2013

天然災害紀實

NATURAL DISASTER YEARBOOK

災害紀實

Natural Disaster Yearbook

2013

天然災害紀實

行政法人國家災害防救科技中心

2013 天然災害紀實　序言

在 2013 年，全球出現天然災害傷亡最嚴重的事件，是以 11 月份侵襲菲律賓雷伊泰島 (Leyte) 和班乃島（Panay）之海燕颱風，造成近 8000 人的死亡與失蹤最為慘烈。該次事件的主要危害，是由於颱風引起之暴潮與強風，將沿海地區之港口及碼頭等各項設備嚴重破壞，並使得通訊中斷，讓災害搶救、物資運補，以及復原重建等各項工作，陷入了非常之困境。此次災害事件引起政府的高度關切，國家災害防救科技中心也依照科技部的要求，在行政院災害防救委員會中提出海燕颱風之衝擊，以及巨災可能對臺灣之衝擊影響與因應對策，給大家參考。

近年來，國際重大天然災害之衝擊，影響所及，涵蓋至各個層面，甚至延伸至國家安全的層級。幾項重大之天然災害事件，都是直接由該國政府宣布進入災難狀態　，可見面對天然災害，各個國家無不嚴陣以待。2013 年印度北阿坎德邦地區，在 7 月觀光朝聖季節，遭逢暴雨侵襲，山區道路橋樑中斷，使得近 7 萬多名觀光客滯留在喜馬拉雅山區，並造成近 4 千多人的死亡與失蹤。該事件同樣提醒發展觀光業的台灣，在脆弱地質環境環繞之中央山脈，也是容易因地震或是豪雨的影響，造成落石或山崩之災情，2013 年 6 月 2 日南投地震引發之落石災害，便是一個最好的佐證。

不幸中的大幸，2013 年全球發生多起規模大於 7 的地震，大部分震央都遠離人口稠密地區，也因此傷亡不如預期的嚴重，包括：伊朗規模 7.8 的地震、菲律賓中部規模 7.1 的地震、大陸雅安規模 7.0 的地震。

面對全球化各項災害的衝擊，科技部之行政法人國家災害防救科技中心，有系統的收集全球各個重要之颱風、暴雨、山崩、土石流，以及地震等與臺灣有關的災害類型，探討其災害之特性，以及應變救災之過程，並從中擷取可學習借鏡之處，彙編成本年度之災害紀實。希望本報告的出版，能夠提供大家相對於各種天然災害之認識，並做好居安思危之防減災工作，以降低災害衝擊之損失。

陳宏宇

Content

序 *3*

第壹篇 2013 年國際災情分布 *8*

- 2013 災害分布與統計
- 2013 國際十大災害統計

第貳篇 臺灣天然災害 *14*

- 0327 和 0602 仁愛地震
- 0406 高雄大樹龍捲風事件
- 2013 年颱洪事件探討

・蘇力颱風 ・潭美颱風
・康芮颱風 ・天兔颱風

特別企劃 近 20 年全球重大天然災害特性 *32*

全球國際災害分布 *40*

第參篇　國際颱風、颶風、洪水與坡地災害　*42*

- 澳洲洪水災害（1 月）
- 大陸雲南省坡地災害（1 月）
- 阿根廷洪水災害（4 月）
- 中歐洪水災害（5 月）
- 印度北阿坎德邦洪水災害（6 月）
- 美國科羅拉多洪水災害（9 月）
- 日本颱風豪雨災害（9 月）
- 墨西哥雙颶風侵襲（9 月）
- 菲律賓海燕颱風侵襲（11 月）

第肆篇　國際地震災害　*86*

- 日本兵庫縣 M6.3 地震（4 月 13 日）
- 伊朗東南部 M7.8 地震（4 月 16 日）
- 四川雅安 M7.0 地震（4 月 20 日）
- 甘肅定西 M6.6 地震（7 月 22 日）
- 菲律賓 M7.1 地震（10 月 15 日）

結語　*100*

參考文獻 104

圖目錄

圖 1-1. 102 年（2013）重大天然災害分布示意圖……9
圖 1-2. 2013 年六大洲 - 五大災害類型統計……10
圖 2-1. 0327 南投仁愛地震報告……16
圖 2-2. 0602 南投仁愛地震報告……16
圖 2-3. 0602 仁愛地震地表加速度超過 150gal 區域……16
圖 2-4. 天梯聯外道與園區內落石坍方道路中斷情況……16
圖 2-5. 地面天氣分析圖，左圖為 4 月 5 日 20 時、右圖為 6 日 02 時……17
圖 2-6. 龍捲風受災區現勘調查照片彙整。……18
圖 2-7. 蘇力颱風路徑圖……19
圖 2-8. 蘇力颱風 72 小時與每日降雨分布圖（7 月 11 日 -7 月 13 日）……20
圖 2-9. 蘇力颱風災情分布圖（紅色為坡地災害；藍色為淹水災害 ）……21
圖 2-10. 潭美颱風路徑圖……21
圖 2-11. 潭美颱風 72 小時及每日降雨分布圖（8 月 20 日 -8 月 22 日）……22
圖 2-12. 潭美颱風災情分布圖（紅色為坡地災害；藍色為淹水災害）……23
圖 2-13. 雲林縣斗南鎮現勘照片（照片拍攝日期：9/3）……23
圖 2-14. 文峰社區前後期照片比對……24
圖 2-15. 康芮颱風路徑圖……24
圖 2-16. 康芮颱風 72 小時及每日降雨分布圖（8 月 27 日 -8 月 29 日）……25
圖 2-17. 康芮颱風災情分布圖（紅色為坡地災害；藍色為淹水災害）……26
圖 2-18. 嘉義縣民雄鄉協志高職現勘照片（照片拍攝日期：9 月 2 日）……26
圖 2-19. 天兔颱風路徑圖……27
圖 2-20. 天兔颱風 96 小時及每日降雨分布圖（9 月 19 日 -9 月 22 日）……27
圖 2-21. 天兔颱風災情分布圖（紅色為坡地災害；藍色為淹水災害）……28
圖 2-22. 溫泉路 408 巷受災空間示意圖……28
圖 2-23. 溢堤處災後照片（拍攝日期：9 月 24 日）……29
圖 2-24. 溫泉路 408 巷災情分布示意圖（照片拍攝日期：9 月 24 日）……29
圖 2-25. 臺東知本站降雨、水位紀錄（天兔颱風）……30
圖 S-1. 1900~2012 年天然災害趨勢圖……33
圖 S-2. 1993 年 ~2012 年各災害類型比例……34
圖 S-3. 1993 年 ~2012 年各年災害類型統計圖……35
圖 S-4. 2001 年至 2012 年地震災害事件發生次數統計……35
圖 S-5. 近 20 年重大天然災害事件分布與統計圖……36
圖 S-6. 2004 年印度洋大地震直接影響的國家……37
圖 S-7. 緬甸納吉斯颱風路徑圖及淹水地區……37
圖 S-8. 大陸汶川地震之震度分佈圖……38
圖 S-9. 美國卡翠娜颶風災因位置圖……39
圖 S-10. 依災害事件類型分類統計經濟損失……39
圖 S-11. 依國家類型分類統計經濟損失……39
圖 3-1. 2013 年澳洲水災淹水區域……44
圖 3-2. 淹水前後衛星影像……44
圖 3-3. 熱帶低壓路徑……44
圖 3-4. 1 月 22 日 -1 月 29 日累積降雨……45
圖 3-5. 昭通市 1 月 3 日至 31 日最高氣溫分布圖……47
圖 3-6. 昭通市 1 月 3 日至 31 日最低氣溫分布圖……47
圖 3-7. 雲南省鎮雄縣果珠鄉高坡村崩塌滑動與堆積範圍圖……48
圖 3-8. 雲南省鎮雄縣中屯鄉崩塌滑動與堆積範圍圖……49
圖 3-9. 布宜諾斯艾利斯市（BA）及布宜諾斯艾利斯省的拉普拉塔市（La Plata） 的地理位置 51
圖 3-10. 4 月 1 日 9 時 -4 月 2 日 9 時降雨分布圖（左圖）及 4 月 2 日 9 時 -4 月 3 日 9 時降雨分布圖（右圖）……52
圖 3-11. 布宜諾斯艾利斯市的淹水潛勢圖……52
圖 3-12. 中歐洪水區域（橘色是河流，橫貫中間的多瑙河、流往北海的是易北河；淺橘色區域是受到影響的區域）……55
圖 3-13. 中歐 5 月 31 日 -6 月 3 日 24 小時累積雨量圖……55
圖 3-14. 德國巴伐利亞阿紹站 2013 年 5 月 ~2013 年 6 月初日降雨量與累積雨量……56
圖 3-15. 德國 5 月降雨距平百分比……56
圖 3-16. 奧地利 5 月降雨距平百分比……56
圖 3-17. 德國巴伐利亞阿紹站 1981 ～ 2010 月平均雨量……57
圖 3-18. 5 月 31 日及 6 月 2 日土壤水分監測 含水量分級，藍色：高、綠色：中、黃色：低……57
圖 3-19. 易北河流域平均降雨型態分佈（左）2002 年 7-8 月（右）2013 年 5-6 月……58
圖 3-20. 中歐地區土壤水分含量距平（左）2002 年 7 月（右）2013 年 5 月……58

圖 3-21. 北阿坎德邦之高程分佈圖……61
圖 3-22. 印度北阿坎德邦受災區域示意圖……61
圖 3-23. 印度 2013 年西南季風現況圖……62
圖 3-24. 印度 6 月 16 日到 6 月 18 日之日累積雨量圖……62
圖 3-25. 印度 6 月降雨圖……62
圖 3-26. 6 月 13 日到 6 月 19 日降雨圖……63
圖 3-27. Dehraduny 6 月，日累積降雨歷線圖……63
圖 3-28. 北阿坎德邦崩塌潛勢圖……65
圖 3-29. 科羅拉多州地理位置……68
圖 3-30. 博爾德累積降雨圖（2013 年 9 月 8 日 -2013 年 9 月 17 日）……69
圖 3-31. 博爾德一百年洪水平原（藍色部分）紅色部分為高危險區……70
圖 3-32. 颱風 18 號（紅色）和颱風 26 號（藍色）路徑與主要受災縣分布圖……73
圖 3-33. 颱風 18 號累積降雨分布圖……73
圖 3-34. 伊豆大島颱風 26 號降雨歷線圖……73
圖 3-35. 伊豆大島之位置、總雨量（左圖）及發生土石流災害範圍圈繪（右圖）……74
圖 3-36. 各種防災氣象資訊發佈時機以及種類……75
圖 3-37. 墨西哥地理位置圖……76
圖 3-38. 墨西哥 Ingrid（墨西哥灣側）與 Manuel（太平洋側）雙颶風路徑圖……77
圖 3-39. Ingrid 與 Manuel 雙颶風 5 日累積降雨情形……78
圖 3-40. 菲律賓各行政區分布……81
圖 3-41. 海燕颱風經過菲律賓路徑……82
圖 3-42. 海燕颱風期間 11 月 6 日至 11 月 9 日最大的累積雨量……82
圖 3-43. 海燕颱風人員死亡與失蹤統計……82
圖 3-44. 海燕颱風災害損失統計……82
圖 3-45. NDRRMC 和 OCHA 統計海燕颱風死亡人數……83
圖 4-1. 日本兵庫縣地震之震央位置圖……88
圖 4-2. 日本兵庫縣地震之震度分佈圖……88
圖 4-3. 電視插播緊急地震速報畫面……89
圖 4-4. 緊急地震速報預估各地震度……89
圖 4-5. 香川縣高松市緊急地震速報……89
圖 4-6. 震度分布圖……91
圖 4-7. 震源 100 公里半徑內人口分布統計……91
圖 4-8. 四川雅安地震震度分布與鄰近城市……93
圖 4-9. 四川雅安地震災害影響層面彙整……93
圖 4-10. 甘肅定西地震震央位置與影響範圍圖……96
圖 4-11. 天氣預報圖 - 地質災害與氣象風險等……97
圖 4-12. 災區主要道路沿線即時天氣概況……97
圖 4-13. 菲律賓南部薄荷地震之震度分佈圖……99

表目錄

表 1-1. 2013 年全球十大天然災害事件（依死亡人數排序）……11
表 1-2. 2013 年全球十大天然災害事件（依影響人數排序）……12
表 1-3. 2013 年全球十大天然災害事件（依損失金額排序）……13
表 2-1. 龍捲風強度分級表……18
表 2-2. 2013 年中央氣象局發布颱風警報之颱風列表……19
表 2-3. 蘇力颱風 7 月 11 日 -7 月 13 日總累積雨量排名前 10 名……20
表 2-4. 潭美颱風 8 月 20 日 -8 月 22 日總累積雨量排名前 10 名……22
表 2-5. 雲林縣斗南鎮阿丹雨量站警戒情形……23
表 2-6. 康芮颱風 8 月 27 日 -8 月 29 日總累積雨量排名前 10 名……25
表 2-7. 嘉義縣大林鎮中坑雨量站警戒情形……26
表 2-8. 天兔颱風 9 月 19 日 -9 月 22 日總累積雨量排名前 10 名……27
表 S-1. 近 20 年以死亡人數排序之 20 大天然災害事件……37
表 S-2. 2004 年南亞海嘯事件統計（依死亡人數排序）……37
表 S-3. 近 20 年以影響人數排序之 20 大天然災害事件……38
表 S-4. 近 20 年以經濟損失排序之前 20 大天然災害事件……39
表 3-1. 北阿坎德邦歷史坡地災害列表……64
表 3-2. 政府宣布之補助項目與金額列表……65
表 3-3. NGO 非政府組織作為（以 Save the Children 為例）……66
表 3-4. 科羅拉多洪災損失概估（統計至 9 月 30 日）……71
表 3-5. 2013 日本主要水土災害概要……73
表 3-6. 2013 年 TEC-Force 主要進行的支援災害應變任務……75
表 3-7. 海燕颱風造成菲律賓災情……81
表 3-8. 侵襲菲律賓之颱洪事件……84

探討 2013 全球——
災害真相

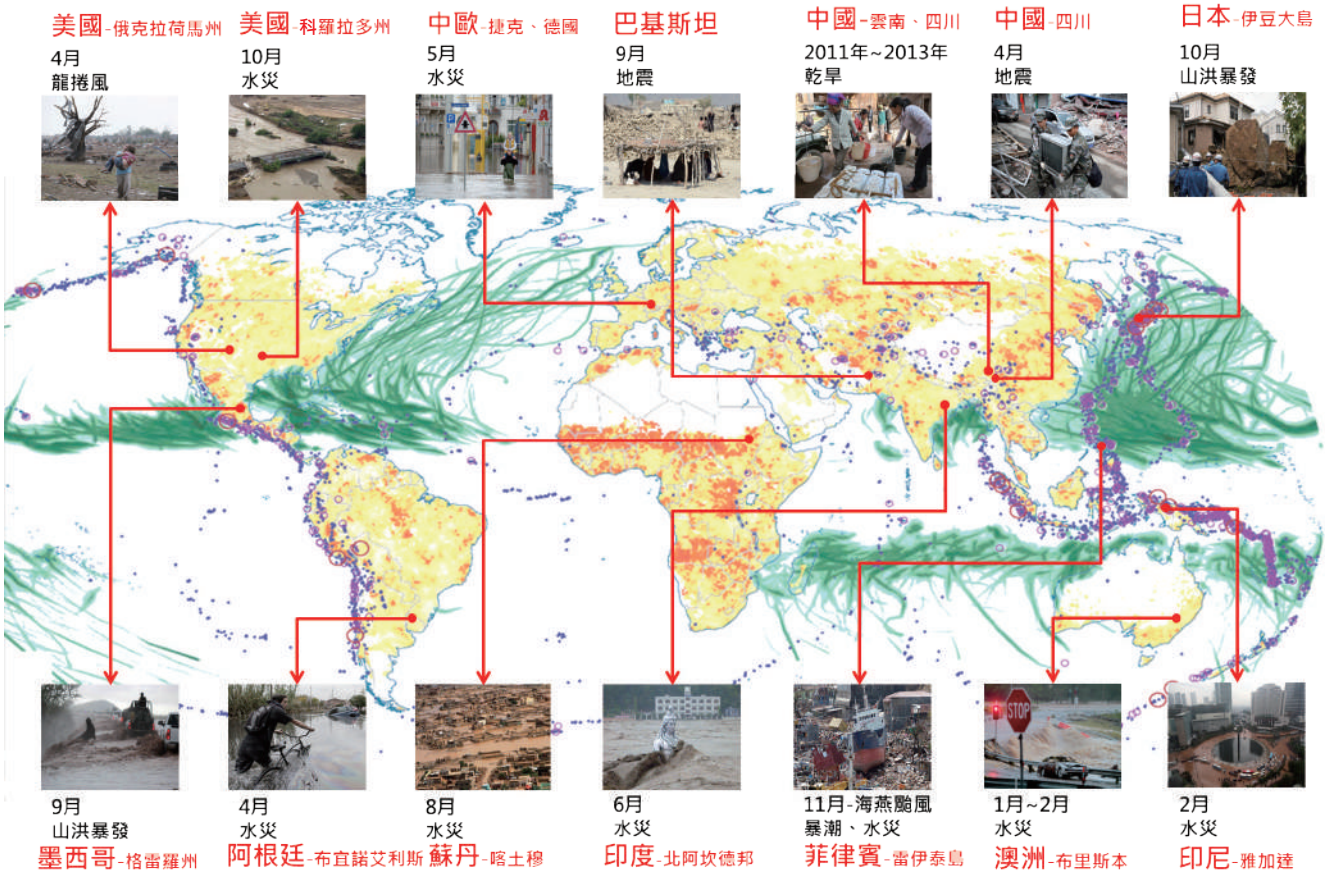
全世界各地面臨的天然災害問題， 一方面在危害類型上具有多樣性，另方面在受影響的暴露類型上，則含有高度開發的都會、貧窮落後的地區、大範圍的複合型災害、高齡化社會的形成等。在在都與台灣未來可能遭遇的災害課題有關。

天然災害紀實為災害事件探討先驅

協助您瞭解每一個災害發生的前因後果

第壹篇 2013 年國際災情分布

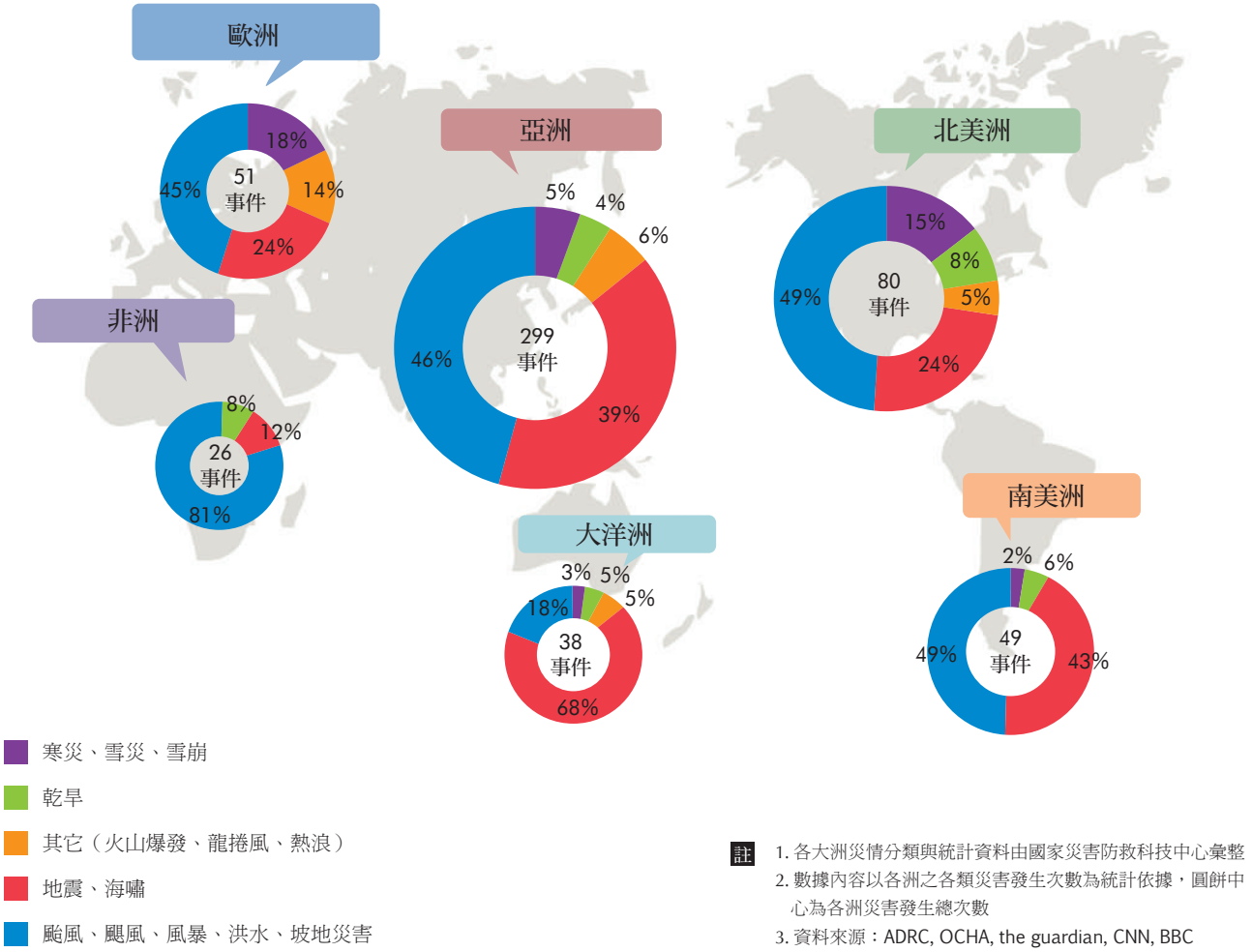
2013 年度全球災害統計，仍以颱洪災害為主，其中菲律賓的海燕颱風及印度北阿坎德邦的洪災，分別造成單一事件死亡人數達 5000 人以上最為嚴重。圖 1-1 為 2013 全球主要災害分布圖，亞洲地區相較其他地區而言，不論颱風造成山洪暴發、暴潮溢淹，還是地震、乾旱等，仍是發生災害密集地區。而美國丹佛、阿根廷 - 布宜諾艾利斯、中歐 - 捷克、德國地區和澳洲 - 布里斯本，皆是都市型洪災案例；中國四川、雲南長期乾旱影響已有三年之久；整體看來，2013 年災害事件發生多，災害損失比 2012 來得少，但災害造成死亡人數較為嚴重，凸顯出未來仍持續面對巨災應有的準備。



底圖顯示歷史颱風路徑（綠色）、乾旱風險（黃褐色）及地震紀錄（紫色圓點）

底圖為世界銀行 (World Blank)2005

圖 1-1. 102 年 (2013) 重大天然災害分布示意圖



註
1. 各大洲災情分類與統計資料由國家災害防救科技中心彙整
2. 數據內容以各洲之各類災害發生次數為統計依據，圓餅中心為各洲災害發生總次數
3. 資料來源：ADRC, OCHA, the guardian, CNN, BBC

圖 1-2. 2013 年六大洲 - 五大災害類型統計

災防科技中心由 EM-DAT、UNISDR、ADRC、OCHA 等國際組織及相關新聞媒體報導，紀錄 2013 年全球天然災害事件，共計 543 件，分布如圖 1-2 顯示。並以六大洲 - 五大災害類型進行統計，天然災害主要發生在亞洲地區，共 299 件佔全球總事件的 55%，北美洲排序第二，共發生 80 件災害事件佔全球總事件數的 14%。六大洲災害中，除了大洋洲以地震災害為主以外，其餘五洲以颱風、颶風、洪水及坡地災害為主要災害類型。與 2012 年天然災害統計比較，2013 年災害事件比 2012 年來的多。慕尼黑再保公司 (Munich Re, 2014) 針對 2013 年天然災害進行分析評估說明 :2013 年主要天然災害損失仍以洪水災害為主，但 2013 年天然災害與過去 3 年相較之下較為和緩，所以因天然災害造成的損失較少。不過依據巨災定義 : 發生頻率極低且高變異性，使得其歷史資料參考價值降低，幾乎完全無法預測，另外所造成的巨大損失帶來極大的風險，使區域或國家經濟社會產生嚴重影響 (Kaplow, 1991；1992)，所以在印度北阿坎德邦地區暴雨和菲律賓海燕颱風衝擊此二事件中，分別造成單一事件超過 5,000 人的喪生，二事件使二國家遭受災害的衝擊已符合巨型災害標準。

透過國際緊急災害資料庫(Emergency Events Database, EM-DAT)針對 2013 年全球天然災害人員傷亡統計結果，造成嚴重死亡人數之前十大災害類型有：颱風、水災和地震，如表 1-1 顯示；另外，有因極端溫度 - 熱浪死亡事件擠入前十大。2013 年造成最嚴重死亡之災害為：菲律賓受海燕颱風(Haiyan)的侵襲，其中菲律賓中部維薩亞斯(Visayas)群島最為嚴重，造成 6,201 人死亡、1,785 人失蹤；其次為，印度北阿坎德邦(Uttarakhand)山區洪災，造成約 5,000 人死亡。

另外，針對非天然災害事件共計有三件死亡人數多於天然災害前十大排序，包括：孟加拉沙瓦(Savar)建築倒塌意外，造成 1125 人死亡外，其次，巴西聖瑪利亞(Santa Maria)火災造成 235 人死亡，以及菲律賓宿霧(Cebu)地區交通事故事件，共有 202 人死亡。雖然不是天然災害造成，但仍屬年度嚴重生命傷亡事件。與 2012 年資料比較，2012 年全球十大天然災害事件死亡人數共計 3,372 人，而 2013 年死亡人數共計 13,284 人，遠高於 2012 年因天然災害死亡的人數。

表 1-1. 2013 年全球十大天然災害事件（依死亡人數排序）

	時間		位置		災害類型		統計數字
	起	迄	國家	地區	主要災害	次要災害	死亡
1	11 月 8 日	11 月 8 日	菲律賓	維薩亞斯 Visayas	熱帶氣旋（海燕 Haiyan）	暴潮、淹水、風災	6,201
2	6 月 12 日	6 月 27 日	印度	北阿坎德邦 Uttarakhand	洪災	水災	5,000
3	4 月	5 月	印度		極端溫度	熱浪	531
4	5 月	9 月	日本	四國 Shikoko, 九州 Kyushu 本州 Honsho 等	極端溫度	熱浪	338
5	7 月 7 日	7 月 17 日	中國	四川	洪災	水災	305
6	8 月 7 日	8 月 21 日	巴基斯坦	旁遮普 Punjab 信德 Sindh	洪災	水災	234
7	4 月 20 日	4 月 20 日	中國	四川	地震	地震	198
8	8 月 1 日	8 月 7 日	巴基斯坦	旁遮普 Punjab	洪災	水災	178
9	7 月 9 日	7 月 10 日	印度	北方邦 Uttar Pradesh	洪災	水災	174
10	1 月	1 月	辛巴威	南馬塔貝萊蘭 Matebeleland Sout	洪災	水災	125
總計							13,284

註 1. 資料來源：國際緊急災害資料庫 EM-DAT，國家災害防救科技中心彙整。
2. 菲律賓海燕颱風之災情引述自菲律賓國家災害風險降低與管理中心 (National Disaster Risk Reduction and Management Center, NDRRMC)。
3. 在 2013 年依死亡人數排序中，孟加拉建築倒塌意外造成 1,125 人死亡，排序第三名，因非天然災害事件故未整理上表之中。

表 1-2 顯示全球十大天然災害中受影響人數排序，最嚴重的事件為菲律賓海燕颱風，共有 1600 萬餘人受到颱風災害的影響；而前三大事件皆因颱風侵襲造成的，十大事件中，以地區分類，除了非洲查德乾旱事件外，其餘皆發生在亞洲人口密度高的地區；若以災害類別區分，除四川雅安的地震事件及查德乾旱事件外，災害事件全為颱洪事件。比較 2012 年資料，前十大事件中，每一事件都超過 3 百萬人，多起的乾旱事件影響人數，僅次於洪災。另外，人口稠密的中國地區，二年中都佔了十大事件的四個事件，可見人口密度高的地區，受災影響人數都非常高。

表 1-2. 2013 年全球十大天然災害事件（依影響人數排序）

	時間		位置		災害類型		統計數字
	起	迄	國家	地區	主要災害	次要災害	受影響人數
1	11 月 8 日	11 月 8 日	菲律賓	維薩亞斯 Visayas	熱帶氣旋（海燕Haiyan）	暴潮、淹水	16,078,181
2	8 月 15 日	8 月 21 日	中國	湖南、廣西、廣東	熱帶氣旋（尤特 Utor ）	暴潮、淹水	8,000,000
3	8 月 19 日	8 月 19 日	菲律賓	伊羅戈區 Ilocos Region	熱帶氣旋（潭美 Trami）	淹水	3,110,243
4	4 月 20 日	4 月 20 日	中國	四川	地震		2,198,785
5	6 月 23 日	7 月 15 日	印度	阿薩姆 Assam	洪災	水災	2,000,000
6	7 月 7 日	7 月 17 日	中國	四川	洪災	水災	1,875,000
7	2012 年 6 月	2013 年 2 月	查德	卡內姆 Kanem, 菲拉旺 Wadi Fira	乾旱	乾旱	1,600,000
8	8 月 1 日	8 月 7 日	巴基斯坦	旁遮普省 Punjab	洪災	水災	1,504,347
9	8 月 7 日	8 月 21 日	巴基斯坦	旁遮普省 Punjab, 信德省 Sindh	洪災	水災	1,497,725
10	3 月 18 日	3 月 20 日	中國	廣東	風暴	區域風暴	1,398,324
總計							39,262,605

註 1. 資料來源：國際緊急災害資料庫 EM-DAT，國家災害防救科技中心彙整。
2. 菲律賓海燕颱風之災情引述自菲律賓國家災害風險降低與管理中心 (National Disaster Risk Reduction and Management Center, NDRRMC)。

表 1-3. 2013 年全球十大天然災害事件（依損失金額排序）

	時間		位置		災害類型		統計數字
	起	迄	國家	地區	主要災害	次要災害	損失（百萬美元）
1	1 月	7 月	中國	雲南、四川、陝西	乾旱	乾旱	10,000
2	4 月 20 日	4 月 20 日	中國	四川	地震	地震	6,800
3	7 月 7 日	7 月 17 日	中國	四川	洪災	水災	4,500
4	8 月 12 日	9 月 5 日	中國	黑龍江、遼寧	洪災	水災	4,100
5	7 月 22 日	7 月 22 日	中國	甘肅	地震	地震	3,250
6	5 月 18 日	5 月 22 日	美國	穆爾市 Moore	風暴	龍捲風	3,100
7	6 月 20 日	6 月 27 日	加拿大	南阿爾伯塔 Southern Alberta	洪災	水災	3,000
8	1 月 17 日	1 月 31 日	印尼	雅加達 Jakarta	洪災	水災	3,000
9	8 月 15 日	8 月 21 日	中國	湖南、廣西、廣東	熱帶氣旋（尤特 Utor）	水災	2,120
10	1 月 23 日	1 月 30 日	澳洲	布里斯班，伊普斯威奇 Brisbane, Ipswich	熱帶氣旋 (Oswald)	水災	2,000
				總計			41,870

註 資料來源：國際緊急災害資料庫 EM-DAT，國家災害防救科技中心彙整。

依據 EM-DAT 資料顯示：若以損失金額排序，全球十大天然災害事件以中國為最大宗（如表 1-3 所示），包括乾旱、地震、洪災，共計六場事件，總損失約 307 億美元，佔前十大事件合計的 73%；其餘加拿大、印尼、澳洲等國家，為洪災造成損失；而排名第六大損失為美國穆爾市 (Moore) 受到強度 EF5 級毀滅性龍捲風襲擊，使得當地經濟損失嚴重。比較 2012 年資料，十大經濟損失事件，損失金額合計在 400 餘億美金，差別的是 2012 年美國東岸受 Sandy 颶風侵襲的單一事件，即高達 200 億美元。2013 年損失最高的為中國乾旱事件，損失達 100 億美元，二者相差一倍。

3 月

0327 地震

4 月

0406 龍捲風

5 月

0519 豪雨

6 月

0602 仁愛地震

7 月

蘇力颱風

西馬隆颱風

8 月

潭美颱風

康芮颱風

9 月

天兔颱風

10 月

菲特颱風

與臺灣息息相關的
災害報導

註 屏東縣 200 線 15K 處（往滿州鄉）
歷經 2011 南瑪都颱風、2012 天秤颱風、2013 天兔颱風，
災害修復工程情況。（照片時間：2013 年 9 月 25 日）

第貳篇 臺灣天然災害

綜觀 2013 年臺灣天然災害，除常見的颱風造成淹水及坡地災害和地震災害外，還有龍捲風事件。2013 年颱風生成個數、侵臺數均高於過去平均值，亦發生 3 起芮氏規模大於 6 之地震，所幸未造成重大傷亡。本文探討事件包括：(1) 0327 南投縣仁愛鄉地震（芮氏規模 M_L6.1）、0602 南投縣仁愛鄉地震（芮氏規模 M_L6.3）。(2) 0406 龍捲風事件。(3) 颱洪事件包含：蘇力颱風、潭美颱風、康芮颱風及天兔颱風等。

2-1・0327 和 0602 仁愛地震

A. 災情描述

0327 地震發生於上午 10 點 03 分地震規模 M_L6.1，根據中央氣象局資料顯示，震央（圖 2-1）位於南投縣政府的東方 38.8 公里處（南投縣仁愛鄉），震源深度為 15.4 公里。全臺最大震度南投縣日月潭達 6 級，南投市、臺中市霧峰以及彰化縣員林達 5 級。根據消防署於地震當天 12 時 30 分的統計資料，0327 地震造成 1 人死亡，19 人受傷，火災 1 件，高鐵停駛，中寮鄉停電，電梯受困 5 件。

0602 地震發生於下午 1 點 43 分地震規模 M_L6.3，根據中央氣象局資料顯示，震央（圖 2-2）同樣位於南投縣政府的東方 32.0 公里處（位於南投縣仁愛鄉），震源深度為 10.0 公里。各地震度以雲林縣草湖 6 級最為強度，雲林縣古坑、四湖、南投縣日月潭、埔里、名間、彰化縣二水、彰化市、嘉義縣阿里山、嘉義市、臺中市大肚以及臺南市均達震度 5 級（圖 2-3）。

0602 地震造成南投縣多處風景區傳出災情，例如：竹山鎮天梯遊樂區因第一入口聯外道路落石坍方堵塞（如圖 2-4 所示），造成車輛及遊客無法進出，天梯園區內有一遊客因遭落石擊中造成重傷，適逢空勤總部直升機飛臨，於半小時內將遊客送至秀傳醫院進行急救。

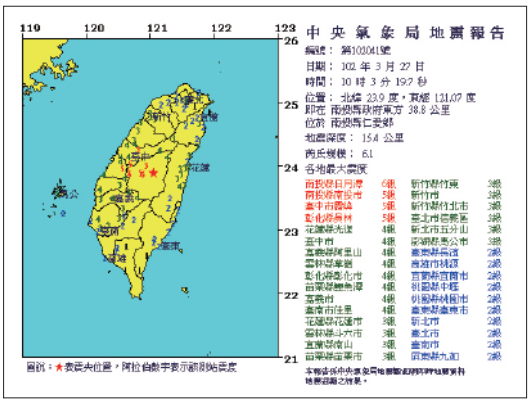


圖 2-1 ．0327 南投仁愛地震報告

資料來源：中央氣象局

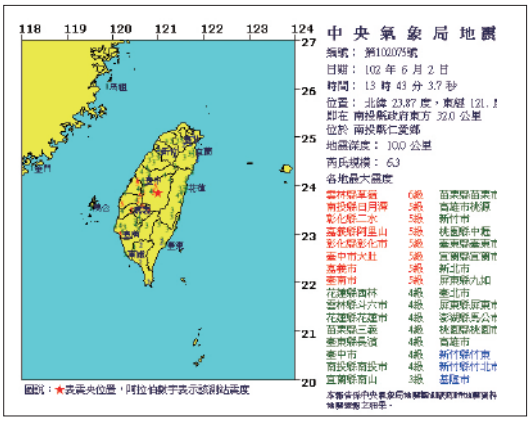


圖 2-2. 0602 南投仁愛地震報告

資料來源：中央氣象局

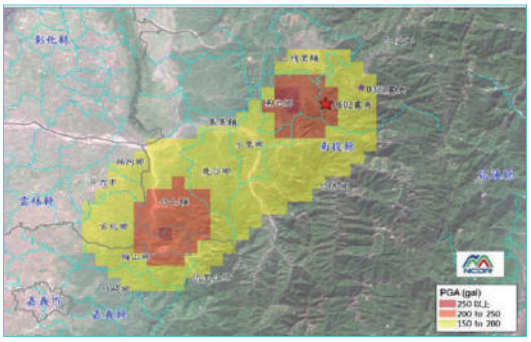


圖 2-3. 0602 仁愛地震地表加速度超過 150gal 區域

資料來源：NCDR 應變處置簡報

圖 2-4. 天梯聯外道路與園區內落石坍方道路中斷情況

資料來源：南投縣政府觀光處

結論

1. 強化山區旅遊景點的防震安全教育

無論 0327 仁愛地震或 0602 仁愛地震，其強震區內包含諸多國內有名之旅遊區，故對旅遊區之安全（尤其山區旅遊區之聯外道路安全），建議應儘速研擬相關防災教育與應變對策。

2. 依據人口動態特性，研擬防災應變對策

0327 仁愛地震發生時間在平日之上午，民眾活動多分佈於工商活動場所、學校等空間。0602 仁愛地震發生於假日中午，民眾活動則於戶外或旅遊地區、自宅建物內。故建議應針對不同情境之救援與應變，研擬因應之對策。

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報第 98 期．2013 年 09 月出刊

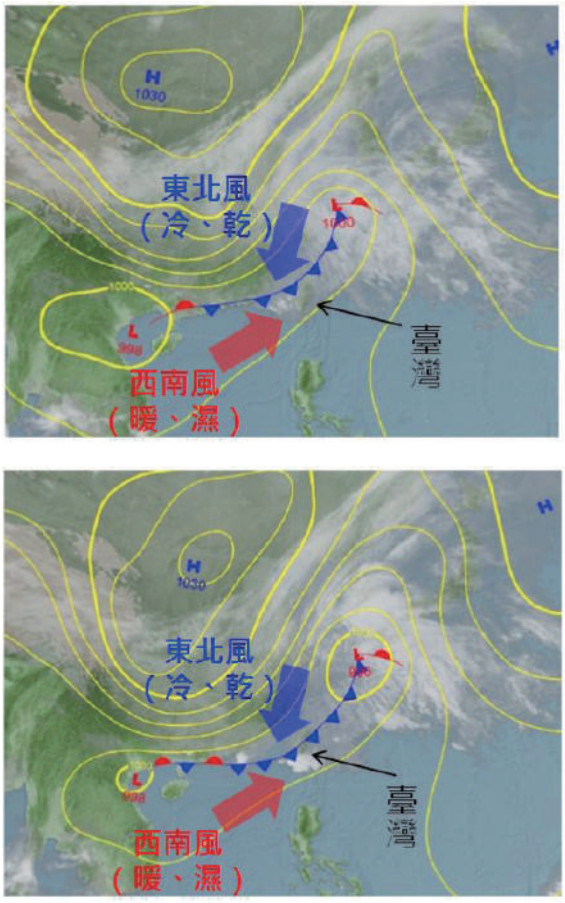


圖 2-5. 地面天氣分析圖，上圖為 4 月 5 日 20 時、下圖為 6 日 02 時
資料來源：中央氣象局

2-2．0406 高雄大樹龍捲風事件

A. 災情概述

0604 龍捲風，於高雄市大樹區（和山里、興山里及楸腳里）及屏東縣萬丹鄉（四維村與竹林村）一帶，短短不到 10 分鐘，造成 2 人受傷、至少 1962 戶停電（電線桿折損 21 枝）、房屋半毀 28 戶及 30 公頃農損（荔枝、龍眼、鳳梨、香蕉、玉米及甘蔗）等災害。

B. 災因分析

4 月 6 日凌晨發生龍捲風致災事件期間，恰有一道移動快速之冷鋒系統過境臺灣地區（如圖 2-5），而由地面天氣圖可發現，此道鋒面北側存在一明顯大陸冷高壓（鋒後，冷區），且伴隨較強之東北風（等壓線較密集），相較於鋒面南側盛行偏暖濕之西南風（鋒前，暖區），使得鋒面本身為一冷暖差異相當顯著之界面，提供了有利對流發展的抬升機制；另一方面，鋒前暖濕西南氣流除了提供足夠水氣外，暖空氣受抬升亦使環境更加不穩定，因此一旦在鋒面區內有對流胞生成，將有利其在短時間內快速發展，當到達成熟階段時，強烈的對流過程便有機會激發出龍捲風現象。

現場調查結果顯示此次災損範圍明顯呈現由西向東分佈之帶狀區域，約西起大樹區和山里、向東途經高屏溪河床後至屏東機場一帶；被強風破壞之帶狀範圍於較窄處約為數公尺～十幾公尺、較寬處則寬達 200 ～ 300 公尺，受災區長度約為 7 ～ 8 公里，災害歷時約為 10 分鐘，受災區之地理與位置如圖 2-6 所示。

圖 2-6. 龍捲風受災區現勘調查照片彙整。

受龍捲風影響，受災標的物分佈由西向東，並隨著龍捲風強度之變化而呈現不同程度之災損（圖中紅線為事後依現勘災點分佈重建之龍捲風移動路徑）。

分析此次受災區內之各種災損跡象（植物、農作、建築物及人為設施等），研判此次災害事件確為龍捲風所導致，且應不只由單一龍捲風造成，極可能在相同時間內產生數個龍捲風，同時侵襲該區域，此案例在氣象學上屬多胞型龍捲風個案。分析現場勘查災損情形，其中不少直徑達 50 ～ 70 公分之荔枝樹與龍眼樹遭強風攔腰折斷、或是連根拔起。經研判有部分的龍捲風強度可能達「F2」等級（註 1），相當於中度颱風的風力上限（風速近 50 公尺 / 秒，約 15 級風）。

註 1　龍捲風之強度分級，主要沿用芝加哥大學藤田哲也教授 (Fujita1971) 所建立之分級表—Fujita Scale，而美國國家氣象局於 2004 年提出修訂版—Enhanced FujitaScale(EF Scale)，如表 2-1：

表 2-1. 龍捲風強度分級表

Fujita Scale		EF Scale	
Fujita Scale	3 秒平均陣風（公尺 / 秒）	EF Scale	3 秒平均陣風（公尺 / 秒）
F0	20.1-34.9	EF0	29.1-38.0
F1	35.0-52.3	EF1	38.1-49.2
F2	52.4-72.0	EF2	49.3-60.3
F3	72.1-93.4	EF3	60.4-73.8
F4	93.5-116.7	EF4	73.9-89.4
F5	116.8-141.7	EF5	>89.4

備註：
中央氣象局颱風強度定義，採近心 10 分鐘最大平均風速，如：
中度颱風為蒲福級 12 – 15 級（32.7 – 50.9 公尺 / 秒）；
強烈颱風為蒲福級 ≥ 16 級（≥ 51.0 公尺 / 秒）。

結論

依事後現勘結果與分析中央氣象局相關監測資料，本次事件為短時間、局部性的龍捲風。因氣象觀測資料受時、空間限制，以及觀測儀器設置地點與解析度之極限，現階段仍無法對龍捲風進行直接之觀測與預警，僅能藉由即時性守視鋒面系統（或颱風）於過境期間，其影響區域內是否有伴隨發展出相對較強、規模較大之中尺度對流系統，進而發佈天氣特別警報資訊提高注意，至於何時會發展出龍捲風現象，尚無法於先期提供明確的時間與空間預報資訊。

註　本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報　第 94 期 · 2013 年 05 月出刊

2-3・2013 年颱洪事件探討

2013 年 5 月臺灣進入了梅雨季，多道鋒面通過或滯留於島內之上空，帶來了連日的豪（大）雨，並在 5 月 18 日至 23 日的豪雨事件中，造成較嚴重的災情。6 月間，全臺平均溫度偏高，颱風季開始，西北太平洋海域共有 4 個颱風生成，均未進入臺灣附近海域。7 月間，蘇力颱風於 7 月 13 日登陸北臺灣，8 月發生潭美颱風、康芮颱風，以及後續的豪雨事件，9 月中下旬強烈颱風天兔自臺灣南方海域通過，10 月上旬受到菲特颱風，以及颱風遠離後水氣的影響，臺灣北部、宜蘭與花蓮雨勢明顯。2013 年雖然遭受多起颱風事件（表 2-2），皆造成多處土石坍方、土石流及淹水災情。整體而言，2013 年全島僅出現較為局部的災情，沒有跨區域的大型災害。

表 2-2. 2013 年中央氣象局發布颱風警報之颱風列表

中文名稱	英文名稱	警報期間	近臺強度	警報類別
蘇力	SOULIK	07 月 11 ～ 07 月 13	強烈	海上、陸上警報
西馬隆	CIMARON	07 月 17 ～ 07 月 18	輕度	海上警報
潭美	TRAMI	08 月 20 ～ 08 月 22	輕度	海上、陸上警報
康芮	KONG-REY	08 月 27 ～ 08 月 29	輕度	海上、陸上警報
天兔	USAGI	09 月 19 ～ 09 月 22	強烈	海上、陸上警報
菲特	FITOW	10 月 04 ～ 10 月 07	中度	海上、陸上警報

資料來源：中央氣象局

（1）蘇力颱風

A. 颱風歷程與天氣概述

蘇力 (SOULIK) 颱風於 7 月 8 日在關島北方海面生成，9 日增強為中度颱風，並穩定的往西北西移動，10 日 8 時增強為強烈颱風後，仍然持續往西北西移動，11 日 20 時強度減弱為中度颱風，12 日 8 時移動方向，轉為略向西北進行，並朝臺灣東北部海面接近，13 日 3 時於新北市及宜蘭縣交界處登陸並持續往西北移動，8 時於新竹附近出海後 16 時進入大陸，17 時減弱為輕度颱風（圖 2-7）。颱風帶給全臺強風、豪雨，新竹縣、苗栗縣、臺中市、高雄市，以及南投縣等地區降下超大豪雨；宜蘭縣及基隆市出現達 13 至 15 級的瞬間陣風，臺北市、新竹縣、臺中市，以及臺東縣出現的瞬間陣風亦達 11 至 12 級，臺東地區亦有焚風發生（資料來源：中央氣象局）。

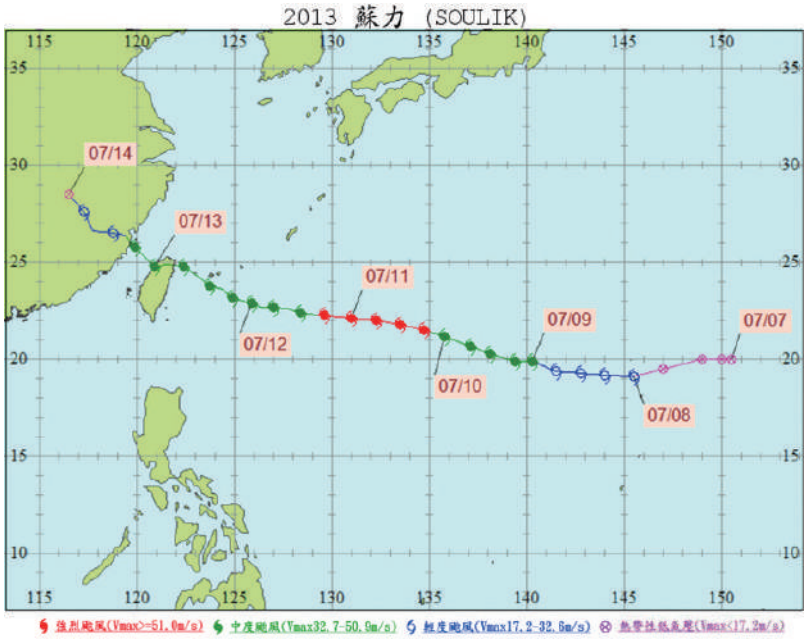
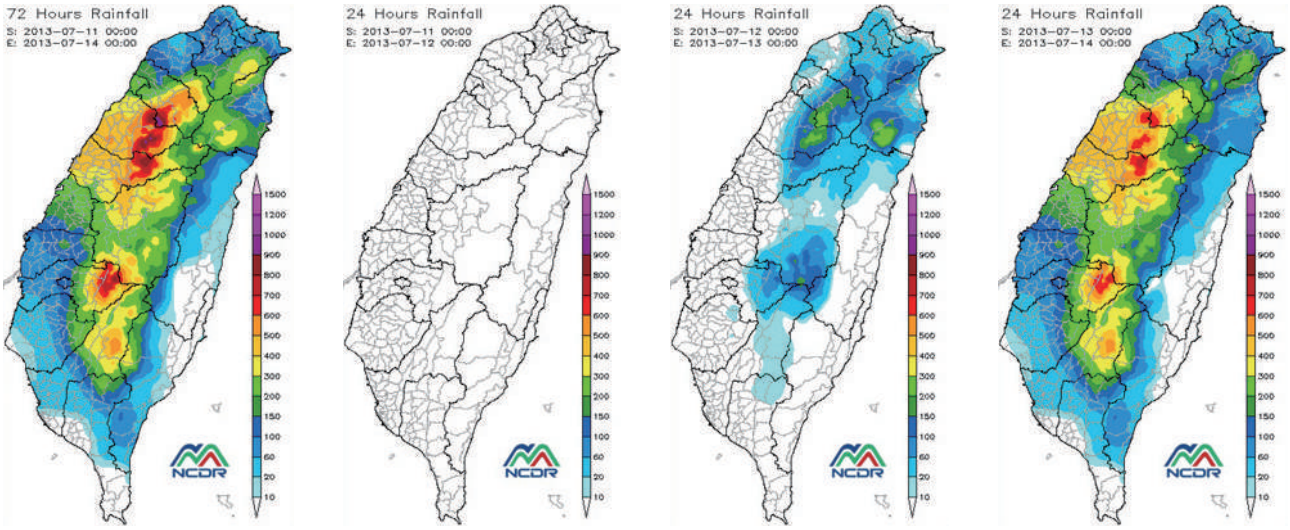


圖 2-7. 蘇力颱風路徑圖
資料來源：中央氣象局

註 路徑圖上所標示的時間為世界標準時 (UTC)，每個標示點間隔為 6 小時，換算成臺灣時間需加 8 小時。



(a)72 小時累積雨量　(b)7 月 11 日累積降雨圖　(c)7 月 12 日累積降雨圖　(d)7 月 13 日累積降雨圖

圖 2-8. 蘇力颱風 72 小時與每日降雨分布圖（7 月 11 日 -7 月 13 日）

表 2-3. 蘇力颱風 7 月 11 日 -7 月 13 日總累積雨量排名前 10 名

序號	編號	測站名稱	縣市	鄉鎮	累積雨量（毫米）
1	C1D410	白蘭	新竹縣	五峰鄉	963.5
2	C1E461	松安	苗栗縣	泰安鄉	916.5
3	C1E480	鳳美	苗栗縣	南庄鄉	886.0
4	467530	阿里山	嘉義縣	阿里山鄉	881.0
5	C0D550	雪霸	新竹縣	五峰鄉	876.5
6	C1F891	稍來	臺中市	和平區	866.5
7	C1F941	雪嶺	臺中市	和平區	819.5
8	C1F9H1	烏石坑	臺中市	和平區	757.5
9	C0M530	奮起湖	嘉義縣	竹崎鄉	741.5
10	C1F871	上谷關	臺中市	和平區	723.5

蘇力颱風期間的主要強降雨發生在新竹、苗栗、臺中的山區，以及阿里山一帶（如圖 2-8）。12 至 13 日 48 小時累積雨量均超過 800 毫米，三日最大累積雨量在新竹縣五峰鄉的白蘭測站，達 963.5 毫米（如表 2-3）。由於環境導引氣流明顯，蘇力颱風並未在臺灣附近滯留，主要降雨多集中在 24 小時之內，中、北部山區的強降雨主要發生於 12 日晚間至 13 日下午，南部山區的降雨則主要發生於 13 日凌晨至晚間時段。

B. 災情統計

颱風造成各地的積淹水、溪水暴漲、道路坍方、鐵路及航空交通中斷、電力以及電信系統受損等各種災情，共計有 2 人死亡、1 人失蹤、123 人受傷，撤離共 10,124 人，累積收容共 3,582 人，農損約 2.5 億元（消防署災害處置報告），其災情分布如圖 2-9 所示。淹水災情主要分布在臺中、南投，以及彰化等地區。臺中地區淹水面積約 15 公頃，淹水深度約 0.3-0.75 公尺。水利設施損壞以大安溪流域最為嚴重，因河水暴漲掏空河堤，造成 2 處破堤、4 處水利設施損毀（資料來源：經濟部水利署）。坡地災情主要分布在新竹、苗栗、臺中、南投及嘉義地區，共計 220 處坡地災害。道路於台 7、台 8、台 14、台 16、台 18、台 20 及台 21 因大雨影響，造成邊坡坍方和路基流失，致使交通阻斷。

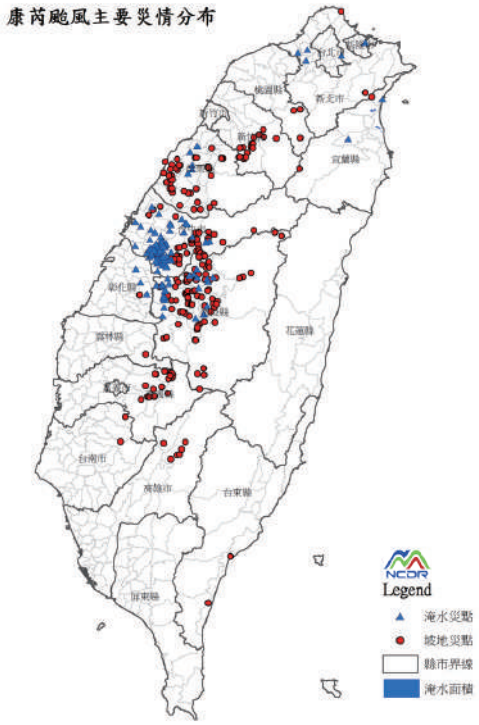


圖 2-9. 蘇力颱風災情分布圖（紅色為坡地災害；藍色為淹水災害）

註 1. 資料來源：交通部公路總局、經濟部水利署、農委會水保局
2. 淹水點為民眾通報，該點不等於實際淹水面積

（2）潭美颱風

A. 颱風歷程與天氣概述

潭美 (TRAMI) 颱風於 8 月 18 日在琉球南方海面生成，並往東南移動，19 日移速減慢，呈現滯留，並逐漸轉為向北移動，20 日 17 時轉為向西北方向，並朝臺灣東北部及北部海面前進，21 日 14 時再轉為向西進行，暴風圈進入臺灣北部及東北部，21 日晚間，其中心逐漸通過北部海面，暴風圈籠罩臺灣中部以北、東北部及東部陸地，22 日 2 時由馬祖西南方進入福建（如圖 2-10）。颱風帶來全臺出現豪雨，新竹縣、苗栗縣及臺中市等地區降下超大豪雨，西半部其他各地及宜蘭縣亦降下大豪雨（資料來源：中央氣象局）。

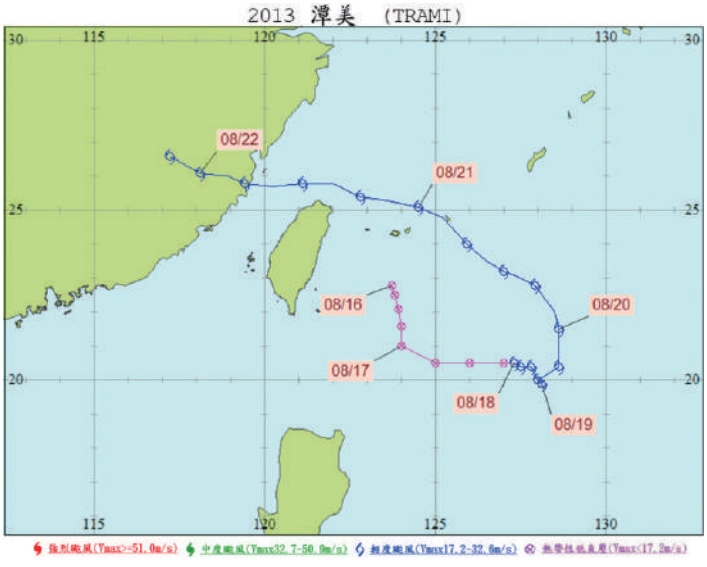
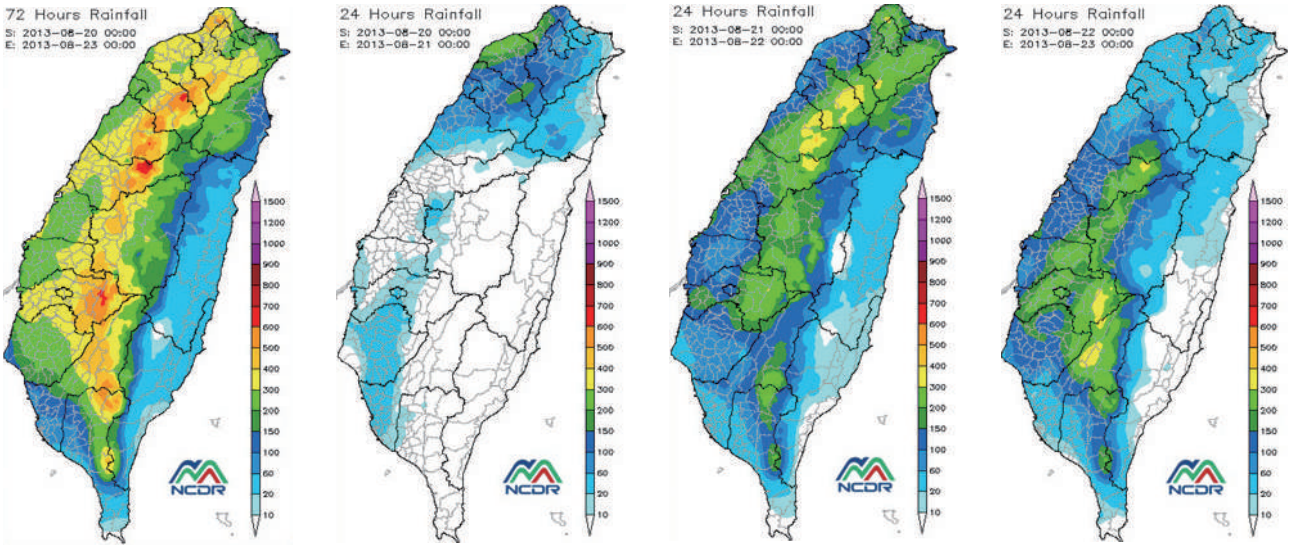


圖 2-10. 潭美颱風路徑圖
資料來源：中央氣象局

註 路徑圖上所標示的時間為世界標準時 (UTC)，每個標示點間隔為 6 小時，換算成臺灣時間需加 8 小時。



(a)72 小時累積雨量　(b)8 月 20 日累積降雨圖　(c)8 月 21 日累積降雨圖　(d)8 月 22 日累積降雨圖

圖 2-11. 潭美颱風 72 小時及每日降雨分布圖（8 月 20 日 -8 月 22 日）

表 2-4. 潭美颱風 8 月 20 日 -8 月 22 日總累積雨量排名前 10 名

序號	編號	測站名稱	縣市	鄉鎮	累積雨量（毫米）
1	C1F941	雪嶺	臺中市	和平區	738.0
2	C1F891	稍來	臺中市	和平區	707.5
3	C1D400	鳥嘴山	新竹縣	尖石鄉	659.0
4	C0M530	奮起湖	嘉義縣	竹崎鄉	631.5
5	466910	鞍部	臺北市	北投區	610.5
6	C0D360	梅花	新竹縣	尖石鄉	605.5
7	467530	阿里山	嘉義縣	阿里山鄉	598.5
8	C1F9H1	烏石坑	臺中市	和平區	593.5
9	C0D550	雪霸	新竹縣	五峰鄉	568.5
10	C1E461	松安	苗栗縣	泰安鄉	561.5

輕度颱風潭美於 18 日在琉球南方海面生成，隨後逐漸通過臺灣北部海面。21 日晚間暴風圈籠罩臺灣中部以北、東北部及東部陸地，為本颱風對臺灣影響最為劇烈的時段。由於颱風從臺灣北部經過，主要降雨區域集中在北部地區。20 日至 22 日颱風影響期間，於新竹縣、苗栗縣及臺中市等地區降下超大豪雨，西半部其他縣市及宜蘭縣亦降下大豪雨（如圖 2-11）。颱風期間最高累積雨量發生在臺中市和平區的雪嶺測站，達 738 毫米（如表 2-4）。

B. 災情統計與勘災調查

災情統計

颱風造成西半部地區淹水，北部及中部山區多處道路坍方，山區鐵路及航空交通中斷。供電供水方面，新竹縣及南投縣電力系統受損，大約 6 萬戶停電；新竹、苗栗及嘉義地區輸水管線遭土石流沖斷，造成約 2 萬戶停水等災情，共計有 10 人受傷，累積撤離共 6,230 人，累積收容共 2,818 人，農損約 9 百萬元（消防署災害處置報告），其災情分布如圖 2-12 所示。

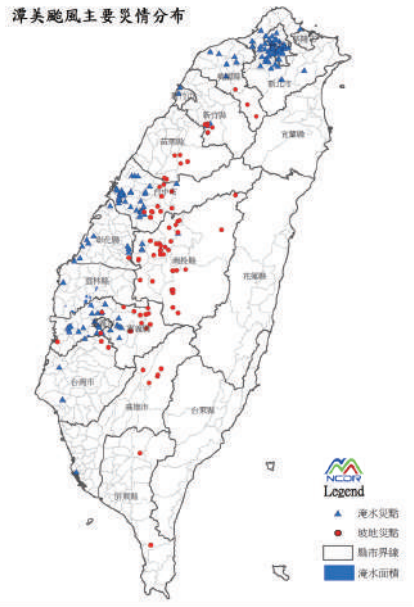


圖 2-12. 潭美颱風災情分布圖（紅色為坡地災害；藍色為淹水災害）

1. 資料來源：交通部公路總局、經濟部水利署、農委會水保局
2. 淹水點為民眾通報，該點不等於實際淹水面積

淹水災情有臺北、新北、臺中、南投、彰化、雲林及嘉義地區，其中雲林縣及嘉義縣（市）為淹水較為嚴重地區，雲林地區淹水面積約 980 公頃，水深約 0.3-0.7 公尺，嘉義地區淹水面積約 900 公頃，平均水深約 0.3-1.0 公尺，最嚴重淹水地區水深達 2.0-3.0 公尺（資料來源：經濟部水利署）。坡地災情主要分布在臺中、南投及嘉義 3 個縣市，共計 82 處坡地災害和公路阻斷。台 4、台 7、台 9、台 18、台 20、台 21 及台 24 等道路，由於雨勢過大，部分路段因積淹水造成交通阻斷（資料來源：農委會水保局、交通部公路總局）。

勘災調查

雲林縣斗南鎮（北港溪）

雲林縣斗南鎮阿丹雨量測站在 8 月 29 日早上 7~8 點間，最大 1 小時累積降雨達 103 毫米，已超過水利署淹水一級警戒值，而且超出該市區排水系統設計容量（如表 2-5），而最大累績 3 小時及 6 小時降雨量，更是水利署淹水一級警戒值的 2 倍之多，潭美颱風整場事件 24 小時及 48 小時最大累積雨量分別為 381.5 毫米及 553.5 毫米。

此次現地勘查斗南鎮將軍里石牛溪溪水暴漲，發現上游遭溪水掏刷的樹木和竹子都擱置於善公橋橋墩，影響通水斷面，致水流無法疏通，因而溢淹過善公橋橋面且漫流至其他低窪地區（如圖 2-13），基於安全考量，當時善公橋乃進行封橋禁止通行。斗南鎮立游泳池旁之仁惠橋，其上游有堤防，但下游卻無堤防且缺乏整治，致使洪水漫淹河道兩旁地區，故此次斗南鎮立游泳池亦為潭美颱風受災戶之一，淹水深約 0.3 公尺。

表 2-5. 雲林縣斗南鎮阿丹雨量站警戒情形

累積時間 / 雨量（毫米）	1 小時	3 小時	6 小時
實際觀測雨量	103	240.5	374
水利署二級警戒	60	110	180
水利署一級警戒	70	120	160

圖 2-13. 雲林縣斗南鎮現勘照片（照片拍攝日期：9/3）

嘉義縣竹崎鄉文峰社區—山崩災害

在潭美颱風侵襲下，8 月 22 日嘉義縣竹崎鄉文峰社區發生地滑事件，嘉 119 線出現多段隆起如波浪般碎裂之情形，該地區岩性主要為砂岩、泥岩互層，整體平均坡度約為 9.8 度。文峰社區潛移坡面兩側恰為土石流潛勢溪流（嘉縣 DF009、嘉縣 DF010）所切割，地形呈現西南高而東北低，溪流向北匯入牛稠溪。居民表示 2012 年蘇拉颱風及天秤颱風過境後，該區已發生坡面滑移，造成道路變形與擋土牆擠壓破裂之地層滑動的前兆。圖 2-14 為文峰社區之災前 GOOGLE 街景圖與國家災害防救科技中心現勘照片對照，可發現整個邊坡處於潛變滑移狀態，未來颱風豪雨期間需特別關注該邊坡之發展，建議進行監測以確保住戶安全。

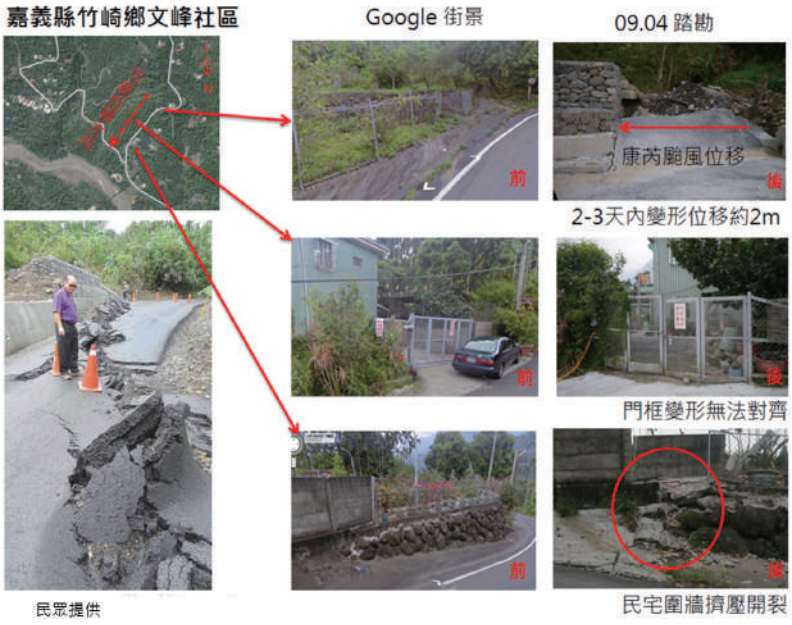


圖 2-14. 文峰社區前後期照片比對

資料來源：Google 街景圖、國家災害防救科技中心繪製

（3）康芮颱風

A. 颱風歷程與天氣概述

康芮 (KONG-REY) 颱風於 8 月 26 日在菲律賓東方海面生成並往西北方移動，27 日短暫向北移動之後，再以北北西方向朝臺灣東南部海面前進（如圖 2-15）。28 日暴風圈逐漸進入臺灣東部近海，並向臺灣東半部陸地接近。29 日暴風圈影響臺灣東半部及中部以北陸地，29 日清晨起臺灣中南部地區發生明顯降雨，29 日 14 時颱風中心移動至臺北北北東方近海，逐漸轉向東北移動並遠離臺灣陸地（資料來源：中央氣象局）。

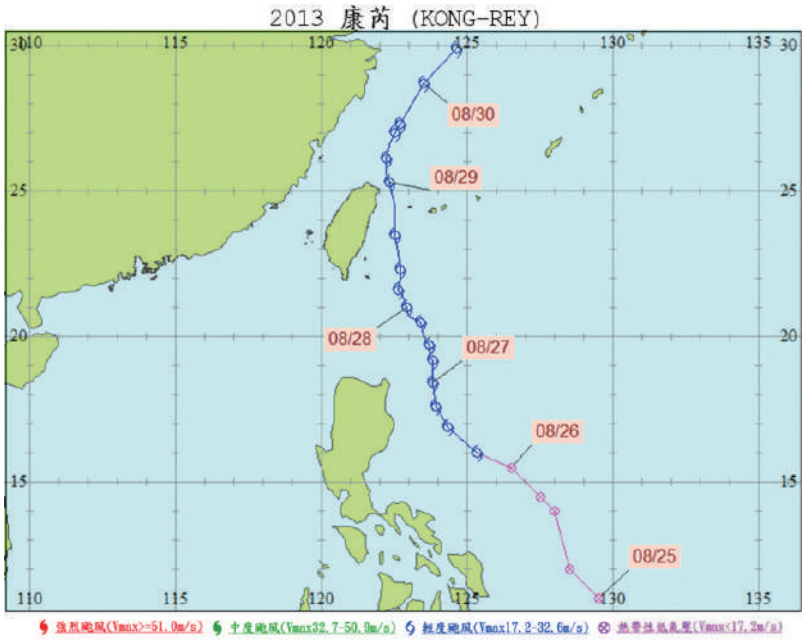
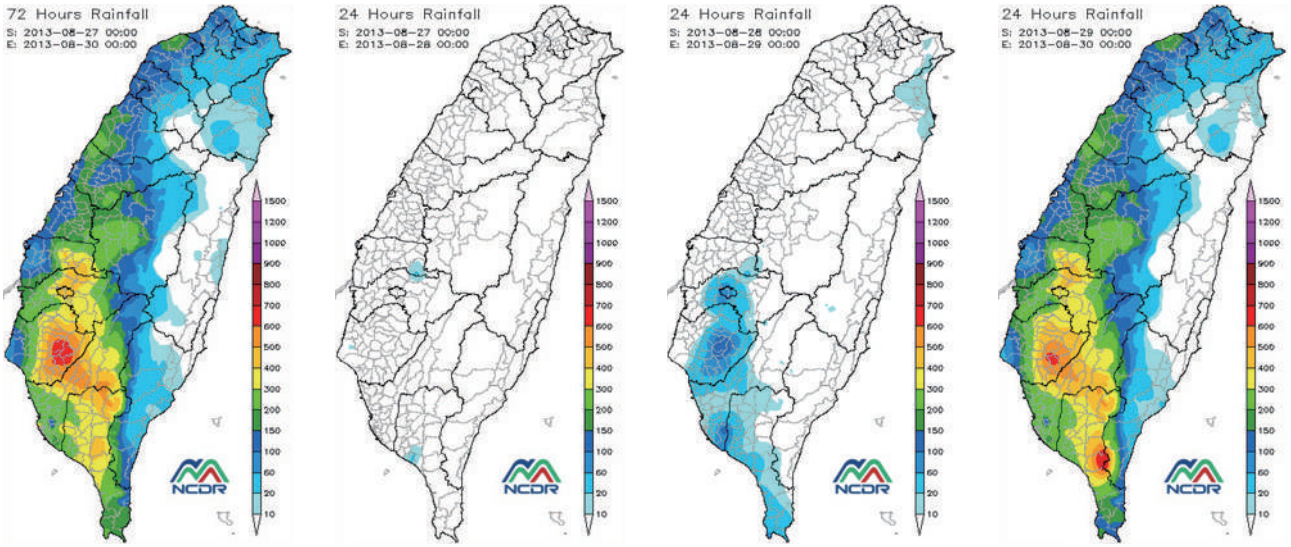


圖 2-15. 康芮颱風路徑圖

資料來源：中央氣象局

註 路徑圖上所標示的時間為世界標準時 (UTC)，每個標示點間隔為 6 小時，換算成臺灣時間需加 8 小時。



(a)72 小時累積雨量　(b)8 月 27 日累積降雨圖　(c)8 月 28 日累積降雨圖　(d)8 月 29 日累積降雨圖

圖 2-16. 康芮颱風 72 小時及每日降雨分布圖（8 月 27 日 -8 月 29 日）

表 2-6. 康芮颱風 8 月 27 日 -8 月 29 日總累積雨量排名前 10 名

序號	編號	測站名稱	縣市	鄉鎮	累積雨量（毫米）
1	C0X180	山上	臺南市	山上區	765.0
2	C1R440	大漢山	屏東縣	春日鄉	730.0
3	C0X200	左鎮	臺南市	左鎮區	711.0
4	C0O931	玉井	臺南市	玉井區	656.5
5	C0K330	虎尾	雲林縣	虎尾鎮	625.5
6	C0O970	中坑	嘉義縣	大林鎮	600.5
7	C0O860	木柵	高雄市	內門區	546.5
8	C1R120	阿丹	雲林縣	斗南鎮	536.0
9	C0R140	嘉義	嘉義市	—	534.5
10	C1M450	關廟	臺南市	關廟區	521.0

康芮颱風北行通過臺灣東部近海過程中，颱風高、低層環流分離，颱風高層環流雲系偏西靠近臺灣陸地，造成 29 日清晨起中南部地區發生明顯降雨（圖 2-16），累積雨量甚至多於北部、東部地區。總計 28 日至 29 日颱風影響期間，颱風於苗栗以南各縣市降下大豪雨，嘉義縣、臺南市、高雄市以及屏東縣等地區更降下超大豪雨，最高累積雨量發生在臺南市山上區山上站，達 765 毫米（如表 2-6）。在颱風警報解除後，康芮颱風外圍環流的西南風仍持續在臺灣中南部地區降下豪雨，30 日當日雨勢仍達到大豪雨等級。

B. 災情統計與勘災調查

災情統計

颱風於苗栗以南各縣市降下大豪雨，嘉義縣、臺南市、高雄市及屏東縣等地區更降下超大豪雨。颱風造成西半部地區嚴重淹水，中南部地區電信、電力系統受損，以及多處道路坍方、阿里山鐵路中斷，共計有 3 人死亡，累積撤離共 3,652 人，累積收容共 1,113 人，農損約 1.1 億元（消防署災害處置報告），其災情分布如圖 2-17 所示。

淹水災害發生在臺北、臺中、彰化、雲林、嘉義、臺南及高雄等地區，水利署調查結果顯示：以雲林地區淹水面積最大，約 7,890 公頃；其次為嘉義地區淹水面積約 5,780 公頃；第三為臺南地區，淹水面積約 3,310 公頃，其中新化區知義里新和庄發生 2.0 公尺之淹水深度；彰化地區淹水約 527 公頃，主要發生於大城鄉臺西村及溪港村約有 460 公頃，因地勢低窪淹水時間長達 36 ～ 48 小時；其他在基隆地區之基隆市仁愛區及暖暖區約有 143 公頃之淹水，高雄地區則於岡山區土庫排水系統約有 80 公頃，而臺中地區僅於沙鹿區之安良港及梧棲排水系統發生一些淹水災情，淹水面積約 51 公頃（資料來源：經濟部水利署）。坡地災情主要分布在嘉義縣，全台共計 65 處坡地災害和公路阻斷。台 1、台 3、台 18 及台 19 等級各地區縣道路，由於雨勢過大，部分路段因積淹水造成交通阻斷或預警性封閉（資料來源 : 農委會水保局、交通部公路總局）。

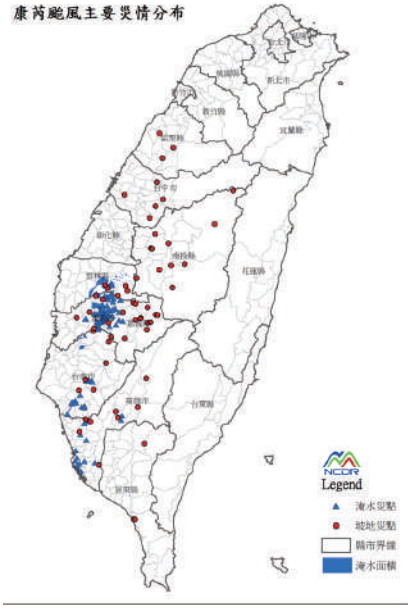


圖 2-17. 康芮颱風災情分布圖（紅色為坡地災害；藍色為淹水災害）

註 1. 資料來源：交通部公路總局、經濟部水利署、農委會水保局
2. 淹水點為民眾通報，該點不等於實際淹水面積

勘災調查

嘉義縣民雄鄉（新港沿海）

民雄鄉中坑雨量站在康芮颱風期間，降雨主要集中在 8 月 29 日清晨 4 時以後的 7 小時，共降下 490.5 毫米，其最大 1 小時降雨達 125 毫米（如表 2-7），已超過 10 年重現期雨量是水利署淹水一級警戒值的 2 倍，而最大累積 3 小時以及 6 小時雨量也都是水利署淹水一級警戒值的 2 倍及 3 倍，故發生嚴重淹水災害。

表 2-7. 嘉義縣大林鎮中坑雨量站警戒情形

雨量（毫米） \ 累積時間	1 小時	3 小時	6 小時
實際觀測雨量	125	297	456
水利署二級警戒	50	100	130
水利署一級警戒	60	110	150

嘉義縣民雄鄉東湖村建國路二段協志高職

康芮颱風挾帶的雨量造成嘉義民雄地區大範圍淹水，依據水利署統計資料，淹水面積約 1,801 公頃，淹水深度約 0.5-2.0 公尺，颱風期間民雄排水大部分渠段發生溢堤，而排水水位高漲致使內水排除不易，致災主因為部分地區排水整治尚未完成。圖 2-18 (a) 為協志高職校方提供災中照片。圖 2-18 (b) 為協志高職因淹水造成教學器材及設備等物品損失之堆置情形；原先校內已裝置檔水閘門，但淹水情況遠超過原先閘門裝置高度（90 公分）；此次淹水時間恰巧為學校開學日，由於受災嚴重，學校動員教職員生協助災後環境清理工作，無法順利開學上課。圖 2-18 (c) 為校內布告欄所在位置，其淹水深度約 1.5 公尺，校區內最高淹水深約 1.8-2.0 公尺。圖 2-18 (d) 為此區域下游排水口，緊鄰協志高職，該區域當時有工程施作。

(a)

(b)

(c)

(d)

圖 2-18. 嘉義縣民雄鄉協志高職現勘照片（照片拍攝日期：9 月 2 日）

照片來源：協志高職提供

（4）天兔颱風

A. 颱風歷程與天氣概述

天兔 (USAGI) 颱風，於 9 月 17 日在菲律賓東方海面生成並往西移動，18 日增強為中度颱風，19 日增強為強烈颱風，20 日上午發布陸上颱風警報，21 日暴風圈逐漸影響臺灣東半部及臺中以南陸地，21 日 17 時減弱為中度颱風並持續朝西北西方向前進（如圖 2-19），22 日暴風圈影響澎湖及金門地區而逐漸遠離臺灣本島（資料來源：中央氣象局）。

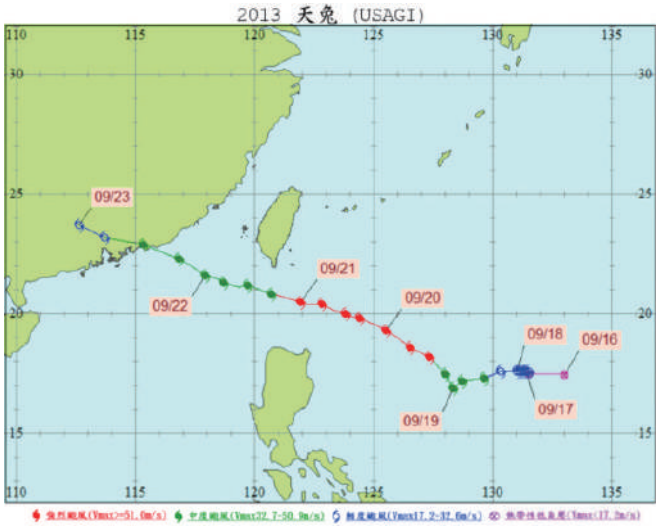
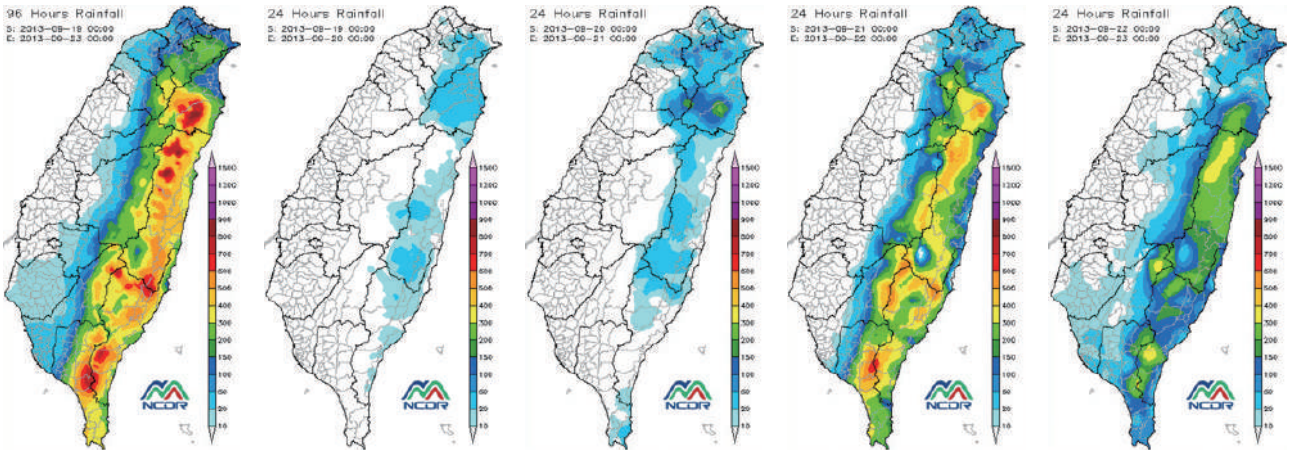


圖 2-19. 天兔颱風路徑圖
資料來源：中央氣象局

註 路徑圖上所標示的時間為世界標準時 (UTC)，每個標示點間隔為 6 小時，換算成臺灣時間需加 8 小時。



(a)96 小時累積雨量　(b)9 月 19 日累積降雨圖　(c)9 月 20 日累積降雨圖　(d)9 月 21 日累積降雨圖　(e)9 月 22 日累積降雨圖

圖 2-20. 天兔颱風 96 小時及每日降雨分布圖（9 月 19 日 -9 月 22 日）

表 2-8. 天兔颱風 9 月 19 日 -9 月 22 日總累積雨量排名前 10 名

序號	編號	測站名稱	縣市	鄉鎮	累積雨量（毫米）
1	C0T820	天祥	花蓮縣	秀林鄉	858.5
2	C1T980	龍澗	花蓮縣	秀林鄉	835.5
3	C0S750	向陽	臺東縣	海端鄉	801.0
4	C1S850	豐南	花蓮縣	富里鄉	776.5
5	C1R440	大漢山	屏東縣	春日鄉	772.5
6	C1T810	慈恩	花蓮縣	秀林鄉	710.0
7	C1U511	古魯	宜蘭縣	大同鄉	698.0
8	C1T800	洛韶	花蓮縣	秀林鄉	688.0
9	C1S660	下馬	臺東縣	海端鄉	662.5
10	C0U710	太平山	宜蘭縣	大同鄉	650.0

天兔颱風於 17 日在菲律賓東方海面生成並往西移動，18 日因颱風外圍的東北風影響，宜蘭、花蓮地區出現明顯雨勢，宜蘭縣古魯測站的累積雨量更達到大豪雨（200 毫米）等級。19 日恰逢中秋節，此時颱風外圍環流開始影響臺灣，北部、東半部地區雲量較多，並有間歇性降雨，該地區民眾只可在雲層散開時賞月。天兔颱風於 19 日當晚增強為強烈颱風，稍晚中央氣象局也對其陸續發布了海上、陸上颱風警報。天兔颱風通過臺灣南方海面，雖未直接登陸，但在東半部縣市與高屏地區降下超

大豪雨，而嘉義縣、臺中市以及南投縣等地亦降下大豪雨。東半部宜蘭縣、花蓮縣、臺東縣、高雄市以及屏東縣降下超大豪雨，分析颱風降雨主要發生在 20、21 及 22 三日，其中又以 21 日降雨最為嚴重，東部山區日降雨量達 400 毫米以上；部分地區達到 500 毫米（如圖 2-20）。警報期間（19 日至 22 日），整場事件最大累積降雨發生在花蓮縣的天祥測站，達 858.5 毫米（如表 2-8）。

B. 災情統計與勘災調查

災情統計

天兔颱風造成屏東及臺東低窪地區局部淹水、停水、電力以及電信中斷，花蓮、桃園、新竹及高雄市亦有部分地區電信電力系統受損，以及部分道路坍方，共計有 12 人受傷，累積撤離共 4,554 人，累積收容共 1,350 人（消防署災害處置報告），其災情分布如圖 2-21 所示。主要淹水災情在臺東與屏東；坡地災害分布則在宜蘭、花蓮、高雄以及南投山區。

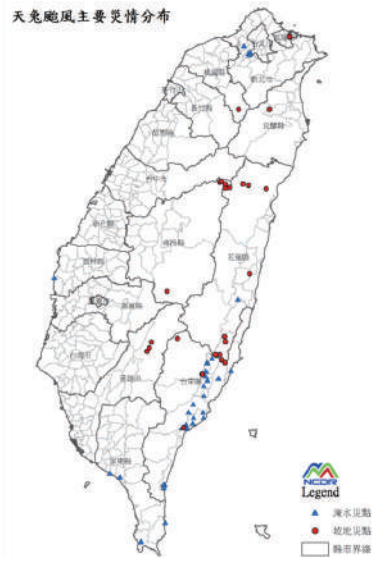


圖 2-21. 天兔颱風災情分布圖（紅色為坡地災害；藍色為淹水災害）
資料來源：交通部公路總局、經濟部水利署、農委會水保局

圖 2-22. 台東縣知本溫泉路 408 巷受災空間示意圖

勘災調查

知本溪溢堤溫泉路 408 巷淹水

依據水利署水利規劃試驗所資料顯示：21 日晚間 9-10 點因天兔颱風於知本溪流域降下豪雨，造成知本溪水位暴漲，致洪水挾帶大量土砂由知本溪左岸水利會知本圳進水口溢淹，造成該區域民宅淹水約 40 戶，疏散災民約 44 人，淹水深度約 0.1 至 2 公尺，淹水面積約 2.4 公頃。

該處不僅淹水，而且大量洪水夾帶土砂沿著知本溪，從知本圳進水口處溢淹，土砂沿溫泉路 408 巷漫流淤積於兩旁民宅。從 2009 年莫拉克颱風後的衛星影像，可以看到原知本圳前還有一塊河岸土地（如圖 2-22），對於溫泉路 408 巷是個天然屏障，但是在這次洪災之後被夷平了，導致洪水、土砂溢堤淤積於溫泉路 408 巷兩旁。同時，此區域地勢低窪，低於旁邊的主要公路—溫泉路（溫泉橋）橋台（如圖 2-23），進來的洪水土砂無處宣洩，全部堆積在這地方（如圖 2-24）。

知本雨量站紀錄

臺東地區主要降雨發生在 9 月 21 日，依據臺東知本雨量站降雨歷線顯示（如圖 2-25），當日降雨主要發生在 20 時左右，在此之前時雨量都小於 20 毫米以下，20 時以後到 24 時雨量持續增加至 46.5 毫米，最大累積 3 小時雨量 113 毫米，最大累積 6 小時雨量 166 毫米，之後這波雨勢隨即趨緩，9 月 21 總累積雨量達 305 毫米。

知本溪水位紀錄

知本溪之知本 (3) 水位站，位於臺東縣卑南鄉溫泉橋，一級警戒水位 55 公尺，堤頂高程 56 公尺。天兔颱風期間，該站水位歷線如圖 2-25 所示，水位於 9 月 21 日中午過後快速上升超過一級警戒，於 16:50 時測得水位為 55.95 公尺，其後即無記錄，直至 9 月 22 日 08:10 時才恢復測得 56 公尺，其間水位應已超過堤頂高程發生溢堤，之後水位逐漸下降，於 09 月 23 日 4 時降至一級警戒以下。比較降雨、水位時間差，天兔颱風降雨在知本雨量站 20 時過後雨量加劇，然而水位站紀錄在下午即越過一級警戒，顯示上游山區降雨時序比知本雨量站更早。

圖 2-23. 溢堤處災後照片（拍攝日期：9 月 24 日）

圖 2-24. 台東縣知本溫泉路 408 巷災情分布示意圖（照片拍攝日期：9 月 24 日）

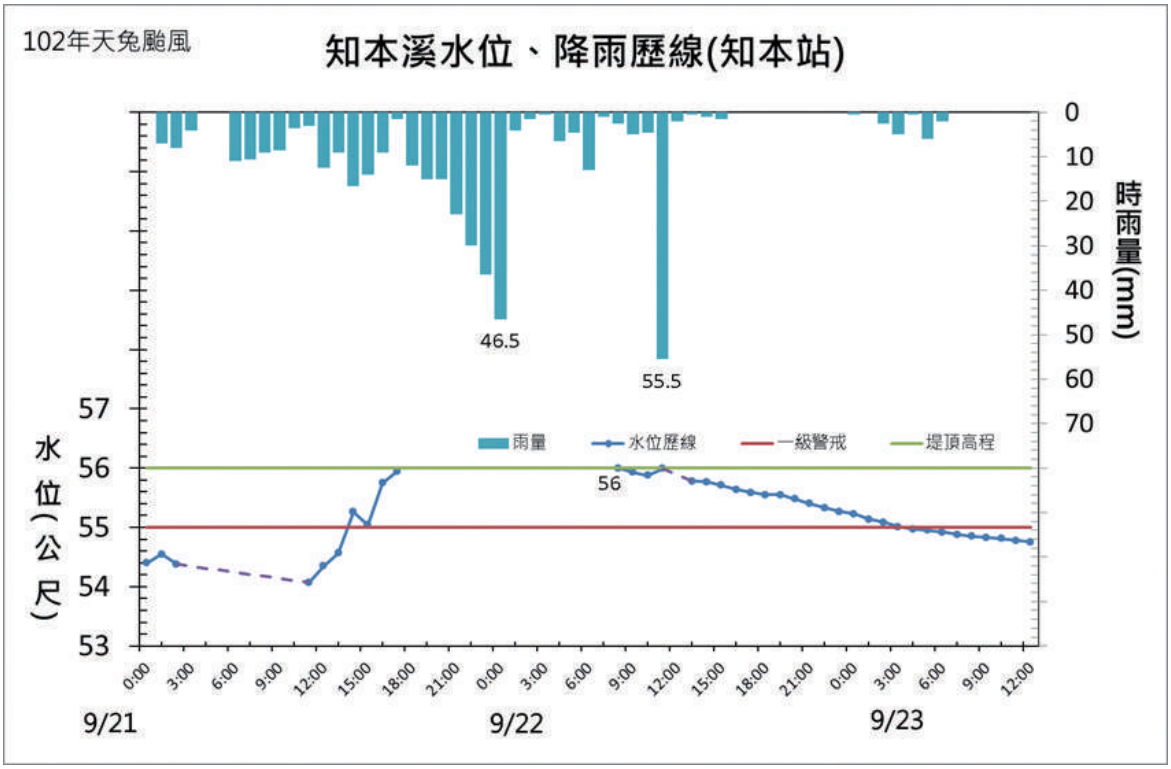


圖 2-25. 臺東知本站降雨、水位紀錄（天兔颱風）

資料來源：中央氣象局、經濟部水利署

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報　第 101 期，2013 年 12 月出刊

結論

2013 年西北太平洋海域共生成 31 個颱風，其中有 6 個颱風對臺灣造成影響，此次國家災害防救科技中心針對蘇力颱風、潭美颱風、康芮颱風和天兔颱風進行現地勘查並分析致災原因，可初步歸納結論與建議如下：

1. 強降雨超過防洪設計標準

氣候異常使得強降雨發生頻率變高，本次致災大數原因皆為強降雨超過水警戒值與排洪設計標準，防洪設計標準已無法承受現今強降雨量，建議儘速檢討各重要防洪設施之設計標準配套方式，藉由工程或非工程方法補強不足之處。

2. 加倍河道與區域排水系統清淤工作

山區降雨已將許多上游集水區之土砂沖蝕進入河道或區域排水系統中，使得河道通水斷面積縮小，再者河川因雜草叢生致阻塞抬高水位，造成周邊地區中小型排水困難，建議汛期前確實做好河道疏濬清淤工作，以防止下次豪雨或颱風侵襲期間造成更大損失。

3. 整體規劃區域防洪設施

地區防洪設施屬不同時段規劃設計，建議排水系統應有一致性規劃設計，使洪水可順利排除，尤其避免防洪設施銜接不一致所造成的災害影響。

4. 加強高致災及防汛缺口安檢措施

由於公共設施工程興建時，導致因防汛缺口造成生命財產損失。故應加強防洪督導查核工作，建立安檢機制並強化監控設備，以防止類似情形發生。

5. 河口漲潮及暴潮溢淹影響

近期國內外因暴潮溢淹的災害事件頻傳，臺灣四面環海應對海岸溢淹加強災害情境模擬，並納入離島、海域可能發生災害類型，建立海岸防災計畫，降低颱風造成暴潮溢淹的災害衝擊影響。

世界災害趨勢
台灣不能無感

分析近 20 年全球重大天然災害，
讓台灣不自外於防災的一環。

特別企劃 近 20 年全球重大天然災害特性分析

為瞭解歷史災害發生特性，本特別企劃利用國際緊急災害資料庫 EM-DAT，蒐整災害事件從 1900 年至 2012 年，其內容包含：天然災害、科技災害、病理災害等。中心擷取天然災害類型資料，探討颱風、颶風、洪水、崩塌、乾旱、火山爆發、極端氣候、野火、地震和海嘯等災害類型，從 1900 至 2012 年共 11,311 筆；從圖 S-1 可以得知，1900 年至 1975 年左右全球災害事件數，約在 100 件以下，推論這段期間可能資訊不發達、國際間災害事件紀錄與傳遞不完整，使得災害統計數量未必反映實際災情；自 1980 年後災害事件逐漸增多，在 2005 年天然災害發生次數最高共 443 件。

1900~2012 年天然災害統計

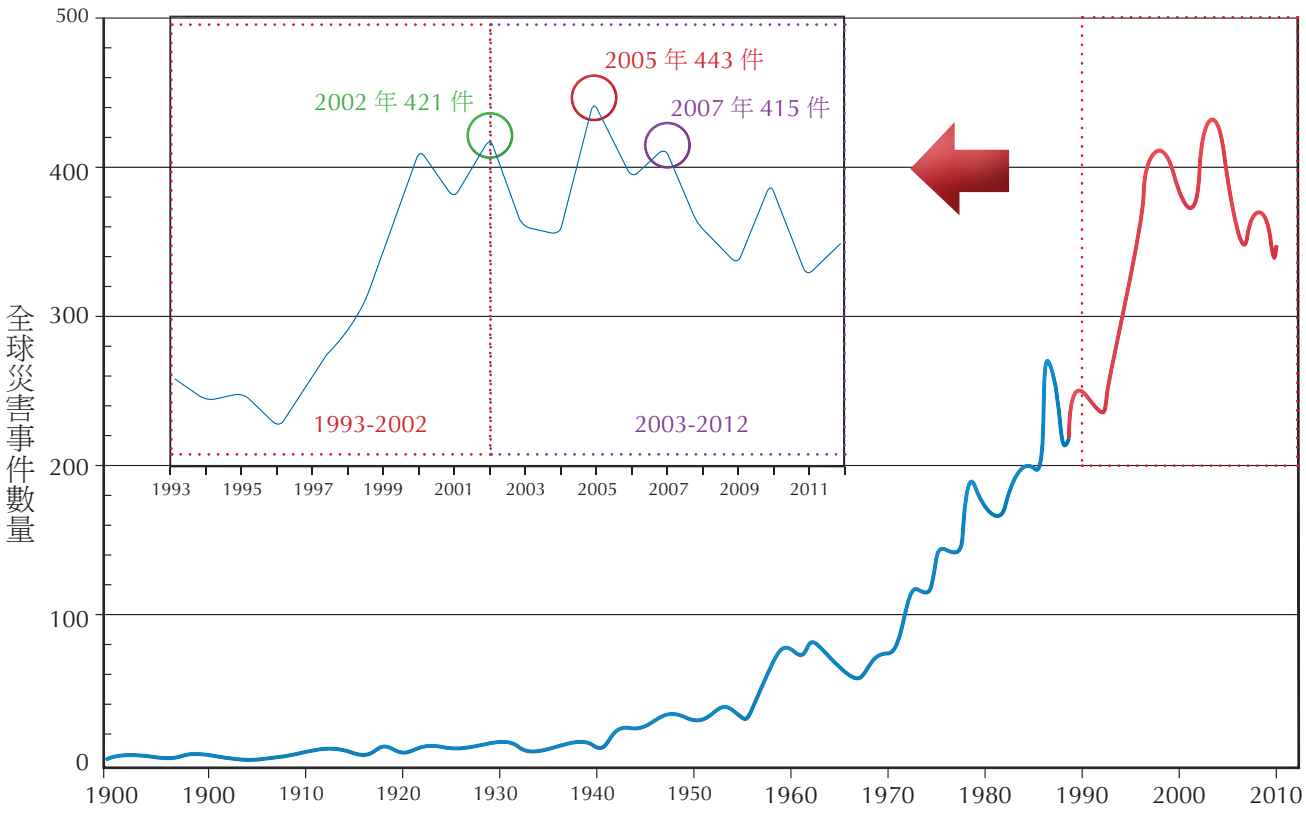


圖 S-1. 1900~2012 年天然災害趨勢圖

資料來源：EM-DAT

分析近 20 年 (1993~2012)，災害平均每年約 340 件左右，前 10 年平均 308 件，後 10 年平均 373 件，高於前 10 年。另外，從各災害發生類型來看，洪災 (Flood) 仍是這 20 年中最主要的災害，其次為風暴 (Storm) 造成的災害類型（圖 S-2）；探究這 20 年發生之最，洪災在 2006 年發生次數最多，風暴形成造成災害最多是在 2005 年，2012 年是極端氣溫紀錄最多的一年（圖 S-3）。而地震災害部分，根據 USGS 資料顯示 2001 年至 2012 年地震災害事件發生次數，發生地震規模 5 以上地震次數以 2011 年最多（圖 S-4）。

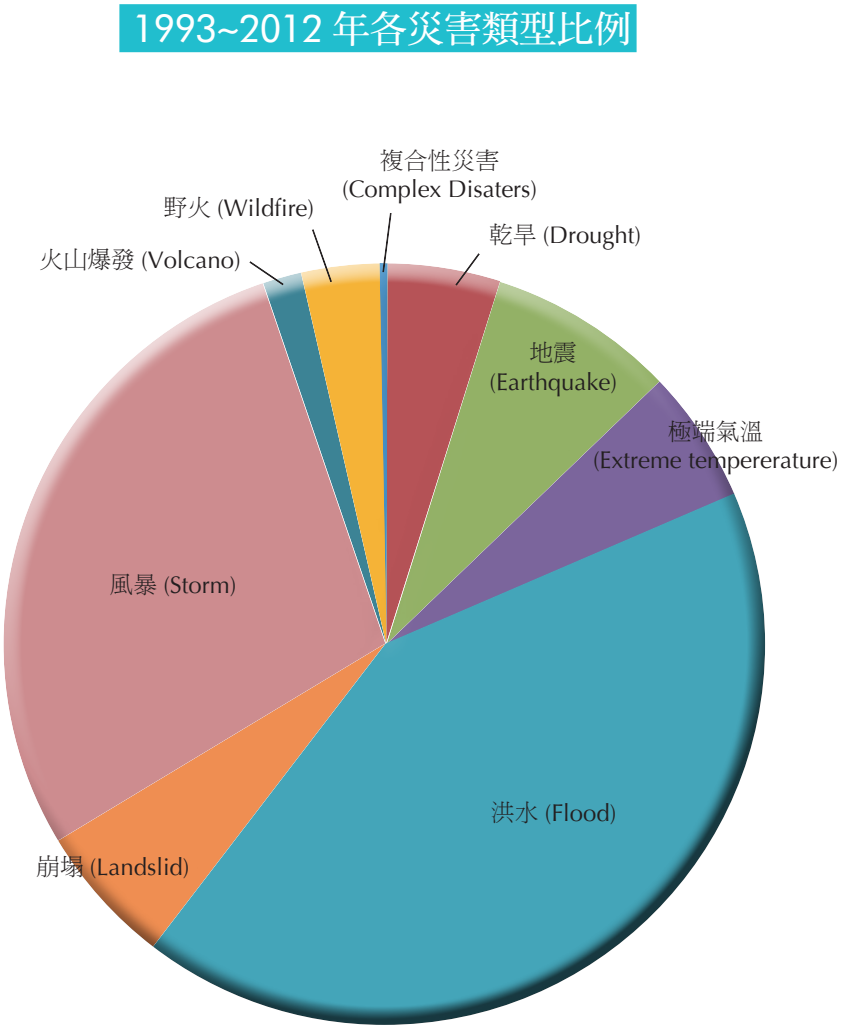


圖 S-2. 1993 年 ~2012 年各災害類型比例

資料來源：EM-DAT

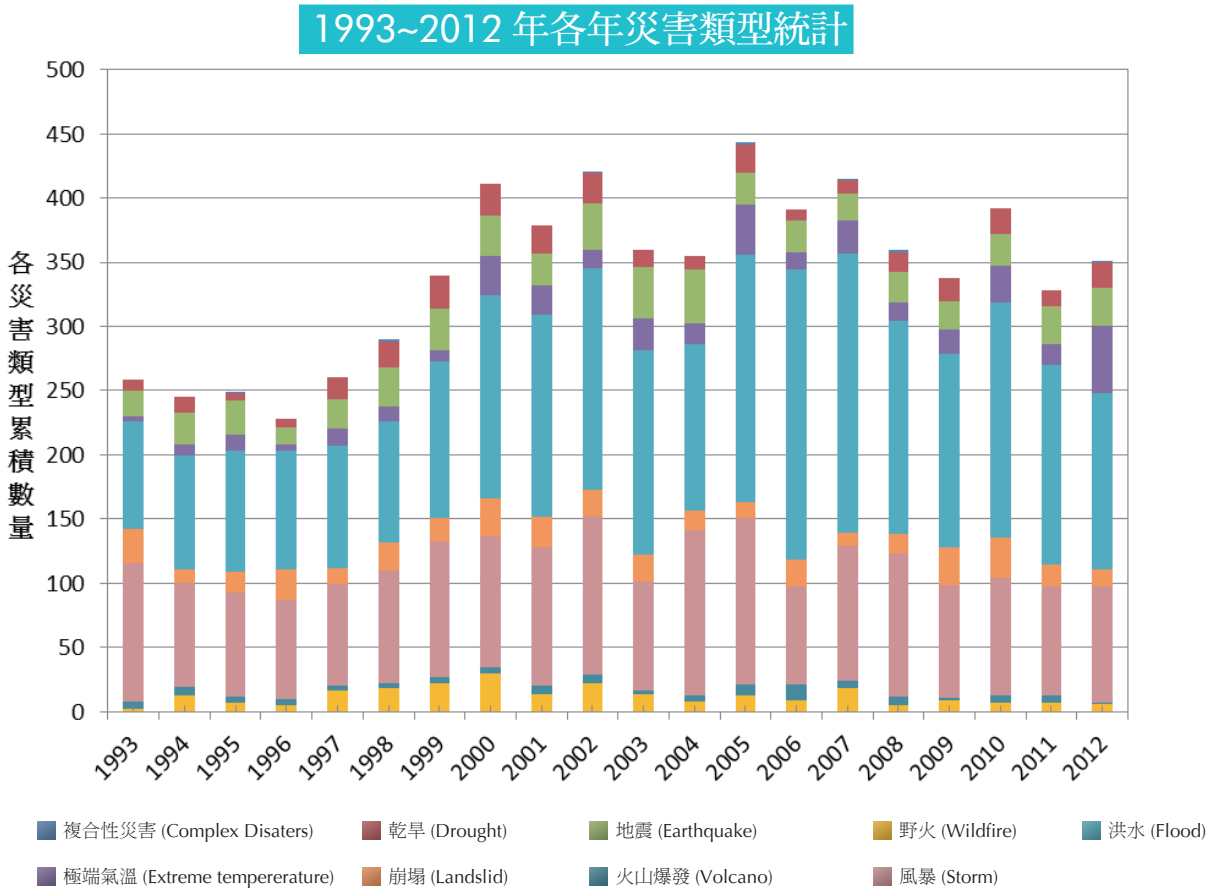


圖 S-3. 1993 年 ~2012 年各年災害類型統計圖

資料來源：EM-DAT

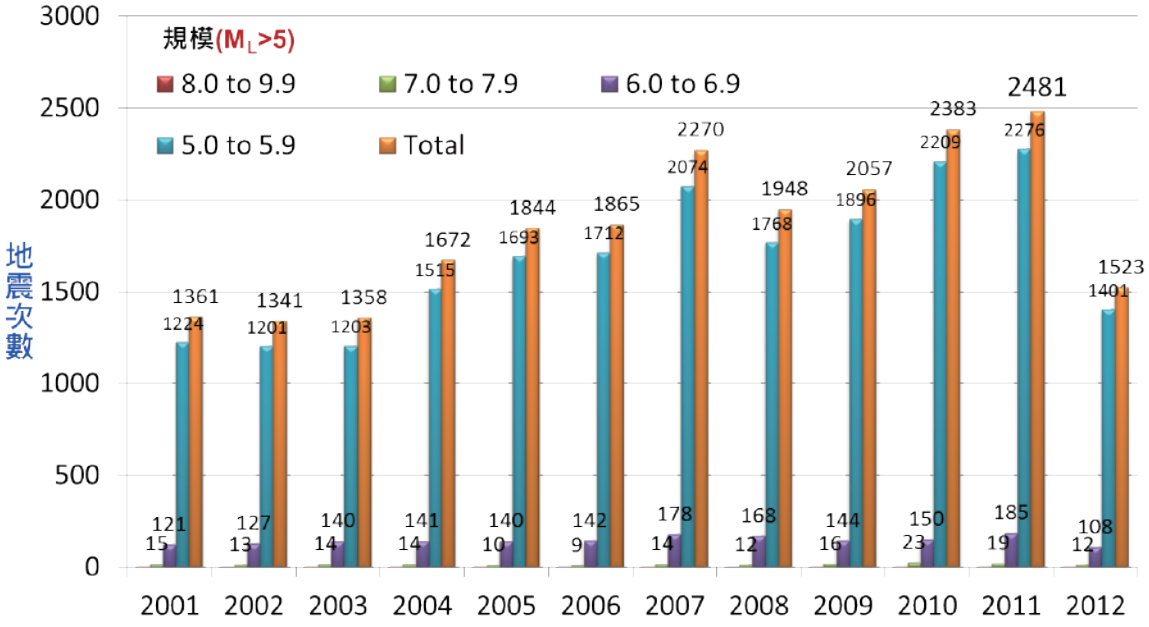


圖 S-4. 2001 年至 2012 年地震災害事件發生次數統計

資料來源：USGS

為了瞭解各項災害之最，透過「死亡人數」、「受影響人數」及「損失金額」等之統計，分析天然災害衝擊。將近 20 年災害事件依死亡人數、受影響人數、經濟損失三類排序，並依序取得前 20 大災害事件，針對此三類災害類型統計分布探討。

天然災害造成人員死亡總計 105 萬人，以地震災害（包含海嘯）佔據最高，達 68%（圖 S-5；S-6），因颱、颶風、洪水及坡地災害造成的死亡占第二，達 19%， 13% 為極端氣溫—熱浪造成人員死亡。

天然災害受影響，總人數約 21 億人，其中颱、颶風、洪水及坡地災害影響人數最多，佔據 67% 約 14 億人數；其次為乾旱災害佔據 28%，約 5.8 億人，剩餘 3% 受到極端氣溫熱浪。

天然災害造成經濟損失部分，總累計約 9,100 億美元，其中地震災害佔 57%，另外 39% 為颱、颶風、洪水及坡地災害損失，剩餘 4% 分別為乾旱與極端氣溫 - 熱浪災害類別各半。

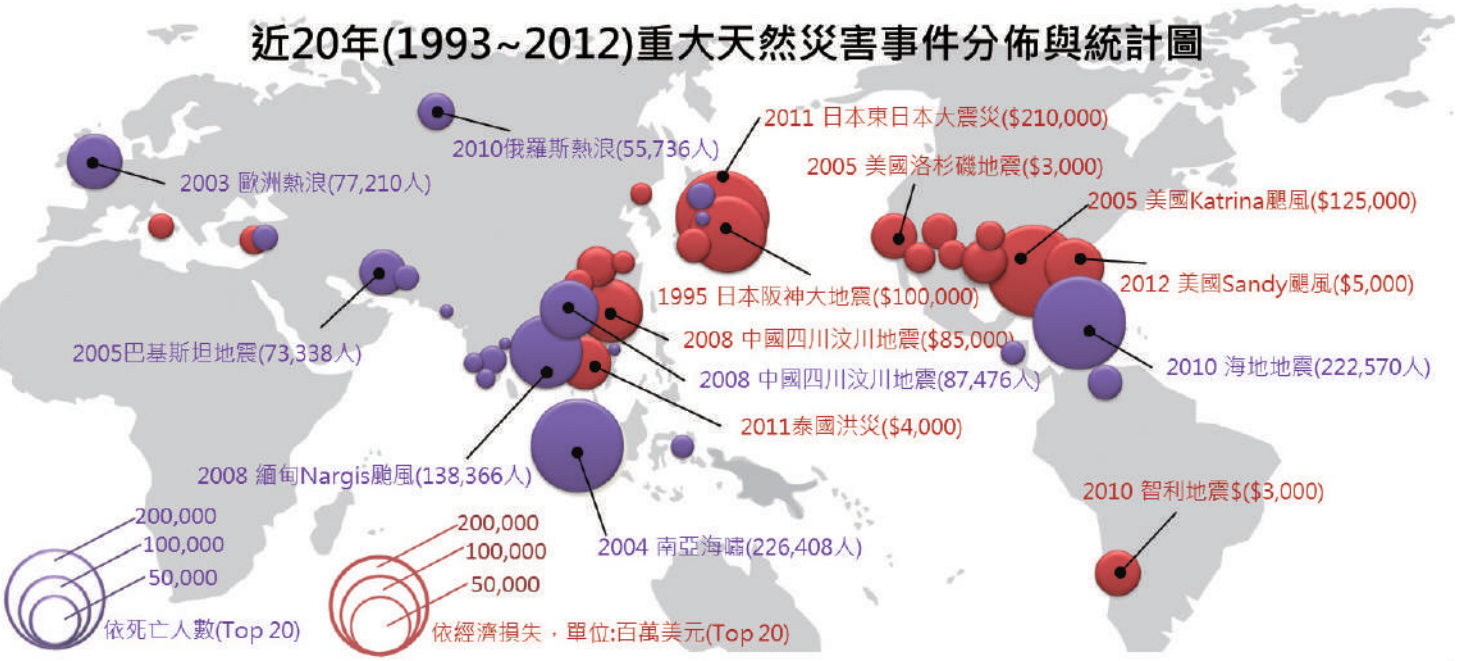
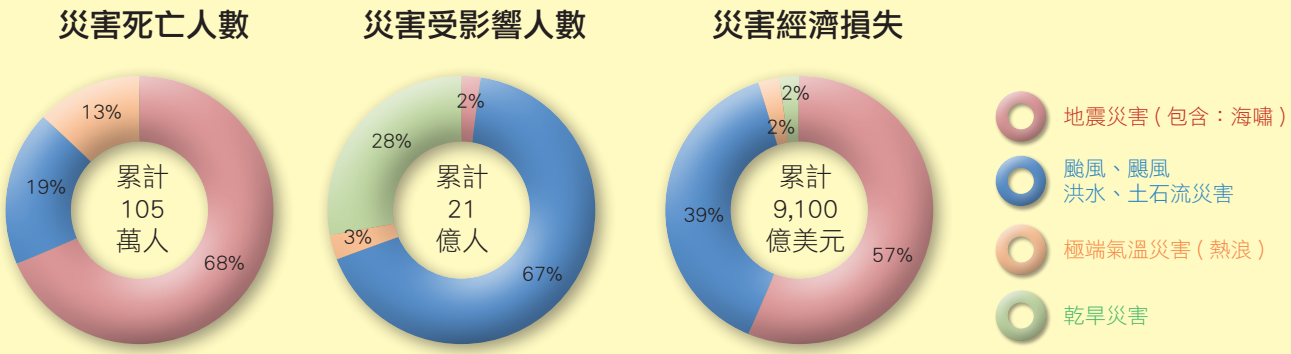


圖 S-5. 近 20 年重大天然災害事件分布



註

1. 資料來源：EM-DAT。國家災害防救科技中心繪製。
2. 統計災害類別：颱風、颶風、洪水、崩塌、乾旱、極端氣溫、火山爆發、野火、地震和海嘯等災害類型。

圖 S-6. 近 20 年重大天然災害事件統計圖

表 S-1 為近 20 年天然災害事件中，依據死亡人數排序的前 20 大事件。因天然災害造成人員死亡的災害事件，以 2004 年南亞地震（又稱 2004 年印度洋大地震）引發海嘯最為嚴重，共計超過 10 個國家受到衝擊（圖 S-7），計有 226,408 人死亡，超過 240 萬人受影響（如表 S-2 顯示）。其二為 2010 年海地地震造成 22 萬餘人喪生；第三則事件為 2008 年緬甸納吉斯颱風 (Nargis)，其路徑由西向東沿海岸線前進（圖 S-8），在海岸地區引起暴潮，河口地區為低窪且人口活動密集，造成約 14 萬人失去生命。

表 S-1. 近 20 年以死亡人數排序之 20 大天然災害事件

排序	年份	國家	災害類型	死亡人數
1	2004	南亞	地震	226,408
2	2010	海地	地震	222,570
3	2008	緬甸	颱洪 (Nargis)	138,366
4	2008	大陸	地震（汶川）	87,476
5	2003	歐洲	極端氣溫 - 熱浪	77,210
6	2005	巴基斯坦	地震	73,338
7	2010	俄羅斯	極端氣溫 - 熱浪	55,736
8	1999	委內瑞拉	颱洪	30,000
9	2003	伊朗	地震	26,796
10	2001	印度	地震	20,005
11	2011	日本	地震（東日本大震災）	19,846
12	1999	土耳其	地震	17,127
13	1998	宏都拉斯	颱洪	14,600
14	1999	印度	颱洪	9,843
15	1993	印度	地震	9,748
16	2006	印尼	地震	5,778
17	1995	日本	地震	5,297
18	1998	阿富汗	地震	4,700
19	2007	孟加拉	颱洪	4,234
20	1997	越南	颱洪	3,682

表 S-2. 2004 年南亞海嘯事件統計（依死亡人數排序）

	國家	死亡人數	影響人數
1	印尼	165,708	532,898
2	斯里蘭卡	35,399	1,019,306
3	印度	16,389	654,512
4	泰國	8,345	67,007
5	索馬利亞	298	105,083
6	馬爾地夫	102	27,214
7	馬來西亞	80	5,063
8	緬甸	71	15,700
9	坦尚尼亞	10	-
10	塞席爾	3	4,830
總計		226,405	大於 240 萬人

圖 S-7. 2004 年印度洋大地震直接影響的國家

資料來源：維基百科

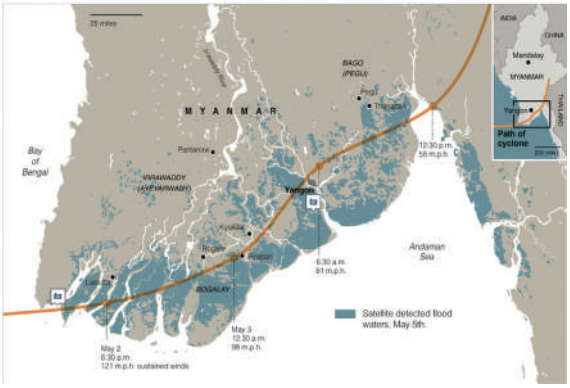


圖 S-8. 緬甸納吉斯颱風路徑圖及淹水地區

資料來源：紐約時報（2008/05/08）

這 20 年來因天然災害死亡排序之前三事件，皆超過幾十萬人喪生。排序第四為 2008 年大陸四川汶川地震，依據美國 USGS 資料顯示，地震規模達 Mw7.9，深度僅 19 公里（圖 S-9）。排序第五為 2003 年歐洲熱浪事件，歐洲熱浪共計 15 國家受到影響，主要影響國家包括 : 義大利、法國、西班牙、葡萄牙、比利時、瑞士、荷蘭、克羅埃西亞及捷克等，共造成 77,210 人死亡，其中義大利、法國和西班牙死亡人數達萬人以上。

近 20 年遭到天然災害衝擊，受影響人數最多的國家，為印度和大陸（表 S-3），而這二個國家共通點在於人數多、人口密度高，災害侵襲或影響人數相對來得多。近 20 年中 20 大災害事件，每一災害事件影響人數皆超過 4 千萬人到達 3 億人之間。在這 20 年中，重大天然災害影響人數則以颱洪災害影響最大，約 28 億人之多，其次為乾旱大約為 5 億人之多。

最後以天然災害損失排序，2011 年東日本大地震引發海嘯等複合型災害造成損失最高（表 S-4），共計 2,100 億美元損失，排序第二為 2005 年美國卡翠娜颶風 (Katrina) 造成紐奧良市堤防破堤，80% 地區淹水（圖 S-10），造成 1,250 億美元損失，是大西洋颶風有史以來損失最嚴重的災害事件；排序第三為 1995 年日本阪神大地震，因地震造成的損害約 850 億美元，排序前三大經濟損失的災害事件皆發生在已開發國家。另外將過去 20 年經濟損失進行統計，並依據災害類型與國家分類。依據災害類型分類（如圖 S-11 所示）：地震

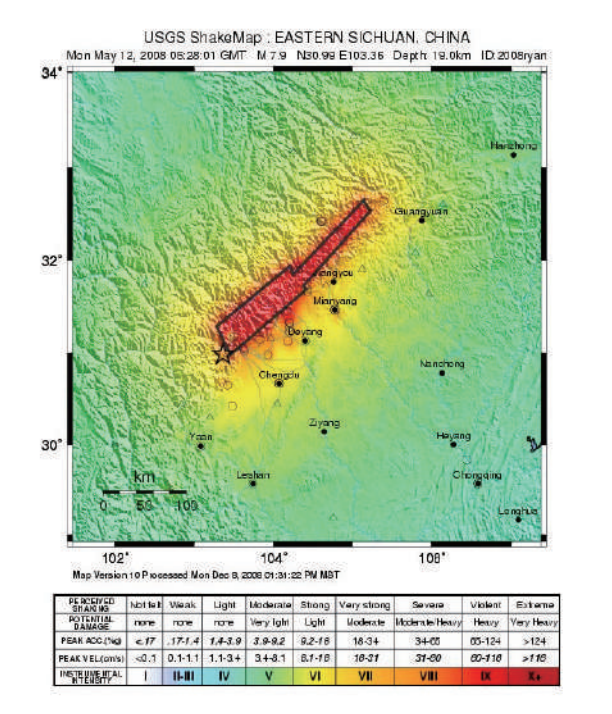


圖 S-9. 大陸汶川地震之震度分佈圖

資料來源：USGS

表 S-3. 近 20 年以影響人數排序之 20 大天然災害事件

排序	年份	國家	災害類型	影響人數
1	2002	印度	乾旱	300,000,000
2	1998	大陸	颱洪	238,973,000
3	1996	大陸	颱洪	154,634,000
4	2003	大陸	颱洪	150,146,000
5	2010	大陸	颱洪	134,000,000
6	1993	印度	颱洪	128,000,000
7	1995	大陸	颱洪	114,470,249
8	2007	大陸	颱洪	105,004,000
9	1999	大陸	颱洪	101,024,000
10	2002	大陸	颱洪	100,000,000
11	1994	大陸	乾旱	82,000,000
12	2002	大陸	颱洪	80,035,257
13	1994	大陸	颱洪	78,974,400
14	2008	大陸	極端氣溫 - 雪災	77,000,000
15	2011	大陸	颱洪	67,900,000
16	2002	大陸	乾旱	60,000,000
17	2009	大陸	乾旱	60,000,000
18	2000	印度	乾旱	50,000,000
19	2003	大陸	乾旱	48,000,000
20	2008	大陸	地震（汶川）	45,976,596

災害造成的經濟損失最多，共有 8 起事件，超過 5000 億美元；颱洪事件共有 10 起，約 3580 億美元。另外，乾旱、極端溫地事件皆有 1 起，損失金額大約 200 億美元。

依據國家分類 (如圖 S-12 所示) ：日本的 3 起事件造成 3580 億美元最為嚴重，其次為 8 起事件的美國，共計 3050 億美元損失，第三為中國，4 起事件損失超過 1500 億美元，至於其他 5 個國家各自 1 起事件，損失金額約 1200 億美元。從災害事件與國家分析結果發現，地震災害為主要損失的災害類別，而經濟損失最嚴重的國家為日本，分別是因為 2011 年東日本大地震、1995 年阪神大地震與 2004 年新潟地震災害所造成。

表 S-4. 近 20 年以經濟損失排序之前 20 大天然災害事件

排序	年份	國家	災害類型	經濟損失（百萬美元）
1	2011	日本	地震（東日本大震災）	210,000
2	2005	美國	颱洪 (Katrina)	125,000
3	1995	日本	地震（阪神）	100,000
4	2008	大陸	地震（汶川）	85,000
5	2012	美國	颱洪（Sandy）	50,000
6	2011	泰國	洪災（曼谷）	40,000
7	1994	美國	地震（洛杉磯）	30,000
8	2010	智利	地震	30,000
9	1998	大陸	颱洪	30,000
10	2008	美國	颱洪	30,000
11	2004	日本	地震（新瀉）	28,000
12	2008	大陸	極端氣溫 - 雪災	21,100
13	1999	土耳其	地震	20,000
14	2012	美國	乾旱	20,000
15	2004	美國	颱洪	18,000
16	2010	大陸	颱洪	18,000
17	2004	美國	颱洪	16,000
18	2005	美國	颱洪	16,000
19	2012	義大利	地震	15,800
20	1995	北韓	颱洪	15,000

圖 S-10. 美國卡翠娜颶風災因位置圖

資料來源：美國卡崔娜颶風 (Katrina) 災害事件初步分析報告（國家災害防救科技中心，2005）

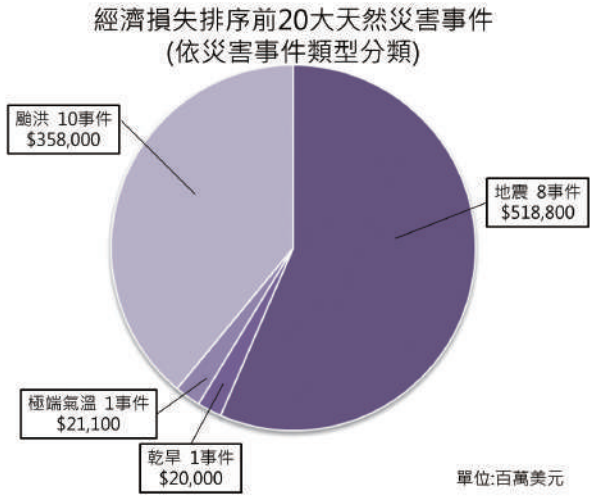


圖 S-11. 依災害事件類型分類統計經濟損失

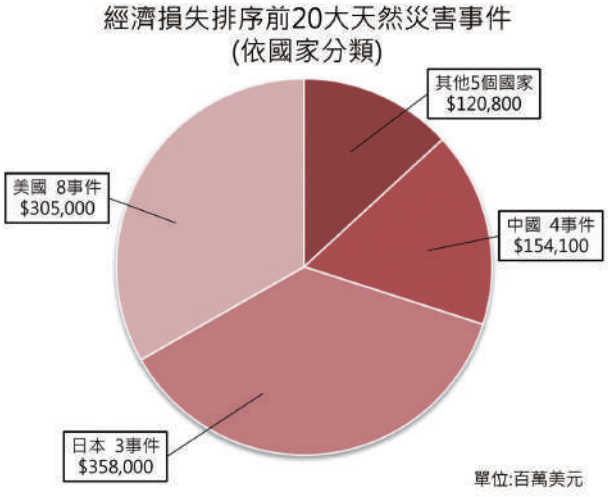
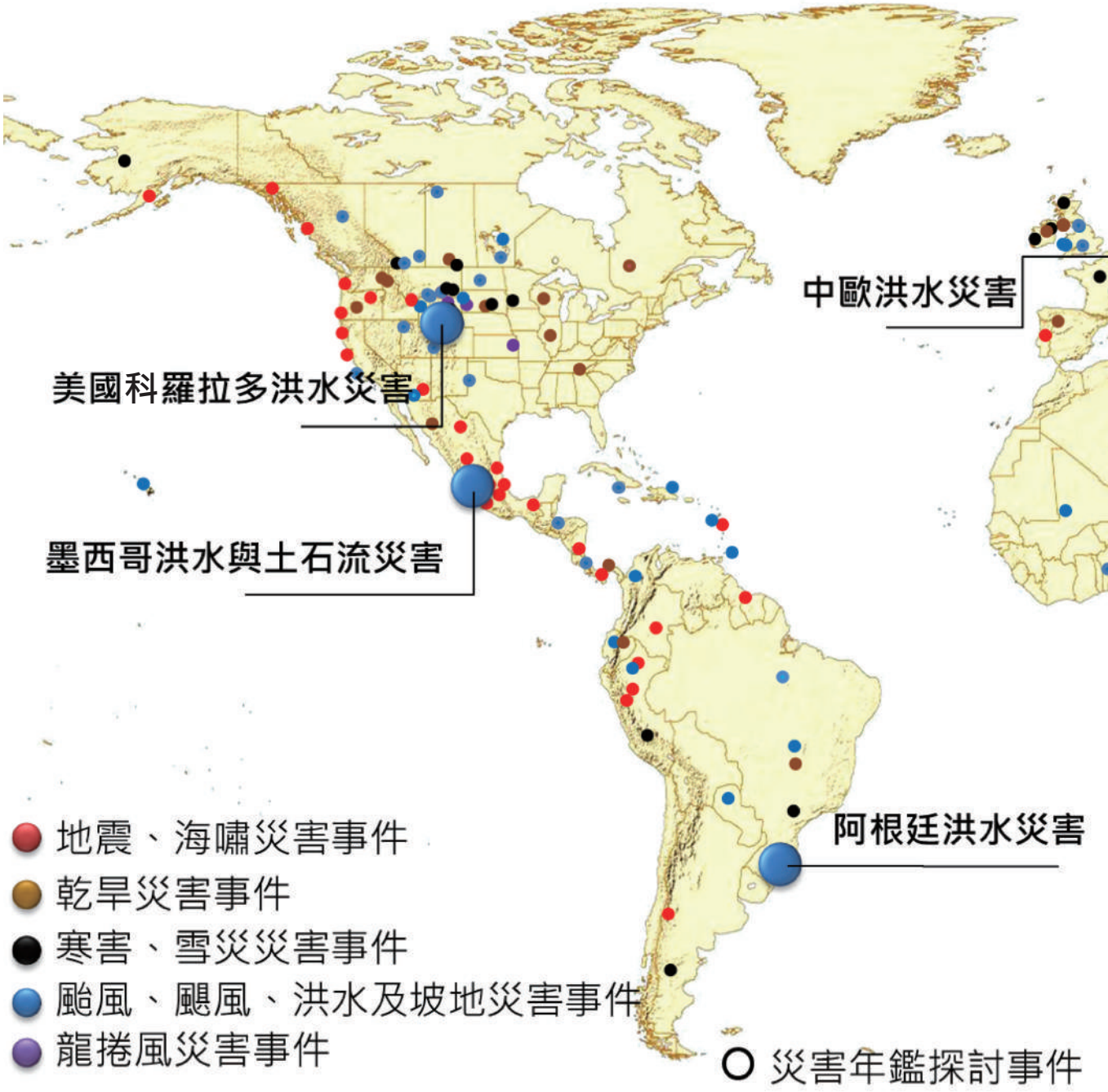
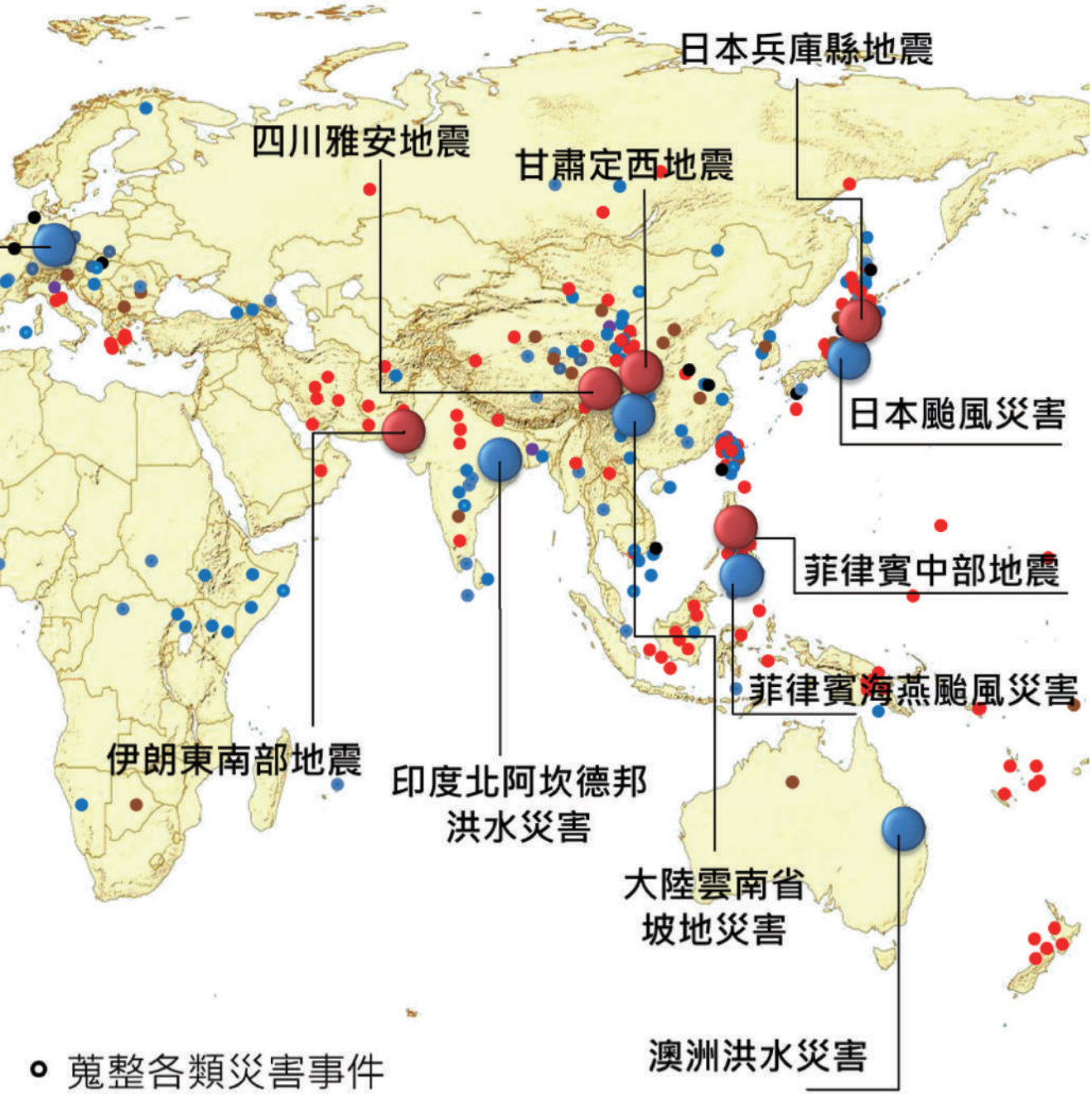


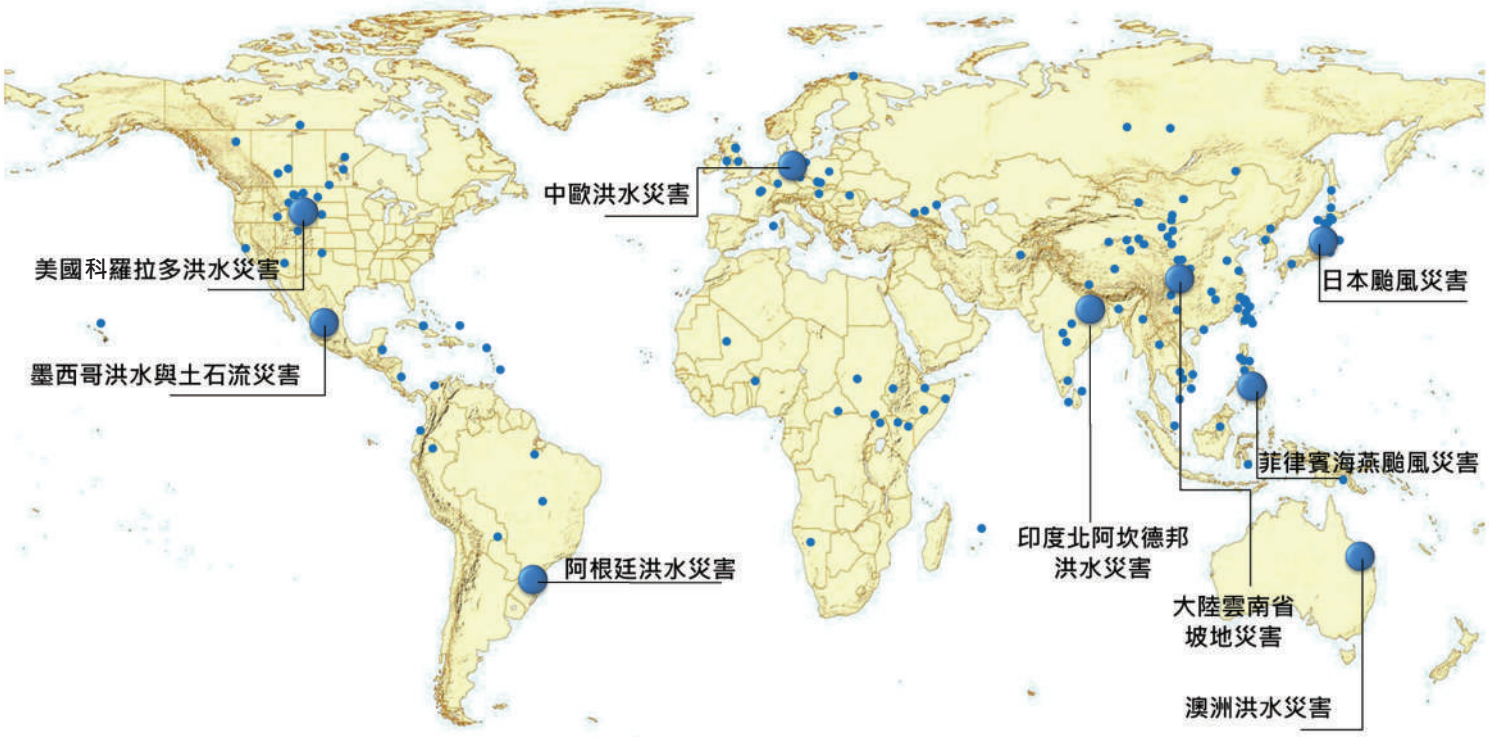
圖 S-12. 依國家類型分類統計經濟損失

國際災害分佈


中歐洪水災害
美國科羅拉多洪水災害
墨西哥洪水與土石流災害
阿根廷洪水災害
地震、海嘯災害事件
乾旱災害事件
寒害、雪災災害事件
颱風、颶風、洪水及坡地災害事件
龍捲風災害事件
災害年鑑探討事件


日本兵庫縣地震
四川雅安地震
甘肅定西地震
日本颱風災害
菲律賓中部地震
菲律賓海燕颱風災害
伊朗東南部地震
印度北阿坎德邦
洪水災害
大陸雲南省
坡地災害
澳洲洪水災害
蒐整各類災害事件

世界颱洪事件——教你防患未來



第參篇 國際颱風、颶風、洪水與坡地災害

照片 3-1. 居民觀看布里斯本河 (Brisbane river) 河水位高漲，漫淹低窪地區

照片來源：歐新社

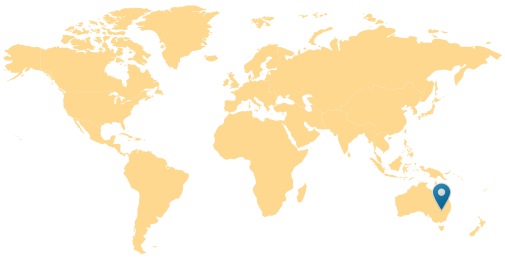
3-1 · 澳洲洪水災害

地理環境

澳大利亞（澳洲）地處南半球，四季時序適與北半球相反（春季 9 至 11 月，夏季 12 至 2 月，秋季 3 至 5 月，冬季 6 至 8 月）。全澳可分為兩個氣候區，北方屬熱帶，如達爾文年均溫約為 25-33℃；南方各大城屬溫帶，如雪梨年均溫約為 13-21℃、墨爾本年均溫約 10-20℃，但介於雪梨與墨爾本間之首都坎培拉市，則因地勢較高又稍近內地，冬季早晚溫度可低達零下 7 至 8℃，情形較為特殊。降雨量方面，沿海地區因受海風之賜，雨量豐沛；內陸則受地型及氣候影響，雨量甚少，多屬不毛之地。澳洲之降雨線類似同心圓，愈往外圍雨量愈多，愈往內地雨量愈少。

災害概述

2013 年 1 月下旬，澳洲東北部昆士蘭州受到熱帶



氣旋「奧斯華」(Oswald) 的影響，遭遇嚴重洪水侵襲，至 2 月 4 日總計造成 6 人死亡，包括 1 名台灣青年，當地報導指出約有 3,000 棟房屋遭淹沒，60,000 戶家庭發生停電。本次災情規模較 2011 年事件小（註 1）。

本次最嚴重的災情，發生在昆士蘭州首府布里斯本 (Brisbane) 北方的班達伯格 (Bundaberg)，流經當地的伯內特河 (Burnett River)1 月 27 日發生潰堤，大量洪水挾帶泥濘湧入城鎮內，所幸當局事前已發出撤離命令。伯內特河 29 日洪峰高度超過 10 公尺，已接近當地的歷史紀錄 12 公尺。

註 1 2011 澳洲大水災當時昆士蘭州有超過 3/4 面積遭洪水侵襲，35 人死亡，30,000 棟房屋遭淹沒，200,000 人受到影響，另外，過去歷史比較請參閱 2012 年災害紀實。

昆士蘭州其他的重災區，還包括：格拉斯頓 (Gladstone)、馬利堡 (Maryborough)、金皮 (Gympie) 等城鎮，房屋浸泡水中，對外聯繫中斷。29 日開始，東南部的新南威爾斯州 (New South Wales) 也面臨水患威脅。主要淹水區域在昆士蘭州東邊沿海及新南威爾斯州東北邊（圖 3-1），衛星影像顯示至 2 月 4 日時洪水尚未完全退去（圖 3-2）

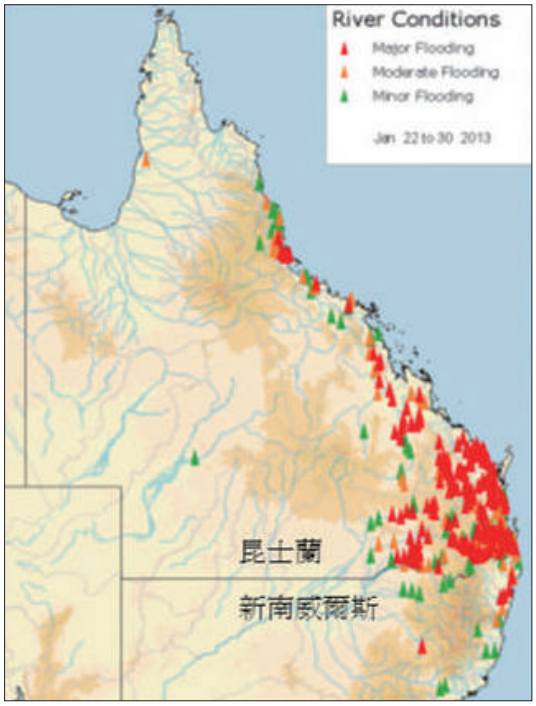
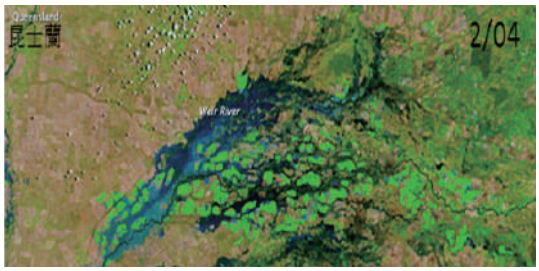
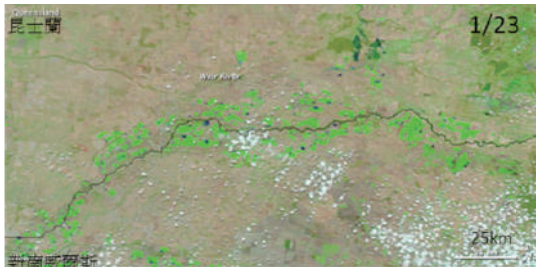


圖 3-1. 2013 年澳洲水災淹水區域



A ：淹水後的衛星影像，深藍色為水體，即洪災影響範圍



B ：淹水前的衛星影像

圖 3-2. 淹水前後衛星影像
資料來源：NASA

氣象水文分析

熱帶氣旋奧斯華於 1 月 21 日在澳洲北邊的海灣生成，並在當日登陸約克角半島，其強度為 CAT1 級颶風。奧斯華登陸後迅速減弱為熱帶低壓，在 22 日至 28 日受到東方的高壓阻擋，熱帶低壓在澳洲內陸沿著東部海岸緩慢前進，並於 29 日出海（圖 3-3）。

主要降雨區域包括約克角半島熱帶氣旋登陸區及昆士蘭州東邊，其中 1 月 22 日至 29 日的最大累積降雨，發生在布利斯本南方的 Upper Springbrook 達 1,426 毫米 (如圖 3-4 顯示)，最大日雨量發生在 1 月 28 日同一個測站，單日累積雨量高達 744 毫米，並有多個測站雨量破紀錄的豪雨。造成澳洲東邊沿海劇烈降雨的主要原因，是熱帶低壓在此區域移動緩慢，並不斷有來自東方珊瑚海的水氣補充，使得劇烈降雨持續不斷。

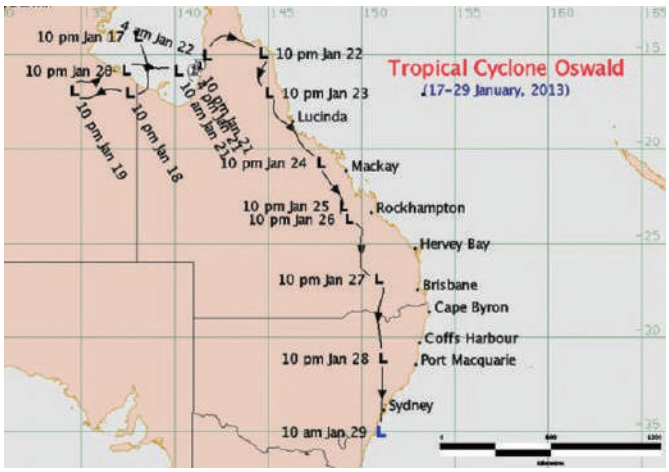


圖 3-3. 熱帶低壓路徑
資料來源：澳洲氣象局

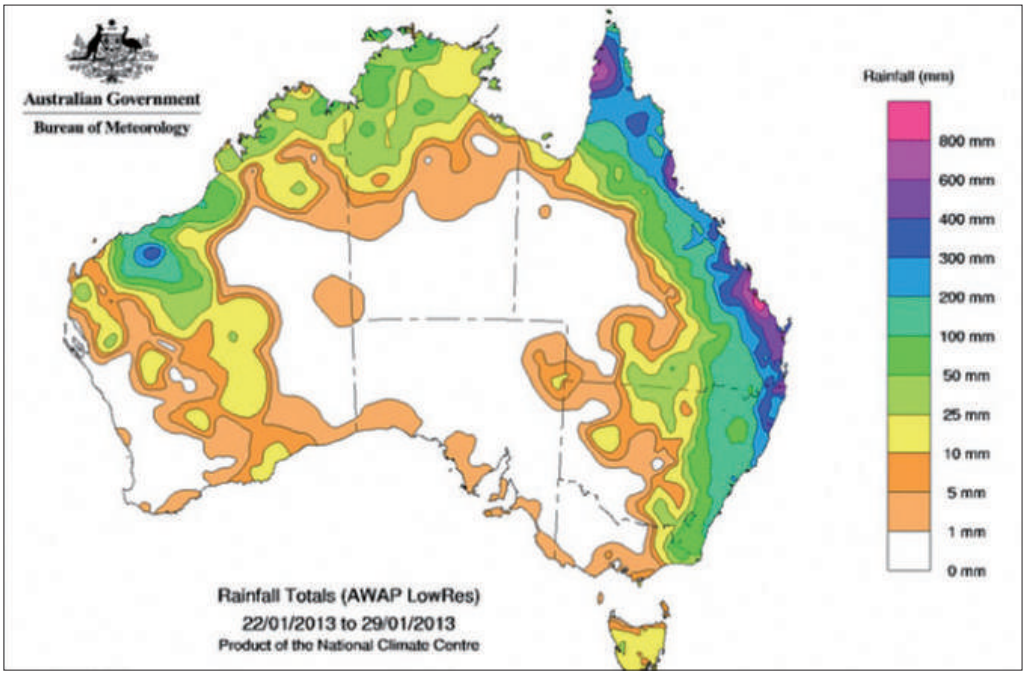


圖 3-4. 1 月 22 日 -1 月 29 日累積降雨
資料來源：澳洲氣象局

本次受災最嚴重的班達伯格，位在布里斯本北方，最大兩日累積雨量達 965 毫米，發生在 1 月 26 日至 27 日，熱帶低壓並在沿海帶來暴潮 (Storm Surge)，造成流經班達伯格的伯內特河水位暴漲，27 日發生潰堤，整個城鎮被洪水淹沒。

災害衝擊影響

澳洲昆士蘭是全世界最大的焦煤中心，當地的露天礦場特別容易受雨水影響，本次是近年來的第 3 場洪災，衝擊較兩年前小。昆士蘭資源委員會表示，礦業要恢復產能全開，需要幾星期的時間。兩年前的 2011 澳洲大水災時，昆士蘭的 56 個煤礦經過好幾個月才恢復原有產能。

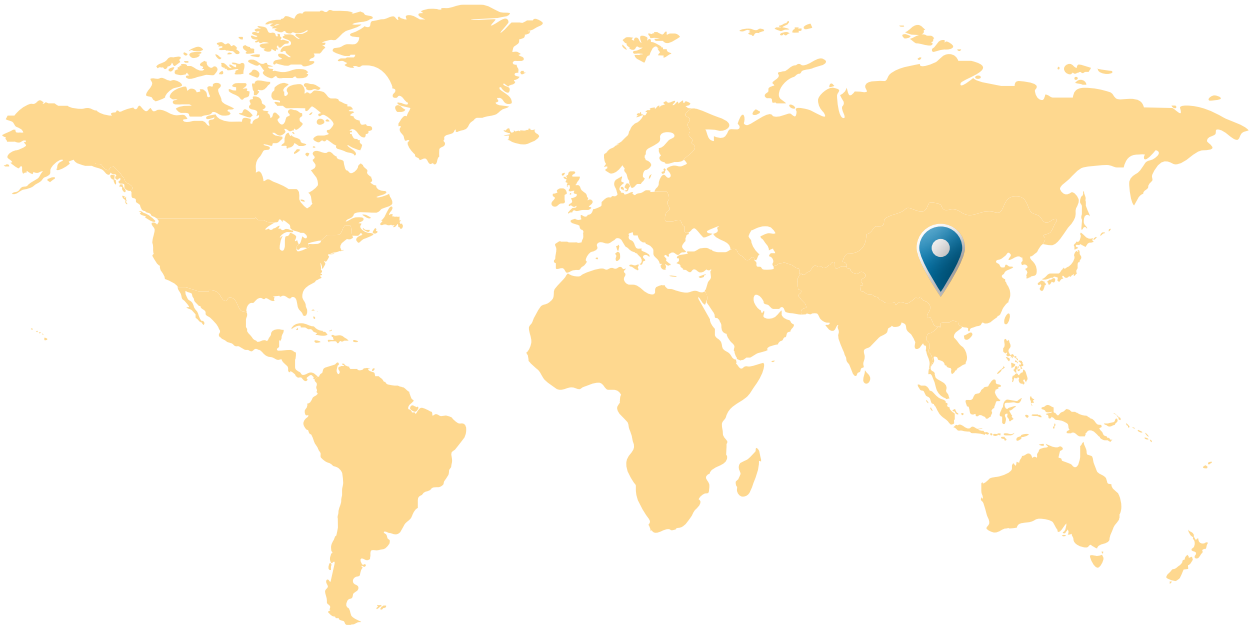
災時因採礦田泡水以及聯外運輸系統癱瘓，澳洲各大煤商包括：必和必拓 (BHP Billiton)、力拓 (Rio Tinto)、斯特拉塔 (Xstrata) 等，皆宣告暫停供貨，造成煤炭價格上揚，但沒有像兩年前的 2011 澳洲大水災後衝上歷史高點。此外，澳洲是全球第 3 大糖出口國，昆士蘭幾個產糖區的收成被波及，不過整體收成不至於大幅下修。

照片 3-2. 澳洲昆士蘭東班達伯格 (East Bundaberg) 居民涉水嘗試進入房屋取得重要財物
照片來源：歐新社

布里斯本（澳洲第 3 大城）雖遭洪水威脅，但本次水災的災害規模，低於 2011 年澳洲水災事件的衝擊。

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報第 91 期，2013 年 02 月出刊

3-2・大陸雲南省坡地災害



地理環境

雲南位於中國大陸最西南方一個省，北迴歸線穿過省境南部，全省面積 394,000 平方公里。地形類型多樣化，包括高原、高山、丘陵、盆地、河谷等。其中高山、高原、丘陵等山坡地佔 94%，盆地、河谷約佔 6%。雲南省主要產也為礦業，礦產主要有煤炭、硫鐵礦、大理石、水晶石、石灰石等 30 多種，又被稱做「有色金屬王國」。其中，煤炭和硫鐵礦分布很廣，儲量豐富，此次災害發生地點鄰近地區為採煤礦產區。

鎮雄縣位於雲南省東北方，東邊以赤水河為界與四川敘永相鄰，南邊連接貴州畢節、赫章，西毗彝良，北抵威信。同時，鎮雄縣位處雲貴高原北部斜坡地帶，境內山巒起伏地形變化大。地勢由西南高向東北低，中部和南部稍平緩。最高點是安爾鄉麥車村的戛麼山，海拔 2416 公尺；最低處為羅坎鎮桐坪村大灘，海拔 630 公尺。

災害概述

雲南省昭通市鎮雄縣於 2013 年 1 月發生兩起地質災害，先後發生時間為 11 日於果珠鄉高坡村與 28 日於中屯鄉頭屯村。

（1）果珠鄉

2013 年 1 月 11 日 8 時 26 分果珠鄉高坡村發生崩塌災害，崩塌滑動體長約 120 公尺、寬約 110 公尺、深約 16 公尺，土方量體約 21 萬立方公尺。崩塌影響範圍共計 16 戶 68 人，其中外出 13 人，14 戶損毀掩埋，2 戶受衝擊損壞，共計 46 人死亡，2 人受傷（該村落共有 73 戶 468 人），死者中計有 19 名兒童，7 名老人，以婦人與兒童居多。被掩埋房屋 63 間，毀壞耕地 500 餘畝，房屋、農業畜牧、道路交通等財物損失共計人民幣 4,550 餘萬元。

（2）中屯鄉

2013 年 1 月 28 日凌晨 2 點中屯鄉頭屯村發生多起落石，部分村民開始撤離；29 日凌晨 4 時再度發生落石，當晚進行疏散村民作業；30 日 15 時 30 分一戶水泥平房再因前土崩而夷為平地；31 日上午 11 時許，山體傳來巨大的聲響，大面積山體滑動。崩塌體長約 260 公尺、寬約 220 公尺，崩塌源頭土方量約 52 萬立方公尺，滑動掩埋區土體約 200 萬立方公尺。崩塌直接影響範圍包括村內水塘、塘邊、王家灣、下院子 4 個村落，共有 209 戶 780 人。由於中屯鄉為鎮雄縣之地質災害監測點，災害發生前已監測到明顯山體滑動，立即疏散居民，因此此次崩塌事件並未造成任何人員傷亡。房屋、農業畜牧、道路交通等損失共計人民幣 9530 萬元。

氣象水文分析

鎮雄大多數地方屬暖溫帶季風氣候，少數河谷地區屬北亞熱帶氣候，年平均氣溫 11.3℃，日照 1341 小時，無霜期 218.6 天，年平均降水量 914.6 毫米。102 年 1 月 10 日至 12 日雲南省受到大陸冷氣團影響，雲南北部及東部地區溫度急速下降，昭通市地區開始降雪。雲南省氣象台於 1 月 9 日至 11 日持續針對此地區發布寒潮藍色預警信號；昭通市氣象台也在 1 月 10 日 13 時發布暴雪藍色預警信號。根據昭通市高、低氣溫分布圖，如圖 3-5、圖 3-6 所示。

鄰近災區之鎮雄縣氣象站（位於烏峰鎮），災害前 10 天 24 小時累計降水量，僅 1 月 8 日 24 小時累積降水有 0.1 毫米，而距離災害發生地果珠鄉西南向約 8.6 公里的大灣鎮區域自動觀測站近 10 天 24 小時累計降水量為 4.6 毫米，最大的降水是 1 月 10 日累計降水量為 1.2 毫米，另外在 1 月 3、5、6 日的 24 小時累積降水量也有約 1 毫米。因此推測災區附近持續有約中小雪左右的降水量。

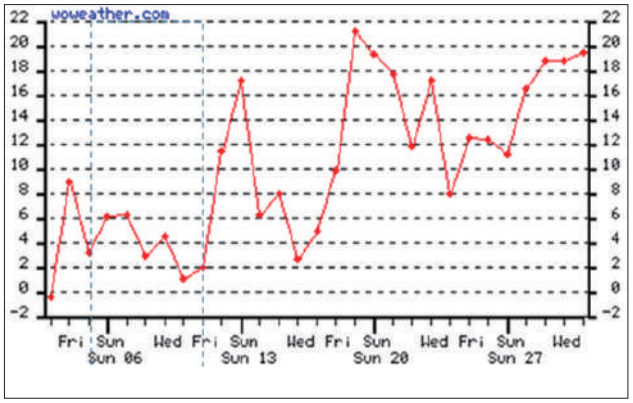


圖 3-5. 昭通市 1 月 3 日至 31 日最高氣溫分布圖

資料來源：Weather online

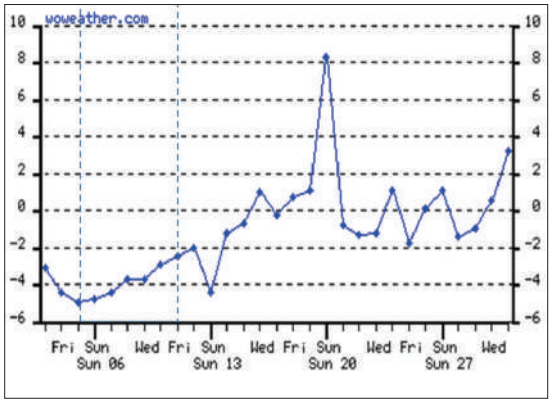


圖 3-6. 昭通市 1 月 3 日至 31 日最低氣溫分布圖

資料來源：Weather online

致災原因分析

鎮雄縣果珠鄉與中屯鄉兩起崩塌事件，因鄰近皆有採煤礦區，在災害發生初期，致災因素除了天氣影響之外，受災民眾認為與鄰近採煤作業有關。以下為彙整災害調查，並利用 Google Earth 航照圖將災害情形繪製，以重現災害發生前之地形環境：

（1）果珠鄉

大陸國土資源廳針對果珠鄉災害調查結果認為，發生災害主要原因有 4 點：

（1）崩塌區地形陡峻，為滑動體形成提供了有效臨空面。崩塌源頭位於斜坡上段，地形坡度 35 度至 50 度，在地形條件下並不利於邊坡的穩定；

（2）崩塌之岩土體結構差，是崩塌形成的內在因素。滑動區地層為第四系殘坡積粘性土發碎塊石，土體結構鬆散，厚度大，自身穩定性差，是崩塌形成的內在因素；

（3）連續雨雪天氣是滑坡發生的直接誘因。近一個月來，該區出現連續雨雪天氣，崩塌土體受滲透浸潤，土體呈飽和狀態，自身重量增加，同時降低土體的內聚力，在重力作用下，導致崩塌發生；

（4）彝良 2012 年 9 月 7 日發生規模 5.7 之地震有一定影響。

根據大陸國家基礎地理信息中心提供之災後影像資料與香港大學岳中琦教授現勘資料，將崩塌體、滑動、堆積範圍，分別標註在 Google Earth 衛星影像上，如圖 3-7 所示，崩塌區相較於中屯鄉崩塌範圍小，當崩塌發生開始滑動 300 公尺範圍，屬較為平緩區域，因此土體向兩側堆置；但平緩區域前緣突然坡度變為陡峭，使原本可能漸緩移動之滑動體前端土方快速下滑；然而，因未有災害警訊提供，崩塌土方量相較於中屯鄉小，受災損失規模卻造成 46 人死亡。

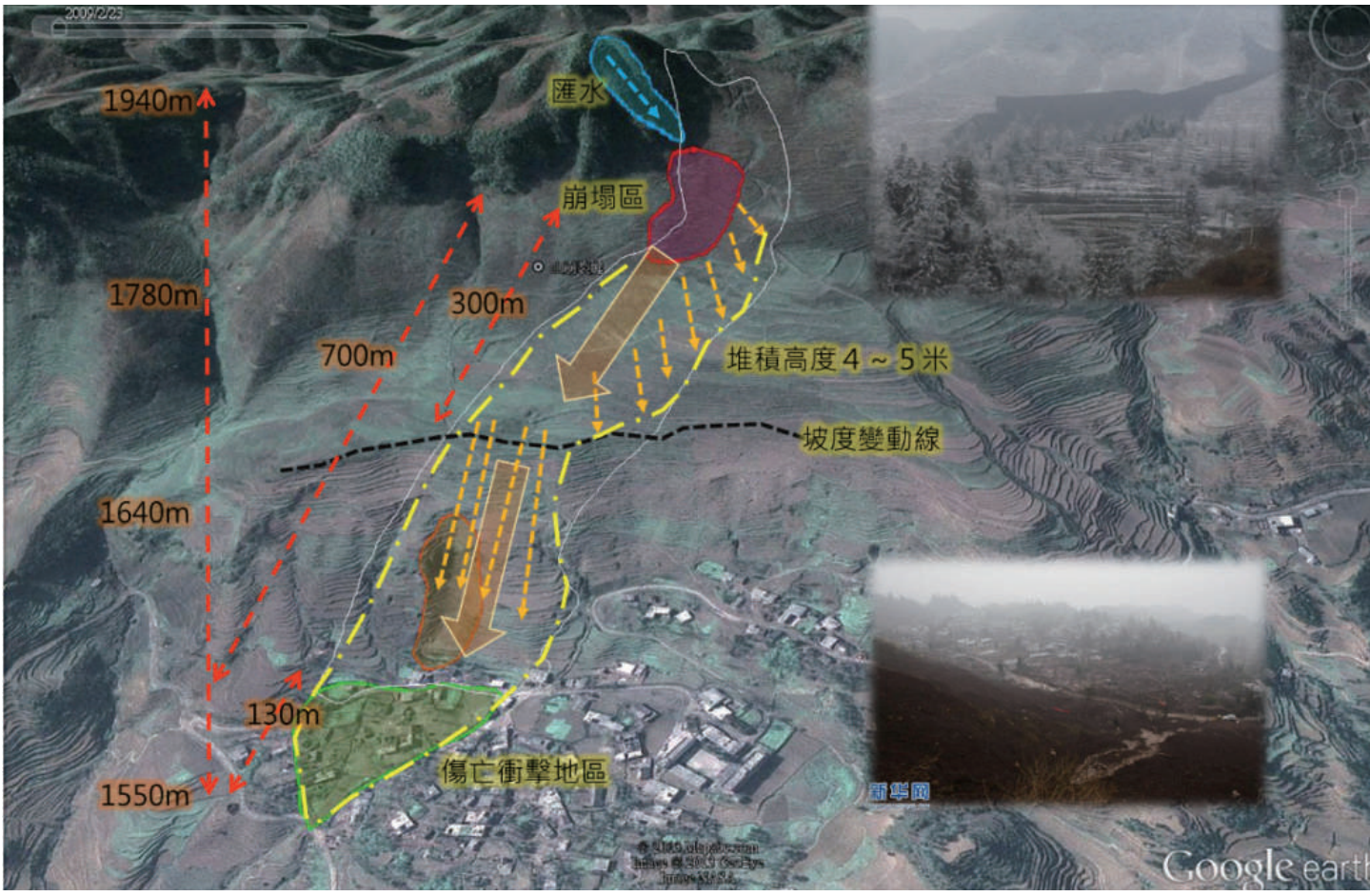


圖 3-7. 雲南省鎮雄縣果珠鄉高坡村崩塌滑動與堆積範圍圖

（2）中屯鄉

大陸雲南省國土資源廳針對中屯鄉崩塌致災原因調查，比對平頂山煤礦採空區空間位置、斜坡變形時間與巷道、採空區形成時間之時序，直接認為為煤礦採空區垮落和沉陷牽引造成。因此，鎮雄縣已向平頂山煤礦業主及受災群眾通報災害成因，並通過代表會、座談會等形式，協助受災民眾積極向平頂山煤礦業主依照相關法律法規協商賠償事宜。

由於中屯鄉崩塌事件未造成人員傷亡，大陸國家基礎地理信息中心雖有進行災區判斷，但實際崩塌發生區、滑動與堆積影響範圍無法標註。因此，根據雲南網電子媒體新聞災後照片，比對地理相關位置，位置如圖 3-8 所示，右上角山區在 2010 年 Google 衛星影像已有明顯落石崖錐堆積，與居民敘述過去常有落石發生相符。

（3）綜合說明

果珠鄉與中屯鄉兩起案例比較，災害發生時間相近，但因為有災害警戒資訊的通報，而有差異極大的損失規模。果珠鄉在天氣方面因高低溫差結果，推測可能有凍結與融解作用影響坡體穩定性情形；中屯鄉災害發生時間前，溫度較為溫暖，可排除天氣之凍結與融解作用之影響，以煤礦開採不當因素影響較大。同時，中屯鄉因果珠鄉已發生重大死傷之崩塌，鎮雄縣加強地質災害監測作業，因此對於主要崩塌前所發生之零星落石，為主要崩塌發生之前兆而有所警覺，進行疏散居民因而無人員傷亡。

救災與重建復原

（1）果珠鄉

災情發生後，習近平、溫家寶、李克強、回良玉等對搶險救災工作提出具體的要求，著重於災民安置和村民避險處置，除了防止二次災害發生，另外災民的心理撫慰、社會治安、以及救災重建工作並重，以穩定社會秩序。另外，國務院派出由國土資源部部長、民政部副部長，發展改革委員會、財政部、交通運輸部、水利部、衛生部、國務院應急辦等有關單位所組成的工作小組，至災區指導搶險救災，並代表黨中央、國務院慰問受災群眾，並現場解決實際問題。同時，中央政府方面（國家減災委員會與民政部）啟動 3 級應急響應機制；在地方

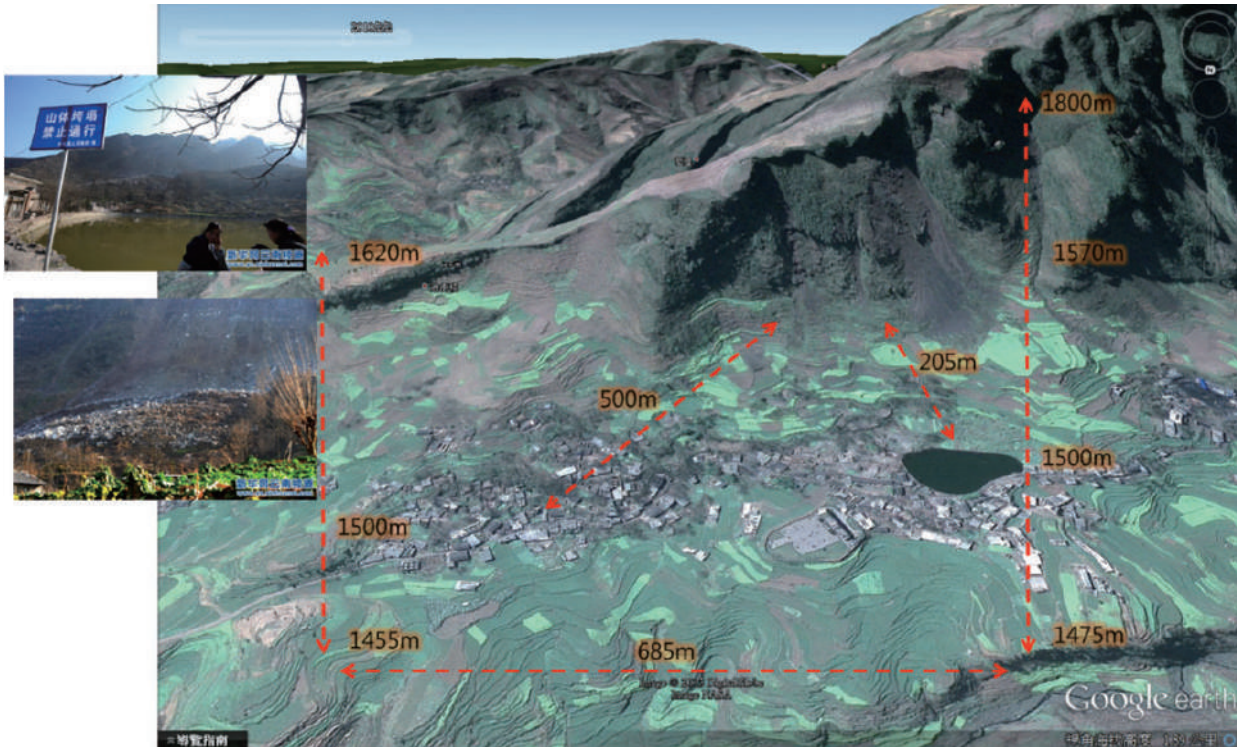


圖 3-8. 雲南省鎮雄縣中屯鄉崩塌滑動與堆積範圍圖

政府方面，昭通市組織民政、國土、武警、消防、公安、民兵、醫療隊等部門組成工作小組趕赴災區，進行應急救援工作；縣層級之鎮雄縣啟動突發性地質災害二級應急預案；省、市、及縣三級財政共準備人民幣 1,000 餘萬元用於應急搶險救災，提供每名遇難者家屬撫慰金人民幣 1 萬元。

崩塌災害發生後，鎮雄縣將受到崩塌威脅的 3 個村民小組進行集中搬遷與易地重建。災後復原重建規劃經國土、住建、環保等相關部門現場勘查，以趙家溝附近的高坡村田壩，地勢較為平緩、交通便利且無地質災害隱患，為恢復重建的村莊選址。

（2）中屯鄉

災害發生後，鎮雄縣啟動地質災害二級應急預案，成立搶險救援及恢復重建指揮部，組織公安、武警、消防、礦山救護、民兵應急分隊、鎮村幹部、青年志願者將近 500 人，調動民間農用車輛 80 餘輛，將受災害威脅居民全部轉移到安全地帶，共轉移出 326 戶 1,227 名群眾及其財產，並準備人民幣 670 萬元應急救援資金，用於災害應急處置和受災群眾臨時安置。但災區 1,227 人全部疏散於臨時安置所，民政部門於臨時安置區內已搭建起帳篷供災民居住，災民生活和衛生防疫得到基本保障。國土部門於災害區域設置警戒線，樹立警示牌，對災害點 24 小時監測與地點管制。為防止二次災害與崩塌範圍擴大，鎮雄縣水務局抽取水塘內的存水，避免水塘泄漏，觸發另一起崩塌發生。

在重建工作推動上，以統一規劃與民眾自建原則，統籌水、電、路等基礎設施建設規劃；查核災害損失，確保煤礦業主將賠償金存入指定賬戶，確保受災民眾儘快恢復生活，預計在 3 月底前完成集中安置點建設前期工作，4 月初啟動恢復重建工作，6 月 30 日前完成民房恢復重建，確保每戶補助人民幣 3.8 萬元，政府貼息 2 年每戶貸款人民幣 2 萬元。於安置期間受災民眾每人每天可得人民幣 12.5 元之生活補貼。

災害特性與借鏡

由 2013 年 1 月大陸雲南省發生兩起坡地災害案例比較，災害警戒資訊即時處理通報，確實為降低人員傷亡的方法。由此二事件提出以下災害經驗學習方向：

(1) 地質災害防治方案

大陸雲南省國土資源廳自 2011 年開始提出雲南省地質災害防治方案，利用地質環境背景特徵、地質災害時空分布、發育等特徵，與前一年之地質災害調查情況，同時配合省氣候中心提供的當年氣候趨勢預測、當年全省重大工程建設活動等，進行預測當年汛期間全省地質災害頻度與危害程度。目前已進行了 2011 年與 2012 年兩年，2013 年在地質災害防治方案尚未完前，已發生了兩起鎮雄山體滑動事件，雖然如此，在前兩年的地質災害潛勢地圖（縣市比例尺），鎮雄縣為地質災害強活動區，但鄉鎮比例尺之重點區域，果珠鄉地區並非地質災害監測地區。

（2）平時警戒訊號通報（非汛期時間）

雲南省地質環境監測院指出，根據大陸規定只在汛期開展地質災害預警，其時間為每年 4 月 15 日至 11 月 15 日。由於 2012 年彝良地震影響，預警時間延長至 11 月 21 日。然而，根據雲南省地質災害防治方案指出，降雨為雲南省地質災害的主要的觸發原因，連續多日之雨雪，同樣為雲南另一觸發因素。

（3）救災之氣象服務

果珠鄉與中屯鄉災害發生後，雲南省氣象局於 1 月 11 日 12 時啟動了重大自然災害（滑坡泥石流）二級應急響應，省市縣三級應急響應，氣象部門前往災區直接提供救災氣象服務；同時，雲南省氣象臺、昭通市氣象臺以及鎮雄縣氣象局分別發佈了災區專題天氣預報，此服務可協助救災人員對於天候掌握。

（4）空間情資與緊急製圖

大陸國家基礎地理信息中心利用無人航空偵察機獲取果珠鄉山體滑坡災情後，利用現有資料及災後影像資料完成『果珠鄉高坡村災前災後對比影像圖』，以作為救災指揮部門提供了最新的災區地圖成果。

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報第 94 期，2013 年 05 月出刊

3-3 · 阿根廷洪水災害

地理環境

布宜諾斯艾利斯市 (Buenos Aires, BA) 是南美洲阿根廷的首都和最大城市，位於阿根廷東部靠大西洋，拉普拉塔河 (La Plata River) 南岸（圖 3-9），布宜諾斯艾利斯面積 203 平方公里（臺北市 270 平方公里），人口約 300 萬（臺北市約 270 萬），GDP 佔阿根廷全國的 1/3。鄰近的拉普拉塔市 (La Plata) 是布宜諾斯艾利斯省 (Buenos Aires Province) 的省會，這二個城市是阿根廷的關鍵經濟命脈，同時也是本次洪災最嚴重的地區。

圖 3-9. 布宜諾斯艾利斯市 (BA) 及布宜諾斯艾利斯省的拉普拉塔市 (La Plata) 的地理位置

災害概述

2013 年 4 月 1 日至 3 日布宜諾斯艾利斯省連續多日，受到暴雨侵襲，這兩個城市經歷了超大暴雨，造成市內大淹水。地勢低窪的拉普拉塔市一些地區積水高達 1.5 公尺，該次事件共有 3 千多位居民被迫撤離到收容場所，其中至少 86 人死亡，大部分死亡人數是發生在拉普拉塔市（至少 78 人死亡），總計超過 35 萬人受到淹水的直接影響，經濟方面造成約 2.6 億阿根廷比索 ARS（約 9.8 億新台幣）的損失。

氣象水文分析

布宜諾斯艾利斯的雨季，集中在每年的 10 月到隔年 4 月，平均雨量大約 100-150 毫米。本場事件的降雨並非當地典型的熱帶風暴或颶風造成，而是因為大氣中有流動緩慢的冷空氣層遇到下層的熱空氣團，導致水氣上升，形成雷雲層帶來暴雨。由於是移動緩慢的雷雲層，當停留較久的時間就釋放出大量的降雨。

4 月 1 日晚上開始，阿根廷的東北部（布宜諾斯艾利斯省）遭受到劇烈暴風雨的侵襲，圖 3-10 顯示 1 日至 2 日的最大降雨區域在布宜諾斯艾利斯市，2 日至 3 日的最大降雨區域南移到拉普拉塔市。布宜諾斯艾利斯市的 24 小時累積降雨量最高達 185 毫米（發生在 1 日），而拉普拉塔市的 24 小時降雨量最高達 181 毫米（發生在 2 日），兩者皆為該地區測站歷史排名第一名（該地區的 4 月平均累積降雨約為 84~97 毫米）。如以時雨量來看，布宜諾斯艾利斯市的 1 小時降雨量達 53.9 毫米（歷史排名第 6 名），2 小時累積降雨達 102.9 毫米（歷史排名第 2 名）。該次事件影屬短延時強降雨造成的災害。

災因探討

（1）易淹水環境遭遇極端強降雨

布宜諾斯艾利斯市和拉普拉塔市位於靠近流入大西洋的拉普拉塔河口灣，本區塊是流域下游的沖積平原，地勢低窪且地下水水位高，是易淹水地區，如圖 3-11 所示。全球氣候變遷的影響，也造成了該地區的雨量每年平均增加 2.28 毫米，水位每年平均升高 1.7 毫米。

此外，本場事件為短延時強降雨，破紀錄的豪雨引發水災。布宜諾斯艾利斯市 4 月 1 日最高日雨量 185 毫米，破了 24 年前的舊紀錄（1989 年 4 月 8 日 142 毫米），而拉普拉塔市 4 月 2 日最高日雨量 181 毫米，也破了 33 年前的舊紀錄（1980 年 5 月 14 日 155 毫米）。

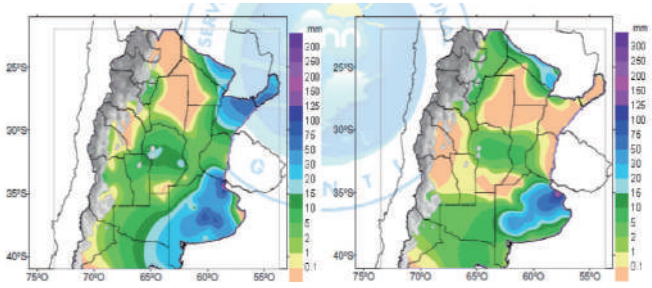


圖 3-10. 4 月 1 日 9 時 -4 月 2 日 9 時降雨分布圖（左圖）及 4 月 2 日 9 時 -4 月 3 日 9 時降雨分布圖（右圖）

資料來源：Centro de Investigaciones del Mary la Atmosfera

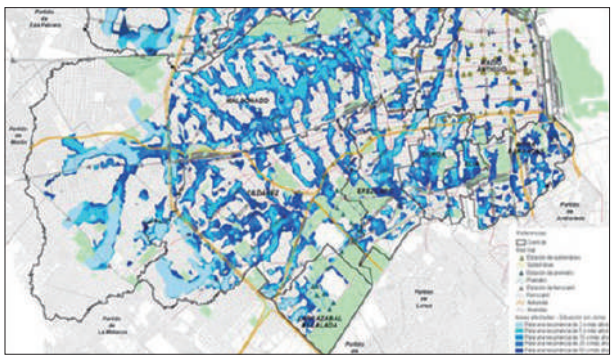


圖 3-11. 布宜諾斯艾利斯市的淹水潛勢圖

資料來源：Confederacion Argentina de la Mediana Empresa

（2）防洪能力不足及預警疏散不佳

布宜諾斯艾利斯市是高度都市化的大都會地區，人口多於臺北市，土地面積小於臺北市，人口密度比臺北市高，若再考慮鄰近的大都會地區人口高達 1,300 萬人，皆高於大臺北地區，相較起來比臺北更為擁擠。逕流係數大、集流時間短，但目前的防洪系統比較老舊，無法抵抗極端降雨情境。加上都會區的垃圾雜物，平時如未注意清除，很容易就造成防洪系統阻塞、排洪能力降低。此外，當地新聞報導指出，本場水災事件中另有發生抽水機失效的問題，導致水患更為嚴重。

布宜諾斯艾利斯市目前的排洪能力僅可以抵抗 10 年重現期的洪水，本次降雨都已經超過排洪標準。又加上缺乏有效的預警系統和疏散措施，本場水災事件也因為政府訊息未能有效傳遞給居民，導致嚴重的傷亡事件。

水災衝擊與復原

災害最嚴重時，拉普拉塔市全市有一半淹水將近一層樓高，淹沒約 8 萬戶，政府部門撤離了 3000 多人到 33 個收容所。淹水也造成斷水、斷電情況，布宜諾斯艾利斯市有 2 家醫院因斷電無法運作，當地慈善機構另外設立了 4 個移動式醫療站。根據官方統計，此次水災造成拉普拉塔市至少 78 人死亡，布宜諾斯艾利斯市至少 8 人死亡，以上尚未包括災時觸電死亡超過 200 人。總計這兩個城市超過 35 萬人直接受到淹水的影響，超過 100 萬人受到斷水斷電的間接影響。阿根廷最大國營石油公司 YPF 在拉普拉塔市的煉油廠，淹水斷電引致火災造成減產。道路、鐵路等交通中斷，經濟作物運輸（主要為大豆和玉米）因此發生延遲情況。根據官方統計，此次水災造成阿根廷經濟損失達 2.6 億阿根廷比索（約新台幣 9.8 億元），災後政府部門宣布了一連串的措施，除了投入經費整體治水之外，並安排住在高淹水潛勢地區內的居民搬遷，而拉普拉塔河流域的所有溪流將進行垃圾雜物清理，此外符合標準的受災居民可以獲得政府部門給予相關津貼補助。

災害特性與借鏡

（1）面對處理極端事件與複合大規模災害

當災害規模遠超過災害防護能量時，要如何處理緊急應變與進行救援，已成為大都會防救災管理重點，阿根廷水災事件中，災害規模就是超過過去經驗與防洪能力的模式，故調整防救災對策時應納入氣候變遷考量，除了緊急應變之需求外（如避難路線、收容場所），更須進行長期減災規劃。

（2）改善與管理防洪系統

都市的快速發展與現代化，現有防洪系統在設計當時不可能考慮到極端事件這類型的洪災狀況，造成無法完全抵擋極端事件的洪水侵襲。應全面檢討評估防洪系統及公共設施的脆弱度，儘速提出改善調適對策，以因應可能遭遇極端事件的災害衝擊。

（3）提升關鍵設施抗災能力

都會區人口稠密，關鍵設施（包括電力設施、供水系統、交通運輸、通訊設備、醫療院所等）益形重要，其運作提供的服務功能，可滿足都會居民生 需求與安全需求。但當淹水發生時，關鍵設施受災失效，可能形成骨牌效應擴大災情，嚴重衝擊社會並影響政府運作，所以應加強改善都會區關鍵設施的安全防護，優先確定其在災害發生時能持續營運提供服務。

照片 3-3. 鳥瞰奧地利 Schaerding 洪水情況

資料來源：歐新社

3-4 · 中歐洪水災害

地理環境

中歐，其中包括：奧地利、捷克、德國、匈牙利、列支敦斯登、波蘭、斯洛伐克、瑞士等國家。流經該地區的主要河川包括：易北河及多瑙河。

易北河（德語：Elbe）發源於捷克和波蘭交接的蘇台德 (Sudetenland) 山脈，流經捷克和德國，經漢堡流入北海，總長度 1,094 公里、流域面積 14.8 萬平方公里（歐洲第四大）、平均流量 700m³/s，是中歐地區的主要航運河道。多瑙河是歐洲第 2 大河，次於俄羅斯的窩瓦河，也是歐洲極為重要的一條國際河道，全長 2,860 公里、流域面積 81.7 萬平方公里、平均流量為 6,500m³/s。發源於德國黑森林地區，流經德國、奧地利、斯洛伐克、匈牙利、克羅埃西亞、塞爾維亞、羅馬尼亞、保加利亞、摩爾多瓦和烏克蘭等 10 個中歐及東歐國家，有大小 300 多條支流，是世界上流經國家最多的河流，最後從多瑙河三角洲注入黑海。

災害概述

2013 年 5 月底到 6 月初，中歐地區連日暴雨，使得易北河及多瑙河流域內主流及支流河水暴漲，造成沿岸部分城市大淹水，影響區域包含易北河流域內，德國的（梅克倫堡 - 前波美拉尼亞 (Mecklenburg-Vorpommern)、下薩克森州 (Niedersachsen)、薩克森 - 安哈爾特州 (Sachsen-Anhalt)、勃蘭登堡 (Brandenburg)、圖林根 (Freistaat Thüringen)、薩克森自由州 (Freistaat Sachsen) 及其支流伏爾塔瓦河流域內的捷克（梅爾尼克 Melnik）等；多瑙河流域內，包含德國（巴伐利亞 Freistaat Bayern）、奧地利、匈牙利、斯洛伐克、克羅埃西亞等國家，總計造成 25 人死亡、數萬人被撤離（圖 3-12），主要災情分佈在德國及捷克。

在這場洪水災害中，以德國受創最為嚴重，其中 16 個州有 10 個州宣布為災區，災區民宅淹沒導致停水、停電、電器設備損壞、農田淹沒、汽車泡水、鐵公路阻斷、工業區淹水等，預估經濟損失為 160 億美元，保險損失 39 億美元，農地總淹水面積約 700 平方公里。德國北部為易北河流經之區域，以薩克森 - 安哈爾特州 (Sachsen-Anhalt) 淹水最為嚴重，境內馬格德堡 (Magdeburg) 平時易北河水位高度約 2 公尺，洪水氾濫時上升至 9.6 公尺，加上馬格德堡 (Magdeburg) 東北 40 公里處菲斯貝克 (Wust-Fischbeck) 小鎮堤壩破裂，使得全州總計約 4 萬多人撤離；薩克森 - 安哈特州 (Sachsen-Anhalt) 是德國化工業重地，為降低洪水影響，廠區周圍堆疊沙包，工廠關閉人員撤離，以減少損失及化學品流出污染環境；此外，擁有歷史古城之稱的德勒斯登，繼 2002 年洪水之後再次受到洪水波及，河川水位達 400 年最高水位。其次，因易北河所屬支流伏爾塔瓦河 (Vltava) 洪水暴漲，使得捷克首都布拉格也受洪災侵襲，導致農田淹沒 4.3 平方公里、布拉格動物園 1,000 隻動物疏散損失達 800 萬美元。

在多瑙河流域的部分，多瑙河流經德國南部巴伐利亞州 (Freistaat Bayern)，使得帕紹 (Passau) 地區洪水位超過 500 年的洪水記錄，因洪水淹沒鐵路、高速公路導致交通阻斷，使得慕尼黑通往奧地利的高速公路封閉數週。而奧地利中部、西部也因連日大雨，洪水暴漲、山崩，迫使數以百計民眾撤離家園。

圖 3-12. 中歐洪水區域（橘色是河流，橫貫中間的多瑙河、流往北海的是易北河；淺橘色區域是受到影響的區域）

資料來源：wikipedia

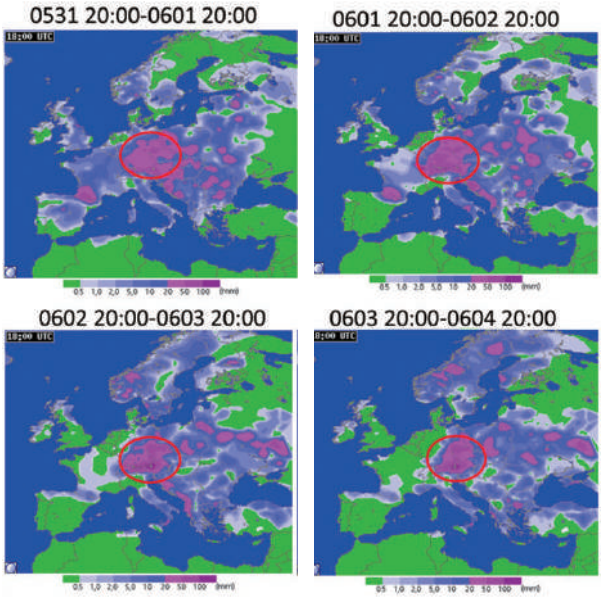


圖 3-13. 中歐 5 月 31 日 -6 月 3 日 24 小時累積雨量圖

資料來源：Weather online Europe

氣象水文分析

中歐地區主要受低壓及鋒面影響，根據歐洲雨量觀測圖顯示，5 月 31 日 -6 月 3 日降雨主要集中在中歐地區（德國、奧地利）（圖 3-13），在德國四日累積雨量有近 400 毫米，在奧地利地區的降雨也達 200 毫米，根據德國巴伐利亞阿紹站雨量站觀測（圖 3-14），連續 4 天日雨量超過大雨等級，其中 6 月 1 日降雨量 170 毫米，更超過豪雨等級。

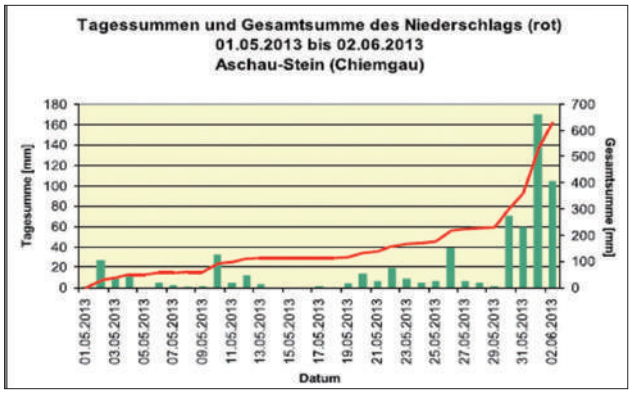


圖 3-14. 德國巴伐利亞阿紹站 2013 年 5 月 ~2013 年 6 月初日降雨量與累積雨量

資料來源：Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology, EDIM

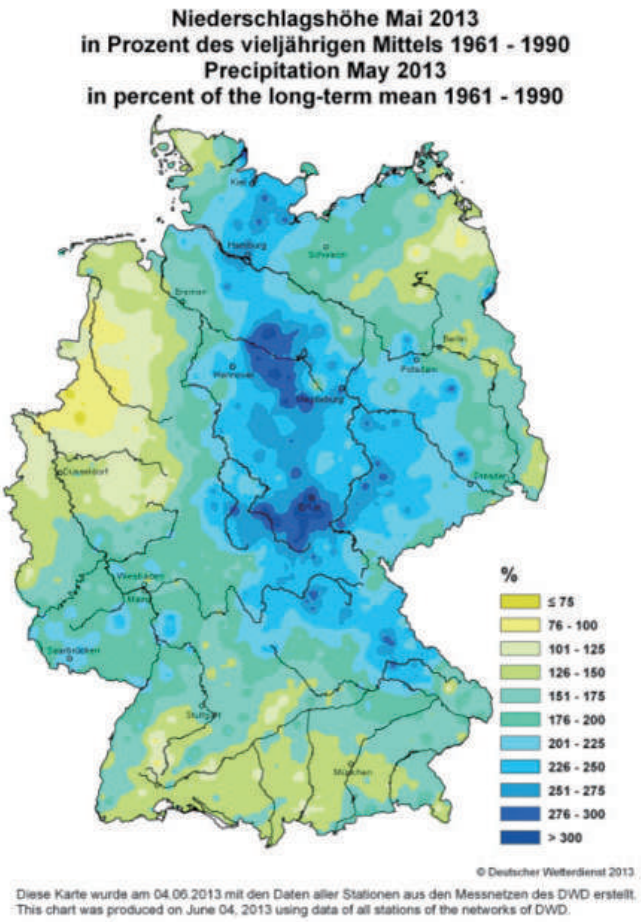


圖 3-15. 德國 5 月降雨距平百分比

資料來源：德國氣象局 Deutscher Wetterdienst, DWD

災因說明與探討

（1）降雨量超過歷史紀錄

在世界氣象組織記錄中，中歐較嚴重的洪水災害發生在 1997 年 7 月和 2002 年 8 月的多瑙河和易北河洪水，之後的幾次並無重大災情，其中以 2002 年水災造成較嚴重的傷亡。

本次的洪水，從德國以及奧地利 5 月降雨距平百分比來看（圖 3-15 和圖 3-16），德國及奧地利地區在五月份的降雨量已超過過去降雨量三倍以上。此外，根據德國氣象局 (DWD)1980-2010 年統計（圖 3-17），德國南部平均每月降雨量約為 80 毫米左右，其中雨季 5-9 月雨量較大，約 110-160 毫米之間，而此次降雨，在四天之內降下 400 毫米，已超過 5 月平均雨量之兩倍，導致河水暴漲，氾濫成災。

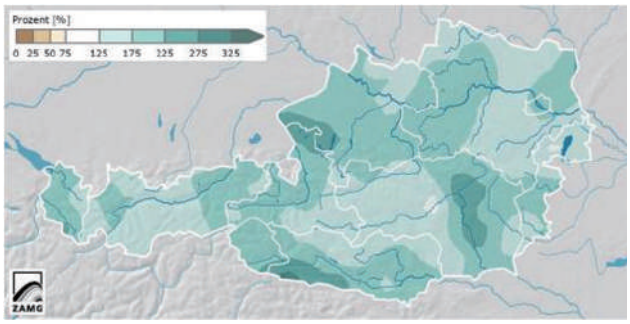


圖 3-16. 奧地利 5 月降雨距平百分比

資料來源：奧地利氣象與地球動力研究所 Wetter beruhigt sich allmählich, ZAMG

（2）土壤水分飽和

根據歐洲太空總署(European Space Agency, ESA)在2009年發展，監測土壤濕度和海洋鹽度(Soil Moisture and Ocean Salinity)的監測衛星，從760公里的高空利用地面上微波輻射計監測土壤水分，所得之數據顯示，中歐地區在5月底已有高達500 l/m^{3}的水儲存於土壤中（圖3-18），加上德國南方的阿爾卑斯山山脈正值冰雪融化時期，原河川水位已達過去正常水位之高度，故5月31日-6月3日期間降下的大雨，使土壤無法涵養水份，轉成逕流而促使河川流量暴增，造成洪水。

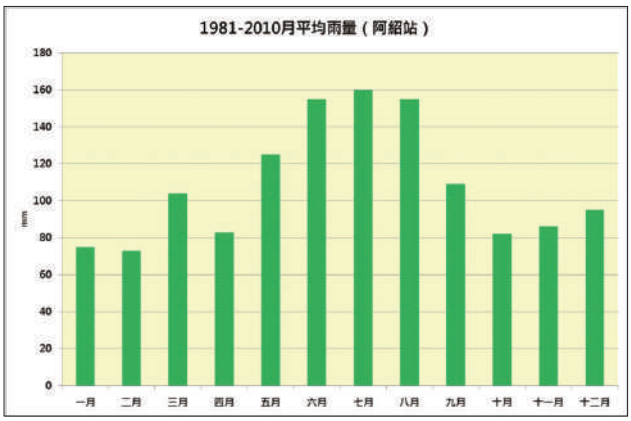


圖3-17. 德國巴伐利亞阿紹站1981～2010月平均雨量

資料來源：德國氣象局 Deutscher Wetterdienst, DWD

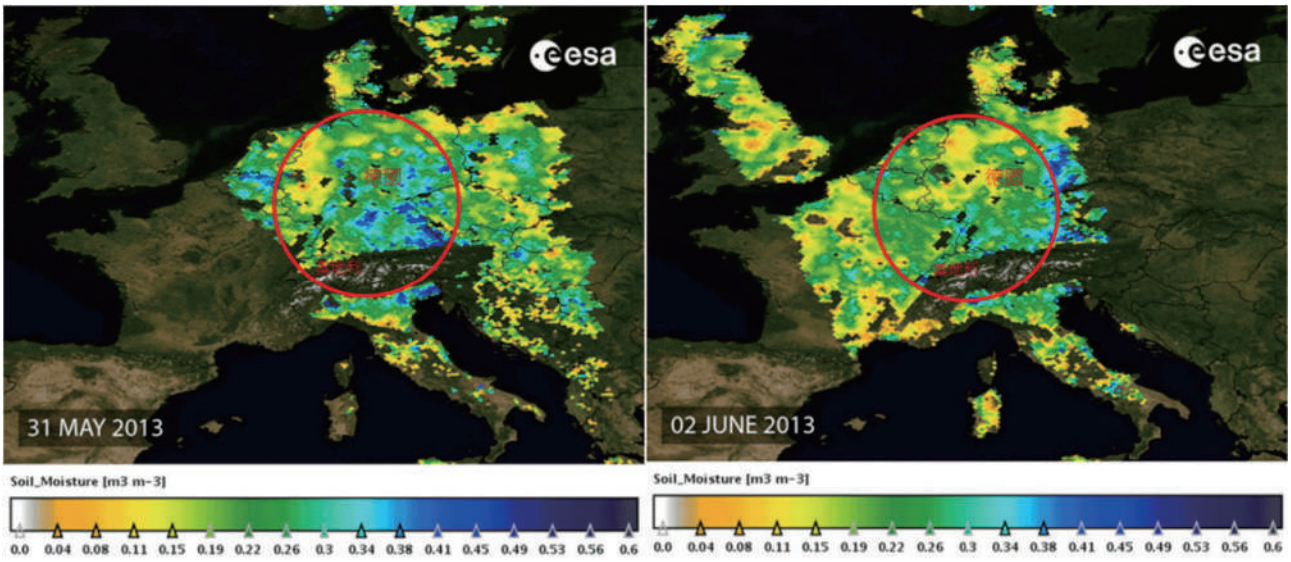


圖3-18.　5月31日及6月2日土壤水分監測 含水量分級，藍色：高、綠色：中、黃色：低

資料來源：歐洲太空總署 European Space Agency, ESA

歷史事件比較

2002年與2013年中歐洪水探討

由於中歐地區降雨主要發生在夏季，冬季又有大量降雪，山區積雪達3-6個月，在大雨或冰雪融化之後常出現洪水，最近一次是2002年8月中旬所發生的洪水事件，總計造成奧地利、捷克及德國洪水氾濫，影響時間達三週，超過110人死亡，當時洪水超過500年頻率，以德國而言，經濟損失超過198億美元，洪水淹沒面積約600平方公里（1/60臺灣）。將2002年洪水事件與本次事件相比，易北河流域平均降雨分佈顯示：2002年洪水的降雨型態是屬於間歇性降雨方式，從7月份即有一波一波的日雨量10-20毫米的降雨，以10日累積降雨量來看，於

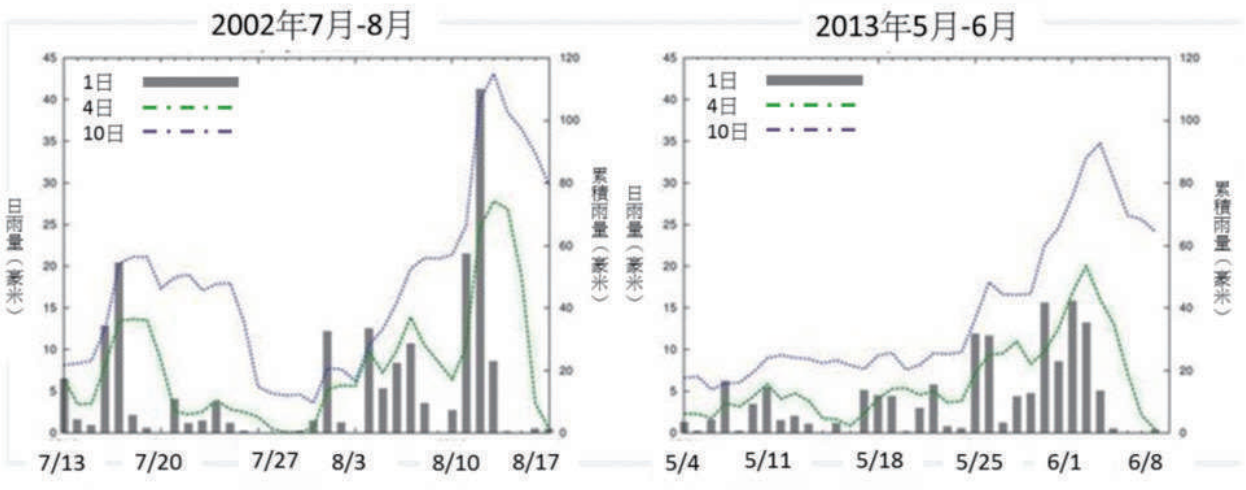


圖 3-19. 易北河流域平均降雨型態分佈（左）2002 年 7-8 月（右）2013 年 5-6 月

資料來源：Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, KNMI

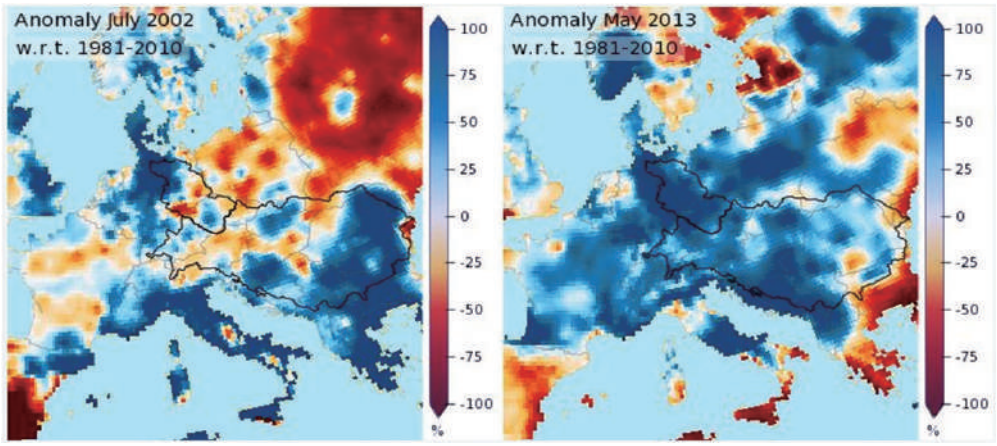


圖 3-20. 中歐地區土壤水分含量距平（左）2002 年 7 月（右）2013 年 5 月

資料來源：Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, KNMI

8 月 10 日 -8 月 13 日達到最高峰也因此導致易北河流域洪水暴漲氾濫（圖 3-19 左）；而 2013 年洪水則是從 5 月起一直持續降雨至 6 月 3 日，從 10 日累積雨量顯示，從 5 月份即無間斷過的降雨（圖 3-19 右），使得河川水位陸續增高氾濫成災。此外，再從土壤水分監測來看，利用過去近 20 年的距平來看，2002 年洪水發生前，土壤水分含量是過去 20 年平均的 -75%（圖 3-20 左），而 2013 年 5 月份的土壤水份含量則是將近 100%（圖 3-20 右），因此，在兩場洪水事件的災因探討裡，2013 年的洪水事件，土壤水分飽和亦造成洪水的原因之一。

災害特性與借鏡

此次中歐洪災主要是因為易北河與多瑙河的氾濫溢淹，影響範圍包括：德國薩克森 - 安哈爾特洲（馬格德堡）及薩克森自由洲（德勒斯登）、巴伐利亞（帕紹）及捷克布拉格等地，探究主要原因為中歐地區 5-6 月份降雨超過歷史記錄及土壤高含水狀態所導致。

過去該地區也發生多次洪災，最近一次較大規模的洪災為 2002 年，比較洪災規模，2013 年的事件淹水範圍大於 2002 年，但因為有 2002 年的受災經驗，中歐各國針對容易發生洪水之洪泛區規劃一

系列防洪措施及建設，以便因應未來極端天氣所造成的重大災害，因此本次災害經濟損失相對較小。

歐洲地區透過歐盟針對水資源有流域綜合治理之研究，對於洪水風險管理方面，則結合環境規劃其相關防洪設施，訂定風險指引使各國依據指引劃定洪水風險分區，再根據每個不同程度的風險規劃該地區之相關措施，使得洪水來臨時能有效減少損失。並教育民眾避開風險高的地區以減少人命的傷亡。隨著氣候極端事件增多，如何在巨災下，快速了解災情，掌握災情並進行搶救，需要結合衛星科技來快速評估風險及傳達災區的現況。例如：利用衛星估計大範圍土壤含水量，以了解土壤涵養水分的能量，除可以估計乾旱情況也可以估計降雨涵容情況；另外，利用衛星影像快速評估大範圍淹水面積的變化也可作為災情紀錄與救災因應作為的依據。

本文探討中歐淹水事件，對於我國的洪災特性截然不同，歐洲地區日降雨量 60 毫米便已高過距平許多，4 日累績降雨 400 毫米便足以讓歐洲大規模洪災氾濫，相對於台灣，山高河川陡急，降雨很快流到海裡，造成淹水事件大多是內水排水不良造成的。所以歐洲處理洪水的方法未必適合移植到台灣來，但是利用衛星科技於災情評估、或風險估計的應用，值得台灣納入於災害管理中。

照片 3-4. 德國帕紹 (Passau)，年輕人清除退水厚的淤泥
資料來源：歐新社

照片 3-5. 奧地利克雷姆斯 (Krems) 採用移動式防水板，預估洪峰來臨前可將防水板架設於岸邊，以防止河水溢淹。
資料來源：歐新社

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報第 98 期 · 2013 年 09 月出刊

照片 3-6. 大雨導致大規模破壞，房屋、道路和橋樑因山洪暴發被沖毀
資料來源：歐新社

3-5 · 印度北阿坎德邦洪水災害

地理環境

北阿坎德邦 (Uttarakhand) 位在印度北方，邊界與西藏及尼泊爾交接，北部為喜馬拉雅山山脈，總面積 53,484 平方公里，根據印度 2011 年人口普查，北阿坎德邦人口數為 1 千餘萬人，首府 Dehradun 為北阿坎德邦最大城市。

北阿坎德邦的土地 93% 屬於山區、64% 土地被森林覆蓋，境內高程分佈在 1,000 公尺 ~6,000 公尺間，高程分佈如圖 3-21 所示，北方的喜馬拉雅山脈，在印度形成天然屏障，攔截印度洋西南季風，山區的降水非常豐沛，加上山脈地區地質年輕、環境破碎又脆弱，近幾年來在北阿坎德邦的開發，更加重了坡地災害的發生。

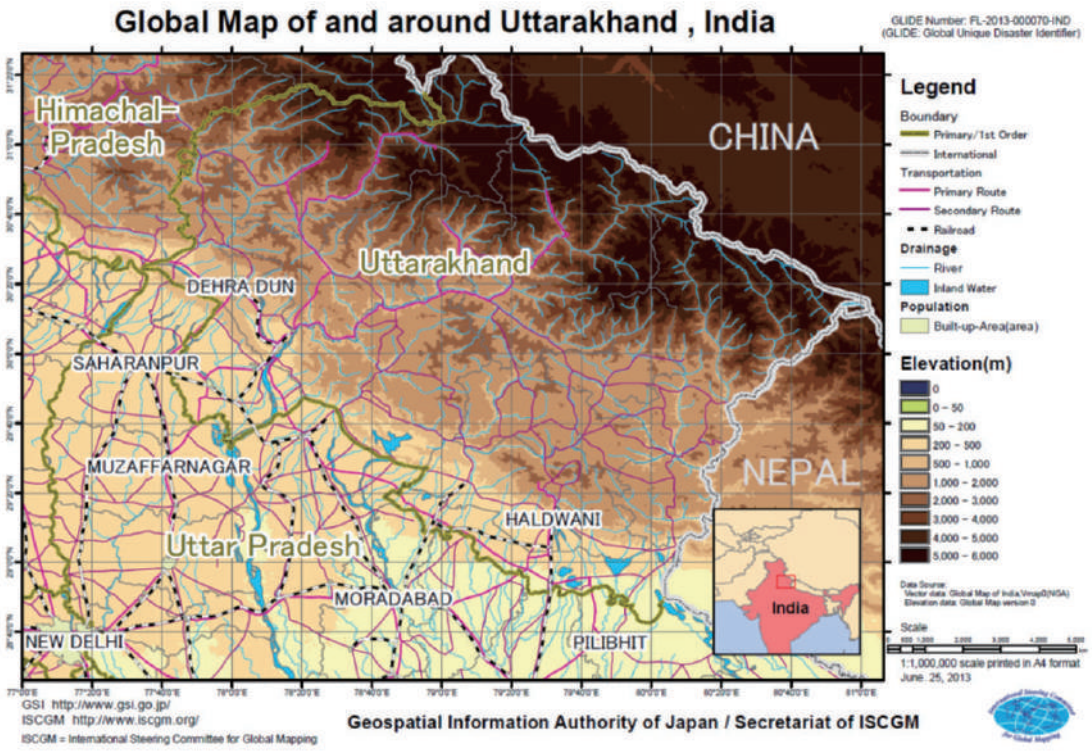


圖 3-21. 北阿坎德邦之高程分佈圖

資料來源：日本地理空間信息局 Geospatial Information Authority of Japan

災害概述

印度北部從 6 月 16 日至 18 日連續降下季風雨，2013 年的季風雨除提早來臨之外，雨量與往年相比也增加 3 倍以上，因此在印度北阿坎德邦 (Uttarakhand)、喜馬偕爾邦 (Himachal Pradesh) 及鄰近的尼泊爾等地，造成大規模的洪水與崩塌災害，其中又以北阿坎德邦受災最為嚴重，圖 3-22 中紅點標示之城鎮：Uttarkashi、Kedarnath、Badrinath、Rambada、Joshimath、Chamoli、Rudra Prayag 跟 Dehradun 等又為主要受災區。暴雨期 Alakhnanda 與 Bhagirathi 河流水位暴漲，嚴重沖毀兩條河沿岸的村莊建物與道路。另外，這段期間又適逢一年一度印度教四聖地朝聖之旅 (Chardham Yatra)，因此有接近 73,000 名的朝聖者和旅客，受困於喜馬拉雅山區，傷亡慘重。印度教聖地 Kedarnath 鎮受創嚴重，建於 8 世紀的濕婆神廟慘遭山洪、土砂掩蓋，周遭 60 處村落及 90 處朝聖休息站亦被夷為平地，北阿坎德邦首席部長 Vijay Bahuguna 形容這場災難是「喜馬拉雅海嘯」。

圖 3-22. 印度北阿坎德邦受災區域示意圖

資料來源：www.mapsofindia.com

據印度國家災害管理處估計，截至 7 月 20 日為止，共有 4,200 村受影響；580 人死亡（包括 20 名印度空軍，於執行救援行動中墜機身亡）、4,463 人受傷、3,078 人失蹤；2,780 戶房屋、1,642 條道路、147 處橋樑以及 968 處水利設施受損。印度政府與軍方展開歷年來最大規模之跨部門救援行動，國際各人道機構與救援組織，亦前往災區進行援助，最後總計疏散 108,653 名人員。

氣象水文分析

印度的雨季為每年的 6-9 月，約 5-7 月開始西南季風就會逐漸影響整個印度地區，季風影響的區域由孟加拉灣開始隨著時間由東南到西北延伸，因此印度的西北邊是最晚受到季風影響的地區，平均的發生時間約為 6 月底到 7 月初之間。2013 年的西南季風發展現況如圖 3-23 所示，綠色代表實際發生時間，紅色線代表平均發生時間。2013 年季風比估計早了幾個星期影響印度西北部地區，從 6 月 15 日到 6 月 16 日間快速地影響了整個印度西北部，帶來孟加拉灣大量的水氣，且常在印度夏季（4-6 月）造成印度西北部暴雨的低壓系統 (Western Disturbance) 也同時抵達，導致了暴雨的發生。

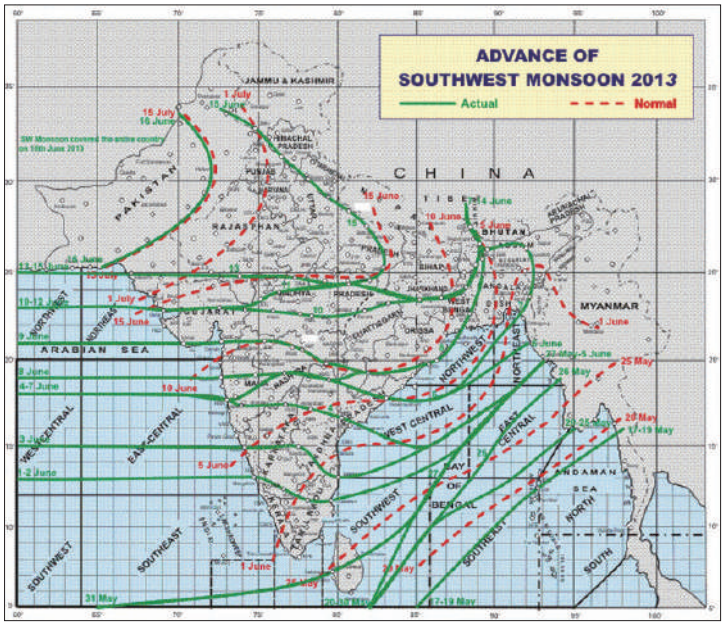


圖 3-23. 印度 2013 年西南季風現況圖

資料來源：印度氣象局

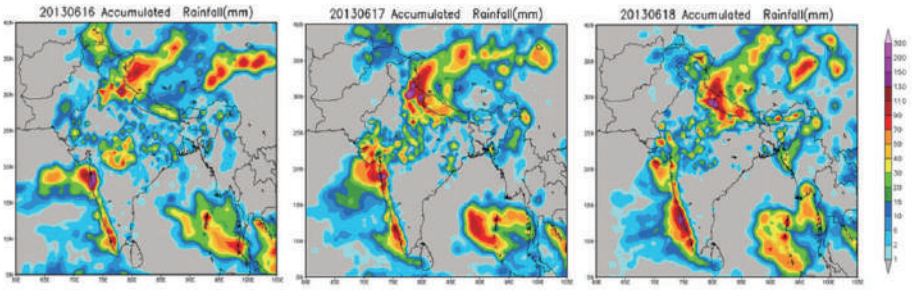


圖 3-24. 印度 6 月 16 日到 6 月 18 日之日累積雨量圖

資料來源：印度氣象局

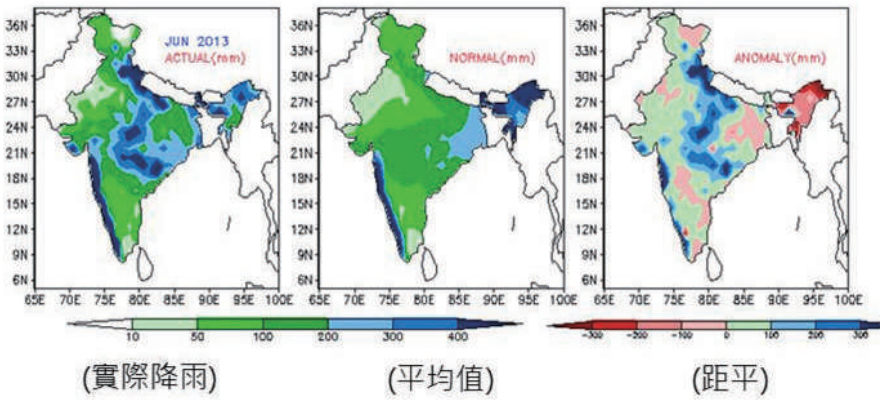


圖 3-25. 印度 6 月降雨圖

資料來源：印度氣象局

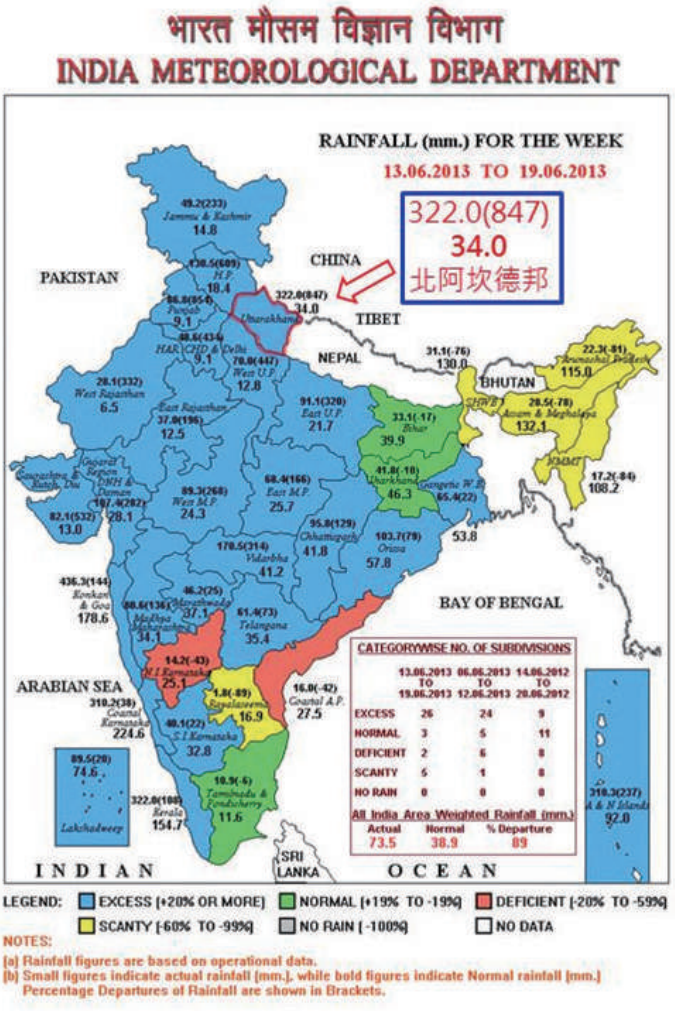


圖 3-26. 6 月 13 日到 6 月 19 日降雨圖

資料來源：印度氣象局

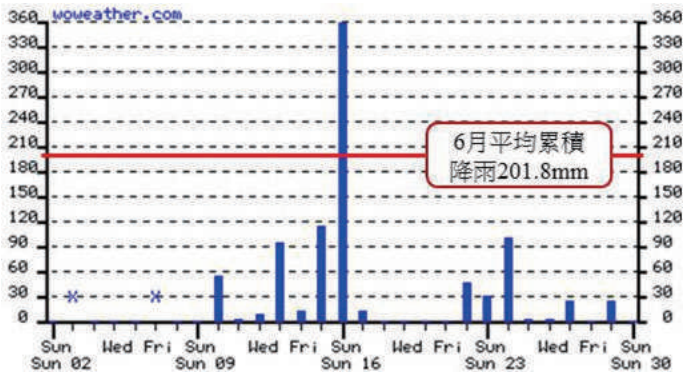


圖 3-27. Dehraduny 6 月，日累積降雨歷線圖

資料來源：Weather Online

由 6 月 16 日到 6 月 18 日的日累積降雨圖（圖 3-24），可發現印度北部每日最大累積雨量皆達 200 毫米以上。另外由 6 月整體的降雨來看（圖 3-25），左邊是實際降雨、中間是月平均氣候值、右邊是距平圖，北印度地區整個月的降雨約為平常的 3 倍。圖 3-26 為印度在 6 月 13 日到 6 月 20 日之週降雨圖，各邦上方小字為平均雨量，後方括弧為距平百分比，下方粗體字為氣候值，圖中可觀察到北阿坎德邦該週降雨平均值是 322 毫米，是以往平均值的 8 倍以上。圖 3-27 是 Dehraduny 在 6 月 2 日到 6 月 30 日間的日累積降雨歷線圖，16、17 日間，24 小時累積降雨達 370 毫米降雨量，超過此測站 6 月的平均累積降雨量（201.8 毫米）將近 2 倍。

災因分析

北阿坎德邦位處地質環境脆弱區，歷史坡地災害頻傳，再加上季風雨侵襲，無法避免洪水與土石流災害的發生。然而造成這次十萬多人受災的大規模災害的主因，應該說是在環境及降雨的天然因素，與當地開發、觀光旅遊發展及政府應變不及等因素的組合影響下，才會導致本次嚴重災情。

（1）環境脆弱及極端天氣造成嚴重災情

北阿坎德邦有 93% 土地屬於山區，地質環境不穩定且脆弱，根據研究報告該地區屬於高地震風險（第五級）與坡地災害高潛勢區，在季風雨期間極易發生坡地災害，據歷史災情統計，北阿坎德邦幾乎每年都會遭遇一次以上的坡地災害。印度季風雨以往發生於 6 月底到 7 月初之間，2013 年卻自 6 月 15 日起提早 2 週發生，並降下比以往多 3 倍以上的降雨量，並集中在高災害潛勢地區，嚴重影響了該地區災情。

（2）觀光開發加重災情

2012 年前往北阿坎德邦，進行朝聖之旅或生態觀光的旅客人數，高達 4,200 萬人次，隨著觀光業的興起，觀光區內不斷開發山區道路，以及新建飯店、民宿與宗教中心，有些甚至是興建於河流沖積平原上。山區道路與建築物的過度開發，會破壞山坡地水土保持，增加坡地災害發生的頻率；而在易致災區內興建民宿，無疑增加人員受傷、財產受損的風險。本次事件因提早的季風雨使得成千上萬的朝聖民眾與觀光客遭暴雨滯留受困於山區。

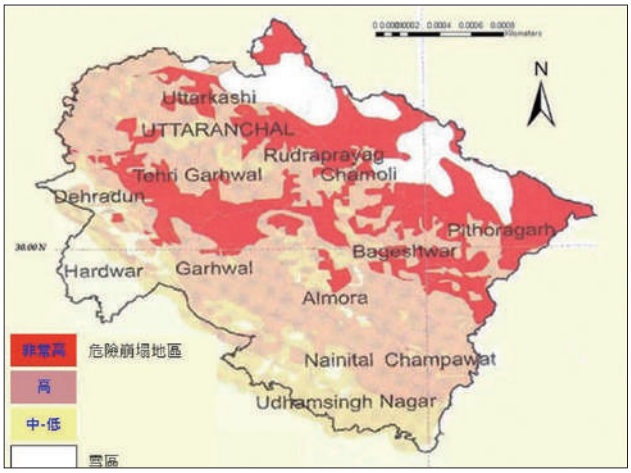


圖 3-28. 北阿坎德邦崩塌潛勢圖

資料來源：Disaster Mitigation and Management Center, Uttarakhand.

照片 3-7. 北阿坎德邦 (Uttrakhand) 傑莫利區 (Chamoli) 當地軍人指揮滯留遊客和朝聖者進行撤離

資料來源：歐新社

（3）水力發電設施開發未妥善處理亦是導致災害原因之一

目前在北阿坎德邦境內，有高達 200 多處水力發電設施，其中 70 個設置在集水區的上游山區，且多為沿著河道直接開發，在山區開發水力發電設施，除會破壞山區的生態棲息地與穩定性外，另外，過程所產生土石，任意傾到在河床上，堆積土石因此阻礙或改變河流原本流向，新增邊坡坡腳沖蝕機會，並增加河床沖積的料源，本次重災區之一 Shrinagar，就剛好位在一處新建好的水力發電水壩下游處（在 Alaknanda 河的支流），鎮內低窪處的土砂淤積高達 3 公尺，嚴重損毀公共設施與民宅。

（4）應變能力不及

在災害發生之前，氣象局早已針對北阿坎德邦提出降雨警訊，包括：預測 14-15 日降雨可能達 124 毫米，16-17 日降雨可能超過 244 毫米，並指出會有 25% 區域將遭遇季風雨襲擊，但是北阿坎德邦政府卻缺乏，提早執行防災應變措施的敏感度與執行力，當 6 月 15 日降雨達 137 毫米的暴雨，已經產生洪水及土石流災害，上萬朝聖旅客也已經擠進山區，因而錯失在朝聖活動初期，進行調節活動流程，並減少人員進入災區的機會，直到 6 月 17 日暴雨死傷頻傳，眾多旅客及朝聖者受困山區，才提出警報及救援，因此加重了這次的災害衝擊。

歷史事件分析

北阿坎德邦之崩塌潛勢圖如圖 3-28 所示，東北區是崩塌高潛勢區，而且每年幾乎都會一次以上，會造成人命、房屋與土地受損的坡地災害。歷史坡地災害如表 3-1 所示，最近一次是發生在 2012 年 9 月 5 日，暴雨襲擊喜馬拉雅山區，引發山洪暴發和山體滑坡，至少有 45 人死亡，35 人失踪。

表 3-1. 北阿坎德邦歷史坡地災害列表

時間	發生地點	災情敘述
1979	Okhimath	崩塌造成 39 人死亡。
1986	Tehri Garhwal 和 Chamoli	崩塌造成 32 人死亡。
1998	Okhimath	大規模崩塌阻 Madhyamaheshwar 溪，形成堰塞湖，最後造成 109 人死亡。
1998	Pithoragarh-Mapla 村	Mapla 村發生大規模崩塌，全村遭掩埋，超過 300 人死亡。
2002	Budha Kedar 與 Khetgaon	崩塌造成 28 人與 99 頭牛隻死亡。
2004	Tehri Garhwal 和 Chamoli	崩塌造成 32 人死亡。
2008	Amru Band	崩塌造成 17 人死亡。
2009	Munisyari Tehsil	崩塌造成 43 人死亡。
2012	喜馬拉雅山脈區	崩塌造成 45 人死亡、35 人失蹤。

註 資料來源：Disaster Mitigation and Management Center, Uttarakhand.

表 3-2. 政府宣布之補助項目與金額列表

項目	補助金額（盧比）	項目		補助金額（盧比）
補助死者家庭	5 萬	衣物補助（每戶）		4 千
重殘	2 萬	家具		4 千
中度殘障	1.5 萬	農地清淤補助（每公頃）		1 萬 5
傷殘住院超過 1 星期	3 萬	農作物破壞超過 50%	非灌溉地	1 萬 5
			灌溉地	8 千
傷殘住院低於 1 星期	1.5 萬	一般作物破壞超過 50% 以上（每公頃）		1.5 萬
磚房全毀	2 萬	家畜損失（牛、水牛、驢）（每頭）		2 萬
磚房部分損毀	1 萬	小牛死亡（每頭）		1 萬 1
棚屋損毀	6 千	山羊或綿羊死亡（每頭）		3 千
牛棚	2 千 5	家禽損失（每隻）（每戶最多補助 4 百）		1 百

註 資料來源：Department of Information and Public Relation, Uttarakhand.

官方與非官方作為與重建

（1）官方救災作為

6 月 18 日起印度軍隊、印藏邊境警察、國家救災部隊、北阿坎德邦政府警方跟民政組織等單位，協力進行災區的救援與疏散，由於持續大雨及喜馬拉雅山區地形複雜，因此救災非常不易，印藏邊境警察跟國家救災部隊使用無人飛機，掃瞄偏遠山區、低窪河床等處，搜尋是否有需要援救的受困民眾。這次在高海拔地區主要是透過直昇機進行救援，至少飛行了 2,000 架次，救援災區人員，另外，亦進行 600 架次的飛行，運送約 24 噸的救災物資到災區，BBC 稱這次是世界上最大的空中救援行動之一。直到 7 月 2 日，災後第 17 天，所有滯留在山區的朝聖者與旅客，才全數撤離。印度總理 Manmohan Singh 和國大黨主席 Sonia Gandhi，6 月 19 日乘直升機視察受災地區，並決定向北阿坎德邦撥款 100 億盧比（約合 1.7 億美元）用於救援，詳細補助規定與細項如表 3-2 所示。其中，居住在道路中斷村落的居民，在這段期間內，每個家庭會收到一個月的糧食補助，包括 15 公斤米、15 公斤小麥、5 公斤豆類、3 公斤糖、1 公升食用油、鹽、火柴盒跟 10 公升的煤油，以幫助家庭維持基本生活所需，災區內的每名中學生或大學生補助 500 盧比、理工學校或研究所的學生會補助 1,000 盧比。

（2）非政府組織作為

據統計共有天主教救濟服務 (Catholic Relief Services, CRS)、紅十字會、印度私人企業、Plan India 等 54 個人道組織或 NGO 參與了這次的救災

表 3-3. NGO 非政府組織作為（以 Save the Children 為例）

編號	4
組織名稱	Save the Children
當地合作機構	Navjyoti Development Society
關注區域（鎮）	Uttarkashi, Tehri Garhwal, Dehradun, Rudra Prayag, Chamoli
關注區域（小區域）	Naugaon, Dunda, Agestyamuni
關注區域（村）	Kharadi, Dunda
關注村里數與家庭數	30
支援形式	工具箱、食物籃、毯子、防水布、衛生用品
明細	提供 Kharadi50 個家庭，緊急支援。提供 47 個家庭防水布、食物籃（米、麵粉、豆類、糖、鹽、食用油等）。
可用預算	2.5 億盧比

活動。美國也提供偏遠地區的家庭，15 萬美元的緊急救助金；歐盟是提供 5,000 個最需要幫忙的受災家庭，13 萬歐元，立即進行基本救助。但是在整個過程中，發現救助資源很多，但是卻缺乏統一管理，包括：人道組織的資源、負責區域與作為，救災資源是否有重複分配，或是是否有區域仍被忽略等問題。表 3-3 為災後一個月左右才有明確國際人道組織作為的統計表格。

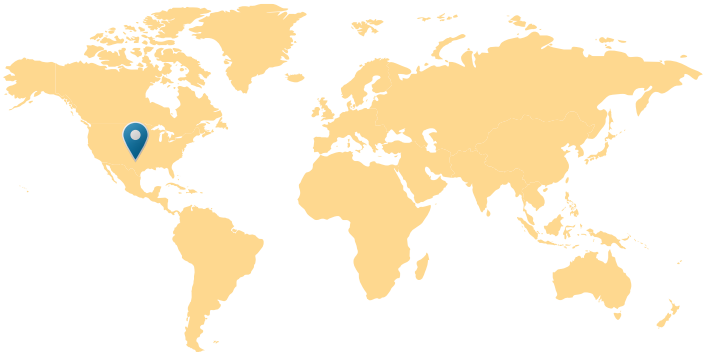
災害特性與借鏡

北阿坎德邦山區的過度開發以及無管制旅遊規模發展，為當地的環境帶來極大的壓力與破壞，生態與環境資源消耗殆盡，土地的穩定性也越趨脆弱與危險，最後在多變的氣候條件以及政府應變不力的加乘影響下，終釀成這次 10 萬人受災的巨型災難。反觀台灣的山坡地發展，旅館違規增建、土地超限利用，為了觀光發展與生計需求蠶食鯨吞山區，破壞水土保持與坡地穩定，若不適當限制或調適發展，台灣山區也將朝向相同危險的方向前進，而絡繹不絕的觀光客，面對暴雨有朝一日也可能不幸淪為受災者。另外，北阿坎德邦政府防災單位本來有機會，提早應用氣象局提供的降雨警訊，配合邦行動計劃書中詳載的崩塌與淹水易致災圖資，在朝聖之旅初期，調節朝聖活動流程，避免朝聖人潮進入易致災區，以有效降低人員受災傷亡數目，可惜邦政府防災作為不及，錯失先機。這樣的情況下，也再次突顯出平時減災、整備及應變演練的重要性，對於災害我們應該秉持預防從嚴、防災勝於救災的重要觀念。

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報 第 100 期，2013 年 11 月出刊

照片 3-8. 美國科羅拉多 (Colorado) 博爾德 (Boulder) 住宅區皆泡在洪水中

資料來源：歐新社



3-6 · 美國科羅拉多洪水災害

地理環境

科羅拉多州（圖 3-29）平均海拔 2,072 公尺，為 50 個州中地勢最高的區域。落磯山脈 (Rocky Mountains) 縱貫該州中部，山脈以東的山前地帶 (Colorado Front Range) 為人主要聚集地區，首府丹佛 (Denver) 即位於此地，山前地帶聚集了全洲 80% 的人口，該州的大都市、交通主幹、工業企業均聚集於此。高山以外的區域多屬草原氣候，夏日降雨居多，年雨量平均約為 400 毫米。相較於落磯山脈西側以融雪為主的水文現象，東部有些許的不同。在海拔 2,300 公尺以上，融雪依舊是逕流來源。

圖 3-29. 科羅拉多州地理位置

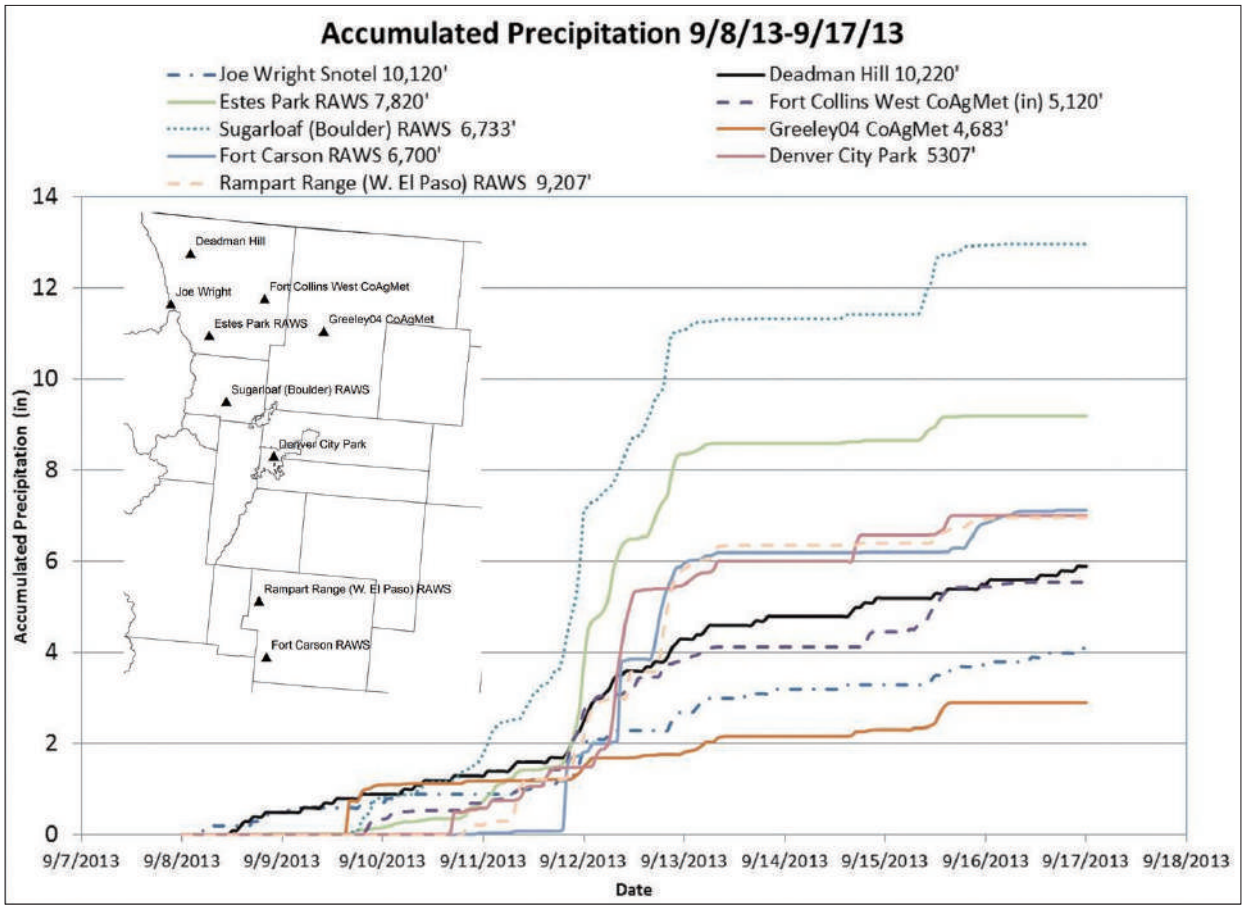


圖 3-30.　博爾德累積降雨圖 (2013 年 9 月 8 日 -2013 年 9 月 17 日)

資料來源：http://coflood2013.colostate.edu/runoff.html

災害概述

此次洪災降雨自 9 月 9 日開始，約持續一個星期，影響範圍從科林斯堡 (Fort Collins) 至斯普林斯 (Springs) 北部，影響範圍長度約為 320 公里，其中受災最嚴重的博爾德 (Boulder)，截至 9 月 15 日的總降雨量已達 430 毫米，接近博爾德的年降雨量 525 毫米；尤其在博爾德部分較為乾燥的地區，甚至兩天內的降雨量就達到該地兩年的總雨量。由於降雨主要集中在人口稠密的地區，致使災情嚴重，總計有 18,000 人被強制撤離。

就博爾德而言，此事件的降雨，使得自今年 1 月起至 9 月 15 日止的累積雨量已超越了歷史最高年降雨量紀錄（如圖 3-30），遭受如此龐大的洪水，使得博爾德災情相當慘重。

災因探討

（1）鋒面與水氣會合，造成持續性大雨

本次洪災事件主因是來自東邊的冷鋒以及西側大盆地高空的風暴，對落磯山脈的水氣形成擠壓效應，使得水氣分布的剖面更加垂直集中；再者因季風不斷地帶來水氣，加上冷鋒對水氣的抬升作用，使得 2 次降雨事件，演變成持續近週的災害事件。

（2）陡峻的山坡與狹窄的峽谷

當暴雨來臨時，陡峻的山坡與狹窄的峽谷如同漏斗般使得山洪竄入人口聚集的丹佛西部、北部，也就是博爾德所在的位置。博爾德緊鄰博爾德峽谷 (the Boulder Canyon)，而該處的博爾德溪 (Boulder Creek) 貫穿城市中心，亦使得水患更加嚴重。由於這樣的地理環境與沿著河川廊道發展的經濟活動，因而曾被專家評為美國西部最危險的都市地區。

（3）降雨規模與程度超出預期

儘管此地區曾經發生不少重大的水患，最著名者如 1976 年 7 月，發生於博爾德附近的大湯姆森洪水事件 (Big Thompson flood)。但博爾德氣候乾燥，許多當地民眾都無法想像會遭遇如此嚴重的災害。事實上，本次災害的幅度遠超過當地一百年的洪水平原地圖，使得原本認為是安全的地區亦無法倖免於難（如圖 3-31）。

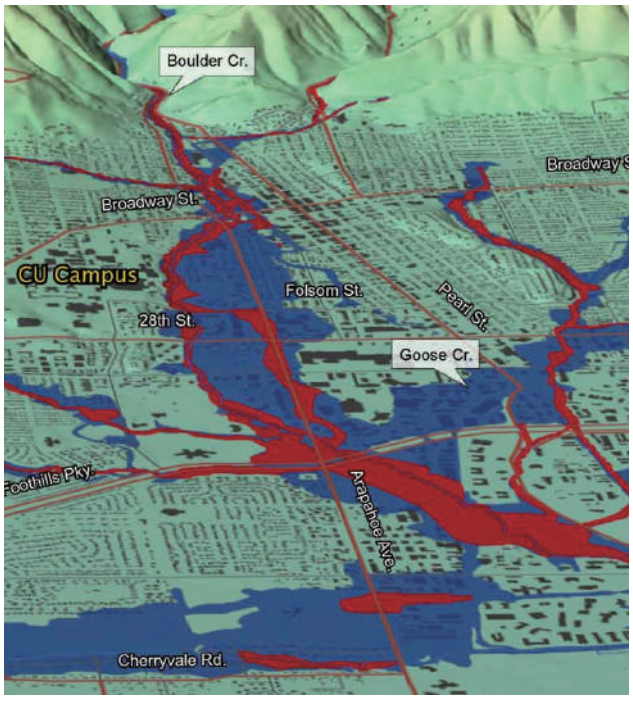


圖 3-31. 博爾德一百年洪水平原（藍色部分）
紅色部分為高危險區

資料來源：Flood Safety
http://www.floodsafety.com/colorado/boulderhighhazardzone.htm

（4）道路開發及野火造成地表裸露，使土壤易於侵蝕，產生土石流

以博爾德峽谷為例，沿途便有公路深入其中，而博爾德氣候乾燥，有時會發生森林大火，造成地表裸露，使得土石更容易鬆動而造成土石流。

災因衝擊影響

根據科羅拉多州政府統計，除博爾德外，還有 8 個郡受到嚴重的災害，總計有 20 個郡受到影響，截至 9 月 30 日災害統計數據如表 3-4 所示。除能夠具體計算出來的硬體設施成本外，因洪災而造成的工資中斷、甚至失業等無形資產的損失，以及對民生需求的激增，使得經濟更加困難。據 EQECAT 巨災諮商公司的推估，對於受影響的地區來說，住房與生活費用的直接成本約為 9 億美元，而基礎建設與商業損失甚至高達 100 億美元。而相對於美國東部沿岸常有颶風威脅，氣候乾燥的科羅拉多州對於洪水保險政策並不積極，即便有美國國家洪水保險計畫 (US National Flood Insurance Program – NFIP) 提供服務，但本次受災範圍遠大於擔保賠償的一百年洪水平原範圍，所以獲得保險協助的住戶比例相當少。在發生災害後，州政府藉由社交網路架構了即時災情反應平臺，針對道路交通、洪水災情、人力物力補助等面向提供協助，亦動員軍方救災、撤離，並在後續建立專屬網站提供受災者方便取得幫助。

表 3-4. 科羅拉多洪災損失概估（統計至 9 月 30 日）

項目	數值	備註
淹水範圍	1,533 平方英里	初步估計
州層級操作成本	$19, 493,840 美元	不包含聯邦或當地政府的花費
受影響郡	20 郡	Adams, Arapahoe, Broomfield, Boulder, Clear Creek, Crowley, Denver, El Paso, Fremont, Gilpin, Jefferson, Larimer, Lincoln, Logan, Morgan, Phillips, Pueblo, Washington, Weld, Sedgwick
死亡人數	8	Boulder (4), El Paso (2), Clear Creek (1), Larimer (1)
失蹤人數	1（推測死亡）	Larimer County
最高撤離人數	18,147	強制驅離的人數
撤離動物	118	—
受損道路	200 英里	州內道路及高速公路
受損橋梁	50	州內橋梁
道路及橋樑損失	4.75 億美元	州內損失
重大災害宣布	9 郡	Adams, Arapahoe, Boulder, Clear Creek, El Paso, Jefferson,Larimer, Logan and Weld
緊急宣布	15 郡	Adams, Arapahoe, Boulder, Broomfield, Clear Creek, Denver, El Paso, Fremont, Jefferson, Larimer, Logan, Morgan, Pueblo, Washington, and Weld
聯邦緊急事務管理署（FEMA）個體援助	20,909 戶登記	3,450 萬美元
小型企業管理局（SBA）災害貸款	19,750 申請	140 萬美元
空中撤離	2,256 人	1,047 牲畜
地面撤離	707 人	由 Colorado National Guard 協助

資料來源：科羅拉多州緊急災害管理辦公室 (Colorado Office of Emergency Management)

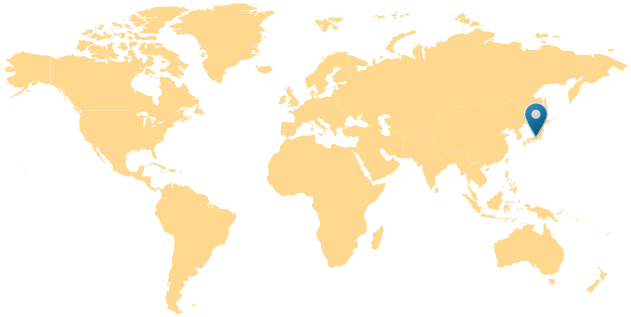
照片 3-9. 河水摧毀道路和橋梁關鍵設施

資料來源：歐新社

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報第 101 期，2013 年 12 月出刊

照片 3-10. 颱風 26 號「薇帕」颱風侵襲日本東京，導致離島伊豆大島引發土石流掩埋民宅
資料來源：日本國土地理院

3-7· 日本颱風豪雨災害



地理環境

日本由本州、四國、九州、北海道等四個大島及其他多個小島所組成；總面積為 37 萬 7,930 平方公里，占世界陸地之 0.25%，約為台灣面積之 10.5 倍。由於島嶼眾多，海岸線長達 3 萬餘公里；首都東京與主要城市多集中於太平洋沿岸。因列島屬南北縱向分布，故氣候涵括亞熱帶、溫帶與亞寒帶等類型，雨量豐沛，年平均降雨量約為 1,405 公釐。

災害概述

2013 年於日本發生的水土災害主要由豪雨和颱風引起（表 3-5），包括 9 月的颱風 18 號及 10 月的颱風 26 號，分別造成嚴重的水災和坡地災害，多數房舍發生淹水和毀壞以及共約 50 人死亡及失蹤；另外，雖然本年度七、八月降雨量較往年少，但仍有因鋒面引起之豪雨災害發生在局部地區，包括 7 月 26 日於島根縣及山口縣，以及 8 月 9 日於東北地區，造成洪災、漂流木大量流出、以及土砂災害等。以下將針對受災較為嚴重的颱風 18 號及 26 號災害進行概述，並進一步探討災因及相關應變防減災措施。

氣象水文分析

（1）颱風 18 號

颱風 18 號於 9 月 13 日在日本本州南側之太平洋上形成，隨著颱風規模變大，逐漸由日本南海北上，並於 9 月 16 日上午 8 點在愛知縣登陸。登陸後颱風由關東地方向東北地方移動，在 16 日晚間 9 點在北海道東邊海域轉成溫帶低氣壓（如圖 3-32 所示）（日本內閣府，2013）。

此次颱風在登陸之前，由於鋒面和颱風周圍濕暖空氣影響，分別在 9 月 15 日於在日本東部和北部發生局部激烈的降雨、以及 9 月 16 日從四國到北海道發生大範圍降雨，包括：福井縣、滋賀縣以及京都府等地。颱風期間總雨量，除了日本東部和滋賀縣及京都府之近畿地方等多處超過 400 毫米之外，其餘許多地方降雨量均超過九月之月平均降雨量 2

表 3-5.　2013 日本主要水土災害概要

事件名稱	影響時間	死亡（人）	失蹤（人）	受傷（人）	主要災害類型
7 月 26 日大雨（島根縣及山口縣）	7/26-7/29	2	2	-	洪水、土砂災害
8 月 9 日大雨（以東北地方為中心）	8/9-	8	0	-	洪水、坡地災害、漂流木
颱風 18 號	9/15-9/16	4	5	130 人以上	內水災害、強風
颱風 26 號	10/11-10/16	39	4	150 人以上	土石流

註　資料來源：國土交通省

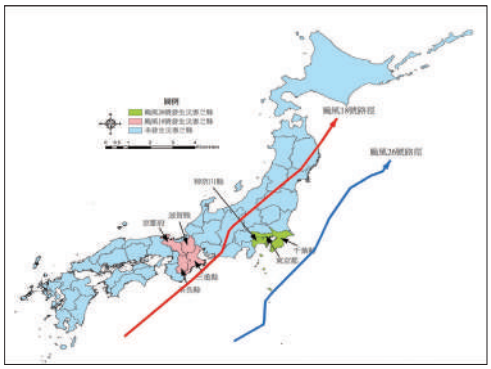
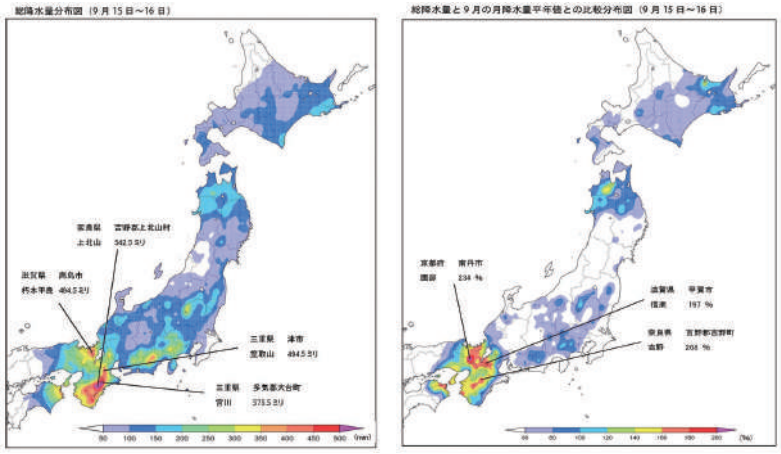


圖 3-32. 颱風 18 號（紅色）和颱風 26 號（藍色）路徑與主要受災縣分布圖

資料來源：修改自國土交通省



（累積）　（距平）

圖 3-33. 颱風 18 號累積降雨分布圖

資料來源：日本氣象廳

倍以上。比較各地 1 小時、3 小時、以及總降雨量，其降雨量均超過歷史紀錄（圖 3-33）。另外，此次颱風造成 20m/s 強風在本州廣泛地區之海岸線，使得海上之波高最大超過九公尺，並於沿岸引發暴潮。

（2）颱風 26 號

颱風 26 號於 10 月 10 日於太平洋上之馬里亞納群島附近形成並持續發展，在 10 月 16 日時通過東京外海之伊豆諸島後往東北方北上，同日在東北地區外海轉成溫帶低氣壓。颱風 26 號在東日本以及北日本地區造成豪雨事件，特別是在東京都外海之大島町，降下連續 4 小時超過 100mm/hr 以上的降雨（圖 3-34），並在 24 小時內累積雨量超過 800 毫米。

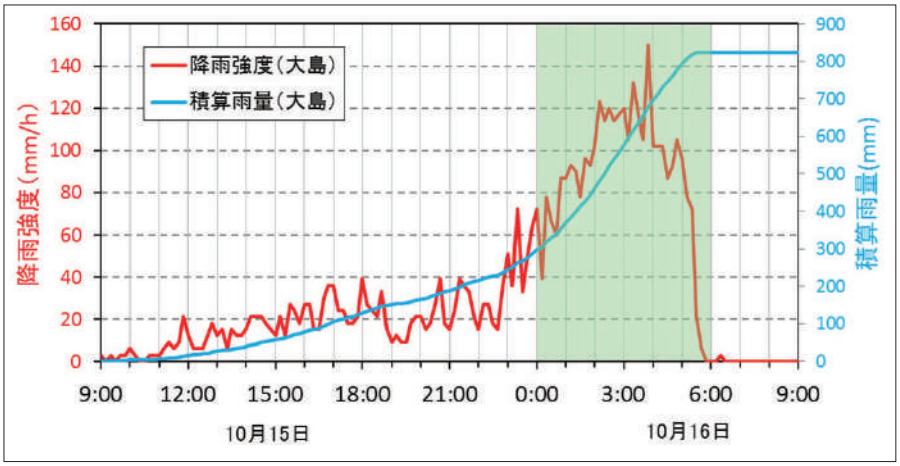


圖 3-34. 伊豆大島颱風 26 號降雨歷線圖

資料來源：防災科學技術研究所

災因探討

（1）颱風 18 號

本次颱風所造成的影響主要是強風和豪雨，共造成 4 人死亡、5 人失蹤、以及超過 130 人輕重傷等。豪雨造成的主要災害型態是洪水，特別是在滋賀縣和京都府，由於大量降雨造成河川和湖泊水位急速上升、以及都市內排水不及，除河川的水壩進行連日放流之外，部分地區發生嚴重內水氾濫，超過兩千戶淹水達 30 公分以上，並波及地下鐵等交通管線設施的淹水災情；降雨也造成坡面崩塌的事件，和洪水災害相比雖規模較小，但仍有約 20 個聚落發生短時間受困；另一個特別注意的災害是強風，發生的區域分散在北海道到關西地區，造成家屋部分損壞或是樹木折斷的災情。

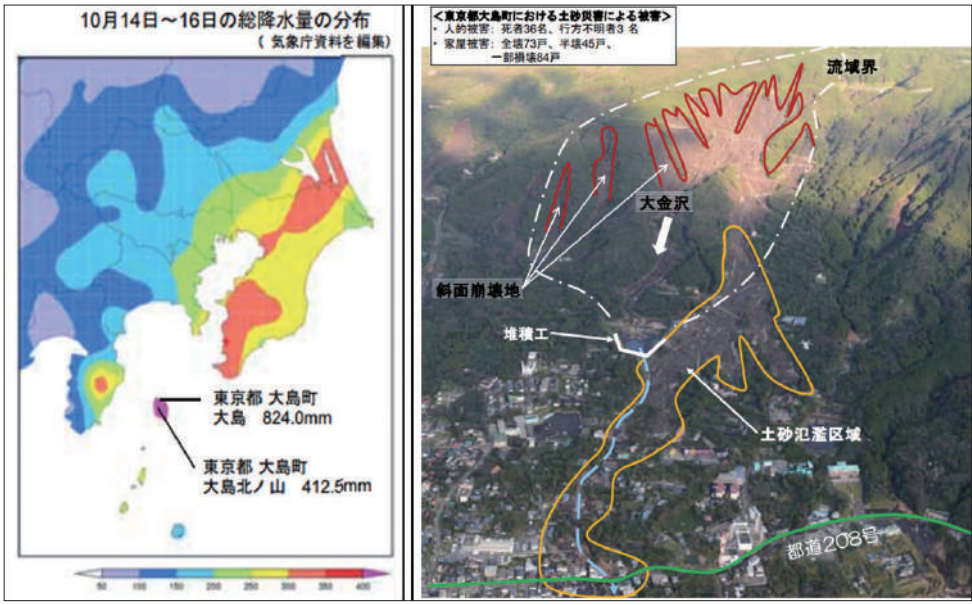


圖 3-35. 伊豆大島之位置、總雨量（左圖）及發生土石流災害範圍圈繪（右圖）

資料來源：國土交通省

（2）颱風 26 號

颱風 26 號於 10 月 16 日，在東京都外海伊豆大島的大島町發生嚴重土石流災害。經國土技術政策綜合研究所的調查，本次在伊豆大島發生的崩塌範圍相當廣泛，大多數崩塌深度約為 1 公尺（圖 3-35），並伴隨大量漂流木的產生。崩塌產生的大量土砂和漂流木，形成數波土石流直接衝擊到聚落，總共造成 36 人死亡、22 人輕重傷、以及 3 人行蹤不明。

災害特性與借鏡

（1）破紀錄及集中發生之豪雨

由颱風 18 號及颱風 26 號的降雨紀錄發現此兩次颱風帶來的降雨，有相當集中發生的趨勢。颱風 18 號於兩日內在日本近畿以及東海地方之總累積雨量超過 400 毫米，其中 35 個地方最大 24 小時降雨量創下紀錄；另外颱風 26 號同樣也有類似狀況，以伊豆大島的降雨，自 16 日開始連續 4 小時降下超過 100mm/hr 的雨量，並且累積雨量超過 800 毫米，是本次土石流發生的最主要原因（國土交通省，2013）。

（2）日本政府的因應

特別警戒發佈及疏散避難：

日本政府於 2013 年發表新的警報基準，在注意報、及警報之外，新增特別警戒項目如圖 3-36 顯示。當降雨出現破紀錄豪雨，且災情可能持續擴大，發布豪雨特別警報，並且於本年度的颱風 18 號時首次發布。該項目的設置，是因應氣象災害中有特別重大災害可能在大範圍情形發生的可能時，為喚起地方政府及居民注意而發佈。特別警戒所涵蓋的災害類別，和警報及注意報相同，皆包括豪雨、暴風、暴潮、波浪、暴風雪、以及大雪等。

然而不論在颱風 18 號或颱風 26 號影響期間，雖然氣象廳依據規則發佈注意報、警報、以及特別警報等、且地方政府也依序發佈了土砂災害警戒、洪水警報、以及避難勸告及避難指示等，但依據事後的調查顯示（靜岡大學，2013；Smart Survey, 2013），一般居民對於氣象用語的熟悉度仍有相當的差距。例如：對於氣象局發布大雨或強風警報時，所代表的意義為何，對居民進行詢問，只有 43.1% 的人能夠回答出正確的選項，而有超過 50% 的人雖理解可能和災害

照片 3-11. 當地消防隊隊員尋找倖存者

資料來源：歐新社

有所相關，但其所理解該警報代表的災害嚴重程度仍有差異。另外，針對是否避難進行詢問時，雖然問卷中，有超過半數以上的人回答會根據避難勸告或避難指示進行疏散避難，然而實際進行疏散避難的人仍佔少數，僅約有 8%。對於複雜的預警報的理解、乃至於在災害時的發布實施，不但和原此制度設想上有較大的差異，對於 2013 所制定的新的警戒基準，如何達到原先設想的效果，仍有需檢討之處。

緊急災害對策派遣隊（TEC-FORCE）之災害應變支援：

依照災害對策基本法，當有災害發生之虞或是已有災害發生時，都道府縣以及市町村政府得設災害對策本部，並且由首長擔任災害對策本部指揮官。

當災害規模大於都道府縣政府處理層次時，則由中央層級協助，並由國土交通省所轄下之各地地方整備局的緊急災害對策派遣隊（Technical Emergency Control Force, TEC-Force）以及必要的快速復原工作。

在 2013 年度 TEC-Force 主要進行的支援災害應變任務共有四場（表 3-6），包含 7 月 26 日及 8 月 24 日豪雨事件、颱風 18 號、以及颱風 26 號等。綜整該四次的主要支援任務內容，發現無論是在哪次災害事件，其現地的緊急災害調查都是最主要的任務，包括透過直升機或人員的調查。透過 TEC-Force 的調查，提供必要的緊急對策技術，除防範災害持續擴大外，並能防止二次災害發生。

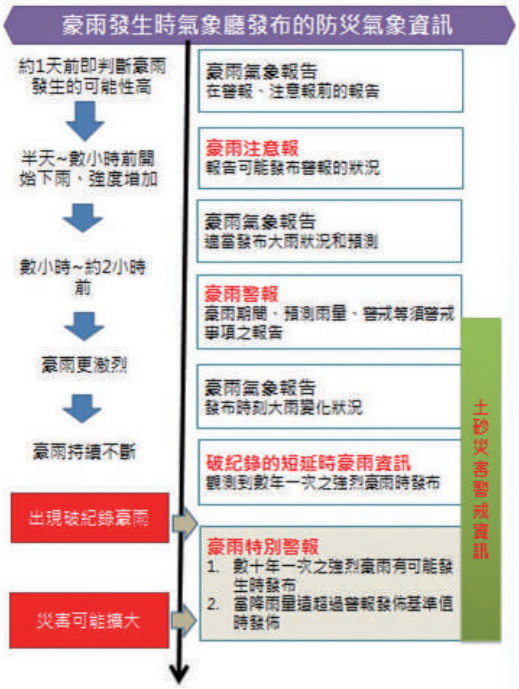


圖 3-36. 各種防災氣象資訊發佈時機以及種類

資料來源：圖修改自日本氣象廳網站

表 3-6. 2013 年 TEC-Force 主要進行的支援災害應變任務

事件名稱	總派遣人次（人）	實際主要進行任務
7 月 26 日大雨和 8 月 24 日島根縣豪雨	1227 （註：2 次事件總和）	1. 調派直升機進行緊急災害調查 2. 緊急災害地的防治對策技術指導 3. 實施通訊確保對策 4. 淹水區域的排水活動 5. 派遣聯絡人員支援地方政府
颱風 18 號	1179	1. 坡地災害、河川及道路調查活動 2. 河川破堤緊急處理方法技術支援 3. 緊急防災用機械支援防止二次災害發生
颱風 26 號	149	1. 調派直升機進行緊急災害調查 2. 緊急進行土石流危險溪流和陡坡地危險處所之調查 3. 實施通訊確保對策 4. 進行土石流災害處之即時監測

照片 3-12. 墨西哥格雷羅州 (Guerrero) 阿卡普爾科 (Acapuloc) 地區居民站在房子的屋頂上等待洪水退去

資料來源：歐新社

3-8 · 墨西哥雙颶風侵襲

地理環境

墨西哥位於拉丁美洲最北部，北部與美國接壤，東南與瓜地馬拉與貝里斯相鄰，西部是太平洋，東部有墨西哥灣與加勒比海（圖 3-37）。沿海地區是海岸平原，而中部則是高原而且多山，包括許多火山。西部包括狹長的下加利福尼亞半島 (Baja California)，把太平洋與加利福尼亞灣分隔開，東南部為地勢平坦的尤卡坦半島 (Yucatán)。墨西哥氣候多樣，北部是熱帶沙漠氣候，而在南部則有熱帶雨林氣候年降雨量是 1000mm 以上，部分地區達 2500mm 以上。區域氣候方面，墨西哥因幅員遼闊氣候也具多樣性，按海拔高度從熱帶、亞熱帶，溫帶到冰雪帶都有，但是由於中央高山阻擋，降雨分佈具有平原區較高地及山區多的趨勢。

圖 3-37. 墨西哥地理位置圖

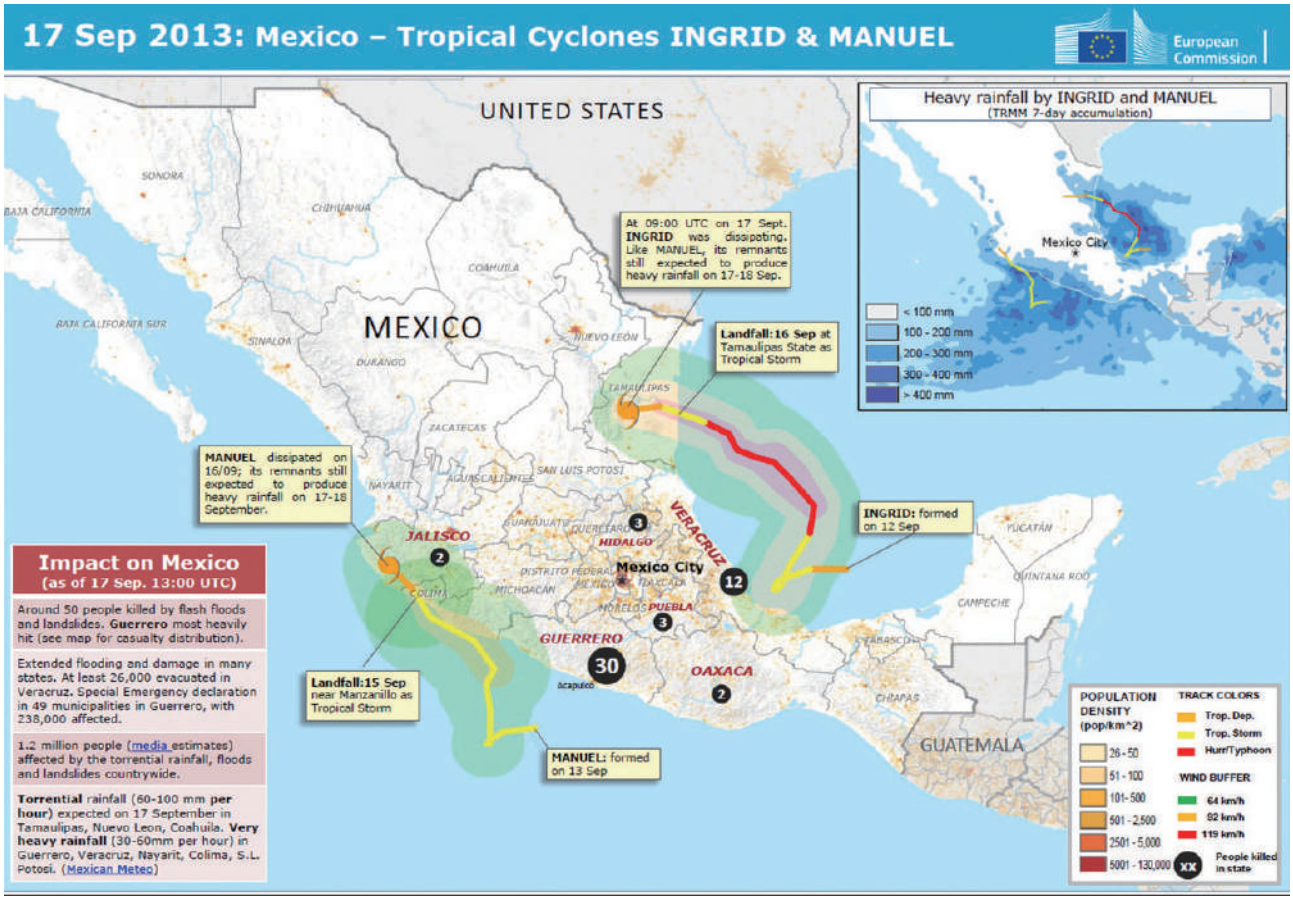


圖 3-38. 墨西哥 Ingrid（墨西哥灣側）與 Manuel（太平洋側）雙颶風路徑圖

資料來源：European Commission - Joint Research Centre

災害概述

2013 年 9 月 12 至 17 日期間，兩個熱帶氣旋英格瑞（Ingrid）和曼紐爾（Manual）同時地分別襲擊了墨西哥灣面大西洋及太平洋處（圖 3-38），墨西哥全國大部分的地區都能明顯的感受到氣旋的威力。 全國約有 2/3 的州市宣布為災區，截至 10 月 2 日統計為止，共造成了 157 人因洪水與地滑災害死亡，多條道路及橋梁損毀，約 59,000 人撤離家園，亦造成 4 萬旅客受困。格雷羅州 (Guerrero) 為重災區，一處村落遭到土石流重創，此處造成 65 人死亡；而太平洋度假勝地阿卡普爾科 (Acapulco) 土石流影響，中斷了通往墨西哥州的兩條道路。政府也宣布在格雷羅州的 56 個市和瓦哈卡州 (Oaxaca) 的 10 個市處於緊急災害狀態之下，同時格雷羅州也開設了 22 個收容所，供應約 12,000 人做緊急避難之用，洪水和山崩也影響了韋拉克魯斯州 (Veracruz)、塔毛利帕斯州 (Tamaulipas)、科利馬州 (Colima)、普埃布拉州 (Puebla)、伊達爾戈州 (Hidalgo)、哈利斯科州 (Jalisco)、杜蘭戈州 (Durango) 和奇瓦瓦州 (Chihuahua) 等地，造成了大小不一的災害。

氣象水文分析

（1）Ingrid 颶風影響

美國國家颶風中心 (NHC) 於 9 月 10 日發布尤卡坦半島的東部形成熱帶性低氣壓，隨之 9 月 12 日形成颶風，並於 9 月 17 日自墨西哥塔毛利帕斯州登陸，其最大風速為 140 公里 / 小時，日雨量為 254.8 毫米。

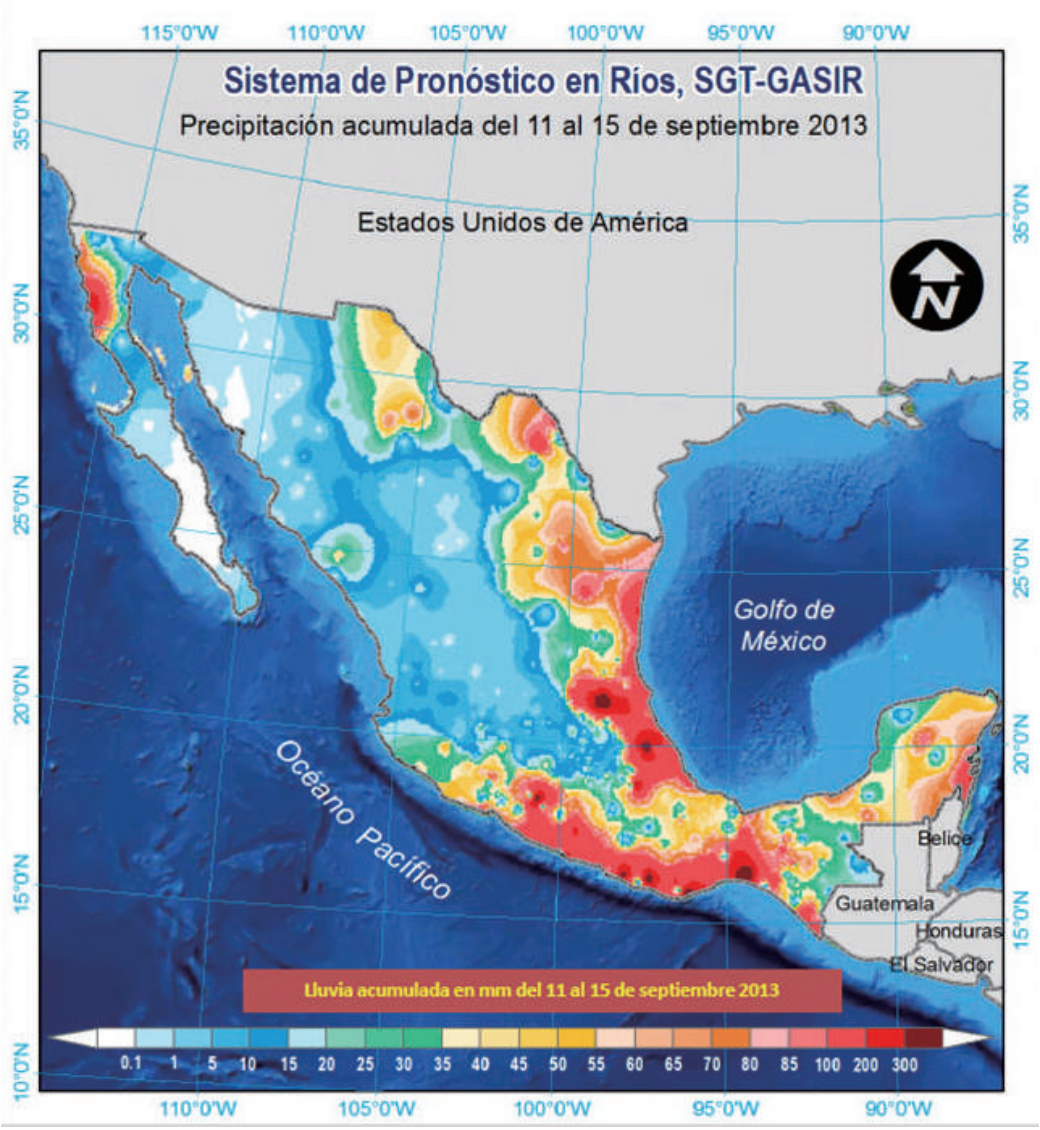


圖 3-39. Ingrid 與 Manuel 雙颶風 5 日累積降雨情形

資料來源：CONAGUA

（2）Manuel 颶風影響

與 Ingrid 颶風同時於 9 月 10 日形成熱帶型低氣壓，9 月 13 日於墨西哥西南海生成颶風，並在 9 月 15 日自墨西哥西岸的科利馬州登陸，其最大風速為 120 公里 / 小時，日雨量達 287 毫米，最大降雨則有 729.5 毫米。

（3）雙颶風連續性降雨

Ingrid 與 Manuel 兩颶風分別於 2013 年 9 月 12 日、9 月 13 日形成，Manuel 於 9 月 15 日由墨西哥西岸登陸，為阿卡普爾科州帶來 373.4 毫米的日雨量，9 月 17 日 Ingrid 颶風接踵而至，日雨量為 254.8 毫米，兩颶風於 5 日內造成陸地最大降雨達 729.5 毫米，其行徑路線之降雨量與降雨分布情形如圖 3-39 所示，因此造成墨西哥有 2/3 的地區淹水，當中最嚴重地區為 Oaxaca、Veracruz、Guerrero。兩場連續颶風造成之降雨事件，使得墨西哥發生自 1958 年以來首次同時遭遇太平洋熱帶風暴和大西洋颶風的夾擊，墨聯邦政府將此次墨西哥遭遇的強降雨和洪災稱為“歷史性的極端現象”。

災害衝擊與復建

墨西哥的內政部長公布傷亡統計報告，提到本次共約有 59,000 人撤離家園，農業部也提到在本次風暴的侵襲之下，大量降雨同時淹沒了大片農田，造成近年來最嚴重的損失，大約有 613,000 公頃的農業用地完全地受到重創，大約佔了全國耕地總面積的 3%。

2013 年 9 月中下旬，Focus Economics 對墨西哥 2013 年之經濟成長預測為 2.1%，惟墨國財政部於 9 月底對 2013 年墨國經濟成長再度下修至 1.7%。墨國財政部長 Luis Videgaray 表示，墨政府原預估 2013 年墨國經濟成長為 1.8%，惟 9 月 14 日墨國遭受颶風侵襲，農產及基礎建設受損嚴重，部長表示，該損失達 750 億墨幣（1 美元約兌 12.8 墨幣），影響墨國經濟成長 0.1%。

墨西哥阿卡普爾科和奇爾潘辛戈兩州市受颶風侵襲最為嚴重，泥石流沖毀了數間民宅與道路，州內有 1 萬 3,516 間民宅損壞、32 條道路受損封閉、2 萬人疏散至避難所，而機場也因淹水使得 4,000 人受困於機場，單就格雷羅州就損失 231.4 萬美元，總計墨西哥約有 1 億人受到影響，財政部將撥款 925.6 萬美元進行災後重建。

災害特性與借鏡

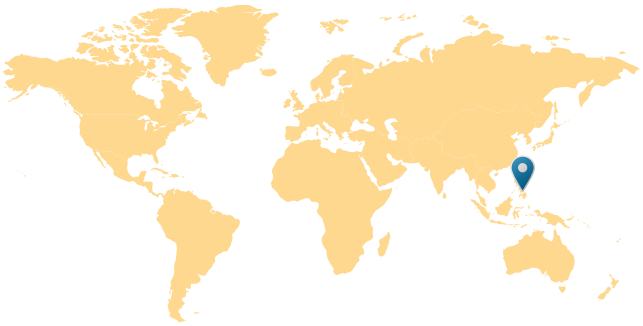
本次墨西哥天災受到兩個熱帶氣旋英格瑞和曼紐爾的影響，造成全國大面積淹水以及多處土石崩塌，並且使得交通受阻，多達四萬名遊客在度假勝地阿卡普爾科受困，連帶形成救援物資缺乏，發生災民搶奪店家物資的情況發生。

從颶風移動的路徑來看，本次兩股熱帶氣旋幾乎同時的產生，並且沿著墨西哥兩側海岸線移動，由於墨西哥兩側地形皆為較低的平原，再加上中央高山的阻擋，使得降雨相當大量的分佈在平原區，造成大面積淹水以及民眾受困的情形發生。

臺灣位屬颱風頻繁影響的地區，並且和墨西哥的地形同樣屬於中央高山群立，兩側低矮平原的情形，本次墨西哥風災造成了大量淹水、交通中斷、居民受困以及物資缺乏的情形。

照片 3-13. 菲律賓東薩馬省 (Eastern Samar) Guiuan 地區，鳥瞰全區滿目瘡痍

資料來源：歐新社



3-9 · 菲律賓海燕颱風侵襲

地理環境

菲律賓由七千多個島嶼組成，由北而南分為呂宋 (Luzon)、維薩亞斯 (Visayas) 和民答那峨 (Mindanao) 三大島群。本次受災以菲律賓中部維薩亞斯群島最為嚴重，該群島由數百個島嶼組成，主要的有薩馬島 (Samar)、宿霧島 (Cebu)、薄荷島 (Bohol)、萊特島 (Leyte)、班乃島 (Panay) 和內格羅斯島 (Negros)。維薩亞斯政區面積約 5.7 萬平方公里。中部地區薩馬島和萊特島為主，島中高程約 200~1,000 公尺，其餘地區為 0~50 公尺的沿海地區。當地主要產業除了種植農業及特定地區以觀光業為主外，也包含捕魚及水上運輸，由於島與島之間聯繫，最方便的交通工具便是船隻。

災害概述

海燕颱風 (Haiyan) 於 11 月 4 日生成，11 月 7 日增強為 CAT-5 颱風（CAT-5 為美國颶風中心分級標準之最高等級，相當於中央氣象局（簡稱 CWB）標準的強烈颱風）颱風生成後行經帛琉、菲律賓、越南等。海燕颱風於 11 月 8 日凌晨侵襲菲律賓並於薩馬島地區登陸，侵襲過程中沿岸約有 2.3 公尺暴潮，使得沿岸房屋遭受破壞。菲律賓總統在 11 月 11 日宣布國家災難狀態。截至 2014 年 1 月 29 日為止，菲律賓國家災害風險降低與管理中心 (National

表 3-7. 海燕颱風造成菲律賓災情

災情項目	統計結果
死亡（人）	6,201
受傷（人）	28,626
失蹤（人）	1,785
受影響人數	342 萬戶；1,607 萬人
房屋受損（棟）	1,140,332 全毀 550,928；半毀 589,404
收容人數	89 萬戶；409 萬人
經濟損失（元）	398 億披索 （約新台幣 273 億） 基礎設施：新台幣 132 億元 農業：新台幣 141 億元
截止 2014 年 01 月 29 日，NDRRMC 第 104 報	

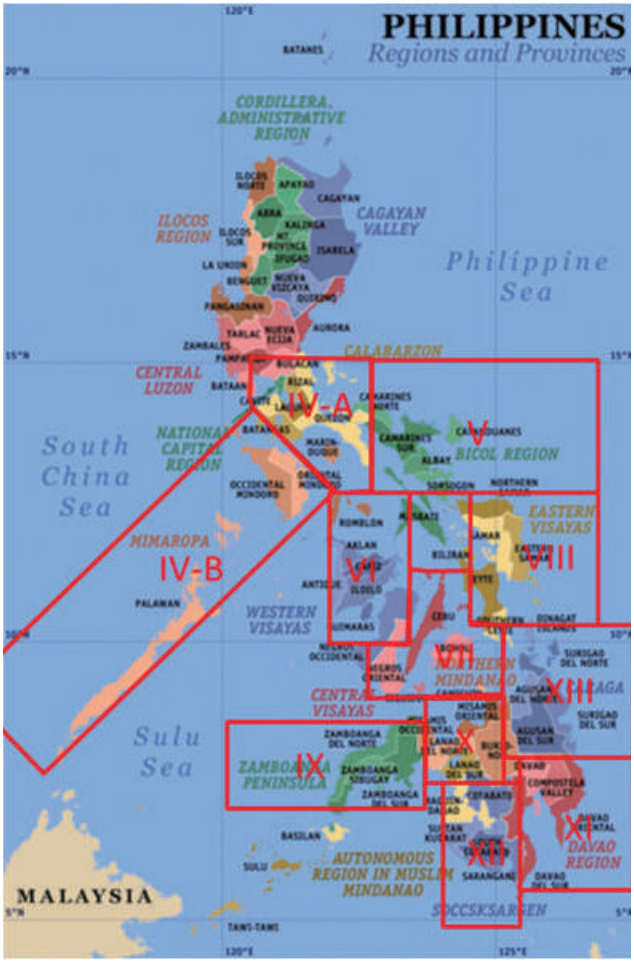


圖 3-40. 菲律賓各行政區分布

Disaster Risk Reduction and Management Center , NDRRMC) 災害報告表示，死亡人數達 6,201 人，失蹤 1,785，受影響人數 1,607 萬人，經濟損失約 398 億披索，約新台幣 273 億（表 3-7）。海燕颱風侵襲後，受影響地區分別為 IV-A, IV-B, V, VI, VII, VIII, X, XI, XIII 共 9 行政分區（圖 3-40），其中第 8 區中的萊特省的塔克洛班市 (Tacloban City) 為海燕颱風的重災區之一，海燕颱風在菲律賓的災情，是 2013 年全球傷亡最嚴重的颱洪災害事件。

氣象水文分析

海燕颱風於 11 月 4 日生成於關島東南方，之後持續往西北西移動，於 11 月 6 日增強為強烈颱風（風速 >51m/s），在 11 月 8 日凌晨 4 時，登陸菲律賓東薩馬省 Guiuan 時近中心最大風速達 63m/s（依中央氣象局估計）、瞬間最大陣風達 78m/s，此後強度稍微減弱並以一天的時間快速地穿過菲律賓中部群島（圖 3-41），強風、豪雨及暴潮肆虐了沿途的省份（包含薩馬、萊特、宿霧、薄荷、伊洛伊洛 (Iloilo)），其中在萊特省的塔克洛班市測量到了將近 3 公尺左右的暴潮，雖然颱風的強度很強且暴風圈範圍相當的廣（七級風暴風半徑 280 公里），但是因為通過的相當快速，颱風期間 11 月 6 日至 11 月 9 日最大的累積雨量約為 400 毫米（圖 3-42）。海燕颱風在接觸菲律賓東薩馬省的陸地時強度為最強的，CWB 估計近中心最大風速為 63m/s，為強度極強的颱風之一（註 1）。

災害引發課題

（1）島嶼救援困難

與印尼皆有千島之國之稱菲律賓，此次發生的災害散佈在不同島嶼中，島嶼的救援方式與臺灣的救災特性不同，救援不是車子將物資送抵災區方式，必須用船或飛機從大島分配至其他小島中，但在此次風災過後，聯絡島與島之間的交通工具和港口碼頭設備癱瘓，部分船隻順著暴潮被沖上陸地，物資援助無法發揮應有的效能。

註 1 2010 年梅姬颱風於菲律賓呂宋島外海時，中心最大風速曾實達 65m/s，大於海燕颱風的中心最大風速 63m/s。若以近中心最大風速比較，海燕並非風速最強的颱風，但造成的傷亡和損失卻極為慘重。

（2）缺乏警戒系統

近年來菲律賓皆有嚴重的颱洪事件，造成嚴重損失，菲律賓政府從立法、政策和調適著手，期望可減緩颱風災害衝擊影響，因此從 2009 年起增加對天氣與土地利用的監控及投入更多水利相關工程預算。但相關的預警、應變仍顯不足，對於災前強化當地抗災能力的投資仍然不足抵抗如海燕颱風的規模。

（3）傳遞訊息紊亂與緩慢

海燕颱風在襲擊菲律賓之後，各國際媒體針對菲律賓災害的死傷、失蹤數、災後嚴重性皆相同，甚至差距甚大。菲律賓當地實際情況，在媒體資訊雜亂情況下，數據可能為概估，甚至虛報。本身通訊普及就已經落後地區，此次風災後，電力、通訊設備更是不堪一擊，全面中斷，造成災情傳遞緩慢，甚至部分小島通訊在災後一星期仍中斷。由圖 3-43 及圖 3-44 顯示官方災害公布情況，在災後一星期內都呈現低死傷，低損失，但在一星期後大幅修正死傷情況，死亡人數甚至在兩周後又大幅上修到 5 千餘人；經濟損失在兩周後大幅修正，三周後又再度明顯上修。

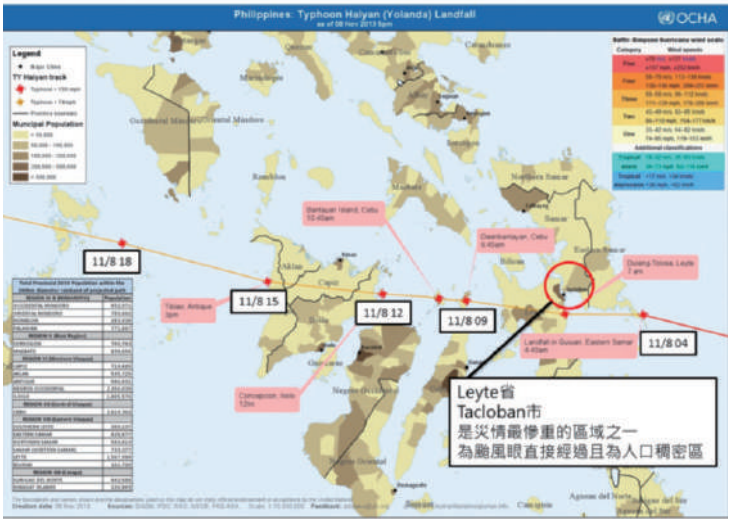


圖 3-41. 海燕颱風經過菲律賓路徑

資料來源：Office for the Coordination of Humanitarian Affairs(OCHA)

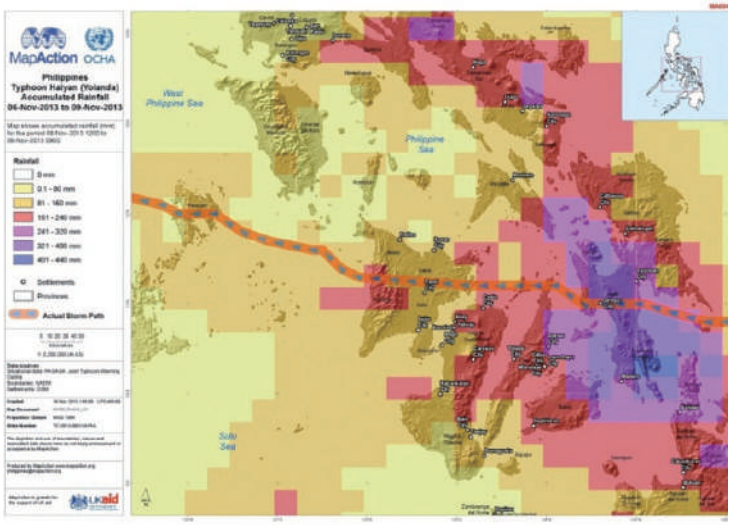


圖 3-42. 海燕颱風期間 11 月 6 日至 11 月 9 日最大的累積雨量

資料來源：Office for the Coordination of Humanitarian Affairs(OCHA)

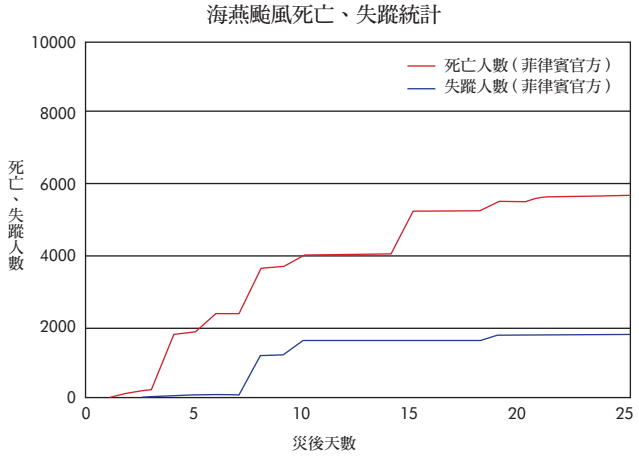


圖 3-43. 海燕颱風人員死亡與失蹤統計

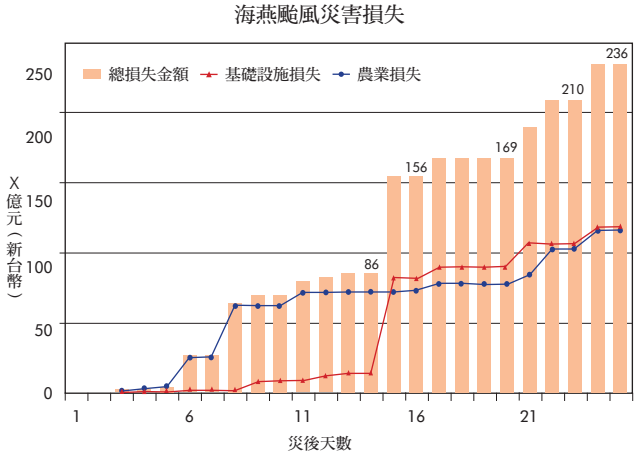


圖 3-44. 海燕颱風災害損失統計

（4）救援整備不足

災區處於水陸交錯，使得救災困難外，菲律賓國防部也證實，軍方的軟硬體設備皆無法與災後情況抗衡，軍隊人員未受過救災訓練，而本身也缺乏精密儀器探救生存者，使得救災速度更加緩慢；另外，機場的毀損，更沒有足夠的腹地讓飛機滑行降落，小腹地起降的運輸直升機僅有 3 架，所以在軟硬體不足的情況下，救援情況更加緩慢與困難。

（5）媒體報導與官方落差

當海燕颱風接近菲律賓時，外國媒體針對海燕颱風描述為「人類史上最強颱風」並在海燕登陸後報導，造成萬人死亡訊息，引起國際間注意菲律賓災區的狀況，但未經證實的消息卻也造成當地恐慌及社會動盪。圖 3-45 為海燕颱風死亡災情報導情況，紫色虛線為 OCHA 針對死亡報導情況，紅線實線為菲律賓官方 (NDRRMC) 報導情況，NDRRMC 災害第三天記錄 255 人死亡，OCHA 報導超過萬人死亡；災後 12 天 OCHA 死亡人數下降至四千餘人，二單位在災後 12 天後死亡人數愈來愈趨近。雖然 NDRRMC 災後統計災情情況緩慢，可能沒掌控到通訊中斷的孤島地區資訊，或是等待確認罹難者身分後，故造成災情統計情況較慢；反之 OCHA 是以災區所有人數表示死亡人數，其中包含倖存者，所以 OCHA 初期報導引用的死亡人數較誇大。

（6）政治干擾援助

災害發生後應以救災為優先，但海燕颱風發生後，菲律賓中央政府與地方政府之角力，使得中央與地方首長做法不同調，如此的政治派系競爭關係，最大受害者卻是災民，災民得不到應有的援助，使得恢復情況更是漫長。

（7）經濟損失

海燕颱風已造成經濟損失約 398 億披索（約新台幣 273 億），菲律賓經濟部長 Tetangco 表示：此次風災造成經濟成長下降 0.8%（2013 年目標成長率 6%-7%），此削減 0.8% 的成長率，佔總 GDP 的 12.7%，另外，通貨膨脹情況可能因為颱風災害影響增加但並不顯著，雖然風災損失超過過去歷史損失，但菲律賓經濟部長表示災害帶來的損失仍可控制。

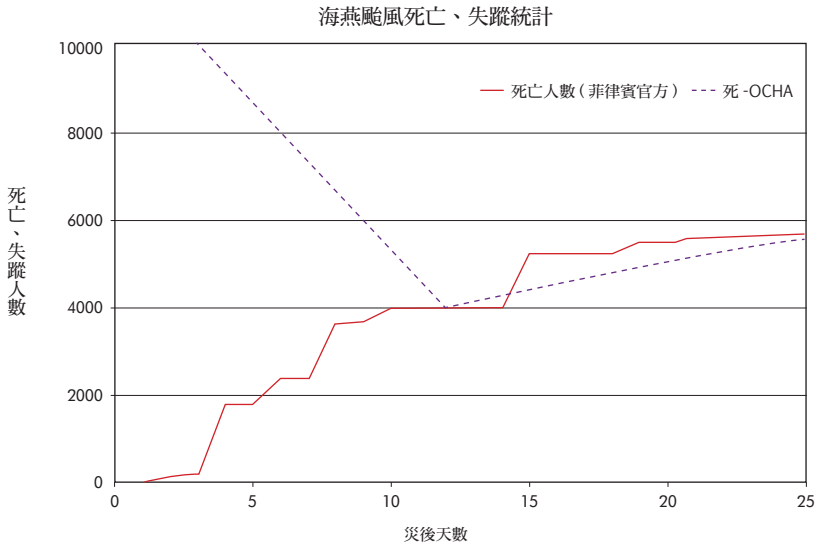


圖 3-45. NDRRMC 和 OCHA 統計海燕颱風死亡人數

表 3-8. 侵襲菲律賓之颱洪事件

年 / 颱風名	2011 年瓦西颱風	2012 年寶發颱風	2013 年海燕颱風
颱風強度	輕度颱風	強烈颱風 (220km/h)	強烈颱風 (瞬間最大陣風 315km/h)
死亡（人）	1,268	1,067	6,201
受傷（人）	6,071	266	28,626
失蹤（人）	181	834	1,785
受影響人數（人）	116 萬	624 萬	1,607 萬
房屋受損（棟）	5.2 萬棟	21 萬	114 萬
收容人數（人）	44 萬	97 萬	409 萬
經濟損失 （披索）	17 億 基礎設施 14 億 農業 2.7 億	369 億 基礎設施 75 億 農業 266 億 其他設備 28 億	398 億 基礎設施 196 億 農業 202 億
受影響地區 （重災區省）	VII, IX, X, XI, XIII	IV-B, VI, VII, VIII, XI, X, XI, XII, XIII	IV-A, IV-B, V, VI, VII, VIII, X, XI, XIII
NDRRMC 處置報告 截止時間	2012/01/26	2012/12/25	2014/01/29 no.104

歷史事件分析

本中心已連續三年蒐整侵襲菲律賓之颱洪事件，2011 年瓦西颱風 (Washi)、2012 年寶發颱風 (Bopha) 以及今年海燕颱風，此三年颱風皆造成當年度最嚴重颱洪災害。今年度海燕颱風災情狀況，除死亡、失蹤與受傷都遠超過前兩年的事件，另外，房屋受損約 114 萬棟，收容人數 409 萬亦都是遠遠超過之前的事件（表 3-8）。

政府處置與國際援助

（1）菲律賓政府處置

菲律賓政府防災及應變組織為菲律賓國家災害風險降低與管理中心 (NDRRMC)，其相關應變作為皆由該單位負責協調執行。對於海燕颱風截至 2014 年 1 月 29 日共發布 104 號處置報告，其內容包括：災害紀錄、災情統計、應變處理情形及國際救援情況，每一份報告皆上網提供查詢。

11 月 8 日早上六時官方處置報告指出：前置疏散 1.2 萬人，但當日凌晨海燕颱風已在薩馬島地區登陸，當日下午六時的處置報告說明，前置疏散增加至 7.9 萬人，但災情已陸續發生中。11 月 11 日菲律賓總統發布全國災難日，並請求國際協助救災與援助。由於救災物質匱乏，援助物資無法適時發揮成效，災民出現掠奪方式尋找任何可能生存方式，災區民眾更表示：搶劫不是犯罪，這是自我保護的方式。儘管菲律賓內政部長否認災區處於無政府狀態，但為了防止更多為求生存而產生攻擊活動，當地政府派出民兵和警察維持當地秩序，甚至施行宵禁手段。另外受到風災侵襲，災區水源、電力中斷，通訊亦中斷，政府與災區民眾表達任何救災援助方式，僅能利用廣播方式進行，但因大部分電力中斷及物資缺乏仍不易得到資訊。

（2）國際援助

海燕颱風對菲律賓的嚴重衝擊，引發國際關注，國際間共 30 餘個國家派出 104 軍艦、163 架次的軍機提供現金捐款及援助物資，即使物資備齊；但依然讓聯合國救援組織，認為援助行動仍是一個關鍵的挑戰。

由於風災死傷嚴重，菲律賓政府對於罹難者身分確認能力不足，國際刑警組織也派遣刑事人員至菲律賓處理身分不明的罹難者，加速身分確認難題。

照片 3-14. 塔克洛班市 (Tacloban City) 災民在商店門前推擠搶奪物資
資料來源：歐新社

聯合國人道事務協調廳（Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, OCHA）針對海燕颱風啟動行動計畫，優先行動內容包括：飲用水不中斷、衛生服務、營養糧食服務、臨時收容、短期就業、通信聯絡共六項，以確保倖存者生存無困難。

世界銀行為此次災害情況，提出類似 2004 年南亞海嘯重創地區援助金，重建經費由原先 4.8 億美元提升至 10 億美元，而這些援助盼能在短期內到位，其中針對災區，重建金將被用在災區恢復供水、公路、學校和醫院等與民眾生活息息相關的基礎設施。

印尼亞齊省將 2004 年南亞海嘯重建經驗向菲律賓建議災後迅速啟動重建計畫，應須安撫人心，避免災區動盪，利用“以工代賑　以工代糧”的方式增加災區民眾就業機會及避免三餐不繼的情況發生，此外穩定物價、防止通膨，使災民能迅速重建，最後儲放物資，以備不時之需。

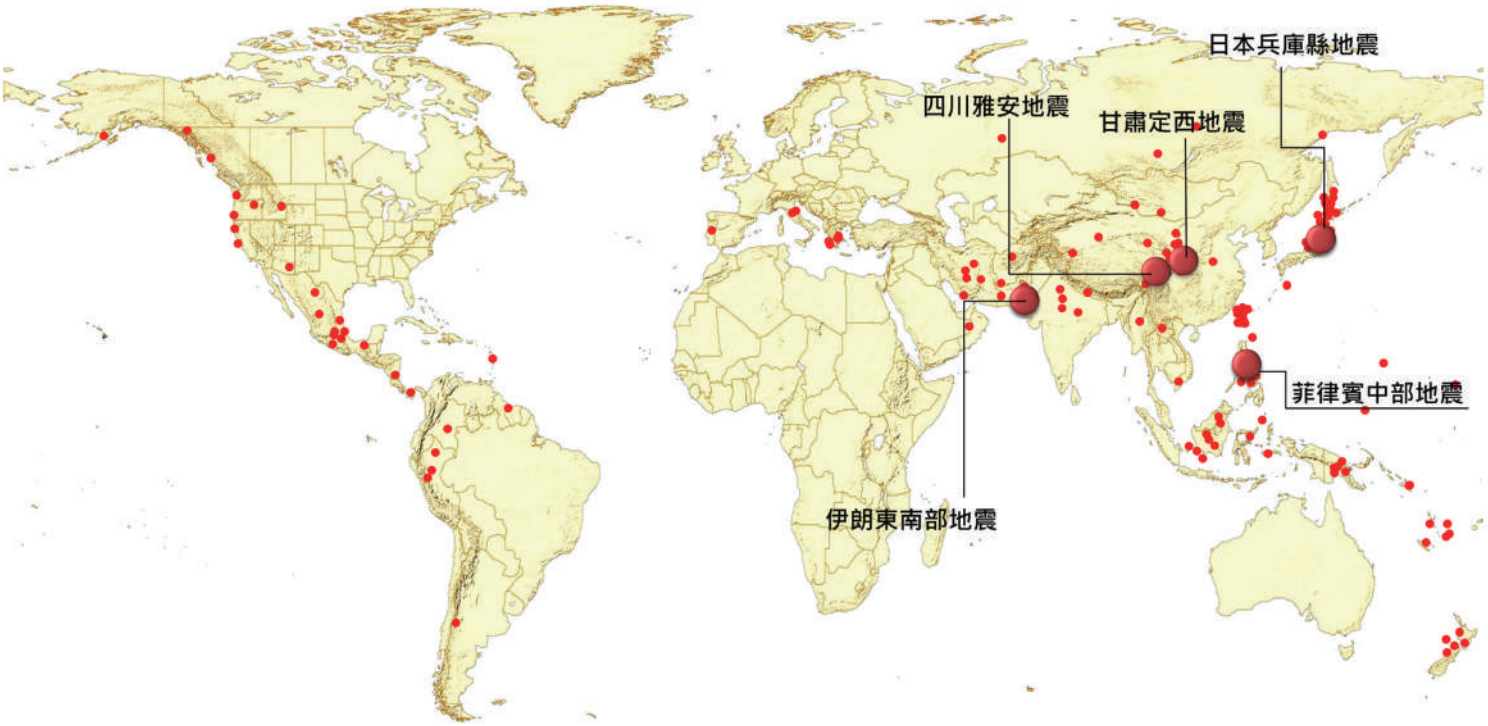
災害特性與借鏡

臺灣跟菲律賓地理位置近，每年也都遭受颱風侵襲，此次海燕颱風造成嚴重生命財產損失，讓臺灣對此次巨災衝擊影響有所警惕，為此也開始探討如果海燕颱風侵襲臺灣會有怎樣的災害情況，甚至臺灣會遭受如海燕般的颱風影響等情境模擬，這都是本中心關切的情況。此次的主要災因是島嶼地區遭受暴潮海岸侵襲影響，海岸受到暴潮影響已不是第一次發生，2012 年颶風 Sandy 引發暴潮侵襲紐約及紐澤西海岸，也是因風暴造成暴潮溢淹災害，所以臺灣應對海岸溢淹加強災害情況模擬，降低颱風造成暴潮溢淹的災害衝擊影響。另外，以連續三年遭受巨災衝擊的菲律賓情況為借鏡，臺灣應該為巨災做情境擬定與災害防救規劃，以因應未來可能引發之大規模災害。

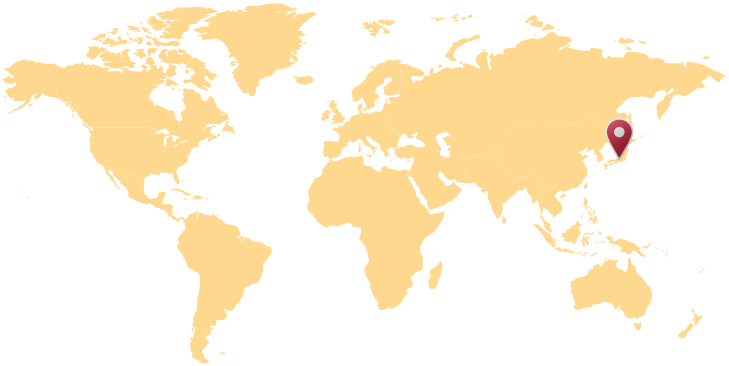
註　本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報
第 101 期．2013 年 12 月出刊

照片 3-15. 狂風撕開建築物屋頂，災民開啟重建腳步
資料來源：歐新社

M7.8 的震撼報導



第肆篇　國際地震災害



4-1・日本兵庫縣 M6.3 地震

地理環境

日本由日本列島、琉球群島、伊豆 - 小笠原群島等三個弧狀群島組成的島嶼國家，日本列島鄰近歐亞板塊、菲律賓海板塊、太平洋板塊和北美洲板塊的交界處，位處於環太平洋造山帶、火山帶及地震帶，為多地震、火山與溫泉的國家。

日本由 6,852 個島嶼組成，國土面積約 37.8 萬平方公里，海岸線總長為 29,751 公里，國土面積 75% 屬山地丘陵地帶，因此人口多集中在沿海地區，人口密度居世界排名第 37 位。富士山為日本最高的山峰，海拔 3,776 公尺，是一座十分活躍的活火山。主要自然災害除地震及海嘯外，其他還包括 : 山體滑坡、泥石流、洪災、風災和雪災等。

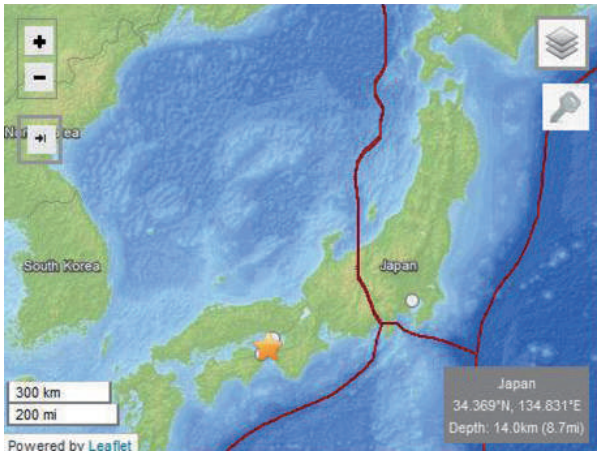


圖 4-1. 日本兵庫縣地震之震央位置圖

資料來源：USGS

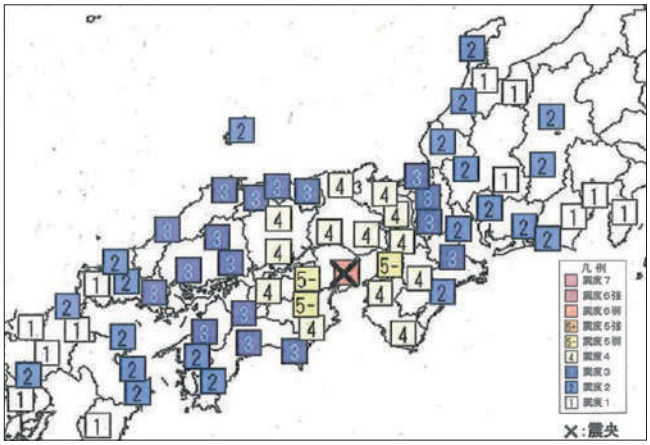


圖 4-2. 日本兵庫縣地震之震度分佈圖

資料來源：日本氣象廳

災害概述

根據美國地質調查所(United States Geological Survey, USGS)測得資料顯示，日本當地時間 4 月 13 日 5 點 33 分 17 秒發生規模 Mw6.3 的地震，震央（圖 4-1）位於兵庫縣淡路島，即北緯 34° 25.1'，東經 134° 49.7'，震源深度 15 公里，最大震度達六級（日本震度分級與我國相同，即最大地表加速度 250gal 至 400gal。惟日本震度五級以上於該級再細分為強、弱兩次級。）震度分布圖如圖 4-2。

本次地震為東西向逆衝斷層造成，震源鄰近菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊邊界處，板塊活動為菲律賓海板塊約以 66mm/yr 向北北西移動，形成南海隱沒帶。本區域近 40 年來共發生 7 起規模 6.0 至 6.9 的地震。本次地震和 1995 年阪神地震類似，屬於島內直下型淺層地震，震央位置距離 1995 年阪神地震震央西南方約 30 公里處。日本氣象廳認為本次地震和預期未來有可能發生的南海海溝巨震關係不大。

截至 4 月 13 日晚間相關媒體報導，已造成重傷 7 人、輕傷 19 人，建築物半倒 1,261 棟，部分破壞 564 棟。其他災情包含：關西國際機場一度暫時關閉、JR 西日本新幹線部分列車暫停行駛、京阪神的私營鐵路和地鐵暫停疏運以及造成誤點班次等交通運輸受到影響；另部分區域則有用水及天然氣中斷供應情形。此外，沿海地區有出現地震後引致的土壤液化現象。

緊急地震速報落實運用

日本政府長年以來透過制定「大規模地震對策特別措施法」等相關法令及配套措施，將地震監測及即時警報列為地震防災的工作要項，並結合產、官、學界之研發能量及資源，共同投入緊急地震速報相關研究及推動。自 2003 年至 2007 年推動「高度即時的地震情報傳達網實用化」先導型計畫，提升警報技術水準並逐步將應用層面擴大至消防單位、軌道系統、集合住宅、醫療院所、半導體工廠、學校等相關單位，更於 2007 年 10 月由日本首相宣布對一般民眾發布即時警報資訊（圖 4-3 和圖 4-4），為世界上最早開始實行全國性強震即時警報系統的國家，其推展之經驗與歷程值得我國參考借鏡。

本次地震日本氣象廳於震後 11 秒左右（即觀測網啟動後 7.5 秒）對一般民眾發布緊急地震速報（圖 4-5），預估最大震度為六弱級。緊急

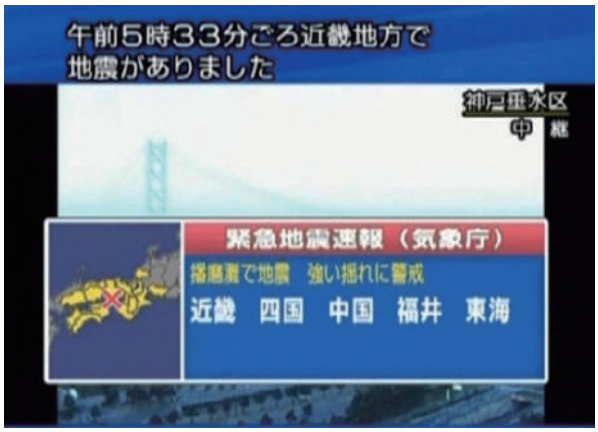


圖 4-3. 電視插播緊急地震速報畫面
資料來源：日本氣象廳

圖 4-4. 緊急地震速報預估各地震度
資料來源：日本氣象廳

地震速報發布後 0~5 秒，神戶市開始感受到明顯振動；緊急地震速報發布後 5~10 秒，大阪市則開始感受到明顯振動。

災害借鏡

(1) 地震演練及防震教育

地震應變機制完善，定期防震演練：公共部門、辦公大樓、商場、學校及醫院等地皆有定期進行防震演練，讓地震應變疏散機制落實到每一個單位，並且在讓孩子在幼稚園起就開始進行防震、避險教育，遇到地震時不驚慌，能高效、有序的疏散到安全區域。爰此，日本政府單位應變能力迅速，得以即時掌控災情外，民眾配合指示迅速進行避難亦是降低傷亡的原因。

(2) 緊急地震速報落實

日本氣象廳 2007 年啟用全球第一的「緊急地震速報」系統，已經確實發揮功用，由電視等媒體發布地震警報，於第一時間提醒震央較遠地區的人員進行減災及逃生等措施。

圖 4-5、香川縣高松市緊急地震速報
資料來源：日本氣象廳

照片 4-1. 靠近伊朗邊境巴基斯坦的 Mashkel 地區，孩子坐在被震毀的房屋旁。
照片來源：歐新社

4-2・伊朗東南部 M7.8 地震

地理環境

伊朗位於亞洲西南方之中東地區，屬西亞，西北與亞塞拜然和亞美尼亞為鄰，東北部與土庫曼接壤，東林阿富汗和巴基斯坦，西接伊拉克和土耳其，中北部緊靠裡海、南靠波斯灣和阿拉伯海阿曼灣。面積 164 萬 8 千平方公里，居世界第 16 位。地貌大多是由高原、盆地或山脈所構成，只有在海邊的一小部分是平原。境內最大的高原為伊朗高原。人口較多的西部是多山地形，由高加索山脈、札格羅斯山脈和亞柏芝山脈等構成。整體而言，伊朗大多數地區屬乾燥或半乾燥氣候，降雨集中在十月至四月之間，平均年降雨量在 250 毫米以下。伊朗位於歐亞大陸板塊內，阿拉伯板塊向北移動，與歐亞大陸板塊擠壓碰撞產生地震。

災害概述

根據美國地質調查所(United States Geological Survey, USGS)測得資料顯示，當地時間 4 月 16 日 15 點 14 分 25 秒發生規模 Mw7.8 的地震，震央位於伊朗東南部近巴基斯坦邊境，即北緯 28.107°，東經 62.053°，震源深度 82 公里，修正莫卡利震度七級（相當於我國震度六級），最大地表加速度達 0.32g，震度分布圖如圖 4-6 所示，估計約 37.9 萬人感受到相當於我國六級之震度（圖 4-7）。

震源鄰近阿拉伯板塊、印度板塊和歐亞大陸板塊交界處，阿拉伯板塊相對於歐亞大陸板塊約以 37mm/yr 向北北東移動，屬正斷層錯動的震源機制，破裂方向性造成斷層面沿伸段（巴基斯坦）地震波放大。本地震為伊朗 60 年來最大規模的地震事件，受影響的區域廣大，鄰近波斯灣與南亞地區國家皆有感。傷亡人數在伊朗境內造成 27 人受傷，鄰近的巴基斯坦傷亡較嚴重，造成 34 人死亡，超過 150 多人受傷。建築物毀損災情，在伊朗農村地區約有 20 棟房屋毀損，在巴基斯坦與伊朗邊境地區則有超過 1,000 棟房屋倒塌；此外，波斯灣城市的摩天大樓在地震中皆受到影響，其中包括全球最高建築，樓高 828 公尺的杜拜塔。此外，伊朗哈什(Khash)市通訊及電力供應中斷的狀況。

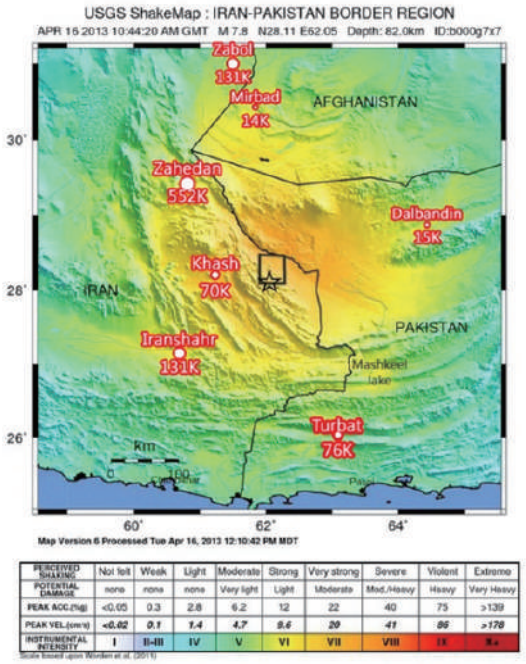


圖 4-6. 震度分布圖

資料來源：USGS

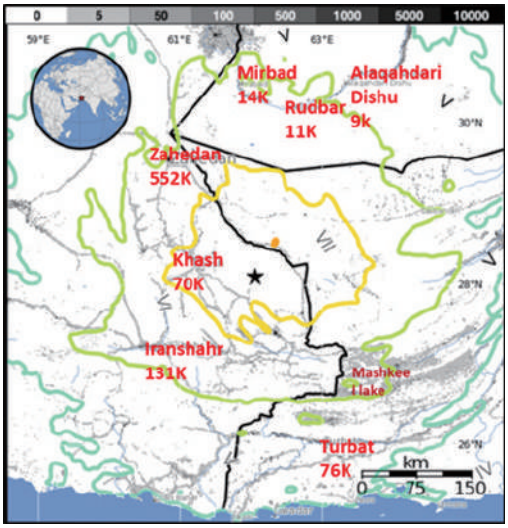


圖 4-7. 震源 100 公里半徑內人口分布統計

資料來源：earthquake-report.com

災害特性與借鏡

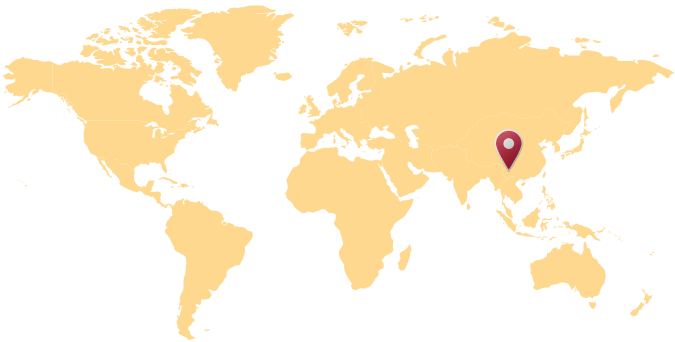
(1) 傷亡較鄰近國家輕微

本地震雖然發生於伊朗境內，但震央位於沙漠地區，居住人口較少，受影響人數也相對輕微。同時，因震央位於伊朗東南部偏遠地區，當地電力及通訊在地震後造成中斷，使得災情掌握不易。此外，伊朗國情保守，有可能趨於封鎖災情，所以相較鄰國狀況，災情顯得較為輕微，反倒是巴基斯坦因地震造成的傷亡比伊朗嚴重。

(2) 建築物耐震性能不佳

本次地震規模達 7.8，最大地表加速度約為 0.32g，因震央附近村莊的建築物型態以磚造或土造為主，當遭受到如此地震力作用時，磚造或土造房屋將產生嚴重破壞。因震央區域位處偏遠地區，而建物的耐震性能普遍較差，應注意餘震對已受損建築物之影響。

照片 4-2. 四川省魯山縣居民看他們損壞的家
照片來源：歐新社



4-3・四川雅安 M7.0 地震

地理環境

雅安市位於四川盆地西部邊緣，長江上游，東北鄰成都市、東鄰眉山市、東南鄰樂山市、西連甘孜藏族自治州、南界涼山彝族自治州、北接阿壩藏族羌族自治州，是青藏高原向成都平原的過渡地帶。雅安市屬於亞熱帶季風氣候區。由於境內地質地貌複雜，地勢高差懸殊，氣候的區域性、過渡性和複雜性特徵突出。北部各縣、區，雨日多、晴天少，年平均氣溫在 15℃左右，年總雨量在 1,000 ～ 1,750 毫米之間；南部的漢源和石棉縣受中、低空下沉氣流影響形成比較獨特的乾暖氣候，雲量少，晴天多，日照時間較長，氣溫較高，年均溫為 17 ～ 18℃，乾濕季節分明，降水量較少，年總雨量僅 750 毫米左右。

災害概述

大陸四川省雅安市於當地時間 2013 年 4 月 20 日發生規模 7.0 的地震，震央位於四川盆地西緣的蘆山縣境內（圖 4-8），距離成都市約 180 公里，該地區 2008 年曾發生規模 8.0 的汶川大地震，同屬龍門山斷層錯動造成。本次地震造成 192 人死亡、23 人失蹤以及 1 萬 1,470 人輕、重傷之災情，並導致大量建築物毀損、坡地崩塌與堰塞湖形成、重要聯外道路毀損中斷導致災後孤島、維生設施運作中斷造成通訊失聯等災情。在災後應變救援處理上的挑戰，包括：大量傷患處置、緊急救援、醫療資源分佈、大量收容安置需求等應變議題，另外，本次利用科技整合，快速利用網路揭露災情，減少疑慮、安定人心以發揮重要功能。

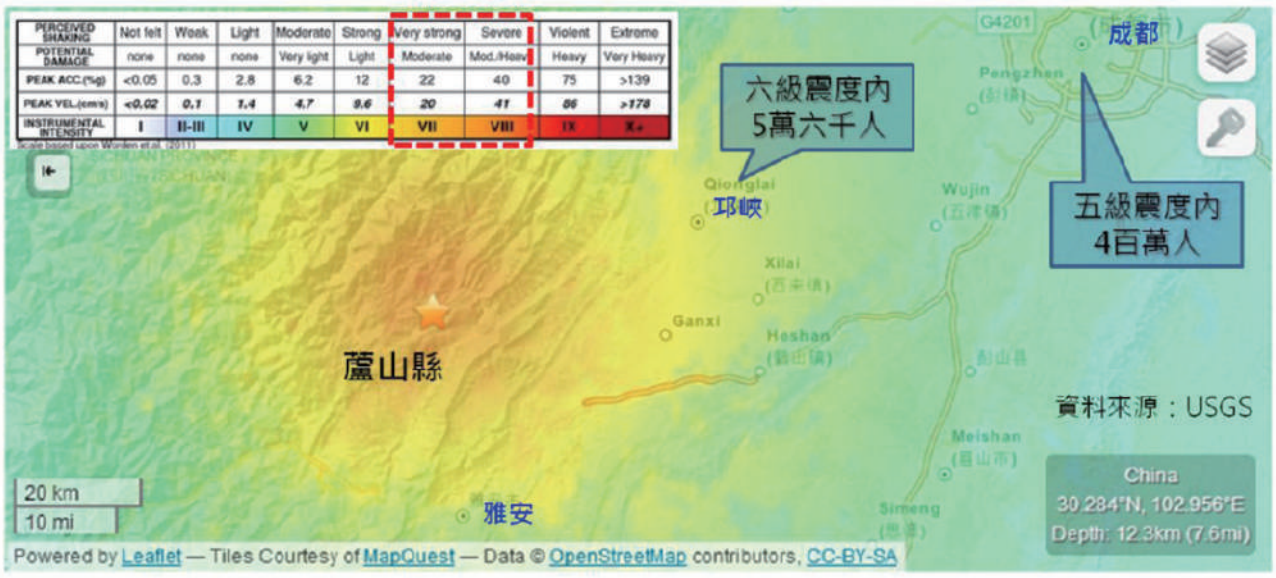


圖 4-8. 四川雅安地震震度分布與鄰近城市

資料來源：USGS

災害衝擊

本次除造成大量建築物毀損（尤其強震區域內之磚造、土石造建物因耐震能力不足受災嚴重），並造成坡地崩塌並有堰塞湖形成、重要聯外道路毀損中斷導致災後孤島、維生設施運作中斷造成通訊失聯、重要基礎設施毀損（如水庫、河堤）等災情。在災後應變救援處理上的挑戰，包括大量傷患、緊急救援受阻、醫療資源不足、大量收容安置需求等應變議題。本次地震之受災影響層面解構圖，如圖 4-9 所示，截至 4 月 23 日為止，災情統計如下所述：

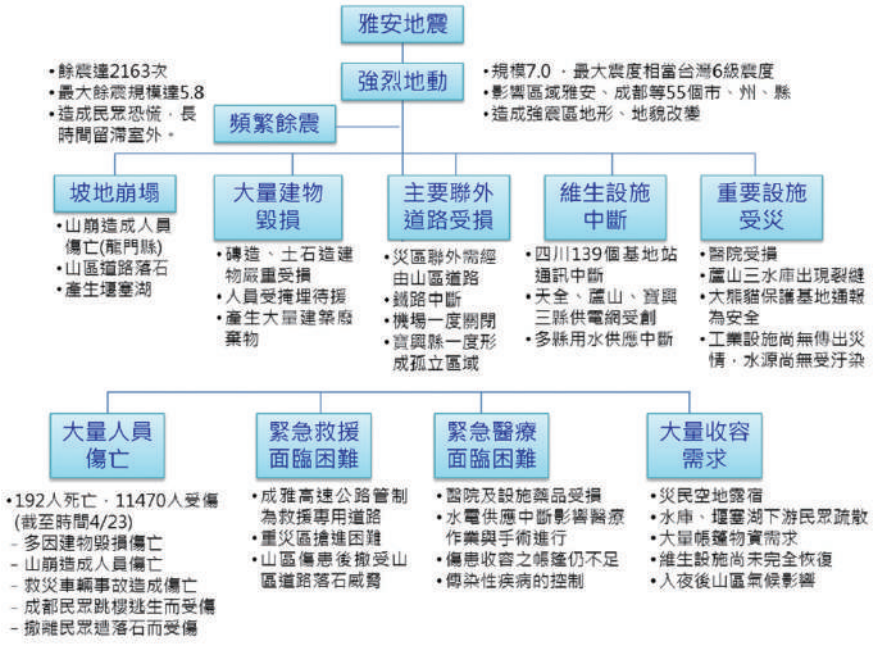


圖 4-9. 四川雅安地震災害影響層面彙整

資料來源：國家災害防救科技中心彙整繪製

(1) 交通建設災害

主要受災道路包含國道 G318 雅安段、省道 210 雅安至夾江、省道 211 瀘定段等國省幹線公路。地震災害及其引發的山體滑坡與崩塌災害，使得災區交通基礎設施損毀嚴重，成為震後孤立地區。據四川省旅遊局表示，初步統計，四川省內國省幹線公路路基約 800 處損壞，受損橋梁約 440 處，水運設施受損碼頭 172 處。

(2) 建物災害

建物損壞嚴重之區域，主要分布於蘆山地區，蘆山縣房屋倒塌嚴重，尤以蘆山縣龍門鄉房屋垮塌最為嚴重。統計全省城鄉居民住房受損超過 16 萬棟、嚴重受損約 6 萬棟，其中雅安城鄉居民住房受損棟數最多。

(3) 其他維生設施災害

主要包含電力、供水與通訊等相關之管線、電塔以及發電廠等供給民眾維生所需之設施出現無法使用之狀態，造成雅安地區之變電站 24 座、223 條線路停止運轉，共影響約 19 萬戶；超過 93 萬人的飲用水出現不同程度困難，在蘆山和寶興之水廠 2 座受損；地震造成水利設施 2,126 處受損，有 3 座小型水庫（沫東、苗溪、始陽）受災較嚴重；另外，地震亦導致 271 座加油站、7 座油庫不同程度受損，其中雅安地區共 44 座加油站受損。

(4) 歷史古蹟災害

雅安地區各博物館館藏文物出現不同程度損毀，部分全國重點文物受損嚴重。其中，雅安的「高頤墓闕」與蘆山的「樊敏闕」，以及全國重點文物保護單位高頤墓闕及石刻的闕體震裂，部分構件震掉在地，附屬設施損毀嚴重。

災害特性與借鏡

由於重災區帳篷在災後仍續短缺，當地大批傷者和災民，都要露宿過夜，加上當地山區日夜溫差大以及降雨，災民出現感冒等疾病，加上後續降雨之天氣，如何儘速調度醫療資源（醫護人力、藥品等）、清理災區大量廢棄物，以控制災區可能引發之疫情，亦值得持續關注。在某種情況下，沒有聲音的地方可能才是致災最嚴重或需較多協援的地方，此次地震亦同樣發生因缺乏媒體關注與報導，導致部份受災嚴重地區反成為被遺忘的角落。此除需教育媒體使命、素養與專業外，如何確實掌握災區情況，區分輕重緩急並給予災區和民眾相應的幫助，需要政府救災指揮系統更全面準確掌握信息，有待政府、媒體及民眾等三方面建立互信互動的資訊交流平台。

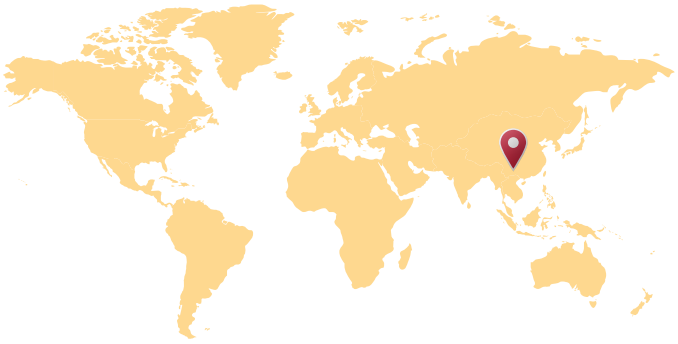
照片 4-3. 雅安地震，居民和鄰居的孩子和毀損的建築物

照片來源：歐新社

註 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報
第 95 期 · 2013 年 05 月出刊

照片 4-4. 地震後，房子局部倒塌損毀

照片來源：歐新社



4-4・甘肅定西 M6.6 地震

地理環境

甘肅定西位於中國甘肅省定西市岷縣、漳縣交界。岷縣地理位置優越，商貿活躍，是甘肅省南部重要的商品集散地，總人口約 44 萬人，全境海拔 2,200-3,700 公尺，全年無霜期 120 天，正常年降雨量 600 毫米左右。岷縣處于中國南北地震帶的北帶（蘭州—天水）上，南北地震帶是以寧夏，經甘肅東部、四川西部、直至雲南，縱貫中國。歷史記錄中，定西地震震央附近 200 公里範圍內共發生 5 以上地震 25 次，中國國家城鄉建設環境保衛部 1987 年已將岷縣列為全國十度震度區的 11 個縣之一。

災害概述

甘肅定西地震是發生於 2013 年 7 月 22 日北京時間（UTC+8）上午 7 時 45 分的地震，震央位於中國甘肅省定西市岷縣、漳縣交界，距離岷縣 15 公里，距離漳縣 45 公里，距離蘭州 190 公里。中國地震局則測定此次地震的表面波規模為 Ms6.6，震源深度 20 公里，影響範圍如圖 4-10 所示；結合當地人口數據，地震影響範圍內受災人口約 90 萬。除了定西市外，甘肅省其他地區及周邊的隴南市、天水市、蘭州震感明顯，西安有強烈震感，成都、綿陽等地均有震感。地震後，餘震不斷，截至 23 日 17 時，共記錄到餘震 569 次。

災害衝擊

(1) 人員及建物損失

中國西部地區經濟較差，部分山區房子抗震等級較低，本次地震多處建物發生倒塌，重災區多為農村。截至 7 月 22 日 22 時已造成 95 人死亡，598 人受傷。倒塌房屋 1.22 萬戶、5.18 萬間，嚴重損壞 2.51 萬戶、7.55 萬間，一般損壞 5.2 萬戶、16.5 萬間。共造成甘肅省 58.16 萬人受災；緊急轉移安置 22.67 萬人。重災區前幾天下雨，山體滑坡導致幾處村落受災人數較多，中國氣象局為防患於未然，加強天氣預報（如圖 4-11 所示）包含地質預報、降水預報、降水實況、氣溫實況等，防範土石流、滑坡等二次災害發生。

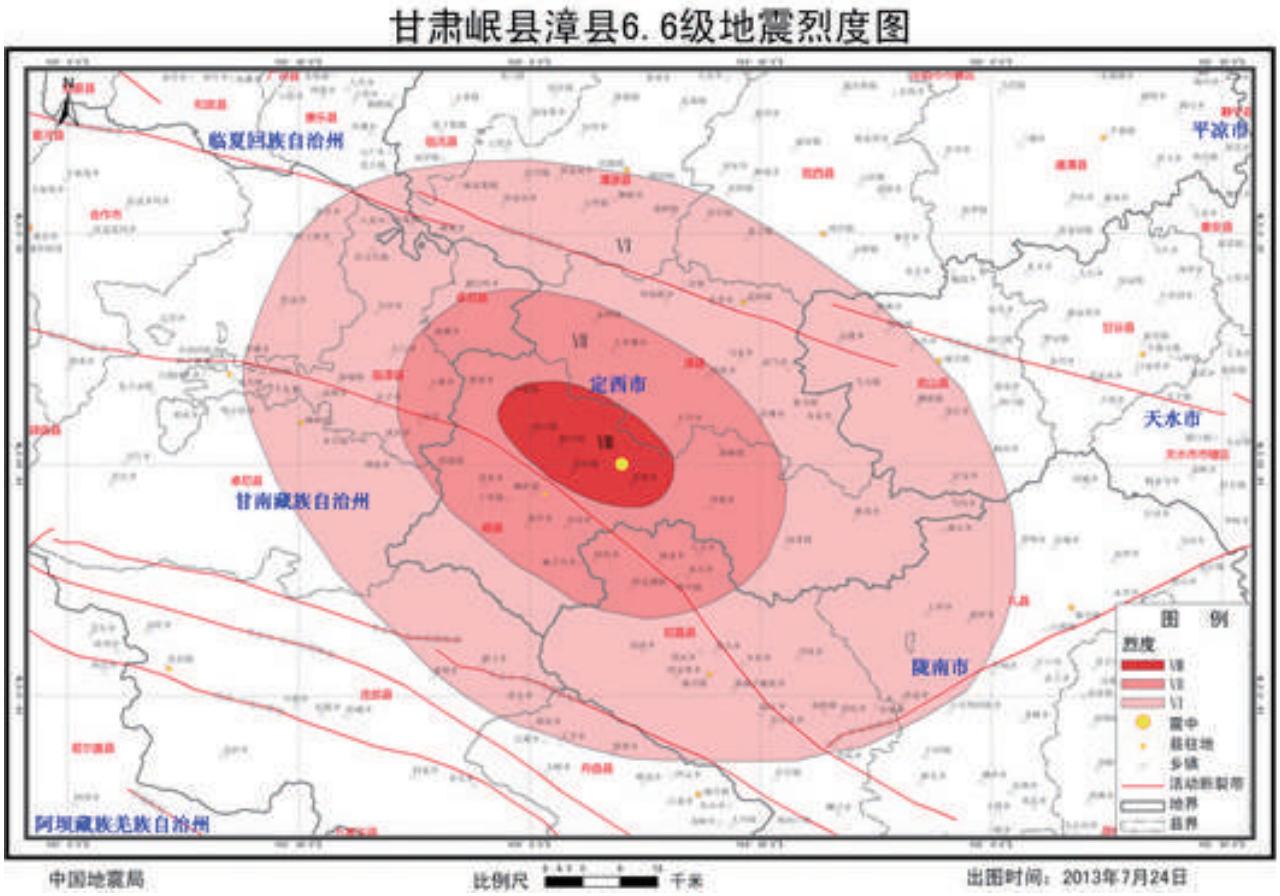


圖 4-10. 甘肅定西地震震央位置與影響範圍圖

資料來源：中國地震局

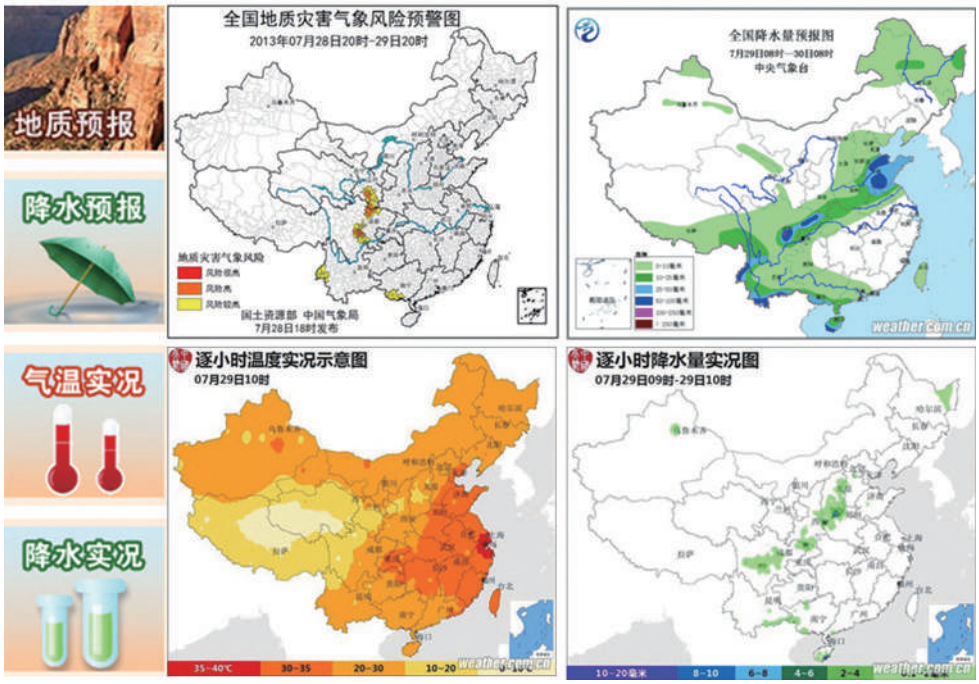


圖 4-11. 天氣預報圖 - 地質災害與氣象風險等

資料來源：中國氣象局

(2) 交通運輸受阻情形

在震後，通往甘肅定西的高速公路通行正常，鄭州鐵路多班列車將改線運行，西安地鐵地震後限速運行 21 分鐘。國道 212 線、省道 306 線等幹線公路部分路段出現塌方，造成交通受阻，經過工程搶修，地震發生第二天，通往災區和震央的道路都已經搶通。地震後，中國氣象局加強災區主要道路沿線即時天氣概況的報導（如圖 4-12 所示），協助救難人員掌握天氣概況，以維持災區主要道路通暢。

(3) 電力及通訊中斷

岷縣由於中寨至小寨二級光纜中斷，固定電話和移動通信信號中斷。此外，重災區亦出現大面積通訊中斷及停電，經過搶修，第二天下午三分之二用戶供電恢復。

災害特性與借鏡

(1) 地震引致山崩潛勢之調查

岷縣全境海拔 2,200-3,700 公尺，地震造成部份山體滑坡，導致幾處村落受災。建議平時應該加強地震引致山崩潛勢之調查與研究，透過圖資比對邊坡、斷層破裂軌跡，掌握地震引致山崩之高潛勢區，提供未來強化地震風險圖的參考，做好地震防災管理工作。

(2) 震後氣象預報資訊之應用

本次地震震央位於山區，地震可能造成山區土石鬆動。地震後，如果發生大雨，除了將對災後救援及民眾轉移等造成不利影響，更可能引致土石流、滑坡等二次災害發生。須加強防範。建議災害發生後，應該加強災區的天氣預報，並及時提供災民與救難人員做為參考，以避免人員傷亡。

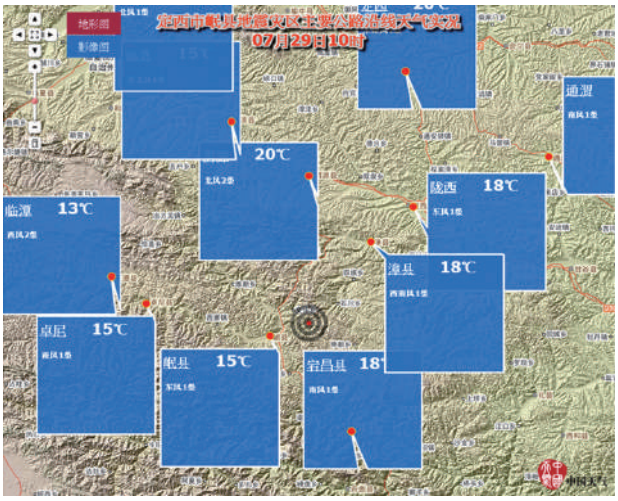
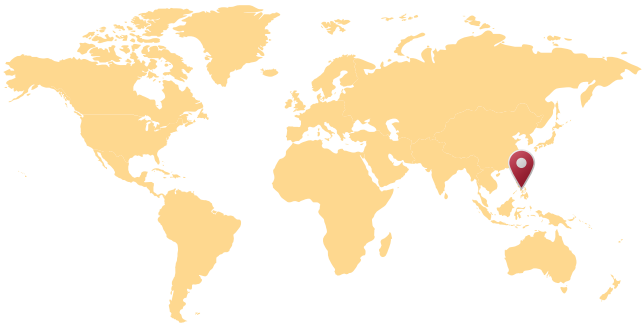


圖 4-12. 災區主要道路沿線即時天氣概況

資料來源：中國氣象局

照片 4-5. 菲律賓羅伯茨 (Loboc)，聖彼得教堂 (St. Peter) 因地震摧毀
資料來源：歐新社



4-5・菲律賓 M7.1 地震

地理環境

菲律賓群島位於菲律賓海板塊與桑達板塊聚合的地質構造區，兩板塊的聚合速率約為約每年 10 公分，屬於板塊高度活動區，經常有災害性地震發生。本次地震鄰近菲律賓海板塊與桑達板塊交界處，位於民答那峨島北方的薄荷島 (Bohol)。本次地震對鄰近的宿霧島 (Cebu) 亦造成衝擊，宿霧島以潔白海灘和天然美景知名，每年吸引無數觀光客，它的面積 4,468 平方公里，首府宿霧市人口約 130 萬，是菲律賓中部政治、經濟、教育和文化中心。薄荷島面積 3,269 平方公里，人口約 113 萬。上一次對薄荷省最具破壞力地震發生於 1990 年，不少建築物被地震所產生的海嘯破壞。

災害概述

菲律賓南部薄荷地震是發生於 2013 年 10 月 15 日當地時間（同台灣時間）上午 8 時 12 分，震央位於菲律賓薄荷省，本次地震為逆衝斷層造成。菲律賓地震及火山研究所錄得表面波規模為 Ms7.2，震源深度為 12 公里。美國地質調查所 (United States Geological Survey, USGS) 公佈的震度分佈圖（如圖 4-13 所示），最大震度為修正莫卡利震度九級，相當於我國震度七級，最大地表加速超過 0.40g。根據菲律賓國家災害風險降低與管理中心 (National Disaster Risk Reduction and Management Center, NDRRMC) 的官方報告，本次地震為菲律賓 23 年來最多人死亡的地震，釋出的能量相等於 32 顆廣島原子彈。

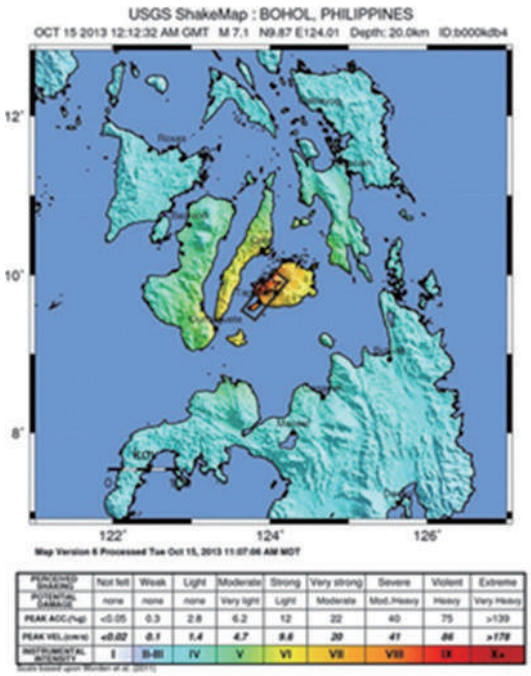


圖 4-13. 菲律賓南部薄荷地震之震度分佈圖

資料來源：USGS

照片 4-6. 菲律賓宿霧市，士兵清除因建物倒塌壓毀的汽車殘骸

資料來源：歐新社

災害衝擊

(1) 人員傷亡情形

地震發生時大家爭相逃命，導致 5 人在推擠中被踐踏致死。本次地震重衝擊著名觀光勝地宿霧島等島嶼，尚未傳出有外國觀光客傷亡（統計截至 2013 年 10 月 16 日上午 5 點 30 分）。死傷最慘的是震央所在的薄荷島。根據菲律賓國家災害風險減少和管理中心的官方報告，在地震震央附近有 222 人死亡、8 人失蹤及 976 人受傷。

(2) 建物損失情形

震區及周邊多個省份有大批的一般建築物受損。受災地區校舍受損情況亦相當嚴重，宿霧省 95% 的學校建築出現裂縫，被認為存在安全隱患，教育部讓當地學校在 16 日全部停課。宿霧救災管理處表示有接獲學校倒塌、學童受困的災情。薄荷島有一些觀光設施，也在本次地震中倒塌。此外歷史古蹟也有災情傳出，多間教堂在這次地震中損毀，其中菲律賓全國歷史最悠久，16 世紀建成，有四百多年歷史的聖嬰聖殿，鐘樓在震後倒塌，其他在西班牙殖民統治時期興建的教堂亦受損。

(3) 重要設施受損情形

震區許多道路和橋梁都受到損壞，造成災區部份交通受阻，令救援工作進行的十分困難。另外，災區的電力和電信通訊中斷，造成部份災區的災情無法順利傳出。

災害特性與借鏡

(1) 遙測影像之分析研判

如果震央在山區，地震可能造成山體滑動，導致山區道路和橋梁受損，許多偏遠山區聚落失聯，容易形成孤島；加上地震後，山區民眾極需救助。建議應用航空、衛星影像研判災區範圍，做為規劃救災計劃之參考，以加速對偏遠山區民眾救援，避免孤島效應持續增大。

(2) 大規模地震救災資源之調度

地震後，災區極需救援，例如有大批傷者送醫院救治，但傷者眾多，醫院床位缺乏，部分傷者必須在露天地方如街頭、籃球場或公園接受救治。菲律賓當局雖然震後派遣救災人員與物質進入災區，但無法滿足災區現場所需。因此大地震後，在電力和電信通訊中斷情況下，如何取得災區現場的災情，如何調度救災資源，派遣適當的救災人力與物質快速抵達災區現場，是大規模地震應變之重要課題。

災害啟示錄

每一個全球災害 都是我們學習的經驗

臺灣地形複雜、氣候多變且人口密集，
對於災害的防治需要政府與民眾共同合作，才能有所成效。

第伍篇 結論

「天然災害紀實」彙編已邁入第二個年頭，國家災害防救科技中心仍然秉持以「災害中學習」為宗旨，探討 2013 年全球天然災害事件。2013 年全球天然災害分布，與往年災害紀錄相似，亞洲仍是天然災害發生最頻繁地區，高達全球災害發生次數的 55%，除了大洋洲皆以地震災害發生比率高外，其餘各洲以颱洪災害事件為主。2013 年度天然災害事件中，以 11 月海燕颱風侵襲菲律賓造成 6000 餘人死亡、1700 人失蹤之情況最為嚴重；其次為印度 6 月北阿坎德邦因大雨造成山洪暴發，導致 5000 餘人死亡及失蹤。整體來說 2013 年全球天然災害：發生次數仍高，但災害死傷規模，除了菲律賓及印度二起事件外，因災害發生位置大多非人口高密度地區，所以傷亡人數及受災害影響人數沒有比往年高，也因此經濟損失較往年少。

2013 天然災害紀實，特別企劃「近 20 年全球重大天然災害特性分析」，顯示過去的天然災害趨勢。洪水及風暴災害次數為每年最頻繁的事件，約有 14 億人次受到颱洪災害影響。地震及地震引發海嘯事件導致近 71 萬人死亡且以地震災害造成的損失為大宗，其次為颱洪災害。近 10 年的經濟損失高於前 10 年，經濟損失逐年提高是近年各國際報告的結論。經濟損失的提高，主要原因是大規模都會型的災害；由於都市的高度發展，發生災害時，雖然傷亡不嚴重，但經濟損失倍於以往，而高經濟損失往往造成政府財政負擔提高。

災害是一項複雜的課題，防災教育推廣對象是一般民眾，如何透過易懂語言傳達正確訊息，且落實執行就顯得重要。日本在去年首次依據新擬定的機制：當降雨超過歷史紀錄時，發布特別警報，但是民眾不易瞭解特別警報是什麼意思。依據事後調查，一般民眾對氣象用語的認知程度，有相當差異，有超過一半民眾，雖理解政府發布的氣象資訊與災害有關，但其代表的災害程度仍有差異。另外調查報告顯示，問卷中有半數的人會根據避難指示進行避難，但實際進行人數仍佔少數，僅約 8%(靜岡大學，2013；Smart Survey，2013)，對於複雜警報的理解，乃至於災害時進行實行，仍須檢討。臺灣地形複雜、氣候多變且人口密集，對於災害的防治需要政府與民眾共同合作，才能有所成效。對於全球災害都是我們學習的對象，本中心針對 2013 年面臨的各災害事件與各國處置方式，歸納以下值得後續借鏡與規劃的策略。

(1) 維持高度防災意識，研擬巨災因應對策

菲律賓連續三年遭受瓦西颱風、寶發颱風及海燕颱風的侵襲，都成為當年度全球傷亡最嚴重的颱風事件。對於同樣處在颱風侵襲頻繁的台灣，對於防災工作不可鬆懈，仍應維持高度防災意識，除因應一般颱風事件外，更應及早規劃與準備面對巨災衝擊的各項因應對策。

(2) 透過衛星科技，提升災情調查、評估效率

中歐水災，利用其發展的衛星科技應用在土壤含水量的監測，有效評估洪災的機率，及災後 TerraSAR 衛星影像的洪災範圍評估，應用於災情掌握與災害救援規劃，另外還有影像應用，快速進行災損評估，強化洪災保險制度的推動。台灣近幾年也利用利用相關技術研發災損評估系統，並應用於工程效益評估等，未來還可進一步利用災損評估作為建立洪災保險的基礎研究。

(3) 強化關鍵設施防護等級與耐災能力

對於極端降雨事件似乎無法避免，但為維持社會正常運作，對於關鍵公共設施應盡可能維持運作，因此建議評估公共交通、電力、通訊、自來水等的災害風險，並規劃強化方案及替代方案等，以維持災害衝擊後的社會正常運作。

(4) 改善都會區的防洪系統與減災管理

中歐包括德國、奧地利等國家的洪災事件，阿根廷布宜諾斯艾利斯洪災，甚至前一年的 Sandy 颶風侵襲美國紐約，北京暴雨等事件，都屬於典型都會型洪災。都會防洪系統改善，永遠跟不上都市擴張速度，尤其是高密度開發的大型都會區，老舊防洪設施改善更是不易。於是歐盟在 2003 年提出「歐洲洪水感知系統 (European Flood Awareness System, EFAS)」協助洪災預警與跨國洪災事件危機管理；在 2007 年通過「洪水風險管理與評估指引 (2007/60/EC)」，處理跨國的洪災風險管理框架，旨在利用非工程方式降低洪災衝擊與損失。

(5) 研擬巨災風險財務分散與轉移機制

台灣經歷 1999 年 921 地震、2009 年莫拉克颱風，其經濟損失皆超過巨災的標準甚多，台灣

對於現行巨災財務應用主要以災害準備金支應為主，不足部分多以舉債方式因應，但國際間面對天然災害事件造成的經濟損失，災前已預先針對災害發生進行災害損失保險分擔，降低政府因災害衝擊造成舉債壓力，台灣發生災害比率超過許多國家，對於處理災害造成財政壓力，更應積極尋求解決之道。

(6) 健全離島與海岸防災計畫與防災體系

菲律賓受海燕颱風衝擊，紐約、紐澤西受 Sandy 颶風侵襲，主要受災都是因為暴潮引起。天兔颱風在屏東九棚海岸也引發類似的災情，2012 年天秤颱風亦在綠島造成嚴重損失。菲律賓中部 Leyte 省與 Panay 島等、及屏東九棚都由於地處偏遠或離島地區，交通不易救援困難。台灣四面環海還包含許多大小島嶼，應對海岸溢淹加強災害情境模擬，將海岸離島地區可能發生的災害類型，建立海岸防災計畫，降低颱風造成海水溢淹的災害衝擊影響。

(7) 高山觀光總量管制提高旅遊品質，降低災害衝擊

印度北阿坎德邦等喜馬拉雅山區，觀光勝地在朝聖季節，湧入大量觀光旅客，當暴雨發生時，交通中斷、高山救援困難，旅客滯留問題就成了棘手的災害問題。同時為了滿足大量觀光旅客需求，當地增建大量觀光飯店、民宿業者，導致在行水區、地質脆弱地區、潛在崩塌地區等進行開發，當災害發生時加重災情與救援困難。台灣近年也積極發展觀光，於是高山地區，也興起大量民宿建設，部分地區違法使用甚至未進行登記等，未來都將是高山坡地災害防治的隱憂。為了有高品質的旅遊，並降低災害衝擊，對於高山地區觀光或建設應提出適當總量管制對策。

參考文獻

- 2013 年 10 月台風 26 号に伴う伊豆大島の大雨土砂災害，獨立行政法人防災科學技術研究所 http://sabo.kiken.pref.kumamoto.jp/website/sabonew/index.php?Service=1
- 世界氣象組織（World Meteorological Organization, WMO）http://www.wmo.int/pages/index_en.html
- 台風第 18 号及び前線による大雨に対する国土交通省の対応，國土交通省 http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo03_hh_000691.html
- 台風第 26 号に対する国土交通省の対応，國土交通省 http://www.ktr.mlit.go.jp/kisha/kyoku_00000576.html
- 四川防震減災信息網 http://www.eqsc.gov.cn/
- 平成 25 年台風第 26 号にともなう伊豆大島の大雨の発生要因，日本氣象研究所 http://www.mri-jma.go.jp/Topics/press/20131202/press20131202_T1326heavyrainfall.pdf
- 印度內政部國家災害管理局（National Disaster Management in India） http://www.ndmindia.nic.in/
- 阿根廷海洋暨大氣研究中心（Centro de Investigaciones del Mar y la Atmosfera） http://www.cima.fcen.uba.ar/
- 博爾德歷史淹水地區（Floods In the Boulder Area）http://bcn.boulder.co.us/basin/forum/flood.html
- 美國太空總署地球觀測（NASA Earth Observatory）http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/
- 美國科羅拉多緊急管理中心（Colorado emergency management office）http://www.coemergency.com/
- 菲律賓國家減災管理委員會（National Disaster Risk Reduction and Management Council, NDRRMC） http://www.ndrrmc.gov.ph/
- 雲南省國土資源廳（2011），2011 年度雲南省地質災害防治方案。
- 雲南省國土資源廳（2012），2012 年度雲南省地質災害防治方案。
- 奧地利氣象與地球動力研究所（Wetter beruhigt sich allmählich, ZAMG） http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/wetter-beruhigt-sich-allmaehlich
- 德國氣象局（Deutscher Wetterdienst） http://www.dwd.de/
- 澳洲氣象局（Bureau of Meteorology, Australian）http://www.bom.gov.au/
- 聯合國人道事務協調廳（United Nations Office for the Coordination of Humanitarian affairs, OCHA） http://www.unocha.org/

天然災害紀實 . 2013 / 張志新、柯孝勳主編 .
-- 新北市 : 國家災害防救科技中心 ,
2014.06
面 ; 公分
ISBN 978-986-04-1399-1(平裝)

1. 自然災害 2. 風災 3. 水災 4. 地震

367.28 103010112

2013

天然災害紀實

NATURAL DISASTER YEARBOOK

發 行 人：陳宏宇

顧　　問：陳亮全

編輯委員：吳瑞賢、陳樹群、葉克家、林李耀、李維森

主　　編：張志新、柯孝勳

執行編輯：傅鏸漩、王俞婷、林又青、陳秋雲
吳子修、吳啟瑞

作 者 群：于宜強、王俞婷、吳子修、吳佳容
吳秉儒、吳亭燁、吳啟瑞、李中生
李文正、林又青、林欣弘、林聖琪
柯孝勳、柯明淳、張志新、張駿暉
陳秋雲、陳偉柏、傅鏸漩、黃明偉
黃柏誠、劉哲欣、劉淑燕、鄧敏政（依姓名筆劃排序）

出 版 者：行政法人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：www.ncdr.nat.gov.tw

視覺設計：意念文創股份有限公司
02-7711-2488

發行日期：2014 年 6 月

2013

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