

生態淨化農村社區生活污水之探討^{*}

陳意昌^{**} 謝翠玲^{***} 蕭家孟^{****}

摘 要

台灣一般生活污水係經由建築物之污水處理設施處理後，或直接排入排水渠道、河川，造成河川的污染；政府近幾年投入大量經費於都會地區設置污水下水道系統，將生活污水蒐集至污水處理廠處理，下水道及污水處理廠之普及率尚不高，除了下水道建設困難度高外，污水處理廠所需之之廠房、機械設備、後續維護、污泥處置及專責人員等費用相當龐大；對於一般都會區即為一長期負擔，更遑論其他非都市土地的農村地區。在農村社區之污水下水道設置預計將會拖延許久下，而其產生的生活污水仍需予以解決，利用人工濕地處理所需經費相對較低，維護管理亦較簡單，且屬於自然淨化的生態工程之一，於集村的農村聚落實施應為可行的方式。若於農村社區土地重劃及集村興建時，所提供之公共設施用地，設置下水道系統，將產生之污水，以自然生態淨化系統之生物及土壤處理，建構符合生態性及永續發展的農村。然而，人工濕地於台灣方十年光景，在民眾觀念、法令及專業規劃、設計、施工及管理上，尚需努力，因此，本文探討相關問題，並以已完成人工濕地之農村社區為案例，探討以自然淨化處理農村社區生活污水實施之可行性。

關鍵詞：人工濕地、生活污水、自然淨化、農村社區

^{*}本研究感謝苗栗縣政府地政局及東昇工程顧問公司提供相關資料，使本文順利完成，謹此致謝。

^{**}內政部土地重劃工程局正工程司及國立勤益科技大學景觀設計與管理系兼任助理教授。

^{***}國立勤益科技大學景觀設計與管理系助理教授。

^{****}國立臺中技術學院室內設計系副教授兼系主任，通訊作者。

生態淨化農村社區生活污水之探討

陳意昌、謝翠玲、蕭家孟

壹、前言

依據「下水道法」規定，實施都市計畫地區及指定地區，需設置下水道收集雨水、家庭污水及事業廢水，且末端配合設置污水處理設施，處理後之排放水應符合放流水的標準。台灣地區之下水道主要分為雨水及污水為主，一般新開發地區採雨水與污水分流的作法。截至 94 年底，雨水下水道幹支線已完成建設長度 4,077.52 公里，整體雨水下水道建設實施率達 60.71%，其中臺灣省為 55.03%，臺北市為 95.53%，高雄市為 96.45%。污水下水道完成用戶接管 795,072 戶，普及率為 14%，其中臺灣省為 3.02%，臺北市為 76.06%，高雄市為 40.17%，福建省 26.29%；而農業縣如宜蘭、苗栗、彰化、雲林、台南、屏東、花蓮、台東、澎湖等則仍為 0。另專用污水下水道普及率為 10.61%，建築物污水處理設施設置率 5.59%，合計整體污水處理率為 30.20%（內政部營建署，民國 96 年）。

由上可知，污水下水道設施普及率遠低於雨水下水道，下水道系統普及率甚低，預估至民國 100 年亦僅達 36%；家庭產生的生活污水，一般透過污水下水道的建設加以解決，然而建設大部分以都會區優先實施；即污水下水道主要為連接家庭排放污水至污水處理設施之管線，若未設置污水下水道或污水處理設施，逕將廢污水直接排入河溪，將導致河溪水質及河川本身與鄰近地區的生態污染。廢污水之處理亦以傳統廢水處理廠為主，雖該方式所處理之污水量及出水水質穩定，可達放流水之標準，放流水水資源亦可再利用，但建設所需之廠房、機械設備，及後續每年維護、污泥處置及專責人員等費用相當龐大。

台灣平原地區，大部分已完成農地重劃建立完整之農路及排水系統，每一坵塊均可臨路的情況，土地所有權人均可於農地面積之十分之一土地興建農舍居住，零星散佈的農舍所產生的家庭污水即排入農用排水路中，造成農地環境之非點源污染，如於廣大分散農舍間配合建造雨水、污水下水道系統，亦將產生較大的難題，其所需經費亦相當高，且維護管理費亦較都會區困難，非一般農村地區及地方政府所能負擔，在實際運作上亦幾乎不可行。目前政府相關單位於都會區設置雨、污水下水道，但確無餘力針對廣大的農村地區所產生之家庭污水提改善方案，而導致農村地區之生活環境逐漸惡化。

在一般非都市土地之鄉村區，若屬集村式農村，其建造污水下水道系統，所需成本應較散村式農村低。因此，除了可於集村的農村聚落興建污水下水道系統外，

亦可於農村社區以土地重劃方式作整體規劃，即原鄉村區因區域整體發展或增加公共設施之需要，可適度擴大其範圍；利用非建地提供公共設施用地，除將農村社區農舍住宅集村化，污水處理設施亦配合透過取得的公共設施予以利用。然而，倘於廣大鄉村地區施設下水道、接管及污水處理廠，恐緩不濟急又不符經濟效益。在農村地區，應考量採用較適合其經濟能力與環境特質的方法，來解決農村家庭的生活污水問題。近年來，生態工程之大力推行，農村社區亦期以較符合生態的工法處理生活污水，人工濕地即為嚐試辦理的方式之一。本文即以近幾年對於人工濕地的相關研究、於集村的農村社區實施、部分已施作的人工濕地案例及可能遭遇困難等提出探討。

貳、相關研究

國際間對於「濕地」定義的範圍相當的廣泛，依據 1971 年國際拉姆薩 (Ramsar) 公約，廣泛的定義為「不論天然或人為、永久或暫時、靜止或流動、淡水或鹹水，由沼澤、泥沼、泥煤地或水域所構成之地區，包括低潮時水深六公尺以內之海域。」由此可知，濕地面積所佔比例不小，而對於四面環海的台灣地區，所佔比例更大，濕地的生物多樣性亦甚高。而「人工濕地」是應用生態工程技術，以處理廢（污）水或彌補自然損失的人為設施，具有將污染物涵容同化(assimilation)及轉換的能力，也兼具自然濕地生態系統中物理、化學和生物間交互作用處理之特性，既不需能源輸入，也具有不必經常維護管理與自給自足等優點（林瑩峰，民國 88 年）。目前人工溼地依其功能可分為以下六種：(1)水質處理型人工溼地(Constructed Wetlands)；(2)生態補償型人工溼地(Mitigation Wetlands)；(3)暴雨洪水調節型人工溼地；(4)景觀造景型人工溼地；(5)養殖型人工溼地；(6)綜合型人工溼地（Kadlec and Knight,1996；邱文彥，民國 93 年）。利用自然淨化污水處理係以環境本身自淨能力，當污水進入自然環境介質後，其污染物會經由物理作用、生物化學分解反應及自然的移轉等方式使污染物分解或移除。濕地為自然處理污水系統之一。

回溯以往，人口數量較少，尚無面臨污水問題，土壤或植物即可自然淨化；早在二十世紀初，國外即已利用濕地承接污水，以植生解決環境污染問題，爾後並發展各項水質淨化技術，其中符合生態的近自然工法包括 1. 植生處理法：其設施工程包括濕地、浮島、浮游植生、草溝、草帶、植栽濾床等；2. 土壤處理法：有(1)灌溉處理法，設施工程包括快滲、慢滲、地表漫流等，及(2)地下滲濾法，設施工程包括單體式及多重式等；3. 接觸氧化法：設施工程包括礫間接觸、填充濾材、淵與瀨等自然淨化水質（行政院環境保護署，民國 96 年）。另外生態工法亦具污染減量之效益，利用重力沉降或植物攝取等方式，減少泥沙、營養鹽、有機質等進入河川，以增加河川溶氧，改善水質，並可增加河川生物廊道與週邊生態系之連結，促進生物多樣性。

有關人工濕地對於污水及廢水處理效能之研究，在國內已十餘年，近幾年亦廣受重視，學者專家及政府大力研究、設置人工濕地試驗場及實場淨化污水。人工溼地在設置不透水層的條件下，無管制進流水水質的特別要求，並可確實地控制系統

的水流特性。「自然生態淨水系統」是利用自然界的機制及生物，在人為控制下發揮最大的能力，以達到處理目標。自然處理系統一般只需幫浦及簡單的管線、渠道配置輸送污廢水，而不需仰賴能源及動力的輸入及添加化學藥劑，亦少有污泥產生，因此較傳統機械式的污水處理法所需負擔的建造及操作費用還低。其有效處理廢水的自然生態淨水技術概分為：1. 廢水穩定塘（利用微生物及較低等的植物與動物），2. 水生生物處理法（利用微生物及較高等的植物與動物），3. 溼地處理法（包括已存在的天然溼地、沼澤、窪地、泥沼、濱地及人工溼地），4. 土地處理法（包括快速滲濾率法、慢速滲濾率法及地表漫流法）等四大類。其中人工溼地有兩種基本類型的人工溼地最常被使用，包括：表面自由流動系統（Free Water Surface, FWS）及表層下流動系統（Subsurface Flow, SSF）。前者，由於水表面與大氣環境接觸，因此類似天然溼地或沼澤；後者，使用水可流過的介質（如礫石），而水則保持在礫石床表面下流動，相當於有植物存在但是沒有使用曝氣的生物濾床，其操作效能比天然溼地更為可靠（荊樹人，民國 93 年）。

利用各種自然的處理機制將許多廢水中污染物質轉化為無害產物，已逐漸被廣泛應用與接受的成熟技術，亦被視為以太陽為能源之生態工程。陳柏州（民國 93 年）利用人工濕地系統淨化，對於改善受污染河川及校園污水水質之試驗研究，經實驗結果，以表面下流動式人工濕地系統成效較佳；許文明（民國 91 年）利用小型及現地大型人工溼地系統淨化養豬廢水，在不同的水力停留時間，探討數種水生植物在養豬廢水高污染負荷下，布袋蓮、水芙蓉、浮萍等水生植物對畜牧廢水的處理成效。國內逐漸對濕地的淨化功能愈加重視，但大多數用於處理一般的生活污（廢）水，在世界各國已有利用人工濕地處理各種廢污水的案例，包括各種類的工業廢水在內，工業廢水中以石化及煉油廢水在人工濕地處理成效尤佳。楊磊（民國 90 年）以台灣六輕麥寮廠為例，探討人工濕地應用於海岸及離島型工業區廢水污染防治之可行性作評估。

李黃允（民國 90 年）以二階段人工濕地去除生活污水中之營養鹽，利用生活污水廠之二級放流水做為進流，藉由控制營養鹽進流濃度及水力停留時間等參數，分析水質變化及植體、介質中氮磷含量，探討系統對於點源或非點源的氮、磷之去除效率及對水質的改善效果。陳盈利（民國 93 年）針對傳統人工濕地應用上的限制，設計曝氣水平流式生物濾床及地下水流式人工濕地等二段式處理方式現場試驗模場（Pilot scale），處理濃度較高之截流生活污水。處理後之總去除率，BOD、SS、VSS、TCOD、NH₃-N 等項均可達 73% 以上；該二段式人工濕地建設成本僅約一般污水處理廠之 1/6，年操作成本亦僅約 1/3，因此其具有低初設費、低操作維護費，以及容易操作、維護簡單之優點。李漢鏗（民國 94 年）則以不同礫石粒間接觸法對小型河川水質之改善進行試驗研究，礫石粒徑愈大，水流速度較快，對於有機物之去除效果較佳。人工濕地與氧化塘均為將生態工程技術應用於水或廢水管理或處理上的一種自然淨化技術（Kadlec and Knight, 1996）。荊樹人（民國 94 年）以台南縣仁德鄉之二行社區作為自然淨水及再利用之示範園區，人工濕地淨水系統由水生植物塘與人工濕地所組成，面積約 0.1 公頃，設計之處理水量為 100CMD，實際平均處理量約為 37CMD，經三年運轉結果，淨水系統的處理水可經常符合社區下水道系統之放

流水標準。

陳意昌等(民國 94 年)認為自然淨化系統之生態池、人工濕地代替污水處理廠設施於臺灣鄉村中並不多見，主要因素為目前尚在試驗階段，缺少較有利及較多之資訊可參考實施；國內學者亦從事此方面之研究，可為日後農村社區辦理重劃時，污水處理之參考；亦可與公園、綠地結合或保留水塘、水圳與生態池結合，維護其生態環境。以經濟成本比較污水處理廠及人工濕地，農村社區污水處理廠用地以 700 平方公尺，機械式建造費用以 1200 萬元估算，人工濕地面積以 2,000 平方公尺、建造費用以 300 萬元估算，農村社區土地重劃後價格每平方公尺 9,000 元估列，則二者於建設完成後之成本相近。但在後續維護成本上，人工濕地系統在實際執行階段之費用低，若僅以電費計，通常用於抽水井以提高進水水位，每天每公噸的水電費低於 0.5 元，若人工濕地位於污水管渠最低處，水位不需提升則可省去此項電費支出；除此之外，免技術工進行操作和維護管理，與污水處理廠之傳統廢水處理技術所需之經常性維護管理等龐大費用相較，人工濕地應為可行的方式。然而放流水是否符合規定仍是令人疑慮的問題。林瑩峰(民國 94 年)研究結果認為，以自然淨化方式處理污、廢水有其極大的功效，但各項檢驗值並非能穩定達到放流水或灌溉水之水質標準。由嘉南藥理科技大學長期對於二行社區家庭污水以人工濕地處理，為台灣最早針對該項生物處理實際操作的案例，其放流水之監測大部分符合放流水標準，而大腸桿菌則有未達規定標準之實測值。

參、法規探討

依「水污染防治法」第二條有關名詞定義「水污染防治措施」：指設置廢(污)水處理設施、納入污水下水道系統、土壤處理、委託廢水代處理業處理、設置管線排放於海洋、海洋投棄或其他經中央主管機關許可之防治水污染之方法。「廢(污)水處理設施」：指廢(污)水為符合本法管制標準，而以物理、化學或生物方法處理之設施。「污水下水道系統」：指公共下水道及專用下水道之廢(污)水收集、抽送、傳運、處理及最後處置之各種設施(行政院環保署，民國 96 年)。而下水道法對於「下水道」之定義為：處理排水區域內之雨水、家庭污水及事業廢水而設之公共及專用下水道。上開二法令所規定均包含了最終的污水處理設施，下水道相關法規甚至明定了污水處理廠之設施標準，但對於人工濕地則未有訂定。我國水污法並未有明確規定禁止人工濕地之應用，但因為人工濕地屬新興的概念與技術，國內法規尚未有詳細之規範，因此造成行政管理諸多疑義；另人工濕地應與「土壤及地下水污染整治法」整合，對於有毒性、重金屬等之廢污水，須予以規定鋪設不透水布(邱文彥，民國 93 年)。

下水道法之目的為：促進都市計畫地區及指定地區下水道之建設與管理，以保護水域水質。因此，下水道建設以都市計畫地區為主，而指定地區則可能包括新開發社區、工業區或經主管機關指定之地區或場所等；而水污染防治法之制定目的為：防治水污染，確保水資源之清潔，以維護生態體系，改善生活環境，增進國民健康。因此，針對維護生態體系而言，採生態工程之人工濕地自然成為水污染防治工法考

量的要項之一。人工濕地系統為採用自然的方式淨化污水，人工濕地應屬於生物處理方法之廢污水處理設施。人工濕地系統水質淨化技術是一種生態工程方法，其為利用自然生態的淨化機制及生物成員（水生植物、礫石介質及微生物），在人為控制下使污水通過系統時，其中的污染物質和營養物質被系統吸收、轉化或分解，從而使水質得到淨化，達到廢污水的處理目標，屬於水污染防治上之工法（荊樹人，民國 93 年）。均符合「水污染防治法」第一條所明列的目的，因此，利用人工濕地之自然淨化可防治水污染，對於水資源及自然生態環境之保育亦有直接助益。

目前聯合國文教組織將人工濕地處理家庭污水列為重要污水處理之設施計畫，並擬日後加以推廣。行政院公共工程委員會以維護自然、生態保護之觀點，積極推動生態工程，而人工濕地即為生態工程之一部分；行政院環境保護署配合政府推動生態工程的政策，在法令尚未完備下，仍補助用地取得之地區試辦人工濕地處理廢水，尤其於河川水質之改善上；已於朴子溪、二仁溪、將軍溪、南崁溪、高屏溪及烏溪等六流域完成九處水質淨化工程，其工法包括濕地、地表漫流、塊石護岸、接觸氧化法及礫間接觸等自然生態之水質淨化方式，總計每年可削減生化需氧量（BOD）約 421 公噸。（行政院環保署，民國 96 年）

依據下水道法及水污染防治法規定，所設置污水處理設施，其處理後之排放水應符合放流水的標準。如以水污染防治法第七條規定：「事業、污水下水道系統或建築物污水處理設施，排放廢（污）水於地面水體者，應符合放流水標準。前項放流水標準，由中央主管機關會商相關目的事業主管機關定之，其內容應包括適用範圍、管制方式、項目、濃度或總量限值、研訂基準及其他應遵行之事項。」是以，人工濕地處理廢污水後之放流水若符合各項放流水水質標準之規定，應為可接受使用的污水處理設施。

事實上，中央主管機關及各相關目的事業主管機關因應不同特性，訂定不同的水質標準，各項法令分由不同之主管機關，如「水污染防治法」、「土壤及地下水污染整治法」、「放流水標準」、「飲用水水源水質標準」等之中央主管機關為行政院環境保護署；而「下水道法」之中央主管機關為內政部，農田水利會灌溉排水管理要點內所定之「灌溉用水水質標準」係行政院農業委員會為主管機關，依「自來水法」第十條規定所訂定之「自來水水質標準」之中央主管機關為經濟部。各政府機關掌管自行業務之法令，因此在推動上較可能產生多頭馬車之現象。如內政部依下水道法辦理下水道之建設與管理，而推動生活污水管理、建築物污水處理設施之設置與管理、社區及工業區專用污水下水道系統之聯合污水處理體系為行政院環境保護署，若位於自來水水質水源保護區者則為經濟部，但放流水排放至灌溉渠道，水資源供農田灌溉再利用則屬行政院農業委員會。

有關社區下水道之放流水標準詳如表 1，50 立方公尺以上流量之主要檢驗項目有生化需氧量（BOD5）、化學需氧量（COD）、懸浮固體（SS）、大腸桿菌群等四種，低於 50 立方公尺流量則減少大腸桿菌群項目。其中公共下水道之放流水標準除了增加總磷最大限值为 2.0mg/l，總氮最大限值为 15mg/l 之限制外，其餘均與社區下水道及建築物污水處理設施之標準相同。而水質水源水量保護區所要求的放流水較為嚴格，依環保署所發布的放流水標準中，位於水質水源水量保護區內之新設立公共

表 1 台灣下水道及建築物污水處理設施放流水水質標準 1

區域別			社區下水道	公共下水道	建築物污水處理設施
適用範圍	項目	單位	最大限值		
流量小於 50 立方公尺／日	生化需氧量	mg/l	80	80	80
	化學需氧量	mg/l	250	250	250
	懸浮固體	mg/l	80	80	80
	總磷	mg/l		2.0	
	總氮	mg/l		15.0	
流量介於 50-250 立方公 尺／日	生化需氧量	mg/l	50	50	50
	化學需氧量	mg/l	150	150	150
	懸浮固體	mg/l	50	50	50
	大腸桿菌群	菌落數 (CFU)	300,000	300,000	300,000
	總磷	mg/l		2.0	
	總氮	mg/l		15.0	
流量大於 250 立方公尺／日	生化需氧量	mg/l	30	30	30
	化學需氧量	mg/l	100	100	100
	懸浮固體	mg/l	30	30	30
	大腸桿菌群	菌落數 (CFU)	200,000	200,000	200,000
	總磷	mg/l		2.0	
	總氮	mg/l		15.0	

註 1：總氮、總磷僅適用於排放廢(污)水於水源水質水量保護區內之新設立之公共下水道。(新設立之公共下水道係指於民國 90 年 11 月 23 日本標準修正生效日前已完成規劃，但尚未進行工程招標者，或尚未完成規劃者)。

註 2：表 1,2 之資料來源：行政院環境保護署網站 (民國 96 年, <http://www.epa.gov.tw>) -環保法規。

下水道，其放流水標準應增加總磷最大限值為 2.0mg/l，總氮最大限值為 15mg/l 之限制。依「自來水法」劃設之水質水量保護區面積目前約為 9,012 平方公里，佔台灣總面積之 25%，此水資源保育區之劃設，為維護水資源涵養與保育之重要措施。

「海洋放流水標準」之適用對象為符合事業水污染防治措施管理辦法規定，廢(污)水以管線輸送排放於離開海岸之海洋事業或污水下水道系統。海洋放流水水質標準依海域區分，其生化需氧量、化學需氧量、懸浮固體、大腸桿菌群等水質之最大限值分別為 100-150、200-300、100-150 mg/l 及 5,000,000-10,000,000 CFU/100ml，均較下水道或建築物污水處理設施放流水之標準寬。其他有關事業、污水下水道系統及建築物污水處理設施之放流水標準，其一般水質項目及限值整理如表 2。

表 2 台灣下水道及建築物污水處理設施放流水水質標準 2

項 目	最 大 限 值	項 目	最大限值
水溫	一、放流水排放至非海洋之地面水體者： 1. 攝氏三十八度以下(適用於五月至九月)。 2. 攝氏三十五度以下(適用於十月至翌年四月)。 二、放流水直接排放於海洋者，其放流口水溫不得超過攝氏四十二度，且距排放口五百公尺處之表面水溫差不得超過攝氏四度。	有機汞	不得檢出
		總汞	0.005
		銅	3.0
pH 值	6.0-9.0	鋅	5.0
氟化物(不包括複合離子)	15.0	銀	0.5
硝酸鹽氮	50	鎳	1.0
氨氮	10.0	硒	0.5
正磷酸鹽(以三價磷酸根計算)	4.0	砷	0.5
酚類	1.0	硼	1.0
陰離子表面活性劑	10.0	硫化物	1.0
氰化物	1.0	甲醛	3.0
油脂(正己烷抽出物)	10.0	多氯聯苯	不得檢出
溶解性鐵	10.0	總有機磷劑	0.5
溶解性錳	10.0	總氨基甲酸鹽	0.5
鎘	0.03	除草劑	1.0
鉛	1.0	五氯酚及其鹽類	0.005
總鉻	2.0	五氯硝苯	不得檢出
六價鉻	0.5	四氯丹	不得檢出

水污染防治法第六十二條：「事業、污水下水道系統或建築物污水處理設施，因天災或其他不可抗力事由，致不能於改善期限內完成改善者，應於其原因消滅後繼續進行改善。」人工濕地於颱風豪雨時，所有的雨、污水可能匯流至人工濕地，或其他因素而暫時失去其功能，但風雨過後仍能恢復其功能，未影響其污水處理。而人工濕地除了處理污水之功能外，暴雨洪水之調節亦為其中之一，另於「水土保持技術規範」第九十四條亦提到滯洪設施係指具有降低洪峰流量、遲滯洪峰到達時間或增加入滲等功能之設施，滯洪池為其中之一，而就其目的及規劃設計而言，滯洪池與人工濕地仍有其差別。

肆、污水處理設施探討

目前我們家庭所普遍設置的化糞池如同一座小型的水肥處理廠，有腐熱、消化、殺菌的功用。家庭污水中，人體排泄物是污染量較大的一部分，化糞池若缺乏嚴謹構築及維護，將使排水溝發臭、污水橫流，嚴重影響水體及環境衛生。特別注意化糞池有無與地下水蓄水池或自來水管相鄰，以免污染飲用水。定期請環保單位抽水肥（行政院環保署，民國 96 年）。台中市河川污染來源生活污水佔 90% 以上，生活污水包括糞尿污水及廚房、洗衣、洗澡等生活雜排水，每人每日糞尿污水產生污染負荷約佔生活污水產生量 32.5%，若能維持化糞池的正常功能，可將糞尿污水妥善處理，減少河川污染。化糞池係利用槽內細菌分解處理糞尿污水，在清理過程中，應避免將水肥全部抽除，每槽酌留 1/3 至 1/4 容量，避免破壞原生菌種生存優勢，以縮短恢復處理功能的時間（台中市政府環保局，民國 96 年）。

一般污水處理依處理程度可分一級（初級）處理、二級處理及三級（高級）處理。一級處理主要以物理沈澱或浮除作用去除水中的漂浮物及懸浮固體；二級處理為經過一級處理沉澱後的污水，再進行沉澱池及滴濾池內的生物處理；三級處理可直接用物理或化學處理，以獲得良好的水質，或利用特別的生物處理設備，以去除一般未能去除之不純物，如折點加濾法以去除氨氮、生物處理脫氮法、離子交換法，逆滲透法、活性碳吸附等。通常經過二級處理後之污水便可達到社區下水道之排放標準。

我國廢(污)水污染的排放量有 47.5% 來自生活污水，生活污水污染的削減，須仰賴將生活污水確實納入污水下水道系統及污水處理廠有效處理。污水下水道系統為解決生活污水污染的根本辦法，污水處理廠係利用微生物分解，在提供動力及有限面積下，大量、密集而快速去除污染，可以處理高濃度、高污水量的污水，對於污染較為密集的地區，為一有效的去除污染方式。污水下水道興建及納管處理，雖然不是立即可見成果的建設，但可密集削減河川的污染，其成效會反應在河川水質的乾淨，也可減少市區內水溝的臭味，改善市容及環境衛生。水質淨化型人工濕地是屬於利用自然能量淨化水質削減污染，例如太陽光能提供分解的能量、植物或石頭表面上微生物分解有機物等機制，與污水處理廠相同，同樣具有污染削減的作用。其污染去除效率不像污水處理廠高達 85% 以上，在相同土地面積下處理水量較少，但它可作為污水下水道系統未完成前的應急措施，以減輕排入河川的污染負荷，並且有美化河川高灘地及促進生態多樣性的附帶效益。同時人工濕地也可成為污水處理廠放流水之後續處理設施，進一步去除氮、磷等營養物，截流暴雨逕流污水直接排入河川（行政院環保署，民國 96 年）。

廢(污)水處理設施為以物理、化學或生物方法處理之設施；物理方法包括沉降、過濾、輻射、揮發，化學方法包括化學沉澱、離子交換、吸附，生物方法包括微生物礦化分解、生物轉換(硝化及脫硝)、植物攝取吸收等。而污水處理設施有舊稱之「化糞池」，現改稱為「建築物污水處理設施」，以及污水處理廠、水肥處理廠、人工濕地。其中化糞池處理為國人作前處理糞尿廢水的主要方法，化糞池主要由腐化

槽，過濾槽及立體式或平面式氧化槽組成，腐化槽主要之處理作用為沈澱與厭氧作用，糞尿經沖水進入槽內，固體物質沈澱或浮升藉厭氧細菌或好氧細菌予以分解，經過過濾槽後之污水，經散水裝置流入氧化槽，由槽中好氧性微生物分解污水中的有機物。另外將生活污水導入鄉間野外天然的或人工形成或由人為特別規劃、設計、施工的濕地，利用濕地中原有的或由人工栽種的特定植物和既有的微生物，將污水中的污染物消化分解並吸收，以達除污的效果。這些家庭污水可以在濕地中停留適當時間或經過計算之水力停留時間，經除臭除污處理後，達到放流水標準，再排放至下游河川湖泊或海洋，或滲漏到地下水含水層，經過土壤地層的天然過濾後再抽取出來成為農業灌溉用水、工業用水，甚至民生飲用水的水源。

但以人工濕地處理污水尚有以下缺點需予以克服：1.需要較大面積之土地，2.污水處理速度較緩慢，3.處理效率受環境氣候、植物生命週期之影響，4.高濃度廢水無法有效處理，5.孳生蚊蟲，6.進水口及操作不佳可能產生臭味。另由於濕地系統中處理污水的主要工具為生物體，包括：水生植物及微生物，而其功能受環境情況的影響較為明顯，故人工生態濕地中水生植物的種類、生長狀況等因素，皆會直接影響生態濕地對於污水處理的成效(林瑩峰等，民國93年；荊樹人，民國93年)。而設置污水處理廠雖可作污水高級處理，且其去除效率高，但亦有若干缺點：視處理人口污水量可能需要廣大的土地，昂貴的機械設備與土建設施，配套的區域污水下水道或截流設施，以利將污水導引到處理廠，及處理後污水的排放設施。污水處理廠的操作與運轉需要專業的人才、特定的藥品、可觀的電力、加上設備維修更新及未來功能改善等費用，對任何人口密度高、城市用地有限的國家都是極昂貴的負擔。因此，在生活污水之淨化設施上，利用高效率的「污水處理廠」或自然能量的「人工濕地」、或處理家庭用戶污水之建築物污水處理設施均能獲得成果，僅是效率不同，且各有其優缺點。

伍、人工濕地於農村社區土地重劃

內政部營建署於民國90年發布修正之「非都市土地開發審議作業規範」規定，以農村社區土地重劃方式辦理者，應依該規範規定申請審議。非都市土地開發審議作業規範總編第十條：「申請開發之基地，如位於自來水水質水量保護區之範圍者，其開發應依自來水法之規定管制。其基地污水排放之承受水體未能達到環境保護主管機關公告該水體分類之水質標準或河川水體之容納污染量已超過主管機關依該水體之涵容能力所定之管制總量者或經水利主管機關認為對河防安全堪虞者，不得開發。」基地所在之自來水水質水量保護區內，基於國家社會經濟發展需要者且無污染或貽害水源、水質與水量行為之虞者，經提出廢水三級處理及其他工程技術改善措施，並經飲用水及自來水主管機關審查同意後，送經區域計畫委員會審查通過者，同意開發。

另外，基地內下水道系統採雨、污水合流或分流？「非都市土地開發審議作業規範」總編第三十條規定：「基地內應依下水道法設置專用下水道系統及管理組織，下水道系統應採用雨水與污水分流方式處理。」但以農村社區土地重劃辦理者，不

在此限。因此，以農村社區土地重劃辦理之下水道系統可分流亦可合流；但若於農村社區內規劃人工濕地之污水自然淨化設施，經土地重劃後，除非有相當大的誘因，否則短期內移入農村社區居住者可能緩慢，故所蒐集的家庭污水量可能與預估量有一段差距，而影響人工濕地之淨化過程；因此透過合流方式，將側溝之排水蒐集，使其達到自然淨化，此時若設置污水下水道系統應為浪費工程費；農村社區之污廢水若排入新置之污水幹支管或污水處理廠，則採兩污水下水道分流之設計較佳。

有關新開發社區設置污水下水道，依「下水道法施行細則」第4條規定略以：「新開發社區：可容納五百人以上居住或總計興建一百住戶以上之社區，其申請開發時經主管機關認定其開發完成時公共下水道尚無法容納其廢污水者」。而農村社區更新或農村社區土地重劃係以「舊有」社區（非都市土地使用分區之鄉村區、農村聚落或原住民聚落）為基礎，因區域整體發展或增加公共設施之需要，適度擴大其範圍（農村社區土地重劃條例第三條）；因此實際上應與「新」開發社區條件不同，是否得依下水道法施行細則之規定，設置污水下水道，尚有疑義待澄清。目前於農村社區內設置人工濕地，法令問題為最重要亦亟待解決的難題，因台灣目前並未制定有關人工濕地或自然生態方式淨化處理污廢水之相關法規或技術規範，僅止於學術研究，及若干處之運作模場，但亦屬實驗性質。下水道主管機關，雖認為人工濕地為污水處理方式之一，但並不認同人工濕地可取代污水處理廠，即非屬下水道系統的一環。因此在實際執行上，尚缺乏法源依據。

農村社區土地重劃先期規劃地區，於民國93年度以前之原規劃以污水處理廠為主；93年度以後農村社區土地重劃之先期規劃地區改採人工濕地規劃，辦理非都市土地開發許可及環境影響說明書審查時，偶而遭遇審查委員的質疑，經過說明及修正內容，迄今部分社區之環境影響說明書已審查通過，以人工濕地處理社區污水亦於少數農村社區土地重劃工程付諸實施。然而位於水質水源水量保護區範圍內之農村社區，其放流水水質要求的限值較高，因此仍以規劃設置污水處理廠為主。

陸、案例探討

一、苗栗縣西湖鄉湖東社區

苗栗縣西湖鄉湖東社區面積5.8963公頃，於民國86年辦理農村社區更新重劃先期規劃，87年實施重劃建設。經重劃後苗栗縣政府無償取得公共設施用地，該人工濕地位於西湖鄉湖東社區內湖東段65及98地號，規劃面積為737平方公尺，溼地（水面）面積340平方公尺，其規劃設計方式採人工濕地自然淨化系統設計，分為前後兩池，前者為表面下流動(SSF)溼地，後者為表面流動(FWS)溼地，其規劃設計圖詳如圖1。目前排水系統可自然流入本系統約有19戶，人口80人，最大容納約達360人口。家庭廢污水量以每人每天250公升計，營運初期為20M³/天，預計全區總污水量可達90M³/天，其引進的污水經收集後匯入人工濕地（詳如圖2），經由表面下流動(SSF)溼地（詳如圖3）及表面流動(FWS)溼地處理（詳如圖4），處理

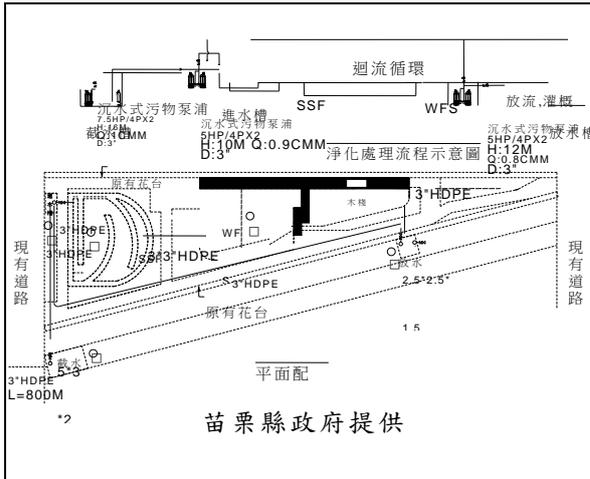


圖 1 人工濕地平面配置圖

圖 2 湖東社區污水收集



圖 3 表面下濕地(下為礫石床)

圖 4 湖東社區表面流濕地



圖 5 人工濕地處理後截水槽收集

圖 6 經截水槽排放土溝中

後由截水槽收集（詳如圖 5），排入小土溝中（詳如圖 6）。本濕地於民國 95 年 12 月 28 日開工，96 年 5 月 28 日完工，工程結算金額為 338 萬 8,000 元（資料來源：苗栗縣政府）。施工前、完工及完工後之水質檢測詳如表 3，甫完成不久之人工濕地其處理效果尚未明顯。

表 3 湖東社區人工濕地水質檢測

項次	檢測項目	單位	96.1.16 施工前		96.5.28 完工		完工後 96.6.11	
			進流水	放流水	進流水	放流水	進流水	放流水
1	pH	無單位	7.3	-	6.9	7.2	6.7	7.4
2	懸浮固體	mg/L	10.4	-	15.2	26.6	13.2	25.4
3	生物需氧量	mg/L	3.8	-	5.4	5.1	5.0	4.9
4	化學需氧量	mg/L	28.5	-	13.4	11.8	9.9	9.5
5	氨氮	mg/L	3.72	-	0.51	0.11	0.49	0.08
6	總磷	mg/L	0.515	-	0.28	0.09	0.242	0.05
7	溶氧	mg/L	6.9	-	3.2	7.8	3.0	7.5
8	濁度	NTU	2.5	-	22.3	44.9	21.5	44.8

資料來源：苗栗縣政府地政局

二、彰化縣鹿港鎮南勢社區

彰化縣鹿港鎮南勢社區之污水自然淨化設施，位於南勢農地重劃區內（詳如圖 7 及圖 8），屬洋子厝溪流域之中下游。本重劃區於民國 90 年施工，面積為 357 公頃。經農地重劃後，各坵塊均能臨路、排水及灌溉，而社區內有排水系統連接至社區北側之洋子厝溪，而洋子厝溪當時亦列入農地重劃區之相關改善工程。彰化縣政府環保局於民國 93 年擬定洋子厝溪河川污染改善計畫。人工濕地之經費係由行政院環保署補助，而本區土地之取得，經南勢社區發展協會協調原土地承租人同意放棄，再由縣政府向財政部國有財產局提出無償撥用申請，經該局同意撥用 7,102 平方公尺之國有土地作為人工濕地使用，在土地權屬上已獲解決。

本區由正昇工程公司規劃，其規劃圖詳如圖 9 於民國 94 年 8 月開工，95 年 1 月完工。濕地設計之污水處理量為 400CMD、水深設計為 30-50 公分，BOD5、SS、NH3-N、T-P 之預估去除率分別為 40%、50%、40%、30%，預估削減量分別為 6.9、2.32、0.78、0.06kg/day，其施工前之背景值詳如表 4（正昇工程公司，民國 95 年）。該社區人工濕地紀事銘（2006 年 1 月）記載略以：「因該區域未涵蓋污水下水道的範圍，故採人工濕地生態淨水系統，用以改善社區及周圍之生活污水，結合景觀綠美化設施，提供民眾休閒活動場所，並可提供人工濕地及生態景觀之教學研究場地。」已將人工濕地之目標明確列出；因方於 95 年 3 月完工驗收，家庭污水處理實際運作之時間並不長，雖於 4 月份檢測放流水之去除率均相當高，且符合法規標準，該社區協會及居民付出相當多的心力，使人工濕地有良好的成果。

而筆者曾分別於 95 年 7 月初及 12 月初現場勘查，經由混凝土排水溝引進的家

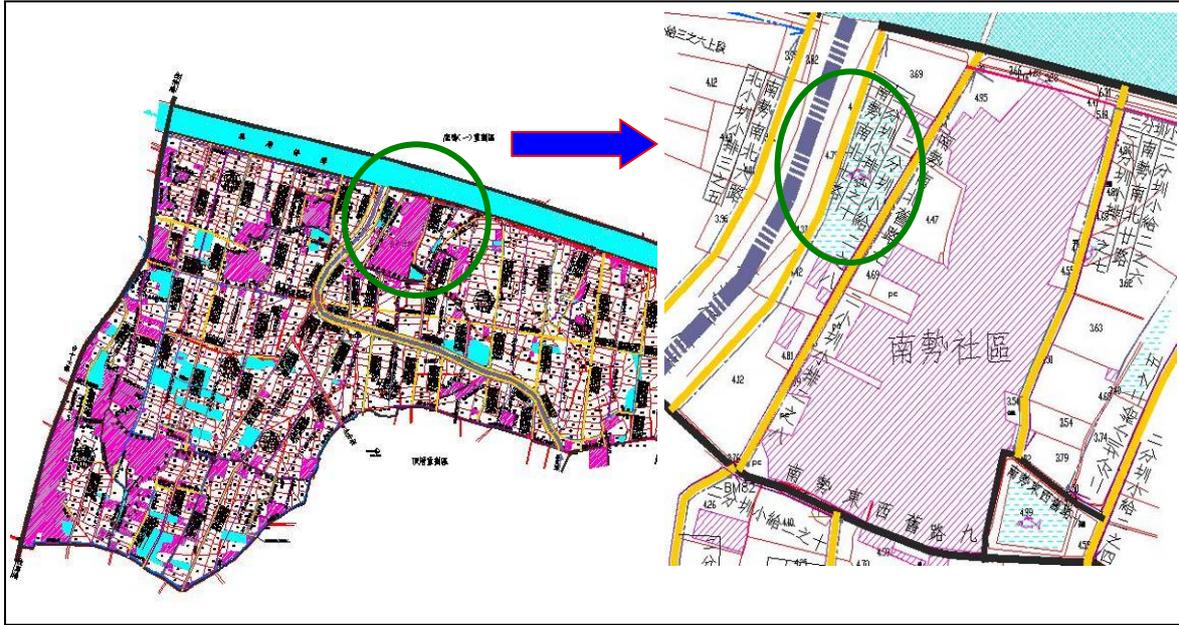


圖 7、圖 8 南勢農地重劃區及人工濕地示意圖

表 4 彰化縣南勢社區背景水質

污染物種類	線東橋 (mg/L)	頭汴埤橋 (mg/L)	洋子厝橋 (mg/L)	南勢社區 (mg/L)
BOD ₅	13.4	13.8	7.0	43.1
SS	25.1	38.4	28.9	11.6
NH ₃ -N	12.9	10.4	4.5	4.9
T-P	--	--	--	0.52
DO	2.2	2.8	3.3	8.2

註：測站值為 93 年平均值，南勢社區背景值為 94 年 3 月 9 日採樣檢測結果
資料來源：正昇工程公司（民國 95 年）

庭污水水質較差（如圖 10），完工後之整體現況尚佳（如圖 11、12）；第 1 次發現部分水生植物生長不良或死亡（如圖 13），水池末端尚有若干垃圾及雜物（如圖 14），第 2 次則已有改善，但當時恰為冬季，該區離海域較近，風勢強勁，水生植物生長受阻。因此，本區若欲永續營運，仍需由縣政府、專家、地方居民共同協助管理方能展現更佳的功效，以符合規劃所預期目標。



圖 9 南勢社區人工濕地規劃圖



圖 10 引進大排水溝之家庭污水

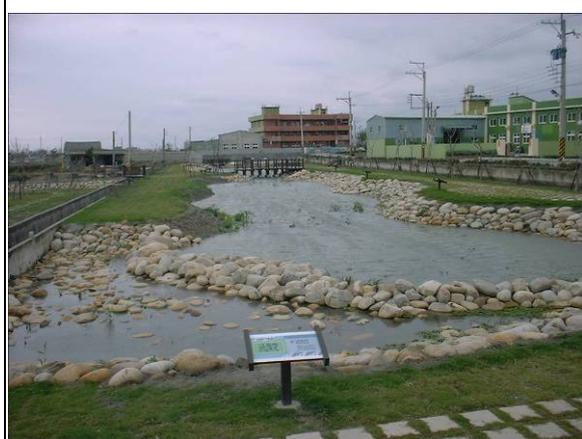


圖 11 南勢社區人工濕地現況 1



圖 12 南勢社區人工濕地現況 2



圖 13 水生植物生長不良(魚死)



圖 14 水質尚有待改善(左側水表面長青苔)

三、新竹縣橫山鄉內灣社區

新竹縣橫山鄉內灣社區於民國 93 年完成農村社區土地重劃先期規劃報告書，在先期規劃時，家庭污水之處理，配合中央政策之推行採用污水自然淨化設施，並於 95 年中完成非都市土地開發許可相關作業。本社區位於竹 120 縣道與往尖石鄉外環道路以北側，鄰近河岸溫泉區及內灣十景、美食，亦是著名之休閒觀光景點，平時參訪人數約 3、4 萬人，假日約 5、6 萬人，最多曾達 8 萬人，因遊客眾多所產生之污廢也相當可觀。而社區南側緊臨油羅溪，為頭前溪支流的上游，屬自來水水質水源保護區範圍。規劃時於社區之北側公共設施用地，將停車場之北側及南側各規劃一處人工濕地（如圖 15），南側人工濕地為較小之長條形，以公園水景為主（如圖 16）；北側較大之三角形人工濕地則以處理家庭污水為主（如圖 17）。因位於水質水源保護區，故辦理環境影響說明書審查時，多數委員對於採用人工濕地處理家庭污水仍有諸多意見，且比一般社區下水道增加總磷及總氮等項目規定，該水質是否可達放流水標準並無法獲得保證；且土地重劃區範圍並未包含部分之舊有社區街道，但舊社區之家庭及遊客之污水量亦不容低估，故依委員的意見，於人工濕地之後再設置簡易污水處理廠，使本社區之水質可符合規定。因此雨水下水道及污水下水道採用分流方式規劃。

四、其他無土地重劃之農村社區

台南縣仁德鄉之二行社區在行政院環保署補助經費下，由該縣環保局指定作為自然淨水及再利用之示範區，經嘉南藥理科技大學及二行社區發展協會、居民合作下，於民國 90 年年 11 月完成人工濕地淨水系統，由水生植物塘（氧化塘，種植大萍、布袋蓮等水生植物）、FWS（種植香蒲）（如圖 18）、SSF（種植蘆葦）（如圖 19）與放流水池等所組成；主要引進二行社區之家庭污水，建構小型人工溼地處理之，該濕地面積約 0.1 公頃，設計之處理水量為 100CMD，實際平均處理量約為 45-82CMD，經 3 年運轉結果，淨水系統的處理水可經常符合社區下水道系統之放流水標準（林瑩峰，民國 94 年）。該人工濕地於台灣較早成立，且其成效甚佳，為各界觀摩及仿做的示範區；設立之初，有關選點時可能無法周詳考慮，設置地點係當地村民所贊助，但事過境遷。該人工濕地因土地所有權人不再無償借用，將土地收回，故於土地管理上產生問題，至民國 95 年已停止運轉，殊為可惜。因此，當時若經費許可，利用價購的方式取得土地，將不致因人工濕地營運一段時間後遭遇地主要求收回而被迫停用。

彰化縣埔鹽鄉永樂社區經社區居民、社區協會理事長及村長共同努力下，進行社區之整體改造，如社區之綠美化設施，將舊有廢棄之豬舍改建為招待遊客之展示中心，並販售當地製作之高麗菜乾、菜脯粿，及迎接遊客之竹管仔炮；該社區居民利用販售農產品所得，已在區內購得活動中心用地，並將獲得之模範社區獎金用以買地建造具農家風格之活動中心。然社區邊界旁之養豬場，所排放之廢水直接排入社區道路併行之大排水溝內，而社區家庭污水亦排此大排中，經筆者實地訪察結果，

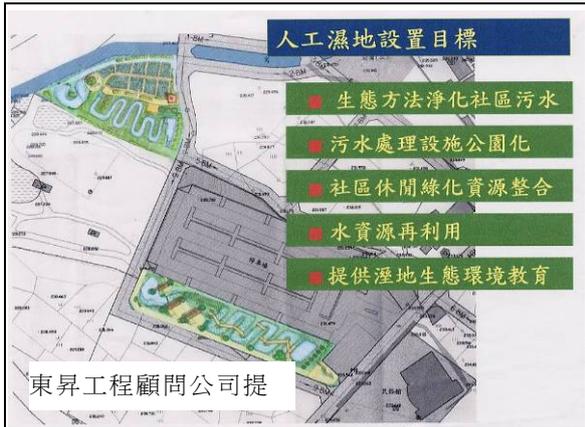


圖 15 內灣社區人工濕地位置圖

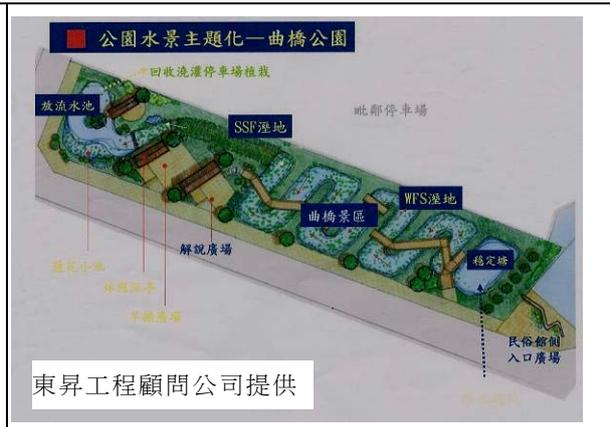


圖 16 內灣社區南側人工濕地規劃圖



圖 17 內灣社區南側人工濕地規劃圖



圖 18 二行社區表面流濕地



圖 19 二行社區表面下濕地



圖 20 永樂社區未經處理之污廢水流入大排

大排水溝旁雖利用植生予以區隔，但大排水溝內之污廢水產生臭味四溢（如圖 20）。因此，在其他軟硬體設備、文化產業、農業休閒已逐步穩固之後，認為該社區目前急迫解決的應是爭取經費建造人工濕地，以自然生態的方式處理社區之家庭廢污水，以改善該社區之環境衛生及生活品質；而用地取得方面，亦可利用價購或重劃的方式取得，為一勞永逸的作法。

柒、結語

以往各項工程設施在以安全為考量情況下，人工材料有其穩定的性質，鋼筋混凝土為一般工程常用材料，但與一般自然環境協調性不佳，亦非屬生物良好之棲息處所。鑑此，近年已大力提倡之生態工法，於水土保持、水利、土木、環保等相關施工地區，均可發現此種近自然工法的應用，在環境工程之污水處理上，亦提出有關自然生態淨化污水處理的方式，「人工濕地」為其中之一，為維護農村社區之整體環境，採用較符合自然保育的人工濕地，對於自然環境、水資源利用、永續經營管理均能產生較佳之成果，應為可行之道。

近年來，生態工程之推廣，受到政府機關、規劃設計者、工程人員、一般民眾之逐漸接受與認同，使同為生態工程之一的人工濕地，於學術界的研究日漸增多，而試驗性、實用性及不同功能之人工濕地亦在台灣各地普遍建立推廣。然以較自然方式淨化農村家庭污水的用地面積通常比傳統污水處理廠高出許多，因此在用地取得上，仍為遭遇困難之主要因素之一。目前大部分利用爭議較少之河川水利用地、公有土地無償撥用或土地所有權人無償提供借用；若透過農村社區土地重劃的方式，將可依公共設施為由順利取得人工濕地之土地，並可完全收集處理該社區或鄰近社區之家庭污水。

因建置污水處理廠之建置費用高、維護成本高、程序複雜、進度緩慢，若台灣地區鄉村區四千餘個均要建置的情況下，可能龐大經費及需時數十年。因此學者提出以人工濕地處理家庭污水，經試驗成果亦佳，若於辦理農村社區土地重劃時，在用地及土地產權均已配合解決，所規劃的污水處理設施，因生物生命週期及季節等影響，對於社區污水處理之放流水水質是否穩定，及是否符合環境影響評估法等相關法規內容，則需進一步探討。

放流水是否符合規定仍是令人疑慮的問題，依學術研究結果，以自然淨化方式處理污、廢水有其極大的功效，但各項檢驗值並非能穩定達到放流水或灌溉水之水質標準。雖透過簡單的化學處理即可達到，然而若利用人工濕地完全以自然生態淨化、無二次污染，而不受質疑並將該放流水再循環利用則更佳，以上為以自然淨化方式處理家庭污水中，政府、專家學者及全民所需努力的目標。

參考文獻

【中文部分】

1. 內政部營建署，民國 96 年，94 年營建統計年報，網頁資料
(http://w3.cpami.gov.tw/statisty/94/94_hm/htm_year9405.htm)。
2. 正昇工程公司，95 年農地重劃人員訓練簡報資料，內政部土地重劃工程局，民國 95 年。

3. 台中市政府環保局，民國 96 年，網頁資料
(<http://www.tcepb.gov.tw/index/bulletin/>)。
4. 行政院環保署，民國 96 年，網頁資料 (<http://www.epa.gov.tw/>)。
5. 邱文彥，人工濕地應用規劃與法治課題，台灣濕地 90 年 4 月，23，民國 90 年。
(<http://www.wetland.org.tw/about/hope/hope23/hope23.htm>)
6. 邱文彥，人工濕地及其景觀生態之應用，2004 生態工法案例編選集，民國 93 年，89-418 頁，行政院公共工程委員會。
7. 李黃允，「二階段人工濕地去除生活污水中之營養鹽」，國立中山大學環境工程研究所碩士論文，民國 90 年。
8. 李漢鏗，礫間接觸法對小型河川水質之改善，生態工法系列講座(八)，民國 94 年，3-1~3-27 頁，逢甲大學營建及防災研究中心。
9. 林瑩峰，濕地對於水資源之保育管理及永續利用—子計畫三：水產養殖廢水之人工濕地處理及循環再利用之研究(1)」，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (NSC88-2621-Z-041-001)，民國 88 年。
10. 林瑩峰、荊樹人，人工濕地生態工法在水污染防治上的應用及案例，2004 生態工法案例編選集，民國 93 年，419-498 頁，行政院公共工程委員會。
11. 林瑩峰，人工溼地處理社區家庭污水之依據及理由—由技術層面談起，嘉南藥理科技大學生態工程技術研發中心，民國 94 年。
12. 荊樹人，人工濕地與土地重劃，93 年度農地重劃人員訓練講義，民國 93 年，3.1-3.25 頁。
13. 荊樹人，社區水資源再利用與永續經營，嘉南藥理科技大學生態工程技術研發中心，民國 94 年。
14. 許文明，「以現地及小型人工溼地探討數種水生植物淨化養豬廢水之效能比較」，屏東科技大學環境工程與科學系碩士論文，民國 91 年。
15. 陳盈利，「人工濕地在河川水質改善之應用研究」，屏東科技大學環境工程與科學系碩士論文，民國 93 年。
16. 陳柏州，「以人工濕地淨化水質之研究」，國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程系碩士論文，民國 93 年。
17. 陳意昌、劉瑞煌，以人工濕地處理農村廢污水之探討，2005 鄉村發展研討會論文集光碟版，民國 94 年。
18. 楊磊，人工濕地應用於海岸及離島型工業區廢水污染防治可行性之評估—以台灣六輕麥寮廠為例，台灣濕地，25，民國 90 年。

【外文部分】

1. Kadlec, R. H., and R. L. Knight, Treatment Wetland, CRC Press, Boca Raton, F L. 1996.

Livelihood Sewage with Ecological Clarification in Rural Community Areas

Yi-Chang Chen · Tsui-Ling Hsieh · Cia-Men Hsiao

Abstract

Generally, the household sewage was treated by way of sewer treatment facilities or which was drained to channels and rivers directly that caused pollution of rivers in Taiwan. The government plunge into a great deal of funds to set up sewage sewer system and sewage farm, but that isn't universal yet., However, this construction was centralized on city area, and the sewage was dealt with by sewage farm mainly. Because of sewage farm spent much money except the construction of sewers are difficult and the traditional sewage system requires very high cost for operation and maintenance, which cannot be afforded by general rural communities and the local governments. The system of sewage sanitary sewer should be constructed in non-city area until the city has been completed that will be waiting for a long time. Constructed wetland is one of the eco-engineering for the natural purification of wastewater. Nevertheless, the land requirement of constructed wetland is higher than sewage farm. "Rural community land readjustment" plan is a well measure of land improvement. After rural community land readjustment that could provide public facilities land, use natural and ecological methods to purify household's sewage that will establish sustainable development rural. However, the development of constructed wetland only about ten years in Taiwan, the concepts of common people, laws and decrees, plan, design, construction and management still need to endeavor. Therefore, this article takes some rural community land readjustment for example to discuss the feasibility of natural treatment could be applied to sanitize the livelihood sewage of rural community.

Key words: constructed wetland, livelihood sewage, natural purification, rural community