

# 利用稻殼炭及咖啡渣作為生活污水之前處理濾材之可行性研究

FEASIBILITY STUDY OF USING RICE HUSK CHARCOAL AND COFFEE GROUNDS AS PRE-TREATMENT FILTERS FOR DOMESTIC WASTE WATER

逢甲大學  
水利工程與資源保育學系  
教授

**許少華\***  
Shao-hua Marko Hsu

逢甲大學  
水利工程與資源保育學系  
碩士

**翁曼婷**  
Man-Ting Weng

## 摘要

水庫集水區、山坡地等地區之地下污水管線及污水處理系統較不普及，生活污水通常直接或經化糞池簡單處理後排入溝渠以及鄰近河川。污水處理主要關鍵為氮、磷之去除，故本文針對處理生活污水之氮、磷做分析，並且利用簡便、低價濾材設計為污水處理設施前處理裝置，以降低後續系統負荷、延長使用壽命，並達到保護水庫水源之目的。

生態工法及自然淨化工法近年來逐漸被廣泛使用，如人工溼地、植生滯留槽、礫間淨化法等，除造價低廉外，因材料可就地取材、降低能源消耗而漸漸成為一種趨勢。本研究即是參考植生滯留槽延伸出之「多層複合濾料系統」之內部配置作為試驗裝置設計。MSL (Multi-soil Layering) 主要以土塊 (Soil mixing block layer, SML) 及透水層 (Permeability layer, PL) 組成，本試驗將土塊以稻殼炭或咖啡渣替換，並分別探討此二種材質吸附水中正磷酸鹽及氨氮之可行性，做為未來材料選擇之參考。

由試驗結果得知，稻殼炭吸附氨氮之效果良好，於吸附段之去除率達 54.3%，咖啡渣僅 37.1%，總去除率分別為 70.5% 及 62.9%。稻殼炭及咖啡渣對於正磷酸鹽之吸附效果相對較不顯著，於吸附段之去除率分別為 8.5% 及 14%，總去除率分別 68.3% 及 66.0%；由此可知，雖然此二種材質確實具有去除正磷酸鹽之能力，但效果不佳，故仍須與生物處理相互搭配。

**關鍵詞：**MSL、自然工法、生活污水、優養化、咖啡渣、稻殼炭、水質。

\* 通訊作者，逢甲大學水利工程與資源保育學系教授  
40724 台中市西屯區文華路 100 號 · shhsu@fcu.edu.tw

## FEASIBILITY STUDY OF USING RICE HUSK CHARCOAL AND COFFEE GROUNDS AS PRE-TREATMENT FILTERS FOR DOMESTIC WASTE WATER

**Shao-hua Marko Hsu\***

Feng Chia University  
Department of Water Resources Engineering  
and Conservation

**Man-Ting Weng**

Feng Chia University  
Department of Water Resources Engineering  
and Conservation

### ABSTRACT

Domestic sewage in urban areas in Taiwan is mostly collected by sewage sewer system to the sewage treatment plant. The underground sewage pipelines and sewage treatment systems in reservoir catchment areas, hillsides and other areas are not feasible. Domestic sewage is usually discharged directly into the ditch and adjacent rivers after simple treatment by septic tanks. In order to protect the reservoir water source, the main key of sewage treatment is the removal of nitrogen and phosphorus. Therefore, this paper analyzes the nitrogen and phosphorus treatment of domestic sewage, and uses simple and low-cost filter materials to design a pre-treatment device for sewage treatment facilities. At first, nutrients such as nitrogen and phosphorus in water can be adsorbed first and suspended solids can be removed to reduce subsequent system load and prolong service life.

Ecological engineering methods and natural purification methods have gradually been widely used in recent years, such as constructed wetlands, planting retention tanks, and gravel purification methods. In addition to low cost, and materials can be used locally to reduce energy consumption has gradually become a trend. In this study, the test device was designed based on the principle of "Multi-soil Layering" (MSL) extended by the planting retention tank. The MSL system is mainly composed of a soil mixing block layer (SML) and a permeability layer (PL). In this test, the SML were replaced with rice husk charcoal or coffee grounds, and the two materials were discussed separately. The feasibility of adsorbing pollutants in water as a reference for future material selection.

The test results show that rice husk carbon has a good effect of adsorbing ammonia nitrogen, and the removal rate in the adsorption section is 54.3%, while the coffee grounds are relatively lower in the adsorption section, which is only 37.1%, with total removal rates are 70.5% and 62.9%. The adsorption effect of rice husk charcoal and coffee grounds material on orthophosphate is relatively insignificant. The removal rates in the adsorption section are 8.5% and 14%, and the total removal rates are 68.3% and 66.0%. This material does have the ability to remove orthophosphate, but it is not as effective as adding chemical adsorption agents, so it must still be matched with the microbial treatment in the later stage to achieve the best results.

**Keywords:** MSL, Natural engineering, Domestic sewage, Eutrophication, Coffee grounds, Rice husk, Water quality.

Hsu, S.H. Marko\*, & Weng, M.T. (2020). "Feasibility Study of Using Rice Husk Charcoal and Coffee Grounds as Pre-treatment Filters for Domestic Waste Water." *Journal of Taiwan Agricultural Engineering*, 66(4), 14-20.  
[https://doi.org/10.29974/JTAE.202012\\_66\(4\).0002](https://doi.org/10.29974/JTAE.202012_66(4).0002)

## 一、前言

隨著社會經濟發展，山坡地逐漸開發建設，然而其水資源的利用與污水的處理技術並無隨著發展的速度而提升，於都市尚可興建地下污水管線及大型淨水廠處理生活污水，但於市郊及山坡地，地廣人稀，污水管線設置不足、建造污水處理廠效益不高，生活污水通常直接排入溝渠及鄰近河川，此為造成集水區污染主要原因之一。近年生態保育意識興盛，於污水處理方面以自然處理系統被廣泛的應用，其設置、操作維護成本相對較低且具有生態功能，利用天然材料吸附及微生物降解等工法來達到淨化水質之目的，無須投入過多能源及金錢，故非常適合作為非都市或偏遠地區污水處理之系統(Xu, *et al.*, 2010)。面對不同的環境應選擇因地制宜之污水處理方式，本研究採用生態工法中之沉澱、吸附材料法以及自然產生之微生物處理生活污水，材料包含稻殼生物炭、咖啡渣等易取得之材料，並比較其處理前後氨氮、正磷酸鹽之削減率。本研究目的為使用生活中可輕易且低成本獲得之天然材質，如碳化稻殼、咖啡渣等易取得之材料取代目前使用昂貴濾料以及化學加藥之方式，且替換之濾材仍可二次利用回歸大自然，並設計為污水處理前處理設施，希望能解決操作難度高、維護檢修、替換濾材不易、延長污水處理設施檢修週期等問題，以提高居民意願，自發性地處理生活污水再排放至河川，甚至使用回收水沖洗浴廁。除了緩解水資源不足的問題，也能避免河川二次污染，維持河川的自淨能力。

## 二、研究方法

### 2.1 試驗裝置

燒杯試驗之目的為分別測試咖啡渣及稻殼炭是否具有吸附氮、磷之能力，並且測試 pH 值是否會影響兩種材質之污水處理成效。確認稻殼炭及咖啡渣具有吸附氮、磷之能力後進行濾桶試驗，利用稻殼炭及咖啡渣吸附水中之污染物，並搭配卵礫石及竹炭，主要透過吸附沉澱、微生物攝食為輔之方式處理生活污水。

若上述兩者試驗成效不彰，將改良濾桶試驗之試驗裝置，將缺氧及好氧槽分開並以幫浦循環，以及降低稻殼炭及咖啡渣的用量，避免有機物過多影響水質。

#### 2.1.1 燒杯試驗

本試驗以靜置方式處理污水，先分別測試咖啡渣、

稻殼炭兩種濾材在單獨情況下吸附水中污染之能力。因稻殼炭材質蓬鬆體積較大，試驗方式為將兩種濾材取相同體積，約為 500 ml 燒杯高度之 1/3，重量分別為咖啡渣 20 g、稻殼炭 5 g 加入透明燒杯，再倒入自行配置濃度之水樣各 250 ml 分別靜置一日、二日、三日後，以滴管均勻攪拌後採樣，以濾紙過濾雜質後分別檢測水溫、pH 值、正磷酸鹽及氨氮。

燒杯試驗之水樣為自行調配，因學校取得之污水各項指標濃度皆過高，參考陳瑜萱(2015)「人工溼地處理鄉村地區污水之功能評估」一文得知鄉村地區之氨氮進流水濃度平均為 12.34 mg/L，總磷濃度為 3.02 mg/L，故本燒杯試驗之初始水樣濃度設定氨氮濃度為 13.6 mg/L，正磷酸鹽濃度為 5.71 mg/L。

#### 2.1.2 濾桶試驗

本試驗綜合比較現有污水處理生態工法之優缺點及特性後，選定以多層複合濾料之內部配置作為試驗裝置設計，其原理為材料吸附及微生物攝食，MSL 系統之優點為耗電量低、無噪音、無須頻繁操作維護，且系統內具可替換之濾材包，符合本試驗設置吸附濾材之需求。

濾桶試驗利用生態工法中之多層複合濾料原理中之材料吸附、微生物攝食之方法去除水中污染物，由於本試驗不希望使用任何馬達避免噪音產生，因此裝置選用長寬高約為 33 cm (L) × 17 cm (W) × 40 cm (H) 之 20 L 水桶，如圖 1，將水桶上方齊平割開，並在內部填充試驗所需材質，使 15 L 之污水靜置其中，利用其中天然材質吸附及微生物降解水中污染。試驗將採樣頻率定為 24 小時，共檢測五日，取樣前會將桶內污水手動循環 3 次，使桶內污水與材質均勻接觸。



圖 1 濾桶及分槽試驗好氧槽之水桶

本試驗之裝置如前所述之 20 L 水桶，將上方切齊割開，於內部填充試驗濾材，試驗濾材為自製材料包，尺寸為 31 cm (L) × 16 cm (W) × 12 cm (H)，體積約 6000 cm<sup>3</sup>，稻殼炭及咖啡渣之質量分別約為 1.1 kg 及 3.2 kg。將本研究選定之濾材填充於不織布纖維袋後，將開口縫合製成本試驗之混合土塊，如圖 2。上下方透水層高度約各為 15 cm，上方以竹炭 50%、卵礫石 50% 之比例填充，下方厭氧層則為純卵礫石填充，如圖 3。加入竹炭之目的為利用竹炭比表面積大、多孔隙之特性增加微生物之生長空間，也可避免水中 pH 值過低不利於微生物作用。

為了試驗採樣方便，本試驗以逢甲大學文華創意中心污水處理廠系統中之進流污水為試驗水樣，由於水樣內仍有小於 2 mm 以下之懸浮質，故先利用地工不織布初步過濾後，並檢測水中氨氮濃度為 65.3 mg/L (高於燒杯試驗之 13.6 mg/L)，正磷酸鹽濃度為 2.73 mg/L (低於燒杯試驗之 5.71 mg/L)。



圖 2 濾桶試驗之土塊

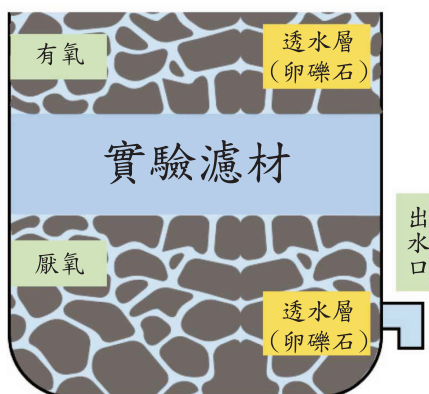


圖 3 濾桶試驗之內部配置示意圖

### 2.1.3 分槽試驗

為了改善濾桶試驗成效不佳之問題，本試驗將裝置採用改為好氧、缺氧分段，並使出水口位於好氧段。為得知系統中濾材及微生物之各別貢獻度，將吸附材料包於最前端獨立設為一槽，並降低濾材用量，先行吸附過後再進行生物降解，採樣時分別於吸附槽及好氧槽採樣，即可得知本試驗之水中污染物主要以何種方式去除。

於試驗開始前先將礫石浸泡於污水中兩日並持續曝氣，重新設計之試驗裝置為重力式排水，如圖 4。蠕動幫浦設置於最上方，以 2 cm<sup>3</sup>/s 抽取 10 L 之污水水樣進入濾材槽，避免浸泡過久使濾材內之有機物釋出，待污水淹過濾材包後即打開濾材槽之出水口，使污水緩緩流入缺氧槽中，因處理氨氮需要好氧在前使氮進行硝化作用氧化為亞硝酸氮及硝酸氮，再於缺氧狀態行脫硝作用轉化為氣態氮釋放於大氣中，故將缺氧及好氧槽以蠕動幫浦及重力式排水循環 24 小時，如此一來不必另外加裝一個好氧槽即可達到去除氨氮之效果。

濾材槽及缺氧槽選用長寬高為 32 cm (L) × 17 cm (W) × 20 cm (H) 之 10 L 水桶，如圖 5；好氧槽之長寬高為 33 cm (L) × 17 cm (W) × 40 cm (H) 之 20 L 水桶。以不織布縫製面積為 20 cm (L) × 15 cm (W) 之濾材包後以濾材填充至厚度約 2 cm，將開口縫合後體積約為 600 cm<sup>3</sup> 如圖 6，稻殼炭及咖啡渣之乾密度分別約為 0.18 g/cm<sup>3</sup> 及 0.54 g/cm<sup>3</sup>，質量分別為 108 g 及 324 g；缺氧槽及好氧槽則以卵礫石填充。

本次試驗之水樣來源為逢甲大學學思池，參考逢甲大學環境工程與科學學系於校園內學思池之總磷(TP)、總氮(TN)採樣資料後選擇靠近下游端之池水，於 9/8 號採集。正磷酸鹽濃度為 7.2 mg/L，氨氮濃度為 10.5 mg/L，

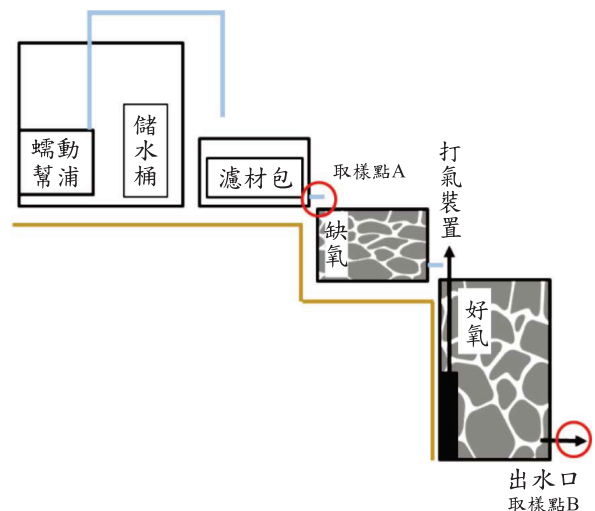


圖 4 分槽試驗之試驗裝置示意圖





圖 5 分槽試驗缺氧槽之水桶



圖 6 分槽試驗之濾材包

參考陳瑜萱(2015)「人工溼地處理鄉村地區污水之功能評估」一文，鄉村地區之氨氮進流水濃度平均為 12.34 mg/L，總磷濃度為 3.02 mg/L，與本次採樣之濃度相差不大。

### 三、結果分析

#### 3.1 燒杯試驗

本燒杯試驗之目的為分別測試咖啡渣及稻殼炭之氮、磷吸附能力，並且測試 pH 值是否會影響兩種材質之污水處理成效，分為 A、B 兩組，A 為起始值為 pH 值等於 3 之酸性環境，B 為起始之 pH 值等於 9 之鹼性環境，以此可看出 pH 值對試驗之影響，以利後續試驗之參考。

四組試驗三天內之溫度皆在 27°C~28°C 之間，且變化幅度皆無超過±1°C，故推測溫度皆於處理氮、磷之

表 1 燒杯試驗之正磷酸鹽及氨氮之濃度變化及吸附量

正磷酸鹽(mg/L)				
天數	咖啡渣 A	咖啡渣 B	稻殼炭 A	稻殼炭 B
起始值	5.7	5.7	5.7	5.7
一天後	5.8	5.7	6	6
二天後	5.2	5.7	4.3	6.6
削減率(%)	8.9	0	24.7	-15.6
吸附量(mg/g)	2.3	0.0	19.4	-12.5
氨氮(mg/L)				
天數	咖啡渣 A	咖啡渣 B	稻殼炭 A	稻殼炭 B
起始值	13.6	13.6	13.6	13.6
第一天	12.1	6.5	8.4	6.0
第二天	8.6	7.5	5.6	3.4
削減率(%)	36.8	44.9	58.9	75.0
吸附量(mg/g)	23.1	28.2	111.1	141.7

微生物生長適合範圍內，亦對本試驗影響不大。根據試驗結果可以看出，於第二天後兩種材質皆分別逐漸趨近於同一個 pH 值，咖啡渣趨近於 pH 值 5~6，為弱酸性；稻殼炭則趨近於 pH7~8 左右，為弱鹼性。

由試驗結果表 1 可得知，正磷酸鹽之削減效果不甚理想，削減率最高僅為 A 組稻殼炭之 24.7%，吸附量約為 19.4 mg/g；氨氮則削減效果較佳，皆達削減率 30% 以上，最高為 B 組稻殼炭之 75%，吸附量則為 141.7 mg/g。

#### 3.2 濾桶試驗

圖 7 為濾桶試驗之四種水質參數，正磷酸鹽於稻殼炭裝置之濃度較為異常，但其裝置內相較於咖啡渣裝置多了化學吸附沉澱之過程，理論上來說削減率應較高，而結果卻為咖啡渣之削減率較高，達到 85.7%，遠高於稻殼炭裝置之削減率 37.9%。推測其原因為：

- (1) 濾桶中無明顯分隔好氧及缺氧槽，無法使微生物能有效作用
- (2) 稻殼炭可作為堆肥使用，本身即含有微量之磷元素溶於水中
- (3) 根據文獻，pH 值須高於 7.5 鈣離子方能與  $PO_4^{3-}$  結合沉澱(歐陽嶠暉，1988)，而本裝置內之 pH 值最高僅為 7.9
- (4) 稻殼炭中釋出之鈣離子不足以與裝置內之  $PO_4^{3-}$  結合沉澱
- (5) 下層厭氧環境中蓄磷菌釋磷作用旺盛

氨氮於兩種材質之削減率皆達到 75% 以上，且根據圖 7 可明顯看出 pH 值與氨氮濃度之關係。本試驗之取水口位於下方厭氧環境處，脫硝作用不活躍會導致

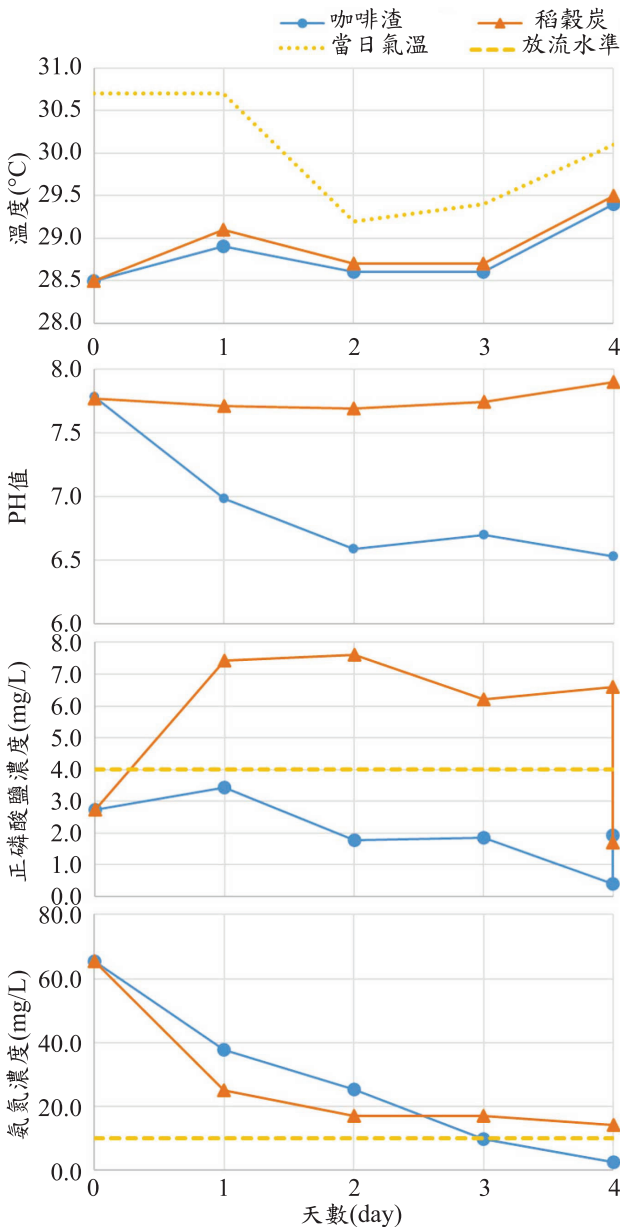


圖 7 濾桶試驗之四項水質參數

亞硝酸氮及硝酸氮無法轉化為氣態氮，進而從水中去除，且 pH 值過高會有亞硝酸鹽累積現象(郭瓊梅，1995)，可能為稻殼炭於第四天後氨氮濃度較無變化之原因。

### 3.3 分槽試驗

表 2 為吸附段及生物處理段各別之處理成效，取樣點 A 為濾材吸附槽之出流水，取樣點 B 則為好氧槽之出流水。咖啡渣裝置之正磷酸鹽總削減率為 66.0%，稻殼炭裝置為 68.3%；稻殼炭裝置之氨氮總削減率為 70.5%，咖啡渣裝置為 62.9%。

表 2 分槽試驗之各項水質參數變化

咖啡渣裝置						
	氨氮 mg/L	削減率 %	正磷酸鹽 mg/L	削減率 %	pH 值	溶氧 mg/L
進流水	10.5	-	7.21	-	-	-
取樣點 A	6.6	37.1	6.2	14.0	6.6	3.7
取樣點 B	3.9	40.9	2.5	60.4	7.5	7.3
稻殼炭裝置						
	氨氮 mg/L	削減率 %	正磷酸鹽 mg/L	削減率 %	pH 值	溶氧 mg/L
進流水	10.5	-	7.21	-	-	-
取樣點 A	4.8	54.3	6.6	8.5	7.8	4.9
取樣點 B	3.1	35.4	2.3	65.4	8.1	7.3

由試驗結果可知，稻殼炭及咖啡渣吸附正磷酸鹽之效果不佳，於取樣點 A 之削減率分別為 8.5% 及 14%，雖二種材質確實具去除正磷酸鹽之能力，但效果不佳，故仍須與微生物處理相互搭配。稻殼炭裝置於吸附段之氨氮削減率較高為 54.3%，咖啡渣裝置則為 37.1%，可得知稻殼炭吸附氨氮之功能較咖啡渣來得好，與燒杯試驗推測之結果一致。

根據徐樹剛(2013)「含氮磷廢水之減量技術介紹」之簡報內容，脫硝及釋磷反應之水中溶氧量條件為 <math><0.5 \text{ mg/L}</math>，而本試驗之水中溶氧量僅 <math><5 \text{ mg/L}</math>，可能為本次試驗正磷酸鹽及氨氮之最終去除率不到 70% 之主要原因。

## 四、結論

1. 燒杯試驗為將水樣分別倒入裝有稻殼炭及咖啡渣之燒杯中，測試兩種材質之營養鹽吸附效果。由試驗可知正磷酸鹽之削減效果不甚理想，削減率最高為 A 組稻殼炭之 24.7%，吸附量約為 19.4 mg/g。氨氮則削減效果較佳，四組試驗削減率皆達 30% 以上，最高為 B 組稻殼炭之 75%，吸附量約為 141.7 mg/g。
2. 濾桶試驗設計為單一槽體，內部由上而下為好氧層、濾材包、厭氧層。由試驗結果可知稻殼炭及咖啡渣對於濾桶試驗中正磷酸鹽之去除效果不佳，咖啡渣裝置之削減率為 30.3%，稻殼炭裝置之正磷酸鹽濃度則不減反增。推斷主要原因為出水口位於相對厭氧環境處，系統中蓄磷積菌行釋磷作用所導致。
3. 分槽試驗為改善濾桶試驗單一槽體導致效果不佳之問題，將好氧、缺氧、濾材槽分開。試驗結果顯示確實提高了氨氮及正磷酸鹽之削減率，兩種材質對

於正磷酸鹽之削減率皆達到 66.0%以上。針對氨氮之削減率稻殼炭及咖啡渣分別為 70.5%及 62.9%，且將吸附槽獨立為一單位可明確得知稻殼炭對於吸附氨氮具有顯著的效果，於吸附段之去除率達 54.3%，咖啡渣則為 37.1%。

4. 綜合三種試驗可得知(1)稻殼炭及咖啡渣濾材用量不宜過多，因兩種濾材皆為有機物，若使用過量則會導致 BOD 數值偏高、溶氧降低，進而使最後試驗結果不佳。(2)試驗裝置若為單一槽體則須明確分隔好氧及厭氧環境，使微生物能有效作用，並且生物除磷之原理為在厭氧條件下磷蓄積菌藉由多磷酸鹽的水解獲得能量，會造成無機磷釋放，故出水口不宜位於厭氧處。
5. 經過三種試驗之驗證，可以得知咖啡渣及稻殼炭確實可應用於污水處理，惟效果不佳，故仍須與微生物處理相互搭配，但作為污水設施之前處理確實可達到去氮除磷、減輕後續系統之負荷並延長使用壽命等目的，且濾材包後續經適當處理仍可二次利用作為堆肥等。
6. 由濾桶試驗結果可觀察出，前三天主要皆為材質之吸附及沉澱作用，而分槽試驗僅進行 24 小時即達到氨氮去除率 60%以上、正磷酸鹽去除率 65%之效果，由此可知若事先馴養所需之微生物菌群，則可提高微生物部分之處理效率。

## 誌謝

本研究感謝艾奕康工程顧問股份有限公司雷憶湘技師提供實地調查之學習機會、李澤民及林秋裕教授

給予指導及建議，逢甲大學環境工程學系提供試驗場地儀器及試驗方法教學使得得以完成，特此誌謝。

## 參考文獻

1. Chavan Asmita A., Javier Pinto, Ioannis Liakos, Ilker S. Bayer, Simone Lauciello, Athanassia Athanassiou and Despina Fragouli(2016), "Spent Coffee Bioelastomeric Composite Foams for the Removal of  $Pb^{2+}$  and  $Hg^{2+}$  from Water", ACS Sustainable Chemistry and Engineering, issue 3, pp, 5495-5502.
2. 何嘉浚(2011)，呈層複合土壤系統簡介，臺北科技大學水環境研究中心。
3. 呂志宏(2001)，有機廢水之硝化與脫硝研究處理，大同大學碩士論文，大同大學生物工程研究所。
4. 徐貴新(2008)，水質分析試驗，高立圖書有限公司。
5. 陳瑜萱(2015)，人工溼地處理鄉村地區污水之功能評估，嘉南藥理大學碩士學位論文，嘉南藥理大學環境工程與科學系。
6. 黃真雅(2016)，運用礫間接觸法搭配砂濾系統處理小規模生活污水之可行性研究，逢甲大學碩士學位論文，逢甲大學水利工程與資源保育學系。
7. 歐陽嶠暉(1998)，下水道工程學，長松出版社。

收稿日期：民國 108 年 12 月 16 日

修正日期：民國 109 年 03 月 20 日

接受日期：民國 109 年 04 月 01 日