

自然科學簡訊

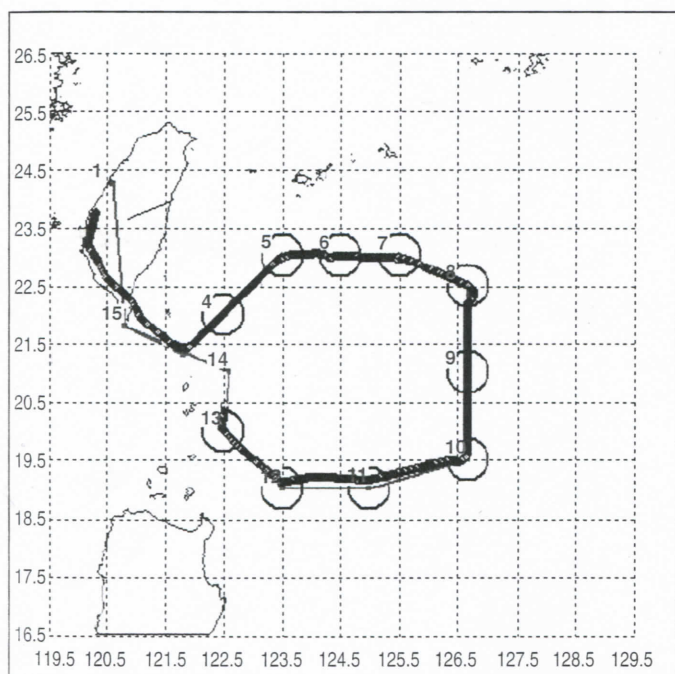
Natural Sciences Newsletter, NSC

第十六卷第一期

中華民國九十三年二月出刊

簡訊文章歡迎轉載

網址：<http://www.nsc.gov.tw/nat/>



封面說明

左圖：「追風計畫」首航杜鵑颱風之飛行路徑圖〈由點 1 至點 15，再回到 1，順時針方向飛行〉。圓圈代表各個投落送之釋放位置。

右上圖：漢翔公司 ASTRA 飛機空中英姿，圓圈處即為投擲之 dropsonde。

臺大圖書館
23-08
(6)

[研究新領域報導]

颱風及海洋物理、生物及地球化學交互作用研究

國家海洋科學研究中心 林依依
國立臺灣大學大氣科學系 吳俊傑

一、前言

『颱風及海洋生物地化交互作用』之研究，由國科會颱風重點研究計畫與國家海洋科學研究中心共同合作，在一年的執行之後獲得顯著的成果。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。

研究團隊涵蓋了臺灣及美國的知名科學家，其中包括：國家海洋科學研究中心林依依博士、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博士後研究員楊益博士等。

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。此研究成果極受科學界重視，相關論文分別在今(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，相繼引起各界的注目。

以下即針對上述研究成果進行扼要介紹。

二、成果簡介

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(如封底裡圖 1)，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(如封底圖 2)，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/ 2003 GL017141 (2003 年 7 月))及 *Nature news and views in brief* (2003 年 8 月 7 日)。

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(如封底圖 3 及封底圖 4)。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:10.1029/2002 GL015674, 2003 年 2 月)及 *nature news and views in brief*(2003 年 3 月 13 日)

三、結語

『颱風及海洋生物地化交互作用』研究乃是國際地球科學界跨領域的一項重大熱門議題，我們有幸能踏上這班研究列車且扮演一些關鍵角色。特別是透過先進多重遙測技術及模式的整合，獲得上述新的突破，並開啓更多有關颱風及海洋生物地化交互作用之新的科學思維。我們計畫進一步將相關遙測資料與概念與數值模式結合，並擴展至颱風強度及氣候反饋問題，相信會持續在此焦點議題上有更多成績。

致謝

感謝國科會自然處楊弘敦處長、劉紹臣教授、劉康克教授、劉家瑄教授及國內外許多相關專家學者之支持與指導，此研究計畫得以順利推展。

參考文獻

- [1] Behrenfeld, M.J. & Falkowski, P.G. Photosynthetic rates derived from satellite based chlorophyll concentration, *Limnology and Oceanography*, 42, 1, 1-20 (1997).
- [2] Bender, M. A., Ginis, I. Real-Case Simulations of Hurricane-Ocean Interaction Using a High_Resolution Coupled Model: Effects on Hurricane Intensity. *Monthly Weather Review* Vol.128 April 2000.
- [3] Eppley, R.W., and Peterson, B.J., Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean, *Nature*, 282, 677-680, 1979.
- [4] Jenkins, W.J. & Goldman, J.C. Seasonal oxygen cycling and primary production in the Sargasso Sea. *J. Mar. Res.* 43, 465-491 (1985).
- [5] Klein, P. & Coste, B. Effects of wind-stress variability on nutrient transport into the mixed layer. *Deep-Sea Res.* 31, 21-57 (1984).
- [6] Lin, I., Liu, W. T., Wu, C. C., Chiang, J. C. H., and Sui, C. H., 2003, *Satellite Observations of Modulation of Surface Winds by Typhoon-Induced Upper Ocean Cooling*, *Geophysical Research Letters*, in press 2003.

- [7] Lin, I., Liu, W. T., Wu, C. C., Wong, G. T. F., Hu, C., Chen, Z., Liang, W. D., Liu, K. K., and Yang, Y., New Evidence for Enhanced Ocean Primary Production Triggered by Tropical Cyclone, Submitted. Geophysical Research Letters, Feb. 2003.
- [8] Liu, W.T., Tang, W., and Polito, P.S., NASA Scatterometer provides global ocean-surface wind fields with more structures than numerical weather prediction, *Geophys. Res. Lett.*, 25, 761-764, 1998.
- [9] Marra, J., Bidigare, R.R. & Dickey, T.D. Nutrients and mixing, chlorophyll and phytoplankton growth. *Deep-Sea Res.* 37, 127-143 (1990).
- [10] McGillicuddy, D.J. Jr. & Robinson, A.R. Eddy-induced nutrient supply and new production in the Sargasso Sea. *Deep-Sea Res. I* 44, 1427-1450 (1997).
- [11] Price, J.F., Weller, R.A., and Pinkel, R., Diurnal cycling: observations and models of the upper ocean response to diurnal heating, cooling, and wind mixing. *J. Geophys. Res.* 91, 8411-8427, (1986).
- [12] Schulenberger, E. & Reid, J.L. The Pacific shallow oxygen maximum, deep chlorophyll maximum, and primary productivity, reconsidered. *Deep-Sea Res. A* 28, 901-919 (1981).
- [13] Shay, L. K., Black, P. G., Mariano, A. K., Hawkins, J. D. And Elsberry, R. L.. Upper Ocean Response to Hurricane Gilbert. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 97no.C12 Pages 20227-20248 December 15, 1992.
- [14] Uz B.M., Yoder, J.A. & Osychny, V. Pumping of nutrients to ocean surface waters by the action of propagating planetary waves. *Nature*, 409, 597-600 (2001).
- [15] Wentz, F. J., Gentemann, C., Smith, D., Chelton D.. Satellite measurements of sea surface temperature through clouds. 5 May 2000 vol. 288 *Science*, www.sciencemag.org.

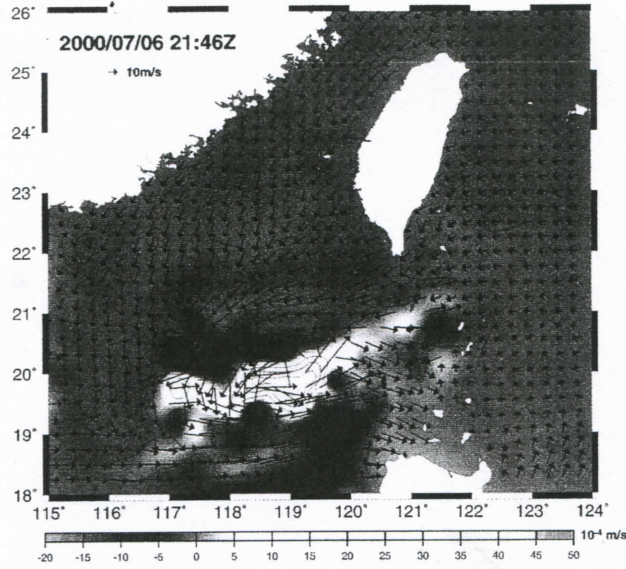


圖 2 用 NASA Quikscat 颱風風場資料所算出的湧昇速率，顯示在啓德經過的區域(117-120°E，19-20.5°N)有強烈的湧昇流，上升速度約為 $30-40 \times 10^4$ m/s。

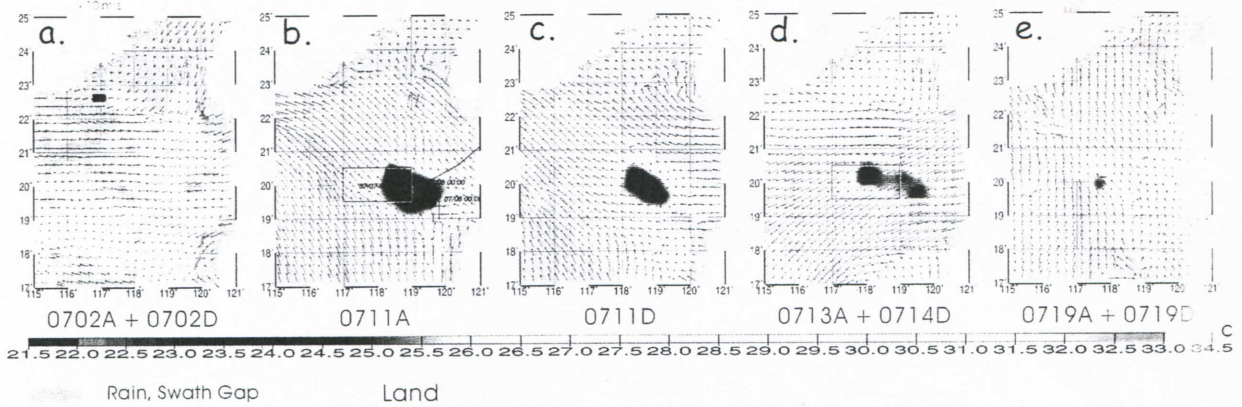


圖 3 如前圖 1a 至 1c 所述，顯示啓德颱風經過前(圖 3a)及後兩週間(圖 3b-3e)，TRMM 衛星所觀測到的海水溫度變化，顯示颱風引起之冷水團(118-120°E，19-20.5°N，2000 年 7 月 11 日)由 21°C 之低溫(圖 3b)漸漸回復至較溫暖(20°C)的狀態(圖 3e，2000 年 7 月 19 日)。

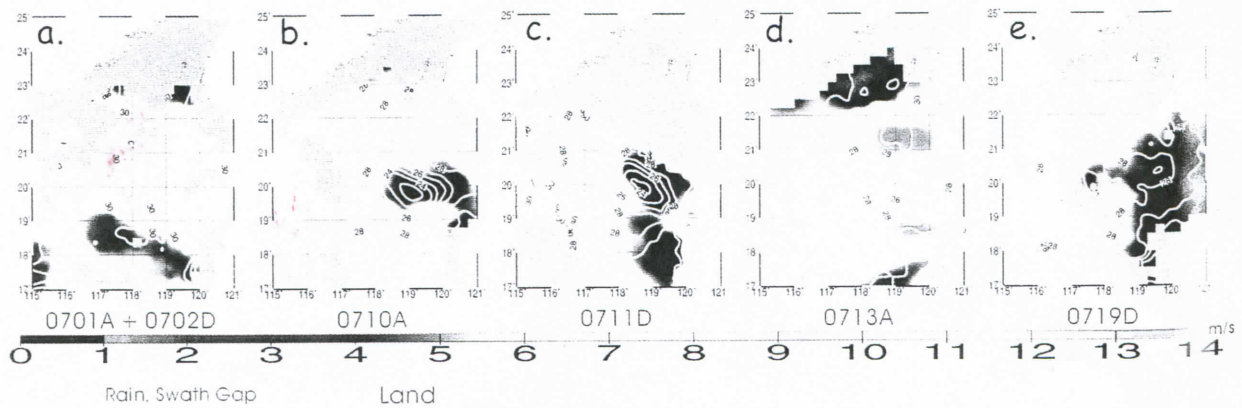


圖 4 為對應圖 3 的 NASA Quikscat 風速圖，顯示在颱風來前(圖 4a)，邊界層風速與水溫並無明顯的相關性，但在颱風過後(圖 4b-4e)，即可見在颱風引起之冷水團(118-120°E，19-21°N)上方風速比周圍顯著減弱。

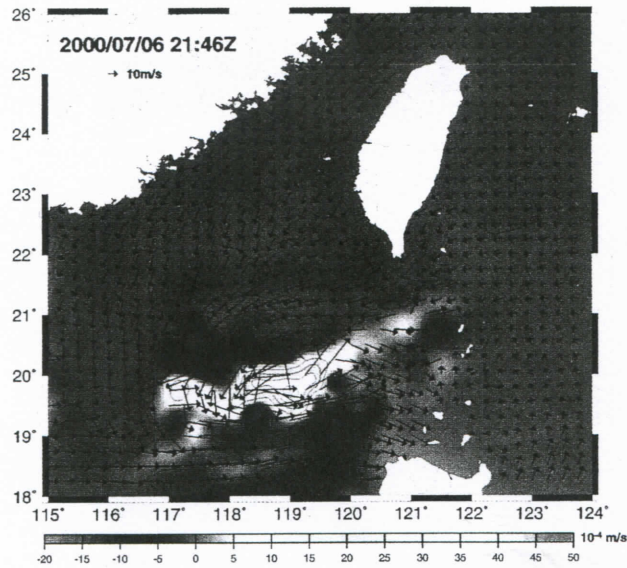


圖 2 用 NASA Quikscat 颱風風場資料所算出的湧昇速率，顯示在啓德經過的區域(117-120°E，19-20.5°N)有強烈的湧昇流，上升速度約為 $30-40 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ 。

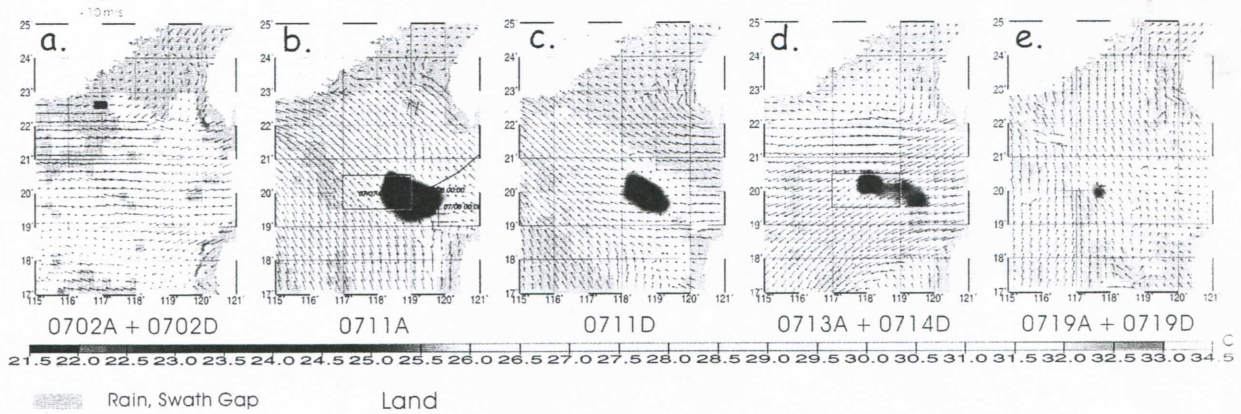


圖 3 如前圖 1a 至 1c 所述，顯示啓德颱風經過前(圖 3a)及後兩週間(圖 3b-3e)，TRMM 衛星所觀測到的海水溫度變化，顯示颱風引起之冷水團(118-120°E，19-20.5°N，2000 年 7 月 11 日)由 21°C 之低溫(圖 3b)漸漸回復至較溫暖(20°C)的狀態(圖 3e，2000 年 7 月 19 日)。

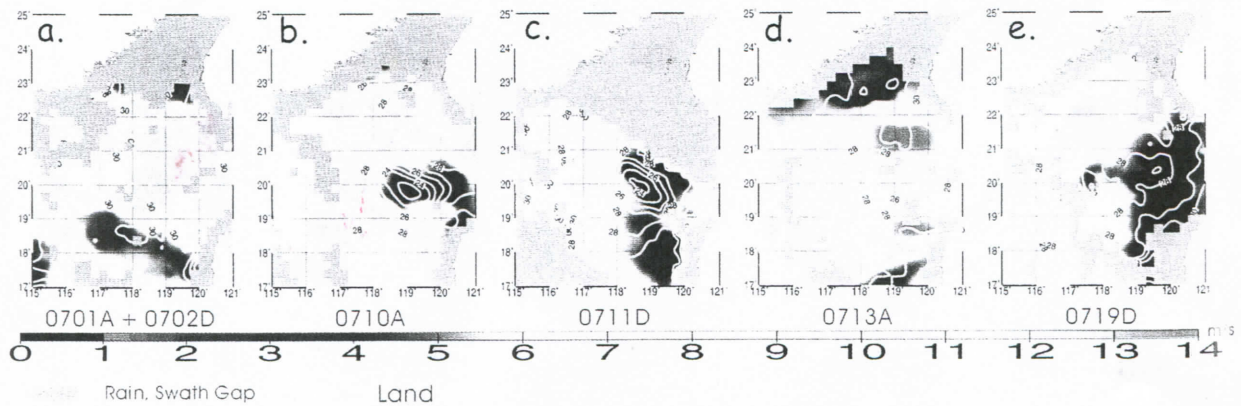


圖 4 為對應圖 3 的 NASA Quikscat 風速圖，顯示在颱風來前(圖 4a)，邊界層風速與水溫並無明顯的相關性，但在颱風過後(圖 4b-4e)，即可見在颱風引起之冷水團(118-120°E，19-21°N)上方風速比周圍顯著減弱。