

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 利用沉浸式膜離生物反應槽系統處理暨回收 ABS 樹脂廢水之 研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2211-E-041-015-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：嘉南藥理科技大學環境工程與科學系(所)

計畫主持人：張家源

共同主持人：陳安成，張錦松

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，1年後可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 31 日

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 利用沉浸式膜離生物反應槽系統處理暨回收ABS樹脂廢水之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC -93 -2211 -E -041 -015

執行期間：93年8月1日至94年7月31日

計畫主持人：張家源

共同主持人：張錦松、陳安成

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：精簡報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：不需繳交下列附件

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權，■一年後可公開查詢

執行單位：嘉南藥理科技大學 環境工程與科學系

中 華 民 國 94 年 10 月 30 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 利用沉浸式膜離生物反應槽系統處理暨回收 ABS 樹脂廢水之研究

### Application of submerged membrane bioreactor system for ABS resin wastewater treatment and reuse

計畫編號：NSC 93-2211-E-041-015

執行期限：93 年 8 月 1 日至 94 年 7 月 31 日

主持人：張家源 嘉南藥理科技大學 環境工程與科學系  
共同主持人：張錦松 嘉南藥理科技大學 環境工程與科學系  
共同主持人：陳安成 嘉南藥理科技大學 環境工程與科學系

#### 一、中文摘要

本研究好 / 缺氧循序反應 (Aerobic/Anoxic Sequencing Reactor) 的操作原理與好氧沉浸式薄膜生物反應槽 (Aerobic Submerged Membrane bioreactor, 簡稱ASMBR), 針對ABS樹脂廢水處理效率進行研究。控制系統水力停留時間為 22.4 小時, 生物處理槽好氧與缺氧時間比為 1:1 小時, 薄膜槽持續好氧, 於一個HRT循環下, 總好氧時間為 18 小時, 總缺氧時間為 4.4 小時, 其進流之Org-N濃度為 170~420mg/L, 氨氮濃度為 250~450mg/L, 出流之Org-N濃度為 100~266mg/L, 氨氮濃度為 150~180mg/L, 亞硝酸氮與硝酸氮並無明顯增加或減少, 由此可得知, 本系統中有進行硝化作用與脫硝作用。但本系統研究 174 天不排泥, 造成系統中 MLVSS/MLSS 為 0.4~0.5, 其值較為偏低, 但本系統中比攝氧率 (Specific Oxygen uptake rate, 簡稱SOUR), 生物處理槽為 133mg-O<sub>2</sub>/g-hr, 薄膜槽為 113 mg-O<sub>2</sub>/g-hr, 較一般傳統活性污泥法(30~70mg-O<sub>2</sub>/g-hr) 高 2~4 倍。而食微比方面, 生物處理槽食微比為 1.55±0.45 kg BOD<sub>5</sub>/kg MLVSS-day, 較一般傳統活性污泥法(0.3~0.6kg BOD<sub>5</sub>/kg LVSS-day)高 2~5 倍, 薄膜槽食微比為 0.02±0.007kg BOD<sub>5</sub>/kg MLVSS-day, 因此BOD之去除效率可高達 99.2%。然而COD與TOC之去除效率分別為 88.8%與 83.6%。

**關鍵詞：**好氧沉浸式薄膜生物反應槽

(ASMBR)、好/缺氧循序反應槽、比攝氧率 (SOUR)、體積負荷、食微比、ABS 廢水

#### Abstract

This study investigated the performance of a laboratory-scale system in the treatment of high-strength ABS resin manufacturing effluent. The system consisted of a bioreactor and a downstream membrane bioreactor (MBR). The effect of variable hydraulic retention times (HRT) and aerobic/anoxic conditions were studied in three operational phases. The investigation focused on the effect of intermittent aeration patterns on pollutant removal and on sludge yield. The preferred configuration had 22.4 hours HRT and alternative anoxic/aerobic hourly cycles in the bioreactor, aerobic conditions in the MBR, and a 20% anoxic sludge volume fraction. The system achieved 97% BOD<sub>5</sub> and 89% COD removal at 6.37-8.73 kg COD/m<sup>3</sup> and 0.41-0.52 kg COD/m<sup>3</sup> day volumetric loads in the bioreactor and MBR, respectively. The average BOD<sub>5</sub>/COD ratio of 0.37 indicated a large fraction of refractory organic compounds in the influent. The system could remove 51% of Total-N levels, and the process was limited by the nitrification step. The system was operated with zero waste sludge discharge for almost 6 months, and at the end of the experiment the MLSS values were in the 5,000-6,000 mg/L range.

**Key Words :** ASMBR 、 aerobic/anoxic reactor 、 SOUR 、 volumetric loading 、 F/M

## 二、緣由與目的

隨薄膜技術之日新月異，目前薄膜在淨水處理上，已有同時可去除懸浮微粒、有機物、無機鹽及微生物等物質。薄膜程序乃是利用不同種類的薄膜材料，通過篩濾、滲透或電泳等方式達到溶質分離的效果，可取代傳統之混凝、沈澱、過濾、軟化、臭氧及活性碳等高級處理過程，廣泛被利用於自來水、工業廢水及水污染改善中各項淨水技術<sup>(1)</sup>，且因薄膜具有過濾性能強、佔地面積小、擴充彈性佳等優點，在全球水資源污染益形惡化，而水體標準不斷提升下，具有相當實用潛力。

以活性污泥法配合終沉池處理民生或工業廢水，已行經多年，此一程序除可處理大量的廢污水外，經濟成本上的優勢亦是重要的考量因素之一。但是，此一程序仍有許多問題有待克服，例如高污泥產量、生物處理效率有限、佔地面積大、終沉池沉澱效果不佳等問題，另外，活性污泥因不斷沉澱抽泥而流失亦是活性污泥法在設計上無法克服的問題<sup>(2)</sup>。針對活性污泥法問題的改善，近年來，薄膜生物反應槽(Membrane bioreactor, 簡稱MBR)愈來愈受到注意與重視<sup>(3)-(9)</sup>。

## 三、研究設備與方法

### 1. 廢水性質

本研究廢水性質如表 1 所示，薄膜生物反應槽示意圖如圖 1 所示：

表 1 ABS 樹脂廢水水質參數與數值範圍 (2005 年 1 月至 6 月)

參數	數值範圍
pH	6.6-7.3
COD(mg/L)	2200-4700
BOD(mg/L)	800-2400
TOC(mg/L)	830-2100
NO <sub>2</sub> -N(mg/L)	0-1.8
NO <sub>3</sub> -N(mg/L)	0-2.9
TKN(mg/L)	340-670
Org-N(mg/L)	103-400

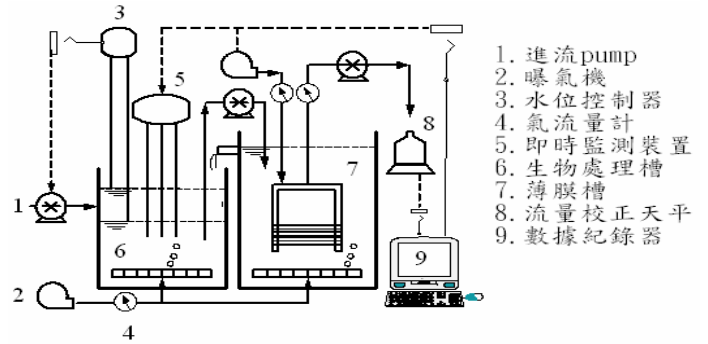


圖 1 薄膜生物反應槽示意圖

### 2. 研究架構

本研究之研究架構如圖 2 所示：

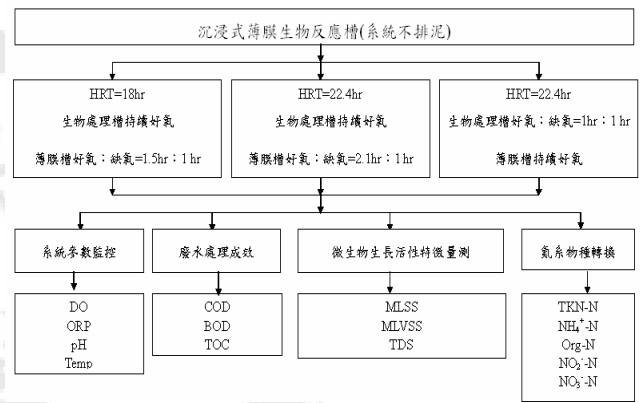


圖 2 研究架構圖

### 3. 薄膜之選擇

本研究薄膜選用日本 MITSUBISHI 公司所生產之中空纖維薄膜，模組為圖 3 右方薄膜，其流量為 140L/day，對於實驗室反應槽來說此流量之負荷過大，因此針對薄膜進行重新組裝，如圖 3 左方薄膜模組。



圖 3 薄膜模組

本研究針對操作模式三(控制 HRT 為 22.4 小時，生物處理槽好氧與缺氧時間比為 1:1 小時，薄膜槽持續好氧，整體上來看，於一個 HRT 循環下，總好氧時間為 18

小時，總缺氧時間為 4.4 小時)，結合好/缺氧循序反應 (Aerobic/Anoxic Sequencing Reactor) 的操作原理與好氧沈浸式薄膜生物反應槽 (Aerobic Submerged Membrane bioreactor, 簡稱 ASMBR)，進行對 ABS 樹脂廢水處理之研究，探討其碳系與氮系各方面之去除效率以及其各槽之食微比與體積負荷、生物反應特性。

#### 四、結果與討論

本研究於即時監測方面，生物處理槽與薄膜槽好氧時段之溶氧介於 2~6mg/L，缺氧時段皆接近為 0mg/L。ORP 方面，好氧時段之 ORP 介於 -47~48mV，缺氧時段為 -440~-200 mV。pH 部分，進流之 pH 為 6.6~7.3，好氧時段為 7.7~8.1，缺氧時段為 7.59~8.3，出流之 pH 為 7.7~8.3。溫度方面，生物處理槽溫度控制於 31.5~33°C，薄膜槽溫度介於 25~31°C。

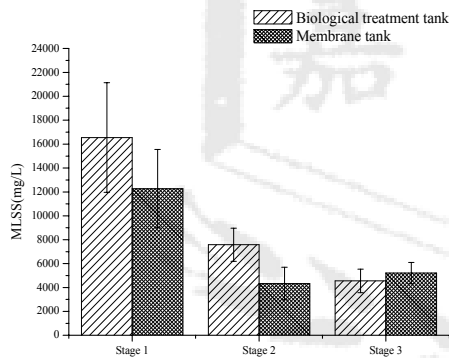


圖 4 各操作模式 MLSS 之比較圖

而 HRT 對於 MLSS 濃度有顯著的影響，HRT=18 小時下之生物濃度高於 HRT=22.4 小時。然而，第一階段生物處理槽之 MLSS 濃度為 16500±4500mg/L，薄膜槽為 12200±3200mg/L；第二階段生物處理槽之 MLSS 濃度為 7500±1300mg/L，薄膜槽為 4300±1300mg/L；第三階段生物處理槽之 MLSS 濃度降至為 4500±980mg/L，薄膜槽為 5200±890mg/L，第三階段薄膜槽之生物濃度略高於生物處理槽。在 MLVSS 方面亦有相同之趨勢，第一階段生物處理槽之 MLVSS 濃度為 7700±1600mg/L，薄膜槽為 6600±1400mg/L；第二階段生物處理槽之 MLVSS 濃度為 3500±750mg/L，薄膜槽為 2100±690mg/L；第三階段生物處理槽

之 MLVSS 濃度降至為 2600±460mg/L，薄膜槽為 2400±230mg/L；在 MLVSS/MLSS 方面，在三階段 MLVSS/MLSS 介於 0.4~0.8，絕大部分為 0.5，如圖 4~圖 6。

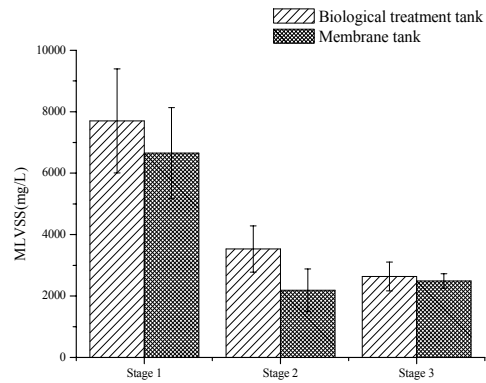


圖 5 各操作模式 MLVSS 之比較圖

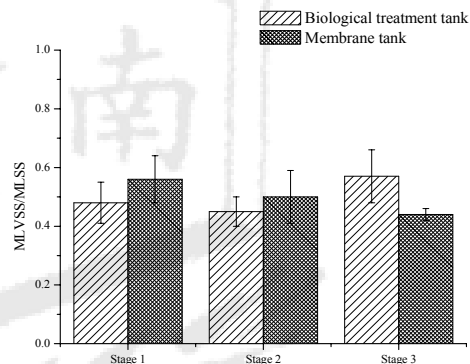


圖 6 各操作模式 MLVSS/MLSS 之比較圖

於三個階段中，COD 皆達 83.9% 以上、TOC 皆達 79%、BOD 皆達 97.5%，以第三階段為最佳 COD、TOC 與 BOD 分別為 88.8±1.8%、83.6±3.2% 與 99.2±0.4%。如圖 7 所示。

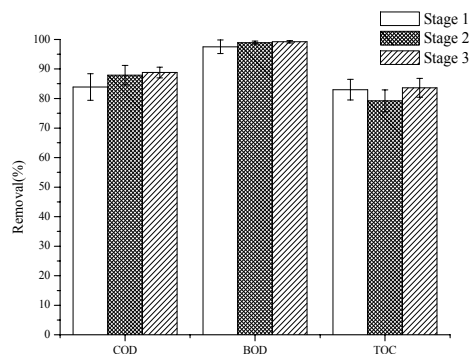


圖 7 各操作模式碳系列去除率之比較圖

由上述結果得知，以操作模式三(控制

HRT 為 22.4 小時，生物處理槽好氧與缺氧時間比為 1:1 小時，薄膜槽持續好氧)之去除效果為最佳，因此下列皆以操作模式三進行進一步探討。

BOD食微比方面，如圖 8 與圖 9 所示，以MLSS來看，其生物處理槽之食微比為 0.47~1.4kg BOD<sub>5</sub>/kg MLSS-day，薄膜槽之食微比為 0.004~0.016kg BOD<sub>5</sub>/kg MLSS-day；以MLVSS來看，其生物處理槽之食微比為 0.9~2.3kg BOD<sub>5</sub>/kg MLSS-day，薄膜槽之食微比為 0.008~0.031kg BOD<sub>5</sub>/kg MLSS-day。

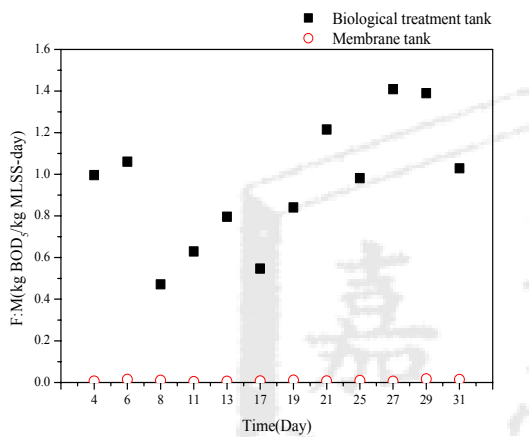


圖 8 BOD 食微比變化趨勢圖(MLSS，Stage 3)

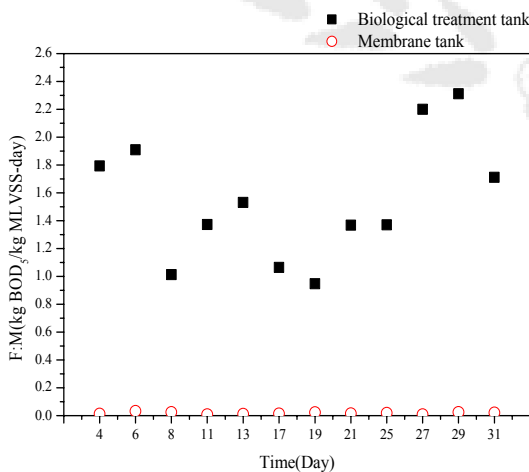


圖 9 BOD 食微比變化趨勢圖(MLVSS，Stage 3)

COD 食微比方面，如圖 10 與圖 11 所示，以 MLSS 來看，其生物處理槽之食微比為 1.5~3.0kg COD/kg MLSS-day，薄膜槽之食微比為 0.04~0.17kg COD/kg MLSS-day；以 MLVSS 來看，其生物處理

槽之食微比為 3.0~4.0kg COD/kg MLSS-day，薄膜槽之食微比為 0.10~0.37kg COD/kg MLSS-day。

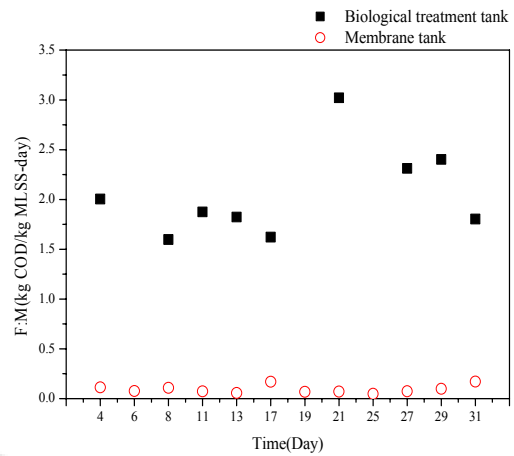


圖 10 COD 食微比變化趨勢圖(MLSS，Stage 3)

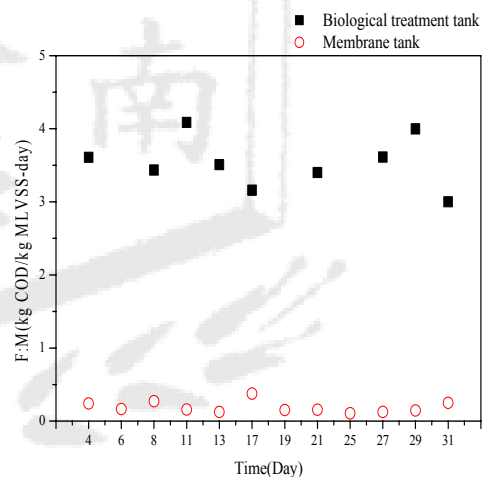


圖 11 COD 食微比變化趨勢圖(MLVSS，Stage 3)

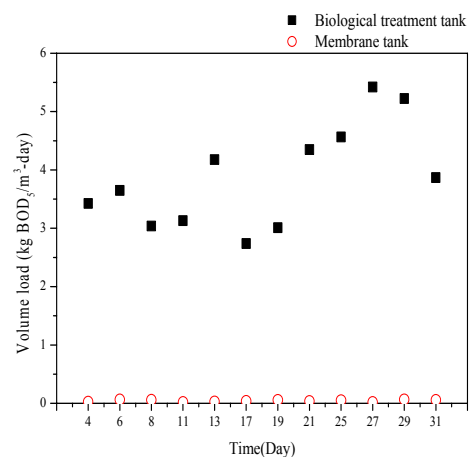


圖 12 BOD 體積負荷變化趨勢圖(Stage 3)

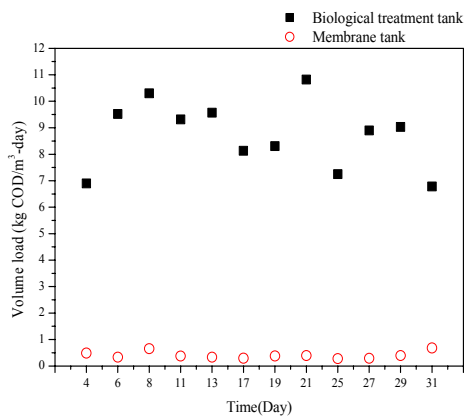


圖 13 COD 體積負荷變化趨勢圖(Stage 3)

BOD體積負荷方面，如圖 12 所示，生物處理槽為 2.7~5.4kg BOD<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>-day，薄膜槽為 0.02~0.06 kg BOD<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>-day；COD體積負荷方面，如圖 13 所示，生物處理槽為 6.7~10.8kg COD/m<sup>3</sup>-day，薄膜槽為 0.28~0.68 kg COD/m<sup>3</sup>-day。

其進流之 Org-N 濃度為 170~420mg/L，氨氮濃度為 250~450mg/L，出流之 Org-N 濃度為 100~266mg/L，氨氮濃度為 150~180mg/L，亞硝酸氮與硝酸氮並無明顯增加或減少，由此可得知，本系統中有進行硝化作用與脫硝作用。但本系統研究 174 天不排泥，其會造成生物體老化死亡，而生物體死亡會提供 Org-N，因此實際進流之 Org-N 應會比所測之值 (170~420mg/L) 高，所以在前面氮平衡所提到 Stage 3 其他部份佔總氮之 51%，其實際值應更高。然而由於 Org-N 與氨氮經過系統處理後依然有所殘留進而影響 TOC 與 COD 之去除效果。而生物體之死亡造成系統中 MLVSS/MLSS 為 0.4~0.5，其值較為偏低，但為何 BOD 之去除效率可高達 99.2%，其原因為本系統中之比攝氧率，生物處理槽為 133mg-O<sub>2</sub>/g-hr，薄膜槽為 113 mg-O<sub>2</sub>/g-hr，較一般傳統活性污泥法 (30~70mg-O<sub>2</sub>/g-hr) 高 2~4 倍。而食微比方面，生物處理槽食微比為 1.55±0.45 kg BOD<sub>5</sub>/kg MLVSS-day，較一般傳統活性污泥法 (0.3~0.6kg BOD<sub>5</sub>/kg MLVSS-day) 高 2~5 倍，薄膜槽食微比為 0.02±0.007kg BOD<sub>5</sub>/kg MLVSS-day，如圖 14 所示。

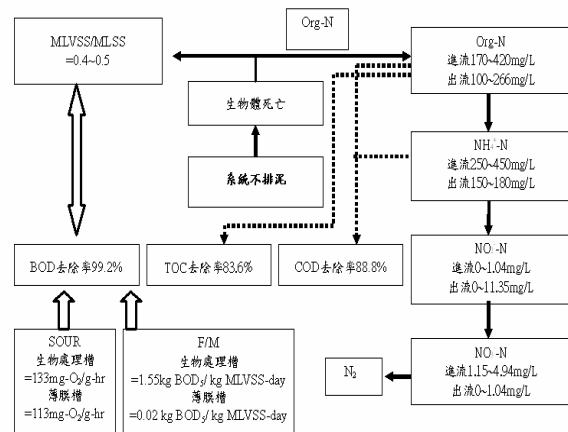


圖 14 生物反應特性(Stage 3)

## 五、結論

1. BOD 食微比方面，生物處理槽之食微比極高，薄膜槽之食微比極低，前者約為後者之 40~280 倍；COD 食微比也有相同之趨勢，約為 6~42 倍。
2. BOD 體積負荷方面，生物處理槽之體積負荷極高，薄膜槽之體積負荷極低，顯示薄膜槽之槽體擬可再縮小；COD 體積負荷方面，生物處理槽之體積負荷亦極高，薄膜槽之體積負荷為 0.28~0.68 kg COD/m<sup>3</sup>-day，對照氮系物質之去除效率，未來可增加薄膜槽之水力停留時間，以增加 COD 之去除率。
3. 薄膜生物反應槽結合好/缺氧循序反應槽之系統中，MLVSS/MLSS 為 0.4~0.5，其值較一般傳統活性污泥法 (處理生活污水) 為低，但本系統中比攝氧率生物處理槽為 133mg-O<sub>2</sub>/g-hr，薄膜槽為 113 mg-O<sub>2</sub>/g-hr，較一般傳統活性污泥法 (30~70mg-O<sub>2</sub>/g-hr) 高 2~4 倍，顯示系統中生物活性極高。

## 六、計畫成果自評

由本研究結果得知，間歇曝氣系統結合好氧性 SMBR 系統對於 ABS 樹脂廢水水質之改善，具有極佳之處理功效，本系統對污泥減量與節省用地方面極具成效，並可作為石化工業製程廢水回收再利用之替代方案。本研究結果已發表國內研討會論

文 3 篇，國際研討會論文 1 篇，目前正撰寫國際期刊論文，未來就相關內容擬申請專利。

## 七、參考文獻

1. Cheryan, M., *Ultrafiltration and Microfiltration Handbook*, Technomic publish Co., 46, 1998.
2. Muller, E. B., "Aerobic domestic waste water treatment in a pilot plant with complete sludge retention by cross-flow filtration", *Wat. Res.*, 29, 1179-1189, 1995.
3. Fan, X. J., et al., "Nitrification and mass balance with a membrane bioreactor for municiple wastewater treatment", *Wat. Sci. Tech.*, 34, 129-136, 1996.
4. Suwa, Y., et al., "Single-stage, single-sludge nitrogen removal by an activated sludge process with cross-flow filtration", *Wat. Res.*, 26, 1149-1157, 1992.
5. Bailey, A. D., et al., "The use of crossflow microfiltration to enhance the performance of an activated sludge reactor", *Wat. Res.*, 28, 297-301, 1994.
6. Yamamoto, K. and Win, K. M., "Tannery wastewater treatment using a sequencing batch membrane reactor", *Wat. Sci. Tech.*, 23, 1639-1648, 1991.
7. Krauth, KH. and Staab, K. F., "Pressurized bioreactor with membrane filtration for wastewater treatment", *Wat. Res.*, 27, 405-411, 1993.
8. Ueda, T., Hata, K. and Kikuoka, Y., "Treatment of domestic sewage from rural settlements by a membrane bioreactor", *Wat. Sci. Tech.*, 34, 189-196, 1996.
9. S. H. Chuang, "Fouling behavior in a macropores membrane bioreactor", *The second Taiwan-Japan joint symposium on membrane technology in environmental management*, Taipei, 2003.
10. Membrane Products Dept. b. Polyethylene Microporous Hollow fiber Membrane. Mitsubishi Rayon Co, LTD.