

應用綠能景觀系統設施與廢棄材料於淨化生活雜排水之效益研究

張源修^{*}

明道大學景觀設計學系副教授兼系主任

陳芸萱^{**}

明道大學綠環境設計學系大三生

吳秉諭^{***}

明道大學景觀設計學系大四生

摘要

文明地區的生活過於便利，人們因方便取得所以不珍惜水資源而浪費，尤其臺灣山多河陡，滯留水資源的設施不足，或儲水工程往往影響生態環境，儘管平均年雨量大於 2000mm，每人的平均用水量仍然不足；且現今使用之洗潔劑成份複雜，對於河川放流水有嚴重污染甚至優養化現象，若想解決這問題可以家庭為單位來建置簡單的淨水系統、設施，減少水資源浪費，增加水資源再生率，亦能對排放出的廢水做出第一步的淨化處理。本研究實驗模場設置於明道大學蠡澤湖水岸旁，利用常見的民生、建築廢棄物：空心磚、混凝土、陶、瓦、咾咕石，靜置於直徑 33.5cm；高 26cm 的 13L 圓形桶，注入 10L 生活雜排水，以太陽能系統供電，使增氧機給予足夠的曝氣，再藉由多孔隙環境營造微生物的寄生場所，使好氧微生物擁有良好的代謝能力，達到基礎的淨化效果。實驗結果顯示， PO_4 以混凝土去除率 92.5%最佳；陶劍山-41.76%為最差， NO_2 以空心磚 99.11%為最佳；對照組-126.32%最差，EC 值的去除各組效果差異不大，數值皆在 56~63.5%之間，最後 ORP 方面，對照組提升 2 倍之多、最差之混凝土也有 93.9%的成效。

關鍵字：廢棄物、多孔隙、水資源指標、水質淨化

The Efficiency Assessment of Applying the Green Energy Landscape System and Waste Material to Purify the Life Miscellaneous Drainage

Yuan-Hsiou Chang^{*}

Department of Landscape and Architecture, Mingdao University. Associate Professor & Chairman.

Yun-Shiuan Chen^{**}

Department of Design for Sustainable Environment, Mingdao University. Third grade.

Bing-Yu Wu^{***}

Department of Landscape and Architecture, Mingdao University. Fourth grade.

Abstract

Nowadays, it is very convenient to live in a civilized region. Also, it is because that it was very easy to obtain water, people tend to waste too much water. In particular, Taiwan has a varied topography; the facilities to retain water resources are not very sufficient. Besides, the water storage projects usually influenced the ecological environment. In Taiwan, although the average annual rainfall is greater than 2000mm, the average water consumption per person is still not enough. Currently, the ingredient of detergent used today is very complex; it has caused serious pollution and eutrophication to rivers. It is a possible solution to build a simple system of water purification for every family. This can reduce the waste of water resources and increase the water recycled rate.

In this study, the experimental site located at the Li-Ze lake shore of MingDao University. This study selected common and construction wastes: hollow bricks, concrete, pottery, tile, Stone Sour Goo as test materials. A round barrel with the diameter of 33.5 cm and the height of 26 cm was injected with 10 liters life miscellaneous drainage. The solar-powered system was then used to supply aerator to create adequate aeration. Besides, with the help of parasitic microorganism places provided by porous environment, the aerobic microorganisms could perform good metabolic capacity to reach the base purifying effect. The research results showed that the best material to remove PO_4 is concrete with the removal rate of 92.5%; the worst is pottery with the removal rate of 41.76%. In addition, the best material to remove NO_2 is hollow bricks with the removal rate of 99.11%.

Key Words: Waste, Porous, Water indicators, Water purification

壹、前言

據經濟部水資源局(1997)統計，臺灣年平均降雨量為 2,510mm，為世界平均值的 2.6 倍，屬於降雨量豐富的地區。但受到降雨時間及地域特性的影響，使蓄水效率低，可利用的水量不及總降雨量的 15%，且人口密度高，每年每人平均所能分配只有世界平均值的六分之一左右，使得臺灣成為全球排名第 18 位的缺水國家，屬於水資源利用潛力不高的地區之一。故本研究以生活雜排水淨化為主題，探討在家中也能設置具有淨水效果的簡易設備，增加每人平均的可用水量以解決排放水河川污染問題。而現在的建材與民生用品隨著科技日新月異，以往功能較少或外觀不佳的產品漸漸被淘汰，建材也不斷翻新，使得已生產的物品無法被消耗或廢棄物品難以分類不知去向。本研究期望未來能提供有用資料，讓這些廢棄物品能運用其物理特性淨化水質，為環境保育與生活品質帶來貢獻。

貳、文獻回顧

一、水質淨化原理

環保意識的抬頭，廢水中原本未受到重視的氮、磷問題備受關注。各地區為解決水源中氮、磷的問題，投入相當多資源於處理研究技術上。傳統上廢水氮、磷之處理，以懸浮性活性污泥法為主流，此法優點在於技術簡單而成熟、操作條件易於控制、處理效率穩定、污染物與微生物

的接觸性佳等，但缺點如處理污泥之固、液分離時，受污泥沉降性影響極大，易發生污泥膨化問題，導致程序失敗。此外，污泥處理成本高，曝氣動力利用效率低，高污泥停留時間，菌體不易從放流水分離且菌體容易流失等問題。使用固定生物膜法處理廢水中氮、磷的方式，可改善活性污泥問題，具有廢棄污泥量少且曝氣動力利用效率高、穩定水流、攔截懸浮固體、累積大量生物膜、污泥沉降性好與操作簡易等優點，但有微生物附著載體能力較差、反應槽啟動時間久等缺點（邱，2001）。而懸浮性活性污泥法污泥多，氮、磷去除率較低，須設置最終沉澱池，將沉澱之增殖微生物迴流至曝氣槽以維持生物量。附著生長式可視出流水質狀況決定是否需設置最終沉澱池，若需設置最終沉澱池，亦無需迴流污泥（楊，2005）。

河川水質自然淨化作用的過程，是生態環境藉由物質循環機制達到的淨化過程（陳等，2012）。微生物代謝是生態環境中重要的一環，微生物能分解環境中的污染物，並從中得到其生命所需的物質、能量，而這一聯串的生化反應與作用，即是代謝作用。代謝作用（metabolism）為生命體以自營或異營方式，分解或合成外來物質以獲取其生命所需的能量或新細胞（楊，2005）。自然淨化作用是依照動物、植物、細菌間的食物鏈之物質循環，將污染質分解為最基本的形態（行政院環保署，2007）。自然淨化技術應以需淨化之水體為對象，選擇適當的淨化方式。而採用

自然淨化技術是現今講究永續利用的方向，不但可以節省能源、成本、減少水污染、涵養水資源且操作維護簡單，還可提高人們生活品質等優點(單與李，2006)。微生物是自然淨化中的關鍵，其原理是利用生物處理接觸曝氣法，好氧細菌大量繁殖於多孔隙特性材質上形成生物膜。再利用生物膜好氧性狀態下吸附、氧化水中有機物質的處理方法 (Metcalf, 1991)。另外，粗糙之基質表面影響生物膜與水接觸的時間，粗操程度與表面積成正比，微生物也越易形成生物膜。表面積愈大，可生存的細菌數量也越多，單位體積可去除之有機物也較多。有機物在好氧代謝中合成微生物菌體的比率高於厭氧代謝 (楊，2005)。生物膜法對水體的淨化以生物膜層生物氧化反應為主，過程為：基質由液體擴散至生物膜表面，再擴散至生物膜內。這時微生物氧化反應所需之有機物、氧、微量營養源等，也藉液體流動滲透進入生物膜內。接著由於生物膜內之生物反應所需成分被生物代謝，故愈往生物膜內側之濃度愈低，而當到某一深度，所需成分中有一成分消失時，反應將無法進行，此有效反應之深度稱為有效生物膜厚度；最後生物氧化反應之生成物往膜外進行擴散 (高與康，1982；莊，1988)。

水質淨化系統之原理，是利用污染物與自然環境之水、土壤、植物、微生物及大氣彼此交互作用，產生物理 (稀釋、吸附、擴散、沉澱以及在曝氣)、化學或生物反應(氧化、還原、吸附及凝聚) 後

分解等機制，去除生化需氧量 (BOD)、化學需氧量 (COD)、懸浮固體 (SS)、總氮濃度 (TN)、總磷濃度 (TP) 等污染物，以達到水質淨化的效果。另外，水中溶氧量對於生物處理法有非常大的影響，曝氣提供微生物氧氣以加速氧化分解機能，有無曝氣之差異以比較礫間接觸法和礫間接觸曝氣法為例：無曝氣之礫間接觸法處理水質狀況 BOD 約 20mg/L 以下，而曝氣之礫間接觸法 BOD 約 80mg/L，曝氣後適合水質濃度較高之河川。曝氣若設置在水深較深的封閉型水域，尤其夏季水溫溫暖、日光照射的條件下，易引起藻類大量繁殖造成優養化，曝氣法可均勻水體水溫及溶氧，改善優養化的情形(潘，2000)。

二、水質監測之項目

行政院環境保護署 (2013) 提出水樣檢測項目依照環保署的河川污染程度指數 (River Pollution Index, RPI)，檢測方法及原理及水質監測項目及意義：溶氧 (DO)，水質檢測儀，指溶解於水中的氧量，可能來自大氣、自然或人為曝氣，受有機質污染之水體，水中微生物在分解有機物時會消耗水中的溶氧，造成溶氧降低甚至缺氧。BOD 量測採用碘滴定法，在某特定時間及溫度下，微生物氧化分解作用所消耗的氧量。COD 可表示水中生物可分解的有機物含量，也間接表示水體受有機物污染的程度。SS 採用過濾法，指水中因受擾動而呈懸浮狀態的有機性顆粒或無機

性顆粒。SS 會阻礙光在水中穿透，影響水中生物的光合作用，或使魚類的呼吸作用受阻。氨氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$)，採用分光光度計法，含氮有機物主要來自動物排遺及生物屍體的分解，分解時先形成胺基酸，再依 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、亞硝酸鹽氮 (NO_2)及硝酸鹽氮程序而漸次穩定。因此當水體中存在 $\text{NH}_3\text{-N}$ ，可表示該水體受污染時間較短。溫度 (Temperature) 表示水的冷熱程度，水溫影響水的密度、黏性、蒸氣壓、表面張力等物理特性，在化學方面影響微生物的活動及生化反應的速率等。因此，對於水質的研判，溫度為一簡單而必要的檢驗項目。如將較高溫度之廢污水排放到水體，不僅使得水中的溶解氧急劇減少，並將使得水體中的生物加速生殖及呼吸作用，使得生物快速死亡，導致於水體生態系統受到影響，而使得水體自淨作用無法進行 (單與李，2006)。溫度對生物處理的微生物種類、活性及氧化速率都會造成影響，在好氧處理的情況下，水中溶氧會跟著溫度的變化而受影響 (Metcalf, 1991)。雖然不同種類的細菌可在不同溫度範圍內生存，但一般依其活性或生長速率將細菌分為嗜低溫性菌、嗜中溫性菌和嗜高溫性菌三類。低溫細菌之生長範圍 $2\text{-}30^\circ\text{C}$ ，最佳溫度為 $12\text{-}18^\circ\text{C}$ ；中溫細菌之生長範圍 $20\text{-}45^\circ\text{C}$ ，最佳溫度為 $25\text{-}40^\circ\text{C}$ ；高溫細菌之生長範圍 $45\text{-}75^\circ\text{C}$ ，最佳溫度為 $55\text{-}65^\circ\text{C}$ ，在此等範圍之外，各類細菌的生長速率均將受到抑制或趨於死亡，一般應用於廢水處理的微生物多屬於中溫細菌 (陳

，1986)。生物處理法水溫每增加 10°C 反應速率增加 2~3 倍，但溫度超過 40°C ，反應速率反而降低 (Antonie, 1974)。低溫時生物處理之反應速率也會降低，但水溫只要保持在 13°C 以上，則水溫對去除率之影響不大 (歐陽，1986)。

溶氧 Dissolved oxygen (DO)，河川汙染等級分類項目之一，無論好氧或厭氧處理，水中溶氧之檢測為操作上極重要參數，且水中溶氧直接影響水中生物如魚類、浮游生物等之存活。另外水中出現缺氧狀態，水中有機物會被厭氧微生物發酵分解而產生 CH_4 、 CO_2 、 NH_3 等物質，並使水質發臭變黑降低環境品質 (石，2005)。

酸鹼值 (PH 值)，大多數的水生物、土壤中生物於環境中有適宜生存與活動之 PH 值範圍，或對環境 PH 值變化極為敏感，故 PH 值的量度便顯重要。尤其此實驗使用的生物處理法，控制 PH 值的變化對於好氧微生物而言極為重要。PH 值太高或太低均會引起酵素蛋白質產生變性作用，使酵素作用喪失；同時也會改變 PH 值梯度，阻礙 ATP 之生成而影響微生物生長。污水生物處理之 PH 值若大幅變化會直接影響氧化有機物的效率，甚至對微生物造成毒性而使處理失敗。

曝氣池之 PH 值應控制在適當範圍內，如細菌、藻類、原生動物適合生長範圍是 PH 值 4-10 之間，故一般生物處理時，其 PH 值多維持在 6-8 之間 (市川與前田，1969；高與張，1993)。水中 PH 值

常因溶解 CO_2 而偏中性甚至酸性，若要移除水中 CO_2 可使用曝氣讓 PH 值上升。曝氣作用所去除 CO_2 之操作，其極限值為曝氣至與大氣中之 CO_2 平衡時，此時系統之 PH 值約 8.6 (張等，2006)。

導電度 Electrical conductivity (EC 值)，水體 E. C 可評估是否汙染，如淡水及海水之 E. C 差異大，評估地下水之是否有被海水入侵。另外，灌溉用水若 E. C 過高，則鹽分亦高，其滲透壓將影響農作物對水分的吸收，或造成土壤鹽化。

氧化還原電位 (ORP)，氧化還原數值，可以顯示水質中氧化及還原物質的相對含量，藉以從中獲得水質潔淨的程度。ORP 高，表示氧化物質含量高 (如硝酸鹽)，反之，ORP 低表示還原物質含量高 (如氨)。許多有機污染都屬於還原物質，所以 ORP 低也表示有機污染較嚴重。

磷酸鹽 (PO_4)，以生物處理廢污水時，磷為微生物重要營養成分，為合成新細胞組織所需，則 PO_4 的測定亦屬必要。

$\text{NH}_3\text{-N}$ ，還原態的氮會在水中氧化而耗氧，降低水中溶氧濃度，且 $\text{NH}_3\text{-N}$ 易造成承受水體酸化、缺氧、魚類病變及死亡。

亞硝酸鹽氮 (NO_2)、氨態氮在環境中，於好氧環境下，亞硝酸菌群 (nitrosomonas group) 將其轉變為亞硝酸鹽 (NO_2)，之後可再由硝酸菌群 (nitrobacter group) 氧化成為硝酸鹽，且以 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 無機態氮方式存在為主要形態。在各國飲用水水質標準中，一般均訂有氨

態氮、亞硝酸態氮、硝酸態氮之限值，氨氮及亞硝酸態氮為「影響適飲性物質」(石，2005)。

三、材料選用標準

材料選定之特性主要有：可適當附著生物膜，比表面積大，孔隙率大，化學、生物特性安定，機械強度大，不變形、破壞及磨損，可長期使用，對於懸浮物之捕捉性高，不會溶出有害物質等。粗糙多孔的表面，適合於微生物(細菌)定植，成長為一個顯著的生物質或「生物膜」(Simpson, 2008)。而燒結多孔材料可有效吸附、除去在水溶液中的磷酸根離子和重金屬。生物附著性良好的接觸材料，常因生物膜之適度附著造成阻塞。因此必須考慮其是否容易清洗。影響生物膜附著之因素，包括濾材形狀。以及表面構造、表面之電位、親水性等。孔隙率與實際停留時間、生物膜保有容量之關係密切，孔隙率愈大，通水之阻力愈小。比表面積為支配濾材單位容積形成生物膜的因素，比表面積愈大，接觸材料具更高的性能 (周，2003)。

參、材料與方法

一、實驗位置

實驗場地位於彰化縣埤頭鄉文化路 369 號，明道大學的明道果園內的蠡澤湖水系水岸旁 (經緯度：23.870833, 120.495013)。

二、研究材料

實驗研究需置入圓形桶內之接觸材料共有五種為實驗組：瓦片、陶劍山、咾咕石、空心磚、混凝土，及一組無放置材料之對照組。表 1 為實驗組之使用材料。為製造活水環境讓水體呈現均勻狀態，及增加水中溶氧量提供好氧細菌氧氣，使用 TEION-7500co 增氧機，一組分六區使用，提供微生物氧氣及使水與微生物的接觸效果良好，幫助水質淨化。容器使用為直徑 33.5 公分，高 26 公分之圓形桶，容量為 13 公升。耐酸、耐熱 100℃。主要材

質：聚丙烯 (PP)。本模場使用太陽能電池為發電設施，其電力供應增氧機，如圖 1 所示。



圖 1 太陽能電池發電系統

表 1 材料清單

名稱	瓦片	陶劍山	咾咕石	空心磚	混凝土
圖片					
體積	70 cm ³	67 cm ³	275 cm ³	245cm ³	270cm ³
孔隙率	4.1%	2.6%	6~8%	7.2%	4.4%

將 6 個水桶間隔 1 cm 並排放置於水域周邊 1 m 處，水體採用蠡澤湖水系的志強宿舍生活雜排水做為水質淨化實驗對象，志強宿舍人數約 980 人，大樓內包含學生餐廳、明道超市及資源中心，如圖 2、3 所示。



圖 2 模場現況



圖 3 實驗情況

三、實驗設備與儀器

水質量測使用 YSI-Pro Plus 多參數水質儀，檢測項目分別為：溫度、壓力、導電度、溶氧、酸鹼度。溶氧測量範圍為 0 ~ 50 mg/L；溫度 -5 至 +70℃；電導度 0 ~ 200 mS/cm；酸鹼度 0 ~ 14；鹽度 0 ~ 70ppt。DR-890 攜帶型水質專用分光光度計，操作模式有濃度、吸收度、穿透度，波長範圍為 420、520、560、610 nm 自動選擇；量測單位：ug/L、mg/L、g/L、ABS、%。符合 ISO9001 及 CE 認證規範。

四、研究方法

本實驗為運用自然淨化法及接觸曝氣法作為淨化機制，淨化生活雜排水之水質。並於每組水體接上增氧機，提供微生物足夠的氧氣，也使筒中維持適當的溶氧；供電系統則利用太陽能電池儲存電力供應增氧機使用。實驗由 2012 年 2 月 1 日至 2012 年 8 月 1 日為期六個月，定時量

測時間為每週五上午 10 點至上午 12 點之間，使用 YSI-Pro Plus 多參數水質儀測定溫度、電導度、溶氧、酸鹼度，氧化還原電位，各組反覆測量三次並取平均值。於每月以封閉之不透光瓶子取各實驗組、對照組 500ml 的水樣以分光光度計測定氨氮、亞硝酸鹽氮、磷酸鹽，其檢驗方法依序為靛酚比色法、分光光度計法、分光光度計法/維生素丙。因開放環境水體須考慮蒸發量，每月於取水樣後進行一次補水，其水量為 1 公升，最後進行各項分析，接觸材料基本性質分析、水中各監測項目分析、有機、無機物之去除率及綜合以上材料分析與水的變化關係，定位每樣材料的淨化效果及程度，再實際操作於宿舍系統，改善水質狀態。

肆、結果與討論

一、水溫(Temperature)

實驗期間溫度介於 18.3~30.6℃，溫度區間適合生物進行各種反應。二月份因寒流關係溫度偏低，直到四月份(春季)才回暖，水溫隨著季節轉換而改變，全組逐漸升高且有一致性趨勢，差異性不大，唯有混凝土之平均溫度 23.63℃略高於其他組別平均 0.38℃，與最低溫對照組 23.01℃相差 0.62℃，可能與接觸材料的比熱大小有間接關係，如圖 4 所示。

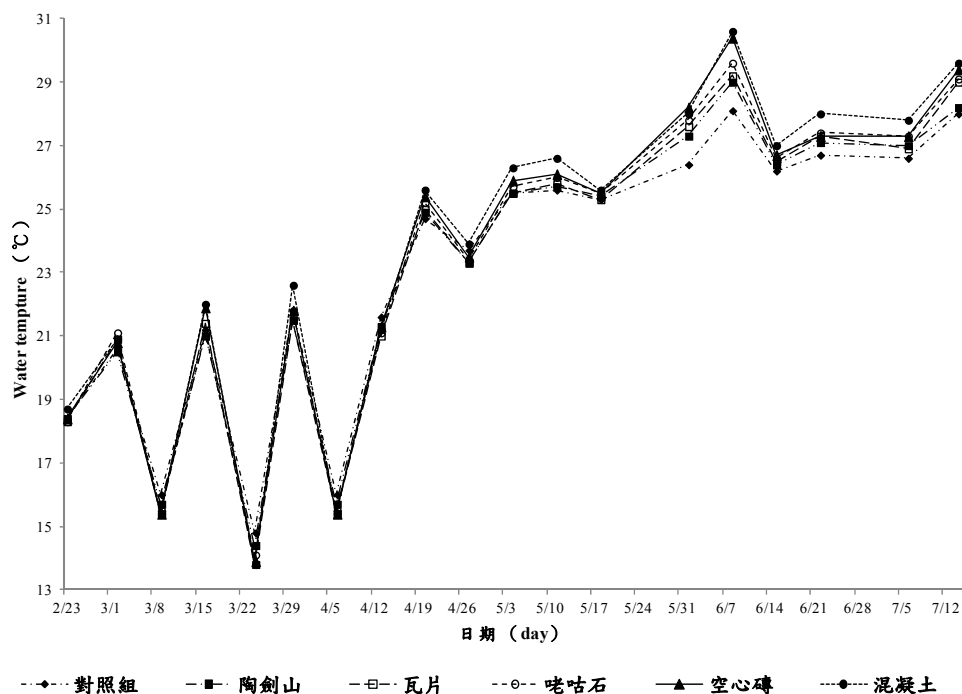


圖 4 各組水溫差異比較

二、溶氧 (DO)

於實驗初期各組 DO 之範圍為 0.11~0.17 mg/L，但唯有空心磚的效益或是實驗組別之數值高達 2.49 mg/L。經過一週後，DO 明顯上升至 8.2~8.5mg/L 之間。依照亨利定律，同一分壓下，溫度升高，氧氣溶解度下降，因此 3 月到 4 月氣溫升高，水中 DO 濃度有下降之情形。當水體置入一多孔隙環境中，水體內微生物攀附於接觸材料，微生物開始進行代謝分解水中有機、無機物，同時也消耗水中 DO，使得 DO 上升趨於緩慢。接著加入增氧機後 DO 明顯上升。在炎熱的五月份時，由於水中藻類光合作用旺盛，將 DO

帶回高點，比較其他材質之下，瓦片顯得更容易生藻，優先其他材質提升 DO。讓水中微生物及藻類交替作用之下，規律的淨化水中有機物，達到淨化效果。而初始實驗組空心磚 DO 異常高出其他組別，且在第 6/21 時空心磚模組上升至 13.2mg/L，出現過飽和的狀態，而桶內接觸材料上，呈現黑色、墨綠色之生物，水體顯色也比較汙濁，推測為藻類繁殖旺盛，輕微的優養化情形，如圖 5 所示。

應用綠能景觀系統設施與廢棄材料於淨化生活雜排水之效益研究

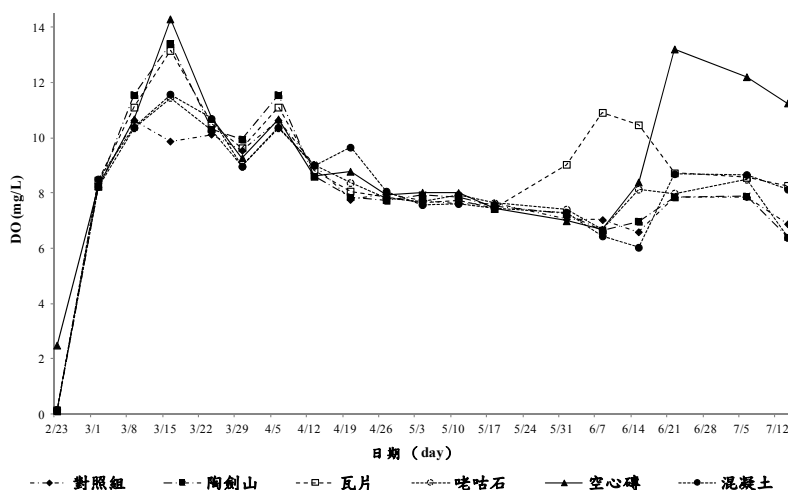


圖 5 各組溶氧差異比較

三、電導度 (E. C)

行政院環境保護署(2013)指出表示水傳導電流的能力，電導度與水中離子總濃度、移動性、價數、相對濃度及水溫等有關。通常電導度愈高，表示水中電解質含量較多。由於大部分鹽類都可電離，因此電導度也可表示水中總溶解固體的多寡，電導度太高對灌溉有不良的影響。電導度

初始為空心磚最高，其他均成一致性。對照組與陶劍山組分別於 3/15 與 4/12 兩天有下降趨勢，推測可能是周圍落葉所致，清除後很快恢復正常數值。空心磚初始電解度異常高，推測可能是材料中析出鹽類電解質，其去除率最低為 56.36%，去除率最高為瓦片組 63.48%，如圖 6 所示。

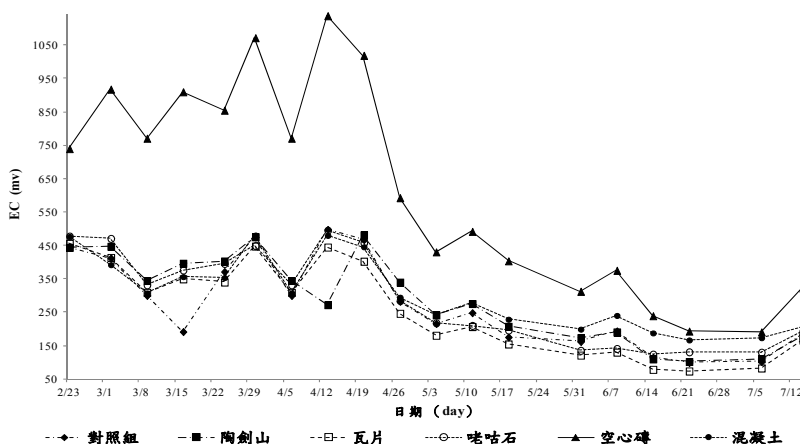


圖 6 各組電導度差異比較

四、酸鹼度 (PH)

各組雜排水起始 PH 值為 7~7.5 為中性偏鹼，經實驗後結果 PH 值均偏鹼性，其中對照組最偏向於中性。實驗最初，隨著 DO 的上升，各組之 PH 值也隨之上升，以對照組上升速率最為緩慢，之後的數

值除對照組與陶劍山組偏中性外，其餘模組較偏鹼性。其中空心磚於 6/21 日 PH 值突然上升，與 DO 曲線有密切的關係，另外 6/7 日對照組與陶劍山組之 PH 值驟降，與 ORP 趨勢相同，如圖 7 所示。

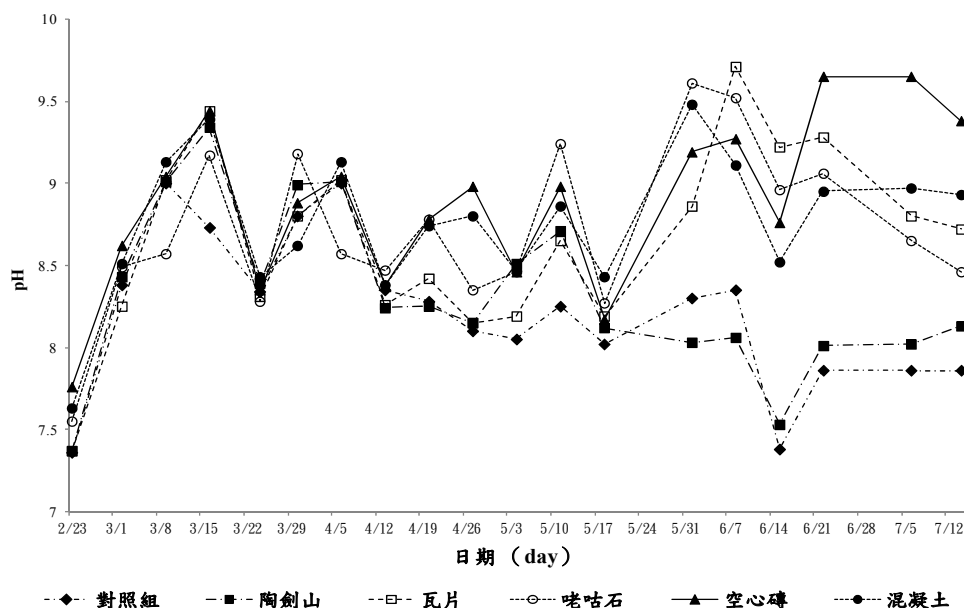


圖 7 各組酸鹼度差異比較

五、氧化還原電位 (ORP)

一般於耗氧狀態下 ORP 為正值，而 ORP 受物種之種類及濃度、溫度、PH 影響，尤其生物氧化還原，對 ORP 值的影響最大。本研究初始 ORP 介於 -50 mv~-10 mv，而對照組平均為 -32.1mv、陶劍山為 -27.4 mv、瓦片為 -25.0 mv、咾咕石為 -19.9 mv、空心磚 -12.9 mv、混凝土

土 -16.7 mv，所有數值皆為負值，提升最高順序為對照組 203.7%、空心磚 159.81%、陶劍山 148.15%、瓦片 143.80%、咾咕石 130.41%、混凝土 93.85%，研究結果 ORP 反應與其它模組相較數值顯得較為極端，故證實置放濾材有助於 ORP 水質保持穩定，如圖 8 所示。

應用綠能景觀系統設施與廢棄材料於淨化生活雜排水之效益研究

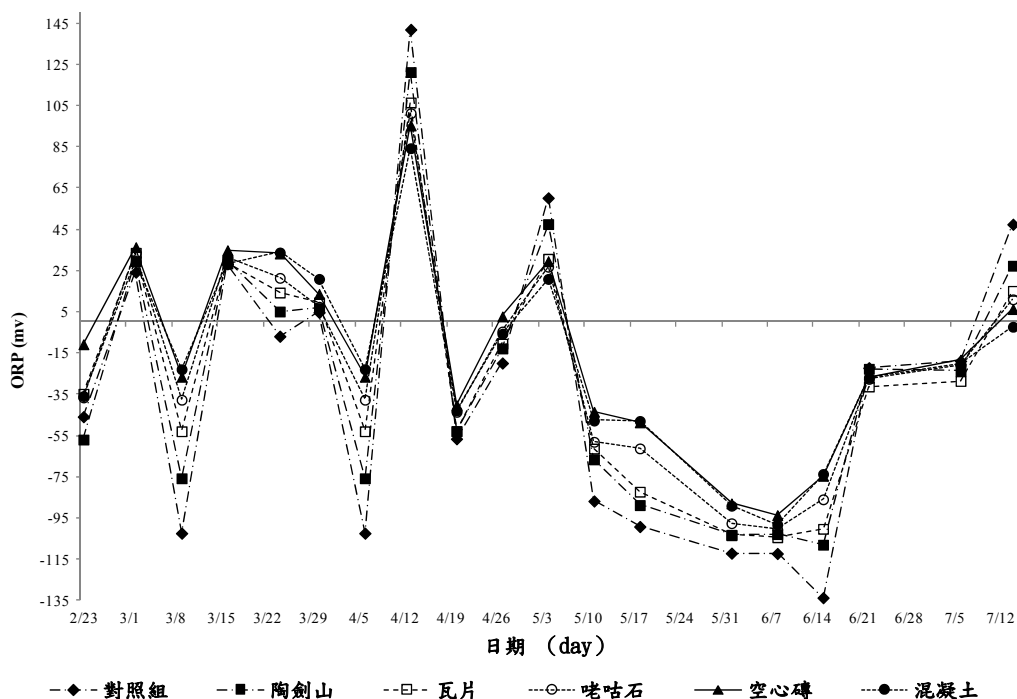


圖 8 各組氧化還原電位差異比較

六、亞硝酸鹽氮 (NO_2)

NO_2 變化與生物硝化作用、脫硝作用有關，其作用受 PH 值、溫度影響。實驗於 3/2 空心磚、4/27 計測對照組及陶劍山皆出現超標高值 1.232 mg/L，而整體數

據也出現明顯差距，最高去除率為空心磚 99.11%，而最低為對照組-126.32%，另外陶劍山、瓦片、混凝土效果均不佳，如圖 9 所示。

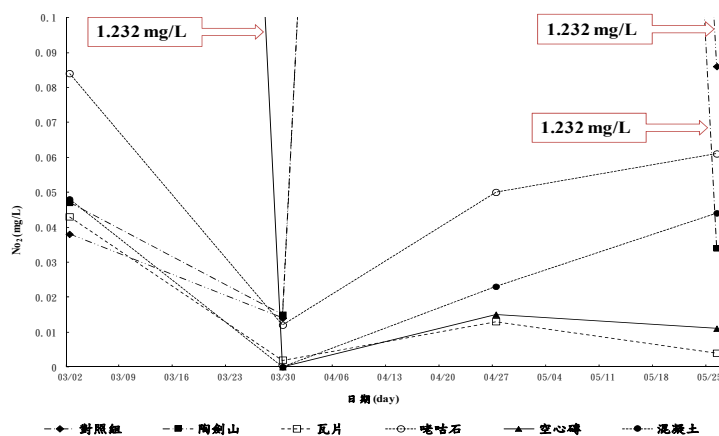


圖 9 各組亞硝酸鹽氮差異比較

七、氨氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$)

$\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率皆達 85%以上，各組皆達理想效果，對照組 93.97%、空心磚

90.82、混凝土 90.00%、瓦片 89.72%、陶劍山 87.57%、啫咕石 85.44%，如圖 10 所示。

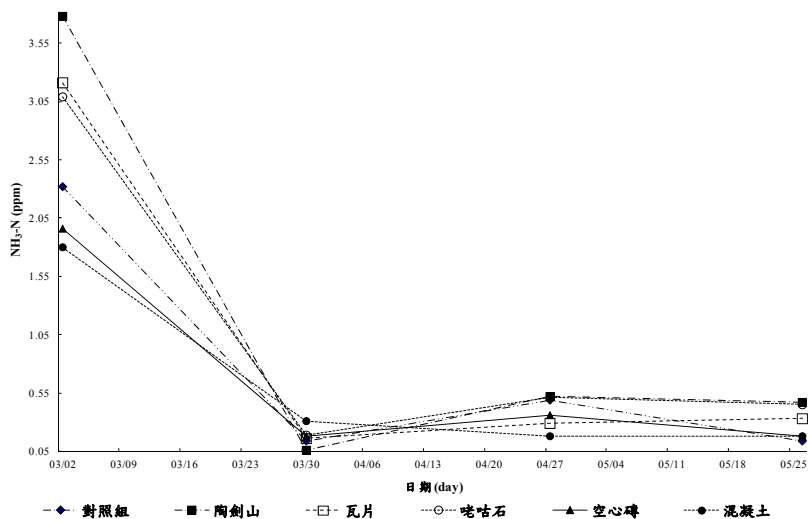


圖 10 各組氨氮差異比較

八、磷酸鹽 (PO_4)

PO_4 去除率最佳為混凝土 92.50%，但在第二月飆升 6.8 倍，對照其它數值並無直接關係，而最差為陶劍山-41.76%，

比最初上升了 1.4 倍，一般來說， PO_4 是生物體的重要養份，水體中若含有較多的植物體、藻類，則能有效降低 PO_4 ，如圖 11 所示。

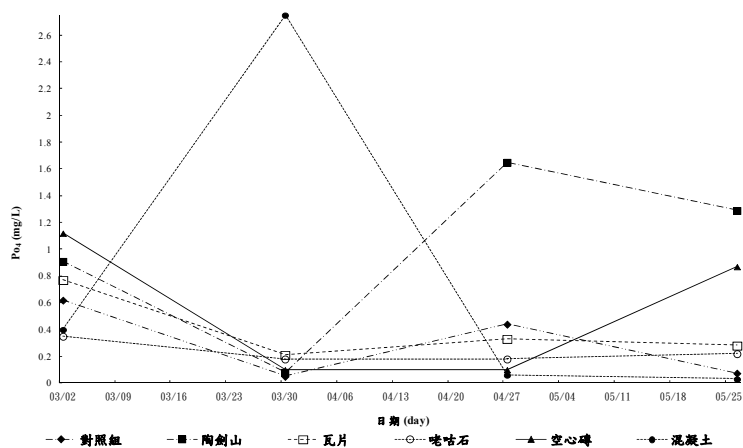


圖 11 各組磷酸鹽差異比較

九、小結

實驗結果如表 3，NH₃-N 以對照組去除 93.97%之效果最為顯著，PO₄ 以混凝土 92.5%最佳、陶劍山-41.76%為最差，亞硝酸鹽 NO₂ 以空心磚 99.11%為最佳、對照組-126.32%最差，電導度的去除各組

效果差異不大，數值皆在 56~63.5%之間，PH 值以 8.6 為標準，表現最佳為瓦片 8.72、最差為空心磚 9.38，最後 ORP 提升方面，對照組提升 2 倍之多、最差之混凝土也有 93.9%的成效。

表 3 各組去除率比較

項目 材料	NH ₃ -N 去除率	PO ₄ 去除率	NO ₂ 去除率	ORP 去除率	PH 值			ORP 提升
					前	平均	後	
陶劍山	87.57%	-41.76%	27.66%	59.85%	7.37	8.33	8.13	148.2%
瓦片	89.72%	63.64%	90.70%	63.48%	7.27	8.67	8.72	143.8%
咾咕石	85.44%	37.14%	27.38%	59.69%	7.55	8.72	8.46	130.4%
空心磚	90.82%	22.32%	99.11%	56.36%	7.76	8.88	9.38	159.8%
混凝土	90.00%	92.50%	8.33%	56.67%	7.63	8.76	8.93	93.9%
對照組	93.97%	88.06%	-126.32%	58.63%	7.36	8.22	7.86	203.7%

伍、結論

由此可見瓦片、陶劍山、咾咕石、空心磚、混凝土之廢棄建材能設置成簡易的淨水設備解決河川汙染與民生用水等問題，整體來看，去除率最平均為瓦片，其他各材料都具有不同優缺點，空心磚於 PO₄ 去除表現不佳，但 NO₂ 卻將近 100%，混凝土除 NO₂ 外表現皆良好，咾咕石、陶劍山在 PO₄ 及 NO₂ 皆不盡理想。淨化水質不建議使用空心磚，其材質因素導致 PH 值、EC 值的失衡。以瓦片和陶劍山之材質結合空心磚、咾咕之孔隙率為目標，發展新材料或許能創造更好的淨化效果。因此建議以後從事相關研究的設置方

式可參考以上相關數據來進行調整，以達到淨化水質與保護環境之功效。

參考書目

- 1.市川邦介，前田嘉道，1969，「產業廢水之處理」，恒星社厚生閣株式會社。
- 2.石鳳城，2005，「水質分析與檢測」，新文京開發出版股份有限公司。
- 3.行政院環境保護署，2007，「河川水質自然淨化工程」，從業人員規劃設計班，行政院環境保護署。
- 4.行政院環境保護署，2013，「全國環境水質監測資訊網」，<http://wq.epa.gov>

- .tw/WQEPA/Code/Business/Standard.aspx
。
- 5.周明輝，2003，「生物製劑在廢水處理上之應用-以石化業為例」，國立屏東科技大學環境工程與科學系研究所碩士論文。
- 6.邱仁杰，2001，「浸水式生物濾床處理污水營養物質之研究」，國立中央大學環境工程研究所博士論文。
- 7.高肇藩、康世芳，1982，「接觸曝氣法處理蘇打法紙漿廢水之研究」，中國土木水力工程學會第七屆廢水處理技術研究會論文集。
- 8.高肇藩、張祖恩，1993，「水污染防治」，中華民國土木水力工程學會。
- 9.張聖雄、陳見財、陳良棟，2006，「廢水生物處理程序常見問題實務探討」，工業污染防治。
- 10.莊順興，1988，「懸浮生物膜接觸曝氣法處理含 PVA 廢水之研究」，國立中央大學土木工程研究所碩士論文。
- 11.陳秋楊，1986，「工業廢水生物處理及應用」，工業污染防治第 18 期。
- 12.陳慶和，吳瑞賢，蘇文瑞，白子易，黃富昌，邱英嘉，劉偉麟，2005，「河川水質自然淨化工法之探討與應用-以社子溪為例(上)」，永續發展簡訊第十四期。
- 13.單明陽、李振卿，2006，「河川水質淨化工法效益分析」，興國管理學院科技與管理研討會。
- 14.楊淑鉢，2005，「資源化多孔陶瓷擔體處理工業區綜合廢水之研究」，國立中央大學環境工程研究所碩士論文。
- 15.經濟部水資源局，1997，「水資源政策白皮書」，經濟部水資源局。
- 16.歐陽嶠暉，1986，「下水道工程學」，長松出版社。
- 17.潘豪龍，2000，「以接觸氧化渠法處理受污染的排水之研究」，國立成功大學環境工程學系碩士論文。
- 18.Antonie, R. L., Kluge, D. L. and Mielke, J. H., 1974, "Evaluation of A Rotating Disk Wastewater Treatment Plant", Water Pollution Control Federation, 46 (12), 2792-2795.
- 19.Metcalf, Eddy., 1991, "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse (3rdEd.)", McGraw-Hill College.
- 20.Simpson, D. R., 2008, "Biofilm processes in biologically active carbon water purification", Water Research, 42 (12), pp. 2839-2848.