

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

薄膜-活性污泥處理單元程序應用在污水處理之研究

The Application of Membrane-Activated Sludge Process on Wastewater Treatment

計畫編號：NSC 89-2211-E-041-016

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：張錦松 嘉南藥理科技大學 環境工程衛生系

共同主持人：張家源 嘉南藥理科技大學 環境工程衛生系

一、中文摘要

本研究係針對含氮海產加工廠廢水，利用傳統活性污泥法與薄膜-活性污泥系統進行處理比較其處理效率並研究氮化物在處理系統中之演變與轉換情形。研究結果顯示，MBR系統能有效控制傳統活性污泥法污泥流失問題，增加曝氣槽內污泥濃度。薄膜-活性污泥系統對氮化物之去除效率比傳統活性污泥法平均高約11%，亞硝酸鹽在兩個系統的累積量都極低，顯示在系統中被去除之氨氮極大部分都已轉換成酸鹽氮，實驗數據計算結果顯示，在本系統中，氮化物在MBR系統中由氨氮轉換成酸鹽氮的轉換率最大可達75%。

關鍵詞： 活性污泥、薄膜、硝化作用

Abstract

The membrane-activated sludge process is used to treat the high strength ammonia-nitrogen wastewater, such as the seafood manufacture plant wastewater in this research. The results of this study show that the removal efficiency of membrane-activated sludge process was 11% higher than Conventional activated sludge system. The concentration of nitrite in both systems is lower than 2.5 mg/L. It is indicated that most ammonia nitrogen in the system is converted to nitrate by nitrification. The result shows that the removal efficiency of ammonia nitrogen reaches 75% in the membrane-activated sludge system.

Keywords : Activated sludge、membrane、nitrification

二、緣由與目的

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⁽¹⁾。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，有效污泥不斷因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。針對活性污泥程序問題的改善，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⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾，主要特點為：

1. 其出流水水質較傳統生物處理程序為佳。
2. 活性污泥產量少且可留置於反應槽中，除可減少水力停留時間，控制污泥停留時間(SRT)容易。
3. 操作上之穩定度與再現性佳。
4. 系統之自動控制設置較傳統生物處理程序簡易。

氮化物在水中之污染主要以有機氮、氨氮、亞硝酸鹽氮及硝酸鹽氮等四種型態存在，一般而氮化物污染存在於水中不但會降低水中的溶氧值，更會對魚類與水生生物產生毒性危害，進而降低水體水質，實為一值得重視之課題。本研究係針對含氮工廠廢水，利用傳統活性污泥法與薄膜-活性污泥系統進行處理比較其處理效率並研究氮化物在處理系統中之演變與轉換情形，以為未來實廠應用處理之參考。

三、研究設備與方法

本研究以實際工廠廢水為處理對象，廢水來自學校附近一家海產加工廠，該工廠廢水處理流程主要有攪槽、曝氣均勻池、浮除池、活性污泥池與終沉池等單元，本研究採用浮除池之出流水為實驗室處理系統之進流水。

為比較傳統活性污泥法與薄膜-活性污泥系統對廢水處理之效率，實驗室中分別設置活性污泥系統與薄膜-活性污泥系統。傳統活

性污泥系統由一體積為 10L 之方形壓克力槽，其後承接一壓克力製斜板沉澱池，沉澱污泥每天約以 25%~30% 迴流至活性污泥槽。薄膜-活性污泥系統系以一個同體積(10L)之方形壓克力製活性污泥槽承接一活塞往復式微過濾薄膜機組(如圖 1 所示)。為維持兩個處理系統之平均水力停留時間皆為 1 天，薄膜-活性污泥系統(Membrane-bioreactor system, 簡稱 MBR)係之活性污泥槽設有一液位自動控制系統，以液位高低控制廢水進流幫浦以及啟動或關閉薄膜過濾。微過濾單元所採用之有機薄膜孔徑為 $0.45\ \mu\text{m}$ ，本系統中所使用之活塞往復式微過濾薄膜機組雖具有反沖洗之功能並進行操作，但由於薄膜阻塞與積垢並非本研究本次進行之主題，故有機薄膜之更換週期約為 2~3 天，以維持薄膜-活性污泥系統系進出流量之平衡。

水質分析項目有 SS、MLSS、pH 值、溫度、鹼度、溶氧、總凱氏氮與氨氮等項目。

四、結果與討論

本實驗進流廢水 SS 濃度介於 380~580mg/L 之間，實驗結果如圖 1 得知，傳統活性污泥系統槽內之 MLSS 濃度約介於 1220~2060mg/L 之間(平均值為 1808mg/L)，而活性污泥出流水之 SS 約介於 200~340mg/L(平均值為 271mg/L) 之間。反觀 MBR 系統出流水之 SS 皆近乎為 0，顯示薄膜系統對於生物性固體物之去除效果極佳，由圖 1 亦可發現，傳統活性污泥系統槽內之 MLSS 濃度在實驗初期有稍微下降之現象，約在 10 天之後才又慢慢上升，而 MBR 系統中活性污泥槽之 MLSS 濃度在實驗初期並無明顯變化，但在 11 天之後則有明顯之持續增加，根據實驗結果顯示，MBR 系統中活性污泥槽之 MLSS 濃度最高可達近 7000 mg/L(平均值為 4878mg/L)，此結果顯示 MBR 系統能有效控制傳統活性污泥法污泥流失問題，增加曝氣槽內污泥濃度。

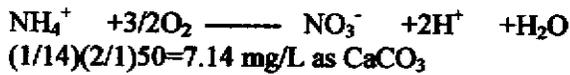
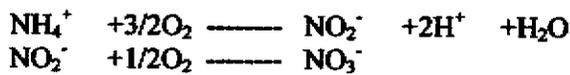
圖 2 為兩個系統活性污泥槽內溶氧變化情形，由圖中得知兩個系統之活性污泥槽均有較高之溶氧量，但 MBR 系統中活性污泥槽中之溶氧在第 10 天後有明顯下降的趨勢，此一現象可能是因槽中 MLSS 濃度在第 11 天後明顯之增加而需要較多氧量之故。MBR 系統中活性污泥槽中之溶氧量在第 17 左右又開始有回升現象，其原因可能因為在 MBR 系統中並沒有進行抽泥的步驟，部分老化或死亡的活性污泥造成系統對氧量的需求降低，但是在大部分的實驗時間內，傳統活性污泥系統槽內溶氧量均高於 MBR 系統中活性污泥槽中之溶氧

量，顯示在 MBR 活性污泥槽中之微生物代謝較傳統活性污泥系統劇烈。

圖 3 至圖 5 分別為兩系統 pH 值、鹼度與溫度的變化情形，由圖中可知系統溫度範圍對於活性污泥而言為其適宜之溫度，鹼度與硝化作用的關係將於後段文中描述。

圖 6 為進流水與兩個系統出流水總凱氏氮濃度的變化情形。在傳統活性污泥系統中，總凱氏氮的去除率最高為 58%，最低為 27%，平均去除率為 44%，在 MBR 系統中，總凱氏氮的去除率最高為 66%，最低為 40%，平均去除率為 54%，比前者平均多出 10% 的去除率。有機氮與氨氮在進流水與兩個系統出流水的變化情形如圖 7 與圖 8 所示，由圖 7 可知，進流水有機氮濃度在第 13 天開始有明顯陡降的現象，其原因可能由於該工廠海產加工作業並非每天進行，其原廢水停留在曝氣均勻池的時間較長，加上該廠生物池操作採取較長之水力停留時間，浮除池的處理操作採批式作業，故經浮除池處理後之廢水亦會在浮除池停留一段較長的時間，故有機氮在這段期間內被轉換成氨氮形式存在，造成實驗室進流水中有機氮濃度的降低。在傳統活性污泥系統中，有機氮的去除率最高為 68%，最低為 25%，平均去除率為 46%，在 MBR 系統中，有機氮的去除率最高為 77%，最低為 31%，平均去除率為 57%，比前者平均多出 11% 的去除率。氨氮去除方面，在傳統活性污泥系統中，氨氮的去除率最高為 57%，最低為 14%，平均去除率為 37%，在 MBR 系統中，有機氮的去除率最高為 75%，最低為 21%，平均去除率為 48%，比前者平均多出 11% 的去除率。另外，由圖 9 可得知，亞硝酸鹽在兩個系統的累積量都極低，由途中可以看出最高累積量在 2.5mg/L 以下，顯示在系統中被去除之氮極大部分都已轉換成酸鹽氮，實驗數據計算結果顯示，在本系統中，氮化物在 MBR 系統中由氨氮轉換成酸鹽氮的轉換率最大可達 75%。根據文獻指出，使用 MBR 系統可以達到相當長的污泥停留時間與高的懸浮固體物濃度，此一特性對低生長速率的微生物非常有利，如硝化菌(nitrifying bacteria)。Chaize 與 Huyard⁽⁹⁾曾在實驗室操作 MBR 之污泥停留時間達 100 天，發現只需兩小時之水力停留時間即可將氮化物硝化完全(complete)，Chiemchaisri⁽¹⁰⁾等人與 Muller⁽¹¹⁾研究發現在 MBR 系統中，超過 80% 的總凱氏氮可被轉化成硝酸鹽。

活性污泥系統可進行硝化作用並消耗鹼度，硝化反應可視為二階段反應，即：



根據氮氣之硝化反應式，每 1g 之氮氣硝化成硝酸鹽需消耗 7.14g 的鹼度。本研究由進、出流水鹼度值(圖 4)計算，每 1g 之氮氣硝化成硝酸鹽所消耗的鹼度，在傳統活性污泥系統中平均約 3.2g，在 MBR 系統中平均約 4.5g，其值大致略小於理論值，主要可能在傳統活性污泥系統中沉澱槽底部有部分厭氧作用產生未能立即排除，造成脫硝作用產生而使鹼度值增加，而在 MBR 系統中，因活塞往復管柱內有 400mL 體積屬於無曝氣狀態，少數污泥於內產生厭氧脫硝作用產生而使鹼度值增加。

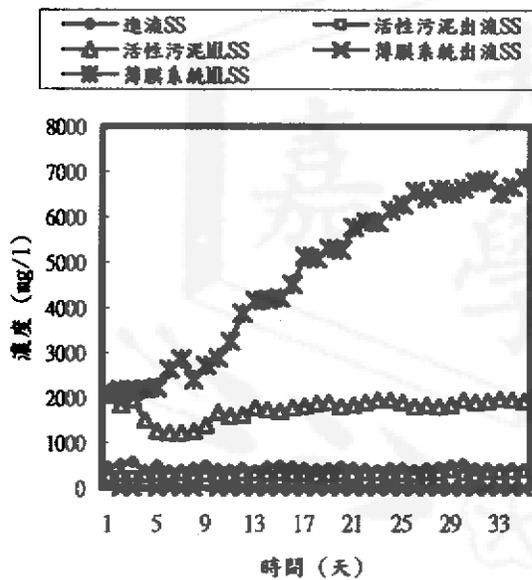


圖 1 系統進出流 SS 及槽中 MLSS 濃度變化圖

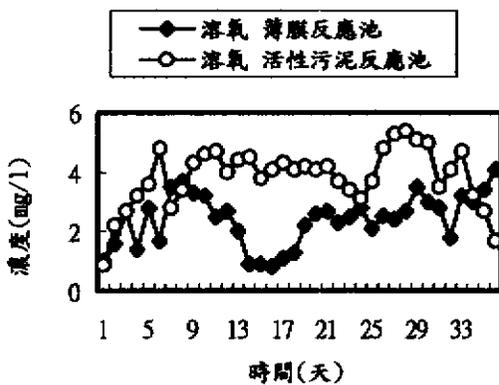


圖 2 處理系統溶氧變化圖

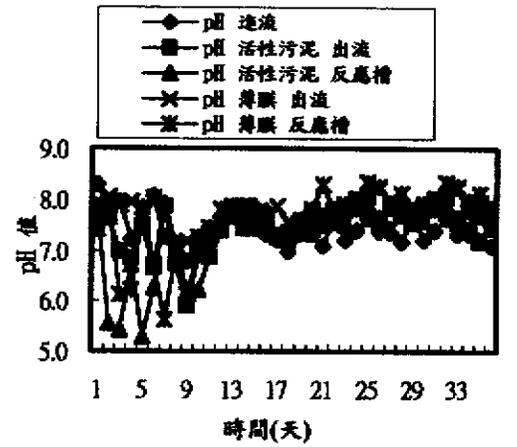


圖 3 系統 pH 值變化圖

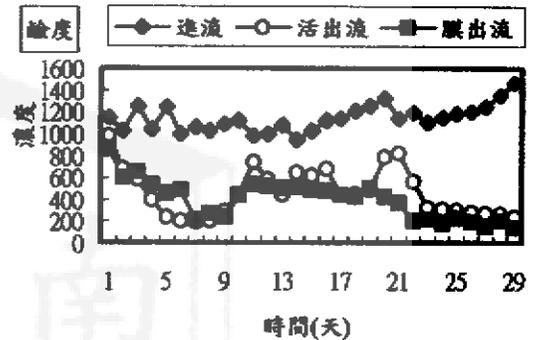


圖 4 系統鹼度變化圖

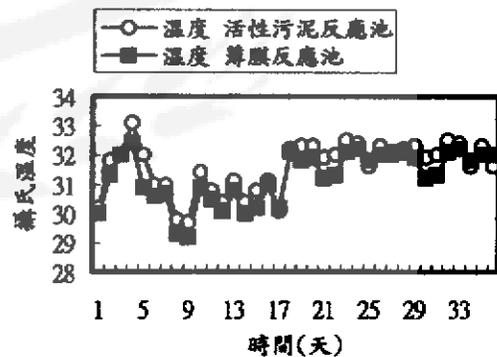


圖 5 處理系統溫度變化圖

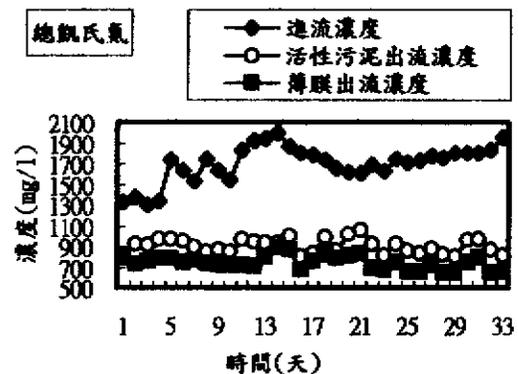


圖 6 總凱氏氮變化圖

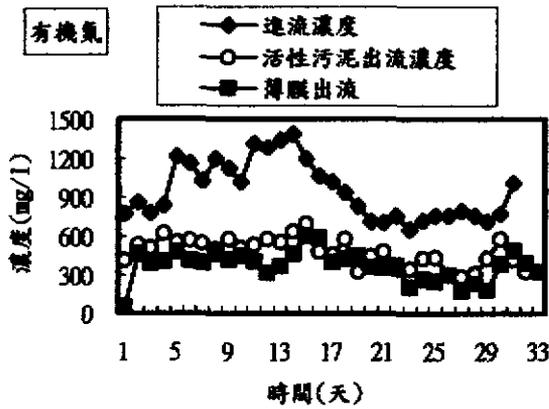


圖 7 有機氮變化圖

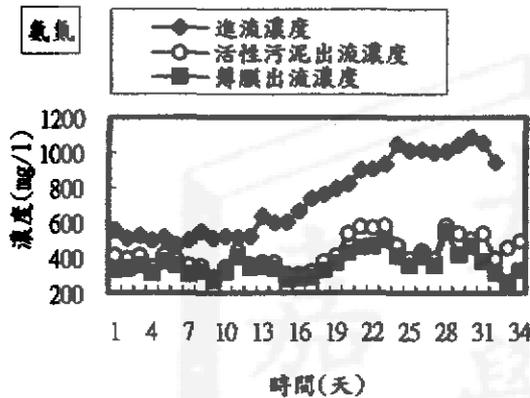


圖 8 氨氮變化圖

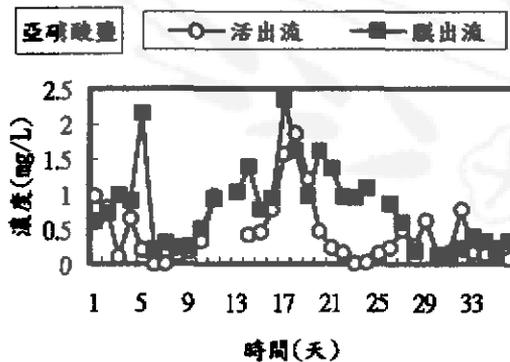


圖 9 亞硝酸鹽變化圖

五、計畫成果自評

為提升活性污泥法效率的效率，近年來，薄膜-生物反應槽愈來愈受到注意與重視，國內學術界與業界亦逐漸積極投入研究與設廠，以期開創另一個替代方案。本研究以海產加工廠廢水為處理對象，驗證薄膜-生物反應槽能有效控制傳統活性污泥法污泥流失問題，增加曝氣槽內污泥濃度。薄膜-活性污泥系統對氮化物之去除效率亦優於傳統活性污

泥法，可行廢水處理之實效。本計畫執行之結果可作為未來研究及現場廢水處理之參考。

六、參考文獻

1. Muller, E. B. et al., 1995, Aerobic domestic waste water treatment in a pilot plant with complete sludge retention by cross-flow filtration, *Wat. Res.*, 29 (4), 1179-1189.
2. Fan, X. J. et al., 1996, Nitrification and mass balance with a membrane bioreactor for municipal wastewater treatment, *Wat. Sci. Tech.*, 34 (1-2), 129-136.
3. Suwa, Y. et al., 1992, Single-stage, single-sludge nitrogen removal by an activated sludge process with cross-flow filtration, *Wat. Res.*, 26 (9), 1149-1157.
4. Bailey, A. D. et al., 1994, The use of crossflow microfiltration to enhance the performance of an activated sludge reactor, *Wat. Res.*, 28 (2), 297-301.
5. Yamamoto, K. and Win, K. M., 1991, Tannery wastewater treatment using a sequencing batch membrane reactor, *Wat. Sci. Tech.*, 23, 1639-1648.
6. Krauth, KH. and Stasb, K. F., 1993, Pressurized bioreactor with membrane filtration for wastewater treatment, *Wat. Res.*, 27 (3), 405-411.
7. Ueda, T., Hata, K. and Kikuoka, Y., 1996, Treatment of domestic sewage from rural settlements by a membrane bioreactor, *Wat. Sci. Tech.*, 34 (9), 189-196.
8. Cho, D. et al., 1999, Biological waste water treatment and membranes, *International Specialized Conference on Membrane Technology in Environmental Management*, Tokyo, Japan.
9. Chaize, S. and Huyard, A., 1991, Membrane bioreactor on domestic wastewater treatment sludge production and modeling approach, *Wat. Sci. Tech.*, 23, 1591-1600.
10. Chiemchaisri, C., Yamamoto, K. and Vigneswaran S., 1993, Household membrane bioreactor in domestic wastewater treatment, *Wat. Sci. Tech.*, 27, 171-178.