

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 化學科

第三名

080219

鋁空氣電池

學校名稱：臺北市大同區蓬萊國民小學

作者： 小六 楊涵妃 小六 卓妍溱	指導老師： 利育緬 杜嘉玲
-------------------------	---------------------

關鍵詞：備長炭、鋁空氣電池、廢材再生

## 摘要

本實驗探討以回收暖暖包、廢棄濾心碳材、鋁箔、鋁罐加上食鹽水製成鋁空氣電池的可行性。第一部分我們比較不同炭材和不同隔離膜種類的組合，發現備長炭和厚紗布的組合測得最大電壓約 1 伏特；第二部分則以活性碳粒及碳粉、透氣防水布、鋁箔及鋁罐，找出較佳發電效能的組合，發現備長炭添加活性碳粒的組合得到最大電壓約 1.13 伏特、電流 0.2A；第三部分以使用過的暖暖包自製設計四種暖暖包鋁空氣電池，電壓均可達約 1 伏特。最後利用廢濾心碳材，自製設計五種濾心碳材鋁空氣電池，並經由簡單串聯後電壓可達 3 伏特、電流接近 0.1 A。其中實用性較高的電池有二，一是濾心碳棒浸泡鹽水鋁罐空氣電池組，二是堆疊六層「碳塊-鹽水果凍-鋁片」空氣電池組。

## 壹、研究動機

接連前二年的暑假，我們在校內科展的研究題材是「風力發電」及「氫燃料電池」，越深入研究就發現內容越艱澀，但我們對於綠色或再生能源的興趣一直都很高。恰巧學校的超能課程裏頭有一款只要加入鹽水就可發電的積木電池，可以作為提供積木組合運作的供電者，如同乾電池一樣，這樣的電池引起我們的好奇心，只要加入鹽水作用就可以產生電能，這讓我們十分驚訝，所以在徵詢學校老師的同意後，我們就 hands 邊現有的材料展開有關鋁空氣電池的研究。

## 貳、研究目的

- 一、透過相關資料探究空氣電池發電原理。
- 二、利用備長炭、鋁箔及食鹽水模擬鋁空氣電池發電。
- 三、提高鋁空氣電池的發電效能（添加活性碳材、增厚隔離膜、加大接觸面積）。
- 四、回收再利用－以回收物（回收暖暖包、回收濾心、回收鋁罐等）自製鋁空氣電池。

## 參、文獻探討

與本研究相關歷屆科展作品分析：

作品類型	名稱	作品摘要	對我們研究作品的影響
中華民國第 60 屆中小學科展國小組化學科	揭開自製鋁空氣電池讓風扇連續轉動十個小時的秘密--電池效能提升研究	備長炭可重複使用、導電性好的備長炭及增加氧氣濃度可提高電池效能。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 導電佳備長炭製作鋁空氣電池效能較好</li> <li>2. 備長炭可重複用來製作鋁空氣電池。</li> <li>3. 增加氧氣濃度可提高鋁空氣電池效能。</li> <li>4. 備長炭濕度稍高，鋁空氣電池讓風扇馬達運轉的時間較長。</li> <li>5. 補充食鹽水會提高鋁空氣電池效能。</li> </ol>
2018 臺灣能 - 潔能科技創意實作競賽國中組佳作	炭為觀止- 鋁空氣電池最佳效能之研究	直徑 3cm、長 22cm 備長炭產生較大功率及 27% 食鹽水讓風扇馬達運轉時間最久。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 直徑 3cm、長 22cm 備長炭功率較大。</li> <li>2. 濃度 27% 飽和食鹽水供電效能較高。</li> <li>3. 鋁空氣電池的缺點是發電功率較小。優點是較為環保，反應完後需重新補充鋁及電解液再讓電池繼續運作。</li> </ol>
中華民國第 49 屆中小學科展國中組化學科	電從哪裡來？鋁-空氣電池的製作與探討	改善碳棒、電解質導電性，自製碳紙電池讓低功率馬達運轉 7 天。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 碳棒添加活性碳粉增加輸出電流。</li> <li>2. 碳棒使用後須清洗並吹乾，讓足夠氧氣進入孔隙中再進行實驗。</li> </ol>
中華民國第 51 屆中小學科展國中組生活應用	未來電池之星：鋁空氣電池	比較各種隔離膜材料孔隙度在不同電解質中的表現。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 適當的孔隙大小可增加隔離膜吸水度，提升輸出的電壓和電流。</li> <li>2. 隔離膜材質厚度增加，電壓隨著變大。</li> <li>3. 化妝棉與 26.3% 食鹽水及鋁箔，可製最高電壓 0.56V 鋁空氣電池，驅動小馬達。</li> </ol>
中華民國第 55 屆中小學科展國小組化學科	鋅鋁奇緣 Let it go	鋅或鋁、4B 筆心作電極，紗布與鹽酸作電解液，構成電池。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 選用鋁製作空氣電池，發電效能（電壓、電流）較佳。</li> <li>2. 用 5 層紗布可達最大發電效率。</li> <li>3. 電壓低，須確認空氣是否參與反應？</li> </ol>
屏東大同高中學生論文投稿	鋅空氣電池	以 arduino 監測電壓驗證自製鋅空氣電池確實與空氣作用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不織布材質保水好、孔隙大，使離子解離較均勻分布，而發生反應。</li> <li>2. 加大反應面積可提升空氣電池電壓。</li> </ol>

作品類型	名稱	作品摘要	對我們研究作品的影響
彰化沙鹿高工學生論文投稿	廢棄物發電應用	利用廢棄的碳與鋁發電串聯讓電子產品可以順利運作。	1.碳與膠水以 3:2 比例製成碳片較良好。 2.以自然風乾的碳片使電壓電流達最大。 3.用塊狀鋁、塊狀碳及塊狀棉片組合成方便的串聯電池讓電子產品順利運作。

閱讀完有關鋁空氣電池的研究後，我們發現一些有趣的地方：

**正極部分**：①挑選電阻小及導電性佳的備長炭可提高電池發電效能。

②增加氧氣濃度可提高電池效能、碳棒添加活性碳粉與空氣反應比例高。

③碳棒使用後清洗吹乾可重複使用、濕度稍高的備長炭可重複使用。

**電解質部分**：①選擇室溫 20 °C 26.5 %飽和食鹽水，與鋁箔反應可產生 0.56 伏特電壓。

②選擇是不織布、化妝棉、紗布且厚度越厚的材質發電效率越大。

③補充食鹽水會提高電池效能、反應後補充鋁及電解液能繼續發電。

**負極部分**：①加大反應面積可提升空氣電池電壓與傳統化學電池原理不同。

我們在〈炭博士專欄〉的活性炭材文章中發現活性炭粉（或碳粒）的孔隙比碳棒、木炭、竹炭或備長炭等，本身孔隙數多且細小，加上「電從哪裡來?」研究中也提到碳棒添加活性炭粉可增加輸出電流大小，所以如何利用活性炭粉（或碳粒）來補強木炭、竹炭或備長炭的產電效能；或者回收暖暖包內活性炭粉、回收濾水器濾心內碳粉或回收鋁罐，試試耗材是否還能在鋁空氣電池中參與反應，也是我們想深入研究的部分。

## 肆、研究設備與器材

三用電表（圖1）、PASCO電流偵測器（圖2）、PASCO電壓偵測器（圖3）、備長炭（圖5）、竹炭（圖4）、木炭、鋁箔紙、舒跑鋁罐、活性炭材、食鹽水、紗布（不織布）、脫脂棉、餐巾紙、燒杯、濾紙、滴管、攪拌棒、鱷魚夾導線、手機顯微鏡、三號電池、發光二極體、小燈泡、電線、砂紙、回收用過的暖暖包（圖6）、濾水器濾心（圖7）、智高積木、玉米澱粉（增稠劑）、口罩、購物防水透氣布、塑膠盒、光碟盒等。



圖1  
三用電表



圖2、圖3  
PASCO  
電流、電壓偵測器



圖4  
竹備長炭



圖5  
青桐木備長炭



圖6、圖7  
暖暖包和濾心

## 伍、研究過程與方法

### 一、探究空氣電池發電原理

#### (一) 智高積木鋁空氣電池

智高金屬—空氣燃料電池以金屬鎂、鋁或鋅當作正極，使用含鹽溶液作為鹽橋電解質，負極則引起反應產生電流（如圖 8）。使用一片鎂鋁合金片，可以持續穩定供電約 1.4V 及 0.3 ~ 0.5 A 電流長達 20 小時以上。

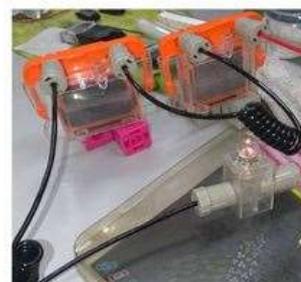
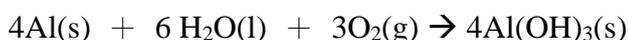


圖 8 智高積木電池組

串聯二個金屬燃料電池就能產生大約有 3V 的有效電力。當使用結束，可以抽出金屬板清洗，裡面生成物是氫氧化鎂白色粉末，常用來做成胃制酸劑，對環境無危害性。（參考自智高 Gigo 官網）

#### (二) 鋁空氣電池發電原理

鋁箔上的鋁金屬碰到鹽水會氧化成為鋁離子放出電子，與備長炭中的氧氣接收電子發生還原變成氫氧根離子，鋁的氧化與氧的還原形成一個氧化還原反應。備長炭能導電當作電池電極的一端，鋁箔紙能導電當作電極另一端，如此可以形成一個鋁空氣電池。



圖文摘自〈3D 有趣實驗：自製鋁空氣電池〉科學 Online 高瞻自然科學教學平台

### 二、利用周邊現有低花費材料模擬鋁空氣電池發電

#### (一) 蒐集資料：

上網尋找關於乾電池的內部構造說明及影片，發現乾電池分為正極—碳棒、負極—外殼的鋅筒、內部二氧化錳和石墨粉及氯化銨溶液組成的糊狀物（如圖 9），圖取自〈科學小芽子〉。

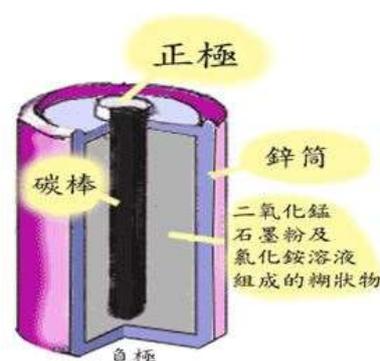


圖 9 乾電池的內部構造

#### (二) 實驗構思：

我們參考網路平台上自製鋁空氣電池的教學，內容是使用備長炭，但是家裡留有中秋節烤肉未用完剩下來的木炭，所以我們決定選擇使用一般木炭、沾飽和食鹽水的溼紙巾、鋁箔，將濕餐巾紙繞二圈，外層再鋁箔纏繞組成像乾電池的模樣，我們組裝的鋁空氣電池，裝置示意圖請見下頁圖 10。

我們也發現三號電池跟我們設計的鋁空氣電池裝置示意圖有關聯性，下面表格是「空氣電池與乾電池的材料對照表」：



圖 10 鋁空氣電池示意圖

表 1 空氣電池與乾電池的材料對照表

對照	正極	中間電解液	負極
三號電池	碳棒	二氧化錳和石墨粉及氯化銨溶液組成的糊狀物	鋅筒
模擬鋁空氣電池	木炭	沾滿食鹽水的溼紙巾	鋁箔

(三) 測試過程：**木炭改備長炭，電壓開始增加**

1. 使用木炭製成鋁空氣電池電壓低

我們以餐巾紙沾濕飽和食鹽水將木炭包裹起來，外層再包一層鋁箔紙，這樣就成了簡單的木炭鋁空氣電池。結果以三用電表測量電壓太小，總在 0.2 伏特至 0.3 伏特數值來回跳動著，結果並不如網路影片會讓風扇小馬達快速轉動。

2. 改用備長炭製成鋁空氣電池電壓增加

我們思考會是木炭和備長炭的差異？加上「炭為觀止--鋁空氣電池最佳效能之研究」中提到備長炭的電阻小，於是將木炭改成約 10 cm 長的備長炭做實驗，結果電壓開始增加，以三用電表測量一塊備長炭空氣電池的電壓接近 1.0 伏特，實驗只將木炭改成備長炭，電壓就從 0.3 伏特增加至約 1.0 伏特。

3. 測試結果：**串聯備長炭電池讓 LED 燈亮一整天**

(1) 一塊備長炭鋁空氣電池無法讓小燈泡發亮

一塊備長炭鋁空氣電池的電壓不到 1 伏特，無法使小燈泡發亮，須串聯多組備長炭鋁空氣電池，小燈泡才會亮，因為小燈泡須 1.5 伏特及 0.4A 電流才會亮。

(2) 串聯 3 個備長炭電池可讓 LED 燈發亮

在與老師討論後，我們改用發光二極體 LED 來測試，LED 需求電壓數值並不如小燈泡高，我們串聯三組備長炭鋁空氣電池（測得電壓已超過 3.0 伏特），可使 LED 燈發亮（如圖 11、圖 12），我們持續讓 LED 燈發亮超過一天以上。

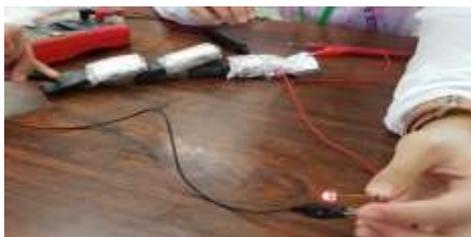


圖 11 串聯備長炭鋁空氣電池讓 LED 亮了



圖 12 串聯備長炭電池測得電壓超過 3V

4. 探討「不同木炭材質」及「不同浸泡食鹽水的布料」對電池電壓的影響：

因為相關科展研究提到「飽和食鹽水與鋁箔反應可產生 0.56 伏特的電壓」及「選擇不織布、化妝棉、紗布且厚度越厚的材質發電效率越大」，我們想了解不同木炭材質對電壓之影響，於是我們的調整實驗設計如下：

**【實驗編號 1】**

- (1) 實驗目的：「不同木炭材質」及「不同浸泡食鹽水布料」對電池電壓的影響。  
(2) 控制變因：三種木炭材質的大小（固定接觸的表面積）、鋁箔的大小、包裹食鹽水的隔離膜材質、飽和食鹽水濃度。

a. 固定三種不同炭材的表面積

因木材樹種及燒製因素，我們跟老師討論決定以炭材表面積也就是與隔離膜接觸的面積當作為固定值，下表為三種木炭的外觀大小及重量說明。

表 2 三種木炭材質外觀、大小、重量及表面積說明

炭材	外觀及大小 (直徑、長) 或 (長、寬、厚)	表面積 (不含兩側)	重量 (公克)
木炭(一般木材燒製)	直徑 3cm、長 10cm	約 94.2cm <sup>2</sup>	57.3
竹炭(以孟宗竹燒製的備長炭)	長 10cm、寬 3cm、厚 1.5cm	約 99 cm <sup>2</sup>	12.2
備長炭(青櫚木燒製的備長炭)	直徑 3cm、長 10cm	約 94.2cm <sup>2</sup>	64.7

b. 有關包裹食鹽水的隔離膜材質說明

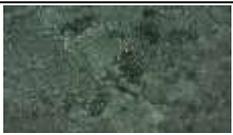
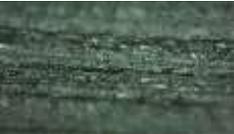
關於厚紗布(不織布) (20 \* 10 cm\*3 張)、厚脫脂棉 (20 \*1 0 cm \*1 張) 及厚餐巾紙 (20 \* 20 cm \* 5 張)，我們將接觸面積大小固定在 20 \* 10 cm，乾燥時厚度為 0.5 cm 左右，實驗時固定以 10 cm 短邊處與三種木炭材質長 10 cm 約等高，約將木炭材質包裹約一圈半。

c. 鋁箔大小約 20 \* 10 cm，在隔離膜包裹纏繞後再將鋁箔包覆在最外層，約將整個鋁空氣電池材質包裹起來（約有半圈鋁箔會疊合）。

(3) 操作變因：

木炭材質：一般木炭、竹炭（孟宗竹燒製）及備長炭（青櫚木燒製）共 3 種。  
隔離膜材質（浸食鹽水布料）：包括厚紗布、厚脫脂棉及厚餐巾紙，共 3 種。  
我們使用兩種測試方式來測導電性，第一種用小燈泡接 1 個 1.5 伏特乾電池當電源，第二種用 LED 燈接 2 個 1.5 伏特乾電池當電源，測試三種炭材是否可以導電讓燈泡及 LED 燈發亮。之後依序將要做測試的炭材分別串聯連接小燈泡組及 LED 燈組，實驗結果如下表：

表 3 三種木炭材質表面 1000 倍放大圖及其導電性的比較表格

	炭材表面孔隙放大 1000 倍		炭材導電性的比較	
木炭	 表面放大	 兩端放大	 LED 燈不亮	 小燈泡不亮
竹炭	 表面放大	 兩端放大	 LED 燈亮了	 小燈泡微亮
備長炭	 表面放大	 兩端放大	 LED 燈亮了	 小燈泡亮了

依表 3 實驗結果，LED 及小燈泡發亮情形，可以比較出三種材質導電性：備長炭 > 竹炭 > 木炭。再對照炭材表面孔隙，我們發現竹炭及備長炭表面孔隙大、多且密集，在接下來的實驗中，我們想知道選擇導電性好及空隙多且密的炭材來製作鋁空氣電池，發電效能是否也會受影響？

(4) 實驗過程：

- a. 我們將隔離膜浸入飽和食鹽水中，取出靜置 6 分鐘，量測其吸水重。依序完成浸濕三種布料進行後續實驗，不同隔離膜材質吸水率如下表。

表 4 三種不同隔離膜吸水率計算說明

不同隔離膜材質吸飽和食鹽水 吸水率計算 (以吸水後的厚度相同為主)	吸水前重 (乾重)	吸水後重 (濕重)	吸水率 = (吸水後重 - 吸水前重) / 吸水前重 * 100%
厚紗布(不織布)(20*10 cm*3 張)	3.75g	40.4g	977.33
厚脫脂棉 (20*10 cm*1 張)	8.99g	96.5g	973.42
厚餐巾紙 (20*20 cm*5 張)	12.4g	79.24g	539.32

依表 4 的測量結果，可以比較三種隔離膜的吸水率高：厚紗布 > 厚脫脂棉 > 厚餐巾紙。我們想知道吸水率高者是否提供較多電解質讓發電效能佳？

- b. 我們變換不同木炭材質及隔離膜材質實驗，以電壓及電流偵測器檢測。



圖 13 實驗操作情形

圖 14 木炭鋁空氣電池電壓 0.627 V

圖 15 PASCO 電壓電流計測量情形

(5) 實驗結果，以電壓與電流計測量持續 30 分鐘，將結果記錄下來（如下表）。

表 5 三種木炭與三種隔離膜分別製成鋁空氣電池後的電壓、電流與時間的紀錄

木炭		一開始	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘
厚紗布	電壓(V)	0.60	0.48	0.59	0.56	0.56	0.55	0.55
(不織布)	電流(A)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
厚脫脂棉	電壓(V)	0.66	0.64	0.58	0.59	0.68	0.63	0.65
	電流(A)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
厚餐巾紙	電壓(V)	0.23	0.29	0.19	0.24	0.23	0.24	0.28
	電流(A)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
竹炭		一開始	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘
厚紗布	電壓(V)	1.10	1.05	1.05	1.04	1.03	1.04	1.02
(不織布)	電流(A)	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.06	0.07
厚脫脂棉	電壓(V)	1.17	1.16	1.14	1.11	1.12	1.10	1.09
	電流(A)	0.10	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
厚餐巾紙	電壓(V)	1.01	0.97	0.97	0.95	0.95	0.95	0.95
	電流(A)	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.05	0.06
備長炭		一開始	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘
厚紗布	電壓(V)	1.03	0.97	0.98	0.98	1.05	1.01	1.07
(不織布)	電流(A)	0.22	0.21	0.19	0.19	0.18	0.19	0.18
厚脫脂棉	電壓(V)	1.05	1.01	0.99	1.09	1.06	1.12	1.07
	電流(A)	0.19	0.18	0.16	0.17	0.18	0.17	0.16
厚餐巾紙	電壓(V)	0.93	0.95	0.97	0.93	0.95	0.95	0.95
	電流(A)	0.10	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08

最後將這 30 分鐘內所有數值平均值列出，讓我們容易分析討論（如下表）。

表 6 三種木炭與三種隔離膜製成鋁空氣電池後 30 分鐘內的平均電壓、電流彙整

與鋁箔反應	一般木炭 (烤肉用的木炭)	竹炭 (孟宗竹燒製的備長炭)	備長炭 (青櫚木燒製的備長炭)
厚紗布(不織布)	0.56 V / 0 A	1.06 V / 0.08 A	1.01 V / 0.19 A
厚脫脂棉	0.65 V / 0 A	1.13 V / 0.09 A	1.06 V / 0.17A
厚餐紙巾	0.26 V / 0 A	0.96 V / 0.07 A	0.95 V / 0.09 A

我們從上面表格中發現：

- 使用木炭製成的電池所測得的電壓數值均偏低，而且電流數值都為 0。
- 相同的木炭材質，不同浸泡食鹽水布料，所製作出的電池電壓大小：  
厚脫脂棉、厚紗布（不織布）> 厚餐巾紙

- c. 無論使用哪種布料作隔離膜，不同材質的木炭，製作出的電池電壓大小：  
備長炭鋁空氣電池、竹炭鋁空氣電池 > 木炭鋁空氣電池  
(約 1V) (約 0.3~0.6V)
- d. 不同材質的木炭，搭配三種隔離膜，所製作出的電池電流大小：  
備長炭鋁空氣電池 > 竹炭鋁空氣電池 > 木炭鋁空氣電池  
(約 0.09~0.19 A) (約 0.07~0.09A) (約 0 A)
- e. 竹炭和備長炭用厚脫脂棉及厚紗布當隔離膜產生電壓及電流效果較好。

從上面實驗來看，在三種材質及三種隔離膜布料所製成的鋁空氣電池實驗裡，我們發現「以備長炭包覆沾濕飽和食鹽水的厚紗布及厚脫脂棉，外層再包覆鋁箔所製成鋁空氣電池的發電效能是最好的」，所以接下來的實驗，我們將使用備長炭來作為提升發電效能的炭材。

### 三、嘗試將鋁空氣電池效能達到最佳

#### (一) 添加活性碳粉：

<思考>：科展研究提到碳棒添加活性碳粉與空氣反應比例提高，因為活性碳粉的孔隙比起碳棒、木炭、竹炭或備長炭等表面孔隙都比較多而且細微，所以吸附氧氣自然就增加，所以我們想若是「在備長炭外圍包覆活性碳粉（或碳粒）」或改成「直接以活性碳粒或活性碳粉來取代備長炭」，這樣是否可行？

<調整>：

- 「在備長炭外圍包覆活性碳粉（或活性碳粒）」的實驗設計中，
  - 備長炭鋁空氣電池組合方式與前面實驗中三種炭材電池的包裹方式相同。
  - 分別將活性碳粉及碳粒均勻撒在厚紗布上，將備長炭包裹，最後以鋁箔包覆。
- 「直接以活性碳粒或活性碳粉來取代備長炭」的實驗設計中，
  - 活性碳粉或碳粒是鬆散的，無法呈現棒狀直立造型，需要額外物品輔助塑型。
  - 在厚紗布均勻撒活性碳粉（及碳粒），以滴管沾濕飽和食鹽水，再將紗布捲成柱狀壽司捲，外層以鋁箔包裹進行實驗。
  - 使用回收鋁罐切除上蓋，磨除內膜，作為盛裝電解液容器，電解液不會外漏。
- 用爪狀電線擺入碳粉中**—實驗時，為了解決三用電表數值不穩定跳動情形，與老師討論後決定以分支爪狀電線均勻插入碳粉中，如右圖，也明顯改善數字不穩定的情況。



圖 16 爪狀電線擺入碳粉中

## 【實驗編號 2-1 & 2-2】

### 1. 實驗目的：

- (1) 探討「備長炭外圍包覆活性碳粉（或碳粒）」對備長炭鋁空氣電池效能的影響？
- (2) 「以活性碳粒或活性碳粉來取代備長炭」對鋁空氣電池效能的影響？

### 2. 控制變因：

木炭材質 備長炭二根（約直徑 3cm、長 10cm）、活性碳粒及碳粉重量皆 40g

鋁材質 鋁箔大小 20\*10cm

隔離膜材質 厚紗布（20\*20cm\*3 張，對折使用）、飽和食鹽水濃度及吸水率

### 3. 操作變因：

不同顆粒大小的活性碳材：活性碳粒及活性碳粉重量皆為 40g，共 2 種。

針對二種活性碳粒及活性碳粉之夯實壓密柱狀的外表孔隙大小比較，如圖 17、圖 18 所示，可以看兩者孔隙均多且密，尤其以活性碳粉表面孔隙更加細密。

考慮活性碳粒與碳粉是散狀因素，若與片狀、長柱狀炭材相比會有差異，我們討論後決定以夯實柱狀的外型來比較，我們使用 LED 燈接二個 1.5 伏特乾電池當作電源，測試這二種夯實的棒狀碳材是否可以導電讓 LED 發亮，如圖 19、圖 20 所示，結果：夯實柱狀活性碳粉及夯實活性碳粒當成導線時，LED 燈都會亮，表示二者緊密重壓塑型後都能導電。



圖 17 活性碳粒表面孔隙放大 100 倍



圖 18 活性碳粉表面孔隙放大 100 倍



圖 19 夯實壓密的碳粒及碳粉



圖 20 兩者夯實壓密後導電性都很好

### 4. 實驗過程：

- (1) 探討「在備長炭外圍包覆活性碳粉(或碳粒)」對備長炭鋁空氣電池效能的影響？
  - a. 我們將厚紗布浸濕飽和食鹽水取出靜置 6 分鐘，依序攤平疊放在桌面上，再分別鋪上活性碳粉及活性碳粒。
  - b. 分別將鋪有活性碳粉及活性碳粒的厚紗布裹上備長炭，再裹上一層鋁箔。
  - c. 我們以電壓及電流器檢測二種添加碳粉及碳粒的備長炭鋁空氣電池約 30 分鐘，將電壓與電流記錄下來（如下表）。

表 7 備長炭添加活性碳粉、活性炭粒製成鋁空氣電池  
與對照組 30 分鐘內電壓、電流的紀錄

備長炭		一開始	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	平均
對照組	電壓(V)	1.03	0.97	0.98	0.98	1.05	1.01	1.07	<b>1.01</b>
未添加	電流(A)	0.22	0.21	0.19	0.19	0.18	0.19	0.18	<b>0.19</b>
添加	電壓(V)	0.88	0.90	0.87	0.85	0.83	0.82	0.80	<b>0.85</b>
活性炭粉	電流(A)	0.20	0.20	0.16	0.18	0.17	0.18	0.16	<b>0.18</b>
添加	電壓(V)	1.11	1.12	1.14	1.12	1.14	1.13	1.12	<b>1.13</b>
活性炭粒	電流(A)	0.25	0.22	0.21	0.19	0.20	0.19	0.19	<b>0.21</b>

我們從上面表格中發現：

- ①與對照組備長炭鋁空氣電池比較，添加**活性炭粒**的電池量到的電壓和電流數值均**微幅上升**，平均電壓從 1.01V  $\Rightarrow$  1.13V，而平均電流從 0.19A  $\Rightarrow$  0.21A。
- ②與原先備長炭鋁空氣電池比較，添加**活性炭粉**的電池量到的電壓和電流數值卻都**下降了**，平均電壓從 1.01V  $\Rightarrow$  0.85V，而平均電流從 0.19A  $\Rightarrow$  0.18A。

從上面實驗來看，我們發現「在備長炭上**添加活性炭粉**的鋁空氣電池電壓值是**下降的**」與科展研究報告中提到「**碳棒添加活性炭粉**可大幅增加電池輸出的電流大小」，結果並不太相同，可能是我們使用的備長炭與炭棒本來就有差異性；而我們「在備長炭表面**添加活性炭粒**的鋁空氣電池的電壓和電流是有**微幅增加的**」，這樣的結果讓我們訝異—孔隙細密的活性炭粉其發電效果應該要比活性炭粒的效果好一些，怎麼反而差了點呢？

(2) 探討「以活性炭粒或活性炭粉來取代備長炭」對鋁空氣電池效能的影響？

- a. 我們將厚紗布浸濕飽和食鹽水取出靜置 6 分鐘後，依序攤平疊放在桌面上，再鋪上分別鋪上活性炭粉及活性炭粒。
- b. 分別將鋪活性炭粉及活性炭粒的厚紗布鋪上一層鋁箔後，像壽司卷一樣捲起，放入以磨除內膜的回收鋁罐容器中。



圖 21  
電池螺旋  
捲狀示意圖  
<擷取網路圖片>



圖 22 厚紗布沾食鹽水  
再鋪上碳粉或碳粒



圖 23 將鋪有碳粉及溼鹽水紗布  
再裹上一層鋁箔後像壽司卷捲起



圖 24 以三用電表測壽司狀捲活性碳粉

鋁空氣電池電壓約在 0.6V 左右

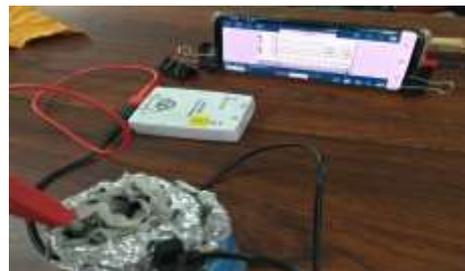


圖 25 PASCO 電流器檢測電壓及電流

- c. 我們利用三用電表及 PASCO 電壓及電流偵測器檢測二種活性碳粉及活性碳粒的鋁空氣電池電壓及電流約持續 30 分鐘，並將結果記錄下來（如下表）。

表 8 僅以活性碳粉、活性碳粒製成鋁空氣電池與對照組 30 分鐘內電壓、電流的紀錄

備長炭		一開始	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	平均
對照組	電壓(V)	1.03	0.97	0.98	0.98	1.05	1.01	1.07	<b>1.01</b>
	未添加 電流(A)	0.22	0.21	0.19	0.19	0.18	0.19	0.18	<b>0.19</b>
活性碳粉	電壓(V)	0.85	0.80	0.78	0.78	0.75	0.75	0.73	<b>0.78</b>
	電流(A)	0.21	0.19	0.18	0.15	0.14	0.14	0.14	<b>0.16</b>
活性碳粒	電壓(V)	0.95	0.89	0.88	0.86	0.86	0.88	0.86	<b>0.88</b>
	電流(A)	0.25	0.21	0.20	0.19	0.18	0.18	0.16	<b>0.20</b>

我們從上面表格中發現：

- 與原先備長炭鋁空氣電池比較，壽司捲狀**活性碳粒**的電池量到的電壓下降了，而電流數值大致相同，平均電壓 1.01V  $\Rightarrow$  0.88V，而平均電流 0.19A  $\Rightarrow$  0.20A。
- 與原先備長炭鋁空氣電池比較，壽司捲狀**活性碳粉**的電池量到的電壓和電流數值都下降了，平均電壓 1.01V  $\Rightarrow$  0.78V，而平均電流 0.19A  $\Rightarrow$  0.16A。

#### <討論與修正>：

- 「在備長炭外包覆活性碳粉（或碳粒）對鋁空氣電池效能影響」實驗，我們發現：
  - 添加**活性碳粒**的備長炭鋁空氣電池電壓和電流是有微幅**增加**的，
  - 添加**活性碳粉**的備長炭鋁空氣電池電壓值是**下降**的，
 我們對於結果感到訝異，原以為活性碳粉孔隙多且密，怎麼活性碳粉的發電效果反而差了一些呢？
- 在「僅以活性碳粒（或碳粉）取代備長炭對鋁空氣電池效能之影響？」實驗發現：
  - 與原先備長炭鋁空氣電池比較，二種壽司捲狀**活性碳粒**與**活性碳粉**的鋁空氣電池的電壓和電流數值都呈現**下降**情況。
  - 不過活性碳粒組合的電壓數值**略高**於活性碳粉的電壓數值。

3. 關於「活性碳粉孔隙無法吸附這麼多空氣，那孔隙又被什麼東西給佔住了呢？」之問題與解決方法，如下表：

表 9 關於活性碳粉的孔隙無法吸附空氣的問題與解決方法

問題	我們的解決方法
① 壽司螺旋狀捲得太緊密嗎？	我們將螺旋狀捲鬆點，但若是太鬆軟，整個活性碳粉很容易鬆散而掉落，勉強將鬆散地捲成壽司狀的活性碳粉鋁空氣電池裝在鋁罐中測試電壓， <b>電壓還是依舊未增加</b> 。
② 活性碳粉的量不夠多嗎？	嘗試將活性碳粉的量加倍，從 40g 增加到 80g，捲成壽司狀的活性碳粉鋁空氣電池的厚度也增加不少，裝在鋁罐中測試， <b>電壓還是依舊未增加</b> 。
③ 碳粉孔隙全被食鹽水填滿，讓空氣無法進入？	我們找到透氣且可阻隔水分的材質：口罩、防水透氣布料、咖啡濾紙等。我們先以咖啡濾紙測試，測試時，我們將濾紙打開成漏斗形，內部盛裝活性碳粉（約 40g），在漏斗下半部以沾滿鹽水的紗布進行包覆，再置入鋁罐中測試，隨即發現三用電表出現電壓 1 伏特的數值。

4. 我們以濾紙的測試，測得電壓 1 伏特，讓我們很開心，代表我們的猜測可能是對的--「**活性碳粉（或碳粒）不可被水完全沾溼，否則與空氣反應效果將打折扣**」。

表 10 濾紙當作鹽水隔離膜製成鋁空氣電池材質的示意圖與測試結果

放置 順序 由 下 而 上	活性碳粉 ↓ 濾紙 ↓ 沾食鹽水的厚紗布 ↓ 鋁罐		空氣可進入碳粉 ↓ 最後放活性碳粉 ↓ 濾紙隔斷水分 ↓ 水不會進碳粉孔隙 ↓ 鋁罐當反應容器	實驗結果： 以三用電表 量測此裝置 電壓數值最 大達 1 伏特
------------------------------	---	---	---	---

圖 26

### 【實驗編號 3】

- 實驗目的：  
探討「活性碳粉或碳粒」及「口罩或購物防水布」對電池電壓電流的影響。
- 控制變因：  
木炭材質      活性碳材的重量（重量皆為 40g）  
鋁材質        矮瓶鋁罐 \* 4 個（開口大小相同、內表面積固定）  
隔離膜材質    厚紗布（不織布）20\*20cm \* 3 張、飽和食鹽水濃度及吸水率
- 操作變因：  
木炭材質：活性碳粉、活性碳粒的顆粒（細粉和顆粒之大小），共 2 種。  
防水透氣材質布料：口罩與購物袋防水布（都是 20\*20cm），共 2 種。

口罩及購物防水布的透氣及防水測試，確認可透氣且不透水後才拿來做實驗：

透氣測試皆覆蓋在吹風機出風口以確認衛生紙紙片都會飄動；

防水測試以滴管滴 10 cc 水在布料上，靜置 30 分鐘，再以手擠壓，確認不滲水。

#### 4. 實驗過程：

(1) 我們準備四罐已經切除開口及磨除內膜的舒跑鋁罐，依序將厚紗布仿照鋁罐容器大小固定成 U 型，再放入鋁罐內，將食鹽水 50 cc 到入鋁罐中，之後再將鋁罐倒放靜置 6 分鐘，讓鹽水瀝乾流出。

(2) 分別準備二片口罩及二塊購物袋子防水布，仿照鋁罐容器大小固定成 U 型，放置入已瀝乾的容器內，再分別鋪上活性炭粉及活性炭粒。

(3) 為了測得更穩定的電壓，我們將電線的細絲銅線分爪（將外層絕緣塑膠剝除，將內部銅線捲線拉開呈現爪形）分別插入活性炭粉及活性炭粒中。

有關我們這個實驗製作的流程如下圖 27~圖 31 所示：



圖 27 厚紗布塑型      圖 28 放入鋁罐中      圖 29 再放入防水布      圖 30 最後放碳粉      圖 31 檢測電池電壓  
(滴鹽水後倒放瀝乾)

(4) 我們用三用電表、PASCO 電壓及電流偵測器檢測電壓及電流情形（如下圖）。



圖 32 檢測活性炭粒加口罩的鋁空氣電池測得電壓超過 1 V



圖 33 口罩裝活性炭粒



圖 34 口罩裝活性炭粉

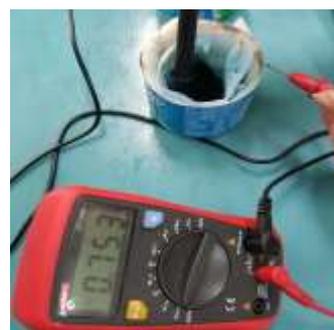


圖 35 隨著時間拉長，鋁空氣電池持續作用，電壓數值也微幅下降。

5. 實驗結果，我們以三用電表及 PASCO 電壓及電流偵測器來檢測電壓及電流，測試較長時間（3 小時、24 小時、48 小時及 72 小時）的電壓及電流，是想看看其發電效能的穩定狀況，下表是實驗測得的數據：

表 11 關於「活性炭粉或碳粒」及「口罩或防水布」對電池效能影響測試結果

編號	組合類別		測量項目	測量時間			
	活性炭	防水布材		3 小時	24 小時	48 小時	72 小時
1	活性炭粒	口罩防水布	電壓 電流	1.15 V 0.005A	0.99 V 0.005A	0.81 V 0.005A	0.70 V 0.005A
2	活性炭粒	購物袋防水布	電壓 電流	1.05 V 0.005A	0.96 V 0.005A	0.86V 0.005A	0.69 V 0.005A
3	活性炭粉	口罩防水布	電壓 電流	0.99 V 0.005A	0.87 V 0.005A	0.56 V * 0.005A	0.59 V 0.005A
4	活性炭粉	購物袋防水布	電壓 電流	0.95 V 0.009A	0.86V 0.009A	0.76 V 0.009A	0.65 V 0.009A

我們將上表實驗結果中的電壓數值轉換成下面折線圖（圖 36）方便分析討論。

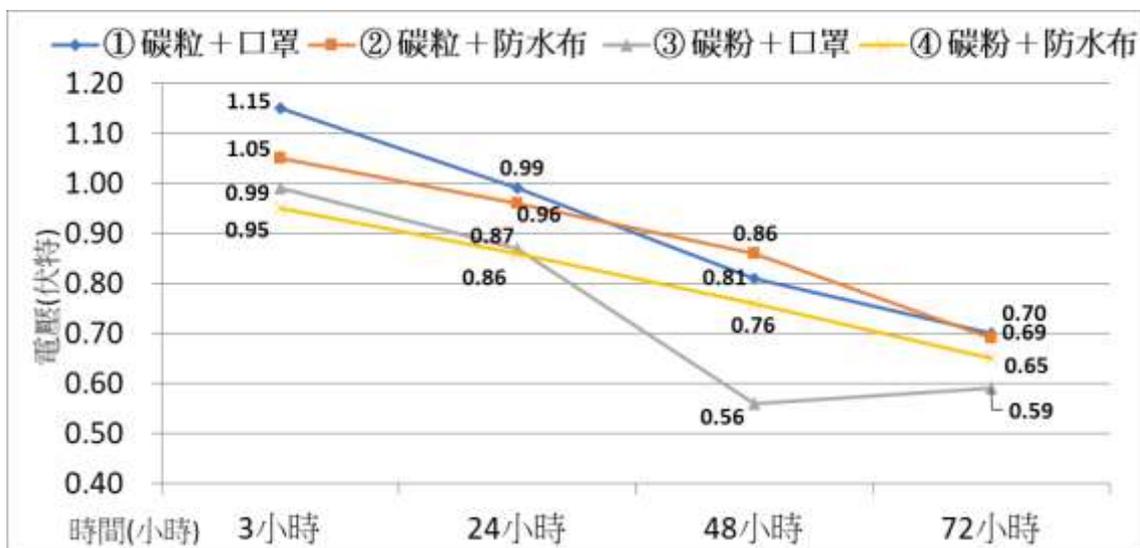


圖 36 「活性炭粉或碳粒」及「口罩或防水布」對電池電壓隨時間變化的紀錄

我們從圖中發現：

(1) 我們發現 72 小時內的電池組合電壓大小：

①碳粒+口罩、②碳粒+防水布 > ③碳粉+口罩、④碳粉+防水布，

推測在這個實驗中**活性炭粒吸氧效能比活性炭粉吸氧效率還高**。

(2) ②碳粒+防水布及④碳粉+防水布測得電壓數值一開始不高，過了 3 個小時後測得電壓比一開始時測得數值還高，推測是**水滲透問題影響**，防水布隔了一段時間後滲出較多的鹽水開始大量作用導致。

(3) ③碳粉+口罩經過 48 小時後測得電壓 0.56V 比起 24 小時測得電壓 0.87V 還少，是四組實驗中 48 小時內數據下降最多的，加上口罩內部的碳粉出現黑色的水分痕跡，我們推測**可能是水分阻隔碳粉吸收氧氣的功能**。

(4) ①碳粒+口罩、②碳粒+防水布 48 小時後，在碳粒上開始出現潮濕水分的顏色差異，我們推論活性碳粒和備長炭棒一樣，內部孔隙夠大，不會完全被水分堵住孔隙而無法吸取空氣中的氧氣。

(5) 四種組合電池隨著時間拉長，電池持續作用，測得電壓數值也微幅下降。

(6) 四種組合電池，從一開始以電流計測量電流持續到第三天，測得電流數值都非常低 (0.005A~0.009A)，表示鬆散的活性碳粒及活性碳粉裡都存在有有很大的電阻讓電流無法順利通過。

## (二) 增厚隔離膜材質：

文獻中提及「增加隔離膜材質厚度，電壓隨著變大」，在前段的竹炭、備長炭實驗中確實發現，不管是使用厚紗布、厚脫脂棉，電池電壓、電流均有增加。餐巾紙容易堆疊且堆疊 5 張可看出厚度差異性，我們改用便宜的餐巾紙，實驗電池組合方式如右圖所示。



### 【實驗編號 4】

1. 實驗目的：探討「隔離膜材質及厚度」對電池效能的影響。
2. 控制變因：木炭材質 活性碳粒 (重量為 40g)  
鋁材質 矮瓶鋁罐 \*3 個 (開口大小相同、內表面積固定)  
隔離膜材質 餐巾紙 20\*20cm、飽和食鹽水濃度及吸水率、口罩

表 12 關於三種厚度的餐巾紙沾濕飽和食鹽水吸水率的計算

不同餐巾紙厚度吸吸水率計算	吸水前重 (乾重)	吸水後重 (濕重)	吸水率 = (吸水後重 - 吸水前重) / 吸水前重 * 100%
薄 餐巾紙 (20*20cm*1 張)	2.45g	12.67g	417.14
稍厚 餐巾紙 (20*20cm*5 張)	12.4g	79.24g	539.32
厚 餐巾紙 (20*20cm*10 張)	24.79g	157.86	536.79

3. 操作變因：三種不同厚度的餐巾紙 (1 張、5 張、10 張堆疊) 進行實驗。



圖 37 不同厚度餐巾紙的比較側面圖



圖 38 不同厚度餐巾紙的比較俯視圖

#### 4. 實驗結果如下表。

表 13 三種厚度的餐巾紙當作隔離膜製成鋁空氣電池電壓電流的紀錄

餐巾紙的厚度	電壓與電流測得數值（10 分鐘）
薄 餐巾紙（20*20cm*1 張）	0.453 V / 0.005 A
稍厚 餐巾紙（20*20cm*5 張）	0.743 V / 0.009 A
厚 餐巾紙（20*20cm*10 張）	0.978 V / 0.016 A

我們從表格中發現：

- (1) 厚度大的餐巾紙的確在電池作用後產生較高的電壓，數值接近 1 伏特。
- (2) 薄的餐巾紙在電池作用，所測得電壓偏低，低於 0.5 伏特。
- (3) 三種餐巾紙製成的電池電流都非常低（在 0.016A 以下），表示鬆散的活性碳粒存在有很大的電阻讓電流無法順利通過。

#### （三）加大反應面積提升電壓：

文獻中提及「加大反應面積可提升空氣電池電壓」，我們準備拿鋁罐當作參與反應及盛裝容器；而智高積木鋁空氣電池模型中負極的鎂鋁合金在參與反應時，是一片雙面的合金與食鹽水進行作用，如此鋁與食鹽水反應作用的面積就加倍了。所以我們決定使用鋁罐及鋁箔來增加鋁和電解液的反應，也想知道以壽司捲狀的活性碳粒鋁空氣電池（前面實驗中電壓及電流效果也還不錯，30 分鐘內測電壓平均 0.88V、電流平均 0.20A。）於是我們的增加鋁的反應面積實驗設計如下。

#### 【實驗編號 5】

(1) 實驗目的：探討「增加鋁接觸反應面積」對電池電壓及電流之影響。

(2) 控制變因：

木炭材質 活性碳粒重量為 40g

鋁材質 鋁箔大小 20\*10cm

隔離膜材質 厚紗布（20\*20cm \* 3 張，對折）、飽和食鹽水濃度及吸水率

(3) 操縱變因：包括高瓶的舒跑鋁罐、低瓶的舒跑鋁罐，共 2 種。

種類	內表面積	底部及內側面積
低瓶鋁罐	約 166cm <sup>2</sup>	底面積 3.25*3.25*3.14+內側表面積 3.25*2*3.14*6.5
高瓶鋁罐	約 267 cm <sup>2</sup>	底面積 3.25*3.25*3.14+內側表面積 3.25*2*3.14*11.5

(4) 實驗過程：

- a. 在桌上我們先鋪鋁箔，將厚紗布浸食鹽水取出靜置，攤平疊放在桌面上（一半須疊在鋁箔上），再灑上活性碳粒，最後將厚紗布對折。
- b. 重複前一步驟再做一份，有高瓶和低瓶鋁罐。
- c. 鋁箔在外側，連同內側對折厚紗布，以壽司捲起，最後將兩份壽司捲分別放入已磨除內膜的高瓶鋁罐和低瓶鋁罐容器中，如右圖 39。



圖 39 以 PASCO 電壓及電流器檢測高低瓶鋁罐電壓電流

- d. 我們利用三用電表及電壓及電流偵測器檢測高瓶與低瓶鋁罐空氣電池檢測電壓及電流約持續 30 分鐘，將電壓值與電流值記錄下來（如下表）。

表 14 高瓶鋁罐和低瓶鋁罐鋁空氣電池 30 分鐘內電壓、電流的紀錄

		一開始	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘	20 分鐘	25 分鐘	30 分鐘	平均
高瓶鋁罐	電壓(V)	0.93	0.91	0.90	0.91	0.90	0.89	0.89	<b>0.903</b>
	電流(A)	0.24	0.24	0.23	0.23	0.21	0.19	0.19	<b>0.216</b>
低瓶鋁罐	電壓(V)	0.91	0.91	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	<b>0.900</b>
	電流(A)	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	<b>0.170</b>

我們從上述表格中發現：

在 30 分鐘內，高瓶鋁罐空氣電池的電流都比低瓶鋁罐空氣電池在電流上略高，平均電流  $0.216A > 0.170A$ ；而兩者平均電壓是差不多的。從數據來看與屏東大同高中學生論文投稿「鋁空氣電池」研究「加大反應面積可提升空氣電池電壓」是不同的，反倒是「加大反應面積可增加鋁空氣電池的電流」。

#### 四、廢棄物回收再利用（回收暖暖包、濾水器濾心、鋁罐、口罩防水布來製作鋁空氣電池）。

##### （一）回收暖暖包試作鋁空氣電池

每年冬天寒流來襲，同學紛紛使用暖暖包取暖，但暖暖包用完就被當作廢棄物丟棄，暖暖包成分有「鐵粉、食鹽、蛭石和活性碳粉」，其中活性碳粉及氧化鐵都會對環境會造成危害汙染。我們想知道暖暖包內的活性碳粉被使用過後，是否還具有吸附空氣的功能？所以我們就回收利用暖暖包內的活性碳粉來試作鋁空氣電池。

## 【實驗編號 6】

1. 實驗目的：探討「用過的暖暖包」對鋁空氣電池電壓電流之影響。

2. 控制變因：

木炭材質 相同品牌暖暖包（已用過及未用過）、活性炭粉

鋁材質 低瓶身鋁罐 \* 6 個

隔離膜材質 厚紗布（20\*20cm \* 3 張）、口罩防水布、飽和食鹽水濃度

3. 操縱變因：

包含活性炭粉、未用過暖暖包及已用過的暖暖包（25g、50g、75 及 100g）。未用過暖暖包及已使用過的暖暖包裡頭含有鐵及氧化鐵，所以測量導電性都會讓 LED 燈微微發亮，如右圖。



4. 實驗過程：

(1) 捨棄暖暖包分離處理—用完的暖暖包內有氧化鐵，我們以磁鐵來分離氧化鐵及碳粉，但操作後發現許多細小活性炭粉也跟著氧化鐵被吸起，分離成效不好。

(2) 平分暖暖包重量—因內容物無法分離，我們將內容物全用，分四種重量。

(3) 暖暖包內容物鬆散，活性炭粉之間接觸差，電阻大而阻礙電流，我們以壽司捲狀鋁箔鋁罐空氣電池模型材測試（如圖 40）。

(4) 我們用三用電表、PASCO 電壓及電流偵測器檢測約 10 分鐘，將實驗結果記錄（如表 15）。



圖 40 鋁空氣電池組裝方式

5. 實驗結果如下表。

表 15 「用過的」及「未用過的」暖暖包鋁空氣電池之電壓電流紀錄

炭粉來源 項目	使用過暖暖包內容物				未用暖暖包	活性炭粉
	25g	50g	75g	100g	50g	10 克
電壓 V	0.373 V	0.525 V	0.585 V	0.666 V	0.552 V	0.628 V
電流 A	0.003A	0.007A	0.009A	0.011A	0.014A	0.016A

我們從表格中發現：

(1) 以用過的暖暖包實驗，隨重量增加，電壓及電流數值有微幅增加趨勢。

(2) 100g 暖暖包可產生約 0.666 V，而電流微弱，約只有 0.011A，代表其中活性炭粉還具有吸收空氣的效能，只是內容物的電阻太大。

(3) 以全新暖暖包來做實驗，鐵粉與空氣作用發熱，活性炭粉持續吸收空氣跟鋁空氣電池反應，同時產生接近 0.552V 電壓，這種情形還蠻有趣的。但我們主要是廢物利用，這只是對照組，而且發熱過程，不利於自製電池的使用。

未來我們仍想繼續研究如何將暖暖包內容物完全分離出來，提高活性碳粉的濃度，藉由提高活性碳粉純度來增加鋁空氣電池的發電效能。

## 6. 利用回收暖暖包自製鋁空氣電池

我們額外添加活性碳粒均勻混合暖暖包內容物，以提升活性碳粉吸附空氣的功能，並結合實驗前半段發現提升鋁空氣電池發電效能的因素：「①額外添加活性碳粒、②使用厚紗布當作隔離膜、③鹽水水分因素會影響活性碳粉吸附氧氣的效能、④加大鋁箔接觸反應面積」來自製鋁空氣電池組合，並利用縮小體積、調整造型、添加稠狀物等方式，讓暖暖包鋁空氣電池發電效能提升。

### (1) 可彎折防水布造型

<想法>：因為前面實驗一直有滲水問題，就想把混合碳粒貼在防水布的一面。

<材料>：加 25g 活性碳粒均勻混合 25g 暖暖包內容物、10cm\*10cm 購物防水布、10cm\*20cm 紗布及鋁箔，組成鋁空氣電池，額外加備長炭提升電壓。

<操作測試>：

- 我們將紗布和防水透氣布以膠帶黏合(簡稱A)，裡頭裝暖暖包混合活性碳粒。
- 由下往上依序堆疊鋁箔紙、沾濕食鹽水的紗布及A，如圖 41。
- 但因碳粉量太少，嘗試彎折後，反而反應更好，為了提高電壓及電流數值，我們額外再在鋁箔上疊一層沾濕食鹽水的紗布以及壓一根備長炭。

<實驗結果>：

- 我們用儀器來檢測電壓及電流約持續 10 分鐘，再將電壓與電流記錄下來。
- 如圖 42，將可折彎防水鋁空氣電池造型測得電壓約 0.906V (電流約 0.012A)，額外加備長炭堆疊串聯電壓高達 1.629V (電流約 0.150A) (如圖 43)。



圖 41 電池堆疊組成示意圖



圖 42 實測電壓約 0.9V



圖 43 加備長炭電壓約 1.629V

### (2) 光碟硬殼平面造型

<想法>：參考網路影片，想利用光碟殼當電池外殼，容易攜帶使用。

<材料>：添加 25g 活性碳粒均勻混合 25g 暖暖包內容物、CD 光碟外殼、口罩、電線、10cm\*20cm 紗布及 10cm\*20 cm 鋁箔，組成鋁空氣電池。

<操作測試>：

- 我們將口罩內側切開，裡頭裝暖暖包混合活性碳粒。
- 由下往上依序堆疊 CD 光碟殼、沾濕食鹽水的紗布、鋁箔紙、沾濕食鹽水的紗布及口罩（內裝有活性碳粒）堆疊在一起，此造型電池示意圖，如圖 44。
- 電線塑膠外殼剝除後，將細銅線拆開成爪狀擺放口罩內，作為電極。

<實驗結果>：

- 我們用儀器檢測電壓及電流約持續 10 分鐘，再將電壓與電流記錄下來。
- 如圖 45，光碟殼電池電壓測得 1.186V~1.22V，電流卻很低（約 0.010A）。



圖 44 光碟殼造型示意圖

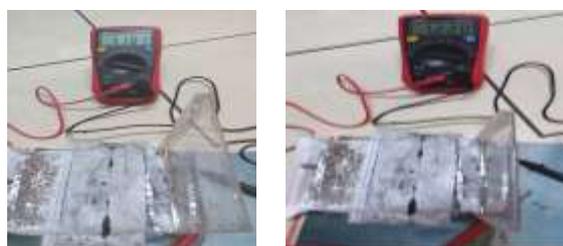


圖 45 此設計電池電壓約 1.183V~1.220V

### (3) 食鹽果凍電解液

<想法>：某天媽媽在湯中加玉米粉讓湯變成黏稠羹湯，我們思考食鹽水加入增稠劑，變成黏稠食鹽水電解液、活性碳粒是否還能作用反應？

<材料>：添加 25g 活性碳粒均勻混合 25g 暖暖包內容物、塑膠蓋子、電線、10cm\*20cm 紗布、鋁箔及鋁罐，組合成片狀及罐狀的鋁空氣電池。

<操作測試>：（詳見圖 46~圖 50 的操作流程）

- 片狀造型**：堆疊塑膠蓋、鋁箔紙、黏稠食鹽果凍，蓋上紗布，再鋪活性碳粒。



圖 46 示意圖 圖 47 塗食鹽果凍 圖 48 壓密碳粒 圖 49 電線當電極 圖 50 檢測電壓

- b. **鋁罐造型**：在鋁罐內壁先塗上黏稠食鹽果凍、接著灑上活性碳粒。
- c. 電線塑膠外殼剝除後，將細銅線拆開成爪狀擺放口罩內，作為電極。

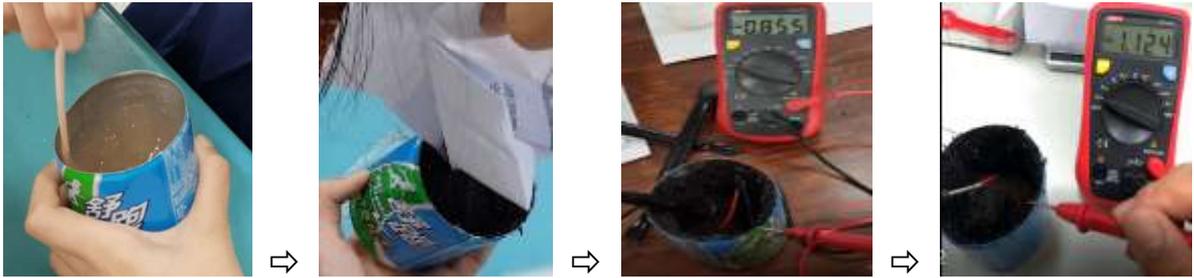


圖 51 塗食鹽果凍    圖 52 壓密活性碳粒    圖 53 以電線當電極    圖 54 檢測電池電壓

<實驗結果>：

- a. 我們用儀器來檢測電壓及電流約持續 10 分鐘，再將電壓與電流記錄下來。
- b. 如圖 50 所示，平面片狀食鹽果凍鋁空氣電池所測得電壓數值達 0.994V，電流部分測量需在上頭擺放壓克力稍微施加壓力，測得電流約 0.011A。
- c. 如圖 54 所示，罐裝食鹽果凍鋁空氣電池所測得電壓數值達 0.855V~1.124V，電流部分測得電流約 0.009A。

使用回收暖暖包自製鋁空氣電池在電壓數值上都測量出接近 1 伏特左右，不過在電流測量上卻普遍都偏低，我們推測是暖暖包內活性碳粉或碳粒本身是鬆散的，而且含有許多的雜質，導致電阻大。

## (二) 回收濾水器濾心試做鋁空氣電池

學校及家庭使用過的濾水器濾心都是屬於耗材廢棄物，我們想知道這類有活性碳粉的廢棄物是否和用過的暖暖包一樣還具有吸附空氣的功效？我們一共蒐集到二種濾心內膽，一是碳粉濾心，一是碳棒濾心（剛好學校汰換賀眾牌碳棒濾心，以及愛惠浦濾水器濾心碳粉，兩種濾心都先請家長協助取出並處理，礙於版面因素，處理過程將放置於日誌中，請見圖 55。）



圖 55 碳粉濾心取出曬乾並過篩處理



圖 56 碳粉導電好



圖 57 中空碳棒



圖 58 剝除外殼的碳棒導電佳

濾心碳粉取出後有水份，需靜置曬乾再過篩，利用 LED 檢測測得導電性好；而濾心碳棒容易取出，取出後曬乾，利用 LED 檢測完全乾燥的碳棒並不會亮，表示導電性差，而帶有濕度的活性碳棒會讓 LED 發亮；(請見圖 56~圖 58)

#### (1) 活性**碳粉濾心**自製鋁空氣電池

考量濾心碳粉本身是鬆散的，我們以重壓夯實的片狀造型(加大反應面積)及柱狀造型(仿備長炭外型)二種方式製作鋁空氣電池，個別組裝後檢測其發電效能。

<材料>：50 g 活性碳粉濾心、黏稠食鹽水果凍、13\*13 cm 鋁箔、針筒直徑 3 cm。

<操作測試>：

##### a. **碳粉棒狀造型**：

- ①考量塑型因素，將活性碳粉濾心和黏稠鹽水果凍均勻混合裝入針筒中；
- ②利用針筒加壓推擠出二份柱狀的碳棒造型；
- ③最後利用鋁箔包覆在柱狀碳棒外圍，將兩份柱狀鋁空氣電池串聯，接上電線測試是否能啟動電子錶，再利用儀器檢測其發電效能。

##### b. **碳粉片狀造型**：

- ①將鋁箔紙摺成 10\*10 cm 方盒淺容器；
- ②依序在鋁箔容器上堆疊一層片狀黏稠鹽水果凍及重壓夯實的濾心碳粉；
- ③上下堆疊二份片狀容器鋁空氣電池串聯，接上電線測試是否能啟動電子錶，再利用儀器檢測其發電效能。

<實驗結果>：

- a. 製作時掌握影響電池發電效能的因素外，我們特別注意碳粉夯實重壓塑型，目的希望碳粉內部緊密接觸而不會阻礙電流。
- b. 我們用儀器來檢測電壓及電流約持續 10 分鐘，再將電壓與電流記錄下來。
- c. 如圖 59，我們測量二組碳粉棒狀鋁空氣電池串聯後電壓約 1.2V (電流約 0.008~0.010A)，並將電線及電子錶表連成通路，發現電子錶**並沒有**數字顯示。
- d. 如圖 60，我們測量二組碳粉片狀鋁空氣電池串聯後電壓約 1.9V (電流約 0.0025~0.035A)，並將電線及電子錶連成通路，發現電子錶出現數字顯示。



圖 59 碳粉棒狀造型電池電壓大、電流小

圖 60 串聯碳粉片狀電池後讓電子錶運行

## (2) 活性**碳棒**濾心自製鋁空氣電池

考量碳棒濾心外型和備長炭相似，我們嘗試以沾濕食鹽水的厚紗布及鋁箔紙包覆法及以鋁罐加滿食鹽水浸泡法二種方式來製作鋁空氣電池，並檢測其發電效能。

<材料>：碳棒濾心、飽和食鹽水、20\*20 cm 厚紗布及鋁箔、高瓶身舒跑鋁罐。

<操作測試>：

- 紗布鋁箔包覆法**：如備長炭鋁空氣電池的包覆方式，以濕紗布及鋁箔紙包覆。
- 碳棒浸泡鹽水法**：取磨除內膜的鋁罐放入濾心碳棒，再將飽和食鹽加入即可。
- 碳塊鋁片堆疊法**：將碳棒切成多塊厚約 1cm 的碳塊，切割多片鋁罐片並膜除，依序堆疊鋁片、鹽水果凍、碳塊共六層，約低瓶鋁罐高。

<實驗結果>：

- 我們用儀器來檢測電壓及電流約持續 10 分鐘，再將電壓與電流記錄下來。
- 如下頁的圖 61，我們測量三組（碳棒紗布鋁箔包覆）濾心碳棒鋁空氣電池串聯後電壓約 2.54V（電流約 0.085~0.087A），接上電子錶後出現數字閃爍顯示。
- 如下頁的圖 63，我們測量三組（碳棒浸泡鋁罐鹽水）濾心碳棒鋁空氣電池電壓約 2.98V（電流約 0.095~0.10A），接上 LED 連成通路，發現 LED 燈亮了。
- 如下頁的圖 64，我們測量一組約疊六層（碳塊鋁片堆疊）濾心碳棒鋁空氣電池電壓約 1.55V（電流約 0.030A），接上 LED 連成通路，發現 LED 燈亮了。



圖 61 紗布鋁箔包覆電池 圖 62、63 碳棒泡鹽水電池讓電子錶及 LED 亮 圖 64 碳塊堆疊電池

濾心碳粉自製鋁空氣電池，串聯二組碳粉片造型電池後電壓測得約 1.72V，電流 0.025A，數值雖低，卻可讓電子錶錶面數字閃爍顯示，我們推測片狀造型的碳粉孔隙未完全讓水充滿而影響吸附空氣的效能；而碳粉柱狀造型的發電效能差的緣故，推測是碳粉和鹽水果凍混合後，表面孔隙多數讓水充滿而影響吸附空氣的效能。

使用濾心碳棒自製鋁空氣電池，無論是碳棒包覆造型或是碳棒浸泡造型，這兩電池都可以讓 LED 發亮。

## 陸、研究結果與討論

一、透過相關資料探究鋁空氣電池發電原理。

鋁空氣電池是以空氣發電的電池，負極為金屬鋁，正極則是使用空氣中的氧氣；若需模擬鋁空氣電池，則需要有備長炭或活性碳粉粒、鋁金屬、飽和食鹽水。

二、利用周邊現有低花費材料模擬鋁空氣電池發電。

1. 鋁空氣電池的模擬組合：

(1) 正極材料比較

表 16 正極材料比較表

材料	性質或優缺點	應用性
木炭	一般木材燒製、表面孔隙較少、導電性最差	★☆☆
竹炭	孟宗竹燒製、表面孔隙大且多、導電性尚可	★★☆
備長炭	青櫚木燒製、表面孔隙多且密集、導電性最好	★★★

(2) 負極材料：直接取用鋁箔紙來做包覆貼合度較緊密

(3) 隔離膜材料比較

表 17 隔離膜材料比較表

材料	性質或優缺點	應用性
厚紗布	吸水率高 977.33%、孔隙大提供較多電解質	★★★
厚脫脂棉	吸水率高 973.42%、孔隙大提供較多電解質	★★★
厚餐巾紙	吸水率差 539.32%、孔隙小提供較少電解質	★★☆

2. 下表為三種木炭與三種隔離膜製成鋁空氣電池後 30 分鐘內的平均電壓、電流彙整表

表 18 三種木炭與三種隔離膜製成鋁空氣電池後 30 分鐘內的平均電壓、電流彙整

與鋁箔反應	一般烤肉用木炭	孟宗竹燒製的竹炭	青櫚木燒製的備長炭
厚紗布(不織布)	0.56 V / 0 A	1.06 V / 0.08 A	1.01 V / 0.19 A
厚脫脂棉	0.65 V / 0 A	1.13 V / 0.09 A	1.06 V / 0.17A
厚餐紙巾	0.26 V / 0 A	0.96 V / 0.07 A	0.95 V / 0.09 A

3. 若要自製出最高電壓、最大電流的鋁空氣電池，經實驗結果得到設計組合如下表：

表 19 自製發電效能高之鋁空氣電池的最佳組合表

正極材料	電解液材料	負極材料	實驗結果
備長炭	厚紗布(不織布)、厚脫脂棉	鋁箔	電壓 1.01 V / 電流 0.19 A

### 三、提高鋁空氣電池的發電效能（增加活性碳粉、增厚隔離膜材質、增加接觸面積）。

#### 1. 增加活性碳粉

(1) 我們嘗試幾種材料及方式，比較其實驗結果如下表：

表 20 嘗試幾種材料及方式來增加鋁空氣電池的發電效能實驗結果彙整表

編號	實驗方法	實驗結果	與對照組比較
1	備長炭外包覆活性碳粉	0.85V / 0.18 A	電壓下降、電流下降
2	<b>備長炭外包覆活性碳粒</b>	<b>1.13V / 0.21 A</b>	<b>電壓增加、電流增加</b>
3	以活性碳粉取代備長炭	0.78V / 0.16 A	電壓下降、電流下降
4	以活性碳粒取代備長炭	0.88V / 0.20 A	電壓下降、電流下降
5	(對照組) 備長炭	1.01 V / 0.19 A	—

(2) 在「探討『活性碳粉或碳粒』及『口罩或購物防水布』對電池電壓電流的影響」實驗中，我們發現**活性碳粒吸氧效能比活性碳粉吸氧效率還高**；活性碳粒在實驗中陸續出現水分痕跡但發電效能不受影響，我們推論**活性碳粒和備長炭一樣，內部孔隙夠大，不會被水分堵住而無法吸取氧氣。**

(3) 四種組合中無論是那一種電池，在一開始以電流計測量電流到第三天，各種編號的電池電流數值都非常的低（接近 0.01A 左右），表示**鬆散的活性碳粒及活性碳粉裡都存在大的電阻讓電流無法順利通過。**

#### 2. 增厚隔離膜材質

表 21 增厚隔離膜材質的實驗結果比較表

編號	材料	實驗結果（10 分鐘）	歸納結論
1	1 張餐巾紙	0.453 V / 0.005 A	三種厚度餐巾紙製成鋁空氣電池電壓大小：10 張 > 5 張 > 1 張
2	5 張餐巾紙	0.743 V / 0.009 A	
3	10 張餐巾紙	0.978 V / 0.016 A	

#### 3. 增加接觸面積

表 22 增加接觸面積的實驗結果比較表

編號	材料	接觸面積	實驗結果(30 分鐘平均)	歸納結論
1	高鋁罐	約 267 cm <sup>2</sup>	0.903 V / 0.216 A	接觸面積增加，電壓無增加，電流明顯增加。
2	矮鋁罐	約 166cm <sup>2</sup>	0.900 V / 0.170 A	

#### 四、廢棄物回收再利用（回收暖暖包、回收濾心及鋁罐來製作鋁空氣電池）

##### 1. 探討「全新暖暖包」與「用過的暖暖包」對鋁空氣電池發電之影響的實驗彙整

表 23 「全新暖暖包」與「用過的暖暖包」對發電之影響的實驗比較表

編號	材料	實驗結果
1	全新暖暖包	會發熱、不利於自製電池、違背廢物利用原則。
2	廢棄暖暖包	① 難分離內容物成份，取暖包全部材料添加活性碳粒均勻混合 ② 當使用內容物質量增加，可得較高電壓及電流，100 克暖暖包可產生約 0.666 V。 ③ 但內容物電阻太高，電流微弱，約只有 0.011A。

##### 2. 我們添加**活性碳粒**均勻混合暖暖包內容物，以提升活性碳粉吸附空氣的功能，利用縮小體積、調整造型、添加增稠劑等方式，讓暖暖包鋁空氣電池發電效提升。

製作過程中結合實驗前段所發現提升鋁空氣電池發電效能的關鍵因素：

「**①**額外添加活性碳粒、**②**使用厚紗布當作隔離膜、**③**鹽水水分因素會影響活性碳粉的吸附氧氣的效能、**④**加大鋁箔接觸反應面積」來自製鋁空氣電池組合。

##### 3. 我們自製了四種暖暖包鋁空氣電池：**①**可彎折防水布造型、**②**光碟硬殼平面造型、**③**食鹽果凍片狀造型及**④**鋁罐食鹽果凍造型組合，其中我們覺得**①可彎折防水布造型**和**④鋁罐食鹽果凍造型**這二種電池方便使用及好攜帶，灑上碳粉就能使用。

##### 4. 我們自製了五種濾心鋁空氣電池：**⑤**碳粉柱狀造型、**⑥**碳粉片狀造型、**⑦**碳棒包覆造型、**⑧**碳棒浸泡造型及**⑨**碳塊堆疊造型，其中我們覺得有二種簡易且發電效能佳的電池組合，一是**⑤碳棒浸泡鋁罐鹽水造型**，串聯 3 組後可讓 LED 發亮；二是**⑨碳塊堆疊造型電池**，「鋁片-鹽水果凍-碳塊」堆疊約六層，一組可讓 LED 亮。

## 柒、結論

一、三種木炭材質（木炭、竹炭、備長炭）及三種隔離膜布料（紗布、脫脂棉、餐巾紙）所製成的鋁空氣電池實驗裡，我們發現「以備長炭包覆沾濕飽和食鹽水的厚紗布及厚脫脂棉，外層再包覆鋁箔所製成鋁空氣電池的發電效能是最好的」。

二、提高鋁空氣電池的發電效能（增加活性碳粉、增厚隔離膜材質、增加接觸面積）

1. 我們發現備長炭上添加**活性碳粒**比起**添加碳粉**的的鋁空氣電池發電效能**略高**一點。
2. 與對照組備長炭鋁空氣電池比較，二種壽司捲**活性碳粒**與**活性碳粉**鋁空氣電池的電壓和電流都呈現**下降**情況，不過**活性碳粒**組合的電壓**略高**於**活性碳粉**組合的電壓。

3. 實驗中**活性碳粒吸氧效能比活性碳粉吸氧效率還高**，因為碳粒出現水痕卻不影響發電效能，我們推論**活性碳粒和備長炭一樣，孔隙夠大，不會受水分影響而吸氧效能**。
4. 使用不同厚度餐巾紙實驗，結果「**增加隔離膜材質厚度，電壓會變大**」。
5. 使用高瓶、低瓶鋁罐進行實驗，結果「**加大反應面積可以增加鋁空氣電池的電流**」。

### 三、探討「用過的暖暖包」對鋁空氣電池電壓電流之影響。

1. 我們發現**隨著暖暖包的重量增加，電壓及電流數值有微幅增加的趨勢**；一大包 100g 的暖暖包內容物還可再利用產生產生約 0.666V 及 0.011A，代表其中活性碳粉還具有吸收空氣的效能，只是鬆散的內容物含有雜質，導致影響電流。
2. 我們自製了四種暖暖包鋁空氣電池：①可彎折防水布造型、②光碟硬殼平面造型、③食鹽果凍片狀造型及④食鹽果凍鋁罐造型，其中我們覺得①**可彎折防水布造型**和④**鋁罐食鹽果凍造型**這二種電池方便使用及好攜帶，灑上碳粉就能使用。如下表 24 中的四種造型電池特色及電池效能彙整表。

表 24 使用暖暖包自製鋁空氣電池的四種造型電池特色及電池效能彙整表

類型	①可彎折防水布	②光碟硬殼平面	③片狀食鹽果凍	④食鹽果凍鋁罐
示意圖				
特色	防水布柔軟可彎折也當鹽水隔絕布，可與備長炭串聯。	硬殼可堆疊重壓，口罩隔絕水分及當容器，方便操作。	加增稠劑無鹽水滲入潮濕問題，不需使用防水布。	在鋁罐內層塗抹增稠劑，再灑碳粒重壓黏附。
電壓	電壓約 0.87~0.9V	電壓約 1.15~1.22V	電壓約 0.89~0.99V	電壓約 0.95~1.12V
電流	電流最大約 0.012A	電流最大約 0.010A	電流最大約 0.011A	電流最大約 0.009A

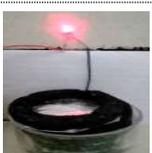
3. 四種暖暖包造型電池各有特色，電壓都可達到 1V 左右，但因碳粒之間鬆散，以至於電流數值都很低。如何提升電流數值，我們覺得還可針對暖暖包內容物活性碳粉濃度提高、將暖暖包內容物以重壓夯實的方式來提升電流數值著手來調整。

### 四、回收濾水器濾心試做鋁空氣電池

1. 我們發現二種濾心耗材經處理，濾心碳粉及半潮濕濾心碳棒都有不錯的導電性。
2. 我們自製五種濾心鋁空氣電池：⑤碳粉柱狀造型、⑥碳粉片狀造型、⑦碳棒包覆造型、⑧碳棒浸泡造型及⑨碳塊堆疊造型。在五種電池中，除了碳粉柱狀電池無法驅動電子錶，其餘四種電池個別串聯二組以上均可讓電子錶閃爍及 LED 發亮。如下表

25 中的五種造型電池特色及電池效能彙整表。

表 25 使用濾心內的碳粉及碳棒自製鋁空氣電池的彙整表

類型	示意圖	特色	電壓	電流	應用
⑤ 碳粉柱狀造型		碳粉加鹽水果凍混合有黏著性利於夯實壓成棒狀型，組裝後不易碎裂。	串聯二組 電壓平均 0.7~0.8V	串聯二組 電流最大 約 0.004A	串聯三組 無法讓電子錶閃爍
⑥ 碳粉片狀造型		組裝方式為層層堆疊，碳粉孔隙不受水份影響，但易碎裂，不易夯實塑型。	串聯二組 電壓平均 約 1.72V	串聯二組 電流最大 約 0.025A	串聯二組 可以讓電子錶閃爍
⑦ 碳棒包覆造型		與備長炭外型相似，電池組裝方便。鋁箔耗完須更換，電解質乾掉須補充。	串聯三組 電壓平均 約 2.54V	串聯三組 電流最大 約 0.088A	串聯三組 可以讓 LED 發亮
⑧ 碳棒浸泡造型		組裝方式簡便，以鋁罐當容器浸泡碳棒，發電效能好、鹽水充足供電時長。	串聯三組 電壓平均 約 2.98V	串聯三組 電流最大 約 0.098A	串聯三組 可以讓 LED 發亮
⑨ 碳塊堆疊造型		碳棒切小塊，依序將鋁箔-鹽水果凍-碳環堆疊，體積縮小，約低瓶鋁罐高。	一組 電壓平均 約 1.55V	一組 電流最大 約 0.03A	僅一組 就可以讓 LED 發亮

3. 我們找到二種應用碳棒濾心來製作簡易且發電效能佳的電池組合，一是⑤碳棒浸泡鋁罐鹽水電池，可產生接近 1V 及 0.13A 的效能，串聯 3 組後可讓 LED 發亮；二是⑨碳塊堆疊造型電池，「鋁片-鹽水果凍-碳塊」堆疊約六層，一組即可讓 LED 亮。

五、我們將整個實驗彙整後有四點特色，如下表：

亮點一	提升鋁空氣電池發電效能的因素	①在備長炭上添加活性碳粒比活性碳粉發電效果好。 ②使用厚紗布當作隔離膜效果會更好。 ③加大鋁箔接觸反應面積可增加鋁空氣電池的電流。
亮點二	額外發現	①增加鹽水黏稠：增加增稠劑可改善碳粒（碳粉）吸附氧氣的效能。 ②夯實重壓塑型：夯實重壓讓碳粒（碳粉）間緊密接觸，提升效能。
亮點三	廢物利用自製四種暖暖包鋁空氣電池	我們自製了四種暖暖包鋁空氣電池，其中我們覺得① <u>可彎折防水布造型</u> 和④ <u>鋁罐食鹽果凍造型</u> 這二種電池方便使用及好攜帶，灑上碳粉就能使用。
亮點四	廢物利用自製五種濾心鋁空氣電池	我們自製五種濾心鋁空氣電池，其中二種組合製作簡易且發電效能佳，一是⑤ <u>碳棒浸泡鋁罐鹽水電池</u> ，二是⑨ <u>碳塊堆疊造型電池</u> 。

六、總和前項四個亮點，我們的研究對環保貢獻頗大，著重回收物暖暖包、濾心及鋁罐等，利用簡便的鋁空氣電池組裝方式，賦予廢棄物新功能，給予再生契機創造額外價值，再次產生能源。

## 捌、心得感想

這次的實驗讓我們學到了許多有趣的知識，包含空氣電池發電原理、備長炭在空氣電池的作用反應比木炭的參與發電效能還要高許多、鋁金屬可以與食鹽水作用反應以及最重要的部份—「活性炭粉或顆粒其孔隙可吸附雜質及空氣，但是水分也是影響空氣吸附的效能變差」等等。

在實驗過程中，我們嘗試不斷的改變不同的材料、變換空氣電池的組裝方式以及調整實驗研究的變因設置，讓實驗結果更接近客觀準確，這樣實事求是、精益求精的精神態度是我們體驗完整的科學實驗歷程最特別的感受。

我們只需要透過隨手可取得的物品回收暖暖包、回收濾水器內膽的濾心碳粉及濾心碳棒、厚紗布、口罩或購物防水布、食鹽水及鋁箔、回收鋁罐等物品，就可做出具有發電效能的簡易電池，雖然已使用過的暖暖包、濾水器濾心是被當作廢棄物來處理，但是我們從實驗中發現其內容物仍然還有吸附空氣的功效，這次的實驗也以這類回收物品為主，不但可減少環境污染，又可資源再利用，產生可讓 LED 發亮的發電效能，希望未來我們能持續深入研究，替人類及地球進一份環保的心力。

## 玖、參考文獻資料

1. 揭開自製鋁空氣電池讓風扇連續轉動十個小時的秘密--電池效能提升研究。中華民國第 60 屆中小學科展國小組化學科。
2. 碳為觀止-鋁空氣電池最佳效能之研究。2018 臺灣能-潔能科技創意實作競賽。
3. 電從哪裡來？鋁—空氣電池的製作與探討。中華民國第 49 屆中小學科展國小組。
4. 「未來電池之星」：鋁—空氣電池。中華民國第 51 屆中小學科展國中組。
5. 鋅鋁奇緣 Let it go。中華民國第 55 屆中小學科展國小組化學科。
6. 鋅空氣電池。屏東大同高中學生論文投稿。
7. 廢棄物發電應用。彰化沙鹿高工學生論文投稿。
8. 活性炭材。炭博士專欄。<http://www.kristech.com.tw/article/acarbon.htm>
9. 四下自然與生活科技課本。第四單元「串聯與並聯」。翰林版。
10. 六上自然與生活科技課本。第四單元「電磁作用」。翰林版。

## 【評語】 080219

主題實用有趣，但相關的研究或科展作品很多，宜有更多討論，激發不一樣的想法與做法。

氧氣是鋁空氣電池很重要的原料，本研究對於氧氣多寡的影響僅止於推論，可針對氧氣的影響做更明確的實驗。本作品用鋁罐作材料，能經串聯點亮 LED 燈，是不錯的工藝應用。

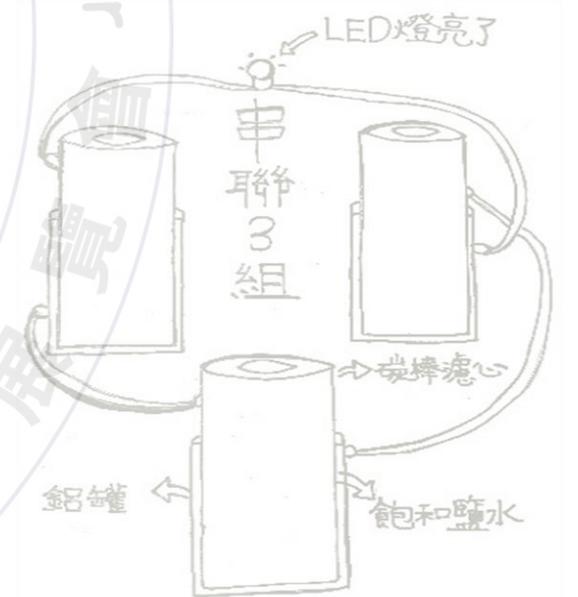
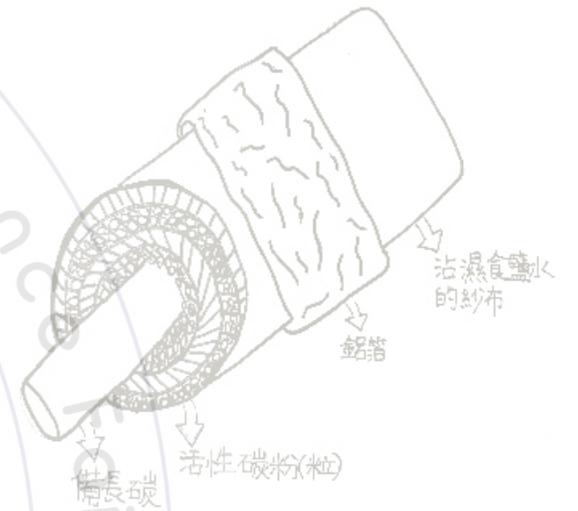
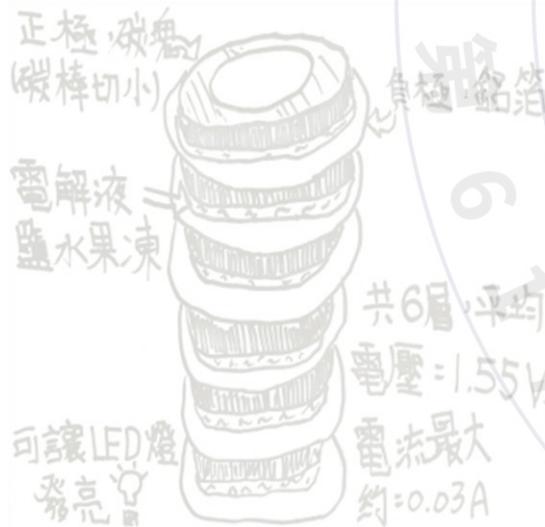
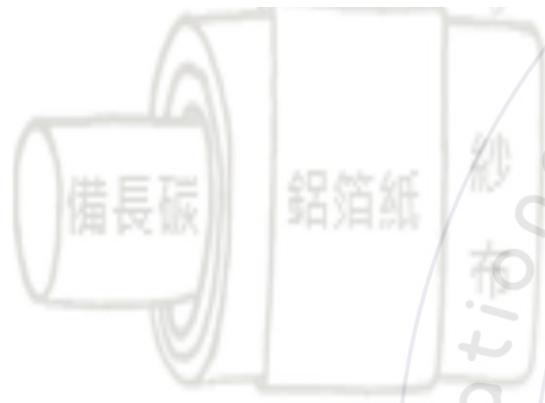
針對作品內容提供以下建議：

1. 文獻不是只探討歷年科展作品，尚須探討期刊論文。
2. 相片附上標題說明是好的做法。
3. 作品內容數度出現「文獻中提及」的文字，卻未清楚標示文獻，請改正。
4. 參考資料應標明出版日期，如取自網站，應標明上網日期。

## 作品簡報

# 鋁空氣電池

編號：  
組別：國小組  
科別：化學科



# 摘要

備長炭、紗布與鋁箔製最佳發電組合。



活性炭粒或碳粉、透氣防水布與鋁箔或鋁罐製最佳發電組合。



廢棄暖暖包或濾心與鋁箔或鋁罐製最佳發電效能組合。



最佳簡易電池組

1. 碳棒浸鋁罐鹽水電池
2. 碳塊鹽水果凍鋁片電池



# 文獻探討

## 正極部分

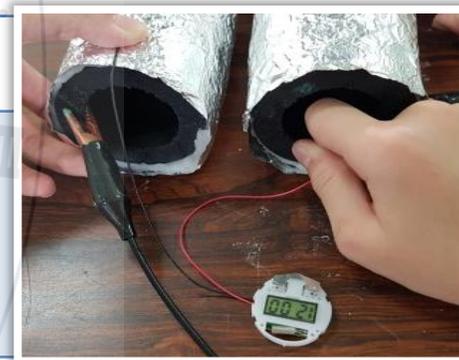
1. 備長炭可提高發電效能
2. 增加氧氣或碳棒加活性炭
3. 碳棒可重複使用

## 電解質部分

1. 飽和食鹽水供電效能高
2. 厚材質為佳
3. 需補充食鹽水

## 負極部分

- 加大反應面積可提升電壓與傳統化學電池原理不同



# 研究目的

1. 利用備長炭、鋁箔及食鹽水模擬鋁空氣電池發電。
2. 提高鋁空氣電池的發電效能 ( 添加活性炭材、增厚隔離膜、加大接觸面積 ) 。
3. 以廢棄回收物 ( 暖暖包、濾心、鋁罐等 ) 自製鋁空氣電池。

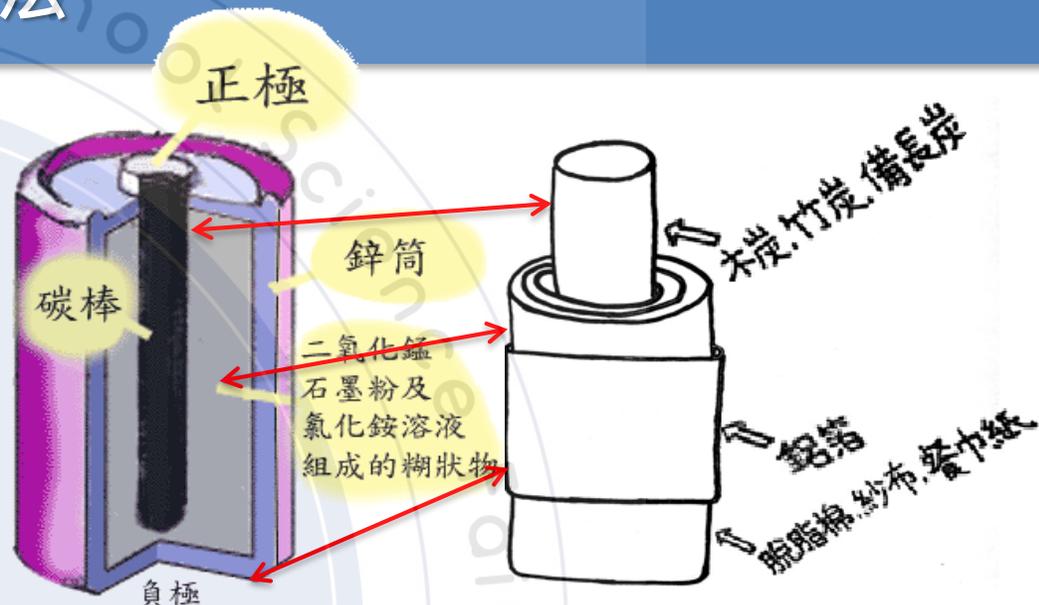
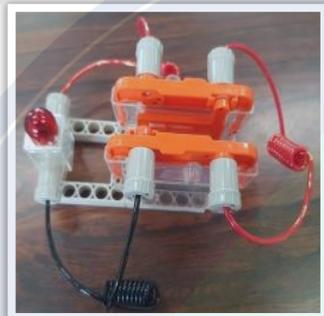


# 研究過程與方法

## 一、探究鋁空氣電池發電原理

(一) 智高積木鋁空氣電池

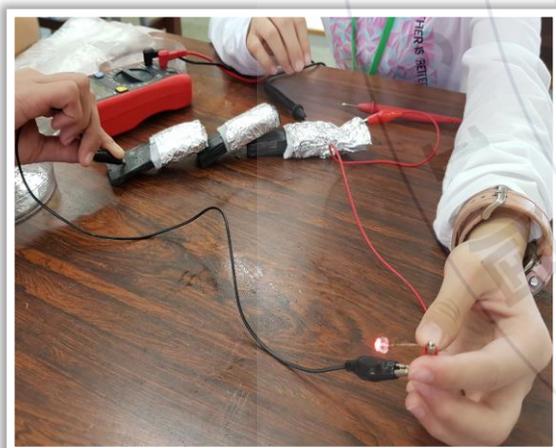
(二) 鋁空氣電池發電原理



## 二、利用低花費的材料模擬鋁空氣電池發電

(一) 串聯 3 個備長炭  
可讓LED燈發亮

(二) 探討「木炭材質」及「浸泡鹽水布料」的影響



備長炭導電性好



備長炭孔隙多、密集



PASCO電壓電流計測量

電壓 (V)	木炭	竹炭	備長炭	電流 (A)	木炭	竹炭	備長炭
厚紗布	0.56	1.06	1.01	厚紗布	0	0.08	0.19
厚脫脂棉	0.65	1.13	1.06	厚脫脂棉	0	0.09	0.17
厚餐紙巾	0.26	0.96	0.95	厚餐紙巾	0	0.07	0.09

發現：

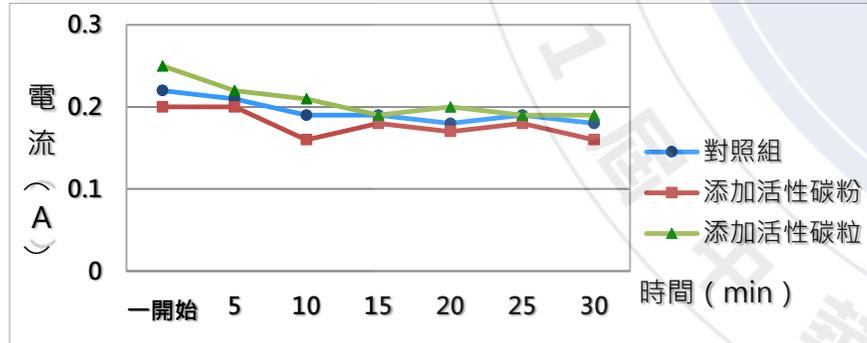
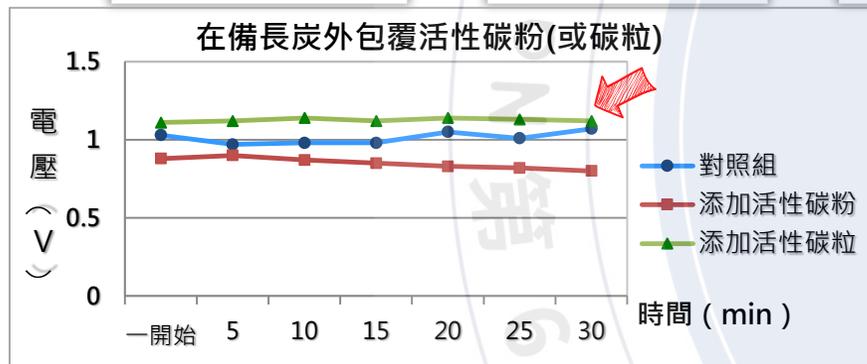
備長炭鋁空氣電池 > 竹炭鋁空氣電池 > 木炭鋁空氣電池

# 研究過程與方法

## 三、嘗試將鋁空氣電池效能達到最佳

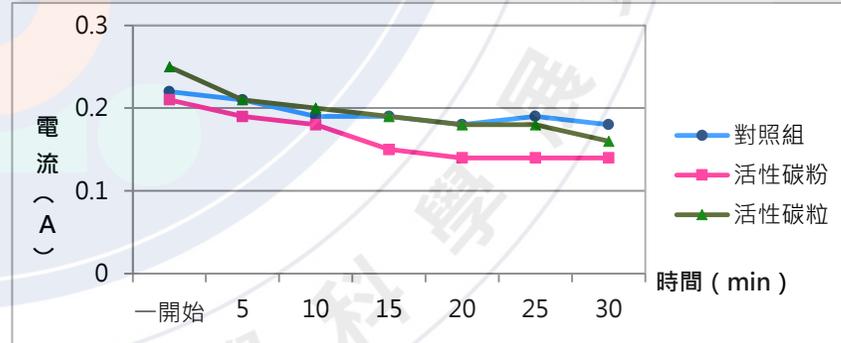
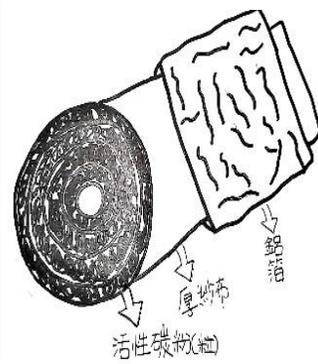
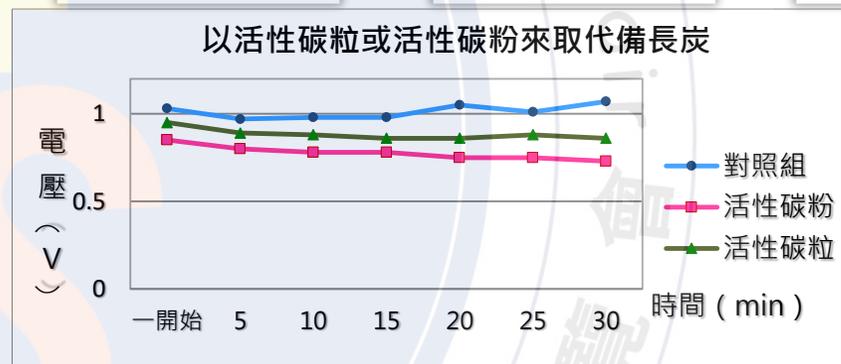
### (一) 活性碳粉、碳粒

#### 1. 備長炭外包覆活性碳粉(或碳粒)



◆ 添加活性碳粒的電壓和電流比對照組還要高。

#### 2. 以活性碳粉(或碳粒)取代備長炭



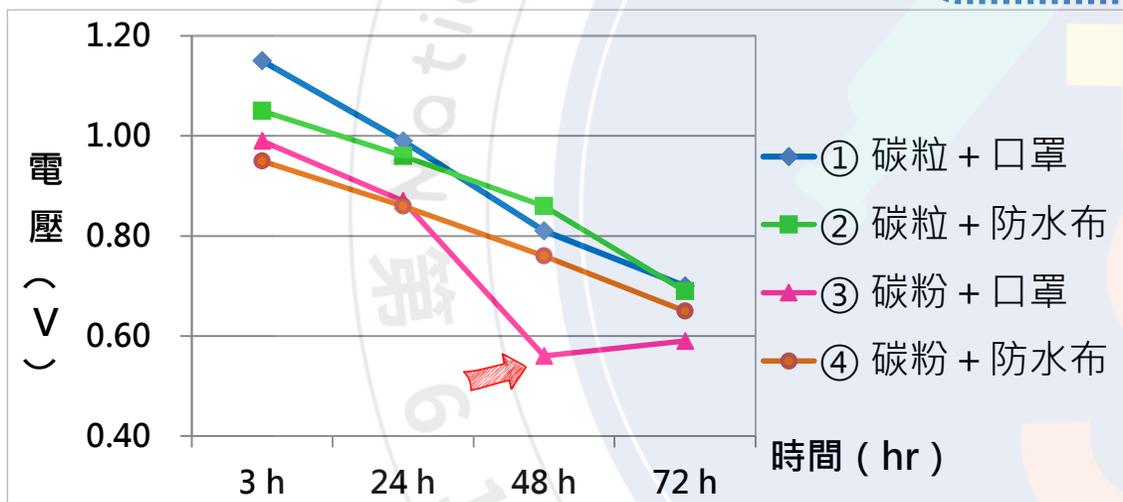
◆ 兩組的電壓及電流都比對照組還要低。

➤ 以上五種組合，以「備長炭+活性碳粒」電池效能最佳。

# 研究過程與方法

## (一) 活性碳粉、碳粒

### 3. 活性碳粉、碳粒及口罩、購物袋防水布對電壓的影響



➤ ① 碳粒 + 口罩

➤ ② 碳粒 + 防水布

➤ ③ 碳粉 + 口罩

➤ ④ 碳粉 + 防水布

我們推測在實驗中**活性碳粒吸氧效能**比**活性碳粉吸氧效能**還要**高**。

➤ 四種組合電池**電流都很低**，鬆散粉粒無法讓電流通過。

## (二) 增厚隔離膜材質

餐巾紙的厚度		電壓與電流 (10分鐘)
薄	餐巾紙 (20 * 20 cm * 1 張)	0.453 V / 0.005 A
稍厚	餐巾紙 (20 * 20 cm * 5 張)	0.743 V / 0.009 A
厚	餐巾紙 (20 * 20 cm * 10 張)	0.978 V / 0.016 A

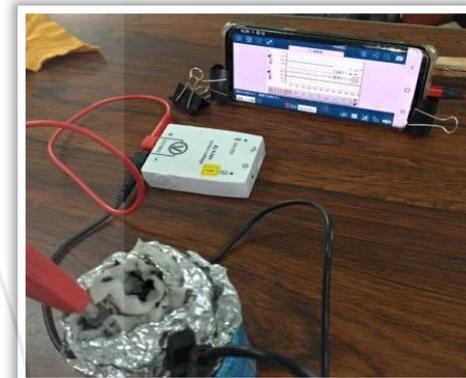
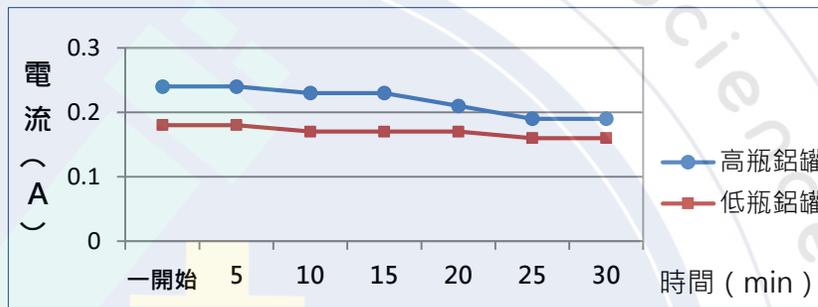
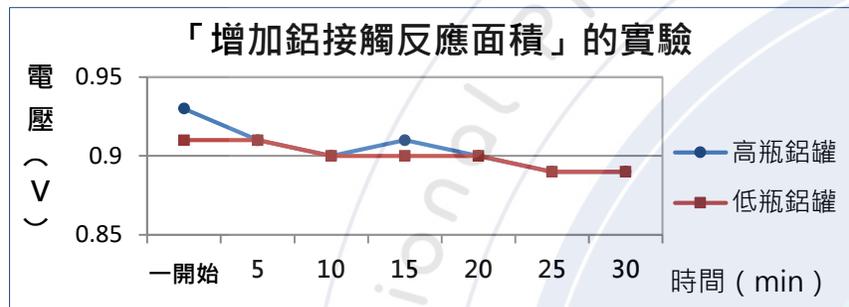
改用便宜的餐巾紙易堆疊，組合方式如右圖。



➤ **厚度大的餐巾紙**作用後電壓與電流都比較高。

# 研究過程與方法

## (三) 加大反應面積提升電壓



PASCO電壓電流計測量

➤ 電流大小：高瓶鋁罐空氣電池 > 低瓶鋁罐空氣電池。

「加大金屬鋁反應面積，不影響鋁空氣電池的電壓，但可增加電流。」

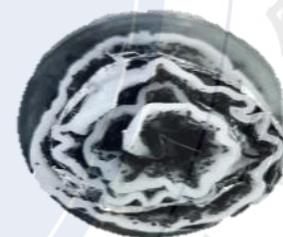
## 四、廢棄物回收再利用

(一) 回收暖暖包 (二) 回收濾心

暖暖包內容物難分離，濾心碳粉顆粒鬆散，兩者都以壽司捲鋁箔鋁罐模型測試。



導電性不好



電池組裝方式



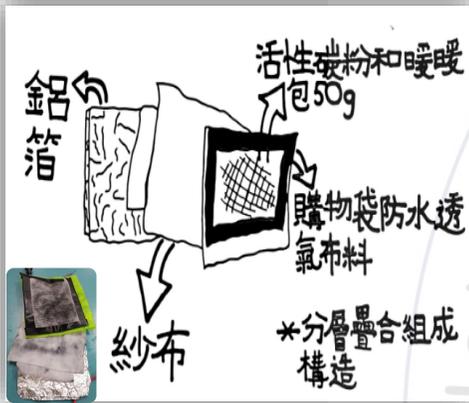
三用電表測量

項目	已使用過暖暖包				全新暖包	活性碳粉
	25 g	50 g	75 g	100 g	50 g	10 g
電壓 (V)	0.373	0.525	0.585	0.666	0.552	0.628
電流 (A)	0.003	0.007	0.009	0.011	0.014	0.016

➤ 回收暖暖包重量愈大，電壓、電流就愈大。

# 自製暖暖包鋁空氣電池

## ① 可彎折防水布造型

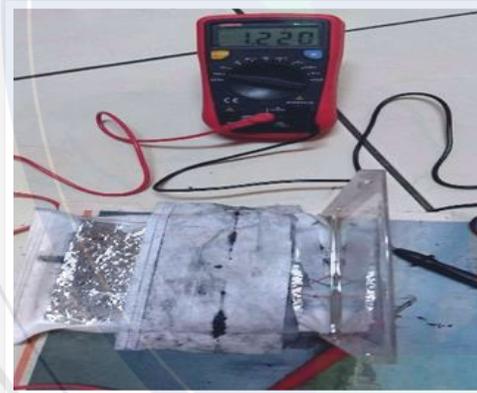
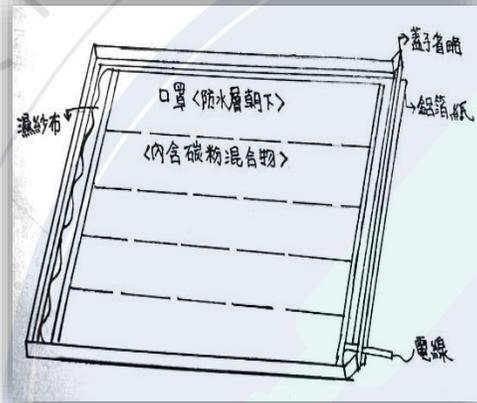


電壓：0.87 ~ 0.90 V

電流：0.012 A

方便使用、好攜帶

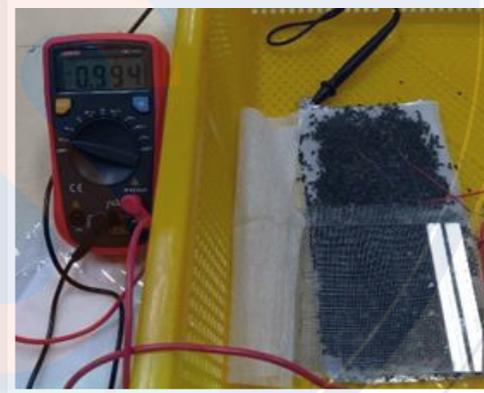
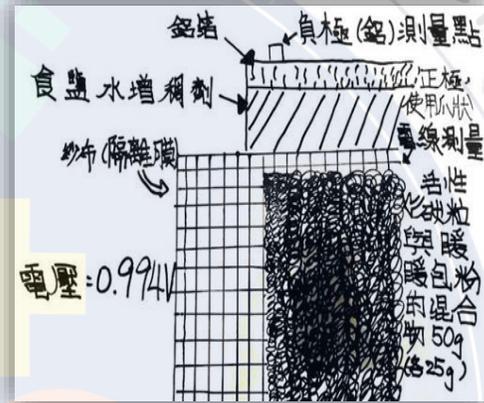
## ② 光碟硬殼平面造型



電壓：1.18 ~ 1.22 V

電流：0.01 A

## ③ 食鹽果凍電解液(片狀)



電壓：0.89 ~ 0.99 V

電流：0.011 A

## ④ 食鹽果凍電解液(罐狀)



電壓：0.95 ~ 1.22 V

電流：0.009 A

方便使用、好攜帶

# 自製濾心碳材鋁空氣電池

## 濾心碳粉



濾心外殼處理



導電性好



取出潮濕碳粉



曬乾處理

## 濾心碳棒



剝除外殼



導電性好



薄碳塊



## ⑤ 碳粉棒狀造型



用針筒加壓柱狀碳棒



碳粉與鹽水果凍混合



測量電池電壓



串聯 2 組

電壓：1.2 V

電子錶 **不** 顯示

電流：~ 0.010 A

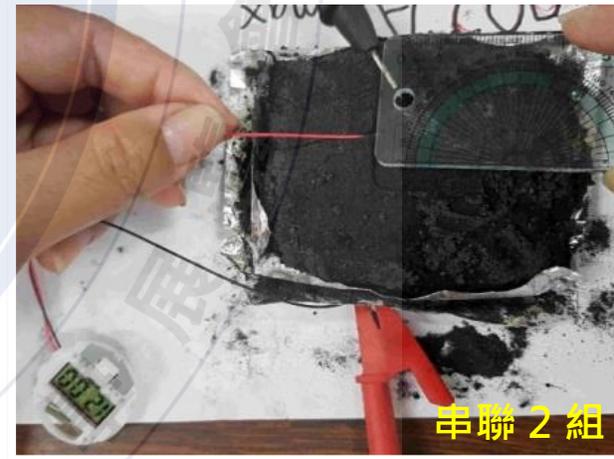
## ⑥ 碳粉片狀造型



鋁箔塗抹鹽水果凍



碳粉片堆疊在鋁箔上



串聯 2 組

電壓：1.9 V

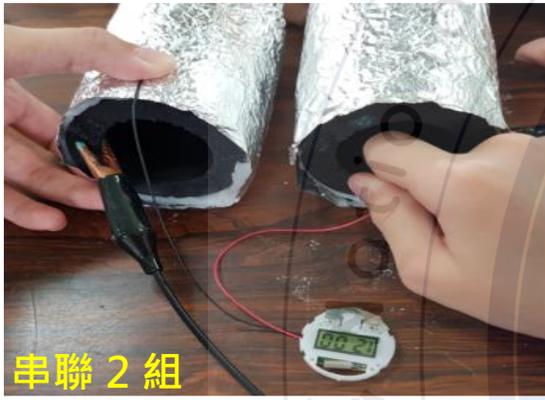
電子錶 **有** 顯示

電流：~ 0.035 A

# 自製濾心碳材鋁空氣電池

## 濾心碳棒

### ⑦ 紗布鋁箔包覆

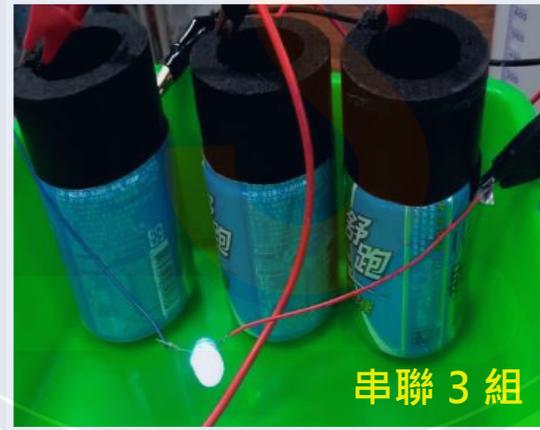
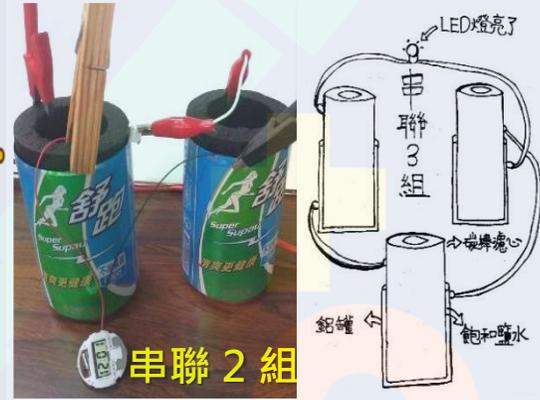


電壓：2.54 V 電子錶有顯示  
電流：~0.028 A LED燈亮了

### ⑧ 碳棒浸泡鹽水



操作簡便、效能佳

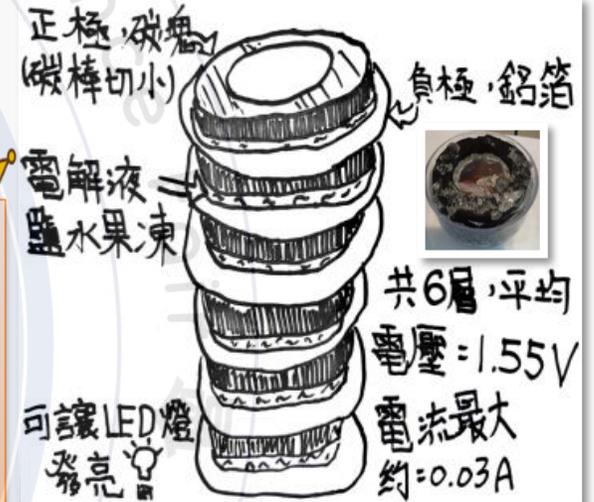


電壓：2.98 V 電子錶有顯示  
電流：~0.10 A LED燈亮了

### ⑨ 碳塊鋁片堆疊



堆疊體積小、效能佳



1 組  
串聯 6 層

電壓：1.55 V LED燈亮了  
電流：~0.03 A

# 研究結果與討論

## 一、透過相關資料探究鋁空氣電池發電原理

鋁金屬碰到鹽水會氧化成為鋁離子並透過導線放出電子，與吸附在備長炭中的氧氣接收電子發生還原變成氫氧根離子，**鋁的氧化**與**氧的還原**形成一個氧化還原反應。

## 二、利用低花費的材料模擬鋁空氣電池發電

### (一) 鋁空氣電池模擬組合



### (二) 不同炭材、不同隔離膜之鋁空氣電池的效能

電壓 (V) 電流 (A)	木炭	竹炭	備長炭
厚紗布	0.56 0	1.06 0.08	1.01 0.19
厚脫脂棉	0.65 0	1.13 0.09	1.06 0.17
厚餐紙巾	0.26 0	0.96 0.07	0.95 0.09

## 三、提高鋁空氣電池的發電效能

### (一) 增加活性碳粒(或碳粉)

備長炭外包覆**活性碳粒**，**電壓增加**、**電流增加**。

### (二) 增厚隔離膜材質

電壓大小 10張 > 5張 > 1張，但電流都很低。

### (三) 增加接觸面積

電壓無增加，但**電流增加**。

# 研究結果與討論

## 四、廢棄物回收再利用

### 暖暖包系列



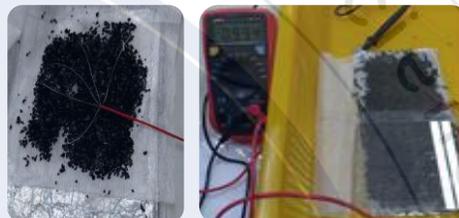
①可彎折防水布

類型  
特色 防水布柔軟可彎折  
電壓 電壓約0.87 ~ 0.9 V  
電流 電流最大約 0.012 A



②光碟硬殼平面

特色 口罩隔絕水、方便做  
電壓 電壓約1.15 ~1.22 V  
電流 電流最大約 0.010 A



③片狀食鹽果凍

特色 加增稠劑無鹽水滲入  
電壓 電壓約0.89 ~ 0.99 V  
電流 電流最大約 0.011 A



④食鹽果凍鋁罐

特色 在鋁罐內塗抹增稠劑  
電壓 電壓約0.95 ~ 1.12 V  
電流 電流最大約 0.009 A

### 濾心碳材系列



⑤碳粉柱狀造型

類型  
特色 碳粉加鹽水凍夯實  
電壓 串聯二組 0.7 ~ 0.8 V  
電流 串聯二組 0.004 A  
應用 電子錶無顯示



⑥碳粉片狀造型

特色 層層堆疊無水份  
電壓 串聯二組 1.72 V  
電流 串聯二組 0.025 A  
應用 電子錶有顯示



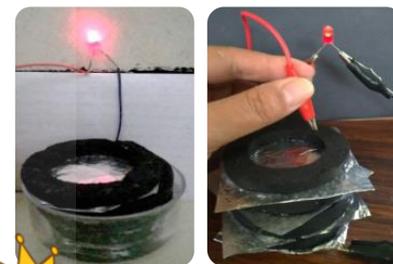
⑦碳棒包覆造型

特色 鋁箔、電解質需補  
電壓 串聯三組 2.54 V  
電流 串聯三組 0.027 A  
應用 LED燈發亮



⑧碳棒浸泡造型

特色 發電效能佳  
電壓 串聯三組 2.98 V  
電流 串聯三組 0.098 A  
應用 LED燈發亮



⑨碳塊堆疊造型

特色 層層堆、體積小  
電壓 一組(6層)約 1.55 V  
電流 一組(6層)約 0.03 A  
應用 LED燈發亮

# 研究特色與結論

一	<u>提升鋁空氣電池發電效能的因素</u>	①正極：在備長炭上添加 <b>活性碳粒</b> 比活性碳粉發電效果好。 ②隔離膜：使用 <b>厚紗布</b> 當作隔離膜效果會更好。 ③負極： <b>加大</b> 鋁箔接觸 <b>反應面積</b> 可增加鋁空氣電池的電流。
二	<u>重大發現</u>	① <b>使用鹽水果凍</b> ：改善碳粒(碳粉)吸附氧氣的效能。 ② <b>夯實重壓塑型</b> ：讓碳粒(碳粉)緊密接觸，提升效能。
三	<u>自製暖暖包鋁空氣電池</u>	我們自製四種暖暖包鋁空氣電池，其中的① <u>可彎折防水布造型</u> 和④ <u>鋁罐食鹽果凍造型</u> ，使用方便及易攜帶，灑上碳粉就能使用。
四	<u>自製濾心鋁空氣電池</u>	我們自製五種濾心鋁空氣電池，其中的⑧ <u>碳棒浸泡鋁罐鹽水電池</u> 及⑨ <u>碳塊堆疊造型電池</u> ，製作簡易且發電效能佳。

## 〔化學貢獻〕

發現鋁空氣電池最佳材料及設計，提升發電效能

## 〔環保貢獻〕

回收廢棄物，經由簡便組裝，發揚安全永續發展

## 參考資料

1. 揭開自製鋁空氣電池讓風扇連續轉動十個小時的秘密--電池效能提升研究。中華民國第60屆中小學科展國小組化學科。
2. 碳為觀止-鋁空氣電池最佳效能之研究。2018臺灣能-潔能科技創意實作競賽。
3. 電從哪裡來？鋁-空氣電池的製作與探討。中華民國第49屆中小學科展國小組。
4. 「未來電池之星」：鋁—空氣電池。中華民國第51屆中小學科展國中組。