

颱風引起山區暴雨造成海岸漂流木對海洋環境 衝擊之研究

莊卉婕¹ 董東璟² 胡健驊²

¹國立海洋大學海洋環境資訊系博士生

²國立海洋大學海洋環境資訊系教授

摘要

莫拉克颱風於 2009 年 8 月侵襲台灣並夾帶破紀錄的雨量，瞬間的暴雨，帶來大量的漂流木沖刷入沖積平原、農田、更廣佈於沿海地區。沿岸漂流木對觀光與漁業造成傷害，危及漁船航行與海洋活動，並對海洋環境與其生態帶來強大衝擊。根據衛星影像分析，漂流木分布占全台 83.2% 海岸線，包括 52 個漁港。根據統計，共 1.03 百萬噸漂流木被清除(海岸地區佔 37.6%，約 38.7 萬噸)。本研究結果顯示被清除的海岸漂流木僅佔總量的 1/7，許多未被清除的漂流木沖刷入海以及被海流運移至大洋中。本研究發現沿海漂流木在河口的分布特性，漂流木離河口越遠呈現遞減現象。並且，沿海漂流木問題與雨量關聯性低，但漂流木的數量與河口的位置與崩塌地距離具有高度相關。

關鍵詞：漂流木、颱風災害、海岸衝擊

Marine Environment impacts of Coastal Driftwood Triggered by a Typhoon

Hui-Chieh Chuang* Dong-Jiing Doong Jian-Hwa Hu

* PhD student, Department of Marine Environmental Informatics, National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan

ABSTRACT

Coastal driftwood may harm the tourism and fishing industries, endanger navigation and oceanic activities, and strongly impact the marine environment and ecosystem. In August 2009, Typhoon Morakot thundered Taiwan with record-breaking rainfall, bringing unprecedented driftwood into river flood plains, farms, fishing harbors, and coastal areas. According to the satellite imagery analysis, driftwood occupied 83.2% of Taiwanese coastline including 52 fishing harbors. An estimated 1.03 million tons of driftwood were cleaned-up (37.6% are from coastal areas), comprising only 1/7 of the coastal driftwood. Many washed into the sea and were transported by ocean currents. The accumulated coastal driftwood demonstrated log-profile declines with increasing distance to the river mouth. The distribution depends highly on the local tidal current. We found that the amount of coastal driftwood is related to the distance of the landslide location to river mouth as well as the landslide area, not only related to the rainfall.

Key words: Driftwood; Typhoon disaster; Coastal hazard

一、前言

颱風所造成的死亡與傷害，通常是因為颱風帶來強風、山崩、暴潮與暴雨所引發的土石流等現象。

山區若具有脆弱的環境條件，例如，傾斜山坡地，地質脆弱以及表層土壤鬆動易引發土石流的發生。漂流木是指整枝或部分的樹木，被洪水或其他自然

推引將之衝入河流或海洋之中。海洋漂流木的移動取決於環境因素，例如，海洋表面流、波與風。對濱水區國家而言，漂流木是一個令人困擾的問題。在文獻中，較少研究堆積於海岸的漂流木。多數研究 Large Wood Debris 集中於山區森林與河川流域 (Maser and Sedell, 1994; Comiti et al., 2006)。2009 年 8 月 7 日，莫拉克颱風登陸台灣並帶來極端降雨，造成 50 年來最嚴重損害(Shieh et al.,2010)，在台灣南部山區，莫拉克風災三天內降下超過 3000 毫米的暴雨造成大規模的土石坍方，引起大量的漂流木經由河道運移至出海口，對海岸區域帶來巨大的衝擊。漂流木造成漁港、農田與灌溉渠道的阻塞，並堆積於沿海沙灘與港口。為了更了解此事件，將提供科學的數據為減輕與管理未來漂流木所造成的災害，本研究調查分析莫拉克颱風所帶來的漂流木，其分布、數量估算以及對海岸的衝擊。

二、莫拉克颱風

莫拉克期間的強降雨量在山區超過 1500 毫米，並在 24 小時內達到超過 3000 多毫米，其最大累積降雨量接近世界紀錄(Shieh et al.,2010)。根據降雨空間分布，南臺灣的影響最大。許多氣象觀測站都測出降雨強度超過 2000 年的洪水頻率，在某些區域，莫拉克在四天內所帶來的降雨量更超過了年降雨量的 70%。Hong et al.,(2010)說明這種空前的降雨量的發生是因為颱風環流與季風流動的相互作用所引起，說明在降雨最高峰，最大降雨量超過每小時 100 毫米。通常颱風過後沿海易見漂流木的出現，然而，莫拉克颱風沖刷了山區造成大規模的土石坍方，產生了大量的漂流木。這些漂流木堆積於港口與海岸地區(圖 2)，嚴重影響環境。農委會(2010)莫拉克後所清除的漂流木有 1.03 萬噸。

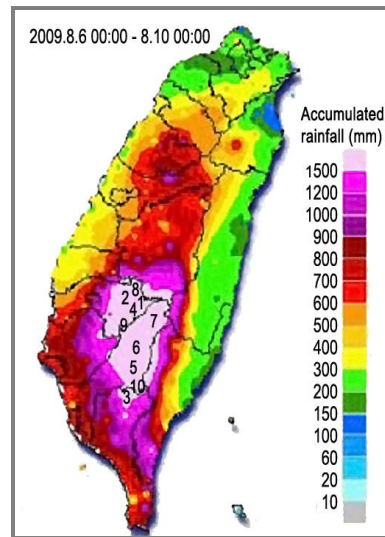


圖 1 莫拉克風災的降雨分布圖



圖 2 莫拉克颱風引起漂流木之照片

(a)海岸地區 (b) 港口

三、漂流木數量與分布的估算

3.1 資料

本研究評估漂流木的分布，使用三種數據，分別是衛星影像、實測調查資料與媒體資料。使用衛星影像進行數量的估算，衛星影像資料從 8 月 19 日至 9 月 3 日。共 38 張沿海圖像(圖 3)。福衛二號是一種光學衛星，每日拍攝影像可做為災害監測。由於颱風期間的惡劣天氣條件以及角度問題，基於影像的品質，因此所利用之衛星影像已透過大氣與幾何校正。莫拉克颱風過後，農委會林務局實地調

查漂流木沉積在河流沖積平原、農田、沿海和港口的資料與電視報導與網路等媒體訊息，作為本研究的輔助資料。所有來自媒體的報導、照片或影片均有經過證實。實測數據的獲得並應用於研究上是相當獨特的。

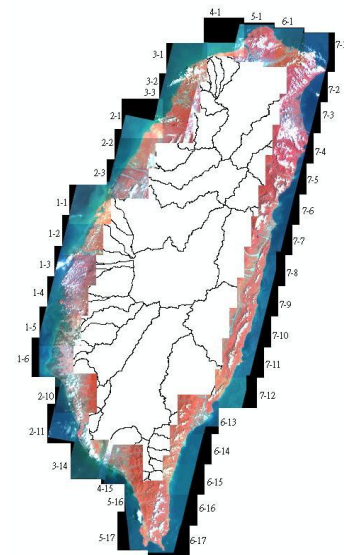


圖 3 本研究所使用之沿海衛星影像編號

3.2 海岸漂流木的分布

遙感探測是獲取目標物的空間資料、區域或現象的一種科學方法。對於大尺度的現象或災害，遙感探測是一個很好的觀測工具。因此，為獲得科學驗證，使用福衛二號影像用分析災後漂流木與沿海的分布位置。現今，影像分類的方法有很多種，例如採用最大概然法，貝氏分類法，主成分分析和類神經網路法等（Girard and Girard，2003）。主要目的是分割特徵空間成為目標類別。

表 1 列出了個別區域的衛星影像在沿海總覆蓋面積超過六點零平方公里。較顯著大量漂流木堆積於東南沿海以及主要河口，例如曾文溪口（1-6），大甲溪口（2-1），花蓮河口（7-6）。綜合衛星影像分析結果與其他輔助資料。圖 4 顯示莫拉克後沿海漂流木的分布，佔據 83.2%的台灣海岸。雖然暴雨主要發生在南部，但是整個海岸線均受到影響，包含漂流木堵塞北部漁港。漂流木的來源尚未得到驗證，然而，我們相信漂流木極有可能是從西部的河流沖刷而下，順著沿岸流而往北部移動。為了解沿海漂流木於河口之分佈，圖 5 為河口附近的漂流

木累積量與河口的距離的相關性。顯示分佈在東南河口漂流木的堆積有下降的趨勢（圖 5a），特別是往北沿岸。根據東海海岸與西南海岸的兩張衛星影像分析，沿海最大漂流木的堆積量出現在 0.5 公里至 3.0 公里以南的河口。

表 1 個別衛星影像所估算漂流木之面積別

影像編號	漂流木範圍(m2)	影像編號	漂流木範圍(m2)
1-1	161,279	6-1	178,110
1-2	152,937	6-13	683,187
1-3	228,402	6-14	667,041
1-5	35,827	6-15	242,174
1-6	330,085	6-16	114,841
2-1	316,444	6-17	49,322
2-2	190,337	7-1	199,874
2-3	10,024	7-4	51,372
2-10	64,832	7-5	56,067
2-11	15,593	7-6	299,046
3-2	9,877	7-7	117,979
3-3	22,409	7-8	235,952
3-14	159,511	7-9	238,785
4-1	99,505	7-10	262,098
4-15	112,132	7-11	181,743
5-1	115,556	7-12	368,450
5-16	123,486	Total	6,161,258
5-17	182,537		

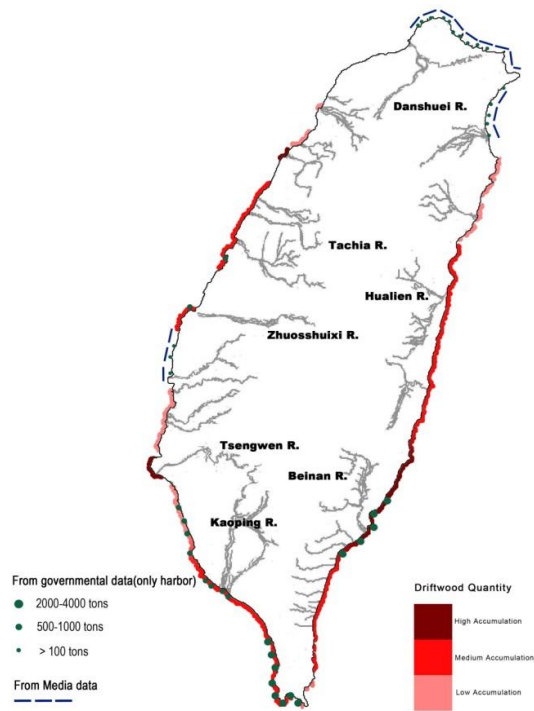


圖 4 莫拉克風災後漂流木堆積於全台灣海岸線之分布

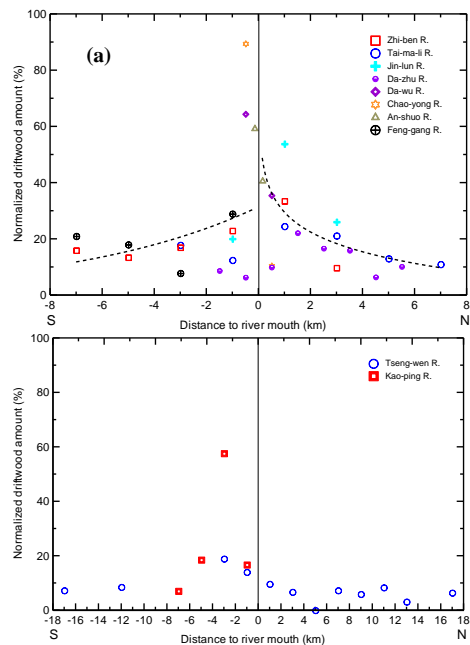


圖 5 海岸漂流木之分布

(a)東南海岸；(b)西南海岸。橫軸表示河口的位置

3.3 漂流木的數量

漂流木的估算以重量為主，根據農委會對漂流木清理工作到 2009 年底的統計數據顯示，莫拉克颱風過後漂流木總清理量為 1.03 萬噸(農委會,2010)。從表 2 可知大量的漂流木堆積於農田。此外，漂流木沖刷至下游堆積於海岸線的前灘地與後灘地以及堵塞港口的總量等於 38.7×10^4 噸 (37.6%)。

根據衛星影像分析，沿海漂流木總覆蓋面積超過 6.0 平方公里。農委會的實地調查莫拉克暴雨所造成漂流木的類別，其中沿海漂流木以台灣檜木，樟樹，台灣樺木佔 50% 以上。分布範圍的長度從 1 公尺至 13 公尺，直徑從 0.1 公尺到 1.5 公尺。我們計算加權長度和直徑的漂流木分別為 6.53 公尺和 0.74 公尺。根據此數值，至少有 124 萬倒樹，沿著海岸沉積，此外，樹林的密度範圍從 0.5 到 0.8×10^3 kg/m³ (Hoadley,2000)，表示每一根漂流木最大重量為 2.24 噸。因此，估算約有 1 / 7 的漂流木被清除。許多漂流木並未被清除且堆積於較少人前往的海岸地區。造成大量漂流木的原因是相當受到關注的，主要原因來自長期性和暴雨的發生。本研究將降雨量與漂流木數量做相關性分析(圖 6)。測量數據是以台灣東部和西部海岸的 13 個河流，其結果顯示流域的平均降雨量和漂流木堆積於沿海河口附近並無顯著關係。然而，我們發現崩塌地越靠近流域和漂流木堆積於海岸有高度相關，如圖 7 所示。莫拉克期間所產生之崩塌總面積為 369km²。東南流域，崩塌率為 12%。沿著西南流域，崩塌率為 7% (Yu and Chen, 2010)。在圖 7，我們發現了兩個不一致的數據。分別為濁水溪流流域與高屏溪流流域，本研究發現崩塌地位於兩個流域的上游，漂流木需要更多的時間運送到海岸。相反地，在東南流域，崩塌地非常接近河口，加上洪水運移，海岸漂流木數量與崩塌地有著高度關聯。本研究發現暴雨引起崩塌，而崩塌地發生在河流流域是主要造成漂流木的原因。此外，大量的漂流木沖到大海或於海岸堆積與崩塌地到河口的距離相關。

表 2 莫拉克風災後所清理漂流木數據

地點	重量(噸)	比例(%)	
上游	森林 水庫	26,260	2.5%
河道		115,491	11.2%
農田		501,809	48.7%
海岸	港口 前灘 後灘	387,014	37.6%
總量		1,030,57	100%

4

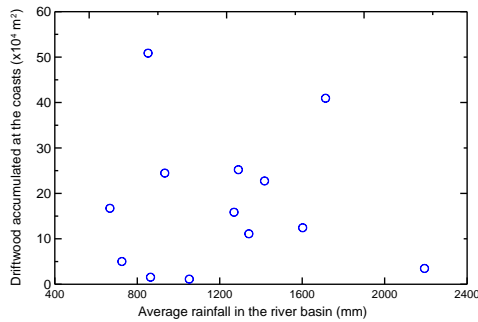


圖 6 流域平均降雨量與海岸漂流木數量的關聯性

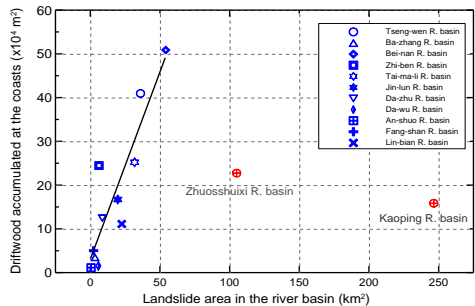


圖 7 流域崩塌地面積與海岸漂流木數量的關聯性

四、影響

4.1 航運和漁業的衝擊

海岸漂流木會傷害經濟的三個重要部分：旅遊業，漁業和航運。莫拉克風災後，直接且主要影響的是漁業和航運。台灣漁業對當地是非常重要經濟來源，共有 299 個漁業碼頭與港口提供海岸或深海使用。海岸漂流木阻塞 52 個港口（農委會，2010）。

漂流木對航運的一種災害，主要造成的損害有螺旋槳或船身，使得維修既費時且費用昂貴。

4.2 海岸衝擊

漂流木的分解速率較緩慢（Guyette and Cole, 1999），此過程會對海岸環境帶來自然干擾（Storry et al., 2006）。漂流木是一個對生態可提供能量和營養很重要的來源，對於惡劣的海浪和潮汐它可保護與防止侵蝕對海岸的影響（Hoffmann and Hering, 2000; Laegdsgaard and Johnson, 2001）。因此，海岸漂流木的堆積有助於穩定和增加海岸的沖積層。反之，當風暴波浪的作用下，堆積於海岸的漂流木，反而會對該地造成侵蝕海岸強大的力量和重創峭壁。

4.3 觀光與經濟的衝擊

漂流木堆積於海岸對景觀與觀光客會造成影響，進而導致旅遊收入損失。莫拉克所造成的漂流木問題甚至引發海灘關閉。漂浮或淹沒的木頭會使海洋生物、泳客、衝浪者與潛水人引起受傷漂流木的清除或處置成本高，估計超過 2000 萬美元，但並沒有全面統計旅遊總損失。然而，漂流木亦可增加觀光。漂流木是一種符合環境保護最原始，最簡單的藝術創作和文化趣味的結合。許多漂流木雕塑展舉行以吸引遊客。此舉鼓勵市民珍惜自然，保護能源。

4.4 環境與生態的衝擊

漂流木對環境的衝擊發生於對海洋生物身體傷害，或清理漂流木時間間接引起生態變化。漂流木對生態的直接影響並不僅限於移動動物。漂流木亦危害植物，以及不活動的生物體和敏感的生態系統。沉積的漂流木可能會損壞珊瑚礁，使珊瑚礁破壞或窒息。莫拉克颱風過後，在台灣南部的研究發現活珊瑚平均覆蓋率從 58.80% 下降至 18.54%（Kuo et al., 2010）。若要使珊瑚覆蓋率恢復到莫拉克發生的水準可能需要幾十年甚至更長的時間。

五、結論

颱風和極端降水通常會導致巨大財產，經濟和生活損失。2009 年 8 月，莫拉克颱風帶來台灣史上最極端的降雨，引發洪水，林地崩塌，和漂流木堆積。漂流木對海岸環境帶來顯著影響。莫拉克後，漂流木佔台灣的海岸線超過 83.2%，其中包括 52

個漁港。官方報告漂流木清理數量接近 103 萬噸，包括海岸地區共清理 38.7×10⁴(37.6%)噸。透過 38 張衛星影像分析結果顯示只有 1/7 海岸漂流木被清理。莫拉克所引發的實際漂流木是清理量的數倍。未清理的海岸漂流木目前仍堆積於海灘或已被沖刷入海，透過海洋運輸，部分漂流木可能穿越整個海洋，最終運移至外國海岸。

漂流木的產生是降水累積、強度、崩塌地和河流運輸能力的結果。降水是引發漂流木的一個重要因素。但是，我們發現越靠近流域的崩塌地和漂流木堆積於海岸有高度相關。此外，崩塌地與河口的距離是造成海岸漂流木的堆積的關鍵因素。

漂流木被帶入海中最初是因為河道沖刷；其餘被堆積於岸上是由於波浪、潮汐、風與近岸流的驅動。較小的漂流木會因為波浪作用而被推向海岸高處、防波堤或海岸高灘地。莫拉克後，大量的漂流木被困在河口、海灣或局部海岸。大沙灘的後濱和護堤，以及岩石海灘亦成為漂流木堆積的地點。風暴浪使許多漂流木再次地移動與漂浮。結果顯示，漂流木的堆積量的增加或減少取決於河口距離。漂流木危害旅遊業、漁業、航運、環境與生態。漂流木堵塞 52 港口恢復時間平均在為 9.4 天。使用浮球網攔截漂流木是相當有用的，它可減少未來遇到漂流木問題時整體重建的時間。

謝誌

本研究承蒙國科會極端氣候下複合性災害防治之研究—極端氣候條件下河口海岸地區災害防治技術與對策之研究計畫(計畫編號：NSC 99-2218-E-019-002)經費補助，謹此致謝。

參考文獻

1. 行政院農業委員會，2010，莫拉克颱風農業應變處置實錄。
2. Comiti, F., Andreoli, A., Lenzi, M.A., Mao, L., 2006. Spatial density and characteristics of woody debris in five mountain rivers of the Dolomites (Italian Alps). *Geomorphology* 78, 44-63.
3. Girard, C.M., Girard, M.C., 2003. *Processing of Remote Sensing Data*. Taylor & Francis Press.
4. Guyette, R.P., Cole, W.G., 1999. Age characteristics of coarse woody debris (*Pinus Strobilus*) in a lake littoral zone. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56, 496-505.
5. Hoadley, R.B., 2000. *Understanding Wood*, Taunton Press.
6. Hoffmann, A., Hering, D., 2000. Wood-associated Macroinvertebrate fauna in Central European streams. *International Review of Hydrobiology* 85, 25-48.
7. Hong, C.C., Lee, M.Y., Hsu, H.H., Kuo, J.L., 2010. Role of submonthly disturbance and 40–50 day ISO on the extreme rainfall event associated with Typhoon Morakot (2009) in Southern Taiwan. *Geophysical Research Letter* 37, L08805
8. Kuo, C.Y., Meng, P.J., Ho, P.H., Wang, J.T., Chen, J.P., Chiu, Y.W., Lin, H.J., Chang, Y.C., Fan, T.Y., Shao, K.T., Fang, L.S., Chen, C.A., 2010. Damage to the reefs of Siangjiao Bay Marine Protected Area in Kenting National Park, Taiwan during Typhoon Morakot. *Zoological Studies*. (in press)
9. Laegdsgaard, P., Johnson, C., 2001. Why do juvenile fish utilize mangrove habitats? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 257, 229-253.
10. Maser, C., Sedell, J.R., 1994. *From forest to the sea: the ecology of wood in streams, rivers, estuaries and oceans*. St. Lucie Press, Florida.
11. Shieh, C.L., Wang, C.M., Chen, Y.S., Tsai, Y.J., Tseng, W.H., 2010. An Overview of Disasters Resulted from Typhoon Morakot in Taiwan. *Journal of Disaster Research* 5, 236-244.