

廢水處理逆滲透膜 之表面電性 對淤塞的影響

林繼暉 譯

爲了環保及水質淨化的目的，使用高阻鹽率的逆滲透膜處理廢水以得到較佳的水質是有必要的，但是必須克服處理廢水時所可能造成膜的淤塞問題。日東電工公司的LF10逆滲透膜因其表面電性的中性化及親水性的增加，因此具有低淤塞的特性。膜表面親水性增加後，使得逆滲透膜因吸附小的有機淤塞物質（如界面活性劑）造成淤塞的問題，得以改善。廢水中經常含有多種界面活性劑，這些界面活性劑已被證實，會被現有以芳香族架橋的聚醯胺類（polyamide）逆滲透膜管吸附，附著在膜表面並造成淤塞，進而使得逆滲透膜採水量在短時間內大幅減少。相對於此，低淤塞性逆滲透膜（LF10）因親水性的增加，在長時間的操作後，仍能維持穩定的採水量，因此LF10可適合用於廢水處理的應用上。

前 言

最近，在許多種類的廢水（如污水、垃圾場滲出水等）均希望透過高級處理解決環保及其它有關水的問題。因此有必要考慮使用高阻鹽率的逆滲透膜處理廢水，以獲得較佳水質的可行性。相對於逆滲透膜（reverse osmosis, RO）、微過濾（microfiltration, MF）及超

微過濾（ultrafiltration, UF）對多種如硝酸鹽氮、低分子量有機物等有害物質的去除效果是較差的。但在許多應用逆滲透膜處理廢水的案例中，膜的淤塞是最令人困擾的。在實際的應用上，以芳香族架橋具有高阻鹽率的現有聚醯胺類逆滲透膜，常會吸附存在於廢水中較小之有機物質。這些如界面活性劑的物質附著在膜表面後，會造成膜淤塞，進而使得採水量



大幅衰退。因此在正確的操作條件下，選擇正確的膜種類及表面電性是重要的課題之一。

然而，在目前的研究報告中，只有寥寥數篇提到了逆滲透膜表面電性所造成的影響（Childress and Elimelech, 1996; Elimelech, et al., 1997）。一般認為，許多種類的逆滲透膜可以透過分子鍵結結構的改變，正向或負向的改變膜表面電性（Hirose, et al., 1997）。欲進一步瞭解淤塞的機制，就必須量化的分析逆滲透膜表面電性，以確認如界面活性劑的有機物質，是否會附著在逆滲透膜的電性基上。

在本篇報告中，將述說逆滲透膜表面電性量化分析的結果。並將使用數種一般的薄膜合成逆滲透膜，以討論淤塞與逆滲透膜表面電性的交互作用。同時，更進一步的使用這些結論，驗證低淤塞逆滲透膜應用的可行性。

材料與方法

有關多種逆滲透膜表面的電性是以雷射-杜卜勒（Laser-Doppler）電泳儀器量測（Otsuka Electronics Co. Ltd., ELS-600），實驗用逆滲透膜是選自日東電工公司（Nitro Denko Corp.）所生產的一般合成薄膜。其種類商業名稱分別為NTR-759HR（以芳香族架橋的聚醯胺類逆滲透膜）、NTR-7450（sulfonated polyether sulfone type 逆滲透膜）、ES10C（具有正電性電位的逆滲透膜）及日東電工公司所最新生產的LF10低淤塞逆滲透膜。

結果及討論

1. 逆滲透膜表面zeta電位與淤塞之關係

在圖1(a)中所表示的是以酸鹼值為函數，

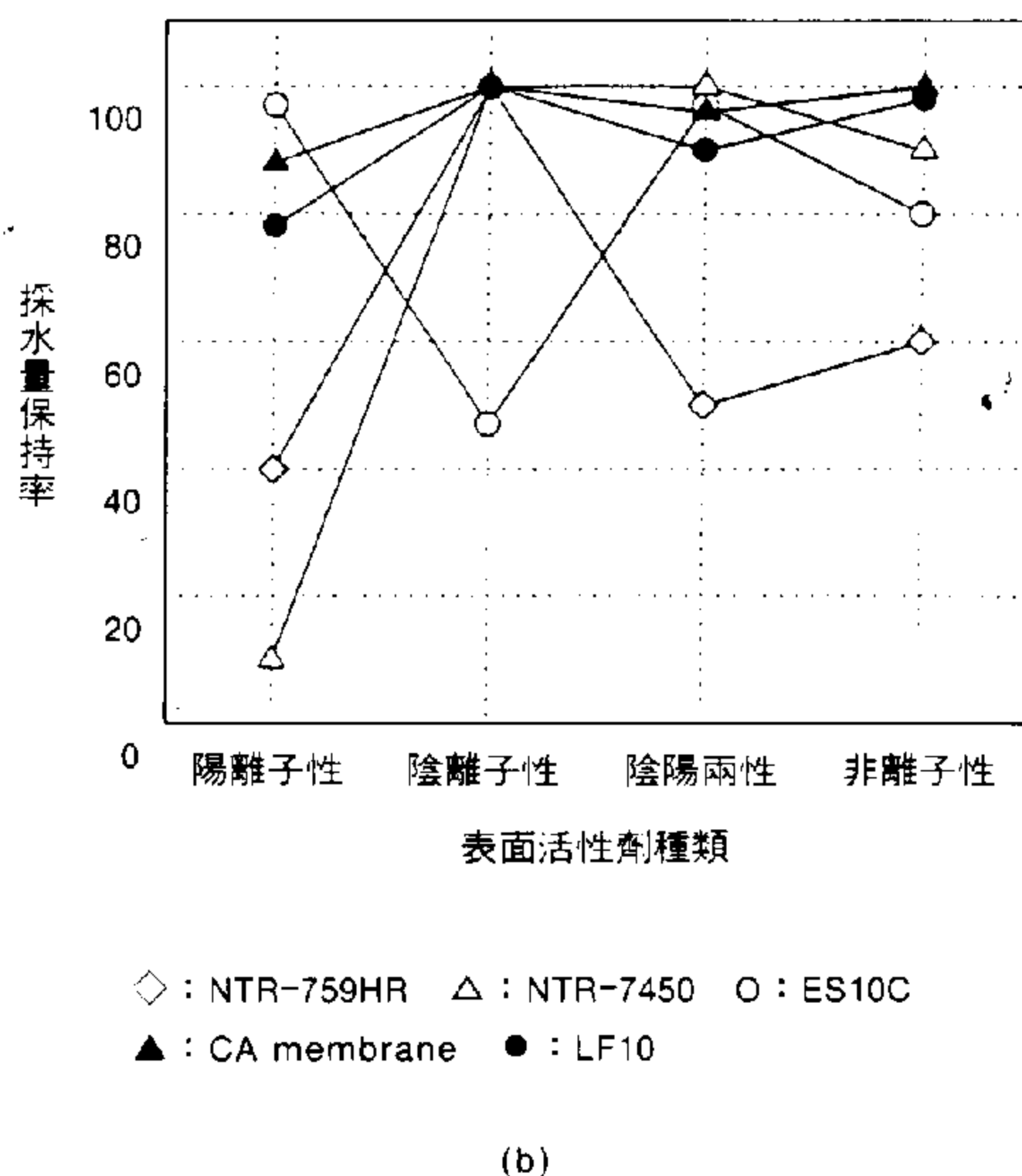
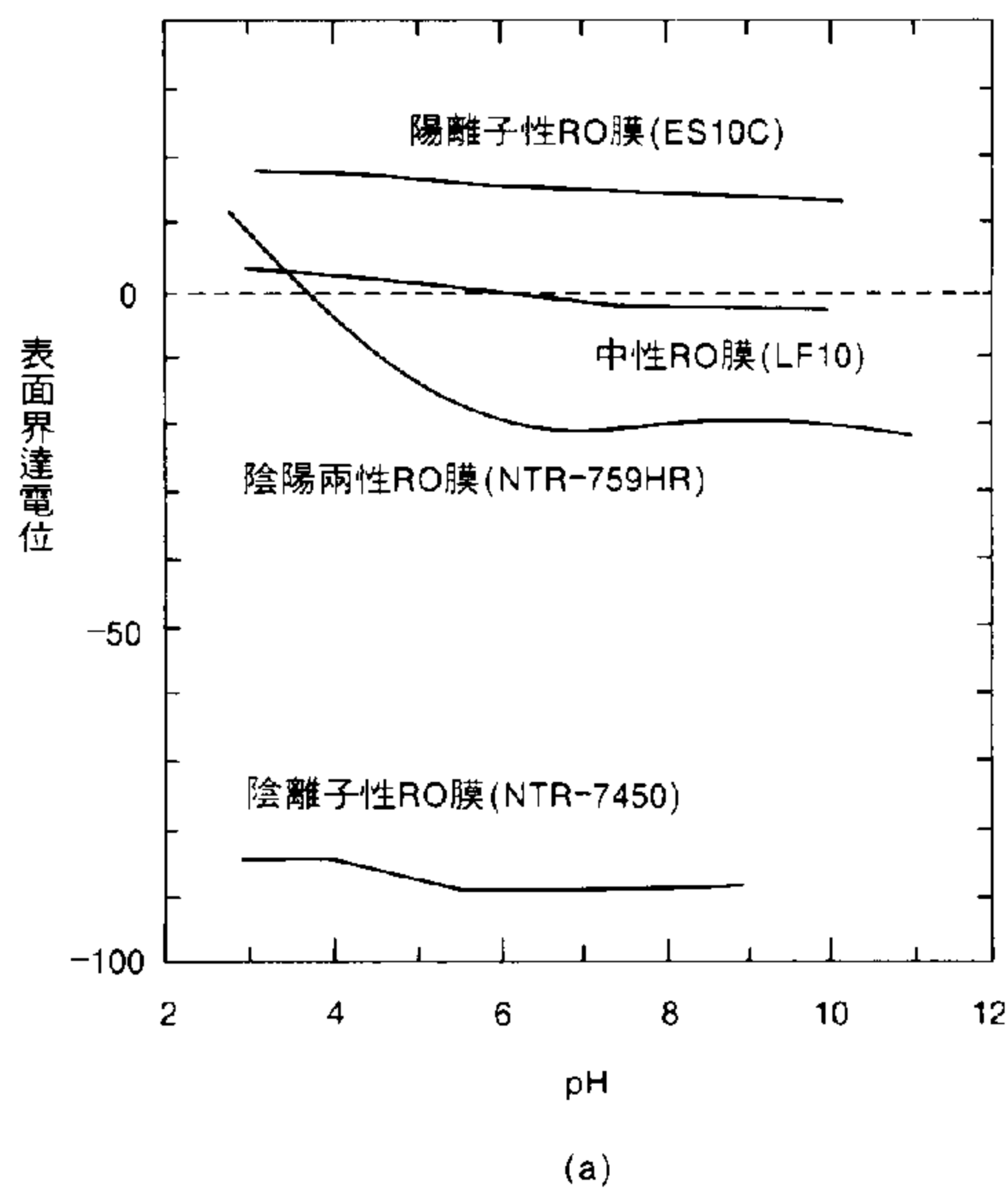


圖1 (a): 各種不同的逆滲透膜的表面zeta電位。(b): 在導入多種界面活性劑之前及之後的採水量變化。(界面活性劑濃度: 1,000ppm, 壓力: 15kgf/cm²)



各種逆滲透膜表面的zeta電位。NTR-759HR在酸鹼值小於4時為正電性，而在大於4時為負電性。這種變化的原因是根據包含在膜表面層的分子結構中的羧酸根（ $-\text{COOH}$ ）及胺根（ $-\text{NH}_2$ ）二者的解離狀態而定。因此，我們可以說以聚醯胺類的逆滲透膜是兩性的（amphoretic）。在同圖1(a)中，我們可以看到在所測量的酸鹼值之間，NTR-7450具有較高的

負電性表面zeta電位，因此我們可以斷定NTR-7450是帶強負電性的逆滲透膜。

另一方面，在所測量的酸鹼值之間，ES10C是具有正電性表面zeta電位。以上這些逆滲透膜均具有極佳的表面電性特性（Ikeda, 1988），然而，這些膜均會遭到相反電性的有機物質（如界面活性劑）所淤塞，同時如圖1(b)所顯示的，這些膜的採水量在遭到淤塞後，也是急速的大幅下降。這些結果顯示，因為無法長時間的維持膜的採水量，具有一般電性的逆滲透膜應用在如下水道污水的廢水處理是有困難的。

2. 低淤塞逆滲透膜

新的纏繞式逆滲透膜LF10，在改變其電性及親水性質後，可同時具有高阻鹽率及低淤塞的特性。LF10的表面電性被控制在0mv附近，請參考圖1(a)。同時相較於芳香族架橋的聚醯胺類逆滲透膜，LF10已增加了親水性。

表1 LF10膜管的特性

產品名稱	LF10-D2(2吋)	LF10-D4(4吋)	LF10-D8(8吋)
種類	纏繞式膜管		
阻鹽率(%)	99.5		
採水量(m^3/d)	1.7	6.5	30
測試溶液	0.15%NaCl溶液		
操作壓力	15(kgf/cm^2)		
溫度	25℃		
採水率	10-20%		
酸鹼值	6.5-7.0		

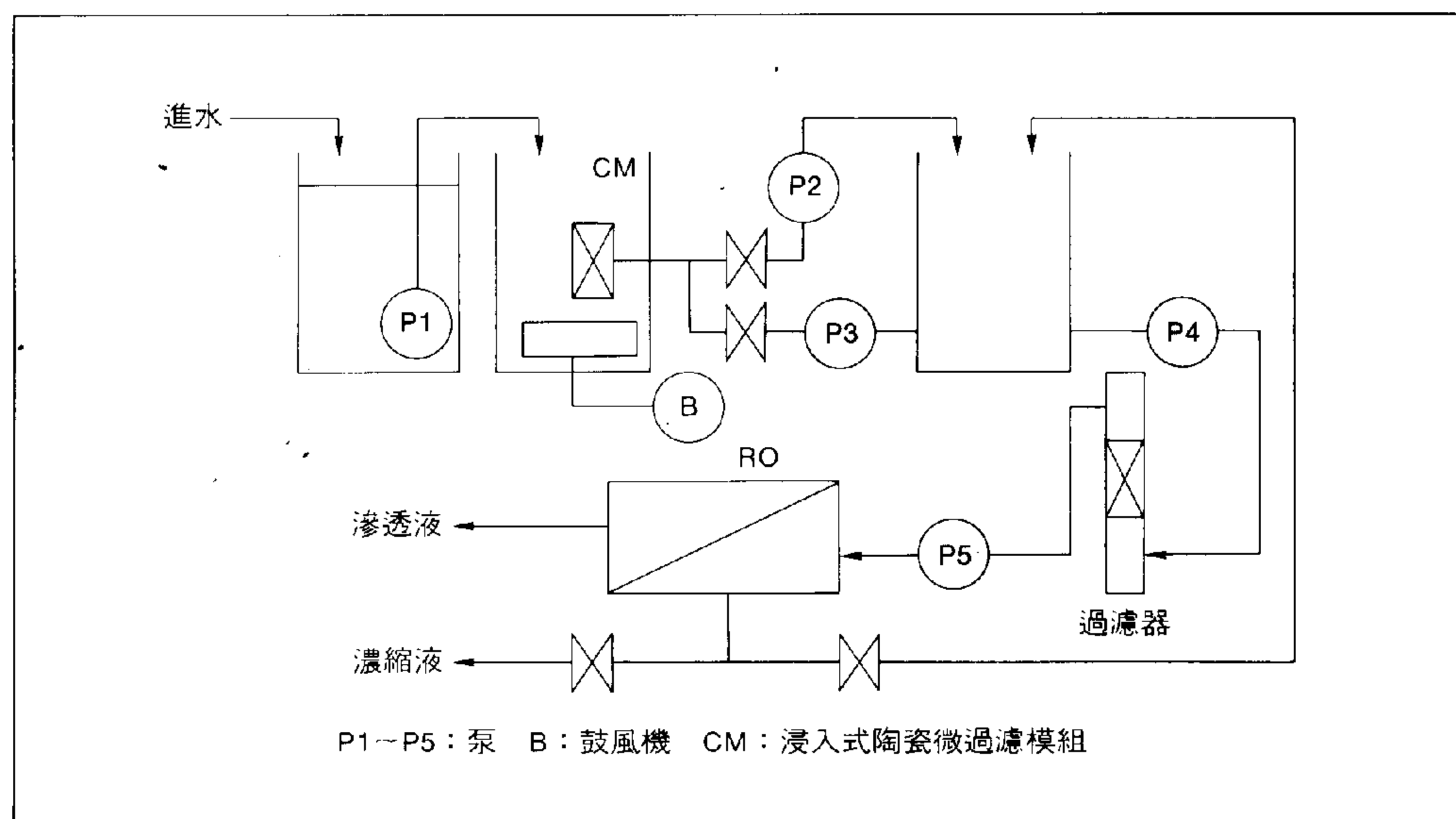


圖2 二次污水處理的再處理系統流程

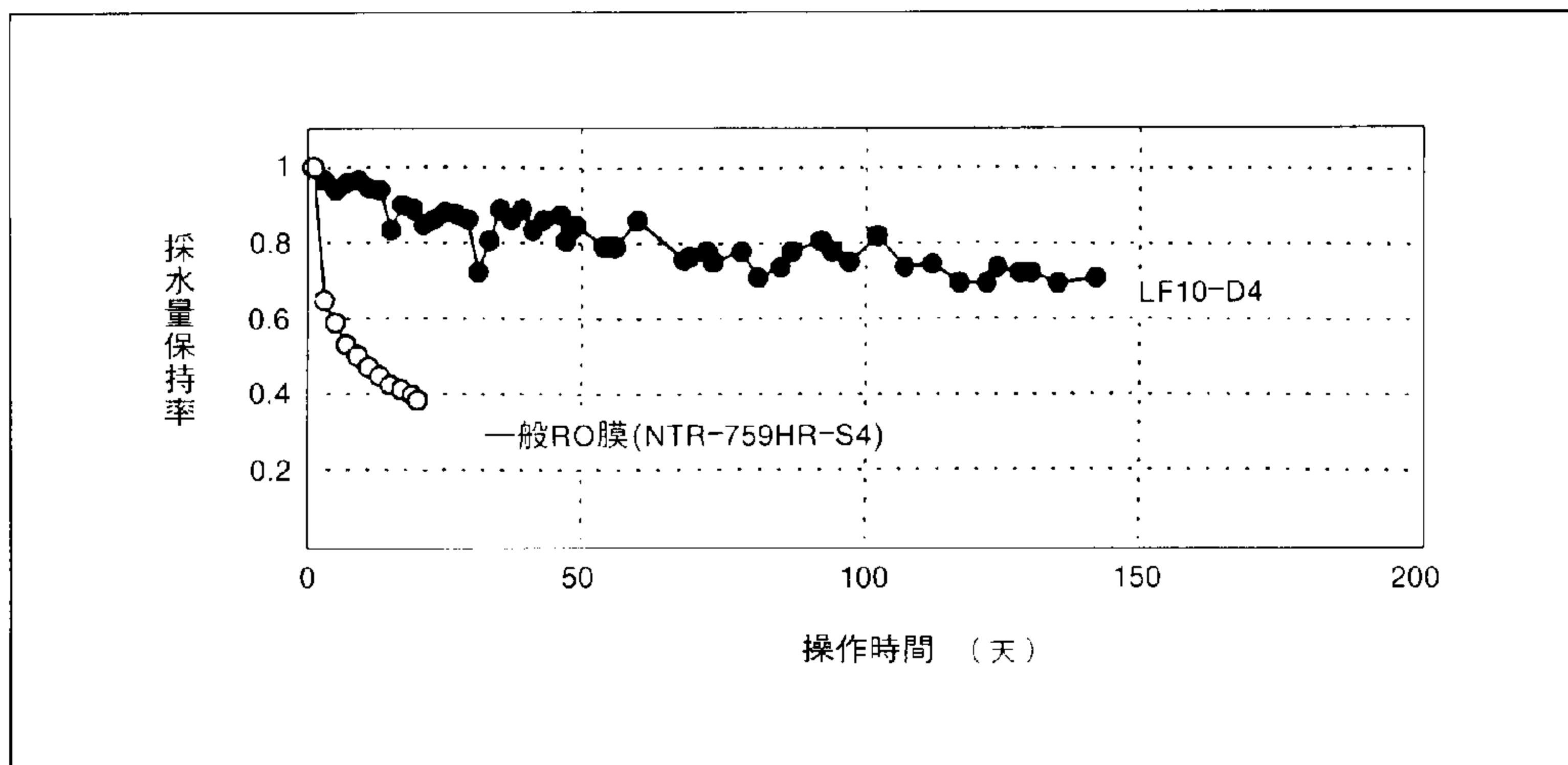


圖3 使用4吋逆滲透膜管LF10-D4及NTR-759HR-S4處理經二次處理污水的實驗結果

從圖1(b)，我們可看到因上述二種特性的改善，LF10具有對多種如界面活性劑有機物質的抗拒性。請參考表1，LF10膜管的特性。從表中您可以看到除了低淤塞外，LF10同時具有高阻鹽率及高採水量的特性。因此LF10可用於如下水道污水類的高級廢水處理。

3. LF10用於處理二次處理的下水道污水

LF10具有上述對多種界面活性劑的低吸附特性，接著要測試將此膜管應用於含多種界面活性劑，經二次處理下水道的再處理。請參考圖2的系統流程圖，使用的膜管分別為芳香族架橋的聚醯胺類的NTR-759HR-S4逆滲透膜，及低淤塞性的LF10-D4逆滲透膜。前處理過濾使用浸入式的陶瓷微過濾模組（孔隙尺寸 $0.1\mu\text{m}$ ，真空式）。系統的操作條件為，持續採水量 $0.5\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ （初始操作壓力約 $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ ），每支膜管採水率約15%，系統採水率約50%。

實驗結果列於圖3。在短時間的操作後，NTR-759HR的採水量就急速的下降。而LF

表2 入水、採水及濃縮水的水質分析

項目	單位	入水	採水	濃縮水	去除率(%)
pH	—	7.1	5.9	7.2	—
導電度	$\mu\text{S}/\text{cm}$	584	6.63	632	98.9
陽離子	mg/l	59.8	0.82	92.6	98.9
陰離子	mg/l	243	3.80	267	98.5
SiO_2	mg/l	5.2	$\text{ND} < 1.0$	6.80	—
COD	mg/l	7.2	$\text{ND} < 0.5$	7.60	—
總N	mg/l	35.1	0.40	43.8	99.0
總P	mg/l	$\text{ND} < 0.05$	$\text{ND} < 0.05$	$\text{ND} < 0.05$	—
TOC	mg/l	7.86	1.06	8.46	87.0

10的採水量在一段長時間的操作後，仍能維持穩定的採水量。將實驗用的NTR-759HR逆滲透膜管加以分析，以確認造成採水量下降的原因。其結果顯示採水量的下降，確實是因為膜管吸附了界面活性劑所致。同時，如同表2的分析，LF10低淤塞逆滲透膜的採水水質，可達到如同高阻鹽率NTR-759HR一樣的品質。例如，入水的總N值為35.1ppm，採水水質的總N值小於1ppm（0.4ppm）。



結 論

開發出能操作在超低壓力環境的逆滲透膜管，就可以節省能源的耗損。例如，日東電工公司首先發表的ES系列超低壓逆滲透膜管。同時，開發可以解決環保及其它水處理相關瓶頸的逆滲透膜管，是一樣重要的，LF10就是在此理念下的產物。同時在處理經二次處理後下水道污水的實驗中，經過長時間的操作後，該膜管仍能維持穩定的採水量及高阻鹽率的採

水水質，再次的驗證了擁有因中性電性及高親水性所賦予的低淤塞特性。而實驗對照的具高阻鹽率的芳香族架橋的聚醯胺類NTR-759HR-S4逆滲透膜，卻在短時間的操作後發生了採水量急速下降的現象。因此，我們可以說具低淤塞特性的LF10逆滲透膜可以用於廢水處理的高級處理。

註：LF10是以HYDRANAUTICS公司LFC1的產品名稱在美國及臺灣銷售。

參考資料

Childress, A. E. and Elimelech, M., (1996), "Effect of solution chemistry on the surface charge of polymeric reverse osmosis and nanofiltration membrane," J. Memb. Sci., 119, 253.

Elimelech, M., Zhu, X., Childress, A. E. and Hong, S., (1997). "Role of membrane surface morphology in colloidal fouling of cellulose acetate and composite aromatic polyamide reverse osmosis membranes," J. Memb. Sci., 127, 101.

Hirose, M., Minamizaki, Y. and Kamiyama, Y. (1997), "The relationship between polymer molecular structure of RO membrane skin layers and their RO performan-

ce," J. memb. Sci. 123, 151.

Ikeda, K., Nakano, T., Ito, H., Kubota, T. and Yamamoto, S. (1988), "New composite charged reverse osmosis membrane," Desalination, 68, 109.

(本文譯自：Influence of RO Membrane Surface Charge on Fouling in Wastewater Treatment System ;

作者：M. Kawasaki*, H. Hachisuka*, K. Ikeda* and Y. Magara**

*Nikko Denko Corporation, 1-1-2 Shimohozumi, Ibaraki, Osaka, Japan

**Department of Urban Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Hokkaido University, North 12, West 8, Kita-ka, Sapporo, Japan)

譯者簡介：

林繼暉先生，國立臺灣工業技術學院畢。曾任實密股份有限公司業務工程師，豐禾有限公司業務經理。現任職於豐禾有限公司經理。研究專長為離子交換樹脂、逆滲透系統之原理、應用。

責任編輯／李秀鳳