回收水操作改善及濃排水處理技術建立

期末報告

國立成功大學

陳婉如　助理教授

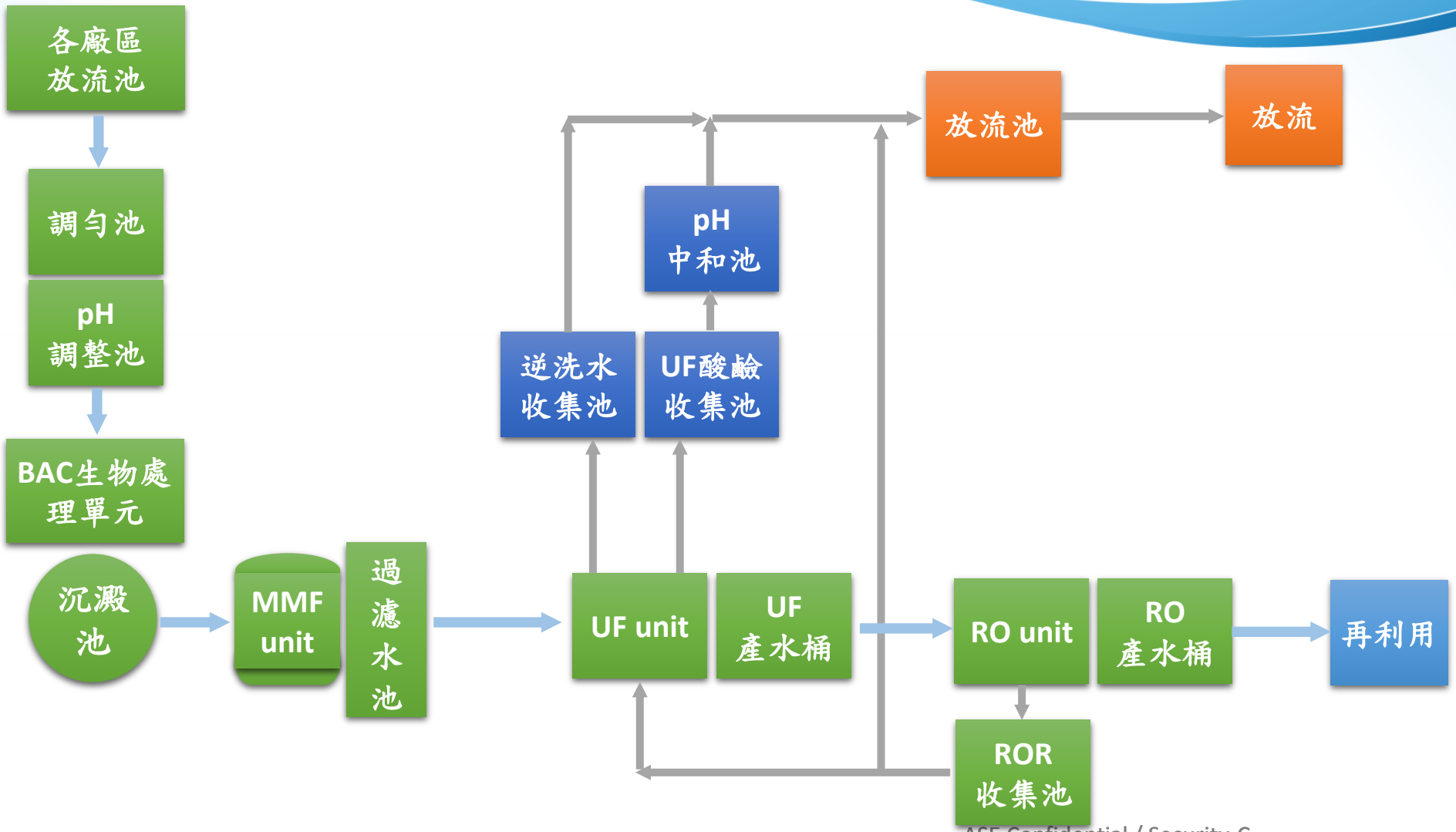
侯文哲　助理教授

黃良銘　特聘教授

王鴻博　講座教授

ASE Confidential / Security-C

Reclamation Process Diagram
中水回收處理廠再生流程



研究目標

(1) 回收單元水質分析

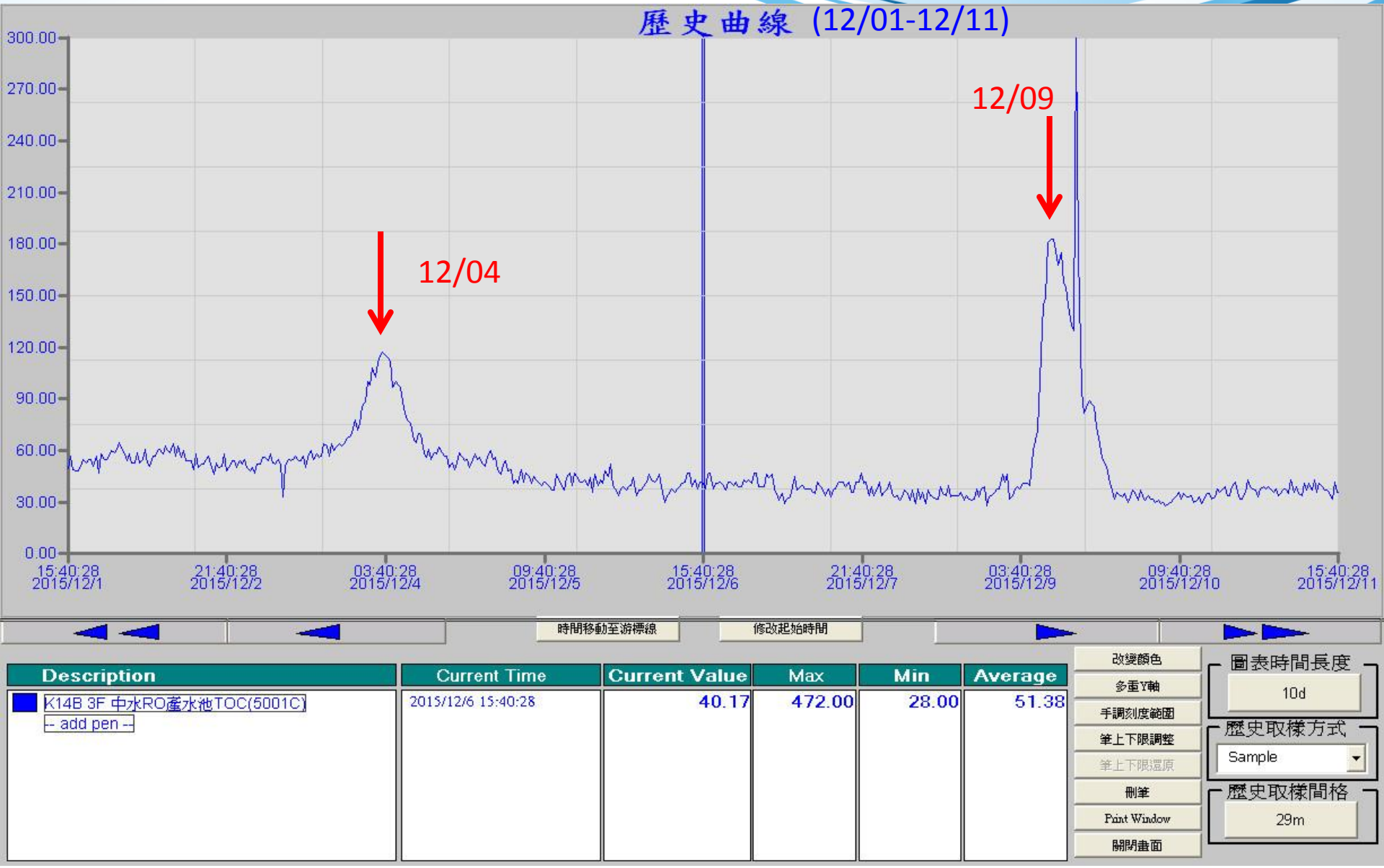
(2) 回收處理操作程序改善建議

(3) ROR濃排水處理方法評估

(4) 濃排處理規劃設計

本研究將針對此中水回收系統，評估改善其操作效能，並針對高濃度ROR廢水進行處理研究，建立濃排水處理技術，降低濃排水排放對生態造成影響及提高回收率彈性空間，使回收水處理程序更具彈性。

RO產水TOC超標 -- 突發性高濃度產水



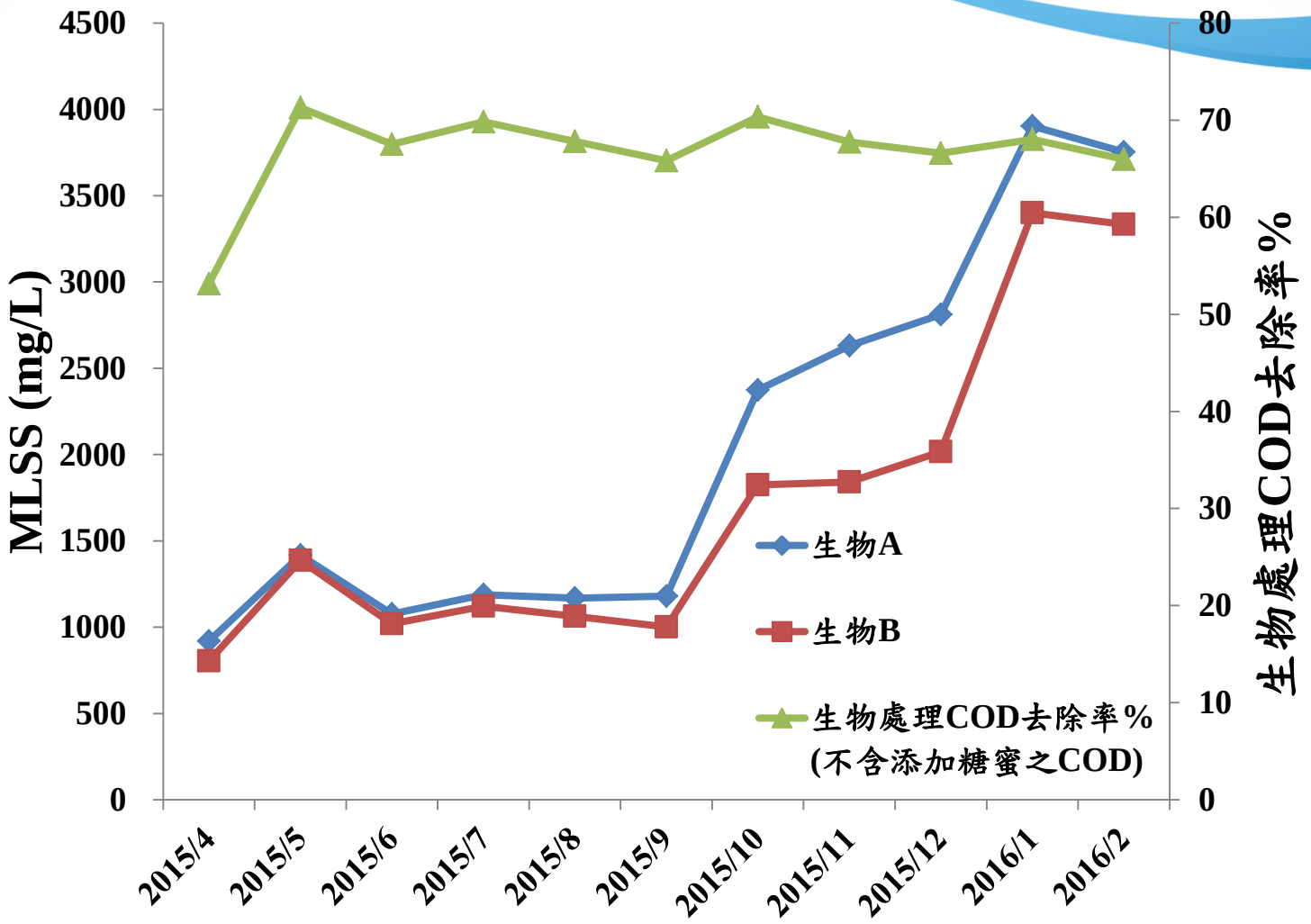
TOC於各處理單元之測值2015/10/1至12/24(共9次採樣)

TOC(mg/L)	10/1	11/4	11/12	11/19	11/26	12/3	12/10	12/17	12/24
pH調整池	22.6	4.6	7.5	13.1	6.2	9.7	5.0	6.9	10.8
	±0.1	±0.0	±0.0	±0.2	±0.2	±0.0	±0.1	±0.1	±0.1
BAC	7.3	4.0	2.1	12.1	4.9	6.6	2.7	3.4	37.8
	±0.2	±0.1	±0.0	±0.1	±0.1	±0.0	±0.0	±0.1	±0.1
MMF	6.7	3.2	2.2	7.8	5.1	6.0	2.3	3.4	20.4
	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.7	±0.1	±0.0	±0.1	±0.2
UF	7.2	1.6	2.3	7.4	6.6	6.3	2.6	3.1	3.7
	±0.0	±0.0	±0.0	±0.1	±0.1	±0.0	±0.0	±0.1	±0.0
RO	2.1	0.8	0.5	0.7	0.6	4.7	1.9	4.9	2.1
	±0.1	±0.1	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.0	±0.2	±0.0
ROR	9.7	3.2	3.8	12.4	8.7	6.1	3.5	4.9	12.4
	±0.0	±0.1	±0.0	±0.0	±0.1	±0.1	±0.1	±0.0	±0.1

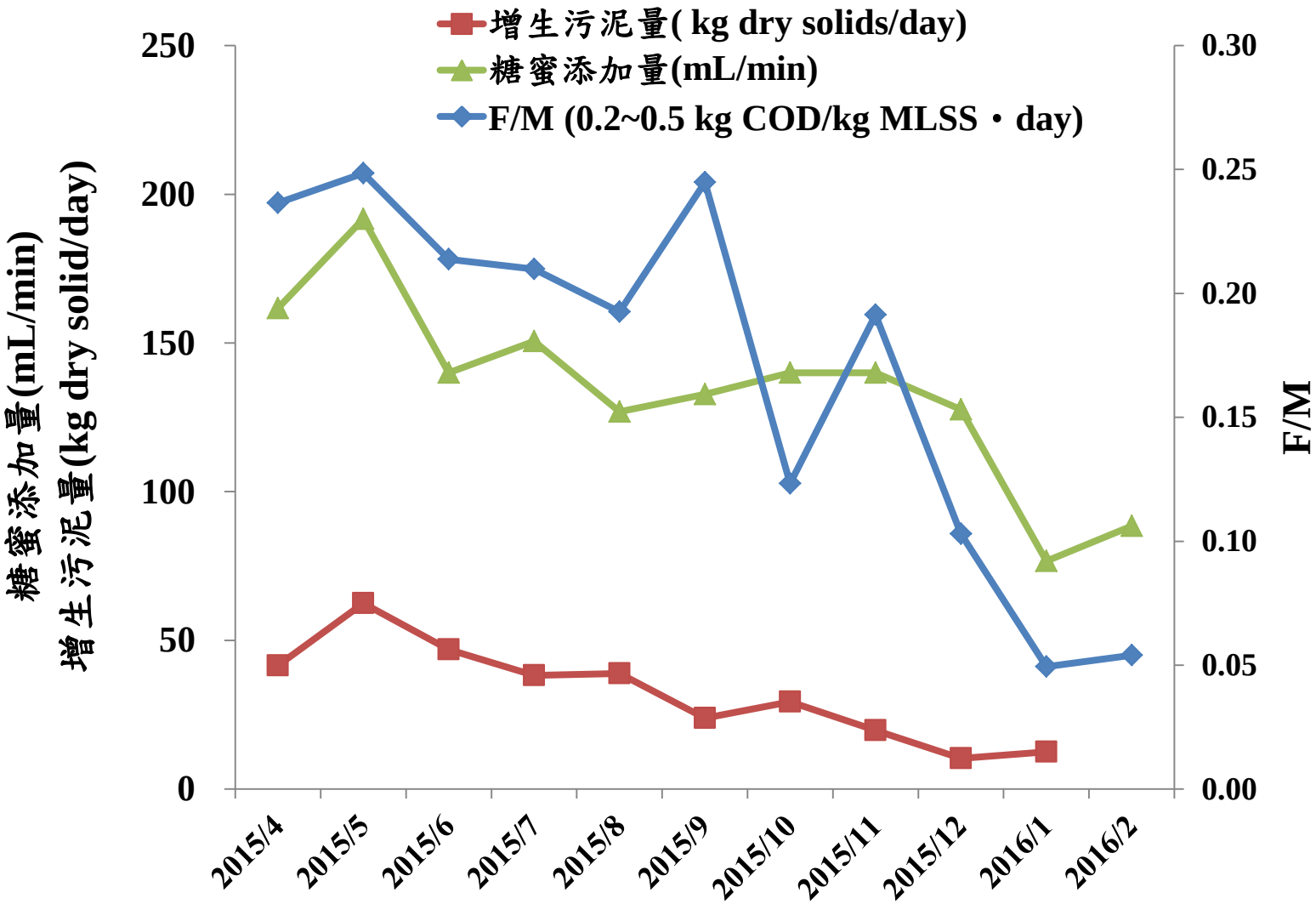
進流水質變動非RO產水不良之原因

ASE Confidential / Security-C

生物活性碳系統操作數據



ASE Confidential / Security-C



漢華團隊已於今年1月開始減低糖蜜之添加量與進行排泥作業，希望能減低污泥老化問題

中水廠處理效率(1/3)

ASE GROUP 日月光集團
環境技術研究合作發表會

	導電度 (mS/cm)	TOC (mg/L)	NH_4^+-N (mg/L)	NO_2^--N (mg/L)	NO_3^--N (mg/L)
pH調整池	$1.70_{\pm0.39}$	$9.5_{\pm2.3}$	$3.32_{\pm1.62}$	$0.24_{\pm0.13}$	$1.25_{\pm0.94}$
BAC	$1.81_{\pm0.23}$	$2.6_{\pm1.5}$	$0.09_{\pm0.20}$	N.D.	$7.51_{\pm1.76}$
MMF	$1.85_{\pm0.27}$	$2.9_{\pm3.1}$	$0.19_{\pm0.44}$	N.D.	$7.61_{\pm1.70}$
UF	$1.96_{\pm0.39}$	$2.7_{\pm1.6}$	$0.11_{\pm0.21}$	N.D.	$8.20_{\pm2.15}$
RO	$0.10_{\pm0.03}$	$1.1_{\pm1.6}$	$0.07_{\pm0.21}$	N.D.	$1.39_{\pm0.31}$
總去除率	94.1 %	88.4 %	97.9 %	100 %	-11.2 %
RO回流水	$4.42_{\pm0.56}$	$3.8_{\pm1.5}$	$0.17_{\pm0.24}$	N.D.	$18.33_{\pm4.16}$

2016/1/6至8/11(共27次採樣)

中水廠處理效率(2/3)

ASE GROUP 日月光集團
環境技術研究合作發表會

	F^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	Br^- (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)
pH調整池	$0.86_{\pm 0.61}$	$274.2_{\pm 100.9}$	N.D.	$0.16_{\pm 0.43}$	$327.8_{\pm 71.6}$
BAC	$0.88_{\pm 0.30}$	$316.2_{\pm 75.5}$	N.D.	N.D.	$331.7_{\pm 63.0}$
MMF	$0.84_{\pm 0.29}$	$331.1_{\pm 88.1}$	N.D.	N.D.	$344.9_{\pm 78.5}$
UF	$0.94_{\pm 0.32}$	$358.1_{\pm 81.3}$	N.D.	N.D.	$368.7_{\pm 67.6}$
RO	$0.09_{\pm 0.06}$	$20.07_{\pm 4.78}$	N.D.	N.D.	$3.46_{\pm 5.03}$
總去除率	89.5 %	92.7 %	-	100 %	98.9 %
RO回流水	$1.77_{\pm 0.70}$	$879.6_{\pm 165.7}$	N.D.	N.D.	$867.5_{\pm 160.2}$

2016/1/6至8/11(共27次採樣)

中水廠處理效率(3/3)

ASE GROUP 日月光集團
環境技術研究合作發表會

	Ni (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)
pH調整池	0.05±0.06	0.05±0.03	0.02±0.04	43.02±14.58	9.48±4.95
BAC	0.06±0.04	0.10±0.11	N.D.	40.49±9.07	8.02±3.84
MMF	0.08±0.08	0.03±0.02	N.D.	43.03±13.81	9.24±3.97
UF	0.05±0.03	0.02±0.02	N.D.	46.24±13.16	10.87±4.23
RO	N.D.	N.D.	N.D.	5.26±10.75	0.64±2.29
總去除率	**100 %**	**100 %**	**100 %**	**87.8 %**	**93.2 %**
RO回流水	0.17±0.11	0.08±0.04	0.05±0.11	104.8±20.8	21.74±5.40

2016/1/6至8/11(共27次採樣)

期中報告前後測值比較(1/5)

	導電度 (mS/cm)		TOC (mg/L)	
	期中報告前	期中報告後	期中報告前	期中報告後
pH調整池	2.20±0.73	1.70±0.39	9.6±5.3	9.5±2.3
BAC	2.06±0.30	1.81±0.23	9.0±10.6	2.6±1.5
MMF	1.83±0.14	1.85±0.27	6.4±5.3	2.9±3.1
UF	2.59±0.82	1.96±0.39	4.5±2.2	2.7±1.6
RO	0.10±0.02	0.10±0.03	2.0±1.6	1.1±1.6
總去除率	**95.5 %**	**94.1 %**	**79.2 %**	**88.4 %**
RO回流水	4.63±1.15	4.42±0.56	7.2±3.5	3.8±1.5

導電度各單元測值於兩時期相當

BAC單元對TOC去除能力於期中報告後大幅提升

期中報告前: 2015/10/1至12/24(共9次採樣)

期中報告後: 2016/1/6至8/11(共27次採樣)

ASE Confidential / Security-C

期中報告前後測值比較(2/5)

ASE GROUP 日月光集團 環境技術研究合作發表會

	期中報告前			期中報告後		
	NH_4^+-N (mg/L)	NO_2^--N (mg/L)	NO_3^--N (mg/L)	NH_4^+-N (mg/L)	NO_2^--N (mg/L)	NO_3^--N (mg/L)
pH調整池	$4.74_{\pm 0.70}$	$0.17_{\pm 0.03}$	$2.32_{\pm 2.63}$	$3.32_{\pm 1.62}$	$0.24_{\pm 0.13}$	$1.25_{\pm 0.94}$
BAC	$2.62_{\pm 2.68}$	$0.01_{\pm 0.02}$	$6.25_{\pm 3.36}$	$0.09_{\pm 0.20}$	N.D.	$7.51_{\pm 1.76}$
MMF	$2.15_{\pm 3.20}$	$0.17_{\pm 0.30}$	$4.75_{\pm 2.86}$	$0.19_{\pm 0.44}$	N.D.	$7.61_{\pm 1.70}$
UF	$1.66_{\pm 1.24}$	$0.06_{\pm 0.10}$	$8.99_{\pm 3.54}$	$0.11_{\pm 0.21}$	N.D.	$8.20_{\pm 2.15}$
RO	$0.99_{\pm 1.05}$	N.D.	$1.11_{\pm 0.27}$	$0.07_{\pm 0.21}$	N.D.	$1.39_{\pm 0.31}$
總去除率	79.1 %	100%	52.2 %	97.9 %	100 %	-11.2 %
RO 回流水	$1.60_{\pm 1.31}$	$0.38_{\pm 0.93}$	$27.42_{\pm 31.20}$	$0.17_{\pm 0.24}$	N.D.	$18.33_{\pm 4.16}$

ASE Confidential / Security-C

期中報告前後測值比較(3/5)

ASE GROUP 日月光集團 環境技術研究合作發表會

	期中報告前			期中報告後		
	Ni (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Ni (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)
pH調整池	0.04±0.02	0.03±0.04	N.D.	0.05±0.06	0.05±0.03	0.02±0.04
BAC	0.04±0.02	0.02±0.03	N.D.	0.06±0.04	0.10±0.11	N.D.
MMF	0.11±0.08	N.D.	N.D.	0.08±0.08	0.03±0.02	N.D.
UF	0.06±0.02	N.D.	N.D.	0.05±0.03	0.02±0.02	N.D.
RO	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
總去除率	100 %	100%	-	100 %	100 %	100 %
RO回流水	N.D.	0.10±0.07	0.04±0.01	0.17±0.11	0.08±0.04	0.05±0.11

重金屬各單元測值於兩時期相當，RO產水皆無檢出重金屬Ni Cu Pb

期中報告前後測值比較(4/5)

	期中報告前			期中報告後		
	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	PO_4^{3-} (mg/L)
pH調整池	39.90±12.15	10.56±3.68	0.14±0.29	43.02±14.58	9.48±4.95	0.16±0.43
BAC	41.99±10.46	10.70±2.36	0.20±0.35	40.49±9.07	8.02±3.84	N.D.
MMF	39.66±10.08	9.66±3.65	0.23±0.48	43.03±13.81	9.24±3.97	N.D.
UF	57.29±19.08	13.87±4.29	0.05±0.14	46.24±13.16	10.87±4.23	N.D.
RO	1.51±2.45	0.66±1.87	0.10±0.23	5.26±10.75	0.64±2.29	N.D.
總去除率	96.2 %	93.8 %	28.6 %	87.8 %	93.2 %	100 %
RO回流水	97.98±30.94	24.01±9.65	N.D.	104.8±20.8	21.74±5.40	N.D.

無機積垢前驅物質各單元測值於兩時期差異不大

期中報告前後測值比較(5/5)

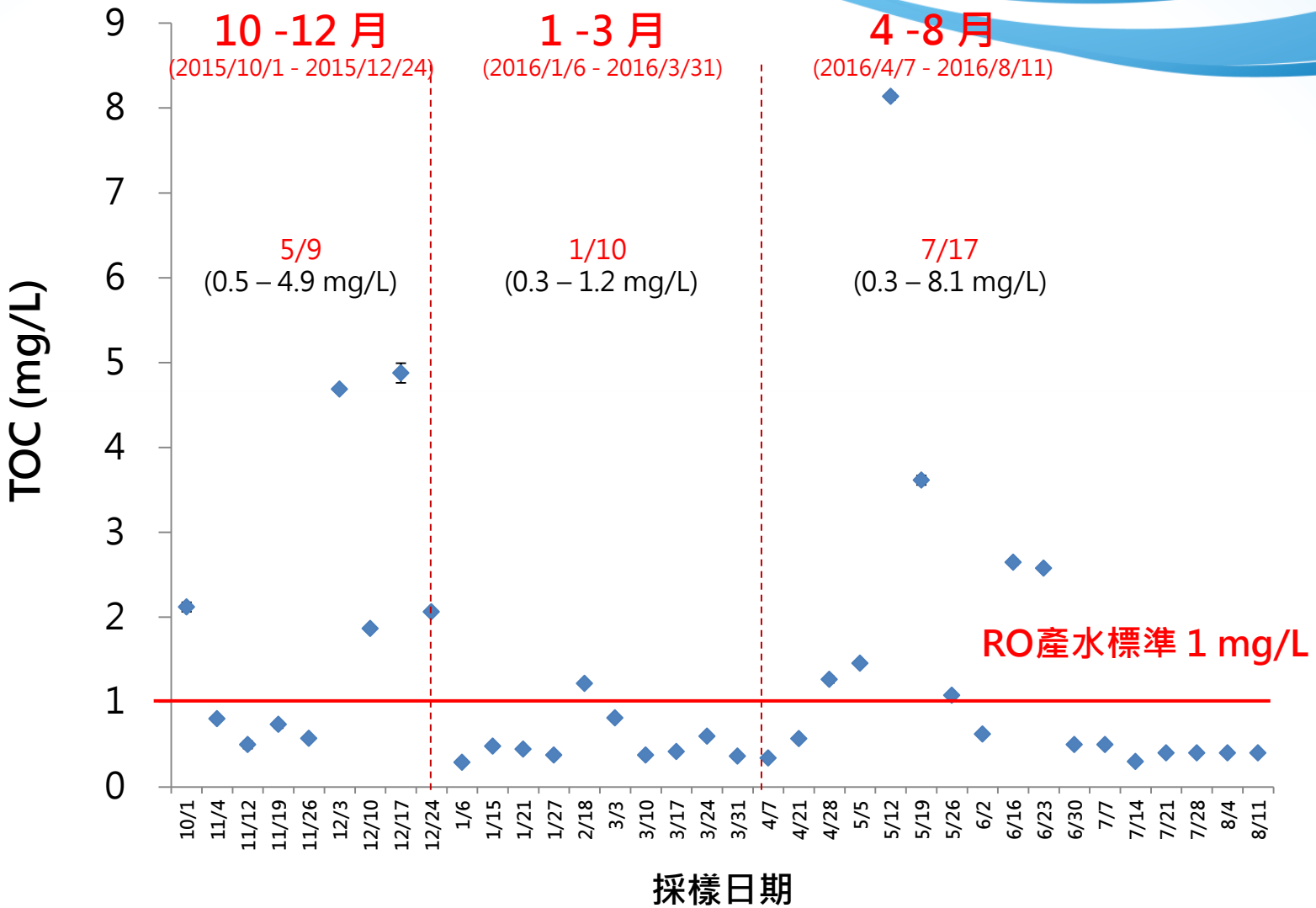
	期中報告前			期中報告後		
	F^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	F^- (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)
pH調整池	$0.82_{\pm 0.40}$	$443.6_{\pm 277.6}$	$473.2_{\pm 142.7}$	$0.86_{\pm 0.61}$	$274.2_{\pm 100.9}$	$327.8_{\pm 71.6}$
BAC	$0.79_{\pm 0.25}$	$398.2_{\pm 161.7}$	$441.2_{\pm 154.9}$	$0.88_{\pm 0.30}$	$316.2_{\pm 75.5}$	$331.7_{\pm 63.0}$
MMF	$0.76_{\pm 0.18}$	$350.9_{\pm 109.3}$	$426.6_{\pm 139.5}$	$0.84_{\pm 0.29}$	$331.1_{\pm 88.1}$	$344.9_{\pm 78.5}$
UF	$0.98_{\pm 0.31}$	$503.4_{\pm 164.7}$	$573.5_{\pm 202.4}$	$0.94_{\pm 0.32}$	$358.1_{\pm 81.3}$	$368.7_{\pm 67.6}$
RO	$0.12_{\pm 0.04}$	$23.48_{\pm 4.94}$	$8.81_{\pm 12.41}$	$0.09_{\pm 0.06}$	$20.07_{\pm 4.78}$	$3.46_{\pm 5.03}$
總去除率	85.4 %	94.7 %	98.1 %	89.5 %	92.7 %	98.9 %
RO回流水	$1.68_{\pm 0.89}$	$1674_{\pm 1949}$	$1705_{\pm 1689}$	$1.77_{\pm 0.70}$	$879.6_{\pm 165.7}$	$867.5_{\pm 160.2}$

水中陰離子各單元測值於兩時期差異不大

RO產水TOC超標

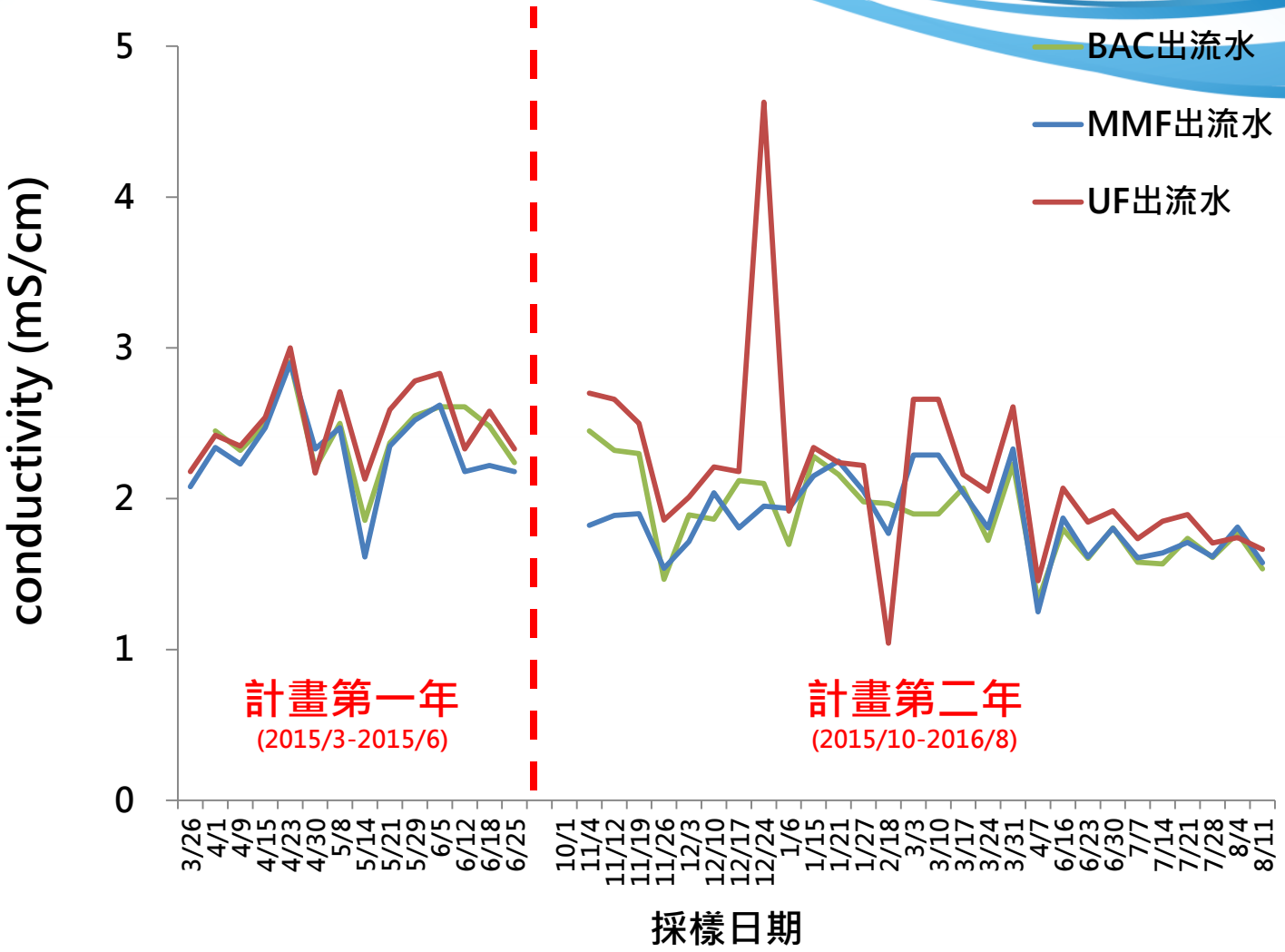
	10 -12月 2015/10/1 - 2015/12/24		1 - 3 月 2016/1/6 - 2016/3/31		4 - 8 月 2016/4/7 - 2016/8/11	
	TOC (mg/L)	單元去除率	TOC (mg/L)	單元去除率	TOC (mg/L)	單元去除率
pH調整池	9.6±5.3	-	9.8±3.1	-	9.4±1.6	-
BAC 出流水	9.0±10.6	6.3 %	2.9±1.7	70.4 %	2.4±1.3	74.4 %
MMF 出流水	6.4±5.3	27.1 %	2.4±1.2	5.1 %	2.3±0.8	1.1%
UF 出流水	4.5±2.2	19.8 %	2.5±1.1	- 0.1 %	2.9±1.8	-6.4%
RO 產水	2.0±1.6	26.0 %	0.5±0.3	20.4 %	1.5±1.9	14.9%
RO產水 超標次數	9次採樣，5次超標 (0.5 – 4.9 mg/L)		10次採樣，1次超標 (0.3 – 1.2 mg/L)		17次採樣，7次超標 (0.3 – 8.1 mg/L)	
總去除率	79.2 %		94.9 %		84.0 %	

RO產水TOC超標



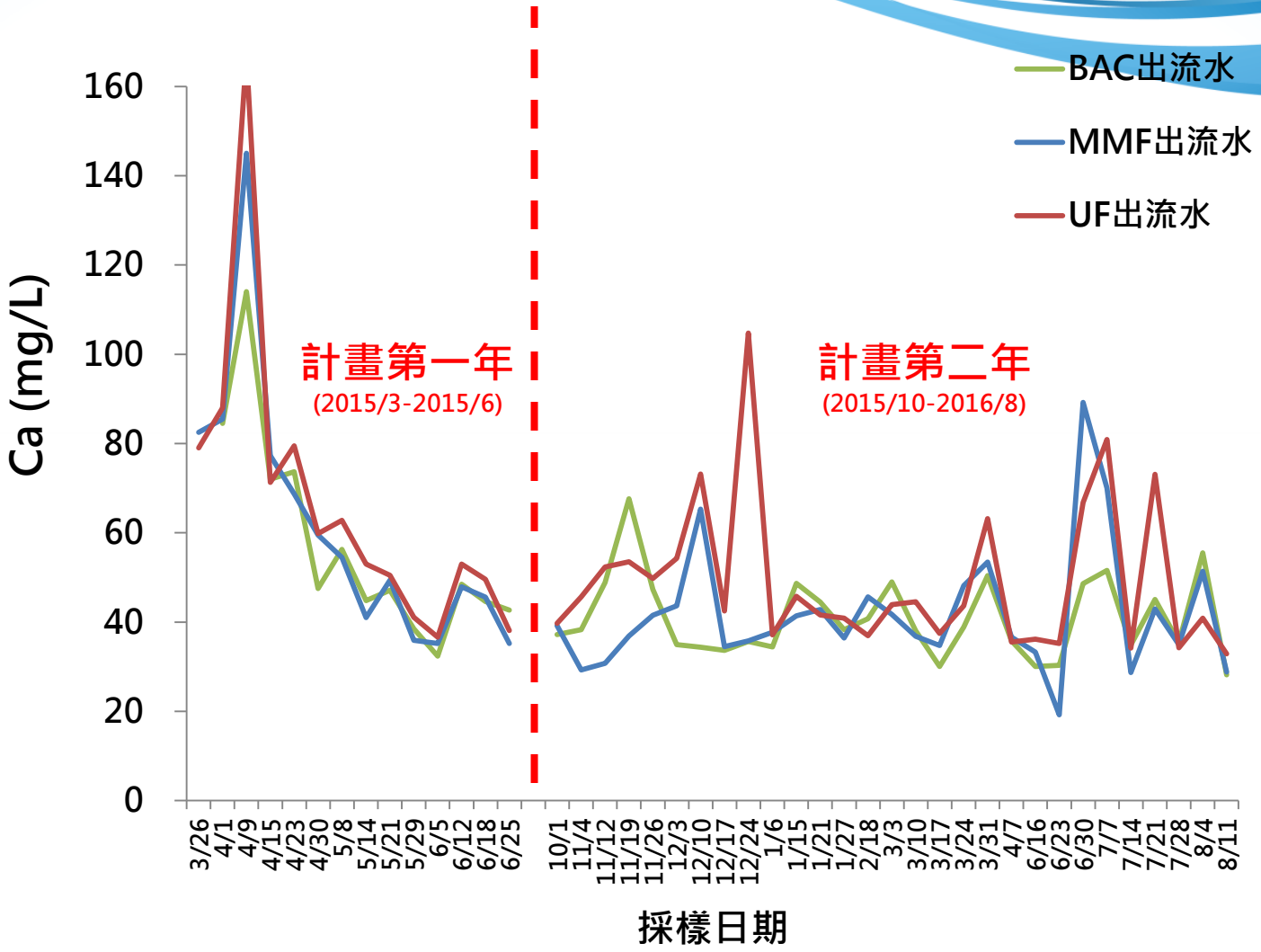
4-6月TOC頻繁超標, 7-8月狀況改善

UF出流水質較BAC及MMF出流差－導電度



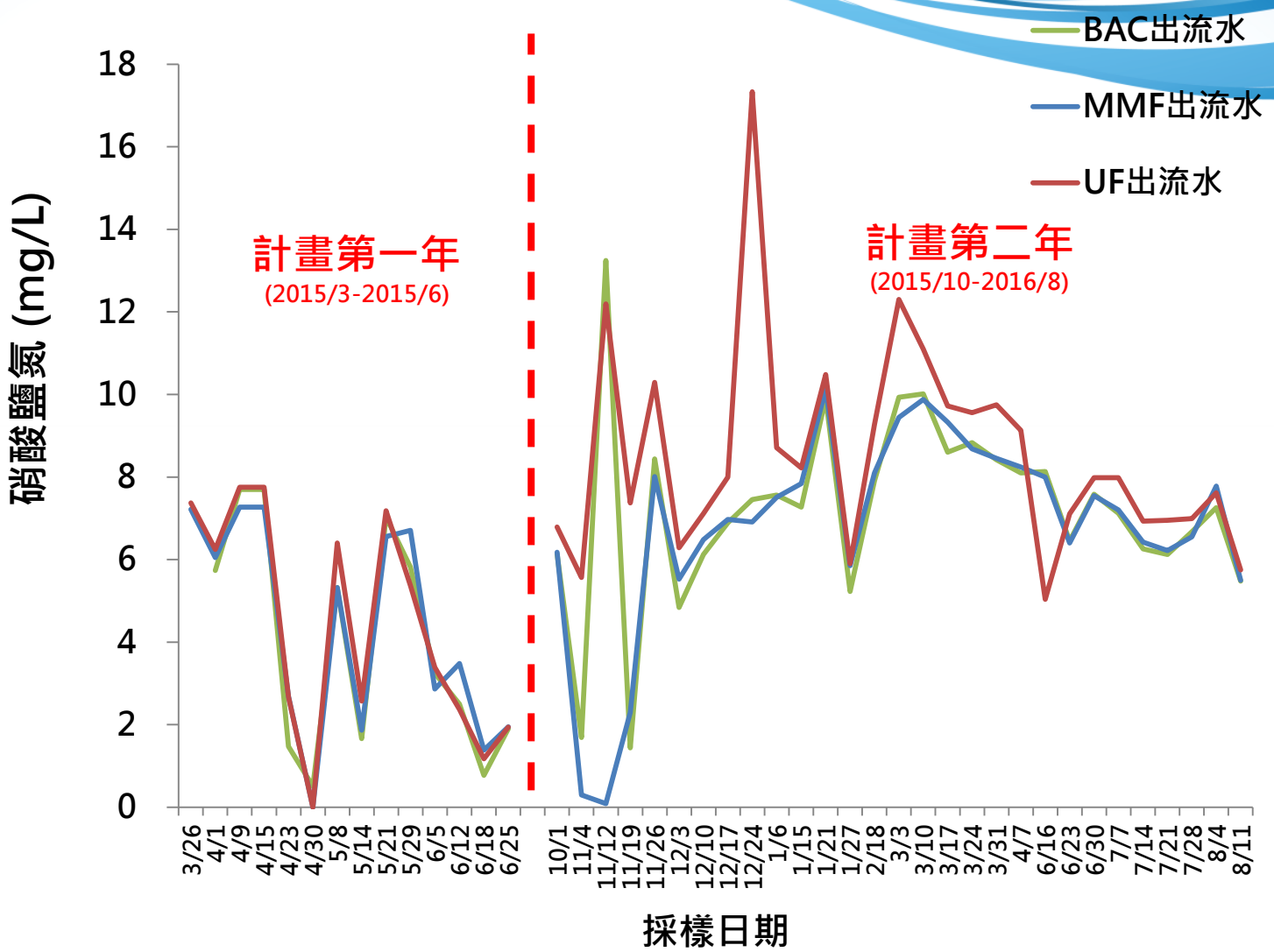
UF出流導電度長期高於BAC及MMF出流

UF出流水質較BAC及MMF出流差－鈣



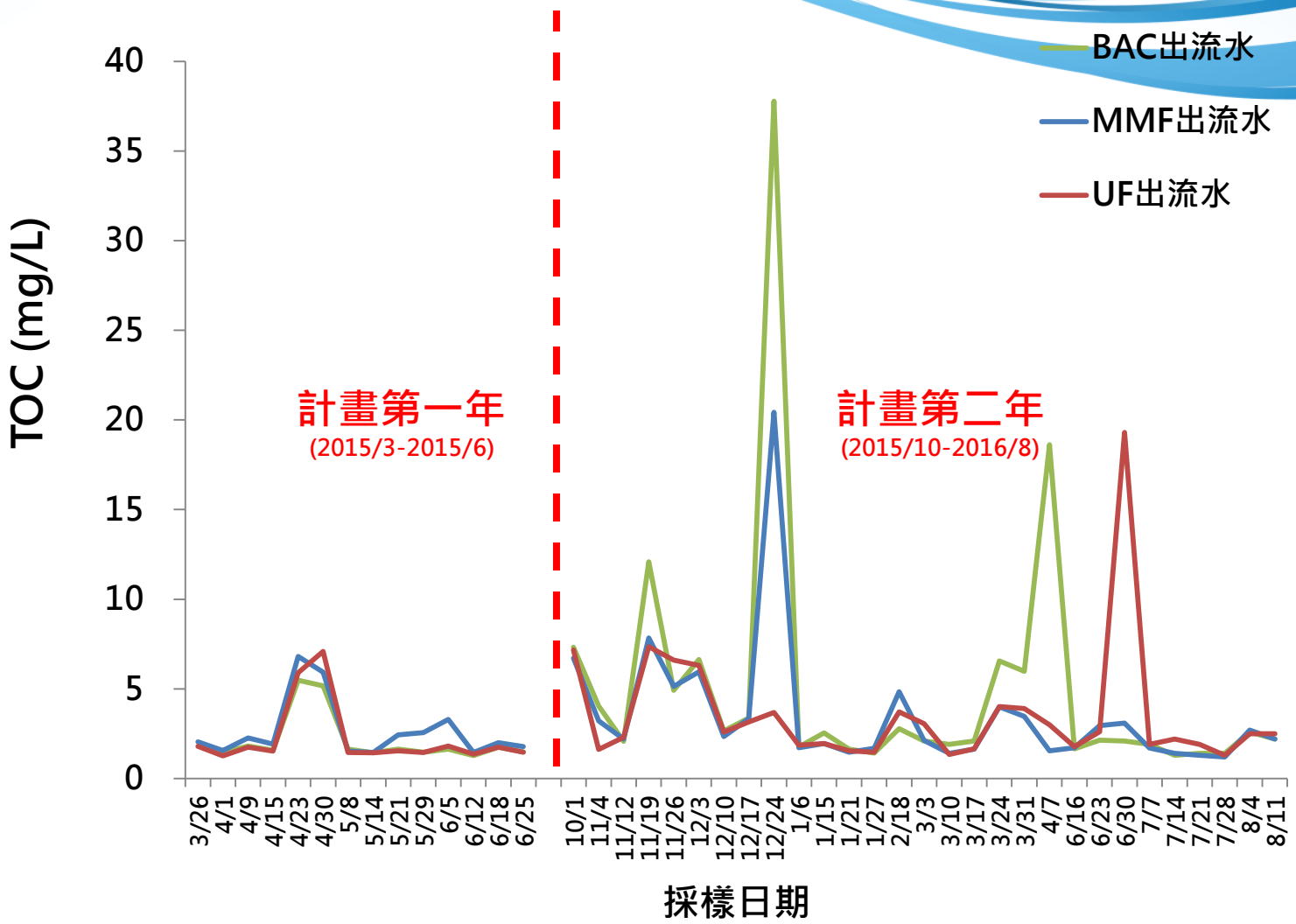
UF出流Ca濃度長期高於BAC及MMF出流

UF出流水質較BAC及MMF出流差－硝酸鹽氮



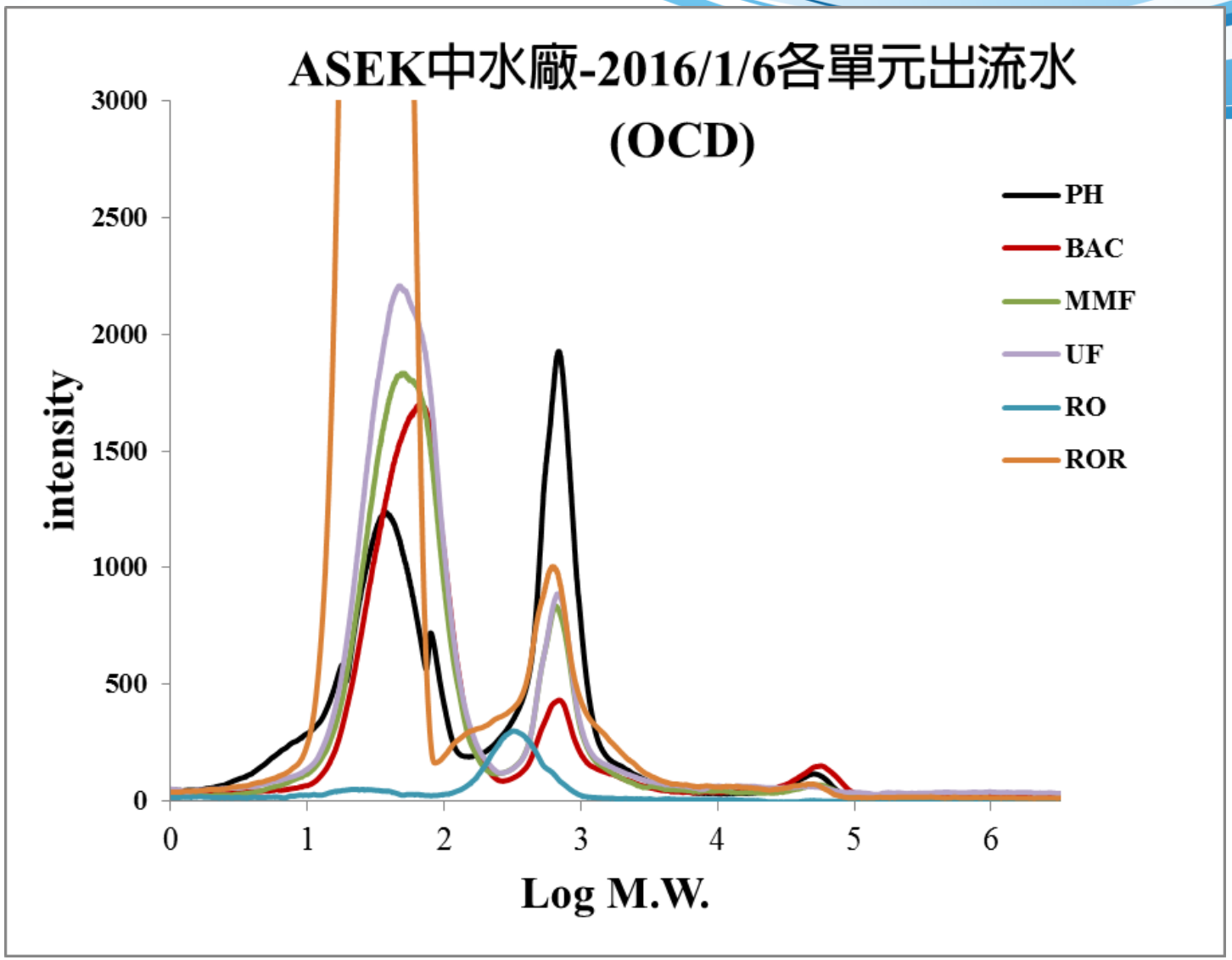
UF出流硝酸鹽氮濃度長期高於BAC及MMF出流

UF出流水質較BAC及MMF出流差－總有機碳



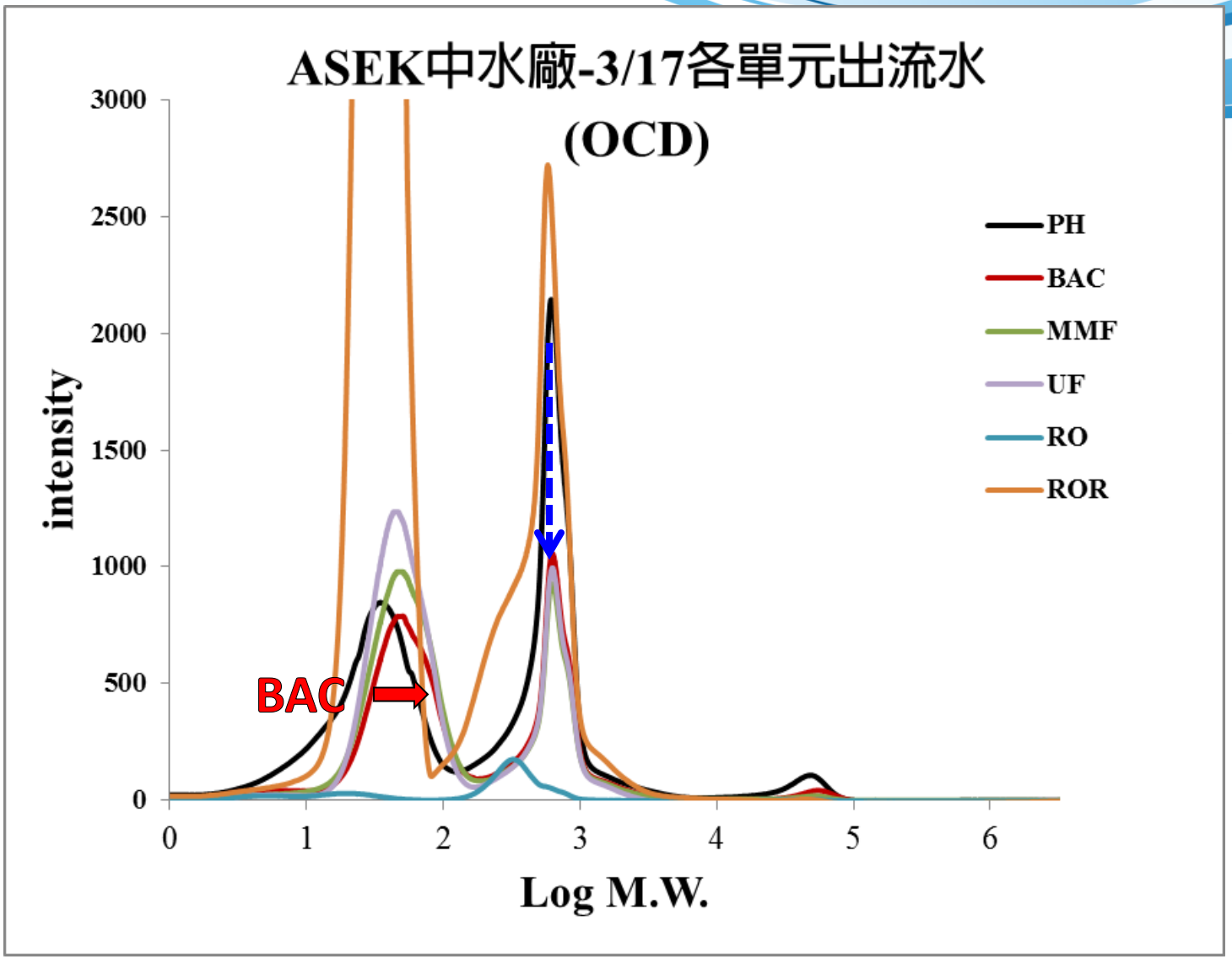
UF在BAC效能不佳時有穩定RO進流水質的功能

Size exclusion chromatography (SEC, 粒徑排除層析儀)
量測廢水有機物質分子量大小分佈



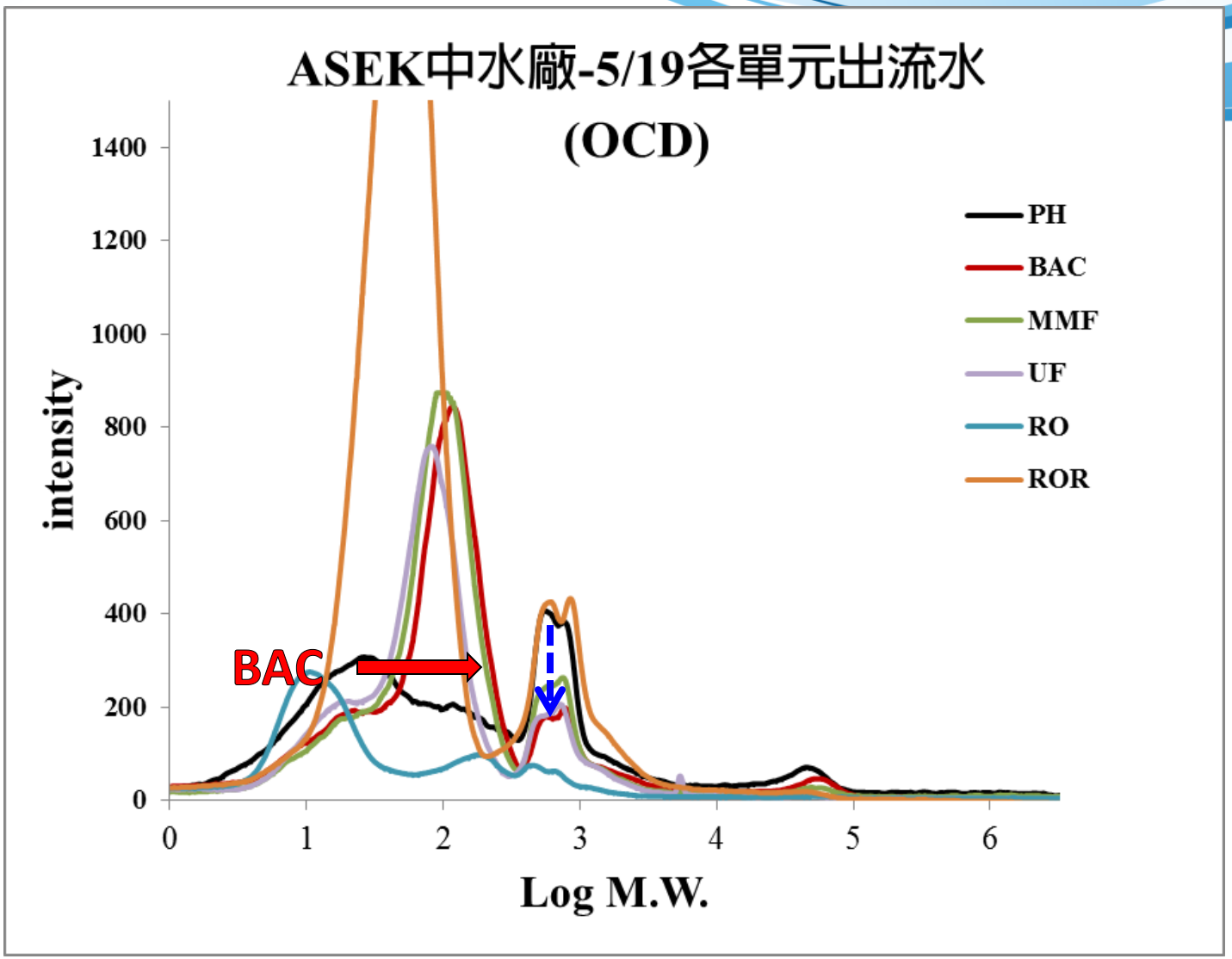
Sample collected at 01/06/2016

Size exclusion chromatography (SEC, 粒徑排除層析儀)
量測廢水有機物質分子量大小分佈



Sample collected at 03/17/2016

Size exclusion chromatography (SEC, 粒徑排除層析儀)
量測廢水有機物質分子量大小分佈



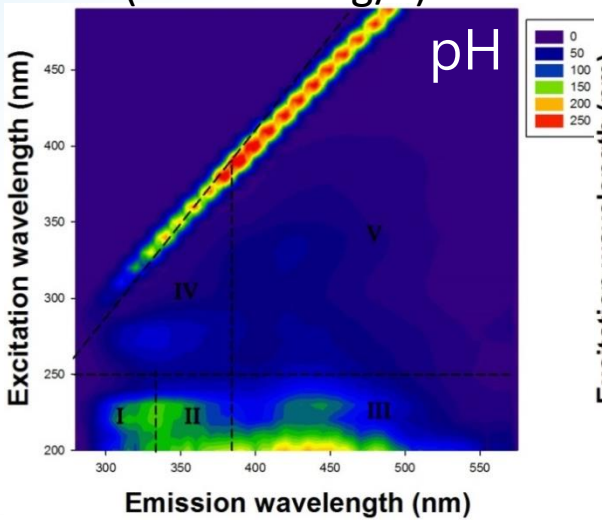
Sample collected at 05/19/2016

中水廠各單元出流水螢光特徵

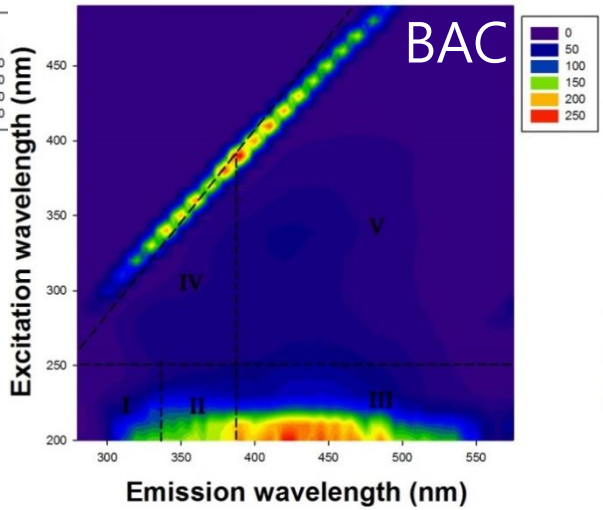
ASE GROUP 日月光集團

環境技術研究合作發表會

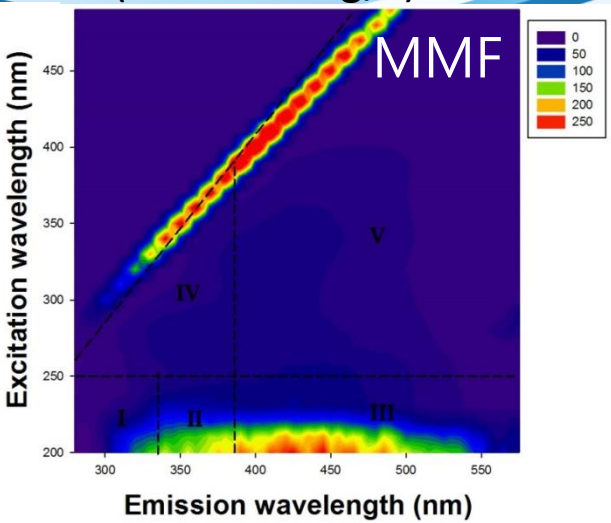
(TOC: 9.3 mg/L)



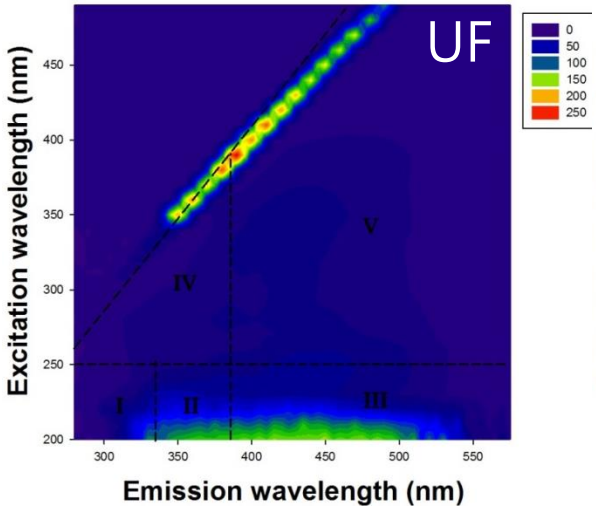
(TOC: 1.8 mg/L)



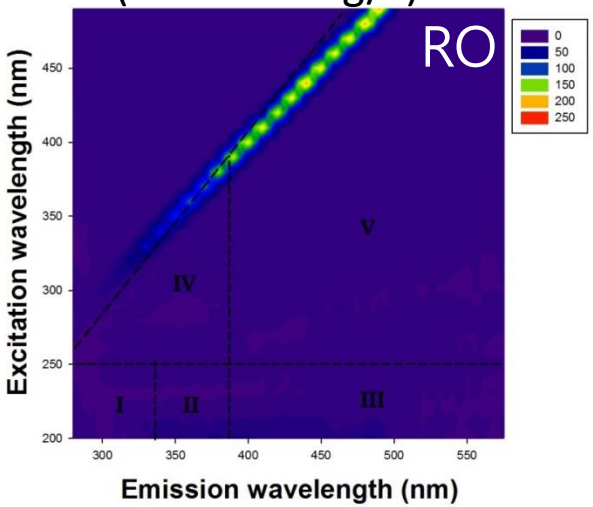
(TOC: 1.7 mg/L)



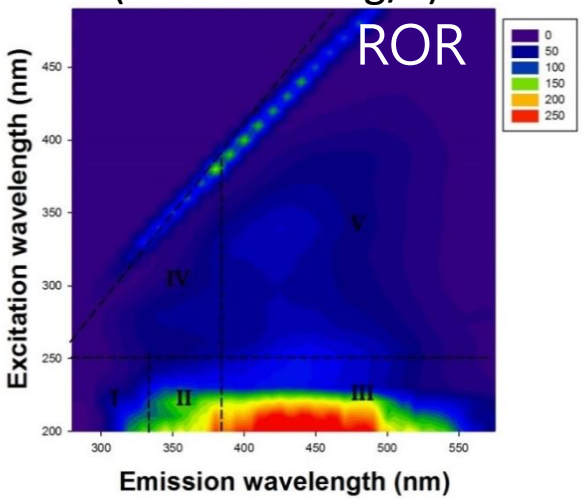
(TOC: 1.9 mg/L)



(TOC: 0.3 mg/L)



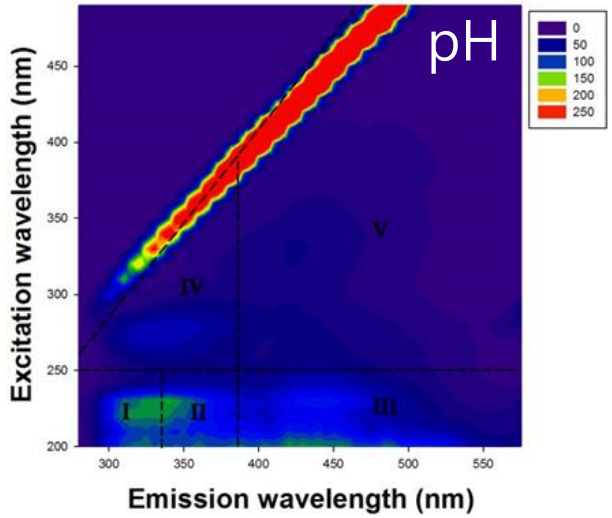
(TOC: 10.2 mg/L)



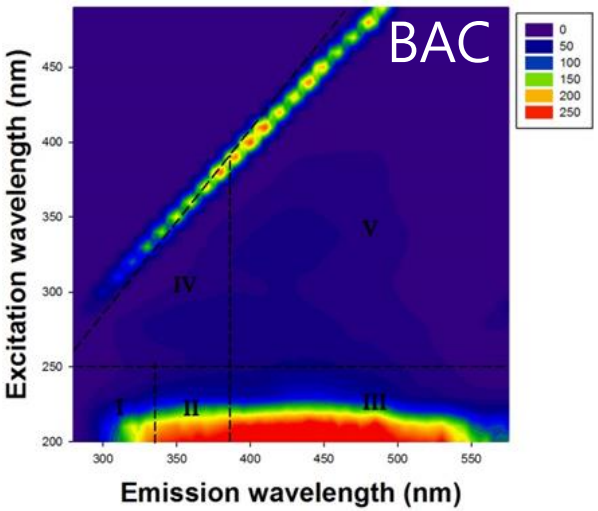
Sample collected at 01/06/2016

中水廠各單元出流水螢光特徵

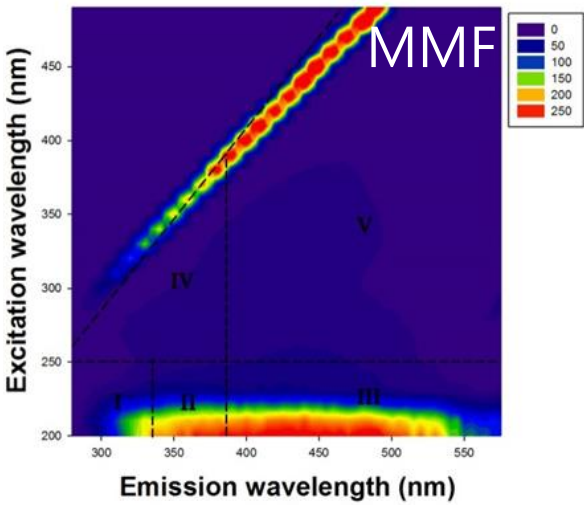
(TOC: 8.2 mg/L)



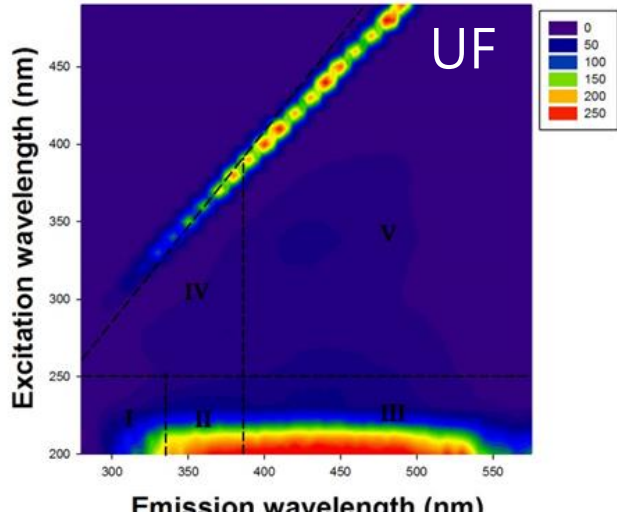
(TOC: 2.1 mg/L)



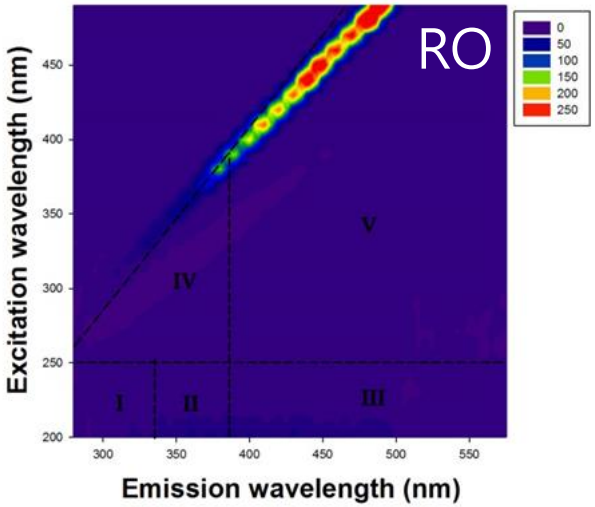
(TOC: 1.6 mg/L)



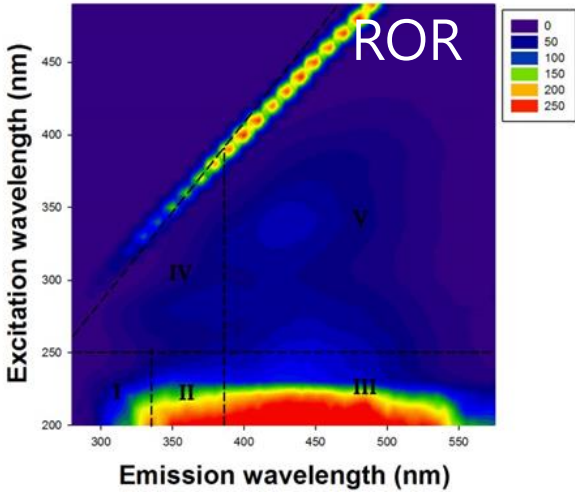
(TOC: 1.7 mg/L)



(TOC: 0.4 mg/L)



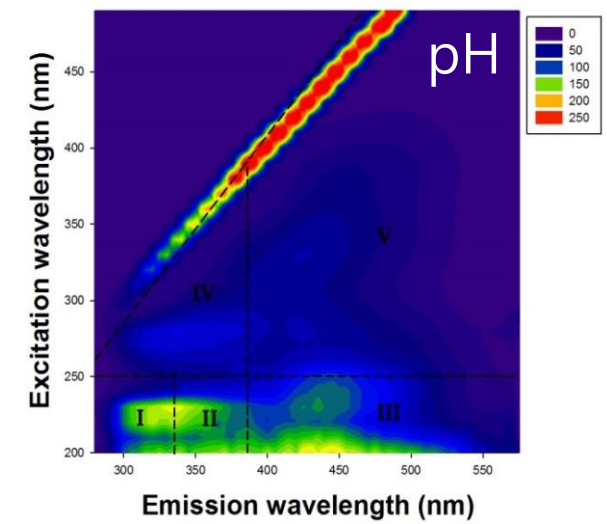
(TOC: 3.5 mg/L)



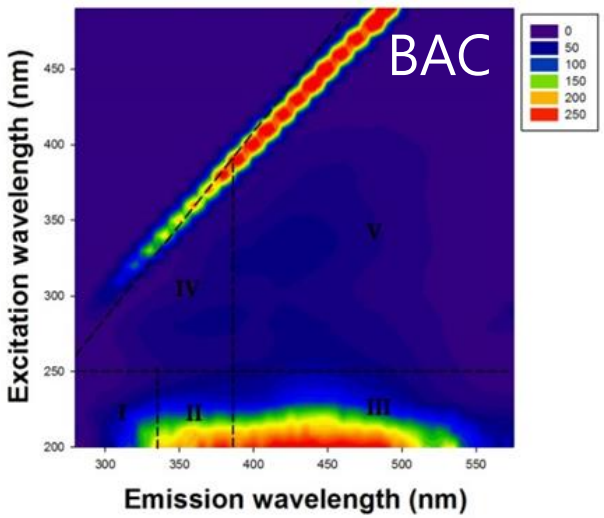
Sample collected at 03/17/2016

中水廠各單元出流水螢光特徵

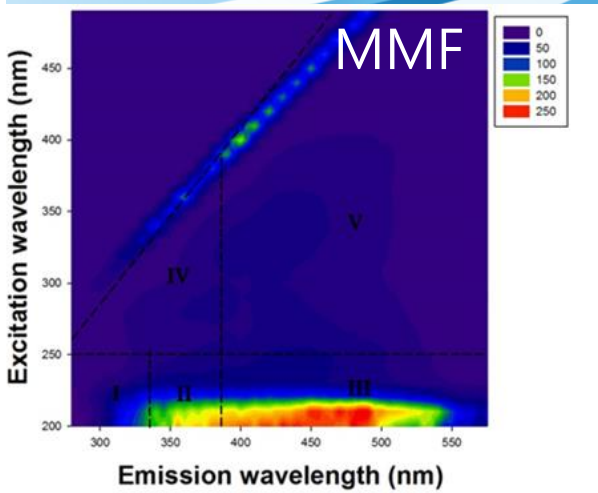
(TOC: 8.9 mg/L)



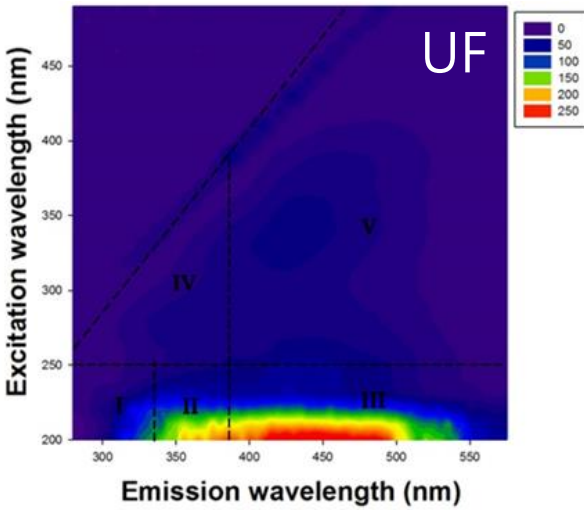
(TOC: 3.1 mg/L)



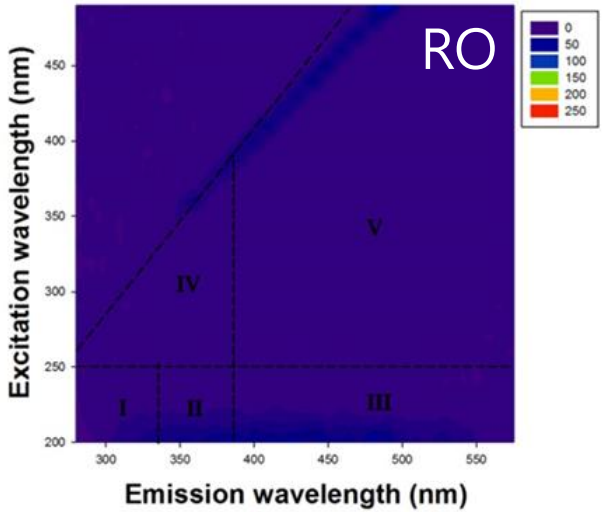
(TOC: 2.7 mg/L)



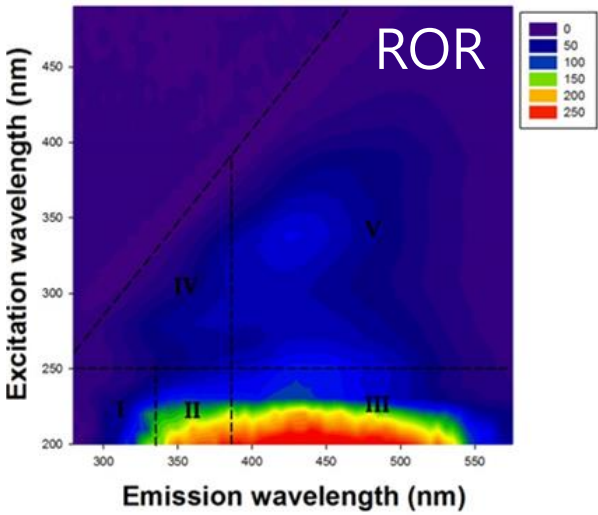
(TOC: 3.9 mg/L)



(TOC: 3.6 mg/L)



(TOC: 4.4 mg/L)



Sample collected at 05/19/2016

Summary (1/2)

- 期中報告後(2016/1/6~2016/8/11)相較於期中報告前(2015/10/1~2015/12/24)，回收系統整體對於TOC的去除率由79.2%上升至88.4%，且BAC單元對TOC之處理率由6.3%回復至72.6%，推測是在中水廠進行排泥之後汙泥老化現象減弱，分解有機物的異營菌恢復活躍，因此BAC單元控制適當的汙泥齡與維持良好操作是確保產水品質之關鍵。

- 以FEEM與HPSEC分析中水廠各單元出流水，BAC單元中的微生物能有效利用小分子有機物並代謝產生較大分子的有機物，MMF及UF則無明顯去除有機物的效果。然而長期水質分析顯示，UF單元於進流水質變動大時能發揮保護RO單元的作用。

Summary (2/2)

- 比較1-3月及4-6月各單元出流水的TOC檢測數據，結果顯示BAC單元對TOC之處理率在這兩段期間差不多，但是4-6月MMF、UF及RO薄膜對TOC之去除率都明顯下降，不確定是否薄膜系統產生積垢問題，導致整體產水品質下降，建議需注意清洗狀況或檢查薄膜是否受損。
- 本計畫以水質監測數據提供中水廠操作應用，使中水廠之再生水品質控管良好，此水質參數(例如各項單元於各污染物之去除率)可供其它水回收廠操作參考使用，確保或改善其操作效能。

ROR濃排水處理方法評估

技術研究合作發表會

待處理水質根據2015/10/1至2016/08/11期間共36次採樣數據，此放流水的水質檢測如下表：

檢測項目	檢測濃度
Conductivity (mS/cm)	4.42 ±0.56
TOC (mg/L)	3.8 ±1.5
F^- (mg/L)	1.77 ±0.70
Cl^- (mg/L)	880 ±166
Br^- (mg/L)	N.D.
PO_4^{3-} (mg/L)	N.D.
SO_4^{2-} (mg/L)	867 ±160
Ni (mg/L)	0.17 ±0.11
Cu (mg/L)	0.08 ±0.04
Pb (mg/L)	0.05 ±0.11
Mg (mg/L)	21.74 ±5.40
Ca (mg/L)	104.8 ±20.8
NH_4^+-N (mg/L)	0.17 ±0.24
NO_2^--N (mg/L)	N.D.
NO_3^--N (mg/L)	18.33 ±4.16

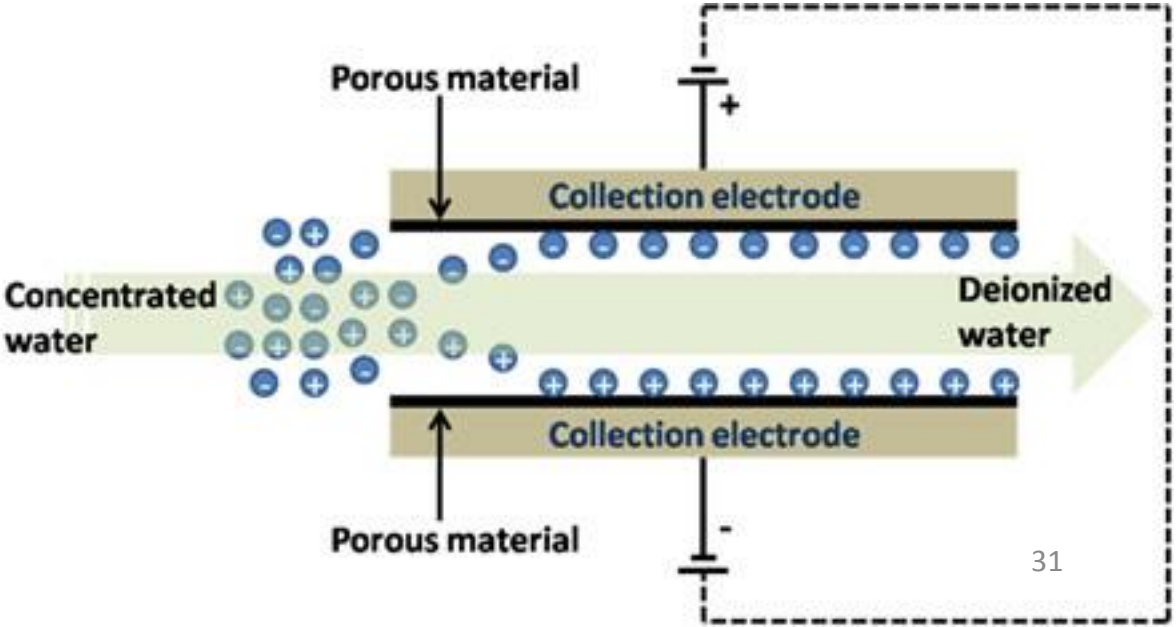
電容去離子技術(capacitive deionization, CDI)

- CDI是一種以奈米科技為基礎，應用電吸附(electrosorption)原理，合適的奈米多孔碳電極之材料包括：碳氣凝膠、活性炭、碳纖維、中孔性碳、碳納米管、石墨烯，因其具有高導電性和比表面積。

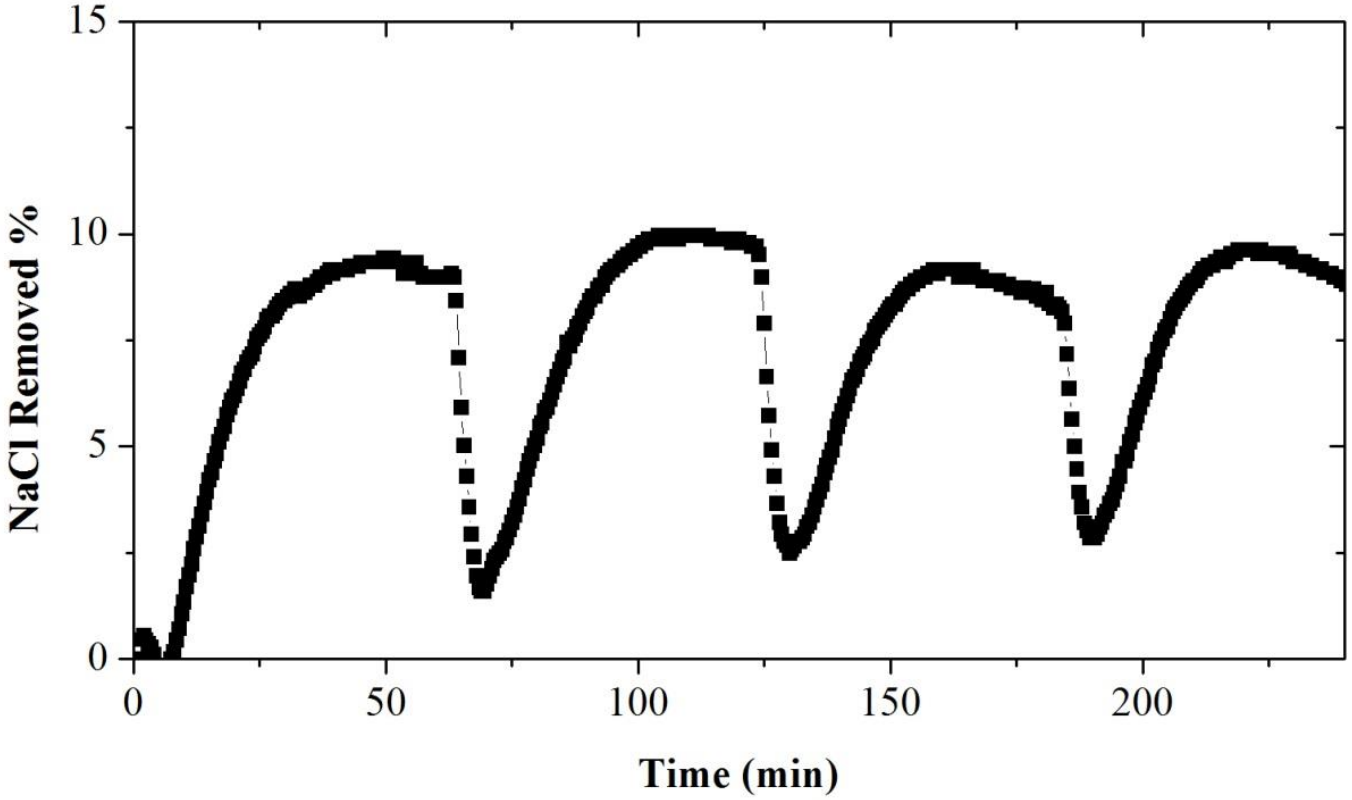
- 電吸附定義為在帶電電極表面經由電位控制引起的吸附，可以調節電流或電位，其電吸附能力取決於電極材料的孔隙結構。

- 使用多孔碳電極的電吸附過程，可以有效去除不需要的離子或帶電的污染物，例如無機鹽、鉻、銅等離子。

- 相對於傳統的脫鹽技術
  能源利用效率高
  不需要高壓泵及膜
  吸附容量大
  系統操作易
  具有可逆性

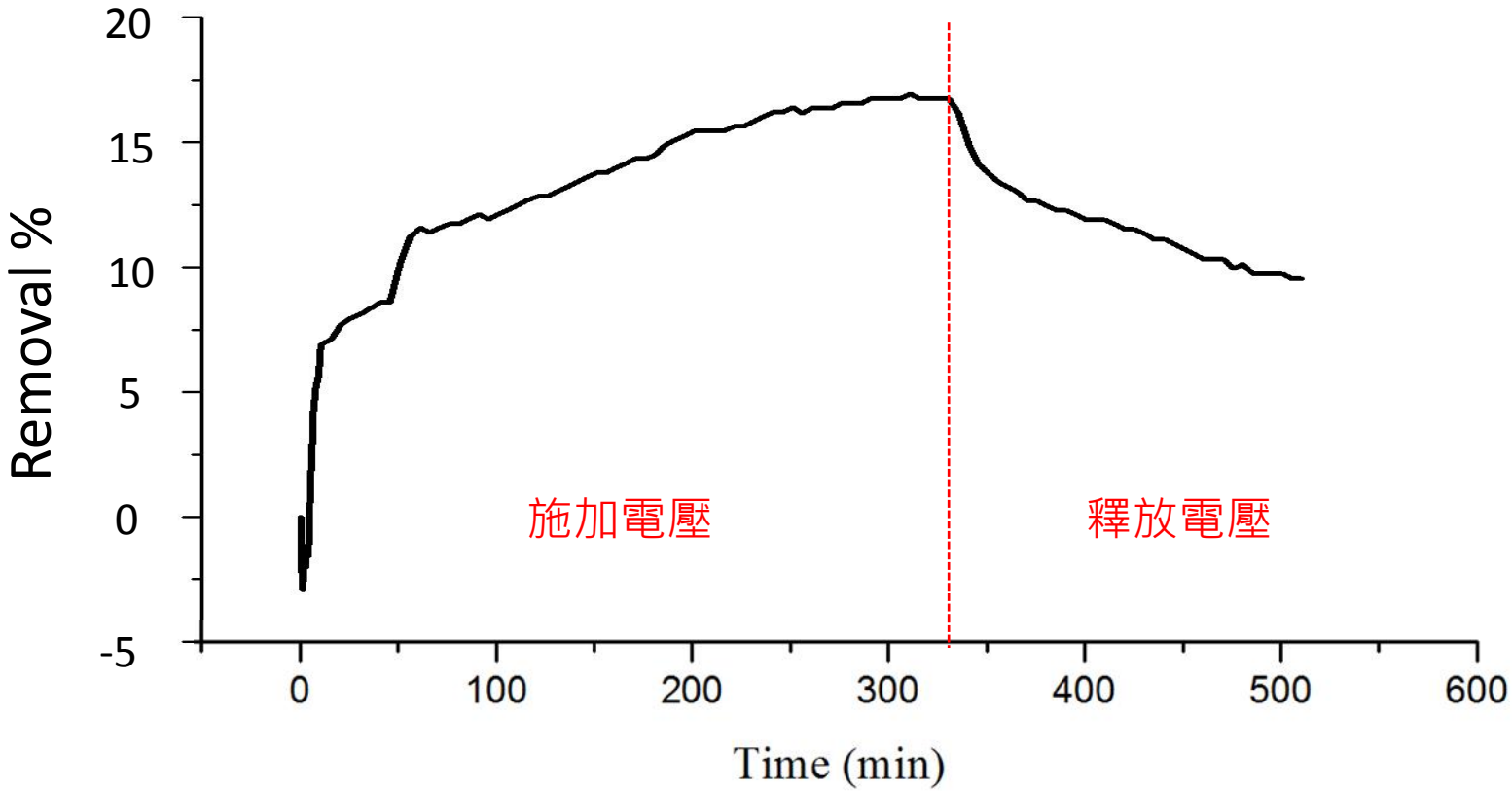


先期測試以50 mg/L NaCl進行去除效率之測試



以日月光ROR水進行去除效率之測試

CDI可以從含有多個離子的溶液中選擇性地吸附特定的離子，因為有特定的目標去除離子，所以對於成分複雜之廢水，目前測試成效不佳，後續會改進吸附材料，改善處理效能。

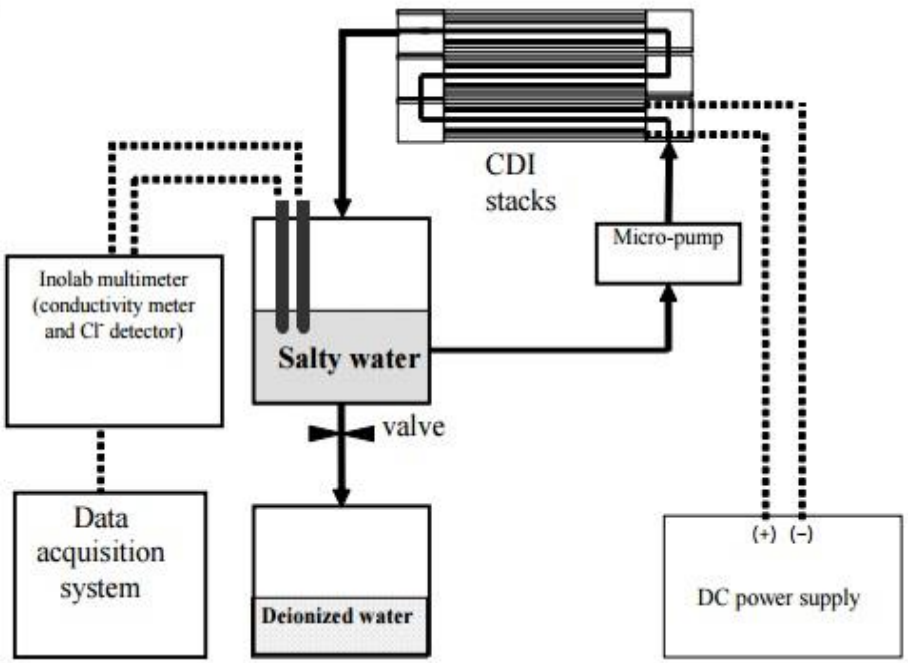


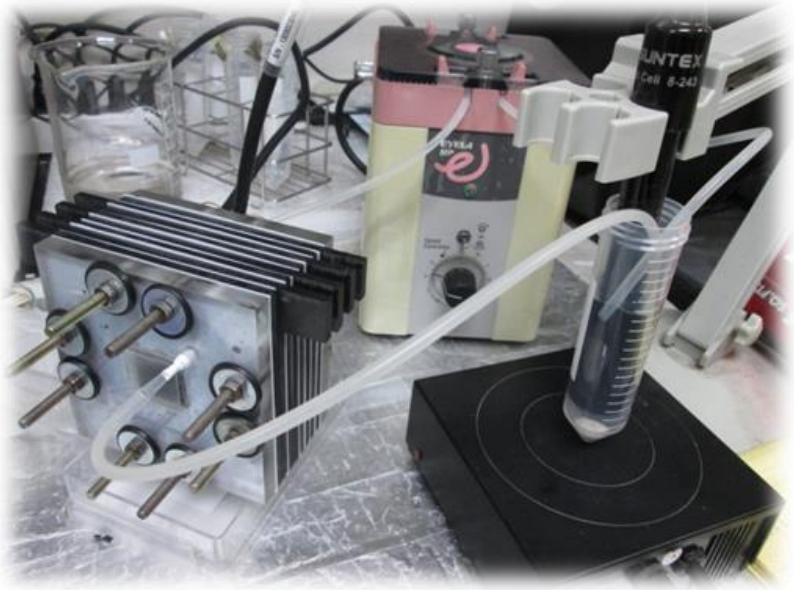
CDI測試裝置與電極

電極材質：

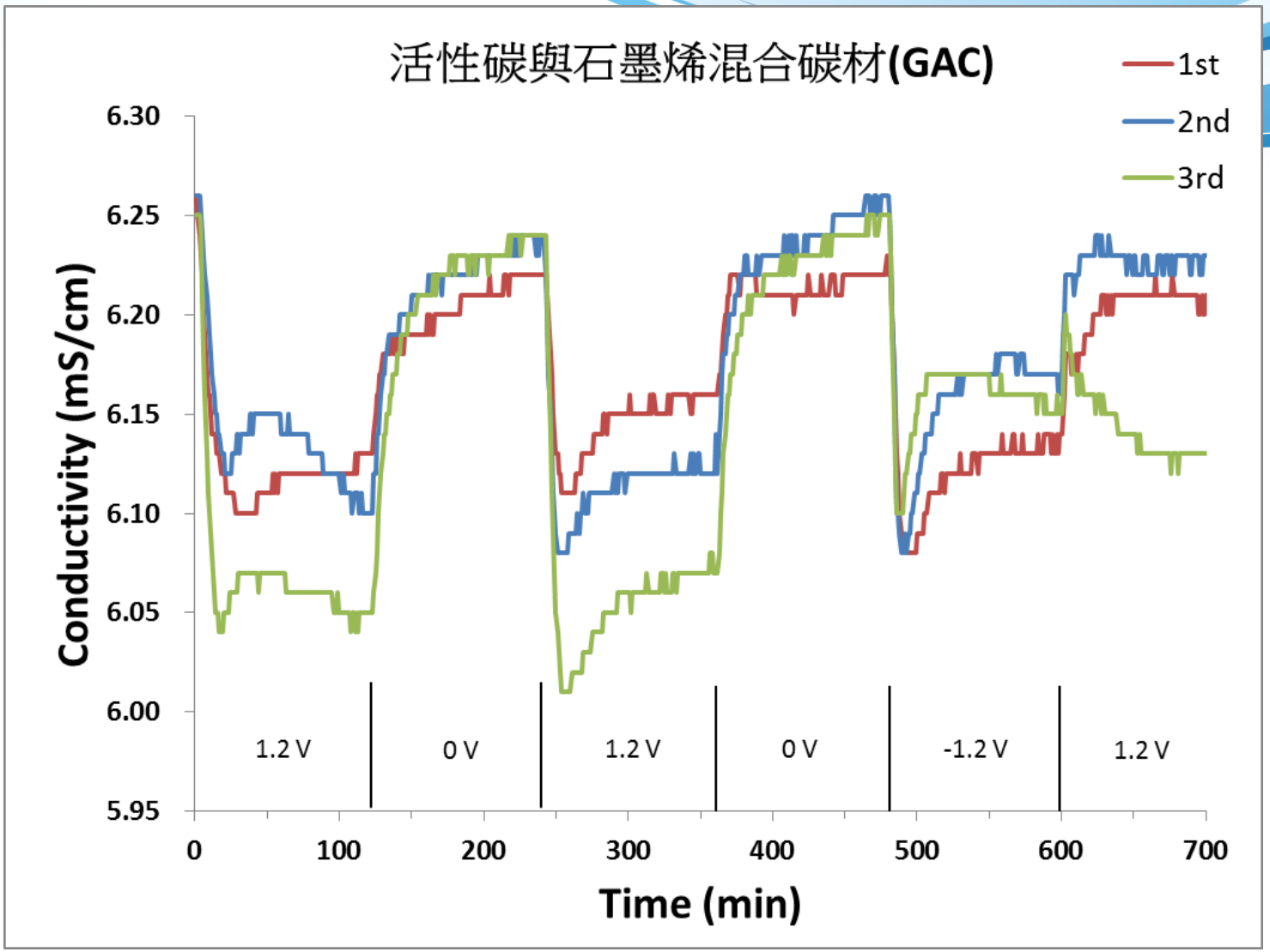
(1) 活性碳與石墨烯混合之碳材(GAC)

(2) 以氯化鋅為活性劑所製備之活性碳(ZCAC)

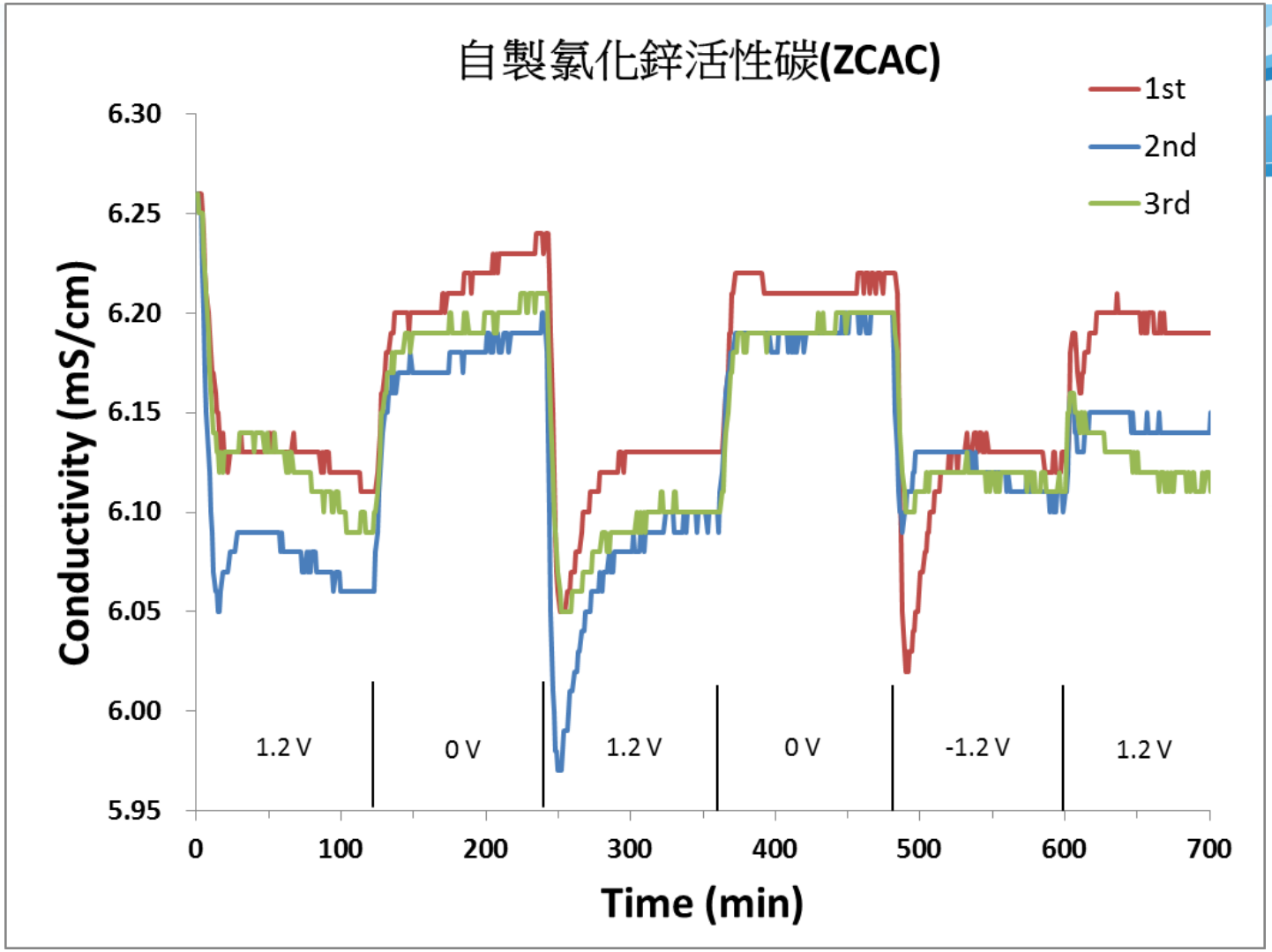




施加電壓+1.2 V ~ 0 V與-1.2 V ~ 1.2 V 進行700 min連續測試

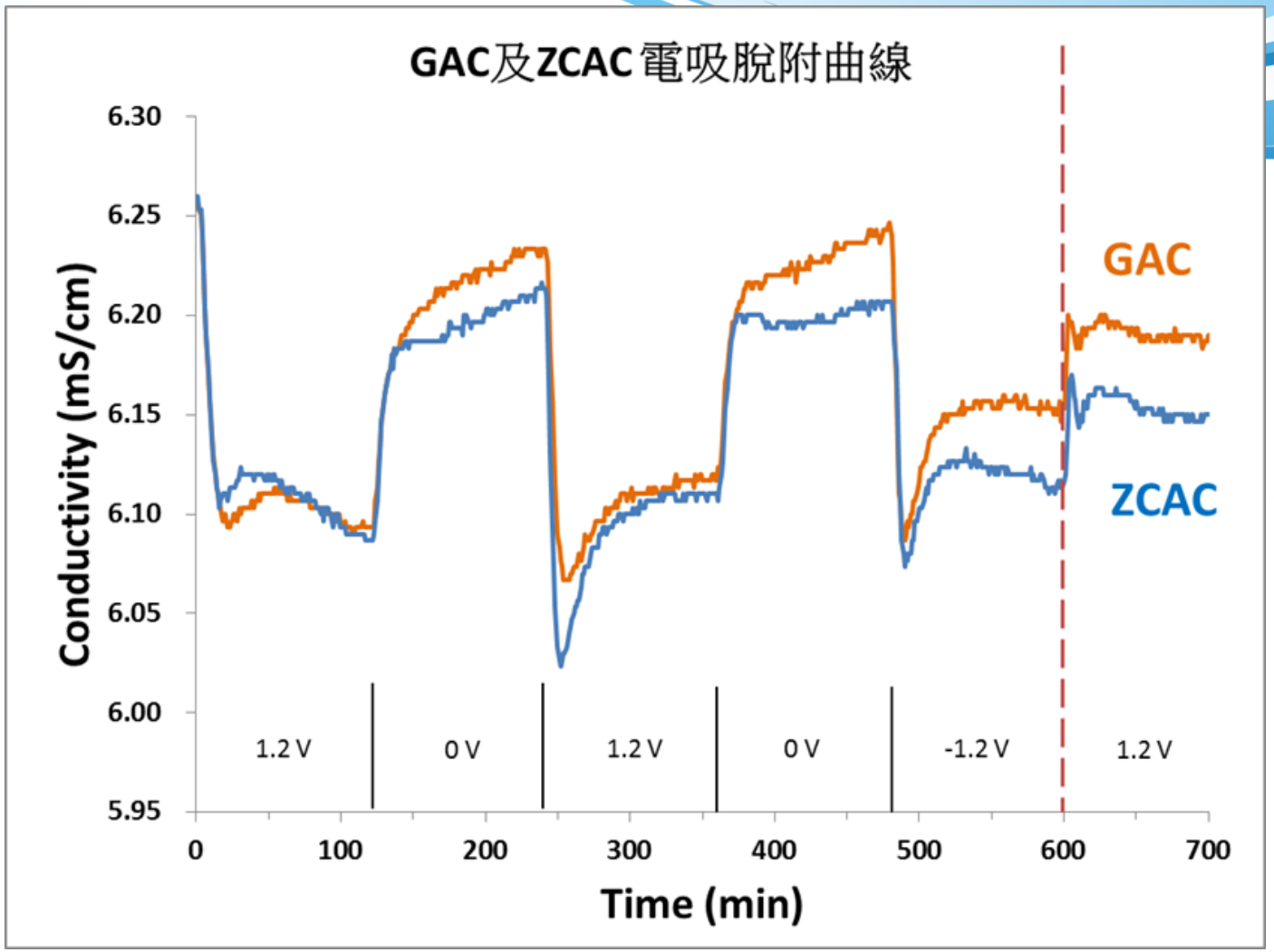


施加電壓+1.2 V ~ 0 V與-1.2 V ~ 1.2 V，進行700 min連續測試



1. GAC最多可將ROR濃排水導電度由6.26 mS/cm降低至6.01 mS/cm，ZCAC可降低至5.97 mS/cm，表示兩者去除能力差不多。
2. 反覆施加及釋放電壓(+1.2 V ~ 0 V)後吸附率及脫附率並無明顯改變，代表此兩種電極作用穩定。

三次試驗平均值



1. 於120 min及360 min釋放電壓後，GAC的脫附效果較ZCAC為佳。
2. 在600 min時，將電壓由-1.2 V切換至+1.2 V， GAC與ZCAC組別的導電度於10 min內分別回升至6.18 mS/cm及6.16 mS/cm，代表GAC的可逆性較佳。

CDI處理規劃設計

Lab scale

電極面積：8×2.54cm ×2.54cm = 51.6 cm^2

處理體積：70 mL

導電度降低：0.2 mS/cm

每單位面積可以吸附離子量：0.125 mg/cm^2

CDI處理規劃設計

設計實廠體積與電板數量

若以濃排水水量 4000 CMD計算

導電度降低：4 mS/cm (也就是Cl^-與Na^+分別從1000 mg/L 降至 100 mg/L)

相當於 1.8×10^9 mg之離子需去除

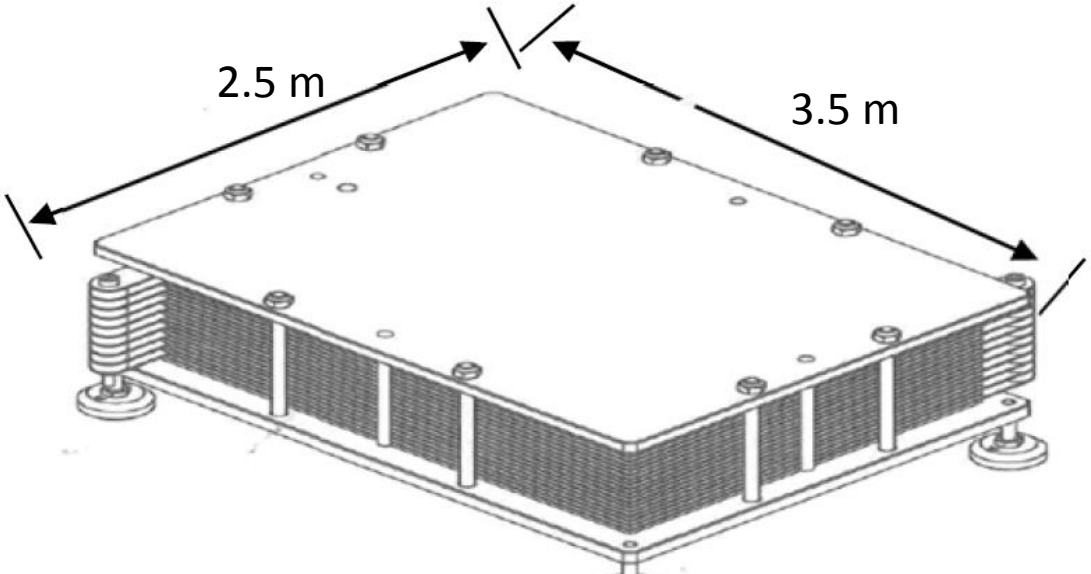
需要1.98×10^4 m^2 的電極面積

每20分鐘一個循環(15分鐘施加電壓1.2V、5分鐘釋放電壓)

槽體體積：3 m×4 m ×5 m = 56.3 m^3

電極面積：2.5 m×3.5 m

共 2285片



主要離子為Cl^-, SO_4^{2-}及Na^+

放流水水質

檢測項目	檢測濃度
Conductivity (mS/cm)	4.42 ±0.56
TOC (mg/L)	3.8 ±1.5
F^- (mg/L)	1.77 ±0.70
Cl^- (mg/L)	880 ±166
Br^- (mg/L)	N.D.
PO_4^{3-} (mg/L)	N.D.
SO_4^{2-} (mg/L)	867 ±160
Ni (mg/L)	0.17 ±0.11
Cu (mg/L)	0.08 ±0.04
Pb (mg/L)	0.05 ±0.11
Mg (mg/L)	21.74 ±5.40
Ca (mg/L)	104.8 ±20.8
NH_4^+-N (mg/L)	0.17 ±0.24
NO_2^--N (mg/L)	N.D.
NO_3^--N (mg/L)	18.33 ±4.16
Na (mg/L)	759.6 ± 62.7

導電度貢獻估算

離子種類	重量濃度預估值 (mg/L)	當量濃度 (meq/L)
Cl^-	1000	28.2
Na^+	1000	43.5
SO_4^{2-}	1000	10.4
Mg^{2+}	30	5
Ca^{2+}	100	2.5

正電荷相加約51 meq/L，負電荷相加約49 meq/L，

日月光廢水中主成分約為此五種離子。

導電度貢獻估算

離子種類	重量濃度預估值 (mg/L)	當量濃度 (meq/L)	導電度 (mS/cm)	導電度貢獻 (%)
Cl^-	1000	28.2	2.15	33.7
Na^+	1000	43.5	2.16	33.8
SO_4^{2-}	1000	10.4	1.66	25.8
Mg^{2+}	30	5	0.3	4.6
Ca^{2+}	100	2.5	0.13	2.1

Table 3.3 | Equivalent ionic conductance at infinite dilution at 25°C in S-cm^3/eq

Cation	λ_0^+	Anion	λ_0^-
H^+	350.1	OH^-	199.2
Na^+	50.1	HCO_3^-	44.5
K^+	73.5	Cl^-	76.3
NH_4^+	73.7	NO_3^-	71.4
$\frac{1}{2}Ca^{2-}$	59.5	CH_3COO^-	41.0
$\frac{1}{2}Mg^{2-}$	53.1	$\frac{1}{2}SO_4^{2-}$	80.0
$\frac{1}{2}Ba^{2+}$	45	F^-	55.4

Source: J. A. Dean, "Lange's Handbook of Chemistry," 15th ed., McGraw-Hill, Inc., New York, 1999.

$$\Lambda\ (equivalent\ conductance) = \frac{1000}{N(eq/L)} \times K\ (specific\ conductance)$$

ASE Confidential / Security-C

導電度貢獻估算

Total conductivity：

Cl^- $+SO_4{}^{2-}$ $+Na^+$ $+Ca^{2+}$ $+Mg^{2+}$

2.15 + 1.66 + 2.18 + 0.30 + 0.13 = **6.42** $^{mS}/_{cm}$

因此若欲削減conductivity：

1. 去除Na^+與Cl^- → 薄膜處理(產生更高濃度的廢水)
   或熱處理法(產生結晶)
1. 去除$SO_4{}^{2-}$ → 混凝法(產生汙泥)
2. 去除其它離子如Ca^{2+}、Mg^{2+}，但降低導電度的效果並不大

Summary

- 對於以電容去離子法處理濃排水，兩種電極(ZCAC與GAC)對導電度之去除能力相當但不佳(約4%)，反覆施加及釋放電壓後處理率皆穩定；然而GAC在釋放電壓後，其脫附率可達95%，ZCAC僅65%，即GAC電極的可逆性優於ZCAC，因此若以電容去離子法處理ROR濃排水GAC為較好的選擇。

- 本計畫以電容去離子法處理濃排水效果不如預期，由於中水廠之濃排水中陰離子以SO_4^{2-}與Cl^-為主(皆介於500-1000 mg/L)，而陽離子則以Na^+(約1000 mg/L)為主與Ca^{2+}、Mg^{2+}(約數十至數百mg/L)為輔，大多數離子均為微量(<1 mg/L)，建議未來可針對SO_4^{2-}以混凝去除，而NaCl以薄膜或加熱法處理，評估針對何種離子去除可收達降低濃排水導電度之最大功效。

Thank You for Your Attention!