

EARTH SCIENCES

地科知識酷



颱風與氣候變遷

— 國立臺灣大學大氣科學系 楊明仁教授

適用課程

基礎地球科學(上) 天然災害、全球氣候變遷
 基礎地球科學(下) 地球環境的監測與探索



96347001-25



颱風與氣候變遷

颱風是自然界最具破壞力的天氣系統，也是影響臺灣最重要的災變天氣。由於臺灣地區的特殊地形關係，颱風期間常因河水暴漲溢淹河岸兩旁土地，造成民眾重大之災害損失。隨著全球暖化氣候變遷，有可能導致更強烈的颶風與颱風，產生更大的陣風及更強烈的降水；另一可能性為異常天氣將會增加，豪大雨或者乾旱次數將更加頻繁。這都是未來臺灣所要面臨極端天氣問題的新挑戰。

全球暖化造成海平面上升與極端天氣頻率增加

颱風的強風豪雨與所引發的土石流災害是臺灣主要的災變天氣，政府已建立防災系統以儘量減免災害損失。聯合國 IPCC 2001 年報告指出，20 世紀全球平均表面溫度已經升高了 $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ，並預測 2100 年全球平均溫度將比 1990 年增加 $1.4 \sim 5.8^{\circ}\text{C}$ ，平均每十年上升 $0.1 \sim 0.2^{\circ}\text{C}$ ，到 2100 年全球平均海平面將上升 $0.09 \sim 0.88$ 公尺。而後聯合國 IPCC 2007 年 2 月的報告則修正預測為未來每 20 年將升高 0.2°C ；到 2100 年時，海平面將上升 $0.28 \sim 0.58$ 公尺。海水面上升的結果將使臨海低地遭到淹沒、土地侵蝕現象加速。氣溫持續增加將會導致海水位上升及極端天氣（暴雨及乾旱）頻率增加，致使洪水與乾旱的強度與頻率增加，對於人民生命財產安全造成嚴重威脅。

全球各國對於氣候變遷議題已經投以高度關注，也開始從不同的面向探討氣候變遷之衝擊 (impact)、脆弱性 (vulnerability) 分析、調適性 (adaptation) 評估及改進等課題及因應對策。政府防災系統與氣候變遷具有高度相關性及整合性，亦必須重新檢驗與調整。因此，針對氣候變遷對於防災系統所造成之衝擊、脆弱性及調適性分析已經成為研究氣候變遷議題，不可獲缺的一環。

Webster et al. (2005) 指出氣候暖化將有可能導致全球發生更強烈的熱帶氣旋 (颱風與颶風)，帶來更大的陣風及更強烈的降水 (圖 1)。因此，以臺灣在地理上位於熱帶氣旋的常經要道，我們必須針對氣候變遷對於颱風之發生個數、強度，以及行進路徑的可能影響進行了解，以使國人儘早因應，確保人民生命財產安全。

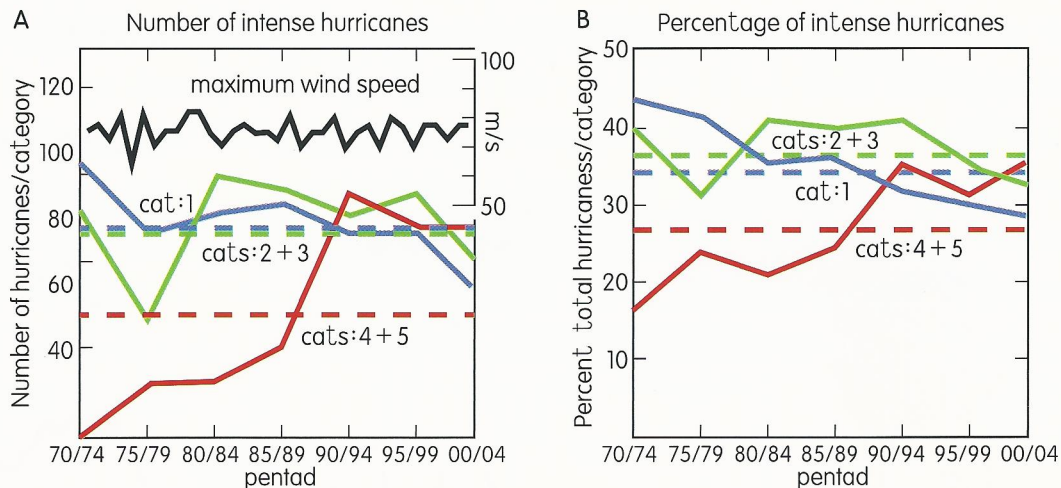


圖 1 大西洋颶風個數 (A) 及強度 (B) 的氣候趨勢圖，其中 cat:1 為強度 1 級的颶風 (強度較輕)，cat:2 為強度 2 級的颶風 (強度較強)，依此類推。取自 Webster et al. (2005; Science)。

近年來臺灣地區的颱風災害有愈來愈嚴重的趨勢

根據謝等 (1998) 之統計，過去百年來 (1897–1996) 共有 407 個颱風侵襲臺灣；其中有 165 個颱風中心曾直接登陸臺灣本島 (圖 2)。平均每年由於颱風所造成的災害損失，超過新臺幣 100 億元以上。如 1996 年賀伯 (Herb) 颱風帶來大量降雨，在阿里山造成近 50 年 (1946–1996) 最嚴重的土石流，喚起各界對颱風災害防治之重視。而後 1997 年溫妮 (Winnie) 颱風、1998 年瑞伯 (Zeb) 颱風、2000 年碧利斯 (Bilis) 颱風，也都相繼使臺灣承受極大災害損失及人員傷亡。尤其是 2001 年時臺灣共受到 9 個颱風的影響，其中之一的納莉 (Nari) 颱風更重創全臺及臺北市捷運系統，全部損失難以估計 (Yang et al., 2008; Yang et al., 2011)。

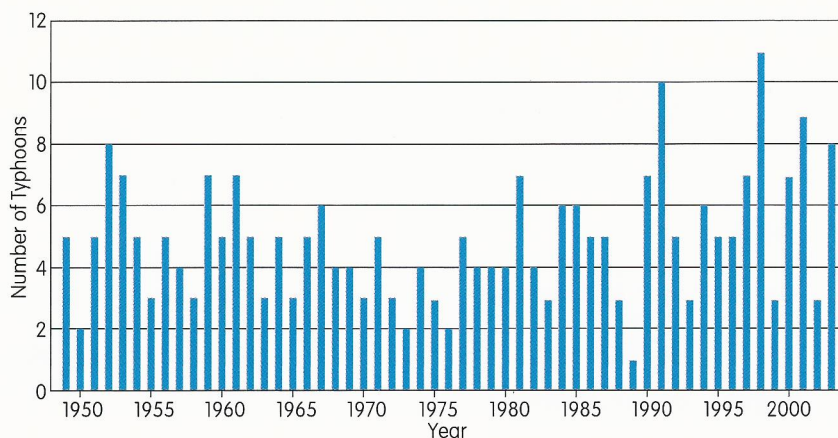


圖 2 從 1943 年至 2003 年間的侵近臺灣與鄰近區域的颱風個數。取自 Li et al. (2005)。



04 颱風與氣候變遷

另外 2004 年艾利 (Aere) 颱風、2005 年海棠 (Haitang) 颱風都在來襲期間造成超過 1,000 毫米的降水，而 2004 年敏督利 (Mindulle) 颱風引進強烈西南氣流，造成中南部連續數日降下豪大雨 (日累積雨量超過 500 毫米)。2009 年莫拉克 (Morakot) 颱風四天最大累積雨量更是超過 3000 毫米，其瞬間將近 100% 降水效率之豪大雨 (圖 3) 引發大面積的土石流，造成小林村滅村悲劇，人員死亡及失蹤超過 750 人，這是近年來臺灣地區最嚴重的颱風災害 (許晃雄等人，2010)。

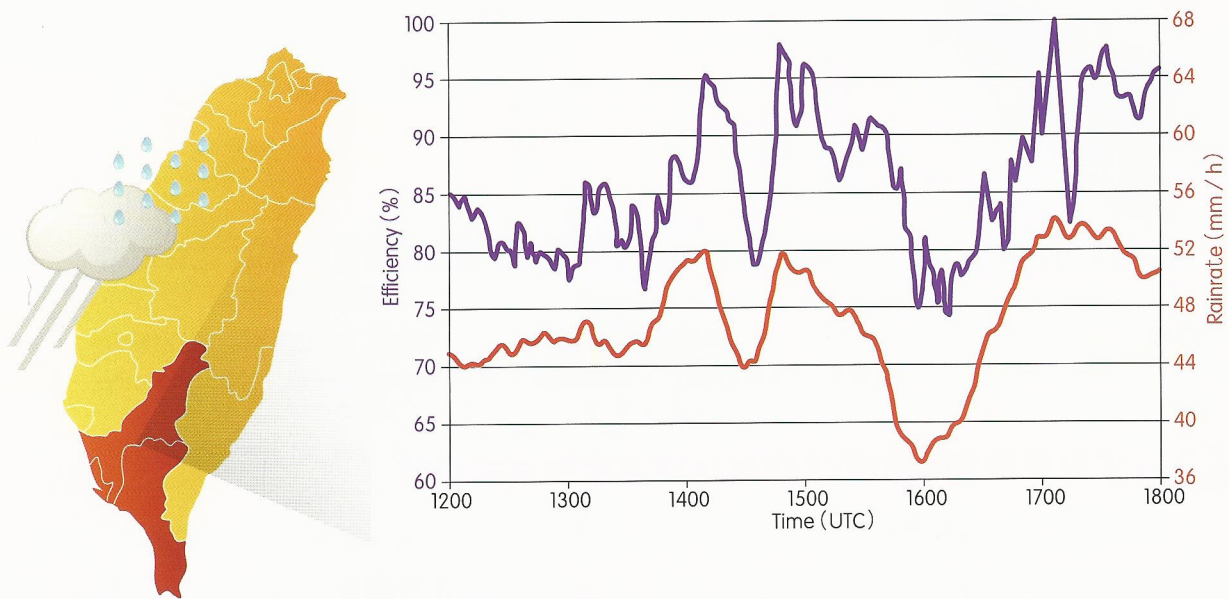


圖 3 2009 年 8 月 8 日 1200 UTC 至 1800 UTC 時莫拉克颱風於高屏山區的降雨效率 (藍色線；單位為 %；數字標示見左邊縱軸) 與地面降雨率 (紅色線；單位為 mm/h；數字標示見右邊縱軸) 之時序圖。取自 Huang et al. (2014;JAS)。

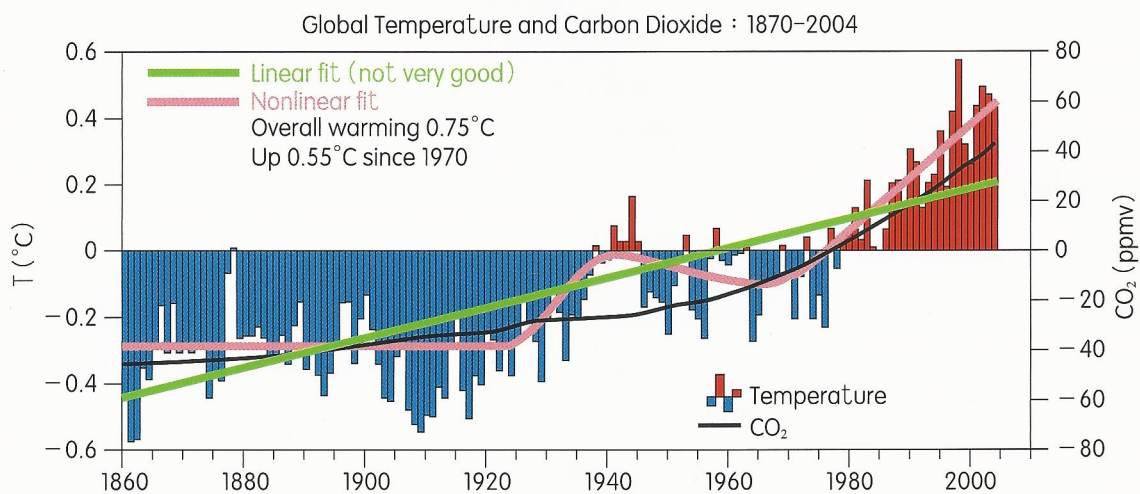
但從另一方面來看，颱風帶來的降水亦是臺灣地區最重要的水資源。例如 1995 年時許多颱風過門而不入，未帶來足夠降水，使得全臺灣水庫貯水量持續下降，造成缺水及限水的問題。2002 年北部地區因冬、春兩季降水少，使 5、6 月發生嚴重乾旱，連民生供水都加以限制，直待雷馬遜 (Rammasun) 颱風及納克莉 (Nakri) 兩颱風相繼帶來降水，旱象才得舒緩。2003 年南部地區發生如曾文水庫蓄水嚴重短缺的情形，直到 2004 年敏督利 (Mindulle) 颱風引進西南氣流帶來大量降水，才使曾文水庫蓄水量由 0.02% 一舉回復到 78% (葉天降，2008；個人連繫)。

因此颱風的降水可能會釀成災害，但亦是臺灣地區最重要的水資源！所以，加強氣候變遷對於颱風之發生個數、強度、風雨分布及行進路徑的可能影響進行了解，以使國人儘早因應，是臺灣地區氣候變遷防災課題中的重要工作之一。

此外隨著社會經濟的進步，為了減少災害必須加強防災準備，但防災準備常常必須付出高昂的成本，勞民又傷財。例如臺北市移動式抽水機進入防災準備狀態時，即使不包含啟動運作，每小時就需要消耗經費約 30 萬。又如臺北市水門外停車場停車問題，關閉水門之時機顯得十分重要，稍一拿捏不當，輕則浪費時間移置車輛，引來民眾抱怨預報不準，重則水淹車子造成民眾財產損失。此外分洪道之啟用時機過與不及，對防災減災皆有極大影響。這些都顯示在臺灣地區，颱風預報和人民生命財產息息相關。沒有精準預報而無限上綱的防災準備，不僅非常浪費，長期下來也會讓社會產生「狼來了」的負面感受。從防災觀點而言，過多的警報會導致對警訊麻木的反效果，過去數年臺灣土石流預警便是如此。同時，過多的虛假警報也會造成經濟損失。位於夏威夷的「海嘯警報中心」的海嘯警報約有 75% 的錯誤率，1994 年之海嘯錯誤警報，為夏威夷島帶來折合約臺幣 10 億元的經濟損失。美國也發生過防災準備的經費和一個颱風登陸損失相當的案例，「防災準備」過與不及都會付出極大的代價。

📌 溫室效應可能造成未來颱風平均強度增加

隨著大氣中溫室效應氣體濃度的增加，全球平均溫度逐年上升（圖 4）；熱帶洋面溫度 (Sea Surface Temperature; SST) 當然隨之上升，也就是說熱帶海洋可以擁有更多海洋可用熱能 (Ocean Heat Content; OHC) 以提供颱風生成與發展使用。Knutson 及 Tuleya (2004) 的研究指出，假設溫室效應再持續 100 年，透過歐、美及日本多國全球氣候模式的電腦模擬的綜合結果顯示，未來颱風平均個數大致不變或減少，但是颱風平均強度會增強，約略相當於美國颶風等級約 0.5 Category (圖 5)。



📌 圖 4 自西元 1860 年後全球平均溫度與 CO₂ 濃度之逐年變化圖。取自 Trenberth (2005)。

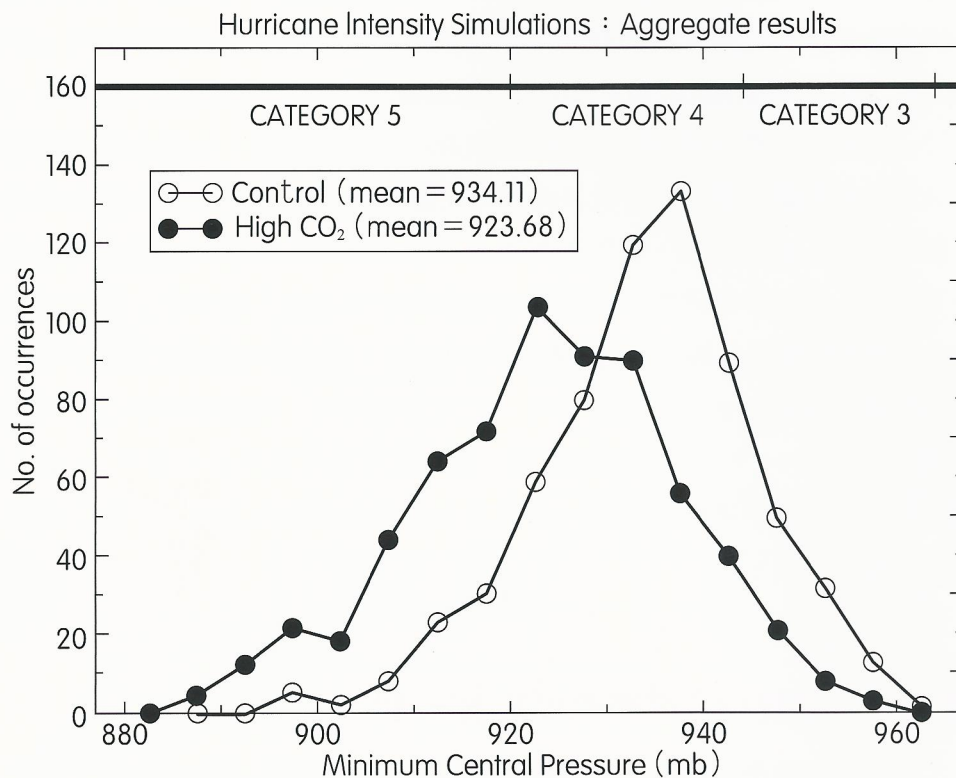


圖 5 氣候模式模擬全球暖化情境下颱風個數之變化圖。空心線為目前氣候情境結果，實心線為全球持續暖化情境下結果。取自 Knutson and Tuleya (2004)。

由於臺灣位於颱風經常生成與經過的西北太平洋上，地球氣候暖化後對於侵臺颱風個數與強度的影響，是值得全體國人深思的重要科學議題！然而近 100 年來全球或是臺灣附近的颱風個數，有確實因為全球平均溫度上升而明顯增加嗎？Emanuel (2005) 指出全球颱風或颶風個數並未顯示有逐年增加的長期氣候趨勢；同樣地在臺灣附近的颱風個數在長期氣候資料統計方面，亦未有顯著增加的氣候訊號出現 (圖 2)。由於現有颱風資料時間仍然過短 (僅約有 100 年)，暫無法進行有效的氣候統計分析而獲得「地球氣候暖化後對侵臺颱風個數增加」的確切推論！

然而近 30 年來 (1987 年至今)，太平洋高壓勢力似乎有逐漸向西伸展的趨勢 (許晃雄，2008；Wu et al., 2005)，這將導致颱風在菲律賓東方海域生成的數量增加，颱風路徑也會偏西。楊 (2009) 綜合 500 hPa、850 hPa 重力位高度等值線、海溫資料之分析，副高壓位置逐年向西延伸 (圖 6)、菲律賓東方海域季風槽逐年加深、臺灣東南和菲律賓東部海域海溫增加以及全球降雨資料表示菲律賓至臺灣降雨增加，均有可能造成颱風侵臺次數改變 (有增加趨勢)，而且大尺度環流場改變有可能導致颱風路徑偏西。

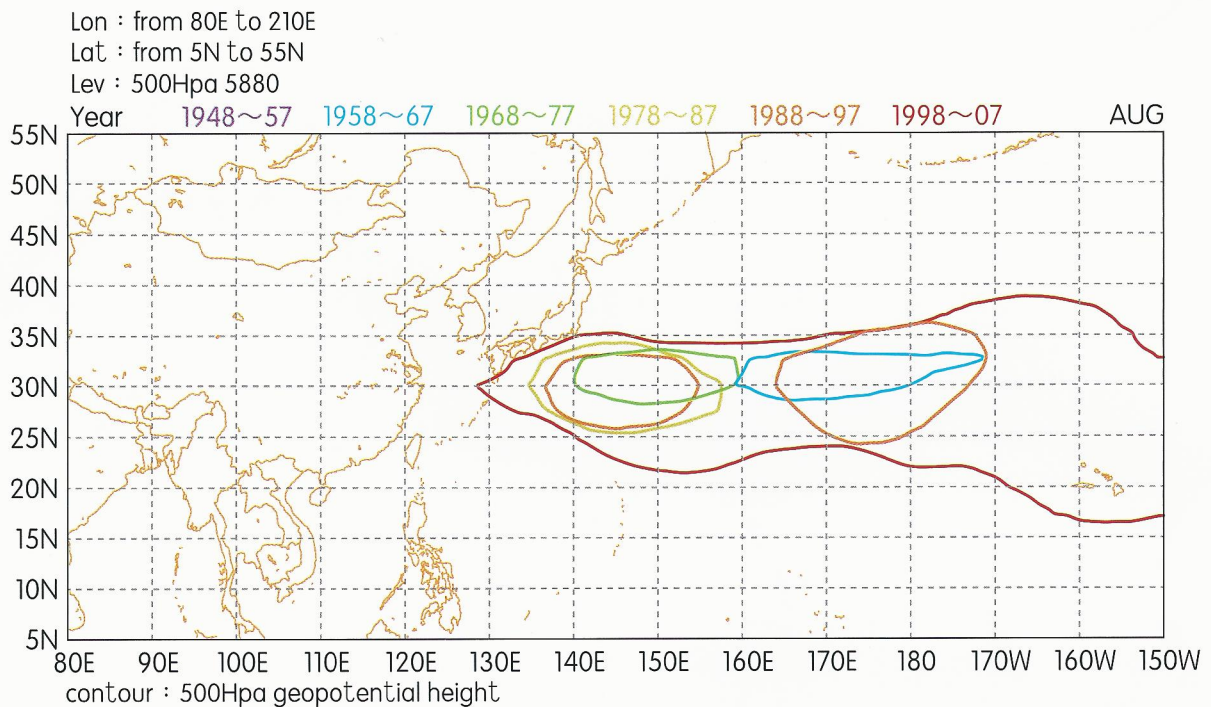


圖 6 1948 年至 2007 年 8 月每 10 年平均之 500 百帕 5880 高度等值線。取自楊(2009)。

唯有愛護自然環境，才能永續臺灣

綜合言之，颱風是自然界最具破壞力的天氣系統，也是影響臺灣最重要的災變天氣。隨著全球暖化氣候變遷趨勢，極端天氣如豪大雨或乾旱等天氣將更加頻繁，這類型災變天氣會對臺灣居民的生命財產安全造成更嚴重威脅。

面對臺灣地區的颱風災害，我們可以有如下的因應對策：

1. 颱風現象為大氣科學領域多重尺度交互作用的複雜科學議題，颱風路徑及伴隨風雨預報在科學上極為困難，但在作業上極為重要。
2. 由於全球暖化造成極端天氣，異常降水現象如豪雨及乾旱發生頻率將會更加頻繁。
3. 發展定量降水系集預報技術，配合密集雷達觀測及資料同化技術，提升侵臺颱風的降雨及風力預報技術。
4. 人不可能勝天，我們都居住在地球上，唯有愛護自然環境，才能永續臺灣！



參考文獻

1. 許晃雄，2008：臺灣氣候突變與年代際變化，臺灣氣候變遷研討會。
2. 許晃雄等人，2010：莫拉克颱風科學報告，行政院國家科學委員會莫拉克颱風科學科學小組，2010年03月24日出版。
3. 謝信良，王時鼎，鄭明典，葉天降，1998：百年侵臺颱風路徑圖集及其應用，中央氣象局專題研究報告，CWB86-1M-01，共497頁。
4. 楊明仁，2009：氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究—子計畫：臺灣地區異常颱風之變化趨勢與辨識研究，國科會專題研究完整報告 NSC 97-2625-Z-008-014-，96頁。
5. Emanuel, K. A., 2005: Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 436, 686-688.
6. Knutson, K. R, and R. E. Tuleya, 2004: Impact of CO₂-induced warming on simulated hurricane intensity and precipitation: Sensitivity to the choice of climate model and convective parameterization. *J. Climate*, 17, 3477-3495.
7. Huang, H.-L., M.-J. Yang, and C.-H. Sui, 2014: Water budget and precipitation efficiency of Typhoon Morakot (2009). *J. Atmos. Sci.*, 71, 112-129.
8. Li, M.-H., M.-J. Yang, R. Soong, and H.-L. Huang, 2005: Simulating typhoon floods with gauge data and mesoscale modeled rainfall in a mountainous watershed. *J. Hydrometeor.*, 6, 306-323.
9. Webster, P. J., G. J. Holland, J. A. Curry and H.-R. Chang, 2005: Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment, *Science*, 309, 1844-1846.
10. Wu, L.-G., B. Wang, and S.-Q. Geng, 2005: Growing typhoon influence on east Asia. *Geophys. Res. Lett.*, 32, L18703, doi:10.1029/2005GL022937.
11. Trenberth, K. E., 2005: Uncertainty in Hurricanes and Global Warming. *Science*, 308, 1753-1754.
12. Yang, M.-J., D.-L. Zhang, and H.-L. Huang, 2008: A modeling study of Typhoon Nari (2001) at landfall. Part I: Topographic effects. *J. Atmos. Sci.*, 65, 3095-3115.
13. Yang, M.-J., D.-L. Zhang, X.-D. Tang, and Y. Zhang, 2011: A modeling study of Typhoon Nari (2001) at landfall. 2: Structural changes and terrain-induced asymmetries. *J. Geophys. Res.*, 116, D09112, doi: 10.1029/2010JD015445.

有著作權 請勿侵害

本公司已盡力完成著作權授權使用等問題，倘若有疏漏，請著作權所有人或知悉者與本公司編輯人員聯絡。本公司各產品之註冊商標，請勿冒用以免觸法。若有侵權行為，將依法追究絕無寬貸。