

巴西里約熱內盧州 2011 年 1 月坡地災害事件報導與探討

張志新¹、陳韻如¹、林又青¹、吳亭燁¹、
黃柏誠²、王俞婷¹、林聖琪¹、陳聯光¹、劉哲欣¹

¹ 國家災害防救科技中心坡地組 ² 國家災害防救科技中心氣象組

摘要

2011 年 1 月巴西里約熱內盧州發生重大坡地災害事件，據統計此次受災死亡、失蹤總人數達 1,400 人以上，災情慘重堪稱是巴西近十年來災情最嚴重的坡地災害事件。經探討造成本次災害的主因為：24 小時累積雨量達 260 毫米的驟雨，降雨導致山洪爆發，沖毀建物、道路及橋梁；同時大規模崩塌土石直接掩埋當地社區聚落，因此造成嚴重之人命與民眾傷亡、經濟損失。在本次災害事件裡，巴西政府的防救應變體制面臨了諸多挑戰，如：短期內災後居民生活復原、山區脆弱度提升，二次災害衝擊影響；以及需長期推動之災害預警管理，受災聚落安全評估，災區重建、遷建，山區開發管制等。檢視台灣山區的觀光發展、都會型坡地社區開發、道路建設、地質環境脆弱等問題皆與巴西類似，正所謂他山之石可以攻錯，我們當以此次巴西坡地災害引以為借鏡，做好台灣坡地管理工作，以減少災害對山區的衝擊損失。

一、巴西環境背景概述

巴西位處南美洲，是拉丁美洲最大的國家，人口數高達 1 億 9 千萬人，國家人口與面積皆是全球第五大，近年巴西經濟成長快速，與中國、印度、俄羅斯合稱為金磚四國，國內生產總值 GDP 全球排名第 8(2010)。根據 2010 年資料，巴西人類發展指標(Human Development Index)¹值為 0.699，在全球 169 個國家中排名第 73，屬於發展中國家，巴西境內大都市地區經濟發展快速，人口快速移居大都市，但也同時存在嚴重貧富差距問題。

¹ 聯合國開發計劃署(UNDP)從 1990 年開始發布的，國家衡量社會經濟發展程度標準，依指標區分已開發(高度開發)、開發中(中度開發)、低度開發國家。統計數字根據平均預期壽命、教育水準和人均 GDP 等作為指標。(台灣地區人類發展指標值為 0.86，全球排名第 18)

依地形來看，巴西北部為亞馬遜河流域之雨林地區，人煙罕至；東南部則多為丘陵地，是巴西人口集中地區，其中聖保羅市(San Paulo)為巴西首都暨第一大城市，本次發生災害的里約熱內盧州(Rio de Janeiro state)位在聖保羅市東方，面積約 43,000 平方公里，人口 1,600 萬人，巴西地形與本次災區位置示意如圖 1 所示。並依據 Weatherbase 統計資料表（表 1）顯示，里約熱內盧市全年平均溫度介於 21.5~27.7°C 間，全年平均降雨量為 1,172.9 毫米，雨季集中在 12 月至隔年 4 月間，月平均累積降雨約在 100~170 毫米之間。



圖 1 巴西地形及災區相關位置圖(資料來源：巴西地理統計局)

表 1 里約熱內盧市氣候平均數據(資料來源：Weatherbase)

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
平均高溫°C	29.4	30.2	29.4	27.8	26.4	25.2	25.3	25.6	25.0	26.0	27.4	28.6	27.7
平均低溫°C	23.3	23.5	23.3	21.9	20.4	18.7	18.4	18.9	19.2	20.2	21.4	22.4	21.5
降水量mm	114.1	105.5	103.5	137.4	85.6	80.4	56.4	50.5	87.1	88.2	95.6	169.0	1,172.9

來源：Weatherbase

熱內盧州內受災最為嚴重的區域為新富麗堡(Nova Friburgo)、特勒索波里斯(Teresópolis)與貝德羅保利斯(Petropolis) 等三座山城，地理位置如圖 2，三座城市的基本資料則列於表 2 中，熱內盧州內陸城市高程約 800 餘公尺，且社區分佈主要沿山谷地建設，如圖 3 所示。

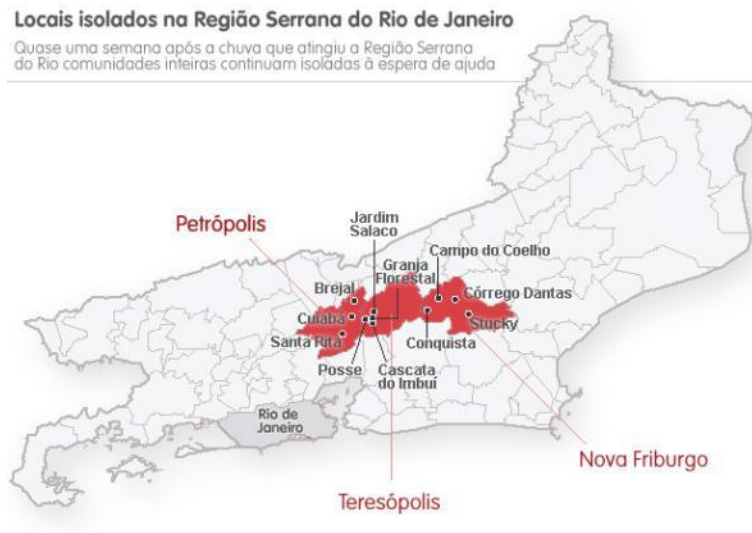


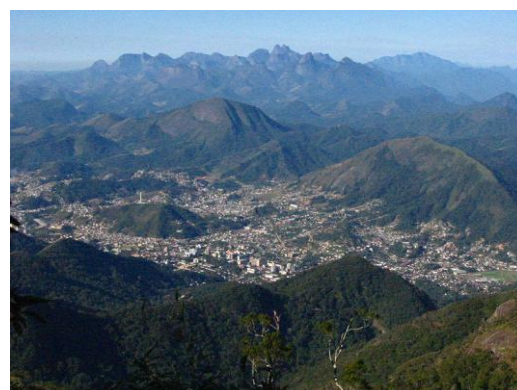
圖 2 里約熱內盧州地圖及受災城市位置分布圖(資料來源: Mapa regiões com dificuldade de acesso (Foto: Editoria de Arte/G1))

表 2 受災城市基本資料

城市	面積(km ²)	人口	高程(m)
Nova Friburgo(新富麗堡)	938.5	17萬8千	846
Teresópolis(特勒索波里斯)	770.5	15萬	871
Petropolis(貝德羅保利斯)	811	31萬2千	809



新富麗堡



特勒索波里斯

圖 3 主要受災城市災前全景(照片來源：維基百科)

二、里約熱內盧州災情彙整

(一) 整體災情敘述

豪雨在巴西地區造成之整體災情包括都會型淹水、山洪爆發、坡地崩塌、道路橋梁中斷等，各類型災情重點摘錄分述如下：

1. 都會型淹水(如圖)：

- (1).淹水地區民眾於淹水期間並未事先疏散至異地，而是於現地垂直避難移至二樓(圖中圈繪處)，以等待救援。
- (2).救難人員利用橡皮艇，救援受困民眾。
- (3).都會地區淹水導致鐵路運輸中斷。



圖 4 都會型淹水災害(地點：Franco da Rocha, São Paulo(1/12))(照片來源：Agencia Brasil²)

2. 山洪爆發(如圖)

- (1). 豪雨引發山洪爆發、溪水暴漲，急遽水流掏刷河岸邊之房屋，最後導致民宅基礎流失、房屋損毀。
- (2). 河川行水區內及附近的建築物受到大量土石衝擊及掩埋。
- (3). 河道平緩處，目前仍有土石淤積、河床與陸地齊高，由於受災範圍廣闊，無法於災後立即全面幸疏浚河道，因此在雨季期間恐發生二次災害。

² <http://agenciabrasil.ebc.com.br/>



圖 5 山洪暴發(地點：Teresopolis(1/12)) (照片來源：Agencia Brasil)

3. 坡地崩塌(如圖)

- (1). 未做好山區開發管制與水土保持工程，導致山坡地高密度開發，是造成嚴重坡地災情之主因之一。
- (2). 民宅緊鄰陡峭山坡地建築，並未做好適當退縮距離，當崩塌發生時，建築物立即遭大量土石淹埋。
- (3). 災後諸多建物已成為危樓，無法居住，居民需另外覓地安置與遷居。



圖 6 崩塌災害照片(照片來源：Agencia Brasil)

4. 道路橋梁中斷(如圖)

- (1). 當崩塌災害發生於道路上、下邊坡時，將直接衝擊道路造成中斷；若是山洪沖刷橋墩，亦會導致橋梁遭沖毀而中斷。道路橋梁中斷將增加傷患搶救與物資運送的困難度。
- (2). 巴西工程單位利用當地特性，緊急搶通橋梁。
- (3). 軍方架設倍力橋搶通交通。



圖 7 道路橋梁中斷照片(照片來源：Agencia Brasil)

(二) 坡地災害分析與探討

巴西當地時間 1 月 11~12 日，鋒面過境里約熱內盧，當地 24 小時內降下 260 毫米雨量，導致部分地區河水暴漲至 5 公尺高，並發生大規模土石崩塌，衝擊山谷地內聚落，泥土和巨石直接掩埋當地居民、房屋與道路。據統計³(2/13) 本次最嚴重的地區為里約熱內盧市東北方山區，死亡人數達 884 人，失蹤超過 500 人以上，同時造成 35,000 人流離失所，災情極為慘重。

表 3 巴西坡地洪水災情各地死亡人數統計表

城市	死亡人數
Nova Friburgo	423
Teresópolis	367
Petrópolis	72
Sumidouro	22
總計	884

1 月氣候正值巴西夏季豪雨期，根據巴西歷史災害資料顯示，巴西夏季暴雨導致坡地災害發生頻繁，每年皆釀成嚴重災情，歷年災情主要分布在巴西北部、東北部、東南部，詳見圖 所示。另並彙整近十年受洪災與坡地災害災死亡人數，將統計結果展示圖，災情顯示傷亡人數有大幅增加趨勢，且以本次災害 800 人以上死亡最為嚴重。

³ 資料來源：

http://pt.wikipedia.org/wiki/Enchentes_e_deslizamentos_de_terra_no_Rio_de_Janeiro_em_2011(閱覽日期 2011.2.13)

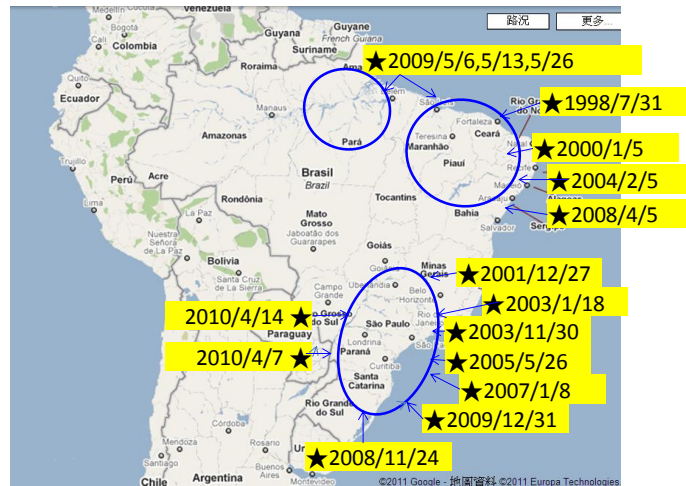


圖 8 巴西例年洪災、坡地災害發生時間與分布彙整

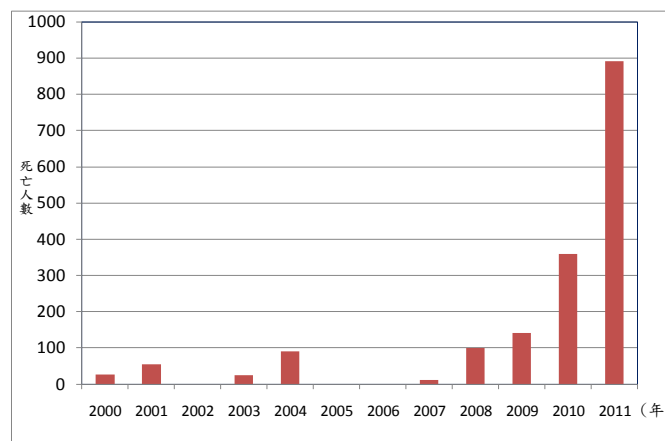


圖 9 近十年災害死亡人數統計表 (NCDR 彙整)

里約熱內盧州山區的雨季集中在 10 月到隔年 3 月，一月份平均累積降雨量達 210 毫米，各月平均累積雨量曲線如圖 所示(INMET, 統計時間 1961- 1990)。2011/1/11~1/12 期間之累積雨量分布如圖 所示，新富麗堡、特勒索波里斯與貝德羅保利斯等三座主要受災區，即為降雨集中與累積雨量最高處。新富麗堡附近之 24 小時累積降雨達 260 毫米 (圖)，已打破其於 1964 年 1 月 24 日，日累積雨量 113 毫米之最高歷史紀錄，且該區兩天內之降雨，亦超過歷史一月份平均累積降雨量，可見本次雨量實為該區前所未見。

由所蒐集之相關報導資料顯示，崩塌災害係發生在 1 月 12 日凌晨，且崩塌並非發生在單一位址，而是密布在山區各處 (如圖)，災害發生當時最高時雨量達 60 毫米以上，且是發生在深夜，居民並無逃生警覺，加上政府並無於災前進行預防性疏散避難，因此導致該區建物、居民突遭遇崩塌掩埋，逃生、搶救困難，造成嚴重災害傷亡。新富麗堡鎮災前、災後衛星影像比對詳見圖 (NASA Earth Observatory)；特勒索波里斯災後影像顯示如圖 所示，由災後衛星影像中，即可

顯示災後多處地區發生嚴重崩塌與土石流災害之現況。

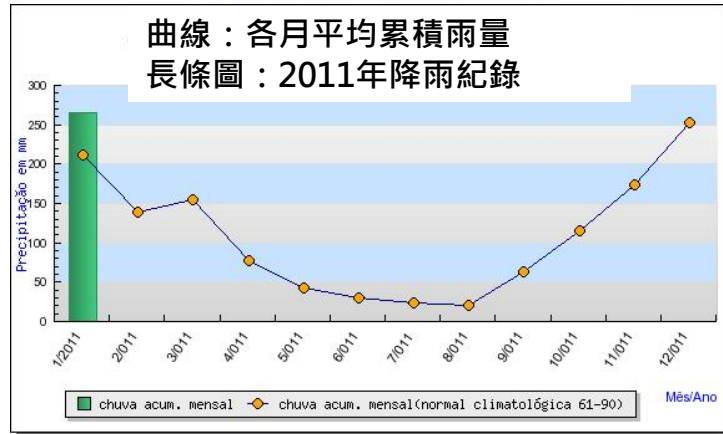


圖 10 里約熱內盧州山區雨量資料。(資料來源：巴西國家氣象科學研究所(INMET))

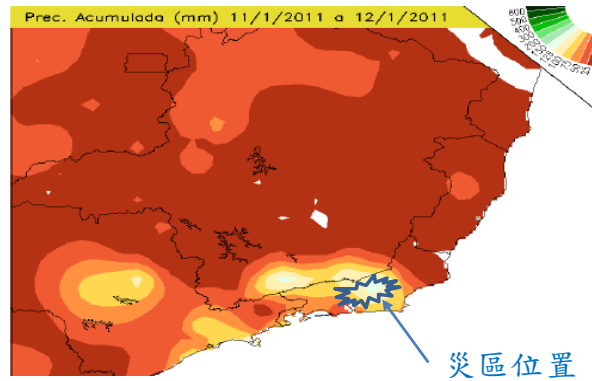


圖 11 巴西東南部 2011/1/11~1/12 日累積降雨分布圖(資料來源：巴西國家氣象科學研究所 (INMET))

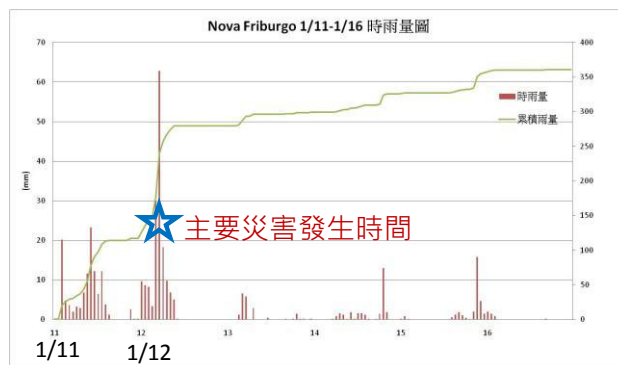


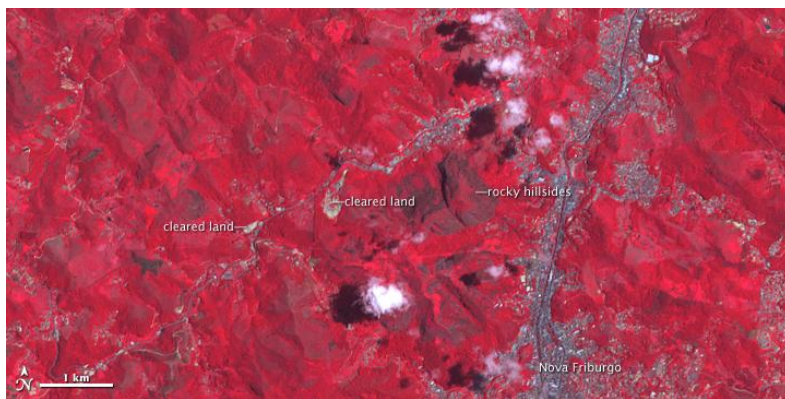
圖 12 新富麗堡鎮附近時雨量、累積雨量紀錄圖(資料來源：巴西國家氣象科學研究所(INMET))



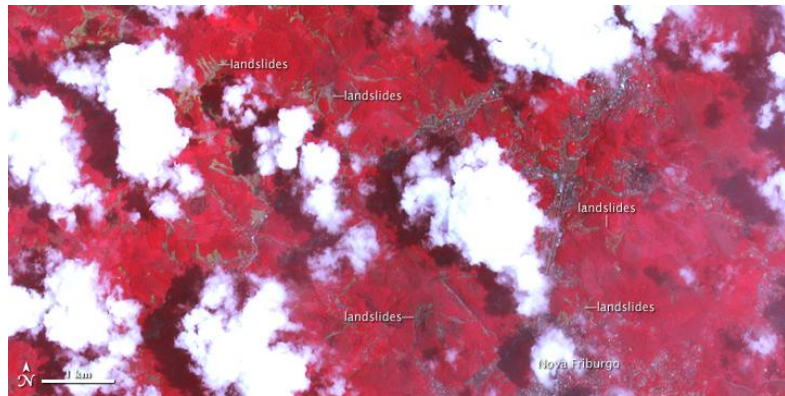
新富麗堡

特勒索波里斯

圖 13 主要坡地災害災情照片(照片來源：Agencia Brasil)



新富麗堡災前(2003 年)衛星影像



新富麗堡災後(2011 年)衛星影像

圖 14 新富麗堡災前、災後影像(資料來源：NASA)



圖 15 特勒索波里斯災後影像(資料來源：NASA)

三、里約熱內盧州應變作為

(一)搶救災歷程 (圖 16-17)

1. 1/11~1/12：連日暴雨，在新富麗堡、特勒索波里斯等山城，引發大規模坡地災害，創巴西受災死傷人數新高。
2. 巴西各相關單位於第一時間立即投入救災業務，軍隊亦立即動員投入救災行列。
3. 1/13：地檢署組成工作小組，派員進入受災嚴重山區，協助進行罹難者遺體辨識工作，以利後續安葬事宜。(資料來源：MPRJ 網站⁴)
4. 1/14：由於災區地處偏遠山區，多處道路橋梁於災時已受損中斷，傷患運送不易，軍方立即設立野戰醫院，就近協助民眾醫療處置，處理傷病患就醫、疫苗接種與環境消毒工作(資料來源：巴西政府網站⁵)。
5. 1/15：政府派出社工人員與心理專家進駐，新富麗堡和特勒索波里斯的收容避難所，協助受災民眾調適心理。(資料來源：MPRJ 網站)
6. 1/18：已修復 93%地區之電力系統、65%之供水系統(資訊來源：巴西政府網站)。
7. 1/18：恢復通往山區之交通要道，加速大型機具進入山區，進行復原重建工作(資訊來源：巴西政府網站)。
8. 1/19：無國界醫生組織進駐山區，協助災後復原工作，超過 10 個 NGO 團體，共同協助巴西進行復原重建工作(資料來源：巴西政府網站)。

巴西因歷年受災經驗頻繁，因此能有秩序地進行各項應變作為，包括：雖未能於災前進行疏散作業，但於災後能立即疏散大量民眾進入避難收容場所；民間

⁴ 里約熱內盧州地檢署，網址 <http://www.mp.rj.gov.br/portal/page/portal/Internet>

⁵ 巴西政府網址 <http://www.brasil.gov.br>

救援物資也快速運抵集結場所，義工立即投入支援將物資分類發放；政府衛生單位運送飲用水、急救消毒藥品；罹難人數眾多，為加速民眾辨識親人的作業，地檢署進行遺體容貌照相，提供家屬辨認，以避免過多民眾接觸遺體；大部分淹水地區受災區之復原情形較快，但山區崩塌、土石流災害之復原等工作相對耗時，且遷居安置工作更需要長時間的規劃實施。



圖 4 災害發生、緊急搶救、災害復原等照片(照片來源：Agencia Brasil)



圖 5 疏散避難、物資集結發送、災民安葬等照片(照片來源：Agencia Brasil)

(二) 政府因應政策

1. 巴西總統 Dilma Rousseff 視察災區，宣布於 1/17 投入 4.6 億美金之重建預算。
2. 1/18：目前正在為 5600 多個家庭尋找，新的土地興建房舍，以盡速搬遷居住。
3. 1/18：州政府擬定低利率信用貸款及長期還款辦法，以提供民眾重建家園

與購買生產機器。低息還款期可達十年，寬限期的範圍兩至四年。(Agencia Brasil)

4. 1/18：地檢署通知要求受災城市檢送各地防洪計畫書，以檢討該次事件是否超過防洪設計標準。(資料來源：MPRJ)
5. 1/18：州政府擬定相關條例草案，期能加強對大地工程環境風險進行診斷，針對高風險區域進行管控，以減少山體滑動。並對山坡地 30 度以上的地區進行開發監測。(資料來源：巴西政府網站)
6. 1/19：政府宣誓建立「全國災害預警系統」，希望能減少災害發生造成的損失。(資料來源：巴西政府網站)

四、問題探討分析

(一) 山坡地開發管制

隨著近年來經濟快速發展，巴西里約熱內盧市鄰近地區，開始新建度假旅店，而且也有許多小型工廠林立於此處，從受災照片顯示，受災地區並非位於貧民聚集地區，而是發生在樓房、商業區林地的發展地區，民眾原在山谷地區築起聚落，但逐漸向外擴張範圍，往山坡地發展，而未做好適當管制山坡地開發行為，與破壞山坡地水土保持，是此次引發崩塌、土石流的主要原因之一。巴西科技部指出：約有 500 萬巴西人仍居住在，類似此次發生坡地災害條件的風險區內，同時至少還有 800 處類似的坡地災害風險區(資料來源：巴西政府網站)。因此州政府擬定相關條例草案，希望加強對大地工程環境風險進行診斷，針對高風險區域進行管控，以減少山體滑動，並對山坡地 30 度以上的地區進行開發監測。



圖 6 巴西仍有許多民眾居住在高坡地災害風險地區(照片來源：Agencia Brasil)

(二) 災害預警系統建置

巴西國家氣象科學研究所⁶(Instituto Nacional de Meteorologia, INMET) 建置有天氣預報、數值預報、氣象觀測站、雷達觀測氣象系統，但尚缺完整災害

⁶ <http://www.inmet.gov.br/>

預警作業，同時里約熱內盧州的氣象常規觀測站加上自動觀測站僅有 22 站。據巴西當地媒體報導：「新富麗堡市政府官員指出 INMT 的預報是沒有警告效果的，因為日常收到的氣象預報中，都會有「大雨」的預報，但是沒有警告效果...。」為了解決當前氣象預報到災害應變間的接軌，巴西政府宣誓建立「全國災害預警系統」，希望能減少災害發生造成的損失。

(三)防救災體系運作

巴西洪水、坡地災害頻繁，因此有相當豐富的救災經驗，本次災害主要發生在深夜凌晨，因此居民警覺性低、災情傷亡嚴重，而且大規模崩塌災害亦造成民眾、房舍遭大量土石掩埋，救援不易。同時三個受災城市皆位於高山地區，增加搶救災及醫療補給困難：其中以新富麗堡最為偏遠，山區道路沿河谷興築，部分穿越 2,000 餘公尺高山，容易因崩塌災害而交通中斷，另外，水、電、維生等設施亦因災害中斷，恢復耗時，高山地區緊急救援，仰賴空中運輸。因此相關防救災體系與應變作為皆須依據當地特性作規劃與整備。

(四)坡地環境脆弱敏感區域劃設

根據美國 USGS 統計報告指出，里約熱內盧州是巴西坡地災害歷史紀錄最多的地區，加上近年經濟發展快速，人口集中往大城市，此得鄰近山區的開發增加坡地災害風險的暴露程度。該州原本就是高災害風險地區，再加上這次災害衝擊使原本脆弱地區更為敏感。目前立即面臨的問題，包括：河道平緩處，因土石淤積、河床與陸地齊高，研判無法立即疏浚河道，雨季期間恐有發生二次災害之虞慮；災後許多建物已成為危樓，居民需另覓安全地點進行安置與遷居。因此建立更細緻的坡地災害脆弱地圖與風險地圖，成為該州進行土地規劃利用管制最重要的依據。

五、結論與反省

本次里約熱內盧州發生的坡地災害，是巴西近幾十年來災情最嚴重的坡地災害事件。其死亡、失蹤總人數達 1,400 人以上。雖然造成本次災害的累積雨量僅達 24 小時累積 260 毫米的驟雨，但是因為坡地的過度開發，而加劇災情。未來面臨的問題包括：山區環境災後脆弱，禁不起再次災害衝擊；為解決當前問題，需要建立災害預警應變管理系統；評估災區聚落安全，災區復原、重建、遷建，山區開發管制等問題。

其中台灣面臨的山坡地開發管理問題，山區的觀光發展、都會型坡地社區的開發、山區道路開發建設、地質環境脆弱、坡地災害風險溝通及大規模崩塌管理等問題皆類似，應從巴西里約熱內盧州的坡地災害事件引以為借鏡，做好坡地

防災管理工作，以減少災害對台灣山區的衝擊損失。

資料引用

1. 巴西政府網站：<http://www.brasil.gov.br>
2. 里約熱內盧州政府網頁：<http://www.governo.rj.gov.br/>
3. 維基百科 2011 里約熱內盧災害事件紀錄
4. http://pt.wikipedia.org/wiki/Enchentes_e_deslizamentos_de_terra_no_Rio_de_Janeiro_em_2011
5. 巴西通訊社：Agencia Brasil：<http://agenciabrasil.ebc.com.br/>
6. 里約熱內盧地檢署：MPRJ：<http://www.mp.rj.gov.br/portal/page/portal/Internet>
7. USGS：<http://www.usgs.gov/>
8. 巴西統計局 IBGE：<http://www.ibge.gov.br/home/>
9. NASA Earth Observatory: <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/>
10. 巴西國家氣象科學研究所(INMET)：<http://www.inmet.gov.br/#>