

# 自來水煮沸後結垢泛白問題之探討

陳重男<sup>1</sup> 盧明俊<sup>2</sup> 林坤道<sup>3</sup>

## 摘要

飲用水中的硬度影響適飲性為台灣普遍存在的問題。高硬度的水加溫後會產生泛白及結垢現象，容易造成配水管線堵塞、工廠鍋爐及熱水管線因為碳酸鈣及氫氧化鎂等污垢的沉澱，使鍋爐的傳熱能力降低，造成能量成本的增加等問題，由於硬度可能帶來這麼多的問題，困擾著民眾，因此有必要對於水中的硬度作研究，以了解水中硬度含量和水煮沸泛白及結垢的關聯性。

根據四個月來實際採集港西及澄清湖水廠水樣進行昇溫實驗中發現，在水樣煮沸 10 分鐘後，兩水廠原水總硬度之減少範圍為 49% ~52%，平均為 51%，清水總硬度之減少範圍為 38% ~47%，平均為 44%。從實際水樣實驗之結果發現，主要硬度減少物種為鈣硬度。會造成煮沸後結垢泛白嚴重，主要原因是由於這兩個水廠之重碳酸鹽硬度偏高(約 50%)。

## 一、前言

水為人類日常生活中所不可或缺的元素之一，尤其目前自來水的普及率已接近至九成左右，甚至部分都市已接近百分之百。而近年來人們生活水準不斷提昇，因此對於自來水水質的要求也日趨嚴格，民眾已從單純考慮安全性的問題，慢慢也開始注重適飲性的問題。有關適飲性物質在國內自來水標準中可舉出下列項目：總溶解固體物(TDS)、亞硝酸鹽氮、氨氮、酚類、鐵、錳、銅、鋅、氯鹽、硫酸鹽、總硬度、陰離子界面活性劑、硫化物等 13 項，其中硫化物只有

---

1. 國立交通大學環境工程研究所教授

2. 私立嘉南藥理學院環境工程衛生系副教授

3. 國立交通大學環境工程研究所碩士

台北市訂標準。惟綜觀各國的水質標準，適飲性項目實不只此數，如 EEC 把消毒劑殘餘量、總有機碳量、鹼度及鋁等項目均列為適飲性範圍，總計起來可達三十多項<sup>(1,2)</sup>。

硬度為台灣普遍存在的適飲性問題。由於高硬度會使得水變得不可口。此外，高硬度的水加溫後亦會產生泛白及結垢現象，容易造成配水管線堵塞、工廠鍋爐及熱水管線因為碳酸鈣及氫氧化鎂等污垢的沉澱，使鍋爐的傳熱能力降低，造成能量成本的增加等問題<sup>(3-5)</sup>，由於硬度可能帶來這麼多的問題，困擾著民眾。本研究擬配置不同種類、不同濃度之人工硬水，在室內施予昇溫實驗，探討在不同溫度及時間下產生泛白、結垢及沉澱之情況，藉以了解實際的成因。另外並利用水廠採得之水樣，進行相同實驗，以相互印證。

## 二、實驗程序設備與材料

### 2-1 實驗設備及材料

- (1) 精度微量天秤：Precisa 出品，100A-300M 型，精度 $\pm 0.0001\text{g}$ 。
- (2) 原子吸收光譜儀(AA)：HITACHI-Z8100 型。
- (3) 加熱板：CORNING Model PC-320。
- (4) 抽氣機：GAST 公司 Model DOA-P104-AA。
- (5) 藥品：硫酸鎂( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )、氯化鈣( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )、碳酸氫鈉、碳酸鉀。

### 2-2 昇溫實驗之步驟

昇溫實驗最初是採用人工配製之水樣，所使用之藥品為  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  及  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  作為人工硬度之來源。<sup>(3,6)</sup>至於人工鹼度之來源，根據自來水公司及環保署之資料<sup>(1,7)</sup>台灣淨水廠水質之 pH 範圍大多介於 6.0~8.0，而於此 pH 之水質中鹼度之主要來源為重碳酸鹽，因此所選擇配製人工鹼度之藥品為  $\text{NaHCO}_3$ ，由於實驗上之需要另選用  $\text{K}_2\text{CO}_3$  作為比較。而實驗進行的步驟如圖 3-1 所示。為了更進一步印證實驗之結果，選擇了為台灣地區民眾所詬病之高雄地區二個水廠，進行相同之實驗，然而，根據環保署所公告之水質檢測方法中規

定<sup>(8)</sup>，檢測水中之硬度時，水樣必須添加硝酸，使水樣保存在 pH 值小於 2.0 之下，並於七天內完成分析。為了使實驗更接近實際之情形，在進行實驗之前會將水樣進行前處理，利用氫氧化鈉調整水樣之 pH 為中性(pH 7.0)，再進行與人工水樣相同之實驗步驟，最後硬度之檢測方法則採用環保署公告之方法(NIEA.W208.50A)檢測之，為了確定結垢之物質除了檢測昇溫中總硬度之變化外，更檢測期間鈣及鎂硬度(NIEA.W306.50A)和總溶解固體(TDS，NIEA.W421.50A)之變化值，對結果更能加以確認。鹼度之檢測方法則是參考江漢全所著水質分析(1996)及吳式等之水及廢水分析(1994)。<sup>(9-10)</sup>實驗流程圖如圖 1 所示。

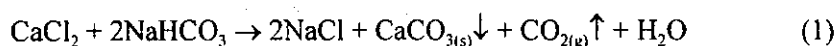
### 2-3 昇溫設備

本實驗所使用之昇溫設備很簡單，主要為一個加熱板(CORNING Model PC-320)，此加熱板會有兩個開關，分別用來控制轉速及加熱之速率，利用 125mL 之三角瓶來裝水樣，當取 100mL 之水樣裝入三角瓶後，則必須放入磁石用來攪拌水樣，使得水樣能受熱均勻，然後在三角瓶口封上鋁箔紙，以減少水分之蒸發，插入溫度計用來量測水溫，至於溫度計則利用滴定管架來加以固定，其詳細之設備圖如圖 2 所示。

## 三、結果與討論

### 3.1 人工鈣硬水昇溫試驗分析結果

由於水樣在昇溫之過程中會蒸發水分，使得水樣之體積改變（尤其在沸騰），因此在每次昇溫過濾後都會量測水樣之體積，最後再回復成原體積，所以會有兩種結果。最初所採用配製人工硬水之藥品為  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  及  $\text{NaHCO}_3$ ，根據反應式(1)可以發現每 1 莫耳之  $\text{CaCl}_2$  可以和 2 莫耳之  $\text{NaHCO}_3$  反應，而生成 1 莫耳之  $\text{CaCO}_3$  沈澱，由於碳酸鈣之溶解度積( $K_{sp}$ )很小( $4.7 \times 10^{-9}$ )，因此不易再溶解至水中。碳酸鈣有兩種晶體結構，散石型結構屬四方晶系，比重 2.93，在 100g 水中溶解度為 1.5mg(25°C)，另一種為方解石型結構屬六方晶系，比重 2.71，在 100g 水中的溶解度為 1.4mg(25°C)。



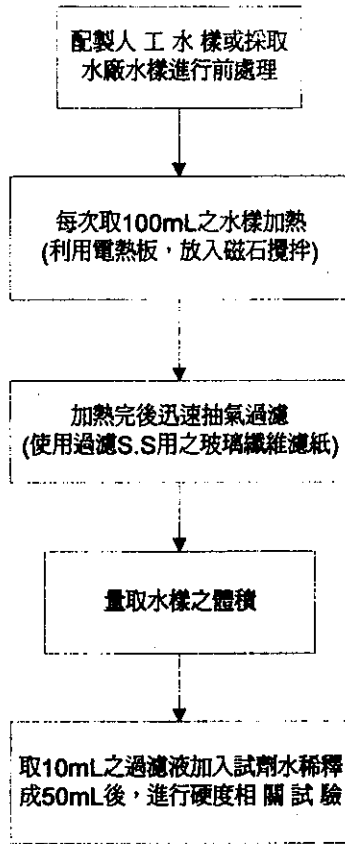


圖 1 昇溫實驗流程圖

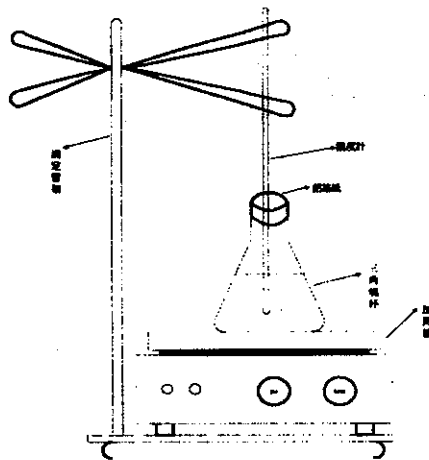
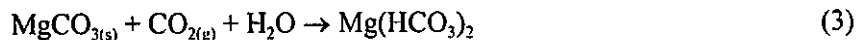


圖 2 昇溫設備圖

根據實驗之結果顯示，在昇溫一開始幾乎每個階段都有硬度減少之現象，顯示反應一直往右進行，碳酸鈣沈澱不斷產生，在沸騰 10 分鐘之硬度值幾乎都降為原來之一半，這是由於氯化鈣及碳酸氫鈉所使用之濃度相同，使得碳酸氫根消耗完畢後鈣離子還剩下一半（莫耳比 1：2），不過若濃度較低時，其硬度減少之幅度也會跟著下降，這是由於當濃度較低時溶液中之分子密度降低，使得彼此碰撞之機率下降，因此會延遲反應之時間，然而，當溫度上升使得能量增加，才使得反應變快，所以也延遲達到平衡之時間。至於反應得以往右進行，這是由於產生之二氧化碳不斷跑到空氣中所致，當水樣沸騰到 5 分鐘以後由於碳酸氫鈉幾乎消耗完畢，使得硬度值趨於穩定。由於在加熱之過程中，水份會不斷蒸發至空氣中，使得部分水樣在沸騰一段時間後硬度反而有上升之趨勢(圖 3)，因此，在加熱完過濾後都會量測水樣之體積，目的就是希望將蒸發之體積還原，以了解實際上硬度與溫度之間的關係，從圖 4 可以明顯之看出，隨著配製濃度之下降，其下降幅度漸漸趨於平緩。

### 3-2 人工鎂硬水昇溫試驗分析結果

造成硬度主要之陽離子除了鈣離子外，另外就屬鎂離子之含量最多，因此在做完鈣硬度之昇溫試驗後，以硫酸鎂配合碳酸氫鈉配製相同之濃度，進行相同之昇溫試驗，由於在加熱之過程一樣有體積減少之現象，使得水樣在沸騰一段時間後其硬度反而有上升之趨勢(圖 5)，為了更清楚了解實際上水樣溫度與硬度之關係，因此也將加溫蒸發之體積回復。然而，根據圖 6 可以看出， $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  及  $NaHCO_3$  之人工水樣在昇溫後其硬度之下降量很少，這是由於反應產生大量之  $CO_2$ ，使得沉澱之  $MgCO_3$  又再度溶解產生碳酸氫鎂，反應式如(2)及(3)所示。



### 3-3 人工混合硬水昇溫試驗分析結果

配製相同濃度之  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$  及  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  混合水樣，進行昇溫實驗，由於在實際水中含有鈣離子及鎂離子，且硬度主要之組成分即是這兩種物質，

因此希望能加以模擬。從圖 7 之實驗結果發現，在每個階段中硬度都持續下降，而在沸騰 7 分鐘後才趨於穩定，比較於圖 4 可以發現，與濃度  $4 \times 10^{-3} \text{M}$  氯化鈣所配製之鈣硬水，其硬度之總下降量差不多，分別為  $193.1 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$  與  $186.3 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ ，然而，從前面之實驗得知硫酸鎂混合碳酸氫鈉加熱硬度不易下降，因此初步判斷，大部份沈澱之物質是碳酸鈣，經由反應式(1)得知，1 莫耳之氯化鈣可以和 2 莫耳之碳酸氫鈉反應，產生 1 莫耳之碳酸鈣沈澱，由於配製此水樣加入碳酸氫鈉之濃度為氯化鈣之一倍，使得兩者可以充分反應，然而，由於產生二氧化碳之量也增加，將使得碳酸鎂更不易產生。

### 3-4 重碳酸根之影響

為了瞭解重碳酸根之濃度對昇溫試驗之影響，我們固定氯化鈣之濃度，將碳酸氫鈉之濃度加倍，實驗結果得知(圖 8)，使用相同濃度之氯化鈣及碳酸氫鈉，在水樣沸騰 5 分鐘後，硬度值即趨於穩定，大約減少一半之量(46%)，若將碳酸氫鈉之濃度加倍，實驗結果不僅硬度值在每個階段都有明顯之下降值，且在沸騰 10 分鐘後硬度只剩下  $21.8 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ ，比較於前面混合人工硬水之結果，在煮沸 10 分鐘後其硬度之下降量幾乎相同，分別為  $186.3 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$  與  $181.2 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$ ，對於前面之說法更能加以證實。為了更清楚重碳酸根影響之程度，將重碳酸根濃度改變之幅度縮小(從  $1.5 \times 10^{-3} \text{M} \sim 1.8 \times 10^{-3} \text{M}$ )，實驗結果發現(圖 10)，當濃度從  $1.7 \times 10^{-3} \text{M}$  改變成  $1.8 \times 10^{-3} \text{M}$ ，其圖形卻有著明顯趨勢之改變(尤其從  $70^\circ\text{C}$  到沸騰 1 分鐘之間)，當重碳酸根濃度為  $1.5 \times 10^{-3} \text{M}$  及  $1.7 \times 10^{-3} \text{M}$ ，硬度都是在沸騰 3 分鐘後才有很大之降幅，而濃度為  $1.5 \times 10^{-3} \text{M}$ ，在之前就開始有明顯之降幅，不過最後總硬度下降值卻差異不大。

### 3-5 實際水廠水樣昇溫結果

進行完人工水樣之實驗後，選擇高雄地區港西及澄清湖兩水廠之水樣，進行實際水樣之昇溫試驗。實驗之水樣為採集兩個水廠之原水及清水，由於水樣保存之原因，在採集完水樣後會加入硝酸使水樣 pH 小於 2，因此在帶回實驗室必須先調整 pH 至中性，再進行相同之昇溫試驗，根據 86 年 11 月及 12 月連續兩個月所採集之水樣，實驗結果(圖 11 及 12)發現，在昇溫最初硬度之下降量很少，一直到沸騰 1 分鐘過後則突然有很明顯之降幅，在沸騰 7 分鐘後才逐漸趨

於穩定。

從 11 月份昇溫實驗結果(圖 11)，在煮沸 10 分鐘後，港西原水之結垢量為  $104\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔原來之 40%，港西清水之結垢量為  $93\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 35%，澄清湖原水之結垢量為  $104\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 43%，澄清湖清水之結垢量則為  $83\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 34%。然而，由於加熱之過程中會有水分蒸發之現象，因此最後將蒸發後之體積回復，才可瞭解實際上水樣溫度與硬度之關係，經過體積回復之後港西原水之結垢量變為  $128.5\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 49%，港西清水為  $122.7\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 46%，澄清湖原水為  $127\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 52%，澄清湖清水為  $111.6\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 45%。至於 12 月份之實驗結果，由於與 11 月份之結果相似，因此，只列出回復原體積之值，從圖 11 結果指出，港西原水之減少量為  $148\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 51%，港西清水為 126%，佔 46%，澄清湖原水為  $142.1\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 52%，澄清湖清水則為  $124.8\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 47%。

為了對結垢之物質加以確認，分別在 87 年 3 月及 4 月份針對澄清湖清水又做了兩次實驗，不過這次除了檢測水樣中總硬度隨溫度之變化外，更檢測鈣硬度、重碳酸鹽鹼度及總溶解固體量之變化。三月份之檢測值指出(圖 13-15)，回復體積後水樣總硬度之減少值為  $69.3\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 38%。鈣硬度之減少值為  $57.9\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 45%。由於水樣之 pH 值屬於中性，因此造成鹼度之物質幾乎都是重碳酸鹽，所以以  $\text{HCO}_3^-$  鹼度表示之，其減少量為  $75.8\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 72%。至於四月份檢測之結果(圖 16-18)，水樣總硬度之減少量為  $75\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 40%，鈣硬度之減少量為  $59.6\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 45%，鹼度之減少量為  $76.5\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 71%，從這兩個月之實驗結果發現，總硬度、鈣硬度及重碳酸鹽鹼度隨溫度之變化趨勢相當類似，可見鈣硬度及重碳酸鹽為主要減少之物質，且總硬度之減少量與鈣硬度之減少量差距不大，可見主要減少之硬度為鈣硬度，這與人工水樣之實驗結果相符合。在四月之實驗中，增加了水樣 TDS 之檢測，由於在之前已經有提到，因為水樣保存之關係必須加入硝酸，且在實驗前利用氫氧化鈉調整 pH 值為中性，由於加入酸及鹼使得水樣之總溶解固體量會大幅提昇，使得圖形(圖 19)和前面差異頗大，然而，若把背景值( $1025\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ )扣除，再加以作圖即可清楚瞭解實際上 TDS 隨溫度變化之情形，從圖 20 結果指出，水樣沸騰 10 分鐘後，TDS 之減少量為  $108\text{mgCaCO}_3/\text{L}$ ，佔 36%，這與總硬度之情況很類似，可見兩者之間有很密切之關聯性。

從這四個月之實際水樣昇溫實驗中發現，在水樣煮沸 10 分鐘後，兩水廠原水總硬度之減少範圍為 49% ~52% ，平均為 51% ，清水總硬度之減少範圍為 38% ~47% ，平均為 44% 。由表 1~2 與表 3~ 4 相較可知，三、四月份水質有明顯變動，這是由於三月及四月為梅雨季節，因此降雨之機會較多，使得水中之硬度及鹼度都降低，而從之前的實驗得知，重碳酸鹽之濃度為影響沈澱量之主因，因此使得三月及四月之降幅較低。從實際水樣實驗之結果發現，主要硬度減少物種為鈣硬度，這與之前人工水樣之結果是相符合的。

#### 四、結論

根據這四個月來所採集水廠水樣進行昇溫實驗中發現，在水樣煮沸 10 分鐘後，兩水廠原水總硬度之減少範圍為 49% ~52% ，平均為 51% ，清水總硬度之減少範圍為 38% ~47% ，平均為 44% 。由於三月及四月為梅雨季節，因此降雨之機會較多，使得水中之硬度及鹼度都降低，而從人工配製水樣的實驗得知，重碳酸鹽之濃度為影響沈澱量之主因，因此使得三月及四月之降幅較低。從實際水樣實驗之結果發現，主要硬度減少物種為鈣硬度，這與人工水樣之結果相符合。

雖然對這兩個淨水廠硬度之檢測結果發現，離水質標準都還有一段距離，但是從昇溫試驗結果指出，水樣經過煮沸 10 分鐘後，其析出量都超過 40% ，造成結垢泛白，主要原因是由於這兩個水廠之重碳酸鹽硬度偏高，因此建議除了對總硬度訂定標準外，應該也考慮對重碳酸鹽硬度加以注意，改善水質，否則煮沸水結垢泛白之問題還是無法解決，因為這也是民眾對自來水詬病之主因。

#### 五、誌謝

感謝環保署毒管處提供經費(EPA-87-E3J1-09-03)、計畫執行期間葉俊宏科長與施雯玲小姐之鼎力相助，使得本研究得以順利完成。

## 六、參考文獻

1. 張怡怡等, "飲用水中無機物、微生物及濁度管制項目及管制標準之合理性分析", 行政院環境保護署(EPA-85-J102-09-05), pp.8-46 (1996)。
2. 行政院環境保護署, "飲用水水質標準管制項目之基本資料表"(1997)。
3. 黃汝賢, "硬水軟化之處理技術及處理成本", 台灣自來水股份有限公司委託計劃報告, 研究報告第 81 號(1989)。
4. 楊萬發譯, "水及廢水處理化學", 原著 "Process in Environmental Engineering", (1988)。
5. 高肇藩著, "衛生工程——自來水篇"(1987)。
6. Claire Ventresque, G. Jurner, and Guy Bablon, "Nanofiltration from Prototype to Full Scale", J.AWWA, Vol. 89, pp. 65-76 (1997).
7. 林財富等, "飲用水中有機物管制項目及管制標準之合理性分析", 行政院環境保護署(EPA-86-J102-09-06), p. 28 (1997)。
8. 行政院環境保護署檢驗所, 水質檢測方法彙編(1995)。
9. 江漢全著, "水質分析", 三民書局出版, pp. 416-419 (1996)。
10. 吳宗榮、蔡基湧編著, "水及廢水分析", 復文書局出版, pp. 219-223 (1994)。

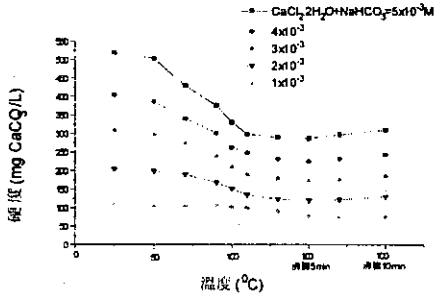


圖 3  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  及  $\text{NaHCO}_3$  人工水樣昇溫實驗

結果(加溫蒸發後之體積)

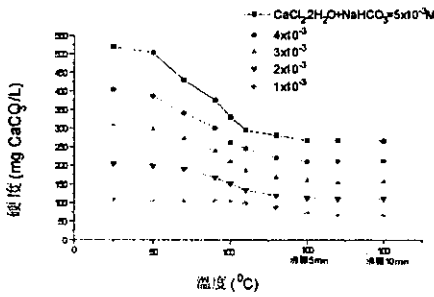


圖 4  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  及  $\text{NaHCO}_3$  人工水樣昇溫實驗

結果(加溫蒸發後再回復原體積)

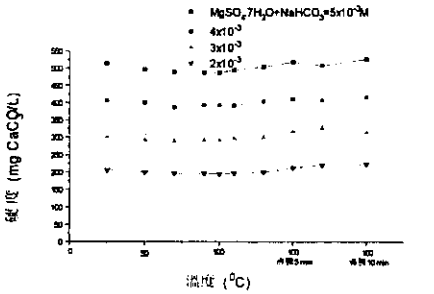


圖 5  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  及  $\text{NaHCO}_3$  人工水樣昇溫實驗結果(加溫蒸發後之體積)

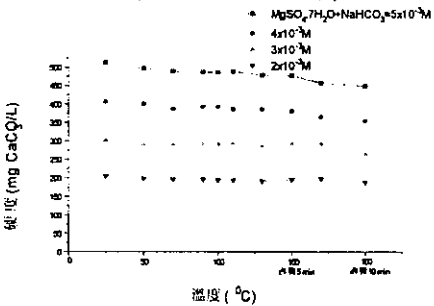


圖 6  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  及  $\text{NaHCO}_3$  人工水樣昇溫實驗結果(加熱蒸發後再回復原體積)

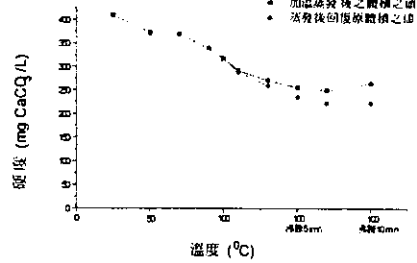


圖 7  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  及  $\text{NaHCO}_3$  混合水樣昇溫實驗結果

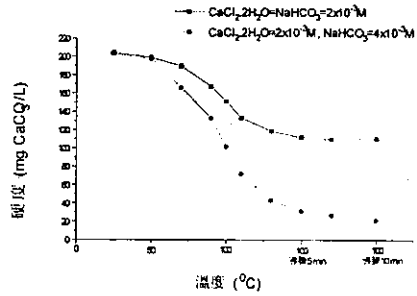


圖 8 不同濃度之  $\text{NaHCO}_3$  昇溫結果

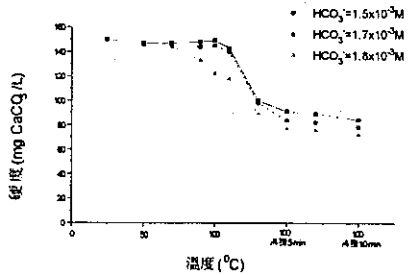


圖 9 不同濃度之  $\text{HCO}_3^-$  昇溫結果

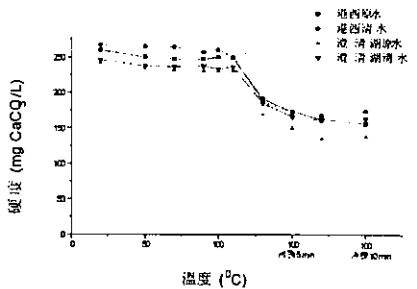


圖 10 十一月份水廠水樣昇溫實驗結果(加溫蒸發後之體積)

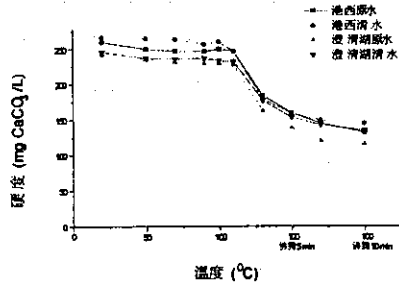


圖 11 十一月份水廠水樣昇溫實驗結果(加溫蒸發後再回復原體積)

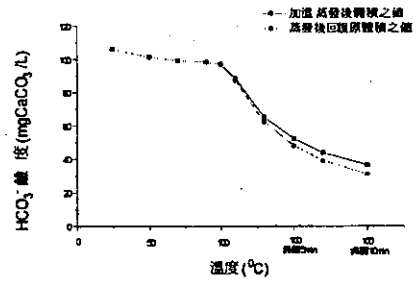


圖 15 三月份澄清湖水樣昇溫實驗中  $\text{HCO}_3^-$  鹼度之變化情形

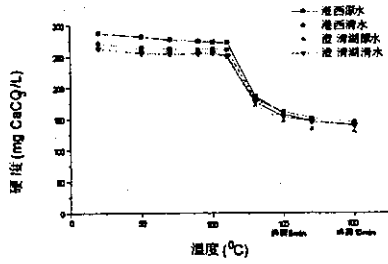


圖 12 十二月份水廠水樣昇溫實驗結果(加溫蒸發後再回復原體積)

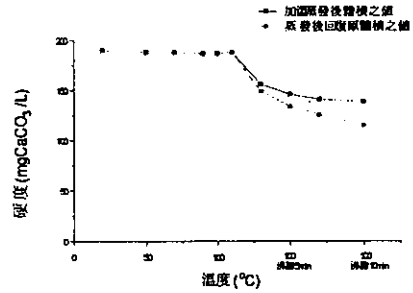


圖 16 四月份澄清湖水樣昇溫實驗結果

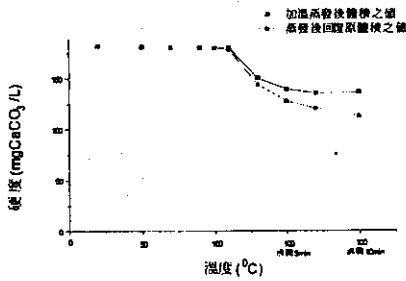


圖 13 三月份澄清湖水樣昇溫實驗結果

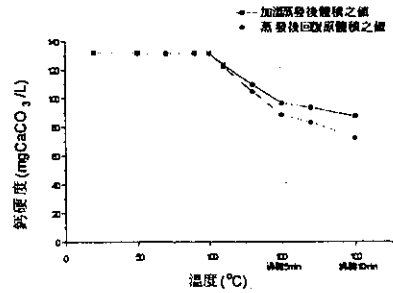


圖 17 四月份澄清湖水樣昇溫實驗中鈣硬度之變化情形

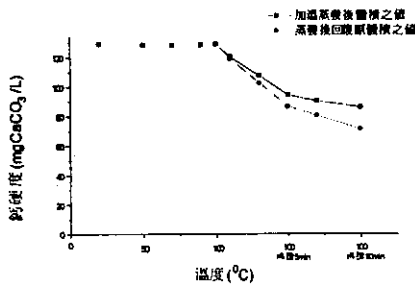


圖 14 三月份澄清湖水樣昇溫實驗中鈣硬度之變化情形

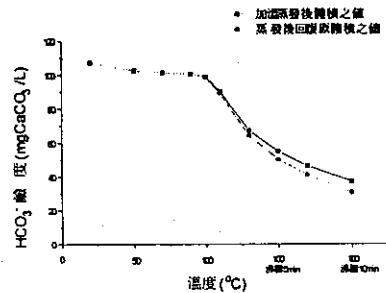


圖 18 四月份澄清湖水樣昇溫實驗中  $\text{HCO}_3^-$  鹼度之變化情形

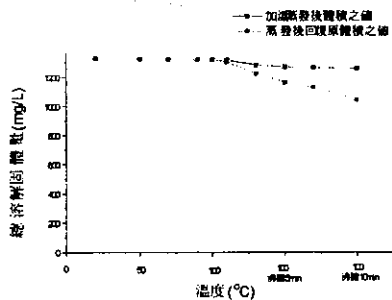


圖 19 四月份澄清湖水樣昇溫實驗中 TDS 之變化情形

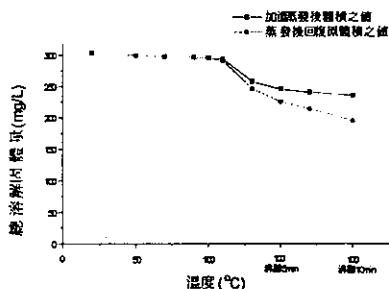


圖 20 四月份澄清湖水樣昇溫實驗中扣除背景值 TDS 之變化情形

表 1 十一月份水廠水樣主要硬度物質之濃度

水樣 分析項目	港西 原水	港西 清水	澄清湖 原水	澄清湖 清水
總硬度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	260.0	267.0	242.0	246.0
鈣硬度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	184.9	183.8	180.2	179.7
鎂硬度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	75.1	83.2	61.8	66.3
重碳酸鹽鹼度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	145.6	125.3	166.4	146.4

註：採樣時間為 86 年 11 月 10 日。

表 2 十二月份水廠水樣主要硬度物質之濃度

水樣 分析項目	港西 原水	港西 清水	澄清湖 原水	澄清湖 清水
總硬度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	288.0	271.0	272.0	264.0

鈣硬度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	181.7	175.0	187.3	185.4
鎂硬度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	103.3	96.0	84.7	78.6
重碳酸鹽鹼度 (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	156.7	132.0	162.9	140.2

註：採樣時間為 86 年 12 月 18 日。

表 3 三月份澄清湖水廠水樣主要硬度物質之濃度

分析項目	總硬度	鈣硬度	鎂硬度	重碳酸鹽 鹼度
澄清湖清水	182.0	129.2	52.8	105.9

註：採樣時間為 87 年 3 月 11 日，單位為 mgCaCO<sub>3</sub>/L。

表 4 四月份澄清湖水廠水樣主要硬度物質之濃度

分析項目	總硬度	鈣硬度	鎂硬度	重碳酸鹽 鹼度
澄清湖清水	189.9	132.0	57.9	107.2

註：採樣時間為 87 年 4 月 15 日，單位為 mgCaCO<sub>3</sub>/L。