

# 以薄膜程序去除水中溶解性有機質之研究 (III)

## USE OF ULTRAFILTRATION FOR REMOVAL OF DISSOLVED ORGANIC MATTER (III)

計畫編號：NSC 88-2211-E-002-015

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：林正芳 國立台灣大學環境工程研究所

### 一、中文摘要

本研究是探討親疏水性有機物對超滲透薄膜於水處理程序中的影響。研究中以 DAX-8 樹脂以及活性碳吸附的方式分離腐植酸，並以 GFC 分離分子量大小，分離後的水樣以超滲透薄膜進行過濾實驗，探討自然有機物水樣的親、疏水特性對薄膜過濾之影響。

薄膜操作實驗顯示，滲流率衰減隨著水樣親水性越強越趨嚴重，造成滲流率衰減最主要原因均是不可逆積垢。有關分子量對薄膜過濾的探討，滲流率衰減在三種水樣中(親水、疏水與未分離)都有相似的分佈情形，而分子量越大造成滲流率衰減越嚴重。

評估活性碳吸附劑的使用，三種水樣中添加活性碳會造成更嚴重的滲流率衰減情形，但對於水中總有機碳的去除率則有明顯地提昇。

關鍵詞：超滲透薄膜、DAX-8、活性碳、GFC、親水性、疏水性、滲流率、積垢、濃度極化

### Abstract

The objective of this study is to investigate the effect of hydrophobicity of NOM on ultrafiltration operation in water industry. DAX-8 resin was used for isolating hydrophilic and hydro-

phobic NOM compounds and GFC was for fractionating various NOM molecular weight size.

UF of humic acid containing water has shown to be greatly dependent on the hydrophobic and hydrophilic components of NOM. UF permeate flux was significant affected by the hydrophilic compounds. This flux decline was primary due to the irreversible fouling resulted from the gel layer on the membrane surface.

Molecular size seems to play a very important role on the UF permeate flux. Larger NOM molecules causes severe flux decline probably due to the size blocking effect.

Use of PAC in conjunction with UF provide an efficient way in enhancing TOC removal from water treatment process. However, the UF-PAC hybrid system does cause even severe flux decline. we can assure that PAC is preferable to remove the non-fouling compounds from feedwater.

Keywords: NOM, DAX-8, GFC, fouling, PAC, hydrophobicity, ultrafiltration humic acid.

### 一、緣由與目的 (或總目標說明)

傳統淨水過程之消毒程序中，自然有機物(NOM)與消毒劑的作用會產生消毒副產物(DBPs)，如三鹵甲烷

(THMs)。這些消毒副產物會嚴重影響人體健康，所以在淨水過程中，就必須去除造成消毒副產物的前驅物質(precursors)。腐植質在大部份水體中的比例約佔溶解性自然有機物的 50%，而且是 DBPs 的前驅物質。美國環保署對水中總三鹵甲烷(TTHMs)及五鹵乙酸(HAAs)予以嚴格限制其含量，並進行二階段程序，要求飲用水質更嚴格的標準；故在飲用水標準日益嚴格的情形下，腐植質的去除技術乃為重要的研究課題。

美國環保署之 Information Collection Rule (Pontius, 1993)要求在某些公共設施中(如供給超過 100,000 人，水中含有總有機碳超過 4 mg/L)，須使用粒狀活性碳或薄膜來作消毒副產物前驅物質去除之初步研究；但使用活性碳處理，成本昂貴，因此進行薄膜處理程序的趨勢是值得期待的。此外，操作的簡易、減少積垢提高滲流薄膜的研製，和越來越低廉的成本等因素，都使得薄膜程序在較小的水處理系統中受到全球廣泛的應用。不過，薄膜處理仍未被視為一普及的處理方法，部份是因為尚無法充分瞭解處理過程之原理，包括影響薄膜滲流率與積垢(fouling)、濃度極化(concentration polarization)的變因，以及滲出水(permeate)之水質(Fu *et al.*, 1994)。

腐植質的成分隨著季節與地點而異，若僅以腐植質整體來做探討，可能會造成因時因地的偏差(Alarcon-Herrera, 1994)，故本研究將腐植質分為親、疏水性以及其分子量不同的群組，以瞭解腐植質成分特性對於薄膜處理效率及滲出水水量及水質的影響。

## 二、研究方法

本研究利用疏水性樹脂(Thurman and Malcolm, 1981)將腐植酸依親、疏

水性的特性加以分離，並將所分離出來的水樣經膠體過濾層析法(GFC)，分離成數個特定的分子量群；由所收集的水樣進行薄膜過濾(如圖一)探討滲流率衰減情形，並分析過濾前後的水質狀況，以進一步探討影響薄膜過濾的效果。表 3.1 所使用 UF 薄膜之性質。

此外在經過分離後的水樣中添加吸附劑活性碳，活性碳以預吸附以及結合薄膜過濾的方式，整體評估活性碳對吸附腐植質以及薄膜過濾之效果與影響。

研究項目包括有：

1. 建立樹脂分離腐植質之技術，探討以商用腐植酸為模擬水樣時，其親、疏水性分子消毒副產物生成潛能，並觀察親、疏水性水樣造成薄膜過濾滲流率衰減的現象。
2. 利用樹脂所分離出的親、疏水性有機物質，以膠體過濾層析法製備不同分子量群組的水樣，探討各群組對薄膜過濾的影響。
3. 添加活性碳吸附劑於親、疏水性有機物質中，探究其吸附效應對於薄膜過濾影響；包括薄膜過濾的滲水量、水質的變化與積垢情形。

表一 UF 薄膜之特性

表 3.1 所使用 UF 薄膜之性質

參數	特性
型態	中空纖維膜
材質	帶負電之聚磺胺
標稱 MWCO	100 K Da
長度	28.5 ± 0.5 cm
總表面積	89.5 ± 1.5 cm <sup>2</sup>

## 四、結果與討論

於定濃度操作時，親水性水樣會導

致較嚴重的滲流率衰減，而未分離水樣次之，疏水性水樣滲流率較輕微(如圖二)；未分離水樣是由親水性與疏水性之集合，而如所預期的未分離水樣的滲流率，位在親水性與疏水性水樣之間，Nilson and Digiano (1996)將原水分為親水、疏水以及為分離三部份，50 小時的濾程結果也有相同的結果。三種水樣進行迴流過濾時，受到不可逆積垢的影響最大；而親水性水樣較易受到濃度極化影響，疏水性水樣則受不可逆積垢影響最大。TOC 去除率則以三者中受到不可逆積垢影響最大的疏水性水樣最高，而親水性與未分離水樣則相差不大(如圖三)。

經活性炭預處理後的水樣，薄膜過濾效率並沒有增進的現象，反而有較嚴重衰減的趨勢。其中未分離成親疏水性的水樣在經 PAC 預吸附後，滲流率衰減最嚴重，推論應該是 PAC 預吸附疏水性的有機物，殘留偏親水性且具有特殊組成的有機物，而導致滲流率嚴重衰減。疏水性水樣由於其疏水特性最易由活性炭吸附，所以經吸附後的疏水性水樣，其滲流率衰減現象也是三者中最輕微的(如圖四)。

結合活性炭吸附與薄膜處理的淨水方式，加入活性炭於薄膜過濾系統中仍未能改善滲流率衰減的情形，而且沒有比活性炭預吸附效果較差。PAC-UF 結合處理系統造成滲流率衰減更嚴重之現象，應該並不是由於活性炭顆粒所造成，可能是活性炭與腐植質於薄膜表面的混合沈積層水力阻抗增高，或是經活性炭吸附後殘餘的有機物所具有之特殊物化特性所致(如圖五)。添加活性炭進行吸附，對水中有機物方面有很好的去除率；於活性炭預吸附以及結合處理系統所得之滲流液，TOC 的去除率均比未添加活性炭較佳。以 PAC 去除有機物，由薄膜進行去除 PAC 顆粒的操作方式，可以得到很好的有機物去除效果；Jacangelo *et al.* (1995)也曾於水樣中添

加活性炭，過濾結果也發現對 TOC 及 THM 去除率有明顯的提昇。

三種水樣(未分離、親水性以及疏水性水樣)各分子量大小群組的滲流率變化情形一致，分子量越大，滲衰減情形越嚴重。親疏水性對各分子量群組的滲流率並無一定的趨勢，由此推論有機物分子大小對薄膜過濾影響要比親疏水性來的大，而過濾結果也可能受到層析分離結果的影響而有所差別(如圖六)。

## 五、計畫結果自評

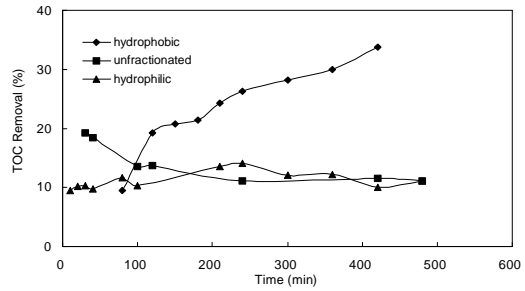
使用 UF 薄膜進行過濾試驗，親水性有機物會造成較為嚴重的滲流率衰減情形，而由實驗結果可發現有機物親疏水性對 UF 薄膜過濾效率之影響不及分子大小的影響大。由反沖洗實驗結果可知，造成滲流率衰減最主要的原因仍是不可逆積垢，所以如何減少不可逆積垢的產生仍是薄膜淨水操作的經濟效益考慮所在。

在本研究中添加活性炭作為吸附劑，希望可以減少不可逆積垢的生成。薄膜過濾結果顯示，添加 PAC 可以提昇水中有機物的去除率，然而卻造成更嚴重的滲流率衰減情形。活性炭吸附劑是否對薄膜過濾有正面助益，仍需要進行進一步有關 PAC 與有機物及薄膜表面交互作用的深入研究。本研究結果也建議可使用其他吸附劑或混凝劑做結果比較。

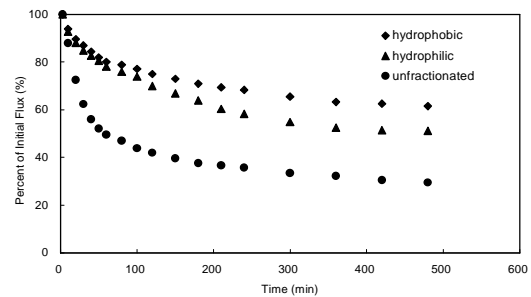
## 六、參考文獻

1. Alarcon-Herrera, M. T., Bewtra, J. K. and Biswas, N. (1994) Seasonal variations in humic substances and their reduction through water treatment processes. *Can. J. Civ. Engr.*, 21, 173-179.

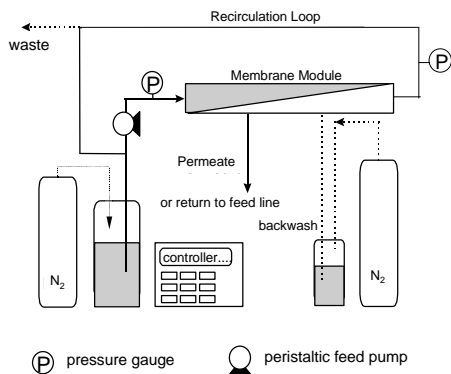
2. Jacangelo, J. G., Laine J. M., Cummings E. W., and Adham S. S. (1995) UF with Pretreatment for Removing DBP Precursors. *J. Am. Wat. Works. Assoc.*, 87(3), 100-112.
3. Fu, P., Ruiz, H., Thompson, K. and Spangenberg, C. (1994) Selecting Membranes for Removing NOM and DBP Precursors. *J. Am. Wat. Works. Assoc.*, 86(12), 55-72
4. Nilson, J. A. and Digiano, F. A. (1995) Influence of NOM Composition on Nanofiltration," *J. Am. Wat. Works. Assoc.*, 88(5), 53-66
5. Pontius, F. W. (1993) Information Collection Rule to Gather Critical Data. *J. Am. Wat. Works. Assoc.*, 85(10), 16-20
6. Thurman, E. M. and Malcolm R. L. (1981) Preparative Isolation of Aquatic Humic Substances. *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 15(4), 463-466.



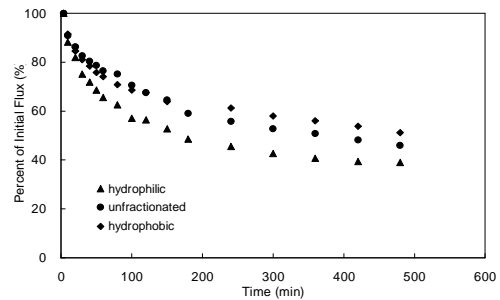
圖三 親疏水性及未分離水樣迴流過濾實驗圖



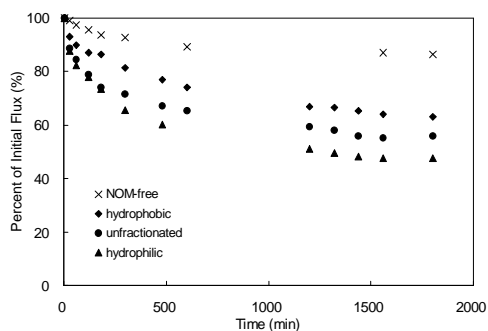
圖四 經 PAC 預處理水樣迴流過濾實驗圖



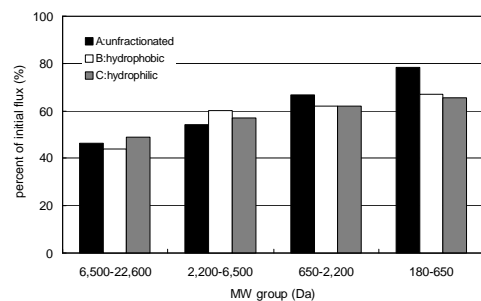
圖一 UF 系統操作圖



圖五 PAC-UF 系統迴流過濾實驗圖



圖二 親疏水性以及未分離水樣定濃度過濾實驗圖



圖六 各分子量群組水樣迴流過濾實驗圖

