影響到海域沈積物之特徵，然而目前為止，東海南部與台灣海峽沈積物之化學組成與控制其分佈之機制卻仍缺乏，故本計畫擬研究瞭解此區域內沈積物之化學組成，瞭解分析元素之空間分佈，探討其分佈之控制機制。Chung and Hung (2000)指出沖繩海槽內有高量之懸浮顆粒沈降通量，但卻未指出高量之懸浮顆粒之確實來源。Lin et al (2001)指出長江輸出沈積物並未大量埋藏於東海陸棚，而 Milliman and Meade(1983) and Milliman and Syvitski (1991) 指出台灣每年向外輸出 185 ton 懸浮顆粒。

Niino and Emery (1961)指出東海陸棚近中國大陸存在一細顆粒泥帶，而 DeMaster et al (1985) 與 Lin et al (2001) 指出此泥帶沈積物為長江輸出之細顆粒物質沈降所造成。Lin et al (2001) 指出東海中部與外部陸棚之粗顆粒物質主要由上次冰河殘留物與海源生物遺骸所組成，而黑潮是主要阻隔陸源物質沈降於大陸邊緣之原因。Niino and Emery (1961) 亦指出中部陸棚沈積物為上次冰河殘留物所組成。Lin et al (2001) 指出長江河口三角洲與近大陸附近之內部陸棚之有機物主要是由長江輸出之陸源有機碳所控制，而遠離長江口三角洲與內部陸棚沈積物內之有機碳則逐漸轉變成以海源有機碳為主要組成成分。Lin et al (2001) 亦指出中國大陸在過去二十年來之快速工業發達正向外傳輸大量重金屬，此類重金屬如 Cu, Pb, Cd 等已影響到東海內部陸棚沈積物內重金屬之分佈，明顯的指出大陸陸地上大量人口在快速工業化狀況是會改變與增加數百公里外沈積物內之重金屬含量。以此類推則台灣過去三十年亦是進行快速之工業化，是否亦會對近岸沈積物產生類似之結果，然而此類資料亦是非常缺乏。

Niino and Emery (1961) 指出台灣海峽中部沈積物多為長江懸浮顆粒向南傳輸至此堆積所形成。而 Boggs et al (1979) 指出濁水溪出海口外之雲彰隆起之沈積物則為上次冰河之殘留物所組成。李(2001)雖曾將 Boggs et al (1979) 文章內所採集之樣品重新整理，因其樣品可能除部份近岸沉積物外而多數東海南

部與近台灣之海峽樣品可能多為 Boggs et al (1979) 多年前所使用採集之樣品，故而其結論幾乎類似。

三. 結果與討論

(A). 樣品採集與船期：

本研究本年度使用海研二，三號(感謝國科會之支持)採集接近大陸地區陸棚沉積物(Fig. 1)，淡水河口與濁水溪河口(not shown)，與過去收集之鄰近陸棚沉積物(Fig. 1)。

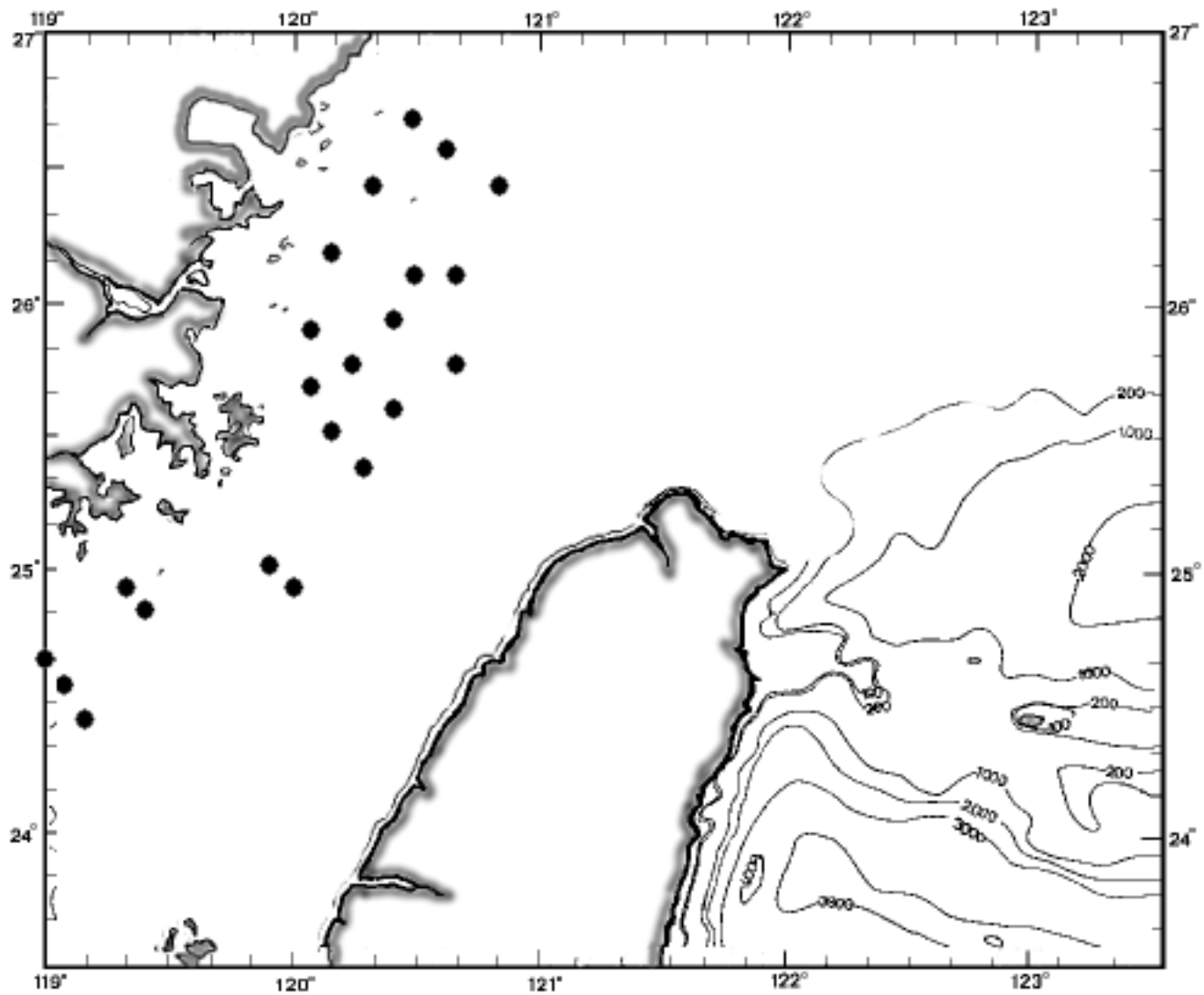


Fig. 1. Study area and sampling stations. ⊙ : ORII-878.

(B) 沉積物來源與特徵

研究結果顯示研究區域沉積物重金屬含量深受淡水河輸出所影響，但亦受黑潮湧昇，台灣西部河川，大陸沿海諸河川所影響。

本研究區域內大致可分成東海南部(可能主要受長江輸出所影響)，台灣北部鄰近(主要受淡水河輸出所影響)，台灣西部(主要受台灣西部河川輸出所影響)，鄰近大陸之區域(可能受福建河川或長江輸出所影響)與受黑潮所影響之區域。

淡水河向東海輸出之錳，從沉積物之角度來看是非常之明顯 (Fig. 2)，非常高濃度之沉積物錳由淡水河口向北延伸後，受台灣北部黑潮湧昇流所影響而環繞著此湧昇流外圍沉降，此種河川輸出影響是前所未見。河川輸出之錳在東海陸棚沉積物內明顯存在，更且此種環狀分佈與此區域之黑潮湧昇區之鄰近相關性亦指出河川輸出物質受湧昇流之影響，不僅無法沉降於湧昇區，而沉降於湧昇區外圍流速較弱之環狀區域。淡水河陸源物質不僅大量向陸棚輸出且在陸棚留下明顯沉積註記，更且由此沉積特徵可看出淡水河陸源物質正向陸坡區域傳送，故而可能繼而影響沖繩海槽內之沉積物沉降通量與特徵。事實上，沖繩海槽內沉積物受大量陸源物質之影響，早已在 Chung et al. (1986, 2000, 2003); Jeng et al., (2003) 就曾被指出。它們指出沖繩海槽內有非常大量之物質沉降，而且有相當之沉積物內是深受陸源有機物之特徵。但本研究之結果是唯一以明顯之沉積特徵來加以直接驗證證明台灣河川輸出之陸源物質直接向沖繩海槽陸坡區域傳送。

淡水河輸出影響此區域沉積物重金屬亦可從 Fig. 3 看出，Fig. 3 顯示台灣北部沉積物具有一些特色：具低鋁含量，非常高之錳，高鐵與鉛含量，略高之鋅，此類特色相對於東海南部之高鋁高鐵高鋅與台灣西部之略低之鋁，錳與鋅來比較是非常之不同。從目前之數據已可看出此區域沉積物重金屬受淡水河所影響而與鄰近其他區域沉積物有明顯之不同，而且淡水河亦是此區域沉積物重金屬之主要來源之一。

台灣西部河川則似乎並未如淡水河之輸出有此明顯特徵，但可能因各河川輸出特性與量有關，亦可能與台灣延岸流或亦可能與採樣點疏密有關。

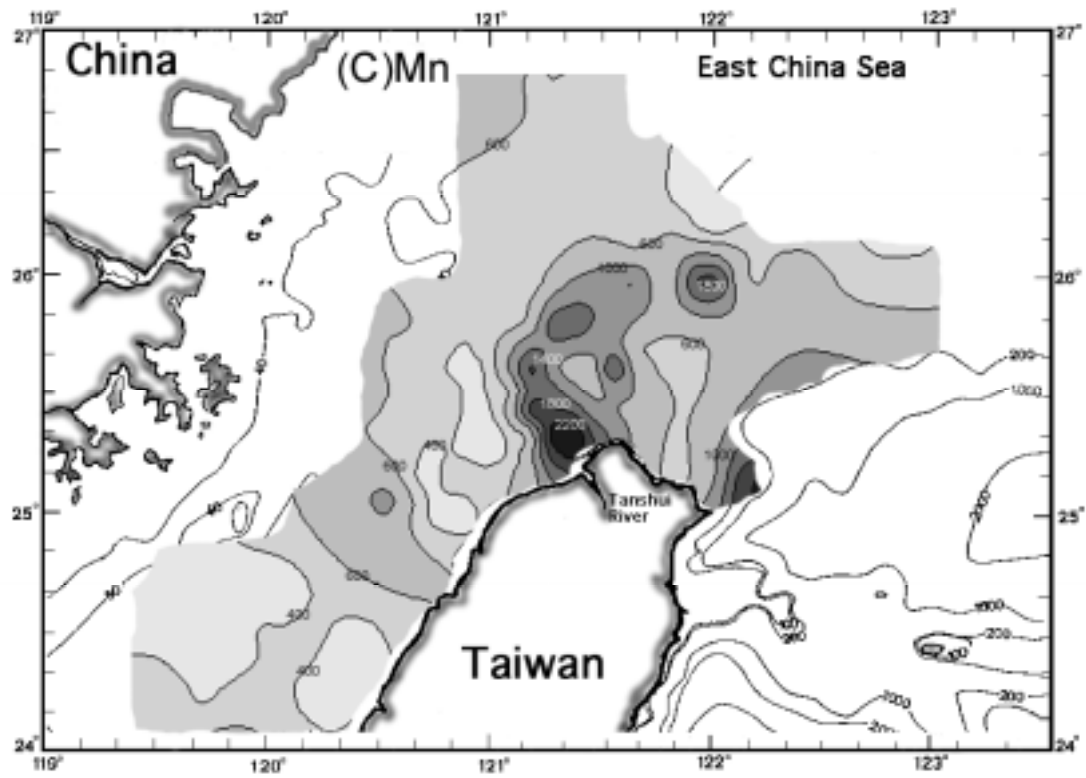


Fig. 2. Spatial variations of sediment manganese concentrations ($\mu\text{g/g}$) in the study area.

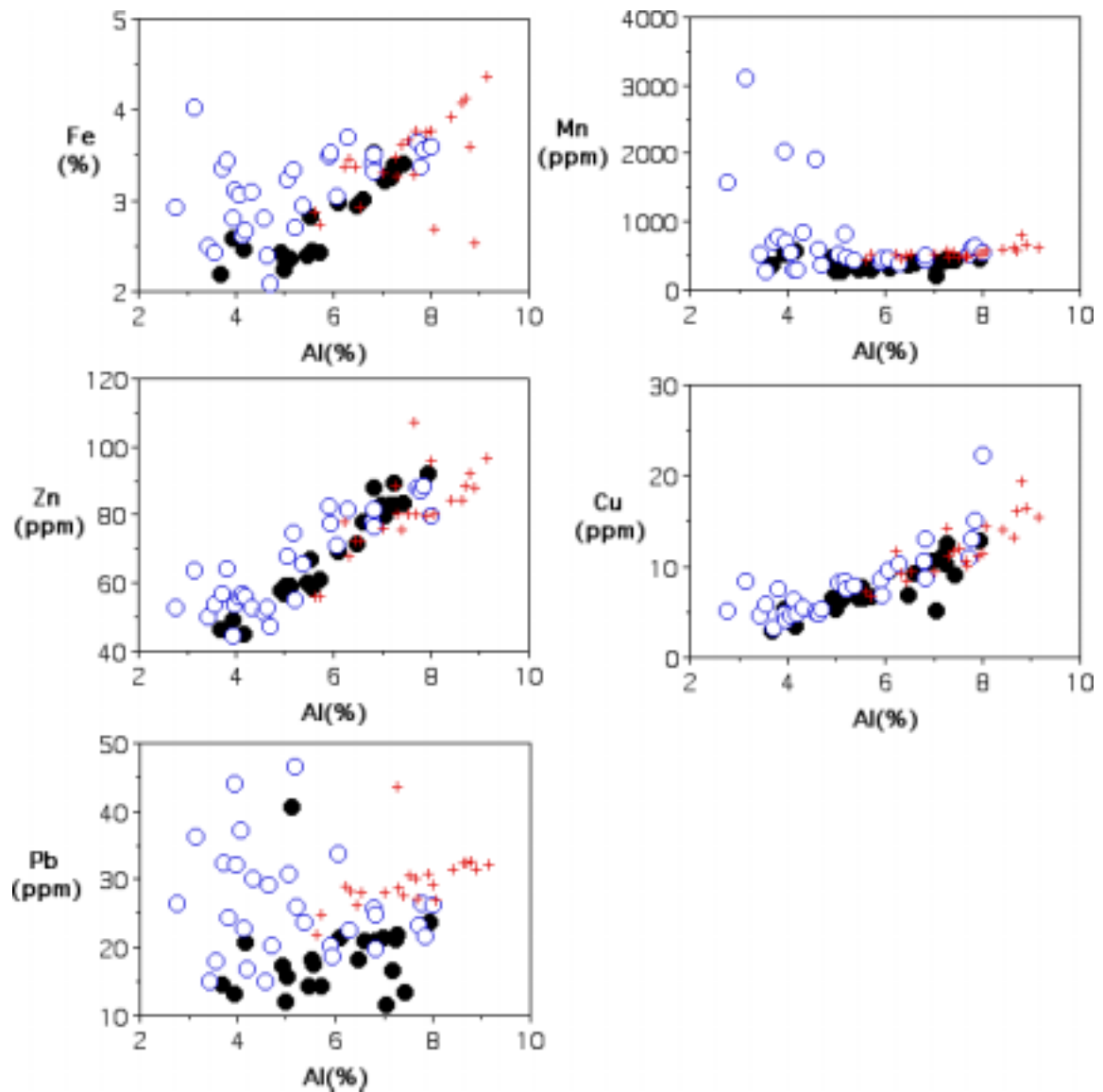


Fig. 3. Relationship between Al(%), Fe (%), Mn(ug/g), Zn (ug/g), Cu (ug/g) and Pb (ug/g) in sediments from northern Taiwan (open circles), west Taiwan (circles) and northeast of Fu-Jin shelf sediments.

References:

- 李知苙 (2001) 台灣附近海域表層沉積物之組織、礦物與化學對比. 碩士論文, 台灣大學, 122 pp.
- Boggs, S., Jr., Wang, W. C., and Chen, J. C. (1979) Sediment properties and water characteristics of the Taiwan shelf and slope. *Acta. Oceanog. Taiwanica*, 10, 10-49.

- Chung, Y.-C., and Hung, G.-W. (2000) Particle fluxes and transports on the slope between the southern East China Sea and the South Okinawa Trough. *Cont. Shelf Res.*, 20, 571-597.
- DeMaster, D. J., McKee, B. A., Nittrouer, C. A., Qian, J. C., Chen, G. D. (1985) Rates of sediment accumulation and particle reworking based on radiochemical measurements from continental shelf deposits in the East China Sea. *Cont. Shelf. Res.*, 4, 143-158.
- Li, Y.H. (1976) Denudation of Taiwan island since the Pliocene epoch. *Geol.*, 4, 105-107.
- Lin, S., Hsieh, I.-J., Huang, K.-M., and Wang, C.-H. (2001) Influence of the Yangtze River and grain size on the spatial variations of heavy metals and organic carbon in the East China Sea continental shelf sediments. *Chem. Geol.* (in press)
- Milliman, J. D., and Meade, R. H. (1983) World-wide delivery of river sediment to the oceans. *Jour. Geol.*, 91, 1-21.
- Milliman, J. D., and Syvitski, J. P. M. (1992) Geomorphic/Tectonic control of sediment Discharge to the ocean: The importance of small mountains rivers. *Jour. Geol.*, 100, 525-544.
- Narita, H., Harada, K., Tsunogai, S. (1990) Lateral transport of sediment particles in the Okinawa Trough determined by natural radionuclides. *Geochem. J.*, 24, 204-216.
- Niino, H. Emery, J. O. (1961) Sediments of shallow portions of East China Sea and South China Sea. *Soc. Am. Bull.*, 72, 731-762.

出國開會心得報告:

參加 2002 冬季於美國猶它州鹽湖城市所舉行之美國湖沼與海洋學會年會發表文章乙篇，題目為 DISTRIBUTION AND CONTROLS OF ORGANIC CARBON C-13 IN THE YANGTZE RIVER DELTA AND EAST CHINA SEA CONTINENTAL SHELF SEDIMENTS。

美國湖沼與海洋學會是美國海洋化學重要學會，並負責編審 Limnology and Oceanography，此期刊亦是海洋化學重要期刊之一。本次有機會在國科會支持下得以參加會議，不盛感績。亦與相關有機碳研究國際知名學者討論，增益不少。但亦發現國內甚少學者參與此會議，頗為傷感，此學會歷屆都有相關國際知名學者參與與發表論文，且有與 AGU Ocean Science meeting 互為抗恆之勢，其實國內學者亦應多多參與才是。

發表文章:

Lin, S., Institute of oceanography, National Taiwan University, Taiwan, R. O. C.,
swlin@ccms.ntu.edu.tw

Lin, I.-T., Institute of oceanography, National Taiwan University, Taiwan, R. O. C.,
itlin@earth.sinica.edu.tw

Wang, C.-H., Institute of Earth Science, Academic Sinica, Taiwan, R. O. C.,
chwang@earth.sinica.edu.tw

DISTRIBUTION AND CONTROLS OF ORGANIC CARBON C-13 IN THE YANGTZE RIVER DELTA AND EAST CHINA SEA CONTINENTAL SHELF SEDIMENTS

As one of the largest rivers in the world, Yangtze River exports tremendous amounts of organic carbon and other materials to the shelf. A set of sediments covering most of the Yangtze River Delta and East China Sea continental shelf was sampled and analyzed for the organic carbon concentrations, grain-sizes variations and organic carbon C-13 in order to examine the spatial distributions of terrigenous and marine organic carbon, and factors controlling their distributions around the Delta and adjacent shelf.

The results demonstrated that Yangtze River is a dominating terrigenous sediment source of the Delta and the inner East China Sea continental shelf whereas organic carbon of the middle shelf is characterized by organic carbon predominated by marine

in origin. Sources of organic carbon and grain size variations are the major factors controlling organic carbon and C-13 spatial variation. Good linear relationship between organic carbon concentration and the fine-grained sediments indicated that shelf sediments were mixtures of terrigenous, marine and coarse-grained quartz relict sediments.

SS3.02 CS11 CS26

Oral

Lin, S.