

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 以 MF 薄膜程序回收淨水場砂濾反沖洗廢水之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2622-E-009-006-CC3

執行期間：93 年 05 月 01 日至 94 年 04 月 30 日

執行單位：國立交通大學環境工程研究所

計畫主持人：黃志彬

計畫參與人員：林志麟、陳韋弘、柯宏杰

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫為提升產業技術及人才培育研究計畫，不提供公開查詢

中 華 民 國 94 年 7 月 27 日

# 國科會補助提升產業技術及人才培育研究計畫成果精簡報告

學門領域：環境工程學門

計畫名稱：以 MF 薄膜程序回收淨水場砂濾反沖洗廢水之研究

計畫編號：NSC-93-2622-E009-006-CC3

執行期間：2004.5.01~2005.4.30

執行單位：交通大學環境工程研究所

主持人：黃志彬

參與學生：

姓名	年級 (大學部、碩士班、博士班)	已發表論文或已申請之專利 (含大學部專題研究論文、碩士論文)	工作內容
林志麟	博二	酸化處理對染整化學污泥減量及其脫水性之影響	實驗設計、廢水採樣及水質分析
陳韋弘	碩二		分析水質及設備操作
柯宏杰	碩二		分析水質及設備操作

## 合作企業簡介

合作企業名稱：環品科技有限公司

計畫聯絡人：李志行

資本額：五百萬元

產品簡介：為平板式 Dead-end 複合材質(材質屬 PTFE)之高產水率薄膜

網址：電話：02-89217586

## 研究摘要(500 字以內)：

為解決台灣地區淨水場砂濾池反沖洗廢水迴流至淨水處理單元中產生原蟲長期累積，以及颱風暴雨期間，砂濾反沖洗廢水迴流造成淨水場處理單元負荷過大的問題，本研究將以新開發之上流式 dead-end 微過濾(MF)薄膜去除砂濾反沖洗廢水中的懸浮物質(ss)及微生物(microorganism)，且其處理水再經消毒即可回收再利用當飲用水使用。

本研究分別使用 0.5 $\mu$ m 及 1.0 $\mu$ m 之 MF 薄膜，以固定壓力(0.65 kg/m<sup>2</sup>)抽真空方式，將砂濾反沖洗廢水以上流(up-flow)方式通過薄膜處理及回收滲出液。同時，分析原水水源為河川水及水庫水之淨水場砂濾反沖洗廢水水質特性。此外，亦比較傳統混凝劑(PACl)及高效能的混凝劑(E-PACl)對砂濾反沖洗廢水經混凝前處理後過 MF 薄膜之滲出液通量差異。

研究結果發現，淨水場砂濾反沖洗廢水顆粒粒徑大小與原水水質、混凝處理單元及砂濾池型式有關。先行將淨水場砂濾反沖洗廢水沉澱後再經上流式 Dead-end MF 薄膜多次過濾之滲出液通量衰減及薄膜阻塞情形較直接將廢水經薄膜處理之回收方式嚴重。同時，經上流式 Dead-end MF 薄膜直接處理後之水質符合飲用水水質標準，0.5 $\mu$ m 薄膜回收之滲出液通量及水質較 1.0 $\mu$ m 薄膜佳。此外，淨水場砂濾反沖洗廢水若經混凝前處理之最佳加藥量(膠體電性中和點)，可有效增加 MF 薄膜滲出液通量。

人才培育成果說明：經由此計畫訓練博士班及碩士班研究生於研究中對於實驗的規劃及分析充分的訓練，並於研究過程中增加研究生的思考能力及反應，有助於未來研究上的突破。

技術研發成果說明：

### 1. 淨水場砂濾反沖洗廢水經上流式 Dead-end MF 薄膜過濾之水質特性

本研究首先採取淨水場砂濾反沖洗廢水以上流式 Dead-end MF 薄膜過濾回收，由表 1 之研究結果顯示，新竹第一淨水場砂濾反沖洗廢水主要為高濁度之廢水且顆粒帶負電荷，其界達電位約為-9.9 mv，粒徑分佈大約在 1~1000  $\mu\text{m}$  之間。經由 0.5  $\mu\text{m}$  及 1.0  $\mu\text{m}$  之 MF 薄膜回收後之滲出液水質均可符合飲用水水質標準。其中砂濾反沖洗廢水濁度可由 740 NTU 處理至 1 NTU 以下，且對大腸桿菌及總菌落數的去除效果相當良好，但對於有機物的去除，MF 薄膜並無明顯的效果。

表 1 淨水場砂濾反沖洗廢水直接經 MF 薄膜過濾之水質特性

Parameters	Raw water	Permeate (0.5 $\mu\text{m}$ )	Permeate (1.0 $\mu\text{m}$ )	Criterion
Turbidity (NTU)	740	0.29	0.51	2~30
Suspended solid ( mg/L )	905	—	—	—
pH	7.4	7.2	7.2	6.0~8.5
DOC ( mg/L )	4.77	4.5	5.1	—
Total bacteria ( CFU/mL )	5100	<1	<1	6
Total coliform ( CFU/100mL )	—	<1	<1	100
Size distribution ( $\mu\text{m}$ )	1~1000	—	—	—
Zeta potential (mv)	-9.09	—	—	—

所有數據均為重複量測三次之平均值

廢水來源：新竹第一淨水場

## 2. 不同水源及砂濾型式之淨水場砂濾反沖洗廢水粒徑特性

由於水中顆粒粒徑大小分佈會影響 MF 薄膜回收的滲出液通量，故以 MF 薄膜回收砂濾反沖洗廢水之效果決定於廢水水質的力徑大小，而砂濾反沖洗廢水顆粒性質，可能隨濾池的型式不同而有所差異，故本研究除採取以河川水為水源之新竹第一淨水場砂濾反沖洗廢水外，另取得以水庫水為水源之東興淨水場砂濾反沖洗廢水，進行兩者砂濾反沖洗廢水之粒徑分析。兩者之砂濾反沖洗廢水顆粒粒徑大小分佈研究結果如圖 1 所示，新竹第一淨水場之砂濾反沖洗廢水顆粒粒徑大小分佈範圍較寬廣，主要粒徑大小為數十及數百微米 ( $\mu\text{m}$ )，而東興淨水場之砂濾反沖洗廢水顆粒粒徑大小分佈則較狹窄，主要在數十至一百微米左右。

上述結果主要因兩場的原水水源、處理單元及砂濾池型式均不相同導致兩者砂濾反沖洗粒徑大小有所差異。一般而言，河川水為水源之淨水場經混凝沉澱單元處理後，經過濾池過濾後殘留於濾池中的顆粒粒徑較大，且新竹第一淨水場之濾池型式為傳統式濾池，池身較深，造成反沖洗廢水顆粒粒徑大小分佈較廣。然而，東興淨水場屬水庫水為水源之淨水場，原水顆粒較細小，且其主要處理單元為污泥氈（高速膠凝池），經過濾池截留下的顆粒粒徑較小，且此淨水場採用 ABW 式濾池（以定點抽真空方式將濾池中顆粒洗出），池身較淺，故造成反沖洗廢水顆粒粒徑大小分佈較窄。

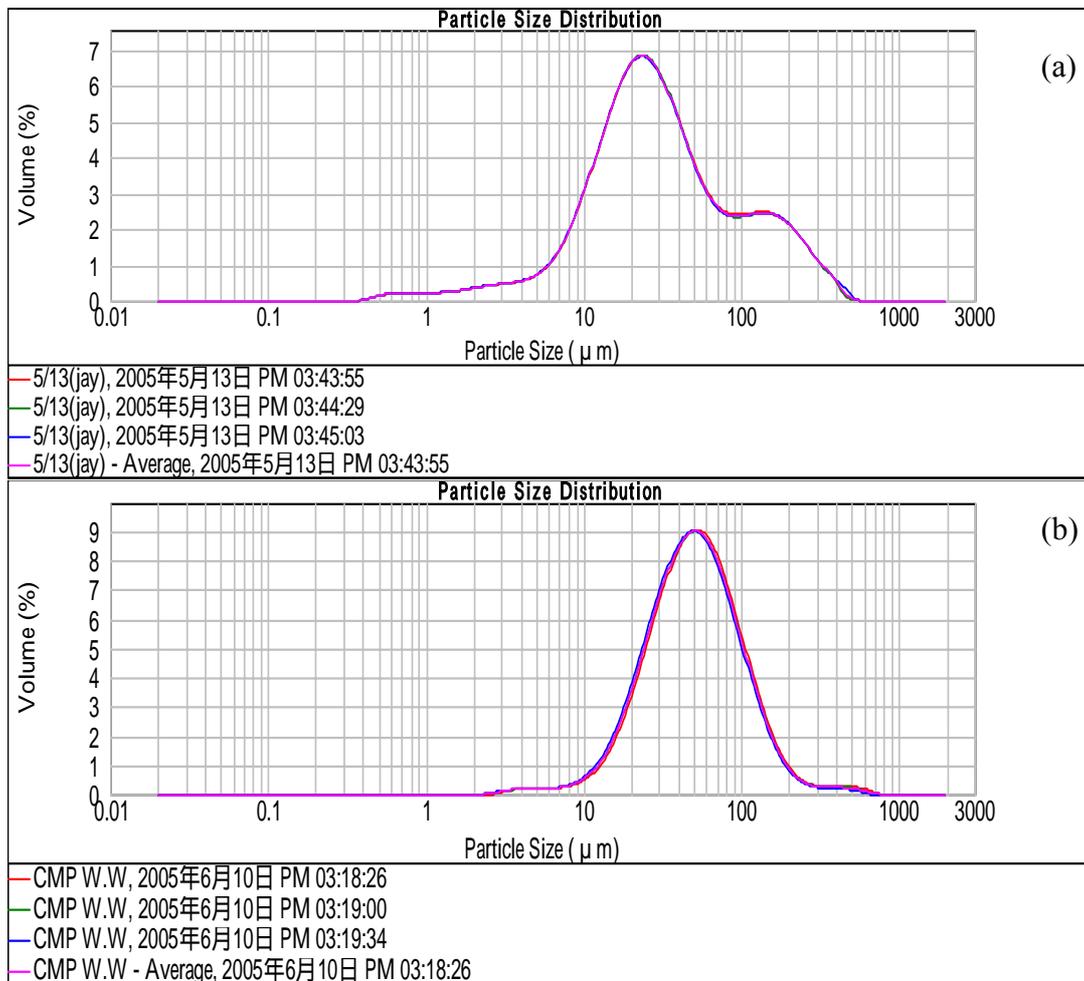


圖 1 淨水場砂濾反沖洗廢水之顆粒粒徑大小分佈

((a)淨水場：新竹第一淨水場；水源：河川水 (b)淨水場：東興淨水場；水源：水庫水)

### 3. 砂濾反沖洗廢水前處理方式對薄膜通量之影響

#### (1) 砂濾反沖洗廢水先行沉澱處理對上流式 Dead-end MF 薄膜回收滲出液通量之影響

由於淨水場砂濾反沖洗廢水顆粒之沉降性佳，故本研究以新竹第一淨水場砂濾反沖洗廢水為對象，先行將廢水沉澱 30 分鐘，並分析此時間內之廢水上澄液濁度變化，發現廢水沉澱 15 分鐘以後上澄液濁度不再有明顯的下降，因此採用沉澱 15 分鐘為最佳沉澱時間，後續再經 MF 薄膜過濾回收砂濾反沖洗廢水。

由圖 2 砂濾反沖洗廢水沉澱 15 分鐘後經 0.5  $\mu\text{m}$  及 1.0  $\mu\text{m}$  MF 薄膜過濾後之滲出液通量變化可知，隨薄膜過濾砂濾反沖洗廢水的次數增加，薄膜的滲出液通量衰減情形越嚴重，即先行沉澱砂濾反沖洗廢水對薄膜造成持續的阻塞，導致薄膜不可恢復之通量隨過濾次數增加而提升，其中以 1.0  $\mu\text{m}$  薄膜之回收滲出液通量衰減情況最為嚴重，且其滲出液通量均較 0.5  $\mu\text{m}$  薄膜回收滲出液通量效果差。主要因為反沖洗廢水顆粒經沉澱後，大顆粒物質被去除後只剩下細小顆粒殘留於水中，故此時以薄膜回收會造成顆粒堵塞膜孔洞之情形發生，膜雖經反洗程序但卻造成不可恢復的通量產生，且隨著過濾次數增加堵塞情形越嚴重。

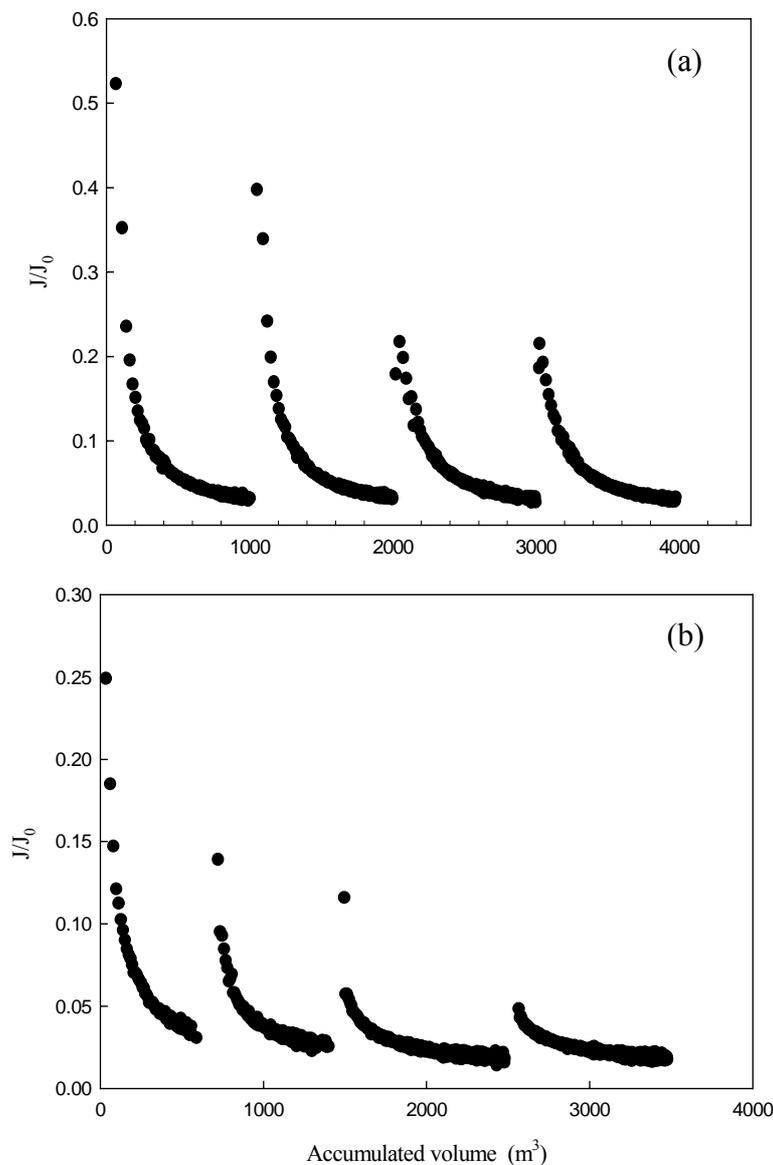


圖 2 淨水場砂濾反沖洗廢水沉澱 15 分鐘後經(a) 0.5  $\mu\text{m}$  (b) 1.0  $\mu\text{m}$  MF 薄膜過濾之滲出液通量變化

## (2) 直接回收砂濾反沖洗廢水對上流式 Dead-end MF 薄膜通量之影響

由前述可知，當反沖洗廢水之濁度變小會造成薄膜阻塞減少薄膜的操作次數，因此本研究另外以同樣之水樣直接以 MF 薄膜處理回收滲出液，其結果如圖 3 所示，此時 0.5  $\mu\text{m}$  薄膜回收之滲出液不可恢復通量並不會隨著薄膜過濾次數增加而增加，並無明顯的薄膜孔洞阻塞情形產生。然而，1.0  $\mu\text{m}$  薄膜卻在增加過濾次數後，才產生明顯的孔洞阻塞。兩者之差異主要可能原因為砂濾反沖洗廢水之顆粒粒徑大都大於 1  $\mu\text{m}$ ，故以 0.5  $\mu\text{m}$  薄膜過濾時，反沖洗廢水顆粒只會於薄膜表面形成一層濾餅(cake)，並不會阻塞薄膜孔洞而使薄膜不可恢復通量產生。但此股廢水顆粒卻會對 1.0  $\mu\text{m}$  薄膜孔洞造成部分的阻塞，導致 1.0  $\mu\text{m}$  薄膜在過濾次數增加後會產生明顯的薄膜不可恢復通量，減少薄膜的操作壽命。

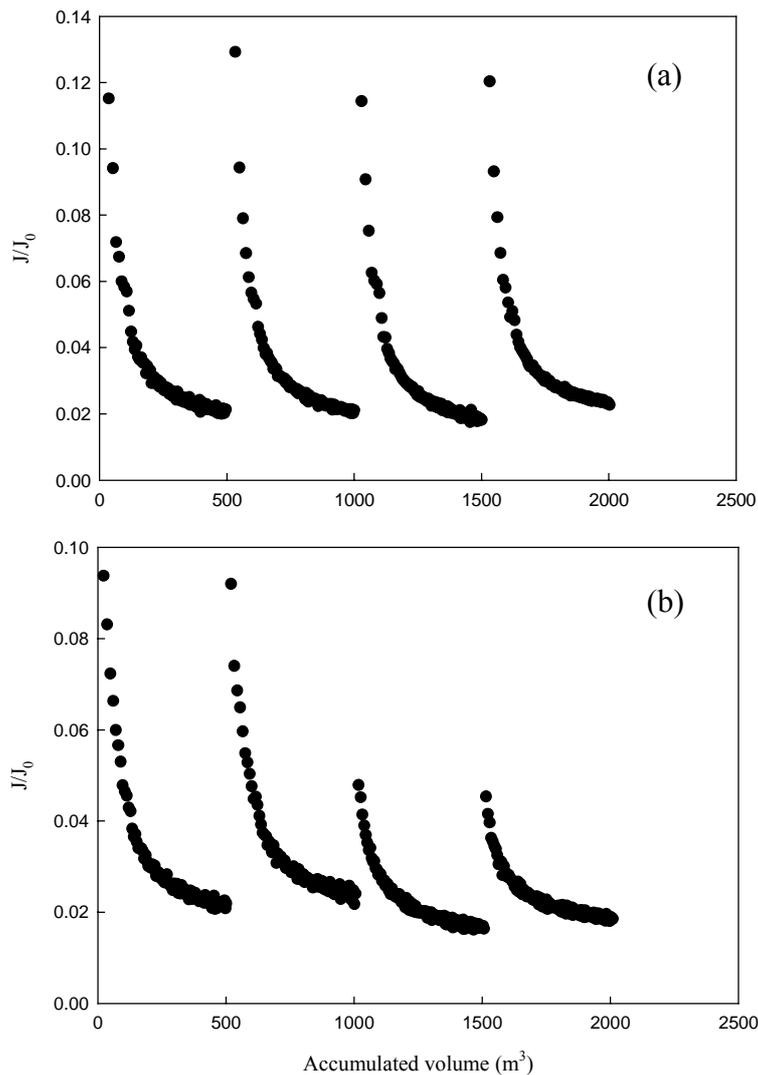


圖 3 淨水場砂濾反沖洗廢水直接經 (a) 0.5  $\mu\text{m}$  (b) 1.0  $\mu\text{m}$  MF 薄膜過濾之滲出液通量變化

### (3) 混凝前處理對上流式 Dead-end MF 薄膜回收砂濾反沖洗廢水之影響

由先前的實驗結果可知，薄膜過濾反沖洗廢水主要以濾餅過濾(cake filtration)為主，因此顆粒的大小及性質會對薄膜通量造成相當大的影響，故本研究後續採取混凝前處理對兩股不同來源之砂濾反沖洗廢水進行混凝前處理後過 MF 薄膜的實驗，了解顆粒經不同混凝劑混凝放大後對薄膜回收滲出液通量之影響。首先，以新竹第一淨水場砂濾反沖洗廢水為對象進行不同混凝劑混凝前處理，研究結果如圖 4 所示，當以顆粒電性中和能力較強之高效能混凝劑 EPACI 進行反沖洗廢水混凝，在同樣達到最佳濁度去除效果下，可以比傳統混凝劑 PACI 減少約一半的劑量，僅須 2.5 mg/L 的加藥量。

本研究後續使用兩種混凝劑之最佳混凝劑量進行反沖洗廢水的混凝前處理後，再經上流式 Dead-end MF 薄膜過濾，並與未前處理之反沖洗廢水直接以薄膜回收之滲出液通量變化比較，其結果如圖 5 所示。若反沖洗廢水先經混凝前處理後，不論以 0.5  $\mu\text{m}$  或 1.0  $\mu\text{m}$  薄膜過濾，其滲出液回收通量衰減率均比未前處理直接以薄膜過濾之滲出液通量高，顯示混凝前處理反沖洗廢水並未能增加薄膜回收滲出液通量，主要因為最佳混凝劑量所產生的膠體顆粒並非為電中性，其結果如圖 4 所示，且此時因顆粒經混凝放大後，薄膜過濾機制主要以 cake filtration 為主，故薄膜上濾餅的特性決定薄膜的通量大小。因此，雖然最佳的混凝前處理可使大多數的顆粒放大減少濾餅過濾阻力，但此時由顆粒組成的濾餅性質並非電中性，故其過濾效果較差。

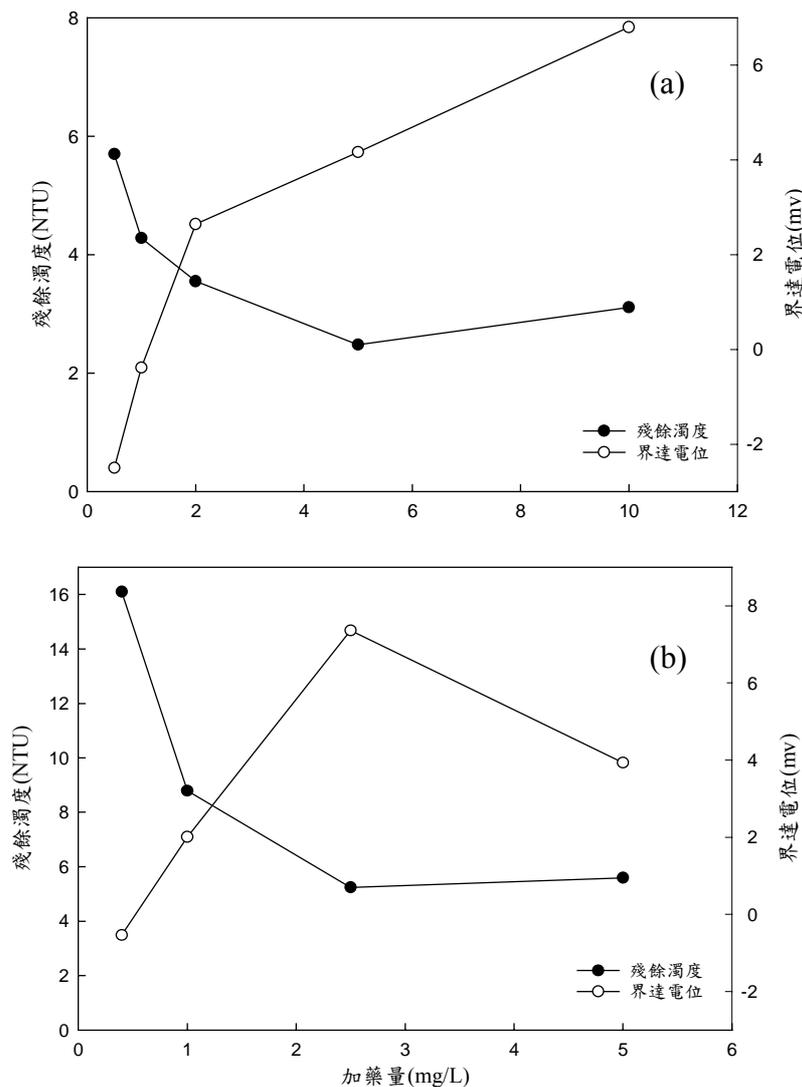


圖 4 (a) PACI (b) EPACI 處理砂濾反沖洗廢水之加藥量與殘餘濁度及界達電位變化之關係 (淨水場：新竹第一淨水場；水源：河川水；砂濾型式：傳統式)

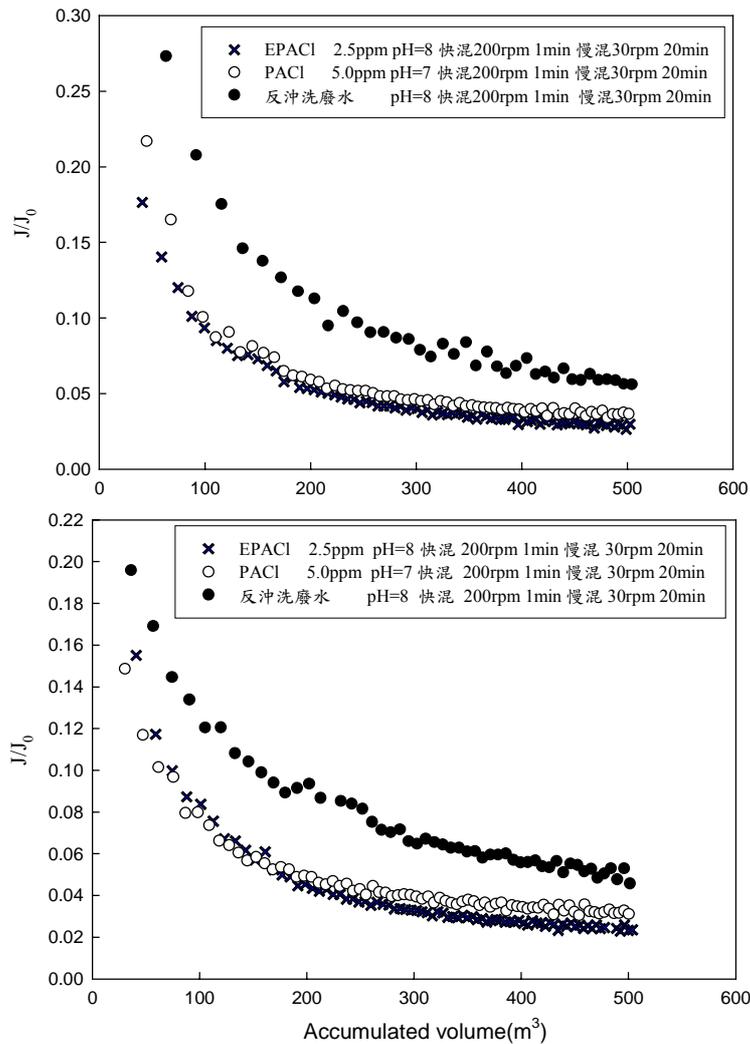


圖 5 (a) PACl (b) EPACl 處理砂濾反沖洗廢水之加藥量與殘餘濁度及界達電位變化之關係  
(淨水場：新竹第一淨水場；水源：河川水；砂濾型式：傳統式)

此外，本研究亦對水庫水為水源所產生的淨水場砂濾反沖洗廢水進行混凝前處理後過薄膜之實驗，研究結果如圖 6 所示，同樣的 EPACl 混凝劑達到最佳濁度處理效果之加藥量仍然比 PACl 低，兩者最佳處理劑量分別為 0.5 mg/L 及 1.5 mg/L，此時兩者所產生的膠羽顆粒均接近電中性。相同的，以最佳加藥量前處理此股反沖洗廢水後再經 0.5  $\mu\text{m}$  或 1.0  $\mu\text{m}$  薄膜過濾，其結果如圖 7 所示。反沖洗廢水顆粒先以混凝劑前處理方式後經薄膜過濾後之通量衰減率低於未前處理直接經薄膜過濾之通量衰減率。此結果與先前的處理結果不同，主要原因為此時混凝前處理後之膠羽顆粒均接近電中性，故此時混凝前處理可有效增加薄膜回收通量。

綜合上述，淨水場砂濾反沖洗廢水顆粒粒徑大小分佈與原水水質、混凝處理單元及砂濾池型式有關。若先行將淨水場砂濾反沖洗廢水沉澱後再經上流式 Dead-end MF 薄膜多次過濾之滲出液通量衰減及薄膜阻塞情形較直接將廢水經薄膜處理之回收方式嚴重。同時，經上流式 Dead-end MF 薄膜直接處理後之水質符合飲用水水質標準，0.5 $\mu\text{m}$  薄膜回收之滲出液通量及水質較 1.0 $\mu\text{m}$  薄膜佳。此外，淨水場砂濾反沖洗廢水若經混凝前處理之最佳加藥量(膠體顆粒電性中和點)，可有效增加 MF 薄膜滲出液通量。

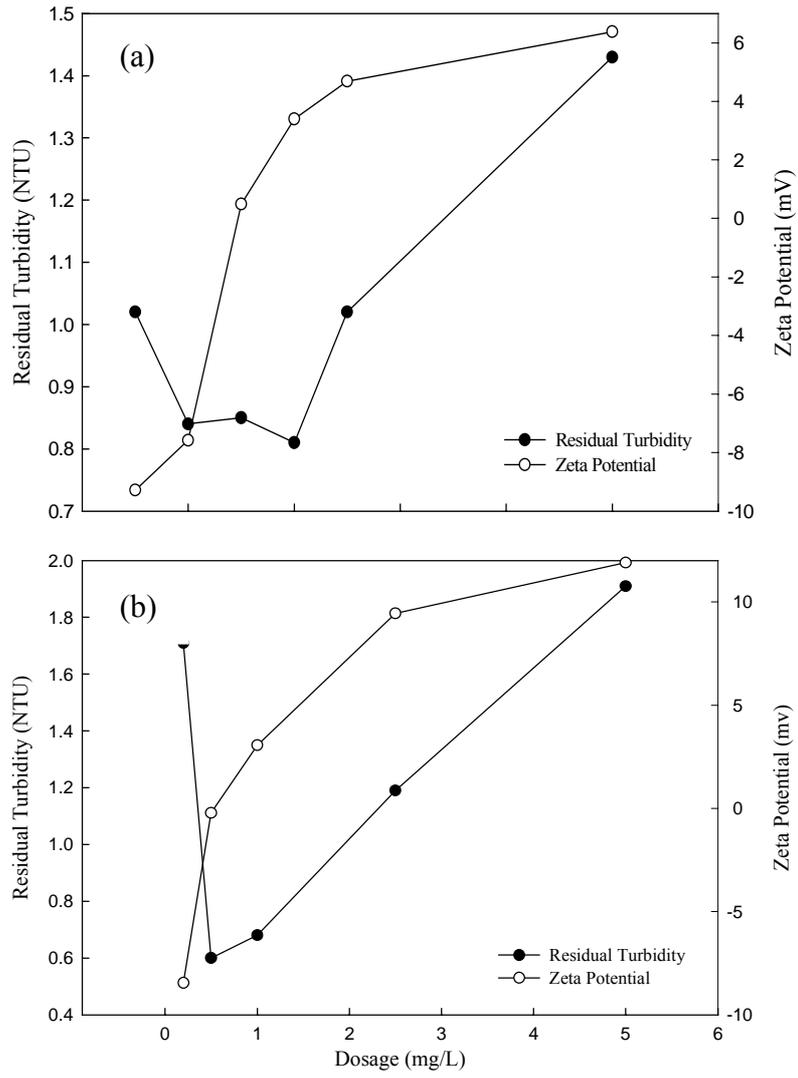


圖 6 (a) PACI (b) EPACI 處理砂濾反沖洗廢水之加藥量與殘餘濁度及界達電位變化之關係  
(淨水場：東興淨水場；水源：水庫水；砂濾型式：ABW)

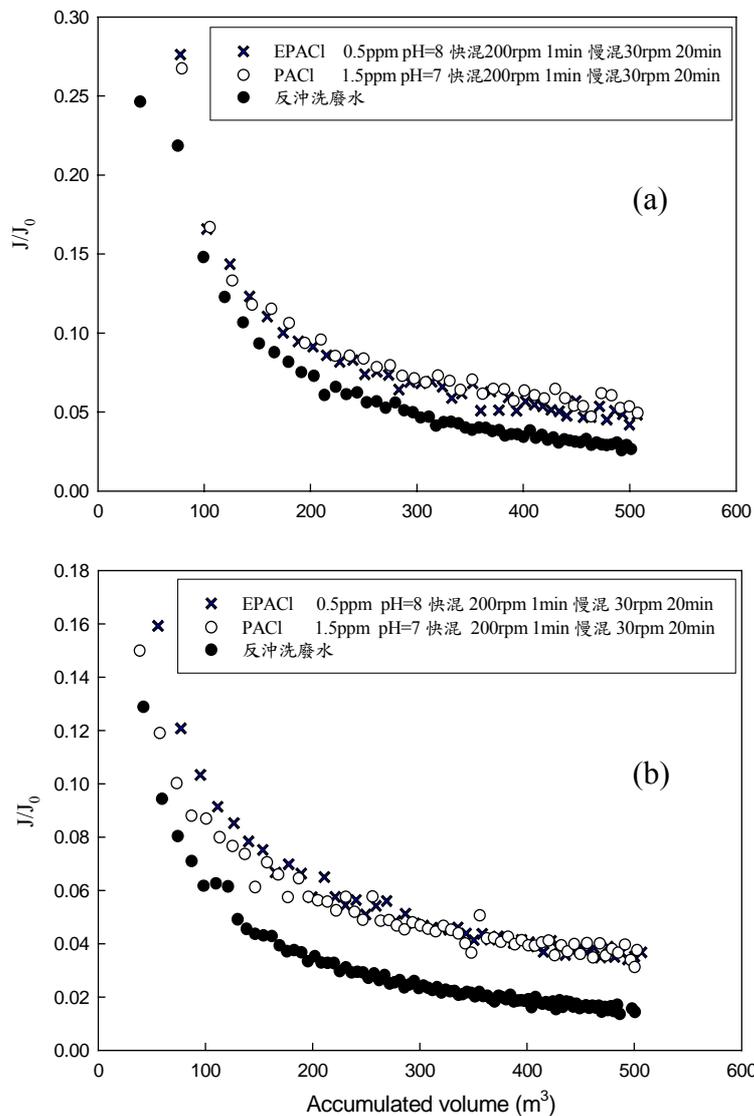


圖 7 PACl 與 EPACl 處理砂濾反沖洗廢水後經(a)  $0.5\mu m$  (b)  $1.0\mu m$  MF 薄膜之通量變化  
(淨水場：東興淨水場；水源：水庫水；砂濾型式：ABW)

技術特點說明：針對高濃度的反沖洗廢水顆粒，可有效的過濾產水，且不會造成薄膜嚴重阻塞，延長薄膜使用壽命，可長久操作使用。

可利用之產業及可開發之產品：此研究主要開發技術之對象為自來水廠，未來可開發大型的模組以應用於實廠的操作。

推廣及運用的價值：若應用在水廠處理反沖洗廢水可增加水廠供水產值，且減少水廠廢水迴流所造成的設備負荷，此一技術未來應用於實廠之可能性極高。