

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

總計畫及子計畫三：奈米薄膜處理對自來水中消毒副產物有機前質之去除研究(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-002-035-

執行期間：92 年 08 月 01 日至 93 年 07 月 31 日

執行單位：國立臺灣大學環境工程學研究所

計畫主持人：蔣本基

計畫參與人員：林怡利

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 5 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

奈米薄膜處理對自來水中消毒副產物有機前質之去除研究 Nanofiltration Process for Removing the Organic Precursors of Disinfection By-Products in Portable Water

計畫編號：NSC 92-2211-E-002-055

執行期限：92 年8 月1 日至93 年7 月31 日

主持人：蔣本基教授 國立台灣大學環境工程學研究所

計畫研究人員：林怡利 國立台灣大學環境工程學研究所

一、計畫緣由與目的

目前的自來水處理程序多屬傳統式，對於微量與小分子有機物的去除效果有限。這些水源中的有機物造成加氯處理後許多消毒副產物（DBP）的生成；其中又以三鹵甲烷類（THM）與含鹵乙酸類（HAA）的消毒副產物特別受到重視，其中有些物種可能或確定會對人體產生健康危害如致癌性或是致突變性等。

奈米薄膜程序（Nanofiltration, NF）因其具有需添加之化學藥劑極少、操作維護之能量需求低、建造設計之彈性很大，及可移除大範圍物質如細菌、病毒、消毒副產物之前質、溶解性有機物、色度、顆粒等，並可針對不同的原水水質或不同的用水目的而選擇適當的薄膜材質等優點，故本研究選擇其作為改善自來水水質與減少消毒副產物生成研究的主題。

因薄膜應用在實際運用上所面臨之最大問題在於積垢的產生，造成水流通量降低，縮短薄膜之壽命，增加操作壓力與清洗之頻率，造成操作上的不經濟。故本研究將以奈米薄膜針對水中消毒副產物生成前質的去除效能進行評估，探討水源中不同有機前質特性與鈣離子、以及不同之實驗條件對奈米薄膜處理效能之影響。

二、研究方法

以目標有機物（resorcinol、phloroglucinol、m-hydroxybenzoic acid、tannic acid）做為消毒副產物有機前質，進行NF薄膜過濾實驗。選用之NF薄膜特性如表1所示，研究裝置如圖1所示。

水樣可分為單獨有機物之分離實驗及有機物與鈣離子共同存在時之分離實驗（以CaSO₄控制鈣離子之濃度），以HCl及NaOH控制pH值（3、5、7、9、10），以瞭解不同有機物帶電特性對薄膜過濾之影響。

藉由量測TOC濃度、UV吸收值、鈣離子濃度等水質參數，評估NF薄膜對於目標溶質的處理效率，並透過單位時間滲出水量的收集，觀察薄膜滲流率的變化。

三、結果與討論

3-1 NF薄膜特性與操作條件對操作效能之影響

在開始對目標有機物進行實驗前，先對NF薄膜進行截留分子量評估。以不同分子量之中性溶質進行NF70薄膜過濾（壓力為70psi，掃流速度為0.2 m/s），結果如圖2所示。可以發現在低分子量的地方，實驗數據較無規律，呈現不規則跳動的情況；對

分子量介於50-150 Dalton的溶質，去除率明顯的增加；對於分子量大於200 Dalton的溶質，去除率均高於95%，故可以得知NF 70薄膜可截留大部分分子量大於200 Dalton的溶質；然而在模擬薄膜之去除率時，不應單獨以分子量作為考量，因單以分子量並無法表示出溶質的幾何形狀與相關物化特性，且無法表示出不同操作條件對薄膜過濾之影響。

接下來針對不同操作條件（壓力、掃流速度、過濾濃度）對薄膜之過濾效能進行探討，採用單一電解質（NaCl）進行過濾實驗。圖3為操作壓力對NF70薄膜之濾液通量與NaCl去除效果之影響，可以發現穩態的濾液通量均隨著操作壓力的增加而成線性增加，表示此時操作之阻力來自於薄膜本身，薄膜表面並無濃度極化的現象。由圖中也可發現，去除率隨著操作壓力的增加而逐漸提高，但增加趨勢和緩，可知NF 70薄膜對NaCl的處除效果已達極限，即使再增加操最壓力，對去除率的提升也十分有限。

圖4為掃流速度對NF70薄膜之濾液通量與NaCl去除效果之影響關係（70 psi），可以發現掃流速度增加對濾液通量的增加幾乎沒有影響，且去除率並沒有隨著掃流速度的增加而有明顯的改變，因此可推斷在此操作條件下無濃度及化層的存在，過濾之阻力均來自於薄膜本身，故掃流速度對濾液通量與去除率之影響並不明顯。

圖5為過濾濃度對NF70薄膜之濾液通量與NaCl去除效果之影響關係。可以發現進流濃度增加時，濾液通量明顯遞減，去除率先增微增而後也明顯遞減，故若欲處理高濃度之溶質時，應先作預處理實驗，以確立薄膜處理之效能，必要時需添加前處理單元，以降低進流水濃度。

3-2 NF薄膜對目標有機物之去除效果

圖6為目標有機物濃度對NF70薄

膜去除效果之影響關係（70 psi，無鈣離子存在）。可以發現對不同目標有機物均可找到一最佳去除率之濃度，與圖5之結果相同，去除率均有隨進流濃度呈先增後減的現象，且去除率與分子量有關。分子量最低之resorcinol去除率均低於80%，而其他三種有機物大部分可達80%以上之去除率。

圖7為目標有機物濃度在有鈣離子存在下，對NF70薄膜除效果之影響關係（70 psi，鈣離子濃度 = 250 mg/L）。可以發現對不同目標有機物仍然可以找到一最佳去除率之濃度，且此濃度比無鈣離子存在時之最佳去除濃度略低。對於分子量較低之resorcinol與phloroglucinol來說，整體去除率對濃度之關係曲線變化較和緩，而3-hydrobinzoic acid 與tannic acid則會隨著濃度的增加出現去除率驟減的情況，有可能是帶正電的鈣離子與帶負電的薄膜

圖8為目標有機物濃度對NF70薄膜去除鈣離子效果之影響關係（70 psi）。

四、參考文獻

- Jean-Pierre D. W., "Surface water potabilisation by means of a novel nanofiltration element", *Desalination* 108 (1999) 153-157.
- Kunikane, S., Itoh, M. and Magara, Y., "Advanced membrane technology for application to water treatment", *Water Supply*, 16(1/2) (1998) 313-318.
- Laine, J. M., "Membrane technology and its application to drinking water production", *Water Supply*, 16(1/2) (1998) 318-322.
- Maryam, A., Gunnar, J. and Christian, G., "Removal of natural organic matter from two types of humic ground waters by nanofiltration", *Water Res.* 32(10) (1998) 2983-2994.
- Pontalier, P. Y., Ismail, A. and Ghoul, M., "Mechanisms for the selective rejection of solutes in nanofiltration membranes", *Sep. Purif. Technol.* 12 (1997) 175-181.
- Seungkwan, H. and Menachem, E., "Chemical and physical aspects of natural organic matter (NOM) fouling of nanofiltration membranes", *J. Membrane Sci.* 132 (1997)

159-181.
Visvanathan, C., Marsono, B. D. and Basu, B.,
“Removal of THMFP by nanofiltration:
effects of interference parameters”, *Water
Res.* 32(12) (1998) 3527-3538.

表1 實驗NF薄膜之性質

項目	NF-70
薄膜材料	Thin-film composite (TFC, 0.2 μ m PA (crosslinked aromatic polyamide)+ 0.46 μ m PS (polysulfone))
截留分子量 (MWCO)	200-500 Daltons
電性	負電荷
連續操作之 pH 值允許範圍	3-9
最大允許操作壓力	1.7 MPa (250 psi)
最大允許進流流率	21.67 LPM

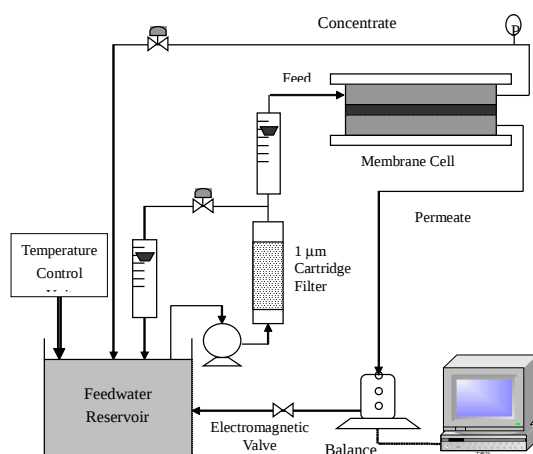


圖1 本研究之實驗裝置圖

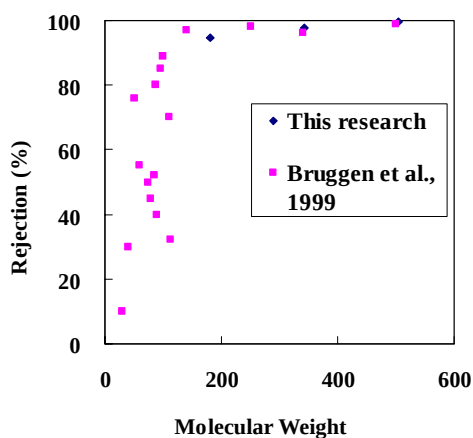


圖2 NF 70薄膜對不同分子量中性化合物之去除率 (70 psi)

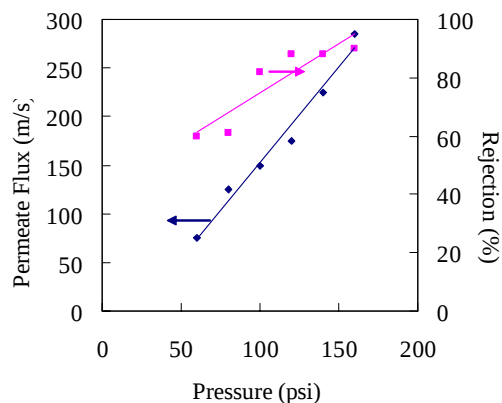


圖3 操作壓力對NF70薄膜之濾液通量與NaCl去除效果之影響 (掃流速度 = 0.2 m/s)

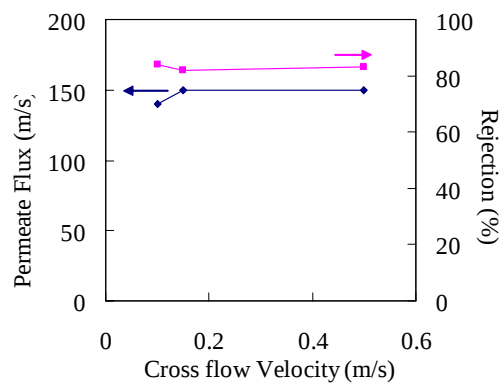


圖4 掃流速度對NF70薄膜之濾液通量與NaCl去除效果之影響 (70 psi)

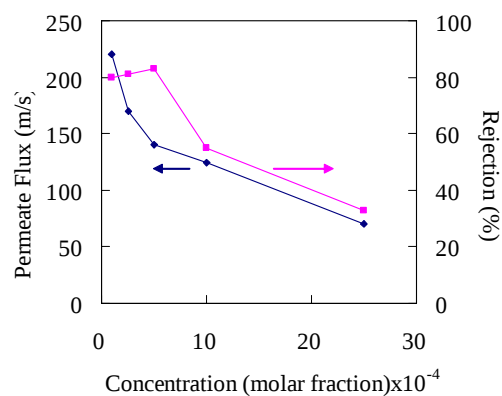


圖5 過濾濃度對NF70薄膜之濾液通量與NaCl去除效果之影響 (70 psi)

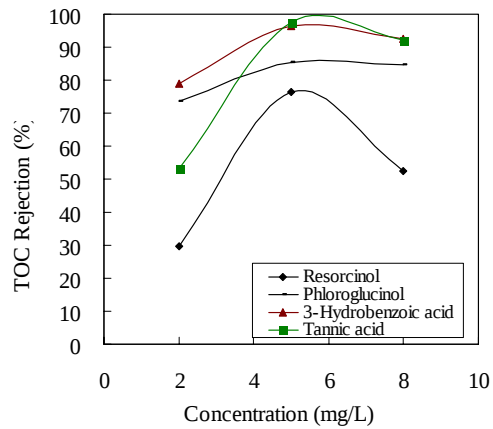


圖6 目標有機物濃度對NF70薄膜去除效果之影響（70 psi，無鈣離子存在）

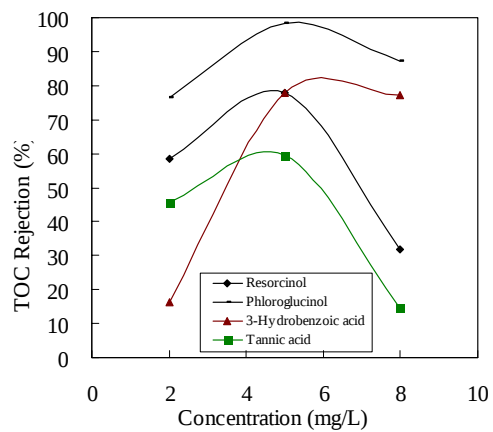


圖7 目標有機物濃度對NF70薄膜除效果之影響（70 psi，鈣離子濃度 = 250 mg/L）

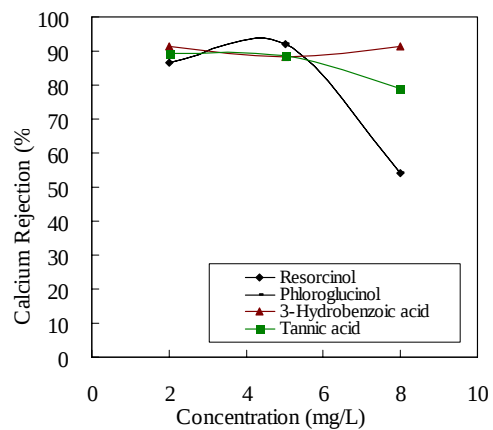


圖8 目標有機物濃度對NF70薄膜去除鈣離子效果之影響（70 psi）