

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

計畫編號：CNEM9505

計畫名稱：利用生態處理技術進行污染性河川整治之研究(2/3)

執行期間：95年1月1日至95年12月31日

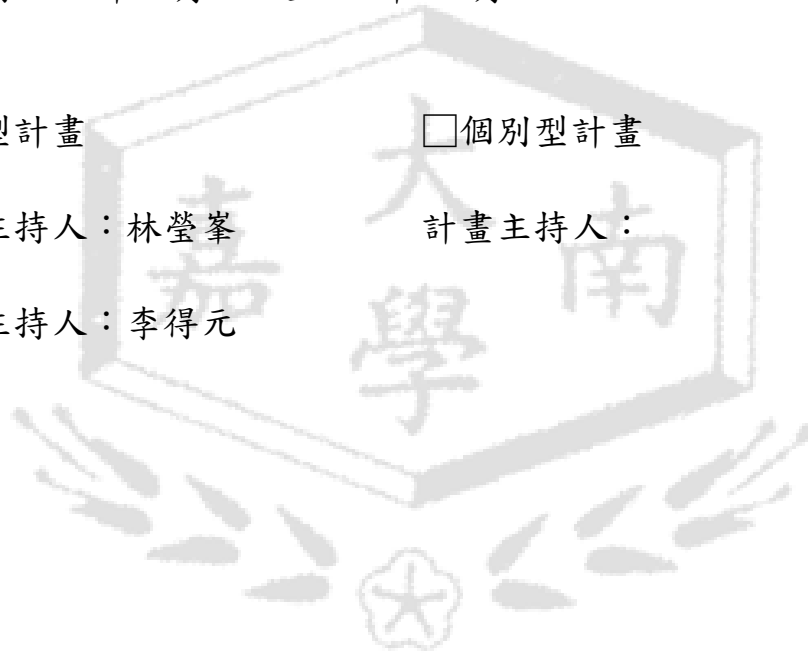
整合型計畫

個別型計畫

計畫總主持人：林瑩峯

計畫主持人：

子計畫主持人：李得元



中華民國 95 年 12 月 31 日

摘要

竹溪位於台南市人口密集的東區，現階段主要功能做為都市區域性污水與雨水的主要排水渠道，排水區面積約 7.44 平方公里，總長度約 10 公里，直接流入台灣海峽。晴天時主要承受家庭污水，水質屬嚴重性污染，日平均排水流量約 23,000~44,000 m³/d。溪岸採混泥土施工，溪底坡度緩和，河深與水流速度單一化，加上水質惡化，因此水域環境之生態景觀條件相當貧乏。竹溪示範性人工溼地系統完成於 2004 年 8 月，由環保署提供經費，台南市政府執行建造。濕地系統建構於竹溪現有河岸之水泥河階地，進流部分的竹溪排水，主要設置目標為探討溼地生態工法現地淨化污染性都市排水的可行性及增進都市河川生態多樣性及景觀美化的功能，並由試驗結果提出竹溪污染整治的可行性與完整性的生態工法構想。竹溪濕地系統由三個單元串聯所組成，第一單元為表面下流動濕地 (SSF, subsurface flow system, 200 m²)，第二單元為表面流動式系統 (FWS, free water surface system, 600 m²)，第三單元為 SSF 濕地 (200 m²)。濕地植物選擇兼具污染淨化及景觀美化的種類，如莎草、香蒲、培地茅、風車草、美人蕉。溼地進流水以沉浸式抽水機從竹溪取水，啟動階段 (2004 年 8 月至 2005 年 3 月) 濕地系統進流流量平均控制於 76 m³/day，水力負荷為 0.076 m³/m²/day，水力停留時間平均為 3.81 天；之後 (2005 年 3 月至 2006 年 1 月) 進流量提高到平均 107 m³/day 進行穩定階段的操作，此時水力負荷為 0.107 m³/m²/day，水力停留時間約為 2.66 天。

穩定階段人工溼地系統對進流水主要污染物的平均去除效能分別為：總懸浮固體物 (TSS) 81% (2.75 g/m²/day)、生化需氧量 (BOD₅) 80% (4.28 g/m²/day)、化學需氧量 (COD) 51% (4.94 g/m²/day)、總氮 (TN) 31% (1.46 g/m²/day)、總磷 (TP) 28% (0.09 g/m²/day)。此結果顯示，人工溼地生態系統需經過一段適應期才能逐漸提升並表現穩定的污染物淨化效能，由其針對氮磷營養物的去除需更長的適應期。

Abstract

Bamboo Creek, a typical urban river, is originated from the East District of Tainan City and offers an important function as a main drainage for both sewage and storm water runoff from urban areas. Its flow ends at Kun-Shen Bay, having a total length of about 10 km and drainage area of about 7.44 km². Creek water is seriously polluted by the receiving sewage with a flow rate ranging from 23,000 to 44,000 m³/d when sunny days. The bank and bed of Bamboo Creek are mostly made of concrete; the slope of the creek bed is gentle, thus causing an unchanged water depth and velocity of water flow. Accordingly, ecological diversity and landscape esthetics along the creek are poor. The pilot-scale Bamboo Creek constructed wetland system was built in August 2004 by Tainan City Government under a project financially supported

by Environmental Protection Administration. The treatment wetland system was constructed on the concrete bank of the creek and received part of the polluted creek water for purification. The goals of the wetland constructing project are to (1) investigate the performance of the pilot-scale constructed wetland for purification of the Bamboo Creek water, (2) examine the benefit of enhancement of biological diversity and landscape esthetics due to wetland construction, (3) propose feasible approaches for improvement in water quality of the whole Bamboo Creek. The Bamboo Creek wetland system has a channel configuration, which consists of a subsurface flow (SSF) unit (4 m × 50 m), a free water surface flow (FWS) unit (4 m × 150 m), and an SSF unit (4 m × 50 m) connecting in series. Macrophytes with functions of pollutants purification and landscape values, such as cattail, cyperus, vetiver grass, reed, and canna, were planted in wetlands. Creek water was pumped into the front part of the first wetland unit and then flowed through the system by gravity. The flow rate of influent was operated at 76 m³/day in average during the start-up phase from August 2004 to March 2005, and then increased to 107 m³/day in average afterward for a stable phase operation. This hydraulic condition represented an average hydraulic retention time (HRT) of the whole wetland system being 3.81 and 2.66 day for the start-up phase and the stable phase, respectively.

The monitoring results of influent-effluent water quality show that major pollutants in influent were significantly reduced. In the stable phase, pollutants removal of the wetland system increased to be 81% (2.73 g/m²/day) for TSS, 79% (4.17 g/m²/day) for BOD₅, 46% (4.59 g/m²/day) for COD, 24% (1.13 g/m²/day) for TN, 22% (0.07 g/m²/day) for TP.

前言

國內過去的河川水岸經常以防洪排水的工程角度著眼，很少付及生物多樣化的環境設計，常使河川直線化、河岸鋼筋混泥土化、河深與水流速度單一化，因此造成動植物棲息環境消失、水域景觀惡化的情形。另外，許多位於都市區域內的河川溪流，由於下水道系統的缺乏，使這些河川成為承受家庭污水唯一水體，造成都市區域的河川普遍受到嚴重污染，因此如何兼顧河川綠美化、動植物棲息，以及淨化污染性河水，成為重要的課題。

溼地技術在水污染防治及水資源保育上之應用，是近二十年來才逐漸地發展並受到國際間的重視。無論是已開發國家(如美國、英國、挪威、澳大利亞)或開發中國家(如南非、印度、中國、斯洛凡尼亞)均陸續有許多學者參與計畫研究，並有超過 1000 個溼地系統被實際應用。這些文獻報導又以人工溼地系統佔絕大多數，其研究與應用目的，大多是將人工溼地當作二級處理程序或高級處理程序，用以處理都市污水、工業廢水及垃圾掩埋場(或礦場滲)出水(Cole, 1998)。而

從研究結果中可知，對於廢(污)水中的主要或微量污染物，例如懸浮固體、有機物質、氮磷營養物、重金屬及微生物，人工溼地均可提供良好的去除效能(Reed et al., 1995)、(Kadlec et al., 1996)。

台南市竹溪流域位於健康路以上集水區面積約 7.44 平方公里，集水區內主要為住商集中區域，本區內主要之污染源以家庭污水為主，因此竹溪中之水體污染物與一般的家庭污水相當類似。竹溪示範性人工溼地系統完成於 2004 年 8 月，由環保署提供經費，台南市政府執行建造。濕地系統建構於竹溪現有河岸之水泥河階地，進流部分的竹溪排水，主要設置目標為探討溼地生態工法現地淨化污染性都市排水的可行性及增進都市河川生態多樣性及景觀美化的功能，並由試驗結果提出竹溪污染整治的可行性與完整性的生態工法構想。

研究目的

本研究主要目的為報導竹溪人工溼地淨化竹溪污染性溪水在穩定期之處理效能，並比較啟動期之處理效能。

研究方法

1、人工溼地系統

竹溪人工溼地系統設置於台南市竹溪里、健康路及竹溪街之竹溪右岸高水位灘地上，由於設置時已經考量暴雨的影響，並且希望暴雨後可立即恢復系統之操作，因此並無太多之人工硬體設施，而在槽體部分利用紐澤西護欄排列組成，並且於底部及周圍鋪設不透水布。

竹溪人工溼地系統的設計流程(圖 1)共可分為三個階段，第一階段淨化(SSFI)為表面下流動型人工溼地，面積約為 200 m²，平均水深約為 0.6 m，主要是利用表面下流動型人工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，種植之水生植物為香蒲、蘆葦、莎草、培地毛、美人蕉；第二階段淨化(FWS)為表面流動型人工溼地，面積約為 600 m²，平均水深約為 0.3 m，池底土壤厚度約為 0.3 m，種植挺水性植物，以形成高密度植生群落，以增強溼地過濾、穩定化、除氮及抑制藻類生長的功能，主要水生植物為香蒲及莎草；第三階段淨化(SSF II)為表面下流動型人工溼地，面積約為 200 m²，平均水深約為 0.6 m，以其礫石床所形成之高密度植生群落，增強溼地介質過濾功能，以有效去除懸浮固體、有機物及氮磷，種植之水生植物為香蒲、蘆葦、莎草、培地毛、美人蕉。

2、操作方法

人工溼地自 93 年 8 月開始連續進流操作，目前採樣記錄至 94 年 10 月，研究期間使用以馬達抽取竹溪流域溪水直接引進至人工溼地系統。溼地操作自連續進流後，分兩階段進行。第一階段稱啟動階段(又稱 A 試程，自 2004 年 8 月至 2005 年 3 月)，溼地系統以較小流量進流，平均控制於 76 m³/day，水力負荷為

0.076 m³/m²/day，水力停留時間平均為 3.81 天。之後，2005 年 3 月至 2006 年 1 月提高進流流量到平均 107 m³/day，進行穩定階段的操作，此時水力負荷為 0.107 m³/m²/day，水力停留時間約為 2.66 天，此階段又稱為 B 試程。

3、採樣與分析：

採樣點分別採集為：進流水（採樣點 A）、SSF I 出流（採樣點 B）、FWS 出流（採樣點 C）、出流水（採樣點 D），且每週採樣 1 次。

水樣的各項水質分析包括：生化需氧量（BOD₅）、化學需氧量（COD）、氨氮、總懸浮固體物（TSS）、正磷酸鹽、總磷（TP）、硝酸鹽、亞硝酸鹽、總氮（TN）、DO、pH、水溫等。各項水質分析方法，均參考“水與廢水的標準測試法”（APHA, 19th Ed）。COD、氨氮、正磷酸鹽、硝酸鹽、亞硝酸鹽之水樣，均預先以濾膜過濾，分析結果屬溶解態。

4、去除速率：

溼地系統中污染物之負荷量（PLR）可表示成：

$$PLR = C_i \times q \quad (1)$$

其中，

PLR：污染負荷，g/m²/d

C_i：溼地系統污染物進流濃度，mg/l

q：水力負荷，m³/m²/d

溼地系統中之去除速率（RR）可表示成：

$$RR = (C_i - C_e) \times q \quad (2)$$

其中，

RR：去除速率，g/m²/d

q：水力負荷，m³/m²/d

C_e：溼地系統污染物出流濃度，mg/l

5、人工溼地去除動力學模式估算：

假設污染物在人工溼地遵循柱塞流一次動力學模式（First-order plug flow kinetic）（Kadlec, 2001）

$$K_T = -\frac{\ln\left(\frac{C_0 - C^*}{C_i - C^*}\right)}{HRT} \quad (3)$$

其中，

C₀ = 出流水濃度（mg/L）

C_i =進流水濃度(mg/L)

C^* =人工溼地的背景濃度，本文假設 BOD_5 背景濃度為 2 mg/L

HRT=水力停留時間，day

K_T =溫度 T 時的一次動力學去除速率常數

結果與討論

(1)酸鹼值(pH)：

由表1顯示，進流從pH 7.50流經SSF I後pH為7.37，再經由FWS後pH為7.47，最後流經SSF II後pH為7.39，其中顯示在流經SSF I後pH有些微的降低，在流經FWS後pH有略為的增加，最後經由SSF II後pH呈現略為的降低。

(2)氧化還原電位(ORP)：

由表1顯示，進流ORP為3 mV，流經SSF I後ORP降低到-186 mV，再流經FWS後ORP增加到-66 mV，最後流經SSF II後ORP降低到-155 mV。由B試程顯示出與A是呈相同情況，即SSF I 與SSF II 都是呈現還原狀態，而SSF I的還原狀態又比SSF II來的顯著，而FWS是呈現氧化狀態。

(3)溶氧(DO)：

由表1顯示進流溶氧0.35 mg/L，流經SSF I後溶氧為0.24 mg/L，再流經FWS後溶氧為1.74 mg/L，最後流經SSF II後溶氧為0.34 mg/L。

(4)溫度：

由表1顯示，溫度由進流至出流分別為進流24.7°C、SSF I出流為24.5°C、FWS出流為24.9°C、SSF II出流為24.6°C。

(5)導電度：

由表1顯示進流導電度736 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，流經SSF I後導電度712 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，再流經FWS後導電度690 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，最後流經SSF II後導電度692 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 。

(6)TSS：

由表1顯示，TSS 平均進流水濃度為 30.6 mg/L，流經 SSF I 後 TSS 濃度降低為 10.8 mg/L，再流經 FWS 後 TSS 濃度增加為 8.4 mg/L，最後流經 SSF II 後 TSS 濃度再降低為 5.5 mg/L。

由以上結果顯示綜合以上結果與圖 2 可得知，在啟動階段與穩定操作階段SSF I 在去除 TSS 的效果都呈現相當高的去除效果，且穩定操作階段以較短之停留時間即可達到與啟動階段接 SSF I 出流濃度相當接近。而在 FWS 去除上則能明顯分出啟動階段與穩定操作階段之差異，即啟動階段 FWS 會導致水中 TSS 增加，而穩定操作階段則會有些微幅度的降低水中 TSS，且以較短的停留時間可達到較優於啟動階段在 FWS 的出流濃度。在 SSF II 去除上啟動階段因有較高的污染負荷，故有較高的處理效果，穩定操作階段時因負荷降低，而產生更有效的降低 TSS 濃度，並且在圖 2 中可清楚看出 SSF II 在啟動階段有較大的幅度的降低，而穩定操作階段利用較短的停留時間也有相當的去除能力。

由圖3中顯示，竹溪人工溼地啟動階段即呈現穩定的處理效果，在穩定操作階段時仍然呈現穩定的狀況，且在去除率上由71%增加至81%。

(7)BOD₅：

由表 1 顯示 BOD₅ 平均進流水濃度為 49.0 mg/L，流經 SSF I 後 BOD₅ 濃度降低為 27.6 mg/L，再流經 FWS 後 BOD₅ 濃度降低為 18.3 mg/L，最後流經 SSF II 後 BOD₅ 濃度再降低為 9.9 mg/L。

由以上結果顯示，SSF I、FWS 及 SSF II 對於去除水中 BOD₅ 也均有所成效，而在 SSF I 與 SSF II 則也有較高的處理成效。

綜合以上結果與圖 4 可得知，人工溼地系統在去除水中污染物 BOD₅ 時，無論是在啟動階段或是穩定操作階段，在 SSF I、FWS 及 SSF II 去除效能上均有穩定且一致的去除效果，並無明顯的啟動階段與穩階段之分。且在圖 5 中可清楚得知，穩定操作階段無論在 SSF I、FWS 及 SSF II 皆利用較少於啟動階段的停留時間，而且 SSF I、FWS 及 SSF II 在穩定操作階段分別出流濃度皆較低於啟動階段出流濃度。

(8)COD：

由表 1 顯示 COD 平均進流水濃度為 90.7 mg/L，流經 SSF I 後 COD 濃度降低為 58.2 mg/L，再流經 FWS 後 COD 濃度降低為 54.8 mg/L，最後流經 SSF II 後 COD 濃度再降低為 44.2 mg/L。

綜合以上結果與圖 6 顯示，無論於啟動階段或是穩定操作階段 SSF I 對於去除 COD 的成效皆具有明顯的效果，並且在 SSF II 去除 COD 上也有成效，但 FWS 對於去除 COD 則呈現不同的情況，當啟動階段時流經 FWS 會導致 COD 增加的情況，而在穩定操作階段時流經 FWS 則不會造成 COD 的增加，而是對於 COD 的去除是有成效的降低。由圖 7 可清楚得知，穩定操作階段各單元皆以較短的停留時間，即可達到較優於啟動階段的去除效果，且在啟動階段與穩定操作階段的 SSF I 與 SSF II 的去除幅度相當。

由圖 7 中顯示，竹溪人工溼地初期約需經五個月適應後，對 COD 有較明顯的去除效果，在穩定操作階段初期（94 年 3 月至 95 年 3 月）處理效果呈現較穩定狀況，且在經歷淹水（94 年 6-7 月）後去除效能並無明顯的影響。並且於全部的水質分析中，僅只有一次放流水超出法規之放流水標準。

(9)TP：

由表 1 顯示 TP 平均進流水濃度為 2.74 mg/L，流經 SSF I 後 TP 濃度降低為 2.48 mg/L，再流經 FWS 後 TP 濃度降低為 2.34 mg/L，最後流經 SSF II 後 TP 濃度再降低為 1.95 mg/L。

綜合以上結果與圖 8 顯示，在啟動階段時 SSF I 與 SSF II 對於去除水中 TP 呈現負面的效果，但穩定操作階段時 SSF I 與 SSF II 對於去除水中 TP 則呈現有些微的效果，且穩定操作階段利用較短的停留時間即可有效的去除水中的 TP。無論在啟動階段或是在穩定操作階段 FWS 對於去除水中 TP 皆有些微的效果，當然 FWS 在停留時間部分穩定操作階段也較短於啟動階段，但由於停留時間的減短，而導致在此單元中 TP 去除效果沒有發生如預期中高於啟動階段的情形。

由圖 9 中顯示，啟動階段的竹溪人工溼地對於 TP，並無去除的效果，而在

出流濃度呈現增加的情形。在穩定操作階段有較明顯的去除效果，但在整體去除上，仍然呈現不穩定的狀況。

(10)TN：

由表 1 顯示，TN 平均進流水濃度為 36.8 mg N/L，流經 SSF I 後 TN 濃度降低為 27.0 mg N/L，再流經 FWS 後 TN 濃度降低為 24.7 mg N/L，最後流經 SSF II 後 TN 濃度再降低為 22.9 mg N/L。

綜合以上的結果與圖 10 得知，SSF I 在穩定操作階段與啟動階段對於去除水中 TN 皆有效果，但在穩定操作階段去除效果較優於啟動階段，FWS 無論是在啟動階段或是穩定操作階段去除水中 TN 皆呈現類似的去除效果，SSF II 於啟動階段去除水中 TN 呈現無效果並且造成 TN 增加的情況，但穩定操作階段時對於去除水中 TN 則有些微的效果。

由圖 11 中可清楚得知，穩定操作階段在各單元的出流濃度皆高於啟動階段的出流濃度，在此合理的解釋為穩定進流水的 TN 濃度較高於啟動階段，並且在整體的去除效果上穩定操作階段有較高的去除效果，可判斷為對 TN 的去除效果達到飽和。在穩定操作階段以較短的停留時間在 SSF I 去除幅度大於啟動階段，而同樣的以較短的停留時間在 FWS 則呈現去除幅度較為類似。

由圖 4.5 中顯示，竹溪人工溼地在啟動階段約需六個月適應期後，有較明顯的處理能力，在穩定操作階段雖有較好的處理能力，但卻容易受到外界因素（大雨、颱風）影響，使穩定操作階段的處理效果呈現時好時壞的情況，且整體效能未如預期所設定之 50%。

此外，由表 1 顯示，B 試程 NH₄-N 平均進流水濃度為 16.80 mg N/L，流經 SSF I 後 NH₄-N 濃度降低為 15.14 mg N/L，再流經 FWS 後 NH₄-N 濃度降低為 15.55 mg N/L，最後流經 SSF II 後 NH₄-N 濃度再降低為 11.28 mg N/L。

(11)總大腸菌類：

由表 1 顯示，B 試程總大腸菌類平均進流水為 44679 CFU/mL，流經 SSF I 後總大腸菌類降低為 26414 CFU/mL，再流經 FWS 後總大腸菌類降低為 17098 CFU/mL，最後流經 SSF II 後總大腸菌類再降低為 10399 CFU/mL。

結論

1. 竹溪人工濕地於穩定操作階段時 pH 較啟動階段時穩定；無論於啟動階段或穩定操作階段污染性污水經由竹溪人工濕地後皆會提高其溶氧量且降低水中導電度。
2. 竹溪人工溼地系統無論於啟動階段或穩定操作階段 SSF I、SSF II 在去除總懸浮固體物的效果都呈現相當良好的去除效果，且任一階段總懸浮固體物污染負荷、去除速率、去除率皆高於二行人工濕地，因此可證明竹溪人工溼地系統對於處理總懸浮固體物的效能是可以被肯定的，且在出流濃度方面，所有樣本均符合放流水標準。

3. 竹溪人工溼地系統在去除水中污染物 BOD₅ 時，無論是在啟動階段或是穩定操作階段，在 SSF I、FWS 及 SSF II 去除效能上均有穩定且一致的去除效果，並無明顯的啟動階段與穩定操作階段之分，且較高的 BOD₅ 負荷的情況下，能有較高的 BOD₅ 去除速率，而在去除率方面，則與二行人工溼地呈現類似的情況，因此可證明竹溪人工溼地系統對於去除 BOD₅ 是可達到與二行人工溼地相同的去除成效，且於所有樣本中出流水濃度皆符合放流標準。
4. 竹溪人工溼地系統無論於啟動階段或是穩定操作階段 SSF I 對於去除 COD 的成效皆具有明顯的效果，並且在 SSF II 去除 COD 上也有成效，但 FWS 對於去除 COD 則呈現不同的情況，當啟動階段時流經 FWS 會導致 COD 增加的情況，而在穩定操作階段時流經 FWS 則不會造成 COD 的增加，而是對於 COD 的去除是有成效的降低。
5. 竹溪人工溼地系統無論在啟動階段或穩定操作階段在總磷負荷方面皆與二行人工溼地相當，但在去除速率方面則較低於二行人工溼地，且在穩定操作階段去除率約為二行人工溼地的 50% 的效果，因此竹溪人工溼地系統在對於處理總磷時未達到理想的人工溼地去除效能。
6. 竹溪人工溼地系統啟動階段與穩定操作階段的 SSF I、FWS 及 SSF II 對於去除水中總大腸菌類均有顯著的效果，且於啟動階段時 SSF I 對於去除水中總大腸菌類高於穩定操作階段時對於 SSF I 去除水中總大腸菌類去除率，研究顯示穩定操作階段可能因為外界的影響，而導致對於去除總大腸菌類的效果降低，其原因可能為淹水後，表面覆蓋物堆積造成 SSF I 與 SSF II 對於總大腸菌類的去除效果造成的影響。

參考文獻

1. Cole, The emergence of the treatment wetlands. Environ. Sci. Technol. 32: 218A-223A.(1998)
2. Reed, S. C., R. W. Crites, and E. J. Middlebrooks., Natural Systems for Waste Management and Treatment. 2nd ed. McGraw-Hill, New York.(1995)
3. Kadlec, R. H., and R. L. Knight. Treatment Wetlands. CRC Press, Boca Raton, FL.(1996)
4. APHA, "Standard Methods for the Examination of Water and wastewater", 19th Ed., American Public Health Association, Washington, D.C
5. Kadlec, R.H., and K.R. Reddy, "Temperature Effects in Treatment Wetlands," Water Environment Research, 73, 5, pp. 543-557(2001).
6. 游程凱，"利用穩定塘連接人工溼地處理社區污水效能之探討"，碩士論文，嘉南藥理科技大學環境工程與科學研究所，台南（2004）。
7. 吳堅瑜、荊樹人、林瑩峰、李得元、游程凱、宋金樹、張天化，"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，第 1-116 頁，台中(2004)，計畫編號：NSC-90-2211-E-041-005。

8. 左惠文、李得元、張翊峰、李俊儀、莊淳凱、賴玟錡，”不同水力負荷對人工溼地去除校園廢污水之研究”，第二十九屆廢水處理技術研討會，第 1-83 頁，台南(2004)，計畫編號：NSC 92-2211-E-041-014。
9. 王姿文、荊樹人、林瑩峰、李得元、洪嘉星，”施以農藥 Atrazine 之人工溼地系統中硝酸鹽去除效果之探討”，第二十九屆廢水處理技術研討會，第 1-47 頁，台南(2004)，計畫編號：NSC 92-2211-E-041-007。
10. 林瑩峰、荊樹人、李得元、張翊峰、余元傑、施凱鐘、張弘昌、李穆生，”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（2004）計畫編號：NSC 91-2211-E-041-003。.



表 1 竹溪生態淨水系統穩定階段各污染物平均濃度				
項目	Influent	SSF I	FWS	SSF II
pH	7.50±0.37	7.37±0.29	7.47±0.30	7.39±0.24
ORP	3±139	-186±137	-66±122	-155±130
(mV)				
DO	0.35±0.52	0.24±0.42	1.74±1.95	0.34±0.45
(mg/L)				
溫度	24.7±3.6	24.5±3.8	24.9±4.4	24.6±4.2
(°C)				
導電度	736±110	712±59	690±131	692±149
(µs/cm)				
BOD	49.04±11.79	27.60±8.46	18.29±7.47	9.88±4.19
(mg/L)				
COD	90.68±35.36	58.22±3.24	54.77±31.55	44.20±26.89
(mg/L)				
TSS	30.63±12.14	10.79±7.53	8.37±6.18	5.45±3.92
(mg/L)				
TP	2.74±0.56	2.48±0.46	2.34±1.04	1.95±0.66
(mg/L)				
TN	36.75±18.69	27.01±5.53	24.65±9.94	22.91±7.52
(N mg/L)				
NO ₂ -N	0.14±0.44	1.40±3.44	0.94±2.71	1.17±3.10
(N mg/L)				
NO ₃ -N	0.10±0.20	0.06±0.04	0.07±0.03	0.09±0.06
(N mg/L)				
NH ₄ -N	16.80±7.27	15.14±8.93	15.55±8.04	11.28±7.96
(N mg/L)				
TKN	36.51±15.85	26.44±7.16	23.60±8.37	21.66±6.88
(N mg/L)				
葉綠素-A	1.63±2.29	6.13±5.91	11.64±12.60	7.07±6.75
(mg/L)				
Total coliforms	44679±14920	26414±9598	17098±7862	10399±5285
(CFU/mL)				

項目	污染負荷	去除速率	去除效率
單位	$\text{g/m}^2/\text{day}$	$\text{g/m}^2/\text{day}$	%
BOD	5.37 ± 1.38	4.28 ± 1.20	80
COD	9.75 ± 3.58	4.94 ± 2.48	51
TSS	3.34 ± 1.34	2.75 ± 1.23	81
TP	0.30 ± 0.06	0.09 ± 0.07	28
TN	3.98 ± 2.01	1.46 ± 1.67	31

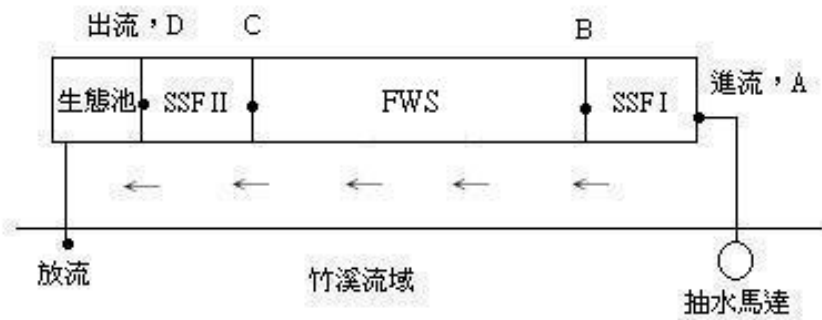


圖 1

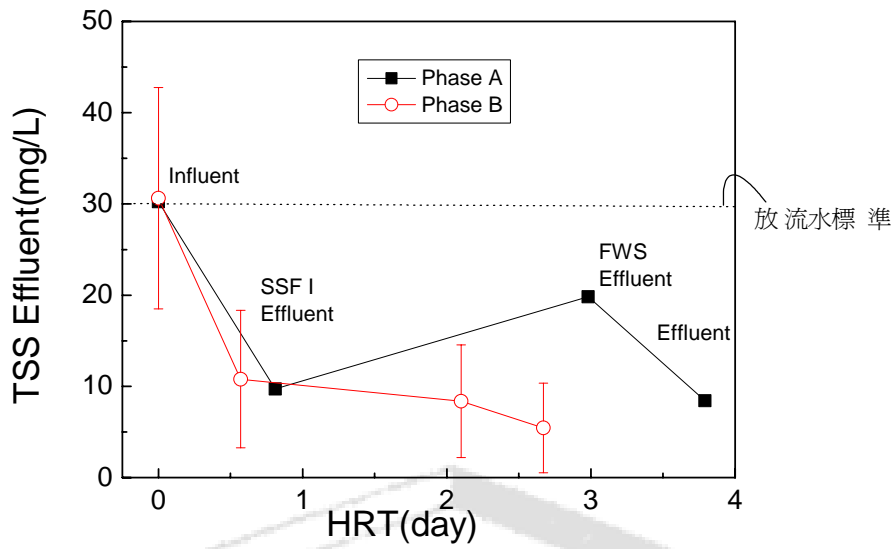


圖 2 穩定期 TSS 濃度與停留時間之關係(與啟動期比較)

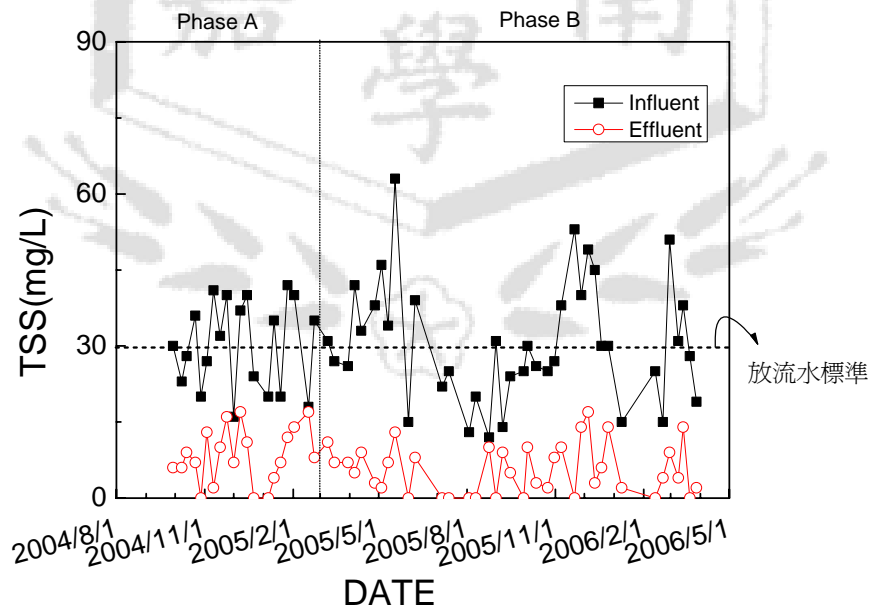


圖 3 穩定期 TSS 濃度與時間之關係(與啟動期比較)

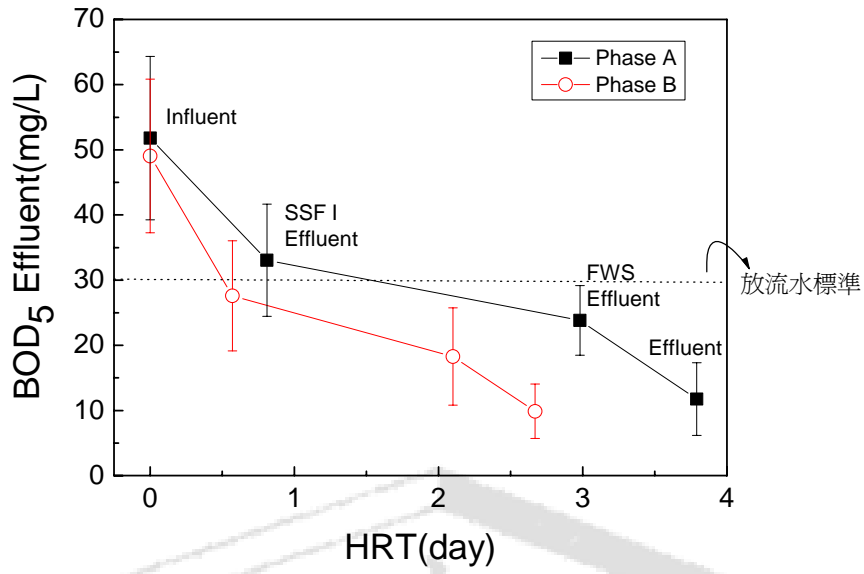


圖 4 穩定期 BOD₅ 濃度與停留時間之關係(與啟動期比較)

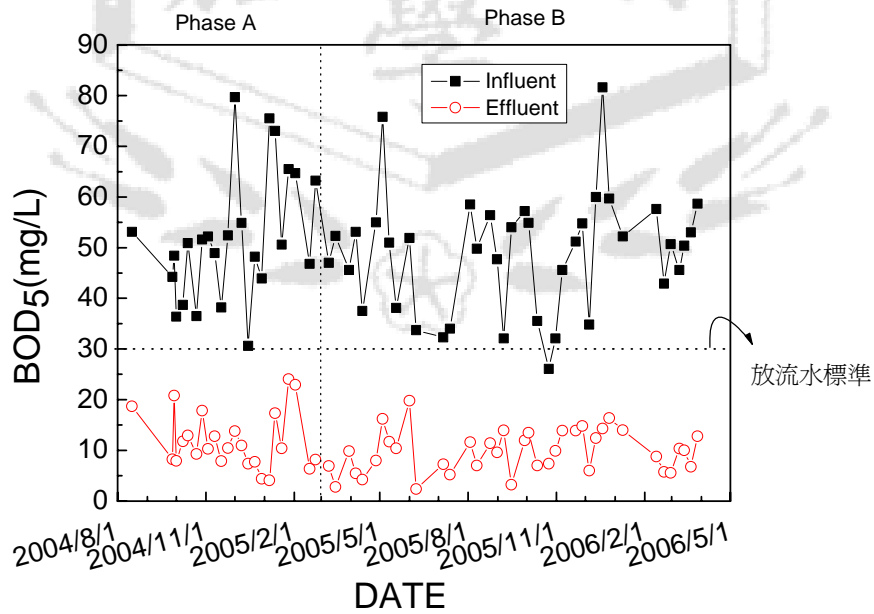


圖 5 穩定期 BOD₅ 濃度與時間之關係(與啟動期比較)

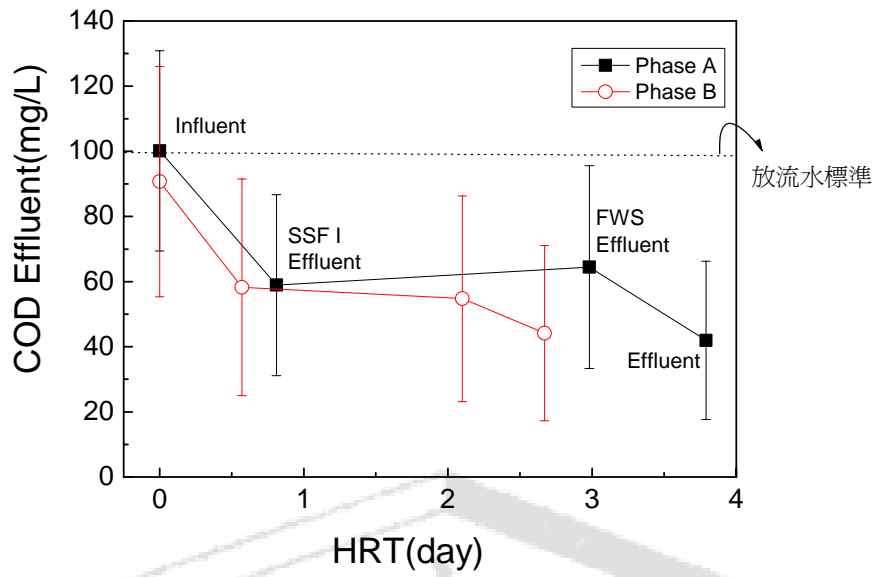


圖 6 穩定期 COD 濃度與停留時間之關係(與啟動期比較)

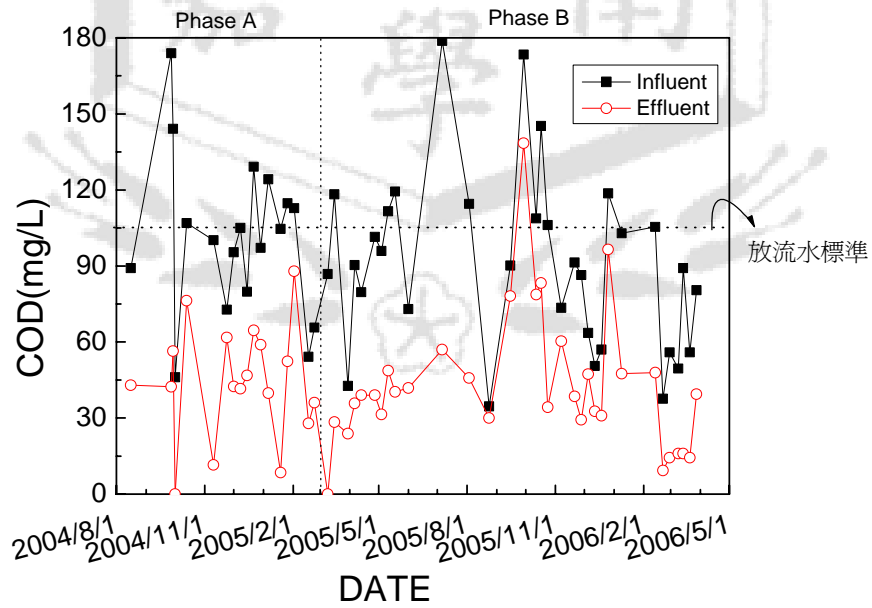


圖 7 穩定期 COD 濃度與時間之關係(與啟動期比較)

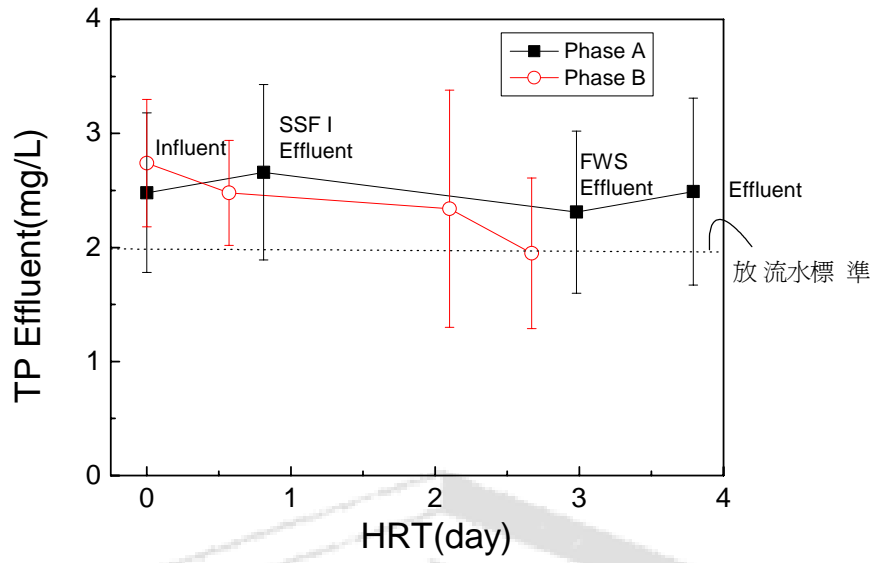


圖 8 穩定期 TP 濃度與停留時間之關係(與啟動期比較)

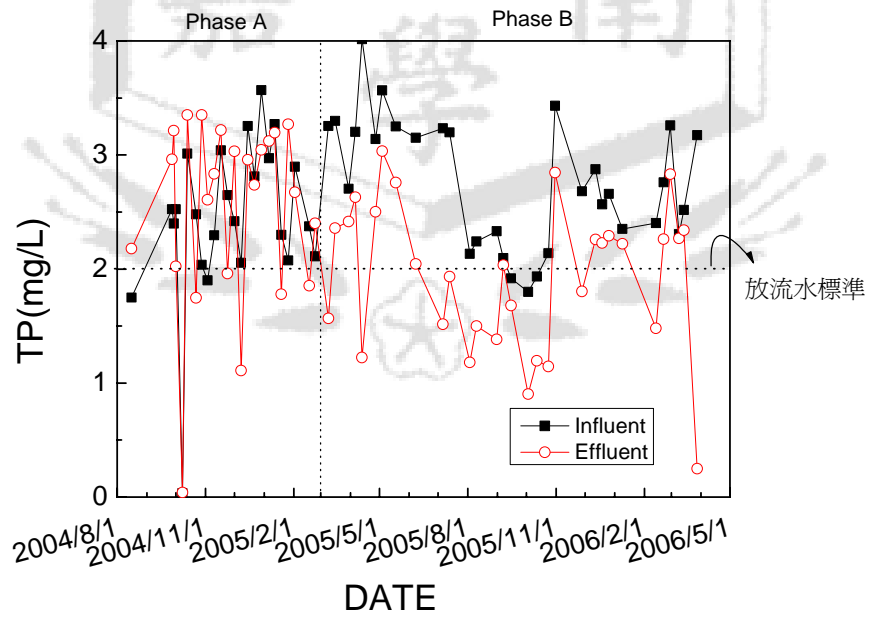


圖 9 穩定期 TP 濃度與時間之關係(與啟動期比較)

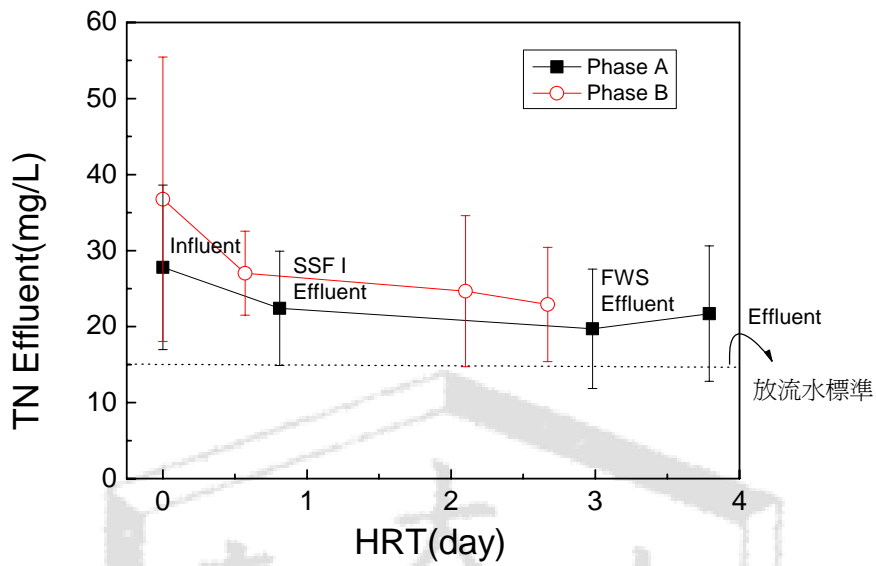


圖 10 穩定期 TN 濃度與停留時間之關係(與啟動期比較)

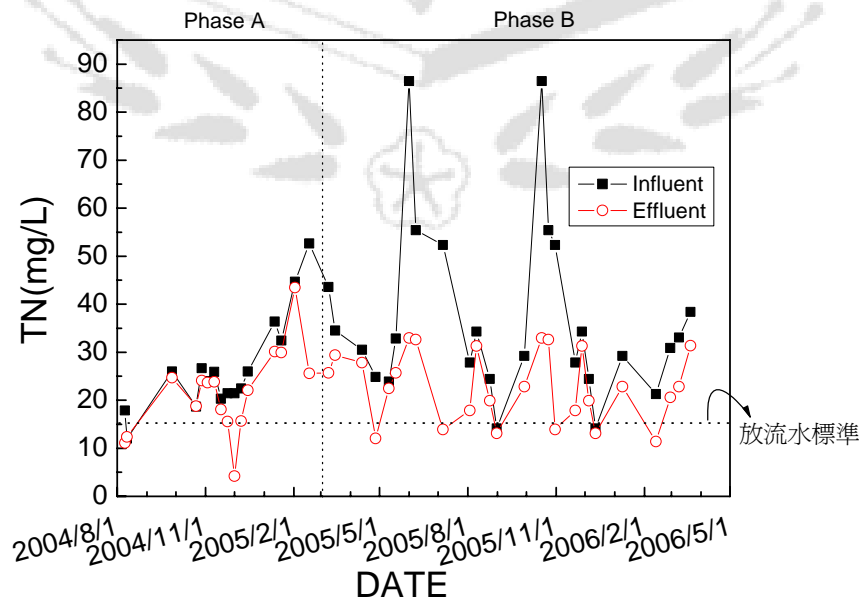


圖 11 穩定期 TN 濃度與時間之關係(與啟動期比較)