

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 南海生地化整合研究(I) 子計畫三： 南海上層水體之物理 生地化耦合研究： 錨錠觀測系統、同位素地化及數值模式之運用(I)

計畫類別： 個別型計畫          整合型計畫  
計畫編號：NSC89 - 2611 - M - 002 - 004 - OP1  
執行期間：88年8月1日至89年10月31日

計畫主持人：劉康克  
共同主持人：唐存勇

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：國立台灣大學海洋研究所

中 華 民 國 89 年 11 月 21 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 南海生地化整合研究(I) 子計畫三：南海上層水體之物理 生地化耦合研究：錨錠觀測系統、同位素地化及數值模式之運用(I)

### Physical-biological coupled approaches to the upper water column variability in the South China Sea: moored observational system, isotopic geochemistry and numerical modeling (1)

South

計畫編號：NSC 89 - 2611 - M - 002 - 004 - OP1

執行期間：88 年 8 月 1 日至 89 年 10 月 31 日

主持人：劉康克 國立台灣大學海洋研究所

共同主持人：唐存勇 國立台灣大學海洋研究所

計畫參與人員：高樹基 國立台灣大學海洋研究所

#### 一、中文摘要

本計畫的目的是探討季風及其它物理作用對南海生地化之影響。使用的研究方式有三：(1) 利用錨錠施放物理及生地化探針，(2) 利用同位素探討水體含碳及氮物質之來源，(3) 數據模式。多樣化的研究方式是為了便於進行各種合作研究。由於採購程序之冗長，錨錠之探針直到最近才施放。共有二串錨錠，今年十月施放於南海時序測站 SEATS (18.25° N, 115.58° E)，其中一串裝置有都卜勒聲學流剖儀(RDI BW-150HP)，及一台溫鹽深儀(SEACAT SBE-16)，另一串裝置有八個溫度計及二個溫深儀。這些錨錠將每隔 4-6 月更換一次。從 SEATS 測站 50-900 公尺深所收集的海水中，萃取硝酸鹽以測定氮同位素組成，結果發現在有光層以下之  $\delta^{15}N$  在 4.4 至 6.2 間，其中最低值恰好與 N/P 之最大值相對應，顯示是固氮細菌分解後造成之影響。在有光層中，氮同位素值都偏高，顯示是浮游植物吸收硝酸鹽過程中偏好氮-14 所造成。目前南海之三維生地化模式已可預測葉綠素及硝酸鹽分布之季節性變化，並與 SEATS 航次之結果有部份的相合之處，但目前所需的是更嚴謹的模擬生地化過程及更可靠的模式參數。

關鍵詞：南海、生地化、季風、錨錠、模式、同位素

#### Abstract

The purpose of this project is to study how monsoons and other physical forcings affect the biogeochemistry of the South China Sea. Specifically, this project employs three approaches: (1) moored sensors and measuring devices for physical and biogeochemical parameters, (2) isotopic compositions of carbonaceous and nitrogenous materials in the water column, and (3) numerical modeling. The rather diverse approaches of this project are meant to serve as versatile vehicles for collaborative studies. Due to the long purchasing

procedure, only recently the moored sensors were deployed. Two mooring strings were deployed at the South East Asia Time-series Station (SEATS, 18.25° N, 115.58° E) in October 2000. One string includes an Acoustic Doppler Current Profiler (RDI BW-150-HP) and a mini-CTD (SEACAT SBE-16). The other includes eight temperature sensors and two pressure-temperature composite sensors. The moorings will be replaced every 4-6 months. Nitrogen isotopic compositions of nitrate were analyzed for seawaters collected from 50-900 m at the mooring station. Below the euphotic zone, the  $\delta^{15}N$  values appear to be normal (4.4-6.2 permil). However, the lowest value corresponds to a maximum in N/P ratio, suggesting an influence from the phyto-detritus of nitrogen fixers. Within the euphotic zone, the nitrate is enriched in  $^{15}N$ , apparently resulting from preferential uptake of the isotopically light nitrate by phytoplankton. The 3-D numerical model with coupled physical-biogeochemical processes for the South China Sea is capable of producing seasonal variations in chlorophyll and nitrate distributions, which are partially supported by the observations of the SEATS cruises. More rigorous formulation and parameterization of the biogeochemical processes employed in the coupled model are needed in the current development of the model.

Keywords: South China Sea, biogeochemistry, monsoons, moorings, modeling, stable isotopes

#### 二、緣由與目的

本計畫是「南海生地化整合研究」的一項子計畫。本計畫配合總計畫的目標，探討東亞季風及其他物理作用對南海生地化的影響。所採用的方法將分為三方面：(1) 延續 SCSMEX 之計畫所建立的一個南海的錨錠測站，維持對上層水體的基本物理參數（包括：流速、海流、鹽度等）之監測。(2) 利用氮同位素探討固氮作用在南海循環之重要性。

(3)運用三維物理-生地化耦合數值模式探討南海生地化循環之控制因子。錨錠監測的連續資料將可記錄到一些上層水體中由中尺度渦旋、颱風等所引起的短暫變化。這些變化對於副熱帶貧營養鹽的海域十分重要，但以船測的方式只會偶而碰上，無法有系統的研究，錨錠及衛星遙測是比較理想的方法。

由於SCSMEX計畫原有之錨錠設備將移至KUDEX計畫使用，所以本計畫主要經費用於購買錨錠設備。本計畫中仍有一部份採用傳統的出海探測方式，採取南海海水進行海水中顆粒性有機氮及硝酸鹽之氮同位素分析，以探討固氮作用對南海氮循環之貢獻。至於三維數值模式，目前南海物理-生態耦合模式(SCoPEM)已有初步之規模，但仍有許多待改進的地方。這模式可以提供「南海生地化整合研究」各種工作假說，如：季風之強弱對初級生產力之影響等等。在未來也將利用各子計畫之結果（包括錨錠、船測及遙測資料）來修正模式。此外，更可以利用模式來整合各種觀測結果，將有限之觀測資料推展到整個海域生地化循環之時空變化。

### 三、結果與討論

#### 1. 錨錠測站部份：

經由唐存勇教授領隊，於10月初之航次(OR1-Cruise 597)在KK1站(18° 14.94' N, 115° 34.93' E)佈放ATLAS與ADCP,在ADCP部份另外加掛CTD於270m水深，在ATLAS部份則共掛8組溫度計串與2組溫壓儀。ATLAS之溫度計串100m以上深度有100m, 75m, 50m, 25m, 1m，未來可以用定期航次所建立之溫度與營養鹽關係方程式推算營養鹽在溫躍層之連續變化，下年度並希望能加掛螢光探針以取得生物相關參數，供模式驗證，藉以了解有光層之營養鹽動力。

#### 2. 上層水體氮循環與同位素應用：

在錨錠測站目前已經有硝酸根同位素值( $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ )數據，在200m以下 $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ 變化很小，平均值為 $5.7\pm 0.5$  permil，與深海之硝酸鹽氮同位素值平均值相當接近( $5.7\pm 0.7$  permil)。此數值並與Kienast(2000)在測站鄰近區域所發表之表層沈積物氮同位素值幾乎一致(5.4-5.7 permil)，此一致性乃暗示經由沈積物埋藏移出南海系統的氮元素與上層水體氮鹽來源的達成同位素平衡。而在100m以上到50m之有光層，隨硝酸鹽濃度逐漸遞減，硝酸根同位素值逐漸變重，顯示浮游植物吸收硝酸鹽時產生的分化現象，在50m螢光極大值之水層，硝酸根同位素值最重，為16.2permil。此測站在水深100m有 $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ 極小值為4.4permil，過去在台灣東北海域之黑潮測站的數據亦顯示，在100m深度附近有極小值(-0.5permil)。在二測站此 $\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3}$ 極小值皆伴隨N/P ratio極大值出現，且發生在 $\sigma_t=25$ 附近。對於硝酸根之同位素，目前也正在改良過去所使用之方法。

下一步將過濾大量體積水樣，著手分析顆粒有機氮之同位素分布，以了解同位素是否有空間與季節性變化，而該變化是否與藻種或營養鹽供應

有關。未來並將搭配分析沈積物收集阱之顆粒有機氮同位素以茲與顆粒有機氮以及沈積物之氮同位素比較。

在沈積物部份，由於南海之表層沈積物與岩心沈積物之氮同位素已經有許多發表的數據可供應用，故分析位於菲律賓東方岩心中之有機碳、氮含量與同位素。數據顯示氮同位素值介於4-6permil，平均值 $5.4\pm 0.4$  permil，此範圍與Kienast(2000)在南海發表之沈積物氮同位素變化非常相似。

#### 3. 三維物理-生地化耦合數值模式

生地化耦合數值模式係利用Shaw and Chao (1994)之環流模式，經過進一步調整，加入五個生地化變數而成，其變數為：無機鹽類、浮游植物、浮游動物、顆粒性有機物、葉綠素。除了葉綠素之外，其餘各變數都是以氮為計算單位(Fasham et al., 1990)；第二步就是找到所有生地化變數的初始條件和邊界條件；第三步是加入額外的推動作用，也就是光；第四步是列出生地化作用的方程式，包括浮游植物的生長（光合作用及光調適作用）、浮游動物的覓食、排便、浮游生物的死亡及轉化為顆粒性有機物、生物的分解作用及營養鹽再生作用等等(Doney et al., 1996; McGillicuddy et al., 1995)。為避免生地化變數出現負濃度，採用上游差分法(upstream differencing)，以避免在很強的濃度梯度下，產生過強的通量，而造成負濃度(Torrance and Rockett, 1969; Sarmiento et al., 1993)。

目前，南海的物理-生態耦合模式(South China Sea Coupled Physical-Ecosystem Model, SCoPEM)可以成功地模擬一些觀測結果。在垂直變化上，南海有顯著的次表層葉綠素最大值，且隨季風之交替，及海流之變化而起伏。由於本模式中考慮到光調適作用，因此在低光照的情況下，浮游植物的葉綠素含量會提升，相當符合觀測到的現象。模式的結果顯示，冬季在呂宋島西北外海有較高的葉綠素濃度，由近岸到外海遞減。CZCS的海色數據也顯示有高值，但其分布較為不規則，且範圍較大，表示中尺度漩渦可能控制營養鹽的分布，進一步影響浮游植物成長。此研究已寫成論文(Liu et al., 2000)投稿至Deep-Sea Research。

### 四、計畫成果自評

成果與進度分三部份：

#### 1. 錨錠測站部份：

進度良好，下年度並希望能加掛螢光探針以取得生物相關參數，供模式驗證。

#### 2. 上層水體氮循環與同位素應用：

溶解相硝酸根之同位素部份已經有初步結果，且正在改良過去所使用之方法，進度良好。沈積物有機氮同位素部份進度良好，下年度除將分析顆粒相有機氮同位素外，並將與魏慶琳教授合作分析沈積物收集阱之有機氮同位素。以了解南海水體之氮循環。

### 3.三維物理-生地化耦合數值模式

南海物理-生態耦合模式(SCoPEM)已有初步之規模，但仍有許多待改進的地方。這模式可以提供「南海生地化整合研究」各種工作假說，如：季風之強弱對初級生產力之影響等等。在未來也將利用各子計畫之結果(包括錨碇、船測及遙測資料)來修正模式。此外，更可以利用模式來整合各種觀測結果，將有限之觀測資料推展到整個海域生地化循環之時空變化。

### 五、參考文獻

- Doney, S.C., Glover, D.M., and Najjar, R.R. (1996) A new coupled, one-dimensional biological-physical model for the upper ocean: application to the JGOFS Bermuda Atlantic Time-series Study (BATS) site. *Deep-Sea Res. II* 43, 591-624.
- Fasham, M.J.R., Ducklow, H.W. & McKelvie, S.M. (1990) A nitrogen-based model of plankton dynamics in the oceanic mixed layer. *J. Mar. Res.* 48, 591-639.
- Liu K.-K., Chao, S.-Y., Shaw, P.-T., Gong, G.C., Chen, C.C. (2000) Monsoon forced chlorophyll distribution and primary productivity in the South China Sea: observations and a numerical study. **Deep-Sea Res. (Submitted)**
- McGillicuddy, D.J., McCarthy, J.J., and Robinson, A.R. (1995) Coupled physical and biological modeling of the spring bloom in the North Atlantic (I): model formulation and one-dimensional bloom processes. *Deep-Sea Res.* 42, 1313-1357.
- Sarmiento, J.L., Slater, R.D., Fasham, M.J.R., Ducklow, H.W., Toggweiler, J.R., and Evans, G.T. (1993) A seasonal three-dimensional ecosystem model of nitrogen cycling in the North Atlantic euphotic zone. *Global Biogeochem. Cycle*, 7, 417-450.
- Shaw, P.-T. and Chao, S.-Y. (1994) Surface circulation in the South China Sea. *Deep-Sea Res.* 41, 1663-1683.
- Torrance, K.E. and Rockett, J.A. (1969) Numerical study of natural convection in an enclosure with localized heating from below – creeping flow to the onset of laminar instability. *J. Fluid Mech.* 36 (part 1), 33-54.