

東海中微型浮游植物的生長是否受到磷的限制： 磷限制海域之區塊分佈

劉虹君¹ 龔國慶² 張正¹

- 1.國立台灣海洋大學海洋生物研究所
- 2.國立台灣海洋大學環境化學與生態研究所

摘要

本研究的目的是了解東海浮游植物生長受到磷限制的區域，利用海研二號 1360 航次於 2006 年 6 月 23 日 ~ 7 月 4 日進行觀測，並使用鹼性磷酸酶活性 (APA) 和無機磷添加實驗的結果來判定東海浮游植物是否受到磷限制。依據鹼性磷酸酶活性的結果，可觀察到 APA 的高值均出現在離長江口較遠以及最靠近黑潮測線右上角的區域；其中最高的測值出現在 23 站，可高達 $1414 \text{ fmole PO}_4^{3-} (\text{ng Chl. } a)^{-1} \text{ min}^{-1}$ 。在背景資料方面，31 psu 的等鹽度線可從長江口延伸到超過陸棚中線的位置，這表示淡水輸出所能影響的範圍幾乎涵蓋了一半以上的北部測站；其他背景資料，像是總氮、磷酸鹽的最高測值也都出現在等鹽度線 31 psu 以內。上述的資料顯示淡水的輸出所帶來豐富的營養鹽使得河口和沿岸附近的浮游植物得以大量生長。然而，經由本實驗利用鹼性磷酸酶活性和 APA 絕對值皆為 10 所區分出來的缺磷測站，都是分佈在東海北部和靠近黑潮的區域，與利用 Wong *et al.* (1998) 之公式算出的氮過剩的區域並不一致。因此，根據本實驗結果顯示東海浮游植物的生長會受到磷限制的區域應為長江沖淡水外緣的區域，而非氮過剩的區域。

前言

浮游植物具有光合色素，能進行光合作用自行產生能量，是自營性浮游生物，也是海洋中初級生產量的主要來源。但是初級生產量常受到環境因子的限制，而磷便是一個常見的限制因子。磷是生物體必需的元素之一，功能是合成核酸、磷脂質、ATP 和數種輔酶。若是環境中缺乏磷，浮游植物會因為無法正常製造遺傳物質和合成細胞膜來行使細胞分裂而讓生長受到限制 (Shimogawara, 1999)。

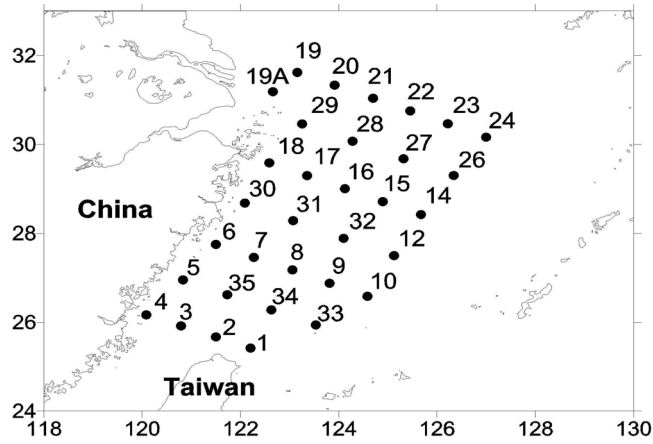
以磷酸鹽吸收而言，浮游植物會優先利用水中的無機磷酸鹽，當環境中的無機磷酸鹽被利用減少至某一濃度，浮植就會被迫使用有機磷 (Perry, 1972)。但是浮游植物並不能直接利用有機磷，而是產生酵素來分解有機結構和磷酸根之間的鍵結，然後細胞再吸收分解出來的無機磷酸鹽，此種酵素稱為鹼性磷酸酶 (alkaline phosphatase)。Healey (1979) 發現這種酵素是在細胞的表面作用，其活性主要是受到細胞外磷酸鹽濃度的影響 (Boekel, 1990)，因此有學者建議利用鹼性磷酸酶活性作為判斷浮游植物是否缺磷的工具 (Berman, 1970)。在實驗方法上，可加入特製的有機磷酸鹽為受質，當受到鹼性磷酸酶的作用切除磷酸根後，其有

機結構部分會呈現顏色或發出螢光，此時再利用分光光度計或螢光光度計來測量樣本的吸光值或螢光值，作為定量鹼性磷酸酶的活性依據 (Perry, 1972)。

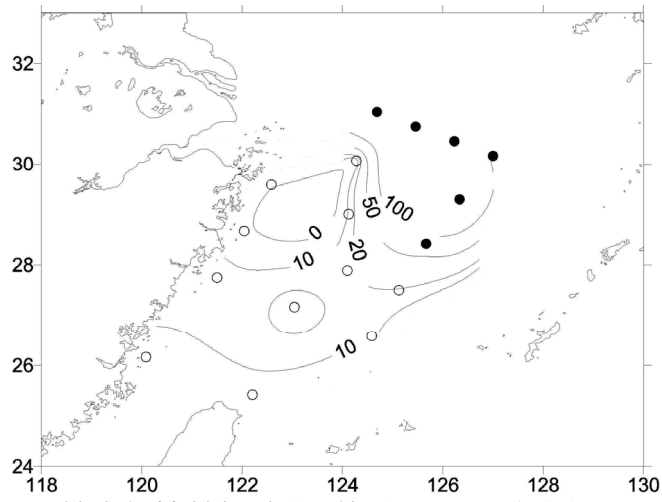
東海位於世界五大漁場中的西北太平洋漁場內，研究發現環境中的浮游植物會被橈足類或其他小型的浮游動物所攝食，而浮游動物又會被魚群所捕食，故浮游植物的多寡便會限制了漁場的大小。Wong等人於1998年觀察到東海有氮源過剩的現象，因此推測東海有可能會是一個受到磷限制的海域，而東海浮游植物是否受到磷限制會影響東海漁場的穩定性。因此，本研究於2006年6月23日 ~ 7月4日利用海研二號1360航次進行觀測，並使用鹼性磷酸酶活性和無機磷添加實驗的結果來判定東海浮游植物是否受到磷限制。

參考書目

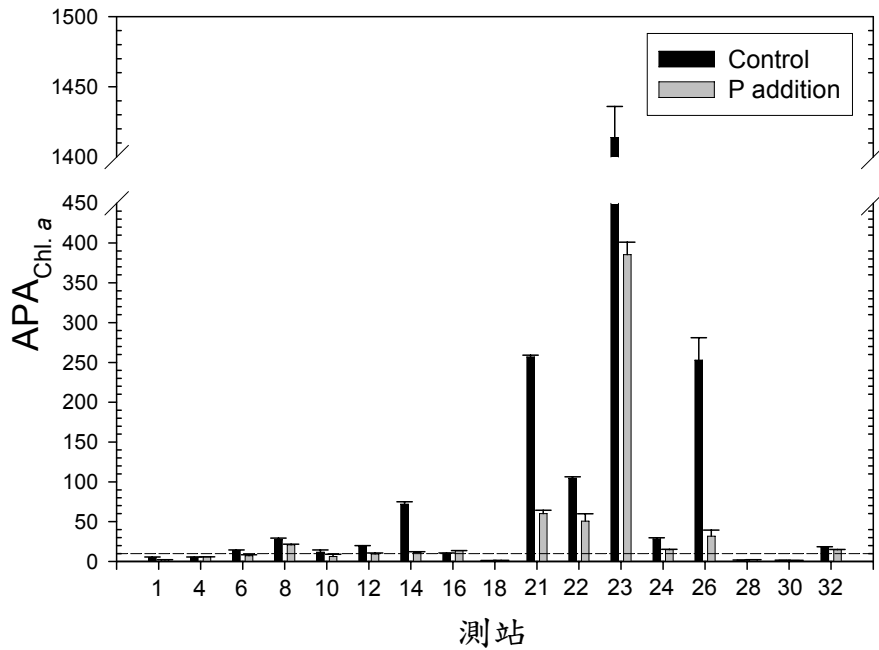
- Berman, T. 1970. Alkaline phosphatase and phosphorous availability in Lake Kinneret. *Limnology Oceanography*, 15:663-674.
- Boekel, W.H.M.V., and M.J.W. Veldhuis. 1990. Regulation of alkaline phosphatase synthesis in *Phaeocystis* sp. *Marine ecology Progress Series*, 61:281-289.
- Dyhrman, S.T. and K.C. Ruttenberg. 2006. Presence and regulation of alkaline phosphatase activity in eukaryotic phytoplankton from the costal ocean: implications for dissolved organic phosphorous remineralization. *Limnology Oceanography*, 51:1381-1390.
- Gong, G.-C., Y.-L. Lee Chen, and K.K. Liu. 1996. Chemical hydrography and chlorophyll a distribution in the East China Sea in summer: implications in nutrient dynamics. *Continental Shelf Research*, 16:1561-1590.
- Harrison, P.J., M.H. Hu, Y.P. Yang, and X. Lu. 1990. Phosphate limitation in estuarine and coastal waters of China. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 140:79-87.
- Healey, R.E., and L.L. Hendzel. 1979. Fluorometric measurement of alkaline phosphatase activity in algae. *Freshwater Biology*, 9:429-439.
- Perry, M.J. 1972. Alkaline phosphatase activity in subtropical Central North Pacific waters using a sensitive fluorometric method. *Marine Biology*, 15:113-119.
- Ruttenberg, K.C. and S.T. Dyhrman. 2005. Temporal and spatial variability of dissolved organic and inorganic phosphorous, and metrics of phosphorous bioavailability in an upwelling-dominated costal system. *Journal of Geophysical Research*, 110:1-22.
- Shimogawara, K., D.D. Wykoff, H. Usuda, and A.R. Grossman. 1999. *Chlamydomonas reinhardtii* mutants abnormal in their responses to phosphorous deprivation. *Plant Physiology*, 120:685-693.
- Wong, G.T.F., G.-C. Gong, K.K. Liu, and S.C. Pai. 1998. 'Excess Nitrate' in the East China Sea. *Estuarine Coastal Shelf Science*, 46:411-418.



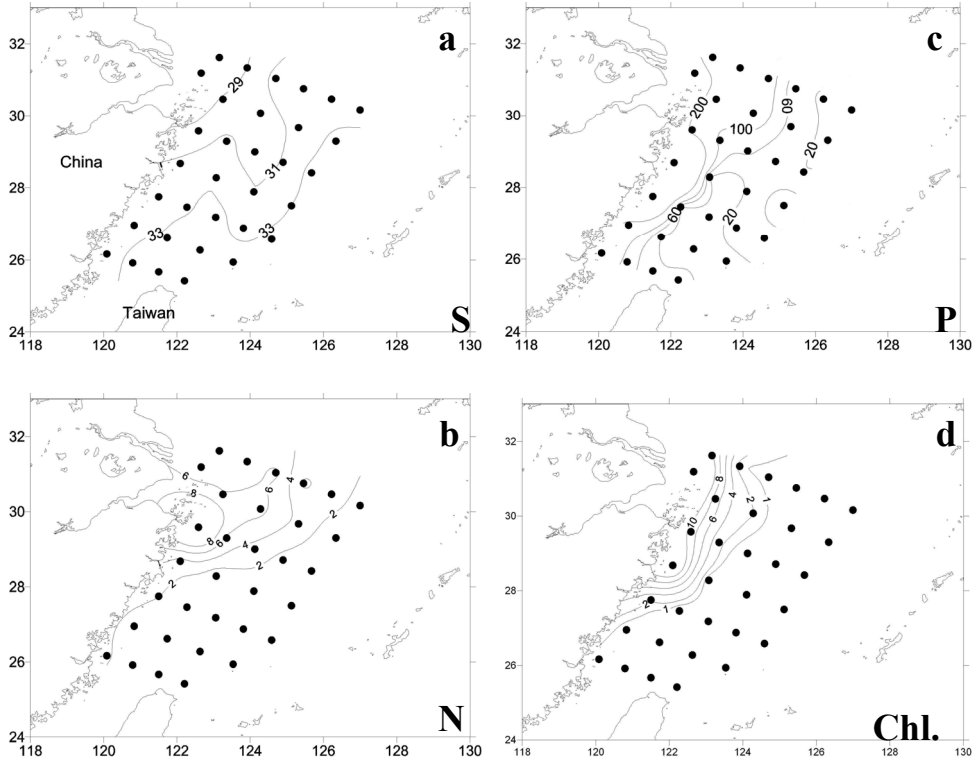
圖一、海研二號1360航次東海測站圖



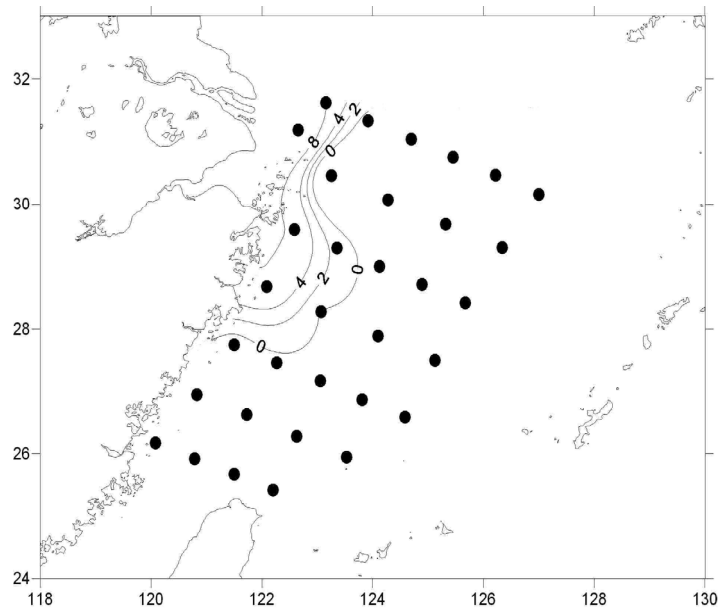
圖二、2006年1360航次依據鹼性磷酸活性和 Δ APA均大於10 fmole PO_4^{3-} (ng Chl. a)⁻¹ min⁻¹定義出浮游植物受到磷酸鹽限制缺的測站分布圖(○非磷限制的測站●磷限制的測站)。



圖三、2006年1360航次17個測站測量浮游植物在控制組和磷添加組中鹼性磷酸酶活性的變化圖(黑色直條為控制組、灰色直條為磷添加組)。



圖四、2006年1360航次的背景資料分佈圖 (a) 海水鹽度(psu) (b) 總氮濃度(μM) (c) 磷酸鹽濃度(nM) (d) 葉綠素($\mu\text{g L}^{-1}$)。



圖五、2006年1360航次過剩總氮濃度的分佈圖。