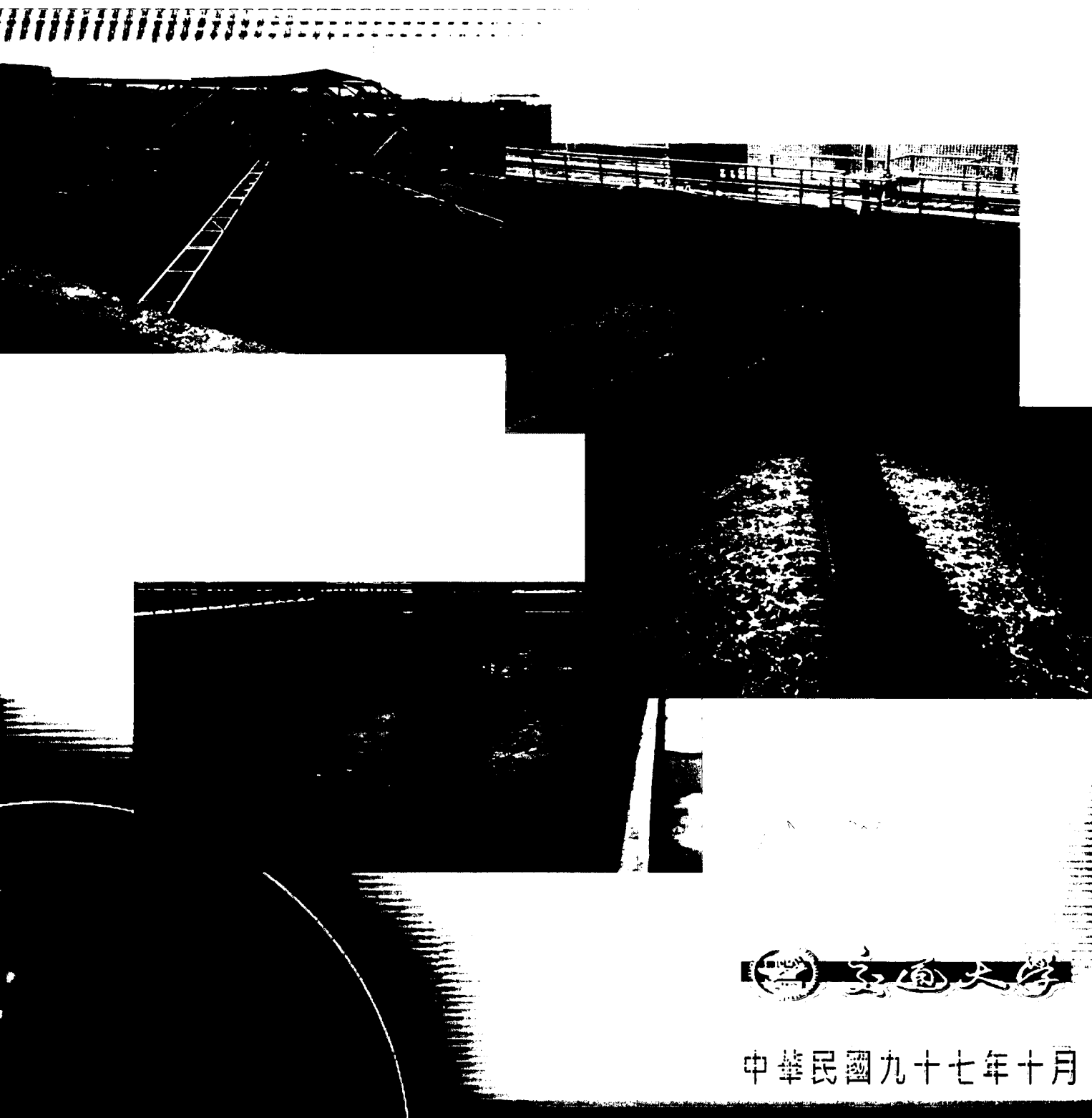




台灣自來水股份有限公司

水公司淨水場低濁度難處理 原水處理最適化之研究



摘要

低濁度難處理原水水中顆粒濃度較少，造成混凝效率不佳，顆粒不易碰撞聚集，而當原水中含有藻類及溶解性有機物性使得混凝劑的混凝效率更劣，造成後續處理的操作負荷及供水的不穩定。因此本研究將進行低濁度難處理原水水質及顆粒物化特性分析、處理最適化之研究及現場駐廠診斷評估。

本研究中以龍潭淨水場、板新給水廠、鯉魚潭給水廠、平鎮給水廠及寶山給水廠作為水質及顆粒物化特性之分析、實驗室混凝劑種類混沉效能及混沉後上澄液過濾性之探討廠址，其中龍潭淨水場及寶山給水廠為現場駐廠診斷評估廠址。水質分析結果顯示在淨水場遭遇之低濁度難處理原水分為低濁低有機物(龍潭、平鎮)、低濁含藻(鯉魚潭及寶山)及低濁高有機物(龍潭)，而其中低濁高有機物之難處理原水即為俗稱之「白濁水」。此外，還有一般濁度(約 60~70 NTU)之原水(板新)。

實驗室混沉及過濾性試驗結果顯示，在使用聚矽酸鐵處理低濁低有機物及低濁含藻原水其混沉後上澄液皆具有優於硫酸鋁及聚氯化鋁之過濾性，最多可提升約 50%的過濾性。在處理低濁高有機物水時，使用較高純度之聚氯化鋁最多可在減少約 30%的加藥量下即可達顆粒表面電性中和之目的且有較佳之過濾性，pH 9 時會產生較大的 Al_{13} 聚合體，有助於去除濁度顆粒。在使用自來水公司使用之商用混凝劑去除機制主要以沉澱掃除為主，因此在 pH 7 時，有較佳的濁度去除效果，但在過量加藥後產生之 $Al(OH)_3$ 膠體，容易造成混沉後上澄液過濾性的不佳。在處理一般濁度(約 60~70 NTU)之原水時，使用較高純度之聚氯化鋁可在減少約 60%混凝劑的加藥量下即可達較佳的濁度去除效果及混沉後上澄液之過濾性。高分子凝集劑在少量的添

加下，將有助於低濁度難處理原水混沉後上澄液過濾性之提升，但加藥量需控制在 0.1 mg/L 以下。

在龍潭淨水場現場駐廠診斷評估中，發現沉澱池上澄液之膠羽在傳送至濾池過程中，因水流剪力造成膠羽破碎，導致濾前水的殘餘濁度及過濾性變差。在快混池的效能評估中，四期快混池的快混效果並不理想，在水場自行改善加藥方式後，已能提升快混效能。現場操作及實驗室操作之混沉後上澄液之過濾相關性有 0.93，因此過濾性指標可作為評估指標。寶山給水廠現場駐廠診斷評估中，發現寶山第一水庫中表面水含有較多藻類，將不利於水廠操作，且含藻類原水需添加較多之混凝劑才能有效改善沉澱池上澄液之過濾性。

黃志彬

Abstract

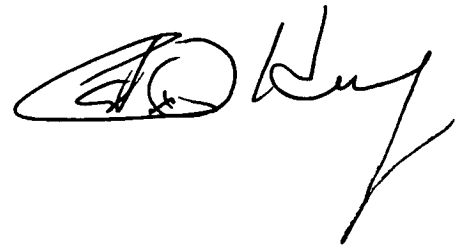
Low turbidity water is hard to treat by traditional coagulation/flocculation process. The concentration of particles in water is too low to cause effective particle collision and aggregation. The situation is worsened when the raw water contains algae and soluble organics, resulting in the overloading of the subsequent treatment and unstable water supply. The aims of this work are to characterize the low turbidity raw water, to on-site diagnose the treatment problem, and to optimize the treatment process.

Five water purification plants, namely, Long-Tan water treatment plant, Ban-Shin water treatment plant, Liyuitan water treatment plant, Ping-Jhen water treatment plant, and Bao-San treatment plant, were the object of study including the characterization of the chemical and physical properties of raw water, coagulation efficiencies of various coagulants, and filtration of the coagulation effluent. Long-Tan water treatment plant and Bao-San treatment plant were selected for on-site diagnoses and evaluation. The low turbidity water collected from Long-Tan water treatment plant was found containing either high organics or low organics. Low turbidity water from Ping-Jhen water treatment plant contained only low organics while those from Liyuitan water treatment plant and Bao-San treatment plant contained algae. Among them, the low turbidity water with high organics is the so-called white turbied water. The turbidity of the raw water for Ban-Shin water treatment plant was relatively higher than the rest.

Coagulation with various coagulants, namely, polysilicato-iron (PSI), alum and polyaluminum chloride, and the filtration of the supernatant after sedimentation were performed on low turbidity water with low organics and low turbidity water with algae. Pre-coagulation with PSI was super to the other two coagulants in improving the filterability of the water. Up to 50% improvement has been observed. In treating low turbidity water with high organics content, lower dosage of PACl was required to achieve charge neutralization and satisfactory filterability. Optimum particle removal was observed at pH 9 for PACl and pH 7 for Alum. Poor filterability was found with Alum treatment. In treating the relatively higher turbidity water from Ban-Shin water treatment plant,

PACl performed the best. Although the polymer improved the filterability of the pre-settled water, the dosage must be kept under 0.1mg/L.

The on-site evaluation in the Long-Tan water treatment plant showed increased residual turbidity and poor filtration. It has been attributed to the broken flocs due to the strong shear force on flocs during the transportation from the sedimentation tank to filtration basin. The efficiency of the flash mixer was enhanced after improving the coagulant dosing system. The correlation coefficient between the result from pilot plant study and that from laboratory experiment was 0.93, indicating that the STI (suction time index) could be used as the index of operation. The on-site study in Bao-San water treatment plant discovered that the raw water supply from the Bao-San first reservoir contains great amount of algae, which not only interferes with the operation efficiency of Bao-San water treatment plant but also demands more coagulant.

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized circular mark followed by a series of connected loops and a long, sweeping tail.

目錄

目錄.....	I
表目錄.....	IV
圖目錄.....	V
第一章 前言.....	1
1-1 研究緣起.....	1
1-2 研究目的.....	2
1-3 工作成果.....	2
第二章 背景資料.....	4
2-1 濁度.....	4
2-2 濁度顆粒特性.....	6
2-3 混凝劑.....	9
2-4 低濁水處理技術.....	14
第三章 研究方法及步驟.....	18
3-1 水質及顆粒物物化特性分析.....	20
3-2 混凝劑特性分析.....	21
3-3 混凝試驗.....	22
3-3-1 瓶杯試驗.....	22
3-3-2 光纖膠羽偵測儀(PDA)監測.....	23
3-4 過濾性試驗.....	25
3-5 管中混凝加藥設備之現場混沉效能評估.....	26
3-6 給水廠現場儀器評估.....	28
第四章 低濁難處理原水水廠現況及問題分析.....	29
4-1 龍潭淨水場.....	29
4-2 鯉魚潭給水廠.....	40

4-3	板新給水廠	43
4-4	平鎮給水廠	45
4-5	寶山給水廠	48
第五章	難處理原水實驗室混沉效能及過濾性評估	55
5-1	龍潭淨水場	56
5-1-1	不同純度PACl混凝劑對混沉效能及過濾性之影響	56
5-1-2	pH對不同純度PACl混凝劑混沉效能之影響	61
5-1-3	高分子凝集劑對混沉效能及過濾性之影響	64
5-1-4	PACl搭配高分子凝集劑對混沉效能及過濾性之影響	66
5-1-5	混凝劑稀釋效應對混沉效能及過濾性之影響	68
5-2	板新給水廠	73
5-2-1	板新給水廠實驗室混沉效能評估	73
5-2-2	混凝劑種類對混沉效能及過濾性之影響	75
5-2-3	單元操作參數對混沉效能之影響	78
5-3	鯉魚潭給水廠	80
5-3-1	混凝劑種類對混沉效能及過濾性之評估	80
5-4	平鎮給水廠	82
5-4-1	混凝劑種類對混沉效能及過濾性之影響	82
5-5	寶山給水廠	88
5-5-1	混凝劑種類對混沉效能及過濾性評估	88
5-5-2	PACl搭配高分子凝集劑對混沉效能及過濾性之影響	95
第六章	給水廠現場評估診斷	98
6-1	龍潭淨水場	98
6-1-1	不同淨水單元現況診斷	98

6-1-2	加藥方法快混池之影響.....	108
6-1-3	過濾性試驗評估現場單元操作.....	111
6-1-4	駐場診斷之改善成效.....	117
6-2	寶山給水廠現場評估.....	119
6-2-1	水質特性分析.....	119
6-2-2	二期淨水單元現場診斷.....	122
6-2-2	過濾性試驗評估加藥量.....	125
6-2-4	管中混凝加藥設備對低濁度難處理原水之效應 ...	133
第七章	處理策略改善建議及結論	135
7-1	處理策略及改善建議.....	135
7-1-1	低濁難處理原水之建議處理策略及應變	135
7-1-2	現場診斷改善建議.....	138
7-2	結論	139

表目錄

表1-1	工作項目執行進度	3
表2-1	水公司淨水場白濁水出現狀況之彙整	8
表4-1	龍潭淨水場低濁度難處理原水水質及顆粒物化特性	31
表4-2	鯉魚潭給水廠低濁度難處理原水水質特性	40
表4-3	板新給水廠難處理原水水質特性及顆粒物化特性	44
表4-4	平鎮給水廠低濁度難處理原水水質及顆粒物化特性	47
表4-5	寶山給水廠低濁含藻原水水質及顆粒物化特性	49
表4-6	寶山一二期淨水單元之溶解性有機物及顆粒表面界達電位	50
表6-1	寶山第一水庫不同取水口水質特性	119
表7-1	不同淨水場發生之不同低濁度難處理原水水質及應變方法	137

圖目錄

圖3-1	研究架構	19
圖3-2	膠羽絮凝指數(FI)	24
圖3-3	管中混凝加藥設備	27
圖3-4	以光纖膠羽偵測儀評估現場快混池之情形	28
圖4-1	龍潭淨水場原水顆粒表面界達電位與pH之關係	31
圖4-2	龍潭淨水場顆粒之光學顯微鏡觀察: (a)低濁度原水懸浮粒 ($\times 200$); (b)聚集沉澱後之顆粒($\times 200$)	33
圖4-3	龍潭淨水場原水顆粒之FTIR表面官能基分析	35
圖4-4	龍潭低濁度難處理原水薄膜之觀察 (a) 原水 pH 7.9($\times 4000$)(b)改變至 pH 4($\times 3000$)(c)改變至 pH 11($\times 1000$)	37
圖4-5	龍潭低濁度難處理原水薄膜之元素分析 (a) 原水pH 7.9(b)改變至pH 4(c)改變至pH 11	39
圖4-6	顆粒直鏈藻之顯微鏡照片(<i>Melosira granulata</i>) ($\times 1000$)	41
圖4-7	尾囊裸藻之顯微鏡照片(<i>Trachelomonas caudata</i>) ($\times 1000$)	42
圖4-8	依沙束絲藻之顯微鏡照片(<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>) ($\times 1000$)	42
圖4-9	光學顯微鏡觀察平鎮水廠一期沉澱池膠羽(a)、(b)($\times 170$)	47
圖4-10	寶山給水廠沉澱池上澄液之藻類聚集體及膠羽對過濾性之 影響	51
圖4-11	薄膜表面之光學顯微鏡觀察($\times 170$)	52
圖4-12	細針桿藻(<i>Synedra</i>)之顯微鏡照片($\times 170$)	52
圖4-13	寶山給水廠二期濾池反洗出膠羽之光學顯微鏡觀察($\times 250$)	53

圖4-14	星盤藻(<i>Pediastrum</i>)之顯微鏡照片($\times 470$).....	54
圖4-15	色球藻(<i>Chroococcus sp</i>)之顯微鏡照片($\times 770$).....	54
圖5-1	不同純度PACl加藥量下龍潭淨水場難處理原水之混沉效能: (a)界達電位、(b)與(c)上澄液殘餘濁度及過濾性及(d)最終pH (as Al mg/L)	60
圖5-2	pH對PACl混沉效能之影響.....	62
圖5-3	pH對PACl-Al ₁₃ 混沉效能之影響.....	63
圖5-4	高分子凝集劑加藥量與(a)混沉後上澄液殘餘濁度與過濾性及 (b)顆粒表面界達電位之關係.....	65
圖5-5	PACl搭配高分子凝集劑加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過 濾性之關係.....	67
圖5-6	PACl搭配高分子凝集劑加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及溶 解性有機物之變化.....	67
圖5-7	PACl不同加藥量與膠羽絮凝指數(FI)及殘餘濁度之關係 (a)經稀釋(b)未稀釋.....	69
圖5-8	PACl稀釋效應對無機低濁原水混沉後上澄液過濾性之關係	70
圖5-9	未經稀釋PACl混凝過程膠羽粒徑及數目之變化	72
圖5-10	稀釋PACl混凝過程膠羽粒徑及數目之變化	72
圖5-11	不同純度PACl對板新給水廠難處理原水之混沉效能	74
圖5-12	PACl加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係	76
圖5-13	PACl-Al ₁₃ 加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係	76
圖5-14	硫酸鋁加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係...	77
圖5-15	板新給水廠一期與三期不同操作參數對瓶杯試驗評估 PACl-Al ₁₃ 加藥量之影響.....	79

圖5-16	(a)聚矽酸鐵及(b)聚氯化鋁加藥量與混沉後上澄液 餘濁度及過濾性之關係	殘 81
圖5-17	硫酸鋁加藥量與(a)混沉後上澄液殘餘濁度與過濾性及 (b)顆粒表面界達電位之關係.....	83
圖5-18	PACl加藥量與(a)混沉後上澄液殘餘濁度與過濾性及 (b)顆粒表面界達電位之關係.....	85
圖5-19	PSI加藥量與(a)混沉後上澄液殘餘濁度與過濾性及 (b)顆粒表面界達電位之關係.....	87
圖5-20	硫酸鋁加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係...	89
圖5-21	硫酸鋁混凝過程不同顆粒粒徑之數目變化.....	89
圖5-22	硫酸鋁混凝後膠羽外觀.....	90
圖5-23	PACl加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係	91
圖5-24	PSI加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係.....	92
圖5-25	PSI混凝過程膠羽粒徑及數目之變化	93
圖5-26	聚矽酸鐵混凝後膠羽外觀.....	94
圖5-27	PACl加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係	97
圖5-28	PACl搭配高分子凝集劑加藥量與混沉後上澄液 餘濁度及過濾性之關係	殘 97
圖6-1	龍潭淨水場三期快混池不同採樣點顆粒表面界達電位.....	99
圖6-2	龍潭淨水場四期快混池不同採樣點顆粒表面界達電位.....	101
圖6-3	龍潭淨水場快混池膠羽絮凝指數.....	102
圖6-4	龍潭淨水場(a)三期(b)四期沉澱池上澄液及濾前水 濾性及殘餘濁度之關係	過 103
圖6-5	龍潭淨水場(a)三期沉澱池膠羽(b)三期濾前水膠羽粒徑分佈	105

圖 6-6	龍潭淨水場(a)三期沉澱池膠羽(b)三期濾池前膠羽 之光學顯微鏡觀察膠羽照片	107
圖 6-7	龍潭四期快混池深層加藥法之設備	108
圖 6-8	龍潭四期快混池深層加藥法之示意圖	109
圖 6-9	龍潭四期快混池深層加藥之顆粒表面界達電位	109
圖 6-10	龍潭淨水場四期(a)現場慢混池及實驗室慢混上澄液之過濾 性(b)快混池顆粒表面電位	113
圖 6-11	龍潭淨水場四期原水及清水之濁度變化	114
圖 6-12	現場操作與實驗室過濾性試驗之相關係	115
圖 6-13	龍潭淨水場不同加藥量對殘餘濁度及過濾性之影響	116
圖 6-14	龍潭淨水場四期原水濁度及混凝劑加藥量記錄圖	117
圖 6-15	龍潭淨水場四期出水量及出水殘餘濁度記錄圖	117
圖 6-16	寶山第一水庫不同深度原水之顆粒性有機物濃度及過濾性	120
圖 6-17	寶山二期(a)原水(b)混澱池上澄液(c)清水池上澄液顆粒粒徑 大小及數目分佈圖	124
圖 6-18	寶山沉澱池上澄液顆粒粒徑及數目變化圖(a)一期(b)二期	126
圖 6-19	寶山給水廠快混池顆粒表面電位變化	127
圖 6-20	寶山給水廠沉澱池上澄液過濾性之比較	128
圖 6-21	寶山給水廠二期各單元顆粒粒徑及數目之變化	129
圖 6-22	寶山給水廠二期各單元加藥前慢混沉澱顆粒粒徑及數目之 變化	131
圖 6-23	寶山給水廠二期各單元加藥後慢混沉澱顆粒粒徑及數目之 變化	131
圖 6-24	寶山給水廠二期各單元加藥前後慢混沉澱顆粒粒徑及	

數目之變化對過濾性之影響	132
圖6-25 高G值下不同加藥量對過濾性之影響	134

第一章 前言

1-1 研究緣起

台灣各地區的供水完全仰賴自來水公司提供，不論是民生用水或是工業用水，提供的水質及水量，是最受關注的。因此為了能因應全國人民民生及工業上的需求，提供量多質優的飲用水，也是自來水公司一直努力維持的目標。但在原水的取得上，仍是有多困難的問題，原水水質的突變狀況是無法掌握，例如當颱風季節來臨時，因山坡地嚴重的開發，造成大雨直接沖刷地表泥土逕流入溪河，造成原水濁度驟間暴增，使得下游淨水廠沉沙池排泥不及，原水進入後段處理程序濁度仍高達上萬，在處理上相當的困難。此外除了高濁度的處理上有相當的困難上，在處理低濁度難處理原水也是有處理上的困難。國內一般淨水廠處理程序為使用混凝劑，與原水中存在的細小顆粒碰撞聚集後形成質密且重的膠羽經沉澱後去除，但在低濁度難理水中濁度顆粒數較少，無法產生均勻的碰撞聚集，聚集效果差，形成之質輕且較細小鬆散之膠羽，此膠羽沉降效果差，無法在沉澱池設計的時間內達到沉降，造成後續過濾池無法負荷，增加反沖洗頻率及縮短濾程，反洗頻率的增加將會導致消耗大量的水量，以上種種現象皆會影響自來水公司供水的質及量的穩定。

有鑑於此，本研究計畫是目的在於針對低濁度難處理水(含白濁水)水質特性、顆粒物化特性及白濁水發生之時機與原因，並在符合過濾水出水濁度內控標準(0.5 NTU)及不增加淨水場濾池反沖頻率之前提下找出對應之道，在未來面對原水水質的變化上透過最適化之操作程序能達到妥善的處理，提升水公司相關淨水場處理低濁度難處理水之應用能力。

1-2 研究目的

本研究目的在於找出低濁度難處理水(含白濁水)發生時機並藉由低濁度難處理水水質分析、顆粒物化特性分析了解低濁度難處理水造成原水難處理之原因，經由實驗室混沉效能評估、過濾性效能評估找出最適化操作條件，建立淨水場低濁度難處理水之最適化操作參數。並對高分子淨水藥劑適用性進行評估。

1-3 工作成果

本計畫執行期間(96.07-97.07)所規劃之工作項目完成之執行進度100%。本研究完成分析龍潭淨水場、東興淨水廠、鯉魚潭給水廠、板新給水廠、平鎮給水廠及寶山給水廠等原水水質及其顆粒物化特性，並完成此五廠難處理原水之實驗室混凝最適化加藥控制試驗，並評估龍潭淨水場及寶山給水廠使用polymer處理低濁度難處理原水之必要性。

同時，為了進一步瞭解淨水場現場混凝加藥控制參數之決定方式與實驗室混凝操作效能之差異，完成龍潭淨水場及寶山給水廠與實驗室混凝最適加藥之混沉效能差異性比較，以瞭解水場現場決定混凝最適加藥方式及過程之正確性，並以過濾性試驗駐廠診斷水場現場濁度去除效能。本計畫完成項目如下：

- 1.低濁水處理相關文獻收集與資料整理。
- 2.具有低濁度難處原水之淨水場原水水質及顆粒物化特性分析。
- 3.混凝最適化策略之評估。
- 4.評估水場使用Polymer處理低濁度難處理原水之適用性。
- 5.遭遇低濁度難處理原水之龍潭淨水場及寶山給水廠駐廠診斷。

表1-1 工作項目執行進度

項次	工作項目	執行項目(%)
1	具有低濁度難處理原水之淨水場深入調查	100
2	低濁水(含白濁水)水質及顆粒物化特性分析	100
3	混凝最適化策略評估	100
4	評估水場使用polymer處理低濁度難處理原水之必要性	100
5	水場現場濁度去除效能評估	100
累積執行總進度(%)		100

第二章 背景資料

水場常遭遇到難處理之濁度水可分為高濁度水及低濁度水，根據統計結果顯示，國內水場處理之原水年平均濁度約為20 NTU (陳，2005)，但當颱風暴雨季節，因大雨沖刷表土，河川水中濁度顆粒增加，水場之原水偶爾達到數萬NTU以上，此時水場即得面臨高濁水處理問題。相反地，低濁度水乃因少數水場之水源水質特殊(如水庫水或地下水)、地質及地形或季節性關係造成河川水之濁度低於10 NTU。水場處理高濁水及低濁水之問題及其處理方式截然不同，主要因高低濁度水之顆粒大小、表面特性及水質條件均不相同。因此，為了瞭解水場遭遇之低濁度難處理水濁水問題及其處理方式或技術，以下針對濁度的介紹、顆粒的特性、國內外不同濁水特性、濁度去除與病原蟲的關係、濁水處理方式及技術進行詳述。同時，提出水場處理低濁水之問題分析及對策。

2-1 濁度

濁度是水中主要的物理特徵，其表示方式是靠量測光線經由被顆粒或分子散射和吸收的光學特性。濁度形成主要的原因是懸浮物質或不純物質存在於清澈的水。這些不純物質包括了泥土、泥沙、微小的無機物和有機物、溶解性有機混合物、浮游生物和其他微小有機物。

一般而言，濁度是用以測量水質是否清淨。生產清淨的自來水對於人們的使用和製造業的消耗是很重要的。而控制濁度很明顯的可以避免人們遭到病原蟲的感染。

在1900年時，Whipple 和Jackson 利用1000 ppm的矽藻土稀釋，配製出標準液，再用此標準液稀釋，建立檢量線，再用Jackson燭光濁度計去量測濁度。 Jackson燭光濁度計是由一個特別的燭光和一個平底的玻璃瓶構成的，濁度的量測是經由水中顆粒對光的吸收及散射性

質，量測出來的單位為JTU。

在1962年時，Kingsbury 和 Clark 發明了formazin儲備濁度懸浮液。formazin儲備濁度懸浮液的配製方法為溶解1.000 g 硫酸肼（Hydrazine sulfate）於試劑水中，在量瓶中稀釋至100 mL。溶解10.00 g 環六亞甲基四胺（Hexamethylenetetramine）於試劑水中，在量瓶中稀釋至 100 mL。取5.0 mL硫酸肼（Hydrazine sulfate）溶液及5.0 mL環六亞甲基四胺（Hexamethylenetetramine）溶液，放入適當體積之玻璃瓶內混合，於 $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 靜置24小時，此formazin儲備濁度懸浮液的單位為formazin turbidity unit (FTU)。雖然formazin儲備濁度懸浮液可以改善Jackson燭光濁度計的準確性，但是Jackson燭光濁度計的測量準確性對於極高及極低的濁度還是有量測能力上的限制，其最低偵測極限為25 NTU。

接著出現光電子偵測儀，它光的強度可靈敏到偵測到非常小的範圍，它改善了光源及偵測技術，但還是始終無法測量極高及極低的濁度。在1970年，當懸液計出現便改變了濁度測量的標準方法，它測量的方法是由入射角成 90° 的入射光的光散射，而 90° 的入射角對於顆粒粒徑的差異性是最靈敏的偵測角。懸液計因它的靈敏度、準確性和廣泛顆粒粒徑的適用性，因此懸液濁度計被採用為量測濁度的標準方法，而懸液濁度計的校正液也是使用formazin儲備濁度懸浮液，因此40 NTU大約等於40 JTU。

2-2 濁度顆粒特性

濁水主要起因於河川中含有懸浮性之膠體物質，而造成水呈現渾濁。然而，因為河川地質及地形關係，造成不同區域之河川水中之濁度物質特性不盡相同。當颱風暴雨時期，因雨水強烈沖刷河床，使河川水含大量泥沙，造成水場原水濁度暴增，此時之濁度物質濃度相當高，且顆粒間之排斥力強，導致高濁水之顆粒不易沉降。國外研究指出高濁水之處理問題主要為污泥沉降性差(Li and Gregory, 1991)，本研究團隊曾經對國內北部及南部水場高濁水特性進行調查(陳，2005)，發現國內北部及南部之高濁水特性差異大，北部之高濁水顆粒粒徑小且比重低，不易沉降；南部之高濁水顆粒粒徑大且比重高，沉降性較佳。國內北部及南部天然高濁水之pH值約為8，屬中性偏鹼性水，溶解性有機物(DOC)含量差異不大，均約為2.5 mg/L。

相反地，低濁水之濁度物質主要來自水庫水或地下水，其濁度物質濃度少，溶解物質較多，顆粒間之排斥力並不強，但因低濁水之濁度顆粒粒徑及密度均較小，故低濁水中含有許多懸浮態的小顆粒。根據陳氏(2005)研究調查顯示國內以地下水為水源之淨水場原水之濁度範圍為0.2~1.0 NTU，氣候因素對其濁度變化影響不大。然而，國外以水庫為水源之水場低濁水水質特性，其濁度均低於1 NTU，且有機物含量低。

此外，近年來，國內北部部分水場發現在颱風或上游水庫洩洪1~2週後，下游河川中會出現穩定性極佳的懸浮微粒，此濁度水稱之為白濁水，其顆粒粒徑相當細小，久置不易沉澱(翁，2003)。然而，根據本研究團隊調查發現水公司淨水場白濁水出現情況不一，如表2-1所示，水公司出現白濁水的淨水場比例不高，但無論水源使用為地下水或河川水皆有可能發生白濁水問題，造成此現象之可能原因應與淨水

場取水口上游水源性質、土壤性質或地下岩層種類有關。白濁水之濁度值不高，約在數NTU至數十NTU左右，大部分之白濁水濁度值約在10 NTU以下，且白濁水出現的時間通常在1~2天，最高可達約2個月。因白濁水顆粒之穩定性極佳，即使經過初沉池的處理程序，仍然無法將水中之懸浮顆粒去除，此現象造成後續混沉處理及過濾單元的負荷增加。

綜合上述結果可知，雖然高濁水及低濁水均不易沉降，但高濁水及低濁水之特性截然不同，尤其白濁水中顆粒細小，淨水場處理單元不易去除，故處理低濁水之技術及策略是否與高濁水之處理技術及策略相似，仍有待實驗證明。

表2-1 水公司淨水場白濁水出現狀況之彙整

區處	水場	出現最大白濁水濁度 (NTU)	出現白濁水濁度範圍及延時	出現白濁水之可能原因及時機
一區	貢寮淨水場	11	—	原因不明 風災過後土石流流下之礦物質，造成白濁水，PAC 混凝後不易形成膠羽，影響過濾池操作。
二區	龍潭淨水場	27	10~27 NTU /1個月	同上
二區	平鎮淨水場	8	2~5 NTU /5天	同上
三區	東興淨水場	5	2~5 NTU /7~10天	大雨過後，雨水沖刷表土引起之沖刷物。
四區	鯉魚潭給水廠	10	5~10 NTU /20天	原水係來自水庫蓄水，可能因季節交換，造成池水翻攪；另外，集水區上游遺留之採礦作業場所地表徑流引起之沖刷物。發生時機約為每年五、六及十、十一月時期。
四區	豐原第一及第二淨水場	90	20~90 NTU /2個月	七二水災造成大甲溪疏濬原水有微細顆粒出現

註：此資料為本研究團隊之調查結果

2-3 混凝劑

本研究案目的之一為找出遭遇低濁度難處理原水(含白濁水)淨水廠之最適化操作處理程序，而最適化操作程序中包含了最適之混凝劑的添加種類，因此在本計畫研究案中使用鋁鹽混凝劑與鐵鹽混凝劑作為比較，鋁鹽混凝劑選定為最被廣泛使用的聚氯化鋁及傳統的混凝劑(如硫酸鋁)，而鐵鹽的部分將採用由自來水公司建議評估的新型複合混凝劑聚矽酸鐵(Polysilicate iron)。使用的混凝劑種類如下所述：

1. 鋁鹽混凝劑

硫酸鋁及聚氯化鋁(PACl)為目前台灣淨水廠使用最普遍的混凝劑，因此為符合淨水廠混凝劑使用種類在混沉效能評估的部分混凝劑的使用也以硫酸鋁及聚氯化鋁(PACl)為主。

(1)硫酸鋁

鋁鹽是現今使用最為廣泛的混凝劑，一般傳統鋁鹽的混凝劑有硫酸鋁(明礬)、氯化鋁，主要以硫酸鋁為主，硫酸鋁又稱明礬由15~22%的氧化鋁及18個結晶水結成顆粒形，分子量大約等於666，它含有硫酸根，在混凝過程中也有一定的作用，硫酸鋁在水中混凝機制主要有電性中和及沉澱掃除二個去除穩定機制，此二個去穩定機制之發生時機和水中濁度高低有關，其優點為價格便宜，適用於各種原水水質，不增加色度，但形成之膠羽較鬆散，容易破碎。

(2)聚氯化鋁

氯化鋁在聚氯化鋁混凝劑開始發展後，已鮮少直接作加藥使用，通常是被用來製造聚氯化鋁混凝。在經過長時間的發展後，技術已經非常成熟，發展出許多方法，為最普遍使用的預水解鹽類混凝劑，常見的實驗室方法，如緩慢滴入法、快速滴入法、一次加鹼法、固體加鹼法....等等，在這麼多方法中其主要步驟是以NaOH或 NaHCO_3 加入

氯化鋁中，但所製備出來的混凝劑特性會因其所應用的製備方法而有所不同，主要是在於鹼液與鋁液的微界面不同，對混凝劑的形態分佈和混沉效能有很大的影響。

聚氯化鋁的穩定性比傳統的混凝劑要好的多，因聚合鋁的主要形態是Keggin結構的 Al_{13} ，它以一個氧基配位四面體鋁作為核心周圍被12個八面體的鋁包圍，所以不易解體和繼續水解，其形態較穩定較一般鋁鹽的水解生成物高，如硫酸鋁和氯化鋁在水中溶解後自發的水解，形成的產物形態主要是以羥基鏈結的化合態，在高pH值下會繼續水解，在達到過飽和狀態下開始發生沉澱。(陳，2005)

聚氯化鋁具有較強的膠凝能力，帶7個正電荷的 Al_{13} 易與水中帶負電膠體粒子電性中和，此種混凝劑產生之膠羽聚集迅速且質密，可減少沉澱時間，因此所需沉澱池面積也可以減少，增加處理能力，且生成之污泥脫水性較佳，有利於後續的污泥處置。理論上，聚氯化鋁以多核鋁物種為主，在高濃度中也能維持穩定性，且鹽基度高，所需消耗之鹼度較其他混凝劑少。聚氯化鋁含有高價陽離子，架橋能力強，在低濁度的處理效果是硫酸鋁的約1.2~1.5倍，有效絮凝範圍廣，可達pH 6~9之間，適溫性好，混凝效果不受水溫影響，但超過40°C時處於不穩定狀態。(杭，2002、自來水公司，2007)

2. 鐵鹽混凝劑種類

(1)一般鐵鹽混凝劑的種類

常用的傳統鐵鹽混凝劑有氯化鐵、硫酸鐵、硫酸亞鐵等，鐵鹽的混沉效能要比鋁鹽還要好，可以產生質密且重的沉降膠羽，使膠羽能快速沉澱，縮短所需沉降時間，但是鐵鹽混凝劑有些不容忽視的缺點，例如保存和應用中的吸水性強及腐蝕性強，水處理後亞鐵殘餘色度大，尤其是與腐植質結合生成嚴重的色度問題，因此鐵鹽的應用不

如鋁鹽來的廣泛。至於鐵鹽的優缺如下所述，優點：(1)膠體生成快速，顆粒密實，比重大，沉降速度快、(2)去除氮、磷效果好、(3)污泥脫水性好、(4)加藥操作區間寬，水溫變化影響小、(5)對重金屬及有毒物的吸附能力強及(6)價格便宜。但儘管如此鐵鹽仍具有以下缺點：(1)酸性強，腐蝕性大，投加藥後pH變化大、(2)在低pH時，膠羽沉澱不易完全、(3)水解速度快，穩定性差、(4)殘餘亞鐵增加色度及(5)藥劑在高濃度時不易存放(湯等，2006)。

在水中的殘餘鋁是否引起殘餘毒性的問題開始受到重視後，人們開始尋求是否有能取代聚合鋁的混凝劑，所以聚合鐵混凝劑也開始發展起來，常見的有聚合硫酸鐵及聚氯化鐵。其中聚合硫酸鐵是僅次於聚氯化鋁最常被使用的混凝劑。聚合硫酸鐵的生產方式是以硫酸亞鐵及硫酸為原料，以亞硝酸鈉為催化劑，氧氣為氧化劑製成聚合硫酸鐵。

聚合氯化鐵因其受到沉澱問題的困擾，且其最大的問題在於提高濃度後穩定性較差，特別是提高鹼化度後易於發生沉澱變質，此為其商業化上最大的困難(湯等，2006)。

(2)聚矽酸鐵混凝劑(Polysilicate iron, PSI)

複合聚合混凝劑是新發展的混凝劑種類，以聚矽酸作為複合混凝劑成分有二種不同的方法，二種方法代表了不同的意義及用途，一種是以聚矽酸為主體，加入金屬鹽類或其他陰離子增加其穩定性，預防形成膠體，同時能相對減弱其負電荷強度，使其能成為預制生產和獨立使用的混凝劑商品。一種是以無機聚合混凝劑為主體，以不同形態的矽酸為添加劑以增加膠凝架橋能力，補充無機聚合混凝劑分子量不足之缺點，增強其效能。

聚合矽酸鐵是一種複合聚集的混凝劑，其目的主要是以矽酸來加強聚合氯化鐵的穩定性、聚集性及減少腐蝕性，聚合矽酸鐵製備方法

為在預定濃度的 FeCl_3 中加入矽酸鈉溶液，同時用鹽酸中和其鹼量，再以氫氧化鈉慢速到達預定的鹼化度。其中矽酸鈉及氫氧化鈉的加入量分別會影響 Si/Fe 及鹼化度 B=OH/Fe 的比值，而 Si/F 及鹼化度的比值對於混凝劑的穩定性有相當程度上的影響。

根據研究顯示 $\text{Si/Fe}=0.5\sim1.0$ 而 $\text{OH/Fe}=0.5\sim1.0$ 的聚矽酸鐵的穩定性較好，可以保存6個月至1年以上。聚合矽酸鐵在應用上的相關研究文獻如下所述：

王(1997)分別以三種不同的矽酸製品配置出不同 Si/Fe 及不同鹼化度的聚合矽酸鐵混凝劑。實驗結果說明了使用聚矽酸鐵混凝劑的膠羽生成速度快且大而密實，去除的機制主要是靠架橋作用，電性中和能力並不強，說明矽酸的加入提高了架橋及沉澱掃除的能力。 Si/Fe 比以 $0.5\sim1.0$ 為適度，適當提高鹼化度較能使聚矽酸鐵混凝劑產生效能。

Hasegawa等(1999)發現使用聚矽酸鐵去除藻類不論是在效益上及藻類種類上皆有較好的效果。此外，Watanabe等(2000)提出使用聚矽酸鐵用為混凝劑去除都市污水所產生的污泥有可能成為良好的磷肥。

Wang等(2002)以聚矽酸鐵進行實場測試，在此次實場試驗中採用 $\text{Si/Fe}=3$ 的聚矽酸鐵混凝劑及PAC做為比較，原水來源是含有浮游生物的水庫水。實驗結果發現聚矽酸鐵在混沉及去除效果上與聚氯化鋁皆更有效益，且聚矽酸鐵膠羽的形成比聚氯化鋁更快，因此如果選用聚矽酸鐵做為混凝劑可以減少沉澱設備的尺寸。使用聚矽酸鐵混沉處理後的過濾水的浮游生物數目少於使用聚氯化鋁的數目。其研究結果亦顯示，沉澱水中大部份的殘餘膠羽在粗糙的無煙煤層被攔截住，故建議使用聚矽酸鐵可藉由增加濾料的顆粒粒徑達到較快的濾速。

Ebie等(2006)以聚氯化鋁及聚矽酸鐵(Si/Fe=0, 0.25, 1)混凝高嶺土顆粒，以顆粒計數器監測混凝過程中聚氯化鋁(pH 6.8)及聚矽酸鐵(pH 6.0)顆粒聚集動力。研究結果顯示，混凝/膠凝之過程依序為準備聚集期，接著是聚集期，最後是聚集穩定期。在 150 s^{-1} 的低G值下，不論是何種混凝劑，開始聚集的時間及聚集完成的時間皆隨混凝劑加藥量增加而減少，但殘餘顆粒濃度會隨混凝劑添加量增加而升高。藉由G值之提升可促進混凝效率，此時所需之混凝劑量較少。此結果顯示最佳的G值操作條件比增加藥劑量更為重要，此時 $1\sim 3\text{ }\mu\text{m}$ 的顆粒聚集效率最佳。

綜合以上研究，聚矽酸鐵混凝劑膠羽形成快速，且沉降速度快，可以減少沉澱停留時間，對於含有藻類的原水也有較好的去除效果，有效減少總三鹵甲烷的生成。其中矽酸的加入有效的增加混凝劑的穩定性、聚集性及減少腐蝕性，在未來在市場上頗具有競爭力。

2-4 低濁水處理技術

因為低濁水中顆粒少，無法提供凝結核與混凝劑產生良好的效果，故混凝效率不佳。國外因緯度較高，氣溫較低，在氣候寒冷地帶，冬季地表水水溫常降到0~2°C、濁度降到30 NTU以下，這種低溫低濁水的處理更加困難，主要的原因為低溫水的粘度大，液層間的內阻力大，單位時間單位體積顆粒的碰撞次數減少，不利於水中微小顆粒碰撞、凝聚和絮凝體的成長，絮凝速率和顆粒沉降速度也減小。低溫低濁水中的雜質主要以細的膠體分散體系溶於水中，膠體微粒的動力穩定性和凝聚穩定性較強，用雙層定量過濾紙過濾，穿透率在50%~70%以上，因而採用過濾仍無法達到去除標準。相對於高濁水處理研究而言，國內低濁水處理技術之相關研究較少，國外低濁水之處理技術及策略可供國內淨水場作為參考，目前低濁水主要之處理技術可分為以下幾項：

1. 混凝沉澱

a. 鋁鹽及鐵鹽混凝劑

Ebie等(2006)以高解析度顆粒計數儀偵測鋁鹽及鐵鹽混凝去除低濁水中之顆粒研究發現，在較高的攪拌速度梯度($G=1000\text{ s}^{-1}$)下，可減少低濁水中1~3 μm 小顆粒的數目，將有效減輕過濾池的負擔。

楊氏(2004)等以一種新型的聚硅酸金屬鹽混凝劑 (Polysilicic acid aluminium and ferric salt)，進行低濁水淨化實驗，可透過吸附架橋及電性中和作用去除水中膠體物質，且可獲得低的殘餘鋁含量。

b. 高分子絮凝劑

因為濁度低時，水中膠體微粒濃度很小，分散相的面積 S 較小，若鋁鹽混凝劑加藥量增加時($[\text{Al}^{3+}]/S$ 的比值較大)，會形成密度小且結構鬆散的膠羽，此膠羽進入濾池時，隨著過濾的進行，過濾孔隙率不

斷降低，水流剪刀逐漸增大，已截留的濁度粒子會較快發生剝離而進入濾層下部流出濾池。然而，陽離子絮凝劑(cationic polymer)的使用可以防止濁度在終期水頭損失到達穿透前，投加陽離子絮凝劑作為主混凝劑或助凝劑，能使濾後水質顯著改善。主要是陽離子絮凝劑的使用增加了顆粒濃度，進而增加了絮體聚合強度;其次，使用陽離子絮凝劑時，有更強的微粒與濾料顆粒之間及微粒之間鍵的作用，減少脫附現象的發生。李等(2004)的研究指出陽離子絮凝劑可以有架橋及電性中和兩種作用，正確的使用陽離子絮凝劑可改進過濾之效果如下：

- (1) 增加濾層內絮層內絮體的沉積速率。
- (2) 增加絮體在濾層內的穿透深度。
- (3) 使水頭損失最小並防上過早堵塞。

Khan & Thiem (2006) 利用硫酸鐵與陽離子聚電解質，在最佳操作劑量及pH值條件下(硫酸鐵6 mg/L、高分子聚合物1 mg/L，pH 7)進行低濁水之混凝試驗，發現只有在最適混凝條件下，濾池才可有效的過濾去除濁度。

Shen (2005)利用添加皂土(bentonite)顆粒可有效增加polymer去除低濁度水中之奈米顆粒。

2. 浮除

利用壓力溶入水中，水驟然減壓釋放大量的微細氣泡與原水加藥混凝產生膠羽附著在一起，使整個密度小於水的密度，使氣體帶著膠羽浮至水面，形成浮渣再予以刮除(Johnson et al., 1995)。

3. 污泥迴流法

利用機械攪拌加速廢水池的迴流來增加原水濁度，以彌補冬季原水濁度低的問題。即在原水中投入少量的混凝劑後，在攪拌葉片的作用下，進行充分混合及反應，生成的顆粒被緊密地吸附在活性污泥的

表面上，形成較大的絮凝體，通過分離室的懸浮細小污泥層的接觸、吸附及分離，進而達到去除濁度的效果(王等，2003)。

4. 微絮凝接觸過濾法

微絮凝接觸過濾法原理是因濾池上層濾料空隙甚小，濾料表面有一定的化學特性，在原水中加入一定量的混凝劑、助凝劑後，立即直接進入濾池，在濾料中形成微小絮凝體，其中一部份被濾料截留，另一部份被濾料吸附，呈現具有微絮接觸吸附過濾作用，而去除濁度。另外，採用微絮凝接觸過濾法，聚合鐵比聚合鋁形成膠羽更快，膠體更密實，抗剪切力更好，濾池的濾程可以延長，可減少反洗的次數。(李等，2002)

5. 高磁力分離

磁力分離去除是一種物理分離的方法，它是借助於磁場作用來分離不同性質的物質。水流通過高磁分離器時，水中固體顆粒在磁場中除受磁力作用外，還受磁力相抗衡的重力、慣性力、摩擦力、水流拖力及顆粒間的相互作用力等。對某一顆粒而言，它所受力的大小取決於磁場強度與磁場梯度的大小。高磁力分離技術過程如下所示：(郭等，2006)

處理流程是低濁原水→加磁鐵粉→加混凝劑→加助凝劑→反應預沉磁分離器→出水

6. 薄膜過濾法

劉氏(2003)等人曾以低壓膜直接過濾處理低溫低濁水，其指出低濁水(10 NTU)可以低壓膜直接過濾，並產生低於1 NTU的出流水，不需添加混凝劑。

7. 小結

綜合上述，低濁度之處理技術則較為多元，但在實際應用上仍然以混凝處理搭配高分子絮凝劑使用以增加濁度顆粒之去除為主，但若單獨以高分子絮凝劑為混凝劑，其濁度去除效果有限。因低濁水中之顆粒少，其最適的混凝條件(混凝劑種類、pH、如攪拌強度等)與高濁水之處理情形不同，且高分子絮凝劑在淨水處理使用上有所限制，此時淨水場在處理低濁水(含白濁水)之混凝策略的選擇上必須多加考量，尤其低濁水(含白濁水)之水質條件如溫度、鹼度、有機物含量等對濁度去除之影響均需考量在內，且對混凝過程中顆粒的聚集及其膠羽對濾池的過濾性影響，仍須以適當的儀器進行給水廠現場之測試評估。

第三章 研究方法及步驟

本研究將探討如何增進淨水場處理低濁水(含白濁水)之能力，先採集遭遇低濁度難處理水之廠址，後分析低濁水之水質及顆粒特性(包含pH、總有機碳、濁度、鹼度、顆粒粒徑及數目、顆粒表面界達電位)，隨後進行實驗室之混凝最適化操作條件目，選定之廠址為龍潭淨水廠、鯉魚潭給水廠、板新給水廠、平鎮給水廠、寶山給水廠。

首先以瓶杯試驗探討不同混凝劑(明礬及PACl)與不同快混強度對處理低濁水(含白濁水)之濁度去除的效能。在瓶杯試驗後，再以過濾性試驗討論不同種類之混凝劑所產生之膠羽對後續過濾單元所造成之負荷。在經過實驗室找出之最適化混凝策略後，本研究將進行淨水場現場評估，於龍潭淨水場及寶山給水廠二座淨水場以光纖膠羽偵測儀(PDA)、濁度計及顆粒計數器(particle counter)即時監測淨水場之操作效能。寶山給水廠以管中加藥混凝設備(in-line mixer)進行現場評估(pilot operation)做為場址，探討高G值條件下快混強度對低濁度難處理水(含白濁水)去除效率之影響。本計畫之研究執行流程如圖3-1:

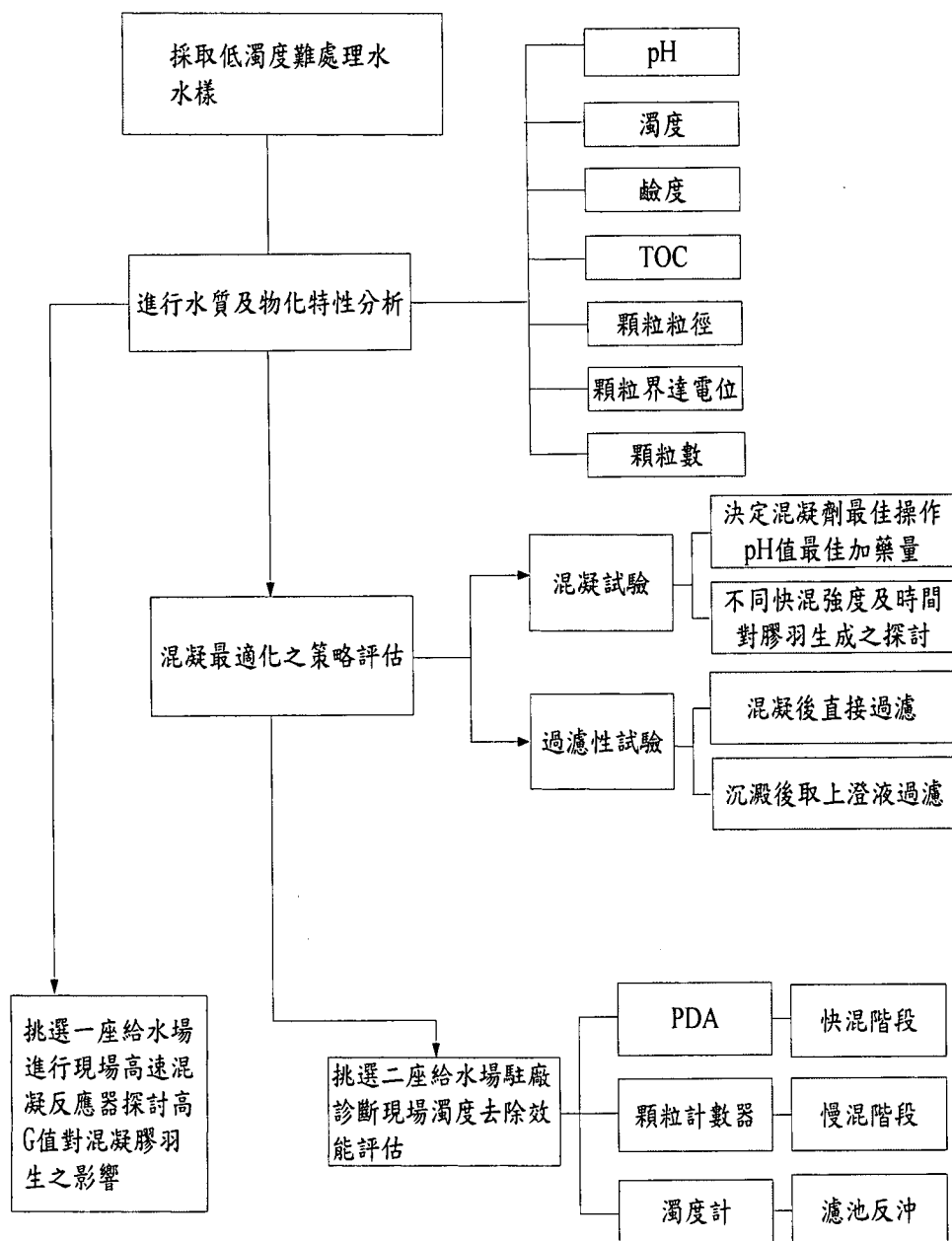


圖 3-1 研究架構

3-1 水質及顆粒物物化特性分析

本研究案為提昇低濁度難處理水處理效率，對於水質及顆粒物化特性的了解是非常重要的環節，藉由水質及顆粒物化特性的分析，找出可能造成原水之所以難處理之原因，以利於後續使用最適化之操作程序處理低濁度難處理水。

將五座淨水場的水樣利用實驗室儀器參照環保署公告之標準方法對低濁度難處理之原水進行水質及顆粒物化特性分析，進而找出最適合之處理程序。分析項目如下：pH值(pH meter, WTW)、TOC (總有機碳分析儀, TOC-5000A, Shimadzu)、濁度(P2400 Turbidimeter, Hach)、鹼度(依環保署公告之標準方法：NIEA W449.00B)、導電度(inolab pH/cond, WTW)、顆粒粒徑分析(小角度靜態光散射儀(SALLS), Mastersizer 2000, Malven,; 動態雷射光散射儀(DLS), Zetasizer nano ZS, Malven,)、顆粒表面界達電位(顆粒表面界達電位儀(DLS), Zetasizer nano ZS, Malven)及顆粒數(particle counter PC 2400 PS, HEMTRAC)。

除了以上各項分析項目之外，為了能更進一步的了解白濁水的水質特性，特別加入感應偶合電漿質譜儀(ICP-MS, Sciex Elan 5000, Perkin Elmer)及傅立葉轉換紅外線光譜分析(FTIR, DA8.3, Bomem)的分析，感應偶合電漿質譜儀是利用原子發射光譜原理針對水中金屬離子進行定性及定量分析，探究水中金屬離子的種類及含量。傅立葉紅外線光譜分析是藉由某化學物種吸收紅外線輻射在某些振動模式下產生振動或振動-轉動能量的變化對有機物的種類及含量鑑定。在經由有機及無機物的鑑定後能清楚的了解白濁水水質特性，進而求出最適當之處理程序。

3-2 混凝劑特性分析

在本研究案中為了比較各種鋁鹽混凝劑在處理低濁度難處理水之效能使用了多種混凝劑，包含了各淨水廠採購使用的混凝劑、實驗室自製混凝劑及傳統使用的明礬混凝劑，為了解各種混凝劑鋁型態的含量比例，以Al-Ferron逐時螯合比色法進行鋁型態檢測分析。Al-Ferron法的分析步驟如下：

取5.5 ml比色液(即7-碘-8羥基喹啉-5-磺酸及醋酸鈉溶之混合液)加入25 ml之比色管，此時將適量的鋁溶液樣品加入比色管中，即刻計時並將比色管均勻混合，於1 min後在UV分光光度計上於366 nm下逐時測定溶液的吸光度變化。利用比色法可以求出樣品中的 Al_a 、 Al_b 及 Al_c 型態含量。 Al_a 型態是以樣品溶液中1 min中內與Ferron試劑反應的部分，其主要鋁型態為單體鋁； Al_b 型態是指在1 min後至120 min之間，樣品溶液中的鋁與Ferron試劑反應的部分，主要鋁型態為聚合鋁； Al_c 型態是指在120 min內未與Ferron試劑反應的部分，其鋁形態主要為氫氧化鋁溶膠或沉澱物(Smith, 1971)。將樣品求得總鋁濃度 Al_t 後扣除 Al_a 及 Al_b 即得 Al_c 。當水體存在有機酸時，會使有機酸與Al離子鍵結，導致Ferron比色法測定Al型態物種準確性下降，產生誤差(吳，1999)。

3-3 混凝試驗

混凝試驗的目的是對淨水場低濁度難處理水以瓶杯試驗進行最適化操作條件，可藉由實驗室瓶杯試驗找出最適混凝劑、最適加藥量及最適之操作條件。

本研究之混凝最適化策略之評估主要是利用混凝試驗比較不同混凝劑投加藥量(mg/L as Al、Fe)在不同pH下對低濁水(包含白濁水)混凝效能差異，並利用顆粒表面界達電位儀(DLS)(Zetasizer nano ZS, Malven)及光纖膠羽偵測儀(Photometric Dispersion Analyser, PDA)作為不同混凝劑之混凝加藥監測，以協助判斷各種混凝劑之最適混凝條件，了解各種混凝劑處理低濁度及白濁水原水的效益。

3-3-1 瓶杯試驗

瓶杯試驗的目的是在實驗室模擬淨水單元快混池、慢混池及沉澱池之操作情形，實驗過程中以方型水槽模擬淨水場混沉單元的槽體及攪拌器模擬淨水場中之快混及慢混的混合行為。

在實驗過程中攪拌器為以微電腦控制轉速單槳式攪拌器，此有別於一般常選用同時能進行多組試驗的瓶杯試驗機。選用微電腦控制轉速單槳式攪拌器的好處在於能避免水質參數(如顆粒表面界達電位、殘餘濁度、pH等)的量測上因時間的延宕而造成誤差，致造成加藥劑量的誤判，因此，為避免此類的誤差造成，選用單槳式攪拌器以一次一杯水樣的方式進行瓶杯試驗。混凝劑的投加方式則是採用吸管吸取定量混凝劑後徐徐加入正準備進行快混的水樣中，此種加藥方式比用量杯裝盛定量混凝劑後一次大量投加法更能符合水廠加藥的方式，且一次大量的投加藥劑，造成水中混凝劑濃度劇烈升高，也會影響水中膠羽聚集的形態。混凝劑的使用種類主要以PACl及明礬與不同加藥量

進行瓶杯試驗，並在儘可能在淨水廠內控標準內，適當的改變pH值，以決定最適加藥量及最佳pH值。另外在特定的水廠(寶山、平鎮及鯉魚潭給水廠)，則以聚矽酸鐵混凝劑作混凝試劑。並於寶山給水廠及龍潭淨水廠使用高分子聚合物配合混凝劑進行瓶杯試驗。

在混凝過程中，快混階段添加混凝劑後會影響顆粒表面電位的改變，而顆粒表面電位會影響後續慢混階段之顆粒聚集能力，進而影響混凝/沉澱移除濁度顆粒及有機物的效率。因此，在實驗過程中利用動態雷射光散射儀量測不同混凝劑對於快混後顆粒表面電位變化，有助於辨別不同混凝劑對於混凝效率的影響。在混凝/沉澱完成後，以滴管取其上澄液量測殘餘濁度。

3-3-2 光纖膠羽偵測儀(PDA)監測

使用光纖膠羽偵測儀(PDA)監測原水水質變化提供水場加藥策略，利用PDA觀察膠羽粒徑大小的變化，量測快混後水樣中顆粒聚集程度，且發現PDA輸出比值對於濁度、酸鹼值以及混凝強度皆能進行良好的監測，使水場能掌握水質狀況，使用不同加藥策略，保持穩定的出水水質及水量(王，2003、甘等，1996)。

因此於混凝程序中利用重力流方式將攪拌槽中的水樣導引至光纖膠羽偵測儀，以觀察在不同操作參數下水中顆粒聚集之狀況。光纖膠羽偵測儀的Ratio值可作為懸浮液中顆粒聚集的指標。並利用PDA的訊號變化直接反應顆粒的聚集狀態，觀察膠凝狀態之絮凝指數FI值變化。PDA輸出的訊號為電壓波動的標準偏差值，依據光散射原理，該值為水中顆粒濃度和粒徑的函數，其可直接反應顆粒的聚集狀態，稱為膠羽絮凝指數(Flocculation Index)。如圖3-2所示，典型的FI曲線一般為S型由圖示可得出FI曲線的特徵參數如下：S為FI曲線上升

階段的最大速率，可以代表混凝反應速率； h_0 為FI的初始值，一般情況下幾乎等於零； h 為FI曲線的平衡高度，它與顆粒聚集體最終聚集的尺寸有關； t_1 為遲滯時間，代表顆粒聚集體開始出現的時間； t_2 代表FI曲線最大高度的反應時間。

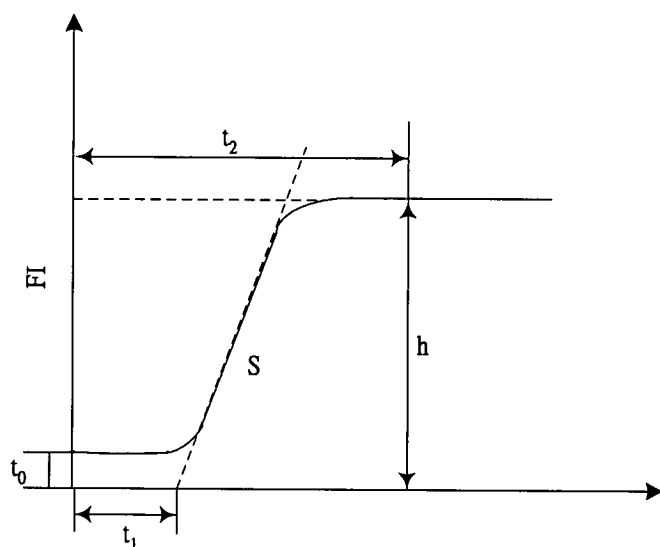


圖 3-2 膠羽絮凝指數(FI)

對原水顆粒而言，混凝的化學條件會直接影響混凝的反應速度，從而決定 t_1 及 S ；攪拌條件則直接影響聚集體的最終顆粒粒徑，從而決定 h 。

3-4 過濾性試驗

實驗室過濾性效能評估的目的是用來判斷經混沉後水樣的過濾性，而此可推得不同混凝劑形成之膠羽對後續過濾單元負擔的影響。所以本研究將過濾性效能評估分為經由混凝沉澱後取上澄液過濾，由此探討混凝前處理對後續過濾池負擔的影響。本研究所採用之過濾性試驗如下所述：

原水經混凝沉澱後，以500 ml定量瓶取上澄液定量至500 ml，倒入裝有0.45 μm 濾紙的過濾器中，打開幫浦抽氣至固定壓力(550 mmHg)，且需壓力穩定後方可將混沉後上澄液倒入過濾器中，並同時開始計時，至過濾完後讀取秒數計為 t 。再取相同500 ml的純水以上述相同方式操作，至過濾完時讀取計數為 t_0 。 t 與 t_0 的比值即為filterability number (Ives, 1978)，而filterability number的比值即為在本研究中作所採取的過濾性指標-吸取時間指標(Suction Time Index)(Ebie and Azuma, 2002)。

過濾性試驗STI值如下所示：

$$STI = \frac{500\text{ml處理水樣的過濾時間(s)}}{500\text{ml純水的過濾時間(s)}}$$

3-5 管中混凝加藥設備之現場混沉效能評估

在混凝過程中，有效的去除有機顆粒與無機顆粒，除了受pH、混凝劑的種類及劑量的影響，混合的強度也是不容忽視的。本研究團隊設計一套管柱快混反應器，進行模廠規模的混沉試驗，評估混凝有效性的提升程度，並與傳統瓶杯試驗做比較。Byun等(2005)曾設計一套管柱快混的新式反應器-Instantaneous Flash Mixer (IFM)其研究結果顯示，新式的快混設備不僅提升濁度及有機物的去除率，且移除較多的親水性有機物，最適的混凝劑劑量亦少於瓶杯試驗所得的最適劑量。

本研究團隊架設於寶山給水廠自行設計之管中混凝加藥設備，如圖3-3所示。藉由管中混凝加藥設備所產生的極大G值，使寶山給水廠的低濁原水與混凝劑於管中快速均勻的分散達到最佳的混合效果，再以瓶杯試驗機進行膠凝試驗，同時以顆粒計數器即時監測膠凝過程中膠羽生成之大小，並與以傳統的瓶杯試驗結果比較。

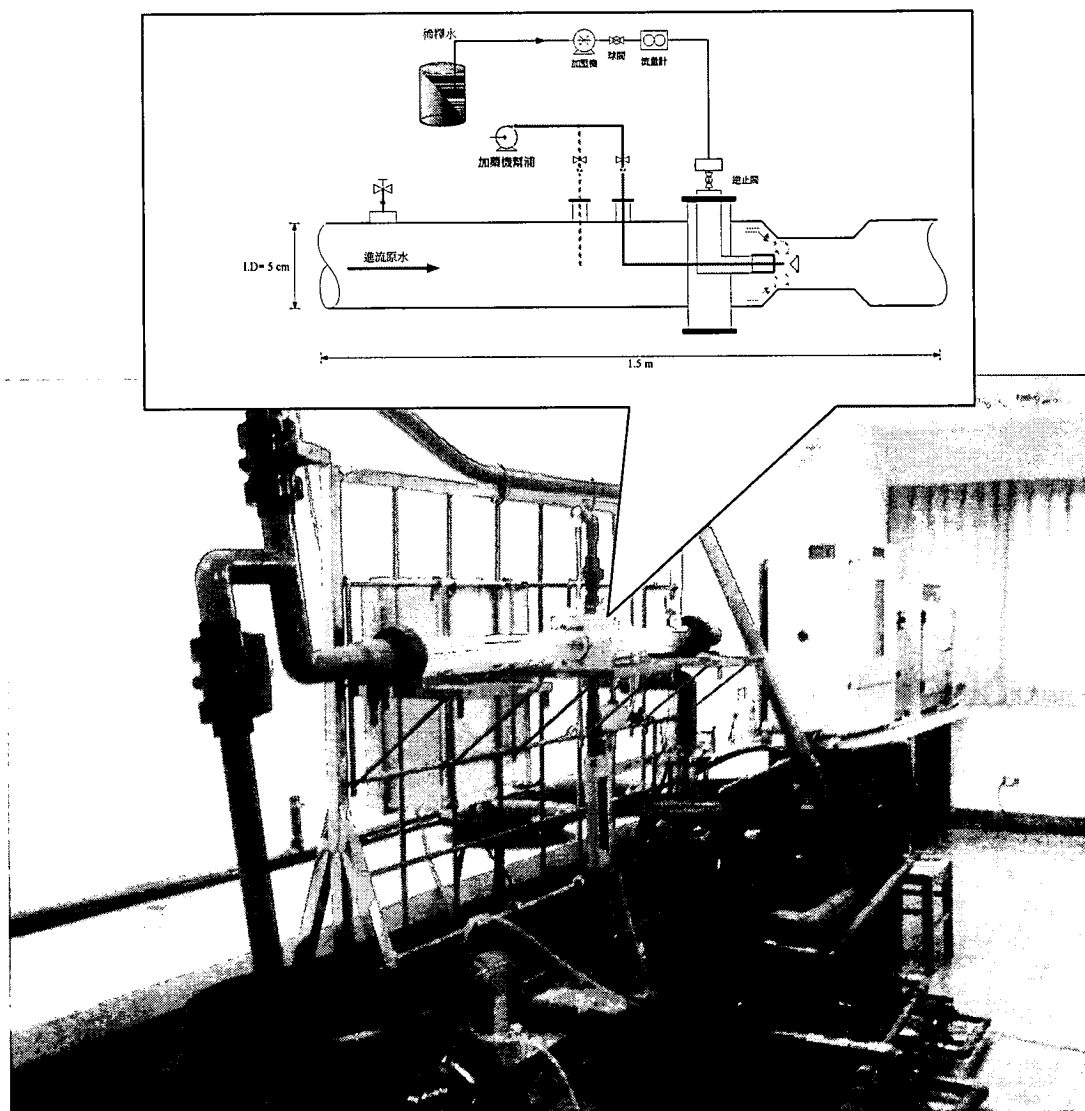


圖 3-3 管中混凝加藥設備

3-6 給水廠現場儀器評估

在經過計畫主持人黃志彬教授前往龍潭淨水場、東興淨水場、鯉魚潭給水廠及寶山給水廠現場實際了解操作情形，在經採樣並作實驗室試驗及與自來水公司決議，由本研究團隊於龍潭淨水場及寶山給水廠進行現場評估單元，並駐廠診斷處理效能。在最適化之試驗與研究時，應考量該淨水場處理流程、設備因素，以供相關水場之參考。給水廠現場儀器評估主要以光纖膠羽偵測儀(PDA)評估快混池之膠羽絮凝指數(FI)(如圖3-4所示)及顆粒表面界達電位儀量測顆粒表面界達電位評估快混池攪拌之情形。在慢混池及沉澱池單元以顆粒計數器(Particle counter)偵測慢混過程中膠羽的聚集過程中膠羽生長之情形及沉澱池上澄液顆粒粒徑及數目之變化，並採取沉澱池上澄液進行過濾性試驗(STI)以評估沉澱池上澄液過濾性之效能，同時以on-line濁度計即時監測淨水場過濾單元之清水濁度變化。此外，本研究將依據給水廠現場濁度去除效能及駐廠診斷評估之結果，在符合過濾水出水濁度內控標準(0.5 NTU)及不增加淨水場濾池反沖洗頻率之前提下，建立相關淨水場低濁度(含白濁水)難處原水處理之最適化操作程序及控制參數。

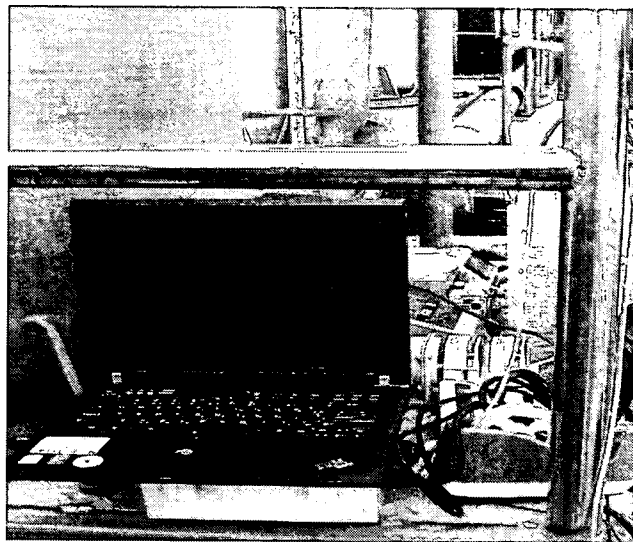


圖 3-4 以光纖膠羽偵測儀評估現場快混池之情形

第四章 低濁難處理原水水廠現況及問題分析

本研究已完成採取龍潭淨水場、鯉魚潭給水廠、板新給水廠、平鎮給水廠及寶山給水廠等五座遭遇低濁度難處理原水問題之原水水樣，並進行其水質分析及顆粒物化特性分析。五座淨水場之原水處理流程、處理問題及水質特性分述如下：

4-1 龍潭淨水場

龍潭淨水場原水來源主要為由石門水庫上游取水經由石門大圳引入淨水廠(98%)及清水坑(1.6%)，設計每日出水能力為5萬噸，但為了供應桃園地區居民用水，平均每日出水量為6萬2千噸，不足水源則由平鎮淨水場支援。龍潭淨水場平均濁度約0~50 NTU，當颱風來襲期間，因受風雨沖刷，原水濁度變化非常大，濁度經常突破上萬，如此劇烈變的水質，對於供水服務，造成相當大的困難。

(1)處理問題

本研究團隊於10月26日接獲龍潭淨水場通報該淨水場沉澱池發生膠羽微小不易沉澱之問題，造成後續處理程序困難，隨後後本研究團隊，隨即前往採取原水水樣，並詢問龍潭淨水場現場操作人員，淨水過程中所發生之問題及問題可能發生之原因。

(2)淨水程序

龍潭淨水廠目前處理程序為:快混池→膠羽池→沉澱池→哈丁式快濾池→清水池→廢水池，為了舒緩淨水場供不應求的情況，將編列預算加設快濾筒改善供水情形。

(3)水質及顆粒物化特性分析

龍潭淨水場低濁度難處理原水水質及顆粒物化特性分析結果如表4-1所示。龍潭淨水場低濁度難處理原水之pH約為8，濁度值約為20

NTU，其導電度低於200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 及鹼度約為66 mg/L as CaCO_3 ，與國內外水庫水比較(Johnson et al., 1995；劉，2007)，龍潭淨水場之鹼度偏低。鹼度偏低會增加淨水場混凝加藥控制的難度。此外，有機物(DOC)含量為3.7 mg/L，較一般地表水之有機物含量高，主要因為水庫水含有較多的藻類及微生物所致。此低濁水之濁度顆粒粒徑約為390~441 nm，屬於次微米級顆粒，且顆粒表面電位為-16.9~-19.3 mV，屬於帶負電性強之顆粒，不容易聚集沉澱，在0.1~1 μm 顆粒大小範圍之顆粒數為4891~4899 counts/ml。

此外，在酸性及鹼性條件下，龍潭淨水場原水顆粒之界達電位仍然為負值(-15~-20 mV)(如圖4-1)，此結果顯示其顆粒表面帶負電性不易受pH影響，使淨水場混凝聚集顆粒之難度增加，加藥控制不易，容易造成混凝操作效能低落問題的發生。而通常有機物附著於顆粒表面是造成顆粒表面電位不易受pH影響的原因，因位於顆粒表面的有機物在pH的改變下解離，使得顆粒表面界達電位即使在高pH值也處於穩定的狀態，因此龍潭淨水場發生低濁難處理原水之原因可能是由水中之有機物所造成的。

表4-1 龍潭淨水場低濁度難處理原水水質及顆粒物化特性
(2007.10.26)

水質分析項目	數值
pH	7.9 ~ 8.0
濁度(NTU)	17.2 ~ 20
導電度($\mu\text{S}/\text{cm}$)	183 ~ 189
鹼度(mg/L as CaCO_3)	66.5
DOC (mg/L)	3.7
顆粒粒徑(nm)	390 ~ 441
顆粒表面電位(mV)	-16.3 ~ -19.3
顆粒數(counts/ml)	4891 ~ 4899

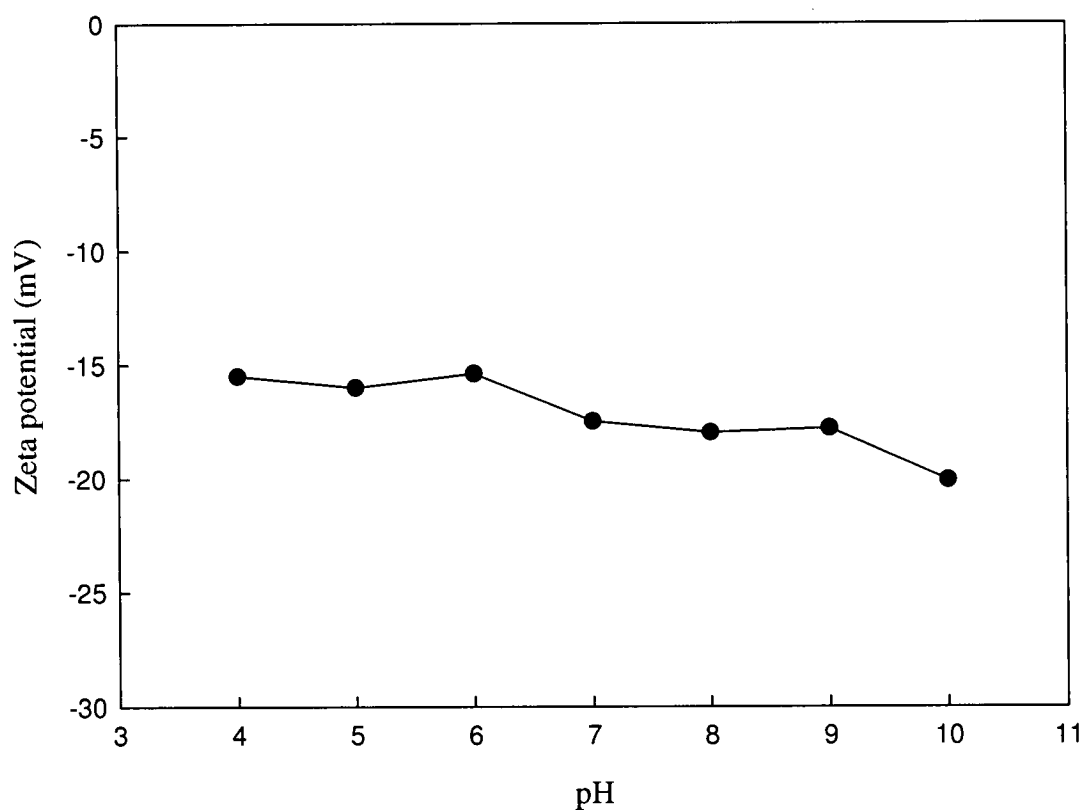
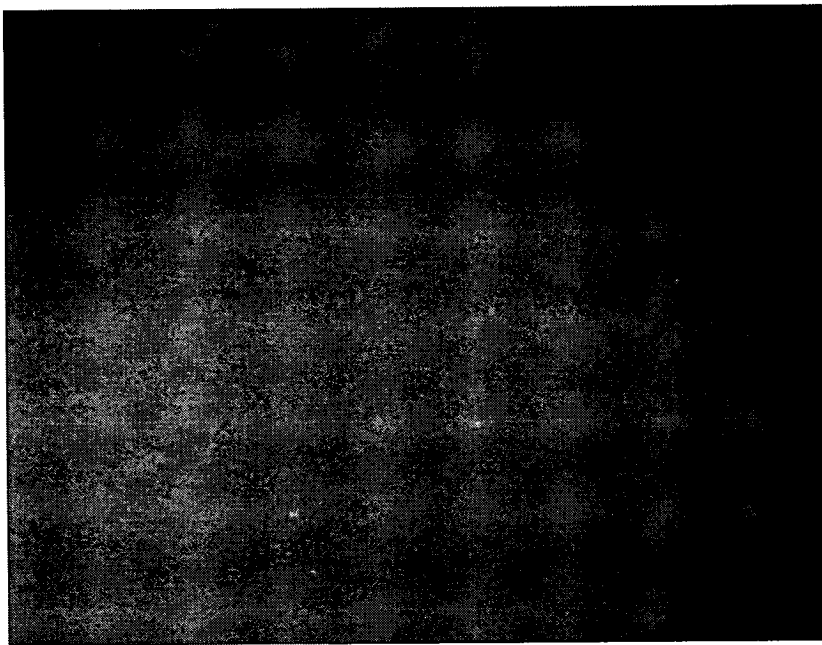


圖 4-1 龍潭淨水場原水顆粒表面界達電位與 pH 之關係

另一方面，因為龍潭淨水場低濁度難處理原水懸浮顆粒之外觀呈灰白色(如圖4-2(a))，此顆粒顏色與一般地表水之懸浮顆粒顏色(深褐色)不同，為了更了解此低濁度難處理水之顆粒特性，將其靜置至顆粒物聚集沉澱後，以光學顯微鏡觀察其顆粒外觀，發現顆粒聚集沉澱後之顏色為深褐色(如圖4-2(b))。此結果顯示，龍潭淨水場低濁度難處理原水呈現白色之原因，為懸浮顆粒外觀呈現白色，待固液分離後，顆粒本身之顏色(深褐色)即會呈現。

(a)



(b)

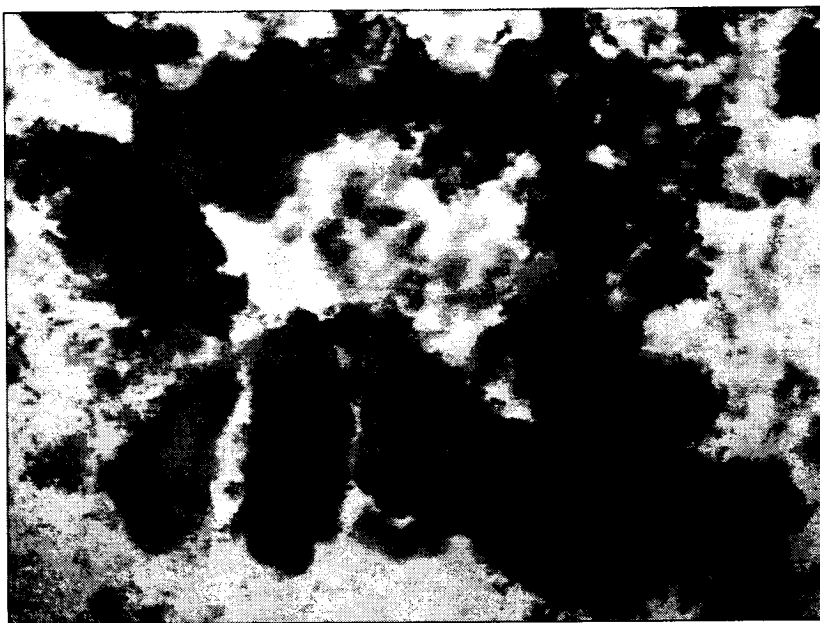


圖 4-2 龍潭淨水場顆粒之光學顯微鏡觀察: (a)低濁度原水懸浮粒($\times 200$); (b)聚集沉澱後之顆粒($\times 200$)

同時，為了能進一步了解龍潭淨水場低濁度難處理原水顆粒表面之特性，本研究分別探討其顆粒表面之有機物及無機物特性。在有機物方面，先使用離心機，在4000 rpm及4°C下，進行20分鐘的離心濃

縮，再經0.45 μm 濾紙過濾收集後(如圖4-3)，利用傅立葉轉換紅外光光譜儀(FTIR)進行其顆粒表面官能基之鑑定。FTIR分析的結果如圖4-3所示，在波長約為1000 cm^{-1} 附近出現了一個明顯的尖峰，經過比對後此尖峰所表示的官能基可能為羧酸(COOH)及醚類(C-O-C)(Pavia et al)。而根據研究顯示在波長為1000 cm^{-1} 在台灣水庫原水中羧酸(COOH)為主要的有機物種之一(吳，1999)，在邱氏(2007)研究顯示藻類中所含的多醣體(C-O-C)也是位於此波長範圍，藻類釋出有機物80 ~ 90%為多醣體，此為原水中DOC主要成份之一，原水中的DOC上升，會妨礙淨水處理的成效，且為消毒副產生前驅物質之主要來源，也易與水中細小無機物結合，成為有機性膠體之來源增加表面水處理困難，而Jaeweon et al. (1998)研究也顯示出現在950 – 1170 cm^{-1} 範圍的尖峰可能為多醣體。但也有研究顯示出現在1000 – 1050 cm^{-1} 範圍的尖峰為矽酸鹽(silicate)(Thuman, 1985 and AWWA committee, 1998)。因此，在無機物方面，則是將龍潭淨水場低濁度難處理原水利用ICP-MS進行全元素的分析，確認龍潭原水中含有何種元素後，再利用ICP-MS進行元素定量的分析。ICP-MS全元素的分析結果顯示，龍潭淨水場原水中含有微量的鈉、鎂、矽、硫、鉀、鈣、鐵等元素，其中又以鎂、鈣元素含量較高，分別為23.9 mg/L及7.3 mg/L，而鈣、鎂離子為天然水中之主要離子，水中若含有大量鈣、鎂離子會造成硬水會產生以下問題如：鍋爐產生鍋垢、消耗大量的清潔劑及產生味道影響可口度，但龍潭淨水場中所含之鈣、鎂離子總硬度約為87 mg/L as CaCO_3 ，仍在符合標準之範圍內，並未超出標準。此結果顯示，龍潭淨水場原水中並無含有較高濃度的矽酸鹽類。因此，龍潭淨水場低濁度難處理原水可能以水庫水源之有機物附著於顆粒表面為造成難處理之主因。

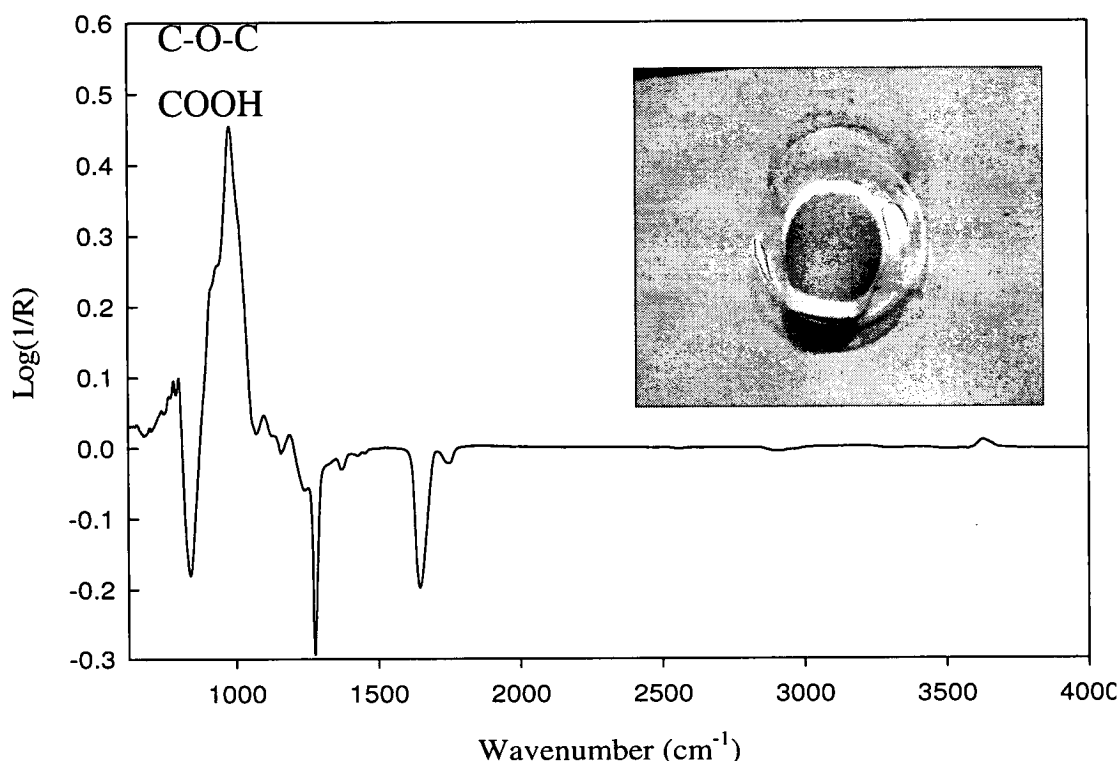


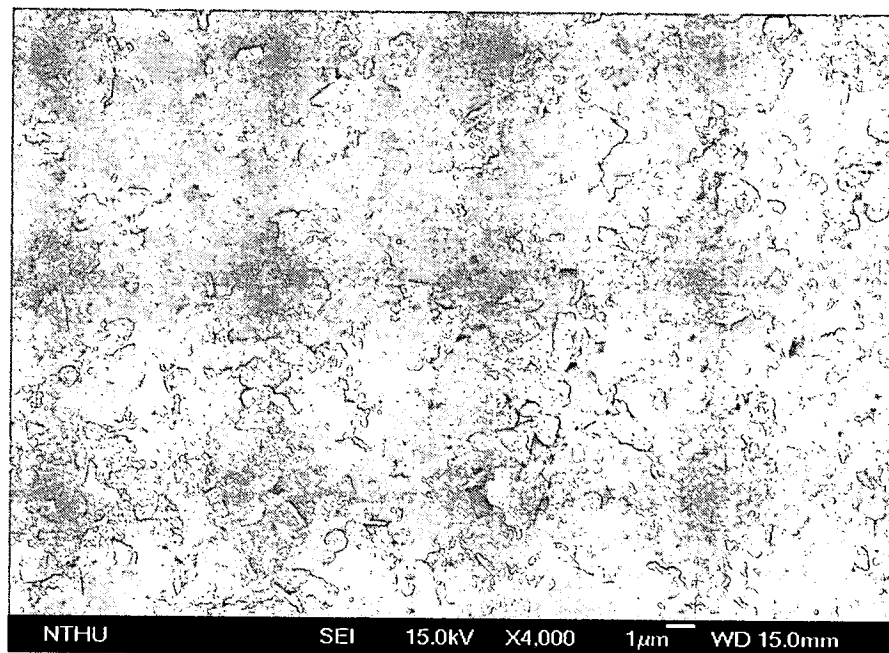
圖 4-3 龍潭淨水場原水顆粒之 FTIR 表面官能基分析

在發現龍潭淨水場顆粒表面電位不受pH值影響，但在不同pH值，原水在不經加藥混凝的條件下，會自行產生膠羽沉澱，在低pH值產生之膠羽為黃綠色，在高pH值為白色，為了更進一步瞭解龍潭淨水場低濁度難處理水在不同pH值下產生之膠羽性質，在以0.45 μm 濾紙收集不同pH條件下產生之膠羽，並利用場發式電子顯微鏡觀察薄膜上積垢物質之形態。

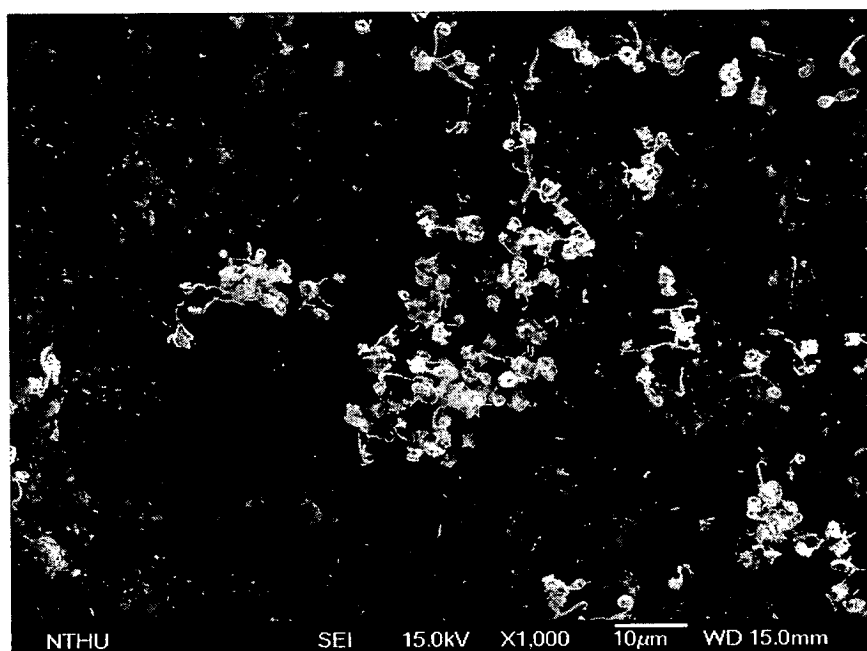
首先，以龍潭低濁度難處理原水進行觀察，如圖4-4(a)。由場發式電子顯微鏡的觀察下可發現在pH值不經改變時，薄膜上積垢物質主要是由原水中細砂等微小顆粒在薄膜上緻密堆積而成。而改變龍潭低濁度原水pH值為4時之黃綠色膠羽利用薄膜收集情形，如圖4-4(b)所示。在圖中可發現，這些呈黃綠色的膠羽利用薄膜收集後由場發式電子顯微鏡的觀察，除了出現與原水相同的小顆粒堆積情形外，也可

以很清楚的觀察到出現了許多呈現捲曲狀的線條物體附著在膜的表面，由圖4-4(c)可以很清楚的發現，在薄膜上堆積的形式與前二者的形式並不相同，在薄膜上排列的方式可以很明顯的發現，在pH值為11時呈結晶的狀態，原先出現在pH值為4時的捲曲狀的線條物體已經完全不見，綜合以上結果顯示龍潭低濁度難處理原水在不同pH值下，因水中酸鹼環境的改變，原水中所含的物質會在受到pH值的改變下沉澱，而一般金屬在鹼性的環境下會生成金屬鹽類沉澱，有機物在酸性環境沉澱（王，2002）。

(a)



(b)



(c)

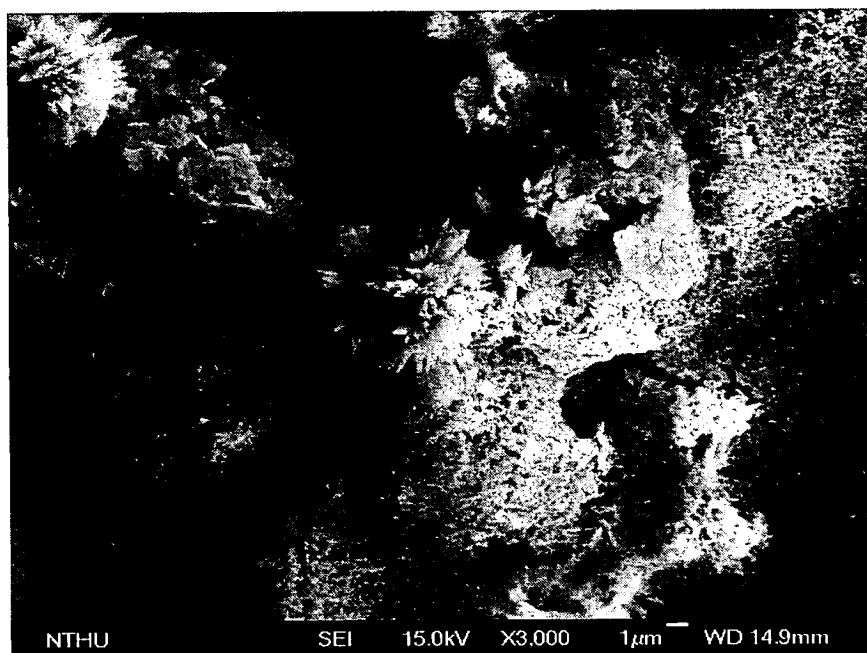


圖 4-4 龍潭低濁度難處理原水薄膜之觀察
(a)原水 pH 7.9($\times 4000$)(b)改變至 pH 4($\times 3000$)(c)改變至 pH 11($\times 1000$)

而為了瞭解原水在不同環境下所沉澱膠羽的屬性，因此利用EDX對薄膜進行半定量分析，結果如圖4-5(a)、(b)及(c)所示。在對原水進行半定量分析中可發現原水中含有Si、Al等微量金屬元素，而這些元素在本來就在天然原水中可發現，此外也有發現少量的碳、氧元素，這些可能是原水中的有機物。

而pH為4時，EDX半定量的結果顯示，除了原水中本來含有的Si、Al金屬外，C、O元素的量明顯上升，而腐植質的官能基中主要之含氧官能基為COOH(羧基)，且腐植質可依在酸鹼環境中的溶解度分為三類：1.在酸性條件下沉澱的腐植酸；2.在酸、鹼條件下皆可溶的黃酸；3.在酸、鹼條件下皆不溶的腐植素(腐植膠)。而在pH值為11時，EDX半定量的結果出現Ca、Mg金屬的尖峰，這些金屬離子在之前薄膜的觀測中並沒有發現，其中以Ca的含量最多，這是因為鈣、鎂在較高pH值情形下，形成碳酸鈣(CaCO_3)與氫氧化鎂($\text{Mg}(\text{OH})_2$)之難溶性化合物後沉澱。因此，龍潭低濁度原水在高pH值產生之白色沉澱物可知應為碳酸鈣及氫氧化鎂。

因此綜合以上結果顯示，在pH值為4時，在薄膜上出現捲曲狀的線條物體應為自然水體中所含的腐植質在酸性條件下沉澱所形成的，在pH值為11時，沉澱出的白色膠羽為鈣、鎂之難溶性化合物，而當原水中不論含有過多的有機物或鈣、鎂都會是造成原水難處理的原因。

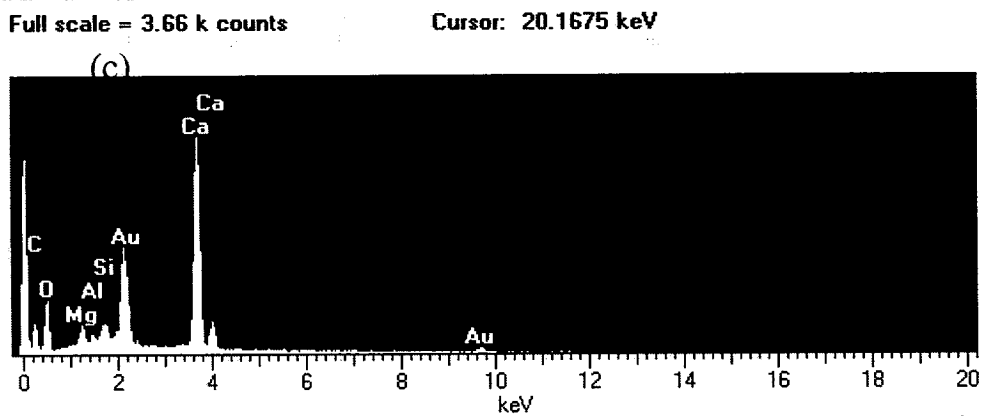
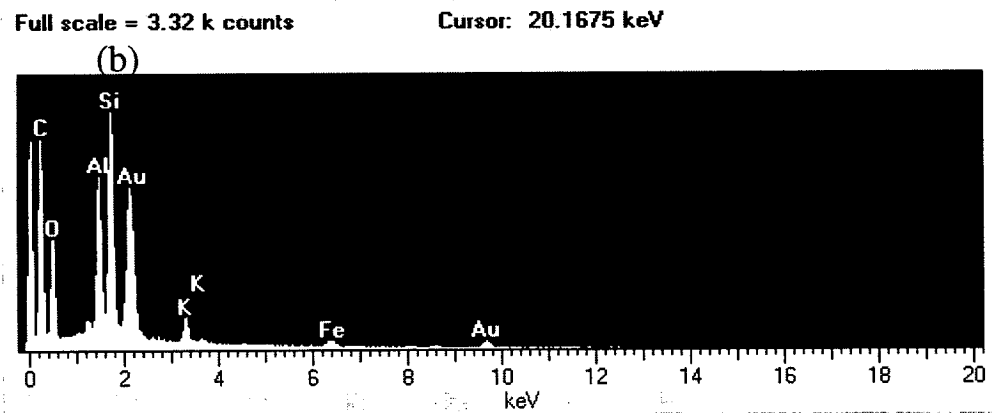
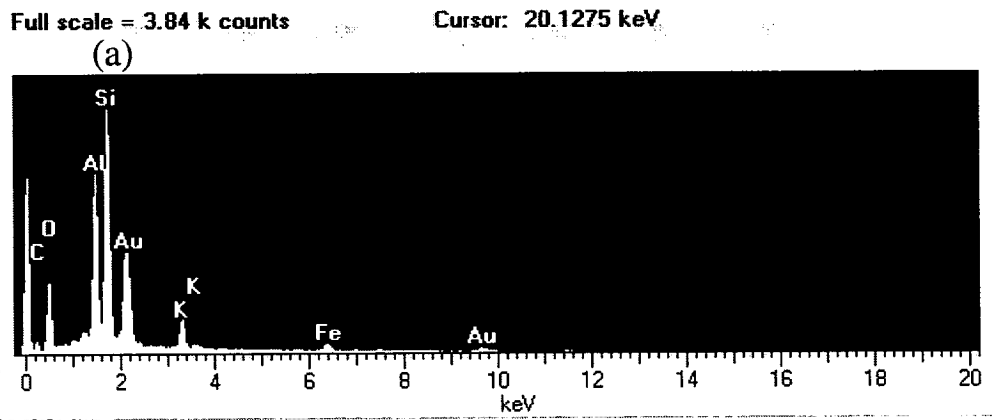


圖 4-5 龍潭低濁度難處理原水薄膜之元素分析
(a)原水 pH 7.9(b)改變至 pH 4(c)改變至 pH 11

4-2 鯉魚潭給水廠

鯉魚潭給水廠位於鯉魚潭水庫的下游，以鯉魚潭水庫為主要水源(100%)每日供應110萬噸的水量，平均每日出水60萬噸，除了供應大台中地區日常用水外，還包含了苑裡、通宵、三義、銅鑼及西湖地區每日約需48萬噸。

(1)處理問題

根據2007年8月15日鯉魚潭給水廠通報指出原水中發現含有大量藻類嚴重堵塞濾池，導致過濾池過濾性不佳而發生低濁度難處理原水問題。

(2)淨水程序

鯉魚潭給水廠目前處理設施分為兩期，一期處理設施為:快混池→高速膠凝池→快濾池→清水池，二期處理設施為:快混池→膠凝池→沉澱池→快濾池→清水池。

(3) 水質及顆粒物化特性分析

鯉魚潭給水廠低濁度難處理原水水質特性初步分析結果如表4-3所示。原水pH值約7.5，濁度相當低，範圍在1~2 NTU，導電度較高，約有307 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，顯示其溶解性物質含量多，DOC為1.0 mg/L。因為，鯉魚潭給水廠之難處理原水問題為藻類過多，故水質特性分析著重於藻類的觀察。

表4-2 鯉魚潭給水廠低濁度難處理原水水質特性(2007.08.15)

水質項目	數值
pH	7.5
濁度(NTU)	1~2
導電度($\mu\text{S}/\text{cm}$)	307
DOC (mg/L)	1.0

經過光學顯微鏡下觀察鯉魚潭給水廠原水，發現含有幾種水庫水常見之藻類，這些藻類種類主要依據經濟部水資源局公佈之水庫水藻類種類圖鑑判別。如圖4-6至4-8，鯉魚潭給水廠原水中應該含有顆粒直鏈藻、尾囊裸藻及依沙束絲藻等。這些藻類在靜置的水中會慢慢的團聚在一起形成肉眼可見得棉絮形的聚集體，但若流動的水中，這些藻類只有使用顯微鏡方能觀察得到。鯉魚潭給水廠原水之濁度並不高，混凝劑的投加反而會使濁度上升，不利過濾池操作。為了更進一步找出鯉魚潭給水廠低濁度難處理原水解決方法，本研究後續將繼續分析及探討不同混凝劑對此低濁度含藻之難處理原水混凝效能之影響。



圖 4-6 顆粒直鏈藻之顯微鏡照片(*Melosira granulata*) (×1000)

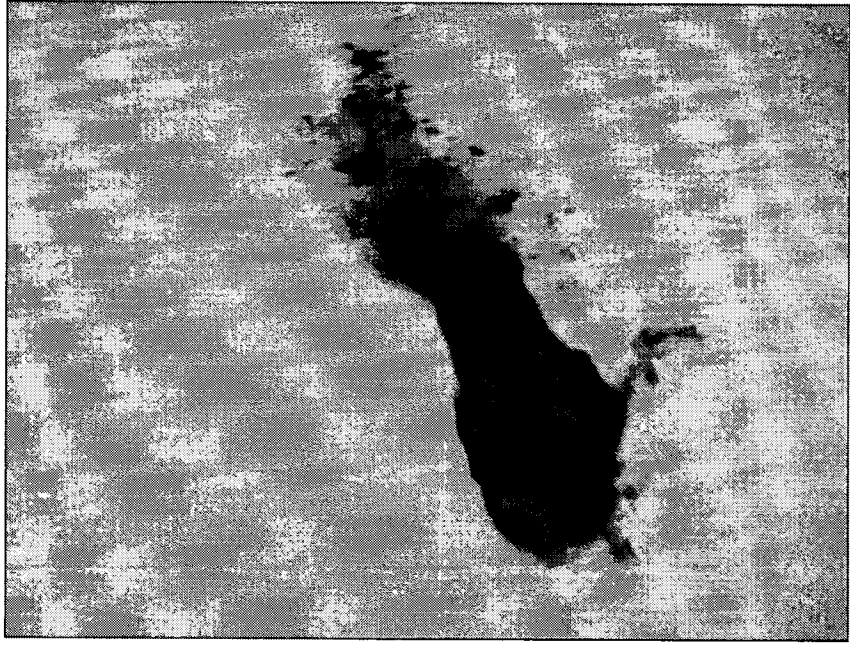


圖 4-7 尾囊裸藻之顯微鏡照片(*Trachelomonas caudata*) (×1000)



圖 4-8 依沙束絲藻之顯微鏡照片(*Aphanizomenon issatschenkoi*) (×1000)

4-3 板新給水廠

板新給水廠位於大漢溪中游，主要以地表水為主要取水源，其原水來源為大漢溪鳶山堰及三峽河三峽堰。板新給水廠設計出水能力120萬噸，目前處理量約85萬噸，平均每日出水量約65萬噸。

(1)處理問題

板新給水廠於2007年12月11日通報本研究團隊，該廠疑似發生白濁水問題，沉澱池膠羽不易形成，造成濾池負擔過重，以致供水困難，而發生難處理原水問題。

(2)淨水程序

板新給水廠目前有二套處理設施同時運行操作，分別為一、二期的傳統操作程序:快混→慢混→沉澱→過濾及三期的高速膠凝沉澱池。

(3)水質及顆粒物化特性分析

研究團隊於2007年12月12日抵達板新給水廠，現場進行原水採樣、分析及現場瓶杯試驗，板新給水廠低濁度難處理原水水質及顆粒物化特性分析結果如表4-3所示。板新給水廠低濁度難處理原水之pH約為7.8，濁度值範圍為67~74 NTU，其導電度約為200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，鹼度約為74 mg/L as CaCO_3 。有機物(DOC)含量一般，約為1.7 mg/L 。濁度顆粒粒徑範圍在220~1200 nm之間，且顆粒表面電位為-13.6~-15.6 mV，此水質分析結果與一般地表水之水質特性相似。

表4-3 板新給水廠難處理原水水質特性及顆粒物化特性
(2007.12.12)

水質分析項目	數值
pH	8.3
濁度(NTU)	67 ~ 74.6
導電度($\mu\text{S}/\text{cm}$)	196 ~ 198
鹼度(mg/L as CaCO_3)	74
DOC (mg/L)	1.70
顆粒粒徑(nm)	223 ~ 1204
顆粒表面電位(mV)	-13.6 ~ -15.6

由上述可知，板新給水廠遭遇之難處理原水水質並無異常，根據現場操作人員告知，當天遭遇難處理原水問題為一期傳統處理設備及三期高速膠凝沉澱池，兩者操作均發生困難，在淨水程序中所形成之膠羽太細小，濁度無法有效去除。隨之，依照現場操作人員以三期設備之控制參數，利用水廠提供之混凝劑及現場人員根據過去混凝操作經驗所決定之加藥量範圍，進行瓶杯試驗決定其最適加藥量，依照現場操作人員所提供之瓶杯試驗控制參數來模擬三期高速膠凝沉澱池膠羽形成之最適加藥量，無論在何種加藥量下，均無法將濁度顆粒聚集而沉澱移除。此結果顯示，最適加藥量的決定，對現場單元的操作是相當重要的。

4-4 平鎮給水廠

平鎮給水廠目前平均每日總出水量為55萬噸，以石門水庫水為主要水源，總計有三個取水點，分別為195取水站、第二抽水站及壩頂抽水站，平時由195取水站供應70%的原水水量及第二抽水站供應30%的原水水量，水庫水經由石門大圳引入平鎮給水廠，作為主要原水來源。當石門水庫原水濁度過高時，則由壩頂抽水站供應廠區所需原水水源。平鎮給水廠供水範圍包含中壢、楊梅、平鎮、大園、湖口、觀音、新屋、新豐等行政區，其中包含了中壢、平鎮、大園、觀音四大工業區。

(1)處理問題

平鎮給水廠於2008年1月22日由水廠相關工作人員通報發生低濁度難處理水，並敘述現場發生之狀況，原水濁度為5 NTU，加藥量約12~15 mg/L(as 10% Al_2O_3)，但在一期的哈丁式快濾池發生過濾性不佳，疑似膠羽鬆散，造成沉降性變差，經提高加藥量至25 mg/L(as 10% Al_2O_3)後，仍無法明顯的改善情況，導致需經常反洗濾床，被迫減量供水，因此本研究團隊隨即前往實地分析採樣並瞭解濾池設計及操作情況後，發現一期的哈丁式快濾池深度為40 cm，但是一期哈丁式快濾池在反洗時，無法提供足夠壓力，因此問題在發生低濁度難處理原水時較為嚴重，因為形成之膠羽粒徑過小容易進入較內層濾料，此時一般反洗無法有效回復濾池，造成過濾性不佳。

(2)淨水程序

平鎮給水廠的處理程序一期淨水設備以高速膠凝池及哈丁式快濾池為主要濁度去除單元，係將原水經混合加藥後送至高速膠凝池，出流水流至哈丁式快濾池過濾。高速膠凝池設計處理水量最大可達46萬CMD。二期處理程序為快混池→膠凝池→沉澱池，沉澱池出流水流

入韋勒式快濾池，反沖洗程序包含氣洗及水洗，引清水作為反沖洗水源，反沖洗時機由液位計控制。

一般平鎮廠原水濁度皆在10 NTU 以下，所採用的加藥方式與一般淨水場無異，僅於快混池中加入混凝劑，而當濁度高於200 NTU 時，則採用二階段加藥的方式，除了在快混池中加入混凝劑外，在進入沉澱單元前第二次加入混凝劑，以達到在較短的時間內降低濁度。

(3) 水質及顆粒物化特性分析

平鎮給水廠低濁度難處理原水水質及顆粒物化特性分析結果如表4-4所示。平鎮給水廠低濁度難處理原水之pH值約為7.9，濁度約為5 NTU，導電度約200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，鹼度為73 mg/L as CaCO_3 ，與一般水庫水相似，並無異常。而有機物(DOC)含量也僅有0.7 mg/L，顯示原水中並沒有大量藻類滋生，而以光學顯微觀察沉澱池上澄液的膠羽(如圖4-9)，發現膠羽是由混凝劑與無機顆粒混凝後聚集而成，其中並無大量藻類的存在。而原水中顆粒粒徑以300 nm以下的小顆粒為主要分佈。由於原水中低濃度的穩定顆粒，無法提供足夠之凝結核形成膠羽，因此混凝劑的投加不易與濁度顆粒碰撞聚集，因此平鎮給水廠發生之難處理原因屬於顆粒濃度低之低濁度原水。

表4-4 平鎮給水廠低濁度難處理原水水質及顆粒物化特性

水質分析項目	數值
pH	7.8 ~ 8.0
濁度 (NTU)	5.0 ~ 5.9
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	198 ~ 199
鹼度(mg/L as CaCO_3)	73
DOC (mg/L)	0.7
顆粒粒徑 (nm)	208 ~ 273
顆粒表面電位 (mV)	-10 ~ -13

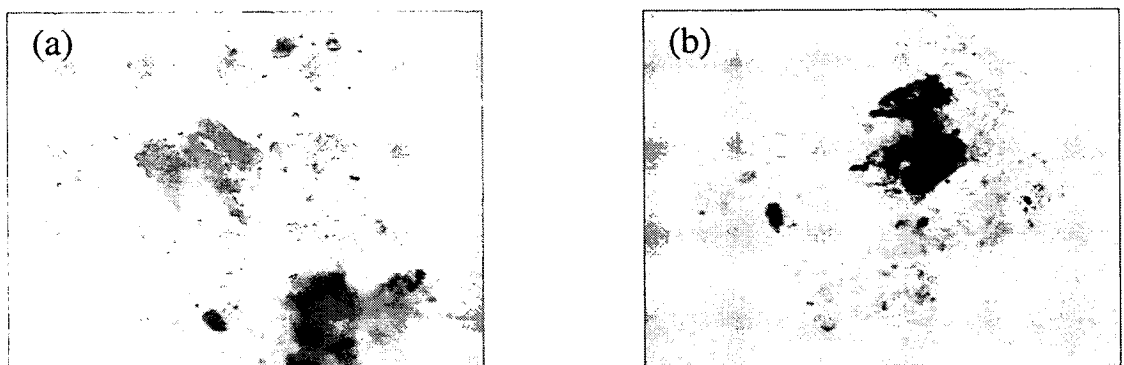


圖 4-9 光學顯微鏡觀察平鎮水廠一期沉澱池膠羽(a)、(b)($\times 170$)

4-5 寶山給水廠

寶山給水廠原水來源主要為寶山第一、第二庫水原水，主要供應新竹地區及科學園區。目前廠內淨水處理設施已有二期，第一期設計出水量為6萬噸，第二期設計出水量為5萬噸，合計設計出水量11萬噸。最大設計出水量14萬噸。因近年來用水量成長約40%，為因應新竹地區用水需求，目前寶山給水廠正在興建三期設施，預計完工後，可增加34萬噸出水量，提供量足質優的飲用水。

(1)處理問題

寶山給水廠位於寶山第一水庫及寶山第二水庫下游，主要水源以寶山第一水庫為主，共有四層抽水口分別為138.5 m、135.8 m、133.1 m、及130.4 m，當夏季枯水期或藻類等其他問題導致寶山第一水庫無法正常供水的情況下，才會調抽取寶山第二水庫原水為水源。5月2日，本研究團隊前往採樣分析時，現場工作人員告知，現場濾池在操作效能發生問題，尤其以二期處理單元最為嚴重，濾池無法在正常的情況下運作，濾程由正常時期的約40小時操作時間縮短為5小時，導致濾池反沖洗頻率，產生大量的反沖洗排水，且易在廢水池無法負載的情況下溢流出廢水池。

(2)淨水程序

寶山給水廠第一期淨水處理設備程序為:水躍池→膠羽池→傾斜管沉澱池→哈丁式快濾池→快濾桶。第二期淨水處理設備程序為;快混池→膠羽池→傾斜管沉澱池→綠葉改良式單層濾料。

(3)水質及顆粒物化特性分析

在進行水質分析後，分析結果如表4-5所示，當時原水濁度約為6 NTU，仍在一般水庫水正常時的濁度範圍，因此由高濁度造成濾池無法負荷的可能性並不存在，而DOC約1.2 ~ 1.5 mg/L，比起一

般低濁度原水略為偏高，導電度約303 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 也呈較為偏高的情況，原水的顆粒粒徑分佈相當廣泛，從1473 ~ 4172 nm，而顆粒粒徑的範圍與藻類大小(約5 μm)相當接近，因此，由上述種種條件，推測此次寶山給水廠發生供水問題可能是由寶山水庫原水中含有大量藻類所造成。

表4-5 寶山給水廠低濁含藻原水水質及顆粒物化特性
(2008.05.02)

水質分析項目	數值
pH	7.8 ~ 7.9
濁度 (NTU)	5.0 ~ 5.9
導電度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	303 ~ 304
DOC (mg/L)	1.2 ~ 1.6
顆粒粒徑 (nm)	1473 ~ 4172
顆粒表面電位 (mV)	-11.4 ~ -14.2

因此，本研究團隊前往一、二期的沉澱池及過濾池進行視察並進行上澄液的採樣收集，在採樣過程中分別從一期沉澱池的上澄液採集藻類的聚集體及在二期沉澱的黃色膠羽進行分析觀察，採樣分析結果如下表4-6所示。在表中可發現二期在沉澱池的溶解性有機物含量高2.4 mg/L，即使是經過濾池後仍有2.0 mg/L，皆高於一期沉澱池(1.51 mg/L)及濾池(1.34 mg/L)，且二期操作單元的顆粒表面電位也較為偏負值，均在-12 mV以上，而一期的顆粒表面電位為-5 ~ -7 mV，由此顯示二期的處理效能較一期更略遜一籌。在比較一期與二期的操作條

件，發現一期在慢混池及沉澱池分別有36分鐘及2小時的水力停留時間，反觀，二期在慢混池及沉澱池分別只有25分鐘及1小時的水力停留時間，而含有藻類的原水，除了藻類表面帶負電，需要消耗較多混凝劑的投加藥量外及較長的膠凝時間外，藻類的活性、形狀也影響藻類的去除，如具有較強活性藻類會自體消耗混凝劑，因此需添加較多的混凝劑，而藻類的外形會影響沉降速度，使膠羽不易沉澱，如針狀、條狀、片形。若藻類構造含有鞭毛之類的運動器官，即使形成膠羽，藻類也能穿出膠羽，而更難混凝沉澱去除。

表4-6 寶山一二期淨水單元之溶解性有機物及
顆粒表面界達電位

	DOC (mg/L)	顆粒表面電位 (mV)
寶山水庫水	1.6	-12.6
寶山給水廠原水	1.2	-14.2
一期沉澱池	1.5	-7.6
一期濾池	1.4	-5.0
一期沉澱池(藻類)	3.4	-10.4
二期沉澱池	2.4	-12.8
二期濾池	2.1	-12.1
二期沉澱池(黃膠羽)	2.3	-13

再分別將採取在一期沉澱池上澄液藻類的聚集體及二期沉澱池中的黃色膠羽進行過濾性試驗，如圖4-10。發現含有藻類聚集體的上澄液過濾性比起黃色膠羽還要更差，而為更進一步了解薄膜積垢的情形，因此使用光學顯微鏡對過濾後的薄膜進行觀察，觀察結果如圖4-11所示。由圖可清的看見薄膜的表面由許多細針形的藻類縱橫交錯般密密麻麻的佈滿薄膜的表面，而造成濾程縮短10倍的濾程。這次造成寶山給水廠濾池堵塞的主要原因便是由此種藻類-細針桿藻(*Synedra*)引起的(如圖4-12)。此種藻類殼面兩端逐漸狹窄呈針形，殼面長100 μm 到300 μm 。

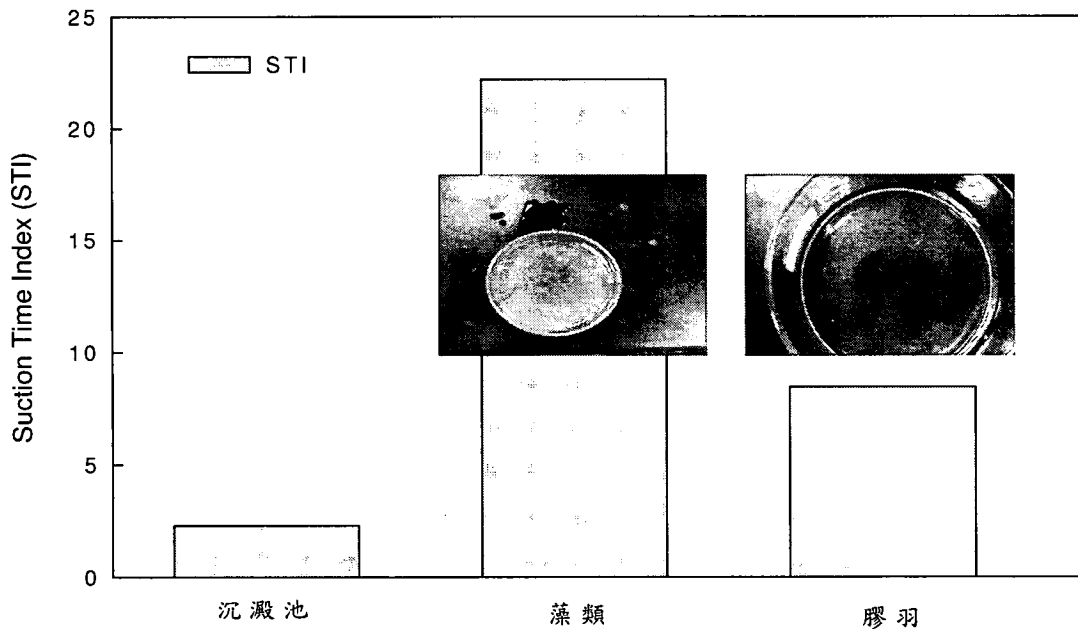


圖 4-10 寶山給水廠沉澱池上澄液之藻類聚集體及膠羽對過濾性之影響

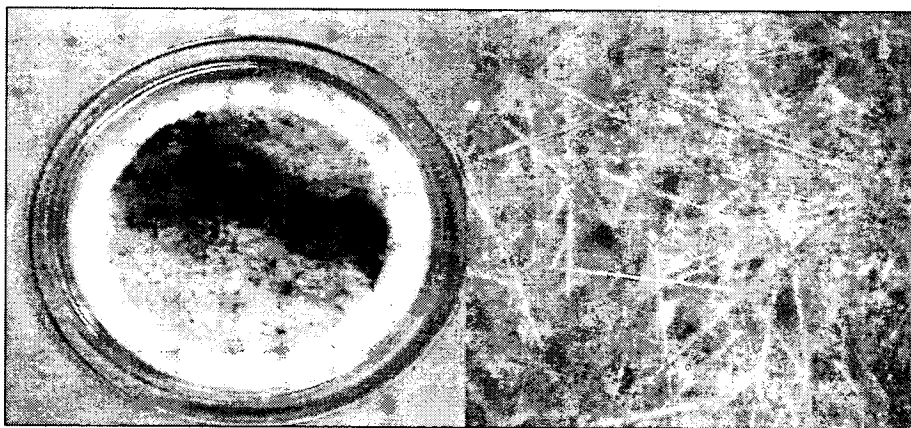


圖 4-11 薄膜表面之光學顯微鏡觀察($\times 170$)

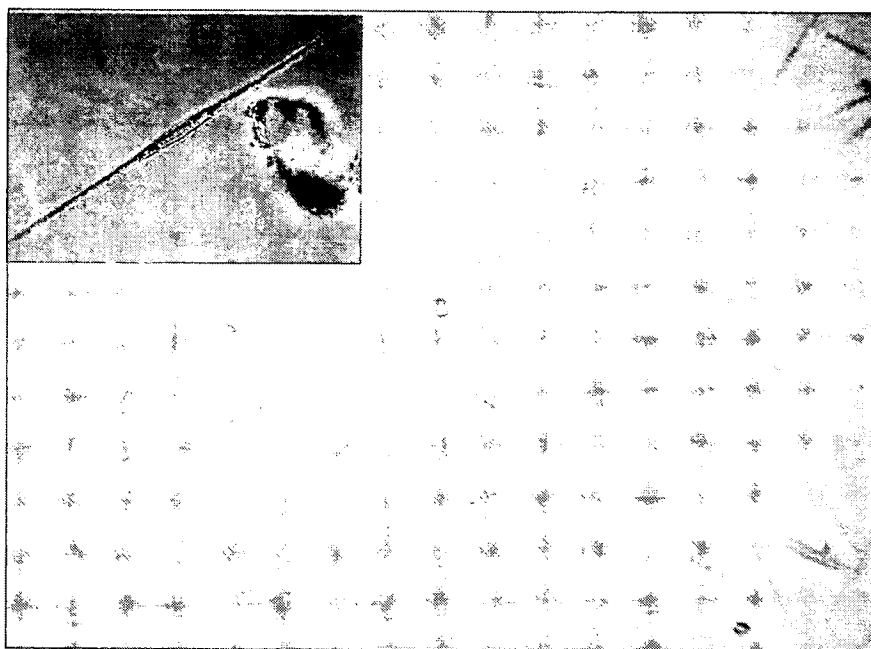


圖 4-12 細針桿藻(*Synedra*)之顯微鏡照片($\times 170$)

使用光學顯微鏡觀察濾池反洗出之膠羽及原水，如圖4-13至圖4-15。在濾池反沖出的膠羽中也有發現細針桿藻的蹤跡(圖4-13)，除此之外，在寶山水庫原水中還有發現其他藻種(圖4-14-圖4-15)，如星

盤藻及色球藻。一般星盤藻群體由8到64個細胞組成，細胞間隙大。內層細胞略呈四方形，細胞側壁中部不相連，細胞寬11到21 μm 。色球藻群體由4到32個或更多細胞組成，細胞球形或半球形，直徑約12到20 μm 。

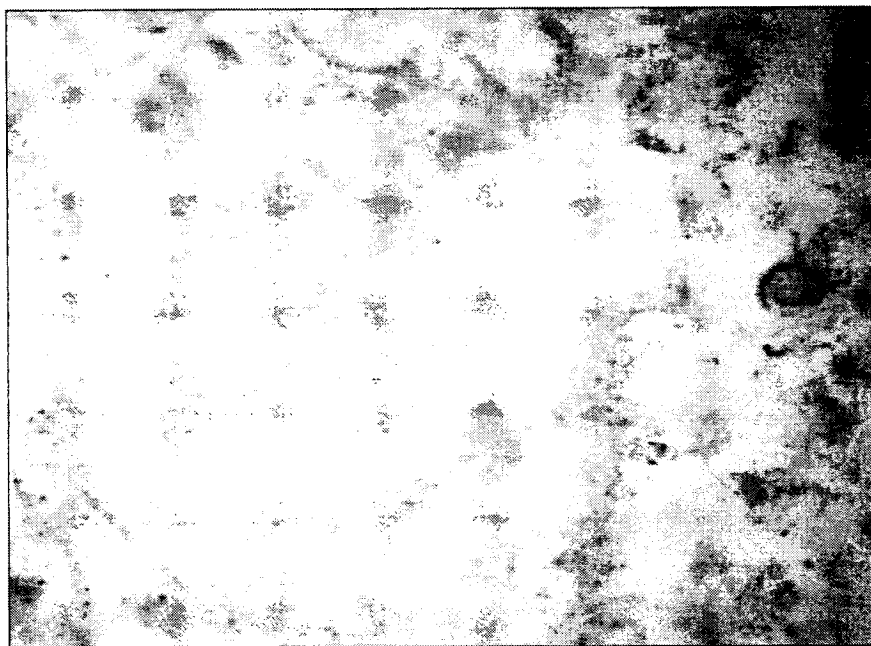


圖 4-13 寶山給水廠二期濾池反洗出膠羽之光學顯微鏡觀察
($\times 250$)

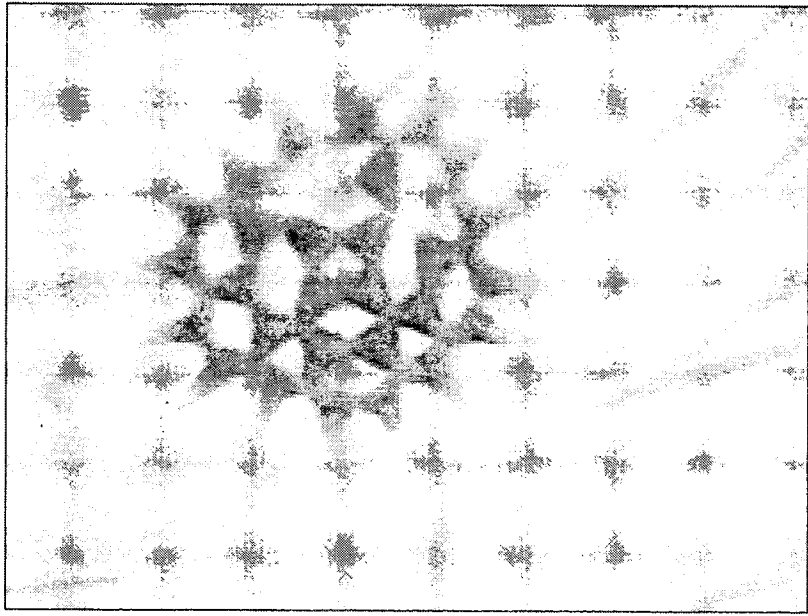


圖 4-14 星盤藻(*Pediastrum*)之顯微鏡照片(× 470)

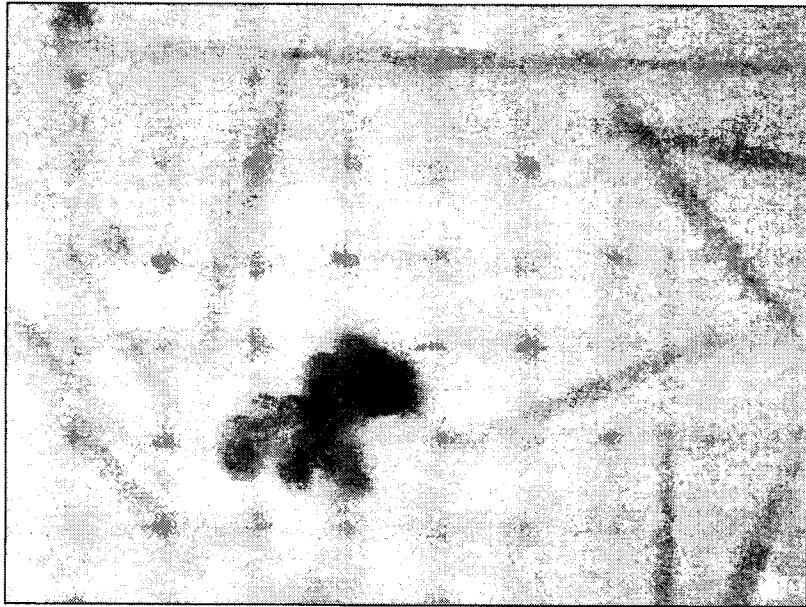


圖 4-15 色球藻(*Chroococcus sp*)之顯微鏡照片(× 770)

第五章 難處理原水實驗室混沉效能及過濾性評估

針對難處理原水之實驗室混沉及過濾性效能評估目的在於以瓶杯試驗找出淨水場難處理原水之最適化混凝控制參數，協助淨水場改善難處理原水之問題。因此，本研究以龍潭淨水場、板新給水廠、鯉魚潭給水廠、平鎮給水廠及寶山給水廠之原水進行實驗室批次混凝試驗，探討不同加藥策略如混凝劑種類及加藥量對難處理原水處理效能之影響。其中於龍潭淨水廠採取二種原水，分別為高有機物低濁度及低有機物低濁度，其中在高有機物低濁度原水探討以不同純度的PACl在不同pH值下對混沉及過濾性效能之影響，在低有機低濁度原水探討以高分子凝集劑及PACl稀釋效應對混沉及過濾性效能之影響。平鎮給水廠是低有機低濁度原水且與龍潭淨水場為相同水源，因此在平鎮給水廠部份則是探討以不同混凝劑種類對混沉及過濾性效能之影響。板新給水廠部份則探討PACl及硫酸鋁對混沉及過濾性效能之影響。而鯉魚潭及寶山給水廠同屬於含藻類低濁度原水，因此除了探討不同混凝劑種類對混沉及過濾性效能之影響外，在寶山給水廠也探討高分子凝集劑的使用對混沉及過濾性效能之影響。龍潭淨水場、板新給水廠、鯉魚潭給水廠、平鎮給水廠及寶山給水廠原水之實驗室混沉及過濾性效能評估結果分節說明如下：

5-1 龍潭淨水場

混凝過程中pH值的改變，會對混凝劑的水解形態及顆粒表面電位造成影響，進而影響混凝機制及混沉效能。此外，低濁度難處理水因水中濁度顆粒少，無法提供適當的碰撞聚集，因此為形成較大膠羽，只好投加大量的混凝劑，但投加大量混凝劑下，導致污泥量增加及濾池過濾週期縮短等問題(王，2005)。由此可知，混凝之pH控制、混凝劑種類及加藥量對低濁度難處理水之混沉效能影響甚巨。因此，本研究首先在龍潭淨水場低濁度難處理原水之混沉及過濾性效能評估實驗中，主要以龍潭淨水場使用之商用PACl混凝劑及實驗室製備之高純度PACl-Al₁₃ (60%)進行兩者對龍潭淨水場原水混沉效能之比較，並探討pH值對不同混凝劑混沉效能之影響。本實驗之瓶杯試驗操作的條件為快混150 rpm (1 min)、慢混30 rpm (15 min)及靜置沉澱20 min，沉澱完後立即取上澄液量測殘餘濁度並隨即定量500 ml以過濾器過濾，計算出過吸取時間係數(Suction Time Index, STI)。

5-1-1 不同純度PACl混凝劑對混沉效能及過濾性之影響

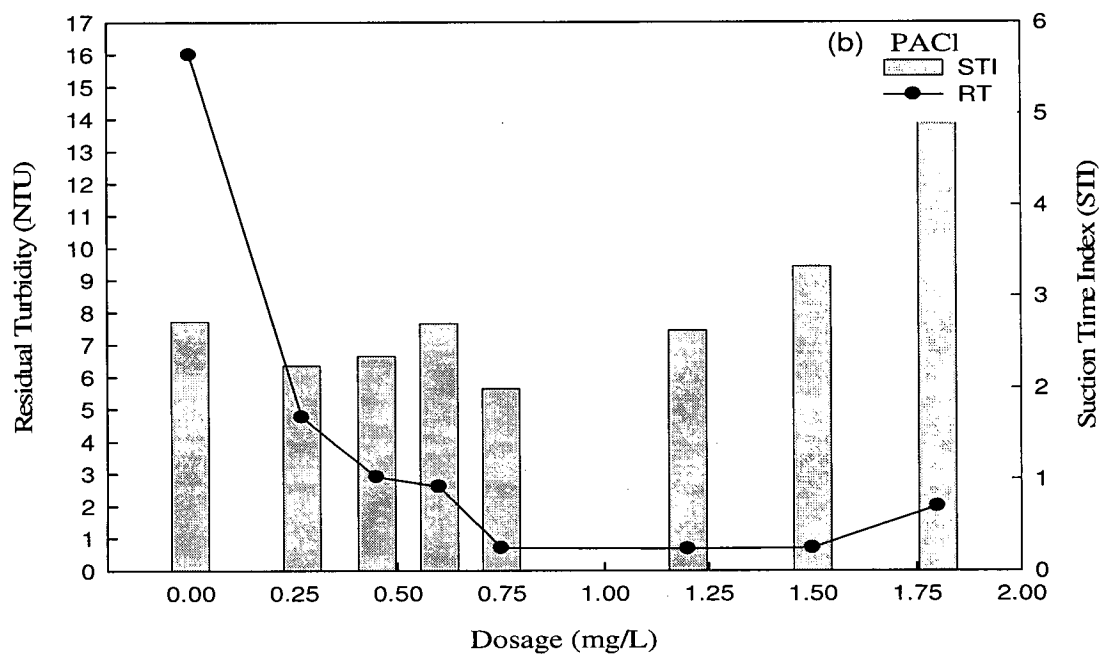
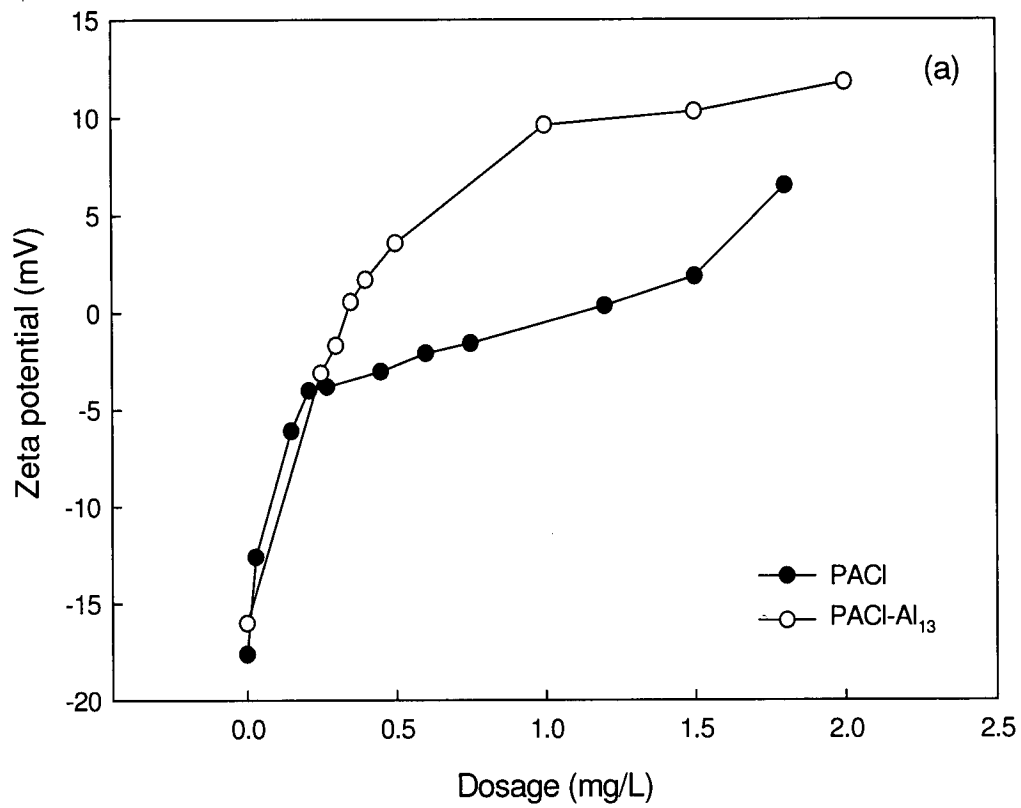
在不同PACl及PACl-Al₁₃加藥量下對龍潭淨水場低濁度難處理原水混凝之界達電位、殘餘濁度、STI值及最終pH值如圖5-1所示。由圖5-1(a)可知，PACl-Al₁₃混凝快混後之界達電位增加較迅速，主要因PACl-Al₁₃之Al₁₃含量較多，此結果顯示PACl-Al₁₃對顆粒之電性中和能力較佳，在較低之加藥量下即可使顆粒達到電性中和的效果。然而，PACl的濁度去除率較PACl-Al₁₃高。PACl在加藥後，混凝後上澄液之殘餘濁度及STI皆明顯的降低，在達到最適加藥量後，STI值達到最小，此後STI隨著混凝劑量逐漸增加而上升，但混凝劑持續的添加，

濁度去除的效果並沒有持續增加。在PACl-Al₁₃加藥後，混凝後上澄液之殘餘濁度明顯的降低，在最適加藥量時，殘餘濁度達到最小，並維持一穩定的數值。但STI並無隨著混凝劑逐漸增加而明顯的下降，PACl-Al₁₃的加藥量與STI無一定的關係。此外，由圖5-1(d)可知，PACl及PACl-Al₁₃添加至水中後對pH改變之影響並不相同。雖然如此，但PACl及PACl-Al₁₃之最適濁度去除均發生在中性pH值左右。

上述結果顯示，PACl及PACl-Al₁₃之混凝行為有所差異。許多文獻已經指出混凝最適加藥量為顆粒達到電中性之加藥量，但是由圖5-1(a)、(b)及(c)可知，PACl及PACl-Al₁₃混凝之最適加藥量並未符合此觀點。PACl因含有許多的單體鋁，加入水中會迅速水解形成Al(OH)₃的膠體，在中性條件下，PACl是以沉澱掃除為主要顆粒去除機制，在膠羽沉澱過程中將顆粒去除。PACl因水解而消耗水中之氫氧根離子，所以水中之鹼度會被消耗而使pH明顯下降。然而，因為Al(OH)₃膠體過濾性不佳，故在達到最適加藥量後，繼續增加PACl之加藥量會仍可有效去除濁度顆粒，但此時上澄液會產生過多不利過濾的Al(OH)₃膠體，導致其STI隨之上升，且因過量加藥導致顆粒呈現再穩定(Amirtharagjah and Mill, 1982)，殘餘濁度開始增加，致使STI也大幅上升。

另一方面，PACl-Al₁₃因為含有較多的聚合鋁，加入水中不會水解，故pH值隨加藥量增加之變化幅度不大。同時，因PACl-Al₁₃之電性中和能力較強，其顆粒去穩定機制為電性中和，雖然加藥量的增加可使更多的顆粒去穩定，但因水中殘餘鋁也會影響過濾性(王等，2005)，故在加藥量增加後，上澄液殘餘鋁也會增加，導致在最適加藥量下，上澄液STI並無明顯的下降。

綜合上述，不同純度的PACl混凝劑，因混凝機制的差異，影響低濁度難處理原水混凝膠羽的形成及上澄液之過濾性亦不相同。水廠使用PACl混凝劑之聚合鋁含量約15 – 20%，其總鋁含量主要是以單體鋁形式存在，故其混凝機制主要以沉澱掃除為主，在此狀況下，若加藥過量則不會造成顆粒再穩定現象(需有足夠鹼度)，會導致但過濾性變差。至於高純度的PACl- Al_{13} 混凝劑之混凝機制為電性中和，且對處理低濁度難處理原水有較寬廣的加藥區間，但仍需控制適當的混凝劑量，以免殘餘鋁太多影響上澄液之過濾性。



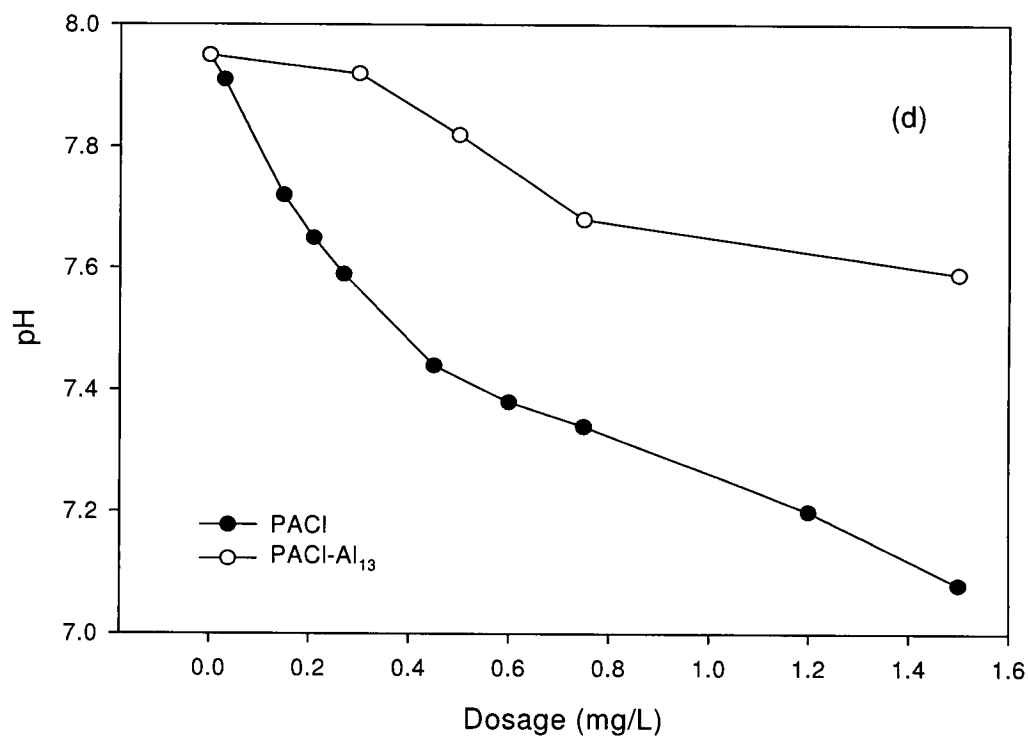
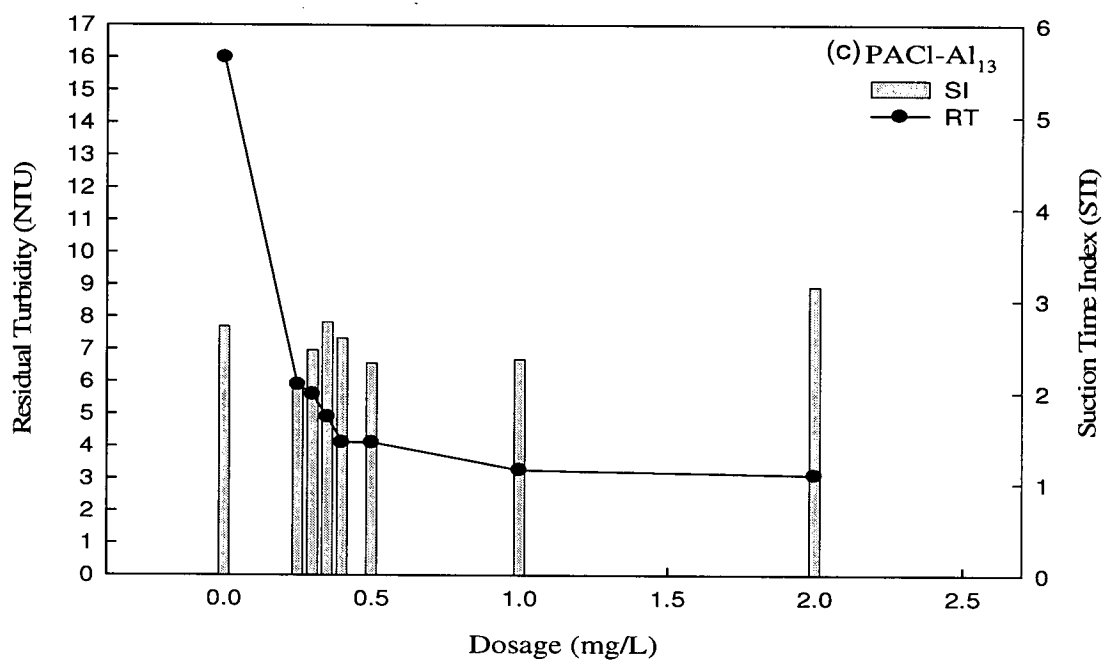


圖 5-1 不同純度 PACl 加藥量下龍潭淨水場難處理原水之混沉效能: (a)界達電位、(b)與(c)上澄液殘餘濁度及過濾性及(d)最終 pH (as Al mg/L)

5-1-2 pH對不同純度PACl混凝劑混沉效能之影響

低濁度難處理水最適化之操作條件亦會受pH值之影響。在此分別選定PACl及PACl- Al_{13} 混凝劑的加藥不足點、電性中和點及過量加藥量三點，PACl及PACl- Al_{13} 在不同的pH值下進行混沉效能評估，兩者之混凝實驗結果分別如圖5-2及圖5-3所示。

由圖5-2中可知，對PACl而言，三種不同的混凝劑加藥量的趨勢皆是在中性pH 6~8的範圍有較佳的濁度去除效果，在較中性範圍以外的pH值殘餘濁度皆有明顯上升的趨勢，此現象之原因為PACl之混凝機制為沉澱掃除的方式去除顆粒，且無論加藥量為何，在pH 7時均使顆粒表面達到電性中和，故此時混沉效能極佳。相反地，由圖5-3中可知，對PACl- Al_{13} 而言，不論是那一種加藥量下，pH對殘餘濁度的關係均呈現相同的趨勢，即濁度去效果隨pH值增加而提升，在pH 9時達到最佳的殘餘濁度。此現象是因為在鹼性條件下，高純度PACl- Al_{13} 會產生較多的 Al_{13} 聚集體(Wang et al., 2004)，有助於顆粒之聚集，混凝後可形成較大的膠羽，以去除濁度顆粒，但此時需要較多的加藥量才能有效的將顆粒去穩定。

由此可知，以沉澱掃除為主要混凝機制之PACl最適pH為7，而以電性中和為主要混凝機制之PACl- Al_{13} 最適pH為鹼性，但需要足夠的劑量才能有效的去除濁度。

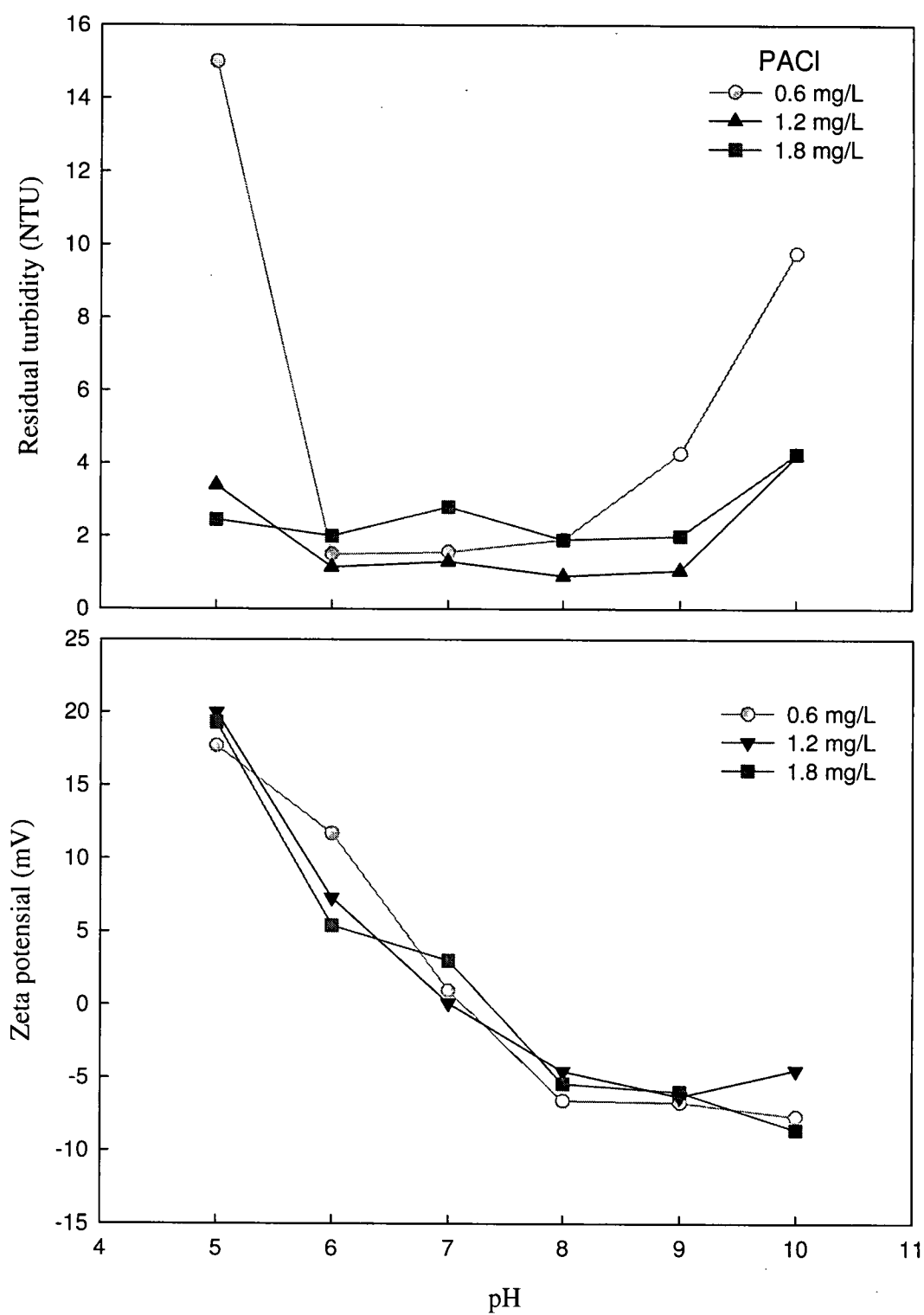


圖 5-2 pH 對 PACI 混沉效能之影響

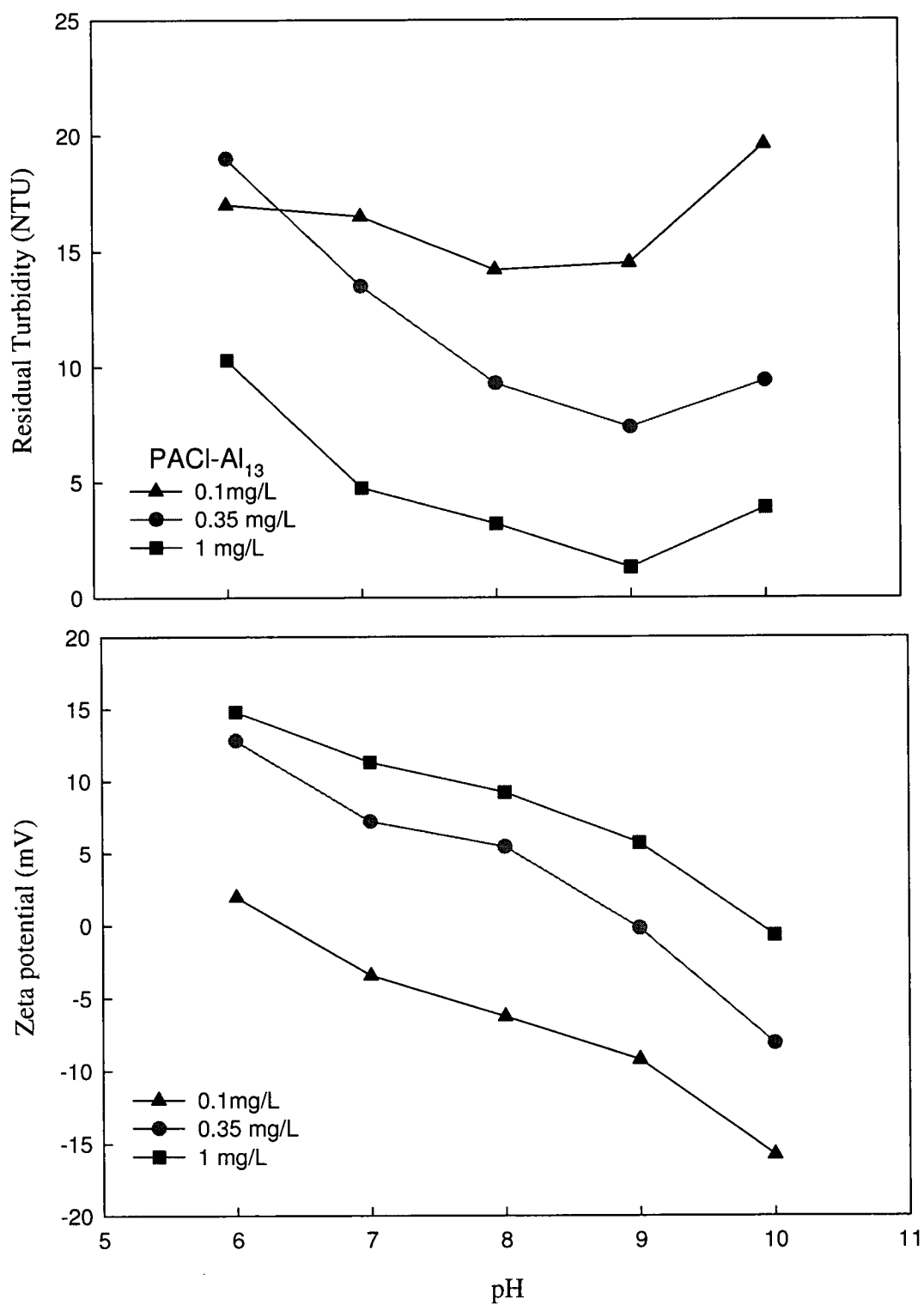


圖 5-3 pH 對 PACI-Al₁₃ 混沉效能之影響

5-1-3 高分子凝集劑對混沉效能及過濾性之影響

以高分子凝集劑為混凝劑對混沉及過濾性效能之影響如圖5-4所示。高分子凝集劑在添加後顆粒表面界達電位的趨勢由劇烈增加到逐漸平緩與一般混凝劑並沒差異。高分子凝集劑在低加藥量(0.1 mg/L)的投加下，濁度雖有去除效果，但並不明顯，殘餘濁度仍有高達3 NTU，但卻仍有良好的過濾性，這是因為高分子凝集劑在最適加藥量下，能形成較密實之膠羽，有效減少水頭損失，因此具有提升過濾性之效能，但是水中溶解性有機物(DOC)卻從增加三倍，從原本的0.4 mg/L 增加至1.2 mg/L，而隨著高分子凝集劑持續的添加顆粒表面界達電位呈電性逆轉，顆粒再次達穩定狀態，殘餘濁度上升，且高分子凝集劑過量使用的結果，更造成的過濾性(STI)的變差，這是因為過量的高分子凝集劑會在膜表面形成一層膠體(gel)，造成孔隙堵塞，導致過濾性變差(Nguyen & Ripperger, 2002)。

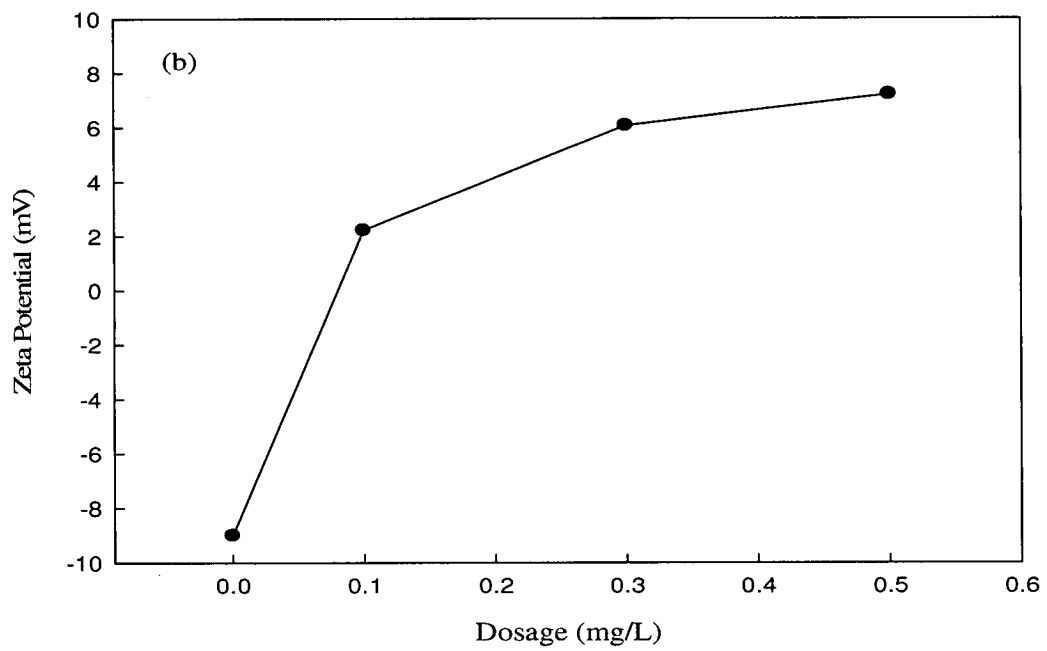
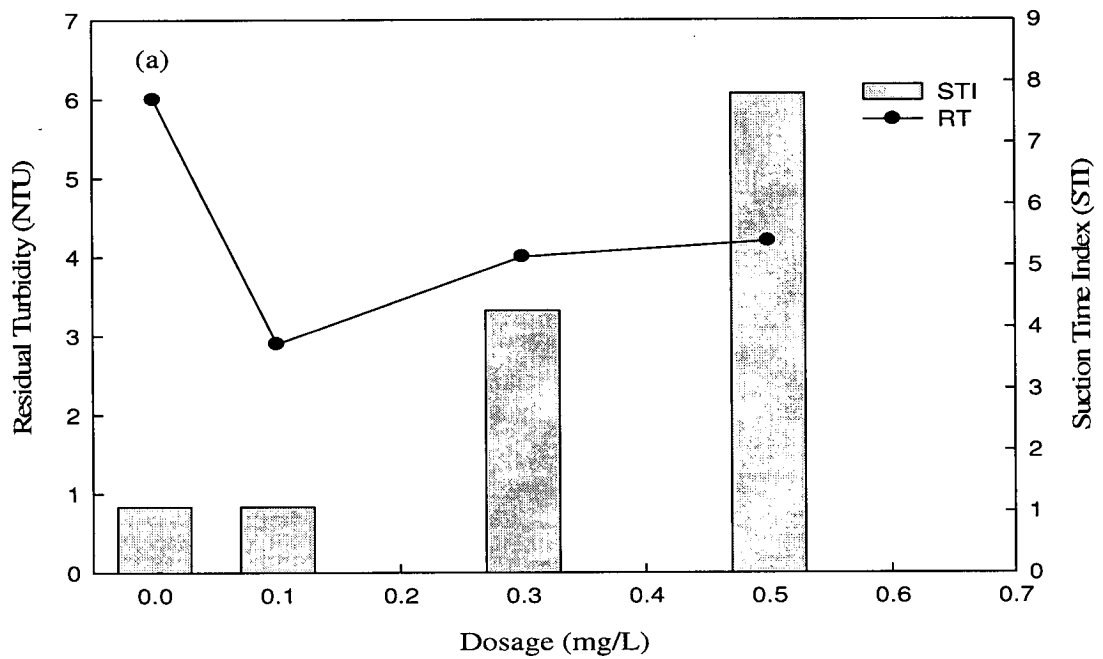


圖 5-4 高分子凝集劑加藥量與(a)混沉後上澄液殘餘濁度與過濾性及(b)顆粒表面界達電位之關係

5-1-4 PACl搭配高分子凝集劑對混沉效能及過濾性之影響

圖5-5為PACl搭配高分子凝集劑加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係。經由先前的實驗，得知PACl在濃度為1 mg/L時，有較佳之過濾性，因此PACl的加藥濃度為1 mg/L，而高分子凝集劑(PAM)國內法規規定最高添加濃度為1 mg/L。因此，分子凝集劑選擇添加的濃度分別為0.1、0.3、0.5 mg/L，而加藥的順序為在快混時先添加混凝劑，再加入高分子凝集劑。由圖5-5可知，添加高分子凝集劑對於濁度的去除並沒有明顯的幫助，但是高分子凝集劑的添加能有助於過濾性的提升，這也是因為高分子凝集劑有吸附架橋及電性中和的能力，能藉由架橋作用吸附膠體顆粒形成較大的膠羽結構及強度，且有更強的微粒與濾料顆粒及微粒之間的鍵結作用，減少脫附現象(李等，2004)。

圖5-6為量測PACl搭配高分子凝集劑加藥量與混沉後上澄液殘餘濁溶解性有機物之變化。由圖可知溶解性有機物的濃度隨著高分子凝集劑的增加而上升，這是因為水中膠體顆粒不足，高分子凝集劑無法完全發揮吸附架橋的作用，反而溶解於水中導致溶解性有機物的增加。

雖然添加高分子凝集劑有助於減少水頭損失，提升過濾性，但是高分子凝集劑對於人體健康的影響也是長久以來備受關注的，主要因為高分子凝集劑由聚丙烯醯胺組成，其單體被質疑可能增加致癌風險，且高分子凝劑集亦可能與淨水程序中所添加之氧化劑(如臭氧等)反應生成消毒副產物，因此在使用高分子凝集劑處理無機低濁原水之前更應嚴格評估。

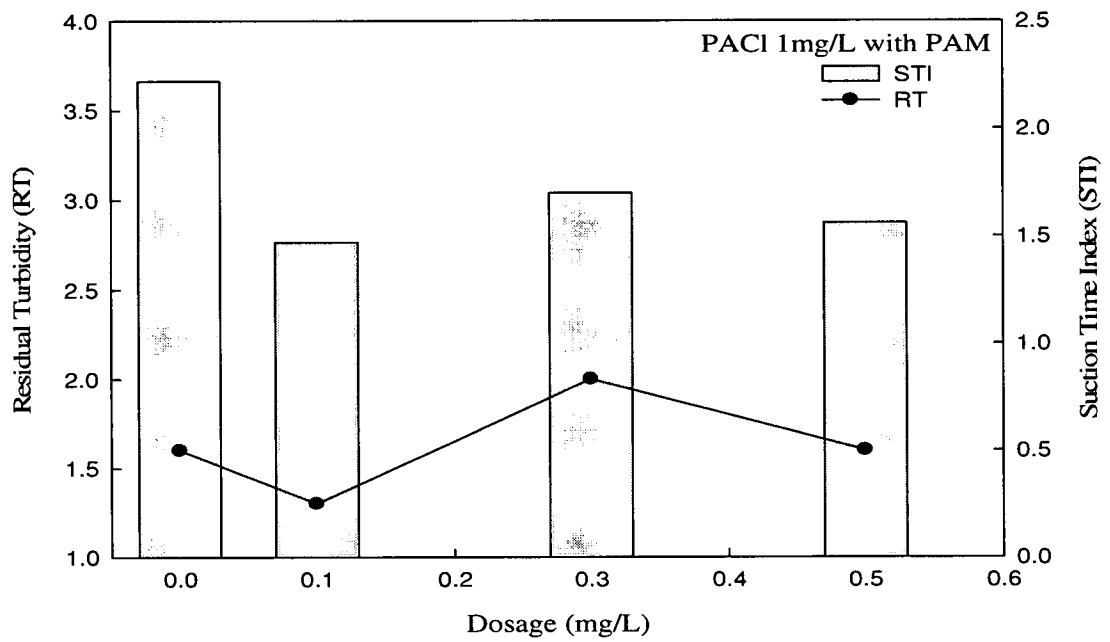


圖 5-5 PACI 搭配高分子凝集劑加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係

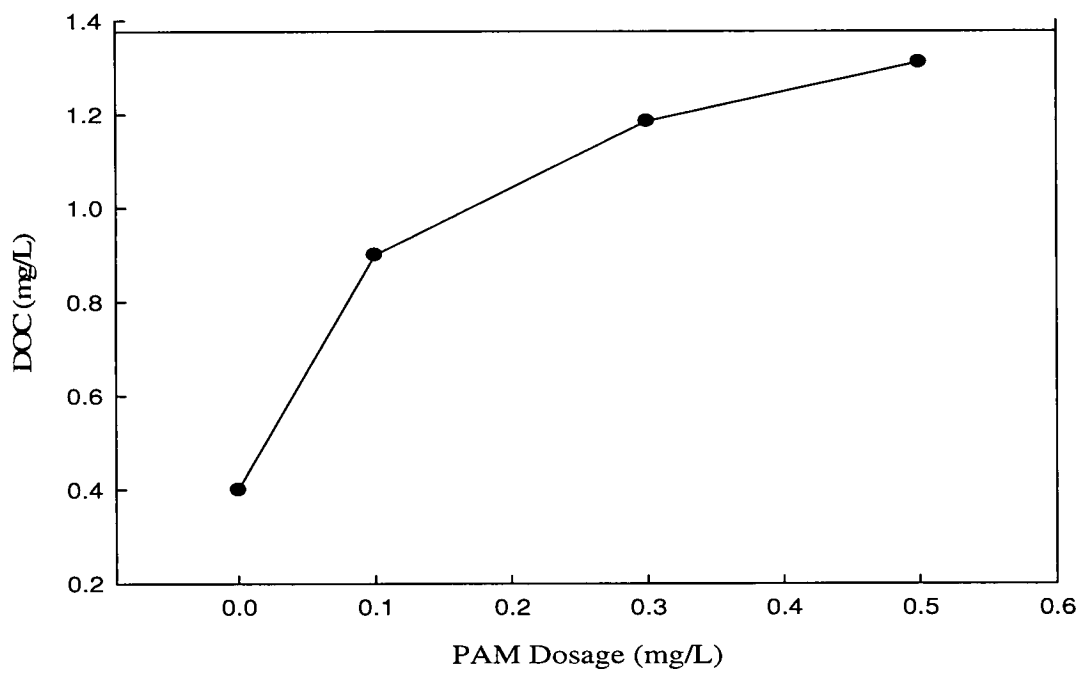


圖 5-6 PACI 搭配高分子凝集劑加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及溶解性有機物之變化

5-1-5 混凝劑稀釋效應對混沉效能及過濾性之影響

因低濁原水的低濃度穩定顆粒無法提供良好的碰撞聚集，而有效的提高G值，能增加顆粒與顆粒間的碰撞聚集形成膠羽，但一般水廠的設計無法像實驗室操作瓶杯試驗可以任意改變不同G值，因此由預先稀釋混凝劑，增加混凝劑擴散性，提升快混池效能之相當重要的。在此將探討稀釋混凝對無機低濁原水混沉去除效能及過濾性之影響。

在本實驗中使用之混凝劑為龍潭淨水廠提供之商用PACl混凝劑，作為實驗中未經稀釋混凝劑的藥品，混凝劑原始濃度約為49,000 mg/L as AL，在進行混凝劑稀釋效應實驗之前，先將混凝劑稀釋30倍，作為預先稀釋混凝劑的藥品。在進行未經稀釋混凝劑的實驗之前，必需先吸取適量體積的混凝劑，加入去離子水中混合均勻後，再經由ICP-AES定量，確定其不同添加量混凝劑的濃度後，隨後進行以下實驗。

圖5-7(a)、(b)是以光纖膠羽偵測儀量測PACl不同加藥量下膠羽生成情形及膠羽絮凝指數與殘餘濁度之關係。由圖5-7(a)可知膠羽絮凝指數隨著加藥量的增加而逐漸的增加，經稀釋混凝劑在加藥量1為mg/L時，膠羽生成最大之FI值約有2.4，隨後增加藥量下FI值略為下降但仍皆大於2.0以上。相對的，圖5-7(b)未稀釋混凝劑的添加對於膠羽的生成並沒有明顯的幫助(皆小於0.1)，即使逐漸的增加混凝劑，仍然無法幫助膠羽的生長。由以上結果可知經過稀釋的混凝劑更能形成較大的膠羽，兩者之間的FI值有二倍的差距，這是因為經稀釋混凝劑有較佳的擴散性較能與濁度吸附電性中和，因此濁度顆粒較能聚集成較大的膠羽，而FI值的差異是無法從殘餘濁度量測中發現。

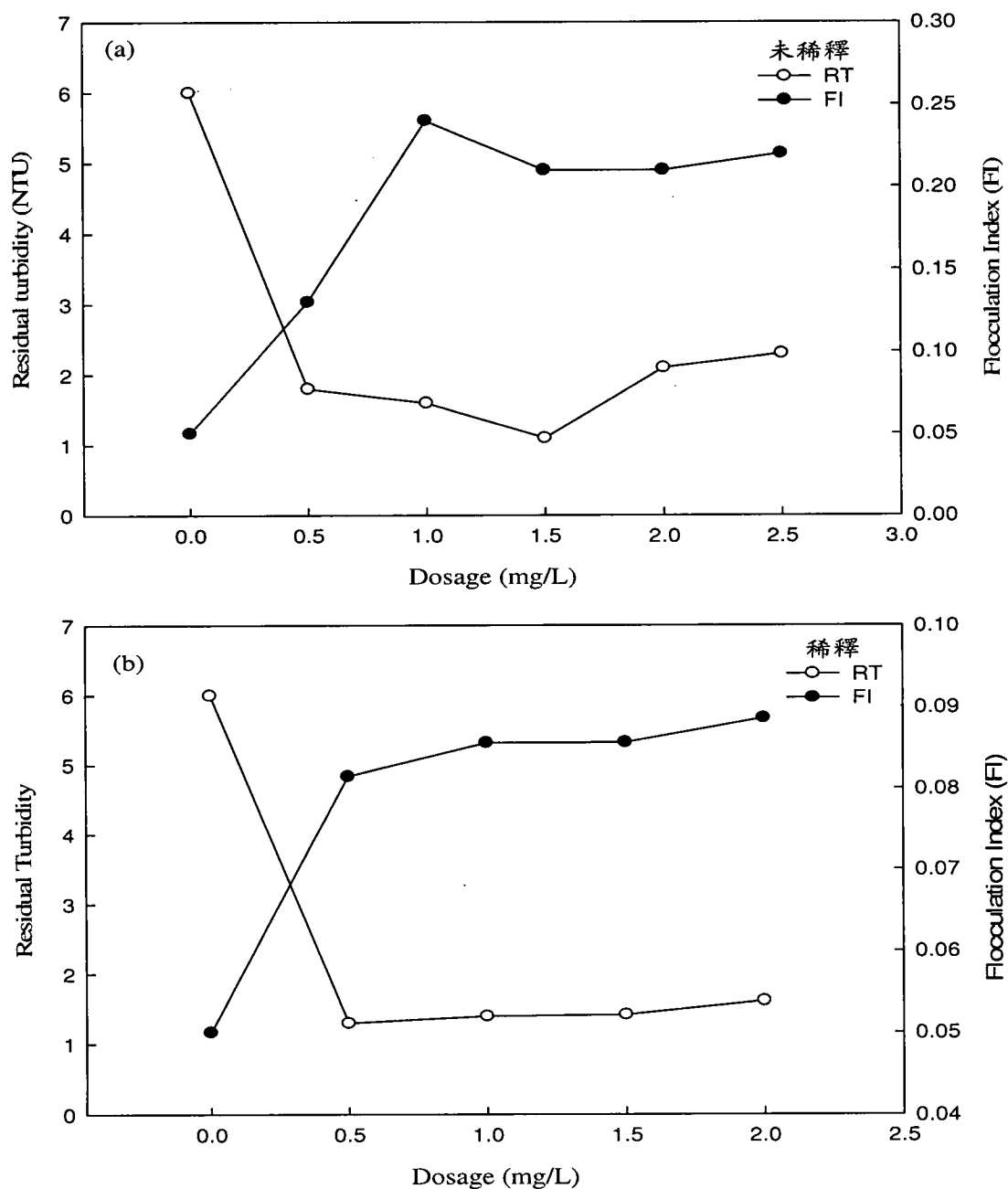


圖 5-7 PACl 不同加藥量與膠羽絮凝指數(FI)及殘餘濁度之關係
(a)經稀釋(b)未稀釋

在比較混凝劑稀釋效應對無機低濁原水混沉後上澄液過濾性之影響，如圖5-8所示。由圖可知經預先稀釋混凝劑經混沉後上澄液的過濾性隨著混凝劑的增加導致過濾性略為變差。未稀釋的混凝劑經混沉後上澄液過濾性，也有隨著加藥量的增加而過濾性變差的趨勢。但在二者相比較下，未稀釋混凝劑經混沉後上澄液過濾性明顯的變差，在2.0 mg/L加藥量下的STI更是高達5，是預先稀釋混凝劑混沉後上澄液的2.5倍。這是因為未經釋混凝劑在投入水中後，濃度劇烈變化，產生自發水解，生成較大量的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 膠體沉澱物，雖然可靠沉澱掃除機制達到穩定去除濁度顆粒的效果，但上澄液殘留許多的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 膠體顆粒亦會造成過濾性不佳。而預先稀釋混凝劑也有自發水解的反應，但擴散性較佳，較能與顆粒聚集形成緻密膠羽，因此上澄液殘留的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 膠體顆粒較少。

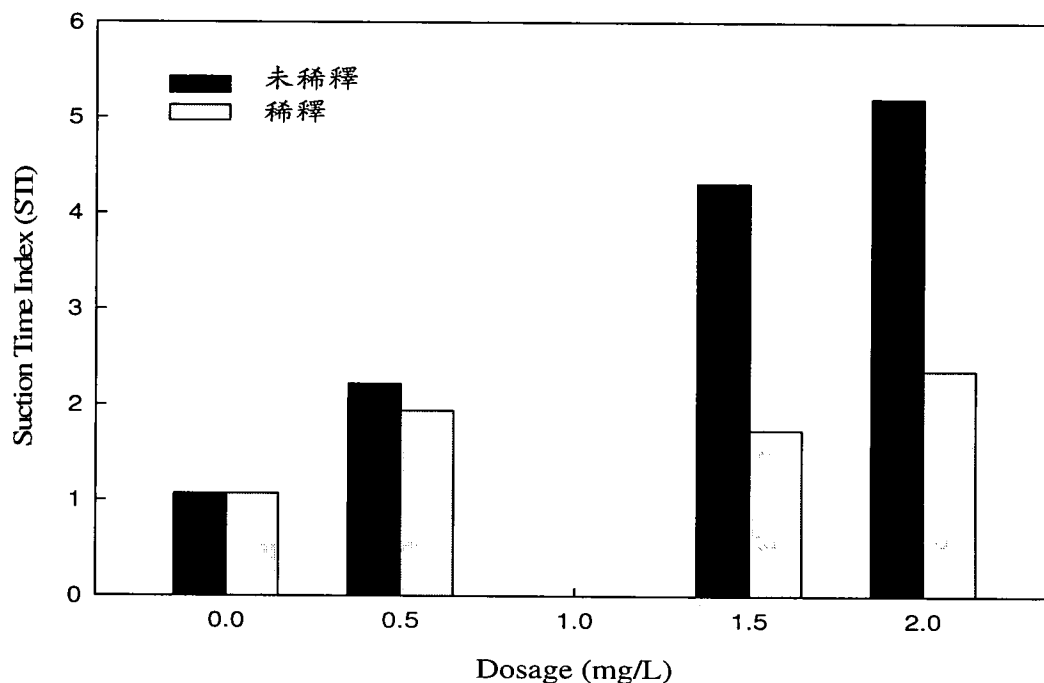


圖 5-8 PACI 稀釋效應對無機低濁原水混沉後上澄液過濾性之關係

以顆粒計數器監測混凝過程中顆粒粒徑變化如圖5-9及5-10所示。從圖5-9可知未經稀釋之混凝劑在開始加藥後，水中小顆粒粒徑為2-3及3-5 μm 有減少趨勢，其中2-3 μm 從原先的1600 #(*#:每毫升顆粒數)減少至1200 #。持續慢混下膠羽開始產生破碎的情形，水中小顆粒數目逐漸上升，尤其以2-3 μm 上升的趨勢更明顯，又增加至1600 #。由此可知未經稀釋混凝劑無法形成緻密的膠羽，因此在慢混過程中容易破碎。

而經稀釋混凝劑(如圖5-10)有較佳擴散性，能提高顆粒碰撞的效率，與顆粒產生電性中和形成較大且緻密的膠羽，所以在慢混的攪拌下膠羽並沒有發生破碎的現象，且3-5 μm 的顆粒更是減少將近50%，因此殘留於上澄液的小顆粒較少，有助於過濾性之提升。

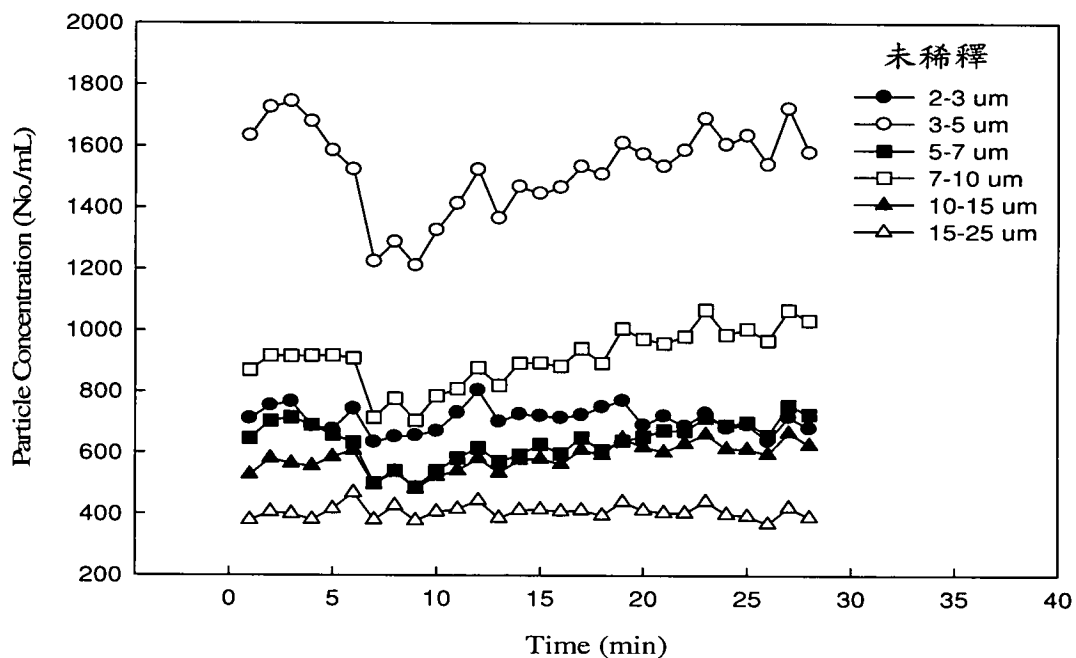


圖 5-9 未經稀釋 PACl 混凝過程膠羽粒徑及數目之變化
(加藥量：1.5 mg/L as Al)

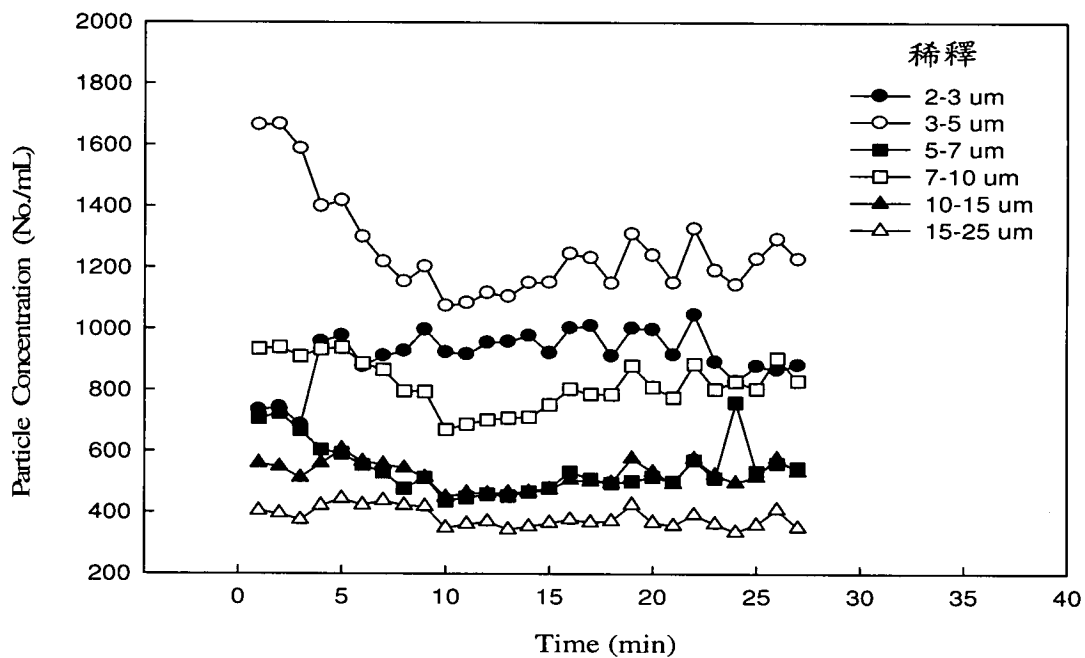


圖 5-10 稀釋 PACl 混凝過程膠羽粒徑及數目之變化
(加藥量：1.5 mg/L as Al)

5-2 板新給水廠

板新給水廠有二套處理程序，一、二期為一般快混、慢混處理流程，三期為高速膠凝沉澱池。因為本研究團隊於板新給水廠通報發生難處理原水時抵達現場，經現場操作人員轉述現場瓶杯試驗之實際控制參數主要用來決定三期高速膠凝沉澱池之最適混凝劑量。因此，本研究團隊即於板新給水廠現場，以廠內的混凝試驗設備(含圓型槽體)，進行水廠使用之混凝劑(PACl)及高純度PACl- Al_{13} 之混沉效能評估，以確切了解板新給水廠發生之難處理原水問題所在。此外，於現場實驗後，將板新給水廠難處理原水收集，運送至本實驗室儲存，以便進行後續的混沉效能試驗。在本實驗室的混沉效能評估的過程中，以方型槽體模擬淨水廠現場實際快混及膠凝之狀況，且參照一期之混凝控制參數，以不同混凝劑種類進行本實驗室之混凝試驗，與水廠實驗室所作之實驗數據做比對，以決定板新給水廠難處理原水之最適混凝處理策略。

5-2-1 板新給水廠實驗室混沉效能評估

高速膠凝沉澱池其去除方式是靠池中累積的污泥與原水的濁度顆粒互相接觸及吸附達到去除的目的與一般經由快混、慢混的去除方式不同，且原水濁度、水溫變化不易太大，原水需保持一定濁度，最好高於5~10 NTU以保持稀泥濃度及污泥層厚度，去除濁度顆粒。2007年12月12日，本研究團對依照板新給水廠高速膠凝池之操作參數(快混190 rpm (58秒)→慢混20 rpm (8分8秒) →沉澱(2分30秒)進行水廠用的PACl及實驗室製備之高純度聚氯化鋁(PACl- Al_{13})之混沉效能評估試驗。如圖5-11所示，依照現場操作人員以PACl所添加之混凝劑量範圍(30~60 mg/L)，無論在任何加藥劑量下，顆粒聚集效果都相當差，

以致濁度去除效果不佳，濁度去除率低於10%。然而，使用高純度 PACI- Al_{13} ，在很少的加藥量下，顆粒即可有效的被去穩定而聚集，經沉澱後去除濁度顆粒；當過量加藥時，顆粒呈現再穩定現象，此時無明顯的濁度去除效果。此結果混凝試驗之最適加藥量的挑選，對濁度的去除相當的重要。若 PACI 加藥過量，使濁度顆粒再穩定而無法聚集，以致此控制參數下之污泥氈無法有效形成而發生難處理水問題。

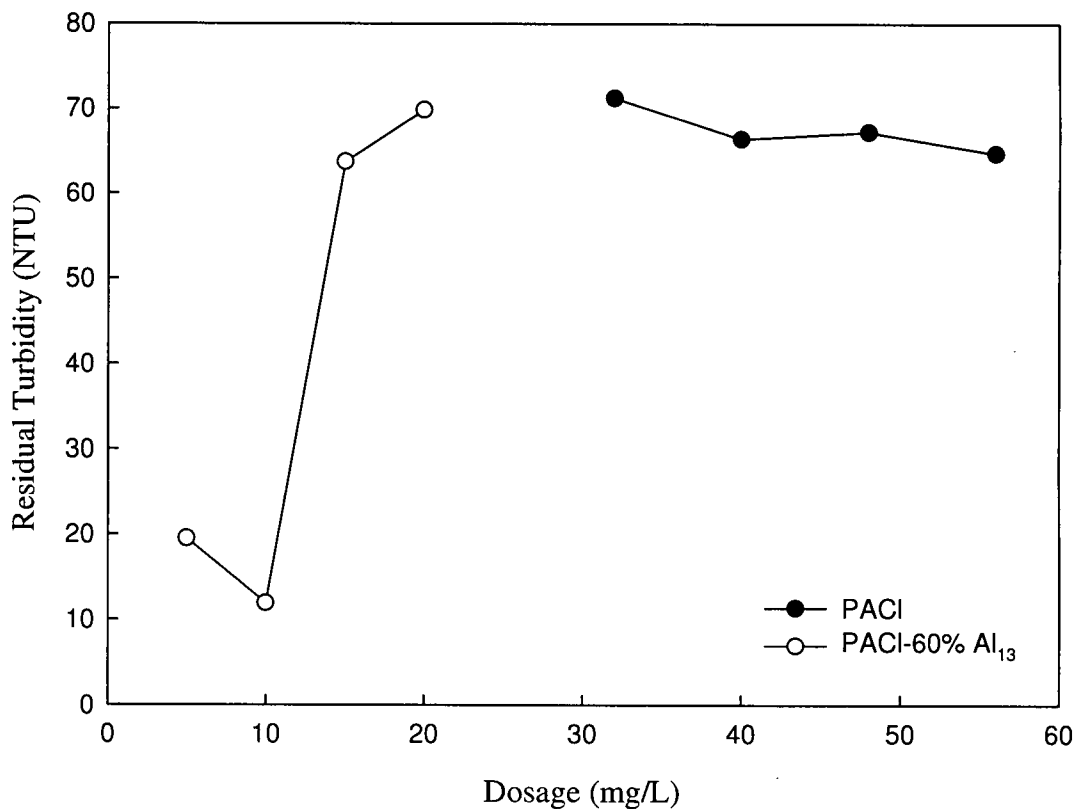


圖 5-11 不同純度 PACI 對板新給水廠難處理原水之混沉效能
(地點：板新給水廠實驗室；原始濁度：65~75 NTU)

5-2-2 混凝劑種類對混沉效能及過濾性之影響

為了進一步確認板新給水廠難處理原水之問題是否為混凝加藥過量所導致，將水廠所使用之PACl減少劑量，以本實驗室之瓶杯試驗設備，以方型槽體評估PACl處理板新給水廠難處理原水之混沉效能。另外，使用高純度聚氯化鋁(PACl- Al_{13})及硫酸鋁混凝劑，以進行此難處理原水之混沉效能評估，以決定其最適混凝劑種類。

如圖5-12所示，PACl混凝劑於低於1 mg/L之加藥量下，即可獲得良好的混沉效果，去除濁度顆粒，且此時上澄液之過濾性大幅增加，當加藥量過多時，殘餘濁度大幅提升，且此時上澄液之過濾性相當差。

此外，高純度聚氯化鋁(PACl- Al_{13})及硫酸鋁處理板新給水廠難處理原水之混沉效能及過濾性，分別如圖5-13及圖5-14所示。無論使用何種混凝劑，STI的在開始加藥後明顯的降低，STI在加藥之後的趨勢也是隨著混凝劑的添加量而上昇。當濁度去除良好時，其上澄液之過濾性佳，其中PACl- Al_{13} 之混沉效能為最佳，因PACl- Al_{13} 具強大電性中和能力，在低加藥量下(少於1 mg/L)，即可達到最適的混凝劑量，且此時過濾性較硫酸鋁佳。因為，硫酸鋁之主要混凝機制為沉澱掃除，其最適加藥範圍為中性條件，雖然此時之濁度去除效果較PACl佳，但達到沉澱掃除機制需要較多的加藥量，此時所形成之 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 較多，造成硫酸鋁混凝後之上澄液殘留 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ，為過濾性較差之原因。若綜合比較PACl、PACl- Al_{13} 及硫酸鋁之混沉及過濾性效能，以PACl- Al_{13} 之混沉效能而言(最佳殘餘濁度約為5 NTU)，其過濾性最佳。

由上述可知，板新給水廠於2007年12月12日，因為混凝劑量過多而發生難處理原水之問題。此外，高純度聚氯化鋁(PACl- Al_{13})最適混沉效能下之殘餘濁度約為5 NTU，且過濾性最佳。因此，PACl之聚鋁含量對板新給水廠混凝操作效能是有明顯影響的。

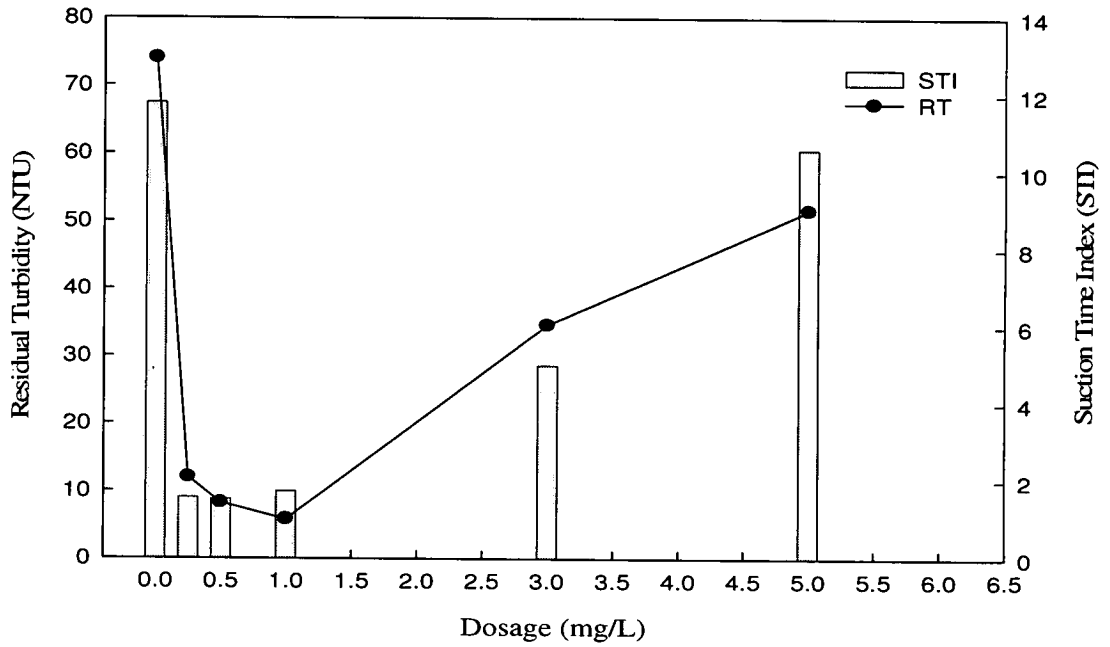


圖 5-12 PACl 加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係

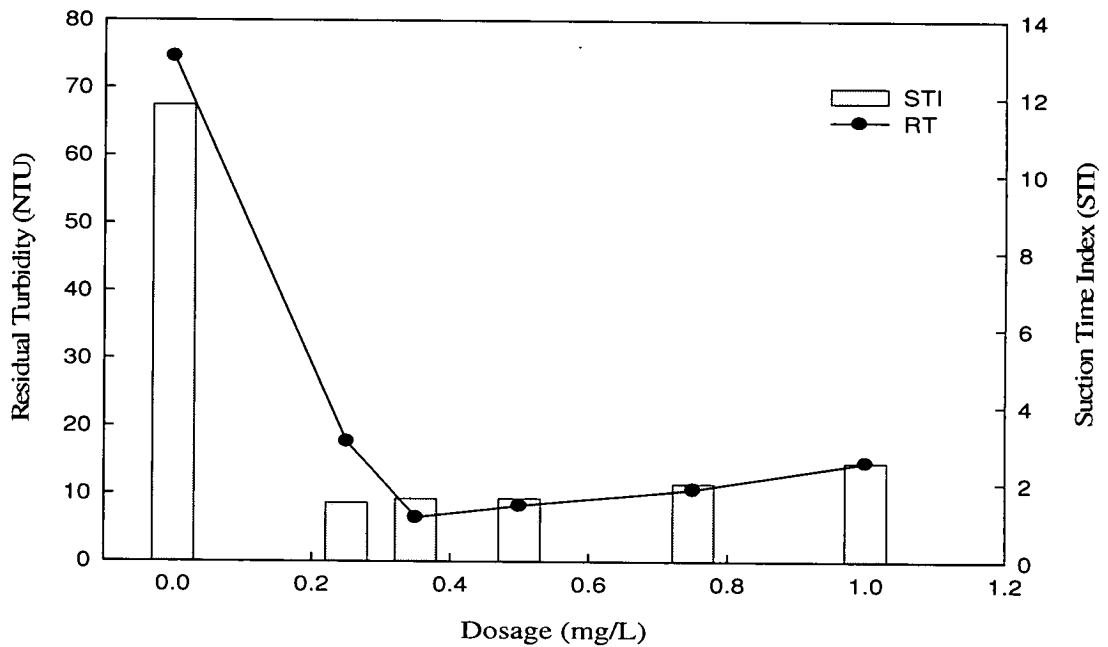


圖 5-13 PACl-Al13 加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係

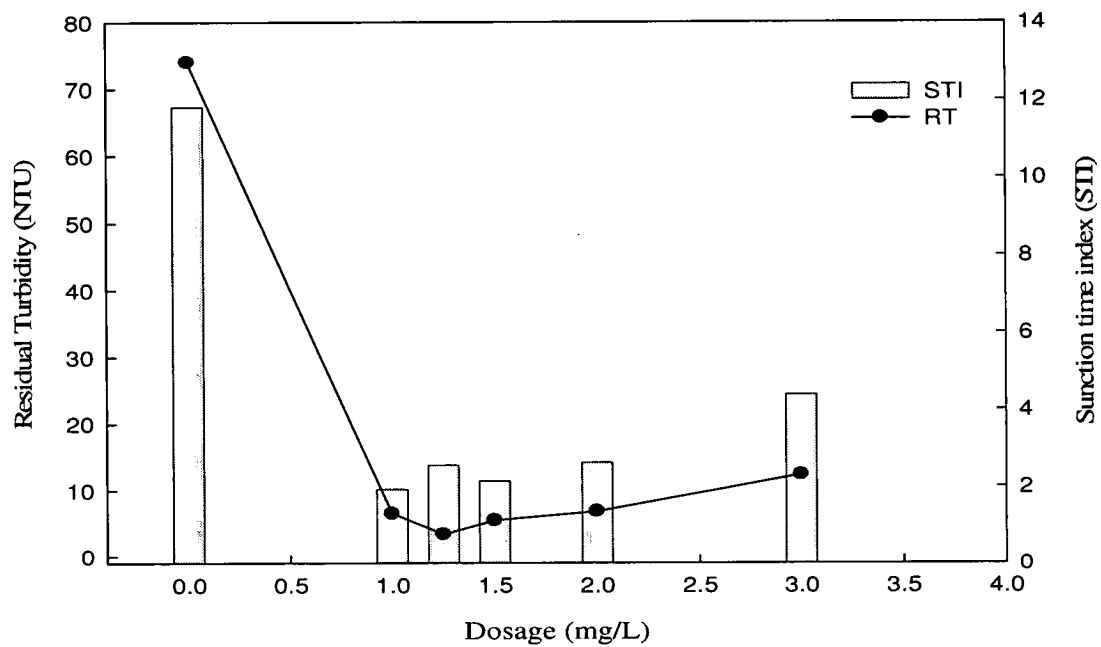


圖 5-14 硫酸鋁加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係

5-2-3 單元操作參數對混沉效能之影響

由於板新給水廠發生低濁度難處理原水時，以三期操作參數及板新給水廠的PACl進行瓶杯試驗的最適加藥量評估，瓶杯試驗結果顯示濁度的去除效果非常的差，經由前述的實驗結果得知高純度聚氯化鋁(PACl- Al_{13})對板新給水廠原水處理有明顯之效能，因此，實驗室瓶杯試驗以PACl- Al_{13} 為加藥混凝劑，但分別以一、三期的操作參數作為瓶杯試驗中的快混、慢混及沉澱的操作參數，一期的操作條件為快混 150 rpm (70秒)→慢混 50 rpm (23分10秒)→靜置沉澱(5分鐘)，三期的操作條件為快混190 rpm (58秒)→慢混20 rpm (8分8秒)→沉澱(2分30秒)，實驗結果如圖5-15所示，在相同的加藥量下，一期的最佳加藥量為0.35 mg/L，在超過0.35 mg/L後顆粒因過量加藥呈再穩定狀態，殘餘濁度亦開始隨著加藥量增加而上昇，三期的最佳加藥量出現在0.5 mg/L，之後也是同樣出現過量加藥的情形，殘餘濁度再度增加，最高達40 NTU，由一、三期的結果同時比較下，三期的操作條件無論在任何一點加藥量下，殘餘濁度皆比一期的操作條件高，即使是最佳的加藥點所需的加藥量仍比一期的操作條件高且濁度去除效果不佳。

由上述可知三期高速膠羽沉澱池的操作條件並不適合評估一期淨水單元的加藥量，因不同的設備具有不同的操作參數，三期的去除方式主要是靠污泥層進行固-液分離的方式去除濁度顆粒，一期設備去除濁度顆粒的方式主要是靠膠羽生成後，因重力而沉降，所需沉澱時間較長，因此，若以三期的條件來評估加藥量無法找出最適加藥量。

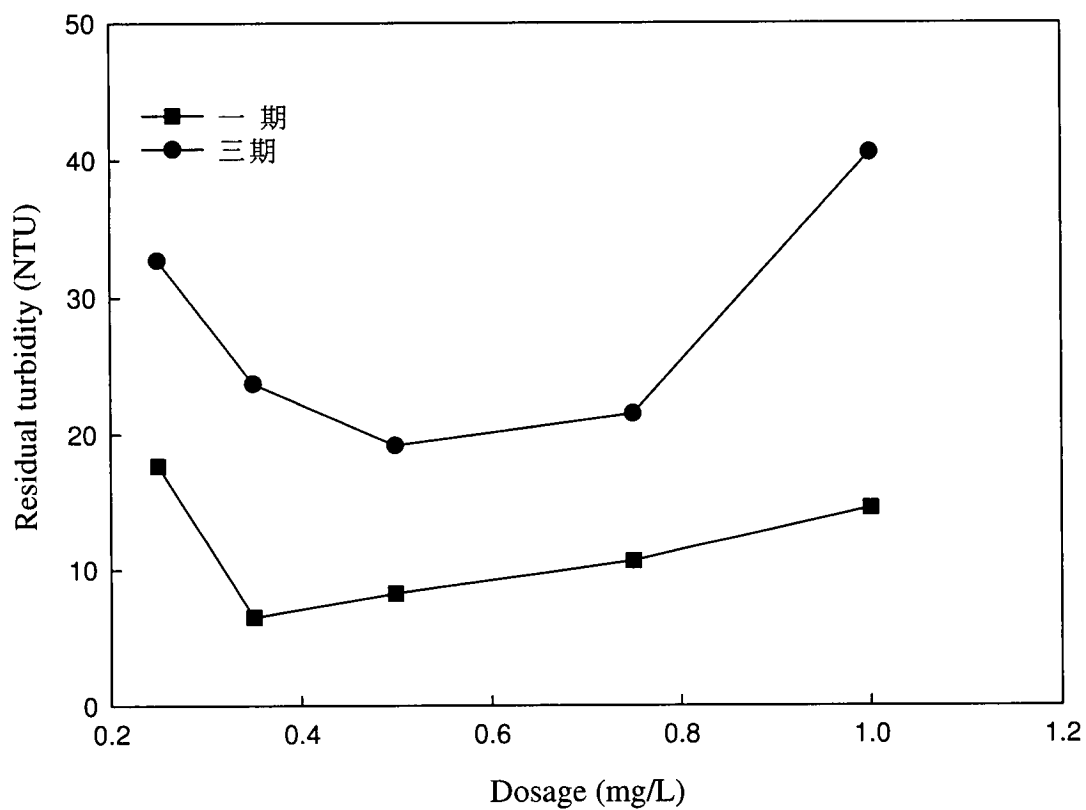


圖 5-15 板新給水廠一期與三期不同操作參數對瓶杯試驗評估
PACl-Al₁₃加藥量之影響

5-3 鯉魚潭給水廠

鯉魚潭給水廠位於鯉魚潭水庫下游，以水庫水為主要原水來源，若肥料、農藥、清潔劑等化學物含大量的氮、磷等物質，經河水流至湖或水庫中，水中藻類、微生物因氮、磷等物質提供充分的養分而快速繁殖成長，而造成淨水廠的處理困難，如造成濾池的堵塞導致過濾池效果不彰、加氯消毒時產生致癌的消毒副產物(三鹵甲烷)，且藻類過量的繁殖造成水中含氧不足，藻類大量死亡，使得水體變差。

鯉魚潭給水廠因曾經發生水庫原水中含有大量藻類導致濾池過濾性不佳，因此本研究團隊採以聚矽酸鐵混凝劑為評估對象，詳細內容見第2-3節，其與聚氯化鋁之混沉及過濾效能比較，結果如下所述。

5-3-1 混凝劑種類對混沉效能及過濾性之評估

本實驗以鯉魚潭給水廠使用的聚氯化鋁及聚矽酸鐵PSI ($\text{Si/Fe}=0.25$)對鯉魚潭難處理原水進行各自混沉及上澄液過濾性(STI)之差異性比較。PSI在不同加藥量的殘餘濁度及上澄液過濾性如圖5-16(a)所示，PSI的殘餘濁度在10 ppm時為最佳加藥量，但隨後在過量加藥下導致濁度上升至3.7 NTU，而過濾性也是隨著加藥量的增加而上升，但與PACl比較仍有較好的過濾性(Wang, 2002)。圖5-16(b)為PACl在不同加藥量下對鯉魚潭難處理原水混沉之殘餘濁度及上澄液過濾性之關係，PACl的增加並沒有導致殘濁度的增加，但是上澄液過濾性(STI)皆都大於4，但殘餘濁度並沒有隨著藥劑的添加而增加。

結果顯示，使用聚矽酸鐵的上澄液過濾性較聚氯化鋁佳，可以增加濾池的操作效能，但過量加藥後，明顯的增加殘餘濁度，PACl的添加雖然不會導致殘餘濁度的增加，但是卻造成濾池的過濾性不佳。

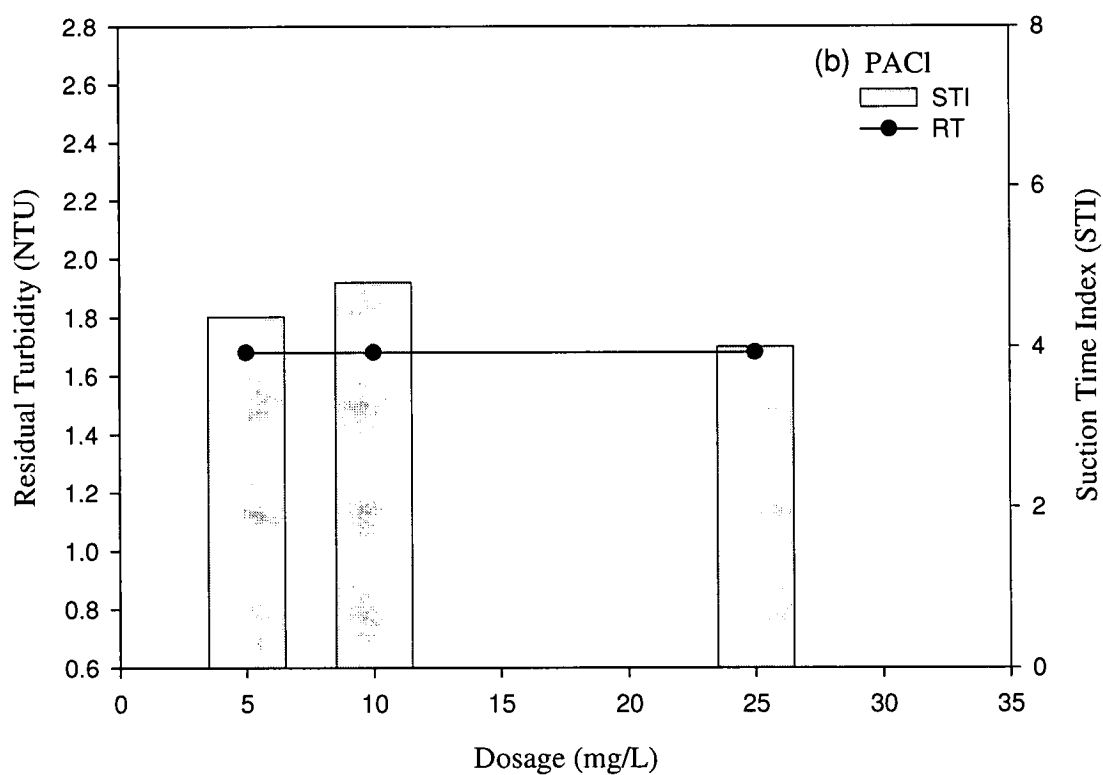
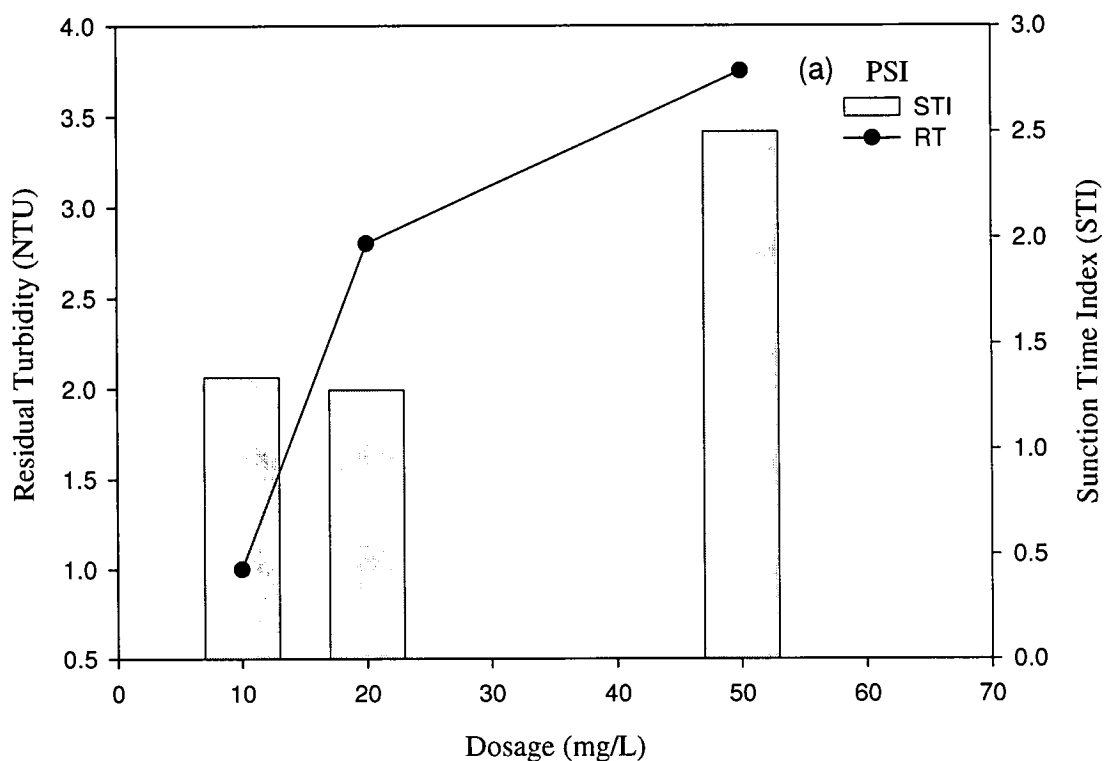


圖 5-16 (a)聚矽酸鐵及(b)聚氯化鋁加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係

5-4 平鎮給水廠

平鎮給水廠發生之低濁度難處理原水之原因為穩定的低濃度濁度顆粒無法提供足夠之凝結核，以致無法形成緻密之膠羽，此種情形最容易發生在一般以水庫水或地表水之淨水場。因此，為了瞭解不同混凝劑種類對此種低濁度難處理原水之混沉及過濾性效能之影響，藉以瞭解不同混凝劑種類對低濁度難處理水之適用性，提供自來水公司遭遇相同問題時之參考依據。

5-4-1 混凝劑種類對混沉效能及過濾性之影響

本實驗將以硫酸鋁、聚氯化鋁及聚矽酸鐵混凝劑對平鎮給水廠難處理原水進行各自混沉及上澄液過濾性(STI)之比較，各混凝劑之實驗結果如下所示。

(1)硫酸鋁

不同硫酸鋁加藥量下處理平鎮給水廠低濁難處理原水之殘餘濁度、STI值及顆粒表面界達電位如圖5-17(a)、(b)所示。在開始投加藥後，過濾性變得比原水直接過濾差，推測這是混凝劑投加後，與水中存在小顆粒凝集成較大顆粒，使本來可以穿透濾膜孔徑之微小顆粒被過濾去除，因此混凝劑的添加有助於提升濾膜的過濾效能。加藥後上澄液的濁度開始下降，顆粒表面界達電位開始上升。隨著混凝劑的增加，濁度顆粒達到接近電中性時，濁度去除的效果最好，也有較佳的過濾性，這是因為濁度顆粒表面電位達到電性中和(1 mg/L)，因上澄液的濁度顆粒被沉澱去除。若是持續的添加混凝劑，混凝劑會在顆粒表面堆積聚集，因此顆粒表面界達電位由負轉為正，導致顆粒呈再穩定現象。因此，濁度顆粒無法有效沉澱去除，濁度又再度上升而過濾性也達到最差。

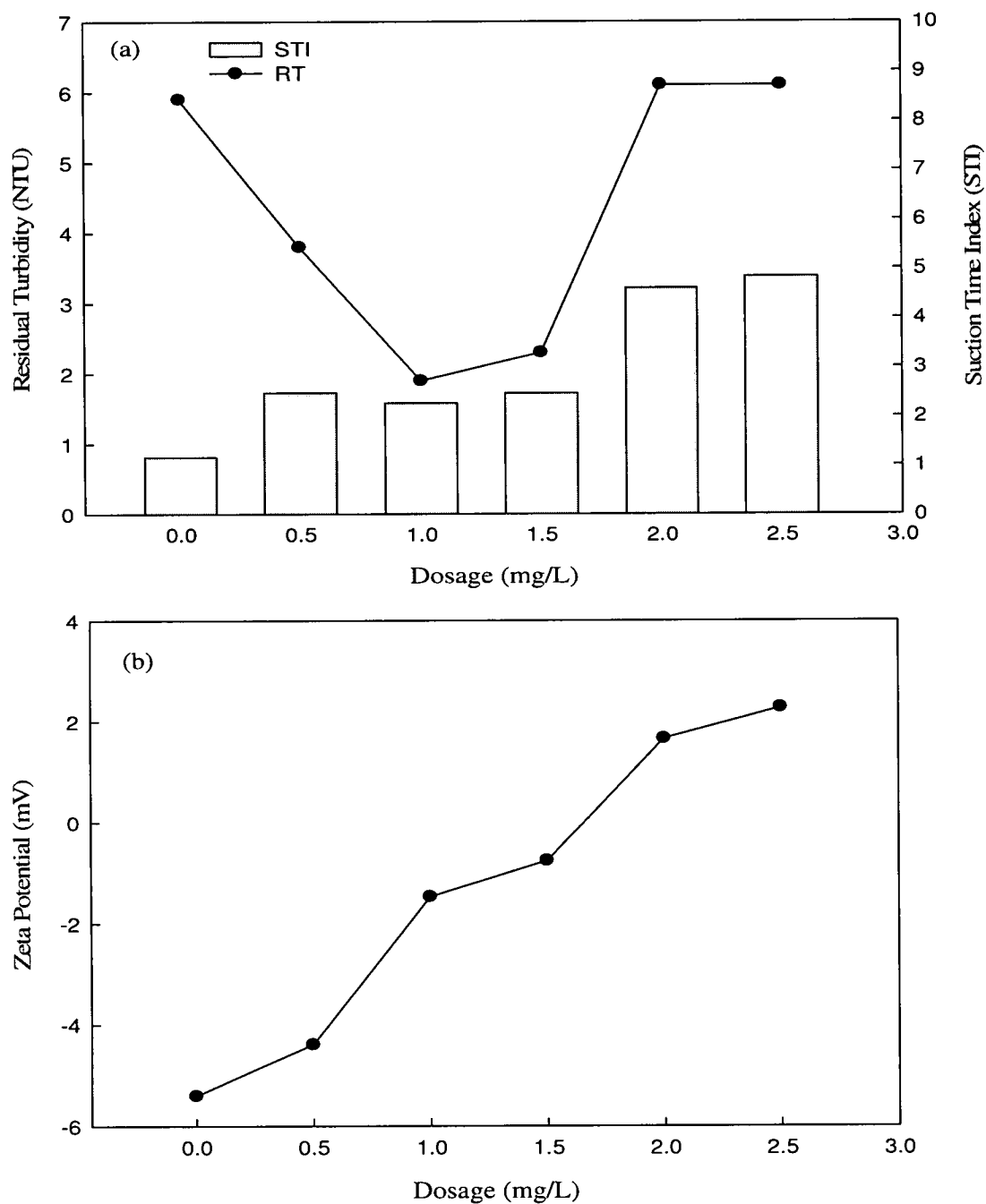


圖 5-17 硫酸鋁加藥量與(a)混沉後上澄液殘餘濁度與過濾性及
(b)顆粒表面界達電位之關係

(2) 聚氯化鋁(PACl)

不同聚氯化鋁(PACl)加藥量下處理無機低濁原水之殘餘濁度、STI值及顆粒表面界達電位如圖5-18(a)、(b)所示。在投加藥後，濁度顆粒明顯的去除，且在少量的混凝劑使用，顆粒表面界達電位已接近電性中和點。在加藥量1 mg/L時，顆粒表面界達電位達電性中和，濁度顆粒達最佳去除效果並且有最佳STI值。持續增加混凝劑的量，上澄液的殘餘濁度仍然相當穩定並沒有增加，但STI值卻持續的上升。這是因為PACl(約含有40% Alc)含太多氫氧化鋁膠體或沉澱物，導致電性中和能力並不強，投入水中後主要是 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的膠羽，以沉澱掃除的方式將濁度顆粒去除，持續的加藥下，顆粒表面已達吸附飽和，因此，顆粒表面界達電位並沒有明顯的增加，雖然濁度顆粒沒有因再穩定而使殘餘濁度上升，但上澄液中殘留大量 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的膠羽導致過濾性變差。

由此可知，若僅以殘餘濁度作為最適加藥量的評估指標，在1 mg/L後加藥量的殘餘濁度皆一直維持相當的穩定，可加藥量的區間相當的寬，因此容易造成加藥劑量的誤判，不但浪費混凝藥劑，更會造成後續濾池過濾性不佳。但是以殘餘濁度配合過濾性試驗來評估最適加藥量可以很清楚的知道在1 mg/L時，不但具有最佳的濁度去除效果，也能有較佳的過濾性。

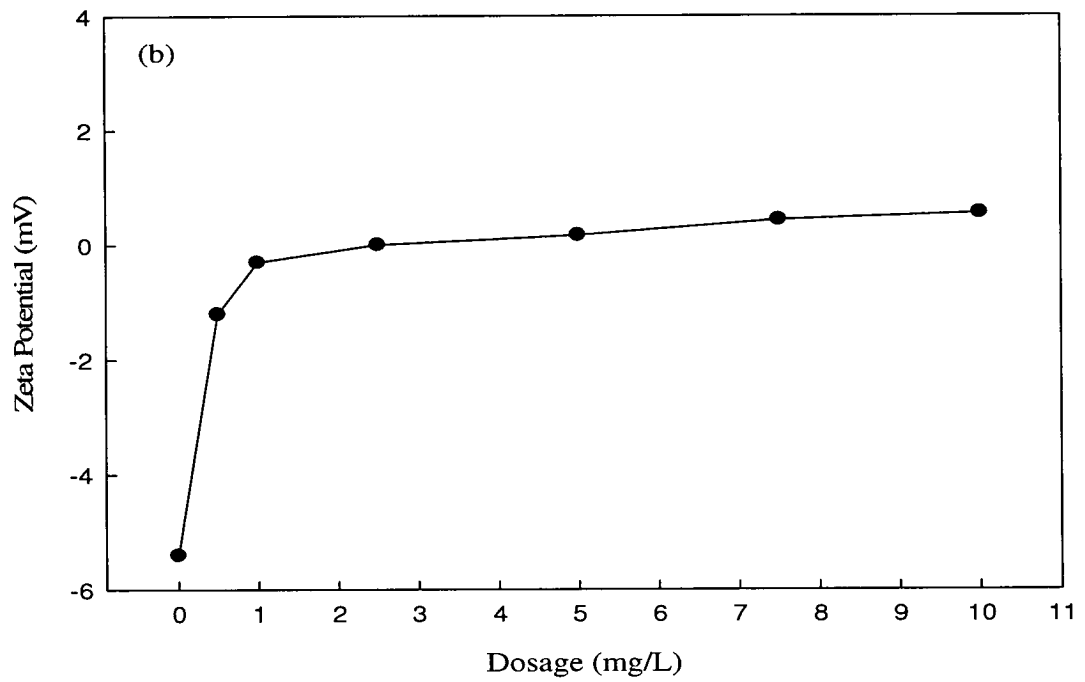
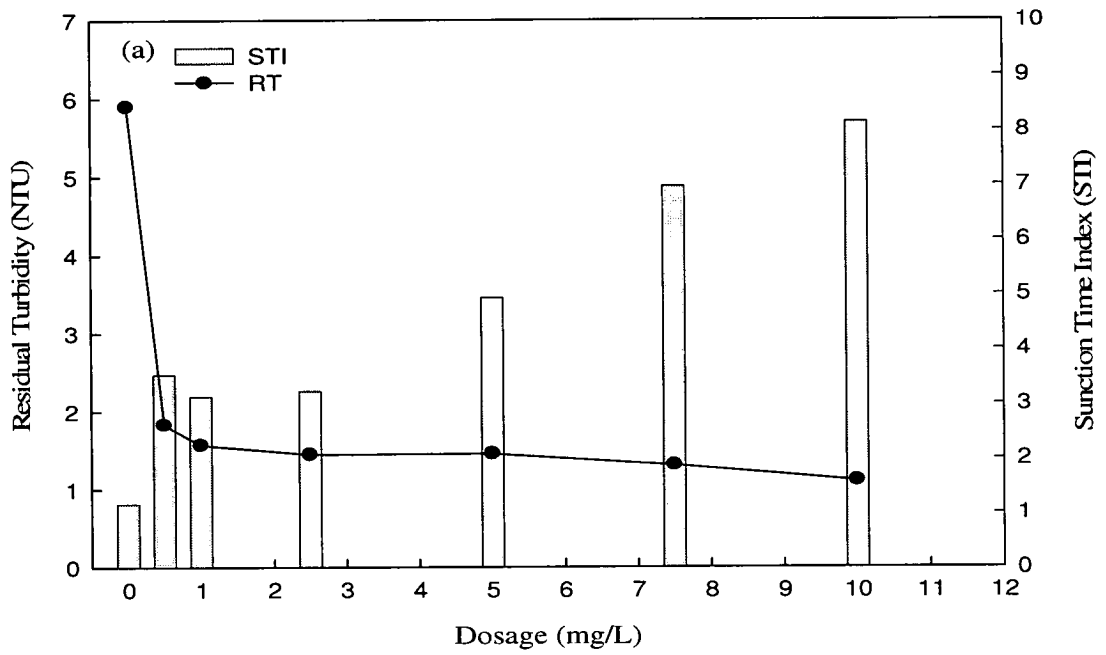


圖 5-18 PACl 加藥量與(a)混沉後上澄液殘餘濁度與過濾性及
(b)顆粒表面界達電位之關係

(3)聚矽酸鐵(PSI)

在不同聚矽酸鐵(PSI)加藥量下處理平鎮給水廠低濁難處理原水之殘餘濁度、STI值及顆粒表面界達電位如圖5-19(a)、(b)所示。PSI在少量投加藥後殘餘濁度達到最好的去除效果，而隨著混凝劑增加，導致顆粒表面電性逆轉呈再穩定現象，殘餘濁度有略為上升的趨勢，但過濾性並沒有隨著混凝劑藥量的增加而變差。因為聚矽酸鐵的分子量高達500 KDa，因此有強大的架橋能力，可形成較大的膠羽(Ohno et al., 2004, Tran et al., 2006)，混凝機制不同於硫酸鋁與PACl，因此出現與前二者混凝劑不同的混凝行為，PSI之結果顯示其上澄液殘餘濁度與硫酸鋁及聚氯化鋁相比有略為增加的趨勢，但仍具有較佳的過濾性，Ebie & Azuma (2002) 研究也顯示影響過濾性(STI)主要之因素並非為殘餘濁度而是水中殘餘混凝劑的濃度，其中鋁鹽混凝劑造成過濾性變差的程度更甚於鐵鹽混凝劑。

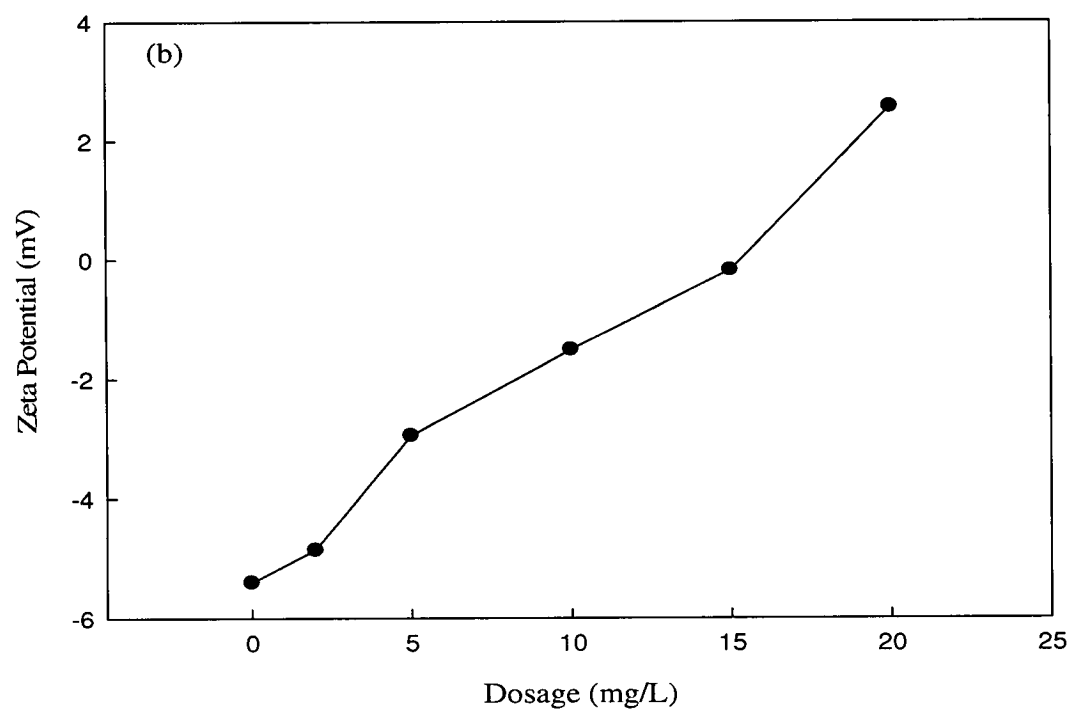
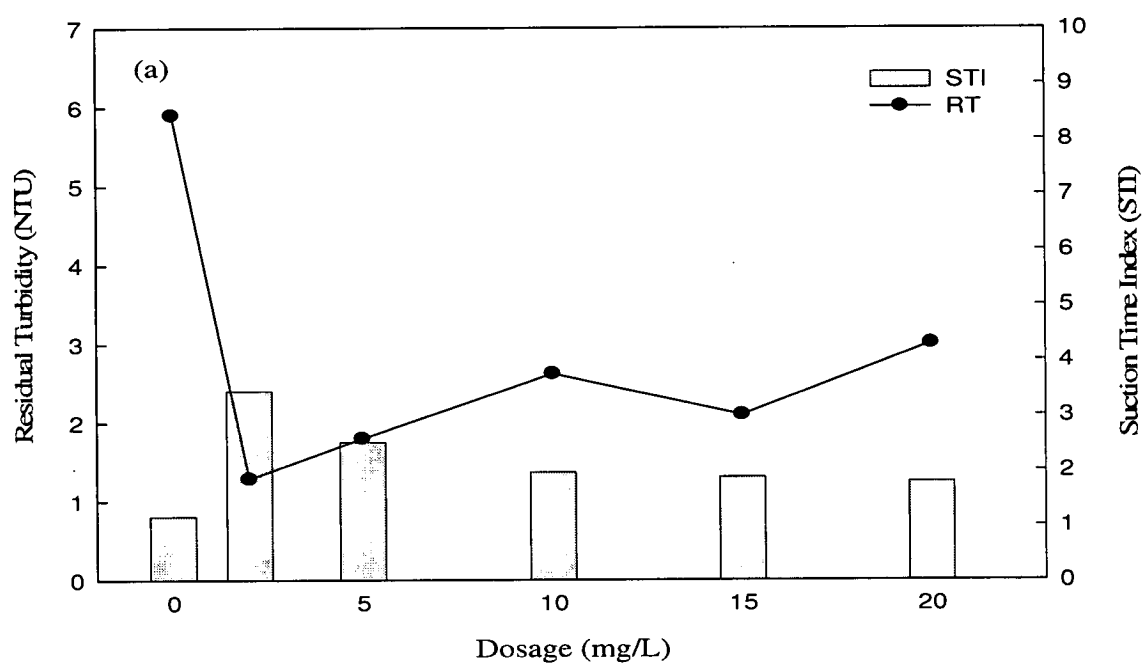


圖 5-19 PSI 加藥量與(a)混沉後上澄液殘餘濁度與過濾性及
(b)顆粒表面界達電位之關係

5-5 寶山給水廠

5-5-1 混凝劑種類對混沉效能及過濾性評估

因不同混凝劑對藻類之活性抑制能力及去穩定的機制不同，且混凝劑加藥量多寡亦會影響藻類於混沉過程中之去除效率，當藻類與濁度顆粒同時存在時，藻類會主導整體的混凝特性(施，2000)，故混凝劑種類之選擇及加藥量之決定對淨水程序去除藻類相當重要。以下將說明三種常見之混凝劑，包括硫酸鋁、聚氯化鋁(PACl)及聚矽酸鐵(PSI)對含藻低濁原水之混沉效能及上澄液過濾性之影響。

(1) 硫酸鋁(Alum)

硫酸鋁加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係如圖5-20所示。在加藥量不足下(0.5 mg/L)，殘餘濁度雖然下降，但是混沉後上澄液之過濾性，反而明顯變差。因為硫酸鋁的混凝機制為沉澱掃除(sweep flocculation)，而寶山給水廠原水中的藻類主要以細針桿藻類為主，此種藻類的表面積大，需消耗較多的混凝劑，桿狀藻類之沉降速度較慢，所以在不足加藥量下，藻類無法被有效的去穩定且聚集生成較大的膠羽以利於沉澱去除，所以造成過濾性不佳。在最適加藥量下(1~2 mg/L)，其殘餘濁度較低且過濾性有所提升。然而，隨著加藥量的增加，殘餘濁度並沒有明顯的變化，但是STI值卻出現了二倍的差異。因為在最適加藥量下(1.5 mg/L)，能有效的將小顆粒聚集成較大的膠羽(如圖5-21所示)，而有效的減少小顆粒之數目以提升過濾性。但過量加藥後，因硫酸鋁水解產生大量不利過濾之 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 膠體，反而增加上澄液中小顆粒數目，造成過濾性降低。

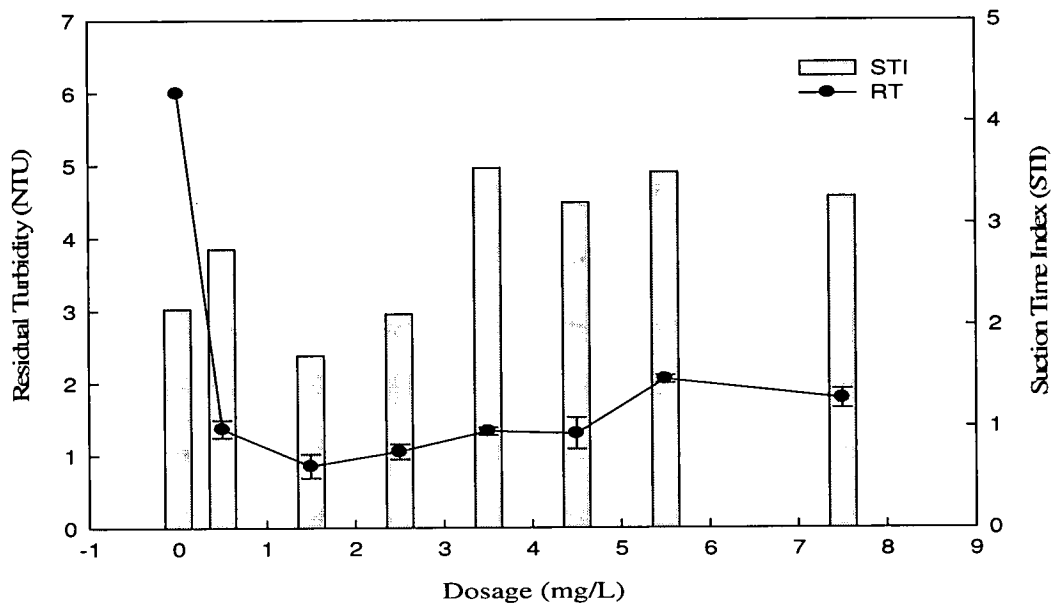


圖 5-20 硫酸鋁加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係

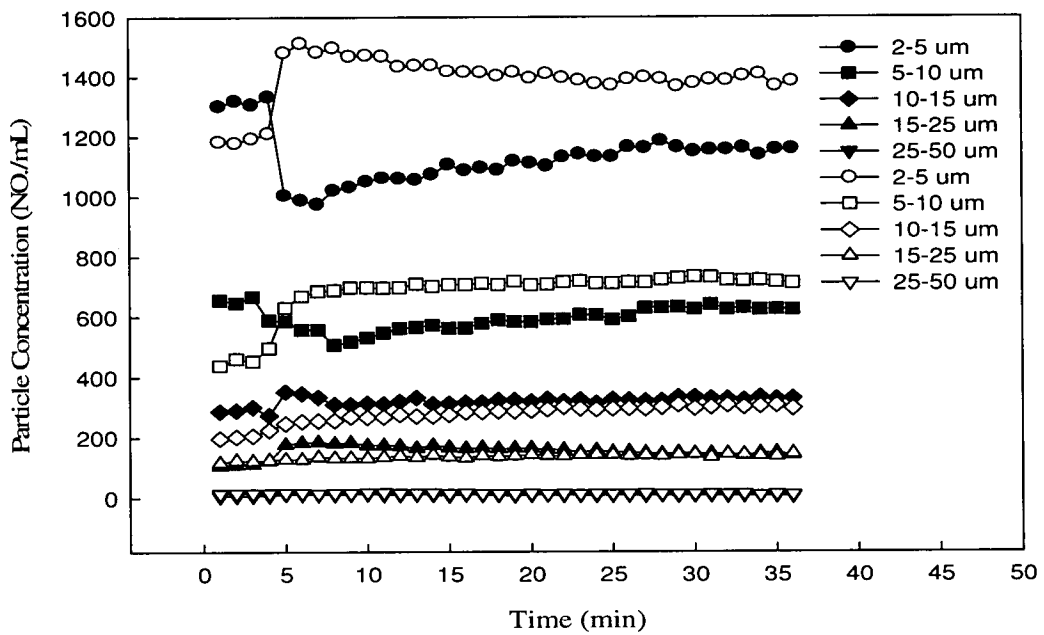


圖 5-21 硫酸鋁混凝過程不同顆粒粒徑之數目變化
(實心加藥量: 1.5 mg/L as Al, 空心加藥量: 4.5 mg/L as Al)

以光學顯微鏡觀察硫酸鋁混凝後膠羽的外觀如圖5-22所示。細針桿藻有較大表面積，且桿狀的面積不利於沉降，因此若希望以混凝沉澱去除的方式耗費較多的混凝劑，由圖5-22可知可藉由混凝劑與一般濁度顆粒混凝聚集成膠羽後，在膠凝階段，以去穩定顆粒吸附在藻類上將其沉澱去除(Letterman et al., 1999)，因此在處理含藻類原水適當的濁度將有助於藻類去除。而細針桿藻表面積(長約100-300 μm)大，因此需在較高加藥量下混凝劑可藉由在藻類表面吸附沉澱方式形成較大的膠羽將藻類包覆後沉澱去除，但是過多的加藥量將不利於後續濾池的過濾性。

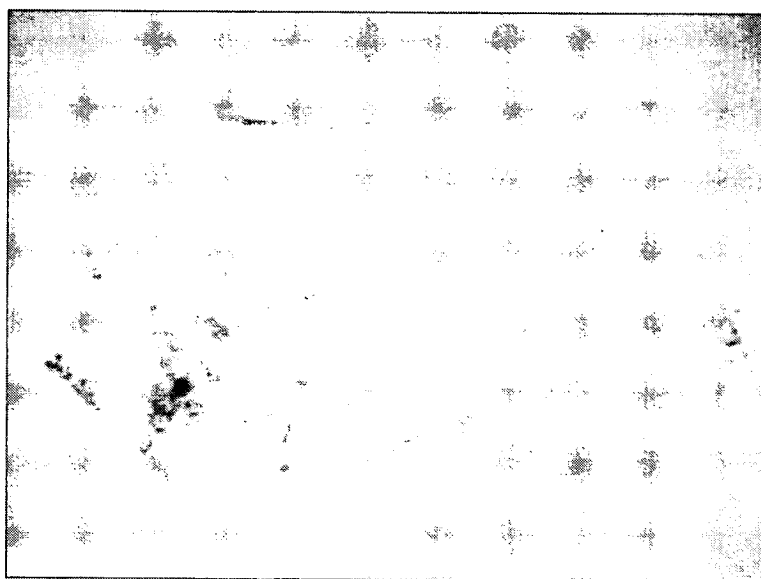


圖 5-22 硫酸鋁混凝後膠羽外觀
(加藥量: 3.5 mg/L as Al) ($\times 250$)

(2) 聚氯化鋁(PACl)

不同投加藥量下，PACl混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係如圖5-23所示。隨著加藥量的增加，PACl對濁度的去除效率同樣有明顯的提升，但對上澄液過濾性並沒有提升，反而隨著藥量的增加而變差。在最適加藥量下，混沉後上澄液的殘餘濁度沒有明顯的變化，但其過濾性卻明顯的提升。因為寶山給水廠使用之PACl混凝劑因聚鋁(Al_{13})的成份低($<20\%$)，PACl混凝劑中的鋁形態絕大部份以單體鋁(Al^{3+})存在，故過量加藥後，上澄液殘留過多的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 膠體，造成過濾性變差，此結果顯示PACl與硫酸鋁之混沉行為類似。

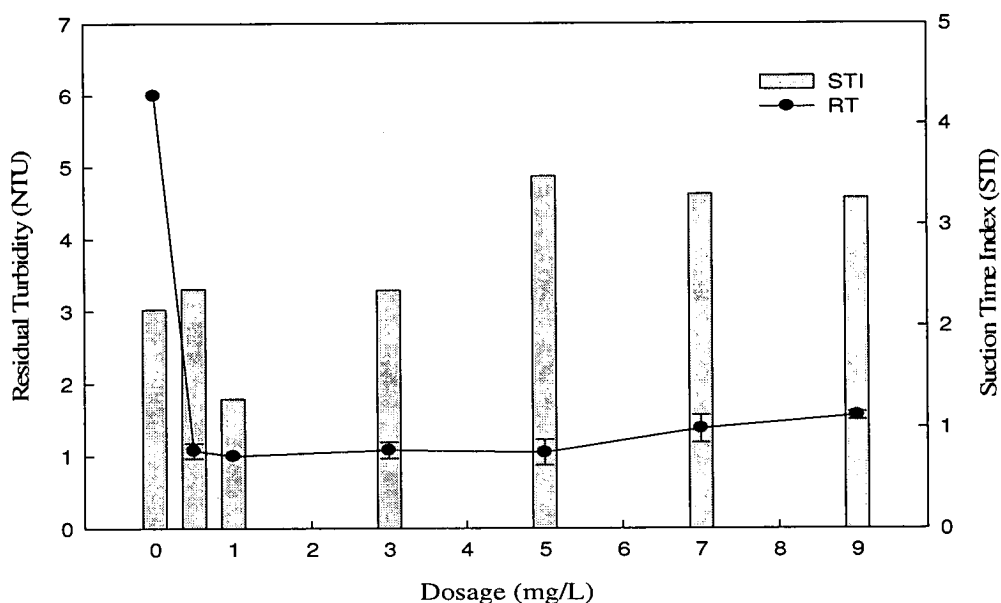


圖 5-23 PACl 加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係

(3) 聚矽酸鐵(Polysilicato Iron, PSI)

聚矽酸鐵(PSI)混凝劑加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係如圖5-24所示。PSI投加後，不論是在上澄液的殘餘濁度或是過濾性方面皆有明顯的提升，且過濾性較硫酸鋁及PACl佳，同時，隨著加藥量的增加，上澄液殘餘濁度及過濾性並無變化，仍維持相當穩定的濁度去除效能及過濾性。因為PSI混凝機制主要以架橋作用為主，可形成較大的膠羽，如圖5-25所示，PSI加藥後水中2-5 μm 小顆粒數目快速減少，大顆粒膠羽(10-25 μm)數量增多，且在快混階段膠羽已能快速生長並達穩定，因此可不需慢混階段直接沉澱(Ohno et al., 2004)。且PSI混凝所形成之膠羽較為密實，減少顆粒堵塞孔洞的機會，因此可大幅地提升上澄液之過濾性。Hasegawa et al. (1999) 發現使用PSI在去除藻類的數量及種類上皆有良好的效果。另外，Wang et al. (2002)以優氧化水庫為對象進行PSI與PACl混凝效能評估及比較，發現PSI混凝之膠羽沉降性比PACl混凝之膠羽佳，且使用聚矽酸鐵處理後的過濾水浮游生物的數目較少。

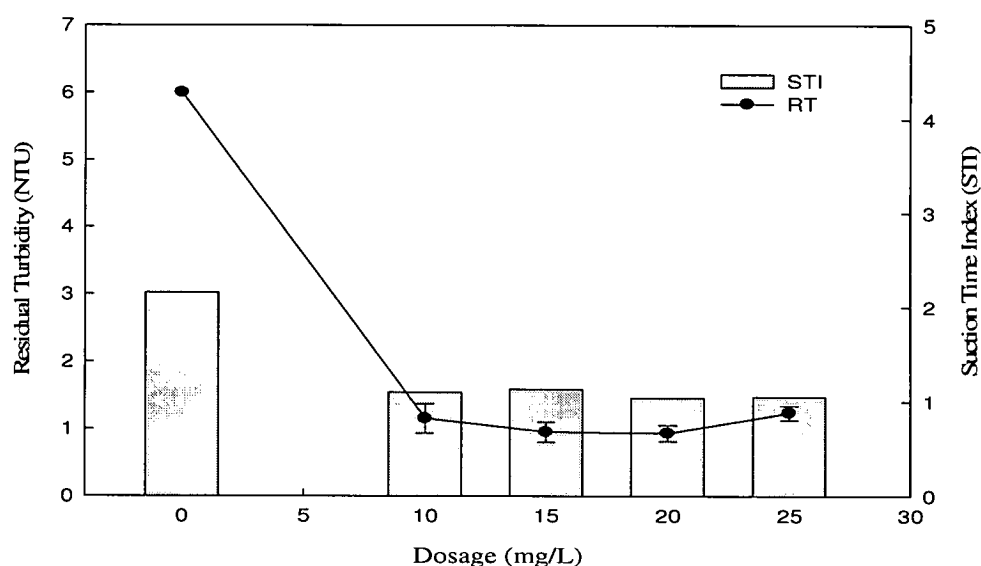


圖 5-24 PSI 加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係

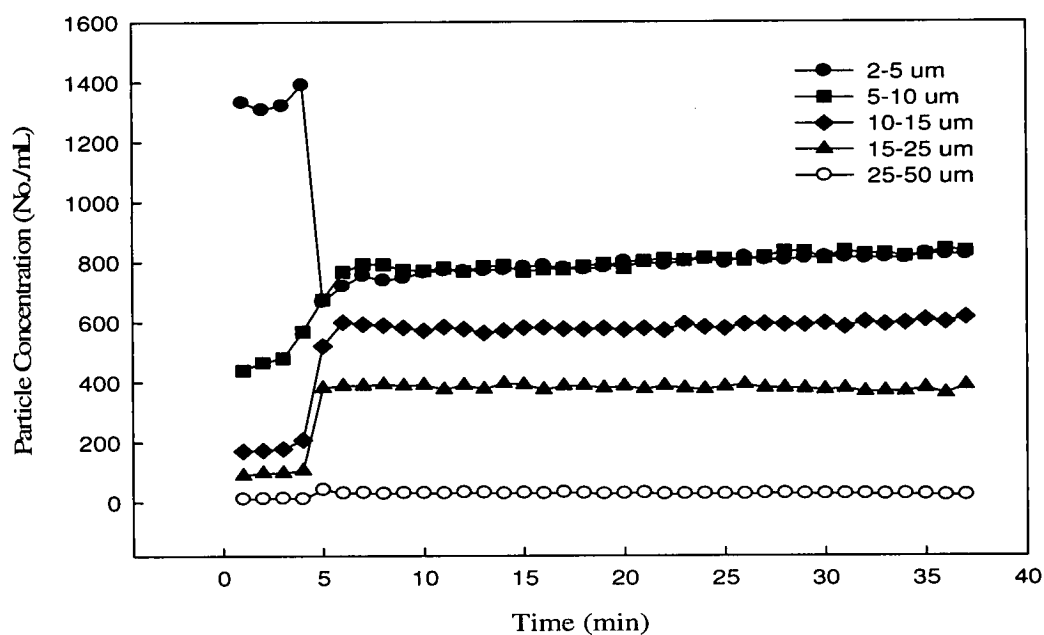


圖 5-25 PSI 混凝過程膠羽粒徑及數目之變化
(加藥量：15 mg/L as Fe)

以光學顯微鏡觀察硫酸鋁混凝後膠羽的外觀如圖5-26所示。聚矽酸鐵因有較大的分子量具有較強的架橋能力，即使藻類的表面積較長，膠羽無法完全將膠羽完全包覆也能藉由架橋作用及高分子量的優勢將藻類去除(如圖5-26)。而聚矽酸鐵也能以吸附及電性中和的方式吸附在藻類表面形成膠羽，經由重力沉降達沉澱去除的目的。聚矽酸鐵也能在混凝階段與濁度顆粒混凝形成膠羽後，在膠凝過程中架橋吸附在藻類表面，將藻類沉澱去除。

綜合以上結果顯示使用不同混凝劑種類在處理低濁含藻原水時，聚矽酸鐵較硫酸鋁及PACl而言，更能生成較大膠羽且具有較佳的過濾性，因此能有效改善濾程縮短之問題。

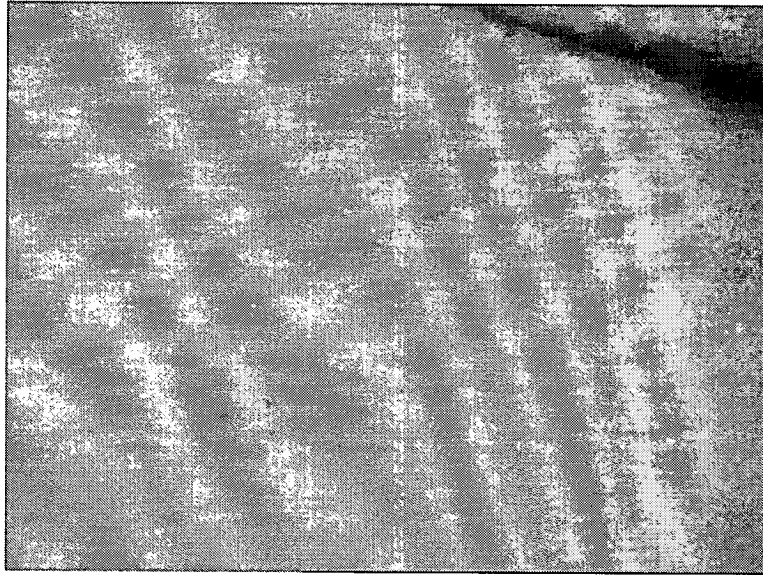


圖 5-26 聚矽酸鐵混凝後膠羽外觀
(加藥量: 20 mg/L as Fe) (x500)

5-5-2 PACl搭配高分子凝集劑對混沉效能及過濾性之影響

在混沉及過濾過程中，藻類的特性，如種類、型態大小、特殊表面結構及活性等特性對藻類的去除有相當大的影響。Ma et al. (2007) 研究指出藻類的形狀，如桿狀會影響藻類的沉降速度，有較大表面曲率的藻類(如橢圓形)，混凝劑並不容易吸附在藻類表面，即使已吸附在藻類表面的混凝劑水解物種也會因水流剪力而脫落，要形成密實且沉降快的膠羽並不容易，因此將探討以PACl搭配高分子凝集劑對含藻低濁原水混沉去除效能及過濾性之影響。

在實驗之前，先以PACl在不同加藥量下，找出最佳加藥量，如圖5-27 所示。瓶杯試驗PACl加藥量為0.5、1.0、2.0、2.5及4.5 mg/L。經混凝沉澱後，量測其經混沉後上澄液殘餘濁度及取上澄液500 mL進行過濾性試驗。在加藥量0.5 mg/L下濁度雖有去除效果，但因加藥量的不足，藻類仍無法因沉澱而被去除，反而造成過濾性明顯變差。隨後在增加加藥量下(加藥量為2.0 mg/L時)，在殘餘濁度及過濾性兩種指標皆有最好的效率。再者，以2.0 mg/L為加藥量，搭配不同加藥量的高分子凝集劑進行評估。PACl搭配高分子凝集劑加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係，如圖5-28所示。高分子凝集劑的加藥量分別為0.05、0.1及0.2 mg/L，加藥時間為在加混凝劑後完成一半的快混階段時添加。結果顯示使用高分子凝集劑對於濁度的去除效果皆有提升，上澄液的殘餘濁度皆能小於1 NTU，在高分子凝集劑加藥量為0.05 mg/L時殘餘濁度僅只有0.6 NTU。在過濾性方面，在0.05及0.1 mg/L的加藥量下，混沉後上澄液的過濾性都有提升，其中在0.1 mg/L的添加量下達到最佳的過濾性，這是因為高分子凝集劑能強化電性中和及架橋作用，促進藻類與膠羽的聚集。而在較高之高分子凝集劑的添加量下(0.2 mg/L)，過濾性是明顯的變差。推測這是因為過量加藥

導致濾膜阻塞。而水中溶解性有機物的分析中結果顯示，在0.1 mg/L的加藥量時，雖有較佳的過濾性，但水中溶解性有機物(DOC)的濃度卻增加至2.4 mg/L，而0.2 mg/L的加藥量DOC反而下降至1.4 mg/L，証實造成過濾性變差的主要因素是過量加藥，其導致高分子凝集劑中分子量大的聚合物阻塞濾膜孔隙。

綜合以上結果顯示，適度的使用高分子凝集劑做為助凝劑可以有效的減少水頭的損失，提升過濾性。但是加藥控制不易，容易在極少的加藥量下即造成過量加藥，不但會使濾池嚴重阻塞，更會導使水中溶解性有機物的增加，對人體造成危害的風險大大的提升。

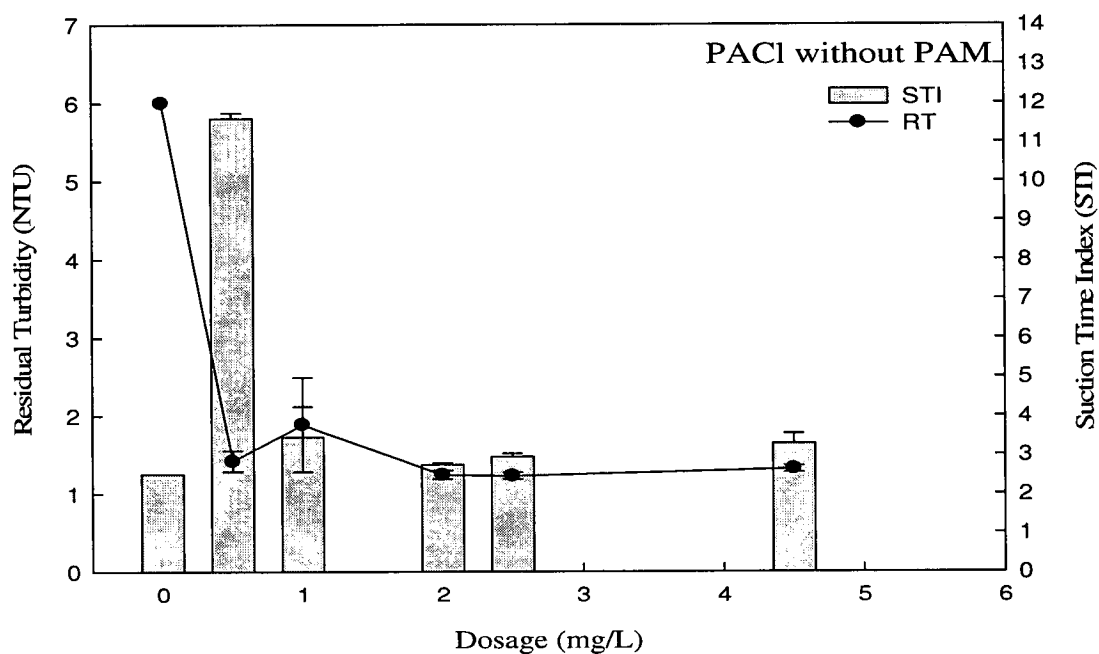


圖 5-27 PACl 加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係

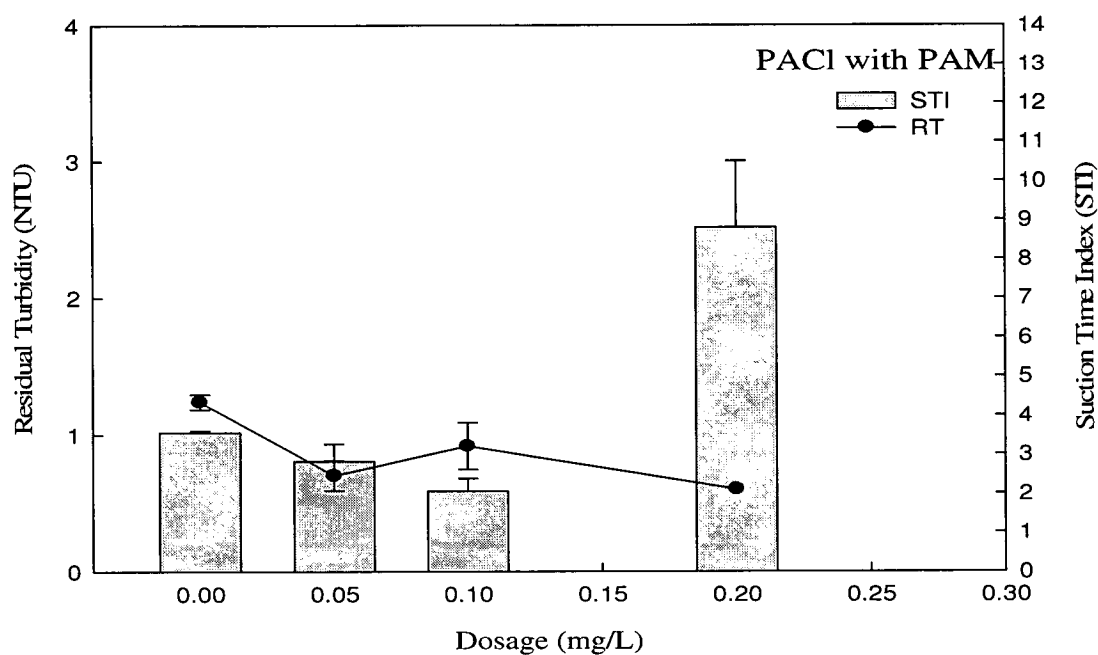


圖 5-28 PACl 搭配高分子凝集劑加藥量與混沉後上澄液殘餘濁度及過濾性之關係

第六章 給水廠現場評估診斷

6-1 龍潭淨水場

龍潭淨水場曾於本研究案期間發生低濁度難處理原水，在完成實驗室混沉及過濾性評估後，為了能實際瞭解水場淨水單元操作情況及進一步確認實驗室的混凝試及過濾性試驗與現場是否符合，因此將針對龍潭淨水場各淨水單元操作現況進行診斷(如附錄六)，詳細內容如下所述。

6-1-1 不同淨水單元現況診斷

為了瞭解龍潭淨水場現場各淨水單元的操作效能，因此分別以量測快混池快混後水中顆粒表面界達電位作為評估快混池操作的指標，以STI值做為評估沉澱池效能的指標，不同淨水單元現況診斷內容如下所述。

龍潭三期快混池顆粒表面界達電位現場評估的結果如圖6-1所示。在三期快混池分別於A、B及C點採樣分析。A點為加藥點附近、B點為廢水迴流點附近、C點為快混池出流口。由圖可知龍潭低濁度原水顆粒表面界達電位原為-11 mV在經過加藥後，上升到-7.5 mV。但逐漸的往出流口採樣分析，結果顯示顆粒表面界達電位持續的下降，在B採樣點顆粒表面界達電位約-9 mV，在三期快混池出流出顆粒表面界達電位高達-10 mV，由以上結果可知三期快混池的快混效果並不理想，將顆粒去穩定的效果有限。

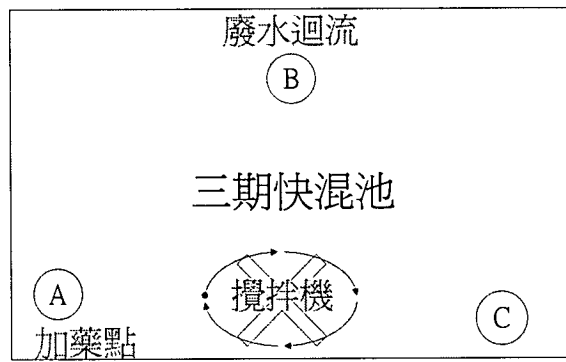
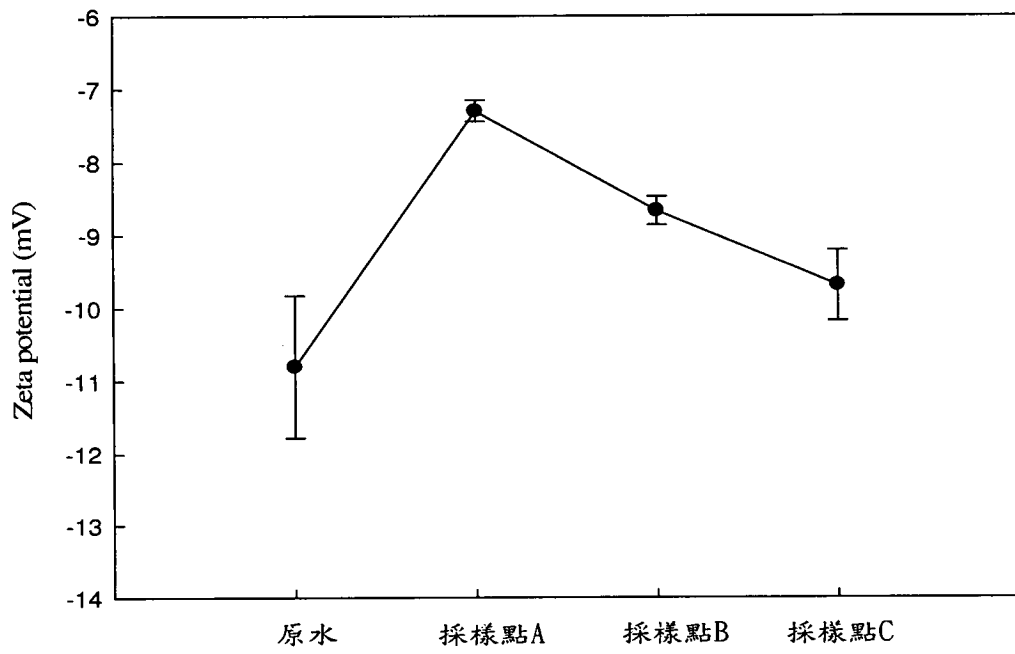


圖 6-1 龍潭淨水場三期快混池不同採樣點顆粒表面界達電位

龍潭四期快混池顆粒表面界達電位現場評估的結果如圖6-2所示。分析採樣點也是由加藥點往出口依序採樣分析，採樣點分別為：採樣點A為加藥點附近、採樣點B、採樣點C為廢水迴流點及採樣點D為快混池出口。

結果發現龍潭第四期快混池的快混池的操作效能並不理想，在加藥點附近的顆粒表面界達電位高達+25 mV之多，顆粒明顯因電性逆轉而呈再穩定現象，而在採樣點B顆粒表面界達電位又恢復到-10 mV左右，此後各採樣點的顆粒表面界達電位皆維持在-10 mV。由以上現場評估可知四期快混池混凝劑無法均勻擴散到快混池槽體四周，與濁度顆粒充分混合，加藥點附近呈過量加藥(over dosage)現象，然而遠離加藥點為不足量加藥，無法有效將顆粒去穩定。因此發現龍潭淨水場可能是快混池無法發揮效用，導致影響後續處理效能。尤其是以四期的情況較為不佳。

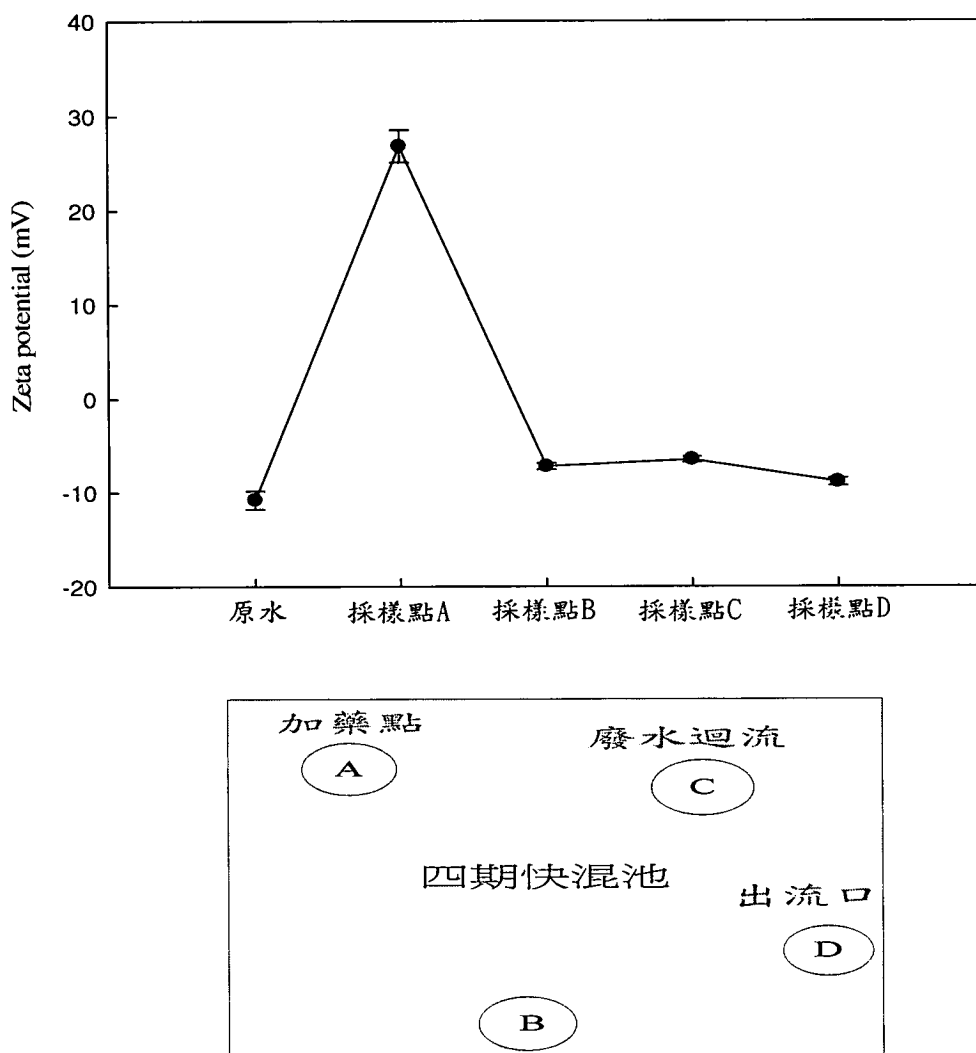


圖 6-2 龍潭淨水場四期快混池不同採樣點顆粒表面界達電位

在發現三、四期快混池無法有效將顆粒去穩定的問題後，將使用光纖膠羽偵測儀(PDA)更進一步探討快混池顆粒去穩定效果對膠羽生成之影響，而膠羽絮凝指數越大，代表生成之膠羽粒徑越大。結果如圖6-3所示。由圖可知，三期快混池生成膠羽絮凝指數(FI)約有1，略大於四期快混池的0.75。這也是因為三期快混池混凝劑的擴散性較四

期佳，因而能生成較大的膠羽，四期快混池無法完全將混凝劑均勻擴散，導致快混池前後端混凝劑濃度有極大的差異所造成的。由此可知在三期與四期快混池相較之下，四期快混池之快混效果較差。

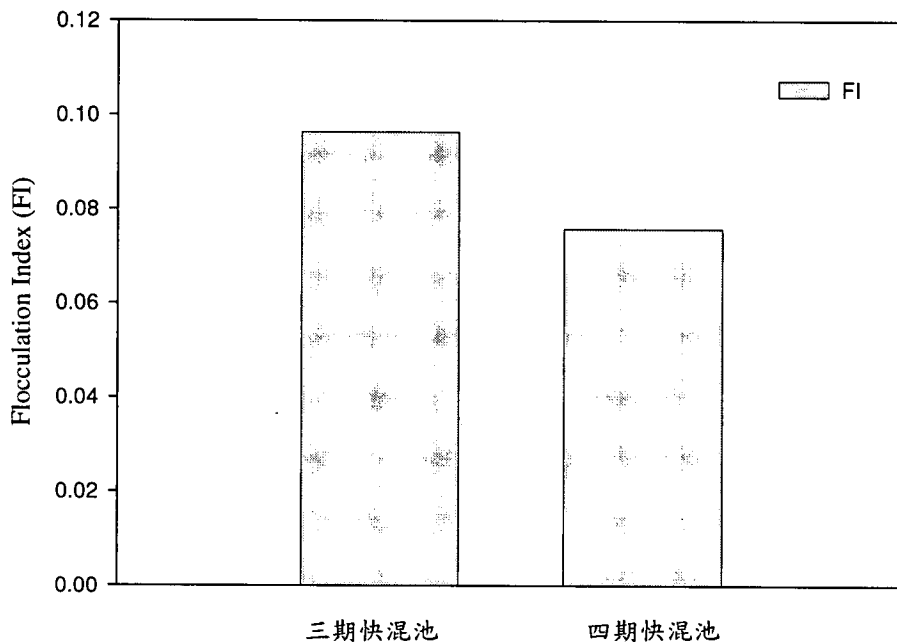


圖 6-3 龍潭淨水場快混池膠羽絮凝指數

在進行完三、四期快混池快混效果評估後，進一步繼續以過濾性及殘餘濁度評估三、四期沉澱池上澄液及濾前水之差異。由圖6-4(a)可知，三期沉澱池上澄液的殘餘濁度為7.3 NTU，而進到濾池前殘餘濁度上升到10.7 NTU，而過濾性也明顯的變差，STI從7增加到9。而在四期沉澱池上澄液及進入濾池前也有出現相同趨勢(如圖6-4(b))，殘餘濁度從6.7 NTU增加到8.1 NTU，而過濾性也有略為上升的趨勢。三、四期比較起來，三期的沉澱池上澄液在進入濾池後不論是殘餘濁度及過濾性皆有明顯變差的現象。

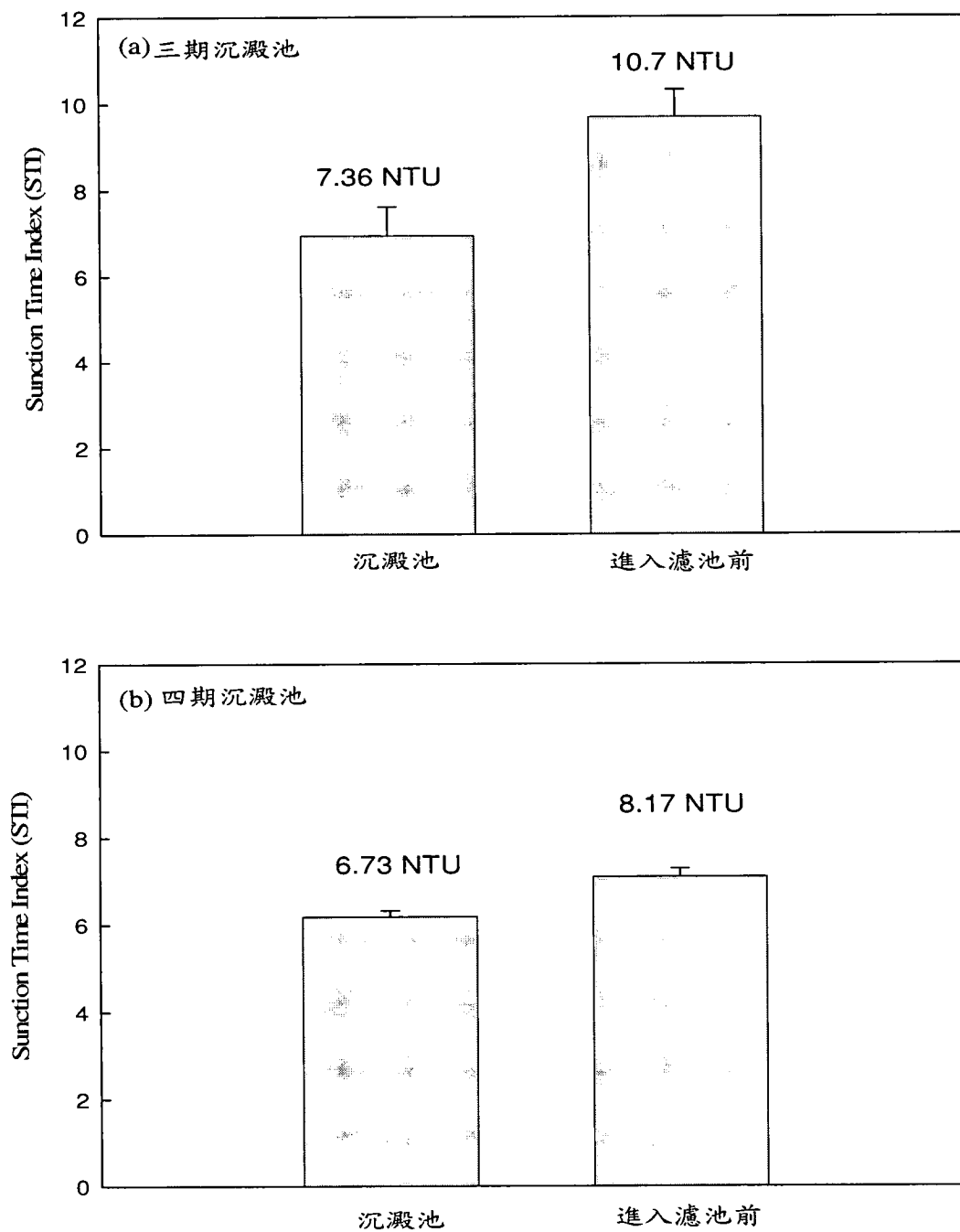


圖 6-4 龍潭淨水場(a)三期(b)四期沉澱池上澄液及濾前水過濾性及殘餘濁度之關係

沉澱池上澄液在進入濾池後，不但是上澄液殘餘濁度上升，連過濾性也變差，為了能進一步瞭解膠羽在這傳輸過程中的變化，因此採取三期沉澱池上澄液及濾池前的水樣進行分析。分析結果如圖6-5(a)及(b)所示。

由圖6-5(a)可知，在三期沉澱池上澄液中膠羽粒徑分佈在10到100 μm 之間，其中以50 μm 粒徑的膠羽佔較多比例，並沒有太多10 μm 以下的小膠羽出現。分析三期濾池前粒徑分佈情形由圖6-5(b)可知，在膠羽進入濾池後，膠羽的粒徑分佈從0.3 μm 到100 μm ，較大粒徑膠羽所佔的比例也明顯的減少，相對的出現了許多10 μm 以下粒徑的小膠羽，顯示在沉澱池上澄液膠羽在進入濾池前，膠羽出現嚴重破碎的情狀，因此導致濾池的殘餘濁度上升，且膠羽破碎成許多細小膠羽，造成濾池過濾性不佳。

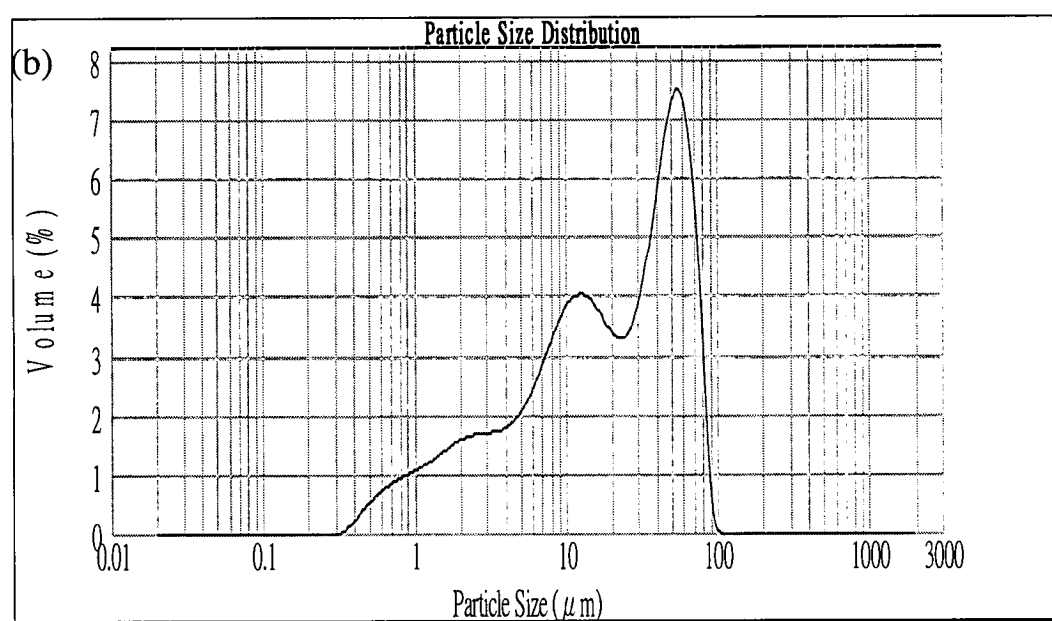
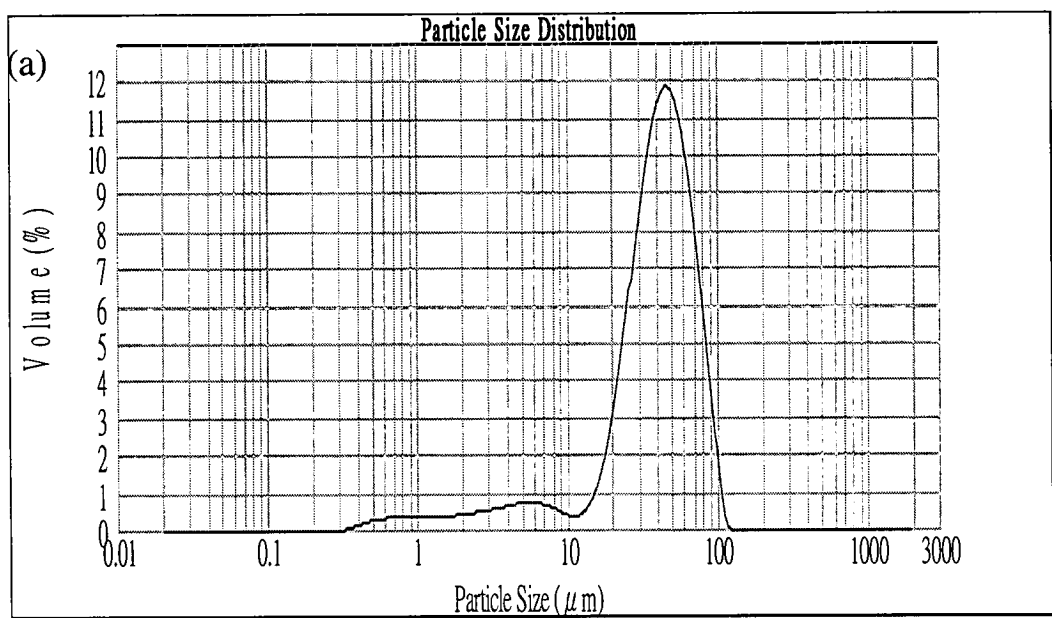


圖 6-5 龍潭淨水場(a)三期沉澱池膠羽(b)三期濾前水膠羽粒徑分佈

以光學顯微鏡觀察膠羽的型狀如圖6-6(a)及(b)所示。光學顯微鏡觀察三期沉澱池膠羽的型狀較大且完整，也較密實。而以光學顯微鏡觀察濾池前膠羽(如圖6-6(b))發現膠羽的形狀並不完整，出現許多由較大膠羽破碎而成的細小膠羽。造成膠羽破碎之主要原因為膠羽在由沉澱池傳送至濾池時，因水位的落差，導致形成之膠羽在進入過濾池後的膠羽產生破碎的情況發生。

因此，經由第一次現場評估的結果討論後，在不改變現場目前操作情形，本研究團隊建議可以藉由改變加藥點，讓快混池效能提昇，而膠羽經抽送方式由沉澱池進入濾池導致膠羽破碎的情形，建議龍潭淨水場在未來改建時，可進行小區域之工程善。

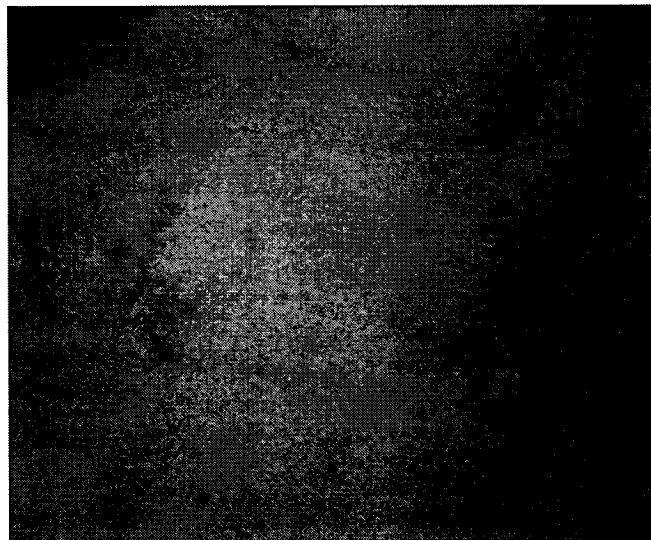


圖 6-6 龍潭淨水場(a)三期沉澱池膠羽(b)三期濾池前膠羽
之光學顯微鏡觀察膠羽照片

6-1-2 加藥方法快混池之影響

在經過第一次現場評估經論之結論，在第二次現場評估時，以改變加藥點觀察操作效能的提昇。

而在進行改變加藥點之前，龍潭淨水場在二區處張工程師騏晉提供加藥策略，改以“深層加藥”(如圖6-7)的加藥方式，使得快混池的操作效能得以提昇，而深層加藥的方式即混凝劑由漏斗收集後送至快混池下層，經由曝氣機擾動與原水混合，並且配合攪拌機的使用，使混凝劑與原水中的濁度顆粒達到混凝去穩定的目的(如圖6-8)。四期快混池使用深層加藥後之顆粒表面界達電位圖，如圖6-9所示。而在本研究團隊經過改變加藥點觀察操作效能後，在二者比較操作效能下，發現深層加藥有效提昇操作效能。

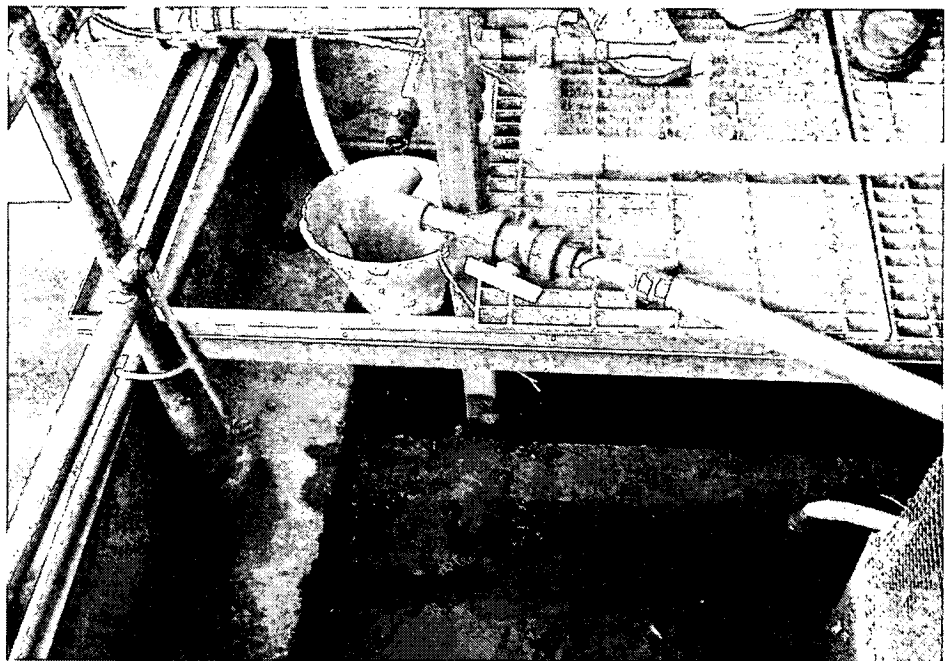


圖 6-7 龍潭四期快混池深層加藥法之設備

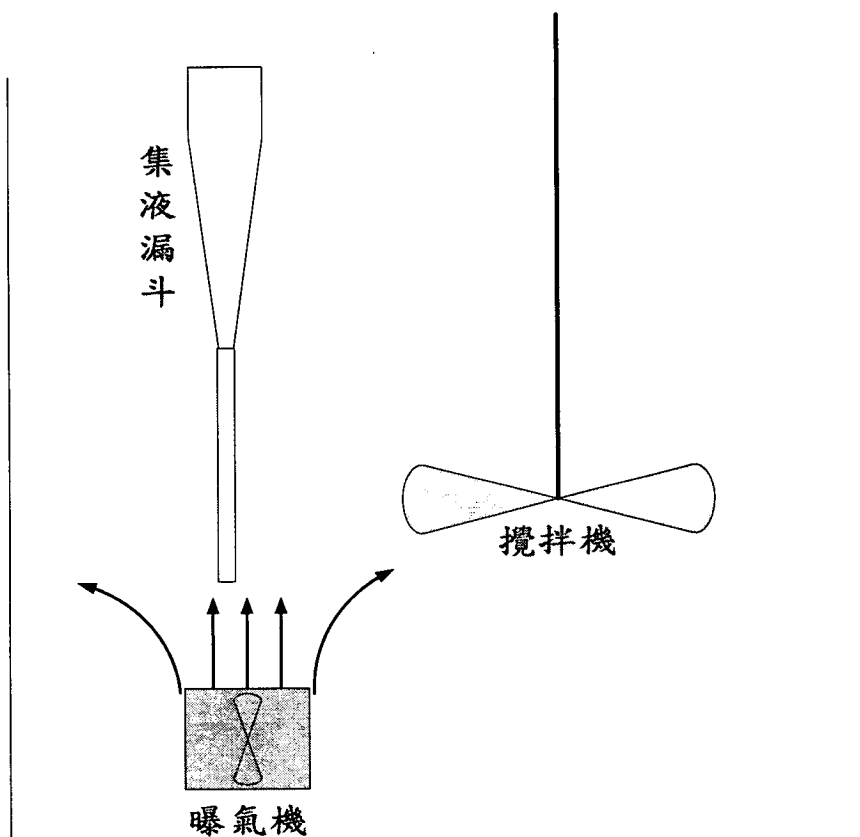


圖 6-8 龍潭四期快混池深層加藥法之示意圖

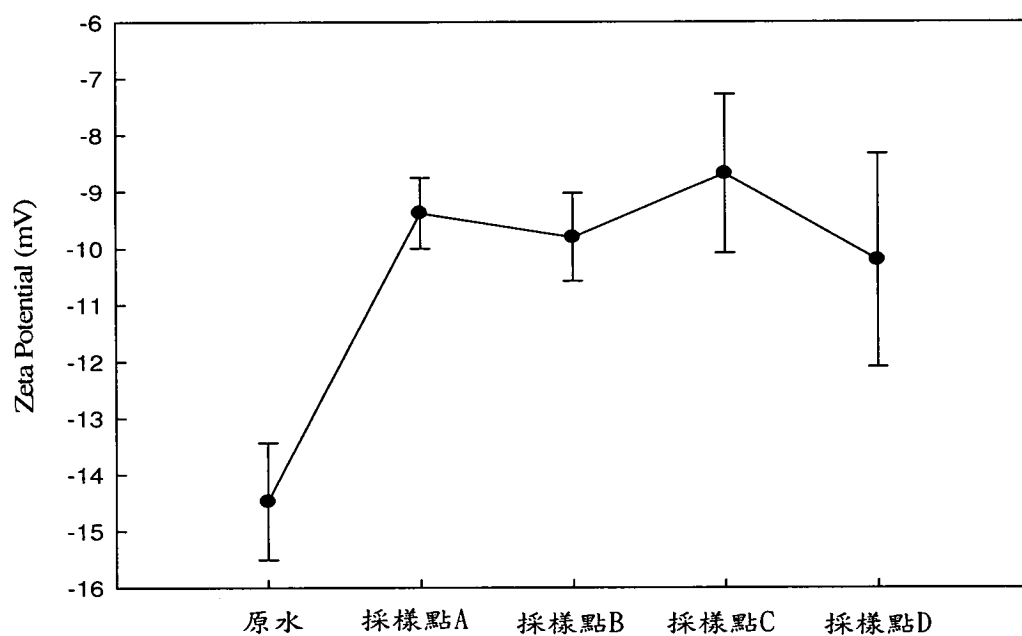


圖 6-9 龍潭四期快混池深層加藥之顆粒表面界達電位

在經過本研究團隊多次前往龍潭淨水廠場勘的結果，得到以下結論。因龍潭淨水場長期處於超量供水的情況下，沉澱池停留時間只有9分鐘，因此沉澱池並沒有完全的發揮功效，絕大部份的處理負荷都是由後續的處理單元(過濾池)承受。因此，過濾性對龍潭淨水場操作效能之評估是很重要的指標。

6-1-3 過濾性試驗評估現場單元操作

在依據實驗室實驗的結果得知，加藥量的控制對過濾性之影響更甚於殘餘濁度。但對於現場是否有相同的關係，在未進行實驗前，並不能得知。所以，在5/29日前往龍潭淨水場進行現場與實驗室相關性的評估。

在5/29日，以不改變加藥量下，進行現場評估與實驗室的相關係，實驗流程如下所述：

(1) 首先採取快混池的水樣，在實驗室用瓶杯試驗機進行慢混後過濾，計算出實驗室的STI值。

(2) 再者，取慢混池出流水水樣，進行過濾性試驗並計算STI值。

實驗結果如下：

首先，在此先對龍潭淨水場當日操作情形做說明，5/29號當龍潭淨水場正在進行四期沉澱池傾斜管鋪設工程，因此四期流量只有平時的60%，加藥量為10.8mg/L as 10% Al_2O_3 ，而在達到龍潭淨水場時，因施工停電至早上11點。所以，現場評估從早上11點10分開始。

由上圖6-10(a)可知，一開始11點10分時，不論是在現場或是實驗室的過濾性效果並不理想，但是當恢復穩定操作後，不論是現場還是實驗室皆有漸漸變好的趨勢，而且實驗室的變化更為明顯，到了下午3點50分開始，現場的過濾性開始出現了波動，而且實驗室的部份也出現了相同趨勢的波動。

因此，在同時比較上圖6-10(a)及圖(b)可知，在一開始11點10分時，快混池因受停電的影響無法運轉，混凝劑無法均勻的分散在快混池中，導致在快混池的部份操作效能並不理想，在此，從圖6-10(b)的顆粒表面電位圖可以明顯的發現電位的變化起伏相當的大，由此可以証實在快混池操作不理想的條件下，對後續濾池的過濾性將會有負

面的影響。在快混池漸漸恢復穩定操作後，現場部份與實驗室的過濾性皆有逐漸變好的趨勢。

而且3點50分後開始，現場與實驗室的過濾性皆出現了變差的現象，且顆粒表面電位也出現了起伏的現象，在詢問現場操作人員後，推測可能過濾性及顆粒表面電位發生變化的原因為：

(1) 四期快混池並沒有設置分水井，對原水水質變化沒有緩衝之能力，因此當原水水質發生變化時，快混池容易受到波動。

(2) 四期快混池於快混後迴流去穩定濁度顆粒，提升原水中顆粒濃度，有助於低濁度原水混凝，但因目前龍潭淨水場處於施工狀態，因此在處理水量減少下，導致快混池迴流廢水水量不穩，造成處理不穩定。

四期原水及清水之濁度變化如圖6-11所示。由圖6-11可知，原水的濁度及經過濾池處理後的殘餘濁度，皆非常的穩定，並沒有任何明顯的變化，但是由圖6-10可以知道濾池運作過程中過濾性的變化，因此由濾後殘餘濁度來作為處理操作指標是不夠的。龍潭淨水場的清水濁度約為0.9 NTU，略為高於自來水公司的內控標準0.5 NTU，而造成清水濁度略高於內控標準之主要原因為龍潭淨水場長期處於超量供水的情況下，沉澱池及濾池因此無法完全發揮效能，因此造成清水濁度略高於內控標準。而為了改善目前處理單元的操作負荷，目前於四期沉澱單元實施改善工程，將設置傾斜管以提升沉澱效率。

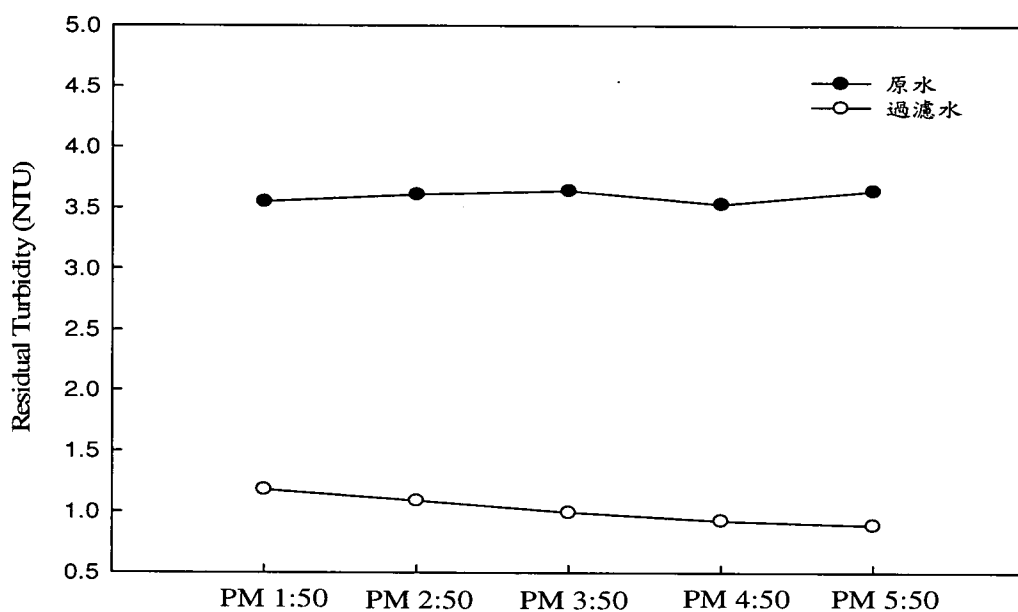


圖 6-11 龍潭淨水場四期原水及清水之濁度變化

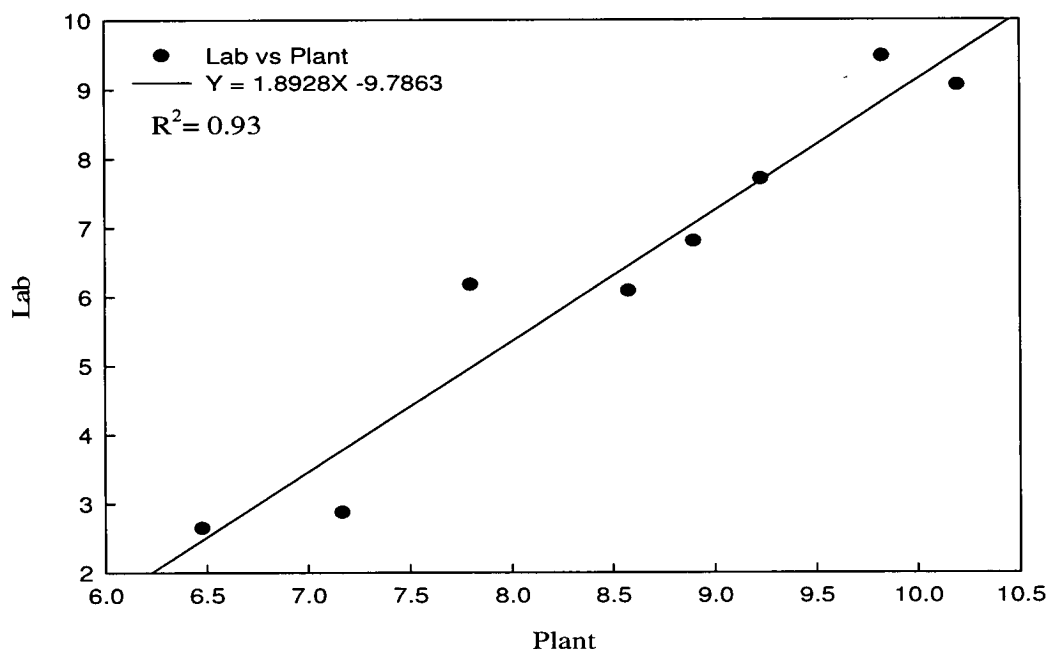


圖 6-12 現場操作與實驗室過濾性試驗之相關係

現場操作與實驗室過濾性試驗之相關係如圖6-12所示。而在經過5月29號及7月8號二次評估後，現場與實驗室部份經的相關係數的 R^2 值也有0.93的相關性。

在結束現場評估後，本研究團隊也採樣回實驗室進行最適加藥量之評估，結果如圖6-13所示。PACl加藥量分別為11.3、18.9及47.3 mg/L as 10% Al_2O_3 。在經過實驗室評估後，發現仍有相同的情況，殘餘濁度並不改變皆維持在約1 NTU，但過濾性隨著加藥量的增加而變差。而可知龍潭淨水場的加藥量在最適加藥量範圍內。

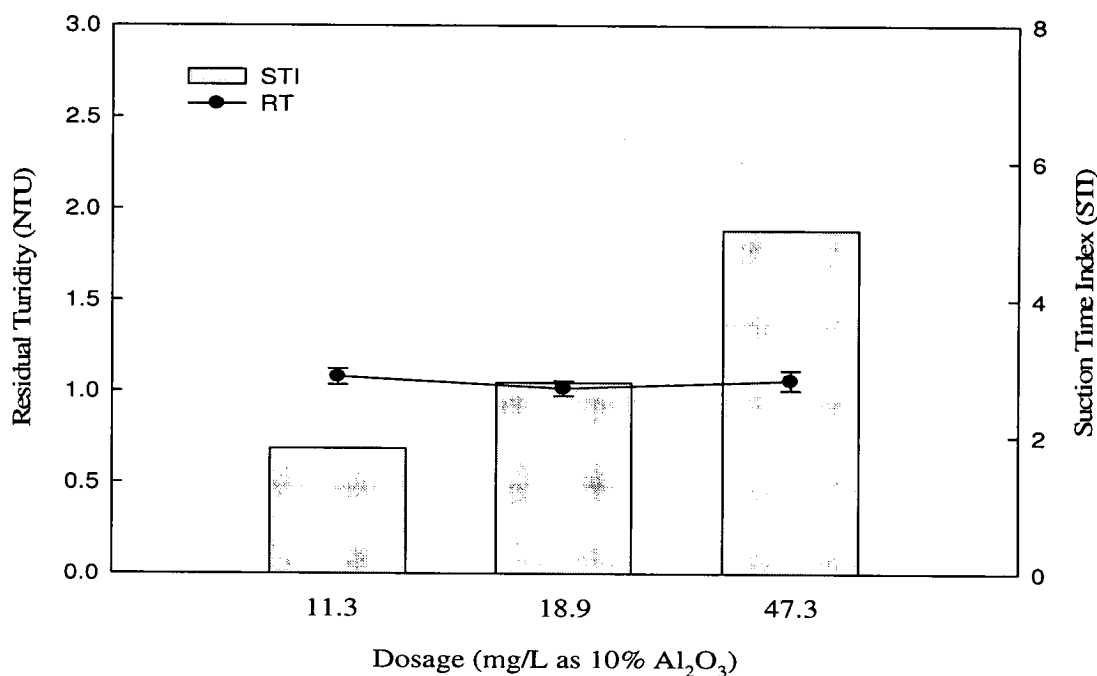


圖 6-13 龍潭淨水場不同加藥量對殘餘濁度及過濾性之影響

綜合以上結果顯示：

(1)現場混沉後上澄液與實驗室混沉後上澄液的過濾性有相同的趨勢，可藉由實驗室的部份來評估現場最適的混凝操作參數。

(2)建議龍潭淨水場可藉由工程改善，以減輕淨水單元負荷，如沉澱池加設傾斜管。

(3)以長期供水計畫，不論是民生或工業用水，龍潭淨水場規模以不敷使用，而桃園地區快速發展的速度，自來水公司應可考慮增加龍潭淨水場淨水單元。

6-1-4 駐場診斷之改善成效

在經過研究團隊現場駐場評估後，建議龍潭淨水場改變四期快混池加藥方式及在遭遇低濁水難處理原水時，可適當的減少混凝劑的加藥量。在經過長期觀察龍潭淨水場四期淨水單元的原水濁度、加藥量、出水量及殘餘濁度之變化趨勢，結果如圖6-14及圖6-15所示。

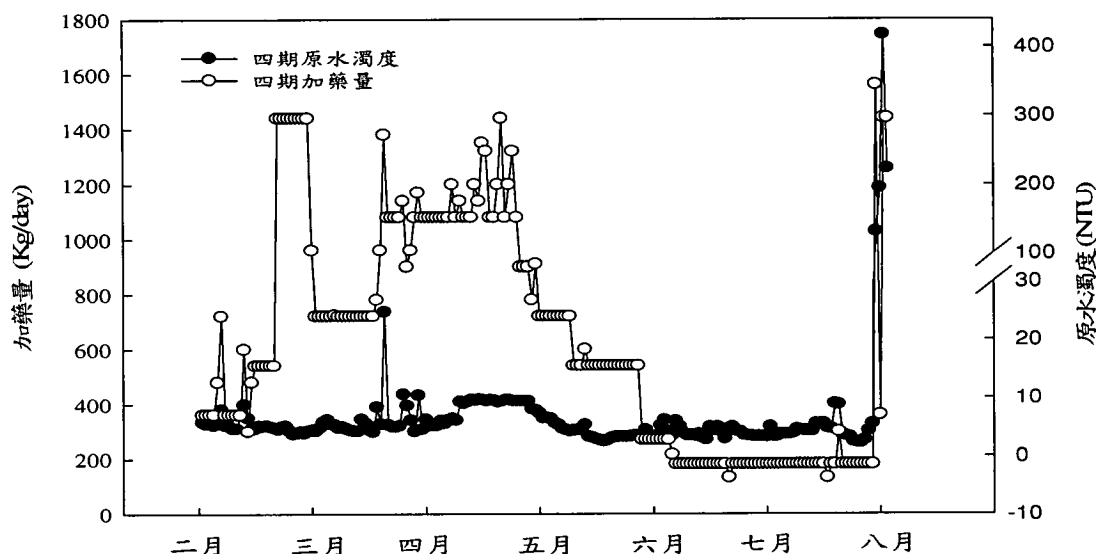


圖 6-14 龍潭淨水場四期原水濁度及混凝劑加藥量記錄圖

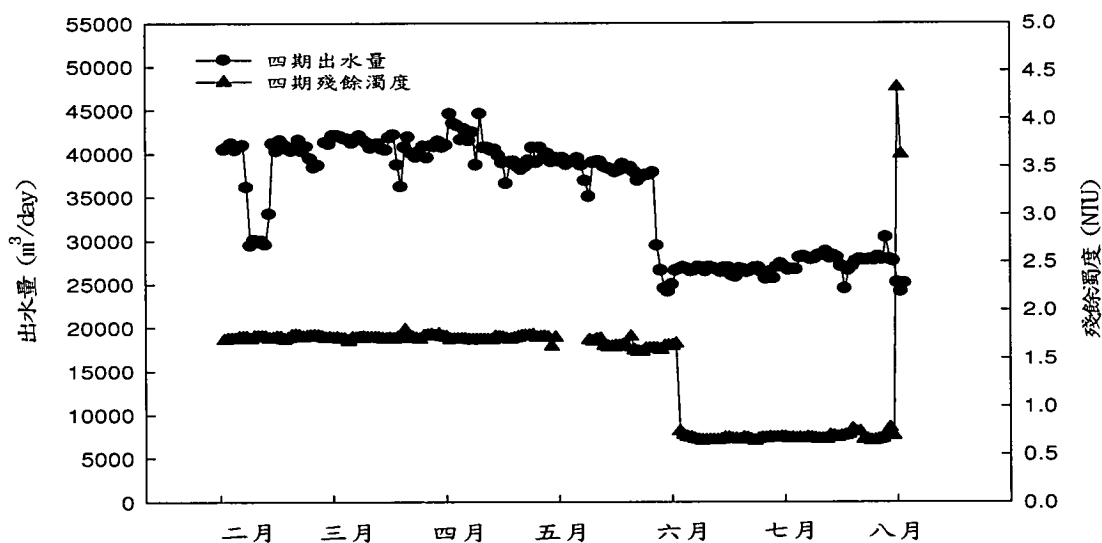


圖 6-15 龍潭淨水場四期出水量及出水殘餘濁度記錄圖

由圖6-14可知，龍潭淨水場一般正常情形原水濁度約在10 NTU以下，但遇到豪大雨或颱風的沖刷，原水濁度可達400 NTU以上。研究團隊在2月20日前往龍潭淨水場駐場評估時，當日龍潭淨水場四期原水濁度約為4.9 NTU、快混池加藥量為1440 kg/day(約38 mg/L as Al_2O_3)，在比照研究團隊在實驗室之實驗結果，建議龍潭淨水場可適當的減少加藥量並改善加藥方式。在經由龍潭淨水場逐步的減少加藥量並使用深層加藥的方式後發現，混凝劑的加藥量從2月的1440 kg/day減少至5月僅使用500 kg/day。由操作效能可知，即使是減少混凝劑的使用量，在處理上仍有相同的處理效果(如圖6-15所示)，殘餘濁度都約為1.5 NTU，因此每日可減少約1000 kg/day混凝劑的使用量。但是出水的殘餘濁度卻無法達到自來水公司的內控標準，而造成無法達成內控標準之主要原因實為龍潭淨水場長期處於超量供水的情況下，尤以四期淨水單元最為嚴重。由圖6-14可知，龍潭淨水場四期淨水單元每日需出水約4萬噸，在沒有足夠停留時間下造成淨水單元處理效能下降，因此殘餘濁度無法達到內控標準，而龍潭淨水場在6月時，開始進行四期沉澱池之改善工程因此減量供水至每日3萬噸左右，殘餘濁度以能達到自來水公司0.5 NTU的內控標準，且混凝劑每日使用量僅需200 kg/day。

綜合以上結果顯示，適當的減少加藥量(500 kg/day)，即可達到較高加藥量(1440 kg/day)之操作效能，且可有效的減少操作成本，但超量供水問題嚴重，為達自來水公司內控之出水標準(0.5 NTU)及大桃園地區長遠供水計畫，自來水公司應考慮增設龍潭淨水場淨水單元。

6-2 寶山給水廠現場評估

寶山給水廠主要的原水來源為寶山第一水庫，因此寶山第一水庫水質的特性會直接影響寶山給水廠現場的操作，而此次寶山給水廠發生低濁度難處理水原因主要是寶山第一水庫中含有大量藻類，造成濾池阻塞，嚴重縮短濾程，尤其以二期淨水單元最為嚴重。因此以下將針對寶山第一水庫水質特性進行分析及以過濾性試驗現場診斷寶山給水廠淨水單元之操作情況(如附錄六)，詳細內容如下所述。

6-2-1 水質特性分析

在寶山給水廠發生藻類嚴重阻塞濾池後，為了能更深入瞭解目前寶山第一水庫水質情形，以提供寶山給水廠抽取原水之參考，本研究團隊在寶山給水廠工作人員陪同下，前往寶山第一水庫進行採樣分析。

表6-1 寶山第一水庫不同取水口水質特性

寶山第一水庫	pH	TOC(mg/L)	POC(mg/L)	UV ₂₅₄ (cm ⁻¹)
138.5 m取水口	8.7	2.84	1.46	0.0243
135.8 m取水口	7.8	1.16	0.29	0.0139
133.1 m取水口	7.4	0.96	0.13	0.0193
130.4 m取水口	7.3	0.79	0.03	0.0227

採取寶山第一水庫不同取水口水質分析項目及結果如表6-1所示。結果可知，在寶山第一水庫138.5 m取水口原水之pH值約8.7，顯示水質略偏鹼性，且越往下層pH值越接近7，這是因為當水中含有大量藻類時，會消耗水中CO₂，導致水中pH值增加。

文獻曾以顆粒性有機物(Particle Organic Carbon, POC)濃度作為藻類濃度的替代指標(TA and Woodward, 1998)，以建立藻類直接過濾處理之評估指標，當POC值越高，過濾越困難。以寶山第一水庫為例，水庫不同深度原水對過濾性之影響結果如圖6-16所示。寶山第一水庫於138.5 m取水口的POC高達1.46 mg/L，在135.8 m取水口僅有0.29 mg/L，隨著深度的逐漸增加，POC的濃度也逐漸減少，133.1 m及130.4 m取水口分別只有0.13 mg/L及0.03 mg/L。因為POC濃度較高代表藻類較多，導致過濾性變差，所以STI值較高。在寶山第一水庫138.5 m取水口所採的原水之STI值高達11.9，較其他取水口之原水高約5倍。此結果顯示，水庫水表層的藻類數量較多，不利於過濾。

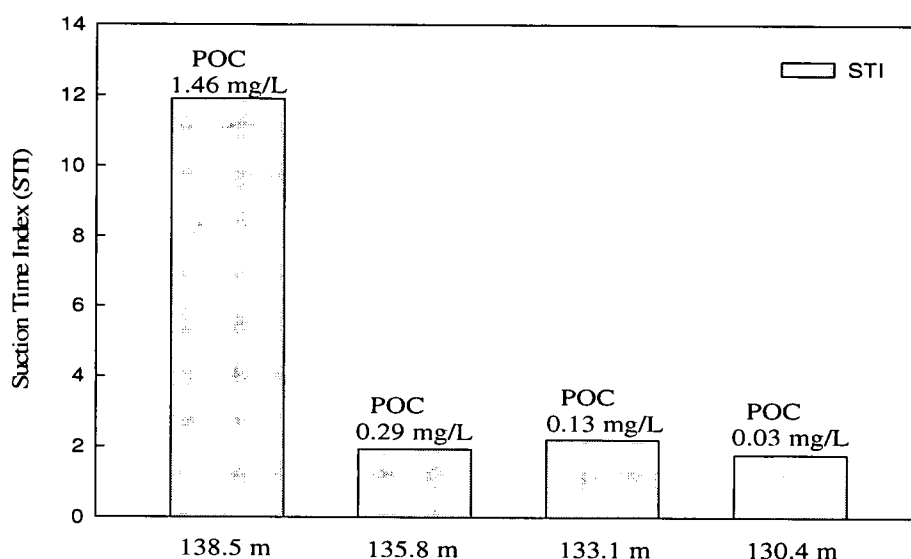


圖 6-16 寶山第一水庫不同深度原水之顆粒性有機物濃度及過濾性

Chow et al. (1999) 以SUVA值表示水中有機物性質之親疏水性及去除效果， UV_{254} 與TOC之比值即為SUVA值。當SUVA值大於4時，代表水中多為疏水性大分子，有良好的混凝去除效率，若介於2到4之間，代表疏水性與親水性分子混合，有中等的混凝去除效果，當SUVA

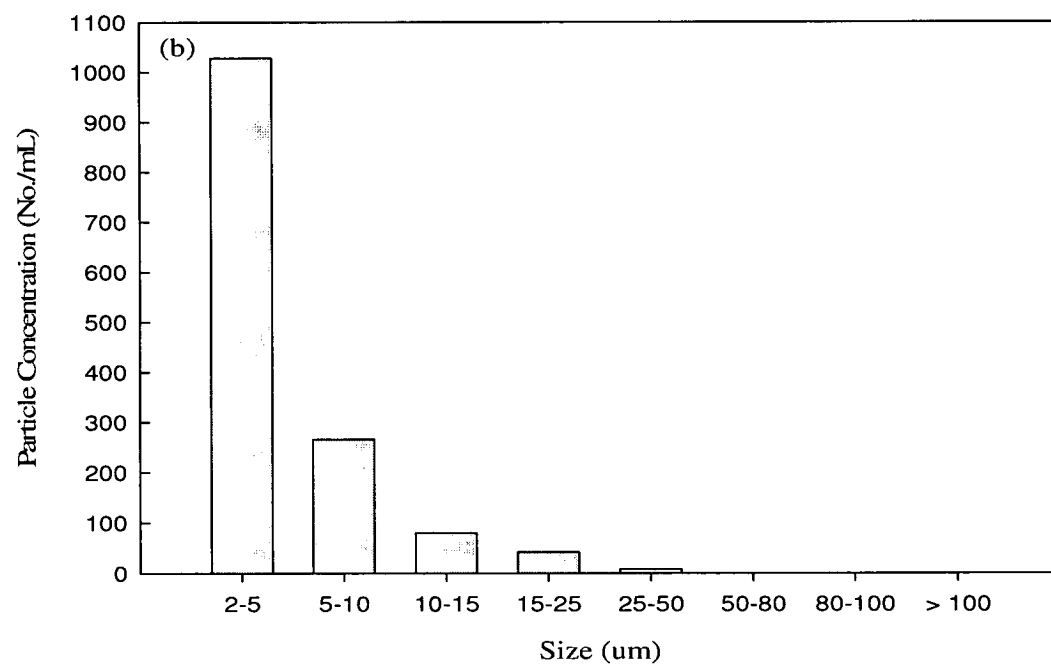
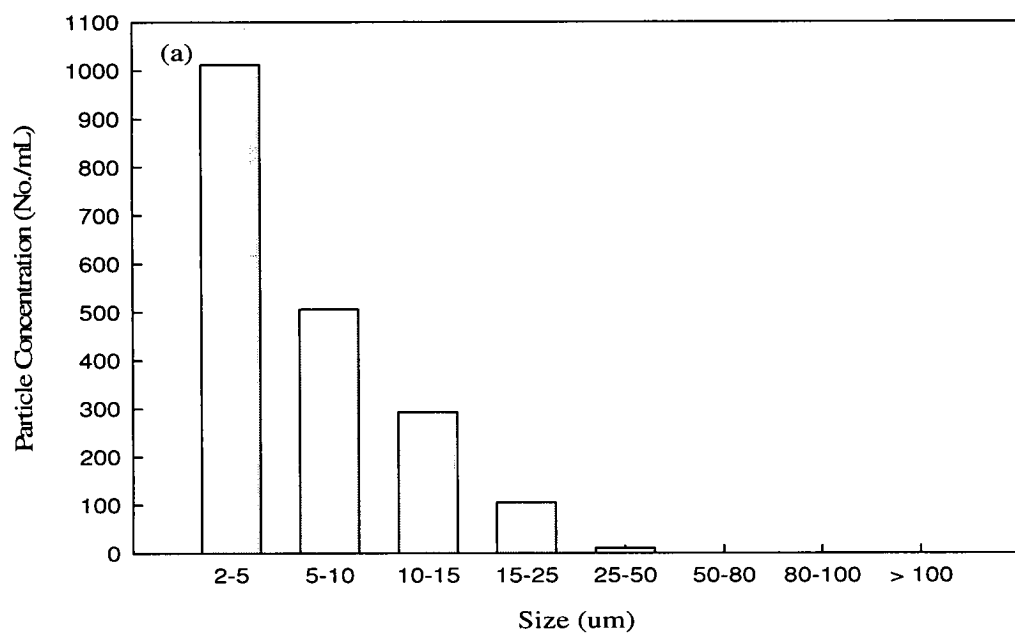
值小於2表示水中多為親水性分子，因此造成混凝去除效果不佳。而在寶山第一水庫138.5 m的SUVA值僅有0.85 L/mg-m，表示水中有機物較偏親水性較不易被混凝去除，這也是因為水中含有大量藻類(親水性)所造成。而133.1 m及130.4 m取水口的SUVA值分別為2.0 L/mg-m及2.8 L/mg-m，具一定程度之混凝去除效果。

綜合以上結果顯示，寶山第一水庫的水質中含有許多有機物存在，其中多為親水性有機物，不利於混凝沉澱去除，尤以138.5 m取水口藻類大量滋生的問題更為嚴重，因此建議寶山給水廠取水口儘量以中下層為主，但也應避免抽取至水庫底層污泥為供水原則。

6-2-2 二期淨水單元現場診斷

寶山給水廠發生原水中藻類數量增多，導致濾池堵塞後，本研究團隊即多次前往寶山給水廠進行現場淨水場處理單元操作情況評估，評估內容包含寶山給水廠水質分析、淨水單元處理效能及寶山第一水庫水質調查，詳細內容如下所述。

5月3日前往寶山給水廠二期原水、操作單元的沉澱池上澄液及清水池進行處理評估，評估結果如圖6-17所示。由圖6-17(a)表示當天寶山給水廠原水顆粒粒徑及數目分佈，其中以2-5 μm 粒徑最多約有1000 #，此粒徑範圍與藻類大小符合。原水在經過混凝沉澱處理後(如圖6-17(b))，在沉澱池上澄液中，5-10 μm 粒徑大小的數目從原水中的500 #減少為250 #，有效的去除50 %，其他大顆粒粒徑(10-15 μm 、15-25 μm 及25-50 μm)也都減少至100 #以下，唯有2-5 μm 粒徑大小的顆粒仍然維持約1000 #。結果顯示沉澱池經混凝沉澱後仍無法有效的將這些藻類去除，而沉澱池上澄液進入濾池過濾後(圖6-17(c))2-5 μm 粒徑大小的仍維持約1000 #，其餘粒徑數目皆在200 #，此結果顯示藻類沒有混凝去除，在流入濾池後，造成濾池阻塞且穿透濾池，濾池無法有效攔阻藻類流入清水池。



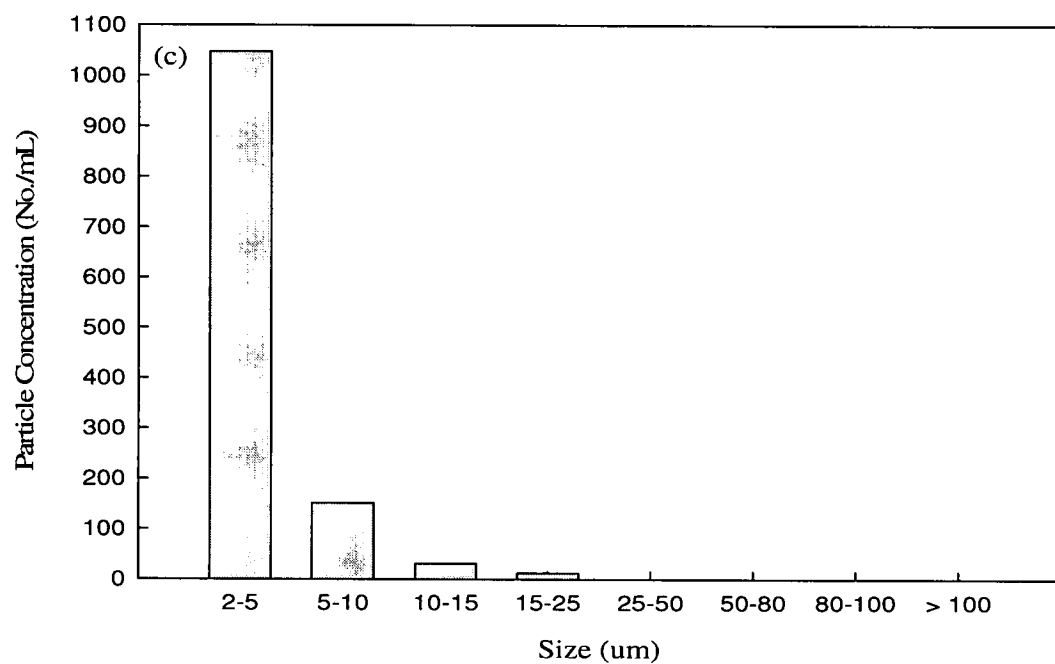


圖 6-17 寶山二期(a)原水(b)混澱池上澄液(c)清水池上澄液
顆粒粒徑大小及數目分佈圖

6-2-2 過濾性試驗評估加藥量

此後本研究團隊持續評估寶山給水廠一、二淨水單元，評估項目包含快混池顆粒表面電位、慢混池及沉澱池上澄液顆粒粒徑及數目變化、沉澱池上澄液之過濾性及增加混凝劑加藥量後對沉澱池上澄液過濾性之影響。

圖6-18(a)及(b)分別是一、二期沉澱池上澄液的顆粒數，可以明顯的發現二期沉澱池上澄液的顆粒數遠比一期多，尤其是2-5 μm 顆粒數皆在1500 #以上，尤其是3-5 μm 的顆粒數皆在2000 #以上，5-10 μm 較大顆粒粒徑的膠羽也在500 #。而一期沉澱池上澄液的大顆粒數目皆維持在500 #以下，即使是2-5 μm 顆粒數目也不超過1000 #，以上結果顯示二期沉澱池的去除效果較一期差，不但上澄液含有許多的小顆粒粒徑的膠羽，即使是較大粒徑的膠羽沉降效果也一期沉澱池較差。

圖6-19是一、二期快混池的顆粒表面界達電位圖，用以表示快混池的操作情形，一般顆粒表面界達電位越接近零，效果越好，越能形成緻密且沉降性佳的膠羽。由圖可知，一期顆粒表面界達電位在長時間的監測下皆維持在-10 mV以上，而二期快混池顆粒表面界達電位皆維持在-12 mV以下。由此可知二期的快混效果較一期差，因此濁度顆粒經由混凝加藥後顆粒表面界達電位仍較偏負，顯示顆粒去穩定效果較差，無法在沉澱過程中去除，因此二期沉澱池上澄液有較多的小顆粒。

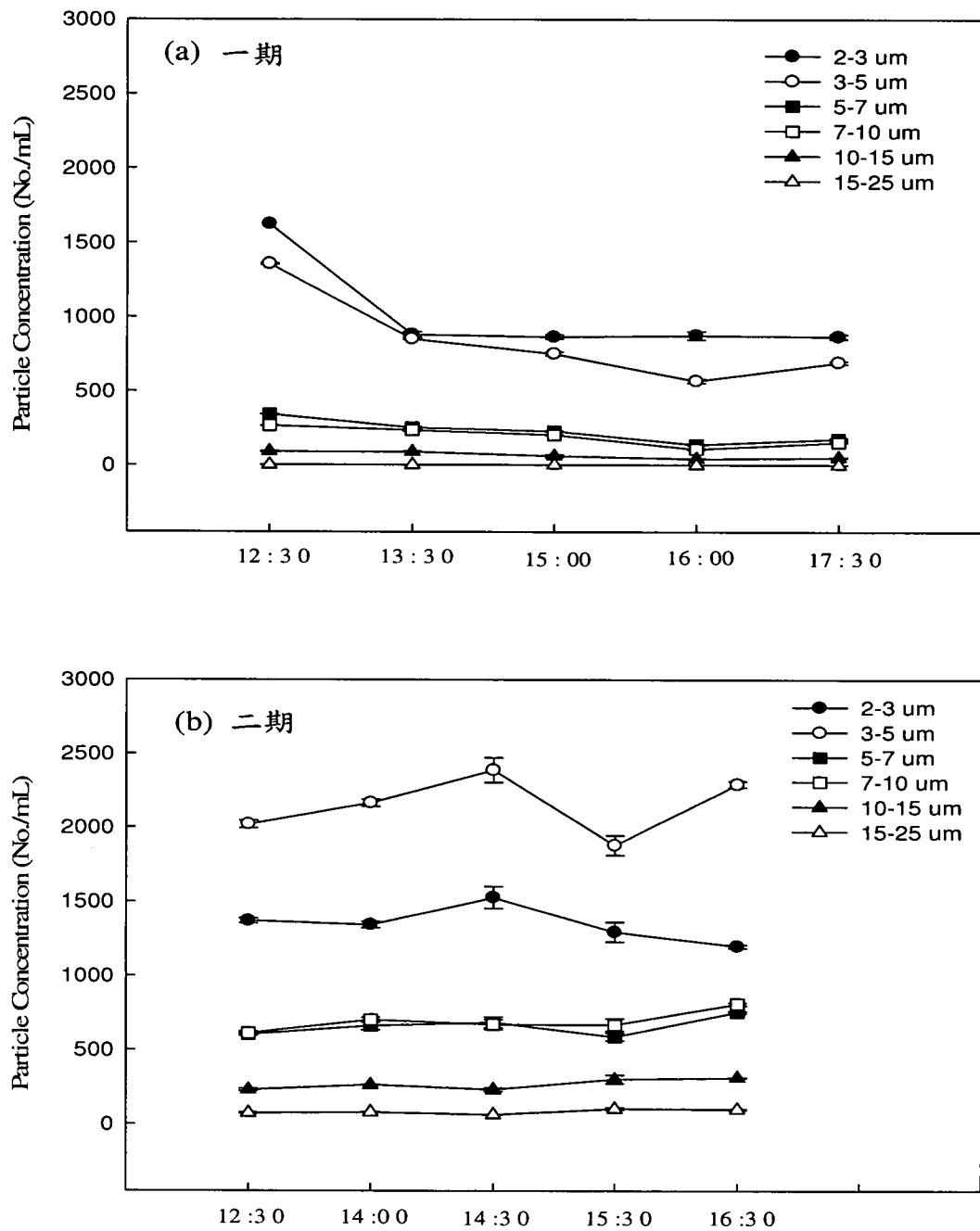


圖 6-18 寶山沉澱池上澄液顆粒粒徑及數目變化圖(a)一期(b)二期

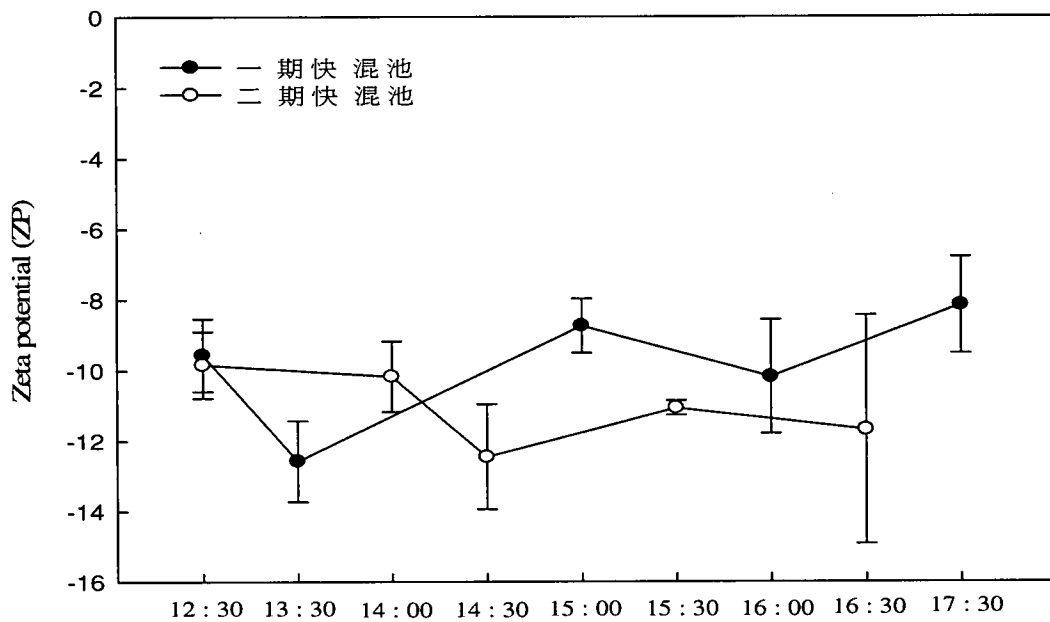


圖 6-19 寶山給水廠快混池顆粒表面電位變化

圖6-20是一、二期上澄液的過濾性試驗，很明顯的可以發現二期的過濾性皆在3.5以上，而一期除了在一開始較高，之後有漸漸變好的趨勢，在比較一、二期上澄液的過濾性後，明顯二期的上澄液過濾性較差。且在跟一、二期沉澱池上澄液2-5 μm 顆粒數比較後發現，過濾性的趨勢跟3-5 μm 顆粒數有相同的趨勢。由此可知，小顆粒粒徑是造成濾池阻塞的主要原因，因此二期濾池濾程縮短的原因是因為沉澱池上澄液仍有許多小顆粒造成的。

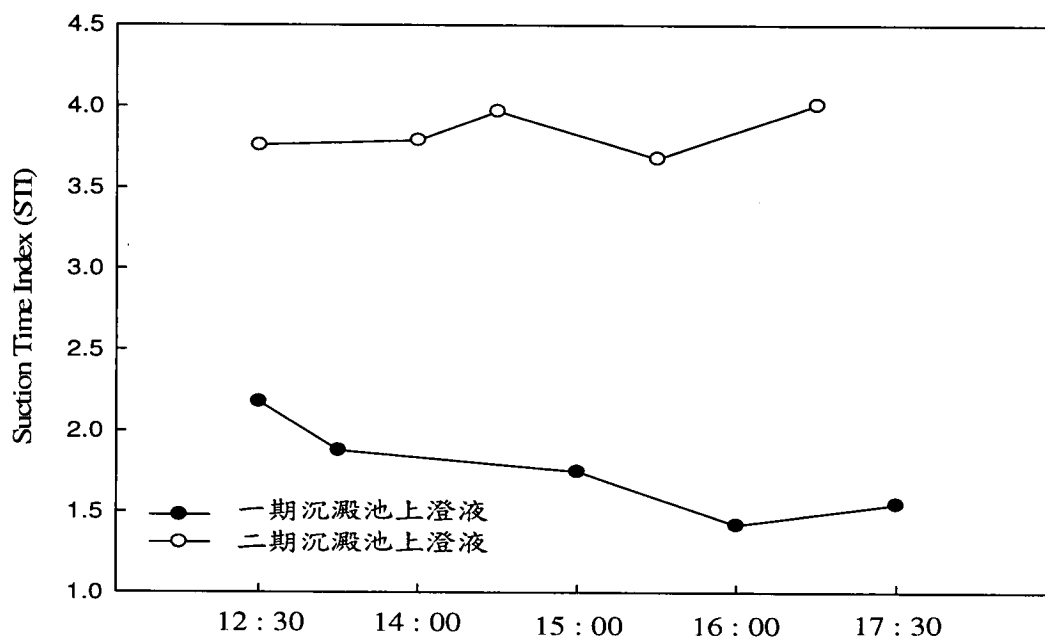


圖 6-20 寶山給水廠沉澱池上澄液過濾性之比較

接著藉由觀察二期其他單元的操作狀況試著找出原因。圖6-21是二期淨水單元從慢混到沉澱池各單元顆粒粒徑及數目，5-10 μm 的顆粒數有沉澱去除的效果出現，唯有2-5 μm 顆粒數在進入濾池後沒有變化，因為小顆粒要達到沉澱去除需較長的時間，因此無法形成緻密且沉降性佳的膠羽，是造成二期濾程縮短的主要原因。

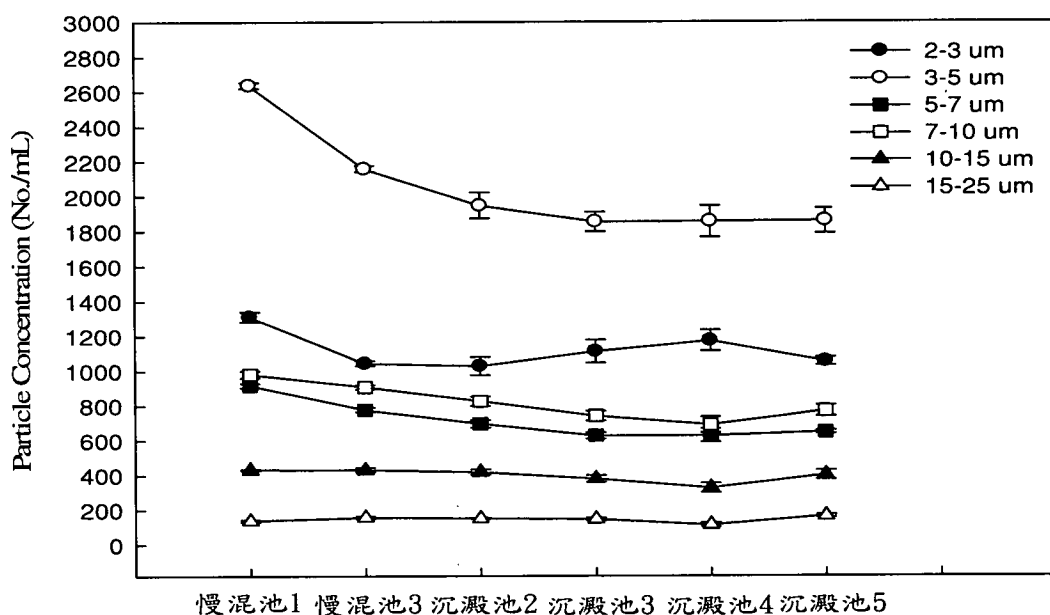


圖 6-21 寶山給水廠二期各單元顆粒粒徑及數目之變化

藉由以上現場評估結果推測造成進入二期濾池過濾性較差的原因可能有：

(1) 快混池的快混效果不佳：快混池的顆粒表面電位較偏負值的結果推測可能是混凝劑的分散性較差，建議二期快混池可仿效一期快混池以多點加藥方式改善混凝劑的分散性。

(2) 加藥量不足：顆粒表面電位較偏負值可能是由加藥不足造成，導致無法形成較緻密的膠羽而達到沉澱去除的目的，所以二期可能仍有增加藥量的空間。

(3) 沉澱池停留時間較短：一期的沉澱池的水力停留時間是2個小時，而二期沉澱池停留時間只有1小時，因較短的水力停留時間造成小顆粒尚未沉澱去除，卻已流入濾池，造成濾池堵塞。

在為了更進一步確認是否可以增加混凝劑的加藥量來改善寶山給水廠因原水中含有大量的藻類問題，因此將對寶山給水廠二期處理單元行進加藥前後慢混及沉澱單元顆粒粒徑及數目變化之連續監測，如圖6-22、23。

圖6-22為改變加藥量前連續二個小時監測二期慢混及沉澱池顆粒粒徑及數目變化，加藥量為23.5 mg/L。由原水到慢混池單元小顆粒數目(2-3、3-5 μm)明顯的減少，其餘大顆粒數目也有略為成長，但進到沉澱池後，較大顆粒粒徑(5-7、7-10 μm)的膠羽有經沉澱而達到去除的效果出現，從500 #降至250 #，但是較小顆粒粒徑(2-3 μm)膠羽的數目卻沒有改變，從慢混池到沉澱池出流仍維持在1250 #。圖6-23為改變加藥量至30 mg/L連續四小時監測二期慢混及沉澱池增加加藥量後，慢混沉澱顆粒粒徑及數目之變化。由圖6-23可知，從原水到慢混池小顆粒粒徑(2-3、3-5 μm)的膠羽數目也是因混凝聚集形成較大顆粒而減少的趨勢，在慢混池末端約剩1500 #，但是在進入沉澱池後，除了較大顆粒粒徑的膠羽有被沉澱去除外，小顆粒粒徑(2-3、3-5 μm)的膠羽也被經由沉澱池沉澱去除，且數量皆在1000 #以下，2-3 μm 從增加加藥前的1250 #減少至1000 #，3-5 μm 也從增加加藥前的1000 #減少至750 #，2-3、3-5 μm 範圍大小的顆粒粒徑提升了25%的去除效率，因此在增加加藥量後二期沉澱池上澄液的小顆粒數明顯的被沉澱去除。

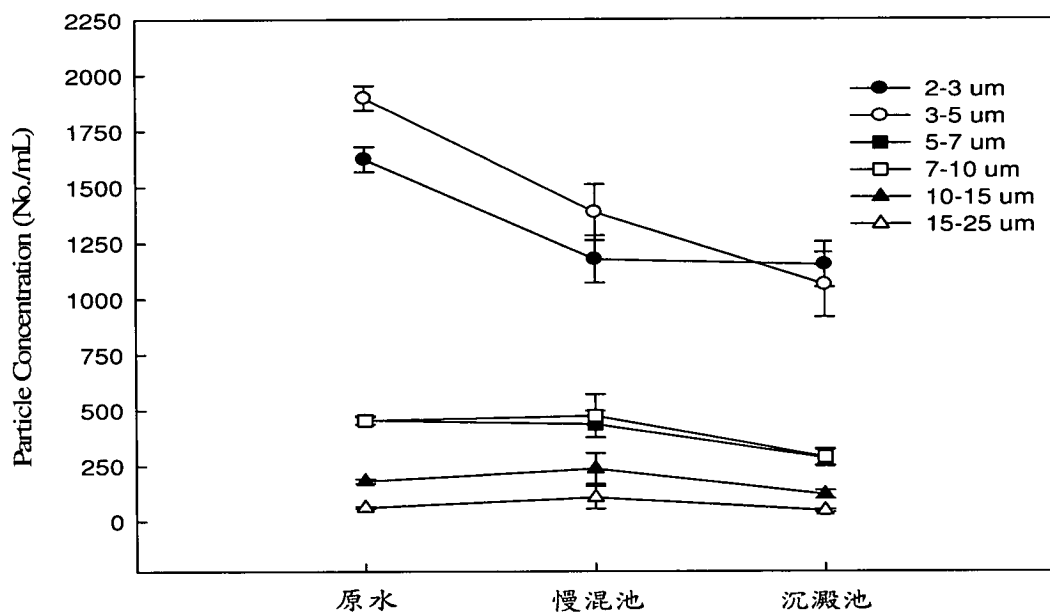


圖 6-22 寶山給水廠二期各單元加藥前慢混沉澱顆粒粒徑及數目之變化

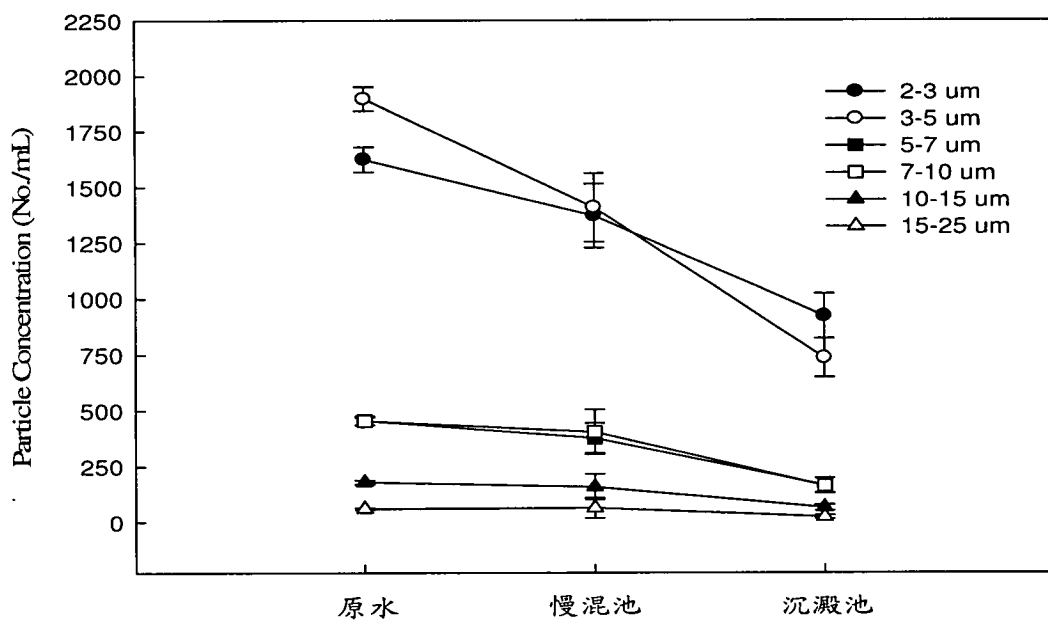


圖 6-23 寶山給水廠二期各單元加藥後慢混沉澱顆粒粒徑及數目之變化

由圖6-24可知，在增加加藥量為30 mg/L(as 10% Al_2O_3)後，各個顆粒粒徑大小的去除效率皆有明顯的增加，而且沉澱池上澄液的過濾性也約提升了20%。因此適當的增加加藥量能有助於提升含藻類原水的混凝沉澱去除效能

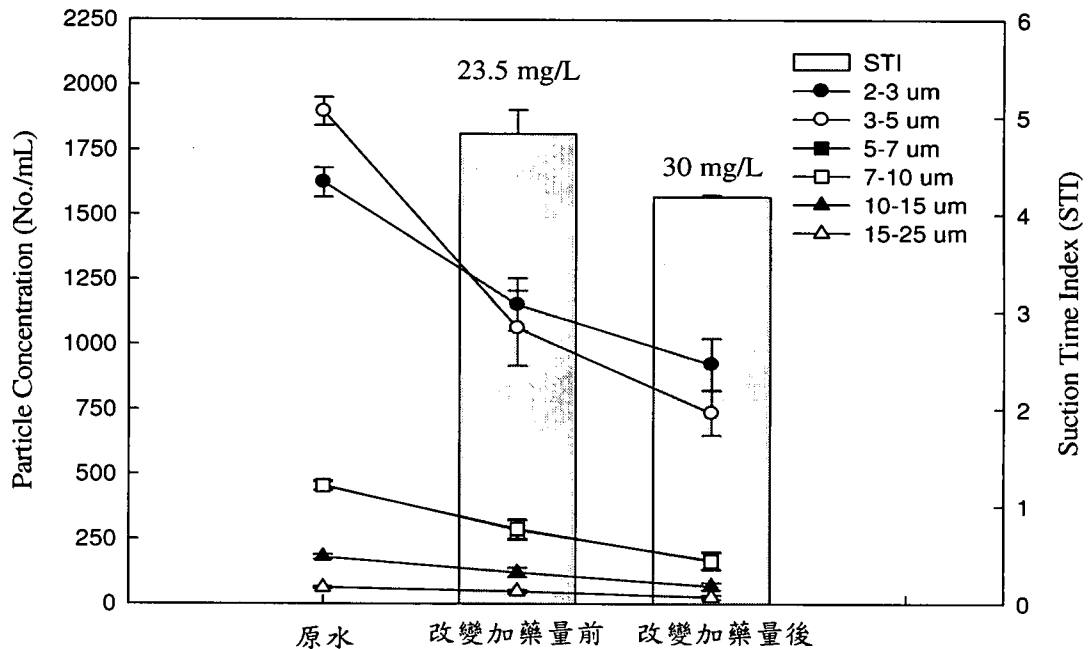


圖 6-24 寶山給水廠二期各單元加藥前後慢混沉澱顆粒粒徑及數目之變化對過濾性之影響

綜合以上結果顯示，寶山第一水庫水質惡化導致寶山給水廠供水困難，為能解決供水困難，因此建議可考慮變更混凝劑(如PSI)或添加助凝劑(PAM)，但使用助凝劑時應嚴格評估警慎使用，避免加藥不當造成後續問題。

6-2-4 管中混凝加藥設備對低濁度難處理原水之效應

低濁度原水因顆粒濃度低，無法提供足夠之凝結核，混凝劑不易與濁度顆粒吸附電性中和形成膠羽，若能有效提高攪拌強度(G值)將增加顆粒碰撞機率，將有助於顆粒聚集，增進濁度的去除。Ebie and Azuma(2002)以鐵鹽及鋁鹽混凝劑探討不同G值對殘餘濁度、殘餘混凝劑及混沉後上澄液過濾性之影響。研究中指出提高G值有助於減少水中混凝劑的殘餘量及增加混沉後上澄液之過濾性。因此，以下探討高G值下，混凝劑加藥量對混沉後上澄液過濾性之影響。研究中使用之快混設備不同於一般快混攪拌方式，主要是採用管中混凝加藥設備(In-line mixer)藉由噴射方式產生極高G值下，將混凝劑投入，詳細結果如下所述。

實驗中PACl添加量分別為1、2、3、3.5及4 mg/L，在經過瞬間高G值快混後，以瓶杯試驗攪拌機慢混33分鐘，沉澱1小時後，取其上澄液進行過濾性試驗，實驗結果如圖6-25所示。由圖可知在加藥量為1~2 mg/L時，經高G值混沉後其上澄液有較佳之過濾性。在較高加藥量下(3~4 mg/L)，經高G值混沉後其上澄液過濾性明顯變差，與一般瓶杯試驗混沉後有相同之趨勢。這是因為濁度低時，水中濁度顆粒少，分散面積(S)較小，因此混凝劑吸附空間有限，當 Al^{3+}/S 的比值較大，容易形成羥基錯合物，此種錯合物容易破碎，因而造成混沉後上澄液過濾性不佳(李，2004)。由以上結果可知，即使在高G值下加入較多的混凝劑仍會造成過濾性不佳，因此在處理低濁水時混凝劑添加量的控制是相當重要的。

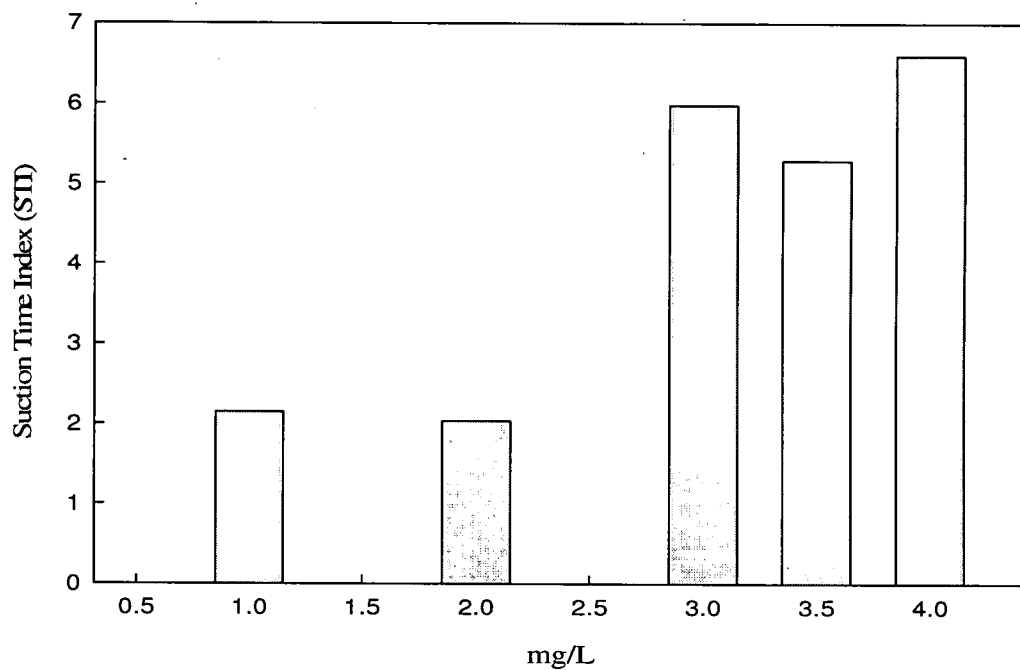


圖 6-25 高 G 值下不同加藥量對過濾性之影響(G 值:17,000 sec⁻¹)

第七章 處理策略改善建議及結論

7-1 處理策略及改善建議

本研究所分析五座遭遇難處理原水，分別為龍潭淨水場、鯉魚潭給水廠、板新給水廠、平鎮給水廠及寶山給水廠之淨水場，其原水狀況及建議處理策略及應變對策說明如下，現場診斷結果及現場診斷改善建議事項亦述於后。

7-1-1 低濁難處理原水之建議處理策略及應變

以下針對各淨水場遭遇到不同性質之低濁度難處水，依據水質及顆粒物化特性將其分類，並針對不同性質之低濁難處理原水提供不同之處理策略及應變方法，詳細內容如下所分述：

1. 使用高純度PACl(60%Al₁₃):

使用較高純度PACl(60%Al₁₃)混沉處理低濁度較高有機物難處理原水(龍潭)時，因高純度PACl(60%Al₁₃)混凝劑有較強電性中和能力，優於自來水公司使用之PACl(20%Al₁₃)混凝劑，可在減少約30%的混凝劑使用量時，即可達最適加藥量，且混沉後上澄液過濾性較佳。

使用較高純度PACl混凝劑混沉處理板新給水廠發生之一般濁度難處理原水(約60~70 NTU)時，可在減少約60%混凝劑的使用量下，即達最適加藥量且混沉後上澄液有較佳的過濾性。

2. 使用聚矽酸鐵(PSI)混凝劑

混沉處理低濁低有機(平鎮及龍潭)及低濁含藻原水(鯉魚潭及寶山)時，混沉後上澄液較使用硫酸鋁及自來水公司使用之PACl混凝劑有更佳的過濾性，最多可提升50%的過濾性，在過量藥下，也不會造成混沉後上澄液過濾性變差的問題。

3. 添加少量高分子凝集劑

添加高分子凝集劑是可以幫修理，但非唯一之途徑，且一般不宜高於0.1 mg/L，加藥後上澄液過濾性會提升，但過量加藥下，會增加水中溶解性有機物的含量且混沉後上澄液過濾性明顯下降4倍。

4. 凝劑加藥前先行稀釋

於加藥前先行稀釋之凝劑，對處理低濁低有機原水(平鎮及龍潭)時，會形成較大(約2倍)且不易破碎的膠羽且有較佳的混沉後上澄液之過濾性。

5. 以過濾性指標(STI)作為Jar-test試驗決定加藥量之指標

針對需以過濾為主要處理單元的低濁原水，於實驗室進行Jar-test試驗，若仍以上澄液殘餘濁度為決定加藥量之指標，常易造成加藥過量，反而導致混沉後出水過濾性變差，因此以過濾性指標(STI)作為Jar-test試驗決定加藥量之指標，較可準確求得低濁原水之最適加藥量。

以上五種對策作為整理，根據不同發生水質狀況作分割整理並提出相關應變對策，詳細內容如表7-1所示。

表7-1 不同淨水場發生之不同低濁度難處理原水水質及應變方法

水質條件	發生水廠	應變對策
低濁高有機物原水(白濁水) (約25 NTU、DOC 3mg/L以上)	龍潭淨水廠	(1)變更混凝劑(高純度PACl) (2)以過濾性指標作為Jar-test試驗決定加藥量之指標 (3)增加淨水單元處理容量
低濁含藻原水 (約5 NTU、DOC 約2mg/L)	鯉魚潭給水廠、 寶山給水廠	(1)變更混凝劑(PSI) (2)以過濾性指標作為Jar-test試驗決定加藥量之指標 (3)變更原水來源(寶山)
低濁度低有機物原水 (5 NTU、DOC 1mg/L以下)	平鎮給水廠 龍潭淨水場	(1)混凝劑加藥前事先稀釋 (2)以過濾性指標作為Jar-test試驗決定加藥量之指標 (3)添加少量高分子凝集劑 (4)因反洗罩無法密合，建議實施工程改善濾池反洗效率(平鎮)

7-1-2 現場診斷改善建議

在經過現場駐廠診斷評估並深入瞭解龍潭淨水場及寶山給水廠發生之問題後，以下將針對龍潭淨水場及寶山給水廠提供具體之建議。

1. 龍潭淨水場

(1) 現場混沉後上澄液過濾性與實驗室混沉後上澄液過濾性有相同的趨勢，可藉由實驗室的部份來評估現場最適的混凝操作參數。

(2) 建議龍潭淨水場可藉由工程改善，以減輕淨水單元負荷，如沉澱池上澄液傳送至濾池的方式及沉澱池加設傾斜管。

(3) 以長期供水計畫，不論是民生或工業用水，龍潭淨水場規模已不敷使用，而桃園地區快速發展的速度，自來水公司應可考慮增加龍潭淨水場淨水單元。

2. 寶山給水廠

(1) 寶山第一水庫的水質中含有許多有機物存在，其中多為親水性有機物，不利於混凝沉澱去除，尤以138.5 m取水口藻類滋生情形更為嚴重，因此建議寶山給水廠取水口儘量以中下層為主。

(2) 建議可更換混凝劑如聚矽酸鐵(PSI)混凝劑。

7-2 結論

本研究經實驗及現象研究對混凝劑選用、高分子凝集劑之使用方法及現場改善提出以下結論：

1. 龍潭淨水場發生之低濁度較高有機物之難處理原水即為「白濁水」，其難處理之原因為當水中顆粒粒徑小且濃度低，已經影響顆粒間有效的聚集機率，而顆粒粒徑小使得有機物增加顆粒表面電位的穩定性更為顯著，因此不易藉由增加混凝劑達到顆粒去穩定。

2. 高純度PACI(60%Al₁₃)在處理低濁度高有機物及一般濁度(約60~70 NTU)之難處理原水可在少量加藥下即達濁度去除效果且混沉後上澄液過濾性較佳。

3. 聚矽酸鐵(PSI)混凝劑可有效處理低濁低有機物及低濁含藻類之難處理原水，因其混沉後上澄液之過濾性明顯較鋁系混凝劑為佳。

4. 在遭遇低濁度難處理原水時，可考慮添加高分子凝集劑作為助凝劑，添加量應控制0.1 mg/L以下，但高分子凝集劑的添加較不適用於低濁含藻原水。

5. 在遭遇低濁度難處理原水時，可藉由預先稀釋混凝劑增加混凝劑擴散效率，提升快混效能。

6. 龍潭淨水場在自行改善加藥點後，已提升快混池操作效能，但在長期超量供水下，使得過濾出水仍無法達內控標準(0.5 NTU)，應增設淨水單元。另龍潭淨水場膠羽於傳送過程中，因水位落差導致膠羽有破碎之現象，建議施以小區域改善工程以消除之，如改沉澱池上澄池傳送至濾池的方式。

7. 寶山給水廠在寶山第一水庫水質無法改善的情況下，可考慮(1)更換混凝劑或(2)更換原水來源。

量

參考文獻

- Amirtharajah, A. and Mills, S.M. (1982) "Rapid-mix Design for Mechanisms of Alum coagulation", *Jour AWWA*, 74(4), 210-216.
- Braul, L., Viraraghavan, T. and Corkal, D. (2001) "Cold water effects on enhanced coagulation of high DOC, low turbidity water", *Water Quality Research Journal of Canada*, 36: 701-717.
- Brink, D.R., Choi, S.I., Al-Ani, M. and Hendricks, D.W. (1988) "Bench-scale evaluation of coagulants for low turbidity water", *Jour AWWA*, 80:199-204.
- Byun, S., Oh, J., Lee, B.Y. and Lee, S. (2005) "Improvement of coagulation efficiency using instantaneous flash mixer (IFM) for water treatment", *Colloids and Surfaces A* 268:104-110.
- Cho, J., Amy, G., Pellegrino, J. and Yoon, Y. (1998) "Characterization of clean and natural organic matter (NOM) fouled NF and UF membranes, and foulants characterization", *Desalination*, 118:101-108.
- Chow, C.K.C., van Leeuwen, J.A., Drikas, M., Fabris, R., Spark, K.M. and Page, D.W. (1999) "The impact of the character of natural organic matter in conventional treatment with alum", *Water Science and Technology*, 40(9):97-104.
- Croue, J.P., Korshin, G.V. and Benjamin, M.M. (2000) "*Characterization of Natural Organic Matter in Drinking Water*", AWWARF and AWWA, Denver, CO., USA
- Ebie, K., Kawaguchi, T. and Yamaguchi, D. (2006) "Dynamic analysis of suspended particles in low turbidity water source with PACl and PSI coagulants", *Water Supply* 6:185-192.
- Ebie, K. and Azuma, Y. (2002) "Reducing turbidity and coagulant residue in treated water through optimization of rapid mix condition", *Water Science and Technology: Water Supply*, 2(5-6):103-110.
- Gregory, J. (1985) "Turbidity fluctuations in flowing suspension", *Journal of Colloid and Interface Science.*, 105:357-372.
- Gregory, J. and Nelson, W.D. (1986), "Monitoring of aggregates in flowing suspension", *Colloid and Surfaces*, 18:175-188.
- Hasegawa, T., Wang, J., Kurokawa, M. and Hashimoto, K. (1999) "Removal of algae by polysilicato-iron coagulant", In: *Chemistry for protection of the Enviroment, proc. of the XII CPE international conference* (Editor:Cao Z, Pawlowski L) Nanjing, 252-256.

Huang, C.P., Lee, T.L., Pan, R.J. and Hon, J.W. (2007) "Operational performance of sludge blanket in clarification: effect of organic matter", *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, 56:3.

Ives, K.J. (1978) "*The Scientific Basis of Flocculation*", The Netherlands: Alphen van der Rijn.

Johnson, B.A., Gong, B., Bellamy, W. and Tran, T. (1995) "Pilot plant testing of dissolved air flotation for treating Boston's low-turbidity surface water supply", *Water Science and Technology*, 31:83-92.

Khan, Z. and Thiem, L.T. (2006) "Optimizing coagulation and direct filtration processes for low turbidity, low temperature waters", *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 5 (3): 1395-1406.

Letterman, R.D., Amirtharajah, A. and O'Melia, C.R. "Coagulation and Flocculation", In Letterman RD (eds.) *Water Quality and treatment*, Chap. 6, McGraw-Hill, Inc, 1999.

Letterman, R.D., Johnson, C.E. and Viswanathan, S. (2004) "Low-level turbidity measurements: a comparison of instruments", *Jour AWWA*, 96: 125-137.

Li, G. and Gregory, J. (1991) "Flocculation and sedimentation of high-turbidity water", *Water Research* 25:1137-1143

Ma, J., Lei, G.Y. and Fang, J.Y. (2007) "Effect of algae species population structure on their removal by coagulation and filtration process – a case study", *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, 56:1.

Nguyen, M.T. and Ripperger, S. (2002) "Investigation on the effect flocculants on the filtration behavior in microfiltration of fine particle", *Desalination*, 147:37-42.

Ohno, K., Uchiyama, M., Saito, M., Kamei, T. and Magara, Y. (2004) "Particle design of flocculator for new polymeric inorganic coagulant – PSI", *Water Science and Technology: Water Supply*, 4(1):67-75.

Pavia, D.L., Lampman, G.M. and Kriz, G.S. "*Introduction to Spectroscopy: A guide students of organic chemistry*", 3th ed, Department of Chemistry, Western Washington University, Bellingham, Washington.

Rout, D., Verma, R. and Agarwal, S.K. (1999), "Polyelectrolyte treatment an approach for water quality improvement", *Water Science and Technology*, 40(2):137-141.

Shen, Y.H. (2005), "Treatment of low turbidity water by sweep coagulation using bentonite", *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 80:581-586.

Smith, R.W. (1971) "Reaction among equilibrium and non-equilibrium aqueous species of aluminum hydroxy complexes", *Advances in Chemistry Series*, 106-250.

Thompson, M.A. (2001) "Membrane filtration of high turbidity source", *Water Supply* 1:325-330.

Ta, C.T. and Woodward, C.A. (1998) "A treatability index for reservoir water", *Water Science and Technology*. 37(2):27-33.

Thurman, E.M. (1985) "*Organic Geochemistry of Natural Waters*", Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, Boston, MA.

Tran, T., Gray, S., Naughton, R. and Bolto, B. "Polysilicato-iron for improved NOM removal and membrane performance", *Journal of Membrane Science*, 280:560-571.

Wang, D.S., Sun, W., Xu, Y., Tang, H.X. and Gregory, J. (2004) "Speciation stability of inorganic polymer flocculant - PACl", *Colloids and Surfaces A*, 243:1-10.

Wang, J., Deevanhxay, P., Hasegawa, T., Ehaara, Y., Kurokawa, M., Hashimoto, K., Nishijima, W. and Okada, M. (2002) "A pilot plant study of polysilicato-iron coagulant", *Water Science and Technology*, 2(2), 107-113.

Zuo, J.L., Cui, F.Y., Zhao, Z.W. and Liu, Z.X. (2006) "Study on the treatment of low temperature and low turbidity micro-polluted raw water by PAC-SMBR process", *Journal of Shenyang Jianzhu University (Natural Science)*, 22:311-314.

王靜 (2003),「低溫低濁水處理技術研究應用現狀」, 低溫建築技術, 04, 49-50。

王東升 (1997),「聚鐵矽型複合無機高分子絮凝劑的形態特徵與性能」, 博士學位論文, pp.1-108。

王東田 (2005),「低溫低濁水混凝沉澱處理研究」, 給水排水, 31, 11。

王雲波、劉金河、譚萬春、吳方同 (2003),「PDA2000 監測低溫低濁水混凝試驗研究」, 19,01,53-57。

王志仁 (2002),「薄膜處理技術去除天然有機物之研究」, 國立台北科技大學環境規劃與管理研究所, 碩士論文。

甘其銓 (1996),「淨水場處理廠廢污處理技術之研究」, 技術報告, 中華民國自來水協會。

李冬梅 (2004),「陽離子高分子聚合物與無機混凝劑用於低溫低濁水的處理效果的比較」, 西安建築科技大學學報, 36, 2。

邱鈺婷, (2007),「藻類胞外物對 UF 膜阻塞的影響」, 成功大學環境工程研究所碩士論文。

杭子樵, (2002),「聚氯化鋁之生產、品質控制與應用」, 技術報告, 台灣自來水公司。

吳家興，(1999)，「臺灣地區水庫水源特性分佈及消毒副產物生成潛能之探討」，東海大學環境科學研究所碩士論文。

施安琪 (2000)，「藻類存在對濁度混沉去除之影響」，交通大學環境工程研究所碩士論文。

翁韻雅 (2003)，「以高分子凝集劑處理高濁度原水之研究」，成功大學環境工程研究所碩士論文。

郭玲、陳玉成 (2006)，「低溫低濁水處理技術的研究應用」，微量元素與健康研究，23,4,57-59,2006。

陳韋弘 (2005)，「凝劑 Al 型態對高濁水混凝行為之影響」，交通大學環境工程研究所碩士論文。

黃志彬、袁如馨(2007)，「高純度 Al_3 凝劑之混凝特性及製備研究」，台灣自來水公司研究報告。

湯鴻宵 (2006)，「無機高分子絮凝理論與絮凝劑」，中國建築工業出版社。

楊海燕、陳忠林、李圭白、曾遠志 (2004)，「聚硅酸金屬鹽凝劑處理低濁水對殘餘鋁的影響」，哈爾濱工業大學學報。

劉曉飛、杜茂安、馬軍、馬俊德、于方田、曹溪祿 (2003)，「低壓膜直接過濾處理低溫低濁水性能研究」，哈爾濱工業大學學報。

劉嘉宏 (2007)，「凝劑種類對低濁度原水混凝影響之研究」，成功大學環境工程研究所碩士論文。

附錄一

評選會委員審查意見及回覆

委員意見	回覆
謝委員政道： 1.本案所提之最適化處理，是否有考量於混凝之前進行前處理。 2.白濁水原因可能是含有有機物，故可能會因地方不同而有不同特性，而本案針對北中南五個淨水場進行研究，各場所的白濁水特性亦可能會不一樣，未來在找出最適性處理時，亦應考慮此特性？。 3.選用的混凝劑是否也考量到穩定性及市場化的問題。 4.整個流程上是否會做經濟或財務上的評估，做為最適化處理之考量依據。	1.本案所提及之最適化處理為適用於一般淨水場目前現有處理設施及操作程序，以不改變淨水場的處理流程為原則，所以並不考慮前處理。 2.是的。在未來的研究中，各場所的白濁水特性對最適性處理將會納入考慮的條件。 3.關於混凝劑的選用方面，水公司已有計畫自行生產品質精純的混凝劑，屆時混凝劑的穩定性及市場化將不成問題。 4.此非本計畫的工作項目，事實上對非常態發生之白濁水處理最符合經濟的作法為在操作方式及條件上作調整（含加藥），而不適於新單元或設備之引入。
王委員敏昭： 1.原水之來源不外乎表面水或地下水，其水質與地質、土壤母質及土壤之有機與無機組成甚為相關，應先區分各水廠原水之特性差異，其水質特性與區域性土壤母質之相關性，以為確認白濁水顆粒之特性，以找尋最適去除之方法。 2.可將產生白濁水之水樣濃縮收集足量之顆粒樣品，以場發射式掃描式電	1.感謝委員提供寶貴的建議。 2.是的，我們將此 FE-SEM 分析納入研究中作為白濁水顆粒表面定性之依據。 3.本研究以不改變或增加淨水場原有處理程序為原則。

子顯微鏡，觀察其顆粒外觀及性，再輔以能量分散式 x-射線光譜分析，應可初步確認顆粒之特性。 3.如果顆粒物質主要為有機組成時，依成本考量可朝 pH 之調整或簡易氧化處理或許能達到移除之目的。	
吳委員俊哲： 1.PDA 偵測儀使用蠕動幫浦循環水樣是否會造成膠羽的破壞？請考量。 2.管線混合裝置之加藥管出口是否可調整與原水水流方向相反，以增加混合之 G 值。另外本實驗欲評估攪拌度對混凝效率及膠羽生成的影響，in-line mixer G 值調整之主要控制參數為何？請說明。	1.因為膠羽是先通過 PDA 偵測儀經過測後才通過蠕動幫浦且經本實驗室在實場監測中發現使用蠕動幫浦並不會造成膠羽的破壞。 2.本研究使用的 in-line mixer 是經過設計的，其中有可以產生極高 G 值的噴射幫浦足以使混凝劑充份混合且一般鮮少將加藥管出口與原水水流方向相反，幾乎全是同向或成直角。
林委員秋裕： 1.白濁水產生之時間性關係為何？對應策略之考量。 2.最適化之判斷指標為何？	1. 根據多次的問卷調查，發現白濁水產生多半於大雨沖刷有關，本計畫將針對白濁水產生之時間、天候及水庫蓄水狀況作一詳細說明。 2.白濁水最適處理之判斷主指標為過濾性（含壓損），次指標為沈降性。
李委員丁來： 1.是否可以請貴單位設計出一個適切的調查表，以利本公司針對各場所進行調查，及未來成果應用時，可以適切進行操作上的參考。	1.謝謝建議，此調查對本計畫之執行有很大助益。 2.多謝委員提供寶貴的議見，本研究中將不再挑選花壇淨水場為研究場址，而挑選的五座場址可在期初簡報

2. 所提欲進行研究的五座淨水場中，一座為花壇淨水場，惟該場水源為地下水，似乎並無白濁水等問題，請再行確認。	中協商。
江委員弘斌： 出現白濁水的機率較低時間短，時間上很重要，未來研究團隊應與發生白濁水的淨水場建立密切的連絡管道，當白濁水或低濁度難處理原水發生時，得以立即採樣以利研究，並即時進行診斷以達成最適化的操作探討。	謝謝委員建議，白濁水出現的延時並不長，所以採樣的時間相當重要，所以在未來的研究計畫中，將建立連絡窗口與各淨水場保持密切連繫。
謝委員張浩： 當淨水場原水有白濁水出現時，出水量會減少約 6 成，常使淨水場受到極大的供水壓力及民眾的質疑。而低濁度難處理原水出現時，加藥量會大量增加，進而造成供水成本的增加。很期待本研究案可以找出解決上述問題的最適化方式。	本研究的主旨在於找到最適化的操作條件以降低白濁水對水廠操作的壓力，另外混凝劑種類、純度及適當的加藥量也將在本研究中作深入探討。
洪委員世政： 1. 有關低濁度難處理原水及白濁水處理之淨藥劑使用部分，研究團隊報告中指出低濁度時較佳的藥劑如硫酸鋁、高分子聚合物等，而且本公司目前也有另一研究案，針對淨水場所需	1. 謝謝建議，若有任何特殊藥劑（如 PSD）在年度內通過環保署認可，本研究當視需要作必要之評估。 2. 將在日後會議中一同協商。

的新的淨水用藥劑向環保署申請正在進行，希望本研究案淨水藥劑的選用，亦可與該案互相搭配，以多方面進行最佳淨水用藥劑的選擇。

2. 本案計畫中需針對五座研究淨水場進行研究，剛才李委員也提出一些選訂場址上的疑慮，如何選出最有需要的場址，未來本案如果由交大團隊得標時，建議可於期初簡報時由研究團隊與本公司再行進行討論決定。

附錄二

期初簡報審查意見及回覆

委員意見	回覆
因白濁水的發生時機不確定性高且大多很短暫，有可能於研究期間會發生採不到樣的窘境，建議本研究計畫採樣分析的主要以低濁度難處理原水為對象，期間若有白濁水發生時亦需把握採樣時機採樣進行研究。另有關駐場處理部份亦同。	遵照辦理。
請研究團隊及本案承辦同仁，建立各區淨水場之緊急連絡網的連絡方式，以利低濁度難處理水樣（或白濁水）發生時，可即刻採樣。	是的，白濁水出現的延時並不長，所以採樣的時間相當重要，所以在未來的研究計畫中，將建立連絡窗口與各淨水場保持密切連繫。
樣品的採樣及如何保存，確保樣品新鮮，以免樣品變質，請研究團隊提供相關採樣方法及採樣應注意事項。	樣品的保存非常重要，我們將製作緊急採樣步驟由總處寄發各淨水廠。
若於研究期間無法採取白濁水的樣本，請研究團隊考量是否自行配置白濁水進行模擬研究？	白濁水的發生的原因至今尚未明確，因此並不考慮自己配置，若研究期間沒有發生白濁水，將以低濁度難處理水為主。
一般淨水場遭遇低濁度難處理原水（含白濁水）時快濾池反沖洗頻率增高，但仍應考量是否是因為水廠本身的設備及超量供水的問題所造成。	謝謝建議。
服務計畫書中 p.14~15 中提到中的低濁處理技術主要以為陽性 polymer，但是簡報中表示未來將以陰性 polymer 來進行測試，請說明？	陽性 polymer 是單獨使用時，若配合混凝劑使用時，應搭配陰性 polymer，使膠羽長大。

附錄三

期中報告委員審查意見及回覆

期中報告審查意見	答覆說明
王委員敏昭： 1. 已將整個委辦計畫導入很精密之研究工作，動用強力之分析儀器。例如：ICP-MS、(雷射)粒徑分析儀、界達電位儀、傅立葉轉換紅外線光譜(FTIR)等，是很好的研究程序。 2. 目前已有量化之初步成果，希望將來在期末報告能有更具體量化之成果，以供淨水場在實場操作時參考。 3. 整個研究之目的，是為解決不同淨水場或給水廠之白濁水問題，但是各給水廠之原水水質及操作特性各異，因此影響(低濁度)白濁水處理效率之參數相對權重即大相迥異；希望在後半段之研究期程，主要著重於已建立方法之確認工作，將來針對每一水廠應該有不同之建議操作參數表，以為現場操作人員參考。 4. 期中報告內容錯字已很少，但是 FTIT 應翻譯成傅立葉「轉換」紅外線光譜分析儀，其中轉換兩字不可省略。另外第 43 頁第四行「苑內」應修正為「苑裡」；表 4-3，導電度之單位$\mu\text{s}/\text{cm}$應修正為$\mu\text{S}/\text{cm}$。 5. 請注意數據呈現之有效數字表示。 6. 第 70 頁，第 3 則參考文獻應加註文獻之出版年。	1. 謝謝委員肯定。 2. 謝謝建議。 3. 建議在給水廠發生低濁度難處理原水時，可藉由瓶杯試驗配合過濾性試驗尋找最適加藥量，增加加藥控制的準確性。 4. 謝謝委員指正 5. 在報告內容中將會注意並修正有關於有效數字之呈現。 6. 遵照辦理。
吳委員俊哲： 1. 建議彙整各廠低濁度原水特性及提供解決對策方法之比較，以作為國內未來相關處理技術的重要參考。 2. STI 合理之範圍為何？ 3. 本研究除添加各廠既有混凝劑及鋁鐵鹽混凝劑外，未來是否有添加高分子聚合物	1. 謝謝建議。 2. STI 是比較處理後上澄液過濾性的好壞，是相對比較值，並沒有範圍。 3. 在未來的實驗中將會添加高分子

(polymer)或助凝劑之打算。 4. 龍潭淨水場原水顆粒之 FTIR 圖譜請再確認。 5. 管中加藥設備之 G 值是否可予以量化計算?	聚合物，討論高分子聚合物對於低濁水之效益。 4. 遵照辦理。 5. 是，管中加藥設備之 G 值是可量化計算的。
李委員丁來： 1. 在本公司的組織架構中，給水廠代表著以下尚有幾個淨水場，故請研究團隊應針對報告中之給水廠及淨水場釐清，另前後應統一。 2. 報告中所提淨水場設計出水量，應改成設計出水能力；另鯉魚潭及東興淨水場表示為平均日出水量等有誤，請釐清修正。 3. 在未來工作中含有實場診斷的部分，屆時煩請會同本（供水）處一併前往參與。	1. 謝謝委員意見，未來會將給水廠及淨水場釐清並於報告中修正。 2. 遵照辦理。 3. 進行實場部份將請先行通知貴單位(供水處)一同前往。
江委員弘斌： 1. 在簡報中 P5 及 P13 頁（期中報告 P52、53 頁）有三個相似的圖形進行比較，建議在期末報告時，可以將 Y 軸刻度統一，以方便數據判別與比較。 2. 白濁水的出現常困擾著本公司部分淨水場，如東興、板新、龍潭等場，印象中石門水庫管理局曾在電視上作過專題報導，在颱風過後，石門水庫上游的支流中，有一條支流被戲稱為白濁水溪其性質為顆粒小、不易沉，建議研究單位可洽石門水庫管理局進一步了解白濁水確實形成的原因。	1. 謝謝建議，會於期末報告中修正。 2. 謝謝委員提供保貴訊息，本研究團隊將會與石門水庫管理局進行接洽。
謝委員張浩： 1. 建議可提供各測試場之各單元操作參數，以	1. 謝謝建議

利日後現場操作參考。 2. 低濁度淨水處理流程，沉澱池污泥上揚或沉澱水進流快濾池之流速變化，往往會造成負面異常效果，建議研究單位可予納入參考。 3. 溫差對高速膠凝沉澱效果影響，是否可提供量化數據，以為設備改善之參考依據。	2. 在進行龍潭淨水場現場評估是確實有發現此情形，膠羽在由沉澱池進入濾池前膠羽產生破碎且濁度明顯上升，因此委員所提之建議實有納入參考的必要性。 3. 建議可另設專案研究有關於溫差對高速膠凝沉澱池之影響。
洪委員世政：	
1. 報告中龍潭場及板新場低濁度難處理原水中，實驗室所做的最適混凝加藥量均極低，是否為單位表示的問題如 as Al？此表示方法與本公司淨水場的表示不同，建議期末時應將加藥量的表示方法統一，以利判別。 2. 依研究內容的駐場，應為操作條件的微調（如加藥量、加藥種類、pH、轉速等），建議未來駐場時，雙方應先取得共識。而白濁水的出現可遇不可求，若無法遇到白濁水時，可以低濁度難處理原水為標的，而以提高過濾水達成 0.5NTU 為駐場診斷的標的。 二區 操作課 王興順： 1. p 67 6-1 初步結論 1:「龍潭淨水場...停留時間不足...」請改為「停留時間」。 2. 同上「原水顆粒表面電位穩定，造成加藥控制不易」即造成低濁度難處理問題，但 6-2 後續工作項目中並未補充如何解決電位穩定的問題，請補充工作方法，且文中並無有關原水顆粒表面電位穩定之資料佐證。 3. 附錄三中相關說明中 (2)二區： A.石門淨水場請更正為平鎮淨水場。 B.「龍潭...可達 0.5 NTU 的操作標，但當時出	1. 淨水場的混凝劑表示方法以 as 10% Al_2O_3 mg/L。在實際瞭解後，發現淨水廠使用之混凝劑不同，因此濃度也有差異，為了正確計算濃度將以 as Al mg/L 做為統一單位，但提會供換算方法供各淨水廠參考。 2. 遵照辦理，在發生白濁水時必當以白濁水為主要研究對象，若無發生白濁水時，以提高過濾水達成 0.5NTU 為駐場診斷的主要目的。 1. 遵照辦理並於期末報告中修正。 2. 一般於淨水場中添加混凝劑即為顆粒去穩定的方法，而當原水顆粒表面電位穩定不易被電性中和時，會造成顆粒再穩定。 3. 遵照辦理並將於期末報告中修正。

水濁度約為 1~2 左右，...」請更正為「... 操作標準，但...1~2 左右，...」。	
二區 檢驗室 葉景洲 - 有關龍潭場現場加藥配藥錯誤，過量問題，因本處係以現場 PAC ($10\% \text{Al}_2\text{O}_3$) 為基準，可能為研究團隊誤會為 $100\% \text{Al}_2\text{O}_3$，現場加 20~33ppm(約為 1.75~1.06 as Al)並無超量問題。 - 有關龍潭場 DOC 為 3.7 mg/L，本處三年來檢測龍潭場 TOC 最高為 1.4 mg/L，THM 最高為 0.0076 mg/L，均遠低於法規值，採樣當日(96/10/26)現場加藥量 1.2 mg/L，清水餘氯 0.67 mg/L 均無異常，可能是採樣時間不同之差異。另 FTIR 部份可加做濾膜空白試驗確認。 - 報告 p 37「有關龍潭淨水場可能其中含有溶解性色度物質」?因過濾水及清水並無色度問題，敘述請再確認?	- 謝謝指正。 - 影響耗氣量主要是水中氮氣，並非 DOC。謝謝提供寶貴意見，FTIR 部份將加做濾膜空白。 - 謝謝指正，將再次確認。
二區 平鎮廠 李坤峰: - 簡報 p 3 下頁表面電位-16~-20 mV 與 p 7 下頁左圖原水:-12~-9.5 mV，右圖-10.5 mV 數據不符合。 - p14 平鎮給水廠應修正為平鎮淨水場，最大取水量應修正為設計出水量。	- 因簡報 p 3 下頁表面電位與 p 7 下頁表面電位採樣的日期不同，所以有所差異，而 p 7 下頁表面電位的左圖及右圖應分屬於不同快混池，因此顆粒表面電位也有所不同。 - 謝謝指正並將確實修改。
十二區 檢驗室 黃永富 p 47 目前處理量 80 萬噸，平均每日出水量約 65 萬噸，請修正為目前處理量約 85 萬立方公尺。	將確實於期末報告中修正。

2. 96 年 12 月 12 日交大團隊至廠協助難處理原水問題現場測試仍無法解決。採樣回去後，告知加藥量太多，但經本廠測試多種藥劑，藥量太少或太多，仍是效率不佳。結論仍以適當加藥量為最佳效果，期盼交大團隊駐廠指導。 3. 89 年 921 大地震是否造成 91 年本廠白濁水問題請交大團隊深入探討石門水庫原水水質針對其特性加以分析。	2. 謝謝板新給水廠樂意提供廠址，但會議中已決定駐廠廠址為龍潭淨水場及寶山給水廠。 3. 謝謝建議，本研究團隊將會於石門管理局接洽。
水質處 林正隆 1. 表 2-1 水公司淨水場白濁水出現狀況之彙整中，建議是否可備註發生的日期及頻率，以供參考。 2. 在 2-7 低濁水處理問題之分析及對策中問題六：使用高分子絮凝劑處理低濁水(含白濁水)之必要性?乙節中指出，如使用明礬、聚矽酸鐵或將反沖洗水迴流等方法無法有效處理低濁水，此時高分子之適用性才有探討之必要。建議仍可使用 polymer 進行測試。 3. 報告中所提部分 PAC 的表示方法經了解應為 as Al 或 as Al_2O_3，惟本公司所用的藥劑為 10%左右的氧化鋁，建議統一表示的形態或註明清楚，避免混淆，為可以明確給現場人員了解及改善，建議應以現場藥劑為主要的測試及表示方式。 4. 有關現場駐廠診斷乙事，因平時現場診斷應僅為了解各單元處理效能，所得的操作條件，並一定能符合低濁度難處理原水的需求，建議應分為二階段進行評估，第一階段為先期作業，已了解現場操作條件及流程，及可改變的參數；第二階段為若遇低濁度時至現場直接診斷及操作參數的改	1. 遵照辦理。 2. 使用高分子聚合物這項評估將於計畫下半年執行。 3. 各淨水廠使用之混凝劑不同因此不易以 10% Al_2O_3 為單位，因此可在附錄中增加單位換算的方法。如 1 mg/L as Al 等於多少 mg/L as 10% Al_2O_3? 即為 $1 \times 1.89 \times 10$ 等於 18.9 mg/L as 10% Al_2O_3。 4. 謝謝寶貴的建議，本研究團隊將會致力於實驗室理論及現場操作實際的結合。

變，以期理論與實際的結合。 5. 針對駐廠診斷的淨水場，部分限於設備的問題，對於低濁度難處理原水的處理恐非改變操作參數可全部替代，建議未來研究單位，可提出二方面建議：一為長期的設備改善，二為現有設備下，建議操作條件的改善水質。 6. 有關合約中物化特性中含有親疏水性部分，期中報告中並未呈現，建議期末報告中應加入該部分的分析資料。 7. 期中報告中 p11，3.污泥迴流法中，利用機械攪拌加速「澄清池」的迴流，應更應正為「廢水池、廢水沉澱池或污泥濃縮池上層液」的迴流；p29 頁第二行，「中水」顆粒，應為「水中」；P32 中倒數第二行，低濁度（含白濁水）原水處理，應更改為（含白濁水）”難處理”原水；p49 頁倒數第四行，龍潭淨水「廠」，應為「場」；附錄一中洪委員意見之回復，．．若有任何特殊藥劑（如 PFS），應改為（如 PSI）；附錄三最後一頁倒數第二行，加入次氯酸「納」，但加入次氯酸「納」．．，上述應改為次氯酸「鈉」。	5. 謝謝寶貴意見，將納入期末報告中。 6. 是的，遵照辦理。 7. 謝謝指正。
---	---

附錄四

期末報告委員審查意見及回覆

期末報告審查意見	答覆說明
王委員敏昭： 1. 摘要請放置於目錄前，並增加英文摘要。 2. 已深入探討選擇之淨水場與給水廠之水質及顆粒物化特性，其可供作原水處理之基本依據。 3. 建議計畫承接團隊依據所提出之處理策略改善建議於淨水場與給水廠發生低濁度難處理原水時，即時進場(廠)驗證所提出處理策略與改善建議之效能。 4. 期末報告初稿有錯別字，應修正。如「平鎮廠水廠」(第 17 頁) 5. 第 37 頁:討論水中腐植質(humic substances)在酸、鹼條件下皆不溶的腐植質，定義為腐植素或腐植膠(humin)。 6. 第 133 頁:標題「4.混凝劑加藥前施於稀釋」其實是混凝劑於施用前之稀釋，但此標題不過順。 7. 部份引用之參考文獻於 Reference list 並未發現;如第九頁: (杭，2002、自來水公司，2007)，請更正。	1. 已增補正於完整報告中。 2. 謝謝委員肯定。 3. 謝謝委員建議，研究團隊曾於計畫結束後，已於 8/11 前往龍潭淨水場進行實廠改善驗證，並有具體成效。 4. 已於完整報告中作修正。 5. 已於完整報告中作修正。 6. 此標題已修正。 7. 已更正。
吳委員俊哲： 1. 本研究針對低濁難處理原水進行混凝程序的深入討論，並導入較多學理於實際原水處理的解釋，成果豐碩。 2. STI 指數與快濾池操作流力及阻塞機制有關，研究結果顯示提升劑量時(使用硫酸鋁及 PACl)會造成 STI 的大幅增加，假如混沉出水之濁度已降低至 1~2 NTU，STI 指標不高時，是否顯示快濾池將無法去除殘留濁度(儘管可維持快濾池順暢操作，延長反沖洗時間)? 3. 預先稀釋混凝劑 PACl 較原液對膠羽生成及	1. 謝謝委員肯定。 2. 謝謝委員指正，在 STI 部份將進一步確認，且自來水公司有意能將 STI 試驗納入標準實驗規範中，在此建議水公司可對過濾性試驗(STI)作專案研究。 3. 謝謝委員建議，已在完整報告中加

濁度去除有顯著的影響(尤其是過濾性),建議於報告中其體說明其原因。 4. 報告書中 p.96 圖 5-27, 加藥量於 0.5 mg/L 會造成 STI 指數大幅上升。其原因之解釋應不是藻類本身所造成, 否則在零加藥點時應有相同的結果。請查核。 5. 英文參考文獻的作者姓氏後請加逗號。	強說明此部份。 4. 根據文獻指出使用混凝效率若不佳, 大量的藻類可能會單獨存在於水中而無法形成可沉澱的膠羽, 不利於後續處理單元的操作, 因此造成 STI 指數大幅上升實為藻類所造成。 5. 謝謝指正, 已修正。
林委員秋裕： 1. 摘要及內文中之用詞“自來水公司購買之....”, 宜改為“自來水公司使用之....”。 2. 摘要及第七章中, 宜增加量化數據說明。例如使用高純度 PACl, 添加較少量(約多少量), 上澄液過濾性較佳(提升多少%)。 3. 表 7-1 之應變對策, 請調整字詞-混凝劑加藥前施於稀釋?難懂其意。平鎮廠如何改善濾池反洗效率?如何做? 4. 龍潭場該增加何種淨水單元?小區域改善工程是指何種工程?	1. 已修改。 2. 遵照辦理。 3. 在混凝劑預先稀釋實驗的部份之敘述已修正於完整報告中。平鎮廠因反洗罩無法完全密合, 導致反洗壓力不足, 可藉由施工改善反洗罩之問題。 4. 龍潭淨水場目前皆長期處於超量供水的負荷下, 建議應增設淨水單元, 以提高供水量。
江委員弘斌： 1. 將來二區龍潭淨水場白濁水再次出現, 研究團隊是否能配合研究? 2. 在期中報告中曾提及石門水庫管理局曾在電視上作過專題報導, 在颱風過後, 石門水庫上游的支流中, 有一條支流被戲稱為白濁水溪其性質為顆粒小、不易沉, 建議研究單位可洽石門水庫管理局進一步了解白濁水確實形成的原因。	1. 研究團隊能配合白濁水相關之研究, 且研究團隊於計畫結束後, 曾於 8/11 及 8/21 二度前往採樣進行相關研究。 2. 經濟部水利署北區水資局保育處表示, 目前北水局對白濁水之問題也相當關注, 但石門水庫上游並未有「白濁水溪」這條支流, 但白石溪上游因大雨沖刷造成濁

謝委員張浩： 1. 寶山廠二期快混池已比照一期快混池改為多點加藥方式。 2. p.129，建議如僅一項則免列(1)，如比照結論 p.136 則少列(2)更換原水來源;另考慮更換凝劑(如 PSI)或添加助凝劑(PAM)，應先考慮是否為環保署公告使用藥品，亦或如何列入公告項目做為評估建議較為實際。 3. 目前鯉魚潭及寶山水庫原水問題以藻類過多為主因，且問題演變愈來愈嚴重。公司是需考慮專案探討，以防患未然。 4. p.126 寶山二期沉澱池快沉設備停留時間 1 小時，效能遠不及一期停留二小時，為加強淨水應變能力，公司於淨水場統包規範是否可將停留時間再予加長。	度異常升高是否與造成白濁水有關，目前北水局正在查證。 1. 謝謝委員給予肯定。 2. 謝謝委員指正。使用聚矽酸鐵凝劑(PSI)這部份是為了配合貴公司所需求，想瞭解 PSI 在處理低濁水時之適用性。 3. 謝謝委員肯定，寶山給水廠藻類問題嚴重，在此建議自來水公司成立專案計畫深入探討寶山第一水庫藻類之問題。 4. 謝謝委員肯定。
洪委員世政： 1. 期中後主要工作項目在駐廠，駐廠的目的希望能藉由改變水廠操作參數，在不增加反洗頻率下，能使殘餘濁度在符合內控標準(0.5 NTU)，在這部份數據希望研究團隊能在最後報告中補充說明。 2. STI如何使現場操作人員能更清楚瞭解操作時機及方法，希望在報告中更詳細說明。 3. 是否可提出 polymer 使用具體的說帖? 4. 在簡報中 20 頁中，是否對於高純度凝劑的效用有過於強調過濾性的效能?高純度凝劑取得之途徑在定稿中能作一詳細說明。 5. 龍潭淨水場中三、四期過濾池前上澄液的殘餘濁度及膠羽大小的變化，在定稿中能作更深入的說明。	1. 謝謝委員指正，在報告定稿中將針對此部份提出說明。 2. 此部份在報告定稿中將作詳細之說明有關於 STI 的操作過程及方法。 3. 在經研究評估後添加 polymer 並非解決低濁度原水唯一之途徑。 4. 對此部份在報告定稿修正。高純度凝劑取得之方法並不困難，但製造高純度凝劑需消耗較多時間及能源要進行提純，在此部份可藉由與凝劑廠商合約的制定來提高凝劑的純度。 5. 因膠羽在傳輸的過程中因水位的

6. 建議取寶山第一水庫較底部的原水，但較底部原水中也常發生底部積泥的情況，希望能作詳細註解。

二區 人員：

1. 杯瓶試驗過程中，混凝劑的品質對試驗的影響很大，因此鋁型態的分析相當重要。龍潭與平鎮廠混凝劑的來源為同一家公司，但是為何聚合鋁的成份有如此大的差異？

二區 實驗室 葉景洲

1. 有關龍潭場 DOC 為 3.7 mg/L，本處三年來檢測龍潭場 TOC 最高為 1.4 mg/L，THM 最高為 0.0076 mg/L，均遠低於法規值。

2. FTIR 的部份是否有重新做濾膜空白試驗？

3. 目前檢驗室的過濾瓶皆為 300 ml，如需過濾 500 ml 可能需分二次過濾，這樣是否會造成差異？使用不同濾紙是否會影響，造成實驗誤差？在實驗中過濾的壓力為 550 mmHg，但目前檢驗室的不知如何控制達到此壓力？

二區 工程師 張驥晉：

1. 龍潭淨水場感謝公司將「白濁水」問題由交大團隊研究，目前之成果可以看出公司對低濁水已有重視，且分類出低有機及高有機性。本場希望增加本研究能延伸至水源集水區之原水水質調查。因為白濁水是在颱風高濁後所產生，而石門水庫之上層

落差，導致形成之膠羽在進入過濾池後膠羽產生破碎的情況發生。

6. 因寶山第一水庫較表層原水中含有大量藻類之存在，因此建議採取較底層之原水，但也應避開採取至底層之污泥為主。

1. 若經長時間的存放在室溫下，聚合鋁的部份會轉化成為單體鋁及膠體鋁，因此建議混凝劑能存放於冰箱內可避免品質的改變，延長使用期限。

1. 在 TOC 的部份數據不同，在經確認後，應為採樣日期不同所致。

2. 是的，在 FTIR 的部份已加入濾膜空白試驗。

3. 是的，在進行 STI 試驗時，所過濾體積應一次過濾完成。在濾紙的部份也應使用相同規格及材質濾紙。一般實驗室所使用抽氣幫浦階可達 550 mmHg。

1. 水源集水區之原水水質調查，雖與本研究有關，但計畫規模之限制，並未納入本研究之工作內容。因此建議自來水公司可對白濁水水源集水區作細密之調查，可另成立專案計畫深入研究。

水及漂流木、水庫之異重流及上流坍塌所造成之因素，應予以調查，以利於淨水場能及早應對。建議與北區水資源局連繫，增加為何造成「白濁水」現象。	
十二區 檢驗室 黃永富 1. p.73 濁度去除率低於 10%，與本廠試驗及實場去除率 90~95% 差異頗大，是否原水性質不同，值得再探討。 2. 本區處檢驗室，針對原水難處理期間，做不同混凝種類與組合試驗，其中 PACl + NaOH 效果最佳，濁度去除率可達 98%，供參考。 3. p.25 第四行多了「進行」，p.42 第 15 行表 4-4 應改為表 4-3，p.63 第 9 行「高子」應改為「高分子」。	1. 在此造成濁度去除率之差異應屬原水性質不同所致。 2. 謝謝委員提供寶貴經驗及建議。 3. 謝謝指正。
七區 1. p.11 聚矽酸鐵混凝劑 Si/Fe 比值愈高時，混凝劑的穩定性愈高，且一般比值為 0.5~1.0。將來在選用聚矽酸鐵時，Si/Fe 的比值應為多少較為適合？	1. 聚矽酸鐵目前已商品化，一般使用於處理飲用水的聚矽酸鐵混凝劑之 Si/Fe 為 0.25。
水質處 林正隆 1. 請增加執行進度表，並就研究項目內容進行比對，以確定達成度。 2. 請在正式報告中加入中英文摘要，並於摘要及結論處由主持人簽章。	1. 遵照辦理。 2. 遵照辦理。 3. 對於稀釋倍數的選定，涉及到稀釋水水質及混凝劑品質，不易得到

3. 研究中表示混凝劑稀釋對混凝有用，是否明確表示稀釋度為何時較佳，以利現場操作參考。 4. 在板新淨水場以「較高濁度原水」，易引起誤解，建議修正用詞。 5. 參考文獻中，請加註序碼，其引用時，建議有可以互相對照。 6. 有關合約中物化特性中含有親疏水性部分，期中報告中並未呈現，建議期末報告中應加入該部分的分析資料。	通用的最佳稀釋倍數。因此本研究得到混凝劑稀釋至 1000 ppm 左右是可以參考之依據。 4. 謝謝委員建議，對於用詞部份將作修正。 5. 謝謝委員建議，但文獻引用有許多的表現方式，本研究報告中所表現的方式不適用於加註序碼。 6. 有關於親疏水性部份之數據於寶山第一水庫原水調查說明。因寶山第一水庫中，含有大量藻類(親水性)，因此水中物質之親疏水性將影響下游淨水場之處理效率。
---	--

附錄五

各區代表對出現低濁度難處理原
水（含白濁水）的相關說明

開會時間：民國 96 年 7 月 31 日（星期二）下午 14 時 00 分

開會地點：地點：自來水公司五樓水質簡報室

各區代表對出現低濁度難處理原水（含白濁水）的相關說明，資料整理如後所示：

(1). 板新給水廠：

板新給水廠三期曾於 91 年發生過白濁水現象，發生的原因是石門水庫放水，當時曾請成大教授協助，以 PAC 測試顆粒形成情形不錯，但水樣呈白濁沉降效果差。

(2). 二區：

A. 平鎮淨水場今年年初曾發生過白濁水，沉澱池的去除效率不佳，導致快濾池的反洗頻率增加（懷疑是因水庫施工造成）。

B. 龍潭淨水場曾於本年度 6 月底時發生白濁水，原水的濁度約 5~15 NTU，經加藥測試膠羽形成小，在沉澱池無法有效沉澱，平常原水濁度在 5 NTU 以下時快濾池的出水濁度可達 0.5 NTU 的操作標準，但當時出水濁度約為 1~2 左右，且白濁水發生時間約為二星期左右。

(3). 三區：

A. 寶山淨水場：白濁水曾發生於 94 年 2 月間，造成清水出水濁度約 2 NTU，無法達到出流水標準。（註：水場的操作處於超負荷及快濾池設備老舊（哈丁池）的狀況）

B. 東興淨水場：低濁與白濁所產生的現象是完全不一樣的，目前低濁約 1.6 NTU，使用快速沉澱池來處理效果是不錯的，沒有處理上的問題。而白濁水曾出現在 94 年 5 月時，

主要研判可能為地表的礦物質經過雨水沖刷後帶入水庫進而進入淨水場，經加入 PAC 處理後沒有效果、污泥迴流也沒有效果，最後使用 polymer 處理後，效果也是不盡理想。發生時間約 3~5 天。

(4) 四區豐原給水廠：

豐原給水廠曾經出現水濁度 5~15 NTU 的白濁水，當時加藥至 300 ppm 時仍然無法使其形膠羽沉澱，造成快濾池功能下降，使清水濁度還高於原水濁度。所以研究團隊所提出觀察快濾池反沖頻率是可行的。而且發生白濁水的情形似乎皆發生於枯水期。

(5) 五區嘉義給水廠：

本廠在枯水期時原水不易處理，pH 值高，藻類多，所以加入次氯酸鈉，但加入次氯酸鈉後使得 pH 值更高，因此考慮加入氯化鐵處理，卻怕出「紅水」。

附錄六

龍潭淨水場及寶山給水廠

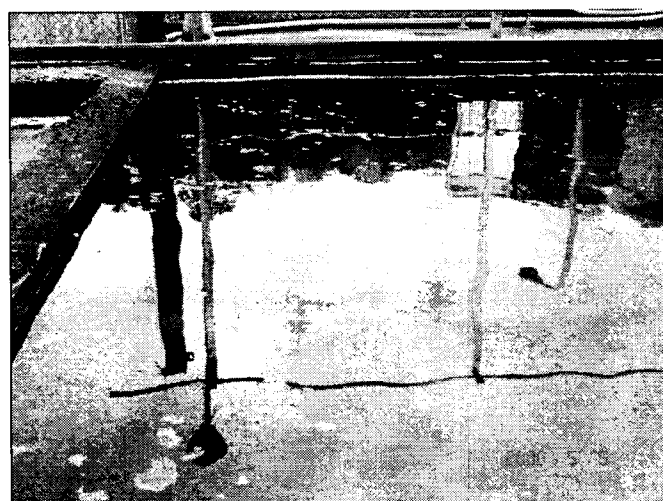
現場會勘照片



寶山給水廠一期沉澱池現場會勘



寶山給水廠廢水池溢流



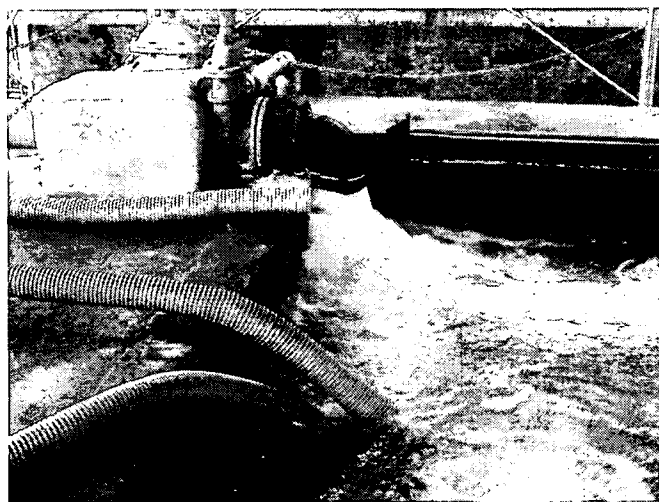
寶山給水廠一期沉澱池藻類聚集



龍潭淨水場現場評估前會議



龍潭淨水場四期沉澱池會勘



龍潭淨水場四期過濾池抽水機

附錄七

現場駐廠診斷會議出席人員名單

龍潭現場駐場評估

簽到表

開會時間:97 年 6 月 26 日(星期四) 上午九時三十分

開會地點:龍潭淨水廠 (桃園縣龍潭鄉佳安村十一份文化路 209 號)

單位	姓名	職稱	簽名欄
水質環保處	洪世政	組長	洪世政
水質環保處	林正峰	工程師	林正峰
第二區處			
龍潭淨水場	張顯晉	工程師	
交通大學環工所	黃子村		
交通大學環工所	劉奕南		
交通大學環工所	林志強		
	志冰清		

寶山現場駐場評估

簽到表

開會時間:97年6月27日(星期五)上午九時三十分

開會地點:寶山給水廠(新竹縣竹東鎮柯湖里柯湖路3段305巷130號)

單位	姓名	職稱	簽名欄
水質環保處	吳在政	組長	吳在政
二	林正峰	工程師	林正峰
第三區處			
	徐政宏	股長	徐政宏
	羅偉晴	技正	羅偉晴
	林威新	"	林威新
	李昌誠	"	李昌誠
交通大學環工所	黃鈺彬		
交通大學環工所	劉奕本		
交通大學環工所	林志輝		