

專題報導

生物海洋學研究新利器—生理與分子生物技術

海洋浮游植物為重要的初級生產者，其藉由光合作用固定之有機碳，大約可占全球基礎生產量之50%。這些碳除了可以提供魚蝦生長的能量來源外，對於地球溫室效應的減緩，也有極大的功勞。因此，研究海水中浮游植物生長狀態，便成為研究海洋生態與海洋生地化循環最基礎的工作，此外這些資訊對於海洋漁業也極為重要。浮游植物對於環境因子變化的反應，以往就是以細胞生長或死亡方式來偵測。但是其細節部分，例如：是何種環境因子造成生物體有如此的反應，過往都依靠物理與化學等數據分析間接推論。然而，這樣的方式就有如莊子與惠子於橋上爭辯水中魚群快樂與否的故事一般，都是相對主觀的評斷，並非直接由生物體自身對於周遭環境變化的反應所下的結論。分子生物相關技術應用於海洋生地化相關研究始於20世紀末，至今也只有不到20年的時間。其優點是可以直接呈現微生物細胞本身對於各特定環境因子的反應，足以彌補過往傳統海洋生地化相關研究技術的不足。尤其在邁入後基因體時代的今天，高通量核酸定序技術與其他相關分子生物技術的發展純熟，使得我們更得以完整一窺環境變遷對於海洋微生物生理代謝以及族群變遷之影響。

海大海洋中心在頂尖大學計畫支助下，支持張正教授實驗室探討東海生態系中營養鹽的來源如何影響浮游藻類的生長。同時支持鍾至青助理教授實驗室利用分子生物相關技術，解析副熱帶西北太平洋常見極端氣候事件對於海洋浮游植物生態的影響，成果簡單條列如下：

磷酸鹽供應模式限制海洋浮游藻類的生長

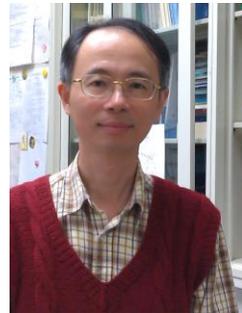
張正教授此項研究的動機是因為以往文獻報導長江沖淡水中的磷酸鹽比例偏低，可能成為浮游藻類生長的限制因子。基於東海在碳循環和漁業上的重要性，實地測量磷酸鹽限制的強度、區域、與時段可以幫助我們瞭解海洋食物網的運作模式，預測生態系在環境變遷下的反應，並制定正確的保育政策。

1. 浮游藻類缺乏磷酸鹽的指標

浮游藻類在產生新細胞時，必須自海水中吸收磷酸鹽製造細胞內含物，當環境中的無機磷酸鹽被利用殆盡後，浮游藻類就被迫使用有機磷。但是浮游藻類並不能直接利用有機磷，而是產生酵素來釋出有機結構中的磷酸根，然後再吸收磷酸根供細胞利用，此種酵素稱為鹼性磷酸酶，其活性的強弱可作為判斷浮游藻類是否缺磷的工具。另外本研究又測量光合作用最大量子效率 (F_v/F_m) 做為營養鹽缺乏的一般性指標，因為浮游藻類在缺乏氮、磷、矽、或鐵時均會使量子效率下降。

2. 東海夏季矽藻和渦鞭藻缺乏磷酸鹽的區域

2005~2008年間於每年夏季利用研究船造訪東海各測站，並收集體型大於20 μm 的浮游藻類樣本，主要的種類組成是矽藻和渦鞭藻。測量結果顯示長江排放水中含有高濃度的營養鹽，但是氮磷比例偏高(圖一，以R標示處)。當河水和外海海水逐漸混合，就會使磷酸鹽濃度在陸棚中央降至0.2 μM 以下，此處浮游藻類的鹼性磷酸酶活性明顯上升，量子效率卻呈現低值(光合作用電子傳輸率降低)，是缺乏磷酸鹽並影響光合作用的徵兆。另一方面，夏季的大陸沿岸常會有湧升現象(圖一，以U標示處)，成為一個不同的營養鹽來源，但是此處的氮磷比例落於正常範圍中。當湧升的海水在跨陸棚的方向產生混合，營養鹽的逐步消耗導致量子效率往外海方向降低(光合作用傳輸率逐漸降低)(圖一b)，但伴隨的鹼性磷酸酶活性卻不會升高(圖一a)。



海洋生物研究所
張正教授



海洋生物研究所
劉虹君博士

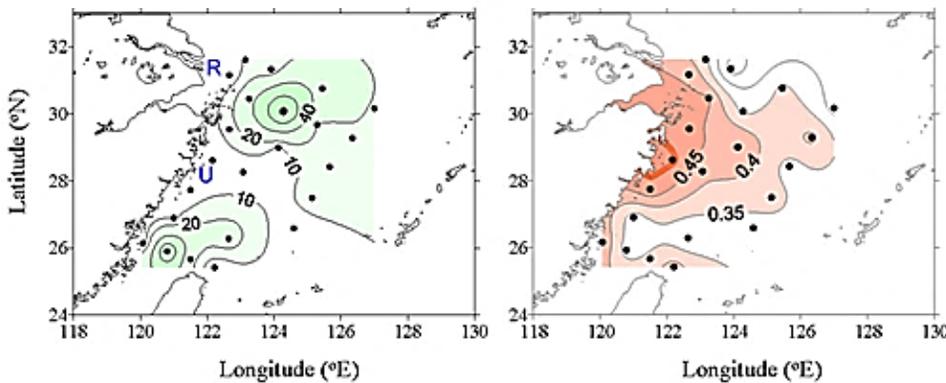
海洋中心電子報

CENTER OF EXCELLENCE FOR THE OCEANS

由以上結果可知，長江會將高氮磷比營養鹽帶入東海陸棚水域，所以在受其影響之外洋水域，微型浮游植物(例如矽藻)的磷酸鹽限制情況會逐漸明顯。另一方面受沿岸湧升流影響的海水，當營養鹽的逐步消耗會導致光合作用效率下降，但不會產生磷不足狀態。

a. 鹼性磷酸酶活性

b. 光合作用最大量子效率



圖一：東海海域在2007年夏季之 (a) 鹼性磷酸酶活性以及 (b) 光合作用最大量子效率的空間分佈。鹼性磷酸酶活性的單位是： $\text{pmol PO}_4^{3-} \cdot (\text{mg Chl. a})^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。(摘自Liu et al. 2013. *Continental Shelf Research* 60: 104-112)

極端環境對微型植物性浮游生物之影響

1. 亞洲沙塵暴對於黑潮超微浮游植物生態的影響

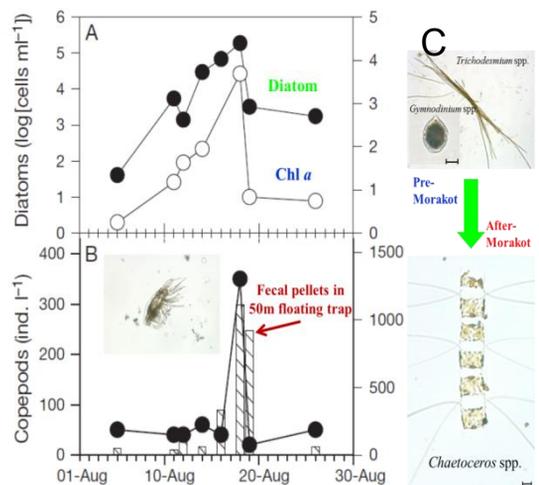
臺灣東北海域每年春天都會受到亞洲沙塵暴的影響，然而由於沙塵暴常伴隨旺盛的東北季風南下，衍生的狂濤駭浪使得海上現場觀測不易進行。但為了徹底瞭解亞洲沙塵暴對於海洋浮游植物生態的影響，海大東海長期觀測與研究團隊克服萬難，於2006年沙塵暴旺盛的春季期間，在貧營養鹽的黑潮水域進行了為期1個月的密集海上觀測。經由新穎分子指標基因檢測技術，我們首度發現在東北季風與亞洲沙塵暴的共伴效應下，超微浮游植物生長受到營養鹽限制的現象不僅可以舒緩，並也進而促使原本僅在富營養鹽沿岸水域生活的聚球藻族群得以在此貧營養鹽的黑潮表水域發生短暫大量增生的現象 (Chung et al. 2011 *Mar. Biotechnol.* 13:751-76)。

2. 莫拉克颱風對於臺灣東北角海域浮游植物生態的影響

2009年莫拉克颱風重創臺灣，海大東海長期觀測與研究團隊，不畏颱風期間海上強勁風浪的危險，於颱風前後持續進行海上觀測，發現颱風可以增加北方三島海域黑潮的湧升作用，同時伴隨著南部洪水入海往北漂送至北方三島海域的效應，改變了浮游植物的種類組成，由原本在該水域佔有優勢地位的小型渦鞭毛藻 (*Gymnodinium* spp.) 以及會行固氮作用的束毛藻 (*Trichodesmium* spp.)，轉變成大型鏈狀的矽藻 (*Chaetoceros* spp.)，而後，並進一步吸引大量螞腳類生物予以攝食 (圖二)，推測這樣的改變將大幅提升了當地海域的海洋生產力與吸收二氧化碳的能力 (Chung et al. 2012 *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 448:39-49)。



海洋環境化學與生態研究所
鍾至青助理教授



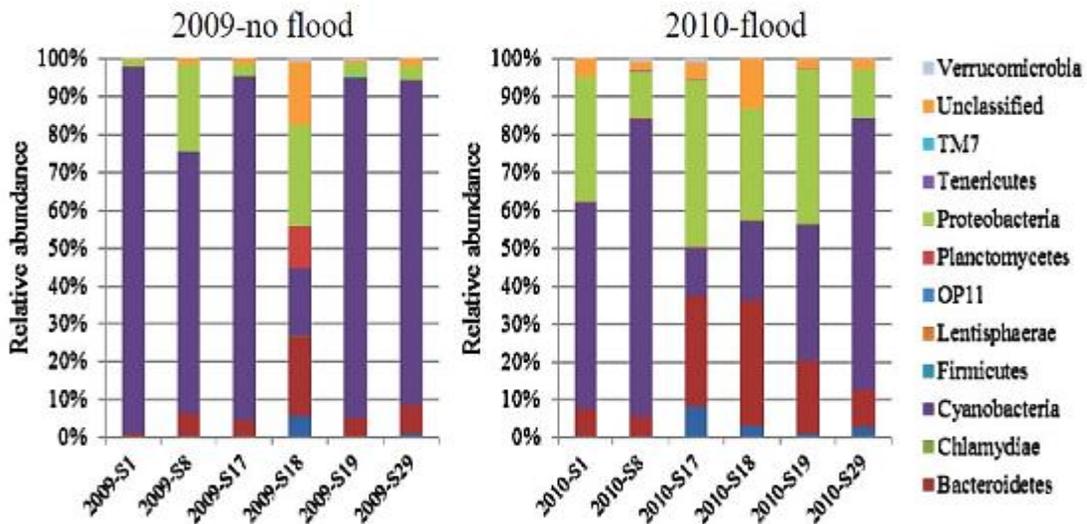
圖二：莫拉克颱風經過前後 (A) 表水葉綠素濃度與矽藻豐度之關係、(B) 表水螞腳類豐度與其沉降至水深50公尺處排遺濃度之關係。(C) 颱風前後表水中的具有代表性的優勢藻種圖 (圖中的表尺長度表示10 μm)。

海洋中心電子報

CENTER OF EXCELLENCE FOR THE OCEANS

3. 長江大洪水對於東海原核浮游生物生態的影響

利用海洋中心建構的Roche GS FLX+高通量核酸定序平台，我們成功地解析2010年長江流域發生百年難得一見的大洪災，顯著地影響了東海表水超微原核浮游植物以及細菌的族群動態。結果顯示，在平常的夏季時（2009年），東海表水中原核浮游生物是以超微藍綠細菌（pico-cyanobacteria）為優勢族群；但在2010年長江大洪水發生後，異營性細菌，尤其是Proteobacteria這類的細菌，其數量有大幅增加的現象（圖三）。推測造成這樣現象的原因除了是大量淡水注入東海時，顯著地降低東海表水鹽度至千分之31以下外，隨著淡水攜入至東海水域的大量泥沙以及各類重金屬汙染物也可能是造成浮游植物生態如此劇烈改變的重要環境因子（Chung et al. 2013, epub ahead of print; Chung et al 2014, in preparation）。



圖三、以高通量定序技術大規模分析2009 (典型夏天期間) 與2010年(長江大洪水夏天期間)時，東海表水超微原核浮游生物16S rDNA V6~V9 序列多樣性組成。

中心業務報告

1. 恭喜龔紘毅老師研發之「基因轉殖粉紅神仙魚品系」及新開發的「多轉基因插入位點鑑定技術」技轉給芝林生物科技股份有限公司，此次技轉五年非專屬授權授權金為30萬，但重點是此次技轉有加列產品（基因轉殖螢光粉紅神仙魚品系）上市後之衍生利益金5%。
2. 2014年1-3月中心團隊成員發表於優良期刊列表：

編號	標題	作者	IF	領域	領域排名	領域總數	TOP %
1	Chung, C.C., Huang, C.Y., Gong, G.C., and Lin, Y.C. (2014). Influence of the Changjiang River Flood on Synechococcus Ecology in the Surface Waters of the East China Sea. <i>Microb Ecol</i> 67, 273-285.	鍾至青 龔國慶	3.277	MARINE & FRESHWATER BIOLOGY	7	100	7.0
2	Tzou, W.-S., Chu, Y., Lin, T.-Y., Hu, C.-H., Pai, T.-W., Liu, H.-F., Lin, H.-J., Cases, I., Rojas, A., Sanchez, M., et al. (2014). Molecular Evolution of Multiple-Level Control of Heme Biosynthesis Pathway in Animal Kingdom. <i>PLoS One</i> 9.	鄒文雄 胡清華 白敦文 林翰佳	3.73	MULTIDISCIPLINARY SCIENCES	7	56	12.5