

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 化學科

第三名

030205

電從哪裡來？鋁－空氣電池的製作與探討

學校名稱：臺北市立民權國民中學

作者：	指導老師：
國二 趙芝穎	蔡聰暉
國二 黃任佑	
國二 吳宛庭	

關鍵詞：空氣電池 、 乾電池 、 活性碳

電從哪裡來？鋁－空氣電池的製作與探討

摘要：

經過我們努力的實驗後，我們發現：本實驗利用添加活性碳粉可大幅增加電池輸出的電流大小，改善單獨使用碳棒或備長碳得到的輸出電流不大，而且電流強度驟減維持不久的問題；另再添加聚丙烯酸鈉當膠狀劑和當做電解質中的吸水劑，減緩水份蒸發，可發揮防止溶液滲漏的作用外，同時可當黏著劑改善一般黏著劑無法導電的問題，對於電池的保存具有多重的功能。利用碳棒的罐裝圓柱型一般乾電池和白鐵網活性碳粉舖成碳紙電池，都確實可提供電能運用於驅動一般電器，經實驗電池負載低功率馬達下持續放電 7 天可運轉而不停止。

壹、研究動機

校內科展開始報名了！我們要找一個科展題目，新聞報章雜誌經常有節能環保的報導，指出各種類型的電池中含有許多的重金屬，不但會汙染環境並耗費資源。而在國小時老師曾教過「水果電池」，因此我們希望能夠進一步了解電池的運作原理，並製作一個既環保又不會浪費資源的 DIY 電池。查詢資料時，發現有一則報導是有關「海水電池」，只需要鋁、備長碳和海水三者就可以產生電力了，也聽過學長姐曾做過「燃料電池」的題目，請教老師後發現其實都是屬於以空氣為主要的反應原料，是目前符合環保節能的空氣燃料電池。於是，我們決定以「海水電池」或「空氣電池」為這次科展的研究主題，做一些相關的實驗加以探討，我們這次的科展除了解有關電池原理運作的相關知識，實驗我們也樂在其中！

貳、研究目的

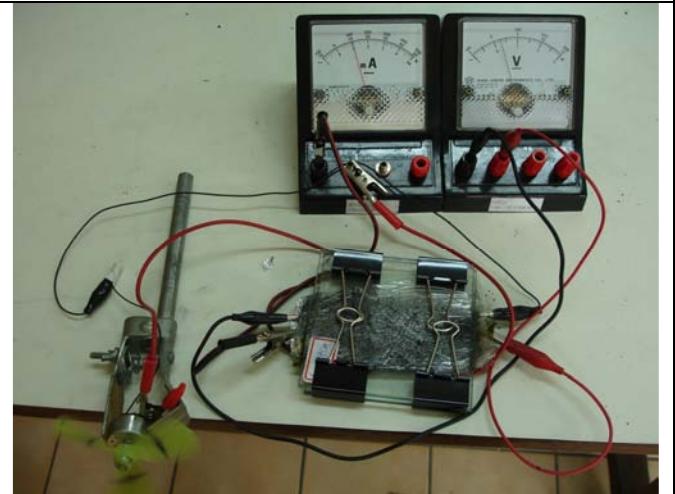
利用鋁箔（罐）、研製的活性碳棒、電解質溶液所組成的電池，嘗試利用簡單的實驗變因控制，了解金屬－空氣電池的反應與內部電阻、輸出電壓和輸出電流的變化，並且探討如何提升金屬－空氣電池使用效率和運用。

- 一、探討使用不同的罐裝材質，如何影響溶液電池電壓與電流的變化。
- 二、探討使用不同濃度與種類的電解質溶液，如何影響溶液電池電壓與電流的變化。
- 三、探討使用不同種類的電極，如何影響溶液電池電壓與電流的變化。
- 四、探討鋁－空氣乾電池使用不同的電解質膠體，如何影響電壓與電流的變化。
- 五、探討鋁－空氣乾電池正極使用不同的集電極，如何影響電壓與電流的變化。
- 六、探討鋁－空氣乾電池的電解質膠體中活性碳膠體之最佳比例。
- 七、探討鋁－空氣乾電池放電過程中的電壓與電流的變化。

參、研究設備及器材

一、實驗藥品：鋁罐、鐵罐、馬口鐵罐、硝酸鉀、氯化鈉、氫氧化鉀、碳棒、竹碳片、備長碳、鋁箔紙、白鐵網、活性碳粉、聚丙烯酸鈉、去離子水。

二、實驗器材：量筒、量瓶、錐形瓶、滴管、燒杯、伏特計、安培計、三用電錶、電子秤。

			
不同集電極和膠體的乾電池	毫安培計	伏特計	三用電錶
			
溶液電池實驗		活性碳粉膠體碳棒乾電池	
			
平板型白鐵網乾電池		乾電池放電實驗	

肆、研究過程或方法

一、探討使用不同的罐裝材質，如何影響溶液電池電壓與電流的變化。

1. 將鋁罐外部份漆用砂紙將其去除，以利鱸魚夾導電。
2. 將 200ml 的 1.0M 氯化鈉水溶液倒入鋁罐中。
3. 將碳棒固定於氯化鈉水溶液中當正極，另用鱸魚夾夾住罐體當負極。再利用伏特計和安培計記錄下電壓和電流。
4. 改用鐵罐、馬口鐵罐，重覆步驟 1~3。畫出不同罐裝材質中，氯化鈉溶液電池的電壓與電流的變化圖。

二、探討使用不同濃度的電解質溶液，如何影響溶液電池電壓與電流的變化。

1. 各取濃度為 0.1M、0.5M、1.0M、1.5M、2.0M、2.5M、3.0M 氯化鈉水溶液 200ml 倒入鋁罐中。
2. 將碳棒固定於氯化鈉水溶液中當正極，另用鱸魚夾夾住罐體當負極。再利用伏特計和安培計記錄下電壓和電流。
3. 重覆步驟二，改用硝酸鉀、氫氧化鉀水溶液，重覆步驟 1~2。
4. 畫出不同種類和濃度的電解質溶液，電壓與電流的變化圖。

三、探討使用不同種類的電極，如何影響溶液電池電壓與電流的變化。

1. 自製活性碳粉碳棒與自製活性碳粉管狀白鐵網
 - (1) 將 15 公克活性碳粉、2M、10mlNaCl 和 0.5g 聚丙烯酸鈉三者均勻混合後形成碳粉膠體。
 - (2) 將此碳粉膠體包覆於碳棒和管狀白鐵網外，並用玻璃紙將其滾成棒狀，作為正極。
2. 取 200ml 的 2.0M 氯化鈉水溶液倒入鋁罐中。將碳棒固定於氯化鈉水溶液中當正極，另用鱸魚夾夾住罐體當負極。再利用伏特計和安培計記錄下電壓和電流。
3. 將木炭片、備長碳、自製活性碳粉碳棒當正極、自製活性碳粉管狀白鐵網，重覆上述步驟 2 實驗。
4. 畫出不同種類的電極，溶液電池的電壓與電流的變化圖。

四、探討鋁—空氣乾電池使用不同的電解質膠體，如何影響電壓與電流的變化。

1. 將 15g 活性碳粉、10mlNaCl 和 0.5g 聚丙烯酸鈉三者均勻混合後形成碳粉膠體。
2. 將此碳粉膠體包覆於碳棒(正極)外，並用玻璃紙將其滾成棒狀。
3. 改用 10mlNaCl+15g 碳粉、10mlNaCl+15g 碳粉+0.5g 聚丙烯酸鈉、10mlNaCl+0.5g 聚丙烯酸鈉、10mlNaCl+吸水纖維、10mlNaCl+15g 碳粉+15g 澱粉、10mlKOH+15g 碳粉+0.5g，重覆上述步驟。
3. 取 10*10cm 鋁箔紙將上述棒狀碳粉膠體包覆住，並以鋁箔紙作為負極。
4. 將碳棒當正極，另鋁箔紙當負極。再利用伏特計和安培計記錄下電壓和電流。

五、探討鋁－空氣乾電池正極使用不同的集電極，如何影響電壓與電流的變化。

1.改用備長碳、管狀白鐵網、打孔不鏽鋼圓管、平板型白鐵網，重覆實驗四的步驟。

2.畫出使用不同的集電極，乾電池的電壓與電流的變化圖。

六、探討鋁－空氣乾電池的電解質膠體中活性碳膠體之最佳比例。

1.重覆實驗四的步驟。改變活性碳粉、NaCl 和聚丙烯酸鈉三者的量，分別 $10\text{m1NaCl}+15\text{g}$ 碳粉、 $10\text{m1NaCl}+15\text{g}$ 碳粉+0.5g 聚丙烯酸鈉、 $10\text{m1NaCl}+15\text{g}$ 碳粉+1.0g 聚丙烯酸鈉、 $15\text{m1NaCl}+15\text{g}$ 碳粉+0.5g 聚丙烯酸鈉、 $15\text{m1NaCl}+15\text{g}$ 碳粉+1.0g 聚丙烯酸鈉、 $20\text{m1NaCl}+15\text{g}$ 碳粉+0.5g 聚丙烯酸鈉、 $20\text{m1NaCl}+15\text{g}$ 碳粉+1.0g 聚丙烯酸鈉，重覆實驗五的步驟。

2.畫出不同電解質膠體中活性碳膠體比例，乾電池的電壓與電流的變化圖。

3.記錄電池放電後、2天、2週後和再加入氯化鈉溶液不同操作的電壓和電流的大小變化。

七、探討鋁－空氣乾電池放電過程中的電壓與電流的變化。

1.將 15g 活性碳粉、 10m1NaCl 和 0.5g 聚丙烯酸鈉三者均勻混合後形成碳粉膠體。

2.將此碳粉膠體抹於 6cm*8cm 的白鐵網上，並用玻璃紙將其包覆。

3.取 6cm*8cm 鋁箔紙置於玻璃紙上，並用長尾夾將白鐵網、碳粉膠狀體、玻璃紙、鋁箔紙依序以兩片 10cm*10cm 玻璃片固定夾緊住。

4.將白鐵網當正極，另用鋁箔紙當負極。再串接一個直流馬達，乾電池並聯伏特計和串聯安培計，並每 30 秒記錄下電壓和電流。

5.取 2cm*8cm 鋁箔紙和白鐵網，重覆上述步驟 1~4。

6.串聯 2 個乾電池串接一個一般燈泡，進行放電。

7.串聯 3 個乾電池串接一個 LED 燈和一般燈泡進行放電。

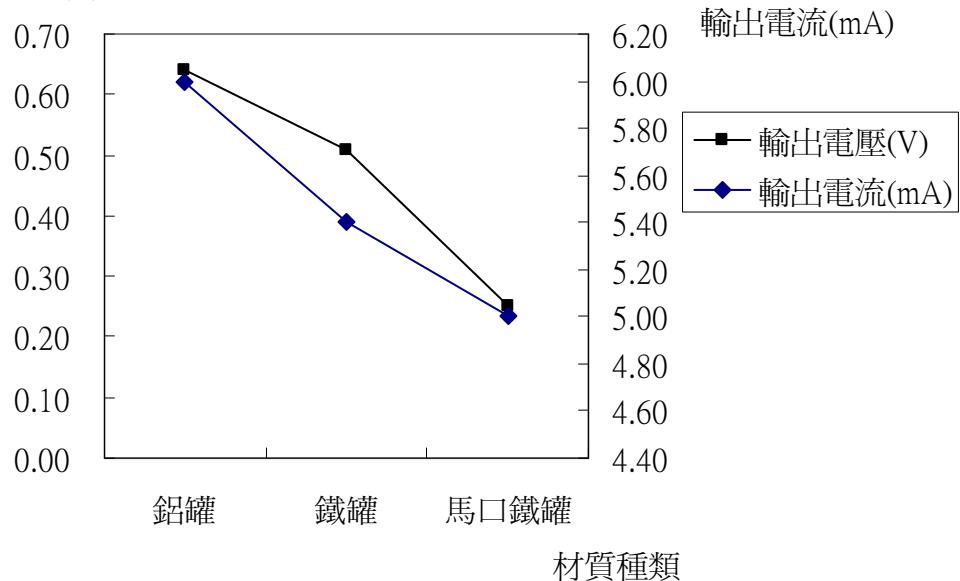
8.畫出鋁－空氣乾電池放電過程中的電壓與電流隨時間的變化圖。

伍、研究結果

一、探討使用不同的罐裝材質，如何影響溶液電池電壓與電流的變化。

電極種類	輸出電壓(V)	輸出電流(mA)
鋁罐	0.64	6.00
鐵罐	0.51	5.40
馬口鐵罐	0.25	5.00

使用不同的罐裝材質溶液電池的電壓與電流變化圖
輸出電壓(V)



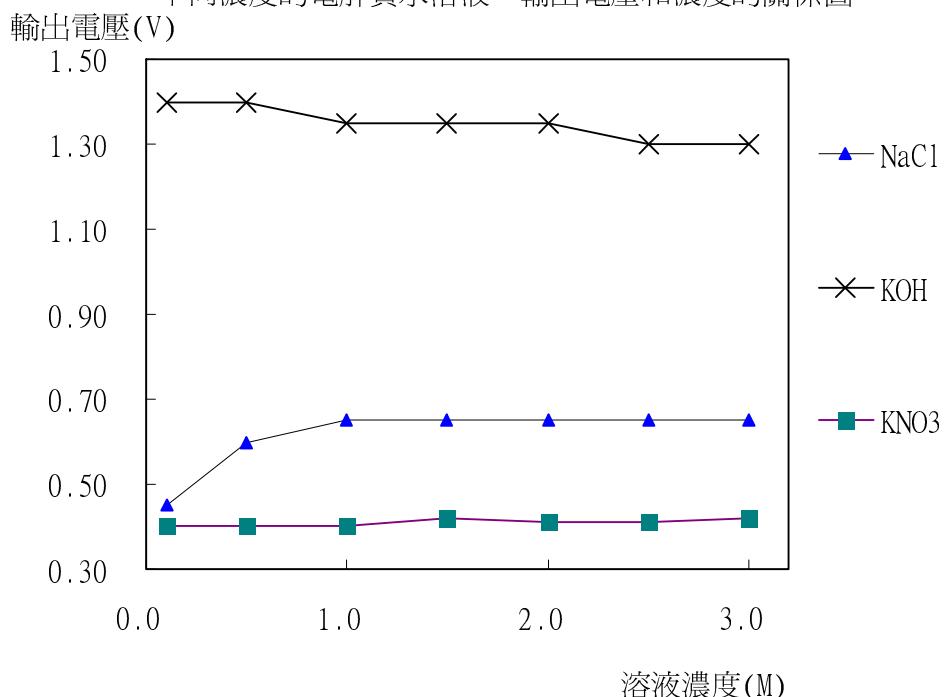
說明：使用不同的罐裝材質裝入氯化鈉水溶液，不論輸出電流或端電壓大小依序為：
鋁罐 > 鐵罐 > 馬口鐵罐。

二、探討使用不同種類和濃度的電解質溶液，如何影響溶液電池電壓與電流的變化。

不同種類和濃度的電解質溶液，輸出電壓的大小

溶液種類	端電壓(V)							
	濃度(M)	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
NaCl	0.45	0.60	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
KOH	1.40	1.40	1.35	1.35	1.35	1.30	1.30	1.30
KN03	0.40	0.40	0.40	0.42	0.41	0.41	0.42	0.42

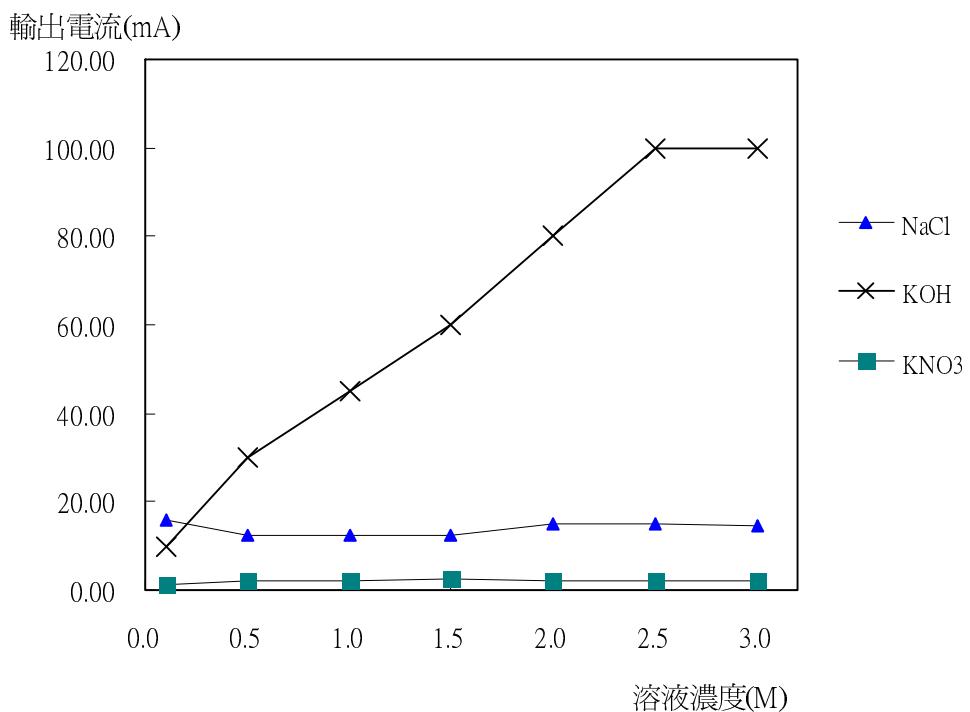
不同濃度的電解質水溶液，輸出電壓和濃度的關係圖



不同種類和濃度的電解質溶液，輸出電流的大小

溶液種類	輸出電流(mA)							
	濃度(M)	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
NaCl	16.00	12.50	12.50	12.50	15.00	15.00	15.00	14.50
KOH	10.00	30.00	45.00	60.00	80.00	100.00	100.00	100.00
KNO ₃	1.50	2.00	2.00	2.40	2.10	2.10	2.00	2.00

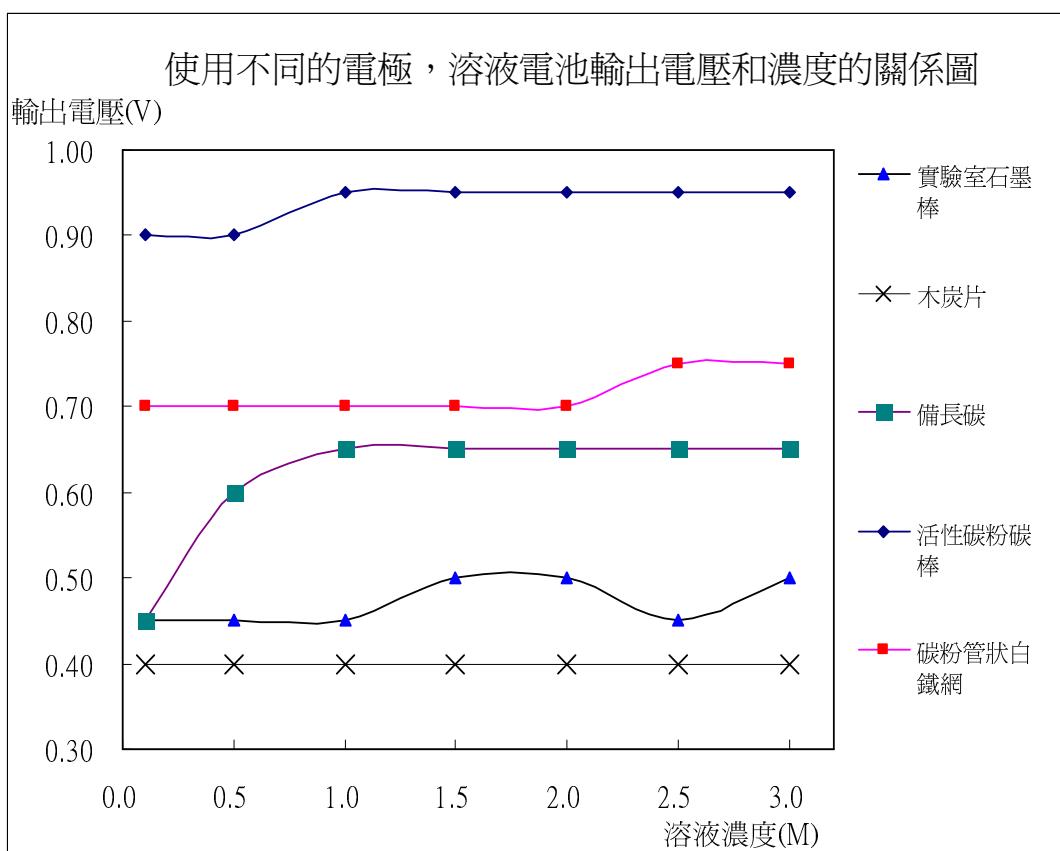
不同濃度的電解質水溶液，輸出電流和濃度的關係圖



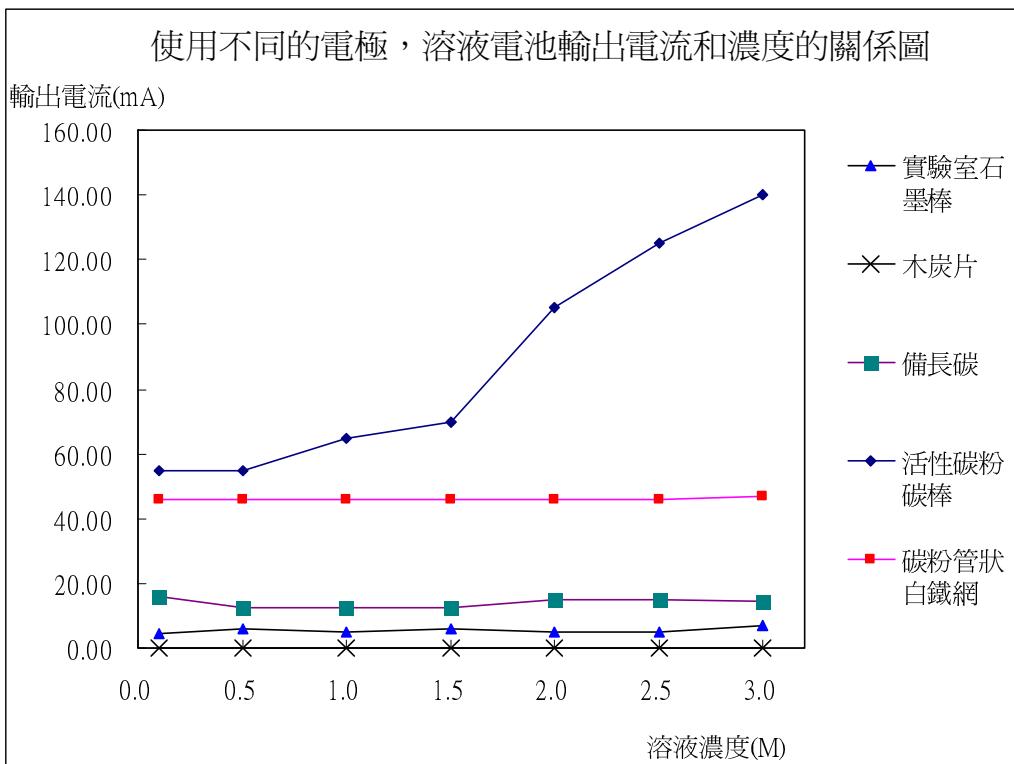
說明：輸出電壓的大小： $\text{KOH} > \text{NaCl} > \text{KNO}_3$ ，輸出電流的大小： $\text{KOH} > \text{NaCl} > \text{KNO}_3$ ，濃度大小對於輸出電壓看不出影響； NaCl 和 KNO_3 濃度對於電流影響不大， KOH 的電流大小隨濃度增加而變大。

三、探討使用不同種類的電極，如何影響溶液電池電壓與電流的變化。

電極種類	輸出電壓(V)						
濃度(M)	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
實驗室碳棒	0.45	0.45	0.45	0.50	0.50	0.45	0.50
木炭片	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
備長碳	0.45	0.60	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
活性碳粉碳棒	0.90	0.90	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
碳粉管狀白鐵網	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.75	0.75



電極種類	輸出電流(mA)						
濃度(M)	0.1	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
實驗室碳棒	4.50	6.00	5.00	6.00	5.00	5.00	7.00
木炭片	0.05	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.15
備長碳	16.00	12.50	12.50	12.50	15.00	15.00	14.50
活性碳粉碳棒	55.00	55.00	65.00	70.00	105.00	125.00	140.00
碳粉管狀白鐵網	46.00	46.00	46.00	46.00	46.00	46.00	47.00



說明：

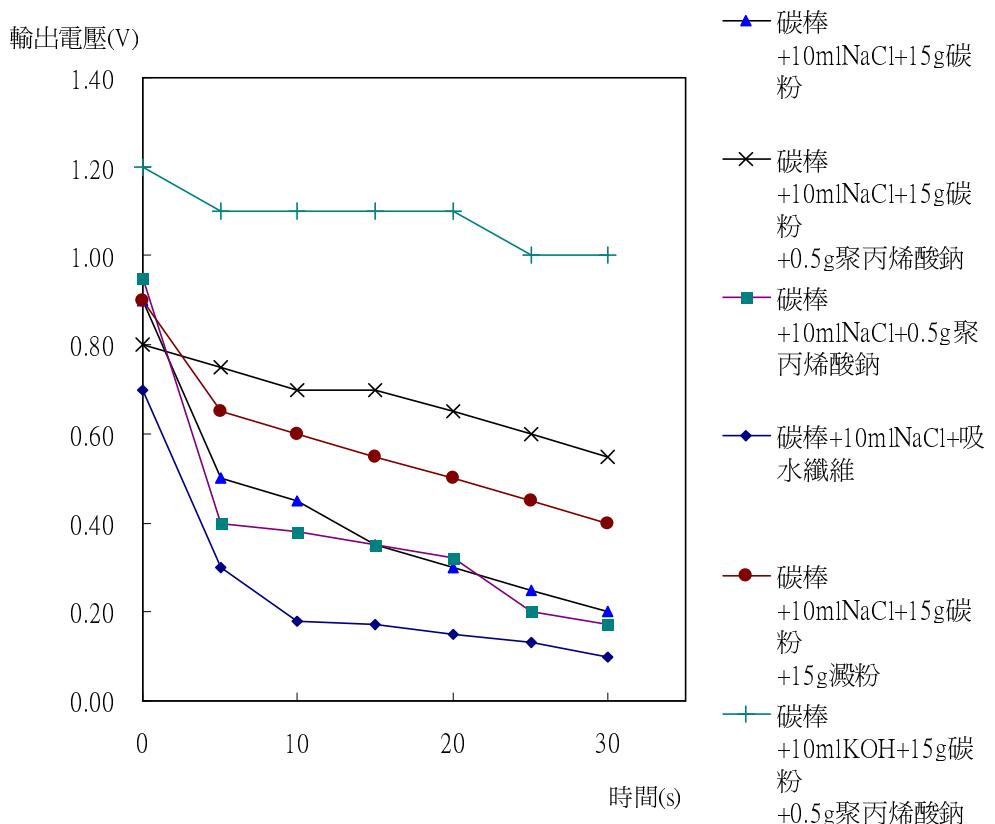
- 溶液電池輸出電壓和電流大小依序為：活性碳粉碳棒 > 碳粉管狀白鐵網 > 備長碳 > 碳棒 > 木炭片。
- 不論使用何種電極，電壓的大小和電解質溶液濃度無關。
- 以活性碳粉碳棒為正極，其輸出電流會隨氯化鈉水溶液的濃度升高而上升，使用其它電極則濃度增加影響電流大小不明顯。

四、探討鋁－空氣乾電池使用不同的電解質膠體，如何影響電壓與電流的變化。

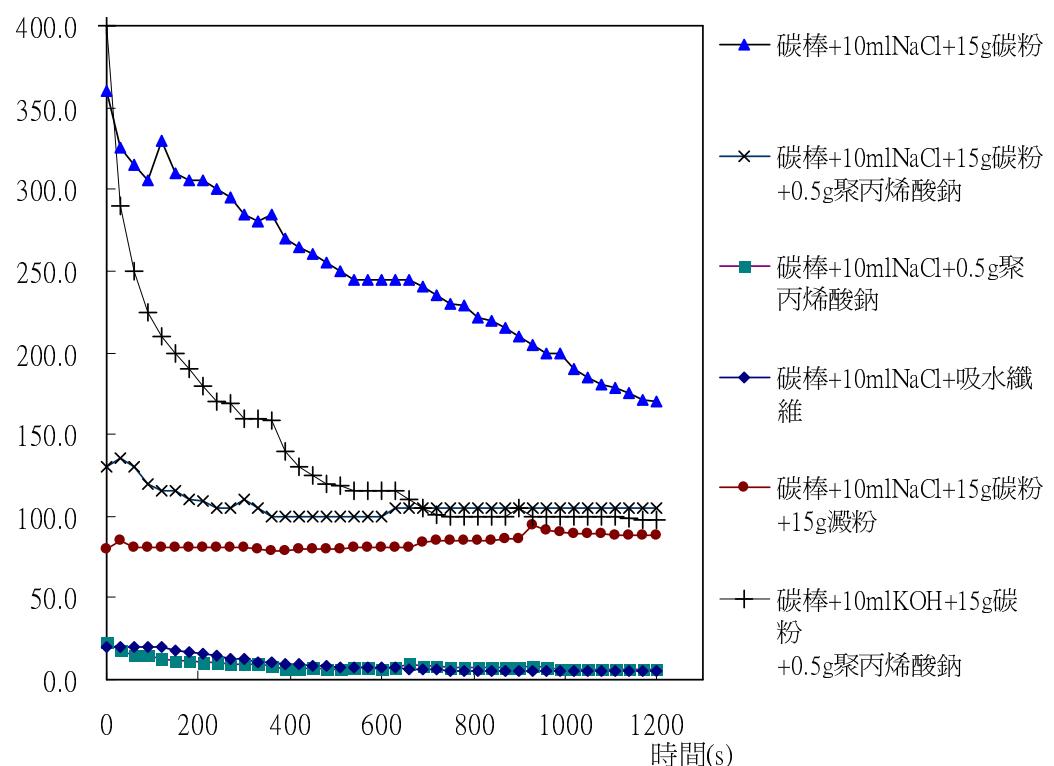
使用不同的電解質膠體，乾電池輸出電壓的大小

正極種類	輸出電壓(V)					
	時間 (min)	碳棒 +10m1NaCl+15 g 碳粉	碳棒 +10m1NaCl+15 g 碳粉 +0.5g 聚丙烯 酸鈉	碳棒 +10m1NaCl+0. 5g 聚丙烯酸鈉	碳棒 +10m1NaCl+吸 水纖維	碳棒 +10m1NaCl+15 g 碳粉 +15g 澱粉
0	0.90	0.80	0.95	0.70	0.90	1.20
5	0.50	0.75	0.40	0.30	0.65	1.10
10	0.45	0.70	0.38	0.18	0.60	1.10
15	0.35	0.70	0.35	0.17	0.55	1.10
20	0.30	0.65	0.32	0.15	0.50	1.10
25	0.25	0.60	0.20	0.13	0.45	1.00
30	0.20	0.55	0.17	0.10	0.40	1.00

使用不同的電解質膠體，輸出電壓和時間的關係圖



輸出電流(mA) 使用不同的電解質膠體，輸出電流和時間的關係圖

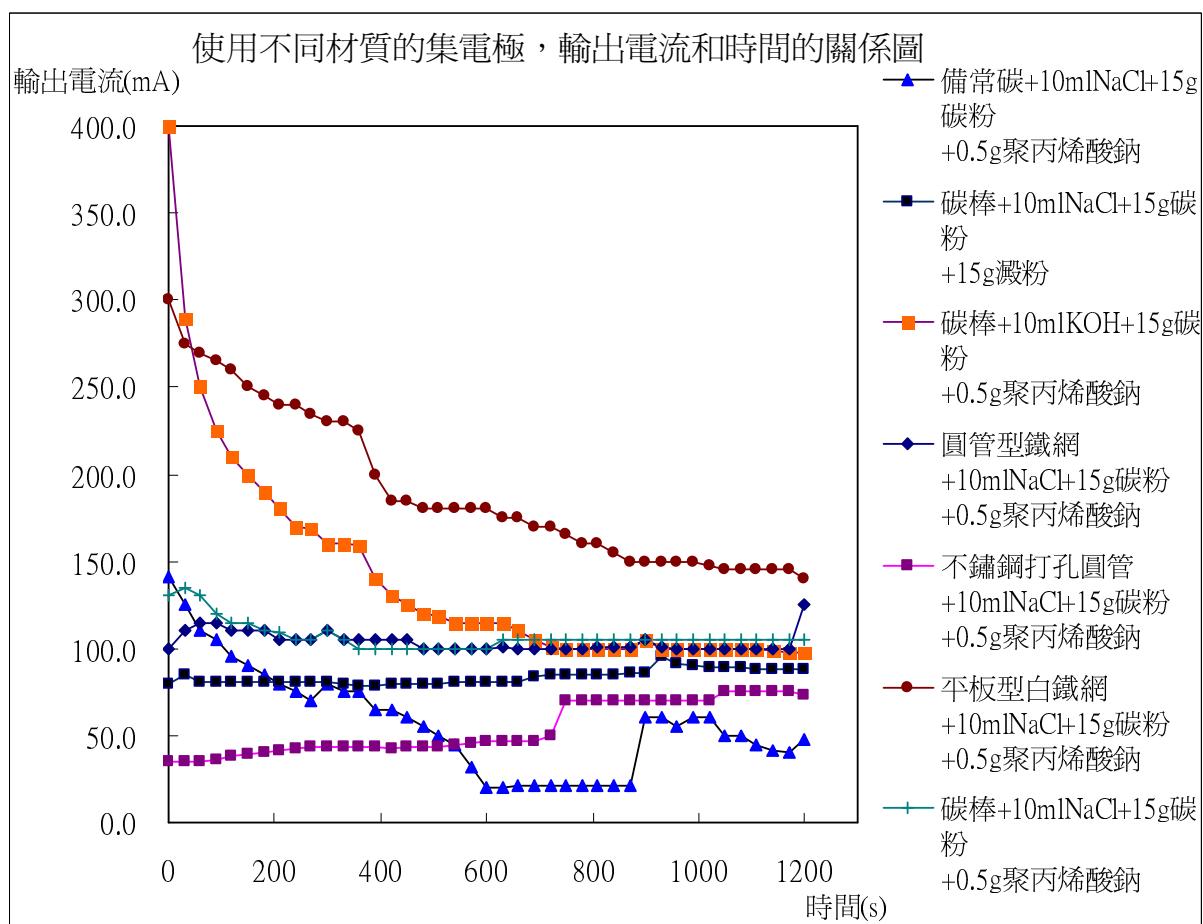
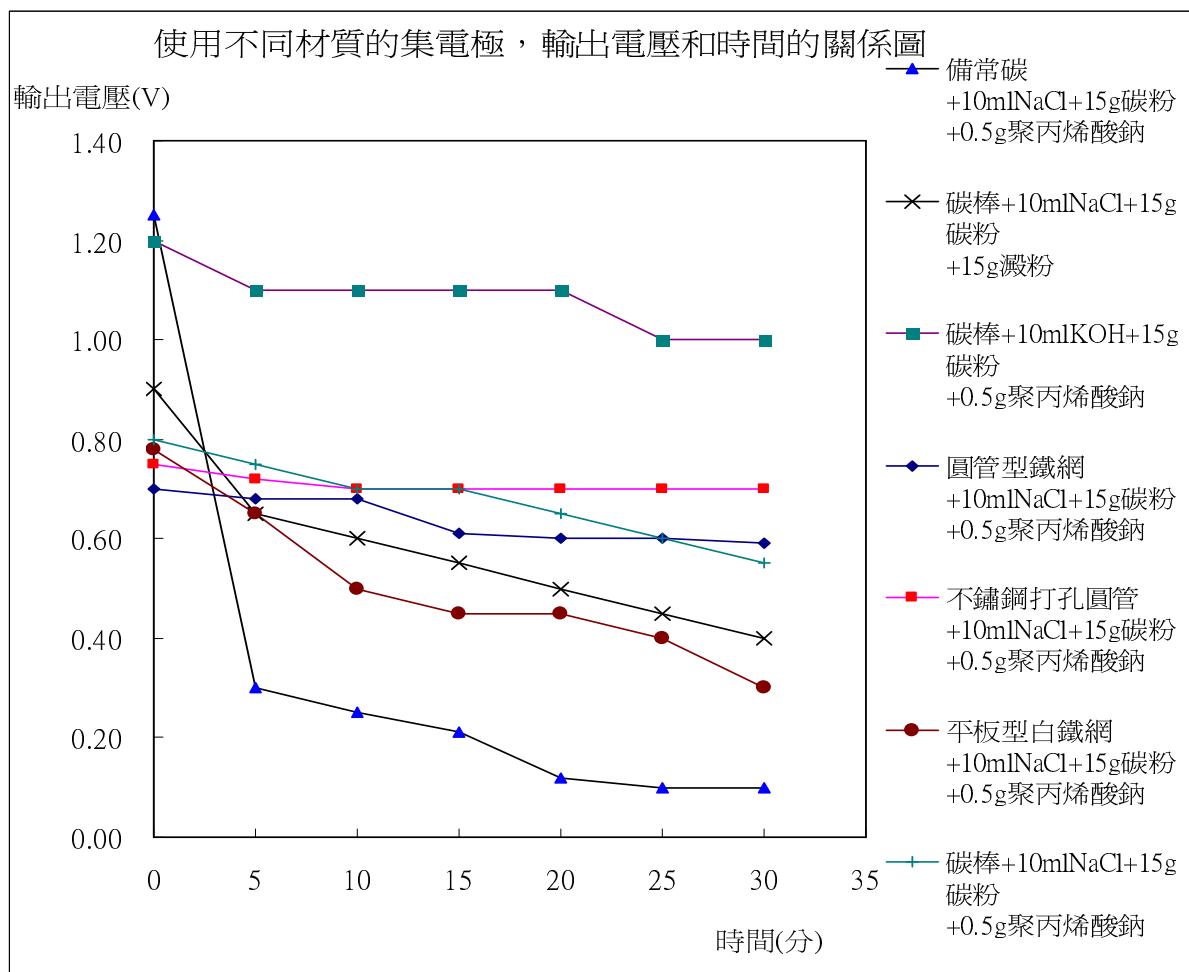


說明：

- 由實驗四得知，在皆以碳棒為集電極下，其初始未負載下的輸出電壓以 KOH(+)為電解質的電壓最大(1.2V)，得知以 KOH 為電解質時，輸出電壓明顯大於氯化鈉水溶液。
- 比較碳棒+15g 碳粉 + 10mlNaCl (0.9V)和碳棒+10mlNaCl+吸水纖維(0.70V)，加入碳粉的電解質膠體配合碳棒集電極，可以增加電池的輸出電壓。
- 由碳棒+10mlNaCl + 0.5g 聚丙烯酸鈉和碳棒+10mlNaCl+吸水纖維的電壓和電流的關係圖，加入碳粉明顯提高輸出電流的大小。
- 由碳棒+10mlNaCl + 0.5g 聚丙烯酸鈉(0.95V) 和碳棒+15g 碳粉 + 10mlNaCl + 15g 澱粉看出，再添加膠狀劑會使得電壓和電流輸出降低，但輸出電流卻表現較穩定，且添加聚丙烯酸鈉略優於澱粉。

五、探討鋁－空氣乾電池使用不同材質的集電極，如何影響電壓與電流的變化。

集電極 種類	輸出電壓(V)					
	備常碳 +10mlNaCl+1 5g 碳粉 +0.5g 聚丙烯 酸鈉	碳棒 +10mlNaCl+1 5g 碳粉 +15g 澱粉	碳棒 +10mlKOH+15 g 碳粉 +0.5g 聚丙烯 酸鈉	圓管型鐵網 +10mlNaCl+1 5g 碳粉 +0.5g 聚丙烯 酸鈉	不鏽鋼打孔 圓管 +10mlNaCl+1 5g 碳粉 +0.5g 聚丙烯 酸鈉	平板型鐵網 +10mlNaCl+1 5g 碳粉 +0.5g 聚丙烯 酸鈉
0	1.25	0.90	1.20	0.70	0.75	0.78
5	0.30	0.65	1.10	0.68	0.72	0.65
10	0.25	0.60	1.10	0.68	0.70	0.50
15	0.21	0.55	1.10	0.61	0.70	0.45
20	0.12	0.50	1.10	0.60	0.70	0.45
25	0.10	0.45	1.00	0.60	0.70	0.40
30	0.10	0.40	1.00	0.59	0.70	0.30



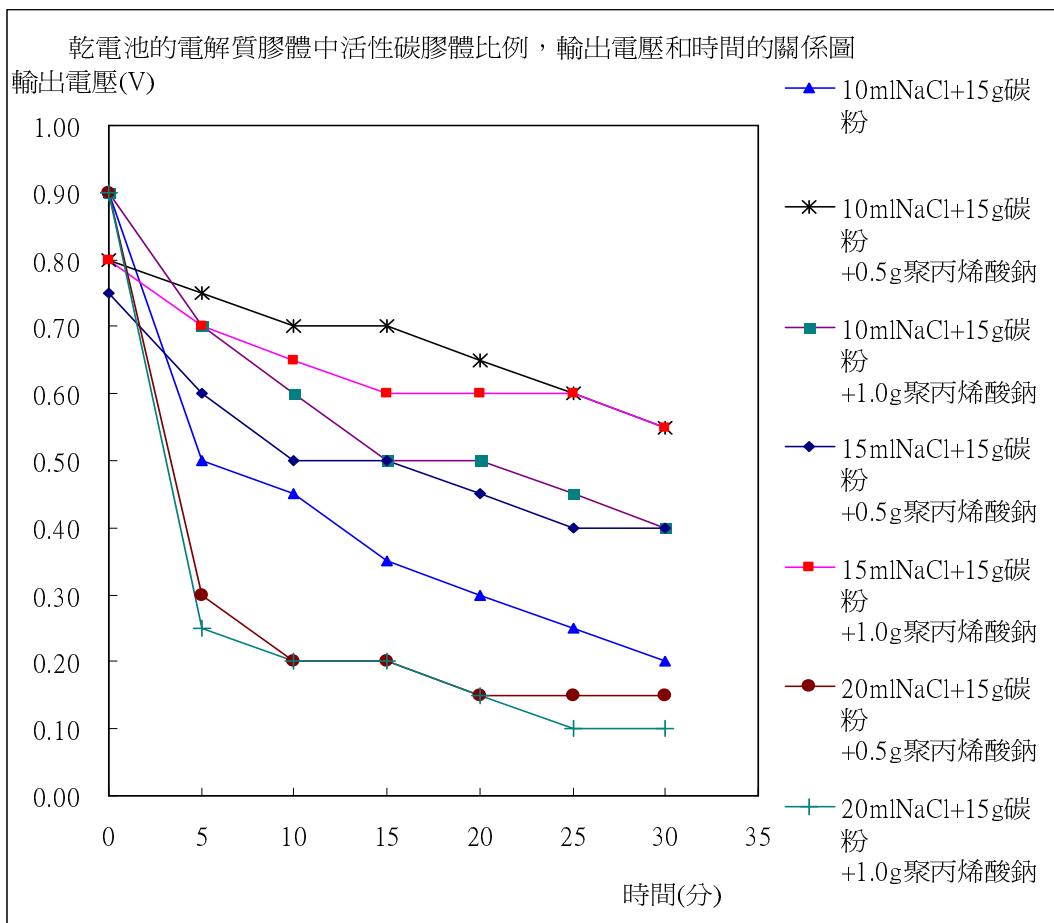
說明：

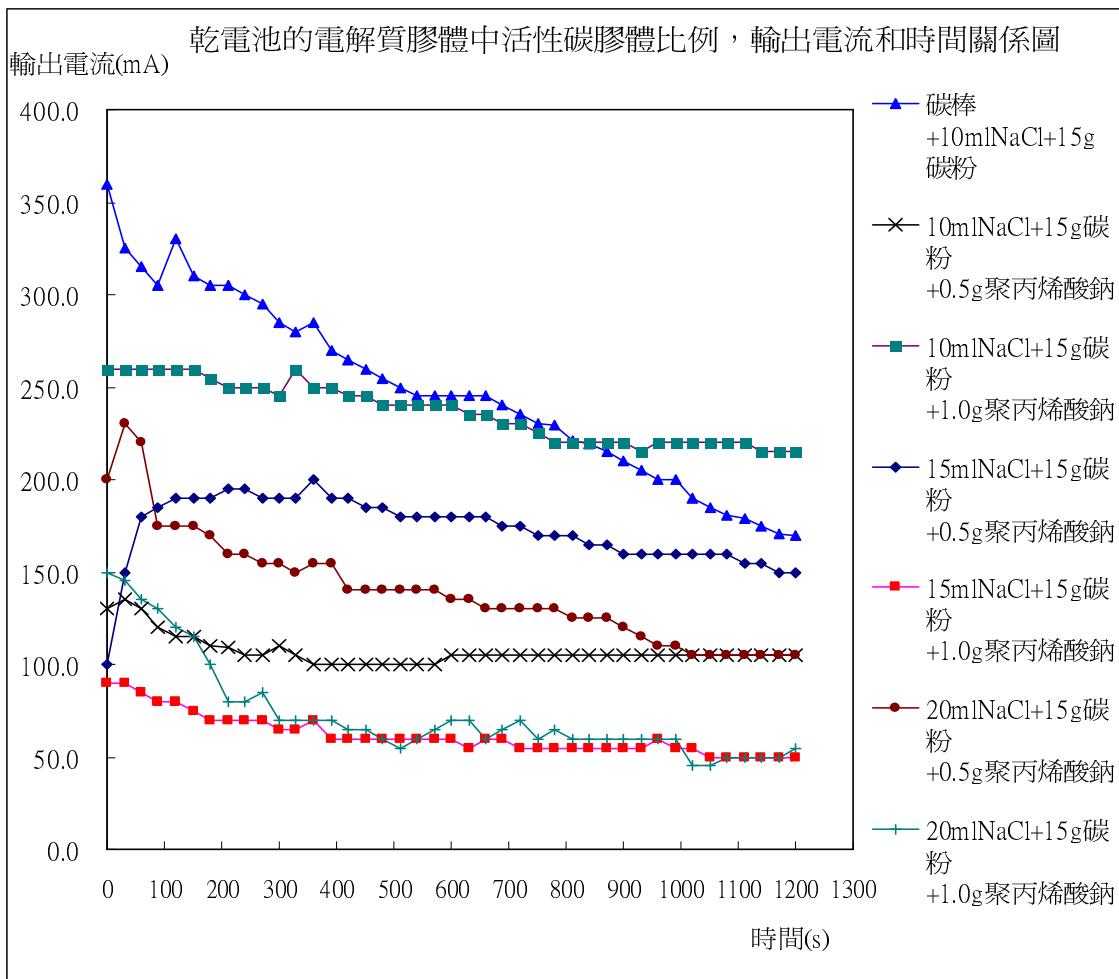
集電極以碳棒為材質輸出電壓較高，而白鐵網次之，備長碳則電壓下降很快；另輸出電流則以平板型白鐵網平緩下降，

六、探討鋁—空氣乾電池的電解質膠體中活性碳膠體之最佳比例。

(一)比較不同碳粉膠體的混合比例製作的乾電池的電壓和電流變化

電池種類	輸出電壓(V)							
	時間(min)	10mlNaCl+15g 碳粉	10mlNaCl+15g 碳粉+0.5g 聚丙烯酸鈉	10mlNaCl+15g 碳粉+1.0g 聚丙烯酸鈉	15mlNaCl+15g 碳粉+0.5g 聚丙烯酸鈉	15mlNaCl+15g 碳粉+1.0g 聚丙烯酸鈉	20mlNaCl+15g 碳粉+0.5g 聚丙烯酸鈉	20mlNaCl+15g 碳粉+1.0g 聚丙烯酸鈉
0	0.90	0.80	0.90	0.75	0.80	0.90	0.90	0.90
5	0.50	0.75	0.70	0.60	0.70	0.30	0.25	
10	0.45	0.70	0.60	0.50	0.65	0.20	0.20	
15	0.35	0.70	0.50	0.50	0.60	0.20	0.20	
20	0.30	0.65	0.50	0.45	0.60	0.15	0.15	
25	0.25	0.60	0.45	0.40	0.60	0.15	0.10	
30	0.20	0.55	0.40	0.40	0.55	0.15	0.10	

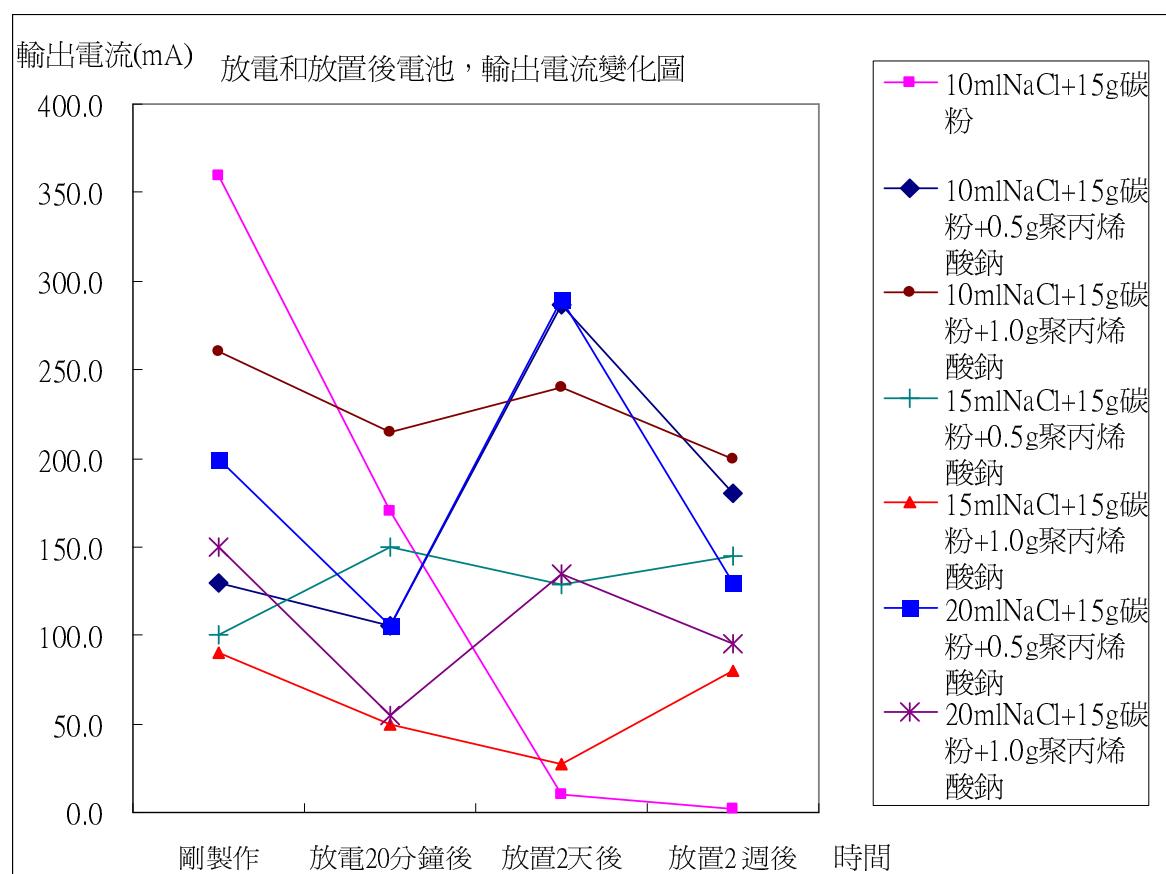
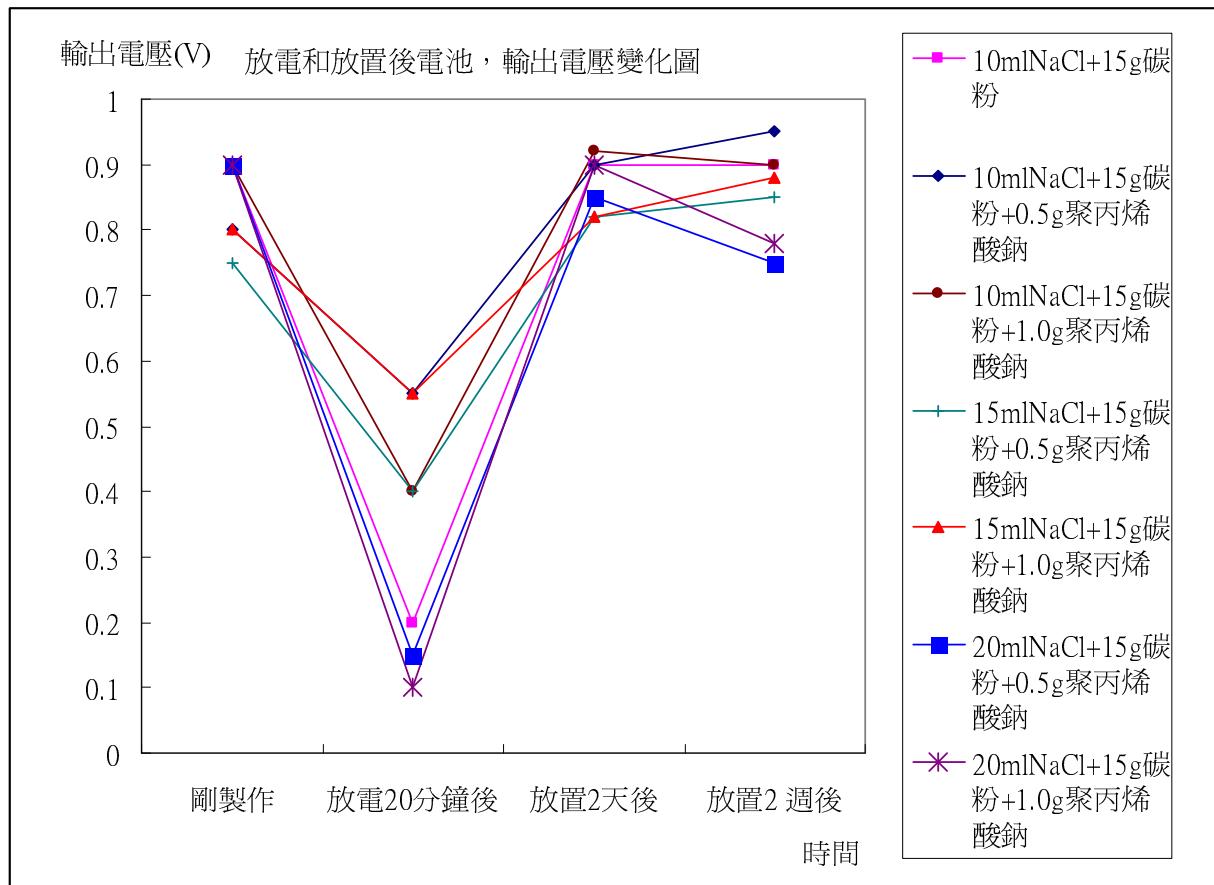




說明：

1. 比較 $10\text{mlNaCl} + 15\text{g 碳粉} + 0.5\text{g 聚丙烯酸鈉}$ (●)和 $20\text{mlNaCl} + 15\text{g 碳粉} + 1.0\text{g 聚丙烯酸鈉}$ (+), 加入氯化鈉水溶液 20ml 比 10ml 其輸出電壓在 300 秒內下降很快。且製作的活性碳粉膠體 NaCl 水溶液使用 20ml 時較軟而 10ml 時較硬。
2. 由 $10\text{mlNaCl} + 15\text{g 碳粉}$ (▲)電壓和電流下降很快，顯示放電速率很快，而 $10\text{mlNaCl} + 15\text{g 碳粉} + 1.0\text{g 聚丙烯酸鈉}$ (■)的起始輸出電壓(0.9V)和輸出電流下降平緩，以 15 公克碳粉、 10mNaCl 和 1.0g 聚丙烯酸鈉 在本實驗中是電池中活性碳粉膠體較佳的體積比例。

(二)比較不同碳粉膠體的混合比例的乾電池放電與置放後的電壓和電流變化

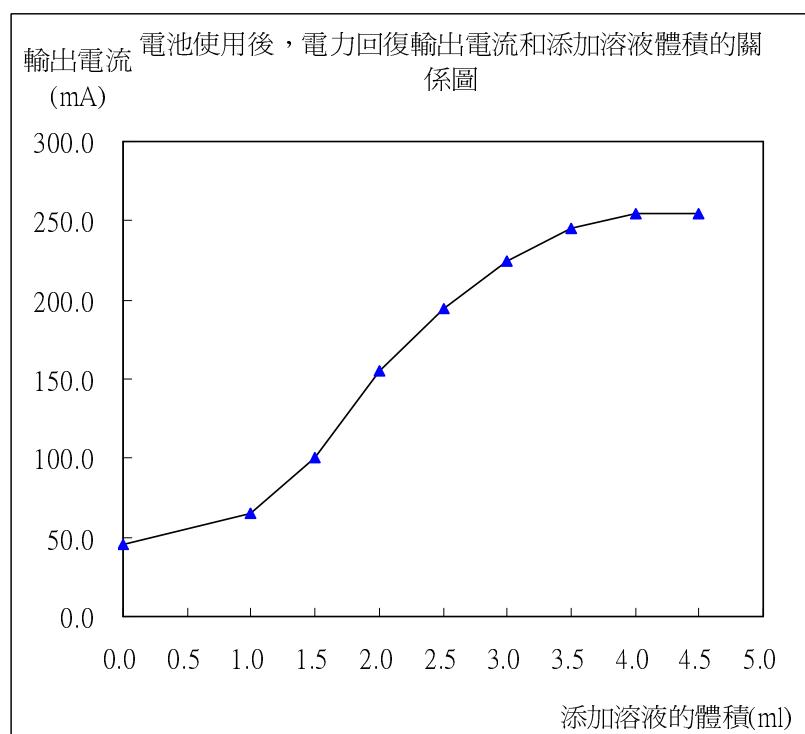
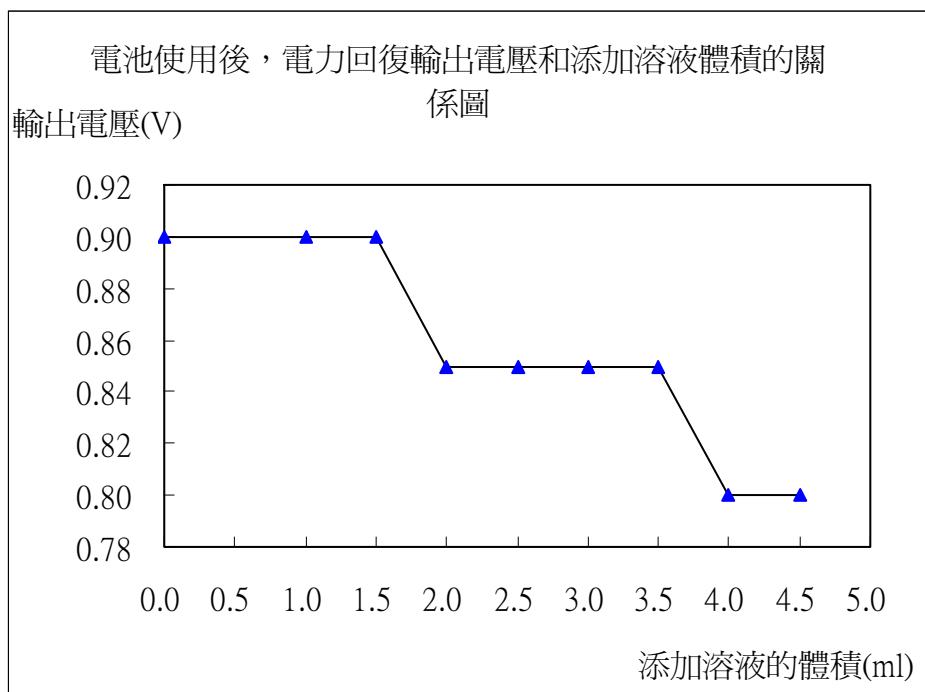


說明：

1. 當將電池放置 2 週後，測得輸出電壓和輸出電流，使用的 NaCl 水溶液和聚丙烯酸鈉較少、(10ml) 時碳粉棒較硬，輸出電壓會較大 (0.85V 以上)，輸出電流 (150mA 以上) 亦較大；NaCl 水溶液和聚丙烯酸鈉較多時碳粉棒較軟，輸出電壓 (0.80V 以下) 會較小，輸出電流 (100mA 以下) 亦較小。但是若緊壓碳粉棒則電流會明顯增加 (360mA~390mA) 許多甚至大於硬的碳粉棒，但是電壓變化不大。
2. 當使用 KOH 做為電解質溶液時，放置 2 週後，電池的鋁箔明顯反應侵蝕掉，輸出電壓 (0.97V) 仍很大，但是輸出電流則下降至 10mA 左右，可見以 KOH 做為電解質時，必須進一步克服自發反應侵蝕電極嚴重的問題。
3. 在使用過後的電池，當暫時斷路停止放電，再接通電路後，則瞬間輸出電壓和電流會上升一些，若放置一小時後，則輸出電壓會回復上升，電流也會回復上升許多，但是輸出電壓和電流的下降明顯較前一段為快；但是若放置 2 天後，則輸出電壓和電流會回復上升，與電池開始使用時的數值變化不大甚至有些較大些；放置 2 週後由於水份蒸發掉，造成電流明顯下降但部份仍維持在 100mA 以上，但是電壓變化仍不大。
4. 未加聚丙烯酸鈉吸水劑的電池，則放置 2 天和 2 週後電流明顯下降許多，是由於水份蒸發掉，電解質溶液的導電性大部份減弱，可見聚丙烯酸鈉吸水劑的作用雖限制電池剛開始的輸出電流，但是卻可發揮溶液滲漏的作用外，並具有持續電力和保存的功能。

(三)以碳粉膠體製作的乾電池放電後的電力回復狀況

碳粉膠體成份	10mlNaCl+15g 碳粉+0.5g 聚丙烯酸鈉	
溶液體積(ml)	輸出電流(mA)	輸出電壓(V)
0	46.0	0.90
1.0	65.0	0.90
1.5	100.0	0.90
2.0	155.0	0.85
2.5	195.0	0.85
3.0	225.0	0.85
3.5	245.0	0.85
4.0	255.0	0.80
4.5	255.0	0.80

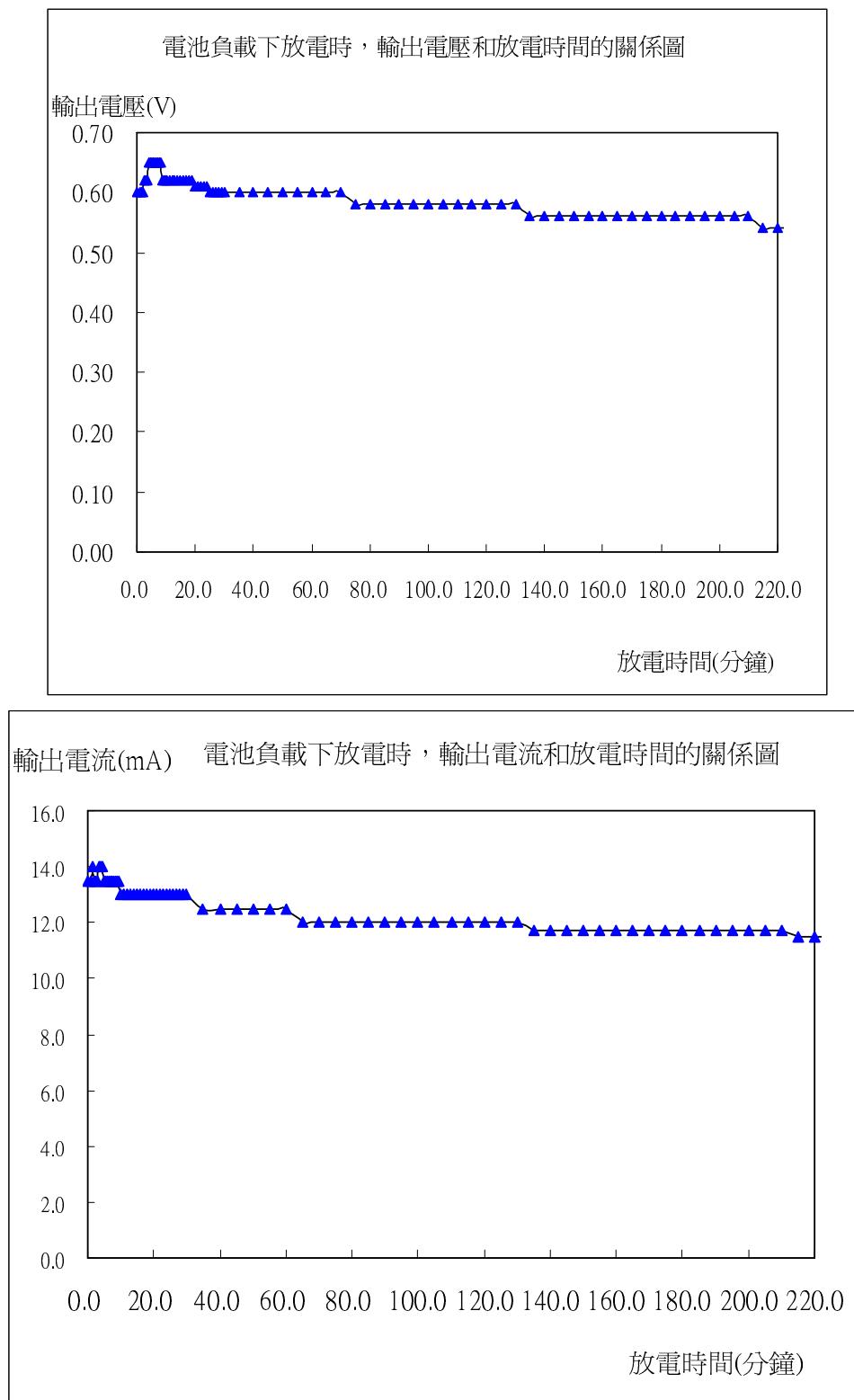


說明：

1. 由使用過後並放置許久時間(約 1 個月)的電池，電壓變化不大，但是因電解質膠體的水份蒸發，電流會下降許多 (46mA)。
2. 加入氯化鈉水溶液，增加輸出電流的大小，但是卻會降低輸出電壓的大小，加入的體積越多，則輸出電流越大，且電壓越來越小。

七、探討鋁－空氣乾電池放電過程中的電壓與電流的變化。

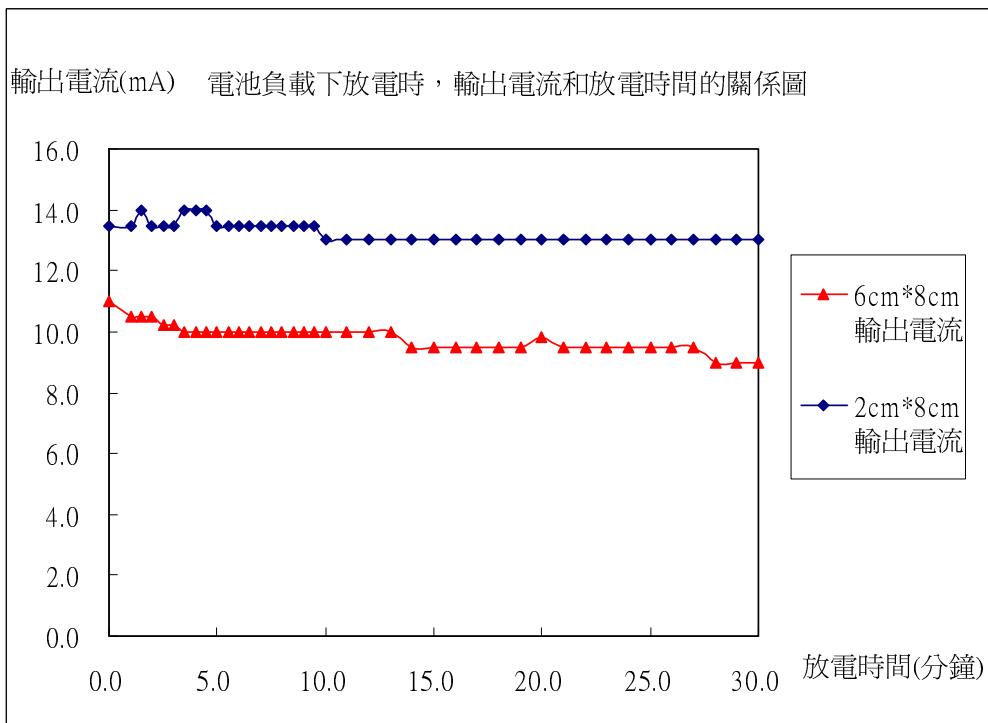
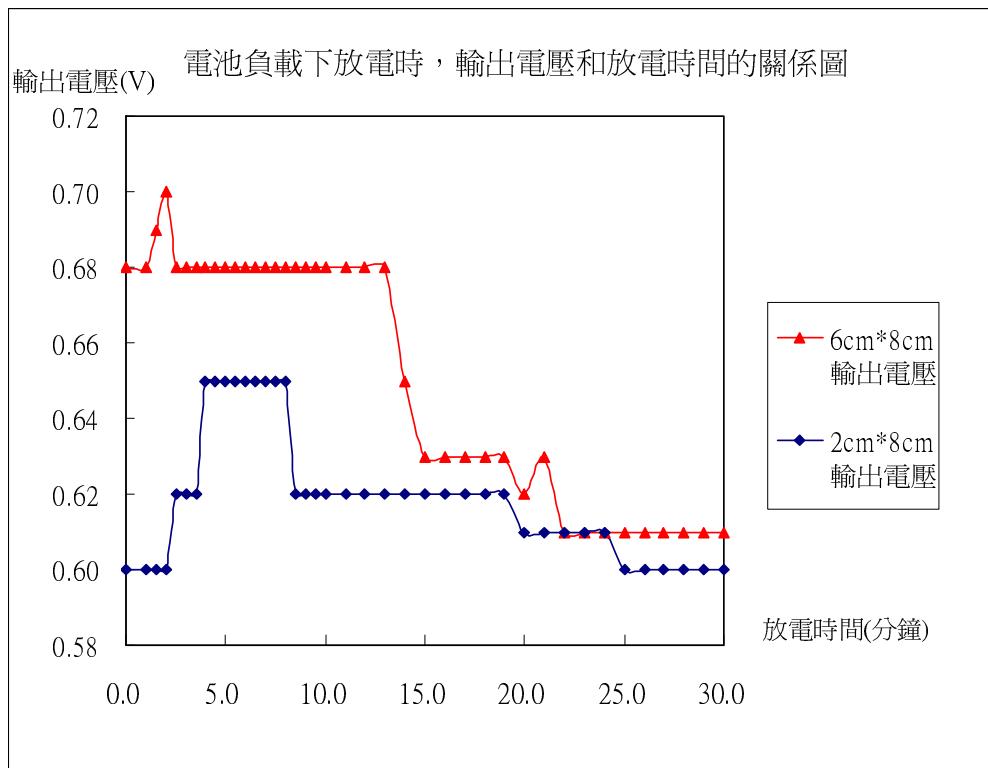
(一) 2cm*8cm 平板型白鐵網電池



說明：

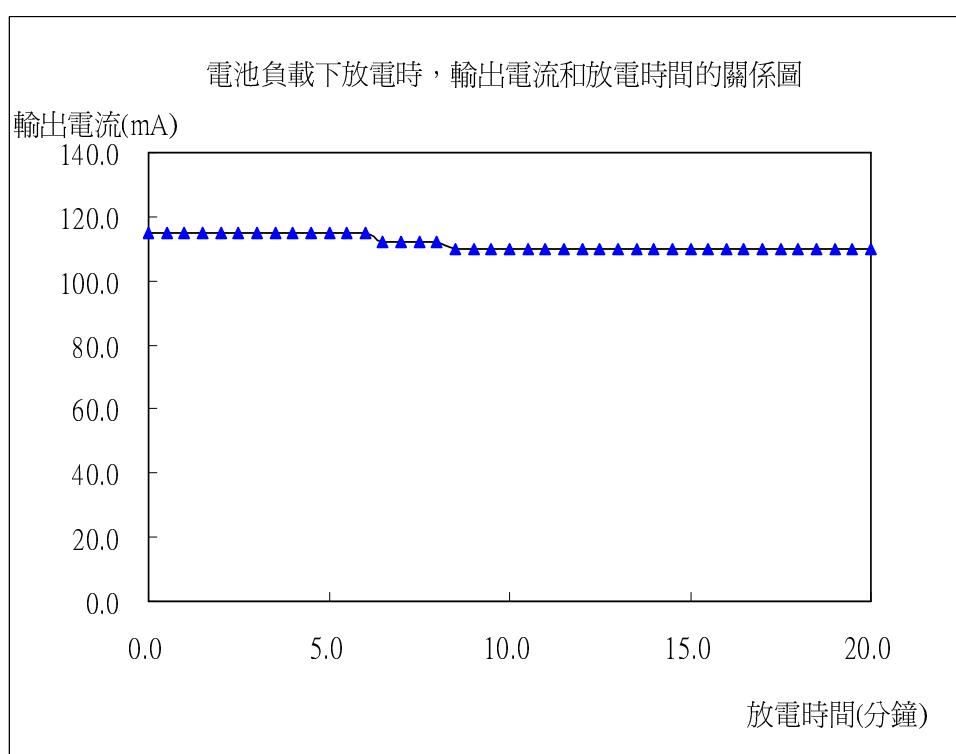
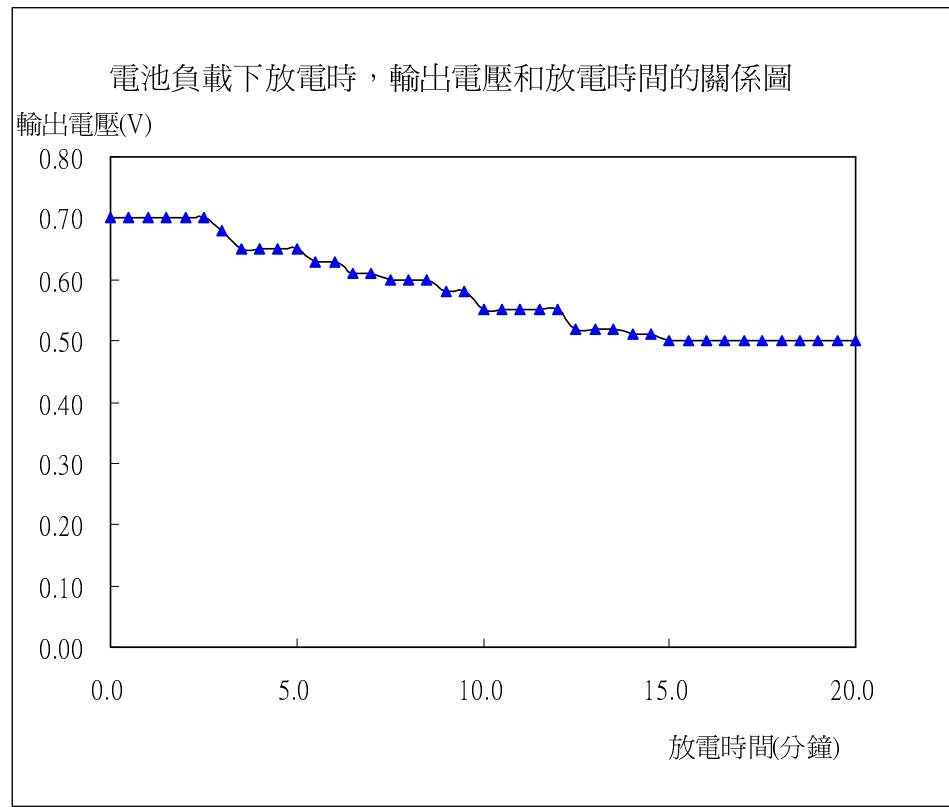
在負載低功率馬達下通電 4 分鐘內電壓和電流稍為上升後，之後平緩下降，最後電流保持在 10mA 左右。經實驗本電池負載低功率馬達下持續放電 7 天仍可運轉而不停止。

(二) 比較 2cm*8cm 和 6cm*8cm 平板型白鐵網電池負載低功率馬達下放電情形



說明：比較 2cm*8cm 與 6cm*8cm 平板型白鐵網電池，未負載的端電壓皆為 0.75V。接成通路後 2cm*8cm (0.65V、13mA)、與 6cm*8cm (0.68V、10mA)，6cm*8cm 電池測得兩端的電壓較高，但流經馬達電流較小(0.68V、10mA)。

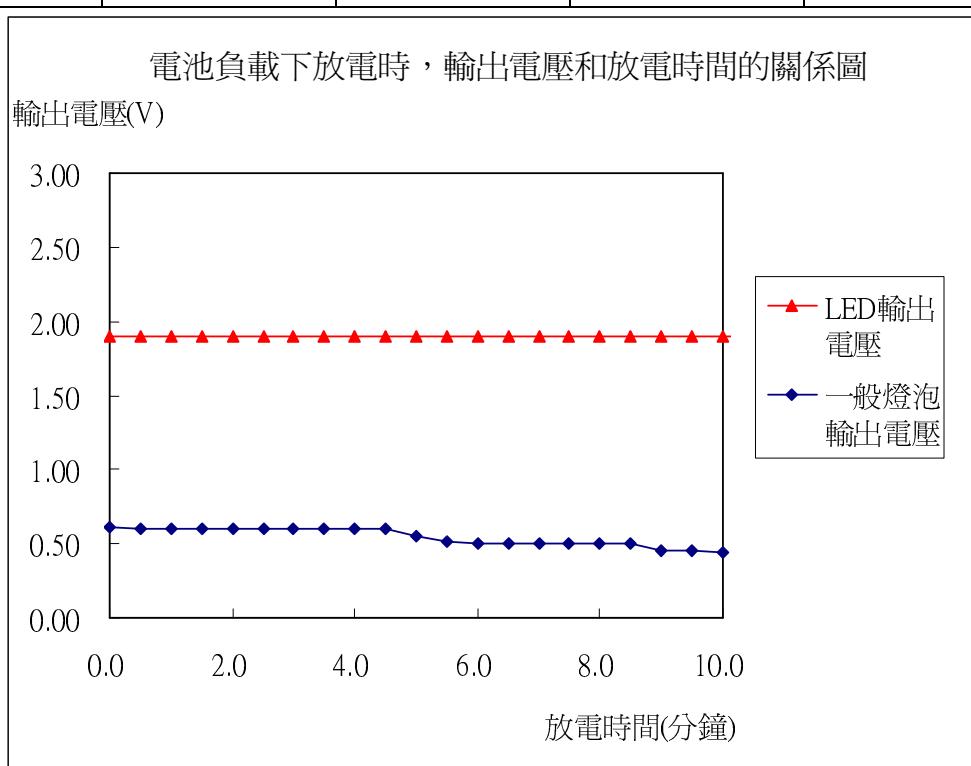
(三) 串聯 2 個平板型白鐵網電池和一般燈泡

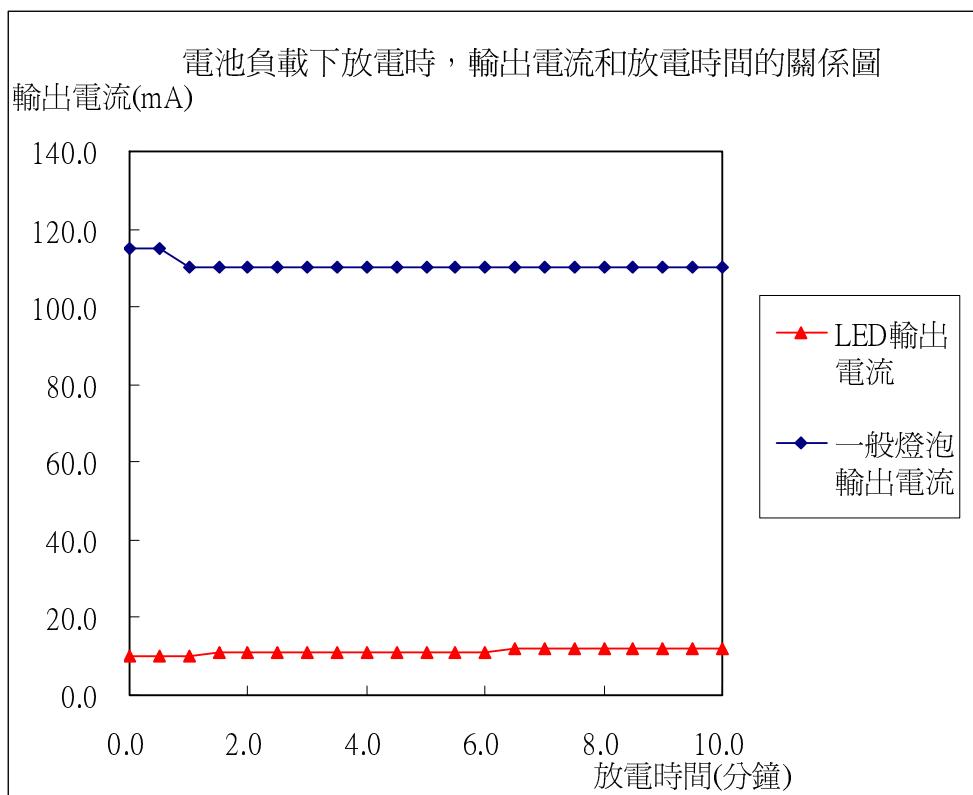


說明：串聯 2 個平板型白鐵網電池(未負載的電壓為 1.4V)和一般燈泡，流經燈泡的電流約 115mA～105mA，電池的輸出電壓在 20 分鐘內會從 0.7V 降到 0.5V。電壓下降，會使流經燈泡的電流降低。

(四)比較串聯 3 個平板型鐵網電池和 LED、一般燈泡

放電時間 (分鐘)	3 個平板型鐵網電池串聯 LED 燈		3 個平板型鐵網電池串聯一般燈泡	
	電池端電壓(V)	流經電流(mA)	電池端電壓(V)	流經電流(mA)
0	1.90	10.0	0.61	115.0
0.5	1.90	10.0	0.60	115.0
1.0	1.90	10.0	0.60	110.0
1.5	1.90	11.0	0.60	110.0
2.0	1.90	11.0	0.60	110.0
2.5	1.90	11.0	0.60	110.0
3.0	1.90	11.0	0.60	110.0
3.5	1.90	11.0	0.60	110.0
4.0	1.90	11.0	0.60	110.0
4.5	1.90	11.0	0.60	110.0
5.0	1.90	11.0	0.55	110.0
5.5	1.90	11.0	0.52	110.0
6.0	1.90	11.0	0.50	110.0
6.5	1.90	12.0	0.50	110.0
7.0	1.90	12.0	0.50	110.0
7.5	1.90	12.0	0.50	110.0
8.0	1.90	12.0	0.50	110.0
8.5	1.90	12.0	0.50	110.0
9.0	1.90	12.0	0.45	110.0
9.5	1.90	12.0	0.45	110.0
10.0	1.90	12.0	0.44	110.0





說明：串聯 3 個平板型白鐵網電池(未負載的電壓為 2.1V)和 LED 燈，流經 LED 燈的電流約 10mA~13mA，電池的輸出電壓在 20 分鐘內保持在 1.9 V。而串聯一般燈泡，則流經燈泡的電流約 110mA，電池電壓會由 0.61V 降至 0.44V，可見當串接負載較大的電器時，電池電壓會減損較明顯。

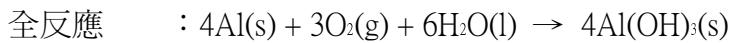
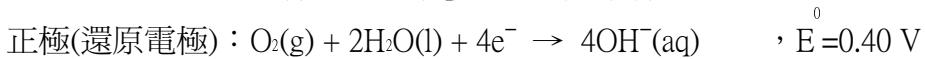
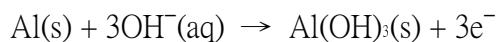
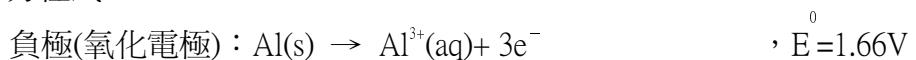
陸、討論

- 由實驗一得知，使用不同的罐裝材質裝入氯化鈉水溶液，不論輸出電流或輸出電壓大小依序為：鋁罐 > 鐵罐 > 馬口鐵罐。得知以鋁罐當負極有最佳的效果。
- 使用不同種類的電解質溶液，輸出電壓和電流大小依序為： $\text{KOH} > \text{NaCl} > \text{KNO}_3$ ，改變電解質溶液的濃度不會改變溶液電池的輸出電壓，但 KOH 的電流大小隨濃度增加而變大，而 NaCl 和 KNO_3 濃度對於輸出電流影響不大。綜合實驗一、二，得知影響輸出電壓的因素在正負極和電解質水溶液的種類，而影響輸出電流除正負極和電解質水溶液的種類外，改變電解質水溶液的濃度也是其一變因，濃度除了改變放電反應的快慢外並會改變電池本身的內電阻大小，影響電池輸出電流的大小， KOH 不僅提供電解質溶液導電的功能而已，並會參與放電反應。
- 本實驗使用碳棒使用一段時間後，發現實驗電流大小會驟減很多，探討問題可能碳棒其孔隙被電解質水溶液填滿，無法讓足夠的氧氣進入碳棒的孔隙中，無法進行反應，必須使其清洗並利用吹風機充分吹乾，方可再進行實驗。

四、由實驗三得知，溶液電池輸出電壓和電流大小依序為：活性碳粉碳棒 > 碳粉管狀白鐵網 > 備長碳 > 碳棒 > 木炭片。而且不論使用何種電極，電解質溶液濃度影響輸出電壓不大。以活性碳粉碳棒為正極，其電流會隨氯化鈉水溶液的濃度升高而上升，使用其它電極則濃度增加並不會影響電流大小。活性碳粉碳棒可有效反應出電解質濃度增加所造成的導電性增加。

五、若溶液電池輸出電壓相同，則氯化鈉水溶液離子濃度增加，會增加導電程度，則電流應會增加，但實驗結果電解質的濃度並不因此影響電流大小，可見影響電流大小應與電極更具相關性。我們猜想如何讓正極吸附更多的氧氣促進電池放電反應的進行，才是影響電壓與電流大小的主因。活性碳粉碳棒為正極可以提高溶液電池的輸出電壓，並進一步輸出電流明顯增加。

六、本實驗利用金屬、碳粉(碳棒)和電解質溶液所組成的電池，以鋁—氧電池為例的放電反應方程式：



本實驗以空氣中的氧氣作為電池中的氧化物，並且使用鋁作為負極，反應物質的金屬鋁，它參與電池中的負極化學反應，在反應過程中金屬鋁會氧化成氫氧化鋁。

七、聚丙烯酸鈉是超級吸水高分子，這種聚合物能吸收其本身重量 800 倍的蒸餾水，機制就是把超級吸水高分子製成一個小圓球，同時把鹽巴包在它所形成的球殼內。由於超級吸水高分子本身是一個半透膜，水只能進來但不能出去，而食鹽是被包在超級吸水高分子內部，當超級吸水高分子碰到水時，因其內外鹽的濃度相差非常懸殊，水會大量湧入超級吸水高分子，以便使內外鹽的濃度相等。簡單的說它吸水的原理就是利用滲透原理來吸水。

八、由實驗四得知，在皆以碳棒為集電極下，其初始未負載下的輸出電壓以 $\text{KOH}(\text{+})$ 為電解質的電壓最大(1.2V)，得知以 KOH 為電解質時，輸出電壓明顯大於氯化鈉水溶液。

九、比較碳棒+15g 碳粉+10mlNaCl (0.9V) 和 碳棒+10mlNaCl+吸水纖維(0.70V)，加入碳粉的電解質膠體配合碳棒集電極，可以增加電池的輸出電壓，推論活性碳粉會增加孔隙增加氧氣的吸附量或改變吸附的難易程度，因此會增加輸出電壓值。

十、由碳棒+10mlNaCl+0.5g 聚丙烯酸鈉和碳棒+10mlNaCl+吸水纖維的電壓和電流的關係圖，可看出未加入碳粉，在最初 5 分鐘內電壓下降很大，但電流不大 (5~7mA)，可見電能和放電速率不佳。加入碳粉明顯提高輸出電流的大小。推論活性碳粉會增加孔隙增加氧氣的吸附量和活性碳粉增加接觸面積可增加導電性，並可降低電池的內電阻，因此會增

加輸出電流值。

十一、由碳棒+10mlNaCl+0.5g 聚丙烯酸鈉(0.95V) 和碳棒+15g 碳粉+10mlNaCl+15g 澱粉看出，再添加膠狀劑會使得電壓和電流輸出降低，但輸出電流卻表現較穩定，且添加聚丙烯酸鈉略優於澱粉。因此本實驗嘗試利用聚丙烯酸鈉當做電解質中水份的吸附劑，同時可當黏著劑改善一般黏著劑無法導電的問題，並且嘗試減緩水份蒸發減損影響電池的導電能力。

十二、比較輸出電壓和輸出電流與時間的關係圖，碳棒+15g 碳粉+10mlNaCl 溶液與 KOH 為電解質時，輸出電流較強，說明放電速率較快電壓隨之下降快。

十三、由實驗五得知，集電極以碳棒為材質輸出電壓較高，而白鐵網次之，備長碳則電壓下降很快；另輸出電流則以平板型白鐵網平緩下降，除了以罐裝圓柱型的一般乾電池的外觀，想到另利用活性碳粉舖成碳紙，嘗試將電池以「紙電池」的形式。

十四、由實驗六得知，比較碳棒+10mlNaCl+15g 碳粉+1.0g 聚丙烯酸鈉和碳棒+20mlNaCl+15g 碳粉+1.0g 聚丙烯酸鈉，加入氯化鈉水溶液 20ml 比 10ml 其輸出電壓在 5 分鐘內下降很快，且製作的活性碳粉膠體 NaCl 水溶液使用 20ml 時較軟而 10ml 時較硬。

十五、由碳棒+10mlNaCl+15g 碳粉其輸出電壓和電流下降很快，顯示放電速率很快，而碳棒+10mlNaCl+15g 碳粉+1.0g 聚丙烯酸鈉的起始輸出電壓(0.9V)和輸出電流下降平緩，以 15 公克碳粉、10mNaCl 和 1.0g 聚丙烯酸鈉是本實驗中電池中活性碳粉膠體較佳體積比例。

十六、當將乾電池放置二週後，測得輸出電壓和輸出電流，使用的 NaCl 水溶液和聚丙烯酸鈉較少 (10ml) 時較硬，輸出電壓會較大 (0.85V 以上)，輸出電流 (150mA 以上) 亦較大；NaCl 水溶液和聚丙烯酸鈉較多時碳粉棒較軟，輸出電壓 (0.80V 以下) 會較小，輸出電流 (100mA 以下) 亦較小。但是若緊壓碳粉棒則電流會明顯增加 (360mA~390mA) 許多甚至大於硬的碳粉棒，但是電壓變化不大。

十七、當使用 KOH 做為電解質溶液時，放置 2 週後，電池的鋁箔明顯反應侵蝕掉，輸出電壓 (0.97V) 仍很大，但是輸出電流則下降至 10mA 左右，可見以 KOH 為電解質時，必須進一步克服自發反應侵蝕電極嚴重的問題。

十八、在使用過後的電池，當暫時斷路停止放電，再接通電路後，則瞬間輸出電壓和電流會上升一些，若放置一小時後，則輸出電壓會回復上升，電流也會回復上升許多，但是輸出電壓和電流的下降明顯較前一段為快；但是若放置 2 天後，則輸出電壓和電流會回復上升，與電池開始使用時的數值變化不大甚至有些較大些；放置 2 週後由於水份蒸發掉，造成電流明顯下降但部份仍維持在 100mA 以上，但是電壓變化仍不大。

十九、未加聚丙烯酸鈉吸水劑的電池，則放置 2 天和 2 週後電流明顯下降許多，是由於水份蒸發掉，電解質溶液的導電性大部份減弱，可見聚丙烯酸鈉吸水劑的作用雖限制電池剛開始的輸出電流，但是卻可發揮防止溶液滲漏的作用外，並具有持續電力和保存的功能。

二十、電池放電和放置後，再加入氯化鈉水溶液，增加輸出電流的大小，但是卻會降低輸出電壓的大小；加入的體積越多，則輸出電流越大，但電壓卻越來越小，推論是電流增加，由於本身的內電阻，造成輸出電壓的下降。

二十一、由實驗七得知，在比較 2cm*8cm 與 6cm*8cm 平板型白鐵網電池，未負載的端電壓皆為 0.75V。接成通路後 2cm*8cm (0.65V、13mA)、與 6cm*8cm (0.68V、10mA)，6cm*8cm 電池測得兩端的電壓較高，但流經馬達電流較小(0.68V、10mA)。得知流經馬達和本身電池內電阻的電流較小，則實驗中電池本身內電阻的端電壓較大，可推測 6cm*8cm 本身電池內電阻較大，這一點必須進一步探討的。

二十二、平板型白鐵網電池剛負載下放電輸出時電壓會先提高，在負載低功率馬達下通電，電壓和電流會平緩下降。最後電壓會下降到 0.3V、電流保持在電流 9mA 左右。經實驗電池負載低功率馬達下持續放電 7 天仍可運轉而不停止。

二十三、串聯 2 個平板型白鐵網電池(未負載的電壓為 1.4V)和一般燈泡，流經燈泡的電流約 115mA～105mA，電池的輸出電壓在 20 分鐘內會從 0.7V 降到 0.5V。電壓下降，會使流經燈泡的電流降低。

二十四、串聯 3 個平板型白鐵網電池(未負載的電壓為 2.1V)和 LED 燈，流經 LED 燈的電流約 10mA～13mA，電池的輸出電壓在 20 分鐘內保持在 1.9 V。而串聯一般燈泡，則流經燈泡的電流約 110mA，電池電壓會由 0.61V 降至 0.44V，可見當串接負載較大的電器時，電池電壓會減損較明顯。

柒、結論

- 一、海水電池的製作以鋁罐來當罐體，不論輸出電流或輸出電壓都有最佳的效果。
- 二、使用不同種類的電解質溶液，輸出電壓和電流氯氧化鉀溶液明顯較高，不僅提供電解質溶液導電的功能而已，並推測會參與放電反應，但是氯氧化鉀溶液為電解質時會嚴重侵蝕電極有待克服。
- 三、單獨使用碳棒或備長碳得到的輸出電流不大，而且電流強度驟減維持不久，本實驗添加活性碳粉可大幅增加輸出電流大小，我們推論是增加孔隙增加氧氣的吸附量，吸附更多的氧氣促進電池放電反應的進行，和活性碳粉可增加導電性，並可降低電池的內電阻，因此會增加輸出電流值。
- 四、添加聚丙烯酸鈉當膠狀劑會使得電壓和電流輸出降低，雖限制電池剛開始的輸出電流，但輸出電流卻表現較穩定，因此本實驗嘗試利用聚丙烯酸鈉當做電解質中的吸水劑，可發揮防止溶液滲漏的作用外，同時可當黏著劑改善一般黏著劑無法導電的問題，並且嘗試減緩水份蒸發減損影響電池的導電能力。

五、比較輸出電壓和輸出電流與時間的關係圖，輸出電流較強，放電速率較快，輸出電壓會隨之下降快。

六、集電極以碳棒為材質輸出電壓較高，而白鐵網次之，另以平板型白鐵網的輸出電流平緩下降，思考除了以碳棒罐裝圓柱型的一般乾電池的外觀外，本實驗利用活性碳粉舖成碳紙，嘗試將電池以「紙電池」的形式呈現確實可運用於驅動電器。經實驗電池負載低功率馬達下持續放電 7 天仍可運轉而不停止。

七、未來方向

(一)可進一步探討活性碳粉和聚丙烯酸鈉對於電解質溶液的導電性或放電化學反應的影響和關係。

(二)本實驗已製作出驅動電器的鋁—空氣電池，進一步探究實驗變因，如何提高放電的電壓和電流強度，完整理論並做出簡而易得的實驗電池做為國中生學習的教材。

(三)瞭解和運用活性碳粉的高導電性和高孔隙的性質於空氣和燃料電池中。

捌、參考資料

翰林出版社自然與生活科技領域編輯群（民 96）。國中自然與生活科技第一至四冊。翰林出版社。

林永鑫等人(民 96)。海洋牧場—節能潔能海水電池的探討。中華民國第 46 屆中小學科學展覽作品。臺北縣。

吳昭慧等人(民 94)。揭開鹼性電池的神秘面紗—鋅銅鹼性伏打電池的探討。中華民國第 44 屆中小學科學展覽作品。基隆市。

周建和(民 88)。簡易材料製作 100mA『三明治伏打示範電池』。取自

<http://www.cna.edu.tw/~sas/ecna/disc-phy/PO03.pdf>

張雅婷等人(民 97)。綠色能源~竹炭 V.S. 備長炭海水電池的探討。中華民國第 47 屆中小學科學展覽作品。臺北縣。

張雲朋(民 92)。由空氣產生電能的新能源—鋅空氣燃料電池。科學發展，367，12-15。

張維軒等(民 98)。廢棄乾電池大變身—燃料電池。中華民國第 48 屆中小學科學展覽作品。南投縣。

【評語】030205

海報版面製作精美，延伸學長實驗結果並繼續研究，值得鼓勵，實驗過程請注意安全，實驗設計利用吸管添加水至電池中，頗具創意，實驗日誌部分建議再書寫完整，對電極的選用較隨機，形式上未逐步探究。