

## 颶風 SANDY 對美東衝擊影響初步綜合分析

國家災害防救科技中心

### 災情摘要

颶風 Sandy 在 10/22 於加勒比海生成到結束共十天，行經古巴、海地，侵襲美國，最後在加拿大結束。沿途皆造成不少災情，最嚴重是在美國東岸，沿海各州死亡人數已經達 110 人以上，其中以紐約州最為嚴重(48 人)，其次為紐澤西州(24 人)、賓州(Pennsylvania)(14 人)(統計至 11 月 3 日)。分析其原因最主要為颶風造成暴潮侵襲沿海城市，暴潮溢淹導致低窪地區淹水，尤其以地下鐵、隧道等最為嚴重。另外，由於變電所爆炸導致大規模停電，影響衝擊包括：華爾街股市交易休市暫停、各式由電腦控制的系統無法正常運作、通訊及網路系統中斷，導致醫院因為停電、淹水等必須撤離，各式經濟損失概估 500 億美元以上。

鑒於颶風(Sandy)對於美東造成嚴重災情衝擊，引發淹水、地鐵交通設施、資通訊中斷、大規模疏散撤離、維生系統及供電、醫療體系，甚至核電廠運作等議題產生，因此國家災害防救科技中心擬初步蒐集有關颶風(Sandy)對美東地區相關災情及政府應變處置做為等相關資料進行綜合分析，期望在分析過程中能汲取此事件寶貴學習經驗，以供國內相關單位在防救災上借鏡參考。

### 一、颶風 SANDY 影響

#### 1.1 颶風發展過程

10/22 熱帶低壓於加勒比海生成，並於當日晚間增強為熱帶風暴，持續往北移動。行經中南美洲，已造成嚴重傷亡，死亡與失蹤人數達 80 餘人(主要為海地與古巴)。之後 10/29 以 C1 級颶風登陸美國東岸大西洋城，最大風速為 150km/h，暴風半徑約 790km。10/30 當日適逢大潮，加上颶風外圍環流強勁向岸風持續吹拂引發長浪影響，於紐約沿岸暴潮高達 4.2 公尺，造成暴潮溢淹海水倒灌，重創沿海城市(紐約、紐澤西沿海)。最後 10/31 減弱為熱帶氣旋，續往加拿大地區前進，亦在當地造成 2 人死亡。Sandy 颶風路徑如下圖 1 所示。

#### 1.2 降雨影響

颶風 Sandy 最強之強度僅達 C2 等級(相當於台灣颱風分級之中度颱風)。由於颶風 Sandy 在登陸美東地區時與北方南下冷空氣接觸，雖然颶風中心的強

度快速減弱(熱帶風暴等級)，但冷熱系統交會後增強環流的風速與環流降雨強度。主要強降雨區位於颱風登陸點南側，包括：紐澤西南部、德拉瓦、馬里蘭及維吉尼亞等地。至於紐約市與紐澤西北部嚴重淹水區為降雨相對較少的區域。累積降雨分布如下圖 2 所示，連續三天累積降雨量，在馬里蘭州，最高達 300 毫米，紐約市三日累積降雨量約在 50 毫米以下。



圖 1 颶風 Sandy 路徑圖，圖中空心的颶風標誌表示颶風等級為熱帶風暴，颶風標誌 1 號者為颶風等級 C1 級，標誌 2 號者為颶風等級 C2 級。

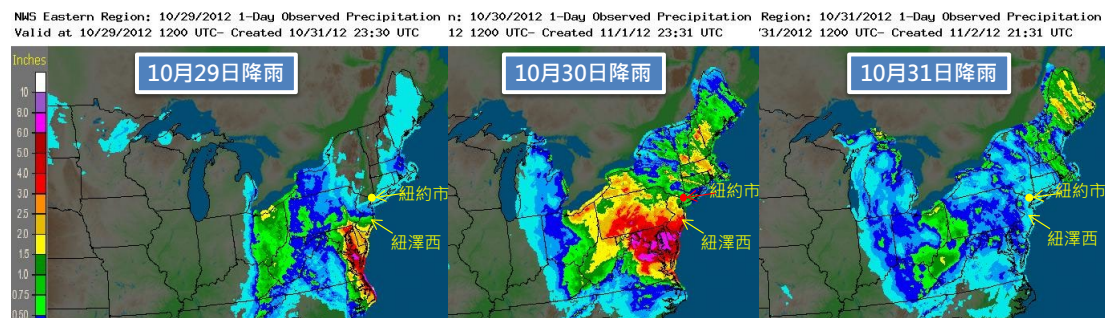


圖 2. 10 月 29 日、30 日、31 日美東地區三日降雨圖。較強雨勢集中於颶風登陸點以南地區，紐約市與紐澤西州嚴重淹水區在強降雨區的北側。

### 1.3 暴潮衝擊

颶風 Sandy 於紐澤西州大西洋城附近登陸，颶風半徑達 790 公里，範圍非常大，風吹使得紐澤西州以北地區在颶風接近期間，屬於颶風環流之向岸風，為颶風引起長浪之影響區域，而且颶風 Sandy 登陸美東期間適逢當地大潮期間，颶風中心通過地區氣壓下降並抬昇當地海平面高程，引發暴潮溢淹。根據

紐約下城區，砲台公園潮位站潮位資料顯示，颶風登陸期間最高潮位發生在 10/30 00GMT。颶風所造成的潮位差(綠色線)高達 2.5 公尺。滿潮加暴潮造成實際觀測潮位達到約 4.2 公尺高(紅色線)，創歷史新高。(歷年最高為 1960 年 3.99 公尺)

紐澤西州以北沿岸地區(包括紐約市)，受暴潮、大潮及長浪多重因素之影響，暴潮溢淹引發海水倒灌大範圍且嚴重之災情，從災後航拍影像可見愈靠近海岸地區受災愈嚴重，儼然類似海嘯侵襲。

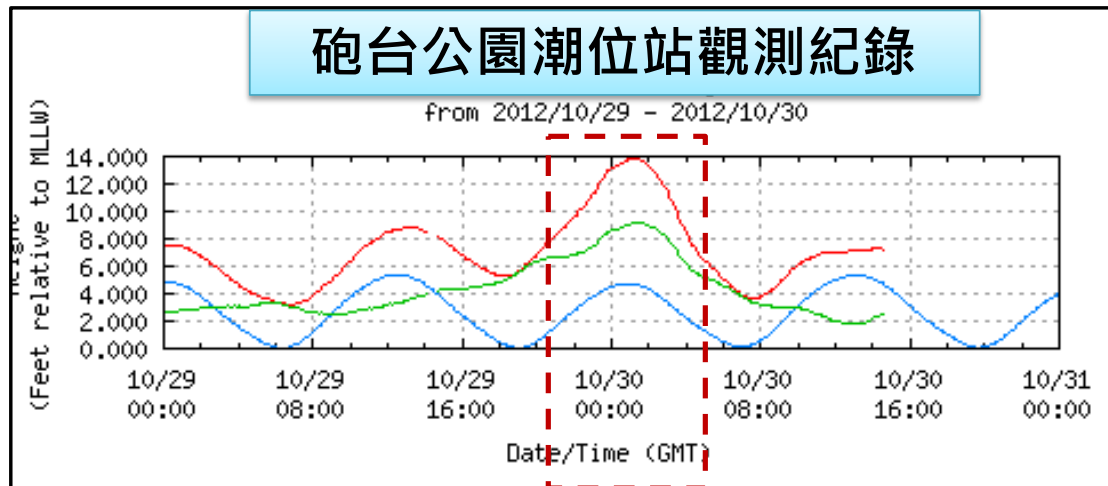


圖 3. 10/29~10/30 紐約市曼哈頓地區砲台公園潮位站觀測資料，藍色線為天文潮，綠色線為暴潮位差，紅色為實際觀測潮位。(單位為英尺)

## 二、颶風 SANDY 造成災情衝擊(彙整以美國紐約為主的情況)

紐約市(New York City)為美國最大城市，人口約 830 萬人(約台北 3.1 倍)，面積約 786 平方公里(約台北 2.9 倍)，有曼哈頓區、布朗克斯區、皇后區、布魯克林區、史泰登島區等五個區。紐約地區並不是本次颶風降雨集中地區，也非上游降雨流至下游的影響，造成紐約市區漫淹最主要原因是暴潮，暴潮由哈德遜河東岸溢淹後進入曼哈頓區，造成紐約市區大淹水，當地媒體報導最大淹水深達 4 公尺，原本 24 小時營運的紐約地鐵系統停擺，市區大範圍停電停話，位於曼哈頓區之國際金融中心華爾街以及聯合國總部都受到影響，災情分布概圖如圖 4 所示。同時，FEMA 宣告紐約、紐澤西、康乃狄克州部分地區為災區，如圖 5 所示。

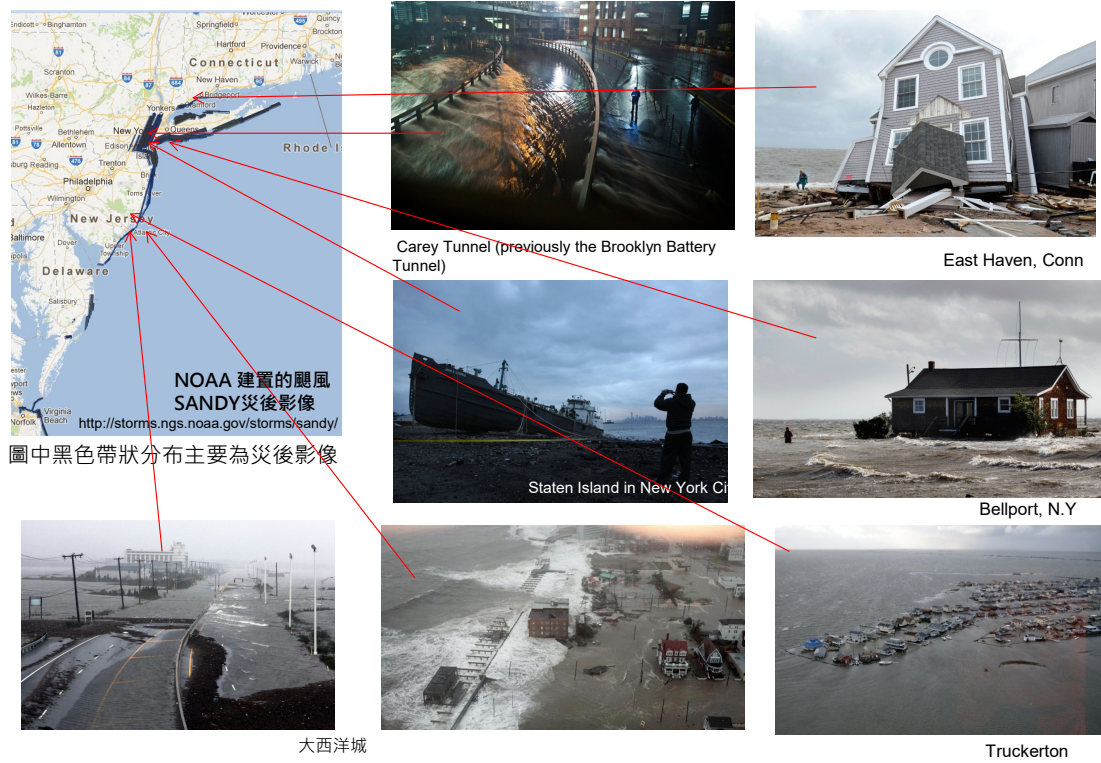


圖 4 颶風 SANDY 災害影像

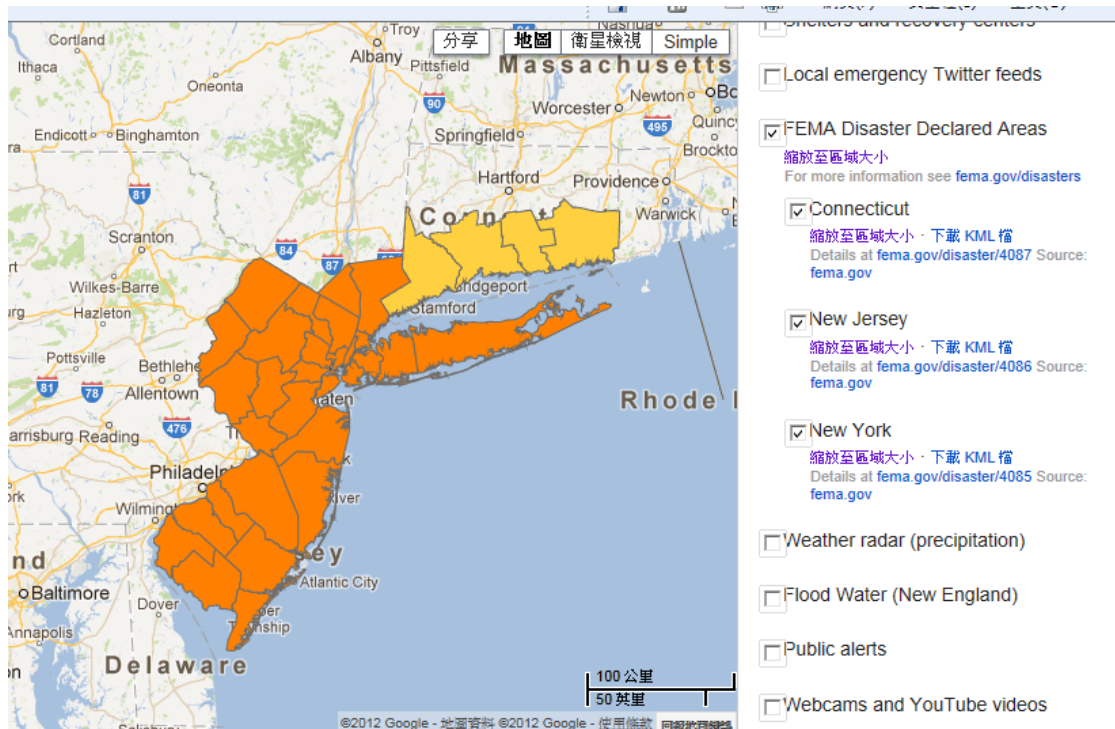


圖 5 FEMA 宣告的災區範圍

## 2.1 維生設施損壞情形

### 1. 電力系統受損

#### A. 電力系統受損及復原概況

- 受損概況：10月29日晚間起，停電範圍影響人口約848萬人(Reuters, 2012)。
- 截至11月1日(四)為止，美東仍有350萬用戶停電，尤其皇后區、史坦頓島、紐約市約50萬用戶及曼哈頓下城區(CNN, 2012)
- 「愛迪生聯合電力公司」發表聲明，預計11月10~11日能恢復主要停電區域的電力。以地下電力系統供應電力的曼哈頓中城至下城區域，預計於11月3日(六)恢復供電(Con Ed, 2012)

#### B. 電力系統受損原因

- 淹水及海水鹽度，造成地下電力設備元件及線路停止運作或損壞(Con Ed, 2012)
- 強勁風勢、倒塌路樹及道路損毀，造成架空電力線路斷裂或損壞(Con Ed, 2012)
- 美國紐約曼哈頓東區「愛迪生聯合電力公司」(Consolidated Edison Inc.) 電廠變電所爆炸及兩座地下電力網絡系統因淹水故障

#### C. 影響衝擊

- 民眾搶購市場上攜帶型發電機
- 停電狀況波及其他重要設施，如：供水加壓站、污水加壓站、消防局、警察局、醫院、加油站、大眾運輸系統、災後復原工作延宕等
- 各地區由於停電因素，加油站馬達及設備無法運作，導致許多加油站無油供應(Daily News, 2012)或僅定量配給每人1加侖。

## 2. 天然氣中斷

### A 災情狀況

- 紐澤西州由於淹水及強風造成房屋傾倒、路面破損，導致瓦斯管線斷裂(CNN, 2012.10.31)
- 紐澤西天然氣公司(New Jersey Natural Gas)接獲1,300個天然氣洩漏案件(CNN, 2012)
- 發生零星因為天然氣洩漏導致火災爆炸事件(The raw story, 2012)

### B 作為與後續觀察

- 由於安全疑慮，禁止居住於天然氣洩漏區域的居民(如：Sea Bright)回家(Asbury park press, 2012)

### 3. 通訊系統

#### A. 受損情況

- 10月30日起，美東各州，包含 New York、New Jersey、Connecticut、Pennsylvania、Washington DC、Maryland、North Virginia 以及 New England 等地的資通訊受到影響，主因是洪水淹沒資訊中央辦事處、沖壞曼哈頓下城(Lower Manhattan)的電信設備，以及位在皇后區及長島(Queens and Long Island)的網點(Sites)，加上停電導致美東電信網絡失效，包含手機、電視、家用電話及網際網路等。

#### B. 衝擊影響

- 網絡失效的結果衝擊電子化交易(electronic trading)等服務，詳細的影響用戶數據不明，待後續統計。各資訊公司紛紛進行評估分析，並公告相關消息，但目前連基本的客務服務都受到很大的影響，網路公司表示將先設法恢復無線服務。此外，美國聯邦通信委員會表示，少數的 911 服務中心受到影響，在風雨後才恢復正常。

## 2.2 交通設施衝擊

### 1. 地鐵系統

#### A. 災情狀況

- 10/29(一)傍晚開始降下大雨，造成紐約市地鐵系統開始淹水。
- 紐約市地鐵系統有 108 年歷史，受災最嚴重的一次。
- 隧道、調度場與鐵道大淹水，並有八個車站淹水，如圖 6 所示。
- 東河(East River)底下由曼哈頓通往皇后區與布魯克林的所有 7 條地鐵隧道都進水。
- 連接新澤西州和紐約市的通勤鐵路服務(PATH)，因哈德遜河(Hudson River)下方的隧道灌滿水而無法運行。

#### B. 衝擊影響

- 每天平均約有 530 萬人使用，積水恐將導致地鐵停擺 4 天。
- 公車於 10/30 恢復部分服務，10/31 日將全面恢復運行。
- 連接紐澤西和紐約市的列車服務(PATH)可能暫停 7 天至 10 天，影響眾多的通勤人口。

#### C. 處置作為與復原狀況

- 地鐵 11/1 上午 6 點開始重新提供有限的服務。
- 因為缺電緣故，曼哈頓 34 街以下區域地鐵服務尚未恢復。

- 曼哈頓與布魯克林區之間以公車進行接駁。
- 紐約市大眾運輸 11/1、11/2 免費搭乘。
- 實施共乘限制，至少 3 個人才能過橋進入曼哈頓。



圖 6 曼哈頓下城區地鐵系統災情

## 2. 道路交通

### A. 災情狀況

- 10/29(一)傍晚開始降下大雨，造成路面、隧道開始淹水，並以紐約市曼哈頓區、皇后區、布魯克林區災情最為嚴重。
- 曼哈頓下城區多處淹水。
- 連接曼哈頓和長島(皇后區)、布魯克林的隧道被洪水灌入，地面交通幾近癱瘓。
- 所有橋樑預警性封閉。

### B. 處置作為與復原狀態

- 紐約市橋樑於 10/30 下午重新開放，所有通往曼哈頓的橋樑均正常通行。
- 公車大多在 10/31 恢復營運。
- 仍關閉中的隧道如圖 7。(截至 11/1)



✱ 關閉中的隧道 (截至11/01)

圖 7 紐約市公路隧道關閉

資料來源: <http://www.mta.info/nyct/maps/>

### 3. 航空運輸

#### A. 災情狀況

- 10/29~10/30 紐約大都會地區、華盛頓、巴爾的摩、費城和波士頓等地機場受影響而關閉或部分開放。
- 因飛機跑道淹水，紐約大都會地區主要機場均關閉，包括甘迺迪(JFK)、紐瓦克(Newark)、拉瓜迪亞(LaGuardia)國際機場。
- 華盛頓、巴爾的摩、費城和波士頓等地的機場有限度開放，多數班次延遲或取消。

#### B. 衝擊影響

- 紐約三大機場關閉，影響每天約 30 萬旅客量。
- 全美至少有 18,000 個航班取消。
- 美國和全球有數十萬旅客滯留。

### 2.3 醫療院所衝擊與應變

#### 1. Bellevue Hospital Center(貝爾維醫院)：

- 位於曼哈頓下城區，紐約最老及最有名的公立醫院，以有最忙碌的急診室聞名，專門服務窮人和無保險者。
- 撤離原因：停電後，一台備援電力啟動成功，但整體電力不足(只能提供 30%的電力)，且電力公司電力供應回復日期不確定。
- 總撤離人數：約 700 人。無人死亡。



- 發電機：雖然其發電機置於高樓(13 樓)，其他發電備配，如燃油和燃油泵，卻因安全考量，分開置於地下室，因而浸水失效。
- 時序：
  - ◆ 10/29 前，自認有足夠的災害應變能力，不認為有事先撤離需求。
  - ◆ 10/29 水淹入地下室，仍有部分電力，原以為不用撤離，視查地下室發電備配受損狀況，才決定開始撤離。撤離了約 400 名病患，有 National Guard 協助，尚有約 300 名病患留在院中。
  - ◆ 10/30，醫院水壓不足，再撤剩餘病患。

## 2. NYU Langone Medical Center：有 786 床。

- 位於曼哈頓下城區。
- 撤離原因：停電，電力恢復日期無法確認。
- 總撤離人數：多於二百人，多有重症病患（包含癌症病患及 20 名新生兒重症加護病患）。無人因而死亡。
- 發電機：有 7 台年份不久的發電機，皆置於高處，燃油和燃油泵在地下室，有防水裝置。因地下室淹水 8 呎，燃油受損，無法發電。

## 3. NY 南布魯克林區的 Coney Island(科尼島)Coney Island Hospital：

- 位於 Atlantic Ocean 海灘旁，371 床。
- 在風災之前的 10/26 已撤離緊急病患，10/29 斷電後，還有 209 病患，也進行撤離。
- 其發電機在院外墊高約 2 呎的磚房內，被淹時自動斷電。

## 4. Manhattan Veterans Affairs Hospital 和 the New York Downtown Hospital

- 位於曼哈頓下城低窪地區，皆事先撤離病患。

## 2.4 其他災情

### 1. 金融設施

- 紐約證券交易所，10/29 至 10/30 休市 2 天後恢復正常。
- 多家銀行與證交所同時關閉，ATM 暫停交易，各項金融服務停擺。

### 2. 核電廠

- 時間及地點：10 月 29 日晚間 9 點至 10 月 30 日晚間 8 點 45 分
- 強風、洪水、斷電及水道佈滿垃圾，影響核電廠運作
- 3 座反應爐停止運作，包含紐約州北部的九哩點(Nine Mile Point)的核電廠 1 號反應爐(Unit 1)晚間 9 點因輸電問題停擺、紐約市北部的印第安角(Indian Point)3 號反應爐(Unit 3)，在晚間 10 點 40 分左右，安全系統偵測到電網干擾(electrical grid disturbances)而自動關機，以及紐澤西州的賽能廠(Salem)1 號反應爐(Unit 1)因河流水位高及水道佈滿垃圾，於 10 月 30 日凌晨 1 點 10 分手動關閉。

- 美國最老核電廠奧伊斯特河(Oyster Creek)，災前因例行檢查而中止電力供應，安全暫時無虞，但因巴尼蓋灣(Barnegat Bay)的水勢升高，美國核子管理委員會(NRC) 於晚間 8 點 45 分提出第 2 級警告(最高為 4)。

### 3. 皇后區火災

- 時間：10 月 29 日深夜、地點：紐約至少發生 23 起火警，其中皇后區最為嚴重。
- 疑因強風吹落電線，造成電線走火。
- 皇后區一處社區遭洪水淹浸又發生大火，救災人員因淹水到達困難，近 200 名消防員趕至現場救援，大火延燒近百戶民宅，及時撤離無人受困或死亡。

### 4. 工地安全(公共安全)

- 時間：10 月 27 日。地點：曼哈坦中城西 57 街 157 號，豪華公寓 One 57
- 颶風 Sandy 帶來強風，氣象專家表示，位在公寓頂樓的吊車，受到每小時風速 95-100 哩的吹襲，吊車頂端因此斷裂。部分支架脫落，有掉落之虞。
- 市府要求西 57 街、第六大道及第七大道間的居民疏散，附近建築內的民眾則下撤到低樓層，並保持附近街道淨空、要求承包商及業主確保大樓不威脅公共安全。

## 三、經濟損失

10/29-10/30--紐約證券交易所及那斯達克股市兩天連續休市，紐約、華盛頓、費城和巴爾的摩等四大經濟中心幾乎全面癱瘓。穆迪首席經濟學家山迪指出，紐約到華盛頓之間地區的生產毛額，一年約達二點五兆美元，因此該地區的經濟活動每停擺一天，產出額便損失約 100 億美元。經濟損失估計金額各有出入，整理部分災損資料於下：

- 10/30 災難研究公司 Kinetic Analysis 預估實質災損可能約有 250 億美元，保險損失在 70~80 億美元。
- 10/30 Mark Zandi, Moody's Analytics 首席經濟學者認為，通常這種災害事件都有贏家和輸家(如，餐廳會有損失，超市則有收獲)，最後對整體國家經濟的影響不大。
- 10/30 預估只有一半的損失有民間保險賠償，聯邦保險(FEMA 的 National Flood Insurance)也無法涵蓋剩下的一半。
- 10/31 加州災難風險模型業者 Eqecat 預估經濟損失約 100~200 億美元。其中包含包括 50~100 億美元的保險損失(預估金額不包含 FEMA 的 National Flood Insurance 有保險的部分，也就是算的金額是民間保險的部分，不包含聯邦保險)。其他為各地區修復基礎建設的費用。
- 10/31 富國證券公司資深經濟學家維特納估計，由於人們外出就餐等服務方面的開支減少，Sandy 最終可能使美國第 4 季國內生產毛額(GDP) 短少 0.1 至 0.2 個百分點。(美國第 3 季 GDP 擴張 2%，換算成年率為

13.6 兆美元。)

- 10/31 專家預估將造成 100~450 億美元的損失，不過災損對經濟的打擊將僅屬短期效應；商業活動停頓所造成的影響，將因災後重建而獲得彌補；例如 2005 年前卡翠納颶風雖對紐奧良市造成毀滅性災害，但對全國經濟的影響卻為時不長。
- 11/1 美聯社報導，IHS 全球透視公司估計，颶風 Sandy 對美國造成的經濟損失約 300~500 億美元，包括道路、橋梁、辦公大樓與住宅在內，財產損失約 20 億美元，商業損失少則 100 億美元，多則超過 300 億美元(約台幣八千七百億元)。Sandy 還將讓美國第四季年化經濟成長率減少 0.6 個百分點。
- 11/1 RBC 全球資產管理公司經濟學家拉塞勒斯估計，Sandy 橫掃的地區人口共 6,000 萬人，產值約占美國 13.6 兆美元總產值的 25%。
- 11/1 花旗駐紐約分析師奧利佛·陳認為，零售商被迫關閉東岸分店，可能導致 11 月同店銷售減少多達 3%。

#### 四、FEMA及其中央、區域所屬單位應變過程

(參考資料: 2012/10/25-30 之每日處置報, Daily operations briefing (10/25-10/30,2012))

依美國「國家應變計畫」(National Response Plan, NRP) 規定，當大型災害發生時，受災地區州長向中央請求支援，經 FEMA 評估災情後由總統宣布為災區，並由 FEMA 負責通報相關部會進駐成立災害應變中心，對地方政府提供交通運輸協助、通訊聯防輔助、公共工程協助、森林防災防火、資訊計畫協助、災民緊急安置、民生資源補給、醫療衛生提供、都市搜索救援、有害物質處理、民生食物供給、民生能源供給等重大緊急支援任務 (Emergency Support Function, ESF) (陳國明, 2012)<sup>1</sup>。颶風 Sandy 災害應變過程如下：

##### 10/25:

- 國家應變協調中心(National Response Coordination Center, NRCC)：守視
- 國家災害復原組織啟動(The National Disaster Recovery Framework, NDRF)
- 國家事件管理協助團隊 IMAT 守視
- Urban search & rescue (US&R) 守視
- 國家警報中心(National Warning Center, NWC)：啟動
- 颶風聯繫團隊(Hurricane Liaison Team, HLT)：已開設
- 國家應急支援團隊(Domestic Emergency Support Team, DEST)守視

##### 10/26:

- 國家應變協調中心持續穩定觀察中
- 自然資源保育服務(Natural Resources Conservation Service, NRCS)準備隨時應變
- 國家警報中心加強戒備(加入復原、後備及外交事物公告)

<sup>1</sup>陳國明 (2012)，重大災害救援動員效能之研究—以美國「卡崔娜」颶風為例並兼論國軍救災之角色，空軍學術雙月刊第 620 期。

- 國家事件管理協助團隊(New Incident Management Assistance Teams, National IMATs)開始布署，並於 10/28(星期日)8:00 a.m. EDT 於下列地點布署完成：
  - IMAT-Blue: 康乃狄克州(Connecticut)
  - IMAT-Red: 紐澤西州(New Jersey)
  - IMAT-White: 麻州(Massachusetts)

#### 10/27:

- 國家警報中心持續穩定觀察中
- 國家應變協調中心白天二級開設、晚上三級開設

#### 10/28:

- 國家警報中心持續穩定觀察中
- 國家應變協調中心廿四小時二級開設
  - ▲ 都市搜救隊(USAR)紅色事件支援團隊於 Herndon, VA 布署，並於 10/29(星期一)8:00 a.m. EDT 抵達

#### 10/29:

- 國家警報中心持續穩定觀察中
  - ▲ 國家應變協調中心廿四小時一級開設
- 國家事件管理協助團隊，佈署於紐約市
  - ▲ IMAT-Blue: 紐約市(New York City)

#### 10/30:

- 國家警報中心持續穩定觀察中
- 國家應變協調中心廿四小時一級開設，並與所有應急支援委員會(Emergency Support Functions, ESFs)及所有聯絡辦公室(Liaison Officer, LNOs)共同作業

## 五、疏散撤離與安置

### 5.1 疏散撤離

在颶來襲前，紐約地區預計撤離 37 萬 5 千人，馬里蘭州海洋城海岸線至麻薩諸塞州達特茅斯間，超過 640 公里的地區都成為撤離區，在本事件中發布緊急撤離命令與自願疏散的郡(台北時間 10/10/30)，條列說明如下：

#### 1. 紐約市 NEW YORK CITY：

紐約的颶風疏散區域(A 區、B 區、C 區，見圖 8)之劃設是根據颶風登陸後的強度所預先劃定的區域，在颶風 Sandy 來襲前，強制性疏散住在 A 區的民眾，包括：

- 康尼島、曼哈頓海灘和 Red Hook 還有其他布魯克林東河沿岸。
- 所有的岩石岸邊，包括皇后區的漢米敦海灘和渠道。
- 幾乎所有的史丹頓島的海岸線。
- 一小部分的 Throgg's Neck 和其他布隆克斯區的南部。
- 巴特里公園是西側濱水區及曼哈頓的下東區及東村。

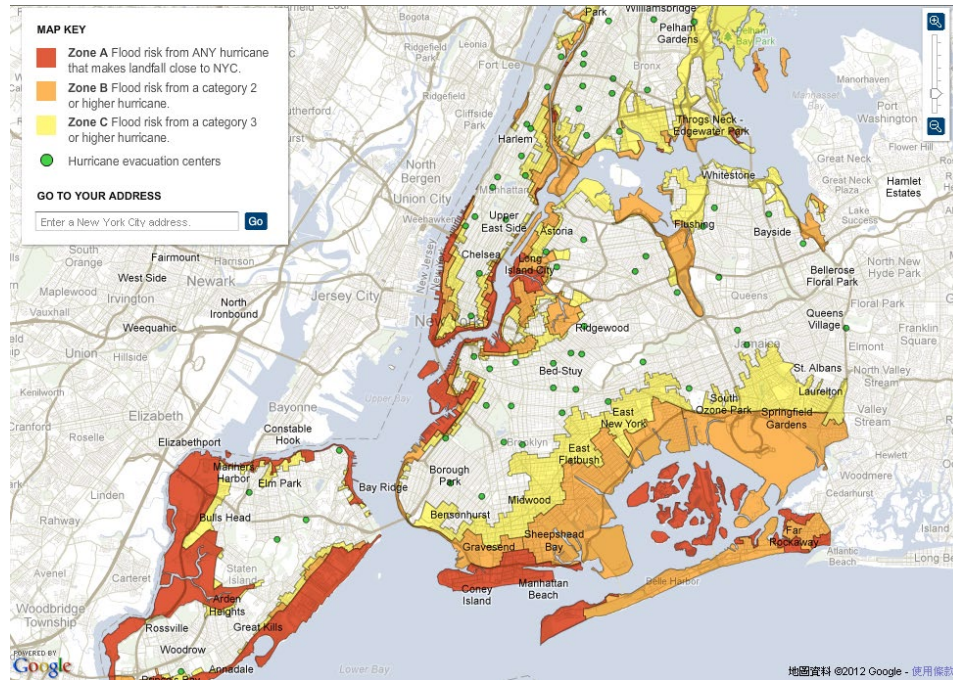


圖 8 紐約市附近的颶風疏散地圖

## 2. 紐澤西州 NEW JERSEY

- 大西洋郡 ATLANTIC COUNTY 強制疏散的屏障島嶼包括柏堅，大西洋城，特諾，馬蓋特和 Longport。
- 開普梅郡 CAPE MAY COUNTY 強制性疏散屏障島嶼和碧沙社區的居民。

## 3. 康乃狄克州 CONNECTICUT

- 布蘭福德：布郎河沿岸地區和沿線地區強制疏散。
- 布里奇波特：強制撤離某些地區。此外，強制撤離布里奇波特大學。
- 達里恩：強制撤離所有海岸地區。
- 東港：強制撤離兩個街區的所有領域內的海岸線。
- 費爾菲爾德：強制撤離菲爾德南部
- 格羅頓：強制撤離。

## 5.2 收容安置

有關颶風 Sandy 的安置情形，根據 Google 平台下的建立危機地圖(crisis map)(網址：<http://google.org/crisismap/2012-sandy>)如下圖所示，在該平台下，並列出最新美國紅十字會在各城市、州之收容所的可收容人數、已收容人數、剩餘空間等統計資訊。

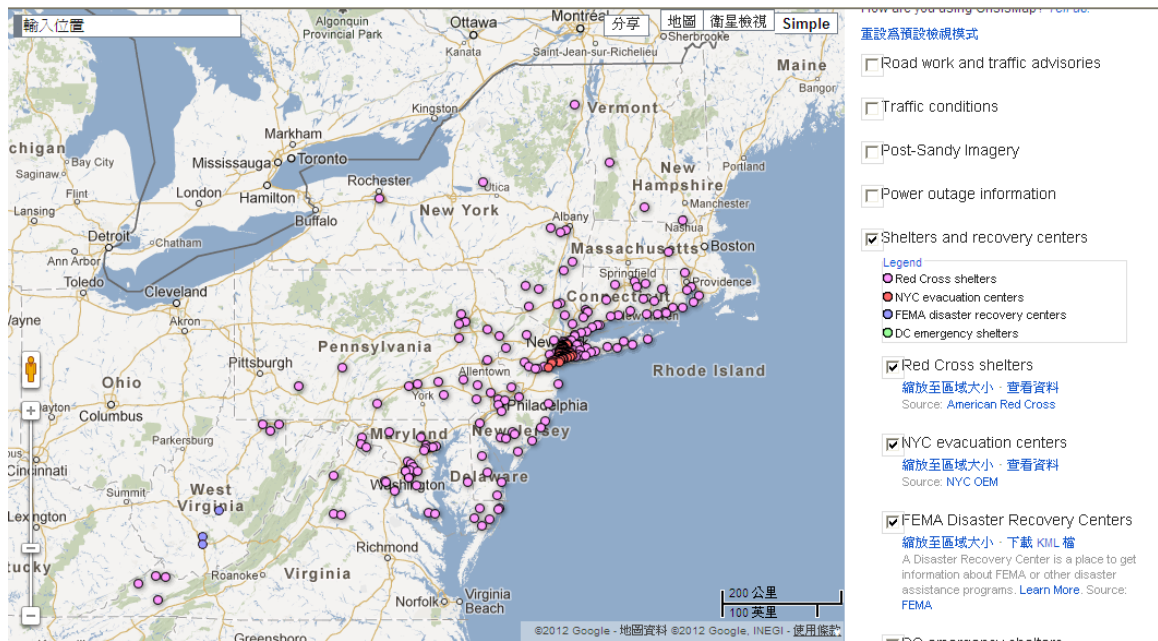


圖 9 Google 提供 Crisis Map 的收容所位置圖

## 六、問題探討與借鏡

### 6.1 問題探討

#### 1 暴潮衝擊

本次颶風 Sandy 侵襲美東，紐約地區 3 日累積降雨在 50 毫米以下，降雨並非災害主要原因，主要危害來自颶風(暴風半徑達 790 Km)引起的暴潮與長浪侵襲海岸地區，因為暴潮使海水位抬升，在加上長浪影響，使得海水溢淹沿海重要城市，從災後照片、影像看來，儼然是海嘯侵襲的畫面，惟暴潮往內陸推升的能量低於海嘯，所以災情主要在海岸地區。由於紐約市災情主要來自暴潮，暴潮在峽灣地形加乘下，災害更嚴重，根據 FEMA 公開的調查結果，除紐約外，Perth Amboy, South Amboy, Morgan 等城市災情不亞於紐約市，如圖 10 所示。另外，大陸外面的島弧是抵禦暴潮等最佳天然屏障，紐澤西州陸地受到島弧的天然屏障，暴潮災損小，但是位在島弧上的大西洋城即受到暴潮重創，圖 11 所示。



圖 10 峽灣地形使紐約市遭受暴潮衝擊下災害更為嚴重(圖中圓點為 FEMA 災後調查建物位置及災情，藍色：只有淹水、紫色：淹水及結構受損、紅色：只有結構受損)



圖 11 紐澤西州災損集中在陸地外圍島弧

探討紐約地鐵重創原因：紐約交通運輸管理局（Metropolitan Transportation Authority, MTA）依據颶風預警，於 10 月 28 日晚間 7 時起關閉所有地鐵、公車和通勤鐵路之運作服務，因應颶風來襲，將地鐵通風口以木板覆

蓋做好防洪準備，地鐵出入口以沙包及木板圍阻及封閉，如圖 12，並派警員駐守。檢討成效，該作法對於暴潮衝擊防護能力顯然不足，導致地鐵浸水災情。



圖 12 紐約地鐵防護設施

## 2. 地下空間(地鐵、隧道及地下室)淹水

由於地下空間淹水，造成地鐵中斷、曼哈頓地區連外大眾運輸中斷；地下室淹水造成供電設施損壞，搶修耗時，短時衝擊正常生活秩序。

## 3. 停電衝擊

由於變電所爆炸造成大規模停電；同時也因為強風吹斷路樹，壓斷輸電路線、通訊線路；地下室淹水等問題造成大規模停電。停電導致通訊網路中斷、電腦關閉等問題，使得地鐵控制中心、辦公大樓、股市交易停擺，更造成已疏散撤離的病患無法查詢病歷、用藥資訊等困擾。

## 4. 應變作業制度完整

美國資訊發達，對於先期的災害規模的評估、受災範圍、預警、應變與疏散撤離作為均有其成效，而且重建評估在災害未發生前(10/25)即已啟動。此次應變以行動功能編組的整合平台，美國國家突發事件管理系統(National Incident Management System, NIMS)在大規模災害應變時，能掌握重點，應變及時、復原迅速、資訊整合公開，使民眾能掌握事件狀態之變化。惟受災經驗少的區域其脆弱性常超乎預期，還是造成嚴重衝擊。

## 5. 都市防洪系統老舊

人口集中大都會區，開發速度永遠高於防洪系統改善，尤其像紐約市這樣大型城市，人口高度集中，各項開法與公共建設皆已定型，老舊防洪設施改善不易，例如有 100 年歷史以上的地鐵，設計當時不可能考慮到這類型的洪災狀況。

## 6. 醫療院所撤離得宜

大規模停電與淹水，迫使醫院必須撤離病患，所幸撤離得宜，並未造成傷亡人數增加，惟因為停電造成病歷資料無法讀取；淹水造成書面病歷泡水，使得醫護銜接困難。

## 7. 核電廠停機機制



因強風、洪水、斷電及水道佈滿垃圾，影響核電廠運作，計有 3 座反應爐停擺。另災前因例行檢查而中止核電廠電力供應。

## 6.2 借鏡與省思

颱風或颶風在各地區造成的衝擊型態不盡相同，以大陸型國家，平原廣闊，颱風衝擊以沿岸地區受暴潮衝擊為主，不同於台灣地區，多高山，災害衝擊主要是降雨匯集衝擊山區造成崩塌、土石流、山洪暴發河道衝擊、淤積，下游排水不及溢淹等災害類型。

美國地區受颶風衝擊的災害類型也是以暴潮溢淹為主，除本次 Sandy 颶風外，2005 年卡崔娜(Katrina)侵襲路易斯安那州紐奧爾良(New Orleans)，海水位暴漲、堤壩崩潰，市區大面積淹水，傷亡嚴重；另外還有 2008 年 5 月熱帶氣旋納吉斯(Nargis)橫掃緬甸南部海岸，暴潮影響發生嚴重海水倒灌造成約數萬人喪生。

台灣過去海岸地區也曾遭遇過暴潮與長浪的衝擊造成海岸結構物損毀、海岸侵襲、國土流失，例如：民國 83 年 8 月道格颱風衝擊，造成龍洞南口遊艇港破壞、宜蘭烏石港及東北沿海岸堤多處損毀，其中龍洞南口遊艇港損失最為嚴重，根據分析颱風引起的暴潮偏差值(暴潮減天文潮)達 1.37m 以上(侯和雄等<sup>2</sup>，1995)。民國 86 年 6 月長浪影響造成高雄旗津海岸公園藝術廣場破壞。民國 91 年辛樂克颱風，造成宜蘭海岸地區嚴重侵蝕，危及海底光纖電纜登陸段，宜蘭頭城地區也因為長期海浪衝擊，造成海岸侵蝕嚴重。民國 98 年 6 月蓮花颱風沿台灣海峽北上，造成台南、高雄、屏東沿海，海堤破損、海水倒灌、養殖漁業損失、海岸侵蝕等。

### 1.調整易致災區防救計畫，建立海岸防災計畫，健全防災體系

在東日本 311 大震災，海嘯侵襲海岸地區，使全台開始思考海嘯侵襲的防救計畫，建議應將海嘯防救計畫的重點調整納入為海岸遭受暴潮溢淹等災害類型的防救計畫，以健全從山區坡地災害、低窪地區洪水災害到海岸地區的海岸災害防救體系。

### 2.災前整備工作之強化

雖然這次颶風氣象預報的準確性相當高，但政府相對於防災的準備工作仍有待加強，例如電力中斷可能引發的重大衝擊(如華爾街股市交易休市暫停、醫院停電影響服務等)，其實可透過事前的積極準備或情境推估，有效降低災害損失。

### 3.改善都會地區關鍵設施防洪能力

這幾年連續發生泰國曼谷洪災、韓國首爾洪災、北京淹水等首都型洪災，更早台北也因為納莉颱風，淹水災情嚴重。因此，對於都會區洪災的因應對策，除加強災害預警、疏散撤離計畫外，針對關鍵設施(捷運、地下隧道、電力設施、通訊設備.....)必須重點加強改善防護計畫。且此次部份關鍵基礎設施是

<sup>2</sup> 侯和雄、王玉懷、陳森河(1995)，颱風暴潮之探討—龍洞案例，第 17 屆海洋工程研討會。

被海水浸泡，對設施傷害比更甚以往。

#### **4.建立醫療院所、社福機構撤離計畫**

日前才發生署立新營醫院北門分院火災事件，雖然災害類型不同，但都面臨大量病患撤離作業，這次紐約醫療院所撤離，有計畫且撤離得宜，但是因為停電後造成病歷資料欠缺，暴露醫護銜接困難等問題，也值得未來擬訂撤離計畫中做好規劃。

#### **5.大規模疏散撤離計畫之擬訂**

這次颶風事件引發大規模疏散撤離行動，撤離人數達 30 萬人以上，如此大規模撤離行動應是於事前已擬定之計畫，建議國內可參考其計畫內容及運作機制，以因應國內未來可能引發之大規模災害。

#### **6.快速災後調查機制**

FEMA 在災後立即從空中透過衛星與航拍取得最新影像，同時亦將災後影像資訊公開在網路上；另外，FEMA 也派人透過現場調查，進行災區建物的災損認定。其中資訊公開方式、災後調查方式可作為未來台灣災後調查的學習目標。

#### **7.災前復原重建計劃的訂定**

這次颶風事件造成各式經濟損失概估超過數百億美元以上，如此大規模災害重建歷程需要相當長的時間，若能事先依據境況評估規劃災後之復原計劃，將有助於提升災後復原效率。

#### **8.都市老舊房屋更新計畫**

這次颶風事件凸顯紐約都市老舊房屋問題，房屋的易損性會隨屋齡提高。台灣也有這類的問題，建議提高國內都市老舊房屋更新的速度。

#### **9.避難處設備更新規劃**

在此次大規模疏散的行動中，紐約的避難處所適時的滿足各項災民需求(取暖設備、醫護等)，其與時俱進的態度，可作為國內防災避難工作之借鏡。

#### **10.全民網路勘災功能之整合**

這次颶風事件中有除了公家機關的調查外，不少私人機關及民眾自發性的在網路提供重要的災情資訊。未來國內若能建立相關的整合機制，結合公私部門所有資源，將有助於國內災時緊急救災之工作。