

行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

東海有光層內生物性碳循環：群聚呼吸率，細菌生產力，
有機碳貯量及生地化模式分析

Biogenic organic carbon cycling in the euphotic zone of the East China Sea: community respiration, bacterial production, standing stock of organic carbon and biogeochemical modeling

計劃編號：NSC-87-2611-M-002A-003K2

執行期限：86年8月1日至87年7月31日

主持人：白書禎；國立台灣大學海洋研究所

共同主持人：劉康克；國立台灣大學海洋研究所

協同研究：彭宗宏，夏復國

一、中文摘要

本計畫之目的在調查東海陸棚(26-32°N; 120-128°E)有光層內細菌生產力，顆粒態有機碳(POC)及群聚呼吸率在冬季(511航次; 1997年12月)，春季(515航次; 1998年3月)，夏季(521航次; 1998年7月)及秋季(532航次; 1998年10月)的空間分布形態。群聚呼吸率，POC之樣品目前仍在處理之中。本計劃年度內，已發表SCI論文4篇；已投稿7篇。

關鍵詞：KEEP-III，黑潮，東海，群聚呼吸率，有機碳消耗率，浮游細菌，顆粒態有機碳，碳通量。

Abstract

The major purposes of this project are to investigate bacteria production, particulate organic carbon inventory and community respiration rates within the euphotic zone of the continental shelf of the East China Sea. Cruise surveys on the spatial distribution patterns of these three measured variables were conducted during the winter of 1998 and the spring, summer as well as autumn of 1999. Within the project's year, we published a total of 4 SCI papers. In addition, 7 manuscripts have been submitted to different scientific journals.

Key Words: KEEP III, Kuroshio, East China Sea, community respiration, organic carbon consumption, bacterioplankton, POC, carbon flux.

二、緣由與目的

生物源有機碳，包括顆粒態有機碳 (particulate organic carbon ; POC) 及溶解態有機碳 (dissolved organic carbon ; DOC) 在海洋中的生成，循環，消耗以及輸出，近年來一直是全球碳通量 (global carbon fluxes) 研究中的首要課題 (參見總計劃)。總結國內近三年來 KEEP-II (1994 年 8 月 1 日至 1997 年 7 月 31 日) 的研究成果，對於生物源有機碳生成速率 (初級生產力) 在東海的時空變異已有初步的瞭解，並有具體的成果出現。但對於有機碳生成後，在水體內有多少會被再循環及消耗，一直缺乏直接的數據。在回答「東海是不是一個有機碳的 sink？」或是「東海會消耗多少有機碳？」這些問題上，水體有機碳的儲存量及消耗率的測量是絕對必要的。後者可透過細菌生產力及群聚呼吸率的調查予以評估。

三、結果與討論

在冬季及春季的兩個航次中，細菌生產力 (BP) 不論就個別測值 (ibp) 或是有光層積分值 (IBP; 表一) 的平均值及數值分布範圍 (range) 均十分相近。IBP 在此二航次所得之數值介於 21 - 59 $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ 之間；而 IBP 平均值為 42 $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ 。單獨測值 (ibp) 在冬季 (0.26 - 3.77 $\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) 及春季 (0.24 - 6.2 $\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$) 之變異度分別為 10X 及 30 X；平均值則介於 0.94 - 1.10 $\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$ 。

相較於冬、春二季，夏季 (521 航次；表一) 所測得之 IBP 均顯著之提高 2 倍以上；其平均值為 $87 \pm 36 \text{ mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ 。值得注意的是夏季 IBP 及 ibp 測值之變異度均較冬、春二季為高，分別為 5X (31 - 168 $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) 及 > 100X (0.14 - 16.4 $\text{mgC m}^{-3} \text{d}^{-1}$)。秋季 (532 航次；表一) 所測得之 IBP 介於夏、冬之間；其平均值為 $51 \pm 16 \text{ mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ 。

在空間分布型態上，冬季及春季有著略為相同之趨勢。以自西向東之方向來看，IBP 在大陸沿岸 (陸棚內區) 測值偏低，在陸棚中區略為盤升，而後向陸棚外區遞減。此種二邊 (陸棚內、外區) 低及中間 (陸棚混合區) 高的圓頂狀 (dome-shaped) 空間分布型態，似可做為東海陸棚冷水期 (冬、春季節) 之典型。夏季及秋季時，IBP 在東海陸棚圓頂狀分布型態逐漸薄弱；取而代之的是陸棚內、中區偏高，而後向陸棚外區遞減之型態。

Table 1. A list of the mixed layer integrated bacterial production (IBP) derived from the four cruises at the shelf of the East China Sea.

| Variables | Items | Units | CR-511 | CR-515 | CR-521 | CR-532 |
|-----------|---------|-----------------------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| | | | Winter | Spring | Summer | Autumn |
| IBP | Ave/std | $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ | 39 ± 8 | 45 ± 9 | 87 ± 36 | 51 ± 16 |
| | range | $\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ | 21-51 | 25-59 | 31-168 | 24-85 |

以水文觀點而言，東海陸棚區受四個端成份 (水團) 之影響，分別是黑潮水 (KW)、台灣海峽水 (TSW)、大陸沿岸水 (CCW) 及黑潮次表層湧升水 (KSW)。這四個端成份的物理 (水溫) 及化學 (營養鹽) 特性本身即有極大差異，再加上此四水團進入陸棚之流量會隨季節有所變異 (如春季長江流量增大，冬季黑潮入

侵陸棚)。水團間不同程度的混合，使得陸棚區在物理（水溫）、化學（營養鹽）及生物（如初級生產力）因子方面，皆會造成明顯的梯度（gradient）變化。分析細菌生產力（BP）與這些梯度變化的關係，當有助於控制細菌生產力時空變化機制的了解。

基於航次所得之結果及以往研究，我們認為東海陸棚 BP 時空上的變化交互地（interactively）受到溫度及有機物質供應速率二因子的控制；此二因子的相對影響力會隨著季節而有異。在冷水期（冬、春兩季），陸棚內區及中區以內之 BP 主要受到水溫的控制；隨著向陸棚外區之移動，有機物質供應速率對 BP 的影響漸形重要。這也是造成東海陸棚冬、春兩季 BP 在空間上呈現圓頂狀分布的最可能原因。在暖水期（夏至秋初），陸棚有光層內之水溫均能超過 20 以上，溫度已不再成為限制 BP 之因子，此時有機物質的供應速率在控制 BP 空間分布型態上，可能佔有較重之比率。

以碳循環之觀點而言，細菌是消耗有機物質最主要的生物群。在此四航次中，BP 與初級生產力（龔國慶；子計畫 6）之比值皆為 10% - 20% 左右。若設細菌之生長效率（growth efficiency）為 20%，則 50% - 100% 藻類光合作用所產生的有機碳可以滿足細菌的碳需求（carbon demand）。

四、計劃成果自評

本計劃年度內共發表 SCI 論文 4 篇，並有 7 篇論文投稿送審，詳見以下之成果目錄。

(粗體劃底線者為本計劃研究人員)

Published papers

1. **Shiah, F. K.**, S. J. Kao and **K. K. Liu**. 1998. Bacterial production in the western equatorial Pacific: implications of inorganic nutrient effects on dissolved organic carbon accumulation and consumption. *Bull. Mar. Sci.* **63(3)**: 125-139. (SCI).
2. **Shiah, F. K.** 1999. Diel cycles of heterotrophic bacterioplankton abundance and production in the ocean surface waters. *Aquat. Microb. Ecol.* **17(1)**: ??-?? (in press). (SCI).
3. **Shiah, F. K.**, G. C. Gong and **K. K. Liu**. 1999. Temperature vs. substrate limitation of heterotrophic bacterioplankton production across trophic and temperature gradient in the East China Sea. *Aquat. Microb. Ecol.* **17(1)**: ??-?? (in press). (SCI).
4. Chen, Y. L., H. Lu, **F. K. Shiah**, G. Gong, **K. Liu** and J. Kanda. 1998. New production and f-ratio on the continental shelf of the East China Sea: comparison between nitrate input from the subsurface Kuroshio current and Chang Jiang River. *Est. Coastal & Shelf Sci.* **48**: 59-75. (SCI)

Submitted Papers

1. **Shiah, F. K.**, G. C. Gong, **K. K. Liu** and S. J. Kao. 1999. Biological and hydrographical responses to tropical cyclones (typhoons) in the continental shelf of the Taiwan Strait. Submitted to *Cont. Shelf Res.*

2. **Shiah, F. K., K. K. Liu**, S. J. Kao and G. C. Gong. 1999. The coupling of bacterial production and hydrography in the southern East China Sea: Spatial patterns in spring and fall. Submitted to *Cont. Shelf Res.*
3. **Liu, K. K.**, T. S. Tang, G. C. Gong, L. Y. Chen and **F. K. Shiah**. 1999. Cross-Shelf and along-shelf nutrient fluxes derived from flow fields and chemical hydrography observed in the southern East China Sea off northern Taiwan. Submitted to *Cont. Shelf Res.*
4. Gong, G. C., **F. K. Shiah, K. K. Liu**, Y. H. Wen and M. H. Liang. 1999. Spatial and temporal variation of chlorophyll a, primary productivity and chemical hydrography in the southern East China Sea. Submitted to *Cont. Shelf Res.*
5. Hung, C. C., G. T. F. Wong, **K. K. Liu, F. K. Shiah** and G. C. Gong. 1999. Nitrate reductase activity and $^{15}\text{NO}_3^-$ uptake in the East China Sea, Submitted to *Limnol. Oceanogr.*
6. Wong, G. T. F., Y. H. Li, S. Y. Chao, Y. H. Chung, H. S. Yu, **F. K. Shiah**. 1999. An overview for the researches of the Kuroshio Edge Exchange Process (KEEP) study. Submitted to *Cont. Shelf Res.*
7. Sheu, D. D., G. T. F. Wong, C. H. Wang, S. C. Lin, G. C. Gong, **F. K. Shiah** and C. L. Wei. 1999. Exchanges between the East China Sea and Adjoining Waters: Distribution of ^{18}O . Submitted to *Cont. Shelf Res.*