

河川逕流量與灌溉水體電導度之關聯性探討-

以大安溪北岸日南圳為例

Discussion of the Relation Between River Flow and Electrical Conductivity in Irrigation Water: A Case Study of Rinan Canal on the North Bank of Daan River

財團法人農業工程研究中心

助理研究員

譚允維

Yun-Wei Tan

研究員

陳豐文

Feng-Wen Chen

助理技師

卓宇謙

Yu-Chien Cho

副研究員兼組長

張雅婷

Ya-Ting Chang

副研究員

林修德

Hsiu-Te Lin

農業部農田水利署臺中管理處

處長

王曼菁

Man-Jing Wang

管理組組長

謝明陽

Ming-Yang Xie

水質股股長

李庭漪

Ting-Yi Li

摘 要

農業灌溉水質之良窳會直接影響作物生長、品質及產量，台灣的灌溉水源以河川取水為主，河川逕流量通常具備稀釋各種污染的功能，然而台灣豐枯水季影響逕流變化甚大，本研究以實際發生之河川水源引灌污染案例，探討河川逕流量與水質項目濃度之關聯性，藉以作為後續灌溉用水管理之參考。本研究之研究案例為台中管理處管轄之日南圳，自大安溪北岸取水，灌溉區域約 1,293ha，為大甲區重要灌溉圳路之一，日南圳主要污染源為其大安溪取水口上游約 5km 處之大型化工廠常年排放高電導度(EC)工廠廢水所致導致 2020 年發生約 200 公頃種植芋頭的農地因灌溉水質不佳而減產約 33%，研判主因應為灌溉水源的電導度超標所致(灌溉水質基準值規範電導度不得高於 750 μ S/cm)。

有鑒於此，本研究於 2023 年 4~10 月期間，採用日南圳取水口處之電導度檢測數據(每週 1 次)與大安溪日流量資料(水利署流量測站-義里站)，分析探求河川逕流量與灌溉水源中 EC 的濃度變化關聯性。研究成果顯示研究期間之日南圳電導度約 391.3~1,078 μ S/cm (平均值為 609 μ S/cm)，高峰期 4 月底至 6 月上旬(EC 平均值為 844 μ S/cm)，8 月上旬至 9 月中旬則較低(EC 平均值約 374 μ S/cm)；大安溪逕流量約 0.21~94.45cms，其中枯水期為 4 月底至 6 月上旬(日流量平均約 6.37cms)、高峰期為 8 月上旬至 9 月中旬(日流量平均約 34.62cms)，本研究將電導度監測數據與當日逕流量進行迴歸分析，成果顯示兩者呈現中度負相關(R^2 約 0.66)，透過本研究分析獲得河川逕流量與灌溉水體電導

度之關聯性為逕流量與水質 EC 成反比的現象。

關鍵詞：水質污染、灌溉用水、河川流量、電導度

Abstract

Rinan Canal, located in Dajia District, Taichung City, sources its water from the north bank of Daan River and irrigates approximately 1,293ha agricultural land. However, about 5 km upstream from Rinan Canal intake on Daan River, there is a chemical plant that discharges wastewater for decades, leading to irrigation water pollution. In 2020, about 200ha farmland and a 33% reduction in the yield of taro due to poor irrigation water quality. The main pollutant exceeding the standards was electrical conductivity (EC)(the irrigation water quality standard is 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$). This study monitored the EC at Rinan Canal intake weekly from April to October 2023, and compared it with the daily flow rates at Yili Station, a nearby flow measurement station on Daan River. The aim was to investigate the relation between river flow and water quality pollution in the irrigation intake system. The results showed that during the study period, the EC at Rinan Canal intake ranged from 163 to 1,078 $\mu\text{S}/\text{cm}$, with an average value of 609 $\mu\text{S}/\text{cm}$. EC values were generally higher from late April to early June, with an average of 844 $\mu\text{S}/\text{cm}$, and lower from early August to mid-September, with an average of 374 $\mu\text{S}/\text{cm}$. During the same periods, the flow rates at Yili Station ranged from 1.21 to 94.45 cms, with an average daily flow rate of 6.37 cms from late April to early June, and 34.62 cms from early August to mid-September. A regression analysis of the EC monitoring results and the corresponding daily average flow rates revealed a moderate negative correlation ($R^2=0.66$), indicating that the volume of river flow is related to the quality of the irrigation water to a certain extent.

Keywords: Water Quality pollution, Irrigation Water, River Flow Rate, Electrical Conductivity.

一、前言

日南灌區為臺中中部地區重要之農業耕作區，行政區隸屬於臺中市大甲區，農業管理組織則為農業部農田水利署臺中管理處之日南工作站所轄，灌溉面積約 1,991 公頃(日南工作站業務檢查資料，2023)，其中水稻為主要作物耕種面積占 82.1%，其次為地方特色作物芋頭，耕種面積占比約 11.2%(大甲區統計年報，2021)，於大安溪右岸分別取水至日南圳、九張犁圳及雙寮補給支線，屬於大安溪下灌區工作站，而於日南圳取水口之大安溪上游有一化工廠，其製程還有高鹼度(高電導度)之廢水，長年以來由於大安溪川流量之稀釋作用下使得其高鹽之水體得以稀釋符合灌溉水質基準值，然而近年來氣候變遷、降雨不均，使得旱澇程度加劇，乾旱發生頻率及程度加劇，大安溪川流量降低，可稀釋水量下降導致化工廠排放廢水與大安溪水體混合後仍具有高鹼度、高電導度而發生超過灌溉水質基準值現象，而高鹼度之水體會使得土壤與作物根部滲透壓改變，使得若土壤水分之滲透壓高於植物根毛之滲透壓，則水分從土壤進入植物根系的量將減少，除不利於植物根系的水分吸收作用外，甚至植物體內的水分易滲入土壤中，植物會出現缺水及凋萎的症狀(林浩潭，1999)，造成土壤特定離子毒性上升，減少作物收成(Dennis, 2003)

二、研究區域及方法

(一).研究區域概述

研究區域主要以日南灌區為主(如圖 1 所示)，日南灌區位於臺灣中部臺中市大甲區，灌溉面積約 1,991 公頃，取用水源為大安溪之北岸，由上游至下游取水分別為日南圳、九張犁圳及雙寮補給支線，上游化工廠距離日南圳取水口約 4.7 公里，日南圳取水口至九張犁圳取水口則約 2.8 公里，九張犁圳取水口至雙寮補給支線取水口則約 6.6 公里。

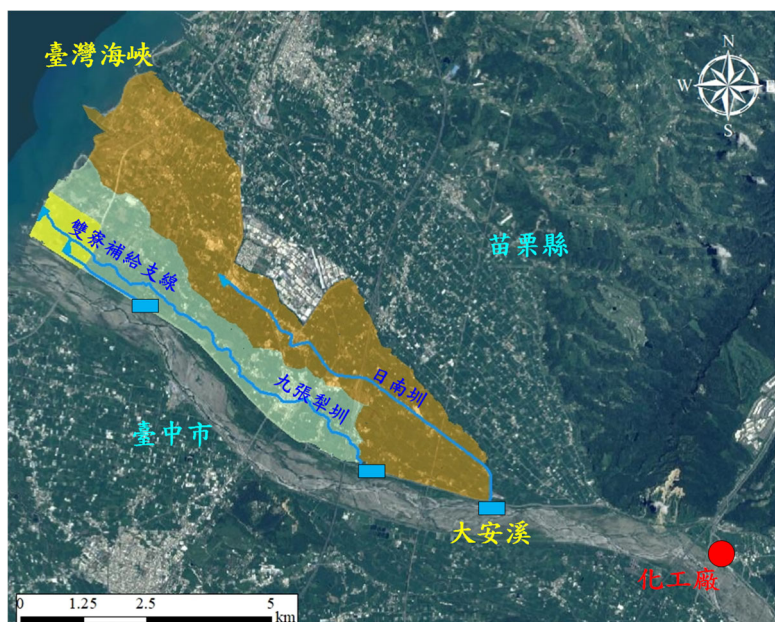


圖 1 研究區域-日南灌區

(二).電導度監測位置及方法

本研究電導度監測位置位於日南灌區於之大安溪北岸之日南圳取水口，現場如圖 2 所示。監測頻率部分共計檢測 26 次(1 週 1 次)，監測期程為 2023/4/16~10/7，涵蓋臺灣中部梅雨、颱風降雨等豐枯水期之降雨特性變化。電導度監測方法，為利用新加坡製 EUTECH CON 6 攜帶型的 EC 測定儀，測定範圍為 0~20.00、200.0、2,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，解析度為 0.01、0.1、1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，精確度為全刻度之 $\pm 1\%$ 。

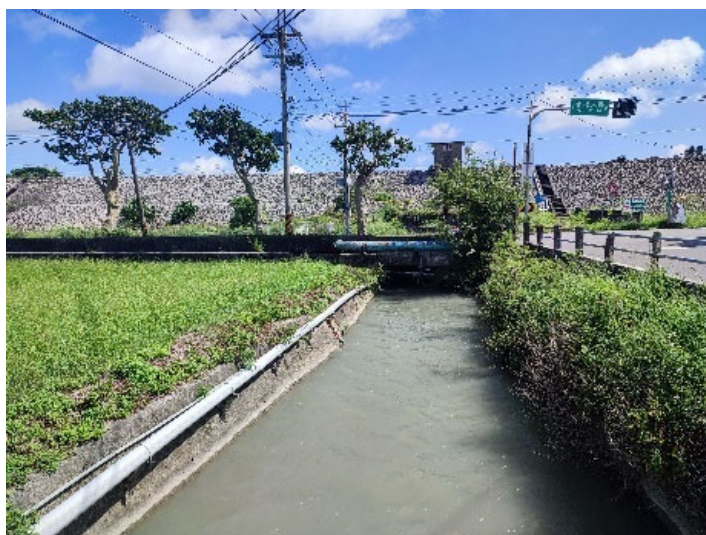


圖 2 電導度監測位置分布

(三).大安溪日流量-義里大橋

本研究大安溪日流量資料，採用位於日南灌區上游處最近之義里大橋日流量為主(如圖 3 所示)，相關文獻指出義里大橋站月平均流量 28.72cms、豐水期(5 月至 9 月)月平均流量介於 39.3~77.32cms、枯水期(10 月至翌年 4 月)月平均流量介於 4.52~25.98cms，豐、枯水期流量差異大，每年流量應至少持續 9 個月以上(經濟部水利署中區水資源局，208)。針對義里站之不同超越機率流量進行蒐集，如表 1 顯示義里測站 $P_{100\%}$ 流量約 0.39~1.17cms、 $P_{95\%}$ 流量約 0.42~1.44cms， $P_{70\%}$ 以上之流量急遽上升為 1.87~10.61cms、 $P_{50\%}$ 則為 2.93~31.88cms，顯示義里測站流量特性除了豐枯比例大之外，超越機率越低的時候流量亦變化較大，如圖 3 所示(農工中心，2021、農工中心，2023 農工中心，2024)。

表 1 義里測站各月份之平均電導度及不同可靠度下平均流量

項目	月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
流量	$P_{(100\%)}$	0.55	0.42	0.99	0.21	0.17	1.02	1.17	1.00	0.42	0.39	0.41	0.41
	$P_{(95\%)}$	0.56	1.35	1.03	0.96	1.38	1.44	1.42	1.39	0.83	0.42	0.42	0.43
	$P_{(90\%)}$	1.27	1.65	1.44	1.17	1.76	2.33	2.62	1.89	1.07	0.86	0.87	0.88
	$P_{(80\%)}$	1.94	2.00	2.14	1.99	3.50	4.72	6.19	2.70	1.96	1.62	1.38	1.27
	$P_{(70\%)}$	2.51	2.70	2.58	3.15	4.86	9.62	10.61	6.04	2.86	2.70	2.35	1.87
	$P_{(60\%)}$	3.02	3.99	4.06	3.94	7.75	17.55	14.51	8.37	4.86	3.43	2.73	2.30
	$P_{(50\%)}$	4.26	6.23	5.53	4.61	13.00	31.88	20.33	11.29	7.90	3.74	3.36	2.93

本表單位：流量為 cms。

資料來源：農工中心(2023)；全國環境水質監測資訊網 <https://wq.epa.gov.tw/>。

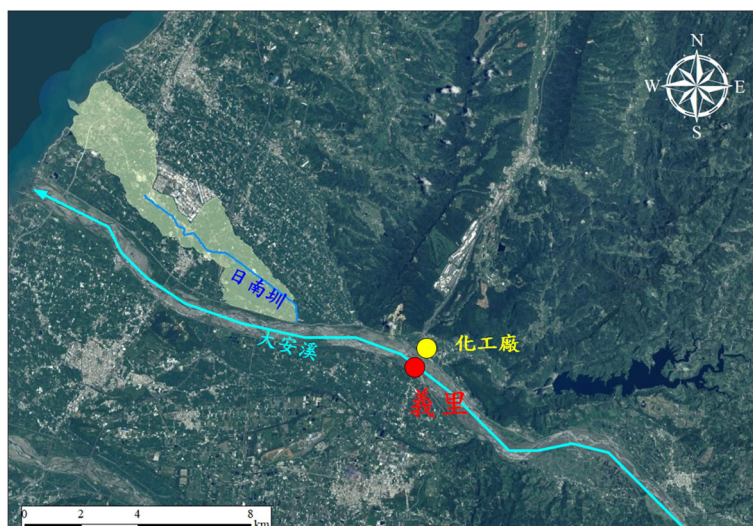


圖 3 義里測站與灌區相對位置分布

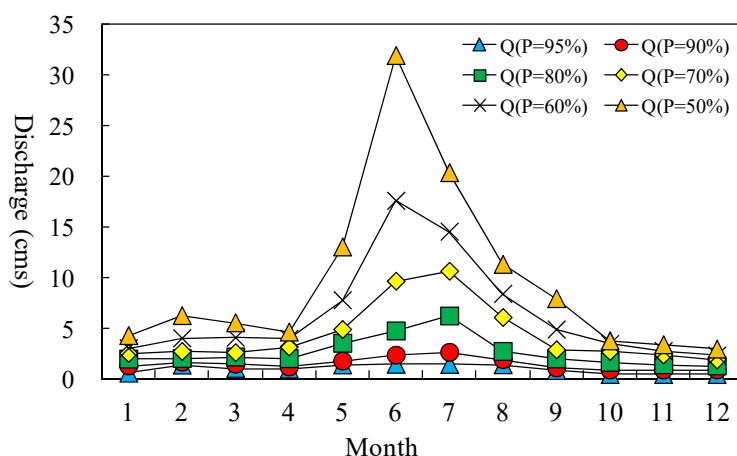


圖 4 大安溪義里站不同超越機率對應平均日流量曲線

三、結果與討論

(一).電導度實測成果

本研究於 2023/4/28 至 2023/10/6 進行電導度監測，總檢測次數為 26 次，其中有 6 次超過灌溉水質基準值所規範之 $750 \mu\text{S/cm}$ ，其他 16 次均合格，計算其合格率为 61.5%，全部檢測次數之平均值為 $629.7 \mu\text{S/cm}$ 、標準差為 $235.7 \mu\text{S/cm}$ 、最大值為 $1,078 \mu\text{S/cm}$ 、最小值為 $294.3 \mu\text{S/cm}$ ，電導度歷時變化如圖 5 所示，電導度約於 4~7 月份期間為 $391.3 \sim 1,078 \mu\text{S/cm}$ (平均值為 $759.4 \mu\text{S/cm}$)，普遍電導度超過灌溉水質基準值，而後於 7 月底後開始下降，於 8~10 月份其值則約為 $294 \sim 628.6 \mu\text{S/cm}$ ，平均值為 $422.3 \mu\text{S/cm}$ ，相較於 4~7 月份之電導度值，8~10 月電導度值有明顯下降現象。

表 2 電導度實測成果

項目	平均值	標準差	最大值	最小值	合格次數	檢測次數	合格率
電導度	629.7	235.7	1,078.0	294.3	16	26	61.5

本表單位：合格次數與檢測次數為次、合格率为%，其他均為 $\mu\text{S/cm}$ 。

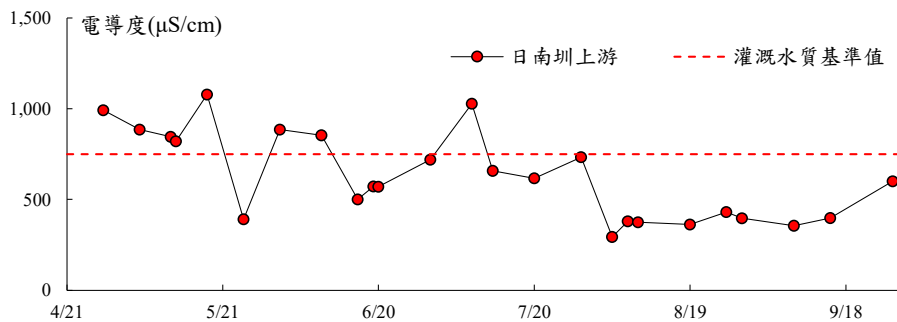


圖 5 日南站電導度實測成果

(二).義里日流量

本研究於 2023/4/28 至 2023/10/6 進行電導度監測，針對其間義里日流量資料另進行蒐集，總計資料筆數為 169 筆日流量資料，流量總平均值為 13.27 cms，標準差為 15.03 cms，最大值為 94.45 cms 發生於 2023/8/4，最大值為 1.54 cms 發生於 2023/10/2，歷時變化如圖 6 所示，顯示常態流量約為 1~4cms 左右，其中較大之日流量超過 50 cms 者有發生於 2023/5/23 之 73 cms、2023/8/4 之 94.45 cms、2023/8/5 之 72.5 cms、2023/8/6 之 51.28 cms、2023/9/6~9/7 之 63.13、57.14 cms。

表 3 義里流量資料蒐集成果

項目	平均值	標準差	最大值	最小值
日流量	13.27	15.03	94.45	1.54

本表單位：cms。

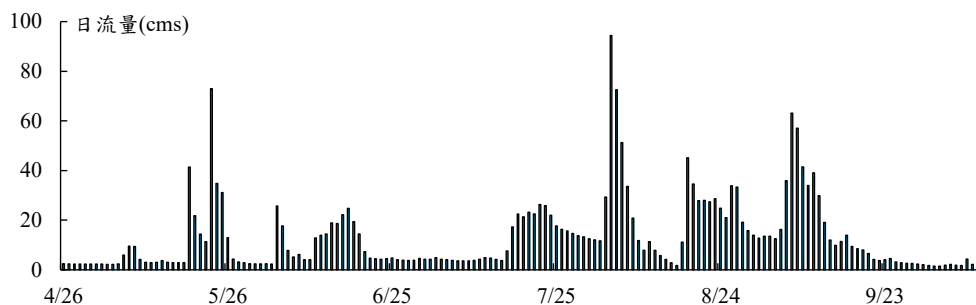


圖 6 義里測站日流量

(三).累積日流量與電導度關係

將前述調查之電導度值與累積日流量進行作圖成果如圖 7 所示，成果顯示日南圳之電導度與累積日流量關係呈現負相關，意即當流量越大則電導度相對較低，而進一步解析不同累積日數之日流量後可發現，電導度與累積 1 日日流量之 R^2 為 0.6624、電導度與累積 2 日日流量之 R^2 為 0.4423、電導度與累積 3 日日流量之 R^2 為 0.2798、電導度與累積 4 日日流量之 R^2 為 0.1709、電導度與累積 5 日日流量之 R^2 為 0.0899、電導度與累積 6 日日流量之 R^2 為 0.0425，顯示電導度應與累積 1 日日流量之關係較大，且為中度負相關，而後累積日數越多之日流量與電導度之關聯性則越低。探討其中原因，應可

推測，假設化工廠排放之污染源水質水量固定且大安溪之水質合乎灌溉水質基準值，則當日流量越大時，可作為稀釋化工廠之水量越多，將其污染累積量藉由逕流量將污染物質稀釋，則呈現電導度下降且趨近於一穩定值。

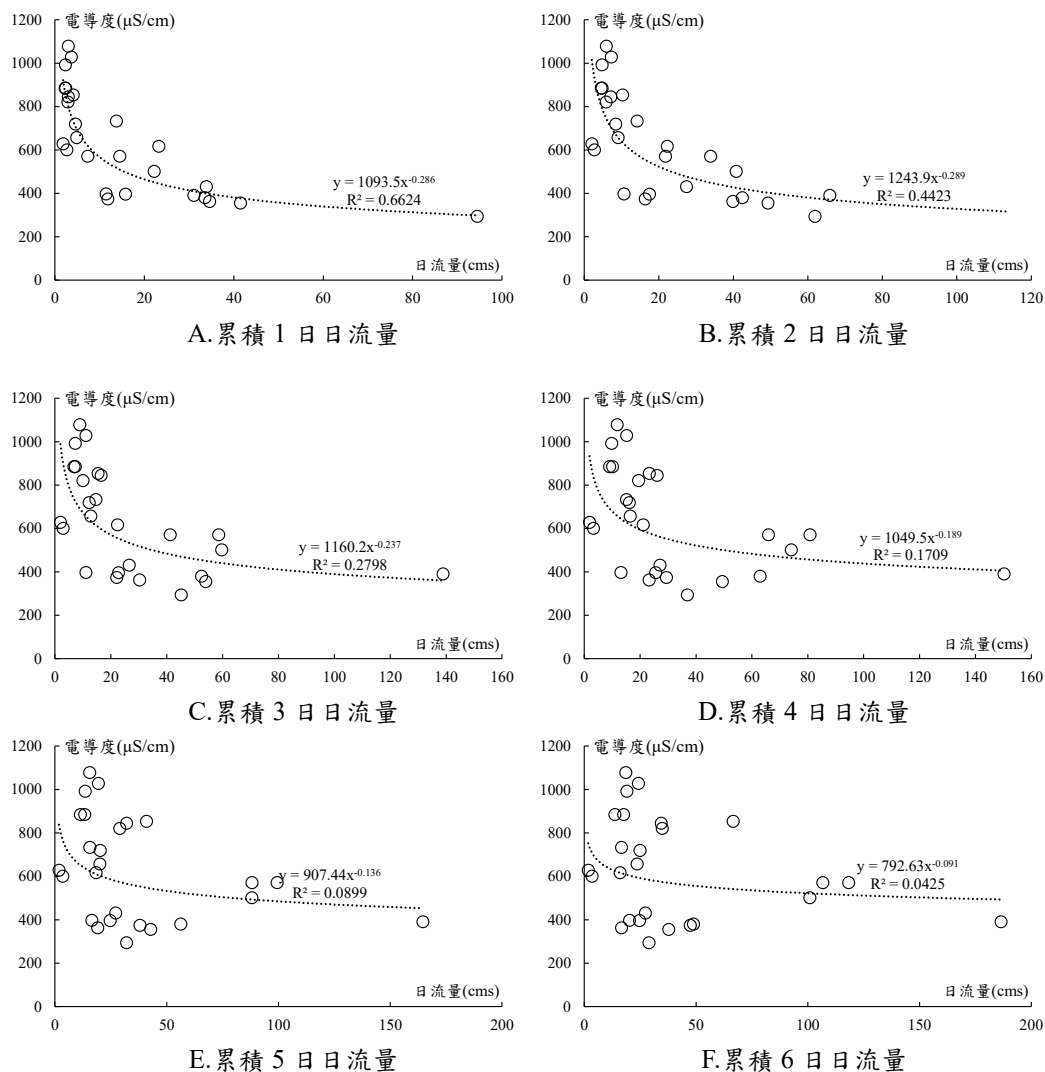


圖 7 累積日流量與電導度關係

四、結論與建議

日南圳灌區受到大安溪水源上游之化工廠排放廢水，導致近年來電導度經常超過灌溉水質基準值 $750\ \mu\text{S/cm}$ 之規範，其次於 2020 年由於灌溉水質電導度過高導致根系滲透壓不平衡造成近 200 公頃之芋頭農地歉收，有鑑於此，本研究於 2023 年 4~10 月期間，針對日南圳取水口處之電導度進行每週 1 次之監測，除了監控電導度數值異常與否之外，另蒐集大安溪日流量資料，採用鄰近上游之水利署流量測站-義里站日資料為主，期望透過大安溪流量多寡來探討電導度超標與否之關係，電導度監測階段之電導度約 $391.3\sim1,078\ \mu\text{S/cm}$ (平均值為 $609\ \mu\text{S/cm}$)，期間合格率为 61.5%，電導度於 4 月底至 6 月上旬其值較大(平均值為 $844\ \mu\text{S/cm}$)，8 月上旬至 9 月中旬則較低(平均值約 $374\ \mu\text{S/cm}$)；此外大安溪日流量約 $0.21\sim94.45\text{cms}$ ，其中枯水期為 4 月底至 6 月上旬(日流量平均約 6.37cms)、高峰期為 8 月上旬至 9 月中旬(日流量平均約 34.62cms)，對照日流量與電導度逐時變化可發現於 2023/8/4 至 8/6 強降雨過後電導度有較明顯下降現象；此外，本研究將電導度監測數據與累積 1~6 日流量進行迴歸分析，成果顯示於累積 1 日日流量條件下，日流量與電導度呈現中度負相關(R^2 約 0.6624)，而累積日數越多之日流量則與電導度之關係越小其 R^2 從累積 2 日之 0.4423 逐漸下降至累積 6 日之 0.0425，透過本研究分析成果獲得河川累積當日日流量與灌溉水體電導度之關聯性為具有相當之關聯；本研究透過日流量進行電導度之關係分析，後續亦建議可將降雨量或累積降雨量等參數納入探討，期望能透過降雨量等較容易取得之參數因子，作為電導度超標與否之評估方式之一。

參考文獻

1. Dennis L. Corwin (2015), "Soil Salinity Measurement, United States Department of Agriculture (USDA)", Riverside. Galifomia, U.S.A.
2. 林浩潭 (2007)，「工廠排放廢水對水稻之危害」，植物保護圖鑑系列 8-水稻保護(上冊)。
3. 財團法人農業工程研究中心，2021，行政院農業委員會農田水利署臺中管理處灌區因應不同水情之供需水量可靠度分析研究，行政院農業委員會農田水利署臺中管理處計畫研究報告。
4. 財團法人農業工程研究中心，2023，「112 年度本處灌區灌溉水質監測調查、潛在污染特性分析及改善對策評估」，農業工程研究中心研究報告。
5. 財團法人農業工程研究中心，2024，「日南圳灌區水質與水量改善工程規劃及可行性評估」，農業工程研究中心研究報告。
6. 經濟部水利署 (2022)，「臺灣水文年報」。

7. 經濟部水利署中區水資源局，2018，「鯉魚潭水庫保留新灌區供水量之替代方案評估大安溪下游河段伏流取水調查研究及規劃」。
8. 農田水利署臺中管理處，自動測報查詢系統，<https://water.iatch.nat.gov.tw/entrance>。
9. 農田水利署臺中管理處，灌溉水質管理業務作業系統，https://www.irrwaterquality.ia.gov.tw/water_2019/。
10. 農業部農田水利署臺中管理處，2023，日南站業務檢查。
11. 臺中市大甲區公所，2023，中華民國 111 年臺中市大甲區統計年報。
12. 環境部，重大點源放流水自動連續監測資訊公開查訊系統，<https://cwmspublic.epa.gov.tw/>。
13. 譚允維、陳豐文、譚義績、卓宇謙、林修德，2024，「應用灌溉水質電導度監測探討區域性水質污染問題-以臺灣中部日南灌區為例」，第二十八屆海峽兩岸水利科技交流研討會。