

# 中華民國第 63 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 化學科

第一名

080209

呷二氧化碳入電池

學校名稱：臺南市東區復興國民小學

作者：  小六 姚奕丞  小六 陳韻淇  小六 陳宥甄	指導老師：  蔡佳錚  李孟娟
---	-----------------------------

關鍵詞：二氧化碳電池、二氧化碳吸附、碳粉微波膨脹脫層

# 得獎感言

## 突破困境，超越自我，成就科展榮耀

科展競賽為在科學領域有出色才華的同學提供了平台，這也使得要在全國科展中獲得佳績，變得相當具有挑戰性。在眾多優秀的參賽者中，我們能脫穎而出，感到無比榮耀。

公布名次那天，當主持人用嘹亮的聲音宣讀：「化學科第一名，080209，台南市東區復興國小」，我們瞬間跳起來尖叫，周遭同時響起了熱烈的掌聲，給予我們莫大的肯定。我們興奮得跑上台，舉起獎盃的那一刻，所有努力的汗水，都化成甜美的果實。

剛進科展團隊，只有早自修去討論題目，或參閱歷屆作品，後來進入實驗階段就必須用到午休時間，甚至段考後也不能休息，幾乎整天都在實驗室與碳粉為伍，變成「黑手」，又要一邊兼顧學業，我們常懷疑是否能完成這個研究，但老師不斷地鼓勵我們、陪伴我們，一路披荊斬棘到了全國賽。

美好的科展成果背後是無數次的實驗、修正和學習。在植物色素對碳粉改質的實驗中，為了驗證數據的正確性，我們不斷重新進行實驗蒐集數據。在碳粉微波膨脹脫層實驗，我們嘗試了許多方法去增強容器的耐受力，就在我們即將放棄時，想到用填補牆壁的批土來塗封、加固容器，才解決了難題。在封裝不同氣體電池時，我們要學習3D列印技術才能製作適用的實驗器具。口頭報告也是棘手的挑戰。我們花了大量的時間精簡內容及演練，才能在十分鐘內以清晰、流暢、層次分明又生動的口條解說30頁的內容。

面對比賽，強大的心理素質也是重要能力，穩定心神，專注且自信，才能將平時練習的成果充分展現。比賽當天我們非常緊張，但我們互相打氣，想到老師對我們的鼓勵：「不管比賽成績如何，在我心中，你們已經是第一名，因為你們的表現一次次的超越自己。」，頓時覺得輸贏不重要了，重要的是在這趟科展旅途中獲得的經驗與知識。

我們能掌握的是賽前的充分準備，了解研究的內容和相關的知識，設想可能被問的問題，詳實的回答，向評審傳達一個有趣的探究故事。

整個科展研究的歷程就是一段超越自我的紀錄，我們每天都在檢討昨天的缺失，進行修正；推翻之前的假設，重新開始；看見自己的弱點，尋求改進。我們漸漸變得不怕困難，不怕挑戰。剛開始對於實驗要重做很排斥，要上台報告很彆扭，參加科展前後的我們有了巨大的轉變。

感謝老師從題目、實驗、報告撰寫、口說，給予我們無私的教導與協助；也要感謝隊友，在實驗時一起合作，遇到瓶頸時一起討論解決問題；還要感謝家人的支持與陪伴，有了這些助力，我們才能站在這個頒獎台上。最後要感謝自己的自我督促和努力，發現了研究的樂趣，享有了這份榮譽。



台南市科展市賽與指導老師合影



全國賽現場與作品合影，明天將在這裡講一個有趣的探究故事



第一名獎盃是一年來大家共同努力的成果



# 摘要

本研究探討二氧化碳可以取代氧氣，當作空氣電池運作的氣體，並透過碳粉改質增加吸附二氧化碳的效果，提高發電效能，以研發鋁/二氧化碳電池。設計封裝灌氣的電池盒，測試在不同氣體環境中的發電效能；以蛋塔型電池比較不同碳粉的發電效能與其二氧化碳吸附力的關係；用微波膨脹脫層法和植物色素、化學吸附劑進行碳粉改質。研究發現在少量氧氣時，CO<sub>2</sub>可以做為空氣電池運作的氣體；備長炭、活性碳適用以化學吸附劑改質，石墨導電性佳，微波脫層後吸附 CO<sub>2</sub> 效果和導電性都更加提升，是做電池的好材料。最後研發平板型抽取式鋁/CO<sub>2</sub> 電池盒，在持續提供二氧化碳下，可驅動小型馬達，且能讓 LED 燈發亮達 12 小時。二氧化碳電池可同時將二氧化碳吸附與發電。

## 壹、研究動機

大氣中二氧化碳含量的增加是造成地球暖化現象的主要原因之一。除了減少二氧化碳排放，已經排放的 CO<sub>2</sub> 可以捕捉吸附並應用嗎？以空氣為主要的反應原料，生成物無害，是目前符合環保節能的空氣電池。本研究想探討二氧化碳的捕捉，用以提供空氣電池發電的氣體，研發簡易的二氧化碳電池。分析歷屆科展有關金屬空氣電池的作品，其基本構造有金屬極(負極)、吸附空氣的碳極(正極)、電解質(食鹽水)，並認為氧氣是空氣電池運作的氣體。我們想研究二氧化碳是否也可以做為空氣電池運作的氣體，以及如何增加碳極吸附二氧化碳的效果，最後研發金屬/CO<sub>2</sub> 電池。

## 貳、研究目的

### 一、驗證二氧化碳可以做為空氣電池運作的氣體

- 一-1、探討空氣電池在不同氣體環境的發電效能
- 一-2、探討空氣電池在不同二氧化碳量的發電效能

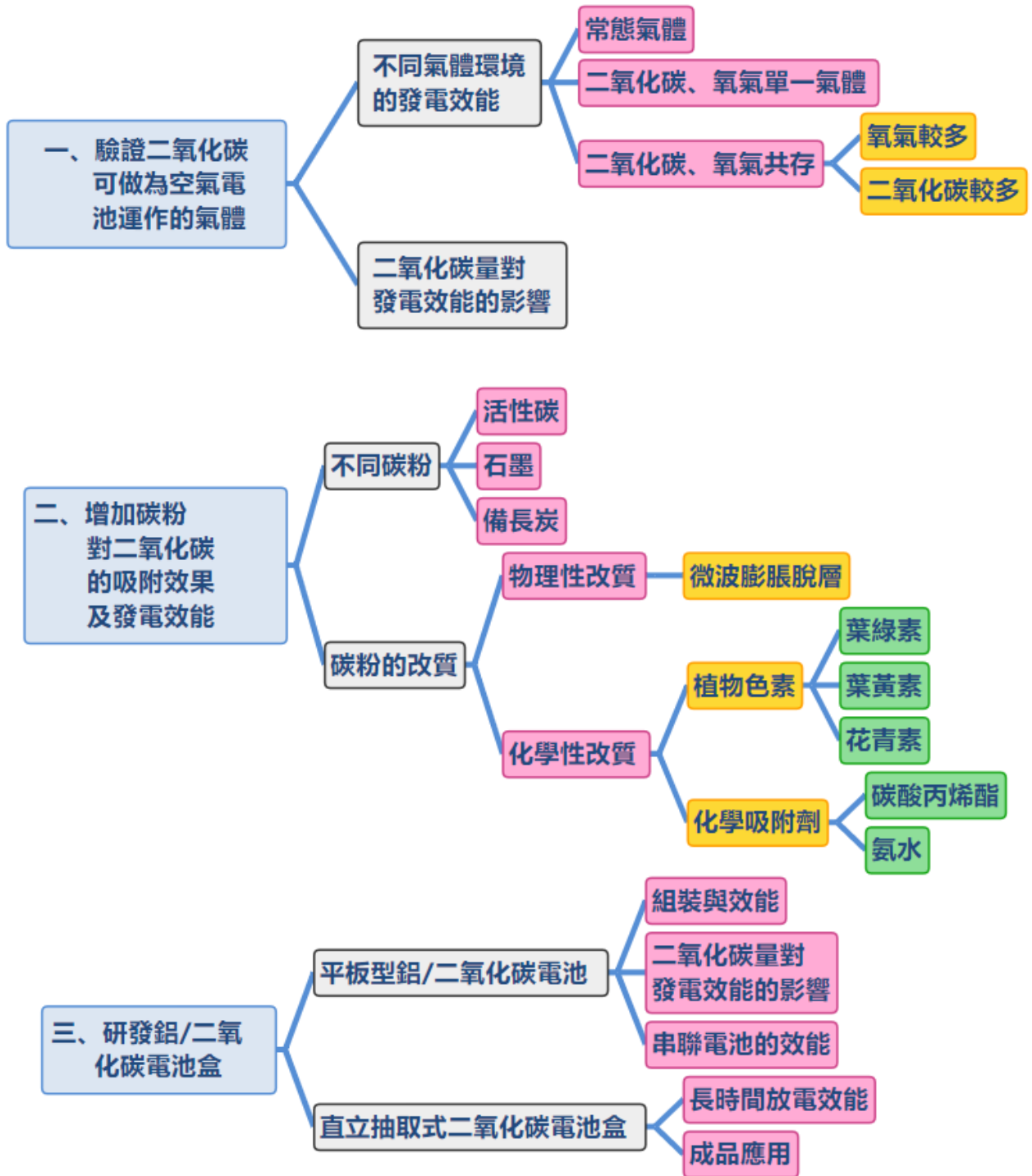
### 二、增加碳粉對二氧化碳的吸附效果

- 二-1、不同種類碳粉對二氧化碳吸附效果與發電效能的關係
- 二-2、碳粉的改質對二氧化碳吸附效果與發電效能的關係
  - 二-2-1、碳粉微波膨脹脫層後對導電性、二氧化碳吸附效果與發電效能的影響
  - 二-2-2、碳粉添加植物色素對二氧化碳吸附效果與發電效能的影響
  - 二-2-3、碳粉添加化學吸附劑對二氧化碳吸附效果與發電效能的影響

### 三、研發鋁/二氧化碳電池盒

- 三-1、研發平板型鋁/二氧化碳電池
  - 三-1-1、平板型鋁/二氧化碳電池的效能
  - 三-1-2、二氧化碳供應量對平板型鋁/CO<sub>2</sub> 電池發電效能的影響
  - 三-1-3、串聯不同數量平板型鋁/CO<sub>2</sub> 電池的發電效能
- 三-2、研發直立抽取式鋁/二氧化碳電池盒
  - 三-2-1、直立抽取式平板型鋁/CO<sub>2</sub> 電池盒長時間的放電效能
  - 三-2-2、鋁/CO<sub>2</sub> 電池盒成品應用

### 參、研究架構圖



圖三-1 研究架構圖

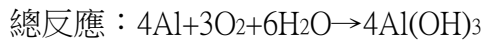
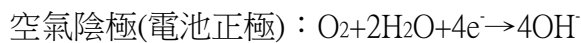
## 肆、研究原理

### 一、金屬/空氣電池

空氣電池是指以空氣為主要的反應原料，空氣會被消耗，空氣需要不斷地補進來，電池才會運作。金屬/空氣電池是以活性較高的金屬為負極，與空氣接觸的多孔碳材為正極的電池，當負極的金屬被氧化，正極的空氣被還原，即產生電流。

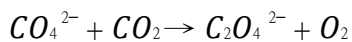
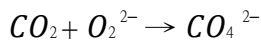
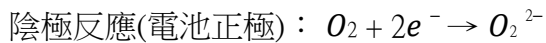
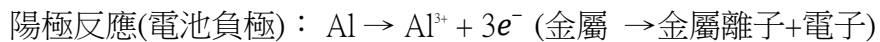
#### (一)、金屬/ O<sub>2</sub> 電池

金屬/ O<sub>2</sub> 電池是以氧氣作為電池中的氧化劑，金屬物質作為負極，例如鋁/ O<sub>2</sub> 電池。鋁箔上的鋁金屬碰到鹽水會氧化成為鋁離子放出電子，與碳中的氧氣接收電子，發生還原變成氫氧根離子，形成鋁氧氣電池。



#### (二)、金屬/ CO<sub>2</sub> 電池

金屬/ CO<sub>2</sub> 電池是以 CO<sub>2</sub> 為作為電池中的氧化劑，陰極為多孔碳極，以利吸附二氧化碳，但需要氧氣作為催化劑，在此過程中二氧化碳會被消耗，所以必須不斷地補充。



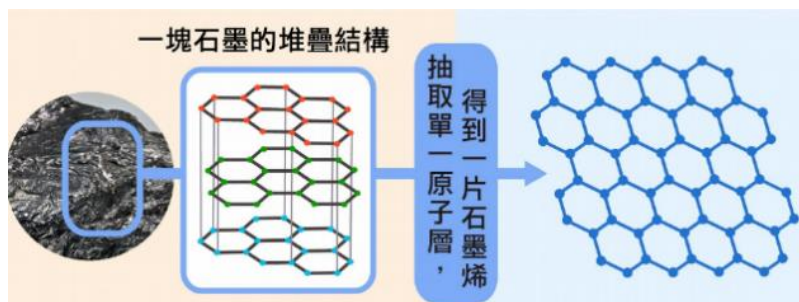
## 二、碳粉

### (一)、活性碳：

活性碳又稱碳黑，以無煙煤為原料，以水蒸氣法活化製得，為黑色且表面複雜的多孔性物質，主成分為碳，並摻有少量的氫、氧、氮、硫等化合而成，結構為碳所形成的六環狀物，表面積大，吸附速率快，吸附容量大。

### (二)、石墨：

石墨是將石油焦或其他含碳高的材料（瀝青焦、碳黑），加入一定量的黏結劑，經過捏合、成型、焙燒，在 2800°C 下石墨化而成。是由一層層的石墨烯堆疊而成。每一層是由碳原子組成的六角型蜂巢晶格的平面薄膜，最薄的厚度是一個碳原子的厚度。石墨烯是一種絕佳的電極材料，是電能和熱能的有效導體。



圖四-1 石墨結構圖

### (三)、備長炭：

備長炭是白炭，是使用質地較硬的**木頭**，如櫟木，經過高溫 1000 度以上的高溫燒製而成，因此非常堅硬，另外也會形成**多孔質結構**，而這些結構更可以**吸附空氣中的雜質**，達到淨化跟除臭的效果。

由以上資料得知，活性炭、石墨、備長炭的**原料、製作方法、特性都不同**，本研究比較三種碳粉對二氧化碳的吸附力以及與二氧化碳電池發電效能的關係。

## 三、碳粉改質

將碳粉進行改質以**提升對二氧化碳的吸附力**，分成化學改質和物理改質。

### (一)、化學改質：在碳粉中**添加化學物質**，提升對二氧化碳的吸附力

#### 1.添加植物色素：

植物中的光合色素會吸收二氧化碳進行光合作用，植物的光合色素濃度高者，固碳效果好。主要的植物色素有**葉綠素、葉黃素和花青素**等。其中葉綠素、葉黃素是光合色素，預期添加入碳粉後效果佳。而花青素不參與光合作用，預期添加入碳粉後效果不佳。

#### 2.添加**化學吸附劑**：

(1)目前常用於捕獲二氧化碳的是**鹼性液體吸收劑**，例如氫氧化鈉或其他鹼性化合物改質活性碳，可以提昇改質活性碳吸附二氧化碳的能力。本研究擬採用無腐蝕性的**氨水**。

(2)**碳酸丙烯酯**為一種無色無臭無毒的中性液體、對二氧化碳的吸收能力很強，性質穩定、低揮發性、耐高溫、不易蒸發，可讓 CO<sub>2</sub> 氣體流過潤濕的電極而不會損失電解質的蒸發。去光水含有這個成分。

本研究選用**氨水和碳酸丙烯酯**做為 CO<sub>2</sub> 化學吸附劑。

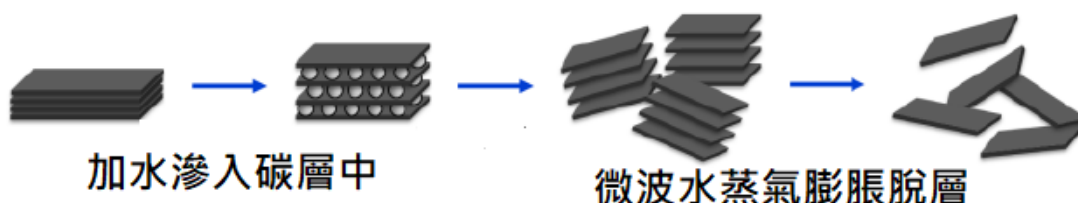
### (二)、物理改質：

碳粉可吸附二氧化碳氣體，碳粉富含多孔隙與大表面積，碳粉顆粒愈細、愈薄，吸附二氧化碳的效果愈好。本研究選用**碳粉**做為 CO<sub>2</sub> 吸附劑。並將**碳粉脫層**，增加吸附面積。

#### 1.碳粉微波熱脹脫層：

一種快速且有效製備**膨脹石墨烯**的方法，主要以微波輔助脫層法製備石墨烯，**石墨烯會吸收微波**，相較於傳統使用高溫熱脫層之方法，可以減少能源的消耗及縮短製備膨脹石墨烯的時間。

本研究簡化微波法，在碳粉中加水，水滲入碳粉空隙中，被家用微波爐加熱變成水蒸氣，撐開空隙，讓膨脹的力量使碳粉脫層。如下圖：



圖四-2 改自微波脫層法製備奈米石墨烯片及其散熱之應用



#### 四、歷屆科展空氣電池作品分析

表四-1 歷屆科展作品分析表

屆別	題目	電池材料					研究重點與結論
		負極	隔離層	電解液	正極	碳	
49	電從哪裡來？鋁—空氣電池的製作與探討	鋁罐	聚丙烯酸鈉	KOH 氫氧化鉀	未探討 氣體	活性炭 粉、碳 棒	<b>電解液濃度：</b> 氫氧化鉀當電解質效果佳。使用聚丙烯酸鈉當膠狀劑發電效果降低但較穩定。
51	未來電池之星： 鋁空氣電池	鋁箔	不織布	飽和食 鹽水	未探討 氣體	未清楚 表示何 種碳	<b>隔離層：</b> 增加隔離層吸水度及食鹽水濃度可提高效果，較佳隔離層不織布、化妝棉、毛巾。
55	鋅奇緣 Let it go	鋅片	紗布	鹽酸	未探討 氣體	4B 自動 筆筆芯	<b>電解液種類：</b> 鋅+鹽酸、鋁+氫氧化鈉發電效果佳，電解液濃度越高，金屬空氣電池的發電效能越佳。
60	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	鋁箔	廚房紙巾	食鹽水 未標濃 度	消耗 O <sub>2</sub> 沒有消 耗 CO <sub>2</sub>	備長炭	<b>延長空氣電池續航力因素：</b> 1.增加備長炭濕度。 2.增加氧氣濃度。 3.補充食鹽水。
60	金屬鎂 / 二氧化碳電池之開發研究	鎂	化妝棉	氯化 1- 乙基-3- 甲基咪 唑	CO <sub>2</sub>	多孔性 石墨烯	<b>增加電池材料對二氧化碳吸附力：</b> 1.多孔性石墨烯碳膜電極。 2.強化二氧化碳吸收能力的離子電解液。 3.集電網加強集電。
61	鋁空氣電池	鋁箔	厚脫 脂棉	食鹽水 (未標 濃度)	未探討 氣體	備長炭	<b>以回收物製造空氣電池：</b> 使用回收物暖暖包、濾心及鋁罐等來發電。

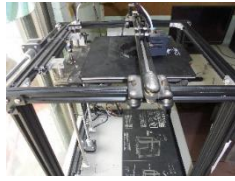

分析結果：由歷屆科展作品分析表看出歷屆研究認為參與空氣電池運作的氣體是氧氣，研究變項多為電解質、隔離層，較少探討碳粉對氣體的吸附能力。本研究想驗證 CO<sub>2</sub> 可以做為空氣電池運作的氣體，並探討適合吸附 CO<sub>2</sub> 的碳粉。

#### 伍、研究設備和材料

一、**實驗材料：**鋁箔盤、圓形盒、咖啡濾紙、活性炭、石墨、備長炭、蛋殼、紅蘿蔔、油土、銅集電網、衛生紙、鋁箔紙、陶瓷碗、食鹽、批土。

二、**實驗藥品：**雙氧水、醋、小蘇打粉、碳酸丙烯酯。

三、實驗設備與器材：電子式三用電表、探針、鱷魚夾、500ml 針筒、塑膠管、三向閥、壓克力板、廣口瓶、燒杯、鐵盒、計時器、透明圓形塑膠盒。

				
WiFi 攝影機	平板電腦	CO <sub>2</sub> 濃度偵測器	3D 列印機	700w 微波爐

## 陸、研究設計

本實驗自行研發的實驗工具與測量方法：

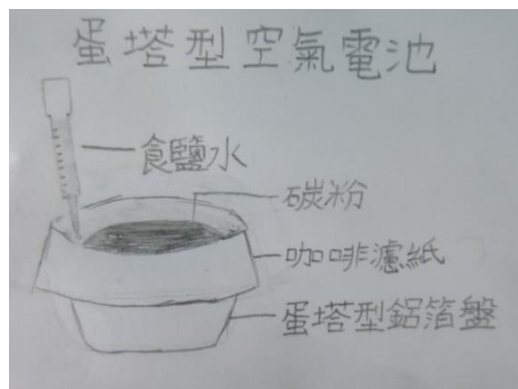
### 一、蛋塔型空氣電池

(一)、功用：為了瞭解空氣電池在各種實驗變項操作下的發電效能，研發簡易的空氣電池，可快速組裝與測量電壓、電流值。



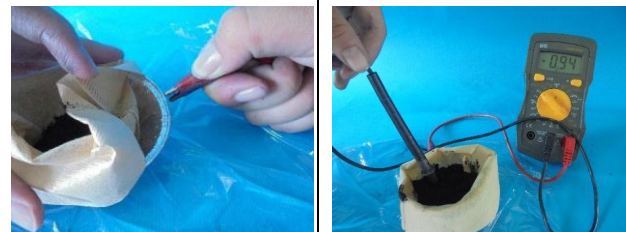
(二)、構造與功能：

結構	負極	隔離層	電解液	正極	碳極
功能	放出電子	隔開正極、負極的反應	讓離子可以在正極、負極之間傳遞	接收電子	吸附空氣
材料	蛋塔鋁箔盒	咖啡濾紙	食鹽水	空氣	活性碳粉

(三)、手繪圖與裝置圖：



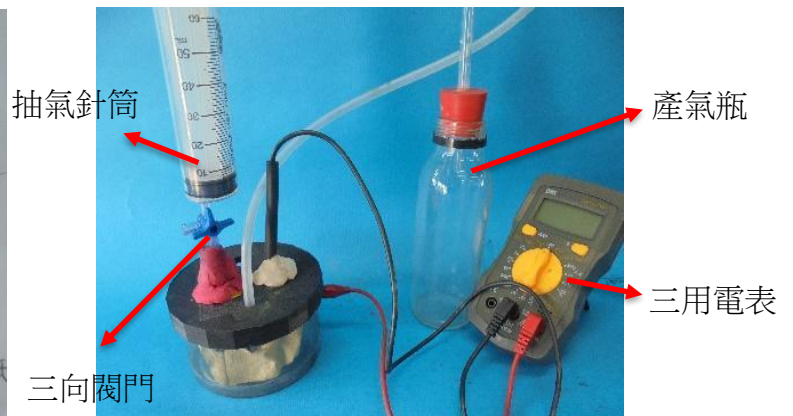
(四)、裝置步驟：

		
咖啡濾紙鋪在蛋塔鋁箔盒上。	滴入 5mL 食鹽水，鋪上 10gw 的碳粉。	鱷魚夾夾在鋁盤，探針放在碳粉上測量電壓、電流

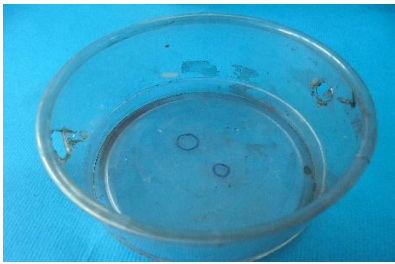
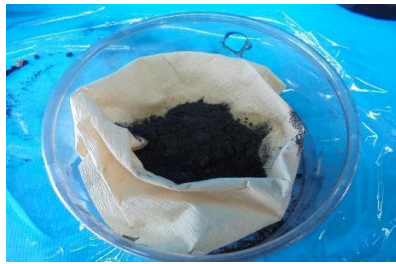
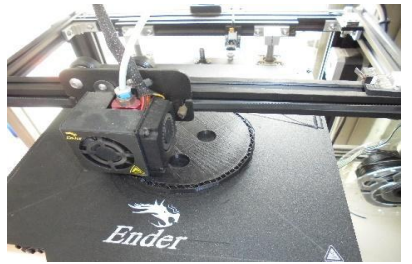


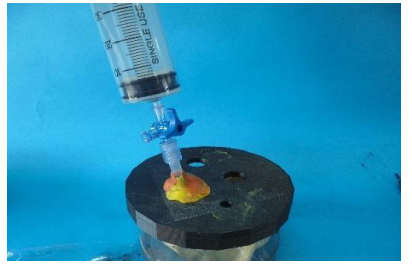

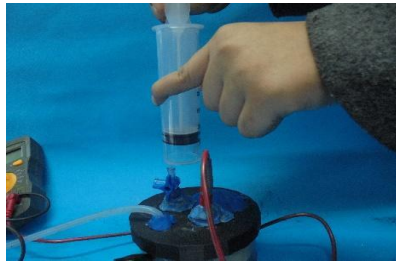

## 二、可灌氣電池封裝盒

(一)、**功用**：封裝蛋塔型空氣電池，並灌入各項實驗氣體，測量空氣電池在不同氣體環境中的電壓、電流值。

(二)、**手繪圖與裝置圖**：



(三)、**裝置步驟**：

		
1. 透明塑膠圓盒	2. 放入蛋塔型電池	3. 利用 3D 列印機列印上蓋
		
4. 鱷魚夾子夾在鋁箔盒上	5. 蓋上自製上蓋	6. 上蓋插上抽氣針筒
		
7. 插入探針接觸碳粉	8. 抽掉盒內空氣	9. 裝上供氣瓶

(四)、**優點**：

1. 上蓋孔洞可**固定探針**使測量數值穩定並進行**長時間測量**。
2. 蛋塔型電池封裝在圓盒中可**減緩電解液水分散失**。
3. 可以**操縱灌入盒內的氣體種類**。

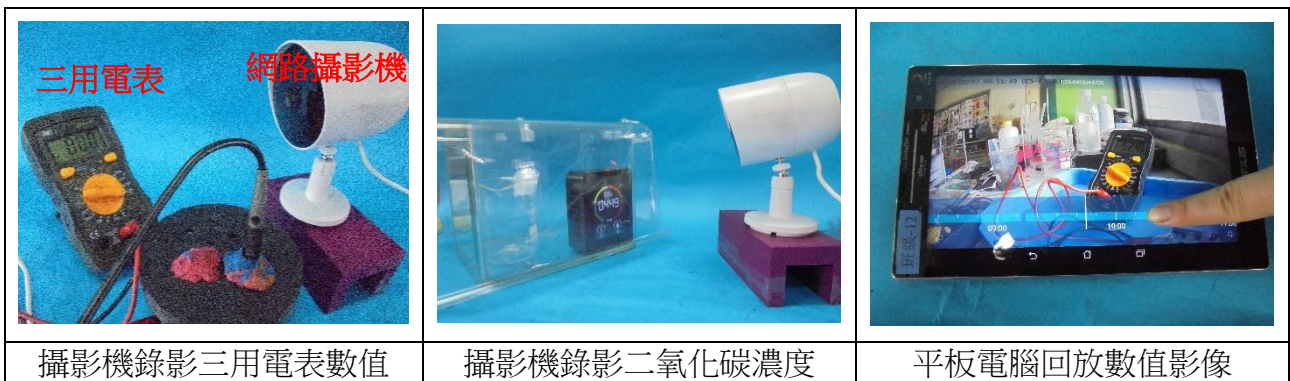


### 三、記錄實驗數據的方法

(一)、功用：可長時間觀察並記錄實驗數據。

本研究在實驗數據的蒐集上，需要長時間的觀察記錄三用電表的電壓、電流值以及二氧化碳濃度的變化值，所以採用 WiFi 攝影機來拍攝錄影測量儀器上顯示的實驗數值，再用平板電腦回放影像登錄數值。

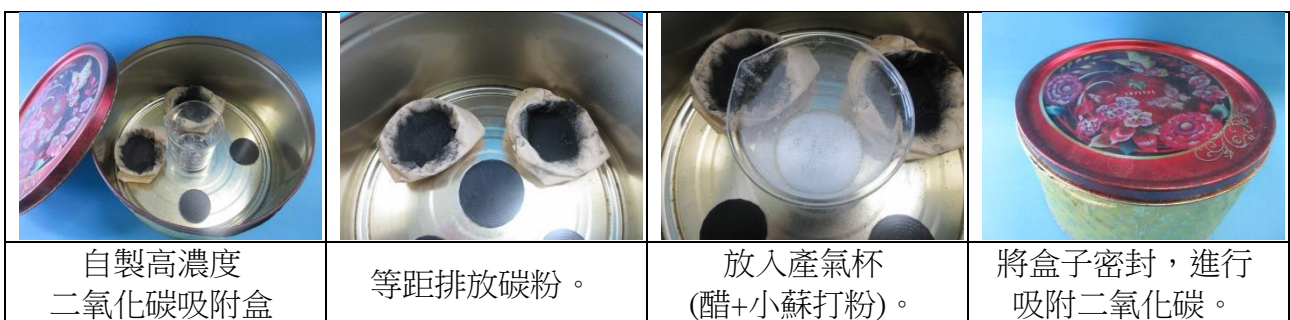
(二)、裝置步驟：



### 四、高濃度二氧化碳吸附盒

(一)、功用：使碳粉可以快速吸附二氧化碳。採用密封鐵盒，碳粉等距排放在產氣杯周圍。讓碳粉吸收相同濃度二氧化碳後，拿出後再測量其電壓、電流值。

(二)、裝置步驟：



### 五、二氧化碳吸附量測量箱




(一)、功用：測量碳粉吸附二氧化碳的效果。用透明箱以拍攝到 CO<sub>2</sub> 濃度偵測器數值變化。

(二)、裝置圖：





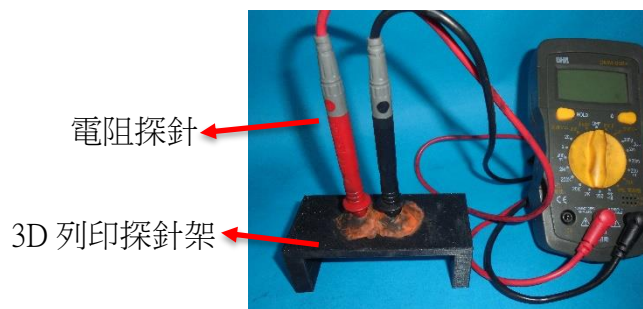
(三)、裝置步驟：

		
1.小蘇打粉加醋製造 CO <sub>2</sub>	2.放入碳粉吸附 CO <sub>2</sub>	3.拍攝 CO <sub>2</sub> 濃度偵測器數值

(四)、密封效能測試：密封箱內 CO<sub>2</sub> 不外洩，CO<sub>2</sub> 濃度 5000ppm 可維持 30 小時。


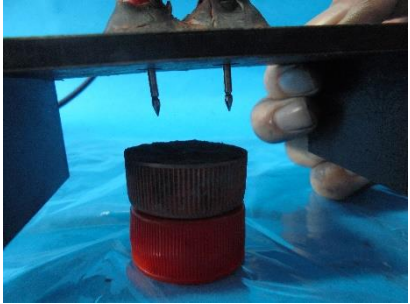

六、**碳粉電阻測量器**

(一)、功用: 測量碳粉的電阻，可以固定探針插入碳粉的深度。



圖六-1 碳粉電阻測量器

(二)、裝置步驟：

		
1. 碳粉填裝入瓶蓋	2. 墊高碳粉盒	3. 探針插入碳粉測量電阻

## 柒、研究過程與結果

### 研究一、驗證二氧化碳可以做為空氣電池運作的氣體

【實驗 一-1】、比較空氣電池在**不同氣體環境**的發電效能

**實驗構想：**

探討空氣電池發電所需要的氣體條件，**氧氣與二氧化碳是否必須同時存在**？實驗設計了五種**不同氣體環境**，分別是常態氣體、氧氣、二氧化碳。氧氣、二氧化碳的環境又分別設計**抽掉盒內空氣與不抽空氣**，形成**單一氣體**和**兩種氣體(氧氣、二氧化碳)共存**，且其中一種氣體較多的環境。

(一)、實驗步驟：

- 1.裝置蛋塔型空氣電池，放入圓形透明塑膠盒中。
- 2.製造不同空氣環境的灌氣方式：

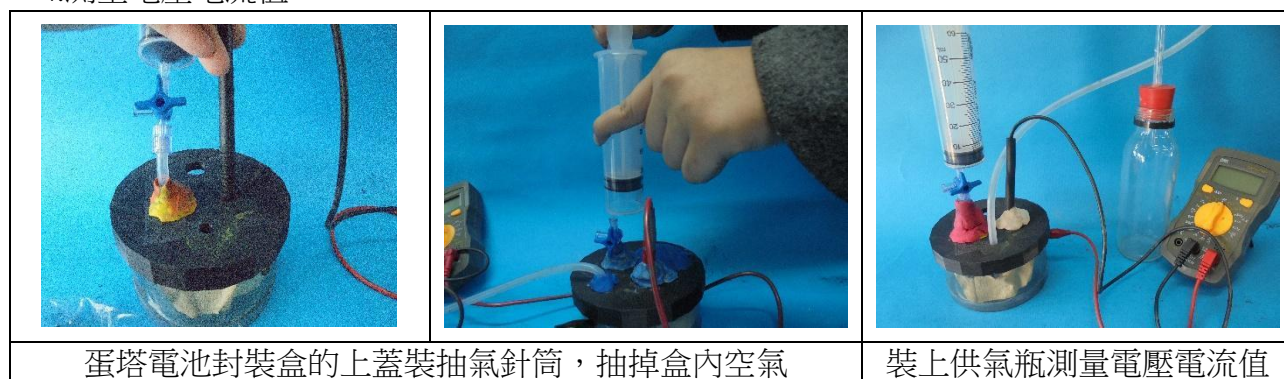
表一-1-1 不同空氣環境的灌氣方式

氣體環境		抽氣方式	灌入氣體
常態氣體		不抽盒內氣體。	圓形塑膠盒不密封，讓氣體自由進出。
O <sub>2</sub> 、CO <sub>2</sub> 單一氣體	氧氣	抽掉盒內空氣： 抽至針筒很難拉動為止。	灌入氧氣。
	二氧化碳		灌入二氧化碳。
O <sub>2</sub> 、CO <sub>2</sub> 共存	氧氣多	不抽盒內氣體。	灌入氧氣。
	氧氣少		灌入二氧化碳。

3.產氣方法：

- (1) 氧氣：3gw 紅蘿蔔+25mL 雙氧水。
- (2) 二氧化碳：3gw 小蘇打粉+25mL 醋。

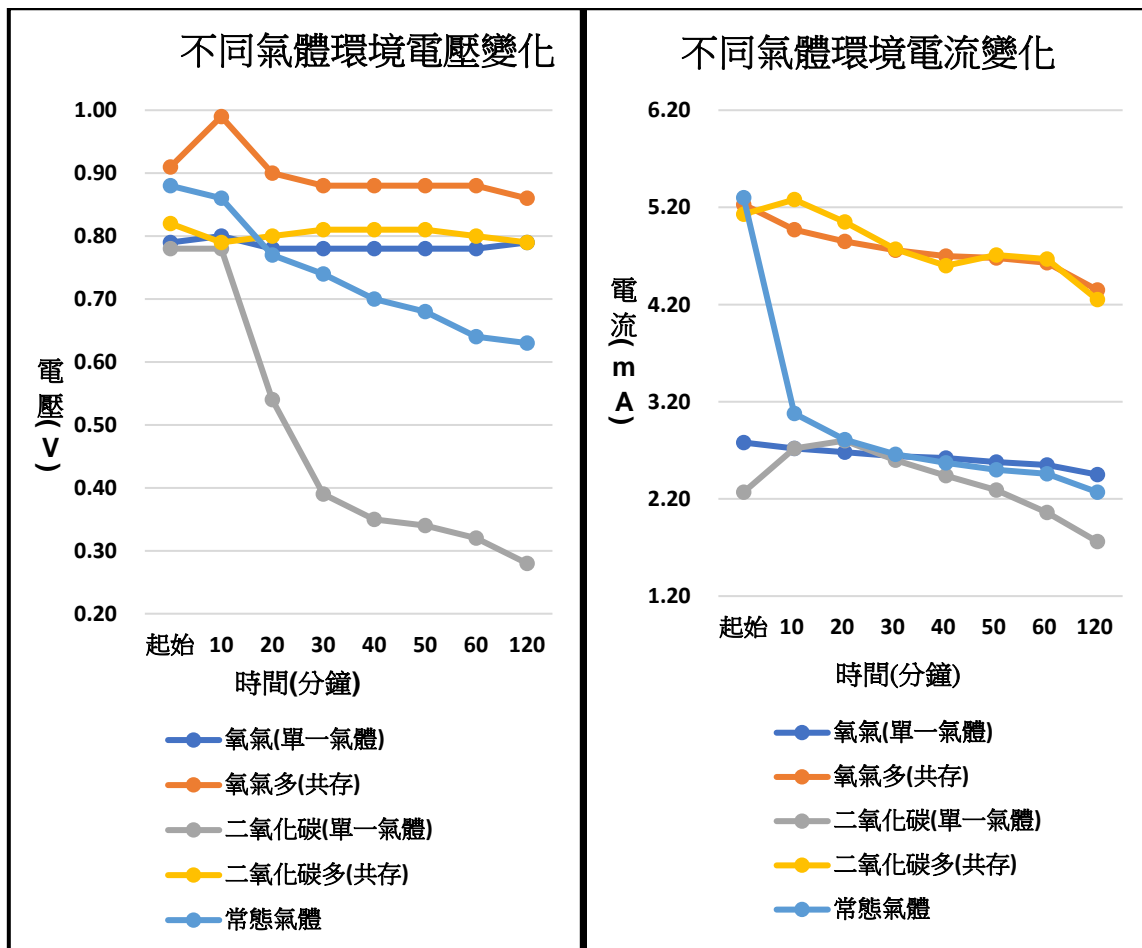
4.測量電壓電流值。



(二)、實驗結果：

表一-1-2 空氣電池在不同氣體環境的發電效能結果

氣體環境	常態氣體		單一氣體				氣體共存			
			抽掉盒內氣體 (氧氣)		抽掉盒內氣體 (二氧化碳)		不抽盒內氣體 (氧氣多)		不抽盒內氣體 (二氧化碳多)	
時間 (分)	電壓 (V)	電流 (mA)	電壓 (V)	電流 (mA)	電壓 (V)	電流 (mA)	電壓 (V)	電流 (mA)	電壓 (V)	電流 (mA)
起始	0.88	5.30	0.79	2.78	0.78	2.27	0.91	5.23	0.82	5.13
10	0.86	3.08	0.80	2.72	0.78	2.72	0.99	4.97	0.79	5.28
20	0.77	2.81	0.78	2.68	0.54	2.80	0.90	4.85	0.80	5.05
30	0.74	2.66	0.78	2.64	0.39	2.60	0.88	4.76	0.81	4.77
40	0.70	2.57	0.78	2.62	0.35	2.44	0.88	4.70	0.81	4.60
50	0.68	2.50	0.78	2.58	0.34	2.29	0.88	4.68	0.81	4.71
60	0.64	2.46	0.78	2.55	0.32	2.06	0.88	4.63	0.80	4.67
≈										
120	0.63	2.27	0.79	2.45	0.28	1.76	0.86	4.35	0.79	4.25



### (三)、發現與討論：

1. 在常態氣體環境時，空氣電池的電流值衰退速度比電壓快。應該是隔離層接觸外界，電解液蒸散快造成的。
2. 灌氣前抽掉盒內空氣，空氣電池的電流都會變得很低，表示氣體量對於電流有很大影響。
3. 抽掉盒內空氣再灌入氧氣，表示在氧氣多於二氧化碳的環境，空氣電池的電壓、電流相對穩定。
4. 不論灌入氧氣或二氧化碳之前，不抽空氣都比抽空氣後才灌氣好，表示空氣電池的運作在純氧或純二氧化碳的環境，發電效能都不好。
5. 二氧化碳電池要在有氧氣的環境中才能發揮作用，一開始沒有氧氣，即使灌入 CO<sub>2</sub>，發電效果是五種空氣環境中最差的。
6. 在有氧氣的環境下灌入 CO<sub>2</sub> 有穩定發電的效果。
7. 雖在氧氣充足的環境下，空氣電池的發電效能較好，但是，提供氧氣要消耗更多的能量，而提供 CO<sub>2</sub> 當作電池運作的氣體，可以消耗人類排放的 CO<sub>2</sub>，改善溫室效應。
8. 從以上結果可以證明在有氧氣的環境下供應 CO<sub>2</sub> 作為空氣電池運作的氣體是可行的。





### 結論：

在少量氧氣的環境下，供應 CO<sub>2</sub> 作為空氣電池運作的氣體是可行的，且可以有穩定發電的效果。此外提供 CO<sub>2</sub> 當作電池運作的氣體，可以消耗人類排放的 CO<sub>2</sub>，改善溫室效應。

【實驗一-2】比較空氣電池在**不同二氧化碳量**的發電效能

(一)、實驗步驟：

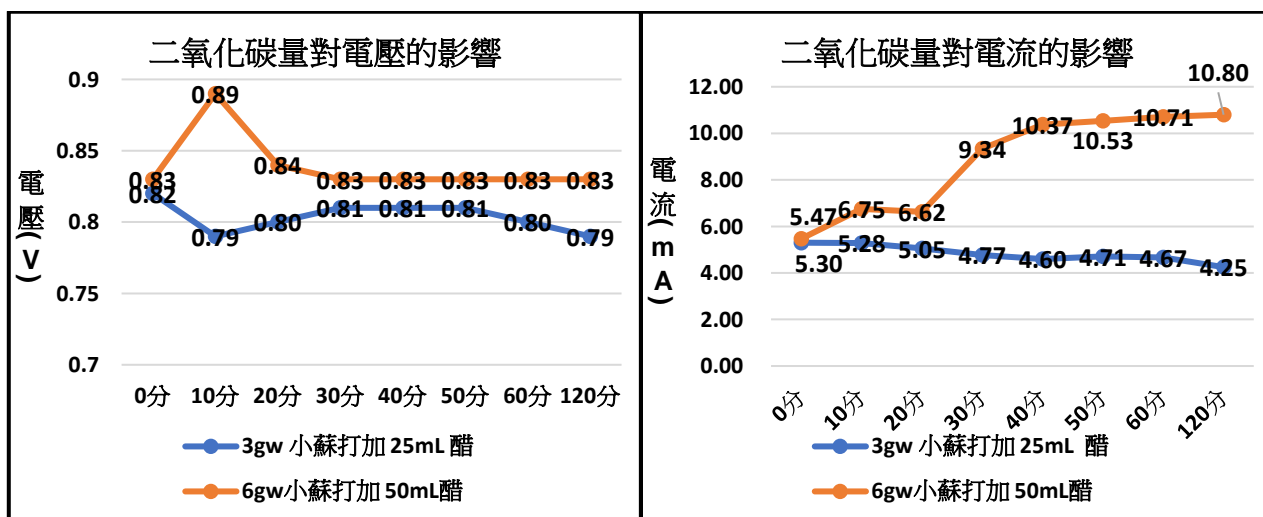
- 1.準備灌氣瓶(小蘇打粉:醋，3gw/25mL 和 6gw/50mL)。
- 2.將二氧化碳灌入裝有蛋塔型電池的圓形封裝盒。
- 3.記錄電壓、電流值**隨時間**的變化量。

			
製造不同量二氧化碳	灌入二氧化碳	測量電壓、電流值	記錄電壓、電流值 <b>隨時間</b> 的變化量

(二)、實驗結果：

表一-2-1 蛋塔型空氣電池在**不同二氧化碳量**的發電效能結果

二氧化碳製造量 電池放電時間(分)	3gw 小蘇打粉加 25mL 醋		6gw 小蘇打粉加 50mL 醋	
	電壓(V)	電流(mA)	電壓(V)	電流(mA)
起始	0.82	5.30	0.83	5.47
10	0.79	5.28	0.89	6.75
20	0.80	5.05	0.84	6.62
30	0.81	4.77	0.83	9.34
40	0.81	4.60	0.83	10.37
50	0.81	4.71	0.83	10.53
60	0.80	4.67	0.83	10.71
~				
120	0.79	4.25	0.83	10.80





(三)、發現與討論：

1. 灌入 CO<sub>2</sub> 量愈多，電壓值愈高；而且放電時間愈久，電壓愈穩定。
2. 灌入 CO<sub>2</sub> 量愈多，電流值愈高；而且時間愈久，電流愈高。
3. 增加 CO<sub>2</sub> 量時，空氣電池電流的提升比電壓顯著。

結論：

CO<sub>2</sub> 量會影響電池的發電效能，CO<sub>2</sub> 量越多時發電效能越高。證明 CO<sub>2</sub> 是空氣電池運作的氣體。

研究二、增加碳粉對二氧化碳的吸附效果

研究二-1：不同種類碳粉對二氧化碳吸附效果與發電效能的關係

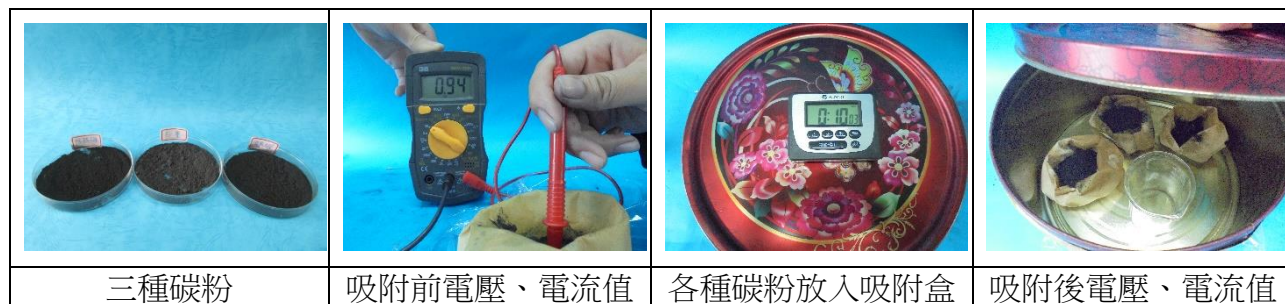
實驗構想：

探討碳粉吸附 CO<sub>2</sub> 後發電效果是否增加，並驗證不同碳粉對 CO<sub>2</sub> 的吸附力與發電效能提升有相關性，再一次證明 CO<sub>2</sub> 可做為空氣電池運作的氣體。

【實驗二-1-1】比較不同種類碳粉吸附 CO<sub>2</sub> 前後對發電效能的影響

(一)、實驗步驟：

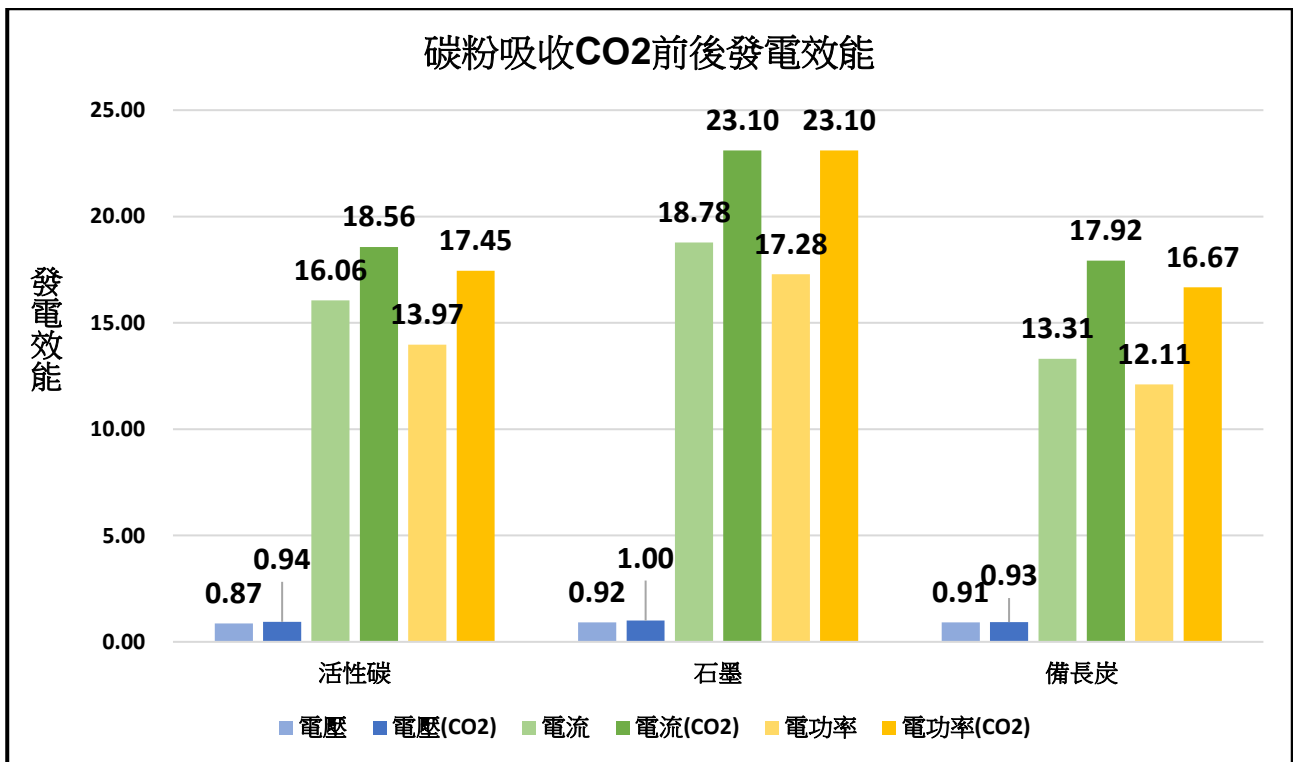
1. 分別將活性碳、石墨、備長炭等組合成蛋塔型空氣電池，分別測量其電壓、電流值。
2. 將各種炭粉組合成蛋塔型空氣電池放入二氧化碳吸附盒，讓碳粉吸收相同濃度二氧化碳後，拿出後再測量其電壓、電流值。



(二)、實驗結果：

表二-1-1-1 不同碳粉吸附 CO<sub>2</sub> 前後的發電提升率

碳粉種類	吸附 CO <sub>2</sub> 前後	電壓 (V)	電流 (mA)	電功率 (mW)	碳粉吸附 CO <sub>2</sub> 的發電提升率		
					電壓	電流	電功率
活性碳	前	0.87	16.06	13.97	8%	16%	25%
	後	0.94	18.56	17.45			
石墨粉	前	0.92	18.78	17.28	9%	23%	34%
	後	1.00	23.10	23.10			
備長炭	前	0.91	13.31	12.11	2%	35%	38%
	後	0.93	17.92	16.67			



### (三)、發現與討論：

1. 三種碳粉在**未吸附高濃度 CO<sub>2</sub>之前**，電壓值，石墨>備長炭>活性碳，但差異不大。電流是石墨>備長炭>活性碳，石墨大很多。應該是石墨的導電性比較好造成，在實驗二-2-1 導電性測試也得到驗證。
2. 三種碳粉在**吸附 CO<sub>2</sub>之後**，**發電效能都有增加**，不論在電壓、電流和電功率都有增加。所以，**碳粉吸附 CO<sub>2</sub>有助於提升發電效能**。
3. 在電壓上，三種碳粉的提升率比電流低。石墨粉提升率最多，備長炭最少。
4. 在電流上，備長炭提升率最多，活性碳最少。
5. 在電功率上，備長炭提升率最多，活性碳最少。
6. 雖然備長炭在吸附 CO<sub>2</sub>之後發電效能提升最多，但是提升後的**發電效能還是以石墨最好**。

### 結論：

三種碳粉，不論在電壓、電流和電功率都有增加，所以**吸附 CO<sub>2</sub>都有助於提升發電效能**，提升後的**發電效能是以石墨最佳**。

### 【實驗二-1-2】比較不同種類碳粉對 CO<sub>2</sub>的吸附力

#### (一)、實驗步驟：

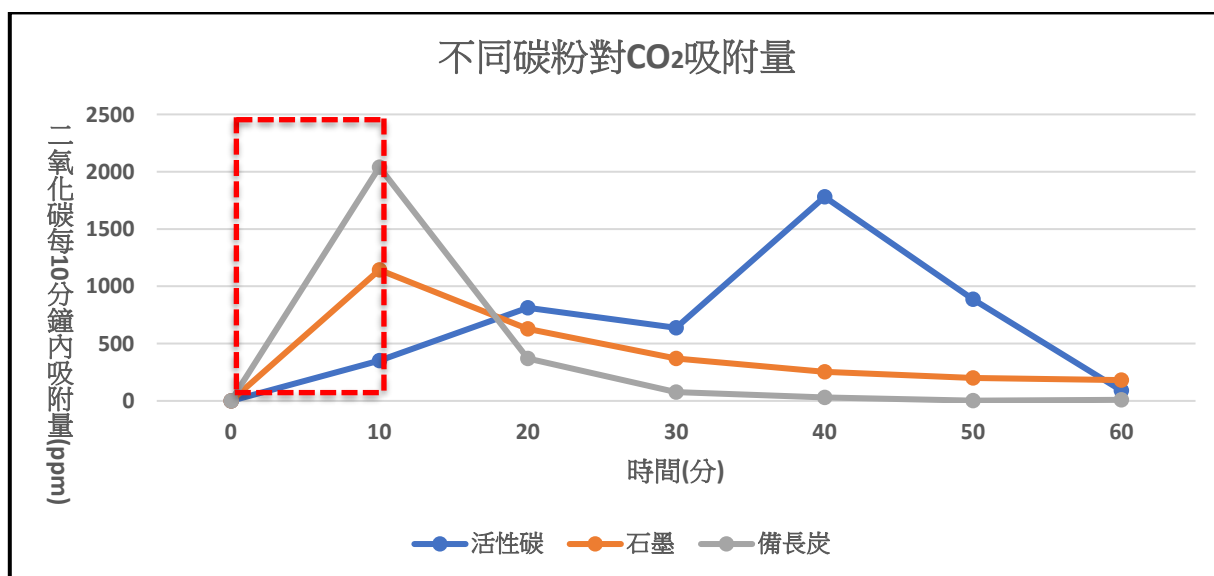
1. 碳粉對 CO<sub>2</sub>的吸附力：**每 10 分鐘吸收吸附 CO<sub>2</sub>的量**。每 10 分鐘紀錄 CO<sub>2</sub>量，計算每 10 分鐘 CO<sub>2</sub>的 ppm 改變量。
2. 在玻璃箱內製造二氧化碳達到 5000ppm。
3. 放入碳粉，拍攝紀錄 CO<sub>2</sub>的數值。



(二)、實驗結果：

表二-1-2-1 不同碳粉對 CO<sub>2</sub> 的吸附量

CO <sub>2</sub> 量(ppm)	活性炭		石墨		備長炭	
	現存量	吸附量	現存量	吸附量	現存量	吸附量
時間(分)						
0	5000	0	5000	0	5000	0
10	4649	351	3857	1143	2960	2040
20	3837	812	3228	629	2590	370
30	3199	638	2857	371	2512	78
40	1419	1780	2603	254	2481	31
50	531	888	2402	201	2479	2
60	440	91	2220	182	2470	9



(三)、發現與討論：

1. 備長炭前 10 分鐘吸附 CO<sub>2</sub> 的效果最好，其次是石墨、活性炭，這和實驗二-1-1 電功率效果提升率的排序相符合。可見發電效果與 CO<sub>2</sub> 吸附能力有相關。
2. 備長炭吸附 CO<sub>2</sub> 的效果在 10 分鐘後吸附力下降；活性炭在 20 分鐘後有較佳的吸附性；石墨的吸附性率較穩定。
3. 雖然備長炭吸附二氧化碳的效果很好，即使發電效果提升，發電效果還是比活性炭和石墨差。

## 研究二-2 碳粉的改質對二氧化碳吸附效果與發電效能的影響

### 構想：

採用物理吸附(膨脹脫層)、化學吸附(化學藥品)兩種改質方法，提高碳粉對 CO<sub>2</sub> 的吸附力，以增加電池效能。









### 【實驗二-2-1】 碳粉微波膨脹脫層對導電性與發電效能的影響

#### 實驗構想:

- 1.利用微波能量將碳粉膨脹脫層，形成更薄的碳層。在碳粉中加水，水滲入碳粉空隙中，被家用微波爐加熱變成水蒸氣，撐開空隙，讓膨脹的力量使碳粉脫層。
- 2.以導電度作為脫層效果的判斷標準，脫層效果愈好，導電性愈好，電阻愈低。  
導電性的定義： $1/\text{電阻}(\Omega)$ 為導電度值

#### (一)、實驗步驟：

- 1.將 15gw 碳粉加上 10mL 的水放入一個碗中，用另一個碗倒蓋。
- 2.碗的外面塗上等量的批土，並曬乾，加強碗的密封性和堅固性。
- 3.放入微波爐，用 700W 功率加熱至碗熱脹破裂後，取出碳粉並測量電阻
- 4.將碳粉做成蛋塔型電池，測量電壓、電流值。

			
將 15gw 碳粉加上 10mL 的水	將兩個碗疊蓋密封	塗上等量的批土	完成封土
			
曬乾	放入微波爐加熱	熱脹完成取出碳粉	測量電阻數據

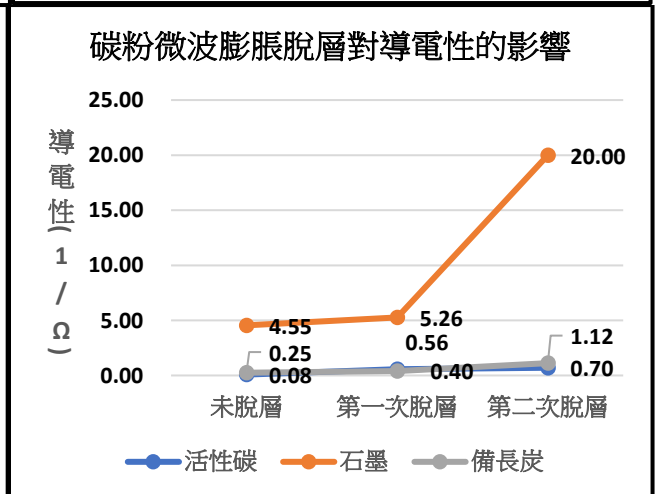
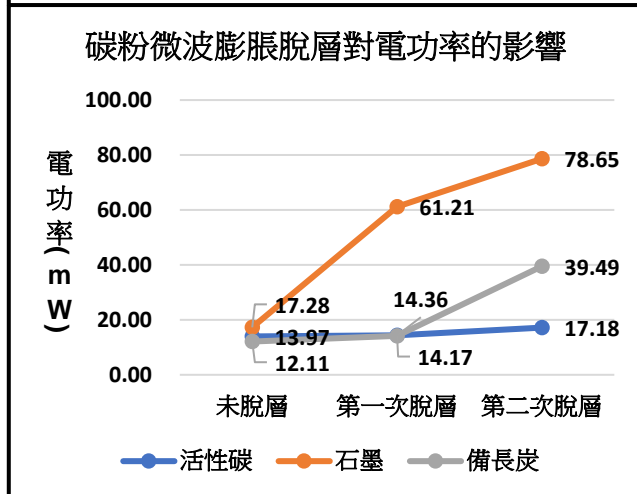
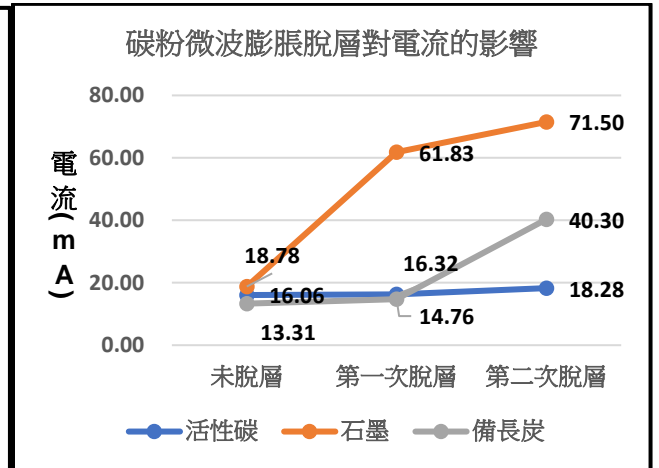
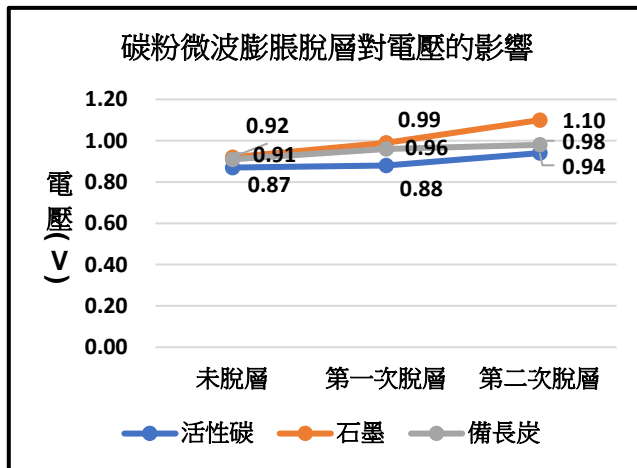
#### (二)、實驗結果：

表二-2-1-1 碳粉微波膨脹脫層後的導電性和發電效能

碳粉種類	脫層次數	電阻 $\Omega$	導電性 (電阻 $1/\Omega$ )	發電效能		
				電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)
活性碳	未脫層	11.80	0.08	0.87	16.06	13.97
	第一次	1.79	0.56	0.88	16.32	14.36
	第二次	1.42	0.70	0.94	18.28	17.18

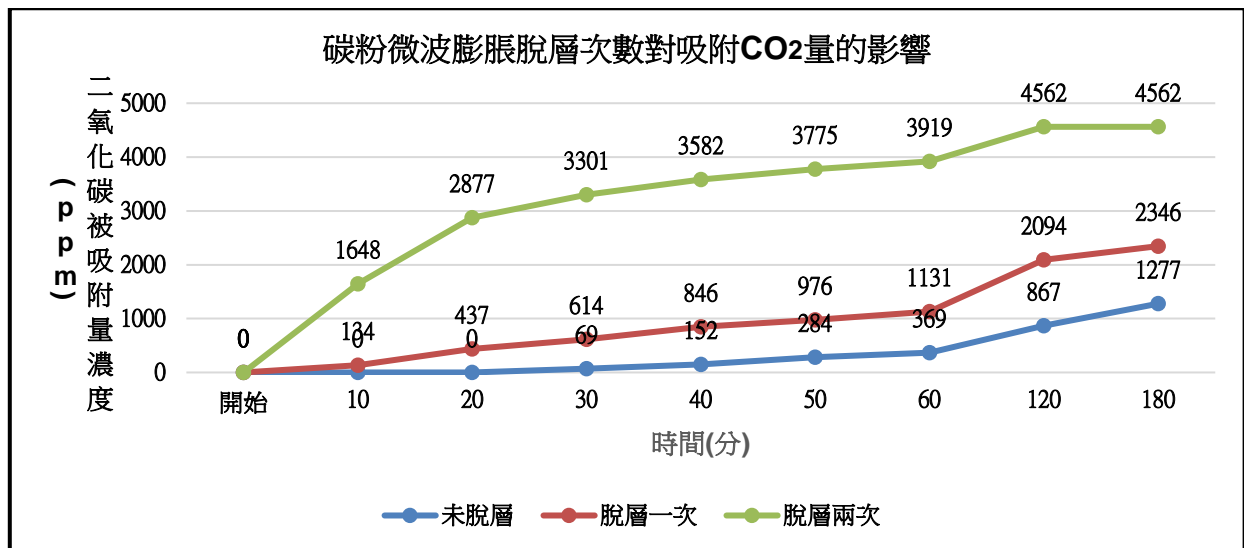


石墨粉	未脫層	0.22	4.55	0.92	18.78	17.28
	第一次	0.19	5.26	0.99	61.83	61.21
	第二次	0.05	20.00	1.10	71.50	78.65
備長炭	未脫層	4.01	0.25	0.91	13.31	12.11
	第一次	2.49	0.40	0.96	14.76	14.17
	第二次	0.89	1.12	0.98	40.30	39.49



表二-2-1-2 石墨微波膨脹脫層次數對 CO<sub>2</sub> 的吸附量

時間(分)	CO <sub>2</sub> 量(ppm)		未脫層		第一次脫層		第二次脫層	
	現存量	吸附量	現存量	吸附量	現存量	吸附量	現存量	吸附量
開始	5000	0	5000	0	5000	0	5000	0
10	5000	0	4866	134	3352	1648		
20	5000	0	4563	437	2123	2877		
30	4931	69	4386	614	1699	3301		
40	4848	152	4154	846	1418	3582		
50	4716	284	4024	976	1225	3775		
60	4631	369	3869	1131	1081	3919		
≈								
120	4133	867	2906	2094	438	4562		
180	3723	1277	2654	2346	438	4562		



(三)、發現與討論：

1. 三種碳粉微波膨脹脫層後，在**導電性**上都有提升，以**石墨提升最顯著**，其次是備長炭、活性碳。
2. 三種碳粉膨脹後做成電池，在**電壓、電流、電功率**上都有提升。以**石墨提升最顯著**，其次是備長炭、活性碳。
3. 碳粉微波膨脹脫層次數愈多，在**導電性、電壓、電流、電功率**提升愈多。
4. 微波膨脹脫層次數愈多的石墨，**吸附 CO<sub>2</sub>的效果愈高**，是造成**電壓、電流、電功率**提升的原因。

**【實驗二-2-2】** 碳粉**添加植物色素**對二氧化碳吸附效果與發電效能的關係




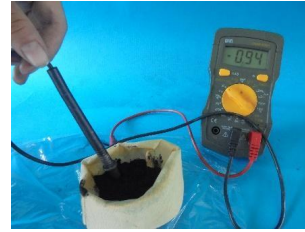
**實驗構想：**

植物吸收二氧化碳行光合作用、其中葉綠素扮演著非常重要的角色。碳粉中添加三種植物色素(葉綠素、葉黃素、花青素)是否提升碳粉吸附 CO<sub>2</sub>的能力，進而提升發電效果。

(一)、實驗步驟：

1. 碳粉改質：碳粉**添加植物色素**。
  - (1). 葉綠素萃取液：10gw 地瓜葉加 25%酒精 50mL，浸泡 4 小時；  
葉黃素萃取液：10gw 紅蘿蔔加 25%酒精 50mL，浸泡 4 小時；  
花青素萃取液：10gw 紫色高麗菜加 50mL 水，浸泡 4 小時。
  - (2). 玻璃漏斗鋪上咖啡濾紙，量取 10gw 碳粉放入咖啡濾紙，倒入植物色素萃取液。
2. 將吸附植物色素改質過後的碳粉，做成電池並測量其電壓、電流。
3. 三種吸附植物色素的碳粉放入 CO<sub>2</sub> 吸附盒內讓其吸附 CO<sub>2</sub>10 分鐘。
4. 取出後再次測量其電壓、電流。



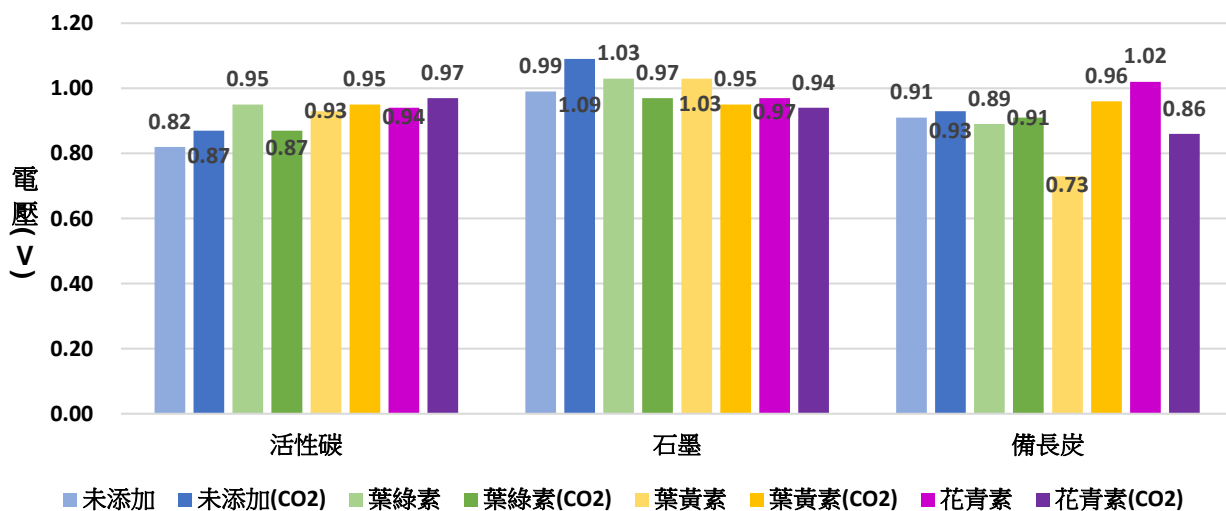
			
當流下澄清萃取液時即為萃取完成	吸附後炭粉做成電池測吸附 CO <sub>2</sub> 前效能	各碳粉吸附二氧化碳計時十分鐘	取出後再次測量吸附 CO <sub>2</sub> 後電壓和電流

(二)、實驗結果：

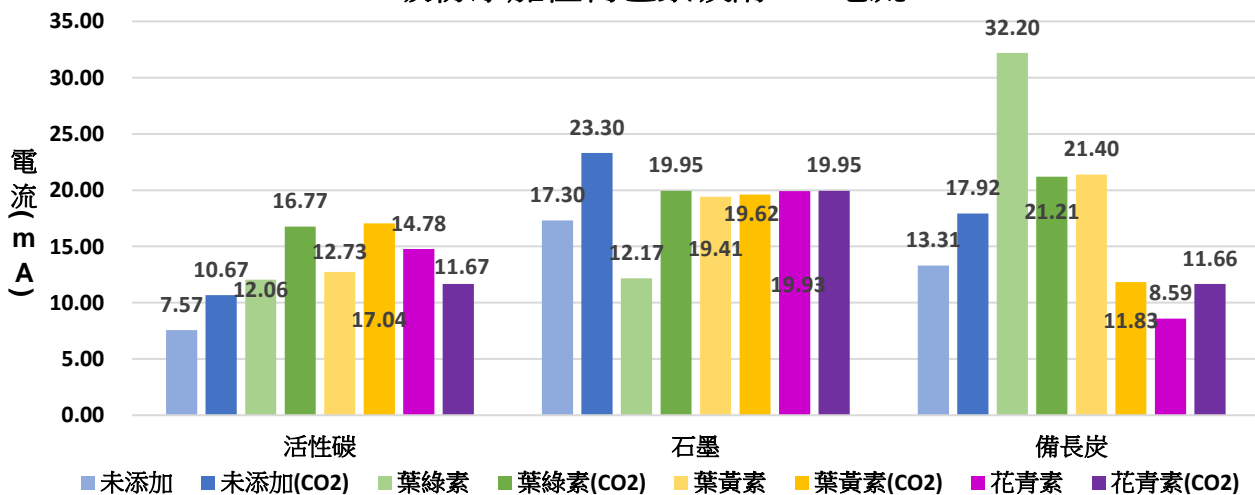
表二-2-2-1 碳粉添加植物色素對二氧化碳吸附效果與發電效能

碳粉	植物色素	吸附 CO <sub>2</sub> 前後	電壓 V(平均)	電流 mA(平均)	電功率 mW	發電效能提升率		
						電壓	電流	電功率
活性炭	未添加	前	0.82	7.57	6.21	6%	41%	49%
		後	0.87	10.67	9.28			
	葉綠素	前	0.95	12.06	11.46	-8%	39%	27%
		後	0.87	16.77	14.59			
	葉黃素	前	0.93	12.73	11.84	2%	34%	37%
		後	0.95	17.04	16.19			
花青素	前	0.94	14.78	13.89	3%	-21%	-19%	
	後	0.97	11.67	11.32				
石墨	未添加	前	0.99	17.30	17.13	10%	35%	48%
		後	1.09	23.30	25.40			
	葉綠素	前	1.03	12.17	12.54	-6%	64%	54%
		後	0.97	19.95	19.35			
	葉黃素	前	1.03	19.41	19.99	-8%	1%	-7%
		後	0.95	19.62	18.64			
花青素	前	0.97	19.93	19.33	-3%	0.1%	-3%	
	後	0.94	19.95	18.75				
備長炭	未添加	前	0.91	13.31	12.11	2%	35%	38%
		後	0.93	17.92	16.67			
	葉綠素	前	0.89	21.21	18.88	2%	52%	55%
		後	0.91	32.20	29.30			
	葉黃素	前	0.73	21.40	15.62	32%	-45%	-27%
		後	0.96	11.83	11.36			
花青素	前	1.02	8.59	8.76	-16%	36%	14%	
	後	0.86	11.66	10.03				

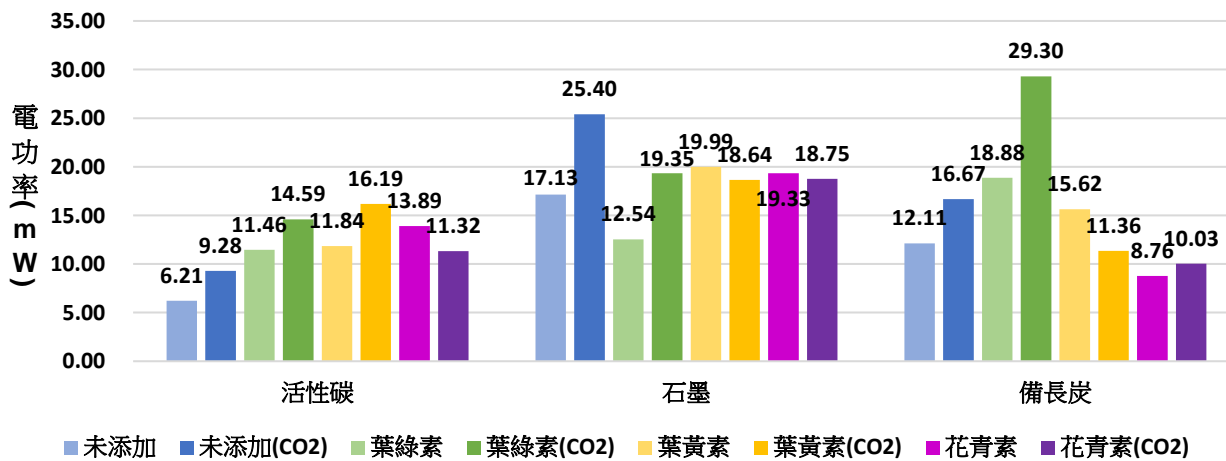
碳粉添加植物色素吸附CO<sub>2</sub>電壓



碳粉添加植物色素吸附CO<sub>2</sub>電流



碳粉添加植物色素吸附CO<sub>2</sub>電功率









(三)、發現與討論：

1. 碳粉添加葉綠素後，除了備長炭，電壓都有比原碳粉提升；電流除了石墨，都有比原碳粉提升；電功率除了石墨，都比原碳粉提升。我們推測是活性碳吸附葉綠素的效果最好造成的。因為葉綠素萃取液經過活碳過濾後的顏色最澄清。
2. 添加葉綠素的碳粉在吸附 CO<sub>2</sub> 前、後的發電效果都明顯提升，但是，石墨還是原碳粉吸附 CO<sub>2</sub> 後效果最好，不用加葉綠素。
3. 碳粉添加葉黃素後，除了備長炭，電壓都有原碳粉提升；電流則全部都有比原碳粉提升；電功率都有比原碳粉提升，其中以活性碳提升最明顯。
4. 添加葉黃素的碳粉在吸附 CO<sub>2</sub> 前、後，只有活性碳提升發電效果。除了活性碳，還是原碳粉吸附 CO<sub>2</sub> 後的效果最好，不用加葉黃素。
5. 碳粉添加花青素後，除了石墨之外，電壓都有比原碳粉提升；電流除了備長炭，都有比原碳粉提升；電功率除了備長炭，都有比原碳粉提升。
6. 添加花青素的碳粉在吸附 CO<sub>2</sub> 前、後，只有備長炭提升發電效果。但是都比原碳粉吸附 CO<sub>2</sub> 後的效果差。

【實驗二-2-3】化學吸附劑改質對碳粉吸附二氧化碳效果與發電效能的關係

(一)、實驗步驟：

1. 碳粉改質：在碳粉中滴入 2mL 的化學藥品(碳酸丙烯酯 或 氨水)後做成電池。
2. 將利用化學吸附劑改質過後的碳粉，做成電池並測量其電壓電流。
3. 二種吸附化學藥劑碳粉放入 CO<sub>2</sub> 吸附盒內，吸附 CO<sub>2</sub> 10 分鐘。
4. 取出後再次測量其電壓、電流。

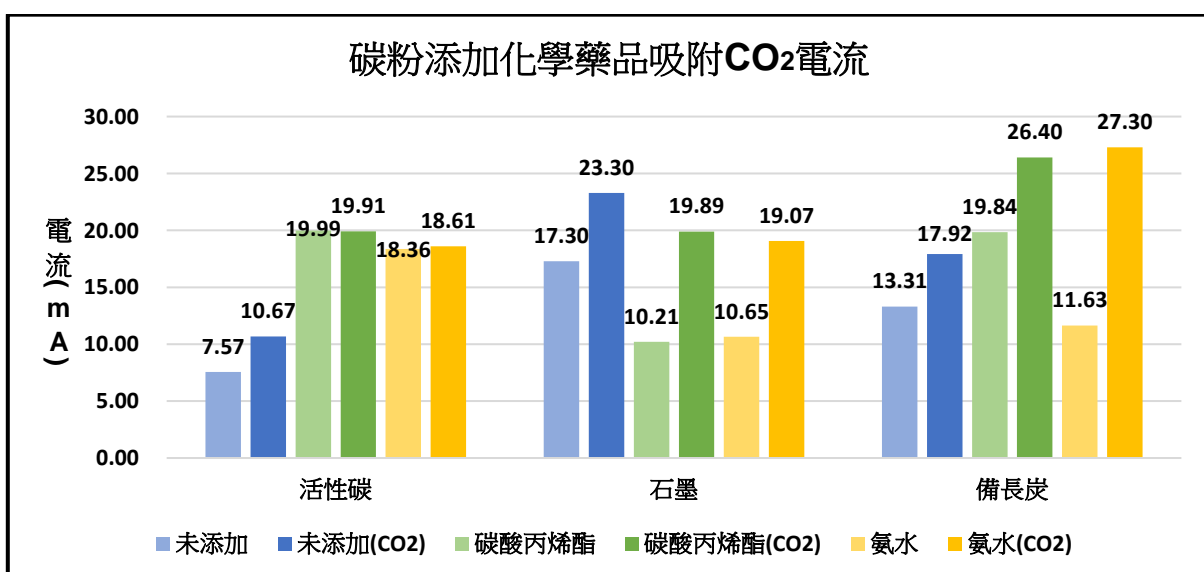
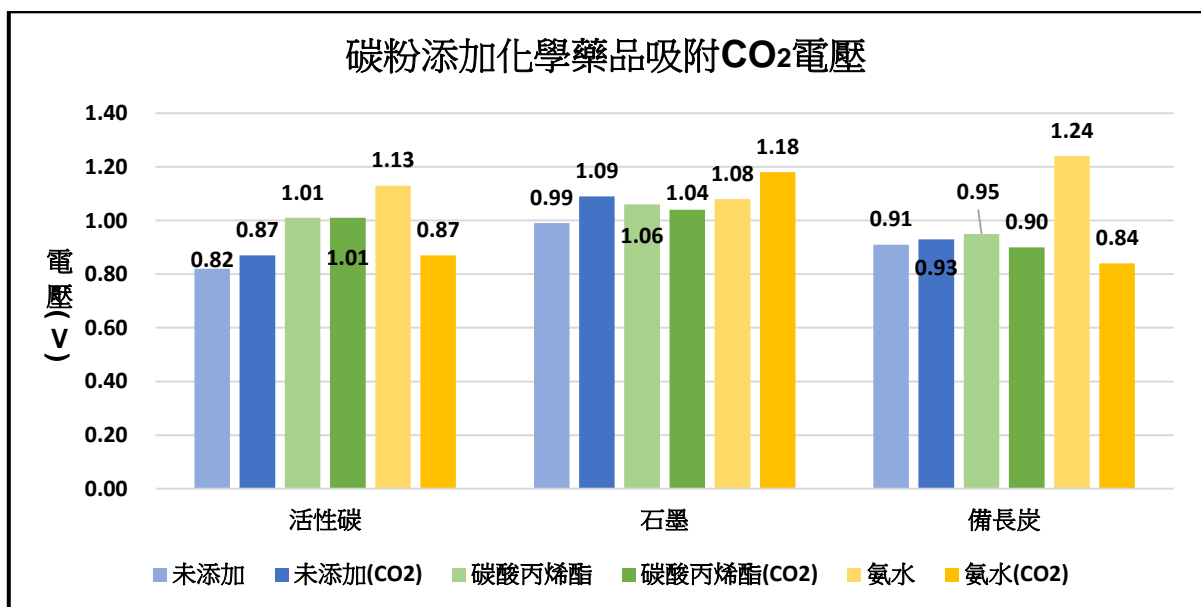
			
改質化學藥品	在碳粉中滴入化學藥品	測試數據	吸附二氧化碳後，再測試電壓和電流

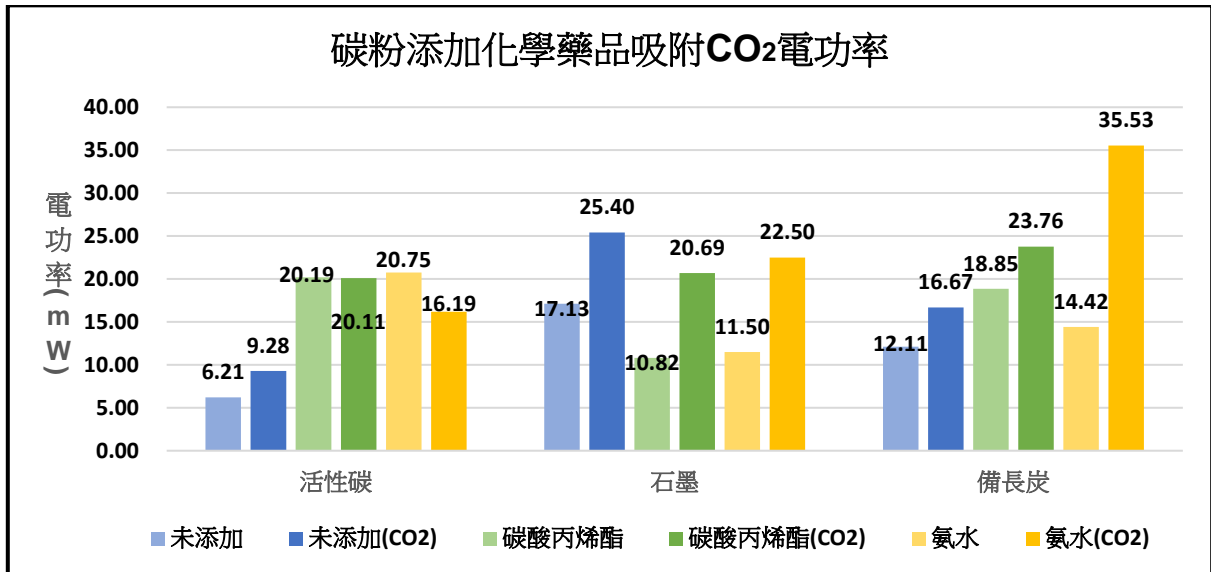
(二)、實驗結果：

表二-2-3-1 碳粉添加化學吸附劑的發電效果

碳粉種類	添加劑種類	吸附 CO <sub>2</sub> 前後	電壓 V(平均)	電流 mA(平均)	電功率 mW(平均)	發電提升率		
						電壓	電流	電功率
活性碳	未添加	前	0.82	7.57	6.21	6%	41%	49%
		後	0.87	10.67	9.28			
	碳酸丙烯酯	前	1.01	19.99	20.19	0%	-0.1%	0.1%
		後	1.01	19.91	20.11			
	氨水	前	1.13	18.36	20.75	-23%	1%	-22%
		後	0.87	18.61	16.19			

石墨	未添加	前	0.99	17.30	17.13	9%	35%	48%
		後	1.09	23.30	25.40			
	碳酸丙烯酯	前	1.06	10.21	10.82	-2%	95%	91%
		後	1.04	19.89	20.69			
	氨水	前	1.08	10.65	11.50	9%	79%	96%
		後	1.18	19.07	22.50			
備長炭	未添加	前	0.91	13.31	12.11	2%	35%	38%
		後	0.93	17.92	16.67			
	碳酸丙烯酯	前	0.95	19.84	18.85	-5%	33%	26%
		後	0.90	26.40	23.76			
	氨水	前	1.24	11.63	14.42	-32%	264%	146%
		後	0.84	42.30	35.53			





(三)、發現與討論：

1. 碳粉添加碳酸丙烯酯後，電壓都有比原碳粉提升；電流除了石墨，其他有比原碳粉提升；電功率除了石墨，都有比原碳粉提升。
2. 添加碳酸丙烯酯的碳粉在吸附 CO<sub>2</sub> 前、後都明顯提升電功率效果。但是石墨還是以原碳粉吸附 CO<sub>2</sub> 發電效果最好。**碳酸丙烯酯對備長炭改質效果就好。**
3. 碳粉添加氨水後，電壓都有比原碳粉提升；電流則只有活性碳比原碳粉增加；電功率也只有活性碳有比原碳粉提升。
4. 添加氨水的碳粉在吸附 CO<sub>2</sub> 前、後，除了活性碳，都明顯提升發電效果。**氨水對備長炭改質效果就好。**

### 研究三、研發鋁/二氧化碳電池盒

#### 研究三-1 研發平板型鋁/ CO<sub>2</sub> 電池

##### 實驗構想：

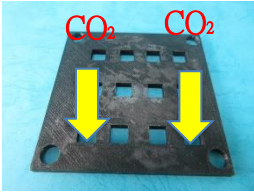
蛋塔型空氣電池的體積較大，在實際應用上改良成**平板型鋁/ 空氣電池**，比較兩種電池的發電效能，並測試 CO<sub>2</sub> 量對平板電池效能的影響，再以串聯方式增加發電效能，啟動電器。

#### 【實驗三-1-1】平板型鋁/ CO<sub>2</sub> 電池的組裝與效能

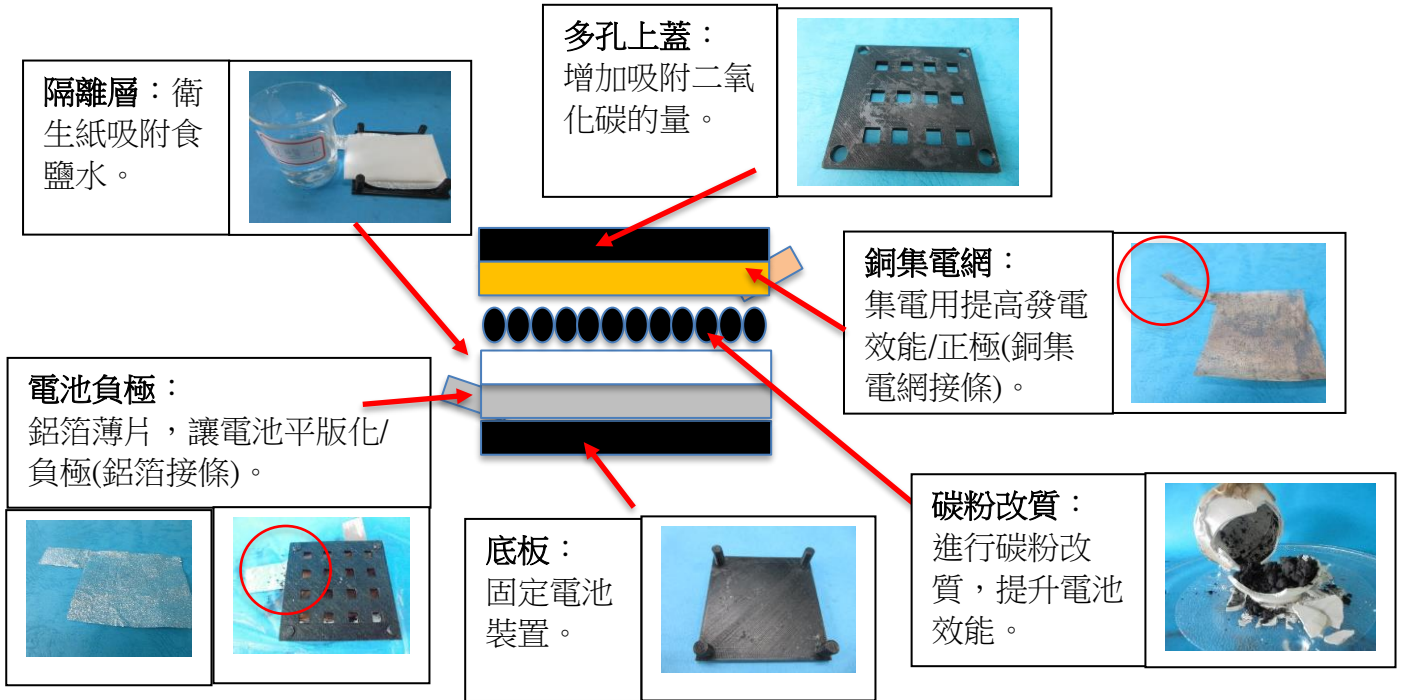
##### (一)、實驗步驟：

1. 依據實驗探究結果進行電池改良，方式如下：






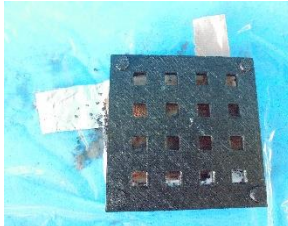
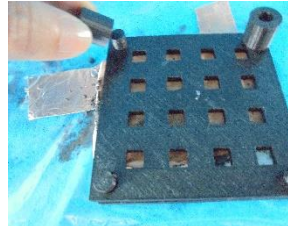

項目	實驗結果	改良說明	圖片
電池負極	蛋塔型空氣電池的體積較大，在應用上會受限。	將蛋塔型空氣電池的負極蛋塔鋁盤，更改成鋁箔薄片，讓電池平板化，以提高應用性。	
電池正極	碳粉可以經由物理或化學方式進行改質，且改質後的碳粉可以提升電池的效能。	將碳粉更改為發電效能較高的微波膨脹處理過的石墨，吸附二氧化碳，再利用銅集電網來集電。	

<p><b>氣體</b></p>	<p>二氧化碳可以做為空氣電池運作的氣體，且二氧化碳的量會影響電池的發電效能。</p>	<p>蛋塔型空氣電池在堆疊串聯的時候，碳粉無法全面接觸到CO<sub>2</sub>，因此設計成孔洞型上蓋，可以提高碳粉吸附氣體的量，以提高電池的發電效能。</p>	
------------------	---	--	---

2. 平板型鋁/二氧化碳電池設計圖：



3. 裝置步驟：

			
<p>1. 3D 列印底板</p>	<p>2. 鋁箔紙鋪在底板上</p>	<p>3. 衛生紙鋪在鋁箔紙上、滴入食鹽水</p>	<p>4. 放一平匙碳粉</p>
			
<p>5. 放上集電用銅網</p>	<p>6. 放上 3D 列印的多孔上蓋</p>	<p>7. 鎖上 3D 列印的固定栓</p>	<p>8. 完成平板型電池</p>



(二)、實驗結果：

表三-1-1 不同型式電池的發電效能

電池型式	電壓(V)	電流(mA)	電功率(mW)	能量密度(mW/cm <sup>2</sup> )	評比結果
蛋塔型	0.92	18.78	17.79	0.98	
平板型	0.73	66.00	48.18	1.39	勝

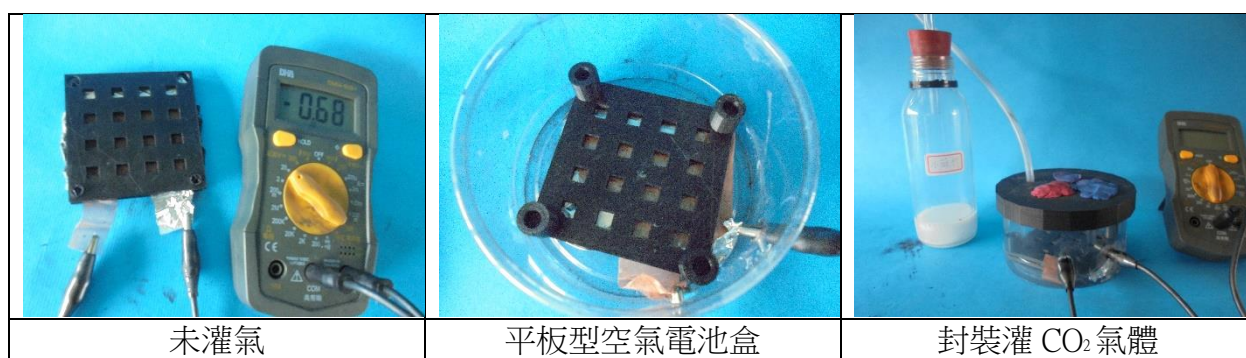
(三)、發現與討論：

1. 平板型鋁/ CO<sub>2</sub>電池的電壓值比蛋塔型空氣電池低、電流值比蛋塔型空氣電池高，電功率也高。
2. 平板型鋁/ CO<sub>2</sub>電池的發電效能比蛋塔型空氣電池的高。

【實驗三-1-1】比較二氧化碳供應量對平板型鋁/ CO<sub>2</sub>電池發電效能的影響

(一)、實驗步驟：

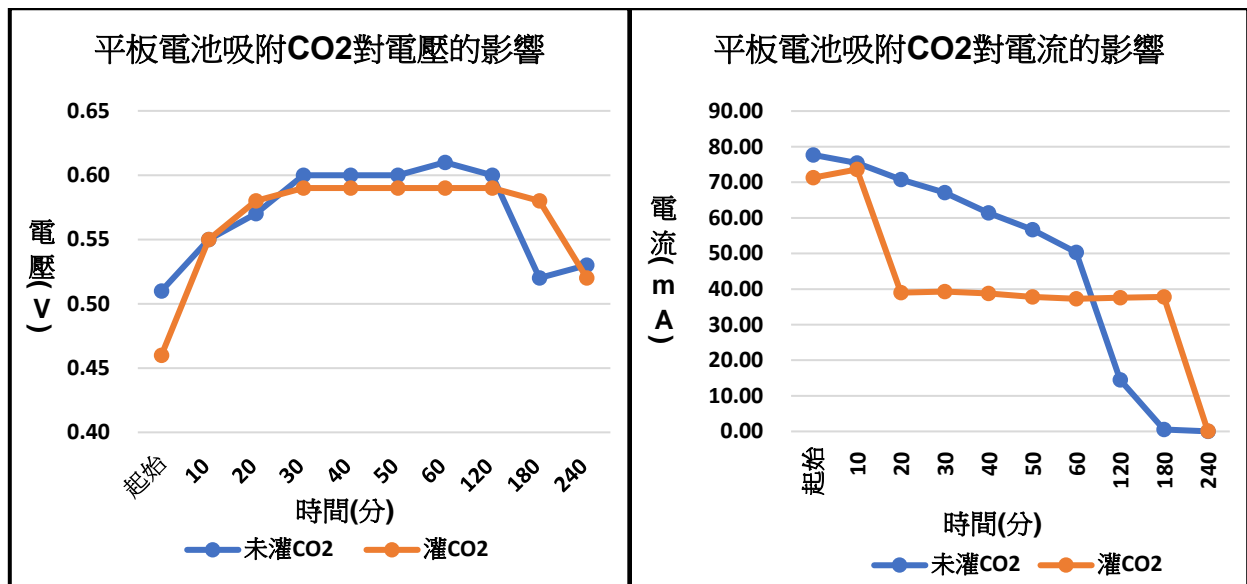
- 1.將平板型鋁/ CO<sub>2</sub>電池放入密閉塑膠圓形盒內。
- 2.灌入 CO<sub>2</sub>氣體，測試電壓、電流值。



(二)、實驗結果：

表三-2-1 平板型鋁/ CO<sub>2</sub>電池在不同濃度二氧化碳下的發電效能

時間(分)	未灌 CO <sub>2</sub>		灌 CO <sub>2</sub>	
	電壓(V)	電流(mA)	電壓(V)	電流(mA)
0	0.51	77.70	0.46	71.30
10	0.55	75.40	0.55	73.60
20	0.57	70.80	0.58	39.00
30	0.60	67.10	0.59	39.30
40	0.60	61.40	0.59	38.80
50	0.60	56.70	0.59	37.80
60	0.61	50.30	0.59	37.30
≈				
120	0.60	14.50	0.59	37.60
180	0.52	0.55	0.58	37.80
240	0.53	0.02	0.52	0.06



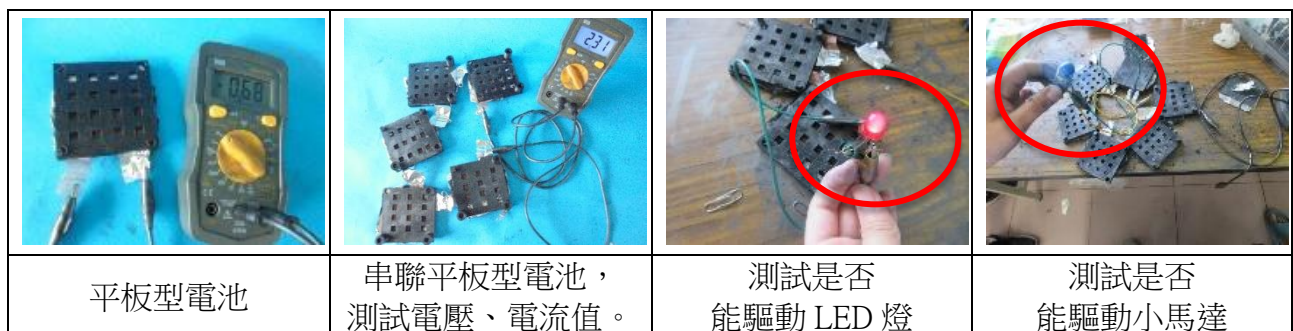
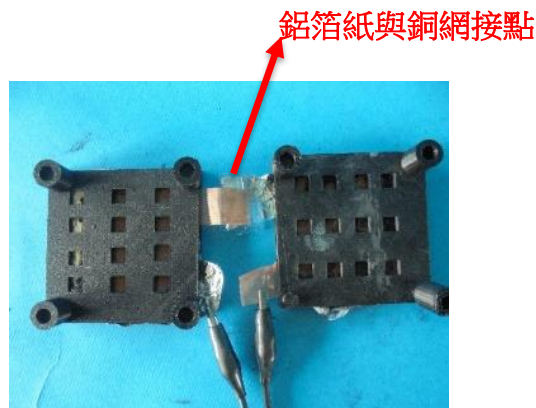
(三)、發現與討論：

1. 灌 CO<sub>2</sub> 的平板型電池，電壓及電流皆在放電 20 分鐘的時候趨近平穩。
2. 未灌 CO<sub>2</sub> 的平板型電池，電壓及電流相對比灌 CO<sub>2</sub> 的平板型電池較不穩定，而且在放電 60 分鐘後，電壓、電流下降很快。

【實驗三-1-2】串聯不同數量平板型鋁/ CO<sub>2</sub> 電池的發電效能

(一)、實驗步驟：

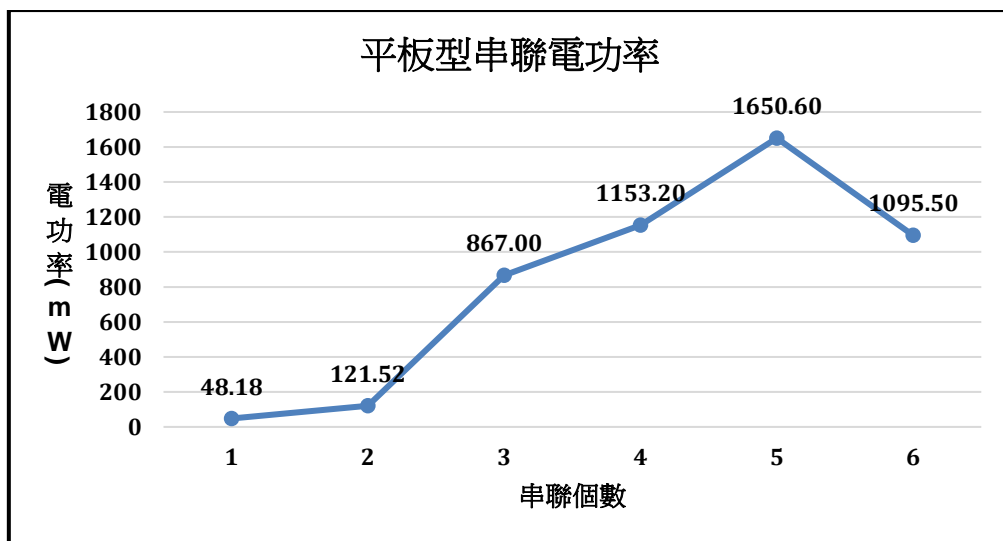
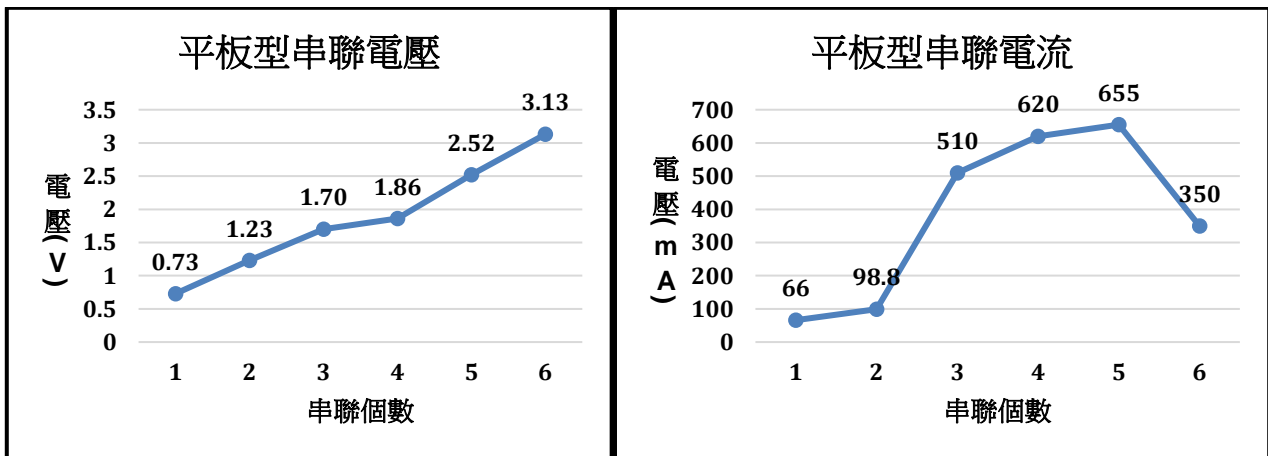
1. 組裝多個平板型電池。
2. 把前一個平板型電池的鋁箔紙接條和後一個平板型電池的銅網接條用迴紋針接在一起。
3. 把串聯後的電池夾上鱷魚夾，測量串聯後的電壓、電流值。



(二)、實驗結果：

表三-3-1 串聯不同數量平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池的發電效能

發電效能	1 個	串聯 2 個	串聯 3 個	串聯 4 個	串聯 5 個	串聯 6 個
電壓(V)	0.73	1.23	1.70	1.86	2.52	3.13
電流(mA)	66.00	98.80	510.00	620.00	655.00	350.00
電功率(mW)	48.18	121.52	867.00	1153.20	1650.60	1095.50
LED 燈	不會亮	不會亮	會亮	會亮	會亮	會亮
小馬達	不會轉動	不會轉動	會轉動	會轉動	會轉動	會轉動



(三)、發現與討論：

- 1.串聯平板型鋁/ CO<sub>2</sub>電池的個數與發電效能明顯正相關。
- 2.串聯 3 個平板型鋁/ CO<sub>2</sub>電池時，可以驅動 LED 燈和小馬達。
- 3.串聯到 5 個可以有最佳效能。串聯到 6 個時電流變小。

結論：

- 1.將蛋塔型電池改良成平板型鋁/ CO<sub>2</sub>電池，提高了電池的發電效能。
- 2.將 CO<sub>2</sub> 灌入平板型電池，可以提高電池發電效能，且電壓及電流會漸漸趨近平穩。
- 3.可以利用串連方式提升平板型鋁/ CO<sub>2</sub>電池的發電效能，串聯 3 個時，可以驅動 LED 燈和小馬達，串聯到 5 個可以有最佳效能。

## 研究三-2 研發直立抽取式平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池盒

### 【實驗三-2-1】直立抽取式平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池盒長時間的放電效能

#### (一)、實驗步驟：

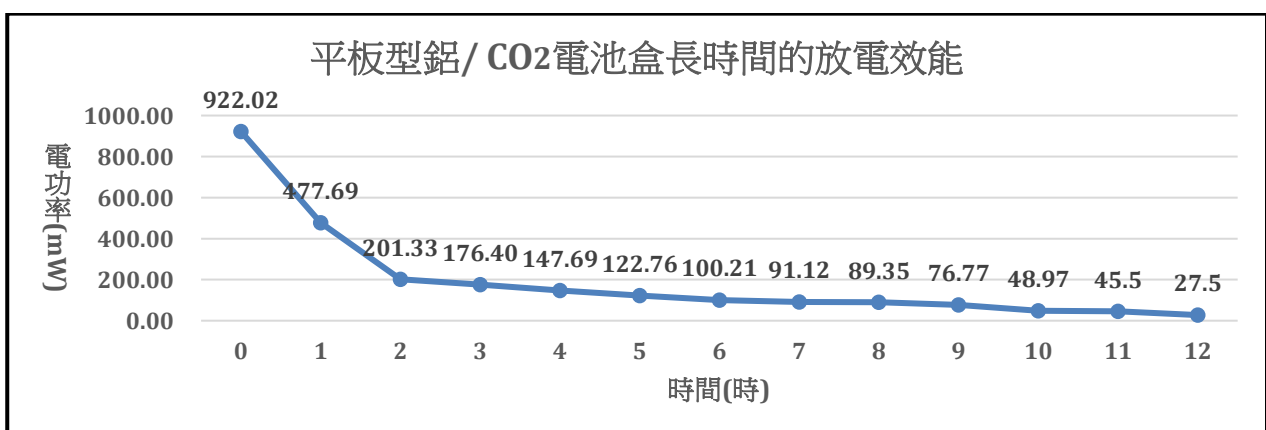
1.利用下列測試裝置，測試平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池的發電效能。觀察 LED 燈發亮的時間，測試電壓、電流值。



#### (二)、實驗結果：

表三-4-1 平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池盒長時間的放電效能

時間(時)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
電壓(V)	1.92	1.91	1.81	1.74	1.73	1.70	1.71	1.70	1.67	1.57	1.54	1.51	1.51
電流(mA)	480.2	250.1	111.2	101.4	85.4	72.2	58.6	53.6	53.5	48.9	31.8	30.1	18.2
電功率(mW)	922.0	477.5	201.3	176.4	147.7	122.7	100.2	91.1	89.3	76.8	49.0	45.5	27.5

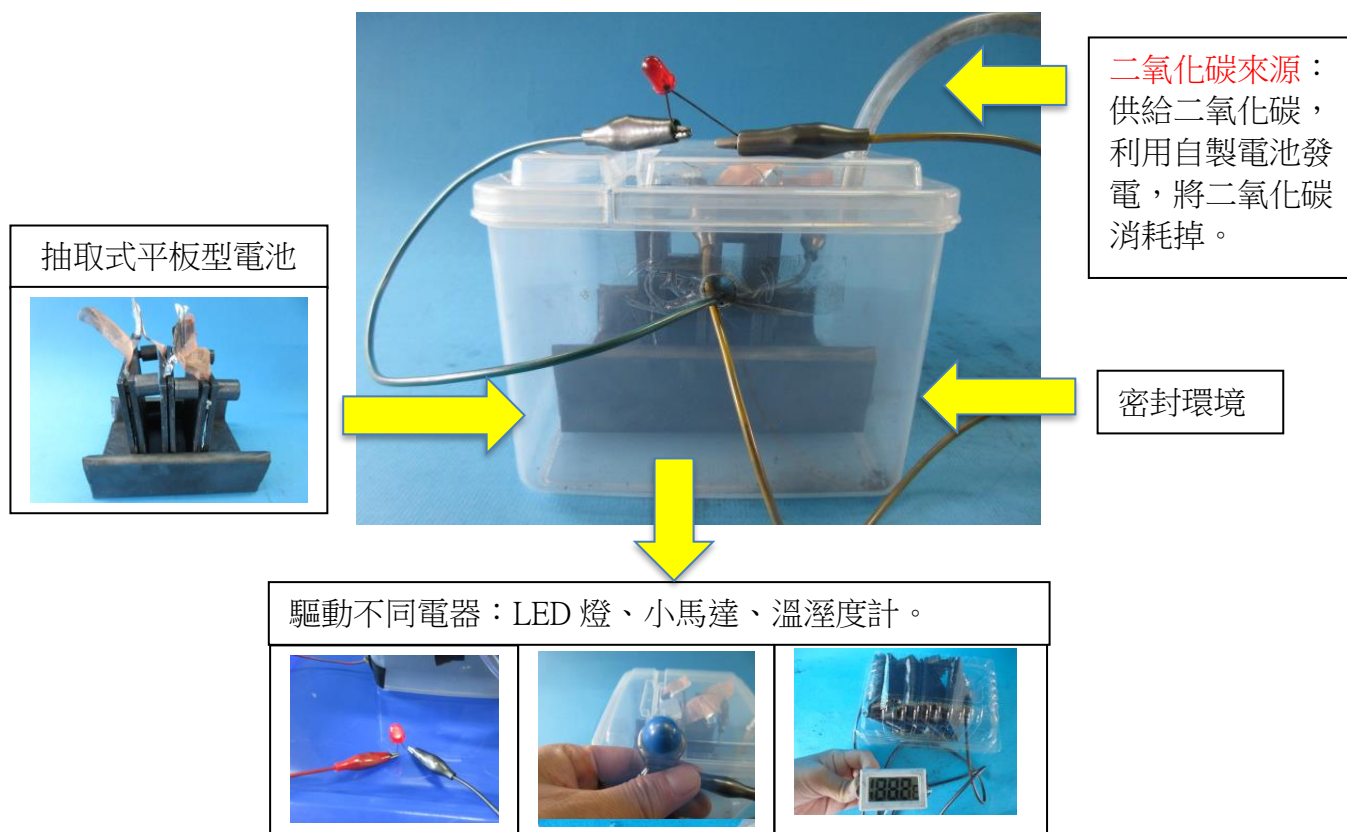


#### (三)、發現與討論：

- 1.LED 燈可以發亮 12 小時左右，而且燈熄掉後，搖一搖產氣瓶，進氣後，LED 燈又亮起。
- 2.電池的電壓可以維持在 1.7V 左右，電流一開始下降較快，1 小時之後可以維持在 100mA 左右，6 小時後可以維持到 50mA 左右。



【實驗三-2-2】鋁/CO<sub>2</sub>電池盒成品  
裝置設計如下：



## 捌、研究結論

### 一、二氧化碳可以做為空氣電池運作的氣體

#### (一)二氧化碳參與空氣電池運作的條件

1. 實驗中安排五種不同氣體環境，發現空氣電池在沒有氧氣的環境下，即使灌入CO<sub>2</sub>，發電效果是五種空氣環境中最差的。但是在封裝盒留有一些氧氣再持續供應CO<sub>2</sub>，發電效果提升而且持續，證實在少量氧氣的環境下，以CO<sub>2</sub>作為空氣電池運作的氣體是可行的。
2. 雖在氧氣充足的環境下，空氣電池的發電效能較好，但是，提供氧氣要消耗更多的能量，而提供CO<sub>2</sub>當作電池運作的氣體，可以消耗人類排放的CO<sub>2</sub>，改善溫室效應，所以CO<sub>2</sub>電池是值得開發的環保電池。

#### (二)二氧化碳對電池效能的影響

- 1.CO<sub>2</sub>提供量愈多，電壓、電流值愈高，而且放電時間愈久，也愈穩定。
- 2.CO<sub>2</sub>的量，對於電流的提升比電壓顯著。

### 二、增加碳粉對二氧化碳的吸附效果

#### (一)碳粉種類對二氧化碳的吸附效果

1. 三種碳粉在吸附CO<sub>2</sub>之後，在電壓、電流和電功率都有增加。其中以備長炭在吸附CO<sub>2</sub>之後發電效能提升最多，但還是以石墨粉的發電效能最好。
2. 碳粉在電功率提升率的高低排序為備長炭、石墨、活性碳。這和碳粉對CO<sub>2</sub>吸附能力的排序相同，可見發電效果與CO<sub>2</sub>吸附能力確實有密切相關。

## (二)碳粉的改質

1. 碳粉膨脹脫層後，在導電性、電壓、電流、電功率上都有提升，以石墨提升最顯著，其次是備長炭、活性碳。
2. 石墨導電性好，微波脫層後吸附 CO<sub>2</sub> 效果和導電效果都提升，是做電池很好的材料。
3. 添加植物色素的碳粉在吸附 CO<sub>2</sub> 前、後都明顯提升發電效果，但是，除了活性碳，還是原碳粉吸附 CO<sub>2</sub> 後效果最好，不用加植物色素。
4. 活性碳吸附植物色素發電效果提升最好，我們推測是活性碳吸附植物色素的效果最好造成的，因為葉綠素萃取液經過活碳過濾後的顏色最澄清。
5. 活性碳和備長炭添加碳酸丙烯酯和氨水都有助於提升發電效能，但是對石墨沒有提升效果。如果使用活性碳或備長炭做空氣電池，可以添加氨水，氨水較便宜。

## 三、研發鋁/CO<sub>2</sub>電池盒

1. 平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池的體積小、用料少、發電效能高。一個電池的電壓 0.73V、電流 66mA。
2. 將 CO<sub>2</sub> 灌入平板型電池，可以提高電池發電效能，且電壓及電流會漸漸趨近平穩。
3. 串聯 3 個平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池，可以驅動 LED 燈和小馬達。串聯到 5 個可以有最佳效能。
4. 持續灌入 CO<sub>2</sub> 驅動紅色 LED 燈時間可以達 12 小時。
5. 研發直立抽取式平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池盒，封裝後持續灌入 CO<sub>2</sub>，可用於長時間啟動微型電器。

## 玖、參考資料

- 一、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、陳韋志(2009) 從空氣中獲得新能源－金屬空氣電池的介紹與 教學活動設計。 生活科技教育月刊 四十二卷 第三期。
- 三、何謂備長炭？ 農業知識入口網
- 四、中華民國第 61 屆中小學科展國小組化學科。鋁空氣電池。
- 五、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。
- 六、中華民國第 60 屆中小學科展高中組工程學(二)科。金屬鎂 / 二氧化碳電池之開發研究。
- 七、中華民國第 55 屆中小學科展國小組化學科。鋅奇緣 Let it go。
- 八、中華民國 51 屆中小學科展國中組生活應用科。未來電池之星：鋁空氣電池。
- 九、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。
- 十、中華民國第 55 屆中小學科展國中組生物科。綠能固碳做環保--水藻固碳效能的探討與應用。
- 十一、賴怡瑾、劉偉仁(2017)。微波脫層法製備奈米石墨烯片及其散熱之應用。
- 十二、李水娥、周緒忠、崔同明、李慧羸 1(2017)。表面處理活性炭及其對二氧化碳吸附性能研究。

## 【評語】 080209

1. 研究製造鋁/二氧化碳電池，探討以不同碳粉改質，增加二氧化碳的吸附效果，以增加發電效率。
2. 自製電池可讓 LED 燈亮及驅動小型馬達，探討完整，且有良好成果。
3. 能將研究成果商品化應用，則是一件完整的研究。

## 作品海報



# 摘要

本研究探討二氧化碳可以取代氧氣，當作空氣電池運作的氣體，並透過碳粉改質增加吸附二氧化碳的效果，提高發電效能，以研發鋁/二氧化碳電池。設計封裝灌氣的電池盒，測試在不同氣體環境中的發電效能；以蛋塔型電池比較不同碳粉的發電效能與其二氧化碳吸附力的關係；用微波膨脹脫層法和植物色素、化學吸附劑進行碳粉改質。研究發現在少量氧氣時，CO<sub>2</sub>可以做為空氣電池運作的氣體；備長炭、活性碳適用以化學吸附劑改質，石墨導電性佳，微波脫層後吸附CO<sub>2</sub>效果和導電性都更加提升，是做電池的好材料。最後研發平板型抽取式鋁/CO<sub>2</sub>電池盒，在持續提供二氧化碳下，可驅動小型馬達，且能讓LED燈發亮達12小時。二氧化碳電池可同時將二氧化碳吸附與發電。

## 壹、研究動機

大氣中二氧化碳含量造成地球暖化現象，已經排放的CO<sub>2</sub>可以吸附捕捉應用嗎？以空氣為主要的反應原料，生成物無害，是目前符合環保節能的空氣電池。

分析歷屆科展有關金屬空氣電池的作品，其基本構造有金屬極(負極)、吸附空氣的碳極(正極)、電解質(食鹽水)，認為氧氣是空氣電池運作的氣體。我們想研究二氧化碳是否也可以做為空氣電池運作的氣體，以及如何增加碳粉吸附二氧化碳的效果，最後研發金屬/CO<sub>2</sub>電池。

## 貳、研究目的

### 一、驗證二氧化碳可以做為空氣電池運作的氣體

- 一-1、探討空氣電池在不同氣體環境的發電效能
- 一-2、探討空氣電池在不同二氧化碳量的發電效能

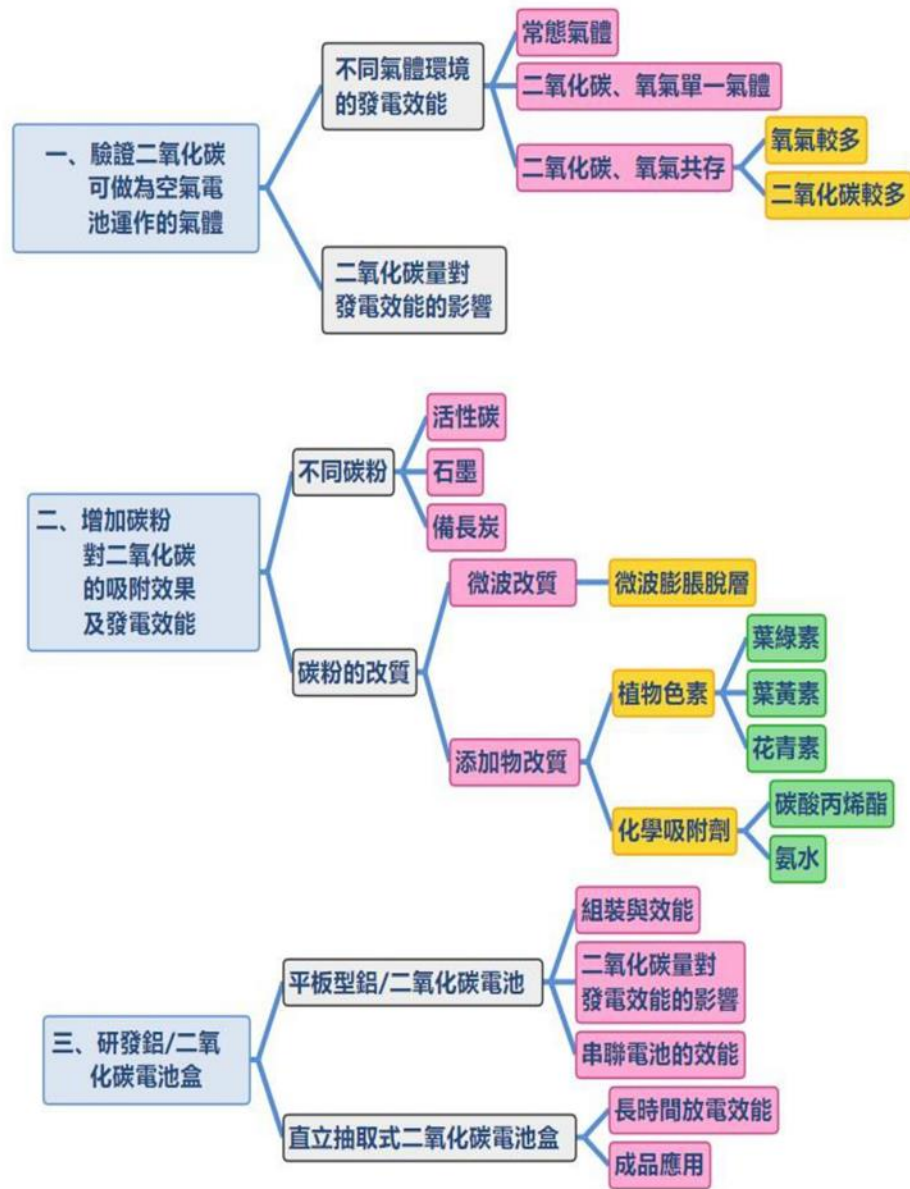
### 二、增加碳粉對二氧化碳的吸附效果

- 二-1、不同種類碳粉對二氧化碳吸附效果與發電效能的關係
- 二-2、碳粉的改質對二氧化碳吸附效果與發電效能的關係
  - 二-2-1、碳粉微波膨脹脫層後對導電性、二氧化碳吸附效果與發電效能的影響
  - 二-2-2、碳粉添加植物色素對二氧化碳吸附力與發電效能影響
  - 二-2-3、碳粉添加化學吸附劑對二氧化碳吸附力與發電效能影響

### 三、研發鋁/二氧化碳電池盒

- 三-1、研發平板型鋁/二氧化碳電池
  - 三-1-1、平板型鋁/二氧化碳電池的效能
  - 三-1-2、二氧化碳供應量對平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池發電效能的影響
  - 三-1-3、串聯不同數量平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池的發電效能
- 三-2、研發直立抽取式鋁/二氧化碳電池盒
  - 三-2-1、直立抽取式平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池盒長時間的放電效能
  - 三-2-2、鋁/CO<sub>2</sub>電池盒成品應用

## 參、研究架構圖



## 肆、研究設計

### 蛋塔型空氣電池：



結構	負極	隔離層	電解液	正極	碳極
功能	放出電子	隔開正負極	離子在正負極間傳遞	接收電子	吸附空氣
材料	蛋塔鋁箔盒	咖啡濾紙	食鹽水	空氣	活性碳粉

### 長時間記錄實驗數據的裝置：



## 伍、研究過程

### 研究一、驗證二氧化碳可以做為空氣電池運作的氣體

#### 實驗一-1、比較空氣電池在不同氣體環境的發電效能

##### (一)、實驗步驟：

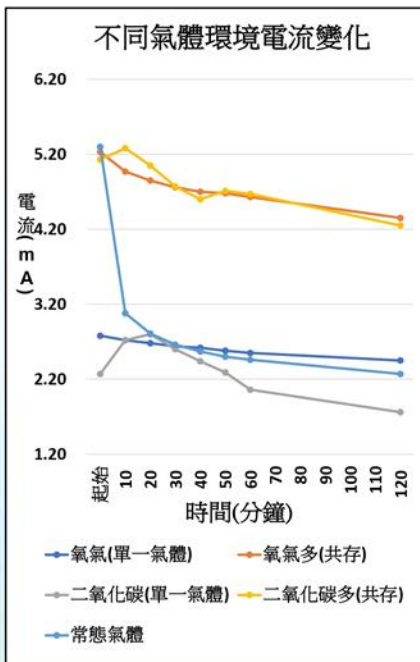
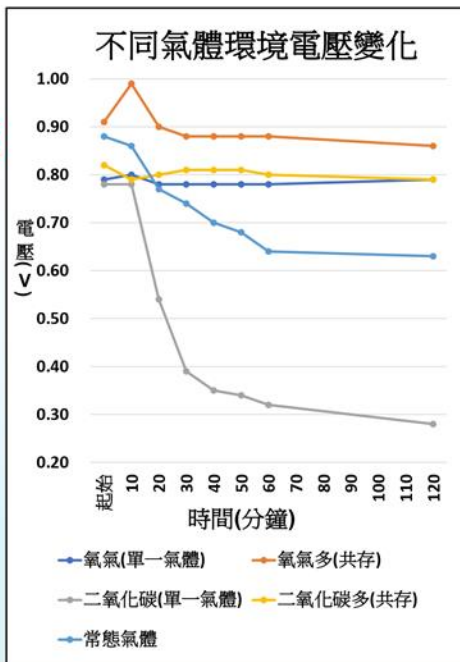


蛋塔電池封裝盒的上蓋裝抽氣針筒，抽掉盒內空氣。

再裝上產氣瓶，測量電壓、電流值。

氣體環境		抽氣方式	灌入氣體
常態氣體		不抽盒內氣體。	圓形塑膠盒不密封，讓氣體自由進出。
O <sub>2</sub> 、CO <sub>2</sub> 單一氣體	氧氣	抽掉盒內空氣：抽至針筒很難拉動為止。	灌入氧氣。
	二氧化碳		灌入二氧化碳。
O <sub>2</sub> 、CO <sub>2</sub> 共存	二氧化碳少	不抽盒內氣體。	灌入氧氣。
	二氧化碳多		灌入二氧化碳。

##### (二)、實驗結果：



##### (三)、發現與討論：

1. 空氣電池的運作在純氧或純二氧化碳的環境，發電效能都不好。
2. 在有氧氣的環境下灌入CO<sub>2</sub>有穩定發電的效果。
3. 在有氧氣的環境下供應CO<sub>2</sub>作為空氣電池運作的氣體是可行的，且可以消耗排放的CO<sub>2</sub>，改善溫室效應。

### 實驗一-2、比較空氣電池在不同二氧化碳量的發電效能

##### (一)、實驗步驟：

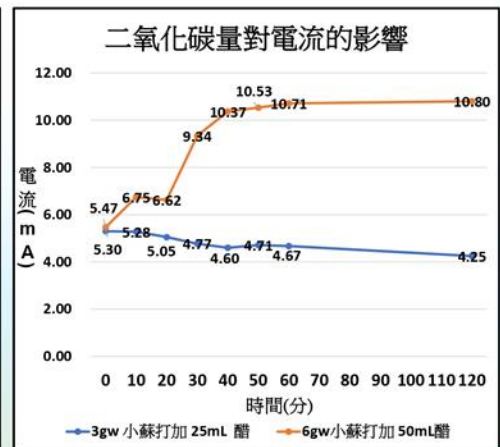
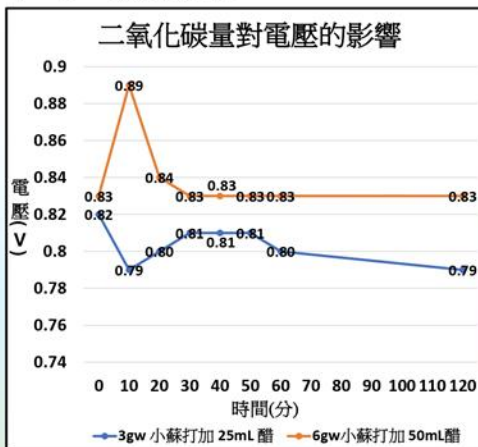


製造不同量CO<sub>2</sub> 灌入二氧化碳 測量記錄電壓、電流隨時間變化量

##### (三)、發現與討論：

灌入CO<sub>2</sub>量愈多，電壓、電流、愈高；而且放電時間愈久，電壓愈穩定、電流愈高。

##### (二)、實驗結果：



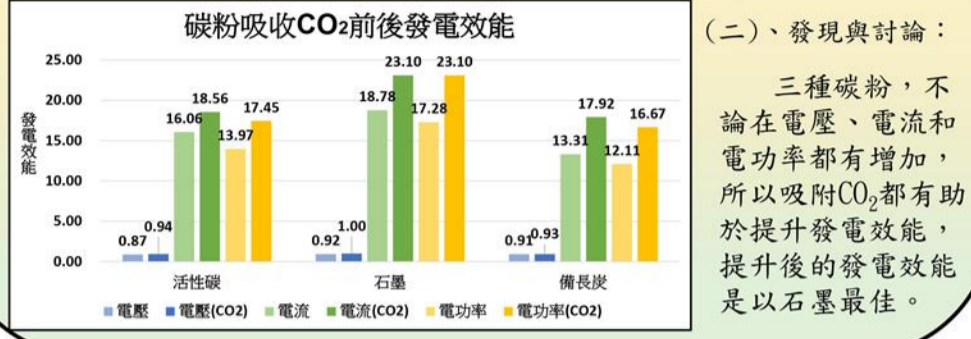
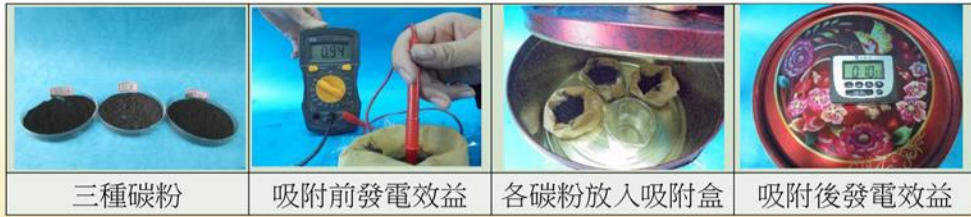


## 研究二、增加碳粉對二氧化碳的吸附效果

### 研究二-1：不同種類碳粉對CO<sub>2</sub>吸附效果與發電效能的關係

#### 實驗二-1-1、比較不同種類碳粉吸附CO<sub>2</sub>前後對發電效能的影響

(一)、實驗步驟、結果：



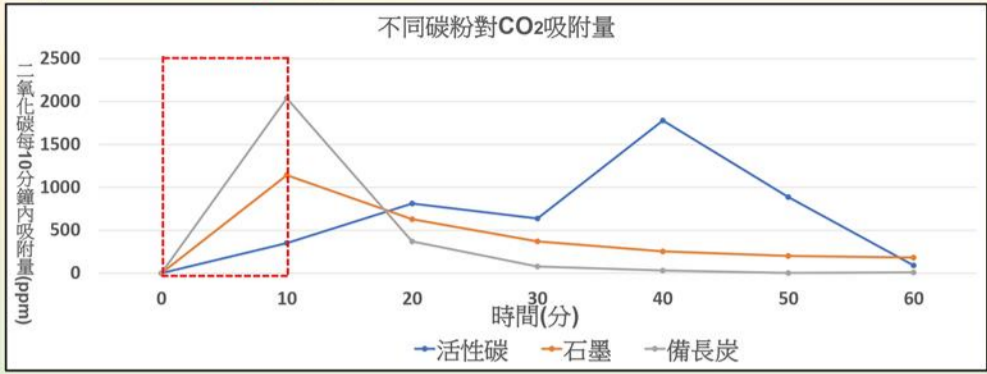
(二)、發現與討論：

三種碳粉，不論在電壓、電流和電功率都有增加，所以吸附CO<sub>2</sub>都有助於提升發電效能，提升後的發電效能是以石墨最佳。

### 實驗二-1-2：比較不同種類碳粉對CO<sub>2</sub>的吸附力

(一)、實驗步驟、結果：

二氧化碳吸附量的測量裝置

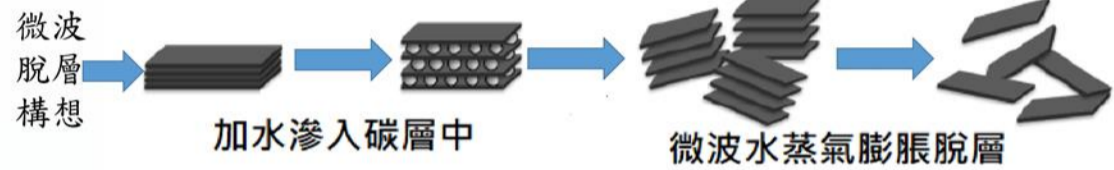


(二)、發現與討論：備長炭前10分鐘吸附CO<sub>2</sub>的效果最好，其次是石墨、活性炭，這和實驗二-1-1電功率效果提升率的排序相符合。可見發電效果與CO<sub>2</sub>吸附能力有相關。

### 研究二-2 改質後的碳粉對二氧化碳吸附力與發電效能的關係

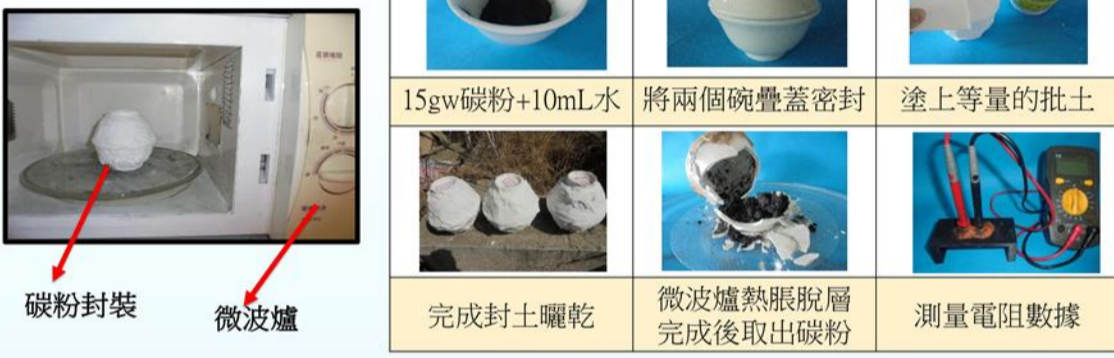
(二)、實驗結果：

#### 實驗二-2-1：碳粉微波膨脹脫層後對導電性與發電效能的影響



(一)、實驗步驟：

#### 微波膨脹脫層法

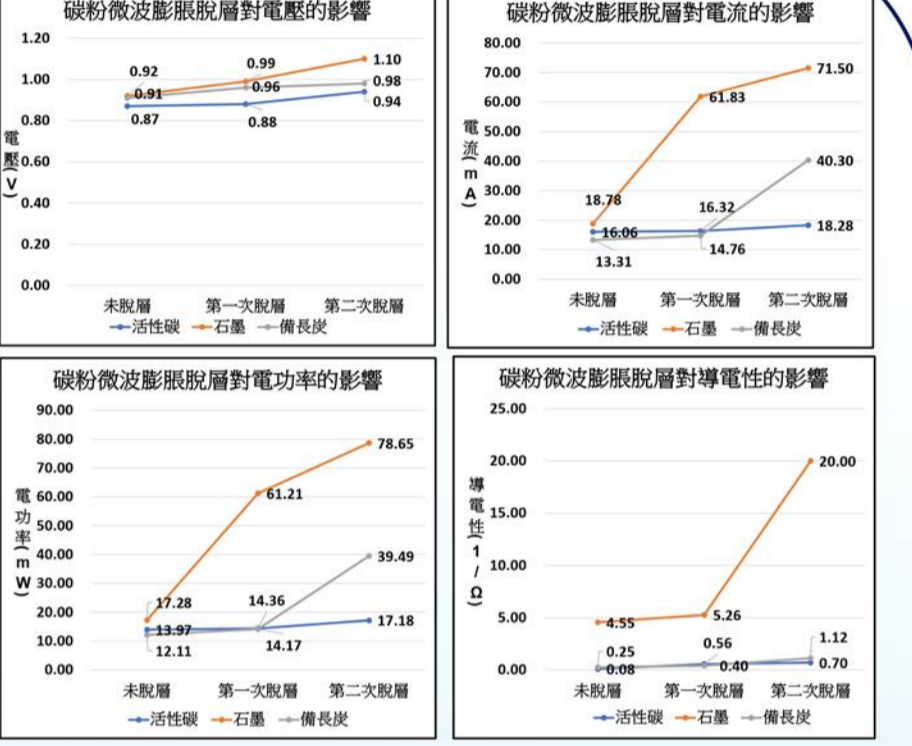
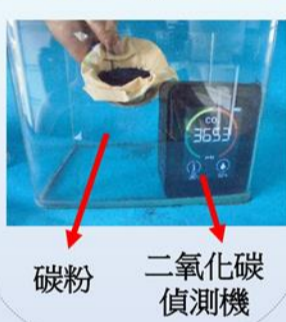


#### 測量導電度

導電度值：電阻的倒數，1/電阻(Ω)



#### 測量CO<sub>2</sub>吸附力

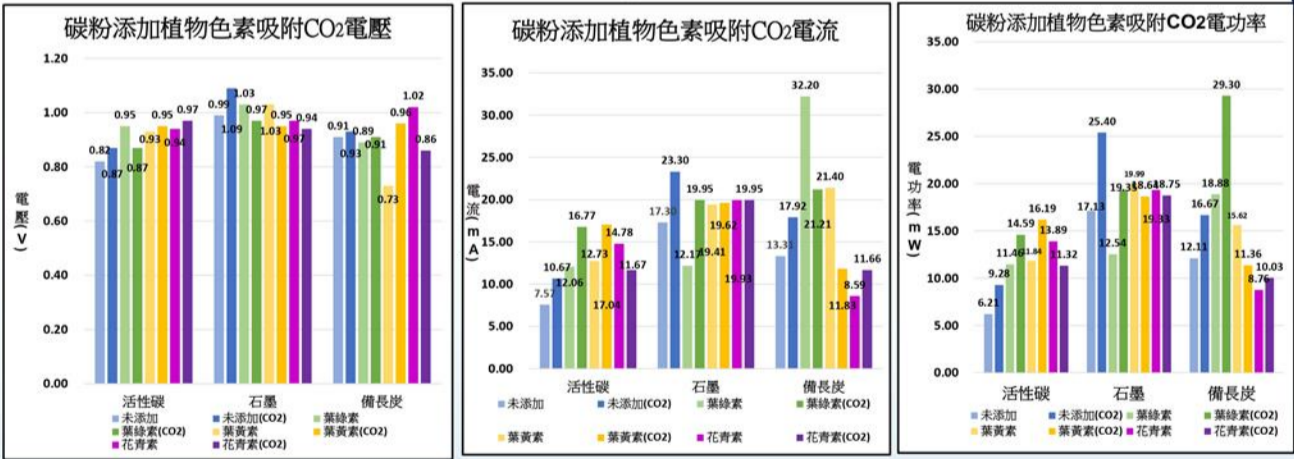
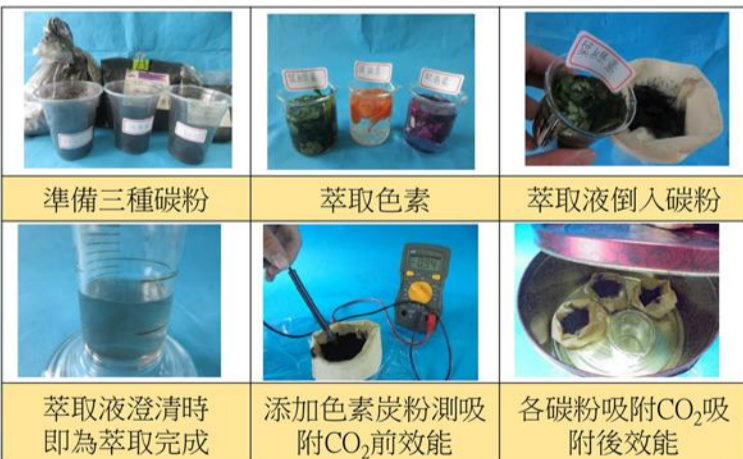


(三)、發現與討論：

1. 碳粉脫層後，在導電性上都有提升，其中以石墨提升最顯著。
2. 三種碳粉脫層後做成電池，在電壓、電流、電功率上都有提升，以石墨提升最顯著。
3. 碳粉脫層次數愈多，發電效能可以提升愈多。

#### 實驗二-2-2：碳粉添加植物色素對二氧化碳吸附力與發電效能的關係

(一)、實驗步驟：

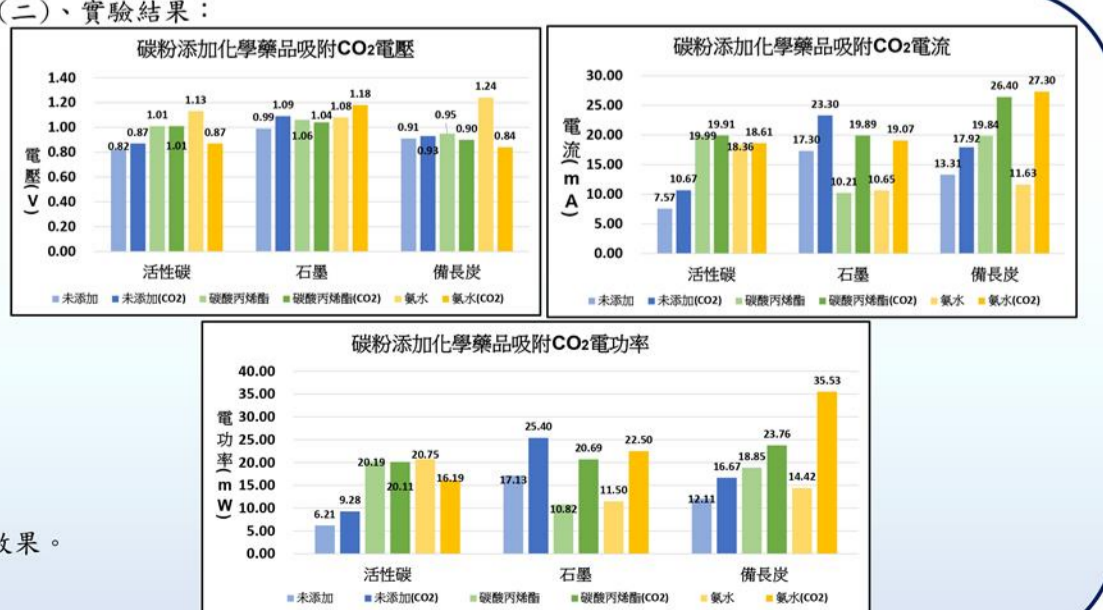
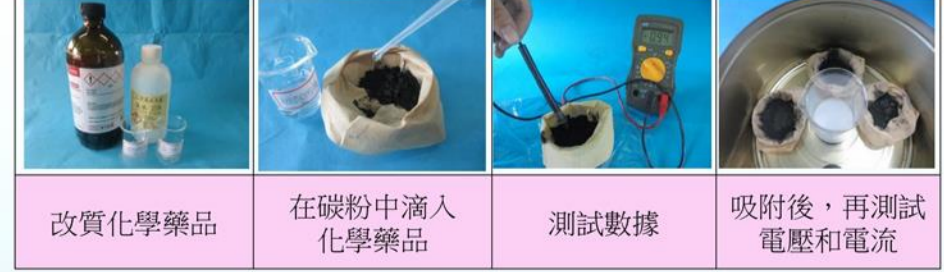


(三)、發現與討論：

1. 添加葉綠素的碳粉在吸附CO<sub>2</sub>前、後都明顯提升發電效果。
2. 添加葉黃素的碳粉在吸附CO<sub>2</sub>前、後，只有活性炭提升發電效果。
3. 添加花青素的碳粉在吸附CO<sub>2</sub>前、後，只有備長炭提升發電效果。但是都比原碳粉吸附CO<sub>2</sub>後的效果差。

#### 實驗二-2-3：碳粉經過化學吸附劑改質對CO<sub>2</sub>吸附力與發電效能的關係

(一)、實驗步驟：



(三)、發現與討論：

1. 添加碳酸丙烯酯的碳粉在吸附CO<sub>2</sub>前、後，電功率都明顯提升。碳酸丙烯酯對備長炭改質效果最好。
2. 添加氨水的碳粉在吸附CO<sub>2</sub>前、後，除了活性炭，都明顯提升發電效果。氨水對備長炭改質效果最好。

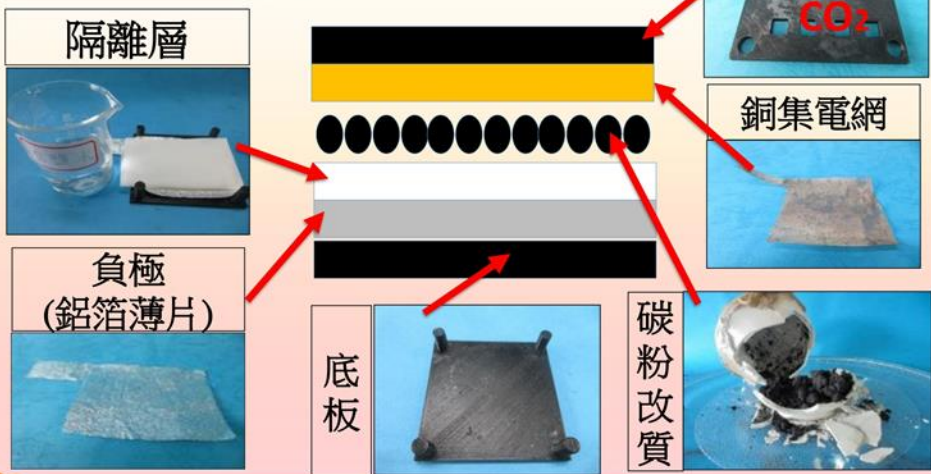


## 研究三、研發鋁/二氧化碳電池盒

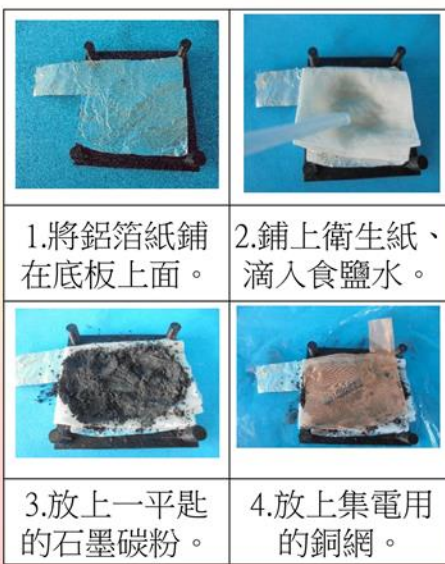
### 實驗三-1研發平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池

#### 實驗三-1-1平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池的組裝與效能

(一)、實驗步驟：設計圖如下。



裝置步驟如下：



(二)、實驗結果：

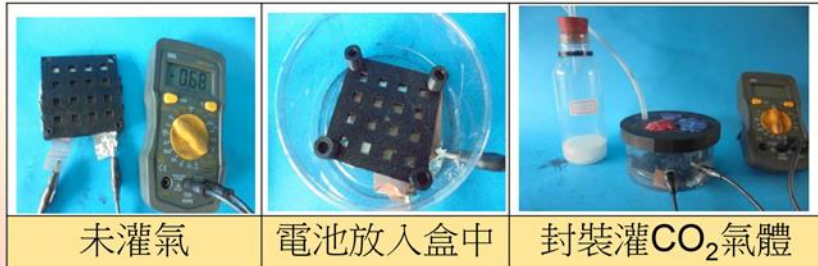


(三)、發現與討論：

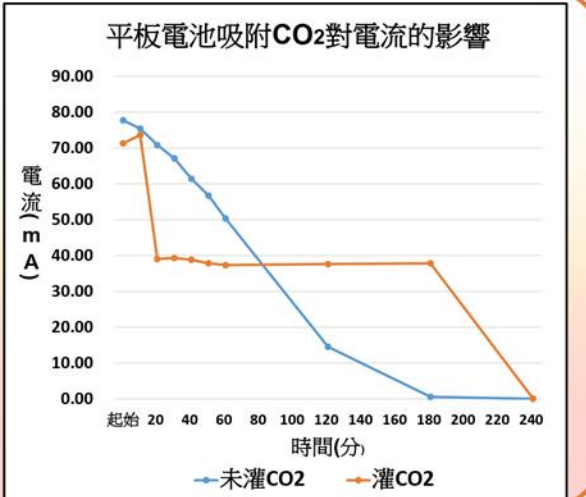
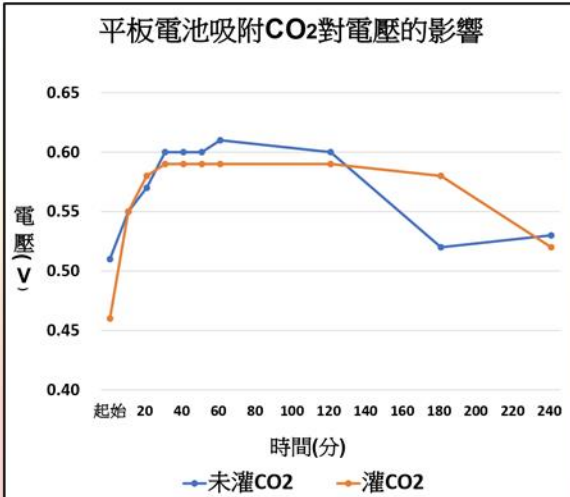
平板型鋁/CO<sub>2</sub>燃料電池的電壓值比蛋塔型空氣電池低、電流值比蛋塔型空氣電池高，電功率也高。

### 實驗三-1-2 二氧化碳對平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池發電效能的影響

(一)、實驗步驟、結果：

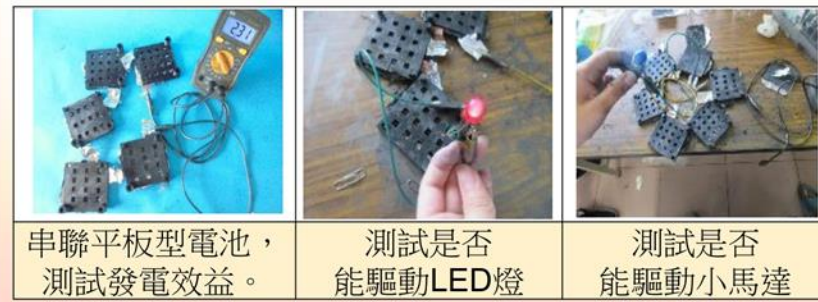


(二)發現與討論：灌CO<sub>2</sub>的平板型電池比未灌CO<sub>2</sub>的發電效能平穩，灌CO<sub>2</sub>的電壓及電流皆在放電20分鐘的時候趨近平穩。未灌CO<sub>2</sub>的在放電60分鐘後，電壓、電流下降很快。



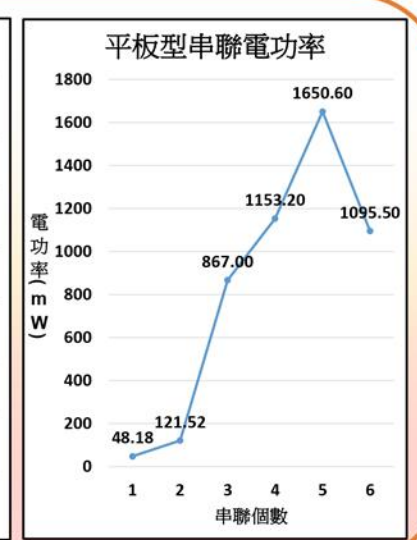
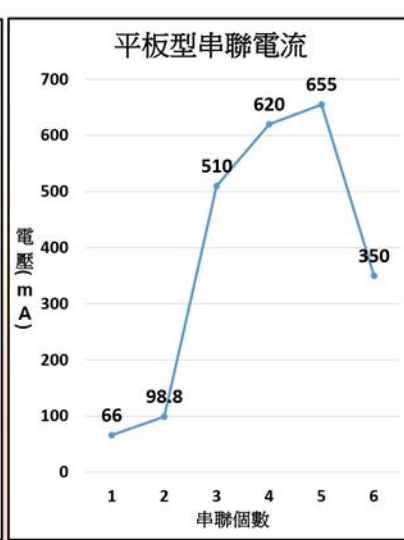
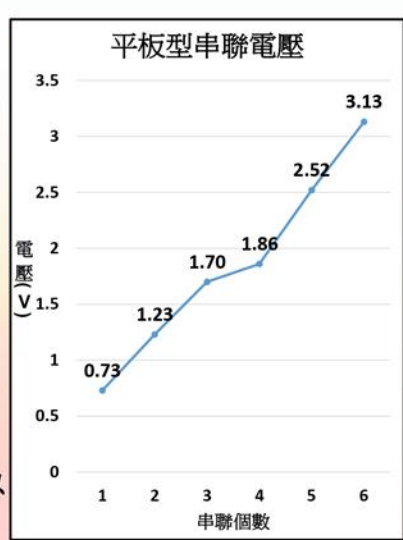
### 實驗三-1-3 串聯不同數量平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池的發電效能

(一)、實驗步驟、結果：



(二)、發現與討論：

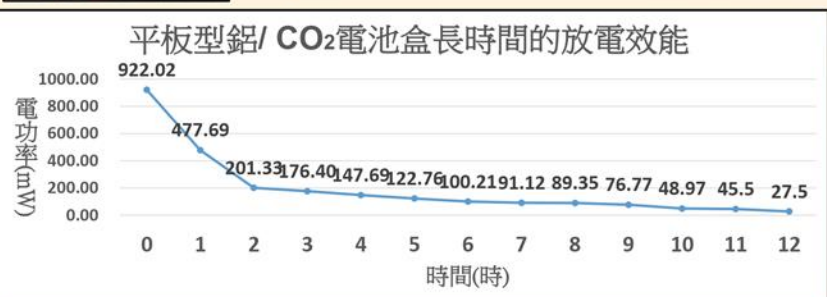
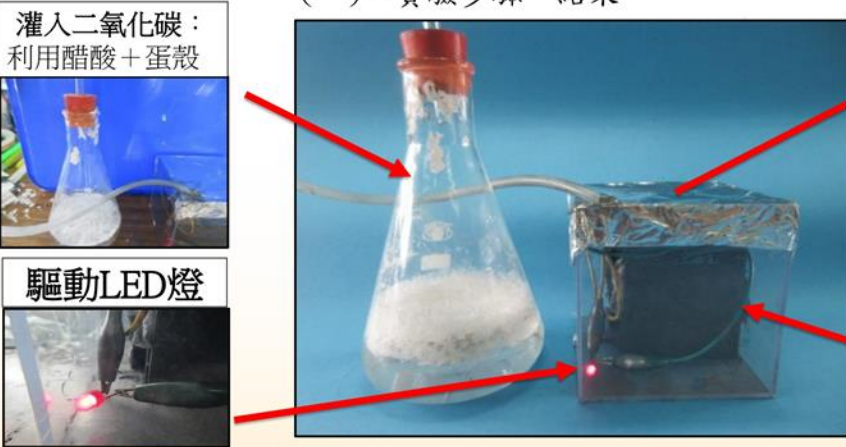
串聯3個平板電池時，可以驅動LED燈；5個可以驅動小馬達。串聯到5個有最佳效能。



### 實驗三-2研發平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池

#### 實驗三-2-1 直立抽取式電池盒長時間的放電效能

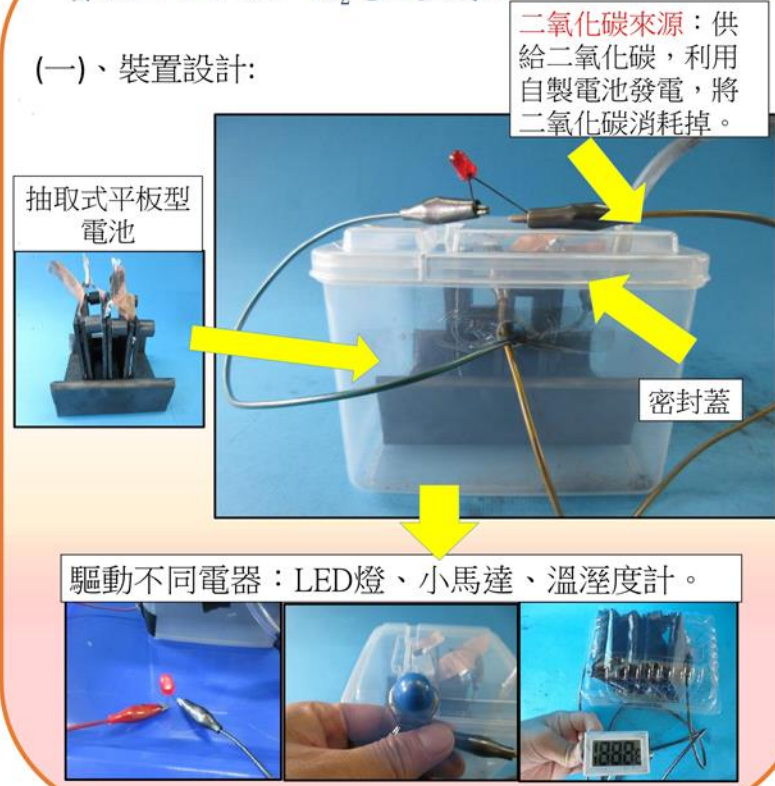
(一)、實驗步驟、結果：



(二)、發現與討論：  
電壓可維持在1.7V左右，電流1小時後可維持在100mA左右，6小時後可維持到50mA左右。

### 實驗三-2-2 鋁/CO<sub>2</sub>電池盒成品

(一)、裝置設計：



驅動不同電器：LED燈、小馬達、溫溼度計。

## 陸、結論

一、二氧化碳可以做為空氣電池運作的氣體

1. 在少量氧氣的環境下，以CO<sub>2</sub>作為空氣電池運作的氣體是可行的，而CO<sub>2</sub>較環保，是值得開發的環保電池。
2. CO<sub>2</sub>提供量愈多，電壓、電流值愈高，而且放電時間愈久，也愈穩定。

二、增加碳粉對二氧化碳吸附效果的方法

1. 三種碳粉在吸附CO<sub>2</sub>之後，發電效益都有增加。電功率提升率高低的排序與碳粉對CO<sub>2</sub>吸附能力的排序相同，可見發電效果與CO<sub>2</sub>吸附力有關。
2. 碳粉微波脫層後，在導電性、電壓、電流、電功率上都有提升，以石墨提升最顯著，其次是備長炭、活性炭。
3. 植物色素對活性炭的發電效果提升較多，化學吸附劑對活性炭、備長炭的發電效果提升較多。

三、研發鋁/CO<sub>2</sub>電池盒

1. 平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池體積小、用料少、發電效能高，一個電池電壓0.73V、電流66mA，灌入CO<sub>2</sub>平板型電池發電效益平穩持續。
2. 串聯3個平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池，可以驅動LED燈和小馬達。串聯5個可以有最佳效能。
3. 持續灌入CO<sub>2</sub>驅動紅色LED燈時間可以達12小時。研發直立抽取式平板型鋁/CO<sub>2</sub>電池盒，封裝後持續灌入CO<sub>2</sub>，可用於長時間啟動微型電器。

## 柒、參考資料

- 一、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、何謂備長炭？ 農業知識入口網。
- 三、中華民國第61屆中小學科展國小組化學科 鋁空氣電池。
- 四、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。
- 五、中華民國第60屆中小學科展高中組工程學(二)科 金屬鎂/二氧化碳電池之開發研究。
- 六、中華民國第55屆小學科展國小組化學科 鋅奇緣Let it go。
- 七、中華民國第51屆中小學科展國中組生活應用科 未來電池之星：鋁空氣電池。
- 八、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。
- 九、賴怡瑾、劉偉仁(2017)。微波脫層法製備奈米石墨烯片及其散熱之應用。
- 十、李水娥、周緒忠、崔同明、李慧贏(2017)。表面處理活性炭及其對二氧化碳吸附性能研究。