

## 2019 年 5-6 月印度熱浪與乾旱災情報導

施虹如<sup>1</sup>、徐贊能<sup>2</sup>、傅鏗漩<sup>1</sup>、梁庭語<sup>1</sup>、張志新<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 國家災害防救科技中心 坡地與洪旱組

<sup>2</sup> 國立成功大學 資源工程學系

---

---

### 摘要

由於連年季風表現不佳而導致的降雨量不足，再加上 2019 年 5 月至 6 月之間持續的熱浪，使得 2019 年 6 月以後，印度半島便陷入嚴重乾旱、水資源極度匱乏，為印度帶來近 70 年來最嚴重的乾旱事件。而受影響最大的地區包括：卡納塔卡邦(Karnataka)、馬哈拉施特拉邦(Maharashtra)、泰米爾納德邦(Tamil Nadu)、安得拉邦(Andhra Pradesh)、北方邦(Uttar Pradesh)及比哈爾邦(Bihar)等地區，其中，位於泰米爾納德邦的清奈(Chennai)則為此次受災最嚴重的城市之一。

### 一、 背景概述

#### (一)地形與水文

印度位於亞洲大陸的南端及喜馬拉雅山脈以南的地域，緊臨巴基斯坦、尼泊爾、不丹及孟加拉等國，被孟加拉灣、阿拉伯灣及印度洋包夾。國土面積約 328 萬平方公里，全境炎熱，絕大部分位於熱帶季

風氣候區，西北部則為副熱帶草原及沙漠氣候，北部則屬於為高山氣候區。當地氣候明顯，可分為雨季與旱季，每年 6 月至 10 月為雨季，因盛行西南季風，經由印度洋夾帶大量水氣，為當地帶來豐沛的雨量；11 月至 5 月為旱季，冬季受到北方喜馬拉雅山脈阻擋了來自東北南下的冷高壓氣團，因此較無寒流與降雨。

印度雖整體年平均降雨量為 1,220mm，但有將近 75% 的降雨集中在 6 月至 9 月期間，並且地區雨量分配極為不均。從圖 1 可見，降雨主要集中於西南部山麓地區以及東北部地區，雨季期間易發生洪水；而西北部、中部及東南部地區則雨量較為稀少，旱季期間易發生乾旱<sup>1</sup>，其氣候災害風險分布如圖 2 所示。

而印度大部分的用水量仰賴自季風降雨，因此當年度有多少水資源可運用，與前年和該年的季風表現息息相關。表 1 為印度與泰米爾納德邦的月平均降雨量與 2019 年實際雨量比較，可以發現 2019 年前半年的降雨表現較以往差，以至於 2019 年中的水資源危機瀕臨臨界點。但是否發生乾旱，除了與雨季降雨表現外，還與土壤濕度、人口密度成長速度、高溫持續天數、水資源管理有密切關係。

---

<sup>1</sup>乾旱：係在足夠長的時期內，降水量嚴重不足，致使土壤因蒸發而水分虧損，河川流量減少，破壞了正常的作物生長和人類活動的災害性天氣現象。其結果造成農作物、果樹減產，人民、牲畜飲水困難，及工業用水缺乏等災害(<https://kknews.cc/news/568egg8.html>)。

表 1 印度與泰米爾納德邦之月平均降雨量與 2019 年實際雨量，紅框表示實際雨量較平均雨量低 (資料來源：IMD, India-WRIS)

地區		平均月雨量(mm)												年降雨量 (mm)
		1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	
印度	平均	20.2	21.9	30.7	39.3	66.0	169.2	301.1	267.6	176.7	79.5	30.2	17.6	1,220
	實際	15.3	26.5	17.9	30.6	56.7	108.1	286.1	298.1	256.1	112.0	32.8	18.4	1,259
泰米爾納德邦	平均	22.0	14.8	19.9	42.9	64.7	42.1	71.7	90.9	111.7	182.2	170.6	88.5	922
	實際	2.0	2.4	2.8	16.3	24.7	29.5	61.7	124.9	177.9	234.3	139.1	120.6	936

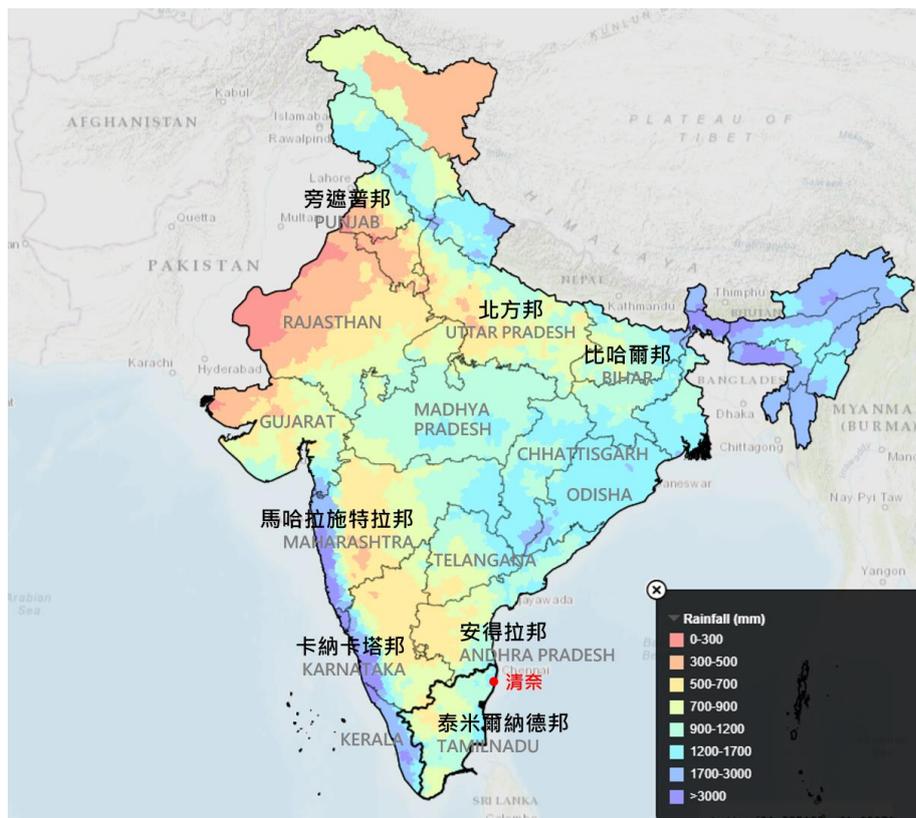


圖 1 印度 2010 年至 2018 年期間年平均降雨量分布情形(資料來源：India-WRIS, IMD)<sup>[23]</sup>

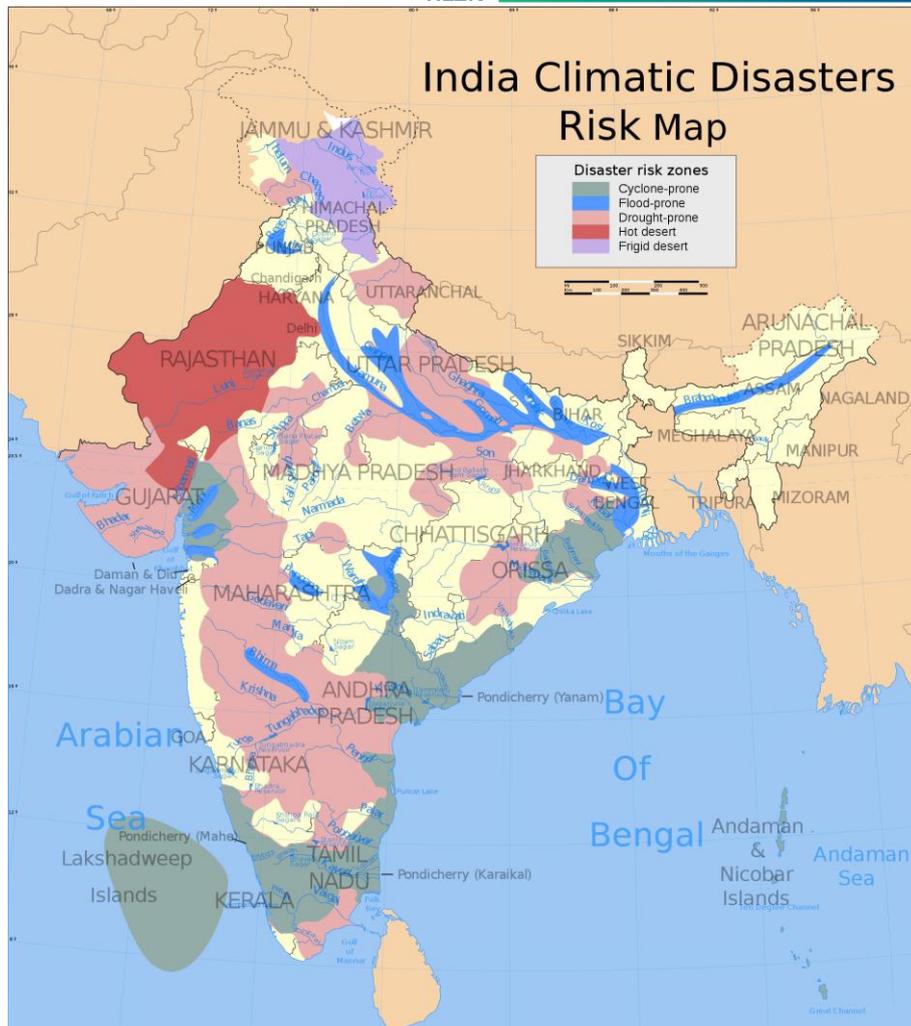


圖 2 印度的氣候災害風險圖，粉色表示易發生乾旱的地區，藍色與灰色則表示易受洪災與熱帶氣旋影響之地區

(資料來源：NeoStencil)

## (二)長期水資源問題

印度所使用的主要水源可分為地下水與地面水，地面水來自降雨與高山融雪，地下水則經由長年雨水入滲及現有河川水源補充而來。印度每年估計總用水量達 593 兆公升，其中地面水約 363 兆公升<sup>2</sup>(占 61%)，地下水約 230 兆公升(占 39%)。地面水有 87.6%用於農業灌溉、

<sup>2</sup> 兆公升，相當於立方公里。

4.6%為家庭用水、5.7%為工業用水、1.9%為水力發電；而地下水則有 89%用於農業灌溉、6%為家庭用水、4%為工業用水及 1%為水力發電。由於灌溉用水占比例最高，因此，當遇到降雨不理想時，農業的衝擊影響最大，其次為家庭用水。

截至 2019 年 7 月統計，印度的人口數達 13.6 億，僅次中國大陸名列世界第二。在城市自來水普及率低(43.5%)、人口成長快速的發展下，印度城市每人每日所能分配到的用水量僅 126 公升，遠低於全球用水平均 210 公升，更遑論鄉村地區僅 40 公升至 70 公升，在水資源運用上極為匱乏。

除此之外，印度又是地下水的最大使用者，與中國大陸和美國這兩個最大的地下水抽取國相比，它抽取的地下水更多，占全球總數的四分之一。根據中央地下水委員會(Central Ground Water Board, CGWB)的報告，這樣的使用下使得印度的地下水位在 2007 年至 2017 年之間減少了 61%。從圖 3 也可以看到 2018 年 1 月地下水位與 2008 年至 2017 年 1 月長期平均地下水位比較，2018 年地下水位高度下降的測站數量較往年增加，而圖 4 為印度整體地下水位距平值分布，紅色表示地下水位測站水位下降，呈現大範圍地下水位下降的趨勢。

Decadal Water Level Flucuation with Mean [January (2008 to 2017)] and January 2018, India

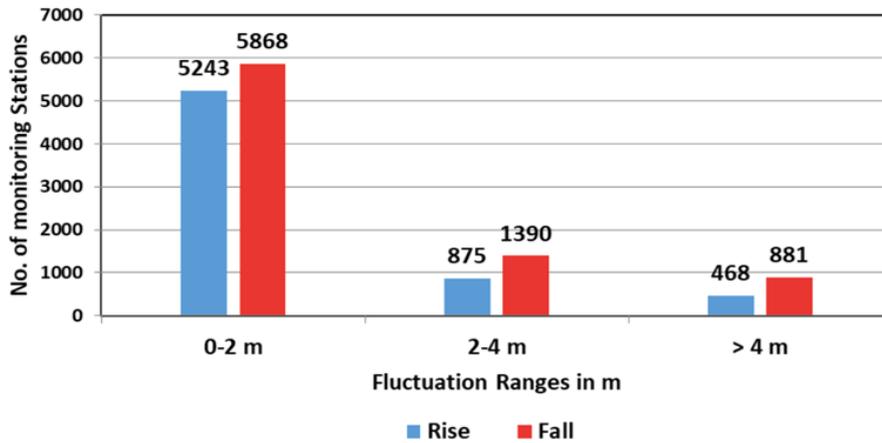


圖 3 比較 2018 年 1 月與 2008 年至 2017 年 1 月平均地下水位測站水位下降及上升的數量(資料來源：Central Ground Water Board)<sup>[20]</sup>

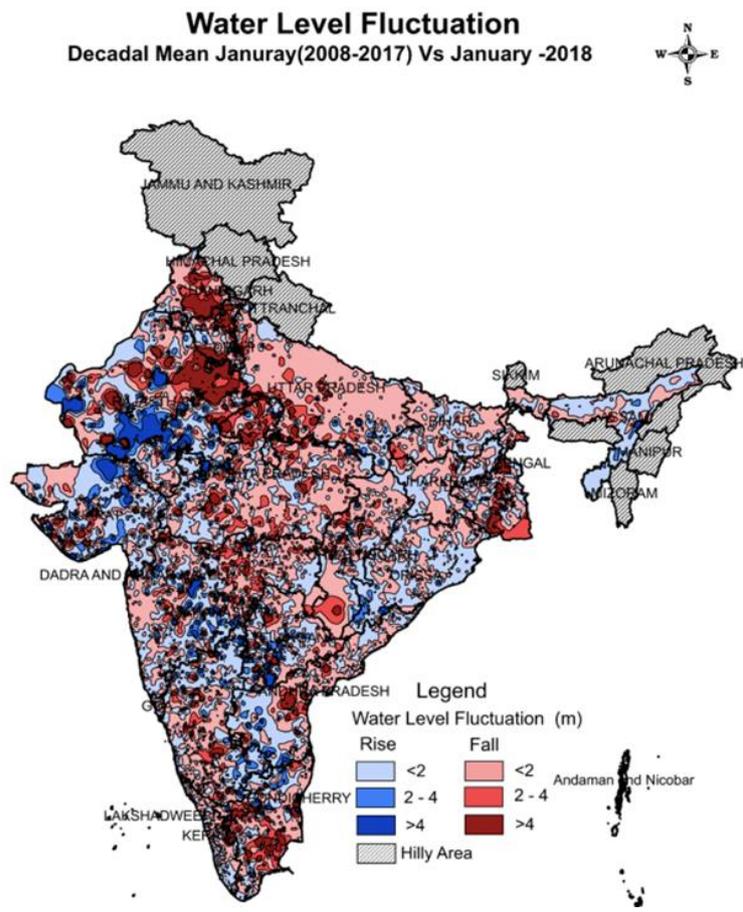


圖 4 比較 2018 年 1 月與 2008 年至 2017 年 1 月地下水位測站水位下降及上升的空間分布(資料來源：Central Ground Water Board)<sup>[20]</sup>

### (三)本次災情概述

印度自 2019 年 5 月開始便面臨極端高溫且居高不下，以及 6 月季風延遲，導致降雨不如預期，使得農業及民生供水皆受到嚴重的影響。截至 6 月 18 日統計，至少有 207 人受到高溫及乾旱而死亡<sup>[17]</sup>、近 6 億人口面臨缺水危機。根據歐盟委員會(European Commission)繪製印度自 2018 年 9 月至 2019 年 5 月期間所計算出的標準化降雨指標(Standardized Precipitation Index, SPI)用以評估乾旱程度狀況(圖 5)顯示，當地被列為極度乾旱(Extremely dry)的地區包括：卡納塔卡邦(Karnataka)、馬哈拉施特拉邦(Maharashtra)、泰米爾納德邦(Tamil Nadu)、安得拉邦(Andhra Pradesh)、北方邦(Uttar Pradesh)、比哈爾邦(Bihar)、曼尼普爾邦(Manipur)、那加蘭邦(Nagaland)及密索藍邦(Mizoram)，僅旁遮普邦(Punjab)被列為極端濕潤(Extremely wet)，其餘地區則接近正常值。從 2019 年 6 月 1 日至 10 日的土壤濕度顯示，僅東部地區濕度較高，其餘皆顯示土壤濕度較以往乾燥；根據 2019 年 6 月 9 日至 15 日的溫度距平顯示，其中旁遮普邦較過去平均增加 5°C~7°C，其餘較過去增加 1°C~3°C，其空間分布與上述極度乾旱地區呈高度相關，並且皆屬於人口高度密集地區。

而造成此次嚴重乾旱的主要原因，歸因於季風連年表現不佳而導

致的降雨量不足，以及 5 月至 6 月的高溫熱浪加劇乾旱情勢，下一節則針對各項災因做進一步分析與探討。

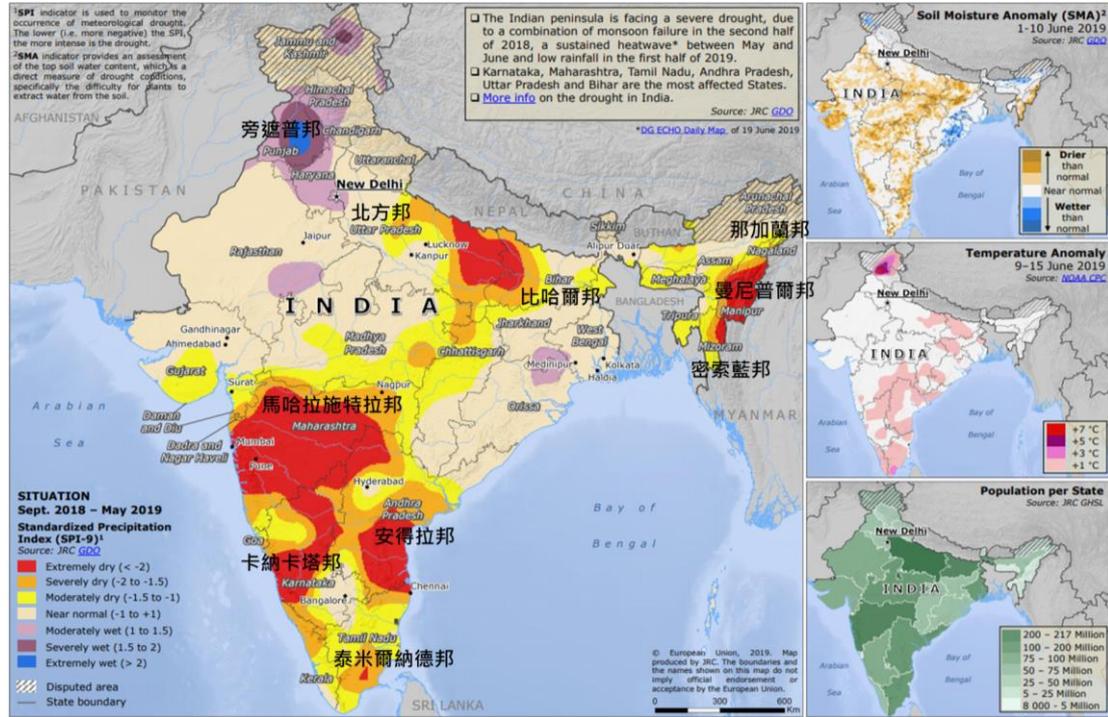


圖 5 左圖為統計印度自 2018 年 9 月至 2019 年 5 月的標準化降雨指標 (Standard precipitation Index, SPI) 分布，右圖上為 2019 年 6 月 1 日至 10 日的土壤濕度距平值 (SMA)，右圖中為 2019 年 6 月 9 日至 15 日的溫度距平值，右圖下為印度各省人口數量分布情形 (資料來源：

Emergency Response Coordination Centre [16])

## 二、 災因分析

### (一) 季風表現不佳

根據圖 6 與圖 7 於 2015 年 5 月至 2019 年 7 月的月平均降雨量顯示，不管是整體或地區季風降雨的表現，已連續三年多的時間呈現赤字，較過去平均低。再加上，2018 年下半年至 2019 年上半年伴隨

著微弱的聖嬰現象，從圖 8 監測 ENSO 發展的海洋聖嬰指標(Oceanic Niño Index, ONI)顯示，自 2018 年 9 月至 2019 年 7 月 ONI 指數皆高於 0.5，已達聖嬰現象門檻，直到 2019 年 7 月後 ONI 指數才下降至 0.3，聖嬰現象才逐漸減弱至接近正常狀態。印度氣象局表示，從過往的聖嬰年都可以觀察到當年的降雨量都有低於平均值的現象。

從全球乾旱觀測平台(Global Drought Observatory, GDO)所提供馬哈拉施特拉邦(Maharashtra)及泰米爾納德邦(Tamil Nadu)自 2017 年 6 月至 2019 年 5 月各月份的累積雨量圖顯示，從 2018 年下半年起至 2019 年上半年，其各月份的累積降雨量均呈現較過去 1981 年至 2010 年的長期累積降雨量平均為低，甚至泰米爾納德邦已超過 200 天未下雨。由此可見，2018 年下半年起由於季風減弱與聖嬰現象之影響，使得降雨量不如預期，如圖 9 與圖 10 所示。

另外，根據印度氣象局(India Meteorological Department, IMD)所提供 2019 年印度西南季風的發展歷程圖發現，印度雨季季風季節通常始於 6 月 1 日，然而在 2019 年，季節推遲了近 7-10 天，於 6 月 8 日至 6 月 10 日才逐漸開始，如圖 11 所示。並且，季風進展緩慢，直到 6 月 30 日為止，印度 6 月整體降雨量仍較過去長期平均少 33%，泰米爾納德邦則較平均少 38%，使得整體乾旱條件與情勢來到最劣。

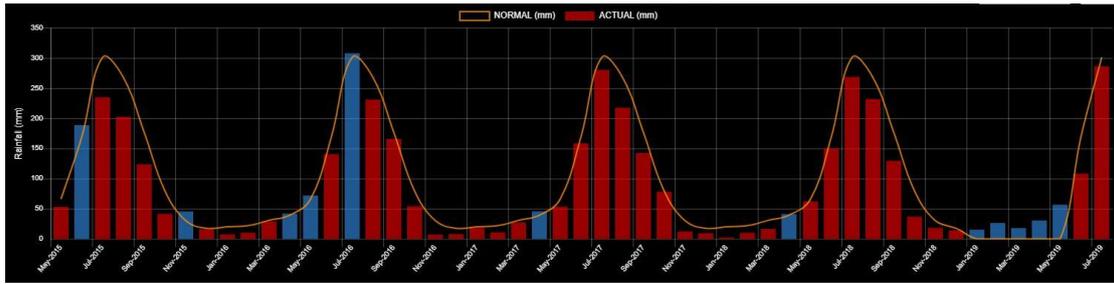


圖 6 印度於 2015 年 5 月至 2019 年 7 月的月平均降雨量分布情形  
(資料來源：India-WRIS, IMD)<sup>[14][23]</sup>

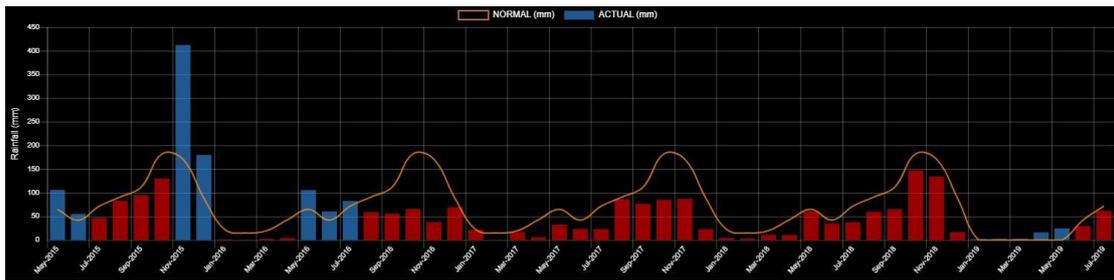


圖 7 泰米爾納德邦於 2015 年 5 月至 2019 年 7 月的月平均降雨量分布情形(資料來源：India-WRIS, IMD)<sup>[14][23]</sup>

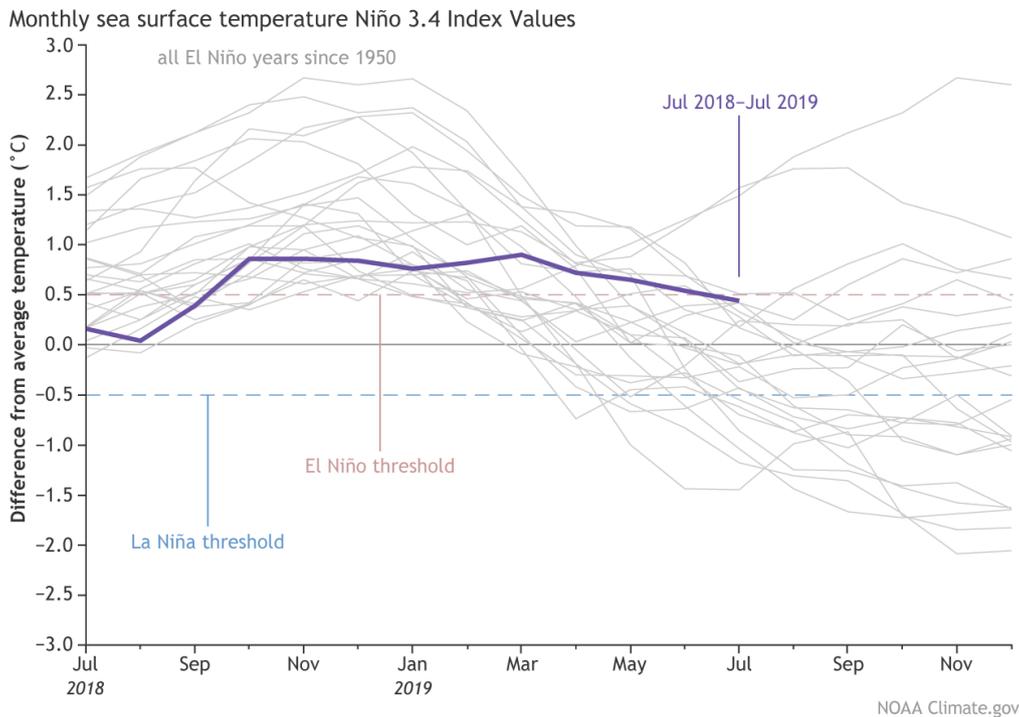


圖 8 統計自 2018 年 7 月至 2019 年 7 月的聖嬰指數趨勢走向，以超過 +0.5 作為聖嬰現象門檻值(資料來源：NOAA Climat.gov)

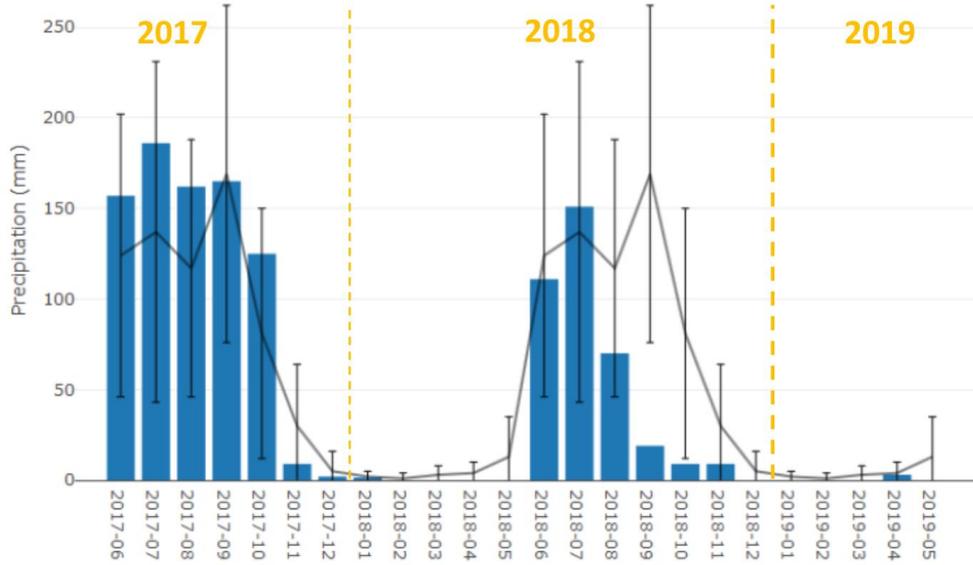


圖 9 馬哈拉施特拉邦(Maharashtra)自 2017 年 6 月至 2019 年 5 月各月份之累積雨量(資料來源: Global Drought Observatory<sup>[12]</sup>)

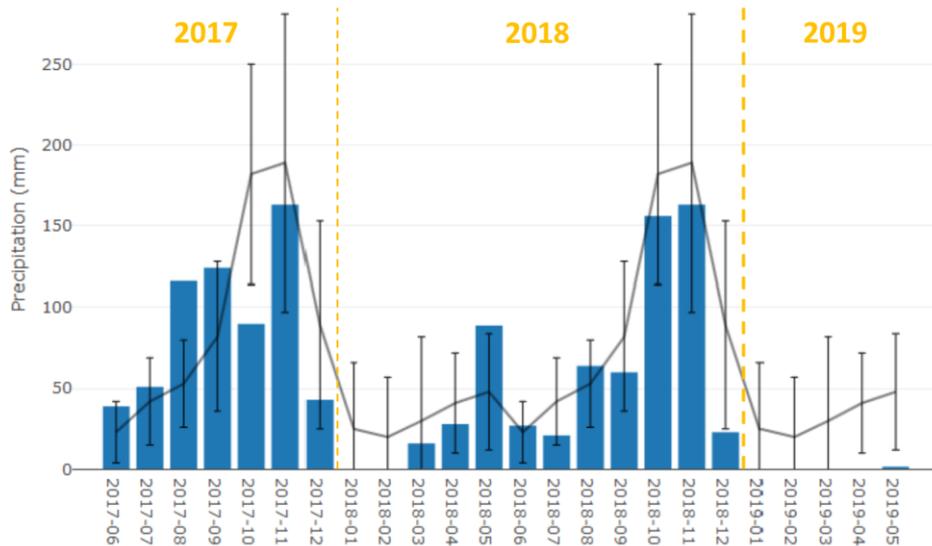


圖 10 泰米爾納德邦(Tamil Nadu)自 2017 年 6 月至 2019 年 5 月各月份之累積雨量(資料來源: Global Drought Observatory<sup>[12]</sup>)

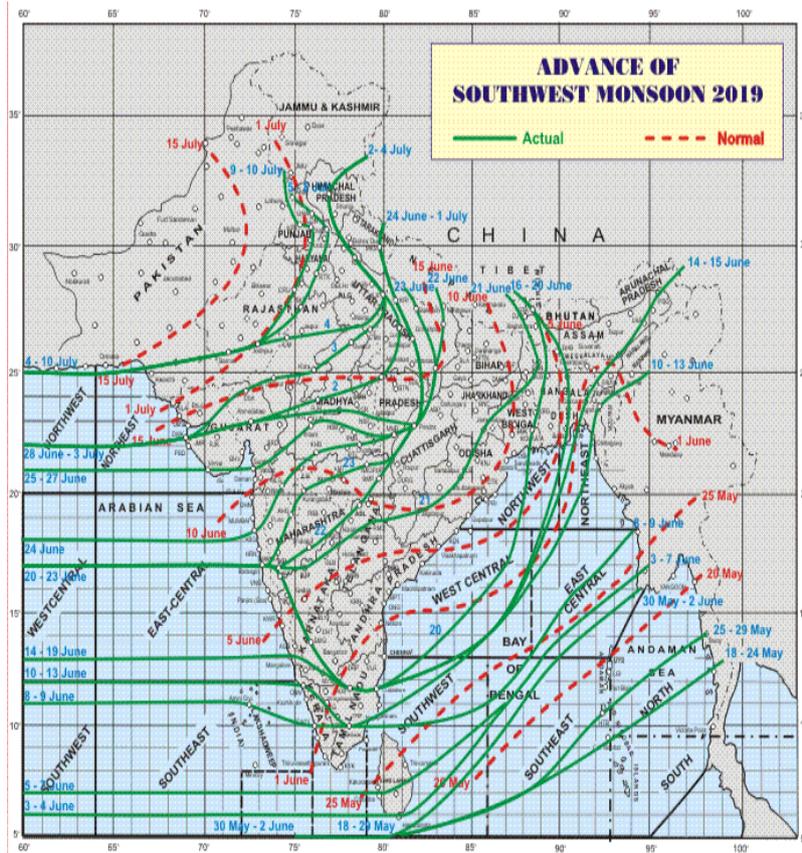


圖 11 印度西南季風於 2019 年的發展歷程圖，綠線表示為 2019 年實際發展趨勢，紅線為長期平均正常趨勢(資料來源：IMD)<sup>[14]</sup>

## (二)熱浪<sup>3</sup>

印度熱浪通常發生在每年 3 月至 7 月期間，一旦雨季來臨就會減弱，但近年熱浪卻變得更極端、更頻繁，每次持續的時間也更久。

根據印度統計和計畫實施部(Ministry of Statistics and Programme Implementation, MoSPI)今年公布的 EnviStats 報告顯示<sup>[19]</sup>，熱浪情況從 1970 年的 44 件增至 2018 年的 484 件，其中又以拉賈斯坦邦

<sup>3</sup>印度氣象局(India Meteorological Department, IMD)對熱浪的定義：(1)平地測站最高溫達 40℃ 之上、山區測站最高溫達 30℃ 以上；(2)該地平均最高溫度為 ≤40℃，當溫度高於平均溫 5~6℃ 即符合熱浪定義，當高於 7℃ 以上則為極端熱浪；(3)該地平均最高溫 >40 度，當溫度高於平均溫 4~5℃ 度即符合熱浪的定義，高於 6℃ 以上屬於極端熱浪；(4)若平日溫度持續維持在 45℃ 以上，亦視為熱浪。

(Rajasthan)受影響最嚴重，從 2017 年的 144 件增至 2018 年的 173 件。

並且，於 2010 年至 2018 年期間全印度共有 5,500 多人因熱浪而喪命。

2019 年 6 月上旬，印度約 54%的人口暴露在平均溫度超過 40°C 的環境中；中西部城市陸續出現「極端熱浪警告」，像是：拉賈斯坦邦(Rajasthan)、中央邦(Madhya)和馬哈拉施特拉邦(Maharashtra)。其中，拉賈斯坦邦的丘魯市(Churu)於 6 月 2 日測得 50.8°C 的高溫，僅次於印度歷史紀錄高溫 51°C。6 月 10 日，德里市(Delhi)測得 48°C，打破該市 6 月新紀錄。在這樣高溫與乾燥的狀態下，使得許多井水枯竭，影響附近地區農作物的耕作以及人民的生活。

為了應對因熱浪造成的死亡人數不斷增加的問題，印度政府在 2013 年開始針對高溫實施熱行動計劃措施，例如：縮短了上學時間、部分地區提供免費自來水、白天開放公共場所讓民眾遮陽；並且，為了避免道路瀝青會在超過 50°C 時開始融化而損毀，丘魯市政府這次也實施道路大量灑水。

### 三、 衝擊影響

印度各地的人民都面臨著嚴重的乾旱和缺水危機，而清奈(Chennai)為此次乾旱熱浪衝擊下受災最嚴重的城市之一，其隸屬泰米爾納德邦(Tamil Nadu)，擁有 708.8 萬人口(2011 年統計)，為印度第六

大城市，號稱南亞底特律的汽車工業大城，其飲用水均仰賴自季風降雨來補注的水庫及地下水。然而，泰米爾納德邦於 2019 年 6 月的降雨量較過去平均減少 38%，不如預期的降雨，再加上長期水資源管理不善及高溫熱浪的侵襲，使得向該市供水的四個主要水庫，分別為：Puzhal Lake（也稱 Red Hills）、Cholavaram、Poondi 及 Chembambakkam，總庫容為 11,257 mcft (相當於 3.187 億公升)，於 2019 年 6 月降至 18 mcft，僅剩庫容的 0.1%，為近 70 年紀錄新低，幾乎枯竭，無法提供民生用水，許多店家與餐廳也因此提早結束營業、學校關閉、不少公司更縮小運作規模來因應旱災。因此，清奈市政府在 2019 年 6 月 19 日宣布「Day Zero」，成為印度第一個宣布乾旱的城市。大部分市民僅能仰賴政府每日派自其他地區運來的水車配水補給或是水罐列車應急，仍舊不足以應付當地用水需求，因此，開始有私人土地開挖深井，利用高價買賣水源來賺取暴利，而政府卻無法有效解決用水問題，甚至地下水用量較往年倍數增加，使得地方抗議活動聲浪四起，抗議政府長年忽視水資源管理與環境的破壞。圖 12 為普札爾湖(Puzhal Lake)前後期影像，是清奈當地重要的雨水儲蓄池。圖 13 為當地河流河床已裸露，呈現乾涸且龜裂的情形。

除此之外，乾旱迫使許多家庭被迫遷離家園，在距離商業大城孟

買(Mumbai)不到 400 公里內的數個村莊就有大約 90%的人口外移，留下少數年長者獨自面對沒有水資源的環境。像是馬哈拉施特拉邦(Maharashtra)的 Hatkarwadi 村莊，因受到旱災衝擊，當地面臨飲用水不足、農業無法灌溉以及畜牧業無法進行等威脅。原本擁有 2,000 人以上的人口，如今只剩下 10 戶至 15 戶的家庭，當地農夫也被迫攜帶牛隻與牲畜至鄰近的救濟營，以接受政府提供足夠的水與飼料。



圖 12 透過衛星影像比較印度清奈主要水庫普札爾湖(Puzhal Lake)前後期影像，左圖 2018 年 5 月 31 日，右圖 2019 年 6 月 19 日所拍攝，該水庫容量自 3,188 億升已降至 6.51 億升，僅剩餘其容量的 0.2%

(資料來源：NASA Observatory)



圖 13 印度連日高溫已讓河流乾涸(資料來源：美聯社/科技新報)

#### 四、 政府應變作為

印度政府先是於 6 月 5 日發布熱浪警告，但不到兩周時間，清奈 (Chennai) 等 20 個城市於 6 月 19 日相繼宣布「Day Zero」，因為向該市供水的主要四座水庫皆已乾涸，導致自來水供水系統完全失效，民眾須排隊向政府領取每日配額的用水量賴以維生；然而，印度東南部地區的水資源仍舊供不應求，於是政府於 7 月緊急啟動「水罐列車計劃」，自其他邦省長途運載 250 萬公升的乾淨用水到清奈前來應急。

此外，面對未來水資源危機，印度國會議員也提出海水淡化、建築雨水收集等方式來應對。專家提醒若印度無法進行有效的水資源整合，將有 21 個城市在 2020 年耗盡地下水。因此，印度政府也宣布將

成立新的水力能源部，進行長期抗旱大作戰。圖 14 為印度當地居民排隊向水車取水情形。圖 15 為 2019 年 7 月 12 日一列載有 250 萬公升水的水罐列車，為過去一個月因缺乏水源而苦苦掙扎的清奈居民提供救濟。



圖 14 印度當地居民排隊向水車取水(資料來源：美聯社)



圖 15 載有 250 萬公升水的水罐列車為過去一個月因缺乏水源而苦苦掙扎的清奈居民提供救濟  
(資料來源：FINANCIAL TIMES)

## 五、 結論

今年乾旱災情之所以會較往年加劇的主要原因，可歸因於連年的季風表現不佳使得降雨量不足，加上季風延遲及高溫熱浪，加劇旱災情勢，讓仰賴雨水補注的水庫蓄水量幾乎乾涸，創下紀錄新低；除此之外，政府長期忽視水資源問題，放任地下水濫用，以及雨水收集裝置的執行不確實等，隨著城市迅速發展，人口快速增加，集結以上多重因素下而導致供水系統大當機，水資源供不應求，爆發了印度近 70 年最嚴重的乾旱事件，而清奈為此次旱災受影響最大的城市之一。

有著非洪即旱著稱的印度，雨季來得早或晚、雨水多或寡、都會影響著當年度是洪是旱，因此，如何將水留住，是印度需思考的重要

議題。

## 參考文獻

1. BBC NEWS, "There is no water. Why should people stay here?"  
<https://www.bbc.com/news/world-asia-india-48552199>
2. ALJAZEERA, "India reels under worst drought in decades, heat kills dozens"  
<https://www.aljazeera.com/news/2019/06/india-reels-worst-drought-decades-heat-kills-dozens-190617084139066.html>
3. Money control, "Over 43% India facing drought; situation grim in Maharashtra, Karnataka"  
<https://www.moneycontrol.com/news/india/over-43-india-facing-drought-situation-grim-in-maharashtra-karnataka-4074511.html>
4. Global News, "A historic drought in India is so severe that it's now visible from space"  
<https://globalnews.ca/news/5424366/chennai-india-drought-satellite/>
5. The hindu, "Just 20% water left in 91 major reservoirs"  
<https://www.thehindu.com/sci-tech/energy-and-environment/just-20-water-left-in-91-major-reservoirs/article27406998.ece>
6. The Guardian, "Indian villages lie empty as drought forces thousands to flee"  
<https://www.theguardian.com/world/2019/jun/12/indian-villages-lie-empty-as-drought-forces-thousands-to-flee>
7. Hindustantimes, "Looming El-Nino threatens monsoon in India"  
<https://www.hindustantimes.com/india-news/looming-el-nino-threatens-monsoon/story-dNjeqVIxqCXhIE4rvwLBfM.html>
8. The Economic Times, "Record high temperatures in several parts of India; 48 deg C in Delhi"  
<https://economictimes.indiatimes.com/news/politics-and-nation/delhi-records-all-time-high-of-48-deg-c/articleshow/69728668.cms>
9. The Times of India, "808 farmer suicides in Maharashtra in January-April"  
<https://timesofindia.indiatimes.com/city/mumbai/808-farmer-suicides-in-maharashtra-in-january-april/articleshow/69734027.cms>
10. The Indian EXPRESS, "12,021 farmer suicides in Maharashtra in four years"

- <https://indianexpress.com/article/india/12021-farmer-suicides-in-maharashtra-in-four-years-5794171/>
11. The Times of India, “June sees 33% rain shortfall, most of India under dry spell”  
<https://timesofindia.indiatimes.com/india/june-sees-33-rain-shortfall-most-of-india-under-dry-spell/articleshow/70016633.cms>
  12. GDO Analytical Report  
[https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/GDODroughtNews201906\\_India.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/GDODroughtNews201906_India.pdf)
  13. Customized Rainfall Information System(CRIS)  
[http://hydro.imd.gov.in/hydrometweb/\(S\(mmjgnzrjwcn1vw550ew1ky30\)\)/landing.aspx](http://hydro.imd.gov.in/hydrometweb/(S(mmjgnzrjwcn1vw550ew1ky30))/landing.aspx)
  14. India Meteorological Department(IMD)  
<http://www.imd.gov.in/Welcome%20To%20IMD/Welcome.php>
  15. 聯合新聞網 “四座水庫幾乎乾涸！印度百萬人口大城快沒水”  
<https://udn.com/news/story/6811/3882654>
  16. Emergency Response Coordination Centre(ERCC), ”India Drought Situation”  
[https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/ECDM\\_20190628\\_India\\_Drought.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/ECDM_20190628_India_Drought.pdf)
  17. ALJAZEERA, “India's heatwave turns deadly”  
<https://www.aljazeera.com/news/2019/06/india-heatwave-turns-deadly-190618090507114.html>
  18. [https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/lanina/enso\\_evolution-status-fcsts-web.pdf](https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web.pdf)
  19. Ministry of Statistics and Programme Implementation (MoSPI)  
<http://www.mospi.gov.in/>
  20. Central Ground Water Board (CGWB) <http://cgwb.gov.in/>
  21. 轉角國際 “清奈大旱災：印度千萬大城「缺水危機」，如何解渴？”  
[https://global.udn.com/global\\_vision/story/8664/3992897](https://global.udn.com/global_vision/story/8664/3992897)
  22. National Disaster Management Authority (NDMA)  
<https://ndma.gov.in/en/>
  23. India-WRIS <http://tamcnhp.com/wris/#/waterData>