## № 2014 天然災害紀實 NATURAL DISASTER YEARBOOK











## 2014 年天然災害紀實

序 言

豪雨、颱風及地震在 2014年 引致之全球的天然災事件次數,似 乎是少於近 20年的平均值。2014 年除了大規模崩塌災害事件外,也 有多起的洪災事件,但這些洪災事 件,並不是因為颱風降雨所引起, 而是季風引致的豪大雨,在短時間 內降下超過當地平均值的雨量所引 起,但是規模不及於過去侵襲菲律 賓的海燕颱風或是紐約的 Sandy 颶 風。同樣的,國內在 2014 年遭遇 的颱風豪雨事件,次數較少,規模 也較小,僅有麥德姆颱風及鳳凰颱 風,無重大之人員傷亡。

但是鄰近國家的日本廣島地 區,卻在8月20日出現短延時、 強降雨引致的土石流災害事件。連 續二個半小時之時雨量在85毫米 以上,累積雨量247毫米,觸發之 土石流瞬間帶走74條人命之慘劇, 令人震撼!災防科技中心特別組隊 前往日本廣島,進行災害現場的踏 勘、並與廣島市災害應變中心(災 害應變對策本部)舉行座談,了解 災害總變與處置過程。本年度的天 然災害紀實,也以專題企劃方式記 錄了日本廣島土石流災害發生的始 末。

除了鄰近日本發生嚴重的土石 流災害外,美國西雅圖 Oso 鎮、阿 富汗 Abi-Barak 村、尼泊爾 Mankha



村,以及印度 Malin 村等地都發生 了大規模崩塌之嚴重災害事件,其 中美國 Oso 鎮的崩塌面積達 40 餘 公頃,造成 43 個人死亡;阿富汗 的崩塌面積大於 10 公頃,造成 400 餘人死亡;尼泊爾 Mankha 村的崩 塌達 83 公頃之廣,並形成大型堰 塞湖,幸運的是,該堰塞湖潰堤 前,已經疏散了下游的民眾,並沒 有造成後續更嚴重的災情。

2014年地震災害較少,本書收錄兩起地震事件,包括:南美洲智利在4月1日發生規模8.2的地震,並引發海嘯,所幸應變得宜,海嘯影響有限,死亡人數6人。中國大陸雲南在8月3日發生規模6.1的地震,因為屬於淺層地震,最大地表加速度達948.5gal,總共造成6百餘人的死亡。

2014 年雖然天然災害的事件次 數較少,但是多起的空難(馬航、 亞航、復興航空)、海難(南韓、 希臘、海研五號)、甚至高雄的氣 爆事件都凸顯了面對突發性的災 害,需要戒慎恐懼的因應。災防科 技中心收整國際上重大天然災害事 件,彙編成冊,希望提醒大家,極 端事件的衝擊與災害規模的擴大, 各項因應與整備的工作都是未來我 們需要積極面對的。

陳冕宇







- 2014 天然災害紀實-

| 第三篇 | 大規模崩塌 43  |  |
|-----|---|--|
|     | - 美國奧索鎮大規模崩塌災害探討<br>- 阿富汗大規模崩塌災害探討<br>- 印度馬林村大規模崩塌探討<br>- 尼泊爾滿卡村山崩及堰塞湖之探討<br>- 中國貴州省福泉市崩塌探討<br>- 斯里蘭卡哈德穆拉村大規模崩塌事件探討 |  |
| 第四篇 | 汛洪 洪災 71  |  |
|     | - 英國洪災事件探討<br>- 巴爾幹半島洪水災害事件探討<br>- 巴基斯坦季風之災害事件探討<br>- 喀什米爾南亞季風之災害事件探討<br>- 東南亞洪災概述                                  |  |
| 第五篇 | 地震 海嘯 95  |  |
|     | - 智利北部外海地震及海嘯避難作為探討<br>- 中國雲南省魯甸縣地震概要   |  |

## 結 論





|                 |  | 圖                                       |
|-----------------|--|---|
|                 | 副目錄——」   | 昌                                       |
| 圖 1_1           | FM-DAT 2014 在巛害統計7   | 昌                                       |
| 圖 1_1.<br>圖 1_2 | 2014 午災害事件時序圖7   |   |
| 圖 1_2.<br>圖 1_2 | 2014 午災害事件時房園11  | 모미                                      |
| 圖 1 J.<br>圖 1_4 | 2014 六大洲災害事件分佈統計11   |   |
| 圖 2 1           | 來 濟姆 船 周 敗 忽 周 及 7 7 小 時 船 日 い の の の の の の の の の の の の の の の の の の | 묩                                       |
| 圓 2-1.          |  | 昌                                       |
| 圖 2-2           | 索德姆酚圖·拉爾德里·拉爾德爾爾德爾德  |   |
|                 | 窗13  | 모미                                      |
| 圖 2-3.          | <b>李</b> 德姆颱甸積、海水诵報位置及鄉鎮分布   | 묩                                       |
|                 |  |   |
| 圖 2-4.          | 馬遠村十石流狀況14   | 묩                                       |
| 圖 2-5           | 馬遠村十石災害區地形與位置圖15   | 묩                                       |
| 圖 2-6           | 馬遠村十石災害區坡度圖15  |   |
| 圖 2-7           | 馬遠村土石災害區地質圖16  | 묩                                       |
| 圖 2-8           | 紅葉雨量站 7/22(00:00)-7/24(00:00) 雨量組體                                 |   |
|                 | 圖16  | 묩                                       |
| 圖 2-9.          | 現勘點位及調查點位(錄點)17  |   |
| 圖 2-10.         | 花蓮縣萬榮鄉馬遠村十石災害發生區位置   | 모미                                      |
|                 | 圖18  | 모미                                      |
| 圖 2-11.         | 高雄市美濃區公所前之美中路19  | 묩                                       |
| 圖 2-12.         | 高雄市美濃雨量組體圖19   | 모미                                      |
| 圖 2-13.         | 0807豪雨事件 8 月 12 日 24 小時累積雨量  | 모미                                      |
| ш               | 圖(左)及0807豪雨事件積、淹水通報災   |   |
|                 | 點及鄉鎮分布圖 (右)20  | 圖                                       |
| 圖 2-14.         | 臺南市仁德區現勘彙整21   | _                                       |
| 圖 2-15.         | 臺南市南區喜樹社區現勘彙整21  | 圖                                       |
| 圖 S-1.          | 廣島縣位置與廣島市行政區圖25  | 圖                                       |
| 圖 S-2.          | 廣島市安佐南區佐東町位置與標高27  | 圖                                       |
| 圖 S-3.          | 八木、綠井地區土地利用現況27  | 圖                                       |
| 圖 S-4.          | 廣島市土砂災害分布圖28   | 모                                       |
| 圖 S-5.          | 廣島市八木地區縣營住宅土石流空照   | 旦                                       |
|                 | 圖29  | 모                                       |
| 圖 S-6.          | 廣島市八木地區縣營住宅土石流上游狀  | 旦                                       |
|                 | 況29  | 모                                       |
| 圖 S-7.          | 廣島市八木地區縣營住宅土石流下堆積狀   | 回<br>모                                  |
|                 | 况29  | 回豆                                      |
| 圖 \$-8.         | 廣島地區受鋒面影響發展的強降肉系   | 回                                       |
|                 |  | 晑                                       |
| 圖 S-9.          | 廣島中安佐北、南區災害分布與闲重站分<br>左回 20  | 日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日 |
| 国 0 10          | 们回30<br>专题书目外的睡回卫發生时时(目光中土土  | E<br>B                                  |
| 回 0-10.         | 同/ 柳 附 里 h 組 脰 圖 反 贺 生 时 间 ( 菆 虹 八 不 之 )<br>雨 号 立 L ) 21           | 日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日 |
| 国 0 11          | 府里山)31   | 四日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日 |
| 回 0-11.         | 八小、冰井山两万之一地貝圓32  | 国                                       |
| 回 3-12.         | 八小称宫地画工口流资源地(左),下游难 着地(左)32  | 回                                       |
|                 |  |   |

| -      | 圊 S-13.                   | 廣島地區地質與土壤空照32                                |
|--------|---------------------------|--|
|        | 圖 S-14.                   | 1999年(黃點)與2014年(紅圈)土砂災害                      |
|        | _                         | 位置33   |
| -      | 哥 S-15.                   | 1999年(上)與2014年(下)降雨組體圖                       |
| LE     | <u>a</u> 6 12.            | 34   |
|        | 哥 S-16                    | 災防科技中心 (NCDR) 赴日至廣島市災害對                      |
| LE     | aj 0 10.                  | 策本部現勘討論會議35                                  |
| E      | 哥 <b>९₋</b> 17            | 廣島縣的災害應變作為與時序35                              |
| 티      | 희 C 17.<br>哥 C_18         | 廣島縣土砂災害警戒發布與解除時序                             |
| L      | 희 9-10.                   | 36   |
| -      | 罰 S-19.                   | 廣島市避難勸告對象區域圖37                               |
| E      | 副 S-20                    | 廣島市安佐南區和安佐北區疏散避難發佈                           |
| Ц      | a 0 20.                   | 内容38   |
| Ę      | बु <b>ए</b> 91            | 縣營為丘住字至梅林國小避難路線38                            |
| L<br>ا | 희 0-21.<br>희 c つつ         | 八木地區十万流台險溪流及争傾斜地的影                           |
|        | 희 3-22.                   | 響節冒40  |
| E      | 哥 S_23                    | 本 立 災 主 之 戶 层 煦 埍 朗 十 万 流 影 響 節              |
| Le     | ₫ 0 <i>23</i> .           | 窟40  |
|        | 릚 S-24                    | 安佐南區八木地區山坡地開發建築發                             |
| Ц      |                           | 展41  |
| H      | 哥 ९-25                    | 安佐南區山坡地開發情況41                                |
| 티      | 희 S 25.<br>哥 S-26         | 廣島市建物蓋在山坡較平緩區域42                             |
| 비      | 희 3-20.<br>희 2 1          | 南安镇巛宝發生位罟圖44                                 |
| L<br>L | 쁴 J=1.<br>픠 2 つ           | 象索領災害災前災後影像壯較圖45                             |
| L<br>ا | 퀰 J=∠.<br>희 2 2           | 象麦结晶提厚试性度分本周及 2006 的 2014                    |
|        | 刯 3-3.                    | 與家與肋羽迴线坡反方中迴及 2000 與 2014<br>崩塌影變範圍 45       |
|        | 릚 3-4                     | 華成碩州之 (a)3 月 22 日 累積雨量圖、(b)3                 |
| LE     | <b>⊒</b> 2 1.             | 月累積雨量圖、(c)3月雨量距平圖46                          |
| E      | 副 3 5                     | ······47                                     |
| 민      | 희 J-J.<br>희 3 6           | 象玄鎮災害發生位置圖47                                 |
| L<br>L | 쁴 J-U.<br>피 2 7           | ·····································        |
|        | 到 <i>J</i> -7.<br>訂 2 0   | Abi Barak 材災害發生區位鬥及預提穴均                      |
|        | 희 <i>3-</i> 8.            | All-Datax 们交告员王匹位以及坑场主由<br>圖51               |
| H      | 哥 3_0                     | Abi-Barak 村災害 (a) 分區示音圖 (b) 衛星影              |
| Le     | 희 기 기                     | · 後圖51                                       |
| E      | 副 3 10                    | <b>阿</b> 宮汗 4 月 25 至 29 日期間累積降雨量圖            |
| L      | 희 5-10.                   | ······52                                     |
| 1      | <b>리 2 11</b>             | [J2]<br>[阿宣汗 1900-2009 在之平均日雨景圖52]           |
| L<br>ا | 쁴 J=11.<br>피 2 10         | 2014 年印度季届期間巛情分布5/                           |
|        | 희 <i>3-12</i> .<br>리 2 12 | 2014 中印度子成初间灭旧万印 54                          |
|        | 司 5-15.                   | 火的什仅中心判斷印度為你们之朋翊影音 節圈55                      |
| E      | 哥 3_1/                    | 毛田 55<br>E林村山崩前後日雨量累積圖56                     |
| 티      | 희 J 1구.<br>희 3 15         | 山  |
| i<br>Î | 희 J-1J.<br>희 3 16         | 山加加(1127) 北上/山和州里/J111······30<br>尼泊爾行政分區團50 |
|        | 희 J-10.<br>희 2 17         | 10/10個11以J1 四回J7<br>尼泊爾地陸国 40                |
| 1<br>1 | 刯 <b>)-</b> 1/.<br>리 2,10 |  |
|        | 回 <i>3</i> -18.           | 兩下州业直兴局程分佈圖60                                |
|        | i∃ <i>3</i> -19.          | 兩下村山朋朋瑜區、堆積區與堰基湖概估<br>之節周                    |
|        |                           | 之戰国01  |

- 2014 天然災害紀實-

| 圖 3-20. | 滿卡村山崩處 2012 年歷史影像52                        |
|---------|--|
| 圖 3-21. | 滿卡村附近三個雨量測站資料(2014.08.02)<br>與位置距離圖52      |
| 圖 3-22. | 堰塞湖形成後之潰壩時間分布圖63                           |
| 圖 3-23. | 2014/8/2 堰塞湖形成前後之下游流量與水位<br>變化63           |
| 圖 3-24. | 2014/9/6 至 2014/9/7 堰塞湖上下游之流量變<br>化圖63     |
| 圖 3-25. | 災害發生區與鄰近礦場65                               |
| 圖 3-26. | 福泉市崩塌地理位置圖65                               |
| 圖 3-27. | 貴陽市雨量站 2014/07/06 ~ 2014/8/31 日降<br>雨分布圖66 |
| 圖 3-28. | 地質災害氣象風險預警預報圖66                            |
| 圖 3-29. | 由遙測影看出小壩組臨近礦坑積水情<br>形67                    |
| 圖 3-30. | 崩塌前後期位置圖68                                 |
| 圖 3-31. | 斯里蘭卡季降雨累積69                                |
| 圖 3-32. | 斯里蘭卡 10 月近 10 日降雨 (左) 及降雨距<br>平百分比 (右)69   |
| 圖 4-1.  | 英國 2014.01 降雨距平73                          |
| 圖 4-2.  | NASA 衛星影像 (2014/2/12)73                    |
| 圖 4-3.  | 泰晤士河水位 (2014/2/12) 與歷史紀錄比<br>較74           |
| 圖 4-4.  | 即時洪災警戒分布情況 (2014/2/13)74                   |
| 圖 4-5.  | 英國水災災點數量及位置75                              |
| 圖 4-6.  | 巴爾幹半島地形山多平原少78                             |
| 圖 4-7.  | 薩瓦河流域位於巴爾幹半島西北方78                          |
| 圖 4-8.  | 巴爾幹半島洪災重災區域79                              |
| 圖 4-9.  | 重災區域災前災後衛星影像79                             |
| 圖 4-10. | 2014/5/15 歐洲上空衛星影像80                       |
| 圖 4-11. | 2014/5/11~17 歐洲累積雨量圖80                     |
| 圖 4-12. | 歐洲逐日雨量觀測圖80                                |
| 圖 4-13. | 塞爾維亞和波赫兩國 2014/5/5~19 逐日雨量<br>及五月降雨平均值83   |
| 圖 4-14. | 印度河主流與支流84                                 |
| 圖 4-15. | 巴基斯坦洪災前、中、後的衛星影像<br>85                     |
| 圖 4-16. | 巴基斯坦東北方奇納布河上的流量站 1998<br>年至今的資料86          |
| 圖 4-17. | 巴基斯坦9月1日至9日雨量站日雨量<br>87                    |
| 圖 4-18. | 喀什米爾三國分治圖88                                |
| 圖 4-19. | Google Earth 斯利那加災中(左)和災後(右)<br>衛星影像89     |
| 圖 4-20. | NOAA(左)和NASA(右)南亞累積雨量<br>91                |
| 圖 4-21. | 東南亞洪災主要受災地點92                              |
| 圖 4-22. | 道路通阻情况93                                   |

| 圖 4-23. | 降雨集中地區( | 馬來西亞半島) | 93 |
|---------|---------|---------|----|
|         |         |         |    |

- 圖 5-1. 震度分布……96
- 圖 5-2. 本次地震所在板塊位置……97
- 圖 5-3. 智利歷史重大地震位置……98
- 圖 5-4. 智利比尼亞德爾馬市海嘯溢淹潛勢……99
- 圖 5-5. 智利伊基克市之海嘯疏散避難地圖……99
- 圖 5-6. 本次地震震度分布圖……100
- 圖 5-7. 牛欄江(下大坪子段)沿岸多處坡地崩 塌……101
- 圖 5-8. 紅石岩堰塞湖空拍照……102
- 圖 5-9. 雲南省魯甸縣地震造成之問題綜整……102

—表目錄—

- 表 1-1. 2014 年全球十大天然災害事件(依死亡人 數排序) ······8
- 表 1-2. 2014 年全球十大天然災害事件 ( 依受影響 人數排序……)9
- 表 1-3. 2014 年全球十大天然災害事件(依經濟損 失排序)……10
- 表 2-1. 2014 年臺灣有發布警報之颱風……12
- 表 2-2. 麥德姆颱風 7 月 21 日 -7 月 23 日總累積雨 量排名前 10 名……13
- 表 2-3. 馬遠村附近土石流潛勢溪流相關資料…… 15
- 表 2-4. 現勘記錄表……17
- 表 2-5. 高雄市美濃雨量站警戒值……19
- 表 2-6. 臺南市仁德雨量站淹水警戒值……20
- 表 2-7. 臺南市南區雨量站淹水警戒值……21
- 表 S-1. 日本廣島市 2014 年 8 月土砂災害統計…… 28
- 表 S-2. 廣島市災區內雨量測站之降雨紀錄……31
- 表 S-3. 廣島縣土砂災害災情統計……33
- 表 S-4. 1999 年 0629 事件以及 2014 年八月土砂災害 之比較……34
- 表 S-5. 氟象災害之警戒總類……36
- 表 S-6. 廣島市 8 月 20 豪雨災害救援金分配表…… 39
- 表 S-7. 廣島市疏散避難勸告條件……39
- 表 S-8. 安佐南區 1960 至 2010 年每十年人口變 化……41
- 表 3-1. 奥索鎮歷史崩塌紀錄表……46
- 表 4-1. 巴基斯坦內水庫兩季蓄水高度(單位:公尺) ------87
- 表 4-2. 東南亞洪災造成傷亡與撤離統計……93



2014 年國際災情

## 2014 年災害統計與災害歷程

2014年國際緊急災害資料庫(The OFDA/CRED International Disaster Database, EM-DAT) 蒐整 12 種災害類型(8 種天然災害,4 種非天然災害),經統計共有 402 起災害事件。其中,天然災害共有 226 件,遠低於過去幾年,洪災與風暴仍是最大宗;另外,非天然災害中,以交通事故事件最多(圖 1-1)。2014年重大災害歷程如圖 1-2 所示,2014年中,天然災害事件雖然比較少,但多起大規模崩塌與坡地災害令人震撼,例如:3 月美國西雅圖 Oso 鎮崩塌、5 月阿富汗崩塌、8 月日本廣島土石流及尼泊爾大崩塌形成大型堰塞湖等,都收錄在本年度天然災害紀實中。另外,非天然災害雖不是本紀實的重點,但多起事件仍然引起許多關注,例如:1 月西非伊波拉(Ebolavirus)病毒肆虐,造成利比亞(Liberia)、獅子山共和國(Sierra Leone) 和幾內亞(Guinea)上千人死亡。3 月馬來西亞航空(Malaysia Airlines)失事、4 月南韓沈船事件、7 月阿爾及利亞航空失事、馬來西亞航空飛彈攻擊失事和復興航空澎湖空難,8 月高雄氣爆事件,12 月亞洲航空(AirAsia)空難,每起事件皆造成多人喪生。





資料來源:EM-DAT

- 註: EM-DAT 國際緊急災害資料庫的災害事件必須至少滿足以下一項條件
- · 超過10人死亡事件
- 超過100人受影響災害

- · 政府發布緊急狀態
- · 政府呼籲國際援助





## 2014年十大天然災害死亡人數

依據死亡人數排序,印度9月持續大雨造成1000人因洪災死亡,是2014年 最嚴重的事件(表1-1)。排序第二的是中國雲南地震,造成617人死亡,也是 2014年十大死亡人數排序中僅一的地震事件。2014十大死亡事件大多以洪水、 坡地災害為主且發生地區大都在南亞一帶,包含:印度、阿富汗、巴基斯坦和尼 泊爾等地。整體而言,因為天然災害事件數量與規模都小,因此死傷人數相對是 最近幾年較少的。

| 排序  | 國家   | 地點                          | 開始<br>時間 | 結束<br>時間 | 災害<br>類型 | 次要<br>災害 | 死亡<br>人數 |
|-----|------|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1   | 印度   | Assam,Bihar,<br>Mehalaya    | 9月       | 9月       | 洪水       | 淹水       | 1,000    |
| 2   | 中國   | 雲南                          | 8月3日     | 8月3日     | 地震       | 地震       | 617      |
| 3   | 阿富汗  | Badakhshan,<br>Jawzjan      | 4月24日    | 5月2日     | 洪水       | 汛洪       | 431      |
| 4   | 巴基斯坦 | Sialko, Narowal,<br>Lahore  | 9月2日     | 9月15日    | 洪水       | 河道<br>溢淹 | 317      |
| 5   | 印度   | Jammu region                | 9月       | 9月       | 洪水       | 河道<br>溢淹 | 281      |
| 6   | 尼泊爾  | Jure                        | 8月2日     | 8月25日    | 坡災       | 崩塌       | 229      |
| 7   | 印度   | Malin                       | 7月30日    | 7月30日    | 坡災       | 崩塌       | 209      |
| 8   | 巴基斯坦 | Mithi, Chachro,<br>Dahli    | 1月       | 4月30日    | 乾旱       | 乾旱       | 180      |
| 9   | 阿富汗  | Guzazgah-e-Nur<br>district  | 6月3日     | 6月10日    | 洪水       | 汛洪       | 150      |
| 10  | 蒲隆地  | Kamenge, Kinama,<br>Buterer | 2月19日    | 3月10日    | 洪水       | 淹水       | 96       |
| TES |      | 絶                           | 計        |          |          | 1        | 3,510    |

#### 表 1-1. 2014 年全球十大天然災害事件(依死亡人數排序) 資料來源: EM-DAT、災防科技中心(NCDR)

## 2014年十大天然災害受影響人數

2014年十大受影響人數的災害事件統計,受災害影響人數前三名都在中國 (表1-2),分別是乾旱、洪水及風暴事件,將近5,200萬人受到影響。而十大受影 響國家除了西非布其納法索乾旱事件以外,都在亞洲地區。亞洲地區國家人口數 相較多且密度高,所以受到災害影響人數相對來的高。

| 排序      | 國家        | 地點                         | 開始<br>時間 | 結束<br>時間 | 災害<br>類型 | 次要<br>災害 | 受影響<br>人數  |
|---------|-----------|----------------------------|----------|----------|----------|----------|------------|
| 1       | 中國        | 遼寧、吉林、<br>内蒙古              | 8月       | 10 月     | 乾旱       | 乾旱       | 27,500,000 |
| 2       | 中國        | 四川、福建、湖<br>南               | 6月17日    | 6月21日    | 洪水       | 河水<br>溢堤 | 15,000,000 |
| 3       | 中國        | 海南、廣東、廣<br>西               | 7月18日    | 7月19日    | 風暴       | 熱帶<br>氣旋 | 9,960,099  |
| 4       | 布其納<br>法索 | Sahel region               | 5月       | 12 月     | 乾旱       | 乾旱       | 4,000,000  |
| 5       | 印度        | Odisha state               | 8月9日     | 8月16日    | 洪水       | 河水<br>溢堤 | 3,600,000  |
| 6       | 孟加拉       | Lalmonirhat,<br>urigram    | 8月11日    | 9月10日    | 洪水       | 河水<br>溢堤 | 2,800,447  |
| 7       | 巴基斯坦      | Sialko                     | 9月2日     | 9月15日    | 洪水       | 河水<br>溢堤 | 2,276,487  |
| 8       | 馬來西亞      | 西海岸                        | 3月       | 3月       | 乾旱       | 乾旱       | 2,200,000  |
| 9       | 菲律賓       | Papamga, Dagupan           | 9月17日    | 9月22日    | 風暴       | 熱帶<br>氣旋 | 2,052,157  |
| 10      | 斯里蘭卡      | Mullaitivu,<br>illinochchi | 1月       | 8月       | 乾旱       | 乾旱       | 1,600,000  |
| and and |           | 袍                          | 計        |          |          |          | 70,989,190 |

#### 表 1-2. 2014 年全球十大天然災害事件(依受影響人數排序) 資料來源:EM-DAT、災防科技中心(NCDR)



## 2014年十大天然災害經濟損失

2014年十大經濟損失統計中有印度、中國、日本、巴西、美國及塞爾維亞 等地事件(表1-3)。其中印度9月的季風雨季經濟損失最大(160億美元),其二 依然是印度10月風暴影響,損失金額約110億美元,第三排序為中國昭通市地 震,造成63億美元。這十大災害中,中國有三場災害損失事件,印度、美國各 有二場災害事件,日本、巴西及塞爾維亞各有一場,塞爾維亞洪水事件發生在該 國首都,故造成經濟損失相較嚴重。

## 2014 國際災害分布與統計

2014年天然災害事件明顯低於最近幾十年來的平均值,但是多起的崩塌災害凸顯出大規模崩塌災害課題的重要性,包括:美國西雅圖Oso鎮的大規模崩塌, 其面積達43萬平方公尺,造成43人死亡;阿富汗的Abi-Barak村大規模崩塌面 積達13萬平方公尺,造成431人死亡;尼泊爾的大規模崩塌,估計面積達83萬 平方公尺,並形成56萬平方公尺堰塞湖。鄰近的日本廣島因鋒面過境,發生短 延時強降雨,導致多處崩塌土石流的發生,並造成74人死亡。各地發生的機制 略有不同,但最主要的機制為舊崩塌地(古崩塌地)的再次發生災害,或是土石 流沖積扇的地區再次復發土石流(圖1-3)。

災防科技中心(NCDR)統計2014年災害事件,共蒐整298件災害事件(圖1-4), 和過去幾年比較,總數是來的少。災害事件與各洲分佈結果顯示:亞洲仍是災害 事件最多的地區(110件)非洲是災害紀錄最少的地區,與以往災害分佈趨勢相 似。而各洲的災害類型,以颱風、氣旋造成淹水坡地災害來的多,大洋洲與北美 洲以地震災害類型比例最多,總結2014災害事件,災害事件較少。

| 表 1-3. 2014 年全球十大天然災害事件   |  |
|---------------------------|--|
| (依經濟損失排序)                 |  |
| 資料來源 :EMDAT、災防科技中心 (NCDR) |  |

| 排序 | 國家       | 地點                         | 開始<br>時間 | 結束<br>時間 | 災害<br>類型 | 次要<br>災害 | 經濟損失<br>仟美元 |
|----|----------|----------------------------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| 1  | 印度       | Jammu                      | 9月       | 9月       | 洪水       | 河道<br>溢淹 | 16,000,000  |
| 2  | 印度       | Visakhapathnam             | 10月12日   | 10月12日   | 風暴       | 熱帶<br>氣旋 | 11,000,000  |
| 3  | 中國       | 昭通市                        | 8月3日     | 8月3日     | 地震       | 地震       | 6,300,000   |
| 4  | 日本       | Honshu Isl, Tokyo          | 2月8日     | 2月9日     | 風暴       | 對流<br>風暴 | 5,000,000   |
| 5  | 巴西       | Nordeste                   | 1月       | 4月       | 乾旱       | 乾旱       | 4,300,000   |
| 6  | 中國       | 華南                         | 7月18日    | 7月19日    | 風暴       | 熱帶<br>氣旋 | 4,232,973   |
| 7  | 美國       | California                 | 1月       | 12 月     | 乾旱       | 乾旱       | 4,000,000   |
| 8  | 中國       |                            | 9月10日    | 9月16日    | 風暴       | 熱帶<br>氣旋 | 2,900,000   |
| 9  | 美國       | New York,<br>Minnesota     | 1月5日     | 1月8日     | 極端溫<br>度 | 雪災       | 2,500,000   |
| 10 | 塞爾<br>維亞 | Valjevo, Sabac,<br>Loznica | 5月13日    | 5月20日    | 洪水       | 淹水       | 2,172,355   |
|    |          |                            | 總計       |          |          |          | 58,405,328  |



圖 1-3.2014 年災害事件時序圖

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) 資料來源:底圖為世界銀行(World Blank)2005;照片來源:the guardian



圖 1-4.2014 六大洲災害事件分佈統計 資料來源:災防科技中心(NCDR)彙整





2014年(103年)西北太平洋共生成23個颱風,最早在一月即有颱風形成。 而侵襲臺灣的颱風共有三個(有發布警報),分別是六月哈吉貝(HAGIBIS)、七月 麥德姆(MATMO)及九月鳳凰(FUNG-WON)(表2-1),所幸僅麥德姆颱風稍具災害 規模。另外,0807豪雨事件,受西南氣流影響,持續性大雨造成臺南及高雄積、 淹水,因此本章收錄麥德姆颱風及0807豪雨事件之災害。

| 颱風標號   | 颱風名稱 | 颱風名稱(英)   | 颱風時間                                 | 發布警報         |
|--------|------|-----------|--------------------------------------|--------------|
| 201407 | 哈吉貝  | HAGIBIS   | 2014-06-14 23:30<br>2014-06-15 17:30 | 海上警報         |
| 201410 | 麥德姆  | MATMO     | 2014-07-21 17:30<br>2014-07-23 23:30 | 海上警報<br>陸上警報 |
| 201416 | 鳳凰   | FUNG-WONG | 2014-09-19 08:30<br>2014-09-22 08:30 | 海上警報<br>陸上警報 |

#### 表 2-1. 2014 年臺灣有發布警報之颱風

#### 麥德姆颱風

#### 颱風歷程與天氣概述

中度颱風麥德姆(編號第10號,國際命名 MATMO),在關島西南方海面形 成後往西北轉北北西移動(圖2-1),於21日17點30分中央氣象局發布海上警報, 暴風圈逐漸接近巴士海峽,於22日2點30分發布陸上警報,22日17時其暴風 圈開始進入臺灣陸地,23日0時10分左右於臺東長濱登陸,4點20分由彰化附 近出海。而麥德姆颱風北移,降雨從花蓮轉移至南高屏山區,三日最大累積降雨 位於高雄市桃源區達674毫米(表2-2)。



| 排序 | 站名    | 地址      | 累積雨量<br>(毫米) |
|----|-------|---------|--------------|
| 1  | 溪南(特) | 高雄市桃源區  | 674.0        |
| 2  | 慈恩    | 花蓮縣秀林鄉  | 661.0        |
| 3  | 布洛灣   | 花蓮縣秀林鄉  | 611.5        |
| 4  | 御油山   | 高雄市桃源區  | 610.0        |
| 5  | 佳冬    | 屏東縣佳冬鄉  | 602.5        |
| 6  | 新高口   | 嘉義縣阿里山鄉 | 568.0        |
| 7  | 大漢山   | 屏東縣春日鄉  | 565.0        |
| 8  | 太平山   | 宜蘭縣大同鄉  | 562.5        |
| 9  | 梅山    | 高雄市桃源區  | 561.0        |
| 10 | 古魯    | 宜蘭縣大同鄉  | 548.5        |

#### 表 2-2. 麥德姆颱風 7 月 21 日 -7 月 23 日 總累積雨量排名前 10 名

截至 7 月 25 日麥德姆颱風造成全臺坡地及道路災點共 53 處,49 處為省縣道路崩塌、落石及塌陷,主要在台 7 甲、台 8、台 9 為最多 (圖 2-2)。災情分佈以花蓮縣最多,共 27 處,其中花蓮縣萬榮鄉馬遠村土石掩埋了 3 戶民宅及鄰近地區為最嚴重。淹水部分,根據經濟部水利署與中央災害應變中心緊急應變資訊系統 (EMIS) 通報積、淹水位置,共有 49 處,分布在 11 個縣市 30 個鄉鎮,其中高雄市通報積、淹水位置最多。圖 2-3 為麥德姆颱風積、淹水通報位置及鄉鎮分布。



| 縣市  | 處  |
|-----|----|
| 台中市 | 9  |
| 台東縣 | 2  |
| 宜蘭縣 | 4  |
| 花蓮縣 | 27 |
| 南投縣 | 5  |
| 高雄市 | 1  |
| 嘉義縣 | 5  |
| 合計  | 53 |

#### 圖 2-2. 麥德姆颱風坡地災害及 道路阻斷分佈圖



#### 圖 2-3. 麥德姆颱風積、淹水通報位置及 鄉鎮分布圖



#### 花蓮馬遠村災情探討

麥德姆颱風造成萬榮鄉馬遠村8鄰的野溪發生土石流災害,所幸居民已先撤離,因此無人傷亡。由鄰近紅葉雨量站之紀錄顯示,23日凌晨降雨強度最大,時雨量達74.5mm,推測土石災害可能是於此強降雨之際發生。由現場調查分析,初步估算土石流影響面積為2,460平方公尺,土石流土方量約為5,000立方公尺。由於此野溪上有不穩定的土石,兩岸邊坡上也有厚層之崩積物,加上本次大豪雨的情況下,使土石夾大量流水往下衝,造成此次災情(圖2-4)。



圖 2-4. 馬遠村土石流狀況 資料來源:馬遠村辦公室

#### • 地理位置與地形

馬遠村部落位居花蓮縣萬榮鄉南區,在臺東縱谷西側山麓,東接瑞穗鄉富源 村、瑞北村,西依中央山脈,北與萬榮鄉明利村相鄰,南則與紅葉村相鄰,是由 三個聚落(馬遠、大馬園及東光)所組成之村落。

此次麥德姆颱風所造成野溪土石流災害發生於馬遠村東南側(圖2-5),接近 與瑞穗鄉瑞北村交界處,發生區海拔高度約350公尺,此區坡度約在20度左右(圖 2-6),在西南側距離約200公尺處有編號花縣DF030土石流潛勢溪流,北側則有 編號花縣DF031土石流潛勢溪流(表2-3)。



圖 2-5. 馬遠村土石災害區地形與位置圖 (紫色星號表示土石災害主要位置。底圖為經建版電子地圖 (1996))



圖 2-6. 馬遠村土石災害區坡度圖 (紫色星號表示土石災害主要位置)

| 潛勢溪流<br>編號 | 溪流長度<br>(公里) | 集水區面積(公<br>頃) | 發生潛勢 | 保全住戶 | 警戒值<br>(毫米) |
|------------|--------------|---------------|------|------|-------------|
| 花縣 DF030   | 5.4          | 378           | 高    | 5戶以上 | 500         |
| 花縣 DF031   | 2.0          | 79            | 中    | 5戶以上 | 500         |

表 2-3. 馬遠村附近土石流潛勢溪流相關資料



#### • 地質環境

依據經濟部中央地質調查所地質圖光復圖幅 (1/50,000) 顯示,土石流災區主要是座落於現代沖積層上,而其鄰近山嶺地區出露之地層以瑞穗斷層 (第一類活動斷層)為分界,斷層東側為海岸山脈地區,以八里灣層為主,西側的中央山脈地區,則以打馬燕構造地塊及大南澳片岩玉里帶為主(圖 2-7)。

#### • 災情描述

鄰近災區的雨量站為萬榮鄉紅葉雨量站(距離約6公里)。由雨量站於7月 22日(00:00)至7月24日(00:00)所記錄的雨量組體圖顯示(圖2-8),約在22日 晚上至23日凌晨降雨強度最大,推測土石災害可能於此強降雨之際發生。其中, 紅葉雨量站於23日凌晨觀測到時雨量達74.5毫米,連續四小時達262.5毫米, 22日24小時累積雨量328.5毫米,23日24小時累積雨量290毫米。



圖 2-7. 馬遠村土石災害區地質圖 (摘錄至地調所五萬分之一地質圖 - 光復圖幅 (2012))



# Taiwan

#### • 土方量調查

本次現勘沿著土石流堆積區上溯到土石流流動區,現勘點位分別為點4-點 10。現勘點位分布,以及土石流影響範圍如圖2-9所示,綠色點為現勘點位資料, 詳列於表2-4。



圖 2-9. 現勘點位及調查點位(綠點)

#### 表 2-4. 現勘記錄表

| 編號 | х      | У       | 敘述   |
|----|--------|---------|--|
| 5  | 287882 | 2603396 | 門牌地址為:馬遠村 157 之 2,為麥德姆颱風期間,土石沖毀民宅。土石影響寬<br>度 28 公尺、深度 2 公尺。(5-4 距離: 28.6 公尺) |
| 6  | 287864 | 2603405 | 溪流接近民宅處。土石影響寬度 20 公尺、深度 2 公尺。(6-4 距離 :48.4 公尺 )                              |
| 7  | 287828 | 2603393 | 溪流左側邊坡有崩塌。土石影響寬度3公尺、深度2公尺。(7-6距離:30公尺)                                       |
| 8  | 287791 | 2603395 | 河床堆積有粒徑達1公尺的岩石。土石影響寬度6公尺、深度2公尺,(8-7距<br>離:30.2公尺)                            |
| 9  | 287759 | 2603399 | 此處有堆積料源,溪流右側有梯田。仍看不到崩塌源頭,往上可視距離 37.5m。<br>土石影響寬度 10 公尺、深度 2-3 公尺(取 2.5 公尺)。  |
| 10 | 287848 | 2603395 | 溢流點處。  |



#### · 致災原因

此蝕溝上有不穩定的土石,從上游產業道路兩側邊坡屬崩積層,坡度最陡處 約為25度左右,由這些地質與地形特性來看,此區的災害潛勢應該是以地表沖 蝕災害潛勢為主。因此,在本次大豪雨的情況下,上游坡面崩積層受到逕流集中 沖刷的影響,使得土石夾大量流水往下衝,在土石溢流處,原為東西向的沖蝕溝 轉往流進東南向的排水道,大量的土石使排水道淤滿,因此,土石便以直線前進 衝向左岸之民宅。由於民宅房屋的整體結構沒有受到破壞,巨石多被擋在住家的 欄杆門外,衝入民宅內的多屬泥沙。



圖 2-10. 花蓮縣萬榮鄉馬遠村土石災害發生區位置圖 資料來源:東華大學環境學院防災研究中心

#### 高雄市美濃區淹水災情

麥德姆颱風造成積、淹水部分,主要是在高屏地區,依據美濃及佳冬雨量站 之雨量紀錄,美濃地區最大時雨量約為79毫米,佳冬地區約為66毫米,屬短延 時強降雨之暴雨型態,故造成高雄市美濃區及屏東縣佳冬鄉等2鄉鎮之局部區域 發生積淹水情形。所幸主要降雨僅數小時,並未造成大規模淹水。

高雄市美濃區主要積淹水區域為消防局前之民生路及中正路一段周邊,以及 區公所前之美中路(圖2-11),合計積淹水面積共約2.12公頃,主要為道路積淹水, 深度約20~30公分。而淹水原因主要是,最大時雨量為79毫米,最大3小時雨 量143.5毫米(圖2-12、表2-5),超過當地降雨淹水警戒值。



圖 2-11. 高雄市美濃區公所前之美中路 資料來源:經濟部水利署



圖 2-12. 高雄市美濃雨量組體圖

表 2-5. 高雄市美濃雨量站警戒值

| 雨量站 - 美濃 | 1小時(毫米) | 3小時(毫米) |
|----------|---------|---------|
| 實際觀測雨量   | 79.0    | 143.5   |
| 水利署一級警戒  | 60.0    | 120     |



## 0807 豪雨

#### 豪雨歷程與天氣概述

受到強烈西南氣流影響,臺南、高雄地區從民國 103 年 8 月 7 日至 8 月 12 日間(簡稱 0807 豪雨),陸續降下豪大雨,尤其 8 月 12 日清晨至中午間於臺南 地區降雨強度最大,根據中央氣象局觀測資料顯示,臺南西港區及安定區 24 小 時累積雨量突破 350 毫米,達超大豪雨標準,另外安平區、北區、南區、仁德區、 麻豆區及歸仁區等,6 個行政區 24 小時累積雨量突破 200 毫米,達大豪雨標準。 0807 豪雨事件自 103 年 8 月 7 日開始連降 6 天豪大雨,約至 103 年 8 月 12 日達 高峰後減緩,降雨區域主要為臺灣南部的臺南、高雄及屏東等地,造成淹水地區 也集中在臺南、高雄和屛東(圖 2-13)(經濟部水利署)。



圖 2-13.0807 豪雨事件 8 月 12 日 24 小時累積雨量圖 (左) 及 0807 豪雨事件積、淹水通報災點及鄉鎮分布圖 (右)

#### 臺南市仁德區太乙工業區災情

臺南市仁德區太乙工業區,區域內有三爺宮溪,在0807豪雨事件中,1、3 小時雨量皆超過水利署一級警戒值(表2-6),當地最大淹水深度約1.5公尺。因 當地環境地勢低窪,重力排水不易,過去每逢大雨或颱風皆造成工業區淹水,歷 史淹水事件有2009年莫拉克颱風、2012年0520豪雨事件等,其中,莫拉克颱風 淹水深度達2.0公尺。由於是易淹水地區,水患治理計畫中對於三爺宮溪已增高 溪流旁的堤防(約1.6公尺)(圖2-14),然而此次溪水仍從河道內溢淹流出,並持 續2-4小時水淹不退。與過去淹水較不同處,是水利單位跟中華電信合作,在周 邊電線桿上裝設淹水回傳裝置,可立即回傳當地淹水高度,即時掌握災情狀況。

| 雨量站 - 仁德  | 1小時(毫米) | 3小時(毫米) |
|-----------|---------|---------|
| 實際觀測雨量    | 91.0    | 160.0   |
| 水利署淹水一級警戒 | 60.0    | 100.0   |



圖 2-14. 臺南市仁德區現勘彙整

#### 臺南市南區喜樹社區災情

臺南市南區喜樹社區在0807豪雨事件中,最大1小時降雨90.5毫米,已超過水利署淹水一級警戒值(表2-7),當地最大淹水深度約0.5公尺。由於當地地勢低窪,排水不易,設立喜樹抽水站,社區內排水經由涵管往喜樹抽水站集中,再由抽水站排放到往日新溪後往外海排出(圖2-15)。

#### 表 2-7. 臺南市南區雨量站淹水警戒值

| 雨量站 - 南區  | 1小時(毫米) | 3小時(毫米) |
|-----------|---------|---------|
| 實際觀測雨量    | 90.5    | 138.5   |
| 水利署淹水一級警戒 | 50.0    | 110.0   |



圖 2-15. 臺南市南區喜樹社區現勘彙整 (藍色線為洪水水流方向,紫色箭頭為洪水沿涵管匯集至喜樹抽水站方向)



國際災情分佈







特別企劃



24 http://satis.ncdr.nat.gov.tw/ndd/

Japan



- 2014 天然災害紀實

## 日本廣島土砂災害



## 地理環境

#### 廣島市概況

廣島縣位於日本本州島西南側,地理上屬於中國地區。而廣島市位屬廣島縣 西南方,南面與瀨戶內海相鄰,出海口是為廣島灣(圖S-1)。廣島市為太田川下 游的沖積平原範圍,主流太田川在可部北區匯流後順流而下,在廣島市中心形成 沖積平原並於廣島灣出海,因此市中心區至可部地區皆為平原區,面積約占全市 之20%,且支流甚多;廣島市西部及東北部之地形則以山丘為主,總面積約占全 市之80%,在市中心周圍的丘陵地高程多在300-500公尺左右,而向外至外圍則 高程約在1000公尺左右。由於市中心為沖積平原,在颱風豪雨易發生洪水氾濫; 而山丘地區因其地質主要為第三紀花崗岩組成,風化作用嚴重,颱風豪雨等極端 降雨發生時易發生崩塌、土石流災害。其市區內目前劃定的崩塌、土石流、地滑 等土砂災害危險處所約有3.2萬處,是全日本土砂災害危險區域最多的地方。



圖 S-1. 廣島縣位置與廣島市行政區圖 資料來源:維基百科



#### 主要受災嚴重之安佐南區和安佐北區概況

此次災區位於廣島縣廣島市安佐南區及安佐北區。其中安佐南區內主要受災 區域為八木地區和綠井地區;而安佐北區的主要受災區域為可部地區,安佐南區 面積約117平方公里,是廣島市第三大區域,但是人口卻是最多的,廣島市區唯 一人口超過24萬人的區域,區內主要地形為山地(如武田山與阿武山等高度皆 在400-500公尺左右)以及扇狀地和太田川與古川所形成的氾濫平原(圖S-2), 土地利用型態(圖S-3),以JR(Japan Railways, JR)可部線為分界,西北為山丘地形, 除了山林外,山坡至平原交界斜坡區為住宅用地與旱地混和,JR 地鐵東南部分 地勢平緩,主要以商務設施用地為主。安佐北區面積是廣島市中最大的,約有 353平方公里,區內主要地形為山區,占總面積40%,該區的山最高達800公尺, 主要河川為太田川。本區人口約有14.6萬人,平均人口密度為414人/km<sup>2</sup>。



照片來源:歐新社

- 2014 天然災害紀實-



圖 S-2. 廣島市安佐南區佐東町位置與標高 資料來源:廣島市都市整備局都市計畫基礎調查



圖 S-3. 八木、綠井地區土地利用現況 資料來源:廣島市都市整備局都市計畫基礎調查



## 災害概述

日本廣島地區在8月20日凌晨降 下豪大雨,造成廣島市內多處山坡地 發生土石流、土石崩塌與山洪暴發, 尤其以廣島市安佐南區及安佐北區之 災害發生密度最高。由於多處土石流 及崩塌發生在緊臨人口稠密之山坡地 地區,造成許多房舍沖毀以及大量傷 亡事件。截至9月26日之內閣府災害 處置報、以及廣島縣災害對策本部資 料顯示:全市死亡人數74人、44人輕 重傷(表 S-1)。

其中,安佐南區的八木三丁目處, 因其集合住宅分布於土石流之河口扇 狀地,半數住宅被土石沖毀或破壞, 共52人傷亡於此。圖S-4是廣島市本 次土砂災害的分布圖,圖中紅點為土 石流事件共107溪流,藍點為坡地崩 塌災點共59處(廣島市砂防部,統計 至9月25日)。 圖 S-5 為廣島市八木地區縣營住宅後 方土石流空照圖,土石流源頭到堆積 部約750公尺,並依據日本土木學會 災害調查報告,土石流集水區共23公 畝上游源頭(圖 S-6),除了一條主流 外,還有二條支流形成;本次土石流 共有三波堆積,其堆積情況如圖 S-7 所示。

#### 表 S-1. 日本廣島市 2014 年 8 月 土砂災害統計 資料來源:廣島縣災害對策本部

| 災害項目      | 災害統計  |
|-----------|-------|
| 死亡(人)     | 74    |
| 受傷(人)     | 44    |
| 房屋損毀(棟)   | 503   |
| 房屋浸水(棟)   | 4,246 |
| 道路橋梁損毀(座) | 667   |



圖 S-4. 廣島市土砂災害分布圖 資料來源:廣島市政府

- 2014 天然災害紀實-



圖 S-5. 廣島市八木地區縣營住宅土石流空照圖 資料來源:Google Earth、災防科技中心(NCDR)繪製



圖 S-6. 廣島市八木地區 縣營住宅土石流上游狀況 資料來源:日本土木學會,2014



圖 S-7. 廣島市八木地區縣營住 宅土石流下堆積狀況 資料來源:日本土木學會,2014



## 災害原因

#### 氣象條件

從氣象降雨分析致災原因,8月19日鋒面系統自黃海逐漸東移(圖S-8),影響日本附近海面,鋒面前緣的強烈西南風引發了強降雨系統的持續發展。20日凌晨強烈對流系統通過日本西部地區,導致了廣島地區發生短延時、強降雨的暴雨事件。最大降雨地區為安佐北區三入東地雨量站測出之時雨量達121毫米(表S-2、圖S-9),雖然24小時累積雨量為284毫米,但是僅在凌晨1時40分至4時之間,累積降雨已達232毫米。



圖 S-8. 廣島地區受鋒面影響發展的強降雨系統 資料來源:日本氣象廳、NASA



圖 S-9. 廣島市安佐北、南區災害分布與雨量站分布圖 資料來源:廣島市消防局、日本國土交通省、日本氣象廳 — 2014 天然災害紀實—

災情最嚴重的安佐南區,代表雨量站之高瀨測站最大時雨量 87 毫米(圖 S-10),24 小時之累積時雨量為 247 毫米,其中當地時間 20 日 1 點 30 分至 3 點 50 分間的 2 小時 20 分中,降雨量達 186 毫米。由於廣島市的八月平均降雨約為 143 毫米,因此,可判斷廣島市內多處土石流災害事件的發生,是由強降雨所誘 發造成的。

#### 表 S-2. 廣島市災區內雨量測站之降雨紀錄 資料來源:日本國土交通省、日本氣象廳

| 雨量測<br>站名 | 行政區域 | 24 小時雨量<br>(毫米) | 最大時雨量<br>(毫米) |
|-----------|------|-----------------|---------------|
| 三入東       | 安佐北區 | 284             | 121           |
| 上原        | 安佐北區 | 287             | 115           |
| 高瀨        | 安佐南區 | 247             | 87            |







#### 地質狀況

該區域的地質主要由花崗岩組成(圖S-11)。花崗岩在日本分布廣泛,尤其 是本州島西側,大部分皆由花崗岩組成。花崗岩主要由長石、石英、雲母等造岩 礦物組成,受到火山作用所形成。由於花崗岩容易受到風化作用而侵蝕形成高嶺 土,且其受風化的速度相當快。在經年累月的風化作用之下,其風化形成之土壤 層可達100公尺,也因此花崗岩分布之地區,容易受到降雨而使得地表表層材料 鬆軟,降低強度進而造成崩塌。廣島地區的坡面地表層數公尺厚度便是由高嶺 土、未風化花崗岩塊、以及碎石所組成。由災害影像及現場觀察顯示,土石流上 游發生部的集水區並無大面積的崩塌(圖S-12左),而是上游土石流局部崩塌後, 沿野溪坑溝搬運移動時,連同石塊、泥土、殘木等下刷高度風化花崗岩土層,並 造成土石流溪溝的向下和兩側侵蝕(圖S-12右),最後高度風化的花崗岩材料被 沖刷移動至下游,沖毀及覆蓋住宅及交通幹線,從圖S-13 顯示,流動段到堆積 段的坡度達 20-25 度,土石流下游的刷深厚度至少有 9-12 公尺,另外,從災害發 生之初的照片也可發現到,大部分沖刷至住宅區及交通要道的土石以泥土為主, 而較少見大塊岩石。



圖 S-11. 八木、綠井五萬分之一地質圖 資料來源:日本土木學會,2014



圖 S-13. 廣島地區地質與土壤空照 資料來源:災防科技中心(NCDR)繪製





圖 S-12. 八木縣營地區土石流發源地(左),下游堆積地(右)

— 2014 天然災害紀實-

### 廣島縣災害歷史事件

廣島縣常見的災害以土砂災害和淹水災害為主,表 S-3 是二戰後土砂災害災 情彙整,死傷最嚴重為 1945 年枕崎颱風,造成 1229 人死亡 783 人失蹤,是廣島 縣過去最嚴重的災害。但若只看廣島市的歷史災害,則 1999 年 6 月 29 日所發生 的土砂災害最為嚴重,共造成 31 人死亡 1 人失蹤。由於該事件的發生,促使日 本開始思考土砂災害高風險區域之警戒區域劃設及其相關土地使用的管制,並於 隔年(2000 年)通過,「土砂災害防止法」,賦予政府劃設坡地災害潛勢地區之 法源依據,並提升開發的門檻。

| 西元   | 月日       | 災害名              | 土砂         | 地震 | 津波 | 水害         | 死亡    | 失蹤  | 受傷    |
|------|----------|------------------|------------|----|----|------------|-------|-----|-------|
| 1945 | 9月17日    | 枕崎颱風             | $\bigcirc$ |    |    | $\bigcirc$ | 1,229 | 783 | 1,054 |
| 1951 | 10月14日   | ルース 颱<br>風       | 0          |    |    | 0          | 132   | 34  | 361   |
| 1967 | 7月8日     | 豪雨災害             | $\bigcirc$ |    |    | $\bigcirc$ | 159   | 0   | 231   |
| 1972 | 7月11日    | 豪 雨 災 害<br>(縣北)  | 0          |    |    | 0          | 35    | 4   | 105   |
| 1988 | 7月20~21日 | 縣 北 西 部<br>豪雨災害  | $\bigcirc$ |    |    | 0          | 14    | 0   | 11    |
| 1999 | 6月29日    | 6.29 廣 島<br>土砂災害 | 0          |    |    | 0          | 31    | 1   | 59    |
| 2014 | 8月20日    | 8.20 豪 雨<br>災害   | $\bigcirc$ |    |    | $\bigcirc$ | 74    | 0   | 44    |

| 表 | S-3. | 廣島縣 | 縣土  | 砂災割          | 喜災 | 情紡 | 計 |
|---|------|-----|-----|--------------|----|----|---|
|   | 資    | 料來源 | :廣調 | <b>急縣防</b> 炎 | 泛W | eb |   |

相關文獻顯示(日本土木學會,2014),1999年的廣島市土砂災害和本次災害比較,可從降雨型態及災害類型、災害特徵及分布等,來探討等議題。

在1999年所發生災點分佈範圍較廣,所造成的崩塌和土石流數量,是以淺 層崩塌災害為主,崩塌深度多在1公尺以下,並形成大量漂流木;而本次則是以 土石流災害為主,土石刷深之深度相當大,且漂流木不多。因此從推估土砂量來 看,本次災害反而造成的土方量較大(圖S-14。日本土木學會,2014)。



圖 S-14.1999 年 ( 黃點 ) 與 2014 年 ( 紅圈 ) 土砂災害位置 資料來源:日本土木學會



從降雨量來看,兩次事件的總累積降雨量差不多(圖 S-15),但 0629 事件在 事件發生之前已有 157.5 毫米的降雨,而此次事件的前期降雨並不多。在災害發 生的地質狀況而言,0629 的災害之所在位置多為風化作用強烈之含有粗粒黑雲 母的花崗岩,而本次災害之地質狀況除了花崗岩及高嶺土之外,在其他有堆積岩 及變質岩的坡面也有土石流的發生(表 S-4)。

在1999年0629災害之後,日本政府著手成立土砂災害防止法,確定在工程 設施的減災策略之下,也有非工程的策略提供配合使用,而經過15年後的廣島 市又發生了類似的災害,反映了土砂災害防止法施行之後,警戒區域的劃定緩 慢、現行疏散避難發佈流程的缺點、以及極端降雨事件應變困難等的問題點,因 此在廣島八月土砂災害之後,國土交通省也已開始進行相關法令的修正。



圖 S-15.1999 年(上)與 2014 年(下)降雨組體圖 資料來源:日本土木學會

#### 表 S-4.1999 年 0629 事件以及 2014 年八月土砂災害之比較

| 項目     | 1999年0629災害                        | 2014年八月土砂災害                        |
|--------|------------------------------------|------------------------------------|
| 主要災害類型 | 崩塌為主,崩塌 186 處、<br>土石流 139 處        | 土石流為主,崩塌 59 處、<br>土石流 106 處        |
| 發生地點   | 廣島市、吳市                             | 廣島市                                |
| 發生時間   | 白天下午 2-5 點                         | 半夜 2-5 點                           |
| 雨量特性   | 累積雨量 389 毫米、最大<br>時雨量 81 毫米        | 累積雨量 319 毫米、最大<br>時雨量 121 毫米       |
| 地質狀況   | 含有黑雲母之花崗岩及受<br>到強烈風化作用生成之高<br>嶺土為主 | 花崗岩及高嶺土為主,但<br>堆積岩和變質岩區也有發<br>生土石流 |
- 2014 天然災害紀實-

## 官方作為與重建境

從部分評論以及資料顯示地方政府 的反應不及,因此造成這次慘重的災 害。實際上若是要探討政府的應變作 為和時機,必須從將警戒發佈、疏散 避難等項目分開,並且由於日本地方 自治實施相當徹底,權責劃分嚴謹, 因此探討應變作為之時,也應將中央 政府、地方政府的反應時機和作為等 分開探討。

#### 應變體制與作為

日本的應變體制基本上以縣為單 位,每個縣依據其縣內狀況制定其地 區防災計劃,分別就災害預防、災害 應變、以及災後復原等進行規定;另 外縣以下所轄的市町村,依據縣所制 定的內容,提出其相應的地區防災計 劃。

在應變作為方面,分為「注意體 制」、「警戒體制、「非常體制等三級, 其中「注意體制」,氣象廳發佈氣象 注意報後由消防局長為指揮官進行組 織,旗下包括市政府相關處室之人員, 主要任務在於資訊的搜集和聯繫。而 當有發生災害的可能性或是已發生災 害的情形時,則進一步進入「警戒體 制」,而若災害有擴大之餘時,則進 入「非常體制」,並進一步由市長為 首召集市政府人員成立災害對策本部, 提供災害處理時各種需求以及防止災 害擴大之措施。 國家災害防救科技中心赴日與災 害對策本部討論災害發生當下情況(圖 S-16),並依據廣島縣及廣島市災害應 變作為與時序彙整出主要的應變作為, 如下圖 S-17 所示。當災害於 3 點 20 分 發生,災後一小時,分別對安佐北區 與安佐南區發佈「避難勸告」,由於 當時災情已經傳出,首相官邸設置危 機管理中心以聯絡訊息。災後四小時, 對安佐南區發佈「避難指示」,隔天(21 日)上午,廣島縣的災害對策本部處置 報,開始出現死亡與失蹤統計數字。 21 日晚間,災害處置報告統計災民收 容安置情況。

| 19         | 16:03 | 房島縣雄人注意贛制               |
|------------|-------|-------------------------|
| ~ <b>_</b> | 21:26 | 演員縣進入醫戒體制               |
| 20 -       | 01:15 | 廣島縣災害射策本部(非常體制)         |
| - 10       | 01:35 | 廣島市災害器戒本部               |
|            | 03:20 | 發生土砂贝書淹沒民宅              |
| -          | 03:30 | 中國地方整備局注意體制。廣島市災害射榮本部設置 |
| -          | 04:15 | 震島市安佐北區的部分地區運動關告        |
| -          | 04:20 | 首相官邸設置危機管理中心聯絡訊息        |
|            | 04:30 | 廣島市安佐南區的部分地區運動截击        |
| -          | 06:00 | 廣島縣災害對策本部會議,首重人命救援      |
| -          | 07:40 | 陸上自衛隊派員30人抵建安住南區救援      |
| -          | 07:58 | 廣島市安佐南區的部分地區整體指示        |
| -          | 11:15 | 中央政府在廣島縣現地設置災害對策室       |
| 21 -       | 10:00 | 廣島縣第10裡·始掌操八木三丁目死亡失疑狀況  |
| П.         | 晓問    | 統計較容所提民安置數量             |

#### 圖 S-17. 廣島縣的災害應變作為與時序



圖 S-16. 災防科技中心 (NCDR) 赴日至廣島市災害對策本部現勘討論會議



#### 警戒發布

氣象災害之警戒發佈是由氣象廳負責,共有16種預報和7種警報(表S-5), 降雨持續或強度增加,累積降雨量達到預估值時,發布豪雨警戒,依據降雨狀況、 河川水位及坡地災害危險度等資訊,地方政府將進一步發佈土砂災害及洪水警 戒。

氣象局發佈氣象之大雨注意報後,縣政府便必須依據氣象廳所提供現在及未 來的降雨趨勢,配合其縣府內訂立的淹水和土砂災害警戒之警戒值,判斷何時必 須發佈接下來的淹水或土砂災害警戒資訊。廣島縣政府定義廣島市之土砂災害警 戒發佈基準是當土壤雨量指數達到108時必須發佈,淹水災害則是當平地3小時 雨量達到 70 毫米及平地以外地區之一小時雨量達到 60 毫米時。而當縣政府發佈 土砂災害警戒資訊以後,市政府就可以依據這個資訊,以及降雨預報和現況資料、 以及疏散避難警戒值等判斷是否發佈疏散避難的決定。圖 S-18 是廣島縣政府根據 地方氣象台發布土砂災害警戒的情況,依降雨增加發警戒區域,當降雨趨緩並解 除土砂警戒。

| 預警報種類  | 內容  | 發布單位                          |
|--------|---|-------------------------------|
| 氣象預報   | 大雨、洪水、大雪、強風、風雪、波<br>浪、高潮汐、濃霧、雷、乾燥、雪崩、<br>融雪、霜、低溫、積冰、積雪等 16 種<br>類 | 氣象廳                           |
| 氣象警報   | 大雪、洪水、大雪、暴風、暴風雪、<br>波浪、以及高潮汐等7種類                                  | 氣象廳                           |
| 土砂災害警戒 | 土砂災害警戒程度依區域分不同等級  | 氣象廳和都道府<br>縣政府                |
| 洪水警戒   | 洪水注意報、洪水警報  | 國土交通省或都<br>道府縣所轄河川<br>事務所、氣象廳 |
| 疏散避難   | 避難準備情報、避難勸告、避難指示  | 市町村政府                         |

#### 表 S-5. 氣象災害之警戒總類 資料來源:日本氣象廳

第1號 1時15分

第2號 1時35分

第3號 4時30分 広島市 大竹市 廿日市市 広島市\* 廿日市市\* 広島市 大竹市\* 安芸高田市\* 北広島町 廿日市市 北広島町\*

第4號 5時30分 第5號 6時10分 第6號 18時30分 広島市 安芸高田市 広島市 北広島町 警戒对象地域 広島県 広島地方気象台 共同発表 警戒解除地域

> 圖 S-18. 廣島縣土砂災害警戒發布與解除時序 資料來源:廣島縣縣府、廣島縣地方氣象台

疏散避難的發佈,是由市町村政府,根據降雨的現況和未來預測、疏散避難的基準值、以及是否已發佈土砂災害警戒等資訊進行判斷。而市町村政府為區分境內哪些地方需進行疏散避難,依據地理分成數個區域並分別予以訂立警戒值作為參考,如圖 S-19 為廣島市所區分的 52 個區域,每個區域都有標示其警戒和疏散避難值,以16號的山本地區為例,130毫米為警戒值、150毫米是啟動疏散避難的基準值。



圖 S-19. 廣島市避難勸告對象區域圖 資料來源:廣島縣廣島市災害對策本部



照片來源:日本國土交通省國土地理院

- 2014 天然災害紀實-



#### 疏散撤離與收容安置

日本疏散避難訊息大致分為三種:「避難準備情報」、「避難勸告」、以及「避 難指示」等。若是以發布避難訊息之作為,相對於台灣土石流警戒發布後之相應 措施進行描述,「避難勸告」相當於臺灣發佈黃色警戒後,地方政府必須對居民 進行避難之勸導;「避難指示」則相對於臺灣發佈紅色警戒後,地方政府須強制 撤離居民,因此強制力最強。從本次廣島土石流災害之應變流程來看,主要造成 傷亡之土石流災情發生於8月20日凌晨3點20分左右,地點為廣島市安佐南區 八木三丁目。大約一小時後,即4點30分,廣島市向安佐南區八木地區發佈「避 難勸告」,當天上午7點58分,向部分的八木四丁目(共52家戶、113人)發佈「避 難指示」。8月22日下午3點55分,向八木三丁目(84家戶、201人)發佈「避 難指示」。圖 S-20為本次廣島發布避難指示、避難勸告網頁情況。



圖 S-20. 廣島市安佐南區和安佐北區疏散避難發佈內容 資料來源:廣島縣縣府

此次發布避難勸告共有 68,318 戶,共有 164,108 人,而安佐北區在 8 月 31 日 上午 8:00 解除該區全部避難勸告,而土石流受災嚴重的安佐南區,截至 11 月 5 日止八木八丁目 31、32 番街區仍在避難勸告當中,共避難 16 戶 42 人,其餘地 區已經解除避難勸告。另外,收容安置部分,8月 22 日下午 6時為收容人數最多, 共有 904 戶 2,354 人在附近學校或集會所,圖 S-21 為縣營綠丘住宅至梅林國小的 避難路線圖。

✓ 從重災區県営緑丘住宅走至主要安置點梅林小學校,約500公尺(Google map估算)



圖 S-21. 縣營綠丘住宅至梅林國小避難路線 資料來源: 災防科技中心 (NCDR) 繪製地圖、Google Earth

特別企劃:日本廣島土砂災害

— 2014 天然災害紀實-

#### 災後補助

災害發生後,日本地區各地的援助捐款共計 39 億日圓(相當台幣 11 億), 所有援助捐款以二次配分方法發放(表 S-6),第一次發放主要以生活重建為優先, 第二次發放包含第一次發放外,增加罹難與重傷部分。

| 慰問会    | 这項目 | 第一次慰問金(日<br>幣:萬元) | 第二次慰問金(日<br>幣:萬元) | 總計<br>(日幣:萬元) |
|--------|-----|-------------------|-------------------|---------------|
| 死亡     | _者  | -                 | 500               | 500           |
| 舌盾耂    | 住院  | -                 | 100               | 100           |
| 里饧白    | 出院  | -                 | 50                | 50            |
| 什宏孕師   | 自有  | 10                | 500               | 510           |
| 江豕土政   | 租用  | 10                | 200               | 210           |
| 住家大規模  | 自有  | 10                | 375               | 385           |
| 半毀     | 租用  | 10                | 150               | 160           |
| 住家半毀   | 自有  | 10                | 250               | 260           |
|        | 租用  | 10                | 100               | 110           |
| 住家部分損毀 |     | 10                | 25                | 35            |
| 床上浸水   |     | 10                | 50                | 60            |
| 床下浸水   |     | 10                | 10                | 20            |

#### 表 S-6. 廣島市 8 月 20 豪雨災害救援金分配表 資料來源:廣島市市政府

## 災害事件探討

#### 疏散避難發布程序

在災害發生之後,許多報導以及專家直指廣島市政府發布警戒以及疏散避難 的時間過遲,是造成此次許多人來不及避難的元凶,而廣島市政府也在災害過 後,於新聞採訪時同意相關說法。根據朝日新聞的整理,廣島市發布疏散避難勸 告的條件總共五個(表S-7),只要任一條件符合,則負責單位必須發布避難勸告, 然而部分條件雖已達到了卻沒有發布避難勸告、而部分條件達到了卻因為發佈過 於緩慢而招致批評。

| 標準                 | 此次災害實際狀況      |
|--------------------|---------------|
| 大雨特別警報(數十年規模之降雨特徵, | 沒有發佈          |
| 由土壤水分指數進行訂定)       |               |
| 雨量超過避難基準值          | 凌晨3時超過基準值     |
| 土砂災害警戒資訊           | 凌晨1時15分發佈     |
| 消防局經由巡視河川來進行判斷     | 廣島市消防局表示已進行巡視 |
| 土砂災害緊急資訊           | 沒有發佈          |

廣島市之負責發布避難勸告由廣島市長主要負責發佈,市長參照其下的廣島 市內各區區長以及廣島市的消防局長等的判斷,作為輔助以決定是否發佈避難勸 告。然而,由於對於極端降雨事件的未來雨量預測原本就有相當難度;本次災害 前的降雨形態僅集中在2.5小時的時間,就降下了一般約一個月的雨量;再加上 過去十五年中廣島市較少發生土砂災害;且降雨時間在半夜,除了聯絡居民有相 當難度之外,對於疏散避難所需做的準備也有相當大的困難,至少需花費20-30 分鐘左右。



廣島縣從「土砂災害防止法」通過後,2002年開始進行警戒區域的調查、劃 定等工作,由原先透過「陡坡地崩塌災害防止法」、「地滑等防止法」等法律所 劃定之陡坡地、地滑、土石流危險溪流等危險區域開始著手,進行基礎調查,根 據調查結果判斷是否進一步劃定為警戒區域。目前廣島縣境內共31,987土砂災害 危險處所,其中絕大部分是陡坡地崩塌危險處所,但在廣島市內,陡崩塌坡地和 土石流危險區域的數量相近(圖 S-22),顯示廣島市內之土石流危險區域比例相 當的高。圖 S-23 是本次災害事件房屋毀損與土石流危險區域對照,八木、綠井 地區共有53 棟房屋毀損,其中有36 棟房屋在土石流危險區域內,僅只有17 棟 建物不在危險區域劃定範圍內。

#### 都市化發展擴張

安佐北區面積是廣島市中最大的區域,面積約有353平方公里,人口約有14.6萬人,平均人口密度為414人/km<sup>2</sup>。安佐南區人口數已超過24萬人,而該地人口密度達到2,060人/km<sup>2</sup>,由表S-8可了解該區人口一直呈現正成長趨勢。 而區域內人口呈現正常長趨勢,在一個土地面積有限的地區,人口增加相對建地 需求也增加,當建地需求大於土地容許量時,土地開發就會往限制開發地區發 展。圖S-24為災防科技中心(NCDR)統計建物新建情況,人口逐年增加,而地圖 中山坡地開發建築界線1948年(藍)、1969年(黃)和2009年(紅)亦逐年往山 坡地退縮,因此從事發後圖S-25所示,建物緊鄰山坡開發、砍斷坡腳和建物在 河谷扇狀地中,這樣高度開發的情況屢見不鮮。



圖 S-22. 八木地區土石流危險溪流及急傾斜地的影響範圍 資料來源:廣島縣縣政府



圖 S-23. 本次災害之房屋毀損與土石流影響範圍 資料來源:災防科技中心 (NCDR) 彙整統計

- 2014 天然災害紀實-

| 資料米源:總務省統計局、廣島巾統計書 |        |        |         |         |         |         |
|--------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 年                  | 1960   | 1970   | 1980    | 1990    | 2000    | 2010    |
| 安佐南區               | 40,708 | 84,905 | 157,720 | 175,211 | 204,636 | 233,733 |

#### 表 S-8. 安佐南區 1960 至 2010 年每十年人口變化 資料來源:總務省統計局、廣島市統計書



| ▲ 以建 1948-1969 | 1970-1988 1989-2009 | 山圾地開發建築芥緑 | <b>—</b> 1948 <b>—</b> 1969 <b>—</b> 2009 |
|----------------|---------------------|-----------|---|
| 房屋改變時序         | 1948-1969           | 1970-1988 | 1989-2009                                 |
| 新增(棟)          | 152                 | 94        | 10  |
| 改建(棟)          |                     | 21        | 1   |
| 2014損毀(27棟)    | 14                  | 13        |   |

#### 圖 S-24. 安佐南區八木地區山坡地開發建築發展 資料來源: 災防科技中心 (NCDR) 彙整統計



圖 S-25. 安佐南區山坡地開發情況 資料來源: ASIA AIR SURVEY COLTD、災防科技中心 (NCDR) 加值



特別企劃:日本廣島土砂災害

土砂災害防止法規定,針對容易發生土砂災害之地區,必須進行基礎調查, 確認這次災害最嚴重的八木地區,受到土石流衝擊最為嚴重的集合住宅區域,由 於該處位於平地與丘陵交會之處(圖S-26),地勢較高而能夠俯視廣島市區,因 此許多私人房舍皆建築於該處。



圖 S-26. 廣島市建物蓋在山坡較平緩區域 資料來源:災防科技中心 (NCDR) 現勘

## 結論

近期因短延時強降雨造成的極端災害事件頻繁,這些災害事件共同特性是, 在短時間中,降雨超過過去歷史紀錄或遠高於防洪、排水設計標準,瞬間造成大 範圍的山洪爆發、土石沖蝕、都會或低窪地區雨水宣洩不及導致淹水災害等,這 樣措手不及的降雨,無法有效提出災害警戒資訊,災害應變操作、疏散避難行為 更為困難。

廣島土石流災害即是在這樣的情況下發生災情:凌晨因鋒面通過的降雨,降 雨僅兩小時,最大時雨量達100mm/hr以上,造成嚴重災情。這過程由於非颱風 事件可以提早開設應變中心,災害發的在凌晨三點,對於警戒發布、避難場所開 設、疏散避難等,顯出決策的困難與措手不及。

廣島地區多山坡地,土砂災害潛勢劃設本來就高於日本其他地區,從近60 年的人口增加、都市發展擴張顯示,民眾居住朝山坡地發展,在未即時管制開發 情況下,山坡地住宅社區已成事實,大大增加了土砂災害的風險,不僅是本次災 害的發生,未來這些位處於高災害潛勢地區的居所,都將面臨短延時強降雨所導 致的災害風險。

藉由日本廣島土石流災害的經驗,提醒山坡地建築開發管制必須重新思考設 計標準與限制,包括坡度的限制、建物退縮距離的提高、地質敏感、災害潛勢的 分析等,避免將居住環境暴露於高災害潛勢範圍內,以降低災害風險。對於建成 環境已位於高災害潛勢範圍內,也要與民眾溝通、研擬逐步改善災害風險的調適 對策。





# 美國 Oso 崩塌災害



#### 地理環境

華盛頓州 (Washington) 位在美國西 北太平洋沿岸,北邊與加拿大接壤, 面積約 18 萬平方公里,州內主要由喀 斯喀特山脈 (Cascade Range)、冰河時 期及密蘇娜冰湖 (Missoula) 決堤構成, 喀斯喀特山脈穿過東部,高程最高為 3,210 公尺。發生災害的 Oso 鎮位在史 諾霍米須市 (Snohomish),人口約 70 餘 萬人,是華盛頓州人口第三多的市, 總面積約 5,690 平方公里,位於華盛頓 西部,東部是山區和西部為平原地形。

R/T 木 / 水 · 画人材/TL Vancouver, CANADA Victoria Olympia Pacific Columbia River So miles Portland ORE. 圖 3-1. 奧索鎮災害發生位置圖

#### 資料來源: Colora do newsday

## 災情與規模

奧索鎮(Oso)位於美國華盛頓州史諾霍米須市(Snohomish County),海拔高度約100公尺處,在當地時間3月22日(周六)上午10點37分左右,發生大規模崩塌,災害發生位置如圖3-1所示。崩塌之土砂材料延伸廣泛,大量土砂崩落坡趾處的N. Fork Stillaguamish河,河水與崩滑之土砂跨越河岸,淹沒對岸Steelhead Haven大片區域,土砂掩埋深度高達6公尺以上。造成Steelhead Haven社區內43人死亡、10人重傷。圖3-2為災害發生前後的衛星影像比較圖,白色框線為社區建物區位示意圖,藍點與綠點是受傷人員、紫點是代表死亡人員,據華盛頓州政府估算,本次災害損失金額至少5千萬美元。

本此崩塌地範圍寬約 580 公尺,長約 740 公尺,面積約 430,000 平方公尺, 土砂流出量約 760 萬立方公尺。歷史紀錄指出本次災區於 2006 年亦發生過大規 模崩塌災害,且在 GEER(Geotechnical Extreme Events Reconnaissance) 單位的現調證 實崩塌土體成分的確包括 2006 年的舊崩塌土體,2006 與 2014 年之崩塌範圍位置 如圖 3-3 所示。崩塌除在 N. Fork Stillaguamish 河造成堰塞湖外,並掩埋 Steelhead Haven 社區 50 棟建築物外。甚至阻斷當地主要交通幹道 530 號州際公路,達 2 個 月之久,之後更是花了數個月之久予以重建。

USA







圖 3-2. 奥索鎮災害災前災後影像比較圖 資料來源: Oso Mudslide Victims





## 致災原因

彙整奧索鎮的降雨、地質、地形與 土地開發等資料,導致本次大規模崩 塌的可能原因,包括:

- 累積降雨,觸發崩塌。圖 3-4 為華 盛頓州之雨量資料圖,從 3-4-a 可 瞭解奧索鎮災區發生無明顯降雨;
  3-4-b 推估奧索鎮 3 月之累積雨量 達 500 毫米以上,離災區最近雨量 站則紀錄到災害發生前 3 週的累積 雨量已達 760mm, 3-4-c 的累積雨 量距平圖更可證明 3 月降雨值比歷 史平均高。降雨反應到流量上,增 加了 N. Fork Stillaguamish 河水的流 量,加劇了河流對河岸攻擊坡的舊 崩塌地坡趾的持續沖蝕,直至潛變 的位移達到了臨界狀況,再觸發上 邊坡坡體下滑之重力作用,終於產 生大規模崩塌。
- 冰河堆積物,易發生崩塌。奧索 鎮災害地質圖如圖 3-5 所示,崩塌 範圍主要材料是 Qls、Qgtv 及 Qglv 土質。成分為細砂、淤泥、黏土與 冰河堆積物構成,冰河沈積物的組 成比較複雜,當冰河堆積物材料鬆 散,且位處陡坡或存在有豐富的地 下水時,極易發生崩塌。
  - 歷史崩塌高風險區。奧索鎮的崩塌 文獻紀錄(表 3-1、圖 3-6)最早可 以回顧到1950年代,該區的崩塌 持續再發生中,只是規模較小、 較慢,直至2006發生大規模的災 難,以及2014的悲劇。之前針對 該區的研究主要是做崩塌地對河流 的衝擊,而非崩塌對人民、財產的 衝擊,而且過往研究中都沒有預料 到,崩塌流動達1公里之遠。



圖 3-4. 華盛頓州之 (a)3 月 22 日累積雨量圖、 (b)3 月累積雨量圖、(c)3 月雨量距平圖 資料來源: AHPS Precipitation Analysis

## 表 3-1. 奥索鎮歷史崩塌紀錄表 資料來源:

The Steelhead landslide in Oso, Washington State

| 年份   | 事件敘述  |
|------|---|
| 1949 | 發生長約 300 公尺、寬約 700 公尺大規模<br>崩塌,崩塌影響 N. Fork Stillaguamish 河<br>岸。 |
| 1951 | 發生邊坡滑動,土石阻斷河道。  |
| 1967 | 發生長 240 公尺、高 90 公尺之崩塌,掩埋<br>Steelhead Haven 社區有 25 棟房屋。           |
| 1999 | 美國陸軍工兵隊對奧索鎮提出:『此處有發<br>生大規模崩塌的潛勢』的警訊。                             |
| 2006 | 1 月 25 日 發 生 大 規 模 崩 塌,N. Fork<br>Stillaguamish 河又遭崩塌土石阻塞。        |





圖 3-6. 奥索鎮災害發生位置圖 資料來源: USGS



- 位處易崩塌敏感區。圖 3-7 是由 2013 年的 LiDAR 資料所畫成的地形圖,用 顏色標示現有崩塌地所在位置,並以 A-D區分崩塌地的相對年齡,A 最年輕、 D 最老。其中,A 形成時間約是 2006-2011 年間。圖中並用紅色格線標示本 次崩塌的影響範圍,坡頂線條表示崩崖所在。地貌證據顯示奧索鎮附近有許 多崩塌,而且崩塌的規模大小與 2014 年不相上下,奧索鎮的崩塌,無疑是 舊崩塌地的復發。
- 土地開發未取得洪泛區建設的許可,以及政府管理不及。紀錄指出 1924年 N. Fork Stillaguamish 河發生水災,Steelhead Haven 社區就在當時的洪泛範圍內; 1950年代,華盛頓州政府為解決該區的崩塌災害,資助進行降低坡地災害 風險的研究,但雖有分析報告,政府因經費不足而無法進行整治工程;1960 年 Genevieve Taylor 向史諾霍米須市政府計畫委員會申請開發 Steelhead Haven 社區,但卻沒有向水保單位,申請於洪泛區建設的許可,導致社區居民財 產跟生命安全,受到河流掏刷與不穩定的山坡影響;1967年的崩塌,破壞 Steelhead Haven 社區內 25 棟屋子,所幸無人員傷亡,災後沈寂一陣後,1970 年該區的建築又復興了,導致本次嚴重災情。



圖 3-7. 奧索鎮災區地形圖 (Shaded-relief image) 資料來源: USGS



照片來源 :the Washington Dept. of Transportation 本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報,2014 年特刊

USA







## 地理環境

照片來源:歐新社

阿富汗 (Afghanistan) 是亞洲中南部的內陸國家,古時曾是重要的貿易點, 又因其擁有重要地緣戰略位置,導致阿富汗經歷了無數的戰爭。首都在喀布爾 (Kabul),主要宗教為伊斯蘭教,國土面積約 64 萬 7,500 平方公里,交通不便。 人口 3,000 多萬,農業為國家的主要經濟來源,是世界上最貧窮的國家之一。 巴達赫尚省 (Badakhshan),位於阿富汗東北部,與塔吉克 (Tajikistan)與巴基斯坦 北部接壤,全省包括 22~28 區,約 90 萬人,費扎巴德 (Fayzabad) 為其省會,全 省面積約 4.4 萬平方公里,大部分分佈在興都庫什 (Hindu Kush) 和帕米爾 (Pamir Mountains) 山脈。

## 災情與規模

阿富汗東北部巴達赫尚省阿戈 (Argo) 地區海拔約 1,000 公尺的 Abi-Barak 村, 於 2014 年 5 月 2 日 (周五)當地時間早上 11 時,發生大規模崩塌災害,災害發 生區位如圖 3-8 所示,當天共發生兩次崩塌災害,第一次土石約掩埋 300 多棟民 宅,接著 1 小時後,再次發生崩塌,導致 600 名救援者受困。星期五為伊斯蘭教 之祈禱日,因此當天村落中聚集人數較平常為多,故加劇人員傷亡規模。聯合國 人道事務協調辦公室 (Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, OCHA) 表 示,本次災害共造成 431 人死亡、2,000 多人失蹤,上千棟房屋遭破壞,堪稱是 阿富汗近 10 年來最嚴重的坡地災害事件之一。

本次崩塌影響範圍如圖 3-9 所示,由圖 3-9-b,WorldView2 衛星於 2014年 5月5日所拍攝的影像,將災害影響範圍主要分為:坡頂紅線標示的發生區、黃 線標示的堆積區,以及藍線標示的堰塞湖等三區。崩塌發生區長約 400 公尺、寬 約 300 公尺,面積為 98,062 平方公尺,整個堆積區面積為 134,352 平方公尺, 崩塌滑動長度約 750 公尺,堆積深度至少有 10.9 公尺,堆積量體約為 1,百萬立 方公尺。在圖 3-9-a 中可發現,這次災害附近亦有舊崩塌地,以及明顯的侵蝕溝 存在,顯示該區為易崩塌區,另外,白色虛線處則指出未來可能發生崩塌的崩崖 (Scar)所在。







圖 3-9. Abi-Barak 村災害 (a) 分區示意圖 (b) 衛星影像圖 資料來源: The United Nations Institute for Training and Research (UNITAR)



彙整 Abi-Barak 村的降雨、地質、地形等資料後,造成本次大規模崩塌的可能4項致災原因,說明如下:

- 連日降雨引發災害。災害發生當時並無降雨,但是由圖 3-10 推估災區周遭, 4月25日到4月29日期間的累積雨量,約為50~100毫米。圖 3-11 顯示阿富 汗在1900年-2009年間4月平均降雨量約42毫米,本次災區前5日累積雨 量50~100毫米,已超過月平均值。
- 坡腳受到河川侵蝕,導致崩塌發生。邊坡下方河流對於位在河岸攻擊坡趾的 持續沖蝕,潛變的位移達到了臨界狀況,因此觸發上邊坡坡體下滑之重力作 用,終於產生大規模崩塌。
- 黃土地質,容易發生坡地災害。由 UNitar 報告研判災區應為風積黃土 (Loess) 地形區,黃土土層具有透水性高與濕陷性高特色,當土體飽和度超過臨界值時,黃土會很快發生崩塌。黃土流動性高,暴雨、地震或人為開發活動,都 容易造成黃土崩滑。
- 山坡地缺少植被覆蓋、地表裸露,且有人為開墾作物而開發的灌溉渠道與道路,都會增加邊坡雨水侵蝕或沖刷作用,山崩的機率也因此提高。而且,本次崩塌使得災區崩塌上緣的坡度變得更陡峭,加上目前坡面裸露及崩崖(scar)的發展,更有可能導致下一次災害的發生。



圖 3-10. 阿富汗 4 月 25 至 29 日期間累積降雨量圖 資料來源: The United Nations Institute for Training and Research (UNITAR)







資料來源: The United Nations Institute for Training and Research (UNITAR)



資料來源: The United Nations Institute for Training and Research (UNITAR)

本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報,2014 年特刊





## 地理環境

印度是世界第七大國,面積約317 萬平方公里。印度從北到南全長3,214 公里,從東到西全長2,993公里。地勢 多樣化,從雪山山脈到沙漠,從平原 到雨林,從丘陵到高原。印度西南部 與阿拉伯海接壤,東部和東南部與孟 加拉灣接壤。印度全境炎熱,大部分 屬於熱帶季風氣候,而印度西部的塔 爾沙漠則是熱帶沙漠氣候。夏天時有 較明顯的季風分布在6-10月,冬天時 受喜馬拉雅山脈屏障影響,較無寒流 或冷高壓南下影響印度。

## 災害概述

照片來源:歐新社

印度於每年6-10月受季風氣候影響,豐沛的降水侵襲,往往造成各地 大大小小的災情,今年雨季於印度所 造成較嚴重的災害事件分布如圖 3-12 所示。喀拉拉邦(Kerala)、西孟加拉邦 (West Bengal)、比哈爾邦(Bihar)、北方 邦(Uttar Pradesh)的水災,死亡人數達 百人以上,而印控喀什米爾地區(查謨 和喀什米爾)淹水所造成的死亡人數接 近 300人。山崩事件中,又以於印度西 部馬林(Malin)村的災情最為嚴重,造 成 151人死亡。



圖 3-12.2014 年印度季風期間災情分布 資料來源:印度政府,統計數字截至2014.10.14

India



馬林村 (Malin) 是位於印度西部馬哈拉施特拉邦 (Maharastra) 浦那區 (Pune) 的 偏遠村落,距離浦那市區路程約 120 公里。7月 30 日凌晨在馬林村發生山崩圖 3-13),直到早晨一位公車司機經過時才發現整個村落被土石覆蓋。雖然國家災難 因應部隊 (National Disaster Response Force, NDRF) 動員了9個小隊,共 378 名救 難人員與搜救犬,當地政府也派出 250 名災害應變人員與至少 100 輛救護車展開 搜救,附近地區的居民也趕來協助,但持續性的豪大雨與不良的路況使救援行動 非常困難。根據印度官方統計資料,至 2014 年 8月 7日結束搜尋為止,已確定 151 人死亡,包含 59 位男性、71 位女性以及 21 位孩童,約 44 棟房舍全毀,僅 有 8 人被救出。



圖 3-13. 災防科技中心判斷印度馬林村之 崩塌影響範圍 資料來源: Google earth、馬林村村民



## 致災原因

#### 連續降雨觸發崩塌

連續兩天的豪大雨是造成此次災害的原因之一,根據美國太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)的資料顯示(圖 3-14、圖 3-15),山崩發生前兩天的累積降雨量達 200 毫米以上,由照片中可以看到,此邊坡的主要材料是厚層的風化土壤,應是淺層土壤及岩屑崩塌後,因持續大雨使土石衝擊覆蓋馬林村的型態。

#### 人為開發增加坡地的不穩定性

造成馬林村山崩的最根本原因應是人為在山坡地開墾畜牧、耕種開發及林地的砍伐。印度政府為了促進經濟收入的發展,開墾山林破壞水土保持,使坡地上的覆土層呈現不穩定的狀態,易成為淺層崩塌高潛勢區。關於印度 2011 年的生態報告 (Western Ghats Ecology Expert Panel, WGEEP) 中指出,此地區的人為開發破壞已經太超過,希望政府能協助將一些農業用地恢復成林地,並須對於產業發展、基礎設施等開發進行妥善管理,以降低對於環境變化的衝擊。政府單位認為該報告過於嚴苛,並不應該被接受。在脆弱的地質環境下,不當的土地利用管理,將放大南亞季風降雨對印度的災害衝擊。



圖 3-14. 馬林村山崩前後日雨量累積圖 資料來源:美國太空總署 (National Aeronautics and Space Administration, NASA)



圖 3-15. 山崩前 (7/29) 晚上九點雨量分布 資料來源:美國太空總署 (National Aeronautics and Space Administration, NASA)



照片來源:歐新社



照片來源:歐新社





照片來源:歐新社

Nepal

# 尼泊爾崩塌災害



#### 地理環境

尼泊爾北邊與中國西藏自治區相接,西、南、東三面則與印度為鄰。尼泊爾版圖呈長方形,東西寬約850公里,南北寬約200公里,國土面積約有147,181平方公里。尼泊爾的行政區劃分為14的專區(zone)(圖3-16),專區又可再分為75個縣(district)。根據2014年的人口統計資料,尼泊爾總人口數約2,850萬人,有58%的人口是屬於勞動年齡,全國務農人口占80%,相較於北部受限於喜馬拉雅山脈,與中國經濟交流上交通極為不便,南部屬平原地形,交通設施發達,與印度經濟交流密切。



圖 3-16. 尼泊爾行政分區圖 星號為首都加德滿都,三角形為本次滿卡村山崩位置 資料來源:尼泊爾政府網站



尼泊爾位於喜馬拉雅山脈南麓,屬印度板塊與歐亞板塊互相碰撞之處,有複雜的地質構造與變質作用,三條主要逆衝斷層線略呈東西向橫跨尼泊爾,山區之岩性以變質岩為主(圖 3-17)。因此,尼泊爾擁有豐富的地理景觀,主要可分為北部的高山地區,中部的山區和河谷,以及南部的平原區,世界十大高峰有八個在尼泊爾境內,包括全球最高的山峰珠穆朗瑪峰(Mount Everest)(海拔高度 8,848 公尺),使尼泊爾成為熱門的登山勝地。

受到由孟加拉灣來的夏季季風影響,每年6至9月是尼泊爾的雨季,年降雨量分布通常由東向西遞減。本次山崩發生在尼泊爾中部的巴格馬蒂專區 (Bagmati Zone)的滿卡村 (Mankha)(圖 3-18),海拔高度約在1,500 公尺左右,與首都距離約60 公里。該地區擁有豐富的旅遊資源,主要道路中尼公路 (Araniko Highway) 是加德滿都連接西藏的通道,滿卡村的年降雨量約為2,500 mm/yr。



#### 圖 3-17. 尼泊爾地質圖 星號為首都加德滿都,三角形為本次滿卡村山崩位置 資料來源: Dahal and Hasegawa, 2008



圖 3-18. 滿卡村位置與高程分布圖 資料來源:日本國土交通省國家地理院(Geospatial Information Authority of Japan, GSI)

Nepal

#### 災害概述

8月2日凌晨,距離首都加德滿都約60公里的滿卡村,在科西河(Koshi)的 主要支流桑科西河(Sunkoshi)右岸,海拔約1,500公尺處,發生了大規模的山崩, 摧毀了將近60間房舍。8月6日政府宣告救援行動結束,總死亡人數為156,是 尼泊爾近年來最嚴重的一次災情。山崩後大量土石形成巨大的壩體(圖3-20),高 約100公尺,攔腰截斷桑科西河之河道,形成大規模的堰塞湖。儘管軍方開闢了 疏水道,堰塞湖水位下降的速度依舊非常緩慢,從8月6日至8月23日水位幾 乎沒有明顯變化。9月7日凌晨,山崩發生後第36天,壩體承受不住大量水體 之壓力,堰塞湖由疏水道處潰堤,湖水下降約15~18公尺,下游約6公里遠之處 有一些房子被破壞,所幸並沒有造成居民的犧牲。

利用全球地震觀測網所紀錄的震動訊號,從滿卡村山崩所造成之震動訊號, 得知山崩發生於當地時間8月2日凌晨2點36分左右,並可逆推得崩塌的量體 約為5.5百萬立方公尺(資料來源:AGU Landslide Blog)。

NCDR 在這邊應用災後航照與 Landsat 8 所拍攝的影像,初步定義出山崩與堰 塞湖的影響範圍(圖 3-19),整個崩塌長約 1,220 公尺,底部寬約 930 公尺,面積 約 83 公頃,堆積範圍約 57 公頃,堰塞湖迴水長度約 2,450 公尺,最寬處約 580 公尺,湖水面積約 56 公頃。



圖 3-19. 滿卡村山崩崩塌區、堆積區與堰塞湖概估之範圍 資料來源:美國太空總署 (National Aeronautics and Space Administration, NASA)



## 致災原因

每年 6~9 月季風降雨,使得尼泊爾深受山崩、淹水等自然災害的影響歸納此 次災害的主要原因如下:

• 脆弱的地質環境導致災害頻繁

印度板塊至今仍以 5 mm/yr 的速度向北移動,喜馬拉雅山的造山運動持續進 行中,是地球上構造運動最活耀的地區之一。複雜地形與地質構造、破碎的岩層 及頻繁的地震,加上印度季風期間強烈且集中的降雨,使尼泊爾山區經常發生崩 塌災害。在尼泊爾約有 80% 的年降雨集中在 6-9 月的雨季,而雨季中的降雨分布 也是非常的不平均,有時候一天的降雨量可達到年雨量的 10% (Alford, 1992),集 中的強降雨是誘發山崩的主要原因之一。根據 2011 年尼泊爾政府之統計,過去 的 40 年裡,約有四千多人在山崩災害中喪生,每年約有 12,000 次的山崩事件。

• 坡趾受桑科西河長期沖蝕導致崩塌

由 2012 年的歷史影像 (圖 3-20),我們可以看到此處已有岩屑崩滑的現象, 鬆散不穩定的崩積物堆在坡面上,坡面下半部亦有明顯的沖蝕溝存在。2013 年 6 月表層的崩積物和沖蝕溝皆有增加的趨勢,植生覆蓋減少,邊坡裸露,已是山崩 災害的高風險地區,2014 年 8 月便發生了此起死傷慘重的災害事件。

由於降雨是觸發山崩的主要原因之一,新聞媒體亦報導滿卡村的山崩事件是 由於當地8月2日凌晨的豪大雨所造成,因此災防科技中心(NCDR)蒐集了滿卡 村附近三個雨量測站資料(圖 3-21),距離最近的雨量站(Bhote Koshi At Bahrabise) 於山崩發生當日凌晨並無降雨紀錄,Nagarkot雨量站的資料顯示凌晨2、3點間 最大降雨僅0.5 mm/hr左右,推論於山崩發生時應無明顯的降雨現象。然而,兩 季期間不穩定塊體之含水量與地下水位皆較平常時高,加上此崩塌位於桑科溪河 之攻擊坡,坡趾不斷地被河水沖蝕,當坡腳的侵蝕使坡體潛變的位移達到了臨界 狀態,觸發上邊坡坡體下滑之重力作用,最終產生大規模崩塌。



圖 3-20. 滿卡村山崩處 2012 年歷史影像 黑線所圈繪的是 2014 年本次崩塌的範圍 資料來源: Google earth、災防科技中心 (NCDR) 繪製



圖 3-21. 滿卡村附近三個雨量測站資料 (2014.08.02)與位置距離圖 <sup>資料來源:DHM</sup>

Nepal

## 堰塞湖處理之探討

過去的研究成果顯示,全球 204 個案例中有 34% 的堰塞湖形成不到一天即潰堤,約 51% 的堰塞湖在形成後一個禮拜內潰堤(圖 3-22)(Peng and Zhang, 2011)。

當此次滿卡村之山崩在桑科西河亦形成一堰塞湖,於山崩發生後三小時,可 以明顯看到下游地區(距山崩地點約38公里處)的水量快速遞減(圖3-23),13 個小時後一個巨大的堰塞湖形成,水體約7百萬立方公尺,尼泊爾軍方開鑿疏洪 道後,產生人為溢流沖蝕,由於溢流初期壩體土壤尚未飽和,故沖刷速率較緩慢。 9月7日堰塞湖潰堤,壽命達36天(圖3-24),在潰壩前幾個小時上游流量快速 增加,應是集中的降雨所造成,加上尼泊爾軍方將疏水道拓寬,當溢流之入滲水 與雨水使壩體飽和之後,除了溢流沖蝕破壞,壩址亦可能因管湧破壞(piping), 產生淘刷壩體下游坡腳的現象,破壞面往壩頂逐漸發展與沖刷速率的增加,最終 導致潰壩。



本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報, 2014 年特刊



# 中國貴州崩塌災害



#### 地理環境

貴州省面積17.6萬平方公里,省 内山高、坡度陡、降雨頻繁,同時地 質環境脆弱,地質災害頻繁,為中國 地質災害高發生機率地區。貴州省境 內礦場豐富,為礦產資源大省。貴州 省因為礦山高度開採,引發崩塌、土 石流多處,造成地質災害的隱患約有 2.000處,將近8萬人受到衝擊(郭強, 2007)。根據「黔南州 2006 年汛期地質 災害防治方案(2006)」指出,福泉市英 坪村攔馬坳組、新灣組、小壩組、後 寨組、團坡組福泉磷礦大坡槽礦可能 發生滑坡、地面塌陷。另外該方案同 時強調了可能發生地質災害的礦山的 地質災害隱患礦區,其中福泉市高坪 镇英坪磷礦區也包括在其中,顯示英 坪村受到礦區開採,邊坡處於不穩定 狀況,因此,小壩組的崩塌確實與採 礦行為有高相關性。

福泉市崩塌所影響之小壩組與新灣 組,被多處採礦點與礦坑包圍,小壩 組南方為亞洲最大露天磷礦山,每年 年產將近250,000萬噸優質磷礦石,如 圖3-25所示,房舍座落於溝谷之間, 沿路則有超過兩個50公尺深巨大露天 礦坑。根據大陸國土資源部丘陵山地 地質災害防治重點實驗室指出,「福 泉市崩塌因當地磷礦富集,開採歷史 久遠,形成礦山地質環境問題。

## 災害概述

照片來源:歐新社

中國貴州省黔南州福泉市道坪鎮英坪村 小壩組於2014年8月27日20時30分發生 崩塌災害,根據中國國土資源部說明,福泉 市崩塌滑動體長約160公尺、前緣寬約140 公尺、前後緣高差219公尺,初步估算滑動 體滑出土方約85萬方,滑動體坡面上殘留 56萬方,總量體估計約有141萬方。推測位 置圖如圖3-26所示。福泉市崩塌災害發生歷 程經由彙整,如下時序說明:

- 8月23日早晨,現地地質災害監測員(當 地居民)發現原山頂裂縫增大3.8公尺, 通報貴州省地質環境監測院。
- 8月27日11時專家現場量測,滑坡裂縫 由3.8公尺擴大至6.2公尺,原本山上零 星裂縫已連線貫通。
- 8月27日16時經由專家確認有立即性危險,通知邊坡下方小壩組38戶157民眾 撤往安全地區,當時並無緊急安置方案。
- 8月27日18時福泉市與道坪鎮同時向小 壩組發布緊急避險通知。小壩組組長勸 說居民撤離與自行安置。
- 8月27日20時崩塌發生前,因部分民眾 不願撤離,組長預計再發布警報時,崩 塌發生掩埋小壩組,連同村長共5人死 亡。
- 另外,因連續降雨,小壩組村旁50公尺 深的露天廢棄礦坑積滿水,大量崩塌土 體下滑造成湧浪,衝擊山坡另一側新灣 組,造成18人死亡。

China



福泉市崩塌範圍影響小壩組與新灣組,共計176戶294名居民受到影響,23 人死亡與22人受傷。崩塌發生後,中國國土資源部啟動「地災三級應急響應與 災害三級應急響應」。重建安置採用「一人統包」策略,每戶皆有專人協助聯繫、 民生補助、以及補救等各種申請,共計54戶搬進自有住宅,7戶投靠親友,108 戶自行租房,7戶須統一安置。其中受災戶每戶月領600元人民幣租住房屋補救 費,每人每天可領15元基本生活補助費。







圖 3-26. 福泉市崩塌地理位置圖 資料來源:大陸測繪地理信息局



#### 貴州省福泉市屬亞熱帶季風氣候華中濕潤區,熱量豐富、雨量充沛,無霜期 長,年均溫14°C左右,年均降水量1,033-1,220毫米。2014年位於福泉市內英坪 村入夏後,當地降雨十分頻繁,7月以後平均降雨比去年同期增加117%。根據 大陸貴州省氣象局2014年氣象預測類比分析認為,貴州將因降雨使地質災害發 生機會增加,突發性地質災害比例也將會提高,因此要求各地方相關部門,加強 地質災害隱患點監測和氣象預警預報工作,依據地質災害隱患點危害等級與數量 增減等動態調整,同時對群測群防網路監測點也需適時調整。

根據貴陽市雨量站資料顯示,如圖 3-27 所示,7 月與8 月確實有幾度明顯降 雨,7月16日日降雨量達200毫米。另外,根據貴州省地質環境信息網之地質災 害氣象風險預警預報圖3-28 顯示,災害發生當天並無地質災害氣象風險預警, 但在災害發生前幾天,英坪村地質災害風險等級為「有一定風險」與「風險較 高」。上述貴陽市降雨組體圖與地質災害風險圖資訊可證實居民所敘述,鄰近小 壩組之廢棄礦坑確實乃因連續降雨蓄滿雨水,因而間接造成新灣組受湧浪衝擊。



圖 3-27. 貴陽市雨量站 2014/07/06 ~ 2014/8/31 日降雨分布圖 資料來源: Weather online



圖 3-28. 地質災害氣象風險預警預報圖 (a)8/17 20:00~8/18 20:00、(b)8/23 20:00~8/24 20:00、(c)8/26 20:00~8/27 20:00 資料來源:貴州省地質環境信息網

## 致災原因

小壩組

根據蒐集資料之災害發生時序推測,小壩組致災原因為上方邊坡滑動直接土 石掩埋造成。2012年6月當地居民發現坡面上出現0.8公尺寬度裂縫,經由政府 與地質專家確認小壩組為地質災害隱患區,並劃定小壩組民38戶進行搬遷。然 而,災害發生前仍無法成功遷移。

2014年8月27日崩塌發生當天,坡面上裂縫寬度增加,從發現3.8公尺到 擴大至6.2公尺,原本零星的裂縫也貫穿。由這些徵兆顯示該滑動體開始由慢速 轉為快速滑動,小規模崩塌轉變為整體滑動。冠部張力裂縫持續發展並後退至稜 線,坡面仍有大量土方,該邊坡仍處於不穩定狀態。

新灣組

新灣組致災原因,則並非因崩塌掩埋所造成,而是因崩落土體快速滑入積有 5萬方水體之礦坑,形成湧浪沖擊而造成。積水礦坑為4年前停止開採之廢棄礦 區,礦坑蓄滿水如同湖泊一般,圖 3-29為USGS 7月 30日之遙測影像,鄰近小 壩組之礦坑積水明顯可見,推測新灣組災情確實因崩塌造成湧浪之衍生性災害, 災害發生後崩塌土體含水量高,且原礦坑變為泥水塘。

另外,福泉市崩塌影響範圍內之保全對象,僅為小壩組而不包括新灣組, 當時撤撤離命令僅對小壩組發布,新灣組居民並未撤離,因而造成死傷人數較 小壩組高之原因。新灣組受災情形與 1963 年義大利 Vajont 水庫事件相似,因崩 塌大量土石快速衝入水庫,形成湧浪越過壩體衝擊水壩下方 Erto、Casso、以及 Longarone 村,造成 2 千多人喪命。



圖 3-29. 由遙測影看出小壩組臨近礦坑積水情形 資料來源: USGS

本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報,2014 年特刊





#### 地理環境

斯里蘭卡位於印度洋南部,東北邊是孟加拉灣;中部、南部是高原與山地, 北部和沿海是平原。斯里蘭卡北部屬熱帶草原氣候,南部屬熱帶雨林氣候,全年 炎熱;西部年降雨量2,000-3,000毫米,東北部較乾燥,年降雨量約1,000毫米。 主要降雨來自季風降雨及熱帶氣旋影響。

## 災害概述

10 月起進入斯里蘭卡的雨季,連日的降雨使得土體水分飽和,導致在斯里蘭卡 (Sri Lanka) 首都可倫坡 (Colombo) 東方約 100 公里烏瓦省 (Uva Province) 巴杜拉區 (Badulla District) 境內哈德穆拉村 (Haldummulla) 的科斯蘭德 (Koslanda) 在當地時間 10 月 29 日上午 7:30 左右發生嚴重崩塌,崩塌範圍長 1km 寬 0.15km,最大堆積深度達 9m(圖 3-30),截至 11 月 19 日統計,造成至少 12 人死亡、25 人失蹤, 土石埋沒 66 棟房舍,總受影響的房屋 79 戶 314 人。由於災害發生當時許多小孩已至學校上課,因此,傷亡的多半是返家搶救財物的大人。



圖 3-30. 崩塌前後期位置圖 資料來源: http://colombogazette.com/

# Sri Lanka

## 致災原因

• 超過平均值2倍的降雨

影響斯里蘭卡降雨的原因有很多, 主要是受季風影響,為全年之主要降 雨來源,東南和西北為最乾燥之地區, 中央高地的西坡為降雨最多的地方, 年平均降雨量變化 900 毫米 -5000 毫米 以上(圖 3-31)。本事件為第二季風季 節,其主要降雨型態為雷陣雨型(The thunderstorm-type of rain),特別是在下 午或晚上,是這個季節的典型氣候, 根據世界氣象組織 (World Meteorological Organization,WMO)所紀錄斯里蘭卡10 月11日-20日及10月21日-31日十日 累積降雨統計,均超過降雨距平百分比 的 200%(圖 3-32), 顯示在近 20 天當中, 當地雨勢不斷導致土體含水量飽和, 孔隙壓力增加導致土體不穩定而崩落。

高災害潛勢地區的開發行為導致災害

斯里蘭卡的國家建築研究組織 (National Building Research Organization, NBRO)指出斯里蘭卡極易受坡地崩塌 影響不適合人類居住。但由於科斯蘭德 (Koslanda)是斯里蘭卡境內主要種茶區 域,在坡地30度以上之陡坡開發種植, 使得地表不穩定度增加,水滲透通過岩 石加重風化程度且當地之地形已有舊 崩崖轉折點之型態,因此,連續大雨後 導致崩塌災害發生。加上2002年以後 巴杜拉(Badulla)的科斯蘭德(Koslanda) 曾發生過崩塌,官方從2005年以後就 勸說村民搬離,並在雨季開始發出崩塌 預警告知村民撤離,但沒有取得成效。

• 交通、通訊中斷

斯里蘭卡除了都會區以外,偏遠之 地區在電話及訊息傳遞上仍然有困難, 雖政府部門已有些許之防災措施,但 訊息的傳遞效率也是一個很大的問題。 災害發生前災害管理中心已針對此處 發佈崩塌預警,但許多居民表示消息 從來沒有到達過,進一步了解,因當 地居民無電話系統所以訊息傳遞中斷。



#### 圖 3-31. 斯里蘭卡季降雨累積 資料來源 : Department of Meteorology - Sri Lanka









圖 3-32. 斯里蘭卡 10 月近 10 日降雨 (左)及 降雨距平百分比 (右) 資料來源: United States Department of Agriculture

本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報,2014年特刊





照片來源:歐新社








照片來源:歐新社

## 地理環境

英國 (United Kingdom) 包括英格蘭、威爾斯、蘇格蘭 (分別位於大不列顛島 東南部、西南部、北部)、北愛爾蘭及眾多小的近海島嶼,面積 24.48 萬平方公 里,人口 6,304 萬人。英格蘭面積達 13 萬平方公里,大部分是低地,最高山峰是 Scafell Pike,高 978 公尺,主要河川有泰晤士河 (Thames)、塞文河 (Severn) 和亨伯 河 (Humber)。

# 災害概述與歷程統計

根據英國環境署 (Environmental Agency) 的統計顯示,2013 年 12 月上旬首先在英格蘭東及東北部海岸地區發生水災,至 12 月下旬以後水災發生位置主要在英格蘭南部地區,至 2014 年 1 月下旬後災害位置在英格蘭南部地區不斷增加,水災並擴大影響到威爾斯及其他地區。統計至 2 月底共造成 5 人死亡,45 萬戶停電, 淹水受損土地面積約 6,800 公頃,損失的保險賠償金額預估達 4.89 億英鎊 (約新 台幣 246.2 億元)。本次水災的災情規模,是英國自 2007 年洪災後最嚴重的一次, 水災對英國的農業、商業、建物、公共設施等各方面都造成影響。



# 氣象與水文分析

根據英國氣象局 (Met Office) 的統計資料,英國 2014年1月的降雨量 183.8毫米,是1766年以來的最大1月降雨量;如與1981年~2010年的30年 平均值相比較(圖4-1),顯示英國南部地區英格蘭、威爾斯的降雨量遠高於 平均值;整個冬季 (2013.12~2014.02) 的降雨量也是近30年最潮濕的冬季。 暴風雨侵襲帶來的極端降雨,持續至2月情況仍然相當嚴重(如圖4-2)。



圖 4-1. 英國 2014.01 降雨距平 資料來源:英國氣象局

圖 4-2. NASA 衛星影像 (2014/2/12) 資料來源:美國航空暨太空總署



暴風雨導致英格蘭南部地區洪水肆虐,包括流經英國首都倫敦的泰晤士河 (River Thames) 流域。位於倫敦上游地區的泰晤士河水位,於2014年2月接近歷 史紀錄(如圖4-3),部分地區如Walton、Sunbury的水位於2014年2月12日超過 歷史紀錄,所幸位於下游的倫敦市中心區,水位未超過歷史紀錄,也未受到嚴重 淹水影響。



圖 4-3. 泰晤士河水位 (2014/2/12) 與歷史紀錄比較 資料來源: 英國環境署 (Environment Agency)



圖 4-4. 即時洪災警戒分布情況 (2014/2/13) 資料來源: 英國環境署 (Environment Agency)

英國的防洪體系主管機關為環境署,洪水危險區 (Flood Risk Area)主要在英格蘭和威爾斯,約有200多萬戶500多萬人居住其中,環境署藉由執行洪災預警,防止發生於河川和海洋的洪災,來保障居民的生命財產安全。圖4-4及圖4-5為環境署在本次水災歷程中的洪災警戒發布情況。



圖 4-5. 英國水災災點數量及位置 資料來源::英國環境署 (Environment Agency)



照片來源:歐新社





# 英國防洪應變措施

對於洪災的預警與管理,環境署有以下作為:

- 建立 24 小時洪水熱線 (Floodline) 系統,以更新最新洪水災情,及指導洪水危險區的居民防洪應變。
- ·發布洪災警戒程度,分為洪水警示(Flood Alart)、洪水警報(Flood Warning)、嚴重洪水警報(Severe Flood Warning)等3種程度,來通報即時洪水發生情況。
- 洪災第一時間及第一地點的應變處理 (Managing Flood Risk)。在本次英國 水災中,共動員英軍 3,500 人待命救援。
- 建立洪水與海岸管理諮商會議 (Flood and Coastal Management Conference) 之機制,來統籌運用中央與地方政府之救災資源。
- 洪水潛勢地圖 (Flood Map) 製作及洪災保險制度之施行,以減少政府在防洪工程或災損補助的財政負擔。英國政府針對全國各地區進行洪水潛勢地圖之製作,並將此資訊公佈於政府網站供民眾查詢,且透過法令規定於洪水危險區內之住宅皆須強制進行保險。
- 佈建防洪用之無線智能監控網,當洪水位到達警戒水位時,系統將進行 洪災自動預警,警告下游鄰近民眾進行緊急疏散,以爭取更多災前避難 時間。

# 政府災後救助復原

MONEY CLIB HOUSE

在本次英國水災中,影響的家戶及企業為數眾多,英國中央政府2014年 2月12日起進行一連串救助措施,包括:成立1,000萬英鎊農業救助基金, 協助淹水農地盡快恢復生產;受水災影響的企業可減免100%營業稅3個 月,並提供1,000萬英鎊商業補助給中小型企業;協調銀行提供超過7.5億 英鎊的金融貸款,援助淹水受災家戶及企業,並優先提供以每人計5,000英 鎊的金額,協助受影響的家戶及企業維修更新因淹水受損的建物設施。 在公共設施淹水受損方面,中央政府提供3,100萬英鎊資金 進行10個鐵路復原計畫;提供3,000萬英鎊給英格蘭地方政府 恢復道路功能;對於嚴重受災地區的防洪工程修補,2014年提 供3,000萬英鎊另外,在災後通過了42個新的水災保護計畫。 在本次英國水災中,受災家戶得到的平均賠償金額約3~4萬英鎊,加 上受災企業的保險賠償金額,全部的保險賠償金額預估達4.89億英鎊, 保險業的巨額賠款可能會增加未來英國洪災保險的保費。另外,災後救助 復原所需的巨額經費要如何籌措財源,是英國政府所面臨的一大考驗。







### 地理環境

照片來源:歐新社

巴爾幹半島面積約55萬平方公里,地處歐、亞、非三大陸塊間,是歐、亞 聯繫的陸橋,南臨地中海成為重要航線,地理位置極為重要。半島西北部有阿爾 卑斯山(Alps),東北部有喀爾巴阡山(Carpathian Mountains),歐洲第二大河多瑙河 (Danube River)從兩山脈間穿越流入半島。半島上的地形以山地為主,平原少且 分布零散(圖4-6)。本次洪災主要的薩瓦河(Sava River)由西向東流,流域面積約9.6 萬平方公里,長度約940公里,先後與波士尼亞河(Bosna River)及德里納河(Drina River)匯流後,流入多瑙河(圖4-7)。本次洪災事件受災最嚴重的塞爾維亞和波 赫兩國,即位於薩瓦河下游區域。

塞爾維亞面積 77,474 平方公里,屬溫帶大陸性氣候,年雨量約 750 毫米, 全國人口 731 萬人,首都貝爾格勒 (Belgrade) 為最大城市,位於多瑙河與薩瓦河 匯流處。波赫面積 51,197 平方公里,境內 90% 為山地,德里納河在東方與塞爾 維亞的邊境上,薩瓦河在北方與克羅埃西亞的邊境上,全國人口 387 萬人,首都 塞拉耶佛 (Sarajevo) 為最大城市,靠近波士尼亞河的源頭。



圖 4-6. 巴爾幹半島地形山多平原少



圖 4-7. 薩瓦河流域位於巴爾幹半島西北方

Balkan



## 災害概述

歐洲東南部的巴爾幹半島 (Balkan),於 2014年5月13至18日受到低氣壓 影響,連日降下豪雨,加上同時間又有山區融雪發生,引發該地區120年以來 最嚴重的洪災。半島上的塞爾維亞 (Serbia)、波士尼亞與赫塞哥維納 (Bosnia and Herzegovina,簡稱波赫)、克羅埃西亞 (Croatia)以及羅馬尼亞 (Romania)等4國遭 到洪水侵襲(圖4-8、圖4-9)。災情統計以塞爾維亞和波赫兩國最為嚴重,1日內 降下雨量最大達130毫米,超過當地平時1個月的雨量,造成山區崩塌、地滑、 房屋倒塌、道路損毀、河水暴漲,溢堤洪水淹沒沿岸城鎮,重災區域的淹水超過 1星期後才逐漸退去。根據歐盟及聯合國截至6月底的統計,本次洪災總計至少 有86人喪生,塞爾維亞和波赫兩國有超過160萬人受到影響,總損失金額超過 35億歐元(超過新台幣1,350億元),受災區域預計要花費3到5年時間才能完 全重建復原。



資料來源:ReliefWeb

2013 ma AL 20 100 best Salari Tuna 在 2014/5/19

圖 4-9. 重災區域災前災後衛星影像 資料來源:NASA



# 氣象分析

5月13至18日有一低壓氣旋籠罩在歐洲東南部到中部地區上空,導致連日降下豪雨,特別是在巴爾幹半島。圖4-10為美國國家航空暨太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)當時的衛星影像,可見到低壓氣旋的影響範圍。低氣壓滯留於巴爾幹半島上空多日,是因為兩旁的高壓增強導致擠壓了東南歐和中歐的低壓,於是讓此一低氣壓系統宛如一種內陸氣旋,並在短時間內降下豪雨。

圖 4-11 為 美 國 國 家 海 洋 暨 大 氣 總 署 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 當時的資料,顯示 5 月 11 日至 17 日在巴爾幹半島地區的 7 日累積兩量約 100~200 毫米。根據 5 月 13 至 19 日歐洲逐日兩量觀測圖 (圖 4-12) 顯示,受到低氣壓影響,歐洲的最大降雨主要集中在巴爾幹半島上的塞爾維亞和 波赫兩國境內 (如圖 4-12 紅框區域)。





圖 4-10. 2014/5/15 歐洲上空衛星影像 資料來源: NASA Earth Observation

圖 4-11.2014/5/11~17 歐洲累積雨量圖 資料來源:NOAA



圖 4-12. 歐洲逐日雨量觀測圖 資料來源: Weather online

## 災害衝擊面向探討

災情嚴重且擴及鄰近多國 塞爾維亞有超過60萬人(全國731萬人的8.21%)受到洪災影響,包括首都 貝爾格勒也遭洪水侵襲,塞爾維亞政府5月15日宣布全國進入緊急狀態, 並尋求歐盟協助救援工作。此外因其境內最大的燃煤發電廠受到洪水威脅, 停止運轉發電造成廣大區域的民生衝擊。根據至6月底的統計資料,死亡57 人,損失15.25億歐元。 波赫有超過100萬人(全國387萬人的25.84%)受到洪災及坡地災害影響, 超過10萬棟民宅建築損毀無法使用,波赫政府5月15日宣布全國進入緊急 狀態,並表示波赫在本次事件中所受到的破壞不亞於1992~1995年的波士尼 亞戰爭,因此向聯合國請求協助重建復原。根據至6月底的統計資料,死亡 24人,損失20.37億歐元。
各產業損失龐大 根據歐盟在災後援助塞爾維亞的報告顯示,塞爾維亞社會經濟各部門中,損 失最大的是礦業4.88億歐元,其次是房屋建築2.31億歐元、農業2.28億歐元、 商業2.25億歐元及交通運輸1.67億歐元。

根據聯合國在災後援助波赫的報告顯示,波赫除了生計工作損失 8.9 億歐元 之外,在其他部門損失排序依次是:房屋建築 5.0 億歐元、交通運輸 3.9 億 歐元、農業 2.1 億歐元及礦業 1.1 億歐元。

戰爭遺留的地雷因洪災移位 1992到1995年波士尼亞戰爭中,埋下大量的地雷,戰後有進行未爆炸裝置 的標示。在本次洪災中破壞性的洪水和大量的山體滑坡,造成遺留下來的地 雷被沖刷露出地面,並移動位置至原先標記區域外。根據新聞媒體報導,在 重新標記地雷區域之前,已經發生有移位地雷爆炸,所幸無人傷亡,類似的 情形恐將殃及無辜民眾,是本次洪災所衍生的嚴重問題。



照片來源:歐新社



# 災後重建復原情況

本次洪災中塞爾維亞和波赫兩國受災最為嚴重,兩國的人均 GDP 分別約6 千和5千美元,經濟上較為貧窮,故兩國政府災後皆向國際社會尋求援助,重建 復原預計要花費3到5年時間才能完成。另外,本次事件重災區域的淹水超過1 星期後才逐漸退去,災後復原首要面對的問題就是公共衛生、抽水清淤與環境消 毒。

### • 國際社會的援助行動

塞爾維亞具有歐盟候選國資格,可申請歐盟團結基金 (European Union Solidarity Fund) 最高1年10億歐元援助,洪災後歐盟的援救人員與物資於第一時間前進至災區搶救,同時世界其他各國陸續提供物資及金援。

波赫經由聯合國開發計畫署 (UNDP) 的協助,6月向世界銀行集團 (World Bank Group) 取得1億美元的援助,用於災後緊急復原,同時國際發展協會 (International Development Association) 提供資源協助波赫進行社會經濟各部門的復原,特別是在農業方面。

非政府組織的援助方面,包括:國際醫療團、紅十字會、德國慈濟志工等, 進行對塞爾維亞和波赫兩國的援助行動,提供食物、醫療、衛生、通訊等各 項協助,以及災後復原時迫切需要的乾淨飲用水與預防性疫苗。

• 洪災後的公共衛生問題

因基礎設施被破壞,民生用水受到洪水汙染,災後短時間內超過100萬人沒 有乾淨的飲用水源,仰賴援助所提供的的瓶裝水。居民與牲畜災中遭受洪水 長時間浸淹,於災後注射援助所提供的疫苗,預防破傷風或其他疾病。洪災 後垃圾隨著洪水四散分布,可能造成病媒蚊孳生破壞環境衛生,災民與援救 人員合作清除垃圾並進行環境消毒,避免引發傳染病。



照片來源:歐新社

# 致災原因

• 破紀錄降雨釀災

塞爾維亞和波赫兩國邊境上的 Loznica 地區(圖 4-13),在5月13日單日降下130毫米,遠超過該地區五月降雨平均值100毫米,塞爾維亞首都貝爾格勒在13日單日降下110毫米,也遠超過該地區五月降雨平均值75毫米,破紀錄超大降雨,導致洪水泛濫衝擊薩瓦河流域。

破紀錄水位氾濫成災 豪雨加上山區融雪,造成河水暴漲,洪峰持續沿河流經塞爾維亞和波赫 兩國的薩瓦河推進,5月19日薩瓦河的水位,在塞爾維亞境內的 Sremska Mitrovica 及 Sabac 水位站達到 6.3 公尺,破該地區歷史記錄,因水位過高與 堤防損壞,使得洪水氾濫淹沒沿岸城鎮,包括塞爾維亞首都貝爾格勒等地 區,受災最嚴重的城鎮 Obrenovac(圖 4-14) 位於首都貝爾格勒上游 30 公里處, 全城鎮面積 411 平方公里(台北市的 1.5 倍)有 90% 被洪水淹沒。同時由於 山區豪雨及融雪仍持續發生,另一波洪峰在 5月 20 日後抵達薩瓦河下游, 21 日通過塞爾維亞首都貝爾格勒流入多瑙河,造成災情持續擴大。

降雨加上山洪引發坡地災害
 巴爾幹半島山多平原少,降雨加上山洪在巴爾幹半島地區引發超過2,000處
 坡地災害,損害許多城鎮和村莊,其中以波赫(境內90%為山地)的坡地災
 害災情最嚴重,發生近300處土石流及崩塌,土石流切斷城鎮村莊的聯外道路,崩塌摧毀房屋及基礎設施,也因此造成嚴重傷亡與損失。



圖 4-13. 塞爾維亞和波赫兩國 2014/5/5~19 逐日雨量及五月降雨平均值 資料來源: Weather online

本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報,2014 年特刊







## 地理環境

巴基斯坦 (Pakistan) 位於南亞,東 與印度比鄰,南面是印度洋,西與伊 朗接壤,西北和阿富汗相連,東北面 可通往中國新疆。面積為 79.6 萬平方 公里 (不包括巴控喀什米爾 (Kashmir))。 巴基斯坦地勢由西北向東南傾斜,全 境五分之三為山地和高原,北有喜馬 拉雅山脈 (Himalayas),西北有興都庫什 山脈 (Hindu Kush),東部為印度河 (Indus) 中下游沖積平原,東南為塔爾沙漠 (Thar Desert) 的一部分。

印度河是巴基斯坦最重要的灌溉水 源,其支流也有經過西藏及北印度。源 頭位於中國西藏阿里地區革吉縣境內, 從喜馬拉雅山脈朝西北方向流入喀什 米爾,調頭向南流入巴基斯坦,在巴 基斯坦信德省 (Sind) 的喀拉蚩 (Karachi) 附近流進阿拉伯海 (Arabian sea)。河流 總長度 3,180 公里,流域面積 102 萬平 方公里。而此次淹水區域為印度河左 側支流,包含:傑赫勒姆河 (Jhelam)、 奇納布河 (Chanab)、拉維河 (Ravi) 和象 泉河 (Satluj) 等 (圖 4-14)。

照片來源:歐新社



圖 4-14. 印度河主流與支流



### 災情與規模

巴基斯坦在 2014 年季風降雨,集 中在9月份,降雨地區在巴基斯坦東 北部,許多地區遭受到洪水肆虐。9 月7日旁遮普邦 (Puniab) 政府宣布全省 汛情緊急狀態。根據巴基斯坦國家災 害管理局 (National Disaster Management Authority, NDMA) 10 月 15 日處置報告, 洪災造成 373 人死亡(包含巴控喀什米 爾 56 人), 673 人受傷, 250 萬人受到 影響,近11萬棟房屋損毀,當局設立 527 個救災營地,提供災後服務。災害 不只造成生命損失,洪水亦造成9.700 平方公里農作物受損無法收成,眷養的 牲畜也在洪水中死亡。巴基斯坦農業, 又稱「白米三角洲」,當地的農夫為 了農作物請求政府把水抽出水稻田, 由於稻米收成的季節到來,洪水沒有 退去的情况,農作物收成不佳,使得 農作物價格上漲,連帶影響農產加工 業的價格。

美國太空總署 (National Aeronautics and Space Administration, NASA) 針對巴 基斯坦洪災的衛星影像 (圖 4-15),分 別是災前 8 月 31 日、災中 8 月 31 日到 9 月 7 日及 9 月 11 日上游洪水往下游 移動的三階段影像。9 月 11 日洪水在 傑赫勒姆河和奇納布河的河道變寬, 河寬大約 25 公里,傑赫勒姆河和奇納 布河各自漫淹約 200 公里長。



圖 4-15. 巴基斯坦洪災前、中、後的衛星影 像(水-藍色、黑色;植被-綠色;裸露-棕色) <sub>資料來源:NASA</sub>



| +-3 | - 我火 |
|-----|------|
| 巴   |      |
| 基   |      |
| 斯   |      |
| 坦   |      |
| 季   |      |
| 風   |      |
| Ż   |      |
| 災   |      |
| 害   |      |
| 事   |      |
| 件   |      |
| 探   |      |
| 討   | 4000 |
|     |      |

**致災原因** ・ 流量超過近 30 年來紀錄

圖 4-16 是巴基斯坦東北方奇納布河 (Chanab) 上的流量站,由 1998 年至今年的流量資料,奇納布河在今年9月流量達到最大值約 3,556 m<sup>3</sup>/sec,已超過該水位站 30 年重現期距之尖峰流量,甚至比過去水患嚴重的 2005 年和 2010 年來得大,因此洪水溢堤漫淹兩岸。

• 集中降雨

巴基斯坦全國各地降雨差異大,東北部是該國雨量豐沛地區,平均年雨量約400毫米左右,但從巴基斯坦氣象局位於東北部的雨量站顯示(圖4-17),這次降雨集中在9月4日至9月6日之中,最大日雨量在伊斯蘭馬巴德(Islamabad A/P)測站,降雨最大時間在9月5日,日雨量298毫米;巴控喀什米爾內的Rawalakot測站,最大日雨量在9月5日達234毫米,連續三日累積降雨超過400毫米,遠超過東北部年平均降雨量標準值。

• 水庫操作

巴基斯坦此次水庫水位一直處於高水位狀態(表 4-1),而水庫的入流量一直 持續注入水庫中(約 1,400 至 4,200 m<sup>3</sup>/sec 流量),可推估水庫並沒有多餘的 蓄洪空間且水庫洩洪,導致加重下游水患。

• 疏洪炸破河堤

巴基斯坦的大城穆坦 (Multan) 就位在提姆水壩 (Trimmu) 的下游,但這次洪水 衝擊大,使得巴基斯坦政府於 10 日時,緊急救援隊炸開提姆水壩上游的奇 納布河河堤,將洪水往周邊地區疏洪,避免洪水淹沒下游的城市地區。炸開 河堤確實避免下游城市受到洪水波及,但另外造成 2 百多個村莊被水淹沒。



圖 4-16. 巴基斯坦東北方奇納布河上的流量站 1998 年至今的資料 資料來源: NASA



### 圖 4-17. 巴基斯坦 9 月 1 日至 9 日雨量站日雨量 資料來源: Weather online

| 資料米源 : USAID |            |        |         |         |  |
|--------------|------------|--------|---------|---------|--|
| 水庫名稱         | 最大庫容<br>高度 | 9/7 水位 | 9/11 水位 | 9/16 水位 |  |
| Tarbela      | 472.44     | 351.67 | 470.00  | 471.83  |  |
| Mangla       | 378.56     | 377.95 | 378.56  | 378.56  |  |

### 表 4-1 巴基斯坦內水庫雨季蓄水高度(單位:公尺) 資料來源: USAID







## 地理環境

照片來源:歐新社

喀什米爾 (Kashmir) 位於南亞次大陸西北部,曾為英屬印度的一個邦,面積 23 萬平方公里。喀什米爾地區現在由三個國家分治:巴基斯坦控制了西北部地 區 Azad Kashmir and Gilgit - Baltistan (圖 4-18 中綠色區塊),印度控制了中部和南 部地區 Jammu 和 Kashmir (圖 4-18 中藍色區塊),主要城市為斯利那加 (Srinagar), 而中國則控制了東北部地區 Aksai Chin 和 Valle de Shaksgam (圖 4-18 中黃色區塊)。

洪災在印控喀什米爾地區最為嚴重,斯利那加(Srinagar)是印控喀什米爾地區最大城市,也是印控喀什米爾地區夏季首都,距離印度首都新德里約2,200公里遠,該區位處喀什米爾山谷中,城市面積約有294平方公里,區域內有印度河支流傑赫勒姆河(Jhelam)流經,氣候為亞熱帶濕潤氣候,年平均雨量約700mm,雨季集中在春季,次要降雨是在夏季。



Kashmi



## 災害紀錄

喀什米爾淹水最嚴重地區在印控喀什米爾首都斯利那加(Srinagar),造成298 人死亡。穿越市中心的傑赫勒姆河(Jhelam)水位高度到達6.83公尺,比警戒水位 高出1.34公尺,而流量來到7萬m<sup>3</sup>/sec,比平時流量高出2.8倍,也因此河水溢堤, 洪水漫淹都市及村莊,斯利那加最大淹水深達3.7公尺,超越一層樓高,民眾都 往高處等待直升機救援。另外,喀什米爾地區同時受到中國、巴基斯坦、印度三 國把持。而此次洪災也因不同國家主政,印度與巴基斯坦各自救災,雖說二國總 理對外宣稱支援救災,但仍有報導指出,救援物資遭掠奪情況發生傳出。

圖 4-19 為 Google Earth 在災害發生時間拍攝的衛星照片,該地區為印控喀什 米爾大城斯利那加 (Srinagar) 地區,左圖為 2014 年 9 月 10 日災害照片,傑赫勒姆 河 (Jhelam) 洪水漫淹河道兩側,右圖為 9 月 16 影像照片,當時洪水已往印度河 下游流。從淹水影像圖推算,淹水面積大約是 150 平方公里,已經淹沒該城市一 半的土地。



圖 4-19. Google Earth 斯利那加災中(左)和災後(右)衛星影像 <sub>資料來源: Google Earth</sub>



# 致災原因

- 破紀錄的降雨及河川水位 根據美國海洋和大氣管理署 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 和美國太空總署 (National Aeronautics and Space Administration, NASA) 的累積雨量資料 (圖 4-20),喀什米爾地區雨量集中在四天之中,累積雨量將 近 200 毫米至 400 毫米,超過年平均雨量的 50%。破紀錄的降雨,使得傑赫 勒姆河 (Jhelam) 水位高度到達 6.83 公尺,比警戒水位高出 1.34 公尺。
- 預警、應變系統喪失
   根據 Understanding Asia's Water Crisis 針對喀什米爾洪災報導指出:當地民眾 在災害發生前,印度政府並沒有提出降雨警訊,甚至僅提出印度東岸遭受大 雨的影響;而災害發生當下,河川水位上升速度快,河道已經溢堤也無任何 避災消息,民眾來不及逃生。所以當地不僅降下近半年雨量,而災害反應系 統失效,民眾也疏忽防災意識,因而造成嚴重傷亡及損失。
  - 防洪計畫延宕 喀什米爾的防洪計畫早在 2010 年時提出 2,200 億盧比(相當台幣 1100 億)的 防洪計畫,卻被印度中央水務委員會(Central Water Commission, CWC) 駁回, 該項計畫可以將原先的洪水量從 1,400 m<sup>3</sup>/sec 增加至 3,360 m<sup>3</sup>/sec,計畫所建 議的洪水量,是可以讓這次的洪水通過且避免洪水溢堤。
  - 都市化發展,增加地表逕流

傑赫勒姆河 (Jhelam) 穿越現今的斯利那加 (Srinagar) 城市,加上斯利那加位處低地,早在 1902 年時期原斯利那加城市,屬於濕地調節洪水之用,隨著人口的增長,建物需求增加,傑赫勒姆河畔兩岸開始擴建,造成原先濕地可供河水流蓄洪的空間喪失,也因此這次超過半年的雨量,造成河水氾濫。



本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報,2014 年特刊 照片來源:歐新社



東南亞洪災



## 地理環境

馬來西亞(Malaysia)靠近赤道, 氟候潮濕炎熱,屬赤道多雨氟候。每 年四月至十月間吹西南季候風,十月 至二月間吹東北季候風,但冬季季風 現象不顯著。由於環繞著海洋,氣溫 溫和。溼度往往較高,每年平均降雨 量為2,500毫米。

印尼 (Indonesia) 位處赤道周邊,屬 熱帶性氣候,由於季風而分為乾、濕 兩季,平地年雨量介於 1,780 - 3,175 毫 米,山區可達 6,100 毫米;濕度一般而 言相當高,平均約 80%;年溫差小,雅 加達日均溫介於 26 至 30℃。



圖 4-21. 東南亞洪災主要受災地點 資料來源: maps of world

# 災害概述

東南亞洪災起於12月中旬,影響 國家包括:印尼、馬來西亞、菲律賓 與泰國等地。其中最嚴重的是馬來西 亞洪災印尼洪災(含大規模崩塌)。主 要災情分布在泰國南邊、馬來西亞半 島北邊、印尼亞齊省等地分布如圖4-21 所示。統計至12月31日止死亡/失蹤 人數達164/21人(表4-2),撤離家園 人數達38萬人以上。

# 災害紀錄 馬來西亞洪災

馬來西亞的水災災情波及西馬(半 島)地區東岸包括吉蘭丹州、登嘉樓州 及彭亨等州,部分災區全被水淹沒、交 通陷入癱瘓。災情最慘重的吉蘭丹州 政府福利部主任表示,目前2萬多個撤 離家園的家庭暫時安置在254個收容所 中。視察吉蘭丹州的納吉布表示,因水 流強勁、電力供應被切斷,收容所的難 民難以取得乾淨飲水與電力,救援也因 此難以進行。同時半島九座水壩如吉蘭 丹武吉光水壩及吉打慕達水壩蓄水量也 達到極限,顧及安全水庫操作原則需要 洩洪。



另外,災害造成交通中斷情況嚴重(圖 4-22),包括:馬來亞鐵道公司(KTM) 指出,由於東海岸水災災情持續惡化, 目前東海岸所有火車軌道被迫關閉(12 月29日)。大馬公共工程局水災行動室 公佈了由吉隆坡通往半島北部的通道。

### 表 4-2. 東南亞洪災造成傷亡與撤離統計 資料來源: OCHA

| 國家   | 死亡 / 失蹤 | 撤離人員    |
|------|---------|---------|
| 印尼   | 97/11   | 120,000 |
| 馬來西亞 | 21/10   | 237,037 |
| 菲律賓  | 31      | 13,000  |
| 泰國   | 15      | 10,000  |
| 總計   | 164/21  | 380,037 |



致災原因

本次降雨最主要原因為源自中國 大陸的東北季風,冬季帶來的低溫濕 氣引起馬來西亞等地的降雨,在12月 24日之24小時的降雨超過250毫米(圖 4-23)。另外,馬來西亞首相納吉布指 出在吉蘭丹州與當地森林砍伐活動有 關、環境缺乏保護、缺乏雨水排水等 基礎設施,無法順利將雨水導入大海 等原因。



圖 4-23. 降雨集中地區 (馬來西亞半島) 資料來源: AHA CENTRE



### 印尼亞齊省洪災

根據印尼國家災害管理署 BNPB 指出洪水在印尼亞齊省 (Aceh) 北部與 東部是嚴重受災的地方,淹水最深達 4 公尺,估計有 12 萬人被迫離開家園 (12 月 24 日)。災情最嚴重的地區,洪 水沖破了大堤,迫使當地數百戶家庭 疏散到安全地區。南亞齊縣災害管理 機構(BPBK)執行主任祝莎薩莉斯瑪 (Cut Sazalisma)表示,大雨導致幾乎 所有縣區都被洪水淹浸。她說:造成 水災的主要原因是地下渠道堵塞,以 致沒有發揮最佳作用。

### 印尼爪哇大規模崩塌

印尼在12月12(星期五18時)爪 哇(Banjanegara, Central Java, Indonesia) 山區嚴重豪大雨導致大規模的崩塌災 害發生,根據印尼國家災害管理署 (Indonesia's National Disaster Management Agency[Badan Nasional Penanggulangan Bencana / BNPB])指出至少造成97人死 亡、11人失蹤(12月25),108棟房屋 受損,400人暫時安置收容場所,來自 BNPB的2000名救援人員與機具由於現 地仍相當不穩定,無法深入救援與挖掘 搶救。



照片來源:歐新社









照片來源:歐新社

### 地理環境

智利共和國(Chile)位於南美洲安地斯山脈西麓,西臨太平洋,北與秘魯接 壞,東鄰玻利維亞和阿根廷,是世界上地形最狹長的國家,擁有長 6,435 公里海 岸線。智利擁有非常豐富的礦產資源、森林資源和漁業資源,是世界上產銅和出 口銅最多的國家。智利位在太平洋地震上,屬於納斯卡 (Nazca) 板塊,與南美洲 板塊交接處,地震頻繁。

### 地震概述

智利北部外海地區於當地時間 2014 年4月1日 20:46(臺灣時間4月2日 7:46)發生規模 Mw8.2的地震,根據美 國地質調查所(United States Geological Survey, USGS)資料顯示,震央位於北 部城市伊基克(Iquique)西北方約90公 里外海,即南緯 19.642度、西經 70.817 度,震源深度 20.1公里,最大震度 為修正莫卡利震度(Modified Mercalli Intensity, MMI)7級(相當於我國震度 5 級),震度分布圖如圖 5-1,最大地表 加速度約為 300gal;主震過後又發生多 起餘震,最大餘震規模 7.6。



圖 5-1. 震度分布 資料來源: USGS

Chile



智利位於環太平洋地震帶上,本次地震震央位於納斯卡 (Nazca) 板塊與南美 洲板塊邊界處 (如圖 5-2),納斯卡板塊以每年 65 毫米至 74 毫米之速率向東隱沒 至南美洲板塊下方。根據 USGS 之震源機制解,本次地震為向東傾、低角度的逆 衝型斷層錯動所產生;因為是逆衝斷層,海床有垂直的運動,因而生成海嘯並向 四周傳遞。



圖 5-2. 本次地震所在板塊位置 資料來源: USGS



## 地震災情

本次地震主要災情說明如下:

- 人員傷亡:本次地震共造成6人遇 難,其中3人因為地震引致山崩而 罹難。
- 建物破壞:因為當地建築很多是磚
   造或土造,連日發生的地震及餘
   震,造成逾2,600間房屋損毀。
- 海嘯災情:鄰近震央的 Iquique、
   Pisagua 兩城市之最大波高為2公
   尺左右,海嘯造成港口超過80艘
   漁船破壞;海嘯往 Iquique 市區入
   侵至少100公尺,將許多船隻及汽
   車抬起沖往內陸。
- 山崩: Iquique 市距離海岸線2公
   里左右即是丘陵及高山,地震引致
   山崩,造成山區道路中斷,並壓毀
   數台汽車。
- 道路破壞:地震產生劇烈的地表變 位,造成道路開裂。
- 火災及電力中斷:地震造成數起火
   警,靠近震央的 Iquique 市一度電力中斷,不過隨後已恢復供電。

# 智利歷史地震災害

智利過去曾發生幾次重大地震災害 事件(圖 5-3),簡述如下:

- 1960年5月規模9.5地震:此次地 震是觀測史上記錄到規模最大的地 震,地震產生高達25公尺海嘯, 海嘯侵襲了智利、夏威夷、日本、 菲律賓、紐西蘭東部、澳洲東南部 與阿拉斯加的阿留申群島等地區, 造成智利超過2,000人死亡、夏威 夷61人死亡、及日本約200人死 亡。
- 1922年11月規模8.7地震:此次 地震造成數百人死亡與導致嚴重的 財產損失,且引起約9公尺海嘯導。
   致智利海岸地區淹水,以及與夏威 夷希羅港(Hilo)口之船隻破壞。
- 2010年2月27日規模8.8地震: 此次地震造成507人死亡、約50 萬棟房屋破壞。海嘯於地震後26 小時抵達台灣東部地區,最大波高約為30公分。

## 海嘯警報發布歷程

地震發生後8分鐘,美國太平洋 海嘯警報中心(Pacific Tsunami Warning Center, PTWC)首先對智利、祕魯、厄 瓜多爾三個國家發布海嘯警報;隨後 USGS 地震資料將地震規模由8.0上修 至8.2,PTWC於海嘯警報第4報將哥 倫比亞、巴拿馬列入警報通知國家, 臺灣及亞洲國家皆未在警報範圍內。 根據海嘯實測資料,只有在靠近震央 的 Iquique、Pisagua 兩城市觀測到最大 波高為2公尺左右的海嘯,其他地方觀 測到的海嘯波高皆較小,因此於震後5 小時(臺灣時間4月2日中午12:43)解 除海嘯警報。

日本氣象廳表示,他們於當地時間 4月3日中午12時20分(台灣時間上 午11時20分)在岩手縣久慈市(Kuji) 觀測到60公分高的海嘯,12時45分 在茨城縣大洗町觀測到30公分高的海 嘯,在仙台市、八丈島觀測到20公分 高的海嘯。



圖 5-3. 智利歷史重大地震位置 資料來源: USGS

## 智利海嘯疏散避難作為

智利總統在地震後發表電視演說,宣布北部三省(Arica、Parinacota、 Tarapaca)進入應變狀態,並下令疏散 沿海地區數十萬居民,民眾依循海嘯 避難指標步行往高處避難,抵達安全 避難地點集結。智利政府開設18個收 容場所,有些民眾前往收容場所安置, 有些民眾則在居家附近空地夜宿。

這次地震在 Iquique、Pisagua 兩城 市造成波高為2公尺左右的海嘯,但是 海嘯並未造成嚴重人員傷亡,數十萬 人能夠井然有序地完成避難,歸功於 智利政府早已製作了主要沿海城市的 海嘯溢淹潛勢圖及海嘯疏散避難地圖, 於避難路線上設置許多海嘯疏散避難 指標,並透過教育宣導讓民眾熟悉避 難路線。

圖 5-4 為智利中部比尼亞德爾馬市 (Viña del Mar)之海嘯溢淹潛勢圖,圖中 標示溢淹共五種水深範圍。圖 5-5 為伊 基克 (Iquique)市政府製作之海嘯疏散 避難圖,將市區分為5個區域,以紅線 標示疏散避難路線,民眾必須依循避 難路線往內陸高處移動,至綠色線上 標示為 PE 之安全避難地點集結。



圖 5-4. 智利比尼亞德爾馬市海嘯溢淹潛勢 資料來源: http://www.vinadelmarchile.cl



圖 5-5. 智利伊基克市之海嘯疏散避難地圖 資料來源: http://www.municipioiquique.cl/

本篇完整報導收錄 NCDR 災害防救電子報,第 105 期,2014 年 4 月



照片來源:歐新社



中國雲南省 M6.1 地震



### 地震概要

中國雲南省魯甸縣於當地時間 2014 年 8 月 3 日下午 4:30 發生重大地震,美國地質調查所 (United States Geological Survey, USGS) 測得地震規模 6.1,中國地震台網測得地震規模 6.5(圖 5-6)。根據 USGS 資料,震央位於雲南省昭通市西南西方 29km,也就是北緯 27.245 度、東經 103.427 度,震源深度 10 公里。最大地表加速度達 948.5gal,對應我國為 7 級震度(主要在鄰近震央區域,如龍頭山鎮)。

本次地震震央位於印度板塊和歐亞板塊交界處,印度板塊以每年 51 毫米左 右之速率向西北方向與歐亞板塊擠壓碰撞。根據 USGS 之震源機制解,本次地震 為淺層的走向一滑移斷層錯動所產生。

#### 2014年8月3日云南省鲁甸县6.5级地震地震动强度预测图



圖 5-6. 本次地震震度分布圖 資料來源:中國地震局

hina



### 地震災情概述及主要影響

根據雲南省民政廳資料,本次地震造成 617 人死亡 3,143 人受傷,近 23 萬人 緊急安置,近 8 萬間房屋全倒,12 萬間房屋嚴重損壞。此外,地震引發山崩, 導致多處道路中斷,並形成堰塞湖,當地政府已安全疏散堰塞湖上下游受影響群 眾 4,200 多人,並在現場進行監測,及全力搶修通往堰塞湖的道路。

本次地震造成之主要問題包括:大量建物毀損、坡地崩塌、主要聯外道路及 維生設施中斷等。

• 山體崩塌地質災害

震區地處滇東北高原烏蒙山區,自然環境惡劣,地質構造複雜,最高海拔 2,780公尺,最低520公尺,高差2,260公尺。震後震區落石、崩塌和滑坡現 象普遍。落石和崩塌造成大量人員傷亡、房屋和道路等基礎設施破壞。另因 5~9月為雲南省雨季,其中又以7、8月為降雨集中時期。震後已有多日間接 性降雨,增加坡地及土石流災害之發生(圖5-7)。



圖 5-7. 牛欄江(下大坪子段)沿岸多處坡地崩塌 資料來源:中國測繪局



### • 房屋抗震性能弱,造成大量房屋毀損

位於重災區附近之魯甸縣、巧家縣等區域,建物形態為磚木結構、土木結構、 石木結構房屋等未經耐震設計者約占70%,完全毀損比例約30~50%。加 強磚造結構、框架結構房屋約占30%,毀壞與嚴重破壞比例約10%。 堰塞湖之威脅

### 本次地震於紅石岩形成堰塞湖,已淹沒田地 1270 畝,造成 350 間房屋倒塌, 且當地連日降雨造成水位仍持續上升,除威脅人員安全外,並直接危及下游 會澤縣之7座電廠以及 641 個通訊基地台(圖 5-8)。



圖 5-8. 紅石岩堰塞湖空拍照 資料來源:雲南省地震局



圖 5-9. 雲南省魯甸縣地震造成之問題綜整

## 震災面臨問題與因應措施

- 通訊中斷,嚴重影響救援作業 魯甸縣已有61個基地台失效(占該縣總數近20%(圖5-9),其中54個因停 電所致,7個因設施毀損所致),且因震區持續停電,以及道路不通致使油 料無法送達,備用電源難以持續等因素,通信設施因停電而失效之趨勢仍可 能擴大。而隨增員之救援人員進入災區,通訊需求更將增加。目前因應方式 係以整合雲南省通信業之資源(維修人員、應急通信車、發電機及其它應急 通信設備、衛星電話等),於重災區外圍之魯甸縣、巧家縣兩處設置功率較 強、可涵蓋重災區之「超級基地台」之方式,緊急建立災區通訊能力。
- 山區道路影響搜救
   災區道路受1、坡地崩塌,阻斷道路;2、餘震造成坡面之鬆落土石持續崩落, 阻斷道路;3、震後遇降雨,造成土石流,泥漿佔據車道等多重因素而多處 阻斷,造成昭魯快捷通道雖經緊急搶修後已全線暢通,但直接進入重災區之 昭巧線、沙樂線等公路仍處阻斷狀態,嚴重影響救援人員及重機具等資源調 度與災民轉移之搶救作業效率。
   雲南省交通運輸廳組織「地震道路搶險保通指揮部」協調各市、縣交通部門 及民間單位進行搶通工作,並以組立鋼架橋方式,搶通跨越山谷、河川之重 要道路,同時由巧家、魯甸兩方向往重災區進行搶修。
- 災區仍可能面臨群震特性之威脅 依雲南省地震局研究,本地區之地震常具群震特性:1.規模相近之地震連續 發生,亦即可能面臨規模6左右地震之威脅;2.雲南境內斷裂帶密集,亦可 能引發鄰近斷裂帶之活動。為避免對救援人員、災民安置與已受損建物之安 全,以及山區交通要道之暢通造成威脅,採取之因應方式為於震區內增設強 震測站17處、微震測站2處、地震科學台陣42處,以及地震前兆監測站68 處,加強對後續餘震之監測。



照片來源:歐新社



論 結

回顧 2014 年的各類災害事件,多起大型空難與海難事件令人震驚,其中的 馬航空難至今仍音訊全無、下落不明、令人不解。慶幸的,比起近十年來的天然 災害事件次數,2014 年的天然災害次數明顯低於平均值。傷亡最多的天然災害 事件為印度遭受季風所引發的豪大雨導致的洪災,造成千餘人的死亡;其次為中 國大陸雲南規模 6.1 的地震事件,造成六百餘人的死亡。其餘的天然災害事件, 比起最近幾年的巨型災害規模,相對傷亡人數較低。

我們將這一年中的天然災害做了三大分類,分別為「大規模崩塌災害」、「汛 洪、洪災」與「地震、海嘯」,其中大規模崩塌災害探討了美國西雅圖 Oso 鎮的 崩塌等六起災害事件;洪災部分,共探討巴爾幹半島等五起洪災事件。另外,本 文將鄰近的日本廣島發生土石流災害作為「短延時、強降雨」的代表性災害案例, 以特別企劃專篇進行紀錄。

與全球災害趨勢一樣,台灣在2014年僅遭遇三場有發布警報的颱風,且僅 有麥德姆颱風造成花蓮地區局部災情。本中心針對年度面臨的各項災害事件與其 處置方式,歸納以下值得後續減災調適之對策。

- 研擬短延時、強降雨的極端災害事件的快速預警與通報機制 該類型災害事件共同特性是,在短時間中,降雨超過過去歷史紀錄或遠高於 防洪、排水設計標準,瞬間造成大範圍的山洪爆發、土石沖蝕、都會或低窪 地區雨水宣洩不及導致淹水災害等。因應這類型災害,災害應變運作、疏 散避難行為更為困難,需要建立快速預警與通報機制,以降低災害造成的損 失。
- 都市開發與地質敏感區的土地使用限制
   日本廣島土石流、美國西雅圖 Oso 鎮及其他大規模崩塌事件,都顯示當地
   的住宅社區建設在土石流沖積扇、緊鄰山坡地的開發或是舊崩塌地影響範圍
   內,而導致本次災情。因此面對都市的不斷發展,確實需要進行有更詳細的
   地貌調查與地質敏感區的畫設,並進一步作適當土地使用限制,以降低大規
   模災害的衝擊與損失。



- 2014 天然災害紀實-



• 山坡地建築開發管制

因應極端降雨災害事件,現行的法規與規則必須重新檢視設計標準與限制, 包括坡度的限制、建物退縮的距離、地質敏感、災害潛勢的分析等,避免將 居住環境暴露於高災害潛勢範圍內,以降低災害風險。對於建成環境已位於 高災害潛勢範圍內,也要與民眾溝通、研擬逐步改善災害風險的調適對策。

 加強水土保持、保育造林
 在較落後的國家,為了促進經濟收入的發展,人為在山坡地開墾畜牧、耕種
 開發及林地的砍伐,破壞水土保持,使坡地上的覆土層呈現不穩定的狀態, 易成為崩塌災害的發生。台灣多山區與林地,應加強水土保持工作,持續推動保育與造林,以減少山洪爆發導致的嚴重災情。

 強化都會區防洪系統與減災管理 都會區遭遇短延時、強降雨往往超過防洪排水設計標準,因而導致大面積的 淹水,因應這類型災害,都市的防洪排水改善必須多管齊下,讓都市發揮海 綿城市的功效,同時有蓄洪、減洪、保水及雨水再利用等功能。

推動大規模崩塌行動綱領 莫拉克小林村事件後,災防科技中心在行政院指示下研擬大規模崩塌災害防 治的推動策略,經歷各階段的策略,目前已研擬「大規模崩塌災害防治行動 綱領」,從提升災害預防能量、建立災害應變措施、整合災害管理效能等三 大面向,研擬九大策略包括:強化災害潛勢分析、建立崩塌機制與影響評估 方式、建立多尺度觀測資訊整合、建立應變機制、建構資訊傳遞模式、搶救 災能量規劃、擬定政策管理依據、建立聚落安全分級管理、落實防減災管理 成效等,並具體提出三十項行動方案,以做為各部會後續推動大規模崩塌災 害防治計畫之依據。



## —參考文獻—

- 5 May 2014: Afghanistan Landslide and floods http://reliefweb.int/map/afghanistan/5-may-2014-afghanistan-landslide-and-floods
- EM-DAT http://www.emdat.be/
- NASA Earth Observatory http://earthobservatory.nasa.gov/
- NASA Worldview https://earthdata.nasa.gov/labs/worldview/
- National Disaster Management Authority, NDMA http://www.ndma.gov.pk/new/
- National Disaster Response Force, NDRF http://ndrfandcd.gov.in/index.aspx
- NOAA

https://www.noaa.gov/

- $\cdot$  The Guardian World
- http://www.theguardian.com/world
- The Steelhead landslide in Oso, Washington State http://blogs.agu.org/landslideblog/2014/03/25/the-steelhead-landslide-1/
- The World Bank International Development Association
   http://www.worldbank.org/ida/
- · 土木學會、地盤工學會,2014,平成26年広島豪雨災害合同緊急調查團調查報告書,土 木學會、地盤工學會
- 日本氣象廳 http://www.jma.go.jp/jma/index.html
  尼泊爾政府網站
- http://www.nepal.gov.np/
- ・ 尼泊爾環境、科學與科技部 http://www.moste.gov.np/
- 印度政府地球科學部門 http://www.imd.gov.in/
- 印度政府官方網站 http://india.gov.in/
- ・ 國土交通省 http://www.mlit.go.jp/
- 斯里蘭卡災害管理中心
   http://www.dmc.gov.lk/index\_english.htm
- ・ 廣島市政府 http://www.city.hiroshima.lg.jp/index2.html


發 行 人:陳宏宇 編輯委員:林李耀、周學政、李維森、吳瑞賢 編:張志新、柯孝勳 ŧ 執行編輯:傅鏸漩、王俞婷、林又青、呂喬茵、 吳啟瑞 作 者 群:于宜强、王俞婷、吴子修、吴佳容、 吳秉儒、吳亭燁、吳啟瑞、呂喬茵、 李中生、李香潔、林又青、林聖琪、 柯孝勳、柯明淳、張志新、張駿暉、 陳秋雲、陳偉柏、傅鏸漩、黃柏誠、 廖楷民、劉哲欣、劉淑燕、鄧敏政、 謝蕙如、魏曉萍、蘇元風(依姓名筆劃排序) 出版者:行政法人國家災害防救科技中心

- 址:新北市新店區北新路三段200號9樓 拁
- 話: 02-8195-8600 雷
- 網 站:國家災害防救科技中心 www.ncdr.nat.gov.tw 天然災害紀實 satis.ncdr.nat.gov.tw/ndd/
- 發行日期: 2015年4月

