

室溫下次氯酸鈉溶液有效氯濃度及比重隨時間遞減之研究

許國樑*

摘要

處理好之自來水為安全起見，預防在進入配水管線時會引起細菌性的污染，依『臺灣省自來水水質標準』規定，自來水中自由有效餘氯應保持在 0.2~1.5 ppm 濃度範圍內，就可確保水質的安全與衛生，目前第九區管理處各操作場站均使用次氯酸鈉溶液來消毒，因次氯酸鈉溶液的有效氯濃度及次氯酸鈉溶液的比重會隨儲存時間增長而有遞減的現象發生，增加操作的困難度，必須予以量化，讓操作場站有所依循。

本研究依日本自來水協會(JWWA)自來水用次氯酸鈉溶液規格(K120-1981)測定次氯酸鈉溶液有效氯及比重測定法測定比重，探討在室溫環境時，次氯酸鈉溶液有效氯及比重隨儲存時間增長而遞減趨勢，經過 121 天長時間的實驗，以多項式迴歸方法求得遞減趨勢圖及方程式，研究結果，建議依下列模式操作，可簡化現場操作人員加藥消毒作業：

1.在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率，可分成三段範圍來操作：

(1)有效氯濃度在 11.0 % 以上時，在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率可以以平均值 - 0.11 % 來計算。

(2)有效氯濃度在 6.8 % 至 11.0 % 時，在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率可以以平均值 - 0.09 % 來計算。

(3)有效氯濃度在 5.6 % 至 6.8 % 時，在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率可以以平均值 - 0.02 % 來計算。

2.在室溫下每天比重隨時間遞減速率，可分成二段範圍來操作：

(1)在 20 天以內，每隔 5 天在室溫下每天比重隨時間遞減速率可以以平均值 - 0.001 來計算。

(2)在 20 天至 120 天，每隔 10 天在室溫下每天比重隨時間遞減速率可以以平均值 - 0.001 來計算。

另在各營運所及給水廠場站主要供水系統，在室溫儲存要降低有效氯濃度的衰減速率，因有效氯濃度愈高，衰減速率愈快，建議將消毒用藥濃度稀釋至 6.8 % 以下，在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率平均值為 - 0.02 %，降低有效氯濃度隨時間遞減速率，以提高經濟效益，減少用藥費用。

*臺灣省自來水公司第九區管理處檢驗室主任

第一章 緒論

1-1 研究緣起

次氯酸鈉溶液(NaOCl)俗稱漂水(或漂白水)，溶液之製法係以氫氧化鈉(NaOH)溶液吸收氯氣(Cl_2)而得，適合小型場站消毒用藥，本區處總務室訂定驗收次氯酸鈉溶液合約之規格，以有效氯濃度 10.0 % 至 16.0 % 為合格範圍。

處理好之自來水為安全起見，預防在進入配水管線時會引起細菌性的污染，所以加入用藥量比實際需要量略多，以保持殺菌力，因此自來水中需保持有少量的自由有效餘氯。而依『臺灣省自來水水質標準』規定，自來水中自由有效餘氯應保持在 0.2~1.5 ppm 濃度範圍內⁽¹⁾，就可確保水質的安全與衛生，目前第九區管理處各操作場站均使用次氯酸鈉溶液來消毒，因此，次氯酸鈉溶液加藥量的控制，愈顯重要。

因影響次氯酸鈉工作日報的操作因子有每日出水量、次氯酸鈉溶液的有效氯濃度、次氯酸鈉溶液的比重、次氯酸鈉溶液的體積等⁽²⁾。因每日出水量及次氯酸鈉溶液的體積可以實測而得，尚無困難，但次氯酸鈉溶液的有效氯濃度及次氯酸鈉溶液的比重會隨儲存時間增長而有遞減的現象發生，會影響加藥系統控制之穩定，增加操作的困難度。

有鑑於此，鳳林營運所淨水操作部門曾技術士盛仁因上述原因特提出建議，希望區處檢驗室能對次氯酸鈉溶液的有效氯濃度及次氯酸鈉溶液的比重會隨儲存時間增長而遞減趨勢做一長時間的研究，以做為加氯工作時之參考，業經上級指示交辦，因此有加以研究研討的必要性。

1-2 研究目的

測定次氯酸鈉溶液自由有效氯濃度及次氯酸鈉溶液的比重在室溫環境時，隨儲存時間增長而遞減趨勢，做 121 天長時間的研究，以多項式迴歸方法求得遞減趨勢圖及方程式，做為現場操作人員操作時的重要參考。

1-3 研究內容

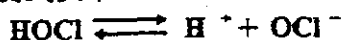
本研究模擬現場情形，由檢驗室會同總務室採樣驗收合格的次氯酸鈉溶液自由有效氯檢驗濃度為 12.6 %，採取研究步驟如下：

1. 室溫下次氯酸鈉溶液有效氯濃度隨時間改變的影響
2. 室溫下次氯酸鈉溶液比重隨時間改變的影響
3. 結果與討論
4. 結論與建議

第二章 文獻回顧

2-1 自由有效氯的電離

次氯酸鈉(NaOCl)水溶液中次氯酸根(OCl⁻)存在的百分比(%),可由如下之平衡式表示:



$$\frac{(\text{H}^+) \times (\text{OCl}^-)}{(\text{HOCl})} = K_i$$

$$\frac{(\text{OCl}^-)}{(\text{OCl}^-) + (\text{HOCl})} = \frac{1}{1 + \frac{(\text{HOCl})}{(\text{OCl}^-)}} = \frac{1}{1 + \frac{(\text{H}^+)}{K_i}}$$

不同水溫時,次氯酸之解離常數:

攝氏溫度(°C)	0	5	10	15	20	25
$K_i \times 10^8$ (克分子/公升)	1.5	1.7	2.0	2.2	2.5	2.7

當攝氏 25 °C 時, pH 值 7 與 12 之 OCl⁻ 分配百分率,可如下求得。

$$\text{當 pH 值 7 } \text{OCl}^- (\%) = 100 \times \frac{1}{1 + 10^{-7}/2.7 \times 10^{-8}} = 21.26 \%$$

$$\text{當 pH 值 9 } \text{OCl}^- (\%) = 100 \times \frac{1}{1 + 10^{-9}/2.7 \times 10^{-8}} = 96.43 \%$$

$$\text{當 pH 值 12 } \text{OCl}^- (\%) = 100 \times \frac{1}{1 + 10^{-12}/2.7 \times 10^{-8}} = 100.00 \%$$

圖 1 為各種 pH 值時 HOCl、OCl⁻ 所佔百分率, pH 值愈高, OCl⁻ 所佔百分率愈大⁽¹⁾。

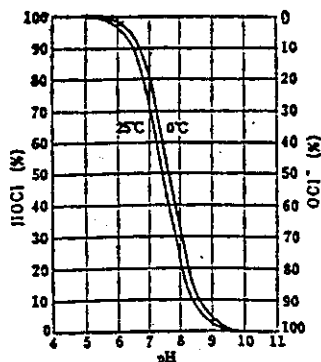


圖 1. 總氯量中, pH 不同時, HOCl 與 OCl⁻ 之百分率

2-2 自由有效氯濃度的衰減⁽³⁾

2-2-1 次氯酸鈉水溶液濃度的影響

(1) 不在光線照射影響下

次氯酸鈉水溶液的安定性稍差，如不在光線照射影響下，參考文獻中資料，如圖 2 所示，所含自由有效氯濃度會隨時間遞減，濃度愈高，其所含自由有效氯濃度會隨時間遞減愈快，濃度較低，濃度隨時間遞減較緩和。使用暗色 PE 容器，並存放於陰暗處，可減慢其衰減率，其發生之 OCl^- 氧化劑之還原半反應可用下式表示：



由上述反應式得知， OCl^- 濃度愈高，向右之反應應快，與圖 2 實驗結果所示，在相同溫度下 (30°C 、靜態、黑暗中)，次氯酸鈉濃度愈高，即 OCl^- 濃度愈高，會隨時間增加遞減之速率愈快相符合。

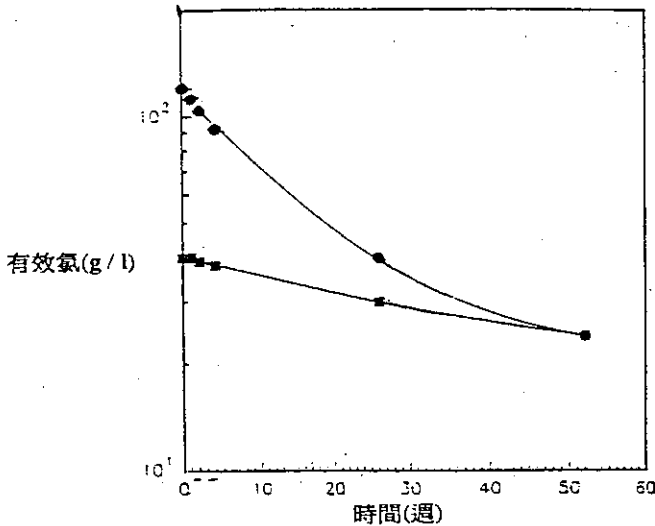
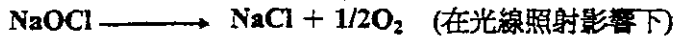


圖 2. 次氯酸鈉溶液之濃度隨時間遞減之情形
(30.0°C ；靜態；黑暗中)

(2) 在光線照射影響下

如在光線照射影響下，尤其在夏天，其分解之反應式可用下式表示：



因氧氣會揮發，次氯酸鈉之分解會更加快，此一特性次氯酸鈉溶液之為重要缺點，不可不加以注意，因此應避免光線的照射。

2-2-2 溫度的影響

在相同濃度不同溫度下，圖 2 (30°C 、靜態、黑暗中) 及圖 3 (20°C 、靜態、

黑暗中)相互比較結果，歸納如下：

(1)在相同濃度條件下，儲存環境 30 °C 比 20 °C 衰減速率快。

(2)在 30 °C 環境，110g/l(約 10.0 %有效氯)，比 30 g/l(約 2.8 %有效氯)初期衰減速率愈快，但經過相同的儲存時間 54 週時衰減至與低濃度相同時，衰減速率則趨於一致，顯見衰減速率有一個極限值。在 20 °C 環境，初期衰減速率比 30 °C 環境慢，且經過相同的儲存時間 54 週時，尚未衰減至與低濃度相同，因此，20 °C 環境儲存較有利。

(3) 低濃度，在相同的儲存時間 54 週時，30 °C 及 20 °C 之衰減速率相差不多，可見低濃度受溫度的影響小，儲存較有利。

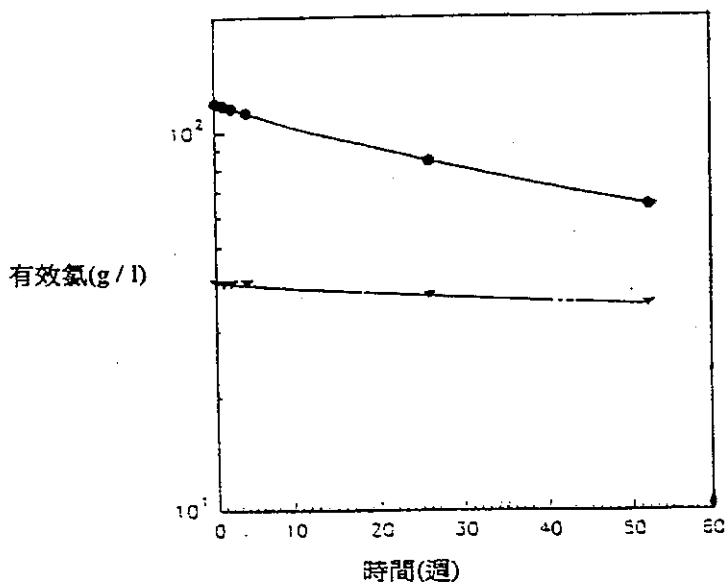


圖 3.次氯酸鈉溶液之濃度隨時間遞減之情形
(20.0 °C；靜態；黑暗中)

2-3 比重的遞減

因在光線照射影響下，會分解產生氧氣，因氧氣會揮發，此一特性，會導致次氯酸鈉溶液比重的遞減。

第三章 實驗設備與方法

3-1 實驗設備

(1) 儲存玻璃瓶

規格：250ml，透明無色，德國製。

用途：次氯酸鈉溶液儲存用。

(2) 滴定管

規格：25.00ml，準確度 0.05ml，德國製。

用途：檢驗次氯酸鈉溶液有效氯滴定用。

(3) 磁石攪拌器

規格：MS-90 Fargo 廠牌。

用途：滴定时溶液攪拌用。

(4) 稀釋瓶

規格：50 ml、1000 ml，德國製。

用途：次氯酸鈉樣品溶液稀釋用。

(5) 吸量管

規格：25ml，德國製。

用途：次氯酸鈉樣品溶液稀釋後，吸量體積用。

(6) 電子分析天平

規格：METTLER AT261

用途：檢測次氯酸鈉樣品溶液 50 ml 的重量，量測比重用。

3-2 實驗藥品

(1) KI 碘化鉀

分子量：166.01 g/mole；AR 級。

製造廠商：FERAK

用途：檢驗次氯酸鈉樣品溶液有效氯用。

(2) CH₃COOH 冰醋酸

分子量：60.05g/mole；試藥一級。

製造廠商：島久

用途：檢驗次氯酸鈉樣品溶液有效氯用。

(2) Na₂S₂O₃·5H₂O 硫代硫酸鈉

分子量：248.19g/mole；試藥一級。

製造廠商：藥理

用途：檢驗次氯酸鈉樣品溶液有效氯用。

(3) Na₂CO₃ 碳酸鈉

分子量：105.99g/mole；試藥一級。

製造廠商：島久

用途：檢驗次氯酸鈉樣品溶液有效氯用。

(4) $C_5H_{11}OH$ 異戊醇

分子量：88.15g/mole；AR級。

製造廠商：FERAK

用途：檢驗次氯酸鈉樣品溶液有效氯用。

(5) KIO_3 碘酸鉀

分子量：214.0g/mole；AR級。

製造廠商：FERAK

用途：檢驗次氯酸鈉樣品溶液有效氯用。

(5) H_2SO_4 硫酸

分子量：98.0g/mole；AR級。

製造廠商：FERAK

用途：檢驗次氯酸鈉樣品溶液有效氯用。

(6) $(C_6H_{10}O_5)_n$ 澱粉

分子量： $(162.14)_n$ g/mole；AR級。

製造廠商：FERAK

用途：檢驗次氯酸鈉樣品溶液有效氯用。

3-3 實驗方法

3-3-1 日本自來水協會(JWWA)自來水用次氯酸鈉溶液規格(K120-1981)

測定有效氯

1. 適用範圍：本規格適用於自來水用次氯酸鈉($NaClO$)溶液

2. 品質：自來水用次氯酸鈉及黃色透明液體，依 4. 檢驗方法，必需符合下列規定。

有效氯	(%)	5 以上
游離氫氧化鈉	(%)	2 以下
不溶物	(%)	0.01 以下
砷(As)	(ppm)	1 以下
鉻(Cr)	(ppm)	2 以下
鎘(Cd)	(ppm)	1 以下
鉛(Pb)	(ppm)	1 以下
汞(Hg)	(ppm)	0.2 以下

(註) 自來水用次氯酸鈉，市售之有效氯大約為 5~6 % 或 12 % 左右。

3. 試料採取方法，基於當事兩方面的協議，採取能代表全體的合理方法採樣。

(註) 易受外在的影響，取樣後儘速檢驗。

4. 檢驗方法：

4.1 一般事項

(1) 本檢驗方法中，關於化學分析的共同事項依 JISK0050(化學分析通則)，關於吸光光度法，即依 JISK0115(吸光光度分析方法通則)，關於原子吸光光度法，即依 JISK0121(原子吸光分析方法通則)辦理。

(2) 化學分析通則中的水為精製水，其導電度在 2 $\mu s/cm$ 以下。

4.2 有效氯

此方法是用硫代硫酸鈉(Sodium thiosulfate)規定液滴定，量出有效氯而由碘化鉀(KI)析出當量的碘，求出有效氯之含量。

4.2.1 試藥

(1)碘化鉀(KI)粉末。

(2)0.1N 硫代硫酸鈉溶液

取硫代硫酸鈉(5 水合物)26g 及碳酸鈉(無水)0.2g 溶於約 1L 的無二氧化碳蒸餾水後，加異戊醇(Isoamyl alcohol) 10ml，使全量為 1 L，充分混合後加蓋，靜置二日後求出因子(factor)。

要求出此溶液的因子，正確取 0.1N 碘酸鉀溶液 25ml 放於 300ml 之有蓋三角燒瓶(flask)內，加碘化鉀 2g 及硫酸(1 + 5) 5ml，即加蓋栓緊慢慢地振盪混合後，靜置於暗處 5 分鐘後，加精製水約 100ml，用上述的硫代硫酸鈉溶液滴定游離碘。至褐色(黃黑色)變成淡黃即加數滴澱粉溶液，繼續滴定至產生的青色消失。求出所用硫代硫酸鈉溶液的 ml 數(a)，依下式算出因子。亦應另以同一條件做空白試驗(Blank Test)來補正硫代硫酸鈉溶液的消耗量。

$$\text{因子}(F) = \frac{25}{a}$$

此溶液 1ml 相當於 0.00355g。

(3)0.1N 碘酸鉀溶液

取預先以 120~140 °C 乾燥 1.5~2 小時，放在硫酸保乾器(desiccator)中冷卻後稱碘酸鉀(標準試藥)3.567g 於 1L 的量瓶中，用精製水溶成全量為 1L。

(4)澱粉液

取澱粉 1g 與精製水充分混合，將熱精製水 200ml 不停地攪拌，慢慢地加入，煮沸到此溶液成半透明後靜置溶液，取用此上澄液。若加熱時間超過必要時間，溶液的銳敏度會減少。此溶液於使用時配製。

(5)無二氧化碳蒸餾水

是煮沸再蒸餾的精製水除去二氧化碳及其它的揮發物後，使不吸收空氣中的二氧化碳放冷到常溫的精製水，如圖 4 來保存。

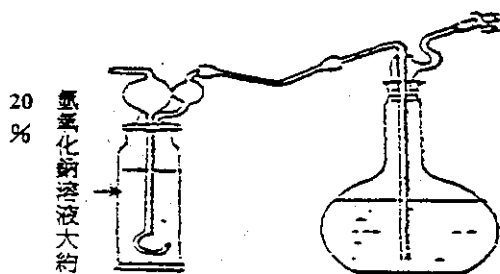


圖 4. 無二氧化碳蒸餾水貯存裝置

(6) 精製水

蒸餾水或去離子水(demineralized water)。

4.2.2 檢驗步驟

取試樣約 20g，精稱至 1mg，放入 1 L 量瓶內，以精製水使全量為 1 L。取此溶液 25 ml 放入 250ml 三角瓶，加約 1g 碘化鉀，加醋酸約 4ml 使成酸性，以 0.1N 硫代硫酸鈉溶液滴定游離碘。液相若由褐色變成淡黃色，再加澱粉液數滴，繼續滴定至產生的青色消失止。求出所用硫代硫酸鈉溶液的 ml 數(a)，依下式算出有效氯(%)。

$$\text{有效氯}(\%) = \frac{a \times F \times 0.00355}{\text{試樣}} \times \frac{1000}{25} \times 100$$

F : 0.1N 硫代硫酸鈉溶液的因子

3-3-2 次氯酸鈉溶液比重測定法

精取次氯酸鈉溶液 50.00ml，放入電子分析天平稱重至 0.1mg，再以稱得的重量除以體積 50.00ml，可得密度，密度再除以當時溫度下水的密度，再換算至 15.6 °C，比重即為所求，因室溫下水的密度估算為 1.000g/cm³，故簡化作業流程，以稱得的重量除以體積 50.00ml 所得數字即為比重。依此實驗方法再分別測定樣品在不同儲存天數時的比重。

3-4 實驗流程

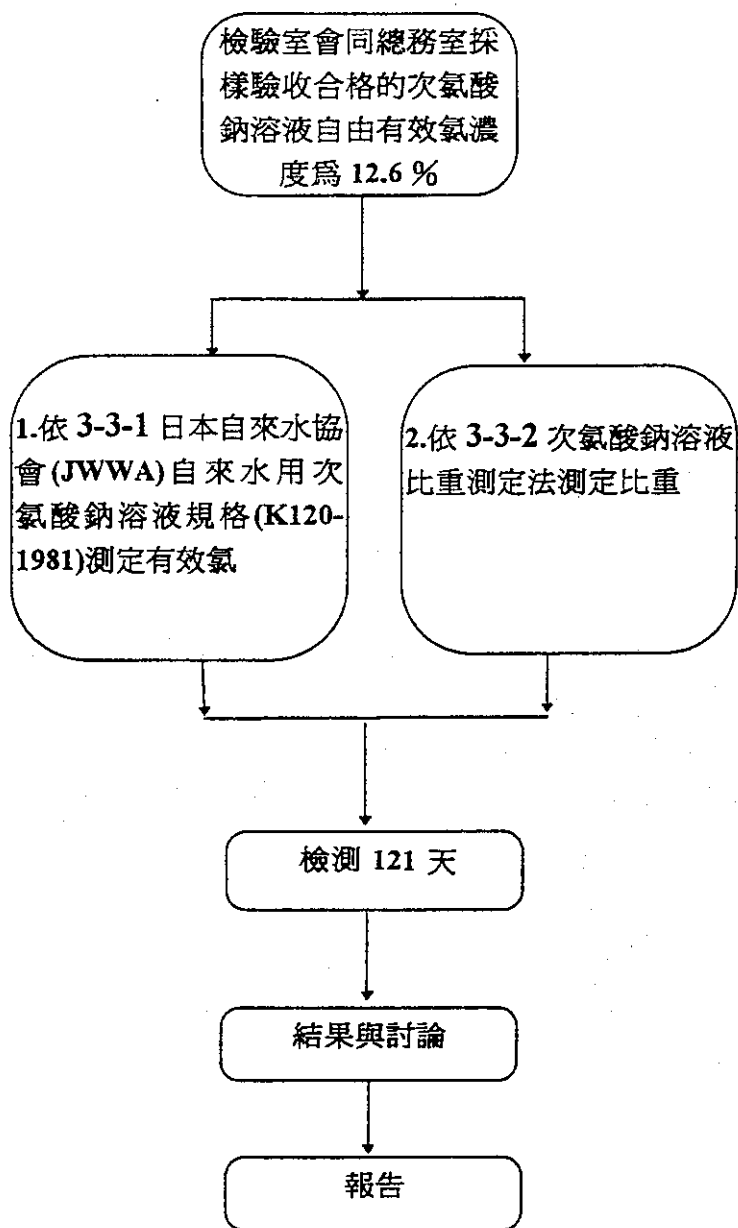


圖 5.研究方法及基本流程

第四章 結果與討論

4-1 室溫下有效氯濃度隨時間改變的影響試驗

由檢驗室會同總務室驗收合格的次氯酸鈉溶液有效氯濃度 12.6 %，在室溫下有效氯濃度隨時間改變統計表如表 1。

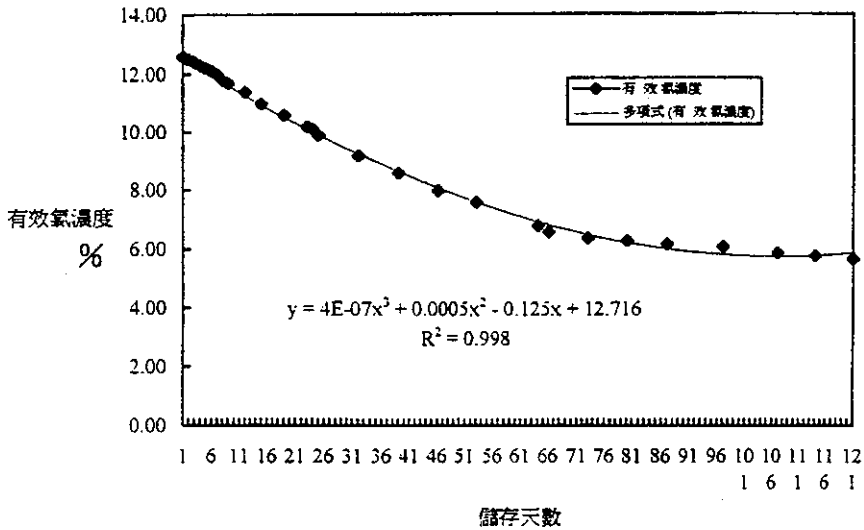
表 1 室溫下有效氯濃度隨時間改變統計表

儲存 天數	有效氯 濃度%	儲存 天數	有效氯 濃度%	儲存 天數	有效氯 濃度%	儲存 天數	有效氯 濃度%	儲存 天數	有效氯 濃度%	儲存 天數	有效氯 濃度%
1	12.6	22		43		64	6.8	85		106	
2	12.5	23	10.2	44		65		86		107	5.9
3	12.4	24	10.1	45		66	6.6	87	6.2	108	
4	12.3	25	9.9	46	8.0	67		88		109	
5	12.2	26		47		68		89		110	
6	12.1	27		48		69		90		111	
7	12.0	28		49		70		91		112	
8	11.8	29		50		71		92		113	
9	11.7	30		51		72		93		114	5.8
10		31		52		73	6.4	94		115	
11		32	9.2	53	7.6	74		95		116	
12	11.4	33		54		75		96		117	
13		34		55		76		97	6.1	118	
14		35		56		77		98		119	
15	11.0	36		57		78		99		120	
16		37		58		79		100		121	5.7
17		38		59		80	6.3	101			
18		39	8.6	60		81		102			
19	10.6	40		61		82		103			
20		41		62		83		104			
21		42		63		84		105			

再依表 1 做趨勢圖如圖 6，並得迴歸後的多項式方程式為

$$y = 4E-07x^3 + 0.0005x^2 - 0.125x + 12.716$$

圖6室溫下有效氯濃度隨時間改變趨勢圖



依方程式可探討如下：

(1)在 14 天以內，方程式中 $4E-07x^3 + 0.0005x^2$ 影響因素合計小於 0.1，如可忽略不計，方程式可簡化為

$$y = -0.125x + 12.716$$

14 天後的次氯酸鈉溶液有效氯濃度，以 $x = 14$ 代入得 11.0%，與代入原方程式 $y = 4E-07x^3 + 0.0005x^2 - 0.125x + 12.716$ 得到的答案 11.1%，誤差相差 0.1% (與原實驗 15 天的檢測數據 11.0% 相近)，因此有效氯濃度在 11.0% 以上時，14 天期間，在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率以平均值來估算為 -0.11%，是可以接受的。

(2)在 63 天以內，方程式中 $4E-07x^3$ 影響因素合計小於 0.1，如可忽略不計，方程式可簡化為

$$y = 0.0005x^2 - 0.125x + 12.716$$

63 天後的次氯酸鈉溶液有效氯濃度，以 $x = 63$ 代入得 6.8%，與代入原方程式 $y = 4E-07x^3 + 0.0005x^2 - 0.125x + 12.716$ 得到的答案 6.9%，誤差相差 0.1% (與原實驗 64 天的檢測數據 6.8% 相近)，因此有效氯濃度在 6.8% 至 11.0% 時，在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率以平均值來估算為 -0.09%，是可以接受的。

(3)在 121 天後的次氯酸鈉溶液有效氯濃度，以 $x = 121$ 代入原方程式 $y = 4E-07x^3 + 0.0005x^2 - 0.125x + 12.716$ 得 5.6%，與原實驗 121 天的檢測數據 5.7%，誤差相差 0.1%，因此有效氯濃度在 5.6% 至 6.8% 時，在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率以平均值來估算為 -0.02%，是可以接受的。

4-2 室溫下比重隨時間改變的影響試驗

由檢驗室會同總務室驗收合格的次氯酸鈉溶液比重 1.250，在室溫下比重隨時間改變統計表如表 2。

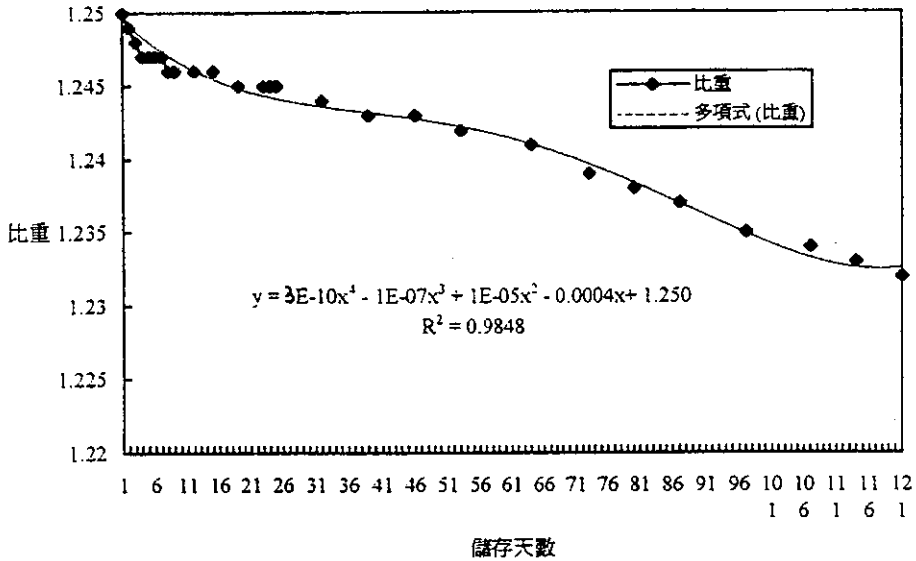
表 2 室溫下比重隨時間改變統計表

儲存 天數	比重	儲存 天數	比重	儲存 天數	比重	儲存 天數	比重	儲存 天數	比重	儲存 天數	比重
1	1.250	22		43		64	1.241	85		106	
2	1.249	23	1.245	44		65		86		107	1.234
3	1.248	24	1.245	45		66		87	1.237	108	
4	1.247	25	1.245	46	1.243	67		88		109	
5	1.247	26		47		68		89		110	
6	1.247	27		48		69		90		111	
7	1.247	28		49		70		91		112	
8	1.246	29		50		71		92		113	
9	1.246	30		51		72		93		114	1.233
10		31		52		73	1.239	94		115	
11		32	1.244	53	1.242	74		95		116	
12	1.246	33		54		75		96		117	
13		34		55		76		97	1.235	118	
14		35		56		77		98		119	
15	1.246	36		57		78		99		120	
16		37		58		79		100		121	1.232
17		38		59		80	1.238	101			
18		39	1.243	60		81		102			
19	1.245	40		61		82		103			
20		41		62		83		104			
21		42		63		84		105			

再依表 2 做趨勢圖如圖 7，並得迴歸後的多項式方程式為

$$y = 3E-10x^4 - 1E-07x^3 + 1E-05x^2 - 0.0004x + 1.250$$

圖7 室溫下比重隨時間改變趨勢圖



依方程式可探討如下：

(1)在 21 天以內，方程式中 $3E-10x^4 - 4E-07x^3$ 影響因素合計小於 0.001，如可忽略不計，方程式可簡化為

$$y = 1E-05x^2 - 0.0004x + 1.250$$

21 天後的次氯酸鈉溶液比重，以 $x = 21$ 代入得 1.246，與原實驗 19 天的檢測數據 1.245 相近，誤差相差 0.001，因此比重在 1.250 至 1.246 時，在室溫下每天比重隨時間遞減速率以平均值來估算為 -0.0002 ，是可以接受的。

(2)在 121 天後的次氯酸鈉溶液比重，以 $x = 121$ 代入原方程式 $y = 3E-10x^4 - 1E-07x^3 + 1E-05x^2 - 0.0004x + 1.250$ 得 1.235，與原實驗 121 天的檢測數據 1.232，誤差相差 0.003，因此比重在 1.246 至 1.232 時，在室溫下每天比重隨時間遞減速率以平均值來估算為 -0.0001 ，是可以接受的。

第五章 結論與建議

本研究模擬現場儲存桶儲存次氯酸鈉溶液的條件，儲存在室溫下試驗後，探討影響次氯酸鈉溶液有效氯濃度及比重會隨儲存時間增長遞減的現象，做為現場操作人員操作時的重要參考。茲將本研究所得之結論與建議分述如下：

5-1 結論

5-1-1 室溫下有效氯濃度隨時間改變的影響結論

1. 室溫下有效氯濃度隨時間改變的影響試驗，可以以迴歸後的多項式方程式 $y = 4E-07x^3 + 0.0005x^2 - 0.125x + 12.716$ 來表示。

2. 為方便現場操作人員加藥操作時重要參考，依方程式探討結論如下：

(1) 有效氯濃度在 11.0 % 以上時，在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率可以以平均值 - 0.11 % 來估算。

(2) 有效氯濃度在 6.8 % 至 11.0 % 時，在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率可以以平均值 - 0.09 % 來估算。

(3) 有效氯濃度在 5.6 % 至 6.8 % 時，在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率可以以平均值 - 0.02 % 來估算。

5-1-2 室溫下比重隨時間改變的影響結論

1. 室溫下比重隨時間改變的影響試驗，可以以迴歸後的多項式方程式 $y = 3E-10x^4 - 1E-07x^3 + 1E-05x^2 - 0.0004x + 1.250$ 來表示。

2. 為方便現場操作人員操作時重要參考，依方程式探討結論如下：

(1) 在 21 天以內，在室溫下每天比重隨時間遞減速率可以以平均值 - 0.0002 來估算。

(2) 在 21 天至 121 天，在室溫下每天比重隨時間遞減速率可以以平均值 - 0.0001 來估算。

5-2 建議

5-2-1 現場人員加藥消毒次氯酸鈉溶液有效氯濃度操作建議

1. 為方便現場操作人員加藥消毒，在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率可分成三段範圍來做操作時的重要參考：

(1) 有效氯濃度在 11.0 % 以上時，在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率可以以平均值 - 0.11 % 來計算。

(2) 有效氯濃度在 6.8 % 至 11.0 % 時，在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率可以以平均值 - 0.09 % 來計算。

(3) 有效氯濃度在 5.6 % 至 6.8 % 時，在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率可以以平均值 - 0.02 % 來計算。

5-2-2 現場人員加藥消毒次氯酸鈉溶液比重操作建議

1. 為方便現場操作人員加藥消毒，在室溫下每天比重隨時間遞減速率可分成二段範圍來做操作時的重要參考：

(1)在 20 天以內，每隔 5 天在室溫下每天比重隨時間遞減速率可以以平均值— 0.001 來計算。

(2)在 20 天至 120 天，每隔 10 天在室溫下每天比重隨時間遞減速率可以以平均值— 0.001 來計算。

5-2-3 次氯酸鈉溶液在室溫下儲存建議

在各營運所及給水廠場站主要供水系統，在室溫儲存要降低有效氯濃度的衰減速率，建議可將消毒用藥濃度稀釋至 6.8 % 以下，在室溫下每天有效氯濃度隨時間遞減速率平均值為— 0.02 %，可提高經濟效益。

參考文獻

1. 蕭榮超、江弘斌 “水質概論”，1991
2. 駱尙廉、楊萬發 “環境工程(一)自來水工程”，茂昌圖書有限公司出版，1995
3. 周更生 “水處理程序之氯氣替代品分析比較”，1994