

淨水場供水水質改善最適對策評估研究
－ 以金門自來水廠為例

**Improvement strategy of plant operations for public
water supplies: a case study of Kinmen County Waterworks**



主辦機關：經濟部水利署
執行單位：國立交通大學

中華民國 101 年 12 月

淨水場供水水質改善最適對策評估研究 - 以金門自來水廠為例

Improvement strategy of plant operations for public
water supplies: a case study of Kinmen County
Waterworks

計畫主持人：黃志彬
協同主持人：林財富
顧問：王根樹
研究人員：林志麟、陳大為

執行期間：101 年 3 月 20 日至 101 年 12 月 15 日

委辦機關：經濟部水利署
執行單位：國立交通大學防災與水環境研究中心

目 錄

目 錄	I
圖目錄	IV
表目錄	VII
摘 要	1
Abstract.....	2
第一章、前言	1-1
1.1 計畫緣起.....	1-1
1.2 計畫目的.....	1-1
1.3 工作項目、執行對照及成果摘要.....	1-2
第二章、計畫背景及文獻回顧	2-1
2.1 金門地區淨水場原水來源及供水現況.....	2-1
2.2 金門地區淨水場供水水質問題及相關處理技術	2-7
第三章、執行方法及步驟.....	3-1
3.1 金門自來水廠原水水質處理困難成因調查及分析	3-3
3.1.1 現地分析.....	3-3
3.1.2 非現地分析	3-4
3.2 辦理金門自來水廠淨水場人員教育訓練	3-11
3.3 淨水場水質改善最適藥劑及濾材評估.....	3-12
3.3.1 氧化及混凝效能評估	3-13
3.3.2 濾料過濾效能評估.....	3-14
3.4 淨水場供水水質改善之最適方法.....	3-18
第四章、工作執行進度與結果	4-1
4.1 原水水質處理困難成因調查及分析	4-1
4.1.1 太湖淨水場原水水庫水質分析.....	4-2

4.1.2 太湖淨水場各處理單元出流水水質分析	4-18
4.1.3 榮湖淨水場各處理單元出流水水質分析	4-35
4.1.4 紅山淨水場供水水質分析	4-43
4.1.5 太湖及榮湖淨水場處理單元設施檢核	4-44
4.2 淨水場操作效能評估	4-51
4.3 淨水場水質改善最適藥劑及濾材評估	4-61
4.3.1 前氧化及混凝最適藥劑評估	4-61
4.3.2 過濾最適濾料測試及評估	4-71
4.4 淨水場供水水質改善之最適策略及方法	4-86
4.4.1 水庫管理及治理策略	4-86
4.4.2 前氧化搭配混凝之最適加藥策略	4-87
4.4.3 濾材之最適種類及填充量配比	4-89
4.5 淨水場人員教育訓練	4-91
4.5.1 淨水場操作效能評估執行人員教育訓練	4-91
4.5.2 淨水場操作種子人員教育訓練	4-92
4.5.3 淨水高級處理過濾單元優化操作策略教育訓練	4-94
4.5.4 淨水場操作種子人員實作教育訓練	4-96
第五章、結論與建議	5-1
5.1 結論	5-1
5.2 建議	5-3
參考文獻	1

- 附錄一 2011 年金門各淨水場(太湖、榮湖、紅山)各月供水水質檢測結果
- 附錄二 各水庫及淨水場採樣頻率及分析項目
- 附錄三 各水庫、淨水場及過濾模組水質分析結果
- 附錄四 各場次教育訓練簡報資料
- 附錄五 前氧化混凝浮除及管柱過濾模組標準操作流程
- 附錄六 期中審查意見及回覆
- 附錄七 期末審查意見及回覆

圖目錄

圖 2-1	金門地區自來水水源及淨水場位置	2
圖 2-2	太湖淨水場處理流程	5
圖 2-3	榮湖淨水場處理流程	5
圖 2-4	紅山淨水場處理流程	6
圖 2-5	聚矽酸鐵之製備途徑	15
圖 2-6	金門地區自來水中之紅蟲	18
圖 3-1	工作架構及執行流程	3-2
圖 3-2	固相萃取流程	3-6
圖 3-3	浮除瓶杯試驗機	3-14
圖 3-4	氧化及混凝效能評估程序	3-14
圖 3-5	濾材過濾管柱模組裝置	3-17
圖 4-1	金門水庫庫水之濁度變化	4-3
圖 4-2	金門水庫庫水之 pH 值變化	4-4
圖 4-3	金門水庫庫水之氨氮含量變化	4-5
圖 4-4	金門水庫庫水之溶氧變化	4-6
圖 4-5	金門水庫庫水之 DO、UV ₂₅₄ 及 SUVA 值變化	4-8
圖 4-6	金門水庫庫水之鐵、錳含量變化	4-10
圖 4-7	金門水庫庫水之總菌數變化	4-11
圖 4-8	金門水庫庫水之藻數變化	4-12
圖 4-9	金門不同水庫庫水之親疏水性有機物比例	4-17
圖 4-10	太湖淨水場不同單元進、出流水之濁度變化	4-19
圖 4-11	太湖淨水場不同單元進、出流水之 DOC 含量變化	4-20
圖 4-12	太湖淨水場不同單元進、出流水之氨氮變化	4-21
圖 4-13	太湖淨水場不同單元進、出流水之鐵、錳含量變化(4 月~ 6 月)	4-23
圖 4-14	太湖淨水場不同單元進、出流水之鐵、錳含量變化(7 月~ 8 月)	4-24
圖 4-15	太湖淨水場不同單元進、出流水之鐵、錳含量變化(8 月~ 9 月)	4-25
圖 4-16	太湖淨水場不同單元進、出流水之總菌數變化	4-26
圖 4-17	太湖淨水場不同單元進、出流水之藻數變化	4-27
圖 4-18	太湖淨水場不同單元進、出流水之總三鹵甲烷濃度變化(4 月~ 6 月) ...	4-32
圖 4-19	太湖淨水場不同單元進、出流水之總三鹵甲烷濃度變化(7 月~ 8 月) ...	4-33
圖 4-20	太湖淨水場不同單元進、出流水之總三鹵甲烷濃度變化(8 月~ 9 月) ...	4-34
圖 4-21	太湖淨水場不同單元進、出流水之總三鹵甲烷濃度變化(10 月)	4-35
圖 4-22	榮湖淨水場不同單元進、出流水之濁度變化	4-36
圖 4-23	榮湖淨水場不同單元進、出流水之 DOC 含量變化	4-37
圖 4-24	榮湖淨水場不同單元進、出流水之氨氮含量變化	4-38
圖 4-25	榮湖淨水場不同單元進、出流水之鐵、錳含量變化(5 月、7 月)	4-39
圖 4-26	榮湖淨水場不同單元進、出流水之總菌數變化	4-40

圖 4-27	榮湖淨水場不同單元進、出流水之藻數變化.....	4-41
圖 4-28	太湖淨水場快混池尺寸	4-45
圖 4-29	太湖淨水場慢混出流水之顆粒粒徑	4-46
圖 4-30	太湖淨水場 ABW 式快濾池.....	4-47
圖 4-31	榮湖淨水場浮除池	4-49
圖 4-32	榮湖淨水場慢混出流水之顆粒粒徑	4-49
圖 4-33	榮湖淨水場慢混出水及浮除上澄液之顆粒粒徑	4-50
圖 4-34	台灣自來水公司淨水場營運效能評估之執行架構及流程	4-52
圖 4-35	榮湖淨水場現場評估.....	4-56
圖 4-36	太湖淨水場現場評估.....	4-60
圖 4-37	不同前氧化方式下混凝浮除出水之殘餘 DOC(氧化劑劑量：1 mg/L) ..	4-63
圖 4-38	不同前氧化方式對混凝浮除出水之殘餘藻數(氧化劑劑量：2 mg/L)	4-64
圖 4-39	不同前加氯方式下 Alum 混凝浮除之殘餘濁度、DOC 及藻數.....	4-67
圖 4-40	不同前加氯方式下 Alum 混凝浮除出水之殘餘 TTHM 及 TTHMFP	4-68
圖 4-41	不同前加氯方式下 PSI 混凝浮除出水之殘餘濁度、DOC 及藻數	4-69
圖 4-42	不同前加氯方式下 PSI 混凝浮除出水之殘餘 TTHM 及 TTHMFP	4-70
圖 4-43	以不同濾料填充之過濾模組.....	4-73
圖 4-44	過濾模組進、出流水之濁度變化(管柱 1：石英砂；管柱 2：活性 碳+錳砂)	4-74
圖 4-45	6、7 月過濾模組進、出流水之鐵、錳含量變化(管柱 1：石英砂； 管柱 2：活性碳+錳砂)	4-75
圖 4-46	7、8 月過濾模組之進、出流水之鐵、錳含量變化(管柱 1：石英 砂；管柱 2：活性碳+錳砂)	4-76
圖 4-47	過濾模組進、出流水之 DOC 含量變化(管柱 1：石英砂；管柱 2： 活性碳+錳砂)	4-77
圖 4-48	過濾模組進、出流水之總菌數變化(管柱 1：石英砂；管柱 2：活 性碳+錳砂).....	4-78
圖 4-49	過濾管柱模組之進、出流水之藻數變化(管柱 1：石英砂；管柱 2： 活性碳+錳砂)	4-79
圖 4-50	過濾模組之進、出流水之濁度變化(管柱 1：石英砂+錳砂；管柱 2：活性碳+錳砂)	4-80
圖 4-51	8 月過濾模組之進、出流水之鐵、錳含量變化(管柱 1：石英砂+ 錳砂；管柱 2：活性碳+錳砂).....	4-81
圖 4-52	8、9 月過濾模組之進、出流水之鐵、錳含量變化(管柱 1：石英 砂+錳砂；管柱 2：活性碳+錳砂).....	4-82
圖 4-53	過濾模組進、出流水之 DOC 含量變化(管柱 1：石英砂+錳砂； 管柱 2：活性碳+錳砂)	4-83
圖 4-54	過濾模組進、出流水之總菌數變化(管柱 1：石英砂+錳砂；管柱 2：活性碳+錳砂)	4-84
圖 4-55	過濾管柱模組之進、出流水之藻數變化(管柱 1：石英砂+錳砂；	

管柱 2：活性碳＋錳砂)	4-85
圖 4-56 操作種子人員教育訓練實況	4-94
圖 4-57 淨水高級處理過濾單元優化操作策略教育訓練實況	4-96
圖 4-58 淨水場操作種子人員實作教育訓練實況	4-98
圖 4-59 太湖淨水場混凝加藥浮除瓶杯試驗結果	4-99
圖 4-60 榮湖淨水場混凝加藥浮除瓶杯試驗結果	4-101

表目錄

表 1-1	分項工作執行進度	1-3
表 1-2	工作項目及成果摘要	1-4
表 2-1	2011 年金門自來水廠水庫水水質檢測結果	2-9
表 2-2	金門自來水廠 2011 年 8 月份淨水場原水中之優勢藻種	2-12
表 2-3	淨水場常用消毒劑特性比較	2-13
表 2-4	太湖淨水場各單元有機碳及總三鹵甲烷檢測結果(2011 年 10 月)	2-18
表 4-1	金門水庫水質分析彙整	4-2
表 4-2	金門水庫庫水之微囊藻及柱孢藻毒素分析	4-14
表 4-3	太湖淨水場歷次採樣使用之原水來源	4-18
表 4-4	太湖淨水場進、出流水藻毒分析	4-28
表 4-5	太湖淨水場次氯酸鈉加藥量	4-30
表 4-6	榮湖淨水場歷次採樣使用之原水來源	4-35
表 4-7	榮湖淨水場進、出流水藻毒分析	4-42
表 4-8	紅山淨水場之原水及清水水質	4-43
表 4-9	金門全島處理水量及未來預估需水量	4-44
表 4-10	榮湖淨水場營運效能限制因子	4-53
表 4-11	太湖淨水場營運效能限制因子評估及分級	4-58
表 4-12	濾料規格	4-71
表 4-13	過濾模組設計操作參數及採樣分析項目	4-72
表 4-14	太湖淨水場前氧化及混凝劑成本	4-88
表 4-15	太湖淨水場快濾單元濾料成本	4-89
表 4-16	淨水場操作效能評估執行人員教育訓練議程	4-91
表 4-17	淨水場操作種子人員教育訓練議程	4-93
表 4-18	淨水高級處理過濾單元優化操作策略教育訓練議程	4-95
表 4-19	淨水場操作種子人員實作教育訓練議程	4-97

摘 要

金門自來水廠原水主要來自水庫水，因水庫水長期遭受附近人為廢水污染，夏季水庫產生嚴重優養化，原水水質迅速惡化，致淨水場水處理前氧化、混凝藥劑效能不彰，後續沉澱或浮除程序無法有效移除水中有機污染物，加重快濾操作負荷及堵塞程度，經加氯後水中總三鹵甲烷濃度超出飲用水水質標準，危害居民飲用水安全。

本計畫在調查並分析金門自來水原水水質現況及處理困難之原因上，獲致以下結果：太湖淨水場來自金湖水庫之原水水質優於來自太湖及田埔水庫；太湖淨水場浮除單元除藻之效能不彰，且現有活性炭搭配錳砂快濾桶去除 DOC 之效果不佳，且快濾池除濁效果差。結果顯示因為原水溶解性有機物(DOC)濃度高達 11 ~ 26 mg/L，淨水場處理程序僅慢濾池能藉生物降解作用減少水中殘留之 DOC，但會釋出氨氮，經後加氯造成總三鹵甲烷超過飲用水標準，其中含溴三鹵甲烷約占 50%，當降低前加氯劑量並搭配濾池前中加氯可使清水三鹵甲烷濃度符合飲用水標準；試驗結果顯示，前氧化加氯模式為二氧化氯搭配次氯酸鈉，可有效降低硫酸鋁混凝浮除後水中殘餘總三鹵甲烷及總三鹵甲烷生成潛能，以金湖水庫搭配田埔水庫為原水之條件下，使用二氧化氯搭配次氯酸鈉，兩者用藥量比例為 2：1，且硫酸鋁最適混凝劑量在 2 mg/L as Al，估算每噸水處理之藥劑成本為 1.28 元。實場過濾管柱實驗結果顯示，活性炭搭配錳砂過濾去除 DOC 及鐵、錳之效果略優於石英砂過濾，使用活性炭搭配錳砂之填充比為 1：2 時，每噸水處理之濾材成本為 4.94 元，相較目前太湖淨水場使用活性炭搭配錳砂之填充比，每噸水之處理成本約可節省 4.18 元。另一方面，榮湖淨水場活性炭及 UF 單元去除 DOC 之成效不佳，且 UF 及 RO 單元有微生物孳生之情形；紅山淨水場除清水 pH 值小於 7，其餘清水水質項目均符合飲用水水質標準。此外，本計畫已完成四場淨水場人員教育訓練，共計 165 人次參與，以及舉行太湖淨水場操作效能評估，得到主要效能限制因子 7 項、次要限制因子 7 項，另有 5 項輕微限制因子。

Abstract

The raw water of Kinmen Water Treatment Plants (WTPs) is mainly from the reservoir. Due to long-term contamination by municipal effluents, the reservoirs have been severely eutrophicated, especially in summer. The raw water with deteriorated quality has caused poor in pre-oxidation and coagulation/flocculation operations. As a result, the organic contaminants cannot be effectively removed in the subsequent sedimentation as well as floatation process, which burdens rapid filtration operation and causes filter clogging. After post-chlorination, the residual concentration of total trihalomethanes (TTHM) exceeds the limit of drinking water quality that jeopardizes drinking water safety.

In identification of major causes for poor performance of Kinmen WTPs, the result has shown that the quality of raw water from Kinghu Reservoir is better than that from Taihu Reservoir and Tangpu Reservoir. Moreover, the flotation process is ineffective in algae removal and the combination use of active carbon and Manganese sand filtration fails to remove dissolved organic carbon (DOC) from water, and rapid filtration process has a poor performance in turbidity removal. Because the concentration of DOC in raw water ranges from 11 to 26 mg/L, only slow filtration process is able to decompose the organic matter through bio-degradation and then reduce the residual DOC, but ammonia nitrogen liberates. The content of TTHM, including 50% bromide, exceeds the limit of drinking water quality after post-chlorination. When the dose reduction for chlorine is applied due to the combination of prechlorination before coagulation and chlorination before filtration, the TTHM concentration in finished water can comply with the limit of drinking water quality after the post-chlorination. The results of coagulation-flotation of jar testing have indicated that the reduce in TTHM and TTHMFP can be improved effectively through ClO_2 and NaOCl prechlorination along with $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ coagulation-flotation. For coagulation of raw water from Kimhu and Tangpu reservoir using Alum coagulant at the optimum dosage of 2 mg/L as Al, the cost of water production per unit mass for chemical consumption is about 1.28 NTD/ton when the dosing ratio of ClO_2 and NaOCl is 2:1 for prechlorination. The result of pilot filtration test has shown that the DOC, Fe and Mn removal efficiency of activated carbon and Manganese sand filtration is superior to that of quartz sand filtration. When the filling ratio of active carbon and Manganese sand is 1:2 in the column, the cost of water production per unit mass for filter media consumption is about 4.94 NTD/ton. At such condition, the cost of

production per ton filtrate can be reduced, which gives a saving of 4.18 NTD/ton compared to the cost of active carbon and Manganese sand filtration for the operation of Taihu WTP. Active carbon and UF unit of Ronghu WTP fails to effectively remove DOC from water, and the growth of microorganisms was observed in the UF and RO systems. For Hongshang WTP, the quality of finished water complies with the limit of drinking water quality standards except that the pH value of the finished water is less than 7. In addition, four training programs with total 165 participants involved have been conducted, including the introduction on operational performance evaluation and enhancement (OPEE) system, general knowledge for water utilities operators, the introduction on the optimization of membrane filtration and active carbon filtration process and the operation skill of coagulation-flotation jar test for water utilities operators. Furthermore, the comprehensive performance evaluation (CPE) of Taihu WTP has been implemented. Seven major and secondary performance limiting factors and five minor performance limiting factors were obtained in the CPE meeting.

第一章、前言

1.1 計畫緣起

金門地區由於地理位置特殊，天然水資源缺乏，僅能利用天然降雨，經截流後儲存於水庫，作為淨水場之供水水源，但夏季常遇久旱不雨，導致自來水水源不足且水質不佳，雖建有海水淡化廠提供生活用水，但只佔總供水量之 4.5%，距離滿足當地的公共給水需求仍有相當差距。

由於金門地區水庫建築在低窪地區，早期附近居民、駐軍、畜牧業及農業施肥產生之各種廢污水皆未經處理而直接排入湖庫內，造成水庫水有機物及氨氮污染物濃度高，水庫亦已優養化，水中藻類大量滋生，進而產生微囊藻毒及臭味問題，近期太湖流域家戶污水接管已達 80% 以上，但湖庫優養化情形仍未見明顯改善。此外，由於水庫水深不足，乾旱時期淨水場易抽取含底泥之水庫水，水庫底層污泥因厭氧環境致原水溶解鐵、錳含量增加。

因此，金門地區淨水場原水水質長期不佳，導致淨水場現有處理藥劑、材料及設備無法有效去除水中污染物，如有機物及鐵、錳，供水水質始終無法改善，勢必須尋找其它更有效之藥劑及材料，藉此提昇淨水場淨水設備之處理效能。有鑑於此，乃訂定本研究計畫，期能提昇金門縣自來水廠淨水場之淨水處理能力，以提供量足質優之自來水。

1.2 計畫目的

了解金門自來水廠原水處理困難成因，以及探討高效能水處理藥劑及濾材對提昇水場前氧化、混凝及過濾單元處理效能之影響，在符合淨水場操作需求及達到執行經濟效益之前提下，提出金門自來水廠供水水質改善之最適對策，以及藉由培訓淨水場人員提昇其現場淨水操作能力，落實改善金門自來水供水水質之目的。

1.3 工作項目、執行對照及成果摘要

- 1.調查並分析原水水質處理困難成因並提供改善建議-以金門自來水廠為例。
- 2.淨水場水質改善最適藥劑及濾材評估研究(含成本分析)-以金門自來水廠為例：
 - 淨水場提昇氧化能力及降低三鹵甲烷生成之最適使用藥劑、程序及成效評估
 - 淨水場提升有機物去除能力之最適使用藥劑、程序及成效評估
 - 淨水場提升過濾效能之最適使用濾材、程序及成效評估
- 3.提供淨水場供水水質改善之最適方法-以金門自來水廠為例。
- 4.辦理淨水場人員教育訓練-以金門自來水廠為例：
 - 編撰淨水場水質改善最適操作對策及流程相關教材
 - 培育水質改善操作之種子人員-金門縣內各淨水場(太湖、榮湖、紅山)
 - 辦理前述淨水場相關人員教育訓練至少 3 場(各淨水場至少 1 場)，每場至少 20 人

本計畫依據合約規定工作項目執行，完成各項工作之預定進度，茲將今年度各項工作與報告本文對應頁數列於表 1-1，各項工作與預期目標，與現有計畫成果摘要彙整如表 1-2。

表 1-1 工作項目及對應頁數

項次	工作項目	報告書頁數
1	調查分析原水水質處理困難成因並提供改善建議	p.3-3 ~ 3-10、p.4-1 ~ p.4-50
2	淨水場水質改善最適藥劑及濾材評估研究	p.3-13 ~ 3-17、p.4-61 ~ p.4-85
	淨水場提昇氧化能力及降低三鹵甲烷生成之最適使用藥劑、程序及成效評估	p.3-13 ~ 3-14、p.4-61 ~ p.4-70
	淨水場提升有機物去除能力之最適使用藥劑、程序及成效評估	p.3-13 ~ 3-14、p.4-61 ~ p.4-70
	淨水場提升過濾效能之最適使用濾材、程序及成效評估	p.3-14 ~ 3-17、p.4-71 ~ p.4-85
3	提供淨水場供水水質改善之最適方法	p.3-18、p.4-86 ~ p.4-89
4	辦理淨水場人員教育訓練	p.3-11 ~ 3-12、p.4-91 ~ p.4-101
	編撰淨水場水質改善最適操作對策及流程相關教材	附錄四、附錄五
	培育水質改善操作之種子人員	p.3-11、p.4-92 ~ p.4-94
	辦理淨水場相關人員教育訓練	p.3-11 ~ 3-12、p.4-91 ~ p.4-101

表 1-2 工作項目及成果摘要

工作項目	預期目標	成果摘要
1.調查分析原水水質處理困難成因並提供改善建議	• 確認原水水質及處理困難點，提出水質改善建議	• 完成金湖水庫、太湖水庫、田埔水庫水質採樣及分析共 11 次；太湖淨水場全流程水質採樣及分析共 10 次；榮湖淨水場全流程水質採樣及分析共 5 次；紅山淨水場全流程水質採樣及分析共 3 次。 • 金湖水庫除鐵、錳含量相對偏高外，整體庫水水質最佳；太湖水庫 DOC 含量最高，各水庫庫水親水性比例幾乎超過 60%，其中金湖水庫及太湖水庫微囊藻毒素濃度曾高於 WHO 所訂之建議值(1 µg/L)。 • 太湖淨水場原水 DOC 濃度高，藉慢濾池可降解部份 DOC，其中因有機氮分解而釋出氨氮，造成慢濾出水氨氮值上升。 • 太湖淨水場原水為金湖搭配田埔水庫時，清水之 TTHM 超過飲用水水質限值，TTHM 中含溴物種超過 50%；但原水取水來源若改為太湖水庫搭配田埔水庫時，清水含溴三鹵甲烷量會大幅降低 40%左右。
2.淨水場水質改善最適藥劑及濾材評估研究	• 評估不同原水水質下最適氧化劑使用模式	• 完成前氧化劑種類對混凝去穩定有機物及藻類之影響評估。
	• 評估浮除及沉澱之混凝劑加藥模式	• 完成前加氯方式對混沉移除有機物及藻類效能之影響評估。
	• 評估不同濾料之使用時機及填充比例	• 完成不同濾料對鐵、錳及有機物之過濾效能評估。 • 完成石英砂搭配錳砂及活性碳搭配錳砂對鐵、錳及有機物之過濾效能評估。

工作項目	預期目標	成果摘要
3.提供淨水場供水水質改善之最適方法	提出前氧化搭配混凝之最適加藥策略	實驗室瓶杯試驗結果顯示，使用金湖水庫搭配田埔水庫(1:1)為原水之最適前氧化加氯模式為二氧化氯搭配次氯酸鈉，兩者用藥量比例為 2:1，且硫酸鋁最適混凝劑量在 2 mg/L as Al (約 40 mg/L as 10% Al₂O₃)，經混凝浮除後可有效降低水中之 TTHMFP，估計每噸水處理之藥劑成本為 1.28 元。
	提出濾材之最適種類及填充配比	- 模廠管柱過濾試驗結果顯示，活性炭搭配錳砂快濾去除水中有機物及鐵、錳效能優於單獨使用石英砂或石英砂搭配錳砂快濾，快濾濾料使用活性炭搭配錳砂之體積為 1:2 時，即可有效降低水中殘餘 DOC 及溶解態鐵、錳 - 濾料使用活性炭搭配錳砂之填充比為 1:2，每噸水處理之濾材成本為 4.94 元，相較目前太湖淨水場使用活性炭搭配錳砂之填充比為 1.7:1，每噸水之處理成本約可節省 4.18 元。
4.辦理淨水場人員教育訓練	提出金門水廠單元操作之建議標準作業程序	- 建立混凝浮除瓶杯試驗操作標準程序。 - 編撰管柱過濾模組操作手冊。
	提昇水廠操作人員之水處理能力	已針對金門自來水廠操作及場內人員辦理四場次教育訓練，共計 165 人次參與。另針對太湖及榮湖淨水場各辦理一場次操作效能評估會議，太湖淨水場效能評估得到主要效能限制因子 7 項；次要限制因子 7 項；另有 5 項輕微限制因子

第二章、計畫背景及文獻回顧

金門地區自來水水源以湖庫及地下水為主，其中湖庫水源佔 47.4%(平均出水量約 9,050 CMD)，境內共 12 座水庫長年達優養化標準(太湖、田埔、榮湖、金沙及西湖等 5 大主要湖庫之優養化指數更達接近 70 之超優氧標準)，產生藻華、微囊藻毒及臭味等問題。民國 100 年 7 月份以來金湖鎮和金沙鎮等供水區因逢炎夏久旱不雨，加速水庫水質惡化，優養化指數已超出 70，湖庫中污染物質濃度均超出飲用水水源水質標準規範濃度之上限值，淨水場傳統處理程序之操作無法負荷，導致出水水色呈濁黃或深褐色、水中含不規則形狀之凝絮物、黑色懸浮顆粒及小紅蟲等現象，嚴重影響居民飲用水供給及水質安全。

金門自來水廠淨水場使用傳統次氯酸鈉前氧化劑及硫酸鋁混凝劑搭配浮除程序，無法有效去除有機污染物，且快濾單元亦無法有效移除有機污染物，助長後續慢濾單元底層濾材生物之厭氧作用，加速慢濾池底部之鐵錳氧化物再還原成離子而釋出至清水池，致後加氯耗氯量增加，產生三鹵甲烷超過飲用水水質標準及紅水現象發生。

如能以上述金門地區的複雜水質為研究對象，相信對國內淨水場效能提升有所助益；為儘速改善金門自來水廠供水水質問題並供給民眾安全的飲用水，本計畫期藉由相關專業技術評估研究，提供金門自來水廠淨水場供水水質改善最適操作對策；並運用高效能水處理藥劑搭配水場淨水單元以有效移除水中藻類、氨氮、鐵、錳及有機物等污染物，同時提昇過濾單元濾材對三鹵甲烷及鐵錳之移除成效，協助金門自來水廠全面性提昇淨水場操作效能及優化供水水質。金門自來水廠淨水場原水來源、淨水場處理流程、處理水質問題與相關處理技術及供水水質改善關鍵問題與對策之詳細說明如下：

2.1 金門地區淨水場原水來源及供水現況

金門自來水廠下轄太湖、榮湖及紅山三座淨水場，水源及淨水場相關位置如圖 2-1 所示，原水來源為金門地區之湖庫，以供應東半島及烈嶼地區之居民

生活用水，瓊林以西含 22 口深井，加上設置之供水站，以供應西半島居民使用，至民國 100 年，各淨水場及深井每日供水量約 32,330 噸。

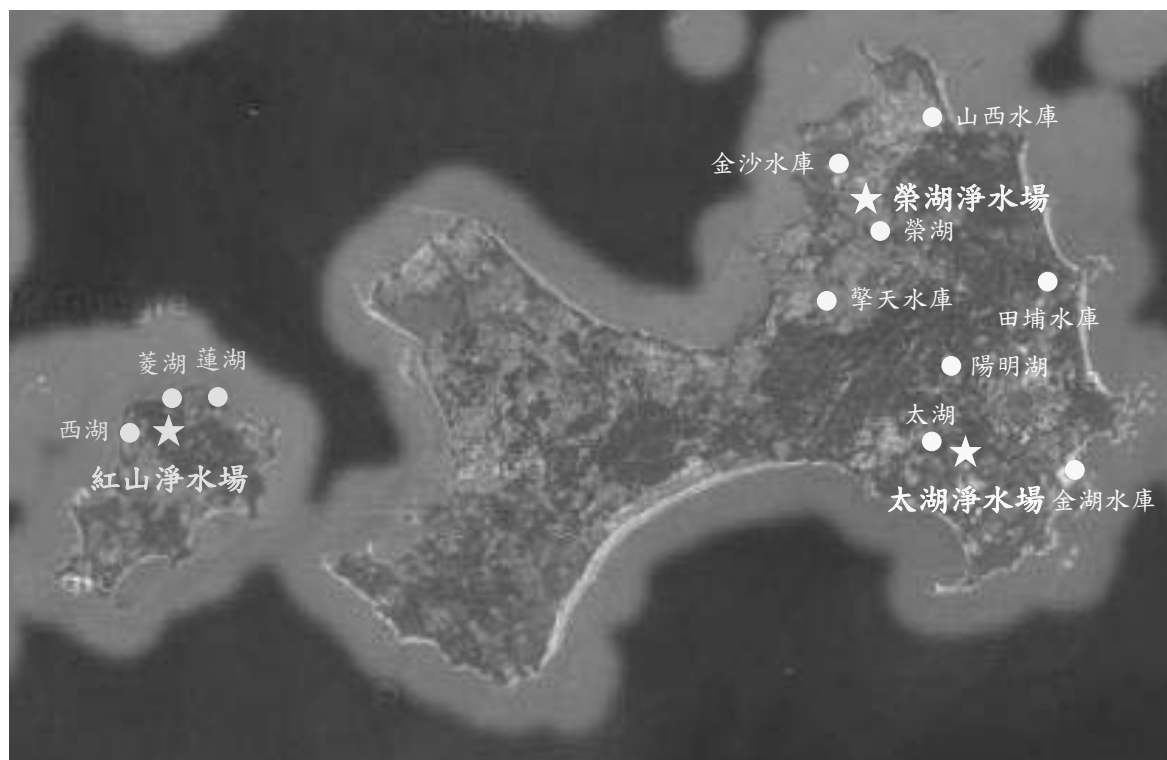


圖 2-1 金門地區自來水水源及淨水場位置

太湖淨水場水源係抽取金湖、太湖、陽明湖及田埔水庫等湖庫水。淨水場設計出水量為 12,000 CMD，日常操作水量為 3,000 ~ 5,000 CMD，約占金門地區總供水量之 27%。太湖水庫位於金湖鎮，為金門最大的人工淡水湖，蓄水容量為 162.5 萬噸，集水面積 741 公頃。太湖屬地勢平坦之人工湖庫，雖庫區廣大但深度不深，易有淤積現象，由於庫區深度淺，無法蓄集大量逕流，故須時常浚深以增加庫容。且由於湖庫建築在較低窪地區，附近居民、駐軍、畜牧產生之各種污廢水均未處理而排入湖庫內，造成優養化及藻類大量生長，產生微囊藻毒素及臭味問題。榮湖淨水場原水係抽取榮湖水庫、金沙水庫、擎天水庫及山西水庫等湖庫水，設計出水量為 10,500 CMD，日常操作水量約為 3,500 CMD，約占金門地區總供水量之 13%，並供應至金城高架，供水區域為金沙鎮地區。紅山淨水場位於烈嶼鄉，原水係抽取蓮湖、菱湖及西湖等湖庫，設計出水量為 3,000 CMD，日常操作水量約為 1,500 CMD，供水區域為烈嶼鄉全區。

金門地區包括太湖、榮湖及紅山三座淨水場，將各淨水場處理流程詳述於下：

1. 太湖淨水場

太湖淨水場之原水係抽取田埔、太湖及金湖三湖庫，抽取後進入原水池，設計平均容量為 7,000 CMD，水力停留時間為 6.9 小時。太湖淨水場處理程序可分為新場及舊場兩套主要處理單元，現階段淨水場全面採用兩套處理設備進行淨水處理，處理流程如圖 2-2 所示。原水先經舊場前氧化(添加二氧化氯及次氯酸鈉)、快混、膠凝及沉澱程序後，再將沉澱池出流水抽送至新場，此時沉澱出流水經過曝氣塔，再經過快混、膠凝、浮除(氣固比為 0.05，迴流比為 10%，使用空氣量為 100 L/min)及過濾單元(快濾及慢濾)，最後於清水池加氯後再出水至各配水池提供用戶使用。快濾單元包含快濾池及快濾桶，快濾桶與快濾池處理水量比率為 3：1，即有 3/4 處理水量經由快濾桶處理，1/4 處理水量經由快濾池處理。因為現階段全部處理水量(約 4,000 ~ 5,000 CMD)若直接經快濾及慢濾程序(濾率為 2.1 m/day)時，出水量無法符合供水需求，故部分處理水量會經由快濾桶過濾後直接進入清水池，以滿足穩定出水需求量。為因應金門地區未來用水需求量增加，以及對自來水水質的提升，將來規劃在傳統處理程序前先以接觸曝氣池生物處理降低有機物含量，再於傳統處理程序後新增高級淨水程序，處理流程為慢濾出水經離子交換樹脂、活性炭濾床或 UF 及 RO，以提升太湖淨水場供水水質及水量。

2. 榮湖淨水場

榮湖淨水場原水處理流程如圖 2-3 所示。原水係抽取榮湖、金沙、擎天及山西四湖庫，但現階段因供水需求，只抽取金沙水庫水(約 4,300 CMD)進入曝氣塔，於水躍池添加二氧化氯及硫酸鋁混凝劑，經水躍池快混及膠凝池慢混後，再經浮除系統(氣固比為 0.05，迴流比為 10%，使用空氣量為 100 L/min)處理，浮除後經快濾快濾池，最後經慢濾池處理(濾率為 0.9 m/day)。目前於慢濾池後清水池前設置高級處理單元，包含活性炭過濾、超過濾及逆滲透單元，以優化出水水質，實際出水量約 3,000 CMD。

3. 紅山淨水場

紅山淨水場設計處理水量約 3,000 CMD，實際處理水量約 1,500 CMD，其處理流程如圖 2-4 所示，建廠規畫之原水係抽取蓮湖、菱湖及西湖等湖庫，原水直接抽送至曝氣塔後，流經水躍池前添二氧化氯進行前氧化程序，同時加入硫酸鋁混凝劑後，流至水躍池及隔板迴流渠及沉澱池進行混沉程序，上澄液再流至快濾池，沉澱池底部污泥及快濾反洗水流至一廢水池進行固液分離，廢水池上澄液迴流至水躍池，底部污泥則經濃縮脫水後成污泥餅，再進行最終處置。沉澱池上澄液經快濾池處理後再流至慢濾池處理，最終在清水池前添加次氯酸鈉進行後加氯程序，再經由配水池及加壓站送至自來水用戶端。由於紅山淨水場各原水湖庫污染嚴重，淨水場現有的處理單元無法有效去除污染物，因此現階段紅山淨水場日常並無進行淨水處理操作，主要由金城服務所藉由海底管線引地下水供應，至紅山淨水場清水池後加氯消毒供水。

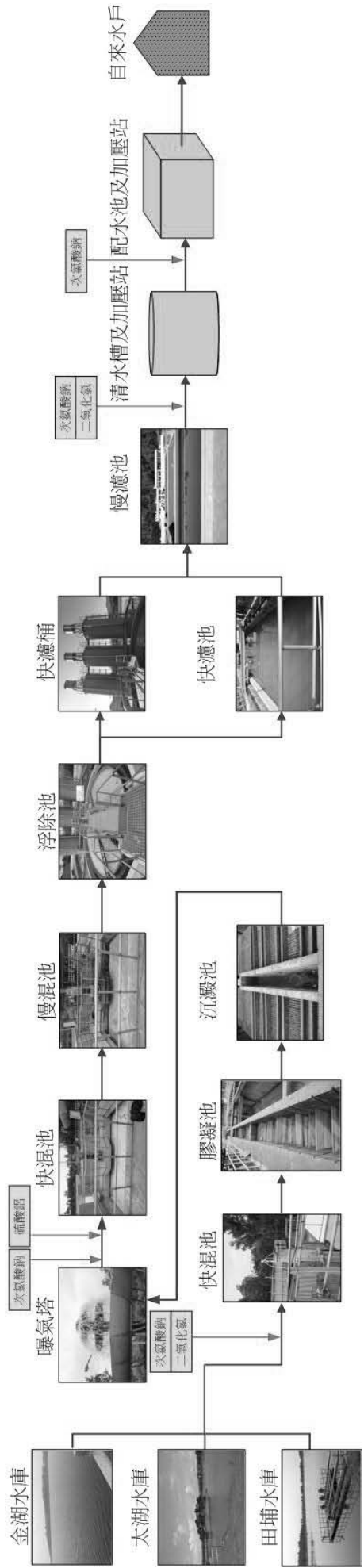


圖 2-2 太湖淨水場處理流程

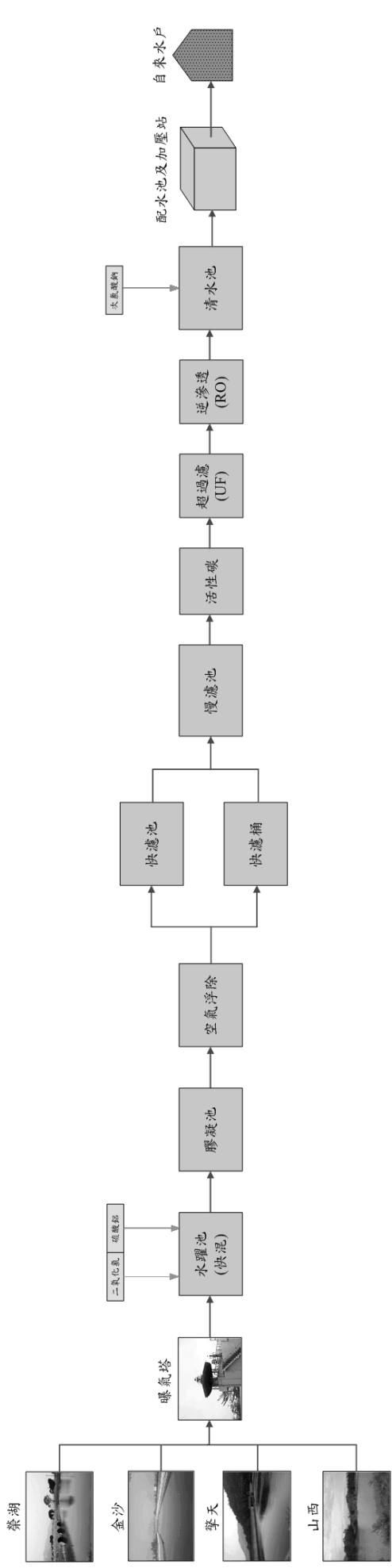


圖 2-3 榮湖淨水場處理流程

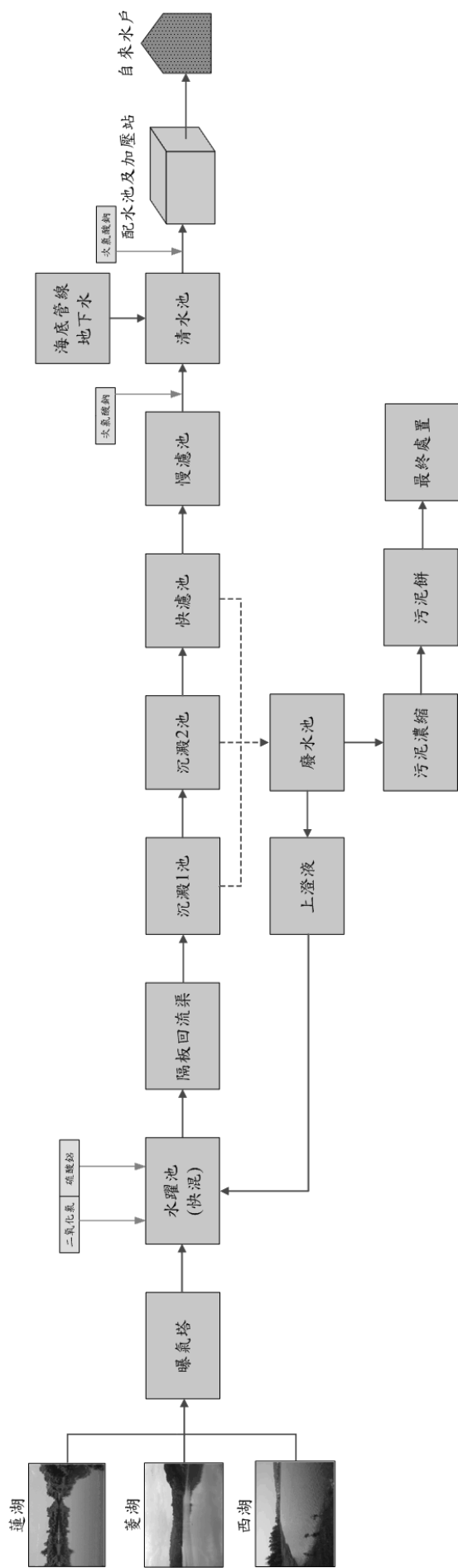


圖 2-4 紅山淨水場處理流程

2.2 金門地區淨水場供水水質問題及相關處理技術

金門地區共有太湖、榮湖及紅山等三座主要淨水場以及金城服務所，太湖淨水場、榮湖淨水場為使用湖庫水作為原水來源；紅山淨水場目前因原水湖庫水質惡化，處理程序未進行操作，目前使用金城服務所之出水供應；金城服務所為使用地下水為原水，經去除鐵、錳後供應紅山淨水場及金門西半島使用。淨水場原水來源眾多，且各水庫水質污染程度不同，因此水質惡化程度亦有所差別，但水中之污染物種相似。然而，因各淨水場供水需求及原水處理技術不同，導致各水場之供水水質有所差異。依據 2011 年各淨水場每月供水水質檢測結果(如附錄一)，榮湖淨水場因已於傳統處理程序後增設高級處理單元，其供水水質良好，而紅山淨水場因採用金門地下水源，其供水水質亦無問題，而以太湖淨水場供水水質問題最為嚴重，清水中濁度、氨氮、三鹵甲烷及總菌數等均曾超出飲用水水質標準。主要是因為太湖淨水場淨水處理操作無法有效去除原水中之有機物、藻類、鐵、錳及氨氮等物質，並衍生清水總三鹵甲烷超標問題，甚至發生紅蟲污染水質事件，金門自來水廠原水污染物產生之水質問題及相關處理技術詳述如下：

■ 有機物

金門自來水廠淨水場之原水受有機物污染嚴重，所有水庫水之總有機碳(total organic carbon, TOC)高達 10 ~ 20 mg/L(如表 2-1)，顯示原水中存在有機物含量非常高，且研究指出金門自來水廠原水之親水性及疏水性有機物含量相當且 SUVA 值低^(王, 2007)，造成主要淨水處理單元(前氧化、混凝、沉澱或浮除、過濾及後加氯消毒單元)之操作困難，如耗氯量及混凝劑量增加、沉澱或浮除效能不彰及過濾操作負荷加重等問題，致過濾水中存在過量的有機物，再經後加氯消毒而產生過量的總三鹵甲烷，影響飲用水安全。因此，淨水場為了避免供水系統殘留過量有機物及三鹵甲烷，一般藉由主要淨水處理單元之操作調整，以有效去除水中有機物。

傳統淨水場在處理成本考量下，通常會在不變更處理程序之前提下，強化前氧化及混沉效能，以有效提升有機物之去除效率。淨水用之高效能前氧化劑包括高錳酸鉀及二氧化氯，研究指出使用高錳酸鉀氧化可於水中形成 MnO_2 顆粒，兼具氧化及吸附有機物之功效^(彭, 2001)，而水中添加二氧化氯可提升有機

物氧化之效能，降低水中有機物存在之濃度^(陳，2002)。混沉移除有機物之效率提昇，一般會採用強化混凝，強化混凝即增加混凝劑量，在較低 pH 值(pH 範圍為 5.5 ~ 6.5)條件下去除水中有機物，而減少後續加氯生成消毒副產物之方法，若實施強化混凝，於高混凝劑加藥量及低 pH 下混凝，TOC 去除率可達 50 ~ 60%^(USEPA, 1999)。本研究團隊亦曾研究連江縣自來水廠原水採用強化混凝增加溶解性有機物 (dissolved organic carbon, DOC) 去除之可行性，根據馬祖淨水場原水 DOC 及鹼度值範圍，設定達到強化混凝效能之 DOC 去除率，研究結果顯示，增加硫酸鋁混凝劑量後，水中 DOC 之去除率達 35%以上^(連江縣自來水廠，2011)。此外，若添加高分子聚合物之混凝劑亦能增加水中有機物混沉移除效果，如聚矽酸鐵混凝劑具有良好的脫色及去除有機物能力、廣泛的 pH 適用範圍及耗鹼度低等優點^(曹，2010)。

除調整前氧化及混凝加藥操作可提昇有機物去除成效外，淨水場亦可採用活性碳濾材吸附水中不易經混沉及過濾移除之小分子有機物，若搭配前臭氧氧化則可增加活性碳吸附及生物降解有機物之能力^(賴，2002)。另外，淨水場亦可採用生物濾床處理受有機污染嚴重之原水，藉由濾料擔體可為細菌提供附著點生長，當濾液經生物濾床後小分子可被生物分解及利用，藉此增加水中 TOC 之去除率，以減輕後續混沉及過濾單元操作負荷。當傳統的氧化及固液分離程序無法有效去除水中有機物時，可於傳統處理程序後增設薄膜處理單元，如超過濾(UF)、奈米過濾(NF)及逆滲透(RO)，金門縣自來水廠曾於 2004 年委託台灣大學辦理「金門地區淨水場功能評估與改善」計畫，利用綜合性效能評估 (comprehensive performance evaluation, CPE) 方法，可以快速有效地協助淨水場找出在管理、管理、設計、操作、與維護等方面之功能限制因子(limiting factors)，對金門地區具代表性的淨水場進行綜合性功能評估，以了解水場所面臨的問題並提出改善建議，並在計畫中評估高級處理程序，包括臭氧、活性碳吸附及薄膜處理技術等單元，探討金門地區原水污染物最佳可行控制技術 (best available control technology, BACT)^(台灣大學，2004)，但由於經濟層面之考量，目前僅榮湖淨水場已於傳統處理程序後新增高級處理設備，而太湖淨水場預計於 2013 年規劃施作。

表 2-1 2011 年金門自來水廠水庫水水質檢測結果 (金門自來水廠, 2011)

淨水場	檢項 原水來源	pH	濁度 (NTU)	總溶解固體 (mg/L)	總硬度 (mg/L)	氯鹽 (mg/L)	氨氮 (mg/L)	COD (mg/L)	總有機碳 (mg/L)	溶氧 (mg/L)
太湖淨水場	太湖水庫	8.7	24.6	265.7	113.6	62.0	0.2	45.7	16.9	9.0
	田埔水庫	8.7	23.1	371.6	104.7	62.7	0.1	52.7	20.6	7.4
	陽明水庫	8.7	25.3	196.9	76.3	34.5	0.1	55.6	19.4	10.1
	金湖水庫	8.4	13.9	1415.8	345.2	638.8	0.1	27.6	8.9	9.1
榮湖淨水場	山西水庫	8.5	8.0	281.9	118.6	61.3	0.1	36.9	12.9	8.8
	榮湖水庫	8.8	29.0	779.5	221.0	280.0	0.1	65.0	22.0	7.8
	金沙水庫	8.8	24.0	552.6	177.8	160.1	0.1	52.5	20.0	8.7
	擎天水庫	8.6	7.2	219.2	98.2	41.0	ND	21.7	7.7	9.3
紅山淨水場	蘭湖水庫	8.4	7.2	235.1	100.6	50.5	0.1	18.1	7.0	9.0
	蓮湖水庫	8.4	18.6	482.9	161.1	160.3	0.1	26.5	9.5	9.1
	菱湖水庫	8.5	17.4	461.2	161.8	143.4	0.1	42.3	15.7	9.2
	西湖土窪	8.8	20.1	652.3	183.3	253.6	0.1	49.9	17.0	10.0

■ 藻類

水庫水為台灣地區飲用水之主要來源，離島地區除海淡廠外，水庫水亦為離島地區飲用水之主要來源。然而，離島地區 23 座水庫中有 22 座水庫之卡爾森優養指數呈優養狀態，水質污染相當嚴重^(蔡, 2007)。金門地區水庫主要以藍綠藻(如微囊藻、尖頭藻及顫藻)為最優勢之藻種，綠藻次之^(吳, 2004)，而部分藻類如微囊藻對於人體有相當之危害性，本研究團隊於 2011 年 8 月份曾分析金門自來水廠淨水場原水水質發現，原水中存在許多微囊藻、鼓藻、柱胞藻及魚腥藻(如表 2-2 所示)。環保署於 2007 年曾委託本研究團隊林財富教授辦理「飲用水水源及水質中產毒藻種及藻類毒素之研究」，發現金門最大之太湖水庫於每年 2 月 ~ 6 月，水中微囊藻數在 $10^6 \sim 10^7$ cells/mL 之間，均超過世界衛生組織第二級警戒值(藍綠細菌數大於 100,000 cells/mL)，部分時候甚至達第三級(藻華浮渣形成)，且含藻華之水中毒素濃度常超過 $1 \mu\text{g/L}$ (WHO 飲用水水質建議值)。由此可知，金門淨水場原水存在藻類滋生嚴重之問題，淨水處理程序因加氯消毒而衍生消毒副產物(如總三鹵甲烷致癌物)和藻毒，若無法藉由淨水程序去除，居民飲用水安全將無法保障。

金門自來水廠在 2003 年曾經針對金沙地區之榮湖、金沙、山西和太湖等四個水庫之水中藻類與水質的關係，並探討自來水加氯作用後產生黃濁或白濁現象之成因與藻類之關係。結果顯示，四個水庫之水質都已呈過度優養化，榮湖、金沙和太湖等三個水庫並已屬於超優養級水質，除水中磷、氮等含量過高外，有機碳和氮之含量也相當高。目前榮湖淨水場之淨水過程雖可去除總磷，但是只能部份去除有機氮，對於有機物的去除率偏低。此外，要改善目前之自來水水質，治標之道可從改變目前之淨水過程，加裝有機物去除設備(如生物處理單元)，才能有效減少水中過量之有機碳和加氯消毒後產生之白濁現象，經研究分析發現，此白濁物質係屬於膠凝狀有機物，並含有鐵。經實驗室藻類培養證明，藻類產生之胞外有機物確實會於加氯作用後型成白濁狀沉澱^(吳, 2004)，據此可印證白濁物質之形成與水庫中滋長的特定藻類有關。

金門自來水廠對於金門地面水庫水質超優養化的問題亦相當重視，今年度於田埔水庫及金沙水庫正在進行「浮生植物植生淨化計畫」，藉由布袋蓮和水芙蓉來除去水中的氮、磷、有機質及金屬離子，並截除懸浮物及抑制藻類生長。實施的方式是設置 $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ 的塑膠管框架兩千組，在塑膠管框架中種植浮生

植物。浮生植物以布袋蓮及水芙蓉為主，總初植面積大約一點六公頃。此外，在經濟部水利署 101 年度委託辦理之「金門地區湖庫水質改善及清淤規劃」計畫中，預計於山西水庫進行微生物激活技術(bio-stimulation technology)，藉由添加於水體中好氧性微生物生長所需之養份及酵素等，以增加光合細菌、藍綠藻等好氧性微生物的生長，加速其消化降解水體及底泥中有機污染物之能力，同時增加水體溶氧，迅速達到改善水體環境之目的。金門自來水廠希望藉由湖庫水質改善工程，降低淨水場之處理負荷。

水處理實務上常使用前氧化降低藻類活動力，以有效提升後續混沉移除水中藻類之成效。目前國內大部分淨水場均使用次氯酸鈉作為前氧化單元之藥劑，少部分遭遇原水藻類問題之水場曾使用二氧化氯或高錳酸鉀提升藻類混沉移除效能，各氧化劑應用於淨水消毒上之優缺點彙整如表 2-3 所示。使用次氯酸鈉氧化時，會破壞藻類細胞而釋出消毒副產物的前質、致臭味物質或具毒性物質等(Chiou et al., 2010)。若採用二氧化氯消毒可有效增進混沉去除藻類之效能及減少總三鹵甲烷(total trihalomethanes, TTHM)之生成，但須考量淨水場現場製備二氧化氯之安全性問題(陳, 2007)。另外，高錳酸鉀對於藻類去除亦有相當之能力，研究指出高錳酸鉀添加處理含藻原水時，加藥量增加藻體之凝聚力越強，對藻類之去除效果越明顯(王, 2007)。添加高錳酸鉀除增進混凝沉澱去除藻類之作用外，高錳酸鉀亦可提升混沉移除濁度與三鹵甲烷生成潛能(trihalomethanes formation potential, TTHMFP)之效率，唯高錳酸鉀使用時會生成二氧化錳及殘留錳離子於水中而產生色度，通常高錳酸鉀氧化劑可與錳砂濾料搭配使用以減少錳離子殘留水中(陳, 2005)。此外，混凝搭配浮除亦可有效提升藻類之去除效率，但浮除移除藻類之最適氣固比會受混凝劑種類及混凝 pH 值影響，硫酸鋁混凝膠羽浮除所需之氣固比高於聚氯化鋁混凝膠羽浮除(鄭, 2007)。

表 2-2 金門自來水廠 2011 年 8 月份淨水場原水中之優勢藻種^(本團隊調查)

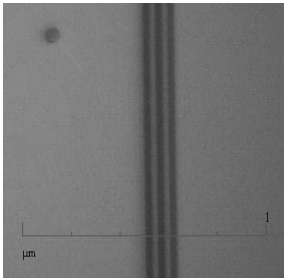
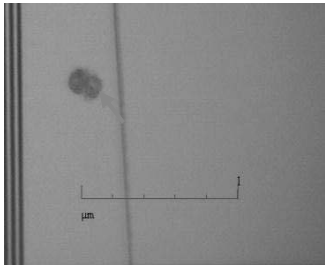
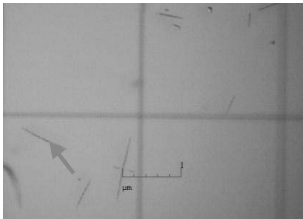
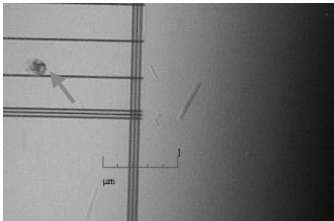
淨水場	優勢藻種	
	微囊藻	鼓藻
金沙淨水場		
榮湖淨水場	柱胞藻	微囊藻
		
太湖淨水場	柱胞藻	魚腥藻
		

表 2-3 淨水場常用消毒劑特性比較^(本團隊彙整)

項目	次氯酸鈉	二氧化氯	高錳酸鉀
優點	• 實場應用成本較低且易取得 • 化學特性較穩定且安全 • 殘留時間較長	• 不與氨或氨氮反應，減少加藥量耗損 • 與有機物行氧化反應，不會顯著形成三鹵甲烷 • 可破壞三鹵甲烷前驅物結構，減少三鹵甲烷之形成潛勢 • 氧化移除鐵、錳的能力優於氯 • 加藥之 pH 值適用範圍廣 • 可有效處理微生物	• 幫助水中還原性物質的去除 • 氧化水中鐵錳及控制臭味物質 • 幫助混凝混凝去除濁度、有機物及 TTHMFP • 增加膠羽密度及重量
缺點	• 與水中亞鐵、亞錳及氨氮反應而增加耗損加氯量 • 較易生成三鹵甲烷 • 加藥之 pH 值適用範圍窄	• 會產生致癌性的無機性消毒副產物，例如亞氯酸根離子及氯酸根離子 • 雖較不易生成三鹵甲烷，仍可能形成其他的有機性消毒副產物及提高消毒副產物之形成潛勢 • 實場應用成本較次氯酸鈉高，亦會產生臭味問題 • 二氧化氯是一種不穩定、易爆炸性物質，對於溫度、壓力、光照敏感，所以應用上須現場產製	• 色度問題 • 錳殘留的問題 • 溶解度受溫度、本身顆粒大小、攪拌程度及其他鹽類存在影響 • 氧化作用受 pH 影響 • 破壞藻體釋出胞內有機物及藻類毒素

另一方面，淨水場處理含藻原水一般皆使用硫酸鋁以增加對藻類之去除效率，研究指出硫酸鋁混凝經混沉移除矽藻之成效優於聚氯化鋁混凝，去除率最高可達 88%^(Jun et al., 2001)，但當夏季原水中藻類數量突增時，淨水場使用硫酸鋁混凝無法形成大且重之膠羽，不利於後續混沉或浮除及過濾操作，致影響供水水量及水質。有鑑於此，環保署於 2010 年公告新增淨水用藥劑聚矽酸鐵 (polysilicate iron, PSI) 以提升淨水場處理含藻原水之淨水操作能力。本研究團隊曾使用聚矽酸鐵處理低濁含藻原水之效能優於硫酸鋁及聚氯化鋁，研究結果顯示，聚矽酸鐵混凝可增加混沉除藻之效能，並可提昇含藻原水混沉後上澄液之過濾性^(劉, 2008)。因為聚矽酸鐵比硫酸鋁、聚氯化鋁、氯化鐵具有更強的顆粒凝聚效能，所形成之膠羽重量亦較重，在相同加藥量條件下，使用聚矽酸鐵混凝能夠獲得比傳統鋁鹽或鐵鹽混凝劑更低的殘餘濁度及較佳之混沉上澄液過濾性^(ポリシリカ鉄凝集剤普及協會, 2009)。此外，最新研究指出單獨使用聚矽酸鐵之混沉除藻效率與次氯酸鈉搭配硫酸鋁混沉之效果相當^(王, 2011)，故使用聚矽酸鐵混凝劑處理水中藻類應可減少前氧化劑的使用量。

聚矽酸鐵化學式為 $\text{Fe}_m(\text{SiO}_2)_n$ ，為聚矽酸與鐵鹽之羟基及氧基聚合物，其中矽為陰離子型帶負電荷，故聚矽酸對水中本身表面即帶負電性之膠粒不具有電中和作用，而鐵鹽為陽離子型帶正電荷，在混凝時可藉由電性中和作用處理水中污染物。兩者合成而得之聚矽酸鐵在水溶態的單元分子量約為數百到數千，可以相互結合成為具有分形結構的聚集體，PSI 表面具有無方向性排序之捲曲螺旋結構^(Fu et al., 2011)，其平均分子量高達 200000^(Hasegawa et al., 1991)。另一方面，聚矽酸鐵做為混凝劑具有低腐蝕性、減少飲用水中殘餘鋁之生物毒性的可能性、回收水品質較佳、絮體顆粒沉降速度快、除油、脫色、藻類及濁度去除率均較佳與產生高密度、低含水率且少臭味之污泥等優點，克服了傳統鐵鹽所具有的高腐蝕性及處理後水之色度問題等特性，近年來備受矚目。

聚矽酸鐵之主要原料為聚矽酸(polysilicate, PS)及鐵鹽(ferric salt)，製備途徑如圖 2-6 所示，可分為複合合成(composite algorithm)及共同聚合(copolymerization)兩種，前者是先羟基作用(hydroxylation)後再加以混合，另一個則為先混合再進行水解及聚合反應(hydrolyzing)，而後者為較簡單及實用的方法^(Xu et al., 2009)。其製程又可細分為以磷酸、醋酸、硫酸或鹽酸酸化矽酸鈉而成之聚矽酸與氯化鐵、聚合鐵或硫酸亞鐵等不同類型之鐵鹽反應，詳細製備

方式說明如下：

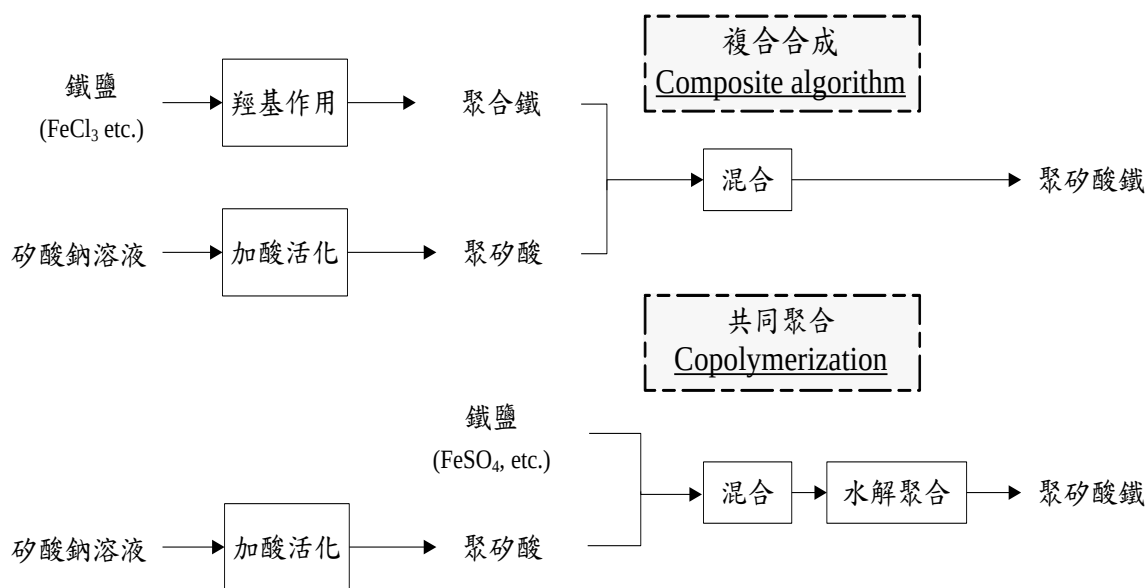


圖 2-5 聚矽酸鐵之製備途徑^(本團隊彙整)

1. 複合合成法(composite algorithm)

複合合成法主要是先將鐵鹽羥基化形成具有一定聚合度之聚合鐵後，再與已加酸活化之聚矽酸加以混合^(Fu et al., 2007)。曾有日本學者研究指出，將含三價鐵離子的酸性溶液加到矽酸鈉溶液中，在 pH 值為 2.5~5.5 的條件下，可縮短製備聚矽酸鐵溶液所需時間^(Katsushi et al., 1999)。此外，複合合成法可使聚矽酸與鐵鹽間有協同增效作用，聚矽酸穩定性可大幅度提高，製備出混凝效能優異之混凝劑^(曹，2004)。

2. 共同聚合法(copolymerization)

共同聚合法主要將鐵鹽與聚矽酸混合後，利用鐵水解物種與聚矽酸聚合反應形成 PSI。早期研究曾利用此法將聚矽酸之 pH 調至 2 以下，再依據不同矽鐵比將一定濃度之鐵鹽導入聚矽酸中製得聚矽酸鐵^(Edzwald et al., 1990)，此法多利用硫酸亞鐵為鐵鹽，因硫酸亞鐵與聚矽酸混合時會加入氧化劑使亞鐵氧化形成三價鐵，所得之 PSI 具有產生永久硬度較少及產生膠羽較重等優點。此外，多位學者利用硫酸與七水硫酸亞鐵配製而成之硫酸亞鐵溶液與以加酸活化之聚矽酸聚合，並於製備過程中加入適量氧化劑以確保溶液中 Fe^{2+} 已完全氧化為

Fe^{3+} ，許多研究已藉由此法製得之聚矽酸鐵應用於處理低溫低濁水、市政廢水、水藻處理、洗煤廢水、腐植酸及含磷量高之污水等均有顯著之處理效能。

綜合上述，聚矽酸鐵之合成方法可大致分為兩種，一種是因聚矽酸本身會持續聚合，故以已活化之矽酸(聚矽酸)為主體，加入金屬鹽類或其他陰離子增加其穩定性，預防形成膠體，同時也能減弱聚矽酸的負電性；另一種則是先將鐵鹽先聚合成聚合鐵溶液，再添加活化矽酸以加強膠凝架橋能力，進而增加其混凝效能。

■ 鐵及錳

金門淨水場原水中除存在大量有機物及藻類外，原水中所含之鐵、錳濃度亦曾超過飲用水水源水質標準，溶解態鐵濃度甚至曾達到 0.8 mg/L 以上。水庫水鐵、錳來源主要為水庫底泥因厭氧作用而還原釋出至水中，在枯水季節，水庫水位大幅下降，水場僅能抽取接近水庫底部之原水，此時易抽取到含高鐵、錳之原水。水中若含有鐵及錳會增加水的色度及濁度，並產生臭味。此外，若淨水場無法有效移除水中鐵、錳，在供水系統中仍存在之鐵或錳會造成管線末端嚴重的氣味問題，甚至出現多量的黑褐色硫酸亞鐵或氧化亞鐵顆粒。

一般鐵及錳之去除，乃於前氧化單元添加氧化劑，將鐵及錳氧化為顆粒態後，再藉由混沉程序去除，若能控制適當加氯量，一般皆可有效去除水中大部分鐵及錳。目前淨水場多使用次氯酸鈉作為氧化劑，但若以二氧化氯或高錳酸鉀取代次氯酸鈉進行前氧化可有效提升對鐵及錳離子之氧化能力，有助於鐵、錳氧化物顆粒形成及提升其混沉移除成效。唯添加高錳酸鉀時，會增加水中錳離子濃度，因此加藥方面需評估適量之加藥劑量以防後續單元產生過多錳離子，若後續濃度過高，則可利用沉澱程序後氧化或使用錳砂濾材進行催化氧化作用，將水中錳離子繼續氧化成顆粒態後過濾去除。

■ 氨氮

由於金門地區水庫建築在低窪地區，早期附近居民、駐軍、畜牧業及農業施肥產生之各種廢污水皆未經處理而直接排入湖庫內，近期太湖流域家戶污水接管已達 80% 以上，但湖庫優養化情形仍未見明顯改善，水中氮及磷濃度增

加，造成水庫原水中氨氮濃度亦高，如太湖淨水場之原水氨氮濃度曾高達 2.0 mg/L，增加淨水單元操作之困難度。水中若存在氨氮，對人體僅具低毒性，主要為味覺上之困擾。一般處理水中氨氮之方法乃添加次氯酸鈉於水中，使氨氮與氯反應形成氯胺或轉變為硝酸鹽及亞硝酸鹽而去除之，因此，足量之次氯酸鈉即可去除水中氨氮之問題，但淨水過程中，亦須避免水處理過程產生厭氧之環境，致硝化物質再度還原為氨氮之情形發生。

■ 紅蟲

金門東半島地區曾於 2011 年 9 月間發生自來水含紅蟲之事件(如圖 2-5)，研究指出，紅蟲是一種搖蚊科昆蟲的幼蟲，體長約 1 至 2 公分，搖蚊幼蟲大多為濾食性生物，以水中的藻類、細菌、水生植物和小動物為食，因此，富營養化的水體有利於搖蚊生長繁殖，金門地區夏季氣候濕熱，光照充足，適合搖蚊生長繁殖^(張，2008)。此次金門發生紅蟲污染水質之主因可能有以下四點：

- 1.水源中搖蚊幼蟲和蟲卵通過原水管道進入淨水場，而過濾單元未能有效攔除。
- 2.淨水場內某些建築物中(如排水溝)的水質能為紅蟲的生長繁殖提供適宜的生存條件，包括食物來源及溶氧等的供應。
- 3.淨水場內某些建築物為搖蚊提供築巢、棲息及繁殖的場所，如沉澱池的池壁、傾斜板及底泥等。
- 4.適宜的溫度、濕度及光照等氣候條件。

藉由搖蚊生長繁殖的影響因素，建議淨水場可建立紅蟲孳生之預警方案：

- 1.清水池開口處必需加蓋，避免搖蚊進入繁殖，其他開放式淨水單元應定期檢視池壁是否有搖蚊聚集之情形。
- 2.每年定期徹底消毒各淨水單元及配水系統，並視情況清理沉澱池底泥。
- 3.一但發現原水中出現紅蟲，應即開始對淨水場搖蚊成蟲密度及紅蟲密度進行監測，當成蟲密度達到 100 隻/dm²，幼蟲密度達到 100 條/L 以上時，即可能達到搖蚊爆發的高峰期。

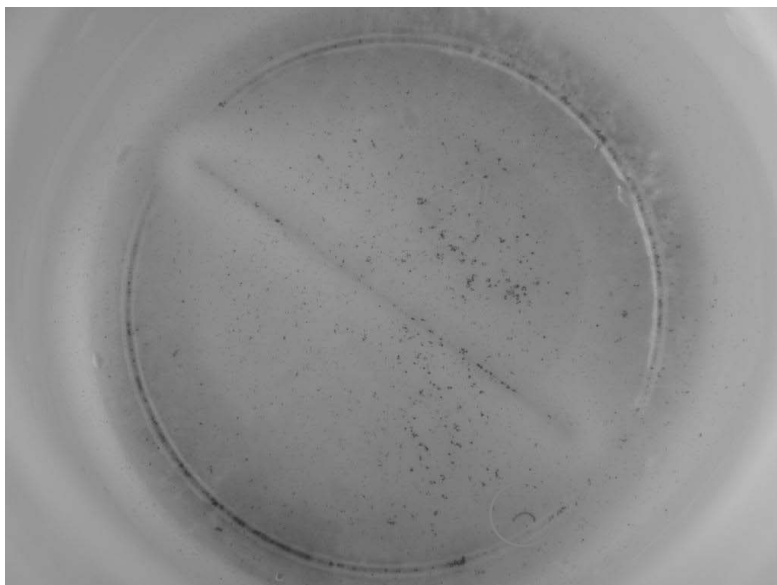


圖 2-6 金門地區自來水中之紅蟲

■ 總三鹵甲烷

如表 2-4 所示，2011 年 10 月間，金門自來水廠太湖淨水場供給民生用水中總三鹵甲烷量超標，為有效處理水中污染物(如有機物、藻類、鐵、錳及氨氮等)，水處理流程中，常於前氧化單元添加氯或次氯酸鈉氧化、去活或降解污染物質，以增進後續混沉程序之處理效果，但添加氯及次氯酸鈉時會與水中有機物產生消毒副產物，而特定消毒副產物(如總三鹵甲烷)為致癌物，三鹵甲烷在自來水中常見的有四種，即氯仿、溴仿、二溴一氯甲烷、一溴二氯甲烷等，其中以氯仿之出現頻率最高，對健康的影響亦最大。

表 2-4 太湖淨水場各單元有機碳及總三鹵甲烷檢測結果(2011 年 10 月)

水樣 \ 檢測項目	總有機碳(TOC) (mg/L)	總三鹵甲烷(TTHM) (mg/L)
原水	15.80	—
浮除出水	12.92	0.0748
快濾桶出水	12.53	*0.125
快濾池出水	12.52	*0.103
慢濾池出水	11.17	*0.131
清水出水	11.05	*0.123

*水樣檢測結果超過飲用水水質標準(0.08 mg/L)

第三章、執行方法及步驟

本計畫為一年之研究計畫，工作架構及執行流程如圖 3-1 所示。工作內容概分成三部分，第一部份乃調查並分析金門自來水原水水質處理困難成因並提供改善建議，此部分主要包含調查三座淨水場原水來源選擇策略及分析金門淨水場原水水質與各單元處理水質，原水水質分析分為現地分析及非現地分析，現地分析之水質項目包含 pH、濁度及氨氮，非現地分析之水質項目則包含藻類種類、藻類數量(必要時加測藻毒素)、DOC、UV₂₅₄、鐵、錳金屬濃度、總三鹵甲烷及總菌數，藉由水質分析結果瞭解原水水質難處理之原因後，提出供水水質改善之建議。

第二部份為淨水場水質改善最適藥劑及濾材評估之研究，最適藥劑方面，計畫於前氧化及混凝單元利用不同種類氧化劑或不同搭配方式(如次氯酸鈉搭配高錳酸鉀、二氧化氯或高錳酸鉀)及混凝劑(如硫酸鋁或聚矽酸鐵)，添加不同加藥劑量，評估各藥劑之最適劑量，並於混凝單元後使用浮除或沉澱兩種不同程序，分析及比較出水水質以瞭解何種程序較適合金門淨水場使用。濾材方面，目前淨水場使用之濾材為石英砂，計畫期間將設計一平行雙管柱模組，規劃二組實驗，第一組實驗為一柱僅使用目前淨水場使用之石英砂，另一柱則以活性炭搭配錳砂(填充比例為 1:2)；第二組實驗為一柱使用石英砂搭配錳砂(填充比例為 1:1)，另一柱則以活性炭搭配錳砂(填充比例為 1:1)作為濾材，評估新濾材及不同填充比例搭配去除水中有機物、鐵及錳之成效。另外，研究或可評估前加氯搭配中加氯之加藥方式對出水水質之影響，完成所有評估後，即可提供金門自來水廠供水水質改善之最適藥劑及濾材使用對策，並提出各項對策之產水成本分析。

最後，挑選經濟效益佳且可行性高之改善對策，依據其執行內容編撰淨水場供水水質優化之淨水操作標準作業程序(SOP)，包括前氧化及混凝評估及操作 SOP，以及過濾操作之 SOP。隨後，分三梯次於太湖、榮湖及紅山淨水場辦理淨水場人員教育訓練，以提升現場管理及操作人員對水處理專業知識之了解程度及對供水水質改善之淨水處理操控能力，達到淨水場原水處理效能提升及出水水質改善之目的。本計畫依工作項目所擬之執行方法與步驟說明於以下各節：

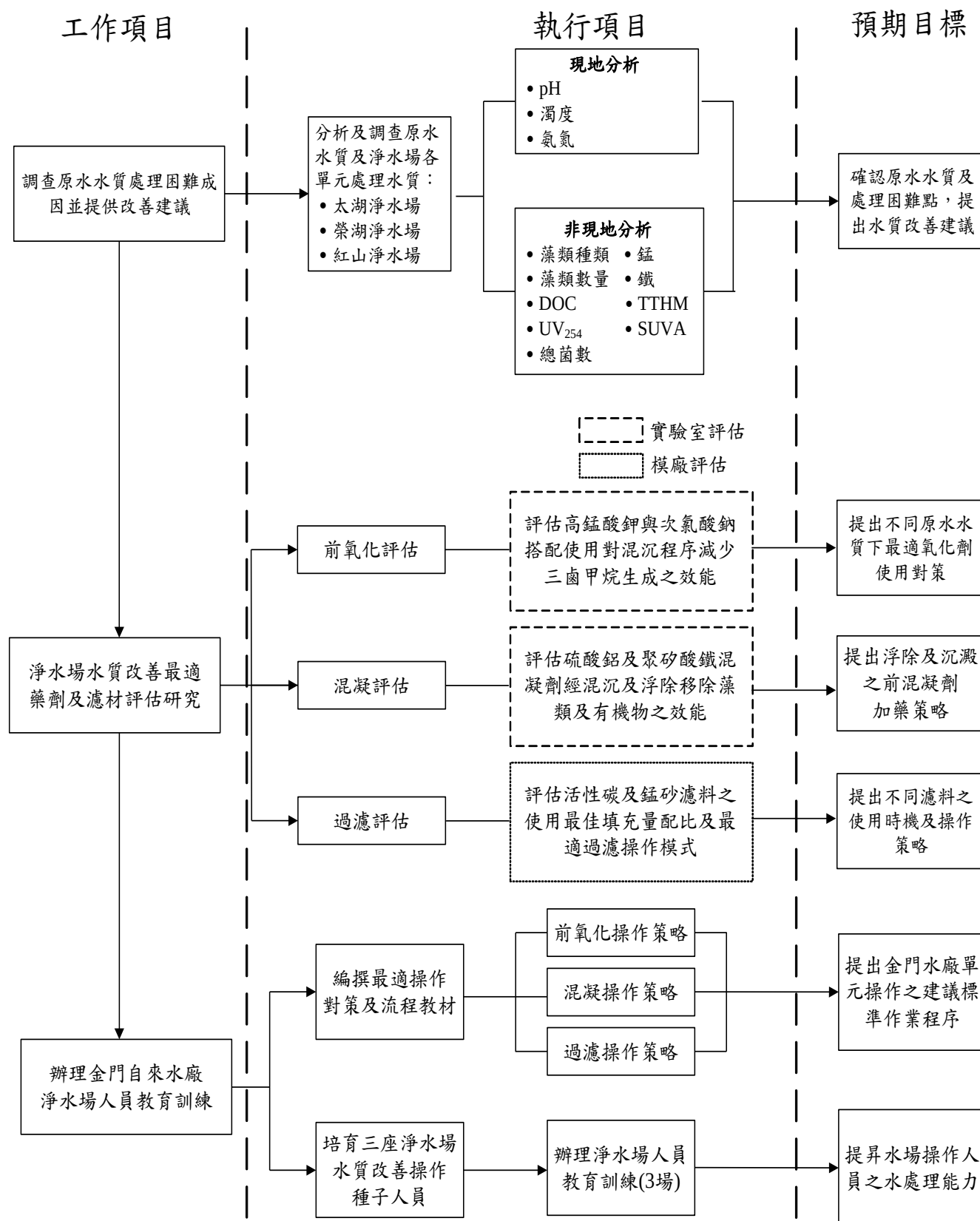


圖 3-1 工作架構及執行流程

3.1 金門自來水廠原水水質處理困難成因調查及分析

本計畫工作內容第一部份先進行金門自來水廠各淨水場原水水質分析，為了因應季節性的供水調配需求，各淨水場可調整抽取水庫水之來源及水量，且各水庫水受有機污染程度不同，故各淨水場原水水質差異相當大，致金門自來水廠原水水質處理問題複雜且困難度高。因此，本計畫首要工作乃調查金門自來水廠所轄之太湖、榮湖及紅山等三座主要淨水場原水來源、調配原則及原水抽取現況，並針對各淨水場之原水進行每個月一次性的水質分析，以及分析各淨水處理操作單元之處理水質，確認各項主要淨水處理程序對原水水質改善之實際成效，以了解各淨水操作程序之問題及適宜性，最後提出原水水質處理困難點及成因，並提供相關具體改善建議。

本計畫之原水水質分析方式包含現地分析及非現地分析，現地分析項目主要包含 pH、濁度及氨氮，乃使用淨水場之偵測設備現場檢測，非現地分析項目則包含藻類種類、藻類數量、DOC、UV₂₅₄、鐵及錳等水質參數，這些項目分析需將水樣冷藏後帶回實驗室利用相關儀器進行檢測。此外，各淨水處理程序之出流水水質分析項目包括氨氮、濁度、藻種及藻數、DOC、UV₂₅₄、鐵、錳、總三鹵甲烷等。各項水質分析方法、儀器及設備敘述如下：

3.1.1 現地分析

1. pH

原水 pH 值及溫度之量測，乃使用 WTW 公司製造，型號為 InoLab Multi Level 1 之水質分析儀器，於每次使用前均用酸鹼標準液及儀器內建之 RSY 模式進行校正。另機台本身有溫度補償功能，可由顯示面板讀取溫度值。

2. 濁度

使用濁度計偵測原水之濁度。濁度計為 Hach 公司生產，型號為 2100P 可攜式濁度計，具專利光學設計，有很高的精確度、靈敏度，雙檢測器光學系統可補償樣品顏色、光波動及散射光，和預設標準曲線。量程範圍為 0.01 ~ 1,000 NTU。

3. 氨氮

氨氮之偵測乃使用淨水場偵測氨氮之儀器，廠牌為 Hach，型號為 Pocket Colorimeter TM II。分析前，分別加入 10 mL 之 DI 水及待測水樣於圓形玻璃瓶中，同時加入水楊酸氨試劑(ammonia salicylate reagent)，約略搖晃之，靜置 3 分鐘後，再同時加入氨氰尿酸試劑(ammonia cyanurate)，靜置 15 分鐘待反應完全後蓋上瓶蓋，上下充份搖晃後，利用分光光度計，放置 DI 水之空白組進行歸零，再偵測待測水樣之氨氮濃度。

3.1.2 非現地分析

1. 藻種、數量及藻毒分析

A. 藻種及藻數

取適量水樣(50mL)，通過 0.45 μm 濾膜，過濾時過濾壓力需小於 50 kg/cm^2 ，以避免破壞藻體細胞，當水樣殘留至 5 cm 時，降低壓力至約 12 kg/cm^2 ，不要使濾紙濾乾，最後仍要使其保持適當濕潤。取 1 mL 去離子水將濾膜上的藻類沖下，濃縮後的水樣取 12 μL 至血球計數盤上，即可在顯微鏡下計數。選取三個 1 mm 之方格，計數其中之藻類數量，代入式(3-1)，即可得藻類之濃度。若該體積有 n 個細胞，需除以濃縮倍數 a，則細胞濃度為：

$$\text{藻類之濃度 (cells/mL)} = \frac{n}{a \times (10^{-4})} \quad (3-1)$$

式中：

n：計數之藻類總數(cells)

a：濃縮倍數

B. 藻毒分析

利用固相萃取法(solid phase extraction, SPE)配合高壓液相層析質譜儀(liquid chromatography/mass spectrometry, LC/MS)分析藻類毒素物質之濃度，茲說明如下。

固相萃取技術(solid phase extraction, SPE)

固相萃取技術萃取原水中藻類毒素之流程，如圖 3-2。採樣之樣本，保存於 4°C 環境中，取 1,000 mL 樣品並於萃取前進行超音波破碎藻體的步驟，待回溫至室溫，其後進行毒素之萃取。C18 萃接管主要吸附 Microcystin-LR、RR、YR 毒素，此管柱填充 1 gm 之 C18，Carb 萃接管主要吸附 Cylindrospermopsin 毒素；將水樣通入複合管柱吸附後，利用溶劑(100%甲醇+0.1%三氟醋酸)12 mL 進行脫附，並利用高純氮進行藻類毒素的濃縮，最終濃縮體積為 200 μ L，過濾後添加內標物 2,3,5-Trimethylphenyl Methyl Carbamate 於濾液當中，以 LC/MS 分析；C18 與 Carb 之複合萃接管柱於使用前需先進行清潔與活化的步驟，可增加管柱的吸附與回收效率。

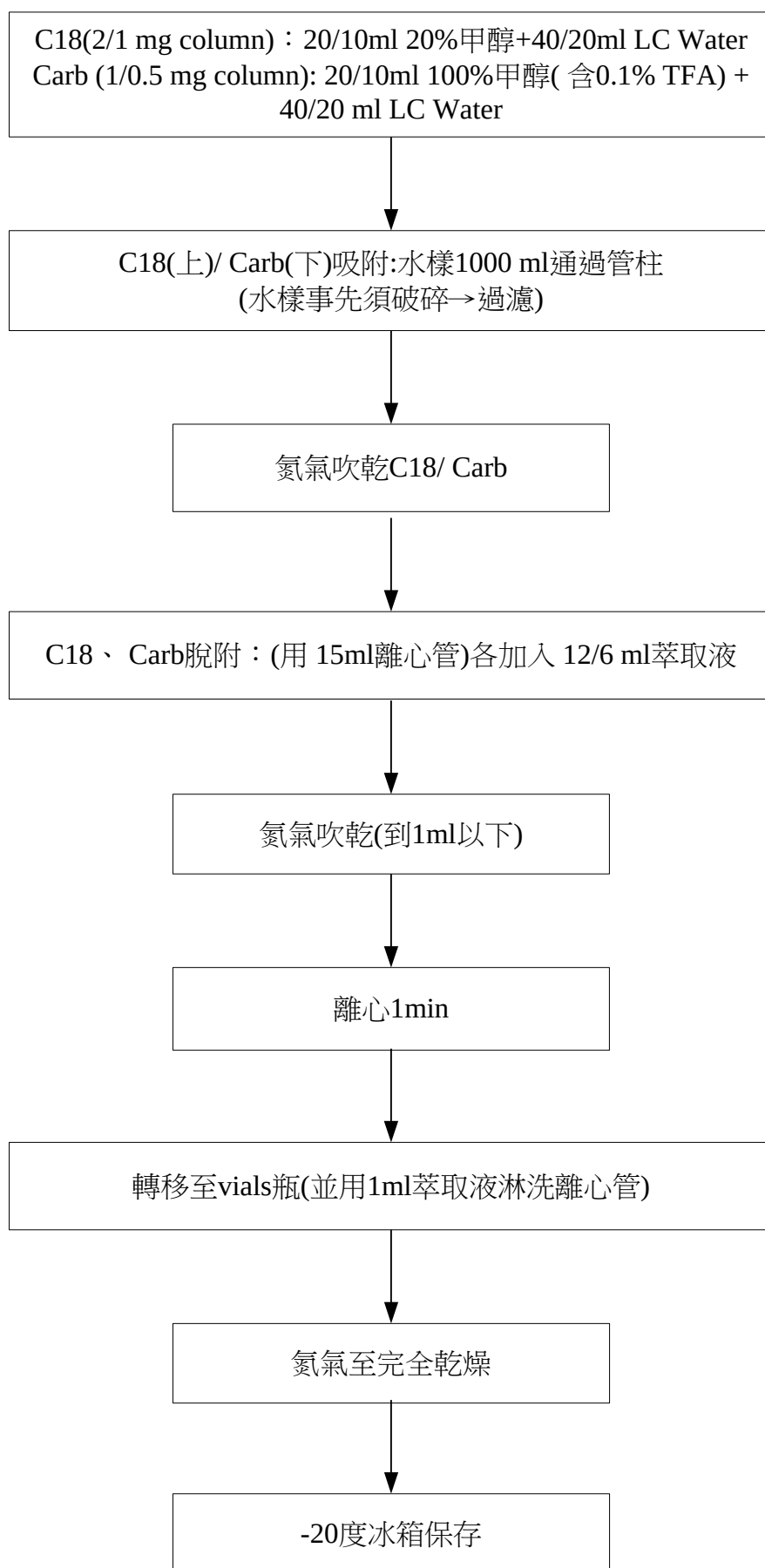


圖 3-2 固相萃取流程

高壓液相層析質譜儀(liquid chromatography/mass spectrometry, LC/MS)

本計畫所採用的高壓液相層析質譜儀，為日本 Shimadzu 廠所生產，其前置具連續波長式之 UV 二極體陣列(diode array detector)偵測器，配合著兩個高壓微量移動相泵浦，而後接著質譜儀；分析的樣本皆經固相萃取技術進行萃取濃縮，分析所用的溶劑移動相為氰甲烷(acetonitrile)與添加 0.01 M trifluoroacetic acid (TFA)、0.01% heptafluorobutyric acid (HFBA)的水溶液，分析管柱選用 4.6 mm × 250 mm，內徑 5 μm (TSK-GEL ODS-100S, TOSOH, Japan)，且分析管柱加溫維持在 40℃，設濃度梯度進行分析，選擇使用的離子源為 ESI(electrospray)，監測模式為正電荷模式，定性模式為 SCAN，定量模式為 SIM，流速為 0.6 ml/min，注入樣本體積為 50 μL，分流 2/3 體積後進入 ESI，分析時間為 60.1 分鐘。

2. DOC

水中 DOC 濃度採用總有機碳分析儀測定(TOC-5000A, Shimadzu Inc., Japan)。首先，取適量水樣經 1 μm 濾紙過濾後，利用鹽酸酸化使其 pH 值小於 2，以高純度氮氣曝氣 12 ~ 15 分鐘用以去除水樣中無機碳類，再將水樣送入 TOC 分析儀內，在高溫下將水樣中之有機物快速氧化形成二氧化碳，利用紅外線偵測二氧化碳量，此二氧化碳形式之含碳量即為水樣中之有機碳含量。

3. UV₂₅₄

UV₂₅₄ 為水中有機物於波長 254 nm 時之吸光度，一般用來表示有機物雙鍵之多寡。在分析水樣前需經由前處理去除水中干擾物質。分析步驟為水樣先以 0.45 μm 濾紙過濾後，調整分光光度計波長至 254 nm，以 DI 水進行零點校正，校正後分析水樣之紫外光吸收度，數值及為該水樣之 UV₂₅₄，使用儀器廠牌為 Metertech，型號 SP8001 之分光光度計，可使用可見光及 UV 光光源。

4. SUVA

混凝程序中，有機物之去除亦與本身性質有關，一般而言，疏水性之有機物較親水性有機物質容易被混凝去除，而水中有機物之親疏水性可由 SUVA(specific ultraviolet absorbance)值來辨別。SUVA 值由測得之 UV_{254} 吸光度除以 TOC 濃度再乘以 100 得到。

5. 水中親水性與疏水性有機物

所含親水性與疏水性之成分比例分析，使用 Christopher et al.(2004)所開發之方法進行。該法根據 Croue et al.(1994)與 Bolto et al.(1999)之研究，利用吸附的原理，不同的吸附劑可將水中成分特性分離成四種：強疏水性(very hydrophobic acids, VHA)、微疏水性(slightly hydrophobic acids, SHA)、親水性帶電荷(hydrophilic charged, CHA)以及親水中性(hydrophilic neutral, NEU)，分別使用 DAX-8(Supelco)、XAD-4(Sigma)及 IRA-958(Supelco)三種樹脂將水中之有機成分分離。

進行樹脂分離前以全新未使用的的樹脂置入燒杯潤濕，並使用 HPLC 等級之甲醇、乙腈以及超純水將樹脂超音波震盪一小時以上以清洗樹脂。樹脂洗淨後，三種樹脂(DAX-8、XAD-4 及 IRA-958)分別填充入長度 20 cm，內徑 13 mm 之玻璃管柱中備用，濾床填充容量為 15 mL。待測水樣 500 mL 先經 0.45 μm 之硝酸纖維濾紙過濾(cellulose nitrate membrane)，並以 HCl 將水樣酸化至 pH 2，首先以 3.0 mL/min 之流速依序流過 DAX-8 樹脂，一開始出流之兩倍濾床體積(30 mL)流出液棄置不用，共收集流出液 460 mL。保留部分流出液用以供分析溶解性有機碳(DOC)，其餘流出液則繼續流過 XAD-4 管柱(流速 3.0 mL/min)，並同樣將初始出流之兩倍濾床體積(30 mL)流出液棄置，同樣保留 XAD-4 流出液部分分析 DOC，其餘流出液則以 NaOH 調整為 pH 8，最後流經 IRA-958 管柱，初始之 30 mL 流出液仍棄置，其餘流出液則分析 DOC。分析各不同管柱之流出液 DOC 濃度並得結果為：

$$VHA = Raw - (DAX-8 \text{ effluent})$$

$$SHA = (DAX-8 \text{ effluent}) - (XAD-4 \text{ effluent})$$

$$CHA = (XAD-4 \text{ effluent}) - (IRA-958 \text{ effluent})$$

$$NEU = (IRA-958 \text{ effluent})$$

6. 鐵及錳

原水中總鐵、總錳、溶解鐵及溶解錳金屬濃度之量測乃使用感應耦合電漿原子發射光譜儀(Jobin-Yvon JY24, France)，以連續式偵測，進入氣體為 Ar(6 L/min)，使用氬氣純度為 99.99%。

7. 總三鹵甲烷

總三鹵甲烷乃利用氣相層析質譜儀(Agilent 6890 GC / 5973 MSD)，偵測時水樣沿著瓶壁流入 40 mL 附鐵氟龍墊片之褐色玻璃瓶，採樣後樣品瓶內不可有氣泡或是頂端空間。分析時以 5 mL 氣密注射針吸取 5 mL 水樣，並添加 2 μ L 標準品後(Benzene-d6，50 μ g/mL)，手動注入吹氣捕捉設備。吹氣捕捉儀開始曝氣，使 TTHM 經氣提而吸附至捕捉管柱後，將捕捉管柱升溫至 180°C 高溫使其脫附，並進入氣相層析質譜儀分析。

8. 總菌數分析

傳統微生物濃度計數是以培養方式得知，稱為平板計數法(plate count method)，此法針對活性微生物與適合生長於特定培養基的菌種，其優點為可將各自獨立的菌落分離出菌種再進一步分析，或使用不同培養基針對不同菌種進行特殊培養。然而此方法並非萬無一失，由於不同微生物菌種之間會有生理活性上之差異，造成微生物培養上的差異，或具活性但無法培養的情況而使得實際狀況易低估菌數(Tseng *et al.*, 2000)；另一方面，因不同型式之培養基對於微生物具有選擇性，只利於某些種類微生物發展，而選擇性抑制了另一種微生物生長；此外，當微生物群聚大量培養生長時，會因特定微生物濃度過高而遮蔽單一的生物群落，導致實際濃度較低；又因培養法屬非即時性之方法，需培養一段時間才能分析，較為耗時且無法立即得知所需之微生物資訊，若想由複雜水樣中即時得知菌數，傳統的培養法較不適用。

直接觀察法則是利用螢光顯微鏡搭配各式染劑標示進行計數及觀察，優點為較傳統培養方式更快速且即時，且對於評估環境樣本微生物有顯著之成效(江，2004)。染色方式分為多種型式，但目前學術上常用之染色法係利用 DAPI(4',6-diamidino-2-phenylindole)染色技術法，並作為一核酸量化之指標(Tarnowski *et al.*, 1991)。DAPI 染色計數法原理為生物核酸與染劑形成鍵結而呈現出螢光特性，其被認為是總菌數之代表(Kepner and Pratt, 1994 ; Gagnon and Slawson, 1999)。

綜合上述，培養法易被高濃度菌數或不易培養之菌種而造成遮蔽效應，或因生物性質差異性而造成不易培養之誤差；而鏡檢法可快速得知當下之濃度，因此本計畫選擇以螢光顯微鏡搭配 DAPI 染劑作為總菌數之計數工具，分析方式如下：

取水樣約 15 μL 置於黑色玻片 Well 並於室溫進行風乾。風乾後樣品利用 DAPI 染劑(50 $\mu\text{g/L}$)25 μg 染色 1 小時，再利用去離子水沖洗玻片數次，去除多餘殘留之染劑並續於暗房室溫下風乾。將經由染色後之玻片利用高解析度攝影機搭配螢光顯微鏡(Nicon E-400, Japan)於 385 nm 螢光波長，並配合影像分析軟體(PAX-it)進行觀察計數。

3.2 辦理金門自來水廠淨水場人員教育訓練

在提出金門自來水廠供水水質改善之最適藥劑及濾材使用對策後，須將各項淨水操作策略推廣至淨水場，並使淨水場管理及操作人員了解如何執行，因此本計畫預計在下半年辦理金門自來水廠淨水場人員之教育訓練，以提升淨水場管理及操作人員對供水水質改善之執行能力，教育訓練相關之工作內容及執行方式如下所述：

1. 編撰淨水場水質改善最適操作對策及流程相關教材

教材將依照淨水場氧化、混凝及過濾單元分別編撰，原則上內容包括單元介紹、操作流程、操作問題及解決對策及各項操作指標之試驗流程及方法(如瓶杯試驗)。在氧化及混凝單元方面，主要將建議不同原水水質下最適之氧化劑種類、劑量及加藥方式之選擇試驗及操作流程；過濾方面，則會介紹高效能水處理濾材之充填方式、充填量配比及使用時機，並制定過濾操作流程。最後將各單元試驗及操作流程彙編為金門水廠標準操作流程，以作為場內人員在單元操作之參考。

2. 培育金門縣內各淨水場(太湖、榮湖、紅山)水質改善操作種子人員

為有效將本計畫研究之各單元水質提昇評估結果及資訊提供給淨水場，將於各淨水場中選擇種子人員，將提昇水質及單元之操作方法落實到操作人員，種子人員主要乃選擇淨水場內負責水處理之管理及操作人員(如淨水場主管、供水課人員及現場操作人員)，訓練時方能於短時間內有效率地將相關資訊提供給種子人員。

培訓方式採取簡報說明及現場實作兩部分進行，包括前氧化搭配混凝瓶杯試驗加藥操作說明及種子人員實作，以提昇受訓人員之混凝浮除操作技能，增加淨水場人員之應變及操作技術能力，提昇淨水場出水水質。

3. 辦理各淨水場相關人員教育訓練

除種子人員外，淨水場所有人員亦需瞭解評估後各單元之操作策略，例如淨水場水質檢測人員，需具備何種水質代表淨水場處理效率不佳之概念，方可在水質變化時，第一時間通知操作人員作有效之應變措施，或提供操作人員操控是否得當之建議，達到互相學習及優化水質之最終目的。教育訓練將在金門自來水廠辦理，各場至少 20 人，訓練對象為淨水場所有相關人員，三場教育訓練內容主題分別為操作效能評估執行人員訓練、淨水高級處理過濾單元優化操作策略及淨水場操作種子人員實作訓練，將以淨水場水質改善最適操作對策及流程作為講述重點。此外，本計畫工作團隊另外安排二場綜合操作效能評估會議，邀集專家學者赴太湖及榮湖淨水場現場進行綜合操作效能評估，決定效能限制因子及分級，並提出各項限制因子之初步建議改善方案，以提升淨水場營運績效。本計畫希望藉由教育訓練之方式，逐步提昇金門淨水場人員之操作及應變能力，以提供金門地區居民質優量足之自來水為最終目標。

3.3 淨水場水質改善最適藥劑及濾材評估

金門自來水廠為了增強有機物與藻類之混凝處理效能以及減少三鹵甲烷生成，目前部分水場在前氧化階段採用一定劑量之二氧化氯或高錳酸鉀氧化劑取代部分的次氯酸鈉添加量，但因後續使用硫酸鋁混凝膠羽形成效果不佳，硫酸鋁混凝膠羽細小，致後續沉澱或浮除程序無法有效移除有機污染物，加重過濾單元操作負荷及堵塞程度，降低過濾效率，致供水水質無法有效改善。因此，為了有效提升混凝、沉澱或浮除及過濾程序移除有機物及藻類之成效，勢必採用其他高效能混凝藥劑(如環保署新公告之水處理藥劑聚矽酸鐵(polysilicate iron, PSI)或水處理濾材(如活性碳及錳砂)，並搭配有效提升混凝效能之前氧化劑，始能全面性的提升金門自來水廠供水操作效能及顯著改善供水水質。因前氧化會影響後續混凝效能之優劣，故本計畫將同時探討不同氧化劑與混凝劑搭配加藥方式對氧化及混凝效能之影響，評估各氧化劑與混凝劑相互搭配使用對沉澱或浮除程序移除濁度、有機物、藻類、鐵、錳之效能及減少總三鹵甲烷生成之成效，並評估過濾單元使用活性碳及錳砂對有機物及鐵、錳之移除效率，提出金門自來水廠供水水質改善之淨水處理操作對策。本計畫關於水質改善之最適藥劑及濾材評估研究工作分述如下：

3.3.1 氧化及混凝效能評估

本研究計畫擬利用實驗室杯瓶試驗評估次氯酸鈉、二氧化氯及高錳酸鉀氧化劑搭配硫酸鋁混凝劑或聚矽酸鐵混凝劑(PSI-LM, SUIDO KIKO, Japan)經混沉移除藻類及有機物之效能，以及模擬現場氧化劑添加模式，評估高錳酸鉀與次氯酸鈉搭配使用對混沉程序減少三鹵甲烷生成之效能，以確認二氧化氯及高錳酸鉀取代次氯酸鈉作為水場氧化劑之適宜性，並配合淨水場實際操作條件，提出改善供水水質之最適氧化劑及混凝劑使用對策。氧化及混凝效能評估之詳細實驗步驟如下所述：

因為金門自來水廠原水經混凝後之固液分離單元為浮除操作，故本計畫將於淨水場現場採取原水後，在實驗室使用搭載空氣加壓設備改裝之瓶杯試驗機(Phipps & Birds PB 900)(如圖 3-3)進行氧化及混凝效能評估試驗。瓶杯試驗之快混、慢混操作條件將採用各淨水場實際操作參數(G 值及停留時間)，以實際模擬淨水場混凝加藥現況。

氧化及混凝效能評估程序如圖 3-4 所示，首先以轉速約 200 rpm 預攪拌 1 分鐘，使水中物質維持懸浮的狀態，並依照水場瓶杯試驗參數(快混 1 min，190 rpm;慢混 30 min，30 rpm)進行後續浮除瓶杯試驗，再依序添加不同氧化劑及混凝劑，並進行後續浮除程序(1.5 min)。此研究中將分批採用次氯酸鈉搭配高錳酸鉀、單一高錳酸鉀藥劑及二氧化氯藥劑等前氧化加藥方式，搭配不同劑量之硫酸鋁及聚矽酸鐵混凝劑，經快混、慢混及浮除程序後，分析上澄液水質，分析項目包含濁度、藻種及藻數、DOC、鐵、錳及總三鹵甲烷等水質參數，並分析浮除程序出流水之總三鹵甲烷生成潛能，最終以達到有機物去除率提昇及減少總三鹵甲烷生成為前提，找出各淨水場原水處理及操作效能提昇之最適氧化劑與混凝劑操作模式及最適加藥劑量範圍。



圖 3-3 浮除瓶杯試驗機

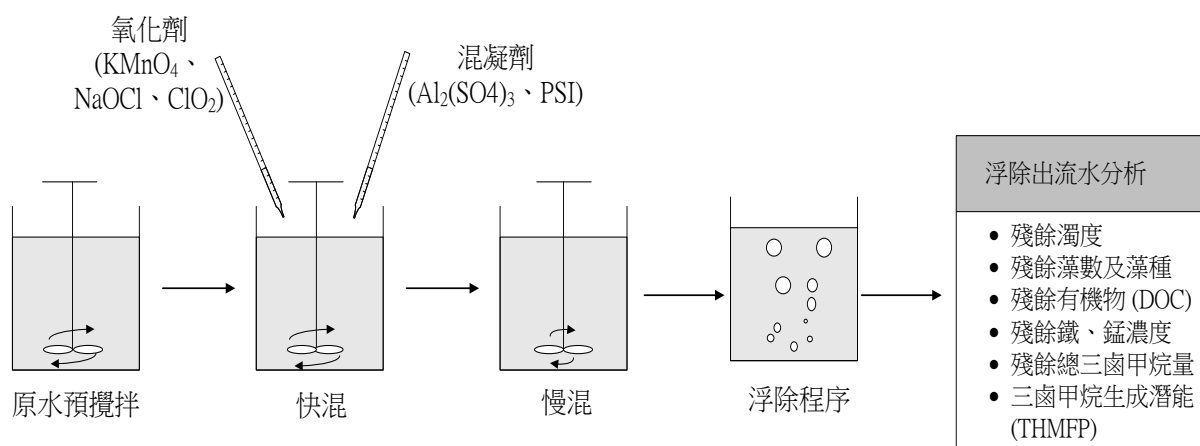


圖 3-4 氧化及混凝效能評估程序

3.3.2 濾料過濾效能評估

由於金門地區淨水場原水中含有大量有機物及鐵、錳金屬，有機物過高易使慢濾池呈厭氧狀態，使水中鐵及錳離子還原為溶解態以及硝化物質還原回氨氮之情形發生，尤以太湖淨水場發生此現象最為嚴重，其供水水質時常超過飲用水水質標準，甚至在夏季時供水系統曾發生紅水問題，造成民生用水之供水系統停擺，當地居民無水可用之窘境。因此，為了使過濾單元能有效且迅速降低水中有機物及鐵、錳之濃度，太湖淨水場已發包採購高效能之水處理濾材(活性碳及錳砂)，於 2012 年 5 月份更換三座快濾桶之濾砂為活性碳搭配錳砂，

改善快濾桶之出水水質，然若全部快濾單元(含快濾桶及快濾池)處理水量均經慢濾池過濾，則無法符合民生用水需求，因快濾桶處理水量約佔全場處理水量之 $2/3$ ，雖快濾桶處理水經慢濾可進一步去除有機污染物及鐵、錳，但為了穩定供水需求(4,000 ~ 5,000 CMD)，故場內操作人員會視供水量採取部分快濾桶之處理水直接抽取至清水池加氯後供水，但現階段為了能改善供水水質，太湖淨水場已將快濾單元處理水全部經由慢濾過濾及加氯後供水。由此可知，未來太湖場快濾桶採用活性碳搭配錳砂濾料過濾除有機物及鐵、錳效能是否能有效發揮，乃太湖淨水場供水水質改善之首要關鍵。有鑑於此，本計畫預計於太湖淨水場進行濾料過濾效能之模組試驗，利用活性碳搭配錳砂之雙層濾料過濾處理浮除池出流水，並評估活性碳搭配錳砂濾料之使用最佳填充量配比及最適過濾操作模式(含活性碳及錳砂使用時機)，期能改善現有快濾單元移除有機物及鐵、錳效能不彰之現況，以避免清水池總三鹵甲烷大量生成及紅水現象發生，達到供水水質改善之目的。因太湖淨水場原水有機物濃度(TOC)濃度長期高達 10 ~ 20 mg/L，若活性碳搭配錳砂之快濾操作無法有效降低浮除池出流水中有機污染物及鐵、錳濃度至符合飲用水水質標準，將進一步評估活性碳及錳砂搭配應用於慢濾池之效能及可行性。

本研究之模組過濾效能評估試驗將使用與太湖水場採購種類相同之椰殼粒狀活性碳(ARCO, Taiwan)及錳砂。為了方便更換濾砂及改變兩種濾砂之填充配比，模組過濾試驗將採用管柱過濾，其試驗流程設計如圖 3-5 所示。過濾模組包含一組平行式注水過濾雙管柱、導水管線及過濾水槽，設計二組實驗，第一組實驗其中一支管柱添加實場使用之石英砂，另一管柱則添加實場使用之活性碳搭配錳砂(上層填充活性碳；下層填充錳砂，比例為 1 : 2)；第二組實驗其中一支管柱添加錳砂搭配石英砂(上層填充錳砂；下層填充石英砂，比例為 1 : 1)，另一管柱則添加活性碳搭配錳砂(上層填充活性碳；下層填充錳砂，比例為 1 : 1)。管柱過濾試驗啟動時，淨水場浮除池出流水將平均分流至兩支管柱，管柱總長 180 cm，直徑為 20 cm。管柱中濾料放置長度約為 80 cm，底端以不鏽鋼篩網作為濾料支撐層，最下面則為含出水孔之集水區。兩管柱集水區底部各連接一抽水馬達，並連接至同一反沖洗水槽，使管柱過濾濾料可進行反沖洗。第一組實驗第一支管柱石英砂填充高度約 80 cm，第二支管柱活性碳填充高度約為 27 cm、錳砂填充高度約為 53 cm；第二組實驗第一支管柱錳砂

填充高度約為 40 cm、石英砂填充高度約為 40 cm，第二支管柱活性碳填充高度約為 40 cm、錳砂填充高度約為 40 cm。實驗將依據原水水質條件不同以及前處理單元處理效能進行調整兩種濾材之填充量配比，藉此找出活性碳搭配錳砂之使用時機及最適填充量比例。在管柱過濾及反洗操作過程中，首先將實場浮除池出流水利用馬達控制相同抽取流速而進入兩管柱平行過濾，濾速擬採用太湖淨水場之快濾桶濾速(172 m/day)。在過濾過程將定時採集過濾水樣進行水質分析，比較兩管柱間過濾後水質之差異變化。水質分析項目包括濁度、DOC、鐵、錳、氨氮及藻數等。

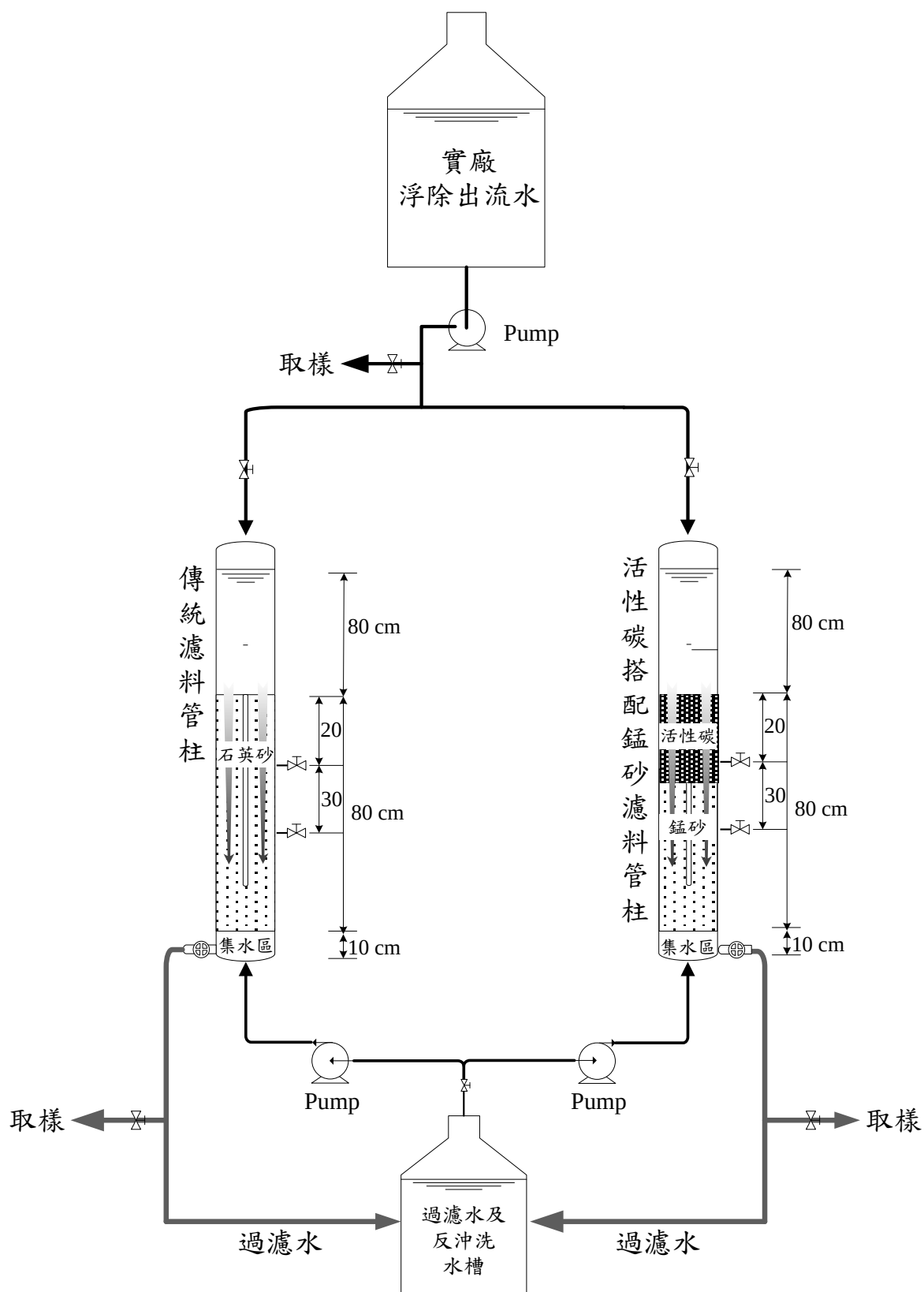


圖 3-5 濾材過濾管柱模組裝置

3.4 淨水場供水水質改善之最適方法

在完成氧化及混凝效能之實驗室評估與濾料過濾效能模組評估後，找出最適氧化及混凝劑搭配加藥模式（含氧化劑種類及劑量、最適混凝劑種類及劑量）以及確認最適濾材種類及濾材填充量配比，預計邀請水處理專家學者，進行現場操作效能評估，並討論金門自來水廠現階段水處理藥劑及濾材使用及處理程序之適宜性，同時探討藥劑及濾料之使用時機及彙整改善建議，以提出金門自來水廠供水水質改善之最適藥劑及濾材使用對策，並分析其產水成本。

第四章、工作執行進度與結果

本計畫自 2012 年 4 月開始執行，至 10 月為止共計完成 10 次太湖淨水場原水湖庫(金湖、太湖、田埔水庫)及太湖淨水場各處理單元水質採樣及分析、6 次榮湖淨水場各處理單元水質採樣及分析，以及 3 次紅山淨水場各處理單元水質採樣及分析。另一方面，於 5 月中完成過濾模組之設計及初步組裝工作，並於 5 月底運送至太湖淨水場完成現場安裝架設，於 6 月開始連續運轉測試，本計畫規劃二組過濾實驗，第一組實驗濾料填充分別為石英砂、活性炭搭配錳砂；第二組實驗濾料填充分別為錳砂搭配石英砂、活性炭搭配錳砂，各進行為期約二個月之連續實驗。此外，已將太湖淨水場原水採樣進行 8 次前氧化及混凝藥劑瓶杯試驗。另一方面，本計畫已於 7 月及 10 月分別辦理操作種子人員培育、淨水操作人員教育訓練、淨水高級處理過濾單元優化操作策略教育訓練及操作種子人員實作教育訓練各一場。同時，為了協助太湖及榮湖淨水場提升操作效能，本計畫於 9 月加辦二場綜合操作效能評估會議，茲將各項工作執行進度與結果詳述於下：

4.1 原水水質處理困難成因調查及分析

金門地區現有三座淨水場，分別為太湖、榮湖及紅山淨水場，現階段榮湖淨水場已在傳統處理程序後新增高級處理(活性炭、UF、RO)；而紅山淨水場目前日常並無進行淨水處理操作，主要由金城服務所藉由海底管線引地下水至紅山淨水場清水池，加氯消毒後供水，因此現階段榮湖及紅山淨水場供水水質較太湖淨水場良好。

太湖淨水場原水使用金湖、太湖及田埔三個水庫水調配作為原水使用，由於水庫優養化情形嚴重，使得太湖淨水場既有之傳統處理程序不易處理，造成供水水質不佳。綜合上述，本計畫擬針對太湖、金湖、田埔水庫及太湖淨水場各處理程序，每月採樣 1 次，並於 7～9 月水質較不佳之月份，每月採樣 2 次。此外，榮湖淨水場各處理程序，每季採樣一次，同樣於 7～9 月水質較不佳之月份，每月採樣 1 次。由於紅山淨水場使用地下水及榮湖淨水場高級處理之清水作為原水，各處理單元均未運轉，因此僅在原水及清水每季採樣一次，以確

認供水水質狀況。採樣分析項目依各水庫或處理單元分別選擇，水庫分析項目包括濁度、溫度、pH、氨氮、溶氧、藻種、藻數、DOC、UV₂₅₄、鐵、錳、總菌數、藻毒及親疏水性有機物；各處理單元分析項目包括濁度、溫度、pH、氨氮、溶氧、藻種、藻數、DOC、UV₂₅₄、鐵、錳、總菌數、藻毒及總三鹵甲烷等，各水庫及淨水場採樣頻率及分析項目如附錄二。

4.1.1 太湖淨水場原水水庫水質分析

太湖淨水場原水由陽明湖、金湖、太湖及田埔水庫調配供給，但由於陽明湖及太湖水質不佳，造成太湖淨水場處理不易，因此今年原水多以金湖搭配田埔水庫為主，部份時間切換至太湖水庫作為原水來源。金湖、太湖及田埔水庫水深約 2 ~ 3 m，屬於淺層之水庫，本計畫庫水採樣點為抽水泵浦平台處，取樣深度約為湖水表層以下約 10 cm，各水質分析結果如附錄三，彙整如表 4-1，依重要之水質項目逐項討論於下：

表 4-1 金門水庫水質分析彙整

項目 \ 水庫	金湖水庫		太湖水庫		田埔水庫	
	平均值	範圍	平均值	範圍	平均值	範圍
濁度 (NTU)	6.6	3.1 ~ 13.0	23.3	16.7 ~ 30.3	24.4	18.1 ~ 39.1
溫度(°C)	27.2	22.2 ~ 31.1	27.3	21.9 ~ 31.3	27.3	22.0 ~ 31.5
pH	8.4	7.8 ~ 8.8	8.9	7.3 ~ 9.5	8.7	7.6 ~ 9.4
氨氮 (mg/L)	0.30	0.17 ~ 0.45	0.70	0.53 ~ 1.71	0.65	0.46 ~ 0.93
DO (mg/L)	7.7	5.4 ~ 9.6	7.7	4.9 ~ 12.2	8.2	6.6 ~ 10.1
DOC (mg/L)	9.8	5.2 ~ 18.8	17.9	11.3 ~ 28.3	20.7	12.4 ~ 27.4
UV ₂₅₄ (cm ⁻¹) – 過濾前	0.14	0.11 ~ 0.20	0.20	0.14 ~ 0.27	0.24	0.15 ~ 0.39
UV ₂₅₄ (cm ⁻¹) – 過濾後	0.09	0.07 ~ 0.11	0.12	ND ~ 0.17	0.13	ND ~ 0.21
SUVA	1.13	0.41 ~ 1.77	0.78	ND ~ 0.95	0.76	ND ~ 1.11
總鐵濃度 (mg/L)	0.23	0.11 ~ 0.54	0.08	0.06 ~ 0.12	0.21	0.13 ~ 0.31
溶解性鐵濃度 (mg/L)	0.01	ND ~ 0.04	0.01	ND ~ 0.04	0.01	ND ~ 0.04
總錳濃度 (mg/L)	0.11	0.06 ~ 0.17	0.02	ND ~ 0.12	0.05	0.01 ~ 0.13
溶解性錳濃度 (mg/L)	0.01	ND ~ 0.04	0.001	ND ~ 0.01	ND	ND
總菌數 (10 ⁶ cells/mL)	133	19 ~ 360	97	14 ~ 273	89	47 ~ 163
藻數 (10 ³ cells/mL)	6.8	1.0 ~ 17.4	9.8	1.9 ~ 21.4	21.6	1.8 ~ 27.1

1. 濁度

金湖、太湖及田埔水庫各月份日夜間濁度變化如圖 4-1 所示，金湖水庫濁度在 3.1 ~ 13.0 NTU 之間；太湖水庫濁度在 16.7 ~ 30.3 NTU 之間；田埔水庫濁度在 18.1 ~ 39.1 NTU 之間，各水庫中以田埔水庫濁度曾高達 39 NTU 最高，而金湖水庫濁度最低，但由於金門湖庫屬於深度較淺之湖庫，因此三座湖庫水濁度均高於一般水庫水。

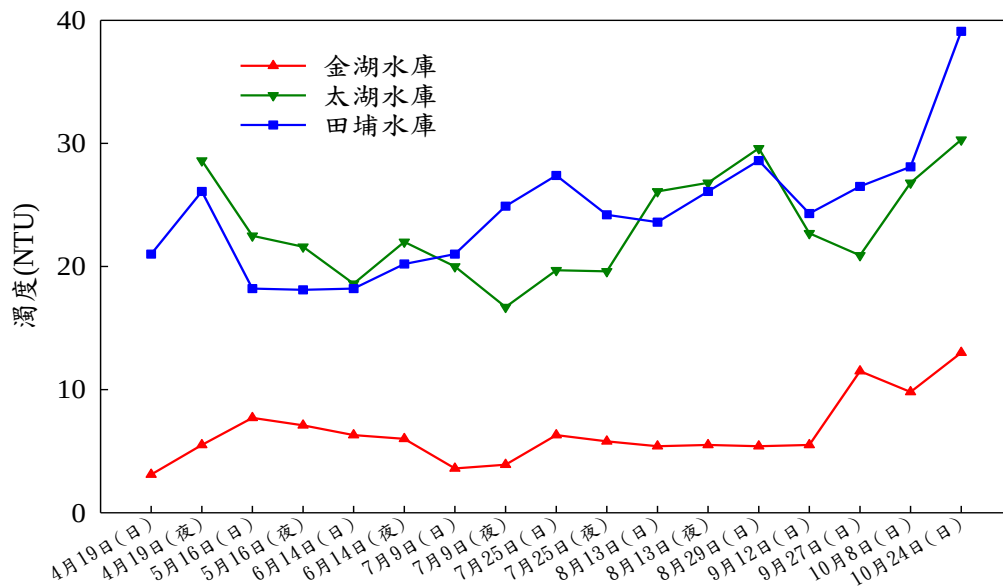


圖 4-1 金門水庫庫水之濁度變化

2. pH 值

金湖、太湖及田埔水庫各月份日夜間 pH 值變化如圖 4-2 所示，金湖水庫 pH 值範圍在 7.8 ~ 8.8 之間；太湖水庫 pH 值範圍在 7.3 ~ 9.5 之間；田埔水庫 pH 值範圍在 7.6 ~ 9.4 之間，各湖庫 pH 值皆偏鹼性，以太湖水庫 5 月及 7 月份 pH 值較高。研究指出，因優養而產生的大量藻類繁殖，在死亡後經細菌分解的生化反應，使蛋白質被分解成為氨基酸，氨基酸經水解後形成氨；或是因優養使水層中的溶氧降低，造成水體底部與底泥接觸帶溶氧減低，導致底泥有機質礦化作用不完全，而釋出氨於水中，這些皆造成水中氨氮含量的增加，使 pH 值上升^(陳, 1999)。

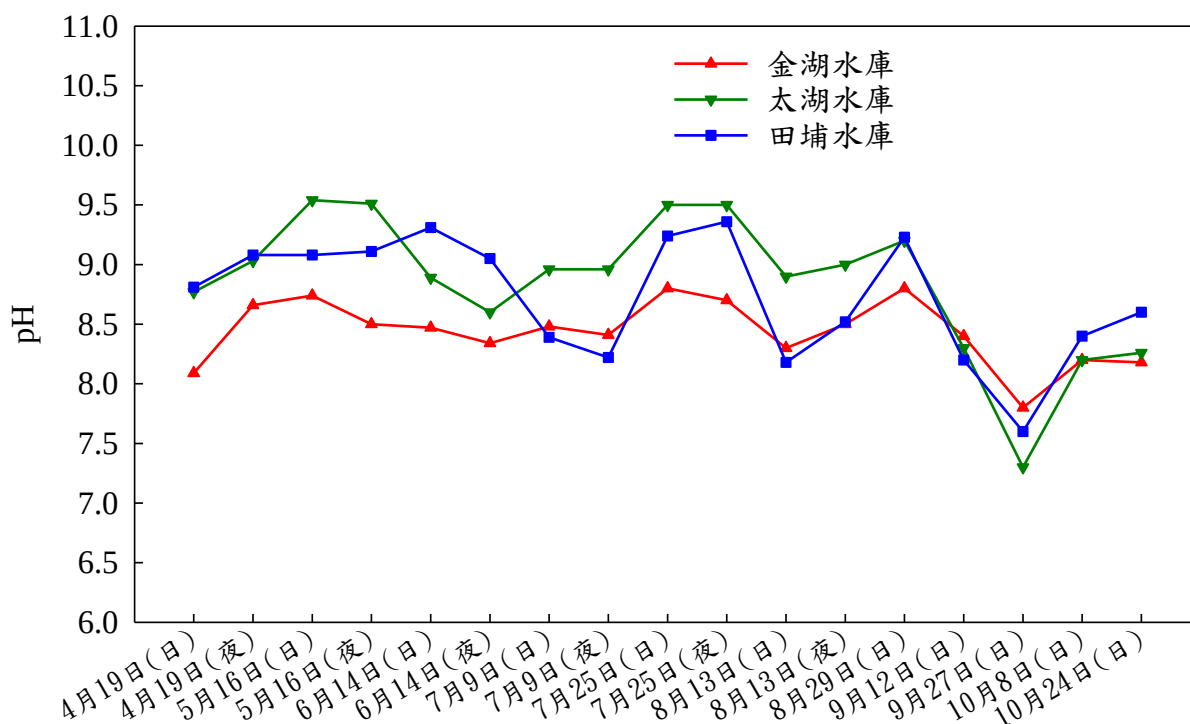


圖 4-2 金門水庫庫水之 pH 值變化

3. 氨氮

金湖、太湖及田埔水庫各月份日夜間氨氮含量變化如圖 4-3 所示，金湖水庫氨氮含量在 0.17 ~ 0.45 mg/L 之間；太湖水庫氨氮含量在 0.52 ~ 1.71 mg/L 之間；田埔水庫氨氮含量在 0.46 ~ 0.93 mg/L 之間，各水庫氨氮含量多符合環保署飲用水水源水質標準之氨氮限值，三座湖庫氨氮含量在 9 月開始均有上升趨勢，其中太湖水庫自 9 月開始，氨氮含量超過環保署飲用水水源水質標準之氨氮限值。

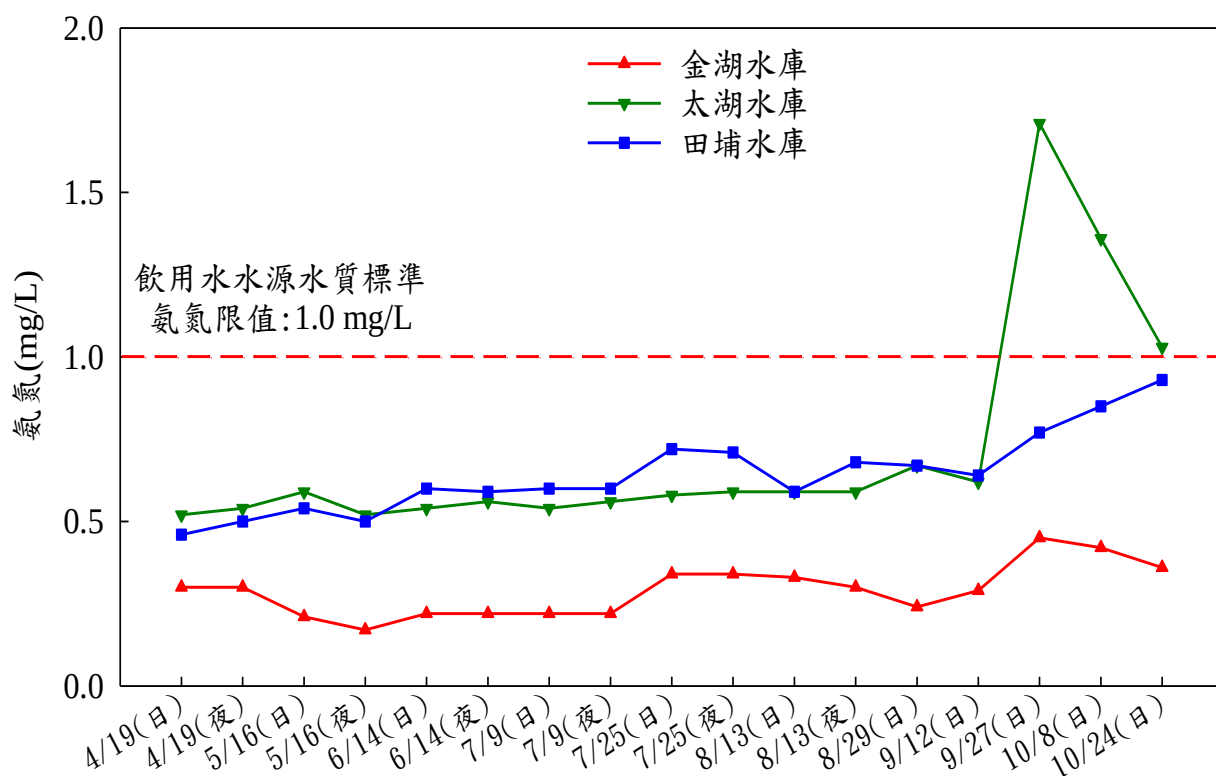


圖 4-3 金門水庫庫水之氨氮含量變化

4. 溶氧

金湖、太湖及田埔水庫各月份日夜間溶氧變化如圖 4-4 所示，金湖水庫溶氧範圍在 5.4 ~ 9.6 mg/L 之間；太湖水庫溶氧範圍在 4.9 ~ 12.2 mg/L 之間；田埔水庫溶氧範圍在 6.6 ~ 10.1 mg/L 之間，三座湖庫溶氧夜間多比日間為低，原因為藻類於夜間行呼吸作用，造成夜間溶氧較低。

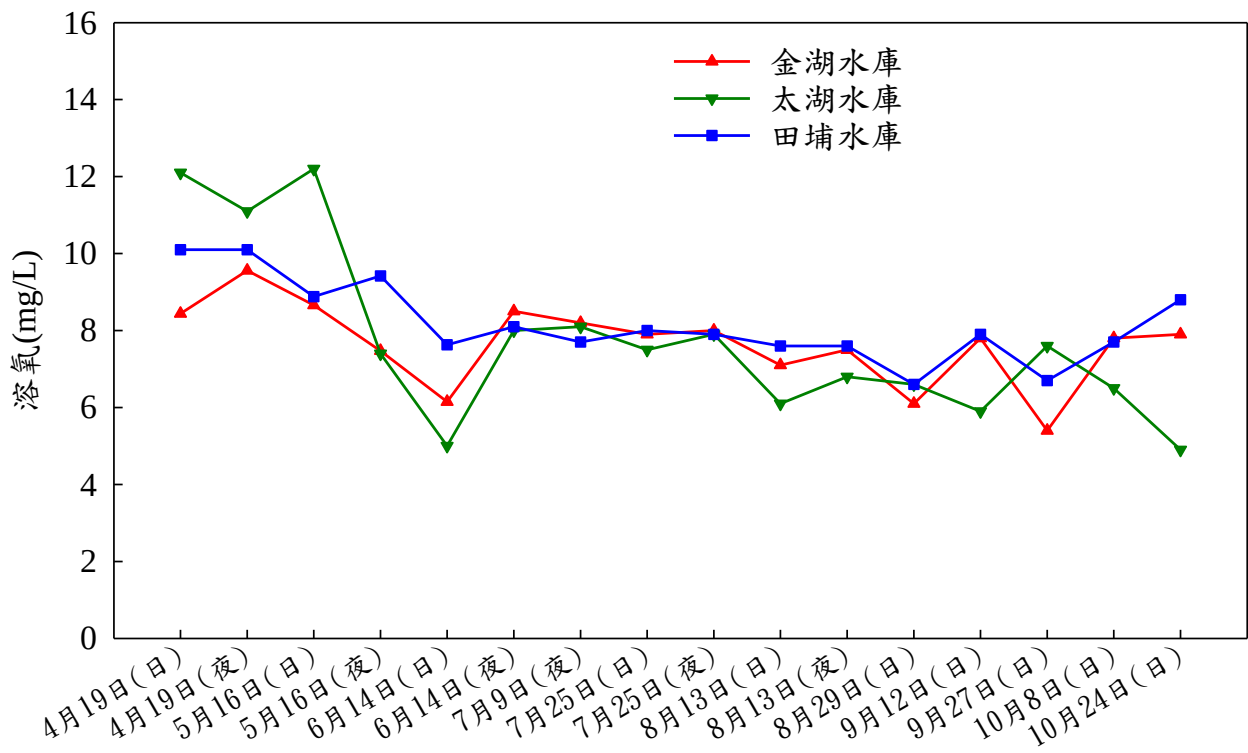
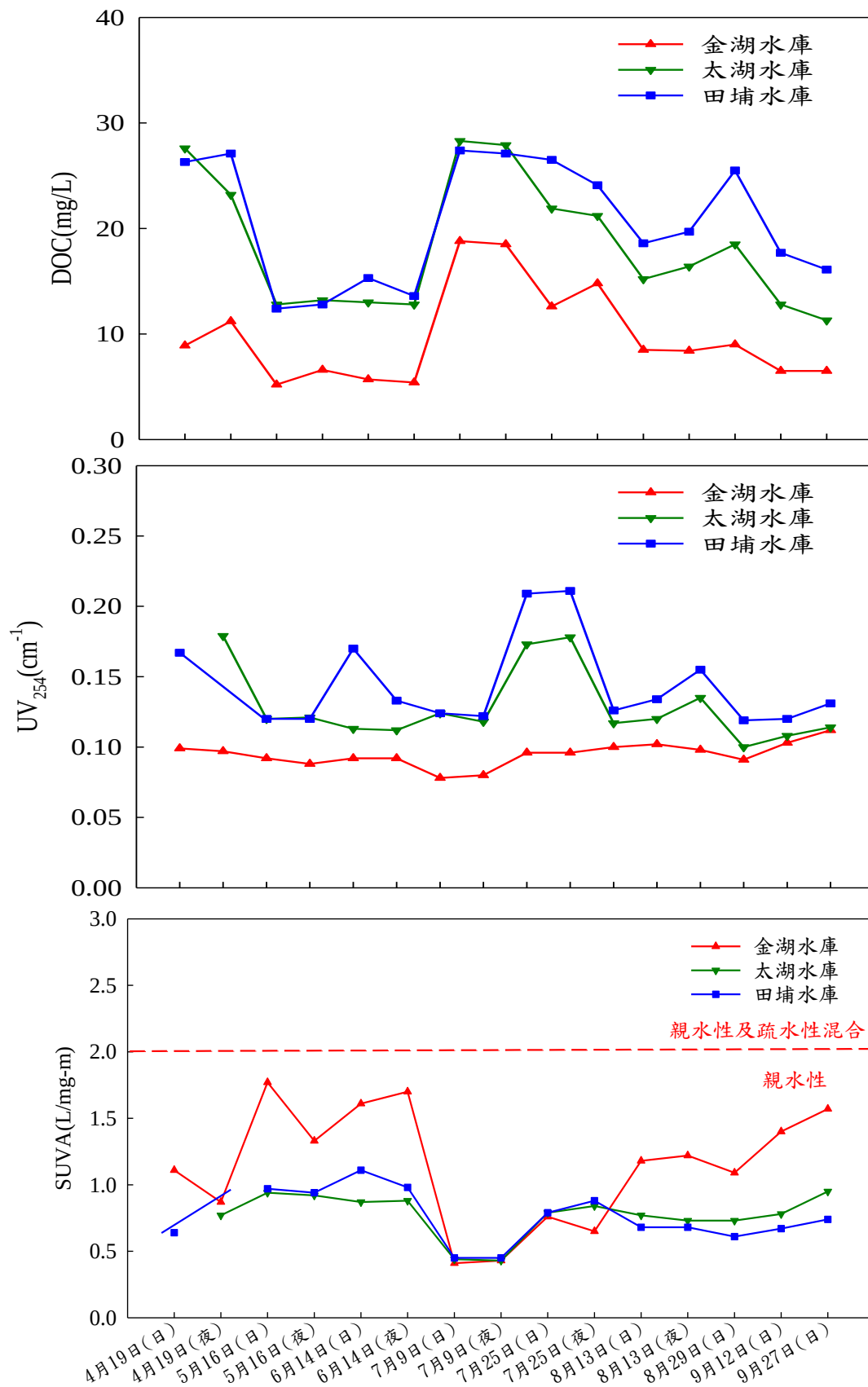


圖 4-4 金門水庫庫水之溶氧變化

5. DOC、UV₂₅₄ 及 SUVA

金湖、太湖及田埔水庫各月份日夜間 DOC、UV₂₅₄ 及 SUVA 值如圖 4-5 所示，金湖水庫 DOC 含量在 5.2 ~ 18.8 mg/L 之間；太湖水庫 DOC 含量在 11.3 ~ 28.3 mg/L 之間；田埔水庫 DOC 含量在 12.4 ~ 27.4 mg/L 之間，各水庫以太湖及田埔 DOC 含量較高，金湖水庫之 DOC 含量最低，但整體來說 DOC 含量均偏高。

各水庫之 UV₂₅₄ 值顯示，太湖及田埔水庫較金湖水庫高，另將 UV₂₅₄ 與 DOC 之比值乘以 100 求得 SUVA 值，由數據可得三座水庫 SUVA 值皆小於 2 L/mg-m，顯示三座水庫水中的有機物大多為非腐植質之小分子親水性物質 (Edzwald, 1999)，一般水體中有機物來源主要分為兩部分(1)自然界所產生的有機物 (natural organic matter, NOM)，(2)經人工合成的有機物(synthetic organic chemicals, SOC)，在未受污染的河川及湖泊中，腐植質為主要的有機組成，水體中除了腐植質外，其餘大部分是屬於親水性酸及中性親水性物質 (Thurman, 1985)，水體中親水性物質來源包括藻類細胞外代謝物以及人為污染所排放的小分子有機物為主，SUVA 值較低亦代表混凝程序不易去除此種溶解性有機物 (USEPA, 1999)。

圖 4-5 金門水庫庫水之 DO、UV₂₅₄ 及 SUVA 值變化

6. 鐵、錳

金湖、太湖及田埔水庫各月份日夜間鐵、錳含量變化如圖 4-6 所示，各水庫庫水中鐵、錳主要都以顆粒態存在，多數溶解態鐵、錳測值均低於偵測極限。金湖水庫總鐵含量在 0.11 ~ 0.54 mg/L 之間、總錳含量在 0.06 ~ 0.17 mg/L 之間；太湖水庫總鐵含量在 0.06 ~ 0.12 mg/L 之間、總錳含量小於 0.12 mg/L；田埔水庫總鐵含量在 0.13 ~ 0.31 mg/L 之間、總錳含量在 0.01 ~ 0.13 mg/L 之間，其中金湖水庫總鐵、錳含量相對偏高，太湖水庫總鐵、錳平均含量最低，由於三座水庫水深較淺，須注意取水時因湖庫溶氧降低而造成溶解鐵、錳釋出之問題。

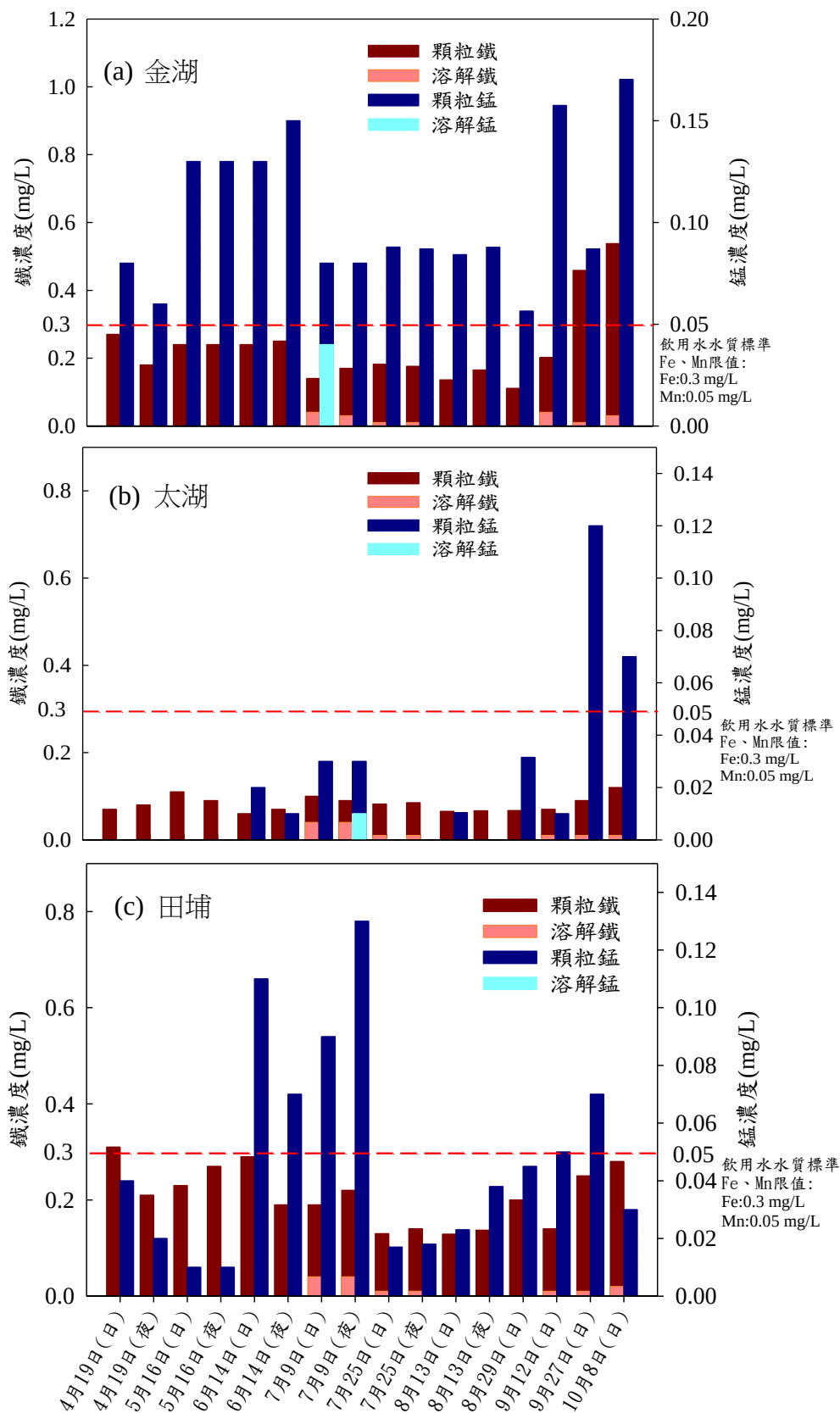


圖 4-6 金門水庫庫水之鐵、錳含量變化
(a)金湖水庫、(b)太湖水庫、(c)田埔水庫

7. 總菌數

本研究利用高解析度攝影機搭配螢光顯微鏡於 385 nm 螢光波長，並配合影像分析軟體(PAX-it)進行觀察計數，金湖、太湖及田埔水庫各月份日夜間總菌數變化如圖 4-7 所示，各水庫總菌數範圍在 10^8 cells/mL 之間，總體來說，隨著夏季氣溫上升，總菌數也隨著有上升之趨勢。

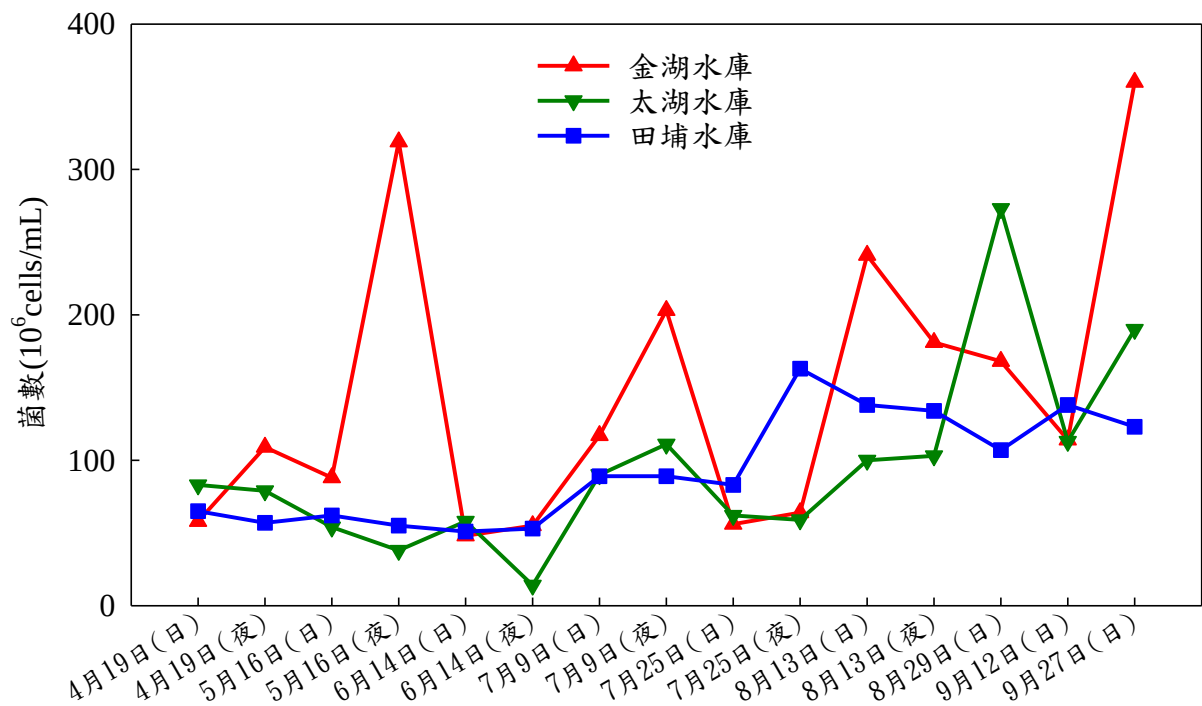


圖 4-7 金門水庫庫水之總菌數變化

8. 藻類

本研究利用顯微鏡觀察各水庫水中藻類種類及藻類數量，金湖、太湖及田埔水庫各月份日夜間藻類數量變化如圖 4-8 所示，各水庫藻數範圍在 1,000 ~ 27,100 cells/mL 之間，今年監測分析結果尚未超過世界衛生組織(WHO)第二級警戒值(100,000 cells/mL)。結果顯示，隨著夏季氣溫上升，藻數有上升之趨勢。

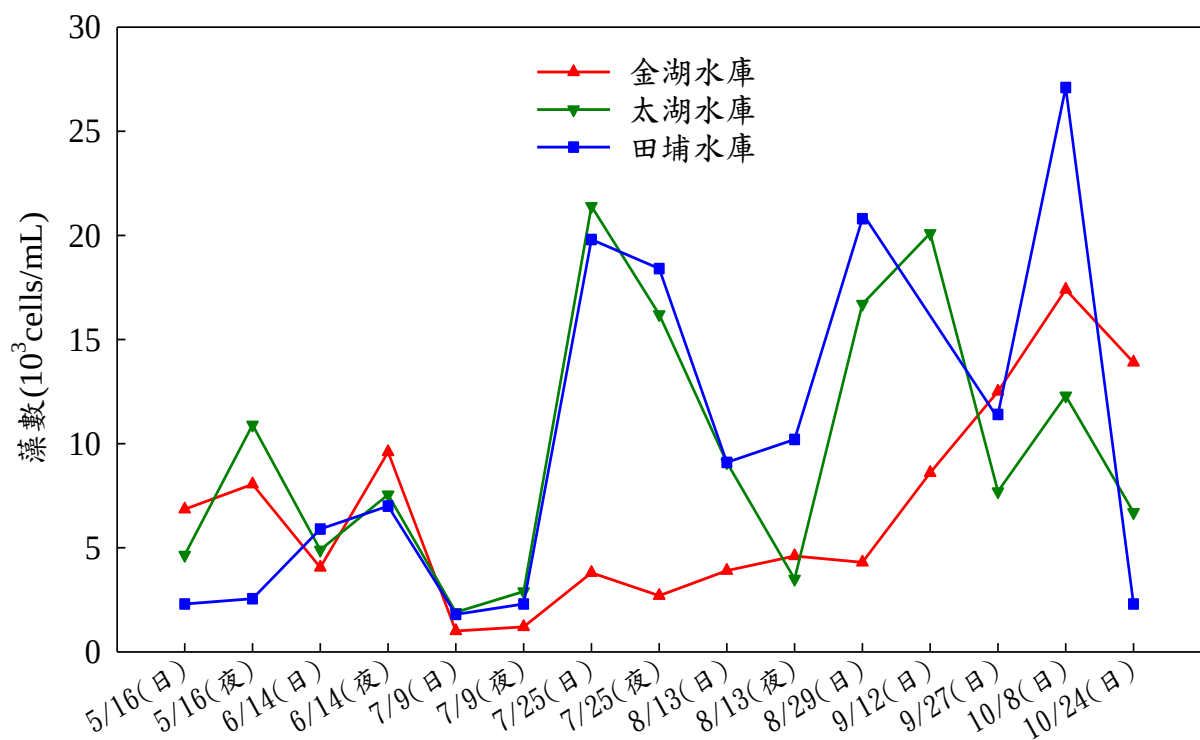


圖 4-8 金門水庫庫水之藻數變化

9. 藻毒

金湖、太湖及田埔水庫各月份日夜間藻毒濃度分析結果如表 4-2 所示，整體來說，僅金湖水庫 4 月份太湖水庫 10 月份測得較高之微囊藻毒素，超過 WHO 所訂之標準(1,000 ng/L)，其餘時間雖亦測到藻毒，但濃度不高。各月份測得之藻毒結果說明如下：

各水庫 4 月份僅檢測出微囊藻毒素，柱孢藻毒素則為未檢出。於金湖水庫可發現，其微囊藻毒素 LR 型(microcystin-LR)於日間之濃度為 800 ng/L，然而於夜間之採樣則檢測出較高之 microcystin-LR 濃度(1,030 ng/L)，同樣的情況也可於太湖水庫中發現(日間為未檢出，夜間濃度為 190 ng/L)，由於微囊藻屬於藍綠細菌之一，典型藍綠細菌當早晨陽光照射到水面上時，光合作用合成碳水化合物，因此比重變大逐漸下沉，到比較深層營養成分比較多的位置，攝取營養份後將碳水化合物轉成細胞組織，又變回比較輕再往水面上浮，因此在上層水體中出現^(Newcombe and Burch, 2003)，因此推測由於此因素使得本計畫樣品夜間所測出之濃度較高於日間。同時，金湖水庫於夜間之微囊藻毒素之濃度較高於 WHO 所訂之限值(1,000 ng/L)，於日間之微囊藻毒素 LR 型濃度亦有偏高之現象(800 ng/L)，因此需注意金湖水庫之水質狀況。

5 月份金湖水庫、田埔水庫皆測到柱孢藻毒的存在；微囊藻毒素部分，除田埔水庫(夜間)測到些微的微囊藻毒素 LR 型濃度為 90 ng/L，其餘皆未測到。根據文獻指出早上 10 點與晚上 10 點藻類皆聚集在水體表面，當進行表水採集時皆有可能採集到藍綠藻類，由結果顯示金湖水庫(日間)柱孢藻毒素濃度為 320 ng/L 高於夜間許多，田埔水庫日間與夜間所測得之柱孢藻毒濃度很接近分別為 480 ng/L 與 510 ng / L。

6 月份金湖水庫、田埔水庫與太湖水庫皆測到微囊藻毒的存在，由本次的分析結果發現此三個水庫(金湖水庫、田埔水庫、太湖水庫)日間測得的微囊藻毒素 LR 型濃度皆高於夜間的濃度，具有一致的結果。

7 月份僅於太湖水庫檢測出微囊藻毒素，柱孢藻毒素則為未檢出。8 月份各水庫均未檢測出微囊藻毒素及柱孢藻毒素。9 月份於田埔水庫與太湖水庫檢測出微囊藻毒素，柱孢藻毒素則為未檢出。10 月份金湖水庫、田埔水庫與

太湖水庫皆測到微囊藻毒的存在，尤其太湖水庫日間之微囊藻毒素 LR 型測得濃度為 4,097 ng/L，高於 WHO 所訂之限值(1,000 ng/L)。

國內學者曾針對金門東半島調查太湖及榮湖淨水場、以及配水管網中藻毒素濃度，結果顯示太湖及榮湖兩個水庫中，可以測得微囊藻毒素(MC)、結球藻毒素(NOD)、及柱孢藻毒素(CYN)，魚腥藻毒素(ATX)澤威偵測到，且其中尤其以太湖之柱孢藻及微囊藻毒素較高。太湖淨水場各原水湖庫在 4 月 ~ 9 月的分析結果顯示，藻毒素濃度雖多符合 WHO 所訂之標準(1,000 ng/L)，但因水庫優養化嚴重，仍有藻毒之風險存在，因此除加強水庫上游集水區之管理外，淨水場原水取水應根據水庫分層之藻毒分佈情況，調整水庫取水口位置。

表 4-2 金門水庫庫水之微囊藻及柱孢藻毒素分析

月份	採樣點	微囊藻毒素(ng/L)			柱孢藻毒素(ng/L)
		LR	RR	YR	CYN
4 月	金湖日	800	180	ND	ND
	金湖夜	1,030	ND	ND	ND
	太湖日	ND	ND	ND	ND
	太湖夜	190	ND	50	ND
	田埔日	510	170	ND	ND
	田埔夜	320	ND	ND	ND
5 月	金湖日	ND	ND	ND	320
	金湖夜	ND	ND	ND	ND
	太湖日	ND	ND	ND	ND
	太湖夜	ND	ND	ND	ND
	田埔日	ND	ND	ND	480
	田埔夜	90	ND	ND	510

月份	採樣點	微囊藻毒素(ng/L)			柱孢藻毒素(ng/L)
		LR	RR	YR	CYN
6 月	金湖日	150	ND	ND	ND
	金湖夜	130	ND	ND	ND
	太湖日	30	ND	ND	ND
	太湖夜	ND	ND	ND	ND
	田埔日	210	ND	ND	ND
	田埔夜	60	ND	ND	ND
7 月	金湖日	ND	ND	ND	ND
	太湖日	227	ND	ND	ND
	田埔日	ND	ND	ND	ND
8 月	金湖日	ND	ND	ND	ND
	太湖日	ND	ND	ND	ND
	田埔日	ND	ND	ND	ND
9 月	金湖日	ND	ND	ND	ND
	太湖日	ND	ND	232	ND
	田埔日	ND	ND	272	ND
10 月	金湖日	269	ND	ND	ND
	太湖日	4,097	ND	ND	ND
	田埔日	656	ND	ND	ND

方法偵測極限： LR: 8 ng / L ,RR: 8 ng / L, YR: 8 ng / L, CYN: 100 ng / L

10. 親疏水性有機物

金湖、太湖及田埔水庫親疏水性有機物比例如圖 4-9 所示，結果顯示金湖水庫之疏水性成分介於 32% ~ 42%，親水性成分介於 58% ~ 68%；太湖水庫之疏水性成分占 34%，親水性成分則占 66%；田埔水庫之疏水性成分介於 26% ~ 33%，親水性成分則介於 67% ~ 74%，各水庫親水性成分均超過 50%，原因可能為人為污染及優養化現象所導致，尤其又以田埔水庫親水性有機物所占比例最高。曾有學者量測澳洲南部之 Myponga 水庫有機物成分，得到之親疏水性結果為：very hydrophobic acid(VHA)超過 50%，slightly hydrophobic acids(SHA)接近 20%，hydrophilic charged(CHA)接近 15%，以及 hydrophilic neutral(NEU)所佔比例低於 10%。綜合言之，Myponga 水庫之天然有機物特性疏水性約佔 75%，親水性則約為 25%，此比例亦與一般天然水源中親疏水性所含比例相當^(Christopher et al, 2004)。臺灣地區亦曾研究過不同淨水場原水之親疏水性分離與分析^(林, 2008)，一般天然有機物之水源組成通常呈現 $VHA \geq SHA > NEU > CHA$ 之關係。以長興淨水場原水為例，疏水性為 84%，親水性則為 16%，此結果亦和 Myponga 水庫與澳洲東 Moorabool 供水系統疏水性佔 79% NOM 之分析結果接近^(Buchanan et al., 2005)，即天然水源中以疏水性組成為主要成分；因水中天然有機物來源生物性成分如腐植質，包含腐植酸、黃酸等傾向疏水性之化學組成，而親水性組成則多為低分子量之碳水化合物、蛋白質、氨基酸等成分。但太湖淨水場之水源湖庫如太湖、田埔與金湖水庫，則顯示親水性有機物成分超過 50%，原因可能為人為污染(如家庭、畜牧及農業污水污染)及優養化所導致，而水中親疏水性之組成比例與成分，亦會影響加氯消毒後，形成之消毒副產物種類與濃度。

一般傳統自來水場之處理程序為前氧化、混凝、沉澱、過濾、消毒等流程，淨水場傳統淨水程序可去除 10%~50%之天然有機物^(Jacanelo, 1995)；一般高分子量之疏水性腐植質易於混凝過程中去除，而低分子量之親水性有機物則不易於混凝程序去除^(Collins, 1986; Semmens, 1986)。因此，若以明礬為混凝劑，水中含較多腐植質成分之水樣，此亦為 SUVA 值較高之水樣，經明礬混凝後，會有較佳之 DOC 去除率。因明礬能有效去除水中疏水性之有機物，因此經混凝作用後，水中殘留之 DOC 部分多為親水性有機物，此亦表示傳統混凝方式對於水

中親水性、有帶電性之有機物則不易去除^(Sinsabaugh, 1986)。先前的研究針對太湖淨水場原水進行混凝處理，分析結果顯示經處理後羥基(-OH)明顯下降^(楊，2001)，UV 光譜亦顯示原水經處理過吸光度值顯著下降，這些特點表示水中大分子物質（如腐植質）多可經由傳統處理流程去除，而留下分子較小類似黃酸性質之物質，而此類低分子量親水性之有機質可能為 TTHM 之前驅物質。因此針對金門淨水場之原水水質特性，要降低 TTHM 之生成，除疏水性成分外，亦必須去除低分子量之親水性有機物質。通常淨水場去除水中有機物可採用強化混凝方式，搭配不同的前氧化劑及混凝劑、加藥量與 pH 值進行測試，以找出最經濟且可行之水質淨化方法，但強化混凝對親水性有機物去除效率並不顯著。

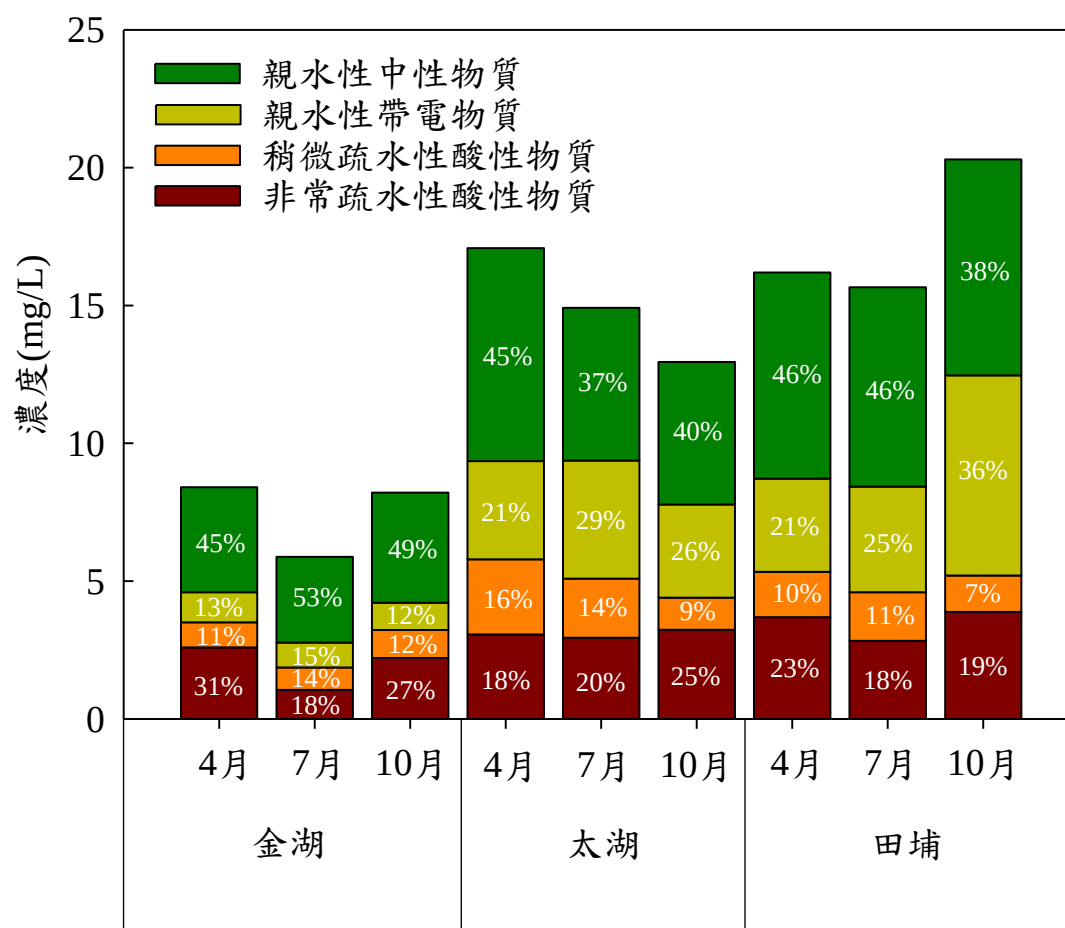


圖 4-9 金門不同水庫庫水之親疏水性有機物比例

4.1.2 太湖淨水場各處理單元出流水水質分析

太湖淨水場今年主要由金湖水庫搭配田埔水庫為主要原水來源，少數時間切換至太湖水庫搭配田埔水庫作為原水來源，整理各次採樣原水來源水庫如表 4-3。太湖淨水場為傳統處理程序，包括水躍式快混、機械攪拌式慢混、浮除、無閥式快濾桶、重力式快濾及慢濾，並在舊場最前端進行前加氯、新場曝氣塔後進行中加氯及慢濾後進行後加氯，目前太湖淨水場主要操作問題如下所述：

1. 原水有機物及鐵、錳含量高且變異性大，前氧化劑量添加不易掌握，清水中殘留超量的三鹵甲烷。
2. 混凝加藥操作效能不彰，膠羽形成細小而無法有效經沉澱或浮除程序移除。
3. 過濾單元無法有效去除有機污染物及濁度，且微生物孳生嚴重，導致過濾效率差。

表 4-3 太湖淨水場歷次採樣使用之原水來源

採樣時間	使用之原水湖庫
4 月 19 日	金湖水庫、田埔水庫(約 1 : 1)
5 月 16 日	
6 月 14 日	
7 月 12 日	
7 月 25 日	
8 月 13 日	
8 月 29 日	
9 月 12 日	
9 月 27 日	太湖水庫、田埔水庫(約 1 : 1)
10 月 24 日	金湖水庫、田埔水庫(約 1 : 1)

為瞭解及確認太湖淨水場各處理單元之效能，本計畫於執行期間，針對各處理單元進行採樣分析，101 年 4 月 ~ 10 月份太湖淨水場各單元分析結果整理如附錄三所示，分別依重要水質項目逐項討論於下：

1. 濁度

太湖淨水場不同單元進、出流水之濁度變化如圖 4-10 所示，清水池的濁度範圍在 0.4 ~ 1.3 NTU 之間，符合飲用水水質標準之濁度限值 2 NTU，但值得注意的是快濾池去除濁度之效能不佳，經現場觀察結果，快濾池濾砂結塊情形嚴重，導致快濾池無除濁效能，並有漏砂的現象；另一方面，因慢濾後清水再加氯，可能使得部分溶解鐵、錳氧化為顆粒，造成清水濁度些微上升。

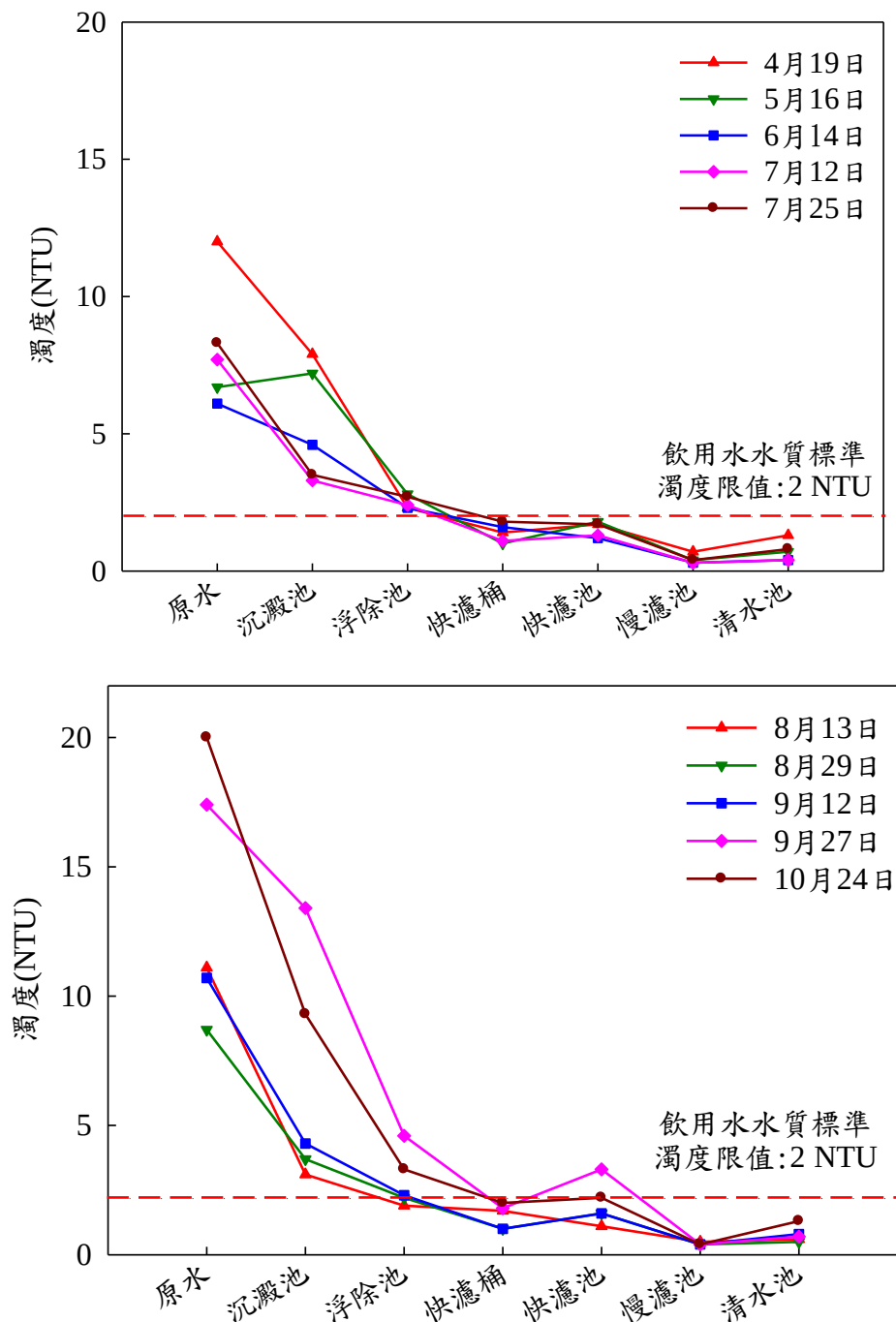


圖 4-10 太湖淨水場不同單元進、出流水之濁度變化

2. DOC

太湖淨水場不同單元進、出流水之 DOC 含量變化如圖 4-11 所示，4 月份原水 DOC 最高，約為 26 mg/L，採樣當時原水剛切換為金湖水庫搭配田埔水庫，可能原水取水管線中殘留太湖水庫原水，導致測得原水 DOC 含量偏高。5 月份開始於原水採樣時，先將取樣閥開啟約 10 分鐘再予採樣，以確保取樣管線中原水為淨水場目前所使用。分析結果顯示，太湖淨水場原水 DOC 範圍值在 11.2 ~ 26.2 mg/L 之間，慢濾池降解 DOC 之範圍值約在-5.1% ~ 29.3%，顯示慢濾池可發揮生物降解有機物之功能，但效果有限，清水 DOC 仍高達 10 mg/L 左右。

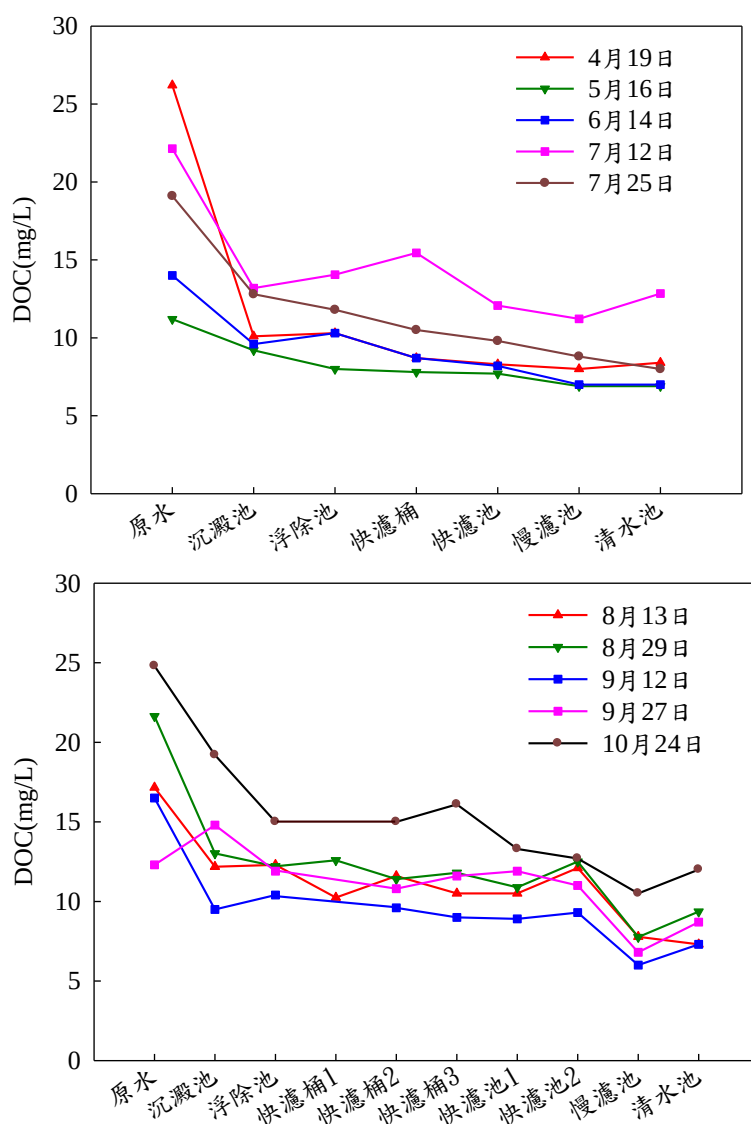


圖 4-11 太湖淨水場不同單元進、出流水之 DOC 含量變化

3. 氨氮

太湖淨水場不同單元進、出流水之氨氮變化如圖 4-12 所示，清水池的氨氮值範圍在 0.03 ~ 0.22 mg/L 之間，氨氮主要去除是由前加氯及後加氯，使氨氮與氯反應形成氯胺而去除。由於 9 月 27 日採樣之原水是使用太湖加田埔水庫，而太湖水庫氨氮值為三個水庫中最高者，因此 9 月 27 日採樣原水氨氮值達 1.5 mg/L。另一方面，自從 8 月開始，由於慢濾池生物分解有機氮後，使得氨氮釋出，造成慢濾池出水氨氮值上升，由於慢濾池出水氨氮值上升，雖後加氯可以與氨氮反應形成氯胺以去除氨氮，但耗氯量也會隨之增加。清水在夏季期間共有 3 次超出飲用水水質標準 0.1 mg/L 之規範，由於目前太湖淨水場將改以二氧化氯加次氯酸鈉作為前氧化藥劑，但二氧化氯對於氨氮之去除率約 10 ~ 30%^(台灣自來水股份有限公司, 2010)，而次氯酸鈉又會形成總三鹵甲烷，故太湖淨水場應測試調配最佳之二氧化氯及次氯酸鈉搭配劑量。

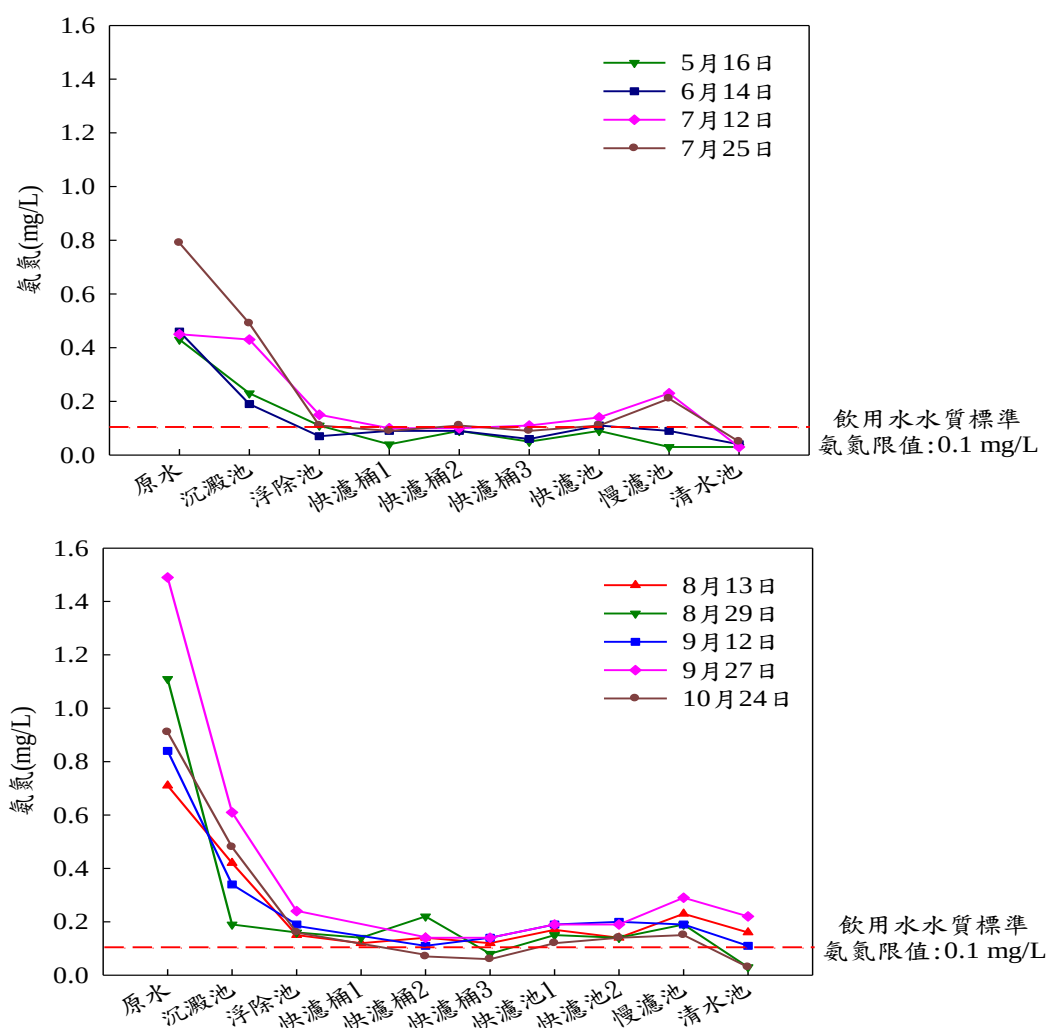


圖 4-12 太湖淨水場不同單元進、出流水之氨氮變化

4. 鐵、錳

太湖淨水場各月份不同單元進、出流水之鐵、錳含量變化如圖 4-13 ~ 4-15 所示，原水總鐵含量範圍為 0.09 ~ 0.52 mg/L，溶解鐵於 7 月份含量較高；原水總錳含量小於 0.12 mg/L，溶解錳於 7 月及 9 月份含量較高，在 4 月份快濾池採樣為快濾 1、2 池之混合水，分析結果顯示浮除池出水總鐵含量為 0.08 mg/L，但到快濾池出水增為 0.23 mg/L，因此於 6 月份改為快濾 1、2 池分別採樣，另外，太湖淨水場快濾桶 1 於 9 月故障維修，無法採樣。各月分析結果顯示，1 號快濾池對於顆粒態鐵、錳雖有處理效果，但較 2 號快濾池差，現場目視 1 號快濾池濾砂結塊情形嚴重，且有漏砂之情形發生。另一方面，沉澱池出水在 5 月之後，水中錳含量均較原水大幅增加，可能為沉澱池污泥過久未清所造成。總體而言，經處理後之清水總鐵、錳含量均符合飲用水水質標準之鐵、錳限值。

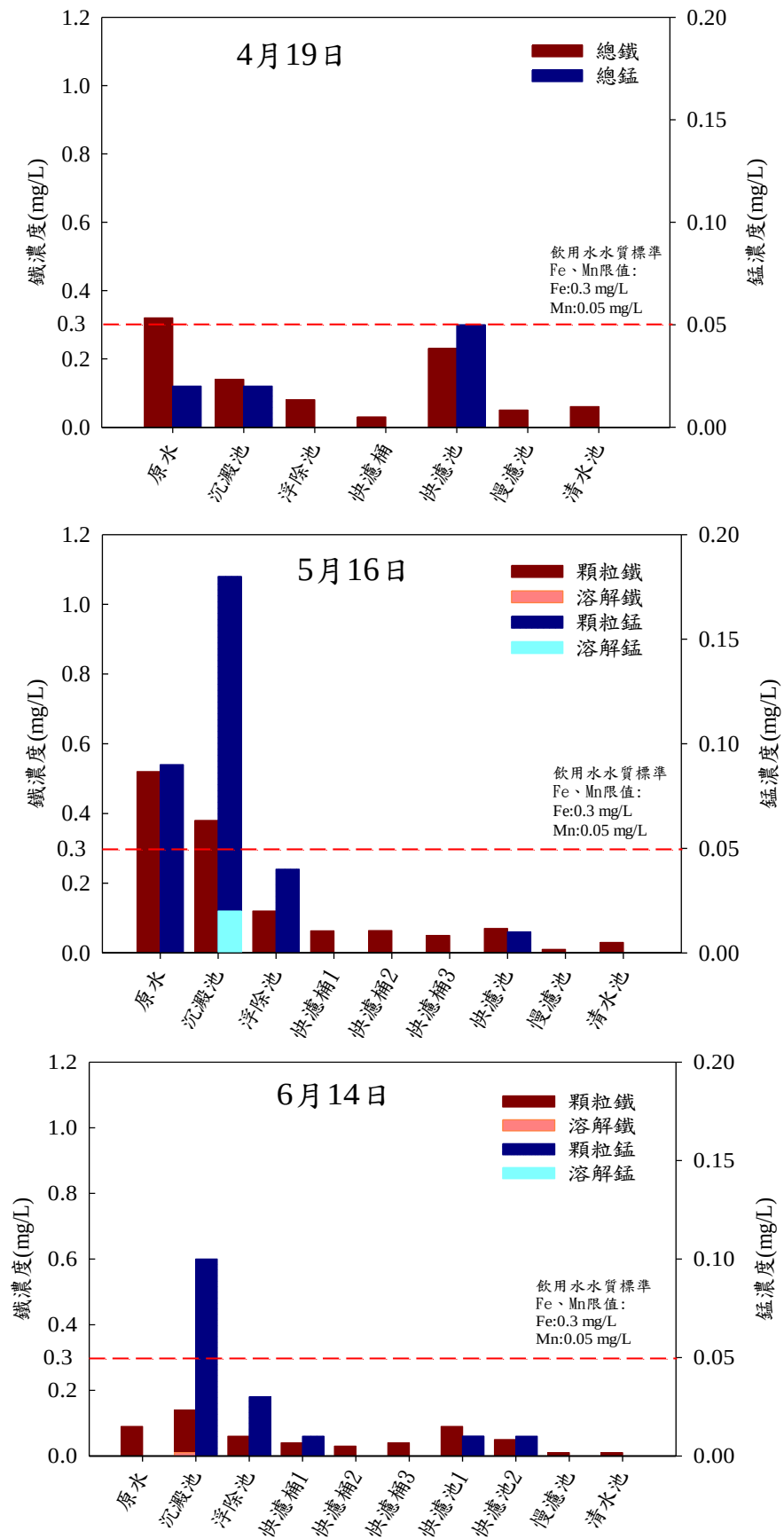


圖 4-13 太湖淨水場不同單元進、出流水之鐵、錳含量變化(4月~6月)

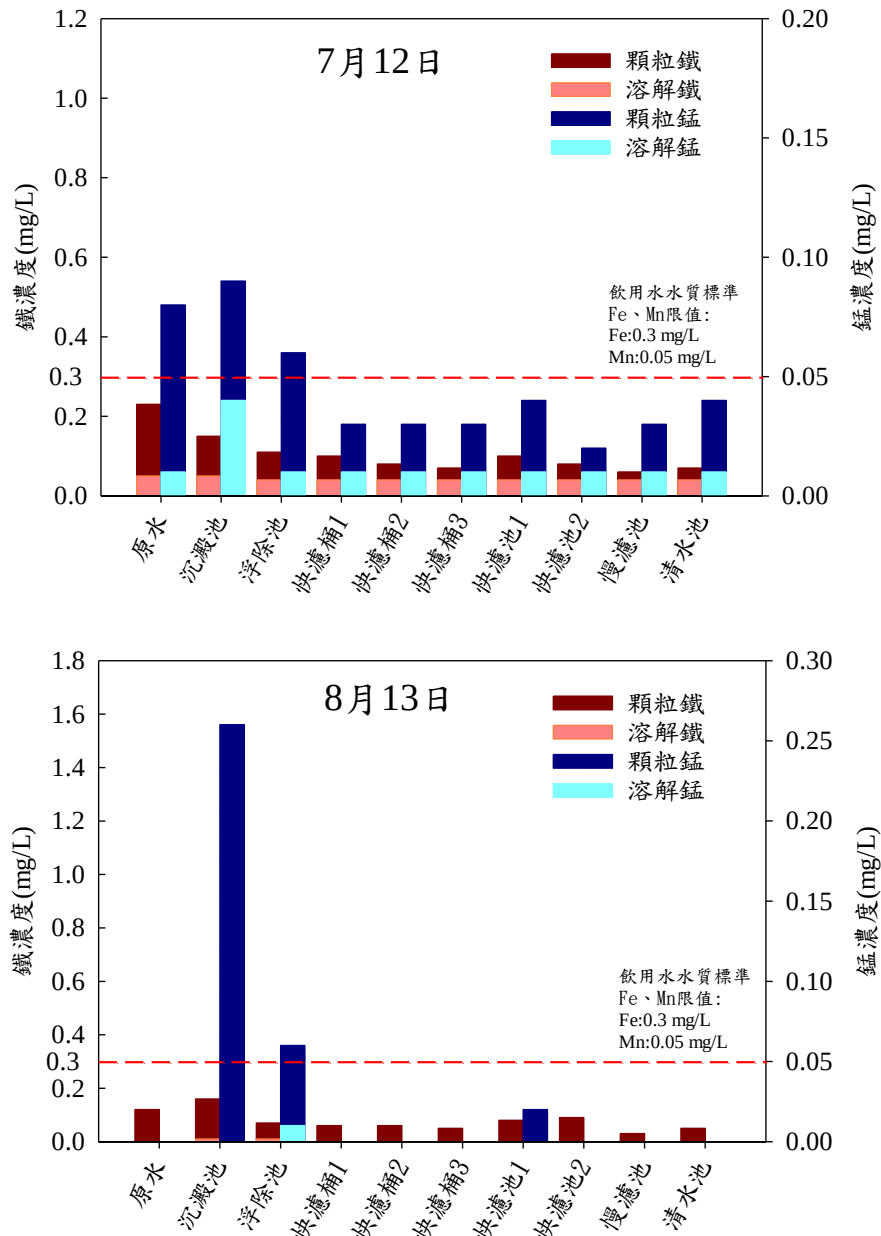


圖 4-14 太湖淨水場不同單元進、出流水之鐵、錳含量變化(7月~8月)

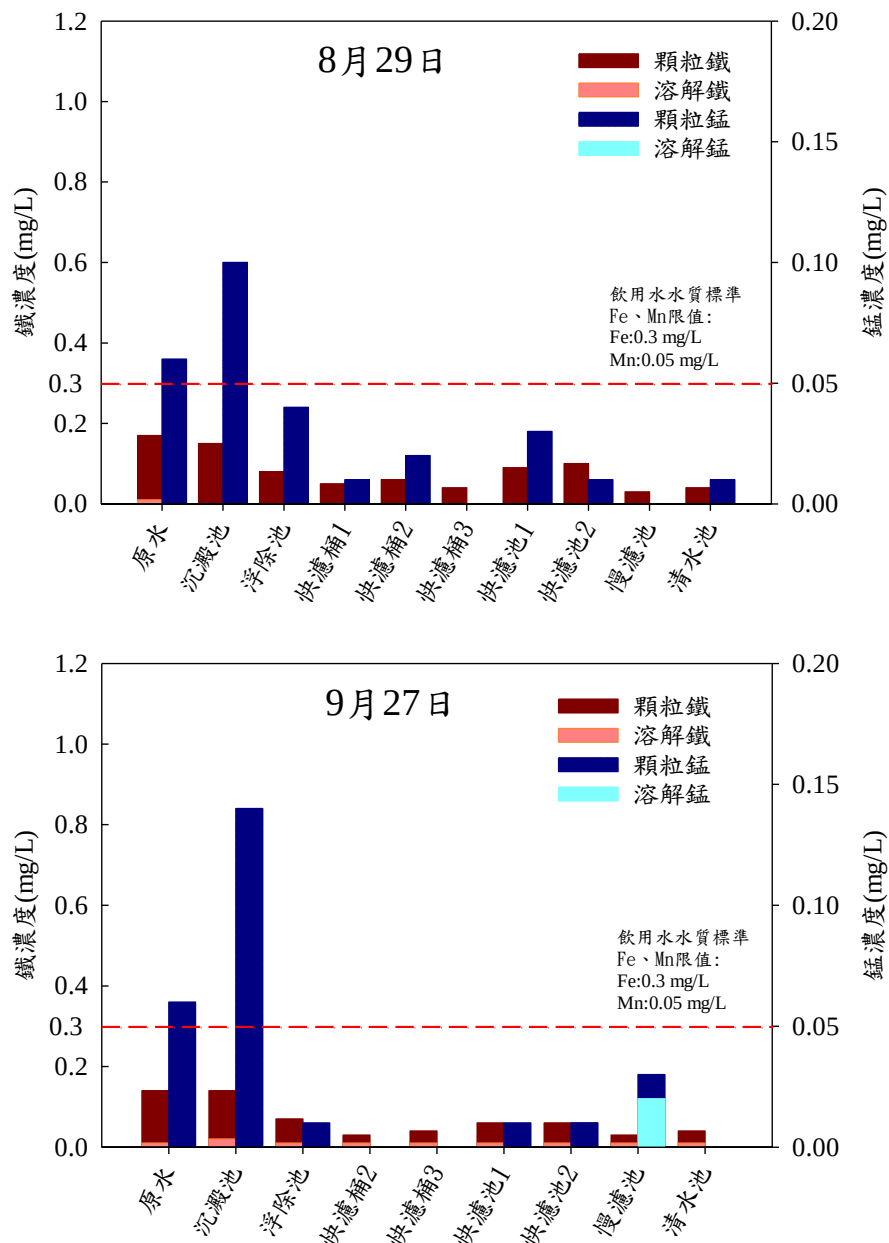


圖 4-15 太湖淨水場不同單元進、出流水之鐵、錳含量變化(8月~9月)

5. 總菌數

太湖淨水場各月份不同單元進、出流水之總菌數變化如圖 4-16 所示，原水總菌數範圍在 10^8 cells/mL 上下，與湖庫觀察結果相近，各單元菌數變化無一致性，但需注意多數月份慢濾池出水菌數有上升之趨勢，應為慢濾池濾速慢，且餘氯不足造成菌數增加。

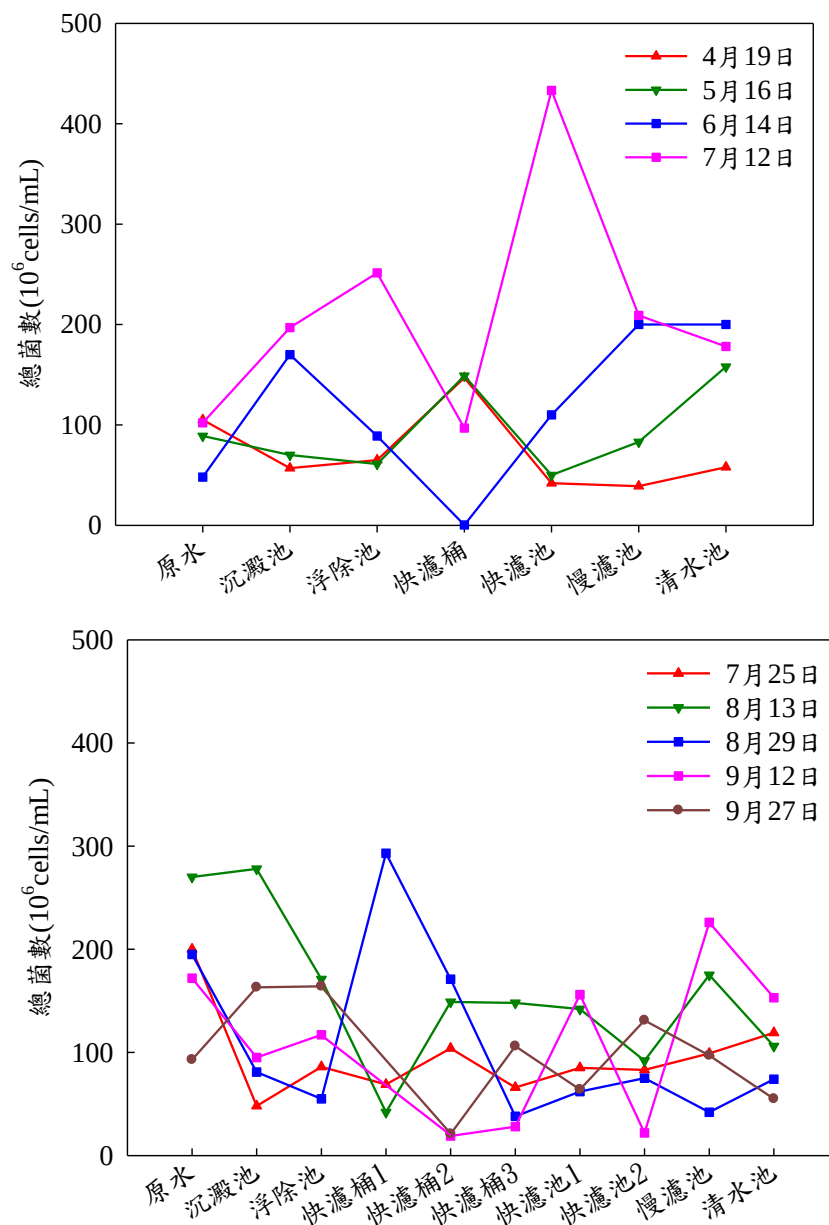


圖 4-16 太湖淨水場不同單元進、出流水之總菌數變化

6. 藻類

本研究利用顯微鏡觀察太湖淨水場各處理單元進、出流水中藻類種類及藻類數量，整理如圖 4-17，除了 9 月 27 原水為太湖水庫搭配田埔水庫時優勢藻種為柱孢藻外，其餘各月份優勢藻種均為微囊藻，原水藻數範圍為 2,500 ~ 11,700 cells/mL；清水藻數範圍在 300 ~ 2,800 cells/mL 之間。各月份快濾池均有藻類貫穿之情形發生，對於藻類之去除效果不佳，但慢濾池可攔阻部份藻類，通常於慢濾池前加氯，保持慢濾進水中餘氯含量，但也可能破壞慢濾池砂表層生物膜，降低 DOC 去除效能，因此建議太湖淨水場可先使用遮光控藻技術，在營養鹽濃度變化不大的狀況下，以削減藻類數量^(陳, 2007)。

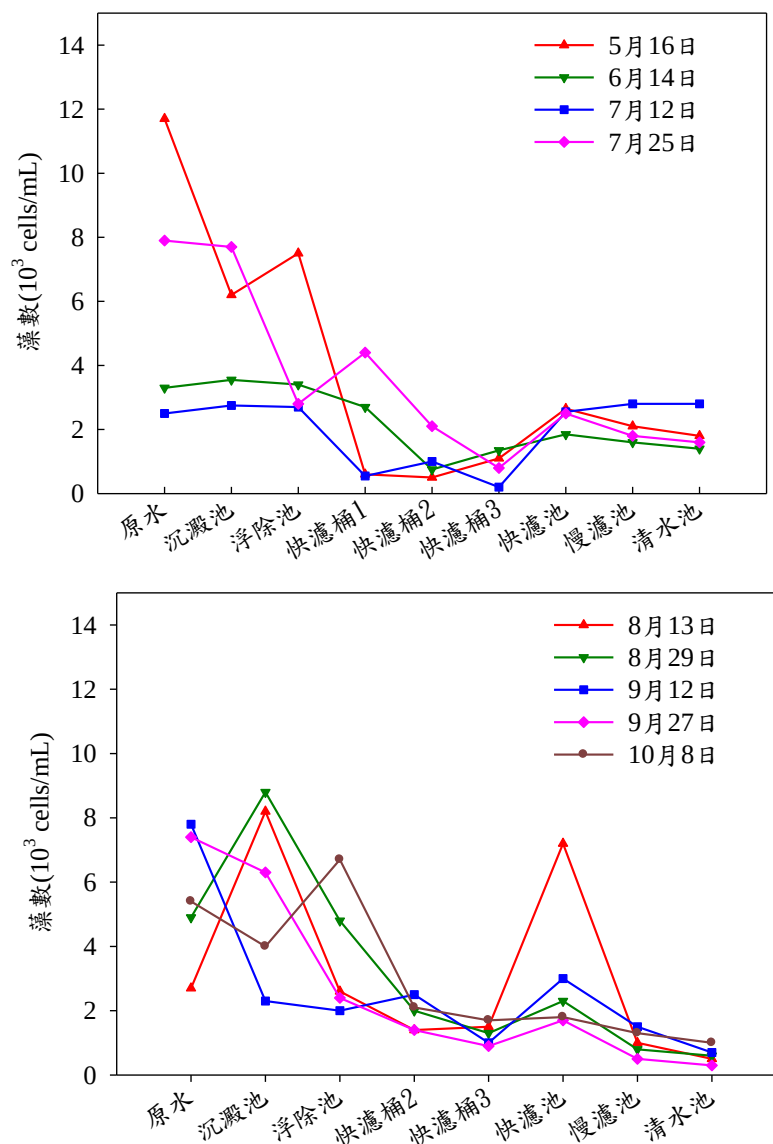


圖 4-17 太湖淨水場不同單元進、出流水之藻數變化

7. 藻毒

太湖淨水場各處理單元進、出流水之藻毒濃度變化如表 4-4 所示，太湖淨水場之原水 4 月份偵測出高濃度之微囊藻毒素 LR 型，濃度為 830 ng/L，所幸各月份清水並未測出藻類毒素之存在，顯示藉由水處理程序，可以將微囊藻毒素去除(或破壞)。

國內學者曾針對金門東半島調查太湖及榮湖淨水場、以及配水管網中毒素濃度，原水所測得的藻毒素經過水處理後，兩座淨水場微囊藻毒素濃度明顯降低(Yen et al., 2011)，與本研究調查結果相近。相對而言，柱孢藻毒素則不僅出現在水場清水中，且在配水管網中亦可以偵測到，且濃度高於澳洲學者建議之數值(1 µg/L)。林與吳(2010)並於後續之調查發現相近之結果，太湖淨水場清水中柱孢藻毒素濃度不可以忽略。雖然本次採樣原水中未發現高濃度柱孢藻毒素，考量過去檢測結果，後續仍建議應針對柱孢藻毒素監測。

表 4-4 太湖淨水場進、出流水藻毒分析

月份	原水來源	採樣點	微囊藻毒素(ng/L)			柱孢藻毒素 (ng/L)
			LR	RR	YR	CYN
4 月 19 日	金湖+田埔	原水	830	ND	ND	ND
		清水	ND	ND	ND	ND
5 月 16 日		原水	ND	ND	ND	ND
		清水	ND	ND	ND	ND
6 月 14 日		原水	ND	ND	ND	ND
		清水	ND	ND	ND	ND
7 月 9 日		原水	ND	ND	ND	ND
		清水	ND	ND	ND	ND
8 月 15 日		原水	ND	ND	ND	ND
		清水	ND	ND	ND	ND
9 月 10 日		原水	ND	ND	ND	ND
		清水	ND	ND	ND	ND
10 月 24 日		原水	ND	ND	ND	ND
		清水	ND	ND	ND	ND

方法偵測極限： LR: 8 ng / L, RR: 8 ng / L, YR: 8 ng / L, CYN: 100 ng / L

8. 總三鹵甲烷

太湖淨水場各處理單元之總三鹵甲烷(TTHM)濃度變化如圖 4-18 ~ 4-21 所示，TTHM 濃度皆偏高，清水甚至超過飲用水水質標準值 80 µg/L，唯 6 月之總三鹵甲烷符合法規標準。太湖淨水處理流程經前氧化後，因使用次氯酸鈉為前氧化劑，經適當反應時間，水中有機前質與次氯酸鈉生成三鹵甲烷，故於沉澱與快濾流程中生成較高濃度之三鹵甲烷，而經慢濾流程可降低一部份三鹵甲烷，但因水中有機前質未達有效去除，故於清水池中殘留之有機前質又與後加氯之次氯酸鈉反應生成三鹵甲烷，導致清水之三鹵甲烷濃度再度上升。分析太湖淨水場各流程中三鹵甲烷之組成，觀察到四種三鹵甲烷(三溴甲烷，TBM、一氯二溴甲烷，DBCM、二氯一溴甲烷，BDCM、及三氯甲烷，TCM)，成分中 BDCM 及 DBCM 濃度為主要貢獻總三鹵甲烷之成分，TBM 亦佔有總三鹵甲烷中相當之比例，而含溴三鹵甲烷約占 70%。水中較高含溴物種三鹵甲烷濃度表示原水中可能有溴離子之存在，當加氯消毒之次氯酸鈉加入含溴離子之水樣時，次氯酸與溴離子反應導致次溴酸(HOBr)快速形成。由於次溴酸之反應力高於次氯酸，因此更易形成含溴三鹵甲烷；當水中溴離子濃度為 0.5 ~1.0 mg/L 之間時，為三鹵甲烷物種生成分佈轉變期，含溴的三鹵甲烷生成率為 BDCM>DBCM>TBM，但當溴離子濃度大於 1.0 mg/L 以上時，三鹵甲烷分佈已轉變成 TBM>DBCM>BDCM>TCM^(樓，1987)。

太湖淨水場 6 月之 TTHM 採樣分析結果顯示總三鹵甲烷濃度有所降低，由於 5、6 月份原水 DOC 濃度僅差 3 mg/L，但清水中總三鹵甲烷差近 4 倍，進一步彙整太湖淨水場次氯酸鈉加藥量統計(如表 4-5)，發現 6 月份之前、中加氯濃度較 5 月份少，顯示次氯酸鈉加藥量減少有助於降低水中三鹵甲烷之生成。分析各處理流程之三鹵甲烷組成，仍顯示含溴三鹵甲烷濃度高於含氯三鹵甲烷之趨勢，此表示含溴物種之消毒副產物為金門太湖淨水場主要 TTHM 貢獻者。

表 4-5 太湖淨水場次氯酸鈉加藥量

採樣日期	原水湖庫	原水 DOC 濃度(mg/L)	次氯酸鈉加藥量(mg/L)			清水 TTHM 濃度(µg/L)
			前*	中*	後*	
4 月 19 日	金湖+田埔	26.2	10.46	none	1.40	99.0
5 月 16 日		11.2	16.11	none	1.95	124.6
6 月 15 日		13.5	6.67	1.67	2.26	32.6
7 月 9 日		22.1	6.23	6.15	2.72	193.1
7 月 26 日		19.1	7.61	2.45	3.17	221.2
8 月 15 日		17.2	11.69	1.27	0.75	140.9
8 月 30 日		21.6	11.64	1.64	2.61	190.6
9 月 10 日		16.5	12.76	1.44	1.87	211.6
9 月 27 日	太湖+田埔	12.3	17.42	1.17	1.80	112.9
10 月 24 日	金湖+田埔	24.8	15.00 2.00**	3.00	1.70	180.8

*前加氯在舊場快混池前、中加氯在新場浮除池後、後加氯在清水池前

**太湖淨水場於 10 月中新增二氧化氯加藥管線於舊場，10 月 24 日前加氯量為次氯酸鈉 15 mg/L、二氧化氯 2 mg/L

太湖淨水場因 7 月進入枯水期而 DOC 濃度上升，故三鹵甲烷濃度大幅增加，8 月之各流程三鹵甲烷生成量亦呈現相似之趨勢，且因原水 DOC 未能經各流程有效去除，導致後加氯後，清水之三鹵甲烷大量生成超過飲用水法規標準值(80 µg/L)，而含溴物種(DBCM 與 TBM)則佔總三鹵甲烷 50 %以上。太湖淨水場原先之原水取自金湖水庫與田埔水庫水，但 9 月底原水改取自太湖水庫與田埔水庫，此時加氯生成之三鹵甲烷物種中，含溴物種顯著減少。

太湖淨水場 10 月將加藥方式更改為次氯酸鈉加二氧化氯，但因未能有效去除水中之有機前質，故以次氯酸鈉進行後加氯時，清水之總三鹵甲烷含量又上升至 180 µg/L。

由各月份分析數據顯示，金湖水庫庫水較其他水庫庫水含有較高之含溴物

種，經金門自來水廠人員告知，由於金湖水庫臨近海邊，海浪經常越過防波堤進入金湖水庫，也可能有海水入滲導致 TTHM 中含溴物種超過 50%，在 USEPA 之致癌性分類中將氯仿、一溴二氯甲烷及溴仿皆列為 Group B2，此表示三種 THM 可能為人類致癌物，雖其人體研究致癌證據不足或是缺乏資料，但動物實驗致癌證據充分。先前研究已經證實使用混凝、活性碳吸附或超過濾去除水中消毒副產物之有機前質後，可降低水體之 TOC 含量，但在溴離子存在下會增加 Br/TOC 的比值，因此在加氯程序中會導致消毒副產物各物種之分佈趨向含溴物種之生成^(Singer, 2000)。在此情形下，雖總三鹵甲烷濃度降低，但含溴物種濃度反而因 TOC 之去除而上升。另一方面，由各月份數據可知，慢濾出水至清水池間進行後加氯，使得 TTHM 上升甚至超出飲用水水質標準，目前太湖淨水場後加氯已新增二氧化氯管線，水廠操作人員後續可測試二氧化氯與次氯酸鈉之最適配比，降低清水中總三鹵甲烷之生成量。

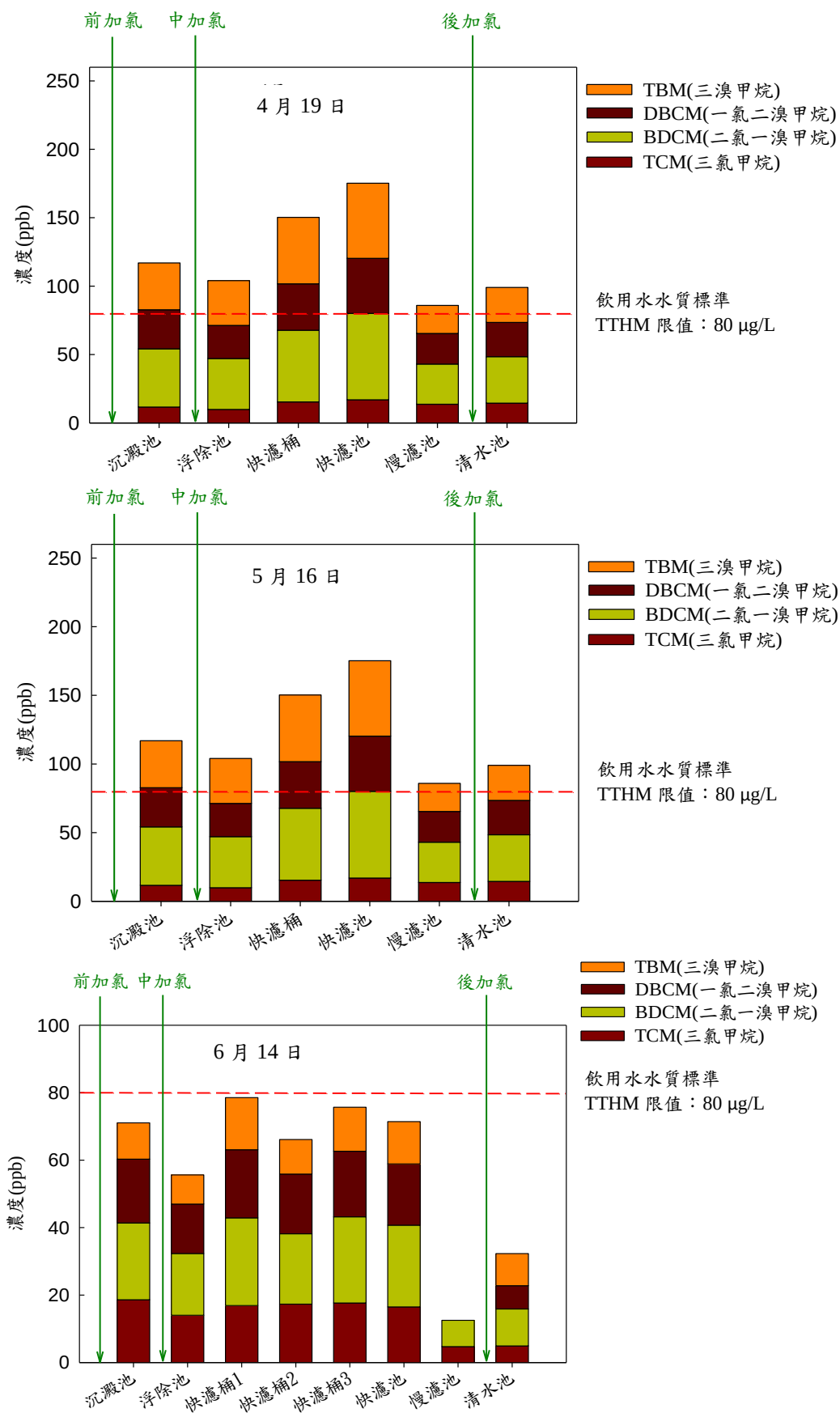


圖 4-18 太湖淨水場不同單元進、出流水之總三鹵甲烷濃度變化(4月~6月)

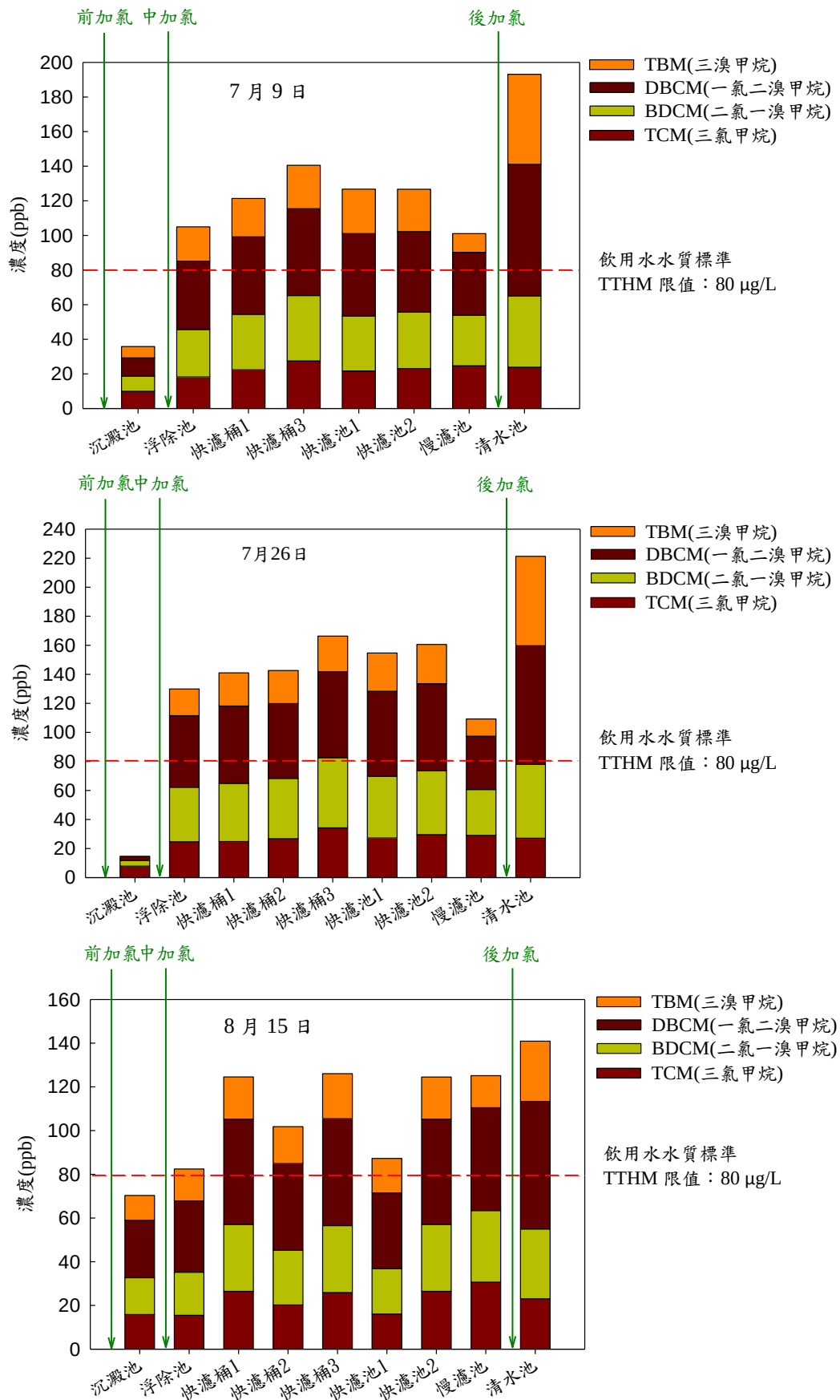


圖 4-19 太湖淨水場不同單元進、出流水之總三鹵甲烷濃度變化(7月~8月)

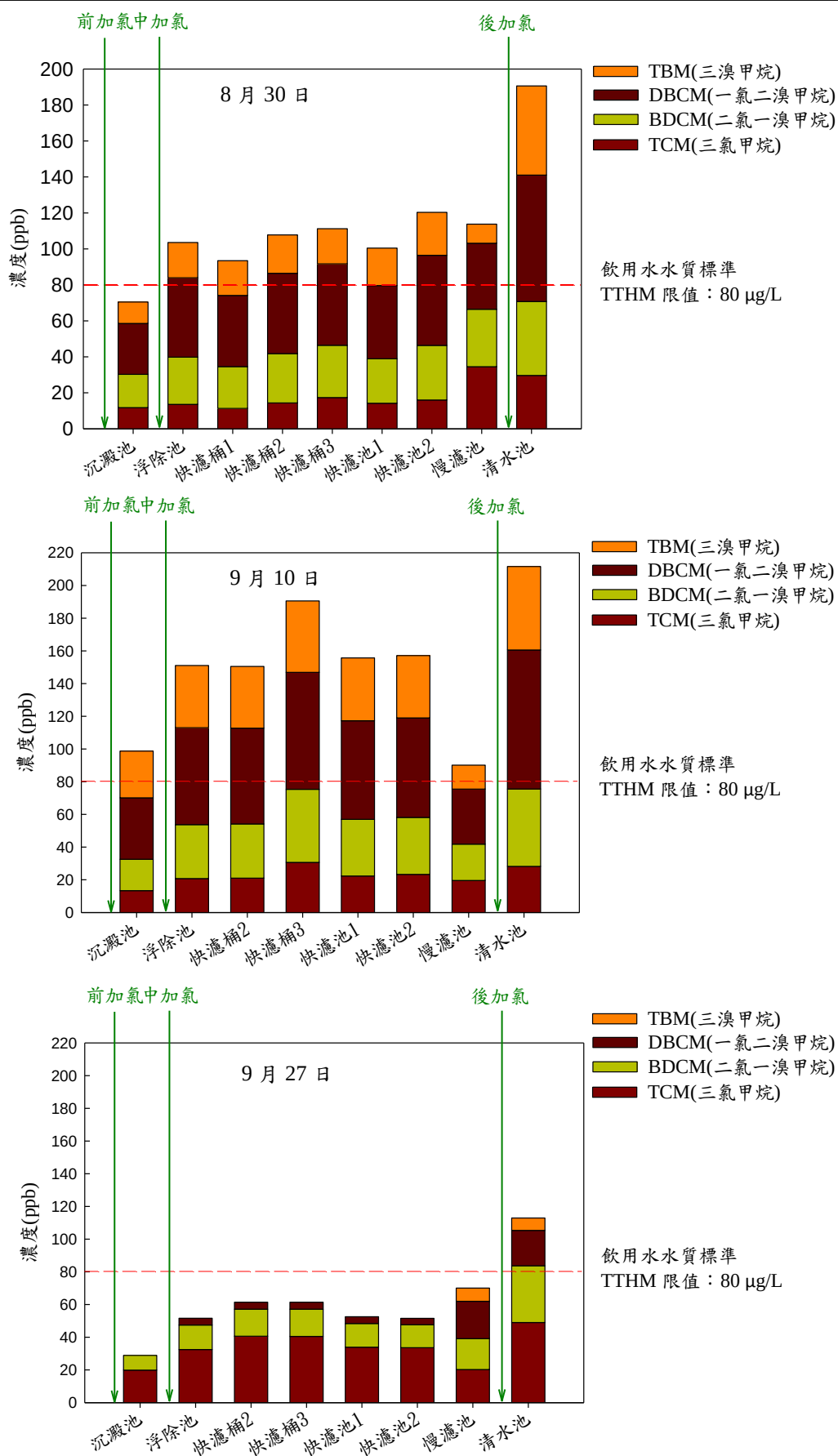


圖 4-20 太湖淨水場不同單元進、出流水之總三鹵甲烷濃度變化(8月~9月)

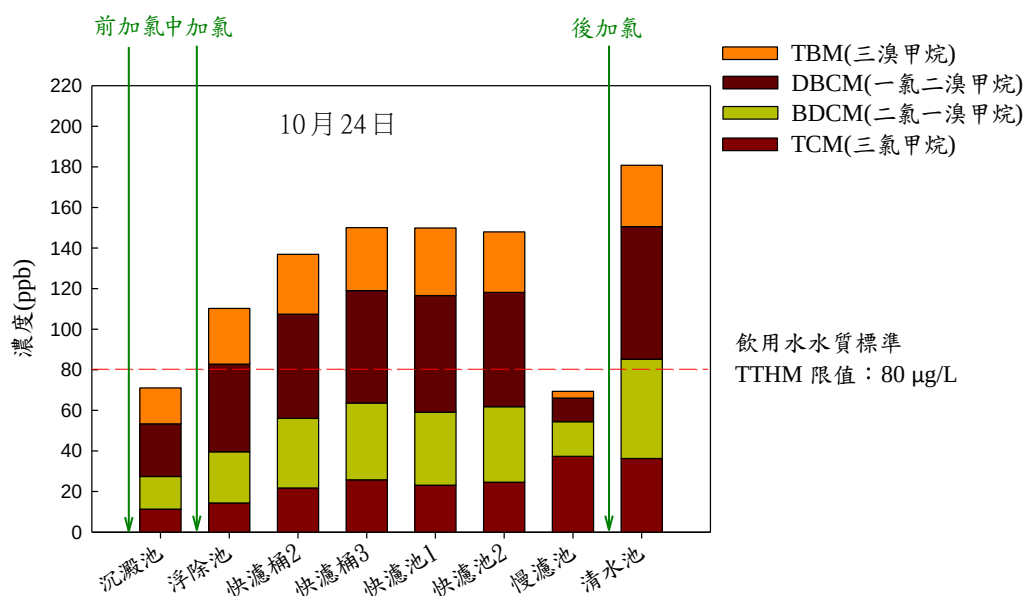


圖 4-21 太湖淨水場不同單元進、出流水之總三鹵甲烷濃度變化(10 月)

4.1.3 榮湖淨水場各處理單元出流水水質分析

榮湖淨水場由榮湖、金沙水庫、擎天水庫、山西蓄水塘、蘭湖及瓊林水庫調配供水，整理歷次採樣榮湖淨水場使用之湖庫如表 4-6，其處理程序前段與太湖淨水場相同為傳統處理程序，包括水躍式快混、機械攪拌式慢混、浮除、重力式快濾及慢濾，為提升供水品質，在傳統處理程序後段新增高級處理程序，包括活性碳濾池、UF 及 RO，於 2011 年 11 月完工運轉。由於榮湖淨水場俱備高級處理程序，清水水質良好，本計畫規劃每季針對各處理單元進行採樣分析，在夏季原水水質較差之月份，每月採樣一次，水質分析結果如附錄三，依重要之水質項目逐項討論於下：

表 4-6 榮湖淨水場歷次採樣使用之原水來源

採樣時間	使用之原水湖庫
5 月 16 日	金沙水庫
7 月 12 日	
8 月 16 日	
9 月 12 日	擎天水庫、金沙水庫(約 3 : 1)
10 月 8 日	山西水庫、金沙水庫(約 3 : 1)

1. 濁度

榮湖淨水場不同單元進、出流水之濁度變化如圖 4-22 所示，進流水濁度介於 8.6 NTU ~ 19.6 NTU 之間，清水池的濁度介於 0.2 NTU ~ 1 NTU 之間，符合飲用水水質標準濁度限值 2 NTU 之規範，但浮除池對濁度去除效能不佳，出水濁度仍在 3 NTU 以上，甚至到達 8 NTU。另一方面，與太湖淨水場清水池相同，濁度皆有些微上升，可能因加氯可能使得部分溶解態鐵、錳氧化為顆粒，影響清水池濁度。

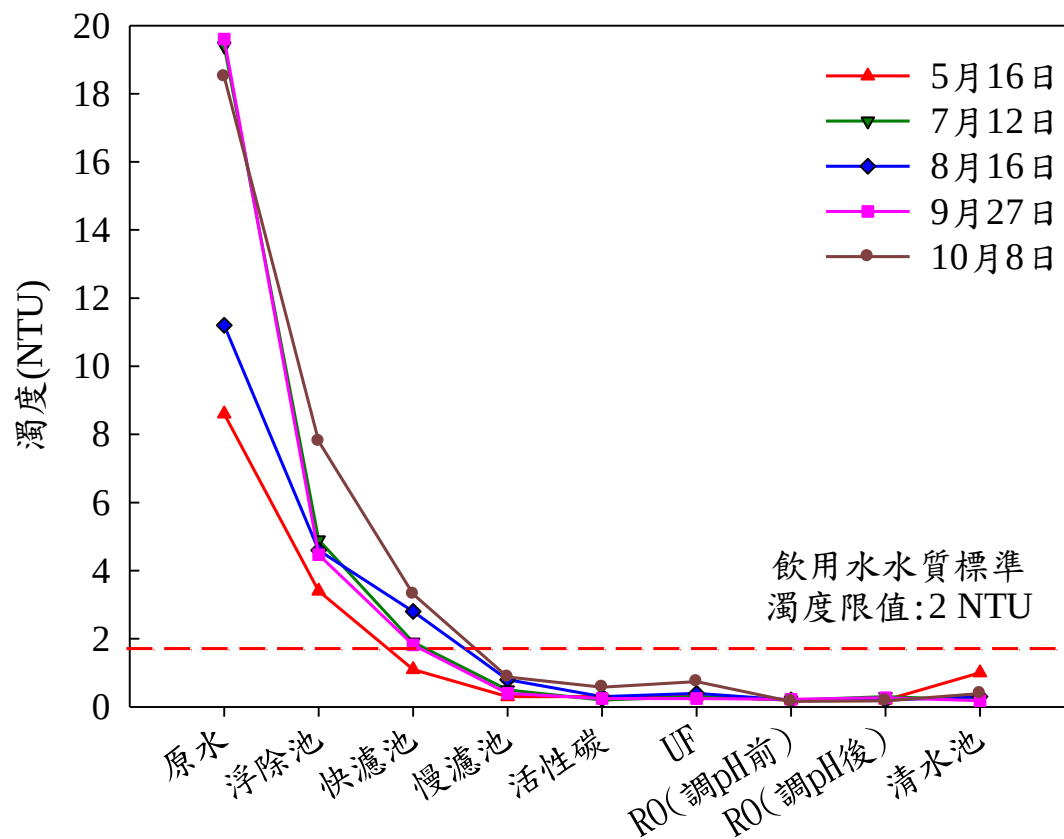


圖 4-22 榮湖淨水場不同單元進、出流水之濁度變化

2. DOC

榮湖淨水場各月份不同單元進、出流水之 DOC 含量變化如圖 4-23 所示，榮湖淨水場原水 DOC 含量介於 5.9 mg/L ~ 17.2 mg/L，各單元去除 DOC 之範圍值：慢濾池為 1.4% ~ 34.9%、活性碳為-6.6% ~ 32.9%、UF 為 1.0% ~ 30.4%、RO 為-2.4% ~ 82.7%。由於榮湖淨水場活性碳濾池自新建完成至今約 10 個月，活性碳仍未更換過，因此去除 DOC 之效果不佳，而 UF 單元去除 DOC 之成效亦不明顯，大部分 DOC 於 RO 單元去除，也增加 RO 單元之處理負荷。

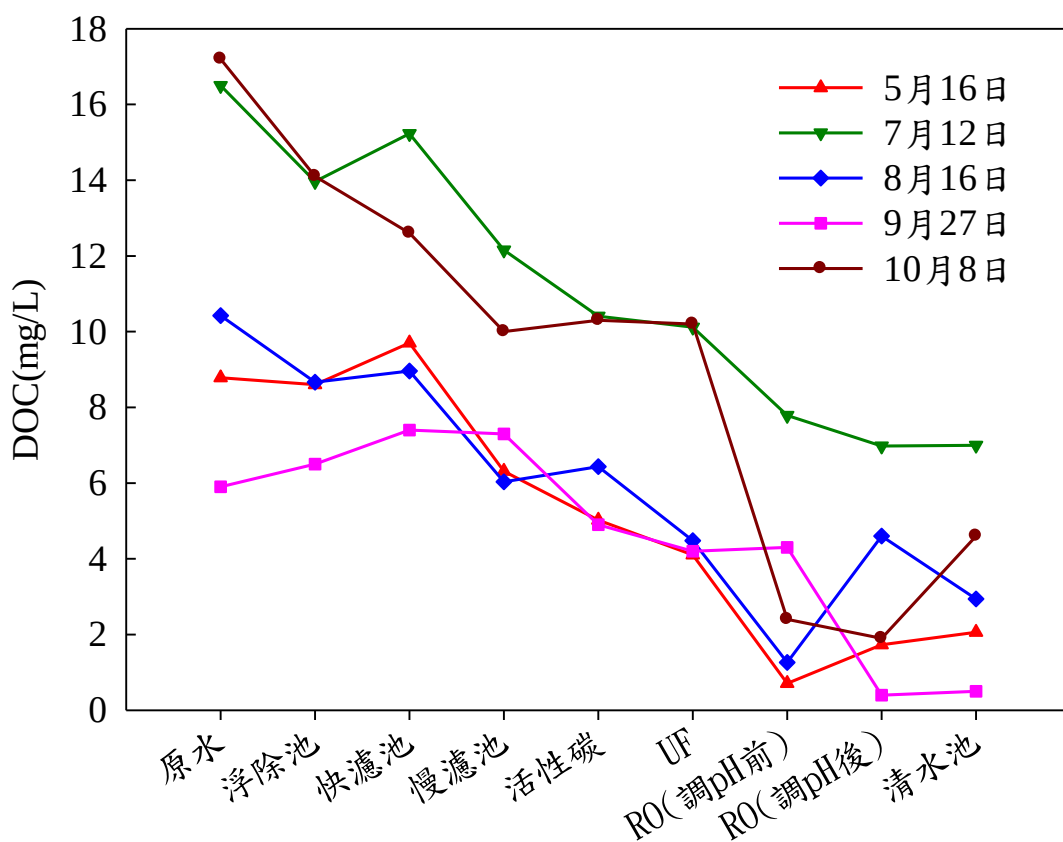


圖 4-23 榮湖淨水場不同單元進、出流水之 DOC 含量變化

2. 氨氮

榮湖淨水場不同單元進、出流水之氨氮變化如圖 4-24 所示，原水氨氮含量在 8 月及 9 月上升至 1.0 mg/L 以上，清水池的氨氮值均小於 0.03 mg/L，符合飲用水水質標準氨氮限值 0.1 mg/L 之規範。原水經淨水程序處理後，在前段傳統處理程序經慢濾池後，氨氮值已接近 0.1 mg/L，再經後段高級處理程序使氨氮降至 0.03 mg/L 以下。

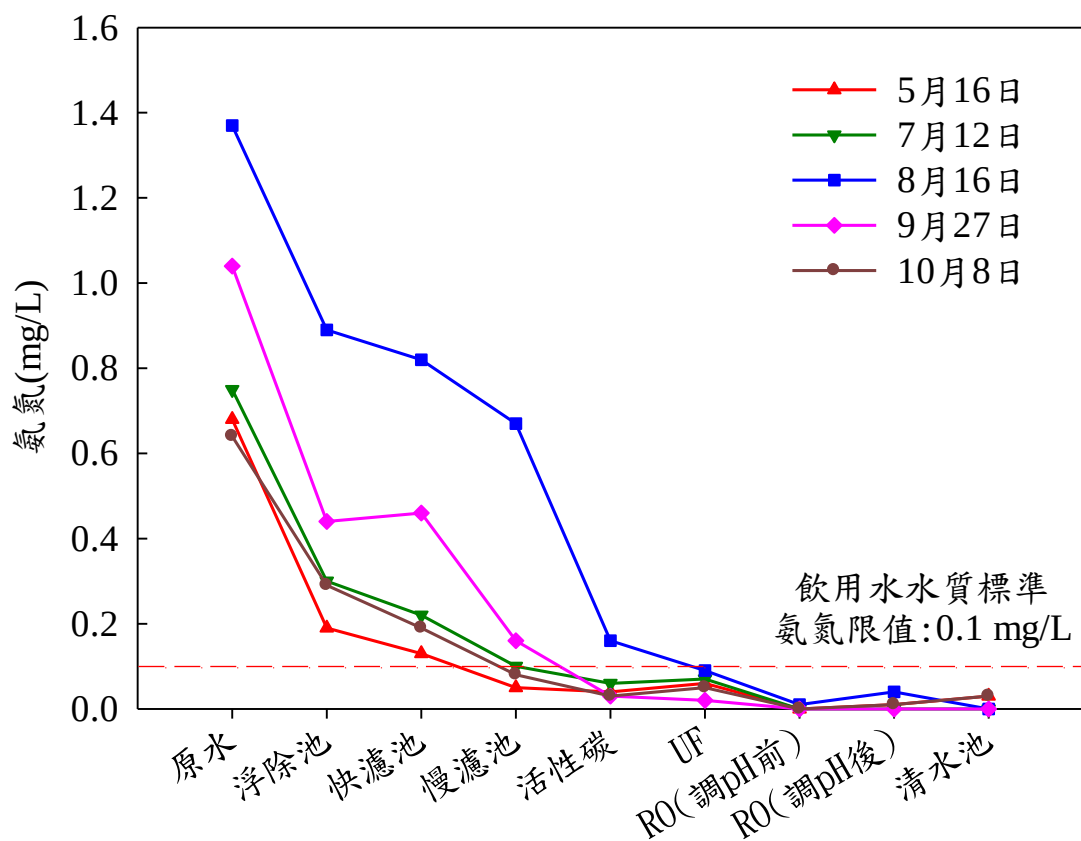


圖 4-24 榮湖淨水場不同單元進、出流水之氨氮含量變化

4. 鐵、錳

榮湖淨水場各月份不同單元進、出流水之鐵、錳含量變化如圖 4-25 所示，5 月 16 日採樣原水全部以顆粒態鐵、錳存在；7 月 12 日採樣原水顆粒態鐵佔 56%、溶解態鐵佔 44%，原水顆粒態錳佔 80%、溶解態錳佔 20%，經處理後之清水總鐵、錳含量符合飲用水水質標準之鐵、錳限值。

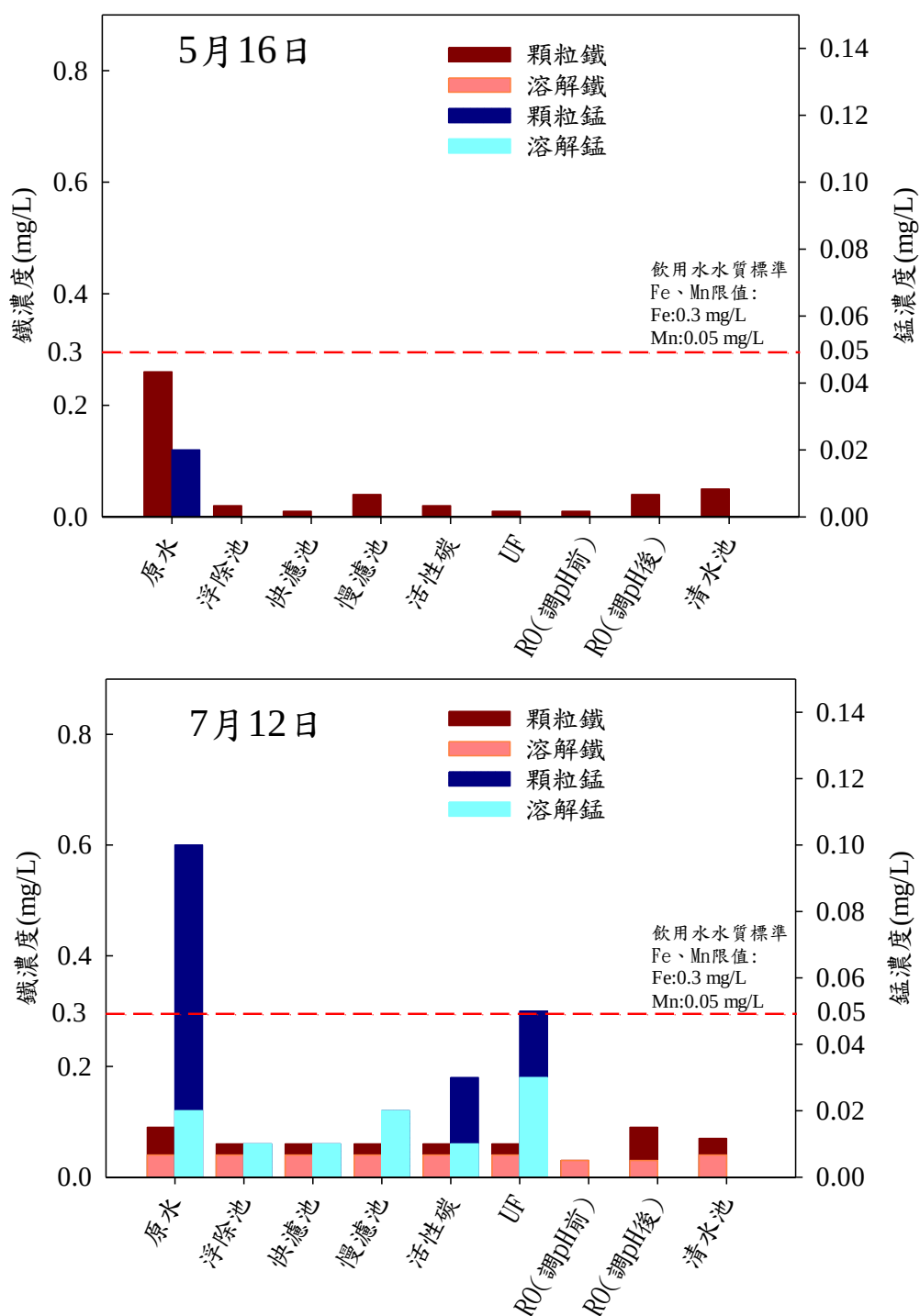


圖 4-25 榮湖淨水場不同單元進、出流水之鐵、錳含量變化(5 月、7 月)

5. 總菌數

榮湖淨水場各月份總菌數變化如圖 4-26 所示，原水總菌數介於 $10^7 \sim 10^8$ cells/mL，與太湖淨水場原水總菌數相似。結果顯示，經浮除程序後，5 月、8 月及 9 月快濾池總菌數增加，而 5 月、7 月及 8 月慢濾池出水總菌數增加，另一方面，經 UF、RO 處理後，大部分月份水中總菌數明顯上升，需注意 UF 及 RO 系統微生物孳生之情形，並加強薄膜管之清潔工作。

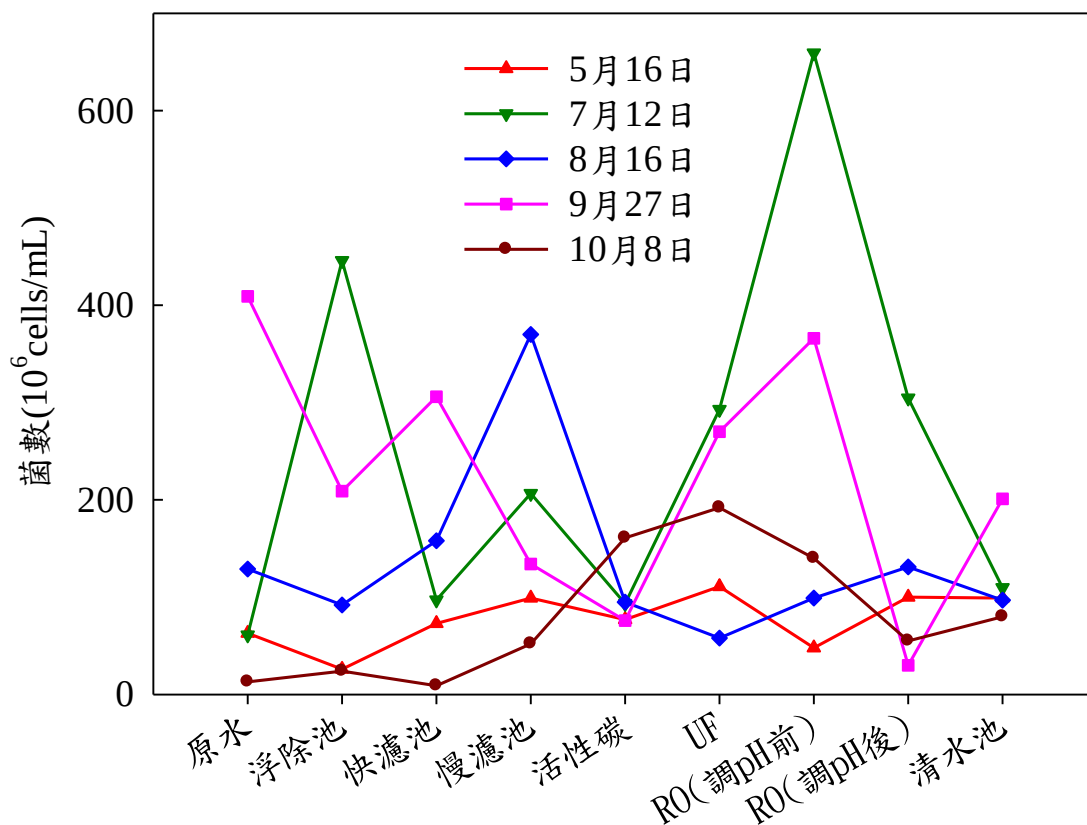


圖 4-26 榮湖淨水場不同單元進、出流水之總菌數變化

6. 藻類

本研究利用顯微鏡觀察榮湖淨水場各處理單元進、出流水中藻類種類及藻類數量，整理如圖 4-27，原水大部分月份優勢藻種均為微囊藻，在 10 月份原水觀察到以柱孢藻為優勢藻種。原水藻數範圍為 700 ~ 20,600 cells/mL；清水藻數範圍在 300 ~ 650 cells/mL 之間。慢濾池出水在 5 月及 7 月份藻數均大幅上升，經現場觀察，慢濾池因濾程長，使得池面孳生大量藻類影響慢濾池出水水質，造成藻類貫穿濾床，後續月份並未再發生。

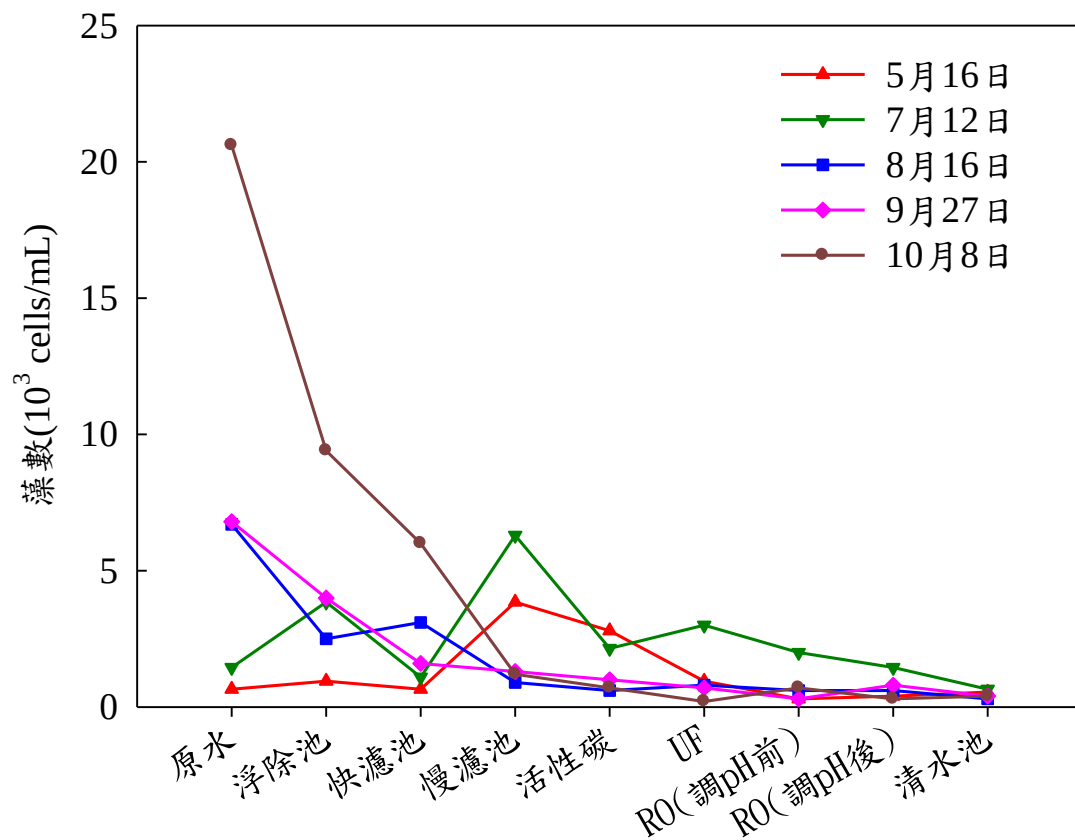


圖 4-27 榮湖淨水場不同單元進、出流水之藻數變化

7. 藻毒

榮湖淨水場於各月份採樣分析結果如表 4-7 所示，除了 7 月份原水中檢測出微囊藻毒素 RR 型(Microcystin-RR)濃度為 302 ng/L、10 月份偵測出微囊藻毒素 LR 型(Microcystin-LR)濃度為 176 ng/L，其餘月份原水及清水中均未檢測出藻毒存在，顯示藉由淨水處理程序，可以將微囊藻毒素去除(或破壞)，清水中之風險已經降低，因此暫時對於公共給水安全不具有威脅性，但由於原水中之濃度偏高，因此仍應加強水源取水口之管理。

表 4-7 榮湖淨水場進、出流水藻毒分析

月份	採樣點	微囊藻毒素(ng/L)			柱孢藻毒素(ng/L)
		LR	RR	YR	CYN
5 月	原水	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND
7 月	原水	ND	302	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND
8 月	原水	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND
9 月	原水	ND	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND
10 月	原水	176	ND	ND	ND
	清水	ND	ND	ND	ND

方法偵測極限： LR: 8 ng / L, RR: 8 ng / L, YR: 8 ng / L, CYN: 100 ng / L

4.1.4 紅山淨水場供水水質分析

紅山淨水場目前日常並無進行淨水處理操作，主要由金城服務所藉由海底管線引地下水至紅山淨水場清水池，由紅山淨水場加氯消毒後供水。本計畫規劃每季針對未加氯前之原水及加氯後之清水進行採樣分析，水質分析結果如表 4-8。由於紅山淨水場使用地下水，原水水質良好，包括濁度、氨氮、DOC、鐵、錳及藻數之分析結果，數值均非常低，但由於使用地下水為水源，原水 pH 值偏低，除清水 pH 小於 7 外，其餘水質項目均符合飲用水水質標準。

表 4-8 紅山淨水場之原水及清水水質

採樣點	原水			清水		
月份	5 月	7 月	10 月	5 月	7 月	10 月
濁度(NTU)	0.3	/	0.23	0.2	/	0.35
溫度(°C)	27.1	/	25.3	27.1	/	25.6
pH	6.3	/	4.9	6.51	/	5.9
氨氮(mg/L)	ND	/	0.06	ND	/	ND
溶氧(mg/L)	—	—	—	—	—	—
DOC(mg/L)	1.6	7.3	3.6	0.7	6.1	4.2
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	ND	ND	ND	ND	ND	0.002
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.002	ND	ND	0.003	ND	0.001
SUVA(L/mg-m)	ND	ND	ND	ND	ND	ND
總鐵(mg/L)	0.040	0.066	0.041	0.020	0.065	0.039
溶解鐵(mg/L)	ND	0.038	0.009	ND	0.040	0.005
總錳(mg/L)	ND	0.008	0.017	ND	ND	0.011
溶解錳(mg/L)	ND	ND	0.006	ND	ND	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	75	123	94	83	284	12
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(cells/mL)	ND	500	500	150	700	250

/:儀器故障

—:非分析項目

方法偵測極限:Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L

4.1.5 太湖及榮湖淨水場處理單元設施檢核

金門地區目前全島自來水由太湖淨水場、榮湖淨水場、紅山淨水場及金城服務所供應，太湖淨水場、榮湖淨水場為使用湖庫水作為原水來源；紅山淨水場目前因原水湖庫水質惡化，處理程序未進行操作，目前使用金城服務所之出水供應；金城服務所為使用地下水為原水，經去除鐵、錳後供應紅山淨水場及金門西半島使用。全金門目前平均處理水量約為 16,700 ~ 17,200 CMD，各淨水場總計可處理最大水量為 19,500 CMD，預計至民國 110 年時，用水需求量將達 37,000 CMD ~ 45,000 CMD，供水缺口約有 17,500 CMD ~ 25,500 CMD，統計如表 4-9。由於太湖及榮湖淨水場目前最大處理水量未及當初原始設計最大處理量，為協助太湖及榮湖淨水場提升供水水質及水量，本計畫針對太湖淨水場之混凝設施確認其實際尺寸是否與原設計值一致，並分析慢混出水膠羽粒徑，以確認混凝單元之功效，此外，由於快濾池處理效能不彰，同時對快濾池進行檢視。榮湖淨水場之浮除單元氣泡較大，本計畫亦針對此一問題進行慢混出水及浮除池上澄液顆粒粒徑分析，結果可提供淨水場作為後續改善之參考。

表 4-9 金門全島處理水量及未來預估需水量

項目	水量(CMD)
1.目前平均處理水量	
-太湖淨水場	4,500 ~ 5000
-榮湖淨水場	3,000
-紅山淨水場	1,200
-金城服務所	8,000
2.目前最大處理水量	
-太湖淨水場	5,000
-榮湖淨水場	3,000
-紅山淨水場	1,500
-金城服務所	10,000
3.未來預估需水量(至 110 年)	
-低成長	37,000
-高成長	45,000

1. 太湖淨水場

依據巨廷公司於 2006 年協助金門縣自來水廠執行「金門地區自來水系統改善工程規劃」計畫期末報告書指出，太湖淨水場設計出水流量為 12,000 CMD，設計平均出水流量為 7,000 CMD，但在 2006 年 5 月 2 日進行的系統測試中發現，慢混系統在處理量約 5,000 CMD 時配合二組 DAF 系統，慢混池水位明顯上升距池頂高度僅剩 5 cm，離原設計出水量 12,000 CMD 差距甚遠^(巨廷工程顧問股份有限公司，2006)。

為瞭解此一狀況之可能成因，工作團隊人員先確認快、慢混池尺寸是否符合原始設計值，快混池實際量測尺寸如圖 4-28 所示，實際尺寸與原始設計尺寸差距小於 10 cm，快、慢混尺寸符合原始設計值。

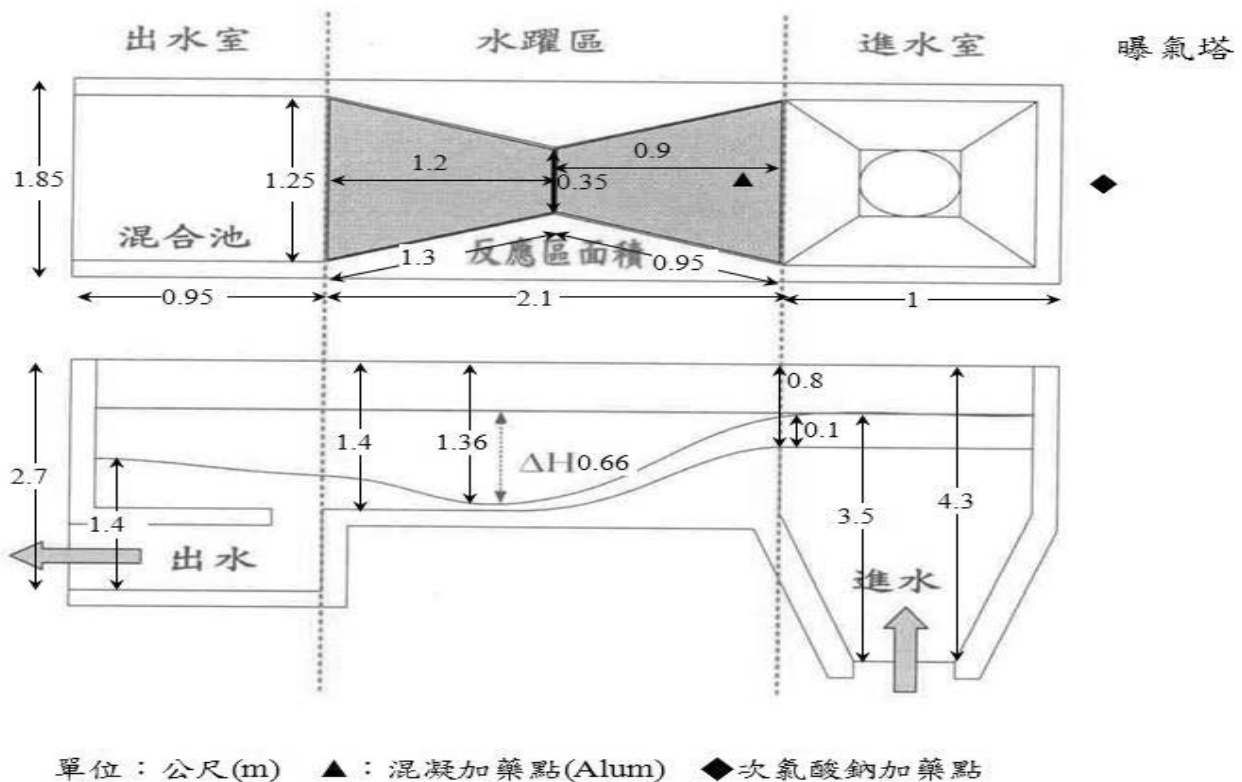


圖 4-28 太湖淨水場快混池尺寸

在確認快、慢混池尺寸符合原始設計值後，進一步檢視太湖淨水場混凝設施成效，採取慢混出水進行顆粒粒徑分析，結果如圖 4-29 所示，由於太湖淨水場慢混為 2 階段，目前第 2 段慢混攪拌機故障未啟動，為瞭解慢混出水膠羽顆粒粒徑，本計畫於 2 階段慢混出水皆採樣分析。結果顯示，第 2 段慢混出水膠羽粒徑較 1 段慢混出水膠羽粒徑大，顯示第 2 階段慢混攪拌機雖未啟

動，但經由水流攪動仍有助於膠羽持續生長。

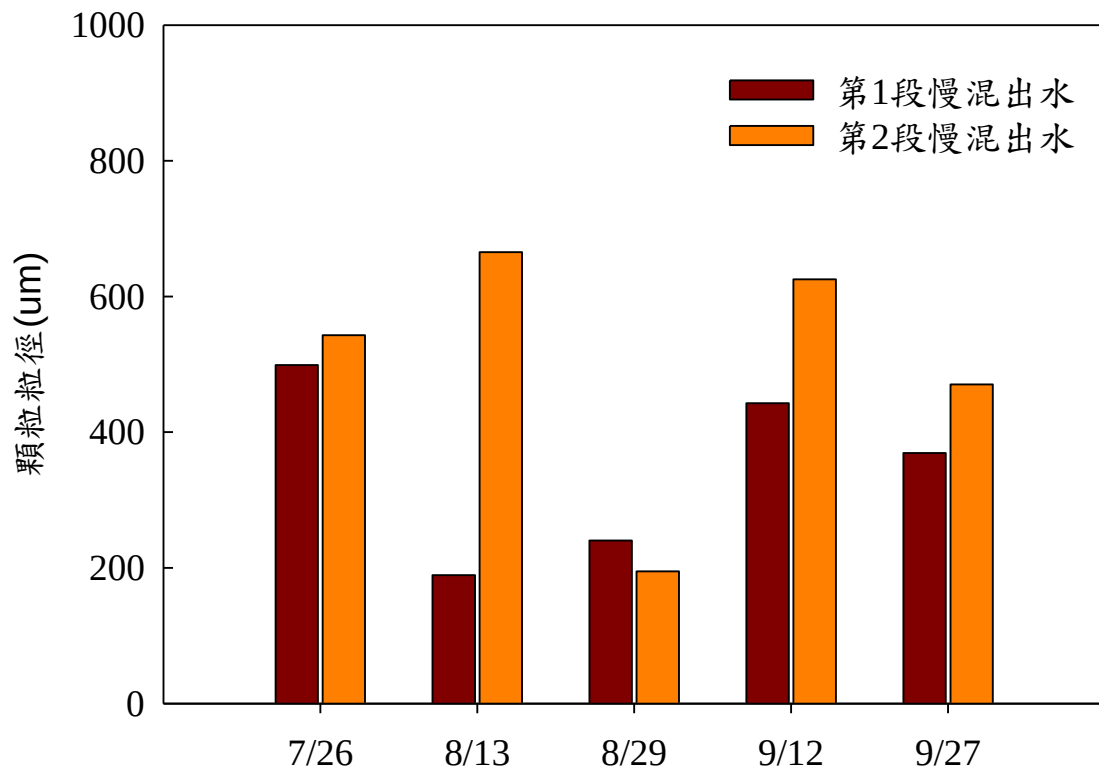


圖 4-29 太湖淨水場慢混出流水之顆粒粒徑

在檢視完太湖淨水場混凝單元能後，進一步現場檢視快濾池之實際狀況(如圖 4-30)，太湖淨水場快濾池屬於自動反洗濾池(**automatic backwash, ABW**)，利用重力流使進流水讓經由濾層中的濾料去除膠羽與顆粒，與其他重力式濾池最大的不同主要在於反沖洗的方式和濾料層厚度，較為特別的是當反沖洗時，移動罩覆蓋於需要進行反洗的間格時，其他的濾池間格仍然持續進行過濾作用，屬於反洗時不會中斷過濾程序。在 5 月份經現場觀察，太湖淨水場快濾池共 2 池，2 池濾砂結塊情形嚴重，且有漏砂之情形，以目前太湖淨水場快濾池處理水量約 1,400 CMD 計算得到目前快濾池濾速僅約 $15 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-day}$ ，顯示濾速過慢出水量不足，但是由於無法實際量測到快濾池之出水流量，因此無法斷定太湖淨水場出水量僅 5,000 CMD 之主要原因在於快濾池阻塞所造成。



圖 4-30 太湖淨水場 ABW 式快濾池

歸納造成太湖淨水場僅能處理 5,000 CMD 水量之原因，可能有以下幾點：

1. 膠凝池與浮除池間的水力高程不平衡，導致慢混池出水無法順利流至浮除池，造成慢混池回堵，或是管線流水斷面不足問題造成。
2. 浮除池與快濾桶間之馬達效能衰退，無法達到原始設計抽水量。
3. 快濾池可能因濾砂結塊造成水頭損失增加，或濾池下方濾水頭有阻塞之情形發生。

為提昇太湖淨水場處理水量，建議太湖淨水場針對下列事項進行檢視：

1. 確認慢混池管線流水斷面是否不足，或異物阻塞，導致慢混池出水無法順利流至浮除池，造成慢混池回堵。
2. 確認浮除池與快濾桶間之馬達效能，是否因馬達效能衰退，無法達到原始設計抽水量。
3. 檢修濾池下方濾水頭是否有阻塞之情形發生，或更換快濾池濾砂。

2. 榮湖淨水場

榮湖淨水場傳統處理程序設計最大處理水量為 10,500 CMD，目前操作處理水量約為 3,000 CMD，依 95 年測試結果顯示，榮湖淨水場設備硬體最大處理水量僅能達到 3,600 CMD，但根據現階段操作現況處理水量最大可達 4,300 CMD。經本計畫檢視現場各淨水單元設施，因榮湖場與太湖場使用之浮除系統相同，推測可能也是因浮除池至快濾池間水頭差不足，或是管線內有阻塞情形，造成浮除出水無法順利流至快濾池，降低整體處理水量。建議評估浮除池與快濾池間之水力高程是否足夠，以及確保管線系統通暢，但因此項工作牽涉工程單位業務，需在停水狀況下進行，亦會造成民眾用水短缺。

另一方面，榮湖淨水場已於傳統處理程序後新增高級處理程序(活性碳過濾、超過濾(UF)、逆滲透(RO))，並於 100 年 11 月完工運轉，而因應金沙地區用水需求，RO 程序設計出水量僅 3,000 CMD，因此當傳統前處理程序之處理水量提升後，應同步擴增高級處理程序之處理能量，方可提升榮湖淨水場之整體處理能量，但受限於榮湖場用地空間，未來增建 RO 系統設備有其困難。

榮湖淨水場前段處理流程與太湖淨水場相同，但經現場檢視，榮湖淨水場之浮除池第 1 池氣水狀況不佳(如圖 4-31)，依據巨廷公司在 2006 年系統校核結果，空氣明顯穿過溶解槽造成空氣短流，形成大氣泡由壓力釋放區逸出，導致浮渣量明顯較另一池少，由於浮除第 1 池氣泡較大，為瞭解是否會將慢混聚集之膠羽打碎，影響出流水水質，本研究隊至榮湖淨水場，採取 1、2 階段慢混出水，以及浮除 1、2 池之上澄液進行顆粒粒徑分析，分析結果如圖 4-32 及 4-33。結果顯示，部分月份在第 2 段慢混出水顆粒粒徑小於第 1 段慢混，顯示慢混攪拌機不穩定，另外，由於目前處理水量減少，因此停留時間增加，可能慢混攪拌時間過長而造成膠羽破碎，建議重新檢視慢混 Gt 值，是否因處理水量改變而需重新調整。另一方面，浮除第 1 池上澄液顆粒粒徑最小，可能因為慢混聚集顆粒再度被大氣泡打散而無法以浮除方式移除，榮湖淨水場可嘗試調整浮除設備之回流量、壓力、空氣量等操作參數進行浮除池操作效能提昇。



圖 4-31 榮湖淨水場浮除池

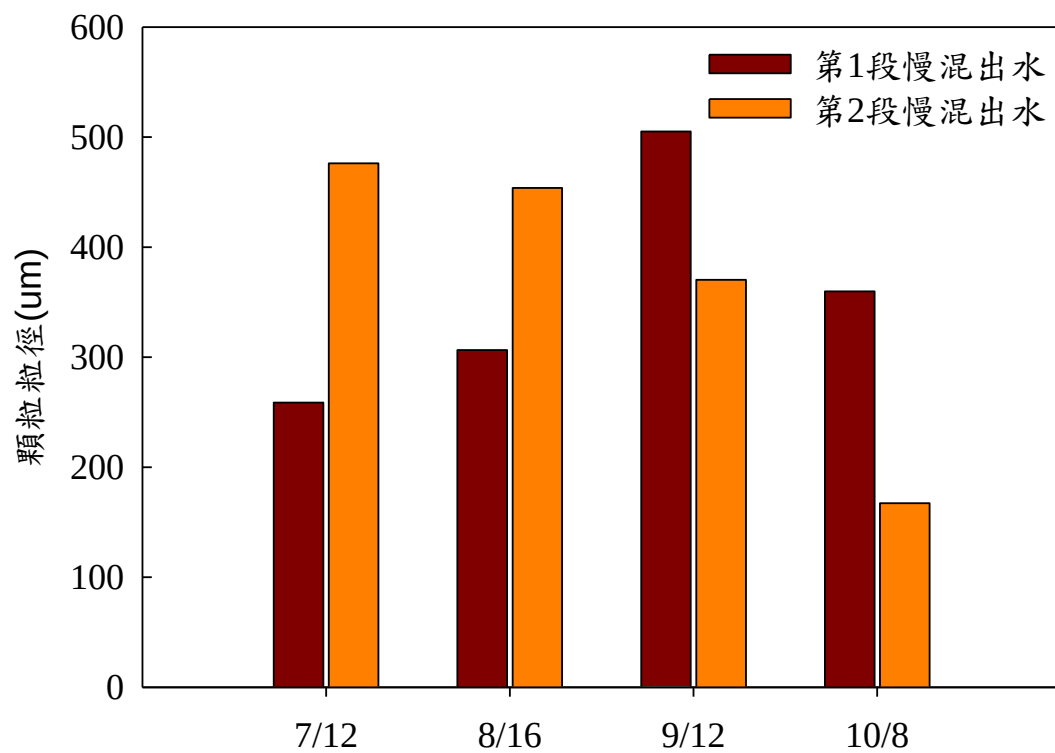


圖 4-32 榮湖淨水場慢混出流水之顆粒粒徑

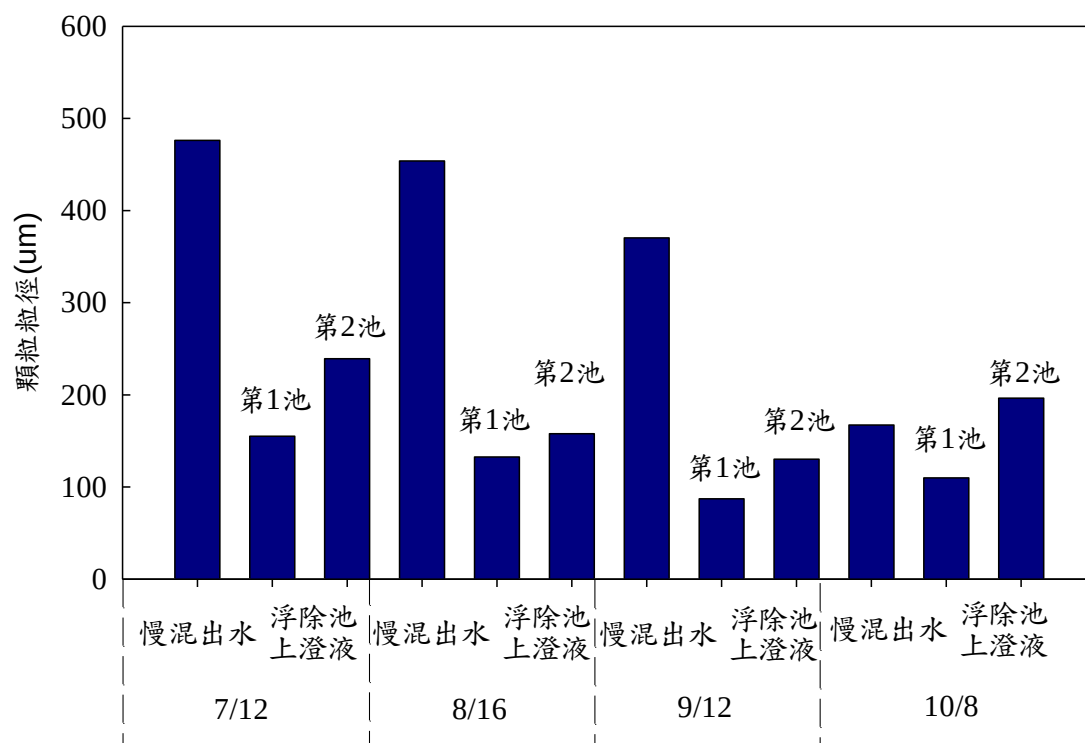


圖 4-33 榮湖淨水場慢混出水及浮除上澄液之顆粒粒徑

4.2 淨水場操作效能評估

淨水場營運效能評估及提昇(operational performance evaluation & enhancement, OPEE)制度之運作旨在使淨水場人員能快速的找出淨水場問題，並能透過此制度的運作，有效的解決淨水場效能低落之主要問題，以提升淨水場之營運效能。OPEE 執行架構及流程如圖 4-34 所示，執行 OPEE 之淨水場須經由受評人員填寫淨水場效能限制因子自評表，再由評估小組成員赴現場進行第一階段綜合操作效能評估(comprehensive performance evaluation, CPE)，決定效能限制因子及分級，並提出各項限制因子之初步建議改善方案。若經第一階段 CPE 認定淨水場不需執行第二階段 CPE，須由受評淨水場提出各項限制因子提交相關具體改善方案，若經第一階段 CPE 認定淨水場需執行第二階段 CPE，先由受評淨水場針對各項限制因子提交相關初步改善行動方案，CPE 小組成員再赴現場確認各項初步改善行動方案之具體執行措施。在執行第二階段 CPE 後，若經 CPE 小組認定限制因子需進一步確認或改善措施較複雜，可導入改善技術諮詢(comprehensive technique assistance, CTA)，由水公司區處自行或委外規劃及設計改善計畫，或由總處商請工程處自行或委外規劃改善計畫，以協助淨水場規劃具體改善方案。此外，經 CPE 小組決議認定之各項改善方案可依執行經費需求呈報相關單位核撥，若不需要經費之改善方案可直接進入改善計畫執行(plan-do-check-action, PDCA)及改善成效考核(improvement performance evaluation, IPE)之程序。台灣自來水公司現階段已完成 20 座以上的淨水場 OPEE，部分淨水場之操作效能已顯著提升。

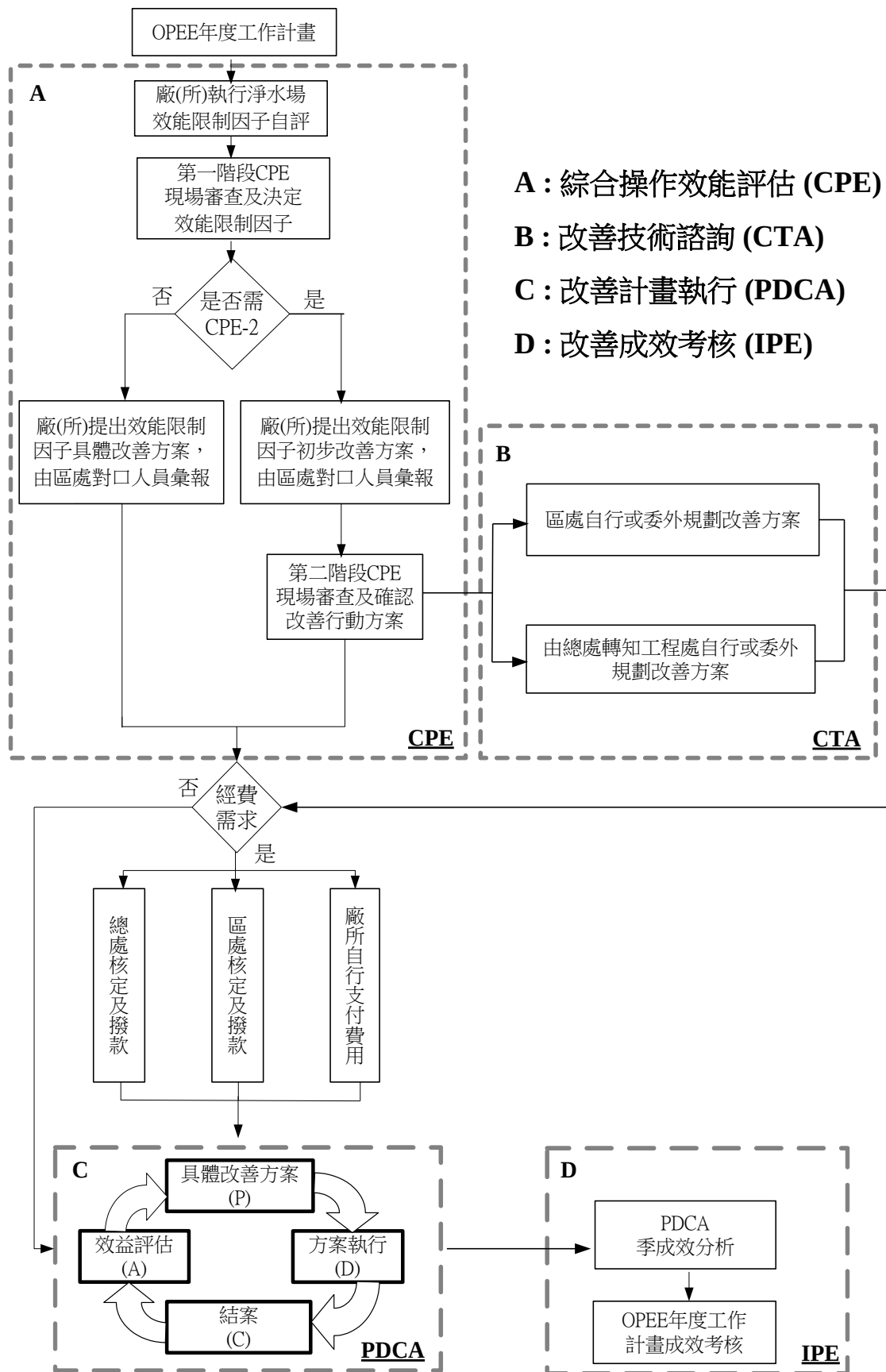


圖 4-34 台灣自來水公司淨水場營運效能評估之執行架構及流程

為使榮湖及太湖淨水場處理效能提昇，本計畫於 9 月 26 日及 9 月 27 日邀集專家學者至金門執行榮湖及太湖淨水場操作效能評估。

榮湖淨水場

本計畫於 9 月 26 日邀集專家學者至榮湖淨水場進行操作效能評估，由榮湖淨水場提出之營運效能限制因子如表 4-10，由於受限於時間因素，雖未做成最後決議，但經由討論及現場實地確認(現勘照片如圖 4-35)，專家學者也提出部分意見提供榮湖淨水場作為參考，相關意見說明如下：

- 1.前氧化劑加藥點與混凝劑加藥點有過近之疑慮，可能造成氧化接觸時間不足，或因酸鹼中和降低前氧化效能。
- 2.浮除池第 1 池有氣泡過大之問題，可能造成浮除效能不佳，建議應修復空氣溶解槽加壓設備，以恢復浮除池應有之處理效能。
- 3.慢濾池上層藻類孳生，建議重新考量餘氯控制策略，避免因藻類孳生產生二次水質污染。

表 4-10 榮湖淨水場營運效能限制因子

設計、操作範疇		
(I) 原水	(II) 程序功能	(III) 操作程序 (IV) 機電功能(含能耗)
(I) 原水	因子分級	效能問題說明
原水水質(含濁度、藻類、溶解矽、鐵錳及有機物等)	■主要因子 ☐ 次要因子 ☐ 輕微因子 ☐ 非限制因子	水質 TOC(7.3~29.4 mg/L)、COD(5.1~93.9 mg/L)、色度、TDS(400~700 mg/L)及氨氮稍高(0.01~0.54 mg/L)、藻類多，原水呈超優氧化，淨水處理困難。
季節因素	☐ 主要因子 ■次要因子 ☐ 輕微因子 ☐ 非限制因子	季節性及水量多寡處理水質變異性大，難以最佳化混凝劑量進行操作。
流域管理	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ■輕微因子 ☐ 非限制因子	六座湖庫藻類密度及藻類優勢種不同有機營養源高水質變異性大。

(II) 程序功能	因子分級	效能問題說明
前處理 (含沉砂池、前加氯及曝氣)	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	目前降載出水，水躍式快混單元處理量約為原設計水量之 40%，快混池混合速度差略低無沉砂池
混凝	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	目前降載出水，經判定膠凝單元 GT 值過高，即為過度攪拌結果使得成熟膠羽遭受破壞。
浮除	☐ 主要因子 ☒ 次要因子 ☐ 輕微因子 ☐ 非限制因子	浮除池與混凝池距離過長，造成混凝後之成熟膠羽遭受破壞。 浮除池迴流加壓管線老舊水氣比、集散氣盤效果不彰、加壓泵揚程不足及溶解槽設計不良等問題，目前涉及高級處理合約執行問題需部分停機委外檢修。
慢濾	☒ 主要因子 ☐ 次要因子 ☐ 輕微因子 ☐ 非限制因子	快濾池出水 TOC 過高及濁度高，易造成濾床阻塞，刮砂頻率高。 快濾池出水藻類過高，且多為體積狹長細小之藍藻或尖頭藻，易造成濾床阻塞而影響出水。 慢濾池時間久造成有機物累積底層，因生物作用釋出。
消毒	☐ 主要因子 ☒ 次要因子 ☐ 輕微因子 ☐ 非限制因子	停留時間較短，後端加氯之混合狀況及接觸時間不足
水力負荷 (含單元流量分流均勻度)	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	水利梯度及高程需重新校核（新（高級處理）舊設備設施）
廢水處理與回收	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	目前並無廢水處理設施，洗砂廢水直接排入回收水躍池，造成混凝池進流水濁度偏高且水質不穩定。 洗砂廢水無歸入原水流量計導致加藥濃度不穩定。
(III) 操作程序	因子分級	效能問題說明
前處理 (含曝氣、前氧化操作)	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	前氧化加藥點與混凝劑加要點過近無法達預氧化之效果
混凝(含混凝劑量控制)	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	洗砂廢水無歸入原水流量計導致加藥濃度不穩定
慢濾(含濾速控制、濾料替換時機)	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	刮砂頻率高。 原設計 6 池其中第 4 池改為回收池，5 池使用中。

濾池反洗(含反洗時機及延時)	☐ 主要因子 ☒ 次要因子 ☐ 輕微因子 ☐ 非限制因子	快濾池反洗每池需水量 130 噸，清水池水位下降 20cm。
消毒(含加氯量控制)	☐ 主要因子 ☒ 次要因子 ☐ 輕微因子 ☐ 非限制因子	接觸時間不足，亦受慢濾出水水質調整加氯量
因操作而引起之水質問題	☐ 主要因子 ☒ 次要因子 ☐ 輕微因子 ☐ 非限制因子	1.混凝劑加藥量影響過濾水之殘餘鋁量 2.快濾池漏砂、短流影響過濾水之殘餘鋁量、濁度、殘餘鐵、錳量。
程序控制性及操作彈性	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	1.濾池設有之反沖洗水採樣口 2.有適當之採樣口來取得具代表性原水 3.清水池設置合宜連續監測之採樣口 4.過濾池之出流口均設連續監測之合併採樣點 5.不同水源可單獨採樣混合後水源可採樣監測
操作效能之監控(含程序自動監控、警示系統)	☐ 主要因子 ☒ 次要因子 ☐ 輕微因子 ☐ 非限制因子	高級處理未納入傳統淨水處理監控系統二樓水質控制室，造成管理困難。
設施與設備操作手冊的建置	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	缺少部分設備竣工資料
水質檢驗室空間及設備	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	1.本場水質檢驗室為簡易式，如需檢驗其他項目則送廠本部 2.線上儀器部分監測點欠缺，較無法立即警示反應水質檢驗室檢驗。
(IV) 機電功能(含能耗)	因 子 分 級	效能問題說明
抽(送)水設備(含原水、廢水、自來水輸送)	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	原水泵無變頻或繞流裝置，較無法彈性應用水源
空氣壓縮設備(含原水曝氣、濾池氣洗及浮除空氣)	☐ 主要因子 ☒ 次要因子 ☐ 輕微因子 ☐ 非限制因子	浮除空氣量難以調整
前氧化劑製造設備(含臭氧、二氧化氯製造機)	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	無維修能力故障排除曠日費時，惟能增加次氯酸鈉計量因應

管理範疇		
(I) 人員 (II) 設備保修 (III) 能源管理 (IV) 其他		
(I) 人員	因子分級	效能問題說明
管理階層對水場需求之了解	☐ 主要因子 ☒ 次要因子 ☐ 輕微因子 ☐ 非限制因子	1. 專業人員將屆退休年齡 2. 新進人員專業技能及經驗培訓增進
(II) 設備保修	因子分級	效能問題說明
設施與設備保養及維修 (含場內自行施作、配合廠商施作及保修計畫)	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	場內監控機電自動控制電腦加藥設備儀器無長期訂約合作之維護廠商 設備維修人力機動性較不足
儀表校正	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☐ 輕微因子 ☒ 非限制因子	儀表定期校正可提供精確監測數值，使作業人員正確研判淨水操作情形與迅速發現異常狀況
(IV) 其他	因子分級	效能問題說明
化學藥劑(含混凝劑、高分子聚合物、防垢劑、清洗劑及其他藥劑)	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	離島受氣候因子影響藥品進料



混凝劑與前氧化加藥點現勘-1



混凝劑與前氧化加藥點現勘-2

圖 4-35 榮湖淨水場現場評估

太湖淨水場

本計畫於 9 月 27 日邀集專家學者至太湖淨水場進行現場操作效能評估，太湖淨水場之營運效能限制因子分級如表 4-11，由於太湖淨水場原水水質不佳，既有傳統處理程序負荷較大，另一方面由於建場時間已久，後勤備料在外島較為不便，因此太湖淨水場主要效能限制因子多達 7 項，包括原水水質、快濾池及快濾桶之程序功能，以及前處理、快濾池、快濾桶、濾池反洗之操作程序；次要限制因子有 7 項，包括季節因素、流域管理、慢濾池、因天候而無法正常操作之程序功能，以及混凝、慢濾、消毒之操作程序；輕微限制因子有 5 項，包括前處理、消毒、水力負荷、污泥處理及污泥脫水之程序功能，經現場討論及勘查(如圖 4-36)，專家學者提出部分改善建議供太湖淨水場作為參考，重點說明如下：

1. 原水水質不佳之情形，建議應將歷年水質資料彙整，並依據湖庫蓄水量及季節性水質作系統分析，並建立建立原水取水計畫。
2. 快濾池反洗效果不佳，反洗罩無法完全密合，各小池濾砂高度不一，反洗有漏砂狀況，建議短程可於反洗罩加設橡皮增加其密合度；長程應重新設置傳統式過濾池取代現有之 ABW 式過濾池。
3. 一般 ABW 式快濾池濾砂填充高度約為 30 ~ 40 cm，但太湖淨水場快濾池濾砂填充高度達 80 cm，濾砂厚度過大可能造成反洗時無法清洗到下層濾料，影響反洗效能，建議重新檢視濾料填充厚度是否適當，以提高快濾池過濾功效，並在適當時機全面更換濾砂。
4. 前氧化量變化較大，無水質監控點做為加藥調整依據，建議將二氧化氯加藥點移至舊場，並增設原水水質監測設備如導電度、氨氮及 pH 計。

表 4-11 太湖淨水場營運效能限制因子評估及分級

水場名稱/地址： <u>太湖淨水場</u> 專家學者： <u>黃志彬、甘其銓、史午康、陳文祥、林慶春、林志麟</u> 列評人員： <u>王登緯、陳清華、張武達</u> 受評人員： <u>許瀟陽、楊忠銘、蔡堃源、楊振源、姜光燦、許耘</u> 執行日期： <u>2012/9/27</u> 水場處理流程： <u>前加氯、水躍快混、機械慢混、浮除、快濾、慢濾、後加氯消毒</u> 原水來源： <u>水庫水</u>				
分級表				
項次	因子分級	因子項目	評估問題說明	初步改善建議
1	主要	原水水質	原水水質不佳(藻類、TOC 等)，造成淨水場混凝、氧化效果不足，影響後端淨水效能 太湖-NH ₃ 約 4 ~ 5 mg/L，金湖-TDS 約 800 mg/L。	1.歷年水質資料彙整，並依據湖庫蓄水量及季節性水質作系統分析 2.依據分析結果建立原水取水計畫 3.湖庫採樣點須具代表性
2	主要	快濾池 (程序功能)	反洗效果不佳，反洗罩無法完全密合，各小池濾砂高度不一，反洗有漏砂狀況。	短程：反洗罩加設橡皮增加其密合度 長程：重新設置傳統式過濾池取代現有之 ABW 式
3	主要	快濾桶 (程序功能)	1.自動反洗無法調控及觀測反洗狀況。 2.未設監控系統，無法即時知道濾後濁度。	3 個過濾桶進水端設連通管，並各設閥門。
4	主要	前處理 (操作程序)	前氧化量變化較大，無水質監控點做為加藥調整依據。	二氧化氯加藥點移至舊場，並增設原水水質監測設備如導電度、氨氮及 pH 計
5	主要	快濾池 (操作程序)	1.反洗問題。 2.因無流量計，導致處理水量無法得知。 3.濾料久未更換。	短程：反洗罩加設橡皮增加其密合度 長程：重新設置傳統式過濾池取代現有之 ABW 式
6	主要	快濾桶 (操作程序)	1.反洗問題。 2.進流調整閥操作不易，各桶水量不一致。	3 個過濾桶進水端設連通管，並各設閥門
7	主要	濾池反洗 (操作程序)	無法全部自動反洗，需靠人工手動。	反洗罩加設橡皮增加其密合度
8	次要	季節因素	夏季或枯水期間，雨量較少，日照較強，導致水質惡化，使慢濾池厭氧釋放出 Fe/Mn，出水水紅。	1.歷年水質資料彙整，並依據湖庫蓄水量及季節性水質作系統分析 2.依據分析結果建立原水取水計畫 3.湖庫採樣點須具代表性 4.積極建立特殊狀況之經驗數據
9	次要	流域管理	湖庫集水區各流域之污染源部分未截流，使污染物流入湖庫中，造成原水水質不佳。	持續追蹤改善情況
10	次要	慢濾 (程序功能)	由於慢濾池進流水質問題，亦造成慢濾池阻塞及厭氧狀況，刮砂頻率較高。	適當時機全面更換濾砂

項次	因子分級	因子項目	評估問題說明	初步改善建議
11	次要	因天候而無法正常操作 (程序功能)	若因雷擊導致設備異常，維修人員未能立即排除，會影響場內淨水效能。	避雷針設置高度重新評估，並增設接地設備
12	次要	混凝 (操作程序)	1.硫酸鋁對藻類含量高、TOC 高之原水，混凝效果不佳。 2.場內會配合不同水源進行杯瓶試驗後，以試驗結果作為混凝劑用量之參考值。實場操作時，則會將浮除後濁度控制在 3 ~ 5 NTU。	重新評估最適混凝劑種類及其加藥量
13	次要	慢濾 (操作程序)	因慢濾進流水質不佳，如混凝劑用量大(60 ~ 90 ppm)、快濾後濁度高(2 ~ 4 NTU)、錳含量高(0.05 ~ 0.09 mg/L)、造成慢濾池阻塞、厭氧、錳離子釋出，造成水紅與刮砂頻率高。	適當時機全面更換濾砂
14	次要	消毒 (操作程序)	1.夏季期間，慢濾池因厭氧釋出鐵錳離子與氨氮，造水水中耗氯、水紅等現象。 2.原水水質中 TOC 含量高，添加過量次氯酸鈉易造成三鹵甲烷偏高。	持續觀察
15	輕微	前處理 (程序功能)	使用金湖+田埔水源，前加氯設備尚能應付，使用太湖水源，由於 NH ₃ 過高約為 5 mg/L，故前加氯設備不足以應付。	二氧化氯加藥點移至舊場
16	輕微	消毒 (程序功能)	停留時間較短，後端加氯之混合狀況及接觸時間不足。	持續觀察
17	輕微	水力負荷 (程序功能)	流量分流不均導致處理效能不佳。	設置電動閥及流量計
18	輕微	污泥處理 (程序功能)	本場污泥設備保固期間，廠商未能快速排除問題，導致污泥設備停用。	持續觀察
19	輕微	污泥脫水 (程序功能)	本場污泥設備保固期間，廠商未能快速排除問題，導致污泥設備停用。	持續觀察



淨水場簡報說明



分組討論(水質組)



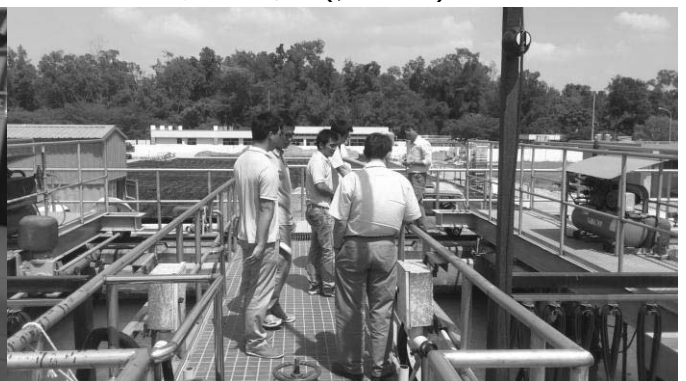
分組討論(操作組)



分組討論(機電組)



分組討論(管理組)



現場勘查

圖 4-36 太湖淨水場現場評估

4.3 淨水場水質改善最適藥劑及濾材評估

本計畫主要針對太湖淨水場水質改善進行最適藥劑及濾材評估，本工作團隊直接於太湖淨水場進行不同前氧化藥劑搭配不同混凝劑之瓶杯浮除試驗。另一方面，於 5 月底在太湖淨水場完成過濾管柱組裝及架設工作，並於 6 月開始連續進水測試。茲將前氧化及混凝最適藥劑評估及過濾模組測試評估結果分述如下：

4.3.1 前氧化及混凝最適藥劑評估

前氧化劑種類對混凝去穩定有機物及藻類之影響

金門自來水廠主要淨水處理程序中前氧化使用次氯酸鈉藥劑，並以硫酸鋁混凝劑進行混凝操作，隨後再由浮除單元移除混凝膠羽以澄清水質。然而，因為原水中藻類及有機物含量高，前氧化及混凝加藥無法有效去穩定水中藻類及有機物，致浮除單元移除藻類及有機物之成效差。因此，本研究主要先以實驗室浮除瓶杯試驗設備進行太湖淨水場原水混凝浮除試驗，評估不同前氧化藥劑(次氯酸鈉、二氧化氯及高錳酸鉀)搭配硫酸鋁及聚矽酸鐵(PSI)混凝劑應用於混凝浮除程序之最適加藥策略。

實驗使用之原水為太湖淨水場原水，原水組成為金湖水庫搭配田埔水庫，比例約為 1：1。結果如圖 4-37 所示，因前氧化劑之添加會使水中藻類破裂而釋出胞內有機物質，增加水中有機物濃度，故在低混凝劑量下，因有機物去穩定效率不佳，導致混凝浮除出流水中殘餘之 DOC 濃度高於原水之 DOC 濃度。然而，隨著混凝劑量增加只有聚矽酸鐵混凝浮除可有效降低水中殘餘之 DOC，硫酸鋁混凝浮除完全無法降低水中殘留之 DOC 含量。此結果顯示，聚矽酸鐵可有效去穩定水中有機物，主要是藉由聚矽酸鐵混凝過程之強大的電性中合能力及架橋作用^(ポリシリカ鉄凝集剤普及協會，2009)，吸附及聚集有機物形成大膠羽後由浮除過程移除有機污染物。此外，在相同聚矽酸鐵劑量下(10 mg/L as Fe)，次氯酸鈉前氧化搭配聚矽酸鐵混凝浮除對水中 DOC 之移除效率最佳，主要是因為次氯酸鈉氧化力低於高錳酸鉀及二氧化氯，對藻類細胞破壞能力較差，以致於水中有機物釋出量較少，導致次氯酸鈉搭配聚矽酸鐵混凝浮出流水之有機物量較低。

另一方面，為了減少前氧化造成藻類破裂而增加水中有機物量及提昇混凝浮除程序除藻成效，本研究進一步評估金門自來水廠前氧化操作時以高錳酸鉀取代部分次氯酸鈉藥劑添加之可行性，並同時評估前氧化搭配混凝浮除程序移除藻類之最佳模式。實驗使用之原水為太湖淨水場原水，原水組成為金湖水庫搭配田埔水庫，比例約為 1：1。結果如圖 4-38 所示，以次氯酸鈉(1 mg/L)及高錳酸鉀(1 mg/L)搭配聚矽酸鐵混凝之加藥策略為前氧化搭配混凝浮除程序移除水中藻類之最佳處理方式，可在最低混凝劑量下(5 mg/L as Fe)達到最低之藻類殘留量。主要是因為適量的高錳酸鉀添加可形成二氧化錳顆粒，幫助藻類混凝去穩定及聚集^(陳，2005)。

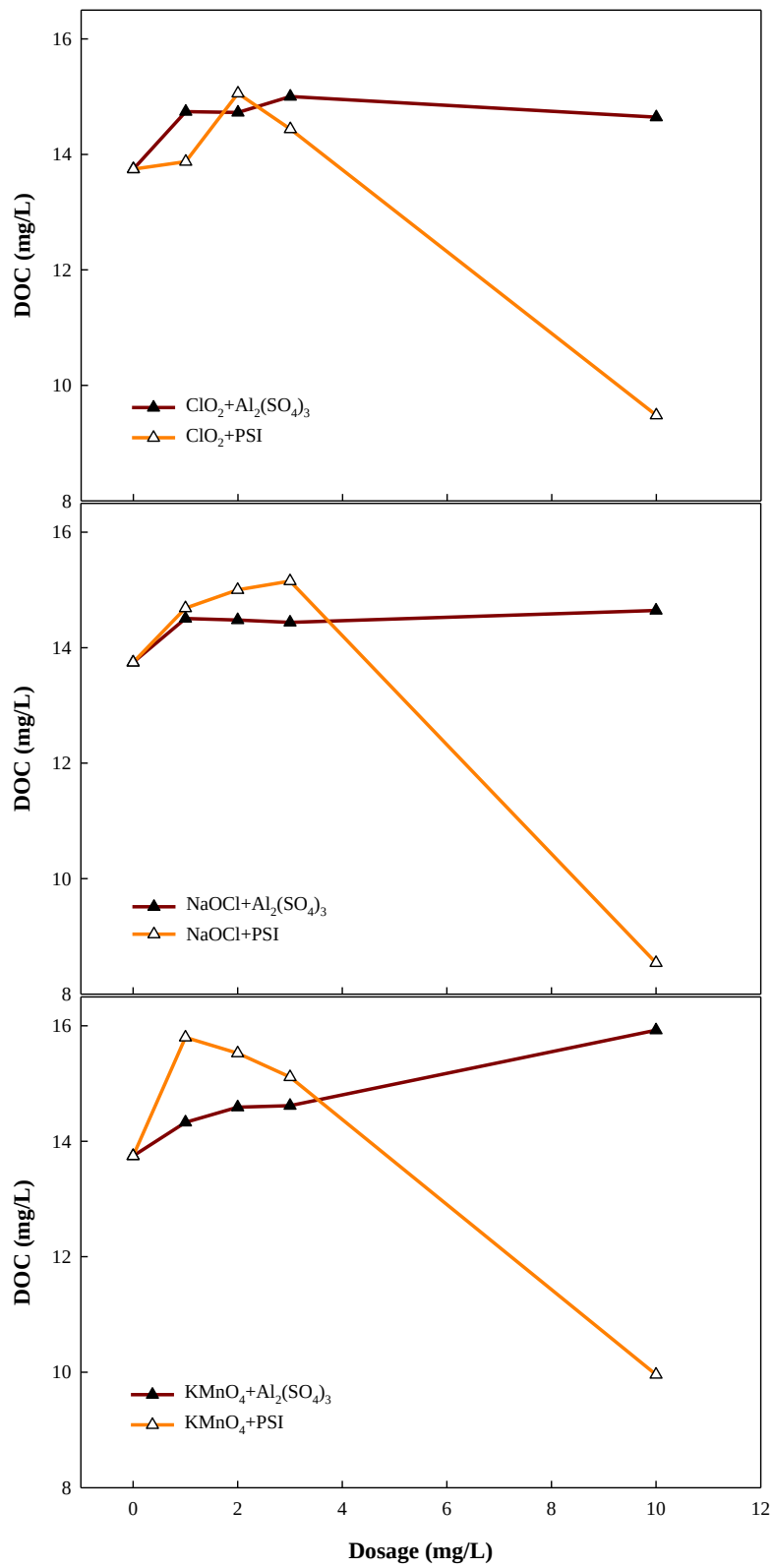


圖 4-37 不同前氧化方式下混凝浮除出水之殘餘 DOC
(氧化劑劑量：1 mg/L)

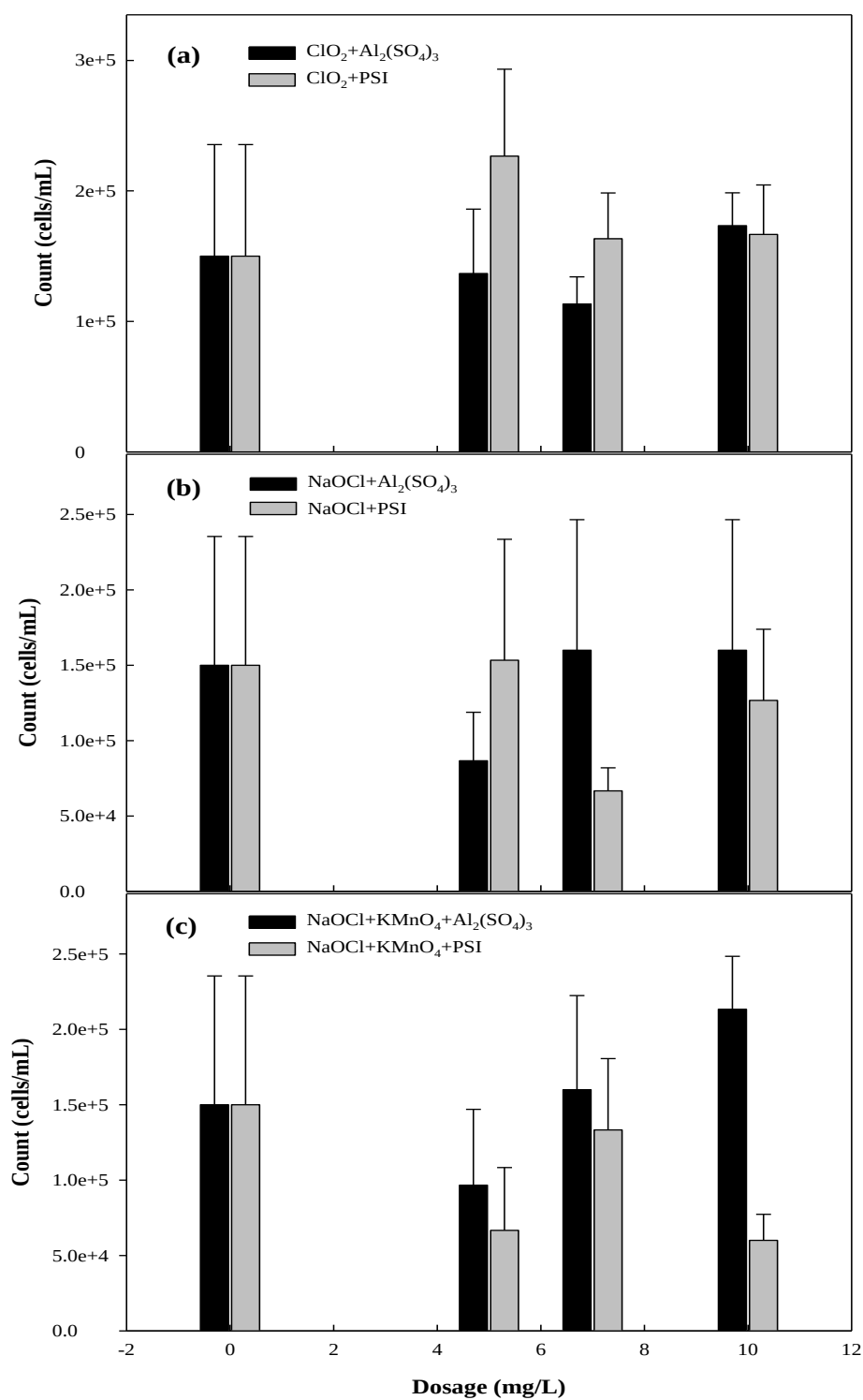


圖 4-38 不同前氧化方式對混凝浮除出水之殘餘藻數
(氧化劑劑量：2 mg/L)

前加氯方式對混沉移除有機物及藻類效能之影響

由先前實驗可知高錳酸鉀氧化力強，有助於藻類之混凝去穩定，但亦會造成藻體破裂而增加水中 DOC 含量，不利於混沉移除有機物，且高錳酸鉀藥劑成本高，不適合長期大量投加。因此，太湖淨水場現階段改採二氧化氯搭配次氯酸鈉前氧化程序，以二氧化氯在舊場管中加藥前氧化以減少次氯酸鈉劑量，試圖減少原水因前加氯所產生之三鹵甲烷生成量，並藉由混凝劑加藥量之調整，找出最適混凝劑量。在此操作模式下，由於前氧化二氧化氯與次氯酸鈉添加比例會影響三鹵甲烷生成，並且會影響混凝劑的需求，故本研究現階段主要評估二氧化氯與次氯酸鈉前氧化對太湖淨水場原水混凝浮除效能之影響，試驗中使用硫酸鋁與聚矽酸鐵混凝劑，並搭配高分子陽離子聚合物(PolyDADMAC)助凝劑使用，探討太湖淨水場原水最適前氧化加氯方式及最適混凝劑與助凝劑之使用策略。

實驗使用之原水為太湖淨水場原水，原水組成為金湖水庫搭配田埔水庫，比例約為 1：1。結果如圖 4-39 所示，隨混凝劑量增加，混凝浮除出水殘餘濁度亦會隨之降低，當前氧化階段二氧化氯添加量固定為 0.5 mg/L as Cl 時，在相同混凝劑量下，次氯酸鈉添加量由 0.25 mg/L as Cl 增加至 0.5 mg/L as Cl，硫酸鋁混凝浮除或是硫酸鋁混凝搭配 polymer 膠凝浮除出水殘餘濁度均可些微降低，此結果顯示前加氯有助於混凝去穩定濁度之效能。然而，在 DOC 去除上，當前氧化二氧化氯量為 0.5 mg/L as Cl 及次氯酸鈉量為 0.25 mg/L as Cl 時，經混凝浮除後可獲得較佳的 DOC 移除成效，但在相同前加氯量下，於慢混階段添加 0.2 mg/L polymer 並無助於浮除後 DOC 移除效率之提升。此外，在相同混凝劑量下，當前氧化二氧化氯量為 0.5 mg/L as Cl 及次氯酸鈉量為 0.25 mg/L as Cl 時，混凝浮除後殘餘藻數可達到最低，而添加 polymer 可提升硫酸鋁混凝浮除 TTHMFP 之能力，且在高加藥量下較為明顯，但添加 polymer 對 TTHM 生成有阻礙作用(如圖 4-40)，可能是添加之氧化劑會與 polymer 產生作用，因而阻礙氧化劑與有機物之反應並減少 TTHM 生成。

實驗使用之原水為太湖淨水場原水，原水組成為金湖水庫搭配田埔水庫，比例約為 1：1。結果如圖 4-41 所示，聚矽酸鐵混凝浮除移除濁度及有機物之

成效明顯優於硫酸鋁混凝，前加氯量增加亦會提升濁度移除效率，然而在相同 PSI 混凝劑量下，當二氧化氯添加量固定為 0.5 mg/L as Cl 時，次氯酸鈉添加量由 0.5 mg/L as Cl 減少至 0.25 mg/L as Cl 時，經混凝浮除後可獲得較佳的 DOC 及藻類移除效率，於慢混階段添加 0.2 mg/L polymer 以提升 PSI 混凝浮除 TTHMFP 之能力並不明顯，但添加 polymer 對 TTHM 生成有阻礙作用(如圖 4-42)。

綜合上述，太湖淨水場原水(金湖水庫搭配田埔水庫，比例約為 1：1)。於混凝浮除程序中使用聚矽酸鐵混凝之 DOC 及藻類移除效率並未明顯優於硫酸鋁混凝，而當二氧化氯及次氯酸鈉前氧化所需劑量之比例為 2：1 時，混凝浮除之 DOC 及藻類去除效率可達到最佳，其中混凝劑量控制在 1 ~ 2 mg/L as Al (即 20 mg/L ~ 40 mg/L as 10% Al_2O_3)，可達到最適的混凝浮除移除有機物及藻類之成效，此時添加少量(0.2 mg/L)之 polymer (polyDADMAC)有助於混凝浮除 TTHMFP 之能力提昇且降低 TTHM 之生成。

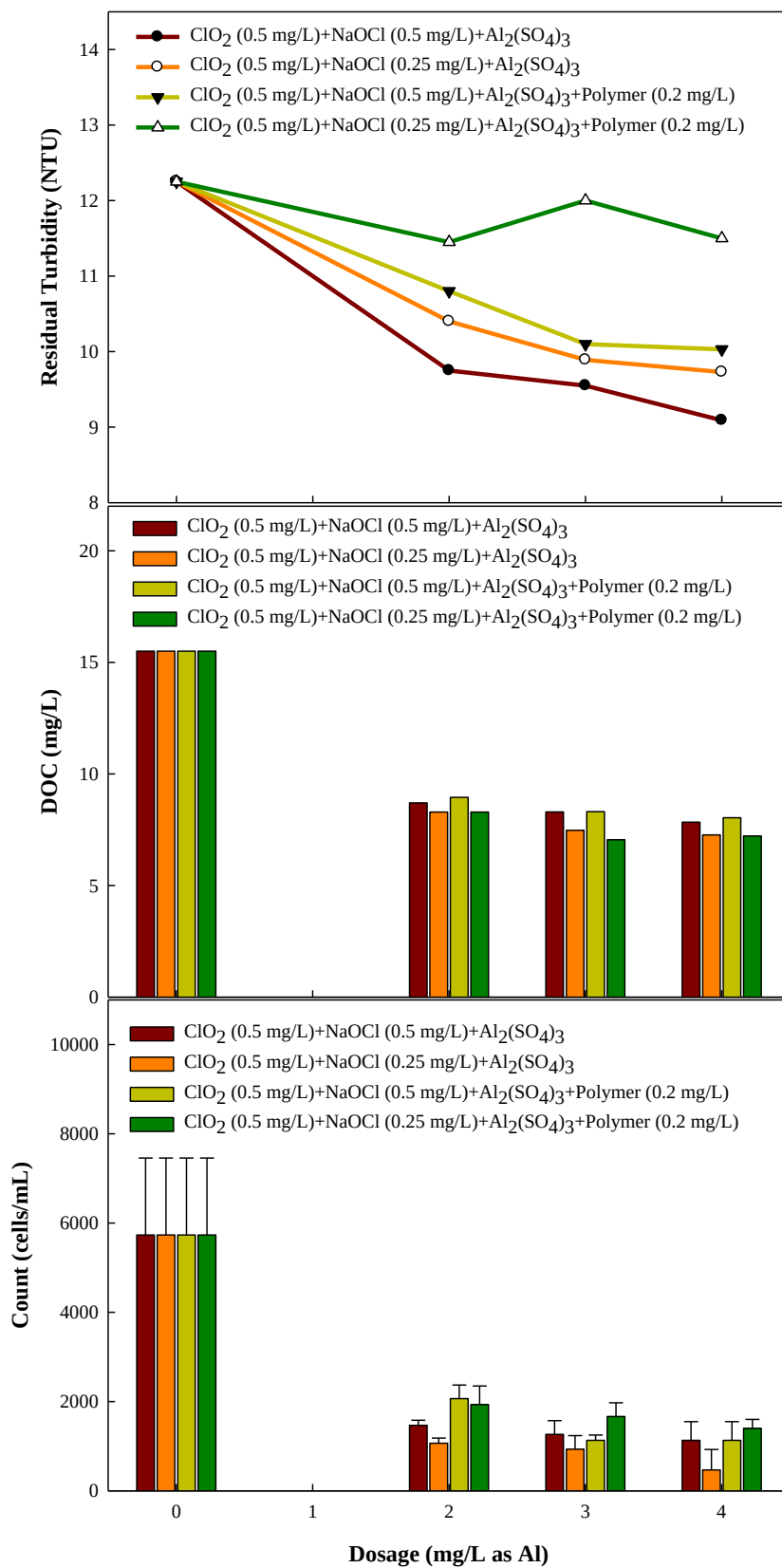


圖 4-39 不同前加氯方式下 Alum 混凝浮除之殘餘濁度、DOC 及藻數

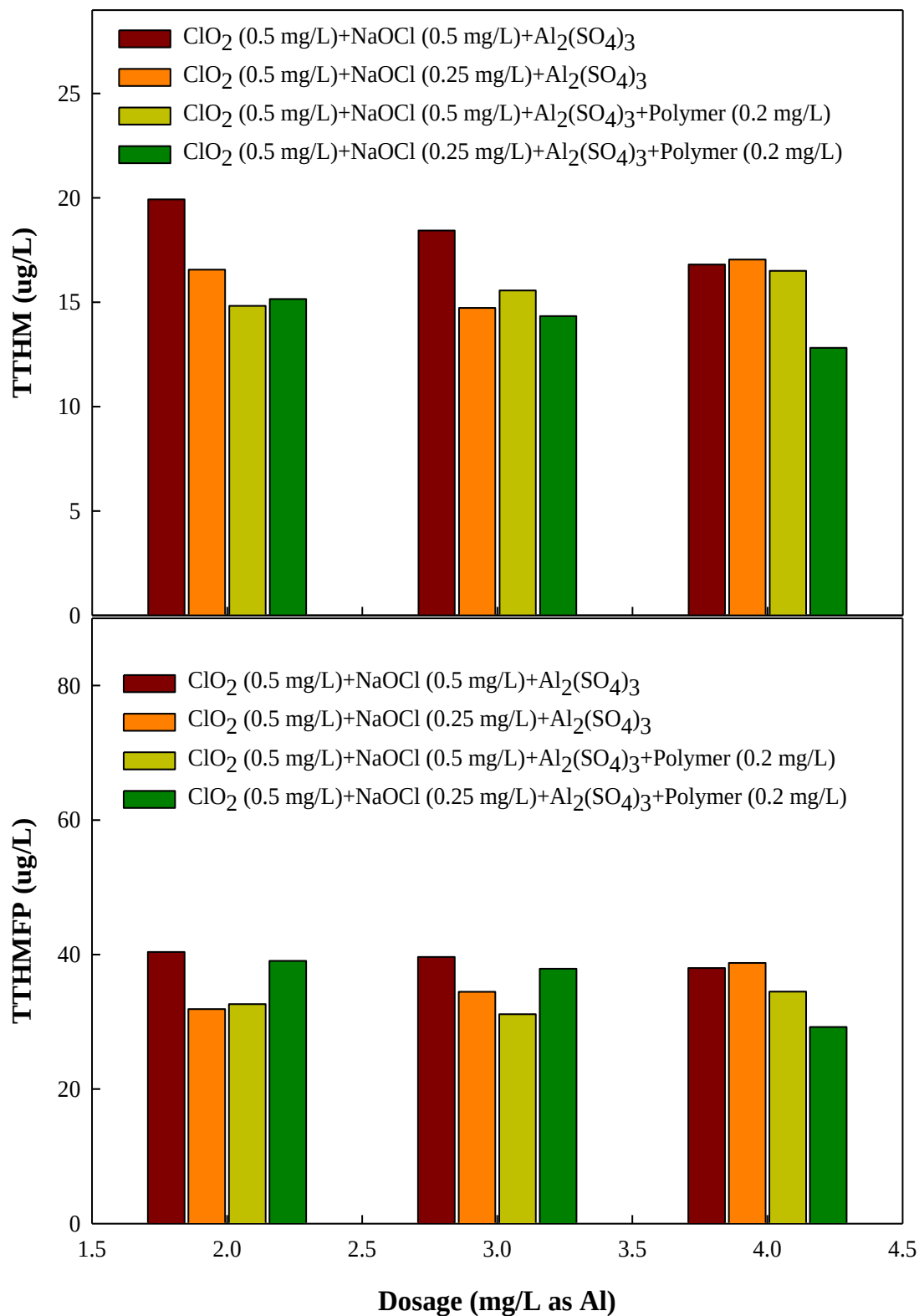


圖 4-40 不同前加氯方式下 Alum 混凝浮除出水之殘餘 TTHM 及 TTHMFP

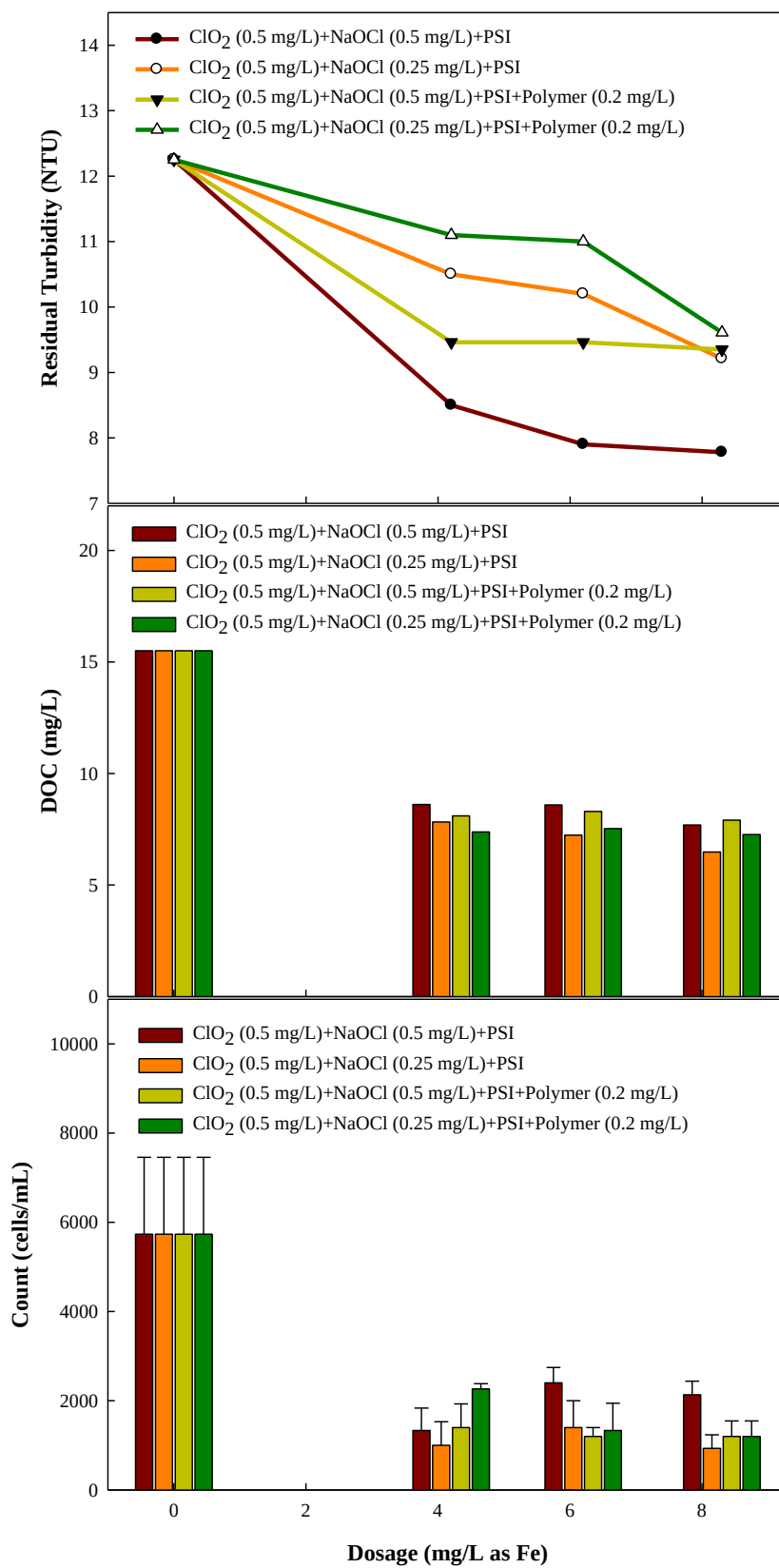


圖 4-41 不同前加氯方式下 PSI 混凝浮除出水之殘餘濁度、DOC 及藻數

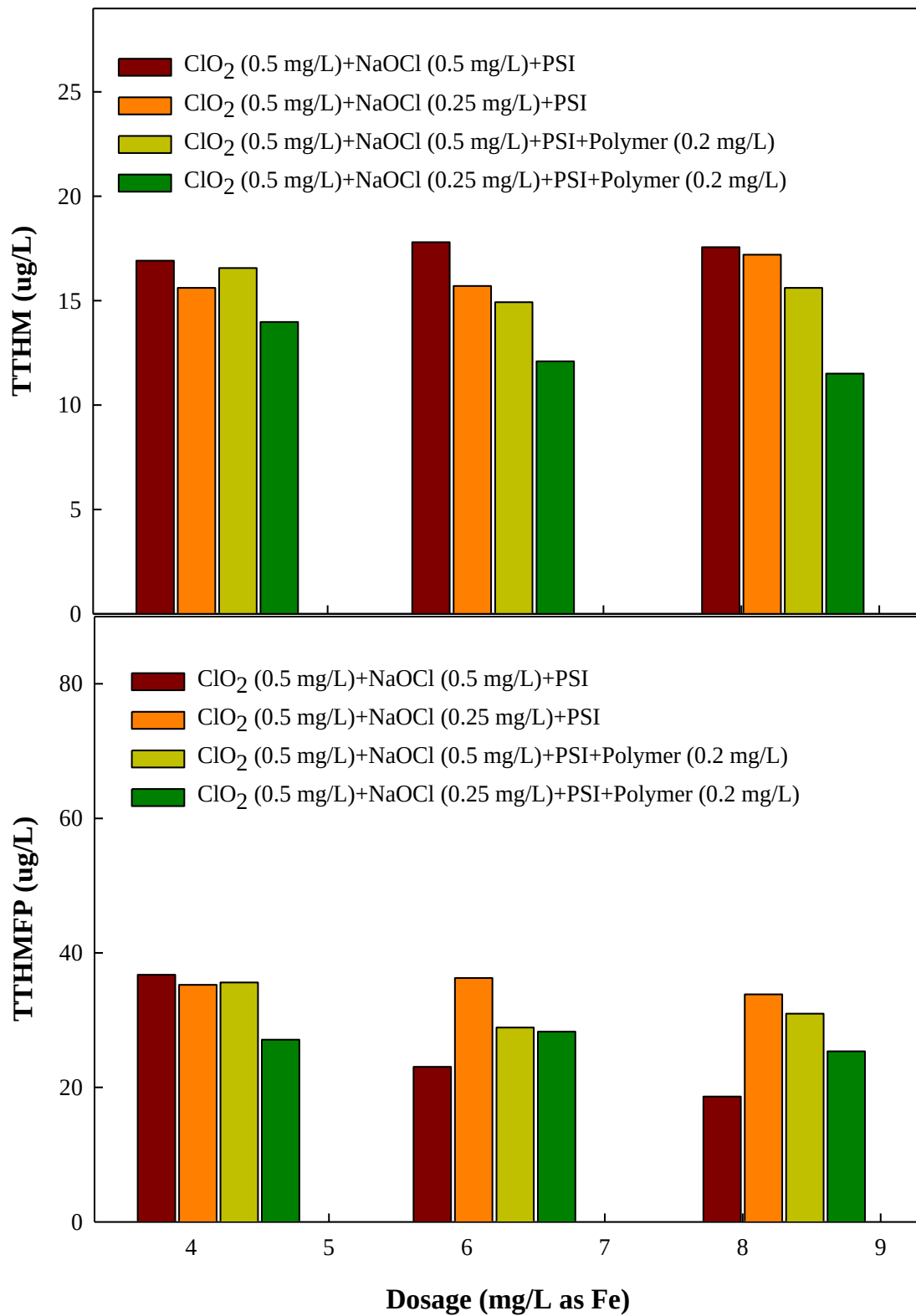


圖 4-42 不同前加氯方式下 PSI 混凝浮除出水之殘餘 TTHM 及 TTHMFP

4.3.2 過濾最適濾料測試及評估

太湖淨水場已於今年 5 月逐步更換快濾桶濾料為活性碳搭配錳砂，活性碳與錳砂之體積比約為 1.7：1，初期 DOC 去除效果良好，去除率約為 40%，由於原水 DOC 含量偏高，活性碳約略三週即吸附飽和，為協助太湖淨水場評估不同濾料及活性碳搭配錳砂之填充配比對於水中污染物之去除效能，本計畫於太湖淨水場現地建置管柱過濾模組，使用實場浮除池出水進行過濾測試評估。

本計畫設計兩組平行過濾管柱(如圖 4-43)，每支管柱長 180 cm，直徑 20 cm，為瞭解不同濾料對於濁度、有機物、鐵、錳等水中污染物之去除效率，設計 2 組實驗：第 1 組實驗管柱 1 填充石英砂約 80 cm；管柱 2 填充活性碳約 27 cm 搭配錳砂約 53 cm；第 2 組實驗管柱 1 填充錳砂約 40 cm 搭配石英砂約 40 cm；管柱 2 填充活性碳約 40 cm 搭配錳砂約 40 cm。所有濾料均取自太湖淨水場(各種濾料規格整理如表 4-12)，濾料填充高度與太湖淨水場快濾池相同。過濾模組設計濾速與太湖淨水場快濾池相同為 172 m/day，每小時過濾流量為 215 L，規劃採樣分析項目如同淨水場快濾池。整理過濾模組設計操作參數及採樣分析項目如表 4-13。

表 4-12 濾料規格

	石英砂	錳砂	活性碳
規格	1.有效粒徑：0.8 ~ 0.9 mm 2.均勻係數 ≤ 1.5 3.二氧化矽含量 $\geq 99\%$ 4.洗淨濁度 < 30 NTU 5.灼燒減量 $< 0.7\%$ 6.4%鹽酸可溶率 $< 3.5\%$ 7.比重：2.55 ~ 2.65 8.磨損率 $< 3\%$ 9.最大粒徑範圍(> 2 mm) $< 1\%$ 10.最小粒徑範圍(< 0.3 mm) $< 1\%$	1.有效粒徑：0.3~0.4 mm 2.均勻係數 < 1.7 3.真比重：2.4~2.6 4.假比重：1.0~1.1 5.15 g 錳砂之含錳量需高於 60 mg 以上	1.粒徑：8*30 mesh $\geq 90\%$ 2.碘值 > 900 mg/g 3.總表面積 > 950 m ² /g 4.硬度 $> 94\%$ 5.灰份 $< 7\%$ 6.pH：5~8 7.視密度：0.4~0.55 g/ml

表 4-13 過濾模組設計操作參數及採樣分析項目

過濾模組尺寸		
	支數：	2 支
	高：	180 cm
	直徑：	20 cm
	過濾表面積：	0.03 m ²
管柱過濾模組濾砂填充比例		
第 1 組實驗	管柱 1：	80 cm 石英砂
	管柱 2：	27 cm 活性碳(上層)+53 cm 錳砂(下層)
第 2 組實驗	管柱 1：	40 cm 錳砂(上層)+40 cm 石英砂(下層)
	管柱 2：	40 cm 活性碳(上層)+40 cm 錳砂(下層)
管柱過濾模組濾程		
第 1 組實驗	管柱 1：	約 15 小時
	管柱 2：	約 8 小時
第 2 組實驗	管柱 1：	約 6 小時
	管柱 2：	約 6 小時
採樣分析項目		
進流水及出流水：		pH、溫度、濁度、藻種及藻數、DOC、UV ₂₅₄ 、總菌數、鐵、錳
頻率：		pH、溫度、濁度 (每天一次)
		藻種及藻數、DOC、UV ₂₅₄ 、總菌數、鐵、錳(每週一次)



過濾模組



不同濾料填充

圖 4-43 以不同濾料填充之過濾模組

過濾模組於 6 月份開始運轉測試，中間經歷三次設備故障，第一次為反洗感測水位計無法作動，已於 6 月 13 日完成更換；第二次為原水抽水泵管線脫落，已於 6 月 27 日修復，第三次為原水抽水泵損壞，已於 10 月 11 日修復，至今維持正常運作。過濾管柱模組水質如附錄三，本計畫設計 2 組實驗，於 8 月 16 日更換不同濾料組合評估，以下分為 2 組實驗分別討論於下：

第 1 組實驗(管柱 1：石英砂；管柱 2：活性碳+錳砂[1:2])：

1. 濁度

過濾模組進、出流水之濁度值變化如圖 4-44 所示，管柱 1(石英砂)與管柱 2(活性碳搭配錳砂)出流水濁度值差距不大，除了在 6 月 28 日進流水濁度較高(6.6 NTU)，管柱 1(石英砂)與管柱 2(活性碳+錳砂)出流水濁度值較高，其餘量測結果多在 1 NTU 左右。

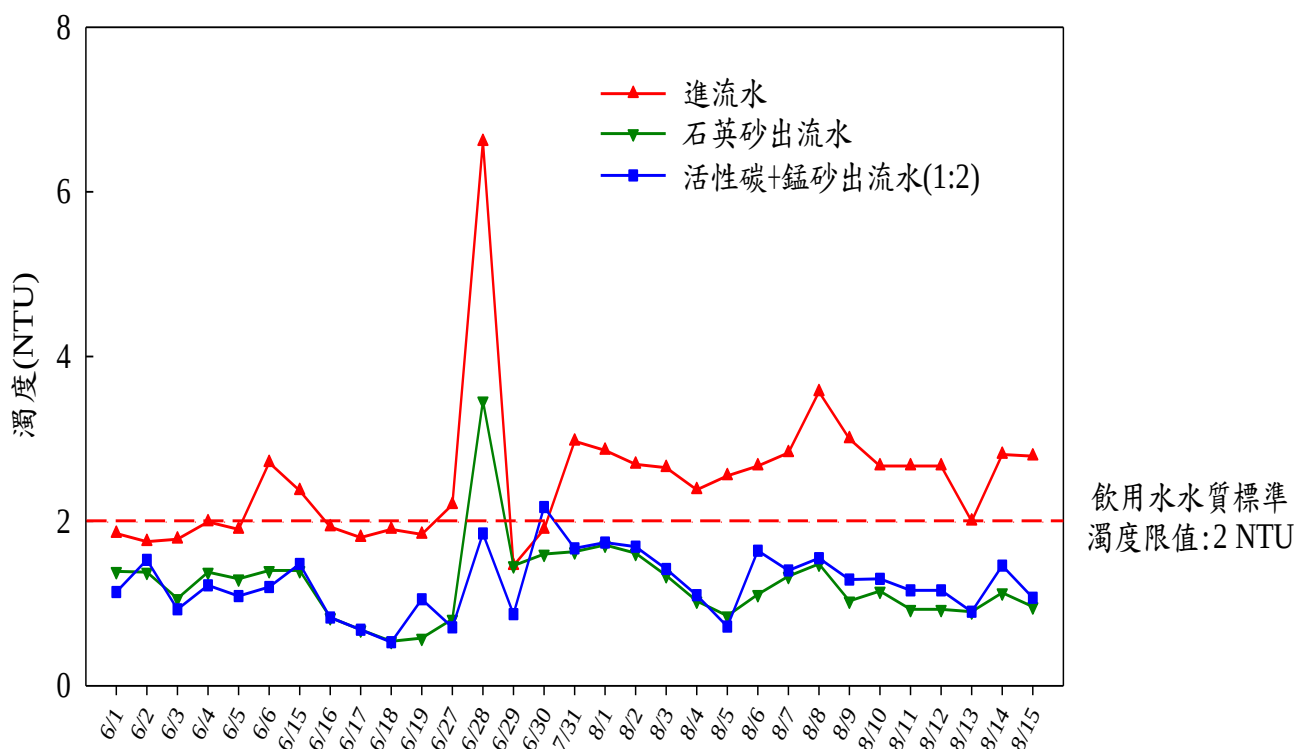


圖 4-44 過濾模組進、出流水之濁度變化
(管柱 1：石英砂；管柱 2：活性碳+錳砂)

2. 鐵、錳

過濾模組進、出流水之鐵、錳含量變化如圖 4-45 及圖 4-46 所示，浮除出水總鐵含量約介於 0.04 mg/L ~ 0.09 mg/L，溶解鐵含量低於 0.03 mg/L；總錳含量介於 0.02 mg/L ~ 0.07 mg/L，溶解錳含量也低於 0.03 mg/L，經過濾模組處理後之出水總鐵、錳含量均可符合飲用水水質標準值之鐵、錳限值；石英砂管柱過濾可去除部分顆粒錳，但無法去除溶解錳，但活性碳搭配錳砂過濾可去除水中大部分顆粒錳及溶解錳。

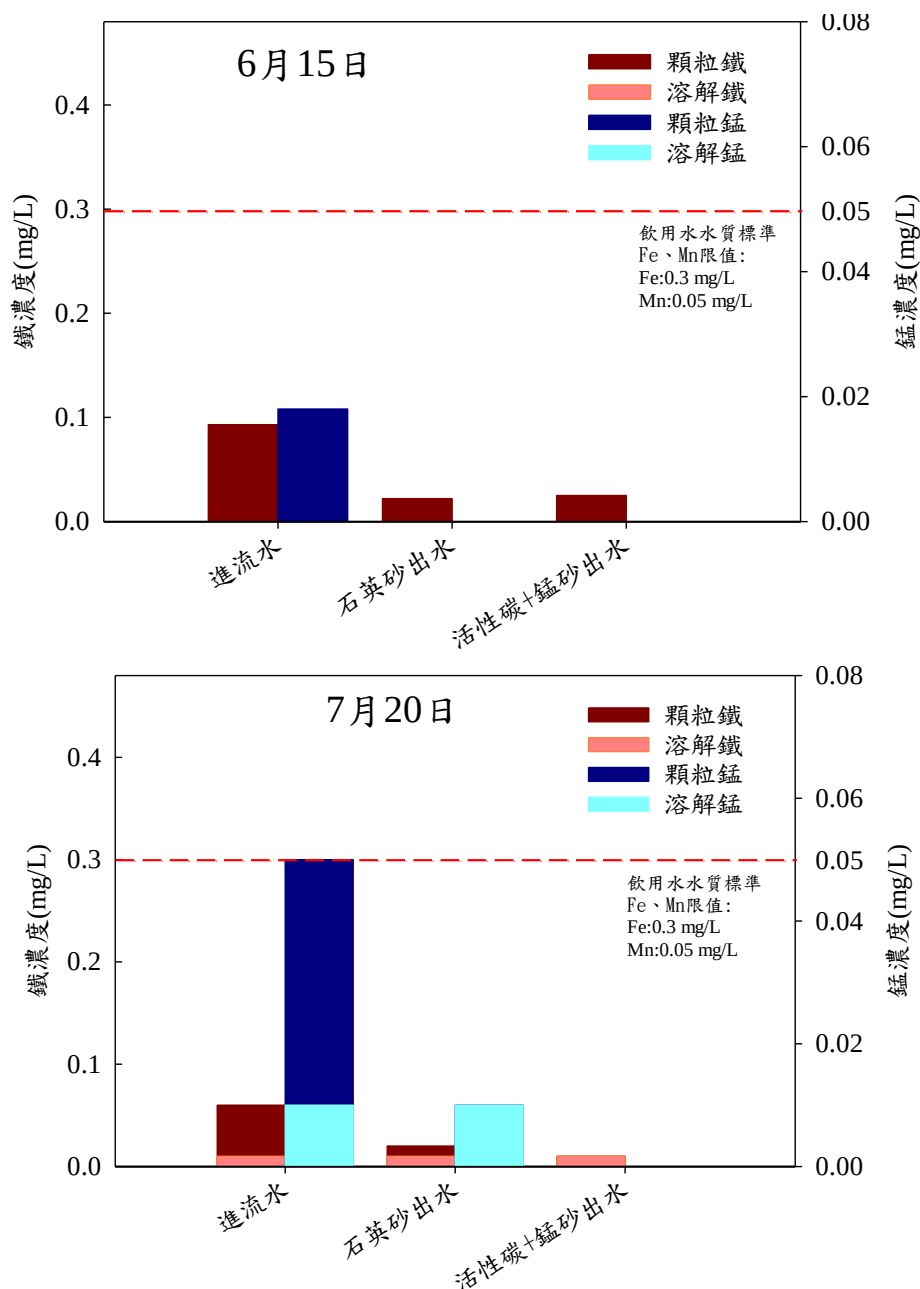


圖 4-45 6、7 月過濾模組進、出流水之鐵、錳含量變化
(管柱 1：石英砂；管柱 2：活性碳+錳砂)

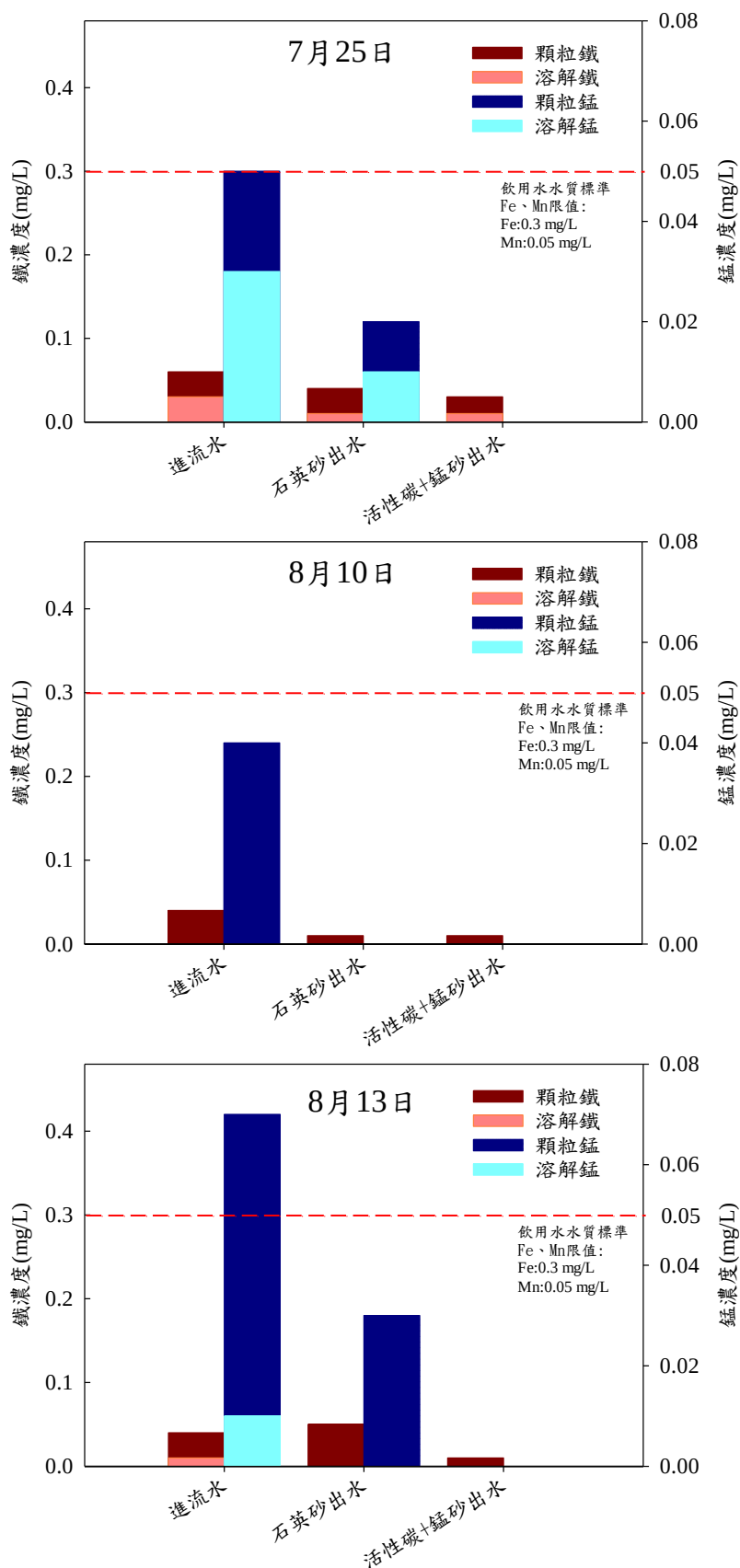


圖 4-46 7、8月過濾模組之進、出流水之鐵、錳含量變化
(管柱 1：石英砂；管柱 2：活性炭+錳砂)

3. DOC

過濾模組進、出流水之 DOC 含量變化如圖 4-47 所示，5 月 24 日模組開始運轉，5 月 25 日採樣分析結果顯示，活性碳搭配錳砂管柱過濾可去除 DOC 約 25%，但至 7 月 20 日分析結果顯示，活性碳搭配錳砂管柱過濾對 DOC 已幾乎沒有去除率，原水 DOC 含量平均為 10.9 mg/L，本組實驗活性碳吸附有機物飽和時間約為 1 個半月左右，另一方面，石英砂管柱過濾對 DOC 則幾乎沒有去除能力。

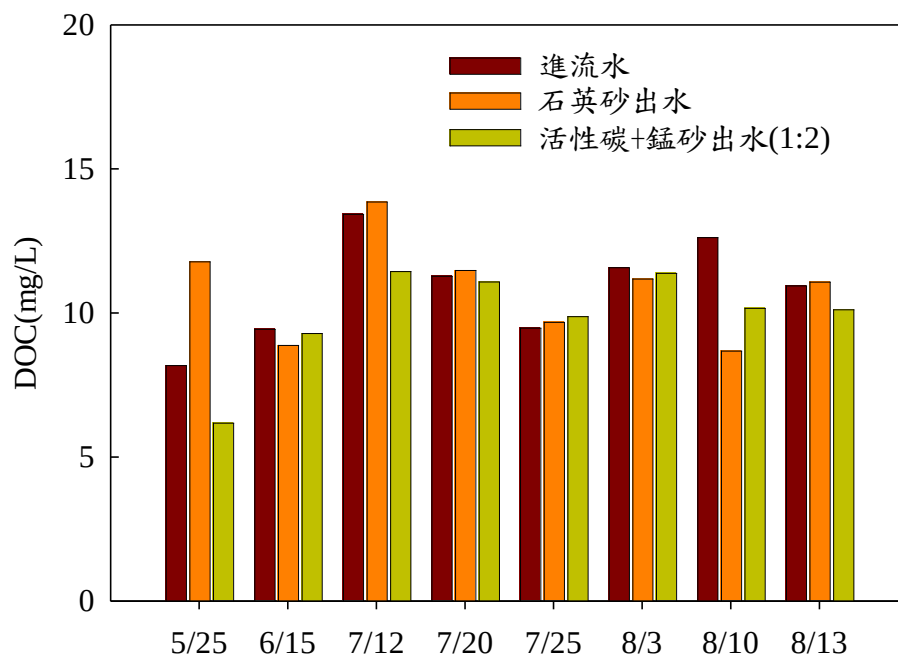


圖 4-47 過濾模組進、出流水之 DOC 含量變化
(管柱 1：石英砂；管柱 2：活性碳+錳砂)

4. 總菌數

過濾模組進、出流水之總菌數變化如圖 4-48 所示，至 7 月開始，石英砂管柱出流水總菌數明顯成長，可能因為石英砂管柱濾程較長所造成細菌孳生(石英砂管柱濾程約 15 小時、活性碳加錳砂管柱濾程約 8 小時)。

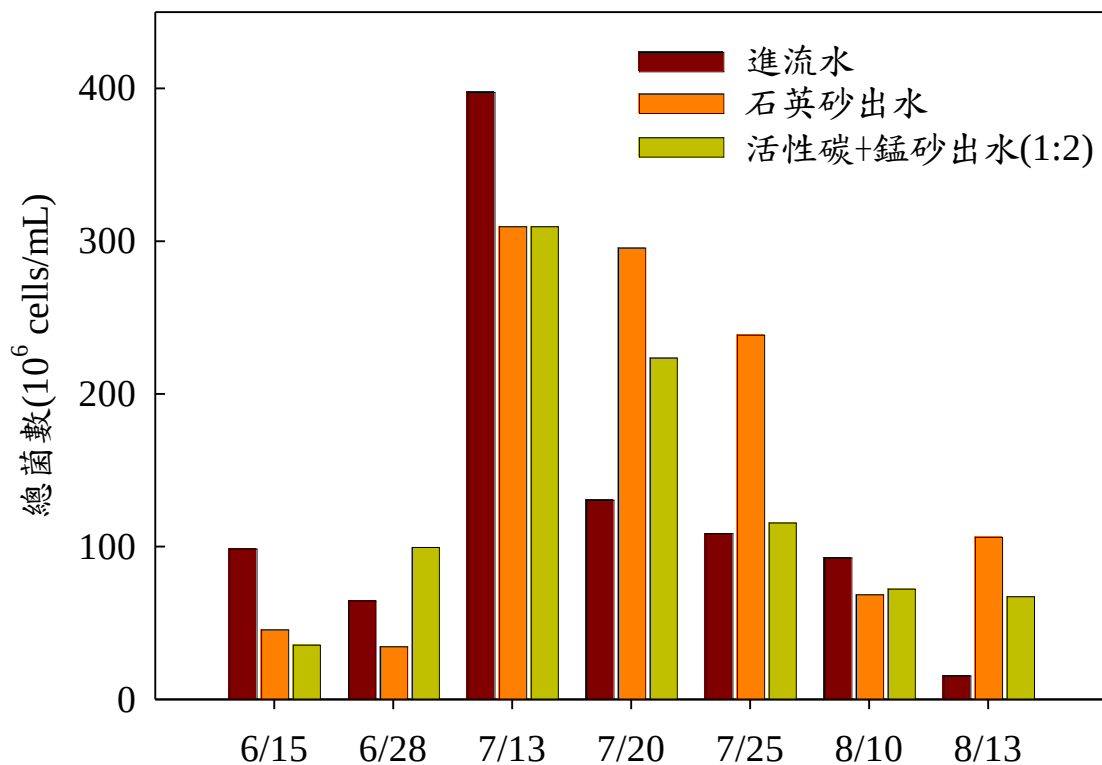


圖 4-48 過濾模組進、出流水之總菌數變化
(管柱 1：石英砂；管柱 2：活性碳+錳砂)

5. 藻數

過濾管柱模組之藻數變化如圖 4-49 所示，各月份分析結果以微囊藻為優勢藻種。結果顯示，在 7 月 20 日藻類貫穿情形較嚴重，其餘採樣結果管柱 1 及管柱 2 仍有部分藻類貫穿濾床，而活性碳搭配錳砂管柱過濾出水較石英砂管柱過濾出水之藻類去除率差。

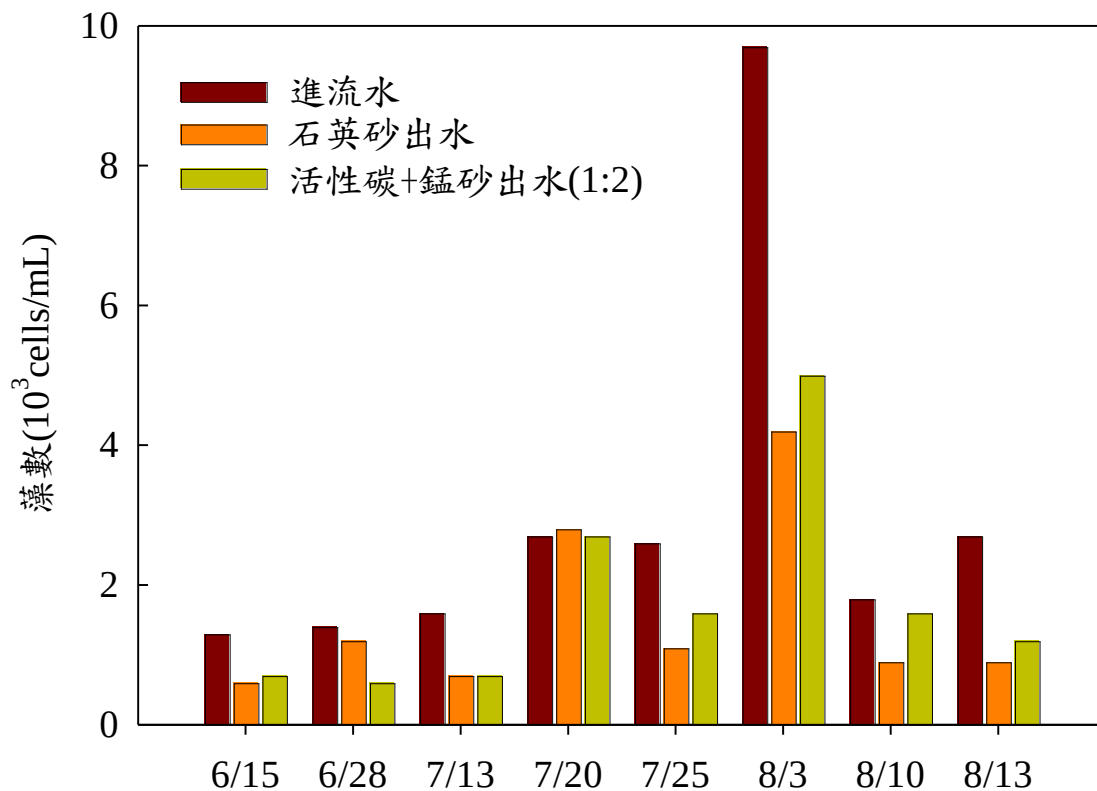


圖 4-49 過濾管柱模組之進、出流水之藻數變化
(管柱 1：石英砂；管柱 2：活性碳+錳砂)

第 2 組實驗(管柱 1：錳砂+石英砂[1:1]；管柱 2：活性碳+錳砂[1:1])：**1. 濁度**

過濾模組進、出流水之濁度值變化如圖 4-50 所示，管柱 1(錳砂搭配石英砂)與管柱 2(活性碳搭配錳砂)出流水濁度值差距不大，其餘量測結果多在 1 NTU 左右。

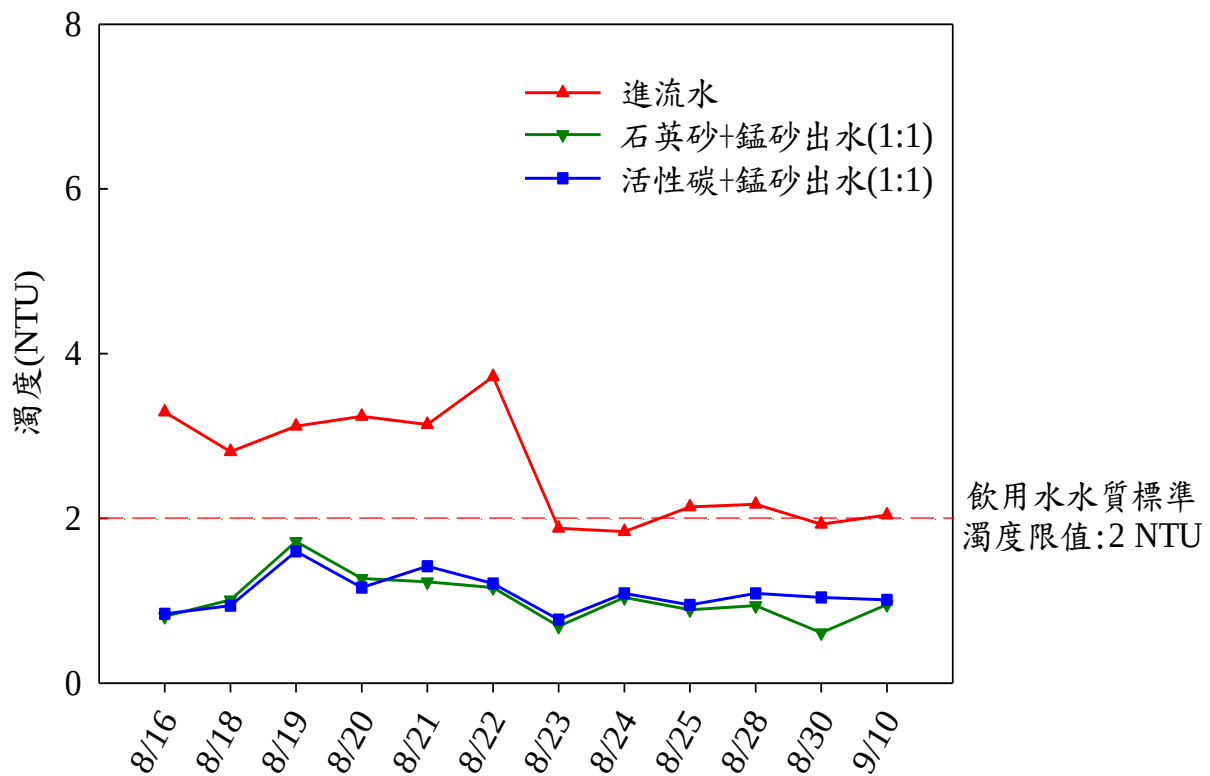


圖 4-50 過濾模組之進、出流水之濁度變化
(管柱 1：石英砂+錳砂；管柱 2：活性碳+錳砂)

2. 鐵、錳

過濾模組進、出流水之鐵、錳含量變化如圖 4-51 及 4-52 所示，浮除出水總鐵含量約介於 0.07 mg/L ~ 0.11 mg/L，溶解鐵含量介於 0.01 mg/L ~ 0.09 mg/L；總錳含量介於 0.05 mg/L ~ 0.11 mg/L，溶解錳含量低於 0.03 mg/L，8 月 17 日進流水錳含量較高，經過兩種管柱過濾出水之總鐵、錳含量均可符合飲用水水質標準之鐵、錳限值，且錳砂搭配石英砂(管柱 1)與活性碳搭配錳砂(管柱 2)過濾之鐵、錳去除成效相當。

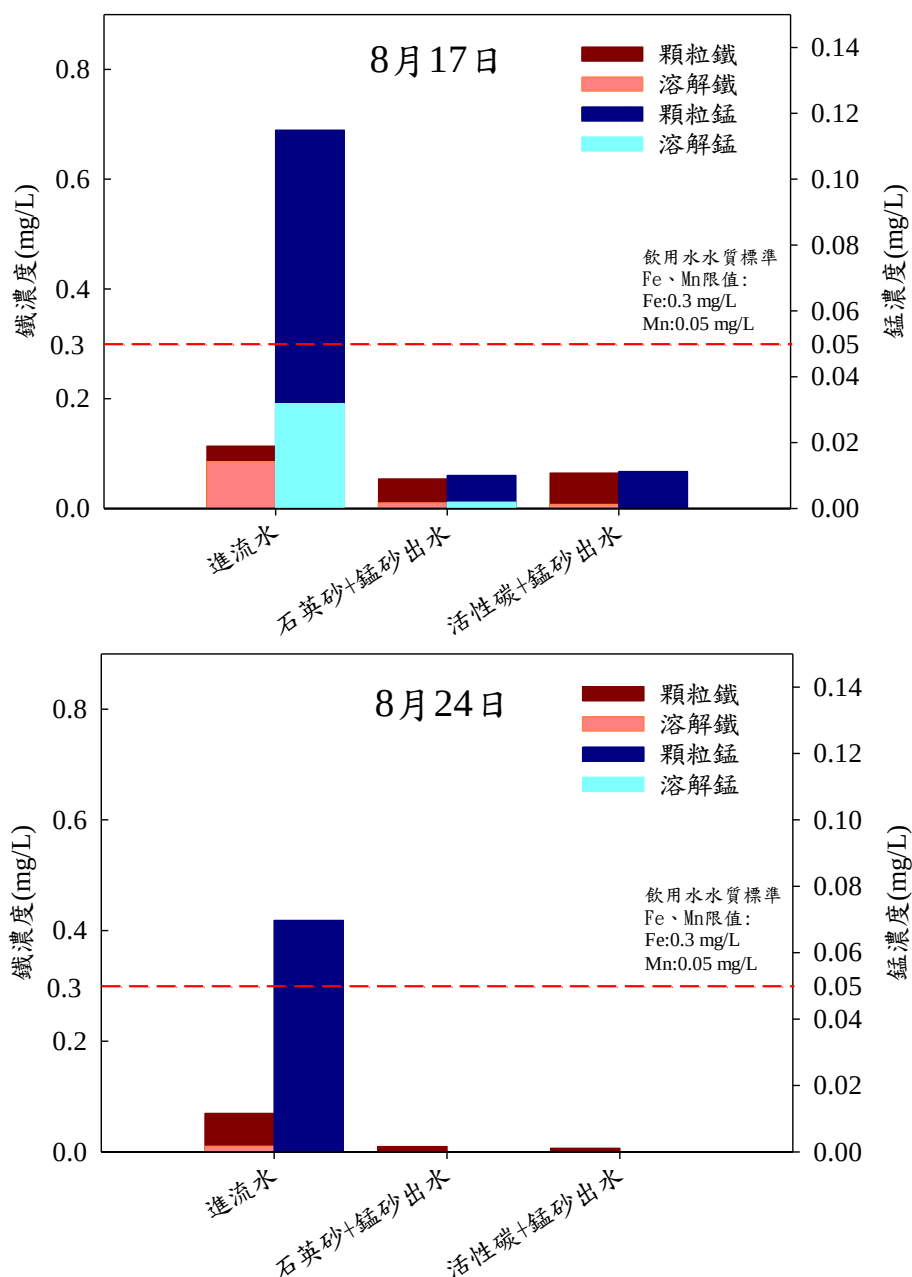


圖 4-51 8 月過濾模組之進、出流水之鐵、錳含量變化
(管柱 1：石英砂+錳砂；管柱 2：活性碳+錳砂)

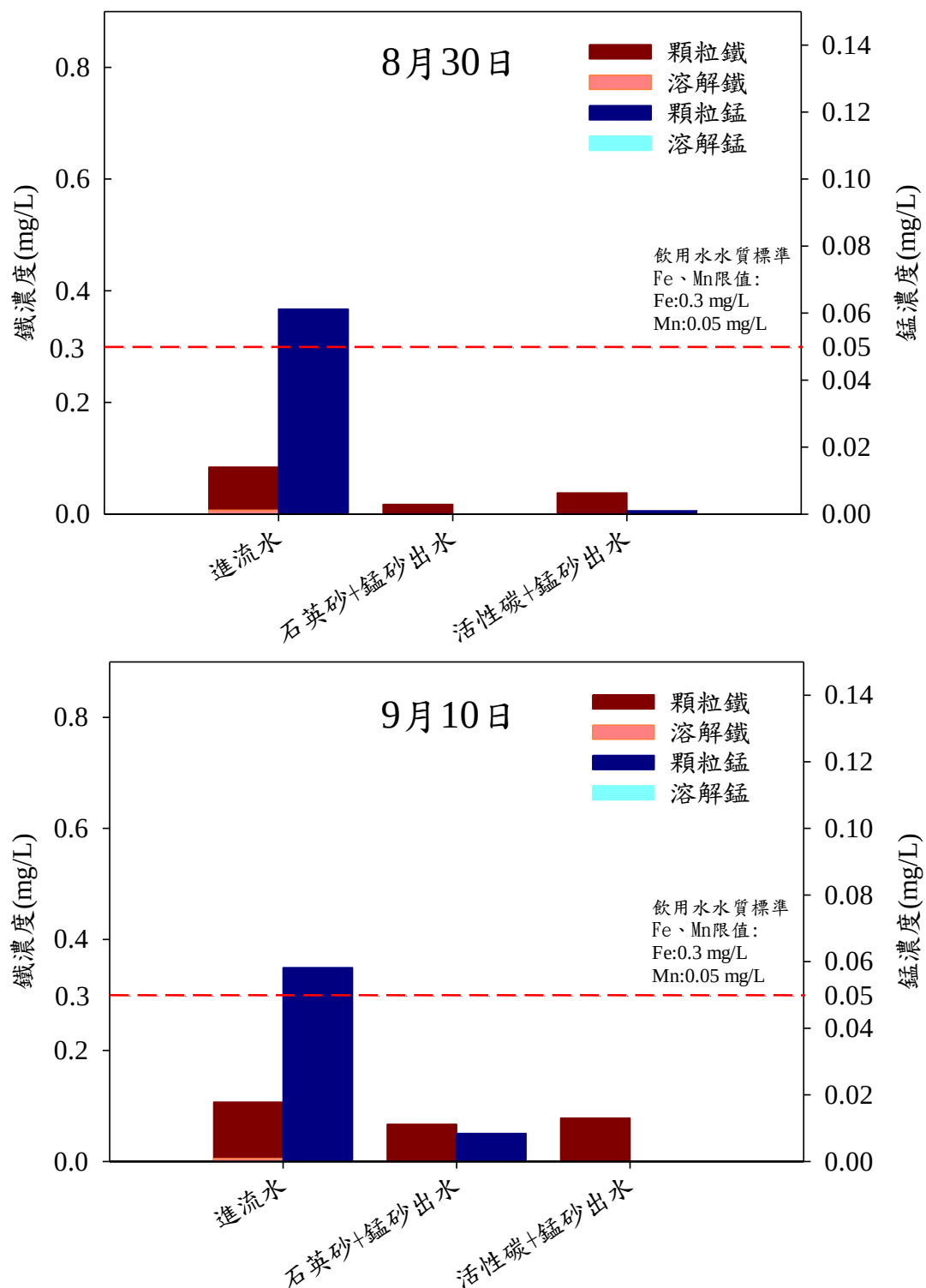


圖 4-52 8、9 月過濾模組之進、出流水之鐵、錳含量變化
(管柱 1：石英砂+錳砂；管柱 2：活性炭+錳砂)

3. DOC

過濾模組進、出流水之 DOC 含量變化如圖 4-53 所示，8 月 16 日模組更換濾料，8 月 17 日採樣分析結果顯示，活性碳搭配錳砂(管柱 2)過濾約可去除 51%DOC，其去除 DOC 之成效優於錳砂搭配石英砂(管柱 1)過濾，但隨過濾時間增加(一個月後)，活性碳搭配錳砂(管柱 2)過濾與錳砂搭配石英砂(管柱 1)過濾對 DOC 之去除成效相當。

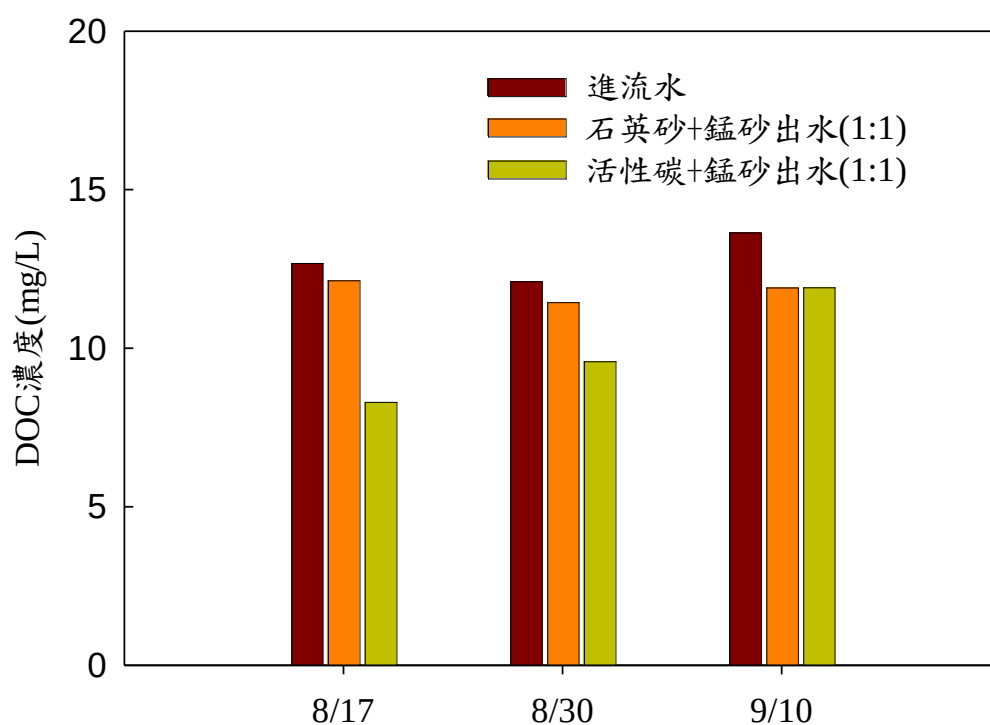


圖 4-53 過濾模組進、出流水之 DOC 含量變化
(管柱 1：石英砂＋錳砂；管柱 2：活性碳＋錳砂)

4. 總菌數

過濾模組進、出流水之總菌數變化如圖 4-54 所示，石英砂搭配錳砂管柱總菌數明顯較活性碳搭配錳砂管柱少，由於 2 支管柱濾程相差不多，可能為活性碳表面易使細菌孳生所致。

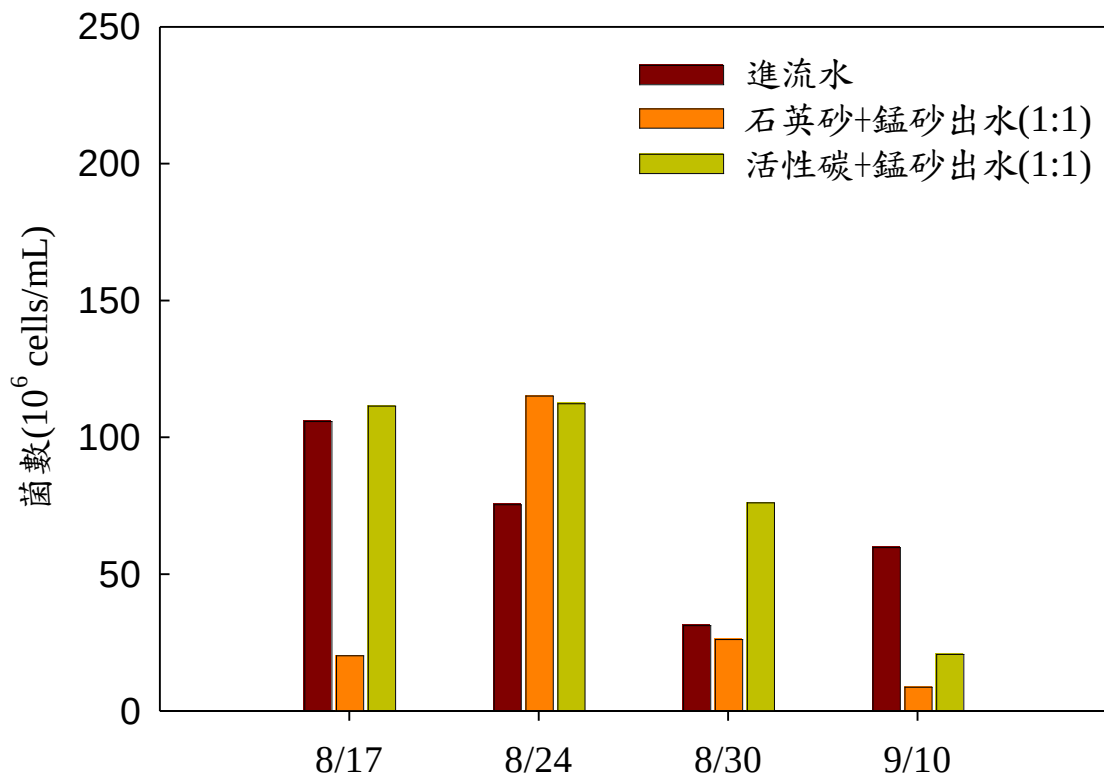


圖 4-54 過濾模組進、出流水之總菌數變化
(管柱 1：石英砂＋錳砂；管柱 2：活性碳＋錳砂)

5. 藻數

過濾管柱模組之藻數變化如圖 4-55 所示，各月份分析結果以微囊藻為優勢藻種。結果顯示，在 9 月 11 日採樣結果藻類貫穿情形較嚴重，其餘採樣結果管柱 1 及管柱 2 仍有部分藻類貫穿濾床。

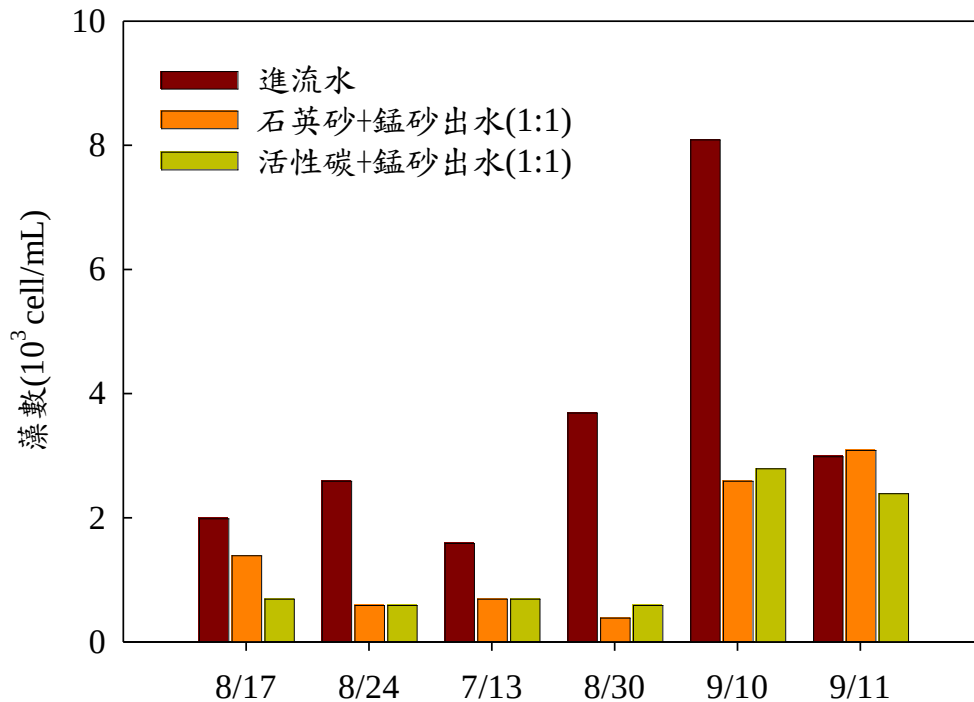


圖 4-55 過濾管柱模組之進、出流水之藻數變化
(管柱 1：石英砂+錳砂；管柱 2：活性炭+錳砂)

綜合前述二組實驗結果，使用活性炭搭配錳砂濾料，兩者填充量比例為 1：2 時，其過濾移除 DOC 及鐵、錳效能最佳，但由於原水水質不同會直接影響活性炭之吸附飽和時間，太湖淨水場仍需依據不同原水水質決定活性炭及錳砂最適填充量配比，以有效降低水中殘餘之 DOC 及鐵、錳含量。

4.4 淨水場供水水質改善之最適策略及方法

在完成氧化及混凝效能之實驗室評估與濾料過濾效能模組評估後，找出最適氧化及混凝劑搭配加藥模式(含氧化劑種類及劑量、最適混凝劑種類及劑量)以及確認最適濾材種類及濾材填充量配比，以提供金門淨水場作為前氧化、混凝及過濾操作之參考。各項供水水質改善方法分述如下：

4.4.1 水庫管理及治理策略

由於金門地區水庫建築在低窪地區，早期附近居民、駐軍、畜牧業及農業施肥產生之各種廢污水皆未經處理而直接排入湖庫內，近期太湖流域家戶污水接管已達 80%以上，但湖庫優養化情形仍未見明顯改善。水庫水中有機物及氨氮污染物濃度高，水庫亦已優養化，水中藻類大量滋生，進而產生微囊藻毒及臭味問題。此外，由於水庫水深不足，乾旱時期淨水場易抽取含底泥之水庫水，水庫底層污泥因厭氧環境致原水溶解鐵、錳含量增加，加上金門地區主要湖庫上、中游集水區皆位於既有之住宅聚落及農牧區內，目前難以依自來水法劃設水質水量保護區，造成金門地區淨水場原水水質長期不佳。為改善金門地區水庫長期污染情形，金門縣政府已針對水庫管理及治理擬定相關執行策略，說明如下：

一、山外溪及其上游集水區之減污作為

- 1.於山外溪各支流或山外溪中增設旱季污水截流設施(抽水站)。
- 2.太湖上游集水區生活污水納管，包括各自然村生活污水尚未或遺漏納管之調查及接管。
- 3.太湖上游有陽明湖、明潭和映碧潭等湖泊，底泥須定期清除，淤積嚴重之河段亦可優先辦理清淤。
- 4.太湖水庫集水區內畜牧業和污染性工廠之稽查及廢水排放管制，不合法業者應依法予以取締，且不再允許任意放養。合法業者應加強污染排放管制並輔導遷移至集水區外。
- 5.太湖集水區農地各種肥料受雨沖刷，均是原水優養化來源，必須宣導及管制。

- 6.山外溪及其上游河川不定期稽(巡)查河川環境，並於山外溪上、中、下游適當位置監測水質之變異。
- 7.集水區酒糟受大雨沖刷，溶出大量的有機質，須有配套解決方案。
- 8.為確保水資源之清潔，針對河川全流域及行政轄區，依水污染防治法，研擬劃定水污染管制區。

二、水庫管理作為

- 1.研議各種增氧、對流、遮陽、除藻、植生及魚苗放養等淨化工程。
- 2.蓄水範圍內包括垃圾、落葉、雜木(草)、死魚及浮生植物之清理。
- 3.太湖原水定期監測，包括總有機碳、氨氮、總溶解固體量、氯鹽、總磷、葉綠素和溶氧等等檢項之自動或人工監測工作。
- 4.研議湖庫分區抽乾、底泥確實清除。

4.4.2 前氧化搭配混凝之最適加藥策略

本計畫在提升太湖淨水場原水有機物之去除效率及降低清水之三鹵甲烷生成量前提下，經實驗室瓶杯試驗及現場評估後，太湖淨水場原水為金湖搭配田埔水庫水時(約 1：1)，使用二氧化氯及次氯酸鈉前氧化之最適劑量分別為 0.5 mg/L as Cl 二氧化氯搭配 0.25 mg/L as Cl 次氯酸鈉，且由實驗室瓶杯試驗及現場試驗判斷最適混凝劑添加量須達 2 mg/L (約 40 mg/L as 10% Al_2O_3) 才可有效降低浮除後水中殘餘濁度、DOC 及藻數，現階段太湖淨水場最適氧化及混凝加藥模式之成本分析如下：

使用二氧化氯及次氯酸鈉前氧化之成本分析如表 4-14，由於太湖淨水場 ClO_2 設備剛建造完成，尚無法估算相關成本，本計畫為參考文獻使用化學法(酸性/亞氯酸鹽氧化法)估算 ClO_2 成本，每公斤 ClO_2 約為 165.1 元(包含藥劑成本，不包含動力費、維修費及人事費)^(台灣自來水股份有限公司，2010)，計算時間為 1 年處理每噸水使用之藥劑成本。

表 4-14 太湖淨水場前氧化及混凝劑成本

平均處理水量：	4,750 CMD
次氯酸鈉劑量：	0.25 mg/L as Cl (約 2.4 mg/L as 40% ClO ₂)
二氧化氯劑量：	0.5 mg/L as Cl (約 5.2 mg/L as 10% NaOCl)
硫酸鋁劑量：	2 mg/L as Al (約 40 mg/L as 10% Al ₂ O ₃)
次氯酸鈉單價：	8 元/Kg
二氧化氯單價*：	165.1 元/Kg
硫酸鋁單價：	10 元/Kg

*二氧化氯單價來源:台灣自來水股份有限公司委託研究案，2010

■ 太湖淨水場使用二氧化氯及次氯酸鈉前氧化劑及硫酸鋁混凝劑成本計算：

- 1.年處理水量：1,733,750 m³
- 2.年使用次氯酸鈉劑量：4,161 Kg
- 3.年使用二氧化氯劑量：9,015.5 Kg
- 4.年使用硫酸鋁(10% Al₂O₃)劑量：69,350 Kg
- 5.年次氯酸鈉使用成本：33,288 元
- 6.年二氧化氯使用成本：1,488,459 元
- 7.年硫酸鋁(10% Al₂O₃)使用成本：693,500 元
- 8.處理每噸水使用之藥劑成本：1.28 元/m³

■ 太湖淨水場去年度僅使用次氯酸鈉，尚未使用二氧化氯，太湖淨水場使用次氯酸鈉之成本計算(包含前、中、後加氯)：

- 1.年處理水量：1,733,750 m³
- 2.年使用次氯酸鈉劑量：299,939 Kg
- 3.年使用硫酸鋁(10% Al₂O₃)劑量：104,025 Kg
- 4.年次氯酸鈉使用成本：2,399,512 元

5.年硫酸鋁(10% Al_2O_3)使用成本：1,040,250 元

6.處理每噸水使用之藥劑成本：1.98 元/m³

4.4.3 濾材之最適種類及填充量配比

本計畫過濾模組在計畫執行期間共規劃進行 2 組實驗，每組實驗測試時間約 2 個月，第 1 組實驗管柱 1 使用單一石英砂、管柱 2 使用活性炭搭配錳砂(填充比 1:2)；第 2 組實驗管柱 1 使用石英砂搭配錳砂(填充比 1:1)、管柱 2 使用活性炭搭配錳砂(填充比 1:1)，實驗數據如 4.3.2 節所述，歸納 2 組實驗結果，由於濁度在太湖淨水場並非主要難處理之污染物，而單純石英砂無法去除鐵、錳、DOC 等污染物，因此活性炭搭配錳砂為最適之濾料組合，此外，在第 2 組實驗使用活性搭配錳砂填充比為 1:1，DOC 之去除率雖較第 1 組實驗使用活性炭搭配錳砂填充比為 1:2 之配比佳，但活性炭吸附飽和時間同樣為 1 個月左右，在考量成本及處理效能兼顧下，使用活性炭搭配錳砂填充比為 1:2 為最佳搭配組合。現階段太湖淨水場最適濾材填充量配比成本分析如下：

使用活性炭搭配錳砂填充比為 1:2 之快濾單元濾料成本分析如表 4-15，計算時間為 1 年處理每噸水使用之濾料成本。

表 4-15 太湖淨水場快濾單元濾料成本

快濾桶體積：	15.1 m ³		
平均處理水量：	1,055 CMD		
活性炭單價：	45,000 元/m ³	平均換頻率：	1.5 月換 1 次
錳砂單價：	30,000 元/m ³	平均換頻率：	3 年換 1 次

■ 太湖淨水場目前濾料使用成本計算：

- 1.目前快濾桶使用濾料及體積：活性炭約 9.6 m³；錳砂約 5.5 m³
- 2.年濾料使用體積：活性炭約 76.8 m³；錳砂約 1.8 m³
- 3.年濾料使用成本：活性炭約 3,456,000 元；錳砂約 54,000 元
- 4.快濾桶年處理水量：385,075 m³

5.處理每噸水使用之濾料成本：9.12 元/m³

■ 使用活性炭搭配錳砂量填充比為 1：1 之成本計算：

- 1.快濾桶使用濾料及體積：活性炭約 7.55 m³；錳砂約 7.55 m³
- 2.年濾料使用體積：活性炭約 60.4 m³；錳砂約 2.5 m³
- 3.年濾料使用成本：活性炭約 2,718,000 元；錳砂約 75,000 元
- 4.快濾桶年處理水量：385,075 m³
- 5.處理每噸水使用之濾料成本：7.25 元/m³

■ 使用活性炭搭配錳砂量填充比為 1：2 之成本計算：

- 1.快濾桶使用濾料及體積：活性炭約 5 m³；錳砂約 10.1 m³
- 2.年濾料使用體積：活性炭約 40 m³；錳砂約 3.4 m³
- 3.年濾料使用成本：活性炭約 1,800,000 元；錳砂約 102,000 元
- 4.快濾桶年處理水量：385,075 m³
- 5.處理每噸水使用之濾料成本：4.94 元/m³

依此濾料成本分析結果，太湖淨水場快濾桶若使用活性炭搭配錳砂填充比為 1：2 時，處理每噸水之濾料成本應可節省 4.18 元。

4.5 淨水場人員教育訓練

為提升淨水場操作人員專業技能，本計畫預計辦理一場操作種子人員教育訓練及三場人員教育訓練，目前已辦理完畢，各場次教育訓練簡報資料如附錄四，並於太湖及榮湖淨水場加辦二場次操作效能評估會議，茲將各場教育訓練辦理內容分述如下：

4.5.1 淨水場操作效能評估執行人員教育訓練

本計畫於 7 月 11 日下午，假金門縣自來水廠二樓會議室辦理第一場操作效能評估執行人員教育訓練，當日規劃議程如表 4-16 所示，主要訓練目的為協助金門縣太湖及榮湖淨水場進行綜合操作效能評估之先期填表作業訓練，使太湖及榮湖淨水場自評人員充分瞭解綜合操作效能評估制度之目的及表格填寫方法。當日參與單位人員包括水利署郭俊楨簡任正工程司及潘志銘工程師；金門縣自來水廠王登緯廠長及陳清華課長；金沙服務所許世國主任；金湖服務所許瀟陽主任；烈嶼服務所黃水亮主任；太湖淨水場及榮湖淨水場相關管理及操作人員共 20 人。

表 4-16 淨水場操作效能評估執行人員教育訓練議程

金門自來水廠淨水場供水水質改善最適對策評估研究			
淨水場操作效能評估執行人員教育訓練			
2012 年 7 月 11 日 (三)			
時 間	議 程	主持人/講座	參與人員
15:30 ~ 16:00	營運效能評估及提昇之整體架構	黃志彬 教授 袁如馨 教授	水利署郭俊楨簡任正工程司及潘志銘工程師；金門縣自來水廠王登緯廠長及陳清華課長；金沙服務所許世國主任；金湖服務所許瀟陽主任；烈嶼服務所黃水亮主任；太湖淨水場及榮湖淨水場相關管理及操作人員計 20 人
16:00 ~ 16:30	淨水場操作效能評估表格及指引說明	林志麟 博士	

綜合操作效能評估制度為台灣自來水公司協助其轄下淨水場鑑定其處理效能限制因子，此因子包括設計、操作維護及管理層面，經過效能限制因子之鑑定及對這些效能因子之排序，即可依此結果提出對策，因此，評估之目的在於不需要進行大型改善工程之前提下，完成現有水場設備之最佳化，達到營運效能提升之目的。

4.5.2 淨水場操作種子人員教育訓練

本計畫於 7 月 12 日上午，假金門縣自來水廠三樓階梯室辦理操作種子人員教育訓練，訓練方式由本計畫三位教授分別以簡報方式講授。本計畫主持人黃志彬教授講述有關水處理混凝加藥理論與實務操作；協同主持人林財富教授講述有關飲用水系統中毒藻及毒素之處理；顧問王根樹教授講述有關飲水中消毒產物及 THM 風險評估，主要希望藉由本次教育訓練，提供淨水場同仁在淨水操作上的理論概念，並對於消毒副產物及藻毒處理有更進一步瞭解，以增進淨水操作人員之應變及操作技術能力。

此次訓練參與人員踴躍，參與單位人員包括水利署郭俊楨簡任正工程司及朱家興科長；金門縣自來水廠林堯土課長及張建灝課長；金沙服務所許世國主任；烈嶼服務所黃水亮主任；金城服務所陳連對主任；太湖淨水場、榮湖淨水場及紅山淨水場相關管理及操作人員共 51 人，當日議程及現場照片如表 4-17 及圖 4-56 所示。

表 4-17 淨水場操作種子人員教育訓練議程

金門自來水廠淨水場供水水質改善最適對策評估研究			
淨水操作種子人員教育訓練			
2012 年 7 月 12 日 (四)			
時 間	議 程	主持人/講座	金門自來水廠 參與人員
09:20 ~ 09:30	致 詞	朱家興 科長	水利署郭俊楨簡任正工程司及朱家興科長；金門縣自來水廠林堯土課長及張建灝課長；金沙服務所許世國主任；烈嶼服務所黃水亮主任；金城服務所陳連對主任；太湖淨水場、榮湖淨水場及紅山淨水場相關管理及操作人員共 51 人
09:30 ~ 10:20	水處理混凝加藥理論與實務操作	黃志彬 教授	
10:20 ~ 10:40	休 息/Coffee Break		
10:40 ~ 11:20	飲水中消毒副產物及 THM 風險評估	王根樹 教授	
11:20 ~ 12:00	飲用水系統中毒藻及毒素之處理	林財富 教授	



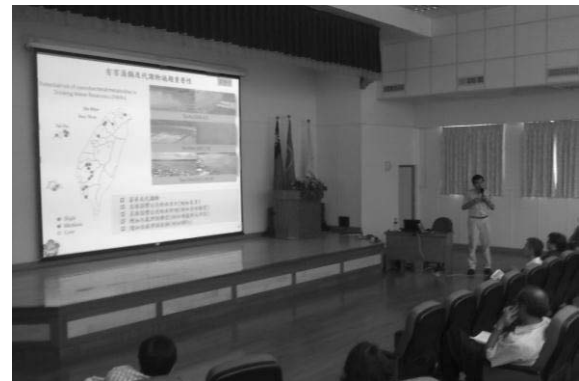
水利署長官致詞



黃志彬教授專題講授



王根樹教授專題講授



林財富教授專題講授

圖 4-56 操作種子人員教育訓練實況

4.5.3 淨水高級處理過濾單元優化操作策略教育訓練

本計畫於 10 月 23 日上午，假金門縣自來水廠三樓階梯室辦理淨水高級處理過濾單元優化操作策略教育訓練，訓練方式由本計畫二位教授分別以簡報方式講授。本計畫主持人黃志彬教授講述有關飲用水薄膜處理程序操作實務；協同主持人林財富教授講述有關活性碳吸附理論及應用，主要希望藉由本次教育訓練，提供淨水場同仁在淨水高級處理過濾單元操作上的理論概念，對於未來榮湖淨水場行操作高級處理單元及太湖淨水場增建高級處理單元時，能以最快的時間銜接。

此次訓練參與人員踴躍，參與單位人員包括水利署朱家興科長；金門縣自來水廠王登緯廠長、翁文貴副廠長、林堯土課長、張建灝課長及張武達課長；金沙服務所許世國主任；烈嶼服務所黃水亮主任；金城服務所陳連對主任；太

湖淨水場、榮湖淨水場及紅山淨水場相關管理及操作人員共 74 人，當日議程及現場照片如表 4-18 及圖 4-57 所示。

表 4-18 淨水高級處理過濾單元優化操作策略教育訓練議程

金門自來水廠淨水場供水水質改善最適對策評估研究			
淨水高級處理過濾單元優化操作策略教育訓練			
2012 年 10 月 23 日 (二)			
時 間	議 程	主持人/講座	金門自來水廠 參與人員
09:30 ~ 09:40	致歡迎詞	經濟部水利署	水利署朱家興科長；金門縣自來水廠王登緯廠長、翁文貴副廠長、林堯土課長、張建灝課長及張武達課長；金沙服務所許世國主任；烈嶼服務所黃水亮主任；金城服務所陳連對主任；太湖淨水場、榮湖淨水場及紅山淨水場相關管理及操作人員共 74 人
9:40 ~ 10:30	飲用水薄膜處理程序操作實務	黃志彬 教授	
10:30 ~ 10:50	休 息/Coffee Break		
10:50 ~ 11:40	活性碳吸附理論及應用	林財富 教授	
11:40 ~ 12:00	綜合討論	經濟部水利署 林財富 教授 黃志彬 教授	



水利署長官致詞

黃志彬教授專題講授

林財富教授專題講授

綜合討論

圖 4-57 淨水高級處理過濾單元優化操作策略教育訓練實況

4.5.4 淨水場操作種子人員實作教育訓練

為使淨水場操作人員實地動手混凝加藥浮除瓶杯試驗之操作流程，本工作團隊於 10 月 9 日至太湖淨水場講解操作混凝加藥浮除瓶杯試驗，並以 2 個實驗主題分別由太湖及榮湖淨水場操作人員實際操作，將實驗結果於本次教育訓練說明及討論，前氧化混凝加藥浮除瓶杯試驗標準操作流程如附錄五。本次教育訓練於 10 月 23 日下午，假金門縣自來水廠二樓會議室辦理，訓練流程由太湖及榮湖淨水場主任分別報告實地操作之混凝加藥浮除瓶杯試驗結果，報告結束後由黃志彬及林財富教授與自來水廠人員進行討論。此次訓練參與人員包括水利署朱家興科長；金門縣自來水廠翁文貴副廠長及陳清華課長；金沙服務所許世國主任；烈嶼服務所黃水亮主任；金城服務所陳連對主任；太湖淨水場、榮湖淨水場紅山淨水場相關管理及操作人員共 20 人，當日議程及現場照片如表 4-19 及圖 4-58 所示。

表 4-19 淨水場操作種子人員實作教育訓練議程

金門自來水廠淨水場供水水質改善最適對策評估研究			
淨水場操作種子人員實作教育訓練			
2012 年 10 月 23 日 (二)			
時 間	議 程	主持人/講座	金門自來水廠 參與人員
13:00 ~ 13:20	混凝加藥瓶杯試驗結果說明	太湖淨水場	水利署朱家興科長;金門縣自來水廠翁文貴副廠長及陳清華課長;金沙服務所許世國主任;烈嶼服務所黃水亮主任;金城服務所陳連對主任;太湖淨水場、榮湖淨水場紅山淨水場相關管理及操作人員共 20 人
13:20 ~ 13:40	混凝加藥瓶杯試驗結果說明	榮湖淨水場	
13:40 ~ 14:00	綜合討論	黃志彬 教授 林財富 教授	



圖 4-58 淨水場操作種子人員實作教育訓練實況

太湖淨水場混凝加藥浮除瓶杯試驗之主題是為了探討原水前處理以二氧化氯部分替代次氯酸鈉前氧劑量之可行性，試驗中比較次氯酸鈉與二氧化氯搭配次氯酸鈉前氧化之混凝浮除效能，試驗原水為太湖加田埔水庫、原水濁度為 32 NTU、原水 TOC 為 13.2 mg/L、原水藻數為 11,933 cells/mL、使用之氧化劑為二氧化氯及次氯酸鈉，混凝劑為硫酸鋁。試驗結果如圖 4-59，在使用前氧化劑總濃度相同下，當次氯酸鈉劑量為 1 mg/L as Cl 時，混凝浮除出水殘餘濁度略高於 0.5 mg/L as Cl 二氧化氯搭配 0.5 mg/L as Cl 次氯酸鈉前氧化之組合，但兩種加藥模式之浮除出水殘餘 TOC 相當，而對於藻類混凝浮除效能，使用二氧化氯搭配次氯酸鈉前氧化優於僅使用次氯酸鈉前氧化，主要使因為二氧化氯前氧化可有效降低藻類活性，有助於混凝去穩定藻類，並藉由浮除程序移除。根據實驗結果，現階段太湖淨水場已於場內加裝二氧化氯設備，並於舊場添加二氧化氯以增加淨水處理效能。

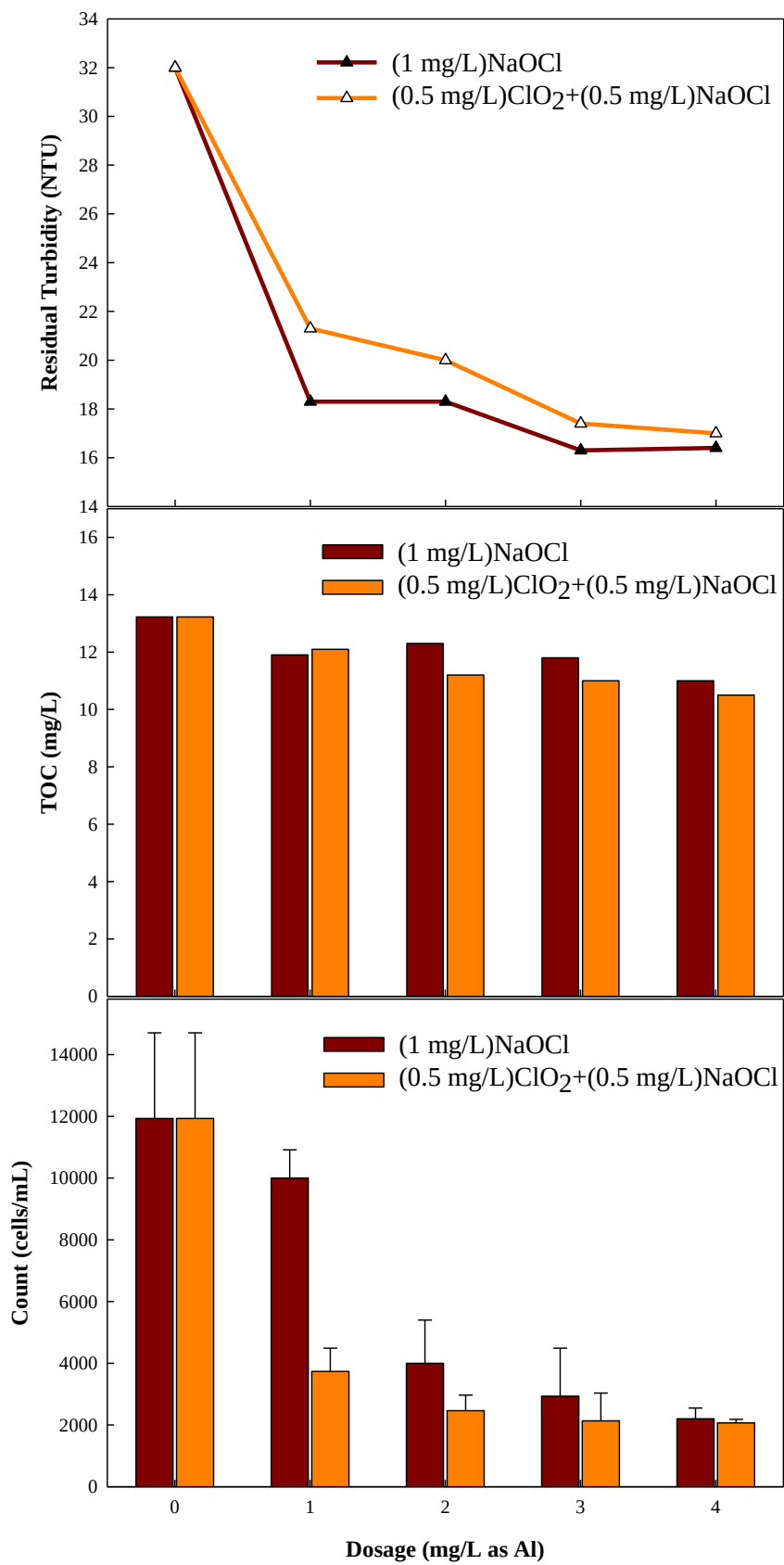


圖 4-59 太湖淨水場混凝加藥浮除瓶杯試驗結果

榮湖淨水場混凝加藥浮除瓶杯試驗主題是為了探討原水前處理二氧化氯與次氯酸鈉搭配使用之劑量比例對混凝浮除效能之影響，試驗原水為山西加金沙水庫、原水濁度為 14.2 NTU、原水 TOC 為 20.8 mg/L、原水藻數為 4,533 cells/mL、使用之氧化劑為二氧化氯及次氯酸鈉，混凝劑為硫酸鋁。試驗結果如圖 4-60，在不同前加氯劑量配比下，二氧化氯劑量固定為 0.3 mg/L as Cl，當加次氯酸鈉劑量由 0.25 mg/L as Cl 降至 0.12 mg/L as Cl 時，混凝浮除出水殘餘濁度些微下降，但此時出水之殘餘 TOC 下降程度並不顯著，而使用較多量之次氯酸鈉可有效的去穩定藻類，減少混凝浮除出水殘餘藻數。根據此實驗結果，現階段榮湖淨水場已採用 0.3 mg/L as Cl 之二氧化氯劑量搭配 0.12 mg/L as Cl 之次氯酸鈉劑量進行前氧化處理以提升淨水處理效能。

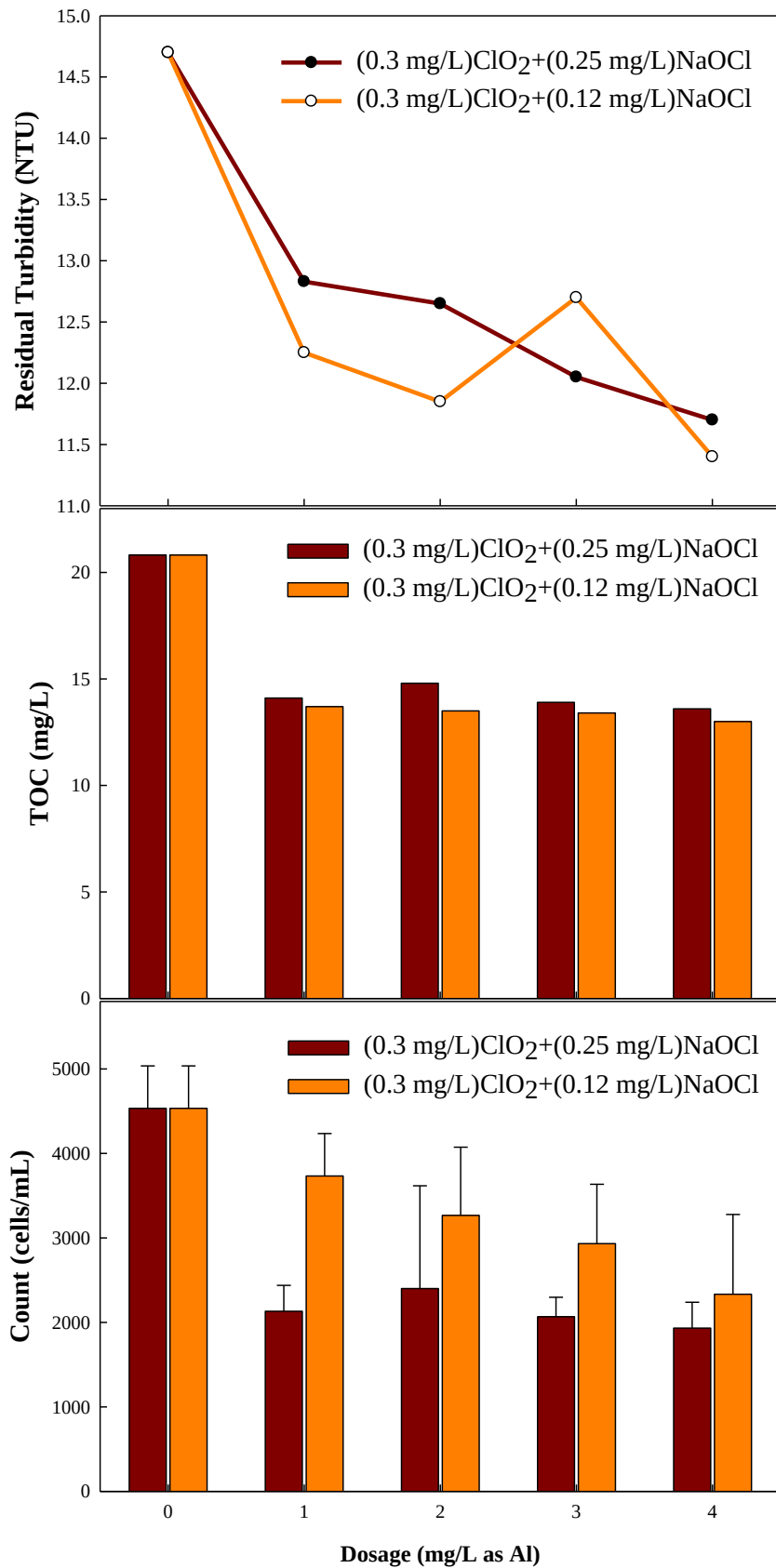


圖 4-60 榮湖淨水場混凝加藥浮除瓶杯試驗結果

第五章、結論與建議

5.1 結論

1. 金湖水庫除鐵、錳含量相對偏高外，整體庫水水質最佳；太湖水庫庫水 DOC 濃度最高可達 27 mg/L，各水庫庫水親水性比例幾乎超過 60%，其中金湖水庫及太湖水庫微囊藻毒素濃度曾高於 WHO 所訂之建議值(1 µg/L)。
2. 太湖淨水場原水 DOC 濃度高達 11 ~ 26 mg/L，藉慢濾池可降解部份 DOC，其中因有機氮分解而釋出氨氮，造成慢濾出水氨氮值上升。
3. 太湖淨水場原水為金湖搭配田埔水庫時，清水之 TTHM 超過飲用水水質限值，由於金湖水庫臨近海邊，可能有海水入滲導致 TTHM 中含溴物種超過 50%；但原水取水來源若改為太湖水庫搭配田埔水庫時，清水含溴三鹵甲烷量會大幅降低 40%左右。
4. 實驗室瓶杯試驗結果顯示，使用金湖水庫搭配田埔水庫(1：1)為原水之最適前氧化加氯模式為二氧化氯搭配次氯酸鈉，兩者用藥量比例為 2：1，且硫酸鋁最適混凝劑量在 2 mg/L as Al (約 40 mg/L as 10% Al₂O₃)，經混凝浮除後可有效降低水中之 TTHMFP，添加 polymer 以提升硫酸鋁及 PSI 混凝浮除 TTHMFP 之能力，在高硫酸鋁加藥量下較明顯但對 PSI 則不明顯，但添 polymer 搭配硫酸鋁或 PSI 混凝浮除均對 TTHM 生成有阻礙作用。以二氧化氯搭配次氯酸鈉，兩者用藥量比例為 2：1 計算每噸水處理之藥劑成本為 1.28 元。
5. 模廠管柱過濾試驗結果顯示，活性碳搭配錳砂快濾去除水中有機物及鐵、錳效能優於單獨使用石英砂或石英砂搭配錳砂快濾，快濾濾料使用活性碳搭配錳砂之填充比為 1：2 時，即可有效降低水中殘餘 DOC 及溶解態鐵、錳，每噸水處理之濾材成本為 4.94 元，相較目前太湖淨水場使用活性碳搭配錳砂之體積為 1.7：1，每噸水之處理成本約可節省 4.18 元。
6. 已針對金門自來水廠操作及場內人員辦理四場次教育訓練，主題分別為

淨水操作種子人員訓練、淨水場操作效能評估執行人員訓練、淨水高級處理過濾單元優化操作策略訓練及操作種子人員實作訓練，共計 **165** 人次參與。另針對太湖及榮湖淨水場各辦理一場次操作效能評估會議，太湖淨水場效能評估得到主要效能限制因子 **7** 項，包括原水水質、快濾池及快濾桶之程序功能，以及前處理、快濾池、快濾桶之操作程序；次要限制因子有 **7** 項，包括季節因素、流域管理、慢濾池之程序功能，以及混凝、慢濾、消毒之操作程序，另有 **5** 項輕微限制因子。

5.2 建議

1. 由於金門地區水庫污染嚴重，水庫多呈現優養化狀態，增加淨水處理之困難度及成本，治本之道仍需從水庫管理及治理著手，建議水庫上游應加強污水截流及納管，並且管制畜牧及工廠之廢水排放，同時執行河段清淤及水庫水質淨化工程，以確保金門地區飲用水之水質。
2. 太湖淨水場為避免清水三鹵甲烷生成量超標，建議採用二氧化氯及次氯酸鈉前加氯氧化方式，在舊場添加二氧化氯，並逐步減少整體次氯酸鈉添加量(含後加氯量)，並找出不同原水調配模式下各加氯點之最適加藥量比例及最適硫酸鋁混凝劑量，以降低 TTHM 之生成。
3. 建議太湖淨水場快濾桶濾料採用活性碳搭配錳砂，兩者用量比例為 1：2，並視原水調配模式及原水中有機物及鐵、錳含量之增減，調整活性碳及錳砂濾料之用量比。
4. 經由操作效能評估之執行結果，建議太湖及榮湖淨水場針對效能限制因子，依分級結果逐步改善。提昇太湖及榮湖淨水場操作效能建議如下：

●太湖淨水場

- 原水水質不佳之情形，建議應將歷年水質資料彙整，並依據湖庫蓄水量及季節性水質作系統分析，並建立建立原水取水計畫。
- 快濾池反洗效果不佳，反洗罩無法完全密合，各小池濾砂高度不一，反洗有漏砂狀況，建議短程可於反洗罩加設橡皮增加其密合度；長程應重新設置傳統式過濾池取代現有之 ABW 式過濾池。
- 一般 ABW 式快濾池濾砂填充高度約為 30 ~ 40 cm，但太湖淨水場快濾池濾砂填充高度達 80 cm，濾砂厚度過大可能造成反洗時無法清洗到下層濾料，影響反洗效能，建議重新檢視濾料填充厚度是否適當，以提高快濾池過濾功效，並在適當時機全面更換濾砂。
- 前氧化量變化較大，無水質監控點做為加藥調整依據，建議將二氧化氯加藥點移至舊場，並增設原水水質監測設備如導電度、氨氮及 pH 計。

●榮湖淨水場

- 前氧化劑加藥點與混凝劑加藥點有過近之疑慮，可能造成氧化接觸時間不足，或因酸鹼中和降低前氧化效能。
- 浮除池第 1 池有氣泡過大之問題，可能造成浮除效能不佳，建議應修復空氣溶解槽加壓設備，以恢復浮除池應有之處理效能。
- 慢濾池上層藻類孳生，建議重新考量餘氯控制策略，避免因藻類孳生產生二次水質污染。

5. 由於金門地區曾發生自來水水質出現紅蟲事件，又曾因原水水庫優養化嚴重，藻類釋出微量之藻毒素，且因庫水有機物含量過高，經淨水場加氯消毒後，飲用水中三鹵甲烷濃度或有超標之情況發生，為了降低淨水場突發之原水水質或操作問題導致供水水質異常之風險，以及提昇淨水場供水品質，建議中央自來水主管機關可藉由調查分析及專家輔導，建立淨水場水質異常緊急應變機制，進而輔導提出改善對策，減少水質異常之發生頻率，以維護國人飲用水安全。

參考文獻

- Bolto, B., Abbt-Braun, G., Dixon, D., Eldridge, R., Frimmel, F.H., Hesse, S., King, S. and Toifl, M. (1999) "Experimental evaluation of cationic polyelectrolytes for removing natural organic matter from water" *Wat. Sci. Tech*, 40(9), 71-79.
- Buchanan, W., Roddick, F., Porter, N. and Drikas, M. (2005) "Fractionation of UV and VUV Pretreated Natural Organic Matter from Drinking Water." *Environ. Sci. Technol*, 39(12). 4647-4654.
- Chiou, Y. T., Hsieh, M. L. and Yeh, H. H. (2010) "Effect of algal extracellular polymer substances on UF membrane fouling" *Desalination*, 250, 648-652.
- Christopher, W. K., Chow, R. F. and Mary D. (2004) "A rapid fractionation technique to characterise natural organic matter for the optimisation of water treatment processes" *J Water SRT – Aqua*, 53, 85-92
- Collins, M.R., Amy, G.L. and Steelink, C. (1986) "Molecular weight distribution, carboxylic acidity, and humic substance content of aquatic organic matter: implication for removal during water treatment." *Environ. Sci. Technol.*, 20(10) 1028-1032.
- Croue, J. P., Martin, B., Deguin, A. and Legube, B. (1994) "Isolation and characterization of dissolved hydrophobic and hydrophilic organic substances of a reservoir water" In *Natural Organic Matter in Drinking Water*, pp.73, AWWA, Denver,
- Edzwald, J. K. and Wingler, B. J. (1990) "Chemical and physical aspects of dissolved air flotation for the removal of algae" *J Water Supply Res T*, 39, 1, 24-35.
- Edzwald, J. K., and Tobiason, J. E. (1999) "Enhanced coagulation, US requirements and a broader view" *Wat. Sci. Tech.*, 40, 9, 63-70.
- Fu, Y., Yu, S. L., Yu, Y. Z., Qiu, L. P. and Hui, B. (2007) "Reaction mode between Si and Fe and evaluation of optimal species in poly-silicic-ferric coagulant" *J. Environ. Sci.*, 19, 6, 678-688.
- Fu, Y., Gao B. Y., Zhang, Y. F., Zhang, X. Y. and Shi, N. (2011) "Organic modifier of poly-silicic-ferric coagulant: Characterization, treatment of dyeing wastewater and floc change during coagulation" *Desalination*, 277, 67-73.
- Gagnon, G. A. and Slawson, R. M. (1999) "An efficient biofilm removal method for bacterial cells exposed to drinking water" *Journal of Microbiological Methods*, 34, 203-214.
- Hasegawa, T., Hashimoto, K., Onitsuka, T., Goto, K. and Tambo, N. (1991) "Characteristics of metal-polysilicate coagulants" *Wat. Sci. Tech.*, 23, 1713-1722.
- Jacangelo, J. G., DeMarco, J., Owen, D.M. and Randtke, S. J. (1995) "Selected processes for removing NOM: an overview" *J. AWWA*, 87, 64-77.

- Jun, H. B., Lee, Y. J., Lee, B. D. and Knappe, D. R. U. (2001) "Effectiveness of coagulants and coagulant aids for the removal of filter-clogging *Synedra*" *Journal of Water Supply: Research and Technology*, 50, 135-148.
- Kepner, R. L. and Pratt, J. R. (1994) "Use of fluorochromes for direct enumeration of total bacteria in environmental samples: past and present" *Microbiological Reviews*, 58, 603-615.
- Katsushi, K. and Takefumi, O. (1999) "Iron active silica mixed solution for water coagulation, their manufacture and apparatus" *JP patent*, 310412.
- Newcombe, G., and Burch, M., (2003) "Toxic blue-green algae: coming to a neighbourhood near you?" *Opflow*, 29(5), 1-7.
- Semmens, M. J. and Field, T. K. (1980) "Coagulation: experiences in organics removal" *J. AWWA*, 72(8) 476-483.
- Singer, Philip C. (2000) *Formation and Control of Disinfection By-products in Drinking Water*, AWWA.
- Sinsabaugh, R. L., et al. (1997) "Removal of dissolved organic carbon by coagulation with iron sulfate" *J. AWWA*, 89(5) 64-77.
- Thurma, E. M. (1985) *"Organic Geochemistry of Nature Water"*, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, the Netherlands, 15-17.
- Tarnowski, B. I., Spinale, F. G. and Nicholson, J. H. (1991) "DAPI as a useful stain for nuclear quantitation" *Biotechnic & Histochemistry*, 66, 296-302.
- Tseng, I. C., Chen, C. L., Wu, W. L. and Chen, W. M. (2000) "The community structure of ammonia oxidizers in Nanjen lake of Nanjenshan forest ecosystem" *Fifth International Symposium on Environmental Biotechnology*, Kyoto, Japan.
- USEPA, (1999) *Enhanced Coagulation and Enhanced Precipitative Softening Guidance Manual*, EPA 815-R-99-012, Cincinnati.
- Xu, X., Yu, S. L., Shi, W., Jiang, Z. Q. and Wu, C. (2009) "Effect of acid medium on the coagulation efficiency of polysilicate-ferric (PSF) - A new kind of inorganic polymer coagulant" *Sep. Purif. Technol.*, 66, 486-491.
- Yen, H. K., Lin, T. F., Liao, P. C. (2011) "Simultaneous detection of nine cyanotoxins in drinking water using dual solid-phase extraction and liquid chromatography - mass spectrometry" *Toxicon*, 58, 209-218.
- ポリシリカ鉄凝集剤普及協會(2009) ,水と土のリサイクル・リユネースをめざして—ポリシリカ鉄凝集剤が拓く未来, PSI 環境フォーラム, 東京。
- 巨廷工程顧問股份有限公司, 金門地區自來水系統改善工程規劃, 金門縣自來水廠委託研究, 2006。

王翔生，加強混凝去除金門太湖原水天然有機物之探討，臺灣大學環境工程學研究所碩士論文，2007。

王淳弘，前氧化劑對於藻體胞外物作用之影響，成功大學環境工程研究所碩士論文，2007。

王文美、黃志彬，表面水處理之問題藻種分析及加藥對其去除之影響，國立交通大學環境工程研究所碩士論文，2011。

江婉嘉，應用螢光染色法以螢光顯微鏡與流式細胞儀評估醫院污水處理廠水中微生物特性，國立台灣大學公共衛生學院環境衛生研究所碩士論文，2004。

國立台灣大學、嚴慶齡工業發展基金會合設工業研究中心，金門地區淨水場功能評估與改善，金門縣自來水廠委託研究，2004。

吳俊宗，藻類與金沙地區自來水水質關係之探討，金門縣自來水廠委託研究，2004。

林財富、吳哲宏，水源產毒藻類與有害微生物監控與管理技術之研發與應用(2/2)，經濟部水利署，2010。

財團法人中興工程顧問社，台灣地區二氧化氯作為淨水處理替代氧化及消毒藥劑可行性研究，台灣自來水股份有限公司，2010。

張金松，供水系統紅蟲防治技術，中國建築工業出版社，2008。

陳奕宏、王怡諭，環境微生物，中華民國環境工程學會編印，臺北市，1999。

陳姝樺，以二氧化氯為前氧化劑對淨水混沉之影響探討，逢甲大學環境工程與科學所碩士論文，2002。

陳振正，高錳酸鉀與臭氧對混凝除藻之影響，國立成功大學環境工程學系博士論文，2005。

陳威志，比較不同前氧化方式處理優養化水體對消毒副產物生成之影響，台灣大學環境衛生研究所碩士論文，2007。

陳雪初、孫揚才、張海春、李春杰、王曉冬、孔海南，“遮光法控藻的中試研究”，環境科學學報，27，11，1830-1834，2007。

曹福，混凝一氣浮處理含油乳化液廢水的試驗研究，武漢科技大學環境工程研究所碩士論文，2004。

曹百川、高寶玉、岳欽艷、付英、許春華，“聚合矽酸硫酸鐵和聚合硫酸鐵處理黃河水的效果及其絮體特性研究”，中國科學：化學，40，4，399-406，2010。

連江縣自來水廠，南竿勝利及儲水沃淨水場操作效能評估及提升計畫，2011。

彭惠君，高錳酸鉀對水中有機物去除機制之研究，成功大學環境工程研究所碩士論文，2001。

楊曉菁，混凝處理自來水中消毒副產物前質之探討，臺灣大學環境衛生研究所碩士論文，2001。

樓基中，淨水系統單元操作對三鹵甲烷去除機制與生成模式之研究，1987。

蔡福水，高志明，台灣水庫之優養化指標評析，國立中山大學環境工程研究所碩士論文，2007。

劉奕甫，低濁原水處理策略評估：實驗室及現場診斷，國立交通大學環境工程研究所碩士論文，2008。

附錄一

2011 年金門各淨水場(太湖、榮湖、紅山) 各月供水水質檢測結果

民國 100 年太湖淨水場各月清水水質檢測結果

檢測項目	檢測結果												飲用水 水質標準
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	
pH	7.1	7.2	7.1	7.4	7.2	7.1	6.8	7.1	6.4	7.1	6.9	6.7	6.0-8.5
自由餘氯(mg/L)	0.64	0.64	0.59	0.53	0.58	0.34	0.20	0.24	0.46	0.35	0.64	0.29	0.2-1.0
氯鹽(mg/L)	66.5	70.5	73.2	74.9	94.7	91.4	233.0	119.0	92.1	45.1	104.0	85.2	250
大腸桿菌群 (CFU/100mL)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	6
色度(鉑銨單位)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5
硬度(mg/L)	101.0	117.0	116.0	130.0	102.0	94.9	127.0	79.4	92.6	94.9	95.3	89.0	300
氨氮(mg/L)	ND	ND	0.06	0.06	0.05	0.08	0.09	0.14	0.10	0.11	0.11	0.06	0.1
硫酸鹽(mg/L)	-	-	48.2	61.0	38.3	54.0	65.2	45.2	51.9	51.8	53.3	65.0	250
總溶解固體(mg/L)	224	254	261	273	332	359	616	434	412	338	396	319	500
總菌落數(CFU/mL)	8	4	41	4	24000	20	13	21	1	4	3	2	100
亞硝酸鹽氮(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<0.01	<0.01	<0.01	ND	0.1
硝酸鹽氮(mg/L)	0.33	0.37	0.62	0.68	0.63	0.76	0.65	0.51	0.91	0.78	1.22	0.90	10
濁度(NTU)	0.6	1	1.5	0.4	0.5	1	1.1	0.6	1.1	1.0	3.0	1.3	2
總三鹵甲烷(mg/L)	-	-	0.0725	-	0.0547	-	0.0723	0.0473	0.1110	-	-	0.0704	0.08

民國 100 年榮湖淨水場各月清水水質檢測結果

檢測項目	檢測結果												飲用水 水質標準
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	
pH	7.2	7.0	6.7	7.2	6.7	6.9	6.7	7.2	6.6	7.1	6.5	6.4	6.0-8.5
自由餘氯(mg/L)	0.42	0.41	0.2.0	0.2.0	0.23	0.54	0.34	0.78	0.22	0.28	0.39	0.54	0.2-1.0
氯鹽(mg/L)	54.6	45.7	60.5	63.6	65.9	70.2	60.6	65.2	53.8	58.7	59.7	42.8	250
大腸桿菌群 (CFU/100mL)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	6
色度(鉑鉛單位)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5
硬度(mg/L)	101.0	105.0	110.0	105.0	106.0	112.0	95.9	94.4	81.6	102.0	104.0	79.0	300
氨氮(mg/L)	0.01	0.01	<0.04	0.08	0.04	<0.04	<0.04	<0.04	0.09	0.04	ND	<0.04	0.1
硫酸鹽(mg/L)	-	23.2	49.0	45.8	59.5	84.2	76.8	70.7	51.9	74.2	61.1	43.4	250
總溶解固體(mg/L)	214	215	239	230	294	332	312	317	334	287	286	221	500
總菌落數(CFU/mL)	11	1	51	6	1400	62	6	3	14	5	2	2	100
亞硝酸鹽氮(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
硝酸鹽氮(mg/L)	0.35	0.41	0.46	0.44	0.34	0.34	0.37	0.35	1.11	0.37	0.47	1.75	10
濁度(NTU)	1.20	0.65	ND	0.35	0.10	0.30	0.65	0.25	0.20	0.25	0.25	0.25	2
總三鹵甲烷(mg/L)	-	-	-	-	0.0318	-	0.0293	0.028	0.0105	-	-	0.0520	0.08

民國 100 年紅山淨水場各月清水水質檢測結果

檢測項目	檢測結果												飲用水 水質標準
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	
pH	7.0	7.6	7.2	6.5	6.4	6.6	6.4	6.7	6.3	6.5	6.2	6.5	6.0-8.5
自由餘氯(mg/L)	0.28	0.27	0.21	0.21	0.28	0.39	0.37	0.52	0.49	0.24	0.35	0.55	0.2-1.0
氯鹽(mg/L)	53.6	52.6	53.5	70.3	68.0	69.0	96.1	97.3	46.4	49.2	69.3	59.0	250
大腸桿菌群 (CFU/100mL)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	6
色度(鉑銨單位)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5
硬度(mg/L)	65.5	65.4	59.3	72.9	65.6	66.3	62.3	84.9	48.1	57.3	58.9	57.0	300
氨氮(mg/L)	0.01	0.02	<0.04	0.05	<0.04	<0.04	0.09	<0.04	<0.04	<0.04	ND	<0.04	0.1
硫酸鹽(mg/L)	-	-	20.5	26.5	21.7	23.2	20.9	28.4	13.8	17.1	20.0	20.8	250
總溶解固體(mg/L)	272	248	235	270	276	290	289	190	225	216	274	243	500
總菌落數(CFU/mL)	9	6	22	4	2000	76	90	2	11	340	10	9	100
亞硝酸鹽氮(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.1
硝酸鹽氮(mg/L)	7.76	7.76	7.42	7.16	7.27	6.65	7.39	5.88	8.02	7.68	7.83	8.98	10
濁度(NTU)	0.35	0.15	ND	ND	0.10	0.50	0.65	0.10	0.25	ND	0.20	0.25	2
總三鹵甲烷(mg/L)	-	-	0.0100	-	<0.0012	-	-	0.0429	<0.0016	-	-	0.0063	0.08

附錄二

金門各水庫及淨水場採樣頻率及分析項目

太湖淨水場原水湖庫採樣頻率及分析項目

採樣點	分析項目	採樣頻率	樣品量(mL)	樣品保存
金湖水庫(日、夜) 太湖水庫(日、夜) 田埔水庫(日、夜)	濁度、溫度、pH、氨氮、溶氧	1 次/4~6、10 月 2 次/7~9 月	—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
	藻毒	僅日間分析、 1 次/月	1000 mL*2	□常溫■冷藏 □其他
	親疏水性有機物	1 次/季	1000 mL*2	□常溫■冷藏 □其他

註：各水庫採樣點為抽水泵浦平台，取樣深度約為表層 10 cm

太湖淨水場各處理單元採樣頻率及分析項目

採樣點	實驗室分析項目	採樣頻率	樣品量(mL)	樣品保存
原水	濁度、溫度、pH、氨氮、溶氧	1 次/4~6、10 月 2 次/7~9 月	—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
	藻毒	1 次/月	1000 mL*2	□常溫■冷藏 □其他
	瓶杯試驗(原水*5.前加氯後*3)	1 次/月	20L*8	■常溫□冷藏 □其他
快混池出水 (第一階段)	pH	1 次/4~6、10 月 2 次/7~9 月	—	—
膠凝池出水 (第一階段)	顆粒粒徑分析		500 mL	■常溫□冷藏 □其他
沉澱池出水	濁度、氨氮		—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
	TTHMs		40 mL*2	□常溫■冷藏 ■其他(0.03g 抗壞血酸)
快混池出水 (第二階段)	pH		—	—
慢混池出水 (第二階段)	顆粒粒徑分析		500 mL	■常溫□冷藏 □其他

太湖淨水場各處理單元採樣頻率及分析項目(續)

採樣點	實驗室分析項目	採樣頻率	樣品量(mL)	樣品保存
浮除池出水	濁度、氨氮	1 次/4~6、10 月 2 次/7~9 月	—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
	TTHMs		40 mL*2	□常溫■冷藏 ■其他(0.03g 抗壞血酸)
快濾桶出水 (1-3 桶)	濁度、溫度、pH、氨氮		—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
	TTHMs		40 mL*2	□常溫■冷藏 ■其他(0.03g 抗壞血酸)
快濾池出水 (A.B 池)	濁度、溫度、pH、氨氮		—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
	TTHMs		40 mL*2	□常溫■冷藏 ■其他(0.03g 抗壞血酸)
慢濾池出水 (刮砂前)	濁度、溫度、pH、氨氮、溶氧		—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
	TTHMs		40 mL*2	□常溫■冷藏 ■其他(0.03g 抗壞血酸)
慢濾池濾砂 (砂面下 50、80 cm)	生物相及總菌數分析	慢濾池 1 刮砂後	—	□常溫■冷藏 ■其他(採樣袋)
清水池出水	濁度、溫度、pH、氨氮、溶氧	1 次/4~6、10 月 2 次/7~9 月	—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
	TTHMs		40 mL*2	□常溫■冷藏 ■其他(0.03g 抗壞血酸)
	藻毒	1 次/月	1000 mL*2	□常溫■冷藏 ■其他(0.25g 硫代硫酸鈉)

榮湖淨水場各處理單元採樣頻率及分析項目

採樣點	實驗室分析項目	採樣頻率	樣品量(mL)	樣品保存
原水	濁度、溫度、pH、氨氮、溶氧	1 次/季	—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
	藻毒		1000 mL*2	□常溫■冷藏 □其他
曝氣塔出水	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
快混出水	pH		—	—
膠凝池出水	顆粒粒徑分析		500 mL	■常溫□冷藏 □其他
浮除池出水	濁度、氨氮		—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
	濁度、溫度、pH、氨氮		—	—
快濾池出水	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
慢濾池出水	濁度、溫度、pH、氨氮、溶氧		—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
活性碳出水	濁度、溫度、pH、氨氮		—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他

榮湖淨水場各處理單元採樣頻率及分析項目(續)

採樣點	實驗室分析項目	採樣頻率	樣品量(mL)	樣品保存
UF 出水	濁度、溫度、pH、氨氮	1 次/季	—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
RO 出水 (調整 pH 前)	濁度、溫度、pH、氨氮		—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
RO 出水 (調整 pH 後)	濁度、溫度、pH、氨氮		—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
清水池出水	濁度、溫度、pH、氨氮、溶氧		—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
	藻毒		1000 mL*2	□常溫■冷藏 ■其他(0.25g 硫代硫酸鈉)

紅山淨水場各處理單元採樣頻率及分析項目

採樣點	實驗室分析項目	採樣頻率	樣品量(mL)	樣品保存
原水	濁度、溫度、pH、氨氮	1 次/季	—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他
清水池出水	濁度、溫度、pH、氨氮		—	—
	藻種及藻數		250 mL	■常溫□冷藏 □其他
	DOC、UV ₂₅₄ 、鐵、錳、總菌落數		250 mL	□常溫■冷藏 □其他

附錄三

金門各水庫、淨水場及過濾模組水質

金湖水庫水質

月份	4/19(日)	4/19(夜)	5/16(日)	5/16(夜)	6/14(日)	6/14(夜)	7/9(日)	7/9(夜)
濁度(NTU)	3.1	5.5	7.7	7.1	6.3	6.0	3.6	3.9
溫度(°C)	23.7	22.2	29.4	27.8	28.9	27.5	29.6	28.6
pH	8.09	8.66	8.74	8.50	8.47	8.34	8.48	8.41
氨氮(mg/L)	/	/	0.30	0.30	0.21	0.17	0.22	0.22
溶氧(mg/L)	8.44	9.56	8.66	/	7.47	6.15	8.50	8.20
DOC(mg/L)	8.9	11.2	5.2	6.6	5.7	5.4	18.8	18.5
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	—	—	0.149	0.137	0.129	0.124	0.119	0.119
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.099	0.097	0.092	0.088	0.092	0.092	0.078	0.080
SUVA(L/mg-m)	1.11	0.87	1.77	1.33	1.61	1.70	0.41	0.43
總鐵(mg/L)	0.27	0.18	0.24	0.24	0.24	0.25	0.14	0.17
溶解性鐵(mg/L)	—	—	ND	ND	ND	ND	0.04	0.03
總錳(mg/L)	0.08	0.06	0.13	0.13	0.13	0.15	0.08	0.09
溶解性錳(mg/L)	—	—	ND	ND	ND	ND	0.04	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	58	109	88	319	48	55	117	203
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	/	/	6.9	8.1	4.1	9.6	1.0	1.2
藻毒(ng/L)								
LR	800	1030	ND	ND	150	130	ND	—
RR	180	ND	ND	ND	ND	ND	ND	—
YR	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	—
CYN	ND	ND	320	ND	ND	ND	ND	—
TTHM	—	—	—	—	—	—	—	—
親疏水性有機物(%)								
VHA	30.8%	—	—	—	—	—	17.9%	—
SHA	10.8%	—	—	—	—	—	13.9%	—
CHA	13.1%	—	—	—	—	—	15.3%	—
NEU	45.3%	—	—	—	—	—	52.9%	—

/: 儀器故障

—: 非分析項目

方法偵測極限: Fe: 0.001 mg/L, Mn: 0.001 mg/L, LR: 8 ng / L, RR: 8 ng / L, YR: 8 ng / L, CYN: 100 ng / L

金湖水庫水質(續)

月份	7/25(日)	7/25(夜)	8/13(日)	8/13(夜)	8/29(日)	9/12(日)	9/27(日)	10/8(日)	10/24(日)
濁度(NTU)	6.3	5.8	5.4	5.5	5.4	5.5	11.5	9.8	13.0
溫度(°C)	27.9	27.8	28.3	28.2	31.1	27.6	25.9	24	24.4
pH	8.80	8.70	8.33	8.48	8.75	8.42	7.83	8.23	8.18
氨氮(mg/L)	0.34	0.34	0.33	0.30	0.24	0.29	0.45	0.42	0.36
溶氧(mg/L)	7.90	8.00	7.12	7.54	6.14	7.80	5.41	7.83	7.90
DOC(mg/L)	12.6	14.8	8.5	8.4	9.0	6.5	6.5	9.1	11.7
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.156	0.154	0.122	0.124	0.123	0.119	0.158	0.166	0.209
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.096	0.096	0.100	0.102	0.098	0.091	0.103	0.112	0.105
SUVA(L/mg-m)	0.76	0.65	1.18	1.22	1.09	1.40	1.57	1.23	0.90
總鐵(mg/L)	0.18	0.18	0.14	0.17	0.11	0.20	0.46	0.54	*
溶解性鐵(mg/L)	0.01	0.01	ND	ND	ND	0.04	0.01	0.03	*
總錳(mg/L)	0.09	0.09	0.08	0.09	0.06	0.16	0.09	0.17	*
溶解性錳(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	*
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	56	64	241	181	168	114	360	19	69
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	3.8	2.7	3.9	4.6	4.3	8.6	12.5	17.4	13.9
藻毒(ng/L)									
LR	—	—	ND	—	—	ND	—	*	—
RR	—	—	ND	—	—	ND	—	*	—
YR	—	—	ND	—	—	ND	—	*	—
CYN	—	—	ND	—	—	ND	—	*	—
TTHM	—	—	—	—	—	—	—	—	—
親疏水性有機物(%)									
VHA	—	—	—	—	—	—	—	27.0%	—
SHA	—	—	—	—	—	—	—	12.3%	—
CHA	—	—	—	—	—	—	—	12.1%	—
NEU	—	—	—	—	—	—	—	48.6%	—

—:非分析項目

*採樣尚未分析完成

方法偵測極限:Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L, LR: 8 ng / L ,RR: 8 ng / L, YR: 8 ng / L, CYN: 100 ng / L

太湖水庫水質

月份	4/19(日)	4/19(夜)	5/16(日)	5/16(夜)	6/14(日)	6/14(夜)	7/9(日)	7/9(夜)
濁度(NTU)	/	28.6	22.5	21.6	18.6	22.0	20.0	16.7
溫度(°C)	23.8	21.9	30.6	27.9	28.5	27.8	29.8	28.6
pH	8.77	9.03	9.54	9.51	8.89	8.60	8.96	8.96
氨氮(mg/L)	/	/	0.52	0.54	0.59	0.52	0.54	0.56
溶氧(mg/L)	12.10	11.10	12.20	/	7.40	5.00	8.00	8.10
DOC(mg/L)	27.6	23.2	12.8	13.2	13.0	12.8	28.3	27.9
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	—	—	0.205	0.200	0.230	0.233	0.202	0.195
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	ND	0.179	0.120	0.121	0.113	0.112	0.124	0.118
SUVA(L/mg-m)	—	0.77	0.94	0.92	0.87	0.88	0.44	0.43
總鐵(mg/L)	0.07	0.08	0.11	0.09	0.06	0.07	0.10	0.09
溶解性鐵(mg/L)	—	—	ND	ND	ND	ND	0.04	0.04
總錳(mg/L)	ND	ND	ND	ND	0.02	0.01	0.03	0.03
溶解性錳(mg/L)	—	—	ND	ND	ND	ND	ND	0.01
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	83	79	54	38	58	14	90	110
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	/	/	4.7	10.9	4.9	7.6	1.9	2.9
藻毒(ng/L)								
LR	ND	190	ND	ND	30	ND	227.3	—
RR	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	—
YR	ND	50	ND	ND	ND	ND	ND	—
CYN	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	—
TTHM	—	—	—	—	—	—	—	—
親疏水性有機物(%)								
VHA	17.9	—	—	—	—	—	19.7%	—
SHA	16.0	—	—	—	—	—	14.4%	—
CHA	20.8	—	—	—	—	—	28.7%	—
NEU	45.3	—	—	—	—	—	37.2%	—

/: 儀器故障

—: 非分析項目

方法偵測極限: Fe: 0.001 mg/L, Mn: 0.001 mg/L, LR: 8 ng / L, RR: 8 ng / L, YR: 8 ng / L, CYN: 100 ng / L

太湖水庫水質(續)

月份	7/25(日)	7/25(夜)	8/13(日)	8/13(夜)	8/29(日)	9/12(日)	9/27(日)	10/8(日)	10/24(日)
濁度(NTU)	19.7	19.6	26.1	26.8	29.6	22.7	20.9	26.8	30.3
溫度(°C)	27.7	27.9	28.3	28.2	31.3	27.5	26.1	24.2	24.5
pH	9.48	9.49	8.91	9.00	9.19	8.32	7.32	8.23	8.26
氨氮(mg/L)	0.58	0.59	0.59	0.59	0.67	0.62	1.71	1.36	1.03
溶氧(mg/L)	7.50	7.90	6.10	6.80	6.60	5.90	7.60	6.50	4.90
DOC(mg/L)	21.9	21.2	15.2	16.4	18.5	12.8	11.3	13.8	14.1
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.267	0.269	0.158	0.150	0.216	0.142	0.147	0.246	0.275
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.173	0.178	0.117	0.120	0.135	0.100	0.108	0.114	0.122
SUVA(L/mg-m)	0.79	0.84	0.77	0.73	0.73	0.78	0.95	0.83	0.87
總鐵(mg/L)	0.08	0.09	0.07	0.07	0.07	0.07	0.09	0.12	*
溶解性鐵(mg/L)	0.01	0.01	ND	ND	ND	0.01	0.01	0.01	*
總錳(mg/L)	ND	ND	0.01	ND	0.03	0.01	0.12	0.07	*
溶解性錳(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	*
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	62	59	100	103	273	113	190	60	169
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	柱孢藻	微囊藻	微囊藻	柱孢藻	柱孢藻	柱孢藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	21.4	16.2	9.1	3.5	16.7	20.1	7.7	12.3	6.7
藻毒(ng/L)									
LR	—	—	ND	—	—	ND	—	*	—
RR	—	—	ND	—	—	ND	—	*	—
YR	—	—	ND	—	—	232.2	—	*	—
CYN	—	—	ND	—	—	ND	—	*	—
TTHM	—	—	—	—	—	—	—	—	—
親疏水性有機物(%)									
VHA	—	—	—	—	—	—	—	25.0%	—
SHA	—	—	—	—	—	—	—	9.0%	—
CHA	—	—	—	—	—	—	—	26.1%	—
NEU	—	—	—	—	—	—	—	39.9%	—

—:非分析項目

*採樣尚未分析完成

方法偵測極限:Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L, LR: 8 ng / L ,RR: 8 ng / L, YR: 8 ng / L, CYN: 100 ng / L

田埔水庫水質

月份	4/19(日)	4/19(夜)	5/16(日)	5/16(夜)	6/14(日)	6/14(夜)	7/9(日)	7/9(夜)
濁度(NTU)	21.0	26.1	18.2	18.1	18.2	20.2	21.0	24.9
溫度(℃)	23.8	22.0	29.3	27.5	29.6	28.0	29.8	28.7
pH	8.81	9.08	9.08	9.11	9.31	9.05	8.39	8.22
氨氮(mg/L)	/	/	0.46	0.50	0.54	0.50	0.60	0.59
溶氧(mg/L)	10.10	10.10	8.88	/	9.42	7.63	8.10	7.70
DOC(mg/L)	26.3	27.1	12.4	12.8	15.3	13.6	27.4	27.1
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	—	—	0.188	0.190	0.244	0.256	0.244	0.245
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.167	ND	0.120	0.120	0.170	0.133	0.124	0.122
SUVA(L/mg-m)	0.64	—	0.97	0.94	1.11	0.98	0.45	0.45
總鐵(mg/L)	0.31	0.21	0.23	0.27	0.29	0.19	0.19	0.22
溶解性鐵(mg/L)	—	—	ND	ND	ND	ND	0.04	0.04
總錳(mg/L)	0.04	0.02	0.01	0.01	0.11	0.07	0.09	0.13
溶解性錳(mg/L)	—	—	ND	ND	ND	ND	ND	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	65	57	62	55	51	53	89	89
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	柱孢藻	柱孢藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	/	/	2.3	2.6	5.9	7.0	1.8	2.3
藻毒(ng/L)								
LR	520	320	ND	90	210	60	ND	—
RR	170	ND	ND	ND	ND	ND	ND	—
YR	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	—
CYN	ND	ND	480	510	ND	ND	ND	—
TTHM	—	—	—	—	—	—	—	—
親疏水性有機物(%)								
VHA	22.8	—	—	—	—	—	18.1%	—
SHA	10.1	—	—	—	—	—	11.3%	—
CHA	20.9	—	—	—	—	—	24.4%	—
NEU	46.2	—	—	—	—	—	46.2%	—

/: 儀器故障

—: 非分析項目

方法偵測極限: Fe: 0.001 mg/L, Mn: 0.001 mg/L, LR: 8 ng / L, RR: 8 ng / L, YR: 8 ng / L, CYN: 100 ng / L

田埔水庫水質(續)

月份	7/25(日)	7/25(夜)	8/13(日)	8/13(夜)	8/29(日)	9/12(日)	9/27(日)	10/8(日)	10/24(日)
濁度(NTU)	27.4	24.2	23.6	26.1	28.6	24.3	26.5	28.1	39.1
溫度(℃)	27.9	27.9	27.7	28.0	31.5	27.4	26	24	24.4
pH	9.24	9.36	8.18	8.52	9.23	8.2	7.58	8.38	8.60
氨氮(mg/L)	0.72	0.71	0.59	0.68	0.67	0.64	0.77	0.85	0.93
溶氧(mg/L)	8.00	7.90	7.60	7.60	6.60	7.90	6.70	7.70	8.80
DOC(mg/L)	26.5	24.1	18.6	19.7	25.5	17.7	16.1	18.7	22.3
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.307	0.328	0.171	0.197	0.241	0.154	0.239	0.306	0.397
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.209	0.211	0.126	0.134	0.155	0.119	0.120	0.131	0.177
SUVA(L/mg-m)	0.79	0.88	0.68	0.68	0.61	0.67	0.74	0.70	0.79
總鐵(mg/L)	0.13	0.14	0.13	0.14	0.20	0.14	0.25	0.28	*
溶解性鐵(mg/L)	0.01	0.01	ND	ND	ND	0.01	0.01	0.02	*
總錳(mg/L)	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.05	0.07	0.03	*
溶解性錳(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	*
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	83	163	138	134	107	138	123	61	47
藻種(優勢藻)	柱孢藻	柱孢藻	微囊藻	柱孢藻	柱孢藻	柱孢藻	柱孢藻	柱孢藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	19.8	18.4	9.1	10.2	20.8	170.5	11.4	27.1	14.1
藻毒(ng/L)									
LR	—	—	ND	—	—	ND	—	*	—
RR	—	—	ND	—	—	ND	—	*	—
YR	—	—	ND	—	—	271.7	—	*	—
CYN	—	—	ND	—	—	ND	—	*	—
TTHM	—	—	—	—	—	—	—	—	—
親疏水性有機物(%)									
VHA	—	—	—	—	—	—	—	19.1%	—
SHA	—	—	—	—	—	—	—	6.5%	—
CHA	—	—	—	—	—	—	—	35.8%	—
NEU	—	—	—	—	—	—	—	38.6%	—

—:非分析項目

*採樣尚未分析完成

方法偵測極限:Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L, LR: 8 ng / L ,RR: 8 ng / L, YR: 8 ng / L, CYN: 100 ng / L

太湖淨水場各處理單元水質(4月19日)

採樣點	原水	沉澱池 出水	浮除池 出水	快濾桶 出水 1	快濾桶 出水 2	快濾桶 出水 3	快濾池 出水 1	快濾池 出水 2	慢濾池 出水	清水池 出水
濁度(NTU)	12.0	7.9	2.3	1.4	—	—	1.7	—	0.7	1.3
溫度(℃)	23.9	—	—	23.8	—	—	24.1	—	24.2	24.1
pH	7.92	—	—	7.48	—	—	7.47	—	7.29	7.29
氨氮(mg/L)	/	/	/	/	—	—	/	—	/	/
溶氧(mg/L)	8.27	—	—	—	—	—	—	—	7.78	8.56
DOC(mg/L)	26.2	10.1	10.3	8.7	—	—	8.3	—	8.0	8.4
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	ND	0.075	ND	0.155	—	—	ND	—	ND	ND
SUVA(L/mg-m)	—	0.74	—	1.78	—	—	—	—	—	—
總鐵(mg/L)	0.32	0.14	0.08	0.03	—	—	0.23	—	0.05	0.06
溶解性鐵(mg/L)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
總錳(mg/L)	0.02	0.02	ND	ND	—	—	0.05	—	ND	ND
溶解性錳(mg/L)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	105	57	65	147	—	—	42	—	39	58
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	—	—	微囊藻	—	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	/	/	/	/	—	—	/	—	/	/
藻毒(ng/L)										
LR	830	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
RR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
YR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
CYN	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
TTHM	—	117.0	104.0	150.3	—	—	175.2	—	85.9	99.0

/:儀器故障

—:非分析項目

方法偵測極限:Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L, LR: 8 ng / L, RR: 8 ng / L, YR: 8 ng / L, CYN: 100 ng / L

太湖淨水場各處理單元水質(5月16日)

採樣點	原水	沉澱池 出水	浮除池 出水	快濾桶 出水 1	快濾桶 出水 2	快濾桶 出水 3	快濾池 出水 1	快濾池 出水 2	慢濾池 出水	清水池 出水
濁度(NTU)	6.7	7.2	2.8	1.0	0.8	1.2	1.8	—	0.4	0.7
溫度(℃)	26.9	—	—	26.7	26.5	26.7	26.9	—	26.7	26.8
pH	7.50	—	—	7.46	7.37	7.38	7.44	—	7.33	7.40
氨氮(mg/L)	0.43	0.23	0.11	0.04	0.09	0.05	0.09	—	0.03	0.03
溶氧(mg/L)	/	—	—	—	—	—	—	—	/	/
DOC(mg/L)	11.2	9.2	8.0	7.8	6.3	7.2	7.7	—	6.9	6.9
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.153	0.116	0.088	0.073	0.069	0.074	0.076	—	0.053	0.055
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.124	0.067	0.060	0.063	0.064	0.059	0.062	—	0.053	0.051
SUVA(L/mg-m)	1.11	0.73	0.75	0.81	1.02	0.82	0.81	—	0.77	0.74
總鐵(mg/L)	0.52	0.38	0.12	0.04	0.03	0.05	0.07	—	0.01	0.03
溶解性鐵(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	—	ND	ND
總錳(mg/L)	0.09	0.18	0.04	ND	ND	ND	0.01	—	ND	ND
溶解性錳(mg/L)	ND	0.02	ND	ND	ND	ND	ND	—	ND	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	89	70	61	149	98	144	50	—	83	158
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	—	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	11.7	6.2	7.5	0.3	0.5	1.1	2.7	—	2.1	0.5
藻毒(ng/L)										
LR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
RR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
YR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
CYN	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
TTHM	—	129.3	74.0	110.0	109.9	95.1	74.6	—	84.9	124.6

/:儀器故障

—:非分析項目

*4月份僅採快濾桶1,5月份開始快濾桶1、2、3均分開採樣

方法偵測極限:Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L

太湖淨水場各處理單元水質(6月14日)

採樣點	原水	沉澱池 出水	浮除池 出水	快濾桶 出水 1	快濾桶 出水 2	快濾桶 出水 3	快濾池 出水 1	快濾池 出水 2	慢濾池 出水	清水池 出水
濁度(NTU)	6.1	4.6	2.3	1.6	0.9	0.8	1.2	1.1	0.3	0.4
溫度(℃)	26.9	—	—	27.0	26.9	26.9	26.7	26.8	27.2	27.0
pH	7.60	—	—	7.48	7.46	7.41	7.50	7.51	7.20	7.33
氨氮(mg/L)	0.46	0.19	0.07	0.09	0.09	0.06	0.11	0.07	0.09	0.04
溶氧(mg/L)	3.7	—	—	—	—	—	—	—	4.02	5.38
DOC(mg/L)	13.5	9.6	10.3	8.7	9.3	8.9	8.2	8.9	7.0	7.0
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.184	0.113	0.096	0.083	0.085	0.092	0.074	0.073	0.061	0.051
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.106	0.073	0.064	0.063	0.067	0.062	0.059	0.055	0.056	0.046
SUVA(L/mg-m)		0.76	0.62	0.72	0.72	0.70	0.72	0.62	0.8	0.66
總鐵(mg/L)	0.09	0.14	0.06	0.04	0.03	0.04	0.09	0.05	0.01	0.01
溶解性鐵(mg/L)	ND	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
總錳(mg/L)	ND	0.10	0.03	0.01	ND	ND	0.01	0.01	ND	ND
溶解性錳(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	48	170	89	0.3	0.07	0.3	110	2.8	200	200
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	3.3	3.6	3.4	2.7	0.8	1.4	1.9	0.8	0.4	0.4
藻毒(ng/L)										
LR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
RR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
YR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
CYN	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
TTHM	—	71.1	55.6	78.5	66.1	75.7	6.7	71.4	12.5	32.3

—:非分析項目

方法偵測極限:Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L

太湖淨水場各處理單元水質(7月9日)

採樣點	原水	沉澱池 出水	浮除池 出水	快濾桶 出水 1	快濾桶 出水 2	快濾桶 出水 3	快濾池 出水 1	快濾池 出水 2	慢濾池 出水	清水池 出水
濁度(NTU)	7.7	3.3	2.4	1.1	0.9	0.8	1.3	1.0	0.3	0.4
溫度(℃)	27.0	—	—	27.0	26.8	26.8	26.6	26.8	26.7	26.6
pH	7.29	—	—	7.55	7.51	7.56	7.43	7.57	7.32	7.23
氨氮(mg/L)	0.45	0.43	0.15	0.10	0.10	0.11	0.14	0.12	0.23	0.03
溶氧(mg/L)	8.8	—	—	—	—	—	—	—	2.39	8.80
DOC(mg/L)	22.1	13.2	14.0	15.5	14.8	12.2	12.1	13.6	11.2	12.8
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.211	0.120	0.099	0.082	0.075	0.072	0.089	0.072	0.047	0.050
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.128	0.091	0.059	0.057	0.057	0.058	0.062	0.054	0.045	0.048
SUVA(L/mg-m)	0.58	—	—	0.37	0.39	0.48	0.51	0.40	0.40	0.38
總鐵(mg/L)	0.23	0.15	0.11	0.10	0.08	0.07	0.10	0.08	0.06	0.07
溶解性鐵(mg/L)	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
總錳(mg/L)	0.08	0.09	0.06	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04
溶解性錳(mg/L)	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	102	197	251	97	121	247	433	165	209	178
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	2.5	2.8	2.7	0.6	1.0	0.2	2.6	2.3	0.7	0.7
藻毒(ng/L)										
LR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
RR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
YR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
CYN	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
TTHM	—	35.8	105.0	121.4	—	140.5	126.8	126.7	101.1	193.1

—:非分析項目

方法偵測極限:Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L

太湖淨水場各處理單元水質(7 月 26 日)

採樣點	原水	沉澱池 出水	浮除池 出水	快濾桶 出水 1	快濾桶 出水 2	快濾桶 出水 3	快濾池 出水 1	快濾池 出水 2	慢濾池 出水	清水池 出水
濁度(NTU)	8.3	3.5	2.7	1.8	1.6	1.0	1.7	1.3	0.4	0.8
溫度(℃)	28.8	—	—	28.1	26.9	26.8	27.3	27.5	27.3	27.8
pH	7.05	—	—	7.36	7.35	7.37	7.36	7.38	7.23	7.42
氨氮(mg/L)	0.79	0.49	0.11	0.09	0.11	0.09	0.11	0.11	0.21	0.05
溶氧(mg/L)	7.2	—	—	—	—	—	—	—	8.1	7.9
DOC(mg/L)	19.1	12.8	11.8	10.5	10.5	10.6	9.8	10.3	8.8	8.0
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.207	0.129	0.122	0.106	0.107	0.098	0.109	0.100	0.066	0.073
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.128	0.100	0.072	0.076	0.077	0.076	0.075	0.076	0.065	0.059
SUVA(L/mg-m)	0.67	0.78	0.61	0.72	0.73	0.72	0.77	0.74	0.74	0.74
總鐵(mg/L)	0.10	0.13	0.08	0.04	0.05	0.04	0.07	0.07	0.03	0.04
溶解性鐵(mg/L)	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
總錳(mg/L)	ND	0.19	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02	ND	ND	ND
溶解性錳(mg/L)	ND	ND	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02	ND	ND	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	200	48	86	69	104	66	85	83	99	119
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	7.9	7.7	2.8	4.4	2.1	0.8	2.5	6.3	1.8	1.6
藻毒(ng/L)										
LR	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RR	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
YR	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CYN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TTHM	—	14.7	129.9	141.0	142.6	166.4	154.7	160.6	109.2	221.2

—:非分析項目

方法偵測極限: Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L

太湖淨水場各處理單元水質(8月15日)

採樣點	原水	沉澱池 出水	浮除池 出水	快濾桶 出水 1	快濾桶 出水 2	快濾桶 出水 3	快濾池 出水 1	快濾池 出水 2	慢濾池 出水	清水池 出水
濁度(NTU)	11.1	3.1	1.9	1.7	0.9	0.8	1.1	1.2	0.5	0.6
溫度(℃)	28.3	—	—	27.1	27.5	27.3	27.6	27.1	26.9	27.0
pH	7.36	—	—	7.48	7.42	7.36	7.44	7.41	7.18	7.39
氨氮(mg/L)	0.71	0.42	0.15	0.12	0.14	0.12	0.17	0.14	0.23	0.16
溶氧(mg/L)	6.5	—	—	—	—	—	—	—	7.8	7.4
DOC(mg/L)	17.2	12.2	12.3	10.2	11.6	10.5	10.5	12.1	7.8	7.3
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.155	0.173	0.106	0.089	0.085	0.092	0.094	0.086	0.068	0.067
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.131	0.087	0.078	0.075	0.075	0.081	0.072	0.069	0.062	0.058
SUVA(L/mg-m)	0.76	0.71	0.63	0.73	0.65	0.77	0.69	0.57	0.80	0.79
總鐵(mg/L)	0.12	0.16	0.07	0.06	0.06	0.05	0.08	0.09	0.03	0.05
溶解性鐵(mg/L)	ND	0.01	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
總錳(mg/L)	ND	0.26	0.06	ND	ND	ND	0.02	ND	ND	ND
溶解性錳(mg/L)	ND	ND	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	270	278	171	42	149	148	142	92	175	106
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	2.7	8.2	2.6	1.1	1.4	1.5	7.2	2.7	1.0	0.5
藻毒(ng/L)										
LR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
RR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
YR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
CYN	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
TTHM	—	70.4	82.4	124.6	101.8	126.1	87.3	124.5	125.1	140.9

—:非分析項目

方法偵測極限: Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L

太湖淨水場各處理單元水質(8 月 30 日)

採樣點	原水	沉澱池 出水	浮除池 出水	快濾桶 出水 1	快濾桶 出水 2	快濾桶 出水 3	快濾池 出水 1	快濾池 出水 2	慢濾池 出水	清水池 出水
濁度(NTU)	8.7	3.7	2.2	1.0	2.1	0.7	1.6	1.4	0.4	0.5
溫度(℃)	28.4	—	—	28.4	27.6	27.9	27.9	28	28.1	28.1
pH	7.22	—	—	7.58	7.49	7.38	7.42	7.44	7.12	7.33
氨氮(mg/L)	1.11	0.19	0.16	0.14	0.22	0.08	0.15	0.14	0.19	0.03
溶氧(mg/L)	6.4	—	—	—	—	—	—	—	6.5	6.4
DOC(mg/L)	21.6	13.0	12.2	12.6	11.4	11.8	10.9	12.5	7.8	9.4
UV ₂₅₄ - 過濾前(cm ⁻¹)	0.183	0.134	0.106	0.083	0.085	0.080	0.096	0.085	0.050	0.049
UV ₂₅₄ - 過濾後(cm ⁻¹)	0.128	0.096	0.080	0.070	0.071	0.070	0.075	0.070	0.047	0.045
SUVA(L/mg-m)	0.59	0.74	0.66	0.56	0.62	0.59	0.69	0.56	0.61	0.48
總鐵(mg/L)	0.17	0.15	0.08	0.05	0.06	0.04	0.09	0.10	0.03	0.04
溶解性鐵(mg/L)	0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
總錳(mg/L)	0.06	0.10	0.04	0.01	0.02	ND	0.03	0.01	ND	0.01
溶解性錳(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	195	81	55	293	171	38	62	75	42	74
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	4.9	8.8	4.8	1.4	2.0	1.3	2.3	4.0	0.8	0.6
藻毒(ng/L)										
LR	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RR	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
YR	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CYN	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TTHM	—	70.5	103.6	93.5	107.8	111.2	100.4	120.3	113.8	190.6

—: 非分析項目

方法偵測極限: Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L

太湖淨水場各處理單元水質(9月10日)

採樣點	原水	沉澱池 出水	浮除池 出水	快濾桶 出水 1	快濾桶 出水 2	快濾桶 出水 3	快濾池 出水 1	快濾池 出水 2	慢濾池 出水	清水池 出水
濁度(NTU)	10.7	4.3	2.3	換砂	1.0	1.0	1.6	1.2	0.4	0.8
溫度(℃)	28.3	—	—		27.8	27.9	27.9	27.9	28	27.7
pH	7.28	—	—		7.42	7.25	7.27	7.15	7.05	7.22
氨氮(mg/L)	0.84	0.34	0.19		0.11	0.14	0.19	0.20	0.19	0.11
溶氧(mg/L)	7.6	—	—		—	—	—	—	3.2	5.4
DOC(mg/L)	16.5	9.5	10.4		9.6	9.0	8.9	9.3	6.0	7.3
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.142	0.101	0.109		0.083	0.081	0.093	0.086	0.056	0.064
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.116	0.079	0.071		0.068	0.069	0.066	0.064	0.055	0.054
SUVA(L/mg-m)	0.70	0.83	0.68		0.71	0.77	0.75	0.69	0.92	0.74
總鐵(mg/L)	0.20	0.11	0.05		0.04	0.04	0.06	0.06	0.02	0.04
溶解性鐵(mg/L)	0.01	0.02	0.01		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
總錳(mg/L)	0.12	0.19	0.05		0.02	0.01	0.05	0.01	ND	0.01
溶解性錳(mg/L)	ND	0.06	0.01		ND	ND	ND	ND	ND	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	172	95	117		19	28	156	22	226	153
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻		微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	7.8	2.3	2.0		2.5	1.0	3.0	3.4	1.5	0.7
藻毒(ng/L)										
LR	ND	—	—		—	—	—	—	—	ND
RR	ND	—	—		—	—	—	—	—	ND
YR	ND	—	—		—	—	—	—	—	ND
CYN	ND	—	—		—	—	—	—	—	ND
TTHM	—	98.7	151.1		150.5	190.5	155.7	157.1	90.1	211.6

—:非分析項目

方法偵測極限: Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L

太湖淨水場各處理單元水質(9月27日)

採樣點	原水	沉澱池 出水	浮除池 出水	快濾桶 出水 1	快濾桶 出水 2	快濾桶 出水 3	快濾池 出水 1	快濾池 出水 2	慢濾池 出水	清水池 出水
濁度(NTU)	17.4	13.4	4.6	停用	1.8	1.8	3.3	2.4	0.4	0.7
溫度(℃)	26.2	—	—		26.1	25.8	25.9	25.7	25.7	26.3
pH	7.50	—	—		6.90	6.89	7.04	7.02	7.01	7.14
氨氮(mg/L)	1.49	0.61	0.24		0.14	0.14	0.19	0.19	0.29	0.22
溶氧(mg/L)	7.5	—	—		—	—	—	—	2.2	5.3
DOC(mg/L)	12.3	14.8	11.9		10.8	11.6	11.9	11.0	6.8	8.7
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.149	0.166	0.106		0.082	0.082	0.092	0.086	0.056	0.060
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.111	0.099	0.072		0.067	0.065	0.067	0.066	0.056	0.052
SUVA(L/mg-m)	0.90	0.67	0.61		0.62	0.56	0.56	0.60	0.83	0.60
總鐵(mg/L)	0.14	0.14	0.07		0.03	0.04	0.06	0.06	0.03	0.04
溶解性鐵(mg/L)	0.01	0.02	0.01		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
總錳(mg/L)	0.06	0.14	0.01		ND	ND	0.01	0.01	0.03	ND
溶解性錳(mg/L)	ND	ND	ND		ND	ND	ND	ND	0.02	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	93	163	164		21	106	64	131	97	55
藻種(優勢藻)	柱胞藻	微囊藻	微囊藻		微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	7.4	6.3	2.4		1.4	0.9	1.7	1.9	0.5	0.3
藻毒(ng/L)										
LR	—	—	—		—	—	—	—	—	—
RR	—	—	—		—	—	—	—	—	—
YR	—	—	—		—	—	—	—	—	—
CYN	—	—	—		—	—	—	—	—	—
TTHM	—	28.9	51.6		61.5	61.4	52.6	51.6	70.1	112.9

—:非分析項目

方法偵測極限: Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L

太湖淨水場各處理單元水質(10月24日)

採樣點	原水	沉澱池 出水	浮除池 出水	快濾桶 出水 1	快濾桶 出水 2	快濾桶 出水 3	快濾池 出水 1	快濾池 出水 2	慢濾池 出水	清水池 出水
濁度(NTU)	20.0	9.3	3.3	停用	2.0	1.8	2.2	3.7	0.4	1.3
溫度(℃)	24.6	—	—		24.4	24.5	24.6	24.5	24.3	24.6
pH	7.83	—	—		7.15	7.15	7.25	7.24	7.02	7.34
氨氮(mg/L)	0.91	0.48	0.16		0.07	0.06	0.12	0.14	0.15	0.03
溶氧(mg/L)	5.0	—	—		—	—	—	—	2.1	8.7
DOC(mg/L)	24.8	19.2	15.0		15.0	16.1	13.3	12.7	10.5	12.0
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.331	0.208	0.130		0.102	0.102	0.107	0.116	0.058	0.084
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.127	0.103	0.078		0.077	0.080	0.074	0.073	0.055	0.068
SUVA(L/mg-m)	0.51	0.54	0.52		0.51	0.50	0.56	0.57	0.52	0.57
總鐵(mg/L)	*	*	*		*	*	*	*	*	*
溶解性鐵(mg/L)	*	*	*		*	*	*	*	*	*
總錳(mg/L)	*	*	*		*	*	*	*	*	*
溶解性錳(mg/L)	*	*	*		*	*	*	*	*	*
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	149	91	38		156	125	191	117	301	134
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻		微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	5.4	4	6.73		2.13	1.66	5.2	1.8	1.27	1.0
藻毒(ng/L)										
LR	—	—	—		—	—	—	—	—	—
RR	—	—	—		—	—	—	—	—	—
YR	—	—	—		—	—	—	—	—	—
CYN	—	—	—		—	—	—	—	—	—
TTHM	—	71.0	110.2		136.9	150.0	149.9	148.0	69.4	180.8

—: 非分析項目

*尚未分析完成

方法偵測極限: Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L

榮湖淨水場各處理單元水質(5月16日)

採樣點	原水	曝氣塔 出水	浮除池 出水	快濾池 出水	慢濾池 出水	活性碳 出水	UF 出水	RO 出水 (pH 前)	RO 出水 (pH 後)	清水池 出水
濁度(NTU)	8.6	—	3.4	1.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	1.0
溫度(°C)	27.0	—	—	27.6	27.8	27.9	27.9	27.7	28.1	27.7
pH	7.49	—	—	7.03	6.92	6.94	7.04	6.81	6.83	7.04
氨氮(mg/L)	0.68	—	0.19	0.13	0.05	0.04	0.06	ND	0.01	0.03
溶氧(mg/L)	3.12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
DOC(mg/L)	8.8	9.5	8.6	9.7	6.3	5.0	4.1	0.7	1.7	2.1
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.180	0.191	0.092	0.071	0.058	0.042	0.037	0.002	ND	0.014
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.146	0.143	0.067	0.062	0.057	0.045	0.042	0.004	0.002	0.013
SUVA(L/mg-m)	1.66	1.50	0.78	0.64	0.90	0.90	1.02	0.56	0.12	0.63
總鐵(mg/L)	0.26	0.09	0.02	0.01	0.04	0.02	0.01	0.01	0.04	0.05
溶解性鐵(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
總錳(mg/L)	0.02	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
溶解性錳(mg/L)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	63	—	26	73	99	77	111	48	100	99
藻種(優勢藻)	微囊藻	—	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	0.7	—	1.0	0.7	3.9	2.8	1.0	0.3	0.4	0.6
藻毒(ng/L)										
LR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
RR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
YR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
CYN	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND

—:非分析項目

方法偵測極限: Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L, LR: 8 ng / L ,RR: 8 ng / L, YR: 8 ng / L, CYN: 100 ng / L

榮湖淨水場各處理單元水質(7月12日)

採樣點	原水	曝氣塔 出水	浮除池 出水	快濾池 出水	慢濾池 出水	活性碳 出水	UF 出水	RO 出水 (pH 前)	RO 出水 (pH 後)	清水池 出水
濁度(NTU)	19.4	—	4.9	1.9	0.5	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2
溫度(℃)	28.9	—	—	27.9	28.7	28.9	28.8	28.6	28.7	28.8
pH	8.12	—	—	7.16	6.96	6.97	7.09	7.19	7.16	7.06
氨氮(mg/L)	0.75	—	0.30	0.22	0.10	0.06	0.07	ND	ND	ND
溶氧(mg/L)	7.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—
DOC(mg/L)	16.5	—	14.0	15.2	12.2	10.4	10.1	7.8	7.0	7.0
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.220	—	0.096	0.077	0.042	0.024	0.028	ND	ND	ND
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.134	—	0.049	0.058	0.037	0.023	0.028	ND	ND	ND
SUVA(L/mg-m)	0.81	—	0.35	0.38	0.30	0.22	0.28	—	—	—
總鐵(mg/L)	0.09	—	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.03	0.09	0.07
溶解性鐵(mg/L)	0.04	—	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04
總錳(mg/L)	0.10	—	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	ND	ND	ND
溶解性錳(mg/L)	0.02	—	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	ND	ND	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	61	—	446	97	207	93	293	659	305	109
藻種(優勢藻)	微囊藻	—	柱胞藻	柱胞藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	1.5	—	3.9	1.1	6.3	2.2	3.0	2.0	1.5	0.7
藻毒(ng/L)										
LR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
RR	301.8	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
YR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
CYN	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND

—:非分析項目

方法偵測極限: Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L, LR: 8 ng / L, RR: 8 ng / L, YR: 8 ng / L, CYN: 100 ng / L

榮湖淨水場各處理單元水質(8月16日)

採樣點	原水	曝氣塔 出水	浮除池 出水	快濾池 出水	慢濾池 出水	活性碳 出水	UF 出水	RO 出水 (pH 前)	RO 出水 (pH 後)	清水池 出水
濁度(NTU)	11.2	—	4.6	2.8	0.8	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3
溫度(℃)	25.6	—	—	26.3	26.1	26.3	26.2	26.3	25.7	25.4
pH	8.07	—	—	6.99	6.78	6.77	6.87	6.68	6.97	6.99
氨氮(mg/L)	1.37	—	0.89	0.82	0.67	0.16	0.09	0.01	0.04	ND
溶氧(mg/L)	6.50	—	—	—	7.50	—	—	—	—	5.40
DOC(mg/L)	10.4	10.3	8.7	9.0	6.0	6.4	4.5	1.3	4.6	2.9
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.173	0.173	0.096	0.089	0.061	0.042	0.039	ND	ND	ND
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.136	0.135	0.069	0.063	0.056	0.039	0.038	ND	ND	ND
SUVA(L/mg-m)	1.30	1.31	0.80	0.70	0.93	0.61	0.85	ND	ND	ND
總鐵(mg/L)	0.03	0.03	0.08	0.01	0.01	0.01	0.05	0.06	0.05	0.05
溶解性鐵(mg/L)	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
總錳(mg/L)	ND	0.49	0.96	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
溶解性錳(mg/L)	ND	ND	0.66	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	129	169	92	158	370	95	58	99	131	97
藻種(優勢藻)	微囊藻	—	柱孢藻	柱孢藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	6.7	—	2.5	3.1	0.9	0.6	0.8	0.6	0.6	0.3
藻毒(ng/L)										
LR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
RR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
YR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
CYN	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND

—:非分析項目

方法偵測極限: Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L, LR: 8 ng / L ,RR: 8 ng / L, YR: 8 ng / L, CYN: 100 ng / L

榮湖淨水場各處理單元水質(9月27日)

採樣點	原水	曝氣塔 出水	浮除池 出水	快濾池 出水	慢濾池 出水	活性碳 出水	UF 出水	RO 出水 (pH 前)	RO 出水 (pH 後)	清水池 出水
濁度(NTU)	19.6	—	4.5	1.8	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
溫度(℃)	27.1	—	—	27.2	27.6	27.4	27.3	28.1	27.2	27.1
pH	7.27	—	—	7.00	6.77	6.78	6.79	6.44	6.54	6.74
氨氮(mg/L)	1.04	—	0.44	0.46	0.16	0.03	0.02	ND	ND	ND
溶氧(mg/L)	5.4	—	—	—	4.2	—	—	—	—	6.4
DOC(mg/L)	5.9	6.5	7.4	7.3	4.9	4.2	4.3	0.4	—	0.5
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.165	0.163	0.096	0.077	0.059	0.040	0.040	ND	0.001	ND
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.125	0.129	0.070	0.068	0.056	0.038	0.038	ND	ND	ND
SUVA(L/mg-m)	2.12	1.98	0.95	0.93	1.14	0.90	0.88	ND	ND	ND
總鐵(mg/L)	0.21	0.25	0.04	0.02	0.02	0.03	0.06	0.02	0.04	0.05
溶解性鐵(mg/L)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
總錳(mg/L)	0.24	0.31	0.21	0.20	0.15	ND	ND	ND	ND	ND
溶解性錳(mg/L)	ND	ND	0.16	0.19	0.13	ND	ND	ND	ND	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	409	276	209	306	134	76	270	366	30	201
藻種(優勢藻)	微囊藻	—	柱孢藻	柱孢藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	6.8	—	4.0	1.6	1.3	1.0	0.7	0.3	0.8	0.4
藻毒(ng/L)										
LR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
RR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
YR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
CYN	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND

—:非分析項目

方法偵測極限: Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L, LR: 8 ng / L ,RR: 8 ng / L, YR: 8 ng / L, CYN: 100 ng / L

榮湖淨水場各處理單元水質(10月8日)

採樣點	原水	曝氣塔 出水	浮除池 出水	快濾池 出水	慢濾池 出水	活性碳 出水	UF 出水	RO 出水 (pH 前)	RO 出水 (pH 後)	清水池 出水
濁度(NTU)	18.5	—	7.8	3.31	0.88	0.58	0.74	0.16	0.18	0.39
溫度(℃)	25.1	—	—	24.9	25.0	24.9	25.0	25.0	25.1	25.0
pH	8.20	—	—	6.91	6.87	6.84	6.96	6.45	6.42	6.48
氨氮(mg/L)	0.64	—	0.29	0.19	0.08	0.03	0.05	ND	0.01	0.03
溶氧(mg/L)	5.5	—	—	—	7.2	—	—	—	—	5.4
DOC(mg/L)	17.2	19.1	14.1	12.6	10.0	10.3	10.2	2.4	1.9	4.6
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.249	0.246	0.140	0.096	0.065	0.049	0.049	ND	ND	0.015
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.149	0.125	0.070	0.066	0.057	0.044	0.044	ND	ND	0.013
SUVA(L/mg-m)	0.87	0.65	0.50	0.52	0.57	0.43	0.43	ND	ND	0.28
總鐵(mg/L)	0.20	0.12	0.04	0.07	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03
溶解性鐵(mg/L)	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
總錳(mg/L)	0.06	0.05	0.01	0.02	0.01	ND	ND	ND	ND	ND
溶解性錳(mg/L)	ND	ND	0.01	0.01	0.01	ND	ND	ND	ND	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	13	14	24	9	52	161	192	140	55	80
藻種(優勢藻)	柱孢藻	—	柱孢藻	柱孢藻	微囊藻	微囊藻	微囊藻	柱孢藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	20.6	—	9.4	6.0	1.2	0.7	0.2	0.7	0.3	0.4
藻毒(ng/L)										
LR	176	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
RR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
YR	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND
CYN	ND	—	—	—	—	—	—	—	—	ND

—:非分析項目

方法偵測極限: Fe:0.001 mg/L, Mn:0.001 mg/L, LR: 8 ng / L ,RR: 8 ng / L, YR: 8 ng / L, CYN: 100 ng / L

過濾管柱模組水質

日期	6/1			6/2			6/3		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	1.9	1.4	1.1	1.8	1.4	1.5	1.8	1.1	0.9
溫度(°C)	25.6	26.1	26.1	26.3	26.4	26.1	25.6	25.8	25.7
pH	7.66	7.68	7.69	7.63	7.79	7.76	7.41	7.51	7.50
日期	6/4			6/5			6/6		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	2.0	1.4	1.2	1.9	1.3	1.1	2.7	1.4	1.2
溫度(°C)	26.4	26.7	26.8	26.9	26.8	26.8	26.8	27.7	27.9
pH	7.39	7.39	7.29	7.36	7.36	7.35	7.55	7.48	7.59
日期	6/15			6/16			6/17		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	2.4	1.4	1.5	1.9	0.8	0.8	1.8	0.7	0.7
溫度(°C)	27.9	27.9	28.2	26.5	0.91	26.3	26.8	27.0	27.1
pH	7.41	7.50	7.60	7.55	7.61	7.68	7.42	7.61	7.48
DOC(mg/L)	9.5	8.9	9.3	—	—	—	—	—	—
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.105	0.064	0.084	—	—	—	—	—	—
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.071	0.055	0.073	—	—	—	—	—	—
總鐵(mg/L)	0.093	0.022	0.025	—	—	—	—	—	—
溶解性鐵(mg/L)	ND	ND	ND	—	—	—	—	—	—
總錳(mg/L)	0.018	ND	ND	—	—	—	—	—	—
溶解性錳(mg/L)	ND	ND	ND	—	—	—	—	—	—
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	99	46	36	—	—	—	—	—	—
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	—	—	—	—	—	—
藻數(10 ³ cells/mL)	5.2	2.0	2.8	—	—	—	—	—	—
日期	6/18			6/19			6/27		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	1.9	0.5	0.5	1.8	0.6	1.1	2.2	0.8	0.7
溫度(°C)	26.9	28.5	28.7	27.1	28.6	29.2	29.6	30.1	30.5
pH	7.42	7.57	7.44	7.34	7.47	7.38	7.70	7.74	7.26

*管柱 1:石英砂、管柱 2:活性碳+錳砂

過濾管柱模組水質

日期	6/28			6/29			6/30		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	6.6	3.5	1.9	1.5	1.5	0.9	1.9	1.6	2.2
溫度(°C)	30.5	29.2	29.3	27.4	27.6	28.0	27.3	27.6	27.6
pH	7.26	7.67	7.56	7.28	7.38	7.27	7.19	7.26	7.21
DOC(mg/L)	*	*	*	—	—	—	—	—	—
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.129	0.124	0.070	—	—	—	—	—	—
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.080	0.082	0.066	—	—	—	—	—	—
總鐵(mg/L)	0.032	0.026	0.012	—	—	—	—	—	—
溶解性鐵(mg/L)	ND	ND	ND	—	—	—	—	—	—
總錳(mg/L)	0.336	0.313	0.079	—	—	—	—	—	—
溶解性錳(mg/L)	ND	ND	0.06	—	—	—	—	—	—
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	65	35	100	—	—	—	—	—	—
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	—	—	—	—	—	—
藻數(10 ³ cells/mL)	5.6	2.4	4.6	—	—	—	—	—	—
日期	7/1			7/2			7/3		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	2.3	1.2	1.1	3.1	1.2	1.1	2.5	1.6	1.5
溫度(°C)	26.7	27.8	27.7	26.9	26.8	27.7	29.2	29.2	29.1
pH	7.19	7.15	7.19	7.49	7.42	7.47	7.56	7.53	7.54
日期	7/4			7/5			7/6		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	1.9	0.9	1.0	2.7	0.8	0.8	2.7	1.2	1.5
溫度(°C)	29.7	30.3	30.4	29.1	30.6	30.4	30.6	31.2	31.3
pH	7.43	7.33	7.50	7.53	7.66	7.56	7.50	7.61	7.60
日期	7/7			7/8			7/9		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	2.6	1.2	1.1	2.6	1.1	1.3	2.3	1.2	1.1
溫度(°C)	30.6	31.5	31.6	31.3	31.6	31.6	30.8	31.3	31.4
pH	7.45	7.20	7.41	7.46	7.52	7.54	7.37	7.41	7.50

*管柱 1:石英砂、管柱 2:活性碳+錳砂

日期	7/10			7/11			7/12		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	3.4	1.5	1.5	3.6	1.3	1.4	3.8	1.1	1.1
溫度(°C)	30.7	30.8	31.0	30.5	31.1	31.3	30.6	31.6	31.5
pH	7.58	7.55	7.61	7.36	7.42	7.51	7.52	7.62	7.62
日期	7/13			7/14			7/15		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	2.1	1.0	1.3	3.6	1.3	0.7	2.2	1.1	1.4
溫度(°C)	28.0	28.1	27.2	30.7	31.3	31.2	30.9	31.2	30.5
pH	7.52	7.75	7.58	7.15	7.26	7.35	7.44	7.52	7.40
日期	7/16			7/17			7/18		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	2.1	0.8	0.8	2.5	1.0	1.3	2.1	0.8	2.1
溫度(°C)	29.5	30.9	31.2	30.5	30.2	30.3	30.2	30.4	30.2
pH	7.06	7.54	7.53	7.59	7.18	7.63	7.32	7.41	7.32
日期	7/19			7/20			7/21		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	3.2	1.0	0.9	2.8	1.6	1.5	3.8	1.6	1.8
溫度(°C)	30.3	30.8	30.8	30.6	31.2	30.9	30.9	31.3	31.4
pH	7.26	7.60	7.62	7.38	7.54	7.25	7.16	7.34	7.41
DOC(mg/L)	—	—	—	11.3	11.5	11.1	—	—	—
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	—	—	—	0.118	0.099	0.080	—	—	—
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	—	—	—	0.075	0.074	0.066	—	—	—
總鐵(mg/L)	—	—	—	0.06	0.02	0.01	—	—	—
溶解性鐵(mg/L)	—	—	—	0.01	0.01	0.01	—	—	—
總錳(mg/L)	—	—	—	0.05	0.01	ND	—	—	—
溶解性錳(mg/L)	—	—	—	0.01	0.01	ND	—	—	—
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	—	—	—	131	296	224	—	—	—
藻種(優勢藻)	—	—	—	微囊藻	微囊藻	微囊藻	—	—	—
藻數(10 ³ cells/mL)	—	—	—	2.7	2.8	2.7	—	—	—

*管柱 1:石英砂、管柱 2:活性碳+錳砂

日期	7/22			7/23			7/24		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	2.9	1.3	1.4	3.2	1.9	1.5	2.8	1.5	2.6
溫度(°C)	30.1	30.8	31.2	30.1	30.0	29.9	30.4	30.9	31.0
pH	7.25	7.41	7.37	7.00	7.43	7.43	7.10	7.35	7.36
日期	7/25			7/26			7/27		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	3.1	1.4	1.5	3.0	1.4	1.8	3.5	2.9	2.2
溫度(°C)	30.8	30.9	31.0	30.4	30.9	30.8	30.3	30.6	30.9
pH	7.37	7.43	7.44	7.04	7.35	7.52	7.52	7.52	7.55
DOC(mg/L)	9.5	9.7	9.9	—	—	—	—	—	—
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.127	0.099	0.091	—	—	—	—	—	—
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.075	0.068	0.072	—	—	—	—	—	—
總鐵(mg/L)	0.06	0.04	0.03	—	—	—	—	—	—
溶解性鐵(mg/L)	0.03	0.01	0.01	—	—	—	—	—	—
總錳(mg/L)	0.05	0.02	ND	—	—	—	—	—	—
溶解性錳(mg/L)	0.03	0.01	ND	—	—	—	—	—	—
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	109	239	116	—	—	—	—	—	—
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	—	—	—	—	—	—
藻數(10 ³ cells/mL)	2.6	1.1	1.6	—	—	—	—	—	—
日期	7/28			7/29			7/30		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	3.1	1.9	1.9	3.2	1.5	1.2	3.1	1.8	1.7
溫度(°C)	30.2	30.8	31.1	30.9	31.3	31.5	31.2	31.5	31.7
pH	7.62	7.41	7.47	7.25	7.34	7.43	7.27	7.45	7.35
日期	7/31			8/1			8/2		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	3.0	1.6	1.7	2.9	1.7	1.7	2.7	1.6	1.7
溫度(°C)	31.2	30.4	30.5	31.1	30.6	30.9	30.6	29.1	29.7
pH	7.34	7.48	7.43	7.31	7.46	7.41	7.47	7.58	7.51

*管柱 1:石英砂、管柱 2:活性碳+錳砂

日期	8/3			8/4			8/5		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	2.7	1.3	1.4	2.4	1.0	1.1	2.6	0.9	0.7
溫度(°C)	28.5	28.3	28.3	28.7	28.8	28.8	29.9	30.6	30.5
pH	7.37	7.49	7.46	7.32	7.41	7.43	7.22	7.33	7.34
DOC(mg/L)	11.6	11.2	11.4	—	—	—	—	—	—
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.100	0.070	0.077	—	—	—	—	—	—
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.061	0.063	0.057	—	—	—	—	—	—
總鐵(mg/L)	0.06	0.03	0.04	—	—	—	—	—	—
溶解性鐵(mg/L)	0.01	0.01	0.01	—	—	—	—	—	—
總錳(mg/L)	0.04	ND	0.04	—	—	—	—	—	—
溶解性錳(mg/L)	0.01	ND	ND	—	—	—	—	—	—
總菌數(10 ⁶ cells/mL)				—	—	—	—	—	—
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻	—	—	—	—	—	—
藻數(10 ³ cells/mL)	9.7	4.2	5	—	—	—	—	—	—
日期	8/6			8/7			8/8		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	2.7	1.1	1.6	2.8	1.3	1.4	3.6	1.5	1.6
溫度(°C)	28.8	29.0	29.6	29.6	29.6	29.8	29.6	30.1	30.5
pH	7.42	7.47	7.45	7.11	7.37	7.35	7.40	7.55	7.38
日期	8/9			8/10			8/11		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	3.0	1.0	1.3	2.7	1.2	1.3	2.7	0.9	1.2
溫度(°C)	30.1	30.8	30.8	30.2	30.3	30.2	30.1	30.2	30.2
pH	7.21	7.33	7.33	7.29	7.44	7.41	7.17	7.37	7.35
DOC(mg/L)	—	—	—	12.6	8.7	10.2	—	—	—
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	—	—	—	0.086	0.073	0.067	—	—	—
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	—	—	—	0.065	0.063	0.059	—	—	—
總鐵(mg/L)	—	—	—	0.04	0.01	0.01	—	—	—
溶解性鐵(mg/L)	—	—	—	ND	ND	ND	—	—	—
總錳(mg/L)	—	—	—	0.04	ND	ND	—	—	—
溶解性錳(mg/L)	—	—	—	ND	ND	ND	—	—	—
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	—	—	—	93.2	69.0	72.7	—	—	—
藻種(優勢藻)	—	—	—	微囊藻	微囊藻	微囊藻	—	—	—
藻數(10 ³ cells/mL)	—	—	—	1.8	0.9	1.6	—	—	—

*管柱 1:石英砂、管柱 2:活性碳+錳砂

日期	8/12			8/13			8/14		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	1.9	1.0	0.9	2.0	0.9	0.9	2.8	1.1	1.5
溫度(°C)	30.1	31.2	31.2	27.1	27.4	27.3	30.6	31.8	31.7
pH	7.31	7.49	7.46	7.35	7.62	7.45	7.43	7.40	7.37
DOC(mg/L)	—	—	—	11.0	11.1	10.1	—	—	—
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	—	—	—	0.106	0.088	0.081	—	—	—
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	—	—	—	0.078	0.074	0.072	—	—	—
總鐵(mg/L)	—	—	—	0.04	0.05	0.01	—	—	—
溶解性鐵(mg/L)	—	—	—	0.01	ND	ND	—	—	—
總錳(mg/L)	—	—	—	0.07	0.03	ND	—	—	—
溶解性錳(mg/L)	—	—	—	0.01	ND	ND	—	—	—
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	—	—	—	15.9	106.6	67.7	—	—	—
藻種(優勢藻)	—	—	—	微囊藻	微囊藻	微囊藻	—	—	—
藻數(10 ³ cells/mL)	—	—	—	2.7	0.9	1.2	—	—	—
日期	8/15			8/16			8/17		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	2.8	1.0	1.1	3.3	0.8	0.8	2.8	1.0	0.9
溫度(°C)	30.2	31.1	31.0	30.1	30.0	30.0	29.7	30.2	30.1
pH	7.54	7.56	7.48	7.39	7.44	7.45	7.31	7.36	7.40
DOC(mg/L)	—	—	—	—	—	—	12.7	12.1	8.3
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	—	—	—	—	—	—	0.097	0.078	0.057
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	—	—	—	—	—	—	0.064	0.065	0.052
總鐵(mg/L)	—	—	—	—	—	—	0.11	0.05	0.06
溶解性鐵(mg/L)	—	—	—	—	—	—	0.09	0.01	0.01
總錳(mg/L)	—	—	—	—	—	—	0.11	0.01	0.01
溶解性錳(mg/L)	—	—	—	—	—	—	0.03	0.01	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	—	—	—	—	—	—	106.1	20.5	111.7
藻種(優勢藻)	—	—	—	—	—	—	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	—	—	—	—	—	—	2.0	1.4	0.7
日期	8/19			8/20			8/21		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	3.1	1.7	1.6	3.2	1.3	1.2	3.1	1.2	1.4
溫度(°C)	30.7	31.6	31.1	30.1	30.8	31.2	31.3	30.6	30.1
pH	7.48	7.61	7.64	7.31	7.42	7.40	7.42	7.61	7.67

*管柱 1:石英砂+錳砂、管柱 2:活性炭+錳砂(8/16 換砂)

日期	8/22			8/23			8/24		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	3.7	1.2	1.2	1.9	0.7	0.8	1.8	1.0	1.1
溫度(°C)	31.2	30.8	30.7	30.8	31.1	31.2	30.2	30.4	30.0
pH	7.31	7.51	7.57	7.26	7.41	7.46	7.21	7.55	7.55
DOC(mg/L)	—	—	—	—	—	—	11.5	13.5	11.4
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	—	—	—	—	—	—	0.104	0.079	0.067
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	—	—	—	—	—	—	0.078	0.074	0.061
總鐵(mg/L)	—	—	—	—	—	—	0.07	0.01	0.01
溶解性鐵(mg/L)	—	—	—	—	—	—	0.01	ND	ND
總錳(mg/L)	—	—	—	—	—	—	0.07	ND	ND
溶解性錳(mg/L)	—	—	—	—	—	—	ND	ND	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	—	—	—	—	—	—	75.7	115.4	112.6
藻種(優勢藻)	—	—	—	—	—	—	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	—	—	—	—	—	—	2.6	0.6	0.6
日期	8/25			8/28			8/30		
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水	進流水	管柱 1 出流水	管柱 2 出流水
濁度(NTU)	2.1	0.9	1.0	2.2	0.9	1.1	1.9	0.6	1.0
溫度(°C)	29.3	29.5	29.4	29.5	30.1	30.4	28.4	28.3	27.9
pH	7.18	7.40	7.37	7.37	7.53	7.42	7.32	7.39	7.40
DOC(mg/L)	—	—	—	—	—	—	12.1	11.5	9.6
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	—	—	—	—	—	—	0.098	0.075	0.067
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	—	—	—	—	—	—	0.077	0.067	0.056
總鐵(mg/L)	—	—	—	—	—	—	0.08	0.02	0.04
溶解性鐵(mg/L)	—	—	—	—	—	—	0.01	ND	ND
總錳(mg/L)	—	—	—	—	—	—	0.06	ND	0.01
溶解性錳(mg/L)	—	—	—	—	—	—	ND	ND	ND
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	—	—	—	—	—	—	31.5	26.4	76.4
藻種(優勢藻)	—	—	—	—	—	—	微囊藻	微囊藻	微囊藻
藻數(10 ³ cells/mL)	—	—	—	—	—	—	3.7	0.4	0.6

*管柱 1:石英砂+錳砂、管柱 2:活性炭+錳砂(8/16 換砂)

日期	9/10								
採樣點	進流水	管柱 1 出流水*	管柱 2 出流水*						
濁度(NTU)	2.0	1.0	1.0						
溫度(°C)	25.6	28.5	28.9						
pH	7.14	7.55	7.46						
DOC(mg/L)	13.7	11.9	11.9						
UV ₂₅₄ -過濾前(cm ⁻¹)	0.090	0.081	0.078						
UV ₂₅₄ -過濾後(cm ⁻¹)	0.064	0.069	0.064						
總鐵(mg/L)	0.11	0.07	0.08						
溶解性鐵(mg/L)	0.01	ND	ND						
總錳(mg/L)	0.06	0.01	ND						
溶解性錳(mg/L)	ND	ND	ND						
總菌數(10 ⁶ cells/mL)	60	9	21						
藻種(優勢藻)	微囊藻	微囊藻	微囊藻						
藻數(10 ³ cells/mL)	8.1	2.6	2.8						

*管柱 1:石英砂+錳砂、管柱 2:活性碳+錳砂(8/16 換砂)

附錄四

各場次教育訓練簡報資料



效能限制因子自評表填寫範例-程序功能

(II) 程序功能		自評問題說明
沉澱(含排泥功能)	因子分級	1. 本廠為一快速膠凝沉澱池設計，低濁度時污泥泥形成維持困難。 2. 因池深較傳統沉澱池深，於冬季或早晚冷熱氣候變化大時，底泥會因溫差對流影響，提高出水濁度。 3. 沉澱池排泥為200m/m排泥管，排至集泥井後再分由75m/m及200m/m兩管分別抽排至污泥系統中，其中75m/m底層抽泥排泥管有時會有排泥不及情形發生，於高濁度時偶爾會發生阻塞。另新增設200m/m抽泥排泥管直接排放於雨水側溝中，有環保問題。
	因子分級	1. 每日產出餘水量約8000~10000 CMD，因廢水先經廢水處理設備及污泥塘(污泥塘共三池總容積)充份沉降後，餘水水質穩定(SS 1.6-6.2、COD 3.0~7.3、Cl ₂ 0.05~0.15、pH 8.1~8.4)，對淨水處理流程無不良效能。 2. 反沖洗廢水與膠凝池排泥廢水分流處理，且均裝設有電子式流量計；99年度已於餘水回收處污泥塘中新增設有SS、COD、Cl ₂ 、pH 等監測儀器，對廢水回收水質更可有效掌控。 3. 原廢水回收至南側分水井處，造成南北兩套處理加藥操控不均，易造成操作人員困擾，98年初將廢水回收點改至調節池進口處並與水庫原水進行充份混合後，大大提高操作人員於淨水處理流程中之操控均一及穩定性。 4. 本廠設有設備足夠的污泥塘(污泥塘共三池總容積)可提供餘水蓄存暫置，因此在回收機制上更具彈性，且亦可提供本廠於高濁水大量排泥時之緊急調整空間。



效能限制因子自評表填寫範例-操作程序

(III) 操作程序		自評問題說明
前處理(含曝氣、前氧化操作及流量控制)	因子分級	前處理單元原水池設置原水分流設施可分開維修分水井設置原水流量計及閘門可均勻分流控制
	因子分級	1. 本場建立濁度-加藥率曲線，以每日濁度及加藥率相關統計資料歷史經驗，每年修正加藥曲線以為操作人員即時加藥參考。 2. 本場為污泥膠凝池單元操作，採批實驗操作參數無法準確模擬實地現場操作現況實地泥凝劑加藥本場無自動加藥泥凝劑控制。 3. 因本場原水不佳無原水濁度達多少以上才開始加藥泥凝劑之時機以金屬鹽類作為泥凝劑時，本場因單元配置須2點泥凝劑加藥點加藥。 4. 本場兩層分水井水躍處之落差可提供淨水化學加藥點泥凝劑或助凝劑進入操作程序中之正確點及操作所須G值。 5. 本場泥凝劑設置加藥藥量流量計測量裝置能依操作所需調整加藥量。 6. 本場各項淨水藥劑加藥機可遠端 (remote) 即時監控。 7. 加藥機設定之加藥量每班量測一次以可靠反應在加藥管之尾端加藥量。 8. 本場加藥機具有變頻及機械微調加藥量功能。



經濟部水利署

淨水場操作效能評估執行人員教育訓練

淨水場操作效能評估表格及指引說明

林志麟 博士



效能限制因子自評表填寫範例-原水

(I) 原水		自評問題說明
原水水質(含濁度、藻類、溶解粉、鐵錳及有機物等)	因子分級	1. 汛期及颱風期間偶有發生高濁度，卡枝基颱風風度標高至49000 NTU，停水1日；莫拉克颱風風度標高至69000 NTU，停水3日；但整體而言高濁發生頻率低，年水質濁度變化不大。 2. 水庫枯水期有藻類繁殖情形，但影響不大。 3. 原水(水庫)設有分層(EL、)、自動取水濁度連續監測器，並裝設有一組多功能水質(pH、溫度、導電度、鹽度、溶氧、氯素)線上監測器。 4. 水庫於99年啟用頂頂取水設施，以及場內既有調節池可再緩衝水庫於豪雨期間之水質變化。
	因子分級	1. 汛期山洪暴後會帶來大量泥沙淤積於水庫中，原始庫容13337萬立方公尺，97年卡枝基颱風後淤積量1940萬立方公尺，98年莫拉克颱風後淤積量2840萬立方公尺。 2. 對壠水期與枯水期水量做長期紀錄與評估。 3. 南化水庫原設計並無排砂或減洪設施(EL自然溢流)，取水方式會受颱風造成高濁因素而影響取水水量。 4. 99年7月已完成壠頂頂取水工程(100萬CMD)，可減低及縮短上述影響之規模。 5. 年末冬季至年初春夏期間(10月至隔年5月下旬)為枯水季節，水庫水位明顯下降，需藉由越域引水(旗山溪)來補充，平均年越域引水量約8000萬立方公尺(水庫年提供水量21339萬立方公尺)，此時原水水質離子含量會升高(最高0.156)，一般期間原水水質離子約0.03-0.07；夏季颱風期間雖可補充足量庫水，但亦會發生高濁度，約1-3天之影響。



效能限制因子自評表填寫範例-機電功能

(IV) 機電功能(含能耗)	因子分級	自評問題說明
加壓幫浦(含濾池反洗、薄膜過濾及反洗)	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	加壓幫浦達使用年限機械老舊而增加能耗之用電效率不佳於予以汰換更新。 加壓幫浦之依供水系統設定水壓變頻運轉離尖峰操作。

Operational Performance Evaluation & Enhancement (OPPE) 營運效能評估及提昇 2



效能限制因子自評表填寫範例-人員

(I) 人員	因子分級	自評問題說明
政策規劃與推動	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	1. 現存管理政策並無影響淨水場效能之情形。 2. 目前尚無因缺乏更換設備緊急措施而影響效能情形發生。
人力調度	☐ 主要因子 ☒ 次要因子 ☐ 輕微因子 ☐ 非限制因子	1. 本廠於97年起完成後端廢水處理設施(新增廢水池、淤泥池、淤泥濃縮池及曬乾床等)，但人力卻一直無補充，且人員更替頻繁，造成辦公室人員工作負荷增加，排擠正常業務之執行效率 2. 本廠機電股人員目前僅3人，需負責全廠機電控制設備等維修保養工作，項目範圍廣且雜，工作負擔重。
緊急應變	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	1. 依規定期辦理應變演練，保持應變能力。 2. 非上班日期間倘遇緊急事件除由最近之第一級同仁先行處置外，再接由辦公室同仁進廠處置。

Operational Performance Evaluation & Enhancement (OPPE) 營運效能評估及提昇 2



效能限制因子自評表填寫範例-設備保養

(II) 設備保養	因子分級	自評問題說明
設施與設備保養(含儀表校正)(廠內自行操作)	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	1. 每年初起均訂有全廠年度設備維護保養計畫，據以執行；每月並對各項維護保養進行分析統計，每年年終時更進行全廠維護保養績效之總檢討，以為來年提昇績效之參考。 2. 設備維護保養作業均有相關維修保養紀錄可查。 3. 惟因人力有限，自行操作之保養工作難以負荷 4. 各項儀表均辦理定期校正維護，並留存紀錄。

Operational Performance Evaluation & Enhancement (OPPE) 營運效能評估及提昇 2



效能限制因子自評表填寫範例-能源管理

(III) 能源管理	因子分級	效能問題說明
變電站管理(集中式或分散式)	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	變電站的設置型式為集中式，檢討考慮改良供電效能。
水處理使用電力成本(含成本分析及最適契約容量之檢討)	☐ 主要因子 ☐ 次要因子 ☒ 輕微因子 ☐ 非限制因子	1. 本場依用電管理藥點定期對操作用電之最適契約容量進行評估改善。 2. 本場依用電管理藥點定期對操作用電之時間電價進行評估改善目前為3段時間電價。 3. 本場針對操作用電之可停用電力進行評估不適合。 4. 本場依用電管理藥點定期對操作用電之功率因數進行評估改善。 5. 產出每噸水所需使用的電力為0.53KW-h/m ³

Operational Performance Evaluation & Enhancement (OPPE) 營運效能評估及提昇 2



水廠營運效能限制因子評估問題指引

分類	因子項目	因子分級評估之審查問題指引
(一)設計、 原水操作	流域管理	1. 是否因上游流域管理疏失而有家庭、事業廢水及廢棄物棄置上游河川？ 2. 水場設施設計是否符合水源流域管理政策改變而產生之水質變化？ 3. 輸送過程是否與管理單位做適當的聯繫？ 4. 本身是否做適當的管控？ 5. 是否每週有水源巡查及記錄？ 6. 近年之污染物類別及量，是否備防除設施？ 7. 集水區是否有農業、工業或商業污染源？ 8. 流域的水質是否穩定，對操作的影響？ 9. 原水來源是否屬開放式水體？或密閉式水源？有否巡查管控？
	前處理設備、 (含沉砂池、 前加氯及曝氣)	1. 前處理設備啟用時機？ 2. 針對高濁度原水是否設置沉砂池或調節池，期設計停留時間是否足夠，效果如何？ 3. 加氯設備之能力是否足夠應付原水水質變化？ 4. 以「前加氯」方式之接觸時間足夠（除鐵錳）？ 5. 同時引入不同來源之原水，可否充分混合？ 6. 原水調節前池沉砂效率為何？ 7. 尾水集水之渠攪動，濁度上揚問題如何解決？ 8. 高濁度原水有否前處理應變措施？ 9. 原水有臭味時，有否除臭措施？ 10. 若有前加氯氨化，曝氣是否減少氧化鐵錳的效果？(地下水處理場適用) 11. 前處理程序是否可產生符合進入薄膜程序之水質要求？(薄膜廠適用) 12. 單元設計以及配置是否適宜？



水廠營運效能限制因子評估問題指引

分類	因子項目	因子分級評估之審查問題指引
(一)設計、 程序功能	混凝	1. 水廠是否有適當快混裝置有效地將混凝劑擴散於水流中？ 2. 當水廠無機械或靜攪拌器時，是否有高亂流流點(如：水躍)可供混凝劑之添加？ 3. 是否有可用之化學加藥點可讓混凝劑或助凝劑進入操作程序中之正確點？ 4. 是否因攪拌不足過量使用化學藥劑或混凝不足以致影響水廠效能？ 5. 前處理已使用過混凝劑，當進入水廠後，再加混凝劑之劑量是否與前處理有關聯，如何取捨？ 6. 快混設備是否將混凝劑均勻分布於水中？ 7. 快、慢混機設計轉速是否適當？ 8. 矩形堰後之跌水G值已相當高，是否評估關閉快混機設備？ 9. 快混條件與原設計是否相同？ 10. 是否因缺乏某一膠凝階段或因變動能量導致不良膠羽之形成，以致降低水廠之效能？ 11. 是否因出口狀况導致已形成膠羽之破壞？ 12. 是否因進入平行膠凝槽之不適流速比例而導致單元某程序之過度負荷，影響膠羽形成？ 13. 膠凝槽體積是否足以提供適當足夠之時間使膠羽形成？ 14. 慢混機之設計轉速是否恰當？ 15. 膠羽顆粒較粗，請探討原因，是設計停留時間不足，還是加藥量不夠，或是濁度過高、超載？ 16. 是否有過度攪拌破壞膠羽或因攪拌不足阻礙膠羽之產生，其G值之控制是否適當？



水廠營運效能限制因子評估問題指引

分類	因子項目	因子分級評估之審查問題指引
(一)設計、 程序功能	混凝	17. 膠羽機故障頻率如何？一般修復需時若干？ 18. 膠羽池排泥有否困難？是否符合法規要求？ 19. 攪泥條件與原設計是否相同？若否原因為何？成效如何？ 20. 膠凝池隔板會不會有高低差導致溢流現象？ 21. 攪拌機之運轉馬力使否足夠，有無變頻？
	沉澱 (含固體物接 觸床-汚泥 沉澱池)	1. 是否因設計不足(進口或出口結構不良、堰之放置或長度不良或污泥之設備不良、集水渠有無)導致不良沉降而影響過濾效能？ 2. 溫差效應影響沉澱池膠羽上浮是否嚴重 3. 沉澱池排泥管直徑是否足夠排泥 4. 沉澱池排泥泵是否經常故障，排泥是否順暢，排泥頻率是否適當？ 5. 是否因設計不當造成污泥無法徹底排除，淤積底部，甚至造成污泥上浮 6. 是否因污泥（底泥）清除問題造成沉澱效果不佳？ 7. 沉澱池排泥是否有困難？ 8. 是否因超量出水，流速過快，導致沉澱不佳？ 9. 沉澱池清洗時，是否有備用單元以避免影響過濾效能？
	過濾 (含反洗)	1. 過濾池型式是否適宜？ 2. 過濾器濾料的種類、深度、有效大小或均勻系數是否阻礙正常過濾？ 3. 表面沖洗及反沖洗設備及頻率是否適當以維持清潔之濾床？ 4. 底流或礫石層是否被傷害或干擾至影響過濾器效能之程度？ 5. 現存程序控制是否可適當的調整及量測水廠流速、反沖洗流速及濾速？ 6. 過濾濾料之種類厚度，有效粒徑或均勻係數，是否阻礙正常過濾？



水廠營運效能限制因子評估問題指引

分類	因子項目	因子分級評估之審查問題指引
(一)設計、 程序功能	過濾 (含反洗)	7. 是否曾發現濾砂粒徑變小影響過濾效果？ 8. 是否發現錳砂達到預期效果？ 9. 濾石高程是否足夠達到設計規範？ 10. 濾料膨脹率是否達到設計規範？
	消毒	1. 消毒設備是否有任何導致消毒不良之設計限制(適當之攪拌、停留時間、加藥率、加藥比例等)? 2. 系統是否因缺少殘餘藥量連續監測器及警報器或消毒加藥重覆系統，而導致消毒容量之喪失？ 3. 消毒設備是否有任何導致消毒效果不佳之設計限制？ 4. 餘氯監測自動控制是否設置及監測點是否適當，有否造成加藥不當情形？ 5. 停留時間足夠否？
	水力負荷 (單元流量分 流均勻度)	1. 水場設施設計是否符合出水水量需求？ 2. 各處理單元硬體容量是否充足(分水井)？ 3. 是否因供水過量，導致水力負荷過高？
	廢水處理與 回收	1. 是否因回流無法量測或取樣而影響水廠效能？ 2. 反沖洗廢水與膠沉池排泥廢水是否分開處理？ 3. 有否裝設流量計，裝設有無困難？ 4. 回收水質有否管控？ 5. 回收水回收時機為何？ 6. 廢水處理單元設計容量是否足夠？會不會導致溢流？ 7. 廢水池有無優化問題？

水廠營運效能限制因子評估問題指引		
分類	因子項目	因子分級評估之審查問題指引
(一)設計、操作程序功能	備用單元	1. 污泥處理部分是否需委外操作維持正常操作？ 2. 各淨水設備有無備用單元？
	污泥處理	1. 污泥處理的程序為何？是否最佳化？ 2. 污泥濃縮池設計容量是否足夠？ 3. 污泥濃縮池是否依濁度及出水水量設計？ 4. 污泥濃縮處理成效是否達設計規範？ 5. 污泥調理持是否具備攪拌設備？ 6. 污泥調理成效是否達到設計規範？
	污泥脫水	1. 脫水設備數量是否足夠？脫水後污泥餅含水率？ 2. 脫水機設備能力是否夠應付高濁度之污泥處理？ 3. 曬泥床有無設置及空間是否足夠？
	因天候而無法正常操作	是否因天候因素(如颱風或暴雨)而影響單元操作？
	薄膜單元(薄膜廠適用)	前置夾式過濾裝置是否適宜？

水廠營運效能限制因子評估問題指引		
分類	因子項目	因子分級評估之審查問題指引
(一)設計、操作程序功能	過濾(含濾遠控制、濾料替換時機)	1. 過濾池操作濾遠是否適當？ 2. 過濾池濾料替換頻率是否適當？ 3. 濾料換填時是否會影響正常處理水量或處理程序？
	濾池反洗(含反洗時機及延時)	1. 沖洗水量及沖洗時間、強度是否適當？ 2. 濾砂之膨脹(反沖洗)是否適當？ 3. 反沖洗砂水量及側洗水量是否足夠潔淨濾砂？ 4. 過濾池內水質是否有藻類產生問題？
	消毒(含加氯量控制)	1. 消毒設備之加藥點是否適當？ 2. 消毒劑量如何控制？依據如何？ 3. 消毒劑有考慮其他替代品？
	污泥處理及脫水(含調理劑使用)	1. 污泥調理劑種類及濃度為何？ 2. 污泥調理劑量是否適量而影響污泥脫水？ 3. 如何評估調理劑量？ 4. 污泥調理時間為何？ 5. 污泥處理問題是否可利用其他處理技術(設施)來加以改善？

水廠營運效能限制因子評估問題指引		
分類	因子項目	因子分級評估之審查問題指引
(一)設計、操作程序功能	前處理(含流量控制)	1. 前處理單元是否設置原水分流設施？ 2. 前處理單元是否設置原水流量計或流量控制設施？ 3. 曝氣量是否足夠？
	混凝(含混凝劑量控制)	1. 是否建立歷史經驗加藥曲線？ 2. 混凝劑加藥量是否參照歷史經驗加藥曲線添加？ 3. 歷史經驗加藥曲線是否可以定期修正？ 4. 杯瓶實驗操作參數是否可以準確模擬實場操作現況？ 5. 實場混凝劑加藥是否具有自動化控制？ 6. 混凝劑加藥時機？原水濁度達多少以上才開始加藥？ 7. 以金屬鹽類作為混凝劑時，混凝藥劑是否在加藥前過度稀釋？ 8. 實場混凝劑加藥是否多點加藥？ 9. 快混單元之攪拌強度(G值)是否合適？ 10. 慢混單元之膠羽生成是否良好？ 11. 加藥裝置是否能依操作所需調整加藥量及加藥量是否容易量測，以確保準確之加藥量？ 12. 加藥機可否遠端(remote)即時監控？ 13. 加藥機設定之加藥量是否忠實反應在加藥管之尾端加藥量？多久測一次？ 14. 加藥機是否具有變量功能？
	沉澱(含排泥操作)	1. 刮(排)泥設備啟用的頻率？及時機為何？ 2. 沉澱池排泥方式是否造成沉澱污泥上揚？ 3. 沉澱池排泥時是否造成廢水處理單元容量不足？

水廠營運效能限制因子評估問題指引		
分類	因子項目	因子分級評估之審查問題指引
(一)設計、操作程序功能	因操作而引起之水質問題	1. 混凝劑加藥量是否影響過濾水之殘餘鋁量？ 2. 沉澱污泥排泥操作是否影響過濾水之殘餘鋁量？ 3. 沉澱污泥排泥操作是否影響沉澱出流水濁度？ 4. 過濾反沖洗迴流是否影響過濾水之殘餘鋁量？ 5. 過濾反沖洗迴流是否影響過濾水之殘餘鐵、錳量？ 6. 是否因回流過量或回流水品質不良(如反沖洗水及污泥濃縮池上層液)，導致水處理不良效能？
	程序控制性及操作彈性	1. 是否每座沈澱池或過濾池出流處均設有方便之採樣口？ 2. 是否每座濾池設有方便之反沖洗水採樣口？ 3. 是否有適當之採樣口來取得具代表性原水？ 4. 是否廢水單元有設置適宜之採樣口？ 5. 清水池是否有設置合宜之採樣口？ 6. 是否每座沉澱池或過濾池之出流口均設有方便之採樣點？ 7. 是否有過濾池反沖洗水之採樣點？ 8. 不同水源是否可單獨採樣？ 9. 混合後水源是否可採樣監測？ 10. 是否設計之初對各單元考量可控制性並設計必要之操作空間(PID、Pump 等)？

水廠營運效能限制因子評估問題指引		
分類	因子項目	因子分級評估之審查問題指引
(四) 設計、操作程序	設施與設備操作手冊的建置	1. 水廠人員是否有訂定標準作業程序(SOP)手冊並且置於容易取得之處？ 2. 是否有設置定標準作業程序(SOP)並置於容易取得之處？
	水質檢驗室空間及設備	1. 是否具有必要之水質檢測空間並具有適當之操作儀器？ 2. 是否有設置？若有設置是否有足夠空間？
	薄膜操作之濃縮液處理(薄膜廠適用)	薄膜是否會因濃縮液回流而影響產水水質？
	薄膜反沖洗及化學清洗(薄膜廠適用)	薄膜清洗是否可回復薄膜效能？

水廠營運效能限制因子評估問題指引		
分類	因子項目	因子分級評估之審查問題指引
(IV) 機電功能(含能耗)	抽(送)水設備(含原水、廢水、自來水輸送)	1. 淨水場針對場內抽(送)水設備之用電效率是否了解？ 2. 各階段處理設備是否妥善規劃用電設施？ 3. 有沒有針對廠內主要抽水設備做能耗分析，使其運轉在最佳效率點？ 4. 抽送水設備是否使用節能設施(如泵前混合、跌水混合、變頻設備或管道混合)？ 5. 變頻設備是否加裝諧波改善設備？
	刮(排)泥設備	是否根據污泥量落實執行最佳排泥操作頻率及時間？
	加壓幫浦(含濾池反洗、濾膜過濾及反洗)	1. 加壓幫浦之用電效率為何？是否因器械老舊而增加能耗？ 2. 加壓幫浦之使用時機及操作延時？
	污泥脫水設備	污泥脫水設備產生合乎規範含水性之污泥餅所耗用的電量是否可減少？

水廠營運效能限制因子評估問題指引		
分類	因子項目	因子分級評估之審查問題指引
(一) 人員	管理階層對水場需求之了解	1. 人員是否因編制不足對水廠操作及維修產生不良影響？ 2. 水廠人員是否足夠應付水廠之所有任務？在傍晚、週末及假日時是否能作適當之調配？ 3. 專業人員是否高齡化？經驗上是否有妥善的傳承？
	政策規劃與推動	1. 是否在政策上因經費或其它因素而未提供足夠的員工訓練，因而影響水廠操作效能？
		1. 操作期間是否有足夠人員應付原水水質變化？ 2. 是否因調配不均而阻礙程序之調整？ 3. 廠(所)同仁是否具備符合其工作職務之教育程度？ 4. 廠(所)同仁是否具備良好的工作態度？是否對其擔任之工作具高度抗壓性？ 5. 廠(所)工作環境(如團隊合作度、約聘僱人員向心力或廠長與操作人員之互動程度)是否會影響廠(所)同仁對本身工作之積極度？ 6. 是否因人力不足致使無法離開工作崗位接受外部訓練，錯失獲得相關知識之機會？ 7. 操作員缺乏對水處理之基本認識，是否為操作決定不良及水廠效能不良之因子？ 8. 有無對儀器了解之專責操作人員？
	人力調度	1. 水廠人員是否因無法應用水處理之知識及解釋程序試驗控制之結果，以致於作不合適之控制程序之調整？ 2. 是否將所學知識應用於工作上？是否具備單元程序控制之專業知識，可充份了解各處單元程序控制之功用及如何調整程序單元控制？
	緊急應變	

水廠營運效能限制因子評估問題指引		
分類	因子項目	因子分級評估之審查問題指引
(二) 設備保修	設施與設備保養(含儀表校正)(廠內自行施作)	1. 是否有專責人員定期落實三級保養？多久保養一次？ 2. 流量計、濁度計或其他儀表是否有定期進行校正及保修？ 3. 當發現儀表不準確時是否有立即進行自行校正或請廠商校正及保修？ 4. 是否有足夠的人力，進行保修及校正？
	設施與設備維修(配合廠商施作)	1. 廠(所)是否有建立長期合作之設施與設備維修廠商名單？ 2. 容易發生故障之設備備料是否完備？ 3. 是否有落實執行設備換修的機制？
	主管對節能管理的重視程度	區處主管對廠區節能之重視程度？
(三) 能源管理	操作用電之標準作業程序建立	1. 淨水場是否是在停電時具備緊急發電設備？ 2. 在台電端是否具備雙迴路供電？
	負載管理措施(含設備負載分劃設計及使用時間規劃)	1. 是否有抽水機操作組合計畫？組合計畫是否最佳化？ 2. 製程設備使用時間規劃是否合理？ 3. 是否落實執行冷卻空調系統的負載管理？
	變電站管理(集中式或分散式)	變電站的設置型式為何？是否考慮改良供電效能？



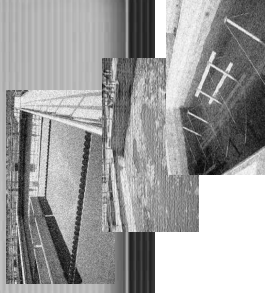
水廠營運效能限制因子評估問題指引

分類	因子項目	因子分級評估之審查問題指引
(III) 管理 能源管理	水處理使用電力 成本(含成本分 析及最適契約容 量之檢討)	1. 是否針對操作用電之最適契約容量進行評估？有無超出最適契約容量的紀錄？ 2. 是否針對操作用電之時間電價進行評估？ 3. 是否針對操作用電之可停用電力進行評估？ 4. 是否針對操作用電之功率因數進行評估？ 5. 產出每噸水所需使用的電力為何？
	污泥處置	1. 污泥儲存設備容量是否符合需求？清理及運除有無問題？ 2. 底泥回收方式是否為定期回收，多久回收一次？
(IV) 其他 管理	化學藥劑 (混凝劑、高分 子聚合物、防垢 劑、清洗劑及其 他藥劑)	1. 是否所採購之化學藥劑（如：混凝劑、高分子聚合物、抑垢劑）導致操作不良狀況或二次污染？ 2. 藥品進貨預估，是否依規定辦理？ 3. 藥品進貨時之抽檢是否確實？ 4. 藥品庫存量是否充足？



混凝原理與淨水場加藥實務

黃志彬 教授



天然水中膠體之來源

■無機膠體

- 矽土氧化物
- 方解石
- 黏土(高嶺土、火山灰風化黏土)
- 氧化鐵(針鐵礦、赤鐵礦)
- 鋁的純氧化物或其混合物種

■有機膠體 (NOM)

■有機體(微生物)

- 原生動物(*Giardia lamblia*, *Cryptosporidium*)
- 病毒
- 藻類
- 細菌

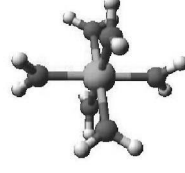
常用混凝劑

金屬			有機聚合物
鋁	鐵	其他	
硫酸鋁 氯化鋁 鋁酸鈉 氫氧化鋁 聚氯化鋁 (PACl) 聚硫酸氯化鋁 聚矽氯化鋁 聚氯化鋁 + 有機聚合物	硫酸鐵 硫酸亞鐵 氯化鐵 硫酸氯化鐵 聚合硫酸鐵 聚合矽酸鐵 (PSI/PSF) 鐵鹽+有機聚合物	石灰乳 鎂鹽	●天然聚電解質 - 澱粉 - 丹寧酸 - 幾丁聚醣 - 褐藻酸鈉 ●合成高分子聚合物 - 陽離子 - 陰離子 - 中性

金屬混凝劑 - 鋁(III) 之水解

單體水解產物

- 主要水合作用殼層 & 次要水合作用殼層
- 由於金屬離子表面具有大量電荷，水分子被極化於主要水合作用層



- The positions of water in the primary hydration shell of the aluminum hexahydrate complex
- Aluminum is presented in light blue, oxygens in red and hydrogens in white

鋁(III)之水解作用

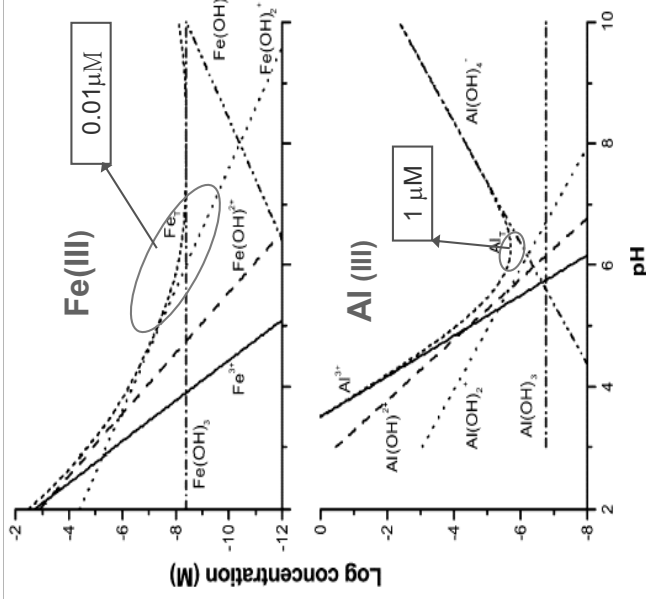
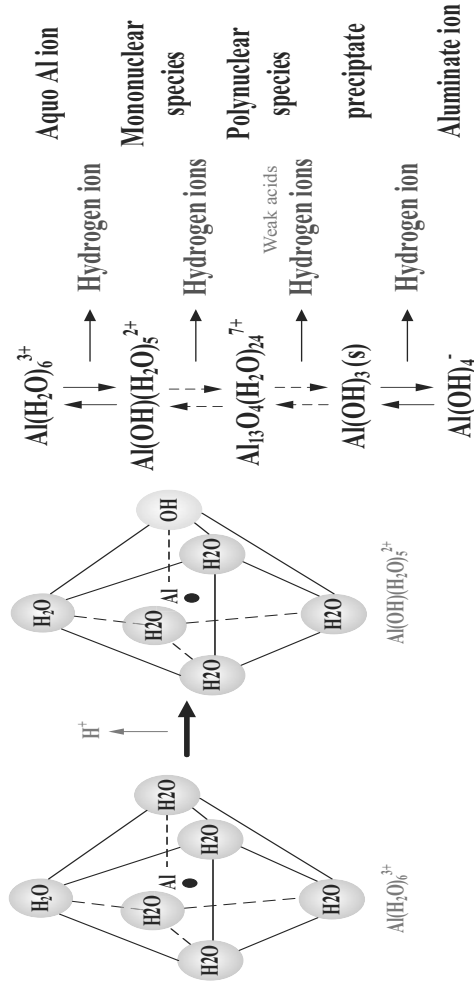


Fig. 1. Concentrations of monomeric hydrolysis products of Fe(III) and Al(III) in equilibrium with the amorphous hydroxides, at zero ionic strength and 25 °C.

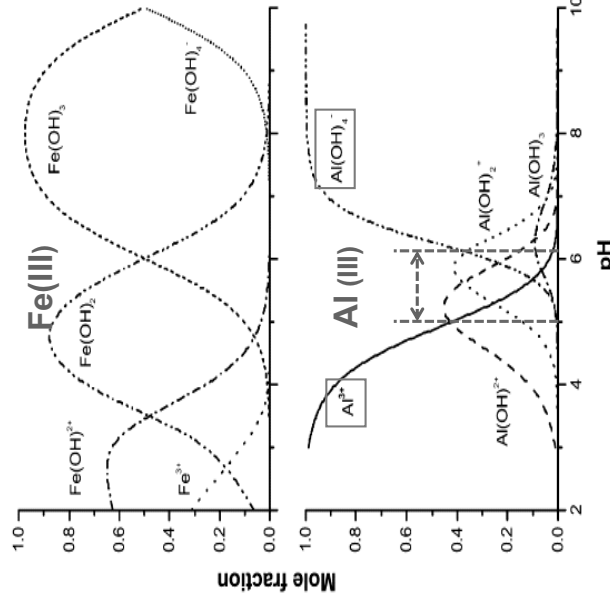
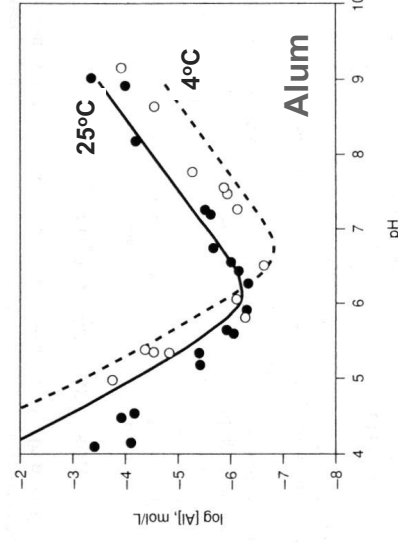


Fig. 2. Proportions (mole fractions) of dissolved hydrolysis products in equilibrium with amorphous hydroxides.

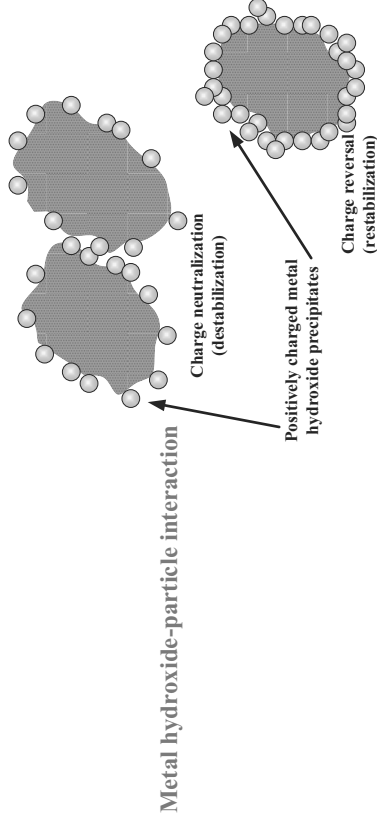


低溫條件下:最低溶解度及移動至偏鹼端

Figure 4-1 Solubility plots of dissolved aluminum for alum at 77°F (25°C) and 39°F (4°C) versus experimental data

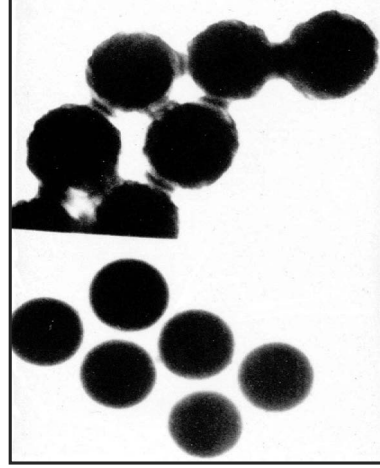
疏水性顆粒之去穩定作用 - 金屬氫氧化物之相互作用

- 去穩定化：帶正電荷的金屬氫氧化物微粒附著在不相互連接位置的原有懸浮顆粒之表面上，而非於均勻的coated層。
- Alum微粒帶正電荷，不但發生電性中和去穩定作用，且有再穩定作用發生(re-stabilization)。
- 沉澱掃可先有電性中和之程序，且金屬氫氧化物微粒的存在並不會限制沉澱掃除反應。



9

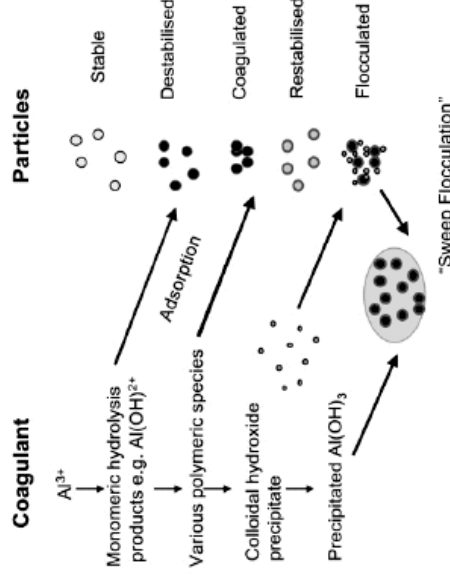
異相混凝：Heterocoagulation



- 當 pH 值小於 $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{am})$ 之等電位點 ($\text{pH}_{\text{iep}} \approx 8$) 時，帶有正電荷之氫氧化鋁微粒會吸附至帶負荷之濁度顆粒
- 濁度顆粒表面電性中和而致去穩定

10

沉澱掃除使膠羽快速生成且聚集變大



鋁物種與初始的負電性顆粒交互作用，在右方的顆粒初期呈穩定態，之後藉電性中和而去穩定。高混凝劑量時因電性轉換產生再穩定，而與氫氧化物膠羽結合沉澱(沉澱掃除)。

pH 控制

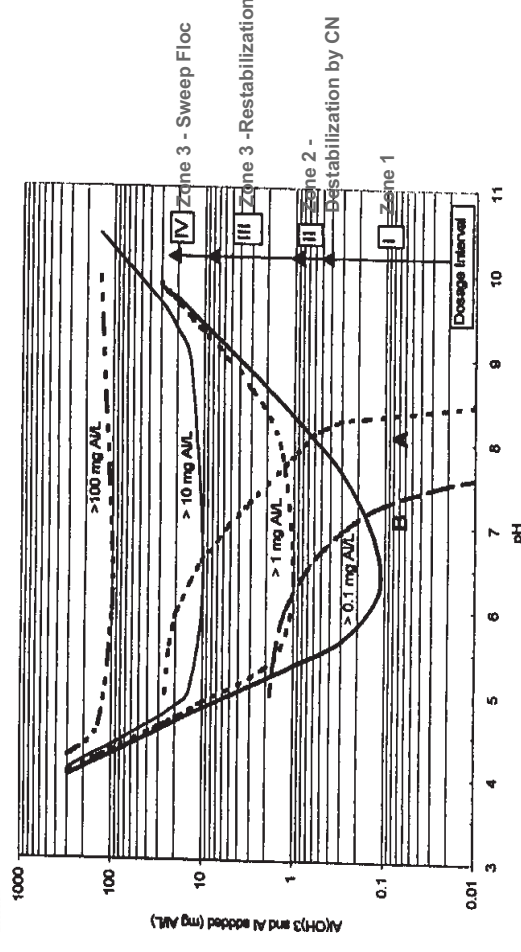


FIGURE 6.16 Titration curves superimposed on curves showing the amount of aluminum hydroxide precipitate formed. Curve A is for an initial alkalinity of 3.5 meq/L (175 mg/L as CaCO_3); Curve B is for an initial alkalinity of 0.25 meq/L (12.5 mg/L as CaCO_3). Note: 1 mg AUL is equal to 12.8 mg $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ and 2.9 mg $\text{Al}(\text{OH})_3/\text{L}$.

12

混凝作用 - 金屬離子

- 兩步驟: 金屬離子產生水解反應 + 水解物種與顆粒反應
- 金屬離子產生水解之反應
 - 根據pH值、劑量、離子強度、鹼度及其他條件
 - 於低pH值 (4<pH<6): 產物為複合物
 - 於高pH值 (6<pH<10): 金屬氫氧化物為主要產物, 由其於高劑量下產物與顆粒產生之反應
- 電性中和
- 異相混凝(heterocoagulation)
- 沈澱掃除

13

混凝作用 - 有機物

- 天然有機物(NOM)
 - 包括各式各樣的巨大分子
 - 如同顆粒之混凝作用
- 兩種有機物移除之機制(Dempsey, 1982)
 - 沉澱: 利用多核鋁水解
 - 主要需於低混凝劑量與低pH值之條件下
 - 吸附: 利用氫氧化鋁沉澱
 - 主要需於高混凝劑量與高pH值之條件下

15

混凝作用 - 反應

- 電性中和 (吸附作用/去穩定作用), 掃除膠羽 (Enmeshment) 或兩者混合。
 - $10\ \mu\text{m} \xrightarrow{\text{CN}} 30\text{--}50\ \mu\text{m} \xrightarrow{\text{Sweep}} 200\ \mu\text{m}$
- 電性中和(CN)
 - 經由電性中和顆粒與金屬離子產生之複合物稱為 microfloc
 - 快混程序導致反應物產生碰撞形成 microfloc
 - 於快混後, 聚集許多 microfloc 而形成 floc
- 掃除膠羽 (SW)
 - 此反應介於氫氧化鋁沉澱物及顆粒 (Heterocoagulation)
 - 非晶型與不規則之天然氫氧化鋁膠羽可提供位置, 進行 enmeshment.
 - 靜電吸引力提供鍵結力 (bonding force)

14

混凝作用 - 速率



Charge Neutralization	Sweep flocculation
Fast (10^{-4} to 1 s)	Slow (1 to 7 s)
$\text{Al}(\text{OH})^{2+}_2 + \text{Al}(\text{OH})^{+}_2 + \text{Al}_7(\text{OH})^{4+}_{17} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$	$\rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$
帶有電性之物種可吸附顆粒並中和其電荷	大量的沉澱物可凝聚顆粒, 利於膠羽掃除作用
產物之生成須於低pH值	

16

聚合鋁混凝劑 (PACl) Polyaluminum Chloride

17

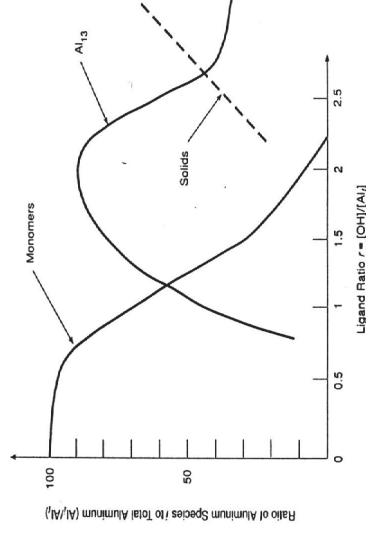
聚合氯化鋁 (PACl)

鹽基比 $r = [\text{OH}^-] / [\text{Al}^{3+}]$ ($3 \geq r \geq 0$)

■ $r < 1$ ，單體鋁 $\text{Al} (\text{Al}^{3+}, \text{AlOH}^{2+})$

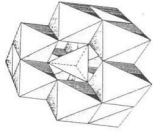
■ $1.25 < r < 2.5$ ， Al_{13} 聚合物

■ $r > 2.5$ ，氫氧化鋁



18

聚核心物種－鋁



- $\text{Al}_2(\text{OH})_2^{4+}$ 、 $\text{Al}_3(\text{OH})_4^{5+}$ 、 $\text{Fe}_2(\text{OH})_2^{4+}$
- 較著名為 $\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}^{7+}$ 及 Al_{13}
- 此tridecamer有“Keggin結構”的結構，組成一個中央為四面體 AlO_4^{5-} 單位，由12個鋁八面體包圍其共享邊緣
- 於天然水體環境及酸性土壤水體中可被測得
- Al_{13} 於水溶液中之離子半徑約為 1.3 nm
- 其他聚核心物種具八聚合物: $\text{Al}_8(\text{OH})_{20}^{4+}$
- 鋁型態研究可利用鐵試劑(8-hydroxy-7-iodo-5-quinoline sulfonic acid)進行逐時螯合比色法

19

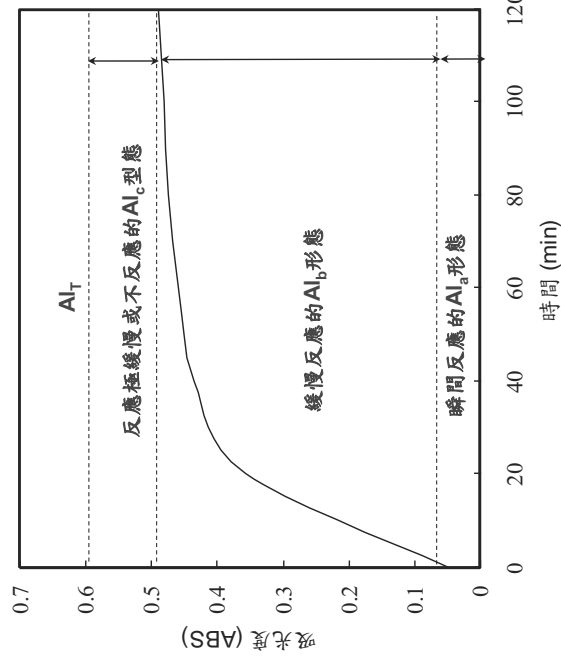
Al型態測定 - 逐時螯合比色法



Al型態測定 (Smith, 1973)

Al-Ferron

Al_a ：單體鋁 (Al^{3+})
 Al_b ：聚合鋁 (Al_{13})
 Al_c ：膠體鋁
 $\text{Al}_T = \text{Al}_a + \text{Al}_b + \text{Al}_c$



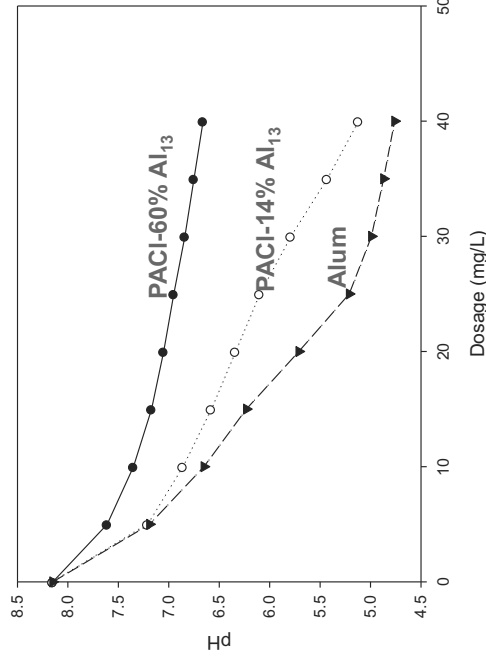
20

混凝劑種類	Al _T (M)	pH	Ferron (%)				NMR (%)			Al ₁₃ /Al _b
			Al _a	Al _b	Al _c		Al _a	Al _m	Al _u	
PACl-1	0.03	4.06	55.5	12.4	32.1		37.8	0	62.2	0
PACl-2	0.05	4.69	2.5	52.1	45.4		0	60.3	39.7	1.16
PACl-Al ₁₃	0.05	4.50	3.7	96.3	0.0		0	93.4	6.6	0.97

混凝劑來源	Al _T (M)	pH	Ferron (%)				NMR (%)			Al ₁₃ /Al _b
			Al _a	Al _b	Al _c		Al _a	Al _m	Al _u	
宏匯	2.22	2.49	43.8	18.3	37.9		32.6	18.8	48.6	1.02
東展	2.21	2.39	50.3	16.0	33.7		38.2	16.0	45.8	1.00
大軒	2.09	2.77	35.7	12.1	52.2		29.6	11.2	59.2	0.92

Al₁₃含量Al-Ferron檢測方法之測試及與²⁷Al-NMR分析數據之比較

21



➡ 單體鋁(Al_a) 會水解進而消耗水中鹼度

22

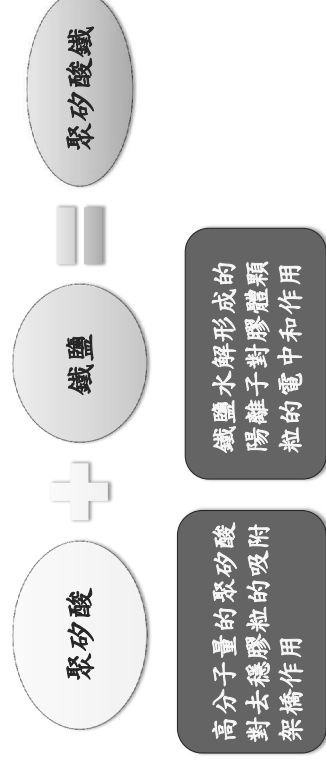
聚矽酸鐵(PSF/PSI)

- 聚矽酸鐵由許多具高正電荷之三價鐵水解產物及聚矽酸鹽(polysilicate, PS)所組成
- 混凝效率高，無毒性且低腐蝕性
- 去除濁度之最佳混凝操作pH為 → 5.6~6.5
- 混合強度(G)之大小會影響混凝效率

23

聚矽酸鐵 (PSI / PSF)

- Polysilicate-ferric, PSF
- Polysilicate Iron, PSI
- 分子式： $\text{Fe}_m (\text{SiO}_2)_n$



聚矽酸鐵混凝劑之特性

特性

- Fe/Si莫耳比較高的PSI在較高pH範圍內有最佳混凝效果，而Fe/Si莫耳比較低者適於架橋作用，在較低pH範圍內有良好的混凝效果。

優點

- 對藻類 & 濁度之處理效果佳
- 減少處理後出流水所含之殘餘鋁濃度
- 污泥特性：密度高、含水量低、無嗅度問題

有機混凝劑 (Polymer)

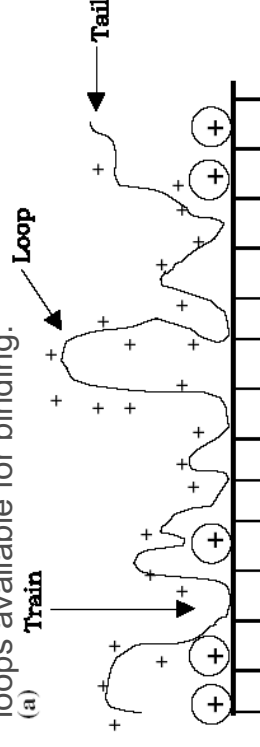
- Polymer廣泛用於水處理中混凝作用（混凝劑）及膠凝作用（助凝劑）、直接過濾（混凝劑）、過濾（助過濾）及污泥處理
- 具高電荷密度之陽離子聚合物常作為混凝劑；而具高分子量之陰離子、非離子及具低電荷密度之陰離子聚合物多作為助凝劑

Table 4-4 Synthetic organic coagulants used in water treatment

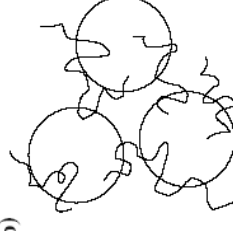
Type	Examples	Molecular Weight Range	Uses	Observations
Nonionic	$\left[\begin{array}{c} \text{Polyacrylamide} \\ \text{CH}_2 - \text{CH} \\ \\ \text{C=O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} \right]_n$	$10^5 - 10^7$	Coagulant aid, filter aid	Used to increase flocc strength; available as powder or emulsion; used mostly as filter aid
Anionic	$\left[\begin{array}{c} \text{Hydrolyzed polyacrylamide} \\ \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2\text{CH} \\ \quad \\ \text{C=O} \quad \text{C=O} \\ \quad \\ \text{NH}_{2(x)} \quad \text{ONa} \end{array} \right]_y$	$10^4 - 10^7$	Coagulant aid, filter aid, sludge conditioning	Produced by controlled hydrolysis of polyacrylamide; range of molecular weights and charge densities available; charge depends on pH
Cationic	$\left[\begin{array}{c} \text{Poly(DADMAC) or poly (DMDAAC)} \\ \text{polymers} \\ \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \quad \text{CH}_3 \\ \quad \quad \quad \diagup \quad \diagdown \\ \quad \quad \quad \text{N}^+ \quad \text{Cl}^- \\ \quad \quad \quad \diagdown \quad \diagup \\ \quad \quad \quad \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$	$10^4 - 10^6$	Primary coagulant, turbidity or color removal, sludge conditioning	Most widely used primary coagulant; may be used in conjunction with inorganic coagulant; chlorine resistant; charge density not pH sensitive; available in liquid form
Cationic	$\left[\begin{array}{c} \text{Quaternized polyamines} \\ \text{(Epi/DMA polymers)} \\ \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{N}^+ \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$	$10^4 - 10^6$	Primary coagulant, color or turbidity removal	Mostly widely used primary coagulant for color removal; properties similar to poly(DADMAC)
Cationic	$\left[\begin{array}{c} \text{Polyamines} \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2 \end{array} \right]_n$	$10^4 - 10^7$	Primary coagulant, also coagulant aid (high molecular weight)	Includes several types of polymers; less widely used as primary coagulant, reacts with chlorine; charge density depends on pH

Source: James M. Montgomery, Inc. Water Treatment Principles & Design. Table 6.3. Copyright © 1985, James M. Montgomery, Inc. Reprinted by Permission of John Wiley & Sons.

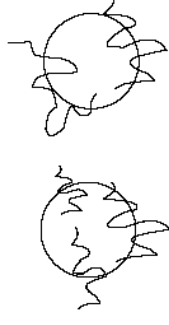
Adsorption of polymer and formation of loops available for binding.



(b) (c)



Polymer bridging between particles (aggregation)



Restabilization of colloid particles (floc breakup)

聚合物之膠凝模式

■ 電性中和模式

- 低分子量的陽離子聚合物被吸附在帶負電的顆粒上

■ 架橋模式

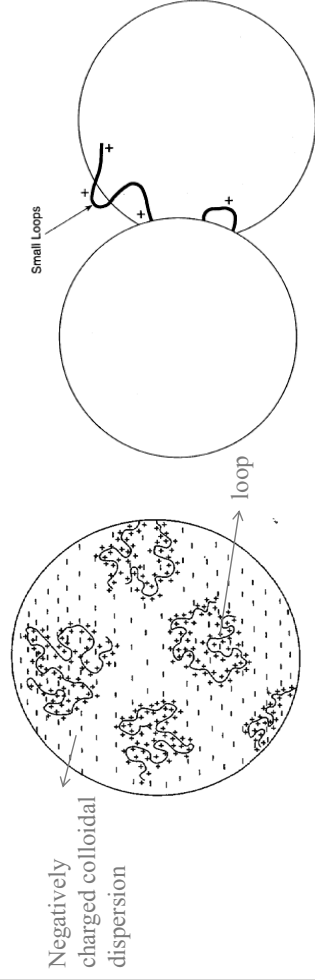
- 高分子量的非離子和負離子聚合物也會被吸附

- 靜電力 (關於顆粒中相反電位的聚合物)
- 疏水特性 (聚合物包括非極化族群造成聚合物累積在交界面上)
- 氫鍵鍵結 (在顆粒表面上羥基族和聚合物的胺族之鍵結)

29

靜電補丁

- 高分子聚電解質和顆粒間存在強靜電吸引力
- 固液界面的吸附作用
- 相鄰顆粒間電性鑲嵌排列，提供強靜電引力而發生去穩定作用
- 相似於膠體去穩定的電雙層模式，當Stem layer異性離子吸附作用發生可降低顆粒間相斥的電性斥力

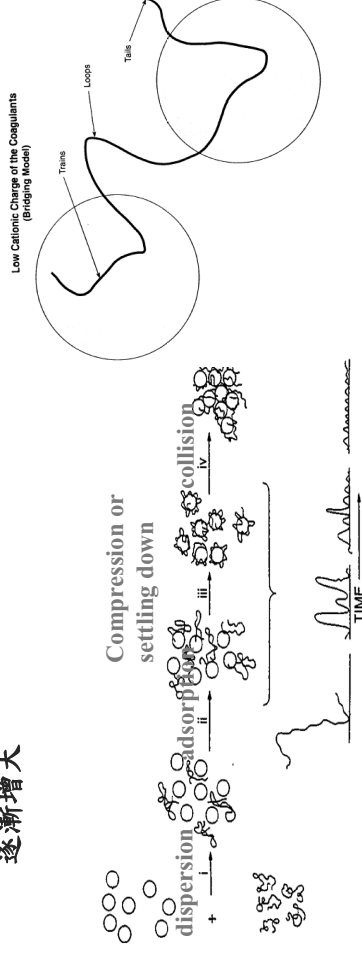


30

架橋作用

架橋作用之各反應階段：

- 懸浮溶液中高分子聚電解質的分散作用
- 固液界面的吸附作用
- 被吸附之高分子聚電解質的壓縮或沉澱作用
- 相鄰的高分子聚電解質之顆粒相互碰撞而產生架橋作用使膠羽逐漸增大



31

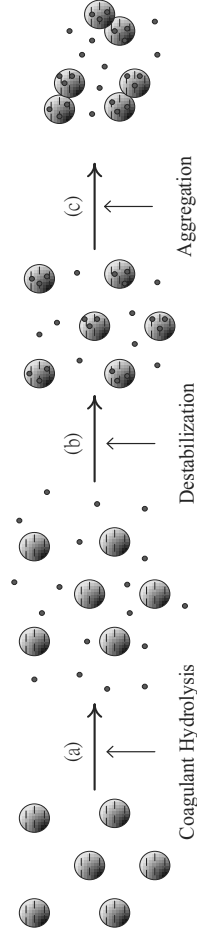
化學藥劑與混凝機制

混凝機制	主要化學藥劑
壓縮電雙層作用	Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}
吸附-電性中和作用	PACI (聚氯化鋁) PAS (聚硫酸鋁) PIC (聚氯化鐵)
沉澱網除作用	Alum (硫酸鋁，明礬) FeCl_3 (氯化鐵)
架橋作用	Organic Polymer Biopolymer (Chitosan)

32

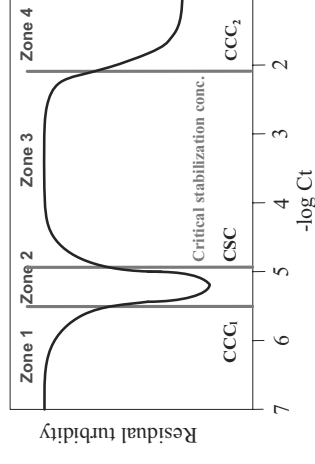
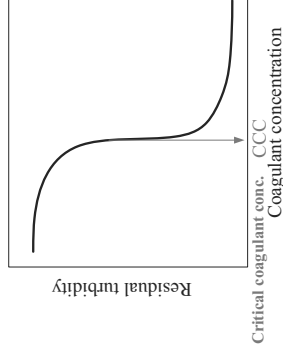
水處理混凝程序

- 此程序導致化學藥劑與膠體顆粒接觸並產生反應
 - 反應產物: *micro-floc*
- 工程上之程序包括兩階段
 - 選擇適當化學藥劑(chemicals)，最適劑量(dosages)及pH值，產生*micro-floc*產物
 - 混凝劑與膠體顆粒間之接觸



33

顆粒之去穩定作用 - 影響混凝劑劑量



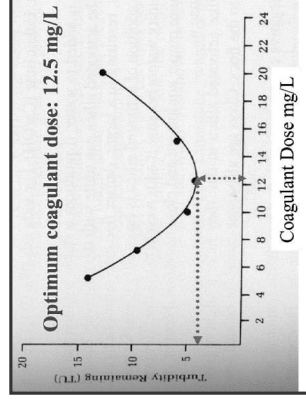
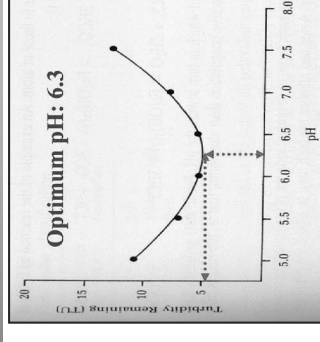
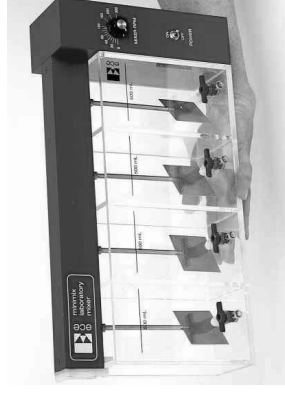
35

混凝作用之順序

- 化學藥劑之添加順序(傳統)
 - 添加化學藥劑來校正pH值(石灰、氫氧化鈉及酸等)
 - 金屬混凝劑
 - 膠凝
- 12 mg/L 鋁 + 0.3 mg/L 陽離子聚合物
 ≅ 28 mg/L 僅鋁
 ≅ 2.3 mg/L 僅陽離子聚合物
- 陽離子聚合物 + 鋁 → 有效處理低濁度、低鹼度及含腐植質(TOC < 5 mg/L)之水質
- 同時採用兩種混凝劑 → 有效處理高濁度水

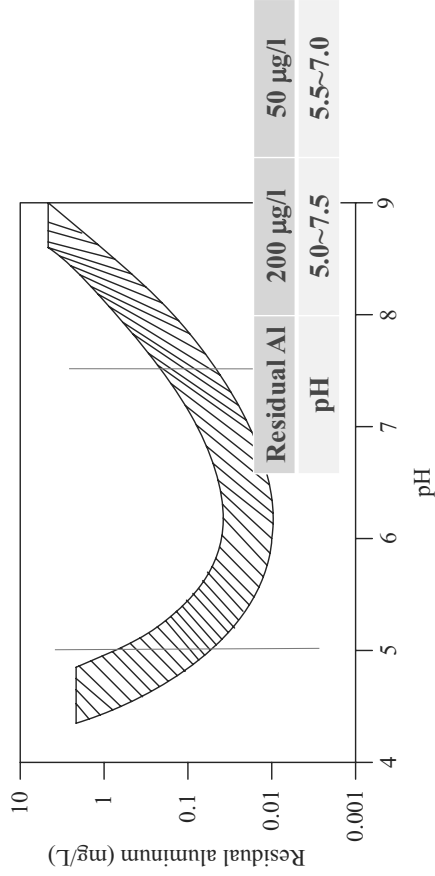
34

瓶杯試驗



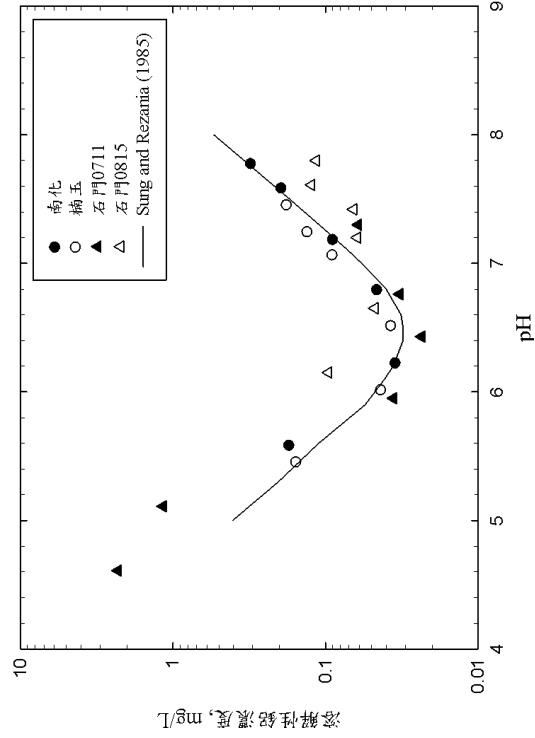
36

Residual Al = Soluble Al(III) + Al-organic complex + Al(OH)_3 colloids + Al(OH)_3 floc fragment



殘餘鋁鹽濃度受硫酸鹽、矽土、正磷酸鹽、腐植物質及溫度影響

殘餘溶解性鋁受pH之影響



混凝原理與淨水場加藥實務

Q & A



消毒副產物的生成、評估及控制 -以金門地區淨水場為例-

王根樹

台灣大學公共衛生學院

飲用水中三鹵甲烷之生成

- 飲用水加氯消毒時，氯會與水中的有機前質作用，其反應式為：



- 三鹵甲烷生成之影響因子

- 前趨物質
- pH值
- 溫度
- 反應時間
- 加氯量
- 溴離子濃度



背景

- 加氯消毒為國內自來水廠主要消毒方式
- 動物實驗及流行病學研究結果
 - 致癌性
 - 與自發性流產、胎兒發育缺陷具有相關性
- 法規
 - 台灣：目前三鹵甲烷管制標準為80 ug/L
 - 美國：USEPA於1998年將管制標準由100 ug/L降至80 ug/L，並以40 ug/L為其下一個管制目標
- 含溴三鹵甲烷對致癌風險之影響尚不清楚

DBPs之健康效應

- THMs致癌性
 - Yang et al. (1998) 於台灣地區進行流行病學研究，指出加氯消毒之飲用水與直腸癌、肺癌、膀胱癌和腎癌具有正相關
 - USEPA之致癌性分類
 - 將氯仿、一溴二氯甲烷、溴仿列為Group B2：極可能人類致癌物，其人體研究致癌證據不足或是無資料，但動物試驗致癌證據充足
 - 二溴一氯甲烷則為Group C：可能人類致癌物，人體研究致癌證據不足或是無資料，且動物試驗致癌證據有限
- THMs生殖危害
 - 在以物種加以區分時，一溴二氯甲烷與自發性流產增加之風險有最高的關聯性
- HAA健康危害：
 - 肝毒性，基因毒性，神經毒性，胚胎毒性，生殖危害，致突變性或致癌性 (DCAA-B2, TCAA-C)。含Br物種健康危害較大。

飲用水中三鹵甲烷之暴露評估

- 暴露族群：台灣地區民眾(成人)
- 暴露途徑
 - 食入
以飲用為主，煮沸習慣之考量可以降低食入暴露量，約有61~82%之去除率(Kuo et al., 1997)
 - 呼吸
以淋浴時之呼吸暴露為主，主要原因有四點：用水量多、空氣與水之間的界面大、水溫較高、浴室空間較小(Lin et al., 2000)
 - 皮膚吸收
Kuo et al.(1998)透過飲用水飲用及淋浴之暴露活動評估氣仿的暴露量，指出十分鐘淋浴時間的情況下，氣仿透過食入、呼吸、皮膚吸收的暴露量比為3:4:3，不僅指出呼吸暴露之重要性，亦顯現皮膚吸收占有相當之暴露量比例

量化風險(1/3)

- 計算單一物質之風險
 - 風險推估數學模式之選擇
「直線多階段模式」：因環境暴露多屬低濃度暴露，假設在多階段模式中，劑量-效應關係在低劑量時呈線性關係，則得到一個斜率因子，Cancer Slope factor
 - 特性：
 - 考慮很多高危險群之特殊性
 - 無論高或低劑量暴露推估之風險度高估情形
 - 美國環保署採用

長期暴露劑量

- 食入暴露：食入之長期吸收劑量(mg/kg-day)
$$CDI = C_w \times IR \times EF \times ED \times CF / (BW \times AT)$$
- 呼吸之長期吸入劑量(mg/kg-day)
長期吸入劑量(CDI)
$$= C_{air} \times VR \times AE \times ET \times EF \times ED \times CF / (BW \times AT)$$

~~~~~  
每天吸收的劑量mg/day      30年之總暴露天數
- 皮膚之長期吸收劑量(mg/kg-day)  
長期吸收劑量(CDI)  
$$= C_w \times SA \times F \times PC \times ET \times EF \times ED \times CF / (BW \times AT)$$

## 量化風險(2/3)

- 致癌風險=長期每日攝取量(CDI)×斜率因子(Cancer Slope factor)
  - 長期每日攝取量：經過平均時間為70年的每日平均攝取量(mg/kg-day)
  - 斜率因子：一生平均攝取量與癌症增加的風險之間的相關性常數(mg/kg-day)<sup>-1</sup>

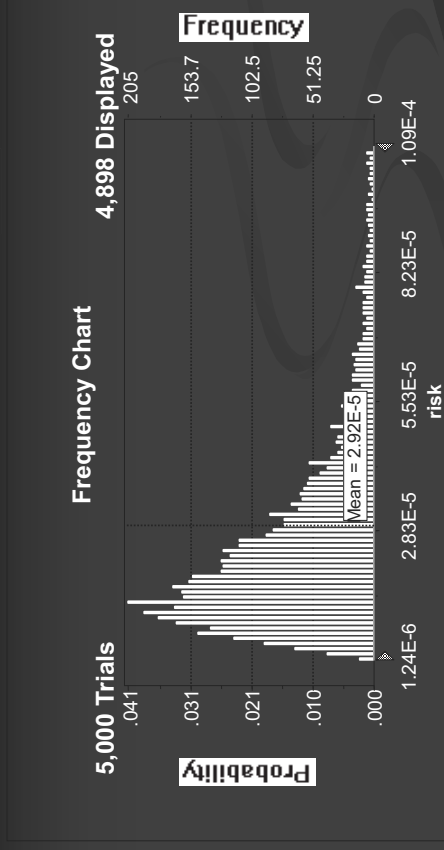
# 致癌風險評估～毒性資料

| Chemical                  | Cancer Slope Factor (SF)<br>(mg/kg-day) <sup>-1</sup> |                                 |                                 | Weight-of-Evidence<br>Classification |
|---------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
|                           | 食入<br>(SF source)                                     | 皮膚吸收<br>(SF source)             | 呼吸<br>(SF source)               |                                      |
| Chloroform                | 6.10x10 <sup>-3</sup><br>(IRIS)                       | 3.05x10 <sup>-2</sup><br>(RAIS) | 8.05x10 <sup>-2</sup><br>(IRIS) | Group B2                             |
| Bromodichloro-<br>methane | 6.20x10 <sup>-2</sup><br>(IRIS)                       | 6.33x10 <sup>-2</sup><br>(RAIS) | 6.20x10 <sup>-2</sup><br>(RAIS) | Group B2                             |
| Dibromochloro-<br>methane | 8.40x10 <sup>-2</sup><br>(IRIS)                       | 1.40x10 <sup>-1</sup><br>(RAIS) | 8.40x10 <sup>-2</sup><br>(RAIS) | Group C                              |
| Bromoform                 | 7.90x10 <sup>-3</sup><br>(IRIS)                       | 1.32x10 <sup>-2</sup><br>(RAIS) | 3.85x10 <sup>-3</sup><br>(IRIS) | Group B2                             |

- 結合介質中不同物質造成之風險  
$$\text{Risk}_T = \sum \text{Risk}_I$$
- 結合不同途徑所造成之風險(在同一期間對同一群體)  
$$\text{Total exposure cancer risk} = \text{Risk}(\text{pathway}_1) + \text{Risk}(\text{pathway}_2) + \dots + \text{Risk}(\text{pathway}_i)$$
- 將暴露及毒性資料代入直線多階段模式，利用 Monte Carlo Simulation 進行風險計算，得到風險之機率分佈

## 量化風險(3/3)

# 致癌風險之機率分佈



- 經過5000次隨機抽樣的蒙地卡羅模擬，致癌風險之機率分佈呈現 lognormal distribution

## 討論

## 總三鹵甲烷濃度分佈與 水質參數之關聯

### ■ TOC值

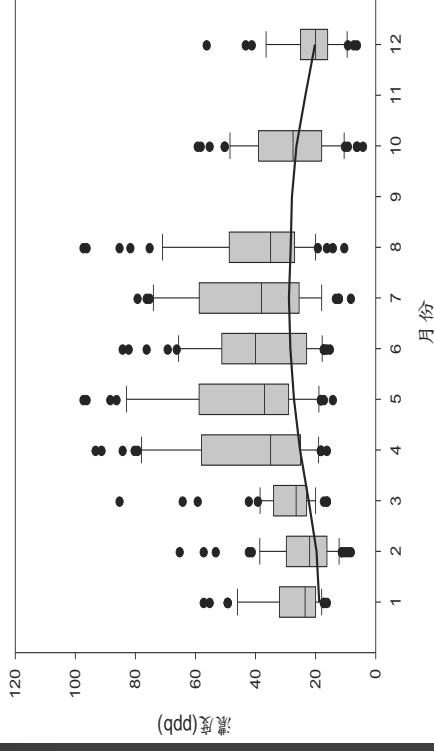
各地區三鹵甲烷濃度與該地區水中「TOC值」的趨勢相同，因為較高之TOC代表水中有較高的機率存在較高之三鹵甲烷有機物質濃度。

### ■ 加氯量

水中有機物質較高、污染較嚴重時，加氯量自然必須提高，高濃度之有機物質及加氯量，也就容易提高飲用水中之三鹵甲烷濃度。

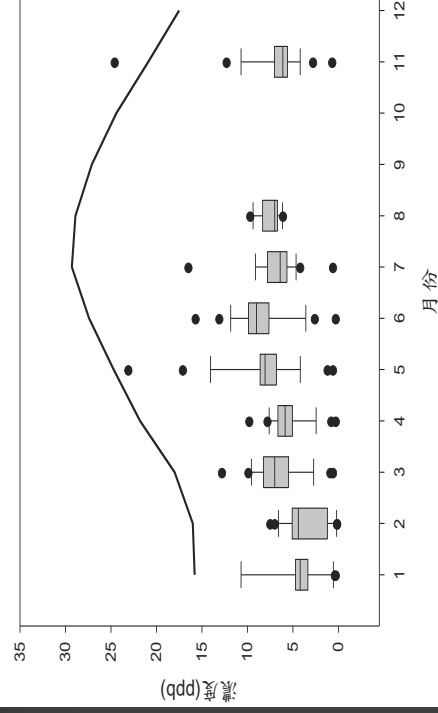
## 季節性變化～溫度之影響

民國90年高雄地區飲用水中總三鹵甲烷濃度分布趨勢



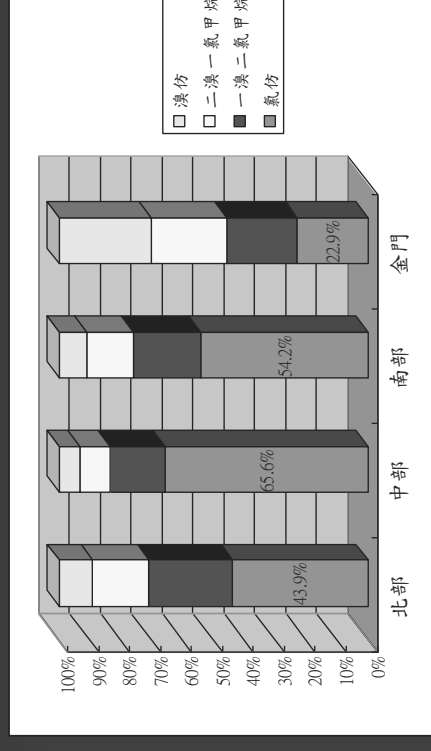
## 季節性變化～溫度之影響

民國86年台北地區飲用水中總三鹵甲烷濃度分布趨勢



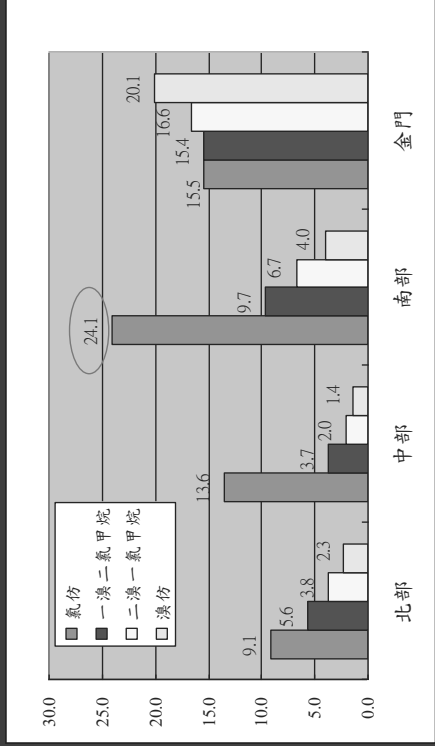
## 各地區三鹵甲烷之物種組成 ～溴離子濃度之影響

- 北部地區氯仿占44%，中部地區氯仿占66%，南部地區氯仿占54%，金門地區則以含溴物種為主，其比例高達77%



# 各地區個別三鹵甲烷之平均濃度

- 北部及中部個別物種的濃度差異甚小且低。南部飲用水中氯仿濃度不僅高於北部、中部，亦高於金門地區。金門地區之含溴物種濃度均高於本島各地區。

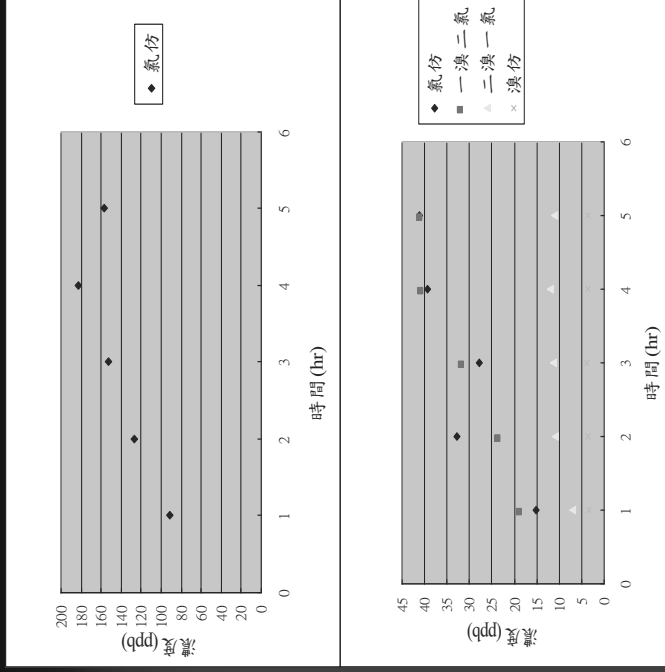


# 傳統處理程序對三鹵甲烷之去除

- 外島之三鹵甲烷生成潛能大於本島地區
- 原水之三鹵甲烷生成潛能大於混凝水
  - 三鹵甲烷組成之改變
  - 總三鹵甲烷濃度之改變：傳統處理程序對三鹵甲烷之去除率

| 水廠  | 六堵  | 長興  | 板新  | 望安  | 金門  | 成功  |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 去除率 | -3% | 46% | 14% | 20% | 40% | 40% |

# 三鹵甲烷之生成動力實驗



# 三鹵甲烷個別物種之風險貢獻量

- 假設各物種濃度、暴露參數均相同的情況下，不同物種所貢獻的風險（物種濃度以1ppb代入，其他參數代入平均值）

|        | 食入       | 呼吸       | 皮膚吸收     | 總風險      |
|--------|----------|----------|----------|----------|
| 氯仿     | 1.61E-08 | 1.80E-06 | 7.78E-09 | 1.82E-06 |
| 一溴二氯甲烷 | 1.64E-07 | 8.87E-07 | 1.05E-08 | 1.06E-06 |
| 二溴一氯甲烷 | 2.22E-07 | 7.69E-07 | 1.56E-08 | 1.01E-06 |
| 溴仿     | 2.09E-08 | 2.60E-08 | 9.84E-10 | 4.79E-08 |

台灣各地區飲用水中總三鹵甲烷  
經由不同途徑之致癌風險

|       | 北部             |                | 中部             |                | 南部              |                 | 金門              |                 |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|       | 男              | 女              | 男              | 女              | 男               | 女               | 男               | 女               |
| 食入    |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |
| 未考慮煮沸 | 0.88<br>(1.80) | 1.00<br>(1.81) | 0.54<br>(1.81) | 0.62<br>(1.81) | 1.61<br>(±1.23) | 1.88<br>(±1.44) | 3.70<br>(±1.43) | 4.26<br>(±1.68) |
| 煮沸後   | 0.18<br>(1.80) | 0.20<br>(1.81) | 0.11<br>(1.81) | 0.12<br>(1.81) | 0.32<br>(1.73)  | 0.37<br>(1.74)  | 0.74<br>(±0.29) | 0.85<br>(±0.34) |
| 皮膚    | 0.02<br>(2.19) | 0.02<br>(2.19) | 0.01<br>(2.11) | 0.01<br>(2.11) | 0.03<br>(2.12)  | 0.03<br>(2.12)  | 0.06<br>(±0.04) | 0.06<br>(±0.04) |
| 呼吸    | 1.68<br>(2.42) | 1.50<br>(2.43) | 2.03<br>(2.24) | 1.83<br>(2.25) | 4.13<br>(2.28)  | 3.73<br>(2.29)  | 4.36<br>(2.11)  | 3.94<br>(2.12)  |

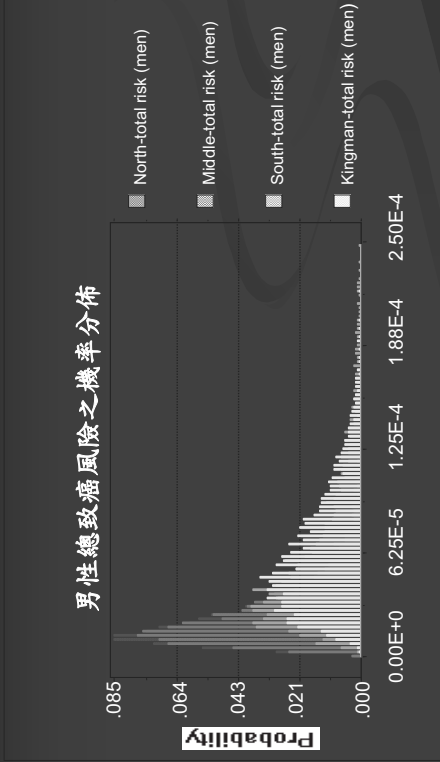
單位：十萬分之一(10<sup>-5</sup>)

各地區飲用水中三鹵甲烷之  
總致癌風險

|       | 北部             |                | 中部             |                | 南部             |                | 金門             |                |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|       | 男              | 女              | 男              | 女              | 男              | 女              | 男              | 女              |
| 總風險   |                |                |                |                |                |                |                |                |
| 未考慮煮沸 | 2.81<br>(2.01) | 2.79<br>(1.98) | 2.72<br>(1.99) | 2.61<br>(1.96) | 6.13<br>(1.94) | 5.99<br>(1.91) | 8.27<br>(1.66) | 8.36<br>(1.61) |
| 煮沸後   | 1.98<br>(2.26) | 1.85<br>(2.24) | 2.19<br>(2.16) | 2.01<br>(2.15) | 4.59<br>(2.16) | 4.25<br>(2.14) | 5.24<br>(1.92) | 4.94<br>(1.89) |

單位：十萬分之一(10<sup>-5</sup>)

各地區總致癌風險之機率分佈



金門消毒副產物濃度現況

- 受海水影響，含溴物種偏多
- 以下為太湖淨水場4月份三鹵甲烷分析（水源為田埔）

| 流程  | TCM   | DBCM  | BDCM  | TBM   | TTHM   |
|-----|-------|-------|-------|-------|--------|
| 清水池 | 14.52 | 25.03 | 33.93 | 25.53 | 99.01  |
| 慢濾  | 13.72 | 22.39 | 29.32 | 20.48 | 85.91  |
| 快濾桶 | 15.34 | 33.92 | 52.42 | 48.57 | 150.25 |
| 快濾池 | 16.93 | 40.18 | 63.19 | 54.92 | 175.22 |
| 浮除  | 9.84  | 24.18 | 37.27 | 32.72 | 104.01 |
| 沈澱  | 11.63 | 28.54 | 42.59 | 34.19 | 116.95 |

濃度單位：ppb

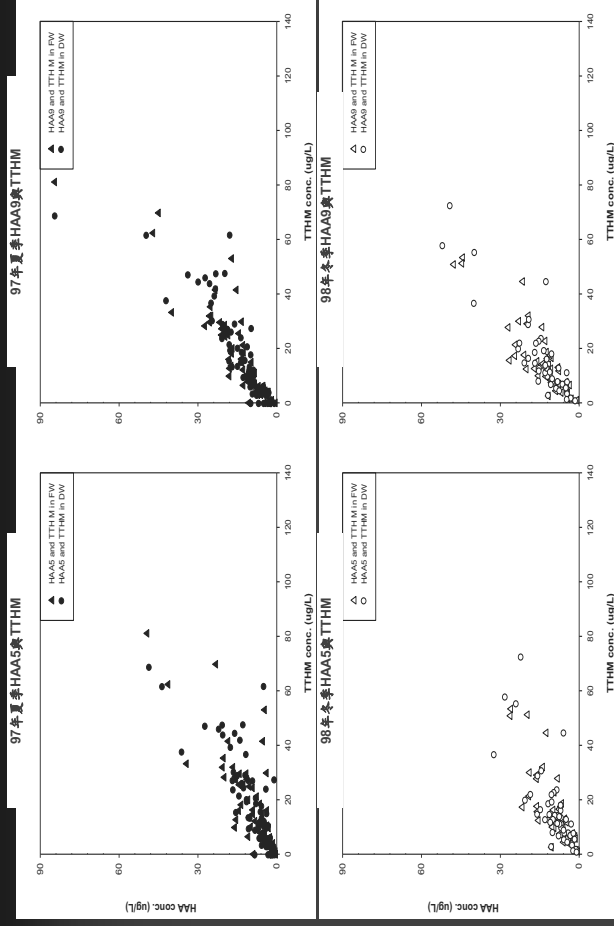
## 金門消毒副產物濃度現況

- 受海水影響，含溴物種偏多
- 以下為太湖淨水場5月份三鹵甲烷分析

| 流程  | TCM   | DBCM  | BDCM  | TBM   | TTHM   |
|-----|-------|-------|-------|-------|--------|
| 清水池 | 14.14 | 28.81 | 42.79 | 38.82 | 124.55 |
| 慢濾  | 14.94 | 18.88 | 30.36 | 20.67 | 84.86  |
| 快濾桶 | 15.38 | 29.67 | 34.19 | 15.84 | 95.07  |
| 快濾池 | 11.72 | 22.26 | 24.14 | 16.46 | 74.58  |
| 浮除  | 12.24 | 23.36 | 25.40 | 12.98 | 73.98  |
| 沈澱  | 22.55 | 40.32 | 44.96 | 21.44 | 129.26 |

濃度單位：ppb

## HAAs與THMs之關係



## DBPs之處理

※ 在加氯之前去除生成消毒副產物之前驅物質

- 強化混凝 (enhanced coagulation)
- 強化軟化 (enhanced softening)
- 使用高級處理單元 (粒狀活性炭、薄膜)

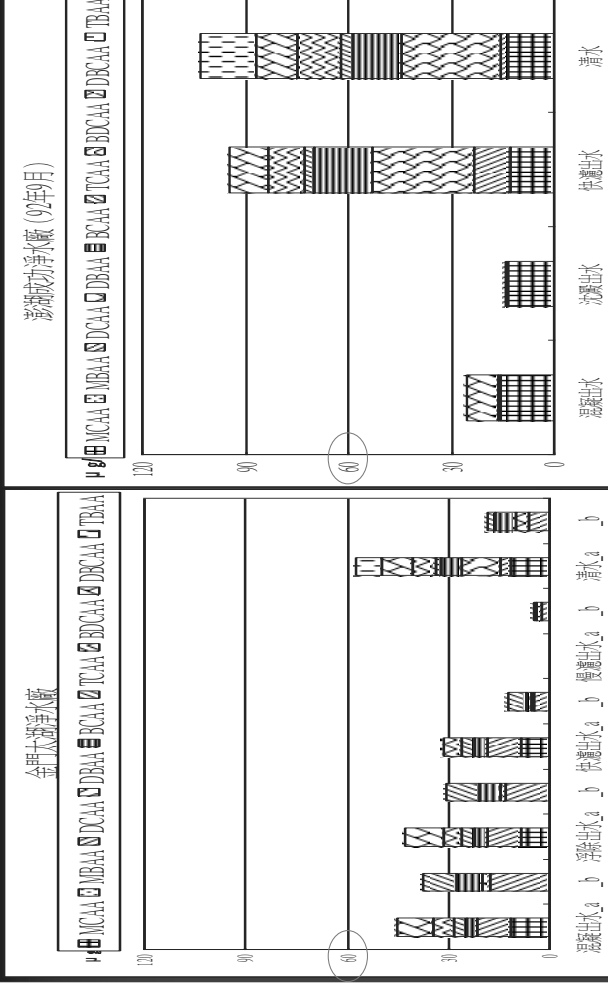
※ 使用替代消毒劑

- 二氧化氯、氯胺
- 臭氧與氯胺合併使用

※ 在消毒副產物形成後以高級處理單元去除之

- 粒狀活性炭吸附 (GAC)

## 淨水廠處理流程中HAAs的生成趨勢



# DBPs-強化混凝

## ※ 強化混凝 (Enhanced coagulation)

原水之TOC與鹼度範圍內，符合強化混凝之Step 1所需達到之TOC去除率

原水之鹼度範圍內，混凝後pH需達到Step 2所規定之最大值

| 原水TOC<br>(mg/L) | 原水鹼度<br>(mg/L as CaCO <sub>3</sub> ) |         |      |
|-----------------|--------------------------------------|---------|------|
|                 | 0-60                                 | >60-120 | >120 |
| >2.0-4.0        | 40%                                  | 30%     | 20%  |
| >4.0-8.0        | 45%                                  | 35%     | 25%  |
| >8.0            | 50%                                  | 40%     | 30%  |

| 原水鹼度<br>(mg/L as CaCO <sub>3</sub> ) | Maximum pH |
|--------------------------------------|------------|
| 0~60                                 | 5.5        |
| ≥ 60~<120                            | 6.3        |
| ≥ 120~<240                           | 7.0        |
| ≥ 240                                | 7.5        |

# DBPs之處理

## ※ 改變加氯點

※ 改變加氯點或停用前加氯可有效是降低DBPs

※ 使用其他氧化劑或消毒劑取代前加氯。高錳酸鉀或二氧化氯可用以去除鐵、錳；前臭氧去除鐵、錳，並可有效的去除不適口感、臭味、色度；臭氧可增加消毒劑接觸時間，對於梨型鞭毛蟲與隱孢子蟲的去活化有很好的效果，亦可增強混凝效果及天然有機物質的去除

## ※ 使用替代消毒劑

※ 氯胺、臭氧、二氧化氯以及紫外光

※ 改變消毒劑會影響消毒效率、消毒副產物的生成及物種分佈、及其他淨水處理流程的效果

# DBPs之處理 - GAC

※ 活性炭濾床吸附鹵乙酸也有顯著功效。

活性炭的表面提供微生物良好的棲地，也可協助生物膜抵擋高流體剪力。

※ 鹵乙酸去除機制包括吸附和生物降解，生物活性炭(BAC)過濾是良好的處理方法。

※ 活性炭的吸附能力依含鹵量漸增(MCAA<DCAA <TCAA)。在活性炭濾床運行初期，多數鹵乙酸可被吸附去除，尤其三鹵乙酸。以活性炭吸附三鹵乙酸，其濾床可在一般水廠運作超過一年以上。但對於一、二鹵乙酸，活性炭吸附效率較差，但生物降解可達到有效去除鹵乙酸之效果。

# USEPA 最佳可行技術 (best available technology, BAT)

※ 強化混凝(Enhanced coagulation)

※ GAC10：粒狀活性炭濾床，依據日平均流量其空床接觸時間(EBCT)為10分鐘、再生頻率為每120日

※ GAC20：粒狀活性炭濾床，依據日平均流量其空床接觸時間(EBCT)為20分鐘、再生頻率為每240日

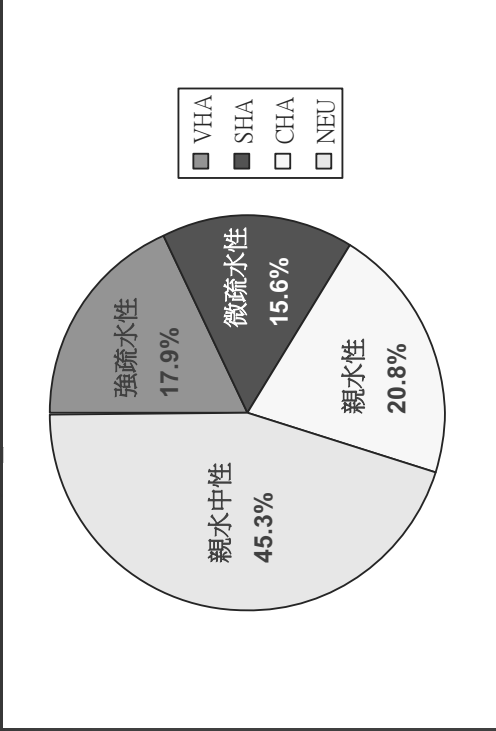
※ 奈米濾膜(Nanofiltration, NF)：使用薄膜攔截分子量1000 Daltons或更小之分子

# 小廠達成預期目標可採用之處理技術

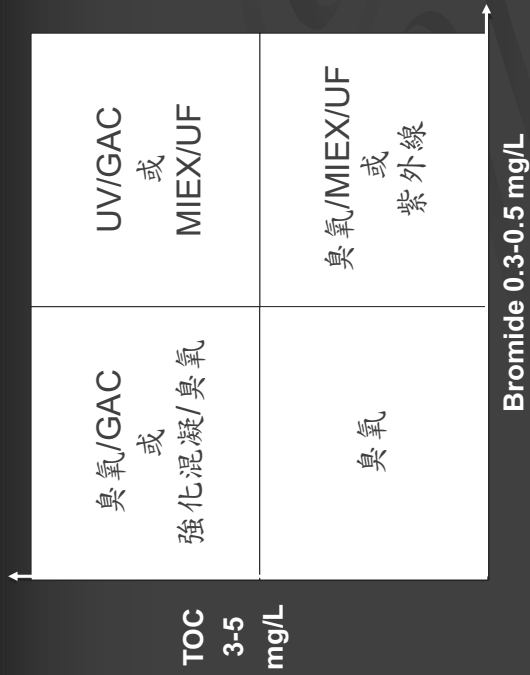
| 地表水淨水場                 | 地下水淨水場        |
|------------------------|---------------|
| ● 改以氯氣作為殘餘消毒劑          | ● 改以氯氣作為殘餘消毒劑 |
| ● 二氧化氯(不適合供水不到100人之水廠) | ● 紫外線         |
| ● 紫外線                  | ● 臭氧          |
| ● 臭氧(不適合供水超過100人之水廠)   | ● GAC20       |
| ● 微過濾(MF)/超過濾(UF)      | ● 奈米過濾(NF)    |
| ● GAC20                |               |
| ● Integrated membranes |               |

# 金門消毒副產物前質特性

■ 太湖原水特性分析



# 不同原水水質與建議處理技術對應圖



# 結論與建議

## 結論

- 台灣各地區濃度分佈  
台灣地區飲用水中總三鹵甲烷濃度普遍低於現行法規標準100 ppb：北部及中部地區三鹵甲烷濃度約20 ppb，金門約40-80 ppb，但其個別物種占總三鹵甲烷的比例不同，其中以南部地區有較高濃度之氣仿，以金門地區含溴物種的濃度最高
- 傳統處理程序對於三鹵甲烷之去除效果  
混凝主要去除水中背景有機物中高分子量之腐植酸，對於低分子量黃酸及其他有機物之去除率較差。然而原水經過傳統處理程序後，最終可將飲用水中三鹵甲烷濃度控制在法規標準值以下

## 結論

- 台灣民眾所承受的總致癌風險
  - 以北部、中部較低，平均為 $2 \times 10^{-5}$ ，以金門較高，平均為 $5 \times 10^{-5}$ 。
  - 外島地區民眾普遍承受之致癌風險大於本島，主要原因為較高濃度之總三鹵甲烷，並非較高之含溴物種濃度，但文獻中指出一溴二氯甲烷與自發性流產增加之風險在統計上有最高的關聯性，因此含溴物種之其他健康危害是不容忽視的。
- 根據總致癌風險(飲用+呼吸+皮膚吸收)之推估，100 ppb標準值可能無法保護民眾，將風險降低至可接受之風險， $10^{-5}$

## 結論

- 暴露途徑與暴露參數之影響  
飲用水法規標準100 ppb可以將民眾「單獨透過食入暴露」所造成之風險降至十萬分之一以下，但飲用水使用廣泛，應考慮之暴露途徑不僅僅是食入，淋浴更是相當重要之造成暴露的活動，故皮膚與呼吸暴露因此值得重視，其中呼吸暴露造成之風險最高。不同的暴露參數中，淋浴時間對於風險的影響最大，此情況在南部及金門地區更是明顯。

## 建議

- 飲用水中三鹵甲烷濃度管制值之降低有其必要性
- 含溴物種對於人體健康之短期效應的研究應加以重視
- 良好的淨水操作可有效降低消毒副產物之濃度

## 金門自來水廠淨水場

### 「供水水質改善最適對策評估研究」

淨水操作種子人員教育訓練

## 飲用水系統中毒藻及毒素之處理

林財富

成功大學環境工程學系

2012年7月12日



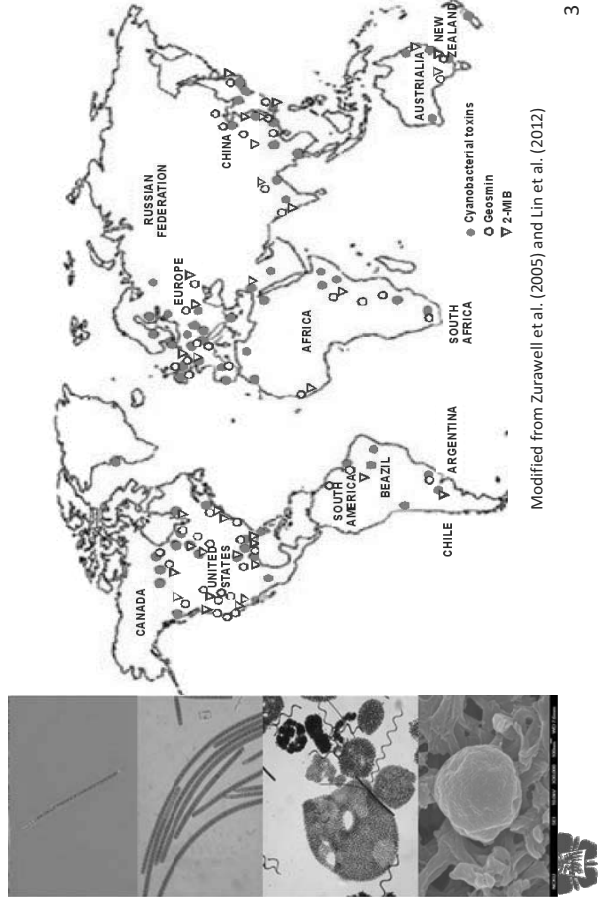
## 綱要

- 背景
- 藍綠細菌毒素與健康風險
- 金門流佈狀況
- 水處理技術



## 全球有害藻類及代謝物議題重要性

背景-1

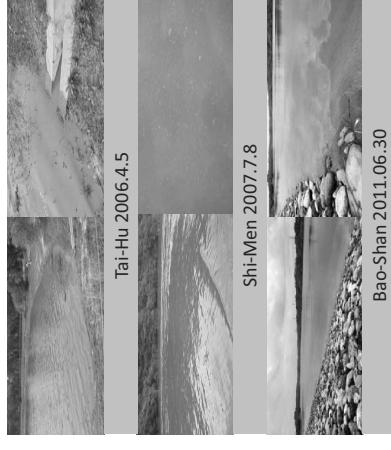
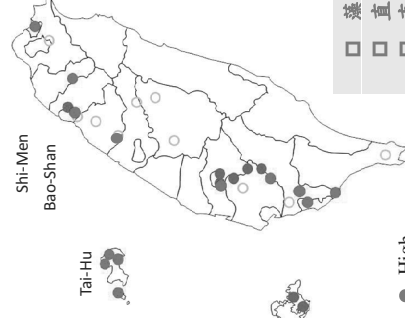


3

背景-2

## 有害藻類及代謝物議題重要性

Potential risk of cyanobacterial metabolites in Drinking Water Reservoirs (DWRs)



藻華及代謝物

- ☐ 直接影響公共給水安全(例如毒素)
- ☐ 直接影響公共給水舒適(例如異味物質)
- ☐ 增加水處理困難度(例如過濾與反沖洗)
- ☐ 增加水處理副產物(例如DBPs)

4

## 藍綠細菌毒素 (II)

- 產生毒素的藻類眾多，包括在金藻門的定鞭藻綱 (Prymnesiophyceae)、甲藻門中的甲藻綱 (Dinophyceae) 及藍綠細菌 (Cyanobacteria)
- 淡水中以藍綠細菌最常形成藻華而造成生物毒性
- 藍綠細菌產毒之藻種包括：微囊藻 (*Microcystis*)、節球藻 (*Nodularia*)、顫藻 (*Oscillatoria*)、魚腥藻 (*Anabaena*) 與束絲華藻 (*Aphanizomenon*) 等數十種藻種



## 藍綠細菌毒素 (III)

### • 以結構區分

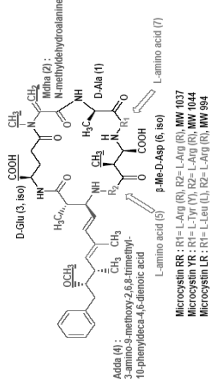
- 環肽 (Cyclic peptide)。例如微囊藻毒素 (microcystin) 及節球藻毒素 (nodularin)，以肝毒性為。
- 生物鹼 (Alkaloids)。神經毒素如魚腥藻毒素 (anatoxins)、anatoxin-a(s)、蛤蚌毒素 (saxitoxin) 及肝毒素如柱胞藻毒素 (cylindrospermopsin)。
- Lipopolysaccharide (LPS) 會造成過敏反應，包括皮膚紅腫、眼睛過敏、腸胃疾病等，例如 lipopolysaccharide (LPS)。
- $\beta$ -N-methylamino-L-alanine (BMAA)，許多藍藻均會產生，懷疑與 Alzheimer's 與 Parkinson's diseases 相關



### 藍綠細菌毒素 (III)

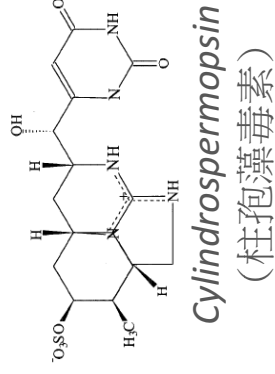
- 微囊藻毒素 (microcystins)

- 最常見之藍綠細菌毒素
- 肝毒素、Group 2B 致癌物
- 微囊藻、顫藻、魚腥藻等之產物
- 環多肽 (Cyclic Polypeptides) 的一種
- 共有 90 餘種不同形式，以 LR 型最常見
- 澳洲飲用水指引指出，銅綠微囊藻 (*M. aeruginosa*) 毒性當量約為 0.2 pg-M-LR(TE)/cell



### 藍綠細菌毒素 (V)

生物鹼、累積性肝毒素



### *Cylindrospermopsis raciborskii*

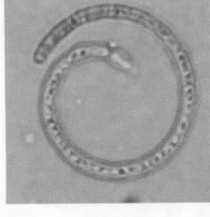
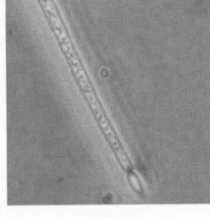
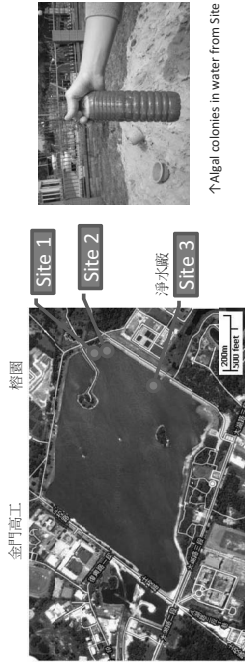


FIGURE 4.5 Straight and coiled forms of *Cylindrospermopsis raciborskii*. (From Fabbro and Andersen 2003. With permission.)

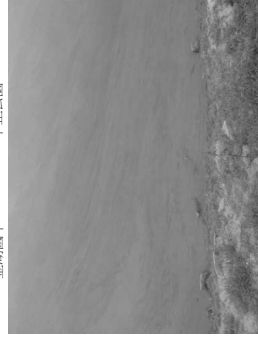


### 太湖水庫 優勢藻 (2010.04.28)

### 藍綠細菌毒素 (IV)



↑ Algal colonies in water from Site 1

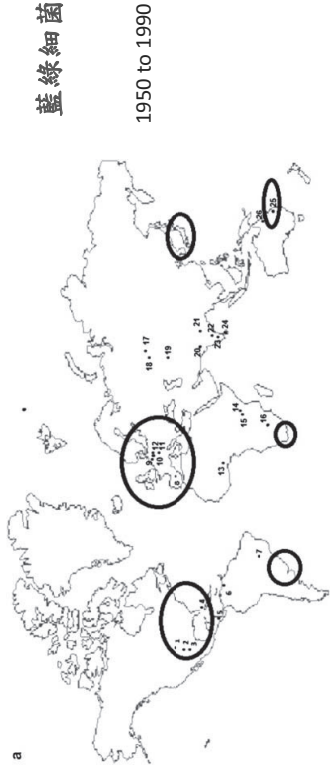


### 藍綠細菌毒素 (VI)

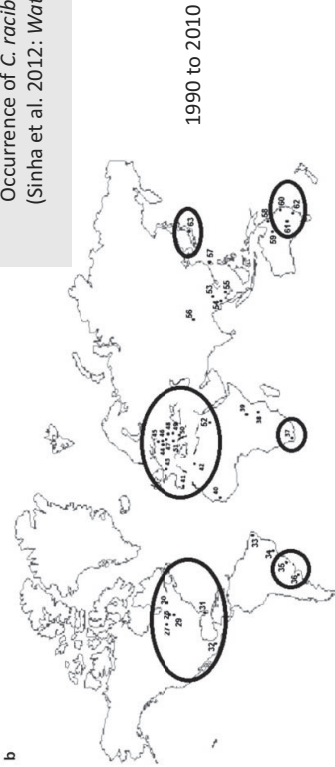
- 柱孢藻毒素
- 柱孢藻、束絲華藻、顫藻、針型藻均會產生，但以拉氏柱孢藻 (*Cylindrospermopsis raciborskii*) 最常見
- 原常見於熱帶與亞熱帶，逐漸在溫帶水體中發現
- 澳洲昆士蘭省及美國弗羅里達，兩處均有 *C. raciborskii* 的問題，最高濃度達 100 µg/L，多數時候在 1-10 µg/L 間；台灣金門亦測過達 >30 µg/L
- *C. raciborskii* 較不會像微囊藻或魚腥藻會形成表面藻華，在分層的湖中其藻集中於水下 3-10m 深處，因此不易肉眼馬上看出



藍綠細菌毒素 (VII)



Occurrence of *C. raciborskii*  
(Sinha et al. 2012: Wat Res)

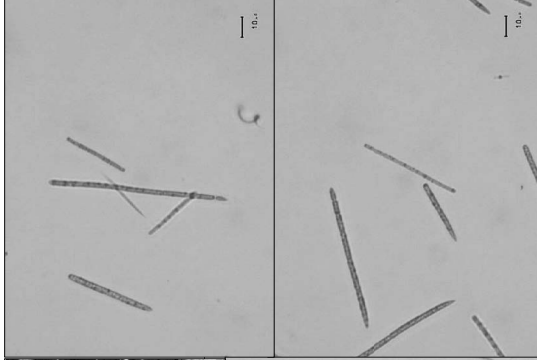


藍綠細菌毒素 (VIII)

- 柱孢藻毒素
- *Cylindropermopsis raciborskii*與Aphanizomenon ovalisporum(束絲華藻)在正常生長情況下，毒素容易由細胞釋出，因此多為溶解態的，甚至可以達80%，所以傳統淨水廠混凝、沉澱、浮除、過濾處理程序雖可以去除藻細胞，但無法有效去除毒素
- 飲用水指引建議值為1 µg/L。目前紐西蘭及巴西均針對該毒素列管。



太湖水庫 優勢藻 (2010.07.19)



藍綠細菌毒素健康風險(II)  
Toxicity of Natural Toxins

| compound          | chemistry        | source                                    | LD50<br>µg kg <sup>-1</sup> BW |
|-------------------|------------------|-------------------------------------------|--------------------------------|
| botulin A (s.c.)  | protein          | soil bacteria ( <i>Clostridium</i> sp.)   | 0,004                          |
| ciguatera toxin I | polyether        | marin dinoflagellates                     | 0.25                           |
| batrachotoxin     | steroid alkaloid | tropical frogs ( <i>Phyllomedusa</i> sp.) | 2                              |
| saxitoxin         | alkaloid         | cyanobacteria                             | 8                              |
| tetrodotoxin      | alkaloid         | puffer fish (symb. bacteria)              | 8                              |
| anatoxin-A(s)     | alkaloid         | cyanobacteria                             | 40                             |
| microcystin-LR    | peptide          | cyanobacteria                             | 50                             |
| α-amanitin        | peptide          | mushroom ( <i>Amanita phalloides</i> )    | 100                            |
| anatoxin-A        | alkaloid         | cyanobacteria                             | 250                            |
| aconitine         | terpenoid        | monkshead ( <i>Aconitum</i> sp.)          | 270                            |
| microcystin-RR    | peptide          | cyanobacteria                             | 600                            |
| strychnine        | alkaloid         | <i>Strychnos nux-vomica</i>               | 980                            |
| phalloidine       | peptide          | mushroom ( <i>Amanita phalloides</i> )    | 2,000                          |
| rotenone          | alkaloid         | cyanobacteria                             | 2,100                          |
| doniole acid      | amino acid       | <i>Lonchocarpus</i> (fabaceae)            | 2,650                          |
| digitoxin         | steroid          | diatom ( <i>Pseudonitzschia</i> sp.)      | 3,600                          |
| ouabain           | steroid          | foxglove ( <i>Digitalis</i> sp.)          | 3,900                          |
| atropine          | alkaloid         | tropical plants                           | 11,000                         |
|                   |                  | solanaceae                                | 30,000                         |

Toxicity is given for i.p. application in mice;  
compiled from National Library of Medicine website



## 藍綠細菌毒素健康風險(III)

### Toxicity of Different Pollutants in WHO Guidelines

| compound        | source            | IARC class | GV<br>μg L <sup>-1</sup> | LD <sub>50</sub><br>mg kg <sup>-1</sup> BW |
|-----------------|-------------------|------------|--------------------------|--------------------------------------------|
| endrin          | pesticide         | n.carc.    | 0.6                      | 1.4                                        |
| carbofuran      | pesticide         | n.carc.    | 7                        | 2                                          |
| microcystin-LR  | peptide           | 2B         | 1 <sup>a</sup>           | 5                                          |
| pentachlorophen | wood preservative | 2B         | 9 <sup>a</sup>           | 36                                         |
| aldrin/dieldrin | pesticide         | 3          | 0.03                     | 44                                         |
| chlorpyrifos    | pesticide         | n.carc.    | 30                       | 60                                         |
| acrylamide      | indust. chemical  | 2A         | 0.5                      | 107                                        |
| DDT             | pesticide         | 2B         | 1                        | 135                                        |
| chlordane       | pesticide         | 2B         | 0.2                      | 145                                        |
| arsenic         | metal             | 1          | 10                       | 145                                        |
| atrazine        | pesticide         | 3          | 2                        | 850                                        |
| simazine (rat)  | pesticide         | 3          | 2                        | 971                                        |
| metolachlor     | pesticide         | n.carc.    | 10                       | 1150                                       |
| cadmium (rat)   | metal             | 2A         | 3                        | 2330                                       |
| dioxan          | indust. chemical  | 2B         | 50                       | 5300                                       |

a: provisional GV; toxicity data compiled from sis.nlm.nih.gov/chemical.html; 1: carcinogenic; 2A: possibly carc.; 2B: possibly carc.; 3 not classifiable; n.carc.: not carcinogenic.

17

From Welker (2007) @VII ICTC Conference



台灣調查(II)

## 藻華中微囊藻毒素

| Samples | Cell-bound + Dissolved MCs (ng/L) | Dissolved (ng/L) | Dissolved ratio |
|---------|-----------------------------------|------------------|-----------------|
| 1       | 5860                              | 1200             | 20              |
| 2       | 2720                              | 306              | 11              |
| 3       | 428                               | 148              | 34              |
| 4       | 884                               | 169              | 19              |
| 5       | 574                               | 198              | 35              |
| 6       | 1200                              | 237              | 20              |
| 7       | 9290                              | 2321             | 25              |

23% in average  
略高於文獻值

19



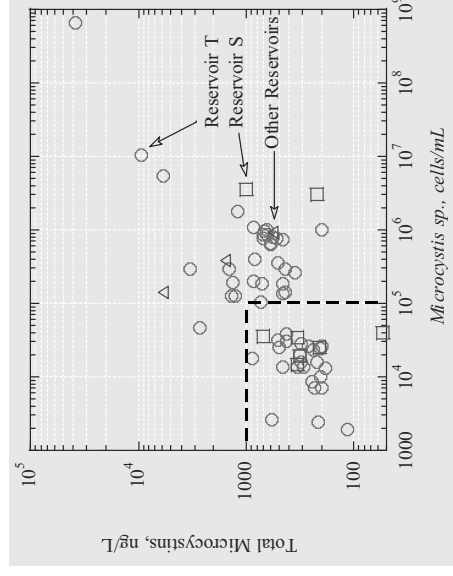
台灣調查(I)

## 台灣水庫藍綠菌毒素(2007-2009)

| Reservoir       | Sampling Times | Number of Samples | MCY (ng/L)*  | ANA (ng/L)   | CYN (ng/L)    |
|-----------------|----------------|-------------------|--------------|--------------|---------------|
| North Taiwan    | 1              | 6                 | 210 - 700    | N.D.-280     | N.D.-0.16     |
| Central Taiwan  | 8              | 52                | 20 - 1,200   | n.a.         | n.a.          |
| J               | 7              | 59                | N.D. - 579   | n.a.         | n.a.          |
| South Taiwan    | 41             | 41                | 20 - 300     | n.a.         | n.a.          |
| B               | 44             | 44                | N.D. - 530   | n.a.         | n.a.          |
| A               | 10             | 10                | 20 - 480     | n.a.         | n.a.          |
| C               | 4              | 14                | N.D. - 30    | n.a.         | n.a.          |
| N               |                |                   |              |              |               |
| Kinmen Island   | 4              | 19                | 430 - 38,300 | n.a.         | n.a.          |
| T (algal bloom) | 11             | 141               | 360 - 3,330  | N.D. - 150** | N.D. - 35,800 |
| T               |                |                   |              |              |               |
| R               | 1              | 3                 | 110 - 160    | 10-15        | 620-700       |
| Y               | 3              | 4                 | 190 - 270    | 10, 20**     | 3,590; 8,400  |



## 毒素與毒藻之相關性



- 細胞數~ 10<sup>5</sup> cell/mL
- 毒素可能 > 1 μg/L
- 毒性相當於 ~ 1/20 WHO 與澳洲指引中之銅綠微囊藻

20

## Lake T 現地監測結果

2011年04月21日

## 微囊藻及毒素監測結果

| Site      | qPCR (cell/ml) |           | Ratio |
|-----------|----------------|-----------|-------|
|           | Toxigenic MIC  | Total MIC |       |
| 1         | 9352           | 113162    | 8.3%  |
| 1 (rep.2) | 9612           | 136469    | 7.0%  |
| 1 (rep.3) | 8638           | 141461    | 6.1%  |
| AVE       | 9201           | 130364    | 7.1%  |
| STD       | 505            | 15105     | 3.3%  |

~5%產毒

21

淨水程序去除效果  
(台灣調查結果)

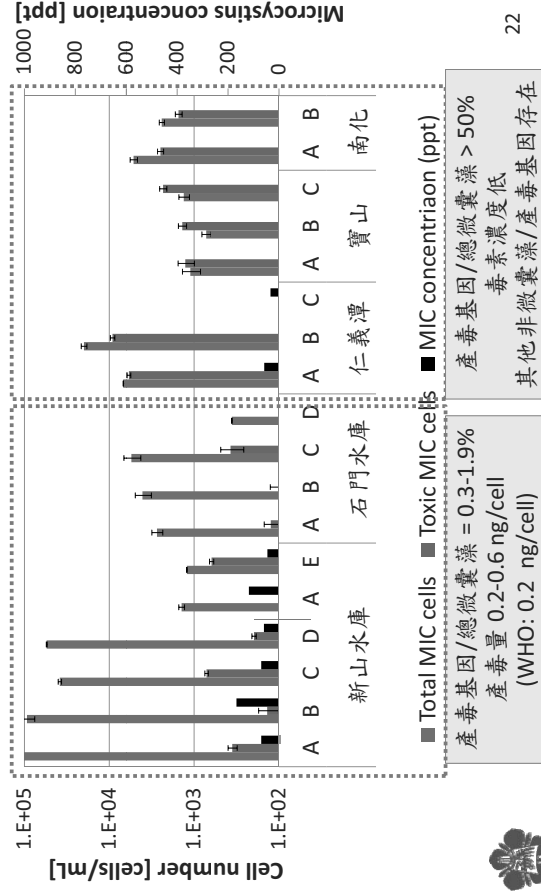
| WTPs                                                         | Number of Samples | Concentration, ng/L |                | Removal, %  |
|--------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|----------------|-------------|
|                                                              |                   | Raw Water           | Finished water |             |
| Conventional-A                                               | J                 | 20 - 350            | N.D. - 90      | 0 - 100     |
|                                                              | L                 | 11 - 570            | N.D. - 100     | 22.4 - 100  |
|                                                              | A                 | 11 - 360            | N.D. - 190     | 42.1 - 92.1 |
| Conventional-B                                               | T                 | 60 - >2,400         | 20 - 180       | 28.1 - 84.1 |
|                                                              | C                 | N.D. - 480          | N.D. - 120     | 53.1 - 96.1 |
| Pre-CI, Coag./Flot., Rapid and Slow Conventional + Ozone/GAC |                   |                     |                |             |
| Average                                                      |                   |                     |                |             |
|                                                              |                   |                     |                | 47.8        |
|                                                              |                   |                     |                | 50.9        |
|                                                              |                   |                     |                | 64.9        |
|                                                              |                   |                     |                | 66.6        |
|                                                              |                   |                     |                | 74.9        |

23



## 毒素生成潛勢分析/分子生物

現地監測：總微囊藻、毒素及毒素比較(雙重同步定量)

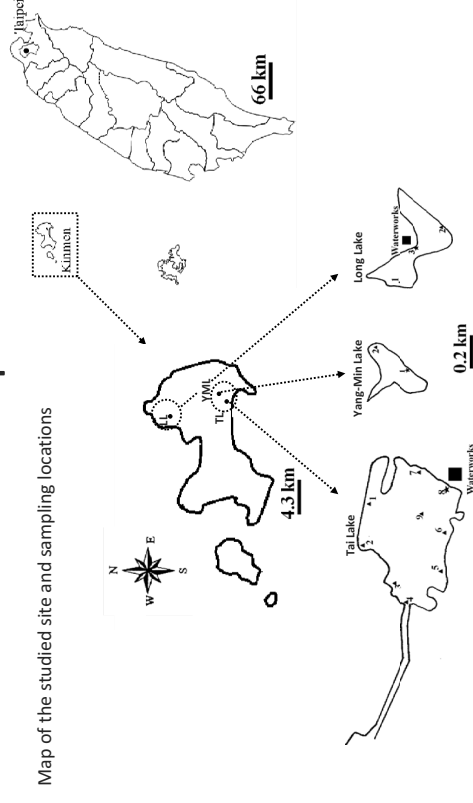


22



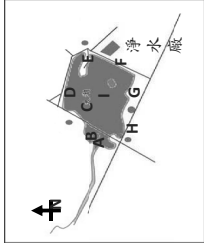
## 金門流佈 (1)

## Map



24

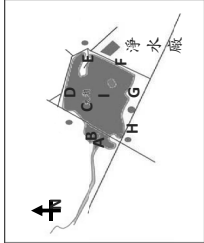




## 金門流佈 (2) T水庫2006/5月分析結果

| 採樣地點 | 位置概述 | 藻毒濃度<br>(ng/L) | 2-MIB<br>(ng/L) | $\beta$ -cyclocitral<br>(ng/L) | 微囊藻濃度<br>(cell/mL) |
|------|------|----------------|-----------------|--------------------------------|--------------------|
| A    | 小湖庫  | 198            | 9               | 2914                           | 995527             |
| B    |      | 432            | 8               | 513                            | 140763             |
| C    | 上岸階梯 | 685            | 17              | 3109                           | 766333             |
| D    | 二橋   | 521            | 16              | 3049                           | 764720             |
| E    |      | 847            | 17              | 4012                           | 1098075            |
| F    | 取水口  | 676            | 16              | 3608                           | 949850             |
| G    |      | 452            | 16              | 2989                           | 725596             |
| H    |      | 636            | 15              | 4084                           | 1016400            |
| I    | 湖心   | 638            | 18              | 4532                           | 865150             |

0.52-0.85  $\mu\text{g/L}$  70-110萬 cells/mL



## 金門流佈 (3) T水庫2007/3月分析結果

| 採樣地點  | 葉綠素-a<br>( $\mu\text{g/L}$ ) | 藻毒濃度<br>(ng/L) | 2-MIB<br>(ng/L) | $\beta$ -cyclocitral<br>(ng/L) | 微囊藻濃度<br>(cell/mL) |
|-------|------------------------------|----------------|-----------------|--------------------------------|--------------------|
| 1     | 94.8                         | 1450           | 9.3             | 4240                           | 290000             |
| 2     | 243.9                        | 1380           | 10.3            | 1630                           | 127800             |
| 4     | NA                           | 720            | 10.0            | 610                            | 186300             |
| 5     | 96.3                         | 1340           | 10.4            | 1560                           | 190500             |
| 6     | 51.8                         | 730            | 10.1            | 920                            | 104400             |
| 7     | 37.0                         | 1260           | 10.4            | 600                            | 126000             |
| 8     | 17.8                         | 3330           | NA              | NA                             | 202000             |
| 9     | 71.1                         | 860            | 11.2            | 570                            | 291400             |
| 取水口   |                              |                |                 |                                |                    |
| 0 m   | 118.5                        | 360            | 9.5             | 410                            | 259200             |
| 1.0 m | 107.8                        | 830            | 11.8            | 89                             | 404400             |
| 2.0 m | 112.6                        | 430            | 12.0            | 580                            | 296400             |
| 3.0 m | 139.2                        | 460            | 10.4            | 370                            | 183000             |

0.36-3.3  $\mu\text{g/L}$  9.3-12 ng/L 10-40萬 cells/mL



| 水庫     | 取樣點   | 節球藻毒<br>(ng/L) | 魚腥藻毒<br>(ng/L) | 柱胞藻毒<br>(ng/L) | BMAA<br>(ng/L) |
|--------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 採樣時間   |       |                |                |                |                |
| 陽明湖    | 1取水口  | 1040           | 10             | 8350           | 27             |
| Mar-07 | 2     | 1117           | 18             | 3588           | 59             |
| 紫湖     | 1     | 716            | 15             | 619            | 14             |
| Mar-07 | 2     | 695            | 14             | 655            | 42             |
|        | 3取水口  | 640            | 11             | 707            | ND             |
| 太湖     | 取水口深層 |                |                |                |                |
| Mar-07 | 0m    | 268            | ND             | 602            | 839            |
|        | 1m    | 1015           | 11             | 35738          | 908            |
|        | 2m    | 1096           | ND             | 696            | 5357           |
|        | 3m    | 637            | ND             | 534            | 769            |
|        | 湖水位置  |                |                |                |                |
|        | 1     | 2775           | 78             | ND             | 64             |
|        | 2     | 1718           | 110            | ND             | 80             |
|        | 4     | 1940           | 60             | ND             | 26             |
|        | 5     | 295            | 79             | 327            | ND             |
|        | 6     | 2089           | 63             | ND             | 16             |
|        | 7     | 2641           | 77             | 673            | 62             |
|        | 8     | 3724           | 145            | 1544           | 38             |
|        | 9取水口  | 1911           | 73             | 728            | 62             |

### 其他毒素

#### 金門流佈 (4)



#### 金門流佈 (5)

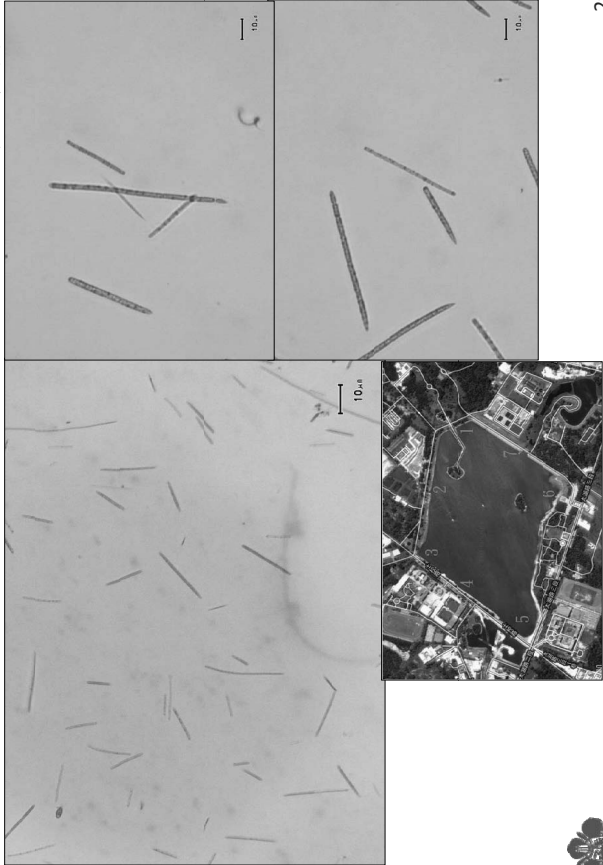
### 其他毒素

| 流程    | 節球藻毒<br>(ng/L) | 魚腥藻毒<br>(ng/L) | 柱胞藻毒<br>(ng/L) | BMAA<br>(ng/L) |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 原水    | na             | na             | na             | na             |
| 膠凝    | 77             | 25             | 1301           | 40             |
| 浮除new | 92             | 50             | 1025           | 20             |
| 浮除old | 75             | 28             | 1146           | 17             |
| 快濾new | 123            | 15             | 674            | 0              |
| 快濾old | 63             | 12             | 885            | 0              |
| 慢濾    | 119            | 9              | 863            | 0              |
| 清水    | 18             | 207            | 8605           | 85             |



太湖水庫 優勢藻 (2010.07.19)

金門流佈 (6)



金門流佈 (8)

|          |      | 2012年4月      |      |    |     | 2012年5月      |    |    |      |
|----------|------|--------------|------|----|-----|--------------|----|----|------|
|          |      | 微囊藻毒素 (μg/L) |      |    |     | 柱胞藻毒素 (μg/L) |    |    |      |
|          |      | LR           | RR   | YR | CYN | LR           | RR | YR | CYN  |
|          |      | 金湖水庫(夜間)     | 1.02 | ND | ND  | ND           | ND | ND | 0.04 |
| 金湖水庫(日間) | 0.80 | 0.18         | ND   | ND | ND  | 0.32         | ND | ND | 0.32 |
| 田埔水庫(夜間) | 0.32 | ND           | ND   | ND | ND  | 0.09         | ND | ND | 0.51 |
| 田埔水庫(日間) | 0.51 | 0.17         | ND   | ND | ND  | ND           | ND | ND | 0.48 |
| 太湖水庫(夜間) | 1.81 | ND           | 0.05 | ND | ND  | ND           | ND | ND | ND   |
| 太湖水庫(日間) | ND   | ND           | ND   | ND | ND  | ND           | ND | ND | ND   |
| 淨水廠原水    | 0.83 | ND           | ND   | ND | ND  | ND           | ND | ND | ND   |
| 淨水廠清水    | ND   | ND           | ND   | ND | ND  | ND           | ND | ND | ND   |
| 蔡湖原水     |      |              |      |    |     |              |    |    |      |
| 蔡湖清水     |      |              |      |    |     |              |    |    |      |



金門流佈 (7)

太湖水庫 藻細胞及毒素濃度 (2010.07.19)

| 採樣點     | 浮綠藻 (cells/mL) | 柱胞藻 (cells/mL) | CYN 毒素 (μg/L) | MC-LR 毒素 (μg/L) |
|---------|----------------|----------------|---------------|-----------------|
| 1       | 386,000        | 277,000        | 20.1          | ND              |
| 2       | 544,000        | 346,000        | 16.3          | ND              |
| 3       | 475,000        | 227,000        | 14.9          | ND              |
| 4       | 447,000        | 264,000        | 14.6          | ND              |
| 5       | 486,000        | 237,000        | 12.8          | ND              |
| 6       | 487,000        | 221,000        | 12.7          | ND              |
| 7       | 511,000        | 301,000        | 10.2          | 0.19            |
| 太湖-淨水廠1 |                |                | 8.5           | 0.1             |
| 太湖-淨水廠2 |                |                | 6.0           | ND              |
| 太湖-淨水廠3 |                |                | 4.3           | ND              |
| 太湖-淨水廠4 |                |                | 15.9          | ND              |
| 太湖-淨水廠5 |                |                | 14.6          | ND              |
| 蔡湖-淨水廠1 |                |                | 13.0          | ND              |



\*MC-RR, YR, LW, LF 毒素均為ND



金門流佈 (9)

| Location             | Cyanotoxin (ng/L) |     |     |     |     |     |     |                    |      |      |
|----------------------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------|------|------|
|                      | LR                | RR  | YR  | MCs |     |     | LA  | Total <sup>1</sup> | NOD  | CYN  |
| Raw Water            |                   |     |     |     |     |     |     |                    |      |      |
| Tai Lake             | 230               | 460 | 40  | BDL | BDL | BDL | BDL | 730                | 1000 | BDL  |
| Long Lake            | 40                | BDL | 40  | BDL | BDL | BDL | BDL | 80                 | 640  | BDL  |
| Finished water       |                   |     |     |     |     |     |     |                    |      |      |
| TLW                  | BDL               | 40  | 130 | BDL | BDL | BDL | BDL | 170                | BDL  | 8600 |
| LW                   | BDL               | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL                | BDL  | 1300 |
| Distribution systems |                   |     |     |     |     |     |     |                    |      |      |
| a                    | BDL <sup>2</sup>  | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL                | BDL  | 870  |
| b                    | BDL               | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL                | BDL  | 1500 |
| c                    | BDL               | BDL | 30  | BDL | BDL | BDL | BDL | 30                 | BDL  | BDL  |
| d                    | BDL               | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL                | 50   | BDL  |
| e                    | BDL               | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL                | BDL  | 850  |
| f                    | BDL               | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL                | 30   | BDL  |
| g                    | BDL               | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL                | BDL  | 1100 |
| h                    | BDL               | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL                | BDL  | 680  |
| i                    | BDL               | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL                | BDL  | 880  |
| j                    | BDL               | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL                | BDL  | 1000 |
| k                    | BDL               | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL                | BDL  | 1400 |
| l                    | 80                | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | 80                 | BDL  | BDL  |
| m                    | BDL               | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL                | BDL  | 2000 |
| n                    | 70                | 30  | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | 100                | BDL  | 760  |
| o                    | BDL               | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL | BDL                | BDL  | 2200 |

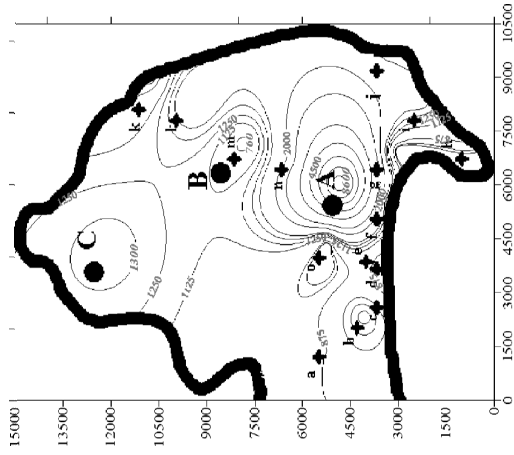
<sup>1</sup> The sum of MC-LR, MC-RR, MC-YR, MC-LW, MC-LF, MC-LA.

<sup>2</sup> BDL = Below Detection Limit



## CYN Concentration Contour in金門流佈 (10)

### Distribution System



33



## 自來水系統中之管理與處理(II)

- 集水區及水庫管理
  - 長期。優先控制天然水優養化之出現以及藻華之形成。
  - 其次。可以包括水體物理條件改變，可以促使環境條件讓其他藻類優於藍綠細菌，藉由表面曝氣或氣泡通氣方式人工去層化(destratification)、或應用超音波破壞藍綠細菌氣泡等方式達成。
  - 短期的做法。取水口位置選擇策略，包括深度選擇、經由河床過濾、以及應用阻擋藻華移動之阻絕物，以降低藍綠細菌及藻毒進入取水口。

34



## 自來水系統中之管理與處理(II)

快速評估毒性藍綠菌對水廠之風險程度(MOHNZ, 2005)

藍綠菌及毒素出現風險性高的水庫，若處理程序是傳統淨水程序，其淨水廠風險性也高。

35



## 自來水系統中之管理與處理(III)

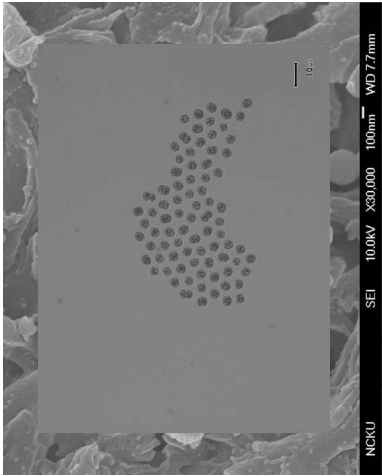
### • 顆粒性藻毒水處理選擇

- 藍綠細菌藻毒約有50-95%存於細胞中，因此去除藻毒應優先以混凝或膜過濾程序，去除整個藻細胞。
- 避免使用前氧化劑
- 去除整個藻細胞的程序比較適用於水庫與處理廠相近之處
- 藍綠細菌細胞在管線輸送過程中，若是高程變化大，會因為洩壓閥的影響，造成藻體破裂而釋出毒素(Falconer, 2005)
- 最易受影響的是魚腥藻屬(*Anabaena*)，浮絲藻屬(*Planktothrix*)與柱胞藻屬(*Cylindrospermopsis*)介於中間，微囊藻則較不受影響。但是在溫度較高、輸送距離長時，微囊藻也會破裂。

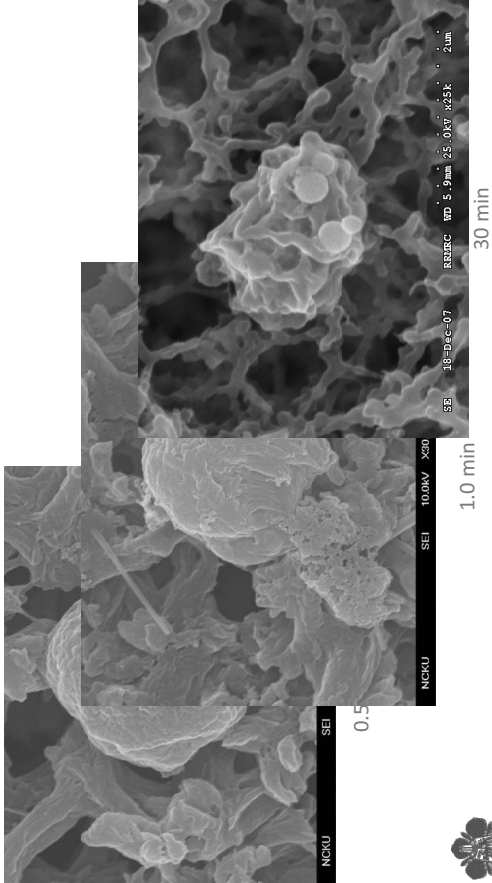
36



SEM Microphotos of *Microcystis*  
(Before Oxidation)

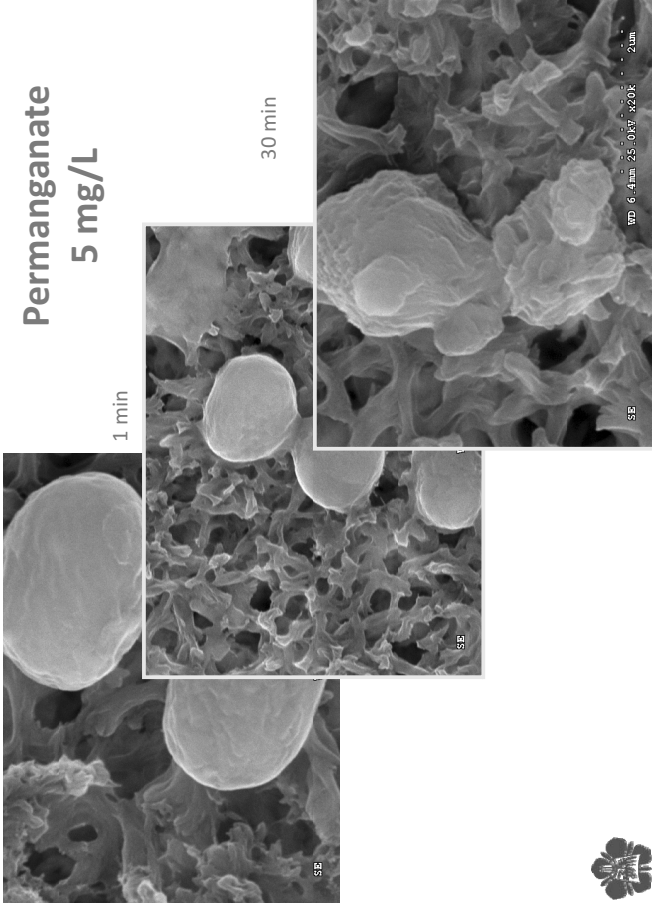


*Microcystis aeruginosa* (PCC7820)  
MC-LR and  $\beta$ -cyclocitral

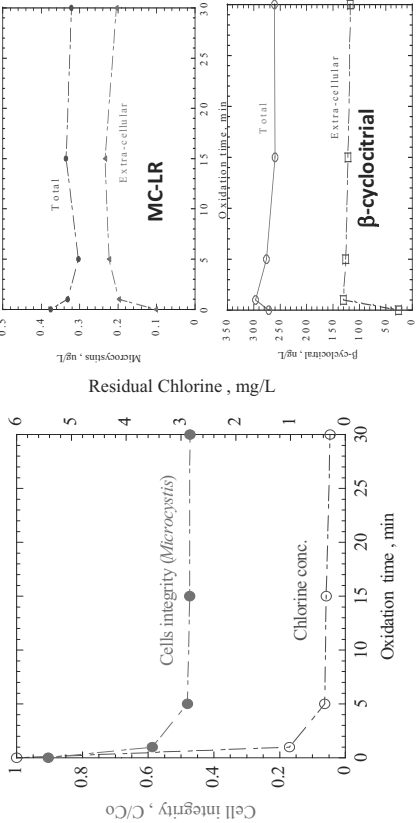


SEM Microphotos of *Microcystis*  
(After Chlorination @ 1mg/L )

Permanganate  
5 mg/L



Concentration change of metabolites  
(440,000 cell/mL, THR Water)



Chlorine was exhausted so that total MC-LR and  $\beta$ -cyclocitral concentrations remained constant.



# 自來水系統中之管理與處理(IV)：細胞去除方法

| 處理程序     | 處理效果                          |
|----------|-------------------------------|
| 混凝沉澱     | 效率高,主要針對累積在污泥的細胞              |
| 快濾       | 效率高,但不適用於累積在濾料上細胞             |
| 慢砂濾      | 與快砂濾相似，額外加有溶解性毒素的降解           |
| 混凝沉澱結合過濾 | 效率非常高                         |
| 薄膜程序     | 效率高,但不適用於累積在薄膜上細胞             |
| 溶解空氣浮除法  | 與混沉類似                         |
| 氧化程序     | 不建議使用 (Newcombe et al., 2005) |



41

## 誌謝

- 經濟部水利署、行政院國科會、行政院環保署、成功大學、澳洲水質中心經費支持及計畫協助
- 台灣水公司、金門自來水廠、水利署各水庫管理單位協助採樣
- 交通大學防災與水環境研究中心
- 成功大學地下水與飲用水研究室學生



43

# 自來水系統中之管理與處理(V)：溶解性毒素去除方法

| 處理程序               | 去除藍綠菌/毒素                           | 處理效果                                                                       |
|--------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 溶解性的毒素             |                                    |                                                                            |
| 粉狀活性炭吸附 (劑量因水質而不同) | 微囊藻毒 (mLA除外)<br>cylindrospermopsin | 木材基質活性碳較佳，接觸時間60分鐘                                                         |
|                    | saxitoxins                         | 木材基質活性碳較佳，接觸時間60分鐘                                                         |
| 細胞活性碳吸附            | 所有溶解性毒素                            | 椰殼基質活性碳較佳，接觸時間60分鐘                                                         |
| 生物濾床               | 所有溶解性毒素                            | GAC的壽命與毒素種類及水質有關                                                           |
| 臭氧氧化               | 所有溶解性毒素 (saxitoxins 除外)            | 應控制生物膜質量與組成、水溫及水質                                                          |
| 氯氧化                | 所有溶解性毒素                            | 劑量與水質有關，至少應有5分鐘接觸時間                                                        |
|                    |                                    | 維持0.5 mgL <sup>-1</sup> 殘餘量 30分鐘，能有效降解微囊藻毒及 cylindrospermopsin，mLA則需要較高的劑量 |
| 氯胺                 | 所有溶解性毒素                            | 效果不佳                                                                       |
| 二氧化氯               | 所有溶解性毒素                            | 一般水廠所用的劑量沒有效果                                                              |
| 高錳酸鉀               | 所有溶解性毒素                            | 對微囊藻有去除效果，其他毒素無資料                                                          |
| 過氧化氫               | 所有溶解性毒素                            | 沒有效果                                                                       |
| UV照射               | 所有溶解性毒素                            | 有催化劑時，能降解 mLR、anatoxin-a 及 cylindrospermopsin                              |
| 薄膜                 | 所有溶解性毒素                            | 與薄膜孔隙分布有關                                                                  |



42

(Newcombe et al., 2005)



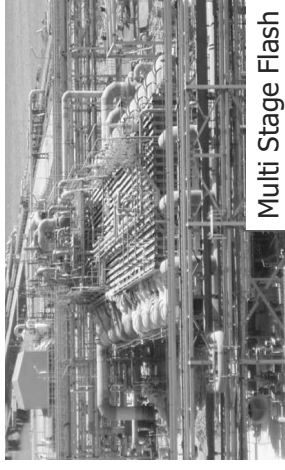
金門自來水廠淨水場供水水質改善最適對策評估研究  
淨水高級處理過濾單元優化操作策略教育訓練

## 飲用水薄膜處理程序操作實務 - RO 海淡廠

黃志彬 教授



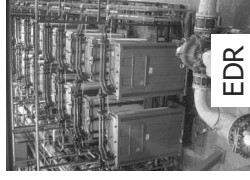
## 已商業運轉之海水淡化技術



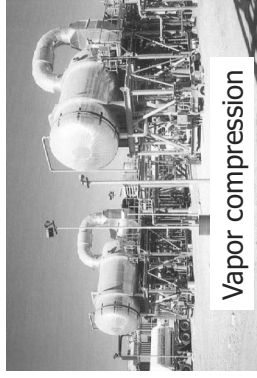
Multi Stage Flash



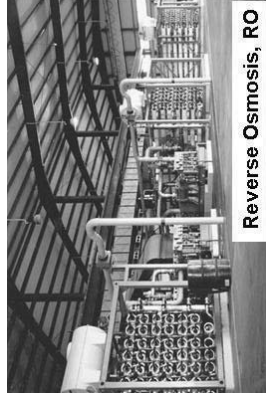
Multi Effect Distillation, MED



EDR



Vapor compression



Reverse Osmosis, RO

## 綱 要

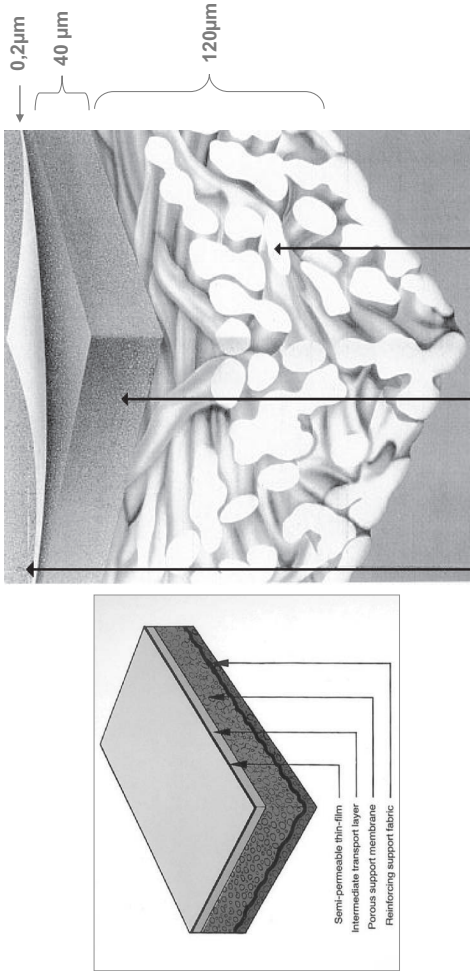
- 已商業運轉之海水淡化技術 ... 3
- 薄膜科技回顧 ..... 4
- 逆滲透海淡：技術與程序 ..... 11
- 薄膜清洗 ..... 14
- 薄膜阻塞/生物阻塞與結垢 ..... 19
- 鑑定我國現有SWRO系統無機及生物阻塞物 ..... 23
- RO膜解剖分析總結 ..... 32

## 薄膜科技回顧

### Separation characteristics of membrane

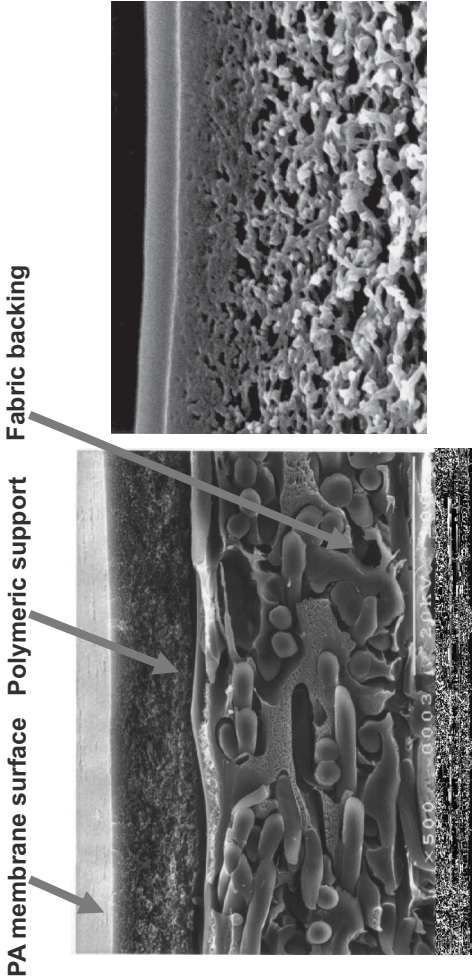
| Material             | 1 nm 10 nm 100 nm 1000 nm                                                                                          |                       |                                                                   |                        |  |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------|--|
|                      | Ion<br>Low MW material<br>Pesticide, Organic material<br>Mono-valent ion<br>Trihalomethane                         | Macromolecule         | Colloid<br>Clay<br>Virus<br>E-coli                                | Bacteria               |  |
| Membrane             | RO<br>Reverse Osmosis                                                                                              | NF<br>Nano Filtration | UF<br>Ultra Filtration                                            | MF<br>Micro Filtration |  |
| Separation mechanism | Water                                                                                                              |                       | Water                                                             |                        |  |
|                      | Large ions, Large Molecules<br>Molecular interaction<br>Solution diffusion<br>Electric repulsion<br>Size exclusion |                       | Suspended Solid Particles<br>Dynamic separation<br>Size exclusion |                        |  |

# Membrane structure

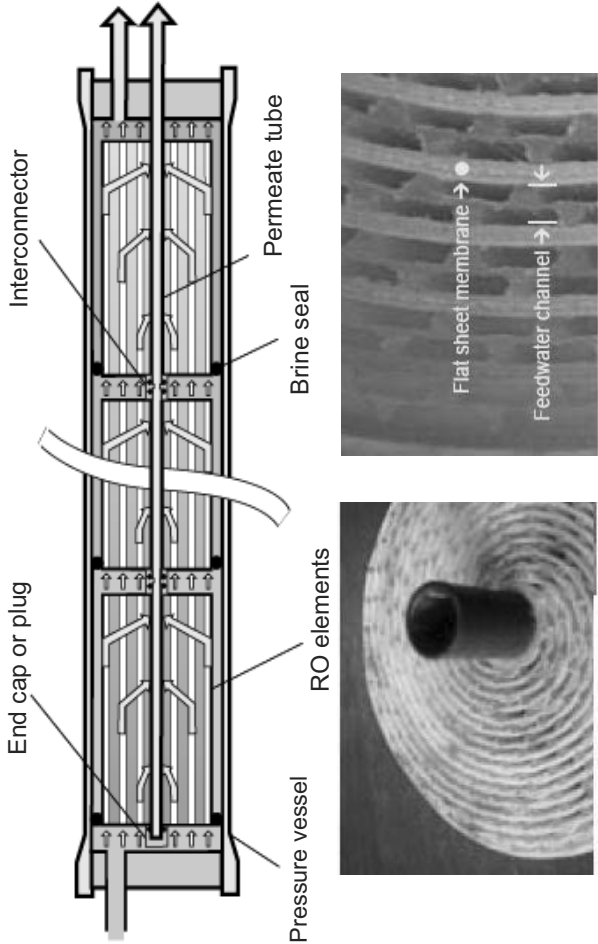


Polyamide Membrane      Polysulfone layer      Polyester Support

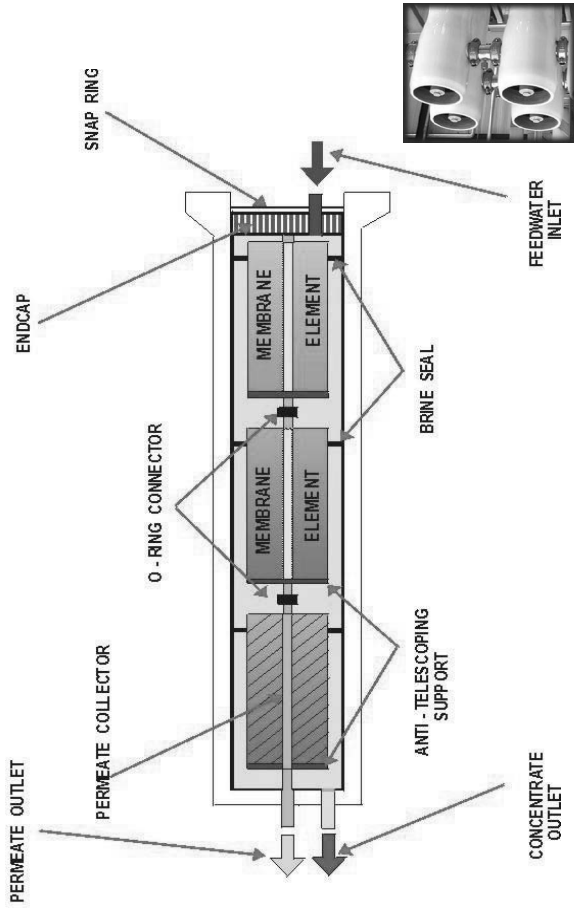
# Membrane film



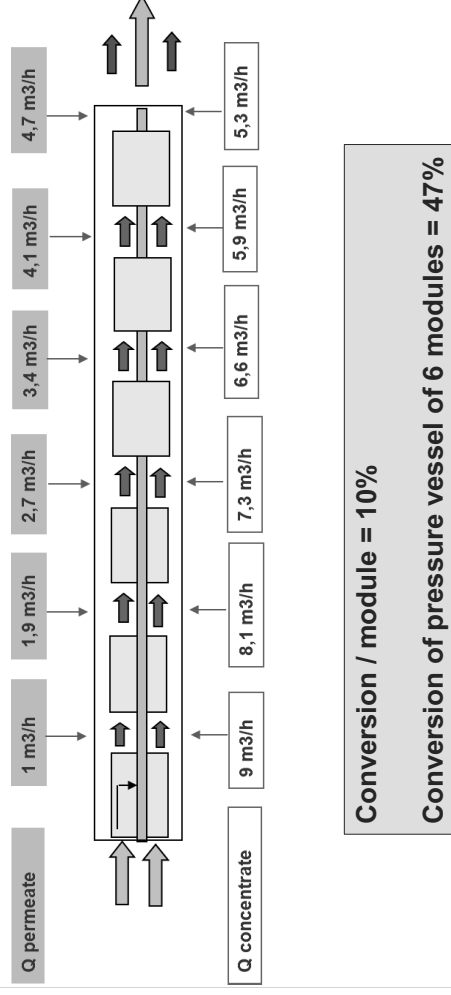
# Membranes in pressure vessel



# CROSS SECTION OF PRESSURE VESSEL WITH 3 MEMBRANE ELEMENTS

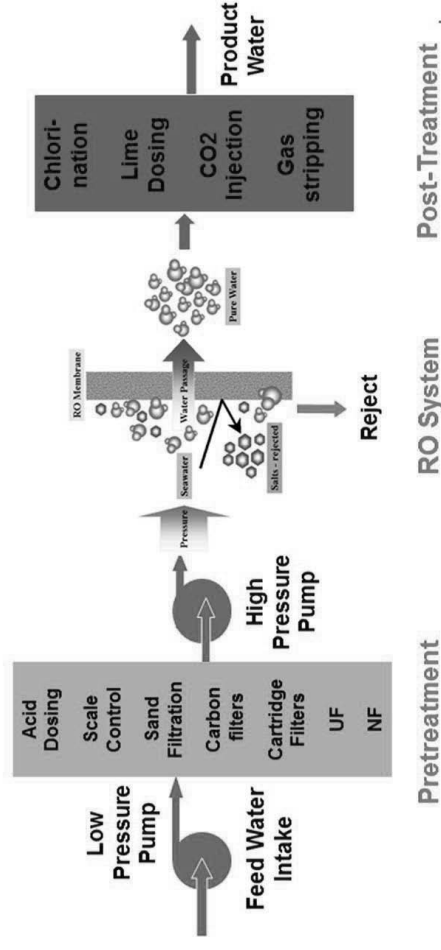


## Flow repartition in one pressure vessel



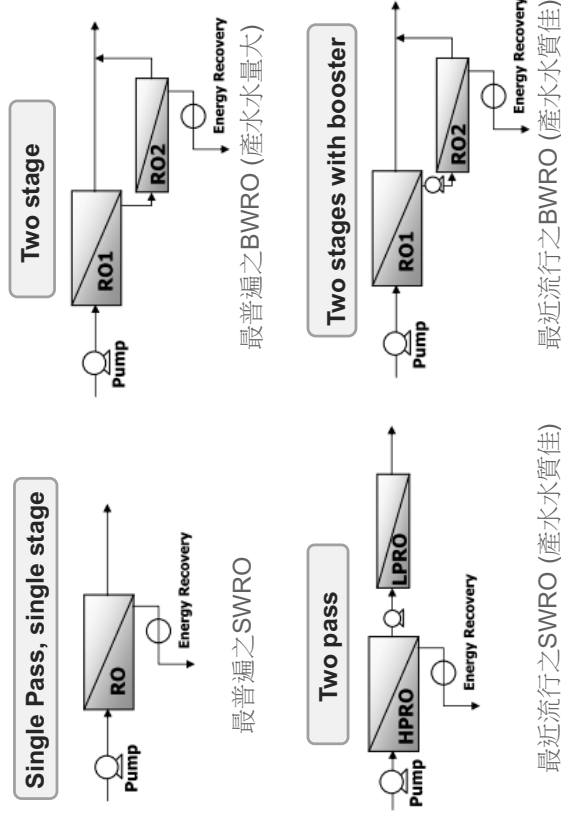
9

## 逆滲透海淡 (SWRO) : 技術與程序



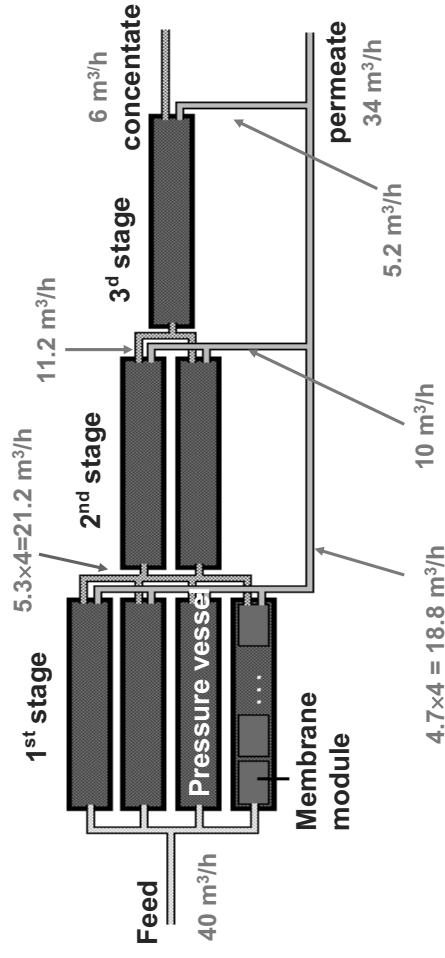
11

## RO程序配置



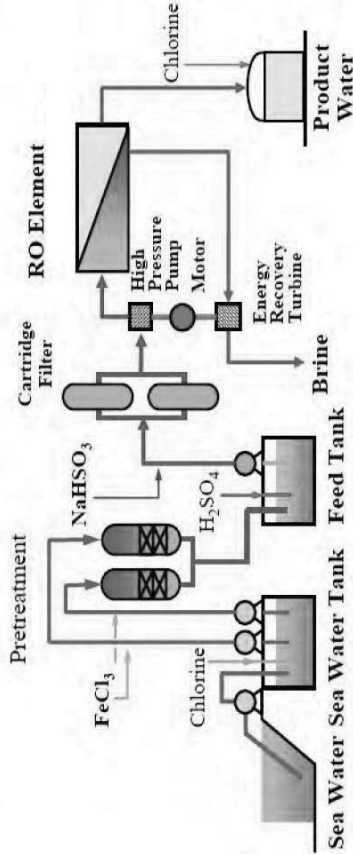
12

## Arrangement vessels / staging



10

# 傳統單段式SWRO系統

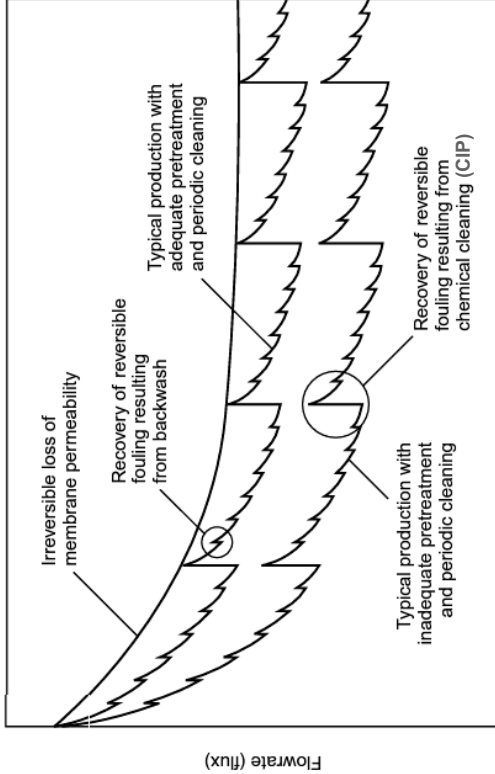


## SWRO系統之取水及前處理方式

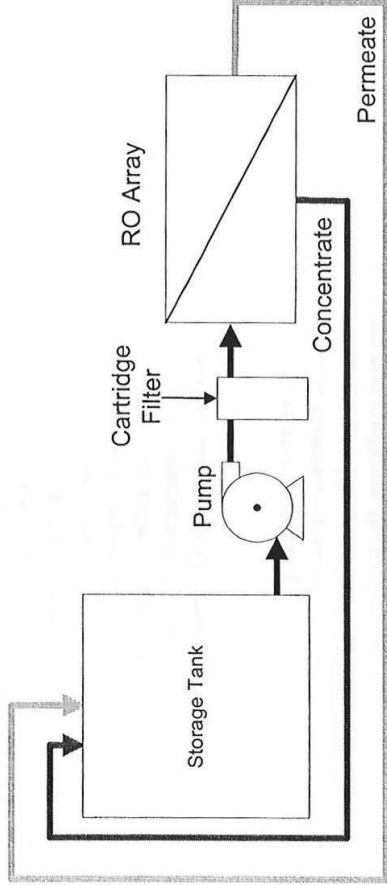
|                           | 特色        | 範例 ( $\times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ )                                                                                 |
|---------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Single DMF                | 傳統式       | Sydney (25), Al Jubail (9)<br>Hamma (20), Perth (13)<br>Alicante II (6.5)<br>Carboneras (12)<br>Ashkelon (33), Tenes (20) |
| DMF + PF                  | 改善水質      | Okinawa (4)<br>Mostaganem (20)<br>Torrevieja (24)<br>Guadalest (21)                                                       |
| Well + DMF                | 使用井水      | Fukuoka (5)<br>Alicante I (6.4)                                                                                           |
| Sedimentation + DMF       | 吸附天然有機物質  | Tuas (13)<br>Point Lisas (13)                                                                                             |
| Sedimentation + DAF + DMF | 薄膜(改善水質)  | Shuweikh (13)<br>London (15)<br>Tuas II (38)<br>Tianjin (10)                                                              |
| MF/UF                     | 薄膜(改善水質?) | Maglaa (50)<br>Adelaide (27)<br>Perth II (15)<br>Carlsbad (19)                                                            |

# 薄膜清洗 -

## Reversibility by backwash and chemical cleaning



## 薄膜清洗 - CIP system



Source: Hydranautics

# 薄膜清洗：Chemicals

## 常見藥劑

## 清洗對象

- Citric acid (2%) at pH 4      Fe及無機鹽類 ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{BaSO}_4$ )
- Hydrochloric acid (0.2%)      Fe、Mn及無機膠體

### Remark:

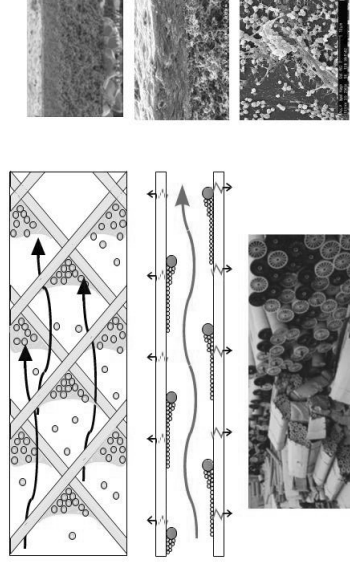
- ✓ Hydrochloric acid is not easy to handle
- ✓ The vapor is dangerous and corrodes copper electrical switches

- Ascorbic acid (Vitamin C)      Fe、Mn

17

# 薄膜阻塞/生物阻塞與結垢

## Membrane Fouling/Biofouling and Scaling



19

## When to Clean?

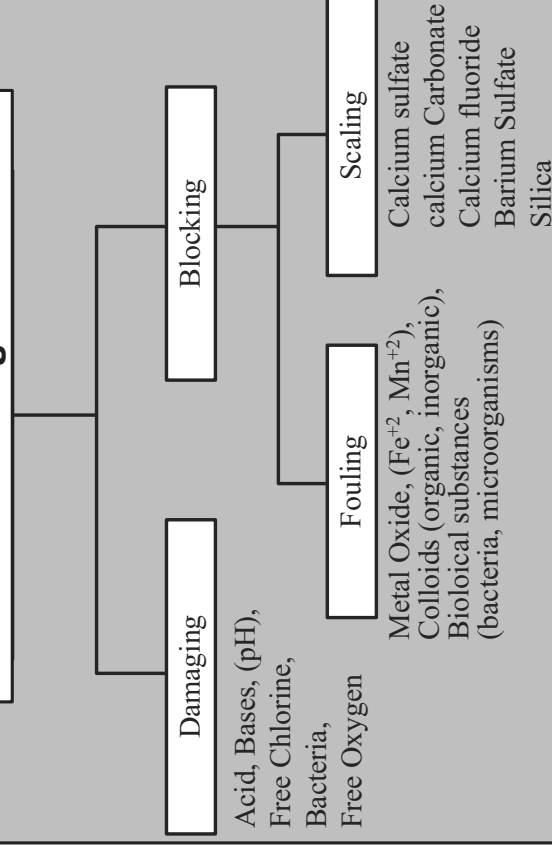
- Differential pressure increases to 10 – 15%
- Normalized flow decreases by 10-15%
- Salt Passage increases 10%
- Normalized quality deteriorates by more than 20%
- Other parameters as established by manufacturer

## When to clean in place (CIP) by chemicals

- Mass transfer coefficient (MTC) or flux drops by 10%
- Salt content (TDS) of product water increase by 10%
- Feed channel pressure drops (feed pressure concentrate pressure) increases by 15%

18

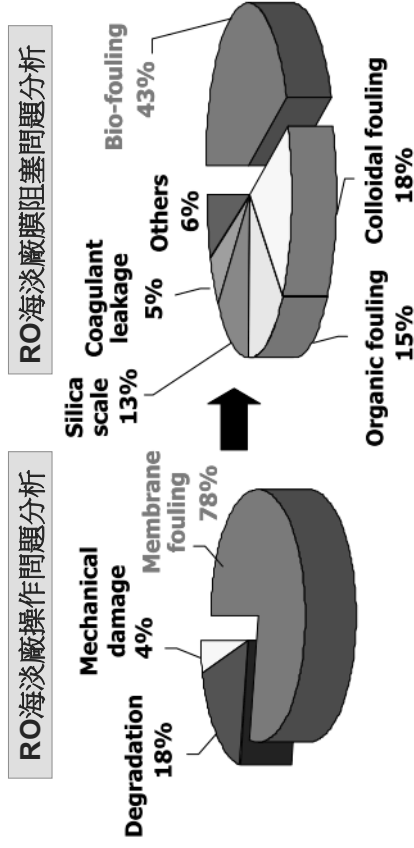
## Trouble – causing substances



20

## 影響SWRO廠操作穩定之問題分析

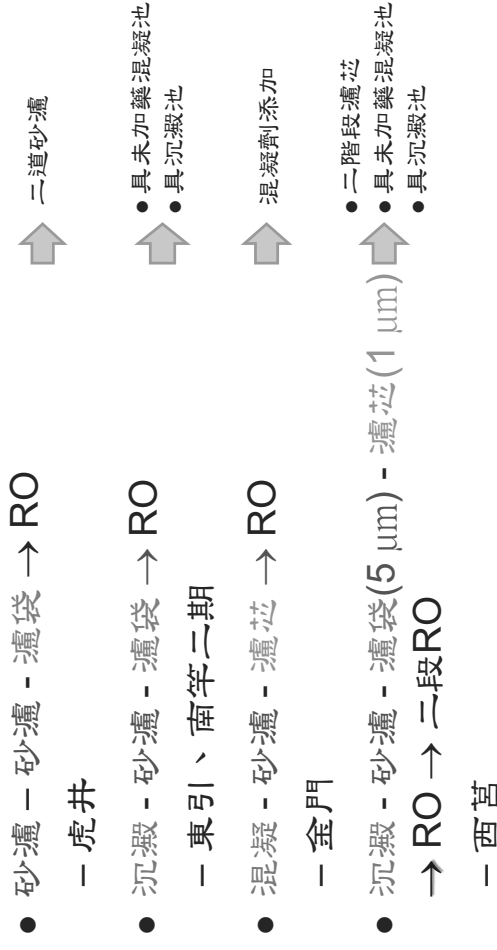
Dr. Khedr (2000), Desalination & Water Reuse, 10/3: 8-77



Bio-fouling is the most serious matter for stable operation  
生物阻塞是影響海淡廠穩定操作之關鍵

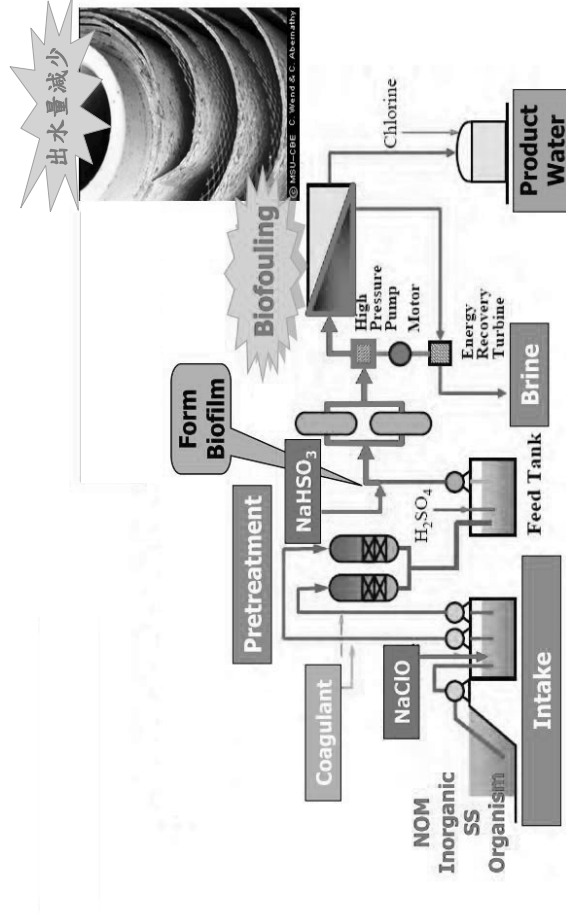
21

## 鑑定我國現有SWRO系統 無機及生物阻塞物



23

## 在RO管內之生物阻塞 (Biofouling)

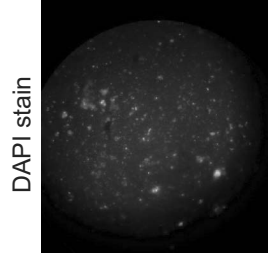


<http://www.erc.montana.edu/CBESsentials-SW/bf-basics>

22

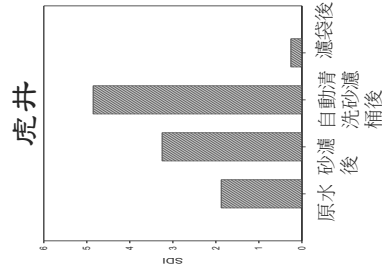
## 鑑定我國現有SWRO系統無機及生物阻塞物 - 探討阻塞物質間相互關係

- 阻塞潛勢及阻塞物之鑑定
  - 阻塞物之萃取
    - 取已知面積小膜片
    - 依序浸泡DI水、0.1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、0.1N NaOH搭配超音波震盪30分鐘
  - 阻塞物之鑑定
    - 有機性阻塞 - DOC
    - 無機性結垢 - ICP
    - 生物性阻塞 - DAPI 總菌數

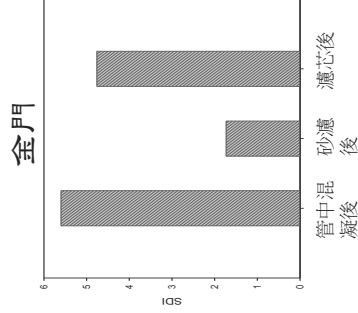


24

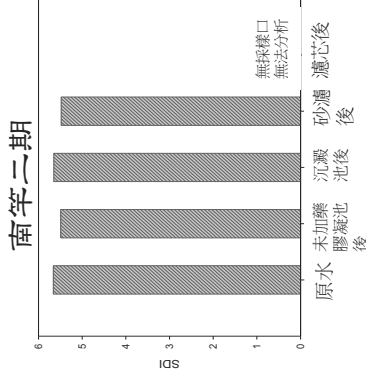
## 前處理對顆粒性阻塞物去除評估 (SDI值)



砂濾設備老舊及濾料老化，導致無效過濾

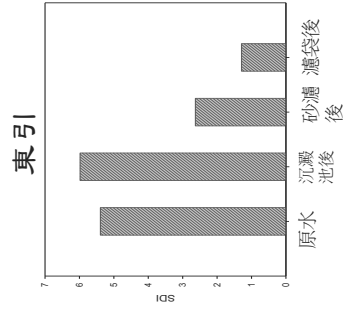


• 混凝對砂濾後之SDI有幫助  
• 未及時更換濾芯導致濾芯後SDI上升

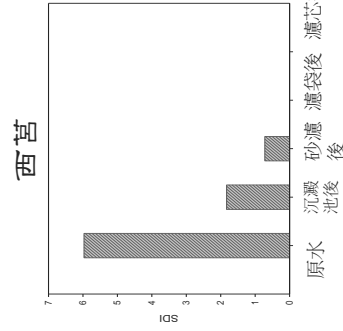


• 無前混凝之沉澱池無法降低SDI值  
• 砂濾設備老舊及濾料老化，導致無效過濾

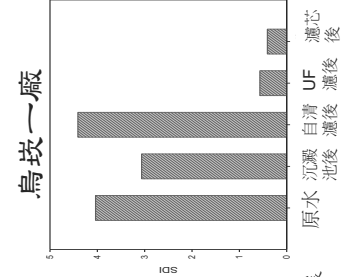
## 前處理對顆粒性阻塞物去除評估 (SDI值)



未加混凝劑之沉澱池未發揮作用



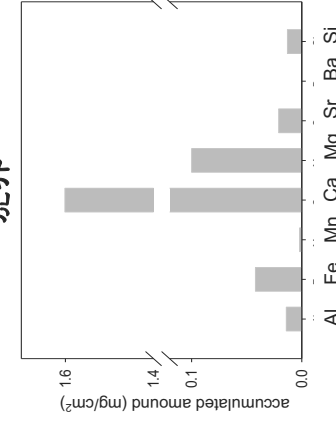
沉澱池對SDI值有助益，砂濾後SDI值已不錯，雙重匣式過濾負擔輕



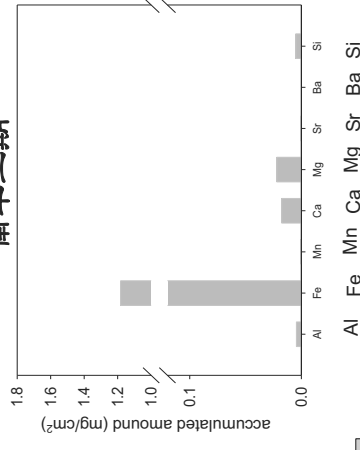
UF膜過濾負擔重

## RO膜解剖鑑定 - 無機阻塞物

虎井



南竿二期

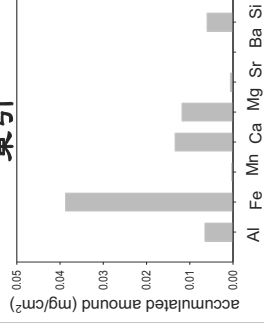


• 虎井與南竿二期分別較其他廠有較高之無機累積物量，分別以Ca及Fe含量特別多  
• 南竿二期較其他二廠有較多鐵質處理單元

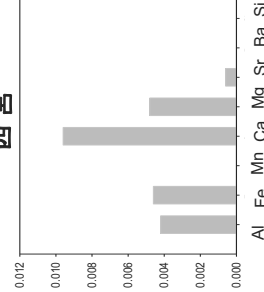


## RO膜解剖鑑定 - 無機阻塞物

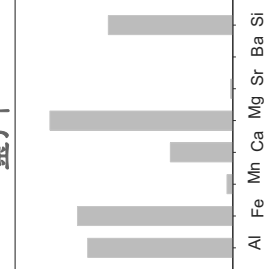
東引



西莒



金門



• 較前二廠(虎井、南竿二期)有較低之無機累積物量  
• 東引與南竿二期同，具有較多鐵質處理單元，故導致鐵含量較高  
• 金門海淡廠RO膜之Si含量為五廠中較高者

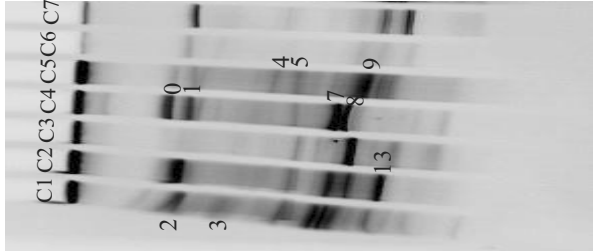
虎井海淡系統微生物物種鑑定

|                                                                                            | H1                        | H2 | H3 | H4  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----|----|-----|
|                                                                                            | 洗砂水                       | 濾袋 | RO | 濃縮渠 |
| (1) <i>Kordia algicida</i><br>成長需要Na <sup>+</sup> ,<br>Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> | 0.3~0.5 μm<br>x2~5 μm     | ●  | ○  | ●   |
| (2) <i>Microcoleus vaginatus</i><br>溶解CaSO <sub>4</sub> 再<br>結晶於鞘上                         |                           |    |    | ●   |
| (3) <i>Pseudalteromonas haloplanktis</i><br>幾丁聚糖<br>分解酵素                                   | 0.2~1.5 μm<br>x1.8~3 μm   |    |    | ○   |
| (4) <i>Chloroherpeton thalassium</i><br>綠硫菌                                                | 1 μm x<br>8-30 μm         |    |    | ○   |
| (5) <i>Cyclobacterium marinum</i><br>0.3~0.7 μm<br>外環 0.8 to 1.5 μm                        | ○                         | ○  | ○  | ●   |
| (7) <i>Oceanicola batsensis</i><br>需 Fe1.4<br>~6.1 ppm                                     |                           |    | ●  | ○   |
| (8) <i>Lyngbya majuscula</i><br>Fe氧化                                                       |                           |    |    | ○   |
| (9) <i>Pseudomonas fluorescens</i><br>吸收Fe                                                 | ○                         |    |    | ●   |
| (10) <i>Marinobacter aquaeolei</i><br>Fe氧化<br>吸收Fe                                         | 0.4~0.5 μm<br>x1.4~1.6 μm | ●  |    | ●   |
| (11) <i>Marivirga tractuosa</i><br>0.4~0.5 μm<br>x10~50 μm                                 |                           |    |    | ●   |
| (12) <i>Marinobacter algicola</i><br>1.6~2.5 μm<br>0.45~0.55 μm                            |                           |    | ●  | ○   |
| (13) <i>Pseudalteromonas tunicata</i><br>antifouling<br>activities                         | 2.0-3.4 μm                | ●  |    | 29  |



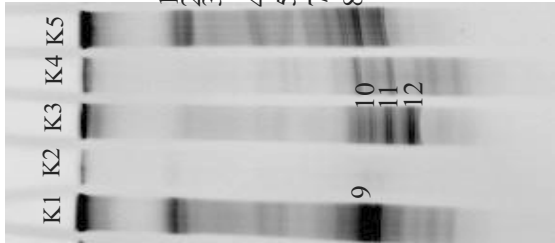
西莒海淡系統微生物物種鑑定

|                                                                    | C1 | C2        | C3        | C4        | C5        | C6 | C7          |
|--------------------------------------------------------------------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|----|-------------|
|                                                                    | 原水 | 斜板沉<br>降槽 | 砂濾後<br>管線 | 5μm<br>濾袋 | 1μm<br>濾芯 | RO | 濃<br>縮<br>渠 |
|                                                                    | ○  |           |           | ●         |           |    |             |
| (0) <i>Bizionia argentinensis</i><br>0.2~0.4 μm<br>x2~3 μm         |    |           |           |           |           |    |             |
| (1) <i>Flavobacteriales bacterium</i><br>Ca                        |    | ●         |           |           |           | ○  |             |
| (2) <i>Microcoleus vaginatus</i><br>Ca                             | ●  |           |           |           |           |    | ●           |
| (3) <i>Pseudalteromonas haloplanktis</i>                           | ○  |           |           |           |           |    |             |
| (4) <i>Chloroherpeton thalassium</i>                               |    |           |           |           | ○         |    | ●           |
| (5) <i>Cyclobacterium marinum</i>                                  | ○  | ○         | ○         | ○         | ○         |    |             |
| (7) <i>Oceanicola batsensis</i>                                    | ●  | ●         |           | ●         |           |    |             |
| (8) <i>Lyngbya majuscula</i><br>Fe                                 | ●  |           |           | ●         |           | ○  | ●           |
| (9) <i>Pseudomonas fluorescens</i>                                 | ○  | ●         | ●         | ●         | ●         | ○  | ●           |
| (13) <i>Pseudalteromonas tunicata</i><br>antifouling<br>activities |    |           |           |           |           | ○  | 31          |



金門海淡系統微生物物種鑑定

|                                          | K1  | K2       | K3 | K4 | K5  |
|------------------------------------------|-----|----------|----|----|-----|
|                                          | 原水渠 | 過濾<br>水槽 | 濾芯 | RO | 濃縮渠 |
| (1) <i>Kordia algicida</i><br>Ca、Mg      | ●   |          |    |    | ●   |
| (2) <i>Microcoleus vaginatus</i><br>Ca   | ●   |          |    |    | ●   |
| (3) <i>Pseudalteromonas haloplanktis</i> |     |          |    |    | ●   |
| (4) <i>Chloroherpeton thalassium</i>     | ○   |          |    |    | ○   |
| (5) <i>Cyclobacterium marinum</i>        | ○   |          |    |    | ○   |
| (7) <i>Oceanicola batsensis</i>          |     |          |    |    | ●   |
| (8) <i>Lyngbya majuscula</i><br>Fe       |     |          |    |    | ●   |
| (9) <i>Pseudomonas fluorescens</i>       | ●   |          | ●  | ●  | ●   |
| (10) <i>Marinobacter aquaeolei</i>       | ●   |          | ●  |    |     |
| (11) <i>Marivirga tractuosa</i>          |     |          | ●  | ●  | ●   |
| (12) <i>Marinobacter algicola</i>        |     |          | ●  |    |     |



RO膜解剖分析總結

- 外島海淡廠RO膜前處理效能問題，值得重視
- 許多菌種皆可輕易穿過匣式濾芯而進入RO系統
- 不同區域(澎湖/金門/馬祖)菌種僅有些許差異
- RO膜表面之Si (ex..烏坎舊系統)、Fe(各廠普遍存在)、Ca (ex.虎井)、Mg (ex.虎井) 皆可能因微生物作用而累積

## 活性炭理論與應用

林財富  
成功大學環境工程學系

2012年10月



- 活性炭介紹
- 理論
  - 吸附平衡
  - 吸附動力
  - 選用基準
- 應用介紹-以粉末活性炭為例



## 活性炭

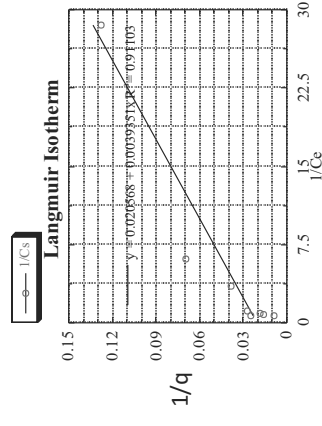
- 由有機物(如無煙煤、木頭、椰殼等)經高溫碳化及活化製造而成
- 廣泛用於空氣污染、水處理、廢水處理系統
  - 表面積大：~1,000 m<sup>2</sup>/g
  - 污染物會由流體相累積到活性炭表面
- 水處理活性炭
  - 粒狀活性炭 (granular activated carbon, GAC)
    - mm大小
    - 以管柱或槽式方式使用
    - 固定位置
  - 粉狀活性炭 (powdered activated carbon, PAC)
    - 65至95%(W)通過#325篩網(開口)、95%~100%通過100號篩、50%~95%能通過325號篩者
    - 反應後由沉澱池去除
    - 應急式



## 等溫吸附線<sub>1</sub>

- Langmuir Isotherm,
$$q = \frac{Kq_o C}{1 + KC}$$
- 

- K: 吸附熱係數
- q: 單層吸附量
- 理論式

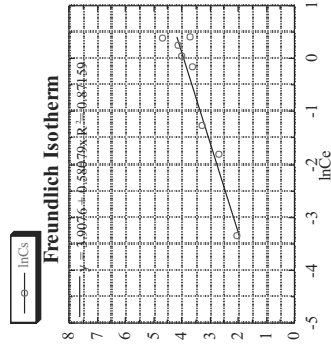


## 等溫吸附線<sub>2</sub>

- Freundlich Isotherm,

$$q = KC^n$$

- — K: 吸附容量係數
- 1/n: 吸附強度係數
- 經驗式
- 廣用於環境工程系統中



5

## 適用污染物

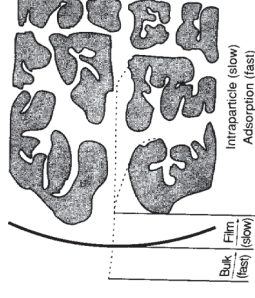
- 非極性有機物(農藥、揮發性有機物)效果佳
- 極性較高(如硫化物、胺類)者，效果較差
- 特性
  - 溶解度↑ 吸附量↓
  - 極性↑ 吸附量↑
  - 分子結構：長鏈 吸附量↓
  - 分子量↑ 吸附量↑
  - 碳氫化合物：不飽和 吸附量↑



6

## 傳輸機制

- liquid → liquid film → intraparticle pore → surface → adsorption
- d ~ 1mm, but need ~ days/weeks to reach equilibrium



7

## 吸附動力

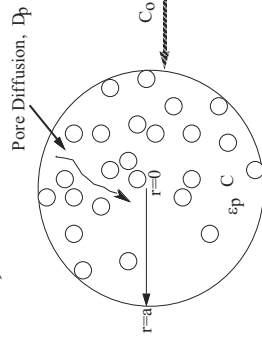
- 孔隙擴散模式  
(Pore diffusion model, PDM)

$$\varepsilon_p \frac{\partial C}{\partial t} + \rho \frac{\partial q}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 D_p \frac{\partial C}{\partial r} \right)$$

$$\text{I.C. } C(r, t=0) = 0$$

$$\text{B.C. } \frac{\partial C}{\partial r} (r=0, t) = 0$$

$$D_p \Big|_{r=R} = k_f (C_b - C_s)$$



8



# 管柱吸附行為

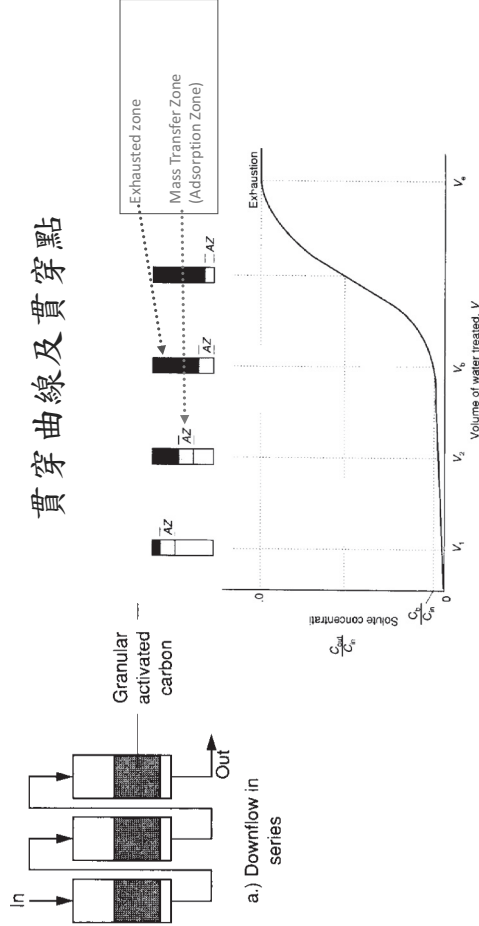


FIGURE 9-18 Carbon adsorption breakthrough curve showing movement of an adsorption zone.<sup>43</sup>

## EBCT

- 空床接觸時間(empty bed contact time, EBCT)
  - $EBCT = Vm/Q$  [GAC床體積/流量]
  - 5-25 mins
- 長有利於整體濾床利用率
- 去除NOM(前置GAC)通常需較長
  - 10-20 mins
- 後置GAC
  - 5-10 mins

# 生物活性碳

- 生物活性碳(biologically active carbon, BAC)
  - 活性碳上生長生物膜
  - 可以去除assimilable organic carbon (AOC) 及生物可分解有機物
  - 通常接在臭氧之後
  - (協助將有機碳降解成生物可分解型態)

## 影響粉狀活性碳吸附因子

| 影響因素  |                    | 粉狀活性碳吸附能力 |
|-------|--------------------|-----------|
| 活性碳性質 | 活性碳微孔比例↑           | 吸附能力↑     |
|       | 活性碳原料              | 木質為佳      |
|       | 吸附質分子量<br>500~1000 | 吸附能力較佳    |
| 環境因子  | 吸附質極性↑             | 吸附能力↓     |
|       | 水中天然有機質↑           | 吸附能力↓     |
|       | 溫度                 | 水中影響不大    |
|       | pH                 | 中性較佳      |
|       | 接觸時間↑              | 吸附能力↑     |
|       | 混凝劑劑量↑             | 吸附能力↓     |
|       | 加氣量↑               | 吸附能力↓     |

活性炭選用基準-PAC

| 原料來源          | AWWA B600-10             | BS EN 12903:2009 | JWWA K113:2005 | GB/T 13803.2:1999 |             |
|---------------|--------------------------|------------------|----------------|-------------------|-------------|
|               |                          |                  |                | 一級品               | 二級品         |
|               | -                        | -                | -              | 木質                | 木質          |
|               | 100mesh 篩網殘餘≤1% (木質≤5%)  |                  |                | 植物木質、非再生          |             |
| 粒徑分佈          | 200mesh 篩網殘餘≤5%(木質≤15%)  | 150μm 篩網殘餘≤5%    | 75μm 篩網殘餘≤10%  |                   | -           |
|               | 325mesh 篩網殘餘≤10%(木質≤40%) |                  |                |                   |             |
|               |                          |                  |                |                   |             |
| 碘吸附值 (mg/g)   | ≥ 500                    | -                | ≥ 900          | ≥ 900             | ≥ 900       |
| 酚值            | -                        | -                | ≤ 25           | ≤ 25              | -           |
| ABS 吸附值*      | -                        | -                | ≤ 50           | ≤ 50              | -           |
| 甲基藍脫色力 (mL/g) | -                        | -                | ≥ 150          | ≥ 135             | ≥ 105       |
| 強度(%)         | -                        | -                | -              | ≥ 94              | ≥ 85        |
| 視密度(g/mL)     | 0.2 - 0.75               | -                | -              | 0.45 - 0.55       | 0.32 - 0.47 |

應用說明-以PAC為例

活性炭選用基準-PAC

| AWWA B600-10 | BS EN 12903:2009 | JWWA K113:2005      | 台水管理要點              | GB/T    |         |
|--------------|------------------|---------------------|---------------------|---------|---------|
|              |                  |                     |                     | 一級品     | 二級品     |
| pH           | -                | 4-11<br>(1% 懸浮液出液)  | 4-11<br>(1% 懸浮液出液)  | 5.5-6.5 | 5.5-6.5 |
| 氯化物 (%)      | -                | ≤ 0.5<br>(1% 懸浮液出液) | ≤ 0.5<br>(1% 懸浮液出液) | -       | -       |
| 電導度 (μS/cm)  | -                | ≤ 900<br>(1% 懸浮液出液) | ≤ 900<br>(1% 懸浮液出液) | -       | -       |
| 乾燥減量 (%)     | -                | ≤ 50                | ≤ 50                | -       | -       |
| 灰份 (%)       | ≤ 15             | -                   | -                   | ≤ 5     | ≤ 5     |
| 水分 (%)       | ≤ 8              | -                   | -                   | ≤ 10    | ≤ 10    |
| 水溶性物質 (%)    | -                | -                   | -                   | -       | -       |
| 鉀 (%)        | ≤ 0.002          | -                   | -                   | -       | -       |
| 砷 (mg/kg)    | ≤ 10             | -                   | -                   | -       | -       |
| 鎘 (mg/kg)    | ≤ 5              | -                   | -                   | -       | -       |
| 鉻 (mg/kg)    | ≤ 50             | -                   | -                   | -       | -       |
| 汞 (mg/kg)    | ≤ 1              | -                   | -                   | -       | -       |
| 鎳 (mg/kg)    | ≤ 20             | -                   | -                   | -       | -       |
| 鉛 (mg/kg)    | ≤ 10             | -                   | -                   | -       | -       |
| 銅 (mg/kg)    | ≤ 5              | -                   | -                   | -       | -       |
| 鋅 (mg/kg)    | ≤ 10             | -                   | -                   | -       | -       |
| 多環芳烴 (mg/kg) | ≤ 50             | -                   | -                   | -       | -       |
| 氯化物 (mg/kg)  | ≤ 0.2            | -                   | -                   | -       | -       |
| 多環芳烴 (mg/kg) | -                | -                   | -                   | -       | -       |

活性炭吸附法(I)

- 粉狀活性炭
  - 用於非常態性的臭味處理問題
  - 設置成本較低
  - 若經常使用且劑量超過20 mg/L以上，則應使用粒狀活性炭吸附床。
- 通常不同廠牌及型號之活性炭對於臭味物質之去除效果不同，以MIB為例，微孔(micropore volume, 指孔隙直徑小於2nm之孔)體積多之活性炭吸附效果較佳

## 活性炭吸附法(II)

- 美國芝加哥市淨水場評估以高級處理程序除臭為例
- 粒狀活性炭系統設置成本為5千萬美元
- 臭氧系統設置成本為6千1百萬至8千7百萬美元間
- 粉狀活性炭系統設置則需1千5百萬美元
- 但若經常使用且使用劑量超過20 mg/L以上時，則應該使用粒狀活性炭吸附床



17

## 活性炭吸附法(III)

- 溶液的pH值
  - 對活性炭在純水中吸附效果沒有重大影響
  - 在一般天然水中，pH值可能會增進天然有機質吸附而降低臭味物質的吸附量
- 接觸時間及添加位置
  - 膠羽形成及高混凝劑量的操作條件下可能會妨礙PAC吸附臭味物質，造成吸附量降低
  - 以鳳山與澄清湖原水為例，接觸時間由10分鐘延長到50分鐘，去除效果可增加2-3倍以上。



18

## 活性炭的選擇

| 材質                          | Norit W20          |                    | Calgon WPH   | TAC-P |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------|-------|
|                             | 蔬菜類<br>(vegetable) | 煙煤<br>(bituminous) | 木屑<br>(wood) |       |
| BET 比表面積, m <sup>2</sup> /g | 578.4              | 893.1              | 890.3        |       |
| 微孔體積, cm <sup>3</sup> /g    | 0.191              | 0.257              | 0.273        |       |
| 中、粗孔體積, cm <sup>3</sup> /g  | 0.183              | 0.200              | 0.260        |       |
| 平均孔隙孔徑, Å                   | 24.2               | 22.4               | 24.2         |       |

粒徑範圍：通過 200mesh(62 μ m)之篩網



19

## 吸附平衡實驗

- 1L棕色玻璃瓶
- PTFE墊片瓶蓋
- Headspace free
- 攪拌速:100rpm
- 平衡時間四天
- 溫度:20 °C
- 水樣經0.45μm濾紙過濾後進行分析



20

## 吸附動力實驗

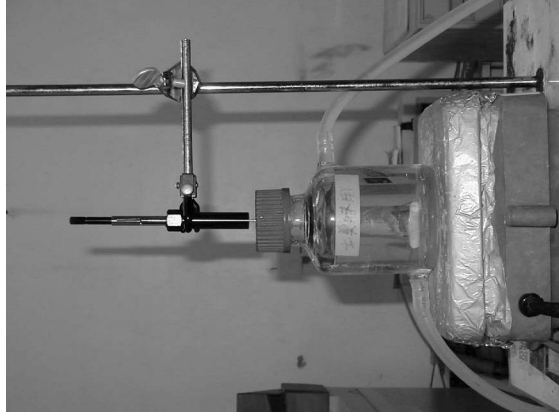
- 6L玻璃反應瓶
- 取樣口
- 攪拌速率:100rpm
- 溫度:20 °C
- 取樣時間15、30、60  
90、120、240分鐘
- 水樣經0.45μm濾紙  
過濾後進行分析



21

## 固相微萃取法

- 固相萃取針(SUPELCO
- 公司, No.57348-U)
- 水溫:50°C
- 水樣:200ml
- 添加50g NaCl
- 在 headspace 進行氣相  
吸附
- 吸附時間30分鐘



22

## 五種常見的土霉味物質

| 異臭味物質          | trans-1,10-dimethyl-trans-9-decalol (Geosmin) | 2-methylisoborneol (2-MIB) | 2-isopropyl-3-methoxy pyrazine (IPMP) | 2-isobutyl-3-methoxy pyrazine (IBMP) | 2,3,6-trichloroisole (TCA) |
|----------------|-----------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| 分子式            | $C_{12}H_{22}O$                               | $C_{11}H_{20}O$            | $C_8H_{12}ON_2$                       | $C_9H_{14}ON_2$                      | $C_6H_5OCl_3$              |
| 分子量            | 182                                           | 168                        | 152                                   | 166                                  | 222                        |
| 結構式            |                                               |                            |                                       |                                      |                            |
| 臭味限值<br>(ng/L) | 10                                            | 29                         | 7                                     | 2                                    | 2                          |

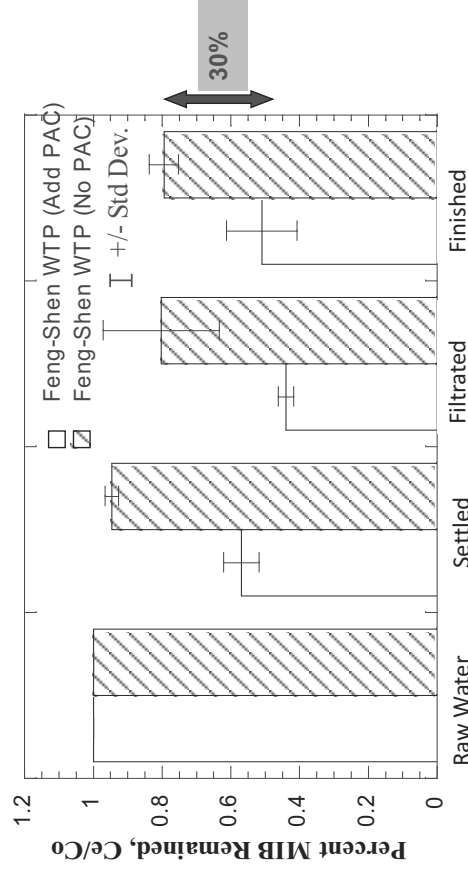
23

## Use of Powder Activated Carbon

- 適於去除土霉味及化學藥品味
- 適用緊急處理
- 較 Ozone and/or GAC 便宜
- 影響因子
  - PAC 種類, 目標污染物, 水質, 餘氯, 混凝劑, 接觸時間

24

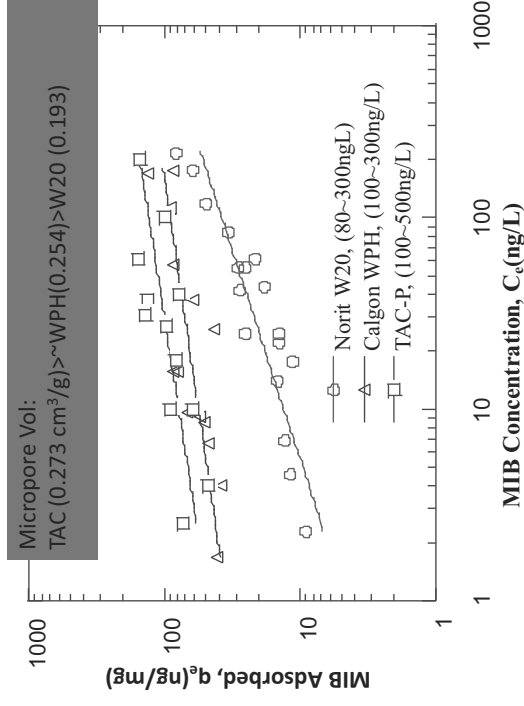
## Application of PAC for 2-MIB Removal (PAC = 10 mg/L)



25



## Isotherms in De-ionized Water



27



## Selection of PAC

吸附量與微孔(< 2 nm)孔隙體積  
成相關孔隙體積最相關(或是與  
1.0-1.2 nm孔隙體積成正比)

2-MIB molecule = 5~6 Å

Adsorbed on micropore surface  
(Graham et al., 2000)

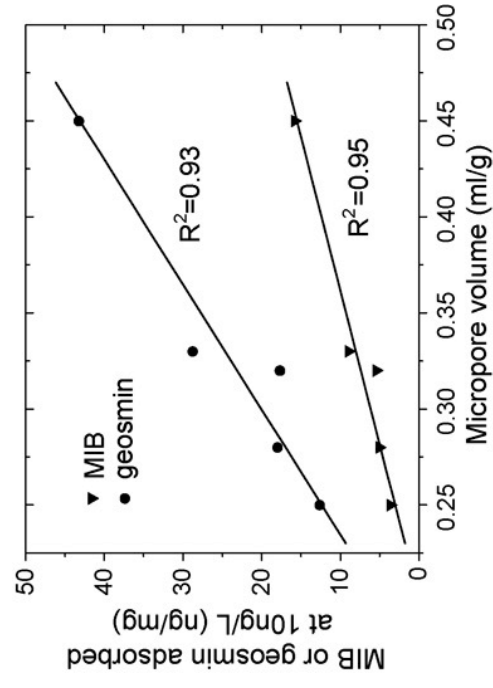
|                                      | Norit W20 | Calgon WPH | TAC-P |
|--------------------------------------|-----------|------------|-------|
| Material                             | Vegetable | Bituminous | Wood  |
| BET SA, m <sup>2</sup> /g            | 578.4     | 893.1      | 890.3 |
| Micropore Volume, cm <sup>3</sup> /g | 0.191     | 0.257      | 0.273 |
| Meso+Macro Pore, cm <sup>3</sup> /g  | 0.183     | 0.200      | 0.260 |
| Avg. Pore Dia., Å                    | 24.2      | 22.4       | 24.2  |

PAC size < 200mesh(62 μ m)

26



## Adsorption Capacity and Micropore Volumes- 5 different activated carbons.



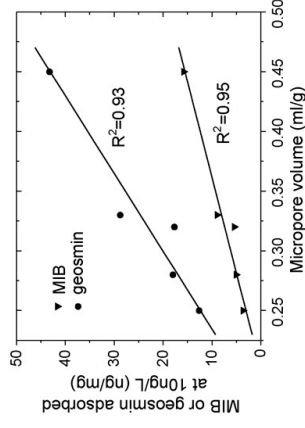
Yu et al. (2007, Sep. Pur. Tech.)

28



## 化合物之影響

- 活性炭對五種土臭味物質吸附量依序為TCA、IBMP、IPMP、Geosmin、2-MIB，其中2-MIB化合物的吸附量遠低於其他四種土臭味化合物
- 台灣以2-MIB最常出現



29



## 氯的影響-2

- 餘氯濃度
  - 研究中也發現主要的餘氯影響因子為所施加的餘氯濃度總量
  - 一定數量的餘氯分成數次添加或一次添加似乎並不是一個重要因素
  - 活性碳劑量為11.5 mg/L，在無氯情況下2-MIB去除效果為67%，但若餘氯與活性碳碳劑量比在0.5、1及、2的情況下，則去除率降低為50%、30%及16%

31



## 氯的影響-1

- 餘氯濃度
  - 影響活性炭之添加劑量
  - 餘氯會氧化活性炭表面吸附官能基，造成活性炭有機物吸附量降低，尤其在低活性碳添加劑量及高有機物濃度時影響最大
  - 可能會使已經吸附在活性炭上的2-MIB釋放到水中，造成濃度的上升。
  - 活性炭處理及加氯消毒兩個流程的相互接觸時間應該要限制或是盡量縮短

30



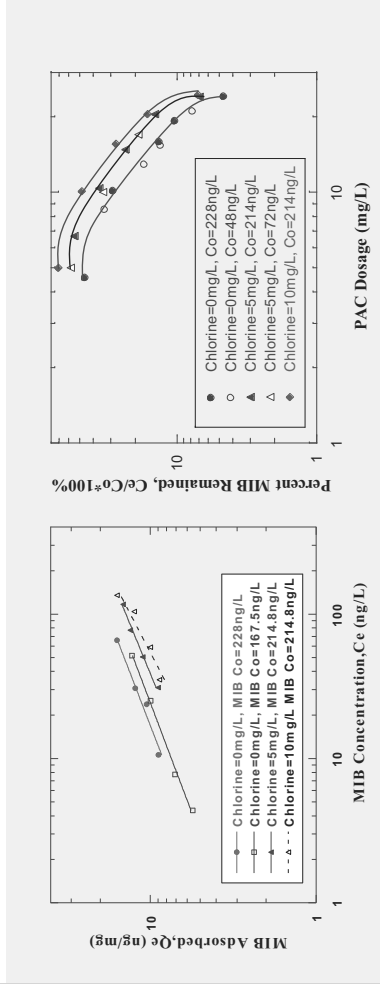
## 氯的影響-3

- 氯對活性炭吸附2-MIB的影響
  - 氯與活性炭表面作用：轉變成較親水性
    - 降低吸附力，2-MIB的吸附量降低
    - 鳳山PAC與氯先行反應後去氯，再將其加入鳳山原水中反應後發現，對2-MIB之去除率明顯降低25-35%
  - 氯與天然有機物作用：轉變成較親水性
    - 降低競爭活性炭表面位置，2-MIB的吸附量升高
    - 鳳山原水預氯處理，去氯後活性碳對2-MIB的吸附量會升高5-10%
  - 氯與藻類作用：2-MIB釋放至水中

32



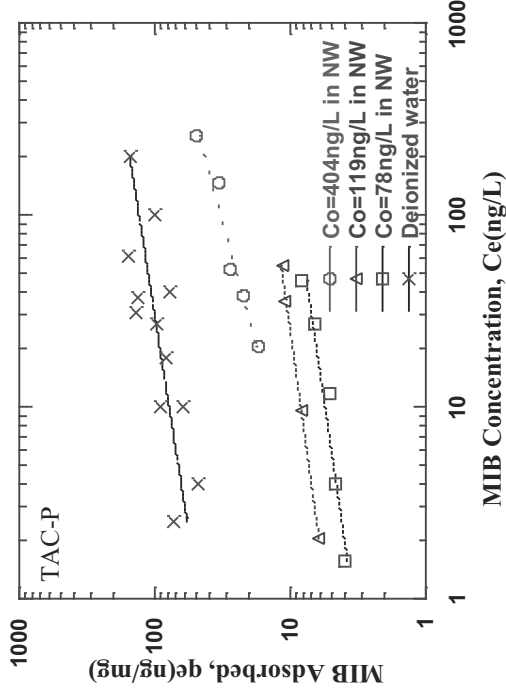
## Effect of Chlorine on 2-MIB Adsorption-1 (FS Raw Water)



33

## Adsorption Isotherm for TAC in FS Water- Effect of MIB Conc.

低 2-MIB/geosmin濃度，影響較大



35

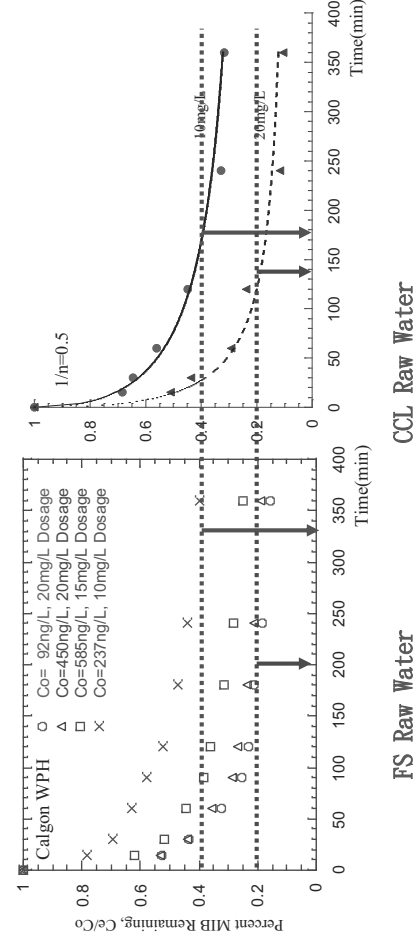
## Effect of NOMs

- 天然有機物(Natural Organic Matters)
  - 其濃度(通常在mg/L等級)往往較臭味物質(通常在ng/L等級)高出數個數量級，會與Geosmin和2-MIB產生競爭吸附現象，減少活性碳的吸附量可達一個數量級左右
  - 若NOM MW > 3000 則不會影響(Newcombe et al., 1997)
  - 活性碳劑量必須增加數倍才能達到相同處理效果
  - 各個地區水質的差異性
  - 鳳山原水中粉狀活性碳對2-MIB的吸附量約為澄清湖的一半左右
- 高NOM 濃度，影響大
- 低 2-MIB/geosmin濃度，影響較大



34

## Effect of Water Sources (NOMs)



36

## Models for PAC Application-1

- Equilibrium Model
  - Freundlich Isotherm,  $q = KC^n$  <sup>$\frac{1}{n}$</sup>
  - K and 1/n are constants in relation to adsorption capacity and adsorption intensity
  - 經驗公式
  - 適用於環境工程系統



37

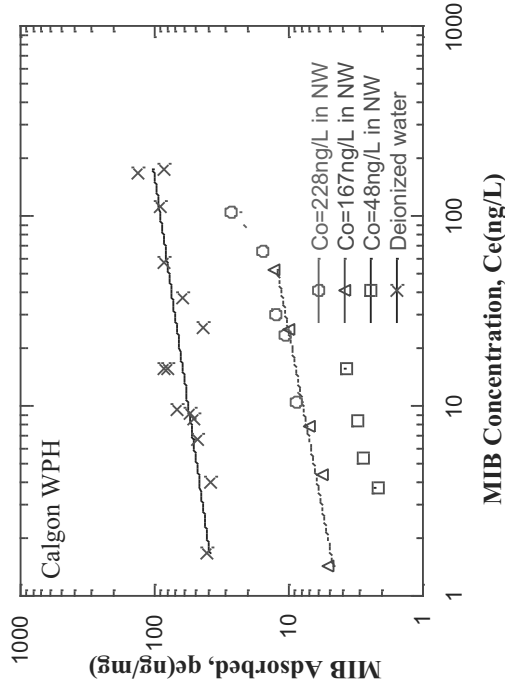
## Models for PAC Application-2

- Equivalent Background Compound Model (EBC) (Najm et al., 1993; Knappe et al., 1998)
  - 背景有機質當成單一吸附質
  - 理想吸附溶液理論(IAST)成立
  - EBC絕大多吸附於活性碳上



39

## PAC WPH on FS Raw Water

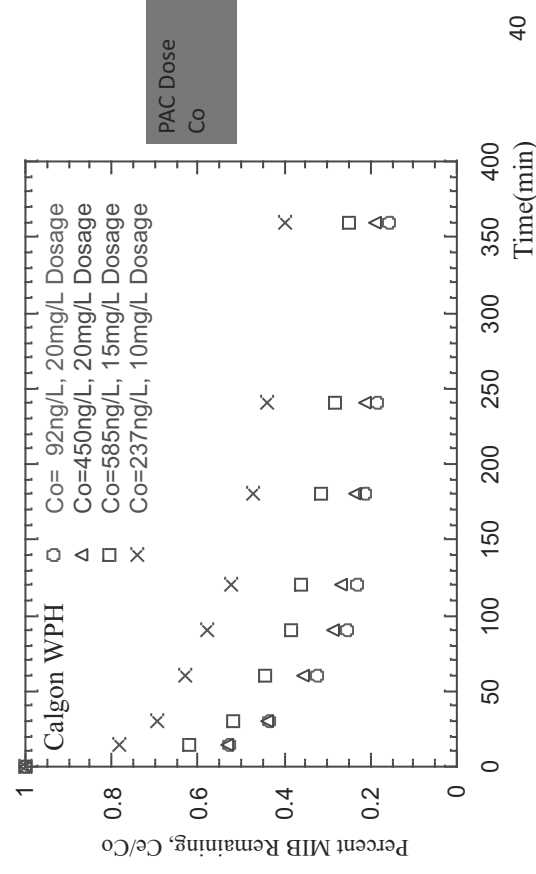


MIB Concentration,  $C_e$ (ng/L)

38



## PAC WPH on FS Water

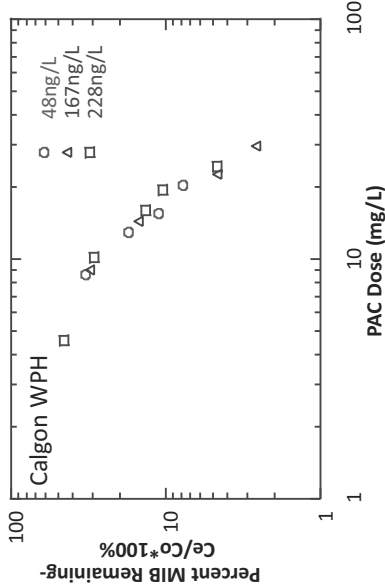


40



## 活性炭添加劑與MIB去除效率(WPH)

在鳳山原水中，不同的初始濃度下，MIB去除率與活性炭添加劑量的關係可繪成一條單一曲線；表示MIB去除率與活性炭添加劑量的關係，與初始濃度無關。



## 吸附動力

- **HSDM模式描述吸附動力**
- 活性炭呈圓球狀，且空隙是均勻分布
- 忽略溶液到吸附劑外膜的傳輸以及吸附速率限制
- 僅考慮表面擴散為速率限制因子
- 利用Fick's第一擴散定律來描述擴散

## Models for PAC Application-3

- Homogeneous Surface Diffusion Model (HSDM)

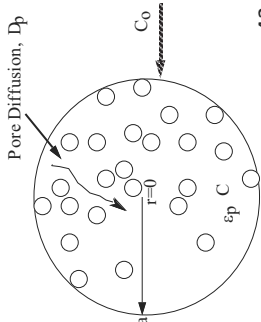
$$\frac{\partial Q(r,t)}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 D_s \frac{\partial Q(r,t)}{\partial r} \right)$$

I.C.  $Q(r, t=0) = 0$

B.C.

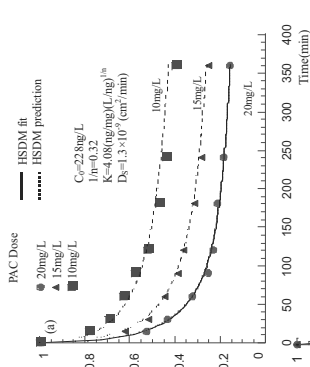
$$\frac{\partial Q(r=0,t)}{\partial r} = 0$$

$$Q(r=R,t) = K_F C(r=R,t)^{1/n}$$

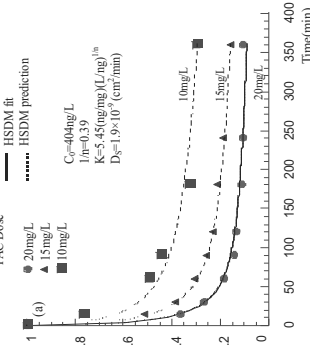


## PAC Models- Fitting and Prediction

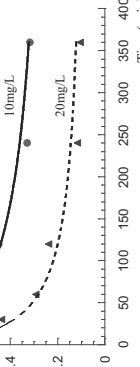
WPH in FS Water



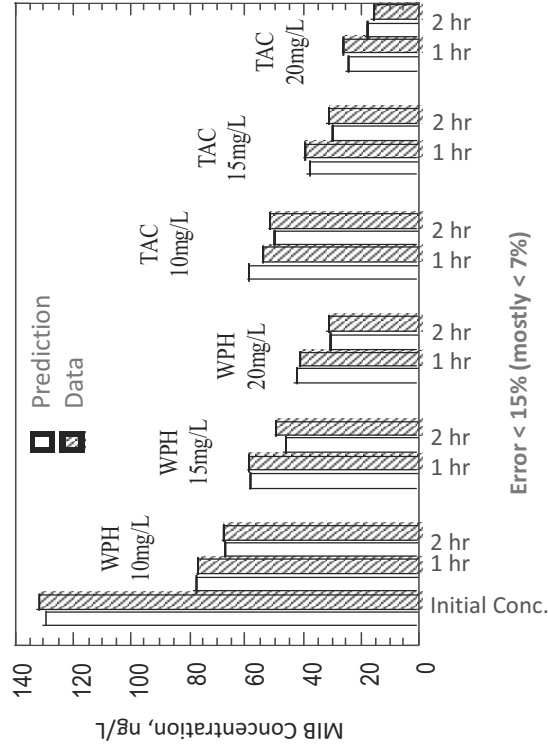
TAC in FS Water



WPH in CCL Water



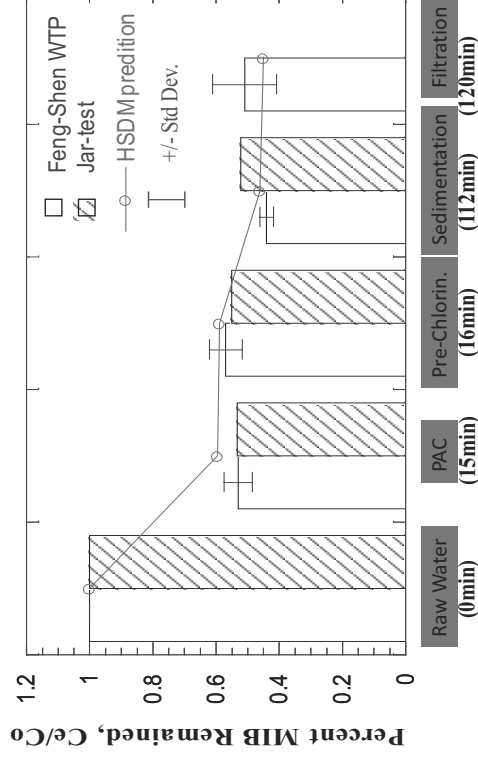
## Model Prediction for Jar Tests



45



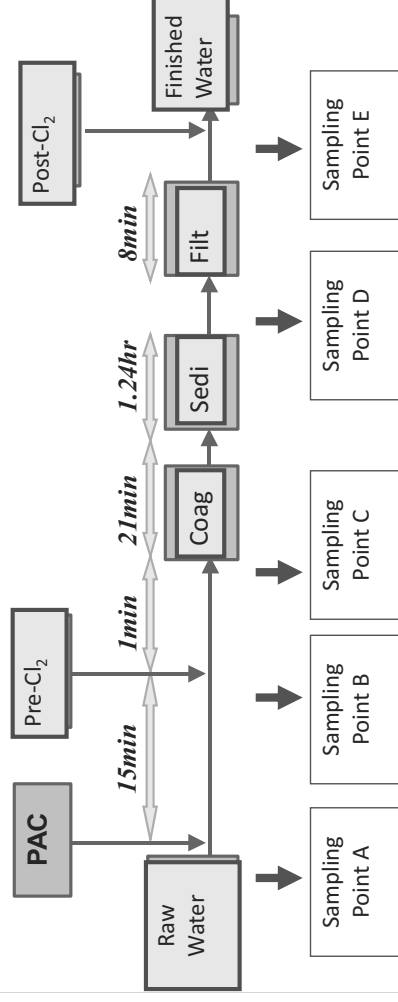
## 2-MIB residual at FSWTP Comparison of HSDM model, Jar Test, and Field Data at PAC = 10mg/L



47



## Treatment Train In FS Water



46



## 粉狀活性炭用於原水臭味控制

### • 相關操作參數與影響因子

#### — 活性炭選用時機

- 一般對於土霉味、化學品味等較為有效，但是對於硫化物造成之腐敗味、及胺類相關之魚腥味則效果較差

#### — 不同臭味物質與活性炭特性

- IBMP > IPMP > TCA > Geosmin > 2-MIB
- 吸附量與微孔(< 2 nm)孔隙體積成相關孔隙體積最相關(或是與1-1.2 nm孔隙體積成正比)
- 水中餘氯濃度
  - 造成活性炭吸附能力的降低
  - 使已經吸附在活性炭上的2-MIB釋放到水中

48



## 粉狀活性炭用於原水臭味控制

- 相關操作參數與影響因子
  - － 活性炭添加位置
    - 活性炭在混凝程序前添加最佳
    - 在膠羽形成及高混凝劑量下可能會妨礙PAC  
吸附臭味物質
  - － 天然有機物等環境因子
    - 天然有機物在水中濃度為mg/L等級，因此其  
濃度為常見臭味物質的一萬倍以上



Thank You for Your Attention





## 附錄五

# 前氧化混凝浮除及管柱過濾模組 標準操作流程



# 前氧化混凝浮除試驗標準流程

## 一、 原水資料收集

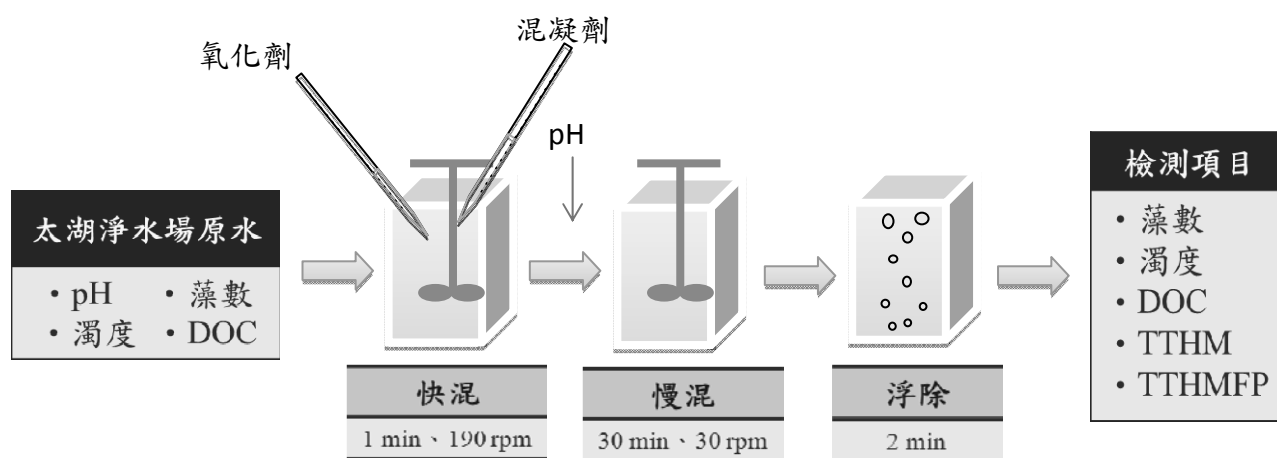
1. 調查現場水原來原，若為混和水，則調配比例多少
2. 調查現場使用藥劑種類及加藥濃度

Ex. 現場氧化劑及加藥量為  $\text{ClO}_2$ 、2 mg/L，其濃度單位為 as  $\text{ClO}_2$ ，換算成 as Cl 表示方式則為： $2 \times (35.3/67.3) \times \text{現場製備的轉化率}$ ，即為 as Cl 表示式，主要因為二氧化氯在水體中只有 Cl 會發生效果，故確認藥劑中含有多少 Cl 可以發生作用

3. 調查現場操作參數(快混、慢混)

## 二、 混凝浮除瓶杯試驗

1. 取原水一桶(取一次實驗需求的總量)
2. 進行混凝試驗，如圖：



a. 測原水基本水質：pH、藻數、濁度、DOC

b. 取 2 L 水樣進行瓶杯試驗：

• 氧化劑為  $\text{ClO}_2$  (2000 mg/L as Cl)、NaOCl (2000 mg/L as Cl)

• 混凝劑為硫酸鋁 (2000 mg/L as Al)、PSI (2000 mg/L as Fe)

c. 先加入氧化劑再加混凝劑，快混 1min、190 rpm

• 當以二氧化氯搭配次氯酸鈉時，先加入二氧化氯(1 min、190 rpm)

再加入次氯酸鈉(1 min、190 rpm)進行前氧化

d. 慢混 30 min、30 rpm

e. 浮除 2min

### 三、 水質檢測項目順序

1. TTHM：TTHM 以棕色瓶進行保存，保存時，先在瓶內加入 0.3 mg 抗壞血酸再取水樣，需裝滿，需密閉不可有氣泡，需冷藏
2. TTHMFP：以棕色瓶進行保存，保存時，先在離心瓶中加入 50 ml 水樣，再加入過量 NaOCl (以金門水質來說，經驗上加入原水中 DOC 濃度的 5 倍量，即體積<1 ml、濃度約 100 mg/L 的 NaOCl)，需裝滿，需密閉不可有氣泡，常溫保存即可，7 天後進行量測
3. 進行濁度量測，測兩次(兩重複)
4. DOC：取一定水樣，用 0.45  $\mu\text{m}$  濾頭過濾，置入棕色瓶內(約 40 ml 即可)，再加入 2N HCl 進行酸化至 pH<2，密封冷藏保存
5. 取一定水樣進行藻數量測：用 0.45  $\mu\text{m}$  濾紙過濾 10 ml 水樣後，輕輕刮下濾紙上的藻，加入 1 ml DI 水後，取 0.12  $\mu\text{g}$  水量置入載有載玻片之血球計數盤，用顯微鏡觀測藻數

# 管柱過濾模組操作標準流程

## 一、 管柱過濾模組置放位置

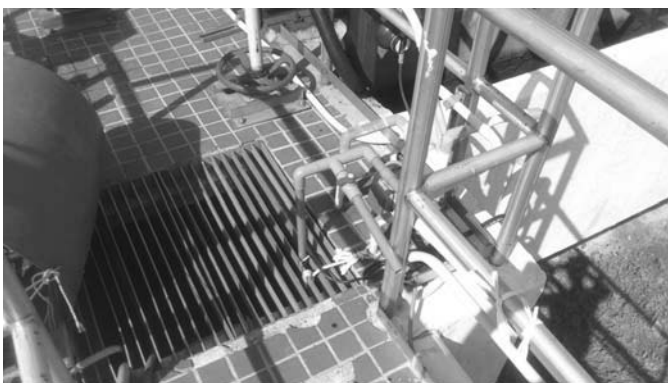
1. 模組置放於中央控制室 2F



2. 控制盤置於浮除加壓房旁



3. 原水馬達置於浮除出水陰井



## 二、 管柱過濾模組操作控制

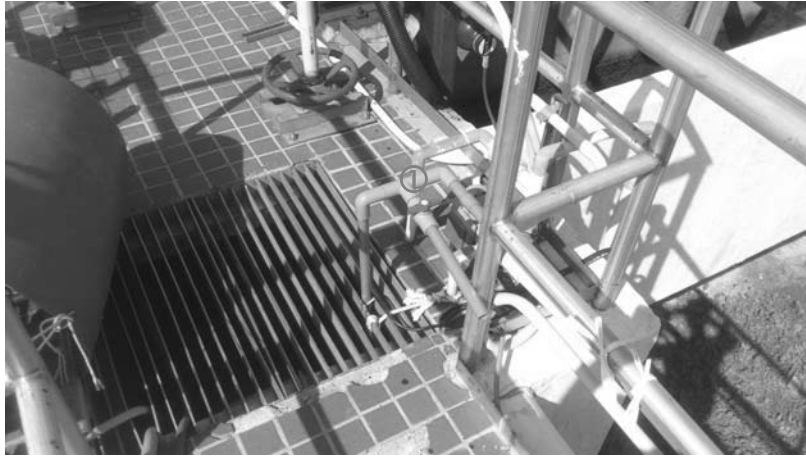
1. 模組控制盤共有 7 個控制開關，自左至右分別為：原水泵、反洗泵 1、反洗泵 2、管柱 1 清水出水閥、管柱 1 反洗水進水閥、管柱 2 清水出水閥、管柱 2 反洗水進水閥



2. 當所有控制開關切換至【自動】，原水泵即【啟動】，管柱 1 清水出水閥【開】，管柱 1 反洗水進水閥【關】，管柱 2 清水出水閥【開】，管柱 2 反洗水進水閥【關】
3. 當所有控制開關切換至【自動】，管柱 1 過濾水頭到達液位控制器，原水泵即【關閉】，管柱 1 清水出水閥【關】，管柱 1 反洗水進水閥【開】，管柱 2 清水出水閥【關】，管柱 2 反洗水進水閥【關】；當管柱 2 過濾水頭到達液位控制器，原水泵即【關閉】，管柱 1 清水出水閥【關】，管柱 1 反洗水進水閥【關】，管柱 2 清水出水閥【關】，管柱 2 反洗水進水閥【開】

### 三、 管柱過濾模組採樣點

1. 進流水(浮除出水)：2 樓浮除出水滙集陰井旁(編號①)



2. 過濾模組出流水：1 樓清水儲存桶上方，右側水管為管柱 1(編號②)；左側水管為管柱 2(編號③)





## 附錄六

### 期中審查意見及回覆



# 「淨水場供水水質改善最適對策評估研究-以金門自來水廠為例」

## 期中報告審查意見及回覆

時間：101 年 8 月 23 日(星期四)上午九時

地點：台北辦公區 11 樓會議室

委員意見及回覆：

| 編號 | 委員意見                                                    | 意見回覆                                                                                                                                                                                                                    |
|----|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一、 | 張教授尊國(國立台灣大學)                                           |                                                                                                                                                                                                                         |
| 1. | 本計畫已執行許多試驗，對目前金門地區原水及各水場之特性及問題已有發現與分析。                  | 謝謝委員。                                                                                                                                                                                                                   |
| 2. | 以原水之水質狀況而言，關鍵問題在於 COD 與總有機碳過高，因此下階段宜鎖定關鍵議題深入分析及研擬對策。    | 謝謝委員建議，依現階段水質分析結果顯示，原水有機物過高造成太湖淨水場既有傳統處理程序不易處理，後續針對有機物的部分深入分析並提出相關對策。                                                                                                                                                   |
| 3. | 處理流程中各單元是否在正常之操作條件與狀態之下，如快濾池之濾程，浮除單元為何 SS 下降而藻類濃度卻沒有下降。 | 太湖淨水場目前由於處理水量僅為設計最大處理量之 1/3，因此計算其快混攪拌強度明顯不足。此外，快濾池為自動反洗之 ABW 式，且有 1 池反洗罩故障，中控系統亦無濾程之紀錄，無法瞭解快濾池之濾程是否有異常之狀況。<br><br>本計畫於 5 月~9 月於太湖淨水場全流程分析結果顯示，除 5 月數據浮除出流水藻數較前一單元高，另外月份藻數數據均較前一單元低，5 月份可能由於前氧化劑量或接觸時間不足，造成浮除單元去除藻類效能不佳。 |
| 4. | 教育訓練內容在現階段以問題之發現與分析為主，俟試驗達成具體結果後，再做操作之調整與教育訓練。          | 謝謝委員建議，後續教育訓練將朝提升操作人員發現問題及解決問題能力方向辦理。                                                                                                                                                                                   |
| 二、 | 蘇教授弘毅(弘光科技大學)                                           |                                                                                                                                                                                                                         |
| 1. | 有關各淨水場水質檢測在總菌落數項目，於 100 年 5 月期間出現明顯之高測值，其原因應能進一步探討。     | 期中報告附錄之清水水質檢測結果為金門縣環保局定期檢測清水結果，經詢問金門自來水廠水質檢驗同仁，去年 5 月份環保局檢測結果於三個淨水場總菌落數均出現高測值，但自來水廠同步採樣結果為正常，可能為環保局採樣或分析過程遭到污染，經金門自來水廠申覆，並經環保局複查清水總菌落數測值符合標準，因此環保局接受自來水廠申覆，不予處分。                                                        |
| 2. | 有關模廠試驗活性碳搭配錳砂為濾材之管柱試驗，請就管柱濾材之使用與再生週期及使用壽命之資訊提供參考參數。     | 管柱過濾模組之使用與再生週期及使用壽命將補充說明於期末報告 4.3.2 節。                                                                                                                                                                                  |
| 3. | 淨水場水質改善最適劑量及濾材評估部份，建議採用實驗設計法分析各參數之影響與效益。                | 謝謝委員建議，由於太湖淨水場目前操作尚未穩定，如原水湖庫不定期更換、氧化劑新增二氧化氯之使用等，無法採用實驗設計法進行評估。                                                                                                                                                          |

|    |                                                                                                       |                                                                                                                                          |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. | 金湖水庫微囊藻毒性測出高於 WHO 標準之因應對策宜給管理單位建議。                                                                    | 水庫微囊藻過多之原因為水體優養化造成，水庫之管理及治理建議說明於 4.4.1 節，並應建立自來水水質異常之應變及通報機制，以確保飲用水水質安全。                                                                 |
| 5. | 三鹵甲烷濃度在太湖淨水場各單元測值有超出飲用水標準的情形，宜有進一步之操作策略。                                                              | 本計畫將評估太湖淨水場前氧化及混凝最適藥劑，以增進現場操作效能，評估結果說明於期末報告 4.4.2 節。                                                                                     |
| 6. | 經淨水場處理單元檢核後發現太湖淨水場之慢混與快濾池之操作問題，建議進一步提供改善對策(簡報中已說明)。                                                   | 太湖淨水場慢混與快濾池之操作問題，期末報告將提供改善對策說明。                                                                                                          |
| 7. | 人員訓練課程建議納入現況問題分析與因應對策的單元，使現場人員充份了解各場現況與操作重點。                                                          | 謝謝委員建議，後續教育訓練將朝提升操作人員發現問題及解決題能力方向辦理。                                                                                                     |
| 三、 | 史專門委員午康(台北自來水事業處)                                                                                     |                                                                                                                                          |
| 1. | 本研究案以杯瓶試驗研究去除 DOC 及藻類，已有初步成果。建議可進一步試用高分子助凝劑 poly-DADMAC(如：商品 Cat-floc-T)，或可大幅降低混凝劑量並提升混凝及浮除效果。        | 謝謝委員建議，依委員意見評估高分子助凝劑之成效，以納入後續混凝最適藥劑評估結果。                                                                                                 |
| 2. | 本案以降低前氯及增加中間加氯方式除節省用藥並有效降低三鹵甲烷生成量，十分可貴。建議進一步提供加氯原則以利現場操作遵循。                                           | 本計畫將評估太湖淨水場前氧化及混凝最適藥劑，以增進現場操作效能，評估結果說明於期末報告 4.4.2 節。                                                                                     |
| 3. | 教育訓練可加強員工之水質意識及案例探討能力。                                                                                | 謝謝委員建議，後續教育訓練將朝提升操作人員發現問題及解決題能力方向辦理。                                                                                                     |
| 4. | 100 年 7 月出水水質最差，甚至發生紅蟲事件，究竟是當時原水水質最差還是加上哪些現場操作因素所致?若能深入探討將是非常好的案例學習。                                  | 本工作團隊也針對 100 年發生的紅蟲事件進行探討，發現除了夏季水質不佳的原因外，部份開放槽體易孳生蚊蟲，淨水場未定期進行消毒，加上去年因供水壓力，部份待處理水未經慢濾池，僅經快濾池後即供水，因此發生紅蟲污染水質問題。本工作團隊今年亦協助太湖淨水場，避免紅蟲問題再度發生。 |
| 5. | 各場出水量皆為原設計容量之 1/2 - 1/3，快混能量銳減下，混凝效果不佳，再加上原加氯點與混凝劑加注點過近，也可導致藥劑間發生中和消耗，而影響混凝效果。以上是否造成水處理之瓶頸有待本研究案予以驗證。 | 謝謝委員建議，後續將針對太湖淨水場快混能量及加氯點的問題進行探討。                                                                                                        |
| 6. | 文獻探討中論及 2004 年台大所作 CCP 及 CPE，為金門水廠找出之限制因子為何？最佳可行控制技術為何？                                               | 2004 年臺大執行之 CCP 及 CPE 已請金門自來水廠提供，待獲得後會於期末定稿中說明。                                                                                          |
| 7. | p.2-13 榮湖淨水場因水中含有機碳過高致加氯呈白濁？白濁現象通常為加氯過高。                                                              | 中央研究院植物研究所吳俊宗在 2004 年的研究指出，經實驗室藻類培養證明，藻類產生之胞外有機物確實會於加氯作用後形成白濁狀沉澱，據此印證白濁物質之形成與水庫中滋長的特定藻類有關。                                               |
| 8. | p.4-4 三個水庫氨氮數值與 p.2-9 表 2-1 之數值差異甚大，請了解原因。                                                            | 水庫氨氮數值低可能是取水位置在水庫表層，詳細原因將於期末報告定稿中說明。                                                                                                     |
| 9. | 以 DAPI 染色直接計數之「總菌」與一般水                                                                                | 謝謝委員意見，將在期末報告 3.1.2 節補充                                                                                                                  |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | 質檢驗方法「總聚落數」之意義不同，宜說明。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 說明本計畫菌落數使用之鏡檢法與一般水質檢驗方法之不同處。                                                                                                       |
| 10. | p.4-12 顯示金湖之藻毒最高，然而經驗中金湖水質屬太湖淨水場水源中較好之湖水，是否能與林財富教授過去之藻毒調查資料相比對？                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 林教授 2007 年曾調查太湖及滎湖水庫、以及配水管網中藻毒素濃度，並未調查金湖水庫，因此無法比對過往資料加以驗證。                                                                         |
| 11. | p.4-14 親水性有機物大於 50%，以往似乎有研究顯示高達 70-80%？                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 根據王根樹教授實驗室於 2008 年調查分析結果，太湖淨水場原水之有機物特性，疏水性比例佔 50%（VHA 為 35%，SHA 為 15%）親水性則為 50%（NEU 為 44%，CHA 為 6%），和此次分析結果相近，一般淨水場原水則疏水性組成所佔比例較高。 |
| 12. | p.4-26/27/28/29 顯示 RO 調 pH 後各項數值皆呈上升趨勢，原因為何？                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 因 RO 後 pH 值增高可能會影響水中離子之平衡，沉澱物容易出現致影響水質，詳細原因將於期末報告定稿中說明。                                                                            |
| 13. | p.4-31 顯示淨水流程中藻類去除效果不佳，慢濾甚至使藻數大增，顯示淨水流程中餘氯之控制原則需再加探討。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 由於滎湖淨水場在慢濾池前並無次氯酸鈉加藥點，加上餘氯過高可能影響後續高級處理程序之效能，因此造成慢濾池藻類增加。                                                                           |
| 14. | p.4-32 顯示井水中含微囊藻，其原因？                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 紅山淨水場原水多為地下水，但部分不足水量由滎湖淨水場供應，推測水中藻類應為滎湖淨水場供應之清水造成。                                                                                 |
| 15. | p.4-34 圖 4-23 中有標出混凝劑加注點，建議順便標出原次氯酸鈉加注點。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 依委員意見修正於期末報告。                                                                                                                      |
| 四、  | 金門縣自來水廠（書面意見）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                    |
| 1.  | <p>第五章 5.1「總結」第 2 點提到降低前加氯量可使清水中三鹵甲烷濃度符合飲用水標準，本廠以太湖淨水場淨水經驗發現：</p> <p>1.以太湖原水水質於炎夏期間水質之惡劣，如藻華，氨氮值達 4~5 mg/L(湖庫底層水)，錳含量大於 0.7 mg/L(湖庫底層水)，超過淨水場淨水負荷。若不提高前加氯量，則會造成淨水後出水水中氨氮值與臭味超標。錳含量高亦會造成慢濾池負擔，加速慢濾池炎夏期間易發生厭氧而使溶解錳釋出，發生水紅水黃現象。</p> <p>2.取用太湖原水時若前加氯量濃度與反應時間不足，會造成淨水場混凝效益降低。淨水場為提高混凝效益則需增加混凝劑硫酸鋁用量達 60 ppm，浮除後濁度仍高於 8 NTU，快濾後濁度則高於 5 NTU，將造成慢濾池堵塞、與使用壽命縮短、厭氧水紅以及淨水場出水水量不足等現象。而出水水量不足時，淨水場又必須補充快濾出水至清水池，造成出水水質更惡劣，甚至再發生紅蟲事件。</p> | <p>謝謝委員說明，本計畫將持續探討加氯量與三鹵甲烷生成之關連性，討論於期末報告 3.3.1 節。</p>                                                                              |

|    |                                                                                                                                                                                                                               |                                       |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
|    | <p>3.淨水場若前、後加氯量濃度不足時，易使蚊蟲於淨水單元的池面上孳生產卵，是否會再發生紅蟲或其他生物性危害事件，請列入考量。</p> <p>4.太湖淨水場今年使用金湖水庫期間，因該水庫水質較佳，降低加氯量與混凝劑用量，使得淨水流程操作穩定與順利，大幅減少炎夏期間發生水濁、水紅水黃現象、水臭與紅蟲事件發生率(幾乎沒有)。由此可知，若金門湖庫原水水質皆能大幅改善，則可提升各淨水場淨水效能與供水水質水量，以達金門民眾用水品質之要求。</p> |                                       |
| 五、 | 朱科長家興(本署保育事業組)                                                                                                                                                                                                                |                                       |
| 1. | 根據行政院環保署函，金門自來水廠供水鋁、總三鹵甲烷超標，督請該廠加強淨水處理操作及水質管理，請交大工作團隊協助該廠研訂改善作為措施。                                                                                                                                                            | 相關水質超標問題，將於期末報告 4.4.2 節提出最適操作策略。      |
| 2. | 金門地區之上游集水區產生廢污水尚未處理直接排放水庫，致水庫優氧化，造成水廠淨水處理須提高操作成本、人力及經費，請交大於期末報告提出治理與管理對策。                                                                                                                                                     | 將金門地區湖庫上游集水區之管理對策，說明於說明於期末報告 4.4.1 節。 |
| 3. | 太湖、榮湖、紅山三淨水場無法供應原有設計容量，請說明原因及改善對策(請補充金門地區水資源供需)。                                                                                                                                                                              | 依委員意見辦理，說明於期末報告 4.1.5 節。              |
| 4. | 請於期末報告說明現場綜合操作效能評估及教育訓練成果。                                                                                                                                                                                                    | 說明於期末報告 4.2.5 節。                      |
| 5. | 後續工作加列提供淨水場供水水質改善最適方法(經濟效益與可行性)。                                                                                                                                                                                              | 說明於期末報告 4.4 節。                        |

## 附錄七

### 期末審查意見及回覆



# 「淨水場供水水質改善最適對策評估研究-以金門自來水廠為例」

## 期末報告審查意見及回覆

時間：101 年 11 月 21 日(星期三)上午 10 時

地點：台北辦公區 11 樓第 3 會議室

委員意見及回覆：

| 編號 | 委員意見                                                                                                                                | 意見回覆                                                                   |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 一、 | 張教授尊國(國立台灣大學)                                                                                                                       |                                                                        |
| 1. | 金門地區三個淨水場，又各自有不同之水源，太湖淨水場之原水來自金湖、太湖、田埔三個水庫，由於均屬小型水庫，因此水質變化巨大，造成處理上之挑戰及困難度。                                                          | 由於金門地區各水庫原水水質不甚相同，因此在原水水源更換時，操作需要長時間調整，也造成供水的不穩定性風險增加。                 |
| 2. | 數據呈現活性碳、UF、RO 等單元去除功能差異太大，表示可能維護保養狀態不佳，應先找出維護保養正常狀況，以符合原設計之功能要求。                                                                    | 榮湖淨水場高級處理設施，目前仍在驗收階段，已將本研究針對榮湖淨水場之各單元水質分析數據提供給金門自來水廠作為參考。              |
| 3. | 本計畫執行許多試驗，並提出操作上之建議，極有價值。但需注意試驗所針對之原水係某特定條件下之結果，是否能涵蓋水場原水水質之所有範圍。                                                                   | 謝謝委員意見，將於期末報告定稿註明本研究試驗結果所適用之水質範圍供太湖淨水場參考。                              |
| 4. | 三個淨水場中紅山淨水場出水狀況較為穩定，顯示其原水來源為地下水，因此硝酸氮較高且接近 10 mg/L 需注意。另為何硬度與總溶解固體較榮湖及太湖地表水還低？原因何在？                                                 | 紅山淨水場為使用地下水作為原水來源，其硬度與總溶解固體一直存在偏高之情形，水體有可能遭受污染，造成硝酸氮含量偏高。              |
| 5. | 有關慢濾池去除 DOC 有效，但造成 NH <sub>3</sub> 偏高，期間有加氯程序，是否可由餘氯變化量來確認。                                                                         | 本計畫今年度未針對慢濾出水進行餘氯分析，將建議太湖淨水場未來可監測慢濾出水之餘氯含量，以釐清氨氮偏高之原因。                 |
| 二、 | 張委員義敏                                                                                                                               |                                                                        |
| 1. | 本研究為協助解決金門淨水場處理技術問題，對金門用水水質提升有很大助益，研究團隊之努力值得肯定。                                                                                     | 謝謝委員肯定。                                                                |
| 2. | 金門湖庫水長期受到嚴重污染，致傳統淨水流程無法符合飲用水標準，本計畫研究在用藥及濾料來解決水質問題，使用活性碳搭配錳砂雖可有效降低水中 DOC 及溶解態鐵、錳，但活性碳濾材僅約一個月功效且成本亦高，僅能算是應急的做法，治本之道湖庫管理單位應積極著手改善湖庫水質。 | 由於金門湖庫水質污染嚴重，造成後端淨水處理困難，針對湖庫上游之廢污水納管或截流，以及庫水整治，水利署及金門縣政府均已積極進行相關研究及改善。 |
| 3. | 4-34 頁表 4-5 榮湖淨水場使用之原水湖庫應為榮湖水庫，表中金湖水庫應為誤植。其餘錯別字請加強校核。                                                                               | 謝謝委員指正，錯別字將於期末定稿一併校核。                                                  |
| 4. | 4-44 頁表 4-8 金門全島處理水量，表中之金城服務所有 8,000 CMD 之處理水量，金門僅三個淨水場，沒有說明金城服務所之供水，請補充。                                                           | 補充說明於期末定稿 p.4-44 頁。                                                    |

|    |                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                     |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. | 5-1 頁結論 2，但使用太湖水庫加田埔水庫庫水為原水時，含溴三鹵甲烷含量幾乎為零請說明其原因。                                                                                          | 補充說明於期末定稿 5.1 節。                                                                                                                                                                                    |
| 6. | 5-1 頁結論 4，模場管柱過濾試驗，快濾料使用活性炭搭配錳砂之體積為 1:2 時即可有效降低水中殘餘 DOC 及溶解態鐵錳，3-14 頁提到太湖淨水場於今年 5 月就已更換三座快濾桶之濾砂為活性炭及錳砂，亦即本研究之建議濾材，不知實場之搭配比率及效果如何。         | 補充說明於期末定稿 p.4-71 頁。                                                                                                                                                                                 |
| 三、 | 王委員藝峰（郭簡任正工程司俊楨代）                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                     |
| 1. | 依本案研究結果，金門自來水廠原水主要來自水庫水，惟水庫水長期遭受附近居民生活廢水污染，導致夏季時產生嚴重優養化，水質不佳，危害居民飲用水安全。除應進行水庫集水區整治及管理，禁止一切貽害水質污染之行為，以解決水質日益惡化之情形，是否需劃定水質水量保護區，其必要性如何，請說明。 | 謝謝委員意見，為避免庫水遭受污染，劃定水質水量保護區實有必要，但依據金門縣「第三期（100~103 年）離島綜合建設實施方案」中說明，金門地區主要湖庫上、中游集水區皆位於既有之住宅聚落及農牧區內，目前難以依自來水法劃設水質水量保護區。                                                                               |
| 2. | 為改善太湖淨水場水質，進行許多淨水試驗，其效果良好，惟本項淨水技術，是否只在實驗室進行，是否可立即於現場施行以改善水質？其經濟效益如何？本案是否可應用於在其他國內類似水源不佳之淨水場，請說明。                                          | <p>本計畫前氧化及混凝加藥實驗為實驗室瓶杯試驗，試驗結果已提供太湖淨水場作為參考，目前太湖淨水場已依實驗結果加裝二氧化氯製造設備，但為符合供水需求，加藥量仍在進行測試調整。</p> <p>本計畫為針對金門太湖淨水場進行前氧化、混凝浮除及過濾試驗，由於國內類似水源不佳之淨水場水源受污染情形不盡相同，可利用本計畫之實驗方法，找尋其最適之前氧化、混凝加藥策略，以及過濾濾料之使用評估。</p> |
| 3. | 本案已辦理四場次教育訓練，是否有編製操作手冊及其標準施作流程？如有，請製作成手冊及電子檔可供其他水場參考？                                                                                     | 謝謝委員意見，教育訓練簡報內容及混凝浮除瓶杯試驗操作手冊，補充至期末報告附錄四、五。                                                                                                                                                          |
| 4. | 簡報中 p. 17 在太湖淨水場於 9 月 27 日採樣之清水含溴佔 50% 以上，可能是海水入滲，請查明其原因，以利防治，請說明？                                                                        | 補充說明於期末定稿 p.4-31 頁。                                                                                                                                                                                 |
| 四、 | 金門縣自來水廠                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                     |
| 1. | 報告 p.2-2 中提及太湖淨水場另含成功及瓊林等地的 3 口深井，實際上並不包含在內。另述及榮湖淨水場用海底管線每日供應紅山淨水場 500 CMD，亦為錯誤，應是供應至金城高架，且 101 年期間並未供應。                                  | 謝謝委員指正，修正說明於期末定稿 p.2-3 及 p.2-4 頁。                                                                                                                                                                   |
| 2. | p.3-1 提及將提供前氧化、混凝、過濾等操作之 SOP，但其資料並未見於報告中(p.3-11 提及彙編 SOP？)。                                                                               | 謝謝委員意見，混凝浮除瓶杯試驗操作手冊，補充至期末報告附錄五。                                                                                                                                                                     |
| 3. | 4.3.1 節中的前氧化及混凝評估實驗，未說明試驗原水來源，為採用太湖原水或湖庫混合                                                                                                | 補充說明於期末定稿 4.3.1 節。                                                                                                                                                                                  |

|     |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                         |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | 水？                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                         |
| 4.  | 目前太湖流域的「家戶生活污水」已 80%接管，是否為主要污染源？請再釐清。污染源僅提到居民、駐軍、畜牧和各種廢污水皆未經處理，使氮、磷增高，但未指出「農業施肥」之沖刷排入，請再補充說明。(p.1-1，p.2-16，p.4-93)                                       | 已修正說明於期末定稿。                                                                                                                                                                                             |
| 5.  | p.1-2 所述工作項目包括「降低 THMs」和「提升有機物去除能力之最適藥劑…」但表 1-1 對應頁數未提出，是否可補充。                                                                                           | 補充於期末定稿 p.1-3 頁。                                                                                                                                                                                        |
| 6.  | p.2-7 有關去年「紅蟲事件」，其發生原因有很多種可能，在原水就曾經攔截過紅蟲，是否為「濾床紅蟲孳長」，應再補充說明？p.2-17 說到慢濾池紅蟲孳長，貫穿濾池，請再客觀陳述。                                                                | 修正說明於期末定稿 p.2-17 頁。                                                                                                                                                                                     |
| 7.  | p.2-8，金門水庫 TOC 高，目前採用活性炭是有效的，但成本高。是否能加上臭氧來降解？報告中未做評估，並無原水中 Br <sup>-</sup> 之檢驗。                                                                          | 謝謝委員意見，以往研究中指出，使用臭氧降低水中 TOC 是可行的方案，但需考慮水中溴離子產生溴酸鹽的問題，由於本計畫今年度未針對臭氧對 TOC 去除的部份進行評估，若金門自來水廠有此需求，可進一步進行評估。                                                                                                 |
| 8.  | 對於後加氯，應該如何以「二氧化氯」和「次氯酸鈉」搭配使用？又「二氧化氯」對「自由餘氯」之貢獻如何？請再補充說明。另外，由於加氯造成 THMs 生成，是否採 UV 消毒？可以補充此方面之可行性評估。                                                       | 後加氯使用二氧化氯和次氯酸鈉搭配應考量清水至用戶間輸送的時間長短、清水氨氮殘餘量、TTHM 等問題，二氧化氯於水中會形成亞氯酸鹽，在短時間內具有持續消毒效能，若時間較長則次氯酸鈉消毒效能較佳，而二氧化氯去除氨氮效能較次氯酸鈉差，但使用二氧化氯不會產生 TTHM，而 UV 消毒的功能亦相同為了減少 TTHM 之生成。通常 UV 消毒在大型自來水供水系統中應用較少見，且常作為薄膜過濾單元後消毒之用。 |
| 9.  | p.4-3 提及原水在 5 月及 7 月 pH 較高，為藻類滋生造成，請再補充說明或引用文獻。                                                                                                          | 補充文獻於期末定稿 p.4-4 頁。                                                                                                                                                                                      |
| 10. | p.4-4，圖 4-3，9 月 27 日(日)氨氮特別高(1.71 ppm)是否為雨後？(取樣位置？)                                                                                                      | 9 月 27 日採樣當日未下雨，採樣位置與其他月份均相同，為太湖取水馬達平台，取水深度為湖面下約 10 cm。                                                                                                                                                 |
| 11. | p.4-6，p.4-15，湖庫原水 SUVA 值小於 2，表親水性物質較多，受生活污水污染較嚴重，因為生活污水含糞便，洗衣粉，澱粉和油脂，有親水有疏水？而農業施肥可能也有很多親水性？也有很多動物糞便。請補充說明。又 p.4-15，提到田埔水庫「親水性有機物」佔比例最高，但田埔的上游居民最少，且皆已接管。 | 謝謝委員意見，由於人為污染之生活廢水及工業污水中均可能含有親、疏水性有機物，但是金門地區工廠較少，因此推論受生活污水或農業污水污染較嚴重，期末定稿將修正用詞為人為污染(包括生活廢水、工業污水、農業施肥、畜牧等)，避免造成誤解。                                                                                       |
| 12. | p.4-16，對於有機物之去除可採「強化混凝」，是否有這方面之瓶杯測試資料？                                                                                                                   | 實施強化混凝主要是移除水中疏水性有機物，但根據實驗分析結果顯示，金門庫水中親水性有機物比例較多，因此本計畫未進行強化混凝之瓶杯試驗。                                                                                                                                      |

|     |                                                                                                                    |                                                                                                                                                               |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13. | p.4-94, 有關 ClO <sub>2</sub> 單價 165.1 元/kg, 是以何種方法核算?(亞氯酸鹽+鹽酸)法或是 NaCl 電解法?兩種成本不同。(ClO <sub>2</sub> 成本佔很高)。148 萬/年。 | 由於太湖淨水場 ClO <sub>2</sub> 設備剛建造完成, 尚無法估算相關成本, 本計畫使用文獻為化學法(酸性/亞氯酸鹽氧化法)估算 ClO <sub>2</sub> 成本, 將補充敘明於期末定稿 p.4-87 頁。                                              |
| 14. | p.5-3 慢濾池上藻類孳生, 建議採「餘氯控制策略」, 應如何操作? 另外, 若採遮光控制是否可行? 皆請補充說明。                                                        | 補充說明於期末定稿 p.4-27 頁。                                                                                                                                           |
| 15. | p.5-2 建議「活性炭」搭配「錳砂」, 活性炭怕「氯」, 但錳砂需要「氯」, 在操作上如何掌握? 請再補充說明。(由於快濾安排於浮除後, 仍有充足的餘氯影響活性炭)。                               | 由於氯可能對活性炭造成不良影響, 但水中錳離子需氧化顆粒態而予去除, 因此操作上應控制活性炭及錳砂之進水餘氯, 避免餘氯量過高破壞活性炭吸附有機物之能力。                                                                                 |
| 五、  | 台北自來水事業處                                                                                                           |                                                                                                                                                               |
| 1.  | p.4-4、圖 4-3, 太湖氨氮 9/27 起>1 ppm, 是否因取樣為實際淨水場原水而非表水所致。                                                               | 9 月 27 日採樣位置與其他月份均相同, 為太湖取水馬達平台, 取水深度為湖面下約 10 cm。                                                                                                             |
| 2.  | 慢濾去除 DOC 之功能在 8 月份提升之原因為何?                                                                                         | 太湖淨水場於 5 月份開始快濾桶使用活性炭搭配錳砂, 並使用金湖搭配田埔庫水為原水, 水質較佳, 因此混凝劑使用量也開始逐步調整降低, 而慢濾池之刮砂頻率也從 2 週延長至 2 個月, 因此慢濾池生物膜生長較完整, 致水中 DOC 之去除效能提昇。                                  |
| 3.  | 在淨水單元-浮除池前加氯使 THM (三鹵甲烷) 降低, 重現性似不理想, 有待再確認。                                                                       | 影響三鹵甲烷生成的因素包括水中有機物質、無機物質、溴離子濃度、添加氯劑量、反應時間、溫度、鹼度、pH 值及氨氮濃度等, 由實場 TTHM 數據無法判斷降低前加氯劑量是否可使 TTHM 降低, 但由本計畫混凝浮除瓶杯試驗結果, 使用二氧化氯取代部份次氯酸鈉加藥量, 經混凝浮除後, 其 TTHMFP 確實可有效降低。 |
| 4.  | 紅山水場清水 pH 4-5, 似為井水所致, 其供水來源既有地表水及地下水, 該場之例行水質偵監測應增加 TDS 項目。                                                       | 謝謝委員建議, 紅山淨水場使用地下水作為原水, 清水水質監測 TDS 項目已提供紅山淨水場作為參考。                                                                                                            |
| 5.  | 快濾池之反洗水流之分布是否均勻會受硬體設計影響極大, 設計不良者, 造成快濾池無法洗淨, 終致功能惡化, 本次自來水論文發表會, 台水之經驗甚值參考。                                        | 本研究將會提供金門自來水廠有關臺水公司改善濾池操作效能之經驗。                                                                                                                               |
| 6.  | 混凝浮除瓶杯試驗中, 搭配 poly-DADMAC 以 0.2 ppm, 需確認是否未 over dosage。                                                           | 根據混凝浮除實驗結果, 添加 0.2 ppm 之 poly-DADMAC 可有效提升有機物及藻類之移除, 並阻礙 TTHM 之生成, 故應無過量加藥之情形發生。                                                                              |
| 六、  | 水利署保育事業組朱科長家興                                                                                                      |                                                                                                                                                               |
| 1.  | 【摘要】請列增榮湖、紅山 2 座淨水場辦理情形。                                                                                           | 依委員意見補充至期末定稿摘要。                                                                                                                                               |
| 2.  | 圖 3-1 工作架構及執行流程, 工作項目與預期目標, 與現有計畫成果請列表說明(3-2)。                                                                     | 補充說明於期末定稿 p.1-4 頁。                                                                                                                                            |
| 3.  | 太湖淨水場處理量僅達 5,000 CMD, 與榮湖達 3,500 CMD 之原因, 請提供改善對策(4-47)。                                                           | 補充說明於期末定稿 p.4-47 及 4-48 頁。                                                                                                                                    |

|    |                                                                                |                                                                           |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 4. | 太湖淨水場目前濾料使用成本為 9.12 元，使用活性碳搭配錳砂 1:2 成本為 4.94 元，可節省 4.18 元，另請提供榮湖淨水場成本資料(4-96)。 | 榮湖淨水場由於後端設置高級處理程序，其快濾池為使用石英砂濾料，另快濾模組試驗僅針對太湖淨水場進行評估，因此僅針對太湖淨水場之使用濾料進行分析討論。 |
| 5. | 水庫集水區污染直接流入水庫，造成下游淨水場操作須投入更多人力與加藥處理，請提供具體治理及管理對策供參。                            | 補充說明於期末定稿 4.4.1 節。                                                        |
| 七、 | 水利署保育事業組                                                                       |                                                                           |
| 1. | 4.4.2 節有關淨水藥劑成本分析，請增加太湖淨水場目前使用之藥劑成本分析及比較。                                      | 補充說明於期末定稿 4.4.2 節。                                                        |
| 2. | 各水庫水質分析項目繁多，建議整理各水質分析結果彙整表，以方便閱讀。                                              | 補充彙整表於期末定稿 4.1.1 節。                                                       |
| 3. | 請補充管柱過濾組使用之各種濾料特性資料。                                                           | 補充說明於期末定稿 4.3.2 節。                                                        |
| 4. | 計畫執行 6 場教育訓練，相關教育訓練簡報資料請彙整置於附錄，以供參考。                                           | 教育訓練簡報內容補充至期末報告附錄四。                                                       |

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

淨水場供水水質改善最適對策評估研究：以金門自來水廠為例 / 國立交通大學編著。-- 初版。--  
臺北市：經濟部水利署，2012.12  
面；公分  
ISBN 978-986-03-4964-1(平裝附光碟片)

1. 給水工程 2. 水淨化

445.2

101024707

## 淨水場供水水質改善最適對策評估研究 - 以金門自來水廠為例

出版機關：經濟部水利署

地址：台北市大安區信義路三段 41-3 號 9-12 樓

電話：(02)37073000

傳真：(02)37073166

網址：<http://www.wra.gov.tw/>

編著者：國立交通大學

出版年月：2012 年 12 月

版次：初版

定價：新台幣 400 元

展售門市：五南文化廣場

台中市中山路 6 號 (04) 22260330

<http://www.wunanbooks.com.tw>

國家書店松江門市 台北市松江路 209 號 1 樓 (02) 25180207

<http://www.govbooks.com.tw>

GPN：1010103067

ISBN：978-986-03-4964-1

著作權利管理資訊：經濟部水利署保有所有權利。欲利用本書全部或部分內容者，須徵求經濟部水利署同意或書面授權。

電子出版：本書附光碟片

聯絡資訊：經濟部水利署綜合企劃組

電話 (02) 37073056



廉潔、效能、便民



經濟部水利署

台北辦公區（出版）

地址：台北市信義路三段41之3號9～12樓

網址：<http://www.wra.gov.tw/>

總機：（02）37073000

傳真：（02）37073166

免費服務專線：0800212239

台中辦公區

地址：台中市黎明路二段501號

總機：（04）22501250

傳真：（04）22501628

免費服務專線：0800001250

ISBN 978-986-03-4964-1



9 789860 349641

GPN：1010103067

定價：新臺幣400元