



姓名：林依依

學歷：

台北市立第一女子高級中學
國立台灣大學大氣科學系
英國劍橋大學博士 (1995)

現職及經歷：

新加坡大學遙測中心擔任科學家
國家海洋科學研究中心擔任助研究員 (2000)
國立台灣大學大氣科學系擔任助理教授 (2004/08)



著作名稱：

1. I.-I. Lin, W. T. Liu, C.-C. Wu, G. T.-F. Wong, C. Hu, Z. Chen, W.-D. Liang, Y. Yang, and K.-K. Liu (2003) New evidence for enhanced ocean primary production triggered by tropical cyclone. *Geophysical Research Letters*, vol. 30, 1718, doi:10.1029/2003GL017141.
2. I.-I. Lin, W. T. Liu, C.-C. Wu, J. C. H. Chiang and C.-H. Sui (2003) Satellite observations of modulation of surface winds by typhoon-induced upper ocean cooling. *Geophysical Research Letters*, vol. 30, no. 3, 1131, doi:10.1029/2002GL015674.

中文簡介：

本研究整合先進的多重遙測技術與模式，利用時間序列的觀測資料，以解決過去在颱風期間由於觀測上的極度困難而一直無法量化處理的科研議題。

此研究於2002年12月獲邀在American Geophysical Union Fall meeting (美國地科協會秋季年會) 發表，相關新聞亦見於CNN、美聯社及國家地理雜誌等媒體的報導。此研究成果亦受科學界重視，相關論文分別在2003年2月及7月由國際科學期刊 *Geophysical Research Letters* 刊登，並在3月13日及8月7日獲國際知名之 *Nature* 雜誌報導，在2004年NASA並於其十週年地球觀

測特刊報導，引起各界的注目。以下即針對上述研究成果進行扼要介紹。

颱風與海洋之間的物理、生物及地球化學交互作用之相關機制及過程極為複雜多元，其變化速率也極為快速。雖然這可能是氣候及環境變遷領域中的關鍵性科研議題，在台灣的相關研究卻相當有限，目前這個課題最大的挑戰在於定量理解這些物理、生物及地球化學的耦合系統(coupling system)之交互作用(interaction)及反饋(feedback)。欲進行定量研究，足夠的觀測資料為其先決條件。遺憾的是，定點船測資料無法提供足夠之空間與時間上的觀測，來描述這些變化快速的物生地化海氣過程及機制。我們亟需一整套系統化、並能同時同地測量之完整物生地化參數。隨著遙測科學及技術的進步，達成一定程度之上述觀測目標已為可行。

我們的重點在利用先進(advanced)遙測技術的整合(synergy)，來解決具科學挑戰性但過去無法探討的問題。在過去一年，我們針對兩項科研議題進行研究，並獲得相當突破成果。

議題一：颱風引起的生地化反應對海洋初級生產力的影響

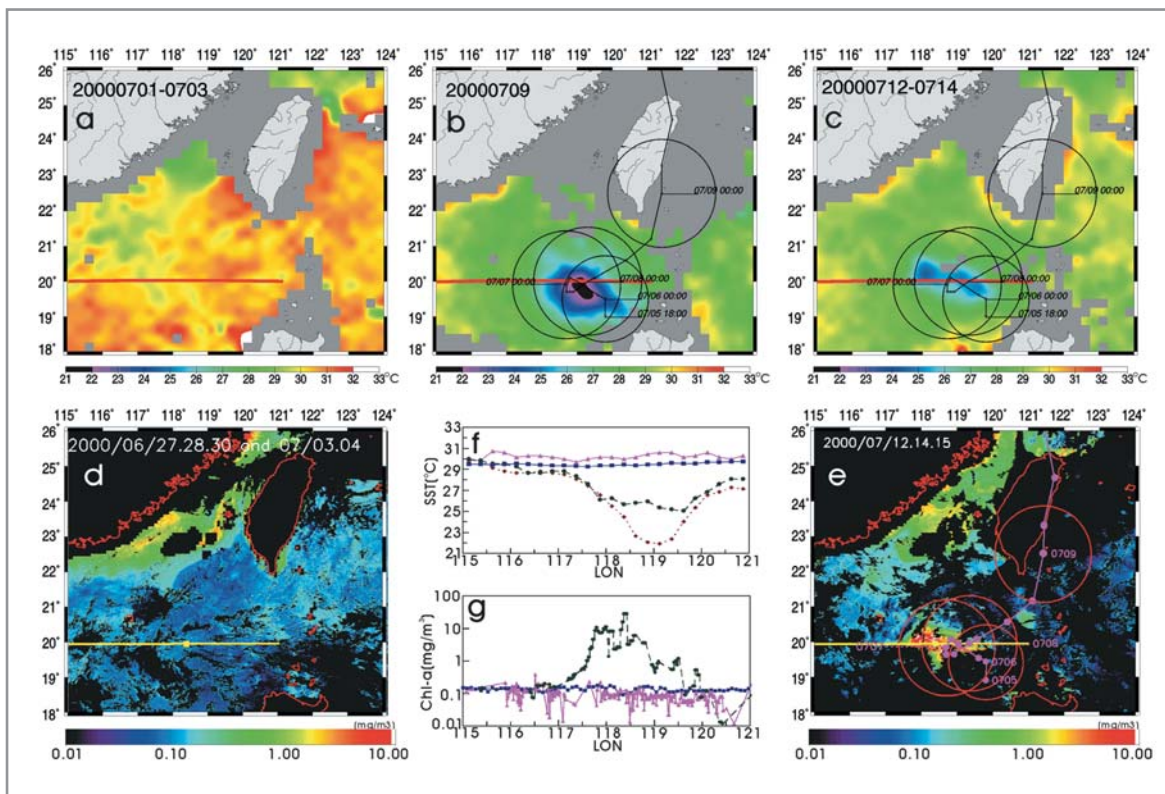
海洋初級生產力是地球氣候及環境系統的重要部份，因為浮游生物影響二氧化碳的吸收，而二氧化碳為重要的溫室效應因子，過去對於這方面的研究非常困難。關於颱風是否為一個可能引起海洋初級生產力增加的機制，有很多的猜測。因為颱風的強風能使海洋中富含營養鹽的深層水，移動至富有充足陽光的表層水行光合作用，而增進初級生產力。但是，過去測量海洋初級生產力一般

主要依賴船測，而傳統的船測方式無法在颱風期間作業，或在颱風過後的幾天內即時趕到現象發生的現場進行觀測。

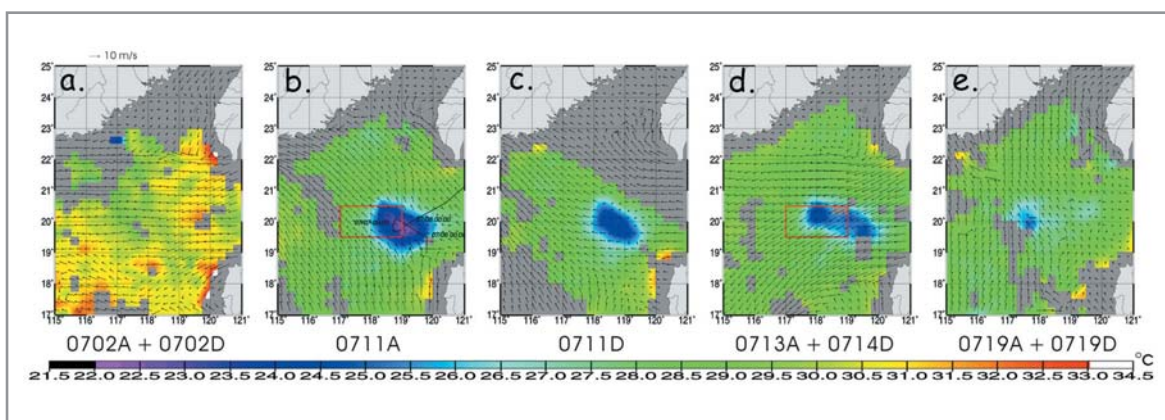
因此對於颱風引起的生地化反應及初級生產力，一直無法實施有系統的量化研究。隨著衛星遙測技術的進步，利用先進多重遙測技術及模式的整合，我們已能突破這些瓶頸。使用新的 TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission) 衛星 TMI (TRMM Microwave imager) 設備，將穿透雲的微波表水溫資料，NASA QuikSCAT 海水表面風場、NASA SeaWiFS 水色資料與海洋模式配合，發現了颱風對南中國海初級生產力的顯著影響。

颱風可能每年提供南海20-30%初級新生產力：

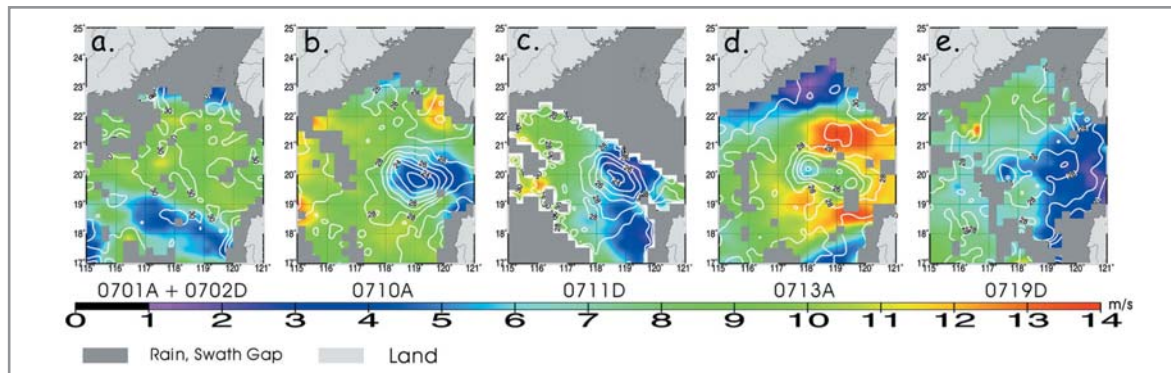
此研究發現(如圖一)，2000年7月中度颱風啟德在南海短暫停留三天的期間，引起海中強烈的湧昇(upwelling)現象(如圖二)，使海平面50公尺以下寒冷及富含營養鹽的海水上升到海面，使得以營養鹽維生的浮游植物數量遽增，造成葉綠素濃度增加30倍，年度新生產力增加2-4%，同時海表水溫度下降9°C之劇。以此結果推測，以南海每年平均有14個熱帶氣團或颱風經過，對南海年度新生產力可能的貢獻可達20-30%之多。如此顯著的影響，長久以來科學家卻因缺乏資料數據而忽略不計。以上研究詳見林及其他(Lin et. al, 2003)的論文New evidence for enhanced ocean primary production triggered by tropical cyclone (Geophys. Res. Lett. doi: 10.1029/2003GL017141 (2003年7月))及Nature news and views in brief (2003年8月7日)。



圖一：TRMM 衛星穿透雲的微波表水溫資料顯示，颱風啟德經過前（2000年7月1-3日平均圖，圖一(a)），南海表面為30-31°C的暖水所覆蓋。但在啟德颱風經過（2000年7月4-8日）後（2000年7月9日）表水溫下降至21-23°C，有9°C的劇烈表水溫下降。圖一(c)顯示此冷水團在一週後（2000年7月12-14日）逐漸消失，但仍有25-26°C左右的低溫；圖一(d)為NASA SeaWiFS 水色衛星，顯示颱風來前（2000年6月27日至7月4日平均圖）南海葉綠素甲（chlorophyll-a）濃度為典型的夏季低值，約為0.1mg/m³，但在颱風過後，暴風圈內之葉綠素濃度即暴增至3-10 mg/m³，有30-100倍之劇烈增加；圖一(f)為沿著圖一(a)、(b)、(c)之紅橫線之表水溫變化與氣候平均值（藍線）的比較；圖一(g)為葉綠素中沿著圖一(d)及圖一(e)之黃橫線與氣候平均值（藍線）之比較，顯示颱風所引起的巨大變化。



圖二：如前圖一(a)至圖一(c)所述，顯示啟德颱風經過前（圖二(a)）及後兩週間（圖二(b-e)），TRMM 衛星所觀測到的海水溫度變化，顯示颱風引起之冷水團（118-120°E，19-20.5°N，2000年7月11日）由21°C之低溫（圖二(b)）漸漸回復至較溫暖（20°C）的狀態（圖二(e)，2000年7月19日）。



圖三：則為對應圖二的 NASA Quikscat 風速圖，顯示在颱風來前（圖三(a)），邊界層風速與水溫並無明顯的相關性，但在颱風過後（圖三(b-e)），即可見在颱風引起之冷水團(118-120°E，19-21°N)上方風速比周圍顯著減弱。

議題二：颱風冷卻海面的同時，每 1°C 減弱每秒 1 米(1m/s)的風速

另一個研究課題則是探討颱風過後的後續海氣交互作用過程(如圖二及圖三)。熱帶海洋供給颱風生成的能量，當颱風形成後又作用(impact)於熱帶海洋，將深層的冷海水帶至海洋表面，引起海水表面溫度的降低，衛星觀測發現此冷卻現象可達攝氏 6 度(°C)之劇，而颱風離開後此冷卻現象繼續留在海面上慢慢消失，整個過程可達兩週。此論文發現，這種颱風引起的海洋冷卻現象會再度反饋至大氣，而形成大氣邊界層風速的顯著減弱。分析兩個不同颱風個案，發現其有共同性，即 1°C 海表溫的冷卻，可以造成風速每秒 1 米 (1m/s) 的減弱。以上研究見林及其他的論文 Satellite observation of modulation of surface winds by typhoon-induced upper ocean cooling(Geophys. Res. Lett. Doi:10.1029/2002GL015674,2003 年 2 月)及 nature news and views in brief (2003 年 3 月 13 日)

致謝

感謝國科會颱風重點研究計畫、國家海

洋科學研究中心及研究團隊，包括：國科會颱風重點研究計畫主持人吳俊傑教授(台大大氣系)、美國太空總署(NASA)資深科學家 Dr. W. Timothy Liu、美國老道名大學(Old Dominion University) 黃天福教授、美國南佛羅里達大學(University of South Florida) 胡傳民博士、美國加州大學柏克萊分校教授 John Chiang、中央大學水文所劉康克教授及隋中興教授、海軍軍官學校海洋科學系梁文德教授、國家海洋科學研究中心楊益博士等。

評審簡評：

林依依博士之代表作發表於地球科學界重要之學術期刊(Geophysical Research Letters)，成功結合生物地球化學、遙測與大氣科學等技術，探討海氣交換作用與颱風之形成與影響，屬先驅型跨領域研究工作，並獲突破性成果，研究成果獲得 Nature "News and Views in Brief" (vol. 422, no. 6928, pp. 132; vol. 425, no. 6949, pp 630)與 CNN 撰文報導推崇，引領國際。