

2019

天然災害紀實

NATURAL DISASTER YEARBOOK

2019

天然災害紀實

國家災害防救科技中心

主任序言

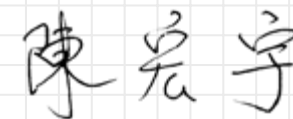
2019年4月18日13時01分花蓮發生規模6.1地震的同時，成立了中央災害應變中心，行政院蘇院長、內政部徐部長也即時抵達應變中心，督導各項應變的作業狀況。國家災害防救科技中心在第一時間透過「災害情資網」的即時影像訊息，說明了地震的災因，以及災害情資的各項資訊，讓各項決策工作得以持續下達，發揮應有的救災功能。

防汛期間，接續的0520豪雨事件，再度開設中央災害應變中心。在豪雨期間，南投縣國姓觀測站出現了114毫米的最大時雨量。緊接著7月的丹娜絲颱風、8月的利奇馬颱風、0808地震、白鹿颱風、9月的米塔颱風，雖然歷經諸多災害事件之衝擊，但是大體上，一切還算較為平和。

就鄰近日本的災情而言，就沒有這麼的平順，連續兩年都遭受了嚴重的颱風洪水衝擊，2018年巴比倫颶

風、燕子颱風衝擊了西日本地區；2019年哈吉貝颱風更是重創了東日本地區，神奈川觀測站的累積雨量高達1,001.5毫米。狂風暴雨觸發了20多條水系、140處河川的潰堤溢淹事件，大量的洪水淹進了新幹線車輛基地，使得許多列車泡水報廢，財物損失超過百億，並造成近百人的傷亡。

觀察這幾年日本的受災經驗，高齡者的應變對策最受到重視，同樣面臨高齡化的臺灣，對於高齡者的防災規劃、災害訊息傳遞、收容對策等議題也都高度的獲得重視，並納入了行政院109年-112年之「災害防救科技創新服務方案」，期望各部會單位、學研團隊都能投入研究資源，研擬解決之道，共造民生福祉。



2020年4月

CONTENTS



I | 主任序言 / Introduction

01 全球災情 / Global Disaster Situation

2019 年度全球災害概述 01

2019 年天然災害統計分析
致災特性探討

- ① | ②
- ① 2019 年 7 月尼泊爾洪水氾濫，民衆涉水前往避難 (EPA/ 典匠資訊授權提供)
 - ② 2019 年 12 月澳洲新南威爾斯州鄉村消防員面對長達數月的野火與高溫情勢 (EPA/ 達志影像授權提供)

07 臺灣災害 / Taiwan Disasters

2019 年颱風豪雨事件 09

0517 豪雨、0611 豪雨、0702 豪雨
丹娜絲颱風、0722 豪雨、利奇馬颱風
0812 豪雨、白鹿颱風、米塔颱風

25 特別企劃 / Special Report

亞馬遜雨林大火 27

澳洲森林大火 33



41 颶風災害 / Flood Disasters

- 日本哈吉貝颶風 43
- 非洲伊代與肯尼斯氣旋 51
- 美國中西部地區洪災 57
- 巴哈馬多利安颶風災害 63
- 義大利洪水災害 67
- 菲律賓巴逢颶風 73
- 巴西礦渣堆置場崩塌 77

81 極端溫度 / Extreme Temperature

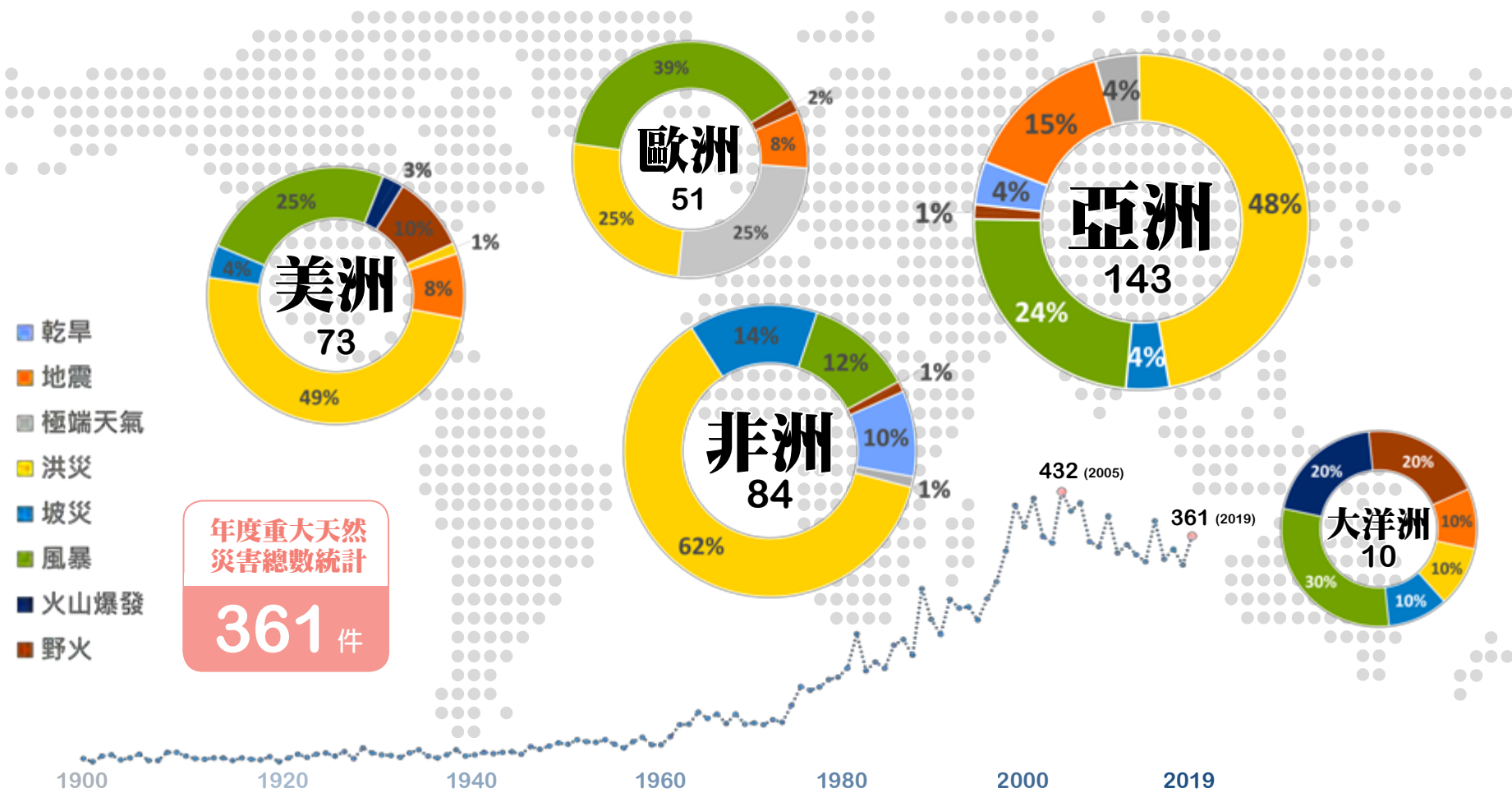
- 北美洲寒流事件 83
- 歐洲熱浪災害 87
- 印度乾旱災害 93

99 總結 / Conclusion

- 結語 99
- 參考網站 101

2019年度全球災害概述

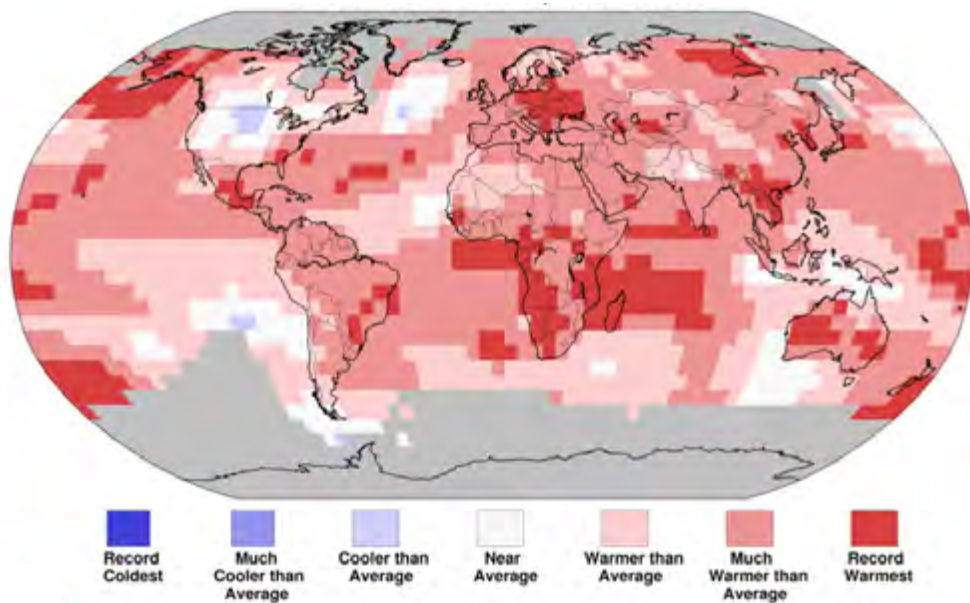
註 本篇完整報導收錄於 NCDR 災害防救電子報 第 176 期 2020 年 3 月出刊



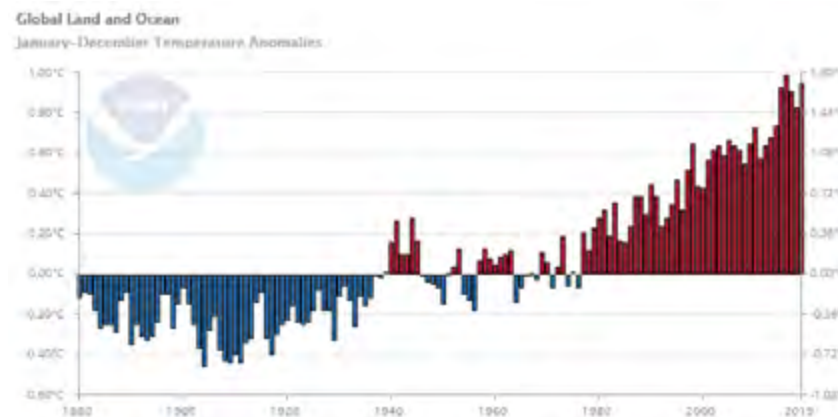
2019 年重大災害分布比例及歷年重大天然災害事件總數統計 (資料來源：以下數據取自 2020/1/30 EM-DAT；國家災害防救科技中心繪製)

回顧 2019 年國際災害事件有幾件是比較受到矚目的，包括以下事件：非洲伊代 (Idai) 熱帶氣旋造成辛巴威和莫三比克大面積洪災；印度季風降雨長達二個月之久導致的淹水；巴哈馬因多利安颶風 (Dorian) 造成滅島式災害；以及日本遭受哈吉貝颶風 (Hagibis) 的侵襲，洪水浸淹面積廣闊，生命財產損失嚴重；美國加州野火造成七成四的郡縣面臨火災，全州因而發布進入緊急狀態；南美洲亞馬遜雨林野火陸續延燒長達八個月之久；非洲剛果盆地雨林大面積焚燒；以及澳洲森林野火，時間持續至 2020 年才逐漸受到控制。

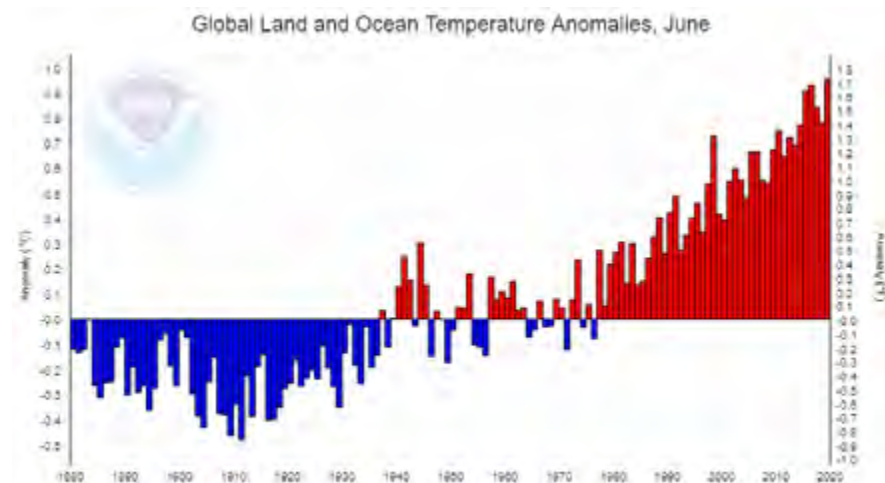
人類有紀錄以來，2019 年的平均溫度僅次於 2016 年，為第二高溫，比全球長期平均溫度高出 0.95°C。2019 年在歐洲、亞洲、澳洲南部、非洲馬達加斯加、紐西蘭、北美洲和南美洲東部的部分地區，量測到了創紀錄的陸地最高溫度。其中，六月和七月的北半球夏季，本來就屬於較熱的天氣，而 2019 年六月與七月與歷史同期而言，月溫度是最高的年。



2019 年 1 月至 12 月的陸地和海洋溫度分布 (資料來源：NOAA)



1880 年至 2019 年年均溫之距平圖 (氣候值為 1901-2000 之平均)
(資料來源：NOAA)



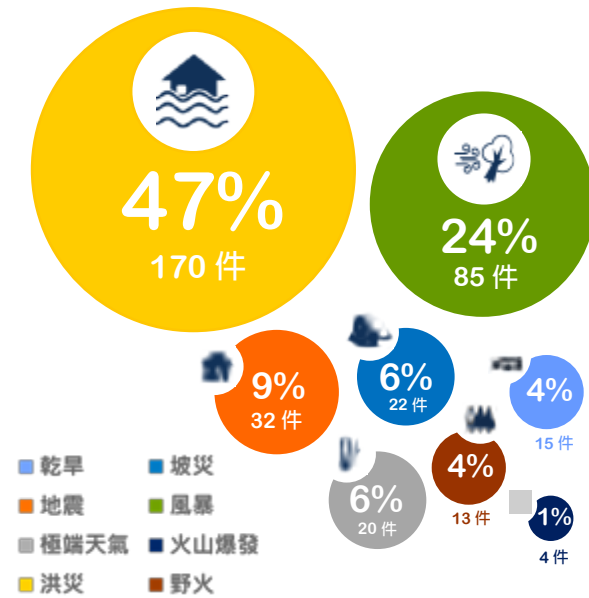
2019 年六月均溫之距平圖 (氣候值為 1901-2000 之平均)
(資料來源：NOAA)

2019 年天然災害統計分析

根據國際災害資料庫 (EM-DAT) 災害事件彙整統計：2019 年天然重大災害事件計有 361 件，共造成 11,719 人死亡，9,129 萬人受影響，經濟總損失共 1,218 億美元。從災害事件數分析，以洪災災害為最大宗 (佔 47%)，其次為風暴災害 (佔 24%)，其三為地震災害 (9%)；從災害事件總死亡人數，以洪災造成死亡最為嚴重，共 5,100 人死亡，第二為極端天氣造成的 2,908 人死亡，第三為風暴造成的死亡，共計 2,519 人。

在重大天然災害資料庫中，記錄最嚴重死亡人數的國家為印度，共有 1,900 人死亡，主要是受到洪災影響所造成；排序第三和第四為 Idai 氣旋襲擊辛巴威與莫三比克，共造成 1,200 餘人死亡；排序第二、第五、第六和第七，分別為法國二起、比利時和荷蘭之熱浪所造成嚴重死亡災害，法國和比利時是繼 2015 年後再次受到熱浪災害衝擊。較特別的是排序第 10 名的巴西礦區崩塌災害，因採礦需要於礦區設置礦渣堆置場，此次為礦渣堆置場崩塌，大量鐵礦渣，混雜著泥水，約 100 萬立方米傾瀉而下，大量廢泥漿瞬間淹沒周邊地區，造成 259 人死亡。

2019 年全球前 10 大災害損失事件分布在五個國家：美國、日本、中國、巴哈馬和印度。損失最嚴重的災害事件是美國加州野火，經濟損失為 250



2019 年全球災害發生次數與比例 - 依災害類型統計
(資料來源：EM-DAT；國家災害防救科技中心繪製)

億美元，也是美國野火有紀錄以來，經濟損失最多的野火事件。美國也是 2019 年總損失最高的國家，歷經四場重大災害事件，包括野火、洪災和風暴等，合計損失金額達 411 億美元。日本深受哈吉貝 (Hagibis) 颱風和法西 (Faxai) 颱風侵襲，經濟損失分別為 170 億美元 (排名第二) 和 91 億美元。

2019 年因災害受影響人數的前 10 大災害事件，多集中於亞洲與非洲，災害類別以乾旱為主，分布於：北韓、辛巴威、巴基斯坦和肯亞四個國家，約 2,400

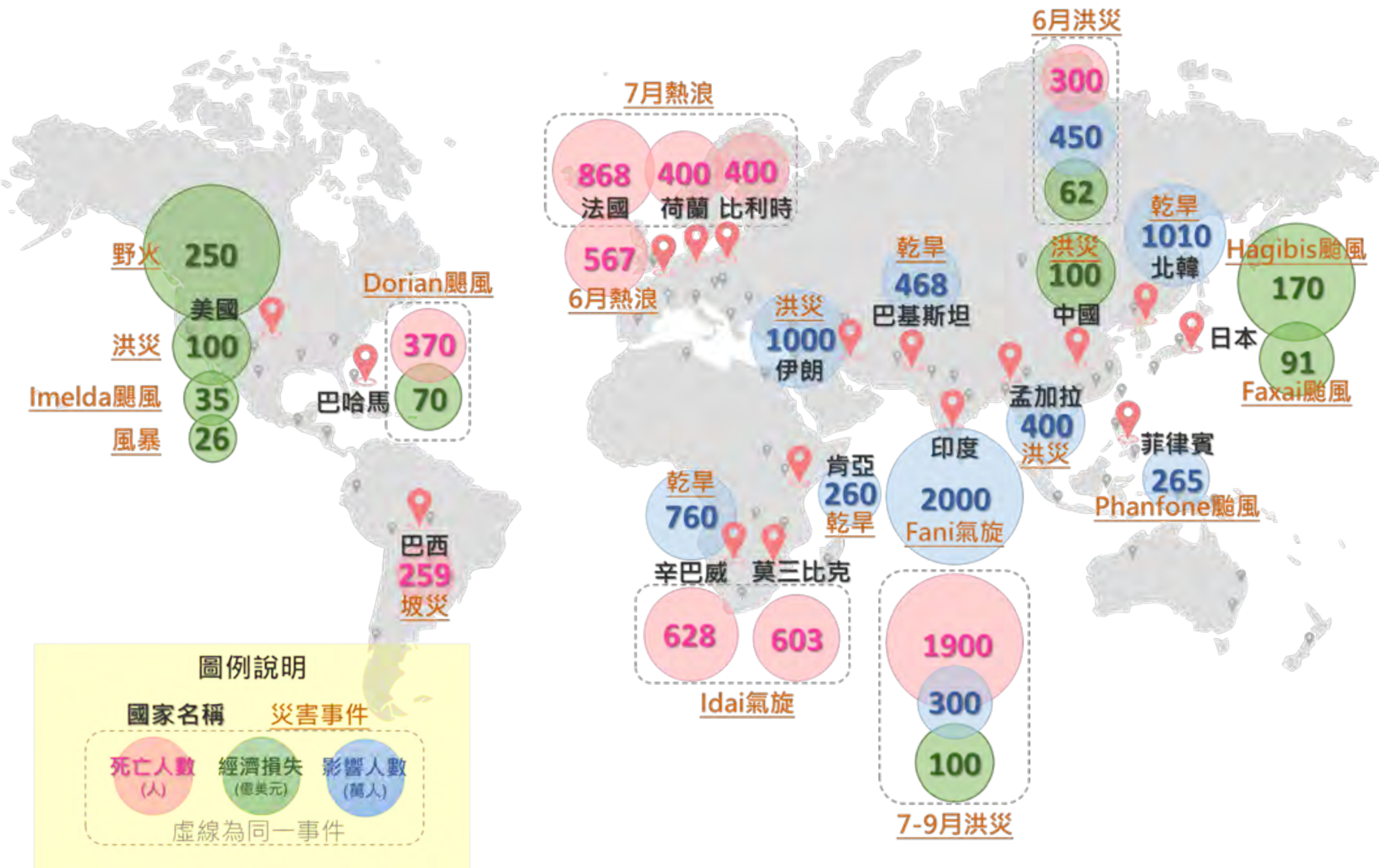


2019 年全球災害死亡人數 - 依災害類型統計
(資料來源：EM-DAT；國家災害防救科技中心繪製)

萬人受影響；受洪災影響的國家有：伊朗、中國、孟加拉和印度，其受影響人數約 2,150 萬人；因風暴災害影響之事件有：印度法尼 (Fani) 氣旋，影響 2,000 萬人，以及巴逢 (Phanfone) 颱風侵襲菲律賓造成 265 萬人受影響。

收錄 EM-DAT 災害資料標準

- (1) 災害事件超過 10 人死亡、(2) 災害事件超過 100 人受影響、(3) 政府發布緊急狀態、(4) 政府呼籲國際援助等，至少符合一項條件。



2019 年全球重大天然災害依死亡人數、經濟損失及影響人數分類的前十大事件分布 (資料來源：EM-DAT；國家災害防救科技中心繪製)

致災特性探討

颶洪災害

颶洪災害一直以來是全球災害事件最普遍的災害。2019 年颶洪災害事件包含：風暴（颶風、颶風、氣旋）、洪災和坡災等，共有 277 筆，造成 8,338 人喪生，6,173 萬人受到颶洪災害影響，經濟損失更是佔所有災害總損失 77%。

國際間風暴災害事件中：造成最嚴重傷亡為 Idai 氣旋，影響非洲東南部五個國家；經濟損失最大的風暴是日本的哈吉貝 (Hagibis) 颶風，日本關東地區大面積淹水，關鍵基礎設施和陸空交通停擺，其影響範圍之廣大，為當地近年罕見。多利安颶風 (Dorian) 侵襲滯留巴哈馬 36 小時，又因巴哈馬地勢低，使得沿海低窪地區廣泛被摧毀。坡災與洪災部分，大多以洪水造成為主：印度受到季風影響，印度西南部和東北部持續性降雨，更是造成 1,900 人死亡。印度、中國和孟加拉在 2019 年底大範圍的洪水，使得影響人數皆超過百萬人，對於疏散撤離而言是個很大挑戰。

印度於 2019 年災害情況較為特殊，印度部分地區深受洪水災害影響，其他地區又處於乾燥乾旱缺水情況，係因降雨空間分布不均之情況，使得整個印度呈現旱澇共存之情況。

國內在 2019 年間，經歷五場豪雨和四個颶風的侵襲，短延時強降雨情況屢見不鮮，造成局部地區積淹水，所幸沒有重大的生命財產損失。

2019 年前五大「風暴災害」統計 - 依死亡人數排序 (資料來源：EM-DAT)

排序	國家	風暴名稱	死亡人數	影響人數 (萬人)	經濟損失 (億美元)
1	辛巴威	Idai	628	2.7	--
2	莫三比克	Idai	603	150.0	20
3	巴哈馬	Dorian	370	1.5	70
4	日本	Hagibis	99	39.0	170
5	中國	Lekima	72	10.8	100

2019 年前五大「坡地與洪水災害」統計 - 依死亡人數排序 (資料來源：EM-DAT)

排序	國家	死亡人數	影響人數 (萬人)	經濟損失 (億美元)
1	印度	1,900	300.0	100
2	中國	300	450.0	62
3	印度	206	5.9	1
4	肯亞	132	14.4	--
5	孟加拉	119	400.0	0.75

極端天氣相關災害

綜整極端天氣相關災害事件共 48 件，包括：極端溫度 20 件、乾旱 15 件及野火 13 件，共造成 3,101 人死亡、2,841 萬人受影響。其中，死亡人數以極端高溫災害為大宗，影響人數則大多為乾旱災害類型。2019 年全球溫度歷年第二高，在五大洲中皆有國家發生高溫熱浪情況，頻頻打破各國高溫紀錄。不僅高溫如此，整體環境乾燥甚至缺水乾旱，容易發生野火情況。2019 年極端溫度（熱浪）前五名大多發生在歐洲，由於歐洲各國政府在 2019 年利用科學研究熱浪發生時間和提前預警，並透過宣導，成功達到減災和損失降低，雖然死亡人數近 3,000 人，但相較於 2003 年及 2015 年的歐洲熱浪死亡人數已下降許多。

乾旱與其他災害不同的是，其歷程緩慢及持續時

間長，而 2019 年乾旱災害又大多分布在較落後的國家，其中，北韓因乾旱影響人數達千萬人，相當於二分之一人口皆受到乾旱影響；而巴基斯坦，因乾旱造成 77 人喪生；除此之外，有些國家的乾旱持續至 2020 年初都尚未緩解。

野火災害在 2019 年備受矚目，號稱「世界之肺」的亞馬遜雨林及非洲剛果雨林，皆受到大火肆虐，其焚燒面積廣闊且歷時長，不僅影響生態還加劇環境惡化，世界各國更是紛紛援助南美和非洲國家。另外，澳洲野火也從 2019 年九月起延燒至 2020 年初，長達半年之久，其焚燒面積已相當於 3 至 4 個臺灣面積大小，對於生態浩劫與環境衝擊相當大。

2019 年前五大「極端溫度災害」統計 - 死亡人數排序
(資料來源：EM-DAT)

排序	國家	死亡人數
1	法國 (七月)	868
2	法國 (六月)	567
3	比利時 (七月)	400
4	荷蘭	400
5	比利時 (六月)	188

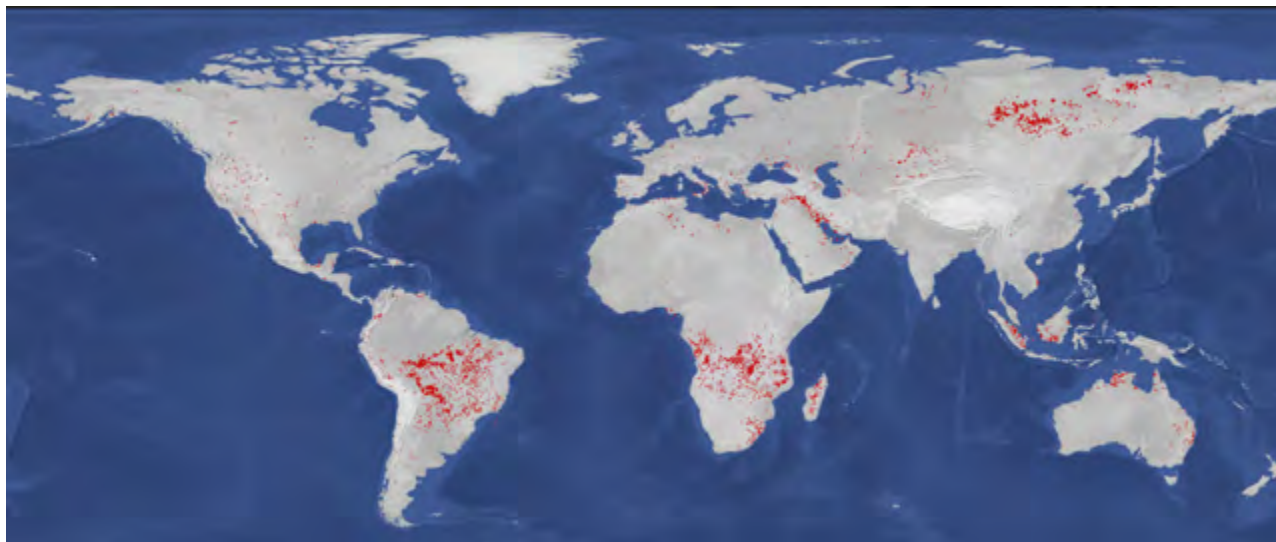
2019 年前五大「乾旱災害」統計 - 依影響人數排序
(資料來源：EM-DAT)

排序	國家	影響人數 (萬人)
1	北韓	1,010
2	辛巴威	760
3	巴基斯坦	468
4	肯亞	260
5	索馬利亞	150

2019 年前五大「野火災害」統計 - 依死亡人數排序
(資料來源：EM-DAT)

排序	國家	死亡人數
1	南蘇丹	50
2	澳洲	32
3	中國	30
4	美國	3
5	南韓	1

註：美國野火損失 250 億美元



歐洲太空總署 2019 年 8 月記錄 79,000 場野火分布圖 (資料來源：ESA)

臺灣災害篇

TAIWAN DISASTERS



2019年0812豪雨過後，8月19日於臺中市豐原區與新社區交接處的東陽路段(中88線)通報崩塌(拍攝者：林又青 2019/9/12)



2019年颱風豪雨事件

註 本篇完整報導收錄於 NCDR 技術報告及災害防救電子報



臺灣在 2019 年災情較大的豪雨事件，包括：0517、0611、0702、0722 及 0812 等五場事件，而有影響臺灣的颱風事件則包括：丹娜絲、利奇馬、白鹿與米塔等四場事件。國家災害防救科技中心彙整氣象局、農委會、水利署、水保局、消防署等部會的災情調查資料以及現場調查資料，詳盡記錄各事件的氣象分析、崩塌或淹水災情、農業損失及民間設施損失，期能對日後防減災精進有所助益。

豪雨事件概述如下：0517 豪雨主要降雨區在新竹以北，淹水災害集中發生在新竹縣市和桃園縣，農損總金額為 8,842 萬元。0611 豪雨的降雨以中南部山區為主，災情以南投縣國姓鄉土石流衝入民宅，較為嚴重，農損總金額為 2,271 萬元。0702 豪雨在桃園地區降下劇烈的短延時強降雨，造成桃園、新北與臺北市多處淹水。0722 豪雨則在臺北地區降下劇烈的短延時強降雨，造成臺北市與新北市多處淹水。0812 豪雨在臺灣中南部地區造成長達 8 日 (8/10-8/17) 的連續降雨，南投名間鄉及嘉義中埔鄉發生土石流災害，農損總金額為 1 億 7,493 萬元，為本年度豪雨災情最嚴重者。其中，8 月 19 日臺中市豐原區中 88 線發生下邊坡崩塌，阻斷豐原往新社水井街交通。

颱風事件概述如下：丹娜絲颱風對臺灣本島未有太大影響，僅造成零星農業災情，農業災情總損失 1,827 萬元。利奇馬颱風暴風圈掠過臺灣北部及東北部，發生十餘處小規模坡地與淹水災害，無造成農業災損。白鹿颱風於 8 月 24 日在屏東縣滿洲鄉附近登陸，造成三十多筆坡地及淹水災害，農損高達 1 億 7,469 萬元，為本年度災情較為嚴重的颱風事件。米塔颱風則在臺灣北部造成零星災害，農業災情損失為 279 萬元。

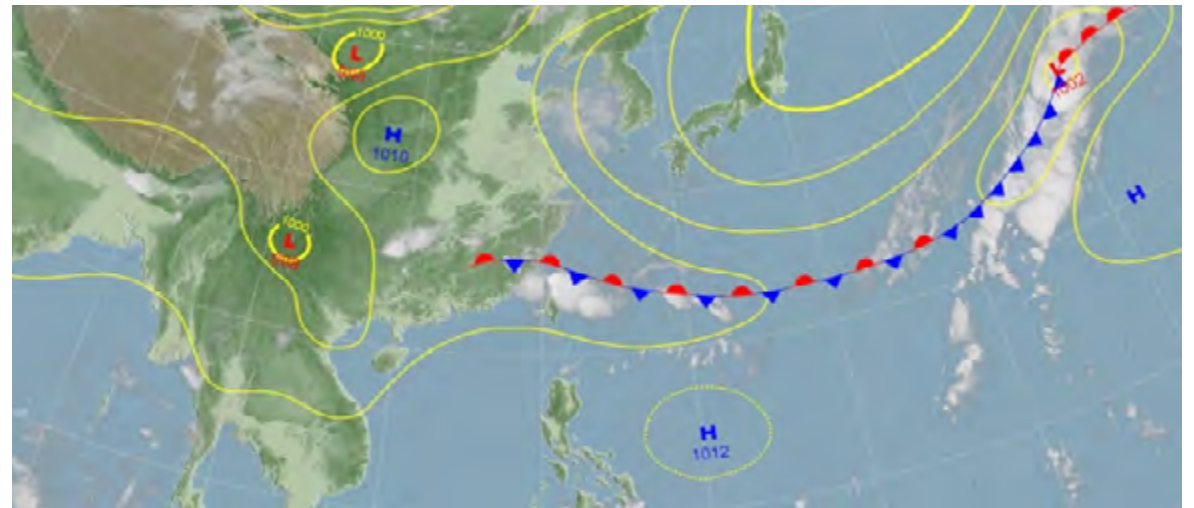
0517 豪雨

氣象分析

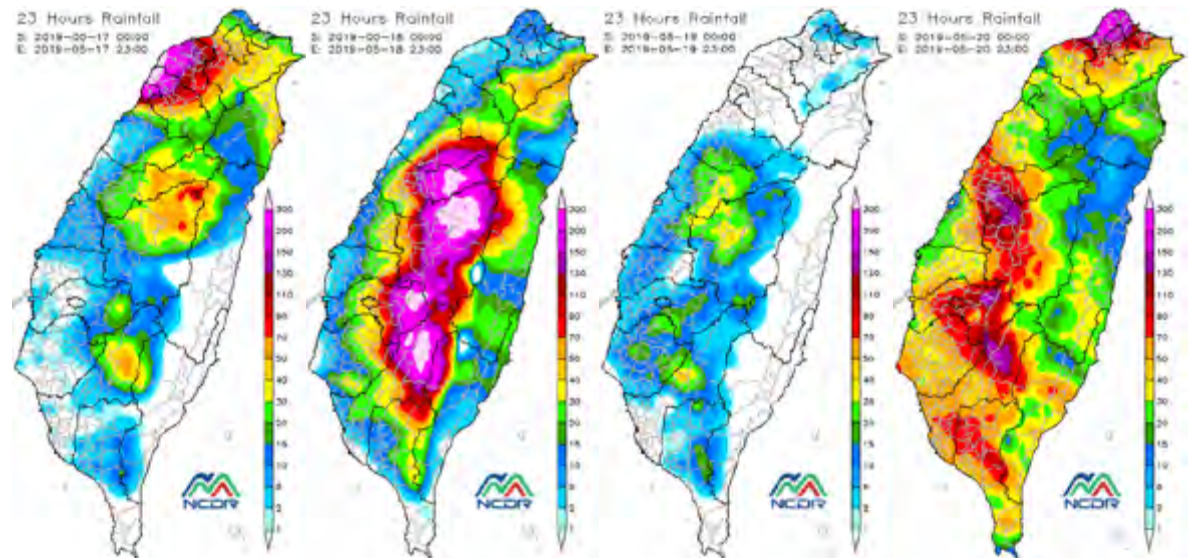
2019年5月17日一道鋒面掛在臺灣北部海面，鋒面前緣因受到暖濕西南風輻合作用，帶入華南水氣，造成北臺灣對流雲系發展旺盛，於5月17日清晨北部沿海地區發生局部豪雨。而在5月20日另一道鋒面自臺灣北部往南移動，鋒面所到之處即降下豪大雨，短延時強降雨於臺灣各地多處造成淹水災情，所幸鋒面移動速度快，各地豪大雨期間維持不長。

根據5月17日至5月20日每日累積雨量，0517豪雨事件主要在桃園、新竹等地降下豪雨(200mm/24hr或100mm/3hr)甚至大豪雨(350mm/24hr)等級的降雨，觀測資料顯示最大時雨量在新竹縣新豐雨量站(C0D590)的91.5毫米，3小時累積雨量達217.5毫米，日累積雨量則為372.5毫米。5月18日降雨則主要發生於中南部山區，累積雨量亦超過300毫米，經過19日的一天空檔，隨著5月20日的鋒面南下，清晨開始西半部地區出現陣雨或雷雨，降雨觀測資料顯示，新北市八里(C0AD10)最大時雨量達79毫米，3小時累積雨量為120毫米，南投縣國姓(C0I420)的最大時雨量達113.5毫米，3小時累積雨量達150毫米。由雨量序列資料可看出強降雨主要發生於5月17日與5月20日上午6點至12點之間，期間適逢海水漲潮，造成沿海低窪地區排水不易。

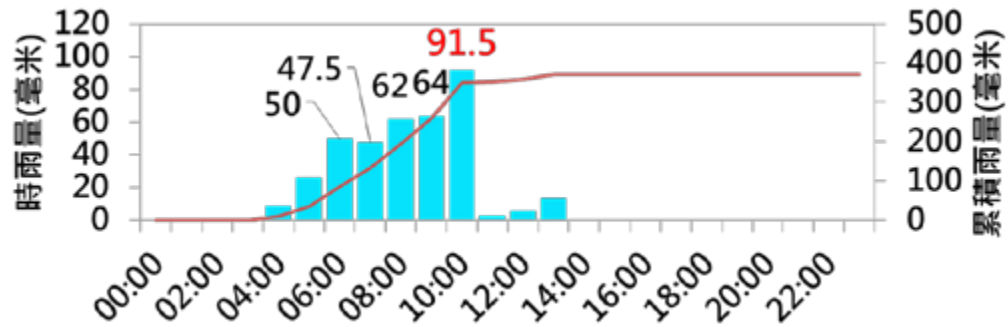
另外，5月17日到5月20日的總累積雨量及全臺累積降雨排名，最大累積雨量發生在南投縣、高雄市、臺中市及嘉義縣山區，累積降雨最多的前三名測站依序為：南投縣南豐站649毫米、南投縣凌霄站647.5毫米與高雄市小關山站620毫米。



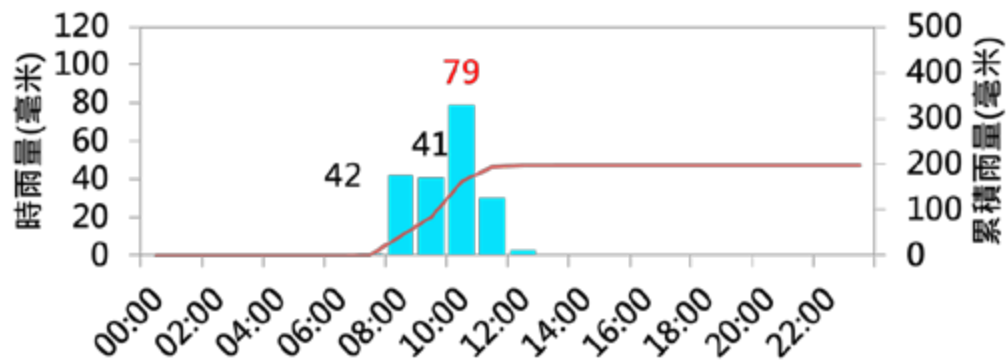
2019年5月17日的地面天氣圖(資料來源：中央氣象局)



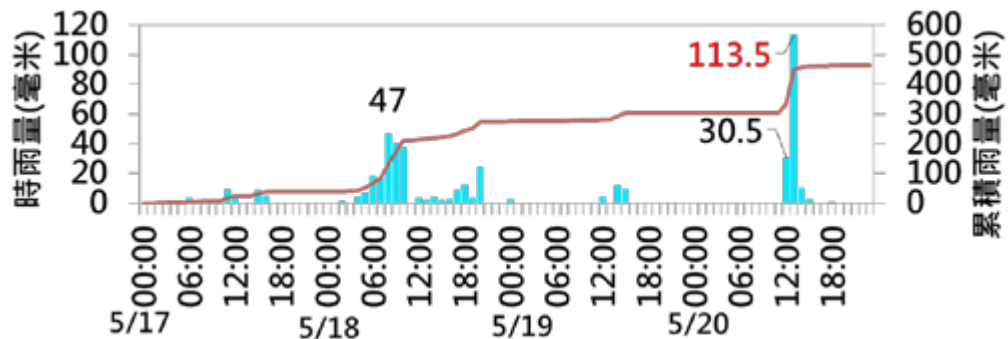
2019年5月17日至5月20日的日累積雨量圖(資料來源：中央氣象局；國家災害防救科技中心繪製)



新竹縣新豐 (C0D590) 0517 單日降雨時序圖
(資料來源：中央氣象局；國家災害防救科技中心繪製)



新北市八里 (C0AD10) 0520 單日降雨時序圖
(資料來源：中央氣象局；國家災害防救科技中心繪製)



南投縣國姓 (C0I420) 0517~0520 降雨時序圖
(資料來源：中央氣象局；國家災害防救科技中心繪製)

災害紀錄

(一) 淹水災害

受到 0517 與 0520 兩波鋒面的影響，部分地區發生大豪雨，0517 豪雨期間統計全臺共有 48 筆積淹水通報，大多集中於新竹縣市和桃園市等三個縣市；0520 豪雨統計全臺共有 283 筆積淹水通報，大多集中於新北市、臺北市、桃園市、新竹縣、南投縣、嘉義縣、臺南市、臺中市及高雄市等 9 個縣市。國家災害防救科技中心針對 4 處重點淹水區域實際走訪調查，包含：(1) 新竹縣新豐火車站、(2) 新竹市北區、(3) 新北市八里區龍米路二段及 (4) 新北市淡水區淡金公路與中正東一路交叉口，以下則以新竹縣新豐火車站為例做說明。

0517 豪雨在新竹縣新豐火車站後站 (三民一路端) 附近造成淹水，瞬間

0517 災點分布縣市	
新竹市	31
桃園市	11
新竹縣	6
合計	48

- 0517 淹水災點
- 0520 淹水災點



0520 災點分布縣市			
新北市	108	臺南市	9
臺北市	59	南投市	7
桃園市	33	新竹縣	3
嘉義市	11	高雄市	2
臺中市	10	合計	242

0517 及 0520 淹水災點分布

(資料來源：各部會署之淹水災情資訊；國家災害防救科技中心繪製)

的強降雨自上午 8 點至 10 點連續三小時降雨超過排水設計標準 (61mm/hr)。此外，火車軌道鋪設高度較原路面高約 2 公尺左右，上游集水區地表逕流藉由茄苳溪匯集至鐵路 (後站) 時，需藉由下方涵管將地表逕流排往下游 (火車站前站方向)。然而因 0517 豪雨所產生的地表逕流，造成鐵路下方涵管水體宣洩不及，而鐵路高程又高於兩側區域，形成路堤效應，致使於新豐火車站後站 (沿三民路一段) 周遭淹水深度約為 1.0 公尺。

(二) 農業產物及民間設施損失

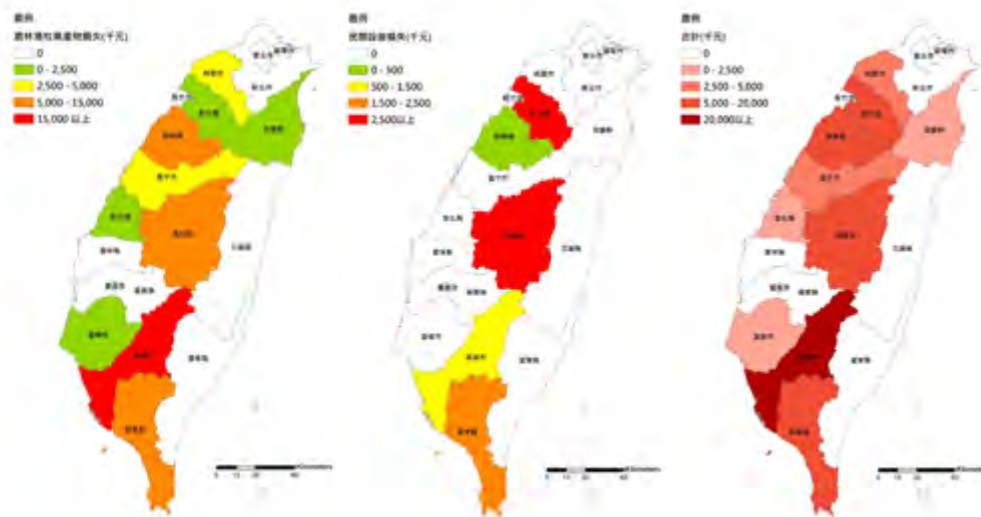
依據農委會公告，0517-0520 豪雨造成全臺農林漁牧產業物及民間設施估計損失 (截至 5 月 24 日 17 時止)，合計 8,842 萬元。由農委會農糧署及畜牧處彙整之



新竹縣新豐火車站後站現勘照片 (照片來源：國家災害防救科技中心)

查報資料，統計各縣市的農林漁牧業產物及民間設施損失，受損較嚴重的縣市與金額依序為：(1) 高雄市 2,398 萬元、(2) 屏東縣 1,595 萬元、(3) 南投縣 1,501 萬元及 (4) 苗栗縣 1,235 萬元。

在農產損失部分，估計損失金額為 7,634 萬元，其中又以高雄市的農產受損最嚴重，金額為 2,273 萬元。前五大受損農作物之受損統計結果，農作物受損面積共 2,254 公頃，主要受損作物是一期水稻，受損面積 1,519 公頃，損失金額 3,811 萬元，其次為巨峰葡萄、西瓜、香瓜及木瓜等。畜產主要是雞隻受損所致 (約 9 千隻)，金額 11 萬。民間設施損失總金額約 1,198 萬元，是由南投縣農田埋沒及流失、新竹縣及苗栗縣農田埋沒及屏東縣、高雄市、南投縣農業設施受損所導致。



0517-0520 豪雨全臺農業災損分布，由左至右分別為農林漁牧業產業損失、民間設施損失及總損失合計 (資料來源：農委會；國家災害防救科技中心繪製)

(三) 坡地災害

截至 2019 年 6 月 6 日統計，國家災害防救科技中心收整交通部公路總局、農委會水土保持局及新聞媒體之坡地災點資料共有 30 點，災點集中分布於南投縣仁愛鄉、信義鄉及埔里鎮，共 27 筆。嘉義縣與桃園市則有零星災點分布。道路災點分布在省道台 21、台 14、台 18，以及鄉道投 81 與投 89(力行產業道路) 上，多為邊坡崩塌、落石坍方造成道路阻斷。



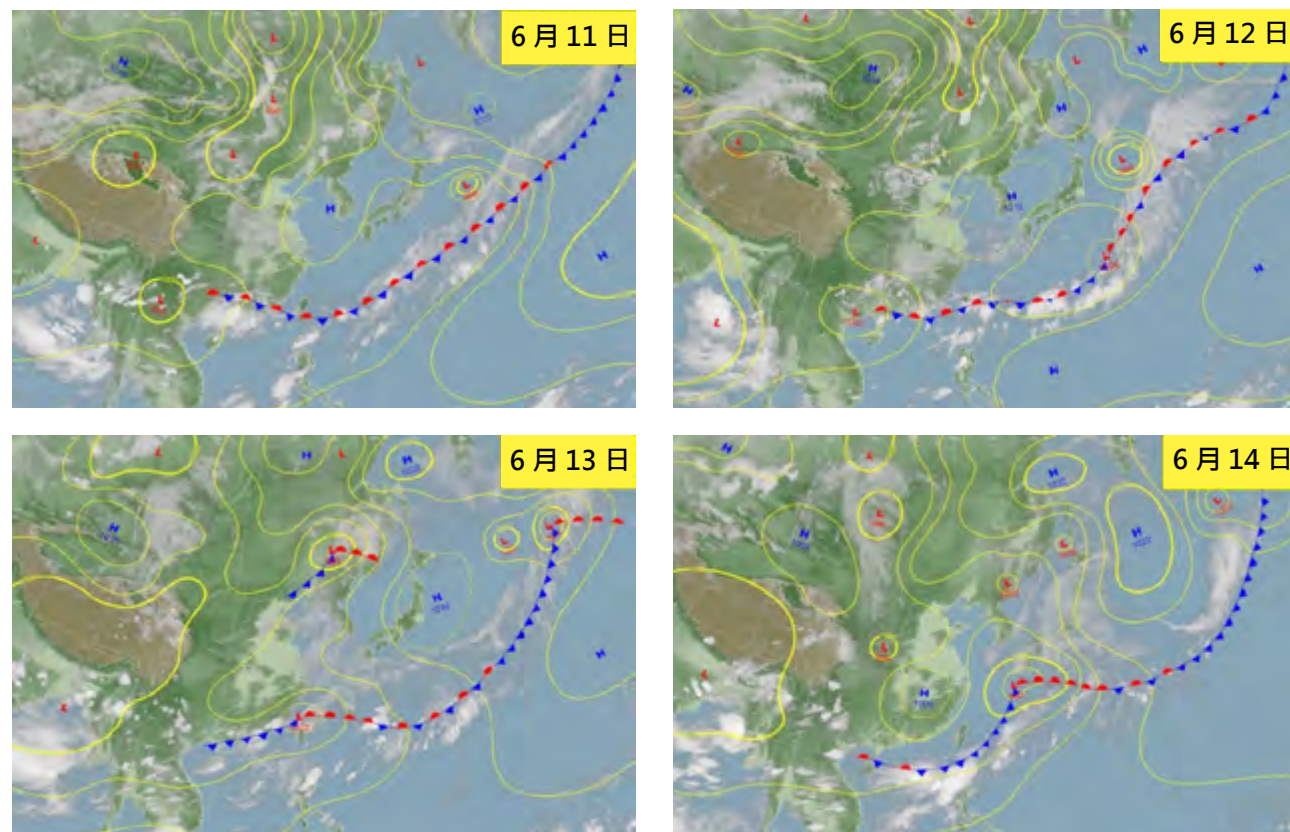
0517-0520 豪雨坡地災點分布圖 (資料來源：各部會署之坡地災情資訊；國家災害防救科技中心繪製)

0611 豪雨

氣象分析

0611 豪雨的主要影響時段為 6 月 11 日至 6 月 14 日。6 月 11 日受到鋒面及西南氣流影響，臺灣各地有陣雨或雷雨，且在臺中及南投山區累積雨量超過 200 毫米達豪雨標準，觀測資料顯示最大日累積雨量是臺中市雪嶺雨量站的 303.5 毫米，最大時雨量為 39 毫米；12 日持續受到鋒面影響，鋒面所在的中南部及

花東地區雨勢較為明顯，特別是在中南部山區會有持續性降雨，當日最大累積雨量是南投縣望鄉山雨量站的 267.5 毫米，最大時雨量為 37 毫米；13 日鋒面位於臺灣北部海面，清晨至上午臺南以北有明顯雨勢，並有局部大雨發生，最大日累積雨量是苗栗縣南勢雨量站的 165.5 毫米，最大時雨量是 40.5 毫米；14 日鋒面由北而南通過臺灣，各地降雨明顯，其中在北部地



2019 年 6 月 11 日至 6 月 14 日的地面天氣圖 (資料來源：中央氣象局)

區及中部山區更有局部豪雨發生，隨著鋒面下半天往巴士海峽移動，中部以北及東北部降雨明顯趨緩，剩下南部及花東地區還有短暫陣雨，最大日累積雨量是嘉義縣阿里山雨量站(467530)之234毫米，最大時雨量為33毫米；15日鋒面南移到巴士海峽，天氣趨於穩定。

另外，0611 豪雨事件之總累積雨量及全臺累積降雨排名，最大累積雨量發生在臺中市、南投縣及嘉義縣山區，累積降雨最多的前三名測站依序為：臺中市雪嶺站 729.5 毫米、南投縣合歡山站 715.5 毫米以及嘉義縣阿里山站 654.4 毫米。

災害紀錄

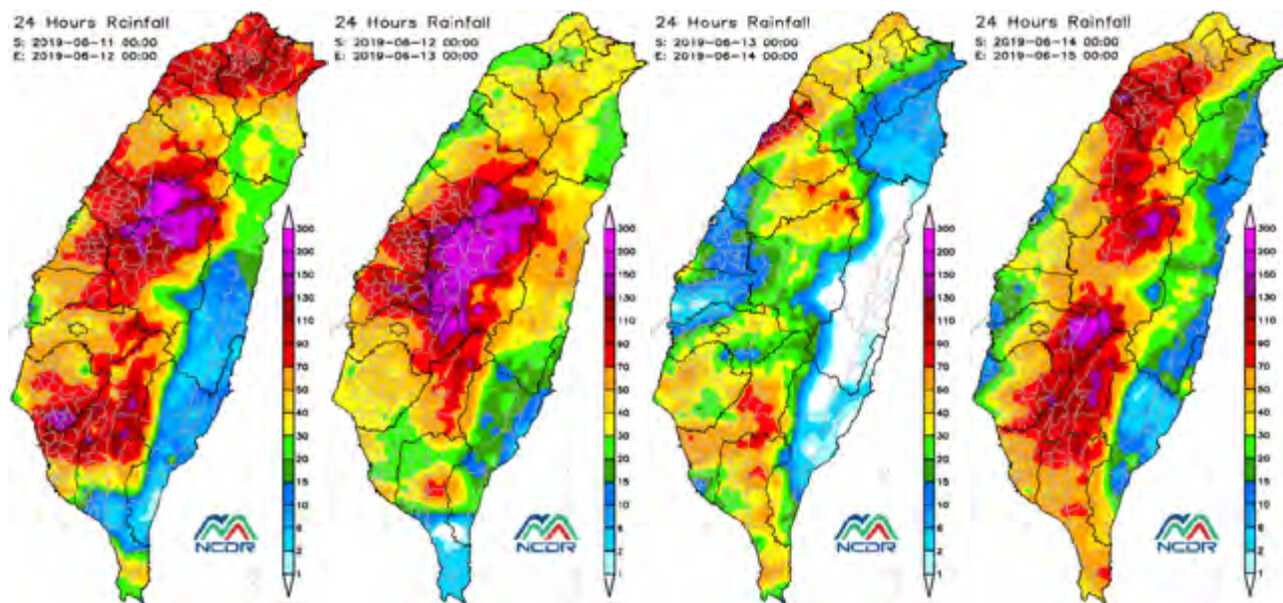
(一) 淹水災害

統計各部會署在 0611 豪雨造成的淹水災點共 84 筆，包括：新竹縣市、苗栗縣、臺中市、彰化縣、雲林縣、臺南市及高雄市等 8 個縣市、24 鄉鎮受影響。

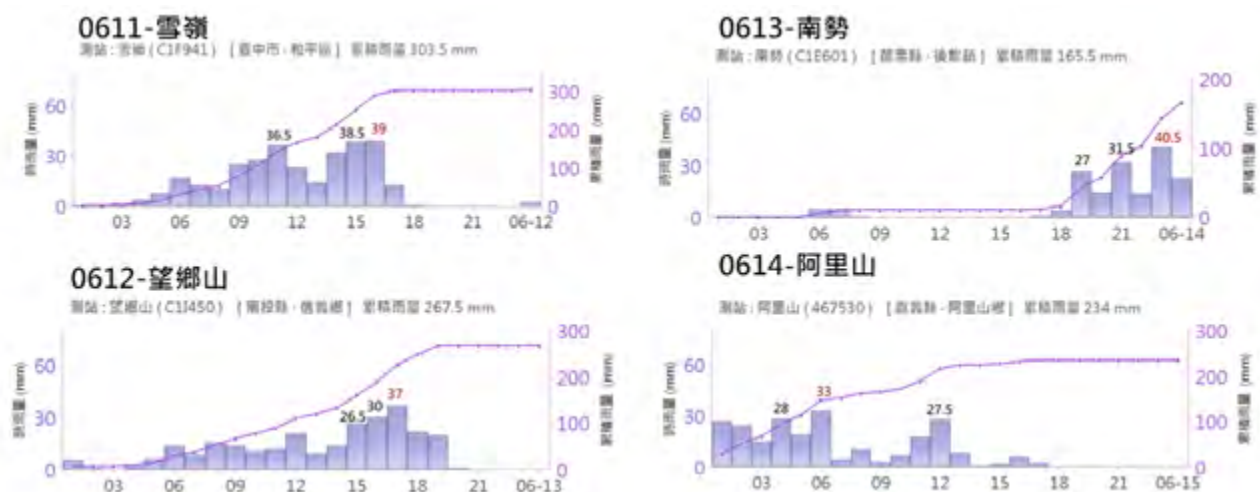
該次積淹水通報災點主要發生在臺南市(55 筆)及高雄市(16 筆)。根據報導指出，受豪雨影響，6 月 11 日臺南市市區出現零星積水，以永康區一帶積淹水較為嚴重；而 6 月 12 日則是以高雄岡山、燕巢一帶積淹水較為嚴重。

(二) 農業產物及民間設施損失

依據農委會公告，0611 豪雨造成全臺農林漁牧產業物及民間設施估計損失(至 6 月 17 日 17 時止)，合計 2,271 萬元。由農委會農糧署彙整之查報資料，統計各縣市的農林漁牧業產物及民間設施損失，縣市



2019 年 6 月 11 日至 6 月 14 日的日累積雨量圖 (資料來源：中央氣象局；國家災害防救科技中心繪製)



2019 年 6 月 11 日至 6 月 14 日的當日最大累積雨量測站觀測紀錄 (資料來源：中央氣象局；國家災害防救科技中心繪製)

受損情形以雲林縣損失 1,015 萬元 (佔 45%)、彰化縣損失 296 萬元 (佔 13%)、臺中市 281 萬元 (佔 12%)、苗栗縣損失 245 萬元 (佔 11%) 及南投縣損失 152 萬元 (佔 7%) 較為嚴重。

統計農產損失金額為 2,261 萬元，農作物受害面積約 2,513 公頃，受損作物主要為一期水稻，損失金額為 1,743 萬元，其次為巨峰葡萄、西瓜、杭菊及苦瓜。另外，民間設施損失約 10 萬元，主要是苗栗縣農田流失 0.1 公頃。

(三) 坡地災害

坡地災點主要收整自公路總局及水保局資料，截至 6 月 15 日 0611 豪雨造成零星之坡地及道路災情，分布在新北市、南投縣、嘉義縣與屏東縣山區，災情種類包含邊坡崩塌及台 14、台 18 及台 24 的道路災情。

0702 豪雨

氣象分析

午後強烈對流系統在 7 月 2 日下午 4 點至 6 點期間，於桃園地區降下劇烈的短延時強降雨，造成桃園市、新北市與臺北市多處淹水，從 7 月 2 日之雷達回波圖，可發現在當天下午 3 點開始有對流雲系在桃園市與新北市發展起來，在晚上 8 點之後逐漸消散。

從 7 月 2 日下午 4 點至晚上 8 點的累積雨量，與發生強降雨雨量站的時序列可瞭解，7 月 2 日桃園一帶的降雨均集中在下午 4 點至 6 點之間，最大累積 60 分鐘雨量於龍潭雨量站 (C0C670) 測得 133.5 毫米，平鎮雨量站 (C0C650) 則測得 85.5 毫米，八德雨量站 (C0C490) 測得 81 毫米，均已超過淹水警戒值。



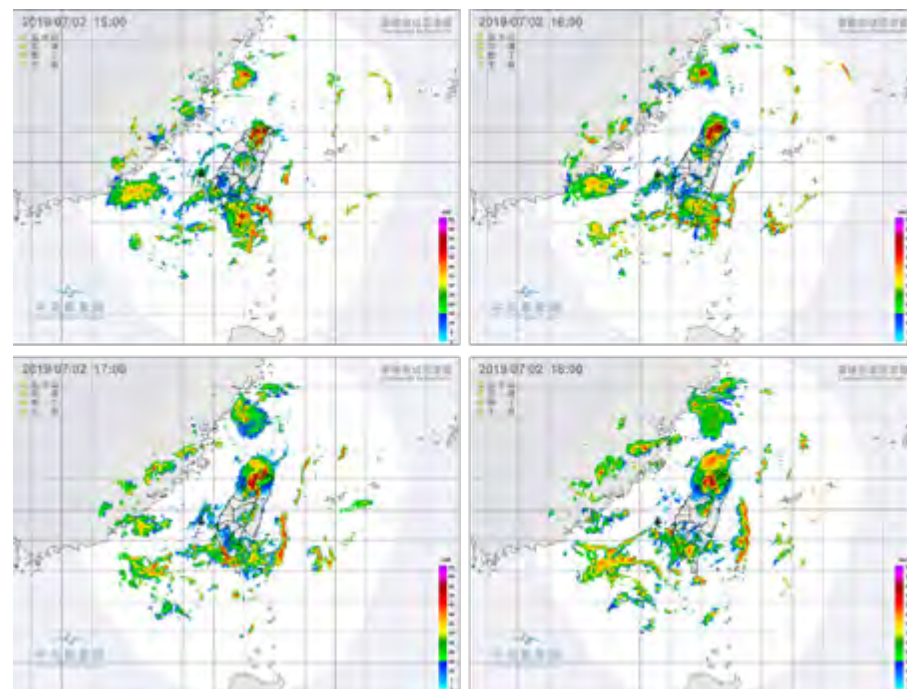
① | ② | ③

① 0611 豪雨淹水災點分布

② 0611 豪雨全臺農林漁牧業產業損失

③ 0611 豪雨全臺民間設施損失

(資料來源：各部會署之淹水災情資訊、農委會；國家災害防救科技中心繪製)



2019 年 7 月 2 日下午 3 點至 6 點的雷達回波圖 (資料來源：中央氣象局)

丹娜絲颱風

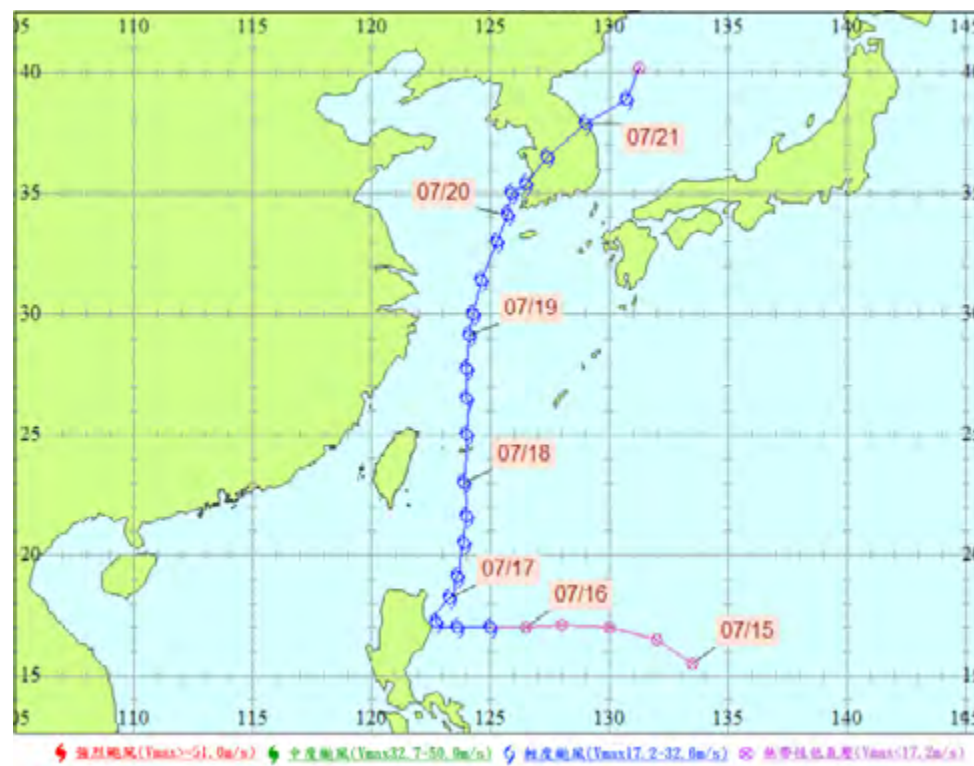
氣象分析

(一) 颱風概述

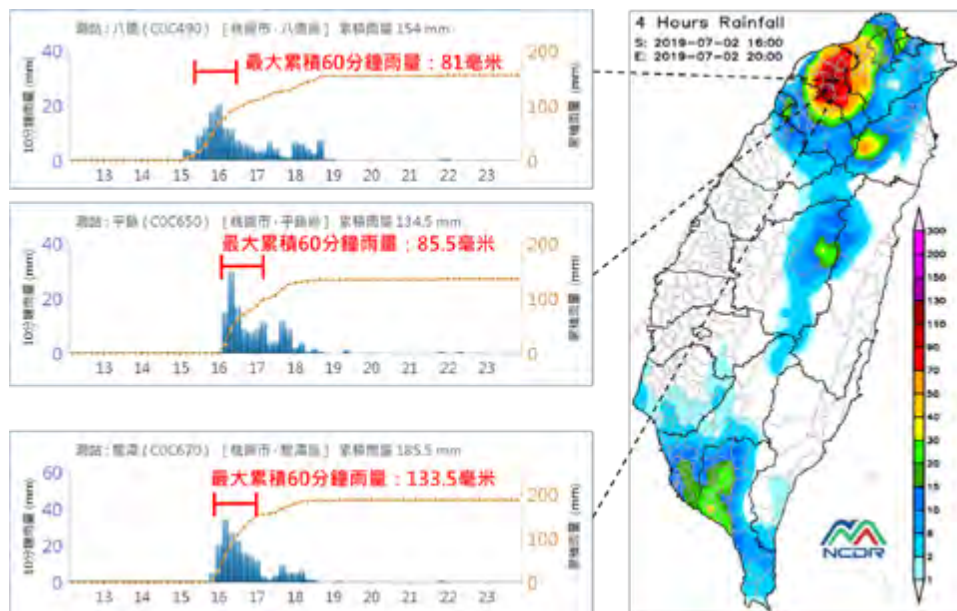
輕度颱風丹娜絲 (編號第 05 號, 國際命名 DANAS) 是臺灣在 2019 年第一個發布警報的颱風, 丹娜絲於 7 月 15 日生成後, 向西往呂宋島接近, 7 月 17 日一路往北移動, 中央氣象局於 7 月 16 日 23 時 30 分與 17 日 11 時 30 分, 分別發布海上與陸上颱風警報, 並於 7 月 17 日 20 時 30 分與 7 月 18 日 17 時 30 分解除陸上與海上警報。

(二) 風力分析

丹娜絲颱風於 7 月 18 日最接近臺灣地區, 而自颱風生成到颱風警報解除前 (7



丹娜絲颱風路徑圖 (資料來源: 中央氣象局)



0702 豪雨累積雨量及降雨序列圖

(資料來源: 中央氣象局; 國家災害防救科技中心繪製)

淹水災害

彙整自內政部消防署、經濟部水利署及桃園市水務局等資料, 0702 豪雨造成的淹水災點共計 134 筆, 其中 121 筆位於桃園市、臺北市 12 筆、新北市 1 筆。

瞬間豪大雨造成台 4 線道路受阻, 臺鐵火車在桃園 - 鶯歌路段的軌道因淹水而自 15 點 50 分暫時封閉, 於當日 18 點 43 分恢復通車。



0702 豪雨淹水災點分布 (資料來源: 各部會署; 國家災害防救科技中心繪製)

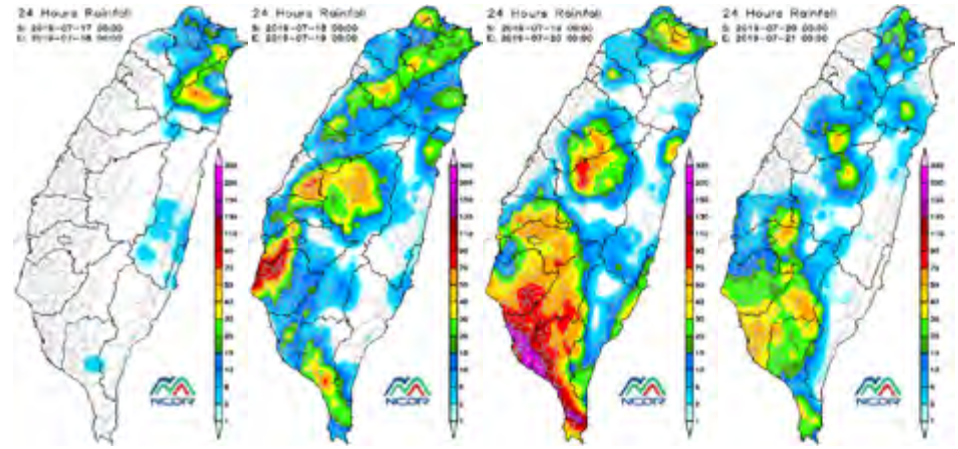
月 18 日下午 17:30)，最大風速為蘭嶼觀測站的 19.6 公尺 / 秒 (約 8 級風)，最大陣風同樣於蘭嶼觀測站測得 37.7 公尺 / 秒 (約 13 級風)。

(三) 降雨分析

丹娜絲颱風主要降雨期間為 7 月 17 日至 7 月 20 日，由於颱風未登陸，18 日的降雨為丹娜絲颱風外圍雲系造成，而 19 日至 20 日的降雨則是丹娜絲颱風持續往北遠離之後，於臺灣西南部引入的雲系所造成，故降雨主要分布於西南部沿海一帶。在海上颱風警報發布期間 (7 月 16 日 23:30~7 月 18 日 17:30)，最大總累積雨量為蘭嶼高中站 (C0S009) 測得的 179.5 毫米。

災害紀錄

依據各部會提供之資料，丹娜絲颱風對臺灣本島沒有太大影響，無造成坡地或淹水災害紀錄，但有零星的農業災情，依據行政院農業委員會農糧署統計 (截至 7 月 26 日 16 時)，農業災情總損失約 1,827 萬元，分別為屏東縣損失 1,239 萬元、臺南市損失 571 萬元與高雄市損失 17 萬元。農作物受損面積 378 公頃，損失金額 1,827 萬元。受損農作物以香瓜較嚴重，受損面積 90 公頃，損失金額 463 萬元，其次為西瓜和香蕉，主要是因為農作物浸水、水傷等而導致損失。



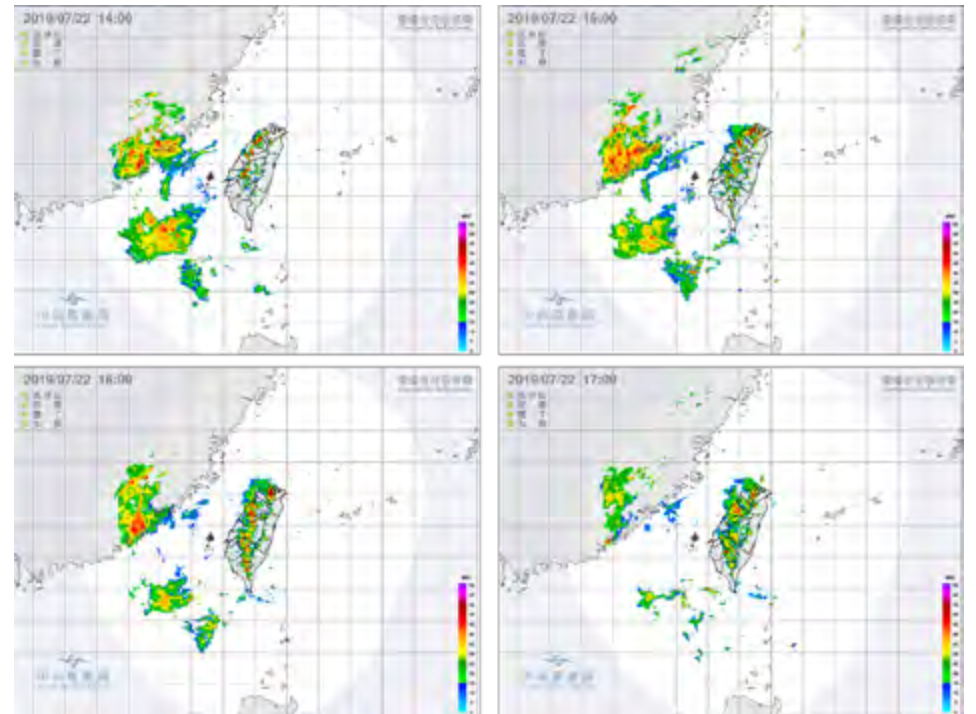
2019 年 7 月 17 日至 7 月 20 日的日累積雨量圖
(資料來源：中央氣象局；國家災害防救科技中心繪製)

0722 豪雨

氣象分析

2019 年 7 月 22 日下午 3 點至 6 點期間，午後強烈對流於大臺北地區降下劇烈的短延時強降雨，造成臺北市與新北市多處淹水，從 7 月 22 日之雷達回波圖，可以發現下午 4 點就開始有對流雲系在臺北市發展起來，在下午 5 點之後逐漸消散。

從 7 月 22 日下午 3 點至 6 點的累積雨量，與發生強降雨雨量站的時序列可發現，7 月 22 日臺北一帶的降雨時段均集中在下午 4 點至 5 點之間，最大累積 60 分鐘雨量於大安森林雨量站 (CAAH60) 測得 136.5 毫米，中正國中雨量站 (A1A920) 測得 104.5 毫米，公館雨量站 (C1A730) 測得 111 毫米，均已超過淹水警戒值。



2019 年 7 月 22 日下午 2 點至 5 點的雷達回波圖
(資料來源：中央氣象局)

利奇馬颱風

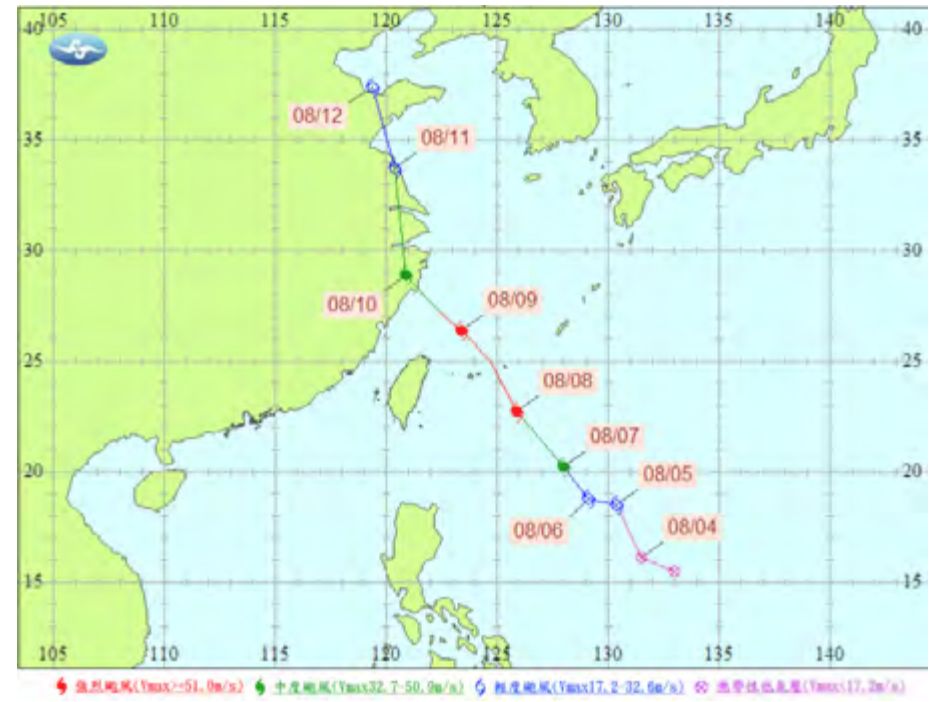
氣象分析

(一) 颱風概述

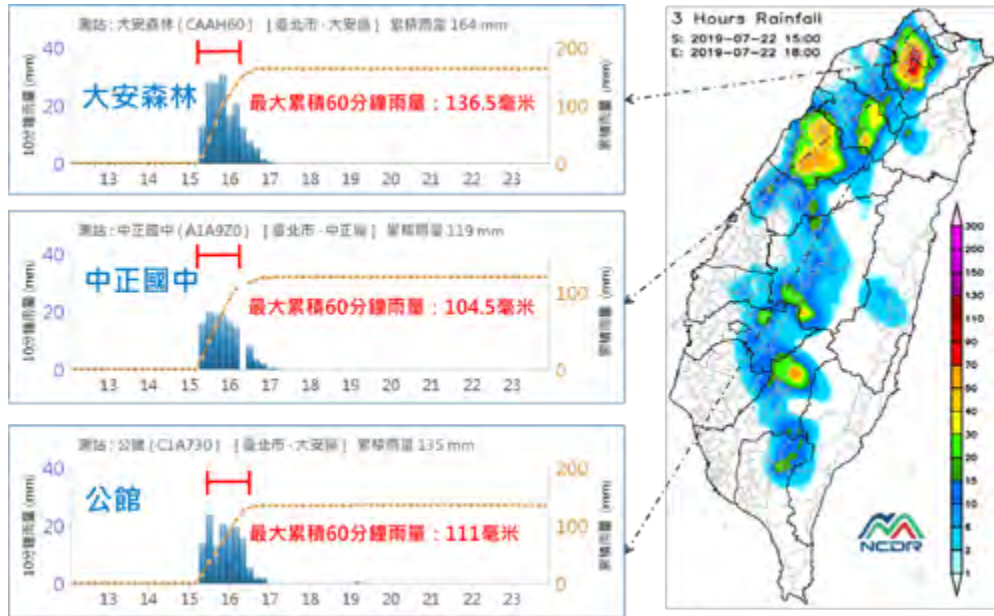
利奇馬 (編號第 09 號, 國際命名 LEKIMA) 颱風於 2019 年 8 月 7 日, 在菲律賓東方海面生成後向西北移動, 朝臺灣東北部海面前進, 暴風圈掠過臺灣北部及東北部陸地後持續向北移動登陸中國浙江, 並重創浙江, 造成重大傷亡。中央氣象局於 8 月 7 日 17 時 30 分及 8 月 8 日 8 時 30 分, 分別發布海上與陸上颱風警報, 於 8 月 9 日最接近臺灣東北角, 此時為強烈颱風, 氣象局並於 8 月 9 日 20 時 30 分及 8 月 10 日 8 時 30 分, 分別解除陸上與海上警報。

(二) 風力分析

利奇馬颱風期間最大風力觀測為彭佳嶼的 29.6 公尺 / 秒 (約 11 級風), 最



利奇馬颱風路徑圖 (資料來源: 中央氣象局)



0722 豪雨累積雨量及降雨序列圖

(資料來源: 中央氣象局; 國家災害防救科技中心繪製)

淹水災害

彙整消防署及水利署之淹水災點資訊, 0722 豪雨造成 248 筆淹水災點, 其中, 臺北市有 232 筆、新北市有 16 筆。瞬間大雨造成臺北市區主要道路, 受到積淹水而影響行車安全, 大安森林公園旁新生南路更一度封閉道路。



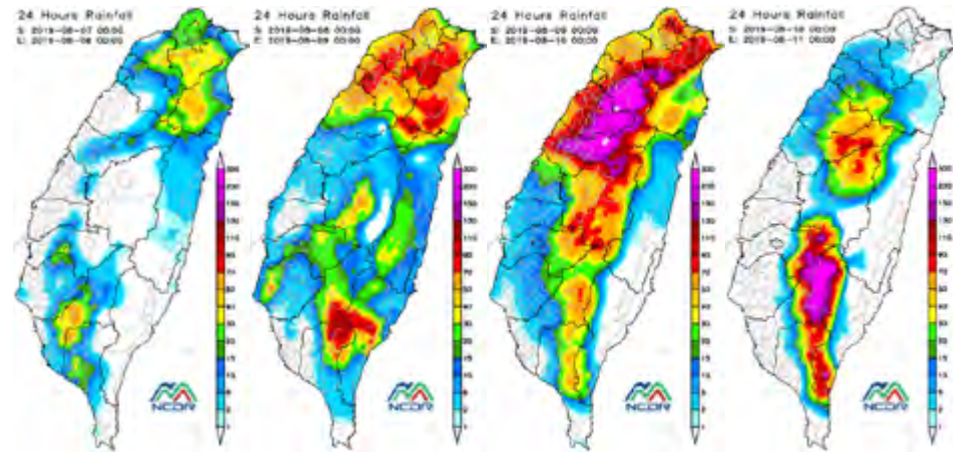
0702 豪雨淹水災點分布

(資料來源: 各部會署; 國家災害防救科技中心繪製)

大陣風則為 40.8 公尺 / 秒 (約 13 級風)，其次為蘭嶼測得最大陣風為 39 公尺 / 秒 (約 13 級風)，其他主要測站所測得的風速約為 7~9 級風。

(三) 降雨分析

主要降雨期間則為 8 月 7 日至 8 月 10 日之間。由於颱風通過臺灣北部外海，因此 8 月 8 日至 9 日受到外圍環流影響，主要降雨集中於北部地區。海上颱風警報期間 (08/07 17:30~8/10 08:30) 最大累積雨量為雪嶺 (C1F941) 測得 483 毫米。



2019 年 8 月 7 日至 8 月 10 日的日累積雨量圖
(資料來源：中央氣象局；國家災害防救科技中心繪製)

災害紀錄

(一) 淹水災害

國家災害防救科技中心彙整各部會署的淹水災情資訊，利奇馬颱風共造成 11 筆淹水災點，其主要分布於基隆市、新北市、桃園市與新竹縣等 4 個縣市、8 鄉鎮受影響。

(二) 坡地災害

收整行政院農業委員會水土保持局及交通部公路總局的坡地災害資訊，利奇馬颱風造成全臺坡地災點共 12 處，分布在臺中市、高雄市、苗栗縣、南投縣與臺東縣，以道路邊坡崩塌類型為主，以台 8 線、台 29 線及台 21 線的災點為多。

(三) 人員傷亡及維生管線

依據中央災害應變中心處置報告 (截至 8 月 9 日 12 時 30 分)，利奇馬颱風造成 2 人死亡、9 人受傷 (臺北市 1 人死亡、5 受傷，新北市 1 人死亡，宜蘭縣及花蓮縣各 2 人受傷)。經濟部統計本次維生管線災情 (含 0808 地震災情)，期間曾造成 61,831 戶停電、天然氣停用 300 戶、電信基地台受損 13 座。



利奇馬颱風坡地災點分布 (資料來源：各部會署；國家災害防救科技中心繪製)



利奇馬颱風淹水災點分布
(資料來源：部會署淹水災情資訊；國家災害防救科技中心繪製)

0812 豪雨

氣象分析

利奇馬颱風遠離臺灣後，其外圍環流引進西南風，在 8 月 10 日到 8 月 17 日期間，在臺灣中南部地區造成長達 8 日的連續降雨，8 月 10 日至 11 日降雨集中在臺中、南投、嘉義、高雄及屏東等山區，8 月 12 日至 13 日降雨則逐漸移往平地與沿海地區，在 8 月 13 日累積雨量分布圖上，可看到臺灣西南沿海從彰化到屏東，日累積雨量皆有達 200 至 300 毫米以上。8 月 14 日降雨情況較為減緩。而 8 月 15 日至 17 日臺灣中南部都有明顯降雨。

0812 豪雨事件之總累積雨量(8 月 10 日 0 時至 18 日 0 時)最多的前三名測站都在高雄市，依序為御油山站 1,177.5 毫米、那瑪夏國中站 1,155 毫米、達卡努瓦站 1,151 毫米。

災害紀錄

(一) 淹水災害

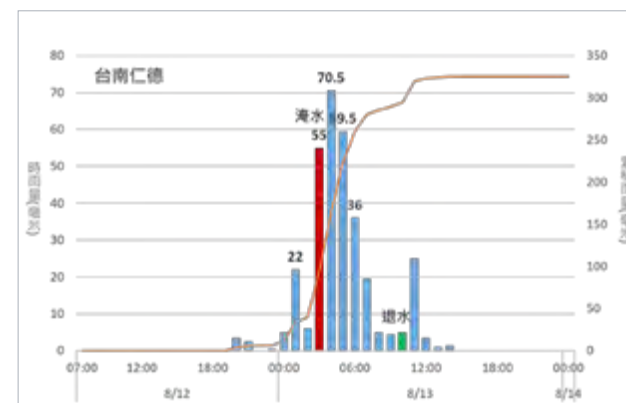
0812 豪雨共有 218 筆災點，分布於雲林縣、臺南市、高雄市及屏東縣等 4 個縣市、39 鄉鎮受影響。

臺南淹水發生於 8 月 13 日凌晨 3 時，臺南市仁德雨量站測得時雨量為 55 毫米，已超過降雨淹水二級警戒，並於 13 日 4 時降下 70.5 毫米的時雨量；連續三小時累積雨量達 185 毫米，遠超過三小時降雨二級警戒(90 毫米)和一級警戒(100 毫米)；24 小時累積雨量為 314 毫米，直至 13 日 10 時左右降雨才趨緩、開始退水，淹水時間至少 7 小時。

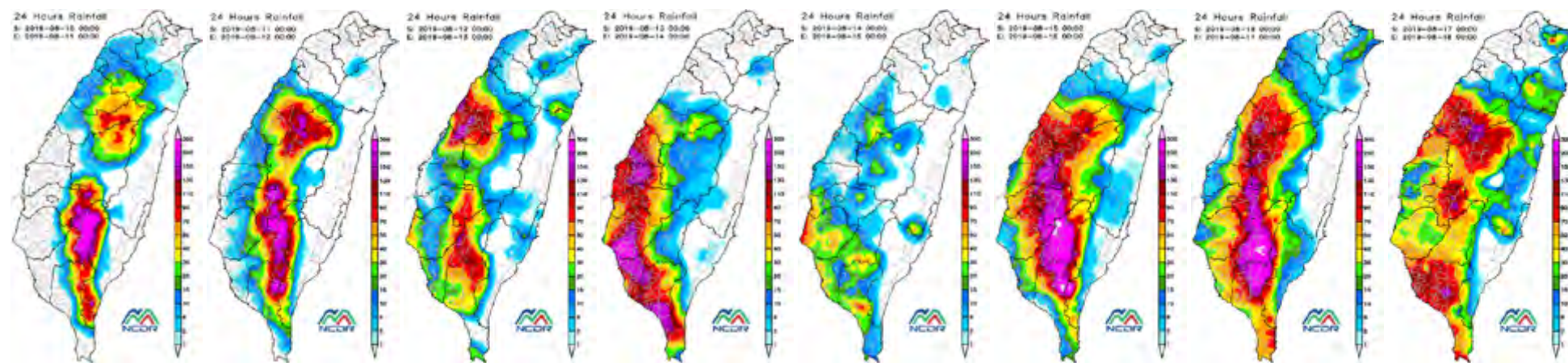
國家災害防救科技中心針對臺南市 3 處重點淹水區域現勘，包含：(1) 臺南市仁德區仁德排水護岸、(2) 臺南市永康區崑山科大周邊、(3) 臺南市仁德區太乙

三街，以下則以臺南市仁德區太乙三街為例做說明。

8 月 13 日，太乙三街與三爺溪交匯處，因豪雨造



臺南仁德雨量站歷線(資料來源:中央氣象局、水利署; 國家災害防救科技中心繪製)

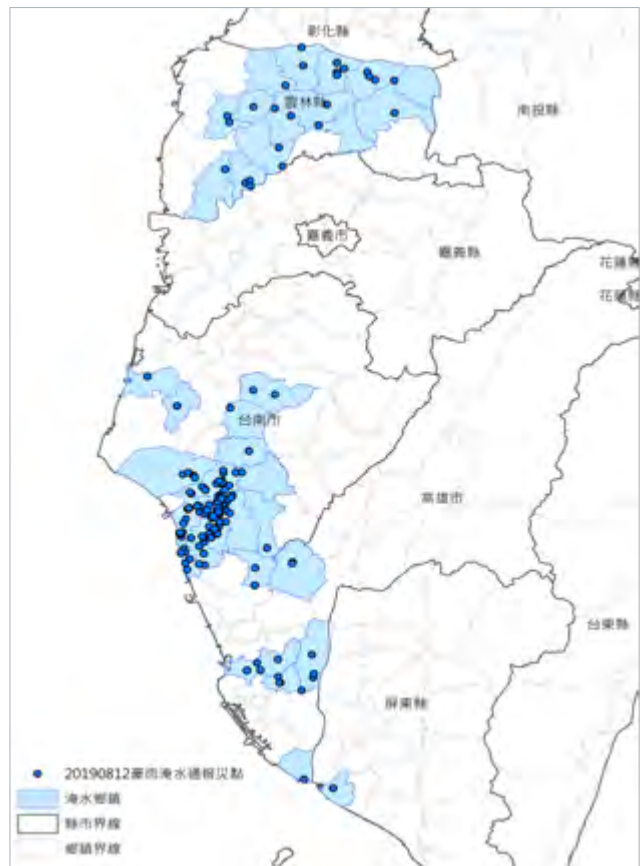


2019 年 8 月 10 日至 8 月 17 日的日累積雨量圖(資料來源:中央氣象局; 國家災害防救科技中心繪製)

成三爺溪溪水高漲漫淹周邊，再加上地勢低窪，造成該處淹水達 1.2 公尺深，造成周邊太乙工業區停電，工業區損失嚴重。又由於該處淹水頻率高，部分工廠地勢已墊高，當地民眾設置淹水閘門和自備抽水機。

(二) 農業產物及民間設施損失

依據農委會公告，統計本次豪雨造成農業產物及



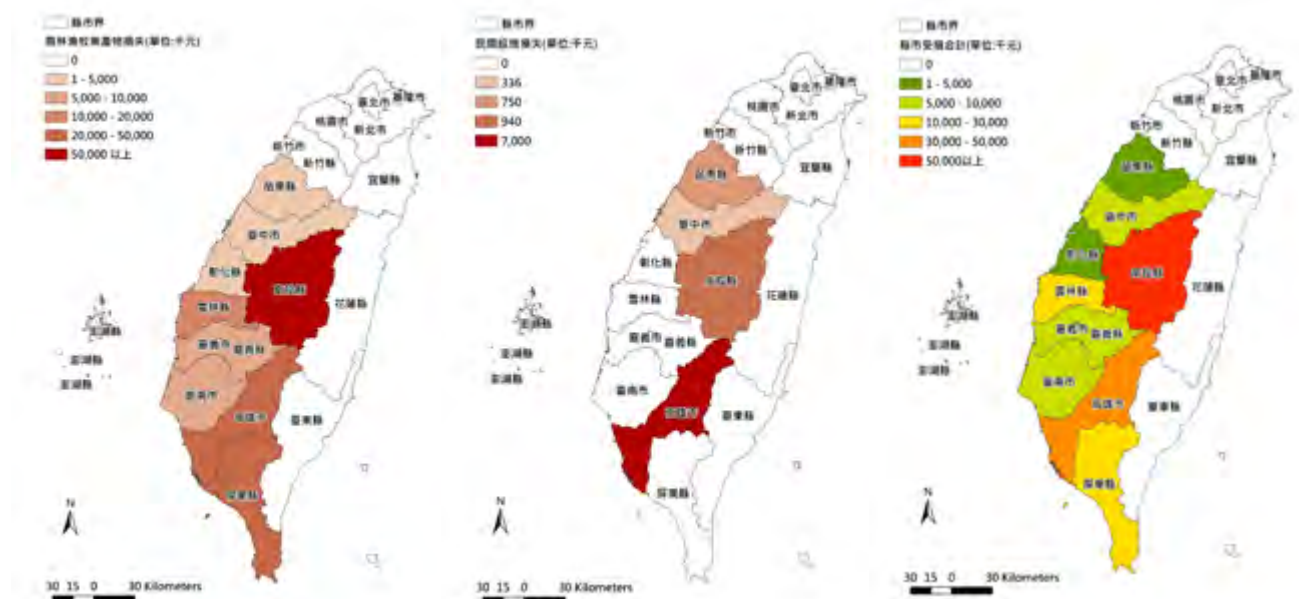
0812 豪雨淹水災點分布 (資料來源：各部會署之淹水災情資訊；國家災害防救科技中心)

民間設施估計損失 (截至 8 月 23 日 17 時) 合計 1 億 7,493 萬元，縣市受損情形以南投縣損失 6,539 萬元 (佔 37%)、高雄市損失 4,413 萬元 (佔 25%)、屏東縣損失 2,191 萬元、雲林縣損失 1,712 萬元及嘉義縣損失 891 萬元較為嚴重。統計農產損失金額為 1 億 6,544 萬元 (含養蜂損失 9 萬元)，農作物受害面積約 3,140 公頃，受損作物主要為木瓜，損失金額為 4,831 萬元，其次為百香果、絲瓜、芭樂及花生。另外，民間設施損失約 903 萬元，農田流失及埋沒估計損失約 828 萬元，包含：高雄市農田埋沒及流失 8 公頃、南投縣農田流

失及埋沒 1.1 公頃及臺中市農田埋沒 0.4 公頃。

(三) 坡地災害

收整自公路總局及水保局資料，截至 8 月 23 日 0812 豪雨造成約 23 處坡地及道路災情，坡地災情集中分布在臺中市 (8 筆)、南投縣 (5 筆) 及高雄市 (5 筆)，道路災情則分布於台 8、台 18、台 27 及台 24 線，其中，災損規模較大的坡地災害，包括：南投縣名間鄉及嘉義縣中埔鄉發生土石流、屏東縣霧台鄉與南投縣國姓鄉道路嚴重受阻、高雄市六龜區與彰化市的民宅受損。



由左至右分別為 0812 豪雨的農林漁牧業產物損失、民間設施損失及各縣市受損合計分布 (資料來源：各部會署之淹水災情資訊、農委會；國家災害防救科技中心繪製)

/// 白鹿颱風

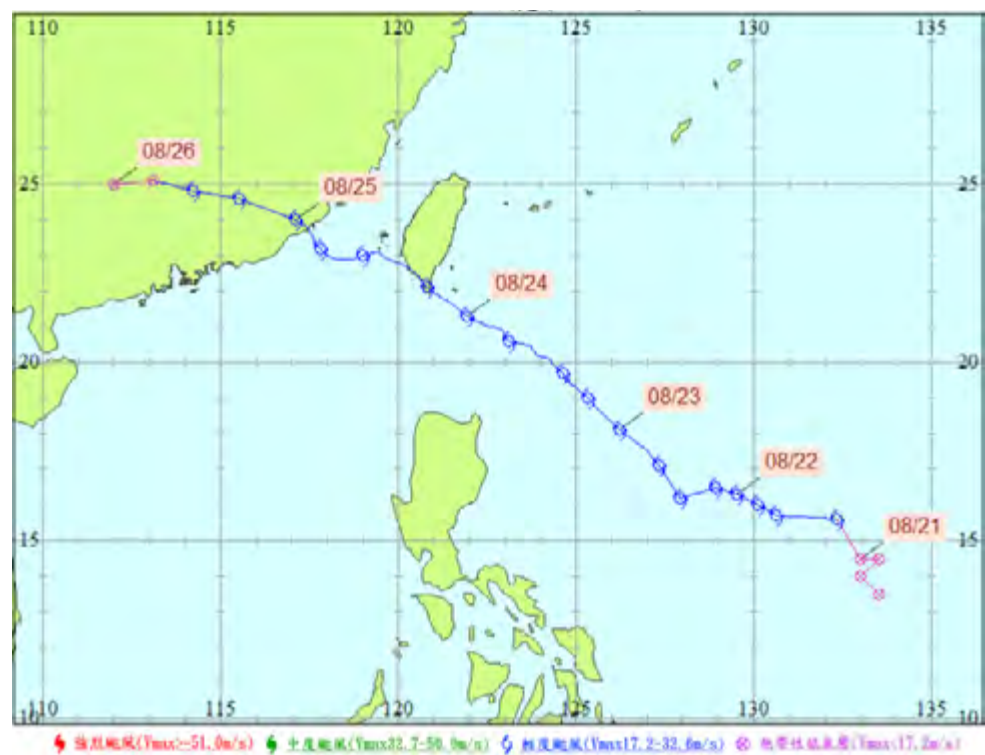
氣象分析

(一) 颱風概述

白鹿颱風(編號第11號,國際命名BAILU)在菲律賓東方海面生成後向西北移動,朝巴士海峽方向接近,8月24日13時於屏東滿州附近登陸,同日16時10分從高雄楠梓附近出海,8月25日7時左右由福建省進入中國,向西北西方向離去。氣象局在8月23日5時30分及14時30分,分別發布海上與陸上颱風警報,並於8月25日8時30分及11時30分,分別解除陸上與海上警報。

(二) 風力分析

白鹿颱風期間最大風力觀測為玉山的26.6公尺/秒(約10級風),最大陣風則



白鹿颱風路徑圖(資料來源:中央氣象局)

為46.4公尺/秒(約15級風),其次為蘭嶼測得最大陣風為44.8公尺/秒(約14級風),其他主要測站所測得的風速約為7~9級風。

(三) 降雨分析

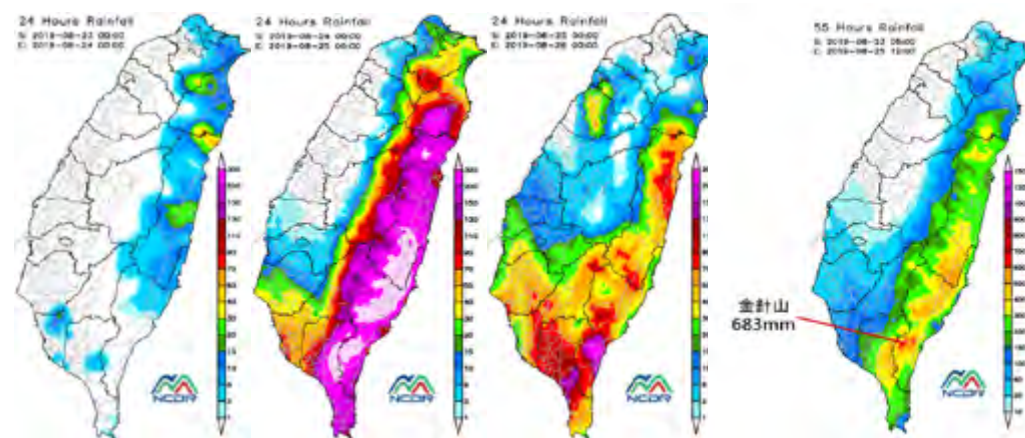
主要降雨期間則為8月23日至8月25日之間。由於颱風通過臺灣南部巴士海峽,因此8月24日至25日受到外圍環流影響,主要降雨集中於東部地區的迎風面。海上颱風警報期間(8月23日05:30~8月25日11:30)最大累積雨量為金針山(O1S680)測得683毫米。

災害紀錄

(一) 淹水災害

彙整各部會署的淹水災情資訊,白鹿颱風期間全臺共有11筆淹水災點,分布於南投、花蓮、臺東和屏東等4個縣市、14鄉鎮受影響。

其中,國家災害防救科技中心針對臺東鹿野五十戶路處淹水進行現勘。臺東縣鹿野鄉五十戶路在白鹿颱風期間,因地勢低窪排水不易,造成五十戶路淹



2019年8月23日至8月25日的日累積雨量圖及總累積雨量分布圖
(資料來源:中央氣象局;國家災害防救科技中心繪製)

水深度約 1.2 公尺而道路中斷。經現勘結果，五十戶路地區的地勢落差約 3-5 公尺，淹水區域更是相對的低窪地區，加上 6 小時降雨達 250.5 毫米，已超過降雨淹水警戒，故發生淹水，該地區只要大雨就會發生淹水，為易淹水地區。



白鹿颱風淹水災點分布

(資料來源：部會署淹水災情資訊；國家災害防救科技中心繪製)

(二) 坡地災害

收整水保局及公路總局坡地災點資訊，白鹿颱風造成之坡地災害共 25 處，分布於臺東縣(12 筆)、臺中市(6 筆)、花蓮縣(3 筆)、屏東縣(2 筆)、南投縣(1 筆)及嘉義縣(1 筆)，道路以台 8、台 20 及台 9 道路邊坡崩塌較多。依公路總局紀錄，颱風期間南橫公路(台 20)向陽至利稻之間，150.5K、170.5K、174.5K 與 178.9K 等 4 處路段，發生邊坡土石崩落、泥流覆蓋道路災情。

(三) 漂流木問題

白鹿颱風橫掃後，豪大雨將大批木料從山區沖刷入海域中，漂流木隨著颱風過後的西南氣流北上，在 8 月 25 日堆滿臺東縣富岡漁港港嘴外，堆積範圍約 1 公頃。到了 8 月 26 日，在西南風帶動及海水漲潮影響下，港嘴外的漂流木全都沖入富岡漁港港區，宛如一片木頭海，造成港區內船舶動彈不得，當日臺東往返綠島交通船被迫全部取消，根據臺東縣政府農業處估算，漂流木湧入富岡港面積約 3 公頃大。直至 8 月 27 日凌晨，隨著風向改為北風，加上退潮，約莫凌晨 3 時起，大部分的漂流木都被拉出港區，數量減少許多，下午臺東與綠島航線便恢復航班。

(四) 農業損失

根據農糧署統計，白鹿颱風造成的農業災情(截至 8 月 27 日 16 時止)，總計總損失 1 億 7,469 萬元，其中臺東縣損失 1 億 1,301 萬元，屏東縣損失 3,173 萬元，高雄市損失 1,649 萬元，南投縣損失 755 萬元及花蓮縣損失 549 萬元較嚴重。農作物損失金額為 1 億 6,794 萬元，受損面積約 2,669 公頃，受損作物以釋迦較嚴重，損失金額 6,867 萬元，受損面積 1,009 公頃，其次為香蕉、芭樂、檸檬、木瓜、薑及其他特作，主要是農作物倒伏、浸水、落花、落果、折枝、葉面破損等導致損失。農業設施損失金額 671 萬元，受損面積 48 公頃，主要為塑膠布(網)、整體結構受損。

(五) 人員傷亡及維生管線

依據中央災害應變中心變處置報告(截至 8 月 24 日 20 時)，颱風造成 6 人受傷。維生管線災情部份，曾造成 102,977 戶停電、2,145 戶停水、電信基地台受損 103 座、市話 1,541 戶中斷。

米塔颱風

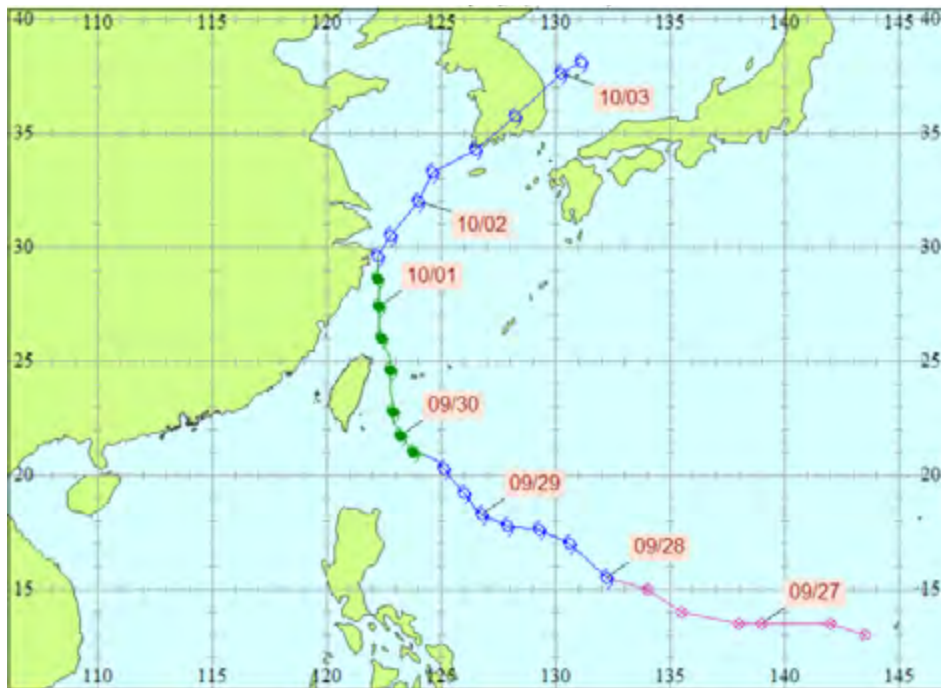
氣象分析

(一) 颱風概述

米塔颱風(編號第18號,國際命名MITAG)在菲律賓東方海面生成後向西北移動,朝臺灣東北部海面前進,9月30日暴風圈通過臺灣東半部與中部以北陸地後,持續向北朝東海海面前進。氣象局在9月29日8時30分及日20時30分,分別發布海上與陸上颱風警報,並於10月1日5時30分11時30分,分別解除陸上與海上警報。

(二) 風力分析

米塔颱風期間最大風力觀測為彭佳嶼的35.1公尺/秒(約12級風),最大陣風則為52.1公尺/秒(約16級風),蘭嶼測得最大陣風為52.3公尺/秒(約16級風),其他主要測站所測得的風速約為7~9級風。



米塔颱風路徑圖(資料來源:中央氣象局)

(三) 降雨分析

主要降雨期間則為9月29日至10月1日之間。由於颱風通過臺灣南部巴士海峽,因此9月29日至10月1日受到外圍環流影響,主要降雨集中於宜蘭地區的迎風面。海上颱風警報期間(9月29日08:30~10月1日11:30)最大累積雨量為牛鬥(C1U501)測得492.5毫米。

災害紀錄

(一) 淹水災害

彙整各部會署的淹水災情資訊,米塔颱風期間有8筆淹水災點,分布於臺北市、新北市、宜蘭縣和桃園市等4個縣市、7鄉鎮受影響。

(二) 坡地災害

收整水保局與公路總局坡地災點資訊,米塔颱風造成7處坡地災害,分布於宜蘭縣(4筆)、新北市(2筆)及桃園市(1筆),主要是台7及台7甲線的道路邊坡崩塌災害為主。其中,台北市北投區一處停車場,在9月30日約晚上11時,發生地基土石塌陷情形,造成9輛車隨之滑落,災損較為嚴重。

(三) 農業產物及民間設施損失

依據農委會公告,截至10月3日17時止,米塔豪雨造成全臺農林漁牧產業物及民間設施估計損失合計279萬元,各縣市的農林漁牧業產物及民間設施損失,以宜蘭縣損失222萬元(佔79%)、臺東縣損失22萬元(佔8%)、新北市損失18萬元(佔6%)及花蓮縣損失17萬元(佔6%)較為嚴重。統計農產損失金額為243萬元,農作物受損面積約61公頃,受損作物主要是大豆,損失金額為97萬元,其次為香蕉、蔥、桶柑及結球白菜。另外,農田埋沒損失約32萬元。

(四) 人員傷亡及維生管線

根據中央災害應變中心統計,米塔颱風截至10月1日上午9時止,共造成12人受傷,分別為臺北市3件、桃園市1件、宜蘭縣4件、臺中市4件。颱風期間曾有6萬6,773戶停電戶。

特別企劃篇

SPECIAL REPORT





2019年8月24日拍攝於巴西朗多尼亞州 (Rondonia) Porto Velho 附近的亞馬遜雨林區因大火焚燒冒出的大量煙霧情形 (資料來源：REUTERS/ 達志影像授權提供)

亞馬遜雨林大火

註 本篇完整報導收錄於 NCDR 災害防救電子報 第 173 期 2019 年 12 月出刊



2019 年 9 月 10 日於巴西朗多尼亞州 (Rondonia) Porto Velho 附近的亞馬遜雨林區因大火焚燒冒出的大量煙霧情形 (資料來源：REUTERS/ 達志影像授權提供)

/// 災害概述

亞馬遜雨林地區於 2019 年 8 月因大火產生的濃煙，遮蔽巴西大城聖保羅市 (São Paulo) 的天空，整座城市宛如黑夜，引起當地居民的恐慌與國際的關注。根據巴西太空研究中心 (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE) 的資料顯示，2019 年 1 月至 8 月的野火事件，累計超過 60,000 筆，較 2018 年多出 84%，是巴西雨林保護政策施行以及滅火技術提升之後，最嚴重的一年。

/// 事件背景

巴西為農牧業大國，是全球主要的蔗糖、咖啡、黃豆、牛肉及雞肉的出口國，被譽為世界重要的糧倉。根據美國國家航空暨太空總署 (National Aeronautics and Space Administration, NASA) 最新衛星影像資料的分析結果顯示，2019 年 8 月的南美洲土地利用包括：雨林覆蓋區 (綠色)、沙漠區 (紫色)、農作物用地 (粉紅色)、濕地 (棕色) 和牧草地 (淡褐色)。巴西的農業耕地面積，排名在世界第五位，名列在印度、美國、中國和俄羅斯之後。

巴西農民常用「刀耕火種 (Slash-and-burn)」管理耕作用地，在休耕時期，焚燒耕地上殘餘的作物，使燃燒後的灰燼作為土壤的養分。由於雨林土壤肥沃，有時也會被開墾成為農牧用地。當雨林區有價值的杉木被開採後，放火燒除殘餘樹木，是常用的開墾方式。但是巴西農業耕地面積廣大，這類型的耕作方式，常使得巴西上空佈滿燃燒時產生的濃煙，讓遠在太空中



2018 年巴西土地利用情形，綠色為雨林覆蓋區、粉色為農作物用地、淡褐色為牧草地 (資料來源：NASA)

的衛星都可以記錄到這樣的影像。

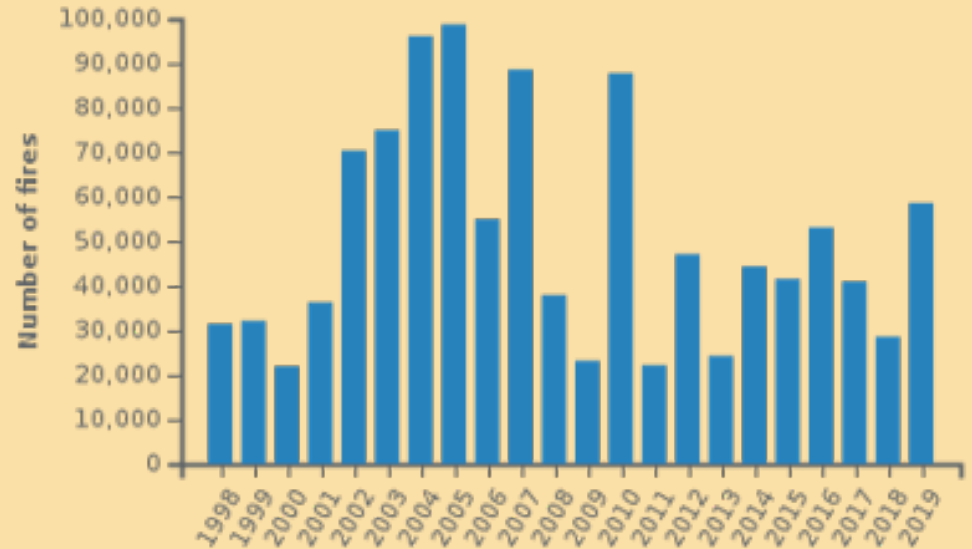
巴西國家太空研究中心 (INPE) 自 1998 年以來進行長期火災事件觀測迄今，巴西政府在 2004 年訂定了雨林保護計畫 (Federal Action Plan for Prevention and Control of Deforestation in the Amazon, PPCDAM) 之後，除了 2005、2007 和 2010 年之外，火災數目有減少的趨勢。由於亞馬遜地區在 2005、2007 和 2010 年，發生嚴重的乾旱，農民放火整地的行為，易使火勢蔓延；因此，為了有效控制火勢，巴西政府與國際合作，在 2012 年改進了滅火技術，致使 2012 年之後的火災數目能控制在 60,000 筆之下。然而，2019 年，亞馬遜地區屬於較潮溼的季節，火災數目卻增多，共超過 60,000 場火災，與同樣非乾旱時期的 2018 年比較，大幅增加 84%。火災數量的增加原因，指向雨林開發。

/// 火災位置

美國 NASA 地球觀測站 (NASA Earth Observatory) 在 2019 年 8 月發表了一張南美洲大火災點分布圖，其整合了三種資料，分別是 Aqua 衛星所搭載熱感測器 MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 偵測到的溫度異常位置、美國麻里蘭大學 (University of Maryland) 開發的火災訊息管理系統 FIRMS (Fire Information for Resource Management System) 資料，以及衛星在夜間拍到的地球影像，白色光點為人類所居住的城市，橘色光點為火災發生的位置，南美洲各國的邊界，則用灰色線標示。其中，橘色光點所標示的亞馬遜雨林大火燃燒位置，與農牧作業區相近。

/// 衝擊影響

伴隨亞馬遜雨林大火而產生的煙霧 (aerosol) 和二氧化碳等氣體，會對人體與環境產生危害。就煙霧而言，根據歐洲中期天氣預報中心 (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) 透過哥白尼監測服務計畫 (Copernicus Atmosphere Monitoring Service, CAMS) 提供 2019 年 8 月 20 日的煙霧分布資料，顯示煙霧的分布範圍從亞馬遜雨林上空，向西南延伸至聖保羅市。其中，顏色



1998-2019 年亞馬遜雨林大火災點數量 (資料來源：INPE)



2019 年 8 月 15 日至 8 月 22 日大火發生的位置，橘色光點為火災發生位置 (資料來源：NASA Earth Observatory)

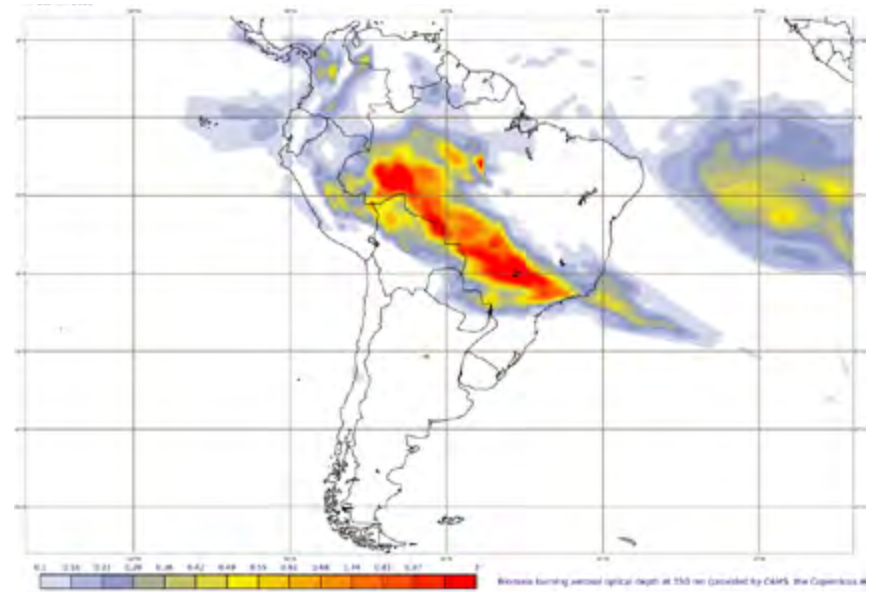
量尺代表的是煙霧的光學厚度 (aerosol optical depth)，是根據大氣反射或吸收可見光與紅外線的程度推算而得。當光學厚度小於 0.1(淡紫色)時，表示天空晴朗，有最大的能見度；當光學厚度接近於 1(紅色)時，表示非常朦朧的情況，能見度最低。因此，說明巴西聖保羅市居民拍到城市光景宛如黑夜的情形，是由亞馬遜雨林大火產生的煙霧所造成。

就二氧化碳而言，CAM5 的全球火災同化系統 (Global Fire Assimilation System, GFAS) 推估巴西亞馬遜地區 8 月份的碳排放量在 2003-2019 年之間的變化情形。在 2005、2007 和 2010 年，亞馬遜地區發生嚴重的乾旱，乾燥的季節，助長了火勢，促使碳排放量增加。然而，根據二氧化碳訊息分析中心 (Carbon Dioxide Information Analysis Center, CDIAC) 的年平均資料顯示，巴西亞馬遜地區並非世界上主要的碳排放國；就 1751-2017 年的長期監測資料顯示，北美、歐盟和亞洲才是主要的碳排放區。由於，南美洲的碳排放量，主要是由農業耕作所引起，當新的穀物播種、發芽後，農業耕種區又重新成為碳匯 (carbon sink) 區域。因此，亞馬遜地區的碳排放問題，對短期的空氣品質影響較大，對長期的氣候影響較其他地區小。

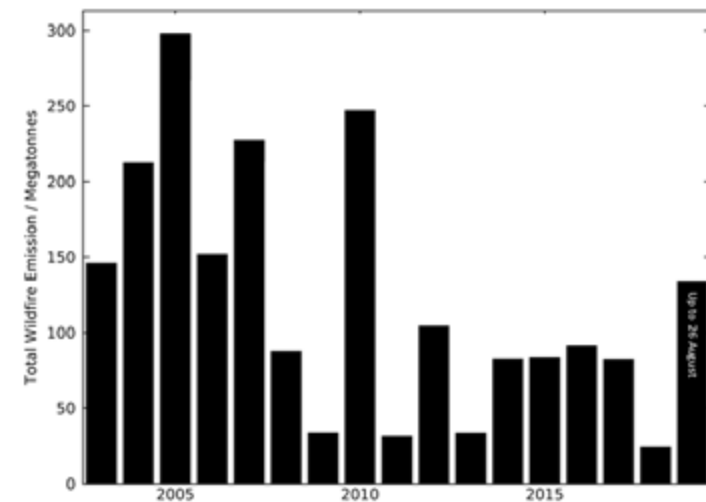
/// 政府因應作為

巴西政府對亞馬遜雨林大火，施行短期與長期的應變作為。短期的應變作為包含：頒布 60 天的禁止焚燒令、逮捕縱火犯、與國際合作擴大滅火行動、重申雨林保護政策等。例如：禁止焚燒令於 2019 年 8 月 29 日生效；派出軍隊協助滅火，並接受國際支援，包含智利派出的 4 架滅火機，以及英國政府 1,200 萬美元的支援等。但是，根據巴西 INPE 的統計資料顯示，9 月份的火災數目仍將近 2 萬筆，與 8 月相比，減少約 10,000 筆。

長期的應變作為，主要在改良農耕技術，避免使用放火整地方式和改良農作物在草原區的適應能力，以減少開發雨林。實行的方法包含：(1) 種子基因的優選、開發與培育，使農作物更能抵抗病蟲害的威脅，並適應草原區之土壤較貧瘠的生長環境；(2) 引進新的農業技術，建置資本密集的大型農場，運用大型農耕機具，增加耕地產能。例如：部分巴西農業科技公司更開始與電信公司合作，建置智慧監測系統，透過無人飛機監測並記錄作物生長狀態，並分析雲端資料，以掌控農藥、灌溉用水和肥料用量等；(3) 制定低碳排放農業計畫，實行免耕直播，以及農林牧一體化生產 (在飼養牛群的牧場植樹造林) 等。



哥白尼大氣監測服務 (CAM5) 透過模式系統所提供於 2019 年 8 月 20 日的濃煙分布情形 (資料來源：CAM5 Global Fire Assimilation System, GFAS)



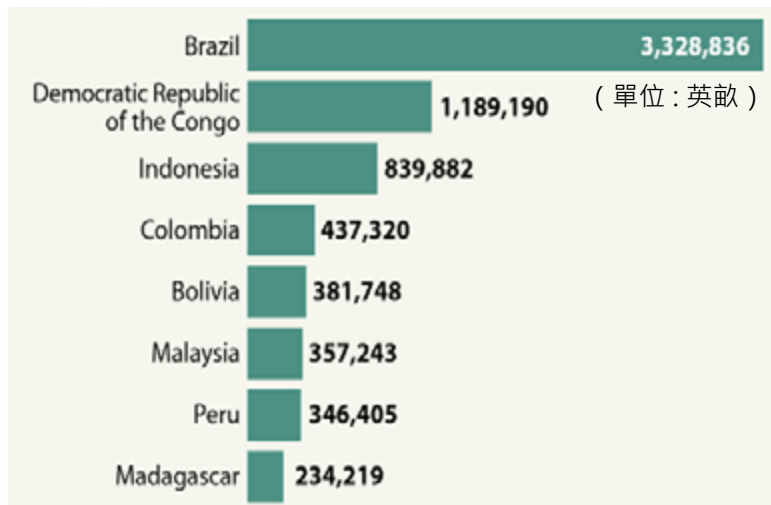
巴西亞馬遜地區在 2003-2019 年 8 月份的碳排放量 (資料來源：CAM5 Global Fire Assimilation System, GFAS)

/// 亞馬遜雨林與剛果森林大火差異

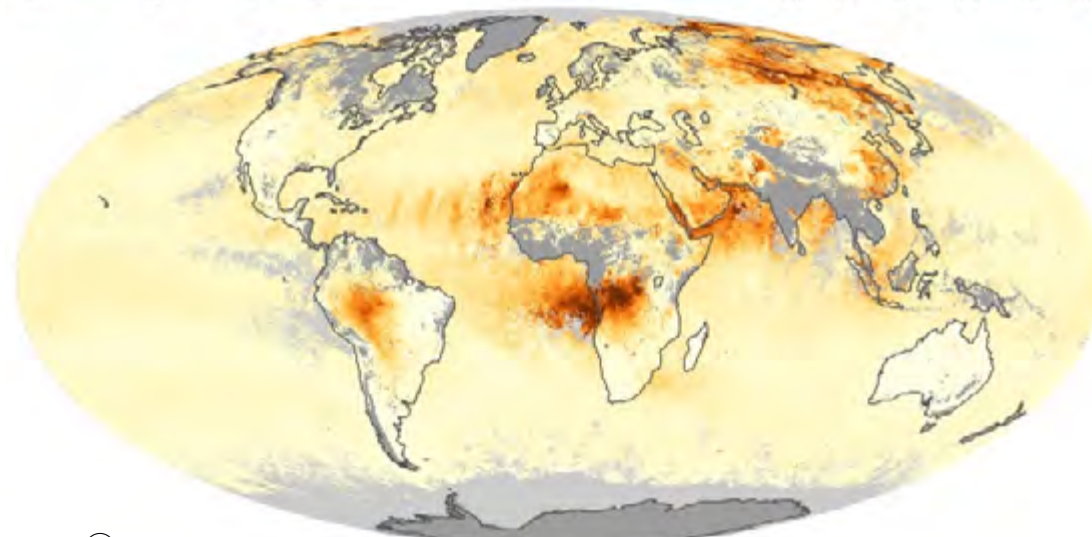
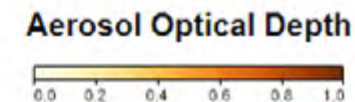
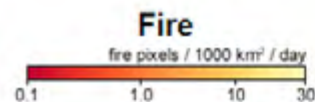
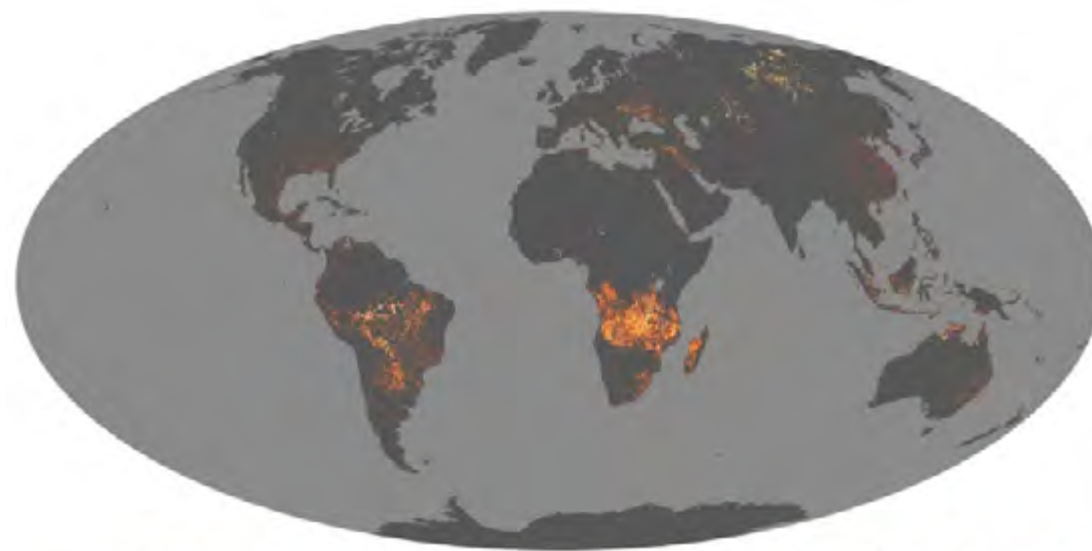
當亞馬遜雨林大火遭到全球關注時，非洲森林大火也引起了人們的注意，從 NASA 在 2019 年 8 月全球的火災發生位置和煙霧濃度的資料，說明非洲大火燃燒的情形與燃燒後所產生的煙霧，皆比亞馬遜地區的大火嚴重。兩地森林大火的差異，我們以碳排放量和雨林消失的情形作為比較。

就火災產生的碳排放量而言，非洲的大火亦與農作物耕作循環有關，非洲赤道南北兩側的大火燃燒時間，主要分別發生在每年的 5 月至 10 月和 11 月至隔年的 4 月，與農業耕作時間一致。雖然非洲單一季節的碳排放量比南美洲高，但是，在年平均值方面，CDIAC 的資料顯示，非洲的長期碳排放量與南美洲相近。

就雨林消失的情形而言，根據全球森林觀察 (Global Forest Watch) 線上監控系統的數據，說明 2018 年全球雨林覆蓋範圍減少最多的國家是巴西的亞馬遜雨林 (約 1.33 萬平方公里)，其次才是



熱帶雨林在 2018 年減少的面積 (資料來源：InsideClimate News)



①
②

①為 2019 年 8 月 NASA 衛星所觀測的火災數量，②為氣溶膠光學厚度
(資料來源：NASA Earth Observatory)

非洲的剛果雨林 (約 0.47 萬平方公里)。由於雨林容易被開墾為農牧用地，放火燒林是常見的開墾方式，當亞馬遜地區 2019 年大火燃燒數目比 2018 年增加 84% 時，可能意味著雨林失火了。因此，巴西亞馬遜地區的大火對雨林的威脅較大。

/// 小結

巴西亞馬遜地區的火災主要發生在農牧用地，其次是雨林區。農牧用地的火災，與農民用火燒除農地上的殘餘作物有關；雨林區域的火災，則是由開發雨林的行為所引起。

關於火災對空氣品質的影響，巴西太空中心的資料顯示，2019 年的火災數量比 2018 年增加約 84%，大火產生的濃煙，影響大都市的空氣品質。然而，新生的農作物可以平衡休耕時的碳排放，因此，季節性大火對亞馬遜地區的整體 (年平均) 碳排放量影響較小。巴西政府為減少季節性大火產生的危害，已著手進行推廣新的耕鋤技術，避免使用放火燒林方式整地。

關於雨林消失的情況，全球森林觀察 (Global Forest Watch) 線上監控系統的資料顯示，2018 年，亞馬遜雨林消失的面積是非洲的剛果雨林的 2-3 倍。由於雨林土壤肥沃，能增加農作物產量，消失的雨林大多變成農牧用地。為減少雨林開發，巴西政府著手發展密集農業，希望透過現代化的農業技術，增加草原地上的農作物產值。依據 CDAC 對全球碳排放的分析資料顯示，亞馬遜雨林大火對全球的氣候影響低於工業污染。因此，全球降低工業與農業的碳排放作為，應該同時進行。



1986 年和 2018 年在巴西雨林開發情形的衛星影像 (資料來源：NASA Earth Observatory)

澳洲森林大火

註 本篇完整報導收錄於 NCDR 災害防救電子報 第 178 期 2020 年 5 月出刊



位於維多利亞州 (Victoria) 東吉普斯蘭郡 (East Gippsland) 利用直升機協助撲滅火勢 (資料來源：AFP/ 達志影像授權提供)

/// 災害概述

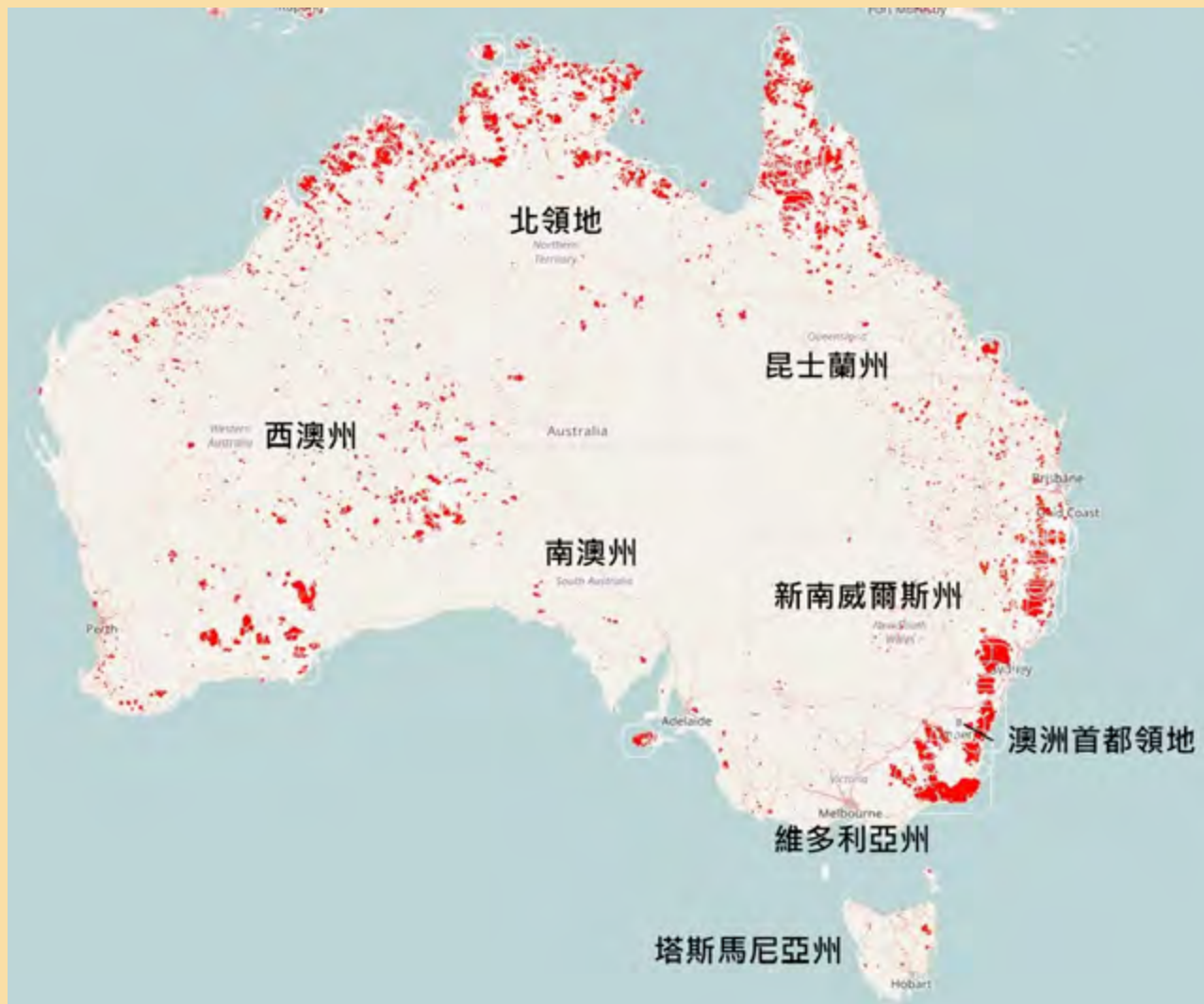
2019年9月開始，澳洲野火持續延燒，截至2020年1月31日，死亡人數達33人，其中有4名為消防員，焚燒面積超過1,100萬公頃，已超過3個臺灣大小，澳洲學者保守推估動物死亡數為10億。澳洲全境皆受影響，主要是昆士蘭州 (Queensland, QLD)、新南威爾斯州 (New South Wales, NSW)、維多利亞州 (Victoria, VIC)、南澳州袋鼠島 (Kangaroo Island) 影響最鉅，其中又以新南威爾斯州 (澳洲人口最多的一州) 最為嚴重，焚燒範圍超過500萬公頃，超過2,000棟房屋損毀。維多利亞州焚燒範圍超過120萬公頃。

截至2020年1月2日統計，美國國家航空暨太空總署 (National Aeronautics and Space Administration, NASA) 估計澳洲野火於2019年至2020年，已排放3.06億公噸的二氧化碳 (CO₂) 到大氣中，超過澳洲2018全年總二氧化碳排放量 (5.35億公噸) 的一半。

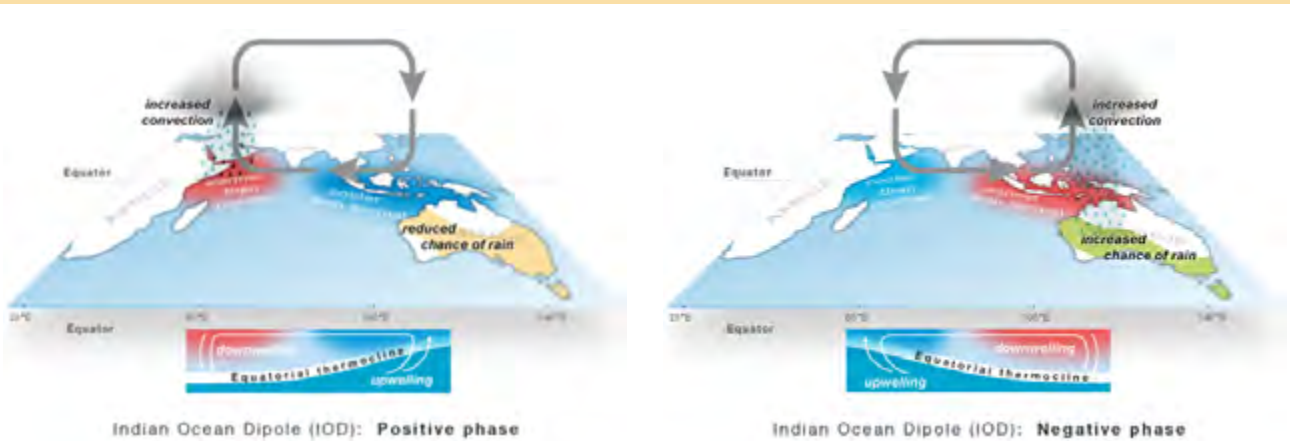
/// 氣候條件與災因分析

天氣狀況會影響森林大火的規模、強度、焚燒速度，以及它們可能會對鄰近造成的危害程度。在炎熱、乾燥、多風的天氣中，大火更容易發生並持續延燒。

澳洲在2019年至2020年夏季 (12月至隔年2月) 持續上升的高溫，和自2017年以來長期的乾燥環境，加上強勁的風，建構易燃的環境，使得野火季提早到來，雷擊和各種因素造成同時有多處起火點，導致火勢難以撲滅，持續延燒數個月。



澳洲野火於2019年9月至2020年2月的焚燒範圍
(資料來源：Global Wildfire Information System)



印度洋偶極正相位 (左) 與負相位 (右) 示意圖 (資料來源：BOM)



2015年7月至2019年12月的IOD指數 (資料來源：BOM)

針對幾項主要的原因，說明如下：

(一) 正相位的印度洋偶極 (Indian Ocean Dipole, IOD)
 澳洲熱浪與乾旱的主因之一是處於正相位的印度洋偶極 (Indian Ocean Dipole, IOD)。

印度洋偶極是指，印度洋熱帶區域西側與東側之間的海表面溫度 (簡稱海表溫) 差異持續變化的現象，當西印度洋的海表溫較暖而東印度洋較冷時，印度洋偶極處於正相位。反之，如東印度洋的海表溫較暖而西印度洋較冷時，印度洋偶極處於負相位。IOD是澳洲氣候的主要驅動力之一，通常在5月或6月開始，而在8月到10月間達到峰值，並在南半球春季結束季風到達時迅速衰退。

通常當 IOD 處於正相位時，澳洲冬季與春季部分地區的降雨量會減少，且澳洲南部的氣溫會高於平均。反之，通常當 IOD 處於負相位時，澳洲冬季與春季部分地區的降雨量會高於氣候平均值。

2019年的印度洋偶極正處於正相位，且兩側海表溫的差值，是60年來最高的。溫暖的海水讓高於平均的雨降在西印度洋區域，導致洪患，而位於印度洋東側的東南亞和澳洲則比氣候平均值更乾。

(二) 大環境少雨偏乾

起因於2017年至2018年澳洲長期的乾旱，2019年的春季(9月至11月)延續著少雨乾燥的日子，是澳洲有紀錄以來最乾燥的春季。根據全澳洲於2019年9月至2020年2月的降雨距平，可見東半部的澳洲皆處於較平均值少雨的狀態。

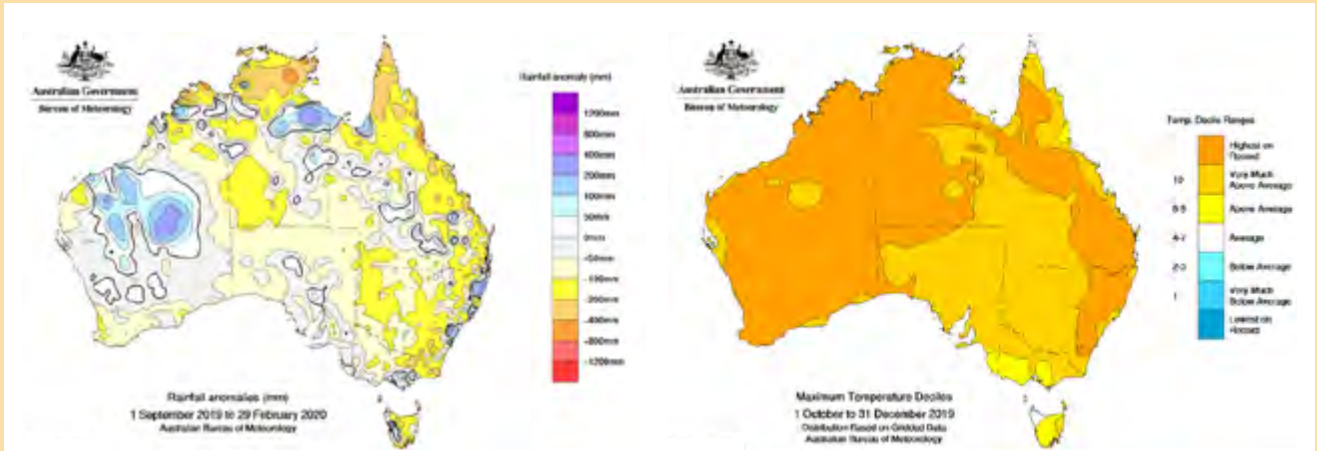
(三) 異常高溫

2019年是澳洲自1910年以來年平均溫度最高的一年，12月更是高出平均值3度以上，整個澳洲異常的高溫，使得野火的情勢加劇。根據澳洲2019年10月至12月最高溫的十分等級分布圖，可見幾乎整個澳洲都落於十分等級的最高等級—10 (Very Much Above Average)，且此三個月的最高溫於絕大部分皆打破了最高紀錄。

像是新南威爾斯州西北部的蒂布布拉 (Tibooburra)，自12月16日以來，氣溫一直高於40°C。Tibooburra 機場測站也於12月21日測得該年12月最高溫45.4°C。Wanaaring Post Office 測站於12月21日測得46.6°C，打破該測站12月最高溫紀錄。12月19日，南澳洲的Nullarbor 測站日最高溫打破澳洲歷年12月的紀錄，達49.9°C。西澳的Eucla 和Forrest 測站日最高溫分別位居當日澳洲的第二、第三，達49.8°C與49.5°C。坎培拉 (Canberra) 則打破了80年的高溫紀錄，1月4日下午達到44°C。在雪梨西部郊區彭里斯 (Penrith)，溫度達48.9°C，創下了整個雪梨盆地的新紀錄。

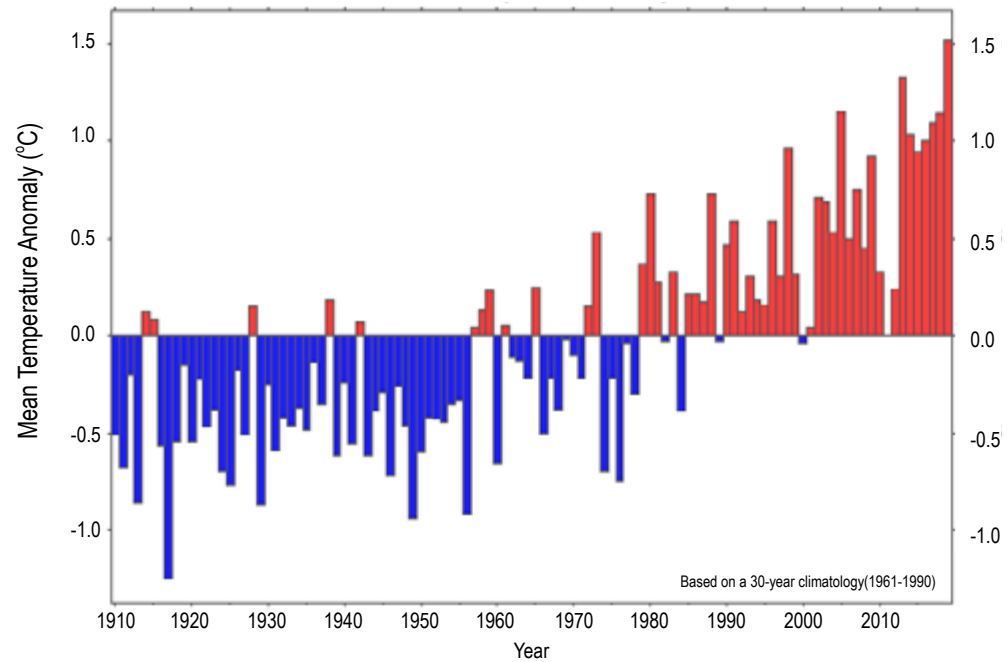
(四) 雷擊與火積雲

在澳洲的某些區域，雷擊是導致起火的主要原因。雷暴 (Thunderstorm) 期間的風，會使火勢的狀態與走向難以預測。大火還可能形成自己的雷暴系統，稱為火積雲 (Pyrocumulonimbus)。火積雲是由大火產生的煙霧，升至高空冷卻後形成雲，匯聚成雷暴，產



澳洲2019年9月至2020年2月降雨量距平值分布圖
(資料來源：BOM)

澳洲2019年10月至12月最高溫十分等級分布圖
(資料來源：BOM)



澳洲1910年至2019年的平均溫度距平值 (減去的氣候平均值為1961-1990年)
(資料來源：BOM)

生破壞性的強風及雷擊，容易滯留在形成的地方，且很少產生降雨。火積雲可能導致火災惡化，因為它們會產生強烈的風，四處吹送餘燼，並雷擊地面，讓火線擴散甚至產生新起火點。2019年12月21日在維多利亞州東吉普斯蘭 (East Gippsland) 地區，就因大火的煙霧產生了火積雲。

/// 衝擊影響

(一) 空氣品質指標 (Air Quality Index, AQI)

持續延燒的野火對空氣品質造成嚴重影響，尤其以位於澳洲首都領地的坎培拉 (Canberra) 與位於新南威爾斯州的雪梨 (Sydney) 影響最鉅，不僅當地居民的健康受影響，也有航班因嚴重煙霧造成的低能見度而停飛。煙霧甚至遠播至 2,000 公里之外的紐西蘭。

各國的 AQI 計算方式不同，分級也有些許差異，澳洲將 AQI 分為六級：非常良好 (0-33)、良好 (34-66)、中等 (67-99)、差 (100-149)、非常差 (150-200)、危險 (>200)。坎培拉周圍的測站市中心 (Civic) 於 2019 年 12 月中至 2020 年 1 月中幾乎一直維持在危險等級，1 月初有 4 天的 AQI 值超過 3,000；雪梨附近的測站羅澤爾 (Rozelle) 於 2019 年 12 月初，AQI 幾乎維持在危險等級，更於 12 月 10 日時指數飆高至 2,552，2020 年 1 月，有超過 1/3 的時間處於 AQI 值 150 以上 (非常差及危險等級)。

(二) 野生動物

位於珀斯科廷大學 (Curtin University) 的生態學家和植物學家金斯利·迪克森 (Kingsley Dixon) 說：「大火讓很多動物接近滅絕或者已經滅絕。」即使是倖存下來的動物，無論是逃脫還是留在原處，也可能死於脫水或飢餓。

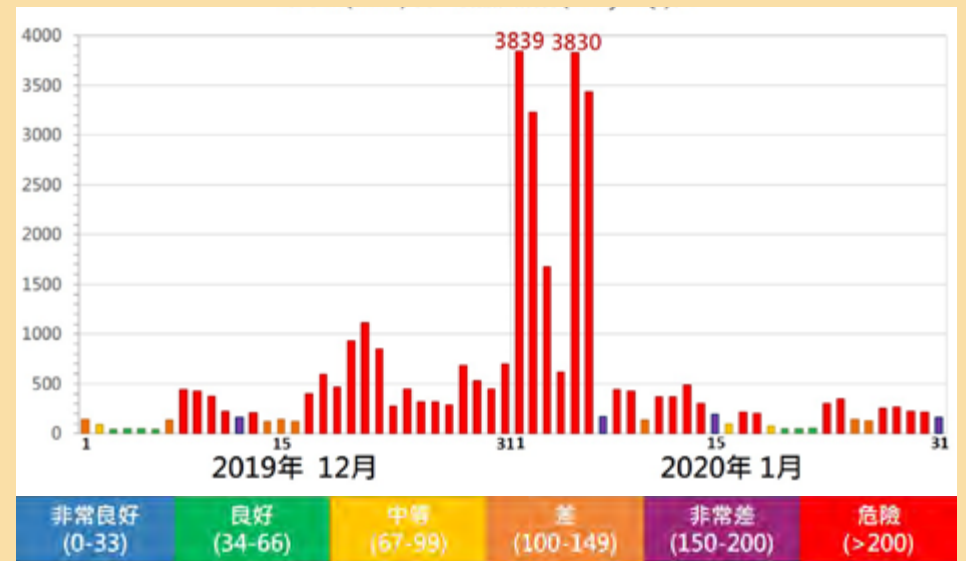
在南澳洲沿海的袋鼠島上，成千上萬的袋鼠和無尾熊在大火中喪生，袋鼠島以獨特的動物種類而聞名，專家們對島上瀕臨絕種的物種表示擔憂，例如長袋鼯 (Dunnart) 和輝鳳頭鸚鵡 (Glossy Black-Cockatoo)。袋鼠島上成千上萬的農場動物 (主要是綿羊) 也死在大火中。

聯邦環境部長 Sussan Ley 表示，在新南威爾斯州的大火，保守估計約 10 億

隻野生動物受影響，8 億隻可能已經死亡，新南威爾斯州將近 1/3 的無尾熊可能已在大火中喪生，他們棲息地的 1/3 也已被摧毀。雪梨大學生態學家表示，全澳洲受影響的動物總數可能高達 12.5 億。

(三) 大雨衝擊

自 2020 年 2 月 6 日起，大雨先後降在新南威爾斯州及昆士蘭州，緩和了野火的趨勢，但也造成當地多處淹水。2 月 6 日，新南威爾斯州部分區域降下 100 至 150 毫米的大雨，一天內，控制不住的野火減少了 1/3。2 月 10 日新南威爾斯州降雨超過 200 毫米，超過 50 所學校暫時關閉。雪梨自 7 日至 10 日的累積降雨量為 391.6 毫米，是雪梨自 1990 年以來的最大降雨量，已超過該地 2 月平均降雨量的 3 倍。根據澳洲氣象局的資訊，2 月 13 日昆士蘭州的陽光海岸 Sunshine Coast airport 降雨量達 232 毫米，Marcoola 降雨量達 231.8 毫米，Nambour 達 200.8 毫米，Southport 達 177 毫米。奧克森福德 (Oxenford) 的 Coomera River，水位達 3.02 公尺，已超過 2.5 公尺的主要洪水階段 (Major flood stage)。



市中心 (Civic) 測站的每日 AQI (空氣品質指標) (資料來源：Open Data Portal dataACT；NSW Department of Planning, Industry and Environment)



受到新南威爾斯州野火所產生的煙霧籠罩整個雪梨歌劇院情形 (資料來源：EPA/ 達志影像授權提供)

尺緩衝區，該地圖每年會更新一次；而維多利亞州的潛在火災影響區域圖則是火災發生時，評估未來幾天可能受火災影響的區域，影響包含潛在火線移入、主要道路封閉和社區隔離、起火點和餘燼攻擊等。

火災當下消防作為

澳洲提供許多官方線上工具，讓民眾在野火來臨時多一種途徑獲取最新消息，如 My Fire Watch、Fires Near Me 等。澳洲全州通用緊急求救電話 000 及官方網站 (Register. Find. Reunite.) 標註自身安全訊息等，有助於緊急服務，並讓親人知曉安全。

(一) 宣布進入緊急狀態

當野火情況嚴重時，為了應對部分地區不斷增加的森林大火危險，各州會視情況宣布進入災難狀態或緊急狀態，既授予非凡權力，又提供了額外的政府資源來撲滅大火。昆士蘭州和新南威爾斯州分別於 2019 年 11 月及 2020 年的 1 月初 (1 月 3 日 9:00am 持續七天) 宣布該州進入緊急狀態，維多利亞州也於 2020 年 1 月初宣布處於災難狀態。

(二) 跨州、跨國消防援助

除了各州本地的消防局，澳洲其他州的消防局和其他國家也提供跨州或跨國的消防援助，如美國、加拿大、紐西蘭、新加坡，皆曾支援澳洲的消防行動。

澳洲聯邦政府派出軍事援助，如陸軍人員、空軍飛機及海軍巡洋艦，以進行消防、疏散、搜救與清理工作。聯邦政府分配聯邦援助中數十億元，以幫助重

建重要的基礎設施，如學校和醫療機構。總理也針對志願消防員發放獎金 (Battling blazes 超過 10 天)、補償性薪水、額外假期等措施。

11 月 11 日澳洲國防軍 (Australian Defence Force, ADF) 總長宣布對昆士蘭州與新南威爾斯州的支持，提供人力清理地面及在關鍵區域如 Canungra 建立防火線等，他們還提供了必要的後勤、運輸、工程與空中觀察支援。除了地面消防人員，空中支援也有所部署，如維多利亞州備有 60 架飛機組成的機隊待命，有灑水 (Water bombing) 飛機、空中監視與情報搜集飛機，可對全州的火災做出反應。

搶救野生動物

野火較緩和的地區，動物救援人員開始出動，將受傷的動物 (尤其是袋鼠及無尾熊) 送至能暫時安置的地點治療。新南威爾斯州利用直升機，空投數千磅的番薯和紅蘿蔔，餵食雖躲過大火卻失去食物來源的瀕臨滅絕動物 (例如：岩袋鼠)。澳洲慈善動物組織也透過小型飛機為維多利亞州受傷的野生動物運輸食品；南澳州袋鼠島也以陸上及空投的方式為倖存的動物帶去合適的食物。空投食物是一種短期措施，會持續直到被野火焚毀的環境重新長出植被，能為倖存的動物們提供食物來源為止。



2019 年 12 月 30 日新南威爾斯州鄉村消防局試圖搶救 Charmhaven 附近遭野火焚燒的房屋

(資料來源：AP/ 達志影像授權提供)

颶洪災害篇

FLOOD DISASTERS



2019年10月12日於日本中部伊勢市因哈吉貝颱風夾帶大雨造成五十鈴川河水暴漲情形
(資料來源：REUTERS/ 達志影像授權提供)



日本哈吉貝颱風

註 本篇完整報導收錄於 NCDR 技術報告 (NCDR108-T07) 2020 年 1 月出刊



2019 年 10 月 15 日於長野縣長野市因河岸潰堤導致房屋遭大規模洪水溢淹情形 (資料來源：AP/ 達志影像授權提供)

/// 災害概述

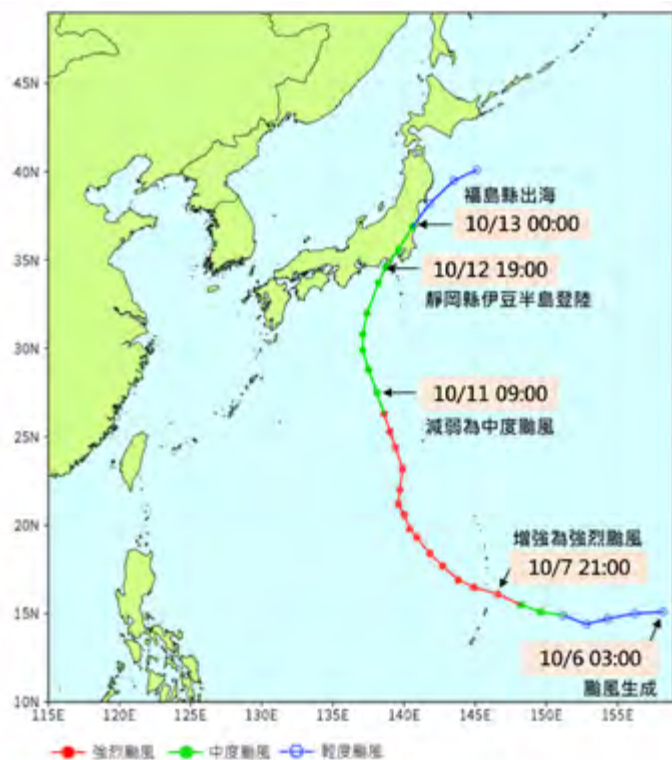
第19號颱風哈吉貝 (Hagibis) 的強風豪雨在東日本地區帶來嚴重災情，根據日本氣象廳統計，10月10日至13日的最大累積雨量，發生在神奈川縣的箱根測站，72小時累積雨量達1,001.5毫米。連同10月25日因博羅依颱風 (Bualoi) 外圍環流帶來的豪雨，造成全日本20條水系內140處的河岸設施損壞，統計全日本共有超過67,000戶淹水，其中以長野縣長野

市千曲川58公里處的堤防潰堤最為嚴重，堤防缺口長度達70公尺，造成長野縣新幹線車輛基地10台列車泡水。整體經濟損失達170億美元。

/// 氣象分析

2019年西太平洋第19號颱風哈吉貝 (Hagibis) 10月6日於關島東方生成，生成後朝西前進，強度持續

增強，於10月7日上午增強為中度颱風，10月7日晚間即增強為強烈颱風，並轉為北北西朝日本前進，10月11日颱風強度稍微減弱為中度颱風，持續朝北前進，於10月12日的日本時間19點登陸日本靜岡縣伊豆半島，之後往北北東方向前進通過關東地區，並於10月13日清晨由福島縣出海，10月13日晚間減弱為溫帶氣旋。



哈吉貝颱風路徑圖 (資料來源：日本氣象廳；國家災害防救科技中心繪製，時間為日本時間)



2019年10月18日於宮城縣丸森町受災情形 (資料來源：AP/達志影像授權提供)

哈吉貝颱風之後，第 21 號颱風博羅依 (Bualoi) 緊接著於 10 月 19 日在太平洋形成，並於 10 月 24 日與 25 日影響東日本，雖然颱風中心距離千葉縣仍有約 700 公里，但夾帶的豪雨仍為東日本造成水災，尤其以千葉縣首當其衝。

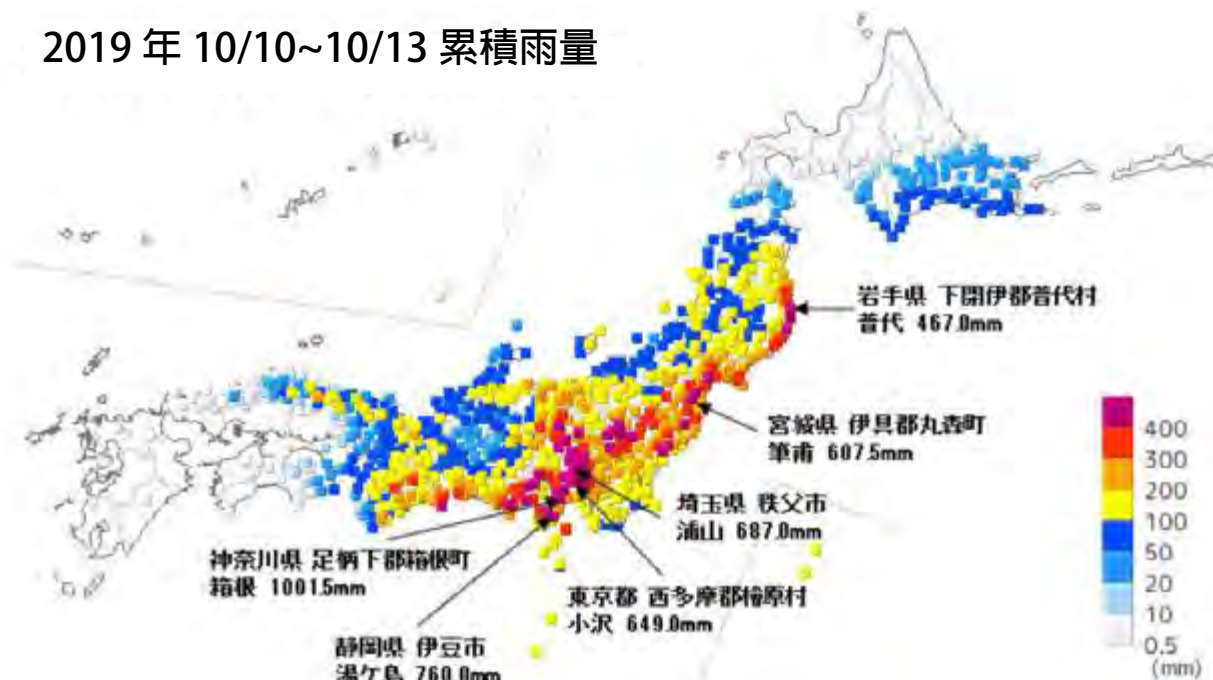
在哈吉貝颱風影響期間(10月10日~10月13日)，在關東及東北地區降下了破紀錄的豪雨，約為 10 月氣候值 (334.3 毫米) 的 3~4 倍，日本氣象廳在這段期間也針對靜岡縣、神奈川縣、東京都等 1 都 12 縣發布大雨特別警報 (為最高等級的警報，表示有數十年一遇的豪雨可能會發生)，在關東地區則颳起了強陣風。期間累積雨量最多的地方是登陸地點附近神奈川縣的箱根町，達 1,001.5 毫米，約為該測站 10 月氣候累積降雨量的 3 倍及 10 月最高累積雨量，且幾乎是在 10 月 12 日一天內所累積。

災害紀錄與分析

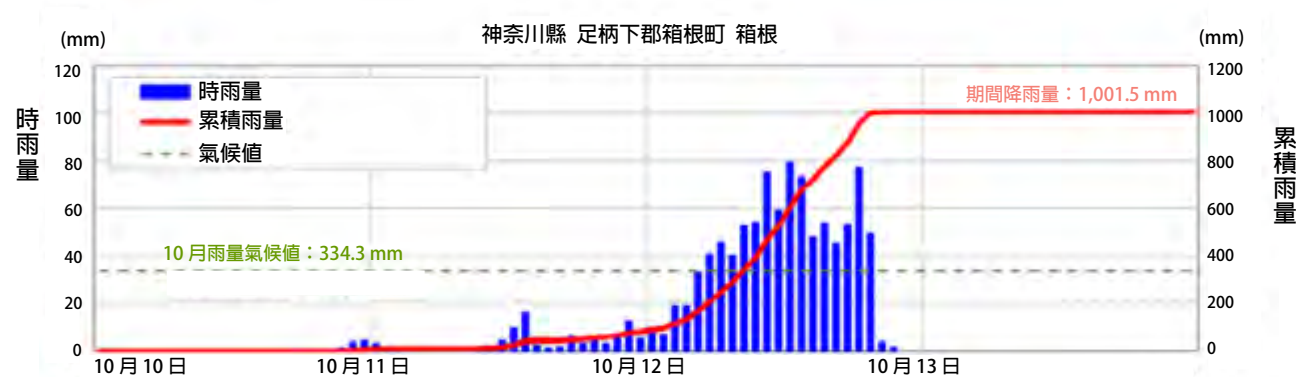
傷亡與損失統計

2019 年的第 19 號颱風 (哈吉貝颱風) 以及博羅依颱風外圍環流對於東日本造成嚴重的破壞，依據日本總務省消防廳的報告，截至 11 月 25 日止，合計有 99 人死亡、3 人失蹤、40 人重傷及 444 人輕傷；死亡者多集中於福島縣 (34 人)、千葉縣 (23 人) 與宮城縣 (19 人)。住家毀損的部分，共計有 2,902 棟全毀，20,616 棟半毀，24,490 棟部分毀損，17,581 棟床板以上淹水，25,628 棟床板以下淹水，毀損較嚴重的區域，包括岡山縣、廣島縣和愛媛縣。在農林漁牧損失方面，依據

2019 年 10/10~10/13 累積雨量



哈吉貝颱風影響期間累積雨量圖 (10 月 10 日 ~10 月 13 日)
(資料來源：日本氣象廳；國家災害防救科技中心後製)

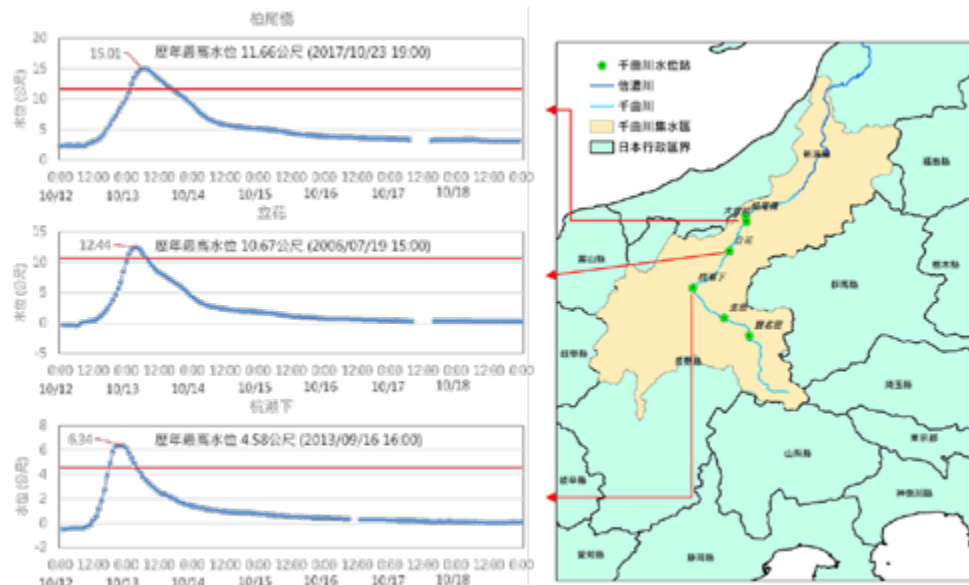


神奈川縣箱根町箱根站 10 月 10 日 ~10 月 13 日降雨歷線圖
(資料來源：日本氣象廳；國家災害防救科技中心後製)

日本農業水產省 12 月 9 日的災害統計報告，本次颱風造成農林漁牧損失金額約 29 億美元，其中農業損失最多，約佔 71.3%，其中包含農作物損失約 7.9%，農地、農業設施約佔 63.4%，林業約佔 24.7%，漁業最少，約佔 4%。

淹水災害

根據國土交通省的統計，哈吉貝颱風總共造成全日本 20 條水系內 140 處的河岸設施受損，例如：堤防、護岸損壞、河岸侵蝕、河道阻塞、堤體漏水、河堤潰壞等，因溢流或潰堤共造成超過 47,000 家戶淹水。災情最為嚴重的地區應屬長野市千曲川的潰堤，千曲川在哈吉貝颱風期間計有 42 處的堤防設施損壞或災害回報，其中以位於長野市千曲川 58 公里處的堤防潰堤最為嚴重，堤防缺口長度達 70 公尺，造成長野縣新幹線車輛基地 10 台列車泡水。由國土交通省的水位觀測資料顯示，千曲川從上游的杭瀨下測站到鄰近潰堤處的立花測站以及下游處的柏尾橋測站，可以發現在 10 月 12 日晚間到 13 日下午，千曲川沿線水位測站都超過歷年最高水位觀測紀錄。



千曲川集水區與河川水位觀測資料
(資料來源：日本國土交通省；國家災害防救科技中心製圖)



哈吉貝颱風造成堤防損壞處 (資料來源：國土交通省)



2019 年 10 月 13 日哈吉貝颱風造成新幹線機廠遭淹沒
(資料來源：REUTERS/ 達志影像授權提供)



2019年10月13日於長野縣長野市千曲川潰堤造成大規模洪水氾濫(資料來源: REUTERS/ 達志影像授權提供)

坡地土砂災害

強降雨不僅造成多處淹水災害，破紀錄的降雨更造成多達 953 件坡地災害 (截至 11 月 18 日為止)，坡地災害分佈於東京都與 19 個縣，其中以宮城縣 294 件最多，其次為福島縣 138 件、岩手縣 97 件、神奈川縣 93 件、群馬縣 67 件、長野縣 58 件，罹難的人員即多達 16 名、1 人失蹤、10 人受傷。由國土交通省的地理資訊系統可看到各坡地災點的空間分布，其中，位於群馬縣富岡市發生了山崩後的土石流入民宅的情形。



哈吉貝颱風造成的土砂災害分佈圖
(資料來源：國土交通省)

陸海空交通災害

由日本內閣府的統計資料顯示，在鐵路方面，計有 13 件重大災情，除了前述提到的長野縣車輛基地淹水之外，JR 線與上田電鐵、東武鐵道、信農鐵道都有鐵道橋梁受洪水影響而受損，坡地土石也阻礙了部分鐵道。高速公路方面則有 5 條主要線路以及 4 條國道受到土石崩落或土石流影響而損壞。空中交通方面，東京成田機場以及羽田機場、大阪關西機場、名古屋中部機場自 10 月 11 日起陸續有飛機停飛，12 日計有 2,133 次國內航班以

及 337 次國際航班停飛、13 日則有 1,011 次國內航班以及 198 次國際航班停飛，13 日起才有部分飛機開始正常營運。受到哈吉貝颱風的影響，海岸地區在 10 月 10 日至 13 日期間，高知縣測得波浪高達 10.8 公尺，福島縣、岩手縣則測得 10 公尺，靜岡縣與岩手縣則測得 9~9.6 公尺的浪高，強大的海浪亦造成海岸設施的損壞，例如：東京港、川崎港、橫濱港、清水港等處都有災情傳出。

港灣設施	<ul style="list-style-type: none">東京港 (碼頭木夾板損壞、電器設備損壞)、川崎港 (起重設備損壞)、橫濱港 (電器設備浸水)、清水港 (護欄損壞)箱根海賊船碼頭與環湖木棧道淹水遊仙冰川丸停泊之山下公園碼頭木甲板毀損，扶手塌陷	機場	<ul style="list-style-type: none">東京成田機場及羽田機場、大阪關西機場、名古屋中部機場，自 10 月 11 日起班機陸續停飛，航班影響最鉅統計： 12 日 (國內 2,133 航班、國際 337 航班) 13 日 (國內 1,011 航班、國際 198 航班)
高速道路	<ul style="list-style-type: none">五條線路損壞：上信越道 (路基位移)、中央道 (邊坡損壞)、東北中央車道 (土石流破壞)、三陸沿岸道路 (土石崩落)、國道 1 號 (邊坡損壞)	鐵道	<ul style="list-style-type: none">JR 東北陸新幹線長野新幹線車庫淹水JR 長野站至上越妙高站淹水，號誌受損JR 兩毛線永野川橋梁受損JR 水郡線第六久慈川橋梁受損JR 武藏小杉車站淹水JR 中央本線路線土石流上田電鐵別所線千曲川鐵橋崩落箱根登山鐵道土石流破壞東武鐵道路基流失、橋梁受損阿武隈急行線山坡滑落、路基流失
國道	<ul style="list-style-type: none">四條路線損壞：國道 49 號 (土石流造成路基沉陷破壞)、國道 45 號 (土石崩落)、國道 20 號 (土石流破壞)、國道 52 號 (土石流破壞)		

交通重要設施受損統計 (資料來源：日本內閣府；國家災害防救科技中心彙整)

政府應變作為

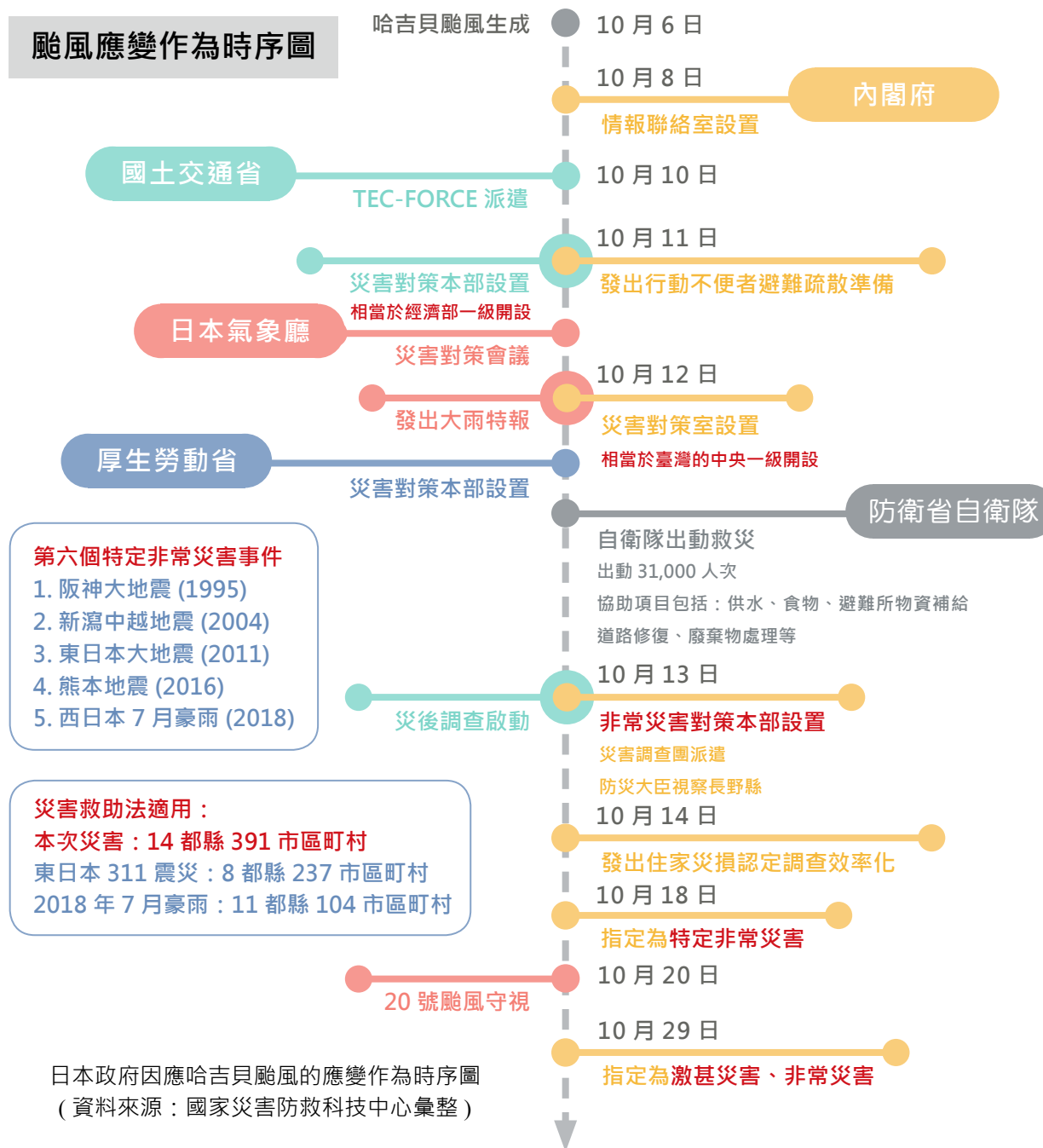
內閣府

從 10 月 8 日起，內閣府成立情報聯絡室，各部會也對應的成立情報聯絡室掌握氣象預警資訊，10 月 10 日國土交通省即開始派駐緊急災害對策派遣隊 (TEC-FORCE)，駐守颶風警戒縣市，於 11 日國土交通省成立災害對策本部，內閣府於同日針對行動不便者發布撤離準備的提醒。內閣府則於 10 月 12 日下午 3 點 30 分成立中央層級的災害對策本部，並發出避難疏散處所整備留意事項。10 月 13 日起，仍處於哈吉貝颶風主要影響期間的後期，國土交通省已開始進行災後搶修與調查工作。日本政府在 10 月 18 日的內閣會議上決定將 19 號颶風指定為「特定非常災害」。這是繼阪神淡路大地震 (1995)、新潟中越地震 (2004)、東日本大地震 (2011)、熊本地震 (2016)、西日本 7 月豪雨 (2018) 之後，第 6 個被指定為「特定非常災害」的事件。

國土交通省

統整災害復原與搶救工作的國土交通省，自 10 月 11 日開始派遣 TEC-FORCE 進駐各縣市，TEC-FORCE 的成員包括：國土交通省本省、國土技術政策總合研究所、國土地理院、地方支分部局 (地方整備局、地方運輸局、地方航空局)、氣象廳等，主要的工作為 (1) 迅速掌握災情狀況；(2) 防止災情擴大；(3) 緊急處理對策之指導。截至 12 月 2 日止，累計已派遣達 30,000 人，創下 2008 年成立以來最高紀錄，是 2018 年西日本 7 月豪雨共派遣 10,678 人日的近三倍之多。

颶風應變作為時序圖



厚生勞動省

厚生勞動省在災害事件中主要協助醫療救助相關的工作，由於大雨嚴重損害了許多地區的醫療機構，截至 11 月 25 日止，全日本計有 38 個醫療機構淹水，其中以長野縣有 13 個機構淹水為最嚴重的地區，另合計有 47 個醫療機構停電，主要分布千葉縣、神奈川縣與長野縣，共有 142 個醫療機構停水，福島縣就佔了 117 個。為此，厚生勞動省派遣了日本災害派遣醫療團隊 (Disaster Medical Assistance Team, DMAT)，持續於千葉縣、栃木縣、靜岡縣、神奈川縣、長野縣、岩手縣與宮城縣等地區進行受災地的緊急醫療、提供健康諮詢等工作。此外，也派遣災害精神醫療團隊 (Disaster Psychiatric Assistance Team, DPAT) 於上述縣市協助災民心靈重建與復原。另外，在 2011 東日本大地震後，厚生勞動省輔導由熊本縣與岩手縣首創的災害福利協助團隊 (Disaster Welfare Assistance Team, DWAT)，主要工作是為了防止由於環境變化 (例如避難所) 而導致的二次傷害，DWAT 負責在避難所進行諮詢。由社會福利工作者和護理人員，在災難期間 4-6 人組成一個團隊，傾聽受災者的需求，改善避難所環境，為老年人、身障者和嬰兒提供支持諮詢和緊急護理等。

根據厚生勞動省的統計，本次哈吉貝颱風與 10 月 25 日的豪雨，共造成了 35 個高齡者照顧機構受到淹水災害，其中千葉縣有 10 個、長野縣有 8 個機構較為嚴重。身心障礙者照顧機構則合計有 32 個機構同樣遭受淹水災害，主要以福島縣 17 機構最多。兒童相關機構如保育所等機構則合計有 29 個遭到淹水災害，以福島縣 12 個最嚴重。

高齡人口疏散避難

本次事件內閣府於 10 月 11 日提前針對行動不便者發布避難準備的警報，而在哈吉貝颱風事件中，部分的高齡者照護機構，因為實施事前的疏散撤離準備工作，使得雖然照護機構一樓遭洪水淹沒，但沒有受害者。例如：在 10 月 13 日長野市千曲川潰堤，3 公里外的高齡者介護施設「豐野清風園」，水流沖向了約 300 人居住的設施，一樓被完全淹沒，但人員已前往二樓、三樓避難，所幸沒有受害者。另一個案例則是埼玉縣川越市越邊川潰堤，造成水災。位於埼玉縣川越市的養老院「川越國王花園」，洪水在 10 月 12 日凌晨 2:00 淹沒了一層樓的高度，所幸工作人員將需要幫助的 120 名長者從輪椅和病床及時疏散到三樓，未造成高齡者受災。



2019 年 10 月 14 日在長野縣長野市由自衛隊協助救援行動 (資料來源：AP/ 達志影像授權提供)

非洲伊代與肯尼斯氣旋

註 本篇完整報導收錄於 NCDR 災害防救電子報 第 171 期 2019 年 11 月出刊



2019 年 3 月 23 日莫三比克貝拉市 (Beira) 經歷伊代氣旋後遭洪水淹沒情形 (資料來源：REUTERS/ 達志影像授權提供)

/// 災害概述

非洲的莫三比克 (Mozambique)、馬拉威 (Malawi) 以及辛巴威 (Zimbabwe) 分別於 2019 年的 3 月中及 4 月中遭受伊代 (Idai) 與肯尼斯 (Kenneth) 氣旋的嚴重衝擊，由於受衝擊影響時間近 1 個月，加上兩氣旋均夾帶強降雨及強風，故造成非洲三國的嚴重災情；除洪水氾濫與坡地災害之外，風災後亦導致傳染病爆發，單單在莫三比克已有 6,765 宗霍亂病例。伊代與肯尼斯氣旋，共造成非洲莫三比克、馬拉威以及辛巴威，合計 1,050 人死亡、3,645 萬人受影響 (受災人數中有近一半為未成年兒童)、以及 20 億美元的經濟損失，創下近年來西南印度洋熱帶氣旋造成死亡人數之最高紀錄。

/// 氣象與水文資訊

熱帶氣旋路徑

根據歐盟緊急應變協調中心 (Emergency Response Coordination Centre, ERCC) 的資料顯示，莫三比克海峽於 3 月 4 日形成一個熱帶低氣壓，並於 3 月 4 日至 3 月 11 日期間衝擊非洲莫三比克及馬拉威；緊接著，低氣壓離開莫三比克並東移至海上，於 3 月 11 日轉為熱帶氣旋伊代，並朝向西南前進，於 3 月 14 日以風力達每小時 176 公里 (相當於中央氣象局的強烈颱風等級) 在莫三比克之港口貝拉市 (Beira) 登陸，再次衝擊莫三比克與馬拉威，鄰近的辛巴威國亦受衝擊。因此，非洲三國遭受伊代氣旋衝擊，影響時間近兩周 (3 月 4 日至 3 月 17 日)。

在災害尚未恢復之前，肯尼斯氣旋緊接而來，根據 ERCC 資料顯示，肯尼斯氣旋於 4 月 23 日在西南印度洋海域形成，接著在 4 月 24 日衝擊葛摩國家 (Comoros)，隨後於 4 月 25 日以風力達每小時 222 公里 (相當於中央氣象局的強烈颱風等級) 在莫三比克最北部的德爾加杜角省 (Cabo Delgado Province) 登陸，登陸位置介於德爾加杜角省之馬科米亞區 (district of Macomia) 與濱海莫辛布瓦 (Mocimboa da Praia)。因此，莫三比克自肯尼斯氣旋登陸後之受風災影響時間為近五天 (4 月 25 日至 4 月 30 日)。



伊代與肯尼斯熱帶氣旋路徑 (資料來源：ERCC)



莫三比克貝拉市 (Beira) 經歷伊代氣旋後遭洪水淹沒情形 (資料來源：EPA/ 典匠資訊授權提供)

伊代熱帶氣旋

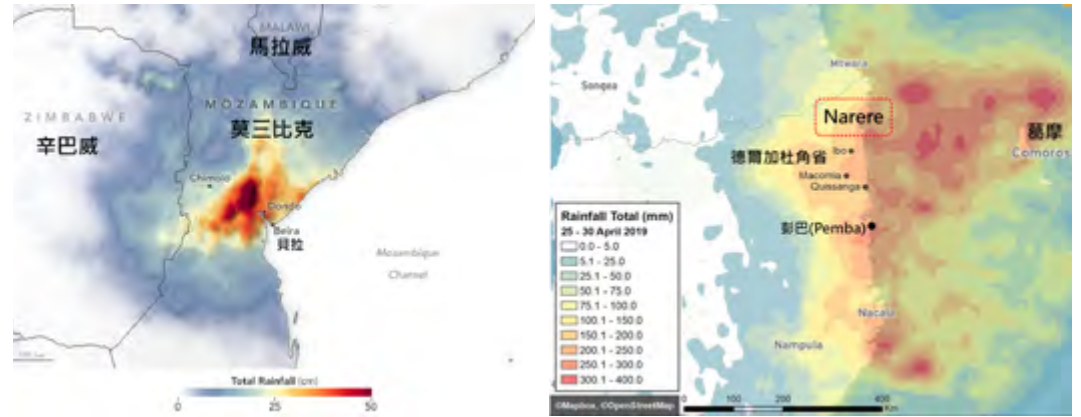
伊代氣旋登陸時之風力達每小時 176 公里 (相當於美國國家颶風中心之三級颶風)，這樣的風力足以將樹木與屋頂摧毀；此外，伊代氣旋亦帶來豐沛雨量，2019 年 3 月 13 日至 3 月 20 日的累積降雨量分布，主要係由美國國家航空暨太空總署 (National Aeronautics and Space Administration, NASA) 應用全球降水量測量 (Global Precipitation Measurement, GPM) 的結果；可發現隨著伊代氣旋向莫三比克內陸移動，導致莫三比克中部地區降下傾盆大雨，許多地區的累積降雨量高達 500 毫米。

全球災害警報及協調系統 (Global Disaster Alerting Coordination System, GDACS)，提供了伊代氣旋於莫三比克貝拉城市附近沿海之暴潮位分布；主要係由 Delft3D 模式結合大氣模式 (Hurricane Weather Research and Forecasting, HWRF) 所計算出的結果；根據聯合研究中心 (Joint Research Centre, JRC) 之估計結果，伊代氣旋造成的最高暴潮位為 4.4 公尺，發生在貝拉城市 (3 月 14 日 22 點 00 分)。

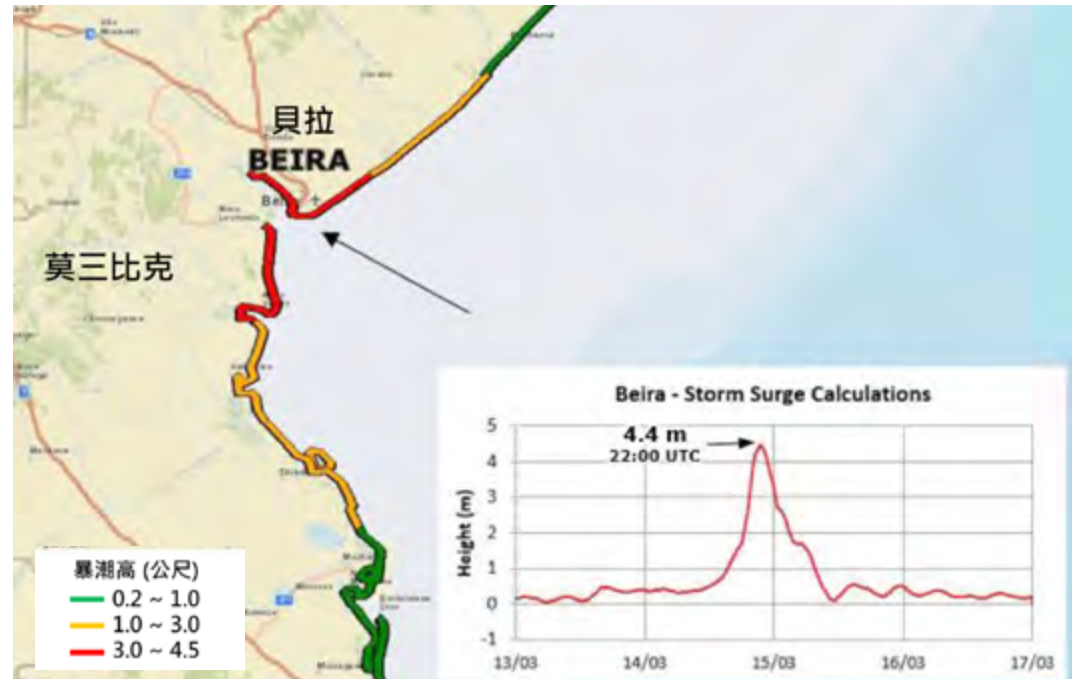
肯尼斯熱帶氣旋

肯尼斯氣旋登陸時之風力達每小時 222 公里，根據 NASA 資料顯示，這樣的風力規模屬於四級颶風。另外，肯尼斯氣旋登陸莫三比克國之後 (4 月 25 日至 30 日) 之累積降雨量分布，可看出雨量主要集中於葛摩與莫三比克國德爾加杜角省之沿海地區 (Quisanga, Macomia 以及 Ibo)。此外，世界氣象組織 (World Meteorological Organization, WMO) 指出，德爾加杜角省的首府彭巴 (Pemba) 在 2019 年 4 月 28 日至 29 日之 24 小時總降雨量為 254.7 毫米。

相對於伊代氣旋，肯尼斯氣旋造成的暴潮位高度較低；根據 GDACS 的資料顯示，肯尼斯氣旋於 4 月 23 日到 4 月 26 日期間，造成的最高暴潮位為 1.6 公尺 (HWRF 結合 Delft3D 所估計的結果)，係發生在 4 月 25 日 15 點 30 分之 Ibo 地區。



左圖為伊代氣旋在 2019 年 3 月 13 日至 3 月 20 日期間的累積降雨量分布，右圖為肯尼斯氣旋在 2019 年 4 月 25 日至 4 月 30 日期間的累積降雨量分布 (資料來源：NASA)



伊代氣旋於莫三比克貝拉城市附近沿海之暴潮位分布 (資料來源：GDACS)

/// 災害衝擊

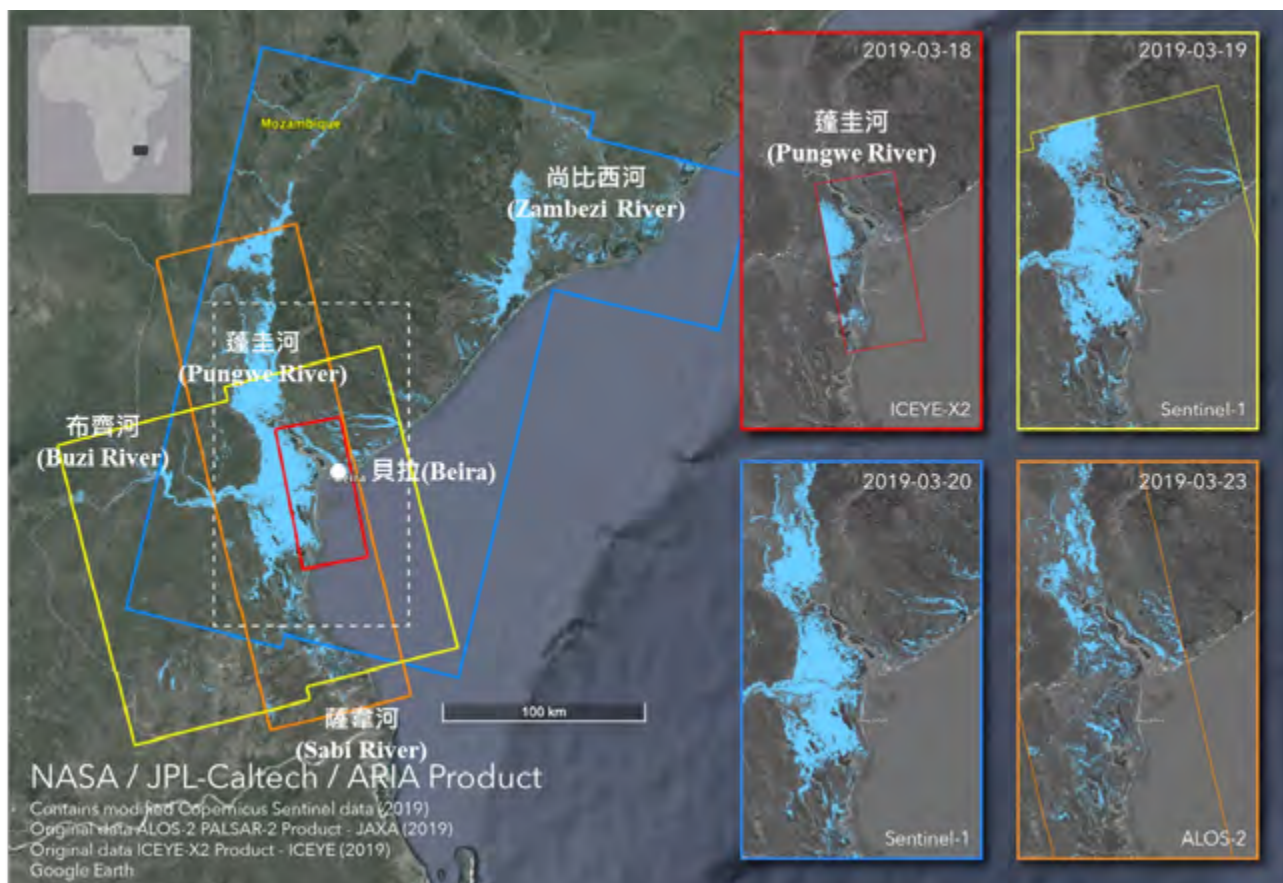
災情紀錄

為能夠提供國際援助組織之有效參考，NASA 的 Advanced Rapid Imaging and Analysis (ARIA) 團隊結合不同地球觀測衛星的圖像，建置了莫三比克國受伊代氣旋侵襲之洪水衛星影像 (2019 年 3 月 18 日到 2019 年 3 月 23 日的洪水演變)，有助於識別出受影響的區

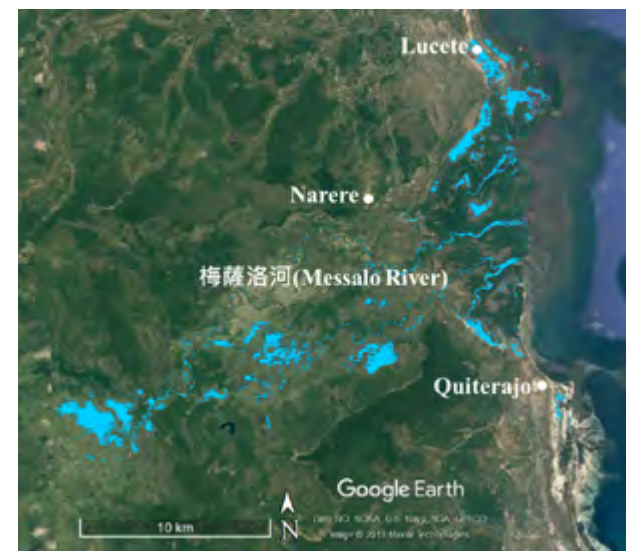
域。莫三比克之貝拉城市係這次洪水氾濫最為嚴重的城市，主要原因係貝拉市處於蓬圭河 (Pungwe River) 與布齊河 (Buzi River) 匯流入莫三比克海峽之位置，因此在伊代氣旋高暴潮水位 (4.4 公尺) 和強降雨的結合之下，洪水無法排出莫三比克海峽而導致蓬圭河與

布齊河沿岸大片低窪土地被洪水淹沒；自伊代氣旋於 3 月 14 日登陸後，直到 3 月 23 日洪水才慢慢退去，代表洪水影響時間至少 10 天。另外，在尚比西河 (Zambezi River) 沿岸地區亦有洪水氾濫情況，主要原因係尚比西河在 3 月 4 日至 3 月 11 日期間，受低氣壓影響 (伊代氣旋之前身)，水位已經高漲，加上下游出口暴潮影響，導致無法順利注入莫三比克海峽。

在肯尼斯風災部分，淹水較為嚴重的地區係發生在 Ibo 以北的 Narere 區。哥白尼緊急管理服務提供了 Narere 區於 4 月 30 日之衛星資料，梅薩洛河 (Messalo River) 沿岸洪水氾濫，淹水面積約為 2,684.4 公頃。



伊代氣旋在莫三比克國中部地區造成之洪水衛星影像 (資料來源：NASA)



肯尼斯氣旋在莫三比克國 Narere 區造成之洪水衛星影像 (資料來源：哥白尼緊急管理服務)

災損統計

根據 OCHA 於 2019 年 7 月 10 日資料顯示，肯尼
斯氣旋尚未登入莫三比克時，已衝擊葛摩 (Comoros)
並造成 7 人死亡。然而，伊代與肯尼斯氣旋造成最為
嚴重的區域為非洲莫三比克、馬拉威以及辛巴威。
依據聯合國兒童基金會 (The United Nations Children's
Fund, UNICEF) 與 OCHA 之資料，所彙整截至 7 月 10
日之非洲三國受伊代與肯尼斯氣旋造成之災損統計，
包括：死亡人數、受災人數、建築物損毀數、農作物
損毀面積、以及霍亂感染人數等。可清楚得知，非洲
三國受伊代與肯尼斯氣旋衝擊下，造成合計超過千人
死亡及超過三百萬人受災，其中，受災人數中有近一
半為未成年兒童，成為近年來西南印度洋熱帶氣旋造
成死亡人數中之最高紀錄。此外，非洲三國中以莫三
比克國為最嚴重的區域，農作物損毀面積近 77 萬公
頃，嚴重衝擊當地的災後生計維持，加上風災影響時
間長約 1 個月，造成有 6,752 宗霍亂確診病例。

另一方面，根據世界銀行之資料顯示，伊代氣旋
尚未出現之前，衝擊莫三比克最為嚴重的是 2000 年
的 Eline 氣旋，造成莫三比克、馬達加斯加與辛巴威
合計 919 人死亡及 7.6 億美元的經濟損失；然而 2019
年之伊代氣旋，在非洲三國造成之經濟損失約為 20
億美元，創下過去歷史事件中最高經濟損失的紀錄。

急難救助

非洲三國在經歷兩個風災後，導致許多問題，包
括 (1) 缺糧：稻米是當地人的主要糧食，農作物都被
洪水沖走了；(2) 污水：由於風災導致許多地區嚴重

伊代與肯尼斯氣旋在非洲三國造成之災損統計 (資料來源：根據 UNICEF 與 OCHA 所彙整)

國家	莫三比克 (伊代與肯尼斯氣旋合計)	馬拉威 (伊代氣旋)	辛巴威 (伊代氣旋)	總計
死亡人數	648	60	344	1,052
受傷人數	1,735	672	200	2,607
受災影響人數	2,220,000	975,000	270,000	3,465,000
受災未成年兒童數	1,200,000	443,136	130,000	1,773,436
流離失所人數	162,000	87,000	51,000	300,000
學校損毀數目 (棟)	3,977	104	139	4,220
建築物損毀數目 (棟)	284,589	16,000	18,000	318,589
農作物損毀面積 (公頃)	770,866	*12,759	24,300	807,925
霍亂感染人數	6,765	9	0	6,774

* 僅針對馬拉威的 Nsanje 地區

歷史洪水與氣旋事件造成非洲地區之經濟損失彙整 (資料來源：世界銀行)

事件	發生日期	經濟損失 (美元)	死亡人數
伊代氣旋、肯尼斯氣旋 (莫三比克、馬拉威、辛巴威)	2019 年 3 月 15 日	20.0 億	1,052
莫三比克林波波河 (Limpopo River) 洪水氾濫	2013 年 1 月 17 日	1.1 億	258
奈及利亞洪水氾濫	2012 年 7 月 22 日	4.4 億	454
Eline 氣旋 (莫三比克、馬達加斯加、辛巴威)	2000 年 2 月 6 日	7.6 億	919

洪水氾濫，故飲用水相當缺乏，不衛生的條件增加了疾病的風險，例如霍亂和瘧疾等二次災害；(3) 住所被風災摧毀：造成很多民眾無家可歸，流離失所；(4) 基礎設施嚴重受損：導致交通、通訊以及電力中斷，因此一些地方無法進入，導致救災困難。

有鑑於此，風災過後，非洲三國急需人道救援：各國政府和人道主義援助機構開始向受影響地區提供援助，包括：基本救援物資之提供、安全庇護所、飲用水、衛生防護以及災後教育心理輔導等。以紅十字國際委員會 (The International Committee of the Red Cross, ICRC) 為例，包括有：(1) 莫三比克中部與辛巴威東部有超過 100 萬人受益於醫療服務、莫三比克中部有 66,500 人 (13,300 個家庭) 獲得農業耕作援助、(2) 莫三比克中部有 112,320 人 (22,464 個家庭) 獲得食物援助、(3) 莫三比克中部有 49,600 人 (9,928 個家庭) 獲得防水布、毯子和廚具等安全住所援助、(4) 在莫三比克、馬拉威、辛巴威提供 800 個免費電話，嘗試與親人取得聯繫以及 (5) 莫三比克中部有 10,000 人獲得安全水源。

在 UNICEF 之急難救助，主要包括五大層面：水源、健康、營養、教育、以及兒童保護。以莫三比克為例，直到 2019 年 7 月 10 日為止，共有近 150 萬人獲得適合飲用烹飪和個人衛生使用之安全用水、76 萬兒童接受麻疹疫苗或其他醫療保健服務、65 萬兒童接受營養不良篩查或急性入院治療、7 萬人獲得正規或非正規基礎教育以及 1 萬多人接受心理社會關懷保護服務或安全學習空間。

根據 OCHA 於 2019 年 7 月 10 日資料顯示，非洲三國受影響地區需要合計為 4.9 億美元來災後復原，直到 2019 年 7 月 10 日為止，各界已募集到 2 億美元。



莫三比克貝拉市 (Beira) 經歷伊代氣旋後遭洪水淹沒情形 (資料來源：EPA/ 典匠資訊授權提供)

美國中西部地區洪災

註 本篇完整報導收錄於 NCDR 災害防救電子報 第 168 期 2019 年 7 月出刊



美國阿肯色州 (Arkansas) 史密斯堡地區 (Fort Smith) 於 2019 年 5 月 30 日遭阿肯色河溢淹情形 (資料來源：REUTERS/ 達志影像授權提供)

/// 災害概述

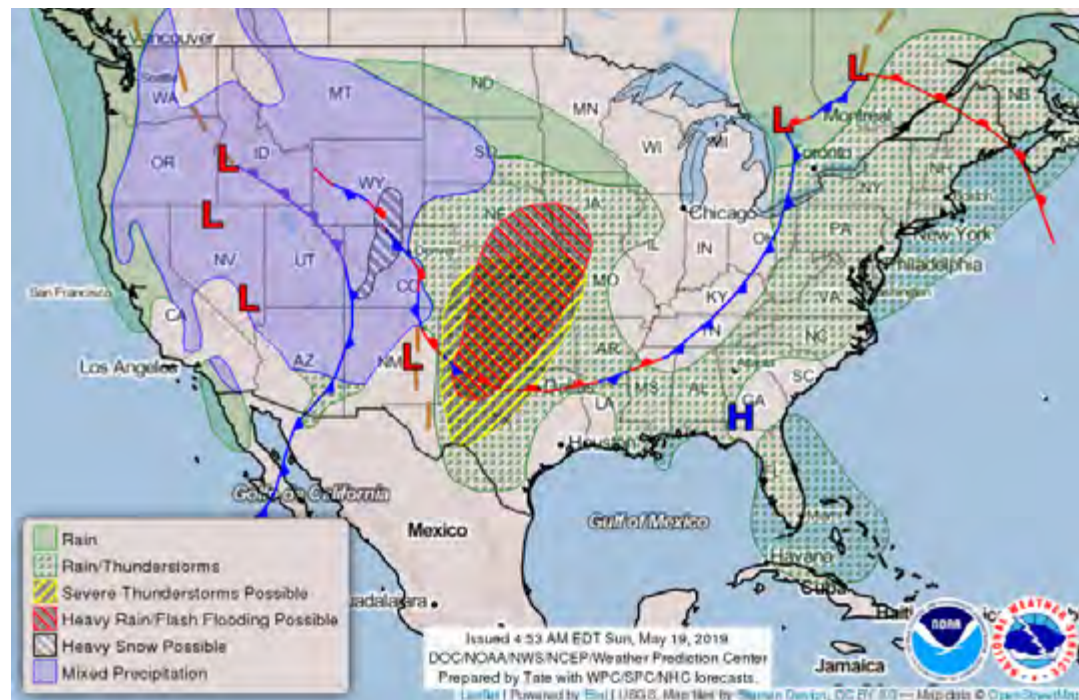
美國中西部地區於 2019 年 5 月 19 日至 30 日期間，遭受劇烈天氣衝擊，包括：龍捲風、強風、冰雹、暴雨及洪水，導致堪薩斯州 (Kansas)、奧克拉荷馬州 (Oklahoma)、密蘇里州 (Missouri) 以及阿肯色州 (Arkansas) 等部分地區災情慘重，截至 2019 年 5 月 29 日統計，這波劇烈天氣已造成 10 人死亡。

受到早春融雪及連續近兩週的強降雨影響，2019 年 5 月成為 125 年來第 2 多雨的月份，使得密西西比河 2 處水位測站之洪水水位持續時間，打破自 1927 年大洪水以來最長一次的紀錄；此外，阿肯色河史密斯堡下游 5 處水位站的洪水水位打破 90 年來的紀錄，及多處河段發生潰、溢堤，引發洪水氾濫，更進一步造成自 1992 年以來最低的玉米種植進度。

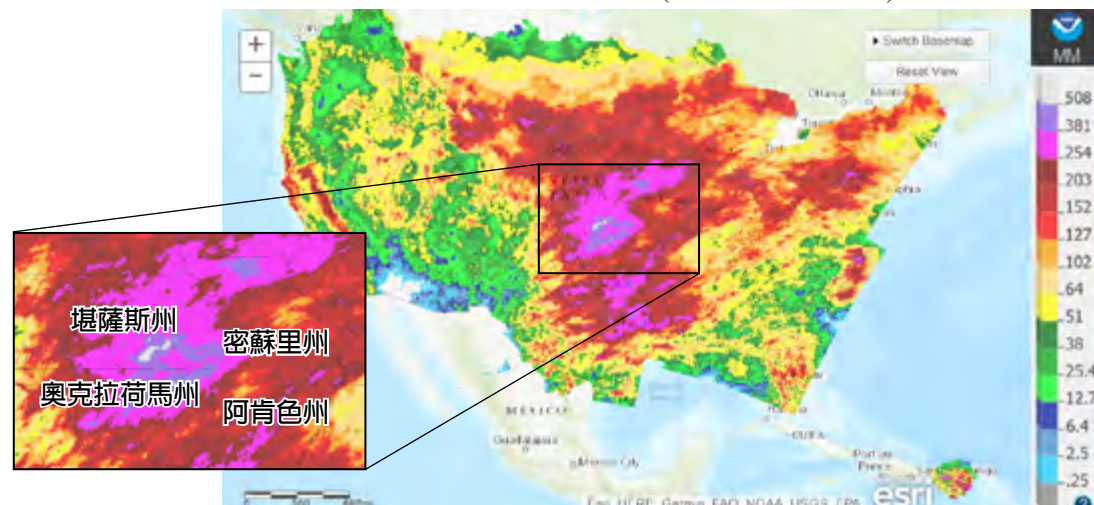
/// 氣象水文概述

根據美國國家海洋暨大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 於 5 月 20 日所公布的天氣圖，美國中部地區上空受到西部一個低壓冷區和東南部一個非常強大的高壓區擠壓，溫暖潮濕的空氣進入美國中部，引發嚴重的雷暴和龍捲風，同時伴隨著強降雨引發洪水災情。

這次劇烈天氣的影響時間，長達約兩週時間，從美國地區於 2019 年整個 5 月份的累積雨量分布，可明顯看出雨量集中分布在堪薩斯州、奧克拉荷馬州、密蘇里州以及阿肯色州，且最高累積降雨分布於堪薩斯州東南部與奧克拉荷馬州東北部，最大累積雨量超過 500 毫米。因此，流經堪薩斯州與奧克拉荷馬州之阿肯色河，受上游持續強降雨影響，大量洪水湧入，造成阿肯色河水位高漲。



2019 年 5 月 20 日的美國天氣系統圖 (資料來源：NOAA)



美國於 2019 年整個 5 月份之累積雨量分布圖 (資料來源：NOAA)

/// 洪水災情

這次劇烈天氣伴隨的強降雨分布範圍，大致涵蓋整個密西西比河 (Mississippi River) 流域。根據 NOAA 提出的報告資料指出，這次劇烈天氣事件之洪水影響最嚴重的區域為奧克拉荷馬州、密蘇里州及阿肯色州的部分地區。

根據 NOAA 統計至 5 月 31 日，美國中西部和部分南部地區，合計 370 個水位測站處於輕度洪水階段 (minor flooding) 以上，包含 82 個水位測站處於嚴重淹水 (major flooding)，其中絕大多數位於密蘇里河 (Missouri River)、密西西比河、阿肯色河 (Arkansas River)，以及它們的支流上。此外，密西西比河與阿肯色河，在這次劇烈天氣衝擊下，打破了過去 90 年來的洪水歷史紀錄。



美國密西西比河流域範圍 (資料來源：Wiki)

密西西比河

密西西比河共有 2 處水位測站，其洪水持續時間打破 90 年來的歷史紀錄。第一處係在路易斯安那州 (Louisiana) 的巴頓魯治 (Baton Rouge)，從該水位站之觀測水位歷線，明顯看出在 1 月 5 日時，水位已超過洪水警戒值，此後洪水雖然有 2 次退水，但是令人震驚的是，水位一直超過洪水警戒值。根據美國地質調查局 (United States Geological Survey, USGS) 統計至 5 月 31 日，水位已持續保持超過洪水警戒值共 147 天，已超過了 1927 年的 135 天紀錄。

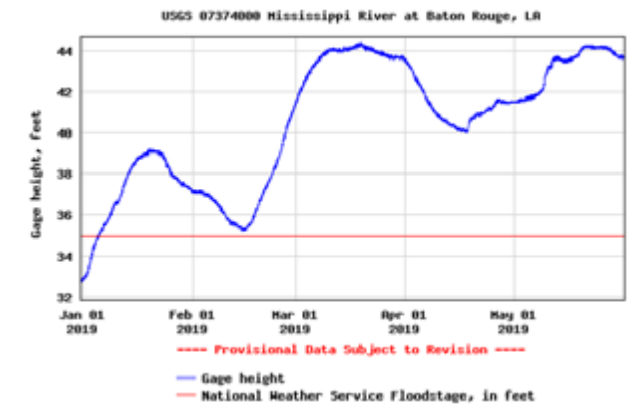
另一打破紀錄的測站位於密西西比州之維克斯堡 (Vicksburg)。依據 USGS 資料指出，自 2 月 17 日開始，水位已超過洪水警戒值，這是自 1927 年以來在維克斯堡最長的洪水持續時間。

密西西比河在這次劇烈天氣衝擊下，造成沿岸多處發生洪水氾濫，以位於密西西比河左岸的美國伊利諾伊州 (Illinois) 之奧爾頓 (Alton) 為例，5 月 30 日至

密西西比河巴頓魯治 (Baton Rouge) 水位站之歷史洪水持續時間統計 (資料來源：NOAA, USGS)

排名	延時 (天數)	年份
1	147	2019
2	135	1927
3	115	1983
4	99	1973
5	79	2011

6 月 1 日期間之淹水災情，包括抽水機救災情況、道路受洪水影響而關閉、奧爾頓家園淹水、以及 67 號高速公路被洪水淹沒。這次劇烈天氣 5 月 30 日結束後，位於密蘇里州與伊利諾伊州之密西西比河的洪水仍然持續到 6 月初。



密西西比河巴頓魯治 (Baton Rouge) 水位站之水位歷線 (資料來源：USGS)



密西西比河維克斯堡 (Vicksburg) 水位站之水位歷線 (資料來源：USGS)

阿肯色河

阿肯色河 (Arkansas River) 係美國密西西比河之支流，河流面積為 417,000 平方公里，河長為 2,350 公里，大致向東南偏東流，流經地區包括：科羅拉多州 (Colorado)、堪薩斯州、奧克拉荷馬州、阿肯色州。沿河主要城市有：奧克拉荷馬州的塔爾薩 (Tulsa)、阿肯色州的史密斯堡 (Fort Smith) 及小岩城 (Little Rock) 等。而這次較為嚴重的洪水災情發生於流經奧克拉荷馬州與阿肯色州之阿肯色河沿岸地區，像是史密斯堡 (Fort Smith) 以及流經奧克拉荷馬州東部克萊爾莫爾 (Claremore) 的支流 Caney 河及 Verdigris 河，沿岸之鄰近大片土地都被洪水淹沒。

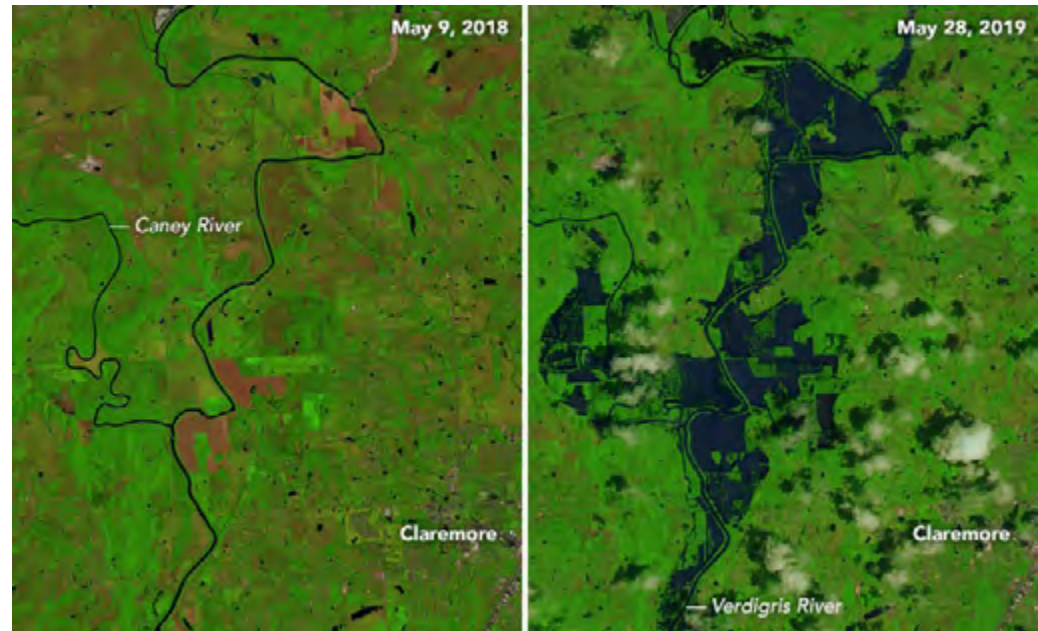
主要原因係受到近兩週的連續強降雨影響，導致水位持續高漲，造成沿岸多處發生溢淹。根據 NOAA 截至 6 月 6 日，阿肯色河史密斯堡下游之 8 處水位站中，共有 5 處水位站之水位已超過歷史水位紀錄。以位於阿肯色州史密斯堡附近之 Van Buren 水位站實測資料為例，自 5 月 22 日以來，水位已經超過中度洪水警戒 (moderate flooding)，接著隨著降雨的持續，水位持續上漲，5 月 28 日的河川水位達到 12.27 公尺，大幅超過 1945 年的歷史紀錄 11.61 公尺。

此外，Dardanelle 水位站之實測水位歷線，自 5 月 25 日水位就超過綠色線之洪水警戒值，然後持續上漲到 5 月 30 日時，水位達到 13.99 公尺，超過 1943 年的歷史紀錄 13.44 公尺。下游的其它水位站 (Morrilton、Toad Suck L&D、Pendleton)，亦創造了歷史第一高的全新紀錄；Ozark L/D Tailwater 與 Pine Bluff 測站雖未達到新紀錄，但已接近最高水位紀錄，排居歷史第二高紀錄。

除了溢淹災害之外，5 月 31 日，阿肯色河的 Dardanelle 附近堤防被洪水沖刷，破堤約 12 公尺寬的缺口，造成 Dardanelle 和 Holla Bend 周圍農村地區嚴重淹水。

阿肯色河史密斯堡下游 8 處水位站之實測紀錄綜整 (資料來源：NOAA, USGS)

水位站	2019 年 5 月至 6 月期間之最高水位 (公尺)	過去歷史最高水位紀錄 (公尺)	是否超過歷史紀錄
Van Buren	12.27(05/28/2019)	11.61(04/16/1945)	是
Ozark L/D Tailwater	114.29(05/30/2019)	114.45(05/13/1943)	歷史第二高
Dardanelle	13.99(05/30/2019)	13.44(05/25/1943)	是
Morrilton	13.11(06/04/2019)	12.80(04/19/1927)	是
Toad Suck L&D	86.99(06/04/2019)	86.22(05/07/1990)	是
Little Rock	9.05(06/05/2019)	10.54(06/01/1833)	歷史第七高
Pine Bluff	15.49(06/06/2019)	15.88(05/28/1943)	歷史第二高
Pendleton	11.47(06/06/2019)	10.39(04/27/1973)	是



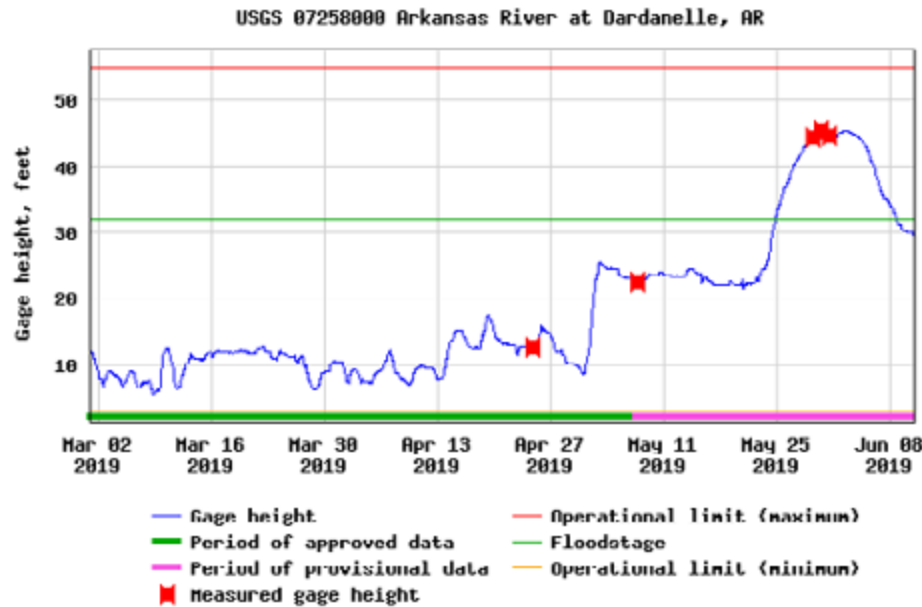
Caney 河及 Verdigris 河之洪水氾濫衛星影像 (資料來源：NASA)

流經奧克拉荷馬州與阿肯色州之阿肯色河沿岸地區土地肥沃，盛產多種農作物，係當地重要的經濟來源之一。受這次 2019 年 5 月洪水衝擊下，導致農民延遲春季玉米種植進度。美國農業部 (United States Department of Agriculture, USDA) 截至 5 月 26 日，指出玉米播種進度僅有 58 %，遠遠落後 5 年平均值的 90 %；黃豆播種進度 29 %，遠低於 2018 年同期的 74 %。

龍捲風災情

根據 NOAA 資料顯示，2019 年 5 月遭受龍捲風衝擊影響劇烈的地區包括：俄亥俄州 (Ohio) 的德頓市 (Dayton)、密蘇里州的傑佛遜市 (Jefferson)、堪薩斯州的道格拉斯 (Douglas) 及萊文沃思 (Leavenworth)、以及奧克拉荷馬州之埃爾里諾 (El Reno)。

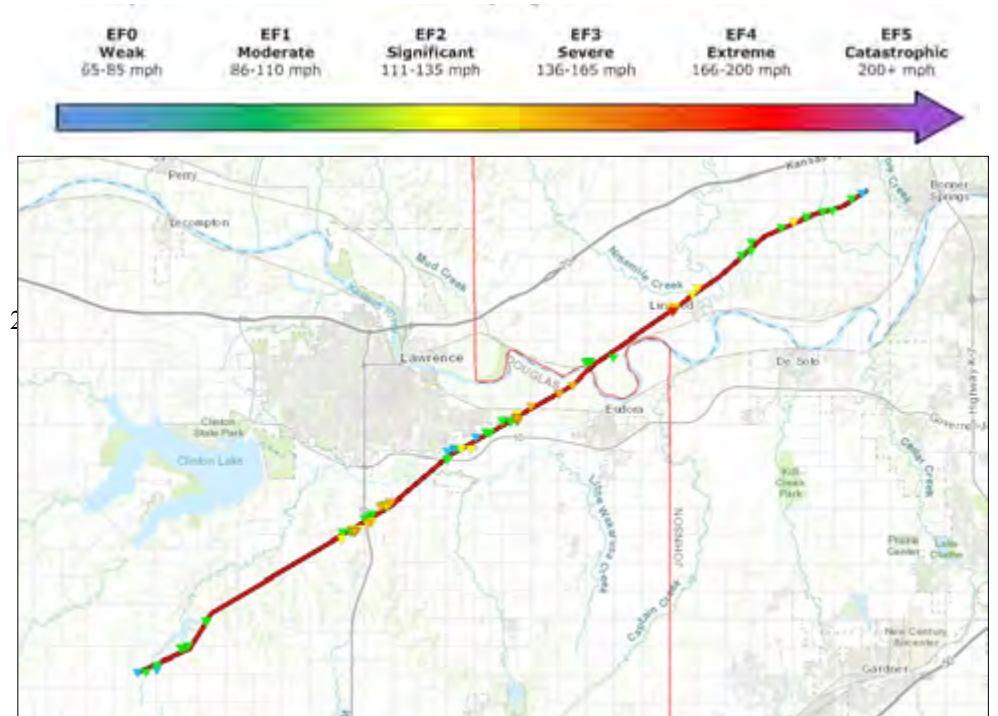
一般而言，5 月份是美國地區發生龍捲風甚為頻繁的月份，但這次受到長達兩週的劇烈天氣影響，根據 NOAA 的 5 月 27 日資料顯示，歷年中 5 月最高



阿肯色河 Dardanelle 水位站之實測水位歷線 (資料來源：USGS)

紀錄係發生在 2003 年的 542 次，而 2019 年 5 月的龍捲風次數高達 470 次，係近 10 年來同月的最高次數，約 20 年平均值的 1.5 倍。

根據美國國家氣象局 (National Weather Service, NWS) 資料顯示，在這次龍捲風災害事件中，分別於堪薩斯州與俄亥俄州均發生規模 EF-4 的龍捲風。從 5 月 28 日的龍捲風路線圖看到，龍捲風在堪薩斯州道格拉斯西南部發展，朝向東部和東北部方向前進，同時風力隨路線前行而加強；在道格拉斯東北部時之威力達到 EF-3，然後在萊文沃思南部時產生了 EF-4 傷害，龍捲風吹斷路樹與電線，及摧毀許多房屋，導致街上滿是龍捲風災後的殘骸，鄰近城鎮約 18 人受傷，而堪薩斯市國際機場而因此一度短暫關閉。此外在 5 月 27 日，俄亥俄州德頓市受到 EF-4 龍捲風的侵襲，風速估計為 170 mph(英里/小時)，約 273.6 kph(公里/小時)，造成多處房屋遭受破壞，屋頂甚至被拆除，樹木亦遭受摧毀。



規模 EF-4 龍捲風侵襲美國堪薩斯州道格拉斯西之破壞路徑 (資料來源：NWS)



美國奧克拉荷馬州 (Oklahoma) 埃爾雷諾市 (El Reno) 於 2019 年 5 月 26 日遭龍捲風侵襲情形 (資料來源：REUTERS/ 達志影像授權提供)

巴哈馬多利安颶風災害

註 本篇完整報導收錄於 NCDR 災害防救電子報 第 173 期 2019 年 12 月出刊



巴哈馬北部的阿巴科群島 (Abaco Island) 遭多利安颶風肆虐後情形 (資料來源：AP/ 達志影像授權提供)

/// 災害概述

自 2019年8月23日於巴巴多斯 (Barbados) 東南東距離 1,300 公里處生成一熱帶低氣壓，並沿著小安地列斯群島 (Lesser Antilles) 移動並持續增強，於 8 月 24 日提升為熱帶風暴且被命名為多利安 (Dorian) 颶風。多利安颶風於 9 月 1 日當時的最大持續風速每小時 295 公里 (超過五級颶風下限) 登陸位於巴哈馬北部的阿巴科群島 (Abaco Islands)，造成馬施港 (Marsh Harbour) 暴潮溢淹，多處出現道路中斷、屋頂破損、停電與停水災情；2 日凌晨 3 時多利安颶風最大持續風速降為每小時 285 公里 (超過五級颶風下限)，並肆虐大巴哈馬島 (Grand Bahama)，隨後移動速度減緩，行經巴哈馬群島歷經超過 36 小時，而滯留於大巴哈馬島將近 24 小時，直至 3 日上午，因海溫影響，多利安颶風最大持續風速雖然減弱至每小時 195 公里，但仍為三級颶風，並朝向美國東部沿海地區移動。由於歷時長，對於當地破壞加劇，夾帶強風與風暴潮 (高達 7 公尺)，造成大規模淹水，水深達 2 公尺，房屋嚴重破壞。其中，佛里波特 (Freeport) 國際機場遭受淹水而暫停航班，也使得巴哈馬政府與國際援助無法第一時間進駐給予救援。

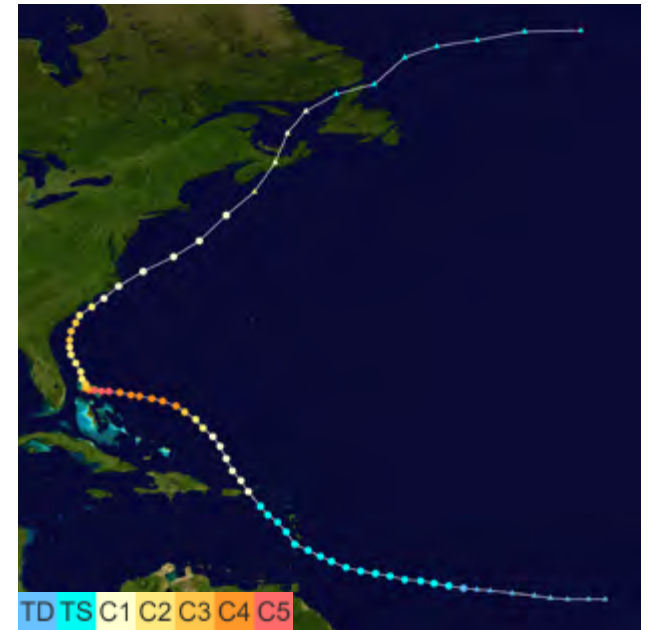
在穿越巴哈馬群島後，多利安颶風持續沿著美國東南部及加拿大東岸移動。自 8 月 28 日起，位於美國東部的佛羅里達州 (Florida)、喬治亞州 (Georgia)、南、北卡羅萊納州 (South Carolina, North Carolina) 便

陸續發布州緊急狀態、颶風警戒以及沿海地區風暴潮警戒，直到 9 月 2 日統計，沿海地區遭強制撤離達 100 萬餘人。4 日，多利安颶風於距離佛羅里達州東邊 150 公里處以二級颶風的強度通過，大雨、強風與風暴潮影響佛羅里達州中部海岸及南卡羅來納州北部與中部地區，部分地區傳出停電。6 日，多利安颶風最大持續風速雖已減弱為每小時 150 公里 (仍屬一級颶風)，大雨、強風和風暴潮影響北卡羅萊納州的沿海地區，7 日，強度減弱為溫帶氣旋，直至 10 日才消散。

2019 年 10 月 11 日統計，此次颶風共造成巴哈馬至少 74 人死亡、282 人失蹤，初估經濟損失約 70 億美元 (EM-DAT)，可列為巴哈馬有紀錄以來損失最慘重的災害；而在美國則造成 10 人死亡、25 萬戶停電、300 萬人遭撤離，初估經濟損失約 12 億美元。

風力等級說明

美國係採用薩菲爾 - 辛普森颶風風力等級 (Saffir-Simpson Hurricane Wind scale, SSHWS)，以一分鐘平均風速當作持續風速來區分颶風等級，「一級颶風 (C1)」最大持續風速介於每小時 119-153 公里，「二級颶風 (C2)」最大持續風速介於每小時 154-177 公里，「三級颶風 (C3)」最大持續風速介於每小時 178-208 公里，「四級颶風 (C4)」最大持續風速介於每小時 209-251 公里，「五級颶風 (C5)」最大持續風速為每小時 252 公里以上。



多利安 (Dorian) 颶風路徑分布圖 (資料來源：NASA)

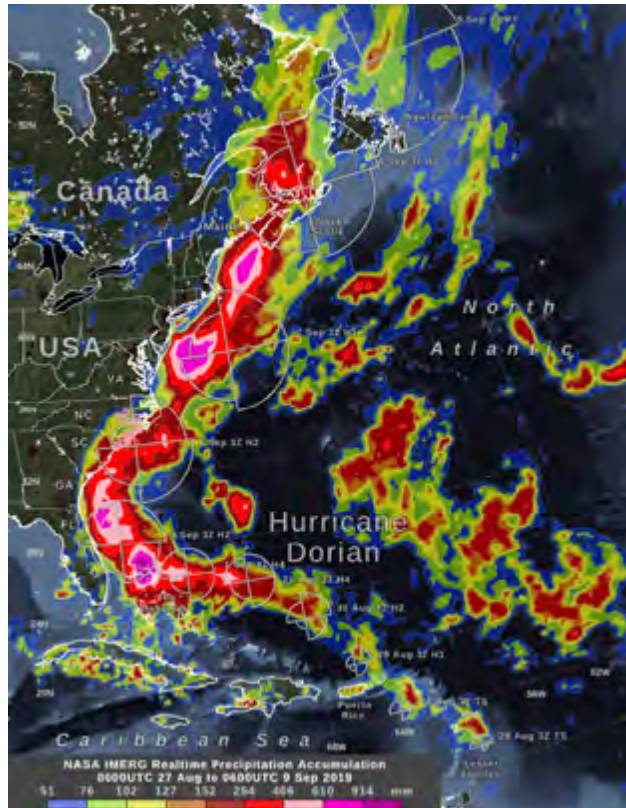


2019 年 9 月 1 日多利安颶風於巴哈馬群島的 MODIS 自然色影像 (資料來源：NASA Earth Observatory)

海氣象分析

降雨量

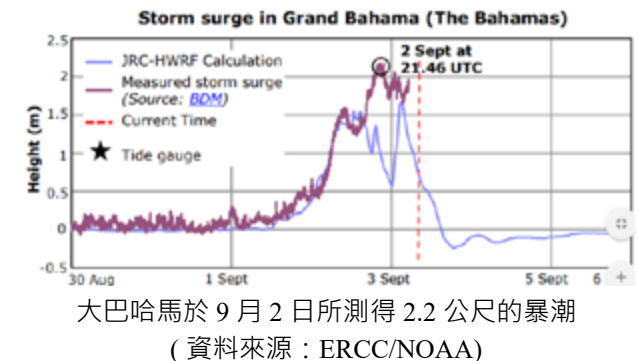
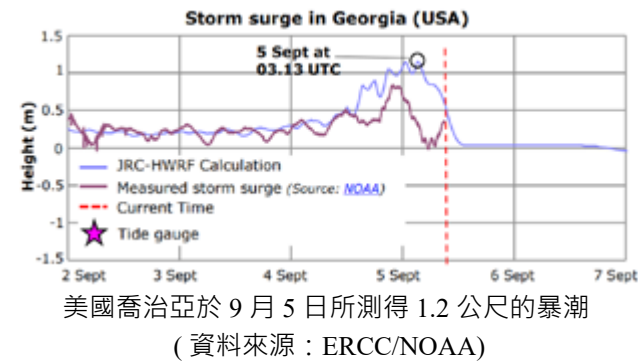
根據美國國家颶風中心推估，自 8 月 27 日至 9 月 9 日上午 6 時，多利安颶風的累積降雨量分布情形，可發現颶風所到之處，皆降下 250 毫米至 900 毫米的雨量，並且，部分地區伴隨著龍捲風的發生。



多利安颶風於 8 月 27 日至 9 月 9 日上午 6 時所累積的降雨量分布情形，其中北卡羅萊納州上方的紅色圓圈則表示 9 月 5 日颶風伴隨龍捲風發生的位置與數量 (資料來源：NASA Goddard)

潮位

根據 NOAA 資料顯示，在多利安颶風侵襲期間，於大巴哈馬島 9 月 2 日 21 時 46 分 (UTC) 測得暴潮達 2.2 公尺；而在美國喬治亞州於 9 月 5 日 3 時 13 分 (UTC) 測得 1.2 公尺的暴潮。從巴哈馬群島各區受到多利安颶風之強風、降雨及風暴潮所暴露的人口數量情形，其中，又以大巴哈馬島西部地區受影響人次為最多，其暴露在颶風等級為 1-2 級約 19,542 人，3-5 級約 22,727 人；暴露在累積降雨達 100 毫米至 500 毫米之間的有 42,269 人，當地測得最大暴潮達 6.8 公尺。



衝擊影響

巴哈馬群島

巴哈馬為位於美國佛羅里達州東南面的大西洋島國，全國擁有 700 座島嶼，總人口數約 32 萬千餘人 (2014 年統計)，其首都拿騷 (Nassau) 則位於該國人口最多、最密集的新普羅維登斯島 (New Providence)，該島最高海拔僅 5 公尺，多處地區於 2017 年遭瑪麗亞 (Maria) 颶風重創後而持續復原中。在這樣海拔低平、人口稀疏且持續進行災後重建的國家，又受到多利安颶風直接貫穿與長達 36 小時的滯留，其損害情形無疑是雪上加霜。多利安颶風於 9 月 1 日至 3 日陸續在阿巴科島的馬施港及大巴哈馬島登陸，所到之處無不受到強風及豪雨肆虐，造成巴哈馬群島大規模暴潮溢淹，及大量房屋遭受嚴重破壞。此次受影響最大的地區為阿巴科島及大巴哈馬島，其中，阿巴科島上超過半數的房屋及基礎設施遭到損毀，電力中斷。而大多數居民已撤離至新普羅維登斯島，而首都拿騷的避難收容所已達最大容量，美國佛羅里達州也一度協助民眾轉移到當地進行收容。

根據巴哈馬國家緊急事務管理局 (The National Emergency Management Agency, NEMA)，災後的每日 / 周會發布一則目前災害現況與復原情形。另外，在收容情形，新普羅維登斯島 (New Providence) 開設 6 處避難所，收容人次約 895 人，其餘大巴哈馬島及阿巴科島則因當地房屋受損嚴重而停止開設。

災後，國際上也提供許多援助，根據 NEMA 截

至 10 月 21 日統計，透過企業、私人名義、外國政府、地方政府、NGO 團體及非營利組織等，一共募集約 740 萬美元，用於救災與重建復原工作。

美國東部沿海

根據美國國家颶風中心自 8 月 28 日至 9 月 2 日每日所發布的多利安颶風路徑預報顯示，原先 8 月 28 日所預測的多利安颶風將會直撲波多黎各及佛羅里達州，有鑑於波多黎各於 2017 年遭受瑪麗亞 (Maria) 颶風重創尚未復原，美國當局便針對波多黎各發布颶風警戒，波多黎各也宣布緊急狀態並部屬了大量發電機、灑水車、庇護所及電力維護工人等災前準備；而佛羅里達州、喬治亞州、南卡羅萊納州及北卡羅萊納州等沿海地區也相繼宣布州緊急狀態，提醒民眾盡早撤離。8 月 29 日，多利安颶風預報路徑向東北偏修正，最後自波多黎各東北方一處小島庫萊布拉島 (Culebra) 擦過，造成當地 2 萬 3 千餘戶停電、1 人死亡。而後，8 月 31 日至 9 月 2 日，多利安颶風的路徑預報仍持續向東偏修正，最後並未登陸佛羅里達州，而改為沿著美國東部海岸往北移動，然而，有巴哈馬群島的前車之鑑，美國當局不敢掉以輕心，沿海四個州除了持續發布州緊急狀態、颶風警戒與風暴潮警戒，關閉國際機場航線，並強制撤離沿海居民達約 300 萬人次。9 月 3 日，多利安颶風減弱為三級颶風，仍帶給美國東南沿海地區強風、豪雨、龍捲風及風暴潮等影響，使得多處淹水、房屋損毀及停電災情陸續傳出。



巴哈馬阿巴科島的馬施港地區 (Marsh Harbour) 遭颶風受災前後比較圖 (資料來源：Pacific Disaster Center)



馬施港地區 (Marsh Harbour) 於 9 月 4 日的災後情形 (資料來源 REUTERS/ 達志影像授權提供)

義大利洪水災害

註 本篇完整報導收錄於 NCDR 災害防救電子報 第 176 期 2020 年 3 月出刊



義大利威尼斯的聖馬可 (San Marco) 河岸受潮位影響發生溢淹情形 (資料來源：EPA/ 達志影像授權提供)

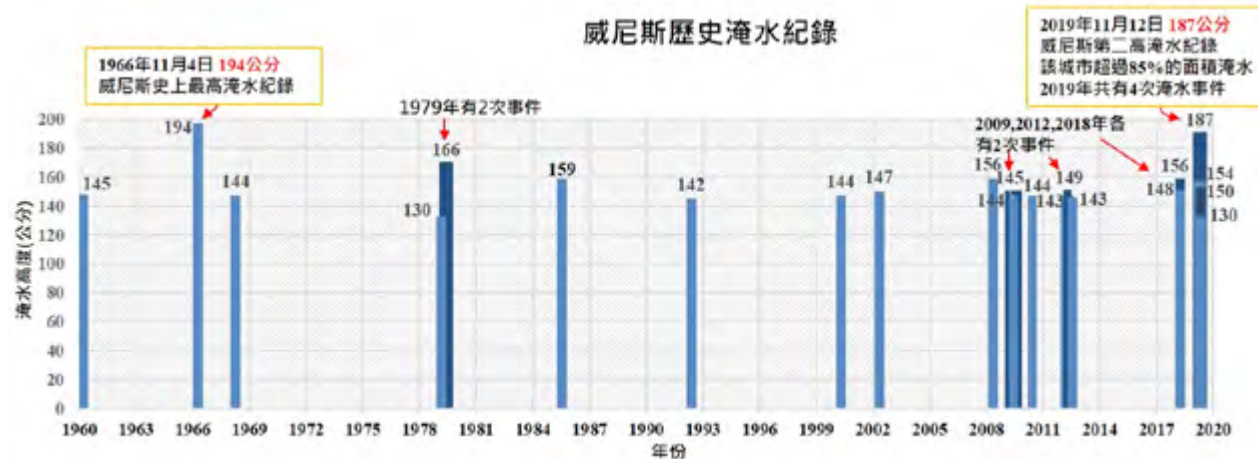
/// 災害概述

義大利自 11 月 12 日晚間 22 時 50 分起，受到義大利半島西側的第勒尼安海 (Tyrrhenian Sea) 上，有異常強烈的地中海颶風影響以及適逢漲潮時期，兩者結合成高水位，導致威尼斯遭遇嚴重洪災，淹水水位高達 1.87 公尺，創下 1923 年有紀錄以來的史上第二高，僅次於 1966 年的 1.94 公尺，水位在高峰過後，水勢卻沒有就此消退，在後續一週內，水位又三度升高，分別於 11 月 15 日、11 月 17 日以及 11 月 24 日淹水深度再次分別升高至 1.54 公尺、1.50 公尺以及 1.30 公尺，威尼斯的極端水災，使義大利總理於 11 月 14 日宣布進入緊急狀態，並撥款 2,000 萬歐元協助威尼斯救援及復原工作。

威尼斯在過去的一個世紀以來因全球暖化危機，淹水現象幾乎成為城市的常態，根據威尼斯政府統計資料表示，本次淹水使威尼斯約超過 85% 的面積淹水，共造成 2 人死亡，以及當地多處知名景點古蹟浸水受損，其中以地勢低窪的聖馬可廣場一帶，衝擊最為慘烈。

/// 災因分析

威尼斯政府指出，當地於 11 月 12 日發生嚴重淹水的現象，是綜合多項因素之複合性災害，主因包含盤據於威尼斯上方的地中海颶風所帶來的強勁風勢以及當地適逢漲潮時期，兩者結合成高水位造成本次嚴重的洪災事件，以下將主要致災因素描述說明如下。



義大利威尼斯 2019 年 11 月 12 日淹水達 1.87 公尺，為歷史淹水紀錄的第二高 (資料來源：City of Venice)

強風推升潮位上漲

由於義大利西南沿海有異常強烈的地中海颶風 (中心壓力為 989mb 的低壓系統)，其圍繞低氣壓的逆時針氣流，造成亞得里亞海周圍的氣流呈逆時針流動，並帶來了超過 30 節 (55.56 公里 / 小時) 的強風。其極為強勁的風勢，與來自北非，一路經過地中海、義大利半島東側的亞得里亞海的東南風，從義大利南方往北吹拂，幾乎平行於亞得里亞海的軸線，共同吹往位於西北的威尼斯潟湖。在強勁的東南風的推波助瀾下，水流由南向北穿過義大利東海岸平行的亞得里亞海前進並且持續推往威尼斯，並在之後的 22 小時，水流持續在亞得里亞海中來回流動，也就助長了水患肆虐，使得北端的威尼斯，遭受近乎創紀錄的洪水襲擊。形成當地每到秋冬時期即形成常見的異常高潮位「Acqua alta」現象。

威尼斯因這類暴潮因素所造成的淹水災情不斷上演而深受其擾，並且會定期淹沒著名的聖馬可廣場 (該市最低區域僅 64 公分高)。

地中海颶風 (Medicanes)

又稱地中海式熱帶氣旋。是一種擁有溫帶氣旋以及颱風特徵的混合型風暴，主要形成於地中海西部和中部，每年大約出現一到兩次，大多發生在下半年。可以在溫度高於 15 攝氏度的水中發展。

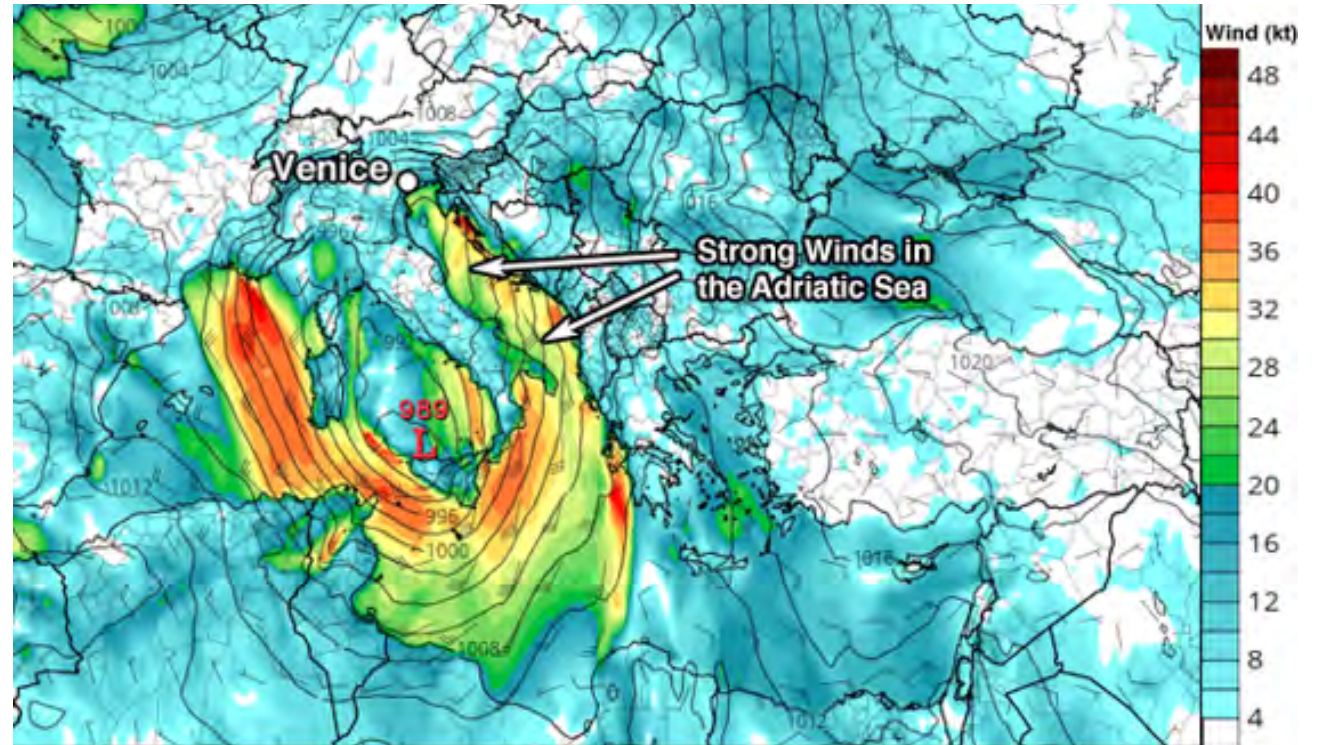
異常高潮位 (Acqua alta)

常見於亞得里亞海北部秋季和冬季，為週期性出現的異常潮汐峰值，當週期性出現的季風 (沿著亞得里亞海向由南往北吹) 加上因潮汐帶來的漲潮水位，阻礙了高水位回流，水位高峰值在威尼斯潟湖達到最高，導致威尼斯出現嚴重的洪災。

威尼斯受當地暴潮影響，是造成本次洪災的主要致災因子之一。根據英國研究機構 (Natural Environment Research Council, NERC) 的潮位資料顯示，威尼斯的潮位在 11 月 12 日 20 時 53 分達到最高 1.826 公尺，異常的潮位是威尼斯平常潮位的 2~3 倍高。接續幾天，威尼斯潮位高再度於 11 月 15 日的 9 時 32 分達到最大 1.427 公尺、11 月 17 日的 11 時 47 分最大潮位高 1.423 公尺；11 月 24 日的 7 時 07 分最大潮位高 1.240 公尺。

降雨

威尼斯在經歷洪災期間，其水文降雨資料參考 Weather Online 氣候資料，11 月 12 日當日降雨為 27.6 毫米，然而威尼斯 11 月的平均月雨量僅 89 毫米，所以 11 月 12 日當日的降雨量為 11 月平均雨量的 31%；此外，後續再度發生淹水災情的 11 月 15 日及 17 日降雨量分別為 20 毫米、2 毫米。統計威尼斯發生洪災事件一週內，累積雨量達 76.6 毫米，為當地 11 月月平均雨量之 86%。若再加上 11 月 24 日降雨量 13 毫米，威尼斯該月的總降雨量則達到 89 毫米。



2019 年 11 月 12 日 (UTC) GFS 模型及 10 公尺風速分析 (資料來源：Trophic Tidbit)



威尼斯 2019 年 11 月 12 日至 24 日潮位紀錄 (資料來源：NERC)

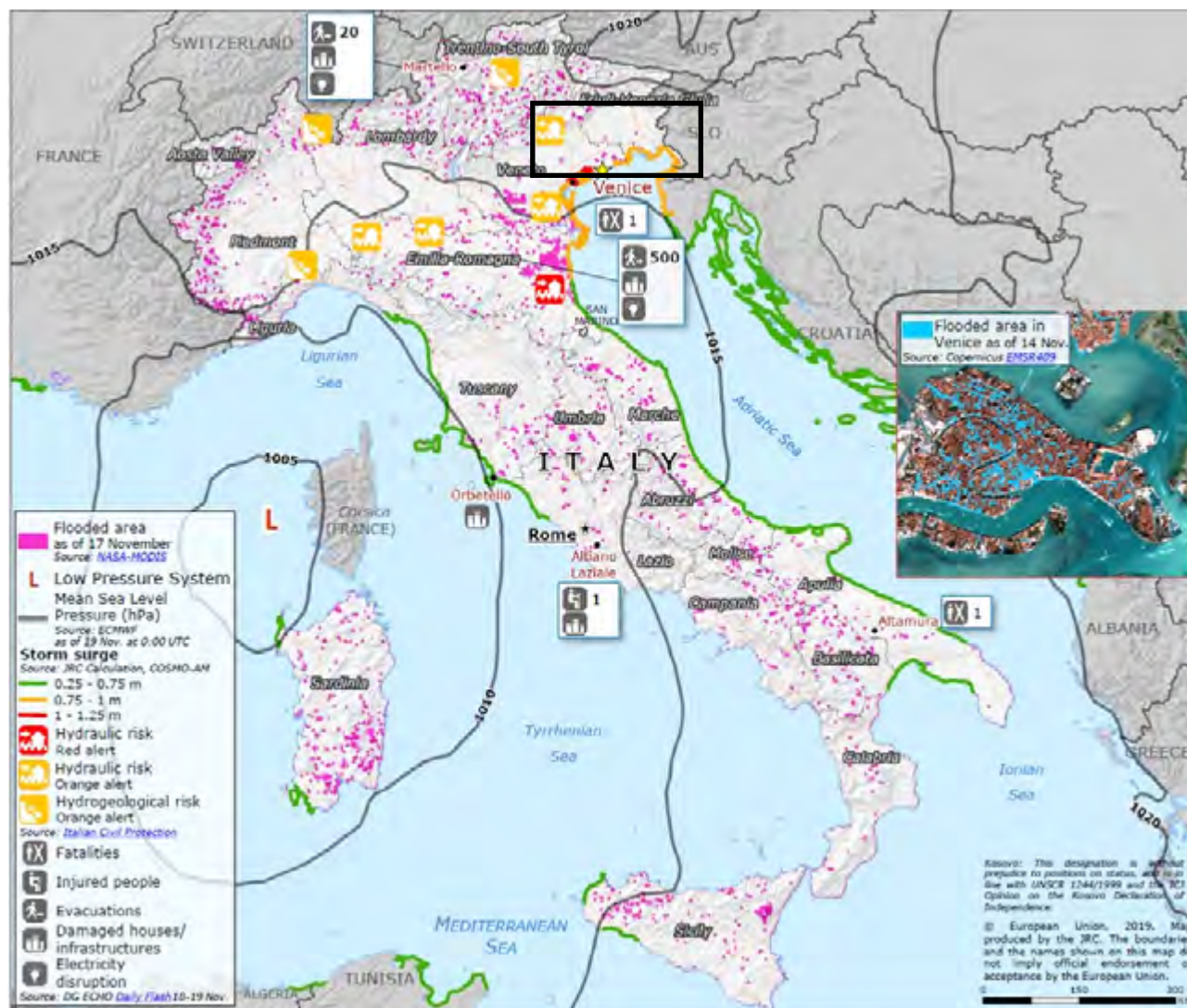
地層下陷與海平面上升

威尼斯長久以來皆存在著地層下陷及因氣候變遷所帶來的海平面上升等問題，間接地促成了這次嚴重的洪災事件。

根據威尼斯平均海平面資料顯示，當地海平面每年以 2.44 毫米的速度上升中，使當地的陸地面積逐漸流失。另外，從威尼斯 2009 至 2014 的 GPS 資料顯示，陸地逐年以 0.121 公分的速度持續下陷，經由過去的研究數據顯示已造成當地在過去的一個世紀當中，總計約有 23 公分的下沉量 (Brambati et al., 2003 ; Munaretto et al., 2012)。使得目前平均高度約為 1 公尺左右的威尼斯城 (Munaretto et al., 2012)，在 11 月 12 日淹水達 1.87 公尺時，造成當地嚴重淹水的現象。

綜合上述原因，當地出現地中海颶風及正值漲潮期間引發的 Acqua alta 暴潮現象是本次威尼斯洪災的主因，讓過去的一個世紀當中已下沉 23 公分，目前平均高度約為 1 公尺左右的威尼斯市 (Brambati et al., 2003 ; Munaretto et al., 2012)，造成當地淹水。

此外，當地長久以來還存在著其他的隱憂，如氣象及降雨因素、地層下陷及海平面上升等是影響本次洪災事件之次要原因，亦間接地影響了本次洪災事件的發生。



義大利全境淹水災情圖，圖中黑框處為威尼斯潟湖 (資料來源：ERCC)

/// 災害衝擊

歷史古蹟損壞

威尼斯係名列世界文化遺產的歷史古城，在 11 月 12 日的大潮中，水患已造成許多熱門景點與歷史古蹟嚴重淹水，例如：位於威尼斯城中最低窪處的聖馬可廣場 (St Mark's Square) 一帶 (地勢僅 64 公分高)，影響較為嚴重，以及世界著名的歌劇院鳳凰劇院也發生淹水災情。

威尼斯周邊衝擊

威尼斯市因位於潟湖內的環境中，當潟湖內的都市因本次嚴重淹水而重挫時，其外圍的沙洲區域亦同時遭受到地中海的颶風及漲潮的雙重影響而引發嚴重的淹水，威尼斯外圍沙洲出現約 1 公尺高的暴潮，當地政府亦發出了 *Acqua alta* 的紅色警戒向民眾示警。此外，在潟湖外圍最南端沙洲 - 佩萊斯特里納島，更因為這次的洪災事件而造成兩人死亡。

/// 政府應變處置

Acqua alta 異常潮位洪水預報

為了因應頻繁的淹水事件對當地居民造成的不便，威尼斯政府建立一套漲潮預警系統。當 *Acqua alta* 異常潮位發生時，提供給當地居民漲潮警報，利用警報系統發出聲響並由擴音系統傳播出去向民眾示警，可在 *Acqua alta* 發生前 4~6 天提出預報。

當 *Acqua alta* 發生時，根據異常潮位的高低，可分為四個級別發出不同聲響，向民眾提出警告：(1) 異



義大利威尼斯聖馬克廣場 (St. Mark's Square) 受潮位影響發生溢淹情形 (資料來源：AP/ 達志影像授權提供)

常潮位高 1.1 公尺：一長聲響；(2) 異常潮位高 1.2 公尺：二次漸強聲響；(3) 異常潮位高 1.3 公尺：三次漸強聲響；(4) 異常潮位高 1.4 公尺：四次漸強聲響。本次淹水事件中，威尼斯政府潮汐預報中心預測 11 月 15 日 11 時 20 分以及 11 月 17 日 12 時 30 分，潮位將升高達 1.6 公尺時，威尼斯政府發布 Acqua alta 紅色警告代碼及四次漸強警報聲，向居民提出警告。

水利防洪工程計畫

威尼斯因潮汐的關係，每年要遭受 100 多次洪水侵襲，為降低洪災事件，義大利政府早於 2003 年 1 月啟動建造費達 45 億歐元（約 1798 億新台幣）的水利防洪工程「摩西計畫」，預計修建活動水閘攔阻海潮，然而因工程延宕需至 2021 年完工。預計在威尼斯潟湖外圍一長串狹長島嶼的三個出海口處，建造巨大的自動水閘門，平時閘門灌滿海水，平躺在海床上，當水位上升超過 100 公分時就會啟動活動式閘門的時候就打入空氣，讓閘門浮出水面，阻擋大浪進入威尼斯。當潮水退去不再構成威脅時，閘門再次回到底部。

宣布進入緊急狀態

因應極端漲潮，威尼斯 11 月 12 日全區已一連停課 3 日，水上公車停擺；14 日義大利總理孔蒂 (Giuseppe Conte) 在前往威尼斯勘災後，宣布進入「緊急狀態」，啟動金援紓困水都。義大利內閣金援威尼斯 2,000 萬歐元（約新台幣 6.8 億元），協助後續救援與復原工作。

除此之外，住房受到影響的居民都可以領到最多 5,000 歐元（約新台幣 17 萬元）的政府補助，餐館和商店最多可領到 2 萬歐元（約新台幣 68 萬元）。



義大利威尼斯一處教堂於 2019 年 11 月 17 日遭水淹沒情形（資料來源：REUTERS/ 達志影像授權提供）

菲律賓巴逢颶風

註 本篇完整報導收錄於 NCDR 災害防救電子報 第 176 期 2020 年 3 月出刊



2019 年 12 月 25 日正值聖誕節，菲律賓的奧爾莫克市 (Ormoc) 慘遭洪水肆虐 (資料來源：EPA/ 達志影像授權提供)

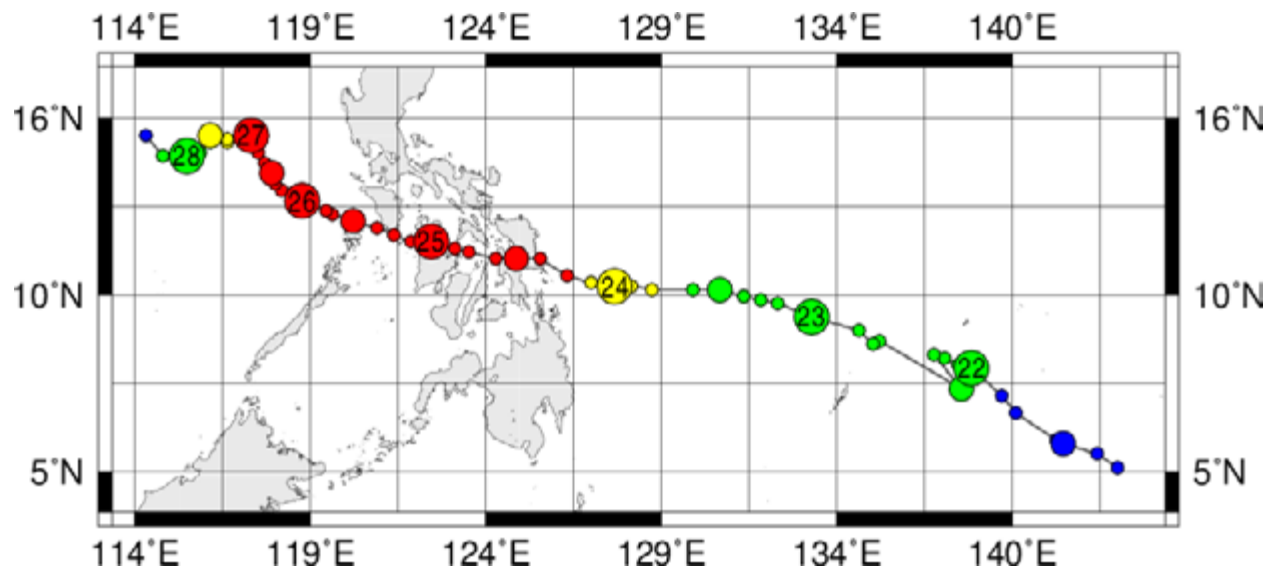
/// 災害概述

菲律賓於 2019 年 12 月底遭受中颱巴逢 (Phanfone) 侵襲。根據菲律賓國家減災與管理委員會 (National Disaster Risk Reduction and Management Council, NDRRMC) 發布之巴逢颱風防備措施及影響報告第 28 報 (2020 年 1 月 30 日) 更新：巴逢颱風災情大多集中於菲律賓中部維薩亞斯 (Visayas) 群島，並造成 57 人死亡、369 人受傷、6 人失蹤、52 萬房屋遭到破壞、共 79 萬戶家庭及逾 329 萬人受到影響，另有 467 所學校部分損壞，總損失金額約 43 億菲律賓披索 (約新台幣 26 億元)。

/// 氣象概述

颱風發展歷程

根據菲律賓國家減災與管理委員會 (NDRRMC) 的資料顯示，編號第 29 號的巴逢 (Phanfone) 颱風 (菲律賓當地稱 URSULA 颱風) 於 12 月 19 日在菲律賓東方太平洋海域形成一熱帶擾動，12 月 20 日發展成一熱帶性低氣壓，12 月 21 日提升為熱帶氣旋，因其強度不斷增強，12 月 22 日聯合颱風警報中心 (JTWC) 將其認定為熱帶風暴；並於 12 月 23 日進入菲律賓海域，同日對菲律賓中部發布颱風警報；巴逢颱風於 12 月 24 日其強度持續增強為颱風，當日下午 4 時 45 分於薩維亞斯群島之東薩馬 (Region VIII) 之薩爾塞多登陸；12 月 25 日其強度達到高峰為中度颱風，中心最低氣壓為 970 帕；12 月 27 日因環境場因素不利，強度逐漸減弱，巴逢颱風於 12 月 29 日降為熱帶性低氣



巴逢颱風路徑圖，圓圈中數字代表 12 月份的日期 (資料來源：Digital Typhoon)

壓並逐漸消散。

巴逢颱風影響範圍

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) 三大群島。全國共劃設 17 個大區 (Region) 之行政區劃，下轄 76 個省 (Province)。其中維薩亞斯為巴逢颱風主要影響區域，全島分為三大區，分別為西薩維亞 (Region VI)、中薩維亞 (Region VII)、東薩維亞 (Region VIII)。

巴逢颱風於 12 月 24 日時於東薩馬省的薩爾塞多登陸，此後至 25 日行經中部萊特島 (Leyte)、東薩瑪爾省 (Eastern Samar)、比利蘭省 (Biliran)、伊洛伊洛市 (Iloilo)、阿克蘭省 (Aklan)、安蒂克省 (Antique) 和東方民都洛省 (Oriental Mindoro)，進入西菲律賓海。

依據菲律賓國家減災與管理委員會 (NDRRMC) 資料顯示，巴逢颱風主要影響菲律賓呂宋島南端之民馬羅巴區 (Region MIMAROPA) 及中部地區維薩亞斯群島 (Visayas)，受災程度最為嚴重者為 REGION VIII 的西薩維亞區及東薩維亞省。

降雨

西北太平洋的颱風季為每年的 5~12 月，在此期間熱帶地區的低壓擾動容易發展成颱風，影響西北太平洋周圍國家。巴逢颱風侵襲菲律賓中部維薩亞斯群島，以衛星估計降雨 24 小時最大降雨量約 200 至 300 毫米。暴雨造成淹水、山洪暴發，其中以東維薩亞斯 (REGION VIII) 地區受創最嚴重。從東維薩亞斯地區之萊特島 (Leyte) 的獨魯萬市 (Tacloban) 12 月份降雨值

顯示，自巴達颶風影響菲律賓期間自 12 月 22 日至 29 日之間，累積雨量約為 200 毫米，而獨魯萬市 12 月月平均雨量約為 300.3 毫米，所以巴達颶風期間之累積降雨量已達當地 12 月平均降雨量之 66%。

/// 災害衝擊

依據菲律賓 NDRRMC 發布於 2020 年 1 月 30 日巴達颶風防備措施及影響報告最末報統計：民馬羅巴區 (MIMAROPA) 9 人死亡、5 人受傷、2 人失蹤；西維薩亞 (REGION VI) 29 人死亡、32 人受傷、2 人失蹤；中維薩亞 (REGION VII) 1 人死亡；東維薩亞 (REGION VIII) 18 人死亡、332 人受傷、2 人失蹤。

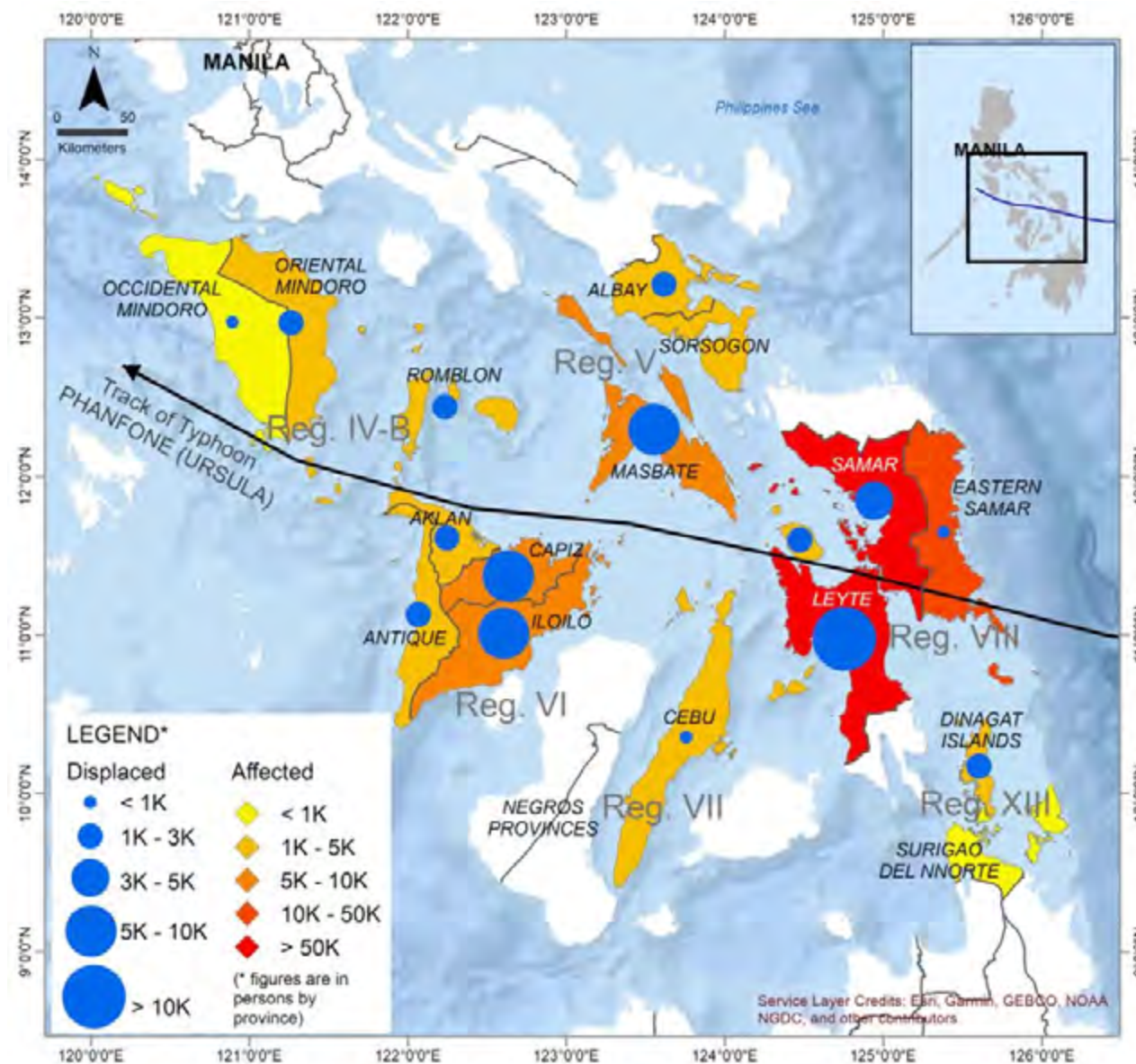
房屋受損部分，各區 (含 MIMAROPA, REGION VI, REGION VII, REGION VIII 等) 總計有 527,201 棟房屋受損，包含 59,471 棟房屋完全損壞，467,730 棟房屋部分受損。

/// 政府應變處置

應變階段

菲律賓政府防災相關組織包括國家減災與管理委員會 (NDRRMC)，以及菲律賓大氣地球物理和天文服務管理局 (Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration, PAGASA) 負責為公眾提供天氣報告和預報、水災和熱帶氣旋警報以及與氣象、天文及氣候等方面相關的資訊等單位。

在應變階段，主要係由國家減災與管理委員會



巴達颶風主要影響範圍圖 (資料來源：AHA CENTRE)

(NDRRMC) 發布警戒狀態及範圍提供給相關局處，並預先撤離警戒範圍內之家庭，以及發布居民整備行動方案至易淹水及山崩影響地區；菲律賓大氣地球物理和天文服務管理局 (PAGASA) 則提供颱風動向及天氣預報、災前風險評估、發布災前警報。此次 PAGASA 因巴達颱風向北薩馬省、薩馬省、東薩馬省、比利蘭省、禮智省、及卡摩特斯群島，共發出三號風暴信號等颱風警報向當地民眾示警。

復原階段

截至 2020 年 1 月 30 日報告統計，菲律賓社會福利發展部 (DSWD) 與 NGOs 等單位提供約 1 億 2 千萬披索 (約新台幣 7 千 7 百萬元) 的援助，給受影響的家庭。同時亦設立捐款帳戶並向各國提出捐款援助，作為後續巴達颱風受災災民的救助基金。

菲律賓紅十字會與紅新月會國際聯合會 (IFRC) 藉由評估脆弱性及房屋破壞嚴重程度進行篩選，針對經濟發展較為弱勢之農村聚落及最脆弱和受影響最嚴重的家庭，提供緊急避難所和必要之生活用品援助，目標收容人數為 1 萬人，優先收容萊特島 (Leyte)、比利蘭省 (Biliran)、伊洛伊洛市 (Iloilo)、阿克蘭省 (Aklan)、安蒂克省 (Antique) 和東方民都洛省 (Oriental Mindoro) 西薩維亞 Western Visayas (REGION VI)、宿霧、卡皮茲等城市中，房屋被嚴重摧毀之居民。並且，提供醫藥、衛生協助服務、動員社區衛生志願者宣傳預防流行疾病及衛生健康之社區行動計畫。除此之外，緊急呼籲募款約新台幣 6 千 2 百萬元，以幫助較弱勢之農

村高地地區，優先省份包括：西薩瑪爾、萊特省、宿霧、卡皮茲省、比利蘭省、伊洛伊洛市、阿克蘭省等，支持上述該區之核心住宅、生計、基本需求、清潔食水、衛生環境、個人衛生、保健、性別與包容性、社區防備災及減災等項目進行復原工作。

菲律賓衛生部 (Department of Health, DOH) 進行疾病監控：包括提供登革熱疾病監測報告、提供疫苗預防麻疹、白喉等疾病。菲律賓民防辦公室 (Office of Civil Defense, OCD) 協調菲律賓航空公司運送救援物資至受災地區。

/// 歷史颱風比較

根據菲律賓國家減災與管理委員會 (NDRRMC) 與全球災難預警和協調系統 (Global Disaster Alert and Coordination System, GDACS) 之歷年颱風資料顯示，巴達 (Phanfone) 颱風，其行徑路線相似於 2013 年侵襲菲律賓之強烈颱風海燕 (Haiyan)。

2013 年強颱風海燕颱風重創菲律賓，經官方統計結果，每小時持續風速為 315 公里，瞬間最大陣風為 325 公里 / 小時；死亡、失蹤人數 (7,469) 與受影響人數 (1,124 萬)，是菲律賓史上造成死傷最慘重的颱風；2019 年巴達颱風則再次重演海燕颱風侵襲菲律賓的區域，每小時持續風速為 176 公里，瞬間最大陣風為 215 公里 / 小時，但因巴達颱風規模較小，其災情也較海燕颱風輕微，經官方統計結果，死亡加失蹤人數為 63 人、受影響人數約 329 萬。



菲律賓 2013 年海燕颱風 (橘線) 及 2019 年巴達颱風 (黑線) 的影響路徑比較圖 (資料來源：Archyde)

菲律賓風暴信號等級

一號風暴信號表示未來 36 小時內該區風力可達 30-60 公里 / 小時；二號風暴信號表示未來 24 小時內該區風力可達 60-120 公里 / 小時；三號風暴信號表示未來 18 小時內該區風力可達 121-170 公里 / 小時；四號風暴信號表示未來 12 小時內該區風力可達 171-220 公里 / 小時；五號風暴信號表示未來 12 小時內該區風力可逾 220 公里 / 小時。

巴西礦渣堆置場崩塌

註 本篇完整報導收錄於 NCDR 災害防救電子報 第 176 期 2020 年 3 月出刊



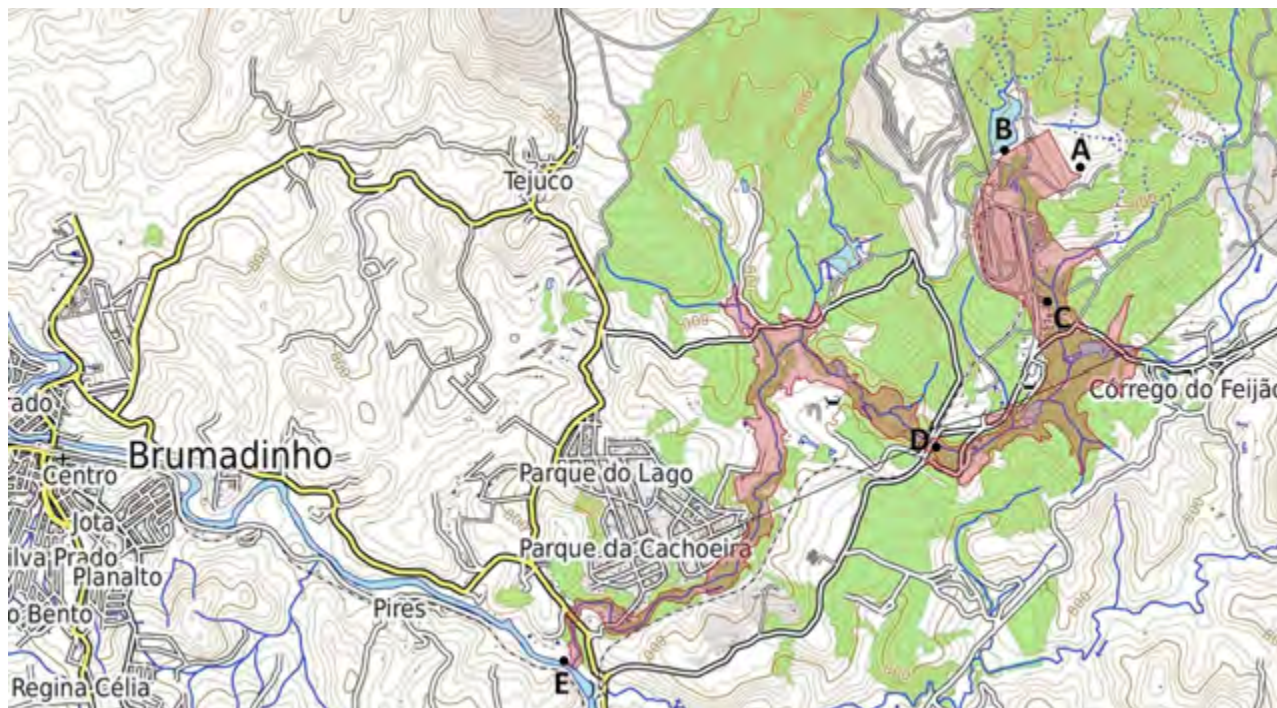
巴西布魯馬迪紐市因礦區崩塌夾雜大量泥水淹沒下游地區，造成鐵路橋梁破壞 (資料來源：歐新社 / 典匠資訊授權提供)

/// 災害概述

巴西布魯馬迪紐市 (Brumadinho) 之 Córrego do Feijão 礦區於 2019 年 1 月 25 日發生嚴重礦渣堆置場崩塌災情，崩塌後大量鐵礦渣，混雜著泥水，約 100 萬立方米傾瀉而下，大量廢泥漿瞬間淹沒周邊地區，截至 2020 年 1 月 25 日為止，官方統計死亡人數達 259 人，另有 11 人失蹤。而搜救時間為巴西歷史上最長的一次，超越巴西里約熱內盧州 2011 年 1 月坡地災害事件。

/// 事件說明

巴西米納斯吉拉斯州 (Minas Gerais) 城鎮布魯馬迪紐市 (Brumadinho) 一座鐵砂礦場之尾礦壩 - 主要用於堆置回收採礦後剩餘廢水與礦渣，2019 年 1 月 25 日中午 12:00 左右，在無預警之下發生崩塌，約 100 萬立方米鐵礦渣的泥漿傾瀉而下，導致河谷公司辦公區及附近村落費爾特戈 (Ferteco) 埋沒，根據估計當時衝擊速度高達 80 km/hr，快速地淹沒 3 輛火車頭和 132 架貨車，並沖毀火車鐵路橋與鐵軌。截至 2020 年 1 月 25 日為止，官方統計死亡人數為 259 人，另有 11 人失蹤。根據巴西國家礦業局 (National Mining Agency) 資料，發生事故的 Córrego do Feijão dam 建於 1976 年，當時被列為低風險但對下游具有高衝擊的小型結構物，由 Ferteco Mineração 公司建造，該公司於 2001 年被淡水河谷公司 (Vale S.A.) 收購。淡水河谷公司是一家巴西跨國公司，主營金屬冶煉和採礦



崩塌位置與影響範圍，A 點為主要發生崩塌之結構物；B 點則為另一座危險的結構物；C 點為費爾特戈村落 (Vila Ferteco) 為河谷公司辦公室與主要礦坑之位置，為此次罹難人數最多之處；D 點為鐵路橋斷橋位置；E 為匯入主要河川 Rio Paraopeba 河之匯流口紅色區域為經過影像判釋災害後因礦渣與廢水混雜而淹沒範圍

(資料來源：wikimedia)

業，同時也是世界第二大礦業公司、最大的鐵礦砂與鎳供應商。根據淡水河谷公司說明，曾由 TÜV 南德意志集團 (TÜV SÜD) 於 2018 年 9 月對於結構物進行視察，但並無發現結構物存在問題。而於 2019 年 1 月再次對結構物進行安全檢測時，也沒有發現任何缺陷。

根據當地消防隊的調查指出，1 月 25 日崩塌發生時，因警報系統故障，未能及時通知礦工與居民逃生。不過淡水河谷公司的總裁表示，事故可能發生得太快，導致警報器來不及開始運作。巴西政府雖在第一時間出動緊急救援，並疏散低窪地區的居民，然而泥漿隨著時間的風乾與硬化，搜救難度大幅提升。此

外，尾礦中的鐵礦可能會滲入河流的泥土中，最終影響整個地區的生態系統。對於布魯馬迪紐市的農業與畜牧業均受相當程度的影響。

/// 災害歷程

- 1月25日 12:00 崩塌，造成下游嚴重損失與傷亡，下午3時50分，鐵礦渣與廢水湧入該區的主要河流巴拉奧秘拉河 (Paraopeba River)。
- 1月26日：淡水河谷公司被巴西政府凍結資產 60 億巴西雷亞爾 (約新台幣 490 億)，將做為賠償損失之用。
- 1月27日：傳出附近結構體破裂警報，搜救行動一度暫停。
- 1月27日：以色列派出 136 位搜救人員與相關設備，前往米納斯州協助救援。
- 1月28日：淡水河谷公司股價大瀉 24.52%，惠譽國際 (Fitch Group) 信用評級機構下調河谷公司的信貸評級，由 BBB+ 跌至 BBB-，並列入負面觀察。
- 1月28日：巴西布魯馬迪紐市市長阿維馬爾·巴爾塞洛斯在接受採訪時表示：原本希望淡水河谷公司能夠從三年前崩塌事件中吸取教訓的，但現在又遭受的災難，已經對淡水河谷公司進行相關懲處。
- 1月31日：巴西政府逮捕 5 名失職工程師，其中包含德意志集團巴西分公司的 2 名僱員，進行偵訊與調查。當下死亡人數上升到 84 人，276 人失蹤。

- 2月7日：巴西國家礦業局 (National Mining Agency) 頒布新法令，統計共有 88 座尾礦，要求拆除同類型的結構體或是轉換成其他種類之結構體，避免相同崩塌災害再次發生。
- 5月25日：罹難人數已上升至 242 人，仍有 28 人失蹤。米納斯吉拉斯州另一個巴西淡水河谷公司所屬的鐵礦廢料存放處亦有崩塌風險。該結構體附近的 450 多名居民已安全撤離。
- 10月16日：國際貨幣基金 (IMF) 指出淡水河谷公司近 20 座結構物因安全原因被查封後，宣布減產，今年原預期銷售 4 億噸鐵礦石，也將削減 9,280 萬噸，促使鐵礦石在國際市場上達到近 5 年來的最高價格。
- 11月21日：距崩塌事故滿 300 天，死亡人數為 254 人，仍有 16 人失蹤。復原行動仍然持續中，為巴西歷史上最大的一次搜救行動，超過了巴西里約熱內盧州 2011 年 1 月坡地災害事件。
- 12月4日：巴西經濟在內需和投資復甦遲緩的情況下，亦受 1 月份發生的巴西布魯馬迪紐市崩塌事故影響，鐵礦石的出口持續下降。
- 2020 年 1 月 9 日：官方統計死亡人數為 259 人，仍有 11 人失蹤。

/// 災因分析

巴西米納斯吉拉斯州班托羅德里格斯 (Bento Rodrigues) 鐵礦區曾於 2015 年 11 月 5 日也發生過鐵礦場崩塌，當時崩塌事件亦造成至少 17 人死亡，

16 人受傷，約 6,000 萬立方公尺的廢鐵水流入多希河 (Doce river)。17 天後具有毒性的棕色土石流流入大西洋，造成生態環境與野生動植物的嚴重影響，此事件是巴西史上最嚴重的環境災害。

由歷史災害可知，2015 年班托羅德里格斯尾礦與 2019 年布魯馬迪紐市崩塌事件均與淡水河谷公司有關，如今類似災害事件重演，許多報導認為巴西政府和礦業公司缺乏詳盡的尾礦管理與應變作為。而此兩次崩塌事件肇事的結構物均為礦區的尾礦壩。尾礦 (或稱礦渣) 壩裡儲存的，為開採以及選礦過程後留下的廢棄物和廢水，大多富含重金屬及化學原料，有別於一般我們認識的水壩，尾礦壩通常會隨著礦場的開採而日漸擴張和上升。而增建高度的材料通常為礦渣本身，是以此種結構物是十分不穩定。

此外，根據當地消防隊調查指出，警報系統未能正確運作，未能及時通知礦工與居民逃生。而根據巴西政府調查報告指出，巴西境內共有 24,092 座尾礦壩，但 2017 年做安全檢查時只考核 3% (780 座) 的尾礦壩。同一年，被列為高風險的尾礦壩從 695 座增加到 723 座，由此顯示政府單位未能有效評估風險，做出相應的監管行動。而巴西尾礦結構物安全性是由各公司定期請獨立的稽查單位來檢查，整個流程的問題在礦產公司可以自行挑選稽查人員，提供他們自己分析的結果，因此結構物之安全考核缺乏政府把關。根據路透社的報導，有初步的證據顯示，結構物是因為結構物液化與管湧 (Piping) 而產生崩塌，而發生災害的結構物採用最便宜與最不穩定的尾礦壩設計建造。



巴西布魯馬迪紐市礦渣堆置場崩塌於災後的 Google 影像 (資料來源：Google earth)

極端溫度篇

EXTREME TEMPERATURE





印度受到乾旱及熱浪衝擊影響，引發嚴重水資源危機（資料來源：歐新社 / 典匠資訊）

北美洲寒流事件

註 本篇完整報導收錄於 NCDR 災害防救電子報 第 164 期 2019 年 4 月出刊



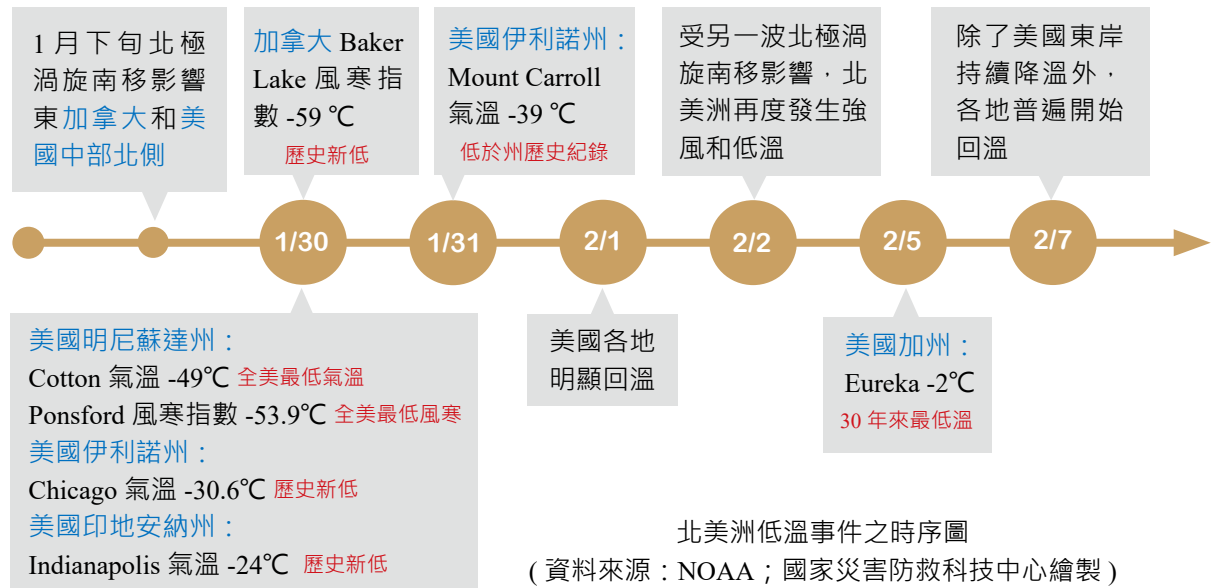
2019年1月22日美國紐約布萊恩特公園(Bryant Park)的噴泉受低溫而凝結情形(資料來源:AP/達志影像授權提供)

/// 災害概述

自 2019年1月下旬開始，加拿大東部至西南部地區及美國中部北側地區受到由極區傳送出的冷空氣影響，多處地區發生極端低溫和強風，影響最劇烈的時間為1月30日和31日兩天。加拿大紐納武特省(Nunavut)貝克湖(Baker Lake)觀測到-41°C的氣溫及-59°C的風寒指數(Wind-chill factor)，其中風寒指數創下該區的最低紀錄，同時亦為該事件中觀測到最低的風寒指數。在1月30和31日這兩天，由極區南下的冷空氣同樣對美國中部北側造成低溫，最低溫皆發生在明尼蘇達州(Minnesota)，卡頓(Cotton)地區觀測到-48.9°C和龐斯福德(Ponsford)地區的風寒指數為-53.9°C，此州亦為該事件中受低溫影響最顯著的地區。美國伊利諾州(Illinois)和印地安納州(Indiana)也觀測到歷史新低的氣溫。紐約31日氣溫為-17°C，相較於紐約Buffalo地區該日的最低溫氣候平均值(1900-2019)為-8.8°C，低於氣候平均值約有8°C之多，華盛頓杜勒斯(Dulles)國際機場於31日之日最低溫的氣候值(1962-2019)為-5.7°C，實際觀測到-19°C的低溫，也遠低於氣候平均值，距離當地最低溫的紀錄-21.7°C不到3°C。隔天2月1日美國各地明顯回溫，多數地區回溫幅度(溫差)超過14°C。

風寒指數(Wind-chill factor)

指冷空氣流通時對身體造成的冷卻作用，包含了氣溫和風速的雙重影響，其公式如下： $T_{wc} = 13.12 + 0.6215T_a - 11.37v + 0.16 + 0.3965T_av + 0.16$ ，其中 T_{wc} 為風寒指數(°C)、 T_a 為氣溫(°C)、 v 為距地面10米的風速(km/h)。風寒指數通常低於氣溫，若公式所求之風寒指數高於氣溫則要改用熱指數(Heat index)。



加拿大受極地渦旋影響各地所觀測之低溫 / 風寒指數分布 (地圖來源：Vecteezy)

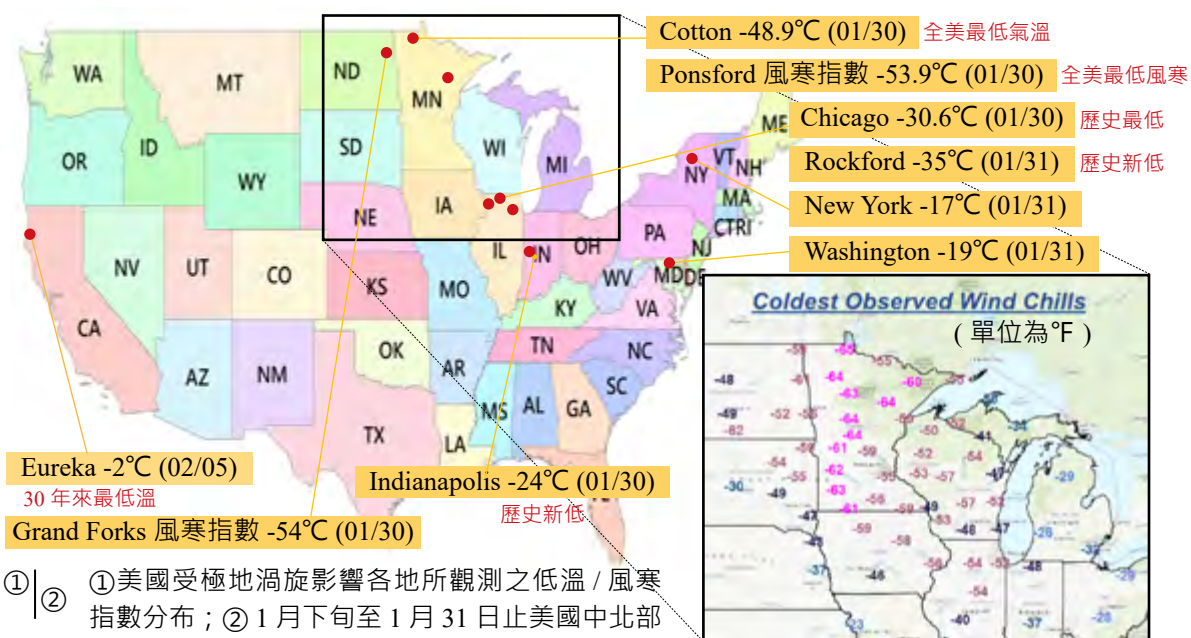
2月2日極地渦旋再度南移影響北美洲，隨著冷空氣於加拿大境內往西移動，加拿大南邊省分由東往西接續受低溫影響。美國的低溫事件亦尚未結束，二月上旬冷空氣隨著極地渦旋由極區南下再度造成美國大範圍低溫的發生，加州尤里卡 (Eureka) 於2月3日開始降溫，當地溫度近30年來首次低於10°C，最低溫-2°C發生於2月5日。低溫影響至2月7日，除美國東岸和西北邊的蒙特拿 (Montana) 州仍持續降溫外，多數地區皆已明顯回溫。

美國 NOAA 國家氣象服務 (National Weather Service) 指出裸露的肌膚在-28.9°C (-20°F) 的風寒指數環境下30分鐘內即有可能造成凍傷，此次事件部分地區的風寒指數低於-51°C (-60°F)，此種狀況下不到5分鐘即可能凍傷。因此部分州長宣布進入緊急狀態，關閉學校和企業，並加強宣導盡可能待在室內保暖。低溫期間天然氣需求量大增，同時發生幾起因使用不當而引發的火災事件。因為風雪的關係，幾度造成交通中斷，據 FlightAware 報導，在低溫影響最劇烈的1月30日和31日分別取消超過2,300和2,700個航班。此外，至少22人受一月下旬低溫事件影響而死亡。

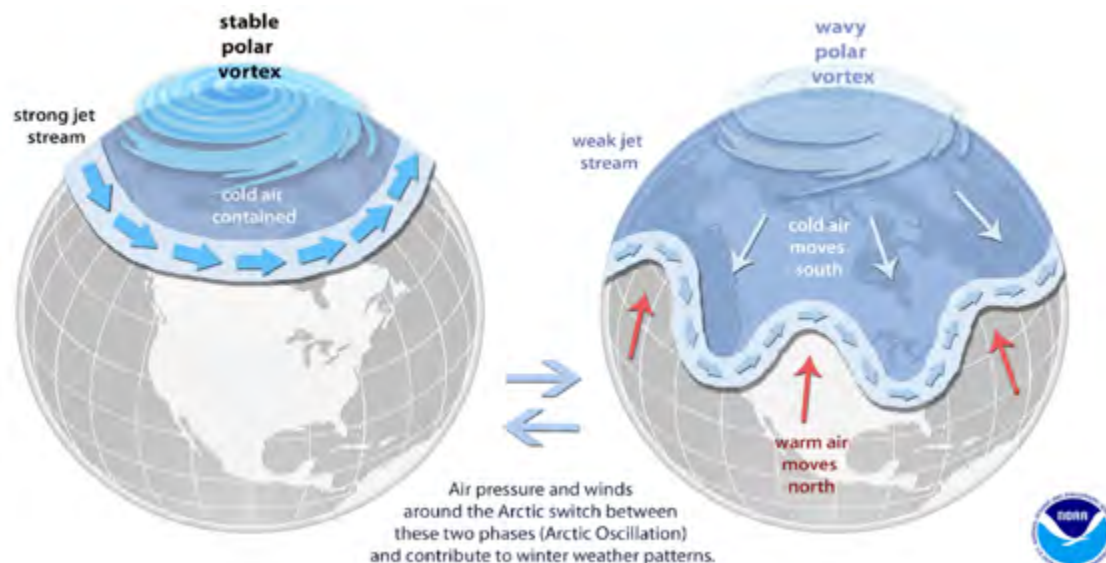
/// 氣象分析

北美洲寒流成因

本次造成北美洲極端低溫的主要原因為極地渦旋南移，將極區嚴寒的冷空氣帶至加拿大和北美一帶，南移過程中伴隨強烈冷風引起相當低的風寒指數。極地渦旋是存在於極區的氣旋，穩定狀態下會被極區噴流 (Polar jet) 侷限在極區裡，其強弱取決於赤道和極區的溫差。由於冬季溫差較大，所以極地渦旋冬季強度較強；夏季則較弱。當極區噴流受到擾動或中緯度地區有較暖的空氣侵入極區時，則會破壞極地渦旋的結構和動力機制，使得極區冷空氣向南傳送至中緯度地區造成低溫事件發生。當極地渦旋向南偏移時，通常



- ① | ② ①美國受極地渦旋影響各地所觀測之低溫 / 風寒指數分布；②1月下旬至1月31日止美國中北部觀測之最低風寒指數 (資料來源：NOAA)



極地渦旋於穩定狀態 (左) 和波動狀態 (右) 之示意圖 (資料來源：NOAA)

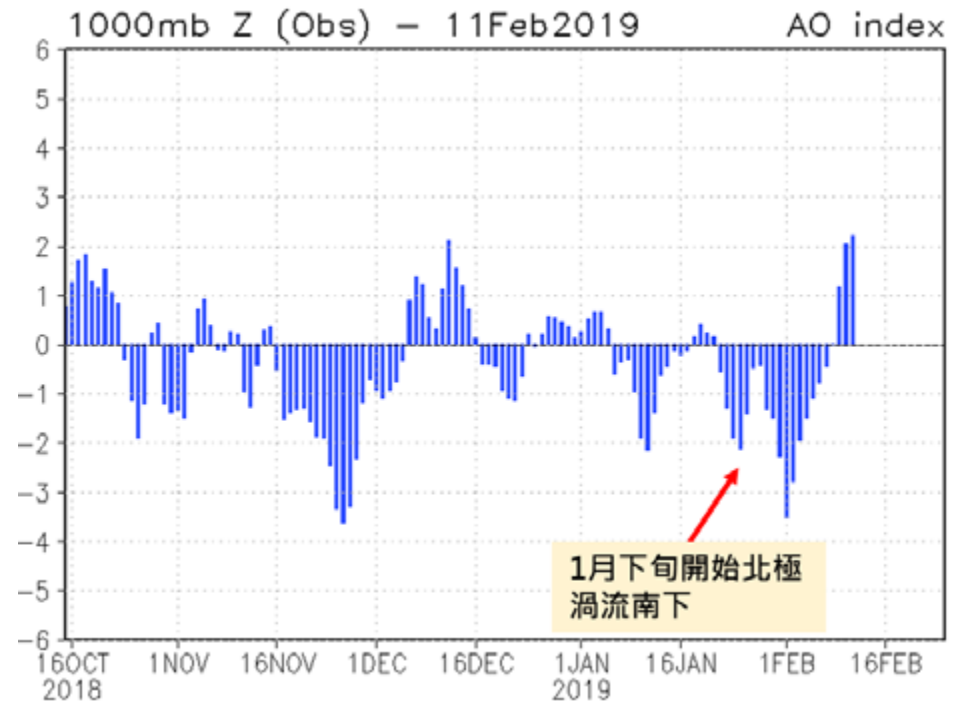
會分為 2 個或多個渦旋，其中最強的渦旋位於加拿大巴芬島 (Baffin Island) 附近，另一個位於西伯利亞 (Siberia) 東北部，結構上呈現波動 (Wave) 的狀態。而極地渦旋通常在穩定狀態和波動狀態間交替出現，此次事件則肇因於極地渦旋處於波動狀態下使極區冷空氣南下至中緯度。

由於極地渦旋是在穩定狀態和波動狀態間交替發生，當波動狀態的配置出現時，由極區南下的冷空氣會沿著槽線南下而造成中緯度地區低溫事件發生。此種因極地渦旋南下引發的寒流事件並不罕見，根據 21 世紀因極地渦旋南移引發的寒流事件，其中當波動狀態的極地渦旋出現時，槽線的好發位置位於北美洲附近。因此，北美洲因極地渦旋南移發生寒流的頻率較其他高緯度地區高。造成極地渦旋南移的原因除了渦旋本身強度減弱外，亦有可能極區噴流結構受到其他動力機制影響而產生波動，使得極區冷空氣和中緯度較暖空氣交換而造成極地渦旋南移。

北極振盪與東亞寒流之關聯

一般狀態下，極區的地面為低壓，中緯度地區氣壓較高，兩區之間存在極區噴流阻隔極區和中緯度地區的空气交換。當極區噴流強度減弱且呈現波動狀態時，極區冷空氣會流動至中緯度地區，中緯度空氣也會傳至極區，造成極區和中緯度地區地面氣壓的改變。原本極區的低壓減弱使得氣壓增加，原位於中緯度的高壓也減弱 (氣壓下降)。因此氣象學家會透過每日的北極振盪指數變化，判斷極區冷空氣是否有向中緯度地區流動的可能。1 月下旬和 2 月上旬北美洲低溫事件發生時，北極振盪位於負相位，且於事件發生前其強度有增強的現象。

北極振盪負相位時極地渦旋的強度較弱，易南下影響中緯度地區，至於受影響的地區則要看槽線的深淺及位置，若槽線較深，冷空氣沿槽線南下時便能影響到較低緯度地區；若冷空氣南下至西伯利亞地區則會加強西伯利亞高壓，而臺灣寒流的發生與西伯利亞高壓強度有密切關係 (Ding, 1990; Zhang et al., 1997; Gong and Ho, 2004; Wu and Wang, 2002; Takaya and Nakamura, 2005a; Jeong et al., 2006)。然而若冷空氣南下的位置位於北美洲，即使槽線夠深可以影響至較低緯度地區，臺灣也可能不會發生低溫。



2018 年 11 月至 2019 年 2 月每日北極振盪指數時序圖
(資料來源：NOAA 氣候預報中心)

美國寒流定義

為當全國平均日最高溫達 20°F (-7°C) 以下。

北極振盪 (Arctic Oscillation, AO)

指北極和北半球中緯度間的海平面氣壓呈現反相位的現象，北極振盪指數則是度量此現象強弱的指標。當北極振盪位於正相位 (指數數值為正) 時，極區的氣壓較低而中緯度氣壓較高，此時極區噴流強度較強，極區冷空氣被噴流侷限住而不易南下影響中緯度地區。當北極振盪位於負相位 (指數數值為負) 時，極區噴流強度較弱，極區冷空氣易往中緯度地區流動而造成低溫。

歐洲熱浪災害

註 本篇完整報導收錄於 NCDR 災害防救電子報 第 176 期 2020 年 3 月出刊



法國巴黎受高溫熱浪侵襲 (資料來源：歐新社 / 典匠資訊)

/// 災害概述

歐洲於 2019 年經歷二次的熱浪襲擊，分別於六月 (6/24-7/2) 和七月 (7/21-7/28) 在歐洲多個國家發生熱浪事件。主要係受到歐洲大陸上空強大的北方高壓系統籠罩，使得北非撒哈拉沙漠的熱空氣席捲歐洲。此二波熱浪也是歐洲歷史紀錄以來最熱的六月與七月。六月，於法國南部出現 46°C 高溫，造成 567 人死亡；七月，則在法國、荷蘭和比利時皆測得 40°C 以上的高溫，其中，這波熱浪更是造成這三個國家 1,600 餘人喪生。2019 年歐洲熱浪不僅引發高溫，還間接造成西班牙和俄羅斯發生野火、加速格陵蘭冰床融化、歐洲的鐵路因鐵軌膨脹變形而減班或停駛等狀況。

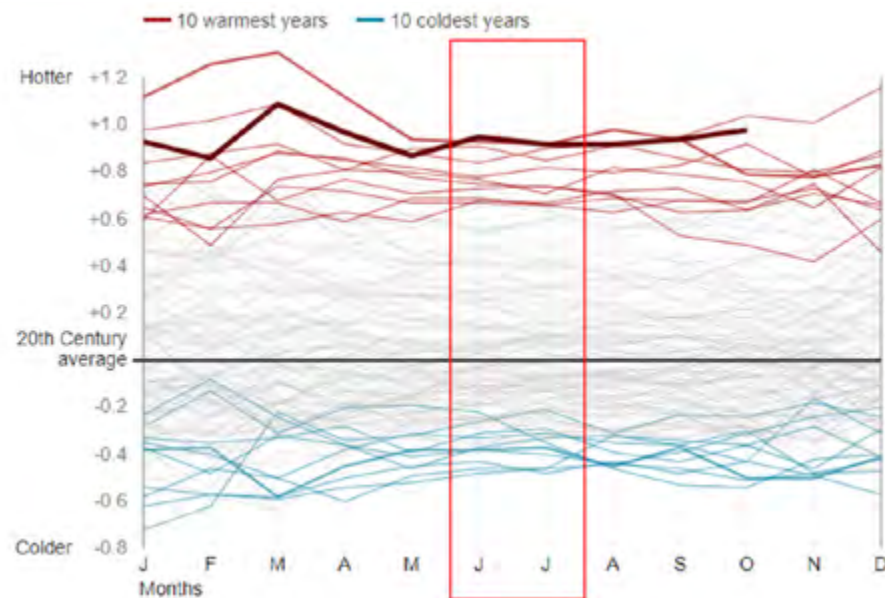
2019 年 熱浪發生月份	時間	影響國家
六月	6/24-7/2	比利時、捷克、法國、德國、義大利、荷蘭、波蘭、西班牙、瑞典、瑞士、英國
七月	7/21-7/28	比利時、芬蘭、法國、德國、格陵蘭、盧森堡、荷蘭、挪威、瑞典、英國

/// 氣象分析

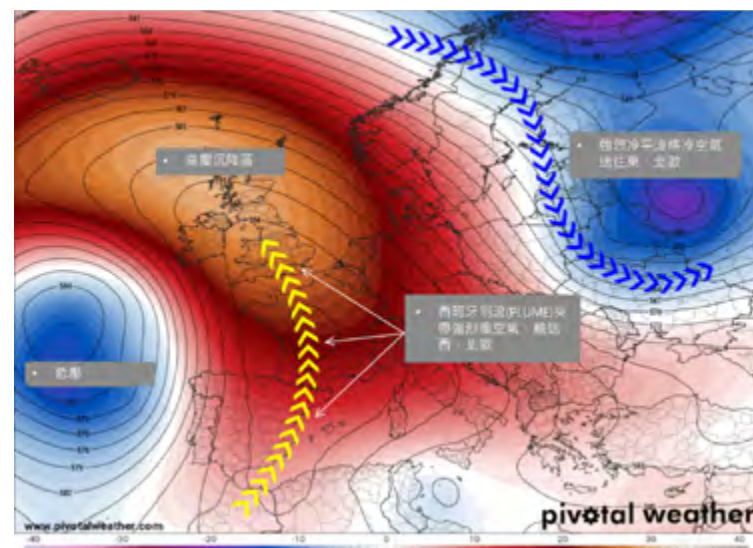
歐洲各國氣象局對於六月和七月熱浪歸因：北非撒哈拉沙漠的熱空氣席捲歐洲，而歐洲北方高壓在西歐上空形成「阻塞高氣壓」，阻擋了西風與水氣路線，並讓熱空氣籠罩歐洲各地區，進而形成了極端乾燥與炙熱的異常天氣；另外，加上都市熱島效應影響，使得歐洲許多都市地區溫度節節高升。2019 熱浪高溫雖沒有 2018 年持續之久，但有多國高溫皆創下歷史紀錄，亦是近幾十年來最熱的六月與七月。雖歐洲溫度與世界各地溫度相比，並非是最高溫，但歐洲的熱浪溫度遠超過歐洲各國均溫之上。

熱浪定義

依世界氣象組織 (WMO) 定義熱浪為「每日最高溫超過 30 年的氣候平均 5°C，且持續超過 5 日」。



2019 年六月與七月最高溫紀錄 (資料來源：NOAA)



2019 年 6 月 24 日歐洲 500 百帕高度距平圖
(資料來源：Pivotal Weather)

歐洲氣象相關單位探討近年來熱浪事件，包括發生位置、發生季節、發生強度和持續時間等，從探討中顯示熱浪情況變得更加頻繁與劇烈，從過去 2003 年、2010 年、2015 年、2017 年到 2018 年各發生一次，甚至到 2019 年 6 月和 7 月一年發生二次的熱浪事件，而 2019 年六月與七月熱浪高溫更是極端。

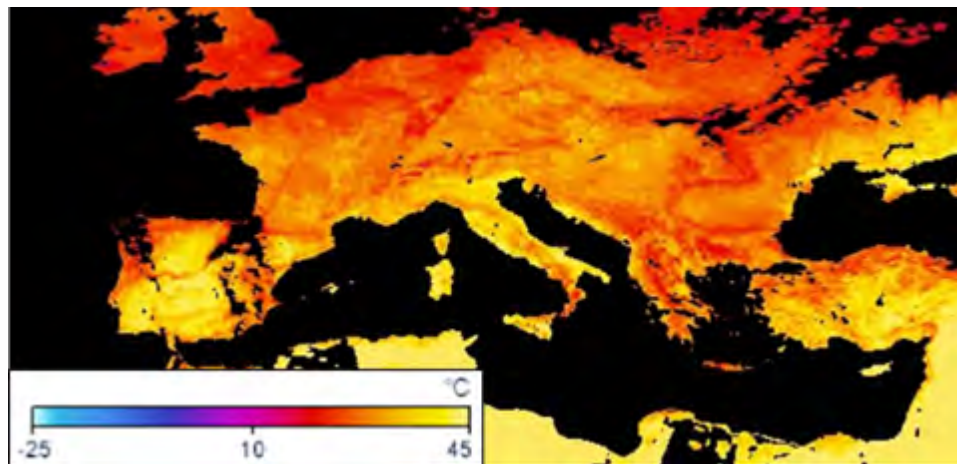
/// 衝擊影響

六月熱浪

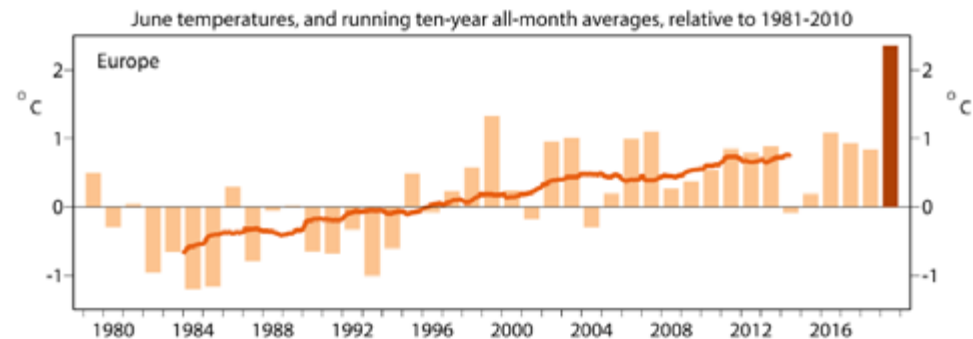
六月熱浪發生於 6 月 24 日至 7 月 2 日期間，西歐、南歐和中歐溫度比起過去均溫增加 11°C ~ 17°C，其中衝擊最大的國家為：法國、西班牙、德國和義大利等國，約有 3.2 億人深受於高溫之中。其中，法國 Vérargues 測站於 6 月 28 日測得 46°C 高溫。

法國因六月熱浪影響，國家考試首次破例延期，部分學校因沒有空調設備停止上課，有空調學校約有 4,000 多所學校被迫停課做為避暑收容所。巴黎地方政府開放公共空間、公園或博物館設為避暑 (Cooling rooms) 甚至延長游泳池時間。

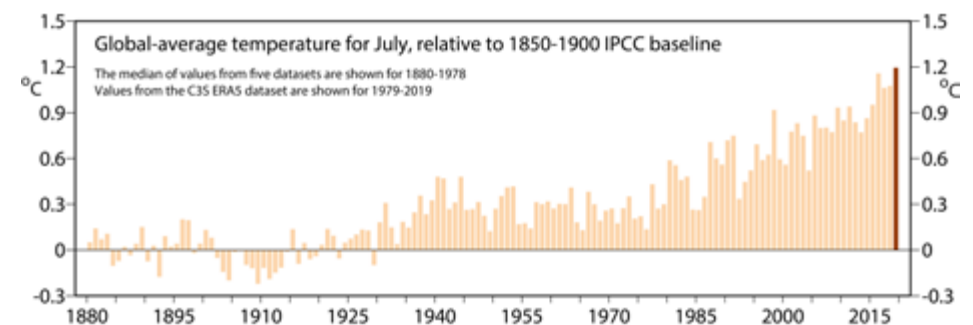
西班牙加泰隆尼亞 (Catalunya) 於六月高溫引發野火發生，因長時間陽光曝曬生物堆肥，又因強風使得野火蔓延，共延燒 6,500 公頃，是加泰隆尼亞近 20 年來最嚴重的野火事件，所幸野火僅造成財產損失，並無造成人員傷亡。



歐洲六月高溫分布圖 (資料來源：European Space Agency)



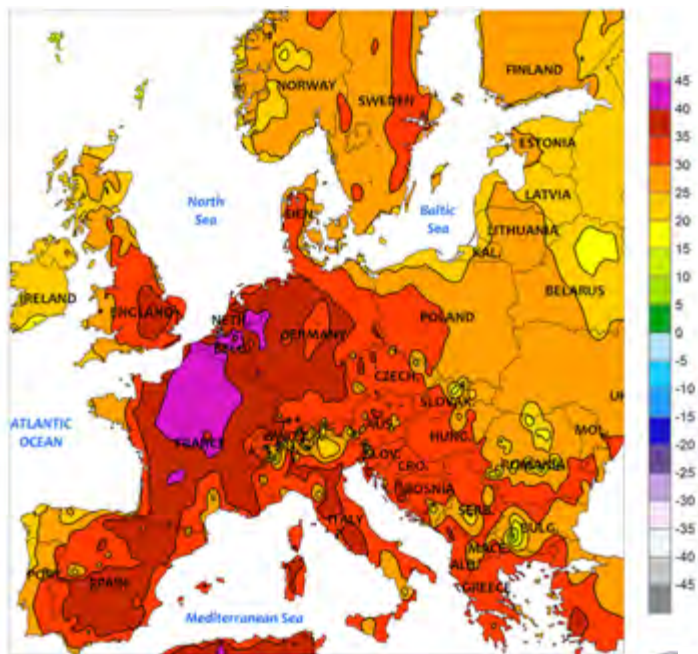
歐洲 1980-2019 逐年六月溫度距平 (資料來源：Atmosphere Monitoring Service)



全球 1880-2019 逐年七月溫度距平 (資料來源：Atmosphere Monitoring Service)

歐洲各國六月熱浪統計彙整 (資料來源：國家災害防救科技中心彙整)

國家	最高溫 (°C)	發生日期	歷史新高紀錄 / 尺度
比利時	35.0	6/25	-
捷克	38.9	-	是 / 6 月
法國	46.0	6/28	是 / 全國
德國	38.6	6/26	是 / 6 月
荷蘭	36	-	-
波蘭	38.2	6/26	是 / 6 月、全國
西班牙	44.4	6/29	是 / 6 月、該市
瑞典	33.7	6/26	-
瑞士	35.5	6/26	是 / 6 月、全國
英國	34.0	6/29	-



歐洲 2019 年 7 月 25 日溫度分布圖 (資料來源：NOAA)

歐洲各國七月熱浪統計彙整 (資料來源：國家災害防救科技中心彙整)

國家	最高溫 (°C)	發生日期	歷史新高紀錄 / 尺度
比利時	41.8	7/25	是 / 該測站
法國	42.6	7/25	是 / 7 月、該市
德國	42.6	7/25	是 / 全國
盧森堡	40.8	7/25	是 / 全國
荷蘭	40.7	7/25	是 / 全國
芬蘭	33.7	7/28	是 / 7 月、該市
挪威	35.6	7/26	是 / 該市
瑞典	34.8	7/26	-
英國	38.7	7/25	是 / 全國

七月熱浪

七月熱浪緊追六月高溫，發生時間為 7 月 21 日至 7 月 28 日共八天，法國氣象局 (Météo-France) 測得法國首都巴黎 42.6°C 高溫，刷新巴黎 1947 年以來 70 餘年紀錄；荷蘭氣象局 (Royal Netherlands Meteorological Institute, KNMI) 表示：荷蘭南部測得 40.7°C，打破過去 75 年來紀錄。

法國氣象局 7 月 23 日發布 80 個地區高溫橙色警戒，7 月 24 日發布 20 個地區紅色警戒，大多集中首都巴黎周邊。由於高溫引發許多設施運轉頻率增加等連鎖效應，使得電力需求激增。又因高溫造成法國河流水溫高，不利核電廠抽水運作及保護河道內生物種生存，故法國五十餘座的核反應爐，有 6 座核反應爐降低運轉量，2 座核反應爐暫停運轉，使得 7 月 24 日電量供應減少大約為總電量 8%。

受到七月高溫延伸，俄羅斯西伯利亞地區中北部因高溫與乾燥而引發野火，根據統計，包括北極圈原始林在內，截至 2019 年 8 月 1 日止共燒毀約 300 公頃森林。野火焚燒已造成周邊大城市嚴重霾害，受影響人數約 100 萬人左右。

歐洲國家因應熱浪高溫影響，取消火車運行，由於歐洲火車部分列車沒有空調裝置，2019 年 7 月 24 日一列比利時至倫敦歐洲之星火車發生故障，乘客困在 40°C 車廂內。英國鐵路局表示，七月倫敦及周邊都市鐵軌溫度高過 50°C，是平日夏季鐵路均溫的二倍，鐵軌高溫易變形彎曲，基於鐵軌出軌疑慮，故停止火車營運。

/// 相關應變作為

歐洲過去在 2003 年 8 月曾發生長達一個月的熱浪，當時造成 7.7 萬人死亡，其中，大部分死者為獨居在無空調設備住宅的高齡年長者。而近幾年歐洲熱浪頻率提高，因此，近年來西歐民眾增設冷氣空調家電的需求也逐漸增加，根據國際能源組織署 (International Energy Agency, IEA) 數據顯示，美國家庭有 90% 裝空調，歐洲家庭不到 5% 裝空調，德國僅 3% 裝設空調。2019 年因受到歐洲夏季高溫的影響，空調需求量有增加之趨勢。

除此之外，過去幾年內為因應熱浪高溫推行相關政策與計畫，例如：各個國家建議民眾在家，於最熱的時刻，應將窗戶開窗並拉下百葉窗，保持室內空間通風、公共機關設施裝設噴霧系統、穿寬鬆輕盈布料、多補充大量水分等。法國政府鼓勵年長者、病人

和弱勢族群註冊電話提醒，高溫期間，社福機構會以電話通知提醒和查驗弱勢族群狀態。

由於 2003 年歐洲各地熱浪造成嚴重衝擊，世界氣象組織 (World Meteorological Organization, WMO) 與世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 共同針對熱浪造成健康影響提出建議指南，其中針對弱勢族群加以提醒，並提出因應未來極端天氣對於健康所造成直接影響和間接影響。由於 2019 年各項政策作為操作事宜，令六月 (9 天)、七月 (8 天) 熱浪影響時間相較 2003 年短 (11~15 天)，所造成的災情也比較小。

法國國家熱浪計畫介紹

2003 年歐洲熱浪造成 7.7 萬人喪生，其中法國高達 1.5 萬人死亡，是整個歐洲死亡人數最多的國家。因此法國政府於 2004 年開始，由衛生部於每年 6 月 1 日至 9 月 15 日成立熱浪計畫 (Plan National Canicule, PNC)，其 PNC 計畫有三個目標：(1) 針對未來天氣做熱浪預報 (2) 確認地方與國家預警及應變作為 (3) 關注弱勢團體與一般民眾之健康風險。而熱浪計畫主要分為四個級別，以首都巴黎市為例，說明熱浪警戒等級與政府作為，並且宣導熱浪來襲防範因應措施。



法國熱浪宣導 (資料來源：Plan National Canicule, PNC)



世界衛生組織彙整熱浪影響族群和造成健康影響 (資料來源：WHO)

法國熱浪警戒與作為 - 以巴黎市為例 (資料來源：Plan National Canicule, PNC)

熱浪警戒等級	政府作為
紅 - 熱浪第 4 等級	熱浪發生大部分地區，已影響健康範圍 各部門調整啟動應變計畫 (飲用水、乾旱、停電或火災等) 國家級大範圍調配與應變
橙 - 熱浪第 3 等級 (炎熱天氣警告)	氣象局發布 34°C 熱浪警報 衛生部對於熱浪時間與強度採取預防與關注 社福部門因應緊急警報，電訪與家訪弱勢族群
黃 - 熱浪第 2 等級 (熱警告)	預測熱浪可能發生 1-2 天 預期溫度接近警戒值 可能是熱浪發生初期 地方社福機構保持警訊，關注高脆弱族群
綠 - 熱浪第 1 等級 (一般守視)	巴黎市社會行動中心 (CASVP) 提供有空調的空間，讓老人免費避暑



歐洲高溫熱浪情勢 (資料來源：AP/ 達志影像授權提供)

印度乾旱災害

註 本篇完整報導收錄於 NCDR 災害防救電子報 第 176 期 2020 年 3 月出刊

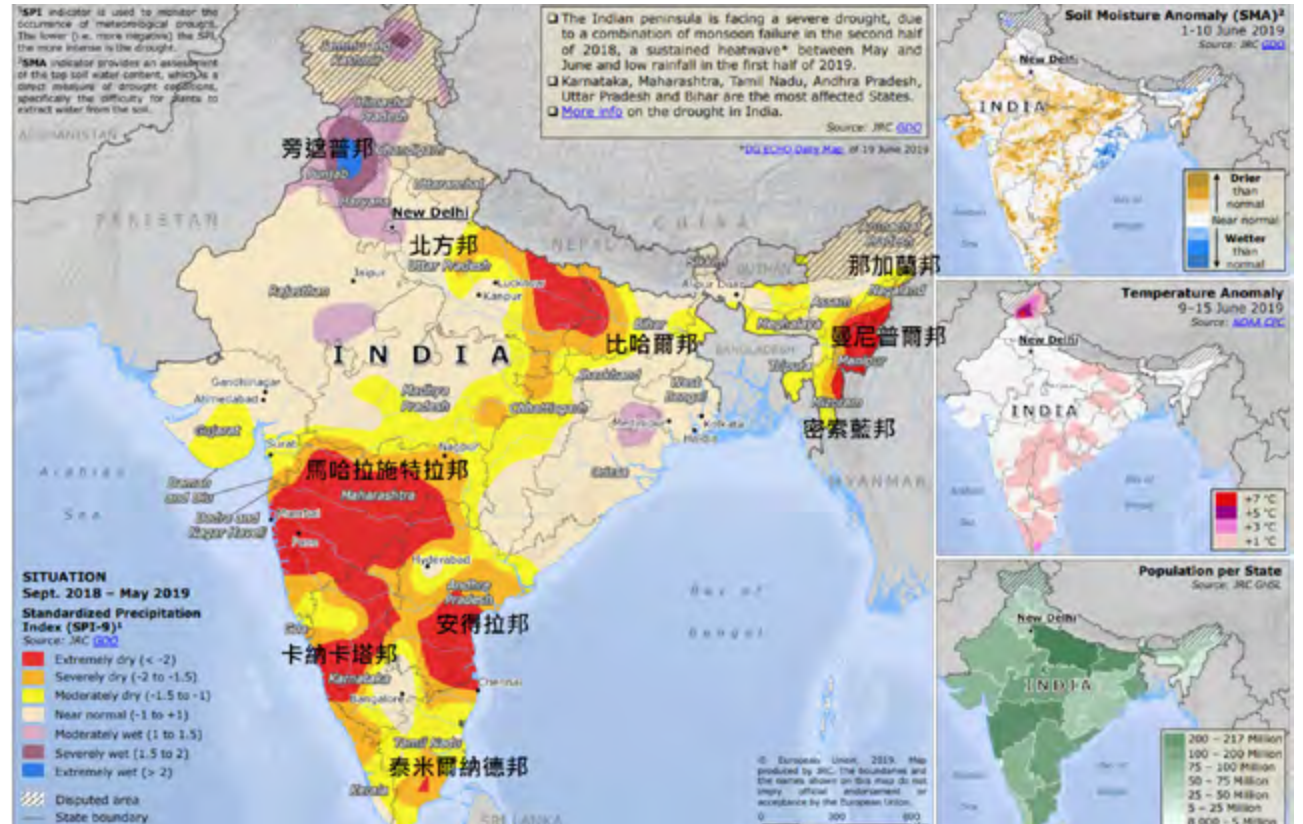


印度當地民眾排隊向水車取水情形 (資料來源：AP/達志影像授權提供)

/// 災害概述

印度自 2019 年 5 月開始便面臨極端高溫且居高不下，以及 6 月季風延遲，導致降雨不如預期，使得農業及民生供水皆受到嚴重的影響。截至 6 月 18 日統計，至少有 207 人受到高溫及乾旱而死亡、近 6 億人口面臨缺水危機。根據歐盟委員會 (European Commission) 繪製印度自 2018 年 9 月至 2019 年 5 月期間所計算出的標準化降雨指標 (Standardized Precipitation Index, SPI) 用以評估乾旱程度狀況顯示，當地被列為極度乾旱 (Extremely dry) 的地區包括：卡納塔卡邦 (Karnataka)、馬哈拉施特拉邦 (Maharashtra)、泰米爾納德邦 (Tamil Nadu)、安得拉邦 (Andhra Pradesh)、北方邦 (Uttar Pradesh)、比哈爾邦 (Bihar)、曼尼普爾邦 (Manipur)、那加蘭邦 (Nagaland) 及密索藍邦 (Mizoram)，僅旁遮普邦 (Punjab) 被列為極端濕潤 (Extremely wet)，其餘地區則接近正常值。

造成此次嚴重乾旱的主要原因，歸因於季風連年表現不佳而導致的降雨量不足，從 2019 年 6 月 1 日至 10 日的土壤濕度顯示，僅東部地區濕度較高，其餘皆顯示土壤濕度較以往乾燥。再加上，5 月至 6 月的高溫熱浪加劇乾旱情勢，根據 2019 年 6 月 9 日至 15 日的溫度距平顯示，其中旁遮普邦較過去平均增加 5°C - 7°C，其餘較過去增加 1°C - 3°C，其空間分布與上述極度乾旱地區呈高度相關，並且皆屬於人口高度密集地區。



① 統計印度自 2018 年 9 月至 2019 年 5 月的標準化降雨指標 (Standardized Precipitation Index, SPI) 分布 · ② 2019 年 6 月 1 日至 10 日的土壤濕度距平值 (SMA) · ③ 2019 年 6 月 9 日至 15 日的溫度距平值 · ④ 印度各省人口數量分布情形 (資料來源：Emergency Response Coordination Centre)

乾旱定義

當一段連續期間降水量嚴重不足，導致水文上的不平衡，例如：河川、地下水及土壤濕潤度等之水量枯竭，而危害動植物生命及民生需要的天氣現象。(資料來源：中央氣象局)

印度氣象局對熱浪的定義

(1) 平地測站最高溫達 40°C 以上、山區測站最高溫達 30°C 以上；(2) 該地平均最高溫度為 $\leq 40^\circ\text{C}$ ，當溫度高於平均溫 5~6°C 即符合熱浪定義，當高於 7°C 以上則為極端熱浪；(3) 該地平均最高溫 $> 40^\circ\text{C}$ ，當溫度高於平均溫 4~5°C 度即符合熱浪的定義，高於 6°C 以上屬於極端熱浪；(4) 若平日溫度持續維持在 45°C 以上，亦視為熱浪。

/// 環境說明

氣候

印度全境炎熱，絕大部分位於熱帶季風氣候區，西北部則為副熱帶草原及沙漠氣候，北部則屬於為高山氣候區。當地氣候明顯，可分為雨季與旱季，每年6月至10月為雨季，因盛行西南季風，經由印度洋夾帶大量水氣，為當地帶來豐沛的雨量；11月至5月為旱季，冬季受到北方喜馬拉雅山脈阻擋了來自東西南下的冷高壓氣團，因此較無寒流與降雨。

印度雖整體年平均降雨量為1,220毫米，但有將近75%的降雨集中在6月至9月期間，並且地區雨量分配極為不均。其降雨主要集中於西南部山麓地區以及東北部地區，雨季期間易發生洪水；而西北部、中部及東南部地區則雨量較為稀少，旱季期間易發生乾旱。而印度大部分的用水量仰賴自季風降雨，因此當年度有多少水資源可運用，與前年和該年的季風表現息息相關。

長期水資源問題

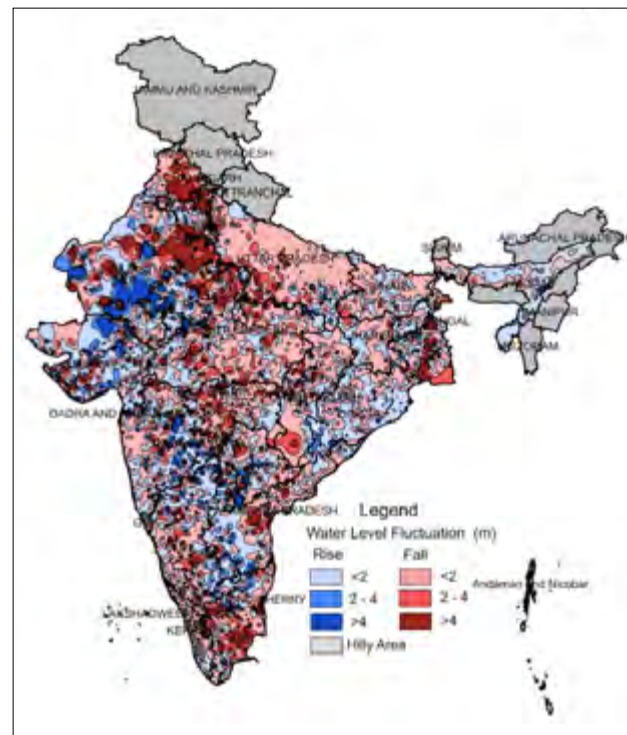
印度所使用的主要水源可分為地面水與地下水，地面水來自降雨與高山融雪，地下水則經由長年雨水入滲及現有河川水源補充而來。印度每年估計總用水量達593兆公升，其中地面水約363兆公升（佔61%），地下水約230兆公升（佔39%）。地面水有87.6%用於農業灌溉、4.6%為家庭用水、5.7%為工業用水、1.9%為水力發電；而地下水則有89%用於農業灌溉、6%為家庭用水、4%為工業用水及1%為



印度的氣候災害風險圖，粉色表示易發生乾旱的地區，藍色與灰色則表示易受洪災與熱帶氣旋影響地區（資料來源：NeoStencil）

水力發電。由於灌溉用水佔比例最高，因此，當遇到降雨不理想時，農業的衝擊影響最大，其次為家庭用水。

截至2019年7月統計，印度的人口數達13.6億，僅次中國大陸名列世界第二。在城市自來水普及率低（43.5%）、人口成長快速的發展下，印度城市每人每日所能分配到的用水量僅126公升，遠低於全球用水平均210公升，更遑論鄉村地區僅40公升至70公升，



比較2018年1月與2008年至2017年1月地下水位測站水位下降及上升的空間分布，紅色表示地下水位測站水位下降，大範圍呈現地下水位下降的趨勢（資料來源：Central Ground Water Board）

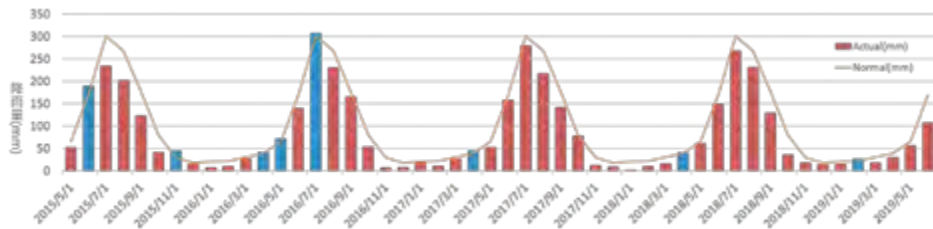
在水資源運用上極為匱乏。

除此之外，印度又是地下水的最大使用者，與中國大陸和美國這兩個最大的地下水抽取國相比，它抽取的地下水更多，佔全球總數的四分之一。根據印度中央地下水委員會（Central Ground Water Board, CGWB）的報告，這樣的使用下使得印度的地下水位在2007年至2017年之間減少了61%。

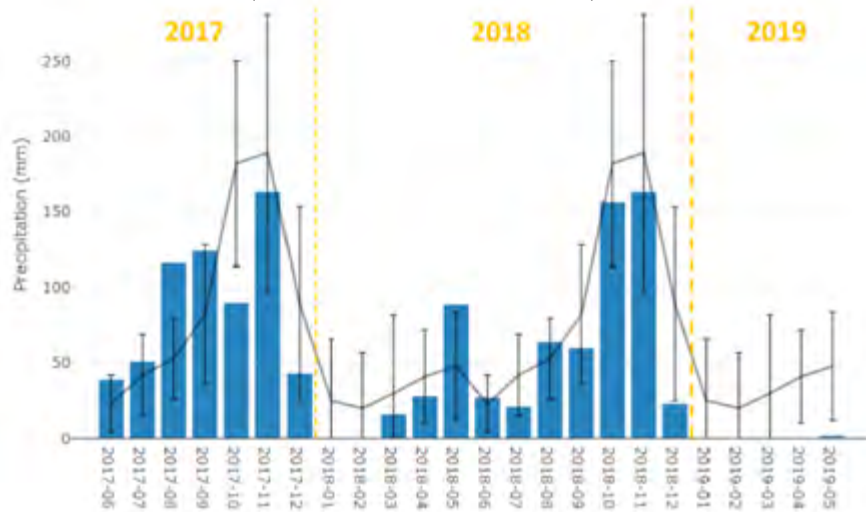
災因分析

季風表現不佳

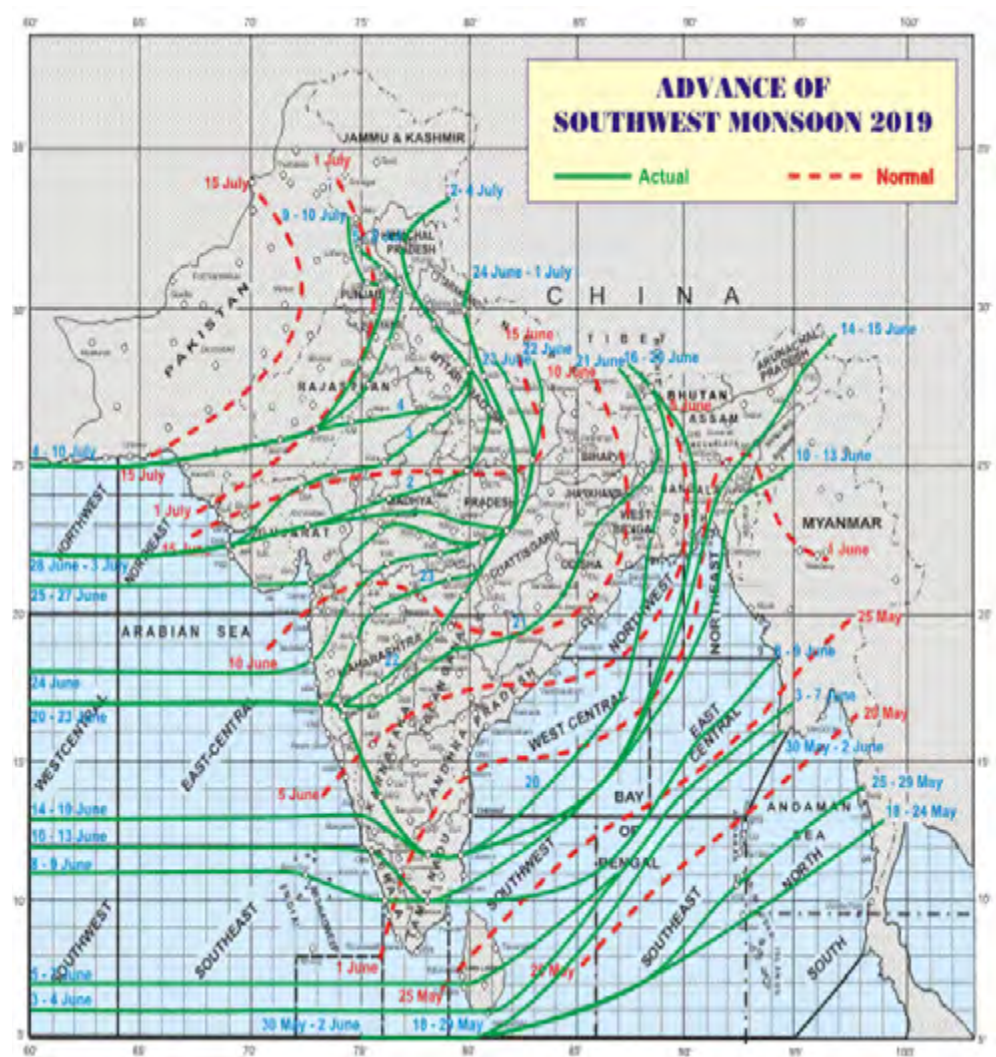
根據 2015 年 5 月至 2019 年 7 月的月平均降雨量顯示，不管是整體或地區季風降雨的表現，已連續三年多的時間呈現赤字，較過去平均低。再加上，2018 年下半年至 2019 年上半年伴隨著微弱的聖嬰現象，從監測 ENSO 發展的海洋聖嬰指標 (Oceanic Niño Index, ONI) 顯示，自 2018 年 9 月至 2019 年 7 月 ONI 指數皆高於 0.5，已達聖嬰現象門檻，直到 2019 年 7 月後 ONI 指數才下



印度於 2015 年 5 月至 2019 年 7 月的月平均降雨量分布情形
(資料來源：India-WRIS, IMD)



泰米爾納德邦 (Tamil Nadu) 自 2017 年 6 月至 2019 年 5 月各月份之累積雨量
(資料來源：Global Drought Observatory)



印度西南季風於 2019 年的發展歷程圖，綠線表示為 2019 年實際發展趨勢，紅線為長期平均正常趨勢 (資料來源：IMD)

降至 0.3，聖嬰現象才逐漸減弱至接近正常狀態。印度氣象局表示，從過往的聖嬰年都可以觀察到當年的降雨量都有低於平均值的現象。

從全球乾旱觀測平台 (Global Drought Observatory, GDO) 所提供馬哈拉施特拉邦 (Maharashtra) 及泰米爾納德邦 (Tamil Nadu) 自 2017 年 6 月至 2019 年 5 月各月份的累積雨量圖顯示，從 2018 年下半年起至 2019 年上半年，其各月份的累積降雨量均呈現較過去 1981 年至 2010 年的長期累積降雨量平均為低，甚至泰米爾納德邦已超過 200 天未下雨。由此可見，2018 年下半年起由於季風減弱與聖嬰現象之影響，使得降雨量不如預期。另外，根據印度氣象局 (India Meteorological Department, IMD) 所提供 2019 年印度西南季風的發展歷程圖發現，印度雨季季風季節通常始於 6 月 1 日，然而在 2019 年，季節推遲了近 7-10 天，於 6 月 8 日至 6 月 10 日才逐漸開始。並且，季風進展緩慢，直到 6 月 30 日為止，印度 6 月整體降雨量仍較過去長期平均少 33%，泰米爾納德邦則較平均少 38%，使得整體乾旱條件與情勢來到最劣。

熱浪

根據印度熱浪通常發生在每年 3 月至 7 月期間，一旦雨季來臨就會減弱，但近年熱浪卻變得更極端、更頻繁，每次持續的時間也更久。

2019 年 6 月上旬，印度約 54% 的人口暴露在平均溫度超過 40°C 的環境中；中西部城市陸續出現「極端熱浪警告」，像是：拉賈斯坦邦 (Rajasthan)、中央邦 (Madhya) 和馬哈拉施特拉邦 (Maharashtra)。其中，

拉賈斯坦邦的丘魯市 (Churu) 於 6 月 2 日測得 50.8°C 的高溫，僅次於印度歷史紀錄高溫 51°C。6 月 10 日，德里市 (Delhi) 測得 48°C，打破該市 6 月新紀錄。在這樣高溫與乾燥的狀態下，使得許多井水枯竭，影響附近地區農作物的耕作以及人民的生活。

為了應對因熱浪造成的死亡人數不斷增加的問題，印度政府在 2013 年開始針對高溫實施熱行動計劃措施，例如：縮短了上學時間、部分地區提供免費自來水、白天開放公共場所讓民眾遮陽；並且，為了避免道路瀝青會在超過 50°C 時開始融化而損毀，丘魯市政府這次也實施道路大量灑水。

衝擊影響

印度各地的人民都面臨著嚴重的乾旱和缺水危機，而清奈 (Chennai) 為此次乾旱熱浪衝擊下受災最嚴重的城市之一，其隸屬泰米爾納德邦 (Tamil Nadu)，擁有 708.8 萬人口，為印度第六大城市，號稱南亞底特律的汽車工業大城，其飲用水均仰賴自季風降雨來補注的水庫及地下水。然而，泰米爾納德邦於 2019 年 6 月的降雨量較過去平均減少 38%，不如預期的降雨，再加上長期水資源管理不善及高溫熱浪的侵襲，使得向該市供水的四個主要水庫，分別為：Puzhal Lake, Cholavaram, Poondi 及 Chembarambakkam，總庫容為 11,257 mcft (相當於 3.187 億公升)，於 2019 年 6 月降至 18 mcft，僅剩庫容的 0.1%，為近 70 年紀錄新低，幾乎枯竭，無法提供民生用水，許多店家與餐廳也因此提早結束營業、學校關閉、不少公司更縮小運作規模來因應旱災。因此，清奈市政府在 2019 年 6

月 19 日宣布「Day Zero」，成為印度第一個宣布乾旱的城市。大部分市民僅能仰賴政府每日派自其他地區運來的水車配水補給或是水罐列車應急，仍舊不足以應付當地用水需求，因此，開始有私人土地開挖深井，利用高價買賣水源來賺取暴利，而政府卻無法有效解決用水問題，使得地下水用量較往年倍數增加，使得地方抗議活動聲浪四起，抗議政府長年忽視水資源管理與環境的破壞。

政府應變作為

印度政府先是於 6 月 5 日發布熱浪警告，但不到兩周時間，清奈 (Chennai) 等 20 個城市於 6 月 19 日相繼宣布「Day Zero」，因為向該市供水的主要四座水庫皆已乾涸，導致自來水供水系統完全失效，民眾須排隊向政府領取每日配額的用水量賴以維生；然而，印度東南部地區的水資源仍舊供不應求，於是政府於 7 月緊急啟動「水罐列車計劃」，自其他邦省長途運載 250 萬公升的乾淨用水到清奈前來應急。

此外，面對未來水資源危機，印度國會議員也提出海水淡化、建築雨水收集等方式來應對。專家提醒若印度無法進行有效的水資源整合，將有 21 個城市在 2020 年耗盡地下水。因此，印度政府也宣布將成立新的水力能源部，進行長期抗旱大作戰。

Day Zero 定義

表示當地自來水系統已失效，民眾須仰賴政府每日配給供水得以維生的狀態。



透過衛星影像比較印度清奈主要水庫普札爾湖 (Puzhal Lake) 前後期影像 (資料來源：NASA Observatory)



結語

2019 年年初，北美洲發生寒流事件，天氣急凍，彷彿進入了冰封的世界。加拿大紐納武特省 (Nunavut) 的貝克湖 (Baker Lake) 觀測到了 -41°C 的低溫，美國大部分地區也記錄到了超過 30 年以來罕見之低溫，例如明尼蘇達州 (Minnesota) 的卡頓 (Cotton) 地區觀測到 -48.9°C 的低溫，紐約的氣溫也急降到 -17°C 。時序進入六、七月期間，歐洲發生熱浪，在宜人居住的法國南部出現了 46°C 的高溫，荷蘭和比利時亦出現了 40°C 以上的高溫。此二波熱浪是近年來歐洲最熱的六月與七月，導致了超過二千人死亡，最嚴重的法國就有 1,435 人死亡，其中 75 歲以上高齡者佔了近 5 成。年終統計 2019 年是全球有紀錄以來，平均溫度第二高的一年，著時無法想像忽冷、忽熱的劇烈天氣影響著我們生活的地球。

這一年年中，南美洲亞馬遜的森林大火，引起了全球的關注，根據巴西太空研究中心 (INPE) 的資料顯示：一月到八月的火災事件，累計超過六萬筆，較 2018 年多出 84%，是巴西雨林保護政策施行之後，最

嚴重的一年。隨後，澳洲從九月起的野火事件，焚燒面積超過 1,100 萬公頃，幾個大城市皆籠罩在野火的煙霧中，並持續到了 2020 年初才逐漸趨緩。兩場野火事件規模之大，皆可從衛星影像中明顯觀察得到，因此增加的碳排放等恐又加重氣候變遷的問題。兩場野火事件雖然是區域型的災害事件，但是影響所及之廣之深遠，不僅是當地的問題，而是全球的問題。因此本年的災害紀實將這兩個事件列為特別企劃，詳細的介紹其災害特性。

2019 年的災害紀實中少了地震災害篇，並不是這一年沒有地震，而是相對來說地震引起的災害較小，沒有利用專章的方式介紹。例如：美國加州南部里基克萊斯特 (Ridgecrest) 在 7 月 5 日發生規模 7.1 的地震，震源深度僅 8 公里，地震造成部分房屋損毀、公路邊坡落石、民生管線破壞，瓦斯管線破裂，引發火災，造成停電、通訊中斷等災情，所幸僅有少數人受傷。南美洲的祕魯在 5 月 26 日發生規模 8.0 的地震，深度達 100 公里以上，雖然地震規模大，所幸位於偏遠地

區，再加上震源深度深，整體災情不大。中國四川長寧縣在 6 月 17 日發生規模 6.0 地震，震源深度 16 公里，造成雙河鎮葡萄村十餘人的死亡。

美國在 2019 年經歷了森林野火、洪水及風暴等災害，造成經濟損失達 400 億美元以上，雖不是歷年最高，已經是這一年度中因為天然災害經濟損失最嚴重的國家。連續兩年日本都遭遇了嚴重的颱風災害，2019 年是哈吉貝颱風，重創了東日本地區，破紀錄的降雨，造成多處河川潰堤溢淹，同時也造成近百人的死亡，由於連續的災害受創，日本政府調整針對高齡者的避難建議與強化災區的環境衛生管理，都值得我們持續關注。

臺灣度過了較為平靜的一年，雖然經歷了至少五場豪雨與四場颱風事件，所幸災害規模都是較為局部的災害。國家災害防救科技中心持續的記錄全球重大天然災害事件，探討災害歷程與各國的因應對策，希望讓民眾對於災害有更多的認識，提高災害風險意識。



2019年2月4日澳洲昆士蘭州湯斯維爾 (Townsville) 地區遭洪水溢淹情形 (資料來源：歐新社 / 典匠資訊)

參考網站

2019 全球災情 Global Disaster Situation

- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) <http://www.noaa.gov>
- The International Disaster Database (EM-DAT) <http://www.emdat.be/>
- European Space Agency (ESA) <https://www.esa.int/>

臺灣災害 Taiwan Disasters

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

特別企劃 Special Report

- NASA Earth Observatory <https://earthobservatory.nasa.gov/>
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) <http://www.inpe.br/>
- Copernicus Climate Change Service <https://climate.copernicus.eu/>
- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) <https://www.ecmwf.int/>
- Amazon Fund, Efforts for Prevention and Control of Deforestation <https://amazonfund.gov.br>
- Bureau of Meteorology (BOM) <http://www.bom.gov.au/>
- My Fire Watch <https://myfirewatch.landgate.wa.gov.au/>
- NSW Fire and Rescue <https://www.fire.nsw.gov.au/>

飢洪災害 Flood Disasters

- Emergency Response Coordination Centre (ERCC) <https://erccportal.jrc.ec.europa.eu/>
- Reliefweb <http://reliefweb.int/>
- NASA(National Aeronautics and Space Administration) <https://www.nasa.gov/>
- National Weather Service (NWS) <http://www.weather.gov/>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) <https://www.noaa.gov>
- The National Emergency Management Agency (NEMA) <https://www.bahamas.gov.bs/>
- National Disaster Risk Reduction and Management Council (NDRRMC) <http://www.ndrrmc.gov.ph/>
- Philippine Atmospheric, Geophysical and Astronomical Services Administration, PAGASA (PAGASA) <http://bagong.pagasa.dost.gov.ph/>
- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA) <https://www.unocha.org/>
- USGS Water Data for the Nation <https://waterdata.usgs.gov/nwis>
- World Bank <http://www.worldbank.org/>
- 日本氣象廳 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 日本內閣府 <http://www.bousai.go.jp/>
- 厚生勞動省 <http://www.mhlwgo.jp/>
- 國土交通省 <http://www.mlit.go.jp/>

極端溫度 Extreme Temperature

- World Meteorological Organization (WMO) <https://public.wmo.int/en>
- India Meteorological Department (IMD) <http://www.imd.gov.in/>
- Ministry of Statistics and Programme Implementation (MoSPI) <http://www.mospi.gov.in/>
- Central Ground Water Board (CGWB) <http://cgwb.gov.in/>

天然災害紀實． 2019 / 張志新等作． -- 新北市：
國家災害防救科技中心， 2020.04
面； 公分
ISBN 978-986-5436-11-7(平裝)

1. 自然災害

367.28

109005526

2019

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、蘇元風

執行編輯：施虹如、傅鑣漩

作者群：張志新、于宜強、王俞婷、王安翔、王姿雅

王潔如、朱容練、朱崇銳、江宙君、何瑞益

吳宜昭、李士強、李宗融、李香潔、李欣輯

林又青、林忠義、林冠伶、林燉瑛、林聖琪

施虹如、柯孝勳、徐永衡、徐理寰、徐贊能

梁庭語、許智豪、郭文達、陳偉柏、陳永明

陳淡容、陳御群、傅鑣漩、彭毅軒、黃亞雯

黃柏誠、黃紹欽、黃麗蓉、葉森海、廖信豪

劉玫婷、劉哲欣、蔡佳穎、簡頌愷、蘇元風

封面設計：Designed by freepik

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

全球災害事件簿 <https://den.ncdr.nat.gov.tw>

發行日期：2020 年 4 月

2 0 1 9

天然災害紀實



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

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