

工業園區多元用水聯合運用之評估－以桃園觀音工業區為例

Assessment of the Combined Usage of Multivariate Water Resource in Industrial Park: A case study of Guanyin Industrial Park in Taoyuan

財團法人農業工程研究中心	國立臺灣大學生物環境系統工程學系	
研究員	助理研究員	榮譽教授
陳豐文	譚允維	譚義績
Feng-Wen Chen	Yun-Wei Tan	Yih-Chi Tang

摘 要

缺水是台灣各產業均會面臨的問題及挑戰，除了農業為國家之根基，用水穩定特別重要外，工業亦為國家經濟發展之關鍵，亦須穩定供水，因此本研究以觀音工業區為研究對象，評估多元水資源聯合運用之可能，觀音工業區為綜合型工業區，開發面積 632.1 ha，工業區綠地 87.3 ha 之土壤的潛在入滲能力評估約 1.47 萬 CMD。觀音工業區實際營運用水需求量依據 2018 年實際用水量紀錄推論約 8.5 萬 CMD，其中地表水源 7.89 萬 CMD(包含平鎮淨水場供應自來水 5.66 萬 CMD、其他 2.23 萬 CMD)；地下水源為 0.61 萬 CMD。本研究為評估潛在支援用水潛能：以滿足觀音工業區營運日需水量 8.5 萬 CMD 為目標，其中自來水以 5.8 萬 CMD 為基準(6 年平均可供應量)，占比約 68.2%，其餘 2.7 萬 CMD 由地下水及其他水源供應；本研究規劃鄰近 5 農業灌溉埤塘納入水源調度用途之蓄水池，進行蓄水調節；現階段總蓄水量為 120.2 萬噸，保留維持既有灌溉功能水量後之潛在可支援觀音工業區之蓄水容量為 119.3 萬噸；5 口埤塘滿庫條件下的調節能力，於全數水源停止供應時(缺水量為 85,000 CMD)，供應時間約 14 天；若是自來水廠無法供應時，由埤塘滿庫水量進行支援調節，可備援 20 天；若其他類別水源供應不順利，則可支援調度約 44 天。研究成果顯示透過多元水資源的聯合運用可提高缺水期間抗旱能力。

關鍵詞：工業區、水資源聯合運用、缺水危機、用水供需分析、埤塘蓄水調配

Abstract

Water shortage is a series problem and challenge that all industries have to face in Taiwan, in addition to agriculture as the foundation of Taiwan, industry is also the key point with the economic development in Taiwan, therefore, stable water supply is important for

agriculture and industry.

Guanyin Industrial park is chose as the demonstration site for joint use of multivariate water resource in this research. Guanyin industrial oark is an integrated industrial park with the development area of 632.1 ha. The green space of the industrial park is 87.3 ha, and the potential infiltration capacity of soil is evaluated as 14,773 CMD. Based on the actual water consumption record in 2018, the actual operating water demand in Guanyin industrial park is approximately 84,983 CMD, of which 78,866 CMD of surface water source (including 56,599 CMD of tap water supply from Pingzhen water purification plant, and 22,267 CMD for others), and the groundwater source is 6,117 CMD.

To assess the potential water supply support: to meet the target of 85,000 CMD of water demand in the Guanyin industrial park, of which tap water is based on 58,000 CMD (six-year average supply, 68.2%), and the remaining 27,000 CMD depend on groundwater and other water supplies, Five farm ponds are considered as reservoirs for the purpose of water storage and adjustment. At this stage, the total water storage capacity is 1.202 million tons, and the potential supporting water storage capacity of supply to the Guanyin industrial park is 1.193 million tons (After deducting the amount of water demand for irrigation). The adjustment capacity of 5 ponds under full water level is 14days, when the supply of water has been completely stopped (the water shortage is 85,000 CMD). Further, when the Pingzhen water purification plant is unable to supply, the adjustment capacity is arising up to 20 days. The adjustment capacity is 44 days while the finally condition is water supply stopped from the others. Finally, the research results show that the combined usage of multiple water resources can improve the drought resistance during the period of water shortage.

Keywords: Industrial Park, Combined Usage of Water Resources, Crisis of Water Shortage, Analysis of Water Supply and Demand, Storage and allocation of farm pond.

一、前言

依據經濟部水利署(2021)之統計資料顯示台灣總用水量 166.76 億噸，其中農業用水 15.92 億噸，約占總用水量 69.52 %、生活用水約 32.80 億噸，約占總用水量 19.67 %、工業用水約 18.03 億噸，約占總用水量 10.81 %，綜合前述各標的用水，生活用水為水利法規範序位優先之標的用水，其重要性不在話下；農業用水比例最高，約 7 成總用水量，雖然直接經濟價值低，但是對於涵養地下水源及國土保育的貢獻是無法被取代或忽略的；工業用水比例最低，雖僅為 10.81 %，然而工業用水為支撐工業穩健發展及經營之重要關鍵因素之一；過去迄今的經驗可發現，台灣面臨乾旱事件導致水源不配不足時，總以農業灌溉停灌或休耕措施予以支援生活用水及工業用水之需求；然而本研究著眼於除上述方法之外，是否有其他緩衝因應措施，降低農業停灌次數或縮小因停灌衝擊的農

地範圍。有鑑於此，本研究以桃園市為例-觀音工業區，擇定一工業區進行用水需求及可能的支援用水方式進行探討，期待透過多元用水聯合運用的方式，於乾旱事件發生時，穩健生活用水需求為首要、降低乾旱事件對工業產業缺水的衝擊，亦間接緩和農業灌溉事業屢屢被要求停灌休耕的現象，本文僅為案例的初擬探討，以產業共生的構思，共同面對及克服台灣的缺水難題，期作為面對水資源多元利用之參酌。

二、研究區域介紹

桃園市為工商服務業高度發展之直轄市，亦為全國第一工業大城，產值為均全國之首，水資源供應為工業維持正常營運之重要關鍵之一，現階段桃園市共計有 11 處工業區及工業園區，重點工業區包含經濟部主管的 7 個工業區：桃園幼獅工業區、龜山工業區、平鎮工業區、大園工業區、林口工三工業區、中壢工業區、觀音工業區等，及桃園市政府開發的 4 個工業園區：桃園市環保科技園區、大潭濱海特定工業區、桃園科技工業園區、沙崙產業園區等，其分布位置及基本資料如圖 1 及表 1 所示，主要分布於龜山、中壢、平鎮、楊梅、觀音等 5 個行政區，其中 6 個工業區(工業園區)位屬臨海區域，分別為經濟部主管的大園工業區、觀音工業區及桃園市政府開發的 4 個工業園區：桃園市環保科技園區、大潭濱海特定工業區、桃園科技工業園區、沙崙產業園區等。

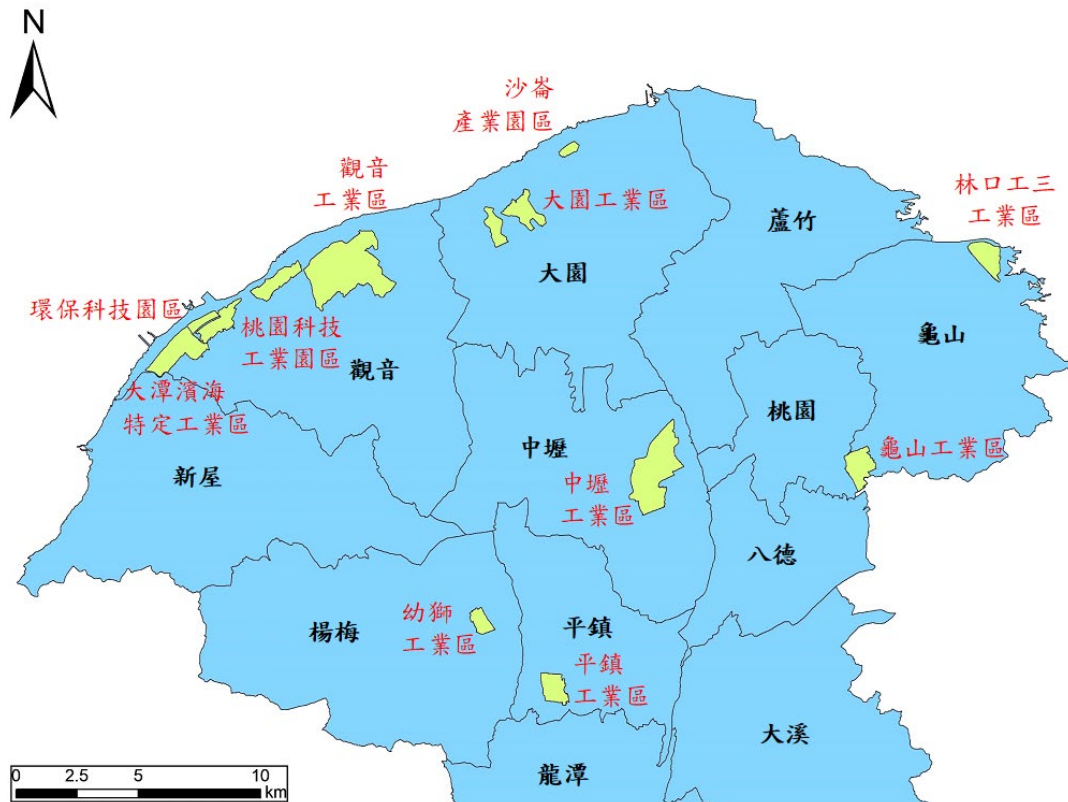


圖 1 桃園市重要工業區暨工業園區位置分布圖一覽

表 1 桃園市重要工業區暨工業園區基本資料一覽

序號	主管機關	工業區名稱	行政區	面積(ha)	開發年份	座標	
						X	Y
1	經濟部	觀音工業區	觀音區	632.12	1982、1990	261891	2771907
2		桃園幼獅工業區	楊梅區	61.57	1972	267376	2757567
3		龜山工業區	龜山區	131.00	1966、1969	282852	2763876
4		林口工三工業區	龜山區	119.31	1982	288064	2772404
5		中壢工業區	中壢區	432.90	1969、1976	274492	2763701
6		平鎮工業區	平鎮區	104.00	1979	270367	2754851
7		大園工業區	大園區	204.38	1978、1984	268691	2774013
8	桃園市政府	桃園市環保科技園區	觀音區	42.61	2007	255969	2769783
9		大潭濱海特定工業區	觀音區	230.33	1999	254986	2768551
10		桃園科技工業園區	觀音區	274.99	2000	257864	2770579
11		沙崙產業園區	大園區	28.44	2022	270980	2776784

本研究針對表 1 所列之各工業區及工業園區選定觀音工業區作為案例探討對象，其基本資料說明如下：

(一).觀音工業區基本資料

觀音工業區位於桃園市觀音區，自 1982 年開始興建，1990 年完成 3 期開發工程，開發面積共 632.12 ha，可供建廠用地為 451 ha，為一綜合型工業區；鄰近其周遭之工業區分別為位於東側之東和鋼鐵工業區、大園工業區，西側則為桃園科技工業區、桃園環保園區、大潭濱海特定工業區及觀塘工業區，相對位置如圖 2 所示，工業區內廠商行業別統計詳表 2。



圖 2 觀音工業區地理位置一覽

表 2 觀音工業區廠商行業別統計

行業別	家數	比例	行業別	家數	比例	行業別	家數	比例
化學工業	115	32%	塑膠	18	5%	紙業	8	2%
金屬工業	56	16%	汽車	15	4%	藥品	4	1%
電子工業	53	15%	其他	13	4%	其他運輸	2	< 1%
紡染工業	36	10%	食品	9	3%	--	--	--
機械工業	23	6%	非金屬	8	2%	總計	360	100 %

資料來源：經濟部工業局觀音工業區服務中心網站。

(二).土地利用概況

依據「104 年版國土利用調查成果」彙整統計觀音工業區土地之成果如表 3、圖 3，共 609 筆土地資料、總面積約 503.87 ha；其中土地利用類型以工業使用為主，占地面積約 381.97 ha (126 筆資料)，其次為人工林地(23.26 ha、8 筆資料)，住宅使用資料筆數較多(179 筆)，但占地面積僅 12.65 ha；工業區內僅 3.79 ha 為農業使用，資料筆數為 38 筆。

表 3 觀音工業區土地利用調查成果統計一覽

No.	類別	資料筆數	面積(ha)	No.	類別	資料筆數	面積(ha)
1	農作	38	3.79	11	工業	126	381.97
2	農業附帶設施	1	0.01	12	其他建築用地	16	8.22
3	天然林	17	8.96	13	政府機關	1	1.38
4	人工林	8	23.26	14	醫療保健	1	0.01
5	道路	26	8.54	15	社會福利設施	1	0.56
6	河川	4	2.6	16	公用設備	1	0.15
7	溝渠	2	0.11	17	環保設施	2	6.66
8	蓄水池	1	0.81	18	休閒設施	5	19.59
9	商業	53	1.63	19	草生地	39	5.29
10	住宅	179	12.65	20	空置地	88	17.68

註：資料筆數總計 609 筆、總面積約 503.87ha。

資料來源：104 年版國土利用調查成果

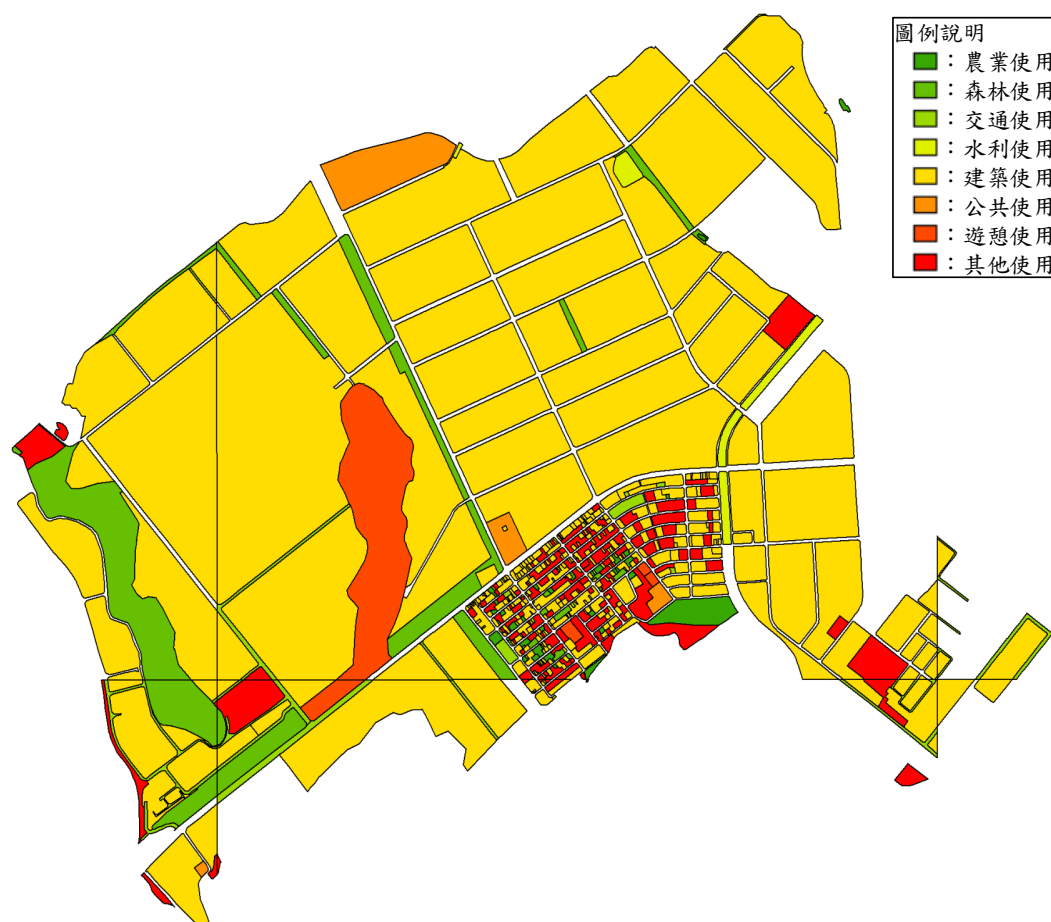


圖 3 觀音工業區土地利用分布概況一覽

(三).觀音工業區各項水量資訊概況

觀音工業區之用水需求主要供應廠區內工廠用水共計 365 家，供水來源主要區分為自來水系統之地表水源及地下水井抽水之地下水源等 2 種，本研究盤點觀音工業區之用水需求以自來水系統及地下水井為主要評估歸納依據，日用水量約為 55,041 CMD；另以觀音工業區污水處理廠之放流水為檢核依據，現階段單元設計處理水量為 5 萬 6,200 CMD，依據 2020 年統計資料顯示平均約為 3 萬 4,000 CMD。若以污水處理廠實際運作紀錄視為廠區實際用水量，以自來水供水系統供水量及地下水井水權量總和視為廠區的計畫需求水量，初步分析結果顯示廠區實際用水量僅為計畫需求水量 61.77 %。

- 1.自來水系統：觀音工業區現階段水源為台灣自來水公司第 2 區管理處平鎮給水廠供給，每日供水量為 55,000 CMD。
- 2.地下水井：位於觀音工業區內具水權狀之地下水井共 43 口，核發水量約 1,498(萬噸/年)，日需求量僅約 4.1 萬 CMD，用水標的均為工業用水，地下水井分布位置如圖 4 所示。
- 3.觀音工業區污水處理廠：污水處理廠自 1987 年開始建設(第 1 期)，迄今共區分為 5 期工程，第 5 期工程為民國 105~107 年，主要為修改及增設薄膜生物處理程序-薄膜系統模組，透過修改及新增薄膜處理系統，精進固體顆粒攔截效率並藉由薄膜生物處理，使水分子通過薄膜，達到水質淨化作用，第 5 期工程完成後，單元設計處理水量由第 1 期規劃的 1 萬 400 CMD 提高至第 5 期的 5 萬 6,200 CMD。



圖 4 觀音工業區內具水權狀之地下水井分布位置

(四).觀音工業區用水計畫及實際需求分析

依據經濟部工業局(2020)所提送至經濟部水利署之觀音工業區用水計畫(簡表)；觀音工業區之用水需求主要供應廠區內工廠用水，共計 365 家，供水來源主要區分為自來

水系統之地表水源及地下水井抽水之地下水源等 2 種，本研究盤點觀音工業區之用水需求以自來水系統及地下水井為主要評估歸納依據，日用水需求量約為 55,041 CMD；另以觀音工業區污水處理廠之放流水為檢核依據，現階段單元設計處理水量為 5 萬 6,200 CMD，依據 2020 年統計資料顯示平均約為 3 萬 4,000 CMD。若以污水處理廠實際運作紀錄視為廠區實際用水量，以自來水供水系統供水量及地下水井水權量總和視為廠區的計畫需求水量，初步分析結果顯示廠區實際用水量僅為計畫需求水量 61.77 %。資料顯示，觀音工業區內用水量 1,000 CMD 以上既設廠商共 120 家，表 4 為觀音工業區內用水量達 300 CMD 以上之 35 家工廠與經濟部工業局並列為開發單位提出用水計畫及 2018 年實際用水量概數，表 4 顯示依工業區廠商現況營運情形，推估維持開發所需之計畫用水量合計為廠區工業用水量為 8 萬 7,307 CMD，其中自來水量為 49,341 CMD，廠商自行抽取地下水量為 6,678 CMD，廠商自行取用地面水量為 1,433 CMD，其他來源的水量為 29,855 CMD(外購蒸氣、購買原水、雨水、再生水)。實際用水量為 67,415 CMD，其中自來水量為 39,031 CMD，自行抽取地下水量者為 6,117 CMD，自行取用地面水量為 1,114 CMD，其他水量為 21,153 CMD(外購蒸氣、購買原水、雨水、灌溉節餘水)，其中其他來源部分統計如表 5 所示。本研究進一步節錄觀音工業區 35 個並列水源開發單位之個別詳細用水計畫量及實際用水資料，其中灌溉節餘水源係指亞東石化股份有限公司(含觀音二廠)向行政院農業委員會農田水利署桃園管理處購買經由加強灌溉管理之農業灌溉節餘水源，經由桃園大圳第 10 支線及第 10-19 號埤塘進行輸水及取水。

表 4 觀音工業區整體計畫用水量來源及實際用水情形統計

項目	水源別	自行取水(有水權者)			其他	合計
	自來水	地面水	地下水			
計畫用水量	49,341	1,433	6,678		29,855	87,307
實際用水量	39,031	1,144	6,117		21,153	67,415

單位：CMD。

表 5 觀音工業區非自來水及地下水類別之用水量統計

項目	再生水	外購蒸氣	購買原水	雨水	灌溉節餘水	合計
計畫用水	25,140	1,664	2,715	336	—	29,855
實際用水量	—	1,480	2,263	282	17,128	21,153

單位：CMD。

自來水源供應部分，供水資料乃由平鎮淨水廠根據該廠售水資料及受水率進一步回推 2015~2020 年期間之自來水量，本研究進一步歸納如表 6，資料顯示觀音工業區於上述期間使用自來水量約為 5.42~6.17 萬 CMD，平均值為 5.79 萬 CMD(圖 5)，若比較表 4 及表 6 所列 2018 年資料，顯示平鎮淨水場平均日供應廠區 56,599 CMD，而表 4 所列 35 家大型用水量工廠使用水量為 39,031 噸，由於觀音工業區具用水需求工廠共計 365 家，亦即尚有 330 家用水量小之工廠共需使用自來水 17,568 CMD，配合表 4 實際用水紀錄推論，觀音工業區實際需求水量應為 8 萬 4,983 CMD，每日需水量約為 8.5 萬噸。

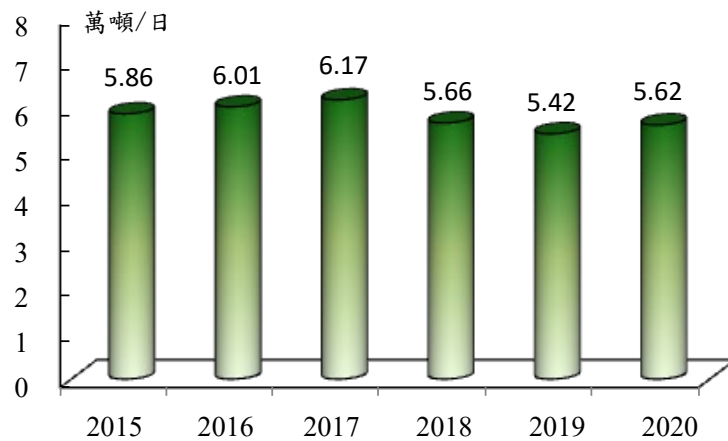


圖 5 平鎮淨水廠逐年之平均日供水量趨勢一覽

表 6 平鎮自來水廠供應觀音工業區用水資料統計一覽

西元 月份	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	平均
1 月	59,583	52,456	54,386	54,727	47,117	59,444	54,619
2 月	65,816	61,655	60,370	57,119	53,621	65,791	60,729
3 月	50,672	49,717	55,134	56,811	44,731	64,956	53,671
4 月	51,766	53,951	59,655	57,781	50,333	52,520	54,334
5 月	47,382	62,729	55,927	51,822	52,457	48,210	53,088
6 月	48,933	68,111	63,298	59,393	55,746	46,876	57,059
7 月	55,428	69,067	65,619	56,471	53,059	47,003	57,774
8 月	67,199	62,223	62,346	72,170	55,071	55,929	62,490
9 月	66,804	59,371	67,491	56,413	62,419	64,889	62,898
10 月	56,406	59,627	65,244	48,255	49,391	55,146	55,678
11 月	67,882	64,430	65,723	52,633	62,729	55,761	61,527
12 月	65,605	58,456	65,280	55,600	63,852	57,284	61,013
平均	58,623	60,149	61,706	56,599	54,211	56,151	57,907

資料來源：由平鎮淨水廠提供；單位為 CMD。

三、潛在水源及蓄水設施調查

茲就觀音工業區周遭之排水系統、灌溉系統及埤塘分布依序說明：

(一).河川及排水系統

觀音工業區主要地表排水分別為富林溪(北側)及大堀溪(南側)，2 條地表排水均為為桃園市市管河川，水系分布如圖 6 所示、基本資料如表 7。

(二).灌溉渠道系統

觀音工業區周遭鄰近之灌區為行政院農業委員會農田水利署桃園管理處(原台灣桃園農田水利會)管轄之草漯工作站及新坡工作站灌區，其中鄰近觀音工業區之灌溉渠道系統分別為供灌草漯站灌區之桃園大圳第 8 支線及供灌新坡站灌區之桃園大圳第 9 支線，其工作站灌區範圍、灌溉系統及工業區之地理空間分布如圖 7 所示。



圖 6 觀音工業區周遭排水系統一覽

表 7 觀音工業區周遭排水系統基本資料一覽

排水名稱	發源地	全長 (km)	流域面積(km ²)
富林溪	觀音區新坡張厝公田埤(9-17 號池)	5.5	12.99
大堀溪	楊梅區楊梅幼獅工業區	14.5	48.35

資料來源：桃園市政府水務局網站(<https://wrb.tycg.gov.tw/index.jsp>)。



圖 7 觀音工業區周遭灌溉渠道系統一覽

(三).埤塘系統

水資源運用除了以輸水及排水為目的之渠道系統外，具備水及調節功能之埤塘亦甚為重要。基於水資源供水建設方案是否具可行性之考量，工業區與埤塘及輸水渠道間之串聯工程成本應予以降低，因此以不跨越地表排水為原則，本研究篩選距離觀音工業區最近之 5 處埤塘群作為備用水源供應予觀音工業區之中間蓄水調節池，其相關空間分布位置如圖 8，5 處埤塘均屬於行政院農業委員會農田水利署桃園管理處所轄；埤塘名稱分別為 8-舊 30、8-29、8-22、8-新 30 及 9-17 號池，埤塘基本資料整理如表 8；就蓄水量而言，前述 5 口埤塘個別蓄水量均高於 5 萬噸，總計總蓄水量達 120 萬 1,738 噸。

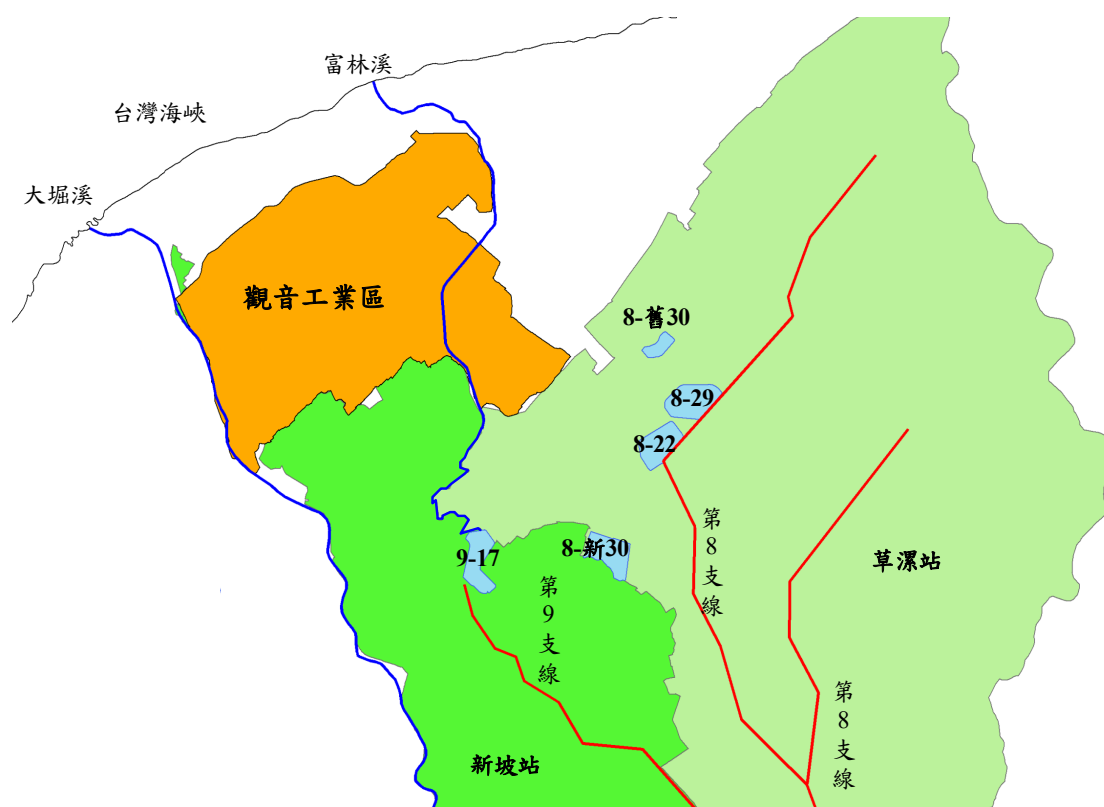


圖 8 觀音工業區周遭灌排系統及埤塘相對位置

表 8 觀音工業區鄰近之埤塘基本資料

工作站別	埤塘編號	面積 (ha)	灌溉面積 (ha)	有效蓄水量 (m ³)	埤塘別稱
草漯	8-22	12.80	83.00	36 萬 0,380	坡瓜子埤
	8-29	15.09	74.00	14 萬 5,483	八股埤
	8-舊 30	5.71	63.00	5 萬 8,694	廟埤
新坡	8-新 30	12.04	136.00	25 萬 6,736	舊埤
	9-17	11.09	94.57	38 萬 0,445	公田埤

四、工業區綠地入滲功能評估

(一).土壤入滲功能評估

由於觀音工業區範圍廣大，開發面積共 632.12 ha，其中部分區域並未作為廠房興建用地，本研究針對廠區綠帶、非水泥覆蓋建地等區域，進行綠地土壤的潛在入滲能力評估。上述綠帶及非水泥覆蓋區經利用航照圖劃分描繪並計算面積後統計為 87.2757 ha，如圖 9 所示。其中土壤質地資料來源使用農業委員會農業試驗所(以下簡稱：農試所)於 2018 公布之全台土壤質地資料，經與工業區範圍之圖層進行土壤質地套疊分析後，選取範圍內之土壤類別數據；結果顯示廠區內共計 5 大類，分別為第 1 類(玢質粘壤土)、第 2 類(壤土)、第 3 類(砂質壤土)、第 4 類(壤質細砂土、粗砂質壤土、砂質壤土、細砂質壤土)、第 5 類(細砂土、壤質粗砂土、壤質砂土)；依據農試所於觀音工業區內調查土壤成果進一步分析上述 5 大類土壤類別之比例分別為第 1 類(3.17%)、第 2 類(4.71%)、第 3 類(11.35%)、第 4 類(4.40%)、第 5 類(76.38%)。



圖 9 觀音工業區非水泥覆蓋裸露地分布概況

綠地土壤的潛在入滲能力評估的分析方法採用臺灣省水利局過去於臺灣各地之不同土壤類別田間試驗成果表(詳表 9)，由於表 9 為國內水利署的前身(臺灣省水利局)早期進行之現地試驗成果，其土壤分類名稱並非採用 USDA 的規範；因此本研究參考農業工程研究中心(2018)依據土壤種類的粒徑(砂粒)整合表 9 與 USDA 規範土壤類別表成果(表 10)進行推估；推估結果如表 11 所示，觀音工業區綠地土壤的潛在最大入滲能力約為 1 萬 4773 CMD。

表 9 各種土壤別與入滲量之關係

土壤種類	黏土質含量%	係數(I)	入滲量(mm/day)
砂質礫土*	1.6	1.0	150.00
礫質砂土*	5.0	1.1	43.70
砂土(S)	8.0	1.2	25.00
壤質砂土(LS)	11.6	1.3	15.90
砂質壤土(SL)	14.9	1.4	11.50
壤土(L)	18.2	1.5	8.80
黏質壤土(CL)	21.9	1.6	6.85
壤質黏土(LC)*	27.0	1.7	5.24
黏土(C)	33.0	1.8	4.04
中黏土*	40.0	1.9	3.16
重黏土(HC)*	49.0	2.0	2.45

註：*為 USDA 土壤質地三角圖尚無定義此種土壤。

資料來源：臺灣大學農業工程學系(1970)。

表 10 USDA 土壤別與入滲量之關係

一般名稱		土壤質地	代碼	重量百分比 %			入滲量
				砂粒 Sand	粉粒 Silt	黏粒 Clay	
砂性土	粗質地土壤	砂土	S	85~100	0~15	0~10	25.00
		壤質砂土	LS	70~90	0~30	10~15	15.90
	稍粗質地土壤	砂質壤土	SL	43~85	0~50	0~20	11.50
		粉土*	Si	0~20	80~100	0~20	10.60
	中質地土壤	粉質壤土*	SiL	20~50	50~88	0~27	9.70
壤性土		壤土	L	23~52	28~50	7~27	8.80
		砂質黏壤土*	SCL	45~80	0~28	20~35	7.83
	稍細質地土壤	黏質壤土	CL	27~40	15~53	20~45	6.85
		粉質黏壤土*	SiCL	0~20	40~73	27~40	6.15
		砂質黏土*	SC	45~65	0~20	35~55	5.45
黏性土	細質地土壤	粉質黏土*	SiC	0~20	40~60	40~60	4.74
		黏土	C	0~45	0~40	40~100	4.04

註：土壤入滲量單位為(mm/day)、*為土壤入滲量以線性內插方式求得。

資料來源：農業工程研究中心(2018)。

表 11 觀音工業區綠地土壤的潛在最大入滲能力推估結果

代號	土壤分類	入滲率 (mm/day)	綠地面積 (m ²)	面積百分比 (%)	入滲量 (CMD)
A	粉質黏壤土	6.15	27,628	3.17	170
B	壤土	8.8	41,076	4.71	361
C	砂質壤土	11.5	99,024	11.35	1,139
D	壤質細砂土、粗砂質壤土、砂質壤土、細砂質壤土	12.6	38,375	4.40	484
E	細砂土、壤質粗砂土、壤質砂土	18.93	666,654	76.38	12,620

(二).降雨事件案例評析

若進一步根據農田水利署桃園管理處觀音工作站 2018~2020 年期間之日降雨紀錄進行降雨事件發生時之入滲量演算，依據 3 年降雨事件的日雨量紀錄，並假定單日降雨超出土壤額定入滲能力後會轉為地表逕流，因此採用表 11 所列觀音工業區綠地的 5 種土壤單日入滲率為評估遭遇降雨事件時該土壤的最大日入滲量進行演算，成果如表 12

及表 13；其中表 12 顯示廠區內各月因降雨累積之月入滲率及年累積入滲率，其中細砂土等(代號 E)之年計累積入滲率約 363.1 mm/yr、其餘土壤別依序為壤質細砂土等(代號 D) 302.8 mm/yr、砂質壤土(代號 C) 290.2 mm/yr、壤土(代號 B) 254.5 mm/yr、坩質粘壤土(代號 A) 207.0 mm/yr；另由圖 10 顯示觀音工業區之天然降雨量依序 5 月、6 月、8 月、9 月之降雨量為高峰期月份，由降雨量可以轉為入滲量的高低值依序 5 月、9 月、8 月 6 月，上述反應出累積降雨量無法全貌反應出入滲量，反而綿綿細雨或強降雨事件等降雨強度及降雨延時等因素對廠區土壤入滲影響更為顯著。

表12 觀音工業區綠地土壤入滲率推估(2018~2020年降雨事件)

月份	原始雨量	土壤代號				
		A	B	C	D	E
1 月	42.6	21.4	27.7	31.4	32.9	40.5
2 月	19.6	9.6	11.2	12.1	12.5	14.6
3 月	33.2	12.4	15.2	17.9	19.0	25.4
4 月	30.0	18.0	20.7	21.7	22.1	24.2
5 月	122.9	31.3	42.6	52.7	56.0	70.5
6 月	71.1	21.4	26.5	31.0	32.7	40.8
7 月	9.48	7.57	8.64	9.48	9.48	9.48
8 月	64.8	31.3	36.1	39.5	40.6	46.9
9 月	55.8	27.6	34.6	40.0	42.1	48.9
10 月	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
11 月	7.7	7.0	7.7	7.7	7.7	7.7
12 月	36.0	13.9	18.0	21.1	22.2	28.5
年計	498.7	207.0	254.5	290.2	302.8	363.1

單位：mm/month。

資料統計期間：2018~2020 年之平均值。

表 13 觀音工業區綠地土壤入滲總量推估(2018~2020 年降雨事件)

月份	原始雨量	土壤代號					入滲量 總計
		A	B	C	D	E	
1 月	42.6	590	1,137	3,110	1,262	26,984	33,083
2 月	19.6	266	460	1,199	479	9,720	12,123
3 月	33.2	342	626	1,776	731	16,911	20,386
4 月	30.0	497	850	2,150	847	16,126	20,471
5 月	122.9	865	1,749	5,218	2,149	47,017	56,998
6 月	71.1	591	1,088	3,069	1,253	27,217	33,219
7 月	9.48	209	355	939	364	6,320	8,186
8 月	64.8	864	1,483	3,910	1,558	31,279	39,095
9 月	55.8	763	1,419	3,956	1,617	32,597	40,353
10 月	5.6	155	231	557	216	3,751	4,911
11 月	7.7	192	316	761	295	5,124	6,688
12 月	36.0	384	739	2,086	851	18,997	23,057
年計	498.7	5,718	10,453	28,732	11,621	242,044	298,569

單位：m³/month。

資料統計期間：2018~2020 年之平均值。

表 13 為 3 年降雨事件平均值所換算各月份經由入滲作用至土層的水量，其成果為各類土壤所占面積配合表 12 計算所得，以年總入滲量而言，廠區總入滲量高達 29 萬

8,569 m³/yr；其中中細砂土等(代號 E)之年計累積入滲總量約 24 萬 2,044 m³/yr、其餘土壤別依序為砂質壤土(代號 C) 2 萬 8,732 m³/yr、壤質細砂土等(代號 D) 1 萬 1,621 m³/yr、壤土(代號 B) 1 萬 453 m³/yr、粉質粘壤土(代號 A) 5,718 m³/yr；另由圖 11 顯示觀音工業區之入滲量高低依序 5 月、9 月、8 月、6 月及枯水期的 1 月及 12 月等。

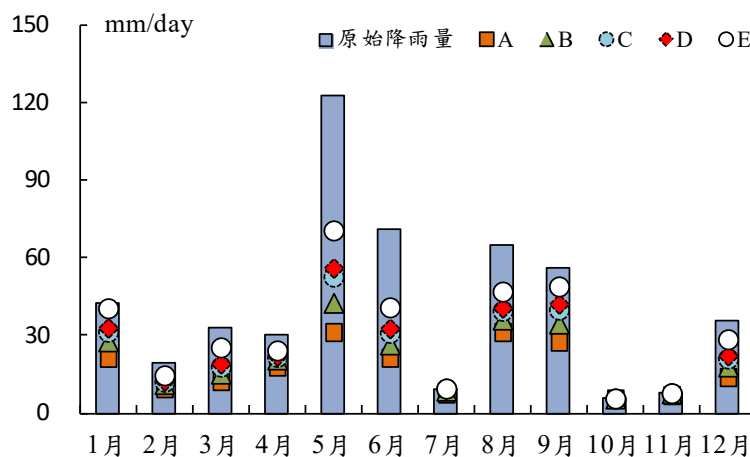


圖 10 觀音工業區綠地 5 種土壤逐月累積入滲率(2018~2020 年降雨事件)

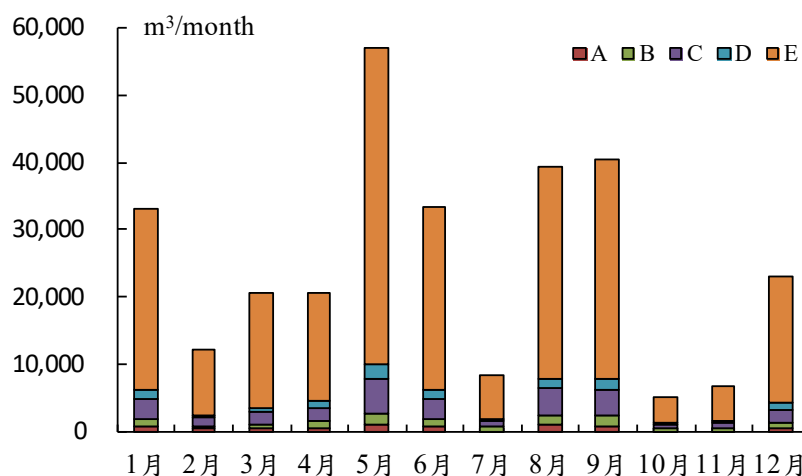


圖 11 觀音工業區綠地 5 種土壤逐月入滲總量(2018~2020 年降雨事件)

五、多元用水聯合運用之評估

(一).鄰近灌區灌溉用水

鄰近觀音工業區之而未來具有支援供應備援用水調節功能之埤塘清單如表 8 所示；上述 5 口埤塘若要作為支援觀音工作區備援用水調節池用途，需釐清現階段埤塘負責供灌 450.57 公頃農地之灌溉需求水量，表 14 為桃園大圳灌溉計畫所列第 8 支線及第 9 支線的配水計畫水量，第 8 支線及第 9 支線灌溉面積分別為 2,140 ha、1,006 ha，本研究採用面積比例法，依據各埤塘灌溉面積與該支線別之總灌溉面積之比例進行埤塘配水量估算，各埤塘逐月灌溉水量需求如表 15 所示，整體而言，5 口埤塘之日需求水量最低為

12~1 月的 1,152 CMD，最高為 3 月的 11,475 CMD。表 16 顯示 5 口埤塘每年灌溉需求總量約 627 萬 5,419 噸，其中 12 月至 1 月是用水離峰期，單月僅需提供灌溉需求 7 萬 687 噸，其餘 2~11 月則均屬於用水尖峰期，單月需求量約 50 萬 1,792 噸~71 萬 1,606 噸，各月份的變化趨勢差異可由圖 12 所示。

表 14 觀音工業區鄰近桃園大圳第 8 及第 9 支線之配水計畫水量

月份	8 支線	9 支線	月份	8 支線	9 支線
1 月	10,973	4,838	7 月	111,388	46,285
2 月	105,112	43,834	8 月	103,068	42,931
3 月	111,672	46,570	9 月	91,368	38,102
4 月	101,520	42,336	10 月	91,368	38,102
5 月	96,444	40,219	11 月	81,432	33,825
6 月	91,368	38,102	12 月	10,973	4,838

資料來源：本研究依據農田水利署桃園管理處 2020 年灌溉計畫換算單位重製；單位為 CMD。

表 15 觀音工業區鄰近埤塘之灌溉日配水量估算一覽

工作站 埤塘編號	草漯				新坡	小計
	8-22	8-29	8-舊 30	8-新 30	9-17	
1 月	426	379	323	697	455	1,152
2 月	4,077	3,635	3,094	6,680	4,121	10,801
3 月	4,331	3,862	3,288	7,097	4,378	11,475
4 月	3,937	3,511	2,989	6,452	3,980	10,432
5 月	3,741	3,335	2,839	6,129	3,781	9,910
6 月	3,544	3,159	2,690	5,807	3,582	9,388
7 月	4,320	3,852	3,279	7,079	4,351	11,430
8 月	3,997	3,564	3,034	6,550	4,036	10,586
9 月	3,544	3,159	2,690	5,807	3,582	9,388
10 月	3,544	3,159	2,690	5,807	3,582	9,388
11 月	3,158	2,816	2,397	5,175	3,180	8,355
12 月	426	379	323	697	455	1,152

單位：CMD。

表 16 觀音工業區鄰近埤塘之灌溉配水總量估算一覽

工作站 埤塘編號	草漯				新坡	小計
	8-22	8-29	8-舊 30	8-新 30	9-17	
1 月	13,193	11,762	10,014	21,617	14,100	70,687
2 月	114,149	101,772	86,643	187,040	115,378	604,982
3 月	134,267	119,708	101,914	220,004	135,712	711,606
4 月	118,124	105,315	89,660	193,552	119,395	626,046
5 月	115,958	103,384	88,016	190,004	117,206	614,569
6 月	106,311	94,784	80,694	174,197	107,456	563,442
7 月	133,926	119,403	101,654	219,444	134,884	709,311
8 月	123,922	110,485	94,062	203,054	125,109	656,632
9 月	106,311	94,784	80,694	174,197	107,456	563,442
10 月	109,855	97,943	83,384	180,003	111,037	582,223
11 月	94,751	84,476	71,919	155,254	95,392	501,792
12 月	13,193	11,762	10,014	21,617	14,100	70,687
年總量	1,183,961	1,055,580	898,669	1,939,984	1,197,225	6,275,419

單位：m³。

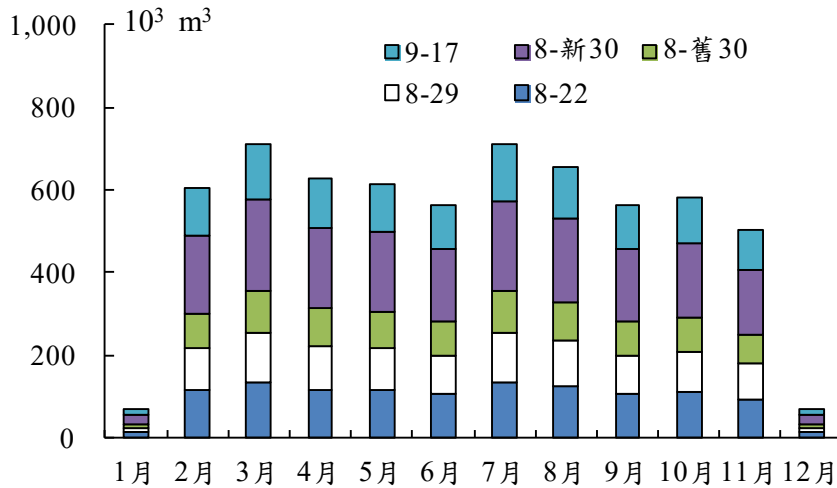


圖 12 觀音工業區周遭 5 口埤塘逐月灌溉用水需求一覽

(二).潛在支援用水及備援潛能評估

1.再生水備援用水：桃園市政府水務局於 2020 年召開民間參與公共建設招商大會，提出現階段產業用水缺口之需求量約 4 萬 CMD，其中觀音工業區之需求量約 2 萬 CMD，且需求水質條件為 Class A 級。再生水計畫(執行中)：桃園市政府水務局(2020)針對桃園北區水資源回收中心放流水回收再利用提出招商需求，規劃全期產製 11.2 萬 CMD 規模之再生水廠，預計分 3 期建設；預計供水目標分別為觀音工業區、桃園航空城產業專區及桃園煉油廠等處，故需分別新建長約 17.3 km(觀音工業區)、3.35 km(桃園航空城產業專區)及 6.6km(桃園煉油廠)之再生水輸水專管，預計辦理期程如表 17。

表 17 北區水資源回收中心再生水廠預計供應期程

期程	產水規模(CMD)	預計供水時程	供應目標
1	35,000	2024	觀音工業區、桃園煉油廠
	5,000	2028	桃園航空城
2	40,000	2028	
3	32,000	2032	滾動檢討
總計	112,000	—	—

資料來源：桃園市政府水務局(2020)。

2.埤塘調蓄用水能力評估：由上述歸納分析得知觀音工業區營運所需之日需水量約為 8.5 萬 CMD，其中自來水系統約可供應 5.8 萬 CMD，占比約 68.2%，其餘 2.7 萬 CMD 需仰賴其他水源供應，而水量供應及需求若無法每日穩定達成平衡，則可透過蓄水調節功能的蓄水池或埤塘進行調整；依據民國 109 年 8 月定稿之經濟部工業局觀音工業區用水計畫(簡表)資料顯示，觀音工業區內 35 家大型工廠既有蓄水設施容量已達 67 萬 7,487 噸，依據表 4 所列 35 個開發單位之計畫用水量 8 萬 7,307 CMD；相當於可維持缺水期間無共水條件下 7.76 日的生產用水，或是當自來水廠無法供應自來水量 49,341 CMD 時，可透過其他水源(3 萬 7,966 CMD)及調蓄設施維持約 13.73 日(相當於 2 周時間)。未來若將鄰近 5 口埤塘納入水源調度規劃，由表 8 顯示現階段總有效蓄水量為

120 萬 1,738 噸，另支援供業用水之前提為維持既有灌溉功能，因此，由表 16 得知 5 口埤塘各月份之負責灌溉水量額度保留後，潛在可支援觀音工業區之蓄水容量為 119 萬 308 噸~120 萬 586 噸，為評估其蓄水容量的調節能力，分別假設三種缺水條件進行評估，分別為缺水條件 1 係指全數水源停止供應時(缺水量為 85,000 CMD)、缺水條件 2 係指自來水淨水廠無法供水時(缺水量為 58,000 CMD)、缺水條件 3 係指自來水供水正常，其他水源無法供應時(缺水量為 27,000 CMD)，分析成果如表 18 所示，當全部水源均缺水時，由埤塘滿庫條件下之供應時間約為 14 天；若是自來水廠優先供應民生所需無法供應廠區使用時，由埤塘滿庫水量進行支援調節，可調整支援約 20 天；若是其他類別水源供應不順利，則可支援調度日數約 44 天。若相關調節水量潛能符合廠區所需，後續建議進行水路串接之工程規劃。

表 18 觀音 5 口埤塘支援調節用水日數潛能分析一覽

月份	灌區需求水量	埤塘潛在可調度水量	缺水條件 1 調度日數	缺水條件 2 調度日數	缺水條件 3 調度日數
1 月	1,152	1,200,586	14.12	20.70	44.47
2 月	10,801	1,190,937	14.01	20.53	44.11
3 月	11,475	1,190,263	14.00	20.52	44.08
4 月	10,432	1,191,306	14.02	20.54	44.12
5 月	9,910	1,191,828	14.02	20.55	44.14
6 月	9,388	1,192,350	14.03	20.56	44.16
7 月	11,430	1,190,308	14.00	20.52	44.09
8 月	10,586	1,191,152	14.01	20.54	44.12
9 月	9,388	1,192,350	14.03	20.56	44.16
10 月	9,388	1,192,350	14.03	20.56	44.16
11 月	8,355	1,193,383	14.04	20.58	44.20
12 月	1,152	1,200,586	14.12	20.70	44.47

註 1：缺水條件 1 係指全數水源停止供應時(缺水量為 85,000 CMD)。

註 2：缺水條件 2 係指自來水淨水廠無法供水時(缺水量為 58,000 CMD)。

註 3：缺水條件 3 係指自來水供水正常，其他水源無法供應時(缺水量為 27,000 CMD)。

註 4：本表水量單位為 CMD、日數單位為天。

六、結語

本研究乃初步擇定觀音工業區進行多元用水聯合運用之案例探討，其中抗旱措施仍然須以工業區各廠商加強節約用水及提升工業用水回收率之外，潛在水源以再生水、伏流水等為主要選項，再輔以重要的關鍵因子-蓄水設施，亦即善用農塘的蓄水功能，建議應透過該地區歷年水情分析，研判特定的乾旱時期並於早期來臨前提早蓄水或於旱季發生後，利用埤塘蓄存再生水或伏流水等備援用水，提高工業區用水的抗旱能力。

參考文獻

1. 桃園市政府水務局(2020)，桃園北區水資源回收中心放流水回收再利用計畫，109 年度民間參與公共建設招商大會。

2. 桃園市政府水務局網站(<https://wrb.tycg.gov.tw/index.jsp>)
3. 經濟部工業局(2020)，經濟部工業局觀音工業區用水計畫(簡表)。
4. 經濟部工業局觀音工業區服務中心網站(<https://www.moeaidb.gov.tw/iphw/kuangin/#modal-close>)
5. 經濟部水利署，2021，109 年各標的用水統計年報。
6. 農業工程研究中心(2018)，臺中農田水利會灌區土壤質地普查暨田間入滲率試驗分析(第三期)。
7. 農業工程研究中心(2018)，臺中農田水利會灌區土壤質地普查暨田間入滲率試驗分析(第三期)。
8. 臺灣大學農業工程學系(1970)，臺灣之水稻灌溉。