

石化/化工業二級生物放流水回收效能 與經濟性評估



報告人: 倪辰華 博士/環工技師

ECOD
數字科技顧問有限公司
ECO-DIGITAL TECHNOLOGY INC.

www.ecod.com.tw

倪辰華 博士/環工技師

學歷/

- 國立交通大學環境工程研究所博士
- 國立成功大學化學工程學士

工作經歷/

- 逢甲大學環境工程與科學學系兼任助理教授
- 嘉南藥理大學薄膜應用與生物環境工程實驗室(MABEEL)指導教授
- 環鼎國際股份有限公司副總經理
- 亞炬企業股份有限公司副總經理
- 數字科技顧問有限公司總經理
- 士林電機能源環境事業處技術顧問(2008~2011)
- 經濟部“老舊工業區產業用水效率提升輔導計畫”顧問(2010)
- 經濟部工業局“水及廢水高級處理實務技術講習班”講師(2005)
- 經濟部工業局環境輔導計劃講師(2003)
- 工研院“高效能廢水處理技術推廣聯盟技術講習會”講師(2003)
- 綠太環境科技股份有限公司副總經理/總經理(2000~2008)
- 綠太環境工程技師事務所主任技師/總工程師(1996~2008)



專長/

- 專長於厭氣、生物、薄膜、吸附、高級氧化技術流程整合、規劃、設計、建造、試車、運轉操作。
- 台灣工業廢(污)水處理與回收技術整合的領先者，水/廢水處理回收再利用工程實務經驗25年以上。
- 台灣生物膜反應器(MBR)技術領導與先驅者。設計與執行建廠MBR/UF/RO廢(污)水處理回收工程實務超過20件，累積處理水量超過200,000噸/天。
- 放射性廢物(水)處理技術、過濾、吸附、薄膜、氧化等技術整合、規劃、設計、建造、試車、運轉操作。
- 國內外相關廢水處理與回收再利用、放射性廢物(水)處理技術與工程實務著作發表文章超過100篇以上。

簡報大綱

一、數字科技介紹

二、案例背景說明

三、現有廢水場處理流程

四、測試設備說明

- *SuperCycle-SMRS*模廠測試設備

五、結果與討論

- ✓ 二級放流水水質分析
- ✓ 各污染物去除效能分析
- ✓ 各單元操作穩定性分析
- ✓ 經濟效益性評估

六、結論



致力於全球環境的永續發展
Sustainable Development for Global Environment

ECOD

數字科技顧問有限公司
ECO-DIGITAL TECHNOLOGY INC.

關於數字科技(ECOD)



面臨新的世紀與地球環境問題考驗，**ECOD**將致力於產出「**適應全球環境問題**」與「**滿足客戶需求**」的環境友善產品，從而創造出「**環境貢獻產品**」之事業。

ECOD以「**綠色能源**」、「**水資源再利用**」、「**廢棄物處理與資源化**」與「**環境保護**」等為重點，積極研發與引進對環境友善與節能減碳綠能新技術(產品)。為地球、企業與人們帶來永續發展的前途。

Sustainable Development for Global Environment

www.ecod.com.tw

國際性技術合作 *International Cooperation*

ECOD透過**技術移轉**、**授權行銷**、**技術整合**，建立全球領導品牌技術與設備廠商供應鏈。提供高品質、高效能、綠能與環境友善最優良設備。

(1) 生物處理技術 (Biological Technology)



(2) 薄膜處理與回收技術 (Membrane Technology)



(3) 物化/氧化/過濾/蒸發/曝氣技術 (Other Technologies)



我們的客戶 Our Clients



EGI 以數十年「水」與「環境」永續發展技術的豐富經驗，提供減量、回收再用、節能與經濟有效的創新解決方案，人員參與實績遍及**煉油、化工、光電面板、半導體、太陽能、紡織等龍頭產業**，並獲得良好的口碑。為各產業龍頭提供全面性的技術整合服務，協助產業達成高效益的「水永續利用」。



台塑關係企業
FORMOSA PLASTICS GROUP



CCP 長春企業集團



AUO 友達光電
AU Optonics



Shin Kong Group



LARGA 大立光電



金車企業



南亞塑膠工業股份有限公司
NAN YA PLASTICS CORPORATION



CPT 中華映管股份有限公司
CHUNGHWA PICTURE TUBES, LTD.



Lealea Group
力麗集團



統一企業



SAI
SUPERALLOY



FORMOSA



台灣中油股份有限公司



SAS 中美矽晶製品股份有限公司
Sino-American Silicon Products Inc.



MXIC
旺宏電子



Daxon 達信科技

www.ecod.com.tw

7

我們人員的實績經驗 Our References



中華映管龍潭TFT-LCD 6代廠
廢水處理與回收



中華映管龍潭TFT-LCD 4.5代廠
廢水處理與回收



友達光電龍潭TFT-LCD 6代廠
廢水處理與回收



達信科技平鎮與南科廠
廢水處理與回收



長春石化彰濱廠廢水處理



中華映管陽梅廠廢水處理與回收



台塑石化麥寮廠高鹽MBR廢水處理



大立光電冷卻排水回收



中美矽晶宜蘭廠廢水處理



新光合纖觀音廠廢水處理



金車廠威士忌酒廠廢水處理



巧新工業雲林廠廢水回收

www.ecod.com.tw

8

國際專業單位的肯定

ECOD 於成立以來陸續參與超過數十項國內外重要的環保專業研討會議，發表自有技術的實務應用並獲得重要獎項，受到國內外專家一致的肯定。

● 重要獎項



2016,2017綠色技術與工程實務研討會特優論文獎
2019廢水處理技術研討會最佳論文獎

● 參與國際重要研討會



2019國際水協會(IWA)薄膜技術研討會, 法國



2016 國際除鹽協會(IDA)世界大會, 巴西



2019國際水協會(IWA)水回收研討會, 德國



主要核心技術

1. 水資源處理與再利用

● 水資源回收再利用

- ECO-MBR, SMF
薄膜生物反應系統
- ECO-SMF, PUF
微濾、超濾薄膜系統
- ECO-RO
逆滲透回收處理系統
- ECO-CeraMem
陶磁薄膜回收系統
- ECO-MD
薄膜蒸發回收系統



● 創新脫碳除氮技術

- ECO-UASB_{nitro}/ECNB
高效厭氧生物處理系統
- ECO-MBBR/CFIC
生物流動擔體處理系統
- ECO-AMBR
厭氧薄膜生物反應系統
- ECO-AmMox
氨氧化生物反應系統
- ECO-IBS
整合生物系統

● 高效與節能的方法設計

- ECO-Jet/ ECO-Mix
噴流曝氣系統攪拌設備
- ECO-Filter
線上自動清洗過濾器
- ECO-DiscFilter
轉盤過濾器
- ECO-CDS
有機物破壞分解系統

● 環境友善的工藝應用

- ECO-AOP
高級氧化處理技術
- ECO-UV
紫外線殺菌/氧化器
- ECO-Bio
生物科技控制技術
- ECO-DiscFilter
轉盤過濾器

ECOD 擁有堅強的自主核心技術，提供全面化且明確有效的整合技術服務，著重在：

- 「水資源回收再利用」
- 「高效脫碳除氮技術」
- 「高效節能方法設計」
- 「環境友善工藝應用」

協助產業達成永續發展的目的。

主要核心技術

2. 生質能源回收

- 從「廢棄物」到「能源」(From Waste to Energy)

ECOD 透過堅強的核心技術，將廢物(水)中的有機生質能源，藉由微生物作用，轉換成熱能、電能或可再利用的能源，是努力達成產業「循環經濟」，實踐環境永續發展的具體實踐方法與目標。

● 生質能源回收

- ECO-AD
厭氣消化處理系統
- ECO-UASBturbo/ECSB
高效率厭氣生物處理技術
- ECO- Biogas Clean
沼氣淨化處理系統
- ECO- DigesClean
沼液處理回收系統
- ECO- BioEnergy Recovery
生質燃料能源回收系統



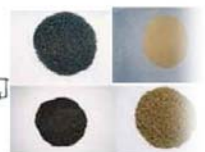
主要核心技術

3. 廢棄物減量與資源化

ECOD 的核心技術，可將廢物(液)中可回收的部分進行分離、濃縮或純化，轉化成再利用資源或能源，降低廢棄物的數量，減少對環境衝擊，實踐環境永續發展的目標。

● 廢棄物減量與資源化

- ECO-CeraMem
陶磁薄膜回收系統
- ECO- OilClear
油水分離回收系統
- ECO-DRY
污泥真空乾燥系統
- ECO-MD
薄膜蒸發回收系統
- ECO- BioEnergy Recovery
生質燃料能源回收系統



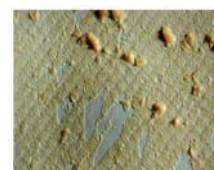
石化/化工業二級生物放流水回收效能 與經濟性評估



www.ecod.com.tw

1. 案例說明(1)

- 石化廠廢水回收的水源主要為冷卻水塔排水(Cooling Tower Blow-down; CTB)與製程生物二級處理放流水(Biological Secondary Effluent; BSE)。
- 國內石化業冷卻水塔排水成功回收的案例並不多，主要的原因是排水含有高硬度、高電導度、高鹼度、二氧化矽與磷酸鹽類，需要化學前處理，後續使用薄膜技術均需要大量添加抑垢與抑菌藥劑，導致操作成本過高而無有經濟效益。
- 生物二級放流水通常以有機成分為主，水中溶解性固體成分較單純，硬度與二氧化矽濃度較低。但若以二級放流水為回收水源，常因排入廢水化學物質變異，生物系統處理異常，污泥上浮流出，導致二級放流水含有大量生物懸浮物、微細生物污泥膠體(1~10 micron)與有機物，造成後段RO薄膜的堵塞
- 本研究中利用自行開發的ECO SuperCycle-SMRS 沉浸式微濾膜(SMF)與逆滲透(RO) 套裝化廢水回收系統，針對某石化產業二級生物放流廢水進行現場模型廠(Pilot Plant)測試進行可行性評估。
- 後續進行實廠回收(>1400CMD)規劃，進行實際二級生物放流水回收之經濟與效益性評估。

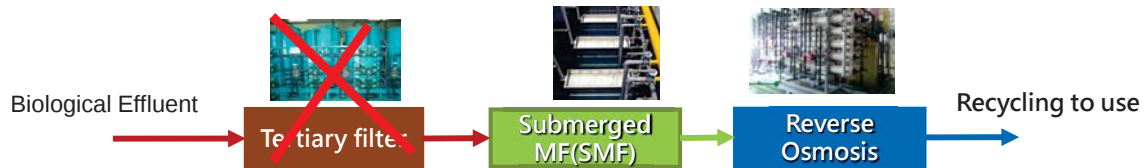


1. 案例說明(2)

● 傳統生物二級放流水回收流程



● 改良程序的優點



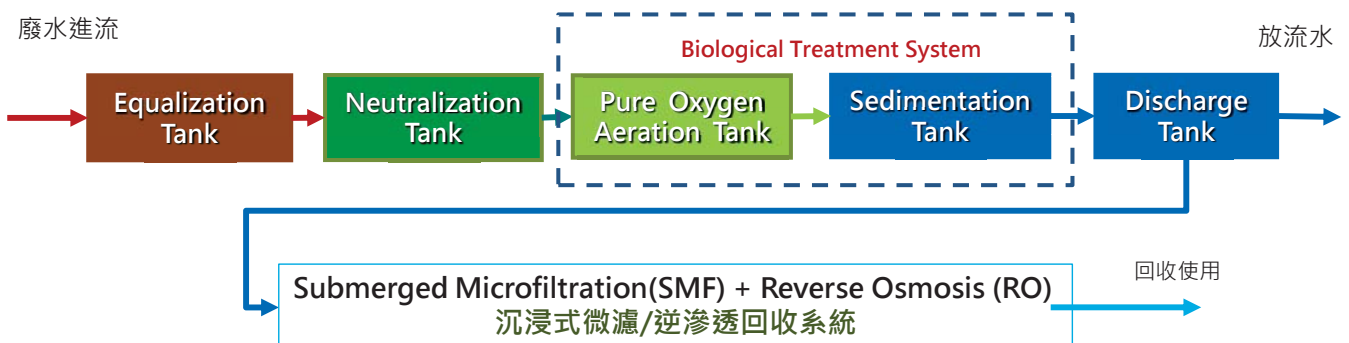
● 改良程序的優點

- ✓ 無需三級過濾設備，流程簡易。
- ✓ 沉浸式微濾膜(Submerged Microfiltration; SMF)至於開放水槽內操作，懸浮固體不易堆疊累積，對生物懸浮顆粒負荷(大於數百毫克/升)承受力高。
- ✓ 操作穩定性與回收率高 (> 95%)。
- ✓ 薄膜清洗頻率少、薄膜壽命長(SMF: >5年, RO: >3年)

2. 現有廢水場處理流程

• 廢水主要含有下列化學物質:

MeOH, ethanol (ALD), butyrolactone (GBL), 1,4 butanediol (BDO), 2-methyl-1,3 propanediol (MPO), allyl acetate (AAC), allyl alcohol (IBA), acetic acid (AA), butyrolactone (GBL), ethylene vinyl acetate (VAM), Acetone.



ECO SuperCycle-SMRS Pilot System

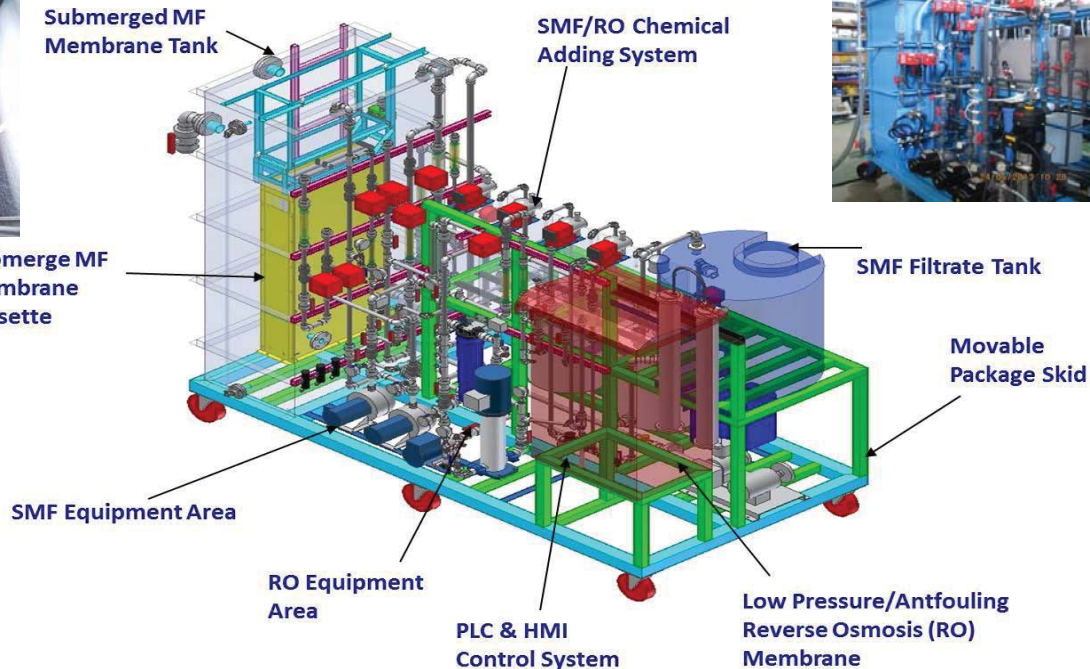
3. 測試設備說明

- ECO SuperCycle-SMRS 測試設備



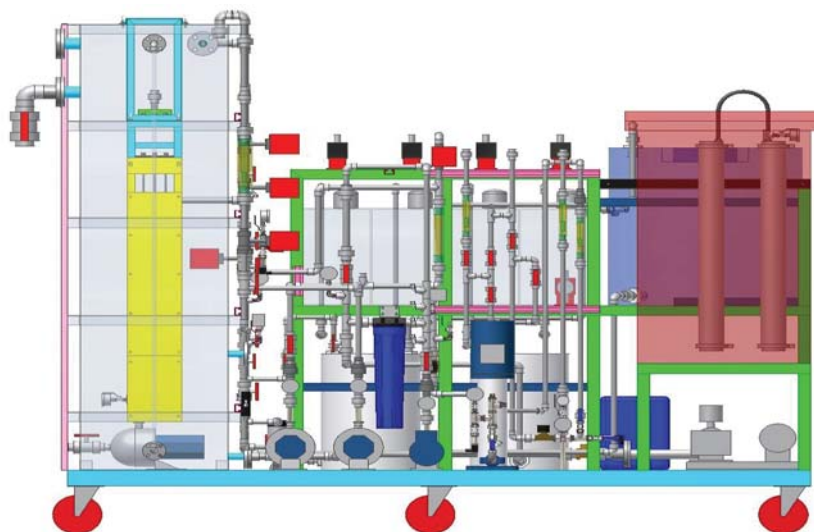
Submerged MF
Membrane Tank

Submerge MF
membrane
Cassette



3. 測試設備說明

- ECO SuperCycle-SMRS 測試設備



3. 測試設備說明

- **ECO SuperCycle-SMRS 薄膜規格**

- **沉浸式微濾膜單元**

- Submerged type (Mitsubishi Rayon)
- Hollow fiber, PVDF, < 0.4 micron, 18 m² (6m² x 3 sets)
- Flux : 25~35 LMH
- Permeate flow: 10~13 m³/d
- Operating mode: Filtration (7min), relax (1min)
- Fouling control:
 - ✓ Maintenance Clean (MC):
NaOCl:200mg/L, Acid: 500mg/L, 1-2 times / one week
 - ✓ Recovery Clean (RC):
NaOCl:1000~2000mg/L, Acid: 1000mg/L, 1 time / 3 months



 MITSUBISHI RAYON

- **逆滲透膜單元**

- low pressure and anti-fouling polyamide composite
- Spiral wound type (Nitto Denko)
- Configuration: 4040 x (1-1)
- Flux : 18~20 LMH
- Permeate flow: 2.5~3.5 m³/d
- Recovery: 60~65%
- Fouling control:
 - ✓ Pre-dosing: Acid, Anti-scaling, Reduction agents
 - ✓ CIP: NaOH: 0.5%, Acid: 0.5%, 1 time / Two months



 NITTO DENKO

3. 測試設備說明

- **ECO SuperCycle-SMRS 試驗設備**

- 現場測試照片

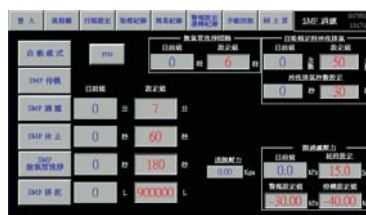


3. 測試設備說明

- **ECO SuperCycle-SMRS 試驗設備**
 - 人機介面控制系統



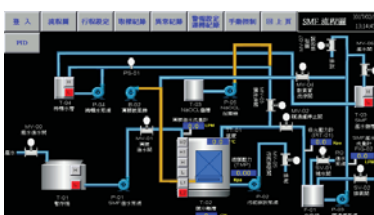
系統操作首頁



SMF行程設定



操表紀錄頁面



SMF 流程圖



RO 行程設定



警報設定



RO 流程圖



異常紀錄



手動控制

4. 結果與討論

- 各污染物去除效能分析
 - 各項水質表

Item	Unit	Secondary Effluent (Ave.)	SMF Filtrate (Ave.)	RO Permeate (Ave.)	Quality Requirement for Portable Water
pH		8.3	8.8	6.6	6~9
COD	mg/L	85.7	46.7	<5	<10
SS	mg/L	22.3	< 1	< 1	< 5
Conductivity	µS/cm	4614.0	4601.0	50.4	<500
Temp.	°C	31.6	32.1	32.9	15~35
SDI		---	2.9	---	---
TDS	mg/L	3230.6	3148.1	33.1	<300
SiO ₂	mg/L	10.4	10.1	0.2	<5
T. Hardness	mg/L asCaCO ₃	158.1	---	3.1	<300
M-Alkalinity	mg/L asCaCO ₃	722.9	---	30.0	<200
Calcium	mg/L	95.6	---	0.4	<200
Magnesium	mg/L	47.8	---	0.2	< 50
T. Iron	mg/L	0.18	---	<0.01	<1
Manganese	mg/L	0.13	---	<0.01	<0.5
Chloride	mg/L	17.6	---	< 0.3	<50
Sulphate	mg/L	1478.5	---	< 10	<100
Phosphate	mg/L	3.4	---	<0.5	< 0.5

4. 結果與討論

- 各污染物去除效能分析
 - 各單元處理水質



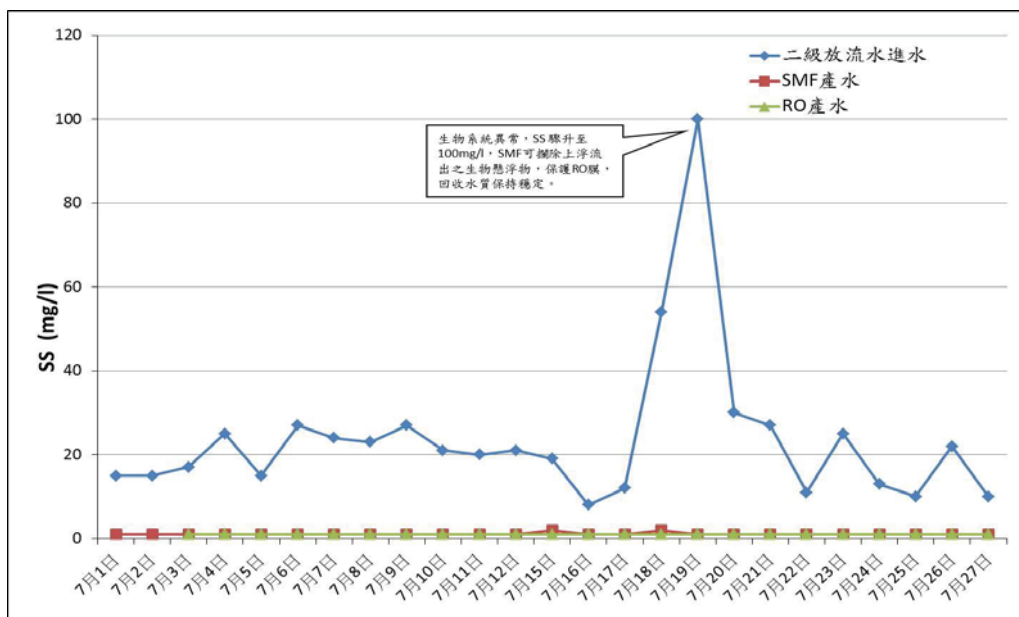
(A)
Secondary Effluent



(C) (D)
SMF Filtrate RO Permeate

4. 結果與討論

- 各污染物去除效能分析
 - SS 去除分析



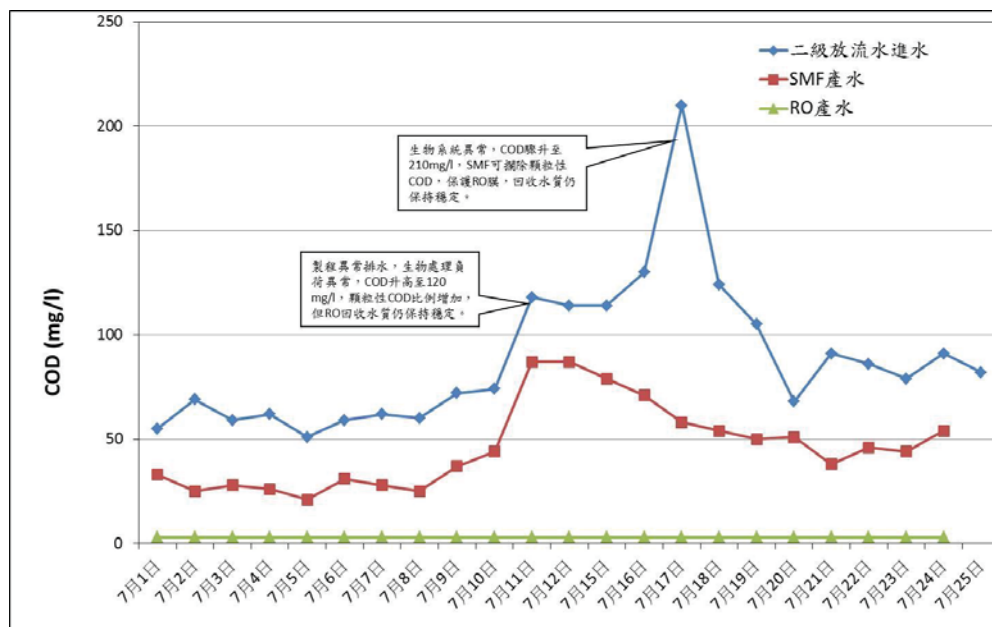
1. SMF過濾液 SS < 1 mg/l，SDI < 5.

2. July 18，生物系統異常，SS 驟升至 100mg/l，SMF可攔除上浮流出之生物懸浮物，保護RO膜，回收水質保持穩定。

4. 結果與討論

● 各污染物去除效能分析

• COD 去除分析



1. 回收水COD < 5 mg/l

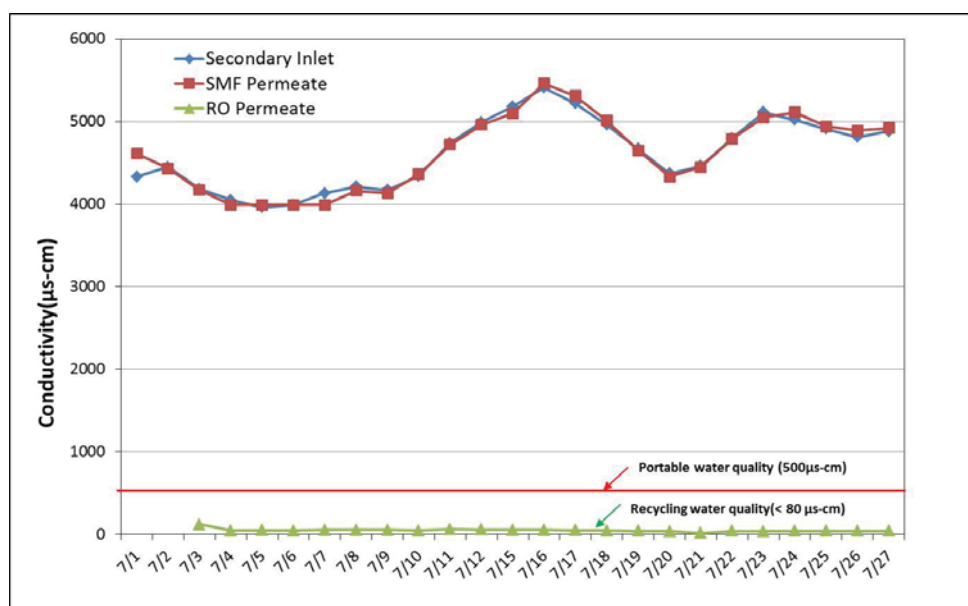
2. July 11, 製程異常排水，生物處理負荷異常，COD升高至120 mg/l，顆粒性COD比例增加，但回收水質仍保持穩定

3. July 18, 生物系統異常，COD驟升至210mg/l，SMF可攔除顆粒性COD，保護RO膜，回收水質仍保持穩定。

4. 結果與討論

● 各污染物去除效能分析

• 導電度去除分析

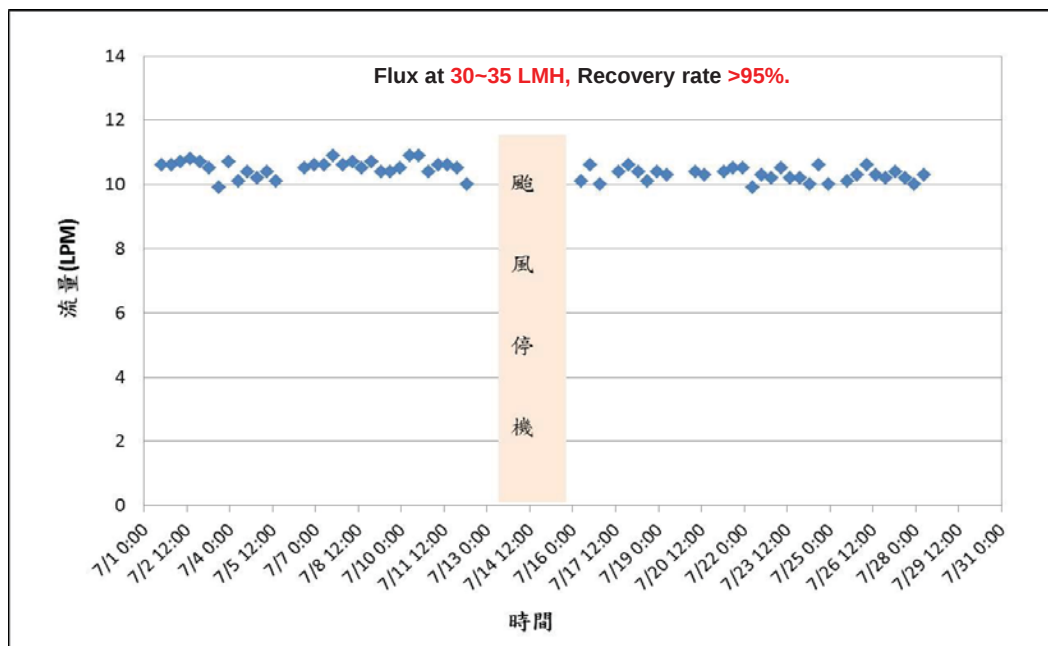


1. 回收水導電度 < 80µs-cm

2. 遠低於自來水導電度 (<500 µs-cm)。

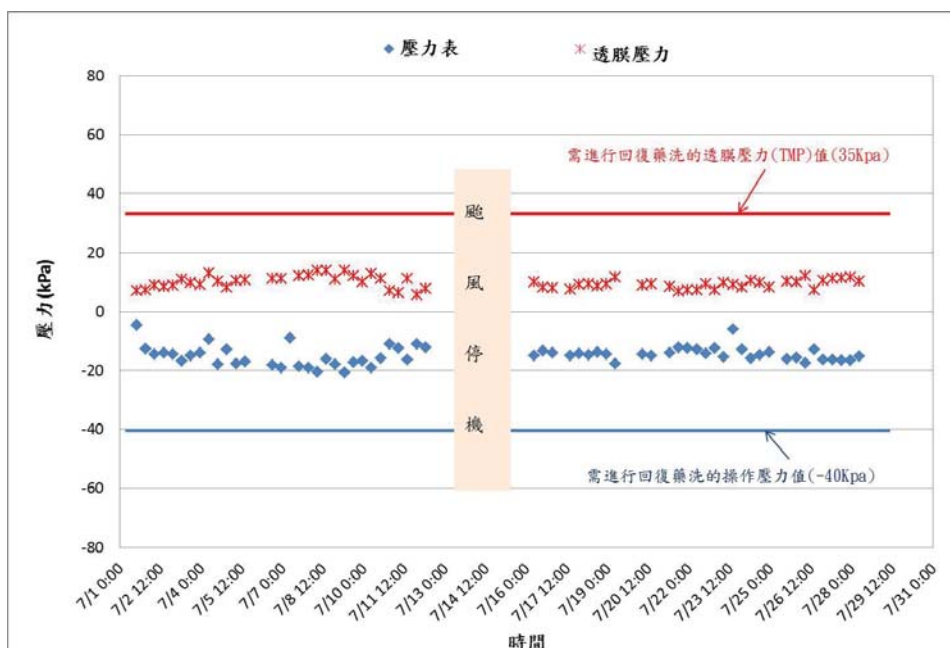
4. 結果與討論

- 操作穩定效能分析
 - SMF 產水量與回收率



4. 結果與討論

- 操作穩定效能分析
 - SMF 操作壓力與透膜壓力

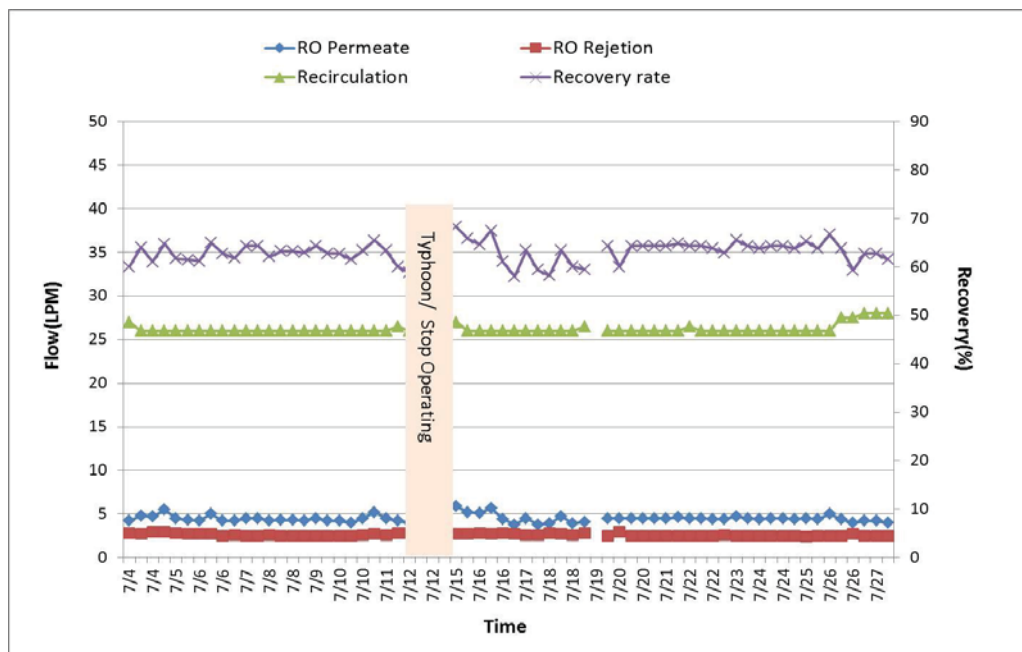


1. SMF TMP 操作於 5~20kpa。
2. 維護清洗: NaOCl (500mg/l)，每周二次。
3. 操作期間 TMP 遠小於 CIP 的需求 (<35 kpa)

4. 結果與討論

● 操作穩定效能分析

• RO 操作流量與回收率



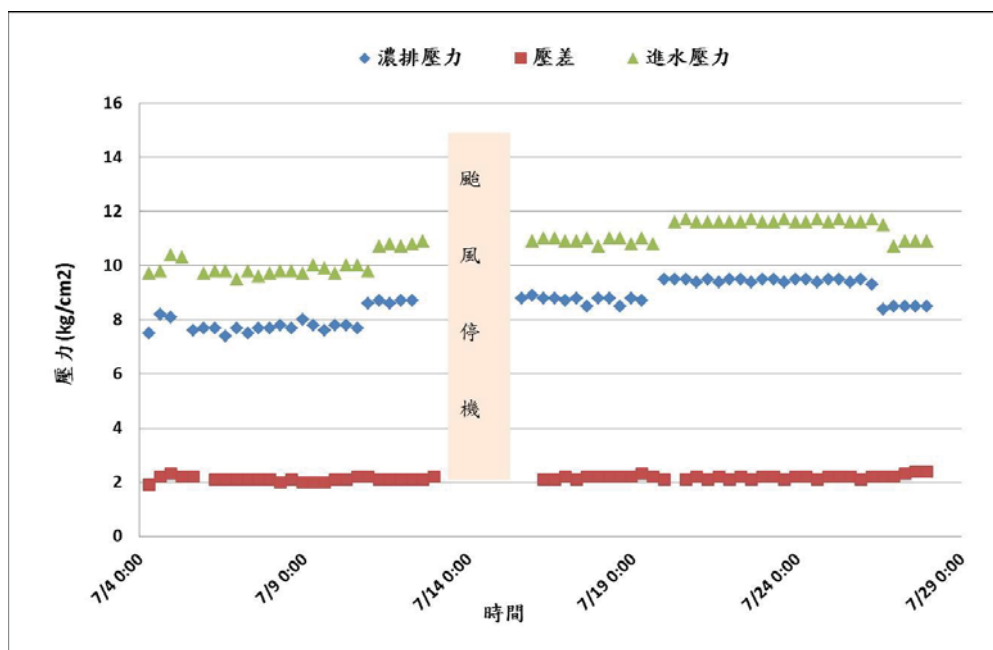
1. 平均通量: 18~20 LMH

2. 回收率: 58~68%
(Ave. > 62%)

4. 結果與討論

● 操作穩定效能分析

• RO 操作壓力



1. 第一段RO: 7.8~ 9.5 kg/cm^2

2. 第二段RO: 9.8~11.9 kg/cm^2

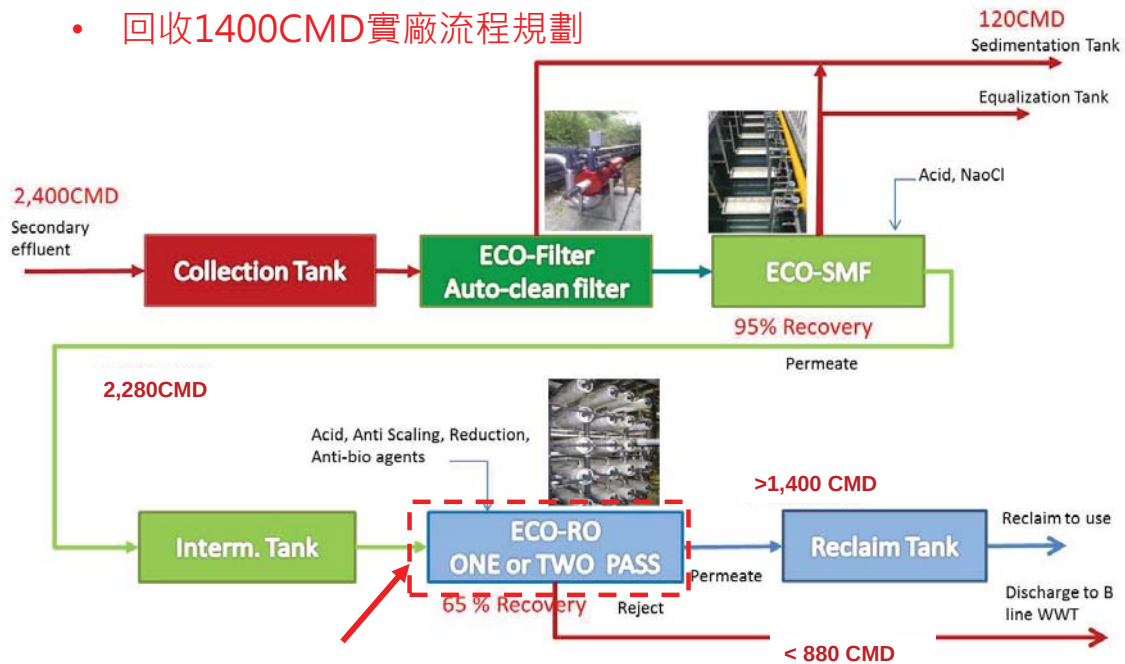
3. 兩段膜壓差: 2~2.2 kg/cm^2

4. RO 膜在前加藥控制下無堵塞現象

4. 結果與討論

● 經濟效益性評估

- 回收1400CMD實廠流程規劃



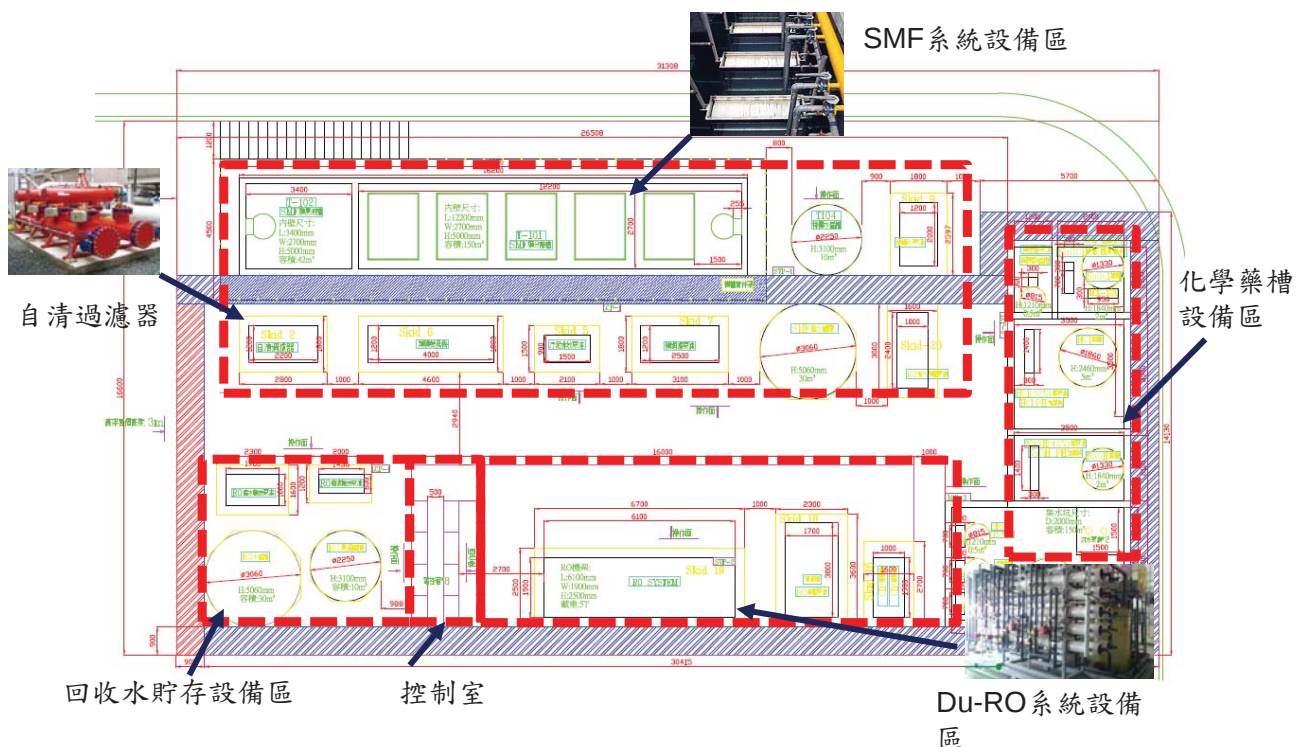
Case 1: 一級 (One Pass) RO

Case 2: 二級 (Two Pass) RO

4. 結果與討論

● 經濟效益性評估

- 回收1400CMD實廠流程規劃



4. 結果與討論

- 經濟效益性評估
 - 各方案產水水質預估

Item	Unit	Secondary Effluent	Case 1: AF+ SMF+RO(One pass)	Case 2 AF+ SMF+RO(Two pass)
pH		7.5~9	6.5~7.5	6~7
COD	mg/L	< 80	<5	< 1
SS	mg/L	<30	< 1	< 1
Conductivity	μS/cm	< 4500	<150	< 5
Temp.	°C	20~35	30~35	30~35
TDS	mg/L	<3500	<40	< 3
SiO ₂	mg/L	<12	<0.5	< 0.05
T. Hardness	mg/L asCaCO ₃	<200	<10	<0.5
M-Alkalinity	mg/L asCaCO ₃	<750	<30	<0.5
Calcium	mg/L	<100	< 1	<0.05
Magnesium	mg/L	<50	< 0.5	<0.05
T. Iron	mg/L	<0.2	<0.05	<0.01
Manganese	mg/L	<0.15	<0.05	<0.01
Chloride	mg/L	<50	< 0.5	<0.05
Sulphate	mg/L	<1500	< 10	<0.5
Phosphate	mg/L	< 4	< 0.5	<0.05

4. 結果與討論

- 經濟效益性評估
 - 各方案操作成本(OPEX)與設置成本(CAPEX)預估

項目	方案一	方案二	說明
	AF+ SMF+ RO(One pass)	AF+SMF+DuRO(Two Pass)	
進水量(CMD)	2400	2400	二級生物放流水
回收率(%)	60	60	
回收水量(CMD)	1440	1440	
回收水等級/ 使用用途	工業用水 / 冷卻水補水、一般製程用水	一般純水/ 高級製程用水、鍋爐補充水	
單位操作費(NTD/m ³)	13.89	16.01	
電力(NTD/m ³)	4.94	6.16	電力費以 2.5 NTD/kwh計
藥品(NTD/m ³)	3.1	3.5	包含酸鹼、抑垢、抑菌、還原 薄膜清洗等藥劑
耗材(NTD/m ³)	5.85	6.35	包含SMF、RO薄膜、 濾心等耗材
單位設置費用 (NTD/ m ³)	7.25	8.92	分12年攤提。包含土木槽體、 設備基礎與機電設備工程。
單位總成本 (NTD/ m ³)	21.14	24.93	單位操作費+單位設置費

4. 結果與討論

● 經濟效益性評估

● 可節省費用說明

項目	方案一	方案二
	AF+ SMF+ RO(One pass)	AF+SMF+DuRO (Two Pass)
可節省費用項目	1. 作為冷卻塔補水，提高濃縮倍數減少用水量與排放量。 2. 作為純水處理水源，減少樹脂再生頻率，增加樹脂壽命，降低再生酸鹼藥液使用與排放廢水，可節省大量操作費用。 3. 節省工業用水費 (11.5~15NTD/m³) 4. 減少工業區污水處理費繳納 (20~30NTD/m³)	1. 作為冷卻塔補水，提高濃縮倍數減少用水量與排放量 2. 作為純水處理水源，減少樹脂再生頻率，增加樹脂壽命，降低再生酸鹼藥液使用與排放廢水，可節省大量操作費用。 3. 節省工業用水費 (11.5~15NTD/m³) 4. 減少工業區污水處理費繳納 (20~30NTD/m³) 5. 取代或降低純水系統之操作 (25~35NTD/m³)
節省費用(NTD/m ³)	11.5 ~ 35	11.5 ~ 70

5. 小結

- 本研究利用自行開發的**SuperCycle-SMRS** 套裝化沉浸式微濾膜 (SMF)與逆滲透(RO)廢水回收系統，針對某石化產業二級生物放流廢水進行現場模型廠 (Pilot Plant)測試，已**成功驗證其可行性**。
- **SuperCycle-SMRS**系統回收水水質較一般工業用水優良，可**取代工業用水無虞**。從沉浸微濾薄膜系統的操作穩定性分析也驗證本系統對於二級放流生物**異常大量懸浮物排出有極佳的耐衝擊性**，較傳統回收程序更具穩定性。
- 本文進行每日處理2,400噸廢水，並回收1,400噸廢水之實場規模規劃評估，**SMF+RO(One pass)系統**，總成本(含操作與設置成本)約為**21.14元/噸**。若作為冷卻水補水將**可增加濃縮倍數，節省冷卻塔補充水量，同時減少工業區排放廢水處理費用**。
- 如採用**SMF+RO(Two pass)系統**，總成本(含操作與設置成本)約為**24.93元/噸**廢水，處理水質為一般純水，將可作為**高階製程用水**，**取代或降低原純水系統運轉操作成本**，將極具經濟誘因。

基於對地球環境保護的責任
我們致力於發展綠能與環境友善的環保技術
對全球環境永續的發展做出貢獻



ECOD

數字科技顧問有限公司
ECO-DIGITAL TECHNOLOGY INC.

Sustainable Development for Global Environment

www.ecod.com.tw