

人工溼地與溼地植物

台灣的溼地研究起步較晚，應該與台灣地狹人稠的環境有關，因為利用溼地進行污水處理所需的土地遠大於傳統的工程技術，但是加入世界貿易組織(WTO)後，許多農地將因生產力不足放棄生產而閒置，將可作為人工溼地處理的用途。因此台灣現在進行人工溼地的研究、規劃與應用，恰逢其時。



溼地(wetlands)是指土壤經常維持濕潤或間歇性淹水的地區，小至降雨後經常性積水的低窪地，大至河岸潟湖乃至一般熟知的紅樹林沼澤、河口泥質灘地及草澤地等都屬於溼地。溼地的生態功能在1930年代美國國會就通過法案加以宣示，並強調其重要性，1971年聯合國在法國蘭薩簽訂的溼地公約正式成為國際對溼地保育的宣言。

世界各國的溼地研究

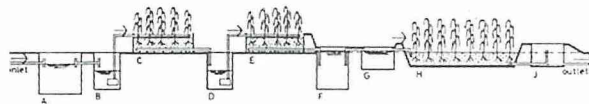
溼地的功能包含淨化水質，蓄洪抗旱，促淤保灘，並可作為野生動物的覓食棲

息地。著眼於溼地的水質淨化功能，歐洲發展出人工溼地的觀念並實地建造相關的設施，應用於包括一般家庭生活污水，農業排放水及工業廢水處理的各種人工溼地系統。

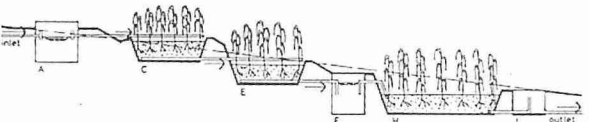
最早的人工溼地觀念是由德國在1950年代開始構想並測試其可行性，美國在1960年代跟進，而在1970年代就開花結果，產生許多規範與設計。先進國家目前在相關的研究與改良工作仍然持續進行中。

台灣的人工溼地研究在國科會88年度永續發展研究推動委員會所推動的計劃中，

■圖1.地勢平坦處的人工溼地建造圖。



■圖2.坡面地形處的人工溼地建造圖。



圖例說明

A: 現有的污水收集槽, B, D: 加壓幫浦, C, E: 垂直式人工蘆葦溼地槽, F: 腐質土槽, G: 平衡槽, H: 水平式人工蘆葦溼地槽, J: 流量控制槽。

有一個名為“綠色環保技術之策略研究-溼地處理技術”的群體計畫，下含7個子計畫，分別對工業廢水、生活污水及水產養殖廢水以及相關的法令進行研究，是一個有規模有組織的研究。

推究溼地研究在台灣起步較晚的原因，應該與台灣地狹人稠的環境有關，因為利用溼地進行污水處理所需的土地遠大於傳統的工程技術，但是加入世界貿易組織(WTO)後，許多農地將因生產力不足放棄生產而閒置，將可作為溼地處理的用途。因此台灣現在進行人工溼地的研究、規劃與應用，恰逢其時。

人工溼地的種類可依土壤的積水，分成表面流式(Free water surface)及地下流式(Subsurface flow)兩大類，再依水流在土層移動的方向分成垂直式(vertical flow)及水平式(horizontal flow)兩種。

人工溼地構造體的建立可以配合地形加以調整，以下筆者引用英國強士頓史密斯工程顧問公司在網頁上的資料(<http://www.johnston-smith.co.uk/fact17a.html>)，提供讀者參考。

英國強士頓史密斯工程顧問公司網頁上也有完成的溼地成品，由這些照片可以發現與台灣現有的污水處理池，其景觀有明顯的差異：圖3.是一個安裝在旅館內包



■圖3.旅館的蘆葦污水處理系統。



■圖4.造景優美的蘆葦污水處理系統。



■圖5.水平式的人工溼地污水處理系統。

含完整的水平式與垂直式的小型人工溼地污水處理系統，可處理24人份的污水量。圖4.的池塘上方是一個包含水平式與垂直式的小型人工溼地污水處理系統，外型造景優美。圖5.是一個水平式的人工溼地污水處理系統，可處理15人份的污水量。

溼地有淨化水質的功能

透過對溼地移除污染物質淨化水質機制的了解，可以作為設計溼地系統中所需包含處理槽的種類與數量的參考。溼地可將由污水帶來

的有害物質加以分解成為無害的形式，沉積於土壤中或是轉變成為氣體揮發到大氣中。移除的機制可以包括物理性、化學性及生物性等三大類。

在溼地系統中，水流的速度緩慢，水體中的懸浮物質(包含污染物)，在緩慢的流速下配合溼地中的植物體的阻擋，可以被大量有效的沉積下來，這是物理性的機制之一。

溼地系統的土壤則提供了化學性的移除機制，土壤表面的陽離子交換性質，以及土壤礦物成分對水體中的無機元素所能進行的化學沉澱作用，都是主要的化學性移除機制。

生物性的移除機制是溼地系統淨化水質功能最主要的部分，透過微生物的吸收分解作用可以移除水體中的有機性污染物，分解後的物質成為植物的營養源，再經由植物吸收後，就可將有機性的污染物去除。許多研究顯示植物的吸收作用其貢獻大於微生物的分解作用，但是兩者所形成的體系卻是缺一不可的。

植物的貢獻性大於微生物的主要原因在於部分的溼地植物可以吸收重金屬，將其由水體與土壤中移除，而大多數的微生物乃至藻類，都會受到高濃度重金屬污染物的毒害。



目前台灣地區河川普遍發生優氧化的現象，主要就是水體中含有的氮與磷過高，氮與磷卻也正是植物生長的必須元素，利用植物來吸收移除這兩個元素是一舉兩得的作法。將含有高濃度氮元素與磷元素的污染水(例如養豬場、水產養殖場等的排放水)經由人工溼地系統處理後，再排放到河川中將可大量改善污染的問題。

蘆葦是主要的 溼地植物

歐美的人工溼地系統中使用的植物種類繁多，但是卻以蘆葦(common reed, *Phragmites australis*)為主要的草種，因此人工溼地也常被稱為蘆葦草床系統(Reed bed system)。蘆葦廣泛分布於熱帶及溫帶的潮濕地區，解剖學上屬於C3型植物，台灣的河川灘地有大量的分布，在秋季開滿白色的花序，日暮時分金黃色的光輝揮灑出一幅美麗的秋色。

台灣地區分布的蘆葦種類包括蘆葦(common reed, *Phragmites communis*)，卡開蘆(flute



reed, *Phragmites karka*)，這兩個物種屬於蘆葦屬(*Phragmites*)，另外有三個外型類似的蘆竹屬(*Arundo*)物種及一個類蘆屬(*Neyraudia*)物種。

蘆葦屬植物具有粗大的地下莖，其根部解剖構造具有大量的通氣性構造，可由地上部莖葉運送空氣到根部，對土壤中好氣性微生物的活動有所幫助，也因此種植蘆葦的溼地土壤中可以同時具有有氧性(aerobic)、缺氧性(anoxic)及無氧性(anaerobic)的生物反應環境，進行全方位的微生物作用去除污染物質。

在溼地植物中，浮水性的植物如浮萍、布袋蓮等，雖然都有不錯的效果，但是一旦這些植物溢出溼地槽，漂流到河川，其所吸收、濃縮集中的污染物質就將再度擴散開來。此外以布袋蓮為例，要將其收穫，回收所吸收的重金屬，因含水量過高，處理成本過高，加以繁殖快速，也因此造成台灣南部河川目前到處都是布袋蓮

氾濫，阻塞水道。因此在台灣發展溼地系統時，極需要熟悉植物的研究人員來配合工程人員篩選適當的溼地植物，以避免重蹈覆轍。

蘆葦根部的通氣性構造是使其在溼地中發揮功能的主要原因，要提高溼地去除氮、磷元素的效率，可以透過蘆葦生長速率及單位面積植株數量的提升而獲得改善，這必須透過育種的程序來進行。

培地茅是優良的 替代植物

另外的方式就是尋找更優良的替代植物，在澳洲及美國近年已嘗試利用新興的水土保持植物 - 培地茅(vetiver grass, *Vetivera zizanioides* 請參閱「鄉間小路」89年9月號的專文介紹)進行人工溼地應用的試驗，這類植物的根部與蘆葦相同也具有大量的通氣構造，根系深入土層可達3公尺以上，在垂直式的溼地槽可提供更深厚的槽體以容納污水，而地上部的莖稈可以重疊密生，其密度遠超過蘆葦，在水平式溼地槽可提供更有效的沉積作用(sedimentation)，其吸收重金屬的種類與能力是一般植物的10-100倍，對於氮、磷元素的吸收能力也令人刮目相看，是一個極具潛力的物種。

12