

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

計畫名稱

都市污水回收再利用之健康風險評估

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：CNEM 9302

執行期間：93年1月1日至93年12月31日

計畫主持人：盧明俊

共同主持人：

計畫參與人員：鄭凱駿

執行單位：嘉南藥理科技大學環境資源管理系

中華民國九十四年二月二十五日

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

都市污水回收再利用之健康風險評估

計畫編號：CNEM9302

執行期限：93年1月1日至93年12月31日

主持人：嘉南藥理科技大學環境資源管理系

一、 中文摘要

由於全球環境及氣候的變遷、水源污染以及台灣的特殊地形等問題，我國面臨水資源短缺的困境，水是重要民生、環境、與經濟資源，因此在此困境下，水再生和再利用是亟需積極思考規劃的。水回收可再利用於景觀澆灌(接觸性及無接觸性造景用水)、農業灌溉(食用及無食用)、地下水注入、營建工程用水、工業用水等等。本文是在安平污水處理廠目前的處理條件下，用安平污水廠的出流水直接用做農業灌溉，並將其放流水水質檢驗結果與農委會公布之農業灌溉用水水質標準做比較，初步探討污水廠放流水用於農業灌溉的適用性，並收集彙整水回收再利用於農業灌溉的風險因子，所要考慮的潛在風險因子可分為二大類，一為由微生物所散播的傳染性疾病，一為化學成分對農作物的影響，其中化學成分經二級處理後大都可達水質標準，為油脂及營養鹽類過高，需進一步處理，而微生物雖經由三級處理及消毒後可大大降低，但仍存在於放流水中，

因此，應用回收水於農作物的灌溉，應對個別成分或參數對農作物或其他蔬菜、土壤及地下水或其他承受水體的影響加以評估，此部份將在日後再做進一步的研究。

關鍵詞：水回收再利用，景觀澆灌，農業灌溉，風險因子

二、 前言

台灣近幾年來飽受缺水之苦，每年一進入夏天，政府便實施節約民生用水及農地休耕的限水政策，甚至新竹科學園區的高科技廠商也購買水來應急，如此的情況每年皆要重複循環一次，但這幾年來政府的政策有了重大的改變，新建的社區需要有雨水及污水分開的收集管線，並在各都會區興建污水下水道和污水處理廠，因此便可以用收集來的雨水和污水做淨化處理，做水資源的再生和再利用。

水回收可再利用於景觀澆灌(接觸性及無接觸性造景用水)、農業灌溉(食用及無食用)、地下水注入、營建工程用水、工業

用水等等〔1〕，而水再生利用所衍生出對人體健康的風險問題，以及對環境衛生的影響程度，都是刻不容緩亟需解決的問題。都市污水處理廠通常設計以符合生化需氧量、總懸浮固體、營養鹽濃度及餘氯的水質標準為目標。本文是在安平污水處理廠目前的處理條件下，用安平污水廠的放流水直接用做農業灌溉，並將其放流水水質檢驗結果與農委會公布之農業灌溉用水水質標準做比較，初步探討污水廠放流水用於農業灌溉的適用性，並收集彙整水回收再利用於農業灌溉的風險因子，日後將更進一步做風險評估，以及在放流之前加入薄膜系統或人工濕地系統，其處理後的放流水是否可符合灌溉用水標準。

三、 台南市安平污水廠的簡介

至民國 110 年為止，台南市共計需興建污水下水道長度為 272 公里及五座污水處理廠，截至目前為止興建完成的污水廠有虎尾寮污水處理廠以及安平污水處理廠，污水收集管線主幹管及分支管約 5.9 公里，其中只有安平污水處理廠正式運作，沿著台南運河設有成功、民生、中正、永華、健康等五個截流站，截集處理排入運河的污水以及整治台南運河水體污染問題，並促進五期市地重劃區之都市發展。

安平污水處理廠位於台南市運河南端出口右岸，健康路南側，服務範圍包括台南市中區、西區、南區及安平區等人口密

集地區，污水收集面積共 1518 公頃，現有居住人口約 39 萬人，占台南市現有總人口之 56%，處理方式採用二級活性污泥法設計，並預留三級處理快濾池用地，作為未來提升處理等級之用，設計容量為平均每日處理污水量 132,000 噸〔2〕。

雖然處理過的污水再生利用的範圍很廣，但目前在台南市的用法大部分為直接排放，少部分用作景觀澆灌以及洗掃街之用，因此希望藉由本研究來探討安平污水處理廠的放流水的水質，是否可直接利用於農業灌溉，以及經由人工溼地或薄膜處理程序後，是否更適合農業灌溉。

四、 水再生利用於農業灌溉的潛在風險因子

水再生利用的主要目標是保障健康及保護環境，並強調污水的處理、放流水的水質、處理系統及技術的可靠性、配水系統及使用地區的管制；在 1918 年時，美國加州首先訂定水再生利用的標準，此標準著重在農業灌溉方面，農業灌溉的範圍有食用作物、苗圃、飼料作物、造林等等；而現今的中國，至少有二百萬公頃的農地是利用未處理或部分處理的都市廢污水用來作農田灌溉〔1〕；所要考慮的潛在風險因子可分為二大類，一為由微生物所散播的傳染性疾病，一為化學成分對農作物的影響，以下就二者來做討論。

1. 微生物

在原廢水中的微生物可分為三大類，分別為病毒、細菌和寄生蟲，其種類和所致疾病如表 1〔1〕：

雖然原廢水中含有多種的微生物，但是在美國並沒有任何由使用回收水造成感染疾病的確定例子，可從「蒙特婁廢水再利用於農業研究計畫」了解，已消毒後的三級出流水用做為食用農作物灌溉，是安全且是民眾可接受的方法，但有疑慮的是，污水中的微生物是否能完全去除，是值得做深入探討的，有研究報告顯示應要對隱鞭孢子蟲及鞭毛蟲加強監測，預防感染之風險〔3〕；另一方面，在開發中國家使用未處理或處理不良的回收水來灌溉食用農作物，是造成胃腸疾病和傳染性疾病的主要來源。

2.化學成分

(1)重金屬—一些重金屬會在環境中累積，並對動植物造成毒性，而且處理後的放流水中的重金屬濃度，將會影響回收水使用上的限制；一般而言，經過二級處理的回收水中的重金屬濃度，通常都在可接受的範圍內，除非工業廢水排入家庭污水的管線中，無法使用一般的二級處理，因此家庭污水下水道的建設是必需的。

(2)營養鹽—氮、磷、鉀是植物生長所必須的元素，過多會導致植物死亡，過少又要添加化學肥料，造成土壤的負荷及對地下水造成污染，因此在回收水中的營養鹽類應適當的控制避免過多或過少。

(3)餘氯—餘氯對許多生物具有毒性，因此必須在排入水體之前加以去除，因為水體中的氯與有機物反應時，會產生許多副產物，如一氯氨、二氯氨、HOCl、OCl、Cl₂ 等等，長期食用這些副產物時會對人體造成傷害。

四、安平污水廠放流水水質與台灣省農田灌溉用水水質標準的比較

表 2 及表 3 分別為「台灣省農田灌溉用水水質標準」和「安平污水廠放流水水質」〔4〕〔5〕，其中水溫、pH、SS 及重金屬皆可符合灌溉用水之要求，油脂有部份超過灌溉用水水質標準，而營養鹽類卻超出甚多，根據研究報告顯示，人工濕地系統對營養鹽類的去除效率約為 40—50%，其結果雖然無法達到灌溉用水水質標準，但營養鹽類為植物所需且能提高作物產量〔6〕〔7〕，因此建議加入人工濕地系統來降低營養鹽類濃度。

五、結論

世界上許多國家對水回收再利用已經有很長的一段歷史，台灣則剛處於起步階段，但針對水質的安全考量卻是一致的，對可接受的健康風險也在持續討論中，著名學者 Takashi Asano 在其著作中也提到應用回收水於農作物的灌溉，應對個別成分或參數對農作物或其他蔬菜、土壤及地下水或其他承受水體的影響加以評估〔1〕，雖然在美國

並沒有任何由使用回收水造成感染疾病的確定例子，但不能因此而下結論說回收水可應用在各個方面，所以建議政府相關單位盡速制定相關法規及相關的建設，並提供研究經費，將可利用的水資源做完善的規劃與運用，解決台灣缺水的問題，使台灣的競爭力向上提升。

本研究後續將繼續針對風險的部分做進一步的探討，利用蒙地卡羅模擬模式，做風險值的計算及不確定性分析，希望能將都市污水回收再利用之風險降至最低，改善台灣地區缺水之窘境。

五、參考文獻

Takashi Asano , "Water Quality Management Library, Volume 10 — Wastewater Reclamation and Reuse", Technomic Publish Co. Inc., 1997.

台南市工務局，台南市安平污水處理廠簡介。

張添晉，林家淇，顏佳慧，"水回收再利用之風險因子與管理對策研究"，第七屆水再生及再利用研討會論文集，第 14-24 頁 (2002)。

行政院農委會，「台灣省農田灌溉用水水質標準」。

台南市工務局，台南市安平污水處理廠放流水水質檢驗結果，2002.02—2003.11。

李得元，荊樹人，林瑩峰，黃獻文，王姿慧，"校園廢污水經人工濕地處理後之再利用及適用性"，第七屆水再生及再利用研討會論文集，第 224-235 頁 (2002)。

吳堅瑜，林瑩峰，荊樹人，李得元，施俊宏，"二行社區人工濕地—全國首座社區污水自然淨化示範實場"，第七屆水再生及再利用研討會論文集，第 214-223 頁 (2002)。

表 1 都市污水可能存在傳染性微生物

致 病 菌	所 致 疾 病
細菌	
大腸桿菌	腸胃炎
退伍軍人菌	退伍軍人症
傷寒桿菌	傷寒
沙門氏菌	沙門氏菌病
志賀氏桿菌	痢疾
霍亂弧菌	霍亂
原蟲類	
腸纖毛蟲	痢疾
隱鞭孢子蟲	隱鞭孢子蟲病
阿米巴原蟲	阿米巴痢疾
鞭毛蟲	鞭毛蟲病
蛔蟲類	
十二指腸鈎蟲	十二指腸鈎蟲病
蛔蟲	蛔蟲病
條蟲	條蟲病
蟯蟲	蟯蟲病
鞭蟲	鞭蟲病
住亞吸蟲	住亞吸蟲病
病毒	
腺病毒	呼吸疾病、眼疾
星形病毒	腸胃炎
杯狀病毒	腸胃炎
冠狀病毒	腸胃炎
腸病毒	腸胃炎、腦脊髓膜炎
A型肝炎病毒	傳染性肝炎
諾瓦克病毒	痢疾、嘔吐、發燒
輪狀病毒	腸胃炎
小病毒	腸胃炎

資料來源：張添晉，林家淇，顏佳慧，”水回收再利用之風險因子與管理對策研究”，第七屆水再生及再利用研討會論文集，第 14-24 頁（2002）。

表 2 台灣農田灌溉用水水質標準

項 目	限 值
水溫	35
氫離子濃度指數 (pH值)	6.0—9.0
電導度 (EC)	750
懸浮固體物 (SS)	100
溶氧量 (DO)	3以上
氯化物 (Cl ⁻)	175
硫酸鹽 (SO ₄ ⁻²)	200
總氮量 (T-N)	3.0
陰離子界面活性劑	5.0
油脂	5.0
鈷 (Co)	0.05
銅 (Cu)	0.2
鉛 (Pb)	0.1
鋰 (Li)	2.5
錳 (Mn)	0.2
汞 (Hg)	0.002
鉬 (Mo)	0.01
鎳 (Ni)	0.2
硒 (Se)	0.02
釩 (V)	0.1
鋅 (Zn)	2.0
鈉吸著率 (SAR)	6.0
殘餘碳酸鈉 (RSC)	2.5
鋁 (Al)	5.0
砷 (As)	0.05
鈹 (Be)	0.1
硼 (B)	0.75
鎘 (Cd)	0.01
鉻 (總) (Cr)	0.1
鐵 (Fe)	5.0

資料來源：行政院農委會，「台灣省農田灌溉用水水質標準」。

表 3 安平污水廠放流水水質

時間	pH	水溫	COD	BOD	大腸桿菌	油脂	銅	SS	鋅	鎳	硝酸鹽氮	氨氮
9102	6.9	25.5	15.8	2.8	<10	7	ND	3.9	0.04	ND	19.5	1.28
9104	7.1	23.8	20	12.6	8.0×10(4)	3.4	ND	4.8	0.19	ND	19.8	0.19
9106	7	29.4	15.8	9.3	<10	4.3	0.05	1.8	0.21	0.17	14.5	0.081
9108	7.3	30.8	17.5	9.6	4.0×10(2)	3.4	ND	5	0.26	0.1	13	0.17
9110	7	29.2	16.4	9.9	--		ND	1.4	0.19	0.06	9.6	0.31
9112	7.1	23.3	12.8	5.4	<10	3.1	ND	2.4	0.12	0.06	1.36	1.22
9202	7	23.2	6	3.5	<1	8.9	0.04	1.2	0.17	0.07	0.63	1.49
9204	7.5	29.6	12	6.3	<10	3.5	ND	3.1	0.12	ND	17.8	0.09
9206	7.3	28.9	25.5	11.8	<10	3.1	1.01	2.6	0.11	0.034	1.07	0.19
9207	6.9	29.6	18.2	8.5	<10	6.5	0.38	3.4	0.14	0.08	12.9	0.08
9209	7.6	30.8	44	20.5	2.1×10(2)	1.1	0.04	4.4	0.12	0.11	13.9	0.41
9211	7.1	28.4	41.8	14.6	5.6×10(2)	1	ND	6.6	0.33	0.07	48	0.72

資料來源：台南市安平污水處理廠放流水水質檢驗結果，2002.02—2003.11