

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

薄膜膜面改質及積垢防止 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-2221-E-002-146-
執行期間：95年08月01日至96年12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：林正芳

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：黃偉傑、施雅笛

報告附件：國外研究心得報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 97年03月20日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

薄膜膜面改質及積垢防止

Membrane surface modification and fouling prevention

計畫編號：NSC95-2211-E-002-146-

執行期限：95年8月1日至96年12月31日

主持人：林正芳 教授 國立台灣大學環境工程學研究所

計畫參與人員：郝晶瑾 教授 美國馬里蘭大學土木工程系

黃偉傑 國立台灣大學環境工程學研究所

施雅笛 國立台灣大學環境工程學研究所

一、摘要

本研究之目的為利用覆鍍奈米光觸媒TiO₂於薄膜表面，藉此探究改善腐質酸造成薄膜通量衰減問題，使用不同TOC腐質酸(2及9 mg/L)，不同透膜壓差(70、100及140 kPa)，掃流速度0.22 m/sec)，以及薄膜孔徑(0.14 μm、50 kD之陶瓷膜)等參數所進行之滲透實驗，來觀察操作條件不同對於通量衰減程度、TOC去除率以及膜面上積垢量。

TOC濃度為9 mg/L，透膜壓差為100 kPa，掃流速度為0.22 m/sec的條件下，過濾8小時後，經覆鍍實驗結果。發現TiO₂覆鍍0.08克於陶瓷膜上，其通量優於未覆鍍之薄膜。而利用質量平衡理論估算出膜面上積垢量有下降之趨勢，證明膜面上之確實光催化能將積垢分解，不過在TOC去除率上卻無法有顯著之效果，經GFC分析分子大小，顯示為分解後分子量較小之腐質酸通過薄膜表面使增加滲流液TOC濃度。

0.14 μm 薄膜以腐質酸濃度9 mg/L，過濾8小時後，在隨著透膜壓差增加，通量衰減程度越嚴重，透膜壓差越高，通過薄膜孔隙之腐質酸也隨著增大，而膜面上積垢量也隨之增加，造成通量迅速衰減。

掃流速度代表腐質酸在模組內停留時間，影響膜面之積垢量，掃流速度為0.22 m/sec時，膜面上積垢量為6.32 g/m²，掃流速度為0.10、0.05 m/sec時，膜面上積垢量分別為6.87 g/m²，7.48 g/m²。

孔徑越小之薄膜，雖然可以濾除更多之腐質酸，然在覆鍍TiO₂過程中，會有不均勻狀況產生，因此在去除滲流液上TOC效果上並非理想。

關鍵字：膜面改質、光催化反應、腐質酸、多孔性二氧化鈦薄膜、通量衰減

Abstract

Photocatalytic membrane using titanium dioxide immobilized on ceramic membrane was utilized to improve flux decline by humic acid. Operating parameters such as TOC concentrations (2 and 9 mg/L), transmembrane pressures (70, 100 and 140 kPa), crossflow velocities (0.22, 0.10 and 0.05 m/sec) and membrane pore size (0.14 μm and 50 kD) were used to observe the influences of permeation flux decline, TOC rejection and the amount of foulant on membrane surface. After 8 hours

ultrafiltration, the flux of titanium dioxide coated membrane decayed to 39% when TOC concentration was 9 mg/L, transmembrane pressure was 100 kPa and crossflow velocity was 0.22 m/sec. The flux of membrane without modification decayed to 3%. The former exhibited no influence on TOC rejection that was considered to be caused by membrane fouling. The humic materials were degraded into smaller molecular weight by photocatalytic reaction. The higher transmembrane pressure enhanced humic acid to permeate through the membrane. Amount of foulent gradually accumulated on membrane surface causing permeate flux decline significantly.

Key words: Ultrafiltration, TiO₂, photocatalysis, humic acid, membrane fouling, flux decline.

二、計畫緣由與目的

光觸媒應用於環境污染物消滅，一直是各國研究發展的重點。此項技術的原理為利用光能將半導體光觸媒激發呈高能量狀態，藉此在反應過程當中，產生比臭氧、氯氣等，具有更強氧化能力的氧化劑（即 OH radicals），進而有效地去除目標污染物。目前使用最廣泛的半導體光觸媒為 TiO₂，其他還有 ZnO, WO₃, CdS 等化合物，而其應用面在各種領域都有，例如除臭、消毒殺菌、去污、防滑、解決室內空氣污染以及淨化水質等等。

早期應用懸浮態光觸媒於降解水中污染物時，不論使用在批式反應槽，或是在連續式反應槽，都會有光觸媒與經處理後的溶液難以分離和回收的問題，造成程序

上的不便。因此便有許多研究朝向將光觸媒直接固定在對象物體上，以克服上述問題(Puhlfurss et al., 2000)。例如：將 TiO₂ 固定在玻璃或是砂粒上。本研究是將 TiO₂ 燒結在無機陶瓷薄膜上藉以形成多孔狀二氧化鈦薄膜，觀察能否有效利用薄膜上覆鍍之 TiO₂ 進行光催化反應去除水中難分解腐植酸有機物，並且延緩薄膜上積垢產生，進而達到緩慢滲流率衰退的效果，最後在處理過程中，檢驗 TiO₂ 是否有自薄膜上剝落，進而達到省去將 TiO₂ 固液分離及回收的步驟，增加此項系統的實用性。

三、文獻探討

3.1 光觸媒固定於薄膜表面

光觸媒固定於薄膜表面，需特別注重兩者之間黏結程度之強弱，倘若僅靠物理吸附作用結合，會有脫落之風險，因此 Kim et al.(2003)採用化學鍵結之方式，將純複合膜薄膜(Thin-Film Composite, TFC)沈浸於 TiO₂ 膠體溶液中，藉此產生鍵結更強之複合膜。也有在製膜過程添加 TiO₂ 粉末，以提升其黏結之強度，亦即 TiO₂ 粉末是被包埋(entrapped)於薄膜表面中(Bae and Tak, 2005)，其結果將由於催化劑本身比表面積較低，造成之光催化效果會受影響，TiO₂ 與薄膜結合造成的親水性質對於生物積垢延緩效果上之比較，發現利用沈浸和高壓擠壓(400 kPa)的方式，製成表面含有 TiO₂ 之薄膜，對於積垢延緩上效果與包埋之方式比較上較佳，由於前者 TiO₂ 與積垢接觸面積較大，前者會有不穩定的情形發生，即 TiO₂ 粉末有可能會脫落，因此需尋求更佳之鍵結方法。根據 Tsuru et al. (2001; 2003a; 2003b)研究指出，以溶膠凝膠法製備出 TiO₂ 膠體溶液，將其沈積在氧化鋁陶瓷膜上，再經熱處理燒結製成多孔狀 TiO₂ 薄膜，使其在薄膜表面或是膜孔內，都存在著 TiO₂ 薄層，進而同時將水中目標污染物 TCE(trichloroethylene)降解，以及將由 PEI(polyethyleneimine)所造成之積垢分解去除，藉此延緩通量之衰

減；優點在於 TiO₂ 是在薄膜表面形成一層濾層，使欲去除的有機物強迫通過催化劑表面，增加光催化降解效果。

3.2 光催化反應

光催化反應(photo-catalysis)即是以半導體金屬氧化物為催化劑，提供特定波長之光源為能量將半導體價帶中電子激發到傳導帶上，而在價帶上產生帶正電之空穴，稱為電洞，同時產生之電子具有強還原能力，電洞則具有強氧化能力，藉此促進化合物之降解。利用二氧化鈦為光觸媒進行光催化反應，應用於環工方面主要是在水質或廢氣之淨化。其在反應過程中產生之電子、電洞與水及氧氣反應，會形成氫氧自由基(OH·)與過氧自由基(O₂⁻·)，由於OH·與O₂⁻·是具有強氧化能力之自由基，能夠將目標污染物直接氧化為CO₂、H₂O 等無機小分子，達到礦化目的。光觸媒能降解水中難分解有機物，如氯酚類(Colon et al., 2006)、環境賀爾蒙(Coleman et al., 2005)以及應用於染整廢水處理。

四、研究方法

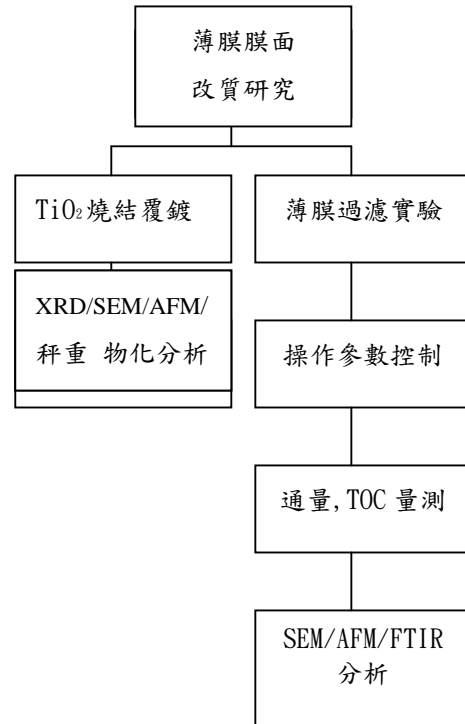
實驗分成兩個部份，第一為多孔狀二氧化鈦薄膜的製備，採用高溫燒結將TiO₂ 燒結於無機膜上，並觀察高溫處理是否對於TiO₂ 粉末有無顯著影響。探討燒結量覆鍍次數、物理及化學特性分析。第二為過濾實驗，分為四項目，空白、UV光解、緻密實驗、及光催化實驗。調控不同操作參數及儀器鑑定分析(圖一)

五、結果與討論

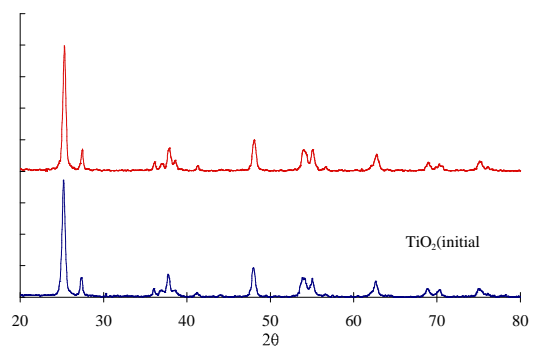
5.1 光觸媒晶相分析

物質在高溫環境下會產生晶相變化，進而造成能隙變化，影響光催化效果，經由雷射光粉末繞射儀(XRD)分析TiO₂在經過高溫環境(450°C)下，晶相並無產生明顯

變化(圖二)。



圖一 多孔性薄膜製備與過濾實驗流程



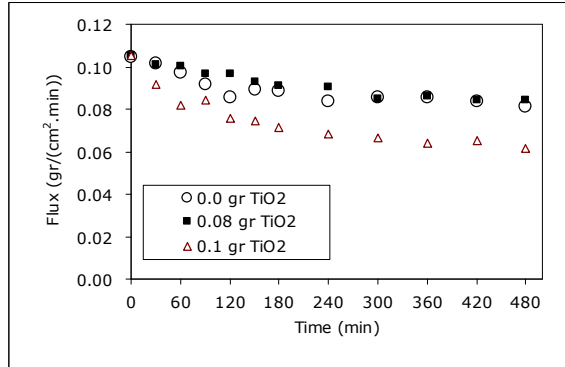
圖二 TiO₂ 之雷射光粉末繞射圖 (A: Anatase; R: Rutile)

5-2 多孔性二氧化鈦薄膜特性分析

(1) TiO₂ 燒結量及次數之影響

燒結於薄膜表面的TiO₂含量多寡會影響光催化效果，為了配合後續實驗以秤重的方式來達到控制。本研究為得出薄膜表面最佳燒結量，配製TiO₂ 懸浮溶液其TiO₂量分別有0.04 g、0.08 g等，選用之薄膜孔徑為

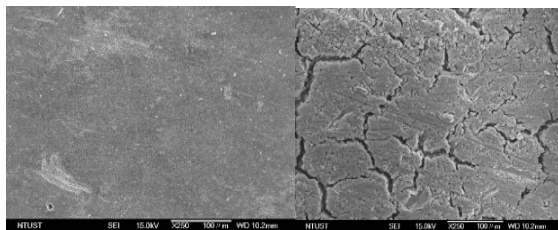
15 kD，並在燒結前後秤薄膜重量以得知實際TiO₂燒結量。使用0.08 g燒結量時光催化過濾效果較優於未燒結前之通量。(見圖三)。



圖三: Flux (less interval) of 15 kD TiO₂ coated membrane with permeability (a) no TiO₂: 0.0131 g/(cm².min.psi), (b) 0.08 g TiO₂: 0.0090 g/(cm².min.psi) (c) 0.1 g TiO₂: 0.104 g/(cm².min.psi)

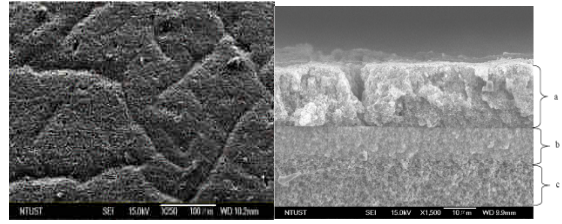
(2) 薄膜表面結構觀察

圖四 為孔徑0.14 μm 之陶瓷膜在場發掃描式顯微鏡觀察之結果，相比較可看出覆鍍上一層TiO₂後，薄膜表面之情況，而由圖中可看出僅覆鍍一層，其表面尚有無法完全覆鍍均勻之情況發生，會有裂痕產生，覆鍍二層後，TiO₂分佈較均勻，裂縫並無覆鍍一層時明顯，覆鍍二次較能將TiO₂完全均勻燒結於薄膜表面。陶瓷膜燒結二層TiO₂，其TiO₂ 覆鍍層之厚度約20 μm。



(a)

(b)



(c)

(d)

圖四 (a) 0.14 μm 孔徑之陶瓷膜FESEM 照片

(b) 0.14 μm 孔徑之陶瓷膜覆鍍一層TiO₂ 後FESEM 照片

(c) 0.14 μm 孔徑之陶瓷膜覆鍍二層TiO₂ 後FESEM 照片

(d) 0.14 μm 孔徑之陶瓷膜燒結二層TiO₂ 後側面FESEM 照片

5-3 膜面改質實驗

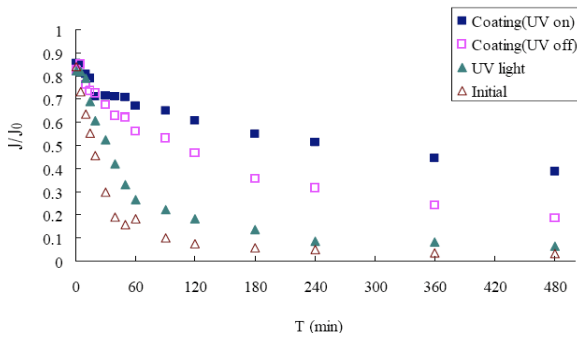
(1) 膜面改質對於滲流通量之影響

圖五為薄膜孔徑0.14 μm，腐質酸濃度為9 ppm，透膜壓差為100 kPa 的情況下，過濾8小時所得之滲流通量變化比較，明顯看出原本薄膜在無經過改質時(即Initial 狀態)，通量衰減嚴重，在經過過濾1小時後通量下降速率非常迅速，且在8小時後，通量即衰減至原來的3%左右，在經過覆鍍TiO₂，並照過UV光後，可明顯看出通量衰減較平緩，在8小時後，通量尚有原來的39%左右，由此可知膜面上之TiO₂光觸媒確實能將積垢分解，延緩積垢產生之速率，使得通量下降較緩慢。

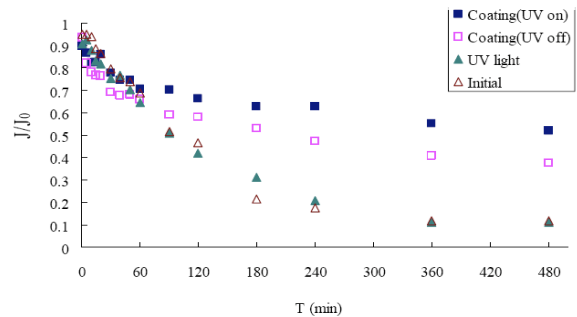
由於半導體光觸媒經UV 光提供能量後，產生光催化反應，在水中能生成OH radical 具有強氧化能力之物質，進而使腐質酸造成之積垢不易沈積在薄膜表面，因為腐質酸的苯環結構被破壞，改變了原本腐質酸的分子結構，以致於能減少膜面上之積垢，光催化效果時間的長短對於延緩通量衰減之影響，光催化時間越久，通量衰減曲線越平緩，顯示出TiO₂光觸媒確實能有效分解腐質酸。

相同的趨勢也出現在腐質酸之濃度2 ppm 時，如圖六，未做覆鍍TiO₂陶瓷膜，滲流通量在過濾8小時後，僅原通量的11%，而

有經過光催化處理之薄膜，滲流通量在過濾8小時後，滲流通量只衰減至52%。由於濃度降低使薄膜附近之濃度極化層濃度變低，因此滲流率衰減會比較輕微，另一方面也是因為TiO₂光觸媒將積垢分解，改善通量衰減。不論進流液濃度為何，TiO₂光觸媒皆能有效分解腐質酸所造成之積垢。



圖五 膜面改質對通量之影響(薄膜孔徑0.14 μm，腐質酸濃度9 ppm，透膜壓差100 kPa，過濾時間8 小時，掃流速度0.22 m/sec) J0: ■: 3.51 g/cm²/min; □: 3.45 g/cm²/min; ▲: 4.52 g/cm²/min; △: 5.71 g/cm²/min



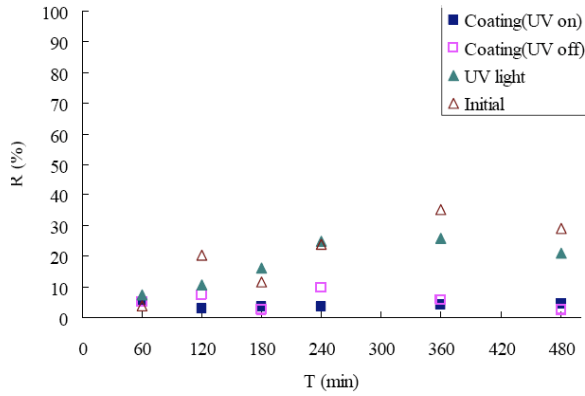
圖六 膜面改質對通量之影響(薄膜孔徑0.14 μm，腐質酸濃度2 ppm，透膜壓差100 kPa，過濾時間8 小時，掃流速度0.22 m/sec) J0: ■: 3.55 g/cm²/min; □: 3.60 g/cm²/min; ▲: 5.33 g/cm²/min; △: 5.01 g/cm²/min

從圖五與圖六可看出直接UV光解對於膜面積垢之影響，由於所使用之UV光波長為265 nm，產生之能量亦有可能將有機物斷鍵，本研究將陶瓷膜(無覆鍍TiO₂)於過濾腐質酸溶液時，直接照射UV光，並以滲流通量之變化對此背景干擾作一分析，經由滲流通量的量測，可發現直接照射UV

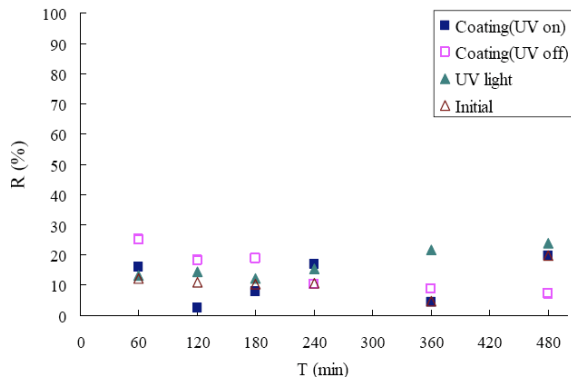
光，對於延緩膜面積垢並無太大之貢獻，故直接光解之干擾不予考慮。陶瓷膜在覆鍍TiO₂後，不照射UV光，其延緩積垢生成的效果，而從圖五與圖六可以比較出其覆鍍TiO₂後，通量衰減程度較無覆鍍TiO₂之陶瓷膜平緩，腐質酸濃度9 ppm過濾8小時後，其通量為原本通量的18%，而在腐質酸為2 ppm 時，通量僅衰減至37%，而此一結果，推測是與薄膜表面性質改變有關，根據Bae and Tak (2005)研究，覆鍍TiO₂於薄膜表面，可提升薄膜表面親水特性，具親水性的膜，其滲流率較高且不易積垢，因此覆鍍TiO₂之陶瓷膜可能具有此種機制存在。

(2) 膜面改質對於去除效率之探討

如圖七所示，過濾濃度 9 ppm 之腐質酸，在經過 8 小時後，對於經過光催化效果的陶瓷膜與無經過膜面改質之陶瓷膜相比較下，去除 NOM 的效果不佳，同樣的現象亦出現於腐質酸濃度換為 2 ppm 時，如圖八，推論光催化反應未能將腐質酸礦化，僅將積垢的分子結構破壞，其分子量由大變小，導致分子量較小之有機物進而通過膜孔，造成 TOC 濃度與進流水相差無幾，而且由圖八與圖九，原陶瓷膜在過濾 8 小時腐質酸後，會在膜面產生黑褐色積垢層，但是若陶瓷膜覆鍍 TiO₂ 且經光催化反應後，膜面上之積垢層顏色明顯變淡，顯示積垢層被光催化分解，原在過濾期間薄膜會因為膜孔逐漸阻塞或形成膠體層，所以去除率會增加，但是經過光催化反應後，膠體層被破壞，產生的篩除效果降低，以致於去除率無明顯之變化。



圖七 滲流液之 TOC 去除效率(薄膜孔徑 0.14 μm ，腐質酸濃度 9 ppm，透膜壓差 100 kPa，過濾時間 8 小時，掃流速度 0.22 m/sec)



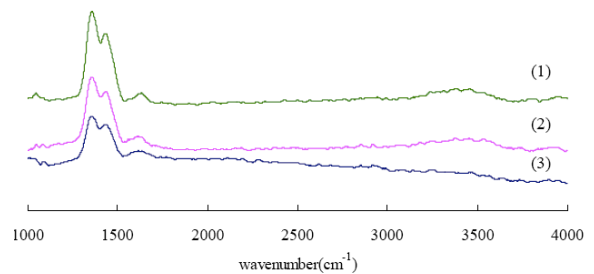
圖八 滲流液之 TOC 去除效率(薄膜孔徑 0.14 μm ，腐質酸濃度 2 ppm，透膜壓差 100 kPa，過濾時間 8 小時，掃流速度 0.22 m/sec)

(3) 膜面改質程序對於腐質酸官能基變化之探討

將滲出液經 FT-IR 分析，光催化效果處理前後之官能基變化，以及僅使用 UV 光照射是否也會對於腐質酸官能基有重大影響，實驗結果如圖九。經由圖可觀察出本研究使用之腐質酸，其在波數為 1470-1420 和 1390-1332 有明顯之吸收峰，而前者是屬於變形的脂肪酸(Aliphatic C-H deformation)，後者則是羧酸鹽類(Salts of carboxylic acids)，在經由膜面改質處理程序後，對於其吸收峰強度並無太大之變化，光催化反應對於腐質酸沒有造成斷鍵效果，破壞原本鍵結於腐質酸上的官能基之情況發生，此一結果也與 TOC 分析相

應，顯示光催化反應並未能將腐質酸加以礦化。

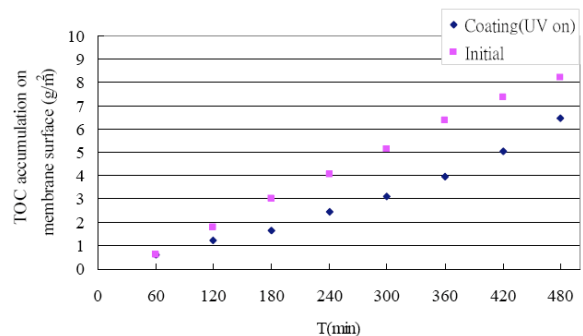
此外也從圖九(3)得知直接 UV 光解對於腐質酸並不會有斷鍵之效果，說明研究採用 UV 光所造成之背景影響可忽略。



圖九 滲出液於膜面改質程序中 FT-IR 光譜，(1)原腐質酸，(2)光催化處理後，(3)UV 光照射後(薄膜孔徑 0.14 μm ，腐質酸濃度 9 ppm，透膜壓差 100 kPa，過濾時間 8 小時，掃流速度 0.22 m/sec)

(4) 積垢量於膜面改質程序中之變化

實驗膜面改質程序對於滲流率衰減確實具有延緩之效果，膜面積垢有可能被光催化降解，致能延緩通量衰減，為了進一步證實，以質量平衡的方式估計膜面上積垢量之變化，在各時間點將入流液的 TOC 質量扣除滲出液以及出流液中的 TOC 質量，以求出在薄膜表面的 TOC 質量，加以累計可得到累積於薄膜表面的積垢量。從圖十 可看出，薄膜表面積垢量在經過膜面改質程序後，明顯有減少之趨勢，在此證明膜面上之 TiO_2 確實能將腐質酸所造成之積垢予以分解，並將其分子量大小轉變，延緩積垢量生成。

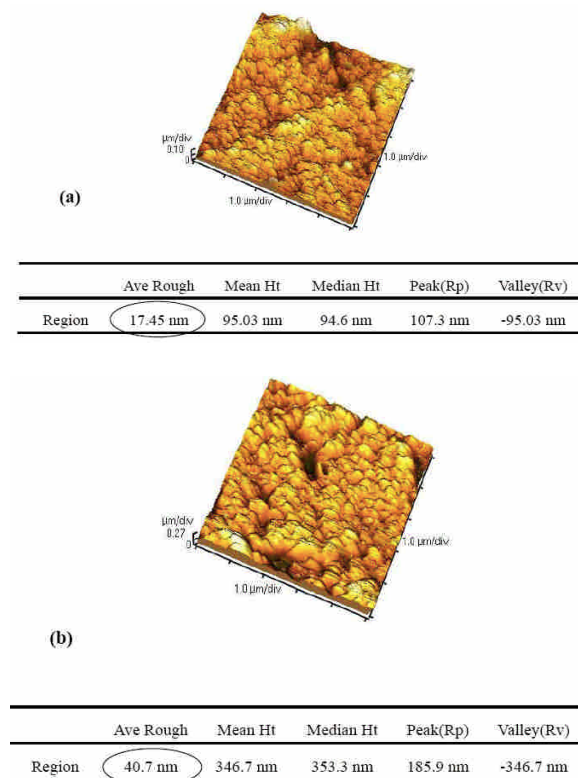


圖十 膜面改質對於薄膜積垢量之影響(薄膜

孔徑 0.14 μm ，腐質酸濃度 9 ppm，透膜壓差 100 kPa，過濾時間 8 小時，掃流速度 0.1 m/sec)

使用 0.14 μm 孔徑之陶瓷膜，於膜面改質的效果，僅延緩滲流率之衰減，而對於去除水中之 TOC 並未達到礦化之效果，因此欲藉由孔徑較小的陶瓷膜(50 kD)，來達到去除 TOC 之作用，亦即膜面上之光觸媒可針對積垢作分解，而降低水中天然有機物濃度方面，則由陶瓷膜來作去除。

將孔徑為 0.14 μm 以及 50 kD 之薄膜分別作 AFM 分析，可得知 0.14 μm 之薄膜，其粗糙度比 50 kD 之薄膜較大，如圖十一，故 TiO_2 與 0.14 μm 之薄膜結合程度較佳，在延緩滲流率衰減之程度上，0.14 μm 之薄膜比 50 kD 之薄膜較具有效果。



圖十一 薄膜表面情形以及平均粗糙度 (a)膜孔為 50 kD，(b)：膜孔為 0.14 μm

六、計畫成果自評

覆鍍 TiO_2 於薄膜表面之過程，添加 TiO_2 量以及覆鍍 TiO_2 次數，為覆鍍均勻之重要關鍵，量多則造成剝落，量少則無法完全覆鍍，覆鍍次數則會影響緻密之情形，使用 0.08 g TiO_2 粉末及覆鍍二次，較能將 TiO_2 完全均勻覆鍍，達到覆鍍細緻之目的。使用 0.14 μm 孔徑之陶瓷膜，於膜面改質效果上，僅延緩滲流率之衰減，對於去除水中之 TOC 並未達到礦化之效果，建議藉由孔徑較小的陶瓷膜(1 kD)，來達到去除 TOC。本研究採用平板膜，雖較易覆鍍 TiO_2 ，但會有流場不均勻問題，往後可考慮採用管狀膜來進行實驗。建議可朝向提升光催化活性來提高 TOC 去除效果。

七、參考文獻

- Bae, T.H., Tak, T.M. (2005). Effect of TiO_2 nanoparticles on fouling mitigation of ultrafiltration membranes for activated sludge filtration. *J. Membr. Sci.* 249(1-2), 1-8.
- Colon, G., Sanchez-Espana, J.M., Hidalgo, M.C., Navio, J.A. (2006). Effect of TiO_2 acidic pre-treatment on the photocatalytic properties for phenol degradation. *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.* 179(1-2), 20-27.
- Coleman, H.M., Chiang, K., Amal, R. (2005). Effects of Ag and Pt on photo-catalytic degradation of endocrine disrupting chemicals in water. *Chem. Eng. J.* 113(1), 65-72.
- Kim, S.H., Kwak, S.Y., Sohn, B.H., Park, T.H. (2003). Design of TiO_2 nanoparticle self-assembled aromatic polyamide

thin-film-composite (TFC) membrane as an approach to solve biofouling problem. *J. Membr. Sci.* 211(1), 157-165.

Pozzo, R.L., Baltanas, M.A., Cassano, A.E. (1997). Supported titanium oxide as photocatalyst in water decontamination: State of the art. *Catal. Today* 39(3), 219-231.

Puhlfurss, P., Voigt, A., Weber, R., Morbe, M. (2000). Microporous TiO₂ membranes with a cut off < 500 Da. *J. Membr. Sci.* 174(1), 123-133.

Tsuru, T., Toyosada, T., Yoshioka, T., Asaeda, M. (2003a). Photocatalytic membrane reactor using porous titanium oxide membranes. *J. Chem. Eng. Japan* 36(9), 1063-1069.

赴國外研究心得報告

計畫編號	NSC 95-2221-E-002-146
計畫名稱	薄膜膜面改質及積垢防止
出國人員姓名 服務機關及職稱	林正芳 台灣大學環工所教授
出國時間地點	96/11/25-96/12/01 新加坡
國外研究機構	新加坡國大及國立南洋理工大學

工作記要：

訪問期間為民國九十六年十一月二十五日至十二月一日，訪問地點為新加坡國大及南洋理工大學。新加坡國大三年前正式成立環境工程與科學系，此次參訪國大部分主要由環工系 NG, How-Yong 教授邀請接待，同時參觀其實驗室與討論雙邊研究合作議題。NG 教授研究重點為 MBR（生物薄膜反應）及 RO（逆滲透薄膜過濾），兩者都是以膜積垢模阻塞為主。MBR（生物薄膜反應）較為傳統，大都是以中空纖維膜作濾水設施，研究生物曝氣槽中膜積垢模阻塞之肇因與防制膜積垢模阻塞之方法，似乎重點是以生物細胞外分泌物作為研究對象，也有外加超音波或用外加微氣泡方式來減輕膜積垢模阻塞，這些研究在國大環工系除 NG 教授外，其他教授也在進行，除了中空纖維膜外，也有以平板膜作為探究對象，更甚者南洋理工大學的環境科技研究中心(IESE)也有一批研究人員全職在進行 MBR（生物薄膜反應）相關研究，南洋理工大學的環境科技研究中心(IESE)是由 TAY, JH 教授擔任主任，旗下有 60 位研究人員，南洋理工大學分擔 40% 中心之預算，EDB 分擔 30%，剩餘 30% 需向產業募集。環境科技研究中心(IESE)有優秀研

究人才(很多來自中國)，有精密研究設備與設施。環境科技研究中心(IESE)目前研究主軸是水資源回收再利用，研究議題包括厭氣 MBR 以處理濃度 BOD/COD 廢水，減少 CO₂ 生成 CH₄, membrane distillation bioreactor, 生物污泥脫水，發展以人力驅動之 UF 濾水設施等。由於新加坡政府要發展水資源回收再生，南洋理工大學的環境科技研究中心(IESE)獲得豐沛經費投入研究發展，該中心有完整之儀器，分析薄膜特性如分子孔徑(MWCO)、膜強度及膜之親疏水特性，此外該中心亦有自行合成孔徑至 30 kDa PVDF UF 中空纖維膜之設備和能力，目前該中心是全力在進行 MBR 研究，儼然是要形成亞洲之膜淨水科技研發重鎮。事實上產官學研發在此地有良好之發展，新加坡公共事業部(PUB)近年來已經將研發成果應用，成立兩處頗具規模之水再生廠，新加坡稱之為 NEWater，將都市污水經二級生物處理後，再以高級膜處理至潔淨可以直接生飲之品質，此外 PUB 也在 Ulu Pandan 地區建立每日 600 m³ 之 MBR 模型試驗廠，在在說明新加坡政府之重視膜淨水科技研發。

國大環工系 NG 教授實驗室有一套先進的 RO 膜積垢模阻塞研究設備，進行縱向之平板膜研究，操作壓力為 7 bar，配備光學顯微鏡直接觀測微米顆粒在 RO 膜過濾之行為，微米顆粒是直徑 6 μm 之 latex particles，NG 教授也利用 EMF (電磁場)作膜積垢模阻塞研究，不過其磁場強度僅達 1000 高斯，效率有限。

新加坡政府投入水資源回收再生，產官學合作及國大與南大 IESE 之研究均值得我方思考。