

高雄潛在缺水區域－燕巢及阿蓮地區擴大灌溉 服務之用水評估對策初擬

Primary Assessment for Expanding Irrigation Services in the Potential Water Shortage Area in Yanchao and Alian District, Kaohsiung

財團法人農業工程研究中心

研究員	助理研究員	副研究員	副研究員	助理技師	董事
陳豐文	譚允維	張雅婷	林修德	卓宇謙	譚義績
Feng-Wen Chen	Yun-Wei Tan	Ya-Ting Chang	Hsiu-Te Lin	Yu-Chien Cho	Yih-Chi Tang

摘 要

擴大灌溉服務為近 10 年農田水利重要推動的工作，擴大灌溉服務本質上即是以實施農地重劃為基礎，以多元的方式協助不同地形及水源、耕作條件的區域進行穩定農業生產的水資源規劃；本文以高雄缺水地區為研究對象，選定平地及坡地地形的阿蓮與燕巢地區為代表性場址，進行農業灌溉用水規劃的探討，本文提出針對無資料的缺水地區提出完整的調查、規劃、對策研擬方法流程，以達成擴大灌溉服務為目標。因此擴大灌溉服務規劃限制條件為推動低耗水旱作栽培為主，水資源規劃內容應包含取水、輸水及蓄水等 3 種水源應用方式；整體規劃流程重點為 1.區域農地範圍及作物栽培調查、2.農地土壤耗水特性調查、3.區域性用水需求分析、4.潛在水源評估(包含有效雨量、地表逕流、地下水、再生水等新興水源)、5.水資源供需方案研擬及可行性評估。

以本文探討之阿蓮與燕巢地區為例，GIS 分析顯示阿蓮區及燕巢區內可共糧食生產地已為高雄管理處灌區及無灌溉服務區域比例分別為 49:51、50:50；無灌溉服務之面積 1,728 ha；代表性旱作(芭樂、印度棗及西施柚)，依地形及農地集中條件區分 10 子區分別規劃；整體而言，旱作用水對策建議以旱作有效雨量貢獻率 30%為基礎，以地表逕流補充其餘 70%的灌溉用水需求(本文以 CN 法推估潛在逕流量)，並輔以超越機率法評估供水可靠度；為提高供水穩定度，以處理生活污水為主體之岡橋水資中心，於再生水於水質優於鄰近地表水源的前提，應善用每日 5 萬 CMD 的新興再生水源；蓄水功能評估顯示，阿蓮區無埤塘蓄水功能，建議強化前述水源穩定供應，坡地型的燕巢區則具 111 處埤塘建議強化埤塘蓄水能力及串聯應用功能，以提高抗旱能力。

關鍵詞：擴大灌溉服務、水資源規劃、乾旱缺水地區

Abstract

Expanding irrigation services has been a significant promotion during the past decade. Based on farmland rezoning, expanding irrigation services aims to provide plain water resources and stabilize agriculture products by assisting in different lands, water sources, and agricultural conditions. Water shortage irrigation area, Alian and Yanchao district in Kaohsiung where the terrain is mainly in plain and hills, is taken as the target in this study to assess the planning of agricultural irrigation water. The investigation, planning, and methods are suggested to achieve the expanding irrigation services. Consequently, limiting the expansion of irrigation service planning is to promote crops with low water consumption. In addition, three methods for applying water sources, such as water intake, water supply, and water storage should be included in water resource planning. The key point of the planning process are as follows: 1. the scope of regional farmland and crops cultivation, 2. soil water consumption investigation, 3. regional water demand analysis, 4. potential water source assessment (including effective rainfall, surface runoff, groundwater, reclaimed water), 5. water resource supply and demand plan development and feasibility assessment.

Alian and Yanchao district are taken as the example in this study. By the results of GIS analysis, it's show that the ratio of irrigation area in KMO (Kaohsiung management office, Irrigation Agency) and non-irrigation area is 49:51 and 50:50 respectively for Alian and Yanchao district. Additionally, 1,728 ha in total are not in the irrigation service area. The representative crops are dry-farming, such as guava, Indian jujube and pomelo. 10 sub-area are suggested for expanding irrigation services by the terrain and the region. To speak of the dry-farming water demands, 30% effective rainfall water supply is suggested, while the other 70% water amount are needed from surface water. Curve-number method and excess probability method are used to assess the potential surface water amount. In aim of increase the stability of water supply, 50,000 cmd domestic reclaim water in Gaungchao water recycle plant is also taken into consideration as the potential irrigation water. The results of water storage assessment show that since merely no water storage area in Alian district, it's suggested that enhance the water supply stability in the above. Nevertheless, there are 111 ponds which can be used as water storage to increase the drought resistance in Yanchao district.

Keywords: Expanding Irrigation Service, Water resource Planning, Water Shortage Area.

一、前言

台灣農業耕地面積演變，1946 年的耕地統計為 83 萬 1,950 公頃，發展至 1976 年為最高峰(91 萬 9,680 公頃)，隨產業及都市發展影響，全台耕地面積於 2020 年已遞減為 79 萬 78 公頃，其中 36 萬 5,416 公頃於 2020 年 10 月前由 17 個農田水利會灌區負責灌溉用水管理事務，該年 10 月後由升格後的公務機關-行政院農田水利署統籌灌溉管理事

務，前述區域過去統稱：灌區內；現應稱為：已提供灌溉服務區域。若套疊可供糧食生產土地(2017 年)與國土功能分區報部核定版(2020 年)圖資，則灌區內面積僅約 31 萬公頃，當時位於農田水利會灌溉事業範圍外之耕地(過去俗稱：灌區外；現應稱為：尚未提供灌溉服務區域)為 39.3 萬公頃，合計 70.3 萬公頃，分佈如圖 1 所示(陳豐文，2021)，上述 39.3 萬公頃的農民過去須自覓水源進行灌溉，現階段於農田水利署成立後，統一由農田水利署協助統籌擴大灌溉服務業務。朱孝恩、張光耀(2019)指出基於水資源為公共財的考量，政府除對灌區內農民需提供灌溉服務，對灌區外農民亦有改善灌溉服務責任；其次，政府 2011 年 5 月召開「全國糧食安全會議」，設定 2020 年達糧食自給率 40 % 之目標，灌區外農地亦需提高利用效率以增進糧食安全，灌區外農民亦反應期望納入農田水利會灌區，以獲得較穩定的灌溉水源、改善農業所得。農委會為增進農業水資源的利用效率、提升糧食安全，遂推動擴大灌區政策。農委會依 2016 年 11 月 29 日農水字第 1050083294 號函頒之「非農田水利會事業區域納入農田水利會事業區域作業程序」，鼓勵農田水利會提出擴大灌區案件，由農委會依職權核定納入，2018 年召開之第 6 次全國農業會議亦訂出「朝 10 年內完成提供農業灌區內外之適作農地灌溉服務為目標」重要結論。灌區外農地擴大服務地規劃推動迄 2019 年底，累計已納入南投等 7 個農田水利會灌區面積共 4,455.4 公頃。陳豐文(2021)指出灌區外農地的灌溉水利設施規劃及擴大服務的作法即為早期台灣實施有成的農地重劃工程，有鑑於多數灌區外農地分佈於山坡地或是河川中上游區域，雖未直接與灌區內具備農業水權的農地產生競用水源的現象，然而穩定的用水來源為各地灌溉外規劃案例推動過程成功與否之重要關鍵，現階段推動區域主要以用水需求低而經濟價值高的旱作區為主，後續政策推動執行過程仍須考量整體流域之水源運用，以避免上下游水源競用現象發生。

前述超過台灣耕地 50 %尚未提供灌溉服務區域，廣泛涵蓋個縣市，是國內後續投入水資源規劃以協助農民穩健用水之區域範圍；檢視過去數十年之案例，有多處尚未提供灌溉服務區域已進行不同程度之水源調查、規劃之案例，例如南投、彰化-八卦山旱灌區的用水調查及灌溉方式評估(台灣省水利局，1996；南投縣政府，2014)及後續八卦山旱灌赤水地區蓄水池設計興建(彰化農田水利會，2019)；台中重要旱作生產區-新社區域之規劃調查，歷經白冷圳供灌大坑地區評估(農業工程研究中心，2004)、白冷圳供崑山、水井等灌區外地區評估案例(農業工程研究中心，2005)及後續進階評估(經濟部水利署中區水資源局，2007)；經濟部水利署(2010、2011)首次針對全國性海拔 500 m 以下灌區外耕地進行基本資料調查；農業工程研究中心(2014)針對大安溪、大甲溪及烏溪流域區域進行灌溉事業區域外之用水評估調查；農業工程研究中心(2020)針對台中新社頭崙山地區調查評估案例；苗栗-通霄新灌區的調查評估案例(台灣省水利局規劃總隊，1997、經濟部水資源局，2001、經濟部水利署中區水資源局，2006)；臺東瑞源農場評估規劃案(農業工程研究中心，2018)；桃園龍潭高低楊灌區的評估案例(臺灣石門農田水利會，2017、桃園市政府水務局，2018)，上述案例凸顯尚未提供灌溉服務區域急需穩定用水規劃調查的需求；因此本文以農地重劃的辦理流程為基礎，提出缺水地區的用水規劃方式及對策研擬，並以高雄潛在缺水區域—燕巢及阿蓮地區為案例，說明以擴大灌溉服務的方式，依序提出必要的規劃內容項目，以作為其他具有相似情境的地區規劃參考。

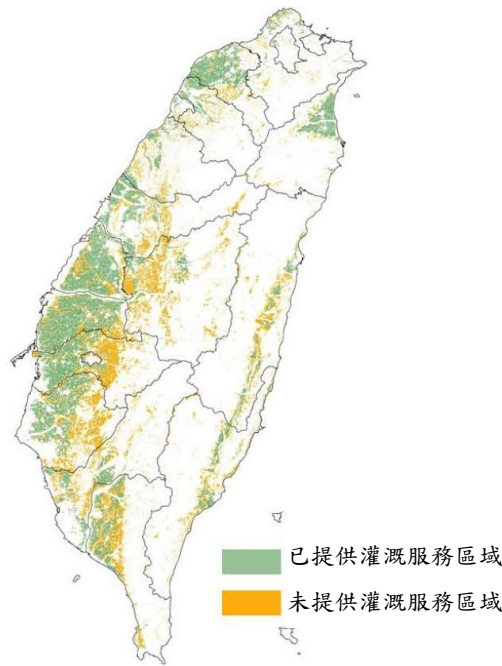


圖 1 台灣耕地已有及未有提供灌溉服務區域農地分佈一覽

二、需求地區之背景資料蒐集

(一).研究區域及背景概述

本文以高雄市燕巢區及阿蓮區等潛在缺水區域為研究案例，其中燕巢區的農特產包含芭樂、印度棗及西施柚，素有燕巢三寶之稱。其中，以芭樂栽種面積最大、產值最高；印度棗果大味美，主要生產於新曆年至舊曆年期間；西施柚，果大味美單價高，但栽種面積有限，主要生產於中秋節前後。高雄市阿蓮區亦是以農業為主、遠近馳名的水果之鄉，有農戶 3 千多戶，與燕巢相同，主要盛產芭樂及印度棗。兩地區的芭樂與印度棗，種植面積或產值均相當可觀。然而部分區域位處農田水利署高雄管理處的農田水利事業區域外，農友們大多自行取水灌溉，導致區域內的用水效率與穩定性有相當程度的改善空間，尤以乾旱時期或颱風豪雨侵襲事件，農民的灌溉用水就受到很大的影響進而影響作物的產量與品質，嚴重的影響農民生計。因此，若可透過適當的取、輸水與蓄水等灌溉設施設置或既有設施的更新改善，應可有效改善此困境。高雄市燕巢及阿蓮區的農田水利事業區域範圍外(農水署高雄管理處管轄事業區域外)可供糧食生產土地面積合計 1,728.3 公頃(燕巢區 1,154.8 公頃、阿蓮區 573.5 公頃)。

(二).地文資料調查

高雄市燕巢區及阿蓮區之地理位置，阿蓮區位於高雄北側與台南市相鄰，燕巢區則位於高雄市中心，未與其他縣市相接(位置如圖 2)；可進一步細分村里為燕巢區 11 里、阿蓮區 9 里，各里分布位置詳圖 3。本研究區域鄰近農田水利署管理處灌區為高雄管理處，其 16 處工作站灌區位置如圖 4；鄰近本研究區域之工作站灌區為楠梓、岡山及阿蓮等 3 處工作站，其與本研究調查範圍之區域關係如圖 5，灌溉系統分布如圖 6，供灌

燕巢區及阿蓮區之灌溉系統分別為仕隆圳充實灌區支線(燕巢)、復興渠幹線(阿蓮)的田厝、土庫、九鬮、中甲、後港、阿蓮等 6 條支線及位於阿蓮區北側(復興渠幹線末流)自二仁溪取水之後寮抽水站，供灌二仁阿蓮灌區之南、北幹線。

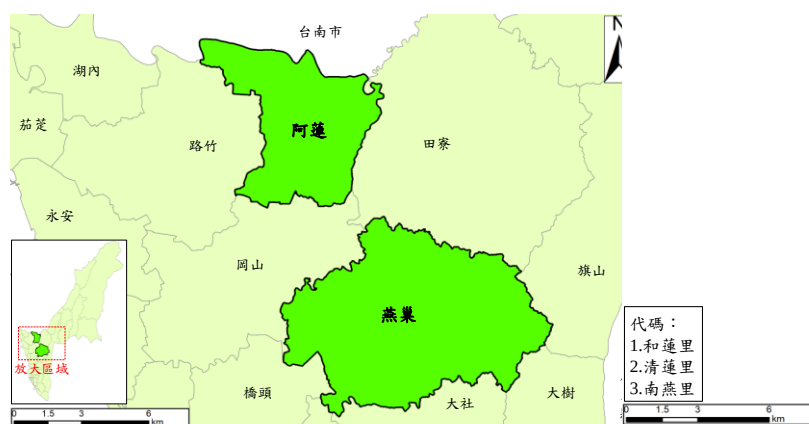


圖 2 研究區

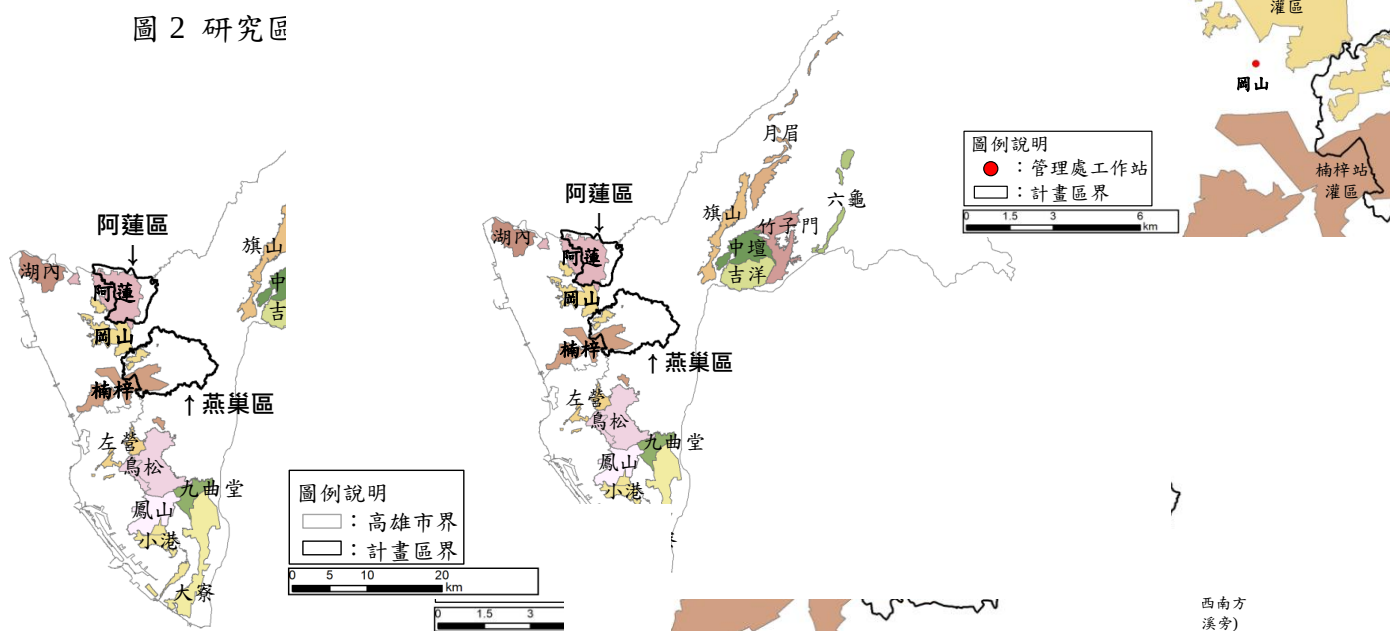


圖 4 研究區域位置一覽



圖 5 阿蓮區、燕巢區各里分布位置

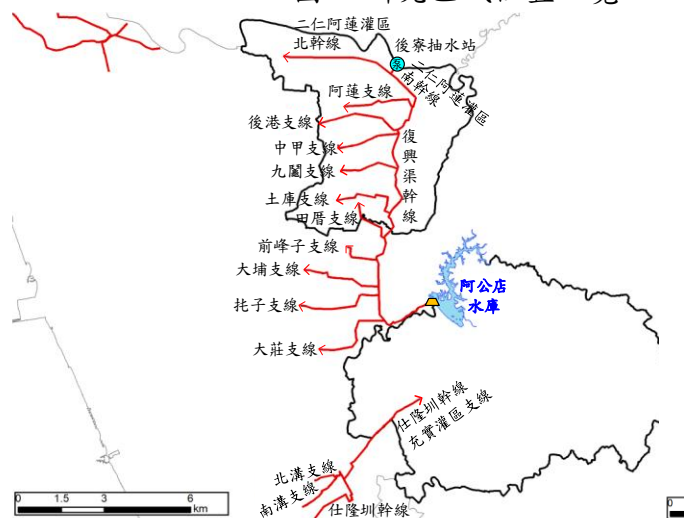


圖 6 農水署高雄管理處灌溉系統

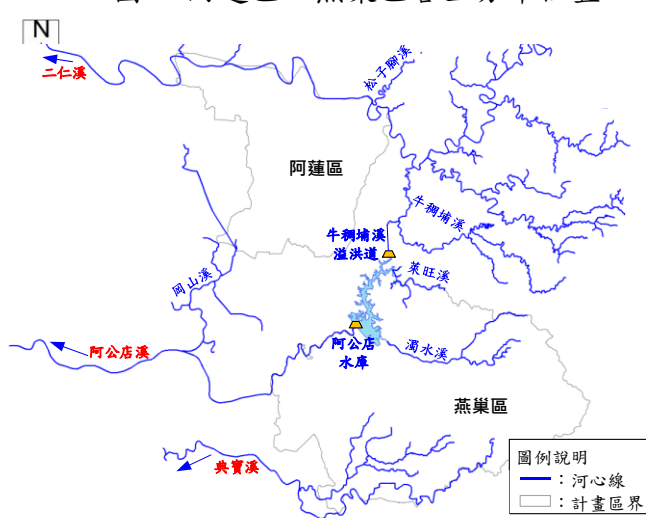


圖 7 阿蓮區、燕巢區地表水體分布位置

高雄管理處主要河川灌溉水源有典寶溪、生蕃來溪、阿公店水庫、二仁溪等流域，其中以阿公店水庫及二仁溪為主要灌溉水源；鄰近調查區域之水源為典寶溪、阿公店水庫及二仁溪等 3 處地表水體，分布位置如圖 7，依據農委會水土保持局之集水區劃分(圖 8)，可進一步整合為深水溪(燕巢)、典寶溪(燕巢)、阿公店水庫(燕巢)、阿公店溪(燕巢及阿蓮)、二仁溪(阿蓮)等 5 處集水區。本研究區域內之蓄水設施除阿公店水庫外，於燕巢區另有約 111 處農塘，其分布位置及數量詳表 1，各農塘分布位置如圖 9；其中深水里農塘數量最多(38 處)，燕巢區安招、角宿、鳳雄、瓊林等 4 里及阿蓮區全區均無農塘。

地文方面，燕巢區及阿蓮區地形均為西側平原地區、東側丘陵坡地，其中以阿蓮區平原面積比例較高，東側僅有一珊瑚礁石灰岩地形之大岡山；燕巢區則以阿公店水庫之壩體軸線為界，阿公店水庫壩體軸線之東北地帶均為丘陵、西南地區為平原。本研究乃利用農試所 2015 年之土壤管理組圖分析，燕巢區及阿蓮區之土壤分不同種類土壤類別比例統計如下：燕巢區表土質地主要以坵質壤土為主(%)，其次為細砂質壤土，面積約 1,070 ha(約 16 %)及砂質黏壤土面積約 78 ha(約 1 %)；阿蓮區表土質地主要以細砂質壤土為主 1,308.4 ha(37.5 %)，其次為砂質黏壤土面積約 1,070 ha(16.6 %)。

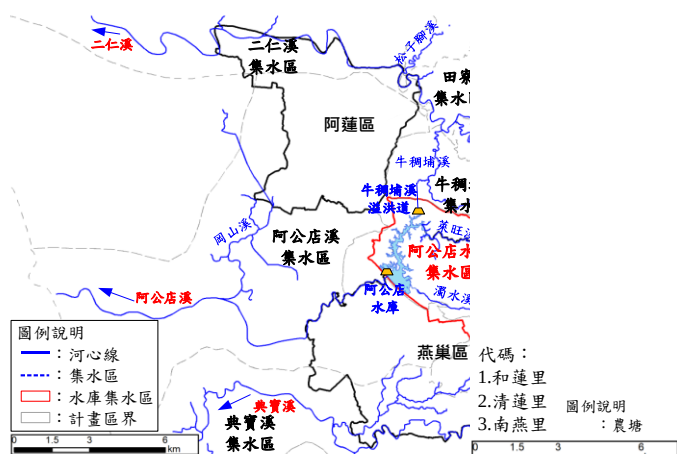


圖 8 子集水分區劃分範圍

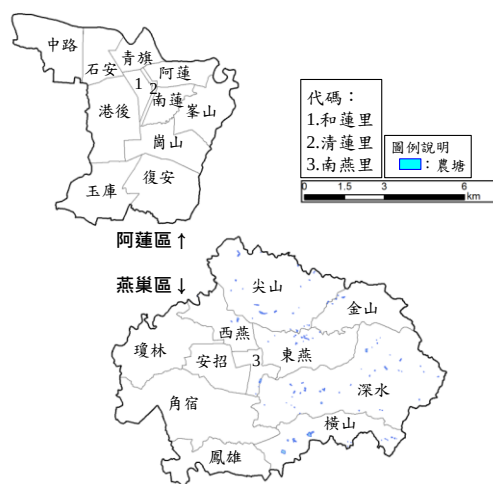


圖 9 阿蓮區、燕巢區各里農塘分布位置

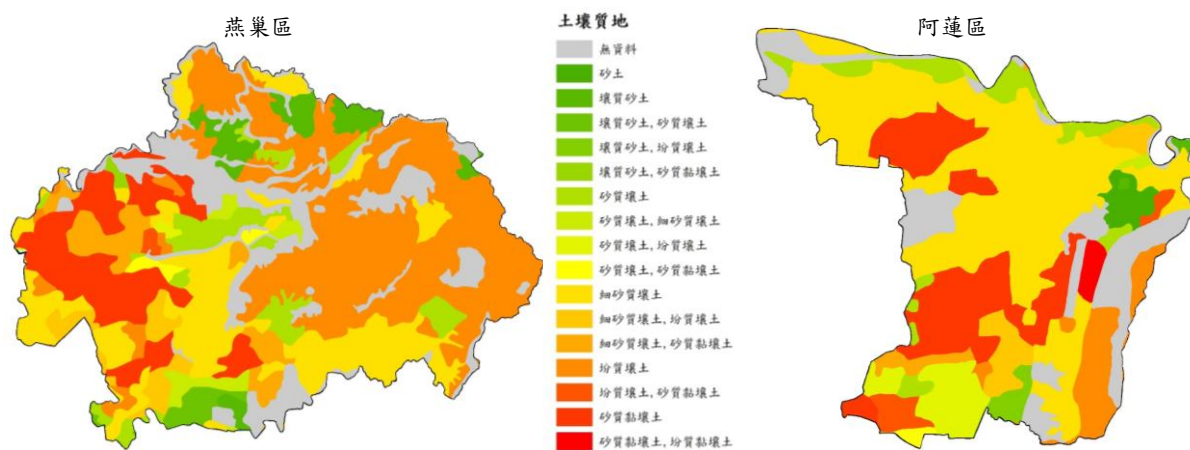


圖 10 燕巢區、阿蓮區不同土壤質地分布位置

表 1 高雄市燕巢區範圍內農塘數量一覽

No.	里	農塘數量	No.	里	農塘數量
1	安招	0	7	南燕	4
2	尖山	27	8	深水	38
3	西燕	2	9	鳳雄	0
4	角宿	0	10	橫山	18
5	東燕	17	11	瓊林	0
6	金山	5	小計		111

註：高雄市阿蓮區境內無農塘。

(三).水文資料調查

降雨資料對於擴大灌溉服務甚為重要，本區域鄰近之農業氣象站有 2 處，分別為旗南農改(測站代碼 72V140)及鳳山農試(測站代碼 G2P820)等站，由於旗南農改之資料相對較為缺乏，故以鳳山農試之測站數據為準，蒐集 2012~2021 年之近 10 年降雨資料進行統計分析如表 2，結果顯示各月平均降雨量約為 12.7~712.9 mm，以 12 月降雨量較少、8 月降雨量則最多，豐枯雨季降雨量懸殊，合計年降雨量約 2,018 mm，最大單日降雨量則以 8 月 179 mm 為最高、2 月份 6.4 mm 為最低。降雨與不降雨日數統計方面，以 1 月之不降雨日數最多為 27.4 日，其次為 3 月不降雨日數 26.7 日，不降雨日數最少者為 8 月僅 12.1 日，降雨日數以 8 月 18.9 日為最多，其次為 7 月有 14.4 日，另降雨日數較少者為 1 月及 2 月僅 3.6 日，顯示此地區之降雨時間分布不均；此外統計日平均雨量及 25% 之最大及最小日降雨，結果顯示 8 月之平均日雨量 23.5 mm 最多，其次為 6 月(12.8 mm)，日降雨量最小為 2 月(0.4 mm)、12 月(0.5 mm)，月前 25% 最大降雨量以 8 月(22.5 mm) 最大、其次為 6 月(15.2 mm)，月前 25% 最小降雨量則均為 0~0.1 mm。

表 2 降雨資料統計分析(鳳山農試所)

月份 項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總計
月雨量	20.4	13.6	23.1	74.2	197.2	374.0	327.9	712.9	195.4	49.4	17.6	12.7	2,018.1
最大日降雨量	6.5	6.4	13.4	29.2	81.8	103.2	111.1	179.2	63.9	16.5	15.0	8.6	634.5
不降雨日數	27.4	25.0	26.7	23.9	19.5	16.2	16.6	12.1	20.2	26.4	24.7	20.7	259.4
降雨日數	3.6	3.6	4.3	6.2	11.5	13.9	14.4	18.9	9.9	4.6	5.4	10.3	106.6
前 25% 大降雨	0.6	0.0	0.3	0.5	3.6	15.2	9.2	22.5	4.1	0.2	0.0	0.0	56.0
前 25% 小降雨	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
平均日雨量	0.7	0.4	0.8	2.5	6.4	12.8	11.1	23.5	6.8	1.6	0.7	0.5	66.5

單位：月雨量、最大日降雨量、月前 25% 大降雨量、月前 25% 小降雨量、平均日雨量為 mm，其餘為天。

(四).農地、作物基本資料調查

為掌握燕巢區及阿蓮區非農田水利署灌區之可耕糧食地區位及面積，茲利用農試所可供糧食生產地資料進行套繪，並將區域屬於農田水利署灌區排除，燕巢區鄰近之農田水利署灌區為高雄管理處之岡山工作站及楠梓工作站，阿蓮區則為高雄管理處之阿蓮工作站，其成果分別如圖 11、表 3，統計顯示燕巢區及阿蓮區屬於農田水利署灌區外可供糧食生產地分別約有 1,154.8 ha 及 573.5 ha。此外，依照使用分區之規劃，將燕巢區及阿蓮區之可供糧食生產地進一步劃分，燕巢區有 497.6 ha(43.1 %)地區屬於山坡地保育區，

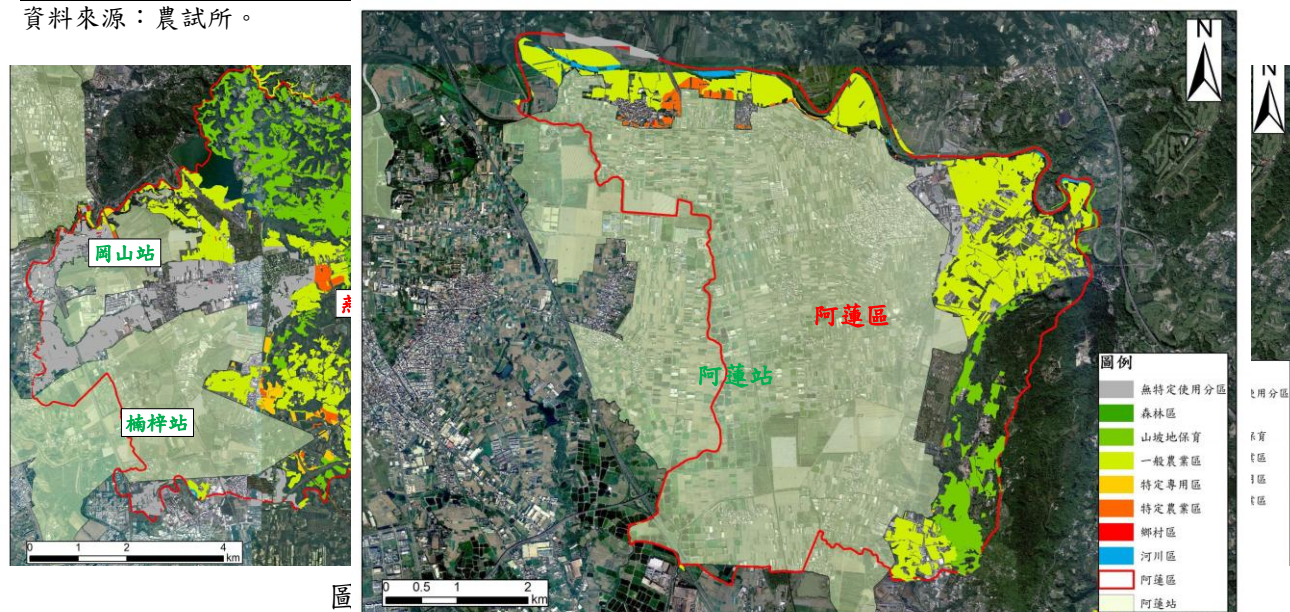
一般農業區則有 324.6 ha(28.1 %)，其他區域如森林區、特定農業區等均不足 5%，無特定使用分區者則約 248.6 ha(21.5 %)；阿蓮區部分一般農業區佔比較高約有 406.5 ha(70.9 %)之區域，山坡地保育區約 105.8 ha(18.5 %)，30.6 ha(5.3 %)區域屬於無特定使用分區。

為掌握本區作物概況，根據高雄市政府統計年報(2019)針對燕巢區及阿蓮區主要作物進行面積、產值統計，其中本區域面積、產量及產值均以番石榴為最高、其次為印度棗，燕巢區之番石榴收穫面積 1,207.9 ha、產量 2 萬 7,396 噸、產值 6.1 億餘元，阿蓮區之番石榴相對較少，收穫面積 305.9 ha、產量 8,226 噸、產值 1.8 億餘元；印度棗類方面，燕巢區印度棗收穫面積 299.4 ha、產量 5,846 噸、產值 3.5 餘元，阿蓮區印度棗收穫面積 167 ha、產量 3,242 噸、產值 1.9 億餘元，兩個行政區均以番石榴及印度棗為盛產作物，其中以燕巢區番石榴收穫面積及產量更高，除了前述番石榴及印度棗，另有其他作物如玉米、芒果...等，僅阿蓮區有種植水稻，燕巢區則無相關水稻種植紀錄，根據農試所航空衛星判釋作物種植分布結果如圖 12，顯示燕巢區大部分農地已番石榴為主要作物，其中夾雜印度棗、龍眼及芒果，阿蓮區部分番石榴種植相對較少且集中在中部地區，水稻則種植於西部等地勢較平緩地區，東部地勢較高則多為芒果、龍眼等長年作物。

表 3 本區域可供糧食生產地使用分區概況

使用分區	燕巢區		阿蓮區	
	面積(ha)	比例(%)	面積(ha)	比例(%)
無特定使用分區	248.6	21.53	30.6	5.33
森林區	39.6	3.43	0.3	0.06
山坡地保育	497.6	43.09	105.8	18.45
一般農業區	324.6	28.11	406.5	70.88
特定專用區	24.3	2.10	0.2	0.03
特定農業區	18.8	1.63	19.3	3.36
鄉村區	0.3	0.03	0.2	0.03
河川區	0.8	0.07	10.7	1.86
總計	1,154.8	100	573.5	100

資料來源：農試所。



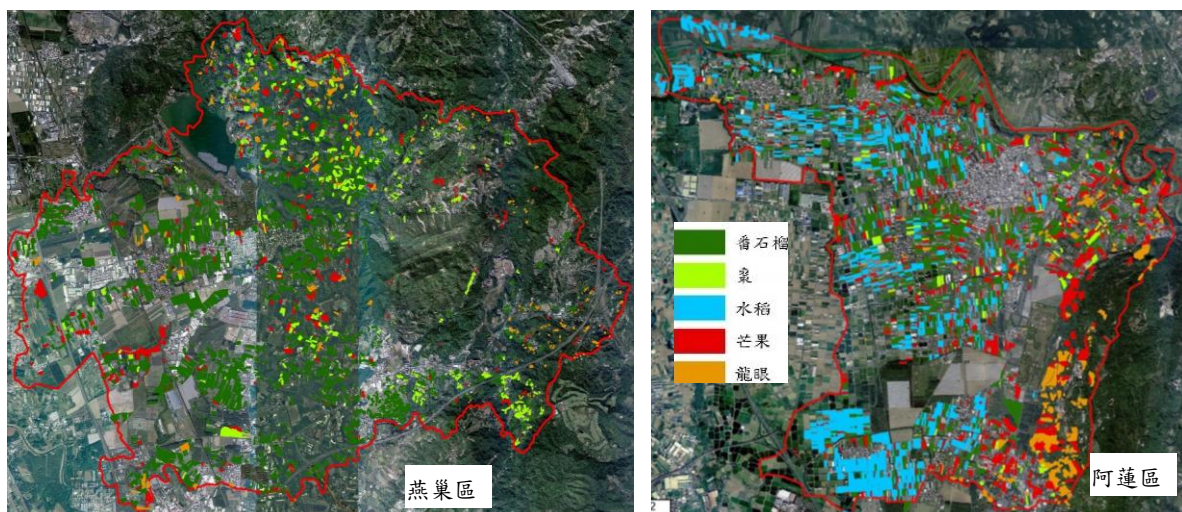


圖 12 燕巢區及阿蓮區主要作物分布位置一覽

三、整體規劃及區域劃分篩選

(一).整體規劃及分期實施之原則設定

本研究部分區域位於高雄管理處的農田水利灌溉事業區域範圍外，因此位於事業區域外的用水效率與穩定性有相當程度的改善空間，或可透過適當的取水、輸水與蓄水等灌溉設施設置或既有設施的更新改善，改善農民的用水困境，使作物產量與品質穩定提升，藉以達到保障農民權益的目標。本研究透過前述基礎資料，依照供水分區及地形地貌劃分為不同推動分區，輔以農地規模與集中性、作物產值及農民需求等各方面因素為考量，以排定區域內的分期推動構想，規劃考量因素評估原則說明如下：

- 1.農地規模與集中性：可透過農業試驗所之可供糧食生產地資料進行套繪分析，比較各推動分區之農地規模與集中性。
- 2.作物產值：可參考高雄市政府主計處之作物收穫面積及產值統計資料，計算不同作物的平均單位面積產值，並乘以各推動區域之作物種植分布面積，推估各分區之作物產值。
- 3.農民需求：因部分區域無灌溉管理相關組織，針對重點分區，委請當地里長會同訪談各里農民，調查盤點農民的耕種現況、用水需求、面臨困境、配合意願，統計比較各推動分區之農民意願。

本研究進行燕巢區及阿蓮區之分區推動規劃，以上述考量因素作為分區排序參考，將各推動分區歸納為短期、中期及長期推動分區，其推動目標分述如下：

- 1.短期推動分區目標：以農地規模較大、農地集中性較強、作物產值較高且農民需求意願較高者優先納入，擬規劃更新或建設取水、輸水與蓄水等灌溉設施，滿足分區內之農民用水需求，優先進行細部調查評估及工程規劃執行。
- 2.中期推動分區目標：以農地規模、農地集中性、作物產值及農民需求意願次

於短期推動分區者擇優納入，建議以更新或建設取水、輸水與蓄水等灌溉設施為主要規劃目標，並於建設完成前，輔導分區內用水需求較高之農民施設完善之蓄水塔及灌溉管路等灌溉設施，並須以「行政院農業委員會農田水利署推廣管路灌溉作業要點」之補助基準為原則。

- 3.長期推動分區目標：為農地規模、農地集中性、作物產值及農民需求意願皆較低者，擬輔導分區內用水需求較高之農民施設完善之蓄水塔及灌溉管路等灌溉設施，並進行相關宣導及作物種植規劃，待農民需求意願提升後再行工程規劃執行。

(二).重點區域劃分篩選

本研究調查之燕巢區及阿蓮區，燕巢區地形較為多元、阿蓮地形則較為單一；為有效為有效進行灌溉系統之細部調查與整體規劃，並考量地形、水源及行政區分布，初步將2處行政區(燕巢、阿蓮)分為10大區域(燕巢7處、阿蓮3處)進行篩選評估，10大區域依行政區及水系劃分如圖13，以下茲說明各區域之劃分原因。

- 1.區域1-深水溪第1區：位於燕巢區東側，面積約92 ha，本區均位於深水里範圍內，主要地形為丘陵地，耕地分布位置零散，作物以果樹、竹林為主，灌溉水源則為地表水體，初步判斷為條件不佳之區域。
- 2.區域2-深水溪第2區：位於燕巢區東南側，面積約47 ha，本區約略範圍為深水里(約15.15 ha)及橫山里(31.71 ha)，主要地形為丘陵地，耕地分布位置零散，作物以果樹、竹林為主，灌溉水源則為地表水體，初步判斷條件不佳。
- 3.區域3-典寶溪第1區：位於燕巢區南側，面積約141 ha，本區範圍為鳳雄里(約40.64 ha)及橫山里(99.93 ha)，本區域位於丘陵與平原之交界，地形為坡度較緩之沖積台地，主要耕地集中於橫山里，種植作物以果樹(番石榴)為主，初步勘查顯示橫山里具有排水系統，農民灌溉多採管路灌溉系統，灌溉水源為地表水及地下水。
- 4.區域4-典寶溪第2區：位於燕巢區橫山里北側，面積約167 ha，行政區為深水里(約93 ha)、角宿里(約51 ha)，及小面積之南燕里，本區域位於丘陵與平原交界，地形為坡度較緩之沖積台地，耕地面積較區域3更為完整，本區域主要作物為印度棗及網室作物，勘查顯示具有排水系統，農民灌溉多採管路灌溉系統，灌溉水源為地表水及地下水。
- 5.區域5-阿公店溪下游：本區域位於阿公店水庫主壩下游、阿公店溪左岸約256 ha區域，由燕巢區的安招、西燕、角宿、瓊林等4里組成，地勢平緩且圍繞高雄管理處楠梓站灌區，種植作物以印度棗及網室作物為主，勘查顯示具有排水系統，農民灌溉多自地表水體抽水灌溉。
- 6.區域6-阿公店溪上游：位於燕巢市區東側，面積約63 ha，行政區為南燕里(約31 ha)、東燕里(約28 ha)，及小面積之深水里及角宿里，勘查結果顯示區內

種植作物為番石榴，灌溉水源不明需進一步調查。

- 7.區域 7-庫區上游：本區域均位於阿公店水庫集水區內，面積約 410 ha，由於阿公店水庫已被列為具優養化潛勢水庫，須實施總磷總量削減管制；且環境署業已補助高雄市環保局辦理「高雄市阿公店水庫總磷總量管制暨總量削減計畫」，期藉由總磷總量削減管制方式，減輕水庫營養鹽污染負荷，降低水庫優養化，故本區域初步判斷不宜推動擴大灌溉服務。
- 8.區域 8-岡山溪第 1 區：本區域位於阿蓮區南側，面積約 153 ha，主要行政區為復安里(約 110 ha)，另有面積較小且耕地分布零散之岡山里及峯山里，主要地形以平地為主(少數零星耕地位於大崗山山坡地上)，勘查結果顯示區內種植作物為印度棗、番石榴及零星旱作，灌溉水源初步研判以地下水為主。
- 9.區域 9：本區域位於阿蓮區東北側，面積約 247 ha，由阿蓮區的峯山、阿蓮、南蓮、岡山等 4 里組成，橫跨阿公店溪與二仁溪 2 處集水區，主要耕地集中於峯山里的阿公店溪集水區(約 131 ha)，主要地形以平地為主，勘查結果顯示作物為印度棗為主，農民灌溉多採管路灌溉系統，灌溉水源以地下水為主。
- 10.區域 10-二仁溪第 2 區：本區域位於阿蓮區北側，面積約 173 ha，行政區為中路里(92 ha)、石安里(45 ha)及青旗里(36 ha)，及小面積之阿蓮里，勘查結果顯示本區域多位於二仁溪河床高灘地，可承接二仁阿蓮灌區北幹線北側灌區之灌溉餘水，勘查顯示種植作物多元(稻作、玉米、香蕉、果樹…等)，灌溉水源初步研判為地表水及地下水。

綜合前述 10 個區域，考量行政區域完整性與整體用水規劃，本研究建議優先規劃燕巢區的區域 4 及區域 5，及阿蓮區的區域 9、區域 10；若改以採排除法方式進行評估，則不建議現場耕地分布極為零散、整合難度高之燕巢區的區域 1、區域 2，以及位於阿公店水庫上游集水區之區域 7，此 3 處區域為條件不佳、可優先排除進入細部調查評估之區域，各區域現場初步勘查成果摘要如表 4。

表 4 高雄市燕巢區及阿蓮區 10 處調查區域初步調查成果摘要

項目 區域	主要地形	灌溉水源	種植作物	灌溉設施	建議調查順 位
燕 巢	1 丘陵地	地表水	果樹、竹林	農民自設抽、蓄水設施	條件不佳
	2 丘陵地	地表水	果樹、竹林	農民自設抽、蓄水設施	條件不佳
	3 沖積台地	地表水及地下水	果樹(番石榴)	有排水系統，多採管路灌溉	3
	4 沖積台地	地表水及地下水	印度棗及網室作物	有排水系統，多採管路灌溉	2
	5 平地	地表水	印度棗及網室作物	有排水系統，多抽地表灌溉	1
	6 沖積台地	水源不明	番石榴	待調查	4
	7 丘陵地	地表水	果樹、竹林	農民自設抽、蓄水設施	不建議 ^註
阿 蓮	8 平地及少量山地	地下水	印度棗、番石榴及零星旱作	多採管路灌溉系統	3
	9 平地及少量山地	地表水及地下水	印度棗	多採管路灌溉	2
	10 平地	地表水及地下水	稻作、玉米、香蕉、果樹	位於灌溉系統小給水路末流、農民自設抽水井	1

註：區域 7 為阿公店水庫集水區，為管制開發區域，初步判斷不宜推動擴大灌溉服務。

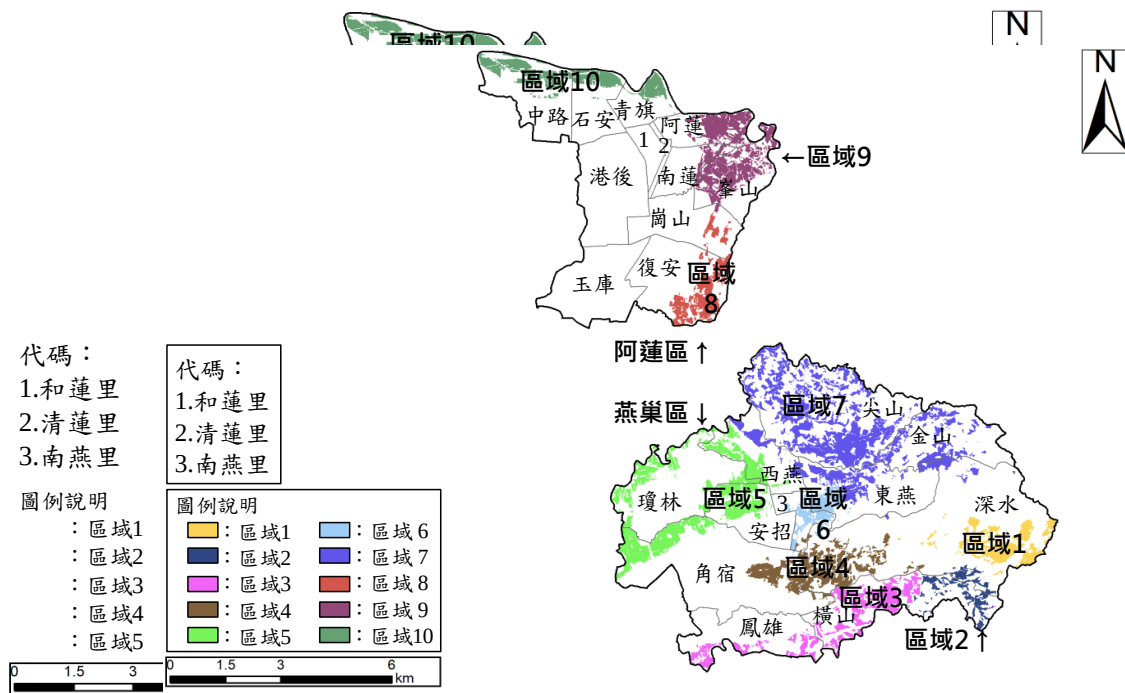


圖 13 調查區域劃分篩選成果(以里界展示)

四、潛在可用水源盤點與區域供水來源分析

潛在水源與設施(可能包括川流水、埤塘、山澗野溪、蓄水塔(池)、水井及其他可支應區位之相關水源等)調查，內容應含集水面積、目前功能、設施現況、使用情形、水源來源、水質與水量評估、附屬設施(如進出水口)土地權屬等，並包含地表水源(河川、野溪、區排等)供水來源調查及供水能力評估；水質評估方面，亦需針對潛在水源之水質進行評估，檢視是否符合灌溉水質基準值的品質項及管制項規範。

(一).河川水質調查

為釐清本研究區域附近地表或是地下水是否可應用於計畫區域內之農業使用，初步蒐集環保署設置河川水質測站及地下水水質測站，地表水、地下水質測站(圖 14)。鄰近阿蓮區之二仁溪主要測站為崇德橋、南雄橋及石安橋，鄰近燕巢區之阿公店溪則為蓬萊橋及小崗山橋；地下水測站部分，鄰近阿蓮區為富安國小、阿蓮國小及中路國小 3 個測站，鄰近燕巢區則有 2 個地下水測站(嘉興國小及興糖國小)。

針對計畫區域鄰近之環保署河川及地下水監測資料蒐集 2017~2021 年(5 年資料)，並參考農田灌溉排水管理辦法第 20 條之灌溉水質基準值規範以評估水質合格率，統計結果顯示二仁溪上游水質受到生活污水或是畜牧廢水影響導致氨氮合格率較差，上游至下游氨氮合格率分別為 26.7 %、35 %、22 %，電導度合格率也較差僅 22~56.7 %，懸浮固體物合格率則較佳(66.7~83.1 %)，阿公店溪之水質品質項目則普遍優於二仁溪，氨氮合格率上游、下游為 100 %及 91.4 %，電導度合格率較差(分別為 72.9%、25.7 %)；地下水品質項目部分復安國小、阿蓮國小及佳興國小之電導度超標情形嚴重，合格率差(近

五年均為0%)，溶氧部分除了興糖國小較高外，其他4處測站溶氧不合格現象較為嚴重，以復安國小溶氧合格率最低(僅7.1%)，其他氯化物、氨氮等項目則較無超標現象。

除了前述有關品質項目之探討，水質管制項目之探討更為重要，二仁溪上游崇德橋及南雄橋管制香木均未發生超標現象，下游石安橋測站則有發生重金屬超標，超標項目為鉛、鋅、砷，合格率相對較低為94.7%；阿公店溪下游小崗山橋管制項目均未超標，然而上游蓬萊橋則有重金屬超標發生(超標項目為鉛、鋅、砷)，合格率为94.7%；地下水管制項目部分，大多符合標準未發生超標現象，然而嘉興國小有砷超標較為頻繁現象，2017年以來13次檢測均發生砷超標，嘉興國小附近之地下水可能較不建議使用。

綜合前述河川及地下水水質監測資料，二仁溪水質品質項目氨氮超標較為嚴重，阿公店溪品質項目則較佳，管制項目均有發生重金屬超標，地下水品質項目除了電導度及溶氧未符合灌溉水質基準值，其他符合標準，管制項目僅佳興國小有砷污染，其他地區均符合標準，故未來擴大灌溉服務需使用地表水或地下水引灌，水質為重要課題。

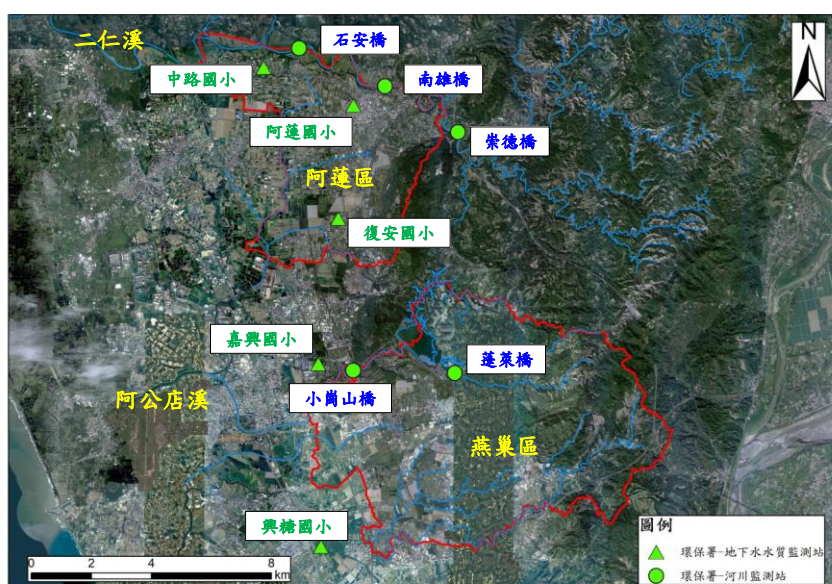


圖 14 研究區域附近環保署地下水及河川水質監測站分布一覽

(二).潛在水源水量評估

1.未知野溪之地表水量評估-SCS 法

本研究以集水區降雨量推估逕流的觀念進行潛在水量推估。逕流量的推估常用的方法有三種，分別是合理化公式(Rational Formula)、SCS 方法以及曼寧公式(Manning's Equation)，其中合理化公式(Rational Formula)適用於尖峰流量推估，曼寧公式(Manning's Equation)適用於渠道設計流速推估用途，本研究著重於各月份可能發生潛在的逕流量，因此以 SCS 方法最為合適；SCS 方法是美國土壤保持局 SCS(U.S. Soil Conservation Service)在美國地區，利用小集水區的降雨以及逕流的資料推演出一系列相關的曲線，即是廣為國際使用的曲線值公式(Curve Number Equation)，其公式如式(1)及式(2) (USDA-SCS, 1985; Ponce and Hawkins, 1996)：

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \dots\dots\dots(1)$$

$$CN = \frac{1000}{10 + S} \dots\dots\dots(2)$$

式中：S為集水區貯存量(inch)、P為降雨量(inch)以及Q為逕流量(inch)，式中不計蒸發散量。

CN 值為一參數，其決定由不同之土壤覆蓋因子、土壤潮濕程度、土壤的水文條件及土壤的分類定義之。在土壤的覆蓋因子中，包括土地利用的形式以及其耕作的方式。土壤潮濕程度一般而言，CN 值以在暴雨發生前 5 天的累積雨量做為考量，CN 值大部分介於 60~90。其值因侷限於研究地區降雨的雨型以及實驗區的地形特性有所不同。但由於 CN 值廣為國際上所使用，因此累積了相當多的實驗數據，做不同的修正，CN 值的給定需要相當的經驗，而 CN 值越大表示滯留在集水區的水量越少，即大部分的水都會以逕流的形式出此集水區。

本文以燕巢區之深水溪集水區以 CN 法計算逕流作為範例，針對前述燕巢區之坵質壤土，屬於 SGS 法之土壤種類 C，各種土地利用情形尚無詳細資料，僅初步假設為無保護措施之耕地及具有良好覆蓋之森林，根據查表所示其 CN 值約為 70~88，集水區面積同樣初步以深水溪集水區範圍為主，套繪計算得其面積約 1,947 ha，降雨資料則分別根據中央氣象局與農委會臨近之農業氣象站鳳山農試(G2P820)近 10 年降雨資料(2012/1/1~2021/12/31)進行平均月降雨量計算，推估之逕流量如圖 15，初步顯示計畫區域 CN 值為 88 時，8 月之逕流量最高可達 4.892 cms，其次為 6 月為 2.52 cms，較低之月份為 12 月及 2 月，逕流量分別為 0.006 cms、0.009 cms；CN 值為 70 時，逕流量最大為 8 月及 6 月，其值分別為 4.34 cms、2.021 cms，2 月及 3 月之逕流量最低均小於 0.001 cms，由此顯示深水溪集水區之豐水期流量大，枯水期時流量則較少，豐枯比流量差異懸殊為此地區之河川特徵。

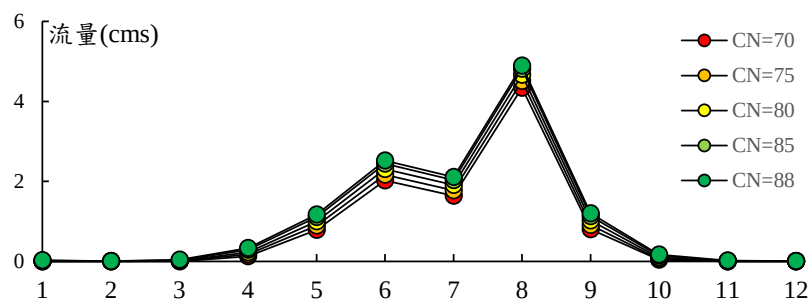


圖 15 不同 CN 值逐月之逕流量推估

2.地表水量評估-水利署流量測站

為了評估計畫鄰近區域是否有可用水源能應用於農業灌溉，除了前述 SCS 法進行集水區流量評估外，另參考區域附近之水利署流量測站進行流量分析，相流量測站包含二仁溪有 3 處流量測站，其中 2 處與環保署河川水質測站相同為崇德橋及南雄橋，另一

處為 39 號橋位於較下游處，阿公店溪鄰近之流量測站為較下游之聖森橋。為評估河川流量應用於農業之可行性，故自河川之引水點應位於灌區上游較佳方可利用重力將水流輸送至灌區(初步以阿蓮區北方二仁溪沿線農地為主)，現階段僅針對崇德橋流量測站利用超越機率分析法進行流量分析。

超越機率法為適用於獲知某機率條件下之水文資料值的方法，亦常用於雨量、流量及氣象資料的推求，以作為相關決策或規劃之參考依據。索明(1992)定義某變量以上之發生機率稱為超越機率；茲令水文量 x 之機率密度函數為 $f(x)$ ，任意值 x 及 $x+dx$ 間之發生機率可表為 $f(x)dx$ ，若以 x 為橫軸，頻率為縱軸，故 x 值以上之發生機率，亦即超越機率 $W(x)$ 為 x 到 ∞ 曲線下之面積，如(3)式；又 x 值以上之不發生機率，如(4)式。

$$W(x) = \int_x^{\infty} f(x)dx \dots\dots\dots(3)$$

$$S(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx = 1 - W(x) \dots\dots\dots(4)$$

本研究採用超越機率法，乃進一步將縱軸由頻率修正為超越機率(%)，以簡化各水文量及其對應超越機率之判讀，並繪製日流量超越機率曲線以推估大於某流量值之可能發生機率，其步驟簡述如下：

(1).將 m 筆日流量觀測資料依大小排序，即 $Q_{i=1}$ 、 $Q_{i=2}$ 、 $Q_{i=3}$ 、... $Q_{i=m}$ ， $Q_{i=1} > Q_{i=2} > Q_{i=3} > \dots > Q_{i=m}$ 其中 i 為資料序號， m 為資料數目。

(2).依 Weibull Method， $P\%=(n/m)\%$ 分析第 n 筆流量記錄 $Q_{i=n}$ 之超越機率百分比，即 $\text{Prob}[Q \geq Q_p\%] = P_{(Q_{i=n})}\%$ (5)

(3).以超越機率發生值為縱軸，流量值為橫軸，將 $Q_{i=1}$ 、 $Q_{i=2}$ 、 $Q_{i=3}$ 、... $Q_{i=m}$ 及其對應超越機率 $P_{(Q_{i=1})}$ 、 $P_{(Q_{i=2})}$ 、 $P_{(Q_{i=3})}$ 、... $P_{(Q_{i=m})}$ 點繪於圖上即可得日流量超越機率曲線。

二仁溪崇德橋站之流量資料統計年份為 1982 年~2008 年(共 27 年)，利用超越機率法計算成果如圖 16 所示，可進一步繪製超越機率曲線，結果顯示崇德站各月份發生機率為 100%及 95%時之最低流量 $Q_{P=100\%}$ 為 0~0.05 cms、 $Q_{P=95\%}$ 則為 0.04~1.1 cms，顯示二仁溪崇德站之枯旱季時之缺水現象，以可靠度 70%水文條件， $Q_{P=70\%}$ 於 11 月~隔年 3 月之流量約 0.16~0.5 cms，其餘月份之最低流量為 0.82 cms 以上， $Q_{\min(P=70\%)}$ 為 3 月發生時之 0.16 cms；當可靠度降低為 50%時， $Q_{P=50\%}$ 較低流量之月份為 12 月~隔年 3 月約 0.33~0.91 cms，枯水期流量並無明顯增加，以 12 月為例，流量僅由 $Q_{P=70\%}$ 的 0.31 cms 增加至 $Q_{P=50\%}$ 的 0.91 cms；而豐水期之流量則略微增加，以 8 月為例，由 $Q_{P=70\%}$ 的 4.14 cms 增加至 $Q_{P=50\%}$ 的 6.75 cms。

3.地表水量評估-湖庫水

除了河川水源，湖庫水亦為重要之農業水源之一，本區域鄰近之湖庫水為阿公店水庫，該水庫位於高雄市燕巢區、岡山區與田寮區交界之阿公店溪上，主要功能為防洪、灌溉及公共給水；其興建始於 1942 年，建庫初期設定之水庫防洪保護標準為 250 年頻率洪水，惟庫區上游集水區上游多為泥岩地質，導致嚴重淤積，水庫有效容量由 2,050

萬噸銳減至 590 萬噸。為恢復水庫原有防洪、供水功能，1997 年開始執行「阿公店水庫更新工程計畫」，1999 年開始進行大規模庫底浚淤，並興建越域引水路引旗山溪水，並增設越域排洪道，將百年以上頻率洪水經由牛稠埔溪排往二仁溪，提高水庫防洪保護標準至 10,000 年頻率，改善工程於 2006 年竣工，並在每年 6~9 月汛期時實施「排空防淤」措施迄今，湖庫水源使用涉及水權及原有用途競用問題，須審慎分析。

4.地下水區域評估

地下水亦為重要水源之一，然而為避免過度抽取地下水將造成不可回復之不良影響，須先調查區域是否位於地下水管制區，依據經濟部 2022/1/27 日公告「地下水管制區」(經授水字第 11120201550 號)之區位劃分，地下水管制區範圍如圖 17 之淺藍色區域所示，本區域均未被劃設為地下水一級管制區，然而部分地區被劃設為地下水二級管制區，包含阿蓮區之北蓮段、南蓮段、和蓮段、德宜段及清蓮段區域(約 82 ha)，另根據水利署 2006~2010 年統計之地層下陷累積沉陷量如圖 17 之紅色線圖，燕巢區西部區域有地層下陷疑慮，下陷值約 2~5 cm，此區若規劃使用地下水須注意是否會對沉陷量造成影響。

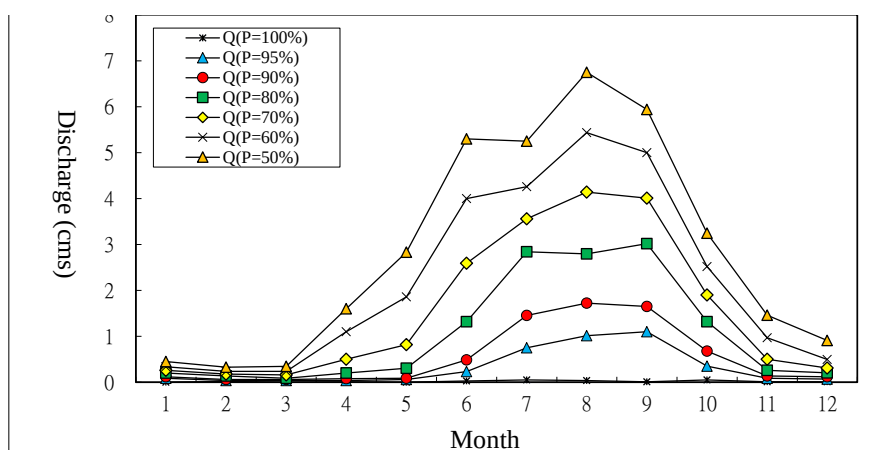


圖 16 二仁溪崇德站不同超越機率對應平均日流量曲線



圖 17 燕巢區、阿蓮區與地下水管制區

5.水資源回收中心—再生水

除地表水、地下水等傳統地表水體外，廢污水回收再利用亦為近年逐漸備受關注之潛在可利用水源，惟考量重金屬及難分解有機污染物會累積於環境土壤，不宜採用工業廢水處理後之放流水；故水資源回收中心之篩選，須排除處理工業廢水之水資源回收中心，僅能選用處理民生污水之水資源回收中心放流水。圖 18 為鄰近本研究區域之水資源回收中心分布位置圖，圖面顯示僅岡山橋頭水資源回收中心 1 處位於燕巢區西側，如需利用該處放流水則需新建專管越過高雄管理處楠梓工作站灌區，直接再利用於本研究之可行性較低，岡山橋頭水資源回收中心(以下簡稱岡橋水資中心)位於高雄市橋頭區(2018/7/19 竣工)，位於廠區南側之典寶溪亦是處理後之放流承受水體，東為林仔頭聚落，西為五里林橋；全期(共 4 期)設計總處理量為 5 萬 CMD，現已完成第 1 期工程(2 萬 CMD 處理水量)，短期目標為處理岡山、橋頭等 2 處行政區之生活污水，長期計畫亦燕巢、梓官、彌陀等 3 區納入，其放流水水質可符合環保署 113 年實施加嚴之放流水標準。

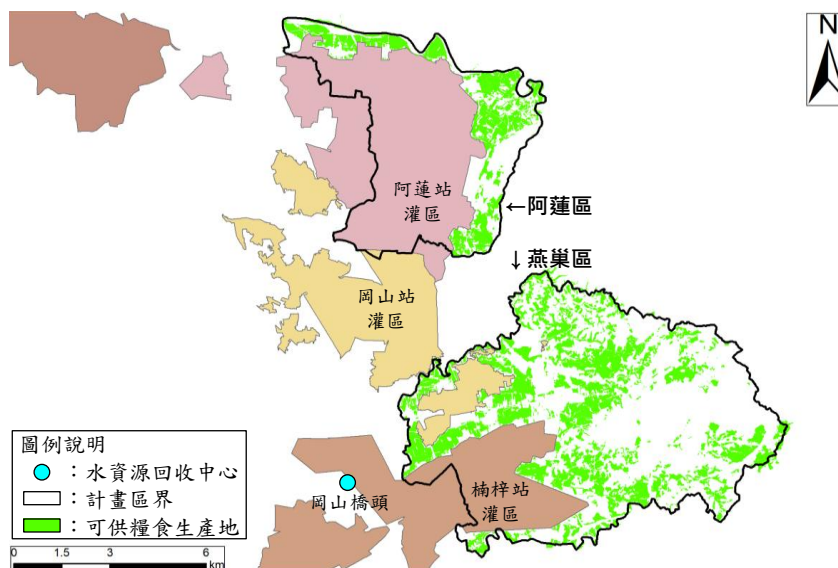


圖 18 水資源回收中心周遭潛在農業需水端相對位置一覽

五、供需分析與擴大灌溉範圍評估

(一).合理用水量推估推估

本研究區域之作物所需灌溉水量，可依據農田水利署所屬管理處每年度編定該圳之灌溉計畫書之計畫用水量施放；然而為評估不同作物栽培之合理灌溉用水量，本研究參酌陳豐文等(2013)建立作物合理用水量之計算方法，作為無適當灌溉計畫參考時之不同作物類別計算合理用水量之基準方法。其中作物需水量之推估亦為判斷灌區水源是否能滿足作物生長要點之一，本研究根據國際糧農組織(FAO)與國際灌溉排水協會(ICID)所公佈的方法，間接推算作物蒸發散量(ET_{crop})首先推求參考作物蒸發散量 ET_0 。後，再由作物耕作型態、種植時間、作物生長階段及生長週期決定作物係數 K_c 值，依(6)式推估作物蒸發散量 ET_{crop} (Kassam and Smith, 2001)。參考作物蒸發散量 ET_0 的估算方法，則可

參考 FAO 推薦的 Penman-Monteith 法(Doorenbos and Pruitt, 1973)：

$$ET_{\text{crop}} = K_c \times ET_o \dots\dots\dots (6)$$

$$ET_o = \frac{0.408 \times \Delta \times (R_n - S) + \gamma \times \frac{900}{T + 273} \times U_2 \times (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 \times U_2)} \dots\dots\dots (7)$$

$$\Delta = \frac{2504 \times \exp\left[\frac{17.27 \times T}{(T + 237.3)}\right]}{(T + 237.3)^2} \dots\dots\dots (8)$$

式中：ET_o為參考作物蒸發散量值(mm/day)；R_n為太陽輻射(MJ/m²/day)；γ為濕度常數(Kpa/°C)；U₂：距地面2 m高之風速(m/s)；T為溫度(°C)；e_a-e_d為飽和蒸汽壓力差(Kpa)；S為土壤熱通量(MJ/m²/day)；Δ為飽和蒸汽壓力線斜率(Kpa/°C)。

本研究採用農業氣象站-鳳山農試所近 10 年(2012~2021)完整之氣象資料以評估該區域作物蒸發散量 ET_o，再利用不同作物 K_c 分別計算區域內不同作物之作物蒸發散量。作物需水量推估成果分別如表 5 及圖 19 所示，本區域主要作物為番石榴及印度棗，阿蓮區種植水稻也納入計算，成果顯示水稻之作物蒸發散量為 2.41~5.01 mm/day，於 5 月份最高，6~8 月較低，9~10 月則又較高。番石榴之作物蒸發散量為 1.37~3.00 mm/day，4 月及 6 月較高均超過 3 mm/day，12 月份最低(僅 1.37 mm/day)；印度棗之作物蒸發散量則為 1.93~3.63 mm/day，以 6 月份之蒸發散量 3.62 mm/day 最高，其次為 7 月份 3.56 mm/day 次之，12 月作物蒸發散量最低僅 1.93 mm/day、次低者為 1 月 2.10 mm/day，整體而言番石榴及印度棗作物蒸發散量均不高，以番石榴之作物蒸發散量更低。

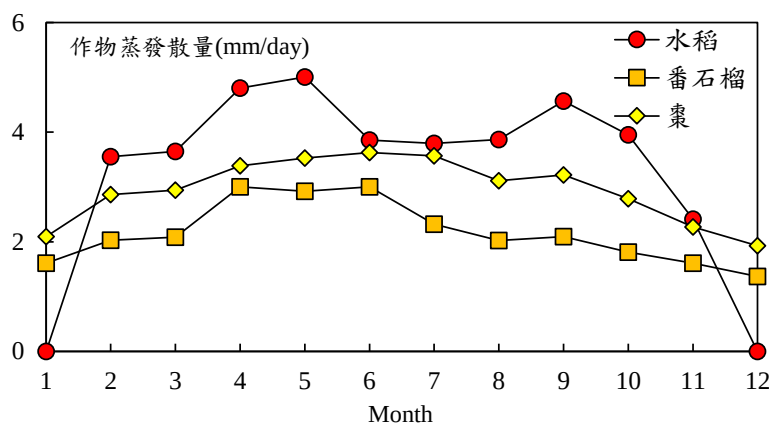


圖 19 計畫區域主要作物蒸發散量推估

表5 計畫區域主要作物蒸發散量推估

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
作物種類												
蒸發散量 ET _o	2.477	3.381	3.475	4.004	4.172	4.287	4.216	3.681	3.806	3.291	2.681	2.279
水稻	—	3.550	3.649	4.804	5.006	3.858	3.794	3.865	4.567	3.950	2.413	—
番石榴	1.610	2.029	2.085	3.003	2.920	3.001	2.319	2.025	2.093	1.810	1.609	1.367
印度棗	2.096	2.861	2.940	3.387	3.529	3.626	3.567	3.114	3.220	2.784	2.268	1.928

本表單位：mm/day。

為了將前述作物需水量推估成果以農業需水量表示，需考量不同作物之種植面積以計算其所需水量，另水稻種植涉及湛水深、土壤長期飽和下土壤入滲量仍須考量，砂土入滲量為 25 mm/day，質地最細之黏土則不透水，飽和入滲量約 4.04 mm/day，本文以燕巢區深水溪流域灌區及阿蓮區二仁溪流域之灌區為範例計算灌區作物之合理需水量，有關兩區域之集水區、河川流域與初步評估可供灌區域如圖 20；燕巢區深水溪流域灌區初步假設其水量可供應典寶溪-1 及典寶溪-2 之灌區，深水溪流域之流量評估則利用前述 SCS 法，作物面積則以區域可供糧食地與作物面積初步評估，初估典寶溪-1 區番石榴種植面積為 112.7 ha、印度棗 27.9 ha，典寶溪-2 區番石榴種植面積為 117.5 ha、印度棗 29.1 ha，故燕巢區深水溪集水區合計番石榴種植 230.2 ha、印度棗則有 57.1 ha；阿蓮區二仁溪流域灌區則利用前述之崇德橋站之流量超越機率法進行評估，作物面積推估部分比照典寶溪-1 及典寶溪-2 區方法計算，惟阿蓮區有種植水稻需額外納入考量，計算成果顯示二仁溪-1 區水稻種植 6.1 ha、番石榴 163.2 ha、印度棗 3.3 ha，二仁溪-2 區之水稻有 2.4 ha、番石榴 65.3 ha、印度棗 1.3 ha，合計阿蓮區二仁溪流域灌區水稻有 8.5 ha、番石榴 228.5 ha 及印度棗 4.6 ha。

燕巢區深水溪流域灌區僅種植旱作，故無需計算飽和土壤入滲量，以番石榴及印度棗種植面積及前述推估之作物需水量來進行合理用水量計算，結果顯示燕巢區深水溪集水區面積總計 287.3 ha，若以番石榴 230.2 ha 及印度棗 57.1 ha 計算合理需水量為 0.053~0.111 cms，以 4~6 月需水量(>0.1 cms)為最多。

阿蓮區二仁溪流域灌區之合理需水量計算，由於有種植水稻故仍需可良土壤之入滲量，由於灌區以坵土、坵質壤土為主，入滲量以 10.15 mm/day 計算，根據主要 3 種作物：水稻、番石榴以及印度棗配合作物耕種面積分別計算其所需水量，其成果如圖 21 所示，成果顯示阿蓮區二仁溪流域灌區面積總計有 241.6 ha，其中水稻 8.5 ha、番石榴 228.5 ha 及印度棗 4.6 ha，全年合理需水量為 0.049~0.101，其中以 4 月及 6 月之用水量大於 0.1 cms 較高，12 月用水量最小僅 0.049 cms。

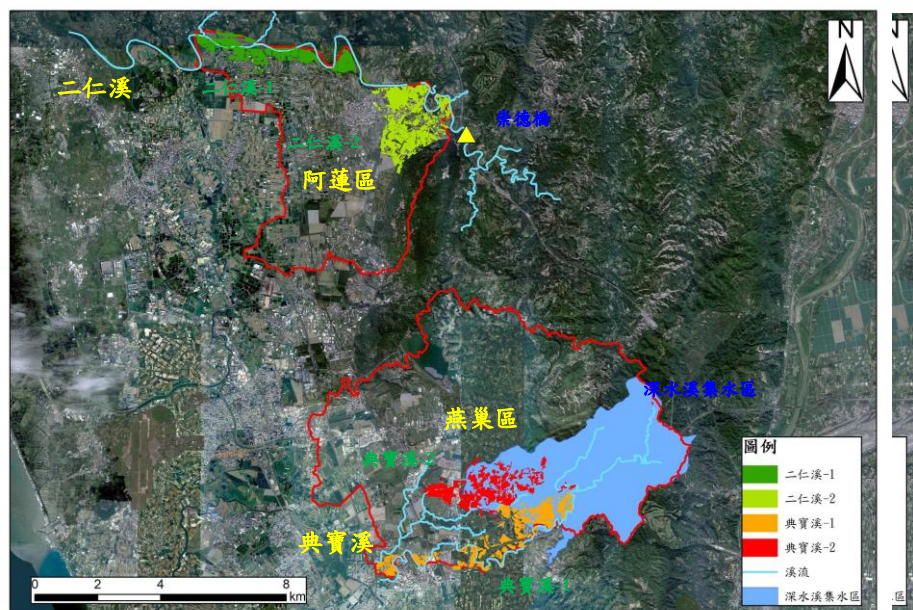


圖 20 燕巢區深水溪灌區及阿蓮區二仁溪流域灌區與鄰近水源

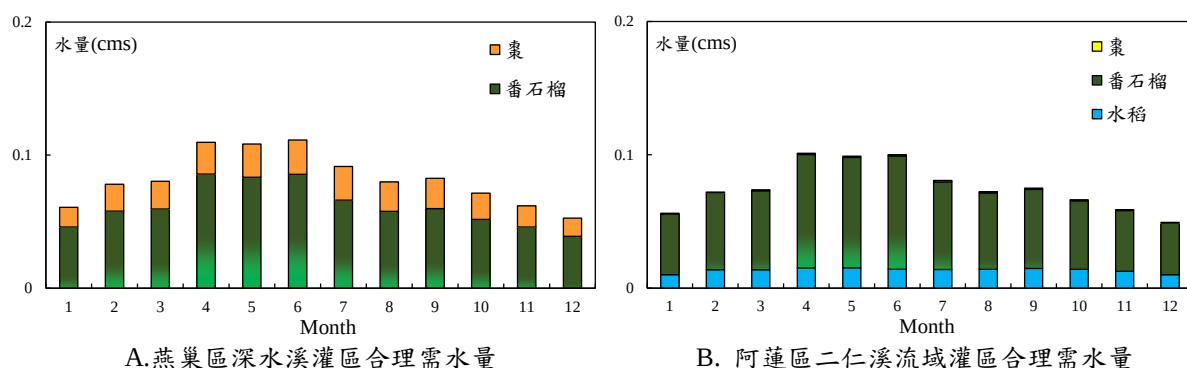


圖 21 主要作物之合理需水量推估

六、擴大灌溉服務方案之整體規劃

(一). 整體規劃要點

為健全灌區外耕地之灌溉設施，本研究接續針對前述篩選之調查重點區域進行供水研擬評估工程方案規劃研擬，可能包含 1.既有設施更新改善；2.新設取水地點；3.輸水工程規劃；4.灌溉系統布置；5.蓄水場址選定；6.蓄水設施、蓄水調節規劃；7.田間灌溉系統補助，實際方案內容依據調查結果，以地理資訊系統套疊主要水系灌排圖層及分區範圍圖，篩選各分區是否有鄰近水源，依據地形妥適規劃蓄水設施及佈置灌溉系統。

(二). 相關法規與程序之檢討

本研究以初步規劃方案為基礎，針對相關設施的土地容許使用、農田水利法、水利法、地質法、水土保持法、環境評估法等相關法規與程序進行檢討，可區分為 1.土地取得、2.土地使用類別、3.河川公地申請、4.水利建造物申請、5.地質安全評估、6.環境影響評估、7.水土保持等項要點，各項說明及其法規與權責單位詳如表 6。

表6 規劃方案相關程序說明及法規與權責單位一覽

項目	說明	法規與權責單位
土地取得	在設施用地主要為公有地進行規劃的情況下，依據「農田水利法」、「國有財產法」及「國有不動產撥用要點」，後續由主管機關協商辦理撥用事宜。主管機關因農、水路缺少，不利農事經營者，得就轄區內土地勘選為重劃區，擬訂計畫書，報經上級主管機關核定實施農地重劃。	土地所有權機關 農地重劃條例 高雄市政府
土地使用類別	計畫範圍應屬非都市計畫區範圍內，其主要的土地使用分區為特定農業區，蓄水池應屬允許使用項目，後續依農業用地作農業設施容許使用審查辦法申請。	區域計畫法 高雄市政府
河川公地申請	河川範圍內施設構造物使用河川公地需辦理一般使用申請。	水利法 水利署第六河川局
水利建造物申請	引水建造物、蓄水建造物水、抽汲地下水之建造物等。符合規定者應提送計畫書，申請主管機關核准。	水利法 水利署第六河川局
地質安全評估	土地開發行為基地位於地質敏感區域，應辦理地質安全評估。依照「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則」辦理。	地質法 高雄市政府
環境影響評估	供水工程之開發，抽水、引水工程，其抽、引取地面水每秒抽水量 2 m^3 以上者或抽取地下水每秒抽水量 0.2 m^3 以上者，應實施環境影響評估。	環境影響評估法 高雄市政府
水土保持	水土保持義務人於山坡地或森林區內從事下列行為，應先擬具水土保持計畫，送請主管機關核定。	水土保持法 高雄市政府

(三).工程方案可行性評估

工程方案可行性評估，包含水源供水可靠度、蓄水容量及蓄水能力評估、工程技術可行性、工程經費估算、土地取得可行性(含公私有地取得可行性)、工程方案益本比分析、計畫評價(水源使用合法性、供水成本分析、年效益分析、經費籌措)等，並依迫切性、需求性及效益性等考量，提出分期分區優先推動方案的建議，水源供水可靠度部分，針對灌區供水量與作物需水量之不同替代用水、備援用水條件下之可供灌面積、可靠度分析來進行評估，蓄水容量及蓄水能力評估則需現地調查配合地籍所有人資料、輸水管線等規劃來尋找適合之蓄水設施場址；工程技術可行性則依據現地測量結果提出相關之串接方案，並評估各方案使用之工程技術優缺點，以評估各項方案之優缺點；工程經費估算則需依據工程規劃方案計算所需工項數量，單價部分擬參考高雄市政府工務局 111 年度常用各類型工程項目參考單價為主，並以其他縣市政府公告工程預算參考單價為輔；工程方案益本比分析採用益本比作為各供水工程方案經濟可行性之評估依據，其計算公式如(9)及(10)所示。

$$CRF(I, T) = \frac{I(1+I)^{T=N}}{(1+I)^{T=N} - 1} \dots\dots\dots(9)$$

$$C_T = C_{Total} \times CRF(I, T) \dots\dots\dots(10)$$

式中：CRF(I, T)為還本因子、I為年利率採3%、T=N為分攤年限，本文採用40年、C_T為年投資固定成本、C_{Total}為總投資成本。

(四).營運管理機制之檢討與建議

由於現階段農田水利署規範擴大灌溉服務之樣態主要有下列2種：

- 1.樣態 1(辦理灌溉之取、蓄、輸水設施)：部分灌區外適作農地之地理位置較為偏遠，農水署管理處受限於人力，興建工程後的維護管理較為不易。然而，在確實有灌溉服務需求的情況下，仍投入資源、協助地方針對灌溉用之取水、蓄水、輸水設施等，進行新建或更新改善等之工程。而施作完成後，交由地方政府、公所或在地組織負責營運管理。
- 2.樣態 2：(補助農民設置田間管路灌溉設施)：在水源水量較為充足且無虞的區域內，因應旱作作物的需水特性，針對有抽水設施、儲水設施或田間省水管路灌溉設施需求的適作農地，協助進行規劃與補助工程建置費用。設置完成後，由申請農民自行管理維護。

擴大灌區服務(樣態 1)乃針對部分灌區外適作農地其地理位置較為偏遠，或農水署管理處受限於人力，對於工程興建後之維護管理不易，但確實有灌溉服務需求下，由農委會投入資源、協助地方針對灌溉用之取水、蓄水、輸水設施等，進行新建或更新改善等工程，工程施作完成後，交由地方政府、公所或在地組織負責營運管理，此為樣態 1「辦理灌溉之取、蓄、輸水設施」。針對本研究調查之區域，若由主管機關農委會協助或補助灌區外農地之取水、引水、貯水等灌溉設施的設置，或協助配水管理等方式，農

民可自行成立類似自治管理委員會之團體，由農民自行管理、自給自足，然遇天災導致設施毀壞時，維修金額過高，常令農民難以承擔。農民可透過農水署管理處向農委會申請更新改善工程經費，即使未納入農水署管理處事業區域，仍可達成服務農民、增進水源利用效率等政策目標。唯後續營運管理需採取相關措施如下：以管路灌溉系統而言，大部份由管路系統直接埋設至末端設施，所以，管理系統若無明確劃清責任分界點，於運轉維護上須花更多之人力、財力，對管理單位容易造成相當大的負擔與困擾，故可透過分水箱之設置並裝設量水表，作為管理責任分界點，量水表前之管路設施由管理單位負責，量水表後之設施由農民自行管理維護(此模式比照坪林茶園灌溉示範區及鹿野茶區管路灌溉工程之模式)，公共設施與農民個別設施採分離管理模式，依鹿野茶區數年來之管理經驗分析，不但節省人力(每 275 ha 需 1 名管理員)，而且田間設施屬農民所有，系統一損壞，即刻自行修復，可使系統故障率減低，又以計量收費方式，農民均非常珍惜用水，以及日後田間操作、維護均便於統一管理。農水署南投管理處大坪頂地區利用能高大圳西幹線(明渠及箱涵)尾水設置五票坑進水口，施設管路及抽水設備輸水至灌區。大坪頂區供水事業營運作業辦法自 2009 年發佈施行，雖自 2017 年起分 2 階段將大坪頂農地 624 ha 納入灌區服務，仍沿用舊辦法規定至今。以上營運方式均可列為擴大服務建設完成後之經營方式參酌。

結語

水源為農業生產過程最關鍵的因子之一，面對國內尚有半數耕地未有穩定的用水來源，尤其這些耕地的水文及地文等立地條件均較已有灌溉管理服務的區域而言，更顯艱困，因此若由中央主管機關針對不同區位或不同條件之區域訂定調查、規劃、設計準則，有助於國內各地進行擴大灌溉服務規劃推動之時程，並縮小各區規劃品質差異，實質適時達成擴大灌溉服務工作，以提升國內農業生產環境，穩建農民生產條件，加速健全農田水利建設。

參考文獻

1. Doorenbos, J., Pruitt, W. O., 1973, "Guidelines for predicting crop water requirements," FAO Irrigation and Drainage Paper 24, Rome, Italy.
2. Kassam, A., Smith, M., 2001, "FAO methodologies on crop water use and crop water productivity", Expert meeting on crop water productivity. Paper No. CWP-M07, Rome, Italy.
3. Ponce, V. and Hawkins, R., 1996, "Runoff Curve Number: Has It Reached Maturity" Journal of Hydrologic Engineering, 1, 11-19.
4. USDA, SCS 國家工程手冊(National Engineering Handbook),1986.
5. USDA-Soil Conservation Service (USDA SCS) ,1985, "National Engineering Handbook". Section 4. Hydrology. USDA-SCS, Washington DC.

6. 台灣省水利局，1996，八卦山高地旱作灌溉工程規劃報告(南投-名間灌區)。
7. 台灣省水利局規劃總隊，1997，苗栗縣鯉魚潭水庫灌溉計畫規劃檢討報告。
8. 南投縣政府，2014，八卦山第 1 期計畫執行配合設施增建工程-委託整體營運成效檢討評估。
9. 桃園市政府水務局，2018，高低揚灌區水路調查規劃及後續維護管理措施研擬。
10. 索明，1992「應用水文統計學」。
11. 高雄市政府，2019，高雄市政府統計年報。
12. 陳豐文、劉振宇、蔡西銘，2013，連續型機率分配模式應用於臺灣灌區有效雨量之推估，農業工程學報，第 59 卷，第 2 期，p.1~28。
13. 陳豐文，2021，面對臺灣缺水危機的挑戰—水資源管理的應對策略，農業世界，第 456 期，p.6-18。
14. 經濟部水利署，2010，水利會事業區外農田整體調查規劃暨地理資訊系統建置(1/2)
15. 經濟部水利署，2011，水利會事業區外農田整體調查規劃暨地理資訊系統建置(2/2)。
16. 經濟部水利署中區水資源局，2006，通霄地區水源利用檢討。
17. 經濟部水利署中區水資源局，2007，白冷圳餘水利用評估。
18. 經濟部水資源局，2001，苗栗縣通霄鎮蓄水塘闢建及供水水源引取調配利用初步規劃，技術報告。
19. 農業工程研究中心，2004，白冷圳餘水引進本市大坑地區可行性評估，AERC-04-RR-03，農業工程研究中心研究報告。
20. 農業工程研究中心，2005，台中縣白冷圳節餘水源利用評估規劃，AERC-05-RR-04，農業工程研究中心研究報告。
21. 農業工程研究中心，2014，臺中水利會事業區外耕地調查及納入本會營運管理規劃評估委託服務，農業工程研究中心研究報告。
22. 農業工程研究中心，2018，臺東瑞源農場省水灌溉系統評估規劃案，農業工程研究中心研究報告。
23. 農業工程研究中心，2020，新社區協成里頭崙山區域納入白冷圳擴大灌區可行性評估規劃，農業工程研究中心研究報告。
24. 彰化農田水利會，2019，八卦山旱灌赤水地區 P16、P17 水池新建及配水系統佈設工程委託規劃設計服務。
25. 臺灣石門農田水利會，2017，106 年度石門農田水利會高低揚灌區現況調查及早作專區可行性規劃計畫。