

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

農業產業型態社區污水自然處理之研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-2221-E-041-013-
執行期間：95年08月01日至96年07月31日
執行單位：嘉南藥理科技大學環境工程與科學系(所)

計畫主持人：荊樹人
共同主持人：張翊峰
計畫參與人員：共同主持人：張翊峰
 研究生：劉威成



處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

中華民國 96年08月28日

農業產業型態社區污水自然處理之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 95-2211-E-041-013

執行期間：95 年 8 月 1 日至 96 年 7 月 31 日

計畫主持人：荊樹人

共同主持人：張翊峰

計畫參與人員：劉威成

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：嘉南樂理科技大學 環境工程與科學系

中 華 民 國 96 年 7 月 31 日

中文摘要

台灣許多農村社區，在發展農村經濟產業的同時，也正逐漸的產生污染，衝擊社區的自然環境，以台南縣白河鎮蓮潭社區為例，該社區為典型的農村型社區，居民皆以從事農業生產為主要經濟來源，尤其以蓮花產業為主軸，發展出多元的蓮花產業文化。在發展的過程中，因為缺乏有效的整體規畫及政策輔導，使得環境受到衝擊及破壞。其中，蓮花產業製品的蓮藕粉製程中，所排放出的有機廢水，以及社區居民所排放的生活污水，由於並無妥善的處理，已逐步對整個社區的環境造成壓力，成了社區發展急待解決的環保議題。因此，當地社區居民利用申請「獎勵民間綠建築改善示範申請計畫」，在社區的環保公園中，設置了污水自然處理系統，期望能夠改善當地的污水染問題，並利用淨化後的污水進行社區環保公園的綠化，以及營造生物多樣性、多孔性環境，以及複層綠化的生態環境。蓮潭社區污水自然處理系統，總面積約為 200m²，第一個處理單元主要配置為表面下流動型(subsurface flow system, SSF)人工溼地，面積約為 200m²，其後連接一個生態池，景觀生態池的放流水再引流至 20m² 儲水池後，再引流至環繞於社區會議中心的池塘。

由實驗結果發現，社區排水溝的 BOD 濃度在 11 月至隔年 3 月間的濃度最高，最高濃度可達 100 mg/L 左右，該時段為社區製作蓮藕粉的時間，所以社區的排水溝含有高濃度的有機廢水，反觀其他非製作蓮藕粉的其他月份 BOD 濃度均為 10-20mg/L 左右。因此，由本案例之農業型態社區污水濃度變化的特性可知，進行農業社區污水處理的規劃時，除了考慮社區的人口數之外，還需要考慮該社區的產業型態。進流 BOD 與 COD 濃度分別為 27±27 mg/L 與 91±65 mg/L，經溼地處理過後的出流濃度降低分別為 8±6 mg/L 與 55±53 mg/L，氨氮濃度為 16.41±20.59 mg N/L，硝酸氮濃度為 0.99±3.32 mg N/L，亞硝酸氮濃度為 0.57±1.12 mg N/L，總凱氏氮濃度為 33.0±47.9 mg N/L，顯示進流於溼地的氮物種仍以有機氮與氨氮為主，TKN 經過溼地處理過後，濃度降低為 12.1 mg N/L，具有公共衛生指標意義的 Total coliforms 與 *E.coli* 濃度，經溼地處理過後，total coliforms 的濃度降低為 3293±9620 CFU/mL，*E.coli* 為 211±666 CFU/mL，顯示經溼地處理過後的淨化水中，total coliforms 與 *E.coli* 等指標微生物細菌有被削減，然而仍有 *E.coli* 濃度在溼地的出流水被監測出存在，即使在生態池出流的地方，仍監測到 42±136 CFU/mL 的 *E.coli*。本研究溼地處理後的淨化水，除了應用於社區環保公園中池塘水的補充，另外還以地表漫流的方式進行園區內植栽澆灌，該社區的污水再利用方式為污水處理後的淨化水全數再利用，達到零排放，因此估算再利用水量可由處理污水量進行估算，以本系統每日處理污水量約為 10-20CMD 估算，自 2006 年 1 月開始操作至 2007 年 7 月為止，再利用水量大約為 5000m³ 以上，應用的範圍大至以社區的環保公園為主。

關鍵詞：自然處理系統，農業廢水，社區營造，水資源再利用

Abstracts

During the development of rural communities in Taiwan, pollution was produced simultaneously and impacting the natural environment. As an example of Lian-Tang community of Tainan county, most of the economical activities were involved with water-lily production. Because lacking of complete management strategy, organic wastewater generated from water-lily root powder and local municipal wastewater have damaged the environment, which becomes one of the important environmental issues in community development. Therefore, local people has applied a project about "Green Architecture improvement demonstration program" and built a natural wastewater treatment system expecting to solve the water pollution problem. The treated water was also planned to be used for irrigation of the environmental park so as to achieve bio-diversity. The

total area of this natural treatment system is a 200 m² subsurface flow wetland (SSF). The treated water is conducted to a pond and the effluent is flowing to a restoration pond, than pump to a pond surrounding the community meeting room.

This research results show that wastewater contained high BOD concentration in Lian-Tang community ditches in November this year to March following year, maximum BOD concentration was achieving about 100 mg/L. This period local people at Lian-Tang community producing water-lily root powder, so that organic wastewater discharged to community ditches. In other months local municipal wastewater show that low BOD concentration in community ditches. Therefore, this case shows that plain a sewage plant in the rural communities besides consider numbers of people in the community, need to consider the industry type.

This research wetland influent BOD and COD concentration were 27±27 mg/L and 91±65 mg/L, wetland effluent concentration were 8±6 mg/L and 55±53 mg/L. Influent Nitrogen concentration : NH₄-N was 16.41±20.59 mg N/L, NO₃-N was 0.99±3.32 mg N/L, NO₂-N was 0.57±1.12 mg N/L, TKN was 33.0±47.9 mg N/L, and show that organic nitrogen was main nitrogen species in the wetland influent municipal wastewater. The wetland can reduced TKN nitrogen to 12.1 mg N/L. The wetland influent water contained Total coliforms and *E.coli* were 293±9620 CFU/mL and 211±666 CFU/mL, so that wetland effluent water only irrigated trees and flower in the park by flood irrigation method. The amount of reclamation water from wetland was about 5000 m³ from January 2006 to July 2007.

Keywords: natural treatment system, agricultural wastewater, community reform, reuse of water resource

一、前言

台灣許多農村社區，在發展農村經濟產業的同時，也正逐漸的產生污染，衝擊社區的自然環境。其中，社區生活污水由於缺乏完善的下水道系統，以及污水處理設施，這些污水除了在社區中造成污染，對於社區居民造成環境壓力，另外污水未經處理就直接排放於河川中，將造成河川的污染。

以蓮潭社區為例，該社區位於台南縣白河鎮的北端，北臨八掌溪與嘉義縣水上鄉相望，是典型的鄉村型社區，人口數為 1,200 人，在綠色平原中夾雜數條小丘，居民皆以從事農業生產為主要經濟來源，尤其以蓮花產業為主軸，發展出多元的蓮花產業文化。在發展的過程中，因為缺乏有效的整體規畫及政策輔導，使得環境受到空前的衝擊及破壞。例如，化學肥料的大量使用，產業廢水的大量排放，大量遊客湧進的汽機車廢氣排放，停車場不透水鋪面的大量增加等等，在在都影響著自然生態的平衡發展。其中，蓮花產業製品的蓮藕粉製程中，所排放出的有機廢水，以及社區居民所排放的生活污水，由於並無妥善的處理，已逐步對整個社區的環境造成壓力，成了社區發展急待解決的環保議題。因此，當地社區居民利用申請「獎勵民間綠建築改善示範申請計畫」，在社區的環保公園中，設置了污水自然處理系統，期望能夠改善當地的污水染問題，並利用淨化後的污水進行社區環保公園的綠化，以及營造生物多樣性、多孔性環境，以及複層綠化的生態環境。

二、研究目的

有鑒於人工溼地系統操控參數的建立需長期持續的數據，因此本計畫提出將長期的採樣與分析，以有計畫的方式完整探討農業型態社區污水自然處理系統之研究，進而降低接收水體成受污染物的負荷，並且營造生物多樣性環境。並利用本研究計畫進一步釐清各個系統的功能，建立農業型態社區人工溼地於社區污水作為二級處理設施之操作與控制模式。

因此本計畫的主要研究目的包括：(1)進行實場級人工溼地系統的操作與水質分析工作，作為未來進行各種估算的依據；(2)利用一整年所累積的所有數據，利用統計學的方式回歸分析，以歸納出系統操控數學模式，並配合本團隊原有之其他不同社區型態的人工溼地系統操控參數，加以比較；(3)經由採樣與分析之結果，評估溼地淨化水水質狀況，以便未來再利用應用範圍的評估依據；(4)由實際的淨化水再生量，評估以人工溼地進行水回收之經濟效益，再由溼地各操控參數分析其與經濟效益間的關係，作為未來規劃溼地時預測經濟效益的依據。

三、文獻探討

國外有許多鄉村型社區，由於受限於社區人口數稀少、缺乏經費等問題，無法興建傳統的污水處理場，而選擇操作維護成本都較為低廉的自然處理系統，以現地(on site)方式處理社區污水。

在美國的俄亥俄州，就有 21 個小型人工溼地應用之案例，這些案例中不乏小型社區，甚至是獨門獨戶型的人工溼地，這些案例的社區生活污水，從 1994 至 2001 年所收集的數據中顯示，經人工溼地處理之後，其出流水均能經常性的符合美國環保署的規範，如 BOD 濃度約有 89% 可低於 30 mg/L，TSS 濃度約有 79% 可低於 30mg/L，糞便性大腸菌約有 89% 可低於 1000 counts/100 mL【1】。

在歐洲地區，有更多人工溼地應用於處理小型社區生活污水的案例，例如斯洛維尼亞政府因考量人工溼地具有低科技、建設成本低廉等優點，因此選擇人工溼地系統處理小型社區之生活污水，這些人工溼地大都以水平流與垂直流式的蘆葦床(reed bed)串聯組成，而生活污水經過處理之後，化學需氧量的去除率可達 94%，有機氮的去除率 84%，氨氮的去除率為 97%，總磷的去除率 97%，平常的操作維護僅需採收植物，相當簡便【2】。位於奧地利的 Horbach 村並無污水處理系統，若要將污水連接至該地區的中央污水處理廠也需要耗費相當大的成本，因此維也納農業科學大學的 IWGA 團隊於 1995 年春季，在 Horbach 村建立一二級處理的人工溼地系統，並於 1995 年 8 月開始操作，並且其水質經處理後，須符合以下的管制標準：BOD₅ 濃度需達 25 mg/L 以下，COD 濃度為 90mg/L 以下，TSS 濃度為 30mg/L 以下，NH₄-N 濃度為 10mg/L 以下。另外，IWGA 團隊希望能夠利用 Horbach 人工溼地系統的操作參數，作為 Horbach 村鄰近地區其他村莊的建立人工溼地時的參考依據【3】。

除了上述的應用於小型社區所建的人工溼地系統，還有一部分的小型社區除了一般的生活污水之外，可能還混合有部分社區中產業活動所產生的廢水，例如歐洲丹麥 Aalborg 郡的 Uggerhalne 村為一小村莊，村中有一些小型的工業，例如瓦斯儲槽等，而這些小型工業的廢污水亦排放至村中的污水下水道系統，為了能妥善處理該社區的生活污水及產業廢水，於是建築了一面積為 2640m² 的人工溼地系統，其處理效益 COD 平均可獲得 78% 的去除率，BOD 平均去除率為 93%，TSS 去除率為 90%，TN 去除率為 42%，NH₄-N 為 39%，TP 為 38%【3】；另一案例為英國 Warwick 郡的 Lighthorne Health 村，該社區有一座傳統汽車工業的遊客中心，每到假日時期，經常會有大量的遊客前往參觀，因此該社區除了生活污水之外，還有觀光產業的遊客活動所產生的廢水，此外，Lighthorne Health 村恰好位於 Tach Brook 水源保護區內，因此廢污水的處理格外重要，Lighthorne Health 村人工溼地系統主要由 5 座水平流動式的 reed bed 型溼地組成，其中 2 座主要為處理降雨逕流污水，這兩座溼地的設計處理人口量為 1400 人（Lighthorne Health 村實際人口為 1154 人），總面積為 642 平方公尺，其污水處理效益 BOD₅

的去除率平均可達 76%以上，TSS 去除率可達 80%以上，NH₄-N 平均有 50%以上的去除率，TON 的平均去除率為 35%以上【3】。

目前國內人工溼地的應用案例也相當多，其中社區型人工溼地系統的應用案例，如台南縣目前已經正在操作的兩座自然淨水系統【4,5】、計畫申請者與所屬研究團隊於 2000 年規劃設計之台南縣二行社區自然淨水系統【6-12】，以及台南市灣裡社區人工溼地示範園區等【13】，這些社區型自然處理系統或人工溼地興建的原因，通常是缺乏完整的下水道系統或污水處理場，與上述的國外人工溼地的案例十分相似，此外國內社區型人工溼地的另一特點，就是淨化後的污水經常都會被回收再利用，以二行社區為例，二行社區溼地生態淨水系統於 2001 年開始操作，操作初期以人工溼地系統處理二行社區的部分生活污水，並且將處理過後的淨化水進一步再用於溼地旁的椰子林以及園區內的花草澆灌。於 2003 年在人工溼地系統的前端增加水生植物塘處理單元以增加污水處理量，並另外設置花園與水生植物復育區擴大澆灌再利用範圍，使整個園區內的淨化水完全再利用，並且達到污水處理零排放；自此建立了一個完整的「二行自然淨水及再利用示範園區」。由於二行社區生活污水淨化園區的建立與社區民眾的全心投入，使原本位於二仁溪與三爺宮溪畔的高污染社區印象，改變成為全國環保示範社區之一【13】。

四、實驗方法

蓮潭社區環保公園生態園區：

本研究場址位於台南縣白河鎮蓮潭社區環保公園內，人工溼地系統總面積約為 200 m²，位於蓮潭社區環保公園內，由表面下流動式(subsurface flow system, SSF)溼地、景觀生態池及蓄水池所組成。

(1)SSF 溼地：

SSF 溼地系統設置面積為 200 m²，平均水深約為 1.0 m，種植香蒲，主要是利用 SSF 溼地之礫石床所形成之高密度植生群落，發揮溼地介質過濾功能，並增強污染物的穩定化，以有效去除懸浮固體及有機物，另外，因為礫石的遮蔽作用可使前面高負荷階段避免臭味形成及孳生。

(3)景觀生態池：

面積約為 500 m²，設置具有水深變化的溼地生態池，使形成周圍淺灘區及內圍深水區，淺灘區種植挺水性水生植物，水深區種植著根浮葉植物，深水區形成開放水域供魚類活動，並於適當地點設置浮島供陸生動物棲息，使形成生物多樣性的濕地生態，並藉由延長的停留時間進一步削減污染物。

(4)蓄水池：

蓄水池的面積為 20 m²，用以儲存淨化水，蓄水池內多餘的淨化水則排放至社區會議中心的環繞水道，或是用於園區內的植栽澆灌。

人工溼地系統之操作

本系統自 2006 年 1 月開始操作，於社區環保公園附近的排水溝設置一沉水泵，然成這作排水溝渠位於許多的農田旁，附近的農田灌溉均利用排水溝的水源作為澆灌來源，本計畫場址所設置的沉水泵位於排水溝的下游處，經常面臨無水可抽的窘境，因此操作方法必須視排水溝的水位而定，目前以 timer 配合人工控制抽水，以每日抽取污水量約為 10-20 CMD 為目標。

採樣與分析

水質採樣為每兩星期採樣一次，採樣點分別如圖 1 所示。水樣的各項水質分析，包括化學

需氧量(COD)、生化需氧量(BOD₅)、氨氮(NH₃-N)、正磷酸鹽(PO₄-P)、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)與大腸桿菌(*E. coli*)、葉綠素a、溶氧(DO)、氧化還原電位(ORP)、氫離子濃度(pH)、溫度、濁度、電導度(Conductivity)等，依照Standard Methods(APHA, 1989)所列的方法進行分析。分析生化需氧量、化學需氧量、氨氮、亞硝酸氮、硝酸氮及正磷酸鹽之水樣，均預先以濾膜過濾，分析結果屬溶解態。水中總大腸菌類與大腸桿菌利用塗抹法以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。

五、結果與討論

蓮潭社區人工溼地的處理效能與水再利用

自2006年7月至2007年7月全年度的BOD水質變化如圖2所示，社區排水溝的生活污水在2006年7月至11月間，各項污染物濃度值並不高，為低有機物但含有部份氮、磷營養鹽物質的水體，並且含有*E.Coli*等公共衛生指標性細菌，若直接將這些生活污水進行再利用，恐有公共衛生之虞，因此將這些生活污水經過人工溼地處理過後，較適合進行水的再利用，然而到了2006年11月至2007年3月間，BOD的濃度逐漸升高至100 mg/L以上，至2007年3月後又降低為10-20 mg/L，在2006年11月至2007年3月這段時間內BOD濃度升高的原因，與蓮潭社區以蓮花農業為產業型態有莫大的關係，蓮潭社區主要以蓮花產業為社區的主要經濟活動，蓮花在夏季盛開時，蓮潭社區的主要經濟活動為觀光，以及蓮子的採集，冬季蓮花凋謝之後，部分的蓮花田開始整地，並且摘除蓮藕，主要經濟活動為蓮藕的加工，因此在每年11月至隔年3月間，正值蓮潭社區製作蓮藕粉的時期，製作蓮藕粉時大量含有高濃度有機物的廢水被排入社區的排水溝中，BOD濃度也隨著升高。因此，由本案例之農業型態社區污水濃度變化的特性可知，進行農業社區污水處理的規劃時，除了考慮社區的人口數之外，還需要考慮該社區的產業型態。

其他全年度各項污染物的採樣結果如表1所示，其中，SS進流的濃度為25±21 mg/L，於經SSF溼地處理過後，濃度為29±16 mg/L，SS濃度在SSF溼地中並無明顯的去除，濁度也有類似的表現，這些SS濃度在社區排水溝中就已經非常低，因此在溼地中的去除並不明顯，這些經溼地處理過後的淨化水，到了生態池出流時，濃度反而升高至47±51 mg/L，濁度也同樣提高了，進一步檢視生態池出流的葉綠素a濃度，則可以發現其濃度高於溼地的出流水，甚至高於進流濃度，顯示生態池的水體中衍生了懸浮性藻類，進而貢獻了SS濃度與濁度。進流BOD與COD濃度分別為27±27 mg/L與91±65 mg/L，經溼地處理過後的出流濃度降低分別為8±6 mg/L與55±53 mg/L，進一步解析BOD/COD之比值，從進流至溼地出流分別為0.30、0.20、0.15，其比值均小於0.5，並且逐漸降低，顯示從進流至溼地出流，微生物可分解的有機物逐漸被去除。

檢視進流於溼地的各型態之氮濃度，氨氮濃度為16.41±20.59 mg N/L，硝酸氮濃度為0.99±3.32 mg N/L，亞硝酸氮濃度為0.57±1.12 mg N/L，總凱氏氮濃度為33.0±47.9 mg N/L，顯示進流於溼地的氮物種仍以有機氮與氨氮為主，至溼地出流之後，氨氮與總凱氏氮的濃度雖然逐漸降低了(表1)，但是由溼地進出流的TKN濃度變化顯示，TKN在溼地中被去除20.9 mg N/L，NH₄-N在溼地中被去除17.73 mg N/L，在其他硝酸氮與亞硝酸氮濃度均無明顯變化的狀況下，顯示TKN的去除量中，大部分都是NH₄-N被去除，將TKN的去除量扣除NH₄-N的去除量，所得的即為有機氮的去除量，約為3.17 mg N/L，由此可推論本研究場址的氮去除仍以氨氮為主，有機氮的去除較不明顯，可能原因為SSF溼地較無法貢獻氧化態的環境進行硝化作用。進流總磷濃度為3.7±4.8 mg P/L，至溼地出降低為2.0±1.5 mg P/L。

具有公共衛生指標意義的Total coliforms與*E.coli*濃度，在社區的污水溝渠中，濃度分別為12114±30051 CFU/mL與1239±2693 CFU/mL，經溼地處理過後，total coliforms的濃度降低為3293±9620 CFU/mL，*E.coli*為211±666 CFU/mL，顯示經溼地處理過後的淨化水中，total coliforms

與*E.coli*等指標微生物細菌有被削減，然而仍有*E.coli*濃度在溼地的出流水被監測出存在，即使在生態池出流的地方，仍監測到 42 ± 136 CFU/mL的*E.coli*，這些*E.coli*的存在對於水的再利用應用範圍產生了限制，為了減少公共衛生的風險，目前社區再利用水的來源並不是直接從生態池的出流端取用，而是將生態池的出流水再引進環繞於社區會議中心的池塘(如圖1所示)，之後再將水以沉水泵抽水飲用到需要澆灌的地區，並且澆灌方式以地表漫流式為主，避免利用噴灑的方式澆灌。綜何以上的各項污染物數據，出流水的有機物濃度低，但仍含有部份的氮磷營養鹽物質，這些氮磷營養物質以物質回收的觀點視之，較適合應用於植栽的澆灌，可減少肥料的使用，但應用於水域環境景觀營造，可能會衍生藻類而較無法呈現澄清的水體，但仍適合營造多樣性的水生植物的池塘等水域。本計畫溼地的處理效能如表2所示。

本研究溼地處理後的淨化水，除了應用於社區環保公園中池塘水的補充，另外還以地表漫流的方式進行園區內植栽澆灌，並且利用處理過後的淨化水營造出複層綠化區、水岸植物區，並利用植栽形成天然圍籬，提供一個多孔隙的環境讓生物可以生長。目前蓮潭社區環保公園內仍持續應用溼地處理過後的淨化水，原先裝置於估算再利用水量的水錶因經常故障而無法使用，並且該社區的污水再利用方式為污水處理後的淨化水全數再利用，達到零排放，因此估算再利用水量可由處理污水量進行估算，以本系統每日處理污水量約為10-20CMD估算，自2006年1月開始操作至2007年7月為止，再利用水量大約為 5000m^3 以上，應用的範圍大至以社區的環保公園為主，再利用水的應用於植栽的澆灌，符合表3所列之再利用應用範圍。

蓮潭社區人工溼地的regression equations的建立

許多文獻報導均認為溼地中的污染物去除可用柱塞流反應器的一次去除模式(first-order removal model for plug flow reactor)來描述：

$$\frac{C_o}{C_i} = \exp(-K_T t)$$

其中，

K_T = 去除速率常數， d^{-1}

C_i = 進流水污染物濃度

C_o = 出流水污染物濃度

表4為利用上式初步估算出蓮潭社區人工溼地的去除速率常數值 K_T 。這些數值為初步的實驗估算值，本計畫溼地仍持續採樣中，期望可以獲得更完整的數據以建立更完整的regression equations。

六、結論與建議

1. SS進流的濃度為 25 ± 21 mg/L，於經SSF溼地處理過後，濃度為 29 ± 16 mg/L，SS濃度在SSF溼地中並無明顯的去除，原因為進流SS濃度偏低。
2. 2006年11月至2007年3月間，蓮潭社區排水溝BOD濃度逐漸升高至100 mg/L以上。
3. 每年11月至隔年3月間，正值蓮潭社區製作蓮藕粉的時期，製作蓮藕粉時大量含有高濃度有機物的廢水被排入社區的排水溝中，BOD濃度也隨著升高。
4. 整年平均的BOD與COD進流濃度分別為 27 ± 27 mg/L與 91 ± 65 mg/L，經溼地處理過後的出流濃度降低分別為 8 ± 6 mg/L與 55 ± 53 mg/L。
5. 進流於溼地的氮物種仍以有機氮與氨氮為主，至溼地出流之後，氨氮與總凱氏氮的濃度降低為 2.68 ± 3.97 mg N/L與 12.1 ± 15.3 mg N/L。
6. 進流總磷濃度為 3.7 ± 4.8 mg P/L，至溼地出降低為 2.0 ± 1.5 mg P/L。
7. 經溼地處理過後，total coliforms的濃度降低為 3293 ± 9620 CFU/mL，*E.coli*為 211 ± 666

CFU/mL，顯示經溼地處理過後的淨化水中仍有 *E.coli* 濃度在溼地的出流水被監測出存在，對於水的再利用應用範圍應限制於公園內植栽的漫地流式澆灌。

8. 以本系統每日處理污水量約為 10-20CMD 估算，再本系統零排放的操作下，自 2006 年 1 月開始操作至 2007 年 7 月為止，再利用水量大約為 5000m³ 以上。

七、計畫成果自評

本研究計畫的執行，共達到以下成果：

1. 獲得國內關於「農業產業型態社區污水自然處理」以及「生態休閒園區的生態淨水與再利用技術」之相關參數資料，此部分資料在國內較為缺乏，並且相關應用案例較少。
2. 完成「生態休閒園區的生態淨水與再利用技術」之開發與研究，目前本技術可立即應用於其他類似產業或相關單位。
3. 協助與訓練一碩士班研究生於進行碩士論文研究，置計畫截止日之後仍持續進行研究。
4. 相關數據統合後，於 2006 年環工年會之 31 屆廢水處理技術研討會，投稿一海報發表之研討會論文，題目為：休閒生態園區的自然淨水系統與水資源再利用。
5. 為蓮潭社區環保公園人工溼地系統提供相關技術諮詢，並且進行水質採樣分析，以提供社區民眾進行人工溼地操作維護之參考。

八、參考文獻

1. [Steer, D., Fraser, L., Boddy, J., Seibert, B.](#), 2002, Efficiency of small constructed wetlands for subsurface treatment of single-family domestic effluent. Volume 18, Issue 4, Pages 429-440.
2. [Urbanc-Bercic, O., Bulc, T.](#), 1995, Integrated constructed wetland for small communities. Volume 32, Issue 3, Pages 41-47.
3. 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.
4. 顏振標、陳幸芬、林瑩峰、荊樹人、李得元、張翊峰、陳泓璋、施凱鐘，2005，台南縣鄉村型社區以自然處理系統處理污水與再利用之經驗，2005 台灣環境資源永續發展研討會，宜蘭。
5. 李穆生、陳幸芬、林瑩峰、荊樹人、李得元、張翊峰、施凱鐘、陳泓璋、陳佳宜，2005，以生態工程處理及再利用鄉村型社區污水之台南縣經驗，國際生態工程及水利技術研討會，pp.331~344，台北。
6. 吳堅瑜、荊樹人、林瑩峰、李得元、游程凱、宋金樹、張天化，2003，以實場人工溼地系統直接處理社區污水效能之研究，第二十八屆廢水處理技術研討會，pp.1-116，台中。
7. 荊樹人、林瑩峰、李得元、施凱鐘、陳欽昭、張荊珣、劉志堅，2003，台南市灣裡人工溼地啟動期水質淨化效能與再利用評估，第八屆水再生及再利用研討會，pp.61-66，台中。
8. 游程凱、荊樹人、李得元、張翊峰、樓仲軒、張弘昌，2004，台南縣二行社區自然淨水系統處理社區污水營養鹽之探討，第二十九屆廢水處理技術研討會，pp.1-85，台南。
9. 游程凱、荊樹人、李得元、張翊峰、樓仲軒、張弘昌，2004，台南縣二行社區自然淨水系統處理社區污水營養鹽之探討，第二十九屆廢水處理技術研討會，pp.1-85，台南，計畫編號：NSC 92-2211-E-041-004。
10. 游程凱、荊樹人、張翊峰、蘇璿煜、林平傑、張弘昌，2004 台南縣二行社區自然淨水系統處理社區污水有機物之探討，第二十九屆廢水處理技術研討會，pp.1-52，台南，計畫編號：NSC 92-2211-E-041-004。
11. 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，第九屆水再生及再利用研討會，pp.21，中壢，計畫編號：NSC 91-2211-E-041-003。
12. Jing, S.R., Lin, Y. F., Lee, D.Y. (2004) The enhancement of municipal wastewater treatment by combining treatment pond and constructed wetlands. Oral Presentation on the 7th INTECOL International Wetland Conference, Utrecht, the Netherlands.

13. 荊樹人、林瑩峰、李得元、施凱鐘、陳欽昭、張莉珣、劉志堅，2003，台南市灣裡人工溼地啟動期水質淨化效能與再利用評估，第八屆水再生及再利用研討會，pp.61-66，台中。

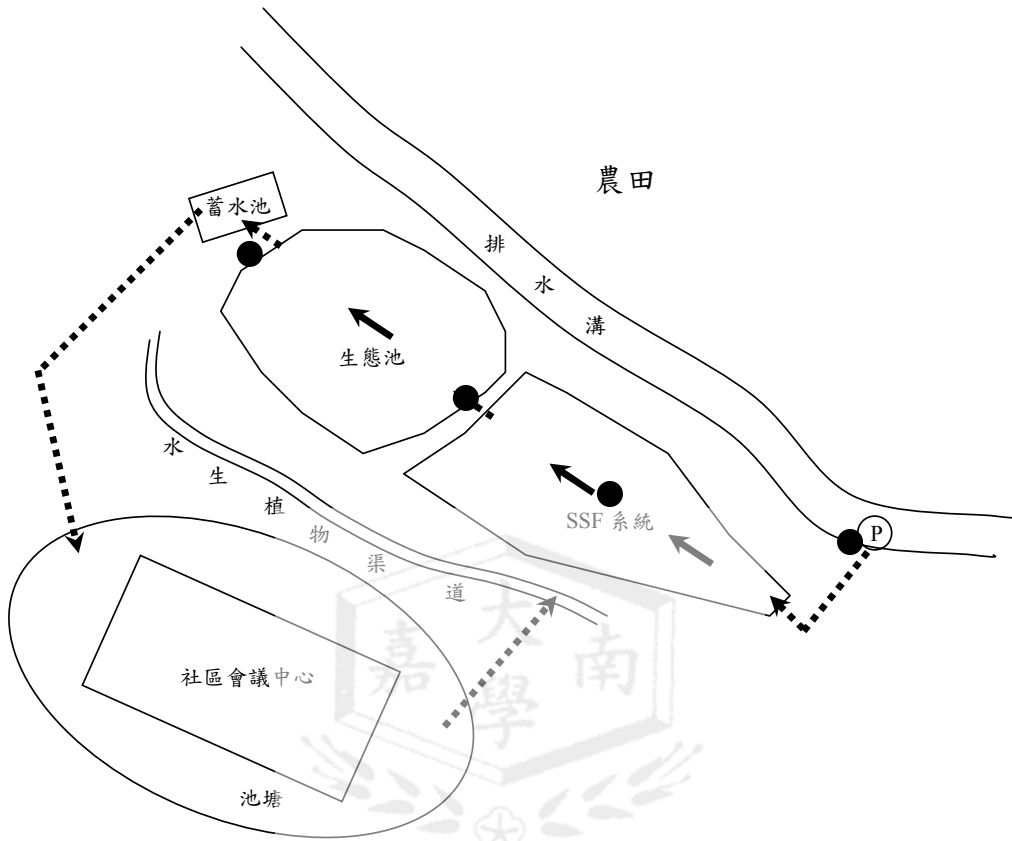


圖 1 蓮潭社區人工溼地配置圖與水樣採集點圖

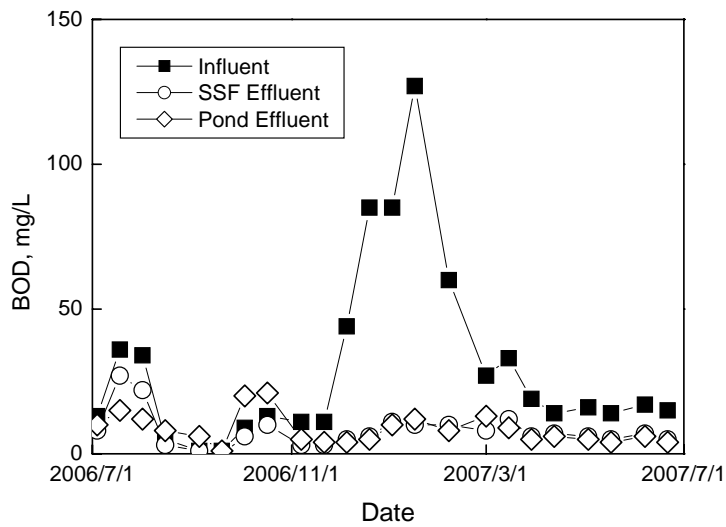


圖 2 蓮潭社區人工溼地 BOD 濃度變化圖

表 1 蓮潭社區環保公園生態園區人工溼地系統水質表現
(2006 年 7 月-2007 年 7 月)

Parameter	Sampling site				
	Influent	SSF	Effluent	Pond	N
pH	7.5±0.4	7.4±0.3	7.8±0.4	8.2±0.6	33
DO, mg/L	2.2±1.7	1.4±0.7	4.4±2.7	5.3±3.5	33
SS, mg/L	25±21	22±23	29±16	47±51	33
導電度, $\mu\text{s/cm}$	942±324	821±391	694±287	673±287	33
濁度, NTU	26±31	26±41	27±20	42±43	33
ORP, mv	104±131	59±44	88±113	101±92	33
COD, mg/L	91±65	61±68	55±53	64±44	33
BOD, mg/L	27±27	12±9	8±6	10±6	33
NH ₄ -N, mg N/L	16.41±20.59	10.79±18.88	2.68±3.97	1.30±2.29	30
NO ₃ -N, mg N/L	0.99±3.32	0.52±0.73	0.34±0.58	0.47±1.37	33
NO ₂ -N, mg N/L	0.57±1.12	0.43±1.17	0.19±0.34	0.10±0.22	33
TKN, mg N/L	33.0±47.9	25.6±43.8	12.1±15.3	10.7±9.9	30
PO ₄ -P, mg N/L	1.33±1.22	0.95±1.00	0.34±0.52	0.17±0.33	33
TP, mg P/L	3.7±4.8	3.2±4.2	2.0±1.5	1.6±1.0	33
Total coliforms (CFU/mL)	12114 ±30051	13732 ±46016	3293 ±9620	1958 ±3291	33
<i>E. Coli</i> (CFU/mL)	1239±2693	1274±5438	211±666	42±136	33
葉綠素 a, mg/m ³	18.7±16.3	9.0±13.0	39.0±38.6	74.9±84.1	33

表 2 蓮潭社區環保公園生態園區人工溼地系統污染物去除表現

	SS	BOD	COD	TN	TP
去除效率, %	-16	70	40	63	46
去除效率量, g/day	-	285	540	313.5	25.5
單位面積去除量, g/m ² /day	-	1.425	2.7	1.57	0.128

表 3 水再利用的途徑之水質標準建議

項目	農業灌溉	澆灌沖洗	都市非飲用、建築物中水道系統	景觀與環境用水
電導度	750	750	750	750
pH	6-9	6-9	6-9	6-9
懸浮固體	100	30	-	-
濁度	-	-	5	2
化學需氧量 COD	-	100	-	-
生化需氧量 BOD	-	-	10	10
總氮	3	-	-	-
鈉吸收率(SAR)	6.0	6.0	-	-
大腸桿菌 E. coli	-	200	不能檢出	不能檢出
藍氏飽和指數(LSI)	-	-	0	0

料來源：國立台灣科技大學，公共污水下水道污水處理廠放流水再利用規劃之研究報告，內政部營建署，民國 93 年。

表 4 蓮潭社區環保公園生態園區人工溼地系統污染物去除速率常數

	SS	BOD	COD	TN	TP
K_T, d^{-1}	-	0.203	0.084	0.167	0.193

可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：__年__月__日

國科會補助計畫	計畫名稱：農業產業型態社區污水自然處理之研究 計畫主持人：荊樹人 計畫編號：NSC 95-2211-E-041-013 學門領域：環境工程
技術/創作名稱	農業產業型態社區的污水自然處理技術
發明人/創作人	荊樹人、林瑩峰、李得元
技術說明	中文： 台灣許多農村社區，在發展農村經濟產業的同時，也正逐漸的產生污染，衝擊社區的自然環境，以台南縣白河鎮蓮潭社區為例，該社區以蓮花產業為主軸，蓮花產業製品的蓮藕粉製程中，所排放出的有機廢水，以及社區居民所排放的生活污水，由於並無妥善的處理，對整個社區的環境造成壓力，本技術的開發，除了可解決部分社區產生的污水，並且可再利用處理過後的淨化水營造生態園區，供社區發展觀光與休憩。
	英文： During the development of rural communities in Taiwan, pollution was produced simultaneously and impacting the natural environment. As an example of Lian-Tang community of Tainan county, most of the economical activities were involved with water-lily production. Because lacking of complete management strategy, organic wastewater generated from water-lily root powder and local municipal wastewater have damaged the environment, which becomes one of the important environmental issues in community development. For development this nature treat technique, can be treat part local municipal wastewater in the rural communities, and reuse reclamation water from wetland to build ecological park for communities development tourism.
可利用之產業及可開發之產品	社區發展、污水處理設施、生態工程業
技術特點	無須消耗太多能源，操作簡便，維護費用低廉，並且可營造出自然生態環境，提供休憩場所。
推廣及運用的價值	農業產業型態的社區由於聚落分散，無法有效的進行廢污水管理，尤其當社區產業發展時產生的廢污水，若無有效的管理，對於該社區發展觀光產業可能造成影響，本技術提供建造簡便、節省能源，並且可營造出自然生態環境，提供休憩場所的污水處理技術，可立即應用於發展觀光的農業社區，營造社區特色。

※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

- ※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。
- ※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。

