

## 第一章 前言

工業革命之後，科技發展迅速，對石化燃料的需求遽增，而驅動工業世界經濟的煤、石油和天然氣，全都含有億萬年前植物吸入的碳，而這些石化燃料經燃燒過後，會排放出大量的二氧化碳氣體並累積在大氣中，造成全球暖化（global warming）及溫室效應（green-house effect），使得冰川融化、全球氣候異常等現象產生，因此全球碳通量（global carbon flux）循環的研究日益受到重視。全球的地表面積中，海洋約佔總面積的 70%，因此欲瞭解全球碳通量的問題，海洋為首要之選，故有世界性的海洋碳通量循環的研究，如：Joint Global Ocean Flux Study, JGOFS (Hoppe *et al.*, 2002)，利用此合作性的研究來了解二氧化碳在大氣、海水表面、及海水水體中的循環過程。在海洋中（除物理作用外），海水中的二氧化碳主要藉由生物幫浦（Biological pump）的作用，將其轉換成有機碳的形式，經由食物鏈傳遞至較高食階生物，此有機碳最終將儲存在海洋中或以無機的形式釋放回大氣。因此，有關碳通量的研究中，又以生物源有機碳的生成、消耗、和循環為研究的重點。

海洋環境中的碳通量與循環，又以陸棚海域最為重要，雖然陸棚面積僅佔全球海洋面積約 15%，但卻由於有河川注入富含營養鹽的淡水，使得其基礎生產力可高達海洋基礎生產力的 30 ~ 50%

( Gattuso *et al.*, 1998 ) , 這可解釋為何有高達 90% 以上的的漁業資源源自陸棚海域 ( Liu *et al.*, 2000b ) 由於陸棚海域的高新生產力 ( new production ) 和高輸出生產力 ( export production ) , 使得陸棚海域在全球碳通量的循環中佔有不容忽視的地位 ( Gattuso *et al.*, 1998 ) 。此外 , 因陸棚海域具有較高的基礎生產力 , 故一般認為它是大氣二氧化碳的「匯 ( sink )」 ( Tsunogia, 1999 ) , 表示陸棚海域具有吸收儲存大氣中二氧化碳的能力 , 但由於陸棚海域本身容易受到潮汐、環流、生地化循環、及人類活動干擾等影響 , 使其生態系統變得相當複雜 , 這也使得陸棚海域碳通量的研究變得相當困難 , 再則相關資料並不完整 , 更突顯陸棚海域碳通量研究的急迫性 ( Liu *et al.*, 2000a ) 。

東海陸棚位於台灣北部海域 , 與黃海、渤海形成一連續的陸棚 , 其面積大約為  $0.5 \times 10^6 \text{ km}^2$  , 是全球重要的大型陸棚之一 , 陸棚內豐富的營養鹽相對的造就了相當高的初級生產力 , 使得東海陸棚成為中國沿岸主要的漁場之一。先前研究指出 , 東海陸棚無機營養鹽的供應來源主要包括 : 長江及黃河所注入的高營養鹽淡水 ( Milliman and Meade, 1983 ) , 其每年注入東海陸棚的淡水可達  $1.1 \times 10^{12} \text{ m}^3 \text{ yr}^{-1}$  , 其中長江佔了 85% ( Zhang, 1996 ) ; 此外 , 台灣海峽水及黃海水亦帶來豐富的無機營養鹽 ; 另外 , 台灣東北海域由黑潮次表層水 ( 100 ~ 1000 m ) 撞擊陸棚邊緣而產生的湧升現象 , 將深層海水中的營養鹽帶至淺

層海水 (Chuang *et al.*, 1994) , 也是東海陸棚海域重要的營養鹽來源。由於受到富含營養鹽水注入的影響 , Peng *et al.* (1999) 指出每年經由東海陸棚輸送至大洋的碳通量約為  $3.9 \pm 3.6 \text{ mol m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$  , 故認為東海陸棚是碳「匯」( sink ) 而非碳「源」( source )。若假設全球陸棚海域碳循環的情形與東海陸棚相似 , 則全球陸棚海域對於二氧化碳的淨吸收量每年可達  $0.6-1.0 \text{ Gt C yr}^{-1}$  , 約是目前估算全球海洋對人為製造二氧化碳吸收量的 30-50% 之間 (Tsunogai *et al.*, 1999) , 更突顯陸棚生態系內的碳通量及其循環過程對估算全球碳通量的重要性。然而 , 目前東海生物源有機碳循環的相關研究 , 僅有 Chen *et al.* (2003, 2006) 說明夏季與秋季為一個異營的系統 , 顯示此時的東海為碳的源 (carbon source) , 其結果顯示東海是碳「源」或「匯」可能取決於生物與物理因子交互作用的結果 , 而 Peng *et al.* (1999) 認為東海陸棚有機碳有輸出與埋藏至沉積物的通量 , 故東海應為碳的匯 (carbon sink)。因此 , 東海陸棚是碳「源」或「匯」的問題仍待進一步釐清。

碳通量的研究中 , 又以生物源有機碳的生成、消耗、和循環為研究的重點所在 , 其中浮游生物群聚呼吸率 ( Planktonic community respiration , PCR ) 是測量有機碳消耗的主要方法 , 要探討生態系中碳通量的問題 , 它是不可或缺的一環。浮游生物群聚包括 : 細菌、浮游植物、浮游動物、和原生動物等都是群聚呼吸率的主要貢獻者

(Kemp *et al.*, 1994 ; Liu *et al.*, 2000a)。此外，生物的呼吸作用亦會受到物理（如溫度；Hopkinson, 1985 ; Sampou and Kemp, 1994）、生理（Sampou and Kemp, 1994）、和生物及化學等因子的調控（例如有機碳的供應速率及群聚生物量的大小等；Robinson *et al.*, 2002），加上浮游生物群聚組成的不同，使得影響群聚呼吸率時空變異的因素變得異常複雜，因此在什麼情況下，何種控制因子影響最大或是哪些因子會直接或間接影響群聚呼吸率，則有待進一步的探討。

本研究地點為東海陸棚南部海域，此海域主要受到高溫、高鹽的黑潮水、台灣暖流、和低溫且低鹽的中國沿岸流等的影響，另外陸棚海域也易受到人為活動的影響，因而使得此海域本身的物理、化學及生物等水文因子，有著複雜的季節性與空間之變異（Gong *et al.*, 2003）。針對上述問題，本研究主要藉由完整年週期（一年四季）的研究調查，期望釐清群聚呼吸率在東海南部海域的季節變異情形。在空間變異的探討上，由於本研究設定的測線，主要受到大陸沿岸水、台灣海峽水、及黑潮水的影響，故主要依據鹽度及溫度的特性，將測線上的14個測站，區分為大陸沿岸水、台灣海峽水、及黑潮水，並個別分析此三水團的群聚呼吸率及其相關參數的變異情形，進而探討影響群聚呼吸率空間變化的可能因素。