

# 嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

計畫編號：CNEE95-11

計畫名稱：應用潛流式人工溼地淨化大樓景觀水池水質之可行性研究

執行期間：95年1月1日至95年12月31日

<input type="checkbox"/> 整合型計畫	<input checked="" type="checkbox"/> 個別型計畫
計畫總主持人：	計畫主持人：錢紀銘
子計畫主持人：	

中華民國九十六年二月二十八日

# 嘉南藥理科技大學補助教師專題研究計畫成果報告

## 應用潛流式人工溼地淨化大樓景觀水池水質之可行性研究

### Feasibility Study of Subsurface constructed wetland on Water Purification of Landscaping Pond

計畫編號：CNEE95-11

執行期限：95 年 1 月 1 日至 95 年 12 月 31 日

主持人：錢紀銘 嘉南藥理科技大學環境工程與科學系

#### (一)摘要

本研究主要應用微型化人工溼地概念探討淨化景觀水池水質之可行性，並選用台南市某大樓景觀水池進行實驗研究，以期改善其水質。本研究操作藉由有機污染物、含氮污染物、含磷污染物等參數評估該系統處理效能，相關實驗系統由改善後業操作歷時 13 個月，各項水質檢測結果顯示水質相當穩定，上下池之氨氮濃度為 3.73 mg/L 與 3.53 mg/L；總磷 1.66 mg/L 與 1.71 mg/L；BOD 池濃 4.31 mg/L 與 4.27 mg/L，上下池間之水質亦相當均勻，期間池水均可清澈見底，並未清池換水，估計一年約可節省 38.7 m<sup>3</sup>，證實本研究所提構想頗具發展潛力。

#### (二)研究動機與研究問題

由於現代經濟活動的快速發展，造成講求效率是人們努力追求的目標之一，而在擁擠的都市環境對人形成巨大空間壓力，為紓解壓力，現代建築對環境景觀大都會刻意營造，其中景觀水池，在許多社區或大樓中隨處可見，水池

中種植各類植物或放養觀賞魚類，使人們藉著觀賞優游的魚類而短暫忘卻壓力及煩惱，達到舒緩的效果，惟若景觀水池混濁，則明顯無法達成原設計目標，反而令人厭惡，同時，亦有可能形成病媒蚊孳生之溫床，影響環境衛生，為改善此一問題，大都直接將池水排空直接清洗水池，再行引入自來水，此舉雖可使立即改善水池水質外觀，惟十分浪費水資源，觀賞魚類亦易因此死亡，故本研究擬應用微型化人工溼地概念探討淨化景觀水池水質之可行性，以期改善大樓景觀水池的水質環境。

然探討造成景觀水池水質污染之主要成因係源自於魚類飼料之過量投入所致，未被魚類之食用之飼料將沉降魚池底並進行分解，有機污染物之釋出造成藻類之大量繁殖，使池水水色偏綠並降低透視度，因此，如欲淨化景觀水池水質應由操作管理及污染去除二方面著手，前者主要係由飼料投料管理為主，後者則為選用適當之水質處理設施去除水質之污染物質。本計畫將與台南市某公寓大樓管理委員會進行合作對該大樓景觀水池之水質淨化進行實驗研究，以期提升該大樓之水環境品質。

### (三)文獻回顧與探討

由於人工溼地(constructed wetland)處理系統具有省能源、低成本、無二次污染、操作維護簡單、不破壞生態等優點，於世界各國皆有廣泛之應用案例，依國外經驗，由 45 座表面流式人工溼地之操作結果所歸納之經驗，其 BOD<sub>5</sub> 平均去除率約為 82.7%，而 73 座潛流式人工溼地之 BOD<sub>5</sub> 平均去除率則約為 67.0%<sup>(1)</sup>，人工溼地除可去除有機污染物外，對於其他污染物亦有相當防治效果，諸如 Knight et al.(2000)以 FWS 系統處理畜牧廢水氨氮去除率約為 48%、總氮去除率

約為 42%，而 Stone et al.(2004)處理養豬廢水時，其氨氮去除率約為 25%、總氮去除率約為 35%。Neralla et al.(2001)亦用 FWS 系統處理一般的生活污水，其氨氮去除率 13~65%，而 Sakadevan & Bavor(1999)以 FWS 系統處理與生活污水類似的校園中廢污水，當其污染負荷較低時，其總氮去除率 27~66%，當污染負荷提高時，依 Rousseau et al.(2004)之研究發現，其總氮去除率降為 31%。若進流基質為人工合成廢水時，其去除率大幅提升，可達到氨氮去除率為 47~99%、總凱氏氮去除率為 25~95%，並將 FWS 與 SSF 串聯結合，此系統於高負荷時，其去除率可提升達 65%。由國外相關研究結果可知，無論 FWS 或 SSF 系統處理含氮污染物皆有其效果，但處理效能與廢污水來源、污染負荷及水力停留時間有關。

近年來國內相關產學界亦積極進行應用人工溼地處理含氮污染物之研究，依王等人(1998)、李等人(1998)之研究，將進流基質改為人工合成廢水其氨氮去除率可達 89.3~98.63%，硝酸鹽氮去除率可達 88.4~94.2%。林等人(2001)以 FWS 系統處理垃圾衛生掩埋場滲出水，其氨氮去除率為 30~60%，硝酸鹽氮去除率為 30~60%。羅與楊(2002)以 FWS 及 SSF 系統處理工業廢水，發現煉油廢水之氨氮去除率為 18.7~34.2%，總氮去除率為 23.14~28.41%，而煉鋼廢水之氨氮去除率為 71.54~77.9%，總氮去除率為 47.1~50.3%，顯示溼地對於工業廢水含氮污染物質去除效能較有機物質為佳。荊等人(1998, 1999, 2000)處理受污染河水，其氨氮去除率可達到 48.8~100%。由相關研究結果可知，無論 FWS、SSF 系統及將兩種串聯結合處理含氮污染物皆有其效果。

至於含磷污染物方面，於世界各國皆有廣泛之應用案例及研究， Knight et al. (2000)及 Stone et al. (2004)以 FWS 系統處理畜牧廢水，其總磷去除率約為 8~51%， Sakadevan & Bavor (1999)應用 FWS 系統處理與生活污水類似之校園污水，其總磷去除率為 11~47%，依 Rousseau et al. (2004)處理生活污水，其去除率降為 26%，將系統改為 SSF 系統，其去除率可達到 70%，若將 FWS 與 SSF 系統串連使用，其去除率約為 52%。除前述較為傳統的人工溼地之除磷相關研究， Korkusuz et al. (2005) 在潛流式人工溼地中除傳統上之礫石填充料外，亦將高溫爐渣作為填充料，其結果發現爐渣床與礫石床之正磷酸鹽去除率分別為 44% 以及 1%，總磷去除則為 45% 和 4%。爐渣之去除含磷污染物效果比礫石為佳，主要原因是爐渣比礫石容易形成生物膜且爐渣之表面積較大可以吸附更多污染物。

近年來國內亦應用人工溼地處理廢污水之含磷污染物，諸如林等人(1999)以 FWS 與 SSF 系統串聯結合處理養殖廢水，其正磷酸鹽去除率為 64.5~71.8%。而荊等人(1999，2001)處理受污染河水，其正磷酸鹽去除率為 52~80%，於荊等人(2001)將其系統處理校園污水，其去除率為 26~85%。

綜前述可知無論 FWS 或 SSF 人工溼地對於有機、含磷及含氮等污染物皆有其處理效果，此外，人工溼地亦具有相當之生態效益，尤其都會地區較少見之水生植物，皆可啟發住戶對生態保育之興趣，因此，本計畫係將該大樓之景觀水池部分區域更改為人工溼地，用以淨化處理池水，惟仍需保持其景觀特色。

#### (四)研究方法與步驟

本計畫主要應用微型化潛流式人工溼地改善台南市某公寓大廈原有景觀水池水質，藉由有機污染物、含氮污染物、含磷污染物等參數評估該系統之污染處理效能，該池原飼養錦鯉等觀賞魚類，由於管理人員之飼養量並未適當規劃與管理，造成水質易因優養化而藻類大量滋生，其水色墨綠，原設計之水質淨化設施僅有過濾設備，無法有效淨化水質，致使水質惡化時，完全無法觀賞水中魚類優游姿態，達成舒緩身心目的，改善之道僅換水乙途，經向管理人員探詢 2~3 月即需換水，極易造成魚類死亡及水資源之浪費，實有改善必要，有關細節謹扼述如下。

#### 4-1 景觀水池之潛流式人工溼地之改善佈置與操作

本計畫之實驗場址現有佈置如圖 1 所示，水池位於兩棟九樓高公寓之間，其日照時間會比較短，上池水體體積約為  $5.629 \text{ m}^3$ ，下池水體體積約為  $0.486 \text{ m}^3$ ，上下池水深約分別為  $0.46\text{m}$  以及  $0.2\text{m}$ ，連結上下水池之水道水體體積約為  $0.341 \text{ m}^3$ ，總水體積約為  $6.456 \text{ m}^3$ ，由於該場址非屬本校所有，不宜進行土建變更，人工溼地之佈置以配合原有構型為主，原上下水池之連接水道將填以礫石，孔隙率實際量測約為 55%，其間植以水生植物，除美化環境外，亦可藉由植物根系去除水中污染物，水道中之水生植物包括美人蕉 (*Canna indica* L.)、薑花 (*Hedychium coronarium* Koenig)、風車草 (*Cyperus alternifolius* subsp. *flabelliformis*) 等。

本系統之改善為配合該棟大樓 95 年農曆過年之環境清潔及美化，於 95.01.23 日完成系統改善及清洗水池後啟動試運轉，而系統之操作係將水流由下池之沉

水幫浦抽送至上池瀑布區以跌水方式進入上池，其流量約為 18.74 l/min，再溢流至連接水道迴流進入下池，因此本景觀水池之水流係屬封閉迴流式系統，一般易產生污染物累積現象，若未予適當處理，其水質極易惡化現象。幫浦開啟時段為上午九點至下午五點，晚上則關閉，而夏天幫浦是每天啟動，冬天則是每兩天啟動一次，據管理人員表示冬天如每天啟動，則發現池魚常有衝撞池壁現象，降低啟動次數即可有所改善。

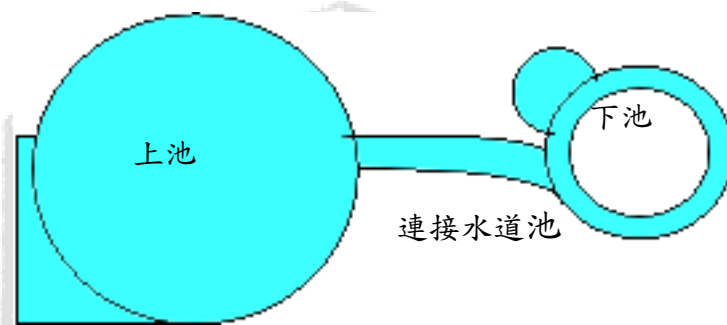


圖 1 實驗場址佈置圖

#### 4-2 景觀水池水質之採樣與分析

景觀水池人工溼地系統完成後經過一個月穩定及植物培植，始得進行各項採樣、監測及分析工作，採樣頻率為每週一次，採樣時間約為當天之上午 8 點~上午 10 點，實驗分析包括現場監測與實驗室分析兩類，相關細節簡述如下。本計畫所有分析項目皆採用我國行政院環境保護署所公告之檢測方法為主。

1.現場監測：於每次採樣同時進行現場監測，於系統中之採樣點，量測各點距水面約10~20cm深處之水溫、氣溫、pH值、氧化還原電位(ORP)及導電度(Electrical conductivity)。

2.實驗室分析：每次以500mL PVC瓶採集水樣，並於實驗室中進行各項水質分析，其分析項目包含有生化需氧量（BOD<sub>5</sub>）、氨氮（NH<sub>3</sub>-N）及總磷（TP）等，其檢測方法如表1所示。

表 1 景觀水池之水質檢測方法

檢測項目	檢測方法
BOD	NIEA W510.54B
氨氮	NIEA W448.51B
總磷	NIEA W427.52B
導電度	NIEA W203.51B
水溫	NIEA W217.51A

#### (五)結果與討論

由於溼地運作機制所涵蓋的領域十分廣泛，而環境參數對各類機制有不同程度之因果關係，本研究於實驗過程中乃對水溫、pH 值、ORP 與導電度進行測量，藉以探討期間特性變化。

水溫係代表溼地系統之能量狀態，受入流水溫、日照、溼度、風速、蒸發散業諸多因素影響，而台灣地區位處亞熱帶，除高山地區，平地鮮少降雪，否則降雪亦會明顯影響溼地水溫，水溫亦為影響溼地諸多重要生化反應之進行，其變化一般主要隨氣溫而定，亦即隨日夜與季節進行週期性變動，表 1 即為本研究於 95 年 8 月 16 日所進行各項現場測量數據，由其結果可知下池水溫比上池高，因水池上方瀑布區讓水充分達到瀑氣效果使上池水溫下降。

溼地中諸多生化反應接受 pH 值之影響，諸如大多數應用於水處理之微生物於 pH<4.0；pH>9.5 皆無法生存，脫硝菌之最佳操作範圍為 6.5<pH<7.4，而消化菌則是當 pH=或更高之 pH 值可有較佳之效率。在實驗期間上池之平均 pH



值為 7.64；下池之平均 pH 值為 7.91，二者差異並不明顯，ORP 與導電度所測量出上池與下池平均值亦相似顯示兩池之水質和當均勻，混合效果良好。

表 2 景觀水池現場測量數據

類別	測量項目			
	水溫	酸鹼值	ORP	導電度
上池	18.9(3.2)	7.64(0.25)	189.3(47.9)	346(16.9)
下池	19.5(3.7)	7.91(0.28)	189.9(49.4)	345(22.3)

註：括號內數據為標準差

圖 2 所示為氨氮上池與下池之濃度比較，由圖可看出上下池之濃度沒有明顯之變化，表 3 得知氨氮上池平均濃度為 3.73 mg/L；下池為 3.53 mg/L，二者之差異並非十分明顯，亦即上下池之水質因混和效應良好而呈現均勻現象，表 4 係二仁溪及鳳山水庫之水質監測資料，由比較得知水池之氨氮較受污染之二仁溪為佳，但較鳳山水庫略高。圖 3 者為總磷上下池之濃度比較，由圖可以看出有濃度有慢慢上升之趨勢，由表 3 得知總磷上池濃度為 1.66 mg/L；下池為 1.71 mg/L，較二仁溪及鳳山水庫接略高，如表 4 所示。圖 4 所示為 BOD 上下池之濃度比較，上下池之濃度大致相同，由表 3 得知 BOD 上池濃度為 4.31 mg/L；下池濃度 4.27 mg/L，略低於二仁溪之測值。

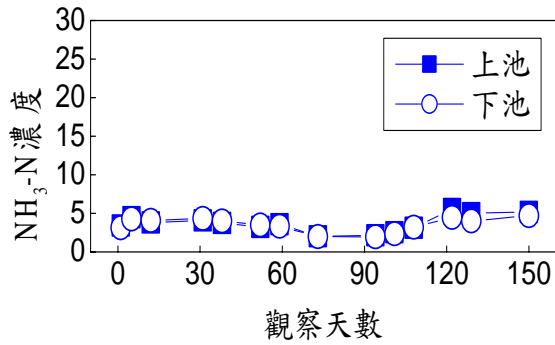


圖 2 上池與下池氨氮濃度比較

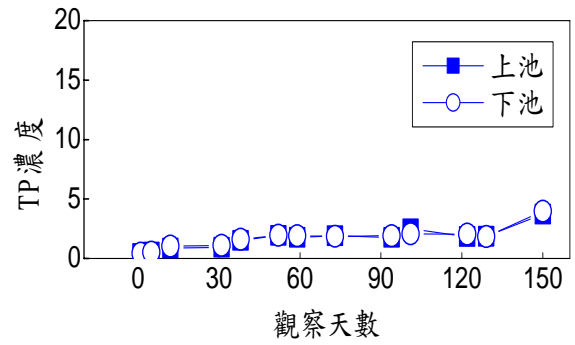


圖 3 上池與下池總磷濃度比較

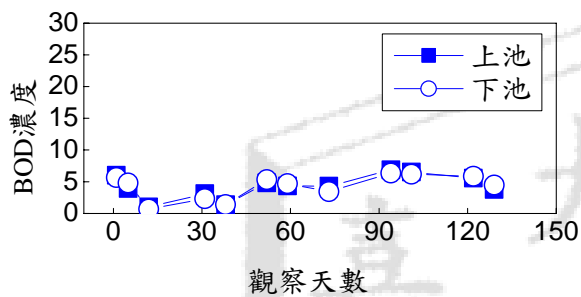


圖 4 上池與下池有機物濃度比較

表 3 景觀水池之氨氮、總磷與有機物之濃度

	上池	下池
氨氮濃度(mg/L)	3.73(1.05)	3.53(0.88)
總磷濃度(mg/L)	1.66(0.87)	1.71(0.89)
BOD 濃度(mg/L)	4.31(1.77)	4.27(1.82)

註：括號內數據為標準差

表 4 二仁溪與鳳山水庫之氨氮、總磷與有機物之濃度

	二仁溪	鳳山水庫
氨氮濃度(mg/L)	13.0(9.17)	2.71(2.52)
總磷濃度(mg/L)	1.20(0.54)	0.81(0.38)
BOD 濃度(mg/L)	5.72(2.72)	—

註：括號內數據為標準差

## (六)結論與建議

由本研究之實驗成果可知，相關實驗系統由改善後業操作歷時 13 個月，各項水質檢測結果顯示水質相當穩定，上下池之氨氮濃度為 3.73 mg/L 與 3.53 mg/L；總磷 1.66 mg/L 與 1.71 mg/L；BOD 池濃 4.31 mg/L 與 4.27 mg/L，上下池間之水質亦相當均勻，期間池水均可清澈見底，並未清池換水，估計一年約可節省 38.7 m<sup>3</sup>，證實本研究所提構想頗具發展潛力。

經評估本計畫業完成原計畫申請時之執行目標且其成果亦頗具學術價值。

## (七)參考文獻

1. 王姿文.林瑩峰.荊樹人.李得元.宋玉齡.陳欽昭.陳香瑩.簡嘉佑 .種植不同本土型水生植物之小型人工濕地淨化污水之效能比較. 第23屆廢水處理技術研討會論文集. 1998
2. 荊樹人.林瑩峰.王姿文.李得元.沈道剛.沈家丞.蔡凱元. 季節變化對人工溼地處理受污染河水淨化效能之影響. 第24屆廢水處理技術研討會論文集. 1999
3. 荊樹人.李得元.林瑩峰.王姿文.何茂賢.魏家美.鍾雯如.吳民貴. 人工溼地去除校園廢污水中懸浮固體之效能. 第26屆廢水處理技術研討會論文. 2001
4. 羅瑋琪.楊磊. 以人工溼地處理煉油及煉鋼廢水之研究. 第27屆廢水處理技術研討會論文.2002
5. 林瑩峰.荊樹人.李得元.王姿文.陳益銘.王世榮.徐璋杰. 利用人工溼地處理水產養殖池水污染物之研究. 第24屆廢水處理技術研討會論文集. 1999
6. Knight, Robert L., Jr., Victor W.E. Payne, Borer, Robert E., Jr., Ronald A. Clarke ,and Pries, John H., “Constructed wetlands for livestock wastewater management,” *Ecological Engineering* , Vol. 5 ,pp.41–55(2000).
7. Stone, K.C. Stone, Poach, M.E., Hunt, P.G.,and Reddy, G.B. , “Marsh-pond-marsh constructed wetland design analysis for swine lagoon wastewater treatment,” *Ecological Engineering*, Vol. 23, pp.127–133(2004).
8. Neralla, Srinivasan , Weaver, Richard W., Lesikar, Bruce J.,and Persyn, Russell

- A. Persyn, "Improvement of domestic wastewater quality by subsurface flow constructed wetlands," *Bioresource Technology*, Vol. 175, pp.19-25(2001).
9. Sakadevan, K.,and Bavor, H. J., "Nutrient removal mechanisms in constructed wetlands and sustainable water management," *Wat. Sci. Teach.*, Vol. 40, No 2,PP.121-128(1999)
10. Rousseau, Diederik P. L., Vanrolleghem, Peter A.,amd Pauw, Niels De , "Constructed wetlands in Flanders: a performance analysis," *Ecological Engineering*, pp.151-163(2004).

