

# 美國卡崔娜颶風(Katrina)災害事件 初步分析報告



國家災害防救科技中心

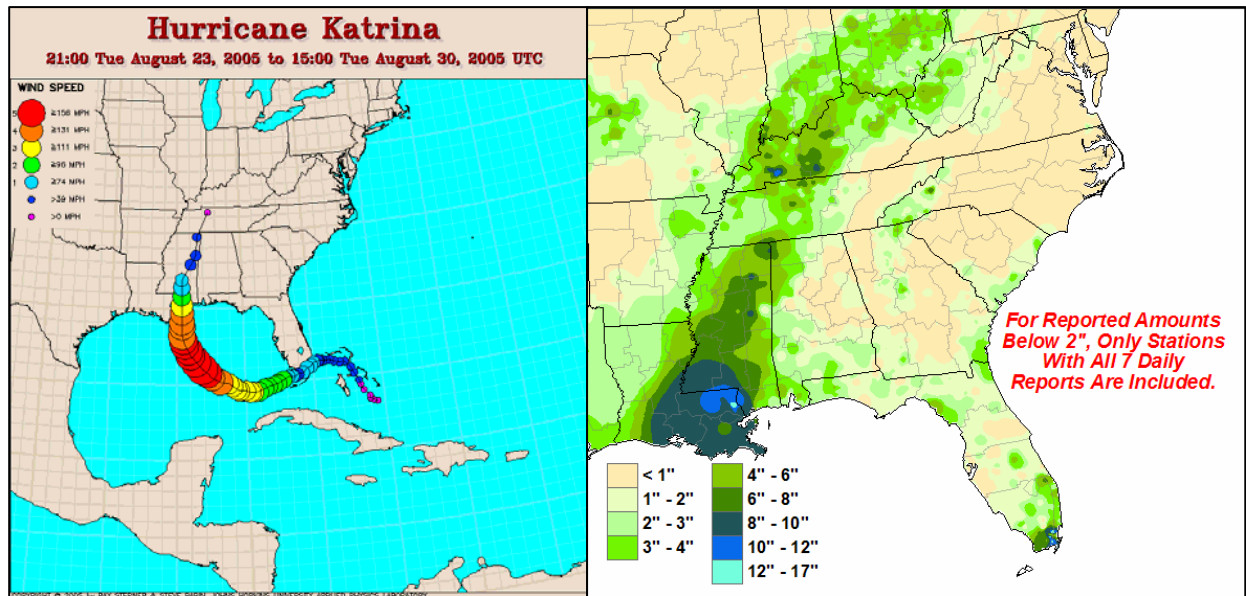
2005 年 9 月 15 日

## 一、Katrina 颶風概況

卡崔娜颶風 (Katrina) 是百年來美國東南部灣區最強的颶風之一，過去共有勞動節颶風 (The Labor Day Hurricane, 1935)、卡麥爾颶風 (Hurrance Camille, 1969)、與安祖魯颶風 (Hurrance Andrew, 1992) 等強度類似的颶風都對美國造成重大損失，本次颶風風力達到超級強烈颶風水準，但登陸後強度雖有減弱 (大致在第三級颶風，相當於強烈颱風)，狂風暴雨仍令水位暴漲，加上潰堤造成紐奧良市 (New Orleans) 八成市區被水淹沒。

2005 年 8 月 24 日，原本位於巴哈馬群島東南方的 12 號熱帶低壓增強為熱帶風暴卡崔娜 (Katrina)，其後以緩慢的速度經過巴哈馬群島向西北前進，並於 25 日增強為第一級颶風 (相當於輕度到中度颶風強度) 朝佛州半島前進，圖一為整個颶風強度變化示意圖。26 日卡崔娜在哈連達 (Hallandale) 海灘與北邁阿密海灘間登陸，超過 140 km/hr 的陣風造成佛州 7 人死亡，140 萬戶停電，另外也造成一架波音 727 貨機被強風吹離跑道，及帆船擱淺等意外。

卡崔娜颶風登陸後向西南繞過佛州半島，受地形影響風速雖然稍有減弱，但由於登陸時間僅有 7 小時，隨後又進入墨西哥灣的廣大海域，溫暖海水使得颶風再度迅速發展，26 日下午卡崔娜已發展為 major hurricane，行進方向由西轉西北向墨西哥灣區逼近，由於颶風強度增強太快，8 月 27 日地方官員已對沿岸地區下達強制疏散令，將沿岸居民撤離灣區。8 月 28 日清晨卡崔娜風速已增強為第五級颶風 (相當為超級強烈颱風)，風速已達 270 km/hr 以上，且其中心氣壓仍持續下降，顯示颶風仍持續發展中，直到 28 日下午中心氣壓為 902 hPa，為大西洋颶風史上中心氣壓第 4 低的颶風。美國總統布希隨後宣布路易斯安那州進入緊急狀態。8 月 29 日，卡崔娜颶風登陸美國墨西哥灣區，路易士安那州 Grand Isle 量測到的颶風風速為 224 km/hr，中心氣壓 920 hPa，為史上登陸颶風的第 3 強紀錄。



圖一 卡崔娜颶風強度變化示意圖與期間全美的觀測雨量  
 (摘自 National Climatic Data Center)

## 二、災情整體情況描述

卡崔娜颶風肆虐美國東南五州，包括：路易絲安那州(Louisiana)、州密西西比州(Mississippi)、阿拉巴馬州(Alabama)、肯他基州(Kentucky)、喬治亞洲(Georgia)。整體受災面積達 90,000 平方哩(233,000 平方公里)，其中以紐奧良市為受災最嚴重地區，估計 80%市區被水淹沒。目前整體證實死亡統計人數為 656 人(至 09/13 止)，其中在路州計有 423 人，密州計有 218 人。現階段隨水位稍退與展開的逐戶搜索清理行動，死亡人數較事先預期為低。整體受災人數約二十七萬，絕大多數需要長期的安置於其他州的收容場所。路州共有十三萬民眾目前分佈在各州收容所中，此數目不包括部份民眾暫住旅館與親友處。

目前估計整體損失將達 3,000 億美元，單以紐奧良市損失可能達 1,000 億美元，美國聯邦政府災難救濟總支出估計將達 1500 億美元。災害過後的第一個週末，平均費用每日為 20 億美元；第一週每日平均費用亦達 10 億美元。以美國歷年重大天然災損統計，1992 安得魯颶風造成 350 億美元的損失；1994 年北嶺地震整體損失亦達 350 億美元。受災地區因經濟活動的停滯，每日的損失可達 100 億美元。

對美國其他地區經濟活動，直接影響的是能源問題：墨西哥灣(the Gulf of Mexico)的石油產量佔全美的 10%，災後每日將減產 1.4 億桶。

依據相關保險業者的初步估計，洪災保險理賠可能達 260 億美元，超過 1992 年安德魯颶風(Hurricane Andrew)的保險理賠 210 億美元。由 2002 年的普查資料，紐奧良市約有 213,000 的登記住戶，而此次的遭受洪水損失的約有 150,000 戶。保險業者估計僅有 40% 住戶有保洪水險，低於其過去其他災難區的 60%。

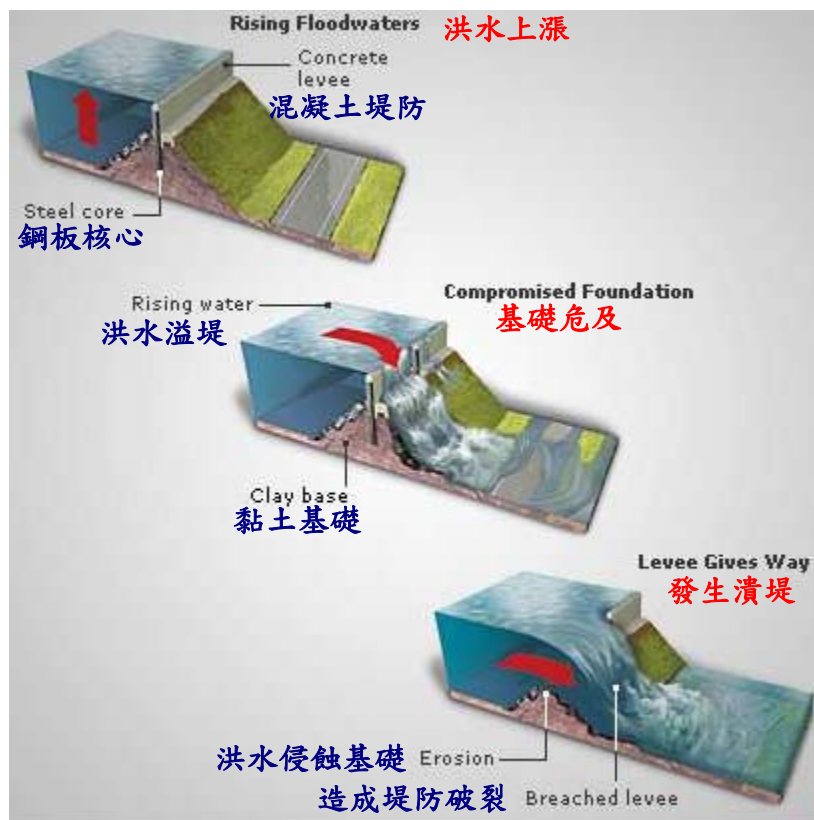
紐奧良市位於密西西比河沖積三角洲上，十七世紀由法國人建立殖民地，北邊有 Ponchartrain 湖，南邊有密西西比河與墨西哥灣，全市地形為一碗狀平均高程低於海平面 3 英尺(1 公尺)，見圖二。為確保人民生命財產的安全，全市沿湖邊與密西西比河兩岸築堤。但因築堤後，沖積扇缺乏來泛洪所帶來的沈澱物質，致使沿岸溼地逐漸減少，增加洪水對都市的威脅。自 1930 年起溼地面積以每年 24 平方英哩(62.1 平方公里)的速度減少，迄今約減少 1,900 平方英哩(4919 平方公里)，而平均每 2.7 英哩(4.3 公里)溼地吸收的水量約可降低 1 英尺的淹水深度。因此，由於築堤造成區沖積物造成市區與堤防逐年下降，使當地學者自 90 年代起提醒大眾注意此一不良的發展。同時，堤防的防洪設計標準僅能抵擋規模 3 級的颶風，在最近的一項災害情境分析試驗結果顯示，當颶風規模超過 3 級時，可能會對市區造成大規模的災情。

卡崔娜颶風造成紐奧良市堤防破損，導致八成以上的市區遭水淹沒，而釀成災害的成因為：

1. 破堤產生原因為，地層下陷與颶風造成的湧浪對堤防基礎造成侵蝕。破堤處非位於主河道，而是位於引水道部份，因此使得破堤後洪水直接灌入市區，見圖三、四、五。
2. 紐奧良市堤防設計防洪標準，對於超過規模 3 級以上的颶風，無法提供足夠的防護。
3. 紐奧良市都市發展一直倚賴堤防保護，而部份堤防年代較久，同時因地層下陷而加高堤防高度，增加堤防致災風險。
4. 因為經費不足（由聯邦至州、市政府），對於加固現有堤防工程遲遲無法推動。



圖二 紐奧良市地形剖面與水位圖（摘自 MSNBC 網站）



圖三 潰堤過程示意圖（摘自 Newsweek 網站）



圖四 洪水由破堤處湧入（摘自 Newsweek 網站）



圖五 紐奧良市淹水範圍 (摘自 Time 雜誌)

### 三、災害應變過程

針對紐奧良市災害應變過程，簡要整理如下：

#### 08/27

1. 布希總統宣佈路州與密州進入緊急狀態 (State of Emergency)
2. 紐奧良市開始志願性的疏散撤離，市長召開記者會呼籲市民撤離，並提醒這不是一個演習，並強調災害的危險性。

#### 08/28

1. FEMA 因應緊急狀態在喬治亞州與德州儲存災害應變物資。
2. 市長下令強制撤離，造成加油站大排長龍。
3. 未能自行疏散之民眾，約有 10,000 人前往超級巨蛋 (Superdome) 避難。此外，估計有 100,000 人留在市區。
4. 當晚超級巨蛋屋頂被吹破，Pontchartrian 湖水連夜上漲。

#### 08/29

1. 卡崔娜颶風在登陸前降強度為 4 級，上午 11 時 Industrial Canal 檔水牆發生兩處破裂，造成 9th Ward 地區積水 1~3m，晚間 11 時湖邊機場(Lake Front Airport)被水淹沒
2. 大約 80%居民已經撤離居所，239 個收容所計有 37,091 人。
3. 國民兵與 FEMA 待命中

#### 08/30

1. 17 街發生破堤，造成 80%市區淹水，抽水站失效。
2. 布希縮短休假，五角大廈宣佈派遣 5 艘軍艦前往，有 4 艘需要數天後到達。湖邊機場重新開放。

#### 08/31

1. London Ave.發生潰堤，全市抽水機停止作業。市長宣佈全體居民撤離紐奧良市，超級巨蛋 25,000 名災民開始撤離至外地。
2. 1,400 名警察奉命暫停救援工作，先控制市區治安惡化現象。
3. 布希飛越災區上空，成立聯邦工作小組。FEMA 已經派出 39 支醫療團隊前往災區支援。

#### **09/01**

1. 路州州長估計死亡人數將超過萬人，聚集在超級巨蛋與會議中心的災民約達 45,000 人。
2. 參議院提出 105 億美元援助方案，洪水水位達到穩定，工兵團開始修補破堤。

#### **09/02**

1. 布希首次進入災區(Alabama)，肯定 FEMA 的救災工作。
2. 首批 6,500 名國民兵進入紐奧良市。於本日止，約 20,000 名國民兵進駐路州與密州。

#### **09/03**

1. 布希再次強調全力進行救災，並朝正確方向改進。
2. 未來預計再增加 10,000 名國民兵進入災區。
3. 於本日止，361 處收容所，共收容 96,178 名災民。

### **四、體系運作與災害應變之檢討**

#### **1. 減災預算編列與執行不能滿足需求**

於 90 年代起即針對防洪計畫提出建議，國會於 1996 年通過 Southeast Louisiana Urban Flood Control Project，預計於至 2009 年共花費 7.44 億美元來改善現狀。但由於減稅政策造成政府預算不足，2006 年所需經費為 62.5 百萬美元，但白宮預算編列僅為 10.49 百萬美元。

## 2. 地區災害防救計畫中災害情境模擬與因應需能符合實務需求

事實上學者的研究與 FEMA 的模擬，均指出以目前紐奧良市的硬體建設與相關防災計畫是不足以應付超過規模 3 以上的颶風。因此是否輕忽了先前的分析，造成市府未能即是進行預警疏散作業。而針對市內的防災弱勢族群，如老、弱、病、殘與低收入者，是否規劃了足夠的醫療物資與運輸工具，可優先照顧降低傷亡。同時，對外來觀光客疏於收容與照顧的安派，致使觀光客成為洗劫的對象。

## 3. FEMA 改隸後對防災工作的影響

自 2003 年起 FEMA 併入國土安全部(Department of Homeland Security)後預算編列與工作方向均以反恐為第一優先，同年國會批准白宮將 FEMA 於防災計畫 (Hazard Mitigation Grant Program) 的經費刪減一半。而 2006 年的預算編列中，75% 是用於反恐工作。以往 FEMA 為內閣成員可直接對總統報告災情，現在須透過國土安全部傳達，無法即時反應重大災情。同時，在併入國土安全部後，高階人員相繼離職，迄今仍未補實，而現階段兩個單位的主管均無參與重大災害搶救作業的經驗。(註：FEMA 主管 Michael Brown 於 9 月 10 日被解除現場指揮官的職權，後於 9 月 13 日辭職。)

## 4. 執行疏散撤離的時機是否適當

紐奧良市長未能及時執行強制疏散作業，以致於在風強雨急的情形下未能有足夠的大眾交通工具疏散民眾，致使 45,000 名市民聚集在超級巨蛋與會議中心，顯見市府於災前的應變準備計畫不足。由於收容所聚集人數過多，在缺乏各項物資與生活條件太差，造成收容所內災民的生活缺乏人性尊嚴，並發生治安問題。

## 5. 市、州、聯邦政府間的缺乏協調與指揮

在應變與搶救作業過程中，各單位間缺乏通訊工具與統合領導，是造成初期溝通不良與救援工作緩慢的主因。以 FEMA 進駐紐奧良市的人員為例，與市防災中心人員對於災情嚴重性的認知，未能取得共識。紐奧良市市長未能於災後及時宣佈戒嚴，路州州長不願意交由聯邦政府主導救災工作，與 FEMA 動員太慢，都是造成救災的困擾。

## 6. 災後緊急物資的運補不足

根據 1992 年安得魯颶風的經驗，七十二小時內對災區有關食物、水、醫療支援必須全面到位，否則會對社會秩序造成影響。而由於缺乏統整領導，導致部份外援（人力、裝備、物資）遭到閒置，無法充分利用。

## 五、觀察後續發展

卡崔娜颶風災後影響與後續救援重建工作，有以下值得繼續觀察：

1. 紐奧良市的重建問題，包含：污染物（污水、污土與廢棄物）清除、建築物的鑑定、社區重建的方式、是否原址重建。
2. 受災居民的安置問題，包含：居住、教育、工作、醫療、心理建設、種族。
3. 颶風對政治、經濟、社會、心理的影響，其中經濟影響包含：油價、重建經費、保險理賠、物價的波動。
4. 颶風對美國防災體系的影響，包含：FEMA 的組織定位、防恐與防災的平衡、防災預算的編列與執行、地區防災計畫的修訂。

## 六、初步結論與建議

1. 2005 年 1 月於日本兵庫縣召開之聯合國世界防災會議，要求全球各國家地區妥善利用科技，確實掌握災害風險，並將減災工作列為優先政策，以提升相關工作效能。由卡崔娜颶風災害事件亦可看出，平時加強推動減災工作的重要性。
2. 針對大都會地區（如台北、台中、高雄等都會區），應進行大規模災害模擬分析，詳予檢討災害防救計畫的缺失與不足，以因應突發狀況。並應檢視大都會地區因「最嚴重事件(worst case)」引起的重大衝擊，是否為目前國力所能承擔。

3. 都會地區大規模災後的應變與處置問題，必須及早全盤規劃。以卡崔娜颶風災害為例，電力、通訊與維生管線全面中斷，並形成受災後孤立的地區。因此應藉由區域聯防的機制，擴大地方政府災害防救能量，特別是災民收容安置的協調、機具設備調度、統籌協調等事項。
4. 面對全球暖化可能加劇颱風與洪水的規模，應儘速針對國內現有河堤進行檢視評估工作與各項基本資料建立，特別是老舊堤岸，因年代久遠設計標準與施工品質均需要注意。同時，應考慮長期之改善對策。
5. 如何改善因救災工作進度遲緩，影響政府施政評價。建立確實有效的指揮體系，是救災應變的重要工作，因此，平時即需培訓養成有經驗的核心作業團隊。
6. 災情綜整與分析能力極為重要，我國應配合 e-Taiwan 的計畫，整合各有關資訊與資源，確保使揮核心能及時有效掌握現況，採行有效因應措施。
7. 保持反恐與防災工作推動的平衡點，兩者均有關國家安全與人民福祉，避免偏廢是因應世局變化與環境變遷的原則。