

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

計畫編號：CNEE9507

計畫名稱：利用土壤滲濾系統處理及再利用社區汙水之研究(2/3)

執行期間：95 年 1 月 1 日至 95 年 12 月 31 日

☒ 整合型計畫

☐ 個別型計畫

計畫總主持人：林瑩峰

計畫主持人：

子計畫主持人：林瑩峰



中華民國 95 年 12 月 31 日

摘要

台灣由於未普遍興建污水處理廠，導致許多的生活污水未被妥善處理，並且成了污染自然水體的主要污染源。生態處理系統具有省能源、操作維護簡便、不需額外能源等優點，非常適合缺乏操作與管理經費的鄉村地區。生態處理系統包含人工溼地、土壤滲濾系統、氧化塘等。大甲社區採用土壤滲濾系統進行社區生活污水的處理，設計處理流量為 100 CMD，整個系統包含有厭氧槽(12.3 m×9 m)、土壤滲濾系統(52.5 m ×15 m)，這些處理單元都被裝置於地下。

本年度計畫主要研究目的為大甲土壤滲濾系統入穩定期之後，處理社區污水之效能與社區污水處理後進行再利用之可行性。

前言

台灣地區由於污水處理工程缺乏，家庭污水普遍未經處理或未妥善處理而排放，已形成自然水體的主要污染源。集中式大型污水處理廠可有效解決水污染問題，然而設置及操作成本高，建設期程長；加上近幾年國家財政逐漸困難，因此各鄉鎮市均無法負擔此種公共建設。再者，因為再利用場址與污水處理場之間的距離往往相當長，集中式污水處理系統通常無法有效的進行污水處理後的再利用。相反地，污水的現地處理技術可提高污水再生及再利用的便利性，這幾年來在國際間逐漸受到重視。為此，各級環保單位一直努力推動之各項河川污染整治措施。整治河川的技術很多，包括：污水處理廠(需配合下水道系統)、強化型自然淨水系統(如：截流污染河水以曝氣的方式處理)、另一種就是以完全自然淨水系統(如：人工溼地)直接淨化生活污水以減少河川承受污染物的負荷等。而由於國內河川環境與受到污染的行為有很大的差異，因此應用於污染整治的技術也應該從各種可行的方法中，探討最佳的應用組合，如此才能以最經濟、最有效、最生態的方式，在污染淨化的過程中同時兼顧生態保育、環境復育及全民參與等效益。

台南縣境內之二仁溪、將軍溪等河川因長期受到其流域工業、畜牧、及生活等廢污水的排放，污染程度已經達到戊級水體的地步。然而整治污染河川的主要原則是必須從根源做起，爾後再經由其自淨作用逐步恢復到原來的清淨。工業與

畜牧廢水能夠具體的依據水污染防治法所規定的排放許可，有效的控制接收水體所承受的污染量。但是一般社區污水則因下水道系統的缺乏，持續的成為接收河川的主要污染源之一。台南縣三十一個鄉鎮市中除永康市為都會型，其餘皆為鄉村社區型態，縣政府已規劃未來都市計畫區生活污水以爭取設置公共污水下水道，接至污水處理廠，而都市計畫區外之村里社區則以現地處理系統處理該社區之生活污水。台南縣環保局自 2001 年起即辦理一延續性的計畫案，以評估生活污水自然淨化系統(或稱為生態工程處理系統)作為鄉村型社區現地處理技術的可行性，經評選的可行技術包括人工溼地、土壤滲濾、穩定塘等，其中包括於 2001 年建造完成並操作之二行社區自然淨水系統，以及於 2004 年完工並操作之大甲社區及港尾社區生活污水自然淨化系統。這些生態工程方法具有以下共同的優點：低成本、操作維護簡單、建造容易、無須依賴機械設備及能源電力(Kadlec, and Knight, 1996)。本文主要目的乃探討土壤滲濾系統現地處理及再利用社區生活污水的效益，及增進社區當地生物多樣性的能力。

研究方法

土壤滲濾處理系統

大甲社區位於台南縣仁德鄉二仁溪畔，大甲自然淨水系統的處理流程為：厭氧消化槽→土壤濾床→生態放流池，如圖 1 所示，主要設備與功能如下：

厭氧槽：

厭氧槽為長 12.25m、寬 9m、高 1.5m 之槽體，提供進流污水沈澱及厭氧菌生長之場所，兼具沈澱、調勻、厭氧硝化等功能，使污水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 轉換成 $\text{NO}_3\text{-N}$ ，便於地下滲濾濾床進行好氧生物處理，確保處理水質之功效。

土壤濾床：

土壤濾床為長 82.5m、寬 15m、高 1m，以不透水布與外圍土壤阻隔。土壤濾料以現場土壤為主，再加入生稻殼約 8%、熟稻殼約 8%、雞糞 3.5% 均勻拌合後回填，濾床內共設 3 個處理系統，污水於濾床中滲濾的過程中，土壤中之微生物即為分解污水中的有機污染物，土壤礦物亦可吸附特定物質(如磷酸鹽類等)。

生態放流池：

生態放流池長 3m，寬 2m，深 0.55m，供觀察出流水植與種植水生植物，多餘的排放水再經由此排放至承受水體。

系統操作：

大甲社區自然淨水系統至 2004 年 6 月中旬開始操作，設計處理污水量為 100 CMD，實際每日平均進流社區污水量為 40-60 CMD。社區污水進流方式為利用沉水幫浦抽取社區污水溝渠中的污水，並以時間控制器控制進流時間達到每日的進流量。

水質採樣與分析

每兩星期採樣一次，分別採集各項統的進流與放流水。水樣的各項水質分析，包括總懸浮固體物(TSS)、生化需氧量(BOD₅)、氨氮(NH₃-N)、總磷(TP)、總凱氏氮(TKN)、硝酸氮(NO₃-N)、亞硝酸氮(NO₂-N)、總大腸菌類(total coliform)、氫離子濃度(pH)等，依照 Standard Methods(APHA, 2000)所列的方法進行分析。分析亞硝酸氮、硝酸氮之水樣，均預先以濾膜過濾，分析結果屬溶解態。水中總大腸菌類利用塗抹法以 Chromocult® Coliform Agar(Merk, Germany)在 37°C 下培養 24 小時，觀察鮭魚肉-紅色及深藍-紫色之獨立菌落，結果以 CFU/mL 表示。

處理效能評估

自然淨水系統的水力負荷(hydraulic loading rate)為進、出流平均流量(Q)除以系統面積(A)。系統的水力停留時間(t, nominal hydraulic retention time)以下式估算：

$$t = \frac{Ah\varepsilon}{Q} \quad (1)$$

其中，

A：系統面積, m²

h：系統水深, m

ε：床體空隙率(porosity)。

Q：進流水流量, m³/day

污染負荷(LR，pollution loading rate)，污染物去除速率(REM，pollution removal rate)及污染物去除效率(EFF，percentage of pollution removal efficiency)，則以下列三式計算：

$$LR = qC_i \quad (2)$$

$$REM = q(C_i - C_o) \quad (3)$$

$$EFF = 100 \frac{REM}{LR} = 100 \frac{C_i - C_o}{C_i} \quad (4)$$

其中，

C_i ：進流水污染物濃度

C_o ：出流水污染物濃度

生態調查與多樣指標評估

本研究以香農韋納指數（Shannon - Wiener index, H' ）進行各系統的生物多樣性評估：

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad (5)$$

H' ：多樣性指數

S ：樣品中的種類總數(物種總數)

P_i ：第 i 種的個體數 (n_i) 與總個體數 (N) 的比值 (n_i/N)

結果與討論

表 1 為大甲社區自然淨水系統於 2006 年 1 月至 12 月期間，水質採樣分析所獲得之污染物進出流濃度，以及各項污染物之處理效益評估。TSS 的總平均去除效率為 $15 \pm 56\%$ ，去除速率為 0.33 ± 0.90 kg/day，單位面積去除速率為 0.21 ± 0.58 g/m²/d；BOD₅ 的平均去除效率為 $74 \pm 25\%$ ，去除速率為 2.02 ± 1.09 kg/day，單位

面積去除速率為 $1.31 \pm 0.71 \text{ g/m}^2/\text{d}$ ；TP 的平均去除效率為 $45 \pm 27 \%$ ，去除速率為 $0.10 \pm 0.08 \text{ kg P/day}$ ，單位面積去除速率為 $0.07 \pm 0.05 \text{ g P/m}^2/\text{d}$ ；TN 的平均去除效率為 $52 \pm 37 \%$ ，去除速率為 $0.45 \pm 0.74 \text{ kg N/day}$ ，單位面積去除速率為 $0.29 \pm 0.47 \text{ g N/m}^2/\text{d}$ ；T.C. 的平均去除效率為 $94 \pm 11 \%$ ，去除速率為 $14571 \pm 16735 \text{ kg/day}$ ，單位面積去除速率為 $9426 \pm 10867 \text{ g/m}^2/\text{d}$ 。大甲社區自然淨水系統於本研究採樣期間，部分污染物的操作效能仍較不穩定，如 TSS 在系統操作初期的去除效果較不理想，因此使的系統整體的平均處理效能之標準偏差值偏高，此外，系統的出流水 T.C. 濃度也有相當大的差異性，甚至無法達到國家放流水標準，此種啟動期處理效能不穩定的現象，在系統逐漸進入穩定期之後，已逐漸改善。

由於大甲社區自然淨水系統屬於土壤滲濾處理系統，因此在系統基地的表面可種植各種植栽進行綠化，目前已經種植 25 種以上的各類植物，並且持續增加中，而這些植栽澆灌所需的水源，即來自系統處理過後所收集的淨化水，另外，在收集出流水水槽中，亦種植部分台灣往昔常見的水生植物，例如大安水蓼、光葉水菊、浮萍等植物，除了可供社區民眾認識水生植物之外，這些水生植物在生態放流池中更可進一步淨化水質。

本研究於 2005 年 1 月至 12 月期間進行生態調查之結果顯示，大甲社區自然淨水系統的生物數量大致維持在 60-70 種左右，其中包含中包含鳥綱、魚綱、兩棲綱、爬蟲綱、蛛行綱、昆蟲綱、倍足綱等生物，各項物種經 Shannon - Wiener index 進行估算之結果如表 3 所示。由於大甲社區自然淨水系統屬於土壤滲濾系統，較缺乏如溼地的水域環境，因此除了無底棲昆蟲與魚類之外，在本研究調查期間也幾乎無觀察到爬蟲類，兩棲類可能由系統週遭的稻田遷徙至此，但在 12 月即無任何發現的紀錄。此外，大甲社區自然淨水系統的各物種的歧異度在 1-12 月期間，並無顯著的差異性 ($P > 0.05$)，顯示各物種的數量與種類在 1-12 月間並無明顯的變化。

表 3 為其他類似自然處理系統與大甲壤土壤滲濾系統歧異度的比較，由於土壤滲濾系統的處理單元均位於土壤底下，並無營造面積較大的水環境，因此生物群聚與其他兩個系統比較，歧異度略低於二行與港尾系統。

目前大甲土壤滲濾系統仍持續操作中，除了可持續處理社區所產生之生活污

水，削減排放至河川等水體的污染量，並且由逐漸發展完全之生態環境，如照片 1 所示，可增加更多樣性的生物棲息環境，而達到更多樣性的生物指標。

結論

1. 大甲社區自然淨水系統於 2004 年 7 月至 12 月之間測結果與處理效益評估，TSS 的平均去除效率為 $15\pm 56\%$ ；BOD 的平均去除效率為 $74\pm 25\%$ ；TN 的平均去除效率為 $52\pm 37\%$ ；TP 的平均去除效率為 $45\pm 27\%$ ；T.C.的平均去除效率為 $94\pm 11\%$ 。
2. 大甲社區自然淨水系統生態調查之物種數量為 70 種左右，其中包含中包含鳥綱、兩棲綱、爬蟲綱、蛛行綱、昆蟲綱等生物。

參考文獻

1. Kadlec, R. H., and R. L. Knight. (1996) "Treatment Wetlands." CRC Press, Boca Raton, FL.
2. APHA, (2000) "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater," 17th edition, American Public Health Association, Washington, D. C.
3. 林瑩峰、荊樹人、李得元、張翊峰、余元傑、施凱鐘、張弘昌、李穆生，(2004)，社區水資源再利用與永續經營，第 9 屆水再生及再利用研討會論文集，pp.21-32。
4. United State Environmental Protection Agency, (2000), EPA Manual for Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters, EPA/625/R-99/010
5. IWA Specialist Group on Use of Macrophytes in Water Pollution Control. (2000) "Constructed Wetlands for Pollution Control. Processes, Performance, Design and Operation." IWA Publishing, London, UK.

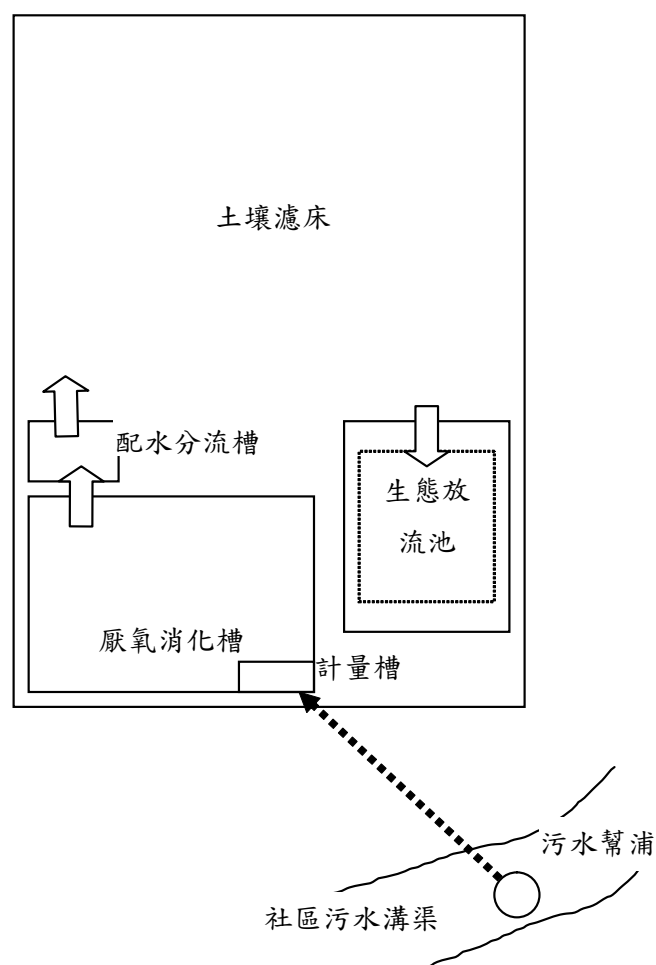


圖 1 大甲社區自然淨水系統配置示意圖

表 1 大甲社區自然淨水系統效益評估總表(2005/1-12)

系統進流量：40~100 CMD					
項目	TSS	BOD	TN	TP	T.C.
進流濃度, mg/L	24±7	40±16	27.9±9.5	3.3±1.1	261599±285858
出流濃度, mg/L	19±12	7±5	13.4±8.4	1.9±1.1	18742±58128
去除效率, %	15±56	74±25	52±37	45±27	94±11
去除速率, kg/day	0.33±0.90	2.02±1.09	0.45±0.74	0.10±0.08	
單位面積 去除速率, g/m ² /d	0.21±0.58	1.31±0.71	0.29±0.47	0.07±0.05	

表 2 不同類別生物之單季生物多樣性指數 (Shannon index)

系統	二行系統				大甲系統				港尾系統			
鳥類	1.97	1.98	1.92	2.21	1.82	2.09	2.15	2.00	1.65	1.71	1.84	2.12
魚類	1.40	1.44	1.39	1.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.41	0.38	0.00
兩棲	0.64	0.86	0.89	0.56	1.05	1.00	1.05	0.00	1.08	1.07	1.07	0.56
爬蟲	1.42	1.22	1.54	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.67	0.95	0.67
蜘蛛	1.27	1.98	2.26	2.30	0.43	0.41	0.58	0.64	0.90	1.48	1.60	1.54
昆蟲	3.09	3.28	3.33	3.02	2.68	2.73	3.11	2.92	2.30	1.88	2.26	2.25

	
大甲場址份狀況(前端)	大甲場址狀況(後端)
	
大甲場址放流池狀況	大甲場址 10 月份狀況(厭氧槽)

照片 1 大甲場址現況照片