

屏東縣第 61 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：化學科

組 別：國中組

作品名稱：

是酸還是鹼，有關係嗎？

—探討酸性鹽和鹼性鹽水溶液電解過程中的變化—

關 鍵 詞：硫酸銨、碳酸鈉、廣用指試劑

編號：B3027

摘要

硫酸銨水溶液在電解過程中其 pH 值是逐漸下降的，且混合後的 pH 值由 5.2→3.3。推測其反應過程中有大量的 H^+ 出現，讓整個水溶液酸化，導致 pH 值下降，正極下降甚至達 1.1，而且使正負極中間部分其 pH 值是高線性相關下降。而碳酸鈉水溶液電解時間越久，正極 pH 值越增加到 11，有線性相關的趨勢超過 7 成，負極的 pH 值則有下降到 9.9，且相關性近 9 成。混合後的 pH 值比原溶液還要高由 10.3→10.6，我們推測其反應過程中，幾乎是 OH^- 出現比較多，所以水溶液有逐漸更鹼的趨勢。

壹、研究動機

我們上次參加科展做了有關於氯化鈉中性鹽電解的實驗，也因此對電解現象產生了興趣，想觀察有關於電解的反應，因此我們設計了有關於酸性鹽與鹼性鹽的實驗，想觀察有關於電解實驗的反應及酸、鹼性鹽的變化，並將數據紀錄下來，從中了解其 pH 值的變化，以及其顏色的變化。

貳、文獻回顧

去年電解氯化鈉水溶液時，我們發現電解時間越長，溶液的 pH 值逐漸由中性變為鹼性

表 2-1



因此我們接著繼續探討酸性鹽和鹼性鹽的電解現象，是否和中性的氯化鈉一樣。所以我們用容易取得的酸性鹽--硫酸銨，還有鹼性鹽--碳酸鈉來做我們這次的實驗。

一、電解質

通電時，電解質會導電，使正、負極產生化學反應。負極吸引電子，而正極吸引負離子。正極周圍形成正電荷，電解質中的離子會中和電荷，使電子反覆進行循環。電解質固體時無法導電，電解質能導電是因為正、負離子間距離變大，吸引力變弱，於是負離子向正極移動，正離子向負極移動，就可導電。

一、硫酸銨 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

硫酸銨，又稱硫酸銹，一種透明的晶體，易溶於水，屬於生理**酸性肥料**，市面上很多擠壓顆粒肥料都是以它作為主要原料再添加其他肥料成分擠壓而來的，由於作物吸收的由硫酸銨分解出來的銨離子要比硫酸根離子多，所以，經常使用硫酸銨肥料會使得土壤偏向酸性土壤方面發展。

二、碳酸鈉 (Na₂CO₃)

碳酸鈉，俗名蘇打，為強電解質易溶於水，水溶液呈鹼性。碳酸鈉主要工業應用領域為平板玻璃、日用玻璃、合成洗衣粉、中和酸性廢料、氧化鋁等。在生活中，碳酸鈉用於製作麵點，製取氫氧化鈉等，或作為多種洗滌劑的配方，，水的淨化用它來做軟化劑。

參、實驗目的與問題










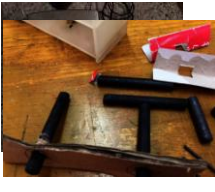
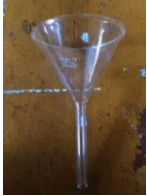

我們去年發現氯化鈉水溶液電解 5 分鐘後，原本中性的變為鹼性的。所以再次引起我們的疑問，若是酸性鹽水溶液或鹼性鹽水溶液通電 5 分鐘，它的酸鹼性是否改變呢？

所以我們這次的實驗目的是探討硫酸銨和碳酸鈉的電解情形

1. 觀察硫酸銨、碳酸鈉溶液電解反應前、中、後的 pH 值變化
2. 觀察硫酸銨、碳酸鈉溶液滴入電解反應前、中、後廣用指試劑的顏色變化
3. 探討硫酸銨、碳酸鈉溶液發生電解時可能發生的半反應

肆、研究設備與器材

(表 4-1)

濾紙	培養皿	燒杯	滴管	碳酸鈉	硫酸銨
					
廣用指試劑	pH 儀	電源供應器	電子天平	漏斗	體積瓶
					

伍、研究步驟與方法

實驗 1

- 1、調配 5%500ml 的硫酸銨溶液。
- 2、取 50ml 硫酸銨水溶液滴入 50 滴廣用指試劑。
- 3、在培養皿上覆蓋濾紙，將有廣用指試劑的食鹽水倒入培養皿內。
- 4、放入 2 根碳棒以電源供應器供電 10V(接鱷魚夾電線)。
- 5、觀察濾紙上的顏色變化。
- 6.改用碳酸鈉重複上述步驟

實驗 2

- 1、將 5%50ml 硫酸銨水溶液加入培養皿中。
- 2、滴入 50 滴廣用指試劑。
- 3、將碳棒放入，電源供應器供電(接鱷魚夾電線)。
- 4、觀察其顏色變化。
- 5、分別在三個點上用 pH 儀檢驗其 pH 值(正極、中間點、負極)。
- 6、混合燒杯內反應後的硫酸銨溶液。
- 7、分別在三個點上用 pH 儀檢驗其 pH 值。
- 8、觀察其顏色變化。
9. 改用碳酸鈉重複上述步驟

陸、研究結果與分析

一、 實驗一：使用薄層水溶液進行電解硫酸銨溶液觀察

此段研究中，我們使用添加有廣用試劑的 5% 硫酸銨溶液加入培養皿中，兩端以碳棒做為電極進行電解實驗，其結果如下表 6-1 所示。

表 6-1-1 以培養皿進行電解硫酸銨溶液之過程

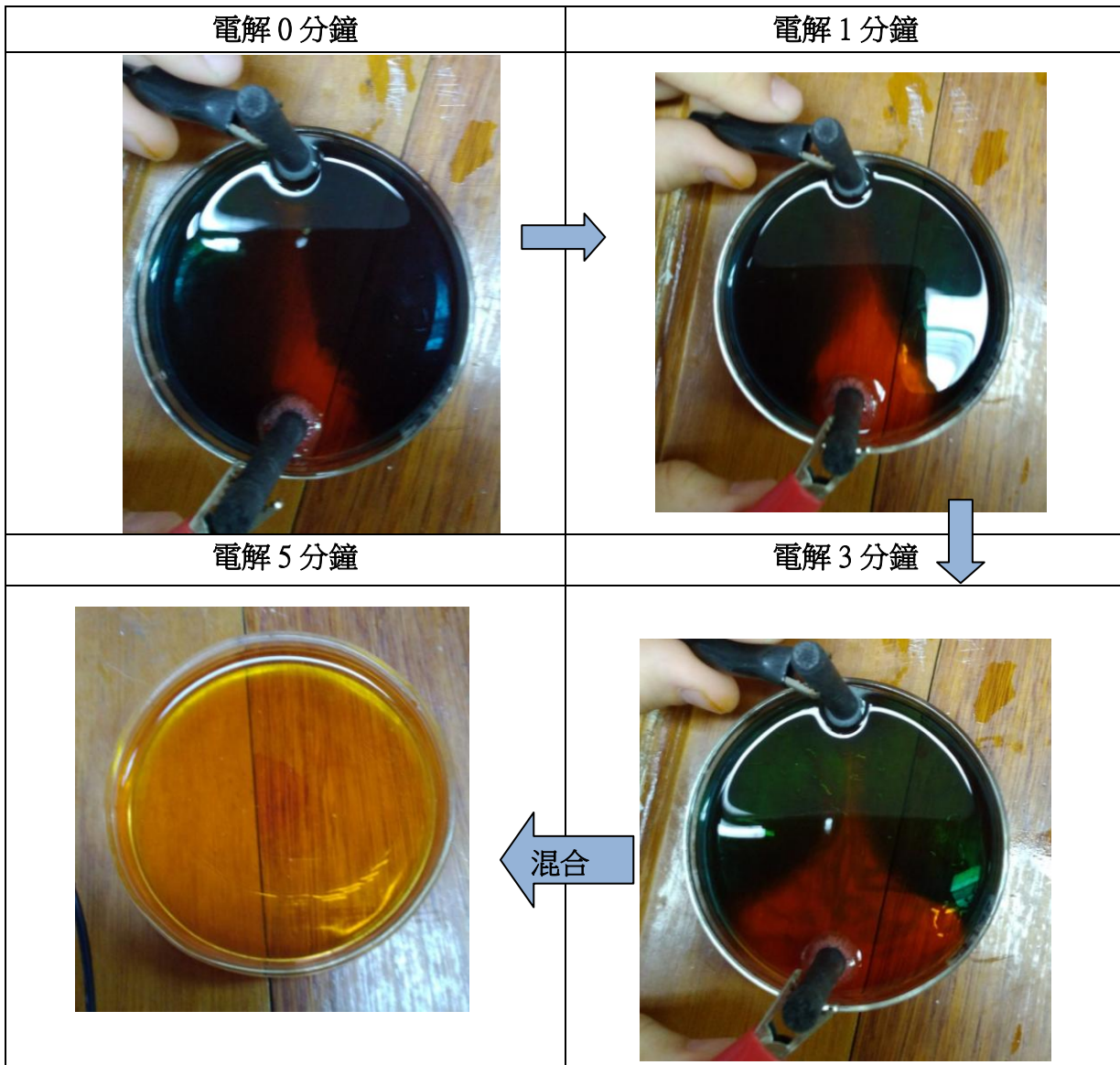
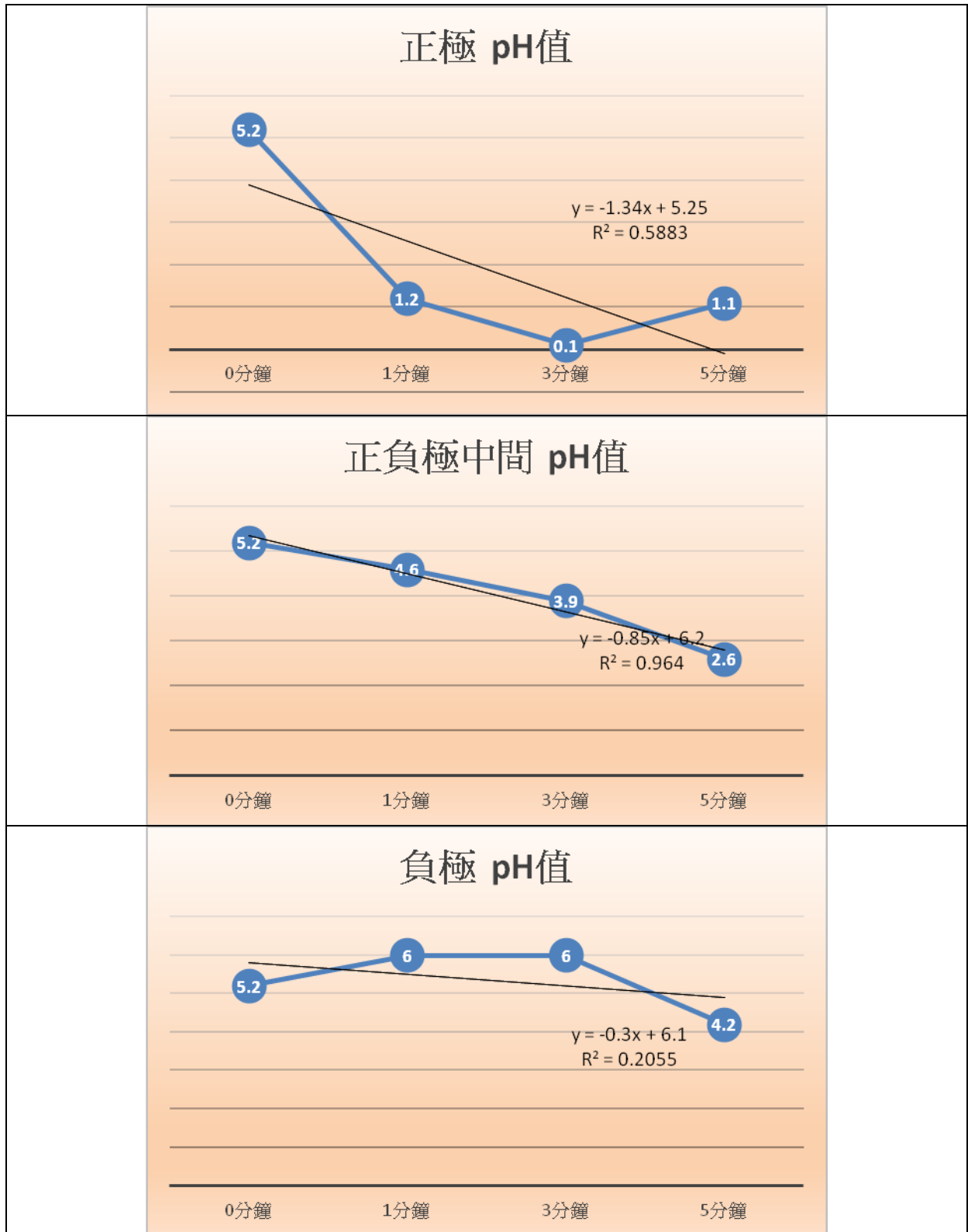


表 6-1-2 硫酸銨水溶液電解 5 分鐘的 pH 值變化

	左邊(正極)	中間	右邊(負極)
0 分鐘	5.2		
1 分鐘	1.2	4.6	6.0
3 分鐘	0.1	3.9	6.0
5 分鐘	1.1	2.6	4.2
混合後	3.3		

表 6-1-3、硫酸銨電解 5 分鐘內的 pH 值圖表變化



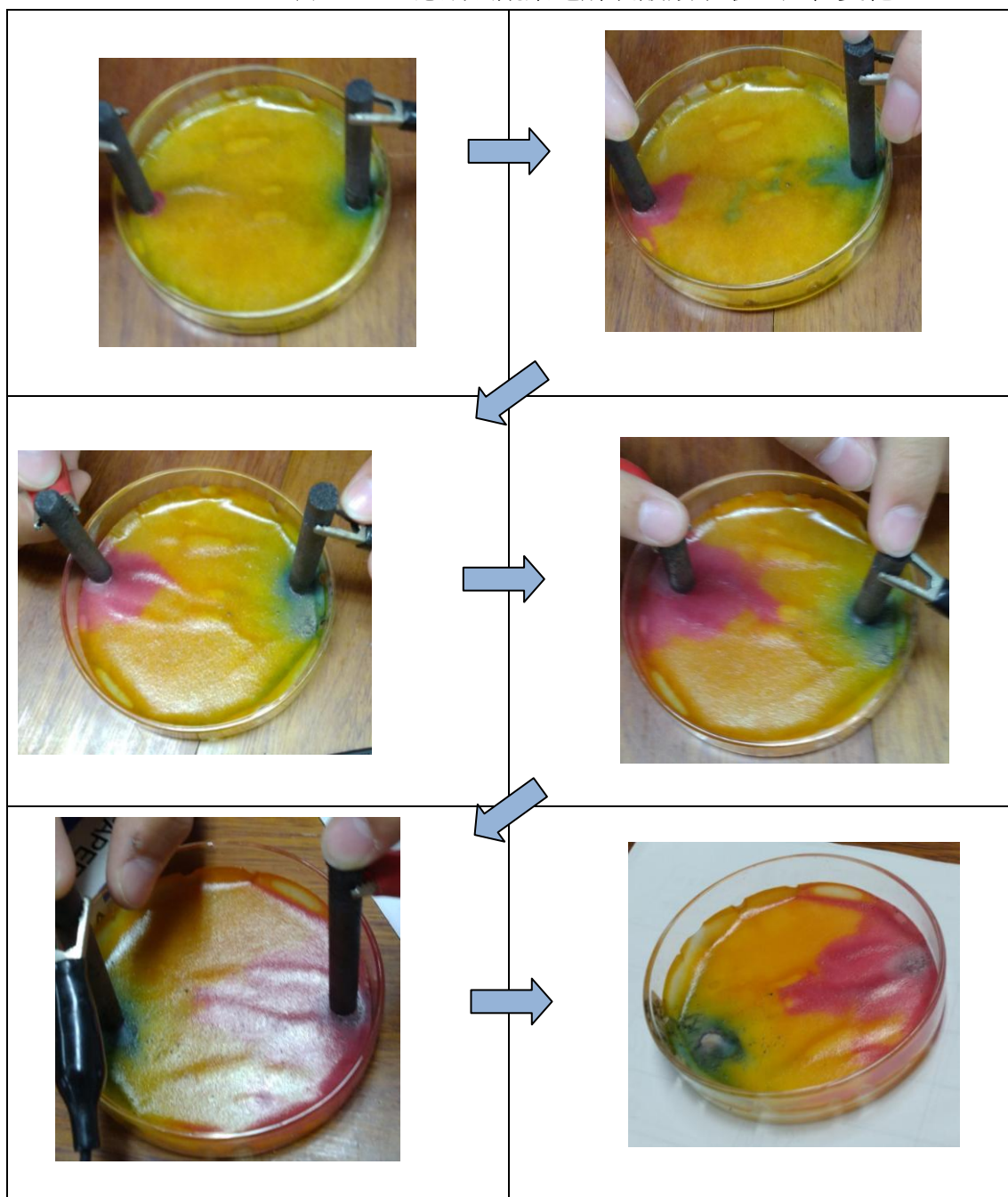
由以上的數據，我們發現正極的 pH 值下降到 1.1，幾乎達強酸，負極受電解水產生 OH 的影響，pH 值下降較少。無論是正極還是負極，在電解過程中其 pH 值是逐漸下降的，特別中間的部分，我們發現它的 pH 值呈現規律下降的趨勢。經過我們用線性回歸作圖，相關性達九成。奇怪的是，兩極的 pH 值下降卻相關性不高。

過程中水溶液顏色看起來比較深，但是經過 pH meter 的測量的確較原先酸化，實驗結束混合後，顏色呈橘色，顯示更酸了。

實驗二：使用濾紙進行電解硫酸銨溶液觀察

此段實驗使用吸滿具有混和廣用試劑的 5% 硫酸銨溶液之濾紙，以碳棒為電極進行電解，可以發現很清楚的顏色改變，其結果如下表 3 所示：

表 6-1-4 濾紙法觀察電解硫酸銨溶液之過程變化



研究發現：

- (一) 電解 1 分鐘，正極的橘黃色逐漸往右，中間的綠色只剩一點點，負極的紫色逐漸往左。
- (二) 電解 2 分鐘，正極的黃橘色將綠色吞蝕掉，逐漸侵略負極的藍色，中間的綠色已經不見。

- (三) 電解 3 分鐘，正極的黃色逐漸被負極的藍色以點點狀侵蝕。
- (四) 電解 5 分鐘，正極有極少量的黃色被負極中和成綠色，有一些黃色則逐漸變淡。我們覺得，藍色會以點點狀移動，是因為沿著濾紙的纖維才會這樣。
- (五) 此實驗發現正極所產生的酸性物質擴散速度大於鹼性物質的擴散速率，且正極的酸性物質越來越紅(越來越酸)。

實驗三:使用培養皿薄層水溶液進行進行電解碳酸鈉溶液觀察

此實驗我們在培養皿上放置約 1 公分高的碳酸鈉溶液，以碳棒做為電極進行觀察與測量，結果如下表表 6-2-1 所示，其 pH 質變化結果如所示。

表 6-2-1 使用培養皿薄層水溶液進行進行電解碳酸鈉溶液觀察結果

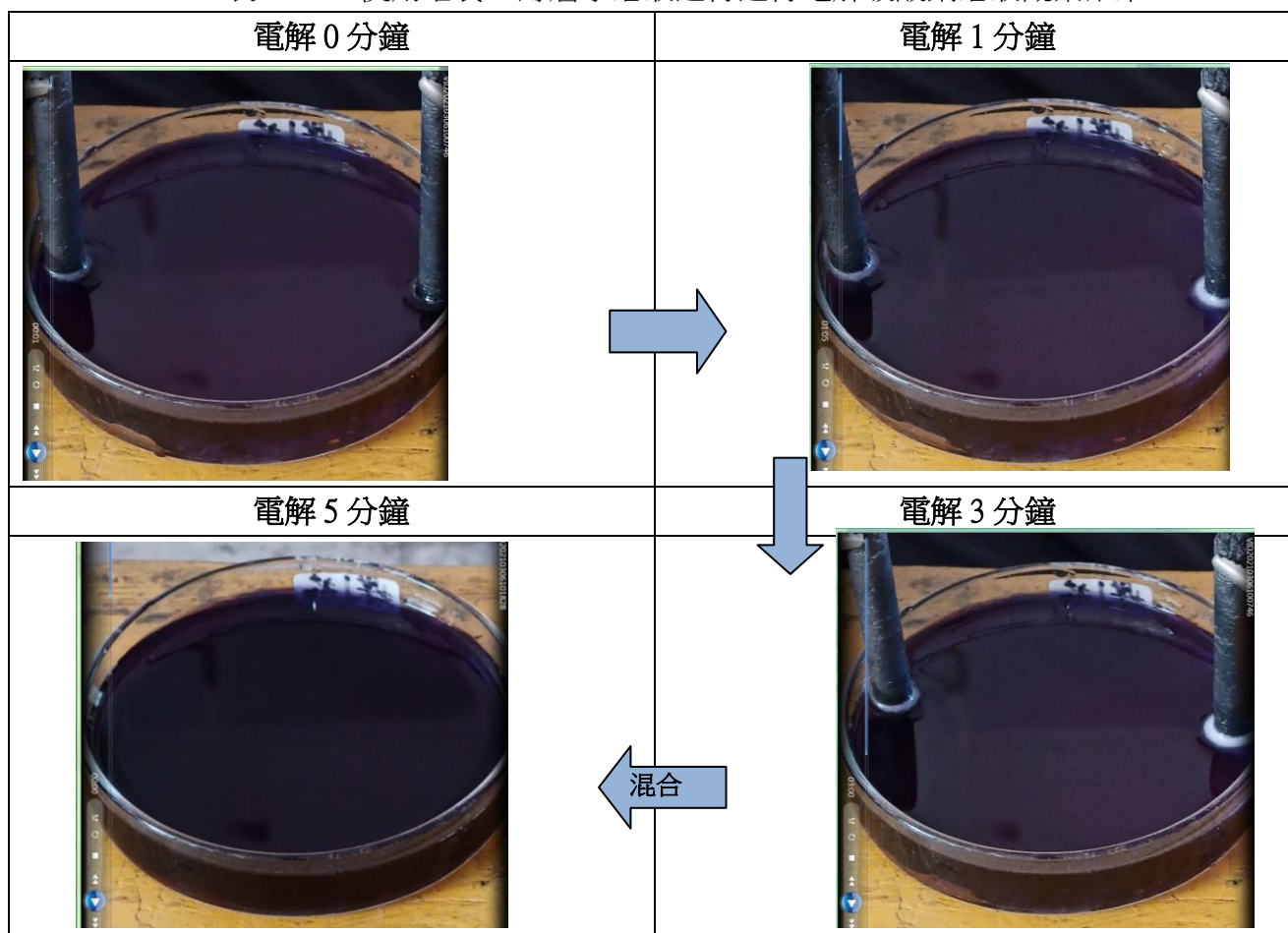
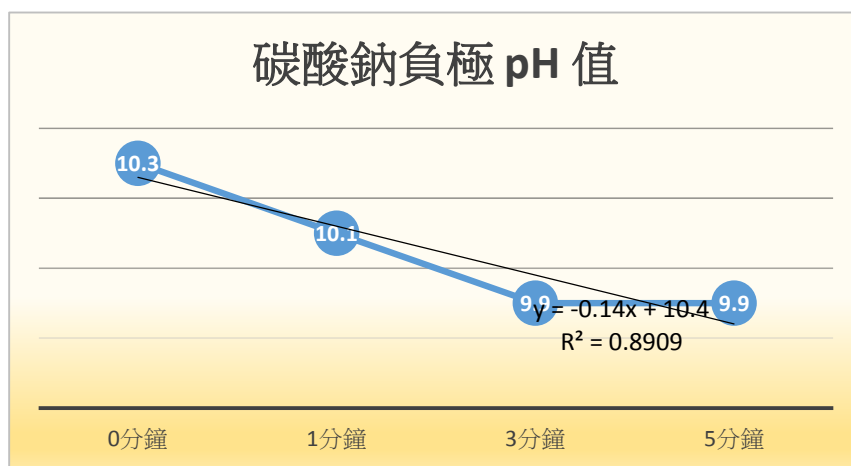
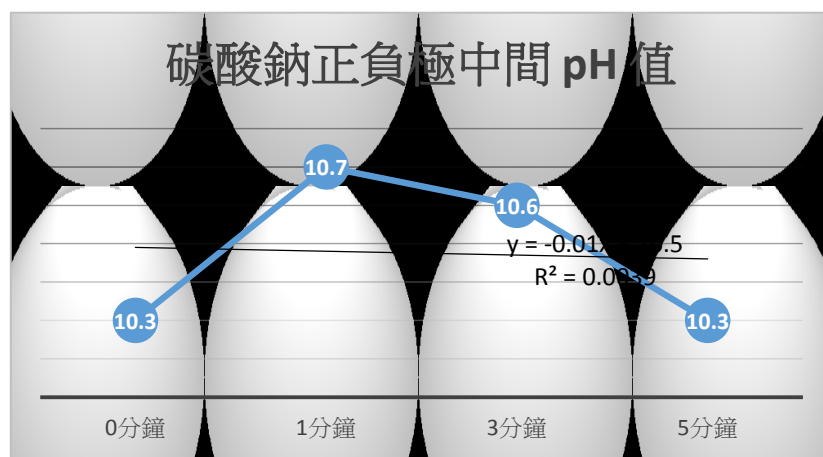
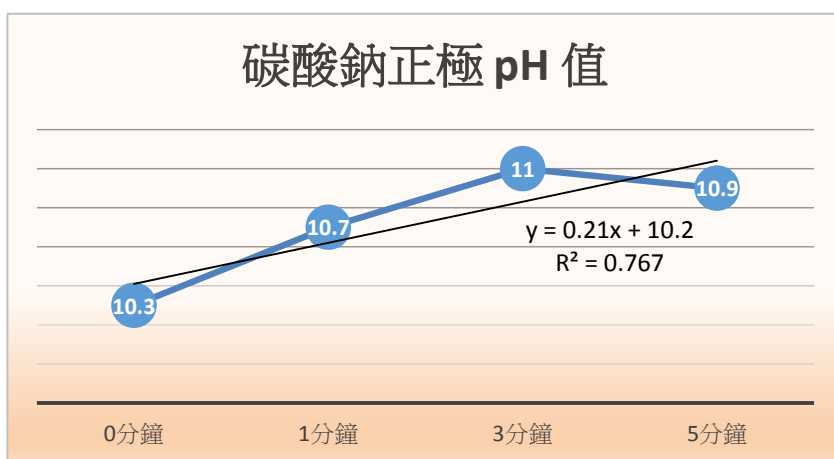


表 6-2-2 碳酸鈉水溶液電解 5 分鐘的 pH 值變化

	左邊(正極)	中間	右邊(負極)
0 分鐘	10.3		
1 分鐘	10.7	10.7	10.1
3 分鐘	11	10.6	9.9
5 分鐘	10.9	10.3	9.9
混合後	10.6		

表 6-2-3、碳酸鈉電解 5 分鐘內的 pH 值圖表變化



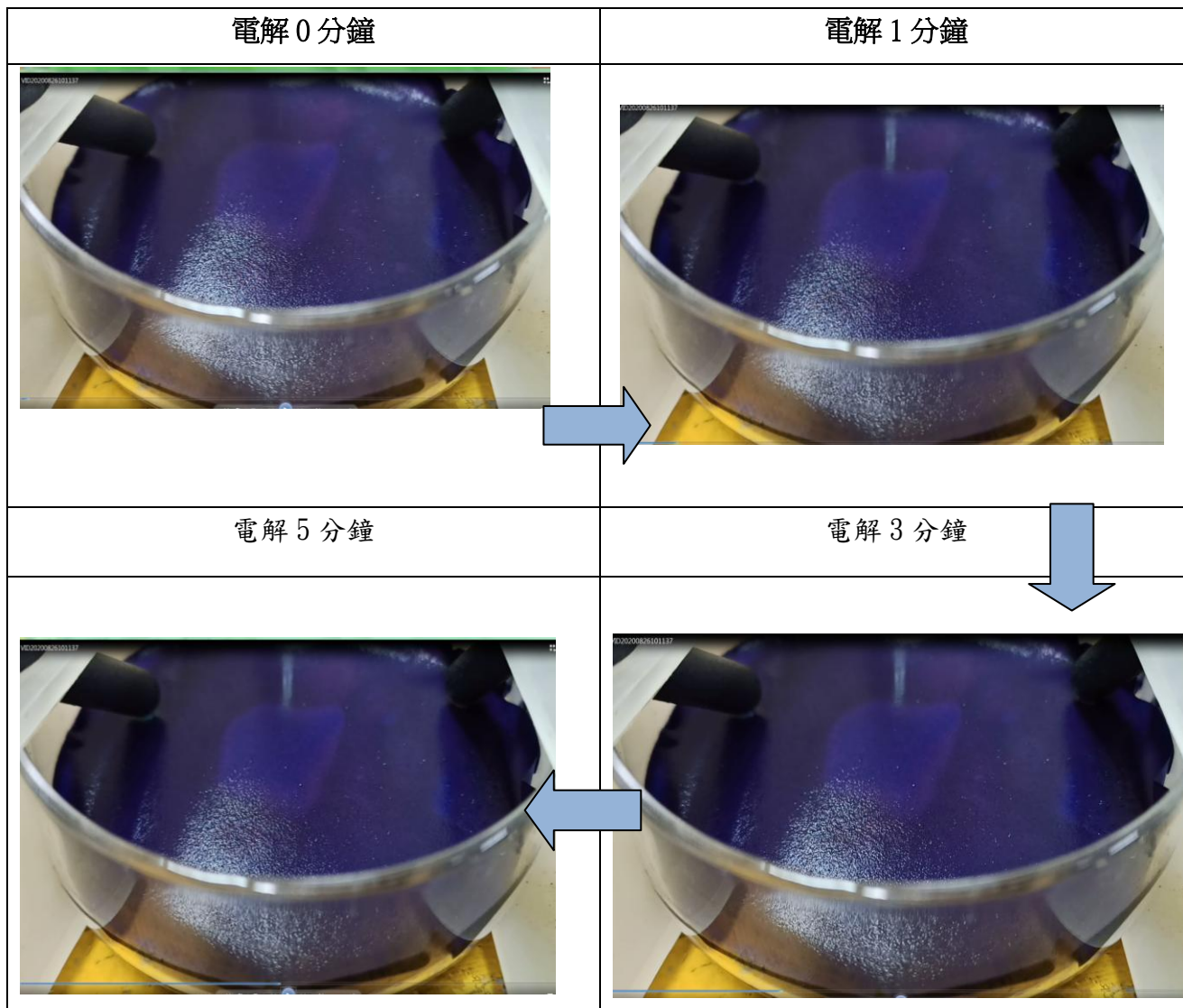
由以上的數據，我們發現無論是正極的鹼性逐漸增強甚至於到達 pH 值=11，且我們做了線性回歸後，相關性達 7 成以上。而負極的鹼性也慢慢遞減，pH 值也有 9.9，線性回歸後，相關性近 9 成，跟硫酸銨的負極也正好相反。

最終混合後則是鹼性更強了。混合後的水溶液酸鹼值達 10.6

實驗四：使用濾紙進行電解碳酸鈉溶液觀察

此段實驗使用吸滿具有混和廣用試劑的 5%碳酸鈉溶液之濾紙，以碳棒為電極進行電解，可以發現很清楚的顏色改變，其結果如下表 6-2-4 所示：

表 6-2-4 以濾紙進行電解碳酸鈉溶液之過程



發現：

- (一) 正極的狀況隨著時間越來越酸化，五分鐘結束後 pH 值約為 10.9
- (二) 負極的狀況隨著時間越來越鹼化，五分鐘結束後 pH 值約為 9.9，有酸化現象。
- (三) 中間接觸的位置 pH 值維持在 10.6~10.7 間，顯示弱酸化
- (四) 在電解五分鐘後，取下碳棒，將溶液搖晃均勻後，其混和 pH 值為 10.6，顯示負極所產生的鹼性物質總量高過於正極所產生的酸性物質，因此混合之後的 pH 值接近於負極的 10.6。

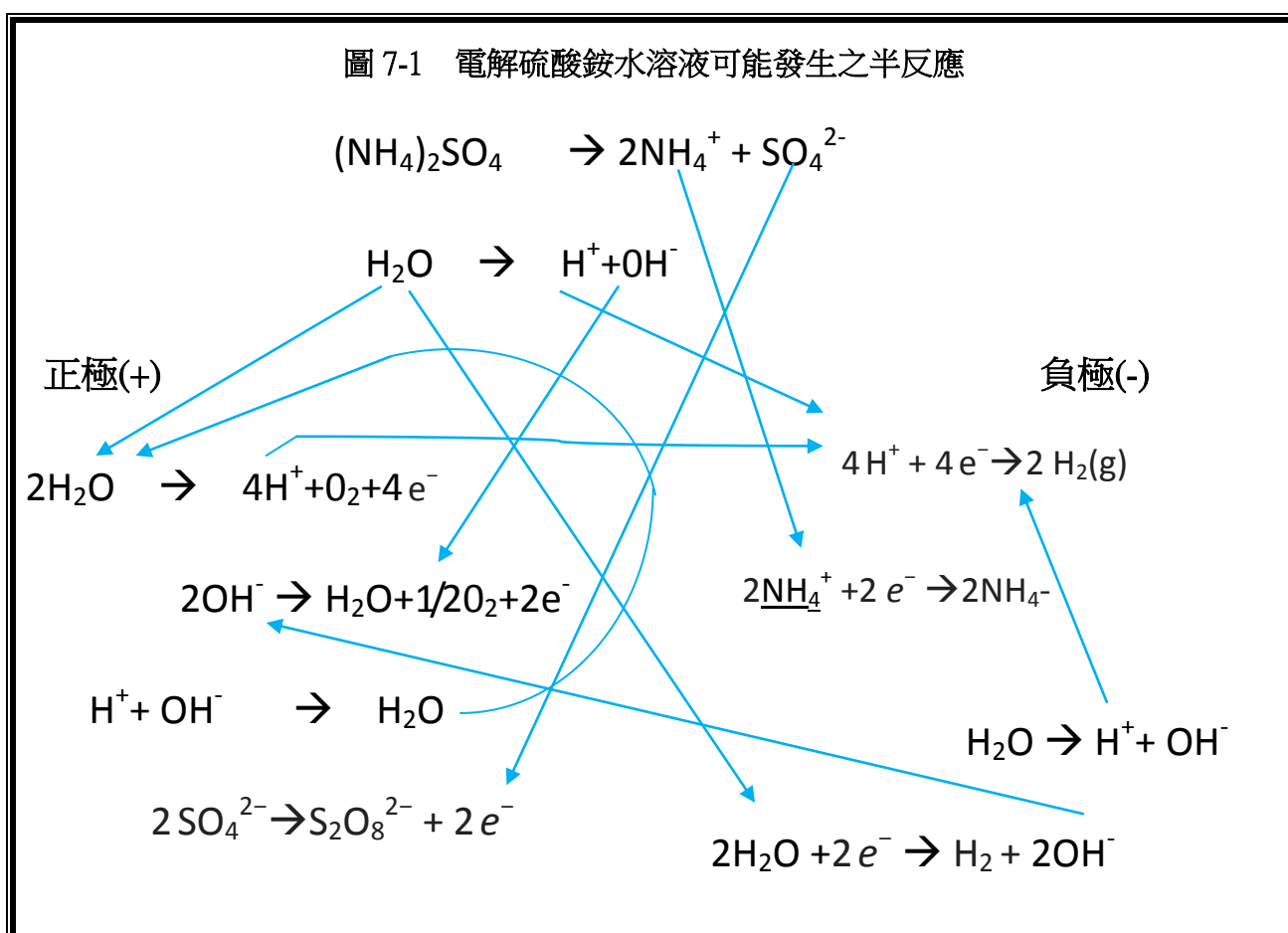
柒、綜合討論

根據以上的結果我們提出以下的問題來進行討論和分析。

一、通電過程可能的半反應分析；

(一) 硫酸銨的分析：

根據以上的實驗結果，通電 5 分鐘內以硫酸銨而言，其水溶液 pH 值由 5.3 到 3.3，顯示是逐漸酸化，究竟是什麼原因呢？我們列出可能的半反應如下：

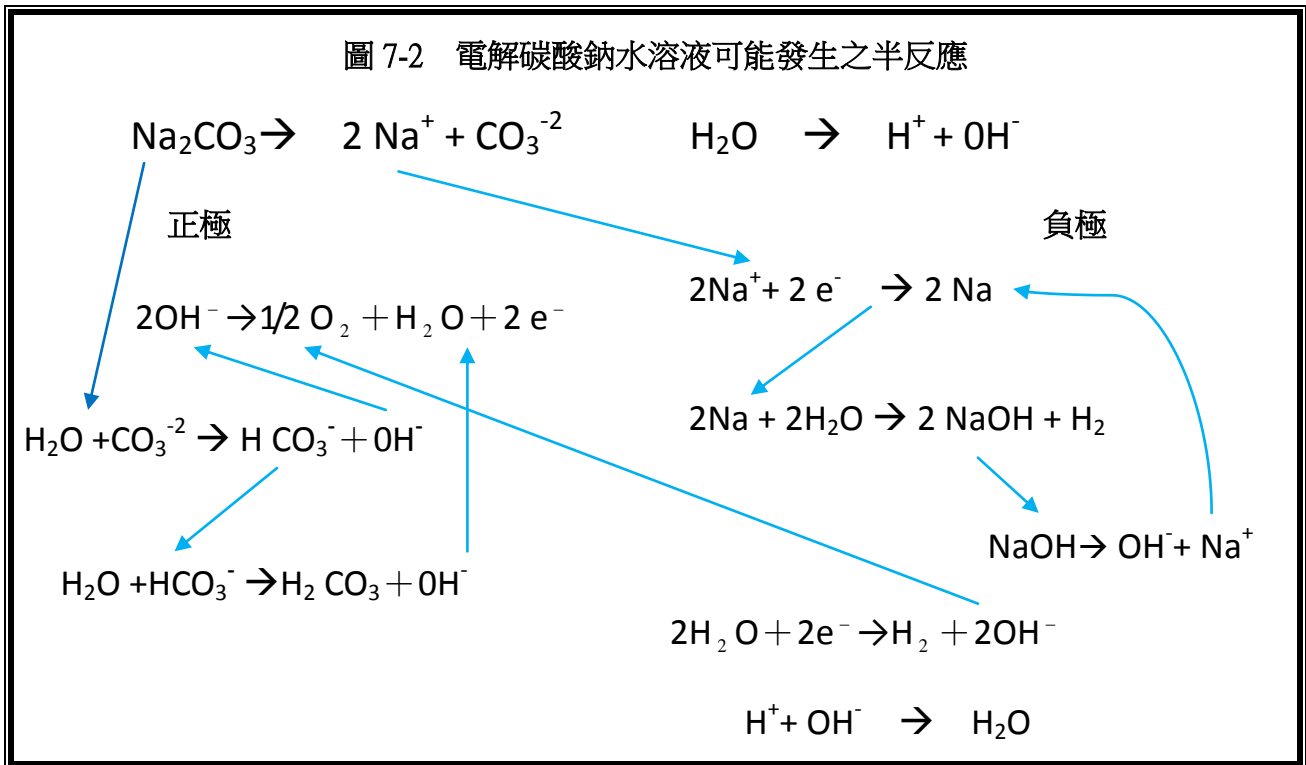


我們發現，在正極發生電解水時 2 分子的水可以產生 4 個 H^+ ，負極發生電解水時 2 分子的水僅能產生 2 個 OH^- ，所以就以數量上 $\text{H}^+ : \text{OH}^- = 2 : 1$ 同一杯水溶液裡 $[\text{H}^+] : [\text{OH}^-] = 2 : 1$ 所以可預期是逐漸酸化。

(二) 碳酸鈉的分析：

接下來我們來看碳酸鈉。

根據以上的實驗結果，通電 5 分鐘內，碳酸鈉水溶液 pH 值由 10.3 到 10.6 顯示鹼度是逐漸增加，究竟是什麼原因呢？我們也列出可能的半反應如下：

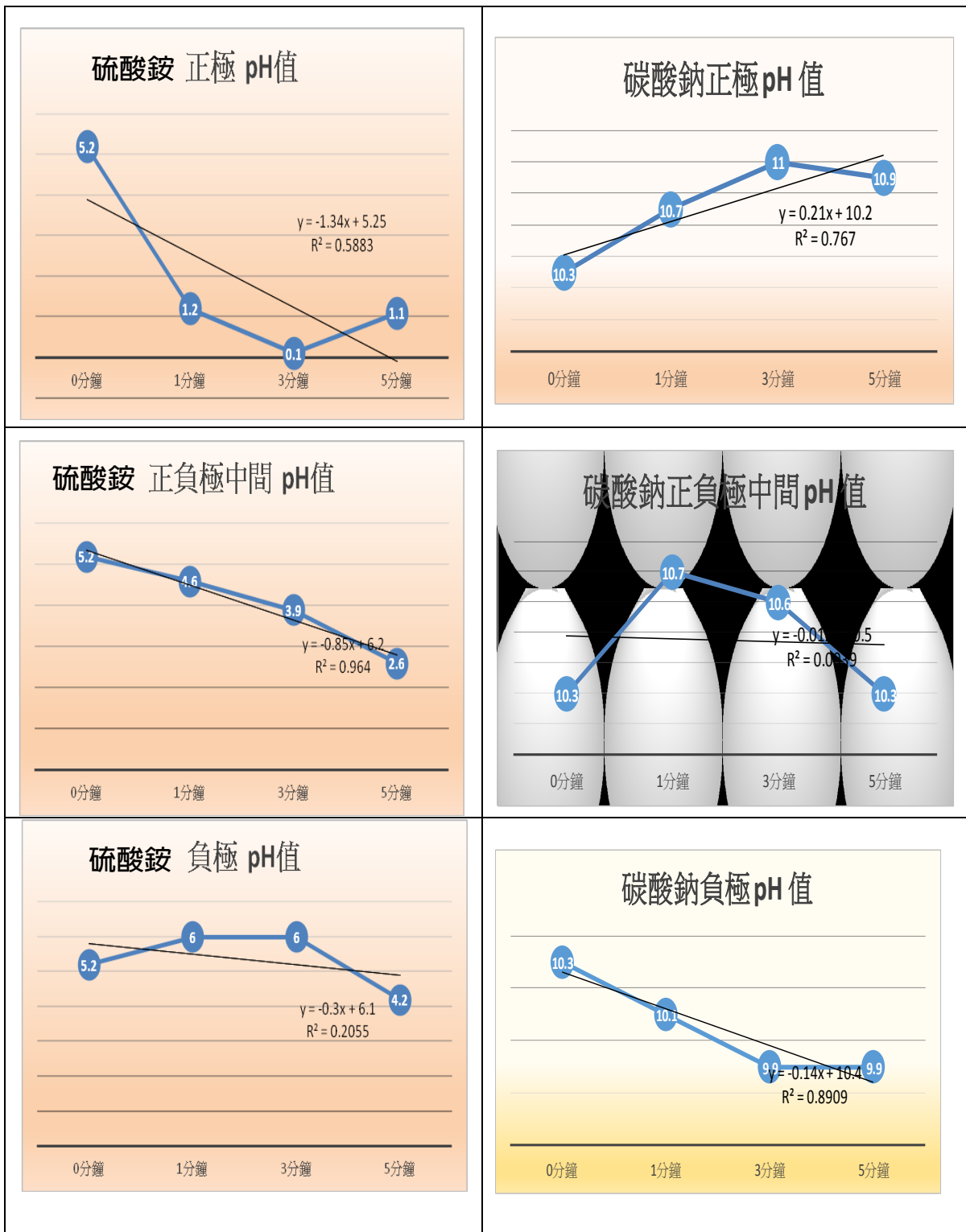


我們發現以上的可能半反應，幾乎是 OH^- 出現比較多，所以水溶液有逐漸更鹼的趨勢。而 H^+ 一出現恐怕就和 OH^- 形成 H_2O 了。我們推測 CO_3^{2-} 在鹼性溶液裡面可能比較穩定。

我們之前以為會不會在電解時，產生的 H^+ 和 CO_3^{2-} 是否會發生反應產生 CO_2 ($2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$) 因為水溶液量比較少，不易做驗證。不過，或許可以成為我們下次研究的主題。

二、電解過程兩極的 pH 值變化分析

表 7-1



我們把硫酸銨和碳酸鈉兩者通電時，正負極和中間區域的 pH 值來做比較，發現：

1、硫酸銨的正極液有五成的相關性，而中間部分的 pH 值 幾乎呈線性下降，相關性超過九成，而負極則否。

2、碳酸鈉則和硫酸銨相反，中間的部分 pH 值 不具線性關係，且 pH 值差異不大，反倒正負極，有成線性關係的趨勢，甚至負極的相關係數可近九成。

這個現象讓我們感到有趣，為什麼會有這樣的狀況發生呢？我們從表 6-1-4 和表 6-2-4，搭配硫酸銨和碳酸鈉的正負極半反應推測：

表 7-2

圖 7-1 電解硫酸銨水溶液可能發生之半反應

$$(NH_4)_2SO_4 \rightarrow 2NH_4^+ + SO_4^{2-}$$

$$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$$

正極(+)

$$2H_2O \rightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$$

$$2OH^- \rightarrow H_2O + 1/2O_2 + 2e^-$$

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

$$2SO_4^{2-} \rightarrow S_2O_8^{2-} + 2e^-$$


負極(-)

$$4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2(g)$$

$$2NH_4^+ + 2e^- \rightarrow 2NH_3$$

$$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$$

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$$



我們發現電解硫酸銨時，濾紙上的色彩多樣且顏色分明，正極呈現紅色酸性物質較多，慢慢游移到負極。而負極鹼性 OH^- ，一方面被酸中和變成水，一方面慢慢游移到正極。但是由上圖看到只有在負極附近有呈現藍色。這兩者之間的相對移動關係，特別是到中間，慢慢被酸性的 H^+ 佔領，所以讓原本 pH 值=5.2 規律的降到 2.6，呈現線性關係。而正極持續酸化到 pH=1.1 負極雖有產稱生 OH^- 但是受 H^+ 中和作用 pH 也跟著下降至 4.2

圖 7-2 電解碳酸鈉水溶液可能發生之半反應

$$Na_2CO_3 \rightarrow 2Na^+ + CO_3^{2-}$$

$$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$$

正極

$$2OH^- \rightarrow 1/2O_2 + H_2O + 2e^-$$

$$H_2O + CO_3^{2-} \rightarrow HCO_3^- + OH^-$$

$$H_2O + HCO_3^- \rightarrow H_2CO_3 + OH^-$$

負極

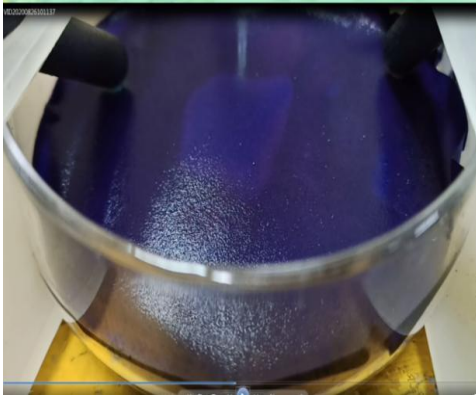
$$2Na^+ + 2e^- \rightarrow 2Na$$

$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$$

$$NaOH \rightarrow OH^- + Na^+$$

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$$

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$



碳酸鈉水溶液，本身鹼性就比較強些，所以廣用指示劑加入後就呈現較深藍色，在電解過程中顏色變化不大，我們由半反應推測 H^+ 極不易出現，因為水溶液較鹼，**負極又有 $2Na^+ + 2e^- \rightarrow 2Na$ 而 Na 遇水 $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$ 又更鹼了，所以只要水裡有 Na^+ ，絕對會讓 OH^- 增加，而且一直循環。**而負極的 OH^- 移向正極，導致 pH 值較規律下降，但仍為較原溶液鹼性弱。而正極則因吸引大量的 OH^- 靠近，所以導致 pH 值較規律上升，也比原溶液的 pH 值高很多達 10.9~11。

以上這兩者之間的差異有可能是電解過程中，氫離子 H^+ 出現的機率的高低，酸性的硫酸銨電解有助於氫離子 H^+ 的出現。而鹼性的碳酸鈉則是阻止了 H^+ 的出現，使水溶液不會被酸化。所以這個或許可以應用在重金屬電解法回收時，添加一些鹼鹽，讓重金屬廢液不會被酸化。

捌、結論

一、硫酸銨部分

1、硫酸銨水溶液無論是正極還是負極，在電解過程中其 pH 值是逐漸下降的，且混合後的 pH 值比原溶液還要酸由 5.2→3.3，我們推測其反應過程中，我們推測有大量的 H^+ 出現，讓整個水溶液酸化，導致 pH 值下降。

2、pH 值 5 分鐘內的變化情形，正負極中間部分呈線性趨勢下降，負極則否。

二、碳酸鈉部分

1、碳酸鈉水溶液電解時間越久，正極 pH 值越增加，負極則有下降的趨勢。中間過渡的部分先增後降。但是最終混合後則是鹼性更強了。且混合後的 pH 值比原溶液還要高由 10.3→10.6，我們推測其反應過程中有 Na^+ ，絕對會讓 OH^- 增加，所以水溶液有逐漸更鹼的趨勢。而就算是有 H^+ 出現恐怕立刻就 and OH^- 形成 H_2O 了。

2、pH 值 5 分鐘內的變化情形，正極呈幾近線性趨勢上升和負極呈線性趨勢下降，正負極中間部分則否。

電解過程中，氫離子 H^+ 出現的機率的高低，會影響水溶液的酸鹼度。酸性的硫酸銨電解有助於氫離子 H^+ 的出現。而鹼性的碳酸鈉產生很多的 OH^- 則是阻止了 H^+ 的出現，使水溶液不會被酸化。

拾、參考文獻

- 1、<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E8%A7%A3%E8%B4%A8>
- 2、https://www.nani.com.tw/nani/learn/natu/ability/a1/4_a1_3_1.htm
- 3、<https://www.wikiwand.com/zh-mo/%E9%9B%BB%E8%A7%A3%E6%B0%B4>
- 4、<https://alexshr1.pixnet.net/blog/post/402297314>
- 5、<https://baike.baidu.com/item/%E6%AC%A1%E6%B0%AF%E9%85%B8%E9%92%A0>
- 6、<https://www.wikiwand.com/zh-tw/%E6%AC%A1%E6%B0%AF%E9%85%B8%E9%88%89>
- 7、
<https://www.itsfun.com.tw/%E9%9B%BB%E8%A7%A3%E9%A3%9F%E9%B9%BD%E6%B0%B4/wiki-4862093-6693173>
- 8、自然與生活科技第六冊 南一版 1-5 電流的化學效應
- 9、自然科學第四冊 康軒版 第二章 酸鹼鹽