



薄膜生物處理系統(MBR)介紹

莊連春

萬能科技大學 環境工程系 教授
萬能科技大學 綠色環境研發中心 主任
桃園縣大學產業環保技術服務團 執行長



職稱：教授
電話：886-3-4515811#55720
傳真：886-3-4622232
網址：<http://green.vnu.edu.tw>
電子信箱：lcjuang@vnu.edu.tw

學歷

國立中央大學土木工程研究所環境工程組博士 (1997)
逢甲大學土木及水利工程研究所碩士 (1989)
逢甲大學水利工程系學士 (1987)

經歷

桃園縣大學校院產業環保技術服務團執行長(2006~迄今)
萬能科技大學綠色環境研發中心主任(2009/10~迄今)
萬能科技大學環境工程系副教授(2004/2~2007/5)
萬能技術學院綠色環境研發中心秘書(2003/8~2009/9)
萬能技術學院環境工程系副教授(1997/8~2004/1)
萬能工商專科學校環境工程科講師(1994/8~1997/7)



為何要進行節水與水回收



- ✚ 地下水井長年抽用後，地下水位下降並出現鹽化的情況日趨普遍
 - 地下水水質日漸變劣，對自來水之倚賴反而增加
- ✚ 氣候變遷，嚴重缺水不再是百年一遇
 - 同樣的生產量下，每減一分用水，就少一分風險
- ✚ 每節約一噸自來水，可以省下：
 - 一噸取水成本
 - 一噸廢水廠內處理成本一噸廢水廠內處理成本
 - 一噸廢水的納管費處理
 - 一噸廢水相當之水污費（未來將開徵）
- ✚ 降低產品「水足跡」將成為一種趨勢



新興水源與水再生利用



方式 \ 水源	一	二	三	四	五
	都市污水	工業廢水	農業水源	海水	雨水
回收 (取用模式)	建築物內中水回收	事業製程節水(工業節水)	農田迴歸水利用	--	--
再生 (取供模式)	都市污水處理廠放流水再生	工業廢水處理廠放流水再生	農業灌區末端排水(灌區尾水)回收	海水淡化	雨水貯留處理



放流水水質標準與地面水體水質標準



水質項目	地面水體分類及水質標準(民國87年6月24日修正): 甲類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準(民國87年6月24日修正): 乙類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準(民國87年6月24日修正): 丙類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準(民國87年6月24日修正): 丁類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準(民國87年6月24日修正): 戊類陸域地面水體之水質標準	放流水標準(民國98年7月28日修正)
水溫(°C)	--	--	--	--	--	<38(5-9月); <35(10-4月)
pH	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0-9.0	6.0~9.0
溶氧DO(mg/L)	>6.5	>5.5	>4.5	>3	>2	--
真色色度	--	--	--	--	--	550
懸浮固體SS(mg/L)	<25	<25	<40	<100	無漂浮物且無油污	30
生化需氧量BOD ₅ (mg/L)	<1	<2	<4	--	--	30
化學需氧量COD(mg/L)	--	--	--	--	--	100
陰離子型界面活性劑(mg/L)	--	--	--	--	--	10
油脂(mg/L)	--	--	--	--	--	10
硝酸鹽氮NO ₃ -N(mg/L)	--	--	--	--	--	50
氨氮NH ₃ -N(mg/L)	<0.1	<0.3	<0.3	--	--	--
總磷TP(mg/L)	<0.02	<0.05	--	--	--	--
正磷酸鹽PO ₄ ³⁻ (mg/L)	--	--	--	--	--	4
氟化物F(mg/L)	--	--	--	--	--	15
硫化物S ₂ (mg/L)	--	--	--	--	--	1



放流水水質標準與地面水體水質標準(續)



水質項目	地面水體分類及水質標準(民國87年6月24日修正): 甲類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準(民國87年6月24日修正): 乙類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準(民國87年6月24日修正): 丙類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準(民國87年6月24日修正): 丁類陸域地面水體之水質標準	地面水體分類及水質標準(民國87年6月24日修正): 戊類陸域地面水體之水質標準	放流水標準(民國98年7月28日修正)
大腸菌類(CFU/100mL)	<50	<5000	<10000	--	--	200,000
氰化物CN ⁻ (mg/L)	--	--	--	--	--	1
錳Mn(mg/L)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	--
溶解性鐵(mg/L)	--	--	--	--	--	10
溶解性錳(mg/L)	--	--	--	--	--	10
銀Ag(mg/L)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.5
砷As(mg/L)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.5
鎘Cd(mg/L)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03
總鉻Cr(mg/L)	--	--	--	--	--	2
銅Cu(mg/L)(g)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	3
總汞Hg(mg/L)	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.005
鎳Ni(mg/L)	--	--	--	--	--	1
鉛Pb(mg/L)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1
硒Se(mg/L)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	--
鋅Zn(mg/L)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5
硼B(mg/L)	--	--	--	--	--	1
六價鉻(mg/L)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.5
有機汞(mg/L)	--	--	--	--	--	不得檢出
五氯酚(mg/L)	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005



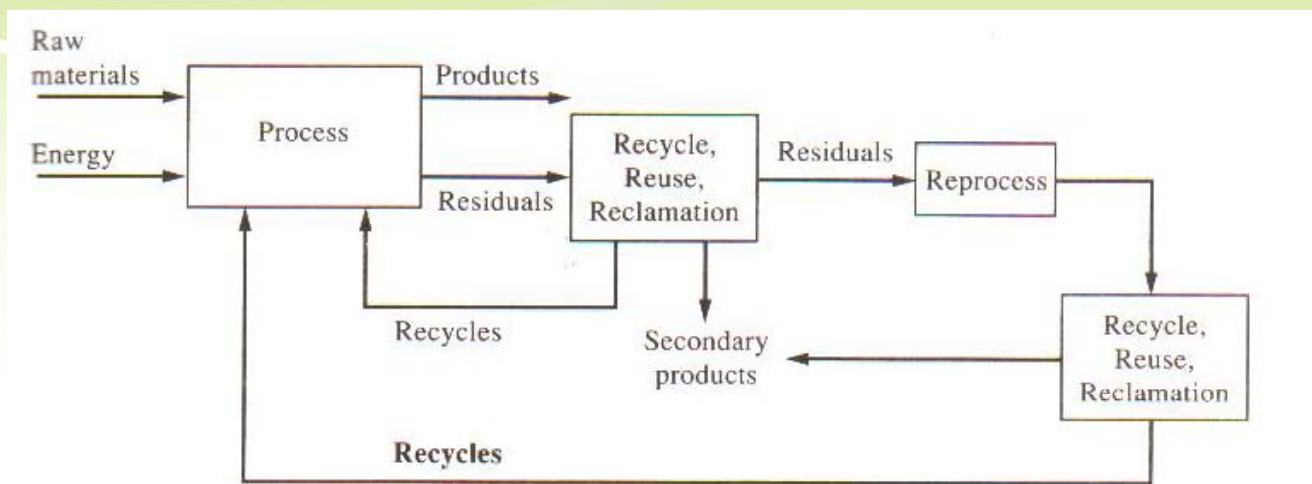
水再生利用需符合法定水質標準



水質項目	景觀用水	自來水(水利署)	灌溉用水	注入地下水
導電度 (μS/cm)	--	--	750	--
生化需氧量BOD ₅ (mg/L)	< 15	--	--	1
總溶解固體TDS (mg/L)	--	800	--	800
氟離子F ⁻ (mg/L)	--	0.8	--	0.8
氯離子Cl ⁻ (mg/L)	--	250	175	250
硫酸根SO ₄ ²⁻ (mg/L)	--	250	200	250
總硬度(mg/L)	--	400	--	--
大腸菌群 (CFU/100mL)	不得檢出	6	--	50
濁度 (NTU)	< 5	2	--	--
總氮(mg/L)	--	--	3.0	--
硝酸鹽氮NO ₃ -N (mg/L)	--	10	--	10
亞硝酸鹽氮NO ₂ -N (mg/L)	--	0.1	--	不得檢出
氨氮NH ₃ -N (mg/L)	--	0.5	--	0.1
總磷TP (mg/L)	--	--	--	--
砷As (mg/L)	--	0.05	0.05	0.05
鎘Cd (mg/L)	--	0.005	0.001	0.005
鉻Cr (mg/L)	--	0.05	0.1	0.05
銅Cu (mg/L)	--	1.0	0.2	1.0
鎳Ni (mg/L)	--	--	0.2	0.1
陰離子型界面活性劑 (mg/L)	--	0.5	5.0	0.5
氰化物CN ⁻ (mg/L)	--	0.05	--	0.01



Ideal Industrial Waste Management Practices



工業廢水所面臨的問題



- ✦ 台灣的工業為提高產業產值而加速發展與成長，此將對水資源產生高度需求，且於製程中亦產生了大量的廢水。
- ✦ 從歷年降雨資料中顯示台灣一年中旱季長達八個月，在此期間工業常需面對用水危機，因此對工業廢水的淨化、回收及再利用理念仍待業界的認同與推行。



各種處理單元對於污染物去除效率評估



	加藥沉澱	砂濾	超微細篩機	表面過濾	活性碳吸附	浮除	硝化脫硝	加氯	臭氧	UV殺菌	UV+雙氧水	芬頓法	MIF	UF	NF	RO	離子交換	電透析	加藥軟化	奈米活性碳電極
細菌	+	0	0	0	+	0	*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	*	+	*	*
原蟲	+	+	+	+	+	+	*	0	+	+	+	*	+	+	+	+	*	+	*	*
病毒	*	*	*	*	0	*	*	+	+	+	+	0	0	+	+	+	*	+	*	*
大於10μm顆粒	+	+	+	+	+	+	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+	+	+	0	*
小於10μm膠體	0	0	+	+	+	+	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+	0	+	*	*
色度	+	*	*	*	+	*	*	0	+	0	+	+	0	0	+	+	*	0	*	*
生化需氧量 BOD	+	0	0	0	+	*	0	0	0	0	+	0	0	0	+	+	*	0	*	*
化學需氧量 COD	+	0	0	0	0	0	0	0	+	0	+	+	0	0	+	+	0	0	*	*
氮	*	*	*	*	0	0	+	0	0	*	*	0	*	*	+	+	+	0	*	*
磷	+	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*	*	+	+	+	+	*	+	+	*
重金屬	+	*	*	*	*	0	*	*	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+	+	+
鹼度	0	*	*	*	*	0	*	*	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+	*	+
二價以上離子	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	+	+	+	+	+	+
一價離子	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0	+	+	+	*	+
溶解性有機物	*	*	*	*	+	*	*	*	+	*	+	0	*	*	0	+	*	*	*	*
微量毒性物質	*	*	*	*	0	*	*	*	0	*	+	*	*	*	0	+	*	*	*	*

註：「+」可有效移除 「0」具移除效果但較不顯著 「*」不具效果或缺乏研究資料



薄膜程序的優勢



- 為了永續發展，需要逐步改變水處理與再利用技術，以達到廢水“零排放”到環境的境界
- 薄膜程序具有高度適應性與良好的操作穩定性，適合取代傳統的廢水處理程序，用於去除廢水中有機物與無機物，並獲得高品質的再利用排放水。



教育講習內容



- ◆ Part 1-超純水回收技術
- ◆ Part 2-薄膜生物處理系統(MBR)介紹
- ◆ Part 3-MBR節水案例說明

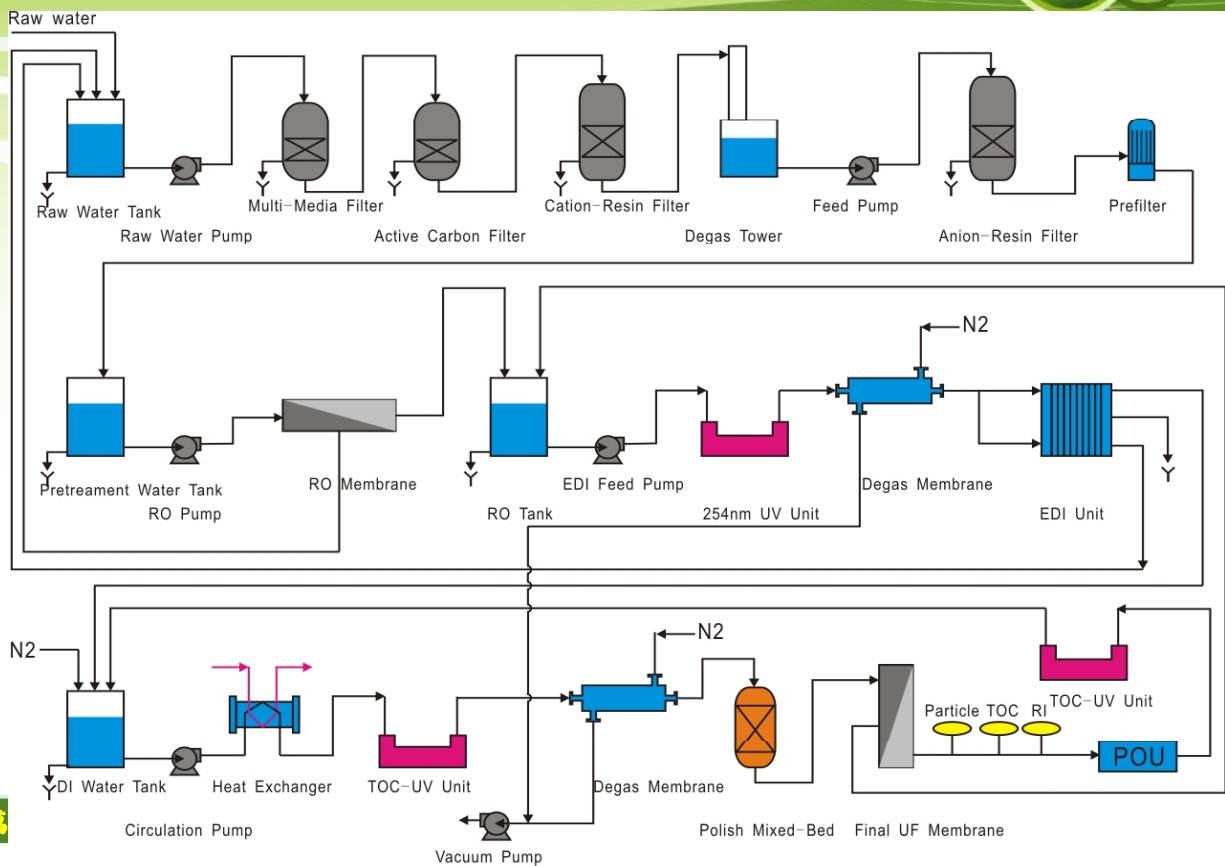




Part 1-超純水回收技術



超純水處理流程圖



淨水處理方法分類



- 處理方法分類:
 - 物理方法:攔篩、過濾、沉降、薄膜過濾、蒸發、蒸餾、浮除等
 - 化學方法:加藥消毒、混凝沉澱、氧化還原、離子交換、UV斷鍵等
 - 生物方法:利用生物處理降解有機物
- 處理系統一般分為三大部份:
 - 前處理**:主要以殺菌/過濾/防氧化/防垢為主,單元包括加藥、凝集、沉澱、多層過濾(MMF)、活性炭(AC)、軟化等.
 - 一次純水**:去除水中所有不純物,同時提高電阻率至約15MΩ-cm,單元包括離子交換器、脫氣器、RO、脫氣膜、CDI、UV(254nm)等.
通常分成兩類型:
 - 1)RO+IX:佔地小投資低,維護簡單,濃排水可直接排放,但前處理要求高,原水利用率低,運行費用高,適用於中小型系統.
 - 2)IX+RO:佔地大投資高,維護複雜,再生廢水需處理,但前處理要求低,原水利用率高,運行費用較低,適用於大型系統.
 - 超純水**:經一次純水處理後水中所有不純物大部份被去除,僅剩微量,再經脫氣膜、TOC UV、拋光樹脂、UF、配管要求等單元處理後,達到IC生產所需超純水水質要求.



水質化學



1 水中不純物

- 溶解性無機物
- 有機物
- 污泥、顆粒
- 細菌、病毒
- 溶解氣體

2 水質分析

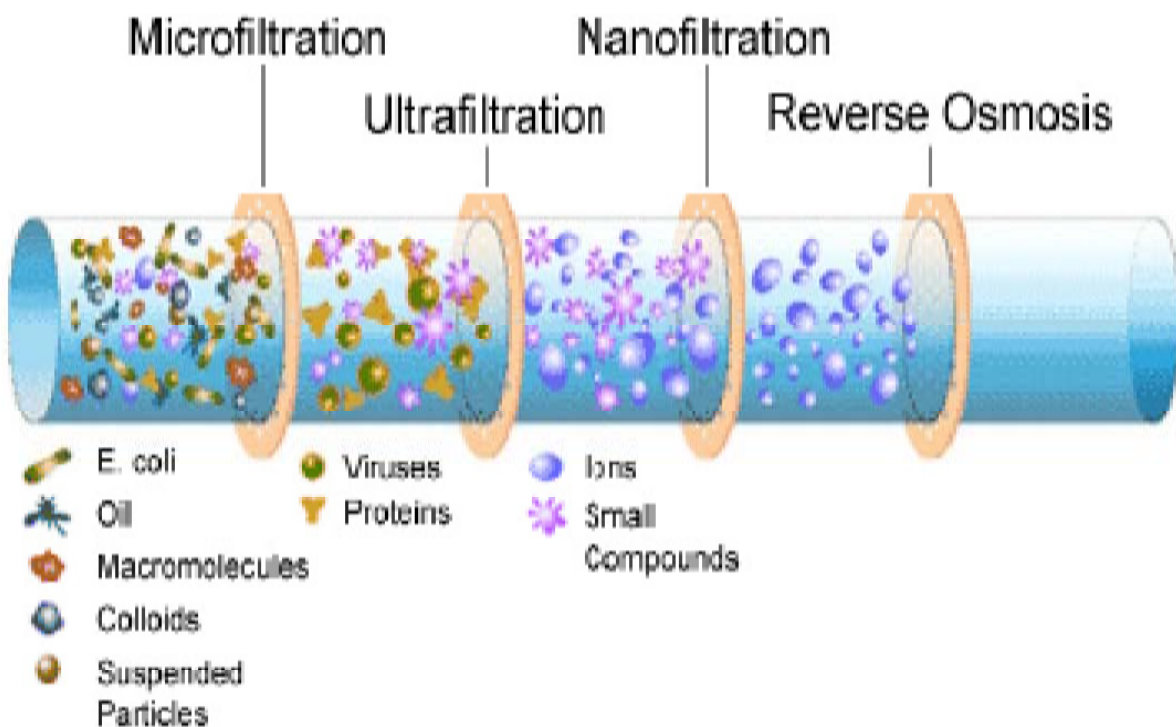
- pH:酸鹼值
- Turbidity: 濁度, NTU
- S.S: 懸浮固形物, ppm
- Oil & grease: 油脂含量, ppm
- C.O.D: 化學需氧量, ppm
- Conductivity: 導電度, $\mu\text{s}/\text{cm}$
- Resistivity: 高阻率, $\text{M}\Omega\text{-cm}$
- Alkalinity—鹼度, ppm
- Hardness--硬度, ppm
- Silica—矽化物, ppm
- L.S.I—蘭吉氏指數或鈣飽和指數
- SDI—淤泥指數
- Bacteria count: 菌落數, CFU/100ml



工廠淨水系統常見問題



- 總合性問題：
 1. 原水變化/產水要求變更
 2. 季節性水源變化/溫度變化
 3. 水處理製程設計規劃不合理
 4. 產能: 太大, 不足
 5. 廠地不足無法擴充/整改
 6. 原設計排水系統無分流規劃, 造成水資源循環回收困難
 7. 處理設備單元品質及設計不良
 8. 電控與儀表問題
 9. 管理問題/技術人員素質不足或工作量太大
 10. 製程端配合度不佳
- 處理單元問題：
 1. 前處理: 氣曝、加藥、凝集、沉澱、多層過濾(MMF)、活性炭(AC)
 2. 離子交換樹脂: 軟化、2B3T、混床樹脂塔、拋光樹脂、
 3. MF/UF/NF/RO/EDR/CEDI
 4. O3/UV
 5. 配管管徑/方法與材質不正確



薄膜簡介



依功能孔徑分類：

- RO (REVERSE OSMOSIS)----- 逆滲透
- NF (NANOFILTRATION)----- 納濾
- UF (ULTRAFILTRATION)----- 超過濾
- MF (MICROFILTRATION)----- 微孔過濾
- ED (ELECTRO DIALYSIS)----- 電滲析
- BP (Bipolar Membrane)----- 兩極性膜
- DD (DIFFUSION DIALYSIS)--- 擴散滲析
- PV (Pervaporation)----- 滲透蒸發
- MD (Membrane Distillation)- 薄膜蒸餾
- GA (GAS SEPARATION)----- 氣體分離



膜分類：



依形狀構造分類：

- 卷式 (SPIRAL WOUND)
- 板式 (PLATE TYPE)
- 管式 (TUBULER)
- 中空纖維 (HOLLOW FIBER)

依材質分類：

- 高分子
- 陶磁
- 金屬



RO膜管規格



型號		BW30-400	TM 7 2 0- 400L .
性能	透水產量, gpd(m ³ /d)	10,500 (40)	10,200 (37)
	脫鹽率(%)	99.50%	99.70%
測試條件	測試溶液	2,000mg/L NaCl溶液	2,000mg/L NaCl溶液
	測試壓力	225 PSI	225 PSI
	測試溫度	25°C	25°C
	單支膜回收率	15%	15%
操作條件	操作壓力 最高	600 PSI	600 PSI
	最高操作溫度	45°C	45°C
	PH值 一般運轉	3-9	3-9
	化學清洗	2-11	2-10
	餘氯含量耐受度	1000 ppm-hours	1000 ppm-hours
膜元件結構	SDI	<5	<5
	膜片材質	polyamide	polyamide
	外徑*長度(mm)	201*1016	201*1016
	中心管尺寸(mm)	φ 29	φ 32
	有效膜面積(平方英尺)	400 ft ²	400 ft ²
	膜外殼纏繞方式	FRP	FRP



RO膜積垢與膜分解原因



- 無機鹽結垢 (scale formation)
碳酸鈣、硫酸鈣、硫酸鋇、硫酸鋇、
氟化鈣、矽化物
- 金屬氧化物積垢 (metal oxide deposition)
鐵、錳、鋁等金屬之氫氧化物
- 膠體汙堵 (colloidal fouling)
- 懸浮固體物汙堵 (suspended solid fouling)
- 生物汙堵 (biological fouling)
- 有機物汙堵 (organic fouling)
- 膜分解

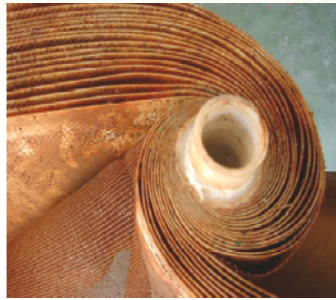




機械性高壓差



碳酸鈣結垢



氧化鐵積垢



污泥膠體汙堵



如何控制處理積垢原因

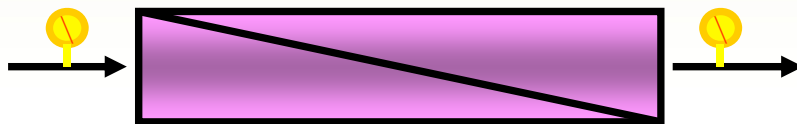
- 前處理
過濾、軟化、降低PH、加防垢劑、
加滅菌劑/器
- 系統設計
- 操作及維護
- 適當化學藥洗



RO膜清洗時機



- 透水量低於正常質 10%~15%
- 脫鹽率明顯降低 90%以下
- 膜管壓損增加 >初期壓差1.5倍



進水壓力: 15kg/cm^2

排水壓力-正常: 14.7kg/cm^2

異常: 14.0kg/cm^2 以下



離子交換樹脂法(Ion exchanger process)



主要原理是液相中的離子和固相樹脂中離子間,所進行的的一種可逆性化學反應,當液相中的某些離子較為離子交換固體所喜好時,便會被離子交換固體吸附,為維持水溶液的電中性,所以離子交換固體必須釋出等價離子回溶液中。

- SAC: 主要含有強酸性的反應基如磺酸基 ($-\text{SO}_3\text{H}$), 此離子交換樹脂可以交換所有的陽離子。
- WAC: 具有較弱的反應基如羧基 ($-\text{COOH}$ 基), 此離子交換樹脂僅可交換弱鹼中的陽離子如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+}
- SBA: 主要是含有較強的反應基如銨鹽官能基之一 $\text{N}+(\text{CH}_3)_3$, 強鹼型陰離子交換樹脂可以和所有的陰離子進行交換去除。
- WBA: 具有較弱的反應基如氨基, 僅能去除強酸中的陰離子如 $\text{SO}_4^{=}$, Cl^- 或 NO_3^- , 對於 HCO_3^- , $\text{CO}_3^{=}$ 或 $\text{SiO}_4^{=}$ 則無法去除。



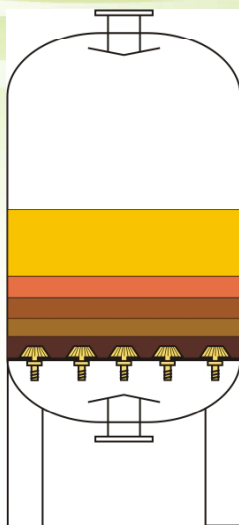


	Cations		Anions	
暫時硬度 Temporary Hardness	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻ possibly OH ⁻ and CO ₃ ²⁻	Talk (總鹼度)
永久硬度 Permanent Hardness				
	NO ₃ ⁻			
	SO ₄ ²⁻			
	SiO ₂ possibly free CO ₂			
	Organic acids			

TH : Total Hardness (總硬度)
 TALK : Total Alkalinity (總鹼度)
 EMA : Equivalent Mineral acidity (礦物酸)
 FMA : Free Mineral Acidity (礦物酸)



MMF (Multi-Media Filter)

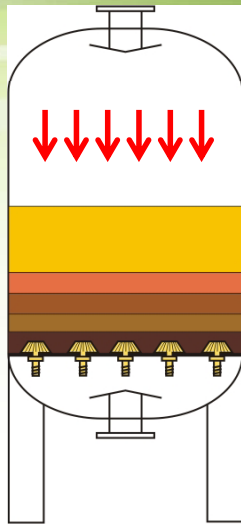


濾料充填示意圖

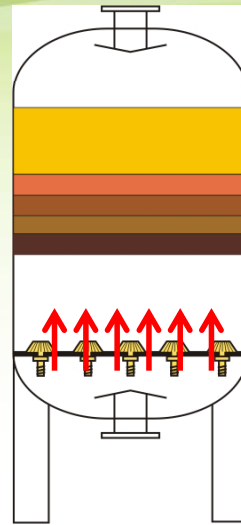
序号	充填順序	用途	規格	高度	备注
1	↑	過濾層	石英砂 0.45mm	45cm	
2		支撐層	石英砂 1~2mm	10cm	
3		支撐層	石英砂 2~5mm	10cm	
4		支撐層	石英石 10~20mm	15cm	
5		支撐層	卵石 20~50mm	15cm	



MMF(Multi-Media Filter)



運行採水狀態：
流 向：自上往下
設計流速：10 m/hr



返洗狀態：
流 向：自下往上
設計流速：15~20 m/hr



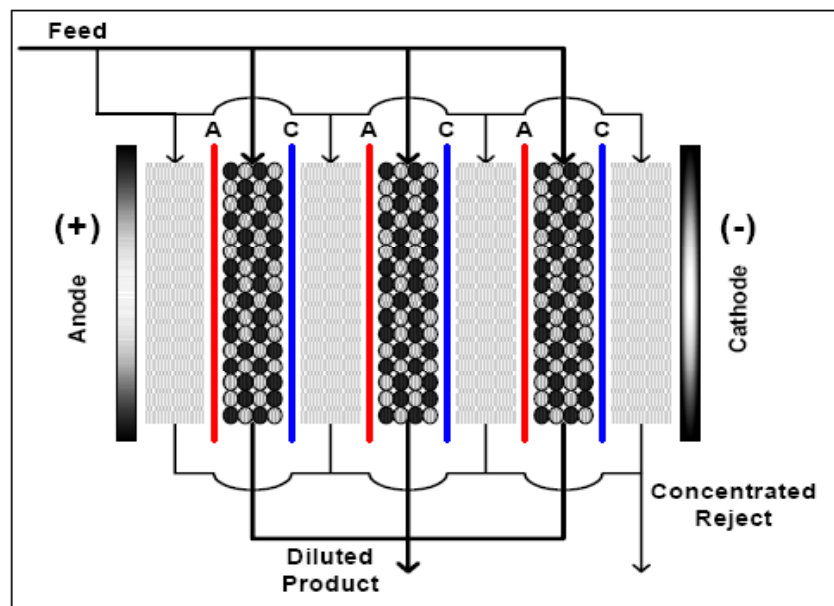
CEDI(連續電去離子裝置)



- CEDI技術是1990年逐漸興起的淨水新技術，主要是將離子交換樹脂填充在陰、陽離子交換膜之間形成CEDI單元。佔地面積小，不需酸鹼再生，水回收率高(約95%)產出水質佳:pH:5~7, 15MΩ-cm以上,可連續24Hr運轉。
- CEDI雖然有以上所述優點,但尚無法普遍應用於水處理,主要原因除價格偏高外,是對進水水質要求較高,需有RO作為前處理,尤其採用二級RO更好,才會讓CEDI操作穩定。



CEDI 操作原理



水回收及節水措施(1)



再生廢水特性分析

系統在去除自來水中的不純物後利用反沖洗以及鹽酸、液鹼置換反應出來的懸浮固體以及鹽類

1. 不需加藥再生的單元有凝集沉澱槽、活性炭塔、回收水活性炭塔等：廢水含有大量的懸浮物質及有機物，若懸濁物質不高可使用過濾方法予以回收
2. 需加藥再生的單元有兩床三塔、混床離子交換樹脂塔與回收水陰離子交換樹脂塔



水回收及節水措施(2)



- ✚ **廢水分管分流**：依照各排廢水的特性加以處理或回收再利用
- ✚ **全廠用水平衡圖資訊化**：可提供用水管理人員即時瞭解廠內各用水單位的用水量及排放量，藉由系統化的水平衡圖分析，獲得發生浪費或管線洩漏的訊息以及規劃回收再利用系統產水流向，檢討評估全廠的合理用水



水回收及節水措施(3)



- ✚ **單元設備用水控管減量**：例如，減少超純水系統單元再生廢水量。
 - 超純水系統2B3T離子交換樹脂塔執行穿透實驗，測試樹脂的飽和交換能力所得運轉時間與產水水質曲線，可看出產水水質隨著樹脂運轉時間成正相關
 - 再生週期延長使得再生次數減少所降低化學品使用量
 - 減少處理單元產生的再生廢水量

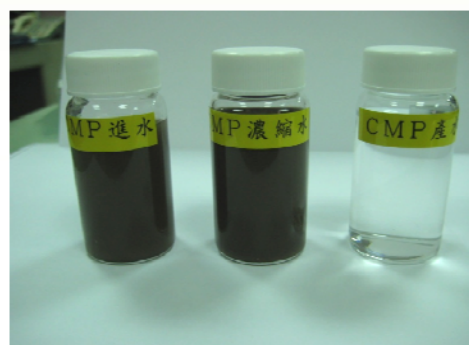


水回收及節水措施(4)



製程改善：

1. 多段清洗採逆向溢流方式
2. 製程清洗水回收
3. 一般酸鹼廢水回收
4. 研磨廢水(CMP)回收



水回收及節水措施(5)



水處理製程回收

1. MMF/ACF 返洗水回收
2. 離子交換樹脂再生廢水回收
3. RO濃排水回收
4. 前/後段UF濃排水回收
5. On-line分析儀取樣水回收

公用系統節水及回收再利用

1. 冷卻水塔: 補充水採自來水與次級用水混用, 控管濃縮倍數
2. 洗滌塔(Local scrubber): 補充水採自來水與次級用水混用

替代水源: 雨水、空調冷凝水

放流水再生回用

1. 部份放流水經UF與NF/RO處理再回收
2. 廢水處理採MBR系統, 放流水回用或再處理回收可行性較高

省水器材換裝





Part 2-

薄膜生物處理系統(MBR)介紹



名詞解釋



- **活性污泥膜濾法**(Membrane Bioreactor, MBR)
 - 將孔徑約0.1到0.5 μm 之平板膜或中空纖維膜置入活性污泥法曝氣池內或曝氣池後之生物處理方法。
- **透膜壓力**(Transmembrane pressure, TMP)
 - 利用正壓或負壓使混合液中的水透過薄膜成為出流水所需之壓力，通常單位為Kpa。
- **通量**(Flux)
 - 單位時間內單位面積薄膜可透過的水量，通常為LMH(liter meter-2 hr-1)。
- **臨界通量**(Critical flux)
 - 薄膜開始發生不可逆阻塞之通量。
- **次臨界通量**(Subcritical flux)
 - 薄膜較不容易發生不可逆阻塞之通量。



名詞解釋



- **積垢物(Foulant)**
 - 累積於薄膜表面或內部之有機物或無機物，將導致薄膜通量下降、透膜壓力增加。
- **可逆阻塞(Reversible fouling)**
 - 可藉由物理清洗方式去除之阻塞稱為可逆阻塞。
- **不可逆阻塞(Irreversible fouling)**
 - 無法藉由物理清洗方式去除，須藉由化學藥洗去除之阻塞稱之。
- **掃流式(Cross flow)**
 - 水流過薄膜之方向與水透過薄膜之方向垂直之操作方式，多用於孔隙較大之薄膜過濾。
- **直向流式(Dead-end flow)**
 - 水流過薄膜之方向與水透過薄膜之方向平行之方式，多用於孔隙較小之薄膜過濾。



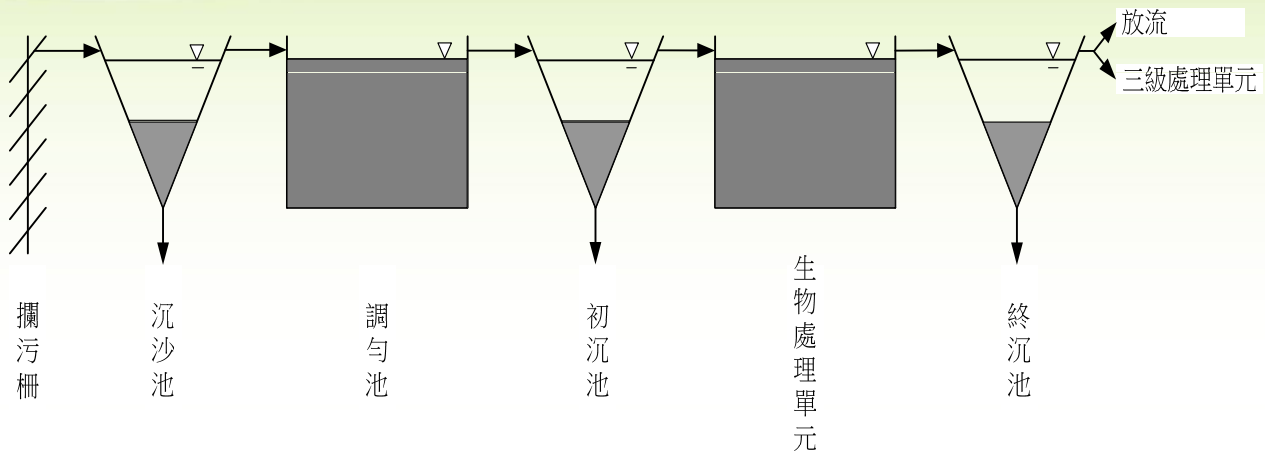
名詞解釋



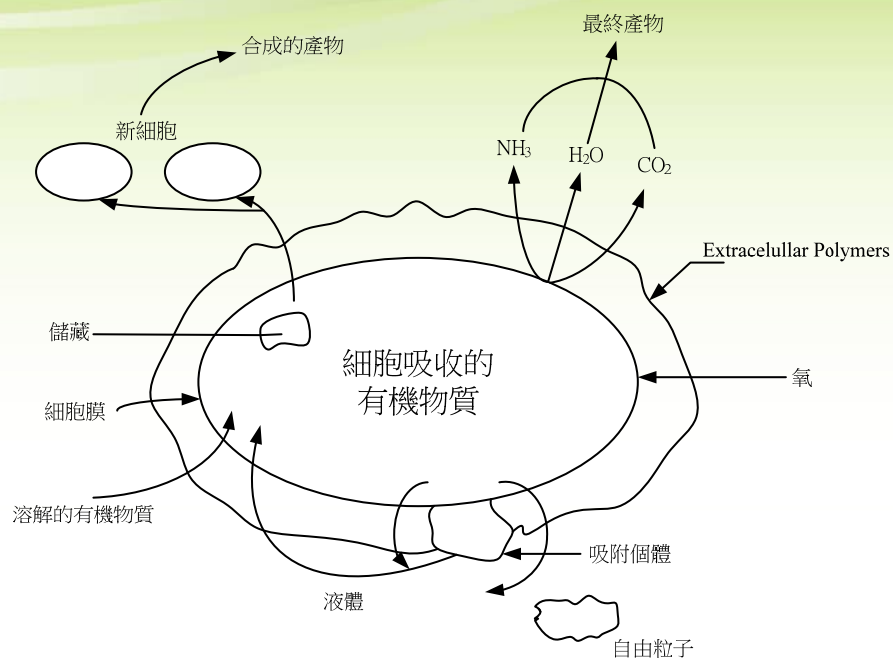
- **側流式(Side-stream)**
 - 將薄膜單元置於活性污泥反應槽之外之操作方法。
- **沉浸式(Submerged/immersed)**
 - 將薄膜單元置於活性污泥反應槽之內之操作方法。
- **反沖洗(backflush)**
 - 將薄膜過濾液加壓以透過薄膜膜組內部以物理方式使阻塞物質與薄膜分離之操作，可降低可逆阻塞。
- **化學藥洗(Chemical cleaning)**
 - 將次氯酸鹽或檸檬酸等化學藥品以反沖洗方式，或將薄膜取出置於上述藥品溶液內以降低不可逆阻塞之操作稱之。



典型都市污水處理流程



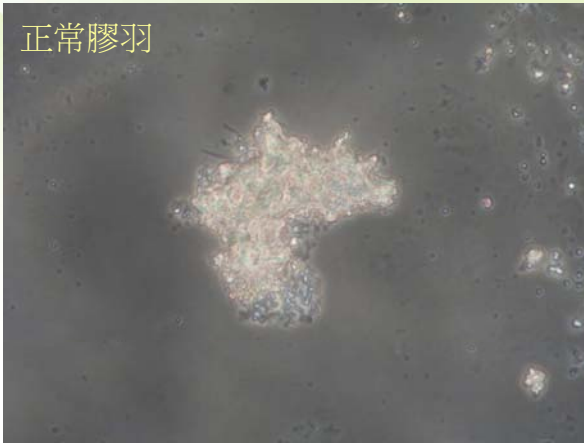
生物處理法原理



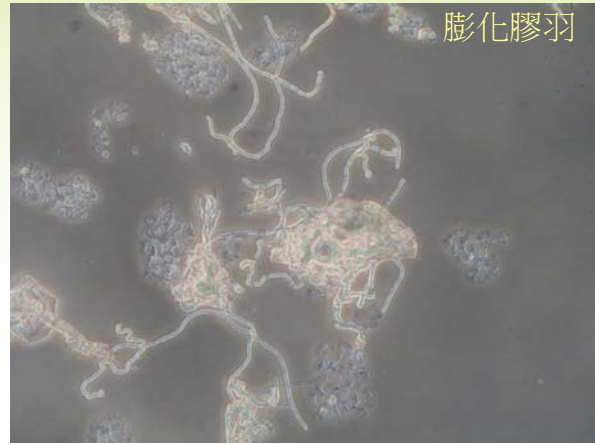
活性污泥膠羽 (400X)



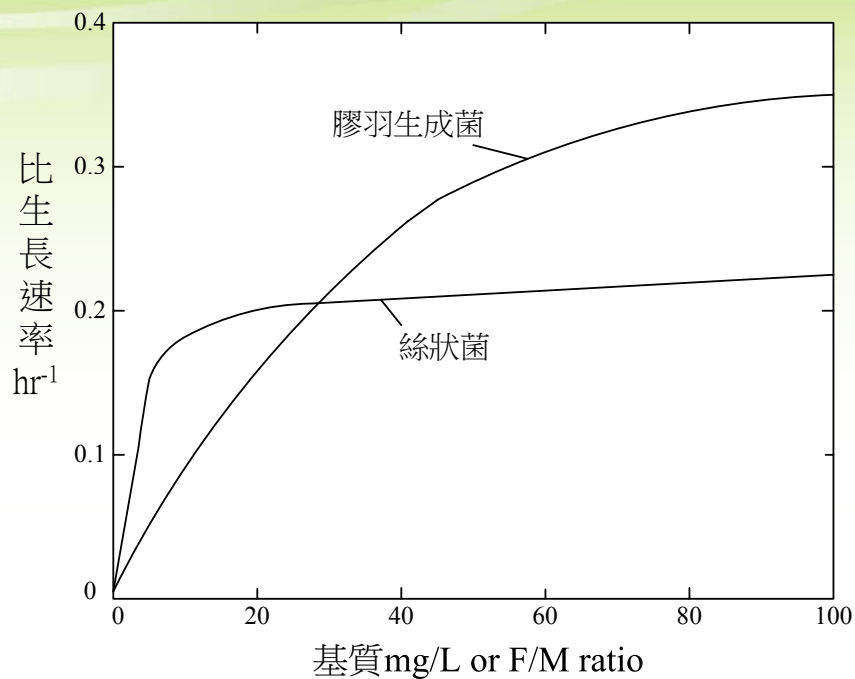
正常膠羽



膨化膠羽



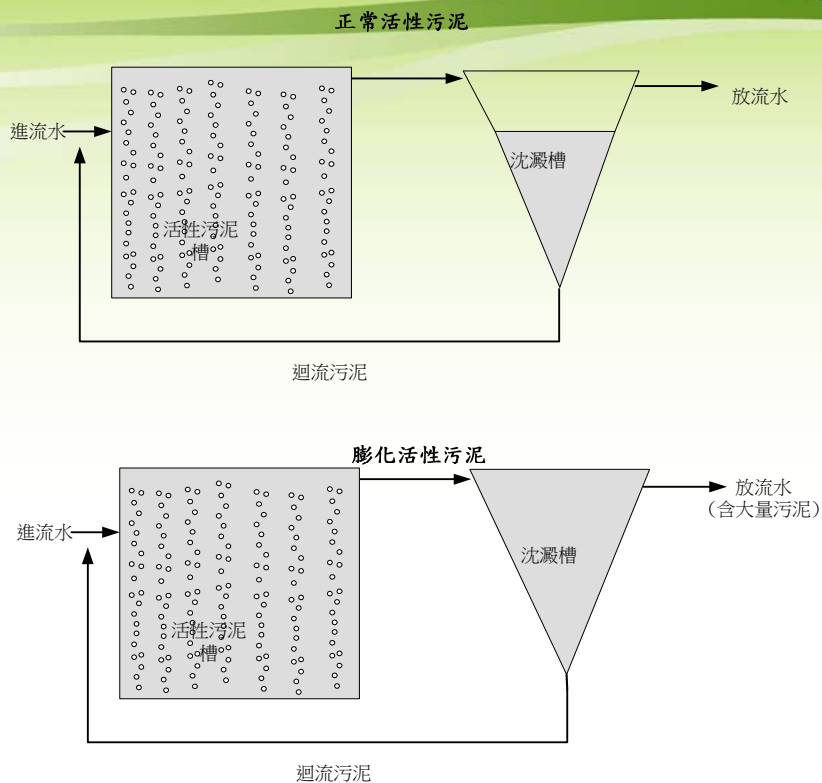
絲狀菌與膠羽形成菌的競爭



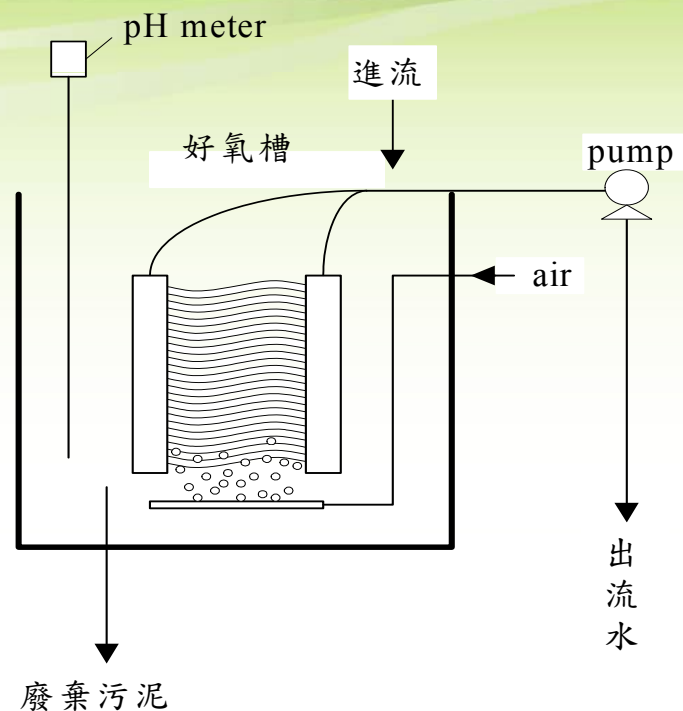
膨化污泥與非膨化污泥



膨化所造成的影響



MBR在污水處理的最初角色—固液分離

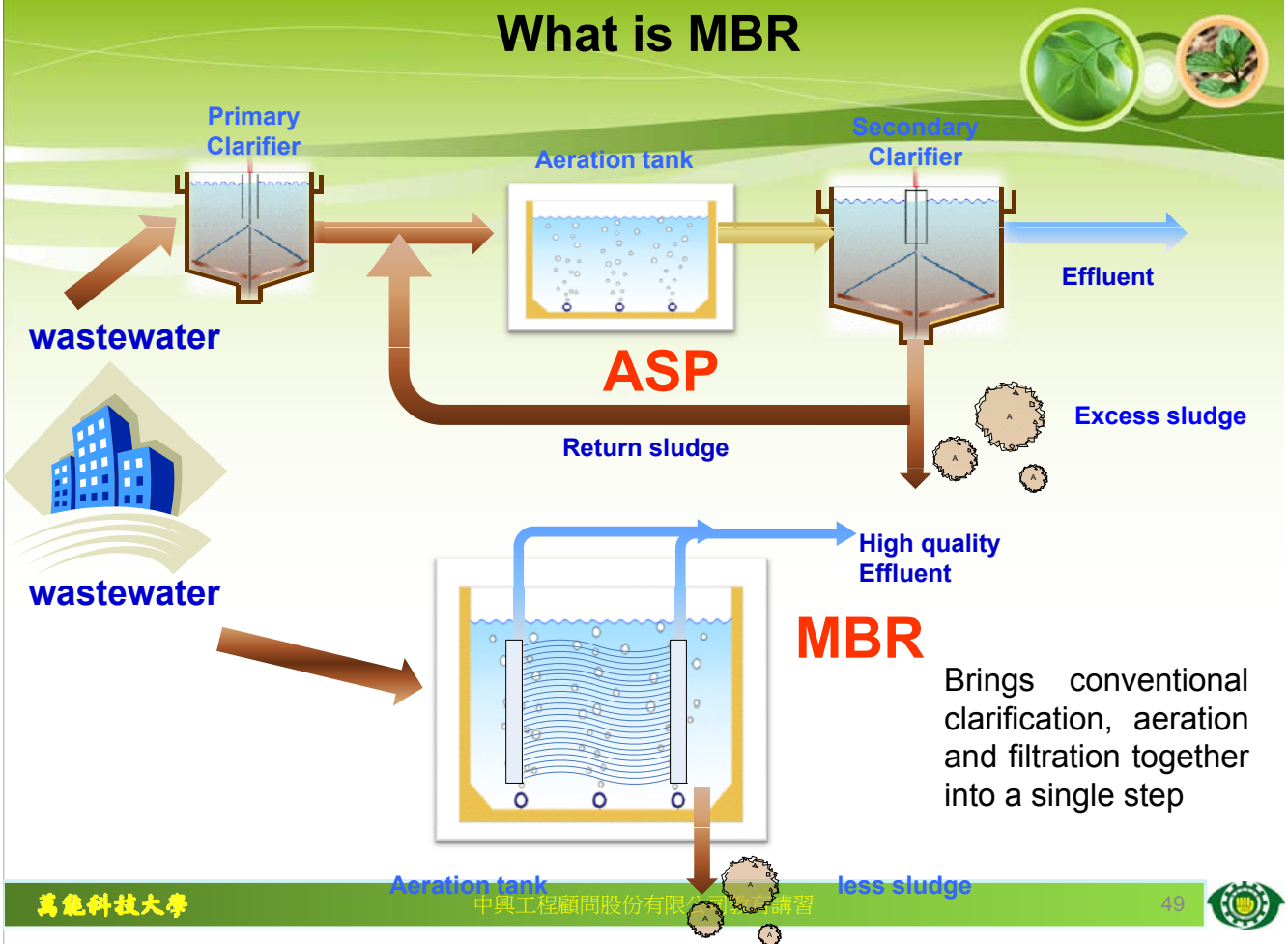


MBR定義與原理

- MBR是於傳統活性污泥法曝氣池中加裝數組薄膜組合而成，操作時利用透膜壓力為驅動力將經過活性污泥處理過的混合液過濾而得到濾液(即放流水)。
- 由於一般於MBR中使用的薄膜其孔隙約僅有 $0.1\sim 0.4\mu\text{m}$ ，因此所得之放流水質甚佳，若再搭配逆滲透膜(RO)的使用，其出流水甚至能達到所有回收再利用水的水質標準。



What is MBR

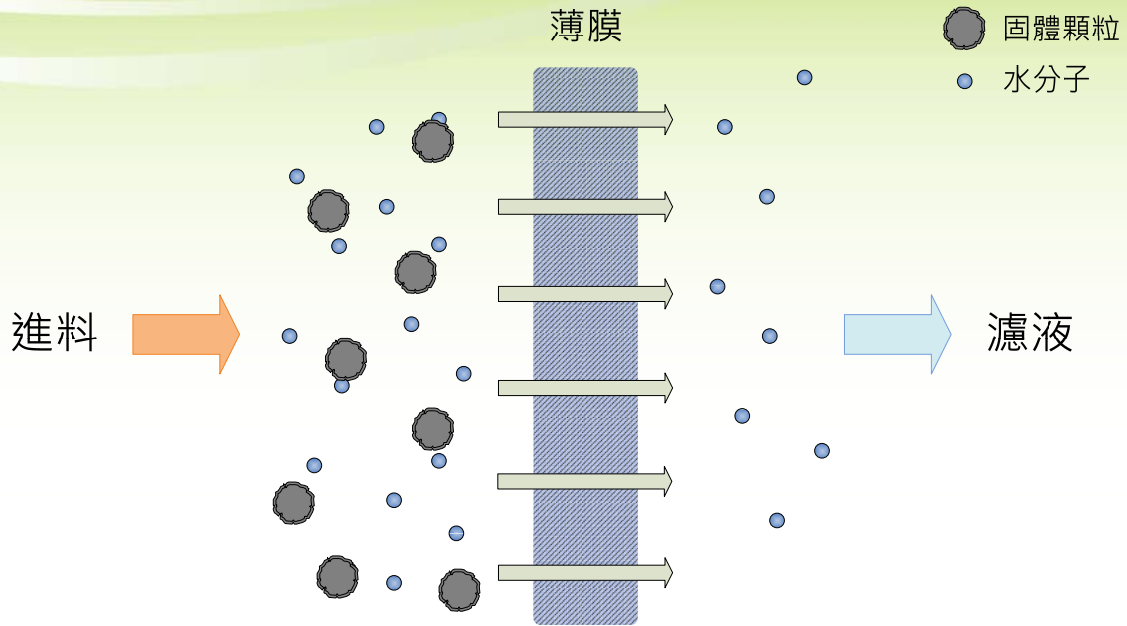


MBR之優缺點

優點	缺點
1. 土地面積需求小	1. 有薄膜阻塞問題
2. 固體物幾乎可完全去除	2. 薄膜成本高
3. 污泥濃度高，可承受進流水濃度變化	3. 曝氣動力高
4. 不受污泥膨化影響	
5. 污泥廢棄量少	
6. 啟動時間短	
7. 既有廠可翻新改建	

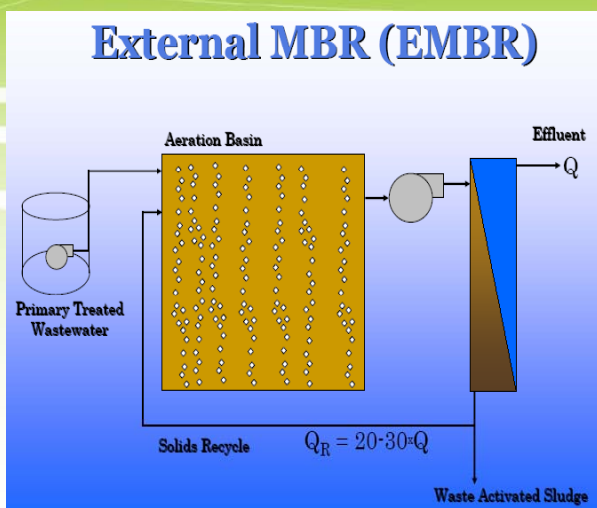


薄膜過濾機制

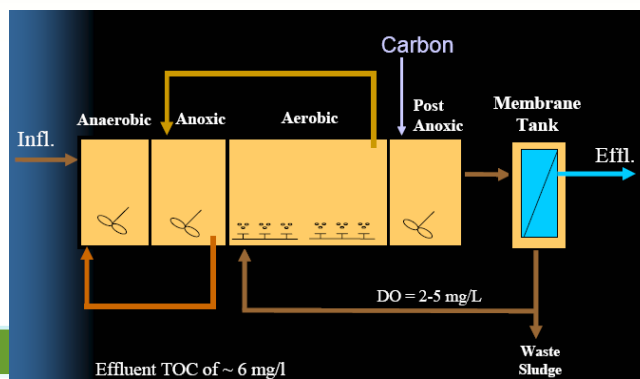
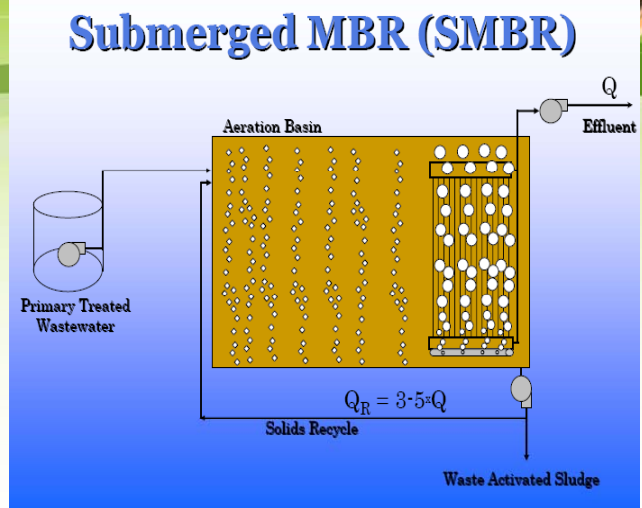


Two Major Membrane Bioreactor Configurations

External MBR (EMBR)



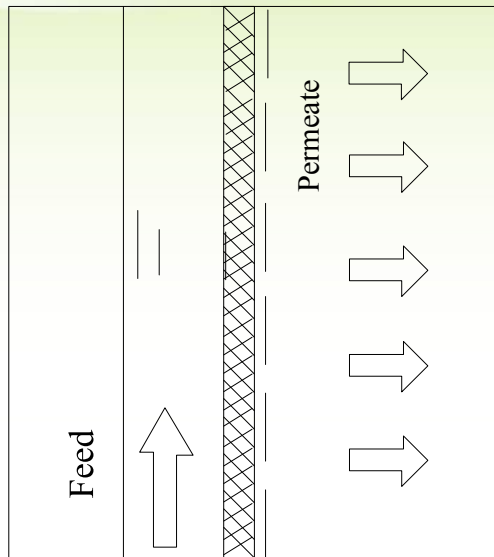
Submerged MBR (SMBR)



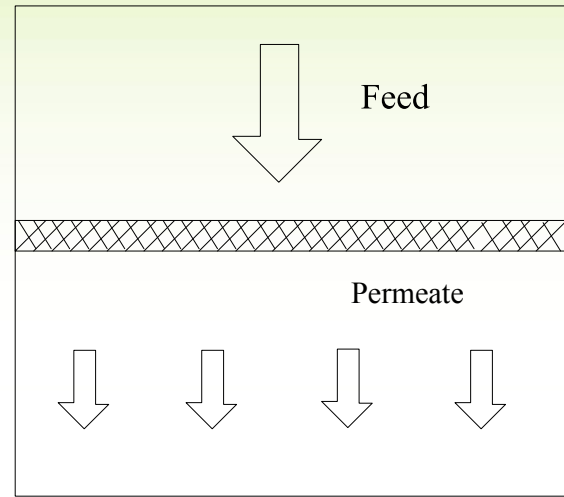
薄膜操作方式



Cross-flow



Dead-end



配置型式演進



- 側流式MBR較沉浸式MBR發展早二十年。
- 早期側流式MBR將薄膜置於生物反應槽之後，利用泵將活性污泥抽至薄膜槽後利用驅動力及薄膜微小的孔隙使污泥與放流水分離，污泥則進一步迴流至生物反應槽，即側流式MBR中泵將反應槽混合液抽送至薄膜單元進行固液分離，之後其滲透液便成為放流水排放，而濃縮液則迴流至反應槽成為混合液。
- 因此側流式MBR薄膜的**通量與壓力**相較於沉浸式MBR而言皆較**高**，其通量約可達50~120 LMH，而透膜壓力則高達7-30Kpa。
- 側流式MBR的通量及**積垢速率較高**，因此需要更頻繁的**沖洗或化學藥洗**。



配置型式演進



- 由於側流式MBR所需之動力費及土地成本仍高，其後為節省操作動力費及土地成本，1990年代初期發展出沉浸式MBR。
- 將薄膜置於生物反應槽中，利用泵及薄膜將生物反應槽混合液中的污泥與水分離，由於薄膜本身置放於生物反應槽中，因此並不需迴流，沉浸式MBR之薄膜在在出水側為負壓的環境下操作，**通量一般約15~50 LMH**，而**透膜壓力則約為3-4Kpa**，操作動力較側流式MBR低很多。
- 且由於薄膜在生物反應槽中，因此**沉浸式MBR不需要設置終沉池**，其土地成本可大大降低，此外，沉浸式MBR的通量相對較低，可長時間維持，**化學藥洗頻率約每年兩次**。



配置型式演進



- 目前沉浸式MBR多用於處理都市污水，而側流式MBR則多用於食品、皮革等工業廢水處理。
- 由於沉浸式MBR不必設置高流量的循環泵，動力需求較低，因此日益受到重視與應用。
- 2002年以後，**沉浸式MBR**的研究趨勢已超越側流式MBR，尤其是**應用於都市污水處理方面**特別明顯。
- **側流式MBR**則被認為較適合於處理高有機負荷、高毒性的工業廢水，因此**僅在特定的研究領域上有較多的應用**。



不同配置之優缺點



類型	優點	缺點
側流式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 積垢隨膜面掃流速度增加而線性減緩 2. 維護及時間成本較低，薄膜模組置換時間較短 3. 在高MLSS下順利操作的可能性較高 4. 溶解性有機與無機固體物的沉降，較易以控制水力動力方式處理 5. 曝氣可藉氧氣質傳與攪拌方式達最佳化 6. 容易以化學劑進行現地薄膜清洗，而不會對生物產生風險 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 常在較高通量下操作，產生積垢可能性較高 2. 剪力較大，易使膠羽破碎 3. 泵的設置，使動力需求較高
沉浸式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 低耗能，適合大尺度規模應用 2. 空間需求低 3. 薄膜可置於多種形式的反應槽，採納度與適用度高 4. 在較低的壓力與膜面掃流速度下操作，操作狀況較緩和 5. 出流水質較側流式佳 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 膜面掃流速度不易控制 2. 較大的曝氣與薄膜面積需求 3. 薄膜曝氣與氧氣溶解之間需要折衷考量



MBR操作影響因素



影響因子		影響性
進流水質	污染物的親疏水性	疏水性污染物會吸附在污泥、脂質及顆粒物質，於排泥時被去除
	污染物的化學結構	<ol style="list-style-type: none"> 1. 帶有鹵素官能基的芳香族可能不易被去除 2. 帶有烷基鏈的芳香族不易被去除
薄膜特性	薄膜種類、材質、模組	<ol style="list-style-type: none"> 1. 影響通量 2. 陶瓷膜的通量高，表面平滑可抵抗濾餅層的黏附
操作模式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 間歇式過濾操作較連續式過濾，可減少濾餅層，因而降低過濾阻抗且維持較佳通量 2. 固定通量式操作較固定壓力式，能避免過多積垢生成
積垢		膠體粒子積垢與生物積垢影響通量



MBR操作影響因素



影響因子		影響性
控制參數	pH	影響生物的活性與污染物溶解度
	溫度	1. 影響生物的活性 2. 溫度增加使吸附平衡較快達到，同時降解速率與生物生長速率增加 3. 影響黏滯度
	MLSS	1. 造成積垢，降低滲透液通量 2. 高MLSS降低氧氣質傳的 α 值 3. 酵素活性與MLSS比表面積成正比 4. 高MLSS提高污染物的吸附能力
	掃流速度	1. 產生剪力，使生物膠羽破裂及懸浮，進而提高有機物與氧氣的質傳 2. 掃流速度過高會破壞污泥結構，損及微生物間的交互作用
	曝氣強度	1. 提供生物降解的氧氣，並使污泥維持懸浮 2. 在薄膜附近產生紊流及掃流速度，促進濾餅移除效率 3. 高曝氣強度會提供高剪力，使液體的黏滯度降低，亦使攪拌增強，膠羽碎裂
	黏滯度	1. 滲透液的黏滯度直接影響通量 2. 污泥黏滯度影響薄膜表面的紊流與掃流速度，間接影響通量 3. 影響氣泡大小與分佈 4. 氧氣在高黏滯度液體的溶解度低，使氧氣質傳效果降低



溫度的影響



- 通量會隨著溫度增加而成正比增加，是因流體的動黏滯度 (Kinematic viscosity) 隨著溫度增加成反比下降，約每升高 1°C ，可增加3%的流通量。
- 但在臨界溫度以上操作，將會增加化學物質的活性及積垢層密度增加，而致增加水力阻抗 (Hydraulic resistance)，將加速薄膜的劣化 (Deterioration)，產生負面效果。



操作壓力的影響



- 在固定操作條件下，壓力增加會提高膜單位表面積之流量。雖然提高壓力可使產水率增加，但也增加膜的負荷，容易造成污染阻塞，必須提高清洗頻率，且提高壓力所增加的動力費用，將會增加操作成本，未必符合經濟效益。
- 另因壓力增高將會使薄膜快速被壓縮緊密，致阻礙流體通過及加速薄膜劣化，減少操作壽命。



進流濃度的影響



- 進流濃度即進流溶液之濃度，包含各種鹽類、金屬礦物、膠體、有機成分等，其驅動壓力差 ΔP 及溶液密度 ρ 將隨濃度增加而增加，濾液透過率(PR)則隨之減少。



濃度極化的影響



- 薄膜之分離作用，無法穿透薄膜的分子，受到液體向膜表面移動的推力，將會使此區域的濃度愈來愈高而形成一濃度梯度，也就是在薄膜表面處，水份穿透薄膜後形成一鹽類比較高的邊界層(boundary layer)，此處之鹽類具有向中央處形成一體積流(bulk convective flow)的擴散驅動力，形成反向擴散效應(back-diffusion effect)去平衡薄膜表面之溶液對流，此種現象稱為濃度極化效應。
- 濃度極化效應的作用下，將會造成薄膜的分離效果降低，致流通量降低及濾液的質量惡化。



pH的影響



- 不同薄膜材質對pH值有其適用之範圍，進流溶液將隨不同pH值，使其溶質之溶解性改變，而薄膜材質之水解速率更與進流溶液之pH值有密切關係。
- 以醋酸纖維膜(CA)為例，其pH值適用範圍為3~8，在考量薄膜水解作用，其pH值最好控制在5以上，一般如複合膜(Composite)、PS膜、PVDF膜、Cellulose膜等之pH值適用範圍亦為3~8。



膜面積垢



- 薄膜穩定操作，即質量傳輸係數(MTC)減少的變動性低及驅動壓力差(ΔP)增加潛勢低，而膜面積垢將造成MTC減少及 ΔP 增加，因此膜面積垢的控制是相當重要，其將可減少薄膜清洗頻率及不必要的操作成本浪費。
- 膜面積垢之形成原因為溶質或外來物質沉積於薄膜表面，形成一層膠狀體，此層物質使水流通量降低，其存在是一種不可逆現象，所以有些積垢是無法清洗乾淨的。



薄膜積垢



- 應用MBR技術於廢水處理時，通常希望薄膜能有最大的處理通量，而通量與薄膜積垢有一相對關係。
- 通常積垢愈嚴重，則通量愈少。
- 在MBR操作過程中，減少(延緩)積垢的發生是系統穩定的關鍵。



薄膜積垢



- 通量的大小是由操作的驅動力和過濾總抵抗力所決定。
- 在MBR系統中，通量隨操作時間的增加逐漸降低。
- 這是因為在反應槽中，混合液會產生的阻塞物(foulants)，經由吸附或沉澱作用而存在薄膜的表面或是孔徑中，形成積垢(fouling)的現象，這就是造成薄膜的過濾阻力增加的現象。
- 可藉由反沖洗除去薄膜表面的阻塞物以回復薄膜的通量。
- 阻塞一般可分為可逆積垢和不可逆積垢二種，可逆積垢可經由反沖洗而回復通量；不可逆積垢則造成通量永久性的減少。
- 而阻塞物的產生，是由混合液中的物質經物理化學作用後所產生。



五種積垢機制



- 吸附作用 (adsorption)
 - 大分子和膠體物質經薄膜纖維的吸附後，長存在於薄膜的表面或膜孔中造成阻塞。
- 生物膜 (biofilm)
 - 經長時間過濾後，在薄膜表面會有生物膜的黏著與生長，造成過濾阻礙的生物積垢 (biofouling)。
- 沉積作用 (precipitation)
 - 溶解性物質沉積在薄膜表面所造成之積垢，通常是由無機鹽類的累積所造成。
- 薄膜老化 (ageing)
 - 此原因為薄膜經長期操作後，材質本身的老化現象引起。



五種積垢機制



- **濃度極化** (Concentration Polarization, CP)
 - 濃度極化現象是指混合液中的溶質在薄膜表面生成一層濃度邊界層或稱停滯流體薄膜。
 - 在邊界層上的流速接近零，這時傳輸機制只剩擴散作用。邊界層厚度是由系統的水力條件所控制。
 - 如果系統中存在的擾流（剪力）力量大，則厚度就會減少。故要避免濃度極化現象對系統的干擾，可以利用擾流和降低操作通量來避免。



五種積垢物質



- **固體物積垢**
 - 本積垢僅由反應槽混合液中的大顆粒，如懸浮固體物、細砂、泥沙和鐵銹等所造成。
- **有機物積垢**
 - 有機物積垢為可溶性的有機物，包括油脂、脂肪、界面活性劑、蛋白質及腐質酸等，在薄膜表面沉積所引起的積垢，一般發生在RO系統中。
- **膠體性積垢**
 - 在MBR系統中存有粒徑在 $0.3\sim 5\mu\text{m}$ 的小顆粒時，它會沉積在膜面形成膠體。膠體之表面都具有界達電位，受到濃縮時就會趨於穩定，並持續沉積於膜面增加積垢問題。



五種積垢物質



• 生物性積垢

- 微生物在過濾時，會隨過濾水流行進而逐漸附於膜面，微生物一旦附著在薄膜表面即會開始成長，並慢慢發展成為黏泥狀的生物膜，導致過濾壓力升高和通量降低。
- 在微生物附著之前，一些大分子如腐質物、脂多醣類、蛋白質及其它物質等，會先吸附在膜面，這些吸附物質形成的薄層會逐漸累積覆蓋薄膜表面，致使膜面原來的特性遭到改變，例如表面的靜電荷和張力，通常會使膜面改變成略帶負電性的狀態。

• 無機性鹽類積垢

- 在NF及RO系統中，因為能截留無機鹽類，因此在薄膜表面會產生無機鹽類的結垢；MF及UF系統則無此類之結垢現象。



影響MBR積垢之因素



影響因子		影響性
水質特性	1. SS濃度 2. 有機質 疏水性	1. 高SS濃度，易直接產生積垢 2. 疏水性物質易於疏水性薄膜上產生積垢
薄膜性質	親疏水性	污染物及膠羽較不易吸附在親水性薄膜，通量降低程度較小
	帶電性	影響薄膜對帶電粒子及離子的選擇性，及形成積垢的難易度
	孔隙	小顆粒會在孔隙內部阻塞，致使較大孔隙不必然有較高通量
	粗糙度	表面越粗糙，膠體附著在薄膜表面產生積垢的速度越快
薄膜類型	薄膜模組、 材質	1. 中空纖維薄膜的密度及纖維的水力動力環境，影響積垢速率 2. PVDF材質較PE材質能預防不可逆積垢
顆粒特性	膠羽大小	1. 膠羽越小，濾餅阻抗越高 2. 膠羽如受剪力破碎，會釋出胞外聚合物(EPS)，使積垢易生成
污泥異常	1. 膨化 2. 膠凝不佳	1. 絲狀菌在薄膜表面產生薄且無孔的濾餅層，導致嚴重積垢 2. 膠凝不良污泥有較多膠體粒子與弱鍵結EPS，易產生積垢



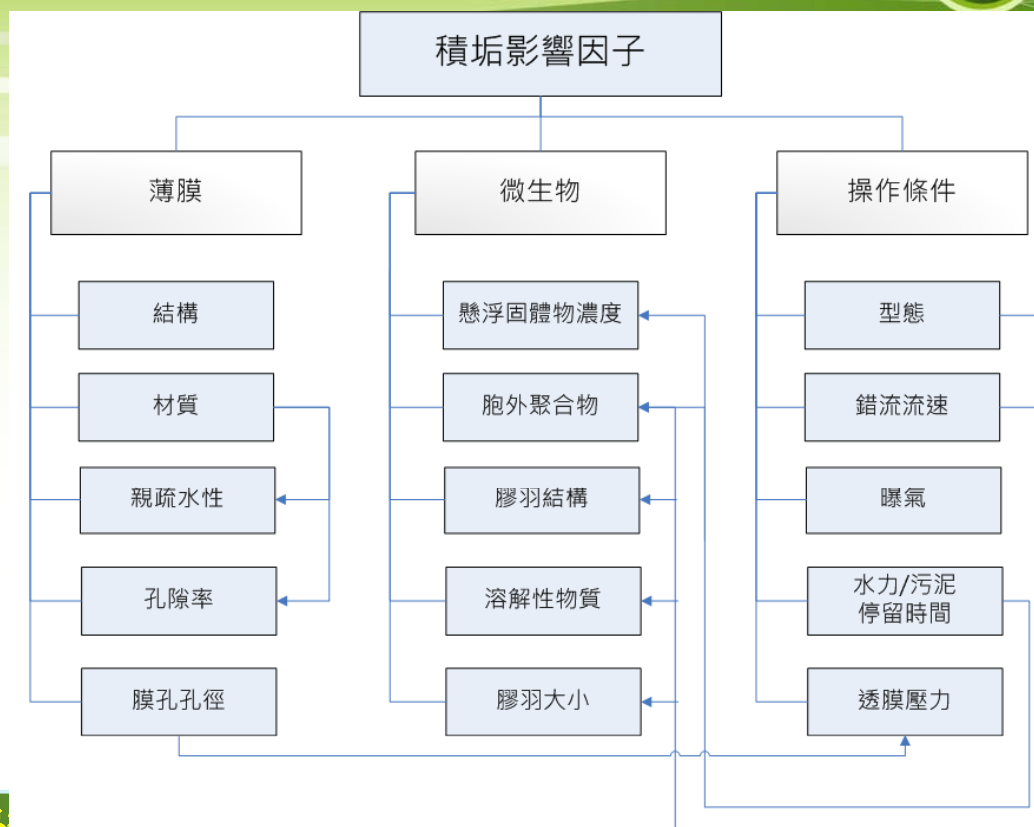
影響MBR積垢之因素



影響因子	影響性
通量	通量大於臨界通量時會產生積垢
溫度	低溫下由於黏滯度改變，積垢速率較快
MLSS	MLSS < 6,000 mg/L 發生生物積垢可能性較小 MLSS > 15,000 mg/L 發生生物積垢可能性較高
掃流速度	影響顆粒離開薄膜表面的質傳與濾餅厚度
控制參數 曝氣強度	1. 促進中空纖維式薄膜攪動，抑制積垢生成 2. DO不足時，將改變膠羽表面的疏水性，使積垢惡化 3. DO < 0.1 mg/L時，薄膜表面之生物膜孔隙率相對較小，且EPS釋出量較大，致使阻抗較高
HRT	1. 薄膜表面在較長的HRT下，會快速形成緊密的積垢層 2. 短HRT會促使提供生物較高的營養鹽，使MLSS提高，間接影響積垢
SRT	1. 較長SRT因生物生長速率慢與EPS較少而不易產生積垢 2. 較長SRT可能提高MLSS，使液體黏滯度提高而易生積垢



影響MBR積垢之因素



平版模組公司



公司	Kubota	Toray
國家	日本	日本
廠牌/模組	Kubota	Toroy
薄膜型態	平板	平板
薄膜型式	沉浸式	沉浸式
高分子材質	含氯 PE 複合膜	PVDF
薄膜		
孔徑大小 (μm)	0.4	0.08
親水性	中等	
濾液流道厚度 (mm)	8	7
氣阻抗	高	
pH 容忍範圍	1-13	
操作溫度(°C)	40	



平版模組公司



公司	Kubota		Toray
國家	日本		日本
廠牌/模組	Kubota		Toroy
模組/片數	510	515	
模組/片數數量			
模組尺寸 (mm)	1000/490/6	1500/550/6	1608
薄膜面積 (m ²)	0.8	1.25	1.4
最大透膜壓力(過濾/反洗)(bar)			
模組密度 (m ² /m ³)	115	115	135
平板間隔, mm	7		
清水滲透性 (LMH/bar)	1110		
設計通量 (LMH)	30 - 40		
操作方式	鬆弛		
懸浮固體物濃度 (g/l)			
薄膜洗淨	6-12個月		



中空纖維模組公司



公司	GE-Zenon	Mitsubishi-Rayon		USFilter
國家	加拿大	日本		美國
廠牌/模組	ZeeWeed ZW500d	Sterapore SUR	Sterapore SADF	
薄膜型態	中空纖維	中空纖維		中空纖維
薄膜型式	沉浸式	沉浸式		沉浸式
高分子材質	改質PVDF	改質PE	改質PVDF	PVDF
薄膜性質				
孔徑大小(μm)	0.04	0.4	0.4	0.1
親水性	中等	中等	中等	
纖維直徑 (ID/OD) (mm)	0.8/1.9	0.37/0.54	1.1/2.8	
氯氣阻抗	高(1000ppm)	-	高	
pH 容忍範圍	2.0-10.5	1-13	1-10	
操作溫度(°C)	40	0-40	0-40	
纖維間距(mm)	3	1.7	2.9	-
洗淨程序	上浮空氣氣泡 鬆弛 脈衝式反沖洗	每周洗淨 3-6個月加強洗淨一次		上浮空氣氣泡 反向脈衝



中空纖維模組公司



公司	GE-Zenon	Mitsubishi-Rayon		USFilter
國家	加拿大	日本		美國
廠牌/模組	ZeeWeed ZW500d	Sterapore SUR	Sterapore SADF	
模組/元件特性				
薄膜配置	直立	水平	直立	
薄膜數量				
模組尺寸(mm) (高/寬/深)	2198/844/49	1483 /606/886	2000 /1250/30	
薄膜面積 (m ²)	31.6	105	25	9.3
最大透膜壓力,(過濾/ 反洗) (bar)	0.55/-	0.1-0.4		
模組密度 (m ² /m ³)	300	485, 131	333, 71	-
清水滲透性(LMH/bar)				
設計通量 (LMH)	10-20	10 -20		
懸浮固體物濃度(g/l)	8-10			
操作方式	每過濾5-10 分鐘釋壓以及脈衝 式反沖洗	過濾9-13分鐘 釋壓2-3分鐘及反沖洗		
曝氣系統	週期性曝氣			
洗淨程序	上浮空氣氣泡 鬆弛 脈衝式反沖洗	每周洗淨 3-6個月加強洗淨一次		上浮空氣氣泡 反向脈衝





Part 3-MBR節水案例說明

- ◆ Characteristics and effects of soluble microbial products in the effluent of **membrane bioreactors**
 - TFT-LCD industry wastewater (TFT-LCD), Domestic wastewater (DW), wool processing industry wastewater (WPI).



Outline

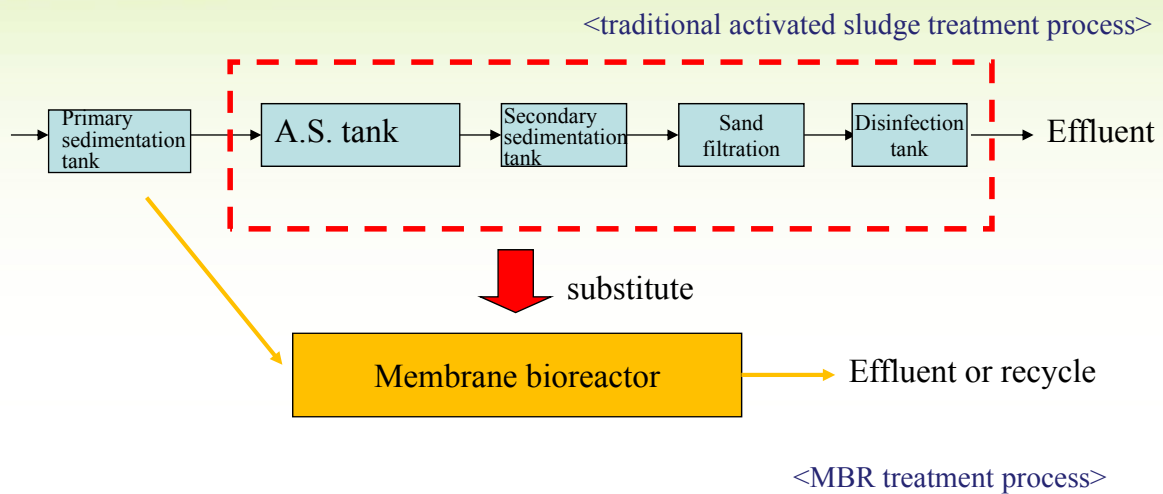


- ▶ **The definition of SMP (soluble microbial products)**
- ▶ **Objective**
- ▶ **Wastewater pre-treatment system and characteristics**
- ▶ **The calculation of SMP content**
- ▶ **Results and Discussion**
 - ▶ the characteristics of raw wastewater
 - ▶ wastewater properties in the MBR reactor
 - ▶ the SMP composition after the treatment of MBR
 - ▶ Wastewater properties of the permeate from UF membrane filtered with MBR effluent



Introduction

1. Membrane Bioreactor System(MBR)



Wastewater treatment flow chart for A.S. and MBR processes



The definition of SMP :

The pool of organic compounds that are released into the solution from substrate metabolism (usually with biomass growth) and biomass decay during the complete mineralization of simple substrate. (Noguera *et al.*, 1994 ; Rittmann *et al.*, 2001)

SMP are broadly classified substrate metabolism and biomass as part of cell decay.

Two subcategories of SMP:

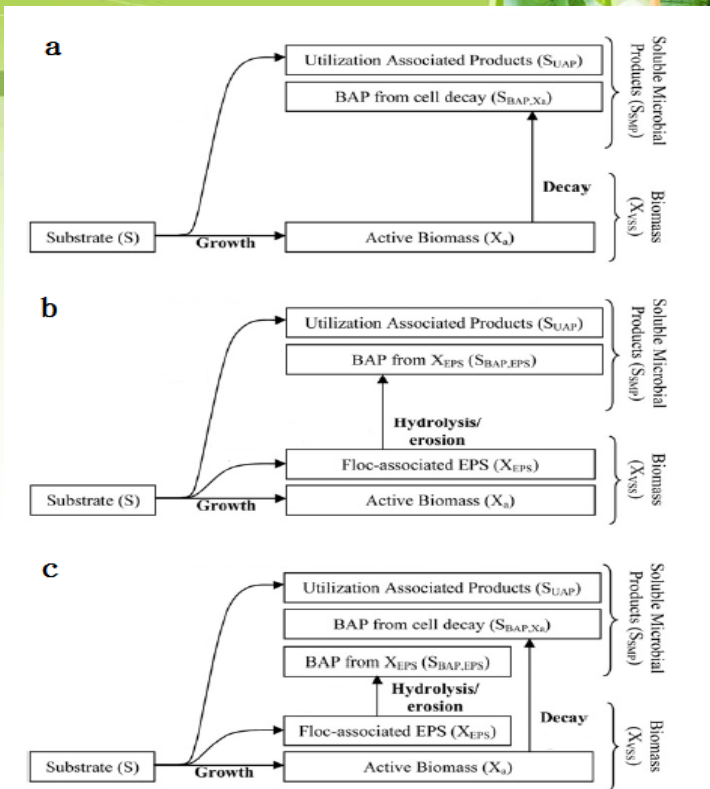
(1)UAP (substrate-utilization-associated products) are produced directly during substrate metabolism, including intermediate and final products.

(2)BAP (biomass-associated products) are formed directly from biomass, presumably as part of maintenance and decay, such as humic and fulvic acids, and organic acids. BAP comprise of nucleic acids, proteins, carbohydrate, lipids, amino acids, and vitamins.

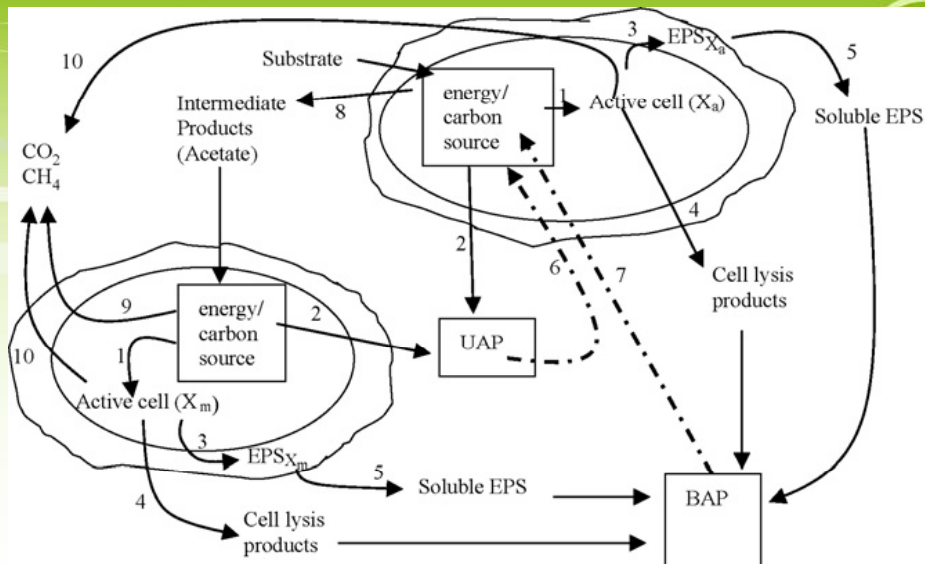


The formation pattern of SMP

The diagram description about SMP formation pattern in
 (a) de Silva and Rittmann, 2000
 (b) Lapidou and Rittmann, 2002
 (c) Aquino and Stuckey, 2008




(Menniti and Morgenroth, 2010)



- 1 - biomass synthesis
- 2 - UAP formation
- 3 - formation of bound EPS (EPS_{X_a} and EPS_{X_m})
- 4 - formation of BAP through cell lysis
- 5 - formation of soluble EPS (part of BAP) via hydrolysis/shear of bound EPS
- 6 - degradation of UAP by acidogenic/acetogenic bacteria
- 7 - degradation of BAP by acidogenic/acetogenic bacteria
- 8 - formation of intermediate products (acetate as the main intermediate)
- 9 - formation of methanogenic end products
- 10 - biomass endogenous decay (maintainance, autooxidation)





SMP comprise a wide range of high and low molecular weight, such as polysaccharides, humic and fulvic acids, proteins, nucleic acids, enzymes and structural compounds of cells and products of energy metabolism. However, the major of compounds are carbohydrate and proteins.

The major composition of effluent COD in wastewater treated by biological treatment process is SMP.

The accumulation of SMP has been shown to adversely affect membrane flux, metabolic activity of activated sludge, and nitrification.

The limitation of water resources has lead to demands for the development of alternative water resource. Currently, the interest in wastewater reuse in various parts of the world has promoted the development of wastewater and secondary effluent treatment technologies.



- 
- The objective of this Topic:

Introduce wastewater properties sampling from biological treatment processes in three kinds of industrial or domestic wastewater.

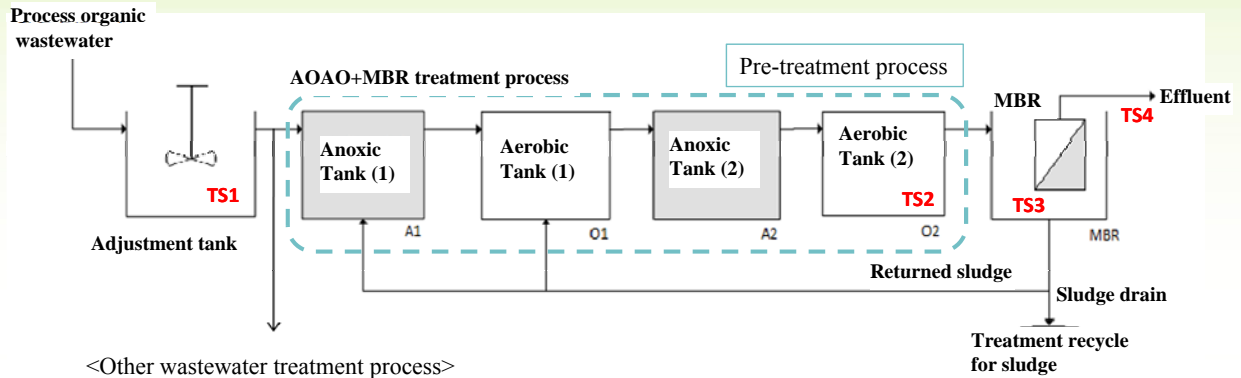
Analyze the characteristics and some organic index of water quality in effluent treated by MBR process.

SMP composition and contents in effluent treated by MBR process.



Wastewater pre-treatment system and characteristics

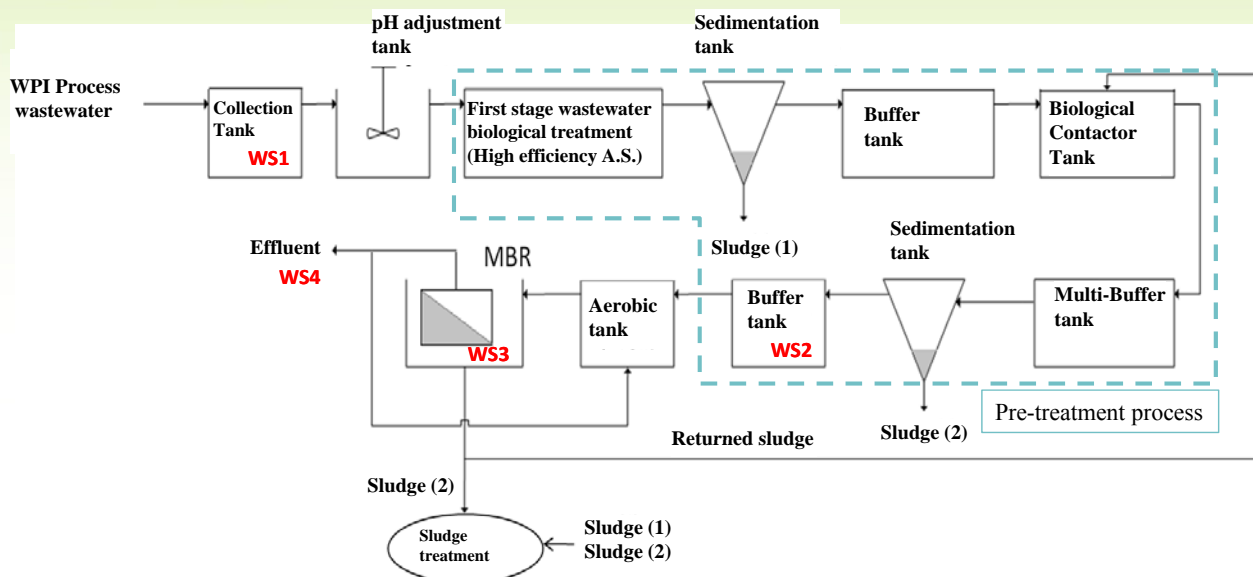
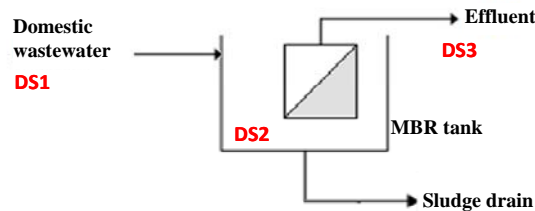
- Wastewater source: TFT-LCD industry wastewater (TFT-LCD), Domestic wastewater (DW), wool processing industry wastewater (WPI).



Treatment flow chart of AOA + MBR for TFT-LCD organic wastewater



Domestic Wastewater treated by MBR system



Treatment flow chart for Wool Processing Industry wastewater decomposed by biological treatment process



• Analysis items of sampling

analysis item sampling	Water quality	Organic compounds analysis	SMP analysis of composition		
			Total carbohydrate concentration	total protein content analysis	EEM analysis
Raw wastewater	V	V			
MBR influent	V	V	V	V	
In MBR	V	V	V	V	V
MBR effluent	V	V	V	V	V

- (1) Water quality: pH、DO、SS、VSS
- (2) Organic compounds analysis: SCOD, DOC, UV254, SUVA, molecular weight.
- (3) SMP analysis of composition: Total carbohydrate concentration, total protein content analysis, EEM analysis.



UV254 absorbance indicates the concentration of organic compound with aromatic groupings or unsaturated bonds.

SUVA (specific ultraviolet absorption) is an indicator of the humic content of water.

$$\text{SUVA (L/mg-m)} = 100 \text{ (cm/m)} [\text{UV254 (m}^{-1}\text{)}/\text{DOC mg/L}]$$

SUVA values of **less than about 3 L/mg-m** signify a water containing mostly non-humic material.

SUVA values of **4 to 5 L/mg-m** are typical of waters containing **primarily hydrophobic humic material** and the property is similar with nature organic compound (NOM) (Edzwald and Van Benschoten, 1990).

SUVA	Composition
< 2	Mostly Non-Humics Low Hydrophobicity Low molecular weight
2 - 4	Mixture of Aquatic Humic and other NOM Mixture of Hydrophobic and Hydrophilic NOM
> 4	Mixture of Molecular Weights Mostly Aquatic Humics High Hydrophobicity High Molecular weight

Source: Taken from Edzwald and Tobiasson, 1999.

Theory molecule weight ratio

$$\text{O}_2/\text{C} = 32/12 = 2.66$$

If the SCOD/DOC value is higher than the theory value 2.66, it means wastewater comprised more non-carbon organic material.

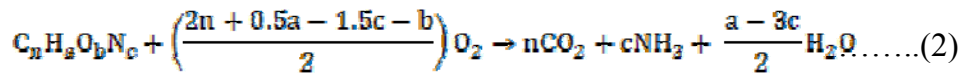


▶ The calculation of SMP content(1)



$SCOD_{SMP} = [\text{conversion factors from carbohydrate as COD} * \text{carbohydrate concentration} + \text{conversion factors from proteins as COD} * \text{protein content}] \dots\dots(1)$

(Jiang et al., 2008)



$$COD' / \text{Weight} = \frac{(2n + 0.5a - 1.5c - b)16}{12n + a + 16b + 14c} \dots\dots(3)$$

(Rittmann & McCarty, 2001)



▶ The calculation of SMP content (2)



Bradford method to analyze protein concentration:
assuming a stoichiometric conversion factor of 1.5 which was derived from the typical formula of proteins ($C_{16}H_{24}O_5N_4$)

Phenol-sulfuric acid method to analyze carbohydrate concentration:

assuming a stoichiometric conversion factor of 1.07 which was derived from the typical formula of glucose ($C_6H_{12}O_6$)

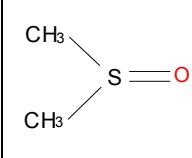
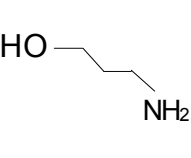
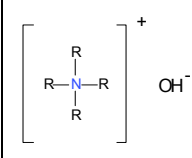
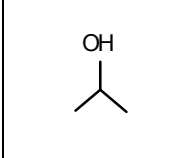
(Aquino & Stuckey, 2004)

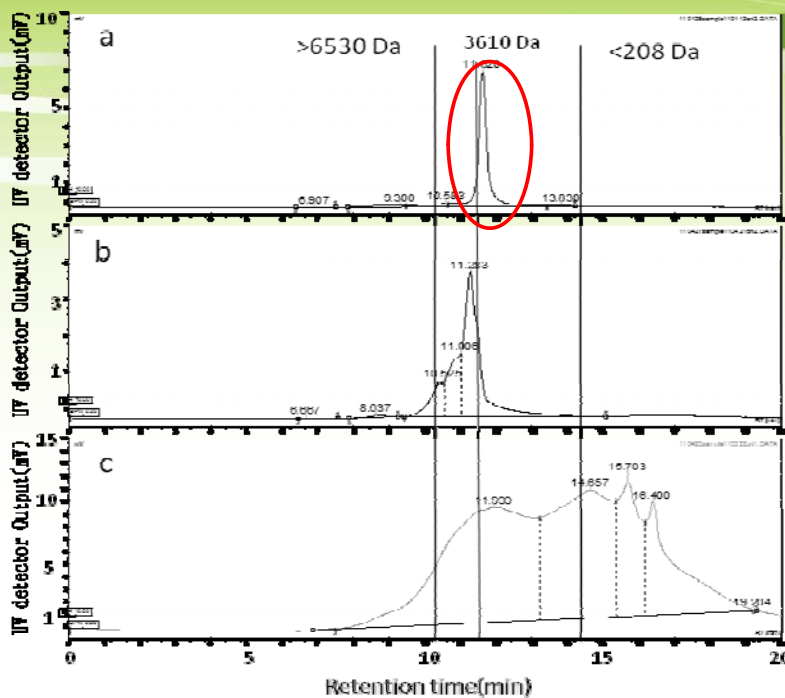
$$SCOD_{SMP} = [1.07 * \text{carbohydrate concentration} + 1.5 * \text{protein content}] \dots(4)$$

$$DOC_{SMP} = [0.4 * \text{carbohydrate concentration} + 0.545 * \text{protein content}] \dots(5)$$



Result and Discussion (1) - the characteristics of raw wastewater

	TFT-LCD		DW		WPI	
	AVE	Range	AVE	Range	AVE	Range
pH	8.59	7.74-9.60	7.77	7.64-7.91	<u>2.09</u>	1.99-2.30
DO (mg/L)	6.9	5.2-7.9	3.8	2.6-5.5	6.9	6.6-7.2
S _T (mg/L)	Name	Dimethyl sulfoxide (DMSO, (CH ₃) ₂ SO)	Monoethanolamine (MEA, C ₂ H ₅ ONH ₂)	Tetramethylammonium Hydroxide (TMAH, (CH ₃) ₄ NOH)	Isopropyl Alcohol (IPA, CH ₃ CHOHCH ₃)	
	Molecular structure					
DC (mg/L)	384.7	322.8-494.5	29.5	20.0-32.7	882.1	010.5-1171.0
SCOD/DOC	3.49	2.75-4.62	4.66	4.45-4.86	<u>2.81</u>	2.44-3.15
UV254 (1/cm)	<u>0.097</u>	0.052-0.204	0.146	0.128-0.167	<u>2.000</u>	1.341-3.067
SUVA (L/mg-m)	0.024	0.016-0.041	0.507	0.391-0.629	0.240	0.115-0.366



Presume organic wastewater contained high concentration N-compound, such as DMSO or MEA.

Molecular weight (MW) distribution of raw wastewater in (a)TFT-LCD (b)DW (c)WPI

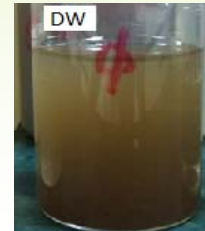


Result and Discussion (2) - wastewater properties in the MBR reactor



The wastewater characteristics in three types of MBR

	TFT-LCD	DW	WPI
Q_{in} (CMD)	4000	0.0144	300
V(m ³)	444	0.02	200
SRT(days)	60	30	20-30
membrane pore size(μm)	<u>0.04</u>	<u>0.22</u>	<u>0.4</u>
VSS/SS	0.90	0.76	0.73
F/M (gSCOD/gVSS d)	<u>0.24</u>	<u>0.15</u>	<u>0.09</u>



Sludge sampling from MBR tank



Result and Discussion (2) - The characteristics of DW wastewater treated by MBR



	MBR Influent		In MBR		MBR Effluent	
	Ave.	Range	Ave.	Range	Ave.	Range
pH	7.77	7.64-7.91	7.14	6.2		
DO(mg/L)	3.8	2.6-5.5	4.4	3.		
SS(mg/L)	94	81-101	885	764		
VSS(mg/L)	76	70-87	672	598-736	1	0-3
SCOD(mg/L)	136	127-152	70	65-76	24	19-29
DOC(mg/L)	29.3	26.6-32.7	18.7	17.9-19.7	10.1	8.6-10.9
SCOD/DOC	4.66	4.45-4.86	3.72	3.60-3.86	2.38	2.20-2.65
UV254(1/cm)	<u>0.146</u>	0.128-0.167	0.143	0.136-0.150	<u>0.139</u>	0.132-0.148
SUVA(L/mg-m)	0.507	0.391-0.629	0.763	0.756-0.776	<u>1.392</u>	1.292-1.526

MBR reactor
HRT:33.3 hours
SRT: 30 days
F/M: 0.15 gSCOD/gVSS.d
Pore size: 0.22 μm



Result and Discussion (2) - The characteristics of TFT-LCD wastewater treated by MBR

	MBR Influent		In MBR		MBR Effluent	
	AVE	Range	AVE	Range	AVE	Range
pH	7.47	7.38-7.57	7.58	7.49-7.66	7.74	7.60-7.88
DO(mg/L)	1.1	0.4-2.8	0.4			
SS(mg/L)	9260	8375-9856	11966	91		
VSS(mg/L)	8370	7060-9097	10790	8442-12093	-	-
SCOD(mg/L)	286	230-350	233	179-282	15	10-26
DOC(mg/L)	69.4	51.2-79.2	64.7	56.0-77.2	8.7	5.2-15.7
SCOD/DOC	4.15	3.03-4.64	3.58	3.20-4.16	1.80	1.60-1.99
UV254(1/cm)	0.120	0.081-0.192	0.128	0.094-0.199	0.075	0.040-0.155
SUVA(L/mg-m)	0.176	0.107-0.269	0.198	0.150-0.302	0.819	0.726-0.987

萬能科技大學

股份有限公司教育講習

Result and Discussion (2) - The characteristics of WPI wastewater treated by MBR

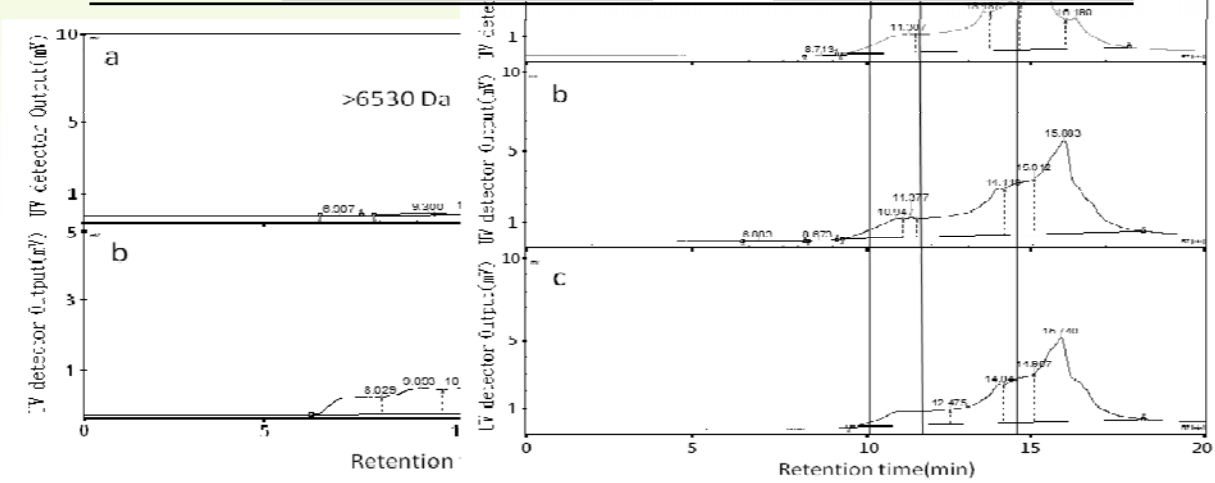
	MBR Influent		In MBR		MBR Effluent	
	AVE	Range	AVE	Range	AVE	Range
pH	7.70	7.56-7.90	6.21	5		3
DO(mg/L)	6.3	5.8-6.7	3.8			
SS(mg/L)	31	26-35	5868	42		
VSS(mg/L)	21	17-25	4265	3086-5571	4	1-9
SCOD(mg/L)	251	210-286	168	120-206	103	68-125
DOC(mg/L)	61.3	35.9-83.8	64.1	49.0-79.5	26.5	16.9-35.7
SCOD/DOC	4.35	3.41-5.84	2.63	2.23-2.96	3.95	3.50-4.43
UV254(1/cm)	0.502	0.378-0.609	0.480	0.323-0.621	0.407	0.261-0.535
SUVA(L/mg-m)	0.910	0.451-1.362	0.764	0.602-1.056	1.575	1.268-1.986

萬能科技大學

股份有限公司教育講習

Organics removal efficiencies at pre-treatment process for three kinds of wastewaters

items	Removal efficiency (%)		
	TFT-LCD	DW	WPI
SCOD	78.43(1324→286mg/L)	-	89.65(2423→251 mg/L)
DOC	81.97(384.7→69.4 mg/L)	-	93.05(882.1→61.3 mg/L)
UV254	-23.51(0.097→0.120 cm ⁻¹)	-	74.92(2.000→0.502cm ⁻¹)



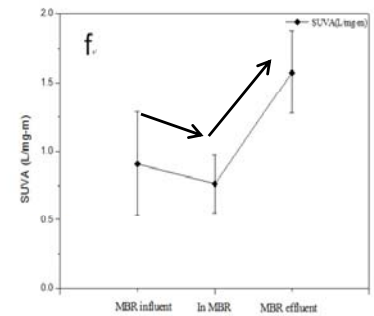
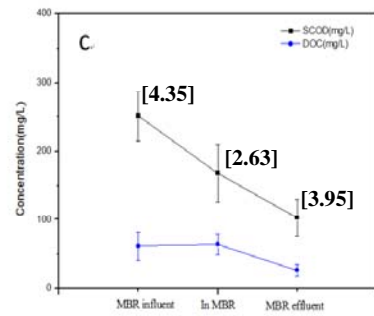
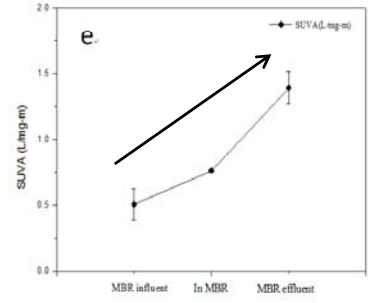
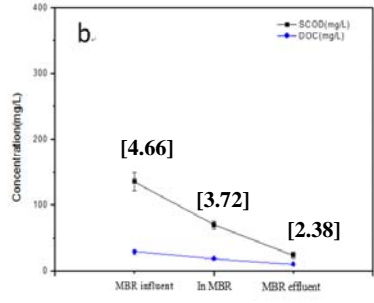
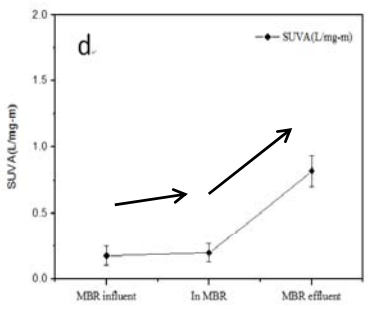
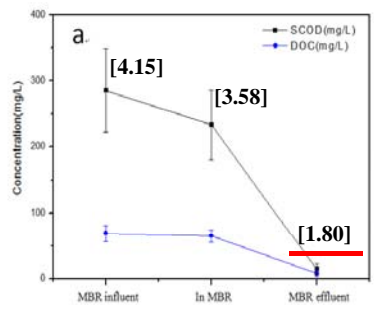
MW distribution after pre-treatment process for (i)TFT-LCD (ii)WPI



The variation on the concentration ratio of SCOD to DOC at the influent, the reactor or MBR effluent for (a)TFT-LCD (b)DW (c)WPI.

The variation of SUVA at the influent, the reactor or MBR effluent for (d)TFT-LCD (e)DW (f)WPI

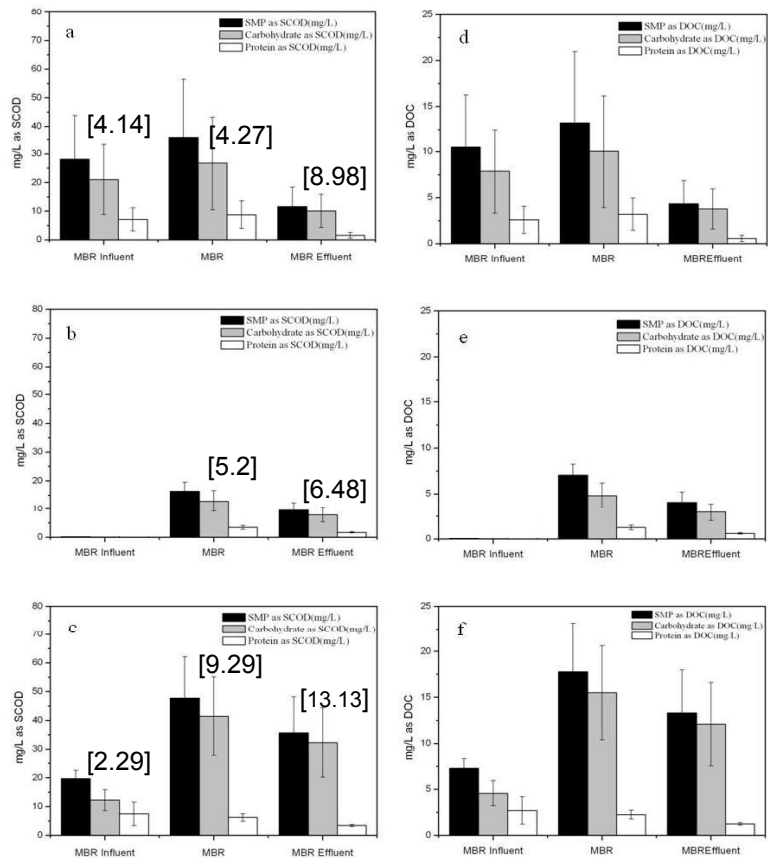
[] : SCOD/DOC concentration ratio



Result and Discussion (3) - the SMP composition after the treatment of MBR

The contents of carbohydrate and protein in SMP composition within the different treated wastewater of MBR treatment processes for (a) TFT-LCD (b) DW (c) WPI, expressed as SCOD to substitute for the SMP concentration, and for (d) TFT-LCD (e) DW (f) WPI, expressed as DOC to substitute for the SMP concentration

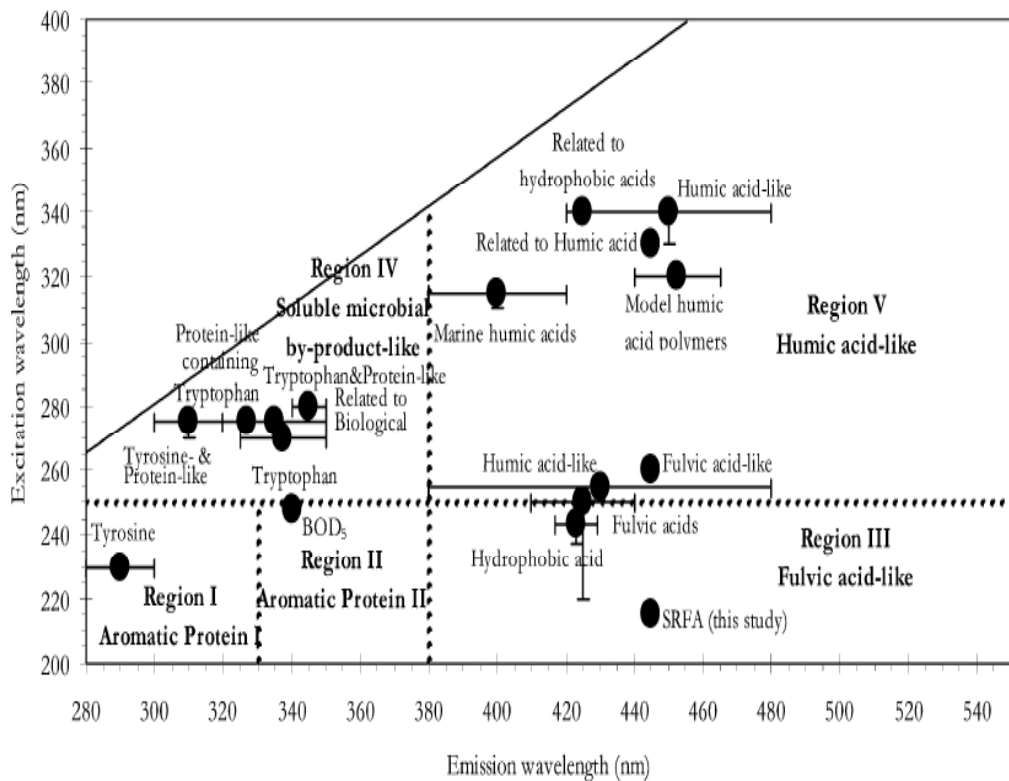
[] : the concentration ratio of carbohydrate/protein, C/N



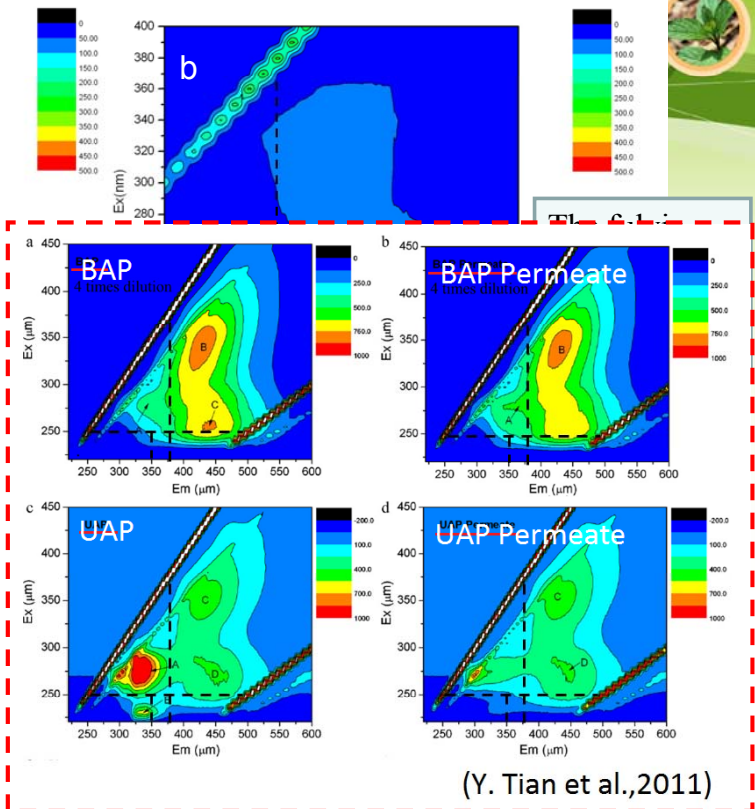
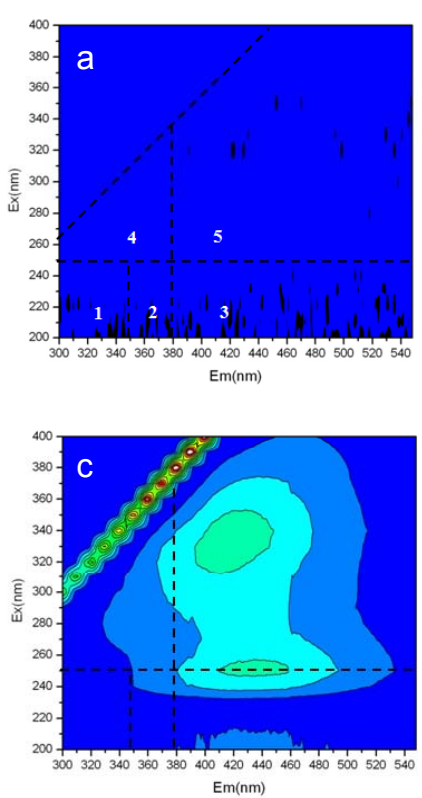
The concentration ratio of SMP to total SCOD or total DOC

	MBR Influent		MBR		MBR Effluent	
	AVE	Range	AVE	Range	AVE	Range
TFT-LCD	SCOD _{SMP} /SCOD (%)	9.43 (7.07~14.26)	14.62 (10.16~23.08)	75.57	52.13~87.41	
	DOC _{SMP} /DOC (%)	14.83 (7.94~23.42)	19.61 (12.43~31.28)	58.01	50.67~64.00	
DW	SCOD _{SMP} /SCOD (%)	-	23.42 (20.41~26.20)	39.63	35.34~43.80	
	DOC _{SMP} /DOC (%)	-	37.59 (33.53~42.70)	40.41	34.41~49.09	
WPI	SCOD _{SMP} /SCOD (%)	7.94 (6.28~8.76)	28.42 (23.43~33.92)	34.35	30.41~40.88	
	DOC _{SMP} /DOC (%)	12.97 (7.99~18.80)	28.01 (27.20~37.37)	50.40	43.58~58.78	





Fluorescence Excitation-Emission Matrix (EEM) defined excitation and emission wavelength boundaries (dashed lines) for five EEM regions. (Chen *et al.*, 2003)



(Y. Tian *et al.*, 2011)

EEM fluorescence spectroscopy of the effluent for MBR treatment at (a) blank (b) TFT-LCD (c) DW (d) WPI



Result and Discussion (4) – Wastewater properties of the permeate from UF membrane filtered with MBR effluent

Wastewater properties of the permeate from UF membrane filtered with effluent MBR

	TFT-LCD		DW		WPI	
	MBR Effluent	UF Effluent (ave)	MBR Effluent	UF Effluent (ave)	MBR Effluent	UF Effluent (ave)
p H	7.87	8.01	7.54	7.76	7.64	7.68
DO(mg/L)	6.0	7.7	6.0	6.3	6.2	6.5
SCOD(mg/L)	10	7	33	24	73	57
DOC(mg/L)	5.2	4.8	12.6	9.6	20.3	15.0
UV254(1/cm)	0.040	0.033	0.151	0.118	0.417	0.376
SUVA(L/mg-m)	0.763	0.701	1.198	1.226	1.252	1.539
SCOD/DOC	1.99	1.44	2.62	2.51	3.60	3.78



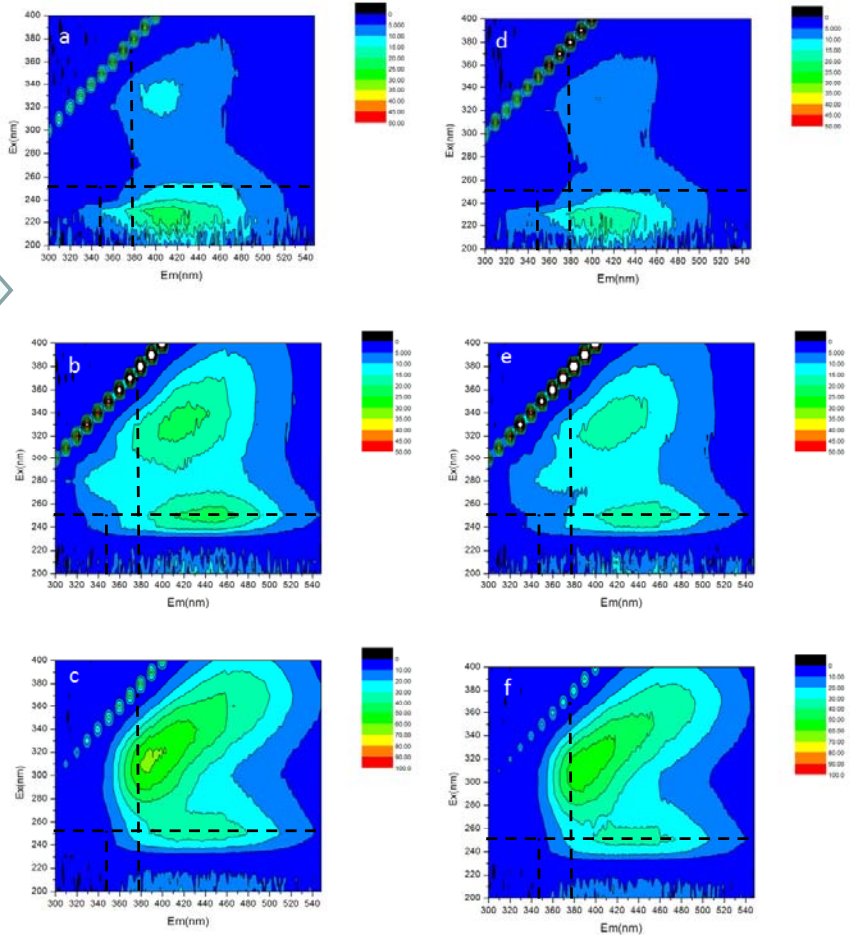
The SMP content and the ratio of SMP to the concentration of organics at the MBR effluent and UF permeate

	TFT-LCD		DW		WPI	
	MBR Effluent	UF Effluent (ave)	MBR Effluent	UF Effluent (ave)	MBR Effluent	UF Effluent (ave)
Carbohydrate (mg/L)	6.39	5.00	13.53	9.93	18.45	13.70
Protein (mg/L)	0.97	0.73	1.64	ND	2.45	1.38
SCOD _{SMP} (mg/L)	8.29	6.44	16.94	10.62	23.42	16.73
DOC _{SMP} (mg/L)	3.08	2.40	6.31	3.97	8.72	6.23
SCOD _{SMP} /SCOD (%)	80.27	94.26	51.32	44.26	32.08	29.61
DOC _{SMP} /DOC (%)	59.32	50.44	50.05	41.58	42.93	41.69

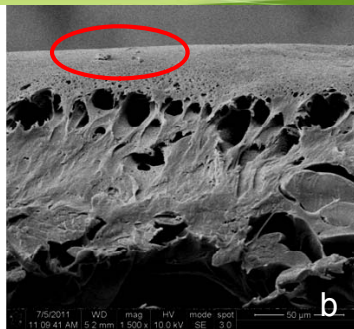
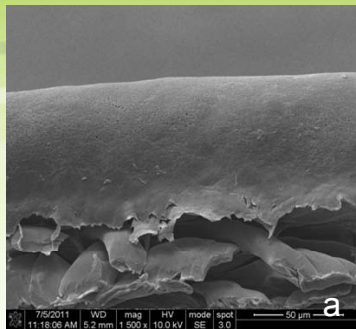


Although the removal efficiency of organic acids is poor for the filtration of UF membrane, the proteins has significantly removed.

EEM fluorescence spectroscopy for both of the MBR effluent and UF permeate at (a) TFT-LCD (b) DW (c) WPI and (d) TFT-LCD (e) DW (f) WPI, respectively.

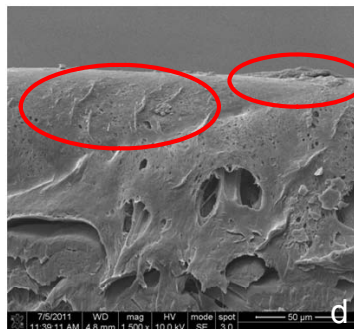
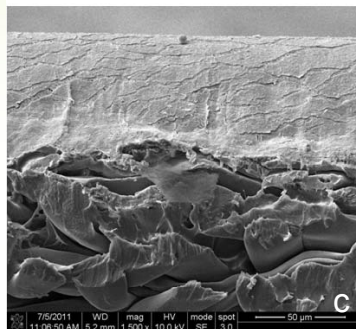


Original membrane has the consistency of pore size.



Scaling on the membrane surface

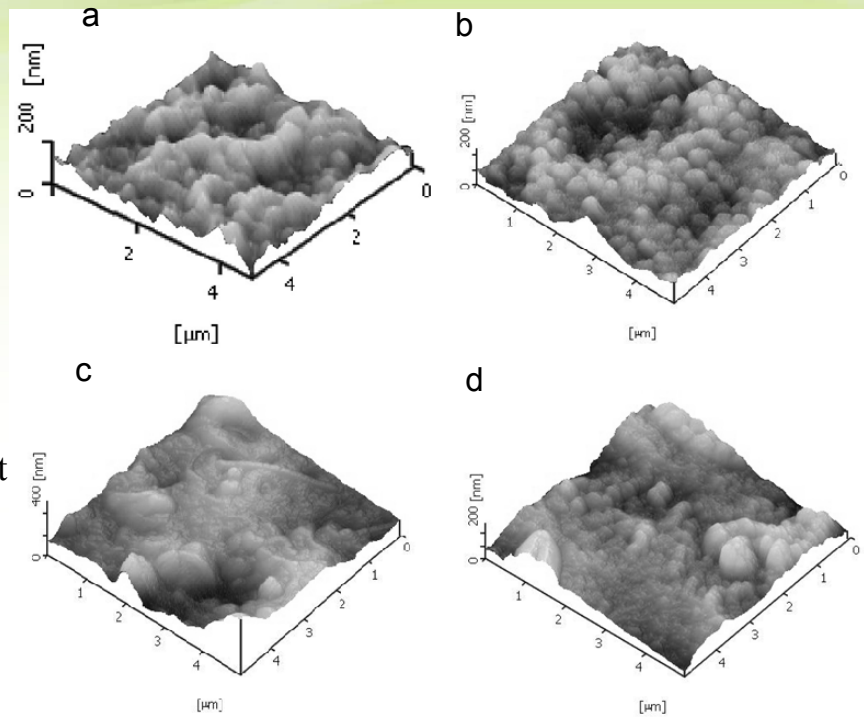
Significant scaling on the membrane surface



Scaling on the membrane surface and the pore size decrease

SEM photograph on the cross-section of UF membrane filtrated the MBR effluent for (a)blank(b)TFT-LCD (c)DW(d)WPI





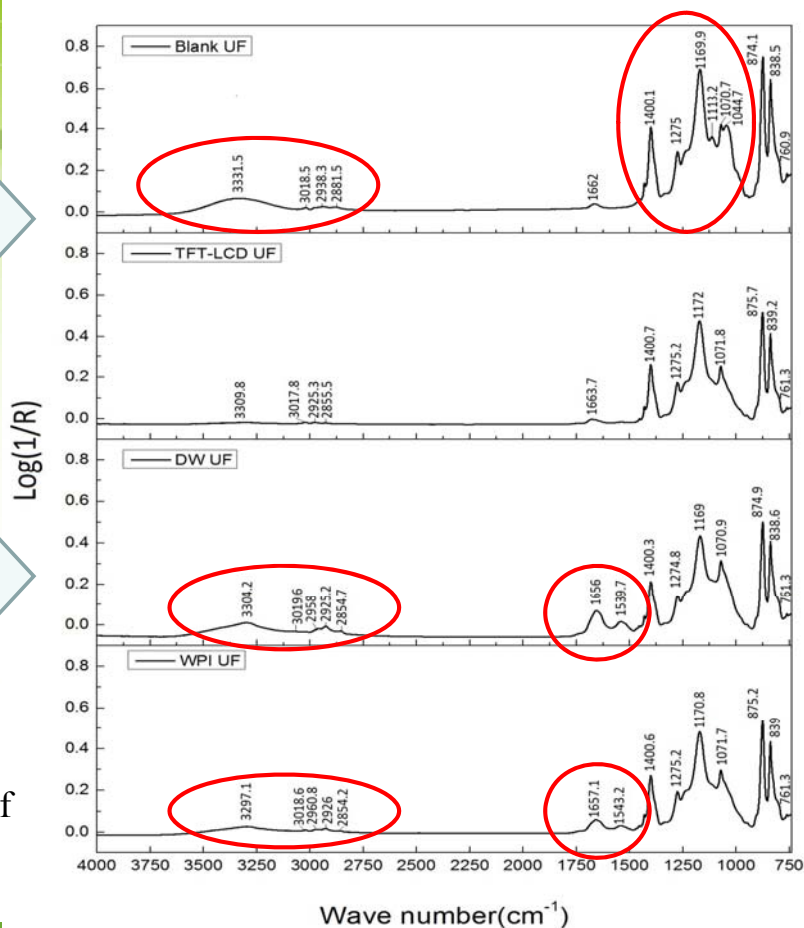
AFM spectroscopy on the surface of UF membrane at
 (a) blank ($R_a=77.88\text{nm}$)
 (b) TFT-LCD ($R_a=22.44\text{nm}$)
 (c) DW ($R_a=38.93\text{nm}$)
 (d) WPI ($R_a=30.26\text{nm}$)

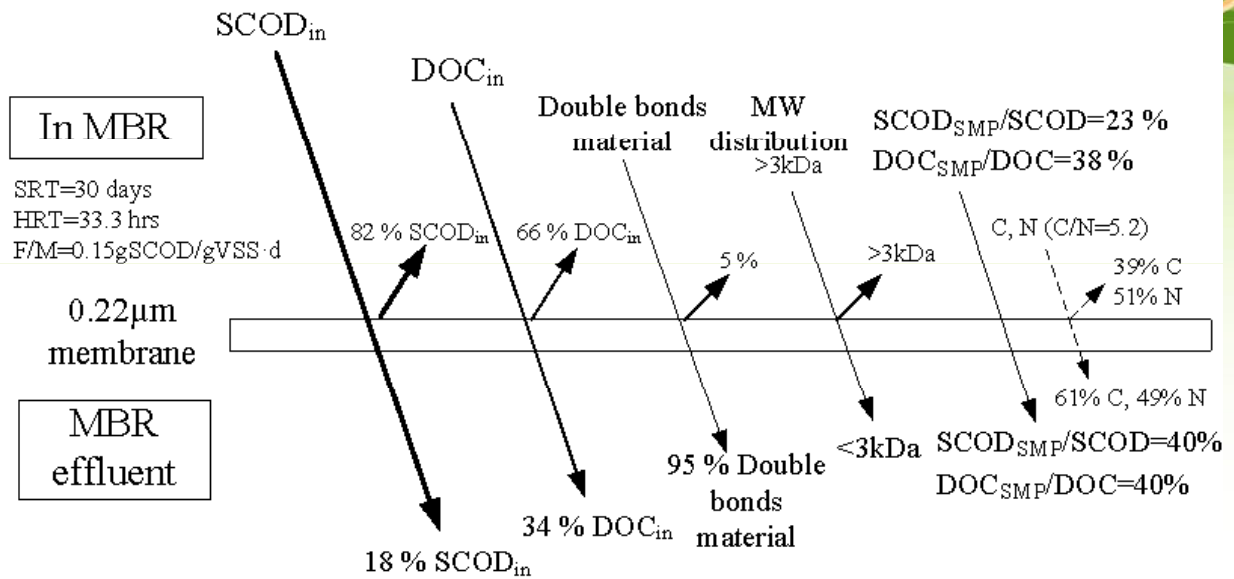


The peak intensity of function group on C-F and O-H bonds are became weak after the filtration with UF membrane treated the effluent of MBR

The peak intensity of C=C, O-H, and C-H bonds are increased at DW and WPI treatment processes, that is, there has a protein or acid matters.

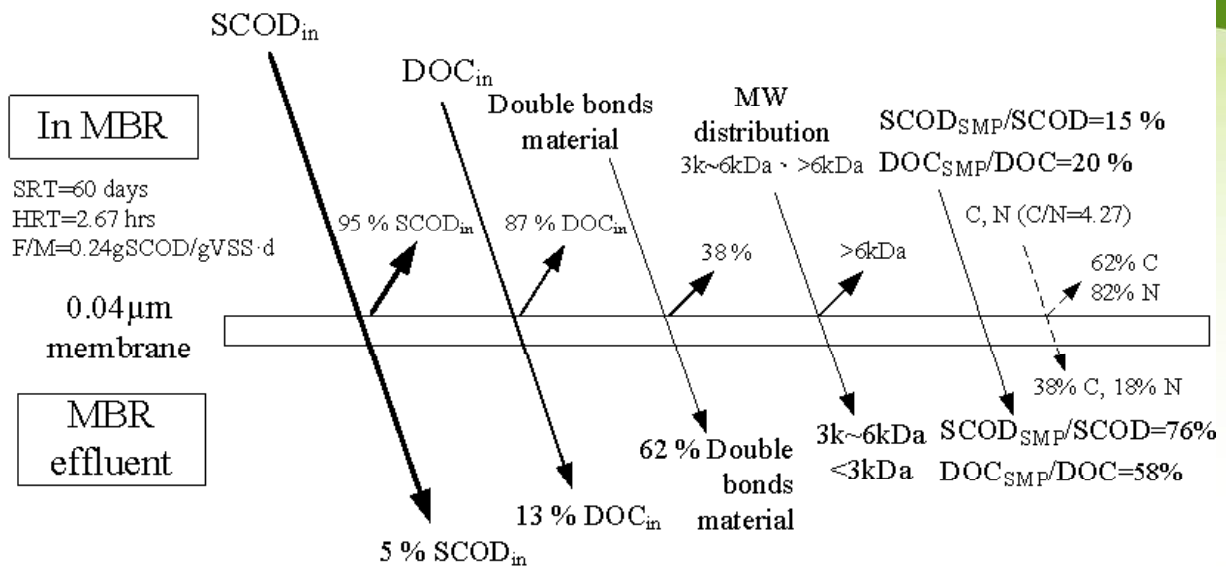
ATR-FTIR spectroscopy of UF membrane filtrated the effluent of MBR





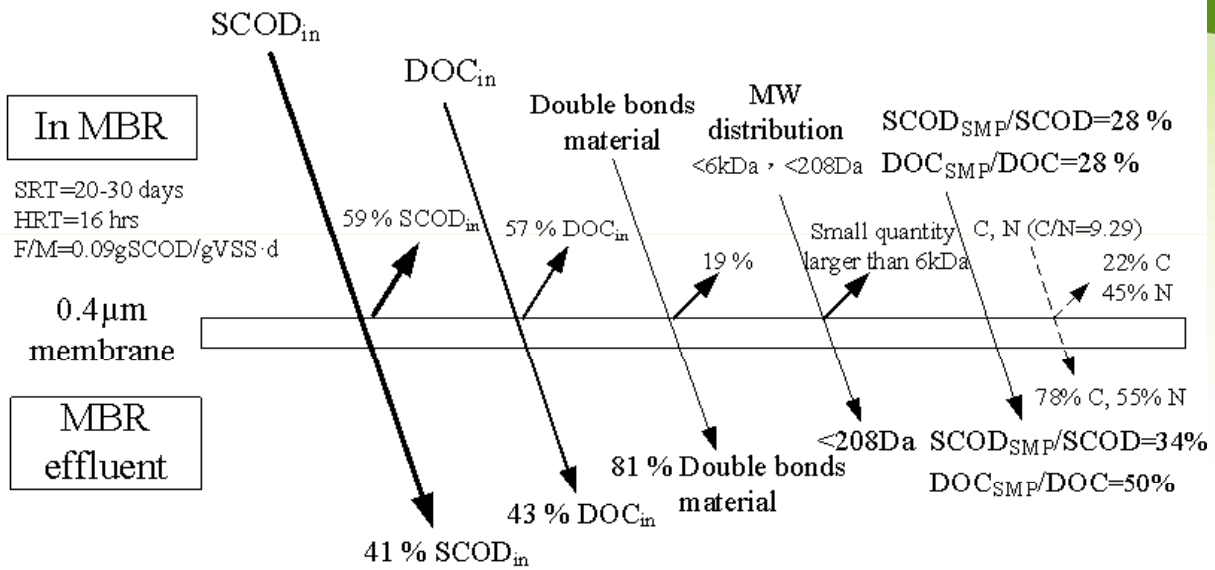
MBR effluent:

1. The weight component of carbohydrate is more than that in MBR, that is, the protein matter is easily clogged on membrane.
2. The ratio of SCOD_{SMP}/SCOD and DOC_{SMP}/DOC is increased. This is caused from the removal of protein is more than that of carbohydrate.
3. The intensity of humic acid on EEM spectroscopy is also high.



Relationships between the possible TFT-LCD removal mechanisms and the water quality for both the MBR reactor and MBR effluent.





Relationships between the possible WPI removal mechanisms and the water quality for both the MBR reactor and MBR effluent.



Conclusions



- TFT-LCD is a high nitrogen-contained wastewater. Owing to the substrate is sufficient and the activity of microorganism is high, the major content of SMP should be UAP estimated from the analysis of water quality, organic compounds, SMP composition and EEM.
- DW wastewater property is a biodegradable wastewater, thereafter, the content and the variation of SMP produced from MBR biological treatment is low. The microorganism metabolism products in MBR effluent was characterized with EEM fluorescence is humic material. Those SMP may infer from the comparison of literature is BAP.
- WPI is a refractory wastewater treated with three stage of microorganism pre-treatment processes, thereafter, the substrate in the influent of MBR is refractory and non-sufficient resulting in produced a lot of BAP from the microorganism endogenous degradation. The metabolism products in MBR effluent was characterized with EEM fluorescence is humic material.





- Co-Researchers：曾迪華¹、陳依旻¹、游勝傑²、林獻銘³
- Institution:
 - ¹ 國立中央大學環境工程研究所
 - ² 中原大學生物環境工程系
 - ³ 吉麒科技股份有限公司



簡報完畢
敬請指教

