



經濟部水利署

2017

June [創刊號]

中庄調整池

全台第一座跨河全斷面倒伏式攔河堰，最大蓄水量備援調節池

105年臺灣水文環境情勢專刊

水與大地

水文資訊公開

105年水文環境概況

長期水文情勢變化

溫泉水資源調查

水資源運用情勢

105年重大水情概述

國際災情回顧

襲擊美國加州500年一遇的大乾旱

美國加州奧羅維爾水壩危機



C O N T E N T S

目錄

2017 JUNE

發行與編輯團隊

中華民國106年6月出版

發行人 賴建信

副發行人 曹華平 鍾朝恭 王藝峰

總編輯 陳肇成

副總編輯 黃宏甫 劉昌文 張良平 張國強
蔡孟元 洪丕振

編輯策劃 簡昭群

編審委員 李如晃 郭俊楨 郭耀程 楊介良
李朝晉 顏宏哲 張昆茂

編輯小組 馬家驊 謝孟益 王仲豪 高富員
郭萬木 管樂齊 林震哲 陳明城
曹皓翔

執行編輯 臺灣水資源與農業研究院教育基金會

發行機關 經濟部水利署

聯絡資訊 臺北辦公室

10651 臺北市大安區信義路3段41-3號
9-12樓

電話：02-3707-3000/0800-212-239

傳真：02-3707-3166

臺中辦公室

40873 臺中市南屯區黎明路2段501號

電話：04-2250-1250/04-2250-1499

傳真：04-2250-1628

01 序

02 署長的話

03 特編

03 | 水與大地

07 水文資訊公開

07 | 105年水文環境概況

11 | 長期水文情勢變化

15 | 溫泉水資源調查

17 | 水資源運用情勢

22 | 105年重大水情概述

25 國際災情回顧

25 | 襲擊美國加州500年一遇的
大乾旱

28 | 美國加州奧羅維爾水壩危機

序

近年來受極端天氣與氣候變遷影響，全球常有嚴重災情傳出，而臺灣也因極端水文現象頻頻發生且因時空降雨不均，導致旱澇交替已趨常態，因此建構智慧的防洪抗旱應變措施，及營造水與綠的生存環境，使國人免於淹水、缺水之苦並維持永續水環境的發展，一直是經濟部積極推動水資源政策的方向與目標。

回顧去(105)年影響臺灣的颱風計有5個，其中莫蘭蒂、馬勒卡及梅姬颱風接連而來造成部分災情，然在汛期結束進入12月的枯水期後，由於全臺降雨量偏少，自今年1月起各主要河川流量逐漸偏少產生旱象，因此經濟部於3月9日召開「106年旱災經濟部災害緊急應變小組」第一次工作會議，正式進入抗旱應變。雖然今年梅雨季前的水情不佳，但民眾卻沒有受到缺水困擾，主要歸功於平時對民眾的節約用水宣導，旱象初期開始即做好各區水資源區域調度、總量管制、人工增雨等管控措施，以及經濟部水利署與行政院農委會、交通部中央氣象局等中央機關與各縣市政府的合作抗旱。由此可知，因應水旱災必須各級政府機關及民眾共同努力，始能化險為夷。

經濟部在防洪治水及水資源管理工作上，始終以追求防洪安全和供水穩定為目標，期望能為社會、環境及經濟的發展提供最大的支援。為集思廣益共謀水利大計，經濟部於105年12月召開「105年全國水論壇」，經由產官學研及公民團體的熱烈參與及研討，獲得多項水資源政策的重要結論及共識，其中一項共識即為資訊公開是民眾參與的基礎，因此特請水利署編撰臺灣水文環境情勢專刊，期每年定期公開臺灣整體水文環境的情勢，使民眾更加了解及重視臺灣的水文環境變遷情形，進而支持政府的水資源相關政策，以共同面對環境變遷及水旱災的嚴峻挑戰。

經濟部 常務次長

楊偉甫

署長的話

各界先進大家好

在全球暖化極端氣候變遷的衝擊下，臺灣豐枯水年雨量的多寡差距越來越大，降雨時空分佈亦異常集中，而不論雨太多或太少都會帶來全國經濟發展和民眾安全重大的損失，所以水旱災是我們每年難以避免及必須積極面對的課題。

本署近年來積極推動水文觀測現代化及長期發展計畫，已逐年完成現代化水文觀測站網之建置、更新與維護，並由過去的人工觀測，全面提升為自記化及自動傳輸，已大大提升水文觀測調查能力。本署的水文觀測資訊包含降雨、地表水、地下水、近海海象及溫泉水等監測調查，並將每年觀測結果彙編成臺灣水文年報，提供水利工程設計、防災及學術研究應用，已頗具績效及獲好評，因此，希望將各項資訊公開至一般民眾。但年報資訊較偏重專業分析，對於一般民眾不易閱讀及了解國內水文變化情形，因此特彙編本專刊將水文觀測資料研析結果以圖文方式及災情案例報導提供給一般民眾閱讀，讓民眾更了解水資源情勢及水環境情勢變化，進而支持水資源相關政策。

本專刊於水利節前夕出版，特別以水與大地為主題，說明水土人三者多少世紀以來彼此相互影響的微妙關係，並透過水文環境情勢的資訊公開，讓民眾更了解臺灣的水文環境變遷，深信在未來面臨水旱災的挑戰時，有更多相關知識因應，並建立對政府的信心與支持。

經濟部水利署 署長





水與大地

人離不開水，猶如水離不開土地，水只有落於土地上，才能為人所用，才能涵養滋潤大地上的萬物。而土構成了大地，也給了人類立足之處。大地就像是我們的母親，水就彷彿孕育我們的血液；河川與地下水流就如臍帶般將源源不絕的養分供給大地上的各種生命。養分不足，萬物是無法滋長茁壯；營養過量，也同樣令人難以消受。

水、土、人三者的關係是如此微妙，多少世紀以來即彼此相互影響依賴著，時而滋生、養育、支持，時而抑制、滯鬱、破壞，存在相生相剋的關係。水無土地則無處可涵養，而水太多又有害於大地；土可阻水防堵水患，然土入水太多則易生淤，水流停滯與水庫淤積日久必然生害。

由此可知，人們應當認知努力維持水土自然和諧的平衡關係對國家經濟發展的重要性；尤其，全球籠罩在氣候變遷下，臺灣自然無法置身事外。

臺灣四面環海，土地面積約3萬6千平方公里，南北長不到400公里，東西最寬處約140公里。中央山脈縱貫南北將全島一分為二，切割成東西二部分，也自然如其名成了大多河川的發源地，正因如此，河川短、落差大、坡度陡與流速急乃是必然。西部河川由東向西，東部反之。地面高度超過1000公尺以上的山區面積約為33%，100至1000公尺的丘陵及台地也有38%，真正屬於人口居住區域，可供農業及工商的發展沖積平原僅不到30%。

節氣小常識

芒種

國曆6月5或6或7日

四月芒種雨，五月無乾土，六月火燒埔

解釋：芒種日下雨便會連著下到五月，即俗稱梅雨。

臺灣地區，因北回歸線經過南半部，造成南北氣候存在明顯差異。降雨在臺灣的全年時間分布上豐枯季水量比例懸殊，南部更是明顯；東北季風盛行於每年10月至次年3月，可為北部帶來部分降雨；4到6月進入梅雨季，該季常在華南地區形成滯留鋒面而帶來連續綿延的降雨，但梅雨也可能遲到或缺席，主要降雨仍需等到進入夏秋的雨季（或豐水季），鄰近太平洋海域上易形成熱帶低壓與颱風，才可能為全島帶來豐沛雨量，成為全臺水庫全年蓄水量的主要來源。因此，豐枯季的雨量差異相當懸殊，尤其南部地區的差異可達到將近9倍之多，常常好不容易捱到了一場甘霖，但也伴隨著發生難以承受的嚴重災情，只能眼看著挾帶大量泥沙的滾滾洪水無法取用而任其付諸大海。

全臺超過100公里的河川雖然只有淡水河、大甲溪、烏溪、濁水溪、曾文溪、高屏溪等六條，但卻有6至8條河川洪水流量常發生每秒上萬立方公尺的現象，濁水溪（彰雲橋流量站）更曾發生每秒2萬8千立方公尺的驚人流量紀錄。加上臺灣地質年輕，沖蝕劇烈，河川泥砂含量高，依據水文年報，蘭陽溪、大安溪、濁水溪都曾有含砂量超過10萬ppm的紀錄，相當於1立方公尺中有高達100公斤的泥砂，水砂比達10比1，土入水太多有害，真的成為名符其實的水庫殺手了。

相較於河川與水庫中的水（即稱：地面水），地下水是貯存於地底下，另一種特殊的水土關係。地下水的特質為，不受乾旱影響，水量水質穩定，開發成本低，平時可以儲存起來，成為枯旱時「臨渴掘井」的救命水。但正因如此，地下水對農業而言實在是一個減少看老天爺脾氣，不受降雨短缺影響，同時也免受用水量與用水時間限制的一個好選擇。因此，臺灣早在1950~60年代外銷砂糖時期，台糖農場的地下水開發，也達到高峰。此外，利用地下水來進行農業用水灌溉與養殖，自行鑿井的數量更是驚人。原本



是用來救急的水，卻被當成日常用水大量抽取，補注量遠遠不及抽取的量，導致20年後開始出現地下水水位下降與地層下陷等不良後果，可見水入土太少也是有害。臺灣本島主要有九個地下水區（如圖1），幾個地下水使用量特別高的區域包括：屏東沖積平原、濁水溪沖積扇、嘉南平原，屏東、雲林與彰化等縣市，也長年飽受地層下陷所帶來的種種災害與損失。能否在扇頂進行人工補注，除了利用天然的雨水、河川水之外，廢水回收再生水的利用，是未來新興水資源開發努力方向。

隨著地形地勢一路由高山往平原逐漸接近海岸，水土關係變化也由地面、地下的顯著關係，一變為陸地與水域間歇相互消長與淹沒的曖昧關係-濕地。「潟湖」（俗稱內海仔）是一種被沙洲所圍起的半封閉濕地，不僅成為防禦外海風浪與侵蝕海岸的第一道防線，也成為天然生態的避風港，孕育各種魚類、貝類、螃蟹、候鳥及濱海植物。同時，潟湖亦可調節水量，具防洪功能，一方面可作為天然滯洪池，宣洩區域排水，另一方面可阻擋海水倒灌，降低沿海地區水患的發生，是水土人共生的重要緩衝地帶。溼地強大的生態淨化作用，贏得「地球之腎」的美名。但因原本由上游自然排入海的泥砂，隨著水庫壩壩的興建阻攔，造成了海岸線後退與國土流失，使得這層保護區帶因土砂來源不足而逐漸消失，這又是個土入水太少有害的例子。

水土人特殊的三角關係如何兼容並蓄，也關係著我們是否可以安身立命在臺灣這塊土地上。持續不間斷地記錄並發覺、瞭解及探索曾發生在臺灣這片「土地」的過去與現在「水」的歷史軌跡，應該是開啟認識彼此與珍惜水環境的第一步。

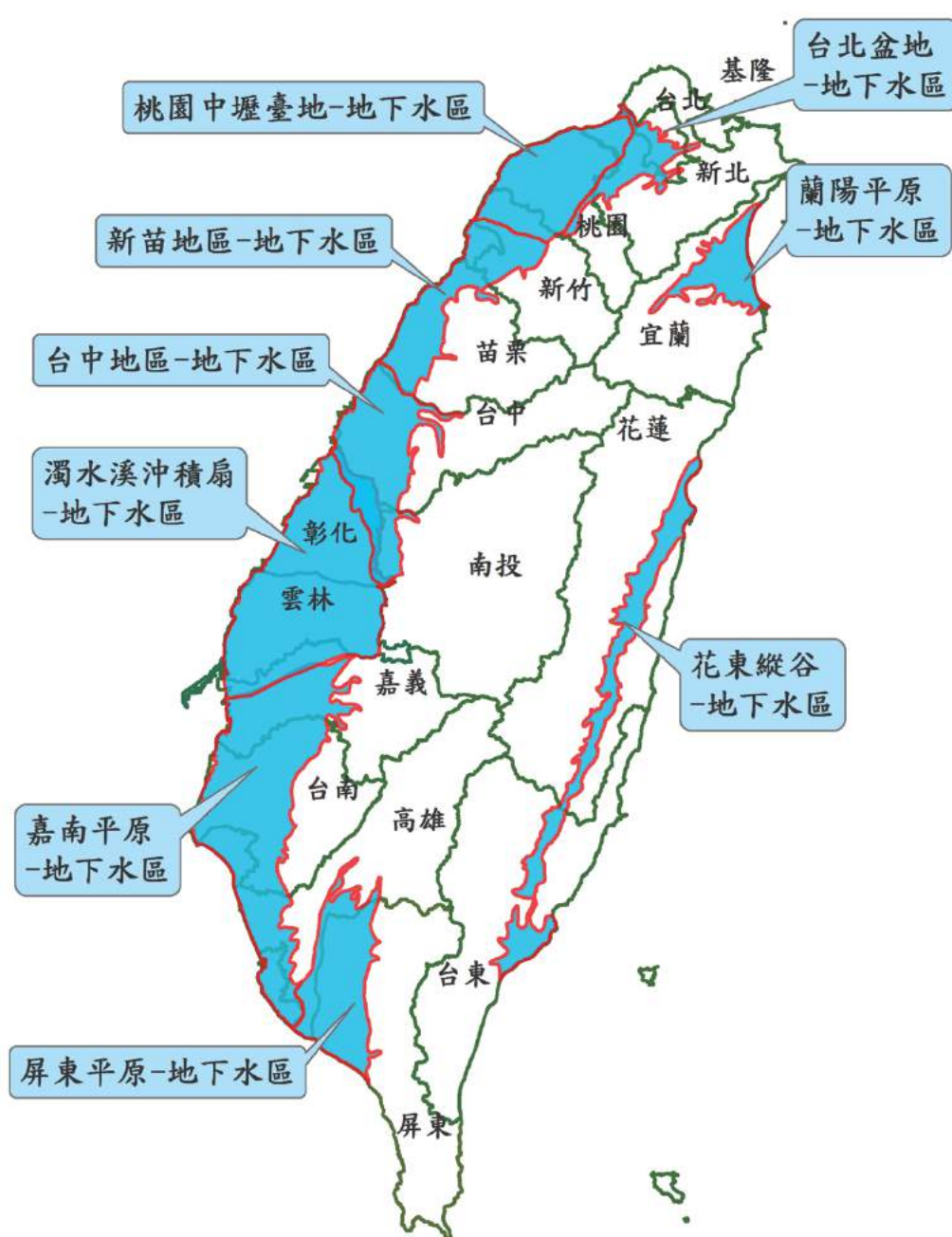


圖1 臺灣本島九大地下水分區圖

105年 水文環境概況

降雨量概況

臺灣四面環海，氣候溫暖潮濕，民國105年平均年雨量為3278毫米，與歷年（民國38至104年）平均年雨量2497毫米比較，約多31%，屬於豐水年。降雨型態於時間及空間分布極不均勻，豐枯相差懸殊，105年全臺豐水期之降雨量占了72.6%，而歷年平均豐水期之降雨量更占了年雨量的77.7%；至於各分區之豐枯差距，105年及歷年之降雨量於北部地區豐水期分別占了63.8%、64.6%，中部地區分別占了59.8%、77.2%，南部地區分別占了82.0%、89.0%，東部地區分別占了79.7%、77.7%（如圖1），由此可知，南部地區之豐枯差距相較於北部地區更加顯著。

民國105年影響臺灣的颱風中有4個颱風發布陸上警報，分別為強烈颱風尼伯特、強烈颱風莫蘭蒂、中度颱風馬勒卡及中度颱風梅姬。其中，尼伯特、莫蘭蒂及梅姬颱風甚至在侵臺期間於南臺灣降下一小時破百的降雨量，如尼伯特颱風於南屏東的壽卡站測得112毫米、莫蘭蒂颱風於林邊溪西大武山站測得107毫米、梅姬颱風於八掌溪小公田站測得118毫米。

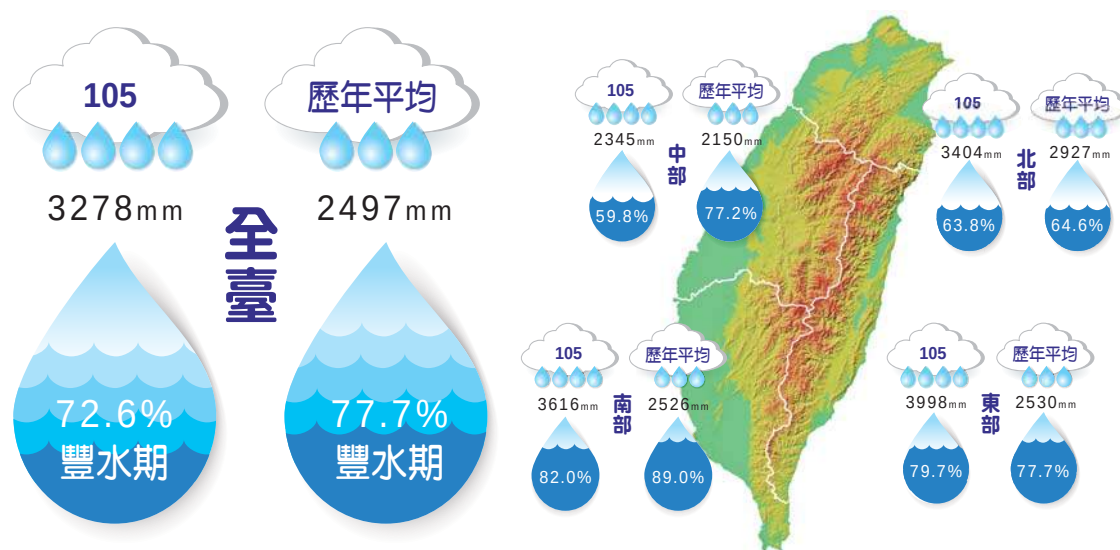


圖1 民國105年降雨量與歷年平均比較

河川逕流量概況

臺灣地區所有河川多由中央山脈或其鄰近山區發源，分向東西注入太平洋或臺灣海峽，計有中央管河川24水系、跨省市河川2水系及縣(市)管河川92水系。各河流均短且陡，暴雨時水流湍急，挾帶大量泥沙，河川流量並隨降雨迅速漲落。

民國105年臺灣地區各河川流量高於歷年平均値，總逕流量約為880.55億立方公尺，與歷年（民國38至104年）總逕流量平均値645.67億立方公尺比較，約高36.38%。民國105年北部地區逕流量占了22.1%，中部地區逕流量占了20.4%，南部地區逕流量占了27.6%，東部地區逕流量占了29.9%（如圖2）。

105年總逕流量880.55億立方公尺

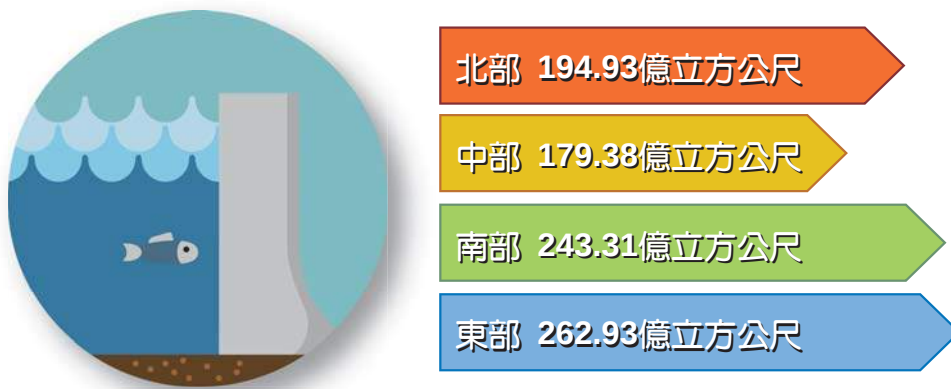


圖2 民國105年河川逕流量概況

水文小常識

何謂豐水年、平水年與枯水年

一般而言，年雨量接近歷年平均雨量2500毫米者，稱為平水年；年雨量高於歷年平均雨量者，稱為豐水年；年雨量低於歷年平均雨量者，稱為枯水年，例如民國91年雨量為歷年最低，僅1572毫米。

何謂豐水期與枯水期

豐水期為一區域在一年中降雨量特別豐富的時期，此時水庫蓄水量充裕，河川流量大，土壤含水量高，一切用水不虞匱乏，臺灣地區的豐水期為5月至10月；枯水期為一區域在一年中降雨量特別稀少的時期，此時容易出現乾旱缺水的現象，臺灣地區的枯水期為每年11月至次年4月。

地下水水文概況

依民國105年與104年地下水水位資料比較結果顯示，民國105年臺灣地區除澎湖地下水區地下水觀測井水位多數呈現下降，其餘九個地下水區地下水觀測井水位多為上升（如圖3），其中，臺北盆地與屏東平原地下水區有超過90%之觀測井水位上升。

再利用民國105年地下水水位與管理水位進行比較，其中，蘭陽平原、新苗地區、臺中地區及花東縱谷等地下水區皆有超過20%之觀測井水位低於管理水位（如圖4），顯示其地下水環境狀況較差，須加強管理。

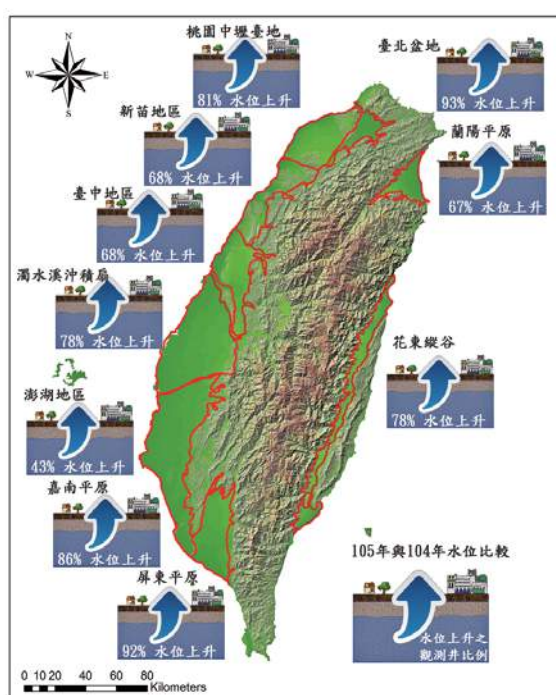


圖3 各地下水區民國105年與104年地下水水位井數比較

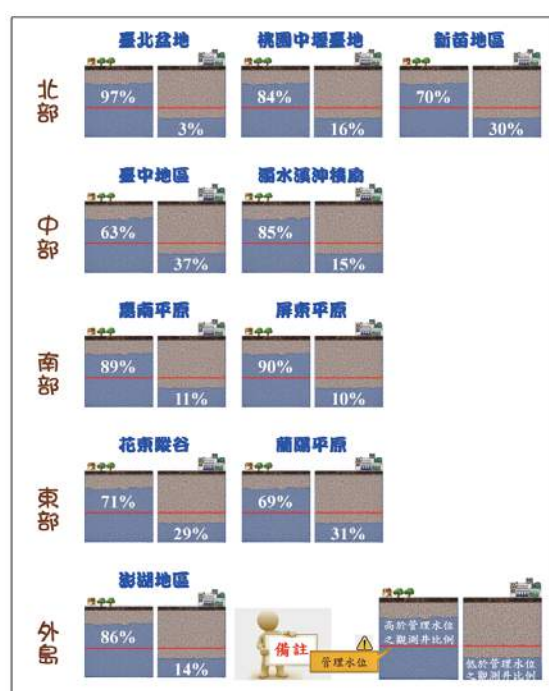


圖4 各地下水區民國105年地下水水位與管理水位井數比較

地下水文小常識

何謂地下水區

地下水區是指地下水資源蘊藏量較豐富地區；目前本島地下水分區，主要包含臺北盆地、桃園中壢臺地、新苗地區、臺中地區、濁水溪沖積扇、嘉南平原、屏東平原、蘭陽平原、花東縱谷地區等9個分區，再加上離島之澎湖地區，共計10個分區。

何謂管理水位

地下水管理水位係利用各觀測井記錄歷史地下水水位資料進行統計分析之成果，可用於判斷地下水水位狀態是否需加強管理之參考數值，意即當觀測井水位低於管理水位時，表示該觀測井及其鄰近地下水水位處於歷史相對較低之位置，若持續低於此一標準則應加強管理。

整體而言，民國105年臺灣總計751口觀測井中有606口之地下水水位高於104年之地下水水位，約佔整體之81%，有629口高於管理水位，約佔整體之84%。

近海水文概況

民國105年強烈颱風尼伯特、莫蘭蒂及中度颱風梅姬侵臺期間測得的示性波高(以下簡稱波高)、風速及暴潮，多數觀測站打破往年紀錄測值(如圖5)，如在梅姬颱風期間蘇澳資料浮標測得18.7公尺的波高；臺東資料浮標於尼伯特颱風期間測得57.7公尺/秒陣風風速；在潮汐部份，梅姬颱風期間於小港潮位站測得最大暴潮為146.8公分，另在莫蘭蒂颱風期間料羅灣潮位站亦測得最大暴潮146.6公分。

民國105年許多測站均創下設站以來最大觀測值，這樣的現象與陸上暴雨集中化情況相當類似，對於本署海堤管理以及防災預警業務而言，確實是一項相當艱鉅的挑戰。在海岸防災的設計與檢討上須做更嚴格之檢驗以資因應。

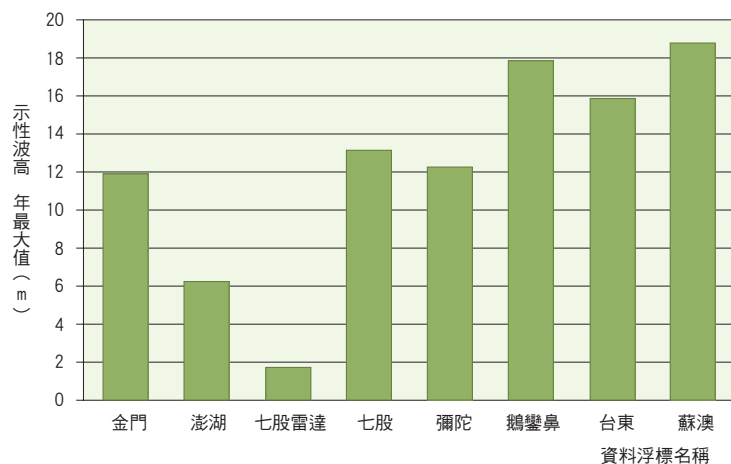


圖5 105年颱風期間海上資料浮標觀測所得之波高值

近海水文小常識

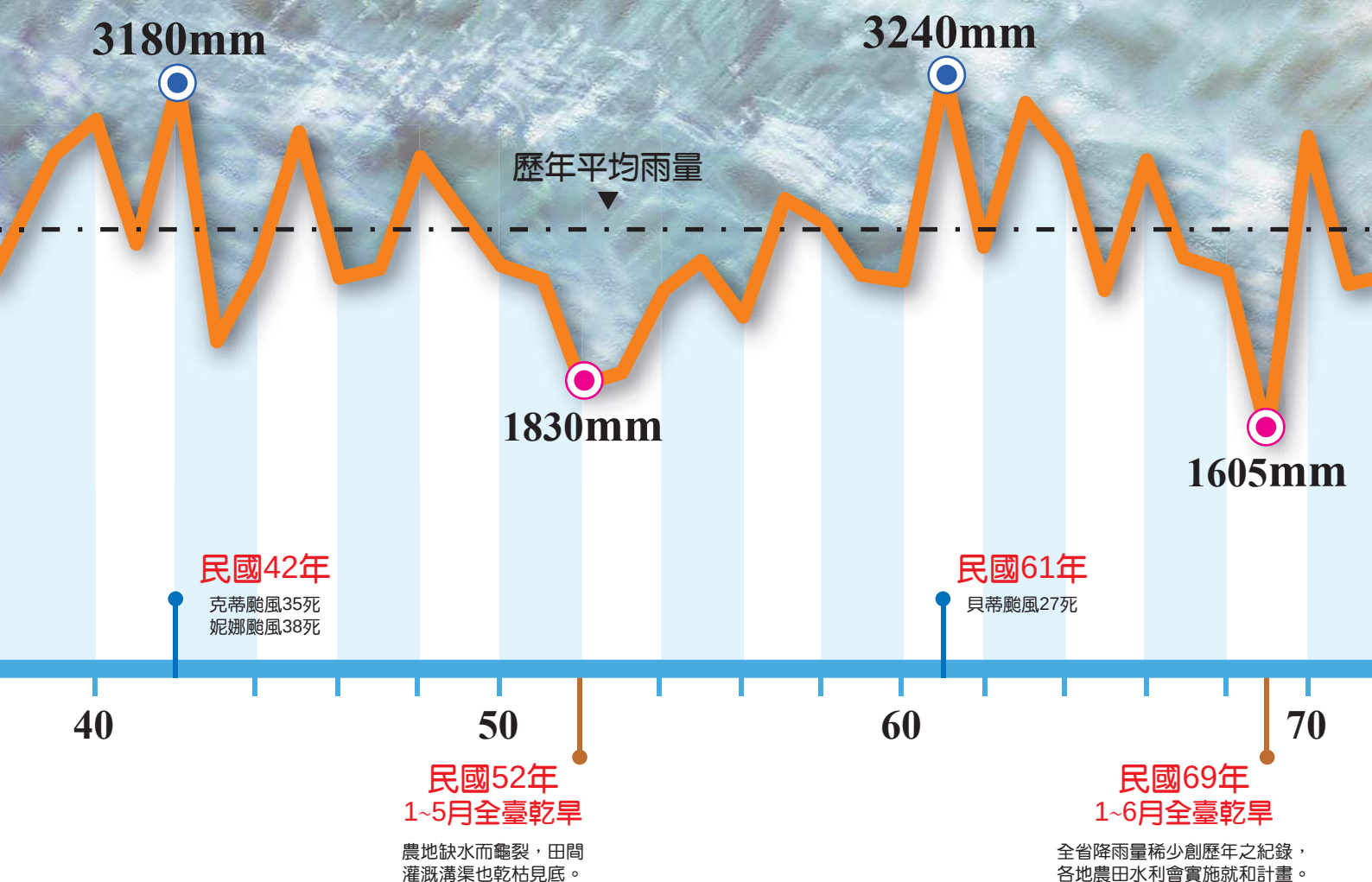
何謂示性波高

示性波高(Significant wave height)，亦有人採用日譯「有義波高」，為海面某一點位長時間連續觀測之所有波高觀測值，計算其前三分之一最大波高平均後所得數值稱之，以 $H_{1/3}$ 或 H_s 表示；據統計， H_s 與海員目測之波高值甚為接近。

長期水文情勢變化

年雨量水文情勢變化趨勢

由民國38年到105年的年雨量長期記錄來看，豐枯水年會交替發生，以往豐枯水年從19年一循環，到近期大幅縮短為7年一循環，而且豐枯水年的雨量多寡差距越來越大，不是水太多、就是水太少，各年豐枯水情擺盪變化加劇，意味旱澇極端事件交替發生更加頻繁（如圖1）。



強降雨發生次數變化趨勢

再利用本署及中央氣象局近37年之降雨資料（143站）進行趨勢分析，統計臺灣每年的大豪雨發生次數（日雨量大於350毫米），以10年為一期，第一期（民國69年至78年）及第二期（民國79年至88年）之平均發生次數分別為36次及35次，第三期（民國89年至98年）之平均發生次數為77次，明顯較前兩期增加。隨著降雨強度變強，發生次數增加，未來因氣候變遷所引致之高強度降雨，不論於時間或空間分布上都將愈趨複雜且不確定性增加。

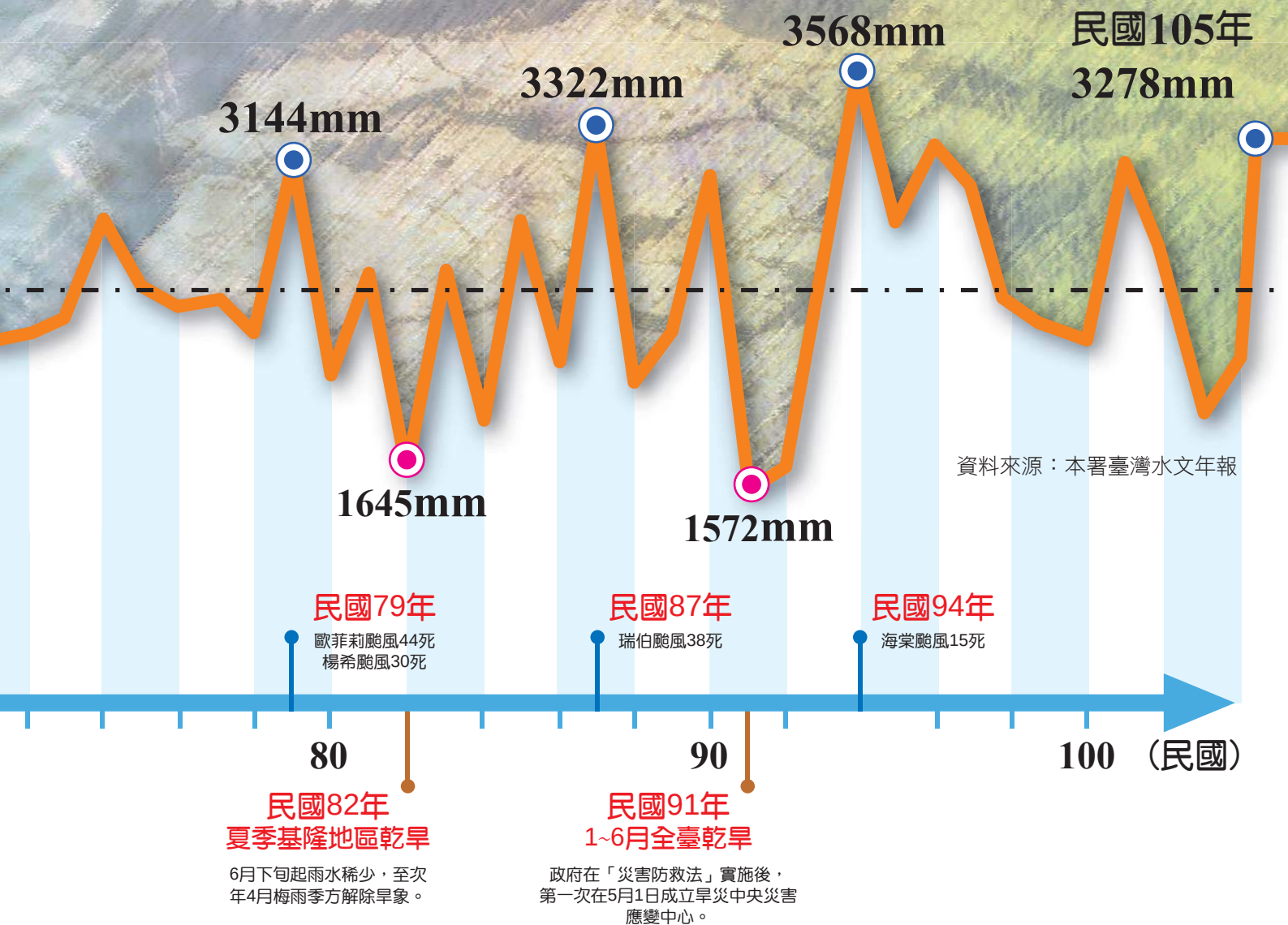


圖1 臺灣歷年年雨量與旱澇交替示意圖

地下水水位歷時變化趨勢

由民國95年到105年近10年地下水長期水位紀錄來看，地下水觀測井水位主要呈現上升趨勢的地下水區包含臺北盆地、桃園中壢臺地、濁水溪沖積扇、嘉南平原與蘭陽平原，而主要呈現下降趨勢的地下水區則包含新苗地區、臺中地區、屏東平原、花東縱谷地區與澎湖地區等(如圖2)。其中，值得注意者為過去因地下水超抽而導致地下水環境受到影響的濁水溪沖積扇、嘉南平原與蘭陽平原等地下水區，其多數觀測井地下水水位則有逐漸上升之趨勢，顯示過去於這些地區所執行的相關管理政策亦已逐漸產生效果。

根據民國97年「臺灣地區未來氣候變遷預估」及民國100年「臺灣氣候變遷科學報告」等，皆指出未來我們將面對氣候變遷可能造成之影響下，勢必使得地面水的利用將更趨困難；另外回顧臺灣自民國38年到105年長期的年雨量變化趨勢，亦可預期未來面臨乾旱等極端氣候發生之情況也會越趨頻繁，致使臺灣之地面水資源不管在調蓄使用及管理上都面臨極大的挑戰，也因此，我們絕對相信地下水於水資源供應所扮演之角色也會越顯重要，甚至轉變為整體水資源主要一環。

波高、風速及暴潮年最大值變化趨勢

利用民國88年到105年近海水文觀測站網的觀測紀錄統計分析顯示，波高、風速及暴潮最大值有逐年略為變大的趨勢（如圖3），這些觀測所得知最大值一般大多發生於颱風期間，如民國105年梅姬颱風期間蘇澳資料浮標測得18.7公尺的波高，少部分發生在東北季風期間，如澎湖海域於東北季風期間之海況曾測得近7公尺的波高，其破壞力不下於颱風期間。顯示不僅在颱風期間，東北季風期間的海岸防災工作亦不容輕忽。



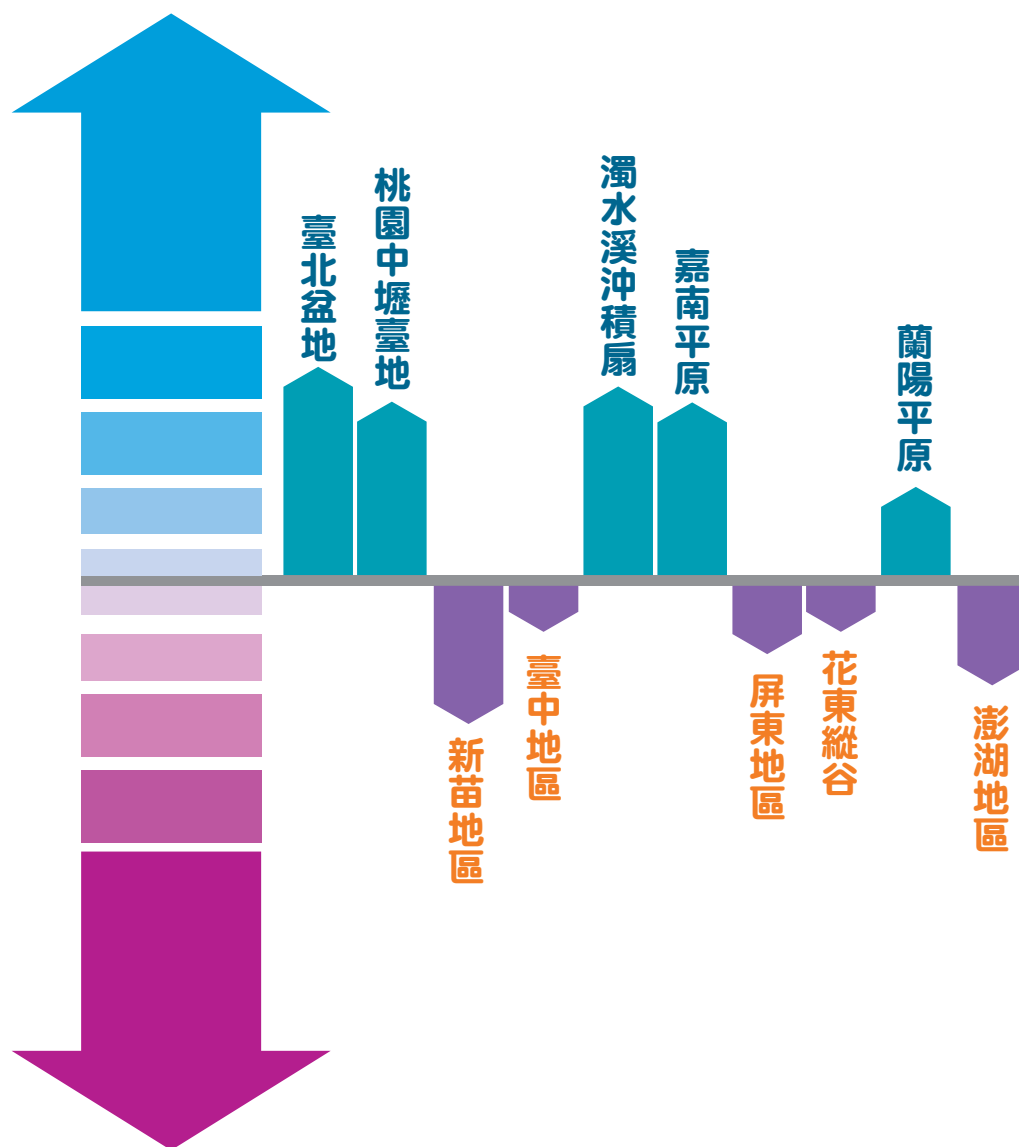


圖2 近10年各地下水區地下水水位長期變化趨勢

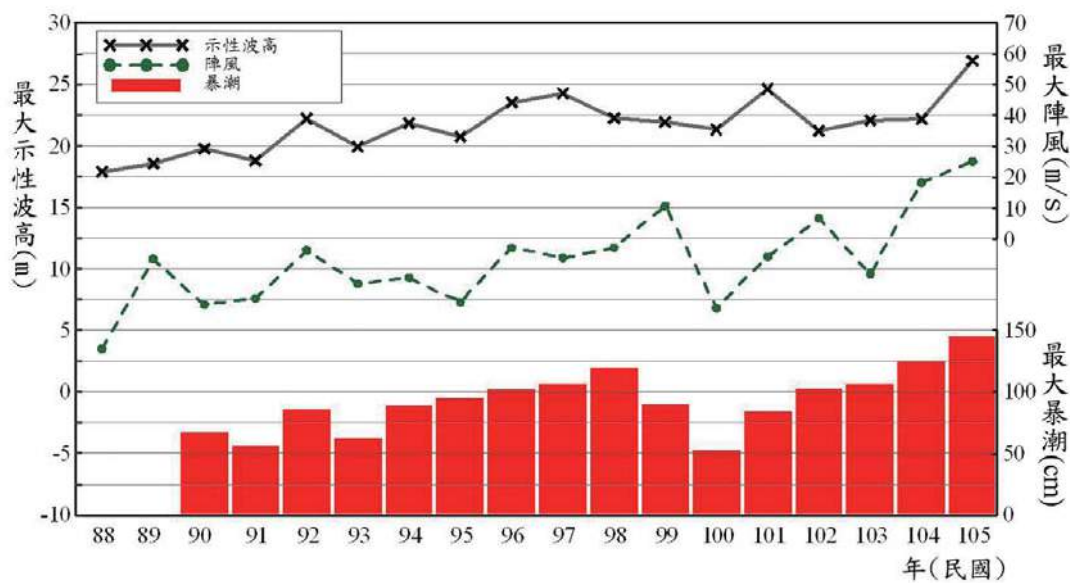


圖3 波高、風速及暴潮年最大值變化趨勢

溫泉水資源調查

溫泉水資源分布

臺灣位處環太平洋地震帶，由於地震活動頻繁，孕育臺灣豐富且泉質多元的溫泉地區。在全臺溫泉區中有13縣市已劃設公告溫泉區計25處(如圖1)，目前設有監測井及露頭監測儀器有北投、烏來、礁溪、蘇澳、谷關、關子嶺、四重溪、知本及瑞穗等地區(如表1詳述)，其中以礁溪及四重溪的監測最早開始，自民國96年起有監測數據，監測設備及現場數據蒐集狀況，如圖2所示。臺灣溫泉泉質主要為碳酸氫鈉泉，約占70%，其次為硫酸鹽泉及氯化物泉。在溫泉(蘇澳冷泉除外)水溫方面，多為40-80℃，約占70%，大於80℃的高溫溫泉約占30%。在溫泉之溶解礦物質(以導電度代表)，以綠島及關子嶺溫泉最高，蘇澳冷泉最低。



圖1 臺灣公告溫泉區



圖2 監測設備及現場數據蒐集

監測井網設置

本署為強化溫泉資源保育工作，自民國100年起逐年建置溫泉監測井網，分別將礁溪溫泉區(100年)、四重溪溫泉區(100年)、新北投溫泉區(101年)、烏來溫泉區(101年)、瑞穗溫泉區(102年)、知本溫泉區(103年)、谷關溫泉區(103年)、蘇澳溫泉區(103年)，關子嶺溫泉區(104年)納入監測井網，同時為使監測資訊能發揮增值利用與

資源共享的效果，監測數據經過整理分析，自民國101年起編纂國內第一本「臺灣溫泉監測季報」，民國102年起並發行「臺灣溫泉監測年報」。

105年溫泉水資源監測概況

依民國105年監測結果，除礁溪與四重溪局部地區因集中時段抽水導致短期水位下降情形外，北投、烏來、礁溪、蘇澳、谷關、關子嶺、四重溪、知本及瑞穗水位大多為持平或上升之趨勢；至於水溫部分，整體而言，則呈現持平或上升之趨勢。

105年溫泉水資源溫泉監測-以礁溪地區為例

礁溪溫泉位於臺灣東北部宜蘭縣，涵蓋湯圍溪南北兩側地勢相對低窪的谷地，溫泉區劃設範圍約277公頃，泉質以碳酸氫鈉泉為主。礁溪溫泉的溫度分布：熱水進入沖積層後，沿地層之水平面流動，向下游流動及擴散皆以水平方向為主，因其上方及下方為較冷的地層，所以形成上下冷而中間熱之現象，此現象因人為抽水而更明顯。本區有超過90家以上的旅館，大都為自有溫泉井，井深約20-50公尺。此含水層大量的抽水，有助於上游之熱水持續向此層流動，溫度最高的層次，應是水流最快的層次，湯圍及太子井約在地面下20公尺，員山井約在地面下75公尺。溫泉源頭水溫約65℃、往下游漸漸降低，若以溫度將本區分為三區：上、中、下游。上游為65-50℃、中游為50-30℃、下游為低於30℃。

表 1 臺灣主要溫泉區的露頭及監測井數

分區	溫泉區	露頭數	縣市政府露頭監測	水利署露頭監測	縣市政府監測井	水利署監測井
北部	馬槽	5	0	0	0	0
	行義路	4	0	0	4	0
	中山樓	6	0	0	0	0
	新北投	3	0	0	2	0
	金山萬里	6	0	0	0	0
	烏來	3	0	2	3	0
	礁溪	1	0	0	5	8
	員山	1	0	0	0	0
	蘇澳冷泉	1	0	0	3	0
	泰安	0	0	0	0	0
	清泉	1	0	0	0	0
中部	小錦屏	0	0	0	0	0
	谷關	0	0	0	0	1
	東埔	3	0	0	0	0
南部	中崙	1	0	0	0	0
	關子嶺	5	2	1	0	0
	龜丹	8	0	0	0	0
	寶來	0	0	0	0	0
	不老	1	0	0	0	0
	四重溪	0	0	0	0	5
	旭海	0	0	0	0	0
東部	金崙	2	0	0	0	0
	知本	1	0	0	0	2
	安通	1	0	0	0	0
	瑞穗	2	0	0	4	0

水資源運用情勢

一、水資源利用情形

(一) 生活、工業及農業用水概況

臺灣地區由於人口增加及經濟成長，用水需求隨著社會產業結構變化而改變，一般來說，水資源利用情形，依用水標的區分可分為三類，分別為生活用水、工業用水及農業用水。

近十(民國95~104)年平均總降雨量945.7億立方公尺/年，其中總利用水量175.24億立方公尺/年，包括農業用水量(含灌溉用水、畜牧用水及養殖用水)126.23億立方公尺/年為最多，占72.0%；其次為生活用水量32.93億立方公尺/年，占18.8%；工業用水量16.08億立方公尺，占9.2%。近十(95~104)年水資源運用情形(如圖1)。

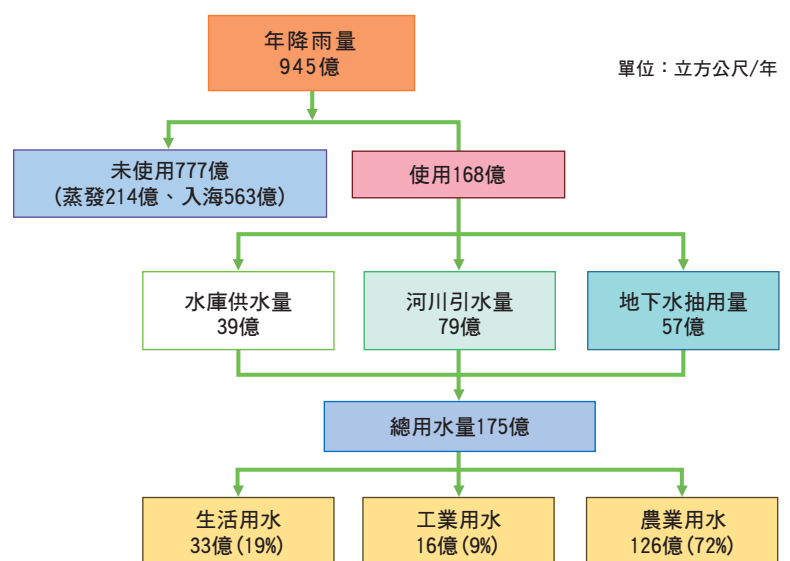


圖1 近十(民國95~104)年水資源運用情形

民國103~104年枯水期發生嚴重乾旱，水源無法完全滿足各標的用水需求，桃園、新竹、苗栗、臺中及嘉南部分地區104年一期稻作公告停灌農業用水，以支援生活、工業及其他未停灌地區農業用水使用，因此104年度農業用水量118.01億立方公尺相較於近十

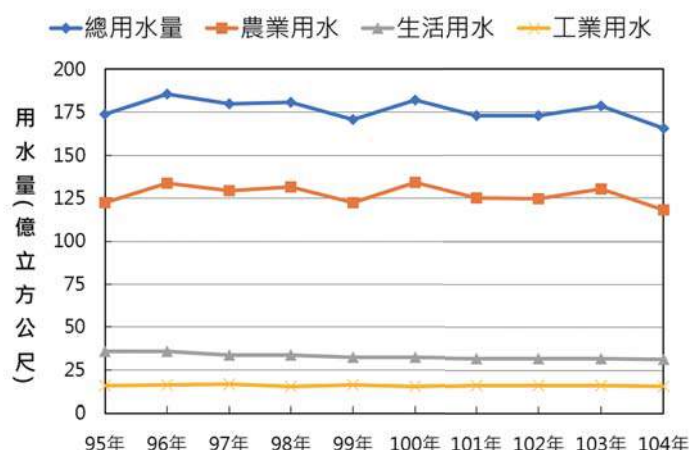


圖2 近十(民國95~104)年各標的用水情形變化

(民國95~104)年平均值大幅下降8.23億立方公尺，同時間，也因實施自來水限水措施及用水戶自主節水，生活用水31.42億立方公尺/年及工業用水為及16億立方公尺/年，相較平均值分別微幅下降1.51億立方公尺/年及0.08億立方公尺/年，近十(民國95~104)年歷年水資源利用變化情形如圖2。

(二) 水庫運用概況

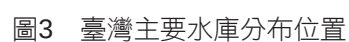
臺灣地區地勢陡峭、季節性雨量豐枯分佈不均，水資源蓄積不易，藉由構築壩堰形成水庫，作為調蓄河川流量並提供各種標的用水之設施，臺灣地區現今實際運轉中且有營運統計資料，經由經濟部公告之水庫計有95座，包括本島66座及離島29座。(臺灣主要水庫分布位置如圖3)

臺灣地區民國105年95座水庫總容量20.42億立方公尺，較完工當年總容量29.03億立方公尺減少約8.61億立方公尺；總有效容量19.11億立方公尺，較完工當年有效容量25.23億立方公尺減少約6.12億立方公尺。

民國105年95座水庫總進水量477.51億立方公尺，由水庫供應生活、工業及農業用水之總水量為71.25億立方公尺，其中農業用水為36.97億立方公尺，佔51.9%，生活用水為31.64億立方公尺，佔44.4%，工業用水為2.64億立方公尺，佔3.7%。

另外，透過水庫提供之水力發電用水為非消耗性用水，其發電後之剩餘水量可再次提供其他標的使用，民國105年由水庫供應之循環使用約245.58億立方公尺。

呆容量為最低放水口以下之容量，此部份蓄水無法透過放水口放出。
有效容量指水庫總容量中，能調節提供有效使用水量之部分容量，即
總容量扣除呆容量後之容量。



二、未來用水趨勢

民國120年各標的用水推估

為擘劃未來水資源經營管理之基本藍圖，臺灣地區以目標年民國120年之生活、工業及農業用水供需情形作為規劃依據。

農業用水依據民國100年「全國糧食安全會議」決議，除持續推動各項農業輔導及節水措施外，為糧食安全亦會擴大耕種面積，整體用水量以高標147.74億立方公尺/年、中標138.09億立方公尺/年及低標122.2億立方公尺/年為臺灣全區農業用水範圍，目標年則致力以低標122.2億噸/年為願景目標。

生活及工業用水則依據未來人口成長估計、自來水普及率、漏水率、每人每日生活用水量變化趨勢及用水計畫等資料加以統計推估，分為北、中、南、東部及離島區域分別說明如後。

● 北部區域生活及工業用水趨勢推估

北部區域包括宜蘭、基隆(北海岸)、臺北、新北、桃園及新竹等地區，推估民國120年由自來水供應生活用水及工業用水需求分別為402.5萬及110.4萬立方公尺/日，合計512.9萬立方公尺/日，較現況供水量496.2萬立方公尺/日增加16.7萬立方公尺/日，成長約3.4%。

● 中部區域生活及工業用水趨勢推估

中部區域包括苗栗、臺中、南投、彰化及雲林等地區，推估民國120年由自來水供應生活用水及工業用水需求分別為177.8萬及87.2萬立方公尺/日，合計265.0萬立方公尺/日，較現況供水量234.4萬立方公尺/日增加30.6萬立方公尺/日，成長約13.1%。

● 南部區域生活及工業用水趨勢推估

南部區域包括嘉義、臺南、高雄及屏東等地區，推估民國120年由自來水供應生活用水及工業用水需求分別為188.2萬及150.8萬立方公尺/日，合計339.0萬立

方公尺/日，較現況供水量288.1萬立方公尺/日增加50.9萬立方公尺/日，成長約17.7%。

● 東部及離島區域生活及工業用水趨勢推估

東部區域包括花蓮及臺東等地區，自來水系統多供應生活用水(含綠島、蘭嶼地區觀光用水量)，工業用水則以自行取水為主，推估民國120年由自來水用水需求為17.9萬立方公尺/日，較現況供水量19.1萬立方公尺/日減少1.2萬立方公尺/日，成長約-6.3%。

離島區域包括澎湖、金門及馬祖等地區，澎湖地區(馬公、西嶼、望安、七美及吉貝)推估民國120年由自來水用水需求為3.0萬立方公尺/日，較現況供水量3.1萬立方公尺/日減少0.1萬立方公尺/日，成長約-3.2%；金門地區推估民國120年由自來水用水需求為3.2萬立方公尺/日，較現況供水量1.9萬立方公尺/日成長1.3萬立方公尺/日，成長約68.4%。馬祖地區(南竿、北竿、西莒、東莒及東引)推估民國120年由自來水用水需求為4,382立方公尺/日，較現況供水量3,754立方公尺/日增加628立方公尺/日，成長約16.7%。

三、豐枯不均、氣候變遷，以前瞻水資源整體方案，逐步提升用水環境

臺灣地區水資源環境原即有豐枯不均特性，加上IPCC氣候變遷AR5推估未來臺灣地區於極端氣候下之降雨強度一日暴雨量將增加約14%，枯水期降雨量則減少14%，旱澇風險加大，整體水資源政策已經朝向強化水資源管理及多元水資源開發來推動，包括實施節水三法提高水源利用效率，自來水減漏工作亦持續積極推動，截至民國105年底全國漏水率已由95年時23.3%降為16%；另外，持續推動水源跨區調度工程計畫，如板新計畫二期工程（目前已可達每日72萬立方公尺調度水量）、臺南高雄水源聯合運用（民國108年完成後可增加調度水量達20萬噸）、大安大甲溪水源聯合運用等工程；同時，積極推動水資源多元開發，除傳統水源如地面水、地下水及伏流水等，新興水源如再生水及海淡水等均積極推動，讓水資源運用朝多元面向發展。

105年 重大水情概述

民國105年中央氣象局發布海上或海上陸上颱風警報之颱風數量為5個，分別為7月份尼伯特颱風、9月份莫蘭蒂、馬勒卡及梅姬颱風與10月份艾利颱風，其中莫蘭蒂颱風與梅姬颱風造成臺灣較嚴重之災情；而未發布颱風警報，但仍為臺灣地區帶來顯著降雨之颱風，分別為7月份的妮妲、電母、獅子山颱風及10月份的艾利、莎莉佳及海馬颱風外圍環流。整體而言，105年全臺灣地區累積降雨量屬於相對豐沛之一年。

莫蘭蒂颱風

民國105年9月中旬第14號莫蘭蒂颱風侵襲臺灣，侵臺路徑為第七類，莫蘭蒂颱風活躍期間之綜觀環境較穩定，且颱風中心未登陸臺灣，颱風結構受地形破壞小，因此路徑與速度皆穩定，且此類路徑向北移動之分量較大，對西南沿海造成之影響亦較為明顯，應變期間降雨中心為花東地區與高屏山區，而宜蘭山區與恆春半島亦有較強降雨。此次應變期間最大總累積雨量發生於屏東縣泰武鄉西大武山雨量站之876.5毫米，連續24小時之最大累積雨量亦為屏東縣泰武鄉西大武山雨量站之800.5毫米(如圖1及圖2)。

本署災害緊急應變小組於9月12日20時成立三級開設，9月13日0時提升為二級開設，9月13日7時提升為一級開設，9月15日12時降為二級開設，



圖1 莫蘭蒂颱風-綜合示意圖

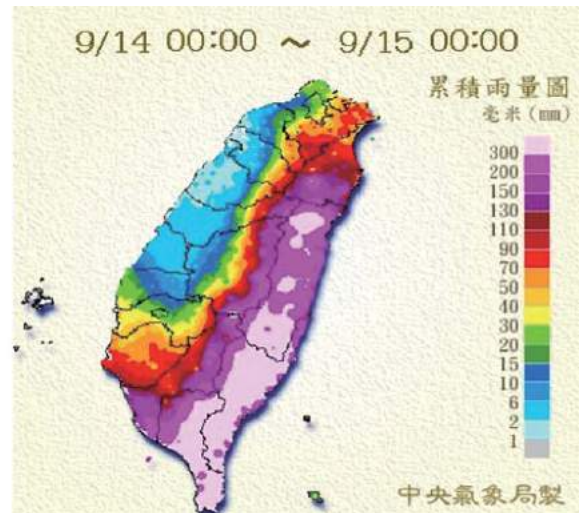
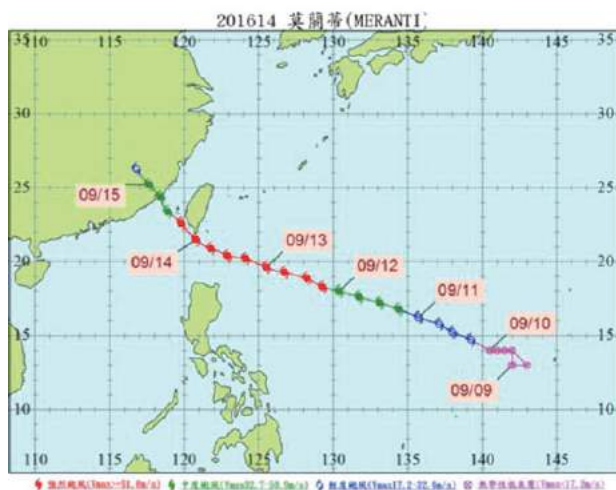


圖2 左：莫蘭蒂颱風路徑；右：24小時累積雨量

9月15日23時30分轉為馬勒卡颱風應變作業，應變期間共投入6,048人時之應變值勤人力。應變期間針對臺南市等5個縣市發布69報淹水警戒通報，針對二仁溪等4個流域發布11報水位警戒通報。莫蘭蒂颱風事件之災中調查，在臺中市等8縣市內共發生192處積淹水災情，花蓮縣與臺東縣等2縣共發生3件水利設施受損事件，此次應變小組支援臺南市與屏東縣等2縣市共計18台次大型抽水機進行抽水作業。

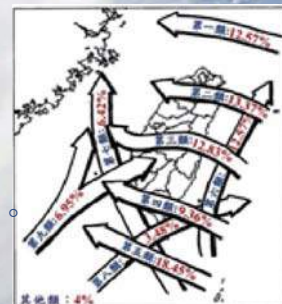
氣象小常識

颱風路徑的分類

臺灣地區的颱風路徑共分為10類，其中第1~5類為由東向西之路徑，第6~9類為由南向北之路徑，第10類為其他無法分類之路徑。（資料來源：中央氣象局）

降雨情境說明：時雨量的判別

- 約5mm/hr：需要撐傘才不會淋濕。
- 約15mm/hr：地面開始積水，走路鞋子會濕。
- 約25mm/hr：就算撐傘，身體也會淋濕。開車要使用快速雨刷。
- 約35mm/hr：道路嚴重積水，行車水花大，煞車危險。



梅姬颱風

民國105年9月下旬第17號梅姬颱風侵襲臺灣，路徑為第三類，梅姬颱風在暴風圈接觸陸地後，受地形影響移速加快，因此對北部與東北部之影響相對較小，災情亦明顯較其他地區輕微，應變小組開設期間主要降雨區域為宜花山區與嘉義以南山區，而雪山山脈西側山麓與嘉義以南沿海地區亦有較強降雨。此次應變期間最大總累積雨量發生於宜蘭縣大同鄉太平山(1)雨量站之1114.0毫米，連續24小時之最大累積雨量為亦為宜蘭縣大同鄉太平山(1)雨量站之981.0毫米(如圖3及圖4)。

本署災害緊急應變小組於9月25日20時成立二級開設，9月26日8時提升為一級開設，9月28日20時降為二級開設，9月29日15時降為三級開設，9月29日20時解編，應變期間共投入13,015人時之應變值勤人力。應變期間於基隆市等18個縣市發布137報淹水警戒通報，針對淡水河等14個流域發布55報水位警戒通報。梅姬



圖3 梅姬颱風-綜合示意圖

颱風事件之災中調查，在基隆市等16縣市內共發生706處積淹水災情，無發生水利設施損壞事件，此次應變小組支援新北市等6縣市共計94台次大型抽水機進行抽水作業。

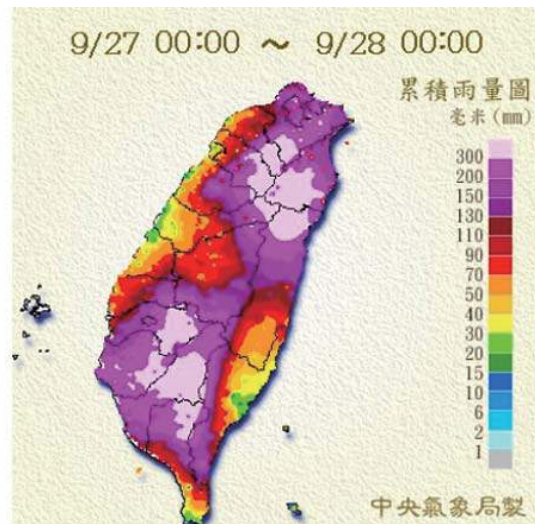
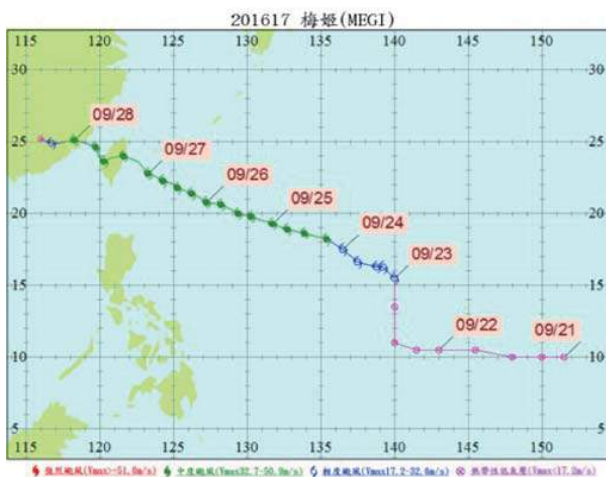


圖4 左：梅姬颱風路徑；右：24小時累積雨量

襲擊美國加州 500年一遇的大乾旱

自2012年開始，加州冬季降水量即開始偏少，旱情逐漸擴大，旱情自2013年12月及2014年1月開始加劇，至2014年1月，加州州長宣布加州進入旱災緊急狀態，2014年2月後迅速惡化，直至2016年12月開始大範圍降雨，2月後陸續解除旱象，4月官方正式宣告旱災結束。

加州旱災情況如圖1、圖2所示，而造成加州地區大旱的致災原因主要可以分為三類：阻塞高壓籠罩導致降水偏少、異常高溫以及積雪偏少。

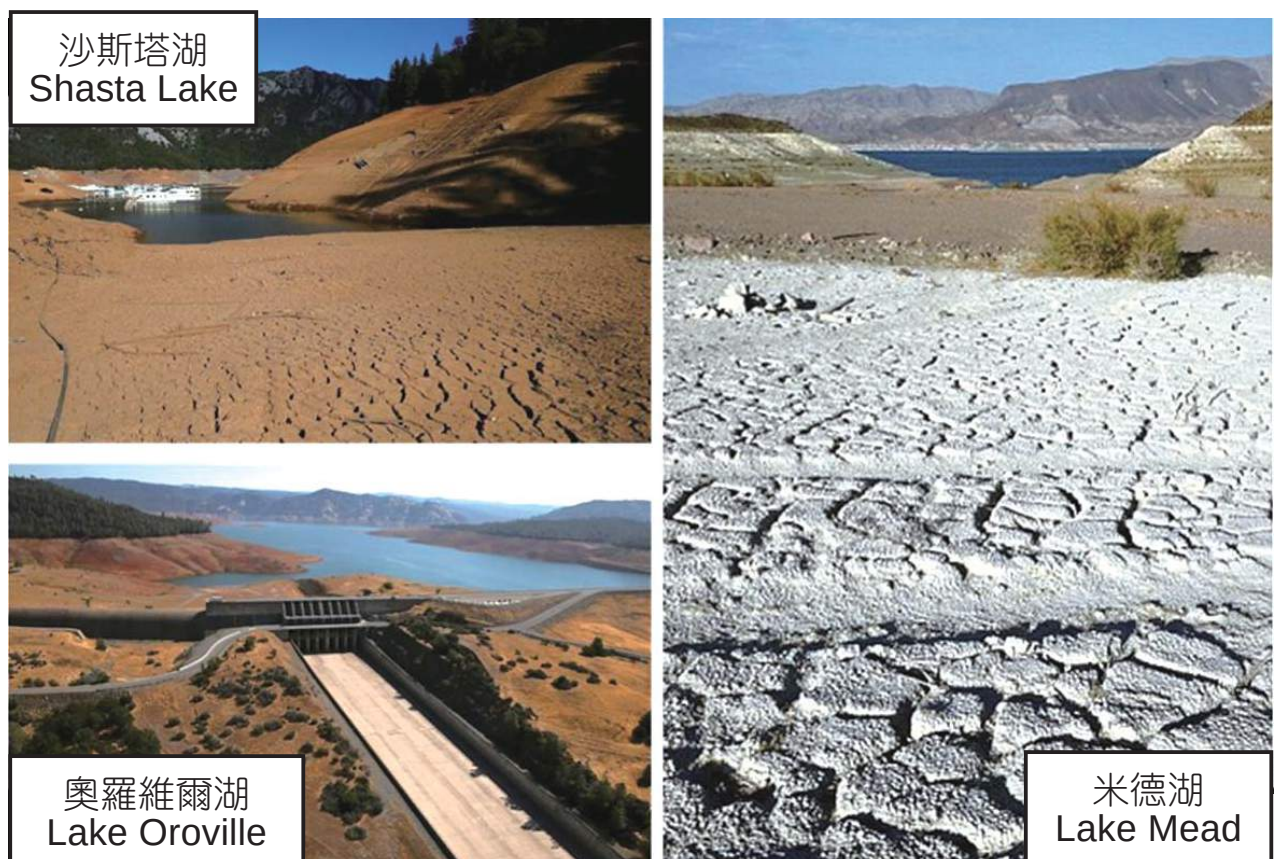


圖1 沙斯塔湖、奧羅維爾湖、米德湖蓄水情形(資料來源：美聯社、環球網)

美國史丹佛大學研究發現，加州地區大旱之直接肇因為東北太平洋上空之「阻塞高壓(blocking high)」，高壓將噴射氣流導向北方，將水氣往北邊輸送，導致加州在2013年及2014年未能有顯著降水。加州在2013之降水明顯偏少，遠低於平均值(約563.3毫米)，為此次加州乾旱最主要之肇因。



圖2 乾旱造成農作物歉收(資料來源：Keep California Farming)

◆加州地區大旱的災情包含：

1. 根據加州大學的估算，受到乾旱的影響，加州將有70%的農作收入短缺，共造成22億美元的損失，同時農業就業人口將減少17,100人。
2. 加州為美國農業重鎮，乾旱造成之衝擊亦對美國全國有相當程度之影響，如圖2所示。經估算，將造成美國GDP0.5%~1%的損失，約等於750億美元至1,500億美元。
3. 根據報導，已約有100萬英畝農田休耕，面積是2014年的兩倍。
4. 根據美國西部種植者協會（Western Growers Association）估計，2014年農業減少了逾17,000個工作機會。
5. 加拿大大多蔬果由美國進口，由於受到加州旱災、農作物減產的影響，加拿大的蔬菜、水果價格分別上漲了8.4%及3.5%。
6. 有專家估計，若位於加州的矽谷因旱災而造成經濟活動減少兩成，則會等同於美國國內生產總值(GDP)減少5,000億美元。
7. 有專家表示，乾旱導致死水面積增加，容易造成傳染病媒介的孳生，加重傳染病的流行。

◆至於聯邦政府的因應做為包含：

1. 農業部宣布加州54個郡為主要旱災災區，位於災區內之農民、牧場主人將可申請緊急貸款。
2. 投入1,500萬美金用以保護加州及鄰近地區之水資源，協助農民及牧場主人實施節水措施；阻止因乾旱而發生之土壤風化、沙漠化；改善牲畜飲用水的品質。
3. 投入1億美金援助受災之畜牧業業主。
4. 投入300萬美金緊急援助，用於協助面臨缺水的社區。
5. 撥款6千萬美金予糧食銀行，協助受旱災影響而面臨經濟問題的家庭。
6. 農業部向農民提供協助，提升灌溉系統之效率。

◆加州政府的因應做為包含：

1. 水務部門(Department of Water Resources)於2014年1月31日宣布為了保護剩餘之水資源，政府水庫將可能停止供應地方水局用水。此為54年來首次發生之情形，將影響到2,500萬人及75萬英畝(約30萬公頃)農地。
2. 加州政府撥款6.87億美元用於推行節約用水、緊急供應、賑災等措施。
3. 提出獎勵方法，如鼓勵民眾將庭院改成種植省水耐旱之草皮。在洛杉磯，每平方英尺可獲得3美元之補助津貼。
4. 投資發展新興水源。如聖荷西市的矽谷純淨水中心於2014年7月18日啟用，回收廢水循環再生，每年可產800萬加侖(約3.5萬立方公尺)之淨水。
5. 州長Jerry Brown再度於2015年4月1日頒布行政命令強制限水，此為該州史上頭一次頒布此類命令，期望於2015年節約25%的用水。
6. 洛杉磯市於2015年8月，將9千6百萬顆遮光球(Shade ball)放入洛杉磯水庫中，以減少日曬、蒸發。



美國加州 奧羅維爾水壩危機

奧羅維爾水壩 (Oroville Dam) 建於美國加州中北部 (如圖1左上所示) 的費瑟河 (Feather River, 又名羽毛河), 1968年正式啟用, 是加州第二大水壩, 蓄水量約43億立方公尺 (臺灣最大的曾文水庫設計總容量7.4億立方公尺); 壩高230公尺, 為美國最高的水壩, 為美國第二大之人工湖泊。

由於美國加州地區過去數年連續遭逢乾旱, 奧羅維爾水壩之水位一度降至歷史最低。自今年 (2017年) 1月以來, 溫帶氣旋自太平洋帶來大量水氣, 造成加州地區發生數次降雨日長且累積雨量大之降雨事件, 奧羅維爾水壩水位因而快速高漲超過歷史平均值, 甚至超過庫容, 加州水資源局 (California Department of Water Resources) 及奧羅維爾水壩管理單位因而決定進行放水, 調節水壩水位。

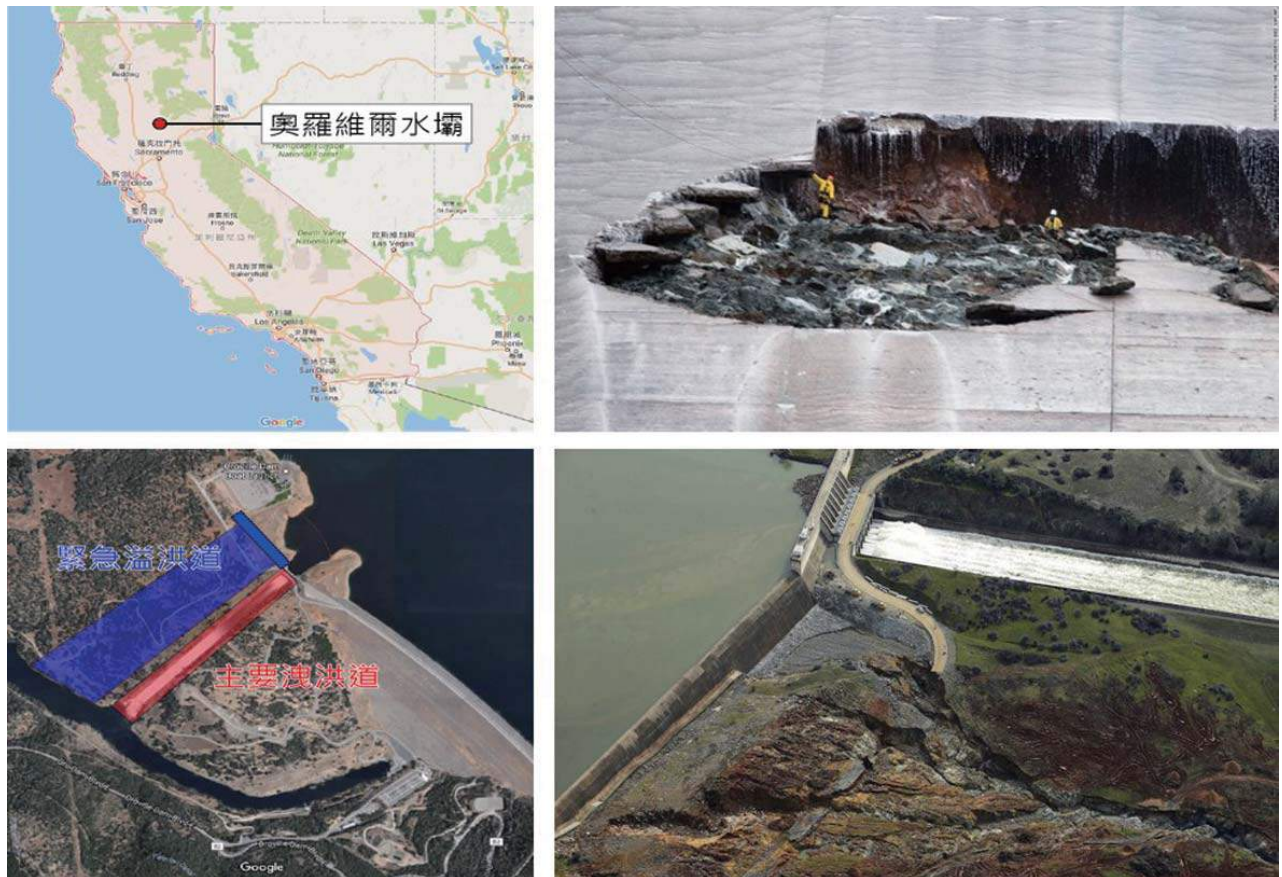


圖1 左上：水壩位置；左下：空拍圖。右上：主要洩洪道毀損情形。右下：緊急溢洪道毀損情形
(資料來源：洛杉磯時報)

2月7日(太平洋標準時區，UTC-8)水壩連日進行放流，主要洩洪道出現些微破損(如圖1右上所示)，但在水壩持續放流的情形下，坑洞持續受到沖刷。為避免破損持續擴大，奧羅維爾水壩管理單位便減少主要洩洪道之放流量，但也導致水壩水位持續升高。

2月11日，水壩內的水溢過緊急溢洪道頂部之混凝土牆，自緊急溢洪道流出。由於緊急溢洪道並未鋪設混凝土，在溢流水持續沖刷下，坡體受到沖蝕、掏空(如圖1右下所示)，且速度比預想的還要快。加州水資源局及奧羅維爾水壩管理單位擔心若緊急溢洪道持續受到沖蝕，會使擋水牆下方的地基受到掏空，造成擋水牆崩塌，甚至導致整個水壩崩潰(如圖2所示)。若奧羅維爾水壩崩潰，不僅失去水壩蓄洪功能，下游數十萬居民的生命及財產安全將受到威脅，亦會對加州地區之水資源、電力能源造成相當大的問題。

2月12日下午加州州政府發表聲明，撤離費瑟河下游或位於低窪地區的居民，包含標特(Butte)、尤巴(Yuba)、薩特(Sutter)等3縣行政區約18萬8千人，並持續放流以降低水壩水位。圖2為奧羅維爾水壩空拍圖、水壩主要洩洪道及緊急溢洪道毀損情形。其中，緊急溢洪

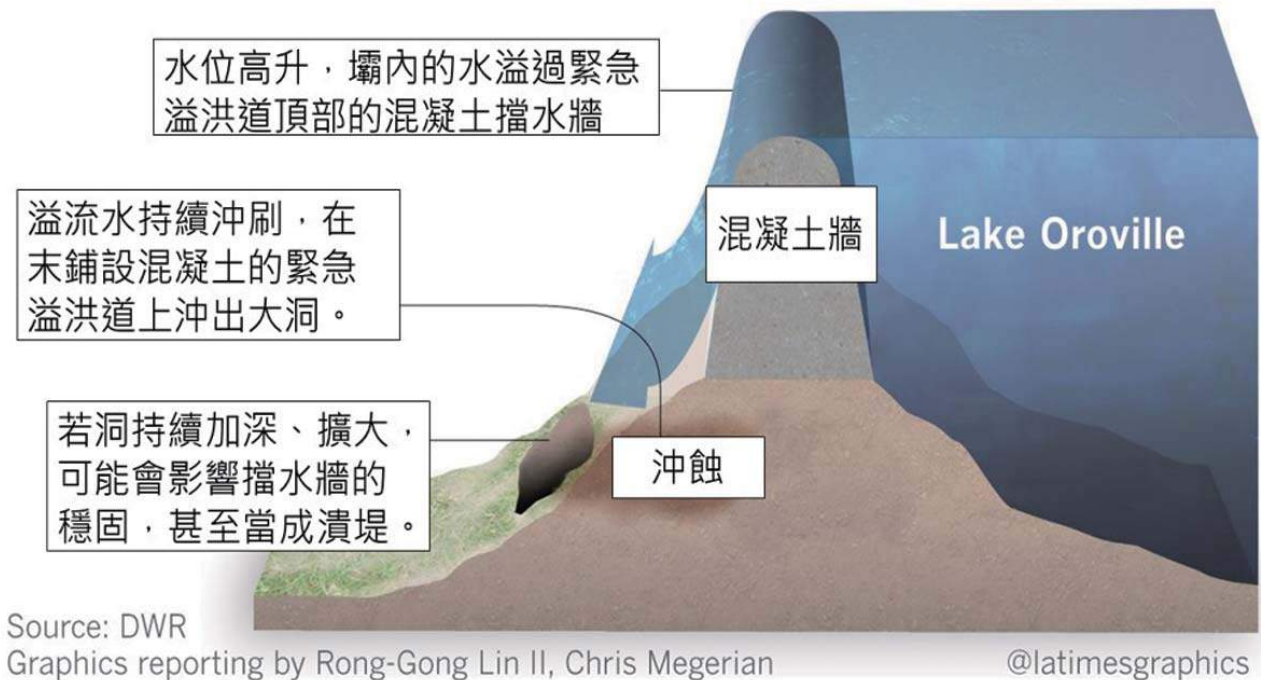


圖2 奧羅維爾水壩危機說明圖(資料來源：加州水資源局)

道受到洪水沖蝕，水壩擋水牆下方坡地被掏空之程度相當嚴重。

直至2月14日14時45分，水壩水位脫離緊急範圍，且經過美國聯邦政府及加州州政府官員評估安全後，才解除強制撤離令，讓民眾返家。加州水資源局評估主要洩洪道及其他設施的修繕費用逾1億美元(約新臺幣32億元)，且必須待雨季結束後，才能開始進行修復工程。

近年來由於氣候變遷導致發生「極端降雨」，根據美國國家海洋暨大氣總署之資料，自2017年1月1日至2月16日，奧羅維爾水壩所在之區域累積降雨量達55英吋(約1,397毫米)以上，為過去同期的200%至400%遠高於平均的降雨使得水壩水位快速上升，最後溢出。

雖極端降雨為此次水壩危機原因之一，然追根究柢，水壩的維護、管理、操作等問題或許才是此事件之肇因。此次事件提醒我們：

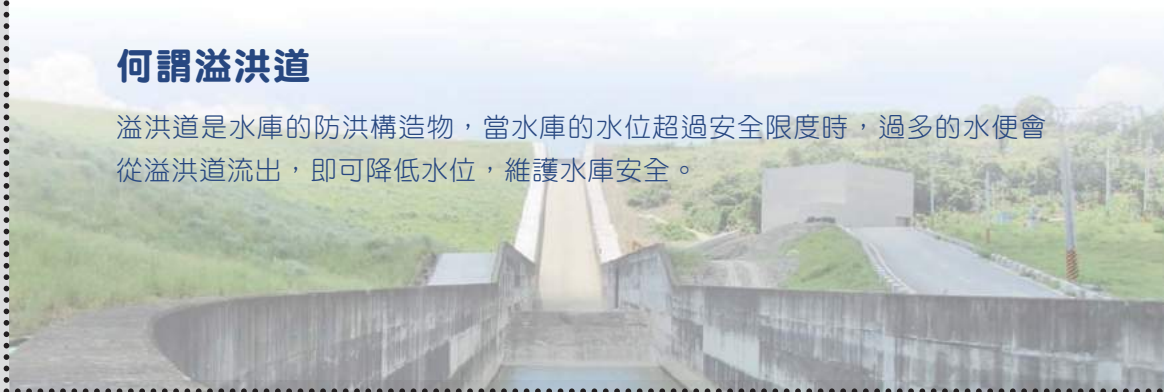
- (1) 因應極端事件之發生：受遠高於歷史平均之劇烈降雨影響，奧羅維爾水壩之水位在短短幾週內快速上升。面對如此迅速且大量之降水，水庫管理單位如何在短時間內因應、調節水壩水位實為重要之課題。

- (2) 水庫設施維護、管理、升級：奧羅維爾水壩主要洩洪道及緊急溢洪道均出現毀損，實為此次危機之主要肇因。這也提醒我們，應加強辦理水庫等水利設施之檢修、維護。另外，由於臺灣部分水庫受先天自然環境、地形的限制，淤積嚴重，影響水庫壽命及蓄水、防洪功能。因此，本署正加強辦理水庫集水區治理計畫，以增加水庫壽命及蓄水量，強化水庫防洪、蓄洪之功能，以增加因應極端事件之能量。
- (3) 強制撤離命令：強化跨部會之聯繫、合作：此次事件中，加州州政府曾對奧羅維爾水壩下游近20萬居民發布強制撤離命令，政府如何迅速且準確地進行橫向及垂直聯繫即為相當重要之課題。

水庫小常識

何謂溢洪道

溢洪道是水庫的防洪構造物，當水庫的水位超過安全限度時，過多的水便會從溢洪道流出，即可降低水位，維護水庫安全。





永續水利 卓越七十

105年臺灣水文環境情勢專刊