



# 近年世界重大天然災害的回顧與省思

陳禮仁／國立成功大學防災研究中心 技術顧問、中華防災學刊 執行編輯

全球暖化、氣候變遷呈現多樣化，天氣型態在頻率與程度上也出現區域性變化，極端天氣事件會嚴重破壞建築物和公共設施，同時也會嚴重破壞農作物收成。全球天然災害造成的總體經濟損失也逐步增加。每次災害皆帶來巨大傷亡與損失，對於經濟復甦與糧食短缺問題都造成重大衝擊，人類的無奈與失落彷彿世界末日的降臨，驚慌恐懼與束手無策呈現在每一場天災災民的臉上。

根據近 20 年之統計，全球共有約 123 萬人死於天然災害，每年平均有 6 萬人。總死亡人數中地震有 720,221 人、占 63%，極端氣候 363,682 人（占 24%）、洪水 104,707 人（占 11%）、崩塌 17,947 人（占 2%）（圖 1）<sup>[1]</sup>。地震可以奪走很多人的生命，地球上每日都有可能發生地震，美國地質調查所（USGS）有全球即時的地震追蹤與報導。從歷史角度看，洪水、乾旱及流行病是死亡最多的原因。但，時至今日，地震及

其引起之海嘯卻是每年死亡最高之災害事件。

回顧十年來，超級風暴、山火、疾病暴發和巨型地震給整個星球造成了難以想像的損失，問題的範圍很容易使您不知所措。但是，每一次學習每次災難的教訓都很重要。每次事件，世界都可以從過去的經驗中汲取教訓，避免過去的錯誤，從而做出更有效的反應。隨著極端天氣的惡化，人們對災難範圍和後果的理解也會不斷精進。

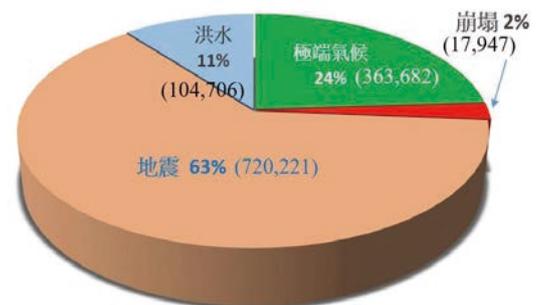
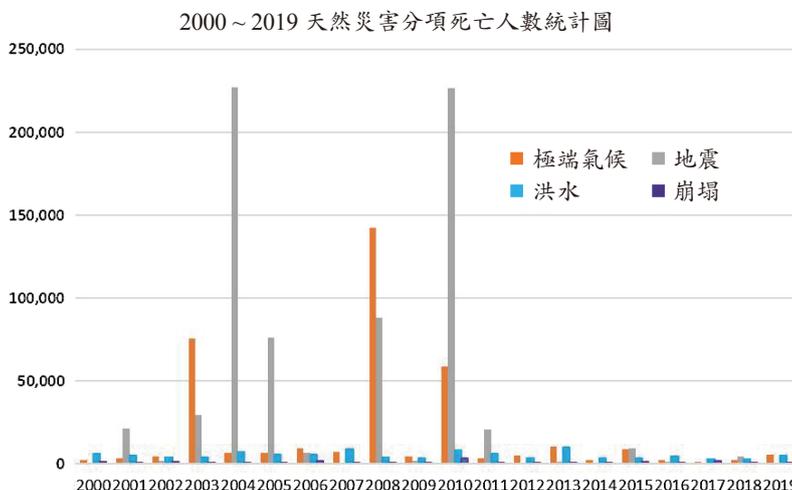


圖 1 2000~2019 年天然災害分項死亡人數統計圖及占比圖

根據一個非營利組織 Direct Relief 所編制之一份清單，列出了過去十年中改變世界的十種災難<sup>[2]</sup>。這不是一個全面的清單，這些危機不一定具有最快的風速或最高的死亡人數。相反的，這些事件對世界其他地區產生了深遠的影響，挑戰了人們對災難的認知、災難可能造成的破壞以及如何以更好的視野，認識和尊重來應對事件的發生。

德國看守協會 (Germanwatch) 發表的 2019「全球氣候風險指數」(Global Climate Risk index, CRI) 報告中<sup>[3]</sup>，台灣 2017 年排名第 90 名，1998 至 2017 年間的全球平均排名則為第 42 名。但，要記得 2005 年世界銀行 (World Bank) 的全球天然災害熱點報告中，台灣同時暴露於三項以上天然災害 (颱風、洪水、地震) 之土地面積與面臨災害威脅之人口均為 73%，高居世界第一，兩種災害則為 99%<sup>[4]</sup>。天然災害對於台灣的威脅仍不可輕忽，在此僅就 Direct Relief 所提列之重大災難摘出，也做一些檢討，希望能從慘痛的經驗中萃取防治之良方。

## 2010 年海地地震

### 事件概述

受到反聖嬰現象 (La Niña) 及氣候變化產生之負北極振盪 (Arctic Oscillation, AO) 影響，2010 年全球天然災害層出不窮，共發生 950 件天然災害，造成約 295,000 人死亡、經濟損失達 1,300 億美金，其中人員死亡比過去 40 年間遭受恐怖分子殺戮的總數還多。天然災害中，以地震為數十年來傷亡最慘重的一年，全年有 20 次規模大於或等於芮氏規模 7 之地震，是 1970 年以來大地震最多的一年。海地太子港地震就是受害最大之地震。

1 月 12 日星期二，當地時間下午 4 時 53 分 9 秒，海地發生 200 年以來最強烈的地震，規模 7.0 M，深度 10 km，震央在離海地首都太子港 (Port-au-Prince) 西南方 15 km 處，死亡人數約 23 ~ 31 萬人，受影響人數 300 萬人，災損達 80 億美元<sup>[5]</sup> (圖 2)。根據美國地質調查所 (USGS) 發表說明，海地地震係受加勒比海板塊 (Caribbean plate) 與北美洲板塊 (North America plate) 擠壓而成。聯合國世界糧食計劃署 (World Food

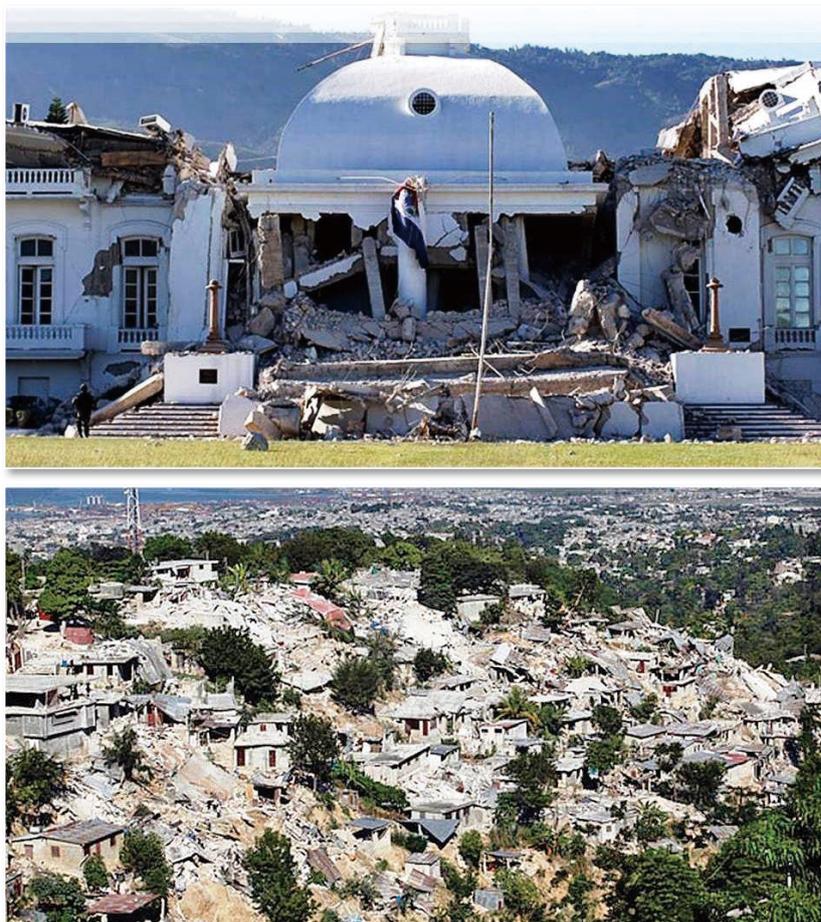


圖 2 海地地震震垮總統府 (上) 及震後殘破家園 (Source : 世界展望會)

Programme, WFP) 發言人拜爾斯 (Byers) 說：「這是一場歷史性的大災難，聯合國 1945 年創立以來，我們還從未遇到過破壞力如此強大的自然災害」。

## 省思

在規模 7.0 地震之前，政治衝突和動蕩的經濟已經使 70% 以上的海地人陷入貧困，這種不穩定的局面一直持續到今天。基礎設施薄弱，許多人住在棚戶區。但是地震的影響很難理解。超過 23 萬人被殺害 – 占人口的百分之二或更多，150 萬人流離失所。儘管最初的動盪是巨大的，但地震也揭示了國際援助努力中的斷層線。從海地消滅霍亂已有幾十年了，支援地震的聯合國維和人員卻帶來了一種新的疾病。

最近的一項研究發現，維和人員還生下了數百名兒童，有時還遭受性虐待。治療地震受害者的外國醫生被指控進行不必要的截肢和其他有問題的治療。在某種程度上，為應對災害，世衛組織 (WHO) 製定了新程序，以對要提供人道主義援助的醫療隊進行預先審查和批准。這是貧窮國家百姓的悲歌。

## 2011 年日本東北地方太平洋沖地震、福島第一核電廠災害

### 事件概述

2011 年全球共發生 820 件天然災害，超過 30,000 人死於天然災害，經濟損失有 3,500 億美元。「東日本大震災」是當年之最重大災害。

3 月 11 日 14 時 46 分 18 秒 (當地時間) 日本發生規模 9.0 大型逆衝區地震，震央在日本牡鹿半島東南東 130 公里太平洋近海三陸沖海域，距東京約 373 公里。地震深度 24.4 公里，震央區域長達 500 公里、寬約 200 公里，伴隨地震而來之海嘯、火災及不斷餘震造成重大傷亡，加上核電廠輻射外洩，導致全國地方性的地方機能癱瘓和經濟活動停止，損失慘重。共造成 19,729 人死亡、2,559 人失蹤、6,233 人受傷 (日本內閣府 2020/3 資料)。死亡原因大部分為海嘯溺水 (圖 3) 而死占 92.5%，其他為地震造成壓死、火災燒死 (圖 4)。總計經濟損失達 2,000 ~ 3,000 億美元 (16 ~ 24 兆日圓)；保險理賠約 500 億美元<sup>[6]</sup>。儘管估計的死亡人數不盡相同，但在一個有財富和基礎設施發達的國家，多達近 20,000 人喪生的數字讓人覺得不可思議。

日本氣象廳於 14 時 49 分，針對岩手、宮城、福島等縣沿海地區發布「大海嘯警報」，對其它太平洋側之沿岸分別發布「海嘯警報」及「海嘯注意報」。海嘯造成青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉等 6 縣 62 市町村廣達 561 平方公里面積淹水 (圖 5)，也造成東北地方太平洋側之海岸線部分地盤下陷。根據氣象廳觀測結果，其中福島縣相馬市海嘯浪高達 9.3 公尺以上，而事件過後之現地調查則發現有海嘯痕跡達 16.7 公尺者。另調查發現海嘯浪波進入陸地後會向上攀升，岩手縣宮古市重茂姉吉地區竟攀升達 40.5 公尺<sup>[6]</sup>。

日本東北大學今村文彥教授依據 NHK 拍攝宮城縣仙台市之海嘯影像分析結果，海岸沿岸至內陸 1 公里



圖 3 宮古市海嘯侵襲剎那景象 3/11/15:21 (Jiji Press)



圖 4 岩手縣山田町因地震引發火災 (AP)



圖 5 宮城縣南三陸町受災景象 (每日新聞)

處之海嘯速度為每秒 6 公尺、時速約 20 公里，進入陸地受到堤防或逆流影響，速度會加倍。以岩手縣之北上川為例，海嘯可從海口往上溯流至 50 公里遠處，威力相當驚人。

14:46 地震發生後，日本東部沿海 10 部核電機組立即自動停機：包括福島一廠 3 部、福島二廠 4 部、女川廠 3 部 (圖 6)。16:00 核能及公安署啟動緊急應變總部；17:00 日首相宣告核安緊急狀態；21:23 發出福島一廠 3 公里內的疏散命令，10 公里內在家等候通知。

事件後第 8 天 (3/18)，因福島一廠 3 號機使用含高毒性鈾的 MOX 燃料，故考慮混凝土灌漿封掉 3 號機 (墓封)，其他機組則以降溫為考量 (圖 7)。此日美國援助抽水馬達送到日本；下午自衛隊與消防隊輪番上陣對 1、3 號機空中灑水；傍晚 18:40 國際原子能總署調升至國

際 INES-5 級核安事件，已趕上了美國三哩島事件 (Three Mile Island accident)，車諾比 (Chernobyl disaster) 則為最高的 7 級 (本節摘自日本原子力災害對策本部公布資料)。

### 省思

「全世界見證了日本東北大地震帶來的驚懼與破壞。而日本人民遭遇災難時展現的堅毅、氣度與同情心，也教世人動容。」讀者文摘 2011 年七月號「走過浩劫的日本」乙文中是這樣描述的。大震災後日本人呈現的堅強與韌性、冷靜與沉著、忍讓與愛心，有太多言語無法形容的感人故事，處處散發著人性的光輝。同樣身處天然災害頻傳的台灣同胞，該有學習借鏡的地方，「東日本大震災報導<sup>[6]</sup>」文中曾藉機會整理一些看法，在此謹摘錄下列數則以為參考省思。



圖 6 福島核電廠與震央相對位置圖 (USGS 資料製作)



圖 7 福島核 1 廠受損情形 (東京電力)

## 公部門作為

- 日本政府於3月13日公布「嚴重災害對應之特別財政援助相關法令」，分別針對公共土木設施災害復舊、農地復舊、水產動植物之養殖設施復舊等事業之特別財政援助以及私立學校設施災害復舊事業補助、受災者公營住宅建設事業等計18項措施。
- 災後中央政府隨即成立「中央防災會議及專門調查會」，由內閣總理大臣任召集人，委員包括防災擔當大臣在內之17位內閣官員、指定公共機關首長4位－日本銀行總裁、紅十字會會長、NHK會長、NTT社長、學識經驗者4位－東京大學教授、新潟大學教授、全國縣長聯合會災害對策委員長及日本消防協會。
- 提供災民生活重建補助津貼，每戶130萬日圓，最高300萬。本生活津貼補助朝手續簡化、金額增加、擴大補助對象等原則實施（註：日本無天然災害賠償項目）。
- 政黨間摒除私利，共同研擬救災對策，此刻反對黨（在野黨）皆靜默無聲，絕不乘火打劫、謾罵批評。
- 災區縣市銀行開設臨時專櫃，災民憑身分確認即可領取10萬日圓應急。

## 人民的行為

- 百姓守法重紀，即使重災區也鮮少有搶、偷不法情事。
- 市區大塞車，沒有駕駛按喇叭；電力中斷，電車停在兩站間，乘客下車默默沿著鐵軌走路回家，沒有半句怨言。
- 災民排隊領食物，不爭吵、不插隊，井然有序，即使只有飯糰和水，仍懷著感恩的心。
- 排隊加油，小客車每輛一次限制加油10公升，民眾也都嚴守規定，淡然接受。

## 媒體的作法

- 面對如此大的災難，新聞裡面所以沒有災民呼天喊地的畫面，沒有讓觀眾陷入焦慮，更不會加深所謂的「創傷症候群」。
- 專業素質、敬業精神，不扇動、不驕情、不造謠、不謾罵、不加油添醋，也不扭曲事實。
- 加重播報災區氣象及預報次日氣溫、降雨資訊，提供救災作業及災民生活參考。

- 持續關注災區重建工作，專題報導各行業從廢墟中站起來之感人故事，有激化民心、鼓勵災民士氣之正面作用。
- 與各縣市災害應變中心連線，24小時報導災區現況，每小時統計傷亡人數，公布傷亡名單。
- 提供飲用水供應之地點（大部分在各區小學校），讓災民方便就近取用。

## 未來課題

人類無法避免天然災害之蹂躪，惟有作好防救災準備，方能減少災害之損失與傷亡。所謂「勿恃災之不來、正恃吾有以待之」，事前預防總比事後救災有用。大規模複合型災害將持續不斷侵襲地球，謹就日本311大地震及海嘯所遭遇的問題提出幾點看法，是吾人必須面對、也急需正視的課題。

- 如何提升防災基礎教育，包括學校紮根、社會共識及居民認知。
- 大量災民（超過10萬）時疏散避難路線之規劃、交通運輸、場所安全與布置、物資備存、長期收容、保暖毛毯、衛生設備、學生上課、就業輔導、生活起居等等，政府與民間有否能力應變。
- 災區維生系統之運作，包括電力、電訊、公共用水、飲用水、交通體系、汙水廢棄物處理、廁所興建等事務；此外死亡喪葬、屍袋備用、傷患醫療、失親照料、失蹤搜尋、傷亡補助、生活津貼、弱勢照顧、親友聯繫、心理諮商等亦是關鍵課題。
- 國際救援之取捨、人員及救難犬之通關安排、救災地點之協調導航、陪同翻譯與事務人員之培訓遴選、車輛運輸之協助、黃金救難時間之掌控、統一指揮調度機構、需要支援之物資、機具數量等等皆是大型災害會遇到之問題，平時要有充分準備，災時才能應付自如。
- 臨時組合屋與永久住屋之地點規劃、興建模式、建坪大小、住戶條件、公共設施配套、就業輔導、傳統文化考量、孩童教育、弱勢家族輔導等等之思維。
- 縣市、鄉鎮區公所防救災人員組織編制、訓練，務必檢驗落實。地方與中央聯繫、協調是否順暢，地方權限與職掌是否清楚明確，充分的執行力、明快的判斷與效率的指揮等皆是檢核地方政府能力的參考依據。

- 各縣市、鄉鎮區的防災地圖是否完成，防災資訊是否完整傳達給居民，防災疏散避難演練是否落實，警戒避難基準值是否有效更新，雨量預報準確度與警報預警機制是否提升，防救災體系與指揮調度是否靈活實用等等仍須再度一一檢驗落實。

## 2012 年美國桑迪颶風

### 事件概述

2012 年全球共發生 920 件天然災害，超過 20,000 人死於天然災害，經濟損失有 1,730 億美元。較重大災損事件有 28 件，其中美國桑迪 (Sandy) 颶風災害最大，從加勒比海 (Caribbean Sea) 地區到美國東海岸各州，造成巨大災損。

10 月 22 日加勒比海西方有一股熱帶氣流，強度快速成長 6 小時後形成熱帶風暴桑迪 (Sandy)，隨後向北緩慢行進直撲安的列斯群島 (the Greater Antilles) 且威力逐漸增強。24 日終於轉為颶風，並在牙買加

(Jamaica) 的金斯頓 (Kingston) 登陸，25 日襲擊古巴 (Cuba)，隨後減弱成 1 級颶風 (風速 74 ~ 95 mph)，29 日一早突轉北北西方向行進，襲擊美東海岸城市紐約、華盛頓，登陸後轉成熱帶氣旋前進 (圖 8)。「桑迪」最大風速為 175 km/h，近中心最低氣壓 940 毫巴 (hPa)；共造成 253 人死亡 (其中美國有 131 人)、15 人失蹤，災損高達 656 億美元，另古巴有 132,733 棟房子受損，其中 15,322 棟全毀；美國紐約超過 200 萬人沒有電力可用，而影響人數可能達 848 萬人；海地有 20 萬人無家可歸<sup>[7]</sup> (圖 8、圖 9)。

### 省思

本次桑迪颶風侵襲美東，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，暴潮迫使海水水位抬升，再加上長浪影響，使得海水溢淹沿海重要城市<sup>[8]</sup>。



圖 8 桑迪颶風行進路線示意圖 (Adapted from : NASA 及 RIA-Novosti)；新澤西州水災 (右 / AP)

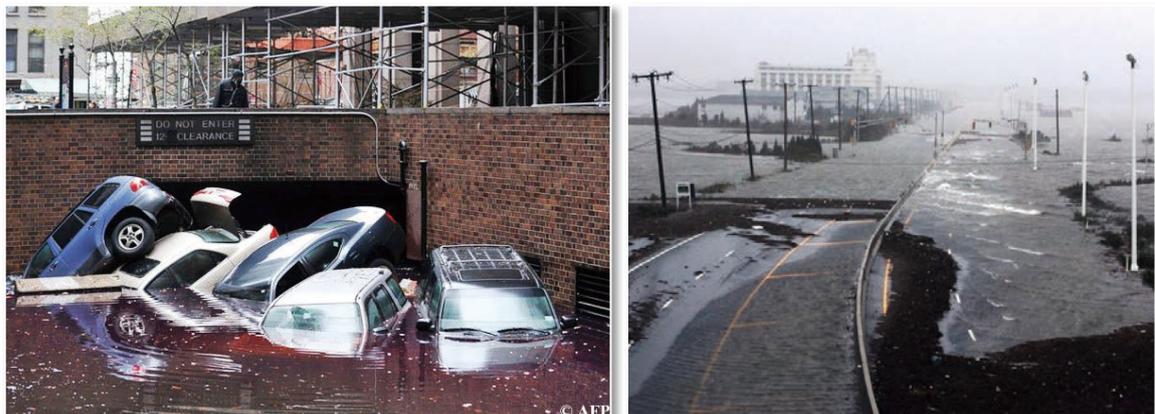


圖 9 桑迪颶風造成紐約災情 (左 / AFP) 及亞特蘭大水患 (右 / Reuters)

預期為 1 級暴風雨會迅速演變為有記錄以來的最大颶風，在撞向美國東部沿海地區之前，在加勒比海造成了廣泛破壞，使新澤西州和紐約等大片地區（包括紐約市）停止運作。人們連續數天斷電，許多人被困在高層建築中，無法撤離或採購物資。僅在美國，就有 100 多人死亡，其中許多是由於暴露在外或相關狀況造成的。該事件挑戰了許多美國人的安全感，看似無敵亦是世界媒體中心的紐約市受到狂熱媒體前所未有的關注。

半年後（2013 年 6 月）當時的紐約市 Michael Bloomberg 市長，宣布推出將耗資 200 億美元之全市性重建與氣候回復力策略計畫，以確保紐約市五個行政區未來不再遭受氣候相關衝擊<sup>[9]</sup>。這項計畫主要涵蓋修改建築規範、補強海灘、設計與研究建造海堤與濕地，以防止未來海平面上升與更強大沿海風暴的損害。

根據商業內幕（Business Insider）報導<sup>[10]</sup>，紐約市住宅與都市發展局（Housing and Urban Development, HUD）於 2013 年推出一個讓紐約更能抵禦洪水與未來風暴的方案，名叫「設計重建（Rebuild By Design）」標案，其中獲獎之一的 BIG U 計畫，由比亞克·因格爾斯集團（Bjarke Ingels Group, BIG）設計，目標在沿著曼哈頓（Manhattan）南端蓋一座巨大屏障，包括一系列堤防、防洪牆及多用途公園。BIG U 包含二部分，其一是東區沿海岸防災計畫（East Side Coastal Resiliency Project, ESCR），其二是曼哈頓下城彈性計畫（Lower Manhattan Resiliency Project, LMR）。2018 年 3 月，ESCR 計畫遭到曼哈頓社區委員會（Manhattan's Community Board）3 次投票反對，理由是 ESCR 計畫不只是一要防止曼哈頓低窪地區，而且還要充實東河沿岸現有的公園空間設施，如自行車道及慢跑小徑。

有些城市說 BIG U 不足以長期抗拒洪水，該計畫只是設計保護 100 年一遇的洪水（即任何一年發生機率為 1%），也有聲音說 BIG U 的昂貴成本及複雜程度會阻礙建設。ESCR 計畫紐約市已列 4 億美金專款，中央政府也已核撥 5.11 億美金。該計畫預定將從 2019 年春天開始進行，於 2024 年底結束。但，LMR 計畫仍在設計階段。

BIG U 首席設計師 Jeremy Siegel 暗示有一道障礙，那就是川普（Trump）總統不願支助此讓紐約市更韌性、更適應氣候變遷的計畫。事隔 8 年後之今日可以回頭去檢視計畫之正確性與執行率，也可考驗紐約

市政府官員對氣候風險之認知與重視，畢竟「桑迪」的颶風強度歸類為 3 級，但是如果現今發生 4 級或 5 級的超級颶風來襲，紐約市的因應能力是否已經完成因應準備工作，答案有待考驗。

## 2013 年海燕颱風

### 事件概述

2013 年全球共發生 880 件天然災害，超過 30,000 人死於天然災害，經濟損失有 1,250 億美元。其中海燕颱風為 2013 年最嚴重之天然災害。

海燕颱風（Typhoon Haiyan，編號 1330），其中心最低氣壓為 895 毫巴（hPa），最大風速達 315 km/h（1 分鐘平均風力），11 月之海燕颱風，狂風暴雨襲擊菲律賓造成 5,533 人死亡、1,757 人失蹤，有 26,136 人受傷，災損 5 億 6,100 餘萬美元（圖 11 和圖 12）。

2013 年 11 月 2 日，一個熱帶擾動在馬紹爾群島西南部海面上生成。6 日上午 2 時 45 分升格為颱風，下午 11 時，聯合颱風警報中心（JTWC）將其升格為五級颱風。8 日在菲律賓雷伊泰省（Leyte）杜拉格沿海登陸，襲擊菲國東部及中部地區，颱風帶來之強風豪雨引發嚴重災害。11 日上午 2 時 50 分，轉為強烈熱帶風暴，並於越南（Vietnam）廣寧省下龍市一帶沿海登陸，最後往中國廣西省轉為熱帶性低氣壓（圖 10）。

菲國官方估計海燕颱風影響人數達 1,300 萬人，有 400 萬人必須撤離家園，其中 392,470 人住進 1,587 處避難所。社福及開發局（Department of Social Welfare and Development, DSWD）統計有 518,138 棟房屋全毀，552,731 棟受損，另有 628 所學校受損，893 所學



圖 10 海燕颱風路徑示意圖



圖 11 菲律賓莎瑪省 (Samar) 受災景象 (Reuters)



圖 12 菲律賓迪灣 (Guiuan) 市受災景象 (Reuters)

校作為避難所。官方指出有 320 萬婦女及 460 萬兒童需要照顧與保護，以防暴力、販賣與剝削<sup>[11]</sup>。

根據中國大陸官方 12 日發布消息表示，海燕颱風造成海南、廣西、廣東 3 省區 313.3 萬人受災，7 人死亡，4 人失蹤，18.2 萬人緊急轉移安置。另有 900 餘間房屋倒塌，8,500 餘間不同程度損壞；農作物受災面積 29 萬 5 千餘公頃；直接經濟損失 44.7 億元人民幣。

## 省思

聯合颱風警報中心評定其接近中心最高持續風速為 315 公里/時 (1-minute sustained)，繼全球有記錄以來風速最高的 1961 年 9 月南施 (Nancy) 颱風 (345 公里/時) 及 1979 年 10 月狄普 (Tip) 颱風 (305 公里/時) 後，34 年以來第一個 1 分鐘平均風速超過每小時 300 公里的熱帶氣旋。強颱風肆虐菲律賓群島多數地區，大多死於海嘯般的暴潮和建築物倒塌。根據觀測資料，在 Surigao 市 12 小時雨量為破紀錄的 281.9 毫米；雷伊泰和莎瑪 (Samar) 省測得 5 ~ 6 公尺高的浪潮，雷伊泰省首府塔克洛班市 (Tacloban) 之機場轉運站也被 5.2 公尺高之浪潮摧毀，市區也被暴潮席捲而一蹶不振。

強颱風過後，造成重大災情，除颱風規模強烈是原因外，《華爾街日報》(Wall Street Journal, WSJ) 點出另一個原因：老百姓不理解氣象預報員所播報的「暴潮」(storm surge)。即使氣象預報反覆發出警告說，這是有史以來最嚴重的風暴之一，但多數人不確定「暴潮」是啥？也不了解其中潛藏的災害風險有多大？政府官員坦言未曾聽過氣象用語「暴潮」這個詞，導致政府部門沒有選擇強制居民撤離的措施，民眾也

無警覺性，因此來不及疏散避難，因而遭致災難，是天災？還是人禍？

菲律賓大氣地球物理和天文管理局 (Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration, PAGASA) 因應風暴造成災難性傷亡及毀滅性破壞，故提出「海燕 (Haiyan)」除名，於 2014 年 1 月 29 日至 2 月 1 日舉行的第 46 屆颱風委員會年度會議上通過除名，其取代名稱於 2015 年舉行的第 47 屆颱風委員會年度會議上確定為「白鹿 (Bailu)」，並於 2019 年 8 月首次使用。同時海燕之菲律賓當地名稱「Yolanda (尤蘭查)」也被除名。

## 2015 年尼泊爾地震

### 事件概述

2015 年全球共發生 1,060 件天然災害，超過 23,000 人死於天然災害，經濟損失有 900 億美元。其中 4 月的尼泊爾 (Nepal) 地震傷害最為慘重。

2015 年 4 月 25 日當地時間上午 11 時 56 分，尼泊爾發生規模 7.8 地震，震央位於加德滿都 (Kathmandu) 東方、珠穆朗瑪峰 (Mt. Everest) 山腳下的拉多夫地區 (圖 13)，深度 15 公里，加德滿都谷地近 90% 建築物被毀，共造成尼泊爾 8,786 人死亡、22,304 人受傷 (圖 14、圖 15)，周邊印度有 130 人死亡、560 人受傷，中國 (西藏地區) 則有 27 人死亡、383 人受傷，孟加拉 (Bangladesh) 有 4 人死亡、200 人受傷<sup>[12]</sup>。

主震發生後，美國地質調查所 (USGS) 監測記錄顯示共有 329 次大於或等於規模 4 之餘震，其中 47 次規模

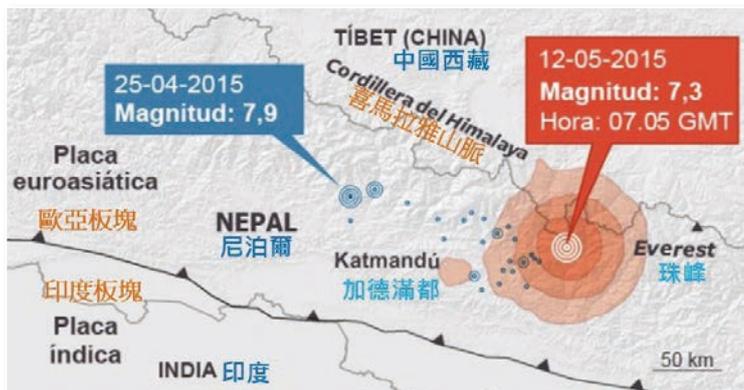


圖 13 尼泊爾主震與最大餘震震央位置示意圖 (EL PAIS)



圖 14 首府加德滿都房屋受害 (新華社)

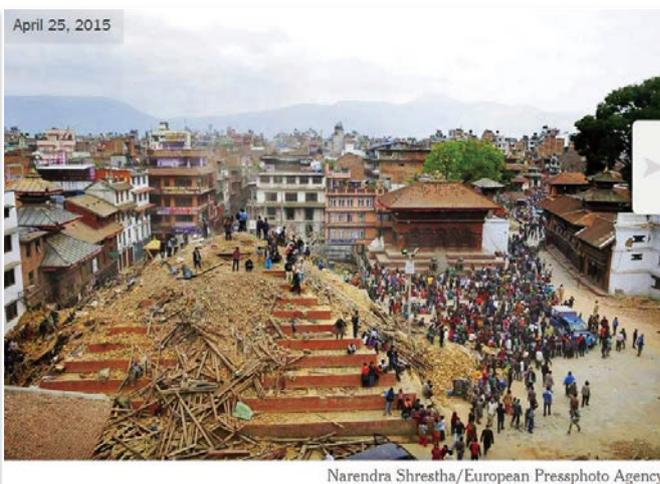


圖 15 加德滿都王宮廣場納拉揚神廟災前與災後狀況 (EPA)

5 以上。最大的餘震發生在 5 月 12 日當地時間 12:51 規模 7.3，震央在柯達里 (Kodari) 東南方 18 公里處，深度約 10 公里，即靠近中國邊境介於加德滿都與珠穆朗瑪峰之間，此餘震也造成 117 人喪命、2,500 人受傷。

### 省思

尼泊爾本次地震主要原因係印度板塊與歐亞板塊相互碰撞，造成隱沒帶（即主要逆斷層前緣帶）附近的逆斷層活動造成。印度板塊以每年約 2 公分的速率往北—東北方向朝歐亞板塊聚合，板塊應力也導致喜馬拉雅山 (Himalayan mountain range) 每年以約 1.8 公分的速度增高，而尼泊爾即位於此兩板塊交界處附近，因此在歷史上有過多次規模 6.5 以上的強震發生<sup>[13]</sup>。其中 1934 年 1 月 15 日，尼泊爾東部發生芮氏規模 8.0 大地震，造成 10 萬 600 人死亡，是史上最嚴重的一次地震。

本次地震另一項災損是文化資產災害，根據聯合國教科文組織 (UNESCO) 調查評估，列為世界文化遺產之一的加德滿都谷地在此次地震中受到嚴重損

壞，包括帕坦王宮廣場 (Durbar Squares of Patan)、哈努曼多卡 (Hanuman Dhoka) 寺廟和巴克塔普爾 (Bhaktapur) 廣場等幾乎完全被摧毀。另 1832 年修建之一座高約 60 公尺的九層高塔加德滿都地標建築比姆森塔 (Bhimsen Tower) 也因地震而坍塌。雖認為這些受災的資產可以被修復及重建，但重建計畫將需要持續數十年時間，並需要耗費大量資金與人力。

尼泊爾於 1995 年開始實施建築規範 (Nepal National Building Code)，方有建築防震、耐震要求，但不涉及既有建築，致使加德滿都有近 7 成之建物仍為「磚造」或「加強磚造」結構。此外，當地人為了增加居住空間或作為觀光旅客住宿之用，往往在磚造房屋上增建樓層，用混凝土加蓋「加強磚造」之新房，此類「房舍疊加 (老搯少)」建築型態更大幅削弱耐震能力。7.8 級強烈地震摧毀了尼泊爾大部分地區的房屋，此為主要災因。另外，尼泊爾多山的地形使其難以進入偏遠地區，這導致許多傷患陷入困境，而救援人員卻難以到達，此恐為傷亡慘重之因。

2015年9月尼泊爾頒布新憲法後，因不滿憲法部分條文恐加速少數族群遭政治邊緣化，引發南部馬德西（Madhesi）族發起強烈抗議活動。印度以邊境安全為由下達禁運令，長達半年對兩國邊境切斷進入尼泊爾之藥品、建築材料、油品等重要供給。此行動也讓尼泊爾全境陷入嚴重的能源危機。能源危機帶來的衝擊不僅是民生物資飆漲，大眾運輸停擺、商家餐廳關閉、學校停課學生無法上學、缺乏瓦斯燃料而大量砍伐樹木、進而牽引出更多的環境汙染議題。今日觀之，尼泊爾法治環境薄弱、族裔緊張局勢、高度貧困、2015年災難性地震後續影響等，仍為目前商業環境、政府治理挑戰之核心弱點。

### 2017年哈維颶風及瑪莉亞颶風

2017年全球有710個天然災害事件，整體災損達3,300億美元，死亡達10,000人。其中8月下旬之強烈颶風哈維（Harvey）侵襲美國德州，是2017年損失最大的事件。最強風暴為編號第15之5級颶風瑪莉亞（Maria）。

#### 哈維颶風 事件概述

於美國當地時間2017年8月16日17時形成熱帶氣旋，並命名為哈維，編號NINE（#9）。25日23時以4級颶風登陸美國德克薩斯州（Texas）。時速達215公里，哈維的風暴強度超過了1961年以來襲擊德州的所有其他熱帶氣旋。強降雨造成休斯頓（Huston）被洪水包圍數日，地面及空中陷於癱瘓，全城基本斷電，學

校停課，許多煉油廠關閉。哈維颶風造成103人罹難（65人屬直接受害）、災損超過1,250億美元<sup>[14]</sup>。另超過300,000棟建築物及500,000輛以上汽車遭水淹，有336,000戶停電，有40,000人避難。

自1880年以來，哈維颶風在美國無論範圍或強度是熱帶氣旋最重大降雨事件，最大降雨在德州內德蘭（Nederland）附近有60.58英吋（1,538.7毫米），格羅夫斯（Groves）也有60.54英吋（1,537.7毫米），雙雙打破1950年8月發生在夏威夷的希基颶風（Hurricane Hiki）所降下52英吋（1,320.8毫米）的美國紀錄<sup>[15]</sup>（圖16至圖18）。

#### 省思

風速每小時130英哩（209 km）的四級超強颶風「哈維」橫掃德州東南部，加上海水倒灌，給休士頓帶來有如歷史浩劫、前所未見的超大洪患。不斷高漲的滾滾洪水，迫使數以千計民眾爬上屋頂和高地求援，蜂擁而來的求救電話，讓救難人員根本無法招架。美國總統川普（Donald Trump）因而簽發命令，宣佈德州進入災難狀態。

在防災記者會上，不少媒體質問休士頓市府，為何不提前對市民下達撤離命令？對此，特納（Sylvester Turner）市長僅強調：「都是專業考量，市區淹水與道路交通癱瘓的同時，最好的防災就是讓居民們待在家中、就地避難！」

哈維颶風侵襲期間，對於電力、通訊網路、交通、醫療及石油與天然氣等基礎設施造成巨大衝擊，亦間接及直接造成民生需求及政府運作中斷。墨西哥

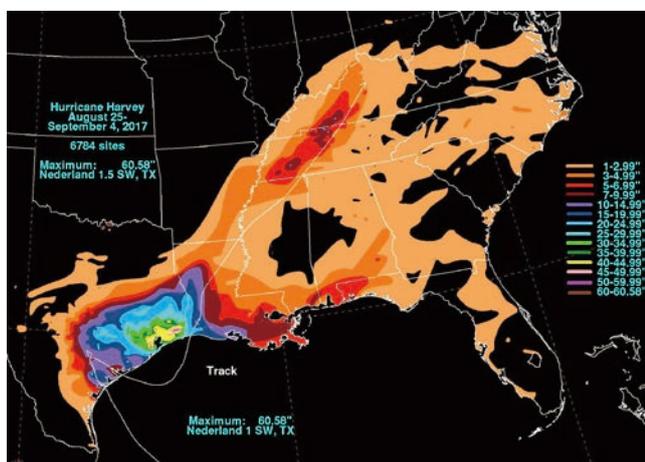


圖 16 哈維颶風觀測雨量圖（Courtesy of NOAA/WPC）

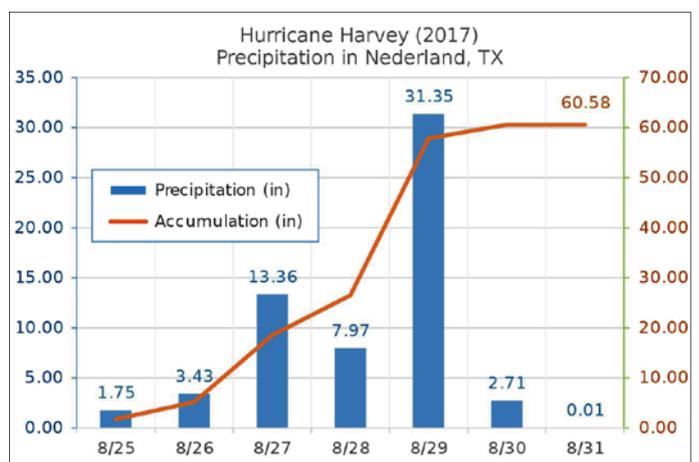


圖 17 德州內德蘭市降雨組體圖（From Wikipedia）



圖 18 遭水淹的休士頓地區正在進行水中救援 (AP)

灣占全美石油產量約 50%，因風災而關閉，休士頓煉油區亦全面癱瘓，牽動全球石化產業價格波動，衝擊影響全美國與全世界，亦登上 2017 年天然災害經濟損失最嚴重的事件。

但是風暴帶來了一個重要的事實：引進水，不是風，那是颶風最危險的部分，哈維颶風的降雨打破美國本土的歷史紀錄，其雨量相當於 1,270 億噸，可裝滿 26,000 個紐奧良超級巨蛋<sup>[16]</sup>，如此大量雨水導致德州低窪地區洪水氾濫，科學家們估計是 50 萬年一次的洪水。從德州休士頓市看風災，近年來降雨量有愈來愈大趨勢，既有的水工構造物無法承受更大的雨量。面對每年都發生淹水的狀況，如何調適、改善是困難的課題。

## 瑪莉亞颶風

### 事件概述

2017 年 9 月 16 日發展於小安地列斯群島 (Lesser Antilles) 附近，當晚九時直接升格為熱帶風暴，並取名為瑪莉亞，編號 Fifteenth (#15)。9 月 18 日形成 5 級颶風，18 日晚間登陸島國多明尼加 (Dominica)，造成崩塌及洪水災害。20 日氣壓更低至 908 毫巴 (hPa)，最大風速達每小時 280 公里，當日下午 6 時 15 分登陸美國屬地波多黎各 (Puerto Rico) 亞武科阿 (Yabucoa)，造成島上多處土石流與停電災情。瑪莉亞已造成 3,067 人罹難，其中多明尼加有 65 人、波多黎各 2,975 人，經濟損失超過 916 億美元<sup>[14]</sup> (圖 19)。



圖 19 多明尼加 (左圖) 與波多黎各 (右圖) 遭受瑪莉亞颶風災害 (AFP)

波多黎各全境遭逢大雨侵襲，最大降雨發生在卡瓜斯（Caguas）的 37.9 英吋（962.7 毫米），災損達 80 億美元，其中農業災損有 7.8 億美元，尤其咖啡損失最重，有 1,800 萬株咖啡樹遭毀，該島 15% 之咖啡產量至少要 5 ~ 10 年才能恢復。多明尼加觀測到最大降雨為 22.8 英吋（579.1 毫米），也造成洪水與泥流災害<sup>[17]</sup>。

## 省思

瑪莉亞颶風災後，波多黎各的醫療狀況經調查發現：颶風打亂了醫療院所的運作；民眾至少有 1 天無法取得藥物；因為電力中斷，患者難以使用呼吸器；遇到醫療院所災後關閉、甚至民眾找不到醫師的問題；研究也指出，災後醫療照護中斷、延遲的問題，占了死亡人數死因的三分之一。

波多黎各總督羅塞略（Ricardo Roselló）曾指出瑪莉亞颶風是「波多黎各現代史上最大的災難」，但官方的死亡人數僅有 64 人，因為政府的死亡統計，需要經由法醫學機構（Institute of Forensic Sciences）證實民眾死亡原因與風災直接相關，認定很嚴格。由於數字離現實預期低的太多，而引發媒體與學界對政府部門的質疑。

美國喬治華盛頓大學（George Washington University）米爾肯公共衛生研究學院（Milken Institute School of Public Health）接受波多黎各政府委任，調查造成嚴重傷亡的「瑪莉亞」風災。調查結果在 2018 年 8 月 28 日公布，學院報告指出，2017 年 9 月至 2018 年 2 月與「瑪莉亞」有關的死亡數字為 2,975 人。報告分析稱，當地醫生和法醫有權發出死亡證明，但大部分醫生沒有受過正式訓練，不懂得分辨死者去世原因是否與「瑪莉亞」有關。

波多黎各曾為西班牙的殖民地，主要語言是西班牙語，但 1898 年由美國接管，目前地位是「未合併領地」（unincorporated territories）。波多黎各人雖然擁有美國國籍，但是無權投票選舉總統，只能在各政黨初選中投票，在眾議院裡也有一位投票權代表。

國際特赦組織（Amnesty International, AI）秘書長 Kumi Naidoo 先生於 2018 年 10 月 14 日在 TIME 雜誌上發表評論之標題：「瑪莉亞颶風一周年，我明白有件事比氣候變遷本身更可怕」<sup>[18]</sup>。秘書長指出：瑪莉亞颶風對波多黎各人帶來的災難無可否認。多數人熬過颶風中的浩劫，但隨後卻又被迫進入另一個煉獄。整個

島上充斥著食物與水資源之短缺問題，電力完全失效（停電數個月），醫院因為大規模的破壞而關閉，所有基礎設施與服務也幾乎崩潰。

「這場颶風讓數十年以來的根本人權問題浮上檯面。儘管作為世界上最富有國家之一部分，但相較美國全國貧窮人口僅有 12.7%，波多黎各卻有近一半的人民生活於貧窮之中。由於身負超過 700 億美元的外債，美國面臨了嚴重的財務危機。用以調配此危機的廣大樽節措施已投入如健康照護等重要公共服務，使得原本就已非常脆弱的群體更加手無寸鐵。」Naidoo 秘書長進一步指出波多黎各面臨的困境。

對於美國聯邦緊急事務管理署（Federal Emergency Management Agency, FEMA）之作為有所評論，稱「FEMA 在規劃緊急應變計畫時，並未將島上 50 年的老舊基礎設施列入考量。當瑪莉亞颶風切斷了當地的輸電網、通訊及交通設施時，這嚴重地影響了 FEMA 的應變，並置許多人於無法取得健康照護與其他基礎服務的風險之中。」同時，點出「需要為波多黎各福祉負上最終責任的川普總統卻試圖把責罵聲錯誤地轉移至波多黎各當局身上，但他們自己也有很多問題需要面對。」

Naidoo 秘書長最後總結：「在風災一年後的今日，川普總統對波多黎各人民生活福祉上的輕蔑，以及聯盟和波多黎各當局不當的回應，為我們上了在這場颶風中最怵目驚心的一課。現在我們終於明白對人類而言，有一件事是比氣候變遷更加危險的一那就是一個不認為有必要保護人們免於氣候變遷侵襲的總統。」

## 2019 熱帶氣旋伊達

### 事件概述

2019 年全球有 820 個天然災害事件，整體災損達 1,500 億美元，死亡有 9,000 人。熱帶氣旋伊達（Cyclone Idai）於 3 月中襲擊非洲莫三比克（Mozambique）、馬拉威（Malawi）、辛巴威（Zimbabwe），造成 1,303 人罹難，受災人數達 185 萬人，而莫三比克災損約為該國 GDP 的 10%。伊達是 1980 年以來最嚴重熱帶氣旋災害，也是 2019 死亡最多之天災。

熱帶氣旋「伊達」3 月 4 日於莫三比克海峽形成熱帶低氣壓，在莫三比克及馬拉威上空降下暴雨，隨後轉為氣旋，風力達每小時 195 公里，14 日登陸莫國大城港都貝拉（Beira），再轉向辛巴威。



圖 20 伊達氣旋造成莫三比克大面積淹水災害 (L: NIDM/ R: The News Lens)

根據聯合國人道主義協調事務所 (United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, OCHA) 24 日資料,「伊達」導致極為嚴重的洪災和土石流,已造成莫三比克 602 人死亡、2,000 人失蹤、1,641 人傷;辛巴威 634 人死亡、257 人失蹤、232 人傷;馬拉威 60 人死亡,577 人受傷<sup>[19-21]</sup>。

根據美國國家航空暨太空總署 (National Aeronautics and Space Administration, NASA) 分析指出,伊達在 23,000 平方公里的土地傾盆大雨,在莫三比克有 360,000 公頃被水淹,至少 17,000 棟房屋被毀。NASA 也指出,從 3 月 3 ~ 19 日,部分地區雨量超過 20 英吋 (508 毫米)<sup>[22]</sup>。

## 省思

洪水摧毀了當地的一切,房屋、農田、財產。災後重建工作將是一項艱巨而漫長的任務。根據莫三比克國家災害管理研究所 (INGC) 的數據,該國內有近 35.8 萬公頃農田被毀,39 間醫院受到不同程度的損害。

聯合國人道主義協調事務所 (United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, OCHA) 進一步指出,莫三比克有 65,000 人住在帳篷,超過 17,400 棟房屋被毀,400,000 人口的港都貝拉市 (Beira) 完全沒有電力。超過 150 平方公里的地區被水淹,有些地區水深達 6 公尺,至少有 150 萬人受影響。

辛巴威與馬拉威同樣受到伊達颶風之傷害,其中辛巴威東部受到颶風襲擊的一個 20 萬人的城鎮奇瑪尼曼 (Chimanimani) 在未來幾個月需要緊急食物的支援;而馬拉威南部 4 個區有 81,613 戶家庭受到影響。持續不斷的暴雨和遍地災殃,都讓資源有限的急救隊無法有效深入災區,讓許多災民苦苦等候不到救援。

## 總結

綜上所述,在近 10 年 (2010 ~ 2019) 中,本文共摘錄了 8 個重大天然災害事件做回顧與檢討,包括 3 個地震事件、1 個颱風事件、3 個颶風事件及 1 個熱帶氣旋,範圍橫跨亞洲、北美洲及非洲。其實只涵蓋地質事件與氣象、水文事件,有關極端氣候、乾旱、森林野火等氣候事件也造成相當大災損與影響,礙於篇幅本次不予撰述。

2010 年 1 月海地發生規模 7.0 地震,卻造成超過 23 萬人死亡,有 300 萬人受影響,災損達 80 億美元。2015 年 4 月尼泊爾發生規模 7.8 地震,也造成尼泊爾、印度、中國西藏地區等近 9,000 人死亡,其中文化資產 (多處世界文化遺產) 遭受重大損失。海地與尼泊爾皆屬貧窮國家,基礎設施薄弱、房屋結構脆弱很多是磚造或帳棚、醫療設備不足、交通不便救援困難、斷電斷水易染疫病。兩處震後都急需國際社會支援救助,如何在財政困難情況下走出災害陰霾,有待

政府自身的謀略與努力。另一個地震事件，2011年日本東北地方太平洋沖發生規模9.0地震，造成2萬2千多人死亡失蹤，本地震主要禍首是地震引發之海嘯，92.5%之死亡是海嘯溺水，災損也高達2,000~3,000億美元，足見海嘯帶來的巨大威脅與破壞。但，讓人費解的是一個財富與基礎建設如此發達的國家，會有如此眾多的人命犧牲。

亞洲的菲律賓每年會有20個熱帶氣旋登陸境內，時代(TIME)雜誌於2013年曾評論菲律賓是全球最易遭受熱帶風暴襲擊的國家。不幸，2013年11月超級強颱風「海燕」侵襲菲律賓，狂風暴雨造成5,500多人死亡、1,700多人失蹤，災損有5.6億美元。由於造成災難性傷亡及毀滅性破壞，「海燕(Haiyan)」從此被除名。

非洲南部加勒比海周邊國家常受風暴困擾，2019年3月熱帶氣旋「伊達」侵襲莫三比克、馬拉威、辛巴威及南非地區，造成嚴重災損，超過1,300多人罹難，185萬人受災，房屋、農田被毀，食物匱乏、疾病蔓延的困擾，這些貧困國家地區的人民，要重新站起會是多麼艱辛漫長的一段路。

大西洋熱帶風暴級颶風以8~10月為好發期，每季平均發生10.1個有命名的風暴，其中有5.9個會成為颶風，而2.5個颶風威力會達到3級以上。2012年10月，原本預期為1級颶風「桑迪」，在撞向美國東海岸城市時轉為3級颶風，強風引發暴潮加上長浪，造成131人死亡、紐約200萬人缺電，影響人數達800萬人以上。另2017年8月之哈維颶風及9月之瑪莉亞颶風，此兩颶風威力皆達4至5級，「哈維」橫掃德州東南部，豪大雨加上海水倒灌，給休士頓帶來超大洪患，有103人罹難，災損超過1,250億美元；而「瑪莉亞」狂風暴雨襲擊多明尼加與美國屬地波多黎各，造成3,000多人死亡，災損超過900億美元。

地球上天然災害像不定時炸彈隨時隨地會引爆，人類也無法避免天然災害之蹂躪，作好防救災準備是唯一之途。美國文學家馬克吐溫(Mark Twain)說過：「通常不會是那種你完全不熟悉的事情害慘你，而是那種你誤以為自己很熟悉的事情害慘你」，此話亦同樣適用於防救災事務。凡事不可固執己見、自以為是，要能虛心求教、不恥下問之學習精神，方能貫通事理，迎刃而解。希望本文之重大天然災害論述能帶給大家從不同角度去

思考防救災該有之脈絡，進而整理出綜合有效的防救災治理計畫，方是國家之幸、百姓之福！

### 參考文獻

1. University of Oxford, Our World in Data-Global natural disaster death rates: <https://ourworldindata.org/grapher/natural-disaster-death-rates>
2. Direct Relief (2019), "10 Disasters That Changed the World": <https://www.directrelief.org/2019/12/10-disasters-that-changed-the-world/>
3. Germanwatch, Global Climate Risk Index 2019.
4. The World Bank (2005), Natural Disaster Hotspots – A Global Risk Analysis: <http://documents.worldbank.org/curated/en/621711468175150317/pdf/344230PAPER0Na101official0use0only1.pdf>
5. 編輯部(2010),「2010海地地震災害報導」,中華防災學刊,第二卷第1期,第90-91頁,中華防災學會印行。
6. 編輯部(2011),「東日本大震災報導」,中華防災學刊,第三卷第2期,第178-221頁,中華防災學會印行。
7. 編輯部(2011),「2012年10月桑迪颶風災害」,中華防災學刊,第五卷第1期,第106-111頁,中華防災學會印行。
8. 國家災害防救科技中心(2012),「颶風SANDY對美東衝擊影響初步綜合分析」,災害防救電子報,第088期。
9. 能源知識庫(2016),「桑迪颶風侵襲紐約市三周年檢討與回顧」,蘇衍綾提供資料。
10. Business Insider (2018), "Manhattan plans to build a massive \$1 billion wall and park to guard against the next inevitable superstorm".
11. 編輯部(2014),「2013年11月菲律賓海燕颱風報導」,中華防災學刊,第六卷第1期,第139-143頁,中華防災學會印行。
12. 編輯部(2015),「2015年4月尼泊爾地震災害」,中華防災學刊,第七卷第2期,第280-281頁,中華防災學會印行。
13. 國家災害防救科技中心(2015),「2015年4月25日尼泊爾地震災害分析」,災害防救電子報。
14. 陳禮仁(2018),「2017年大西洋颶風報導」,中華防災學刊,第十卷第1期,第100-103頁,中華防災學會印行。
15. NOAA (2018), NATIONAL HURRICANE CENTER TROPICAL CYCLONE REPORT - HURRICANE HARVEY: [https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL092017\\_Harvey.pdf](https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL092017_Harvey.pdf)
16. 國家災害防救科技中心(2018),「颶風哈維(Harvey)對德州衝擊影響」,災害防救電子報第152期。
17. NOAA (2019), NATIONAL HURRICANE CENTER TROPICAL CYCLONE REPORT - HURRICANE Maria (AL152017): [https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL152017\\_Maria.pdf](https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL152017_Maria.pdf)
18. K. Naidoo (2018),「瑪莉亞颶風一周年,我明白有件事比氣候變遷本身更可怕」,TIME評論報導,許睿洋中文翻譯。
19. 陳禮仁(2019),「2019年上半年世界天然災害大事紀」,中華防災學刊,第十一卷第2期,第203-210頁,中華防災學會印行。
20. 陳禮仁(2020),「2020年世界天然災害大事紀」,中華防災學刊,第十二卷第1期,第79-90頁,中華防災學會印行。
21. Wikipedia (2020), "Cyclone Idai": [https://en.wikipedia.org/wiki/Cyclone\\_Idai](https://en.wikipedia.org/wiki/Cyclone_Idai)
22. NASA (2019), "Idai (Southern Indian Ocean)" /Tag: Idai 2019: <https://blogs.nasa.gov/hurricanes/tag/idai-2019/> 