



2017

天然災害紀實

NATURAL DISASTER YEARBOOK

2017

天然災害紀實

行政法人國家災害防救科技中心

主任序言

臺灣在 2017 年裡，因應颱風與豪雨事件啟動了多次的災害應變中心作業，包括了尼莎、海棠、天鴿、谷超及泰利颱風等五場颱風事件，其中尼莎颱風還沒有離開，海棠颱風就來了，這是近五十年來再一次雙颱同時襲臺的紀錄，尼莎-海棠颱風在屏東降下最高時雨量達 181.5 毫米，造成屏東縣佳冬、枋寮地區淹水情況，雖無造成人員死亡，不過也造成農業損失約新台幣五億元左右。其他的天鴿、谷超及泰利颱風等並未登陸臺灣陸地，僅帶來局部地區降雨，並無明顯災情傳出。另外，因應豪雨事件也啟動三次的災害應變作業，計有 0601、0613 及 1011 豪雨事件。在這些豪雨事件的應變作業中，讓我們見識到了「短延時、強降雨」的威力，例如：0601 的豪雨事件，在北臺灣有多處地區出現時雨量破百的紀錄，造成基隆市大武崙、臺北市內湖

地區局部大淹水。所幸中央與地方通力合作應變得宜，災情並沒有持續擴大。

美國德州休士頓在 2017 年 8 月哈維 (HARVEY) 颶風侵襲時，造成大規模淹水災情，重創該地之石化工業，而 9 月份艾瑪 (IRMA) 颶風侵襲佛州，也重創該地區之觀光與農業產業，這兩場颶風帶來之損失高達 1,080 億美元。讓大家聯想到 2005 年侵襲紐奧良的卡翠納 (KATRINA) 颶風慘不忍睹的夢魘。這兩場颶風事件已經使得美國躍昇為 2017 年災害造成經濟損失最高的國家；若再加上南、北加州 10 月份森林大火的事件，使得美國嚴重的經濟損失金額又再提高不少。

從全球天然災害的統計數字來看，因為 2017 年沒有巨災事件，因此前十大災害事件造成近 3,500 人的死亡，是近年來相對較低的一年。雖

然全球災害事件次數相對少，但是災害造成的經濟損失可不少。

無論人們是否有能力對於災害進行預測，我們相信減少災害最好的方式就是做好災害應變與對策研擬。猶記得 2017 年初，初步顯露旱象，不過政府提早啟動因應，從供給面與需求面管理著手，進行停灌補償及獎勵自主休耕等方式，多元因應旱象，最後將影響降到最小，平順地度過旱象。藉著 2017 年經歷災害的經驗，再次提醒大家做好災害應變準備才是有效降低災害損失的最佳方式。

主任 陳宏宇

2018 年 3 月

CONTENTS目錄

2017 國際災情概述

2017 年國際災害概述	01
2017 年十大天然災害統計	02

臺灣篇 / Taiwan

0601 豪雨事件	07
尼莎暨海棠颱風事件	13
1011 豪雨事件	18

洪水災害篇 / Flood disaster

2017 年洪水概述	21
美國德州哈維颶風	23
美國佛州艾瑪颶風	31
澳洲黛比氣旋	37
斯里蘭卡山洪暴發	41
日本九州豪雨暨三號颶風	43
中國長江氾濫	47
港澳天鴿颶風	49
菲律賓天秤颶風	53



坡地災害篇 / Slope land disaster

2017 年坡地災害概述	57
獅子山共和國坡地災害	59
哥倫比亞山洪暴發	65
孟加拉共和國山洪暴發	69
中國四川茂縣崩塌	73

森林大火篇 / Wildfire

2017 年森林大火概述	79
葡萄牙森林大火	81
美國加州森林大火	87

地震篇 / Earthquake

2017 年地震概述	93
墨西哥地震	95
兩伊地震	99

結語 / Conclusion

結語	101
參考網站	102



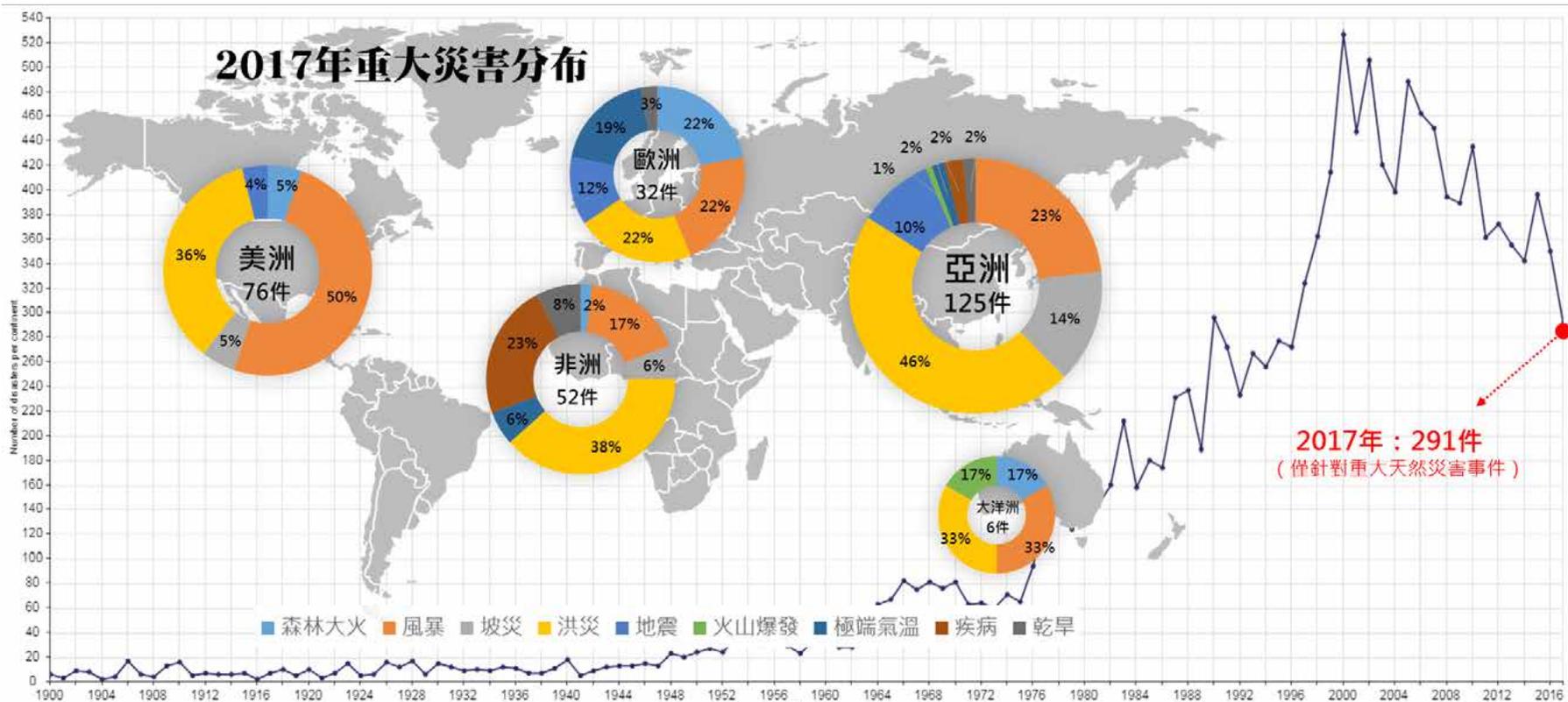
2017 年國際災害概述

回顧臺灣 2017 年的颱風災害，共有 5 場颱風發布海上、陸上颱風警報影響臺灣，並啟動災害應變運作，包括：尼莎颱風、海棠颱風、天鵝颱風、谷超颱風、泰利颱風等。另外，還有 3 場豪雨事件，也因為規模達到水災應變作業標準，開設中央災害應變中心，包括：0601 豪雨事件、0613 豪雨事件、1011

豪雨事件等，這一年雖然應變次數多，不過天鵝颱風、谷超颱風及泰利颱風等並未登陸臺灣陸地，相對而言傷亡不大。從國際統計數字來看，也看到全球災害事件下降的趨勢。

國際緊急災害資料庫 (EM-DAT) 的天然災害類型包括：森林大火、風暴、坡地崩塌、洪水災害、地震、

火山爆發、極端氣溫、疾病、乾旱等。當滿足以下條件之一者：(1) 超過 10 人死亡，(2) 超過 100 人受影響，(3) 政府發布緊急狀態，(4) 政府呼籲國際援助條件，即納入重大災害事件計算。從資料庫 (EM-DAT) 中統計，2017 年全球重大災害事件次數接近 300 起，是繼 2000 年以來災害次數最少的一年，其中洪水與



歷年重大天然災害事件數統計及 2017 年重大災害分布 (資料來源：數據取自 EM-DAT，災防科技中心繪製)

風暴災害次數占 2/3。如果從這幾年的統計趨勢看起來，2000 年的重大天然災害事件次數是歷年來最高的一次，達 530 餘次，隨後有持續下降的趨勢。2017 年的全球災害統計中仍然以亞洲最高，達 125 起事件，其次為美洲，計有 76 起事件，其他依序為非洲、歐洲與大洋洲。從災害造成的死亡人數統計，因為 2017 年沒有巨災事件，因此前十大災害事件造成近 3,500 人的死亡，是近年來相對低的一年。雖然全球災害事件次數相對少，但是災害造成的經濟損失可不少。其中兩場侵襲美國的颶風，使得損失高達 1,080 億美元（資料來源：EM-DAT），這兩場颶風：harVEY 颶風與 IRMA 颶風，分別在八月、九月時，侵襲美國

的德克薩斯州與佛羅里達州，成為 2017 年災害造成經濟損失最嚴重的前兩名事件，僅次於 2005 年侵襲紐奧良的 KATRINA 颶風，並與 2012 年侵襲紐約的 SANDY 颶風相當。這兩場颶風事件已經使美國成為 2017 災害損失最高的國家；若再加上加州的森林大火事件，使得美國嚴重的經濟損失金額又再提高不少。

2017 年十大天然災害統計

災害死亡人數

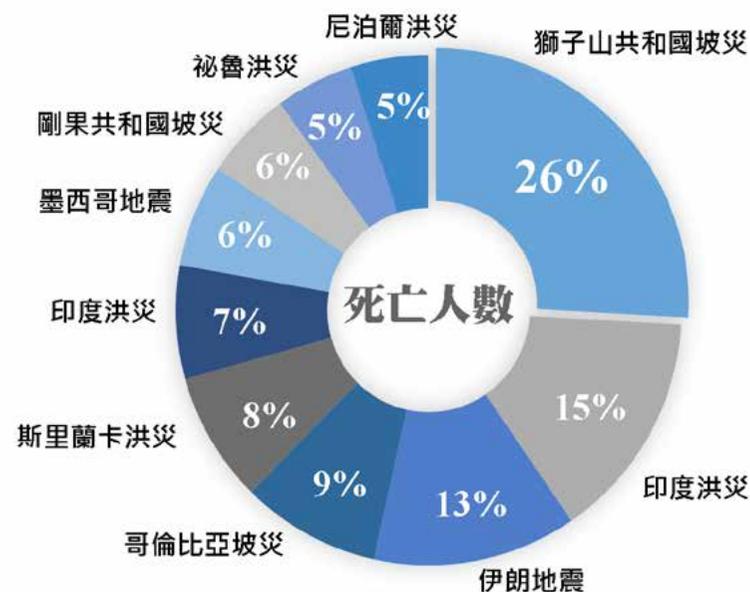
依據 EM-DAT 的資料顯示，2017 年度造成最多人死亡的事件是獅子山共和國的坡地崩塌災害，計有 915 人，若加上失蹤人數，總共超過 1,000 人以上；

其次為八月中下旬發生在印度的洪水災害，總共造成 514 人死亡，印度還有另外一場洪水災害（排名第 6）也造成 254 人的死亡；傷亡最嚴重的地震災害是 11 月發生在伊朗與伊拉克交界山區的強震，地震規模達 7.3，由於建築物耐震不足倒塌，造成 460 人死亡。十大天然災害事件依據死亡人數排序，包括：獅子山共和國崩塌、印度洪災、伊朗 - 伊拉克地震、斯里蘭卡洪災、哥倫比亞山洪暴發、墨西哥地震、剛果崩塌、祕魯洪災、尼泊爾山洪暴發等。可以看出這些事件皆是發生在比較落後的地區與國家，當災害發生後，由於基礎建設不足或是防災能量不足，造成人員傷亡較為嚴重。

2017 年全球十大天然災害事件 - 依死亡人數排序 (資料來源：EM-DAT)

排序	時間	國家	地區	災害類型	死亡人數
1	08/12-08/13	獅子山共和國	Freetown	坡災	915
2	08/11-08/31	印度	Bihar	洪災	514
3	11/12	伊朗 - 伊拉克	Qasre-Shirin, Gilane-Garb, Kermans hah, etc.	地震	*460
4	03/31-04/01	哥倫比亞	Putumayo	坡災	**314
5	05/25-05/31	斯里蘭卡	Ratnapura, Matara, Kalutara, etc.	洪災	292
6	06/01-08/31	印度	Banaskant ha, Valsad, Navsari, etc.	洪災	254
7	09/19	墨西哥	Puebla, Morelos, Mexico city, etc.	地震	230
8	08/16	剛果共和國	Tora	坡災	200
9	03/15-03/19	祕魯	Ancash, Tumbes, Lima, etc.	洪災	177
10	08/11-08/31	尼泊爾	Lalitpur, Palpa, J hapa, etc.	洪災	176
總計					3,532

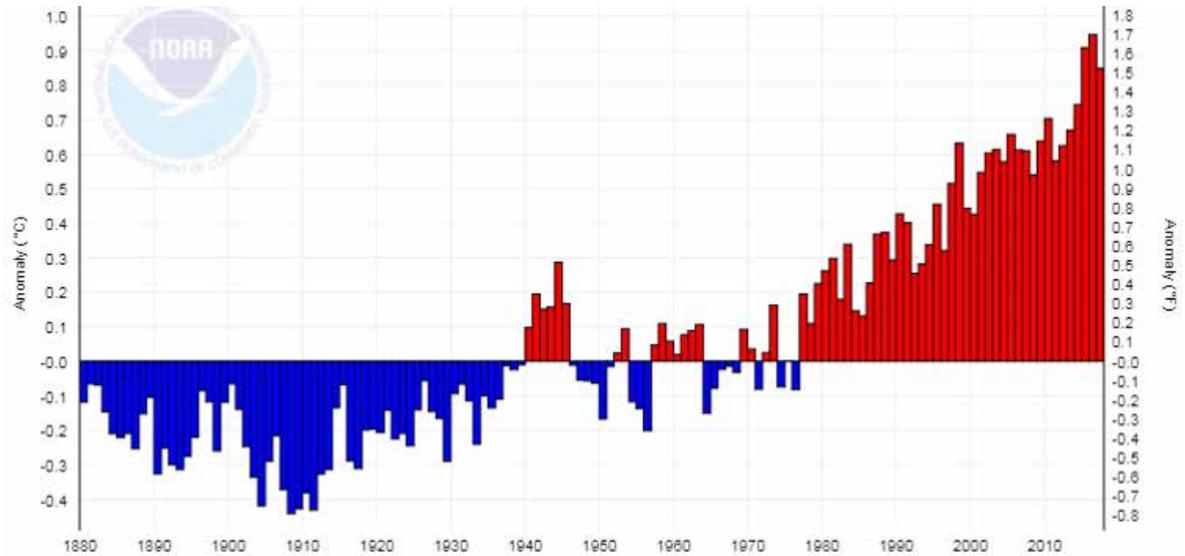
註 * 伊朗 - 伊拉克地震之災情引述自政府官方資訊 ** 哥倫比亞山洪暴發之災情引述自 OC ha



災害影響人數

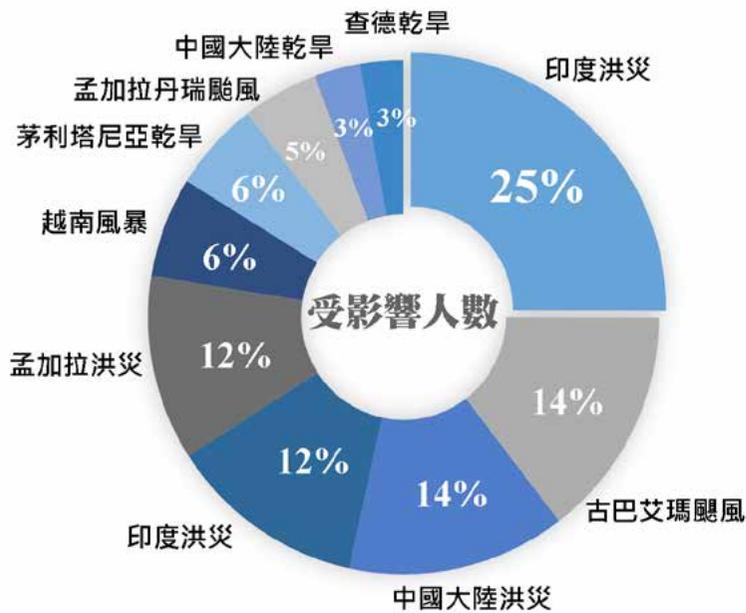
根據 NOAA 統計，全球溫度有持續增加趨勢，2014 年到 2016 年連續三年，全球溫度一年比一年高。2017 年溫度沒有再創新高，不過也是史上排名第三名，僅次於 2016 年與 2015 年的溫度。過去幾年由於全球溫度持續升高，造成的乾旱事件多，乾旱影響的特性是時間長、範圍廣，通常也是影響人數最多的災害型態。

2017 年一反常態，影響人數最多的災害事件不是乾旱，同時在十大災害事件(依影響人數排序)中，乾旱事件僅三起，且排序都在後面，不像 2016 年(歷年全球溫度最高的一年)，受影響人數中，前十大災害事件，有六場乾旱事件，而且都是排序在最前面。



1880 年至 2017 年的溫度距平圖 (資料來源：NOAA)

2017 年全球十大天然災害事件 - 依影響人數排序 (資料來源：EM-DAT)



災害經濟損失

2017年中受影響人數最多的災害事件是印度的洪災，印度的兩起洪災事件，不僅在死亡人數分別排在第二及第六順位，影響人數也都排進了前十大事件，分別為第一及第四順位。十大影響人數的災害事件排序中，有七場的洪水與風暴，分布在印度、古巴、中國大陸、孟加拉及越南。其中引起古巴洪災的颶風也正是衝擊美國佛羅里達州的颶風 IRMA。另外，三起乾旱事件中有二事件位於非洲的茅利塔尼亞與查德，根據統計，茅利塔尼亞的乾旱影響人數達 390 萬人，而該國 2016 年總人口約 430 萬人，表示約有九成人口受到乾旱的影響，情勢險峻。

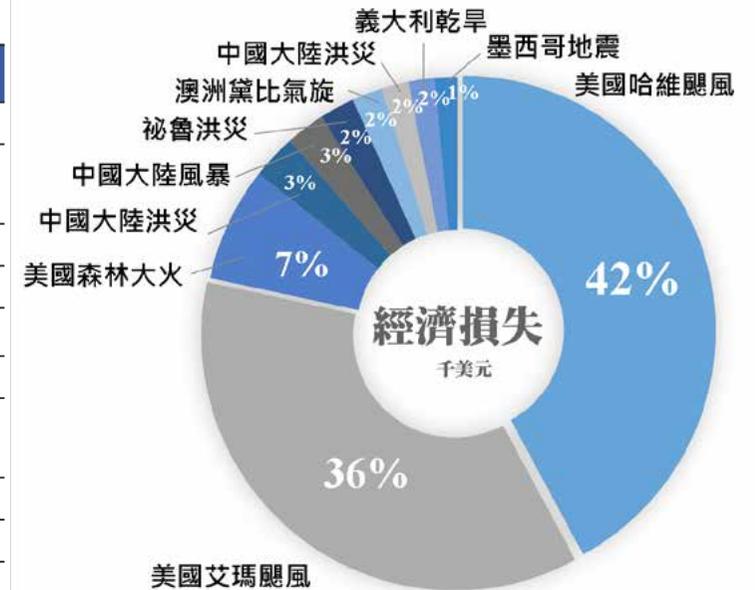
2017 年災害事件損失最嚴重的國家當屬美國，這一年裡總共有兩場嚴重的颶風侵襲，分別是八月下旬的颶風 haRVEY 侵襲德州，造成休士頓嚴重淹水，衝擊石化工業產能，甚至影響全球石化產業；緊接著九月颶風 IRMA 侵襲佛羅里達州，影響農業與觀光旅遊業鉅大，兩起颶風事件造成損失達 1,080 億美元，遠超過當年度其他災害事件之損失。此外，美國加州分別在十月北加州、十二月南加州發生森林大火，焚燒面積達十萬 ha(北加州)與十一萬四千 ha(南加州)，無論是北加州還是南加州，都是人口稠密且高度發展的地區，因此造成經濟損失相當大，根據美國加州保

險部門 (California Department of Insurance) 估計，北加州森林大火即造成近 100 億美元的經濟損失、南加州森林大火則造成 17.7 億美元的經濟損失。

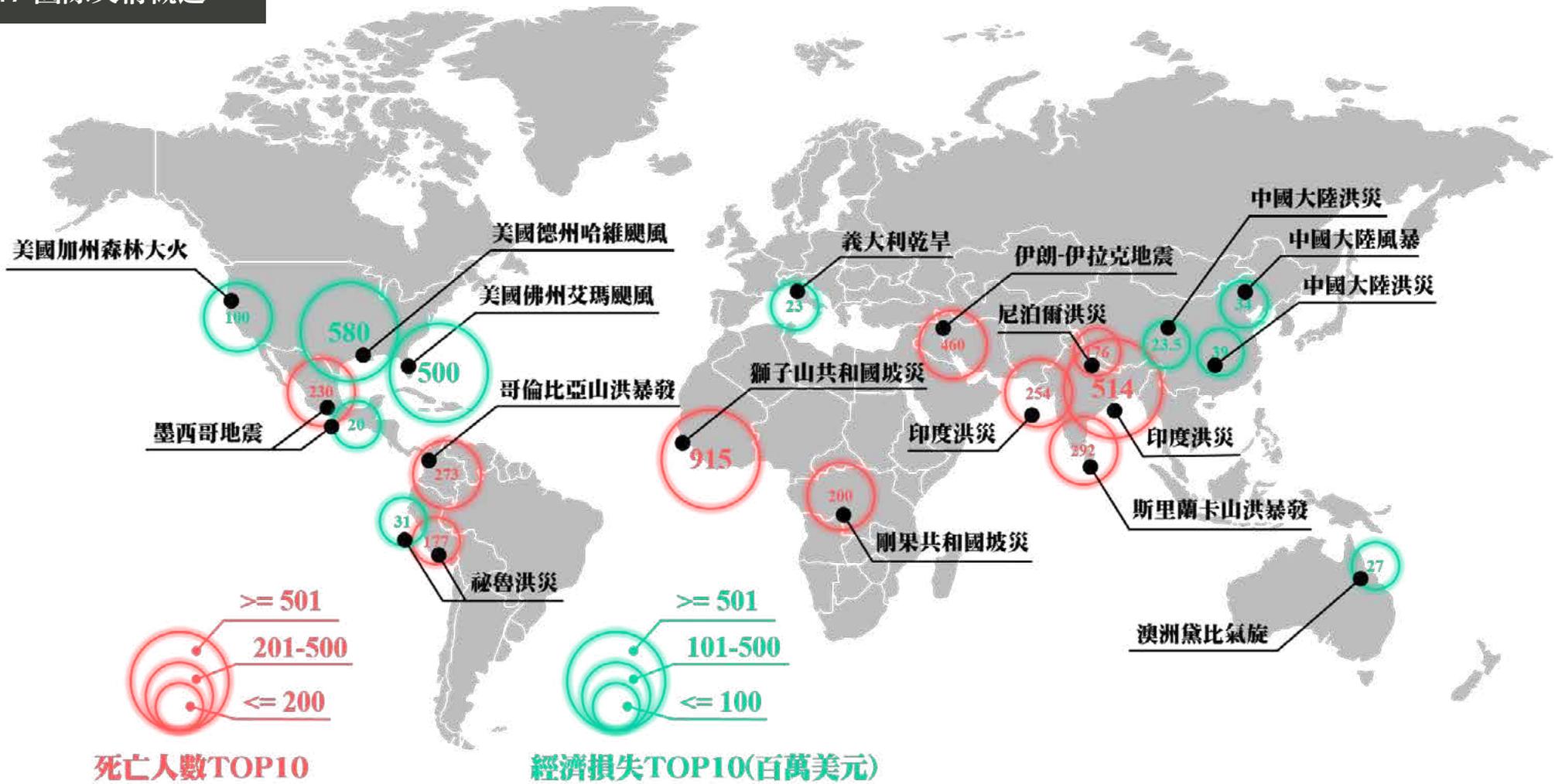
近幾年高度發展的中國大陸，使得災害造成的經濟損失也逐漸提高，2017 年中國大陸有三起洪水與風暴造成的災害損失，列入了前十大經濟損失。美國與中國大陸為當前全球最大的兩個經濟體，災害造成的經濟損失也占了全球最大比例近 76% 之高。

2017 年全球十大天然災害事件 - 依經濟損失排序 (資料來源：EM-DAT)

排序	時間	國家	地區	災害類型	經濟損失(千美元)
1	08/25-08/29	美國	Texas, Louisiana	風暴 (harvey)	58,000,000
2	09/10-09/28	美國	Florida, Keys islands, Monroe, Jacksonville	風暴 (IRMA)	50,000,000
3	10/09-10/18	美國	Napa, Sanoma, Mendocino, etc	森林大火	*10,000,000
4	06/29-07/05	中國大陸	Hunan, Anhui, Chongqing, etc.	洪災	3,930,000
5	07/13-07/17	中國大陸	Hebei, S hanxi, Liaoning, etc	風暴	3,400,000
6	03/15-03/19	祕魯	Ancash, Tumbes, Lima, etc.	洪災	3,100,000
7	03/28-04/05	澳洲	Logan region, Queensland, Nouvelle-Galles du Sud, etc.	風暴 (Debbie)	2,700,000
8	06/22-06/25	中國大陸	Sichuan, Yunnan, Chongqing, etc.	洪災	2,350,000
9	07/01-07/31	義大利	Calabria, Abruzzo, Campania, etc.	乾旱	2,300,000
10	09/08	墨西哥	Oaxaca, Chiapas, Tabasco state	地震	2,000,000
總計					137,780,000



註 * 美國森林大火之災情則引述自美國加州保險部門 (California Department of Insurance)



2017 年重大天然災害事件分布 (資料來源：數據取自 EM-DAT，災防科技中心繪製)

「2017 年天然災害紀實」收錄的事件包括：「臺灣災害篇」：尼莎暨海棠颱風、0601 豪雨事件及 1011 豪雨事件；「洪水災害篇」：洪水災害死亡人數第二名的斯里蘭卡山洪暴發、經濟損失名列前二名的美國哈維颶風及艾瑪颶風、菲律賓天秤颱風、中國大陸長江氾濫、澳洲黛比氣旋、日本九州豪雨暨三號颱風以及影響香港、澳門與珠江的天鵝颱風等，共有 8 場洪水 (含風暴) 事件；「坡地災害篇」：獅子山共和國、哥倫比亞、孟加拉山洪暴發及中國大陸茂縣崩塌；「森林大火」：葡萄牙 6 月及 10 月兩場森林大火，以及美國 10 月北加州及 12 月南加州森林大火做年度的事件探討分析；「地震災害」：11 月 12 日的伊朗 - 伊拉克地震，以及 9 月 8 日與 9 月 19 日兩次發生於墨西哥的地震災害。



0601 豪雨事件

註 本篇完整報導收錄 NCDR 技術報告 (NCDR106-T20) · 2018 年 1 月出刊

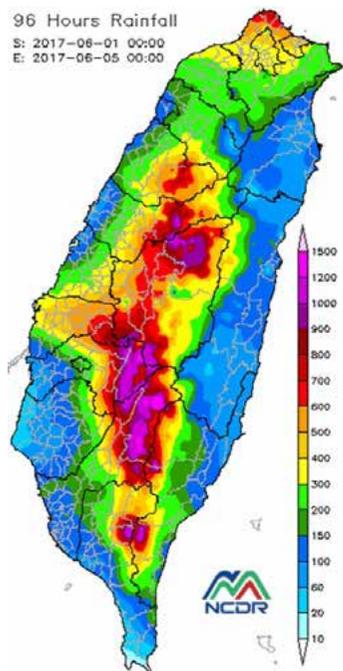
今年最強的梅雨鋒面於 6 月 1 日開始影響臺灣地區，6 月 2 日凌晨鋒面接觸北臺灣，在短短的 12 小時內為北部帶來驚人雨量，許多測站最大時雨量大於 80mm(最高在三芝達 112mm)，北北基多處發生排水不及、溪水暴漲導致淹水災情，尤其在基隆大武崙及臺北市內湖地區；6 月 2 日入夜後鋒面往南移並滯留在中部地區，雲林縣大埤鄉最大時雨量高達 108mm，持續降雨使得大埤鄉大湖口溪溢堤、斗南鎮石牛溪破堤，雲林出現多處大範圍淹水。全臺農業損失總金額高達 2 億 7,115 萬元，雲林縣與南投縣是農業損失集中區。

▲ 雲林縣斗南鎮石牛溪破堤造成稻田遭洪水夾雜土砂掩沒 (資料來源：災防科技中心)

氣象分析

2017年6月1日起臺灣地區受到西南氣流的影響，中南部山區開始有局部大雨發生；6月2日凌晨鋒面逐漸靠近北部外海，北部及東北部亦有明顯降雨，基隆與北海岸地區，包含：石門、三芝、金山、萬里，降下超大豪雨，新北市三芝區12小時內累積雨量高達641mm，臺北市內湖區中午的時雨量也突破100mm；6月2日午後至6月3日鋒面逐漸往南移動並滯留在中部地區，臺灣西部地區持續降下大豪雨，雲林縣古坑鄉12小時內累積雨量高達608.5mm；6月4日白天因西南氣流及滯留鋒面影響，全臺各地仍有局部大雨發生，直到6月4日晚間鋒面北抬、西南氣流減弱，全臺雨勢才逐漸趨緩。

96 Hours Rainfall
S: 2017-06-01 00:00
E: 2017-06-05 00:00



6/1 - 6/4 累積雨量(單位：毫米)

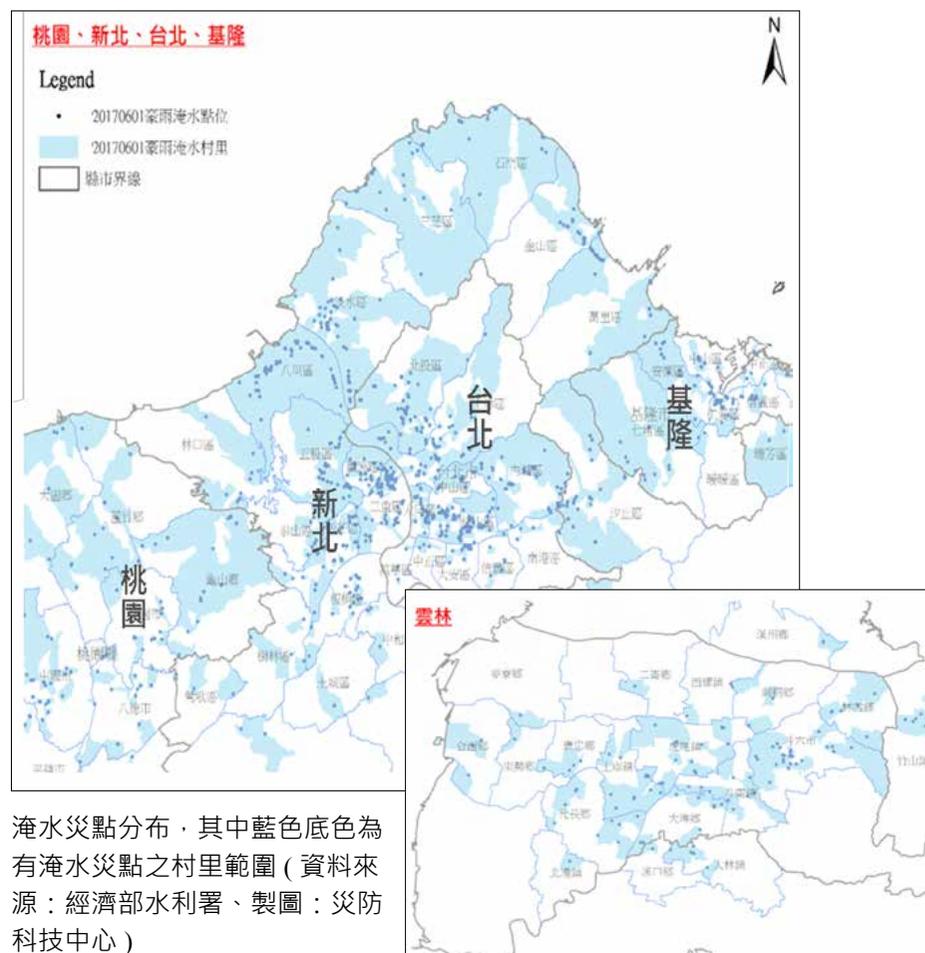
排名	測站代碼	測站名稱	縣市	鄉鎮區	累積雨量
1	C1V190	南天池	高雄市	桃源區	1446.0
2	467530	阿里山	嘉義縣	阿里山鄉	1326.0
3	C1V580	溪南	高雄市	桃源區	1261.5
4	C1R610	西大武山	屏東縣	泰武鄉	1213.0
5	C0H9A0	神木村	南投縣	信義鄉	1189.5
6	C0M810	里佳	嘉義縣	阿里山鄉	1182.0
7	C1V200	梅山	高雄市	桃源區	1171.0
8	C1I440	新高口	南投縣	信義鄉	1146.0
9	C1V220	小關山	高雄市	桃源區	1134.0
10	C1H9B1	阿眉	南投縣	仁愛鄉	1095.0
11	C1V600	藤枝	高雄市	桃源區	1095.0
12	C1V160	達卡努瓦	高雄市	那瑪夏區	1063.5
13	C1F871	上谷關	臺中市	和平區	1054.0
14	C1I340	新興橋	南投縣	信義鄉	1045.0
15	C1I330	楓樹林	南投縣	仁愛鄉	1045.0
16	C0I390	仁愛	南投縣	仁愛鄉	995.5
17	C1I470	杉林溪	南投縣	竹山鎮	985.5
18	C0K240	草嶺	雲林縣	古坑鄉	979.5
19	C0M820	達邦	嘉義縣	阿里山鄉	978.0
20	C0M530	奮起湖	嘉義縣	竹崎鄉	952.5

6月1日至4日累積雨量圖及排名表，豪雨期間前20名累積降雨皆發生在中南部山區，第一高為高雄市桃源區南天池雨量站達1,446mm，次高為嘉義縣阿里山鄉阿里山雨量站達1,326mm(資料來源：中央氣象局、統計與製圖：災防科技中心)

災害紀錄

淹水災害

災防科技中心彙整各部會之淹水災情資訊，統計全臺共有1,184筆積、淹水通報，包括：基隆市、臺北市、新北市、桃園市、新竹市、苗栗縣、臺中市、南投縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣與高雄市等12縣市92鄉鎮共609個村里，積、淹水地區大多集中在北北基桃與雲林等地。



淹水災點分布，其中藍色底色為有淹水災點之村里範圍(資料來源：經濟部水利署、製圖：災防科技中心)



北部地區最大時雨量與積、淹水通報災點分布，由圖中可以發現許多測站之最大時雨量皆超過 80mm，已超出臺北市雨水下水道設計排水能力

防災科技中心共針對 5 處重點淹水區域進行災因分析與現勘調查，包含：(1) 臺北市內湖區、(2) 基隆市基金一路、(3) 新北市金山區三界壇路、(4) 雲林縣大埤鄉、(5) 雲林縣斗南鎮，詳見下文：

(1) 臺北市內湖區

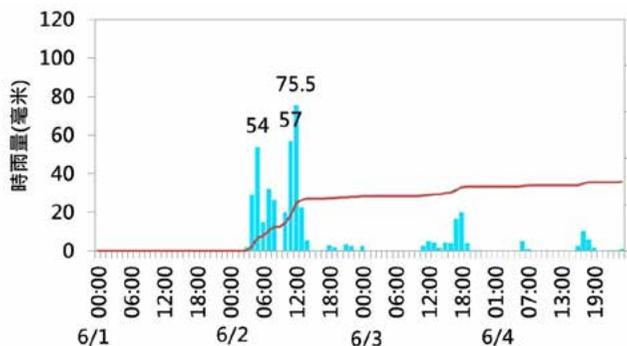
臺北市 0601 豪雨事件災點通報逾 600 件，其中又以內湖區大湖山莊街與環山路一段之淹水災情最為嚴重，大湖雨量在 6 月 2 日中午紀錄到時雨量 89mm，瞬間的強降雨超過原排水設計標準 (78.8mm)，上游山區逕流匯集加上排水不易，因此造成大湖山莊街與環山路一段淹水，大湖山莊街淹水深度約 0.3~0.5m，並淹沒地下室停車場。

(2) 基隆市基金一路

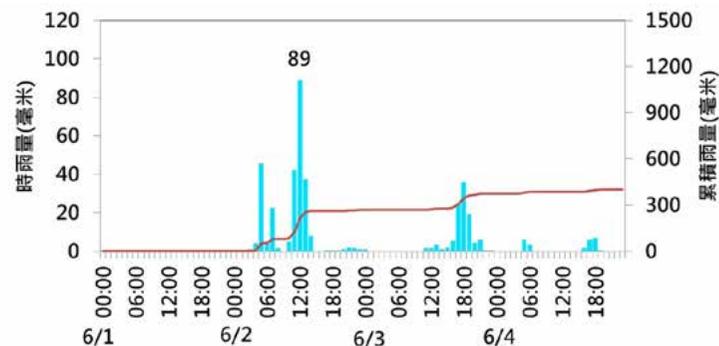
基隆市主要淹水地區在安樂區武崙里基金一路 208 巷口周遭，淹水深度約 1-2m，淹水發生在 6 月 2 日上午 9 點 30 分至 12 點期間，基隆雨量站於上午 12 點測得時雨量 75.5mm，其值超過此區的一級淹水警戒值 (60mm)。強降雨造成都會區排水不易、大武崙溪水位暴漲，左岸堤防較右岸低所以造成公路溢淹，加上來自情人湖的洪水交會於此，造成基金一路與沿路住宅淹水約 1-2m 深，災後水利署已於此處加高堤防高度。



河水溢堤漫淹至基金一路情形



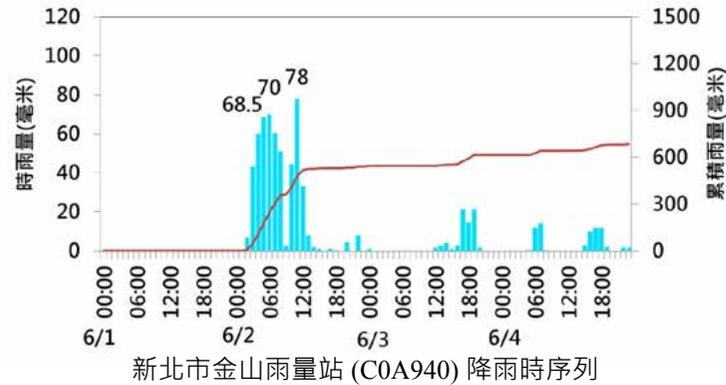
基隆雨量站 (466940) 降雨時序列



臺北市大湖站 (A1AG20) 降雨時序列

(3) 新北市金山區三界壇路

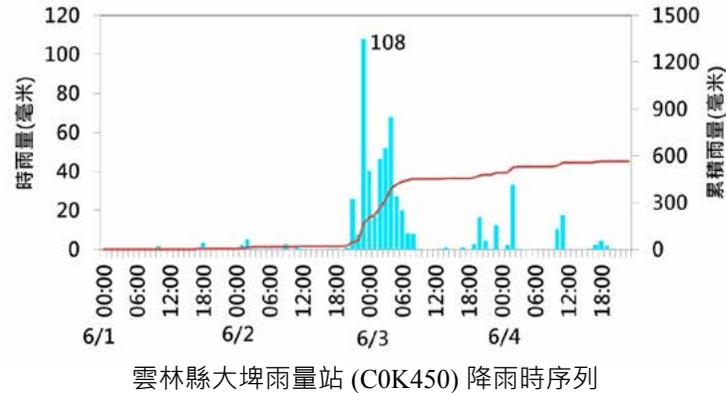
金山雨量站於 6 月 2 日凌晨 3 點至 8 點期間，6 小時累積雨量達 353mm 及最大時雨量達 78mm，兩者皆超過金山區淹水警戒值。強降雨不僅造成內水排水不易，亦造成清水溪水位暴漲而沖毀堤防，大量洪水溢堤形成淹水，河旁作物倒伏情況明顯，根據水利署估計三界壇路淹水範圍約 90 ha，淹水深度約為 0.3-0.5m。鄰近的磺溪橋亦因水位暴漲造成橋面塌陷中斷。



磺溪橋毀損中斷，現場已拆除

(4) 雲林縣大埤鄉

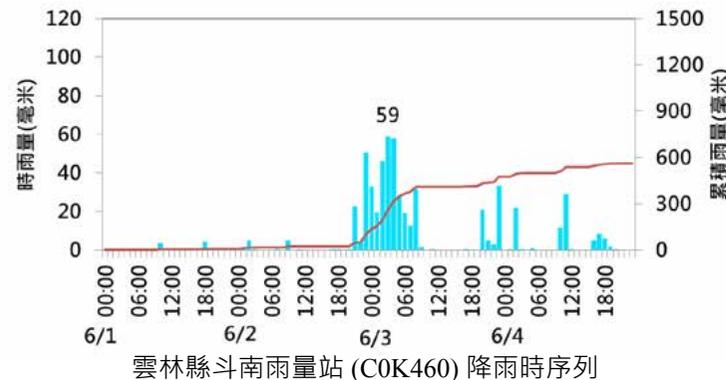
大埤雨量站與大湖口溪橋水位之時序列，其最大時雨量達 108mm，遠超過 1 小時淹水警戒值 (60mm)，強降雨造成大湖口溪水位暴漲，由大湖口溪的水位紀錄可發現於 6 月 3 日清晨 4 點至 8 點期間，水位已超過一級警戒水位，洪水溢流出大湖口溪堤防，加上持續性的降雨使得排水不易，造成大範圍的淹水災情，其中豐田村淹水情形最為嚴重，主要淹水區域在大湖口溪左岸。位於大埤路與台 1 線交會處的公準加油站附近，淹水深度約 0.6m，而位於南昌西路與大湖口溪上的仁晟橋亦發生溢堤，堤旁道路淹水約 1.2m。



災中發生溢堤狀況 (資料來源：水規所)

(5) 雲林縣斗南鎮

根據斗南雨量站資料顯示，最大 3 小時累積雨量達 163mm，超出此區 3 小時淹水警戒值 (120mm)，且強降雨造成石牛溪水位暴漲，成功路善功橋旁發生溢堤，洪水湧入橋旁的信義育幼院，育幼院入口到前庭與員工停車場淹水，洪水沖毀善功橋下游 300m 處的



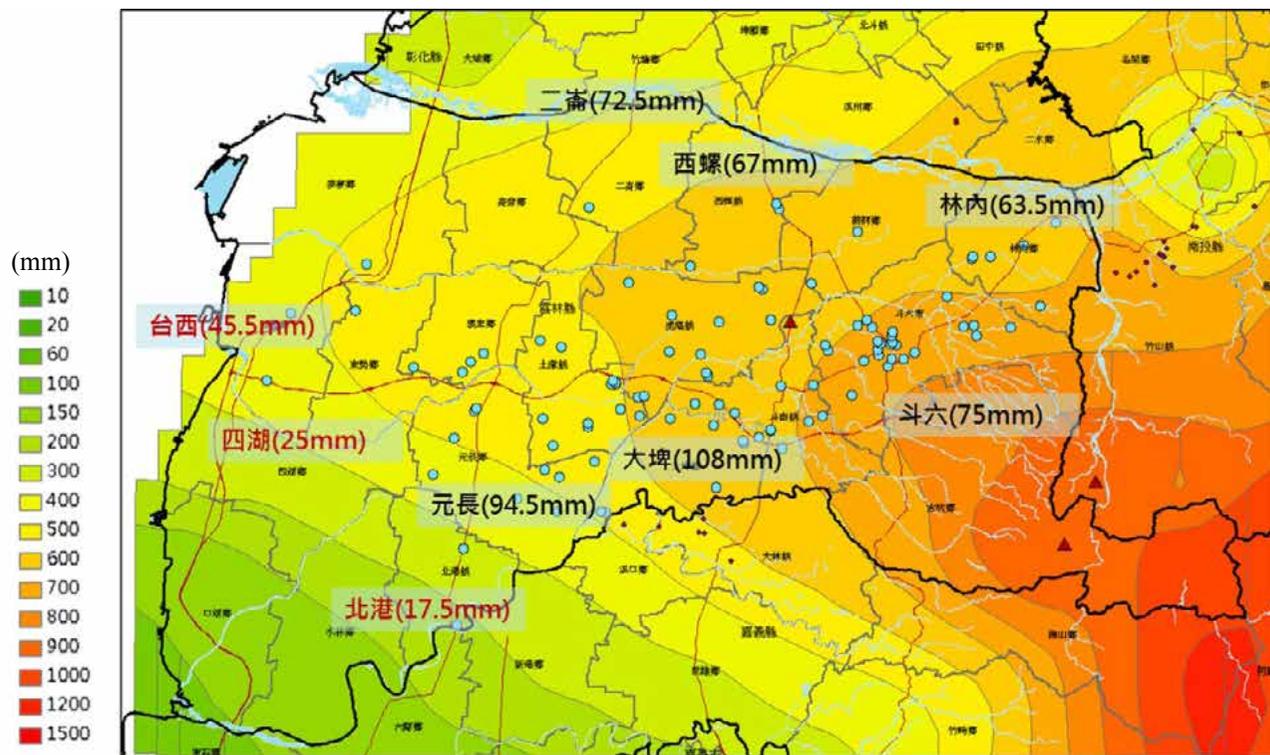
河道溢堤沖毀水稻田情形

土堤，造成土堤後方的水稻田遭土砂淹沒，位於下游的恩惠長照中心因此淹水約 0.5m，緊急疏散 58 名老人。所幸石牛溪與崙仔溪交會後的虎尾溪水位（雙東大橋水位站）並未超過二級警戒水位，淹水災情未擴及至虎尾溪沿岸，可能原因是石牛溪破堤後，部分洪水溢出河道，使得下游虎尾溪水位上升幅度減少。

從雲林縣內的淹水災點與降雨分布可發現，淹水災點多集中在總降雨量達 500mm 的區域內。



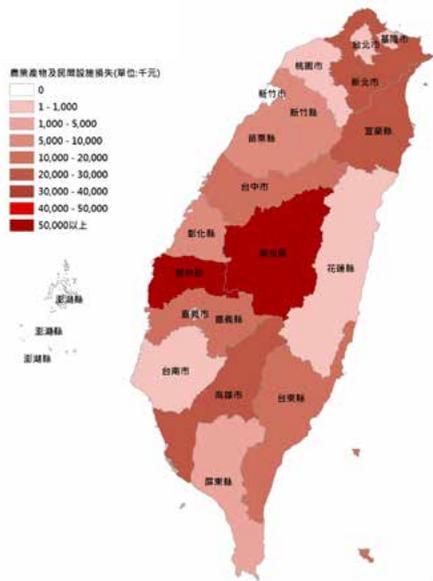
0601 豪雨坡地災點分布圖



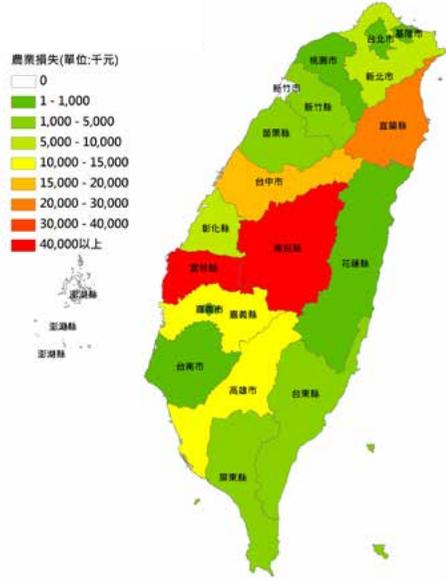
雲林地區淹水災點與降雨量分布情形，圖中雨量註記為最大時雨量

坡地災害

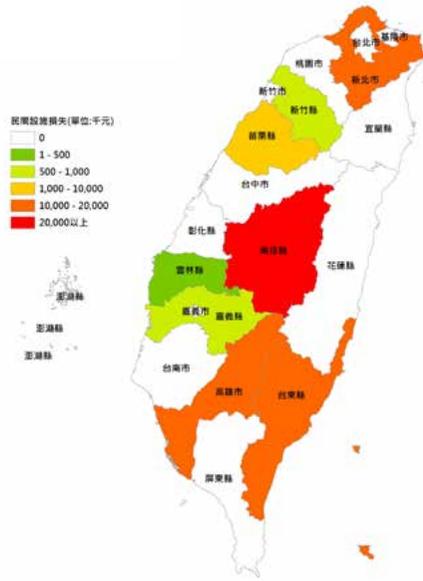
災防科技中心蒐整坡地災點共 71 點，道路邊坡崩塌災點分佈在台 2、台 7、台 8 (中橫)、台 14 與台 21 線，造成交通阻斷。其中，較嚴重災情包括：台 21 線 88K 中油加油站前，洪水夾帶大量泥沙，阻礙交通並造成路面淹水超過 50 公分，累積雨量達 600mm；南投 89 線力行產業道路 14k 處，路基流失交通中斷，導致翠巒、華崗部落居民無法進出；南投縣信義鄉神木村第 2 鄰多戶民宅，因地基不斷被洪水冲刷掏空沖毀；以及高雄市桃源區荖濃溪溪水暴漲，台 20 線南橫公路 92K 處，勤和里與桃源國中之間，道路出現崩塌的狀況，交通中斷，進出全面受阻。



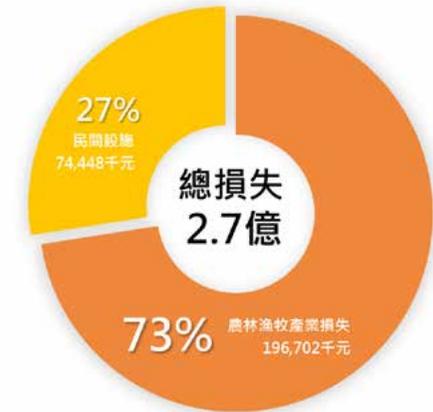
全臺農業災情分布合計



農產損失分布



民間設施損失分布



農業產物及民間設施損失

依據農委會官方網站公告，0601 豪雨造成全臺農林漁牧業產物及民間設施估計損失 (截至 6 月 9 日 17 時止)，合計共 2 億 7,115 萬元。受損較嚴重的縣市與金額依序為：(1) 南投縣 7,513 萬元、(2) 雲林縣 5,276 萬元、(3) 高雄市 2,373 萬元、(4) 新北市 2,344 萬元、(5) 宜蘭縣 2,179 萬元。其中農產損失約 1 億 8,509 萬元，主要分布在南投縣及雲林縣，農作物受害面積共 6,130 ha，依序為一期水稻 2,075 ha、落花生 947 ha、西瓜 486 ha。在民間設施損失部份，則以南投縣損失 2,861 萬元最為嚴重。

結語

2017 年 0601 豪雨鋒面所到之處降下驚人雨量，臺灣北部地區主要受到 6 月 2 日上午天短延時強降雨的影響，許多測站的最大時雨量均大於 80mm，造成臺北市、新北市、基隆市等地區多處淹水以及台 2 線多處路段邊坡崩塌；後續鋒面滯留於中部地區，除許多地區最大時雨量皆超過 60mm 外，持續性降雨，也導致雲林縣發生多處淹水災情，農業損失以南投縣與雲林縣最為嚴重。坡地與公路災害統計有 71 個災點，包含：台 2 線、台 7 線、台 8 線 (中橫)、台 14 線、台 21 線等，以及南投縣信義鄉神木村多戶民宅因地基沖刷掏空而沖毀。

尼莎暨海棠颱風

註 本篇完整報導收錄 NCDR 技術報告 (NCDR106-T19) · 2018 年 1 月出刊

七月底，尼莎颱風與海棠颱風接連登陸臺灣，是 50 年來首次兩個颱風同時發布海陸警報的颱風事件¹⁹⁰。兩颱風登陸時間相隔不到 20 小時，兩颱風期間在南部山區與平地出現強烈降雨，最大時雨量出現在屏東縣佳冬鄉佳冬站 (181.5 mm/hr)，林邊亦有 121 mm/hr 的降雨，強烈降雨造成臺南市、高雄市、屏東縣等地的河川與區域排水水位暴漲；中、下游低窪地區因為內水排出不易造成積淹水災情。坡地災害共計 41 處，零星分布在台 7 線、台 8 線、台 9 線、台 18 線、台 20 線、台 21 線、台 26 線。農業損失統計約為 4 億 9,377 萬元，以屏東縣、宜蘭縣損失金額最高，屏東縣主要為養殖漁業損失，約 1 億 7065 萬元，宜蘭縣則以農產品損失為最，約 1 億 1835 萬元。此外，颱風期間造成 60 萬戶停電，且 16 級強風吹垮花蓮民營和平電廠的輸電鐵塔，使得全國面臨供電挑戰。

▲ 災後前往屏東縣佳冬鄉磔溫村現地調查，根據當地居民表示尼莎颱風淹水牆約 1.5m，當日稍微降下後隨即於海棠颱風又淹至 1.2m 高 (資料來源：災防科技中心)

氣象分析

輕度颱風尼莎 (NESAT) 於 106 年 7 月 26 日 14 時於菲律賓東方海面生成，生成後受高壓引導往西北移動，強度持續增強，氣象局於 7 月 28 日 08 時針對尼莎颱風發布海上颱風警報，並於同日 14 時發布陸上颱風警報，後續尼莎颱風持續往西北移動，並於同日 20 時增強為中度颱風，7 月 29 日 08 時尼莎颱風暴風圈開始接觸臺灣陸地，當日下午屏東南端沿海地區受颱風的西北風與西南季風輻合影響開始降下豪大雨，尼莎颱風於 7 月 29 日 19 時 10 分登陸宜蘭蘇澳，並在蘇澳地區帶來 16 級強陣風，同日 22 時 30 分於苗栗竹南出海，尼莎颱風出海後強度持續減弱，於 7 月 30 日 11 時減弱為輕度颱風，由於臺灣本島及外島陸

續脫離其暴風圈範圍，氣象局於同日 14 時解除尼莎颱風海上陸上颱風警報，尼莎颱風於同日 20 時減弱為熱帶低壓。

在尼莎颱風中心即將登陸前，輕度颱風海棠 (haITANG) 於 7 月 29 日 17 時於鵝鑾鼻西南方海面生成，生成後往巴士海峽方向移動，由於預報路徑往臺灣南部陸地，颱風生成後氣象局同步發布海上陸上颱風警報，此時仍為尼莎颱風陸上警報期間，為 50 年來兩個颱風同時發布海陸警報的颱風事件 (上一次為 1967 年 8 月的娜拉和瑪芝颱風)，海棠颱風後續往東北移動，於 7 月 30 日 16 時 40 分登陸屏東楓港，屏東南端沿海地區再次降下豪大雨，海棠颱風登陸後轉

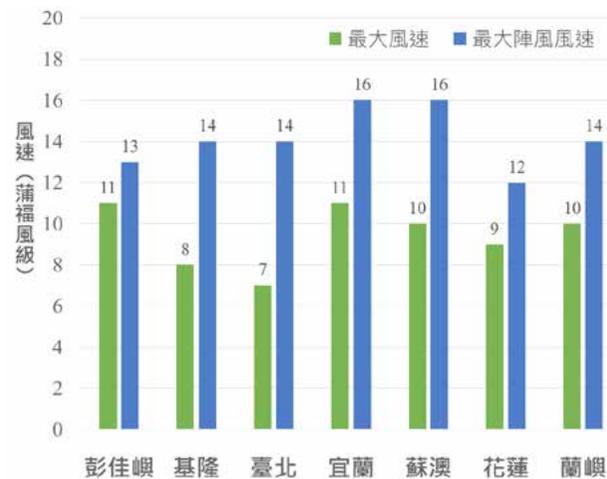
向西北前進，於 7 月 31 日 00 時 30 分由彰化芳苑出海，由於暴風圈已逐漸離開臺灣本島及外島且強度持續減弱，氣象局於同日 08 時解除海上陸上颱風警報，由於受颱風環流及西南氣流影響，彰化以南仍有明顯降雨，氣象局後續持續發布豪雨特報。

在尼莎及海棠颱風警報期間 (7 月 28 日 0 時至 31 日 8 時) 各地出現最大陣風地區如下: 蘇澳、宜蘭 16 級; 基隆、臺北、蘭嶼 14 級; 彭佳嶼 13 級, 花蓮 12 級。最大陣風是發生在宜蘭縣蘇澳站, 約為尼莎颱風登陸的時間, 測得 52.8m/s(16 級風) 的風速, 而隨著颱風持續往西移動, 同日在臺北地區測得最大陣風 41.9m/s(14 級風), 另外在海棠颱風警報期間, 最大陣風則發生在蘭嶼站測得 42m/s(14 級風)。

尼莎 / 海棠颱風影響臺灣期間 (7 月 28 日 ~ 7 月 31 日) 累積降雨最大發生在屏東縣春日鄉大漢山 1129mm, 第二名也是發生在屏東縣佳冬鄉佳冬 976mm, 第三名則是屏東縣泰武鄉西大武山 939mm, 從雨量累積圖可以看出, 此次颱風主要的降雨區為嘉義以南地區及宜蘭山區, 其中宜蘭為尼莎颱風中心登陸之縣市, 屏東為海棠颱風中心登陸之縣市, 最大降雨集中在屏東地區, 整場累積降雨幾乎集中在高雄市及屏東縣, 其中, 大部分是高屏山區 (大漢山、西大武山等) 及屏東南部沿海地區 (佳冬、枋寮、林邊等)。



尼莎颱風與海棠颱風路徑與規模
(資料來源: 中央氣象局, 繪製: 災防科技中心)



尼莎 / 海棠颱風警報期間各測站最大風速及最大陣風
(資料來源: 中央氣象局, 繪製: 災防科技中心)

災害紀錄

淹水災害

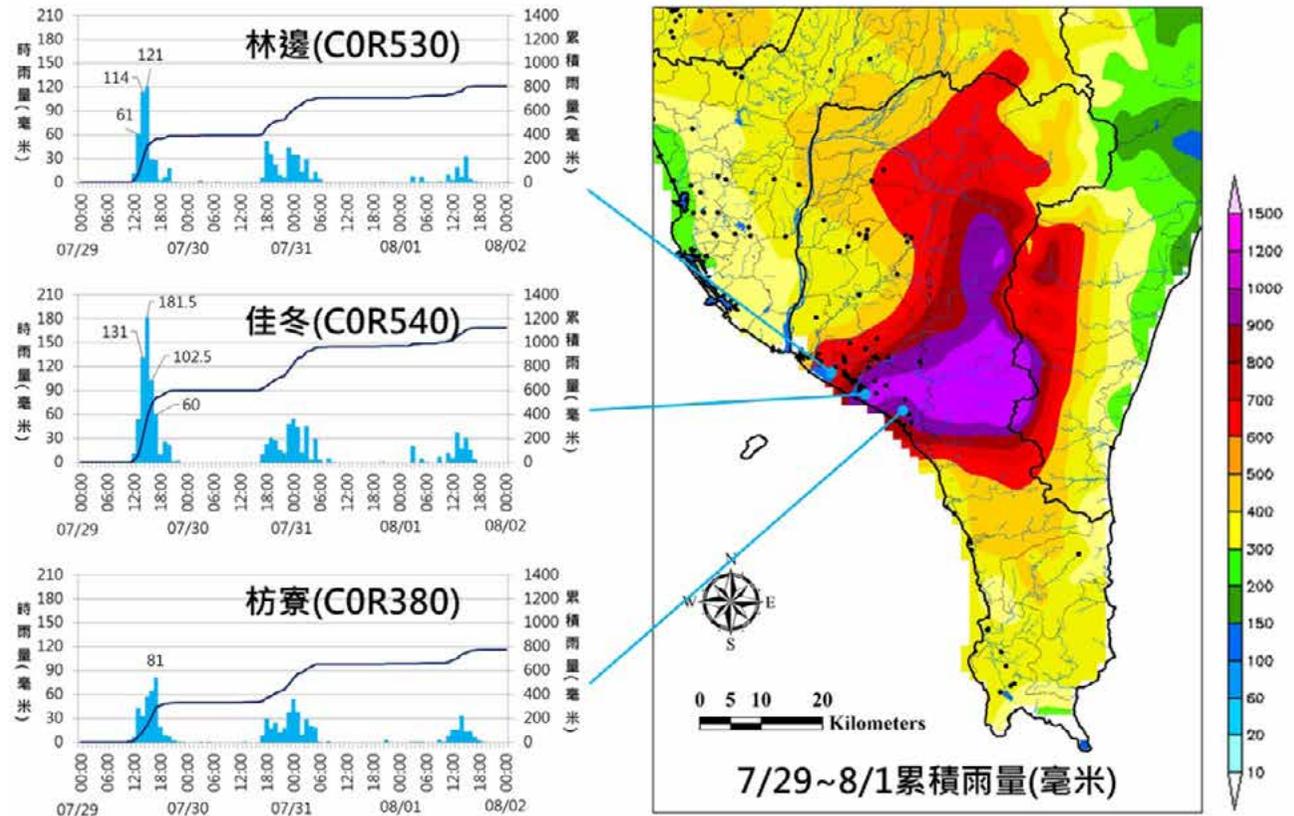
受到尼莎颱風和海棠颱風影響，臺灣部分地區發生大豪雨，造成多處積淹水，根據經濟部水利署、交通部公路總局和中央災害應變中心緊急應變資訊系統(EMIC)通報積淹水位置共 340 通報點，包括：8 縣市 69 鄉鎮共 206 個村里，積淹水地區大多集中在屏東、臺南、高雄、嘉義、雲林、彰化以及臺東。災防科技中心共針對重點淹水區域進行災因分析與現勘調查，包含：(1) 屏東縣佳冬鄉、(2) 屏東縣林邊鄉、(3) 屏東縣枋寮鄉，詳見下文：

(1) 屏東縣佳冬鄉

屏東沿海地區的林邊鄉、佳冬鄉、枋寮鄉於 7 月 29 日中午開始受到尼莎颱風環流影響開始降下強烈降雨，其中佳冬鄉自 7 月 29 日的 9 小時累積雨量達 600mm，3 小時累積雨量達 415mm，最大時雨量高達 181.5mm，造成嚴重淹水災情，而海棠颱風接續於 7



屏東縣佳冬鄉美園村發生淹水情形 (資料來源：水利署)



屏東縣降雨時、空間分布情形 (雨量資料來自氣象局、災防科技中心製圖)

月 30 日傍晚開始造成第二波降雨，雖然降雨強度低於尼莎颱風，最大時雨量約為 55mm，但由於銜接在尼莎颱風之後，使得淹水災情持續影響居民。佳冬鄉的淹水災情以尼莎颱風時期較為嚴重，根據居民表示尼莎颱風期間，塹仔一號排水溝有溢流的情形，而海

棠颱風時則沒有溢流情形發生，位於排水溝旁的住宅則淹水約 1m 高。從佳冬鄉淹水調查結果以及水利署淹水調查圖資可發現，淹水區域主要為台 17 線與羌光路一帶，位於燄溫村的淹水牆也記錄了尼莎颱風淹水深度約 1.5m 而海棠颱風則淹水約 1.2m。

(2) 屏東縣林邊鄉

國道三號的林邊交流道與省道台 17 線交會處，於災中 CCTV 畫面顯示淹水，災後現勘發現台 17 線道路中央高於道路兩側，道路兩旁住宅容易積淹水，且林邊大排的排水管位置較低，尼莎颱風期間瞬間降雨過大，雖已緊急設置移動式抽水機，但內水排出不及，造成該路段上之住宅與商家淹水最高約 1m 高。

林邊市區在 7 月 29 日下午 2 點多出現淹水災情，例如：林邊鄉中山路的林邊分駐所前淹水約 1m，淹水大約在 7 月 30 日中午消退，然而海棠颱風時，7 月 31 日再次淹水 0.6m，並於 8 月 2 日才退去。由於瞬間降雨過大，造成上游內水不及排出而蓄積於地勢低窪的地區。



屏東縣林邊交流道與台 17 線淹水災情分析，紅框為水利署調查之淹水範圍
(資料來源：災防科技中心)

(3) 屏東縣枋寮鄉

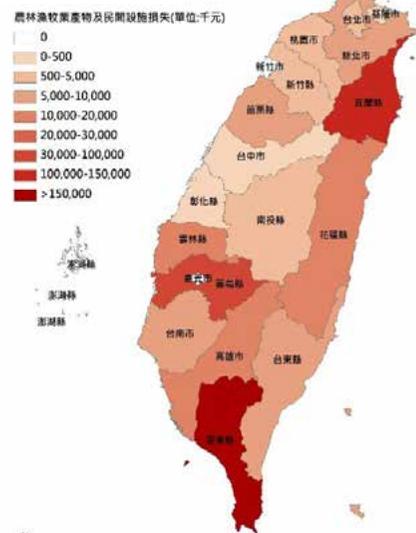
枋寮鄉於尼莎颱風期間最大時雨量約 81mm，區域內有零星的淹水災點，災後現勘發現枋寮鄉東林路與東海路口因地勢低窪，內水來不及排出造成積水，積水深度約 0.3m 且不久後即退去，然而亦造成住宅內物品泡水損失。枋寮鄉建興路旁瓊子崙排水本身蜿蜒，於 2016 年莫蘭蒂颱風因排水溝遭到雜物堵塞，造成該路段淹水約 1m，而該排水溝通水斷面仍小，於尼莎颱風期間該路段淹水 0.5~1.0m。枋寮鄉水底寮一帶，由於雨勢過大，使得北勢寮排水溝來不及宣洩來自上游的洪水而造成溢淹，淹水深度約 0.5-1.0m。



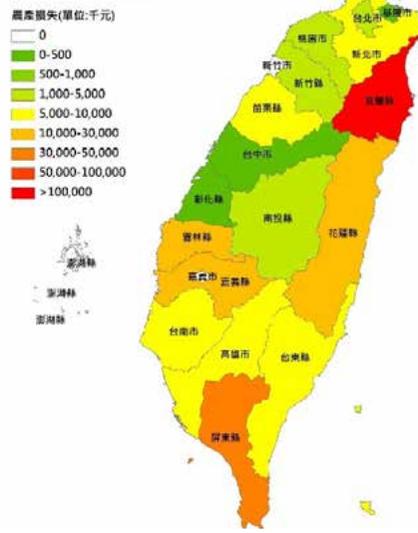
屏東縣枋寮鄉淹水災情分析 (資料來源：災防科技中心)



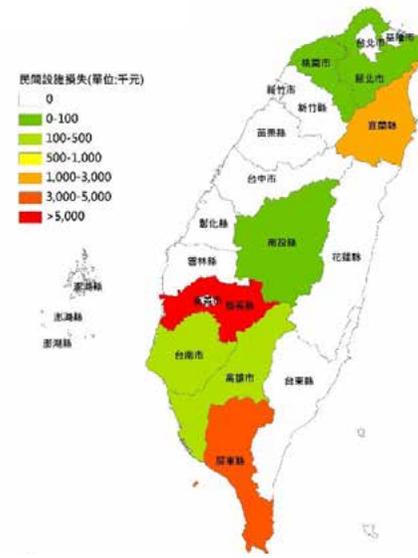
尼莎暨海棠颱風坡地災點分布圖



全臺農業災情分布合計



農產損失分布



民間設施損失分布

坡地災害

截至 8 月 1 日止，蒐整坡地災害共 41 處，主要為道路中斷，分佈在台 7 線、台 8 線、台 9 線、台 18 線、台 20 線、台 21 線、台 26 線等。其中，南投縣信義鄉台 21 線 115.5 公里處，落石坍方，造成道路中斷，土方量約 1,000m³；台 26 線 49K 處墾丁風吹砂路段，路基淘空，造成半個車道崩塌而影響交通。

農業災害

依據農委會官方網站公告，106 年 7 月尼莎暨海棠颱風（至 8 月 4 日 17 時止），合計造成全臺農林漁牧業產物及民間設施損失約 4 億 9,377 萬元，以 (1) 屏東縣 2 億 3,533 萬元、(2) 宜蘭縣 1 億 3,676 萬元、

(3) 嘉義縣 3,347 萬元、(4) 雲林縣 1,900 萬元、及 (5) 花蓮縣 1,793 萬元等較為嚴重。

農產損失金額 2 億 7,728 萬元，約佔總損失 56%，農作物受損面積共 5,420 ha，縣市部份又以宜蘭縣農產受損最為嚴重。受損作物主要為香蕉，受損面積 1,068 ha，損失金額 5,925 萬元，其次分為蔥、芭樂（番石榴）、文旦柚及竹筍等損失金額較多。

停電、停水及人員傷亡統計

颱風侵臺期間，宜蘭縣出現 16 級最大陣風紀錄，導致電線桿及電線倒塌、折損等災情，因此停電災情較為嚴重。其中，又以頭城鎮停電災情最慘，電線桿

一排全倒。維生管線受損項目，則有電力影響戶數共 602,539 戶、自來水影響戶數共 20 戶、電話（市話）影響戶共 2,301 戶、電信（基地台）影響戶共 2,708 戶。

台電表示尼莎颱風除造成全臺超過 60 萬戶颱風停電災情外，16 級超強風（風速 51m/s ~ 56 m/s）更吹垮花蓮民營和平電廠的自有輸電鐵塔，造成供電能力瞬間少了 130 萬瓩，使得全國面臨最大供電挑戰。

根據消防署之尼莎暨海棠颱風災害應變處置報告第 4 報（結報），統計截至 2017/07/30 20:00，全臺共計有 14 縣市啟動災區居民撤離工作，合計撤離人數達 12,703 人；無人死亡，僅 111 人受傷。

1011 豪雨事件

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 148 期 2017 年 11 月出刊

受到卡努 (K haNUN) 颱風與東北季風共伴影響，於 10 月 11 日至 10 月 15 日期間引起北部及東部豪雨，稱為「20171011 豪雨事件」。2017 年的第 20 號卡努颱風於 10 月 12 日於菲律賓東方海面生成，於 10 月 14 日最接近臺灣，位處於臺灣西南方海面距離約 500 公里，暴風圈未直接影響臺灣地區，然而其外圍環流與東北季風在臺灣附近合流，共伴的影響導致持續性降雨，10 月 11 日至 15 日五天的累積雨量在宜蘭與臺東地區高達 1000mm，持續性降雨造成東部地區發生土石崩落、道路中斷、淹水、農業災損等災情。

▲ 臺東縣溫泉路民宅遭土石流侵襲 (資料來源：災防科技中心)

災害衝擊

淹水災情

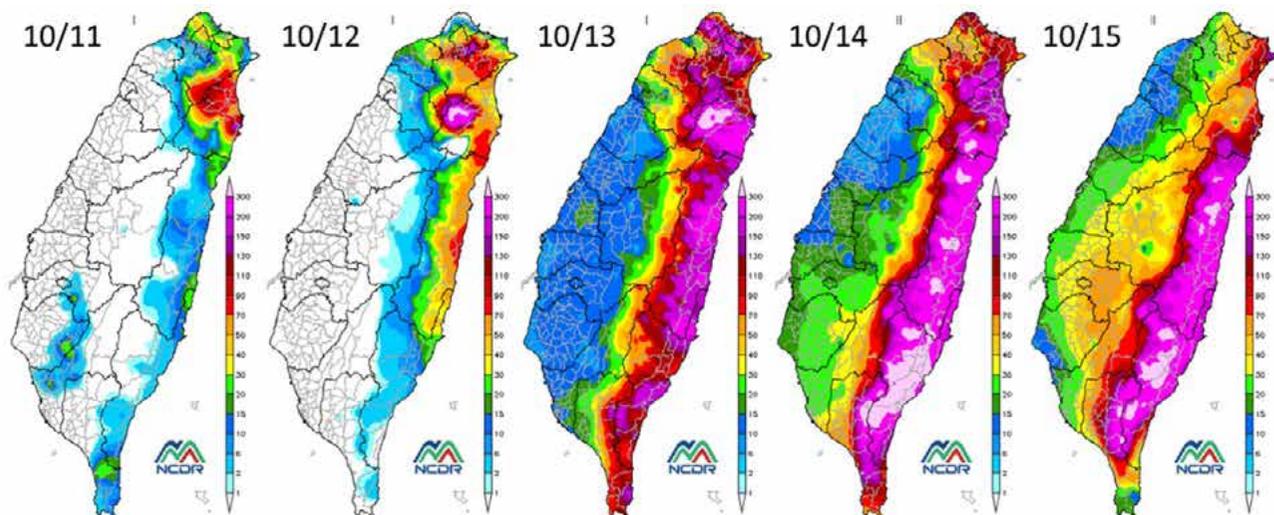
由中央災害應變中心所彙整的淹水災點共計有 56 筆，主要分布於宜蘭縣、花蓮縣、臺東縣、新北市等縣市，大部分淹水災點屬於局部低窪地區積淹水，東部主要河川之水位於 10 月 14 日受到卡努颱風外圍環流所夾帶之降雨影響，水位快速上升至接近一級警戒水位，造成堤防保護範圍內之降水不易排出至河道，而使得低窪地區淹水。

坡地災情

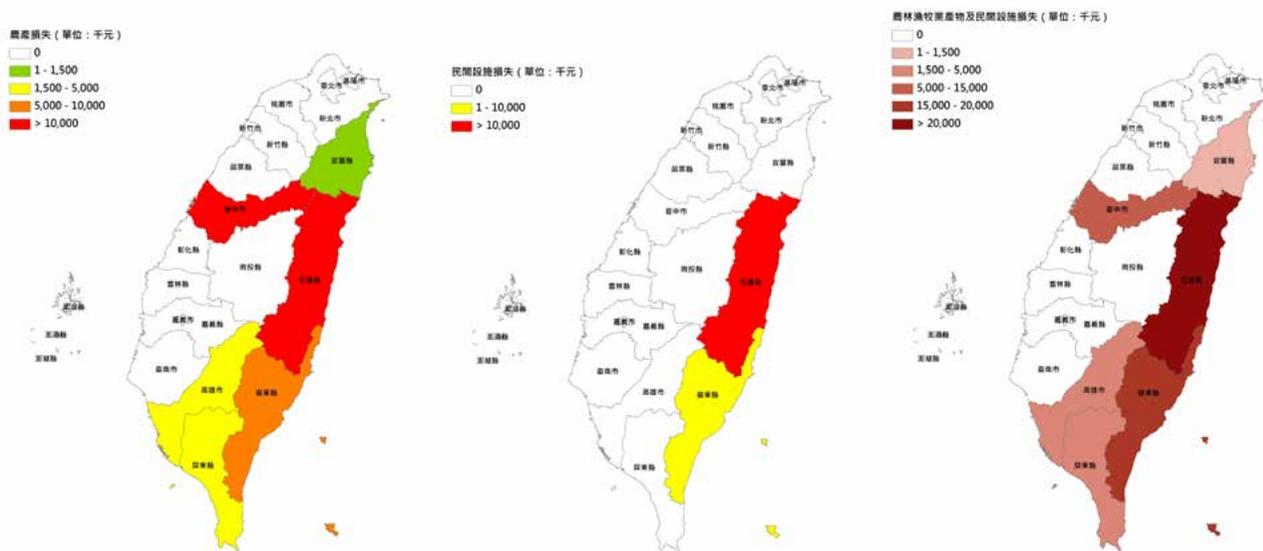
截至 10 月 16 日止，坡地災情共蒐整 41 處，主要為道路邊坡崩塌及土石流阻斷，分布在台 9 線、台 7 線、台 7 甲線、台 20 線、台 23 線、台 11 甲線等路段。重大災情包含：汐止東勢街 201 巷 437 弄底住宅後方邊坡土石滑落，新北市政府已緊急噴漿穩固邊坡；臺東縣富野飯店後方土石流入飯店大廳；台 9 線邊坡崩塌，土石滑落堆積至臺東線三和車站月台等。

農業災情

根據農委會官方網站公告 (至 10 月 19 日 17 時止)，全臺農業損失約 6,657 萬元，以花蓮縣 3,134 萬元、臺東縣 1,646 萬元、臺中市 1,335 萬元等較為嚴重。農產品主要受損作物為茂谷柑，受損面積 157 ha，其次為薑、二期水稻、甘藍及龍鬚菜等。



10 月 11 日受東北季風影響，東北部開始出現降雨，12 日東北季風與卡努颱風外圍環流合流，持續在東北部與東部降雨，隨著卡努颱風接近臺灣，北部與東部單日都有超過 300mm 的累積降雨 (資料來源：災防科技中心)



全臺農業損失分布 (左) 農產品；(中) 農業設施；(右) 合計 (資料來源：行政院農委會，繪圖：災防科技中心)



新北市汐止崩塌空拍情形 (資料來源：災防科技中心)



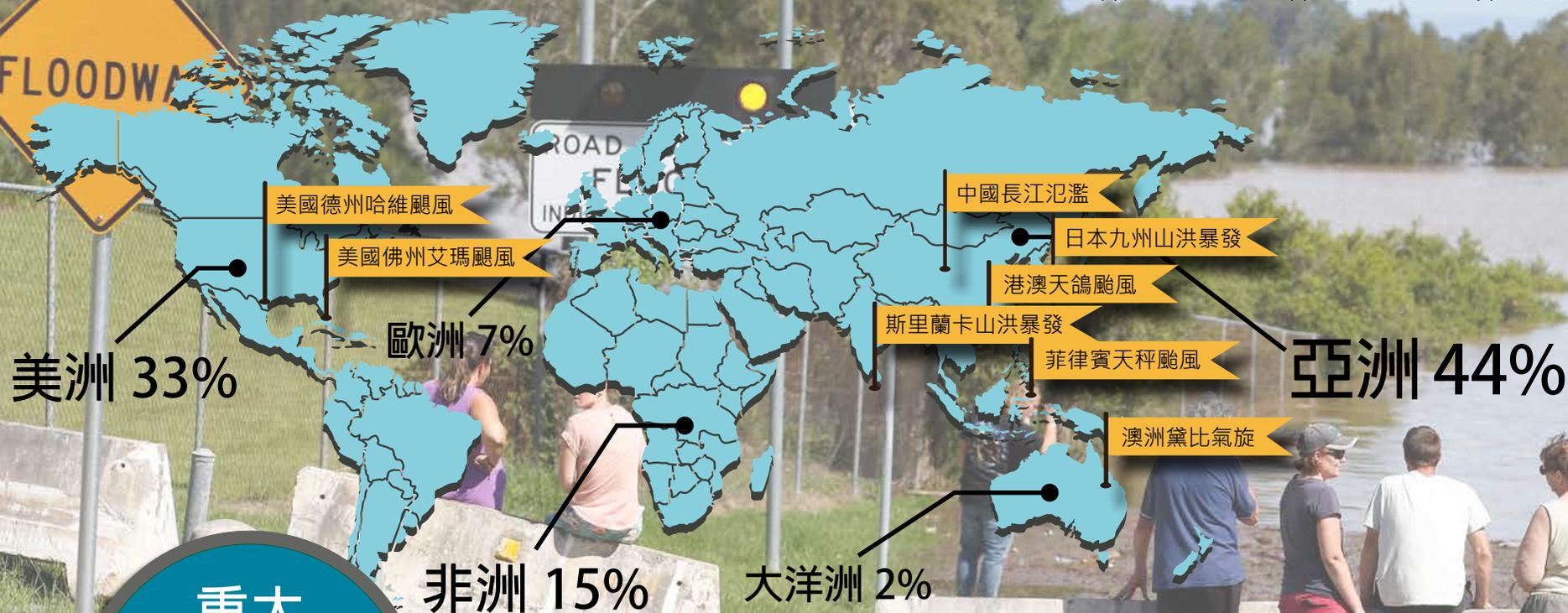
宜蘭縣五結鄉道路淹沒情形 (資料來源：民眾提供)

結語

東北季風與卡努颱風外圍環流交互影響之下，2017年的1011豪雨為臺灣北部與東部地區帶來破1000mm的雨量，雖然卡努颱風未直接登陸臺灣，卻也造成北部與東部地區局部區域的淹水、坡地災情，造成農業損失達新臺幣6,657萬元，特別是花蓮縣與臺東縣的農業損失較為嚴重，雖然本次豪雨的發生歷程不如2017年0601豪雨般，來得緊急且猛烈，但所造成的災情亦不小於以往輕度颱風登陸之影響。由此可見，對於未發陸警的颱風，防減災工作亦不可等閒視之。

2017 年洪水概述

註 國際緊急災害資料庫 (EM-DAT) 收錄災害事件標準為當災害達以下條件之一者：(1) 超過 10 人死亡，(2) 超過 100 人受影響，(3) 政府發布緊急狀態，(4) 政府呼籲國際援助條件。



▲ 2017 年 4 月 1 日於澳洲布里斯本南部的沃特福 (Waterford) 因黛比氣旋影響造成洪水上漲情形 (資料來源：典匠資訊 / EPA)

在各種天然災害類別中，洪水與風暴災害占了約 2/3 的數量，這也是臺灣經常會發生的災害類別。根據國際緊急災害資料庫 (EM-DAT) 統計 2017 年全球重大洪水 (含風暴) 災害事件數達 200 件，其中又以亞洲 88 件 (44%) 所占最高，其次為美洲 65 件 (33%)。全球各地因洪水 (含風暴) 災害，經官方證實的總死亡人數達 4,260 人、總受影響人數達 8,025 萬人以上、總經濟損失將近 1,380 億美元。本報告後續將針對 8 場洪水 (含風暴) 事件做年度的事件探討分析，計有名列洪水 (含風暴) 災害死亡人數第二名的斯里蘭卡山洪暴發、第六名的菲律賓天秤颱風，還有經濟損失名列前十名的美國哈維颶風、美國艾瑪颶風、中國大陸長江氾濫以及澳洲黛比氣旋。除此之外，不在列表的洪水災害事件還有日本九州豪雨暨三號颱風以及影響香港、澳門與珠江的天鵝颱風。

2017 年前十大洪水 (含風暴) 災害事件 - 依死亡人數排序 (資料來源：EM-DAT)

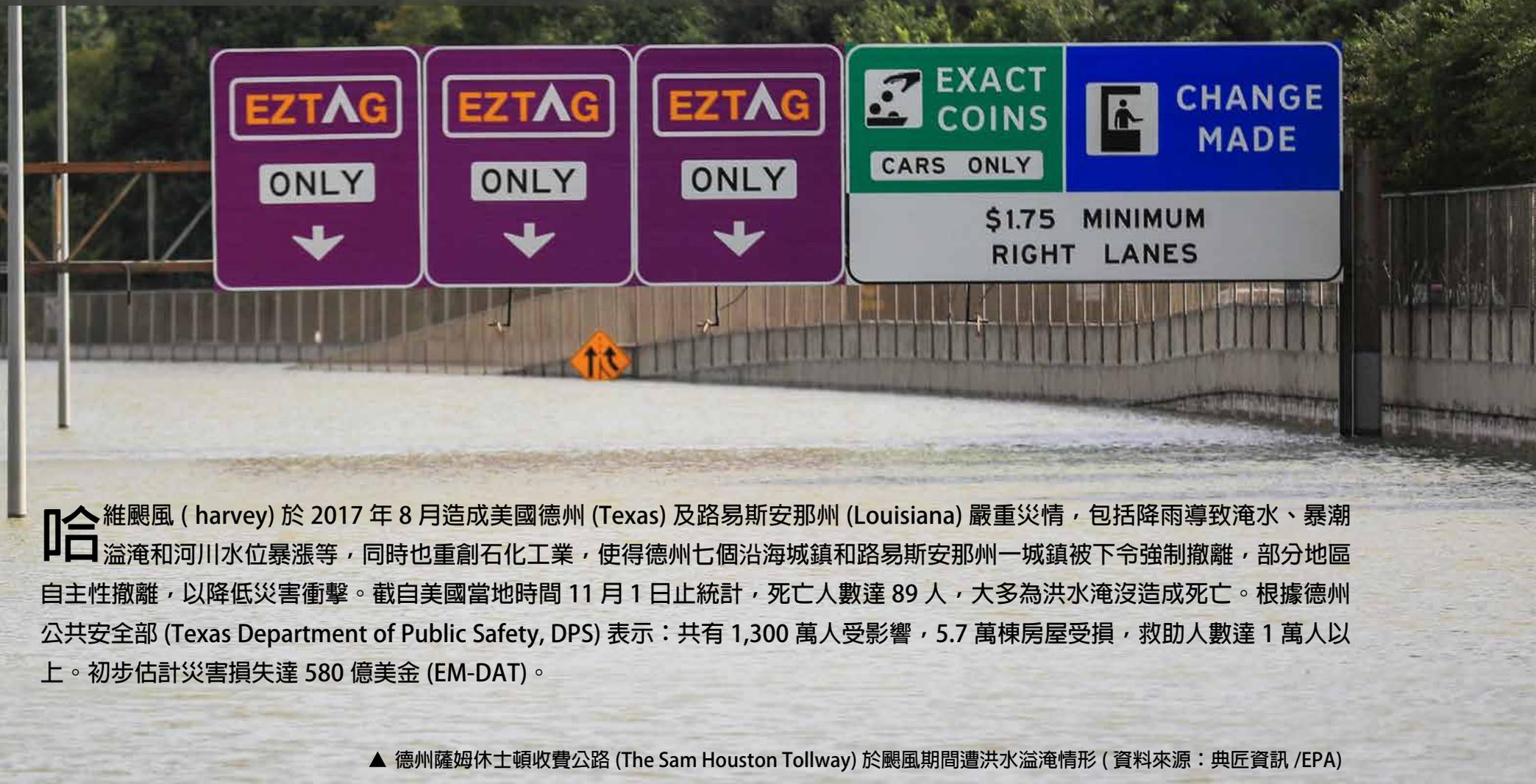
排序	時間	國家 (風暴名稱)	地區	死亡人數	受影響人數	經濟損失 (千美元)
1	08/11-08/31	印度	Bi har	514	17,200,000	NAN
2	05/25-05/31	斯里蘭卡	Ratnapura, Matara, Kalutara, etc.	292	769,410	197,000
3	06/01-08/31	印度	Banaskant ha, Valsad, Navsari, etc.	254	8,600,000	NAN
4	03/15-03/19	祕魯	Ancash, Tumbes, Lima, etc.	177	1,700,353	3,100,000
5	08/10-09/07	尼泊爾	Lalitpur, Palpa, J hapa, etc.	176	1,700,134	536
6	12/20-12/26	* 菲律賓 (天秤)	Mindanao, Mimaropa	160	794,663	31,000
7	08/10-08/31	孟加拉	Dinajpur, Kurigram, Lalmonir hat, etc.	144	8,000,000	NAN
8	11/04-11/05	越南 (Damrey)	K hanh Hoa, Phu Yen, Binh Dinh, etc.	123	4,330,000	1,000,000
9	09/19-09/20	剛果共和國	Bi hambwe, Matanda	105	500	NAN
10	10/08-10/16	越南	T hanh Hoa, Nghe An, ha Tinh, etc.	103	40,000	NAN

註 * 菲律賓天秤颱風之災情則引述自菲律賓國家災害風險降低與管理中心 (NDRRMC)

▲ 艾瑪颶風經過荷屬聖馬丁 (Sint Maarten) 帶來巨浪及風暴潮情形 (資料來源：典匠資訊 /EPA)

美國德州哈維颶風

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 152 期 2018 年 3 月出刊

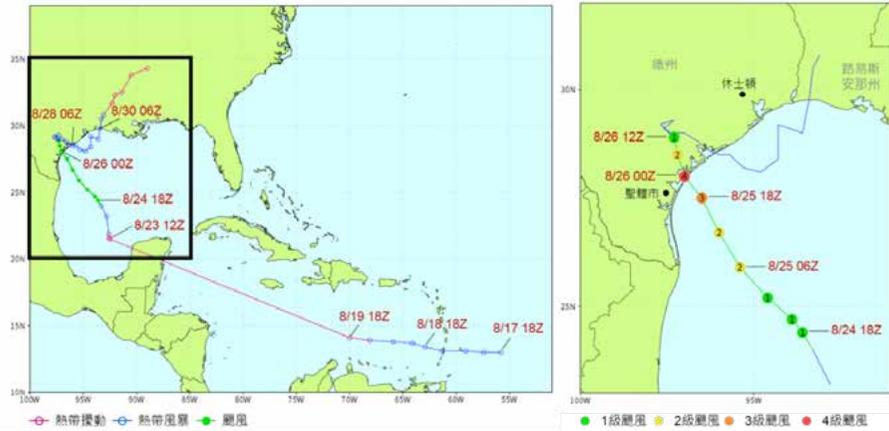


哈維颶風 (harvey) 於 2017 年 8 月造成美國德州 (Texas) 及路易斯安那州 (Louisiana) 嚴重災情，包括降雨導致淹水、暴潮溢淹和河川水位暴漲等，同時也重創石化工業，使得德州七個沿海城鎮和路易斯安那州一城鎮被下令強制撤離，部分地區自主性撤離，以降低災害衝擊。截至美國當地時間 11 月 1 日止統計，死亡人數達 89 人，大多為洪水淹沒造成死亡。根據德州公共安全部 (Texas Department of Public Safety, DPS) 表示：共有 1,300 萬人受影響，5.7 萬棟房屋受損，救助人數達 1 萬人以上。初步估計災害損失達 580 億美金 (EM-DAT)。

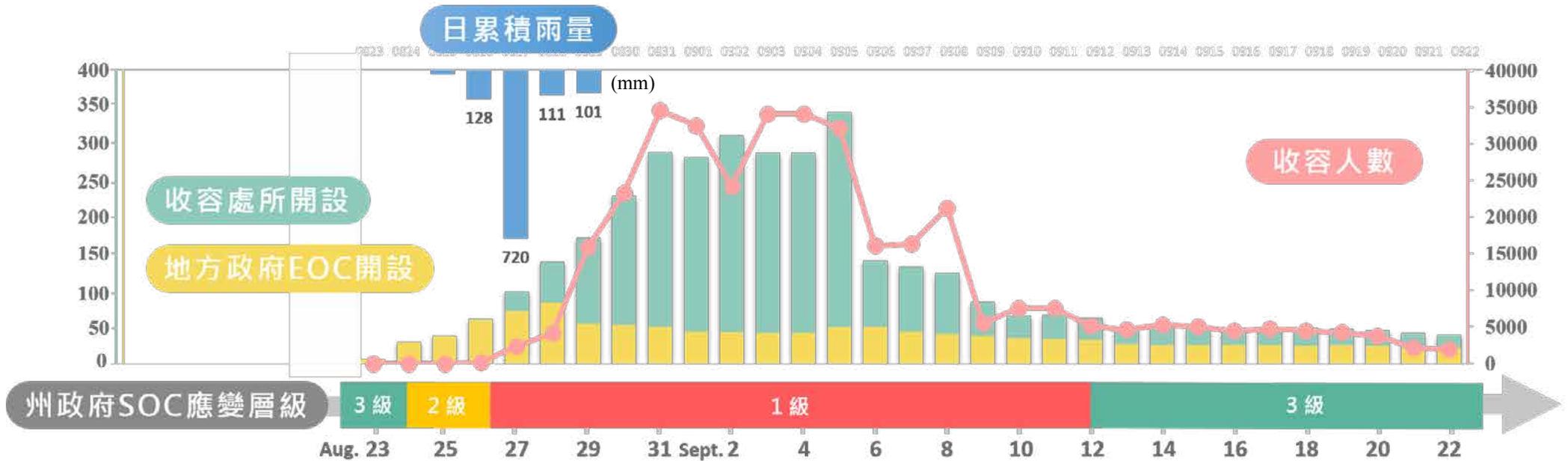
▲ 德州薩姆休士頓收費公路 (The Sam Houston Tollway) 於颶風期間遭洪水溢淹情形 (資料來源：典匠資訊 / EPA)

氣象概述

熱帶風暴哈維 (harvey) 8月17日於大西洋上生成，18日穿過聖文森 (St. Vincent)，進入東加勒比海後逐漸減弱為低壓，往西北方向前進，穿過猶加敦半島 (Yucatan Peninsula)，23日進入墨西哥灣後，溫暖的海水讓哈維又逐漸增強為熱帶擾動，在24日增強為1級颶風 (約等同於中度颱風)，並在25日增強為3級颶風 (約等同於強烈颱風) 並持續往德州前進，當日稍晚又繼續增強為4級颶風，並在德州時間8月25日晚間經過聖荷西島 (San Jose Island) 後於羅克波特 (Rockport) 首次登陸，登陸後迅速減弱為熱帶風暴，由於缺乏導引氣流，哈維並沒有持續往內陸前進，反而持續滯留在德州南部及東南部地區降下豪雨，至28日後才又出海，並在30日再度登陸路易斯安那州卡梅倫 (Cameron)，至31日才減弱為熱帶擾動，並往東北前進。



左圖為哈維颶風完整路徑，右圖為黑色粗框範圍內之路徑，圖上時間為世界標準時間 UTC(資料來源：美國國家氣象服務)

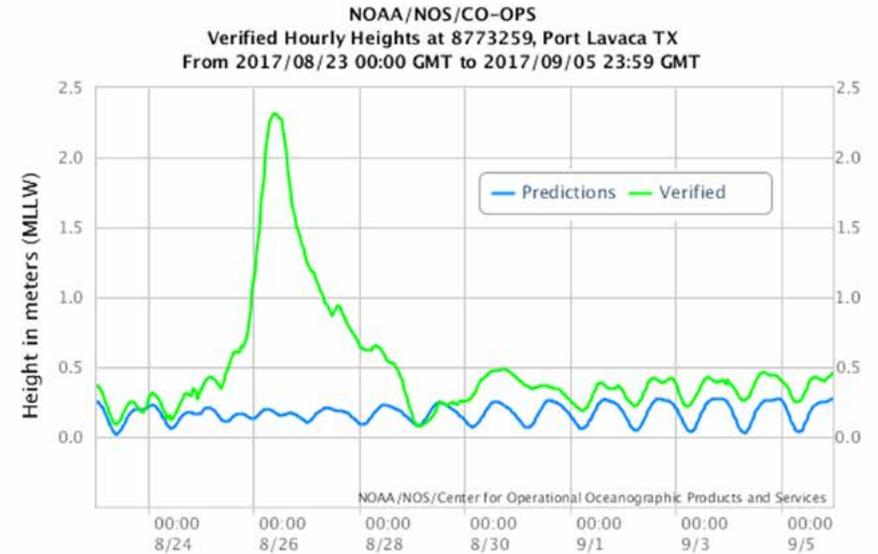
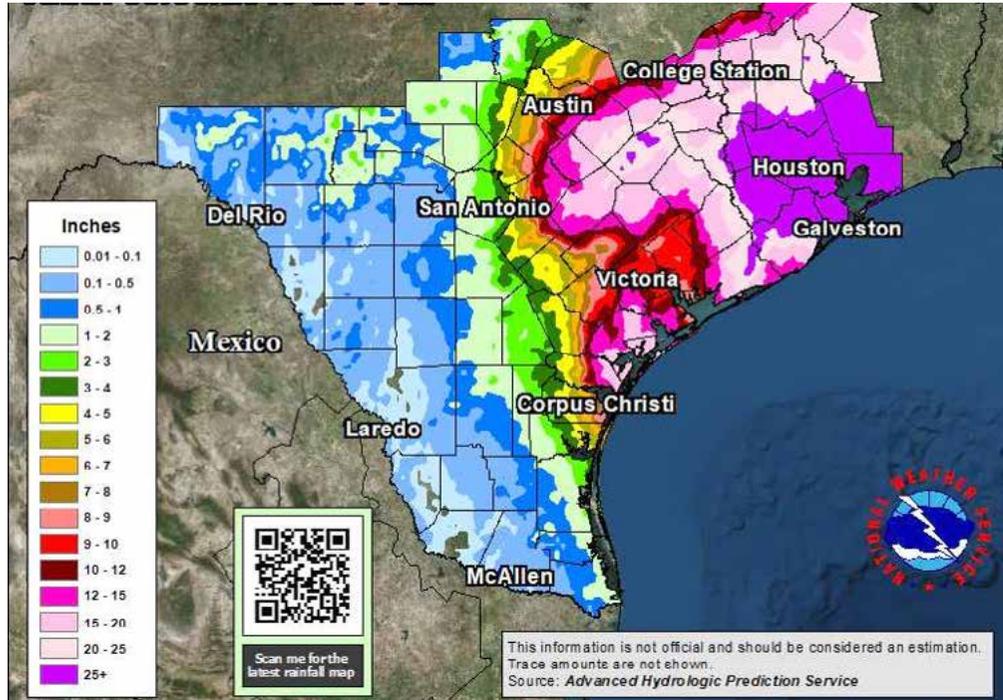


哈維颶風期間德州應變層級與收容處所開設及人數的時序變化 (資料來源：災防科技中心繪製)

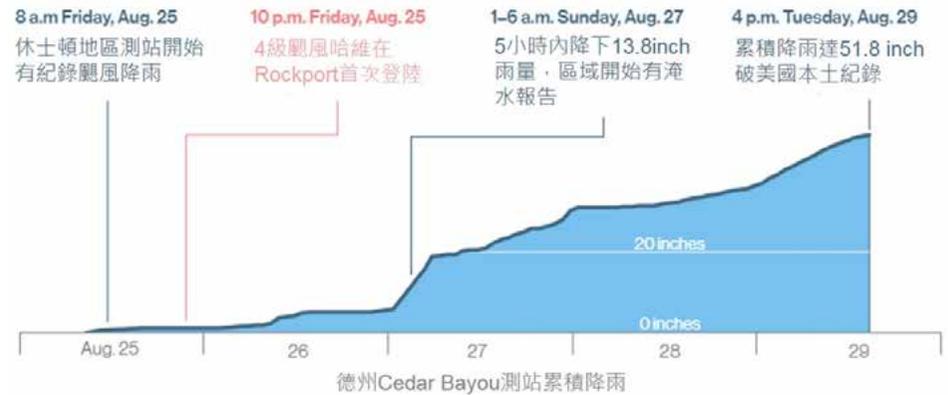
哈維颶風在登陸前後(8月25日)於颶風眼周圍地區帶來強陣風及風暴潮，在登陸地點聖荷西島的 Port Aransas 測得最大陣風達 132mph(17 級風、59 km/hr)，在羅克波特的 Copano Village 也測得 125mph(16 級風、55.8km/hr) 的強陣風。因此，在哈維颶風眼向外延伸 100 mile(161km) 內之建築物為此次風災最嚴重的區域，造成當地房屋及基礎建設嚴重毀損。

潮位部分，最高的風暴潮發生在登陸點最近的潮位觀測站 Lavaca 港，在當地時間 8月26日測得之潮位高度達 2.319m(7.608ft)，造成周遭區域嚴重的暴潮溢淹。

哈維颶風在德州滯留了數天，部分地區在 48 小時內降下了 40 inch(約 1016mm) 的雨量，在休士頓東側的 Cedar Bayou 測站 8月25日至 29 日累積雨量達 51.89 inch(1317mm)，破了美國本土由熱帶氣旋造成的降雨紀錄(全美最高紀錄是 1950 年在夏威夷降下 52 inch(1320.8mm)，約等於德州休士頓地區的年平均雨量 (50.64 inch : 1286mm)，因此在德州東南部地區尤其是大休士頓地區造成了嚴重的淹水災情。



哈維登陸前後 Lavaca 港潮位歷線圖 (資料來源：NOAA Tides & Currents)



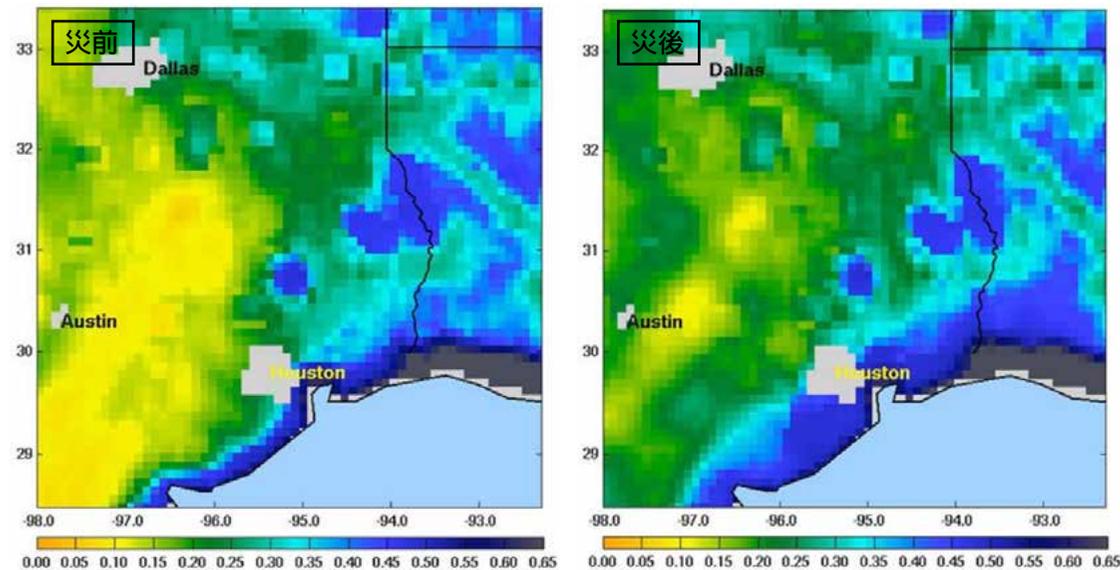
德州 Cedar Bayou 測站於 8 月 25 日至 8 月 29 日累積降雨圖，時間為美國德州時間 (資料來源：National Geographic)

【左圖】為哈維颶風於 8 月 21 日至 8 月 30 日的累積雨量分布圖 (資料來源：National Weather Service)

災害歷程與衝擊影響

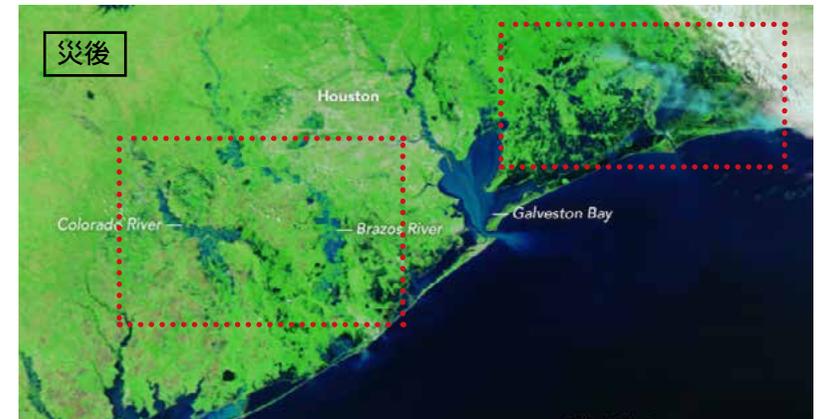
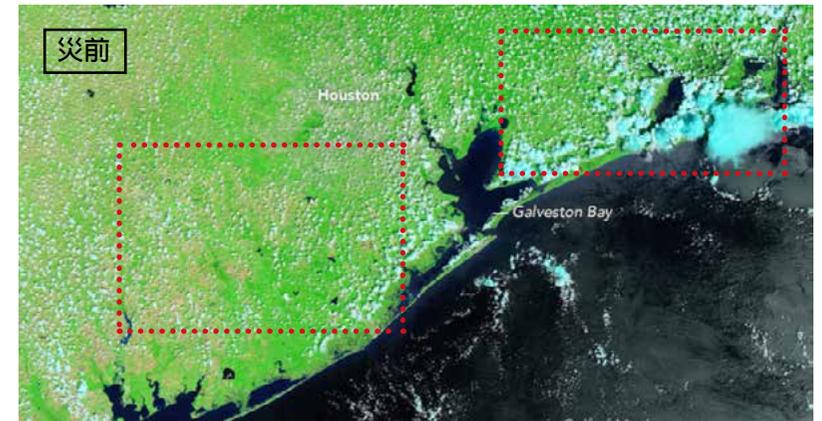
災害初期根據美國國家航空暨太空總署 (NASA) 利用 SMAP 衛星 (Soil Moisture Active Passive, SMAP) 分析土壤水份狀態，從在哈維颶風登陸前 8 月 21 日至 22 日之間影像及 8 月 25 日至 26 日間登陸時的影像得知：登陸前地表濕度大約處於 20%-40% 範圍內，由於颶風侵襲期間，地表含水量迅速提高，因此，持續的降水但入滲偏低，導致增加地面逕流情況。

再者，從整體災害歷程中可以看到，8 月 25 日至 26 日期間沿海地區暴潮溢淹，而中、下游河道也已經發生溢流，27 日至 28 日期間雨勢最大，河道持續溢淹。颶風侵襲期間，降下大量雨水，德州境內水庫、湖泊處於高水位狀態，包括：哈里斯郡境內 Addicks Reservoir、Barker Reservoir、休士頓湖以及位於哈里斯郡北側的蒙哥馬利郡 (Montgomery) 的康羅湖，皆在哈維颶風登陸後，水位達到最高，所以水庫和湖泊管理局，基於水工構造物安全原則，陸續排洪放水。康羅湖 27 日調節排洪，28 日周邊民眾因排洪遭受淹水，地方政府疏散民眾至其他社區，並於 28 日 10 時排洪量達 79,100 cfs，大量洪水經聖哈辛托河 (San Jacinto) 往南流入休士頓湖，此時休士頓湖無法承受上游洪水量，於 29 日開始排洪。休士頓東側已溢流的河水，又因排洪洪水



SMAP 衛星影像顯示出哈維颶風登陸前後的土壤濕度差異情形 (資料來源：NASA)

遞增，加劇下游淹水情況。休士頓西側 Addicks 水庫和 Barker 水庫 28 日調節放洪，但 29 日抵擋不住強烈降雨，入流量大過於出流量，Addicks 水庫溢流，這是水庫建造 70 年以來第一次發生溢流情況。而 Barker 水庫也在 30 日發生溢流，鄰近的 Eldridge North 社區全面淹沒，洪水經布法羅河 (Buffalo Bayou) 溢淹休士頓市區，不僅淹沒休士頓低窪地區，就連東西向 10 號州際公路也被淹沒。



衛星影像顯示洪水溢淹差異情形，深藍色為淹水地區 (資料來源：NASA)

災害衝擊

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。以下就哈維颶風對於電力、通訊網路、交通、醫療及石油與天然氣等之衝擊進行說明：

電力

根據美國能源局 (U.S. Department of Energy) 報告顯示，截至 9 月 1 日統計，哈維颶風造成電力損失有：德州 292,704 戶 (占州總戶數 2.5%)、路易斯安那州 9,116 戶 (占州總戶數 <1%)、田納西州 17,668 戶 (占州總戶數 <1%)。部分電力設施雖於災前即展開防護作業，例如：South Texas Project Nuclear Operating Company (STPNOC) 公司在哈維颶風來襲前進行核能發電廠安全防護工作，以確保營運安全。但大部分電力設施仍因颶風而停擺，間接影響其他關鍵基礎設施運作，包括：供水系統、醫療設施，與交通設施等，不僅讓救災難易度提高，也造成復原工作延遲等狀況。

石油與天然氣設施

哈維颶風帶來強勁的風勢與雨量，使休士頓地區煉油廠區淹水造成電力設施停擺，亦阻礙油氣運輸。而位於德州墨西哥灣岸的煉油廠也紛紛關閉，其影響全國 22% 的煉油能力，嚴重打亂國內提供石油和天然氣運輸網絡。「乙烯」是最重要石化原料，而哈維災情使得德州關閉 61% 的乙烯產能 (占全球約 9%)，連帶的影響全球化工市場銷售額 40%，風災過後全產生產，但僅能供應美國需求。由於美國石化工業出口量減少，全球相關產業報價上漲。

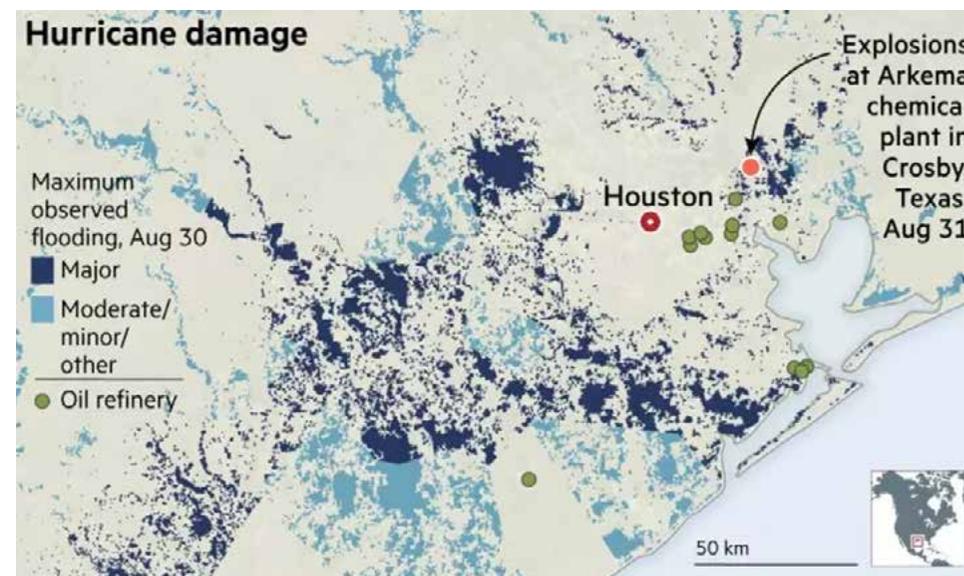
德州墨西哥灣沿岸煉油廠於颶風過後重新啟動，然洪水堵塞重要管道，仍無法順利運輸，迫使部分煉油廠仍須關閉數周。美國的能源重鎮德州經濟損失預估達 240 億美元，2016 年德州經濟由低迷油價中復甦，然哈維颶風再度讓休士頓承受巨大的經濟損失。而普式能源資訊 (S&P Global) 也指出，煉油廠被迫停工狀況持續擴大，煉油產能每日減少全美煉油產能 11%。汽油價格大幅上漲，08 月 31 日美國批發汽油上漲 13.5%，漲幅為兩年新高。

通訊與網路

依據聯邦通訊委員會 (Federal Communications Commission, FCC) 資料顯示，截至 8 月 29 日通訊與網路設施約有 28 萬用戶受影響，主要分布在路易斯安那州與德州地區之用戶。颶風破壞德州區域內通信基礎設施，造成州區少數 911 Call 中心無法運作。迫使救難人員和民眾沒有能力交流重要信息，民眾災情傳達管道受阻、災防單位無法有效掌握即時災情等。

供水

受哈維颶風衝擊，德州博蒙特市 (Beaumont) 主要進水泵站淹水損壞，約 12 萬位居民面臨無水可用的困境。德州環境保護委員會 (TCEQ) 表示，淹水期間當地工業設施與污水管路發生洩漏事件，造成水資源含有毒化學物質，直接影響民生用水健康。因此，德州博蒙特市居民湧入超市採購桶裝水及民生用品。



休士頓煉油廠區之淹水分布狀態 (資料來源：Dartmouth Flood Observatory, National Weather Service)

交通

哈維颶風挾帶豐沛雨勢，德州東南部與休士頓地區 290 多條道路封閉、州際公路，以及博蒙特至休士頓主要聯絡道路 U.S.-90 高速公路等均因淹水關閉，相鄰地區的數十個小鎮成為孤島。此外，交通號誌毀損無法正常運作，影響交通秩序，公路與橋樑路基也受洪水沖蝕造成坍塌無法通行。德州 Rosenberg 市一處橋樑 (FM-762) 即因洪水而坍塌，當地機關緊急封閉該橋樑設施。於空運部分，Houston George Bush 國際機場與 Hobby 機場停止飛航營運，統計約 800 航班受影響。陸運方面，於哈維颶風來襲期間休士頓地區鐵路系統也均停止營運。由於市區內因道路淹水，以及主要港口關閉，造成原物料無法送抵廠房，完工品亦無法出貨，進出口財物損失影響甚大。而重大醫療事件、廠區災害事故，也因交通設施受阻無法執行勤務或需花費較長時間抵達現場排除。



哈維颶風釀成德州災難性淹水，多處道路封閉 (資料來源：Houston TranStar)

洪災凸顯的社會現象探討

華盛頓郵報此次針對 450 萬人的休士頓受淹地區進行分析，根據統計顯示：人口主要集中在南中心區，而該區水位深度約 8 英尺；沒有車的家戶集中東北區和南中心區，雖然居民接收疏散避難的訊息，仍無法自行至避難所避難，必須靠警察或軍人協助；65 歲以上人口集中在南中心區和南區西側，該區正是水庫洩洪溢淹地區；有 1/3 的兒童居住在貧窮的社區，主要集中在東北部區，該區水位記錄約 6 英尺；無法用英語溝通地區以西班牙語人士居多，其主要分布在休士頓中心北邊之東北區，該區河道已溢淹，對於災害避難更加困難，其水位高約 11 英尺。

哈維颶風侵襲期間，安養機構與醫院有病患在疏散運送間死亡之案例，社群媒體也發布安養院之老人被淹沒在洪水中的情況，此次安養院在災害尚未淹水情況下，院方工作人員已發出尋求協助疏散，但時間點仍延遲，安養院周邊已被洪水淹沒，改為停止疏散撤離；另外，也有海軍協助進行弱勢族群撤離時，院方卻不願意撤離，產生救難與被救不同調的現象。根據德州衛生保健協會 (Texas Health Care Association) 的統計：在哈維侵襲前後共有 160 多所安養院共有 4,000 名老人需要被疏散安置，另有 3.3 萬病人在避難所。

對於大規模洪水災害中，避難正確的時間是否合宜引起熱烈討論，自 2005 年卡翠娜颶風侵襲後，明確知道疏散可能帶來的挑戰和問題，近年來的災害中又重視避難疏散，但當地安養院並無完整疏散計劃作為，即使有疏散計劃，亦以火災疏散避難為主。

德州政府應變作為

從 8 月 23 至 10 月 4 日，德州之州狀況報告的發佈頻率為一天一報，發布時間為早上七點，10 月 4 日後發佈頻率為 3 天一報，截至 11 月 1 日，哈維颶風事件總計發共發布 55 個狀況報告。州狀況報告的項目高達十項以上，本研究將狀況報告的項目內容分成三大類，分別為基本資料、整備與應變階段。

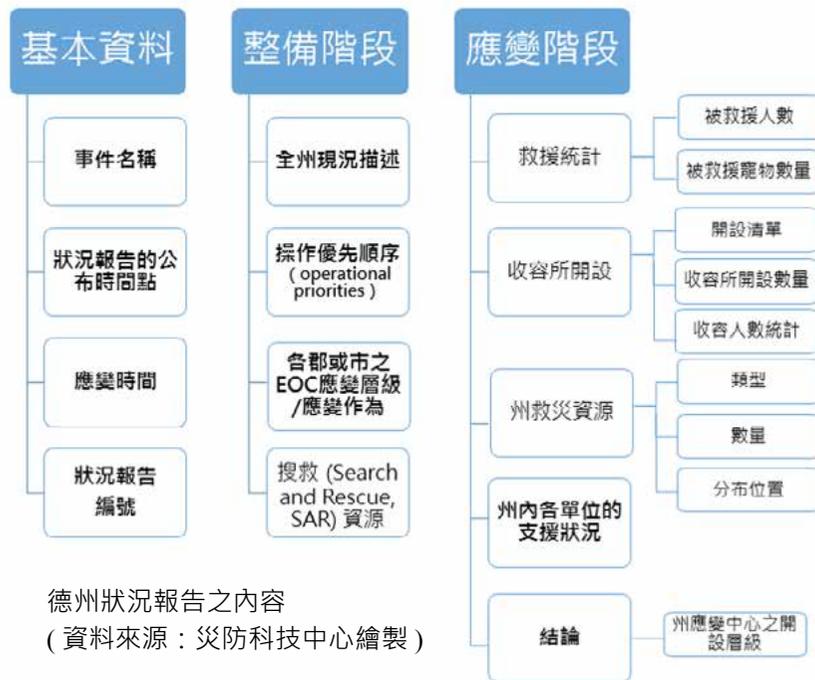
根據哈維颶風事件之德州狀況報告 (以下簡稱 SITREPs) 於 8 月 23 日至 11 月 1 日在 EOC 三、二與一級數量之時間軸變化，指出 8 月 23 日 SOC 的應變層級為三級，8 月 23 日 SOC 應變層級提升至二級，在同日的下午 1 時提升為一級。哈維颶風的 SITREPs

各時間點 EOC 在不同應變層級之數量，在 8 月 23 日後 EOC 數量急遽增加，直到 8 月 28 日顯示 EOC 數量為高峰，數量為 83 處，以德州全州有 254 個郡縣而言，EOC 數量約占全州的 1/3。在 8 月 29 日時，川普總統為了避免分散救災人力進行維安工作，以視察德州救災作業情況取代至災區視察。在 9 月 5 日至 9 月 7 日則又出現第二波的 EOC 數量高峰，EOC 數量約 50 處左右，所占比率為 1/5。在一級 EOC 的序列中，顯示 8 月 28 日一級 EOC 數量為 39 處，約德州 15%，隨著哈維颶風減弱，EOC 一級數量呈現遞減趨勢，在 9 月 22 日起則沒有一級 EOC。二級 EOC 數量

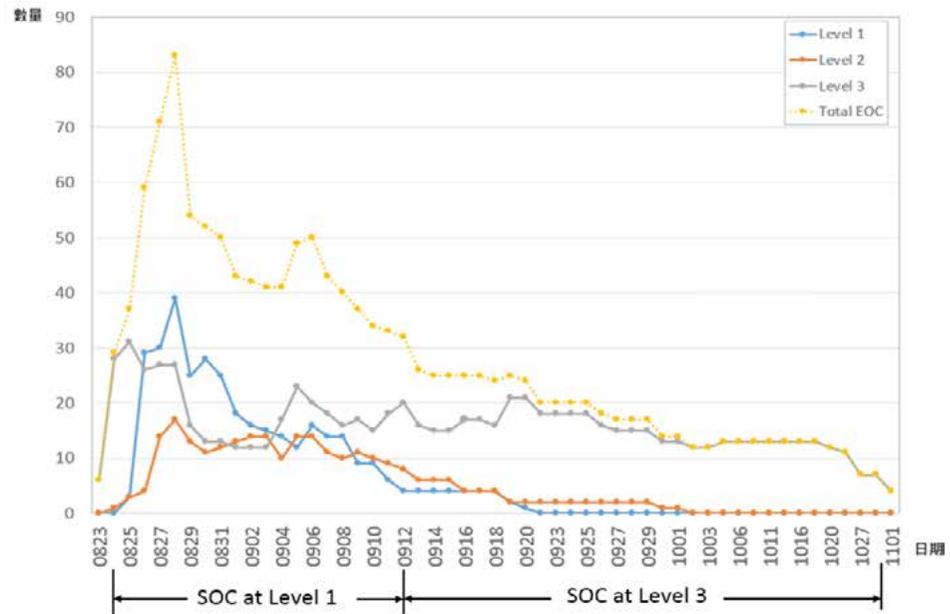
的時序趨勢，與一級 EOC 狀態相同，二級 EOC 數量至多為 17 處，時間點為 8 月 28 日。隨著颶風減弱狀態，EOC 應變層級多降至三級狀態，截至 11 月 1 日之 SITRETs，三級 EOC 仍有 4 處。

在 SITRETs 中，避難收容處所開設陸續從 8 月 26 日 (第四報狀況報告) 開始，初期各郡縣之避難收容處所 (如學校、紅十字會轄管避難所、體育場館、教會等) 開設資訊 (如地址、收容人數) 皆詳細記載於報告中，中後期避難收容資訊，羅列各郡縣或市的轄區內所開設數量與收容人數。

以避難收容所開設情況顯示 8 月 28 日至 9 月 5



德州狀況報告之內容
(資料來源：災防科技中心繪製)



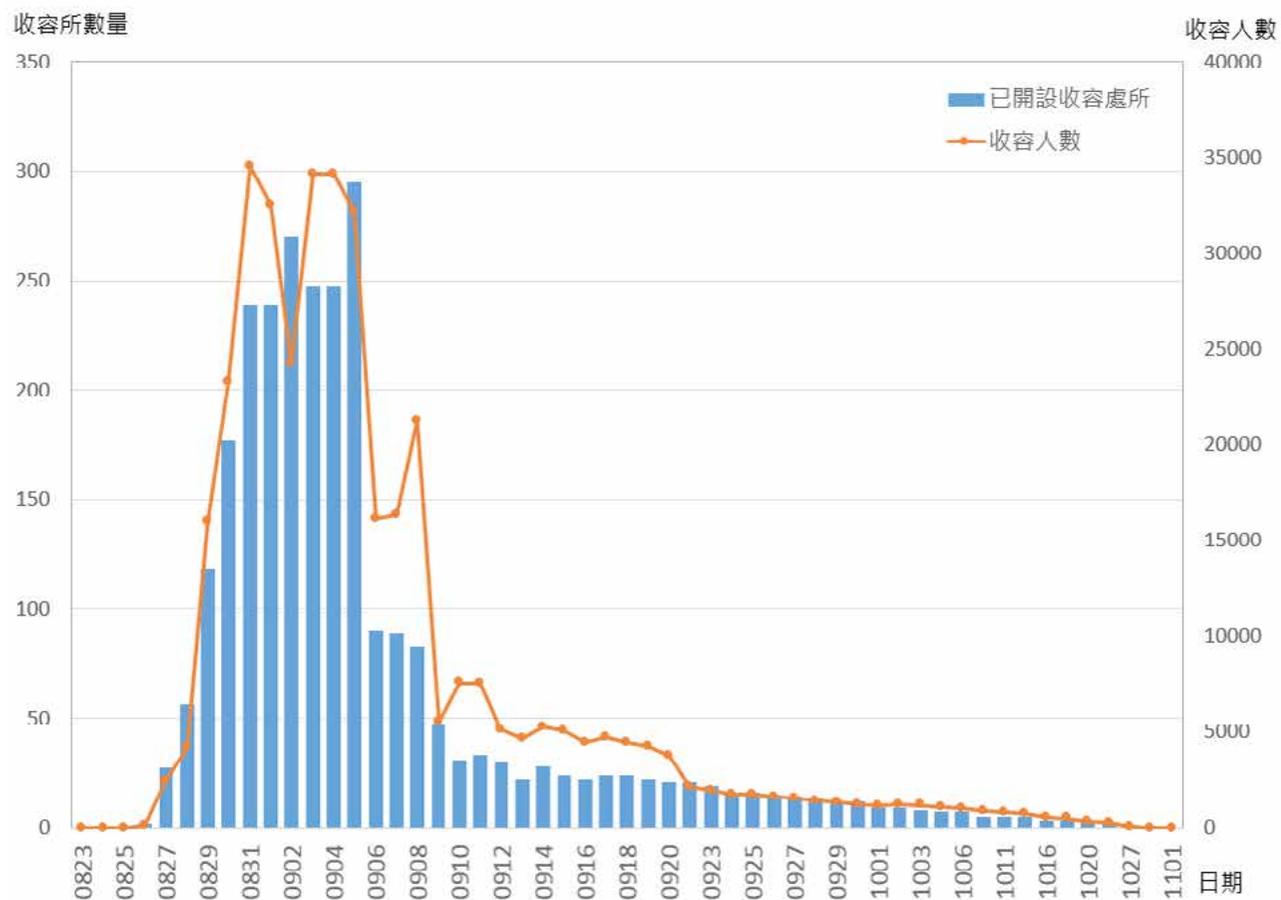
EOC 處於一、二與三級數量之時序圖 (資料來源：災防科技中心繪製)

日期間，避難收容所開設數量超過百餘處，避難收容處所開設的高峰期約在 8 月 30 日後一周，該期間收容處所開設數量約 200 多處。收容人數有 2 波高峰，前一波高峰在於哈維颶風登陸與停留在德州時所致洪水，後一波是哈維減弱熱帶性風暴，但停滯墨西哥灣

海面所致的豪雨，迫使居民仍需要至他處進行短暫之避難收容。在 SITREPs 的報告指出 8 月 29 日起哈維颶風所致淹水、衝擊等威脅，以休士頓地區收容人數高達 1~2 萬人次，約占 1/3 的總收容人數。從 9 月 6 日之後，隨著多處避難收容處所關閉，收容人數逐漸

呈現遞減趨勢。避難收容處所開設已於 10 月 27 日全面結束作業。

檢視 SITREPs 中，發現報告提及避難收容處所是有區分男性收容與女性收容、救援人數統計及寵物救援數量統計等資訊。經由德州 SITREPs，可瞭解到德州緊急管理司對於災害事件的應變程序、作為、各部會協商與資源調度等具有詳實記錄，並在哈維颶風期間定時在官網發布，充分突顯德州緊急管理司 (TDEM) 重視災害應變程度與有制度的轄管州應變中心 (SOC) 作業。



避難收容處所開設與收容人數時序圖 (資料來源：災防科技中心繪製)

結語

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，如此大量雨水漫淹德州低窪地區。不僅如此，還造成德州的石化工業停產斷線，牽動全球石化產業價格上揚，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。從德州 (休士頓市) 看災害，近年來降雨量愈來愈大的趨勢，既有的水工構造物已經無法承受更大的雨量，讓雨水排出到大海。面對每年都發生淹水的地區，如何調適與改善都是需要重新檢視的課題。

美國佛州艾瑪颶風

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 152 期 2018 年 3 月出刊

艾瑪颶風 (IRMA) 為 2017 年第 2 個以 4 級颶風登陸美國本土的颶風，於 9 月 10 日登陸美國佛羅里達州，挾帶著強風、豪雨及風暴潮的影響，造成美國佛州沿海地區多處淹水、房屋破損，死亡人數高達 100 人、716 萬戶停電。此次颶風造成 650 萬人撤離，其中佛州就占 85%，為佛州歷史上最大一次撤離行動。在產業影響部分，艾瑪颶風除了對佛州經濟核心柑橘產業造成衝擊外，也重重打擊了旅遊業。

▲ 佛羅里達群島拖車公園 (Trailer Park) 遭颶風破壞情形 (資料來源：典匠資訊 /EPA)



艾瑪颶風路徑與強度 (資料來源：美國國家颶風中心)

氣象概述

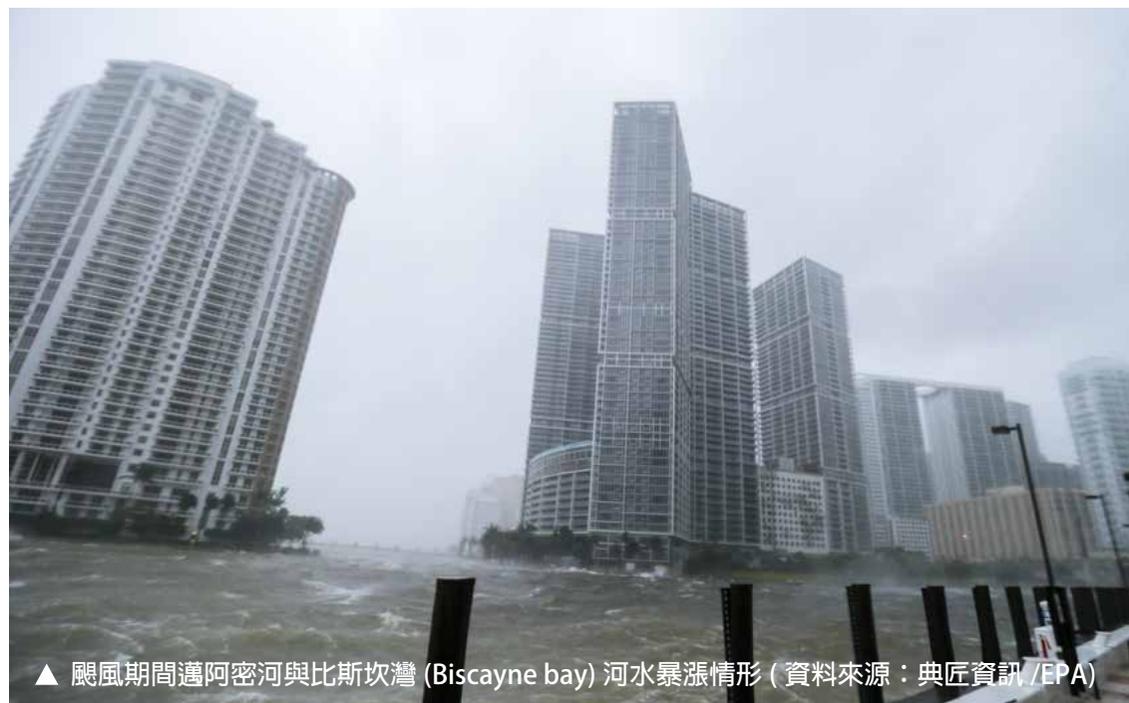
熱帶風暴艾瑪 (IRMA) 8月30日於北大西洋生成後，迅速於8月31日增強為2級颶風，接下來數日繼續增強，並在9月5日達到5級颶風 (颶風強度最大等級)，9月6日艾瑪颶風強度達到其巔峰，近中心最大風速達 298 km/hr，並維持了 37 小時，是史上維持如此強度時間最長的熱帶氣旋。艾瑪颶風在穿越加勒比海群島後於9月9日以5級颶風強度登陸古巴，是古巴1924年以來首度有5級颶風登陸，在登陸古巴後因地形效應影響強度略降低到3~4級颶風之間，隨後其往北移動於9月10日上午9點 (美國東岸時間) 以4級颶風的強度登陸美國佛羅里達州南端礁島群的卡喬島 (Cudjoe Key)，當日下午3點又以3級颶風的強度行經佛羅里達州西部的馬可島 (Marco Island)，並於接觸佛羅里達州陸地後颶風強度才迅速減弱，並在9月12日減弱為熱帶擾動。艾瑪颶風創下了幾項紀錄，全球史上以 298 km/hr 中心最大風速的強度持續最久的熱帶氣旋、大西洋颶風史上強度第二強 (第一為1980年艾倫颶風 306 km/hr)、維持5級時間的最長的颶風 (達 3.25 日)、首度在同年內有2個4級颶風登陸美國本土 (8月哈維颶風)。

災因分析

此次艾瑪颶風造成整個加勒比海國家及美國佛羅里達州共 144 人死亡，其所到之市區街道無不滿目瘡痍，大量房屋、屋頂遭損壞，許多招牌、巨型廣告牌遭吹毀散落於路面，不少汽車、遊艇遭吹翻，破壞程度僅次於 2005 年的卡崔娜颶風。其中，美國本土死亡人數就達 100 人，大多因為淹水、遭強風吹落物砸傷或玻璃割傷，以及因停電衍生高溫造成熱衰竭而死傷。因此，又可將這次致災原因分為風力、降雨、風暴潮以及疏散撤離四項詳細說明如下：

風力

艾瑪颶風於9月10日13時在美國佛羅里達州卡喬島 (Cudjoe Key) 登陸，當時中心最大風速達 215 km/hr (17 級風)，並於同日 19 時陸續登陸了馬可島 (Marco Island) 及那不勒斯 (Naples)，在那不勒斯機場測得最大瞬間陣風達 228 km/hr (17 級風)，馬可島也測得 209 km/hr (17 級風) 的陣風。隨後 11 日 12 時降為二級颶風，12 日 3 時再弱化為熱帶低氣壓。這樣風力不只造成房屋大量損壞、電線桿及樹木傾倒等破壞，還衍生後續電力受損等問題。



▲ 颶風期間邁阿密河與比斯坎灣 (Biscayne bay) 河水暴漲情形 (資料來源：典匠資訊/EPA)

降雨

艾瑪颶風在行進路徑帶來狂風豪雨，依據美國 NASA 的衛星估計降雨，累積降雨皆大於 152.5mm 以上，在美國本土以外最大累積降雨發生在古巴，估計達 512mm 以上，最大陣風（陸地上測得）也是發生在古巴達 256 km/hr；颶風在影響美國本土期間（9 月 9 日至 9 月 12 日）的最大降雨發生在佛羅里達州東部的匹爾斯堡 (Fort Pierce) 達 550mm。

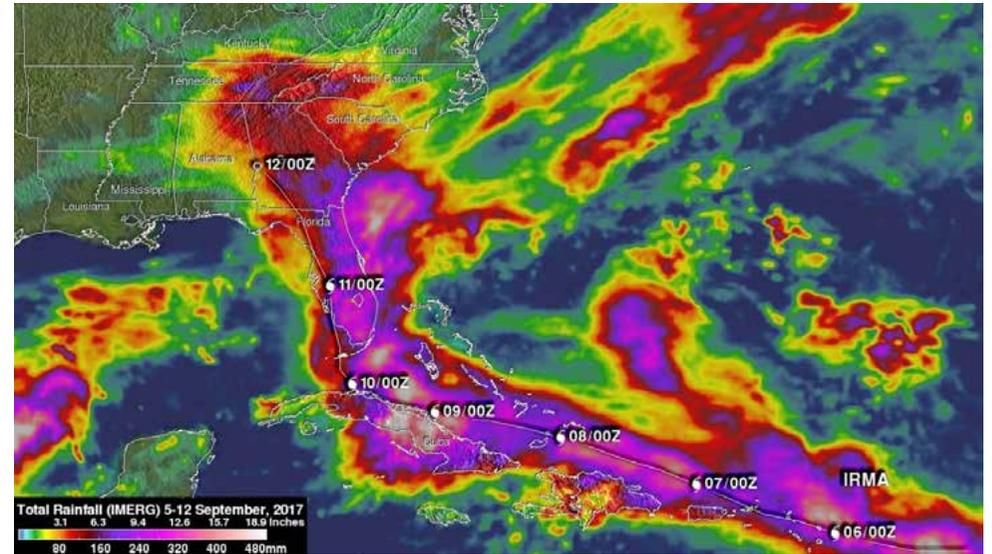
風暴潮與巨浪

佛羅里達州沿海地區受到風暴潮影響，隨著艾瑪颶風從佛州西部沿海向北移動過程中，強勁而持續的風吹向陸地，與風暴潮相伴的高潮將海水推向海岸，尤其佛州傑克遜維爾 (Jacksonville) 及喬治亞州薩凡納 (Savannah) 之間的凹型海岸，以及大西洋沿岸平緩地區，如邁阿密都會區的市中心均遭洪水淹沒，而暴雨產生的逕流更是加劇淹水情形。並且因強風、降雨及風暴潮造成淹水，使得電力設施損毀，造成 600 萬戶停電。

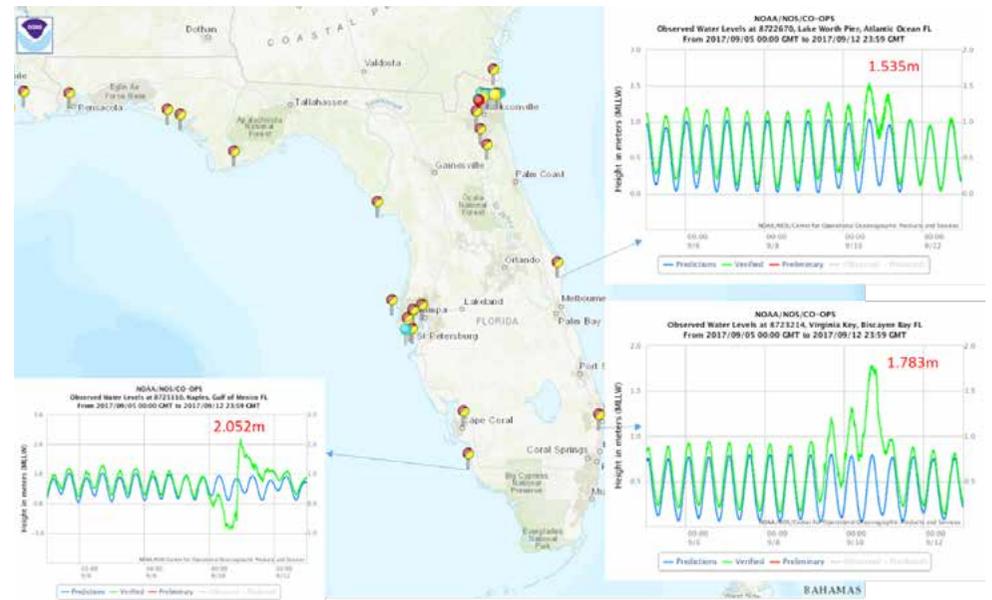
根據 NOAA 資料顯示，位於佛羅里達州西南部的那不勒斯 (Naples) 潮位站測得最大風暴潮高度達 2.052m、而位於東部的佛吉尼亞島 (Virginia Key) 潮位站測得最大風暴潮高度達 1.783m。

預報影響疏散方向

美國颶風中心 (NHC) 於 9 月 6 日開始預報艾瑪颶風將會由佛羅里達州東岸登陸，預估影響較大城市為邁阿密，此時艾瑪颶風離美國尚遠，正侵襲波多黎各，到了 9 月 7 日 NHC 預報路徑偏西修正，會從佛羅里達州南部登陸後穿過佛羅里達州，9 月 8 日預報路徑則更往西修，改成由佛羅里達州西岸登陸，此時預估影響較大的區域改成佛羅里達礁島群 (Florida Keys) 跟坦帕 (Tampa)，艾瑪颶風最終於 9 月 10 日由佛羅里達州西岸穿過佛羅里達礁島群後登陸。由於未能預測到艾瑪颶風路徑北轉情形，影響了決策者及民眾撤離至合適的避難處所。9 月 8 日晚，約 2,000 多個起降航班取消，造成數百萬人只能靠陸路撤離。成千上萬人潮擠在通往北方的公路，包括 95 號州際公路、75 號州際公路等，造成嚴重交通堵塞及汽油短缺問題，使其成為該州歷史上最大的撤離事件。



艾瑪颶風於 9 月 5 日至 9 月 12 日期間的衛星估計累積降雨圖 (資料來源：NASA)



9 月 6 日至 9 月 12 日艾瑪颶風期間測得之海表面 (天文潮與風暴潮) 時序列變化 (資料來源：NOAA)

災害衝擊

(一) 關鍵基礎設施衝擊

艾瑪颶風侵襲期間，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。以下就艾瑪颶風對於電力、通訊網路、交通、醫療及石油與天然氣等之衝擊進行說明：

電力

根據美國能源局統計截至 9 月 11 日，艾瑪颶風已造成電力損失：佛州 6,117,024 戶 (占州總戶數 59%)，喬治亞州 866,682 戶 (占州總戶數 9%)，南卡羅來納州 184,471 戶 (占州總戶數 7.24%)。多處輸電線路毀損供電中斷，供電設備與輸電設施受淹水影響損壞，且州區多處街道淹水，無法於現場執行電力搶救。

醫療

颶風造成大規模停電，醫療院所被迫撤離，且因停電，引發不佳的適居性環境，造成高齡者病患傷亡。像是在佛州布羅瓦郡 (Broward County) 內好萊塢丘 (Hollywood Hills) 的一所安養院康復中心 (Rehabilitation center)，受到艾瑪颶風所致停電因素，造成 11 名高齡者在災害期間因空調無法運作，間接引起熱衰竭而死亡，並緊急撤離超過 150 名高齡者。此次安養院事件也引起當局與社會大眾關切，後續影響包括：州長下令關閉該安養院，並遭佛州醫療保健管



▲ 2017 年 9 月 6 日於佛州主要聯外道路 I-75 州際公路疏散撤離情形 (資料來源：典匠資訊 /EPA)

理機構 (Agency for Health Care Administration) 勒令運營執照取消、停止受理申請與支付醫療補助資金，並在州政府及聯邦監管機構協助下，展開刑事偵查釐清死因。警方後續也隨即針對好萊塢地區展開全面性徹查 42 家安養院。

St. Vincent 的醫療中心淹水，院方緊急將重症病患及新生兒移送至 Duval 與 Caly 郡內的醫院安置。佛州 Polk 郡醫院於颶風來襲期間，發電機組、備用燃料與電氣設備等相繼受損，導致醫院電力中斷約 3.5 小時。根據佛州颶風緊急行動中心顯示，截至 9 月 7 日下午，包含 Florida Keys、Miami、Fort Lauderdale 及其他 11 間醫院、140 間療養院相繼撤離。

通訊及網路

美國聯邦通訊委員會 (Federal Communications Commission, FCC) 資料顯示，截至 9 月 12 日統計通訊與網路設施約有 7 百萬用戶受影響，主要分布為佛州 (占州總用戶數 24.6%)、喬治亞州 (占州總用戶數 10.5%)、阿拉巴馬州 (占州總用戶數 <1%) 等用戶受影響。

通信與網路設施在防救災管理上扮演重要角色。艾瑪颶風破壞佛州內通信網路設施，導致救難人員和民眾喪失重要信息交流能力。美國聯邦通訊委員會表示部分 911 服務中心受到影響，民眾在災情傳達管道可能受阻、災防單位無法有效掌握即時災情等狀況。據統計，艾瑪颶風至少造成 14 處的 911 緊急電話服務中心無法運作。

交通

艾瑪颶風造成 Santa Fe River 洪水氾濫，導致佛州主要聯外道路 I-75 州際公路與 U.S.27 高速公路封閉，另外州際公路 I-4、I-95 也因防範颶風侵襲，周邊公路與橋梁都禁止通行，機場、港口關閉。

汗水處理

佛州 Collier 事業單位管理處約 840 處的汗水泵站，因喪失電源全數無法運作，其中只有 10% 的汗水泵站擁有備援電力。

艾瑪颶風破壞佛州西南部電力設施，汗水泵站無法運作，造成汗水溢流情況，截至 9 月 10 日已造成 8,400 萬加侖汗水溢流於市區街道、公園與建築物中。艾瑪颶風過後，水資源恐受污染，政府要求民眾所需的自來水需在煮沸後 48 小時內飲用。

(二) 旅遊業衝擊

佛州為世界著名旅遊觀光勝地，州內包含許多重要運動賽事、遊輪航線、海灘、渡假村設施和大型主題樂園像是：迪士尼世界、環球影城、樂高樂園及海洋世界等，均受到颶風影響延期、改變航線或停止營業，影響超過 6000 萬遊客。州政府於 9 月 6 日強制這些島嶼遊客離開。艾瑪颶風影響佛州價值超過 1,000 億美元的觀光旅遊業。

(三) 農業衝擊

佛州是美國經濟作物產量第二大州 (僅次於加利福尼亞州)，也是世界柑橘產量第四大生產國 (僅次

於中國、巴西及印度)，根據美國農業部 (USDA) 表示佛州每年光柑橘及甘蔗的年產值高達 12 億美元。根據 Department of Agriculture and Consumer Services 截至 10 月 5 日報告顯示：艾瑪颶風在佛州所造成的農業損失 (尚未包含重建復育的費用) 超過 25 億美元，其中又以柑橘及苗圃的損失最大，柑橘業的損失 7.61 億美元，受損面積高達 17 萬 ha，而苗圃受損面積約 1 萬 8 千餘 ha。此外，艾瑪颶風除了造成佛州重要經濟作物柑橘的嚴重損害外，還包括：番茄、葡萄柚、西瓜及甘蔗等。



佛州政府應變作為

透過州緊急應變隊所發布艾瑪颶風期間的狀況報告，說明佛州之災害應變作為。州狀況報告會於災害期間以一天一報進行發布，其內容可分成四大類，分別為基本資料、整備、應變與復原階段。除了將每一個郡之緊急應變中心開設層級，以表格方式記錄，並利用紅字體標示與上一版差異之處，其中又以應變部

分之緊急服務內容所占篇幅最大，詳實記錄各緊急事故支援功能組 (ESF) 所提供的資源、服務與應變作為等。

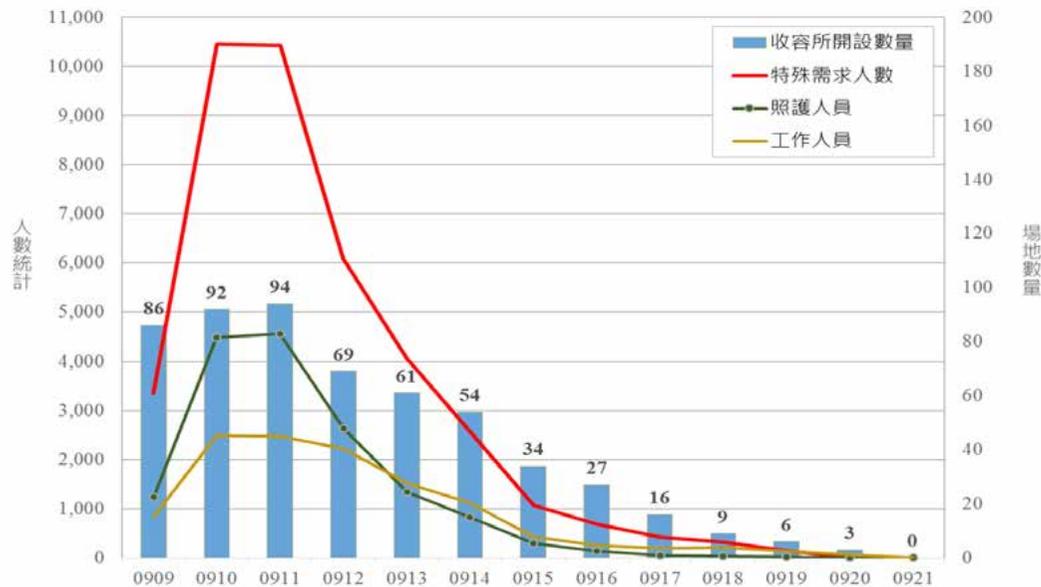
以下摘錄 9 月 14 日艾瑪颶風狀況報告第十報於健康與醫療 (ESF8) 部分的應變作為：

1. 統整並發布在艾瑪颶風期間，佛州已緊急關閉與疏散的醫院與健康照護單位的名稱、數量等資訊，截至當時有五家醫院與五家護理之家關閉。
2. 針對停電之醫療照護機構，進行監測與提供維持生命安全的資源。像是支援特殊需求之避難處所 (Special Needs Shelter, SpNS) 之開設與解散等，包括救援人員、出院計畫與長期安置等；支援門羅縣

(Monroe County) 之公共健康與醫療需求；支援沼澤市 (Everglades City) 之公共衛生與醫療穩定；公共衛生相關資訊之掌握：如一氧化碳、用水安全、煮沸水之注意事項、蚊蟲叮咬等；支援環境健康與流行病應變之團隊。

3. 發布公共健康相關實驗室、地區兒童醫療院所、公共健康部門關閉資訊，讓民眾瞭解哪些公共健康相關機構是否營運狀態。
4. 統計特殊需求避難收容處所 (SpNS) 開設狀況。根據狀況報告，彙整 9 月 9 日至 9 月 21 日特殊需求避難收容所開設資訊、特殊需求人數、照護人員與全體人員數量等。SpNS 開設數量在 9 月 9 日至 11

日呈現增加趨勢，在 9 月 11 日開設 SpNS 數量最高為 94 處。9 月 12 日後因艾瑪颶風逐漸遠離與消散，SpNS 則是逐漸關閉趨勢。而特殊需求人數在 9 月 10 日與 11 日高達 10,000 人以上，直到 15 日特殊需求人數降至約略 1,000 多餘人。醫療照護人數在 9 月 9 日與 13 日期間高達 1,000 人次以上，在 9 月 10 日與 11 日醫療照護人數超過 4,000 人次。從 9 月 14 日後，隨著艾瑪颶風削弱與部分 SpNS 關閉因素，醫療照護人數為遞減趨勢。另外，工作人員數量也隨著 SpNS 開設數量多寡有所相關，SpNS 開設數量少所需工作人員數量也隨之變少。



特殊需求避難收容處所開設與需求統計 (資料來源：災防科技中心繪製)

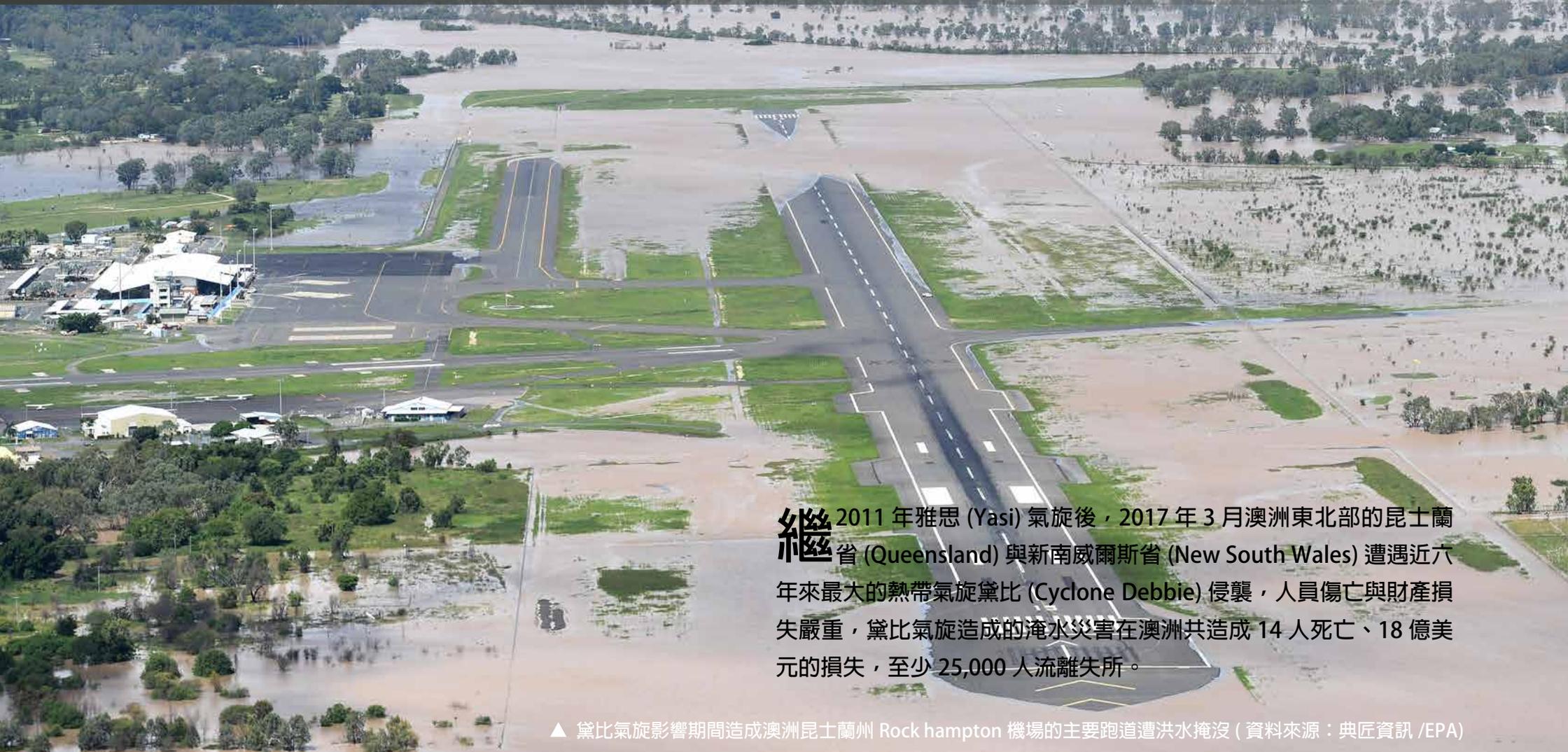
結語

經由艾瑪颶風事件，可瞭解佛羅里達州對於重大災害事件或緊急事故的應變組織架構。狀況報告以一天一報的發布頻率，提供民眾各類型防救災資訊急與應變單位之應變作為。在面臨災害發生頻率越來越頻繁之際，唯有做好災前減災、整備、應變與重建工作，才能夠有效降低災害所致之風險與衝擊。參考佛羅里達州之應變作為，可擷取優點之處，作為精進防救災管理與技術的參考。

由於該安養院事件，造成多名高齡者喪生，引起當局與社會大眾關切，對於長期照護的高齡長者，如何進行整備、事前疏散撤離、配套方案、醫護人員、醫療資源等應該更被重視，而臺灣未來應思考類似問題，例如強化安養醫療院所之韌性與降低災害衝擊。

澳洲黛比氣旋

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 145 期 2017 年 8 月出刊



繼 2011 年雅思 (Yasi) 氣旋後，2017 年 3 月澳洲東北部的昆士蘭省 (Queensland) 與新南威爾斯省 (New South Wales) 遭遇近六年來最大的熱帶氣旋黛比 (Cyclone Debbie) 侵襲，人員傷亡與財產損失嚴重，黛比氣旋造成的淹水災害在澳洲共造成 14 人死亡、18 億美元的損失，至少 25,000 人流離失所。

▲ 黛比氣旋影響期間造成澳洲昆士蘭州 Rock hampton 機場的主要跑道遭洪水淹沒 (資料來源：典匠資訊 / EPA)

氣象概述

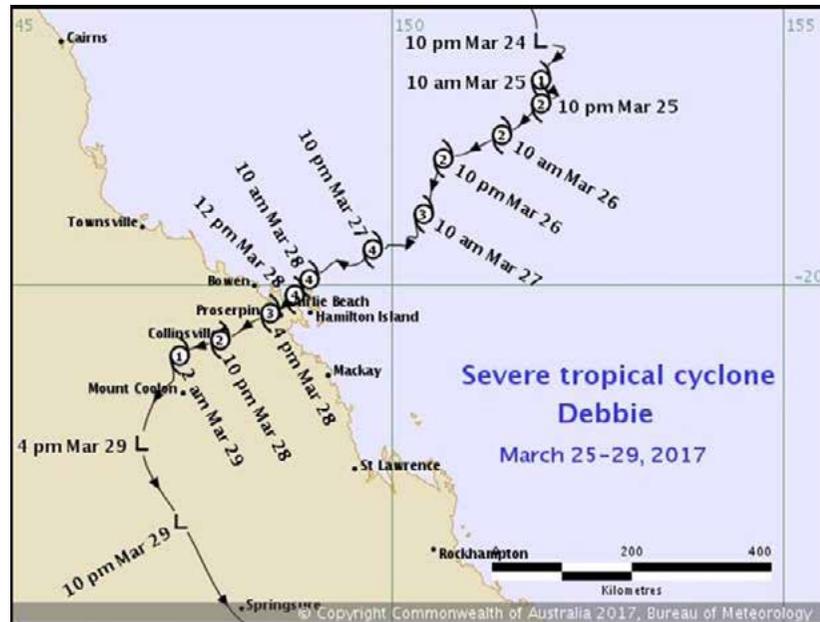
黛比氣旋於 2017 年 3 月 28 日下午，在昆士蘭省聖靈海岸 (Whitsunday coast) 的艾爾利海灘 (Airlie Beach) 附近登陸，登陸時氣旋的強度為第四級，其發展歷程簡述如下：3 月 22 日最初於巴布亞新幾內亞 (Papua New Guinea) 東南方生成。3 月 25 日上午正式命名為黛比，此時強度等級為二。3 月 27 日黛比的強度已增強到四。3 月 28 日下午在艾爾利海灘登陸後，晚間強度迅速減弱為熱帶低壓，雖然黛比強度減弱，但仍夾帶強烈風雨持續向南移動，導致昆士蘭省東南部和新南威爾斯省的北河 (Northern Rivers) 流域等人口稠密地區發生洪水災害。

災因分析

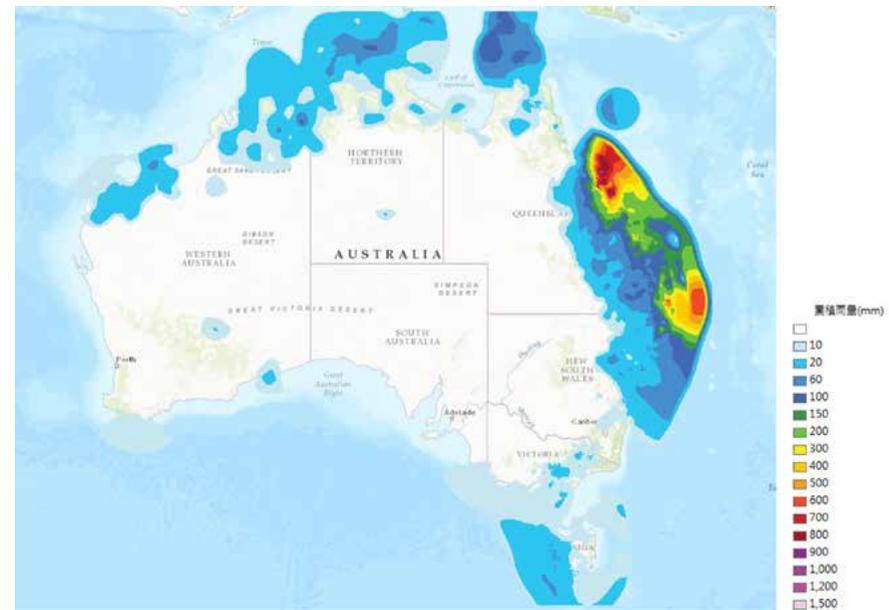
根據澳洲氣象局 (Australia Government Bureau of Meteorology) 紀錄，3 月 28 日上午在聖靈群島 (Whitsunday Islands) 的漢密爾頓島 (Hamilton) 上記錄到，風速達 191km/hr，最大陣風高達 263km/hr。普拉瑟潘 (Proserpine) 地區也記錄到陣風值高達 165km/hr。另外，在氣旋登陸點南方的拉古納 (Laguna) 碼頭，亦記錄到 2.6m 的風暴潮。

依據澳洲氣象局 3 月 26 日至 4 月 1 日的累積雨量圖，可以看出黛比氣旋的最大累積降雨約在 1,000mm，且降雨持續往南部發展，影響範圍包含昆士蘭省以及新南威爾斯省的沿岸地區。本次強降

雨發生在下列各區：昆士蘭省馬凱 (Mackay) 西北部的 Mt Jukes 測站紀錄到累積到 3 月 30 日上午 9 點前之 24 小時累積雨量 635mm，其周遭也紀錄到多處超過 200mm。另外，陽光海岸 (Sunshine Coast) 跟布里斯本 (Brisbane)，在 3 月 30 日下午也紀錄到 113 公里 / 小時的陣風風速，以及超過 150mm 的降雨。其中，黃金海岸 (Gold Coast) 周圍的春溪 (Springbrook) 地區，累積到 3 月 31 日早上 9 點前之 24 小時累積雨量更高達 602mm。而上述黛比氣旋的降雨量都遠超過昆士蘭省與新南威爾斯省三月歷史平均降雨量。



黛比氣旋路徑與強度示意圖 (資料來源：澳洲氣象局)



黛比氣旋累積雨量圖(3/26-4/1)(資料來源：澳洲氣象局;製圖：災防科技中心)

災害衝擊影響

黛比氣旋的強烈風雨使得昆士蘭省中部和東南部發生淹水災害，並嚴重損毀聖靈群島 (Whitsunday Islands)、漢密爾頓島 (Hamilton Island) 及白日夢島 (Daydream Island) 等度假聖地，以及艾爾利海灘和普拉瑟潘 (Proserpine) 等地區。而離登陸地點較遠的包恩 (Bowen) 以及科林斯維爾 (Collinsville) 區，也發生洪水災害。

除此之外，黛比氣旋也造成澳洲許多地方發生大範圍的洪水災害，如：昆士蘭省先驅河 (Pioneer River) 的伊頓 (Eton) 區域，近百人需要救援、阿爾伯特河 (Albert River) 洛根 (Logan) 地區淹水情形，上千人被疏散撤離、菲茨羅伊河 (Fitzroy River) 流域更有許多地方兩天內的累積雨量高達 1,000mm，澳洲氣象局針對菲茨羅伊河的羅克漢普頓 (Rockhampton) 地區發布一週的淹水警報；而新南威爾士省則是東北部特威德河 (Tweed River) 的立斯摩爾 (Lismore) 與穆維倫巴 (Murwillumbah) 地區發生淹水災情，洪水影響面積廣泛，入侵市區低窪處並阻斷東岸的太平洋 (Pacific) 公路，總計疏散撤離約 20,000 人。

歐盟哥白尼災害管理服務機制 (Copernicus Emergency Management Service, CEMS) 在災後隨即啟動衛星監測，共拍攝了昆士蘭省的艾爾利海灘、包恩、馬凱、普拉瑟潘，以及新南威爾士省立斯摩爾及穆維倫巴等受災區地影像，進行快速淹水災情評估，根據淹水面積結果顯示，以新南威爾士省立斯摩爾的 22,854



▲ 黛比氣旋影響期間於澳洲昆士蘭州布里斯本國家災害協調中心工作情形 (資料來源：典匠資訊 / EPA)

ha 及昆士蘭省艾爾利海灘的 7,488 ha 最為嚴重。此外，美國國家航空暨太空總署 (National Aeronautics and Space Administration, NASA) 衛星也拍攝到黛比氣旋在菲茨羅伊河造成的淹水情形。

根據災損統計結果，黛比氣旋造成總損失高達 18 億美元。其中包含 15 億美元的煤炭出口損失，2.7 億美元的甘蔗等作物損失，糖業損失集中在普拉瑟潘和馬凱，普拉瑟潘有 35% 蔗田損毀，而馬凱地區由 20% 蔗田受損。包恩地區亦有農作物損失，另外聖靈群島地區觀光旅遊業造成約 120~280 萬美元的損失。人員傷亡部份，主要係因為淹水災害而導致人員傷亡，在昆士蘭省有 8 人死亡、新南威爾士省有 6 人死亡。

政府應變作為

在黛比氣旋侵襲澳洲本島前，澳洲總理辦公室 (The Premier's Office) 於 3 月 26 日已公告剛魯 (Gumlu)、包恩、艾爾利海灘與普拉瑟潘等 20 處的疏散避難區域圖，該圖資為分析歷史災害紀錄後以模式模擬的結果，將氣旋淹水衝擊分為 5 等級風險區，包括：(I) 極高風險區：紅區包含沿海低窪地區，以及位在最高天文潮 (highest astronomical tide) 再加上 1.25m 的影響範圍內者。(II) 高風險區：橘區包含沿海低窪地區，以及位在最高天文潮再加上 2.25m 的影響範圍內者。(III) 中風險區：黃區包括沿海低窪地區，以及位在

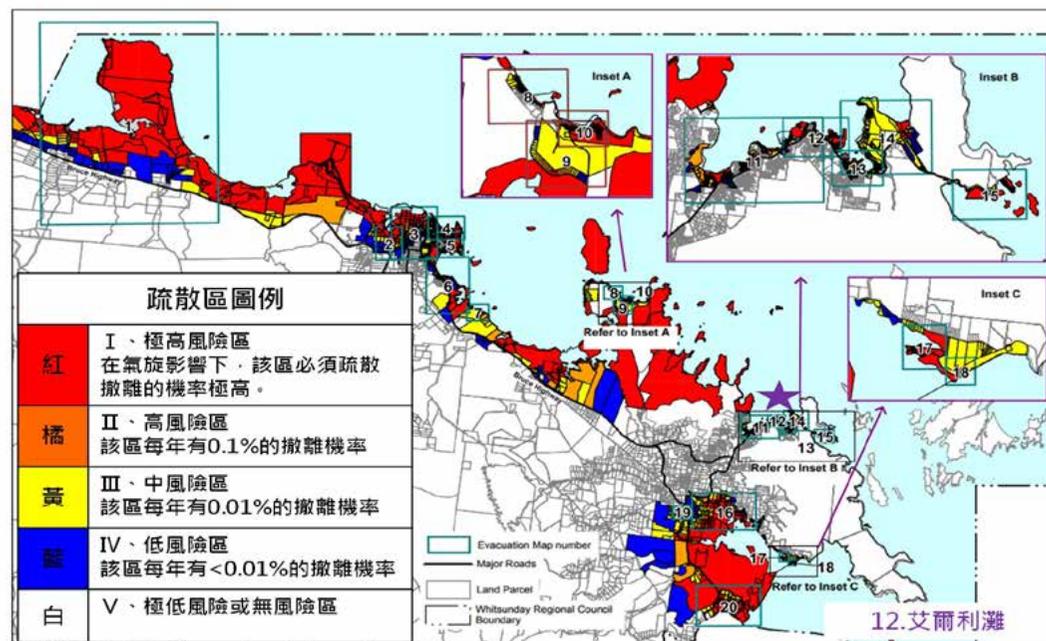
最高天文潮再加上 4.25m 的影響範圍內者。(IV) 低風險區：藍區包括沿海低窪地區，以及位在最高天文潮再加上 6.25m 的影響範圍內者。(V) 極低或無風險區：白區則位在高於最高天文潮位加上 6.25m 以外的範圍。因此，昆士蘭省相關單位進行包恩、馬凱、普拉瑟潘及艾爾利海灘等地區之居民撤離，3 月 27 日晚上撤離馬凱低窪地區約 25,000 名居民，而包恩地區約有 5,000 名居民被撤離，昆士蘭省估計約有 400 多所學校受黛比風雨影響而關閉。澳大利亞國防軍 (Australian Defence Force, ADF) 加入防災整備作業，提早部署救援人力、資源，提供災區收尋及撤離、急需醫療者的載送、道路清理、維生設施恢復等協助。據稱是澳大利亞國防軍歷史上最大規模的預先部署，約部署了 1,200 名軍力。

結語

最近幾年澳洲多次遭遇大洪災，包括 2011 雅思、2014 艾達、2015 瑪莎都是五級熱帶氣旋，所幸澳洲在多次的災害衝擊下有完整應變體系及氣旋淹水風險圖等資料，可事先依據預報資料進行預警及疏散撤離，降低人員傷亡與財產損失。本次災損高達 18 億美元，主要是 15 億美元的煤炭出口損失。值得一提的是聖靈群島地區觀光旅遊業因為黛比氣旋造成損失為 120~280 萬美元，且旅客受困於觀光地區造成不便，值得致力推廣觀光、旅行的臺灣借鏡，加強對外籍觀光客在颱風應變期間的準備。



黛比氣旋淹水範圍判釋圖，左圖為立斯摩爾區於 4 月 3 日所拍攝，右圖為艾爾利海灘地區於 3 月 29 日所拍攝 (資料來源：改繪自 CEMS)



黛比氣旋疏散避難圖 (資料來源：The Mercury News)

斯里蘭卡山洪暴發

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 149 期 2017 年 12 月出刊



▲ 2017 年 5 月 28 日於斯里蘭卡 Baduraliya 的 Athwelthote 發生的崩塌災害情形 (資料來源：典匠資訊 / EPA)

環境背景

斯里蘭卡位處赤道附近，整個島嶼大概呈現梨形，北部是平原，中南部為高原，約占全國面積的五分之一。氣候屬於受季風影響的熱帶氣候，北部為熱帶草原氣候，南部為熱帶雨林氣候。由於受到東北季風(10月至次年4月)以及西南季風(5月至9月)的影響，斯里蘭卡全島雨量充沛，西半部的年降雨量約2,000mm-3,000mm，東北部則相較乾燥，年降雨量約1,000mm。特別是每年5月至9月受到西南季風影響期間，為斯里蘭卡的雨季，西部海岸和中部山區幾乎每天都有傾盆大雨，造成河水暴漲、山區土石滑動等災害頻傳。



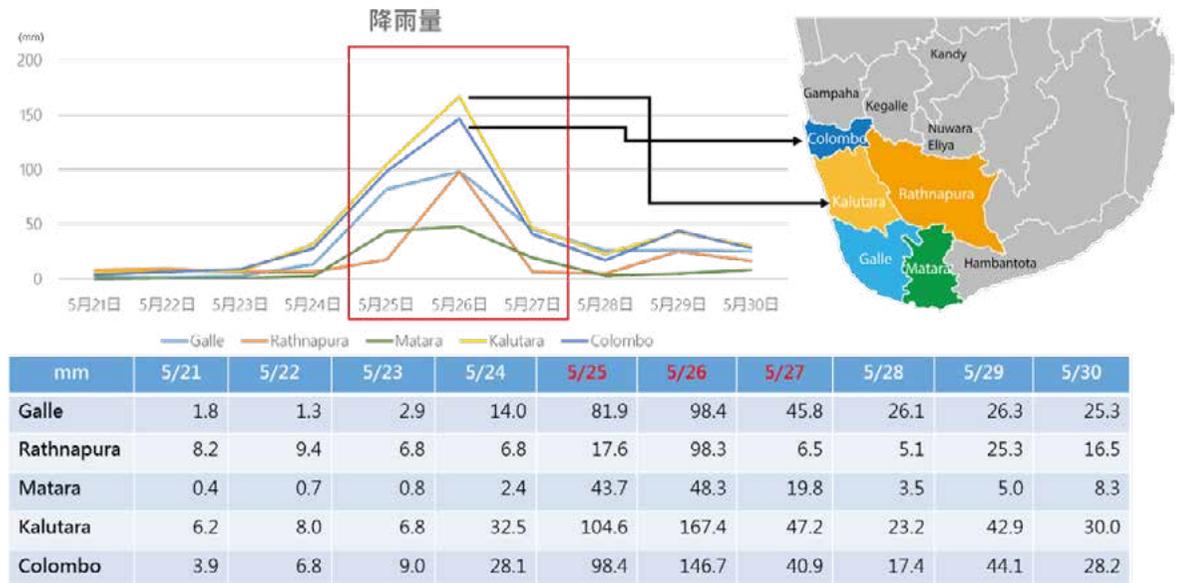
▲ 斯里蘭卡 Nagoda 商店遭洪水氾濫 (資料來源：典匠資訊/EPA)

災害概述

2017年5月25日至27日受到西南季風以及熱帶氣旋 Mora 的影響，斯里蘭卡西南部降下豪雨，連續大雨使斯里蘭卡超過15個行政區約76萬民眾受到影響，在 Kalutara、Matara、Ratnaputra 等區都有淹水與崩塌的災情傳出，在 Kalutara 區內至少發生了5場崩塌事件。UNRC(UN Resident Coordinator for Sri Lanka)表示，在此次豪雨事件所造成的淹水與崩塌災害事件中，共有292人死亡，約3,000棟房子被摧毀，斯里蘭卡政府投入超過10,000名軍人進入災區救災，至少有77,000民眾疏散，但一個月後仍有超過3,400位災區民眾居住在暫時收容所內，經濟損失估計超過1億9千7百萬美元。

建立防災機制

斯里蘭卡每逢雨季便會造成許多嚴重的淹水與崩塌災情，近年來政府已經開始進行防減災相關之規劃與作為，包含災害管理中心(DMC)調查與圈繪易淹水和潛在崩塌地區、發出短訊警告危險地區、國家建築研究組織(NBRO)提前發布崩塌警報等，後續政府更將推動山區建築法規修訂，以減少坡地災害可能造成之人命傷亡與損失。但目前仍面臨氣象預測與災前預警技術的不足、溝通與資訊流通間的阻礙及需提升人民防災意識以有效配合政府的相關措施等，都是尚須解決的重要課題。



日降雨量與位置分布圖 (資料來源：數據取自 World Weather Online，防災科技中心繪製)



根 據日本國土交通省災害情報，2017年6月日本九州北部地區發生多起山洪暴發、淹水事件，最嚴重的地區為福岡縣朝倉市和東峰村、大分縣日田市等地區。總共造成38人死亡、5人失蹤、28人輕重傷，災害期間發布緊急避難警告約44萬人，共開設30處避難所，收留1,885人。另外，較嚴重的災區位處山區，尤其是福岡縣東峰村道路中斷，一度處於孤島情況。不僅造成生命財產損失，此次農業損失約931.6億日幣（約260億臺幣）。

日本九州豪雨暨三號颱風

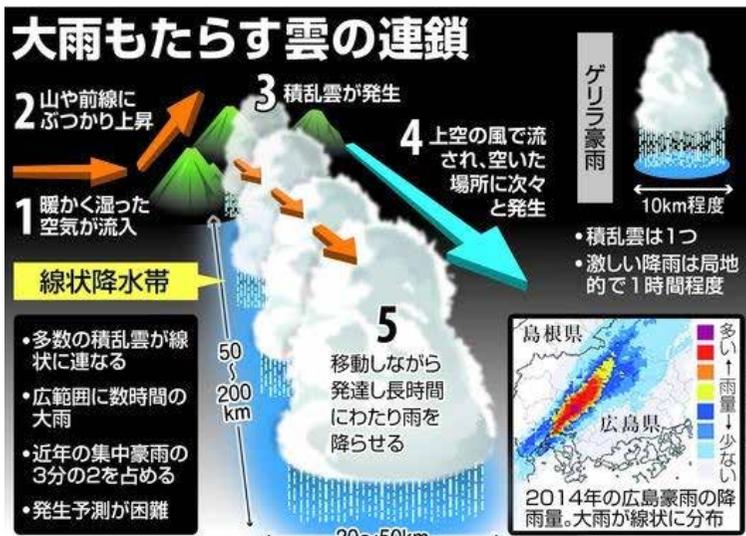
註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 148 期 2017 年 11 月出刊

▲ 福岡縣朝倉市山田地區當地居民災後一同協助救援工作（資料來源：典匠資訊 / EPA）



日本九州地區避難警告分布圖

(資料來源：Etnet 經濟通；災防科技中心編製)



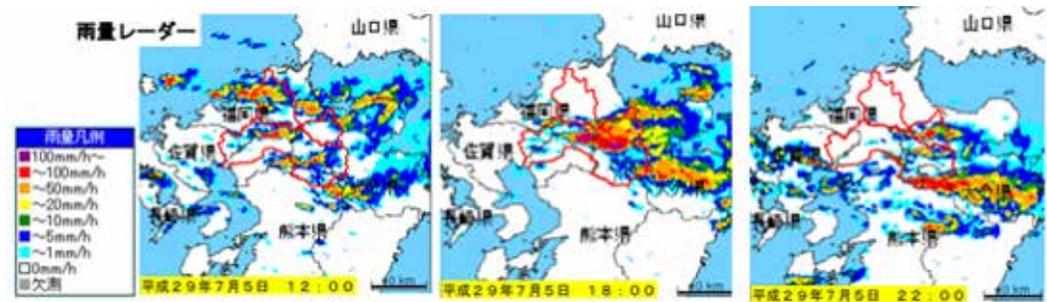
線状降水帯示意圖 (資料來源：産経新聞)

氣象分析

日本氣象廳表示：今年 (2017) 太平洋高壓較往年強 (近 29 年來)，上升氣流相對也來的強，又處於冷暖空氣交會，梅雨鋒面滯留日本西側，與太平洋溫暖水氣會合，6 月 30 日起陸續開始降雨，又加上 7 月 4 日上午 8 時三號颱風南瑪都 (Nanmadol) 在長崎市附近登陸，降雨集中於九州福岡縣、大分縣和熊本縣等，其中，7 月 5 日於九州福岡縣朝倉市降下最大時雨量 129.5mm，24 小時累積雨量亦高達 660mm，是整場事件中降雨最大的地區。

導致此次災害事件主要的原因，被日本官方歸納為「線狀降水帶」，臺灣稱「線狀對流」。所謂的線狀對流在日本氣象廳解釋：積雨雲呈現線狀可綿延 50~300 公里遠，移動的方向在同一個位置或停滯不動，在線狀的積雨雲左右 20~50 公里成為降雨區域，降雨可持續好幾個小時，此現象發生可能導致暴雨，發生時間短暫且較難以預測。

線狀對流發生的條件有：(1) 整體大氣環境不穩定，(2) 冷風與山區交界帶形成上升氣流，(3) 溫暖和潮濕的空氣源源不斷，如梅雨季，(4) 固定同一方向的風，(5) 雲雨帶固定同一個位置或停滯不動，持續降雨。



日本九州 7 月 5 日 12 時、18 時和 22 時降雨分布圖 (資料來源：日本氣象廳)

災害分布

此次災害的降雨集中在九州北部地區，造成山洪暴發，氾濫的河川包括：山國川、遠賀川和筑後川等。從日本九州地方整備局之筑後川河川水位紀錄看到 7 月 5 日 14-15 時水位開始上漲，約在 4-5 小時後已超過氾濫危險水位，並於 20 時至 22 時之間，水位陸續達

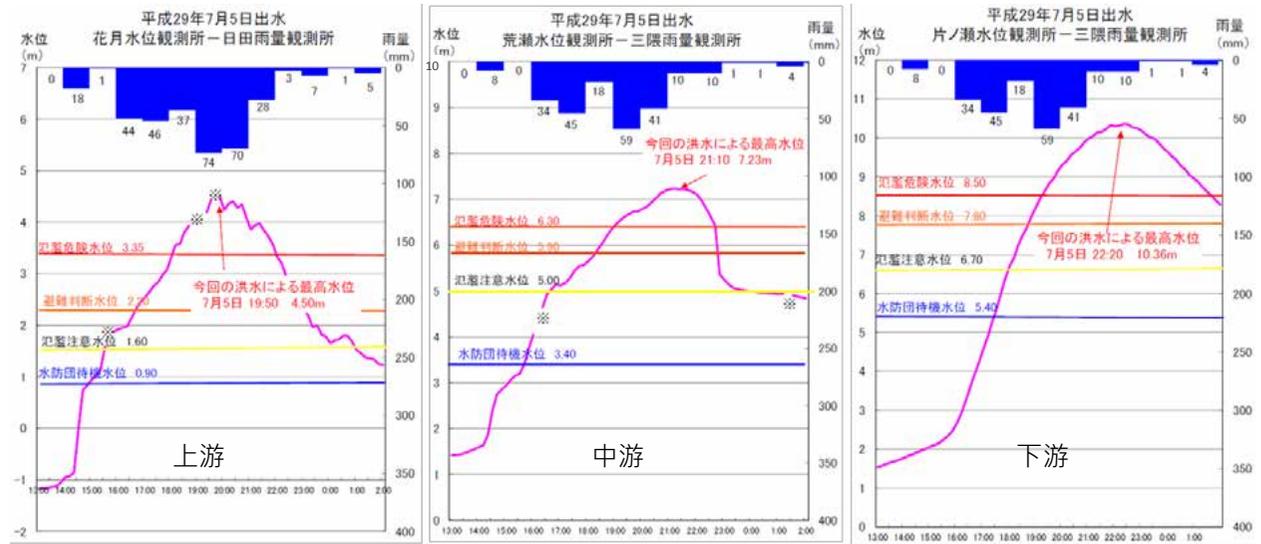
到洪峰水位，造成河岸淘刷、潰堤和溢淹。災害事件之降雨量，除打破歷史記錄外，河川水位也超越 2012 年豪雨事件的歷史最高水位記錄。

根據國土交通省災害情報，豪雨造成 450 件土砂災害 (包括 190 件土石流、27 地滑和 233 崩塌)，發布 26 府縣、211 市町土砂災害警戒情報，並且土砂災害造成道路、通訊與維生管線中斷。九州地方整備局事後針對大分縣日田市小野地區崩塌進行調查，崩塌規模長約 300m，寬約 200m，土砂堆積量約 10 萬 m³，並埋沒 107 縣道和造成小野川河道阻塞形成堰塞湖，堰塞湖壩體長約 400m、寬 100m、最高深度約 6m，周邊民宅與農地因而淹沒。災後針對此坡體調查，發現坡體仍有多處裂縫，所以可能會有再次崩塌的可能。

此外，經調查結果分析，福岡縣朝倉市東峰村和大分縣日田市至少發生 300 處土砂災害，大多為表層崩塌，並非深層崩塌，而且產生大量漂流木。



大分縣日田市小野地區崩塌 (資料來源：國土交通省)



筑後川上、中、下游降雨組體圖及水位歷線 (資料來源：國土交通省九州地方整備局)



九州電力公司檢查福岡縣災區電力恢復情形，沿途道路及房屋遭洪水掏刷基腳而坍塌 (資料來源：典匠資訊/EPA)

災害衝擊

交通中斷

九州地方整備局表示，這場數十年一次的大豪雨，造成嚴重災情，橫跨(大分縣日田市)花月川的JR久大線鐵橋，橋墩整個被沖走。此外，受到豪雨影響，JR鹿兒島線、長崎線、佐世保線、日田彥山線、久大線等9線路，皆在災害發生期間暫停營運。

山區救援困難

福岡縣和大分縣山區為本次降雨集中地區，山區大量土砂和漂流木隨洪水衝擊河川沿岸及山區道路，造成道路中斷，加上搶救災機具不易抵達，救援困難，故部分山區直至8月8日仍尚未搶通，呈現孤島狀態。

原水濁度高

受到大雨的侵襲，山區多處的崩塌，使得河水混濁，而朝倉市杷木淨水廠所在地附近河川溢流，淨水廠聯絡道路和淨水廠本身都遭受波及，淨水廠許多設備沖壞，倖存的設備又無法負荷大量濁水，因而無法正常供應自來水。

漂流木堆積河道

此次災害事件創下漂流木數量約20萬噸為歷史新高紀錄，平均約800 ton/ha(1000m³/ha)。過去災害歷史事件中，以2011年紀伊半島的災害事件漂流木最多，平均低於1000m³/ha。整場事件中，因坡地崩塌造成大量漂流木之地點是朝倉市赤谷川內，約1600 ton/ha(2000m³/ha)。災後利用海洋環境整備船3艘和港務遊艇3艘將漂流物回收，共回收漂流木累積約20

萬噸，漂流物788m³(累積約6.5萬噸)。

由於朝倉市東峰村鄰近地區為花崗岩層，風化的花崗岩相當鬆軟，且主要種植雪松、柏樹和淺根的針葉樹。過去因應日本經濟成長，木材需求高，大量種植人工森林。但1980年代起，進口木材取代，伐木減少，導致該地區86%森林地經不起短時間內強降雨的侵襲。

現地勘查

災防科技中心於2017年10月赴日在九州大學協助下一同勘查主要受災地區-福岡縣朝倉市(Asakura)和大分縣日田市(Hita)，受災形式為：土砂災害和河川溢堤及水工構造物毀損之情況。福岡縣朝倉市赤谷川因極端降雨山洪暴發，造成上游土砂災害發生，中、下游河道改道及洪水氾濫漫淹；大分縣日田市筑後川支流花月川河水暴漲，JR橋墩被河水淘刷倒塌，鐵路營運因而中斷，衝擊影響當地觀光業。另外，至日本水資源機構寺內壩管理局，說明此次豪雨寺內壩準確水庫操作，使得水庫發揮蓄洪功用，避免下游遭受洪水氾濫災害發生。日本九州災害事件涉及範圍廣泛，上游土砂、林業管理、山洪暴發、漂流木、水庫管理、JR鐵道系統檢討、臨時住宅、復原重建、高齡議題和風險意識等，後續可持續追蹤日方災後重建復原的情況和因應此次災害研擬的災害策略。

福岡縣朝倉市災後街道上充斥大量淤砂及漂流木
(資料來源：典匠資訊/EPA)



福岡縣朝倉市多名高齡者在自衛隊協助離開災區
(資料來源：典匠資訊/EPA)



實地前往福岡縣朝倉市現地勘查情形
(資料來源：災防科技中心)



中國長江氾濫

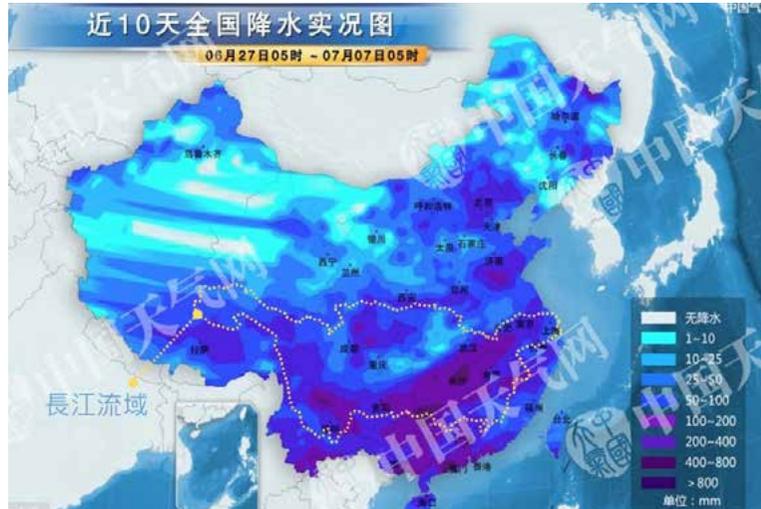
每年6月中至7月上旬梅雨期間，長江中下游平原區是中國暴雨強度最大的區域之一，也是暴雨洪水災害好發區域。2017年6月29日起長江中下游遭受暴雨侵襲，根據中國減災委員會，截至7月4日統計，浙江、安徽、江西、湖北、湖南、廣東、廣西、重慶、四川、貴州、雲南共11省份、61市(自治區)、285個縣受影響，造成2005萬人受災，90人死亡，5人失蹤，6.5萬間房屋倒塌，43.9萬間房屋損壞，農作物受災面積約159萬ha，其中絕收面積約27萬ha，經濟損失為693.3億人民幣(約臺幣3199億元)。

註 受災面積：因災害減產10%以上的地區；絕收面積：因災害減產80%以上的地區

▲ 廣西柳州市災害照片(資料來源：國家減災委辦公室)

氣象概述

2017年6月下旬，由於兩冷暖空氣於長江中、下游一帶交匯，造成長江流域持續強降雨。強降雨共有二波，二次強降雨區域重疊，因此洪水疊加，使得長江中、下游水位快速上漲。廣西中北部、貴州中南部和雲南等地部分地區累積降雨100-300mm，長江流域中、下游約400-800mm。河川水位部份，截至7月4日止，長江流域共有113條河流超過警戒水位，部分支流水位不僅超過前一年2016年，還超過過去歷史紀錄。



中國大陸6月27日至7月7日累積降雨分布圖
(資料來源：中國氣象局公共氣象服務中心)

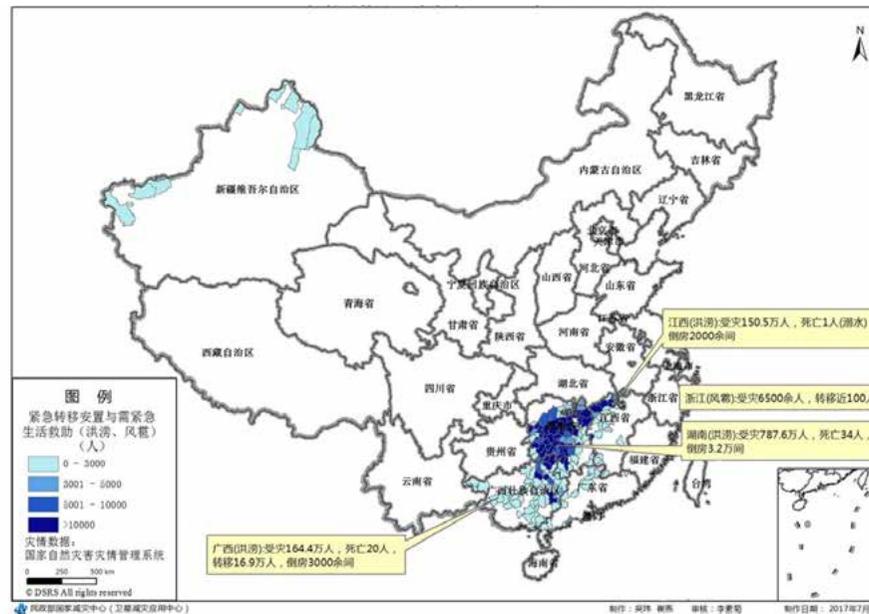


湖南省長沙市雨花區跳馬鎮曙光垸潰堤口遙感監測圖
(資料來源：民政部國家減災中心)

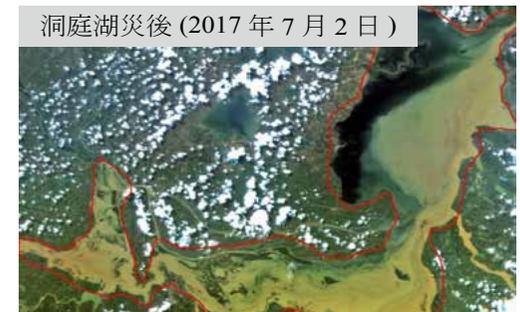
湖南省受災案例探討

在受災的11個省份之中，就以湖南省最為嚴重，其中邵陽、懷化、長沙等13市99個縣(市、區)692.1萬人受災，34人死亡，經濟損失190.3億人民幣。從中國資源衛星應用中心將高分三號和高分四號於7月2日拍攝災前與災後的比對圖發現，洞庭湖水域有明顯增大的趨勢。

湖南省長沙市跳馬鎮曙光垸於7月2日中午發生潰堤，其潰堤缺口約30m，由高分四號衛星7月3日拍攝影像，推估潰堤漫淹面積約300ha，造成缺口周邊農田及村莊被淹沒。



此次洪災影響空間分布 (資料來源：民政部國家減災中心)



港澳天鴿颱風

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 149 期 2017 年 12 月出刊

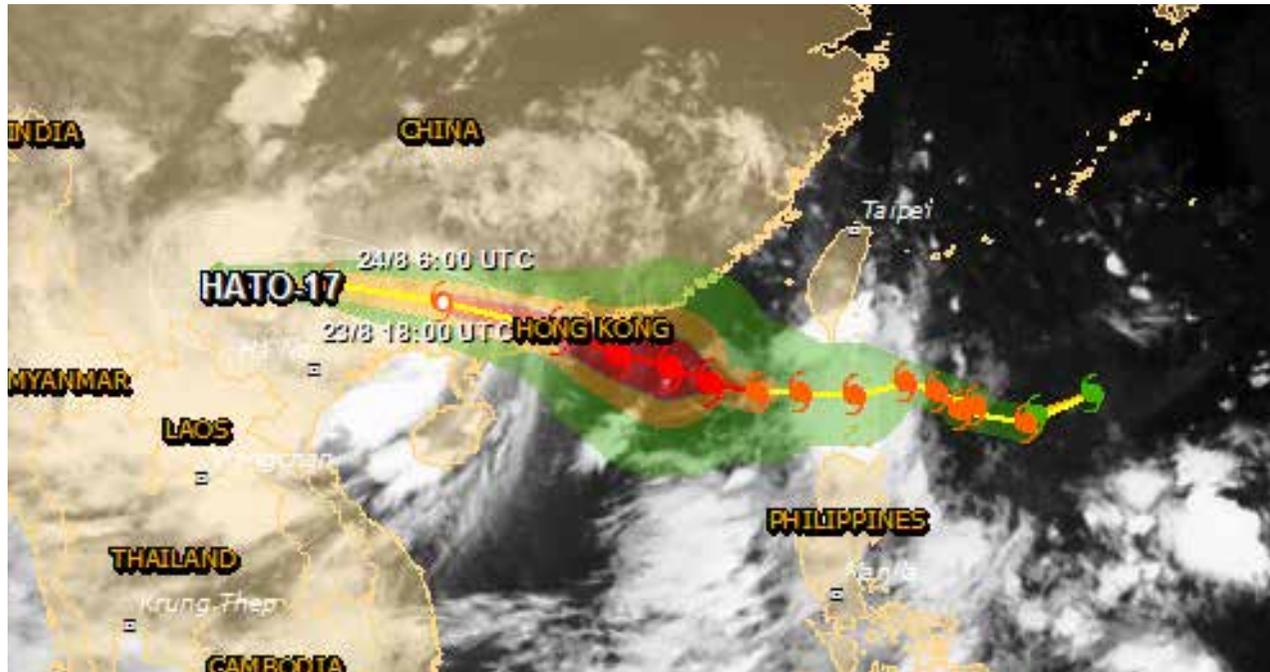
第 13 號 颱風天鴿 (hato) 於 2017 年 8 月 23 日挾帶強風暴雨侵襲香港、澳門，於廣東省珠海市金灣區登陸。天鴿颱風中心附近最高持續風速每小時高達 175 公里，使得港、澳門兩地，先後掛出最高級別的「10 號風球」，這也是香港自 2012 年、澳門自 1999 年以來首次發布最高級別的 10 號颱風風球訊號。澳門民防行動中心等單位統計指出，截至 8 月 24 日凌晨為止，天鴿颱風已造成香港、澳門、珠海等地至少 12 人死亡，153 人受傷，經濟作物等財產損失已逾 55 億人民幣 (約新臺幣 250 億元)。

註 10 號風球：為香港天文台最高級別的颱風警告信號，表示颱風持續風速達每小時 118 公里或以上，陣風更可能超過每小時 220 公里

▲ 天鴿颱風通過期間於恆發村地區帶來巨浪侵襲情形 (資料來源：典匠資訊/EPA)

氣象分析

天鴿颱風形成與登陸時，適逢天文大潮期間，當颱風行經南海時，周邊的垂直風切減弱，加上南海東北部約半個月沒有熱帶氣旋活動，天鴿吸收南海東北部積存的龐大能量，因此強度提高至中度颱風等級，而香港、澳門、珠海均位於颱風行經路徑之右側，風速較大，再加上上述區域屬於大陸棚邊緣，地勢多平坦。海、氣象因素與海底地形條件配合下，香港、澳門沿岸均出現暴潮溢淹情況。



歐盟聯合研究中心 (Joint Research Centre) 評估受 2017 年天鴿颱風風力影響範圍。綠色表示風力超過 64km/hr 的範圍，橘色表示風力超過 92km/hr 的範圍，紅色表示風力超過 120km/hr 的範圍。香港、澳門均位於圖中紅色區域內，亦即風速可能超過 120km/hr (資料來源：Joint Research Centre)

災害衝擊影響

各地沿岸暴潮溢淹狀況

天鴿颱風是繼 2012 年強烈颱風韋森特襲港後，香港 5 年來第二個 10 號風球警報。在天鴿颱風強風的正面吹襲下，香港島杏花邨風勢強勁，海面翻起巨浪。強風所引發的風暴潮加上天文大潮 (農曆初二)，使得海水位暴漲，整條海濱長廊被海水淹蓋，海水湧入邨內，出現多處海水倒灌景象，杏花邨成為重災區。總計颱風在香港造成 1 人死亡，84 人受傷。



▲ 災後的澳門街道堆積大量垃圾 (資料來源：典匠資訊 /EPA)

8月23日上午，隨著天鴿颱風的中心逐漸逼近澳門，澳門地球物理暨氣象局將風球信號從3號一路升級到8號、9號，並在當天11點30分升級為最高的10號。這也是澳門1999年以來首次懸掛10號風球。地球物理暨氣象局表示，天鴿颱風中心距離澳門最近只有不到40公里，最高風速突破140km/hr。由於正值天文大潮期間，颱風引起的潮位增量與天文大潮疊加，澳門地球物理暨氣象局甚至發出了最高級別的黑色風暴潮警告，這表示海水位可能將超過預測潮位1m以上，並可能淹至沿海路面。天鴿颱風造成澳門出現大規模淹水的主要因為海水倒灌。澳門半島的內港和青州低窪地段積水嚴重，最深淹到成人胸口，不少民宅一樓進水被淹，地下車庫進水導致汽車泡水，澳門政府表示，天鴿颱風襲澳門期間，累計造成9死，153人受傷。

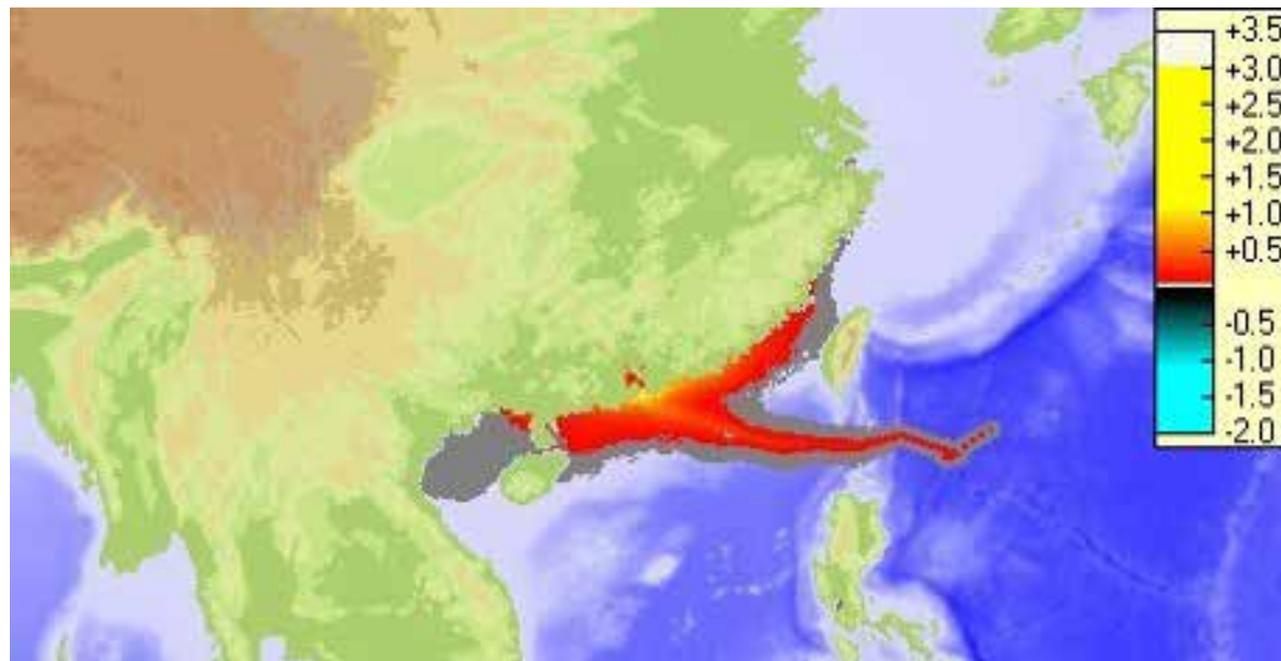
8月23日12時50分前後，天鴿颱風登陸中國廣東省珠海市金灣區，此時颱風中心附近的最大風力為14級(45m/s)；12時10分至15分之間，瞬時大風達51.9m/s(16級)，打破當地風速紀錄(原記錄為1993年9月17日的44.6m/s)。23日10時，風暴潮疊加天文大潮，廣東惠州三門島海水倒灌，道路和碼頭均被海水淹沒；惠州大亞灣區，海水甚至淹沒至濱海公園內。中國國家海洋預報台表示，天鴿颱風侵襲期間，廣東和福建沿海正值天文大潮期，福建漳州到廣東汕頭受影響將較為嚴重，預計最大風暴潮為1.80m左右，風暴潮最高預警級別為橙色。颱風襲擊珠江三角洲期間，珠江口沿岸出現0.5m至2.1m的

風暴潮。23日14時，東莞泗盛圍站潮位2.68m(超出警戒潮位0.75m)，廣州南沙站潮位3.13m(超出警戒潮位1.23m)，中山橫門站潮位3.03m(超出警戒潮位1.03m)，珠海赤灣站潮位2.49m(超出警戒潮位0.94m)，上述站點均超過歷史實測最高潮位。23日17時珠海已有2人死亡，275間房屋倒塌，部分道路通行受阻，直接經濟作物等財產損失已逾55億人民幣(約新臺幣250億元)。

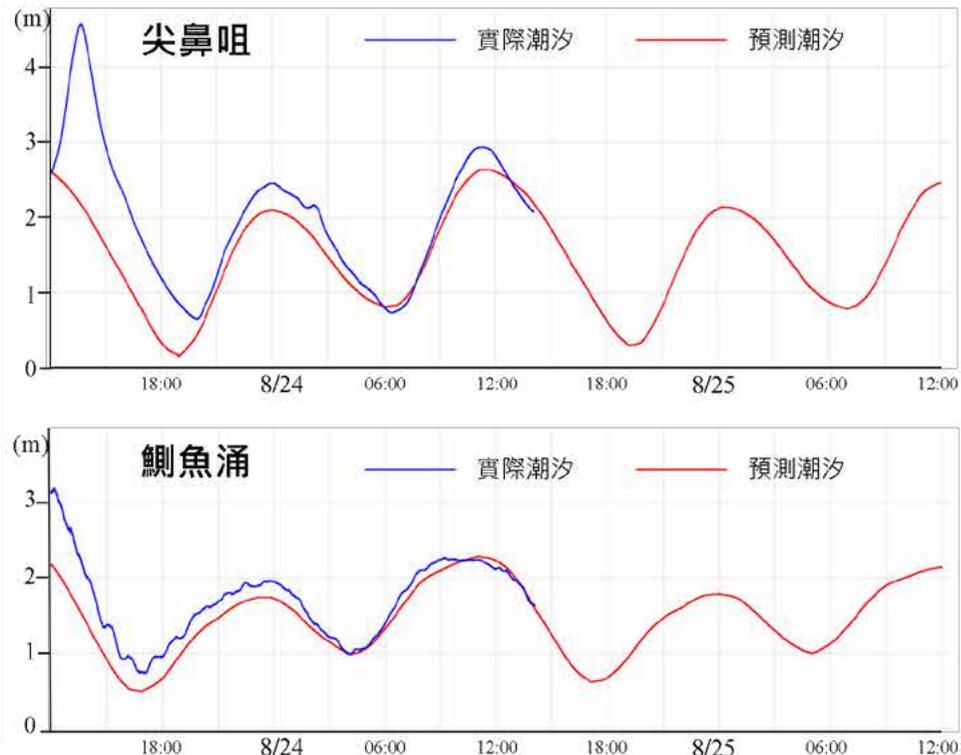
關鍵基礎設施衝擊

天鴿颱風襲擊澳門與香港期間適逢大潮，暴潮溢淹情況更加嚴重，臨海的關鍵基礎設施：水、電和電

訊管線因而毀損中斷。澳門與珠海連結之電網遭受颱風破壞、200個變電站浸水(全部1500個)及珠海變電站又失壓，多方因素下，九成澳門皆處於停電狀態，其影響地區不只是一般住戶，還包括澳門的旅遊酒店與賭場等，最後至恢復完全供電已花24小時之久。澳門電力80-90%是向珠海購買，珠海電力站和澳門電力公司在斷電後，啟動緊急供電能力，優先供給特殊設施和民用設施，其於電力還需視珠江電網供電情況。除了電力以外，自來水因自來水公司水廠受損，造成部分地區水壓不足甚至停水，澳門自來水公司設立臨時供水點，讓民眾自行提水。



歐盟聯合研究中心 (Joint Research Centre) 評估受2017年天鴿颱風所引致之暴潮增量(暴潮偏差量)，香港、澳門約位於暴潮增量1.5m至3.0m之區域範圍內(資料來源：Joint Research Centre)



香港潮汐測站分布圖，藍色實線為實際測量之水位，紅色實線為預測水位，由香港天文台環島的潮汐站量測結果顯示，各潮位站於天鴿颱風期間所實際測量之水位均高於預測水位。其中最大的暴潮增量發生在尖鼻咀測站，時間約為8月23日13時41分，實際潮位為4.56m，而預測天文潮位僅2.16m，亦即暴潮增量高達2.4m，與歐盟聯合研究中心預測的暴潮增量約1.5至3.0m甚為吻合（資料來源：香港天文台）

結語

2017年天鴿颱風使得香港、澳門兩地先後掛出最高級別的「十號風球」，這也是香港自2012年、澳門自1999年以來首次發布最高級別的10號颱風風球訊號。颱風於23日12時50分於廣東省珠海市金灣區登陸，中國中央氣象局隨即向華南地區發布最高級別的「紅色颱風預警」。天鴿颱風造成香港、澳門、珠江多處海岸暴潮溢淹，主要原因有三：(1) 天鴿颱風行經南海時，強度增強為中度颱風；(2) 香港、澳門、珠江地理位置均於天鴿颱風行經路線右側，為颱風迎風區風速最強區域；(3) 天鴿颱風襲擊香港、澳門、珠江時，適逢天文大潮期間；(4) 香港、澳門、珠江海床均屬大陸棚邊緣，海底地勢多平坦，大幅提高暴潮增量。

澳門居民於災後排隊等候取水情形（資料來源：典匠資訊/EPA）▶



菲律賓天秤颱風

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 152 期 2018 年 3 月出刊

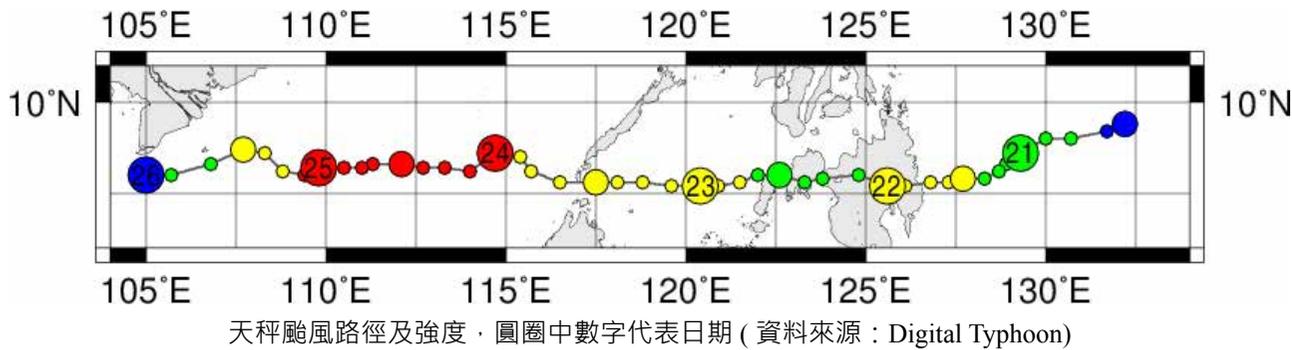


天秤 (Tembin) 颱風是僅少數通過菲律賓南端民答那峨島 (Mindanao) 的颱風。根據菲律賓國家災害風險降低與管理中心 (NDRRMC) 截至 2018 年 1 月 7 日所發布之天秤颱風評估報告第 17 報顯示，天秤颱風已造成 160 人死亡，163 人失蹤，共影響 168,129 戶家庭，794,663 人受影響，農業損失約 14 億披索 (相當於臺幣 8.4 億)，基礎設施損失約 2 億披索 (相當於臺幣 1.2 億)。

▲ 菲律賓民答那峨北部地區於颱風期間遭洪水氾濫情形 (資料來源：典匠資訊 / EPA)

氣象概述

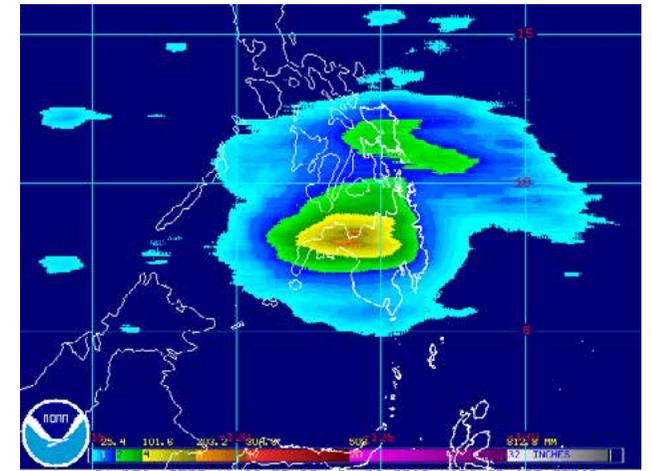
天秤 (Tembin) 颱風，在菲律賓當地又被稱為 Vinta 颱風，於 2017 年 12 月影響菲律賓南部地區。自 16 日起被歸類為微弱熱帶低壓；20 日隨著系統逐漸增強形成熱帶風暴；22 日在民答那峨島 (Mindanao) 登陸；23 日往南海移動並增強為颱風；24 日颱風強度迅速達到高峰；26 日因氣候條件不利，而迅速減弱然後消散。從衛星雨量估計 24 小時最高降雨量約 200mm 至 300mm，暴雨不僅造成淹水、山洪暴發及崩塌，又以民答那峨島北部地區受創最嚴重。根據北民答那峨 (Region X) 之 Malaybalay 地區於 2017 年 12 月 20 日至 23 日累積降雨組體圖得知，此次四日的累積降雨量約 170mm，已超過該地區歷年 12 月總降雨量 130mm 之 1.3 倍。



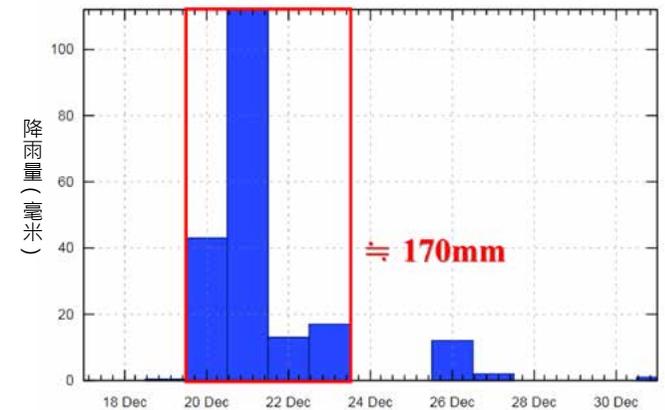
衝擊影響

菲律賓由 7 千多個島嶼組成，分為呂宋 (Luzon)、維薩亞斯 (Visayas) 和民答那峨 (Mindanao) 三大島群。全國共劃設 17 個大區 (Region) 之行政區劃，下轄 76 個省 (Province)。民答那峨位於菲律賓最南端，面積 94,630 平方公里 (約臺灣之 2.6 倍)。全島分為 6 個大區，分別為三寶顏半島 (Region IX)、北民答那峨 (Region X)、達沃 (Region XI)、SOCCSKSARGEN (Region XII)、卡拉加區 (Region XIII) 及民答那峨穆斯林自治區 (ARMM)。

民答那峨屬熱帶氣候，過去在西北太平洋所產生的颱風，很少登陸民答那峨，但天秤颱風於 2017 年 12 月 21 至 23 日侵襲民答那峨，造成嚴重災情。菲律賓社會福利發展部 (Department of Social Welfare and Development, DSDW) 於 2017 年 12 月 28 日的資料顯示，受災影響地區包括民答那峨全島 6 個大區及呂宋島



天秤颱風衛星估計雨量分布圖 (資料來源：NOAA)



Malaybalay 地區於 2017 年 12 月 20 日至 23 日累積降雨組體圖 (資料來源：WeatherOnline)

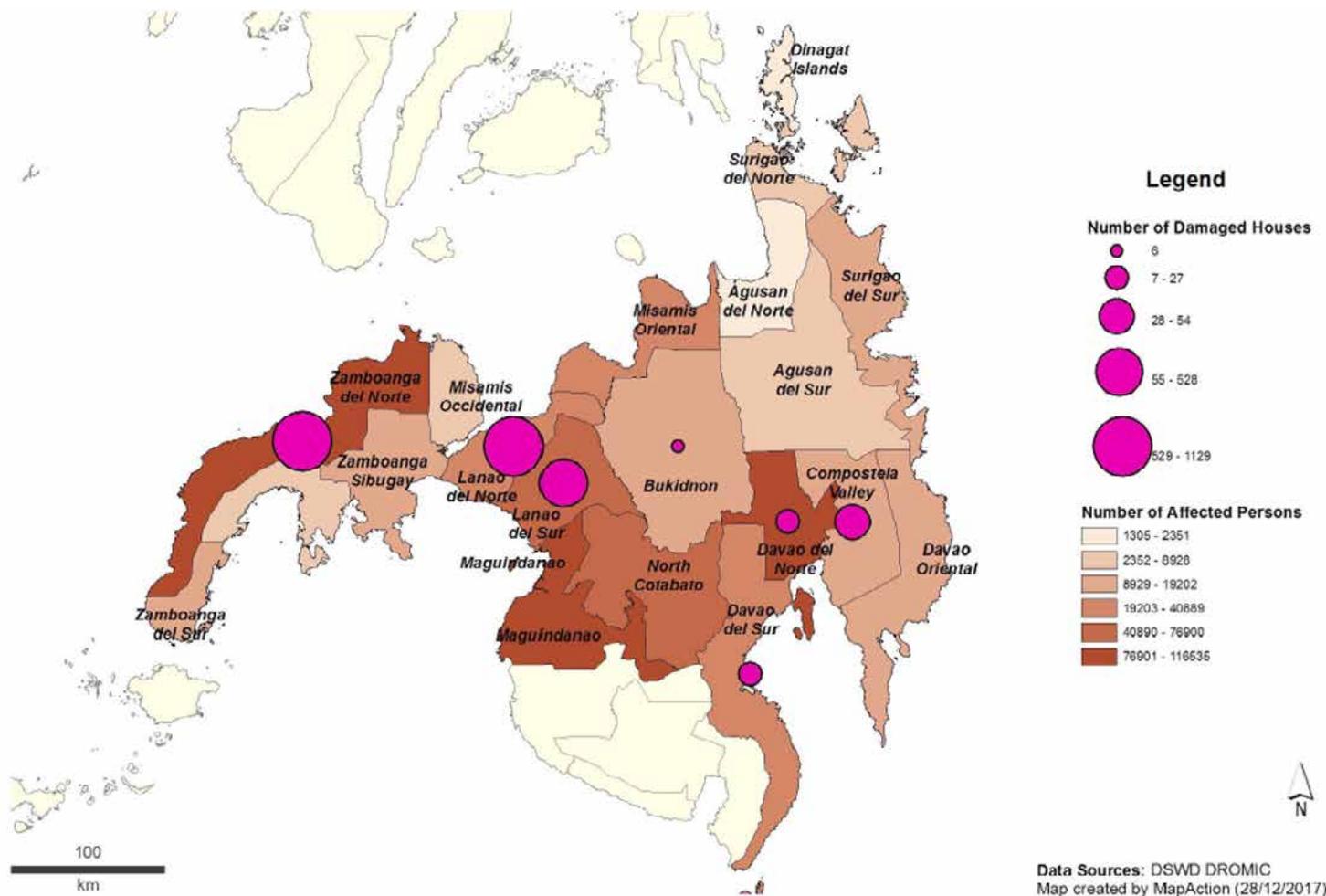
南端之民馬羅巴 (Region MIMAROPA)。主要受災影響地區為民答那峨，其中受影響人數超過 10 萬人之地區為 Zamboanga Del Norte(REGION IX)、Maguindanao(ARMM) 及 Davao Del Norte(REGION XI)。

在房屋受損部分，各地區總共至少有 2,628 棟房屋受損，其中 1,630 棟被毀壞，998 棟部分受損。受損房屋數量最多的省份是北三寶顏省 (Zamboanga del Norte)，受損房屋 879 棟，其中包括 683 棟被完全毀壞；北拉瑙省 (Lanao del Norte)1,129 棟房屋受損，其中 535 棟被完全毀壞；南拉瑙省 (Lanao del Sur)528 棟房屋受損，其中 348 棟被完全毀壞。

在糧食部分，由於暴雨、山洪暴發和淹水等綜合影響，農業遭受了大面積的破壞，這種損害直接影響人民生計。另外庫存食物也被沖走或損壞。

在清潔衛生部分，部分地區的人口無法獲得安全的水源，供水設備已經被破壞，缺乏乾淨的供水會增加疾病暴發的風險，特別是對於兒童。

在重要基礎設施部分，雖然民答那峨島的基礎設施不發達，尤其是民答那峨穆斯林自治區 (ARMM)，但颱風期間道路、橋樑及輸電線受損情況，也造成人民生活的不便，並且使得救援工作變得更加困難。初步評估報告顯示，截至 12 月 23 日，受影響最嚴重的地區仍無法進入。



天秤颱風影響民答那峨島範圍 (資料來源：ACAPS)

政府應變作為

菲律賓政府防救災組織為「國家災害風險降低與管理委員會 (NDRRMC)」。相關應變作為皆由該單位負責協調與執行，該單位又可以分為 RDRRMC(行政區的辦公室)、LDRRMC(地方的辦公室)。NDRRMC 截至 2018 年 1 月 7 日，總共發布了 17 份天秤颱風防備措施及影響報告。菲律賓各級政府相關應變作為概述如下：

(一) 整備階段

- (1) 進行災前風險評估
- (2) NDRRMC 協調受影響地區之 RDRRMC 提出整備行動方案
- (3) 發布 NDRRMC 警戒狀態備忘錄給 NDRRMC 相關局處
- (4) NDRRMC 應變中心維持紅色警戒狀態，並持續監控及確保相關資訊傳達 (如：天氣報告、24 小時天氣預報、洪水報告、劇烈天氣公告等)，透過簡訊、傳真、政府網頁等將相關資訊傳達給 LDRRMC
- (5) NDRRMC 發布居民整備行動方案給易受淹水及山崩影響地區
- (6) 傳達緊急警戒及警告訊息
- (7) 預先撤離 10,956 戶家庭 (包括 MIMAROPA、VII、IX、X、XI 及 CARAGA 等區)

(二) 應變及復原階段

- (1) 菲律賓社會福利發展部 (DSWD)、地方政府單位 (LGUs) 及 NGOs 提供約 3 千萬披索 (相當於 1 千 8 百萬臺幣) 的援助給受影響家庭 (包括：MIMAROPA、IX、X、XI 及 CARAGA 等區)
- (2) 社會福利發展部 (DSWD) 提供救濟物品給受影響家庭
- (3) 社會福利發展部 (DSWD) 區域辦公室提供 3,200 戶家庭包裝食品，同時 CSSDO(City Social Services and Development Office, The Philippines) 透過社區廚房提供熱食
- (4) 強制撤離 Cagayan de Oro 河沿岸地區居民

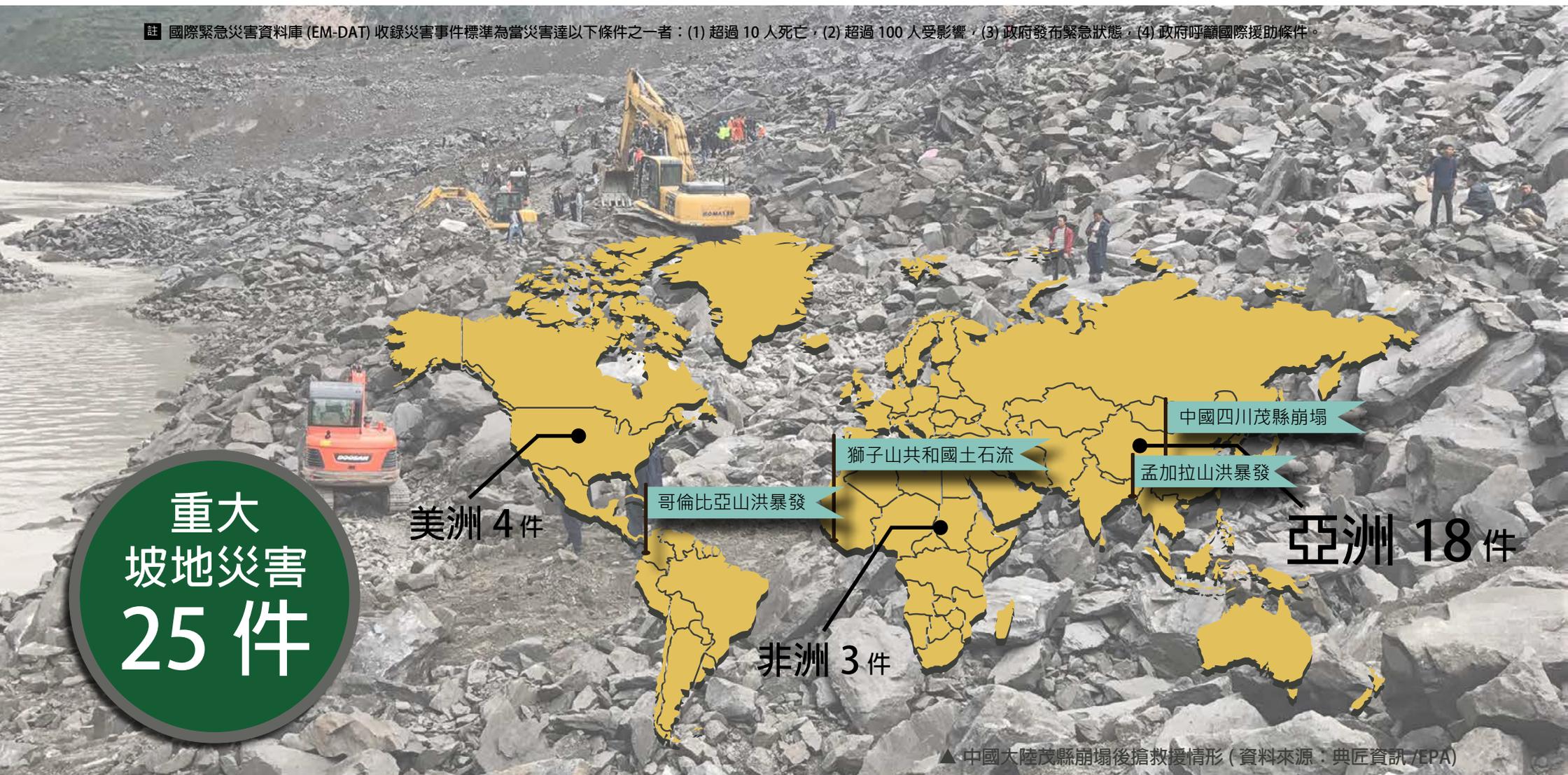
- (5) 召開緊急會議討論援助受災地區行動方案
- (6) Department of Health(DOH) 進行疾病監控
- (7) Office of Civil Defense(OCD) 協調菲律賓航空公司運送救援物資
- (8) Office of Civil Defense(OCD) 協調 Philippine Earth Data Resource and Observation Center(PEDRO) 提供衛星影像，以協助救援
- (9) Armed Forces of the Philippine(AFP) 執行機動巡邏、道路障礙排除、撤離及救援等工作
- (10) Department of Education(DEPED) 協調學校做為避難中心，截至 2017 年 12 月 29 日，共有 8 所學校做為避難中心

結語

天秤 (Tembin) 颱風之特別處，在於發生的地點是在北緯 7 度附近，颱風之生成和因地球自轉而產生的科氏力有關，一般這種產生颱風的大氣渦旋是發生在緯度 5 度以外的地方，若太靠近赤道則不利於颱風的生長，也就是說天秤 (Tembin) 颱風是在颱風不容易生成的地方形成的。從西北太平洋 1971-2010 年颱風路徑分布圖發現，侵襲民答那峨島的颱風個數約 10~15 個，而通過此次重災區 (即民答那峨島西北部) 者，則僅約 3~4 個左右，由於該區鮮少遭遇颱風侵襲，因此當地居民防災意識偏低，疏於防備，更是加劇該區的受災情形。根據新聞報導，救援人員說：儘管有事先進行疏散撤離，但有些人就是不會離開家園，原因可能是他們無處可逃，或者他們認為颱風並不嚴重。由此可知，當地居民防災意識偏低，應是造成此次災情加重的原因之一。因此，提升當地居民的防災意識，應是菲律賓政府必須積極進行的工作。

▶▶▶ 2017 年坡地災害概述

註 國際緊急災害資料庫 (EM-DAT) 收錄災害事件標準為當災害達以下條件之一者：(1) 超過 10 人死亡，(2) 超過 100 人受影響，(3) 政府發布緊急狀態，(4) 政府呼籲國際援助條件。



2017 年前十大坡地災害事件 - 依死亡人數排序，紅框為後續有詳盡的災害探討分析事件 (資料來源：EM-DAT)

排序	時間	國家	地區	死亡人數	受影響人數	經濟損失 (千美元)
1	08/12-08/13	獅子山共和國 /Sierra Leone	Freetown	915	8,100	NAN
2	03/31-04/01	哥倫比亞 /Colombia	*Putumayo	*314	45,262	NAN
3	08/16	剛果共和國 /Congo	Tora	200	250	NAN
4	06/12-06/14	孟加拉 /Bangladesh	Chittagong, Rangamati, Bandarban, etc.	160	80,187	NAN
5	06/23	中國大陸 /China	Xinmo(Mao County, Ngawa Prefecture, Sichuan)	83	400	NAN
6	02/05	阿富汗 /Afg hanistan	Dawaz Bala	73	NAN	NAN
7	02/05	阿富汗 /Afg hanistan	Afsay Village-Barg-e-Matal district, Nuristan	50	363	NAN
8	08/13	印度 /India	Mandi district	46	100	NAN
9	08/28	中國大陸 /China	Bijie	35	758	2,300
10	04/01	印尼 /Indonesia	Ponorogo	29	17	NAN

2017 年全球重大坡地災害事件在國際緊急災害資料庫 (EM-DAT) 的統計為 25 處，其中又以亞洲 18 件所占最高，其次為美洲 4 件及非洲 3 件。全球各地因受到重大坡地災害衝擊並已有官方證實的總死亡人數達 2,080 人、總受影響人數達 197,597 以上。其中，依據死亡人數排序前十大坡地災害事件，分別是：(1) 獅子山共和國 915 人，(2) 哥倫比亞 314 人，(3) 剛果共和國 200 人，(4) 孟加拉 160 人，(5) 中國大陸 (茂縣) 83 人，(6) 阿富汗 (Dawaz) 73 人，(7) 阿富汗 (Afsay Village) 50 人，(8) 印度 46 人，(9) 中國大陸 (Bijie) 35 人及 (10) 印尼 29 人。而受影響人數排序的前三名則是孟加拉 80,187 人、哥倫比亞 45,262 人及中國大陸茂縣 400 人。本報告摘錄獅子山共和國、哥倫比亞、孟加拉及中國大陸茂縣崩塌做為年度的事件探討分析。

註 * 哥倫比亞之災情地點與死亡人數乃引述自 OC ha(United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs) 報告統計



▲ 中國大陸茂縣崩塌後搶救災情形 (資料來源：典匠資訊 /EPA)



連續三天的強降雨影響，2017年8月14日獅子山共和國西區 (Western Area) 發生崩塌與淹水災害，造成 1,141 人死亡與失蹤，影響將近 6,000 人，總損失估計約 3 千 2 百萬美元，房屋損失達 1 千 5 百萬美元。其中，緊鄰雷鎮 (Regent) 的舒格洛夫山 (Mount Sugar Loaf) 發生大規模崩塌，崩塌後土石形成土石流沿著 Babadorie Valley 流下，同時亦加劇中下游的洪水災害，影響範圍廣闊。

獅子山共和國坡地災害

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 152 期 2018 年 3 月出刊

▲ 獅子山共和國自由城 (Freetown) 的雷鎮 (Regent) 崩塌源頭情形 (資料來源：典匠資訊 /EPA)

氣象概述

獅子山共和國為熱帶氣候，雨季為 5 到 11 月，西部海岸的年平均雨量可達 3,000 至 5,000 mm，為非洲雨量最多的國家，首都自由城年平均雨量約 3,000 mm，以 7~9 月雨量最多，8 月平均雨量可達 791.1 mm。

2017 年 8 月 14 日於自由城 Wilberforce 測站測得日雨量達 81.2 mm(在 12 小時內降下)，最高時雨量為 16.3 mm。自 7 月 20 日至 8 月 14 日期間 Wilberforce 測站累積雨量達 418.8 mm，在事件發生前幾日也曾有較大降雨，分別是 7 月 24 日的日累積雨量 84.9 mm 及 8 月 10 日的日累積雨量 76.5mm。而 2017 年 8 月份累積雨量為 520.2mm，尚在歷史氣候值範圍內。

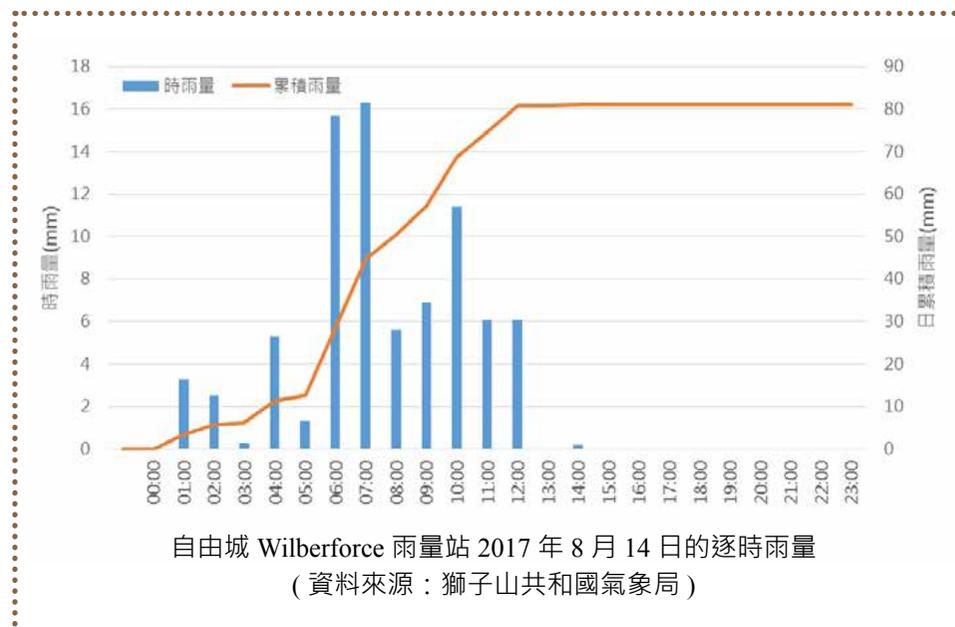
災害衝擊

(一) 災害紀錄

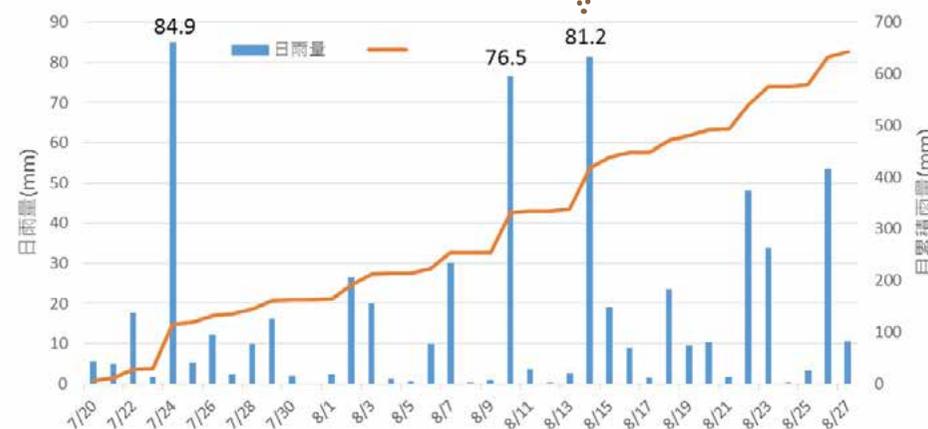
暴雨帶來的災情在獅子山共和國並不罕見，在 2015 年的雨季，自由城也因為突如其來的淹水造成 10 人死亡，上千人流離失所。本次事件發生在 2017 年 8 月 14 日，獅子山共和國西部地區雷鎮發生大規模山體滑坡，大量土砂滑入 Babadorie Valley，加劇了原本河流兩岸已發生的淹水災害，總共 1,141 人死亡與失蹤，6,000 人受到影響。根據國際緊急災害資料庫 (EM-DAT) 資料統計，本事件為 2017 年世界天然災害死傷人數最多事件。

根據目擊者描述，雷鎮崩塌共發生兩次：首先發生在 14 日上午 6 時 50 分，下邊坡發生崩塌滑落山谷，伴隨的低頻「隆隆」聲，類似飛機飛過噪音；10 分鐘後發生第二次滑動，發生處為上邊坡失去穩定的岩體，山坡上的巨大岩石與樹木飛落，並有火花閃光發生。兩階段滑動當中，因上邊坡岩體滑動，其最大滑動岩塊尺寸高達 40m³，巨大動能使其下方社區皆被摧毀。

然而，在雷鎮崩塌發生之前，連續高強度降雨已經透過山區地表逕流，匯集成洪水流入雷鎮，造成低窪地區淹水，例如 Kamayama/Malama 地區，淹水深度達 5



自由城 Wilberforce 雨量站 2017 年 8 月 14 日的逐時雨量
(資料來源：獅子山共和國氣象局)

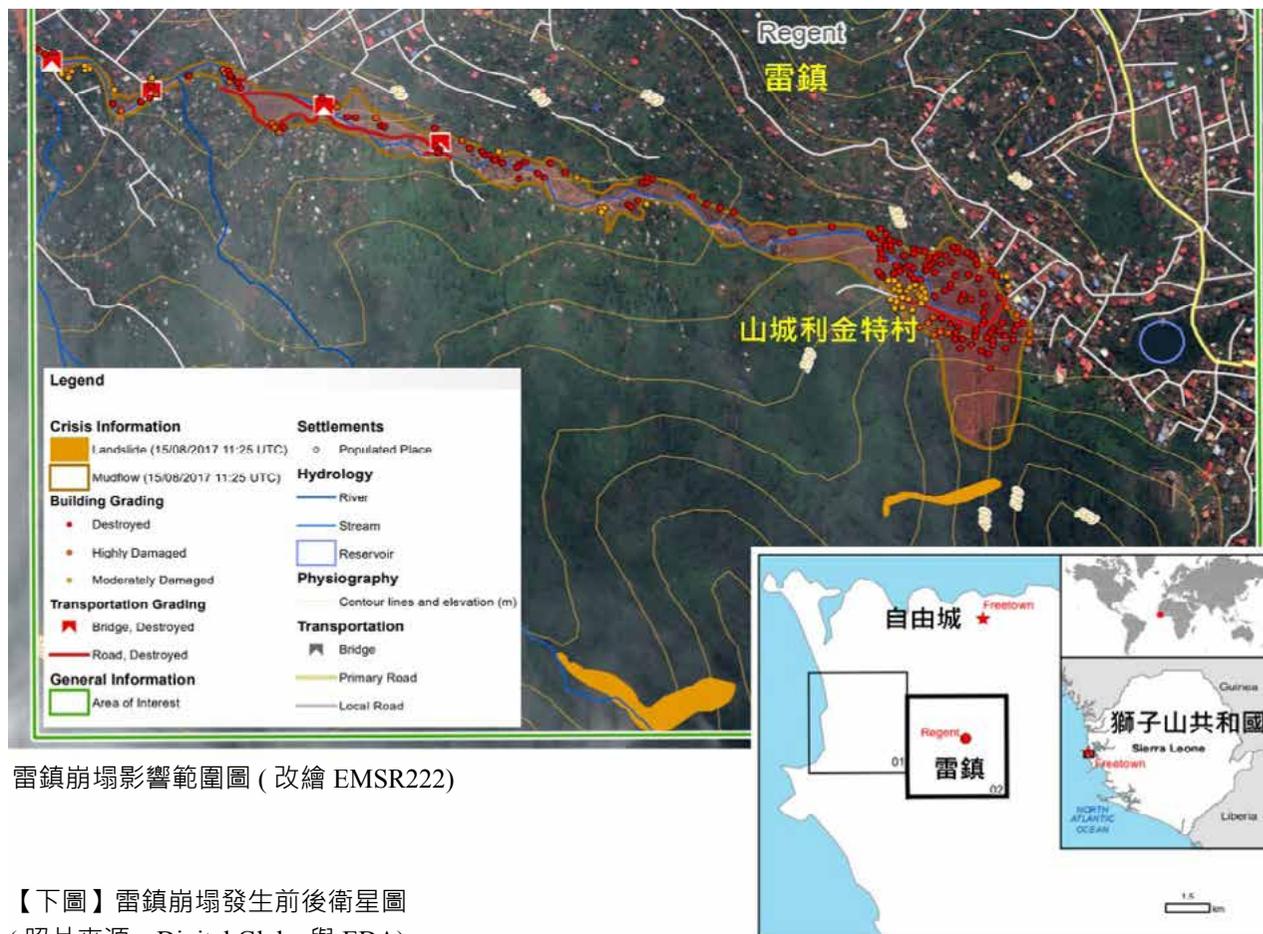


自由城 Wilberforce 雨量站 2017 年 7 月 20 日至 8 月 30 日期間的逐日雨量
(資料來源：獅子山共和國氣象局)

至 6m，部分民眾在崩塌之前已疏散，但部分民眾未能即時避難者，已遭受洪水淹沒，並隨著洪水沿著 Babadorie Valley 流至 Lumley 海邊，約早上七點即在海邊發現屍體，推估應為崩塌發生前之淹水災害受難人員。

(二) 國際協助

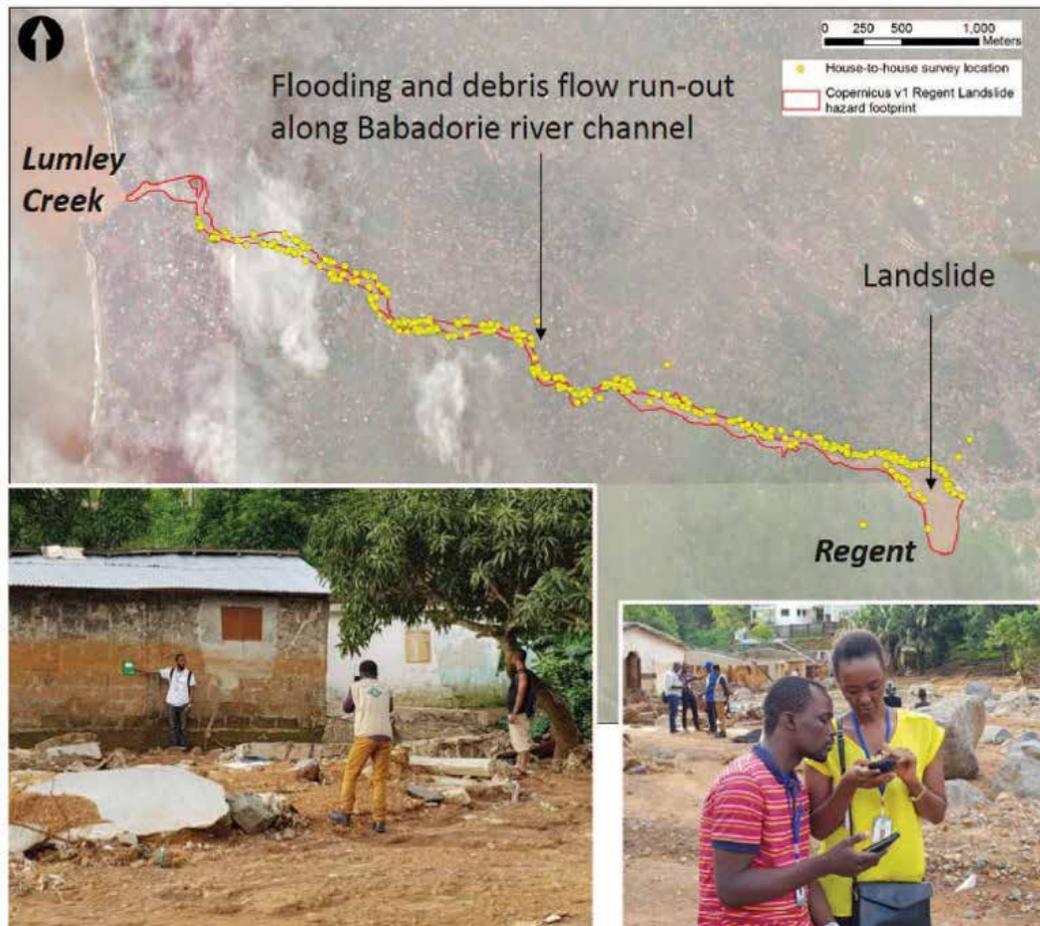
雷鎮山體滑坡後，許多國際機構製作災前和災後地圖及衛星影像，其中全球環境與安全監測計劃 (Global Monitoring for Environment and Security, GMES) 與數位全球 (DigitalGlobe) 提供雷鎮災害前、後影像，協助災害規模判定、搶救、復原及重建規劃。另外，8 月 14 日災害發生後，獅子山共和國政府請求世界銀行 (World Bank) 支持與聯合國 (UN) 合作，進行一次全面的快速破壞和損失評估 (DaLA)。經 8 月 24 日至 9 月 8 日災害損失以及復原所需資金等一系列評估，涉及十個部門，四個交叉領域，提出短、中期和長期需求之初步建議。同時，聯合國機構和其他發展夥伴將支持制定涵蓋關鍵體制、政策、融資和實施行動的計劃，其詳細報告可參考世界銀行 (World Bank) 與世界減災與復原基金 (GFDRR) 評估報告 (World Bank 與 GFDRR, 2017)。



雷鎮崩塌影響範圍圖 (改繪 EMSR222)

【下圖】雷鎮崩塌發生前後衛星圖
(照片來源：Digital Globe 與 EDA)

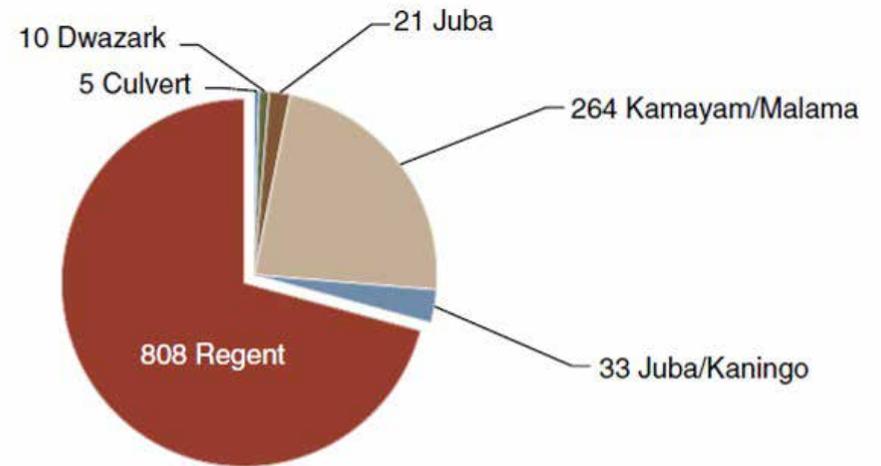




INTEGEMS 利用 GPS 與 GIS 整合家戶受災分布調查結果
(資料來源：INTEGEMS 與 Arup)

(三) 災害損失評估

根據獅子山共和國傷亡統計，確認死亡與失蹤達 1,141 人，各城市以雷鎮死亡與失蹤達 808 人最多，其次為中下游 Kamayam/Malama 城市有 264 人。根據當地國家安全局 (Office of National Security) 提供的街道與建築物圖資，以及聯合國開發計畫署 (United Nations Development Programme, UNDP) 下地理資訊與環境管理服務單位 (Integrated Geo-



獅子山共和國各城市死亡與失蹤人數統計圖
(資料來源：獅子山共和國國家安全局)

災害衝擊損失表 (資料來源：世界銀行)

項目	損壞 (百萬美元)	損失 (百萬美元)	總損失金額 (百萬美元)
房地產	14.14	1.25	15.39
運輸與排水系統	0.98	-	0.98
電力與電信	0.17	0.10	0.27
水與公共衛生	0.76	0.88	1.64
衛生系統	0.02	4.67	4.69
教育機構	0.52	0.70	1.22
社會庇護所	-	4.85	4.85
工商業	0.17	0.65	0.82
環境衝擊	0.01	-	0.01
災難風險管理	-	1.78	1.78
總計	16.77	14.88	31.65

information and Environmental Management Services, INTEGEMS) 利用 GPS 和 GIS 進行現地資料紀錄，並整合不同來源之資料，調查結果之整體損失高達 3,365 萬美元，以建築物損失 1,539 萬美元為最高。

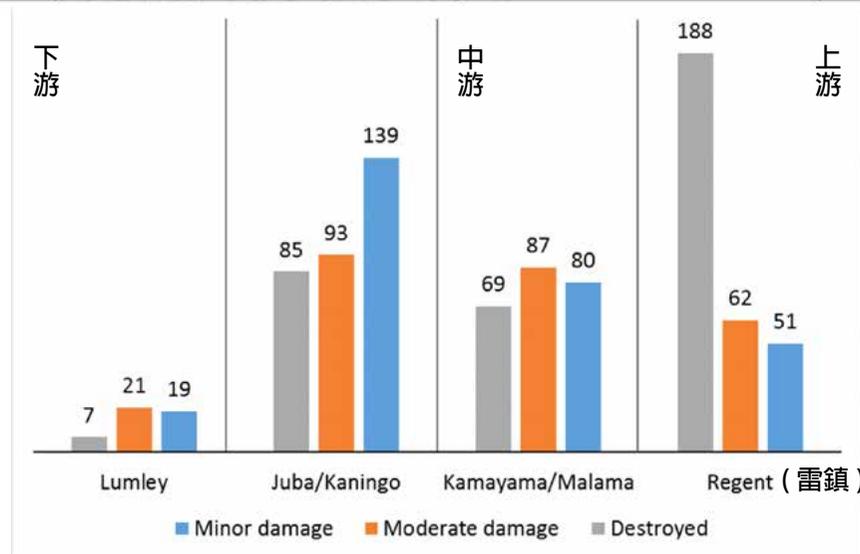
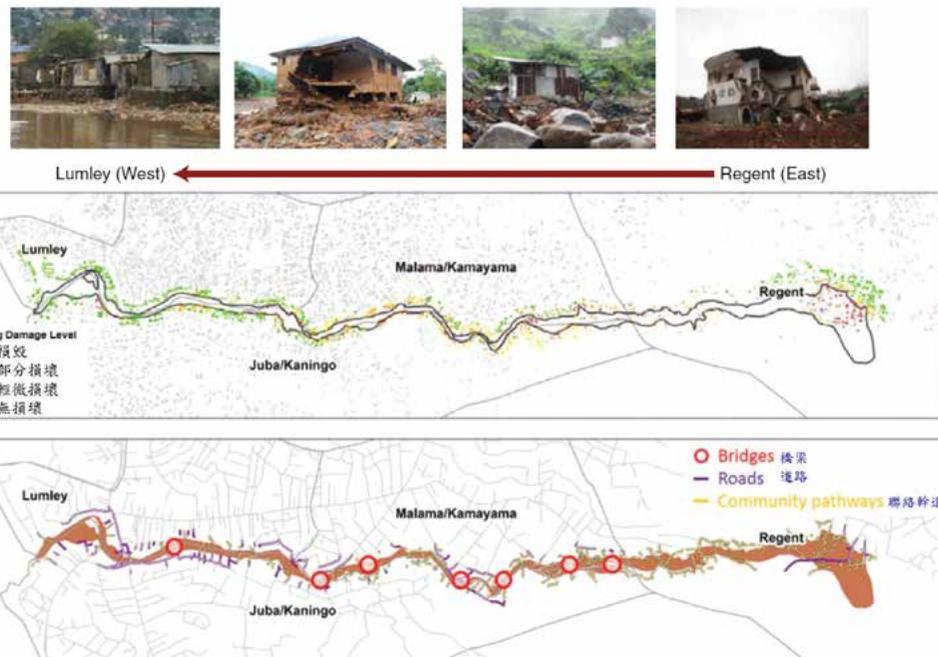
建築物受損差異分析

根據災害前後期之衛星影像比對結果，Babadorie Valley 河道拓寬約 100m，連結兩岸之交通道路與橋樑受到嚴重或中度的損壞。自舒格洛夫山崩塌土石，直接撞擊與掩埋坡趾下方雷鎮建築物，土石流衝撞與掩埋建築物；中下游含砂水流淹沒河流兩岸房舍，以及下游至出海口受淹水房舍，建築物破壞型態則有不同，從 Babadorie Valley 上、中、下游房子破壞衝擊型態與數量現地調查可發現，上游雷鎮建築物全面損壞為最多，下游 Lumley 建築物在洪水過後，建築物仍可使用，其損壞最低。

另一項調查結果值得注意，Kamayam/Malama 建築物損壞相較於下游 Juba/Kaning 損壞棟數較少，但損失金額高於 Juba/Kanin，其原因在於 Kamayam/Malama 建築物屬性與家庭資產相較於 Juba/Kaning 比例較高。

衛星影像輔助家戶損失調查

在世界銀行的「評估報告」中提到獅子山共和國西區損失評估流程，首先利用衛星影像進行快速建築物類型判釋，提供現場調查者逐戶確認建築物類型與經濟使用（例如：住宅、商業與混合用途建築物），其他損壞無法判定建築物型態者，則利用區域特性推估建築物用途，其損失評估結果與實際損失相近。然而，其他地區的損失評估並不如西區詳細，例如：東區 Dwazark and Culvert 城市，未能實地調查與逐戶確認，但仍可以衛星影像評估影響之建築物進行家戶損失評估，作為重建經費參考。

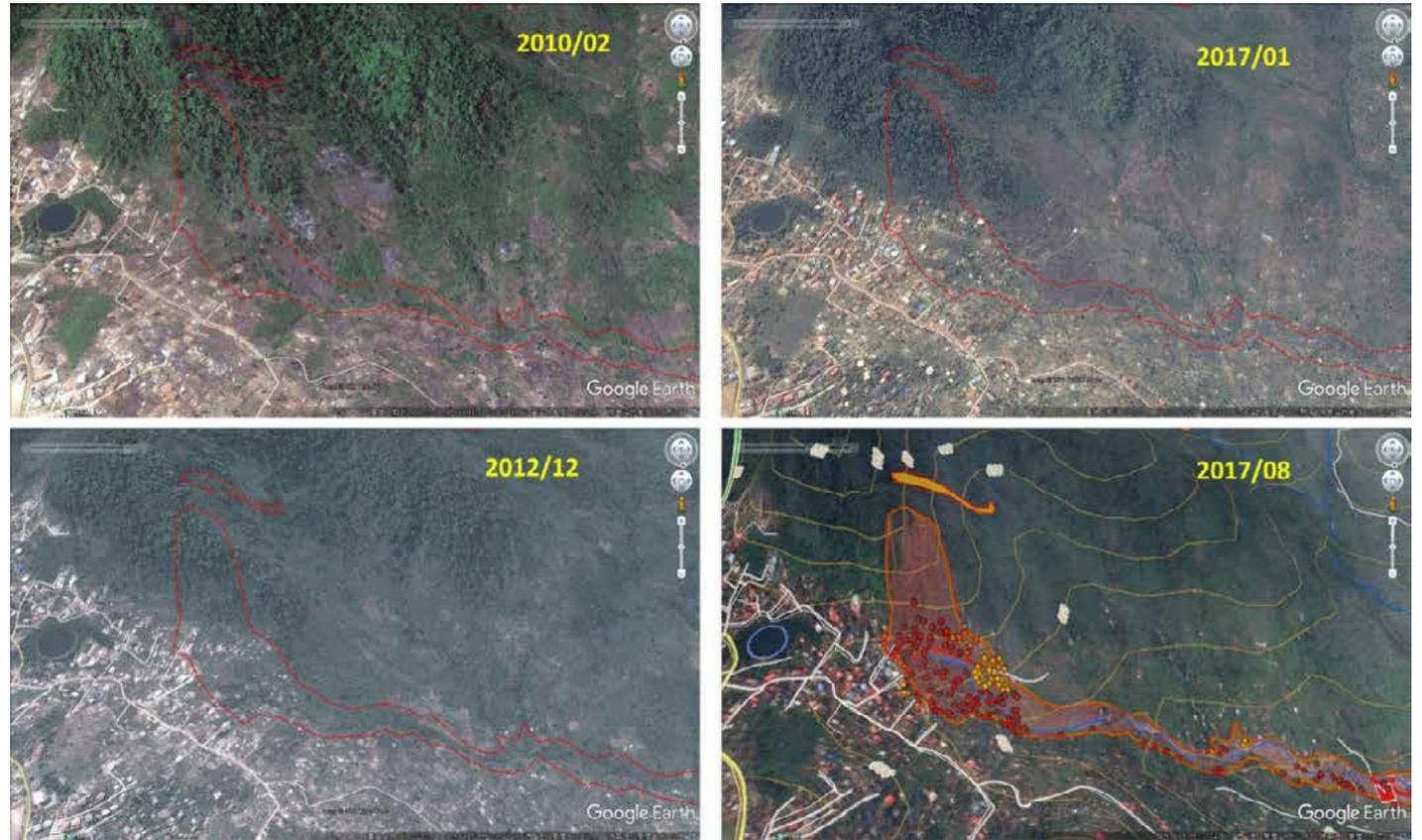


Babadorie Valley 上游山區至下游平地出海口之建築物與交通設施損壞型態 (資料來源：改繪 Wold Bank、Arup、INTEGEMS、UNOPS、SLRA 調查資料)

雷鎮崩塌災因分析

獅子山共和國的自然災害，主要是經常發生的洪水，乾旱和山體滑坡。十五年來，共發生四次大洪水，影響了二十二萬人，造成了嚴重的經濟損失 (World Bank 與 GFDRR, 2017)。此次雷鎮發生大規模崩塌，根據氣象資料分析結果，西區之降雨量相較於過去同一時段的降水量多，土壤含水量高使得邊坡剪力阻抗下降，造成邊坡滑動。根據現場崩塌照片顯示，崩塌材料以高風化土壤為主，滑動面在於基岩上方。

另外，芝加哥評論與國家地理頻道針對雷鎮崩塌事件指出，獅子山共和國在山坡地區建設大型住宅，且不受限制的森林砍伐，削弱了附近山坡的穩定性，造成了嚴重的土壤侵蝕。根據全球森林監察 (Global Forest Watch) 指出獅子山共和國過去 10 年損失約 80 萬 ha 的森林覆蓋，以 2015 年面積最大；同時，獅子山共和國於 1991 年至 2002 年間發生的內戰亦是森林砍伐的一個原因。利用 Google Earth 多時序衛星圖資顯示，在 2012 年 12 月舒格洛夫山坡趾已開始有建築物，災害發生前 2017 年 1 月坡趾處房屋密度增加，直接受邊坡滑動衝擊。



雷鎮崩塌前後多時序衛星圖 (影像來源：Google Earth 與 EMSR222，2017)

結語

面對巨大損失之天然災害初期，許多國家快速提供衛星影像資訊與初步判釋結果，例如：全球環境與安全監測計劃 (GMES) 與數位全球 (DigitalGlobe)，提供各種人道救援組織與重建基金機構協助受災國家快速恢復正常生活。以獅子山共和國事件來看，世界銀行與其他聯合國相關機構於 8 月 24 日至 9 月 8 日，短短 16 天內，有效利用衛星影像進行建築物類型評估與實地家戶訪查，完成全面災害損失評估與未來重建短、中及長期規劃，實為防災技術輸出的管道之一。

哥倫比亞山洪暴發

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 144 期 2017 年 7 月出刊

莫科阿 (Mocoa) 於 3 月 31 日至 4 月 1 日一場暴雨引致主要河川山洪暴發，大量土石伴隨洪水於 1 日清晨衝進莫科阿市區，截至 4 月 3 日為止，造成 314 人死亡、332 人輕重傷、106 人失蹤，有 3,417 人疏散至臨時避難所，莫科阿的 37 個社區中有 36 個受到影響，其中又以莫科阿南部地區最為嚴重。

▲ 哥倫比亞莫科阿 (Mocoa) 房屋遭土石掩沒情形 (資料來源：典匠資訊 /EPA)

氣象概述

2017年3月31日，來自大西洋的暖空氣夾帶旺盛水氣由東南方越過亞馬遜抵達安地斯山脈附近，受地形舉升效應影響，旺盛對流於迎風面逐漸發展，形成中尺度胞狀對流 (Mesoscale Convective Complex, MCC)。此中尺度對流系統強度相當於強烈雷雨胞的等級。該對流系統於莫科阿地區降下超過 130 mm/day 的雨量，相當於當地平均月雨量的三分之一，其中有大約 100mm 的雨量是在短短三小時內所降下。加上該對流系統的移速緩慢，使得此次災情影響加劇。

從日累積雨量分布來看，31日的最大累積雨量位於普圖馬約省 (Putumayo) 的莫科阿地區，日累積雨量超過 80mm 以上，其他地區則測得 20mm 至 40mm 左右的雨量。

災因分析

根據哥倫比亞水文、氣象與環境研究所 (Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies of Colombia, IDEAM) 的 Omar Franco 指出，此次災害除了極端天氣為主要誘因外，過去幾年來，由於森林過度濫砍和河川附近房屋的大量建設，都是加劇此次土石流、洪水事件衝擊影響的潛在因素之一。

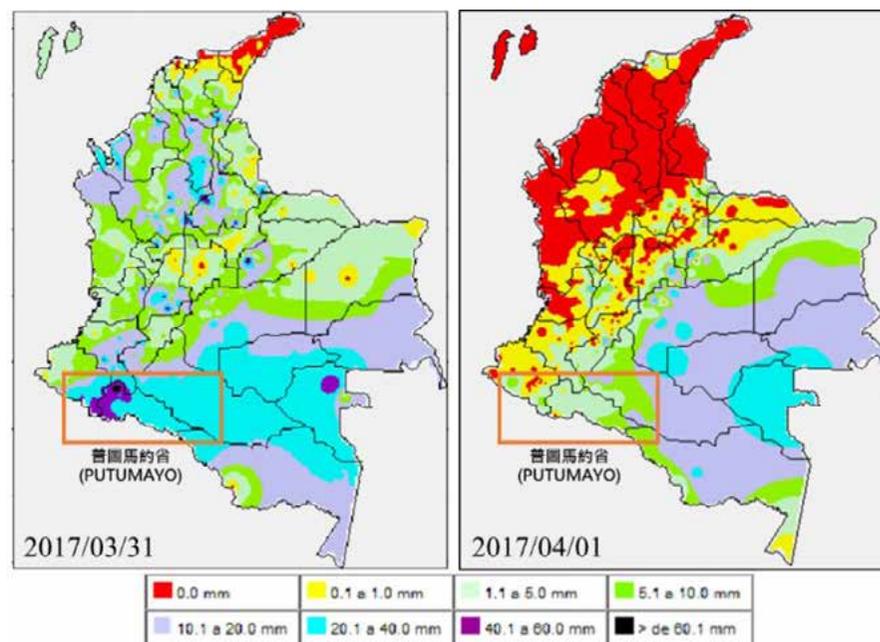
(一) 極端氣候

哥倫比亞每年大約有兩次雨季，分別在 3 至 6 月及 9 至 11 月，但每年雨季常造成山洪暴發，又以此次最為嚴重、傷亡最多。

根據 IDEAM 分析結果，3 月份在莫科阿的降雨量比平常多了 50%。另外，NOAA 也根據海溫進行分析，利用 1981 年至 2010 年的平均週期海溫，與 4 月份一週平均海平面溫度進行比較，發現高於平均 3 至 4 度，此溫度可能增加了蒸發散速度，導致沿海鄰近國家降雨量增加，例如秘魯及加勒比海沿岸國家亦因水患造成傷亡。



▲ 莫科阿 (Mocoa) 災區搶救災情形 (資料來源：典匠資訊 / EPA)

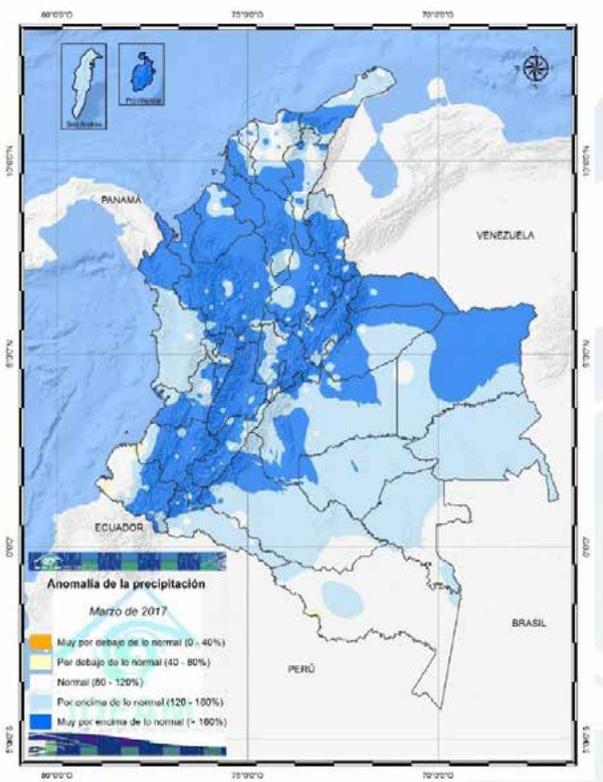


哥倫比亞日累積雨量分布，左圖為 3 月 31 日、右圖為 4 月 1 日

(資料來源：IDEAM)

(二) 森林過度濫砍

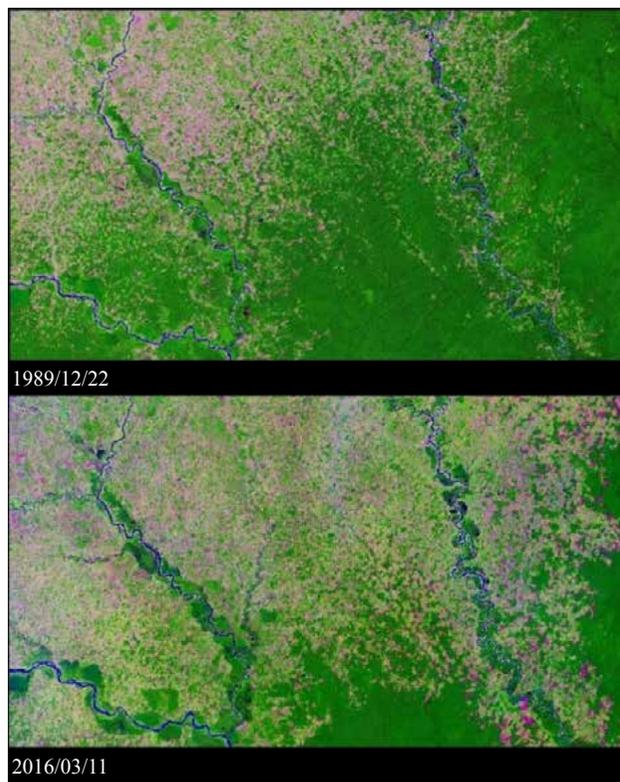
哥倫比亞水文、氣象與環境研究所 (IDEAM) 使用地面圖像判釋發現，森林覆蓋率從 1990 年的 56.8% 下降到 2012 年的 52.6%，即近 500 萬 ha。根據 IDEAM 的統計，採礦和轉為農業用途，哥倫比亞在 2014 年失去了 140,356 ha 的森林覆蓋率，而 2013 年則為 120,934 ha。此外，透過 Landsat 影像判釋，比較 1989 年的 Landsat 4 及 2011 年的 Landsat 8 的影像發現森林覆蓋也有明顯的減少。



2017 年降雨距平分布，高於平均歷史平均降雨量 (1981-2010) 為藍色，低於則為黃色 (資料來源：IDEAM)

(三) 缺乏都市規劃、城市擴張

莫科阿四周環山，又為三條溪流匯集處，其地質不穩定，且該區森林損失率最高，近年來由於畜牧、種植古柯鹼及採礦導致大量伐木，伐木之後造成管理和穩定水循環的生態系統遭到破壞，森林面積大量流失，且近年來收容了鄰近 San Miguel, Los Laureles and La Floresta 等地區因水患造成的 3500 名流離失所者，在山谷、河岸堤防區建造房舍，增加了洪災的風險。



哥倫比亞森林覆蓋率比較，深綠色代表森林覆蓋，粉紅色、黃色和淺綠色則表示植被減少 (資料來源：USGS / NASA Landsat 計劃)

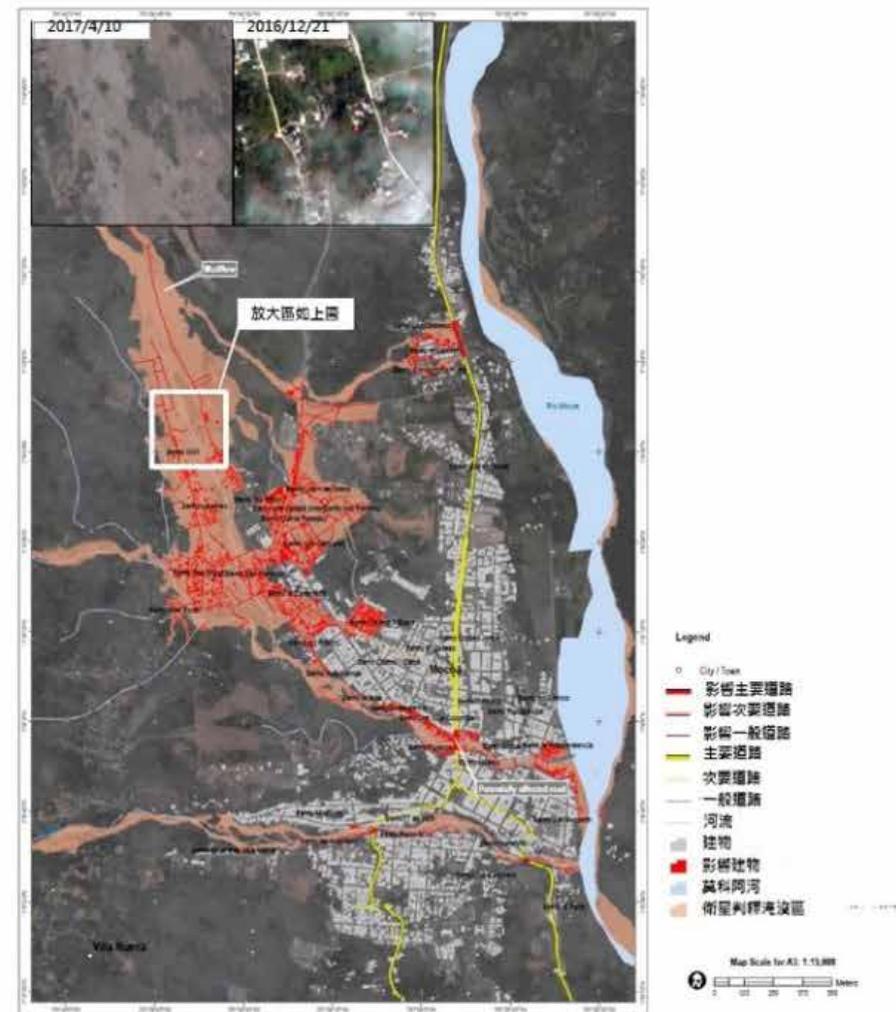
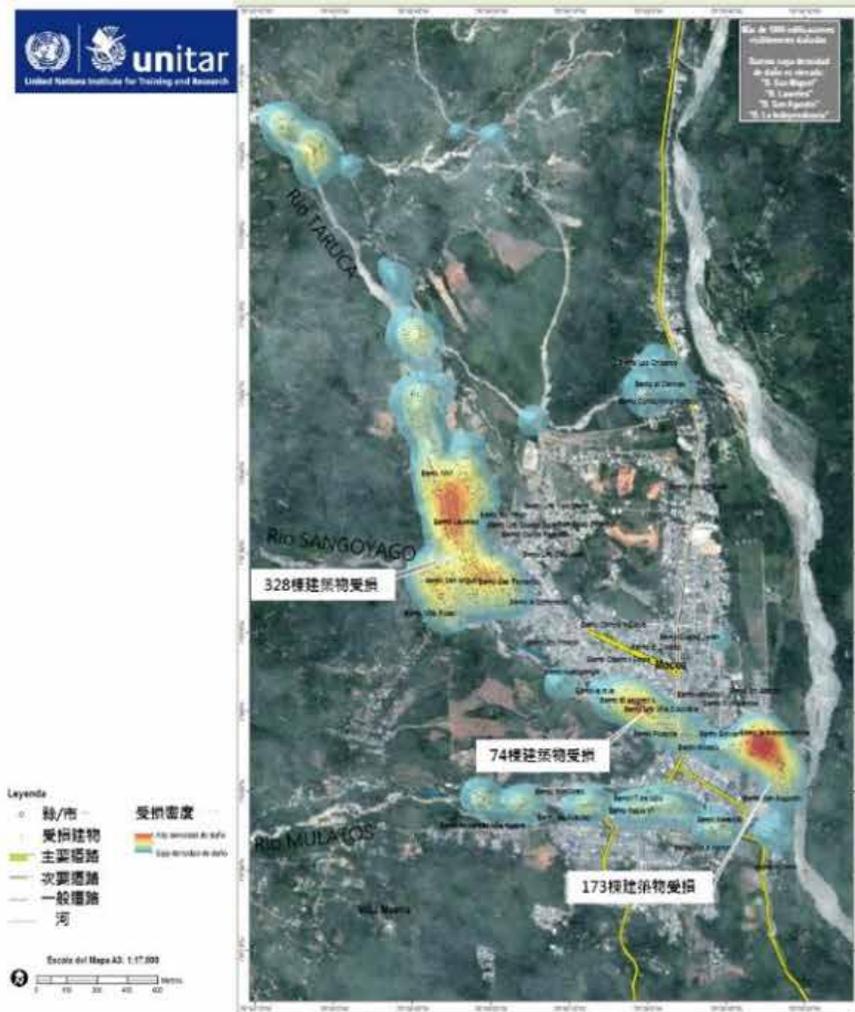
災害衝擊影響

根據聯合國訓練研究所 (United Nations Institute for Training and Research) 進行災後影像判釋分析顯示，建築物遭受泥石流破壞主要區域在 RIO TARUCA 下游，受損建物估計 328 棟。

此外，在基礎設施上，除了電力，供水，汙水處理設施受到影響外，當地約 7 座橋樑及道路也遭土石流摧毀中斷，使得救援更加困難。根據哥倫比亞發布的土石流及洪水警戒，就有多達 500 個城市位於土石流及洪水潛勢區，其中有 182 個城市屬於紅色及橘色中高度警戒區。而從莫科阿市區災情狀況，除泥流外，也能看到洪水所夾帶巨大的土石，這些地區的屋頂似乎主要由鐵製成。碎片與泥土融合，造成挖掘困難。

政府應變作為

災害發生後，哥倫比亞總統曼努埃爾·桑托斯 (Manuel Santos) 於 4 月 1 日下午宣布此次災害為「公共災難 (public calamity)」，並要求國家災害風險管理 UNGRD (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, UNGRD) 援助。UNGRD 立即在莫科阿設立了緊急行動中心，協助當地居民辦理緊急住院，清除泥土整理環境，以及提供食品、水和非食品等初步服務，為無家可歸者建立了 11 個收容所。



左圖為建築物受損分佈，右圖為影像判釋受災區域 (資料來源：UNITAR)

結語

哥倫比亞因地理位置的關係，經常遭受崩塌、洪水、火山及地震等天然災害的侵襲，導致人命傷亡、房屋損毀及民眾流離失所的問題，哥倫比亞災害風險管理部門，也積極與相關單位合作，例如世界銀行 (World

Bank) 規劃有關哥倫比亞災害風險管理計畫，以及 2015-2018 年風險管理國際合作戰略計劃 (Plan Estratégico de Cooperación Internacional en Gestión del Riesgo de Desastres) 等，希望能夠有效降低民眾生命財產之損失。

孟加拉共和國山洪暴發



▲ 孟加拉雨季期間因多處積淹水，影響市區車輛行動不便（資料來源：典匠資訊 / EPA）

環境背景

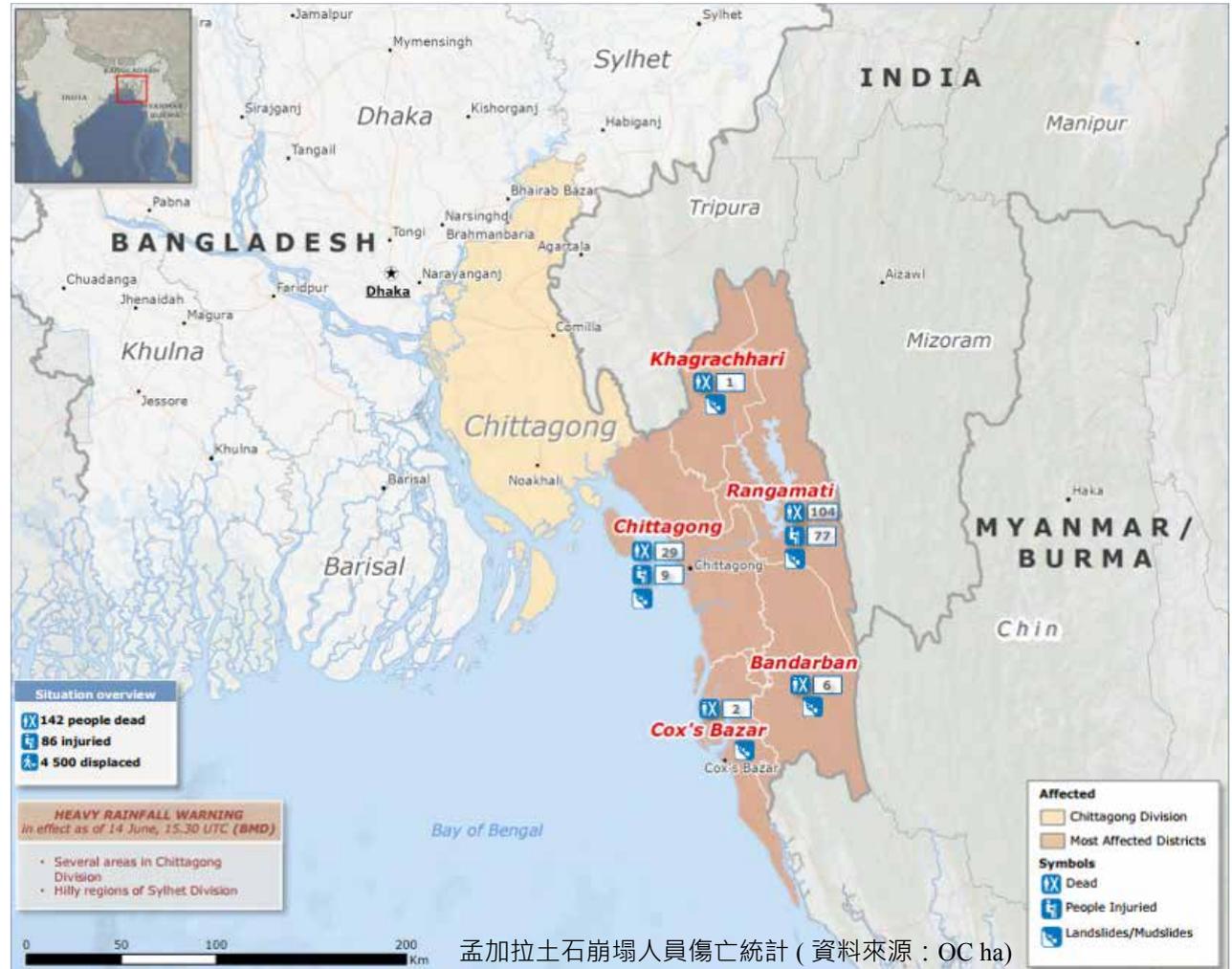
孟加拉全球人口密度最高的國家，1,110 人 /km²。鄰孟加拉灣，大部份國界與印度接壤。80% 以上的領土位於恆河和布拉馬普特拉河下游沖積而成的三角洲上，屬於肥沃、平坦的沖積平原，河道縱橫密布，河運發達，河流和湖泊約占全國面積 10%，非常適合農業和漁業，但雨季極易泛濫。國土的大部分低於海拔 12m 之平原。東南端吉大港為丘陵，平均海拔 300~600m，除了平原與丘陵外，河流、湖泊、沼澤、濕地構成孟加拉水陸兼備的地形特徵。孟加拉水流出量為世界第三高，僅次於亞馬遜河水系和剛果水系。第一大城市是首都達卡，第二大城市吉大港市同時是該國最大的港口。孟加拉氣候屬於亞熱帶季風氣候，年降雨西部約 1300~1500mm，東部約 2000mm~2500mm。1 至 4 月屬於乾季，6 至 10 月屬於雨季，雨量佔全年 80%。

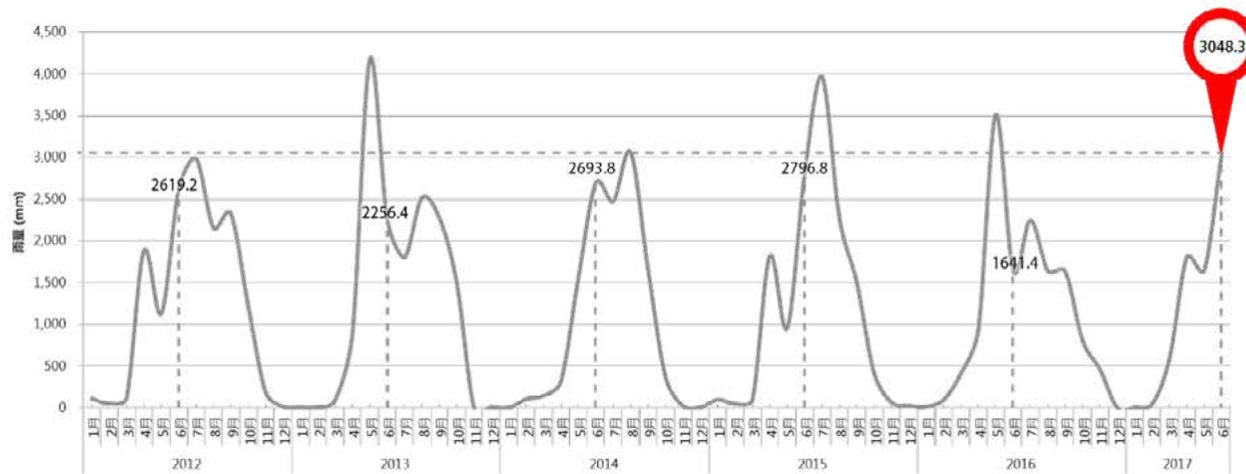
災害概述

印度季風每年造成南亞國家 (印度、尼泊爾和孟加拉) 嚴重的洪水災害。2017 年 6 月 11 至 14 日期間，孟加拉山洪暴發，根據聯合國駐孟加拉協調官 (UN Resident Coordinator for Bangladesh) 報告顯示：此次災害造成 160 人死亡 (大多為坡地崩塌災害造成死亡計有 142 人)，187 人受傷，70 萬戶房屋毀損，570 萬人受影響。由於印度季風盛行造成連續多天降雨，以及孟加拉灣生成之熱帶低壓，二個系統雙重影響，導

致孟加拉首都市區達卡 (Dhaka) 多處積、淹水，第二城市吉大港區 (Chittagong Division) 發生土石崩塌災害，災害造成五區受到影響，其影響人數約八萬人。

災害亦間接造成道路、維生管線和通訊基礎設施造成損失。國際紅十字會 IFRC 形容，2017 年孟加拉坡災為該國 40 年來最嚴重一次。



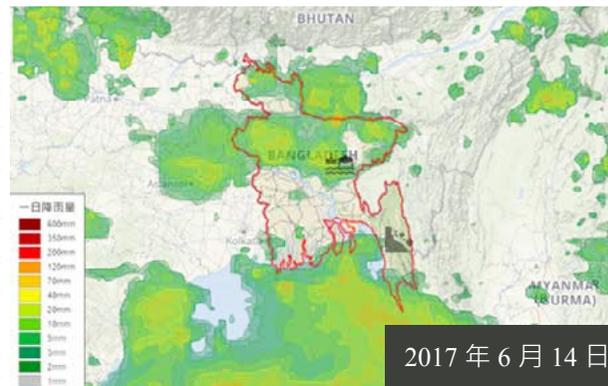
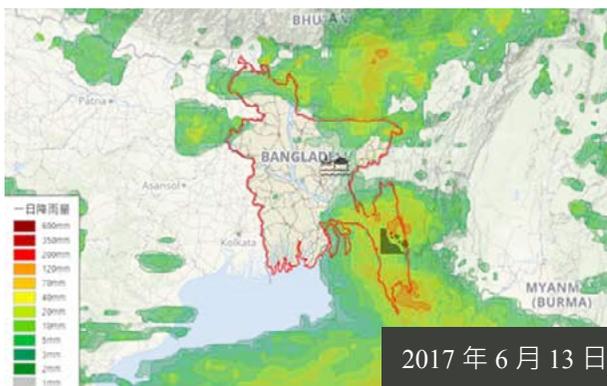
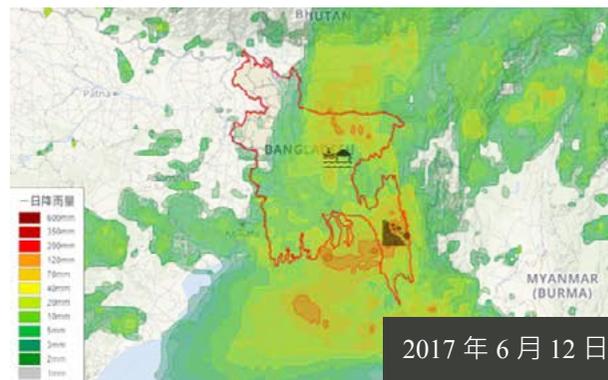
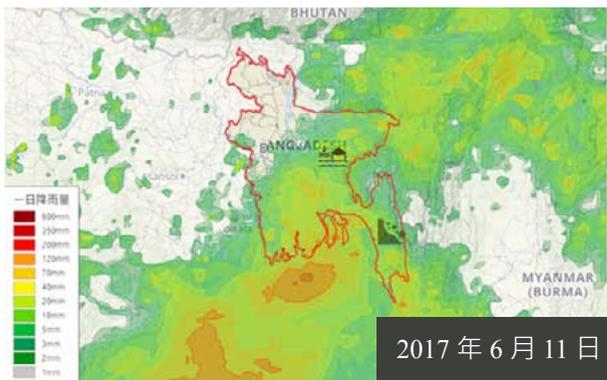


2012 年至 2017 年 6 月之月累積雨量 (資料來源：數據取自 World Weather Online，災防科技中心繪製)

災因分析

氣象水文分析

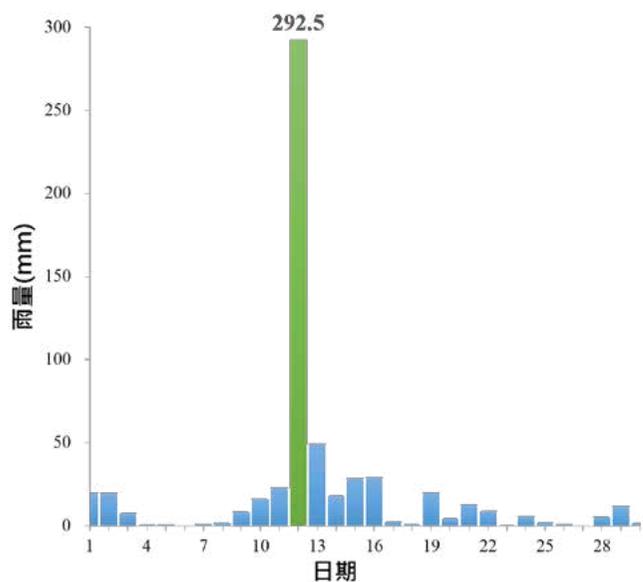
2017 年 6 月 11 日孟加拉灣北部生成低壓，移動方向先往北再往東移動，低壓接近孟加拉灣北部及靠近孟加拉時，以 15m/s 的持續風速達到峰值，影響孟加拉東部與南部地區。每年 4 至 6 月是孟加拉高溫季節，印度西南季風盛行，開始進入雨季，可以從過去統計資料看到雨季單月降雨可達 4,000mm 以上。2017 年 6 月孟加拉降雨也高達 3,048.3mm。在熱帶低壓與印度季風雙重影響下，孟加拉連續性降雨多日，由美國國家航空暨太空總署 (NASA) 所拍攝 6 月 11 日至 6 月 14 日衛星雨量分布圖可得知：首都達卡降雨集中 6 月 11 日至 12 日期間；而發生土石流地區 - 吉大港可從降雨統計圖得知 6 月 10 日至 13 日皆有降雨，14 日降雨趨緩。而 12 日 6 時開始降雨，其最大時雨量超過 70mm，超過 50mm 之降雨時間約 4-5 小時之久，6 月 12 日 24 小時累積雨量約 292.5mm，由於吉大港地理位置的關係，在西南季風迎風面，降雨雨量相較孟加拉其他地區來的多，因此雨量已讓吉大港坡地崩塌潛勢達中等，甚至高潛勢情況。



2017 年 6 月 11 日至 14 日衛星估計雨量分布圖 (資料來源：取自 NASA、災防科技中心繪製)

當地居住型態

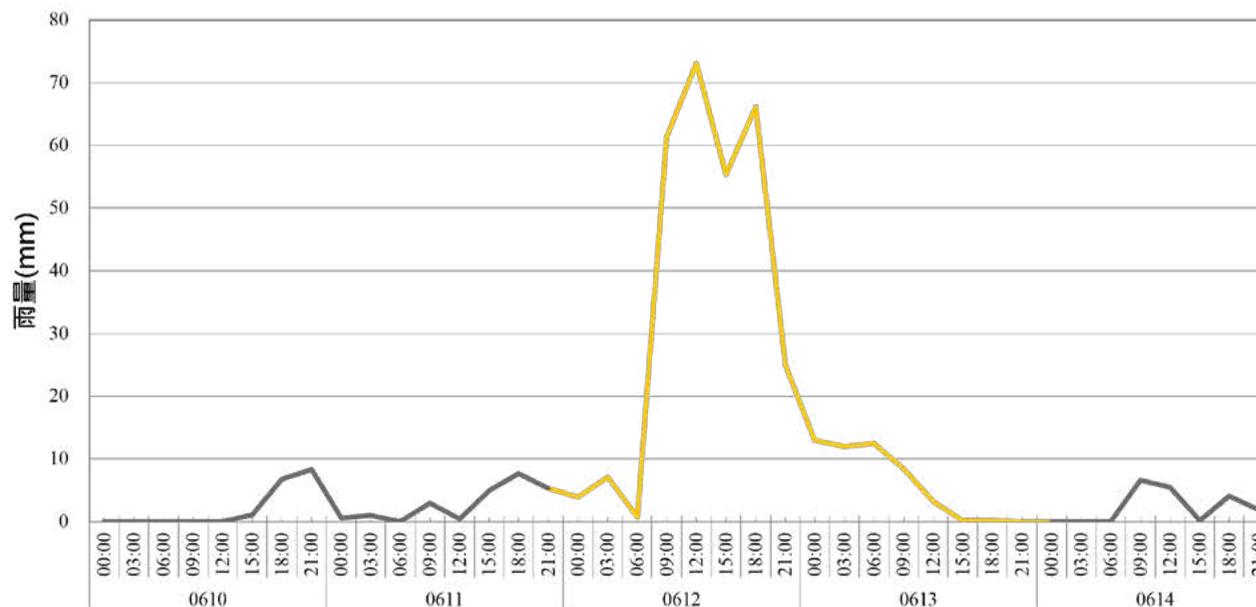
孟加拉人均所得偏低，社會階層較低的人民，居住都市邊緣地帶，鄰近山坡地地區。吉大港區政府代表說：居住在 Cox's Bazar 丘陵地帶的人民有 100 萬人，其中約 30 萬人一直都面臨土石崩塌的風險，政府在季風豪雨期間，將高風險地區之民眾安置於安全地方，但居民仍然返回原居所。土石崩塌災害自 2008 年以來，約有 300 人因此遇難，由於災害發生頻率高，所以當地政府主動教育當地民眾，以提高當地災害風險意識，避免悲劇繼續發生



吉大港測站於 2017 年 6 月份降雨組體圖 (資料來源：數據取自 World Weather Online，災防科技中心繪製)

森林用地開發過度

2009 年世界農糧組織 Food and Agricultural Organization (FAO) 報告說明：孟加拉森林覆蓋率是全世界最低，僅只 6.7% 的森林覆蓋率，由於人口不斷增加，造成土地不敷使用，當地民眾只好往山坡地開發；此外，林業缺乏管理也是造成森林砍伐過度原因之一。森林加速的砍伐不僅造成生態物種瀕臨滅絕，造成土地侵蝕，因而在暴雨發生時容易造成嚴重的土石崩塌等事件。而且低覆蓋率的森林無法涵養水份，容易形成地表逕流使中、下游地區發生洪災。



吉大港測站於 2017 年 6 月 10 至 14 日降雨歷線，黃色表示有山洪暴發災害發生 (資料來源：數據取自 World Weather Online，災防科技中心繪製)

結語

災害管理和人道主義援助卓越中心 (Center for Excellence in Disaster Management and Humanitarian Assistance) 報告說明：孟加拉易受各種災害影響，包含氣旋、風暴潮、洪水、地震及乾旱。政府機構和非政府組織已實行綜合性防災教育培訓方案，使該國具有良好的社會準備能力。孟加拉的海平面上升速率較全球高，預估到 2050 年孟加拉約有 20% 的居民被淹沒，造成近 2000 萬人流離失所。孟加拉政府已關注氣候變化帶來的災害問題。



中國四川茂縣崩塌

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 146 期 2017 年 9 月出刊

▲ 中國四川省茂縣崩塌情形 (資料來源：典匠資訊 / EPA)

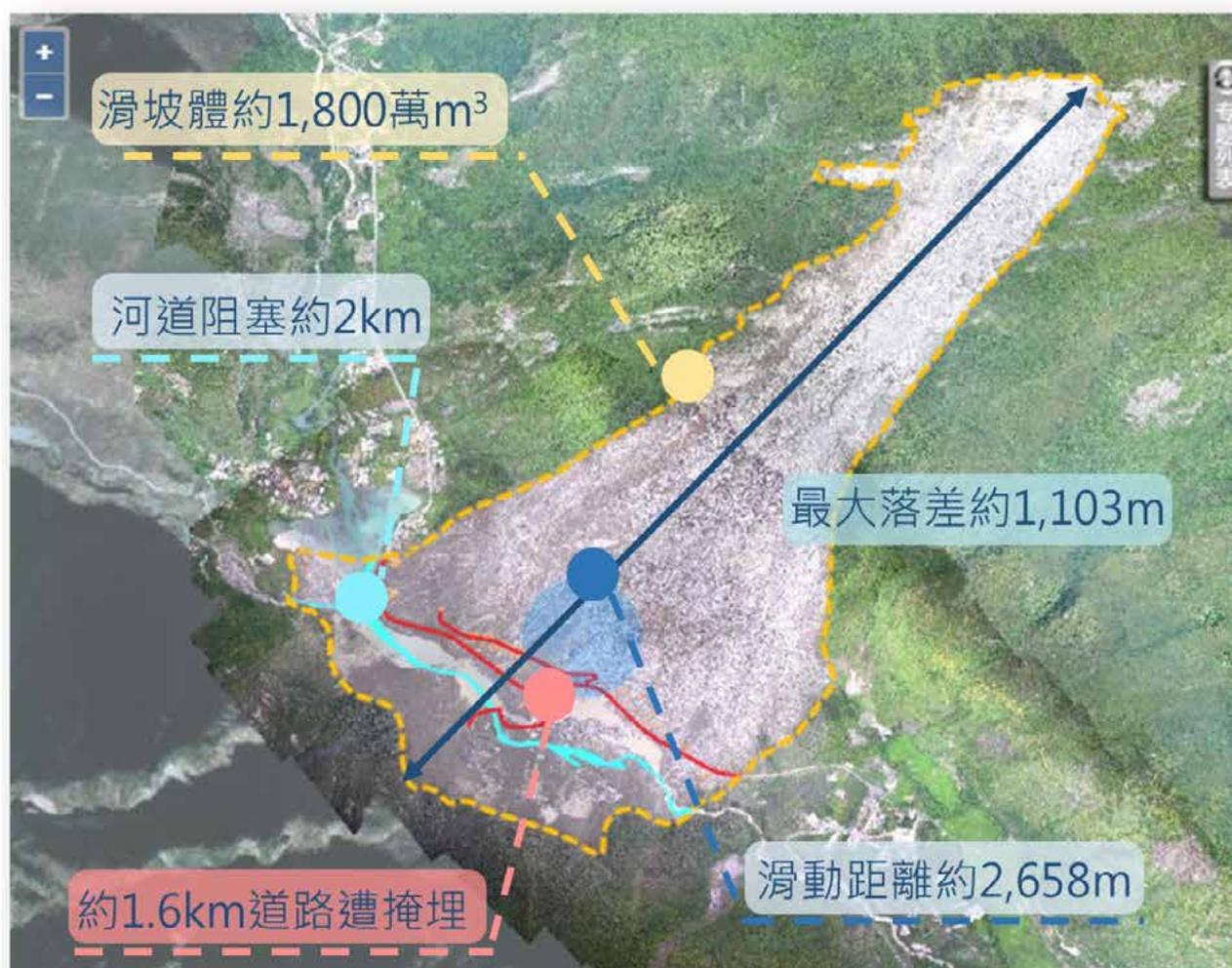
災害概述

四川省茂縣疊溪鎮新磨村東北方陡峭的富貴山上邊坡於 2017 年 6 月 24 日上午突然發生崩塌，初估崩塌持續時間約 100 秒，約有 1,800 萬 m^3 的崩塌塊體，快速下滑至高程落差約 1,100m 的新磨村，造成下方村落 62 戶被掩埋，並形成一小堰塞湖，根據四川省民政廳之報告統計至 6 月 28 日，此崩塌共造成 10 人死亡，73 人失蹤，緊急轉移安置 405 人。

地理環境

茂縣位於中國大陸四川省阿壩藏族羌族自治州境內，縣域面積 4,064 平方公里，人口稀少 (2016 年統計約 11 萬人)。茂縣地處岷江上游，為青藏高原向成都平原過渡地帶，西部以高山峽谷為主，海拔約在 4,000m 左右，地勢由西北向東南傾斜，東部的谷地與城鎮海拔約落在 1,000m。氣候受到西風環境和印度洋西南季風的影響，屬於高原性季風氣候，因海拔高低差異大，垂直氣候和地區氣候明顯不同。總體來說，此區日照充足、四季分明、晝夜溫差大，年降水量僅 486.3mm，降水少，因而氣候乾燥。茂縣境內有大小河流 170 多條，自北向南縱橫全境的岷江河和黑水河，大小湖泊共有 25 個，其中有 10 多個堰塞湖，蓄水量約 1.4 億立方米。

此次山崩災害發生在茂縣疊溪鎮新磨村，疊溪鎮位於茂縣城北的 213 國道蘭磨段旁，面積約 293.3 平方公里，在 1933 年疊溪大地震中被毀，全鎮被山體



災後空照圖與崩塌幾何資訊

(災防科技中心繪製，底圖來源：6月24日茂縣山體垮塌地理信息發布平臺)

滑坡及岷江河水倒灌而形成的堰塞湖疊溪海子淹沒，爾後經過多次遷徙重建，於 1990 年代鎮址遷至現址。

新磨村則位於疊溪鎮西北直線距離 4 公里的 104 鄉道處，南臨和尚寨溝，北臨松平鄉松坪溝風景區。

災害特性探討

四川省西部的阿壩地區有很多古滑坡存在，是崩塌的高潛勢區，且此區的地震發生頻繁，龍門山地震斷裂帶沿四川盆地西北緣底部切過，平均每十年就會發生一次六、七級的地震，此次崩塌附近的疊溪鎮松坪溝就是 1933 年疊溪地震中斷層通過的地方，2008 年的汶川地震也曾在此地區誘發多處崩塌災害。雖然並不能評斷這些歷史地震對於此次崩塌的直接關聯性，但大地震所產生的震動與搖晃，易致使山區邊坡的穩定性下降。根據 2003 年的航照圖中，可以看到多處邊坡裸露，崩崖延伸至山脊線，這是地震所引發之崩塌的常見特徵 (Meunier et al., 2008)，亦可見許多不穩定之鬆散土石存在於陡峭的邊坡上，推測此次的崩塌是發生於舊崩塌地上。

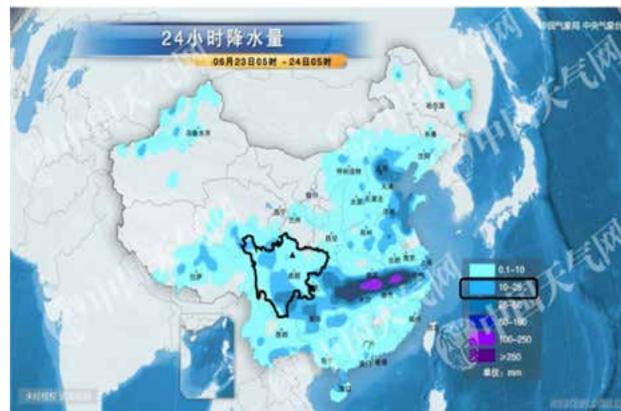


2003 年新磨村之衛星影像
(災防科技中心繪製，底圖來源：Google earth)

四川省防汛辦表示當地的松坪溝站 21-23 日累積降雨約 9.4mm，23 日降雨僅 9mm，近十日的累積降雨也不大。中國地質災害專家們認為受到地震等內營力擾動後，再經過長期的雨水滲透、多次降雨的累積影響，反覆破壞岩層原有之結構與強度，降低岩層間的摩擦阻力，當達到臨界點後，就有機會造成崩塌、土石流等災害。

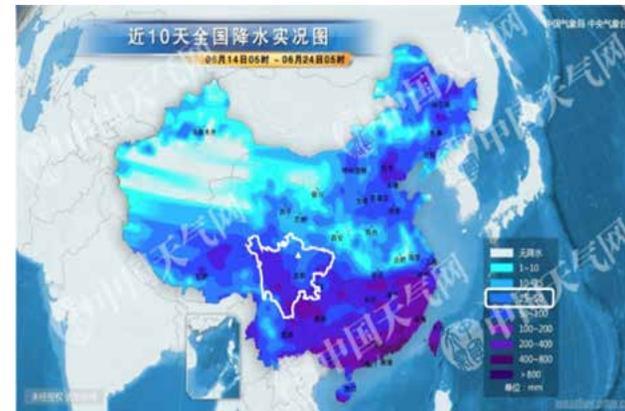
政府應變作為

根據《四川省自然災害救助應急預案》，10 時 30 分，省減災委、民政廳啟動自然災害 I 級應急響應；省減災委發出《全力做好汛期防災減災救災工作的緊急通知》。先期趕赴災區由省民政廳派出的技術工作隊，利用動中通、靜中通、方艙式指揮車和攜帶的衛星電話、短波電臺、無人機，完成信息採集工作，將



災區第一手資料傳回到省減災委指揮中心、省民政廳和民政部國家減災中心。成都並開通緊急救援綠色通道，從三環路羊犀立交開始，成都交警正在用錐形桶隔離出一條綠色通道，直通都汶高速，獲准進入的救援車輛可快速通行 (四川省民政廳、四川省交通運輸廳)。

四川省國土資源廳也於 24 日上午緊急啟動 I 級特大型地質災害險情和災情應急響應，集結 1,000 餘名救援和醫護人員，以及 153 輛機具車輛，趕赴現場展開搶救工作。並且，緊急召開全省地質災害防治工作視頻調度會，要求各級國土資源部門以此次崩塌事件為警惕，針對各轄區內的地質災害隱患點進行全面盤查，加強監測預警。武警部隊亦展開堰塞河道兩側的清理工作，26 日河道已疏濬約 200m，使堰塞湖的水位較 25 日下降 1.1m。



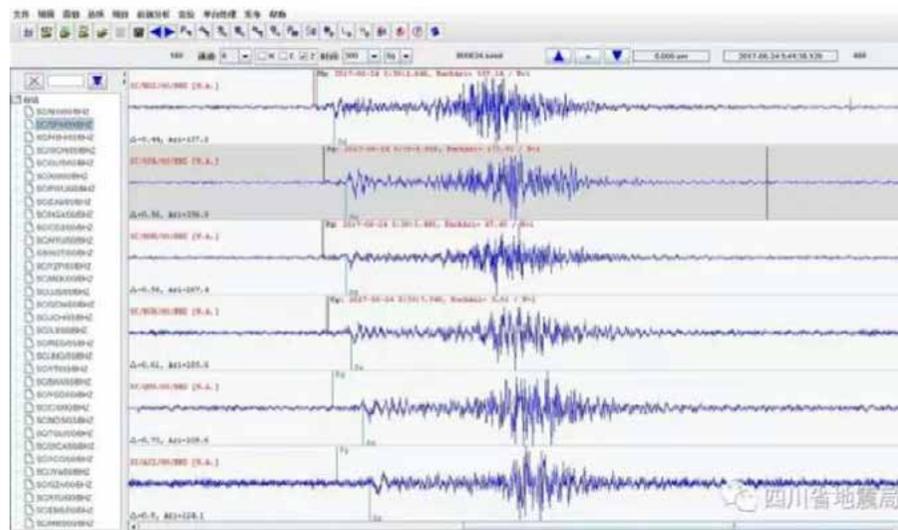
崩塌發生前 (左)24 小時與 (右)10 天的中國累積降雨量分布圖
(資料來源：中國天氣網)

監測技術的應用與發展

(一) 震波於崩塌偵測之應用

由於大規模的塊體在山區移動或掉落時，撞擊地表會產生震動發出震波訊號，便可利用多個地震測站所接收到震波的時間與相對位置等參數，計算崩塌的發生時間與位置等資訊。

四川地震網有 33 個測站記錄到此次崩塌的訊號，經過分析計算推估崩塌發生於早上 5 點 38 分 55 秒左右，中心點在東經 103.650 度，北緯 32.091 度，初估崩塌持續時間約 100 秒。透過此技術可以更快速的確認崩塌發生的時間與地點，於第一時間通報政府以利後續的災害應變工作。



新磨村崩塌時所造成之震波訊號 (資料來源：中國地震局)

(二) UAV 快速取像

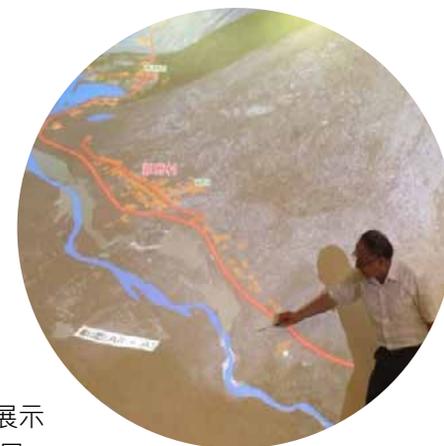
四川省測繪地理信息局測繪應急保障中心於當天上午十點便派人前往災區進行災後影像拍攝，同時展開災前影像、應變專用圖資等的製作。由於災區交通受阻，下午四點才到達災區附近，於下午六點成功獲得首批災後空拍影像，並立即傳回至省測繪應急指揮中心，晚上九點將相關資訊傳至救災指揮中心，提供災情研判與救災規劃之重要參考依據。隔日再對災區進行了 LiDAR 攝影測繪，及時提供相關專家進行災害成因分析、次生災害盤查和山地災害研究等工作。



四川崩塌 UAV 拍攝現場與成果展示 (資料來源：國家測繪地理信息局)

(三) 合成孔徑雷達影像之應用

透過多時期合成孔徑雷達影像進行干涉相關分析，可以獲得大範圍、高精度的地表三維高程及地表變形資訊，已在火山活動、同震變形、地層下陷監測等防減災領域廣泛應用。香港中文大學太空與地球信息科學研究所利用歐洲太空總署 Sentinel-1 衛星，分析 2014 年 10 月到 2017 年 6 月的影像，結果顯示山體頂部於崩塌發生前就已經有潛移的現象存在，此外透過不同區域的時間序列，獲得山體表面隨著季節變化有明顯變形的情况，有學者推測可能為冰雪季節性

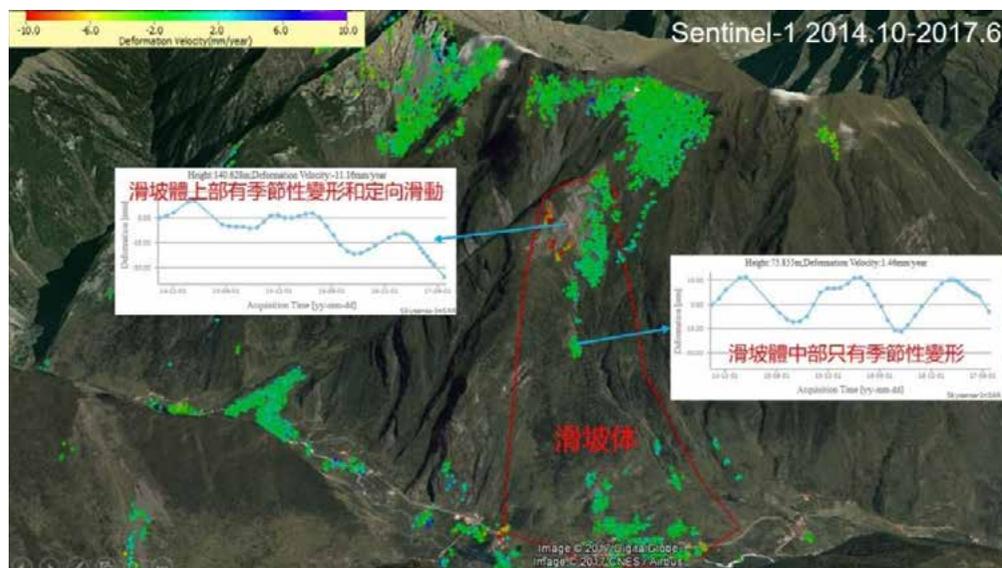


的覆蓋與溶解所導致。目前四川省政府正在規劃利用此新技術來調查與監測有潛移破壞跡象的邊坡位置與其活動性。此外，透過此技術發現在距離茂縣崩塌約五公里處邊坡有明顯的位移現象，具有潛在的災害危險性，有待後續搭配現地調查或監測，可為災害預警提供更多元的基礎資料與判斷依據。

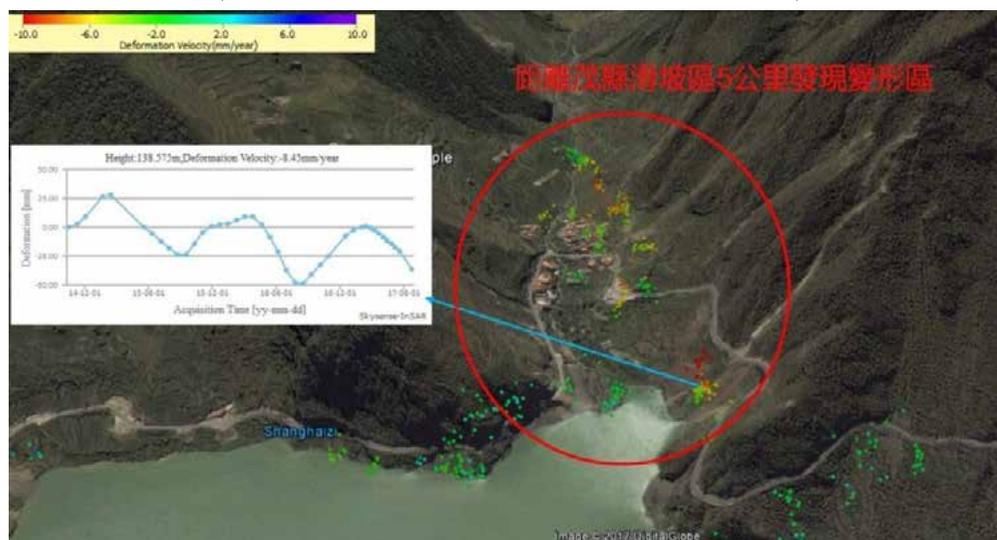
結語

此次 2017 年 6 月 24 日的茂縣崩塌發生於海拔 3,400m 以上，無人居住且陡峭的邊坡，距離受災村莊的高差達 1,100m，很難單靠地質人員現地調查或是裝設監測儀器來獲取邊坡活動資訊。

因此，新的監測與調查技術之應用，包含利用震波紀錄進行崩塌的定位，臺灣也有利用寬頻地震網全天候監測的特殊功能，進行大型山崩事件所產生的地震訊號之分析。UAV 的應用則可協助進行災後之快速取像，輔助災害應變與救災之進行。而在多時期合成孔徑雷達影像進行干涉相關分析的部分，可以偵測與監測不穩定邊坡的活動性，2014 年底 Sentinel 衛星發射後，每 6-12 天提供一張免費的合成孔徑雷達影像，可以更及時的獲得地表變形資訊，便可針對活動性高之區域進行更進一步的調查與分析。但此技術在山區的廣泛應用仍有其限制存在，包含：遙感監測資料的可靠性、山區訊號易受到植被影響而導致不相關、坡體變形之臨界點的定義等等，都是目前各國研究人員努力突破的目標與重點。



合成孔徑雷達干涉相關技術分析成果，圖中紅色點表示滑動，綠色點表示穩定
(資料來源：香港中文大學與地球信息科學研究所)



距離茂縣崩塌約五公里處發現變形現象，圖中紅色點表示滑動，綠色點表示穩定
(資料來源：香港中文大學與地球信息科學研究所)

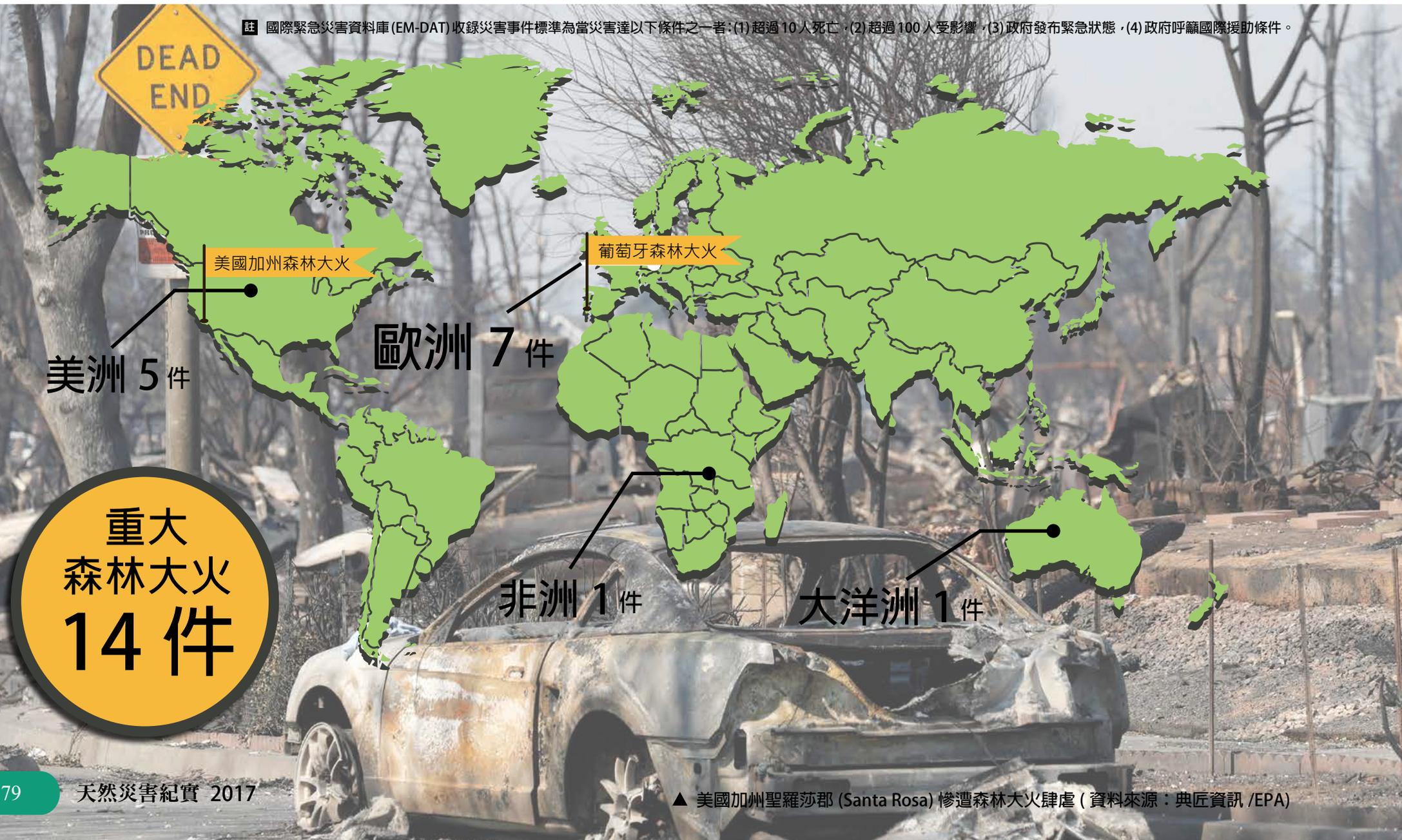




▲ 中國四川省茂縣崩塌後搶救災情形 (資料來源：典匠資訊 / EPA)

▶▶▶ 2017 年森林大火概述

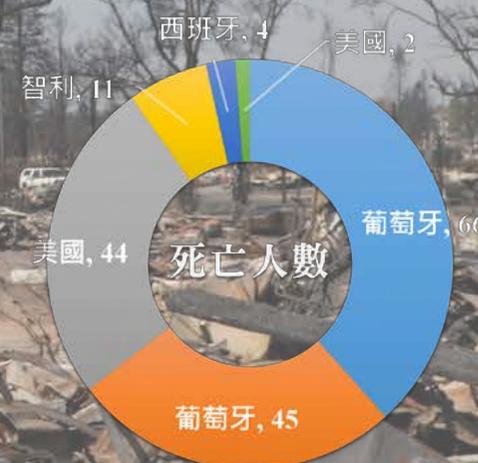
註 國際緊急災害資料庫(EM-DAT)收錄災害事件標準為當災害達以下條件之一者：(1) 超過10人死亡、(2) 超過100人受影響、(3) 政府發布緊急狀態、(4) 政府呼籲國際援助條件。



根據國際緊急災害資料庫 (EM-DAT) 統計 2017 年全球重大森林大火事件達 14 件，其中又以歐洲 7 件 (50%) 所占最高，其次為美洲 5 件 (36%)。全球各地因受到森林大火肆虐，經官方證實的總死亡人數達 172 人、總受影響人數 70,751 以上。其中，葡萄牙於 6 月及 10 月的兩場森林大火事件就占總死亡人數的 65%，而美國加州地區於 10 月及 12 月的兩場森林大火所造成的經濟損失更是名列全球天然災害事件的第 4 名與第 14 名，森林大火影響時間長且範圍廣闊，破壞能力不容小覷。本報告將針對葡萄牙 6 月及 10 月兩場森林大火，以及美國 10 月北加州及 12 月南加州森林大火做年度的事件探討分析。

2017 年前十大森林大火事件 - 依死亡人數排序，紅框為有收錄的災害事件 (資料來源：EM-DAT)

排序	時間	國家	地區	死亡人數	受影響人數	經濟損失 (千美元)
1	06/17-06/18	葡萄牙 /Portugal	Pedrogao Grande(Leiria), Figueiro dos Vinhos, Nodeirinho, etc.	66	704	129,000
2	10/13-10/18	葡萄牙 /Portugal	North and west of Portugal	45	2,700	NAN
3	10/09-10/18	美國 /United State	北加州 (Napa, Sanoma, Mendocino, etc)	44	192	*10,000,000
4	01/15-03/16	智利 /Chile	Valparaiso, Santo Domingo, Casablanca, etc.	11	7,623	870,000
5	10/17-10/17	西班牙 /Spain	Galice	4	NAN	NAN
6	12/04-12/31	美國 /United State	南加州 (San Diego, Los Angeles, Ventura)	2	NAN	*1,775,187
7	07/07-08/05	加拿大 /Canada	Cache Creek, Ashcroft, Boston flats, etc.	0	43,441	NAN
8	07/24-07/25	法國 /France	Near Bormes-les-Mimosaa, haute-Corse, Vaucluse, etc	0	12,012	NAN
9	07/29-08/07	突尼西亞 /Tunisia	Jendouba Governorate	0	2,000	NAN
10	06/24-06/28	西班牙 /Spain	Near Moguer and Mazagon, Andalousia, etc	0	1,500	NAN



註 * 美國森林大火之災情則引述自美國加州保險部門 (California Department of Insurance)

▲ 美國加州聖羅莎郡 (Santa Rosa) 慘遭森林大火肆虐 (資料來源：典匠資訊 /EPA)

葡萄牙森林大火



這一年葡萄牙的森林特別地不平靜，在 6 月及 10 月分別發生兩起大型系列森林大火，一共造成 111 人死亡、295 人受傷，是葡萄牙史上因森林大火死傷最慘重的一年，也使得葡萄牙內政部長因此引咎下臺。

▲ 葡萄牙 Marin ha Grande 的 Vieira de Leiria 遭森林大火燒毀情形 (資料來源：典匠資訊 /EPA)

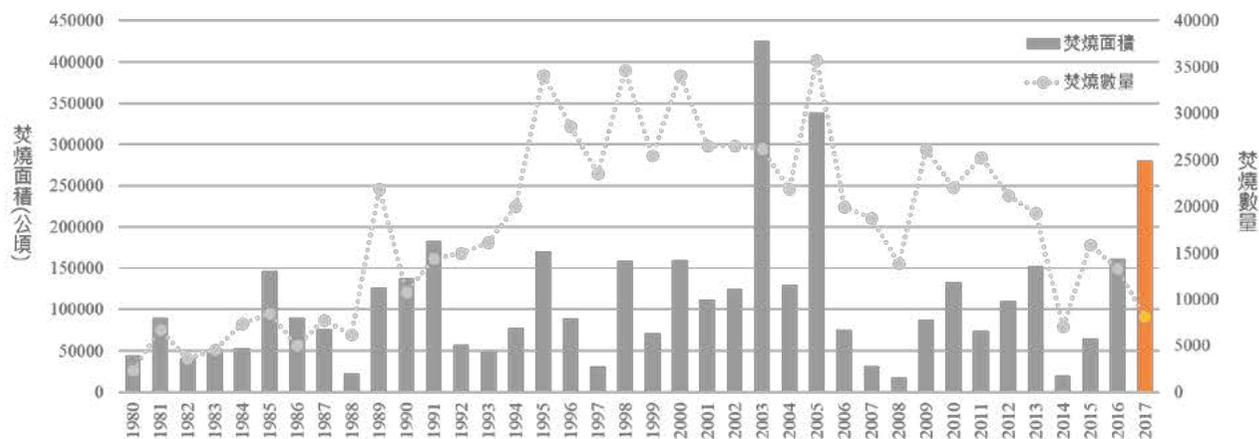
葡萄牙位處伊比利半島，歐洲最西邊的國家，濱臨大西洋，形狀呈南北狹長型，總面積 92,212 平方公里。氣候方面，屬於溫帶海洋性氣候，年降雨量約 800mm 至 1000mm 之間，夏乾冬雨。

根據歐洲森林大火資訊系統 (EFFIS) 得知，在葡萄牙森林大火是屢見不鮮的災害類型之一，上一波最嚴重的森林大火事件是發生在 2003 年，受強烈熱浪席捲，導致葡萄牙約 425,726 ha 的林地遭受大火吞噬，18 人葬身火海，為葡萄牙有紀錄以來焚燒面積最廣的一年；然而，2017 年可說是葡萄牙森林大火死傷最高的一年，111 人死亡、295 人受傷，近 28 萬 ha 的林地遭焚毀，為歷年紀錄焚燒面積的第三大。

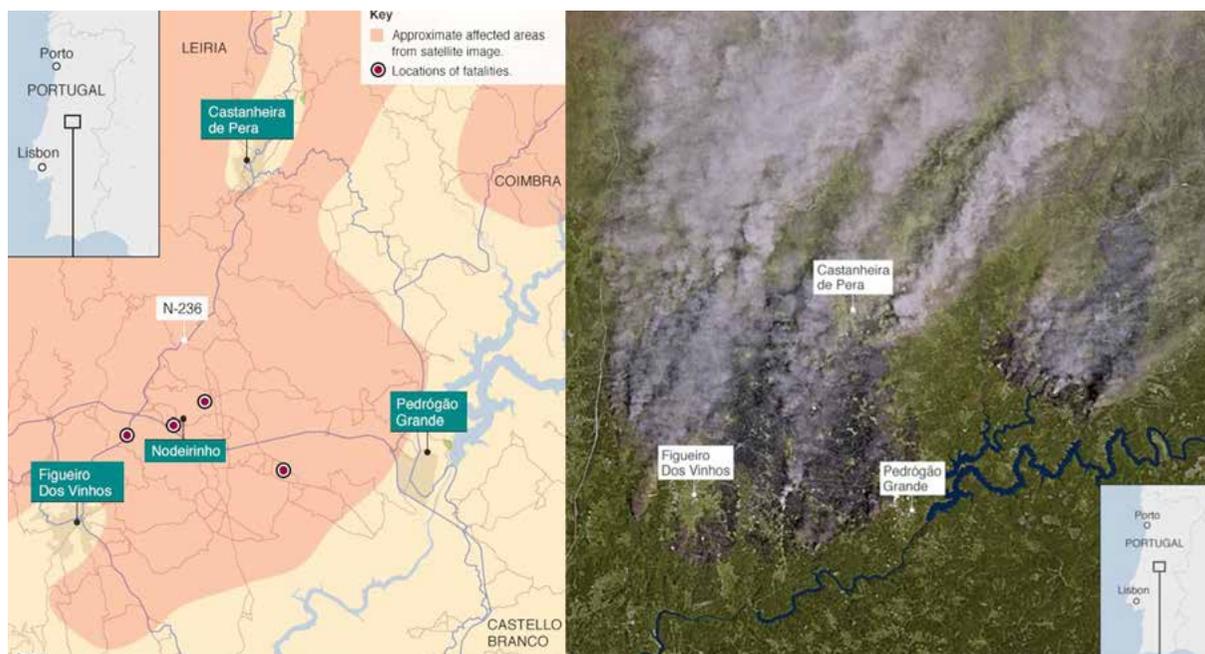
6 月森林大火

災害衝擊

2017 年 6 月 17 日至 18 日期間於葡萄牙中部爆發一系列森林大火，一共造成 66 人死亡、204 人受傷，焚燒數量 156 場、焚燒面積達 44,969 ha，其中，有 66% 的焚燒面積 (29,693 ha) 發生於大佩德羅岡地區 (Pedrógão Grande)，有 47 位民眾在該地區的 N236-1 農村公路進行撤離時，因風向改變，火勢轉而橫跨公路燃燒，30 位民眾受困車輛中、17 位民眾試圖逃離，但最後仍因逃生不及而不幸罹難。因此，該公路而後又被稱作死亡之路。另外，有 11 人在 IC8 公路附近的波爾蒂尼奧 (Nodeirinho) 遇難。在 M6 Grande 附近，則是有 12 人因躲避於高速公路附近的大水箱中倖存下來。鄰近數十個農村社區受到大火嚴重影響。



葡萄牙自 1980 年到 2017 年的森林大火焚燒面積與數量統計
(資料來源：數據來自歐洲森林大火資訊系統 (EFFIS)，災防科技中心繪製)



6 月 17 日至 18 日森林大火主要焚燒地區與死傷分布
(資料來源：NASA、BBC)

災因分析

根據倫敦國王學院托馬斯·史密斯 (Thomas Smith) 提到：「燃料、天氣與地形為影響森林大火發展最重要的三件要素」，以下則針對氣象條件、環境問題與聯繫設備問題等議題作進一步探討。

(1) 氣象條件

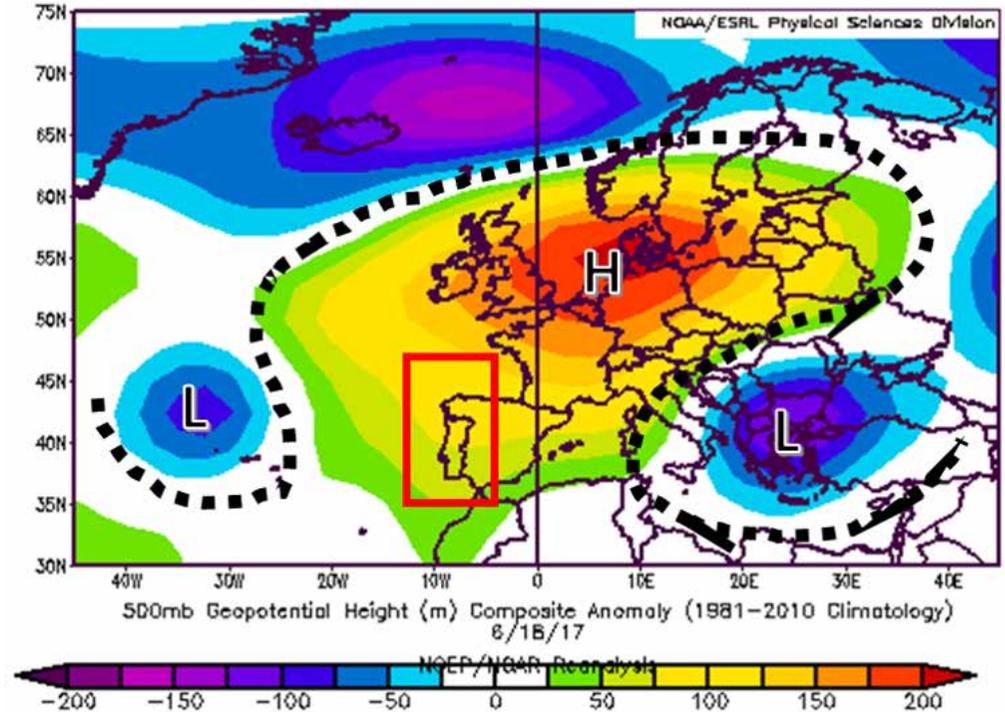
根據世界氣象組織定義，連續 5 天日最高溫高於平常時期的平均溫度 5°C 以上即稱作熱浪。從 2005 年至 2015 年的月平均資料顯示，葡萄牙萊里亞區 (Leiria) 於 6 月的最高溫 24°C、最低溫 14°C、平均溫度 19°C。從 2017 年 6 月 15 日至 21 日期間的日最高溫顯示，該地區正處於強烈熱浪侵襲狀況，高溫不下。

另外，再從 500hPa 氣壓距平分布發現，在森林大火爆發的期間，歐洲上空遭異常阻塞高壓 (Omega Block) 壟罩，受到巨大且持續性的高壓壟罩，以及下沉氣流絕熱增溫的效應影響，造成當地極端穩定且乾燥的天氣型態，使得葡萄牙長時間處於高溫炎熱的環境，形成有利森林大火持續延燒的天氣型態，也導致森林燃燒的面積加劇。

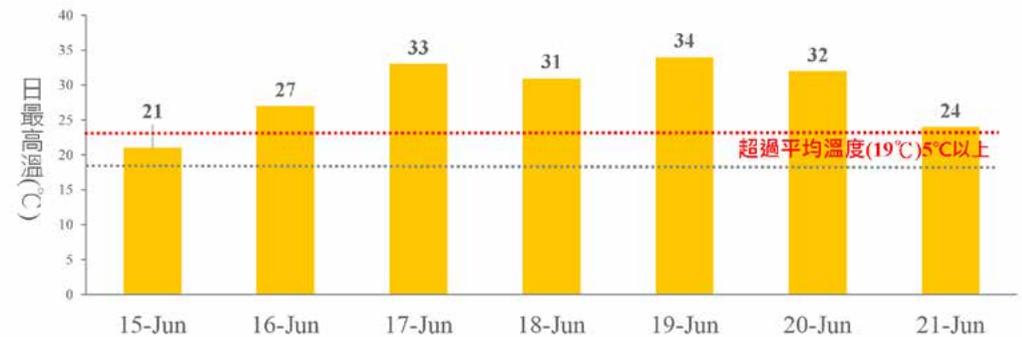
在乾燥環境下受到熱浪連續高溫的席捲，伴隨對流旺盛引發頻繁的乾雷暴現象產生，是引發部分森林大火的主因之一。

(2) 環境問題

自 50 年代以來葡萄牙農村人口就逐漸向沿海城市或其他歐洲國家外流，除了老齡化問題趨於嚴重外，當地廢棄農田也因此而增加。在長期荒廢、缺乏土地利用有效管理的情況下，土地逐漸被木草本植物及灌木所取代，其含水量低和易燃特性，使得這些農村地區變成高度森林大火潛在危險區。除此之外，桉樹取代當地橡樹及松樹等本土樹種問題也是加劇森林大火焚燒的因素之一。屬於外來種的桉樹，其僅需松樹生長期的一半即可收成，因此近年來受到造紙商大量種植，逐漸取代了橡樹及松樹等本土樹種，其涵蓋範圍已達四分之一，成為葡萄牙最大的出口產品，使得葡萄牙成為歐洲最大的桉樹漿生產國。然而，經濟獲利背後的



6 月 18 日 500hPa 氣壓距平分布圖，紅框處為葡萄牙位置，從氣壓分布可明顯看到形成一個低 - 高 - 低的異常阻塞高壓 (Omega block) 於歐洲上空 (資料來源：NOAA)



6 月 15 日至 6 月 21 日的日最高溫狀況，已達熱浪標準 (數據來源：Timeanddate，災防科技中心改繪)

代價係大大提高該地區發生森林大火的機率。桉樹，屬於具有高度易燃的油性樹，除了會從土壤中吸水，剝奪其他植物，使生態系統變乾，使其更容易受到森林大火的傷害外；其汁液及樹皮也都易燃，並在燃燒時一旦遭風吹襲，便會引起 100m 外的新火苗產生，再加上其容易從樹冠傳遞火苗，因此，桉樹森林一旦被引發燃燒，便會使得森林大火蔓延得更快更熱，火情的控制更加困難。葡萄牙政府曾經一度承諾禁止開發新的桉樹種植園，然而法律尚未給予最終確定，因此桉樹問題至今仍存在著。



【左圖】為桉樹森林樣貌

【下圖】為此次森林大火期間於 Mega Fundeira 村莊的桉樹森林焚燒狀態 (資料來源：法新社)



(3) 聯繫設備問題

在森林大火期間的聯繫問題一直是個很大問題。當火災發生，電纜、電話線、基地台等聯繫設備均遭大火阻斷，使得求救與救援都變得更加困難。在 6 月 17 日晚間，當地民眾反映葡萄牙緊急和保安綜合系統 (SIRESP) 在火災期間無法正常運作、電纜被破壞後無緊急措施、該地區缺乏網絡覆蓋、最終撥打了近 20 通電話給救援隊仍失敗，所幸後來跳入儲水池才免於大火吞噬。

政府應變作為

葡萄牙派出 1,700 多名消防員對抗這起森林大火，總理安東尼奧·科斯塔 (Antonio Costa) 宣佈為期三天的全國哀悼。西班牙，法國，摩洛哥和義大利部署消防人員和水上轟炸機、加拿大則協助撲滅火災。許多人被疏散鄰近城鎮安西昂 (Ansião)，提供臨時的住所。葡萄牙政府宣佈大佩德羅岡地區 (Pedrógão Grande) 附近的森林中部地區進入緊急狀態，總理稱這起火災是近年來森林火災中最大的悲劇。



▲ 一名消防員在葡萄牙北部 Tondela 的 Sao Miguel do Outeiro 森林大火現場 (資料來源：典匠資訊 /EPA)



10月8日在葡萄牙和西班牙西北部所拍攝的森林大火衛星影像 (資料來源：NASA)

10月森林大火

災害衝擊

在2017年10月13日至18日期間，於葡萄牙北部與中部、以及西班牙西北部的加利西亞自治區 (Galicia)，同處乾燥易燃的環境，加上歐菲莉亞颶風 (Ophelia) 的強風助長風勢，使得火勢更難以撲滅情況下，同期間引爆一系列森林大火，焚燒數量超過7,900場、焚燒面積達54,000 ha，一共奪走54人性命，其中葡萄牙就占45人、西班牙有9人罹難，此起事件又被稱作伊比利亞森林大火。自治區首長費耶奧 (Alberto Núñez Feijóo) 聲稱，其中多起火災是人為蓄意縱火所引發。

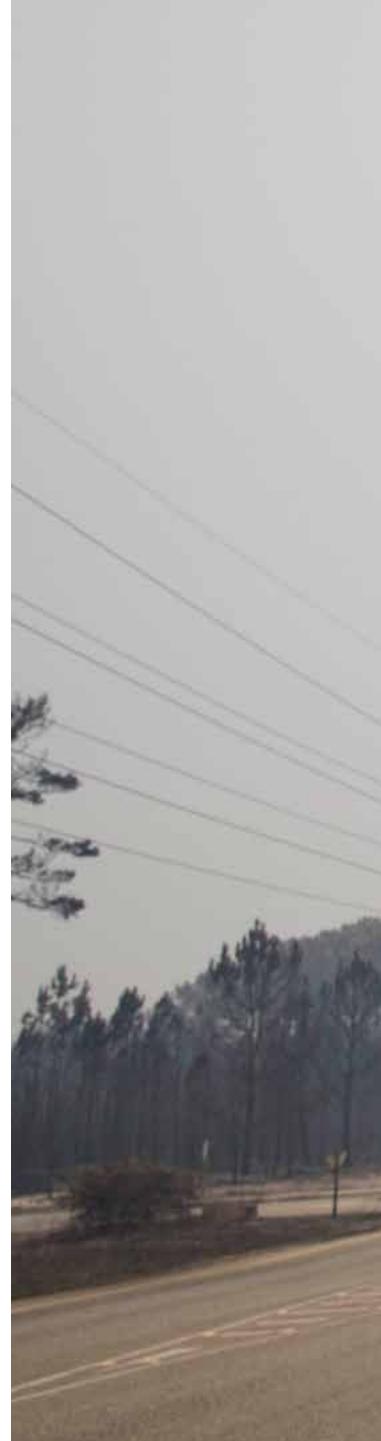
災因分析

歐洲森林火災資訊系統 (EFFIS) 的最新數據表明，幾乎所有的野火都是人造的，很少有雷電等自然現象產生。但氣候變化引起的乾燥炎熱的天氣型態，導致森林大火更為嚴重，而小火災發生的頻率越來越難以控制。

學者指出，葡萄牙大範圍的乾旱是今年夏天一直困擾該國的危險野火的主要罪魁禍首。並且，除了乾雷暴燃起森林周遭的火勢，並配合炎熱乾燥的氣候條件之外，颶風奧菲莉亞 (Ophelia) 逼近大西洋東岸挾帶強陣風，間接助長野火蔓延。西班牙方面，加利西亞自治區首長費荷 (Alberto Núñez Feijóo) 懷疑，此起野火是否乃人為縱火所引致。

生物學家馮塞卡說，森林火災發生區域大多種植松樹和尤加利樹，非常容易著火，建議大規模改種較防火的草莓樹。

然而，在火災季節，這些排放物可能會造成嚴重的空氣污染，對健康造成嚴重的影響。隨著這些季節變長，健康的潛在問題將不可避免地增加。





▲ 葡萄牙 Marin ha Grande 的 Vieira de Leiria 看板遭森林大火燒毀 (資料來源：典匠資訊 /EPA)

美國加州森林大火

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 150 期 2018 年 1 月出刊

加州北部在 2017 年 10 月發生了大規模森林大火事件，當時的氣溫、降雨和風的狀態，加上充足的可燃物質助長火勢，增加撲滅大火的難度。此次災損情形刷新加州歷史，成為加州有史以來生命財產損失最嚴重的森林大火致災事件，政府出動大批消防員與消防設備，廣設臨時收容所，災後補助與重建在逐漸上軌道之際，12 月南加州洛杉磯開始另一波大規模的森林大火事件，三周的時間，森林大火延燒面積達 11 萬 4 千 ha，成為加州有紀錄以來最大的森林大火事件。

▲ 美國加州 Calistoga 的 Bellissimo 葡萄園附近發生森林大火情形 (資料來源：典匠資訊 / EPA)

災害衝擊

2017年10月8日晚間，北加州零星出現了幾個起火點，因當下高溫、少雨及強風的氣象條件，使得火勢一發不可收拾，快速、大範圍、多點同時焚燒的火勢無法在短時間內控制住，釀成多處大規模森林大火焚燒。

根據美國加州森林及防火局 (California Department of Forestry and Fire Protection, Cal Fire) 發布的消息，自10月8日以來截至10月30日止，加州的森林大火，共計有250起，同時間最多有21起重大的森林大火事件，焚燒範圍超過245,000英畝 (acres) (約10萬ha)，11,000人次消防員投入滅火的行列，曾有10萬人同時被迫撤離，估計損毀8,900棟建築物，奪走44條人命，罹難者大多為年紀較長的人。

自10月8日以來，太平洋瓦斯與電力公司 (Pacific Gas and Electric Company, PG&E) 回報有31萬戶停電，4.2萬戶停天然氣，截至10月14日，已恢復92%的電力供應和16,800戶的天然氣供應。

大火燒過納帕郡 (Napa)、湖郡 (Lake)、索諾瑪郡 (Sonoma)、門多西諾郡 (Mendocino)、布特郡 (Butte)、索拉諾郡 (Solano)、尤巴郡 (Yuba)、橙郡 (Orange)、內華達郡 (Nevada)，根據美國加州保險部門 (California Department of Insurance) 估計，北加州森林大火造成近100億美元的經濟損失。

正當北加州人們陸續復原森林大火焚燒後的家園，處理種種後續問題時，12月4日，換南加州開始不平靜起來。南加州大火發生在美國重要的大城市洛杉磯附近，所幸有所警戒，人員傷亡沒有如北加州一般慘重，但其中的 Thomas Fire 在不到三周的時間，焚燒面積就躍升為有紀錄以來第一的森林大火事件，總計焚燒281,893英畝 (約11萬4千ha)，2人死亡，約17.7億美元的經濟損失。



2017年10月北加州森林大火焚燒的郡 (黃色)、12月南加州森林大火焚燒的郡 (綠色) 的位置圖 (資料來源：USGS)

災因分析

(一) 加州氣象條件

加州位於美國西南方，太平洋東側，沿岸由北而南有加利福尼亞洋流經過，屬溫帶地中海型氣候，讓加州地區在夏秋兩季較為乾燥。

十月的加州，其平均氣溫值約為 13°C ~21°C，延續夏季的炎熱，屬一年中溫度偏高的月份，而平均空氣中的溼度也偏低，雨量偏少，故每年十月的加州，是森林大火的高危險期之一。加上秋季北加州舊金山灣區盛行的戴亞布焚風 (Diablo winds) 和南加州盛行的聖塔安那焚風 (Santa Ana winds)，溫度高且乾燥的焚風更加助長火勢，並令火勢更加難以預測。這樣乾燥高溫又有風的氣候條件，使加州每年從晚春一直到秋季都會有森林大火事件發生。

再加上，2016-2017 年冬天的加州，是自 1896 年以來，記錄第二高的雨量，濕潤的冬天使得沙漠野花大量生長，迎來旺盛的生長季節，但緊接著的加州有史以來最熱的夏天，使得這些植物們變成了大量的最佳燃料。

加州森林及防火局 (Cal Fire) 和美國國家氣象局 (National Weather Service, NWS) 分別在 2017 年 10 月 7 日到 10 月 10 日以及 12 月 3 日到 12 月 10 日發布了紅旗警告 (Red flag warning)，預警這兩段期間因氣象條件造成的高危險火災潛勢。

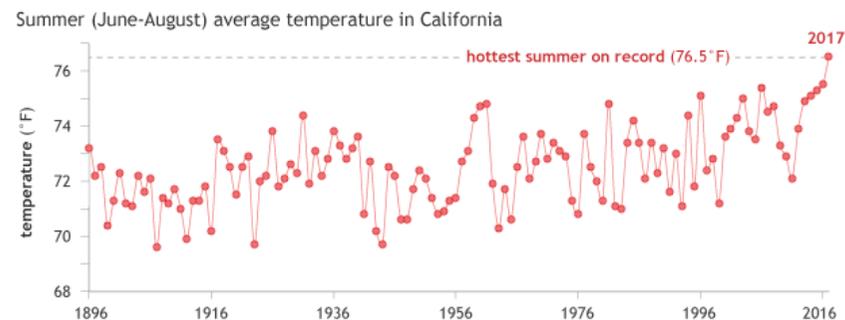
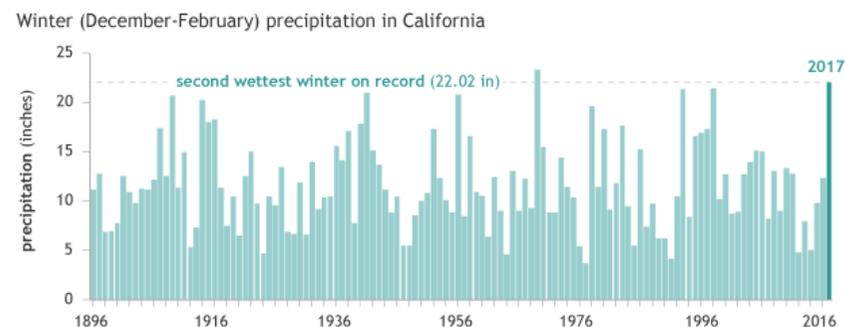


【左圖】加州地區 2017 年 10 月 7 日到 10 日與【右圖】12 月 3 日到 10 日的紅旗警戒區域 (資料來源：Cal Fire)

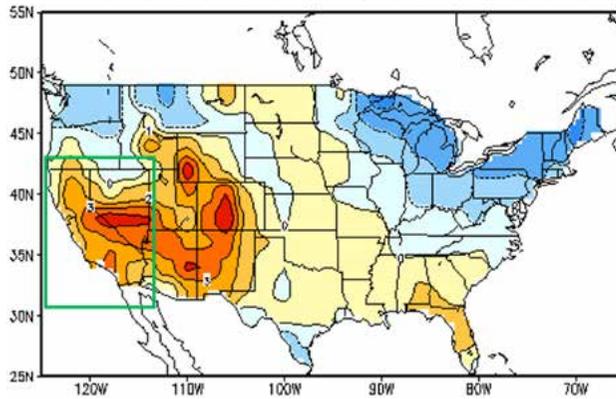
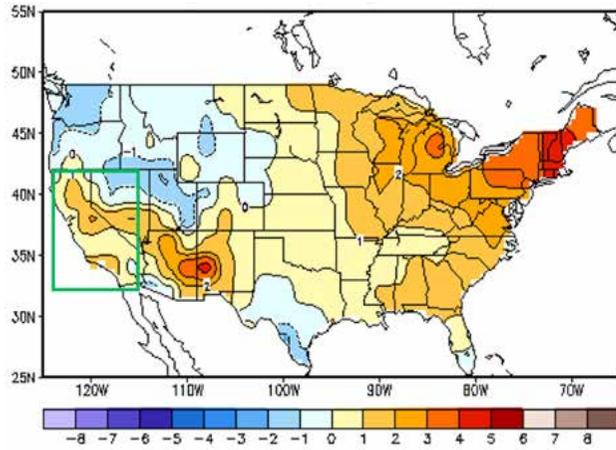
(二) 2017 年 10 月及 12 月的溫度、濕度與風速情形

2017 年十月的加州，比十月的氣候平均值高溫且乾燥，構成了易燃起森林大火的條件，加州多處起火後，持續的高溫、少雨加上強風更是助長了火勢，使得此次大範圍森林大火事件，經歷一週左右才獲得較好的控制。

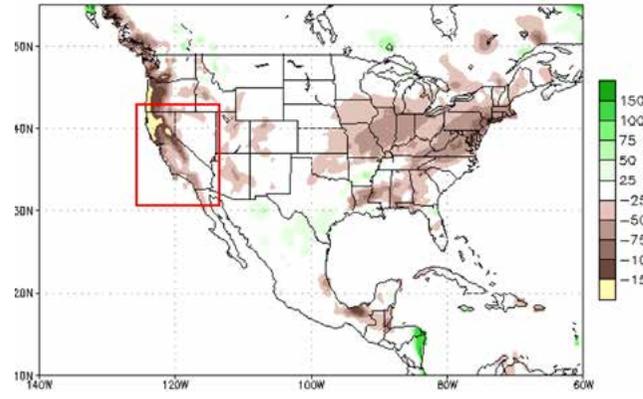
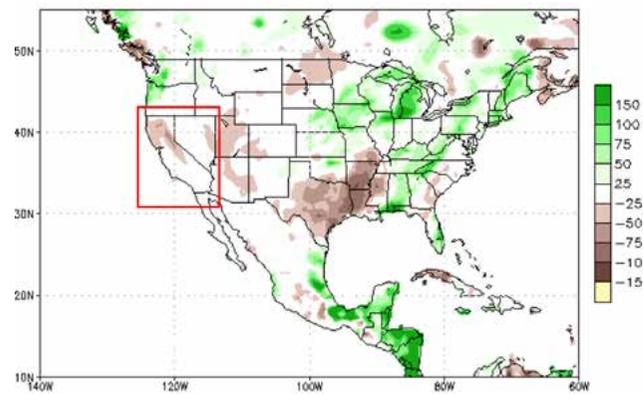
另外，加州在 12 月份的氣象條件與 10 月份十分相似，一樣有略高於氣候值的平均溫、最高溫與最低溫，且 12 月份的距平值比 10 月的距平值更大，表示相較於氣候值，今年 12 月份的加州更具有該季節相對異常的高溫。雨量的距平值也是異常的少，略低於 10 月，形成了高溫乾燥的環境，再加上強風，使得森林大火焚燒更劇烈。



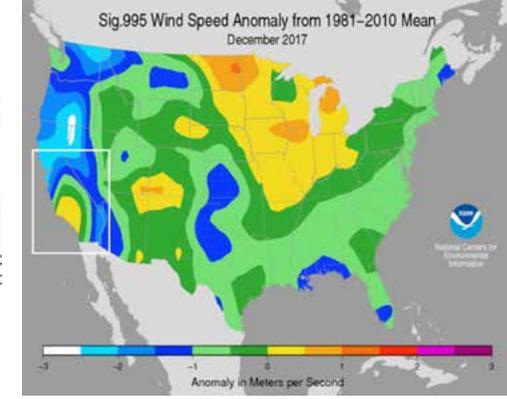
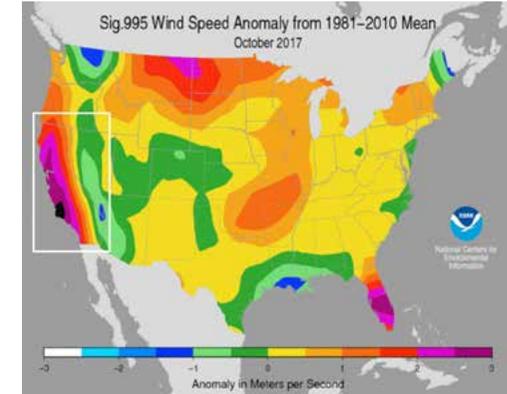
【上圖】為加州 1896-2017 年冬季 (12~2 月) 累積雨量圖，【下圖】為夏季 (6~8 月) 平均溫度圖 (資料來源：NOAA)



【上圖】為 2017 年 10 月、【下圖】為 2017 年 12 月的 30 天平均溫度的距平分布，距平減去的氣候值為 1981-2010 年的平均氣候值（資料來源：美國國家氣象局）



【上圖】為 2017 年 10 月、【下圖】為 2017 年 12 月的 30 天累積雨量距平分布，距平減去的氣候值為 1981-2010 年的平均氣候值（資料來源：美國國家氣象局）



【上圖】為 2017 年 10 月、【下圖】為 2017 年 12 月的近地表 ($\sigma=995$) 風速距平分布（資料來源：美國國家環境資訊中心）

(三) 北加州森林大火原因

根據 Cal Fire 初步推估，這次大火的起火原因，極有可能是因強陣風（曾一度達到每小時 113 公里）而造成電線桿倒塌、電纜損壞及電力變壓器爆炸所引起。太平洋瓦斯與電力公司 (PG&E) 表示，10 月 8 日當晚確實接獲多處電力故障報告。

十月初，美國國家消防中心 (National Interagency Fire Center, NIFC) 發布的國家重大荒地火災潛勢展望報告 (National Significant Wildland Fire Potential Outlook) 推測，十月的加州沿海地區將有高於平均的火災潛勢，歸因於預期中十月的溫度將高於歷年十月的氣候平均，十月的雨量也預期將會低於歷年十月的氣候平均。再加上每年秋季固定吹在北加州的戴亞布焚風與南加州的聖塔安那風，以及十月常見的雷擊事件，更助長了森林大火燃燒的速度與範圍。

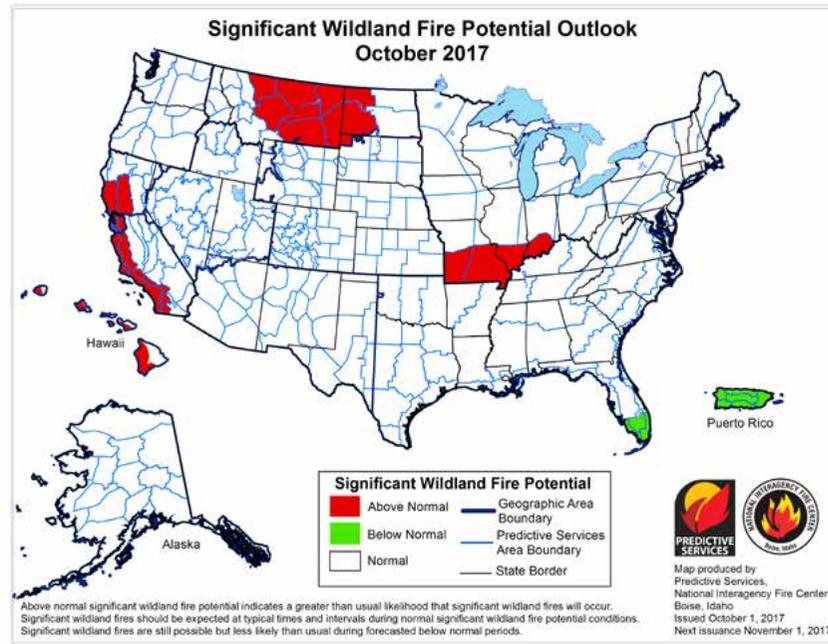
政府應變作為

北加州森林大火

10 月 9 日，加州州長傑瑞·布朗 (Jerry Brown) 宣布 Napa, Sonoma, Yuba, Butte, Lake, Mendocino, Nevada, and Orange 等郡進入緊急狀態，並致函白宮，要求宣告為重大災難，總統唐納·川普 (Donald Trump) 在 10 月 10 日批准了此災難宣告，當日晚上，布朗州長再宣告 Solano 郡也進入緊急狀態。

火災期間與災後，政府針對社會經濟、民生需求等等做立即處置與事後補償。Cal Fire 也出版文宣，指導居民們安全的返回自己家園。

加州州長宣布 2017 年 10 月 28 日為北加州火災紀念日，加州議會大廈降半旗。直至 10 月 31 日，各地區火勢皆完全撲滅後，此次森林大火事件才暫時落幕。



美國 2017 年 10 月的重大森林大火潛勢預報 (資料來源：National Significant Wildland Fire Potential Outlook (Issued: October 1, 2017))



2017 年北加州森林大火發展與因應作為時間序列 (資料來源：災防科技中心整理)



結語

今年十月與十二月，加州的兩場大火，奪走 46 條人命，損失超過 120 億美元，生命與財產損失的雙重衝擊，在隨後的降雨又造成崩塌、土石流，屢創新高的災害規模，讓人們必須審慎評估極端且複合型態的災害特性，積極研擬對策。

▲ 2017 年 12 月 7 日位於南加州 Ojai 附近的 Thomas Fire 森林大火搶救災情形 (資料來源：典匠資訊 /EPA)

2017 年地震概述

註 國際緊急災害資料庫 (EM-DAT) 收錄災害事件標準為當災害達以下條件之一者：(1) 超過 10 人死亡，(2) 超過 100 人受影響，(3) 政府發布緊急狀態，(4) 政府呼籲國際援助條件。

重大
地震災害
19 件



地震災害也是臺灣面臨的災害威脅之一。根據國際緊急災害資料庫 (EM-DAT) 統計 2017 年全球重大地震災害事件共 19 件，分布在亞洲 12 件所占最高，其次為歐洲 4 件及美洲 3 件。全球各地因地震災害，經官方證實的總死亡人數達 867 人、總受影響人數 325,267 以上。本報告將針對 11 月 12 日的伊朗 - 伊拉克地震，以及 9 月 8 日與 9 月 19 日兩次發生於墨西哥的地震災害進行事件探討分析。

2017 年前十大地震災害事件 - 依死亡人數排序，紅框為有收錄的災害事件 (資料來源：EM-DAT)

排序	時間	國家 (芮氏規模)	地區	死亡人數	受影響人數	經濟損失 (千美元)
1	11/12	伊朗 (7.3)	Qasre-Shirin, Gilane-Garb, Kermans hah, etc.	*460	209,000	740,000
2	09/19	墨西哥 (7.1)	Puebla, Morelos, Mexico state, etc.	230	1,819	NAN
3	09/08	墨西哥 (8.1)	Oaxaca, Chiapas, Tabasco state	98	250	2,000,000
4	01/18-01/19	義大利 (5.3)	Avezzano, Campotosto, Montereale, etc.	29	11	NAN
5	08/08	中國大陸 (6.5)	Aba prefecture, Jiuz haigou	25	525	NAN
6	11/12	伊朗 (7.3)	Sulaymaniyah governorate areas, Kalar, Darbandik han, etc	10	5,969	NAN
7	02/10	菲律賓 (6.7)	Surigao Del Norte district	8	16,857	13,974
8	05/11	中國大陸 (5.4)	Xinjiang region	8	4,583	2,000
9	07/06	菲律賓 (6.5)	Kananga, Ormoc City, Carigara	3	18,080	4,364
10	05/13	伊朗 (5.6)	Kopet Dag Mountain, North Khorasan province	3	2,262	2,000

註 * 伊朗 (7.3) 地震之災情則引述自伊朗政府官方資訊

▲ 墨西哥瓦哈卡發生芮氏規模 8.1 地震後，Ane Centro 酒店倒塌情形 (資料來源：典匠資訊 /EPA)

墨西哥地震



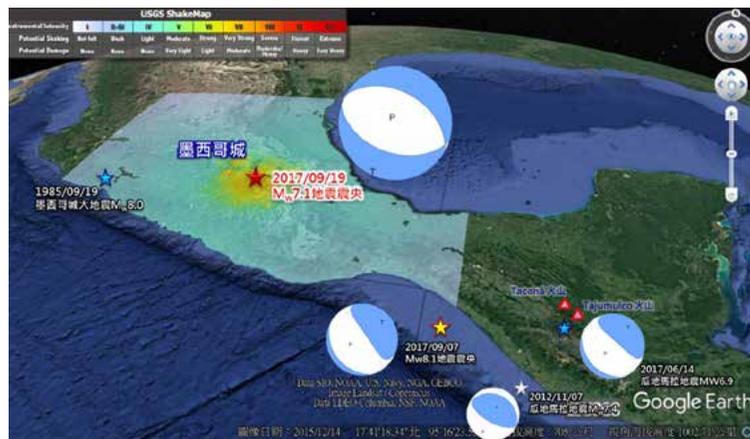
▲ 墨西哥城地震後搶救災情形 (資料來源：典匠資訊 / EPA)



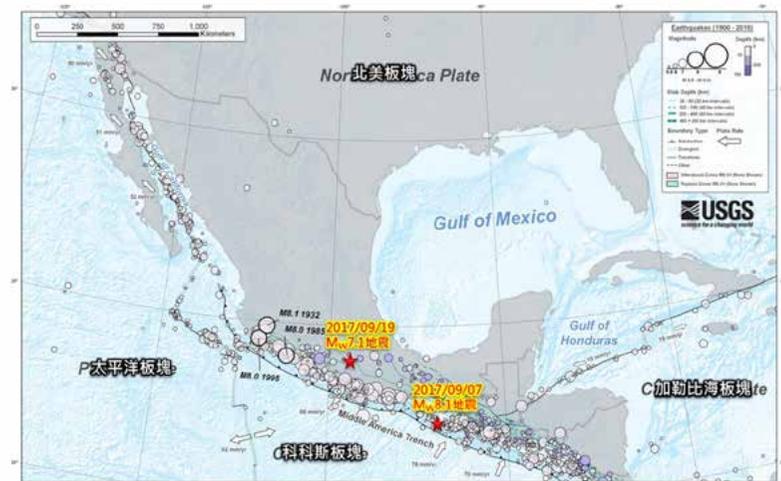
地震概述

墨西哥南部近海地區於 2017 年 9 月 7 日發生規模 8.1、深度 69.7 公里之地震，依據 USGS 震源機制解顯示，本地震屬正斷層機制。隨後於 9 月 19 日又於墨西哥城附近發生規模 7.1 之餘震，其深度約 51 公里。依據 USGS 初步分析，此地震亦為正斷層機制，與 9 月 7 日規模 8.1 地震屬於相同之錯動機制，由於當地房屋多以加強磚造或土造居多，故震後房屋損毀率高。當 9 月 19 日地震發生後，當地許多房屋倒塌，毀損程度嚴重，根據墨西哥統計死亡人數高達 317 人，受傷人數達 2800 人。

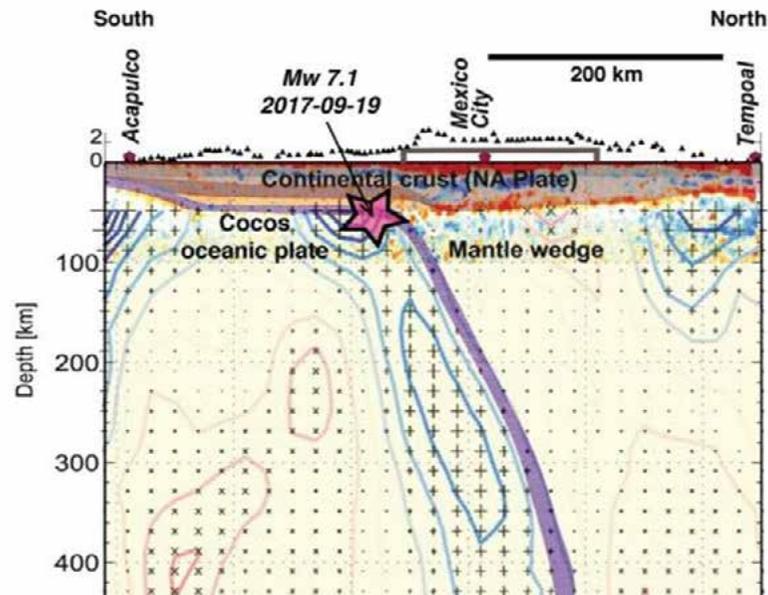
墨西哥近海地區地質構造狀態複雜，主要由四個構造板塊組成（分別為北美，太平洋，加勒比海和科科斯板塊），而此 2 次地震（9 月 7 日規模 8.1、9 月 19 日規模 7.1）之機制相同，均為科科斯基板塊向北隱沒至北美板塊之下，使隱沒帶下部地殼發生折彎張裂現象所導致。



墨西哥近年歷史地震分布圖
（資料來源：美國地質調查所，災防科技中心彙整製圖）



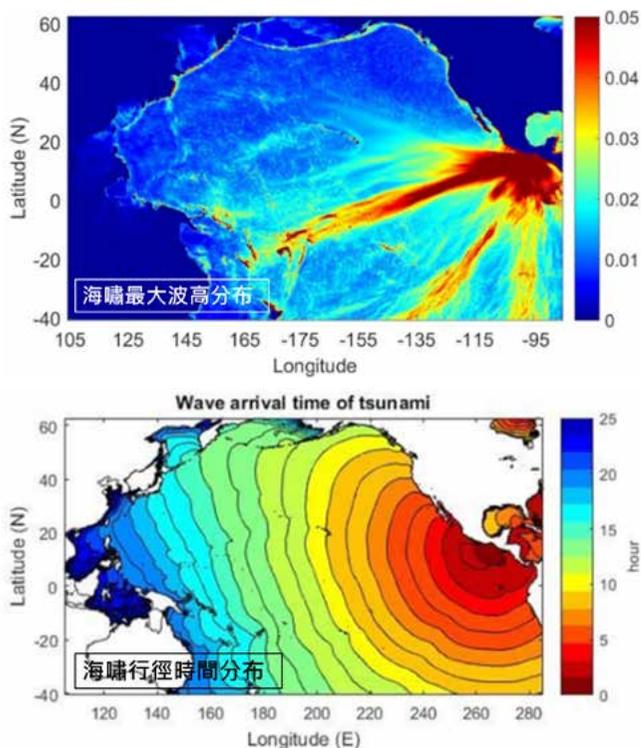
墨西哥近海地區板塊分布與震央位置圖
（資料來源：美國地質調查所，災防科技中心彙整製圖）



墨西哥近海地區地質構造剖面與震源深度關係圖
（資料來源：Perez-Campos 等人發表之研究成果）

地震後海嘯警報發布情形

地震發生後，美國海嘯警報中心 (U.S. Tsunami Warning Centers) 透過海嘯預警系統針對厄瓜多爾、尼加拉瓜、巴拿馬、瓜地馬拉、洪都拉斯、墨西哥、薩爾瓦多和哥斯達黎加等八個震央鄰近國家發出海嘯警報，第一時間預估海嘯浪高達 3m。而該區域之海洋測量儀陸續在墨西哥 Solo Dios 處量測到約 1.1m 之海嘯浪高，其他地方亦有 0.3~1m 之海嘯波浪。



墨西哥地震海嘯波傳遞影響評估
(資料來源：國立中央大學吳祚任教授)

災害衝擊

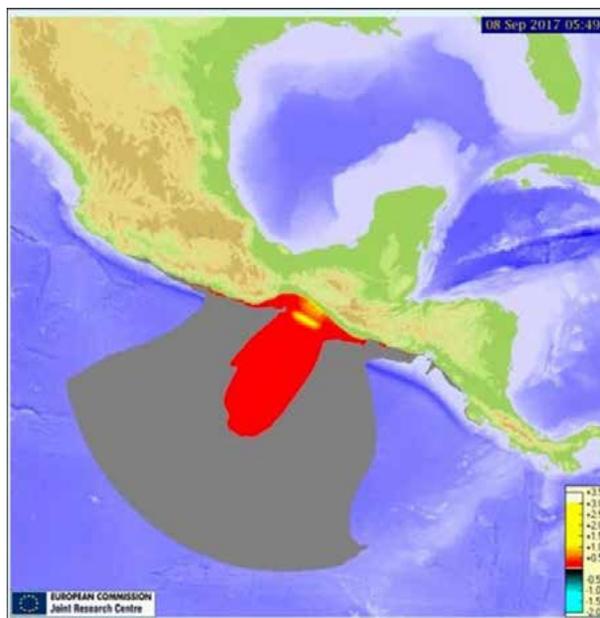
本次地震事件造成墨西哥城大量建物倒塌，且墨西哥城屬盆地地形，具有地震放大效應，使得傷亡加劇。然地震發生後，太平洋海嘯中心亦針對沿海地區發布海嘯警報，且位於墨西哥東方恰有一颶風來襲，伴隨豐沛的降雨導致複合型災害發生。

(一) 場址效應及建物倒塌的人員傷亡

一般來說地震波能量的傳遞會因距離震央較遠而逐漸消散，由於墨西哥城屬於盆地地形，盆地內有厚層之沉積層，故有明顯之盆地放大效應。地表震動在遠離震央處仍無衰減甚至有放大之情形，且震動時間

亦有延長的現象。以 1985 年地震為例，遠處 400 公里之震央位置的地表加速度約 150cm/s^2 ，地震波傳至墨西哥城盆地中心因場址效應將地表加速度放大至 170cm/s^2 ，造成嚴重傷亡。

由於鄰近震央地區建物多屬土造、加強磚造等抗震能力相對較弱之建物，故地震引致大量建物倒塌為造成人員傷亡之主因。且鑑諸其他重大地震災害，老舊建物倒塌亦多為引致人員嚴重傷亡之重要原因，故強化建物耐震能力、補強老舊建物，確為降低人員傷亡之重要策略。



墨西哥地震引發海嘯，影響地區與儀器量測浪高
(資料來源：美國海嘯警報中心)

Name	Country	Tsunami wave height (m)
Solo_Dios	Mexico	1.1m
Buenavista	Mexico	1.1m
Arista	Mexico	1.0m
Boqueron	Mexico	0.9m
Cachimba	Mexico	0.7m
El_Roble	Mexico	0.6m
Puerto_de_San_Benito	Mexico	0.5m
Huajapan	Mexico	0.4m
Garrapateras	Mexico	0.4m
La_Tuza	Mexico	0.4m
Ayutla	Mexico	0.4m
Pie_Cerro	Mexico	0.4m
Barra_de_San_Jose	Mexico	0.4m
La_Concepcion	Mexico	0.3m

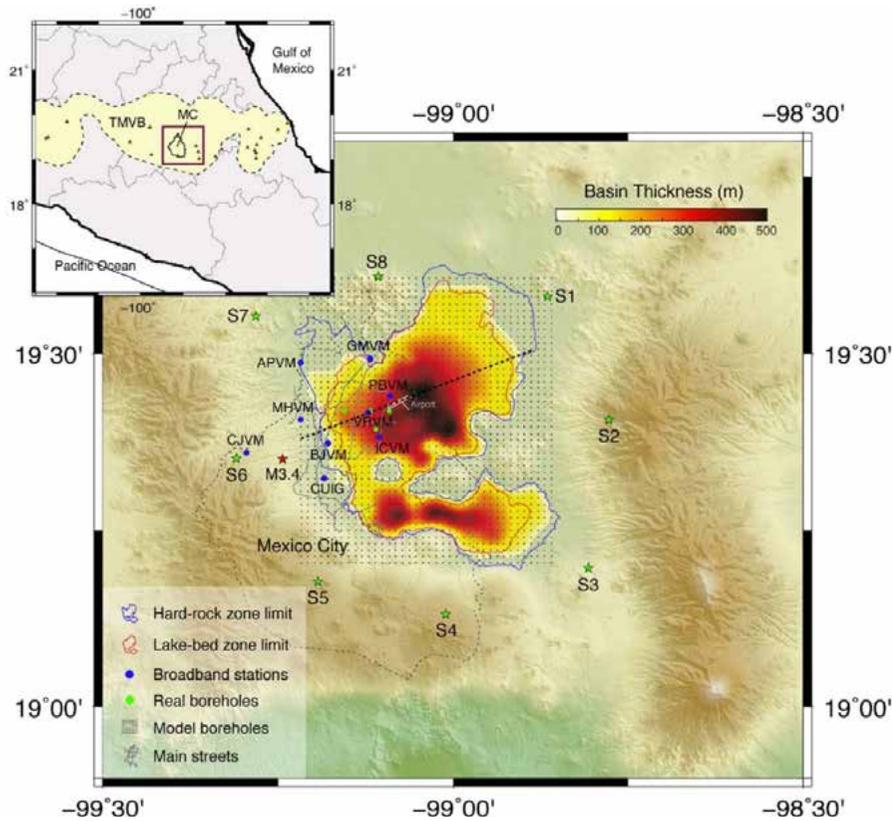
(二) 維生設施與避難收容

本次地震最靠近震央之兩個省份(墨西哥恰帕斯省和瓦哈卡省)均屬基礎建設較為不足之沿海地區,強震導致基礎建設損壞,造成大規模水電中斷,除造成 185 萬戶家庭停水、停電外,學校亦陸續關閉,部份地區醫院亦因缺乏電力供應無法提供醫療救援。

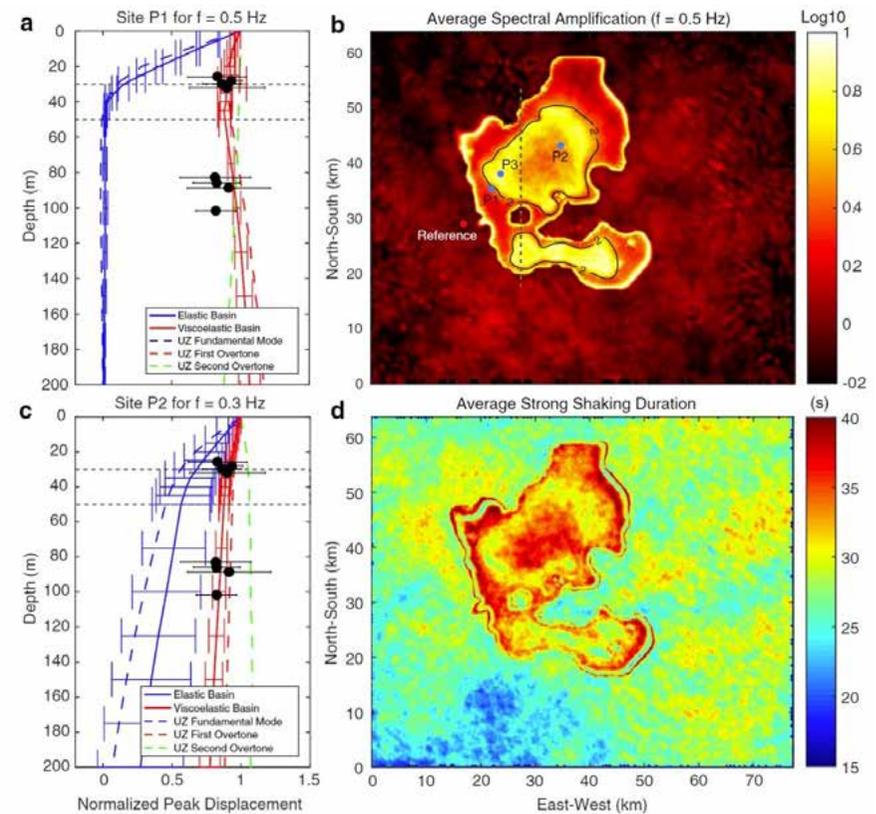
(三) 伴隨複合型災害

地震發生當時因墨西哥東海岸亦同時受到熱帶颶風凱蒂亞之襲擊,該熱帶颶風於地震後(9月9日)吹襲強震區。而由於凱蒂亞颶風移動速度緩慢,為強震區帶來大量降雨,導致災區於強降雨之後發生土石流,衍生複合性災害,造成 2 人死亡。臺灣位於地震

好發地區,且於夏季往往伴隨颶風帶來短延時強降雨的現象,因此對於複合性災害之防範亦不能輕忽。



墨西哥城地表沉積物厚度分布圖
(資料來源：Cruz Atienza)



墨西哥城場址效應分析圖
(資料來源：Cruz Atienza)

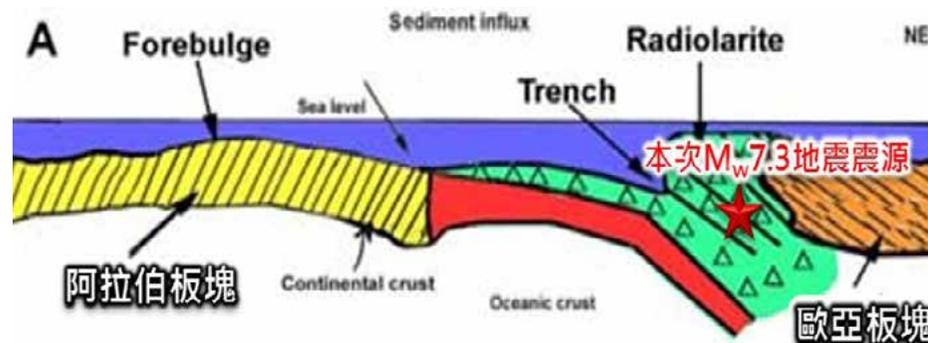
兩伊地震



▲ 伊朗士兵在克爾曼沙省 Pole-Za hab 市區多座建坍塌建築物中協助地震災後搶救工作 (資料來源：典匠資訊 /EPA)

地震概述

伊朗 - 伊拉克邊界地區於當地時間 2017 年 11 月 12 日，21 時 18 分 (臺灣時間為 11 月 13 日 04 時 18 分)，發生規模 7.3 地震，震源深度為 23.2 公里。震央鄰近地區地質構造複雜，主要由阿拉伯板塊、印度板塊與歐亞板塊等三個構造板塊組成。本次地震主要係因歐亞板塊與阿拉伯板塊相互作用，使隱沒帶附近構造發生錯動而引發地震。而地震發生後於震央附近有一系列規模 4~5 的餘震產生，主震之震源機制解係以逆斷層為主，並帶有少部份走向滑移分量。



震央鄰近地區板塊構造剖面示意圖

(資料來源：學者 Kamal H. Karim 論文，災防科技中心彙整製圖)

災情衝擊

(一) 大量建物倒塌導致人員嚴重傷亡

本次地震之傷亡人數經官方統計已超過 460 人死亡，及 7700 以上人員受傷 (統計截至臺灣時間 11 月 14 日上午 8 時)，主要致災原因係因本次地震強震區內強烈地表震動造成大量建物毀損，倒塌之建築構件掩埋民眾而造成大量傷亡，鑑諸其他重大地震災害 (如 2015 年尼泊爾規模 7.8 地震造成加德滿都近 90% 建築物毀損、9018 人死亡，或如 2017 年 9 月墨西哥規模 8.1 地震造成大量土造、加強磚造等抗震能力相對較弱之建物倒塌引致傷亡等)，建物倒塌均為引致人員嚴重傷亡之重要原因，故強化建物耐震能力、補強老舊建物，確為降低人員傷亡之重要策略。

(二) 維生設施中斷阻礙救災並影響災情傳遞

因地震導致基礎建設損壞，造成大規模停電。且地震發生時已經入夜，故無法派出直昇機評估確實災情，再加上通訊設備中斷，無法即時統計災情而延誤後續救災規劃。另因兩伊邊境地區多為山嶺地形，本次地震亦造成多處土石崩落，嚴重阻礙救援路線。

(三) 關鍵基礎設施損壞引發二次災害

伊拉克東部重要水壩 - 達爾班迪汗水壩因地震受損，官方針對該水壩蓄水區之達爾班迪汗湖 (Darbandik han) 一帶下達居民撤村令，並針對災區內大城如蘇萊曼尼亞 (Suleimania)、哈拉布賈 (Halabja) 發布緊急狀況，以避免因壩體受損所造成潰堤對災區造成二次災害。

結論

經由彙整本次兩伊邊境地震事件相關資料，觀察其地震災後應變及復原問題彙整如下：(1) 本次地震為近年來兩伊邊境發生規模較大之地震，造成超過 460 人死亡，超過 7,700 人受傷，且地震造成主要維生設施及基本通訊裝置受損，導致無法即時評估災情。(2) 地震造成山崩與土石崩落，且有地區水壩因地震受損，須緊急疏散災區民眾。由於我國與兩伊邊境同屬多山脈地形，故本次救援單位針對因地震造成山崩及土石崩落等災害造成交通受阻之相關處置作為，亦為後續應持續觀察之重點亦可做為本國參考借鏡。

結語

面對著多變的全球天然災害，災防科技中心透過網路資訊亦步亦趨的追蹤著重大災害的發展，希望多一點的學習，多一點的探索，並從繁雜的災害管理作為中，抽絲剝繭的歸納出可以學習的重點。2017年的天然災害事件，無論是在臺灣還是全球，都是近年來次數比較少的一年。由於沒有巨災的影響，全球災害特性呈現典型的樣態，根據年度的災害統計，全球主要的天然災害類別一直都是洪水與風暴災害占最大部分，並且是以亞洲地區發生的災害次數為最。

從災害造成的「死傷人數」、「影響人數」與「經濟損失」等不同面向看災害問題，通常在已開發或是高度發展的國家中發生災害事件，經濟損失金額都很高，例如2017年災害造成經濟損失最高的美國，其基礎建設相對較好，但面臨了颶風帶來的降雨、風暴潮超越了防護設施標準後，洪水漫淹大城市的損失動輒數百億美金的金額。當災害發生在人口稠密或是相對未開發國家中，災害造成的傷亡、影響人數比較高，例如：八月份印度的洪水災害造成的死亡人數超過500人，影響人數超過1千7百萬人；獅子山共和國 - 最貧窮與落後的國家，民眾簡陋的房子沿山坡建築，水土保持、防護工程肯定是沒有的，暴雨觸發的崩塌掩埋了房舍，連搶救的機具也沒有，最後造成的死亡及失蹤超過了1000人以上；其他像孟加拉洪災、

古巴洪災也是類似的狀況，傷亡與影響人數都偏高。另外，災害造成影響人數高，還有區分災害類別，通常乾旱事件影響範圍廣，時間長，所以像查德共和國的乾旱事件影響人數就占了全民人口的九成左右。

一直以來，地震工程界有個諺語，地震不殺人，但是建築物會。確實，地震發生在較落後的國家，通常因為建物は加強磚造或是結構耐震設計標準要求相對較低的情況，地震造成的傷亡就很明顯，2017年兩個主要的地震災害發生在墨西哥與伊朗-伊拉克山區，分別造成了300餘人及460人死亡的事件。墨西哥地震是一個典型的複合式災害，從災害時序看：9月7日發生規模8.1的地震，地震發生當時發布海嘯警報，地震後9月9日墨西哥發布颶風警報、隨後9月19日再度發生規模7.1的餘震，造成更多人的死亡。

2017年的年底，災防科技中心組隊前往日本九州，實地的走訪6~7月期間在日本九州造成的洪水災害，這一個災害特性與臺灣面臨的災害類型非常相似，包括：山區發生多處規模不等的崩塌，強降雨引發山洪暴發，導致下游淹水，所幸寺內壩水庫調節得宜，並未加重下游洪水災情。依據當地九州大學學者指出：山區民眾知道山坡地崩塌、土石流的災害潛勢、但是下游地區並未劃定為洪水影響的潛勢範圍，所以下游民眾並沒有淹水的風險意識，當洪水流到下游地區溢淹，當地民眾來不及撤離，造成嚴重30餘人死

亡。在體制上，嚴重氾濫的筑後川屬於地方政府管轄河川，但是災害規模遠大於地方政府的負擔，因此尋求中央政府協助，於是國土交通省九州整備局投入了緊急搶救工程，這體制與臺灣的河川管理機制類似，後續的發展亦值得我們持續追蹤學習。

提到日本九州寺內壩在洪災期間，充分發揮洪水調節的功能，就不得不提到在美國德州就沒有這麼幸運了，當德州洪災最嚴峻的時候，幾個水庫因為達到歷史新高水位，為了確保水壩安全，進行洩洪作業，也因此加重了下游洪水溢淹的災情。

近年來，災害管理問題一直突顯出社福機構面臨災害的議題，2010年凡那比颱風造成高雄安養機構，有多位老人泡在水災裡的畫面，震驚各界；2017年德州洪水也出現了一樣的畫面。猶記得2016年，日本受到獅子山颱風的侵襲，有九名老人在安養院罹難的事件，這議題因應高齡化的社會，必須持續的保持高度關注並進行妥適規劃。

過去經常用全球溫度上升與災害發生頻繁作為連結，但是這幾年一反常態，全球溫度仍然持續在高點，但是災害趨勢卻是下降的，2017年更是降到2000年以來最少的災害次數。到底災害趨勢能不能預測？這應該不是容易的一件事，唯有做好災害應變與管理工作，即使遭遇到颱風、地震、暴雨、森林大火及乾旱等事件，都能將災害降低。本報告藉由全球災害事件的整理，提醒防災人應隨時有所警惕，做好防救災準備工作。

參考網站

2017 國際災情概述

- The International Disaster Database (EM-DAT) <http://www.emdat.be/>
- NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) <http://www.noaa.gov>

臺灣篇 Taiwan

- 中央災害應變中心 <http://www.emic.gov.tw/>
- 內政部消防署 <http://www.nfa.gov.tw/>
- 經濟部水利署 <http://www.wra.gov.tw/>
- 交通部中央氣象局 <http://www.cwb.gov.tw/>
- 行政院農業委員會水土保持局 <http://www.swcb.gov.tw/>

洪水災害篇 Flood disaster

- OCHA <https://www.unocha.org/>
- ACAPS <https://www.acaps.org/>
- Joint Research Centre, <https://ec.europa.eu/jrc/en>
- World Weather Online <https://www.worldweatheronline.com/>
- National Weather Service <http://www.weather.gov/>
- National Hurricane Center, <https://www.nhc.noaa.gov/>
- NOAA Tides & Currents <https://tidesandcurrents.noaa.gov/>
- USGS Water Data for the Nation <https://waterdata.usgs.gov/nwis>

- NASA(National Aeronautics and Space Administration) <https://www.nasa.gov/>
- Texas Emergency Management Implementation Instruction Manual, <http://www.dps.texas.gov/dem/sitrep/default.aspx>
- Florida Department of Agriculture and Consumer Services <https://www.freshfromflorida.com/>
- FloridaDisaster.ORG, www.floridadisaster.org
- National Disaster Risk Reduction and Management Council (NDRRMC), <http://www.ndrrmc.gov.ph/>
- Australian Government Bureau of Meteorology, <http://www.bom.gov.au/>
- 香港天文台 <http://www.hko.gov.hk/>
- 中國天氣網 <http://www.cma.gov.cn/>
- 中國民政部國家減災中心 <http://www.mca.gov.cn/>
- 日本氣象廳 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 日本國土交通省九州地方整備局 <http://www.qsr.mlit.go.jp/>

坡地災害篇 Slope land disaster

- Reliefweb <http://reliefweb.int/>
- UNITAR <http://www.unitar.org/>
- World Bank <http://www.worldbank.org/>

- The Landslide Blog <https://blogs.agu.org/landslideblog/>
- IDEAM, <http://www.ideam.gov.co/>
- Sierra Leone Meteorological Agency, <http://slms.website/>
- 中國地震局 <http://www.cea.gov.cn/>
- 中國國土資源部 <http://www.mlr.gov.cn/>
- 四川國土資源廳 <http://www.scdlr.gov.cn/>
- 中國國家測繪地理信息局 <http://www.sbsm.gov.cn/>
- 6.24 茂縣山體垮塌地理信息發布平台 <http://www.scgis.net/mxxy/>
- 香港中文大學太空與地球信息科學研究所 <http://www.cpr.cuhk.edu.hk/>

森林大火篇 Wildfire

- Timeanddate <https://www.timeanddate.com/>
- IPMA, <https://www.ipma.pt/en/>
- ICNF, <http://www.icnf.pt/>
- The European Forest Fire Information System (EFFIS), <http://effis.jrc.ec.europa.eu/>
- California Department of Insurance (CDI), <http://www.insurance.ca.gov/>
- National Centers for Environmental Information (NCEI), <https://www.ncei.noaa.gov/>
- CAL FIRE, <http://calfire.ca.gov/index>

地震篇 Earthquake

- U.S. Geological Survey (USGS), <https://www.usgs.gov/>
- U.S. Tsunami Warning Center, <https://www.tsunami.gov/>
- National Seismological Service (SSN), <http://www.ssn.unam.mx/>
- International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), <http://www.iiees.ac.ir/fa/>

天然災害紀實.2017 / 張志新、柯孝勳、蘇元風主編.
--新北市：國家災害防救科技中心, 2018.03
面；公分
ISBN 978-986-05-5675-9(平裝)

1.自然災害

367.28

107005373

2017

天然災害紀實

NATURAL DISASTER YEARBOOK

發行人：陳宏宇

編輯委員：林李耀、林 風、李維森、吳瑞賢、林銘郎

主 編：張志新、柯孝勳、蘇元風

執行編輯：施虹如、傅鏗漩

作者 群：于宜強、王俞婷、江 申、朱容練

吳亭燁、呂喬茵、李香潔、李佩娟

林又青、林美君、林義凱、林聖琪

施虹如、柯孝勳、張志新、梁庭語

許智豪、陳偉柏、陳 叡、傅鏗漩

黃亞婷、黃柏誠、葉森海、蕭婉容

謝孟樵、謝蕙如、蘇元風

(依姓名筆劃排序)

出版者：國家災害防救科技中心

地 址：新北市新店區北新路三段 200 號 9 樓

電 話：02-8195-8600

網 站：國家災害防救科技中心 www.ncdr.nat.gov.tw

天然災害紀實 satis.ncdr.nat.gov.tw/ndd/

發行日期：2018 年 3 月



2 0 1 7

天然災害紀實



行政法人國家災害防救科技中心

新北市新店區北新路三段 200 號 9 樓

<http://www.ncdr.nat.gov.tw>