



【氣候變遷下農業之調適策略 (下)】

開源節流， 強化用水應變能力

—— 鄭友誠¹

壹、氣候變遷對農業灌溉水資源的衝擊

世界經濟論壇（WEF）於 106 年及 107 年所發表之《全球風險報告》中，匯聚全球專家及決策者對影響未來全球經濟、社會和人類發展的種種風險，所做出的分析和解讀，在世界各國關注的 30 項議題中，風險最高及衝擊最大的前 4 項分別為：極端氣候、自然災害、氣候變遷的減緩與因應措施的失敗、水資源危機。由此可見，全球均已深刻體認到氣候變遷及其對水資源衝擊之嚴重程度，更應積極合作以尋求解決問題之有效措施。

臺灣降雨時間與空間的分布顯著不均，豐枯差異分明，又缺乏足夠的調蓄設施，導致水資源調配不易。而近年來，氣候變遷對於農業水資源所造成的影響，更是十分明顯。首先，從長期趨勢來看，透過分析臺灣歷年年平均降雨量統計資料（圖 1），近 10 年呈現旱、澇加劇且更為頻繁的現象，不僅加重了農業灌溉用水管理的複雜度，致使政府辦理多次大規模停灌來因應缺水問題；另一方面，我們也發現年降雨日數與灌區作物所能利用的有效雨量（圖 2），相較過去也有顯著差異。自去（2017）年 8 月份到今年 5 月份期間，嘉南地區主要水庫集水區之累積降雨量較歷年平均值約減少了 6 成（圖 3），導致曾文水庫蓄水量低於 5%，創 10 年來新低，所幸嘉南農田水利會全體同仁及早投入抗旱工作，107 年嘉南灌區一期稻作始能勉強完成供灌。

註 1：行政院農業委員會農田水利處。

綜上所述，氣候變遷已成為舉世矚目的議題，隨著極端氣候出現頻率的增加，乾旱與洪災所造成的損害也將隨之上升，對各標的用水都將造成衝擊。面對水資源供給不穩及各標的用水持續成長的雙重壓力下，占全球總用水量 7 成的農業用水所受到的衝擊將比其他標的用水更為嚴苛，也凸顯了尋求合適的農業灌溉水資源管理調適措施，以因應氣候變遷的衝擊，降低缺水風險及穩定作物生產的重要性。

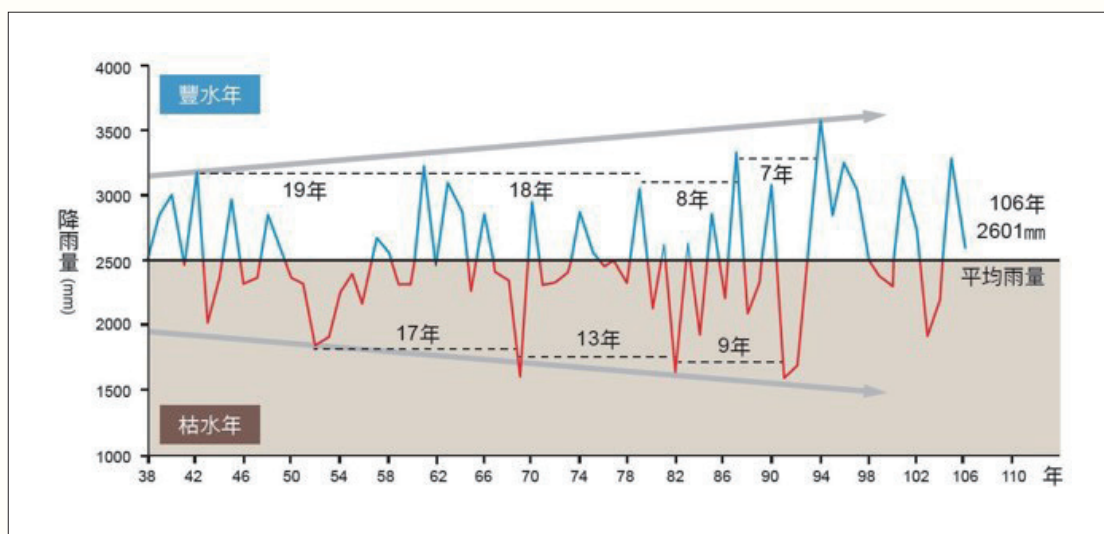


圖 1. 我國歷年（1950～2017 年）降雨量豐枯差異分析。

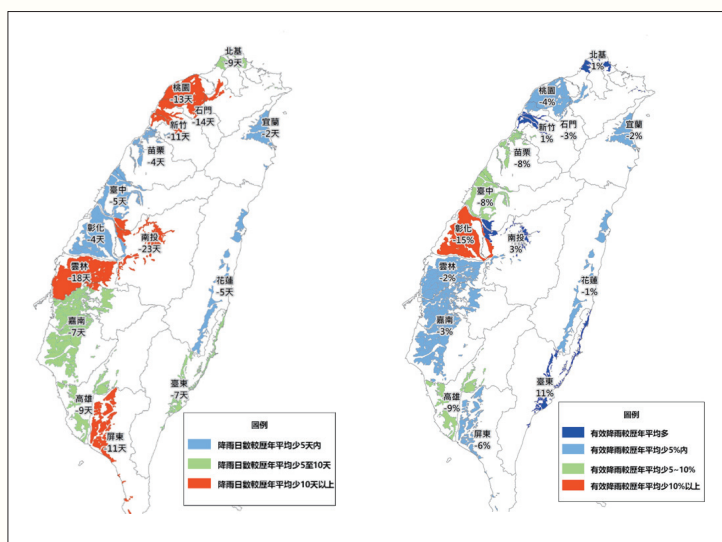


圖 2. 近年降雨日數與有效雨量增減分析（左：降雨日數；右：有效雨量）。

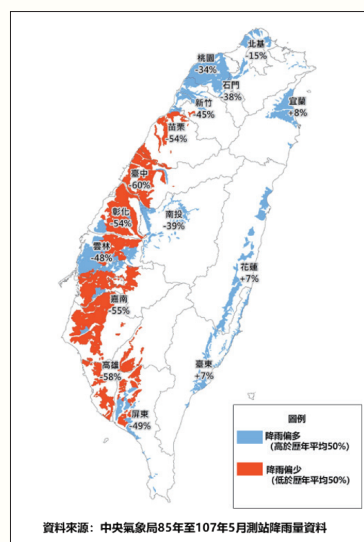


圖 3. 2018 年度南部地區乾旱事件之降雨差異分析。

貳、灌溉水資源之時間、空間與水源特性

我國每年平均約降下 980 億立方公尺的雨水，受到先天地理環境之限制不易貯留使用，又因調蓄設施容量有限（總有效容量 19 億立方公尺），僅占年用水量的 1/9，固然有可觀的降雨，大部分的水資源卻直接流入海中（水庫僅能蓄存總降雨量的 2%），實際上能利用的水資源僅有總降雨量的 18%（圖 4）。

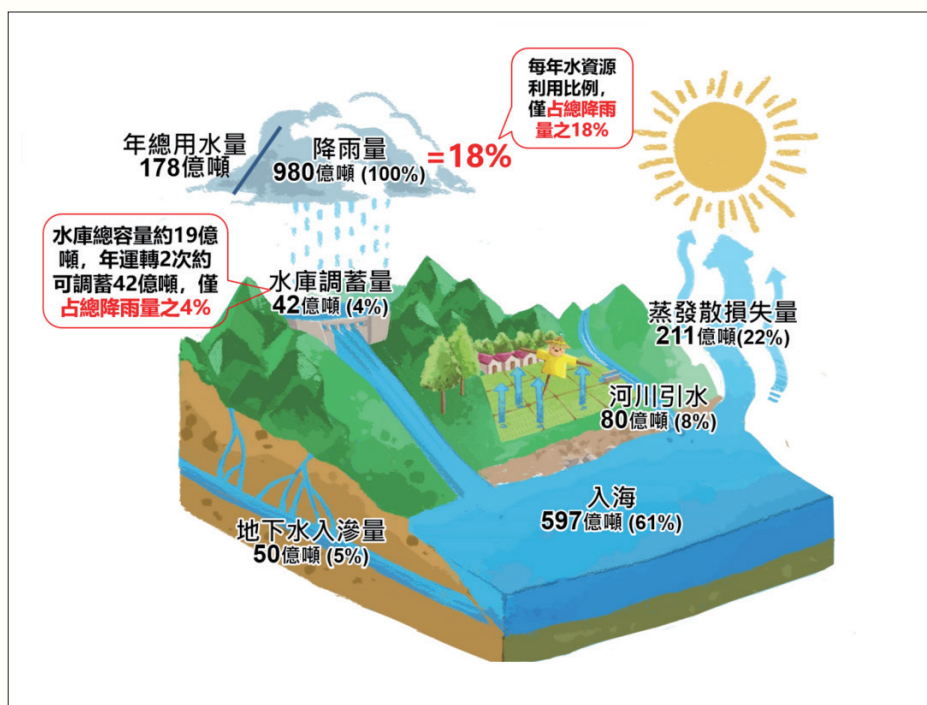


圖 4. 臺灣水資源利用概況。

由此可見，我國的水資源環境十分特殊，在面臨氣候變遷的衝擊之下，有必要對我國農業灌溉水資源的特性，包括水源、時間及空間分布等特性，更為深入瞭解，期能研擬出真正可解決問題且具可行性之因應措施，茲分述如下。

一、水源特性

近 10 年來，我國農業用水占總用水量的 72%（約 128 億立方公尺），其中約有 90% 是用於灌溉，也就是說灌溉用水約占總用水量的 63%，與我國飲食習慣及地文水文條件類似之日本及中國等國比較，其比例相當接近（圖 5）。另外，農業灌溉用水因

長期由農民及農業部門共同投資建設相關設施並負責其營運管理，每年以重力方式自河川引取近 88 億噸灌溉用水（約占農業灌溉用水的 78%，如圖 6），惟此類水源之供應較不穩定，較不易滿足民生及工業用水之需求，而農業灌溉用水因取得水源方式多元、對於水質水量之要求也較具彈性，相對具備較好之調適能力，也能在發生乾旱事件時，適時支援其他標的用水。

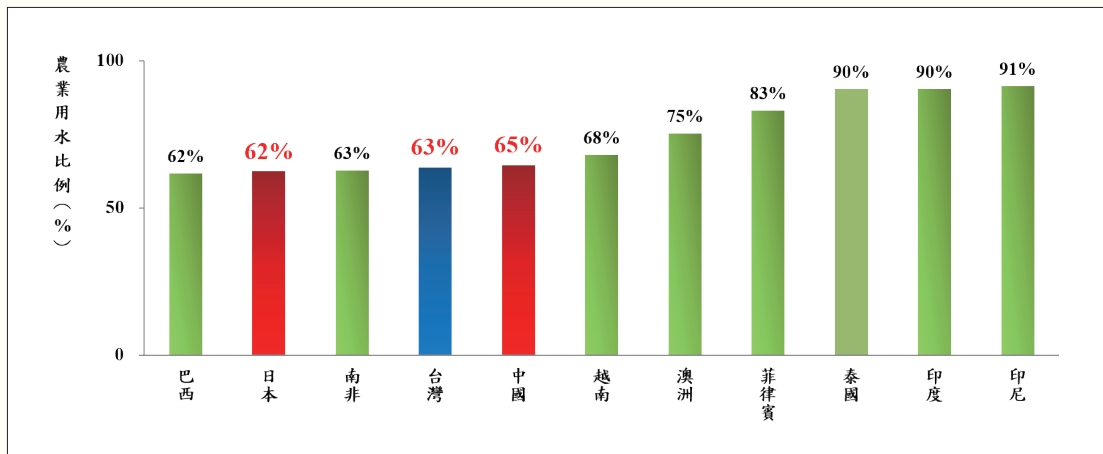


圖 5. 主要糧食生產國家灌溉用水比例。(資料來源：FAO, AquaStat, 2014.)

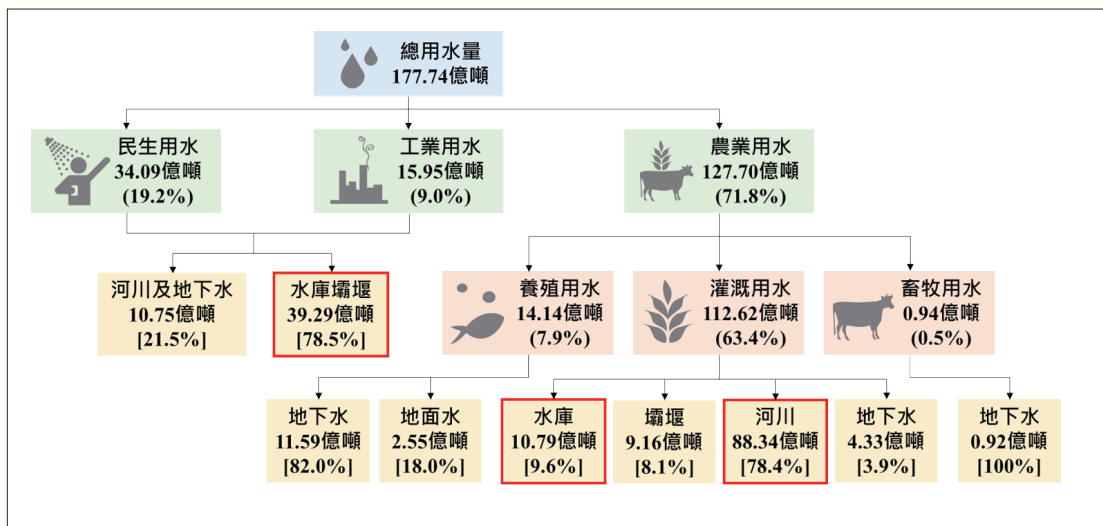


圖 6. 我國各標的用水之年用水量與水源比例。(資料來源：1. 各標的用水量統計、蓄水設施統計，經濟部水利署 2. 各農田水利會灌溉用水實績資料，灌溉管理情勢資料庫)

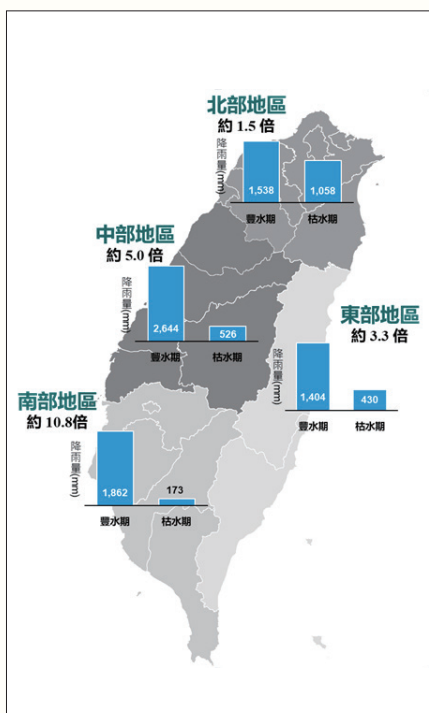


圖 7. 我國各地區豐、枯水期降雨量比例分析。

二、時間特性

我國近年平均降雨量約 2,500 mm，其中枯水期（11 月～翌年 4 月）降雨量僅占不到 25%，降雨量多集中在豐水期（5～10 月），顯示臺灣地區降雨之時間分布極為不均，而且愈往南部豐枯差異愈大（圖 7）。

灌溉用水主要取自於天然河川，在缺乏足夠調蓄設施的情況下，灌溉用水的供應會隨著降雨豐枯情勢而變化，因此在供應上具有較不穩定之特性。進一步觀察我國各月份灌溉用水的實際供應水量與降雨量之關係，可以看出二者具備高度相關性（圖 8）。

三、空間特性

我國各地區的農業灌溉用水供需情勢，受到天然地形條件與區域發展差異的影響，有顯著的不同。在東部地區，由於民生及工業用水

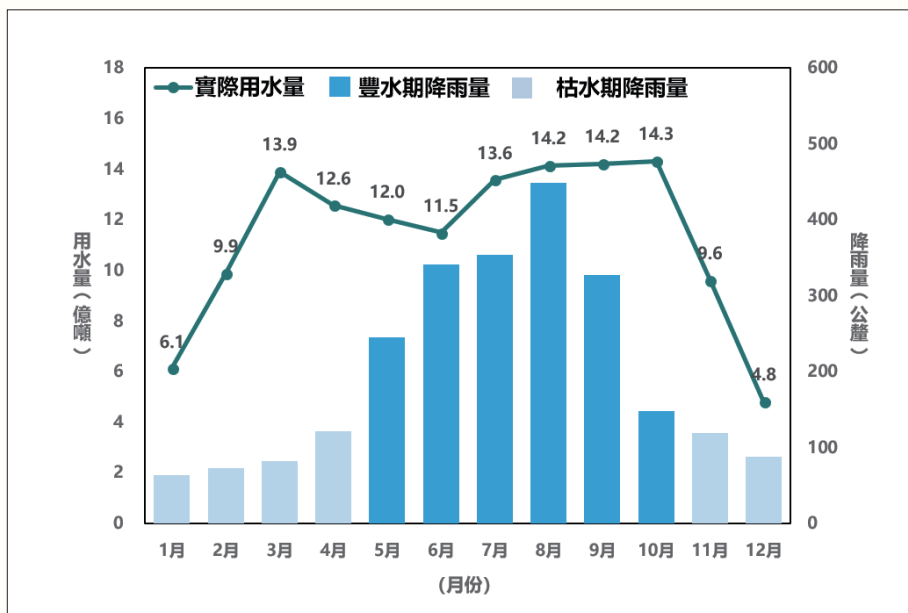


圖 8. 各月份灌溉用水的實際供應水量與降雨量之關係。

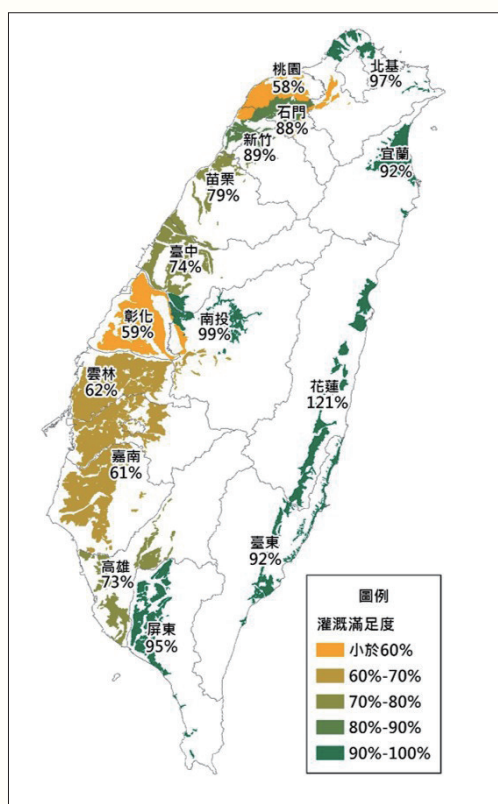


圖 9. 我國各地區灌溉用水需求可滿足比例分析。

需求較低，水資源主要用於農業灌溉，因此東部灌溉需求較能獲得滿足（圖 9）；而在西部地區，作物種植面積大、灌溉需求高，但欠缺調蓄設施，導致先天不足又有其他標的用水的競用，部分水庫灌區甚至經常性打折供水，顯示西部多數灌區灌溉用水已相當吃緊，再加上氣候變遷的衝擊，缺水風險將可能會持續升高。然而，因地理環境的限制，東部地區縱然有較為豐沛的水資源，亦無法調用到西部使用，形成了我國灌溉用水獨特的空間特性。

綜合上述 3 項特性，我國農業灌溉水資源管理工作，應著重於發展因地制宜、整合現有基礎、增設調蓄設施與未來科技趨勢等面向之方法，方能找出具體可行之氣候變遷調適措施，以有效降低缺水風險。

參、重大乾旱事件回顧

近年遭逢嚴重乾旱事件時，如 2002、2003、2004、2006、2010 及 2015 年均發生了春旱缺水事件，造成水庫蓄水量嚴重不足，當時經評估農業灌溉用水不敷使用，並

為確保民生、公共給水供水穩定及減少對社會經濟衝擊之前提下，爰協商農田水利會水庫相關灌區辦理停灌（圖 10），藉由移用農業灌溉用水以供應整體用水需求，實為不得已的必要措施。為了補償對農民所造成的損害，政府相關單位亦付出補償經費，惟停灌同時也對糧食生產及生態環境造成衝擊，因此未來實應加強調蓄設施的開發及各標的用水效率的提升，以盡量降低停灌的風險。

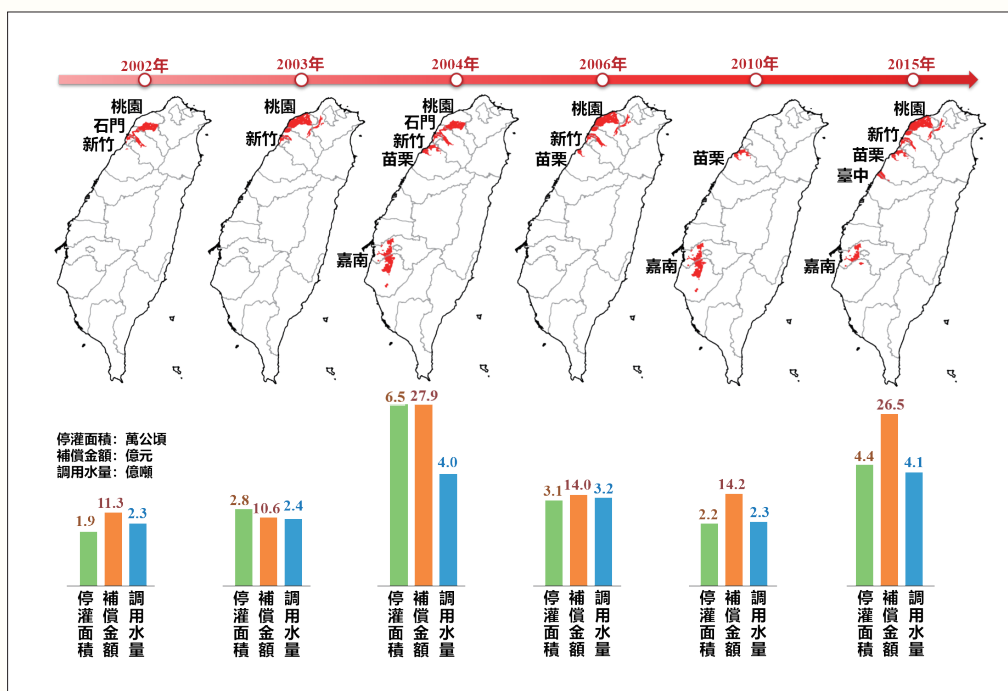


圖 10. 我國近年所辦理停灌之範圍與補償。

去（2017）年 8 月以來，行政院農業委員會（簡稱農委會）便掌握嘉南地區降雨量明顯少於往年，即積極督導嘉南農田水利會啟動相關救旱應變措施，針對所轄灌區不同缺水程度，採取相關因應措施如：延後供灌、延長輪灌期距、雇用掌水工執行配水、動用抽水機，抽取地面水或地下水作為補充水源，以節約用水蓄存於水庫。

嘉南農田水利會 2018 年一期稻作供水頻率也從以往供 9 天、停 7 天，調整為供 7 天、停 7 天，並配合降雨調節供灌。用水高峰的抽穗期間，嘉南農田水利會更組成夜間巡水隊，加強維持用水秩序，以確保農民都能享受到公平的供水服務。第一期作水田加旱田灌溉用水，截至 2018 年 5 月底，相較於原計畫灌溉水量總共省下近 3 千萬立方公

尺的水資源，也順利完成嘉南地區一期稻作的供灌作業。然而，嘉南農田水利會緊接著就要評估二期作的灌溉用水是否足以供灌，這些都提醒我們更應積極發展有效提升農業灌溉水資源利用效率之技術與方法，以調適因應氣候變遷所造成之衝擊。

肆、展望

考量臺灣位於西太平洋地震帶，再加上氣候變遷災害頻仍，為強化農業水資源調配之效能，農委會將優先於重要農業政策推動區位，例如：針對大糧倉計畫、綠色環境給付等計畫之規劃推動區位與農糧產業重要產區，整合相關政策資源優先投入，包括：辦理圳路更新改善、增闢蓄水埤塘、設置自動控制水閘門系統、輔導水稻轉作雜糧作物及推廣旱作管路灌溉等（圖 11），期能可提高各項農業政策整合推行之綜效，積極因應氣候變遷之衝擊。有關農委會積極推動農業水資源調配創新作為及各項開源節流措施，以穩定農業用水之供應，分述如下：



圖 11. 因應氣候變遷之農業水資源調配整合創新作為。

一、改善河川取水設施增加取水能力

農業用水大部分取自於河川，改善河川取水設施增加取水能力，於豐水期增加河川取水量，再於灌溉系統間適當位置，利用國有土地、水利會有地或台糖土地增闢蓄水埤塘、增加灌溉用水調配能力。

二、加速降低圳路輸水損失

各農田水利會透過 4.4 萬公里的灌溉圳路系統、16 萬座農田水利構造物，每年自河川引取約 88 億噸的水資源來灌溉灌區內 37 萬公頃的農田，有效利用天然水資源。農委會將持續編列經費，透過通盤考量國家整體水環境情勢及重大農業政策之布局，進行圳路更新改善區位規劃，補助各農田水利會辦理圳路更新改善，以確保 4.4 萬公里的灌溉圳路系統能發揮穩定供水之能力，降低乾旱缺水風險。

三、推動缺水地區水稻轉作旱作，鼓勵使用省水管路灌溉

針對桃園、新竹以及嘉南等容易缺水的地區推動一期作水稻轉旱作，並找出適合上述區域耐旱的作物，供農民種植，解決一期作缺水問題。針對水果、鳳梨、蔬菜等作物，鼓勵農民多利用省水管路灌溉，讓有限的水資源能更有效利用，另導入水閘門自動控制設施等科技化管理技術，適時適量供應農業灌溉用水。

四、推動灌溉用水管理技術發展及應用

以石門農田水利會為例，目前所完成之石門大圳自動測報與控制系統，在平時，能提升灌溉用水調配之整體調配效能（即時掌握全灌區灌溉用水情勢、遠端遙控水門減少人員往返時間、系統間供水量適時調配）；遇颱風暴雨時，可迅速有效降低淹水風險（即時監控圳路水位、遙控啟閉退水門即時排水）；乾旱時，透過長期收集灌溉用水數據所發展之配水模式，能將有限水資源做最有效之分配利用（降低 24 小時輪值之水門調控人力負荷、減少因缺水辦理停灌農田面積、提升缺水忍受程度）（圖 12）。

另外，在桃園農田水利會，現階段正完成桃園大圳自動監測系統，預計今年配合前瞻計畫之推動，逐步於所轄 280 口埤塘建置水位監測物聯網設施，並應用監測數據掌握灌區埤塘蓄水量，建構灌溉用水調配操作模式，將能更有效活用 4,600 萬噸埤塘蓄水空間。在平時，透過埤塘水位即時監控，有效配合降雨來進行灌區間之用水調節，提高用水效率；在枯水期，可透過埤塘蓄水情形之掌握，亦可提早規劃於豐水期蓄滿埤塘，運用整合埤塘與圳路之灌溉用水調配操作模式，優先利用埤塘水進行供灌，以減輕枯水期水庫供水壓力。

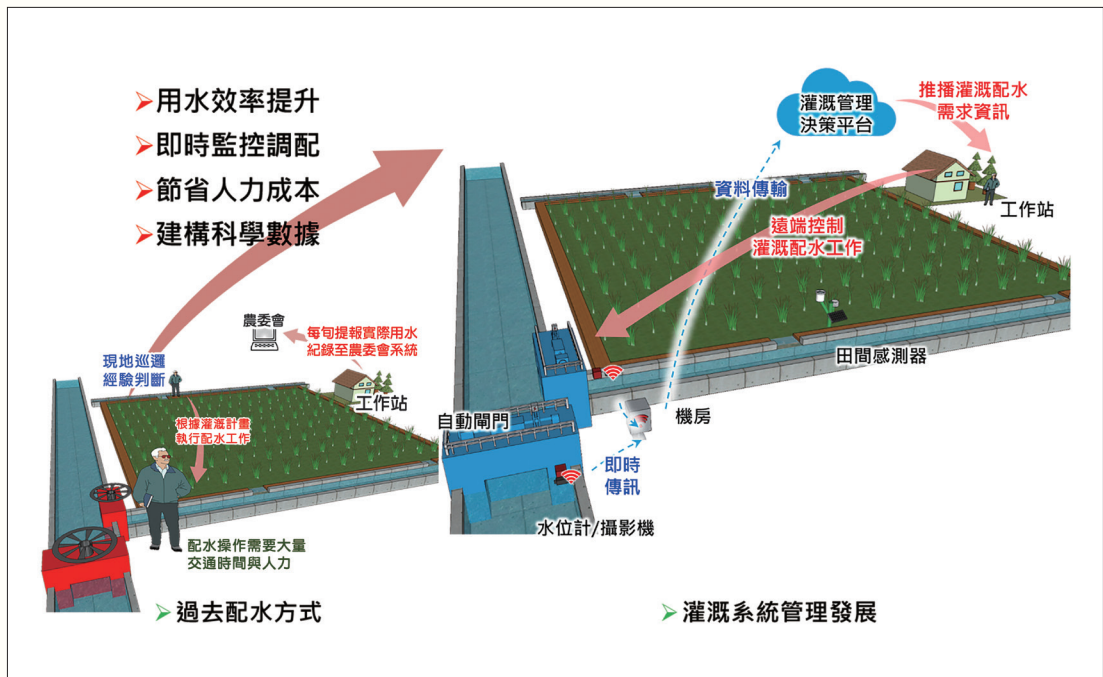


圖 12. 灌溉用水管理技術發展應用。

伍、結語

- 一、因應氣候變遷所導致之高度缺水風險，農委會將積極督導相關農田水利會在供灌期間透過加強落實田間用水管理及雇請掌水工實施田區責任灌溉，讓水更有效率的供灌每一塊田坵，全力確保農民用水權益。
- 二、未來因應氣候變遷，農委會將積極推動相關農業用水節水措施，包括水路更新改善減少漏水問題，在缺水地區推動水稻轉作旱作，在旱作田鼓勵農民使用省水管路灌溉，並透過活用公有土地來建造調蓄設施。
- 三、不同標的間水資源調度使用，具有時間及地區之特性，在民生用水、工業用水不敷使用而須農業用水短暫支援用水時，農田水利會將在不影響農民灌溉用水權益前提下，運用加強灌溉管理技術及現代化管理設備，配合國家政策辦理區域水資源調度。此外，為發揮水田三生功能，政府應持續輔導各農田水利會維護既有水源之取水、蓄水設施，有效掌控水量及保護水質，於豐水期，善用水田及灌溉輸水系統，推廣水田生態環境維護及保育，促進水循環，提升蓄水調洪及補注地下水功能；於亢旱期，則加強灌溉管理措施，減低農業用水缺水損害，以活用有限之水資源。