

# 衛星影像應用於米雷颱風引發冷水渦之觀測與分析

廖美慧<sup>1</sup>、王光華<sup>1</sup>、曾振德<sup>2</sup>、丘台光<sup>1</sup>

<sup>1</sup>中央氣象局 <sup>2</sup>行政院農委會水產試驗所

## 摘要

本研究嘗試利用 NOAA-AVHRR、EOS-MODIS 及 AQUA/AMSR-E 衛星遙測海面水溫 (sea surface temperature) 及海洋水色 (ocean color) 數值影像,分析 2004 年米雷颱風 (Meari, NO.0421) 行經東海海域時之海洋-大氣交互作用現象。結果顯示,9 月 21 日於關島西方海域形成之米雷颱風,於靠近琉球群島西南方海域時,移動速度明顯減緩且行徑路線突然於 9 月 27 日由西北西轉向東北方向,沿著東海陸棚邊緣 200 米等深線 (靠近沖繩海槽左側) 朝日本加速移動。由於米雷颱風於東海海面減速近似滯留過程中,增長對颱風下面之表層海水作用,因而產生強烈牽引效應,造成底層冷水湧升顯著現象。由颱風期間每日之衛星影像觀測分析結果,米雷颱風所引發之冷水渦 (cold eddy) 初期發展相當明顯,隨後規模縮小、勢力減弱,慢慢往東北方向推移近 160 公里後逐漸消失。

關鍵字: 海面水溫、颱風、冷水渦

## 一、前言

2004 年 6 月美國 NASA 網站封面故事報導了一則有關颱風通過一向被視為缺乏生產力之貧瘠外洋海域 (ocean deserts) 時,颱風本身強烈之上升氣流會促使較深層海水發生湧昇 (upwelling) 效應,將富含營養鹽之次表層水帶至水面,經光合作用後,產生浮游生物大量滋生 (phytoplankton blooms) 現象,並進一步影響了氣候變化及碳之循環。在國外,已有許多學者針對颱風形成過程及其與海洋間之交互作用進行相關研究 (Pudov and Korolev, 1990; Suetsugu *et al.*, 2000; Hong and Yoon, 2003; Li *et al.*, 2003; Kozai *et al.*, 2004)。在國內, Lin 等 (2003) 曾應用 TRMM 衛星觀測之海面水溫及 QuickSCAT 衛星觀測之海面風向量 (wind vector) 等資料,針對兩次颱風行經台灣周邊海域,引發海洋上層水之冷卻效應進行研究分析。其結果顯示颱風通過後,其路徑下海域之海面水溫經颱風引發之冷水塊,與周遭海域之水溫比較,最低可達 6 °C,文中並探討海面風強弱與颱風引發冷水塊之水溫變化間之相關性。此外, Lin 等 (2003) 於另一篇論文中亦探討颱風引發之冷水渦具有增益海洋基礎生產力之作用,並利用 OrbView-2/SeaWiFS 衛星水色影像資料之處理分析結果加以佐證。就海洋漁場學而言,不論是颱風上升氣流之牽引作用或其他物理海洋學上所引發之湧升流區,因湧升作用會將底層將富含營養鹽之低溫海水抬升至表層,經光合作用後,植物性及動物性浮游生物大量繁殖,因食物鏈中最低等之餌料供應充分,在海洋漁業上形成重要漁場分佈海域。另外,富含植物性浮游生物之冷水渦,於光合作用過程需耗掉許多二氧化碳,也因而與全球性碳循環產生密切關

係。以上這些均是颱風引發冷水渦分佈現象,值得進一步探討之重要原因。

爰此,本研究於 2004 年 9 月在東海陸棚邊緣,亦

觀測到「颱風引發冷水渦」之類似現象。2004 年 9 月 27 日米雷颱風 (Meari, NO.0421) 接近東海陸棚時其移動速度減緩且方向發生大轉折,並於東海陸棚邊緣引發出一個面積廣大且顯著之冷水渦分佈。本研究將嘗試利用不同資料來源之多重衛星影像 (包含 NOAA/AVHRR 及 AQUA&TERRA/MODIS 衛星水溫水色影像等) 來觀測此一冷水渦之連續時空變化。

## 二、材料與方法

本研究處理分析中央氣象局衛星中心於 2004 年 9 月 20 日至 10 月 10 日期間,接收及蒐集之 NOAA/AVHRR 衛星海面水溫影像、EOS/MODIS 海洋水溫水色資料、AMSR-E (Advanced Microwave scanning Radiometer) 海面水溫影像及 QuickSCAT 衛星海面風向量等資料。其中,利用 MCSST (Multi-Channel Sea Surface Temperature) 法直接反演及合成獲得之 AVHRR 每日日平均海面水溫影像 (SeaSpace, 1989),並輸出成 ASCII 格式數值檔案,再匯入 ArcGIS 地理資訊系統,利用 IDW 內差模式轉換成同一網格 (Grid) 大小之空間圖層,然後利用 ArcGIS 優異之空間套疊及整合分析能力 (邵, 2001),以 25 °C 等溫線為邊界範圍,自動萃取米雷颱風引發之冷水渦分佈及其基本水文統計資料 (包含冷水渦之最冷中心的經緯度位置及水溫值與冷水渦涵蓋面積等)

(Zhang *et al.*, 2005), 進行冷水渦隨時空變化之定性定量分析, 整個資料處理分析流程如圖一所示。此外, 本研究亦利用 MODIS 衛星水色影像及其數值資料, 研究分析冷水渦形成時, 伴隨發生之浮游生物大量滋生現象。

### 三、結果與討論

本研究利用 AVHRR、AMSR-E 及 MODIS 多重衛星海面水溫水色影像與 QuickSCAT 衛星海面風向量等資料, 分析米雷颱風行經東海時之海氣交互作用。研究結果顯示 2004 年 9 月 20 日於關島西方海域形成之米雷颱風, 於靠近琉球群島西南方海域時, 其移動速度減緩且行徑路線突然於 9 月 27 日由西北西轉向東北, 沿著東海陸棚邊緣 200 米等深線 (沖繩海槽左側) 朝日本方向加速移動 (如圖二)。由 9 月 27 日至 29 日連續三天 (米雷颱風於東海陸棚區轉向後) 之 QuickSCAT 衛星海面風向量 (如圖三), 顯示 9 月 28 日是米雷颱風對東海陸棚區海面作用最強之時刻, 當日之海面風速及影響範圍均達到最大。整個米雷颱風減速及大轉彎過程, 對颱風下面之海面產生強大牽引作用, 形成明顯底層冷水湧昇現象。由米雷颱風所引發之冷水渦分佈, 可利用不受雲層影響 (主要優點) 之

Aqua/AMSR-E 微波輻射計觀測獲得之海面水溫影像 (其缺點為空間解析力低, 每一像元大小依不同觀測頻率, 至少達數十公里以上) 進行初步觀測 (如圖四), 顯示米雷颱風轉向後隔日, 即 9 月 28 日於 AMSR-E 水溫影像明顯發現一冷水渦存在, 其中心水溫最低為 21.6°C, 其與周遭平均水溫差可達 4°C 以上。由連續之 AMSR-E 水溫影像觀測得知, 若以冷水渦之內外水溫溫差為其強弱指標, 則顯示 9 月 28 日之冷水渦勢力最強, 隨後冷水渦仍存在, 但勢力明顯減弱, 10 月 1 日後受周圍水系影響, 冷水渦更一分為二, 其勢力亦明顯減弱許多。

此外, 本研究另採用較高空間解析力 (主要優點) 之 AVHRR 及 MODIS 水溫水色影像進行颱風引發冷水渦之定量分析 (其缺點為易受雲層遮蔽, 導致無法有效進行海面觀測) (如圖五)。首次於 9 月 29 日衛星水溫水色影像上被發現, 初期冷渦型態呈東北—西南長條狀分佈於東海陸棚邊緣, 大致位於颱風行徑路線下方, 其最冷中心水溫為 21.0°C (北緯 26.52 度、東經 125.22 度), 靠近颱風行徑路線轉折點。冷水渦之涵蓋面積廣達 14,000 餘平方公里, 其水溫梯度差可達 4°C, 葉綠素濃度最高達 2.4mg/m<sup>3</sup>, 大約比平常外洋水之濃度高出 10 倍。整個米雷颱風引發之冷渦, 由衛星影像觀測顯示持續分佈達 18 天, 直至 10 月中旬才逐漸消失, 最後觀測到之冷水渦出現於 10 月 16 日之衛星影像, 最冷中心水溫為 22.1°C (北緯 27.85 度、東經 125.84 度), 涵蓋面積縮小為 1000 平方公里, 冷水渦水溫梯度差縮小為 2°C (如圖六)。整體而言, 米雷颱風引發之冷水渦初期發展相當明顯, 並隨颱風行徑路線往東北偏移近 50 公里, 隨後規模縮小且勢力減弱, 並往西南方向回移約 26 公里 (如圖七及表一)。另外,

根據研究報告指出東海海域平均每克的葉綠素每天約可固定 35-42 克的碳, 以米雷颱風引發之冷水渦葉綠素濃度換算, 約可完成 200 公噸固碳作用, 對於碳之循環有重大影響, 未來將進一步探討。

### 四、結論

不論是由過去許多學者探討或本研究初步分析結果均已顯示, 利用不同資料來源之多重衛星影像, 同步觀測颱風通過後之行經路徑下方海域, 都發現受颱風上升氣流之牽引作用, 其較底層冷水會湧昇至近表層, 並導致海面水溫普遍下降現象。同時, 由於湧昇至表層之冷水, 因富含較多營養鹽, 一旦經光合作用後, 即會進行固碳作用, 對全球性暖化效應及氣候變遷均有所影響, 同時由於該海域通常會孕育豐富之植物性及動物性浮游生物, 亦會形成海洋漁業上之優良作業漁場。因此, 對於颱風引發之冷水渦效應, 未來應可進一步蒐集更多相關衛星遙測影像, 並搭配現場水文調查資料, 進行定性定量之時空分佈監測與整合分析。

### 五、參考文獻

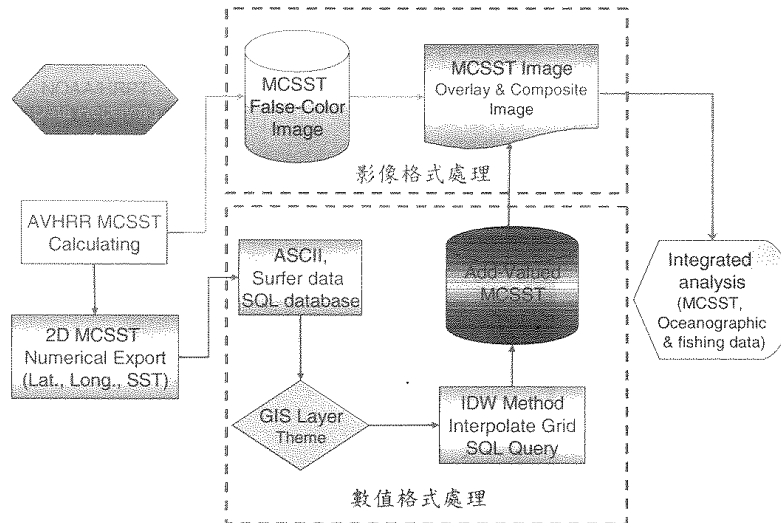
- 江朕榮, 2004: 以數值模式探討颱風湧昇流之時空變化。國立中山大學大海洋環境及工程學系研究所碩士論文, 87 頁。
- 邵全琴 (2001) 海洋漁業地理資訊系統研究與應用。科學出版社, 北京, 237pp。
- Hong, C-H, Yoon, J-H, 2003: A three-dimensional numerical simulation of Typhoon Holly in the northwestern Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research. C. Oceans [J. Geophys. Res. (C Oceans)]*. Vol. 108, no. C8, [np].
- Kozai, K., K. Ishida, T. Shiozaki and Y. Okada (2004) Wind-induced upwelling in the western equatorial Pacific Ocean observed by multi-satellite sensors. *Advanced in Space Research*, 33:1189-1194.
- Li, C; Nelson, JR; Koziana, JV, 2003: Cross-shelf passage of coastal water transport at the South Atlantic Bight observed with MODIS Ocean Color/SST. *Geophysical Research Letters [Geophys. Res. Lett.]*. Vol. 30, no. 5, [np].
- Lin, I.-I., 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 ocean cooling. *Geophys. Res. Lett.*, 30(3), 1131.
- Lin, I.-I., W. T. Liu, C.-C. Wu, G. 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. *Geophys. Res. Lett.*, 30 (13), 1718.
- Pudov, VD, Korolev, VS, 1990: Reaction of the South China Sea to the impact of a tropical cyclone. *SOV. METEOROL. HYDROL.* no. 6, pp. 55-60.
- SeaSpace (1989) TeraScan user documentation. San

Diego, Calif.USA, 129pp.

Suetsugu, M, Kawamura, H, Nishihama, S, 2000: Sea surface cooling caused by typhoons in the western North Pacific Ocean. The Fifth Pacific Ocean Remote Sensing Conference (PORSEC), 5-8

December 2000. Proceedings. Vol. 1, pp. 258-262..

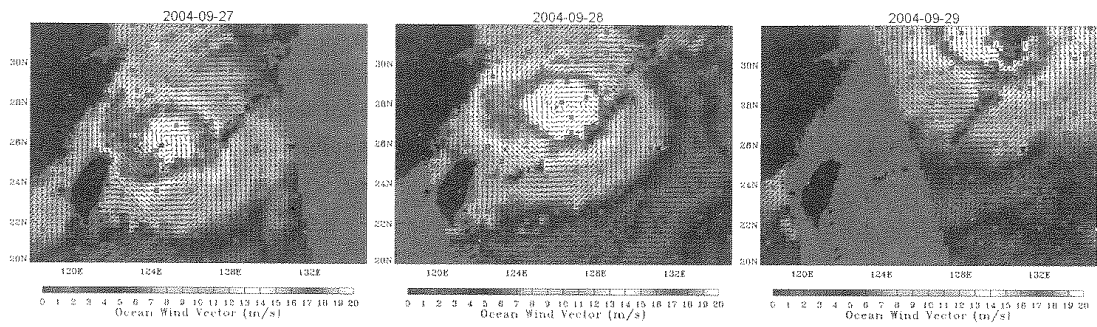
Zhang, Q., G. Pavlic, W. Chen, R. Fraser, S. Leblanc and J. Cihlar (2005) A semi-automatic segmentation procedure for feature extraction in remotely sensed imagery. Computers & Geosciences, 31:289-296.



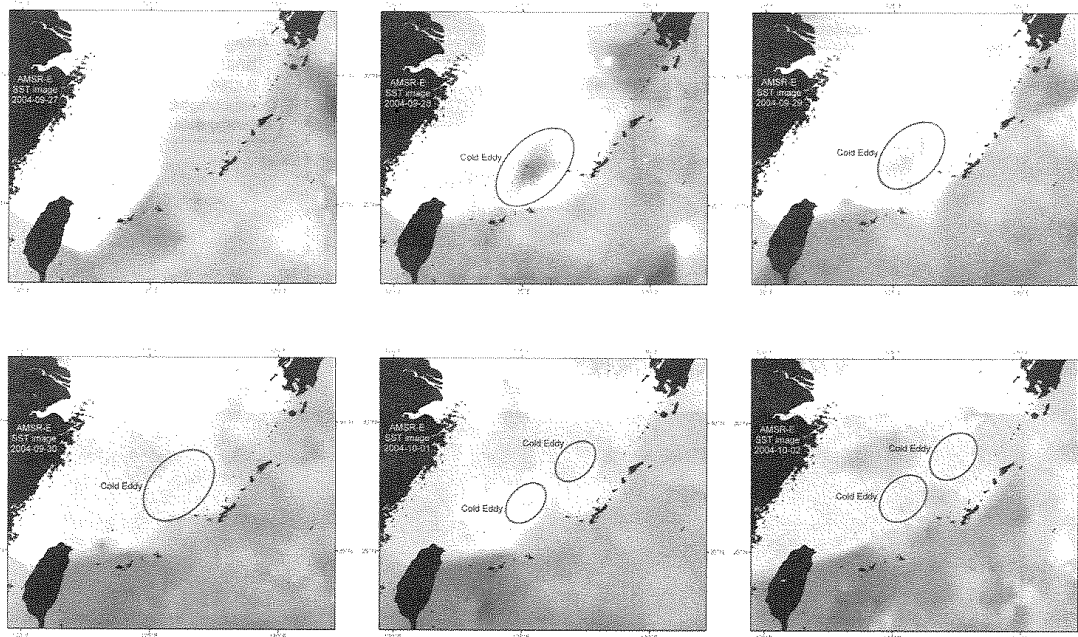
圖一、衛星資料影像及數值格式處理流程圖。



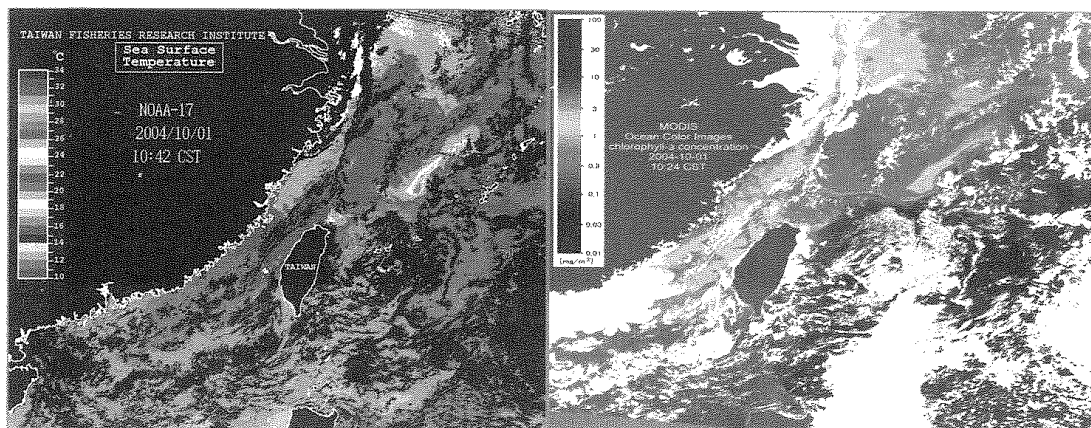
圖二、米雷颱風移動路徑及衛星時序列雲圖變化(9/20~9/30)。



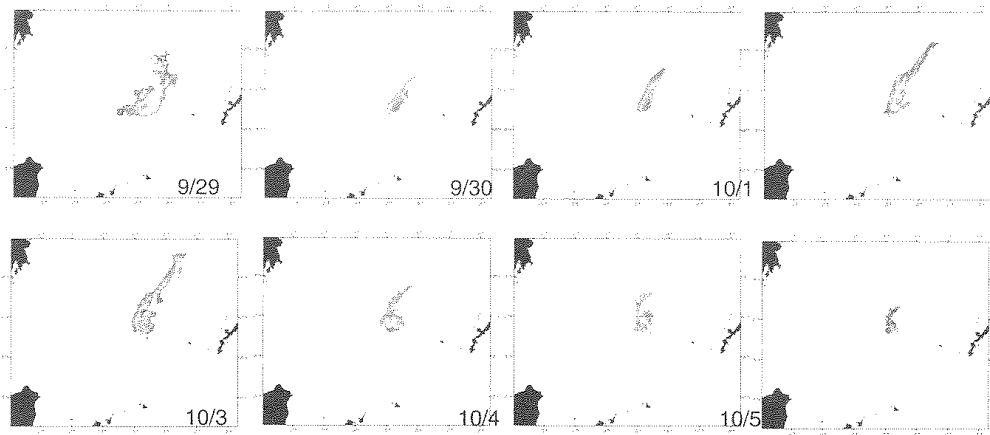
圖三、2004年9月27日至29日連續三天米雷颱風行經東海陸棚區時之 QuickSCAT 衛星海面風向量。



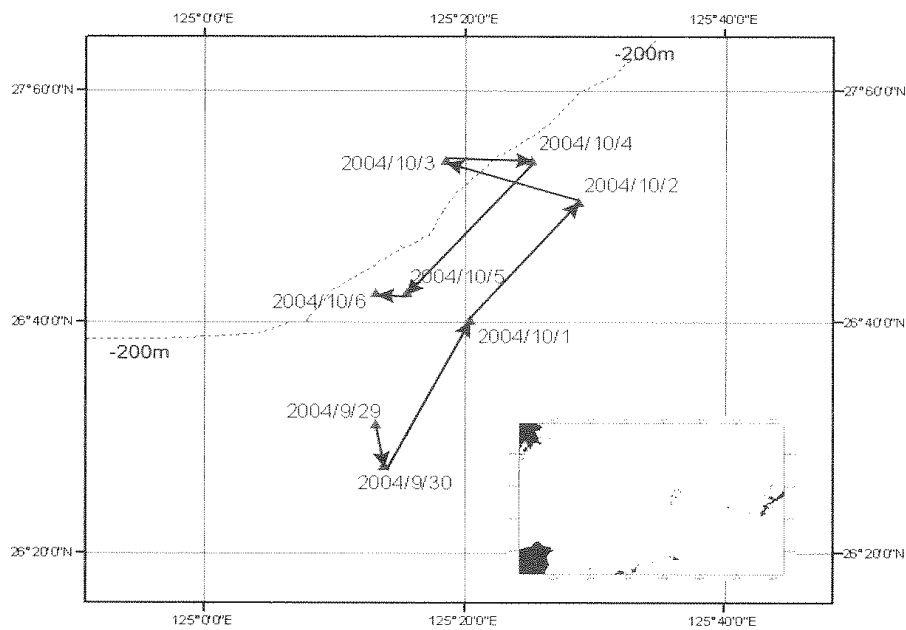
圖四、2004年9月27日至10月2日米雷颱風行經東海陸棚區引發顯著冷水渦分佈之 Aqua/AMSR-E 微波海面水溫影像。



圖五、由 NOAA 衛星 AVHRR 海面水溫影像 (左圖) 及 EOS 衛星 MODIS 海洋水色影像 (葉綠素濃度) (右圖)，觀測到米雷颱風通過東海陸棚邊緣。



圖六、利用 9/29~10/6 連續八天 AVHRR 每日合成海面水溫影像，以 25°C 等溫線為邊界，萃取米雷颱風引發之冷水渦的連續時空變化。



圖七、9/29~10/6 米雷颱風引發冷渦之最冷中心位移變化。

表一、9/29~10/6 米雷颱風引發冷渦之基本觀測值。

日期	冷渦最冷中心				冷渦面積 (平方公里)
	緯度	經度	水溫 (°C)	位移累加距離(公里)	
2004/9/29	26.52	125.22	21.0	0.0	14,125
2004/9/30	26.46	125.23	22.6	6.8	4,581
2004/10/1	26.67	125.34	22.6	32.7	4,603
2004/10/2	26.84	125.48	20.3	56.2	9,167
2004/10/3	26.90	125.31	20.2	74.4	11,050
2004/10/4	26.90	125.42	20.4	85.8	5,758
2004/10/5	26.71	125.26	21.8	112.2	4,534
2004/10/6	26.71	125.22	20.6	119.0	2,490