



台灣自來水公司

九十九年度

板新給水廠水源中氨氮
耗氣情形之探討

撰寫單位：第十二區管理處檢驗室

撰寫人員：吳美慧、姚寶蓮

撰寫日期：九十九年六月

目 錄

一、前言.....	1
二、研究方法與過程.....	2
三、實驗原理.....	2-4
四、實驗儀器及藥品.....	4-5
五、實驗步驟.....	5-6
六、實驗結果.....	7-24
七、結論與建議.....	25-26
八、參考資料.....	26

一、前言

板新給水廠供應台北縣板橋市、新莊市、樹林市、土城市、鶯歌鎮、三峽鎮、蘆洲市、八里鄉等鄉鎮，其設計出水量為 120 萬立方公尺/日，目前水源有二，一是大漢溪，另一是三峽河。大漢溪的水源來自石門水庫調配發電、灌溉餘水，沿大漢溪至鳶山堰全長約 20 公里，其水質極不穩定，汛期可能有發電尾水的白濁水，枯水期亦有藻類滋生之虞。三峽河之水質雖不亞於北市直潭淨水場之原水但水量不穩定，唯有山區連續下大雨，方能有較豐沛的水量。

為了維護供水安全，液氯消毒是目前板新淨水場使用的消毒方式，然因大漢溪不穩定的水質，常造成水中自由餘氯含量忽高忽低，不僅操作人員操作困難亦無形中徒增出水成本，更有可能不符合飲用水水質標準而受罰。為了解不同時期(枯水期、汛期… 等)水中氨氮含量其耗氯的情形，遂有了如下的探討，寄望能減輕操作人員的困擾，更期許能節省淨水消毒藥劑以降低出水成本。

二、研究方法與過程

飲用水水質標準規定有消毒系統之配水管網自由餘氯含量須在 0.2~1.0mg/L，而為維護供水安全，配水管中最好能保持自由餘氯含量在 0.2~0.5mg/L，然因板新淨水場出水後輸送至最遠端的八里鄉，長達 30 幾公里，其間隨著溫度及時間的遞增，配水中的自由餘氯有漸減的現象。

本次實驗分別於枯水期、汛期、石門水庫調配發電期間，由採集大漢溪原水以水中氨氮含量之各種倍數之氯量，換算相當氯溶液量添加於樣品中，另添加 0.1 mg/L 氨氮溶液於樣品中作為對照組，觀察其耗氯情形。

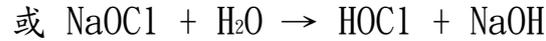
三、實驗原理

加氯消毒廣泛應用於水處理，因為氯本身具有強氧化力，除了有消毒作用外，還可以控制水中之味道與惡臭、防止藻類生長及去除色度。

氯有幾種應用型態，最常用的是氣態 $\text{Cl}_{2(g)}$ ，自高壓儲存液氯蒸發放出，是自來水典型的消毒劑；也有使用次氯酸、二氧化氯、臭氧作為消毒劑。

氯加入水中後即為水解及電離反應，其反應速率及消毒效果會因溫度、pH、緩衝能力及加氯之形式而有所不同：

(1) 水解



(2) 電離：次氯酸(HOCl)再解離為氫離子(H⁺)及次氯酸離子(OCl⁻)。



HOCl 及 OCl⁻ 在水中之量稱為自由餘氯，因為帶電中性的HOCl 比帶負電的 OCl⁻ 更容易通過細胞膜進入細胞內，所以HOCl的殺菌效率較OCl⁻ 高，故在接觸時間三十分鐘後，水中OCl⁻ 之量為HOCl量的數倍。

當加氯後HOCl極易與水中的氮進行反應：



這些氯胺類被稱做結合餘氯(三氯胺除外)，上述反應中所產生之NH₂Cl (一氯胺)及NHC1₂ (二氯胺)，雖具殺菌力，但比HOCl 更小，故在一段時間內，要達成同樣的消毒效果，須用比自由餘氯更高的結合餘氯，才能達到僅使用自由餘氯的消毒效果。當所有的NH₃都被變

成 NCl_3 或被氧化成氮氣或其他的氣體時，這種程度的加藥便稱做”折點加氯” (Break-point Chlorination)，此折點後自由餘氯出現，超過折點加氯，則水的消毒殺菌才安全。理論加氯量為水中氨氮之7.6 倍，但實際上需要8~10 倍甚或更高倍數。

四、實驗儀器及藥品

1. 攜帶型餘氯計
2. 分光光度計:DR2010
3. 分析天平：可精稱至 0.01g
4. 量瓶：1000mL、250mL
5. 燒杯
6. 磁石攪拌器(刻度 1~10)
7. 塑膠瓶：500mL
8. HACH 餘氯試劑
9. HACH 總餘氯試劑
10. 1000mg/L 氯溶液:取 10%次氯酸鈉 2.50g 稀釋至 250mL
11. 1 mg/L 氯溶液:取 1000mg/L 氯溶液 0.5mL 添加於
500mL 樣品中。(其餘濃度按照此方法添加)。

12. 100mg/L 氨氮溶液：取 1000mg/L 氨氮溶液 10 mL 稀釋至 100mL。

13. 0.1mg/L 氨氮溶液：取 1000mg/L 氨氮溶液 0.05mL 添加於 500mL 樣品中。（其餘濃度按照此方法添加）。

五、實驗步驟：

(一)取大漢溪原水 500mL 裝入 500mL 塑膠瓶中，加入各種濃度之氯溶液，以磁石攪拌器快速攪拌 1 分鐘(攪拌器刻度為 6)後，再以慢速攪拌 10 分鐘(攪拌器刻度為 3)，靜置 10 分鐘後量測自由餘氯及結合餘氯，並再靜置 2 小時、24 小時、48 小時後量測自由餘氯及結合餘氯(總餘氯-自由餘氯=結合餘氯)。

(二)取大漢溪原水 500mL 裝入 500mL 塑膠瓶中，加入 0.1mg/L 氨氮溶液攪拌 30 秒(攪拌器刻度為 6)充分混合後再加入各種濃度之氯溶液。以磁石攪拌器快速攪拌 1 分鐘(攪拌器刻度為 6)後，再以慢速攪拌 10 分鐘(攪拌器刻度為 3)，靜置 10 分鐘後量測自由餘氯及結合餘氯，並再靜置 2 小時、24 小時、48 小時後量測自由餘氯及結合餘氯(總餘氯-自由餘氯=結合餘氯)。

(三)取 500mL 純水裝入 500mL 塑膠瓶中，加入 0.1mg/L 氨氮溶液攪拌 30 秒(攪拌器刻度為 6)充分混合後再加入各種濃度之氯溶液。以磁石攪拌器快速攪拌 1 分鐘(攪拌器刻度為 6)後，再以慢速攪拌 10 分鐘(攪拌器刻度為 3)，靜置 10 分鐘後量測自由餘氯及結合餘氯，並再靜置 2 小時、24 小時、48 小時後量測自由餘氯及結合餘氯(總餘氯-自由餘氯=結合餘氯)。

(四)比較各種加氯量於靜置 24 小時後所剩餘之自由餘氯，以 $\geq 0.20\text{mg/L}$ 者之加氯量視為最佳之加氯量。

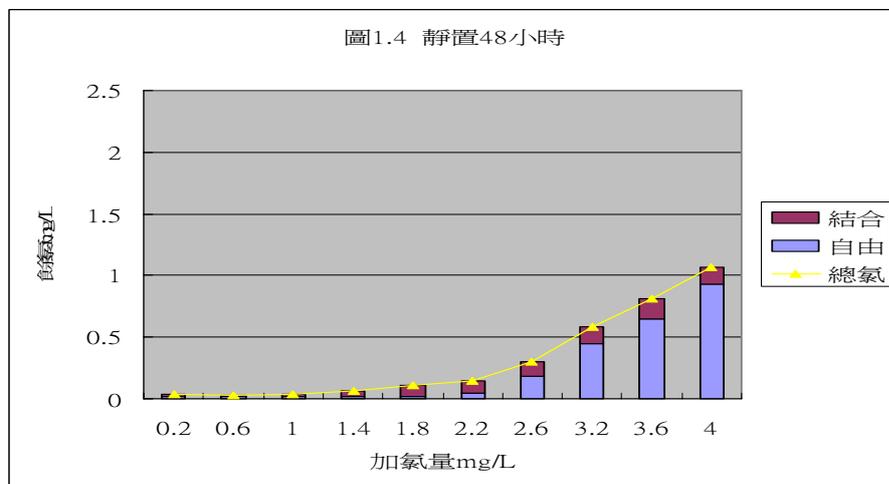
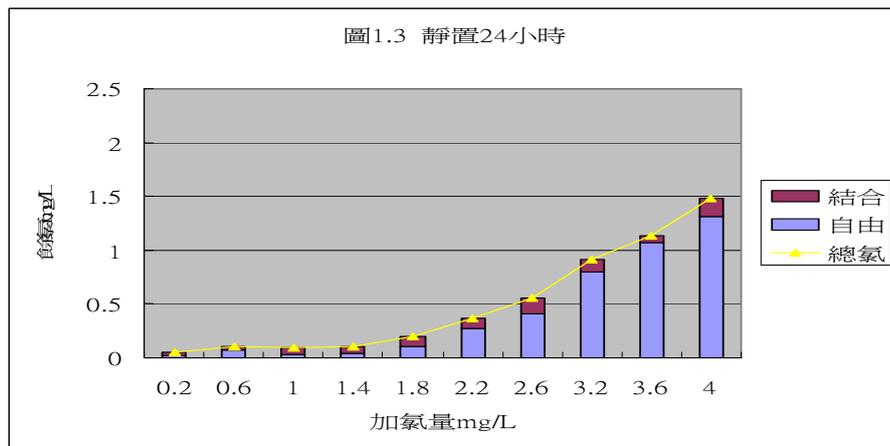
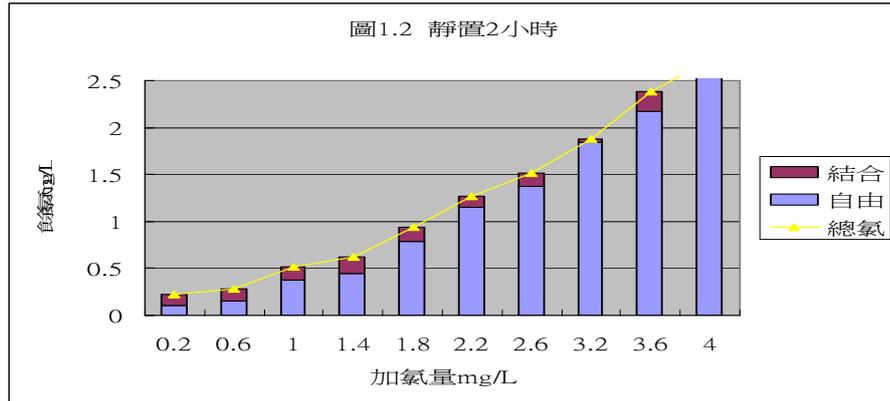
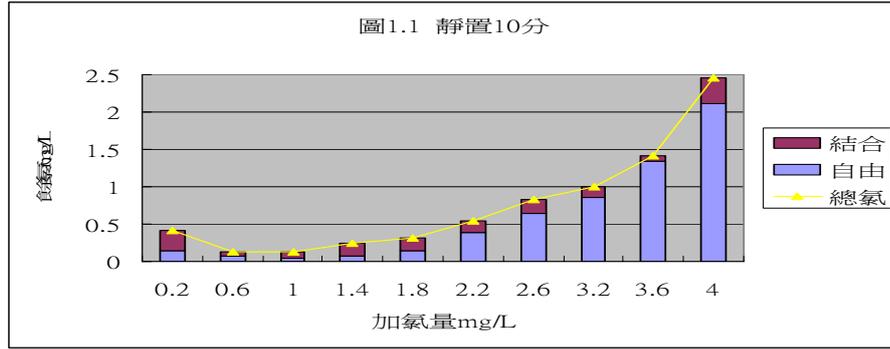
六、實驗結果

(一) 大漢溪水源(枯水期)

1. 大漢溪原水(氨氮含量 0.16mg/L)，每 500mL 樣品中
加入 0.2~4.0mg/L 氯溶液。

2. 加氯量為 2.2mg/L(13.8 倍氨氮含量)，於 24 小時後，
水中自由餘氯含量為 0.27mg/L，仍合乎飲用水水質
標準。

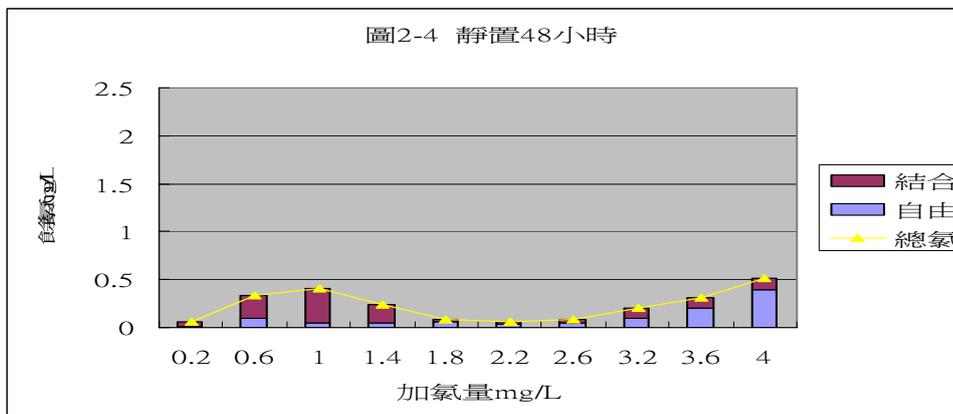
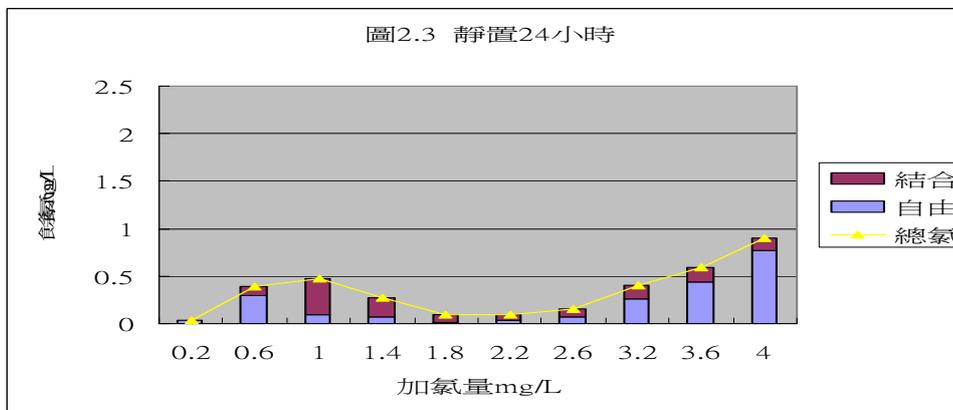
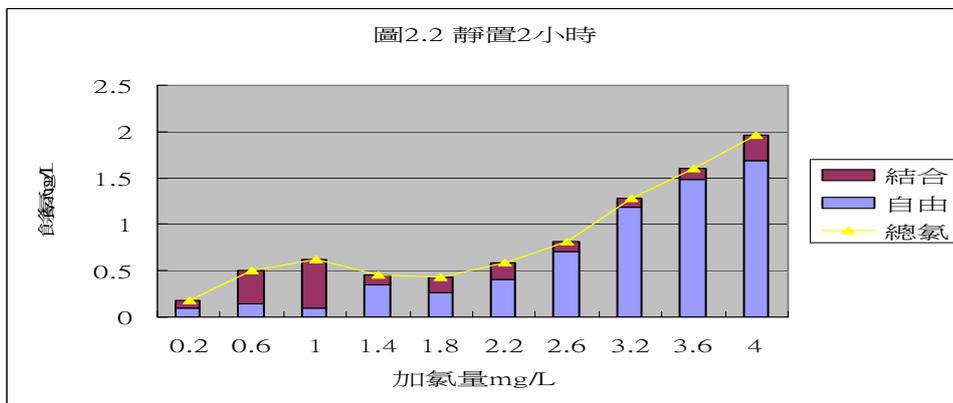
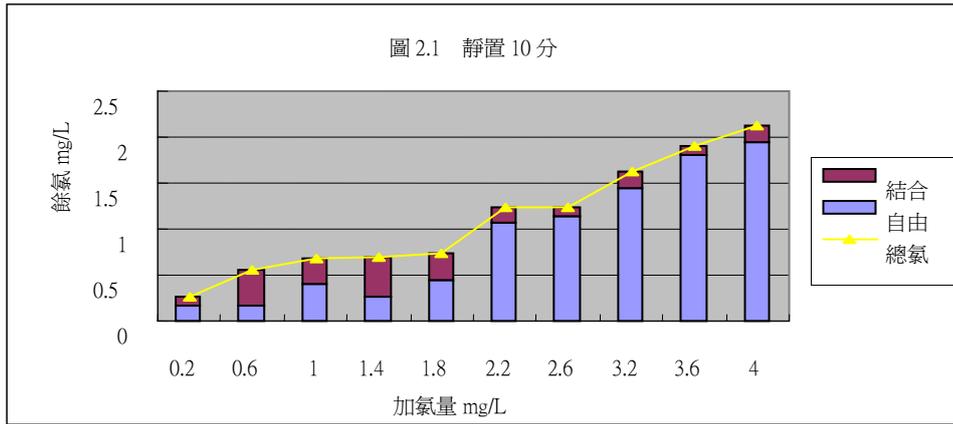
反應時間 加氯量 mg/L	靜置 10 分		靜置 2 小時		靜置 24 小時		靜置 48 小時	
	自由	結合	自由	結合	自由	結合	自由	結合
0.2	0.15	0.27	0.10	0.12	0.02	0.03	0.02	0.02
0.6	0.07	0.06	0.15	0.13	0.07	0.03	0.02	0.01
1.0	0.04	0.09	0.38	0.14	0.03	0.06	0.02	0.02
1.4	0.07	0.18	0.45	0.17	0.04	0.06	0.02	0.04
1.8	0.14	0.18	0.79	0.15	0.10	0.10	0.02	0.09
2.2	0.38	0.17	1.15	0.12	0.27	0.10	0.05	0.10
2.6	0.64	0.19	1.37	0.14	0.41	0.15	0.18	0.12
3.2	0.86	0.14	1.84	0.04	0.80	0.11	0.45	0.13
3.6	1.34	0.07	2.17	0.21	1.07	0.06	0.65	0.16
4.0	2.11	0.35	2.66	0.06	1.31	0.17	0.93	0.14



(二) 大漢溪水源(枯水期)

1. 大漢溪原水(氨氮含量 0.16mg/L)，加入 0.1mg/L 氨氮溶液，每 500mL 樣品中加入 0.2~4.0mg/L 氯溶液。
2. 當氨氮含量提高為 0.26 mg/L 時，若加氯量仍為 2.2mg/L，於 24 小時後，水中自由餘氯含量僅剩 0.07mg/L，不合乎飲用水水質標準，明顯加氯量不足，但若提高加氯量至 3.2 mg/L(13.2 倍氨氮含量)，靜置 24 小時後，水中自由餘氯含量仍可維持 0.26 mg/L。

反應時間 加氯量 mg/L	靜置 10 分		靜置 2 小時		靜置 24 小時		靜置 48 小時	
	自由	結合	自由	結合	自由	結合	自由	結合
0.2	0.16	0.11	0.10	0.08	0.03	0	0.01	0.05
0.6	0.16	0.39	0.14	0.36	0.30	0.09	0.10	0.24
1.0	0.40	0.28	0.10	0.52	0.10	0.37	0.05	0.36
1.4	0.26	0.43	0.35	0.10	0.07	0.20	0.05	0.19
1.8	0.45	0.29	0.26	0.17	0.01	0.09	0.06	0.02
2.2	1.07	0.17	0.41	0.18	0.03	0.06	0.03	0.03
2.6	1.14	0.09	0.71	0.10	0.07	0.08	0.05	0.03
3.2	1.44	0.18	1.18	0.10	0.26	0.14	0.09	0.11
3.6	1.80	0.10	1.48	0.12	0.44	0.15	0.20	0.11
4.0	1.95	0.17	1.69	0.27	0.77	0.13	0.39	0.13



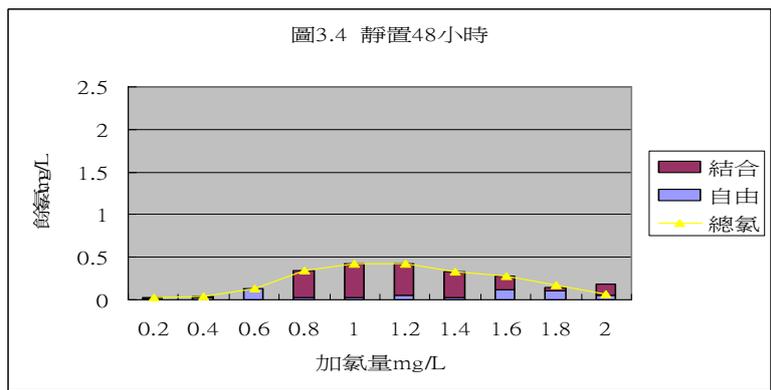
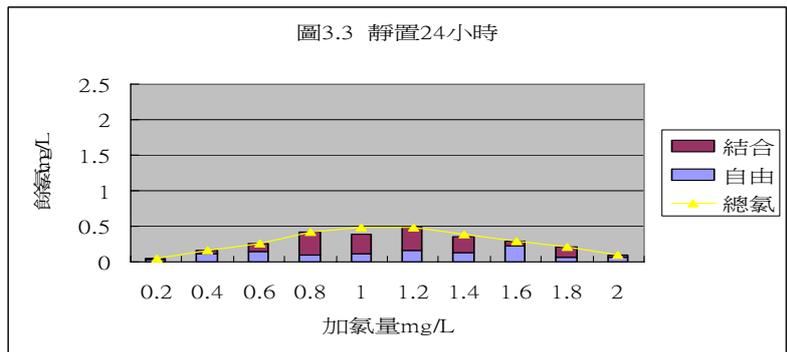
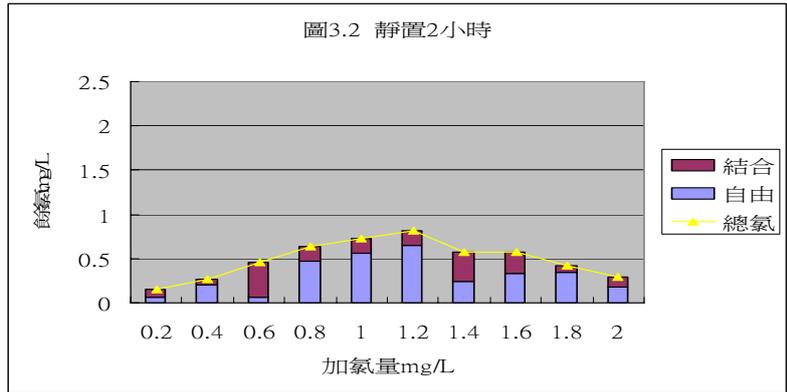
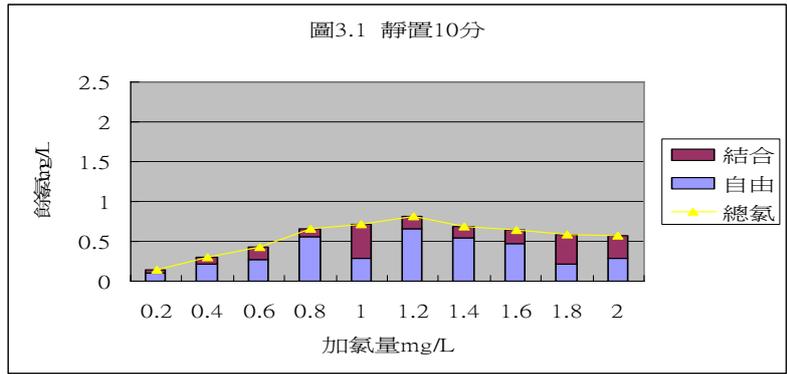
(三) 大漢溪水源(汛期)

1. 大漢溪原水(氨氮含量 0.04mg/L)，每 500mL 樣品中加入 0.04~0.4mg/L 氯溶液。

2. 雖然颱風過後原水氨氮含量僅 0.04 mg/L，氯溶液縱使加到 0.4 mg/L(10 倍氨氮含量)，水中自由餘氯含量仍不足 0.2 mg/L，不合乎飲用水水質標準。

備註:因濁度過高，原水先經過膠羽沉澱後再取上層液檢測氨氮。

反應時間 加氯量 mg/L	靜置 10 分		靜置 2 小時		靜置 24 小時		靜置 48 小時	
	自由	結合	自由	結合	自由	結合	自由	結合
0.04	0.03	0.01	0.01	0.04	0.02	0	0	0.01
0.08	0.06	0.04	0.02	0.04	0.01	0.01	0.01	0.02
0.12	0.04	0.07	0.03	0.07	0.01	0.01	0.01	0
0.16	0.02	0.09	0.08	0.02	0	0.03	0.01	0
0.20	0.01	0.09	0.05	0.05	0.02	0.02	0.01	0.01
0.24	0.13	0.06	0.04	0.13	0	0.03	0.01	0
0.28	0.06	0.15	0.05	0.13	0.03	0	0.01	0.01
0.32	0.05	0.17	0.15	0.06	0.04	0.02	0.03	0
0.36	0.05	0.18	0.05	0.14	0.04	0.03	0.01	0
0.40	0.19	0.08	0.04	0.17	0.08	0	0.01	0



(四) 大漢溪水源(汛期)

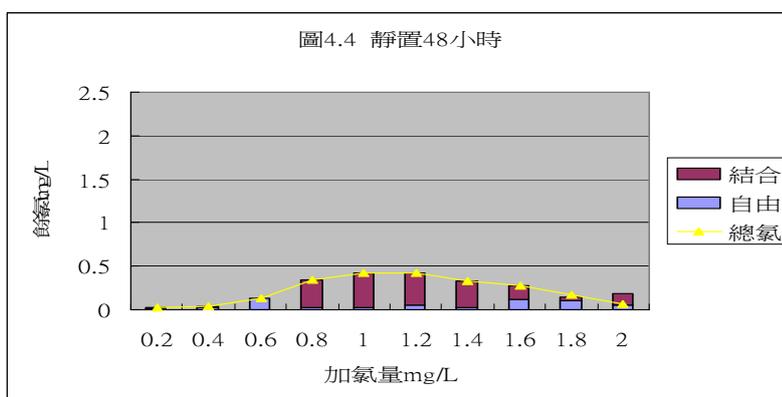
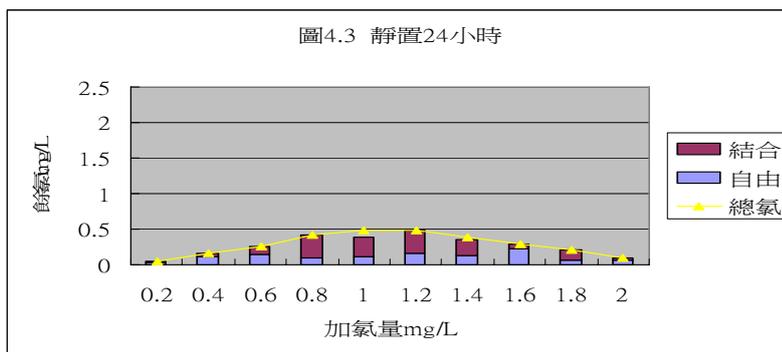
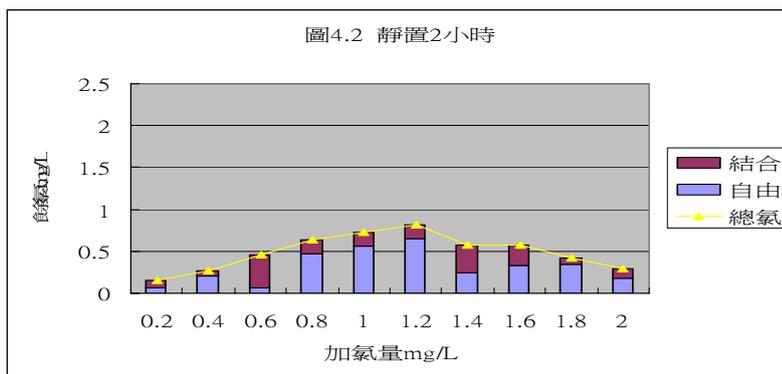
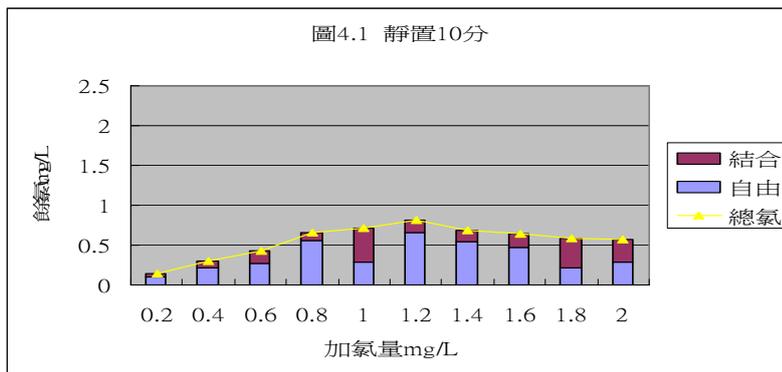
1. 大漢溪原水(氮氮含量 0.04mg/L), 加入 0.1mg/L 氮氮溶液, 每 500mL 樣品中加入 0.2~2.0mg/L 氯溶液。

2. 同(三)之原水, 於樣品中再加入 0.1mg/L 氮氮溶液, 並提高其加氯量為 1.6mg/L(11.4 倍氮氮含量), 靜置 24 小時後, 水中自由餘氯含量仍可維持 0.23 mg/L。

備註: 因濁度過高, 原水先經過膠羽沉澱後再取上層

液檢測氮氮含量

反應時間 加氯量 mg/L	靜置 10 分		靜置 2 小時		靜置 24 小時		靜置 48 小時	
	自由	結合	自由	結合	自由	結合	自由	結合
0.2	0.10	0.05	0.07	0.08	0.04	0.01	0.01	0.01
0.4	0.22	0.08	0.21	0.06	0.11	0.05	0.02	0.02
0.6	0.27	0.16	0.06	0.40	0.14	0.12	0.13	0
0.8	0.56	0.10	0.47	0.17	0.10	0.32	0.03	0.31
1.0	0.29	0.42	0.56	0.17	0.12	0.27	0.02	0.4
1.2	0.66	0.16	0.65	0.16	0.16	0.33	0.05	0.37
1.4	0.55	0.13	0.24	0.34	0.13	0.23	0.02	0.31
1.6	0.47	0.17	0.33	0.24	0.22	0.17	0.12	0.16
1.8	0.22	0.37	0.35	0.07	0.15	0.16	0.10	0.15
2	0.28	0.29	0.18	0.11	0.06	0.13	0.05	0.13

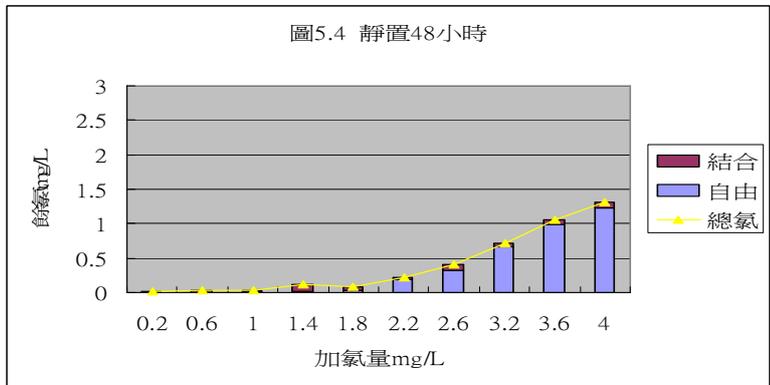
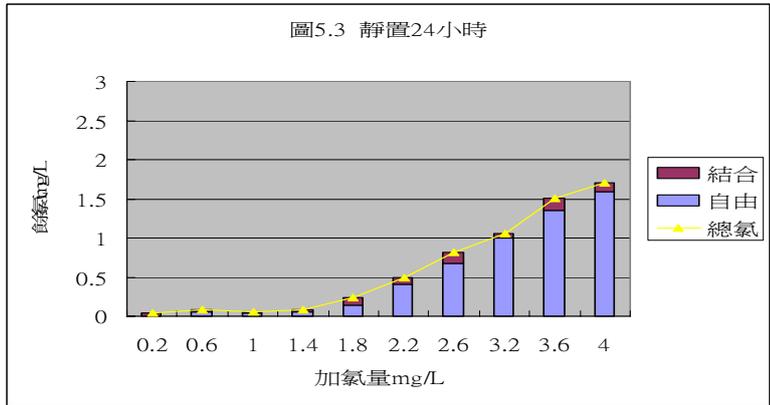
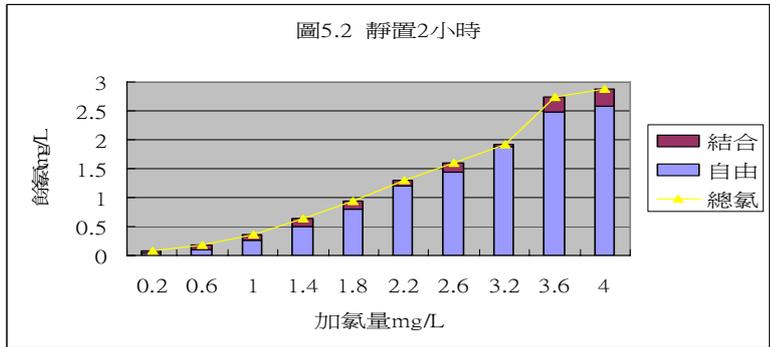
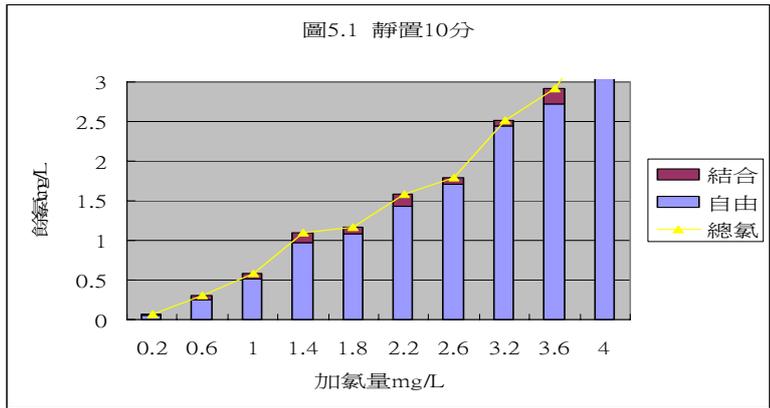


(五) 大漢溪水源(發電尾水)

1. 大漢溪原水(氨氮含量 0.22mg/L)，每 500mL 樣品中加入 0.2~4.0mg/L 氯溶液。

2. 發電尾水其氨氮含量 0.22mg/L 時，當加氯量為 2.2 mg/L(10 倍氨氮含量)，靜置 24 小時後，水中自由餘氯含量仍可維持 0.41 mg/L。

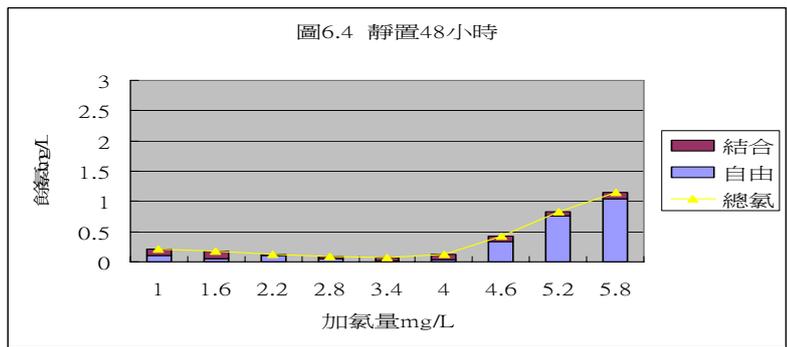
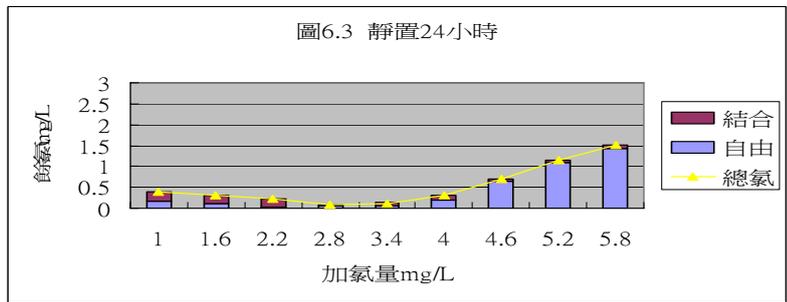
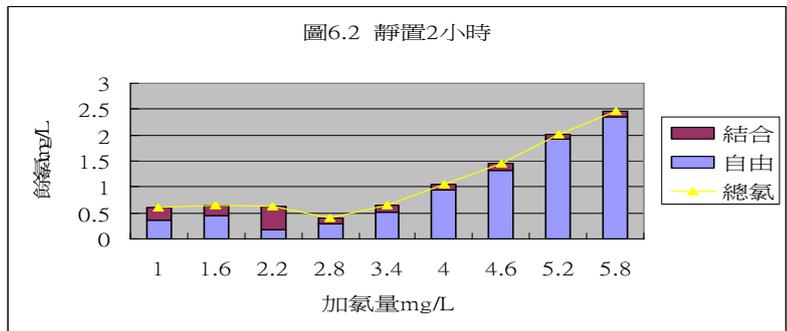
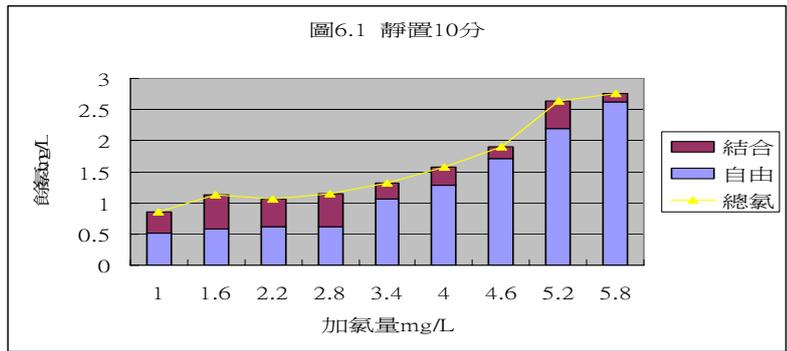
反應時間 加氯量 mg/L	靜置 10 分		靜置 2 小時		靜置 24 小時		靜置 48 小時	
	自由	結合	自由	結合	自由	結合	自由	結合
0.2	0.05	0.02	0.04	0.03	0	0.04	0.02	0
0.6	0.25	0.06	0.10	0.08	0.05	0.03	0	0.03
1.0	0.52	0.06	0.26	0.11	0.04	0.02	0.02	0.02
1.4	0.97	0.13	0.51	0.14	0.06	0.02	0.01	0.11
1.8	1.08	0.08	0.81	0.13	0.14	0.10	0.03	0.05
2.2	1.43	0.16	1.21	0.09	0.41	0.09	0.18	0.05
2.6	1.71	0.08	1.44	0.16	0.68	0.13	0.33	0.08
3.2	2.44	0.08	1.88	0.04	1.00	0.06	0.67	0.04
3.6	2.72	0.20	2.48	0.26	1.35	0.16	0.99	0.07
4.0	3.30	0.52	2.58	0.30	1.59	0.11	1.22	0.10



(六) 大漢溪水源(發電尾水)

1. 大漢溪原水(氨氮含量 0.22mg/L)，加入 0.2mg/L 氨氮溶液，每 500mL 樣品中加入 1.0~5.8mg/L 氯溶液。
2. 於發電尾水中加入 0.2 mg/L 氨氮溶液，靜置 24 小時後，水中自由餘氯含量仍維持在 0.21 mg/L 時其加氯量為 4.0 mg/L(9.5 倍氨氮含量)。

反應時間 加氯量 mg/L	靜置 10 分		靜置 2 小時		靜置 24 小時		靜置 48 小時	
	自由	結合	自由	結合	自由	結合	自由	結合
1.0	0.52	0.34	0.35	0.34	0.17	0.23	0.11	0.11
1.6	0.58	0.56	0.45	0.35	0.11	0.21	0.06	0.11
2.2	0.62	0.45	0.19	0.44	0.04	0.19	0.10	0.02
2.8	0.61	0.54	0.30	0.10	0.05	0.04	0.06	0.02
3.4	1.06	0.26	0.51	0.14	0.07	0.07	0.02	0.05
4.0	1.29	0.28	0.94	0.12	0.21	0.09	0.04	0.08
4.6	1.71	0.20	1.32	0.14	0.64	0.07	0.34	0.09
5.2	2.19	0.45	1.93	0.08	1.09	0.06	0.76	0.07
5.8	2.62	0.14	2.36	0.10	1.42	0.09	1.04	0.11

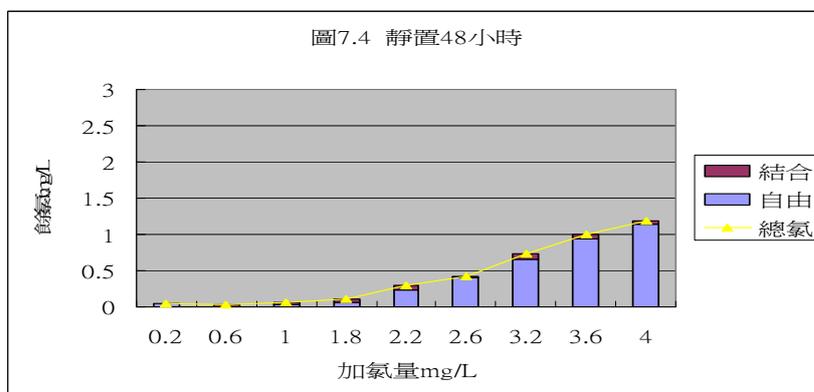
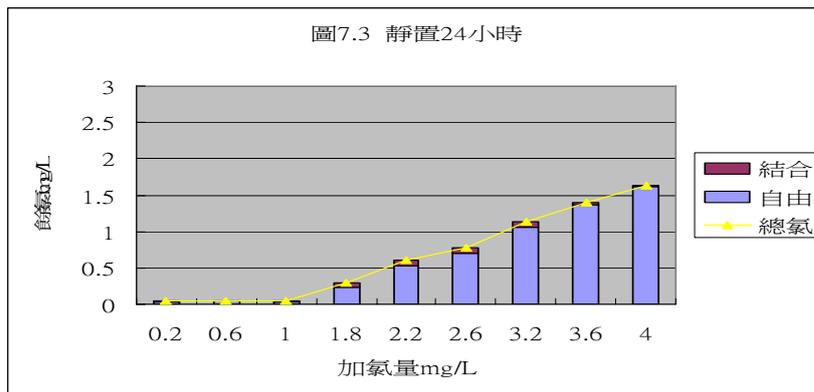
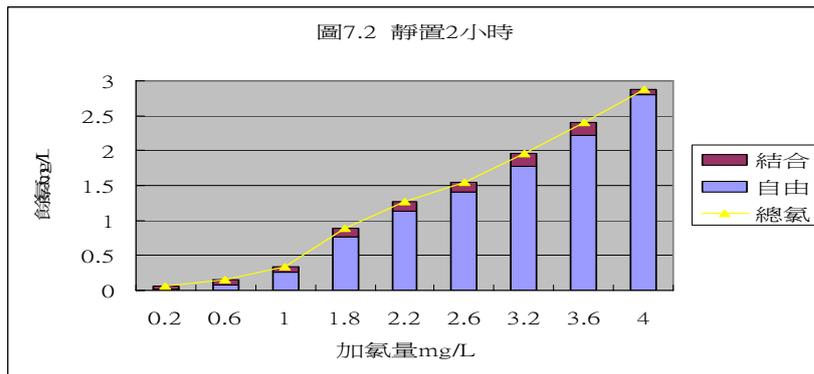
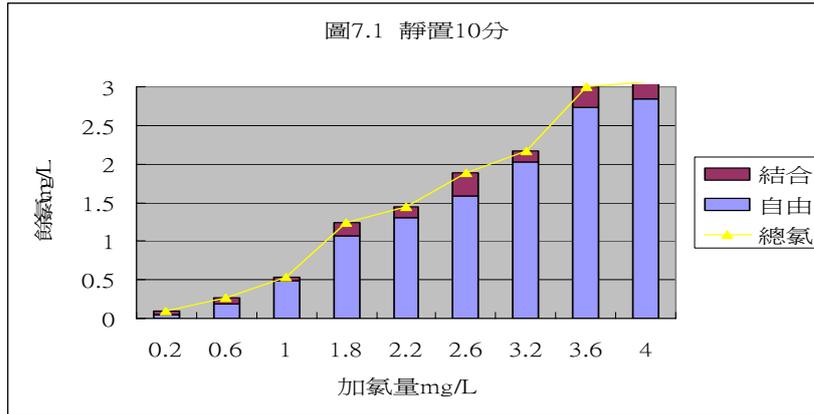


(七) 大漢溪水源(發電尾水)

1. 大漢溪原水(氨氮含量 0.22mg/L)，500mL 樣品先加入 10mg/L NaOH 攪拌 30 秒，再加入 100 mg/LPAC 混合 1 分鐘，再加入 0.2~4.0mg/L 氯溶液。
2. 經過調高 pH 值混凝沉澱後，加入 1.8mg/L 氯溶液(約 8.2 倍氨氮含量)，靜置 24 小時後，水中自由餘氯含量為 0.24 mg/L。

備註:發電尾水經常造成白濁水，膠凝沉澱不易，恐影響氯溶液的反應，遂先提高 pH 值，再加入混凝劑。

反應時間 加氯量 mg/L	靜置 10 分		靜置 2 小時		靜置 24 小時		靜置 48 小時	
	自由	結合	自由	結合	自由	結合	自由	結合
0.2	0.05	0.05	0.02	0.04	0.03	0.01	0.04	0
0.6	0.19	0.07	0.07	0.09	0.04	0.01	0	0.03
1.0	0.48	0.05	0.26	0.08	0.03	0.01	0.03	0.03
1.8	1.07	0.17	0.76	0.13	0.24	0.06	0.06	0.05
2.2	1.31	0.14	1.13	0.14	0.53	0.07	0.23	0.06
2.6	1.59	0.29	1.41	0.13	0.70	0.07	0.40	0.02
3.2	2.03	0.13	1.77	0.19	1.05	0.08	0.65	0.08
3.6	2.74	0.26	2.22	0.18	1.37	0.03	0.94	0.06
4.0	2.84	0.11	2.80	0.08	1.61	0.02	1.14	0.04



(八) 純水

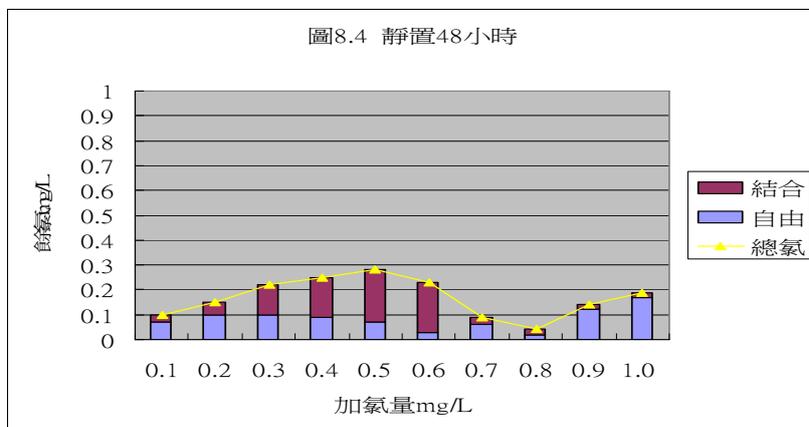
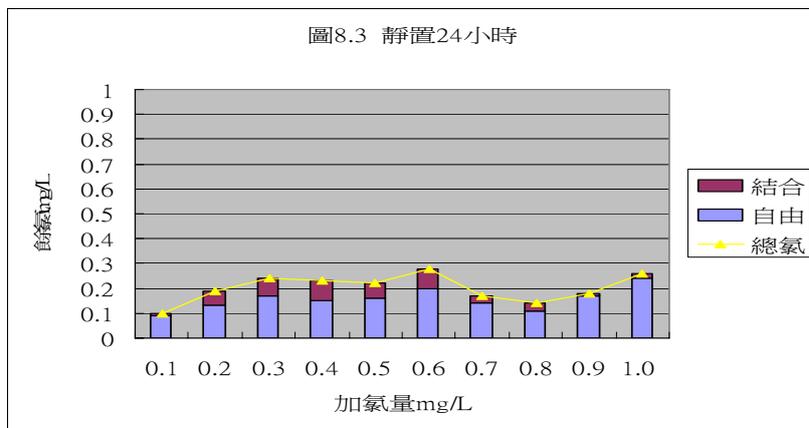
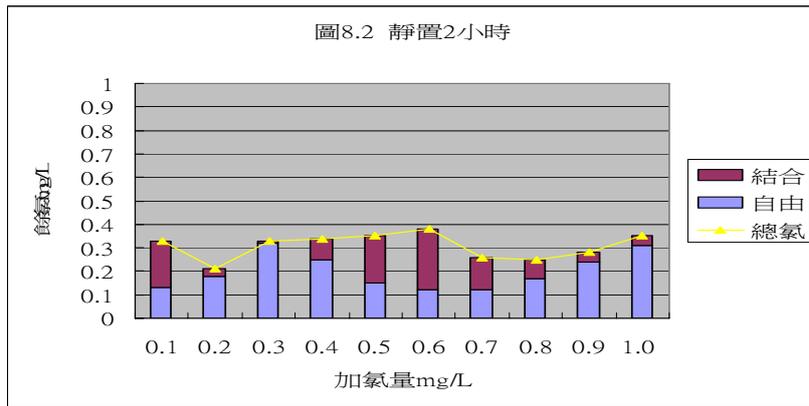
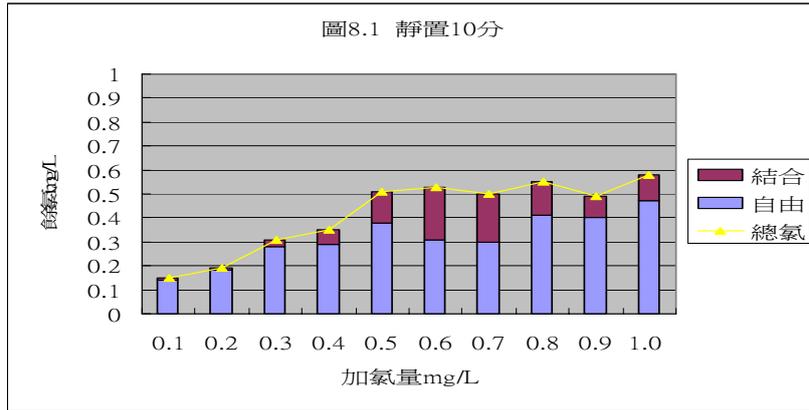
1. 500mL 純水中加入 0.06mg/L 氨氮溶液攪拌 30 秒

後，再加入 0.1~1.0mg/L 氯溶液。

2. 加入約 10 倍氨氮含量的氯溶液(0.6mg/L)，靜置

24 小時後，水中自由餘氯含量為 0.20 mg/L。

反應時間 加氯量 mg/L	靜置 10 分		靜置 2 小時		靜置 24 小時		靜置 48 小時	
	自由	結合	自由	結合	自由	結合	自由	結合
0.1	0.14	0.01	0.13	0.03	0.09	0.01	0.07	0.03
0.2	0.18	0.01	0.18	0.01	0.13	0.06	0.10	0.05
0.3	0.28	0.03	0.32	0.01	0.17	0.07	0.10	0.12
0.4	0.29	0.06	0.25	0.09	0.15	0.08	0.09	0.16
0.5	0.38	0.13	0.15	0.2	0.16	0.06	0.07	0.11
0.6	0.31	0.22	0.12	0.26	0.20	0.08	0.03	0.20
0.7	0.30	0.20	0.12	0.14	0.11	0.03	0.09	0
0.8	0.41	0.14	0.17	0.08	0.08	0.03	0.02	0.02
0.9	0.40	0.09	0.24	0.04	0.17	0.01	0.12	0.02
1.0	0.47	0.11	0.31	0.04	0.24	0.02	0.17	0.02



(九) 純水

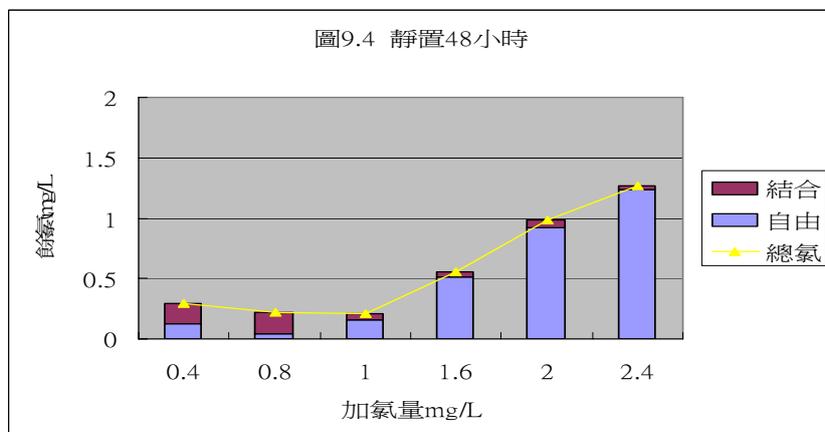
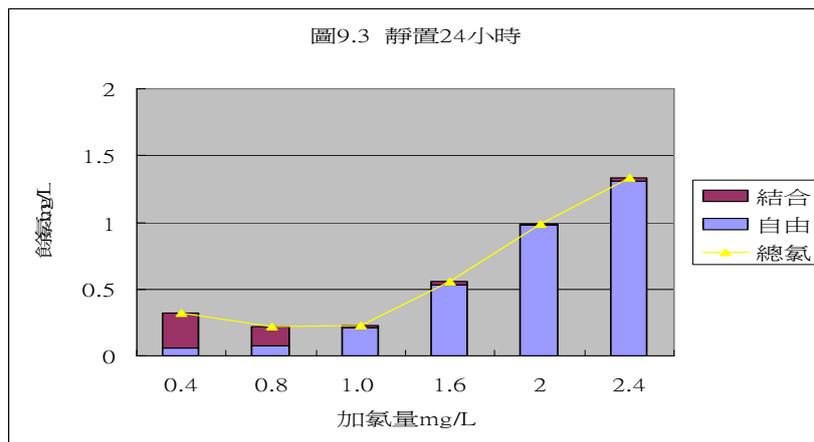
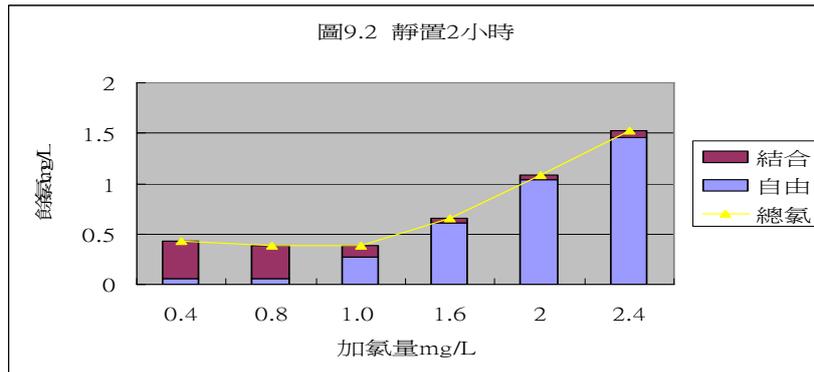
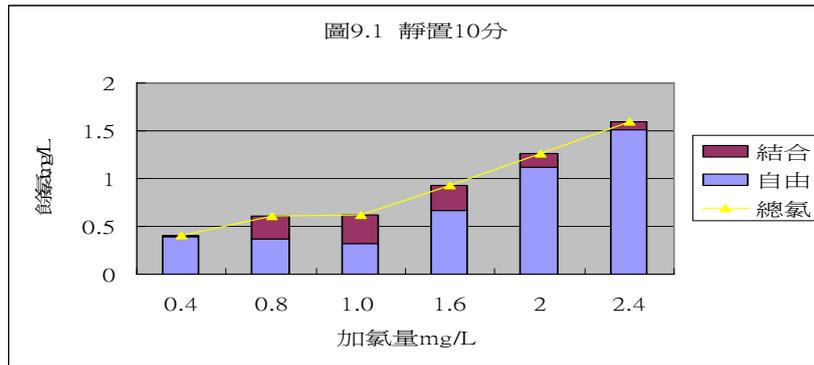
1. 500mL 純水中加入 0.1mg/L 氨氮溶液攪拌 30 秒後，

再加入 0.4~2.4mg/L 氯溶液。

2. 加入約 10 倍氨氮含量的氯溶液(1.0mg/L)，靜置

24 小時後，水中自由餘氯含量為 0.21mg/L。

反應時間 加氯量 mg/L	靜置 10 分		靜置 2 小時		靜置 24 小時		靜置 48 小時	
	自由	結合	自由	結合	自由	結合	自由	結合
0.4	0.39	0.02	0.06	0.37	0.06	0.26	0.13	0.16
0.8	0.37	0.24	0.06	0.32	0.08	0.14	0.04	0.18
1.0	0.32	0.30	0.27	0.11	0.21	0.02	0.16	0.05
1.6	0.67	0.26	0.61	0.05	0.53	0.03	0.51	0.04
2	1.12	0.14	1.04	0.05	0.98	0.01	0.92	0.06
2.4	1.51	0.09	1.46	0.07	1.31	0.02	1.24	0.03



七、結論與建議

- (一)各種時期所採集之原水，於 24 小時後，水中自由餘氯含量仍可維持 0.20 mg/L 時所需的加氯量：枯水期 13.8 倍氨氮含量、發電尾水 10 倍氨氮含量、純水 10 倍氨氮含量。對照組(加氨氮)：枯水期 13.2 倍氨氮含量、汛期 11.4 倍氨氮含量、發電尾水 9.5 倍氨氮含量、純水 10 倍氨氮含量。
- (二)各種時期所採集之原水，添加不同濃度之加氯量，於靜置 2 小時後仍有明顯耗氯情形，應是反應時間不足所致。
- (三)發電尾水所造成低濁度白濁水，混凝後膠羽顆粒細小沉降效果差，殘留水中的顆粒仍繼續耗氯，以 NaOH 加 PAC 之加藥處理方式，能使加氯量降低為 8.2 倍氨氮含量。
- (四)本研究乃針對氨氮耗氯所做的實驗，而原水中亦可能有氨基酸、蛋白質、總有機碳、硝酸鹽、鐵、錳、硫化物、氰化物、有機氮等會與氯作用之物質，因此加氯量雖達 10 倍氨氮含量如六(三)，仍可能造成自由餘氯不合乎飲用水水質標準。

(五)綜觀，濾前加氯若加氯量不足，縱使氯後再加氯反應時間不足，亦有可能因繼續耗氯而致使用戶端配水自由餘氯不足 0.20mg/L。因此，建議濾前加氯量可使其達 10 倍氨氮含量，濾後之加氯量再視實際餘氯情形而調整加氯量。

八、參考資料

- (一) 行政院環保署 飲用水水質標準 98 年 11 月 26 日
修正發布
- (二) 水質分析第五版 李中光等譯
- (三) 97 年板新給水廠白濁水期間淨水處理之最佳加藥量
及經濟效益之探討 楊詩思 廖仲洲 姚寶蓮
- (四) 92 年影響淨水加藥最佳操作之探討 黃永富
- (五) 消毒及其副產物 樓基中教授 88 年 7 月員訓所講義
- (六) 配水系統水質控制 葉宣顯教授 員訓所講義