

2022 年馬達加斯加之巴茲萊氣旋災害事件紀錄

李威霖、何瑞益、張志新

國家災害防救科技中心 坡地與洪旱組

摘要

2022 年 2 月 6 日巴茲萊氣旋(Batsirai)於馬達加斯加 Mananjary 以北 14 公里處登陸，影響持續到 2 月 8 日。巴茲萊氣旋事件造成至少 121 人罹難，超過 2 萬 9 千人於事件後一週仍然收容於避難處所。根據世界氣象組織的統計資料顯示，2022 年 1 月至 4 月期間侵襲馬達加斯加熱帶氣旋的強度為近 50 年最大強度，且侵襲馬達加斯加的次數已經高於過往統計平均值，再加上 2022 年前遇到嚴重乾旱災害和 Covid-19 災害造成的糧食危機，加劇本次熱帶氣旋事件造成的災害範圍及社會經濟損失。

一、氣象分析馬達加斯加地理環境與整體氣候概述

1-1、馬達加斯加地理環境概述

馬達加斯加是位於非洲東南部近海的印度洋島嶼國家，其國土面積為 59 萬 2800 平方公里 [1]。馬達加斯加地形分布如圖 1 所示 [2]。東海岸沿線存在一條狹長險峻的陡崖，區域內保留大部分熱帶低地森林；陡崖所在山脊以西是位於島嶼中部的高原，海拔高度在 750 到 1500 公尺之間，也是島上人口最稠密的地區；高地以西氣候逐漸乾燥，地勢向沿海地區的莫三比克海峽和紅樹林沼澤傾斜[1]。島上最高的山峰為 Maromokotro，其標高達 2876 公尺；最長河流為 Betsibuka，總長達 525 公里 [1]。

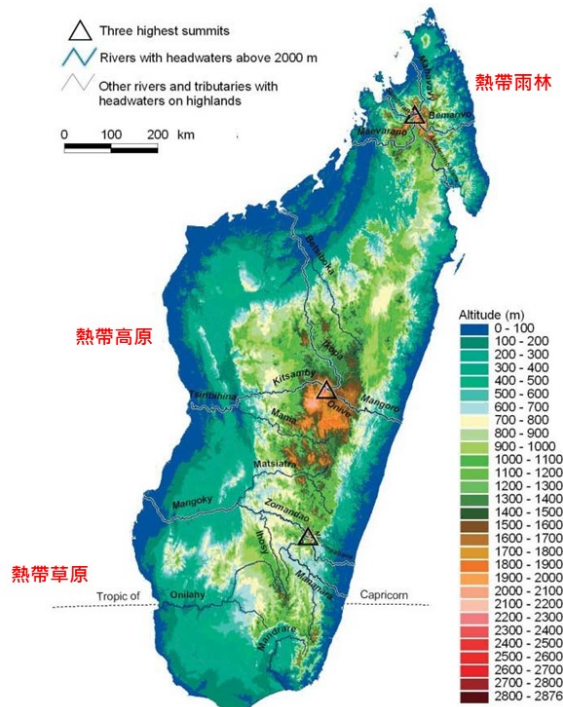


圖 1、馬達加斯加地形圖（圖片來源：NCDR 修改 Wilmé et al. 2006 [2]）

1-2、馬達加斯加氣候概述

馬達加斯加位處南半球，國土跨越南緯 12° 到 26° 與東經 43° 到 51° 之間，受東南信風和西北季風的共同影響，如圖 2 所示，馬達加斯加每年 11 月至次年 4 月都是炎熱的雨季，並且經常受氣旋影響而致災，每年的 5 至 10 月則是相對較為涼爽的旱季 [1, 3]。

東部受溼潤的信風影響，終年多雨，年降水量 1,500 毫米至 3,500 毫米；中央高原、西北部和西部年降水量減少到 1,000 毫米至 1,800 毫米，乾溼季分明，全年雨量 90% 以上集中在雨季；西南部降雨最少，Tular 年降水量只有約 300 毫米，而年蒸發量達 1,800 毫米以上，如圖 3 所示[4]。

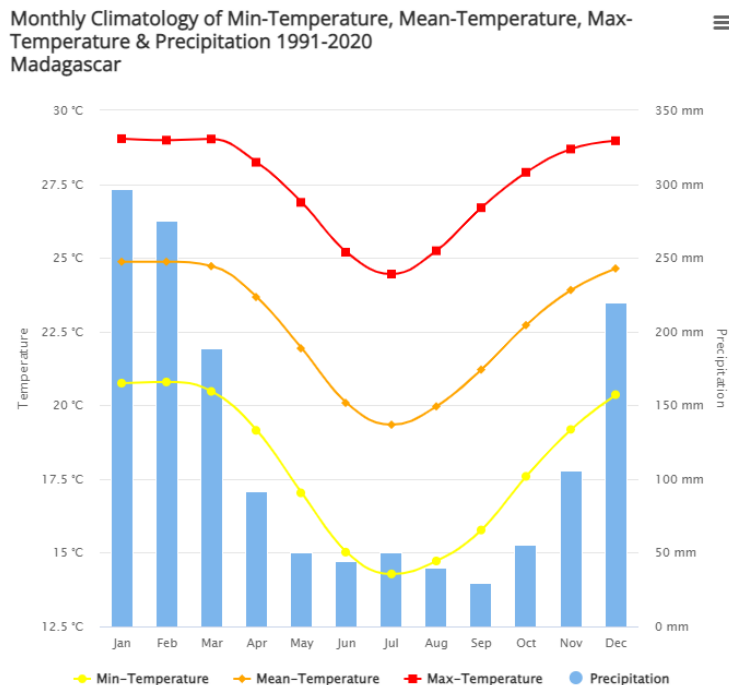


圖 2、馬達加斯加地區逐月平均雨量和平均溫度變化圖（圖片來源：World bank group [3]）

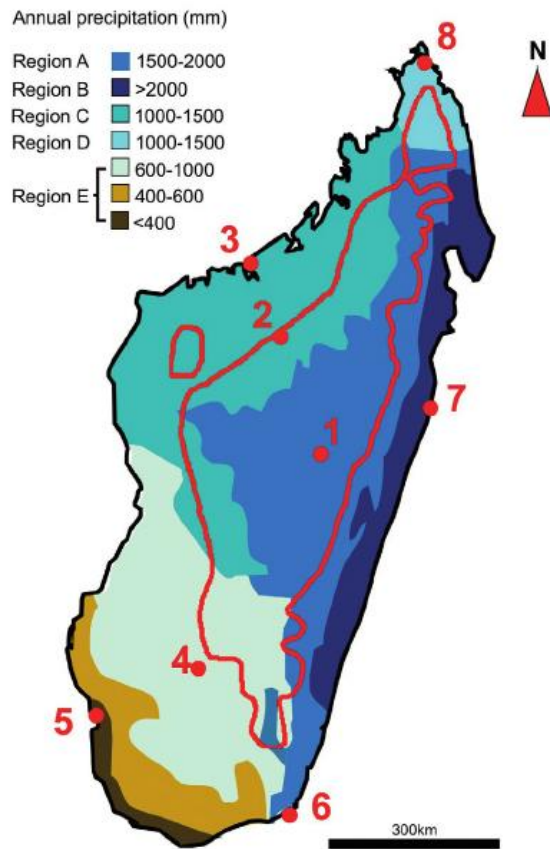


圖 3、馬達加斯加地區年平均雨量分布圖（圖片來源：Szabó et al. 2015 [4]）

二、巴茲萊氣旋及其現象探討

2-1、巴茲萊氣旋概述

世界氣象組織(World Meteorological Organization, WMO)西南印度洋區域專責中心(法國氣象局留尼旺分部, Météo-France La Réunion, MFR)於馬達加斯加時間，2022年1月26日(UTC+3)，正式通報一個新的熱帶低氣壓生成於南緯 8.0 度和東經 86.0 度，如圖 4 所示 [1, 5]。2022年1月27日(UTC+3)，MFR 將其升格為強烈

熱帶風暴並命名為巴茲萊(Batsirai)，並持續增強和往西移動，曾經一度升格為強烈熱帶氣旋。於 2022 年 2 月 6 日凌晨 1 點，巴茲萊氣旋已經減弱為強烈熱帶風暴，並於馬達加斯加 Mananjary 以北 14 公里處登陸。巴茲萊氣旋登陸之後，沿馬達加斯加內陸之西南方向前進(圖 4)，並逐步減弱為中度熱帶風暴。於 2022 年 2 月 7 日凌晨 3 點，巴茲萊氣旋從馬達加斯加西岸 Manombo 出海，並進入莫三比克海峽(Mozambique Channel)。出海後，直到 2022 年 2 月 8 日晚間 9 時，巴茲萊氣旋才降為熱帶氣旋，其影響才逐漸消失 [1, 5]。

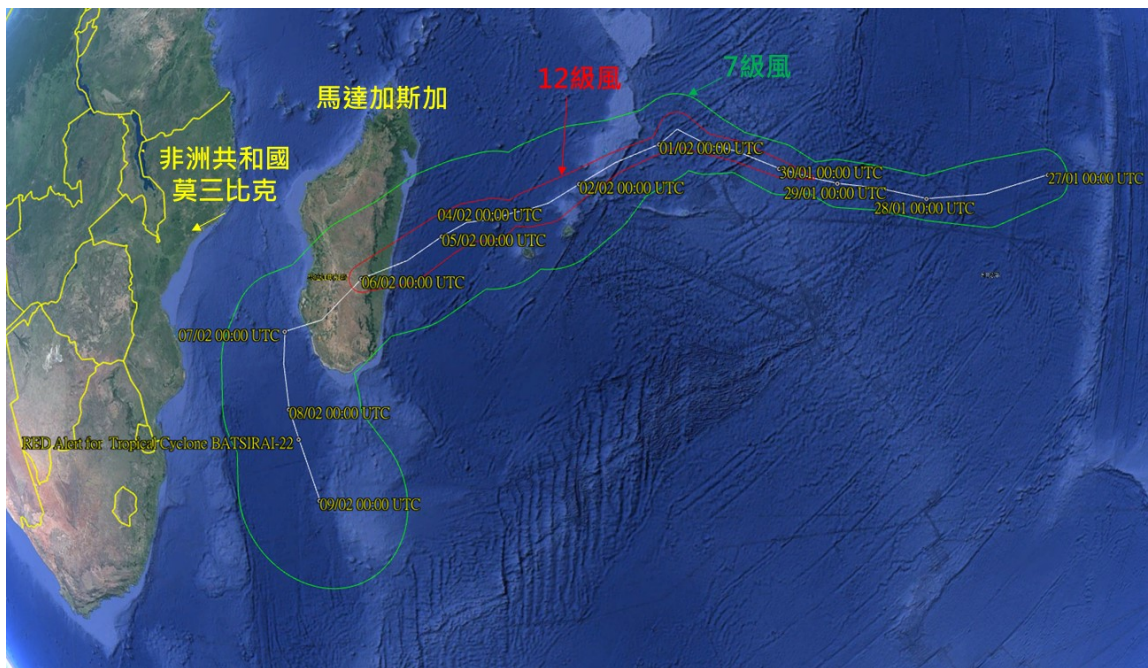


圖 4、2022 年巴茲萊(Batsirai)氣旋路徑圖 (圖片來源：NCDR 修改 GDACS [5])

2-2、事件降雨及其西南印度洋熱帶氣旋特性探討

如圖 5 所示，Map Action 資料顯示巴茲萊氣旋於馬達加斯加地區 3 日累積降雨圖(主要影響時間為 2022 年 2 月 5 日至 7 日)，最大累積雨量將近 550 毫米 (衛星估計降雨)，降雨集中於馬達加斯加東岸 fitovinany [6]。如圖 2 所示，World Bank Group 資料顯示馬達加斯加地區年平均雨量約 1,450 毫米，此次降雨事件於 3 日內降下 1/3 的年平均雨量 [3]。如圖 6 所示，根據 Goble Disaster Alert and Coordination System (GDACS)，巴茲萊氣旋影響期間最大暴潮高度達 0.5 公尺，主要發生在馬達加斯加東岸 fitovinany 沿海地區，是以豪雨加上暴潮的交互影響下，造成馬達加斯加東岸傳出嚴重災情 [5]。

巴茲萊氣旋最低中心氣壓曾經達到 934 百帕，曾經最大風速約為 54 公尺/秒，依據法國氣象局統計西南印度洋熱帶氣旋的資料，歷史最低中心氣壓發生於 1968 年，其值為 933 百帕；歷史最大風速發生於 1975 年，其值約為 77 公尺/秒；歷史最大 24 小時累積雨量發生於 1966 年，其值為 1,825 毫米；歷史最大 4 日累積雨量發生於 2007 年，其值為 4,869 毫米；45 年統計資料顯示(1968 - 2013)平均一年一次熱帶氣旋登陸馬達加斯加 [7]。從 2022 年 1 月

至 4 月期間，西南印度洋共計生成有 12 個熱帶低氣壓(法國氣象局留尼旺分部定義)，其中有 5 個登陸馬達加斯加 [1]。從此可知，巴茲萊氣旋的中心氣壓為近半世紀來最低者，儘管最大風速和累積雨量並非歷史之最，但也是 2022 年西南印度洋熱帶氣旋之最大者；此外，2022 年 1 月至 4 月期間，西南印度洋熱帶氣旋登陸馬達加斯加的數量異常倍增，相較年平均侵襲次數高達五倍之差距。從此可知，截至 2022 年 4 月底，西南印度洋熱帶氣旋現象相較往年來的異常，不僅頻率倍增，且熱帶氣旋的強度亦為近半世紀之最，相關證據說明巴茲萊氣旋現象不同於往常，應可歸屬於異常之西南印度洋熱帶氣旋現象 [7]。

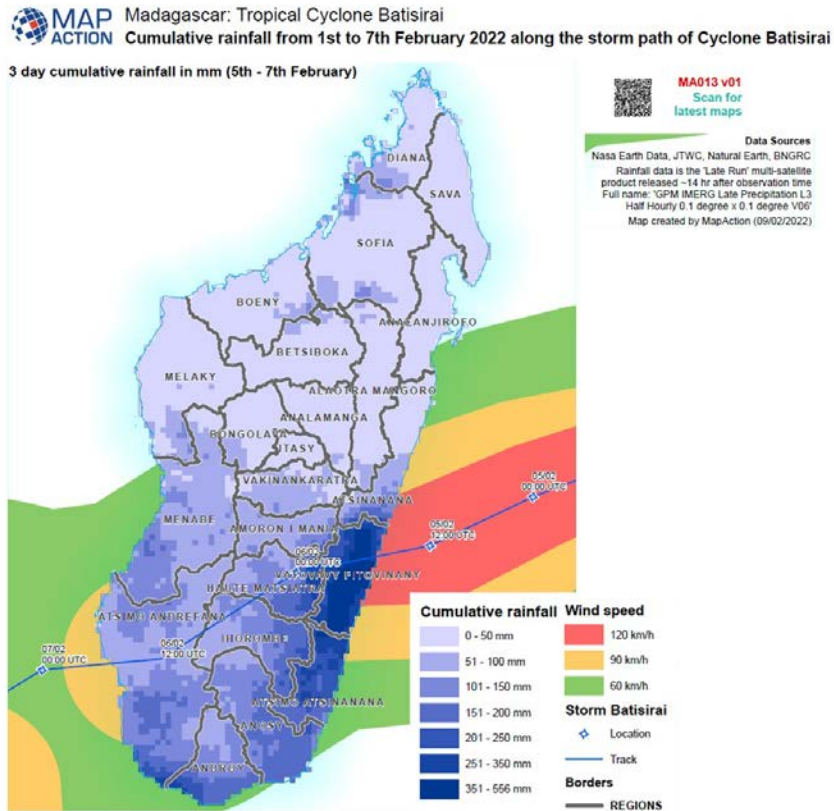


圖 5、馬達加斯加巴茲萊氣旋 3 日累積雨量 (圖片來源：Map action [6])

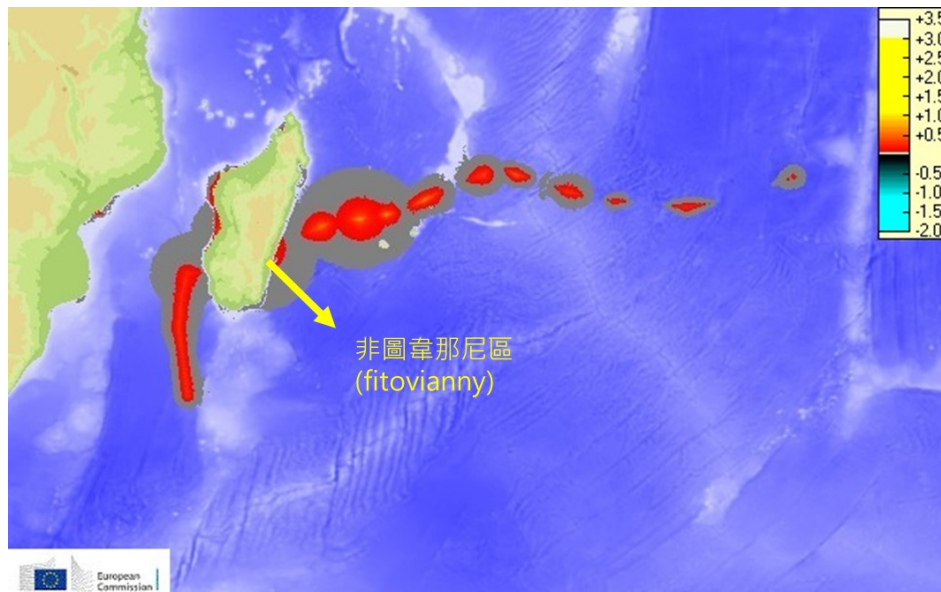


圖 6、馬達加斯加巴茲萊氣旋期間最大暴潮紀錄 (圖片來源：GDACS [5])

災害紀錄：馬達加斯加巴茲萊氣旋災害紀實

依據聯合國人道事務協調組織 (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, OCHA) 的調查報告(截至 2022 年 2 月 13 日)，巴茲萊氣旋事件至少 121 人罹難，其中有 87 人死於 Ikongo 山區的崩塌災害中；此外，有超過 2 萬 9 千人於事件後一周仍然收容於避難處所，將近 1 萬 9 千棟房子受到影響；此次事件影響 13 萬 3 千多學齡兒童就學，因為有超過 4,500 間教室遭到損壞；以及 Mananjary 的醫療系統受到嚴重衝擊，至少有 69 間醫療機構受到影響而無法運作；由於氣旋事件後當地仍持續降雨，影響後續的救災和復原工作 [8]。

圖 7 為 Emergency response coordination center (ERCC) 提供的巴茲萊氣旋的淹水範圍判釋結果，可知此次事件淹水主要發生於暴雨和暴潮集中的 Mananjary [9]。圖 8 為美國航空暨太空總署透過 MODIS 衛星拍攝的巴茲萊氣旋事件前、後的影像，可見東南沿岸河流低地直到 2 月 10 日 都還處於淹水狀態，此時已經是氣旋事件後的兩天 [10]。圖 9 為世界糧食組織(World Food Programme, WFP)和 NHK 報導馬達加斯加地區巴茲萊氣旋事件的災後照片，可見沿海低窪地區受到嚴重的淹水影響，以及建物倒塌受損的情況 [11, 12]。

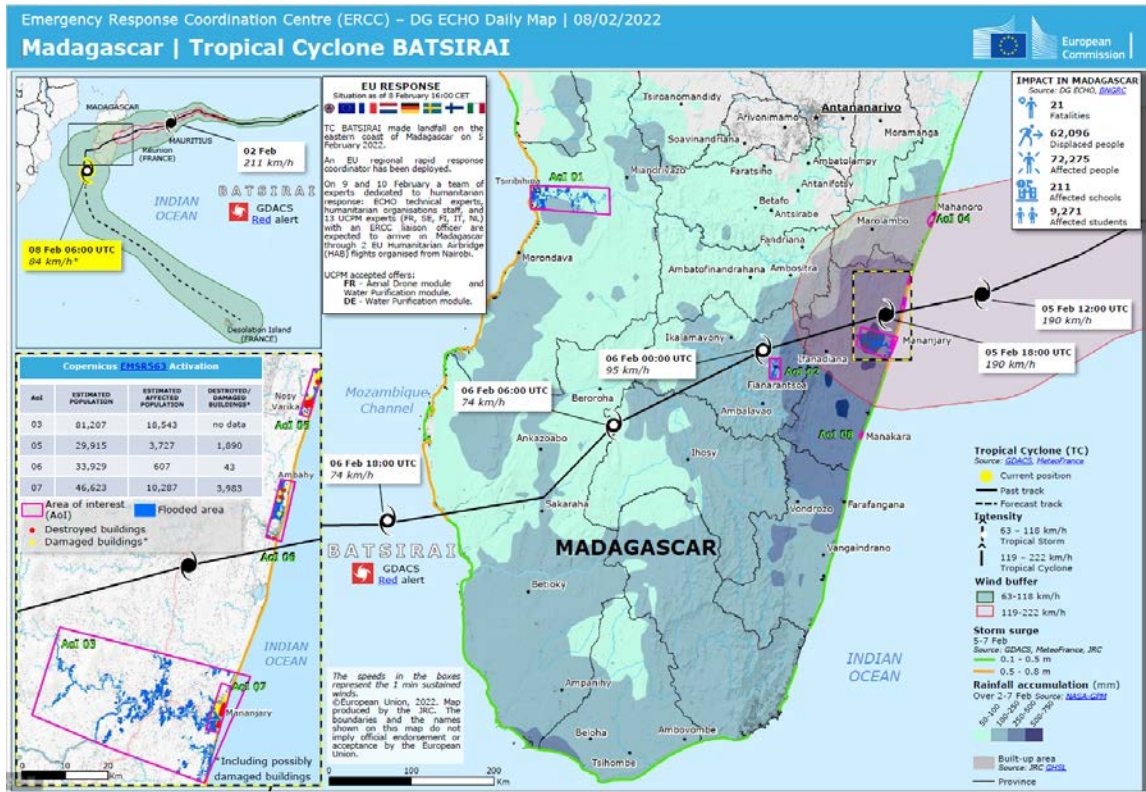


圖 7、巴茲萊氣旋造成馬達加斯加東南區域淹水災害 (圖片來源: ERCC [9])

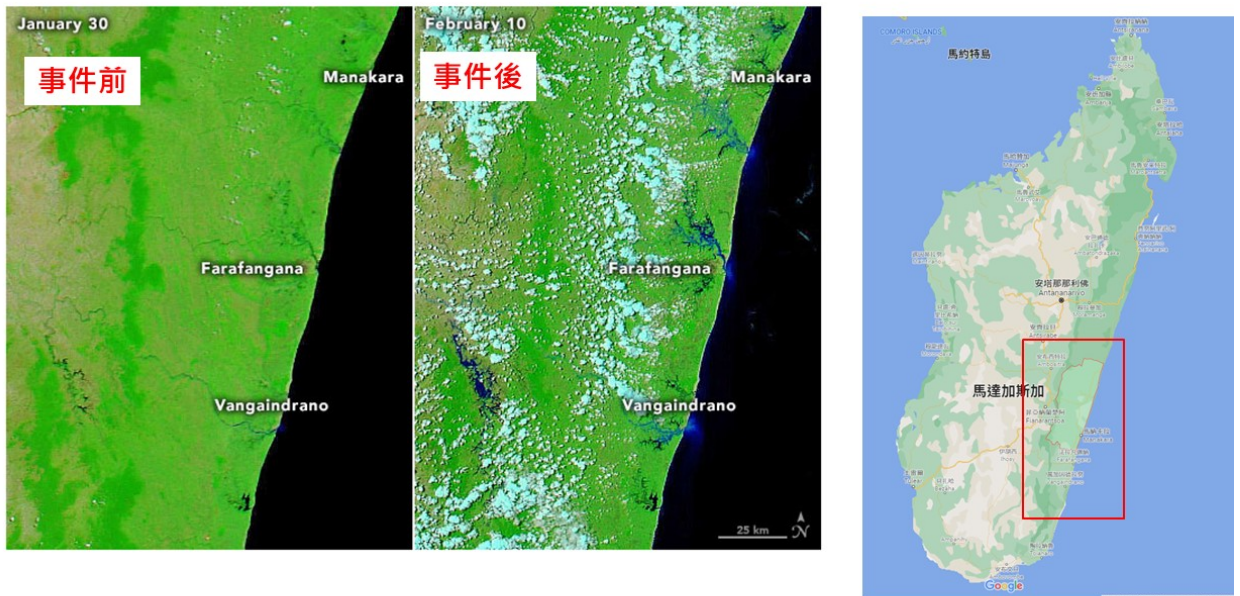


圖 8、巴茲萊氣旋事件前後馬達加斯加東南區域 MODIS 衛星影像比對圖 (圖片來源: NCDR 修改 NASA [10])



圖 9、巴茲萊氣旋事件於馬達加斯加地區災後照片(圖片來源:圖左為 WFP、圖右為 NHK [11, 12])

三、 2022 年馬達加斯加面臨之複合型暨極端災害衝擊概述

OCHA 針對 2022 年西南印度洋熱帶氣旋事件及其對馬達加斯加的影響進行探討與分析，並於 2022 年 4 月提出多份分析報告 [8]。報告指出，於 2022 年 1 月到 3 月期間，馬達加斯加共遭遇五次熱帶風暴與熱帶氣旋的侵襲，分別為 Ana, Batsirai, Dumako, Emnati, 和 Gombo [8]。依據報告統計，馬達加斯加於此五場事件中，總計受影響的人數超過 96 萬人，高達 6 萬公頃的稻田受到洪水嚴重影響，國家稻米產量損失 40 % 以上，至少有 47 萬人面臨糧食危機，以及大量的農作物(咖啡、香草和丁香)受損，估計經濟損失超過 1 億 6 千萬美元 [8]。

Assessment Capacities Project (ACAPS) 指出，從 2020 年 4 月開始至 2022 年 1 月之前，馬達加斯加受旱災長期影響 [13]。旱災發生於南部 Andoy、Anosy、Atsimo-Anderfana、和 Atsimo-Atsinana 等地區，圖 10 可知，2021 年 4 月時馬達加斯加南部地區仍有超過 40% 的人口正面臨著糧食不足的危機。再加上受到 Covid-19 疫情衝擊的影響，南部居民出現大量的人口遷移和非法活動，北遷的貧窮人口更在北部城市造成嚴重歧視和社會對立。報導指出，2022 年熱帶氣旋並未給南部地區帶來充足的雨水，反而對原本東北部的糧食

生產區造成破壞，致使全國糧食價格持續上漲。

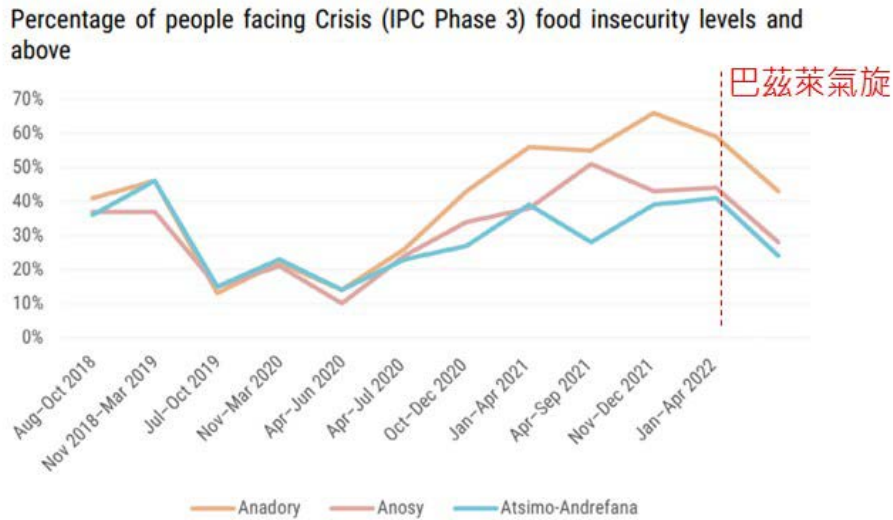


圖 10、馬達加斯加南部受旱災影響面臨糧食危機人口百分比變化圖（圖片來源：NCDR 修改 ACAPS [13]）

根據聯合國標準，馬達加斯加屬於最低度開發國家，其中 90% 日均收入不到 2 美元 [1]。截至 2010 年，馬達加斯加擁有約 7617 公里的鋪設公路，854 公里鐵路和 432 公里通航水道；然則，該國大部分道路未經鋪砌，到了雨季就會無法通行。馬達加斯加航空公司在島上的許多小支線機場提供服務，這也是道路在雨季受到沖刷後人們前往許多偏遠地區的唯一途徑。截至 2009 年，只有 6.8% 的社區可以用上由國營供應商 Jirama 提供的自來水，9.5% 的社區能用上其提供的電。全國供電中 56% 來自水力發電廠，另外 44% 則需動用柴油發電機。行動電話和網際網路接入在城市地區較為普及，但農村仍然很有限。只有約 30% 的地區能夠通過行動電話或陸上線路獲

得國內幾家私營電信網絡的服務。馬達加斯加許多人仍然無法獲得醫療服務，2010年，擁有2,200萬人口的馬達加斯加一共只有3,150位醫生，每一萬人口平均只擁有3張病床。種種數據指出，馬達加斯加是一個面對天然災害脆弱度極高的國家。

四、 結論

總結來說，馬達加斯加的地形環境與台灣類似，海島型國家，山地面積比例遠高於平原面積比例，降雨時空分布上亦不均勻，且島嶼位於熱帶氣旋路徑要衝之上。可見，馬達加斯加於天然災害的特性上，與台灣有高度的相似性。2022年的巴茲萊氣旋為連續侵襲馬達加斯加的五個熱帶氣旋之一，且其氣旋中心低氣壓達到1968年的觀測極值，再加上侵襲的熱帶氣旋數量將近過往平均數量的五倍，說明2022年4月底前馬達加斯加的熱帶氣旋強度和頻率皆較過往來得異常。

此外，馬達加斯加面對天然災害的脆弱度高以外，在面臨2022年連續熱帶氣旋侵襲前，已經遭逢長期乾旱災害和Covid-19災害的嚴重衝擊，其造成的損失已經不僅是直接的經濟損失，例如建物損毀、作物損毀、人命傷亡等，更是造成社會長期的不安定，例如弱勢族群增加等。

參考文獻

- [1] 維基百科(WIKIPEDIA)

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%A9%AC%E8%BE%BE%E5%8A%A0%E6%96%AF%E5%8A%A0>

https://en.wikipedia.org/wiki/Tropical_cyclone_scales

https://en.wikipedia.org/wiki/Cyclone_Batsirai

https://en.wikipedia.org/wiki/2021%E2%80%9322_South-West_Indian_Ocean_cyclone_season

- [2] Wilmé, L., Goodman, S. M., & Ganzhorn, J. U. (2006). Biogeographic evolution of Madagascar's microendemic biota. *science*, 312(5776), 1063-1065.

- [3] World bank group

<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/madagascar/climate-data-historical>

- [4] Szabó, A. I., Raveloson, A., & Székely, B. (2015). Landscape evolution and climate in Madagascar: Lavakization in the light of archive precipitation data. *Cuadernos de investigación geográfica/Geographical Research Letters*, (41), 181-204.

- [5] 全球災害預警與資料分享平台(Goble Disaster Alert and Coordination System, GDACS)

<https://www.gdacs.org/report.aspx?eventid=1000859&episodeid=26&eventtype=TC>

- [6] Map Action

<https://maps.mapaction.org/dataset/2022-mdg-001-ma020-v1>

- [7] METEO FRANCE

https://severeweather.wmo.int/TCFW/RAI_Training/Cyc_Bassin_SWI_oct2013_LANGLADE.pdf

- [8] UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA)

<https://reliefweb.int/report/madagascar/southern-africa-cyclone-season-flash-update-no-6-tropical-cyclone-batsirai-13>

<https://reliefweb.int/report/madagascar/climate-change-increased-extreme-rainfall-southeast-africa-storms>

<https://reliefweb.int/report/madagascar/wfp-madagascar-cyclone-response-update-15-april-2022>

[9] Emergency Response Coordination Center (ERCC)

https://erccportal.jrc.ec.europa.eu/ercmaps/ECDM_20220204_TC-BATSURAI.pdf

[10] National Aeronautics and Space Administration (NASA)

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/149454/cyclone-batsirai-floods-madagascar>

[11] World Food Programme (WFP)

<https://www.wfp.org/stories/madagascar-wfp-provides-immediate-emergency-assistance-aftermath-cyclone-batsirai>

[12] Nippon Hōsō Kyōkai (NHK)

https://www3.nhk.or.jp/news/html/20220210/k10013477551000.html?fbclid=IwAR02MfJaF9_zCKWS-2koQaVArSrhNSNU_u6FOCI8jYY8CT8nFg4-zMSwpo c

[13] Assessment Capacities Project (ACAPS)

<https://www.acaps.org/country/madagascar/crisis/drought>

https://www.acaps.org/sites/acaps/files/products/files/20220310_acaps_thematic_report_madagascar_food_security.pdf