

2022 年巴西豪雨災害探討

王俞婷¹、王昱文²、蘇敬傑³、謝芮云⁴、

魏靖軒⁵、何瑞益¹、張志新¹

¹ 國家災害防救科技中心 坡地與洪旱組

² 師範大學地球科學系 ³ 臺灣大學地質科學系

⁴ 中央大學土木工程學系 ⁵ 淡江大學水資源與環境工程學系

摘要

巴西每年雨季期間洪水及坡地災害頻傳，其中東南部的雨季為 12 月至 4 月之間，東北部沿海的雨季分布在 3 月至 8 月期間，今年雨季的強降雨使得東南部米納斯吉拉斯州(Minas Gerais)、里約熱內盧州(Rio de Janeiro)、聖保羅州(São Paulo)及東北部帕拉伊巴州(Paraíba)、伯南布哥州(Pernambuco)、阿拉戈斯州(Alagoas)等地區飽受洪水肆虐及坡地崩塌影響，其中以里約熱內盧州(Rio de Janeiro)、聖保羅州(São Paulo)影響最大。

一、 災害說明

巴西為地處於南美洲面積最大的國家，其國土面積約為 851.6 萬平方公里，人口數約 2.14 億排名世界第六名。其國土位於南美洲東

部，大部分位於赤道、南回歸線之間，毗鄰大西洋，全境大部份為熱帶氣候，北部是世界上最面積最大的亞馬遜平原，大部份赤道多雨氣候，降水豐沛，東北部略為乾燥，南部為巴西高原是世界上第二大的高原，以熱帶草原氣候為主，南部緯度較高，多丘陵、平原，多為亞熱帶濕潤氣候，偶見霜雪。境內亞馬遜河是世界上流量最大的河流，巴拉那河是南美洲第二大河(圖 1)。



圖 1 巴西水系圖(資料來源：修改自災防科技中心)

從 2021 年底開始，巴西就陸續降下大雨，截至 2022 年 6 月以前已經造成多處洪水災情，災情說明如下，災情分布如圖 2 所示。

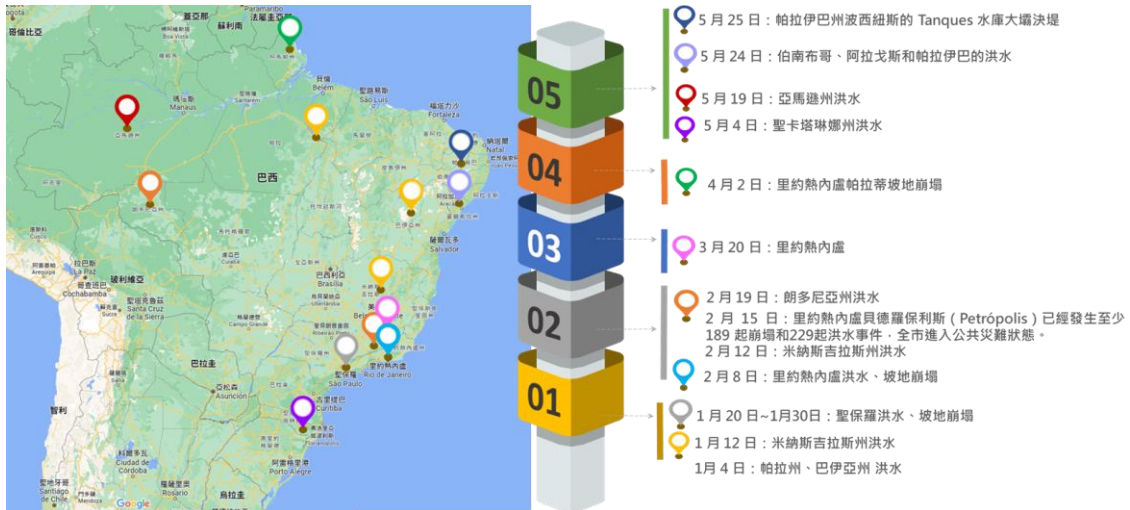


圖 2 巴西 1 月~5 月洪水及坡地災害分布(資料來源：彙整自災防科技中心)

- 1 月 4 日至 1 月 8 日：帕拉州(Pará)的托坎廷斯河和伊塔卡伊烏納斯河交匯處水位已超過正常水平 11.50 米，馬拉巴市 700 個家庭撤離。
- 1 月 12 日：米納斯吉拉斯州(Minas Gerais)約有 55,000 人受洪水影響。其中，瓦拉達雷斯市多西河洪水氾濫超過 10,000 人因流離失所，若昂皮涅羅和奧利維拉市的房屋，約有 5,000 人受到影響，該市暴雨造成的山體滑坡造成 5 人死。該州從 2021 年 12 月 22 日雨季開始以來，已有 13 個城市經歷嚴重洪水，鄰近巴伊亞州也受影響。
- 1 月 20 日~月 30 日，聖保羅州(São Paulo)發生洪水和崩塌。發生在 Arujá、Francisco Morato、Franco da Rocha、Jaú 和 Ribeirão

Preto 約 500 個家庭因邊坡崩塌和洪水流離失所，至少 19 人死亡 (圖 3)。

- 2 月 8 日：里約熱內盧州(Rio de Janeiro)大雨引發洪水和崩塌，截至 2 月 11 日，有 15,000 人受到影響，1,400 人流離失所。附近的 Laje do Muriaé，Muriaé 河於 2 月 10 日潰堤，造成大面積淹水。河流水位為 6.46 米，遠高於 5.6 米的大洪水水位。
- 2 月 12 日：米納斯吉拉斯州(Minas Gerais)南部 Leopoldina 的 Ribeiro Junqueira 發生洪水和崩塌。與里約熱內盧州(Rio de Janeiro)接壤的地區發生洪水氾濫，超過 15,000 人受到影響，數百人無家可歸。
- 2 月 15 日：里約熱內盧州(Rio de Janeiro)貝德羅保利斯(Petrópolis)發生至少 189 起崩塌和 229 起洪水事件，洪水影響社區包括：Alto da Serra、Corrêas、Centro 和 Mosela 等及崩塌影響社區包括 Quitandinha、Alto da Serra、Castelânea、Centro、Coronel Veiga、Duarte da Silveira、Floresta、Caxambu 和 Chácara Flora 等，截至 2 月 20 日，已有多達 152 人在這場災難中喪生，另有 120 人下落不明，共有 197 人受重傷並住院治療。此外，房屋受損導致 856 人無家可歸，住在該市的 12 個臨時避難所。全市進入

公共災難狀態。

- 2月19日：朗多尼亞州(Rondônia)的Cacoal發生洪水，Liberdade社區400個家庭撤離，共有1,400個家庭受到影響，道路和橋樑也遭到破壞(圖4、圖5)。
- 3月20日：米納斯吉拉斯州(Minas Gerais)的São Sebastião do Anta發生了大約100起崩塌和洪水事件，道路被淹、建築物受損或被毀。截至當地時間3月21日，里約熱內盧州有5人死亡，4人失蹤。地方當局提前開設了19個緊急收容中心，已有149人撤離家園。
- 4月2日：安格拉杜斯雷斯市(Angra dos Reis)鄰近地區在48小時內降雨量達到創紀錄的809毫米。洪水和崩塌造成嚴重破壞和死亡，該市宣布進入公共災難狀態。截至4月3日，有8人死亡，3人失蹤，共有181人從家中搬到臨時住所(圖7)。
- 5月4日：聖卡塔琳娜州(Santa Catarina)72小時內降雨量超過300毫米，洪水造成3人死亡，共有44,000人受到影響。房屋受損導致共有7,618人流離失所。個城市已宣布進入緊急狀態，包括Tubarão、Orleans、Forquilha、Urubici、Maracajá、Araranguá、São Joaquim、Lages和Laurentino。

- 5月19日：亞馬遜州（Amazonas）洪水已經影響 76,715 個家庭的 306,861 人，截至 5 月 23 日，多達 35 個城市宣布進入緊急狀態。
- 5月24日：伯南布哥州（Pernambuco）、阿拉戈斯州(Alagoas)和帕拉伊巴州(Paraíba)洪水摧毀了房屋，數百人流離失所受影響最嚴重的城市之一是佩內多，是自 1935 年開始監測以來最高的降雨總量，5 月 29 日，伯南布哥州有 79 人死亡，至少 3,957 人流離失所。共有 14 個城市或直轄市宣布進入緊急狀態。波西紐斯的 Tanques 水庫大壩決堤（圖 8）。

一月降雨及洪水範圍分布

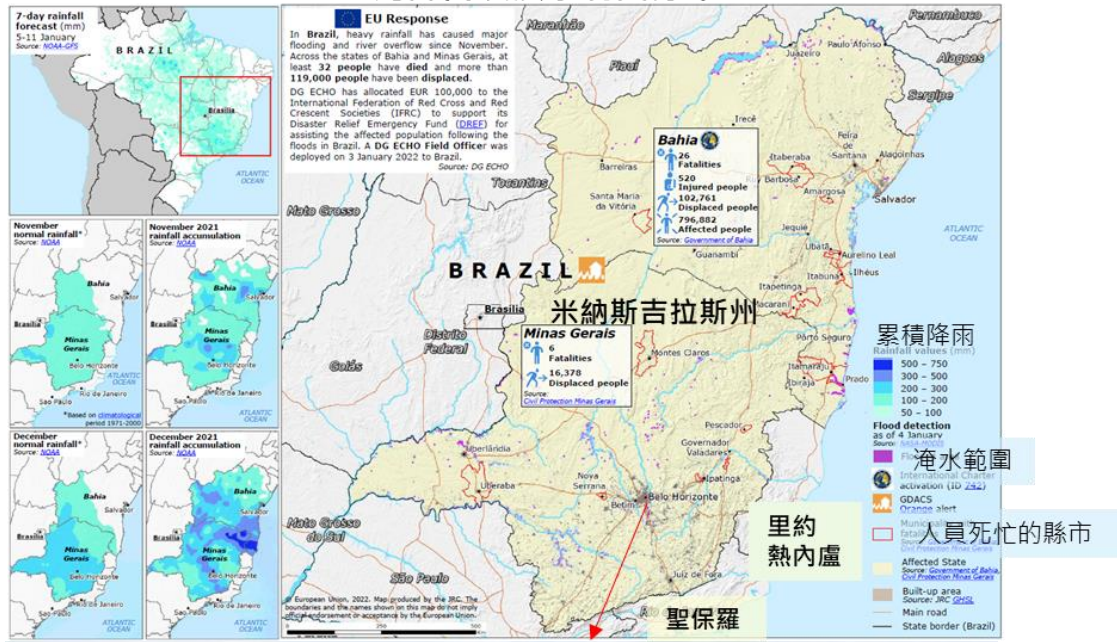
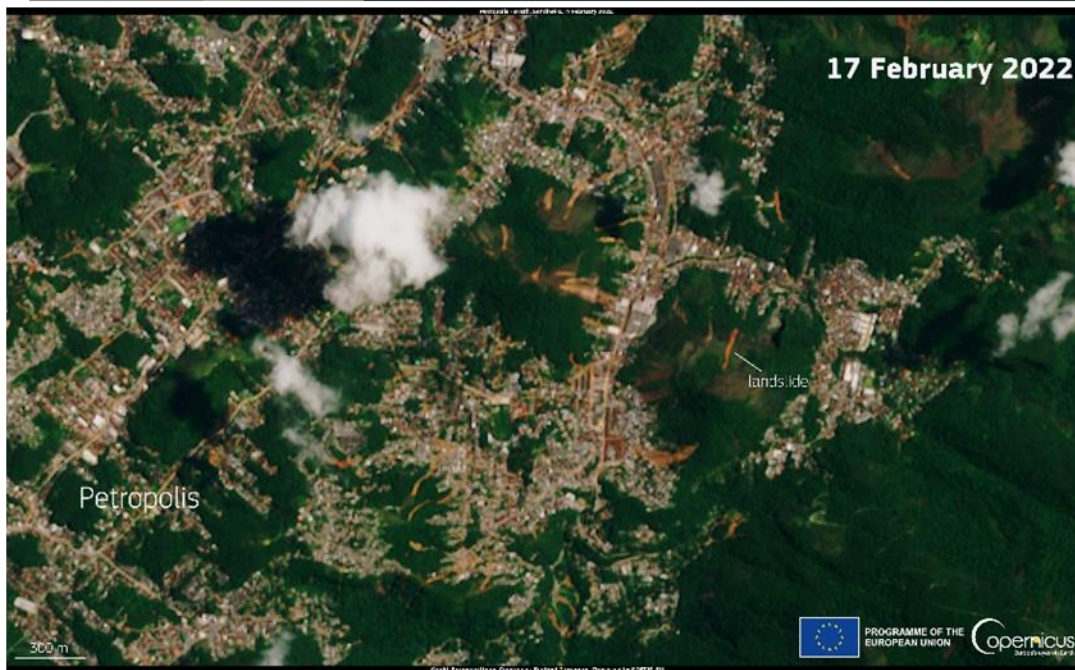
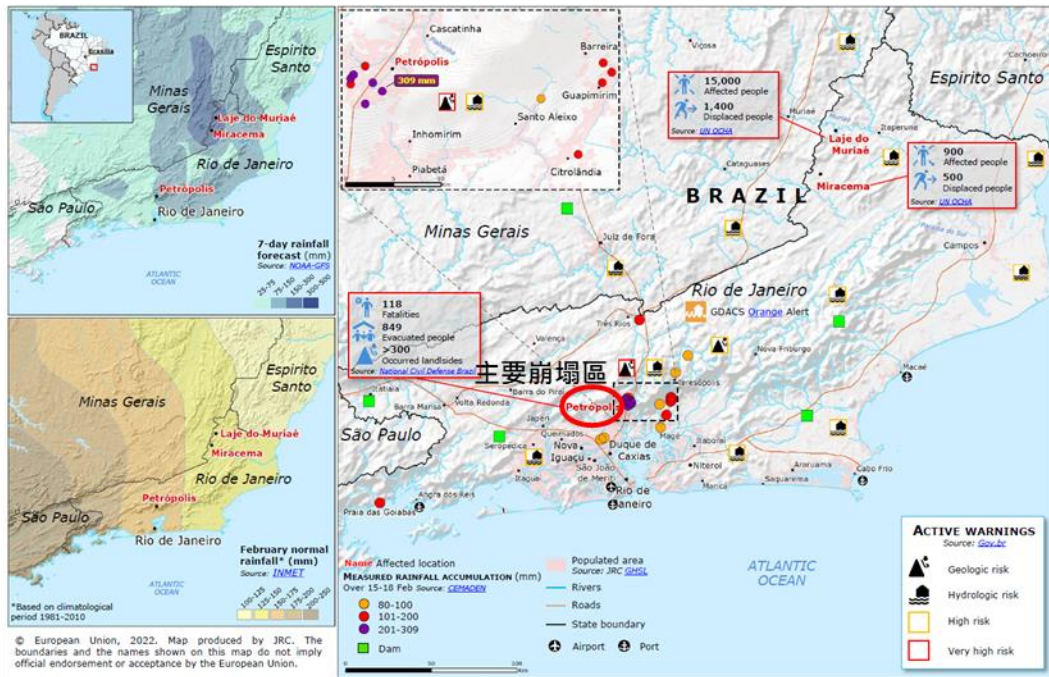


圖 3 米納斯吉拉斯州(Minas Gerais)一月洪水分布圖

二月降雨及洪水範圍及坡地崩塌分布



Sentinel-2衛星拍攝之貝德羅保利斯 (Petrópolis) 崩塌影像(2022/02/17)

圖 4 里約熱內盧州(Rio de Janeiro)二月災害分布



圖 5 貝德羅保利斯(Petrópolis)的 Alto da Serra 社區崩塌災前災後圖
(圖左為災前 google 影像，圖右為災後照片)



圖 6 巴西朗多尼亞洪水(來源：朗多尼亞政府)



圖 7 4 月里約熱內盧帕拉蒂坡地崩塌 (來源：Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro)

五月降雨及洪水範圍及坡地崩塌分布



圖 8 5 月東北部及亞馬遜州淹水及坡地崩塌

二、 氣象系統說明

根據統計，巴西的年降雨量約在 990 毫米至 1,500 毫米之間，其

中主要降雨在 12 月至隔年 4 月間(圖 9)，東北部大部分地區乾旱，沿海地區 3 月至 8 月為雨季，而西部和中部地區降雨量為 1,524 毫米至 2,032 毫米。東部和南部沒有旱季。

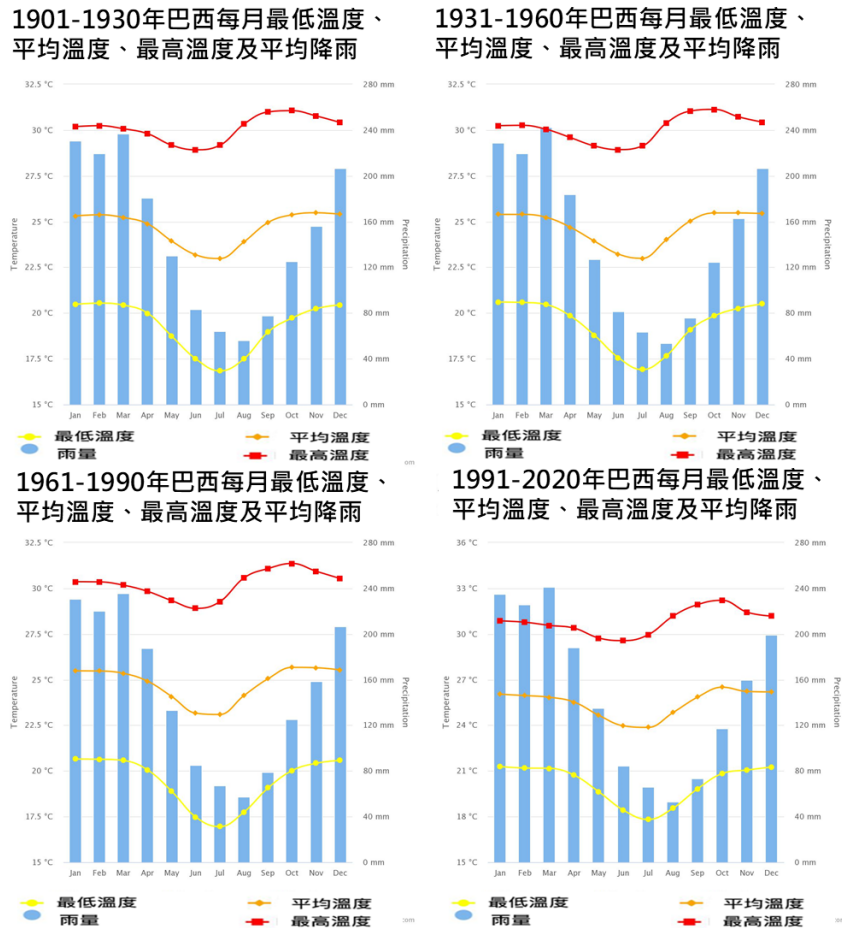


圖 9 巴西 1901-2020 每月最高、最低、平均溫度及平均降雨圖(資料來源：世界銀行)

南大西洋輻合帶 (SACZ)是巴西南部夏季(11月至3月)大範圍降雨的主要來源，其特徵是一個西北-東南方向的持續雲帶，連接亞馬遜南部地區和副熱帶南大西洋西部，持續時間至少為四天。根據巴

西國家氣象研究所(INMET)，2022 年 1-5 月之月報顯示，因南大西洋輻合帶 (SACZ) 的作用引起的強降雨，第一波為 1 月 6 日至 1 月 12 日間降雨集中在米納斯吉拉斯州(Minas Gerais)、里約熱內盧(Rio de Janeiro)以北和戈亞斯州(Goiás)以西，第二波為 1 月 29 至 2 月 2 日間降雨集中在里約熱內盧和帕拉地區，第三波為 2 月 8 日至 2 月 12 日間(圖 10)，第四波為 2 月 19 日至 2 月 22 日間，第三及第四波降雨集中在里約熱內盧州和亞馬遜州，2 月 9 日 Cambucí-RJ 在 24 小時內降下 157 毫米，Itaperuna-RJ 降下 138.6 毫米，造成當地洪水及崩塌災害。

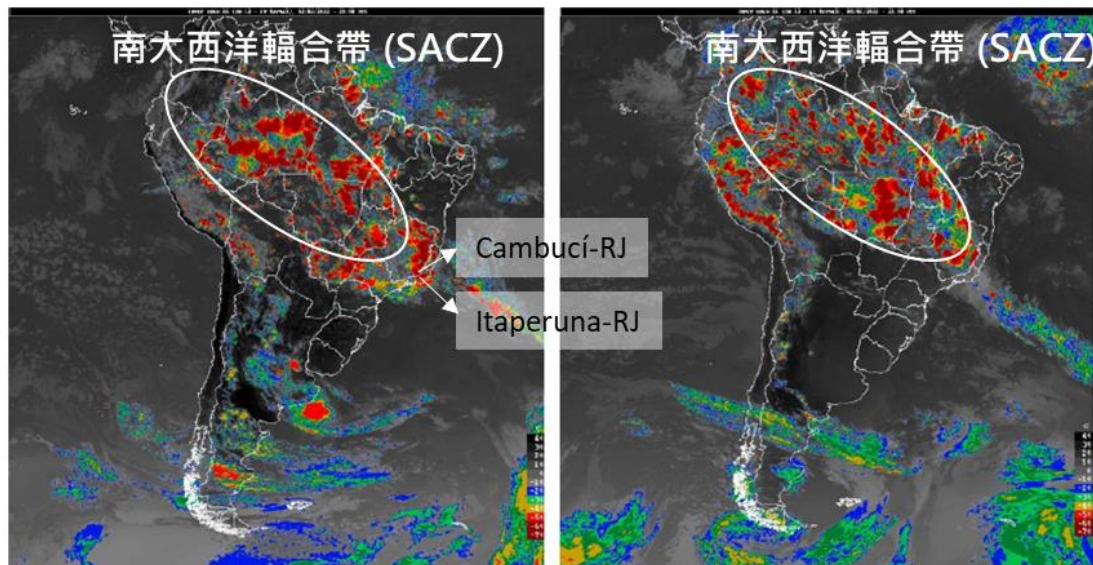


圖 10 (左)2 月 2 日 20 UTC (格林威治標準時間 17:00) 和(右)2 月 9 日 22 點 (格林威治標準時間 19:00) 衛星圖像(資料來源：西國家氣象研究所(INMET))

時至 3、4 月，熱帶輻合帶 (Intertropical Convergence Zone, ITCZ) 系統開始向赤道遷移，到達南緯 4°。但在 3 月 20 日左右，在巴西東

南部和南部海岸地區，因冷鋒接近以及濕熱氣團造成大雨，在里約熱內盧不到 10 小時就降下超過 255.6 毫米的雨量(圖 11)。

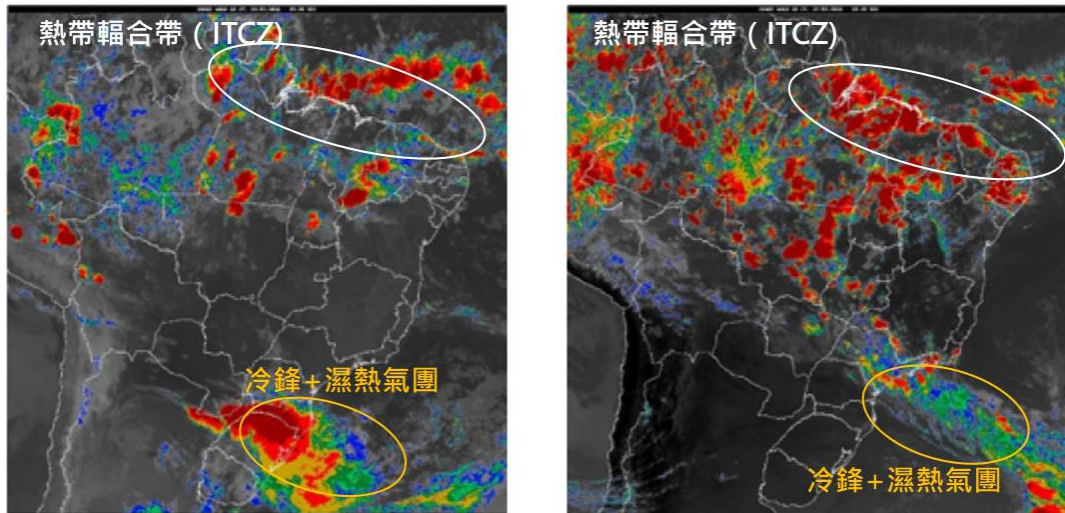


圖 11 (左)3 月 24 日 09 UTC (格林威治標準時間 06:00) 和(右)3 月 27 日 19:20 (格林威治標準時間 16:20) 衛星圖像(資料來源：西國家氣象研究所(INMET))

5 月除了北部地區與熱帶輻合帶 (ITCZ) 影響，東北部東海岸暴雨是由東波擾動 (Easterly Wave Disturbances, EWDs) 和強濕度輻合共同造成的，南部地區則為大量濕熱空氣與冷鋒相結合造成強降雨(圖 12)。

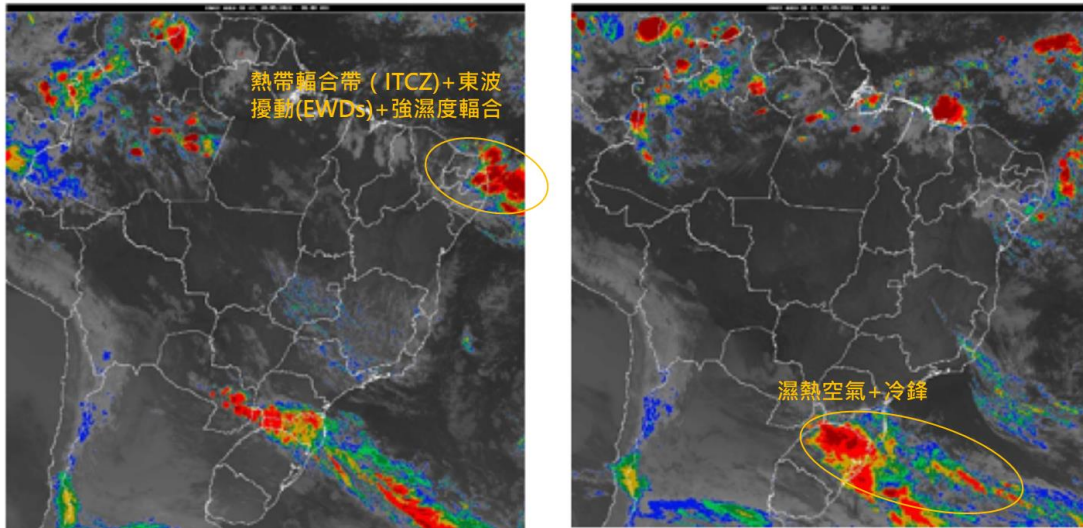


圖 12 (左)5 月 28 日 08 UTC(巴西時間 05:00)和(右)5 月 29 日 04:00 (巴西時間 01:00)衛星圖像(資料來源：西國家氣象研究所(INMET))

三、 綜合問題討論

1.強降雨與累積雨量的增加

整個 2022 年上半年，豪雨造成巴西各地洪水、坡地災情不斷，透過巴西國家氣象研究所(INMET)分析指出，米納斯吉拉斯州(Minas Gerais)、聖保羅州(São Paulo)、巴伊亞州(Bahia)、托坎廷斯州(Tocantins)和戈亞斯州(Goiás)的部分地區在 2022 年 1 月的累積降雨量超過了該月降雨偏差；2 月馬托格羅索州(Mato Grosso)、里約熱內盧州(Rio de Janeiro)、戈亞斯州(Goiás)、聖埃斯皮里圖州(Espírito Santo)、米納斯吉拉斯州(Minas Gerais)和帕拉州(Pará)等累積降雨量超過了歷史平均水平；3 月馬拉尼昂州(Maranhão)記錄了比歷史平均更高的最高值；4 月里約熱內盧州(Rio de Janeiro)、馬拉尼昂州(Maranhão)、南里奧格蘭德州(Rio Grande do Sul)、巴伊亞州(Bahia)和帕拉州(Pará)的暴雨使得

累積降雨量超過了歷史平均水平；5 月帕拉伊巴州 (Paraíba)、伯南布哥州 (Pernambuco)、阿拉戈斯州(Alagoas)、南里奧格蘭德州(Rio Grande do Sul)和帕拉州(Pará)也超過了歷史平均水平(圖 13)。

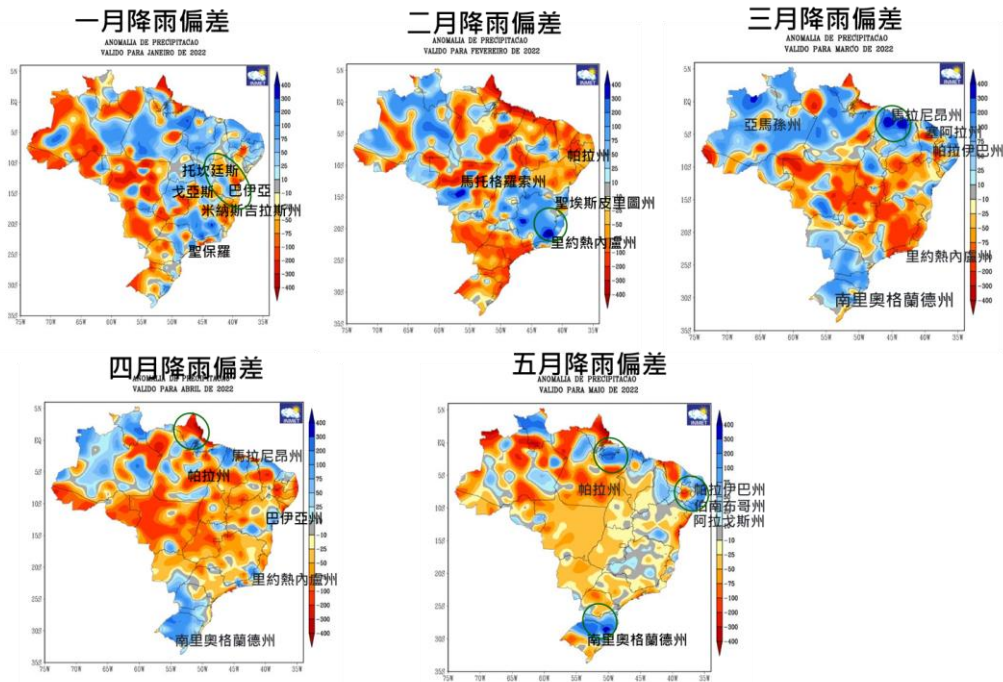


圖 13 各月累積降雨與 1981-2020 年的降雨偏差(資料來源：西國家氣象研究所(INMET))

2. 社會脆弱性

巴西東北地區的伯南布哥州(Pernambuco)和阿拉戈斯州(Alagoas)沿海地區有著悠久洪水歷史，以 2010 年、2017 年的洪水災害均造成該區嚴重傷亡損失，巴西東北部是巴西最貧窮及最不發達的地區。以伯南布哥州 (Pernambuco) 首都累西腓而言，其為 2022 年洪水受災最嚴重之地區之一，該地位於 70 條運河交匯處，因快速的城市化進

程使得人口密度高，在土地利用上出現問題，除了讓城市邊界在幾乎無監督和規劃情況下擴展，也讓人民居住在坡地及洪水易發生地區。其中，包括建在坡地陡峭區、邊坡住宅等結構性問題及排水、衛生系統等，快速增加崩塌風險(圖 14)。



圖 14 累西腓的住房不平等(資料來源：Miguel Angel Trejo Rangel, October 14, 2021)

四、 結論

巴西東北部帕拉伊巴州 (Paraíba)、伯南布哥州 (Pernambuco)、阿拉戈斯州(Alagoas)等及東南部米納斯吉拉斯州(Minas Gerais)、里約熱內盧州(Rio de Janeiro)、聖保羅州(São Paulo)等為雨季期間容易造成洪水及坡地災害之地區，近年降雨型態改變，降雨強度增強，累積雨

量增加，加上當地城市化增加，低窪易遭洪水侵襲及陡峭邊坡的無計畫和非法增加使得災害加劇，政府雖對於災害風險管理法律與政策有改變，但仍需加強預警與預防行動以減少災害損失。

五、 參考文獻

1. 巴西政府網站 <http://www.brasil.gov.br/>
2. 里約熱內盧網站 <http://www.rio.rj.gov.br/>
3. 巴西通訊社 <http://agenciabrasil.ebc.com.br/>
4. 世界銀行網站
<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/brazil/climate-data-historical>
5. 哥白尼網站
<https://www.copernicus.eu/en/media/image-day-gallery/deadly-landslides-petropolis-brazil>
6. USGS <http://www.usgs.gov/>
7. GDACS
<https://www.gdacs.org/report.aspx?eventid=1101285&episodeid=2&eventtype=FL>
8. 巴西國家氣象科學研究所 <https://portal.inmet.gov.br/>
9. 聖卡塔琳娜州民防 <https://www.defesacivil.sc.gov.br/>
10. Brazil – Floods Affect Thousands in Minas Gerais and Rio De Janeiro States(2022/02/14)
<https://floodlist.com/america/brazil-floods-minas-gerais-rio-de-janeiro-february-2022>
11. 2022 Northeastern Brazil Floods (2022/01/08)

<https://disasterphilanthropy.org/disasters/2022-northeastern-brazil-floods/>

12. Climate change increased heavy rainfall, hitting vulnerable communities in Eastern Northeast Brazil, 05 July, 2022

<https://www.worldweatherattribution.org/climate-change-increased-heavy-rainfall-hitting-vulnerable-communities-in-eastern-northeast-brazil/>