

# 不織布薄膜生物反應器於氨氮廢水之處理

劉修誠<sup>1</sup> 陳文欽<sup>2</sup> 王子華<sup>1</sup>

<sup>1</sup>元培科技大學 環境工程衛生系 研究生

<sup>2</sup>元培科技大學 環境工程衛生系 助理教授

## 摘要

台灣高科技產業蓬勃發展，廢污水廠進流水時常有含氮廢水，未經處理的含氮廢水或過量的含氮廢水排放至自然水體中，將會造成水體優養化，而氮進入淨水系統因需加氯加以去除，可能產生三氯甲烷致癌物質，對人體造成相當的危害。

傳統上氨氮廢污水去除多以是利用活性污泥程序，由於硝化作用中的硝化菌是屬於化學自營菌，生長速率較為緩慢，並易受環境影響，以致不易與異營菌競爭，且活性污泥程序時常因沈澱池沈澱效果不佳，導致污泥流失造成硝化效率不佳；薄膜生物反應器 (Membrane Bioreactor；俗稱 MBR) 能藉由薄膜系統避免生物反應槽內污泥隨出流水之流失，由於能有效固液分離，致使污泥停留時間長並能提高槽內污泥濃度，具高體積負荷之效率等優點，故能將易受環境影響的硝化菌保留於反應槽內，有利於生長緩慢的硝化菌培養，以藉能提高含氮化合物的轉化效率。

本研究以不織布薄膜生物反應槽來處理氨氮廢水，實驗主要分三個試程，進流氨氮濃度分別有 100 mg/L 及 200 mg/L，HRT 則有 1 天及 0.5 天，槽體的體積負荷分別為 0.1 Kg NH<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup>.day 及 0.2 Kg NH<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup>.day，出流水氨氮濃度平均為 0.62 mg/L、63 mg/L 及 0.4 mg/L，出流水 SS 平均濃度為 12.4 mg/L、8.4 mg/L 及 4.5 mg/L，SS 平均攔截率達 99%。

本實驗主要利用薄膜能攔阻污泥流失與延長污泥停留時間等特點，以遞減的水力停留時間與遞增的連續式進料濃度來提升處理負荷量進行操作；

**關鍵字：**硝化菌、薄膜生物反應器、不織布薄膜

## 1. 前言

台灣高科技產業蓬勃發展，外加農畜牧業廢水的排放，致使廢污水廠進流水常含有大量的含氮廢水，未經處理的含氮廢水排放至自然水體中，將會造成藻類大量繁殖及赤潮等水體的優養化；當氨進入淨水系統時，需添加氯以去除，添加過量的氯將有可能產生三氯甲烷致癌物質（曾建貴，民 90）。

廢污水中的含氮化合物型態包含有機氮化物、氨氮、硝酸鹽氮及亞硝酸鹽氮等。去除含氮化合物是藉由生物硝化作用及脫硝作用，將其物質轉換為氮氣加以逸散至大氣中。硝化作用的硝化菌是屬於化學自營菌，生長速率緩慢，傳統上廢污水處理多是利用活性污泥程序，，活性污泥程序時常因沈澱不佳，導致污泥流失竟而造成硝化效果不佳。雖然有些污水處理廠會將懸浮式培養的微生物轉換為固定化培養，但污泥易流失及操作不易的狀況還是存在，因此，硝化作用的結果時常會成為脫氮作用的關鍵。

近年來，運用薄膜孔徑大小不一的特性，藉以阻隔廢污水中各種不同粒徑的物質或有機無機物質。將傳統活性污泥法結合薄膜程序進而發展出薄膜生物反應器（Membrane Bioreactor；MBR）。由於 MBR 能夠代替沈澱池，減少土地的利用，並憑藉不同薄膜種類、不同分離原理極不同操作形式，能夠得到良好得到出流水或是進行水的回收（Tom Stephenson et al, 2000），MBR 具有由良好的固液分離及污泥停留時間長等特性，可將易受環境影響的硝化菌保留於生物反應槽內，以提高含氮化合物的轉化效率。因此，薄膜生物反應器已在全世界工業應用已非常廣泛（曾一鳴。2007）。

本研究使用的薄膜為國內某不織布大廠所生產之不織布薄膜，不織布薄膜雖然孔徑較某些微生物大，但能藉由不織布薄膜特殊的纖維相互交錯排列，以攔截小於薄膜孔徑之微生物，並能藉由微生物於不織布薄膜表面上形成一生物膜層，致使不織布薄膜孔徑能更細小，以便過濾極大部分懸浮微粒或微生物。利用不織布薄膜來處理氨氮廢水，主要利用薄膜可攔阻污泥流失與延長污泥停留時間等優點，以遞減的水力停留時間與遞增的連續式進料濃度來提升處理負荷量進行操作（黃淑君，民 95）。

## 2. 研究方法

本研究利用不織布薄膜生物反應槽來處理氨氮廢水，以遞減的水力停留時間與遞增的連續式進料濃度來提升處理負荷量，比較薄膜生物反應槽於各操作負荷設計參數，在三個試程內之處理效能差異。本實驗三個試程說明如表一所示：

表 1 本實驗三個試程說明：

試程	進流氨氮濃度 mg/L	HRT Day	體積負荷 KgNH <sub>3</sub> -N/m <sup>3</sup> .day
一	100	1	0.1
二	200	1	0.2
三	100	0.5	0.2

以上三個試程實驗時間皆為兩週以上。

本實驗的試驗水樣為自行調配氨氮廢水而成，其成分分別為氯化氨 ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )、碳酸氫鈉 ( $\text{NaHCO}_3$ )。於  $\text{NH}_3\text{-N}$  方面，濃度  $100 \text{ mg/L}$  其  $\text{NH}_4\text{Cl}$  添加的克數為  $3.819 \text{ g/10 L}$ ；氨氮濃度  $200 \text{ mg/L}$  的  $\text{NH}_4\text{Cl}$  添加量則為原來的兩倍；鹼度方面，理論上氧化  $1 \text{ g NH}_4^+\text{-N}$  成爲  $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ，需消耗鹼度劑量爲  $7.14 \text{ g CaCO}_3/\text{g NH}_3\text{-N}$ ，爲了維持 MBR 槽內鹼度，故提高  $\text{NaHCO}_3$  的添加量爲原來的兩倍

本實驗之生物反應槽，其槽長  $29.5 \text{ cm}$ 、槽寬  $21 \text{ cm}$ 、槽高  $59.5 \text{ cm}$ ，反應槽總體積爲  $28.6 \text{ L}$ ，周邊裝置含有曝氣機、蠕動式幫浦、液位控制器及抽器設施。實驗用之薄膜爲不織布薄膜 (Non-Membrane Bioreactor, N-MBR)，此爲沉浸式薄膜，材質爲不織布，孔徑爲  $0.4 \mu\text{m}\sim 1 \mu\text{m}$ ，薄膜規格則依照生物反應槽所設計裁切，目前放置於生物反應槽內爲四片薄膜，薄膜間距各爲  $1 \text{ cm}$ 。薄膜反應槽裝置圖如圖 1、圖 2 所示；不織布薄膜實際圖如圖 3 所示。

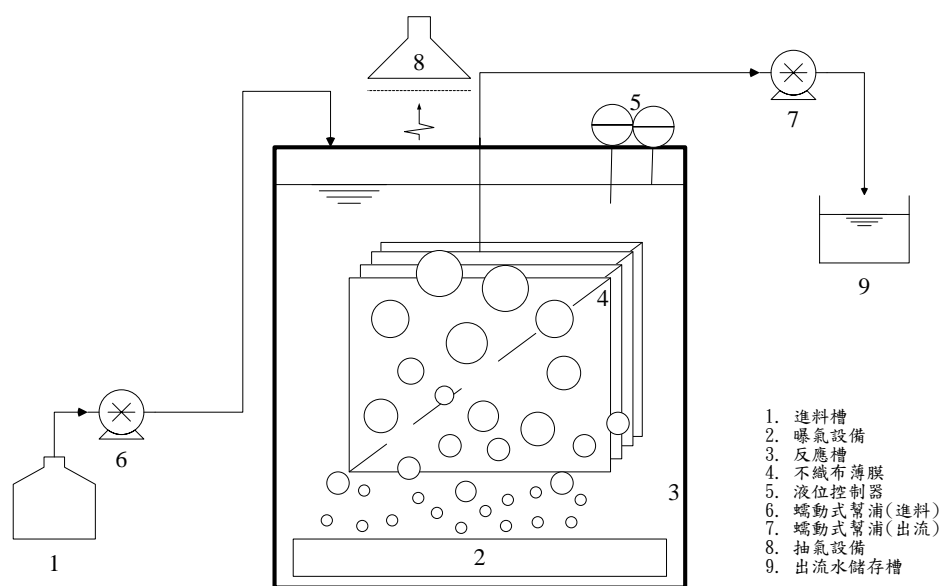


圖 1 不織布薄膜生物反應槽周邊設施圖

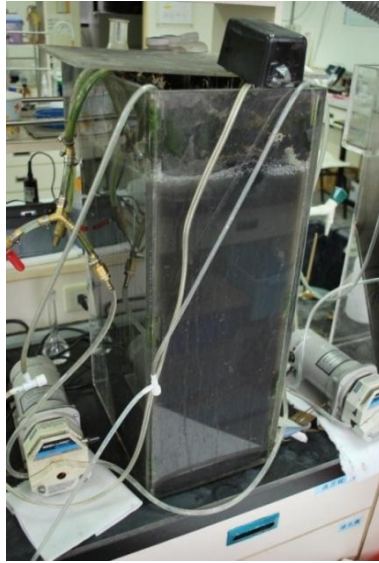


圖 2 不織布薄膜生物反應槽實驗模組照片



圖 3 本實驗使用之不織布薄膜

### 3. 結果與討論

槽內活性污泥為自行培養之污泥，並有外加 L 高科技廠活性污泥而成，馴養初期氨氮進料為批次式進料，本實驗開始即換成連續式進料，探討在連續進料時，MBR 對於氨氮廢水的去除效果。根據文獻上指出，良好的硝化作用 pH 值為 7.0~9.0 之間 (陳文欽，民 85)，槽內的溶氧則需保持於 5.0 mg/L 以上，藉使亞硝酸氮立刻轉換為硝酸氮。本實驗為使反應槽 pH 值能維持在 7 以上，其鹼度的添加量為原來的兩倍，但試程二因鹼度添加克數不足，導致 pH 值低於 7.5 以下。三個試程溶氧平均也維持在 5 mg/L 以上，以利硝化作用 (Metcalf *et al.* 1991)。圖 4、5、6 為本實驗槽內、出流水 pH 值及溶氧趨勢圖。

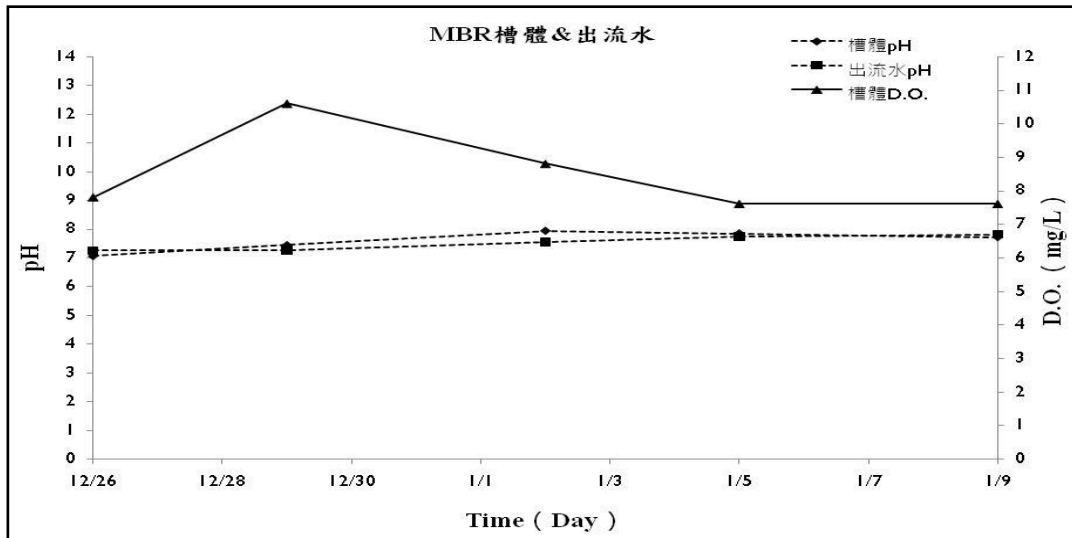


圖 4 試程一-MBR 槽內 pH 及溶氧趨勢圖

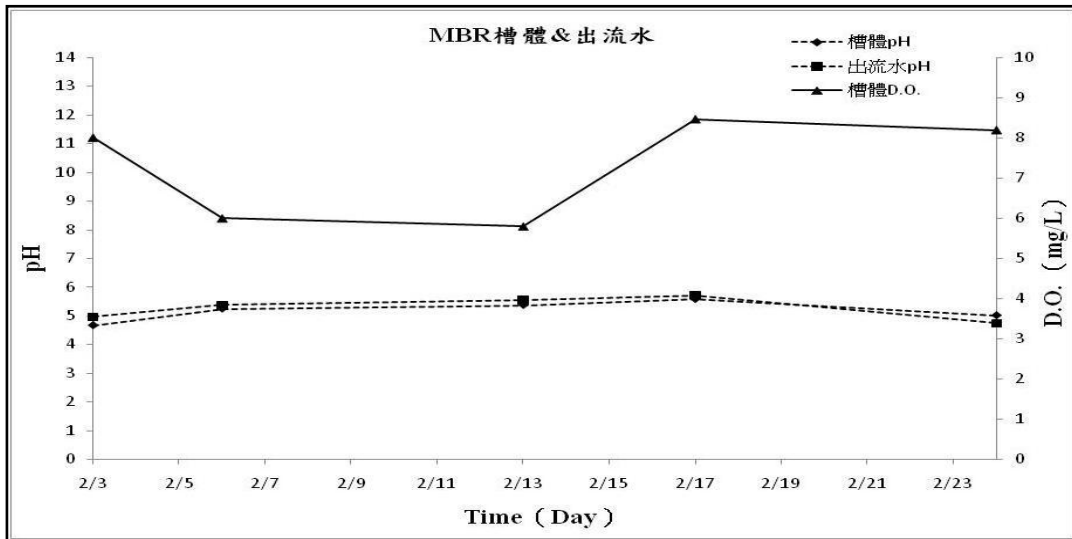


圖 5 試程二-MBR 槽內 pH 及溶氧趨勢圖

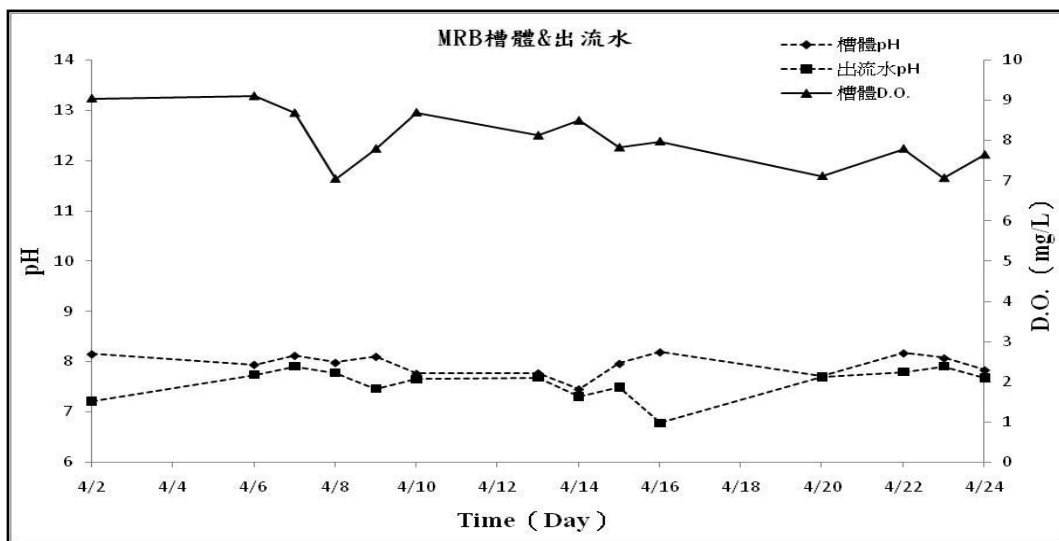


圖 6 試程三-MBR 槽內 pH 及溶氧趨勢圖

試程一進流氨氮濃度維持約 100 mg/L，HRT 為一天，在兩週的實驗時間裡，出流水氨氮濃度平均約為 0.62 mg/L，氨氮轉化率達 99%。出流水硝酸氮平均約為 87.2 mg/L；試程二進流氨氮濃度提高至 200 mg/L，HRT 如同試程一，出流水氨氮濃度平均約為 63 mg/L，氨氮轉化率由原本的 62% 上升至 74%，由此顯示，氨氮濃度提高對於初期去除效果不佳，但隨著操作時間增長，去除效果也日漸增加。出流水硝酸氮平均約為 106 mg/L；試程三更改進流氨氮濃度為 100 mg/L，HRT 減為 0.5 天，出流水氨氮濃度平均為 0.4 mg/L，氨氮轉化率又上升達到 99%。出流水硝酸氮平均約為 89 mg/L。由以上數據顯示，MBR 槽內硝化菌對於濃度 100 mg/L 氨氮廢水去除良好，在氨氮濃度為 100 mg/L 的出流水硝酸氮方面，氨氮幾乎被轉化為硝酸氮，顯示實驗當下槽內硝化菌活性良好。試程二氨氮轉化效果並無如同試程一、三良好，在文獻上有指出，高濃度氨氮廢水會使游離氨濃度提高，竟而造成微生物受到游離態氨的抑制 (鄔衛東, 2007)，故試程二氨氮轉化效果不佳，有可能是因微生物受到抑制所影響。圖 7、8、9 分別為三個試程 MBR 進出流氨氮變化及硝酸氮變化圖。

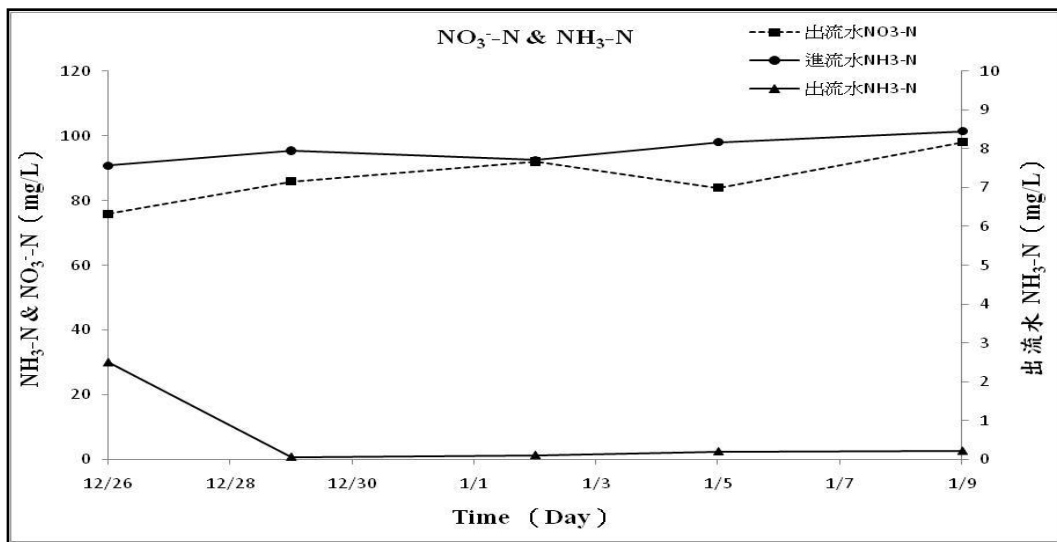


圖 7 試程一 MBR 進出流氨氮變化及硝酸氮變化圖

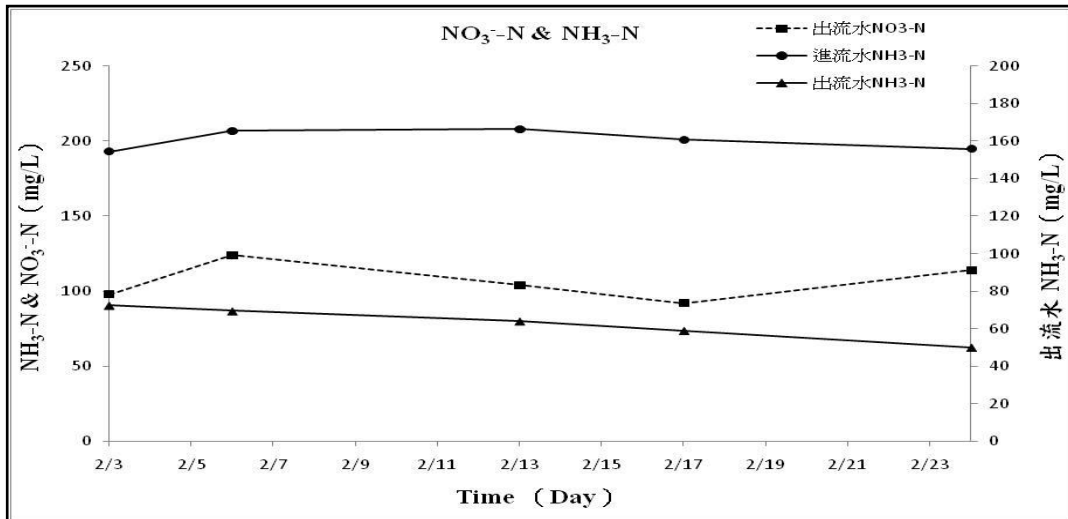


圖 8 試程二 MBR 進出流氨氮變化及硝酸氮變化圖

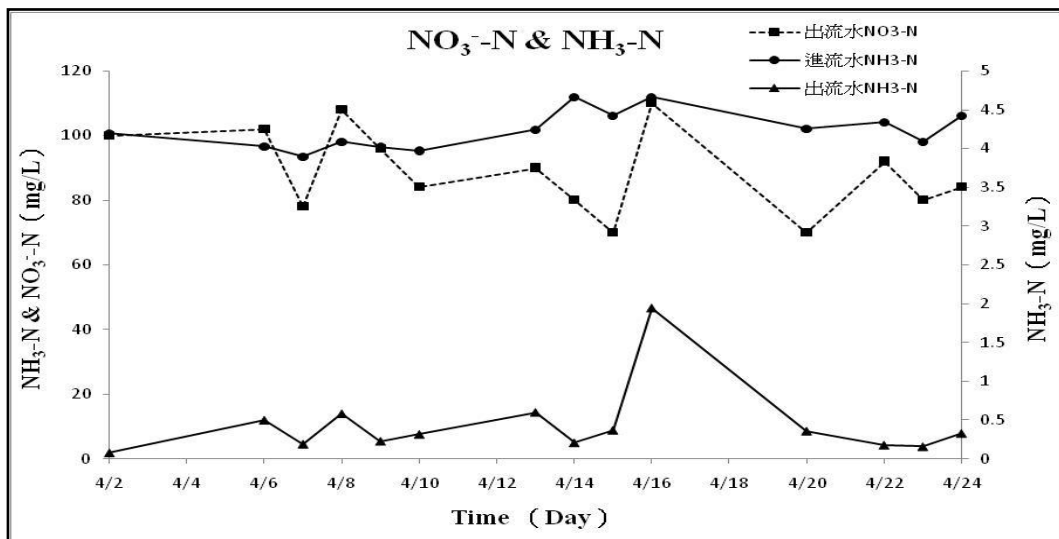


圖 9 試程三 MBR 進出流氨氮變化及硝酸氮變化圖

三個試程在約各兩週的實驗裡，試程一出流水 SS 濃度介於 3 mg/L~22 mg/L 之間，平均濃度為 12.4 mg/L，出流水 SS 攔截率達 99% 以上；試程二出流水 SS 濃度介於 1 mg/L~16 mg/L 間，平均濃度為 8.4 mg/L，出流水 SS 攔截率為 99% 以上；試程三出流水 SS 濃度介於 1 mg/L~16 mg/L 之間，平均濃度為 4.5 mg/L，出流水 SS 攔截率也達到 99% 以上。三個試程的出流水 SS 濃度皆符合行政院環保署所訂定之放流水之標準，由此顯示出薄膜生物反應器對於高懸浮固體之廢水能有良好的去除效果。圖 10、11、12 分別為三個試程 MBR 出流水 SS 攔截圖。

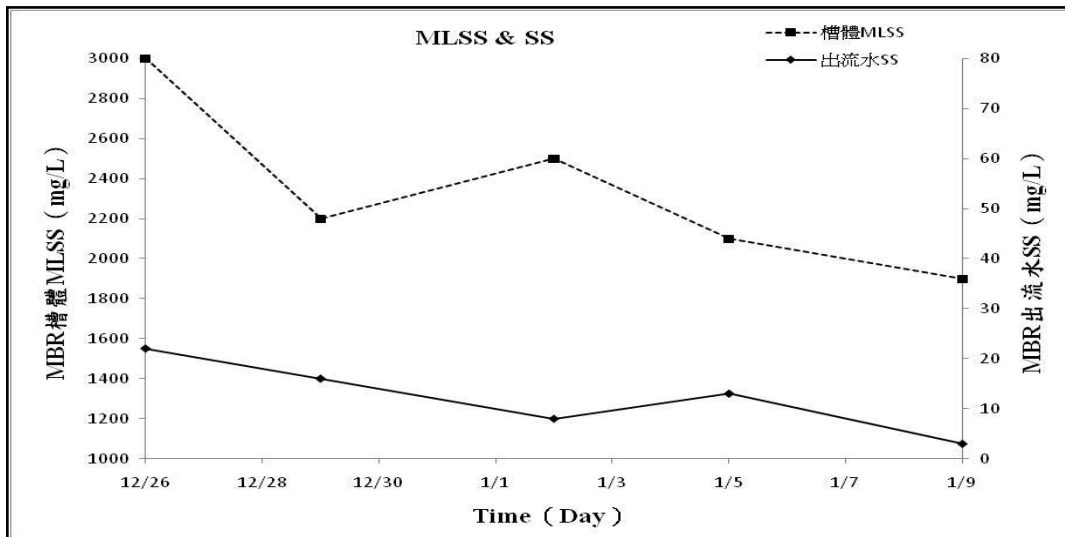


圖 10 試程一 MBR 出流水 SS 攔截圖

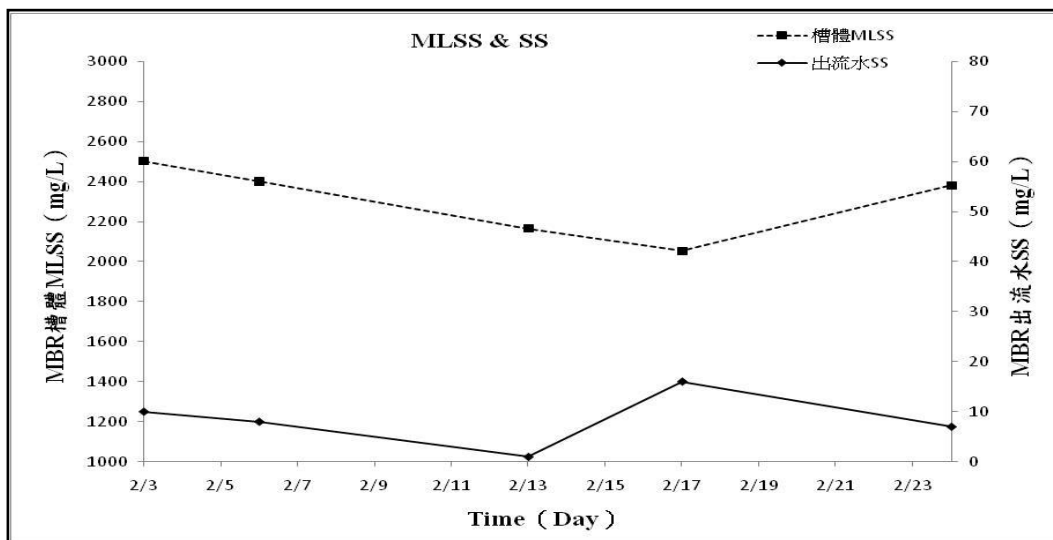


圖 11 試程二 MBR 出流水 SS 攔截圖

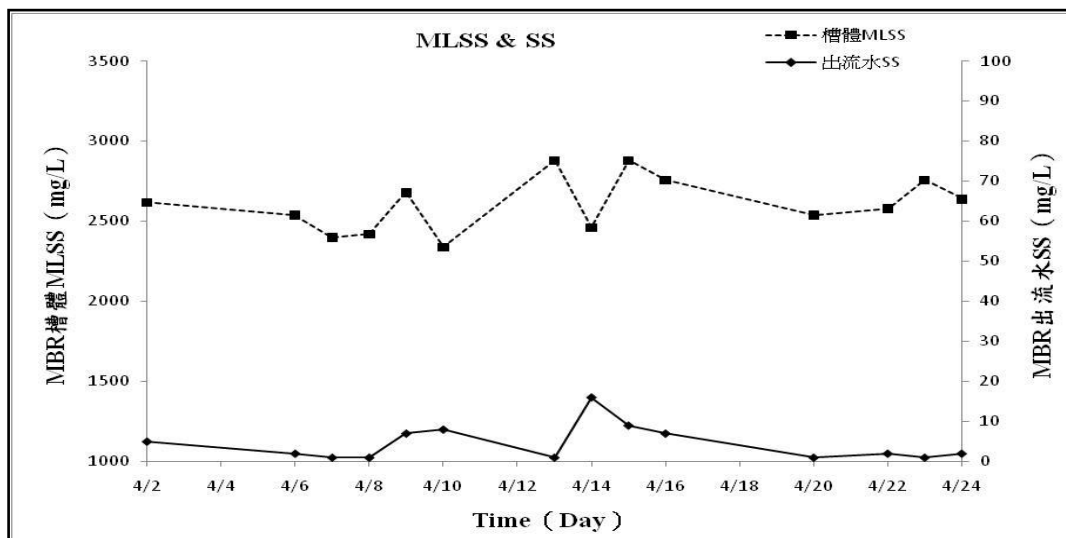


圖 12 試程三 MBR 出流水 SS 攔截圖



#### 4. 結論與建議

由以上三個試程的實驗分析結果得知，MBR 的高攔截率，可截留住 99% 以上的活性污泥，藉以降低外在的環境影響，提高硝化菌的生長。因此，故在氨氮進流濃度為 100 mg/L 方面，能有穩定且良好的轉化效果。藉由薄膜孔徑不一的特性，能有效阻隔水體內之懸浮物質，使三個試程出流水 SS 攔截率皆高達 99% 以上。在出流水平均 SS 濃度方面，試程三優於試程二，試程二優於試程一，會有此差異，是因試程三時薄膜上已形成一薄層的生物膜，憑藉此生物膜以便攔截孔徑更小之微粒。在試程二，氨氮進料濃度為 200 mg/L 方面，對於氨氮轉化效果並無試程一、三的良好，根據文獻上及實驗結果可得知，高濃度氨氮進流會因游離態氨濃度的提高，造成硝化菌的抑制。

未來可再縮短水力停留時間及更改進流氨氮濃度，設計不同之體積負荷，以便探討氨氮轉化效果是否會因水力停留時間及進流濃度之差異，而有不同的去除效果。

#### 5. 參考文獻

- [1] Tom Stephenson, Simon Judd Bruce Jefferson and Keith Brindle. "Membrane Bioreactors for Wastewater Treatment." IWA, LONDON, 2000.
- [2] Metcalf and Eddy. "Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse" McGraw-Hill, Inc. New York, 1991.
- [3] 曾建貴，「水平流式生物濾床行硝化脫氮之研究」。屏東科技大學環境工程與科學系碩士論文，民國 90 年。
- [4] 曾一鳴，「膜生物反應器技術」，中國北京：新華書局，民國 96 年。
- [5] 陳文欽，「固定生物流體化床處理樹脂製程高氮廢水之特性研究」。成功大學環境工程研究所博士論文，民國 85 年。
- [6] 黃淑君，「不織布薄膜反應槽好氧生物分解 TFT-LCD 製程有機廢水程序功能及生態變化之研究」。成功大學環境工程研究所碩士論文，民國 95 年。
- [7] 鄔衛東、梁仁閏、王向德，「A/DAT-IAT 工藝處理高濃度氨氮廢水之研究」，水資源與水工程學報，第一期，2006。