

水資源競用區大區輪作的灌溉配水操作研究 -以石門大圳員樹林支渠為例

簡 傳 彬

水利技師

摘 要

臺灣地區因全球氣候的變遷以及降雨型態於時間與空間的分布不均，導致豐枯雨量相差懸殊，水資源經營面臨挑戰。考量近年來隨著全球產業鏈轉型，臺灣為加速產業發展，正全力推動擴大產業投資政策。科技產業用水需求因而成長。為因應產業用水需求增加，需持續推動各項節水方案以穩定供水。

行政院農業委員會經綜合考量維持糧食安全、糧價穩定、農民收益及強化農業節水，提出水資源競用區耕作制度轉型方案。以因應氣候異常所導致一期稻作期間供水不穩定的風險。111 年一期作水資源競用區輪值灌區包括：石門水庫、寶山水庫(上坪堰)、明德水庫、鯉魚潭水庫(下游灌區)、石岡壩(部分灌區)及曾文-烏山頭水庫)等 6 個水庫灌區的選定灌溉系統。以石門水庫灌區為例，109 年起推動的水資源競用區耕作制度調整方案共分 5 區，2.0 版(111 年)大區輪作改依農田水利署桃園及石門兩個管理處灌溉區域分作 A、B 兩區，進行兩年分區輪作。

考量石門大圳灌區原為兩期作水稻灌區，108 年進行一期稻作轉旱作試辦措施。109 年起推動的水資源競用區耕作制度調整方案共分 5 區。2.0 版(111 年)大區輪作改分作 A、B 兩區進行分區輪作。此項調整影響灌溉配水甚鉅。因此本研究進行石門大圳在大區輪作之灌溉配水操作分析，提出石門大圳之灌溉水深配水分析法，俾利石門大圳灌區於大區輪作之智慧配水參考運用。期穩定灌溉用水、增加糧食生產與支援其他標的用水的三贏局面，以發揮水庫供水之最高效能。

關鍵詞：水資源競用區、石門大圳、灌溉配水

一、前言

經濟部水利署以聯合國政府間氣候變遷專門委員會(IPCC)所發布第五次評估報告(AR5)，模擬臺灣地區 2036~2065 年之 RCP4.5 及 RCP8.5 降雨情境分析，顯示未來降雨趨勢：豐水期雨量增加 3%~9%，枯水期減少 6%~12%，水資源經營面臨挑戰(經濟部，2021)。根據聯合國糧農組織(FAO)所提出「世界糧食和農業領域土地及水資源狀況」(The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture)報告指出，估計到 2050 年，因應人口與收入增長需求，全球糧食產量需在 2009 年的基礎上增長 70%。另灌溉面積將由 2009 年的 3.01 億公頃增加到 2050 年的 3.18 億公頃，增長幅度為 6%(Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011)。顯示維持台灣的糧食安全與糧價穩定亦為當前之要務(呂芳堅等，2019)。

考量近年來隨著全球產業鏈轉型，臺灣為加速產業發展，正全力推動擴大產業投資政策。使得科技產業用水需求成長。為因應產業用水需求增加，並因應氣候變遷可能造成極端氣候事件風險，需持續推動各項節水方案以穩定供水(經濟部，2021)。行政院農業委員會經綜合考量維持糧食安全、糧價穩定、農民收益及強化農業節水，於 108 年推動水資源競用區一期稻作轉旱作試辦措施。期透過政策引導農民及早因應氣候變遷調整耕作模式，以因應氣候異常所導致一期稻作期間供水不穩定的風險。該措施係配合豐枯水期調整水稻種植期間，針對桃園、新竹、苗栗及嘉南等水資源競用區(石門水庫、新竹上坪堰、明德水庫及嘉南等 4 水庫灌區)經選定之試辦灌區(農田水利署石門管理處之楊梅、富岡、湖口工作站灌區、新竹管理處上坪堰竹東圳第 9、10、11 小組、苗栗管理處大潭工作站綠洲、龍昇、九車一、九車二小組及嘉南管理處朴子工作站六腳小組)內的農地進行試辦。其中石門管理處之楊梅、富岡、湖口工作站灌區為第 2 分區，計有 5,633 公頃，所在鄉鎮為：桃園市之楊梅、平鎮、新屋及新竹縣之湖口、新豐、竹北(方文村，2020)。

109 年參考 108 年水資源競用區一期稻作轉旱作試辦措施成果，針對桃園、新竹、苗栗、台中及嘉南等水資源競用區(石門、寶山(上坪堰)、明德、鯉魚潭(下游)、曾文-烏山頭水庫)提出 109 年水資源競用區耕作制度轉型方案。擬定 109~113 年之 5 年

輪值順序。其中石門水庫灌區之輪值組別順序、實施工作站及面積如表 1，一期稻作轉旱作係由輪值區內農民自由選擇參加。針對水資源競用區耕作制度轉型給付標準，除符合對地綠色環境給付計畫之農地依該計畫獎勵額度外，另搭配水利署給予節水獎勵金，其給付標準依節水效益分級，以落實最有效節水。

表 1 石門水庫灌區稻作轉旱作分組(109 年版)

組別	預計輪值年	管理處及工作站別	灌區面積(ha)
桃 1	112	桃園(桃園、大竹、大園、大崙)	7,560
桃 2	111	桃園(草漯、新坡、觀音、大溪)	7,190
桃 3	109	桃園(新屋、湖口)	7,174
石 1	110	石門(八德、中壢、過嶺)	6,452
石 2	113	石門(楊梅、富岡、湖口)	5,633
小 計			34,009

資料來源：方文村，2020。

111 年一期作水資源競用區輪值灌區包括：石門水庫、寶山水庫(上坪堰)、明德水庫、鯉魚潭水庫(下游灌區)、石岡壩(部分灌區)及曾文-烏山頭水庫)等 6 個水庫灌區的選定灌溉系統。以石門水庫灌區為例，109 年起推動的水資源競用區耕作制度調整方案共分 5 區，2.0 版(111 年)大區輪作改依農水署桃園、石門兩個管理處供灌區域分作 A、B 兩區，以利兩年分區輪作，111 年一期作由 A 區輪值。

A 區包括石門管理處的八德、中壢、過嶺及桃園管理處的新屋、湖口灌區，B 區包括石門管理處的楊梅、富岡、湖口及桃園管理處的大竹、大園、大崙、草漯、新坡、觀音灌區。A 區的桃園管理處新屋及湖口灌區，因在 109 年水資源競用區耕作制度調整方案已實施過、可折抵一次，111 年一期作不做大區輪作；B 區的石門管理處楊梅、富岡及湖口灌區則在 108 年實施過折抵一次，112 年一期作不參與大區輪作輪值。因此從 113 年一期作起以兩年一輪，分 A、B 兩區分區輪作。

考量石門大圳灌區原為兩期作水稻灌區，108 年進行一期稻作轉旱作試辦措施，109 年起推動的水資源競用區耕作制度調整方案共分 5 區，2.0 版(111 年)大區輪作改分作 A、B 兩區進行分區輪作。此項調整影響灌溉配水甚鉅，因此本研究進行石門大圳在大區輪作之配水分析，提出石門大圳之灌溉水深配水分析法，俾利石門農田水利灌區於配水實務面之參考運用。期穩定灌溉用水、增加糧食生產與支援其他標的用水

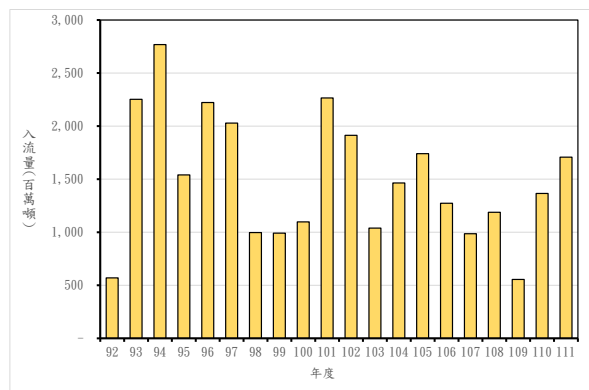
之三贏局面，以發揮水庫供水之最高效能。

二、研究區域概述

(一)石門水庫

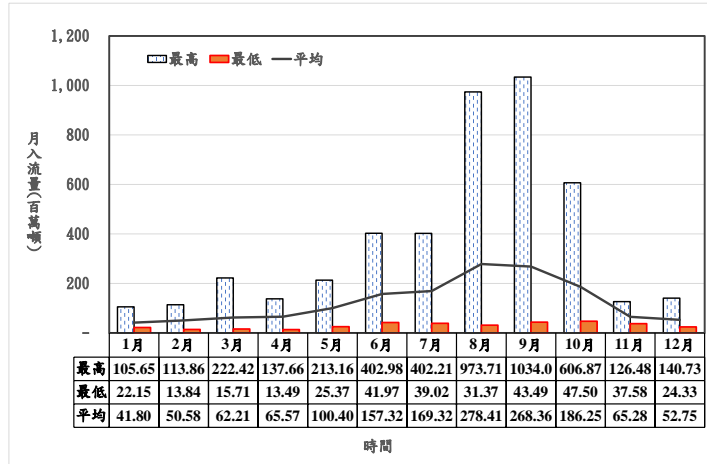
石門水庫位於大漢溪中游，地處桃園市大溪區、龍潭區、復興區與新竹縣間，壩體為滾壓土石壩，壩高 133 公尺，目前總蓄水量約 2.01 億立方公尺。自民國 52 年 5 月導水隧道封堵開始蓄水，具有灌溉、發電、公共給水、防洪及觀光等五大功能，對桃園地區農業生產、工業發展及減輕澇旱災害均有重大貢獻。石門水庫供水區域除擔負石門水庫供水區農業灌溉水源，包括農田水利署桃園、石門管理處所轄之灌溉系統，亦供應區域民生及工業用水，供水區域除桃園市境內，亦向北供應新北市之板新淨水場供水區，向南達新竹縣的湖口及新豐鄉，在缺水時期亦可緊急支援新竹科學園區(簡傳彬、方文村、郭盈助，2020)。

經蒐集民國 92~111 年石門水庫之年入流量(方文村，2020；經濟部水利署北區水資源局，2023)如圖 1。由圖 1 顯示年入流量最高約為 2,769 百萬立方公尺(民國 94 年)，最低約為 555 百萬立方公尺(民國 109 年)，年平均入流量約為 1,498 百萬立方公尺。圖 2 為 92~111 年石門水庫各月之最高入流量、最低入流量及平均入流量。由圖 2 顯示：每年 5~10 月為豐水期，入流量約占總入流量之 77.4%。



資料來源：方文村，2020，經濟部水利署北區水資源局，2023。本研究繪製。

圖 1：民國 92~111 年石門水庫歷年入流量



資料來源：方文村，2020，經濟部水利署北區水資源局，2023。本研究繪製。

圖 2：民國 92~111 年石門水庫最高、最低及平均月入流量

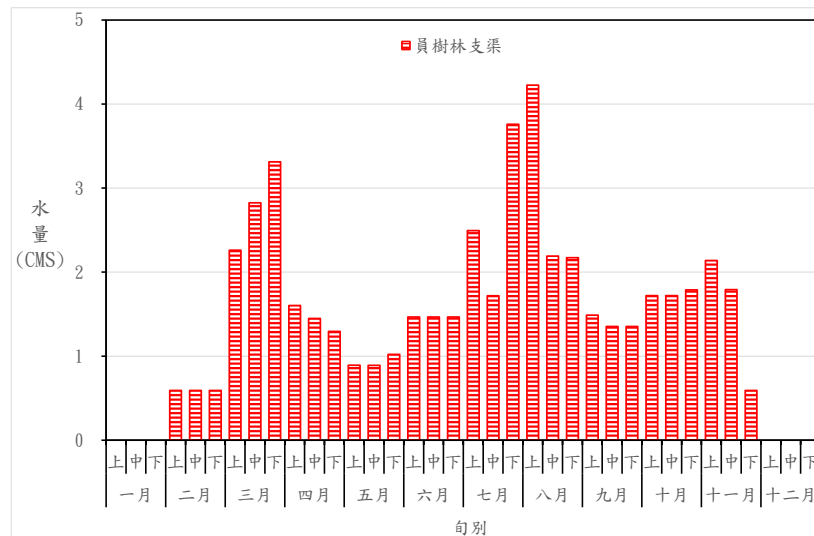
(二)農田水利署石門管理處灌區

農田水利署石門管理處(以下簡稱石門管理處)之灌溉事業區域主要為石門大圳供水之灌溉系統，石門大圳於民國 51 年由石門水庫建設委員會渠管工程處負責興建完成，幹渠全長 27 公里餘。於民國 53 年成立石門農田水利會(石門管理處改制前之名稱)，負責接管石門大圳幹渠及其附屬設施(原包括支渠 18 條、分渠 43 條及小給水路 1,700 公里，此包含高低揚灌區，然目前高低揚灌區已劃出灌溉事業區域)。石門大圳通水迄今已近 60 年(謝勝彥、廖培明、蔡展銘、簡傳彬，2004；謝勝彥、蔡展銘、簡傳彬，2004)。原計畫灌溉面積為 21,926 公頃，近年來由於都市計畫、道路等公共設施之開發，及高低揚灌溉區域劃出石門管理處灌溉事業區域，目前灌溉面積約為 12,085 公頃，共設有 7 個工作站，除幹線站負責石門大圳之用水調配至各支渠外，其餘 6 個工作站分別為八德、中壢、過嶺、楊梅、富岡及湖口工作站(簡傳彬、方文村，2000)。

石門管理處灌區其主要水源為石門水庫約佔 77%，其餘不足之 23%水源需仰賴河水堰補助(此水源比例係依灌溉計畫表所估算，如依近年來之實際灌溉用水量資料計算，水庫水源與其他補助水源之比例為 55%比 45%)，始能達到灌溉需水量，加上灌溉區域地勢特殊，利用 1/40 自然坡度之環境建造河水堰，攔截上游之地面逕流水(另田間灌溉用水亦有部分流入河川者)，以供重複使用。故回歸水之利用佔石

門管理處灌區需水量約 20%，區內設有河水堰 150 座，最大引取水量為 4.1 秒立方公尺。

石門管理處轄區主要灌溉渠道除石門大圳幹渠外，並有員樹林支渠、社子支渠、埔頂支渠、東勢支渠、中壠支渠、南勢支渠、平鎮支渠、過嶺支渠、山溪支渠、山麓支渠、環頂支渠、高山頂支渠、大金山支渠、繞嶺支渠、長岡嶺支渠、湖口支渠等 16 條支渠(簡傳彬、黃振昌，2004)。依據行政院農業委員會之灌溉管理資料庫資料顯示：支渠之各旬計畫用水量介於 0.024~4.287 CMS。以員樹林支渠為例，各旬計畫用水量介於 0.592~4.225 CMS(平均為 1.741CMS)，旬變化如圖 3(簡傳彬、方文村、郭盈助，2020)。



資料來源：簡傳彬、方文村、郭盈助，2020。

圖 3：石門管理處員樹林支渠計畫用水量

三、大區輪作的灌溉配水分析

農田灌溉之目的為補充田區降雨不足以供應作物所需之水量，故灌溉需水量為田間需水量減去有效雨量，如式 1 所示，前述有效雨量係指降雨量中可提供作物生長直接或間接利用的降雨量。渠道取水口之水門用水量則包括灌溉需水量與渠道輸水必要水量(又稱渠道輸水損失量，如：渠道蒸發、滲漏損失等)，如式 2 所示。灌溉需水量亦可以輸水損失率計算，如式 3。

$$D_f(t) = D_{fr}(t) - ER(t) \quad (1)$$

$$D_g(t) = D_f(t) + LL_f \quad (2)$$

$$D_g(t) = \frac{D_f(t)}{1-L_s} \quad (3)$$

式中， $D_f(t)$ 為灌溉需水量， $D_{fr}(t)$ 為田間需水量， $D_g(t)$ 為水門用水量， $ER(t)$ 為有效雨量。 LL_f 為輸水損失量， L_s 為輸水損失率。

灌溉需水量在石門水庫灌區原為水稻二期作灌區，考量前述水稻轉作措施，將作物區分為水稻及雜作。其中水稻田間需水量依農作時期區分為秧田整田、秧田補給、第1次浸田、第2次浸田、整田與本田補給等6部分(林俊男，1993)，對於1個輪區而言，輪區時刻 t 之田間需水量可以式4加以計算。

$$D_{f,k}(t) = D_{sp}(t) + D_{ss}(t) + D_{p1}(t) + D_{p2}(t) + D_{p3}(t) + D_s(t) + D_{sm}(t) - ER(t) \quad (4)$$

式中， $D_{f,k}(t)$ 為第 k 個輪區之田間用(需)水量， $D_{sp}(t)$ 為秧田整田田間用水量， $D_{ss}(t)$ 為秧田補給田間用水量， $D_{p1}(t)$ 第1次浸田田間用水量， $D_{p2}(t)$ 為第二次浸田田間用水量， $D_{p3}(t)$ 為水稻整田田間用水量， $D_s(t)$ 水稻本田補給田間用水量， $D_{sm}(t)$ 雜作(或其他旱作)田間用水量， $ER(t)$ 為有效雨量。

前述秧田整田、秧田補給、第一次浸田、第二次浸田、整田、本田補給、雜作與有效雨量之計算式如式5至式16所示(林俊男，1993)，分列如下：

1. 秧田整田田間用水量：

秧田整田田間用水量之計算式如下：

$$D_{sp}(t) = d_{sp}(t) \frac{A_s(t)}{25} S(t, t_s, t_p) \quad (5)$$

式中， $d_{sp}(t)$ 為 t 時刻秧田整田供水深，而 $A_s(t)$ 為考慮錯開日數下之虛擬灌溉面積，其計算式如式6所示，式5中將虛擬灌溉面積除以25，係因秧田折合本田間之比例為1/25； $S(t, t_s, t_p)$ 為錯開時間函數，其方程式如式7所示。

$$A_s(t) = \frac{\sum_{i=1}^M A_i}{t_p} \quad (6)$$

式中， A_i 為第 i 單區之灌溉面積， M 為輪區內之單區數。

$$S(t, t_s, t_p) = U(t - t_s) - U[t - (t_s + t_p)] = \begin{cases} 0 & t < t_s \\ 1 & t_s \leq t < t_s + t_p \\ 0 & t_s + t_p \leq t \end{cases} \quad (7)$$

式中， t_s 為播種開始日期； t_p 為秧田錯開日數，而 $U(t - t_s)$ 為單位步階函數 (unit step function)，如式 8 所示。

$$U(t - t_s) = \begin{cases} 0 & t < t_s \\ 1 & t \geq t_s \end{cases} \quad (8)$$

2. 秧田補給田間用水量：

秧田補給田間用水量之計算式如下：

$$D_{ss}(t) = \sum_{i=1}^{N_s} \left\{ \left(\int_{t+(i-1)l_s}^{t+il_s} d_{ss}(\tau) d\tau \right) \frac{A_s}{25} S[t, t_s + (i-1)l_s, t_p] \right\} \quad (9)$$

式中， N_s 為秧田補給灌溉次數， $d_{ss}(t)$ 為 t 時刻秧田補給日供水深，而 l_s 為秧田補給灌溉期距。

3. 第一次浸田田間用水量：

$$D_{p1}(t) = d_{p1} A_p(t) S(t, t_{p1}, t_{pp}) \quad (10)$$

式中， d_{p1} 為第一次浸田供水深， $A_p(t)$ 為考慮錯開日數下之本田虛擬灌溉面積，其計算式如式 11 所示， t_{p1} 為第一次浸田開始日期； t_{pp} 為本田錯開日數。

$$A_p(t) = \frac{\sum_{i=1}^M A_i}{t_{pp}} \quad (11)$$

4. 第二次浸田田間用水量：

$$D_{p2} = d_{p2} A_p(t) S(t, t_{p2}, t_{pp}) \quad (12)$$

式中， d_{p2} 為第二次浸田供水深， t_{p2} 為第二次浸田開始日期。

5. 整田田間用水量：

$$D_{p3} = d_{p3} A_p(t) S(t, t_{p3}, t_{pp}) \quad (13)$$

式中， d_{p3} 為整田供水深， t_{p3} 為整田開始日期。

6. 本田補給田間用水量：

$$D_s(t) = \sum_{j=1}^{N_h} \left\{ \left(\int_{t+(j-1)l_p}^{t+jl_p-l_g} d_h(\tau) d\tau + d_g l_g \right) A_p S[t, t_{p3} + 1 + (j-1)l_p, t_{pp}] \right\} \quad (14)$$

式中， N_h 為本田補給灌溉次數， l_p 為本田補給灌溉期間之輪灌期距， l_g 為灌溉期距內之乾田日數， d_h 為本田每日減水深， d_g 為本田每日需水深。

7. 雜作本田補給田間用水量：

$$D_{sm}(t) = \sum_{j=1}^{N_{hm}} \left\{ \left(\int_{t+(j-1)l_{pm}}^{t+jl_{pm}-l_{gm}} d_{hm}(\tau) d\tau + d_{gm} l_{gm} \right) A_{pm} S[t, t_{p3m} + 1 + (j-1)l_{pm}, t_{ppm}] \right\} \quad (15)$$

式中， N_{hm} 為雜作本田補給灌溉次數， l_{pm} 為雜作本田補給灌溉期間之輪灌期距， l_{gm} 為雜作灌溉期距內之乾田日數， d_{hm} 為雜作本田每日減水深， d_{gm} 為雜作本田每日需水深。

8. 有效雨量：

$$ER(t) = \left(\frac{ER_m(M)}{M(t)} \right) \int_0^{t_p} A_p(t-\tau) S(\tau, t_{p3} + 1, l_0 - 1) \quad (16)$$

式中， $ER_m(M)$ 為第 M 月之月有效雨量， $M(t)$ 為第 M 月之該月總日數， l_0 為本田灌溉日數。

目前桃園部分地區將第 1 次浸田、第 2 次浸田及整田用水合併進行，因此本研究將第 1 次浸田及第 2 次浸田併入整田項計算。台灣水稻栽培方法可分為兩類：移植栽培與直播（簡傳彬、楊志維、方文村、徐永昶，2021）。桃園地區農田多採移植栽培方式，故無秧田用水，則可將秧田用水計算項省略。計算如式 17 所示。

$$D_{f,k}(t) = D_{p3}(t) + D_s(t) + D_{sm}(t) - ER(t) \quad (17)$$

依據式 17 所計算獲得之田區灌溉用（需）水量，加上輸水損失為水門用水量，再考慮渠道輸水不少於 0.008 cms 之條件下，則小給水路之水門用水量計算式如式 18 所示。

$$D_{g,k}(t) = \frac{D_{f,k}(t)}{1-L_{s,k}} \geq 0.008 \text{ cms} \quad (18)$$

式中， $D_{g,k}(t)$ 為第 k 個輪區之小給水路水門用水量， $L_{s,k}$ 為第 k 個輪區之小給水路之輸水損失率。而各支渠之水門用水量為支渠所轄各輪區水門用水量之總合，如式 19 所示。

$$D_{gc,j}(t) = \sum_{k=1}^{N_r} D_{g,k}(t) \quad (19)$$

式中， $D_{gc,j}(t)$ 為第 j 條支渠之水門用水量；而小給水路之輸水損失量（ $L_{s,j}$ ）如式 20 所示。

$$L_{s,j}(t) = D_{gc,j}(t) - \sum_{k=1}^{N_r} D_{f,k}(t) \quad (20)$$

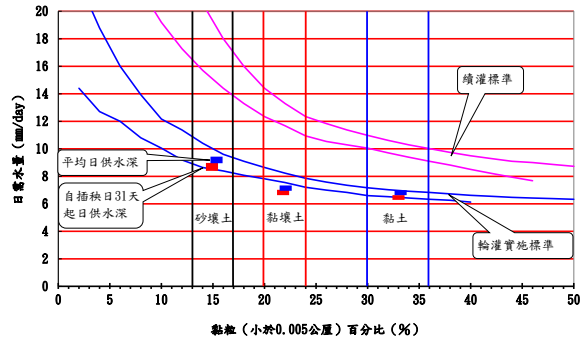
本研究依據前述計算公式，並參考簡傳彬、方文村、徐永昶（2020）與方文村（2020）等動態灌溉配水模式。提出石門大圳之灌溉水深配水分析法。首先將田間需水量修正為：

$$D_{fr}(t) = \frac{\sum_{i=1}^3 (d_{pi}A_{pi}(t) + d_{s1i}A_{s1i}(t) + d_{s2i}A_{s2i}(t))}{8640} \quad (21)$$

式中： $D_{fr}(t)$ 為田間需水量(cms)， d_{pi} 為 i 類土壤整田田間用水量(mm)，如式 22。 d_{s1i} 為 i 類土壤初期(插秧日起 30 天內)日供水深(mm)。 d_{s2i} 為 i 類土壤中後期(插秧日起 30 天後)日供水深(mm)。如圖 4 所示。

$$d_{pi} = \frac{\{n-P_v\}}{100} D + H \quad (22)$$

式中： d_{pi} 為 i 類土壤整田田間用水量(mm)， n 為土壤孔隙率(%)， P_v ：灌前土壤含水量(%)， v/v ， D ：翻耕土壤深度(水稻根系深度、飽和土壤深度，mm)， H ：田面覆蓋水深(30~50mm)。整田用水量經計算，黏土約為 198mm。黏壤土、壤土約為 185mm。砂壤土約為 180mm。



資料來源：水利局石門大圳輪灌工程處(1963)、黃振昌(2002)，本研究重繪。

圖 4 農田本田期間日需水量

四、結果與討論

本研究以農田水利署石門管理處所轄石門大圳員樹林支渠一期作為例，計算一期作員樹林支渠之水門計畫需水量、在假設地面水配合量下計算得員樹林支渠所需配水量如圖 5 顯示：一期作各旬計畫用水量介於 0.551~4.050 CMS(水門計畫需水量介於 0.341~3.840 CMS)與圖 3 之數據及趨勢相符。

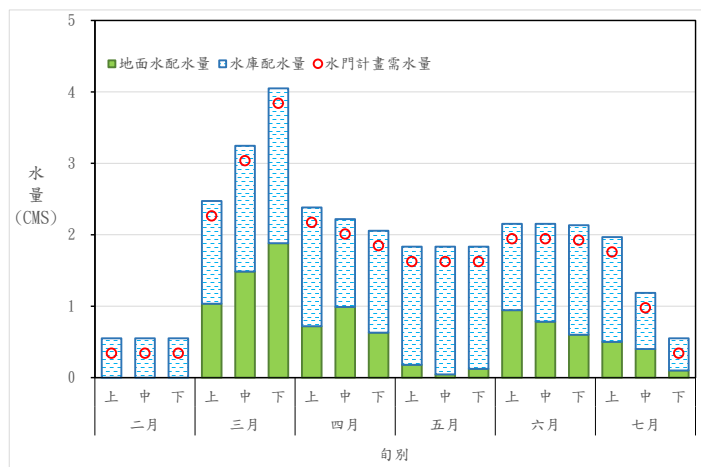


圖 5 農田本田期間日需水量

考量石門大圳灌溉計畫的實施，面臨兩項主要課題，分別為降雨的不確定性及水旱田混作的灌溉需水不確定性。簡傳彬、方文村、徐永昶（2020）與方文村(2020)有別於以往的動態灌溉配水模式提供簡易的圖表演算。圖 6 為員樹林支渠 3 月份之圖形化動態分析法，可依實際灌溉面積、地面水配合量、日降雨量，以推算水庫供水量(方

文村，2020)。由圖 6 在灌溉面積 2,544 公頃，計畫需水量約為 3.50cms，考量地面水配合量約為 1.50 cms，日降雨量對水庫可減供水量約為 0.25cms。則水庫供水量約為 1.75cms。此與圖 5 三月份之計畫用水量、水庫供水量相符。圖中日降雨量對水庫可減供水量，並非田區有效雨量而是日降雨量對水庫可減供水量。

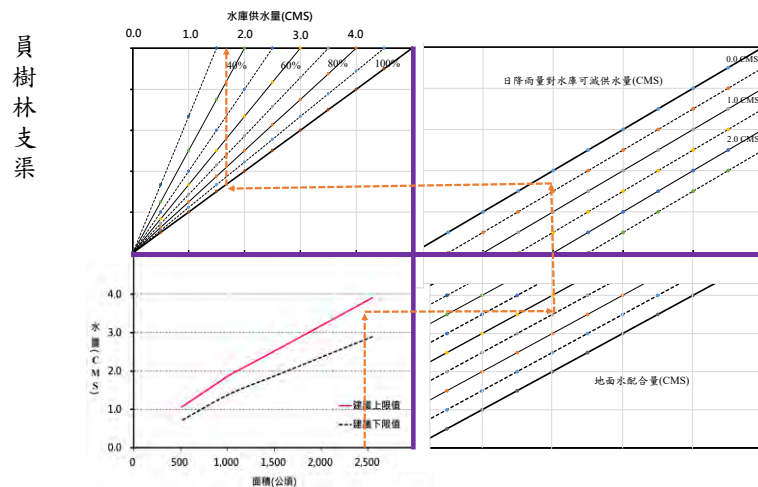


圖 6 員樹林支渠 3 月份不同灌區面積之灌溉配水量分析

方文村(2020)之研究，分就平水年、乾早年等進行分析，參考圖 1 之年入流量，本研究選擇 103 年員樹林支渠之水門計畫需水量、水庫實際配水量、地面水實際取水量(如圖 7)進行比較分析。由於透過積極尋找地面水配合量，故各旬地面水實際取水量均高於計畫實際取水量如圖 8 所示。因而可降低水庫配水量，如圖 8 所示。綜合前述，經以灌溉水深配水分析法配合地面水及降雨量資訊，可提供動態配水之參考，俾利石門大圳灌區於大區輪作之智慧配水參考運用。期穩定灌溉用水、增加糧食生產與支援其他標的用水之三贏局面，以發揮水庫供水之最高效能。

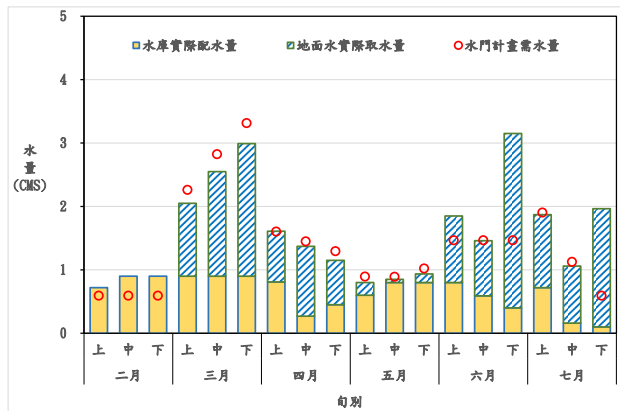


圖 7 農田本田期間日需水量

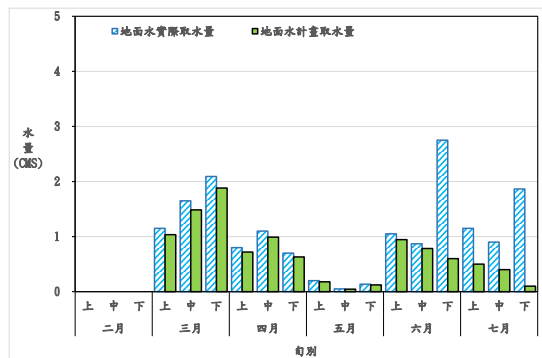


圖 8 地面水取水量比較

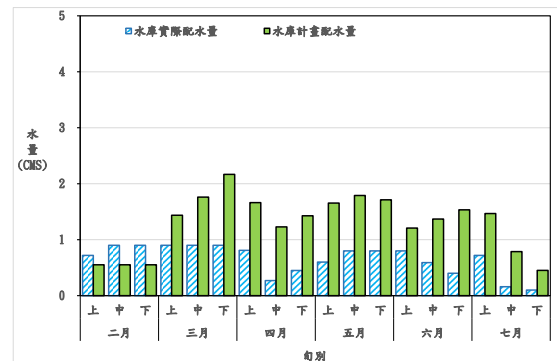


圖 9 水庫配水量比較

五、結論與建議

水為農作物生長的要素之一，農作物所需要之水量依各生長期而異。而灌溉配水是基於作物之生長需要，以最適當之方式將水適時且適量的供應至各田區。近年因全球氣候變遷的異常，臺灣地區降雨型態於時間與空間之分布不均，導致豐枯雨量相差懸殊。石門水庫亢旱操作之頻率日高，每逢春季枯水期，石門大圳之灌溉配水經常面臨打折供應。此外行政院農業委員會推動的水資源競用區耕作制度調整方案 2.0 版 (111 年) 大區輪作，依農田水利署桃園及石門兩個管理處灌溉區域分作 A、B 兩區，進行兩年分區輪作。此項調整影響灌溉配水甚鉅。因此本研究進行石門大圳在大區輪作之灌溉配水操作研究，提出石門大圳之灌溉水深配水分析法，俾利石門大圳灌區於大區輪作之智慧配水參考運用。

考量石門大圳灌溉計畫的實施，面臨兩項主要課題，分別為降雨的不確定性及水旱田混作的灌溉需水不確定性。參考動態灌溉配水模式、灌態配水圖形化動態分析法，

提出灌溉水深配水分析法，可依實際灌溉面積、地面水配合量、日降雨量，以推算水庫供水量。農田水利署石門管理處後續可以依實際灌溉面積，地面水配合量、日降雨量等進行每日灌溉水量動態形式的調配。

灌溉配水如何在水文降雨的極端變化及水庫和渠道管理的複雜性找到平衡，是灌溉管理的重大目標。動態灌溉配水需考慮水源的動態變化、灌區農民的耕作行為、灌區不同水源比例、渠道輸水必要水量(輸水損失)、輪灌系統之取水口高程等因素。經由本研究之灌溉水深配水分析法，將可提供智慧灌溉之計算方式，將水適時且適量地分配至各田區。期穩定灌溉用水、增加糧食生產與支援其他標的用水之三贏局面，有效發揮農業水資源「調豐濟枯」及「藏水於農」的特性，以發揮農業水資源之最高效能。

六、參考文獻

1. 方文村，2020，臺灣石門農田水利會因應亢旱石門大圳之配水研究計畫成果報告，臺灣石門農田水利會委託，農業工程研究中心執行。
2. 水利局石門大圳輪灌工程處，1963，石門大圳輪灌工程工作報告。
3. 呂芳堅、林昆賢、鄒永慶、徐同麒、方文村、簡傳彬，2019，稻作轉旱作與農業水資源的利用 — 石門農田水利會灌區為例，水資源管理會刊，第21卷第1期，第41~53頁。
4. 林俊男，1993，農田水利會輪區配水計畫表電腦製作計畫，行政院農業委員會委託，農業工程研究中心執行。
5. 經濟部，2021，臺灣各區水資源經理基本計畫(核定本)。
6. 謝勝彥、蔡展銘、簡傳彬，2004，桃園地區埤塘水源利用之探討，台北：永續發展簡訊(9)，pp. 19~29。
7. 簡傳彬、方文村，2000，線性規劃在埤塘灌溉系統聯合營運之應用，農業工程學報，46(3)，pp. 69~82。
8. 簡傳彬、方文村、徐永昶，2020，桃園地區動態灌溉配水之研究_以桃園大圳 10 及 11 支線灌區為例，109 年度農業工程學會研討會。
9. 簡傳彬、方文村、郭盈助，2020，乾旱時期之灌溉配水操作研究-以石門大圳為例，109 年度農業工程學會研討會。
10. 黃振昌，2002，石門大圳用水計畫檢討，臺灣石門農田水利會委託，農業工程研究中心執行。

11. 簡傳彬、黃振昌，2004，石門大圳灌區灌溉配水計畫之探討，農業工程學報，第 50 卷第一期，頁 72-84。
12. 簡傳彬、楊志維、方文村、徐永昶，2021，桃竹地區水稻旱地直播之試驗研究，110 年度農業工程學會研討會論文集，pp. 130-143。
13. 謝勝彥、廖培明、蔡展銘、簡傳彬，2004，桃園地區埤塘水源運用之研究，水資源管理 2003 研討會論文集，pp. 3-37~3-50。中華水資源管理學會。
14. 經濟部水利署北區水資源局，2023，石門水庫，2023 年 4 月 20 日，取自 <https://shihmen.wranb.gov.tw/statistics/inflow>。
15. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011, The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture—Managing systems at risk.

投稿 112.05.01
校稿 112.05.11
定稿 112.05.22