

# 以NF薄膜去除水中有機物:進流濃度與背景無機離子的影響

林樹慶、柯雅雯

E-mail: 9314400@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本實驗主要是探討單一有機物與有背景離子存在時之有機物，在以不同的進流濃度時，其分離成效與傳輸、去除機制。在本研究操作條件下，NF-270薄膜對於阿魏酸、雙酚A、氯化鈉及硫酸鈉的去除率可高達70%、99%、60%、95%。薄膜表面帶有電荷，不論在單一有機物或有背景離子存在時的有機物系統中，若提高自身濃度，則皆會影響並降低自身的去除率。若是混合系統中，背景離子濃度的增加也會造成去除率的改變。綜合而論，有機物的去除率會受到背景離子種類價數、濃度與自身濃度的影響。本研究以Widmer等人所提出之模式為基礎加以修改，以描述有機物在無機離子存在時之去除率與穩態清水通量間的關係；並進一步延伸此模式參數來描述有機物進流濃度與去除率的關係，使單一溶質與混合溶液之去除率與預測之去除率有相當的符合程度。

關鍵詞：NF-270薄膜；阿魏酸；雙酚A；進流濃度；背景離子

## 目錄

封面內頁	簽名頁	授權書	iii	中文摘要	v	英文摘要	vi	誌謝	vii	目錄	viii	圖目錄	xi	表目錄	xiii	第一章	前言	1.1	研究緣起	1.2	研究目的	1.3	研究內容	第二章	文獻回顧	2.1	薄膜的基本性質	2.1.1	薄膜的材料與構造	2.1.2	薄膜操作的分類	2.1.3	薄膜的操作參數	2.2	NF薄膜的分離原理及傳輸機制	2.3	NF薄膜對自來水中污染物質的去除	2.3.1	對有機污染物的去除	2.3.2	對離子物質的去除	2.3.3	有背景離子存在下對有機物的去除	2.4	薄膜阻塞的成因與影響通量衰減的因素	2.4.1	薄膜阻塞的主要原因	2.4.2	清水通量與操作壓力間的關係	2.4.3	影響清水通量衰減的因素	2.5	質量傳輸與分離成效的預測模式	第三章	實驗材料與研究方法	3.1	研究流程	3.2	實驗設備與材料	3.2.1	實驗裝置	3.2.2	所使用的薄膜種類	3.2.3	試驗水樣	3.3	預備試驗	3.3.1	新薄膜的預備試驗	3.3.2	決定薄膜的截留分子量(MWCO)	3.4	試驗步驟	3.5	分析方法	3.5.1	電導度(Conductivity)	3.5.2	阿魏酸與雙酚A的分析-UV254吸光度	3.5.3	陽離子分析	3.5.4	陰離子分析	第四章	結果與討論	4.1	預備試驗	4.1.1	基線水通量的測定	4.1.2	薄膜之截留分子量(MWCO)的測定	4.2	NF薄膜對單一電解質之處理成效	4.2.1	氯化鈉溶液	4.2.2	硫酸鈉溶液	4.3	進流濃度與背景離子對阿魏酸之處理成效的影響	4.3.1	單一阿魏酸溶液	4.3.2	阿魏酸-氯化鈉混合溶液	4.3.3	阿魏酸-硫酸鈉混合溶液	4.4	進流濃度與背景離子對雙酚A之處理成效的影響	4.4.1	單一雙酚A溶液	4.4.2	雙酚A-氯化鈉混合溶液	4.4.3	雙酚A-硫酸鈉混合溶液	4.5	分離成效之預測模式的建立與驗證	第五章	結論與建議	參考文獻	附錄	圖目錄	圖2.1	濃度極化層與溶質傳輸示意圖	圖2.2	清水通量與操作壓力之間的關係圖	圖3.1	研究流程	圖3.2	批次式循環薄膜試驗設備	圖3.3	(a)阿魏酸與(b)雙酚A的化學結構式	圖4.1	新膜的清水通量隨時間的變化關係	圖4.2	以不同分子量的PEG測定薄膜之MWCO的實驗結果	圖4.3	氯化鈉溶液之清水通量關係與操作壓力的關係	圖4.4	在不同操作壓力時，氯化鈉溶液之去除率的關係	圖4.5	進流濃度對氯化鈉去除率的影響	圖4.6	比較在不同掃流速度與進流濃度時之氯化鈉溶液的去除率	圖4.7	氯化鈉之去除率與穩態清水通量的關係	圖4.8	進流濃度對硫酸鈉去除率的影響	圖4.9	比較在不同掃流速度與進流濃度時之硫酸鈉溶液的去除率	圖4.10	進流濃度對硫酸鈉溶液之穩態清水通量的影響	圖4.11	阿魏酸溶液之穩態清水通量與操作壓力的關係	圖4.12	進流濃度對阿魏酸溶液之去除率的影響	圖4.13	比較在不同掃流速度與進流濃度時之阿魏酸溶液的去除率	圖4.14	在不同操作壓力時，阿魏酸溶液之去除率與進流濃度的關係	圖4.15	阿魏酸溶液於不同進流濃度時的去除率與穩態清水通量之關係	圖4.16	固定氯化鈉進流濃度 $5 \times 10^{-4}$ 時，阿魏酸進流濃度對阿魏酸氯化鈉去除率的影響	圖4.17	固定阿魏酸進流濃度 $5 \times 10^{-6}$ 時，氯化鈉進流濃度對阿魏酸與氯化鈉去除率的影響	圖4.18	不同掃流速度與阿魏酸進流濃度對(a)阿魏酸與(b)氯化鈉之去除率影響	圖4.19	固定硫酸鈉進流濃度 $1 \times 10^{-5}$ 時，阿魏酸進流濃度對阿魏酸與硫酸鈉去除率的影響	圖4.20	固定阿魏酸進流濃度 $1 \times 10^{-6}$ 時，硫酸鈉進流濃度對阿魏酸與硫酸鈉去除率的影響	圖4.21	進流濃度對雙酚A溶液之去除率的影響	圖4.22	雙酚A溶液之進流濃度與穩態清水通量的關係	圖4.23	固定氯化鈉進流濃度 $1 \times 10^{-5}$ 時，雙酚A進流濃度對雙酚A與氯化鈉去除率的影響	圖4.24	固定雙酚A進流濃度 $1 \times 10^{-6}$ 時，氯化鈉進流濃度對雙酚A與氯化鈉去除率的影響	圖4.25	雙酚A/氯化鈉濃度比值對去除率的關係	圖4.26	比較單一溶質去除率實驗值與模式預測值	圖4.27	比較混合溶液去除率實驗值與模式預測值	表目錄	表2.1	不同薄膜型式的特性與應用	表2.2	薄膜的適用操作特性及去除範圍表	表2.3	整理NF薄膜去除DBPFP的研究結果	表2.4	各參數對薄膜移除THMFP的影響	表2.5	整理NF薄膜去除有機物之研究結果	表2.6	NF/RO薄膜之傳輸模式的整理	表2.7	Extendd Nernst-Planck model之文獻整理	表3.1	試驗所用NF薄膜之基本資料	表3.2	本研究的試驗設計	表4.1	不同掃流速度與操作壓力時的基線水通量結果	表4.2	進流濃度和背景離子(硫酸鈉)濃度的變化對雙酚A-硫酸鈉混合溶液之去除率的影響	表4.3	單一溶質時的 $P_s$ 、 $P_{s1}$ 和 $P_{s2}$ 預測值	表4.4	混合溶液的 $P_{mix}$ 、 $P_{s1}$ 、 $P_{s2}$ 和 $P_{s1-s2}$ 值及 $P_{s1-s2}$ 預測值
------	-----	-----	-----	------	---	------	----	----	-----	----	------	-----	----	-----	------	-----	----	-----	------	-----	------	-----	------	-----	------	-----	---------	-------	----------	-------	---------	-------	---------	-----	----------------	-----	------------------	-------	-----------	-------	----------	-------	-----------------	-----	-------------------	-------	-----------	-------	---------------	-------	-------------	-----	----------------	-----	-----------	-----	------	-----	---------	-------	------	-------	----------	-------	------	-----	------	-------	----------	-------	------------------	-----	------	-----	------	-------	-------------------	-------	---------------------	-------	-------	-------	-------	-----	-------	-----	------	-------	----------	-------	-------------------	-----	-----------------	-------	-------	-------	-------	-----	-----------------------	-------	---------	-------	-------------	-------	-------------	-----	-----------------------	-------	---------	-------	-------------	-------	-------------	-----	-----------------	-----	-------	------	----	-----	------	---------------	------	-----------------	------	------	------	-------------	------	---------------------	------	-----------------	------	--------------------------	------	----------------------	------	-----------------------	------	----------------	------	---------------------------	------	-------------------	------	----------------	------	---------------------------	-------	----------------------	-------	----------------------	-------	-------------------	-------	---------------------------	-------	----------------------------	-------	-----------------------------	-------	---	-------	--	-------	------------------------------------	-------	--	-------	--	-------	-------------------	-------	----------------------	-------	--	-------	--	-------	--------------------	-------	--------------------	-------	--------------------	-----	------	--------------	------	-----------------	------	--------------------	------	------------------	------	------------------	------	-----------------	------	----------------------------------	------	---------------	------	----------	------	----------------------	------	--	------	--	------	--

## 參考文獻

- ? 王志仁, 「薄膜處理技術去除天然有機物之研究」, 碩士論文, 國立台北科技大學環境規劃與管理研究所, 台北, 民國91年8月。? 台灣省自來水公司專案計畫, 「澄清湖高級淨水處理模型廠試驗研究」(第一年), 計畫主持人:葉宣顯教授, 成功大學環境工程學系, 民國88年8月。? 杜亮明, 「薄膜程序應用於淨水之探討」, 碩士論文, 國立台灣大學環境工程學研究所, 台北, 民國88年6月。? 高山鎮, 「薄膜阻塞控制之研究」, 碩士論文, 國立成功大學環境工程學研所, 民國89年6月。? 郭文正與曾添文, 「薄膜分離」, 高立圖書有限公司, 民國77年1月。? 陳柔閔, 「無機離子於NF薄膜之傳輸與分離成效的研究」, 碩士論文, 大葉大學環境工程學系, 彰化, 民國91年8月。? 國科會專題研究計畫, 「前處理對NF薄膜程序影響之研究」, 計畫主持人:葉宣顯教授, 成功大學環境工程學系, 計畫編號: NSC 88-2211-E-006-023, 民國88年7月。? 董士庭, 「濃度極化現象對NF薄膜之分離成效的影響」, 碩士論文, 大葉大學環境工程學系, 彰化, 民國90年8月。? 環保署研究計畫, 「水源鹽化對加氯消毒副產物生成之影響與改善對策及研究」期末報告, 計畫主持人:蔣本基教授, 台灣大學環境工程學研究所, 計畫編號: EPA-89-U3J1-03-003, 民國89年7月。? Agrawal, J. P. and Sourirajan, S., " Reverse osmosis ", Flow through porous media symposium, I & EC, Vol.61, No.11, pp.62-89, 1969. ? Ahn, K.-H., Song, K.-G., Cha, H.-Y. and Yeom, I.-T., " Removal of ions in nickel electroplating rinse water using low-pressure nanofiltration ", Desalination, Vol.122, pp.77-84, 1999. ? Amy, G., " Removal of dissolved organic matter by nanofiltration ", Journal of Environmental Engineering, Vol.116, pp.1-1200, 1990. ? AWWA Membrane Technology Research Committee, " Committee report:membrane processes ", Journal of American Water Works Association, 1998. ? Boussahel, R., Bouland, S., Moussaoui, K. M. and Montiel, A., " Removal of pesticide residues in water using the nanofiltration process ", Desalination, Vol.132, pp.205-209, 2000. ? van der Bruggen, B., Braekn L. and Vandecasteele, C., " Evaluation of parameters describing flux decline in nanofiltration of aqueous solutions containing organic compounds ", Desalination, Vol.147, pp.281-288, 2002a. ? van der Bruggen, B., Braekn L. and Vandecasteele, C., " Flux decline in nanofiltration due to adsorption of organic compounds ", Separation and Purification Technology, Vol.29, pp.23-31, 2002b. ? van der Bruggen, B. and Vandecasteele, C., " Flux decline during nanofiltration of organic components in aqueous solution ", Environ. Sci. Technol., Vol.35, pp.3535-3540, 2001. ? Bowen, W. R. and Mohammad, A. W., " A theoretical basis for specifying nanofiltration membranes-dye/salt/water streams ", Desalination, Vol.117, pp.257-264, 1998. ? Clark, S., et al., " Low-cost membrane filtration in offing ", Waterworld News, Jan/Feb, pp.17-18, 1992. ? Conlon, W., et al., " Membrane softening comes of age ", Journal AWWA, Vol.81, pp.11-47, 1989. ? Dey, T. K., Ramachandran, V. and Misra, B. M., " Selectivity of anionic species in binary mixed electrolyte systems for nanofiltration membranes ", Desalination, Vol.127, pp.165-175, 2000. ? Edwards, E., " THM control using membrane technology ", Proceedings, Joint FS/AWWA, FPCA, and FW&PCOA, Fort Lauderdale, FL, 1988. ? Escobar, I. C., Hong, S. and Randall, A. A., " Removal of assimilable organic carbon and biodegradable dissolved organic carbon by reverse osmosis and nanofiltration membranes ", Journal of Membrane Science, Vol.175, pp.1-17, 2000. ? Garba, Y., Taha, S. Gondrexon, N., Cabon, J. and Dorange, G., " Mechanisms involved in cadmium salts transport through a nanofiltration membrane:characterization and distribution ", Journal of Membrane Science, Vol.168, pp.135-141, 2000. ? Kedom, O. and Katchalsky, A., " Thermodynamics analysis of the permeability of biological membranes to non-electrolytes ", Bio- chimica et biophysica acta, Vol.27, pp.229, 1958. ? Kedom, O. and Katchalsky, A., " The physical interpretation of the phenomenological coefficients of membrane permeability ", The J. of general physiology, Vol.45, pp.143-179, 1961. ? Kimura, S. and Sourirajan, S., " Analysis of data in reverse osmosis with porous cellulose acetate membranes used ", AIChE J., Vol.13, NO.3, pp.497-503, 1967. ? Kiso, Y., Nishimura, Y., Kitao, T. and Nishimura, K., " Rejection properties of non-phenylic pesticides with nanofiltration membranes ", Journal of Membrane Science, Vol.171, pp.229-237, 2000. ? Kiso, Y., Kon, T., Kitao, T. and Nishimura, K., " Rejection properties of alkyl phthalates with nanofiltration membranes ", Journal of Membrane Science, Vol.182, pp.205-214, 2001a. ? Kiso, Y., Sugiura, Y., Kitao, T. and Nishimura, K., " Effects of hydrophobicity and molecular size on rejection of aromatic pesticides with nanofiltration membranes ", Journal of Membrane Science, Vol.192, pp.1-10, 2001b. ? Koyuncu, I., " Reactive dye removal in dye/mixtures by nanofiltration membranes containing vinylsulphone dyes:effects of feed concentration and cross flow velocity ", Desalination, Vol.143, pp.243-253, 2002. ? Koyuncu, I. and Topacik, D., " Effect of organic on the separation of salts by nanofiltration membranes ", Desalination, 16, pp.169-177, 1975. ? Kunst, B., Arneri, G. and Vajnaht, Z., " On the comparison of Reverse osmosis membrane performance ", The J. of general physiology, Vol.45, pp.143-179, 1961. ? Lonsdale, H. K., Merten, U. and Riley, R. L., " Transport of cellulose acetate osmotic membranes ", J. Appl. Pol. Sci., Vol.9, pp.1341-1362, 1965. ? Merten, U. ( Ed. ), " Desalination by reverse osmosis ", The MIT press cambridge, Mass., 1965. ? Matsuura, T., Pageau, L. and Sourirajan, S., " Reverse osmosis separation of inorganic solutes in aqueous solutions using porous cellulose acetate membranes ", J. Appl. Pol. Sci., Vol.19, pp.179-198, 1975. ? Mehiguene, K., Garba, Y., Taha, S., Gondrexon, N. and Dorange, G., " Influence of operating conditions on the retention of copper and cadmium in aqueous solutions by nanofiltration:experimental results and modelling ", Separation and Purification Technology, Vol.15, pp.181-187, 1999. ? Pontalier, P.-Y., Ismail, A. and Ghoul, M., " Mechanisms for the selective rejection of solutes in nanofiltration membranes ", Separation and Purification Technology, Vol.12, pp.175-181, 1997. ? Ratanatamskul, C., Urase, T. and Yamamoto, K., " Description of behavior in rejection of pollutants in ultra low pressure nanofiltration ", Wat. Sci. Tech., Vol.38, pp.453-462, 1998. ? Reiss, C. R., Taylor, J. S. and Robert, C., " Surface water treatment using nanofiltration pilot testing results and design considerations ", Desalination, Vol.125, pp.97-112, 1999. ? Roudman, A. R. and Digiano, F. A., " Surface energy of experimental and commercial nanofiltration membranes:effects of wetting and natural organic matter fouling ", J. Membr. Sci., Vol.175, pp.61-73, 2000. ? Sherwood, T. K., Brian, P. T. L. and Fisher, R. E., " Desalination by Reverse Osmosis ", I&EC Fund., Vol.6, pp.2-12, 1967. ? Siddiqui, M., " Membrane technology for the control of natural organic matter from surface water ", Water

Quality and Technology for the 21st Century, 2000. ? Small, P. A., " Factors affecting the solubility of polymers " , J. Appl. Chem., Vol.3, pp.71, 1953. ? Spiegler, K. S., " Transport processes in ionic membranes " , Trans. Faraday Soc., Vol.54, pp.1409, 1958. ? Spiegler, K. S. and Kedem, O., " Thermodynamics of hyperfiltration ( reverse osmosis ) :criteria for efficient membranes " , Desalination, Vol.1, pp.311-326, 1966. ? Tan, L., and Sudar, R., " Color removal from groundwater by membrane processes " , Journal AWWA, Vol.83, pp.1-79, 1992. ? Taylor, J., " Applying membrane processes to groundwater sources for trihalomethane precursor control " , Journal of American Water Works Association, Vol.79, pp.72, 1987. ? Thanuttamavong, M., Yamamoto, K., Oh, J. I., Choo, K. H. and Choi, S. J., " Rejection characteristics of organic and inorganic pollutants by ultra low-pressure nanofiltration of surface water for drinking water treatment " , Desalination, Vol.145, pp.257-264, 2002. ? Xu, Y. and Lebrum, R., " Comparison of nanofiltration properties of two membranes using electrolyte and non-eleetrolyte solutes " , Desalination, Vol.122, pp.95-106, 1999. ? Soltanidel M., and Gill, W. N., " Review of reverse osmosis membranes and transport models " , Chemical Engineering Department Iown State University Ames, 1981. ? Widmer, F. and Schirg, P., " Characterisation of nanofiltration membranes for the separation of aqueous dye-salt solutions " , Desalination, Vol.89, pp.89-107, 1992. ? Vezzani, D. and Bandini, S., " Donnan equilibrium and dielectric exclusion for characterization of nanofiltration membrane " , Desalination, Vol.149, pp.477-483, 2002.