

2023 年義大利艾米利亞-羅馬涅 5 月洪災事件

施虹如¹、張歆儀²、黃紹欽³、蔡佳穎¹、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 國家災害防救科技中心 體系與社經組

³ 國家災害防救科技中心 氣象組

摘要

2023 年 5 月，位在義大利東北部的艾米利亞-羅馬涅 (Emilia-Romagna) 大區發生兩起強降雨事件，分別為 5 月 2 日至 3 日及 5 月 15 日至 17 日，其中又以第二起事件的衝擊影響較大，在 36 個小時內即降下 300 毫米的雨量，相當於當地年平均降雨量的一半，造成當地嚴重的洪水和坡地災害。

根據國際災害資料庫(EM-DAT)截至 10 月 23 日統計，兩次事件共造成了 17 人死亡、5 萬人受影響，經濟損失金額高達 96.5 億美元，尤其以當地農業、文化遺產的損失為最大。也是艾米利亞-羅馬涅有歷史紀錄以來最嚴重的一場洪水事件。國家災害防救科技中心(以下簡稱災防科技中心)也透過 GEE 平台利用 Sentinel-1 雷達影像，針對溢淹規模與範圍做快速測繪，以瞭解整體災害衝擊為何。

一、背景說明

艾米利亞-羅馬涅大區位於義大利東北部，是義大利農業與製造業最發達的大區之一，其轄區內共有 9 個省份，分別為：Piacenza(皮亞琴察省)、Parma(帕爾馬省)、Reggio Emilia(雷焦艾米利亞省)、Modena(摩德納省)、Bologna(波隆納廣域市)、Ferrara(菲拉拉省)、Ravenna(拉溫納省)、Forlì-Cesena(弗利-切塞納省)及 Rimini(里米尼省)，如圖 1 所示。該區總人口約 442 萬，人口密度為 197 人/平方公里，首府波隆那(Bologna)，更是義大利重要的歷史文化古城。其北側有波河(Po River)，流經的帕達納(Padana)大平原，為當地主要的農業生產區，南側緊鄰亞平寧(Apennine)山脈，東臨亞得里亞海(Adriatic Sea)。根據義大利環境保護研究所(Italian Institute for Environmental Protection and Research, ISPRA)數據顯示，義大利有將近 94% 的城市同時面臨坡地、洪水和海岸侵蝕的風險，其中又以艾米利亞-羅馬涅大區的風險為最高。

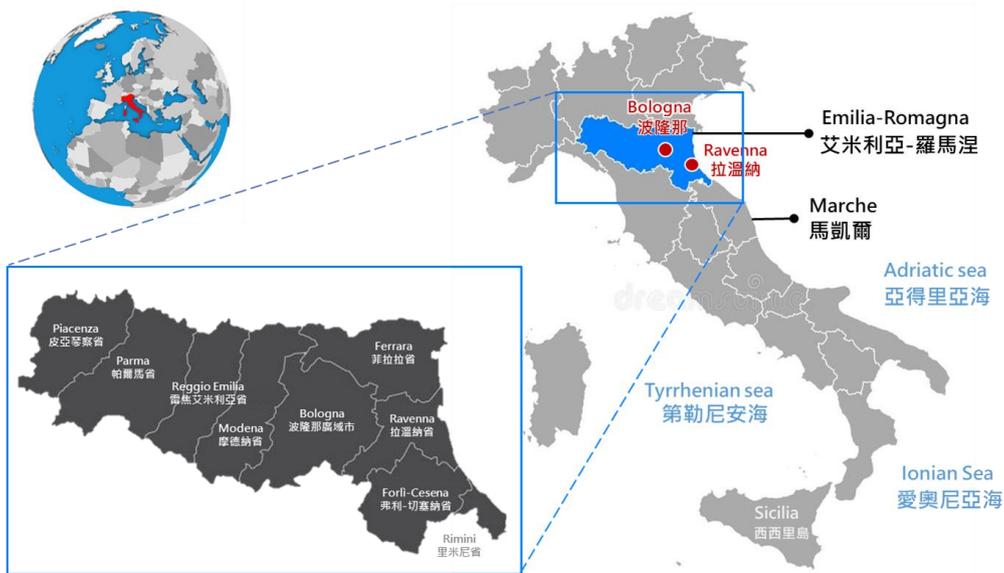


圖 1、義大利艾米利亞-羅馬涅位置圖

(資料來源：災防科技中心繪製)

二、氣象分析

(一) 氣象概述

根據美國國家海洋和大氣管理局 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 的全球模式分析資料顯示，5 月 14 日(圖 2a)起，非洲北部的阿爾及利亞(Algeria)、地中海至義大利間，受到一個大型低壓壟罩，此低壓將地中海的豐沛水氣傳送至義大利半島。隨著時間的推移，低壓持續增強並向北移動。15 日(圖 2b)時，低壓中心位於義大利西西里島(Sicilia)上空，此時的低壓強度已達風暴標準(等同於西北太平洋的颱風)，義大利空軍氣象中心將其命名為密涅瓦(storm MINERVA)，而德國的柏林自由大學(Free University of

Berlin)則以 Chappu 稱之。

16 日(圖 2c)，風暴密涅瓦移動至義大利東北部的艾米利亞-羅馬涅區一帶，來自地中海(Mediterranean)與第勒尼安海(Tyrrhenian)的暖濕水氣則順著風暴環流的東南風不斷傳送至義大利中部以北及克羅埃西亞(Republic of Croatia)。此時，受到義大利東西兩側的高壓及北側的低壓系統逐漸增強影響，密涅瓦因陷入導引氣流微弱的鞍型場內，而呈現風暴滯留的狀態，滯留於義大利東北部地區超過 24 小時(17 日，圖 2d)，為當地帶來劇烈的降雨。直到 5 月 18 日，鞍型場消失，風暴開始東移出海(第勒尼安海)並減弱，艾米利亞-羅馬涅區的降雨才逐漸趨緩。

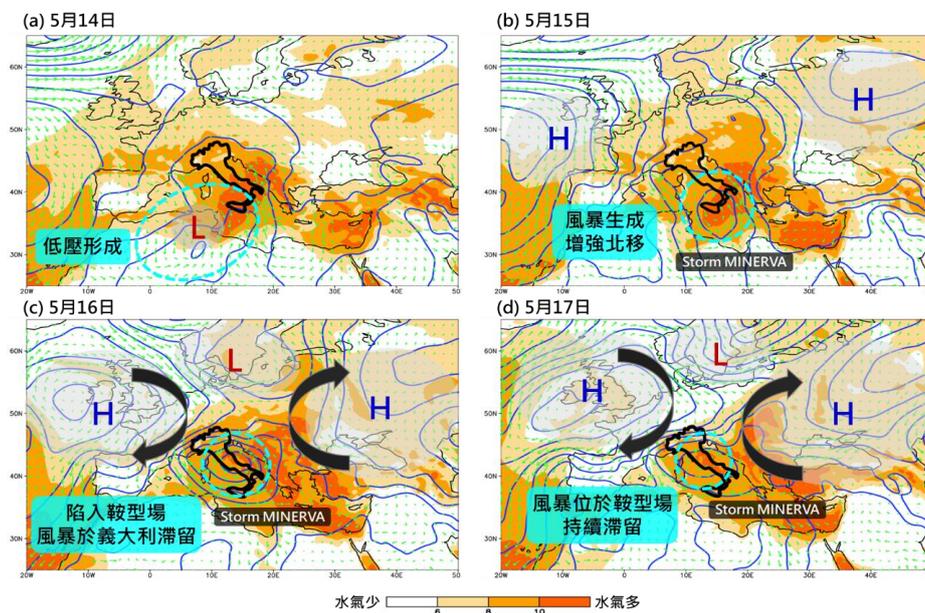


圖 2、(a) 5 月 14 日、(b) 5 月 15 日、(c) 5 月 16 日及(d) 5 月 17 日之平均大氣環流。藍色實線為海平面氣壓，色階及箭頭為 1000 百帕的

比濕及水平風場 (資料來源：NOAA，繪製：災防科技中心)

(二) 降雨分析

2023 年 5 月 15 日至 17 日，義大利半島受風暴密涅瓦滯留影響，出現大範圍的破紀錄降雨。根據當地歷史氣候統計上，雖然義大利在春季常有低壓通過，其所挾帶的降雨通常偏小且很快結束。然而，密涅瓦風暴不僅強度偏強，其往北移行的路徑亦為少見。這樣的大氣環境下，造成地中海的大量暖濕水氣因此而被源源不絕地輸送至義大利半島。同時，由於風暴在義大利中部滯留超過 24 小時的緣故，造成了當地的持續性強降雨，而亞平寧山區(Apennines Mountain chain)則在地形舉升效應的加強下，致使雨勢更為劇烈。

在本起事件中，降雨(圖 3)主要集中在義大利東北部的艾米利亞-羅馬涅大區，強降雨範圍自東向西延伸超過 800 公里。根據統計，艾米利亞-羅馬涅大區(圖 4)氣候長期的年平均總雨量為 586.5 毫米，且主要集中在 9 月至 11 月間，5 月的平均總雨量僅 51.4 毫米。然而，從這起事件的降雨累積(圖 5)則顯示，波隆納廣域市(Bologna)、弗利-切塞納省(Forli-Cesena)、拉溫納省(Ravenna)、里米尼省(Rimini)、菲拉拉省(Ferrara)等地，其累積總雨量皆已超過 150 毫米，高出氣候平均值達三倍之多。

此外，降雨最劇烈的地區是位於亞平寧山脈北段迎風面，波隆納、伊莫拉(Imola)、盧戈(Lugo)、弗利(Forli)、拉溫納、里米尼等城市，3天總雨量甚至超過400毫米，是艾米利亞-羅馬涅區5月平均雨量的6~8倍，更相當於年總雨量的60%以上。根據義大利水文地質災害研究所(Instituto di Ricerca per ia Protezione Idrogeologica, IRPI)的統計，義大利半島受此次降雨事件的影響，5月平均總雨量已打破歷史紀錄，成為自1951年以來最多雨的5月。

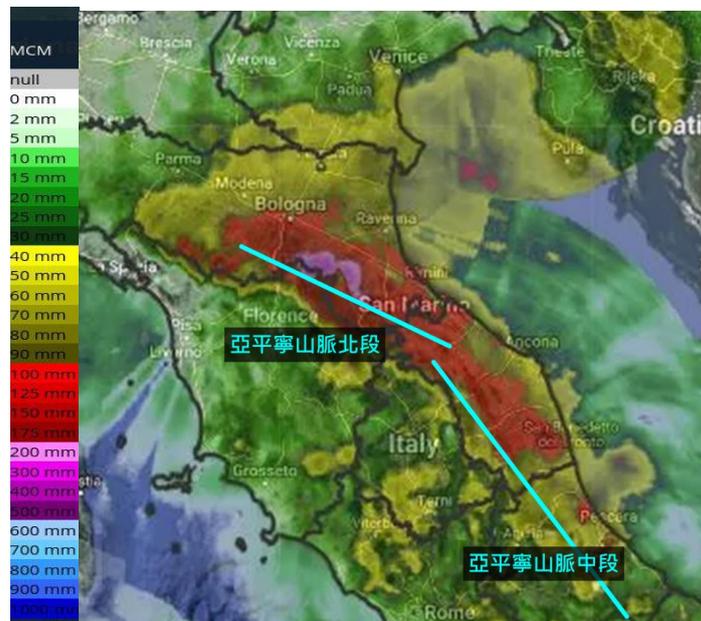


圖 3、5月16日2時至5月18日13時之總雨量

(資料來源：2023年5月洪水:科學分析[2])

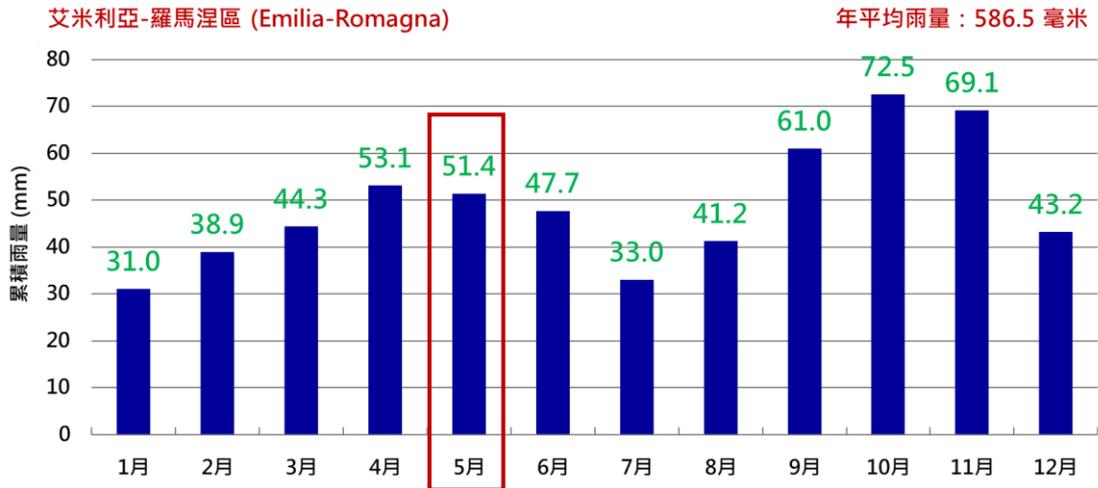


圖 4、義大利艾米利亞-羅馬涅大區長期氣候平均雨量

(資料來源：義大利氣象局，繪製：災防科技中心)

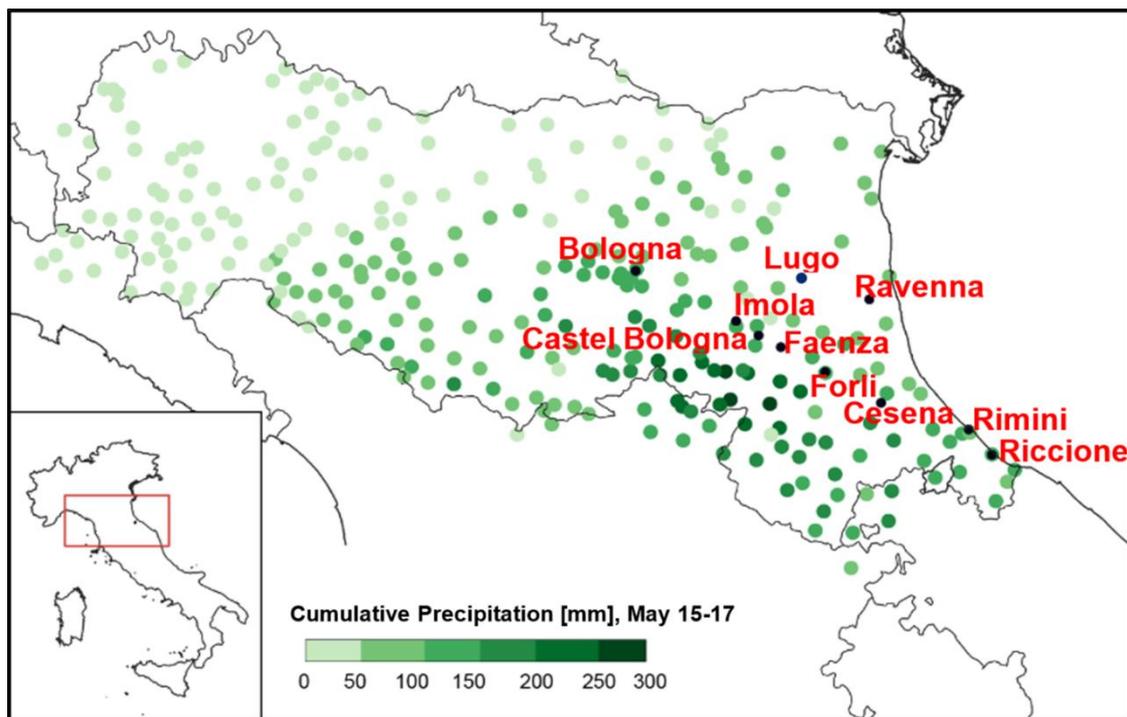


圖 5、2023 年 5 月 15 日至 17 日總累積雨量分布

(資料來源：2023 年 5 月中旬艾米利亞-羅馬涅洪水事件分析[3])

三、災情紀錄與分析

(一) 災情紀錄

艾米利亞-羅馬涅大區過去多仰賴阿爾卑斯山、多洛米蒂山(Dolomites)及亞平寧山脈的融雪，在春、夏季提供穩定的水源，以滋潤下游的湖泊，灌溉富裕的農田；但自從 2021 年起，因冬季降雪量不足，無法提供主要河川與支流水源，已經歷長達 2 年之久的乾旱，使得當地土壤變得非常乾燥，板結的土壤使得吸水力下降。當今年 5 月接連發生了兩次致災型降雨，雨水來不及入滲至土壤，便形成大量逕流，導致大量河川潰堤與崩塌發生[9]。

第一波發生在 2023 年 5 月 2 日至 3 日，短時間強降雨導致河川水位快速上升，造成 Sillaro 河堤壩破裂、Lamone 河岸氾濫，致使馬薩倫巴達(Massa Lombarda)和康塞利切市(Conselice)部分地區遭洪水淹沒，義大利民防部隨即發布了水文地質紅色警戒(Allerta rossa)，並協助數個家庭進行疏散，該次事件造成 2 人死亡；在經歷第一波降雨後，大多土壤已呈現飽和或濕潤狀態，第二波降雨則發生在 5 月 15 日至 17 日，5 月 14 日歐盟的洪水預報系統(EFAS)便向艾米利亞-羅馬涅大區的波河支流、裡諾河、拉莫內河、蒙托內河、龍科河及薩維奧河發布洪水預警；5 月 16 日，艾米利亞-羅馬涅大區有多處測得 400-600 毫米的累積降雨量，相當於該地區半年的年平均降雨量，在

如此驚人的降雨量下，導致當地河川水位快速上升，包括：Ronco、Lamone、Idice、Samoggia、Savio、Marzeno、Voltre、Marecchia、Pisciatiello、Ausa 及蒙託內河(Montone)等，並引發河岸潰堤氾濫，大量房屋、農場及道路慘遭洪水及崩塌摧毀。義大利民防部也於 5 月 19 日，向艾米利亞-羅馬涅大區發布水文地質紅色警戒狀態。圖 6 為 Ronco 河及 Lamone 河於 5 月 15 日至 20 日的河川水位歷線，可明顯看到 16 日至 17 日期間，水位瞬間上漲 10 公尺之多。

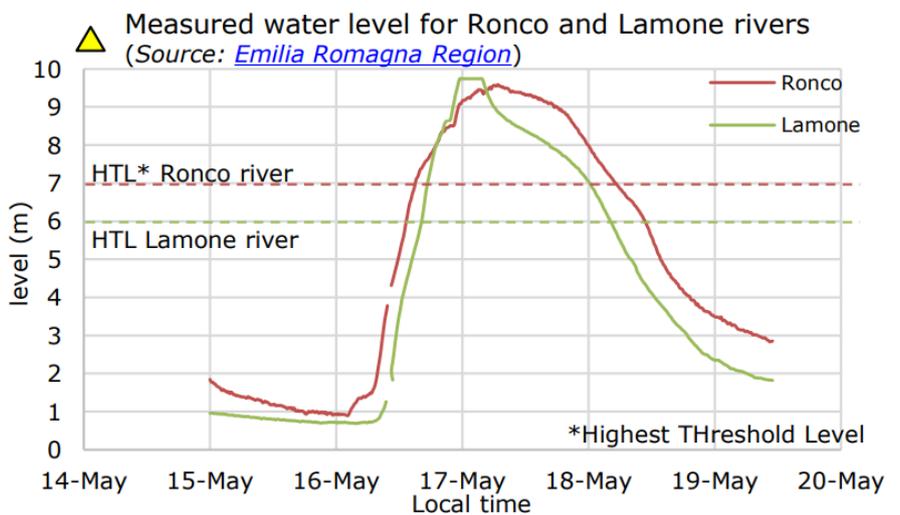


圖 6、Ronco河及Lamone河於 5 月 15 日至 20 日的河川水位歷線

(資料來源：艾米利亞-羅馬涅大區)

針對第二次發生在 5 月 15 日至 17 日的豪雨，歐洲聯盟委員會 (European Commission) 的緊急應變協調中心 (Emergency Response Coordination Centre, ERCC) 截至 6 月 1 日統計該次事件所造成的災情，計有 23 條河流潰堤、888 處坡地災害、57 個城鎮遭洪水淹沒，

並造成 17 人死亡，其中大多數為老年人，因行動不便或不願疏散有關、約五萬人流離失所，被安置於臨時收容所，像是：飯店、學校、體育館、博物館、健身房或其他替代住所，超過 5 萬多用戶停電以及近 10 萬用戶的通訊中斷，544 條道路系統封閉，初估經濟損失高達 96.5 億美元，又以農業及文化遺產損失最為慘重，以下則針對這兩項災害進行說明。

● 重要歷史文物遺產損毀

洪水重創了艾米利亞-羅馬涅大區的歷史文物遺產，許多博物館、圖書館及教堂的古董、書籍、手稿及壁畫，都慘遭泥水破壞。像是法恩扎(Faenza)的卡洛·扎烏利博物館(Carlo Zauli Museum)存放作品檔的地窖遭洪水入侵(圖 7)，還有切塞納(Cesena)的馬拉泰斯蒂亞納圖書館(the historic Malatestiana Library)、葛瑞諾·特拉蒙蒂博物館(Guerrino Tramonti Museum)以及聖弗朗西斯科教堂(San Francesco)等都遭受洪水侵襲；其中，盧戈(Lugo)的特里西圖書館(The Trisi Library)則透過冷凍書籍來搶救部分藏書，將古籍和報紙檔案密封後放入攝氏 -25 度的冰箱中。而總理喬治亞·梅洛尼(Giorgia Meloni)則宣布暫時調高全國博物館門票價格，以籌集資金幫助該地區的文化遺產修復；另外，洪水對許多歷史建築物也造成嚴重的損壞，例如：切塞納省的聖

瑪麗亞德爾蒙特修道院(the Santa Maria del Monte Abbey)城牆倒塌。



圖 7、法恩扎的卡洛·扎烏利博物館(Carlo Zauli Museum)地窖遭洪水淹沒，大量珍貴手稿及書籍受損(資料來源：twitter)

● 農業損失

艾米利亞-羅馬涅大區為義大利重要的農業生產地，此次洪災大約有 5,000 多個農場遭洪水淹沒，包括：小麥、蔬果、葡萄園及畜牧等都受到一定程度的破壞，尤其以小麥的損害最令人擔憂，初估至少有 4 億公斤以上的小麥被毀，而艾米利亞-羅馬涅大區的小麥產量占義大利全國的三分之一，恐間接影響義大利麵及麵包等食品加工產品的價格。圖 8 為位於法恩扎雷達村的蘋果樹園慘遭洪水淹沒情形。



圖 8、2023 年 5 月 19 日位於法恩扎雷達村的蘋果樹園慘遭洪水淹沒
(資料來源：美聯社)

除此之外，許多活動及賽事也因受到洪水影響而被取消或被推遲，像是原定於 5 月 19 日至 21 日在伊莫拉(Imola)市舉行的 2023 年一級方程式(F1)賽車活動於 17 日宣布因安全考量而取消賽程，而活動相關物品被拍賣，為艾米利亞-羅馬涅籌集救災資金。

圖 9 為此次降雨造成艾米利亞-羅馬涅大區拉文納省的盧戈(Lugo)遭洪水淹沒情形，圖 10 為位於都靈(Turin)的波河河岸發生溢淹情形。



圖 9、2023 年 5 月 19 日義大利盧戈(Lugo)地區遭洪水淹沒情形

(資料來源：EPA/達志影像授權)



圖 10、2023 年 5 月 21 日位於都靈(Turin)的波河河岸發生溢淹

(資料來源：美聯社)

(二) 災情分析

因強降雨造成的洪水災害，5 月 16 日義大利民防部向歐盟的哥白尼緊急管理服務中心(The Copernicus Emergency Management Service, CEMS)提出衛星影像的快速測繪申請，以瞭解洪水區域和崩塌範圍。並且，利用無人機對崩塌地區進行地形三維建模，提供更為細緻的地形與災害衝擊資訊。截至 5 月 20 日，根據 CEMS 評估報告的結果顯示，共 12,241 公頃的土地遭受洪水淹沒、12,759 棟建築物受損、至少 39,270 人受影響，如表 1 所示。

表 1、義大利艾米利亞-羅馬涅大區各市(鎮)淹水面積(截至 5 月 20 日)

大區	省	市(鎮)	淹水面積(公頃)	崩塌面積(公頃)	受影響建物(棟)	受影響人數
Emilia Romagna	Ravenna	Lugo	8,685.5	---	3,990	~10,000
	Ravenna	Ravenna	2,846.7	---	3,232	~7,000
	Ravenna	Castel Bolognese	68.3	0.6	1,005	~7,200
	Ravenna	Faenza	104.5	---	547	~3,900
	Bologna	Budrio	302.3	---	34	~150
	Forli-Cesena	Forli	218.7	---	3,941	~11,000
	Forli-Cesena	Cesena	15	---	6	~20
	Rimini	Montalbano	--	0.5	4	--
Total	---	---	12,241	1.1	12,759	~39,270

另外，災防科技中心也利用 Google Earth Engine (GEE)來分析事件前(2023 年 3 月 21 日)與事件後(2023 年 5 月 23 日)的 Sentinel-1 雷達影像。結果顯示，直到 5 月 23 日，該區仍有多達 11,425 公頃的土

地遭洪水溢淹，其溢淹範圍分別如圖 11 所示，並且分析出來的溢淹範圍與哥白尼計畫所測繪的範圍大致相符。

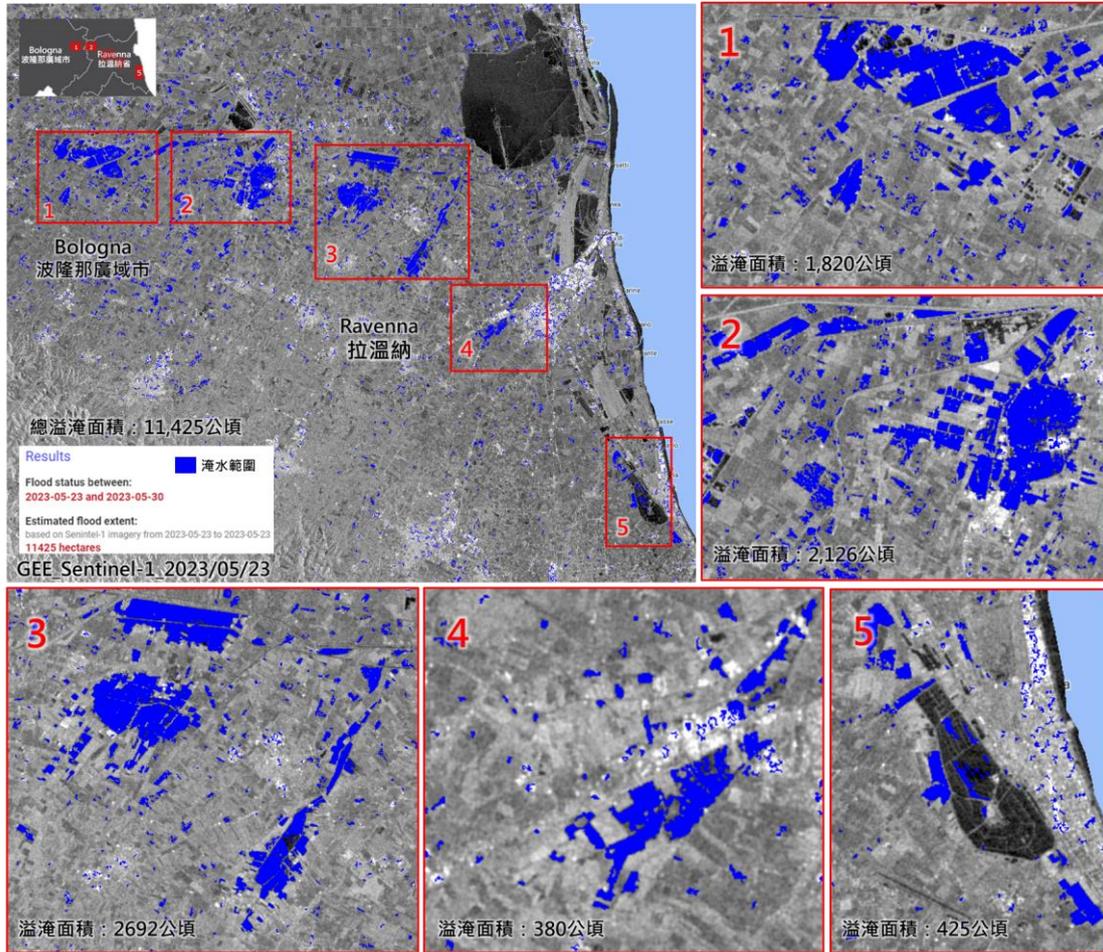


圖 11、利用Sentinel-1 雷達影像判釋 5 月 23 日拉溫納及波隆那廣域市的水體，藍色色塊顯示淹水範圍(資料來源：災防科技中心分析)

四、政府應變處置

(一) 政府緊急應變作為

5 月 16 日，強降雨造成該地區各處河岸溢淹，義大利內閣政府隨即成立了協調工作小組，負責此次洪水災害處置，協調內閣、大區

及其下各省的支援工作。同日，艾米利亞-羅馬涅大區民防署也立即成立應變操作中心。又因持續降雨與多處內水無法排出，如來往法恩扎和弗利之間的 A14 號高速公路遭洪水淹沒，阻塞交通要道，影響救援作業；因此，義大利民防部請求歐盟協助大型抽水機等援助，於是奧地利、比利時、保加利亞、德國、法國、波蘭和羅馬尼亞等國紛紛派出消防人員與機具，前往受災最嚴重的艾米利亞-羅馬涅大區協助抽水。

5 月 17 日，透過無人機空拍畫面可以看到，拉溫納省多數地區仍浸泡在水中，遭遇連續 36 小時的重大淹水災情，波隆那廣域市和摩德納省、拉溫納省和佛利-切塞納省也於 17 日成立救援協調中心 (CCS-Centers for Relief Coordination)，肆虐的洪水造成重大淹水災情，艾米利亞-羅馬涅大區的應變協調中心為援助淹水地區民眾脫困，派遣 20 架直升機。此外，共有 4,000 多個救援單位，投入救災工作，包括：消防局、海岸警衛隊、警察、紅十字會、民防以及各地區的志願組織和設備檢修人員，協助救援、撤離以及尋找失蹤人員，疏散的民眾中，約有近 5,000 多位被安置於臨時開設的緊急避難所，主要利用體育場、電影院、博物館和旅館等設施緊急開設臨時收容場所。

(二) 短期災區復原緊急措施

義大利共和國的災防體制主要由民防部負責與協調各機關投入災害應變和復原的工作，義大利的二十個大區都設有專責災防業務的民防部門，災害發生時各區和省市層級的民防部門會啟動，當區和省市層級資源和能力無法因應時，即向內閣政府請求協助。5月23日，內閣政府公告對艾米利亞-羅馬涅等地區的災害救助與災區復原計畫，通過約20億歐元的災區經濟補助，並簡化相關行政程序，在災害重建期鬆綁部分限制，以加速重建腳步，並針對前述重大災區民眾和企業的重建需求，協助災區民眾和企業可暫緩貸款的繳納、延期支付和豁免各項費用，以及短期內儘快恢復教育、衛生與經濟活動，協助災區災後緊急復舊與產業復原，救助災區民眾生活與經濟復原所需的經費。相關經費分配摘要如表2所示。

表2、義大利內閣公告5月洪災緊急措施

機關	經費 (歐元)	實施 期間	內容
行政	--	5~7月	行政人員因受到水災影響無法正常上班，不計為曠職，並且法院不開庭
財政	--	5~8月	各項稅收徵收暫停，期間到期的付款與繳款延後
教育	2,000萬	--	設立基金以支援受災地區教育系統，確保教學活動，允許透過遠距教學持續課程；對受災地區學生免除學費
主計	--	訂採購 法 140th	需緊急搶修的公共防護工程，在50萬歐元限額內或必要的金額範圍內，可立即執

			行
救助 補助	5.8 億	90 天	農業等部門之雇員，提供因災解雇之失業救濟基金
	2.98 億	一次性	受災區雇員因無法工作之補助金
	1.1 億	一次性	中央擔保基金協助企業融資
	3 億	--	出口企業損失補助
	4 億	--	企業低利貸款基金
	1 億	--	農場損失補償與設備設施受災補助
	7,500 萬	--	災區農業新創基金
衛生	800 萬	--	災區衛生設施復原
其他	2 億	--	國家緊急基金提供災區再融資

五、結論

引發義大利艾米利亞-羅馬涅大區發生世紀性災難的洪水事件，主要原因為受到過去乾旱、以及天氣系統與地形效應所引發的極端降雨的影響，使得當地發生嚴重洪災與崩塌事件。義大利政府於災後透過哥白尼計畫進行衛星影像快速測繪，獲取最新災害衝擊範圍，作為決策者安排災後救援及重建的關鍵資訊，並搭配法令發布，簡化相關行政程序來加快復原重建的速度，都是值得借鑑的方式。災防科技中心利用 GEE 平台進行淹水範圍判釋，藉此了解淹水災害規模與衝擊，持續利用國際重大淹水災例，進行分析探討，期能在未來可提供快速且更有效的災害資訊，加快救災、復原及重建作業。

參考文獻

1. 美國國家海洋和大氣管理局(NOAA) <https://www.noaa.gov/>

2. 國際環境監測中心(FONDAZIONE CIMA) -2023 年 5 月洪水:科學分析
<https://www.cimafoundation.org/news/le-alluvioni-di-maggio-2023-una-analisi-scientifica/>
3. Post Event Report: 2023 Mid-May Emilia-Romagna Flood.
https://www.guycarp.com/insights/2023/06/Italy_Emil-Romagna_Flood_2023-05.html
4. 紅十字會與紅新月會國際聯合會(IFRC) - Italy Flood 2023 report.
<https://adore.ifrc.org/Download.aspx?FileId=685165>
5. 義大利民防部(Civil Protection Department)
<https://www.protezionecivile.gov.it/en/>
6. 義大利氣象局 <https://www.meteoam.it/it/home>
7. 人道協調廳服務 OCHA-reliefweb <https://reliefweb.int/>
8. 義大利國家消防救援局
<https://www.vigilfuoco.tv/emilia-romagna/bologna/bologna/maltempo-emilia-romagna-e-marche-maggiori-criticita-tra-rimini>
9. EURONEWS-Italy <https://www.euronews.com/tag/floods-in-italy>
10. Wiki-2023 Emilia-Romagna floods
https://en.wikipedia.org/wiki/2023_Emil-Romagna_floods
11. The Copernicus Emergency Management Service activities following the latest floods in Emilia Romagna (REPORT)
<https://reliefweb.int/report/italy/italy-copernicus-emergency-management-service-activities-following-latest-floods-emilia-romagna>
12. Emergency Response Coordination Centre (ERCC)
https://commission.europa.eu/index_en
13. 義大利水文地質災害研究所(IRPI)
<https://www.cnr.it/en/institute/066/research-institute-for-geo-hydrological-protection-irpi>

14. 義大利環境保護研究所(ISPRA)
<https://www.isprambiente.gov.it/en/istitute>
15. 洪水：歐盟調動緊急設備協助義大利當局
https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/news-stories/news/floods-eu-mobilises-emergency-equipment-assist-italian-authorities-2023-05-22_en
16. 艾米利亞-羅馬涅惡劣天氣：國家服務局為支持受損領土而進行的活動
<https://www.protezionecivile.gov.it/en/notizia/maltempo-emilia-romagna-le-attivita-del-servizio-nazionale-supporto-dei-territori-colpiti-0/>
17. 義大利總理喬治亞·梅洛尼訪問致命洪水襲擊的地區
<https://edition.cnn.com/2023/05/21/europe/meloni-deadly-flooding-northern-italy-intl/index.html>
18. 艾米利亞-羅馬涅要求暫停對被洪水淹沒的城市徵稅。已有 23 人流離失所
<https://www.agenzianova.com/en/news/Emilia-Romagna-asks-to-suspend-taxes-for-flooded-municipalities-23-people-are-displaced/>