

中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科(一)

第三名

082809

轉廢為能，防災造電

學校名稱： 桃園市大園區潮音國民小學

作者：	指導老師：
小六 楊軒筑	洪培堯
小六 沈品豪	邱逸萍
小六 鄭捷恩	

關鍵詞： 鹽水發電、防災電池

摘要

本研究共實驗 11 種金屬當電極片，電功率的效能最佳是鎂片和碳片，過程中發現電極片材質會影響電壓，而電解溶液種類、電極片間隔、面積和浸泡範圍，則會影響電流量，間隔越小或面積越大，電流值越高。木炭和鋁罐、鐵罐或鋁箔紙可以用來簡易造電，以鋁箔紙最佳，但實測卻電壓不足，推測是鱷魚夾太多的緣故。因此利用鋅片和銅片可焊接的特性、鎂片和碳片發電效能最佳，分別進行串並聯實驗，而金屬電極片有著體積小、不易變質、能長久保存的特性，特使用 3D 列印機印製電池外殼，多次改良，以鎳片代替電線，開發出串聯 5 個並聯 4 組的防災電池，實測手機充電，歷時 457 秒，共 43 毫安時(mAH)，約有 5% 充電量，本研究已有實體成品，可以直接應用在生活中。

壹、研究動機

暑假科學營隊初接觸到鹽水動力風扇組合包，讓人覺得有趣，於是選做主題展開研究，在蒐集資料過程中，發現前人研究只要重量濃度超過 20%，越接近飽和溶液，發電效能越佳，因此對食鹽水濃度、鹽水容量、浸泡時間、鹽水溫度等有關溶解度的變因就不再探究。本研究從廚餘的角度出發，溶液分為溶質和溶劑，三上自然課本學過(參 1)廚房有和食鹽相似的調味品和粉末材料，就是溶質，大賣場或連鎖速食店有許多飲料種類販售，也就是溶劑，是否可以取代鹽水用來發電，在研究的過程中，鋁和碳片可以起反應時，突然想到可以廢物利用丟棄的鋁箔紙和木炭設計一款簡易發電電池，以期轉廢為能。

台灣常有地震、颱風等災害發生，當災害導致停電，但一般家庭不會購置發電機，而常見的行動電源和乾電池，放置久了，會有流失電力或電池漏液的隱憂，而金屬電極片若放置真空包內，是不容易變質，會比行動電源和乾電池放置更長久的時間，也不會受到氣候限制，基於此動機，我們嘗試設計一款體積小的防災電池，電池可以由小做大，透過電池並聯、串聯達到預期的總電量，若能列為防災包必備物品之一，就可以藉它防災造電，達到緊急充電的目的。

貳、研究目的

- 一、比較常見不同溶質(調味粉末)的發電效能。
- 二、比較常見不同溶劑(常見飲料)的發電效能。
- 三、比較不同材質電極片組合的發電效能。
- 四、電極片發電效能外在影響因素探討(間距、表面積及浸泡範圍)。
- 五、轉廢為能實驗 (鋁箔紙、鋁罐和鐵罐不同廢棄物)。
- 六、串聯和並聯的發電效能變化(木炭鋁箔紙、鋅銅片和鎂碳片)。
- 七、防災造電實驗(自製防災電池實測)。

參、研究設備工具及實驗材料

一、研究設備：電子秤、鱷魚夾電線、燒杯、焊錫、降壓模組(2.5V~35V)、5Vusb穩壓器(6~20V)、3D光固化列印機(phrozen sonic mega 8k v2)、二次光固化機、清洗機和雷射切割機(FLUX beambox)。

二、研究工具：三用電表、4合1USB電壓電流檢測儀。

三、實驗材料：

(一) 常見調味品及粉末材料(溶質)：

1. 鹽：高級碘鹽、軟水用鹽、鎂鹽、海鹽(細)、海鹽(粗顆粒)、食鹽(未含碘)、氟碘鹽。

2. 粉末：過碳酸鈉、小蘇打粉、檸檬酸、砂糖、味素、奶粉

(二) 常見飲料(溶劑)：

1. 麥茶、蘋果西打、果汁、奶茶、沙士、可樂、紅茶、雪碧汽水、咖啡、米酒、醋、果菜汁、鹼性水、氣泡水、寶礦力、薑茶、乳酸飲、冬瓜茶。

(三) 電極金屬片：

1. 鎂、碳、黃銅、紫銅、鈦、鋅、不鏽鋼、錫、鋁、鉛、鎳

(四) 其他材料：

1. 鋁箔紙、塑膠片、餐巾紙、泡棉、一般木炭、環保球形炭

肆、研究流程與文獻探討

一、研究流程：

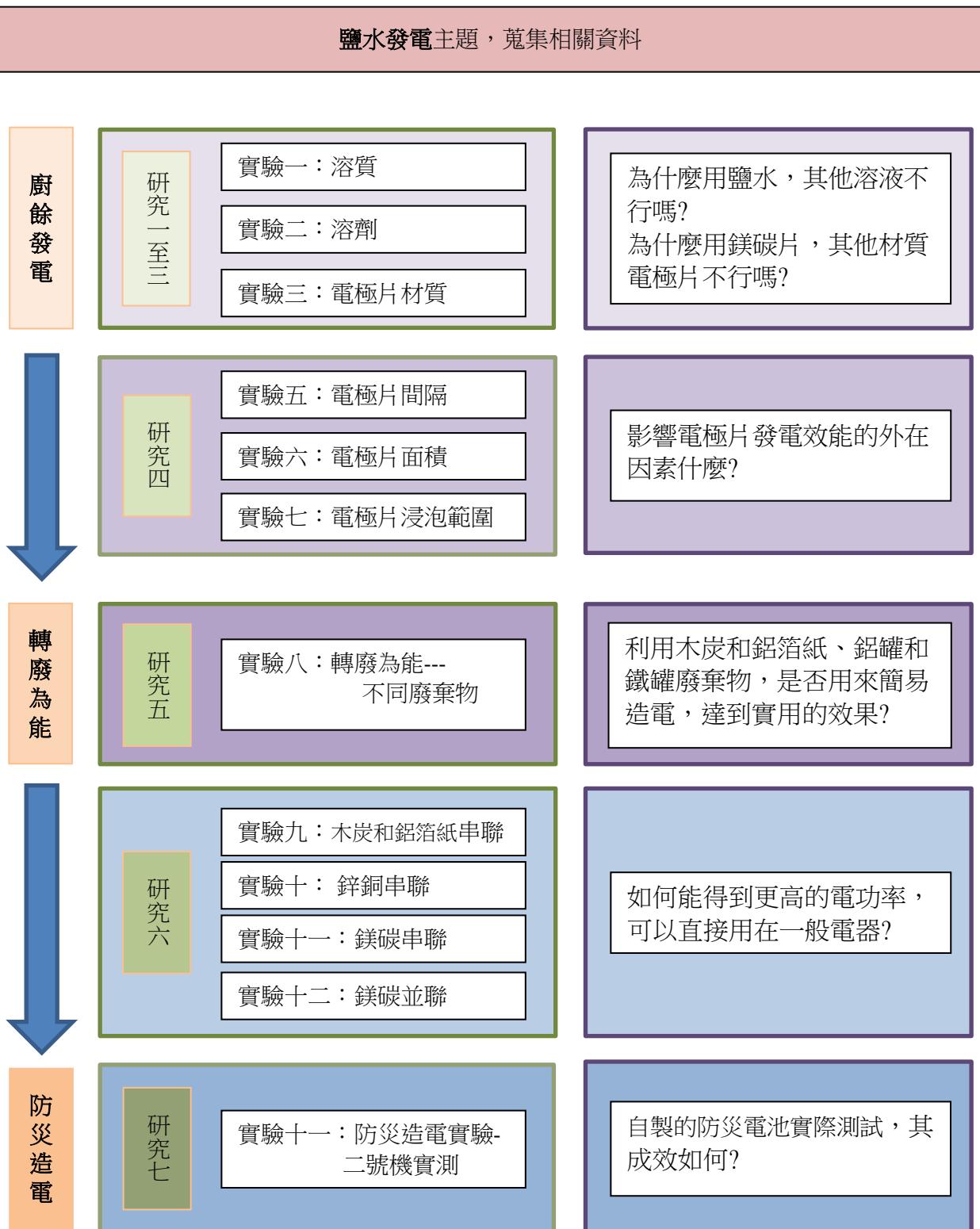


圖 4-1：研究流程圖(作者自行製作)

二、參考文獻：

我們在許多研究發現：越接近飽和濃度重量濃度 26.5%，發電效能越佳，因此對於食鹽水濃度、鹽水容量、浸泡時間、攪拌次數、鹽水溫度等影響食鹽溶解情形變因就不再探究。而別人作品停留在粗糙的實驗素材或理論猜想，至多只有半成品，本研究則是將所得到的實驗數據照進現實，利用 3D 列印機製作出實體外殼成品，能實際直接運用日常生活中，這樣更符合生活應用的目標。

表 4-1：本研究與其他人研究內容比較表

作者	參考文獻	相關研究結果	本研究不同之處
林永鑫、張雅婷、邵芷葳、莊渝鈞、游曼潔、徐鈴(2006)。	海洋牧場-節能潔能海水電池的探討	1.備長炭和鋁浸在海水中所產生的電流強；備長炭重量超過30g 其電壓0.6V。 2.「迷你型海水電池」，串聯，電壓一層0.2 V，九層使發光二極體燈泡發亮。	研發體積小、重量輕、電功率高，新型電池
鄭甯、臧曼晴、吳欣叡、王宗臻(2016)	動「池」凍「池」--水果電池	1.當探討鎂碳電極片間距6公分內，間距越近及接觸面積增加時，電流量增強 2.影響電功率最大因素為電極金屬種類，實驗以鎂鋁合金 - 銅最好 3.果凍電池，串聯六組，電壓9.57 V。	1.以鋅銅片替代鎂碳片做實驗 2.探討2公分以內更小間距
陳睿宇、王釋萱、陳珮辰、黃巧涵(2018)	鋁空氣電池最佳效能之研究。	1.利用鋁箔和備長炭，飽和食鹽水當電解質，產生電能。 2.備長炭長度愈長、直徑愈大，能產生的電壓愈高，1.5M 的氫氧化鈉溶液可以產生 1.6V 電壓。 3. 1根能使風扇馬達轉動，8根備長炭電池串聯(直接碰觸)可以對鋰電池充電，當行動電源使用。	1.以木炭和鋁箔紙、鋁罐和鐵罐進行簡易造電實驗 2.進行多組串聯實驗(12或15)，實際測量電功率是否能實際運用在日常生活
趙子忻、楊雨鐸、葉宥辰、周延融(2022)	「鹽」來有電真神奇-鹽水燃料電池效能探討與應用	1.鹽水濃度需20%以上，以RO純水作為溶劑最佳。 2.用 6種電極片實驗，以鎂碳片最佳。 3.電極片的面積增大可助效能。 4.電極片間距縮小可助效能。 5.鹽水量增加可讓電壓增加。 6.鹽水的溫度較低，發電效能較佳。	1.不研究鹽水溶解度相關變因 2.探討鹽的種類以及常見調味粉末(溶質)以及飲料(溶劑) 3.使用更多(11種)不同材質的電極片搭配組合進行實驗

伍、研究結果與討論

研究一：比較不同溶質(調味粉末)的發電效能

日常生活中處處離不開鹽，光是飲食不論酸甜苦辣，鹽幾乎都參與其中，而鹽的種類繁多，除了家喻戶曉的紅藍經典配色高級精鹽(碘鹽)，還有大賣場常見的粗鹽、細鹽(未含碘)、海萃鹽(含鎂)、海鹽、氟碘鹽和軟水用鹽等，而鹽的種類是否對發電效能產生影響呢？

鹽水發電是否又**非鹽不可**呢？我們以前在自然科學課程(參1：三上康軒自然科學 p.98-99)學過在廚房內有許多跟鹽相似的調味品和粉末材料，例如：砂糖、味素、小蘇打粉、麵粉、檸檬酸和過碳酸鈉等，我們也好奇廚房常見的調味品和粉末材料是否能夠替代鹽進行發電呢？

一、實驗步驟：

(一) 準備12種溶質，分別是：碘鹽、軟水用鹽、鎂鹽、海鹽(粗)、未含碘鹽、氟碘鹽等6種不同種類的鹽以及過碳酸鈉、小蘇打粉、檸檬酸、砂糖、味素、奶粉等6種不同調味粉末。

(二) 在燒杯裝入400毫升的水，並加入100公克的鹽(鹽水濃度 20%)並調勻。

(三) 將鱷魚夾電線分別夾上碳、鎂電極片後，放入裝鹽水的燒杯內，再利用三用電錶分別測量電壓及電流，重複三次實驗，記錄數據並算出平均值。

二、實驗結果：

表 5-1：不同溶質(調味粉末)發電效能比較表

溶質(鹽)	高級碘鹽	軟水用鹽	鎂鹽	海鹽(粗)	未含碘鹽	氟碘鹽
平均電壓 (V)	1.408	1.155	1.345	1.074	0.940	1.345
平均電流 (A)	0.02	0.01	0.034	0.007	0.003	0.007
電功率(W)	0.028	0.012	0.046	0.008	0.003	0.009
溶質(其他)	過碳酸鈉	小蘇打粉	檸檬酸	砂糖	味素	奶粉
平均電壓 (V)	0.680	1.213	1.634	1.474	1.715	1.456
平均電流 (A)	0.001	0.02	0.03	0.021	0.004	0.007
電功率(W)	0.001	0.024	0.049	0.031	0.007	0.010



(作者自行拍攝)

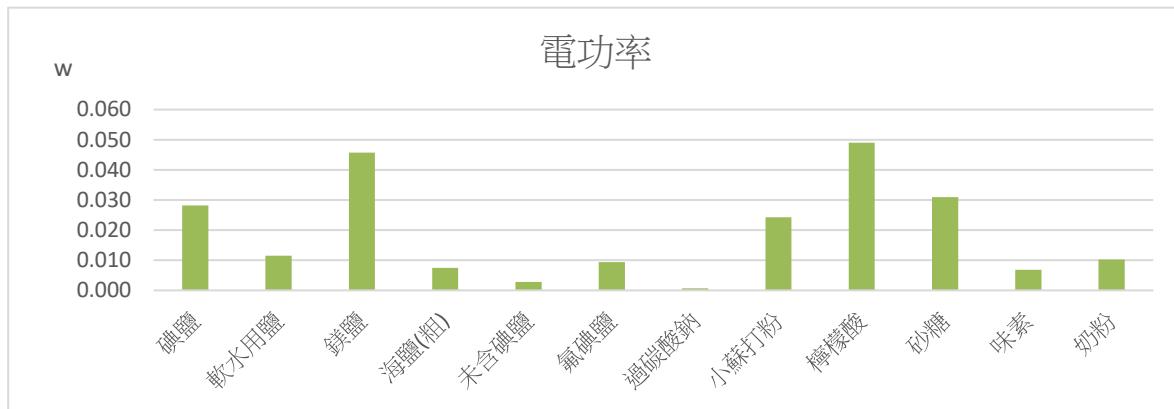


圖 5-1：不同溶質(調味粉末)電功率比較長條圖(作者自行製作)

三、實驗討論：

- (一) 不同的鹽，電壓差異不大，電流和電功率以鎂鹽發電效能較佳。
- (二) 有些廚房調味料及粉末材料，也可用來作為發電的媒介，電壓差異不大，電流和電功率就差異較大，其中洗滌用的檸檬酸電流和電功率發電效能最佳，而常見的味素和過碳酸鈉就不適合。
- (三) 鹽水發電並非「鹽」不可，但是食鹽是最常見，成本低廉，飲食料理也都少不了它，發電效能還不錯，因此，本研究實驗採用食鹽(碘鹽)為實驗材料。

研究二：比較常見不同溶劑(常見飲料)的發電效能

飲料已經稱為生活飲食的重要一部分，無論是大賣場、商店、速食連鎖店都充斥各式各樣的飲料，我們也好奇是否這些常見飲料是否能取代鹽水用來發電？

一、實驗步驟：

- (一) 準備18種常見的飲料，分別是：蘋果西打、麥茶、果汁、奶茶、沙士、可樂、紅茶、雪碧、咖啡、米酒、醋、果菜汁、鹼性水、氣泡水、寶礦力、菁茶、乳酸飲、冬瓜茶。



(作者自行拍攝)

(二) 分別在燒杯裝入500毫升的飲料。

(三) 將鱷魚夾電線分別夾上碳、鎂電極片後，放入裝飲料的燒杯內，再利用三用電錶分別測量電壓及電流，

(四) 重複三次實驗，記錄數據並算出平均值。

二、實驗結果：



(作者自行拍攝)

表 5-2：不同溶劑(常見飲料)發電效能比較表

溶劑(飲料)	西打	麥茶	果汁	奶茶	沙士	可樂	紅茶	雪碧	咖啡
平均電壓 (V)	1.75	1.418	1.929	1.8925	1.39	1.7135	1.8855	1.602	1.766
平均電流 (A)	0.014	0.015	0.023	0.0045	0.012	0.0105	0.027	0.005	0.009
電功率(W)	0.025	0.021	0.044	0.009	0.017	0.018	0.051	0.008	0.016
溶劑(飲料)	米酒	醋	果菜汁	鹼性水	氣泡水	寶礦力	菁茶	乳酸飲	冬瓜茶
平均電壓 (V)	1.472	1.341	1.363	1.947	2.195	2.064	1.818	1.744	1.808
平均電流 (A)	0.016	0.019	0.019	0.004	0.022	0.008	0.018	0.012	0.004
電功率(W)	0.024	0.025	0.026	0.008	0.048	0.017	0.033	0.021	0.007

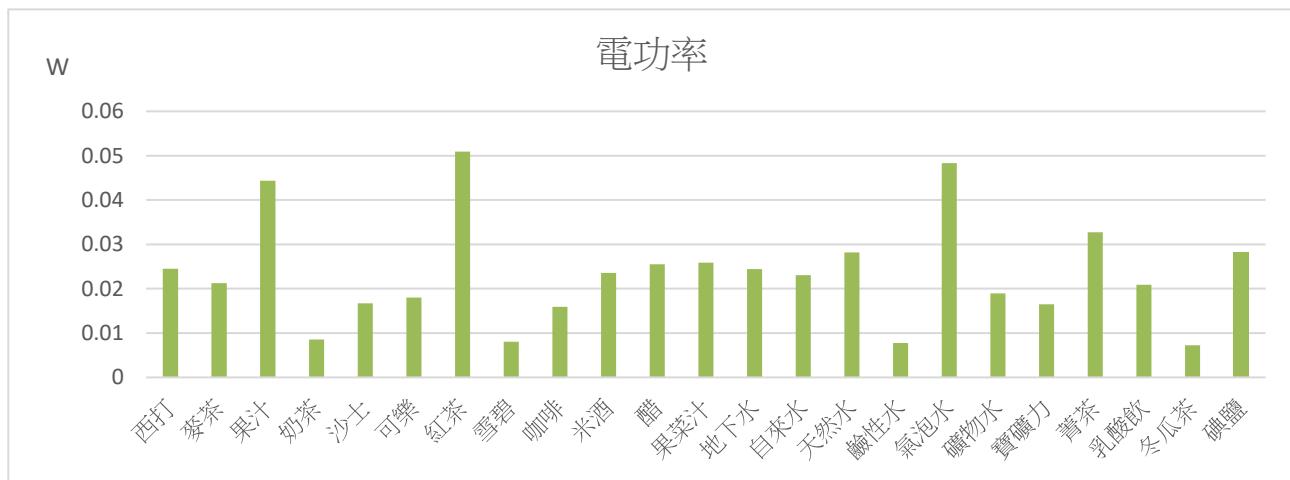


圖 5-2：不同溶劑(常見飲料)電功率比較長條圖(作者自行製作)

三、實驗討論：

(一) 由實驗可知，即使不是鹽水，我們常喝的飲料，同樣也可用來發電。

(二) 就電壓而言，差異不大，就電流和電功率而言，以紅茶、氣泡水和果汁的效果較好。

研究三：比較不同材質金屬電極片組合的發電效能

我們鹽水動力風扇教具包是以鎂片加上碳片作為正負極，而水果電池教具包則以鋅片加上銅片，我們不禁好奇哪種組合的發電效果較好，而是否有其他不同材質組合，讓發電效能更佳呢？

一、實驗步驟：

- (一) 準備11種金屬片(厚度和面積 0.3mm*5cm*2cm)，分別是：鎂、碳、黃銅、紫銅、鈦、鋅、不鏽鋼、錫、鋁、鉛、鎳。
- (二) 我們分別用鱷魚夾夾上，共 66 種組合。
- (三) 調製濃度 20% 的鹽水，夾上電極片後浸泡鹽水，計時 5秒使其反應。
- (四) 利用三用電表測量電壓及電流，並重複三次實驗，記錄數據並算出平均值。

二、實驗結果：

表 5-3：不同材質電極片發電效能比較表

平均電壓(V)	鎂片	鋁片	鈦片	不鏽鋼	鐵片	鎳片	黃銅	紫銅	鋅片	錫片	鉛片
碳片	1.915	0.706	0.191	0.131	0.332	0.559	0.252	0.215	1.271	0.182	0.351
鎂片		0.538	1.107	1.235	1.104	0.946	1.323	1.071	0.504	1.079	1.023
鋁片			0.445	0.596	0.446	0.303	0.465	0.501	0.234	0.355	0.298
鈦片				0.294	0.405	0.306	0.381	0.384	0.365	0.122	0.193
不鏽鋼					0.116	0.141	0.109	0.157	0.557	0.066	0.024
鐵片						0.099	0.155	0.212	0.038	0.104	0.024
鎳片							0.183	0.207	0.505	0.452	0.131
黃銅								0.052	0.507	0.387	0.194
紫銅									0.548	0.513	0.204
鋅片										0.505	0.121
錫片											0.018

平均電流(A)	鎂片	鋁片	鈦片	不鏽鋼	鐵片	鎳片	黃銅	紫銅	鋅片	錫片	鉛片
碳片	0.144	0.048	0.072	0.056	0.024	0.104	0.064	0.024	0.096	0.128	0.048
鎂片		0.048	0.032	0.064	0.024	0.016	0.096	0.088	0.040	0.080	0.112
鋁片			0.040	0.008	0.096	0.016	0.008	0.200	0.064	0.040	0.024
鈦片				0.064	0.064	0.104	0.048	0.032	0.040	0.088	0.016
不鏽鋼					0.008	0.032	0.064	0.032	0.024	0.024	0.008
鐵片						0.072	0.008	0.040	0.024	0.032	0.016
鎳片							0.032	0.040	0.064	0.008	0.048
黃銅								0.032	0.296	0.016	0.008
紫銅									0.016	0.056	0.008
鋅片										0.056	0.016
錫片											0.040

平均電功率(W)	鎂片	鋁片	鈦片	不鏽鋼	鐵片	鎳片	黃銅	紫銅	鋅片	錫片	鉛片
碳片	0.276	0.034	0.014	0.007	0.008	0.058	0.016	0.005	0.084	0.023	0.017
鎂片		0.026	0.035	0.079	0.026	0.015	0.127	0.094	0.020	0.086	0.115
鋁片			0.018	0.005	0.043	0.005	0.004	0.100	0.015	0.014	0.007
鈦片				0.019	0.026	0.032	0.018	0.012	0.015	0.011	0.003
不鏽鋼					0.001	0.005	0.007	0.005	0.013	0.002	0.000
鐵片						0.007	0.001	0.008	0.001	0.003	0.000
鎳片							0.006	0.008	0.032	0.004	0.006
黃銅								0.002	0.150	0.006	0.002
紫銅									0.009	0.029	0.002
鋅片										0.028	0.002
錫片											0.001

利用電功率較高8組繪製下圖 5-3。

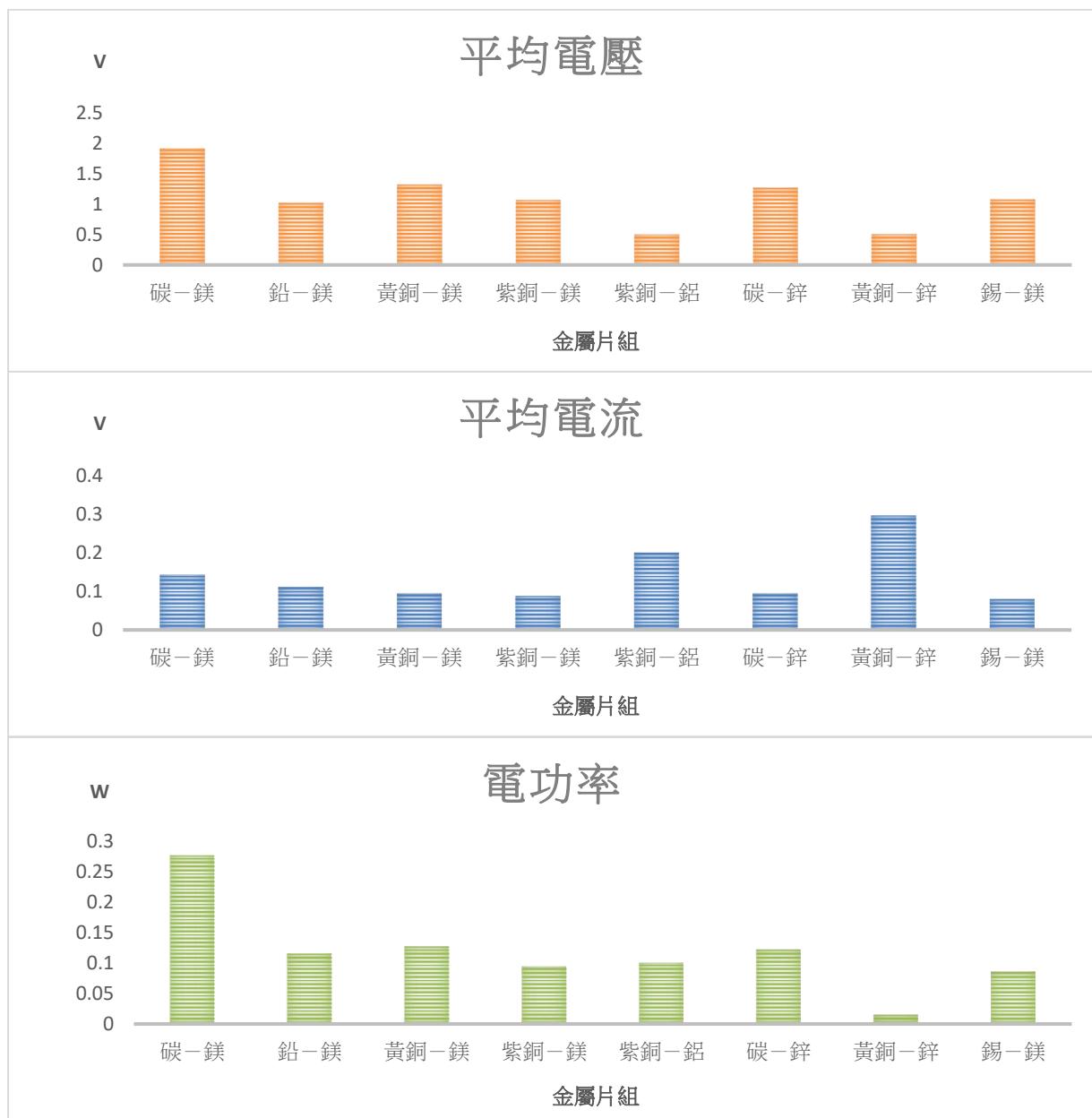


圖 5-3：不同材質電極片電壓、電流和電功率比較長條圖(作者自行製作)

三、實驗討論：

- (一) 就電壓而言，超過1V，有7種組合，前三名：鎂-碳 (1.915) > 鎂-黃銅 (1.323) > 鋅-碳 (1.271)。
- (二) 就電流而言，超過0.1A，有6種組合，前三名：鋅-黃銅 (0.296) > 鋁-紫銅 (0.2) > 鎂-碳 (0.144)。
- (三) 就電功率而言，超過0.08W，有8種組合，前三名：鎂-碳 (0.276) > 鎂-黃銅 (0.127) > 鋅-碳 (0.122)。
- (四) 金屬電極片的材質不同，電壓就不同，電功率也受到影響，而電流由於微量過小，檢測用的三用電表，受到人為操作因素和本身儀器精密度影響，較容易有誤差。
- (五) 鎂-碳組合，不管是電壓、電流和電功率的效能最佳，這與市售的鹽水車都採用鎂片和碳片當電極片情況符合，而且只要與鎂片搭配組合，電壓就較高。

研究四：電極片發電效能的外在影響因素探討(間距、表面積及浸泡範圍)

【不同間距】

在前人的研究是鎂片和碳片作為電極片(參 3)，測量 6 公分至 1 公分，電流平均值隨著間距減少而變大(0.17A~0.37A)，且電極片也不可以直接碰觸，我們想知道不同材質的情況是否相同，更小的間距情況又是如何，我們採用鋅銅片進行探究。

一、實驗步驟：

- (一) 以 0.5 公分作為組距，設定間距為 0.1cm、0.5cm、1.0cm、1.5cm、2.0cm，一共 5 組。
- (二) 調製濃度 20% 的鹽水，夾上電極片後浸泡鹽水數秒，隨即拿起，使其反應。
- (三) 利用三用電表測量電壓及電流，重複三次實驗，記錄數據並算出平均值。

二、實驗結果：

表 5-4：電極片不同間距發電效能差異表

鋅銅片間距(cm)	0.1	0.5	1	1.5	2
平均電壓 (V)	0.704	0.704	0.704	0.703	0.702
平均電流 (A)	0.009	0.009	0.008	0.007	0.005
電功率(W)	0.006	0.006	0.006	0.005	0.004

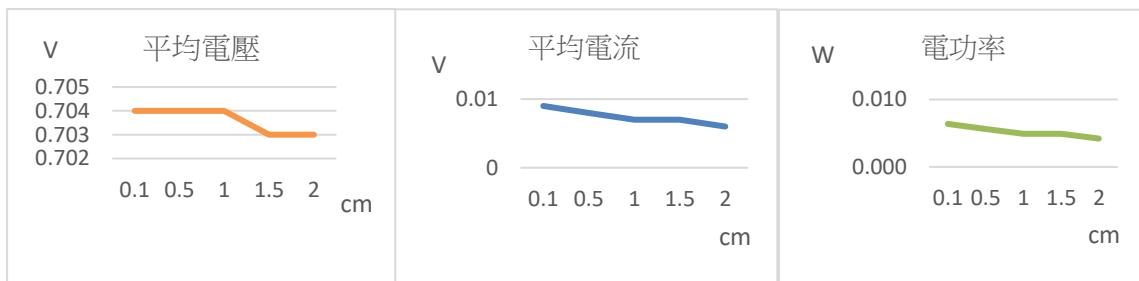


圖 5-4：電極片不同間距電壓、電流和電功率折線圖(作者自行製作)

三、實驗討論：

(一) 電壓的差異並不明顯，都在約0.7V左右，電流部分，間距變近，也會隨著增加，在距離1公分範圍內，電流量差異不大。

【不同表面積】

我們想知道表面積增加，是否能提高電壓或電流，便以不同面積的鋅銅片，進行實驗。

一、實驗步驟：

(一) 我們利用鋅片和銅片進行實驗(5cm*2cm)，我們以2平方公分作為組距，設定為2、4、6、8 和 10 平方公分，一共5組。

(二) 調製濃度 20% 的鹽水，夾上電極片後浸泡鹽水，使其反應。

(三) 利用三用電表測量電壓及電流，重複三次實驗，記錄數據並算出平均值。

二、實驗結果：

表 5-5：電極片不同表面積發電效能差異表

鋅銅片面積(cm^2)	2	4	6	8	10
平均電壓 (V)	0.688	0.702	0.704	0.702	0.71
平均電流 (A)	0.007	0.008	0.011	0.014	0.016
電功率(W)	0.0048	0.0056	0.0077	0.0098	0.0114

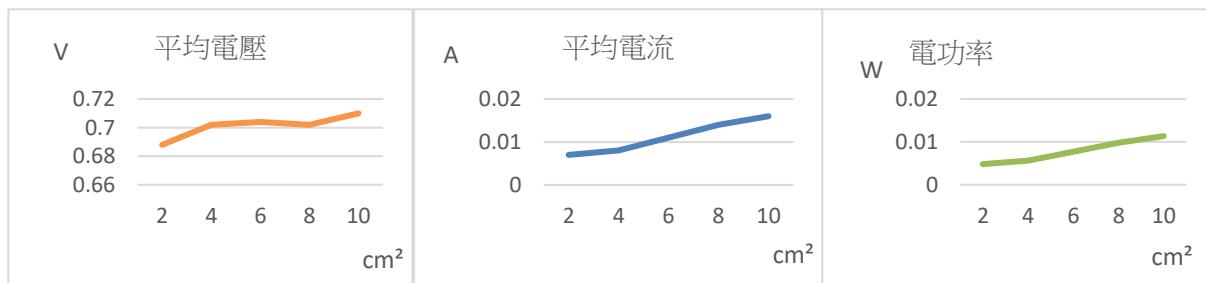


圖 5-5：電極片不同表面積電壓、電流和電功率折線圖(作者自行製作)

三、實驗討論：

(一) 不同面積電極片對於電壓的改變並不明顯，自0.688 V至0.710 V，變為0.03倍。

(二) 電流增加較明顯，自0.007A 至0.016A，變為2.29倍，故電功率也會提升。

(三) 電極片面積增加有助於提高電流，但對於電壓的助益不大。

【不同浸泡範圍】

在研究過程中，我們察覺到完全浸泡在鹽水內以及部分露出水面的金屬電極片，所測量的電壓和電流數值不同，因此進行差異試驗。

一、實驗步驟：

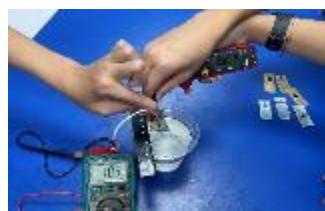
(一) 我們分別將鋅銅片浸泡範圍分為1/4、2/4、3/4和4/4。

(二) 調製濃度20%的鹽水，間距維持1公分，依序放入。

(三) 利用三用電表測量電壓及電流，重複三次實驗，記錄數據並算出平均值。



(作者自行拍攝)



(作者自行拍攝)



(作者自行拍攝)



(作者自行拍攝)



(作者自行拍攝)

二、實驗結果：

表 5-6：電極片不同浸泡範圍發電效能差異表

鋅銅片	1/4	2/4	3/4	4/4
平均電壓(V)	0.70	0.71	0.69	0.60
平均電流(A)	0.007	0.011	0.008	0.003
電功率(W)	0.005	0.008	0.006	0.002



圖 5-6：電極片不同浸泡範圍電壓、電流和電功率長條圖(作者自行製作)

三、實驗討論：

- (一)就電壓、電流和電功率而言，完全浸泡的發電效果並非最好，而最好的情況是採用一半浸泡的方式。
- (二)鹽水發電應該可以視為一種氧化還原的反應，由此推測，除了鹽等電解質，氧氣也是必要因素之一。

研究五：轉廢為能的實驗

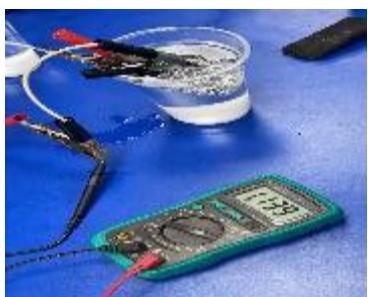
由研究三的實驗結果可得知，鋁和碳用來當電極片，可以產生電能，於是本研究進一步將多餘的木炭分別和廢棄的鋁箔紙、鋁罐和鐵罐進行實驗，又在研究二的實驗結果可得知，可樂可以取代鹽水，於是也一併實測。

一、實驗步驟：

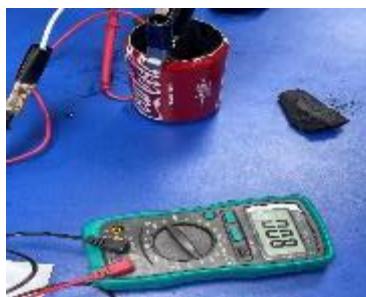
- (一)首先，參考前人的研究，對於鹽水的控制變因設為：400公克的水和100公克的鹽、鹽水濃度20%、水溫22°C、攪拌20次、靜置30分鐘及飲水機RO水。
- (二)將鋁箔紙包裹木炭以及分別將木炭放入鋁罐和鐵罐，再利用三用電表測量電壓及電流，重複三次實驗，記錄數據並算出平均值。



(作者自行拍攝)



(作者自行拍攝)



(作者自行拍攝)



(作者自行拍攝)

二、實驗結果：

表 5-7：不同廢棄物發電效能比較表

木炭與不同廢棄物	鋁罐(鹽水)	鐵罐(鹽水)	鋁箔紙(鹽水)	鋁罐(可樂)
平均電壓(V)	0.22	0.23	0.51	0.23
平均電流(I)	0.03	0.02	1.32	0.08
電功率(W)	0.007	0.005	0.673	0.018

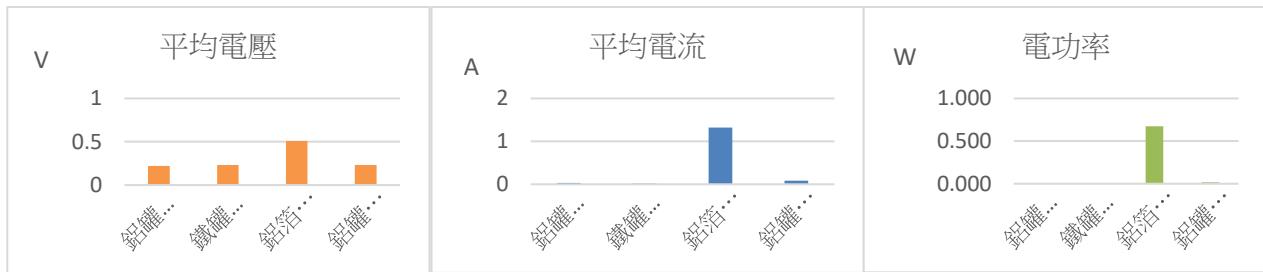


圖 5-7：不同廢棄物發電效能電壓、電流和電功率比較長條圖(作者自行製作)

三、實驗討論：

- (一) 木炭和鋁罐、鐵罐和鋁箔紙可以簡易造電，其中又以鋁箔紙包木炭的發電效能最佳，電壓1.5 V和電流1.32 A，可以啟動微型馬達(1V-1.5V)。
- (二) 鋁罐和鐵罐的材質並非是純鋁和純鐵成分，其罐內表層可能塗上其他物質，造成電壓和實驗三有些出入，而鹽水可直接用可樂替代，這和實驗二結果一致。

由上述實驗得知木炭和鋁箔紙電壓約 0.51V，當研究者利用四上自然課(參二)所學串聯的方式，預估 12 組可達 6V 啟動 4 合 1 USB 電壓電流檢測儀，結果發現電壓一開始可以達到 6.75 V，然後迅速下降，不到 10 秒鐘，就剩下 2.87 V，電流約 0.3 A，變化不大，即使過了 30 分鐘電壓還維持約 2.8 V，電流約 0.2 A，但是無法啟動 4 合 1 USB 電壓電流檢測儀，亦無法取得總電量。



(作者自行拍攝)



(作者自行拍攝)

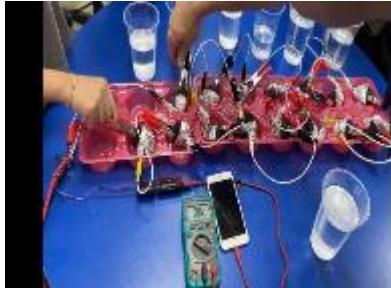


(作者自行拍攝)

一般炭體積大小形狀不一，改用環保球形炭，並加多組數，進行 15 組的實驗，檢查是否有鋁箔紙和木炭同時被鱷魚電線夾夾住的情形，再次施測，結果發現仍然無法啟動 4 合 1USB 電壓電流檢測儀，利用三用電錶測得電壓約 2.63V，電流約 0.3 A。



(作者自行拍攝)



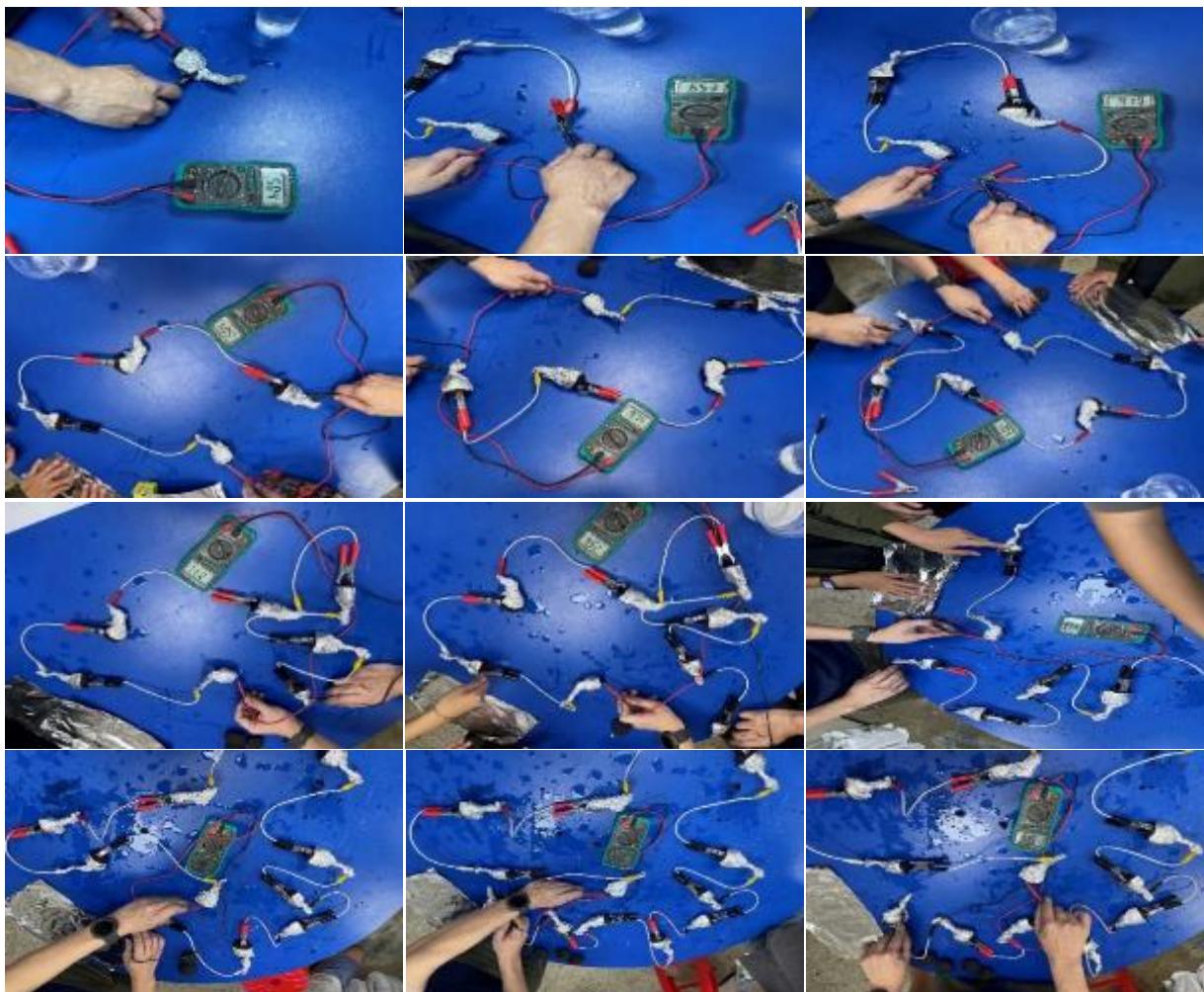
(作者自行拍攝)



(作者自行拍攝)

研究六：串聯和並聯的發電效能變化

研究者對研究五鋁箔紙和木炭 15 組串聯電壓不如預期的實驗結果產生好奇，於是又分別針對串聯 1 至 12 組測量電壓值，過程如下：



(作者自行拍攝)

一、實驗步驟：

(一) 分別將鋁箔紙和球形炭 1至12組串聯，放置濃度約 20%的鹽水，夾上電極片後浸泡鹽水，使其反應。

(二) 利用三用電表測量電壓及電流，重複測量三次，並算出其電功率。

二、實驗結果：

表 5-8：木炭和鋁箔紙串聯發電效能差異表

木炭和鋁箔紙	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
電壓平均(V)	0.5	0.65	0.98	1.55	1.87	2.03	2.11	2.36	3.0	3.6	3.66	3.88

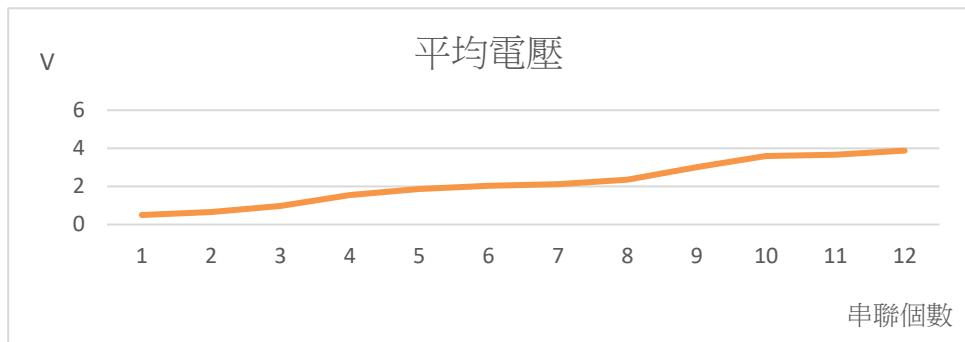


圖 5-8：木炭和鋁箔紙串聯電壓折線圖(作者自行製作)

三、實驗討論：

(一) 電壓值隨著串聯數量而增加，但並非是等倍關係。

(二) 串聯越多，使用的鱷魚夾電線越多，電阻越大，用三用電錶測得鱷魚夾電線的電阻為1.5歐姆(Ω)，應是電壓值變小的主因。

(三) 串聯8組到9組，電壓突然暴增，原因應該是實驗進行5分鐘左右，部分木炭因為受潮，導致鱷魚電線夾處碎開，重新更換木炭的緣故，電流維持0.2~0.3 A。

利用鋁箔紙和木炭產生足夠大的電壓和電流，可以直接運用在一般電器上，推估 100 組，組數夠多，理論上可行，但技術層面要考慮木炭受潮容易碎裂導致短路，研究者嘗試解決不用鱷魚夾問題，實驗結果提供給後續研究參考：

(一) 使用濾茶器做載具，電壓值為零，應為鐵網阻隔緣故。

(二) 參考前人研究(參6)，直接碰觸，電壓值為0.45 V，反而互相干擾，電壓減弱。

(三) 挖洞將電線埋在裡面，電壓值為1.22 V，電壓值最高，但容易脫落，驗證鱷魚電線夾的電阻確實會有影響。



(作者自行拍攝)

(作者自行拍攝)

(作者自行拍攝)

【鋅銅片串聯】

利用鋅銅片可以焊接的特性，看看實際情況如何。

一、實驗步驟：

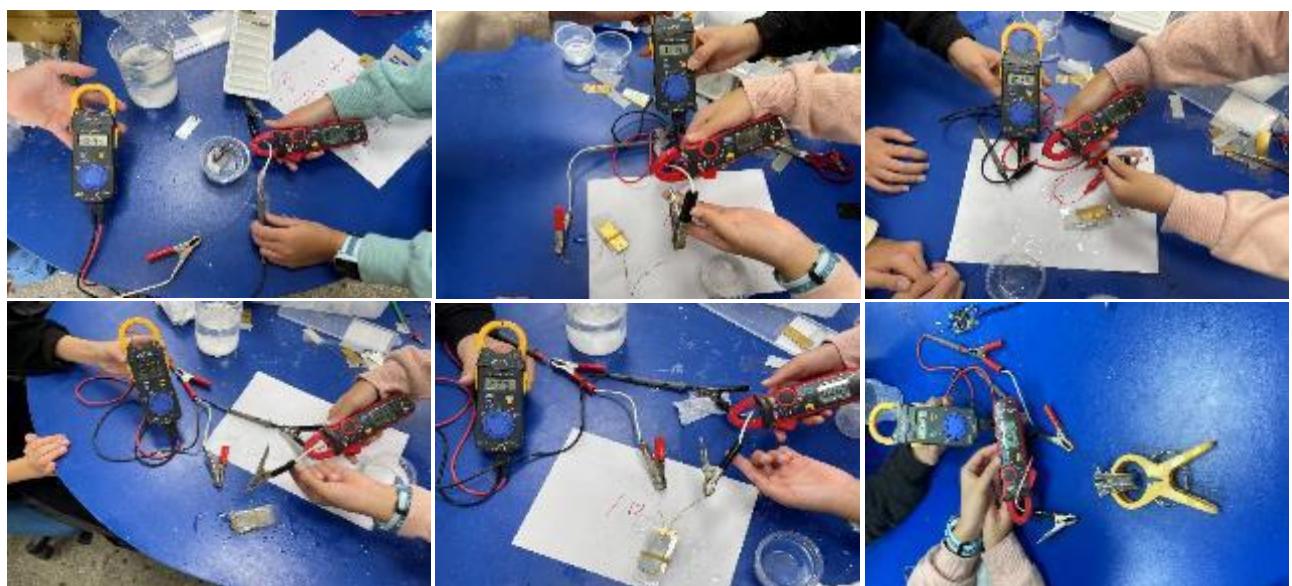
(一) 我們將鋅銅片一端焊一起，中間用塑膠片使其分開，另一邊以廚房餐巾紙為鹽水的載體，以此方式堆疊，最後頭尾分別接銅片和鋅片為正負極。



(作者自行拍攝)

(二) 分別將鋅銅片2組、4組、6組、8組、10組及20組，放置濃度約 20%的鹽水，夾上電極片後浸泡鹽水數秒，隨即拿起，使其反應。(1個鋅片和1個銅片稱為1組，2組配合才能算串聯)

(三) 利用三用電表測量電壓及電流，重複測量三次，並算出其電功率。



(作者自行拍攝)

二、實驗結果：

表 5-9：鋅銅片串聯發電效能差異表

鋅銅片	2	4	6	8	10	20
電壓平均(V)	0.735	1.111	1.536	1.966	2.883	6.96
電流平均(A)	0.018	0.021	0.022	0.024	0.026	0.03
電功率(W)	0.013	0.023	0.034	0.047	0.075	0.209

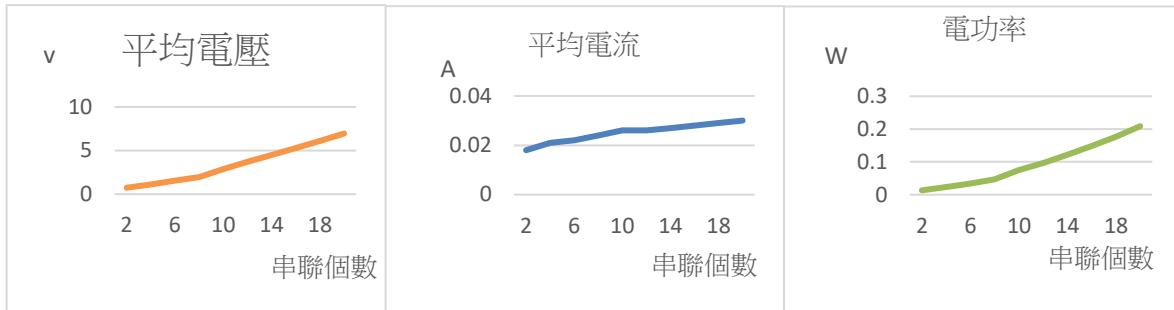


圖 5-9：鋅銅片串聯電壓、電流和電功率折線圖(作者自行製作)

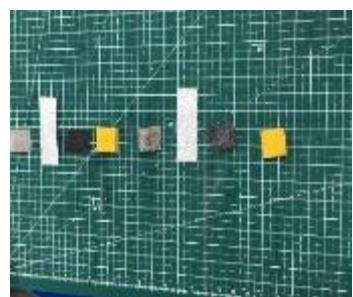
三、實驗討論：

- (一) 利用串聯的方式會提高電壓，電流變化不大。
- (二) 鋅銅片串聯 20 組，電壓 6.96 V，電流 0.03 A，電功率 0.209 W，已經高於降壓器電壓 5 V 要求，但是仍然無法啟動，因此需要以並聯的方式增加電流量，以提高電功率。
- (三) 礙於僅電流 0.03 A 的緣故，後續進行並聯實驗的鋅銅片數量會過於龐大，實驗材料成本太高，不合經濟效益，改以本研究三中最佳發電效能的鎂片-碳片組合測試。

【鎂碳片串聯】

一、實驗步驟：

(一) 我們同樣在鎂碳片(15*20*0.5mm)中間，用較厚的泡棉使其分開，另一邊則以廚房餐巾紙作為鹽水的媒介，以此方式堆疊，並用鱷魚夾電線夾住電極片。



(作者自行拍攝)

(二) 分別將鎂碳片 2 組、3 組和 4 組串聯，放置濃度約 20% 的鹽水，浸泡數秒使其反應。(1 個鎂片和 1 個碳片稱為 1 組，2 組配合才能算串聯)

(三) 利用三用電表測量電壓及電流，重複測量三次，算出其電功率。

二、實驗結果：



表 5-10：鎂碳片串聯發電效能差異表

鎂碳片串聯	2	3	4
電壓平均(V)	3.25	4.46	5.15
電流平均(A)	0.36	0.41	0.56
電功率(W)	0.840	1.829	2.884

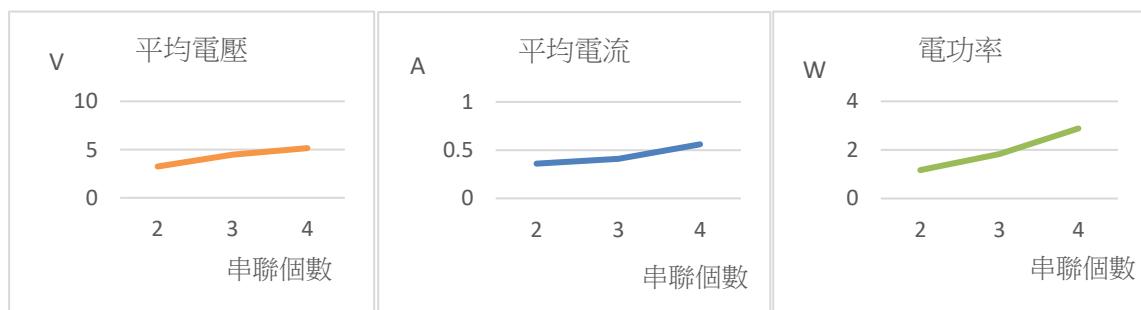


圖 5-10：鎂碳片串聯電壓、電流和電功率折線圖(作者自行製作)

三、實驗討論：

- (一) 鎂碳 2 組電壓平均就高達 3.25 V，所以只要 4 組電壓就符合所求。
 - (二) 鎂碳 4 組，電壓 5.15 V，電流 0.56A，電功率 2.884 W，遠高於上述鋅銅片組合實驗，接著我們只需要進行並聯提高電流量就可以。
 - (三) 利用鱷魚夾連接的方式過於雑亂，需要改進。

【鎂碳片並聯】

一、實驗步驟：

(一) 我們同樣在鎂碳片(15*20*0.5mm)中間，用較厚的泡棉使其分開，另一邊則以廚房餐巾紙作為鹽水的媒介，以此方式堆疊。

(二) 在上述實驗，我們發現大量使用鱷魚夾，實在不方便，試過幾種方式，最後我們將其摺疊直接接觸，最後僅需前後片需使用鱷魚夾。

(三) 將串聯4個電池組2組並聯，放置調製濃度20%的鹽水，浸泡數秒，使其反應。

(四) 利用三用電表測量電壓及電流，重複測量三次，測量算出其電功率。



(作者自行拍攝)



(作者自行拍攝)



(作者自行拍攝)



(作者自行拍攝)

二、實驗結果：

表 5-11：鎂碳片並聯發電效能差異表

碳鎂片並聯	2	3
電壓平均(V)	5.209	
電流平均(A)	0.780	
電功率(W)	4.063	
備註	可以驅動	折疊不當，實驗失敗

表 5-12：鎂碳片並聯發電效能時間記錄表

時間/秒	0	10	20	30	40	50	60
電壓平均(V)	5.21	5.01	4.8	4.56	4.38	3.8	3.5
電流平均(A)	0.78	0.7	0.62	0.55	0.48	0.36	0.31
電功率(W)	4.064	3.507	2.976	2.508	2.102	1.368	1.085

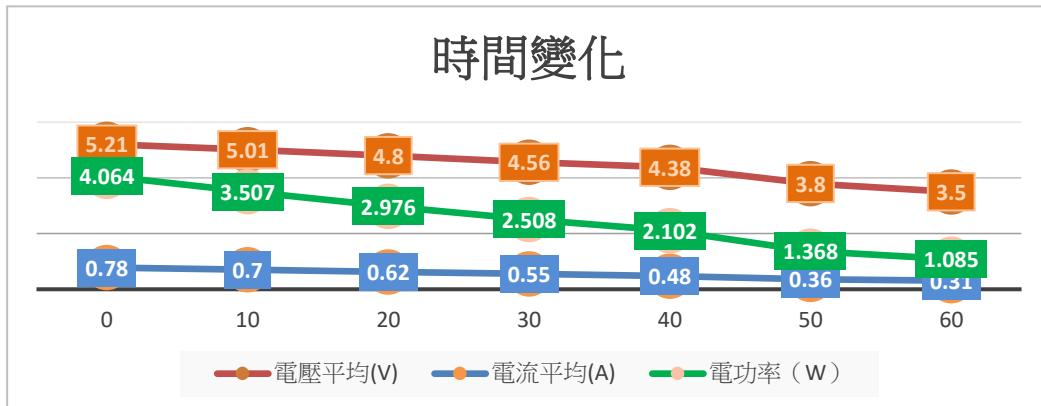


圖 5-11：鎂碳片 2 組並聯電壓、電流和電功率時間變化折線圖(作者自行製作)

三、實驗討論：

- (一) 鎂碳串聯 4 個為 1 組，僅 2 組並聯可以得到電壓 5.21 V，電流 0.78A，電功率 4.063 W，可以驅動降壓器。
- (二) 隨著時間流逝，約 40 秒過後，電壓 4.38 V，電流 0.48 A，電功率 2.102W，降壓器就因為電力不足無法驅動。
- (三) 碳片易碎不容易摺疊，並聯 3 組電壓和電流比 1 組的情況還低，表示中間有地方短路，因此，本此實驗宣告失敗，數據不予採計。

- (四) 研究六實驗流程如下：

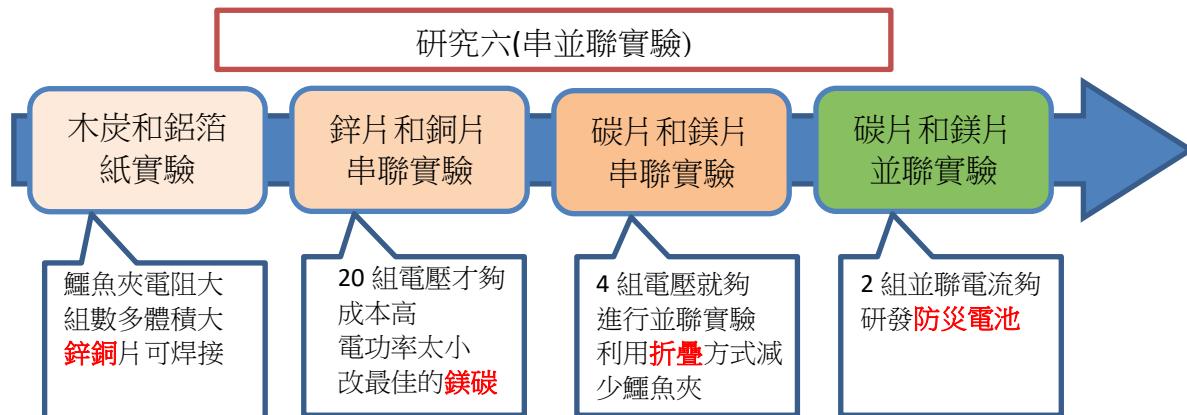


圖 5-12：串並聯實驗流程圖(作者自行製作)

研究七：防災造電的實驗

由研究六的實驗結果，為了更好的發電效能，本研究採用串聯 5 個並聯 4 組的構想進行防災電池的研發，用泡棉將各串聯組墊高固定，分別放置不同槽中，避免交互作用，連接降壓器和 USB 孔頭，如下圖 5-13 初號機構造圖

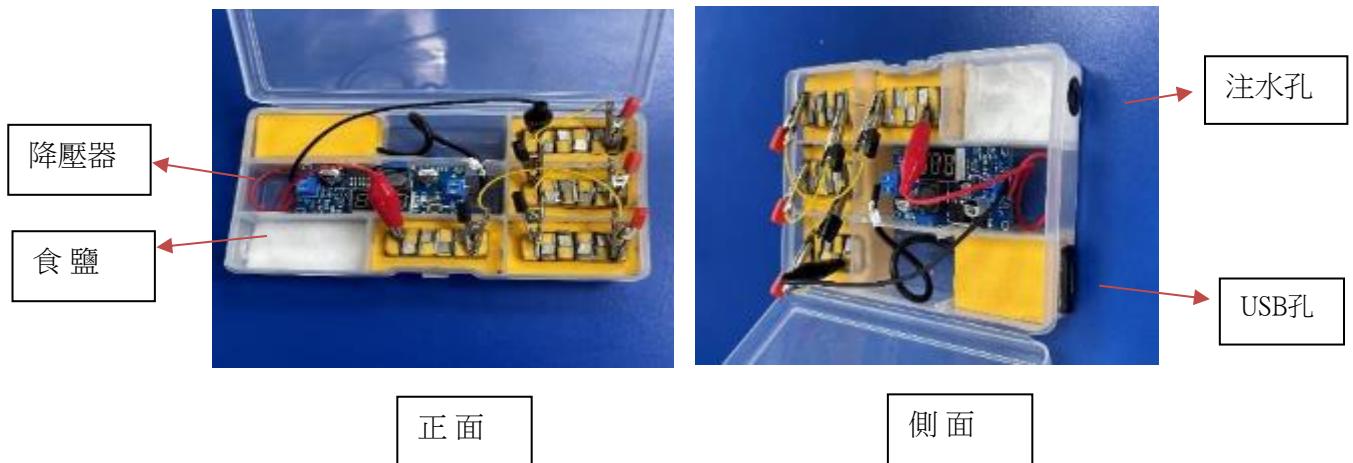


圖 5-13：初號機構造圖(作者自行拍攝)

後來，又使用 3D 光固化列印機(phrozen sonic mega 8k v2) 進行外殼模組改良，說明如下

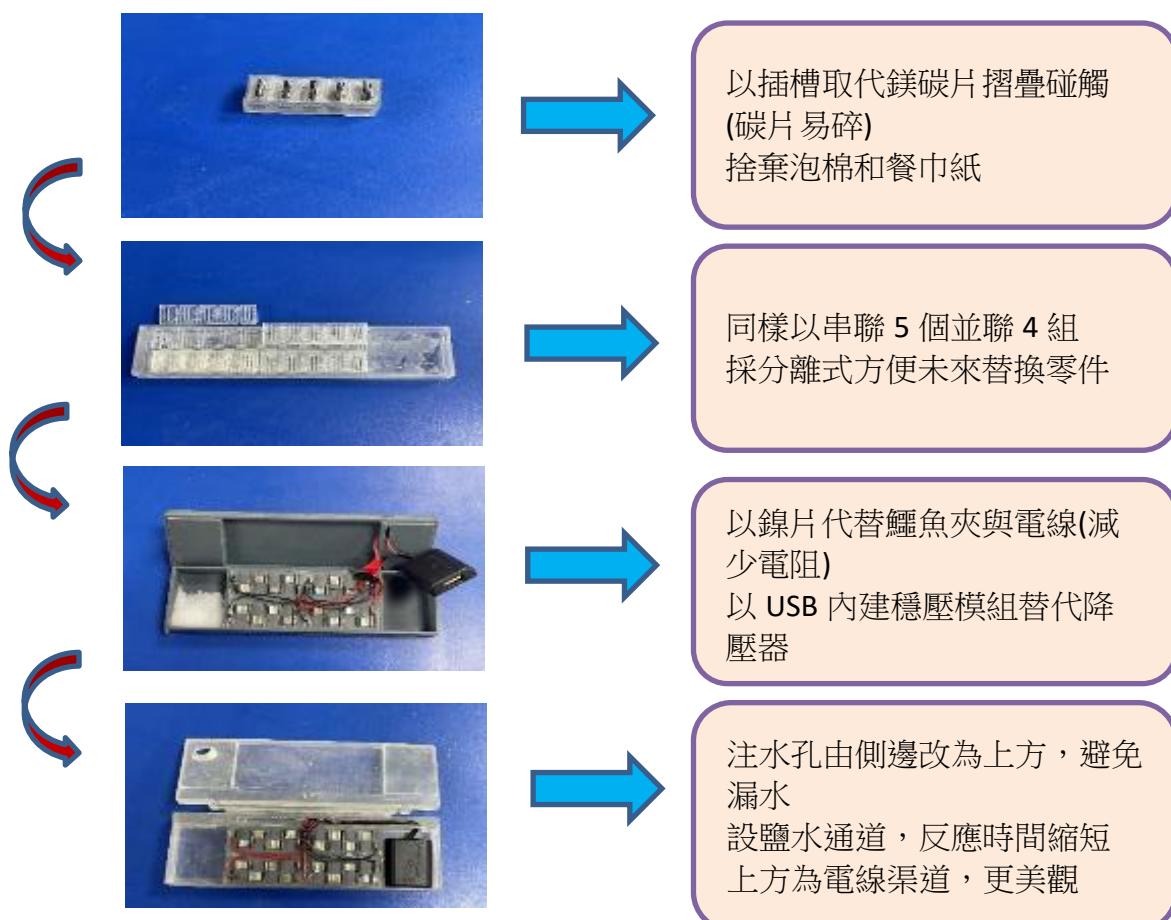


圖 5-14：3D 模組改良說明圖(作者自行拍攝)

一、實驗步驟：

最終完成二號機，如下圖5-14，同時，過程中，也對其進行實際測試，利用4合1USB電壓電流檢測儀，每10秒紀錄實驗結果。

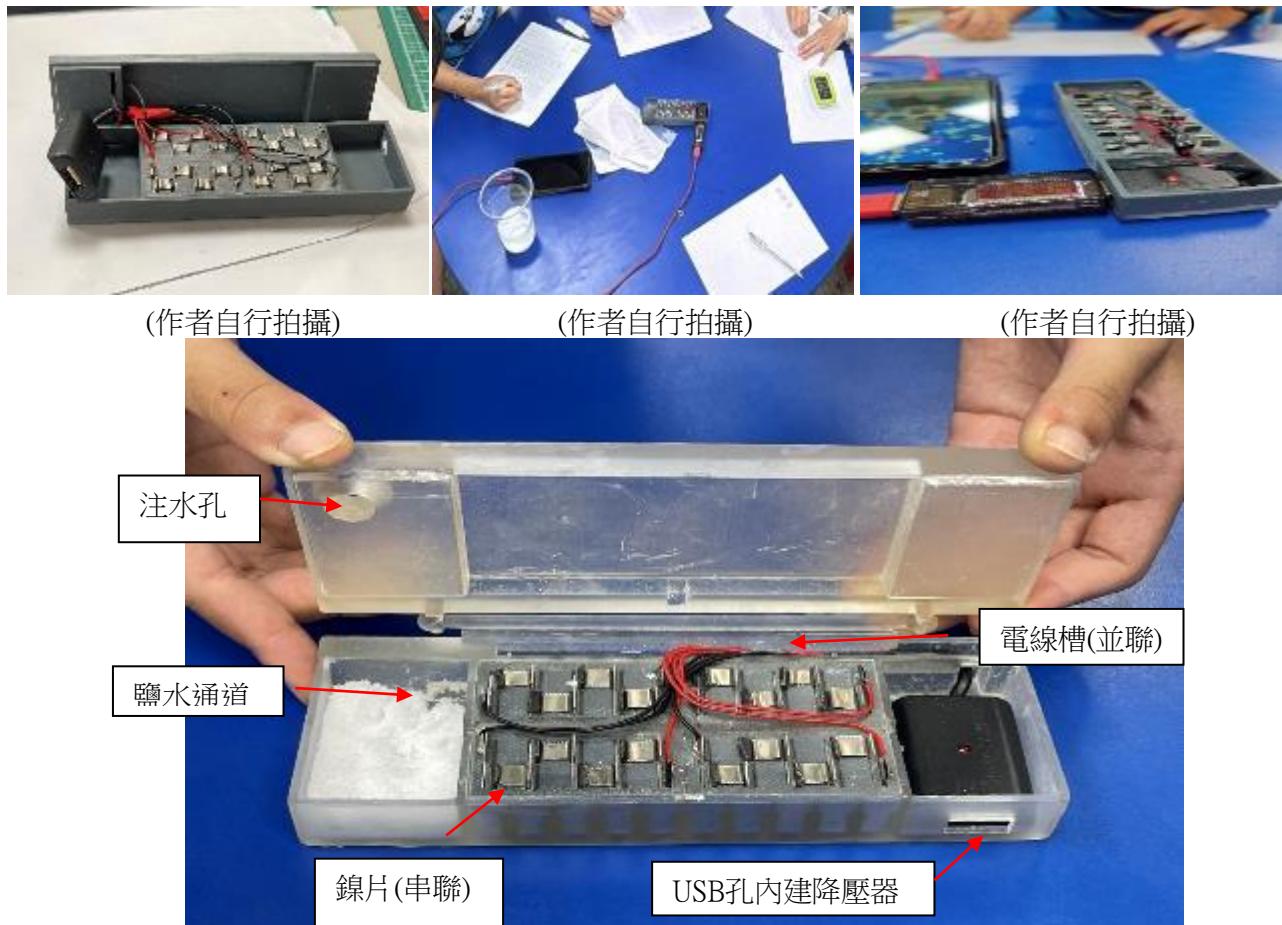


圖 5-15：二號機構造圖(作者自行拍攝)

二、實驗結果：

表5-13：防災電池實測電壓、電流、電功率和累積電量時間記錄表

時間(秒)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
電壓平均(V)	3.95	4.41	4.37	4.24	4.33	4.35	4.4	4.35	4.52	4.51
電流平均(A)	0.15	0.39	0.42	0.52	0.44	0.5	0.54	0.62	0.82	0.76
電功率(W)	0.593	1.720	1.835	2.205	1.905	2.175	2.376	2.697	3.706	3.428
累積電量(mAH)	0	0	3	4	5	6	7	9	11	12
時間(秒)	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
電壓平均(V)	4.38	4.58	4.56	4.41	4.57	4.42	4.31	4.34	4.39	4.27
電流平均(A)	0.68	0.78	0.7	0.58	0.62	0.58	0.6	0.48	0.54	0.42
電功率(W)	2.978	3.572	3.192	2.558	2.833	2.564	2.586	2.083	2.371	1.793
累積電量(mAH)	14	16	18	20	22	24	25	26	28	30

(續)表 5-13: 防災電池實測電壓、電流、電功率和累積電量時間記錄表

時間(秒)	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
電壓平均(V)	4.45	4.34	4.33	4.37	4.35	4.33	4.12	4.13	4.03	4.01
電流平均(A)	0.52	0.46	0.39	0.42	0.31	0.35	0.31	0.31	0.17	0.21
電功率(W)	2.314	1.996	1.689	1.835	1.349	1.516	1.277	1.280	0.685	0.842
累積電量(mAH)	31	32	33	34	35	36	37	38	39	39
時間(秒)	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400
電壓平均(V)	4.01	4.02	4	3.97	4	4	3.98	3.98	3.96	3.97
電流平均(A)	0.15	0.19	0.11	0.11	0.13	0.11	0.09	0.09	0.07	0.07
電功率(W)	0.602	0.764	0.440	0.437	0.520	0.440	0.358	0.358	0.277	0.278
累積電量(mAH)	40	40	40	40	41	41	41	41	41	41
時間(秒)	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
電壓平均(V)	3.94	3.94	4	3.99	3.98	3.99	3.97	4.08	4.01	3.75
電流平均(A)	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
電功率(W)	0.276	0.197	0.120	0.120	0.080	0.080	0.079	0.041	0.040	0.038
累積電量(mAH)	41	42	42	42	42	42	42	42	42	43
時間(秒)	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600
電壓平均(V)	3.72	3.7	3.71	3.62	3.5	2.94	3	3.11	3.31	3.16
電流平均(A)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
電功率(W)	0.037	0.037	0.037	0.036	0.035	0.029	0.030	0.031	0.033	0.032
累積電量(mAH)	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
時間(秒)	610	620	630	640	650					
電壓平均(V)	3.15	3.11	3.11	3.1	3					
電流平均(A)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					
電功率(W)	0.032	0.031	0.031	0.031	0.030					
累積電量(mAH)	43	43	43	43	43					

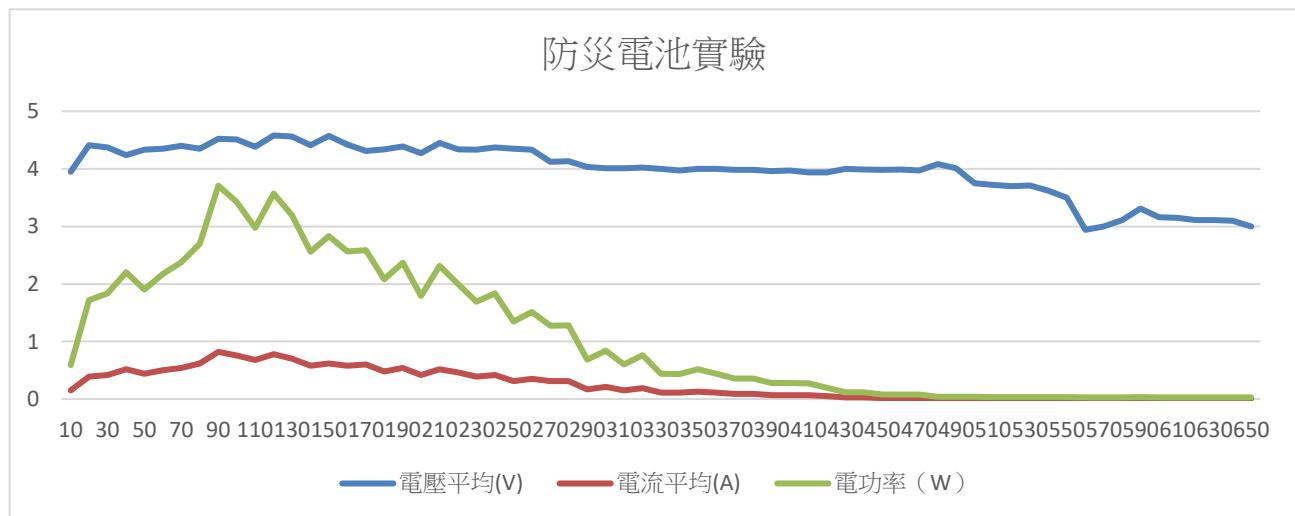


圖 5-16：防災電池電壓、電流和電功率實測時間折線圖(作者自行製作)

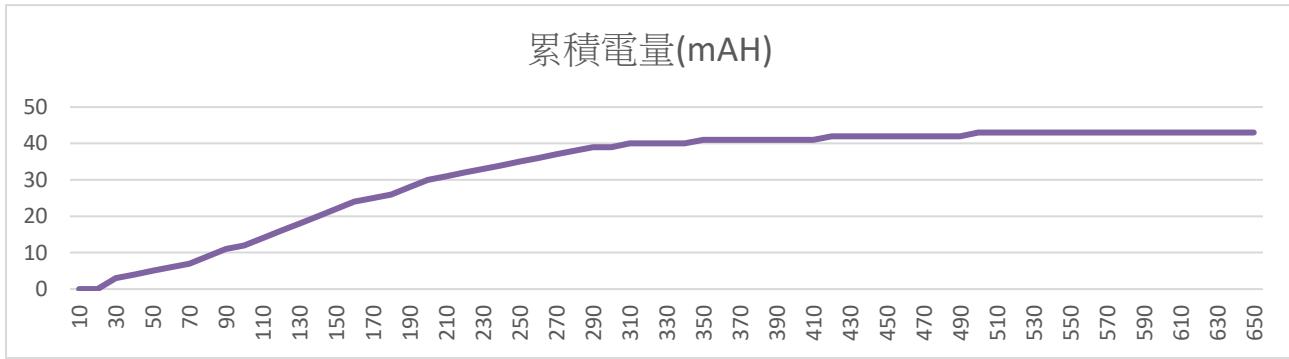


圖 5-17：防災電池累積電量實測時間折線圖(作者自行製作)

三、實驗討論：

- (一) 防災電池於43秒手機開始充電，500秒手機停止充電模式，650秒降壓器停止亮燈，歷時457秒，手機顯示提昇5%狀態，共可取得43(mAH)毫安時。
- (二) 改良鹽水通道，可以使43秒反應等待時間縮短。
- (三) 本防災電池放入真空包內避免受潮，可以有很長的保存期限，可以做為災難發生時，緊急充電使用。
- (四) 碳片容易溶解，若以碳棒代替碳片，並且加大鎂片的面積，設計成像乾電池圓柱形，如圖5-17三號機構想手繪製圖，發電效能是否更佳。

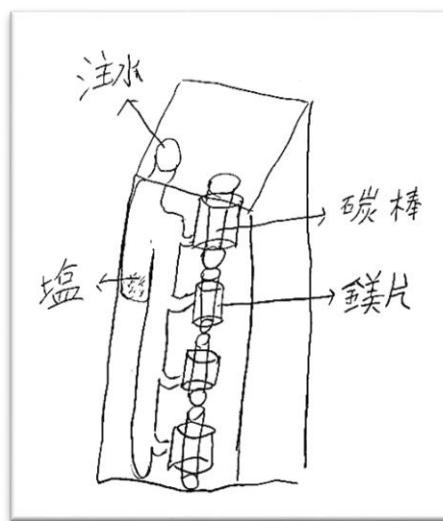


圖 5-18：三號機構想手繪製圖(作者自行繪製)

陸、研究結論

一、研究結論：

經過上述實驗研究，我們可以得到以下幾點：

- (一) 以六種不同的鹽而言，電壓差異不大，電流和電功率以鎂鹽效能較佳。
- (二) 以就廚房調味料及粉末材料而言，同樣也可用來作為發電的媒介，電壓差異不大，電流和電功率差異較大，其中常見的味素和過碳酸鈉就不適合，洗滌用的檸檬酸發電效能較好，這也說明鹽水發電並非「鹽」不可。
- (三) 我們常喝的飲料，同樣也可用來發電，就電壓而言，18種飲料差異不大，就電流和電功率而言，以紅茶、氣泡水和果汁的效果較好。
- (四) 我們共準備11種電極片，分別是：鎂、碳、黃銅、紫銅、鈦、鋅、不鏽鋼、錫、鋁、鉛、鎳，共 66種不同材質電極片的組合測試，前三名，電壓：鎂-碳 (1.915) > 鎂-黃銅 (1.323) > 鋅-碳 (1.271)。電流：鋅-黃銅 (0.296) > 鋁-紫銅 (0.2) > 鎂-碳 (0.144)。電功率：鎂-碳 (0.276) > 鎂-黃銅 (0.127) > 鋅-碳 (0.122)。
- (五) 鎂-碳組合，不管是電壓、電流和電功率的效能最佳，這與市售的鹽水車都採用鎂片和碳片當電極片情況符合，而實驗中組合，與鎂片搭配電壓就較高。
- (六) 本實驗電極片間隔，電壓的差異並不明顯，都在0.7V左右，電流部分，間距變近，電流也會隨著增加，在距離1公分範圍內，電流量差異不大。
- (七) 不同面積電極片對於電壓的改變並不明顯，自0.688 V至0.710 V，變為0.03倍；電流增加較明顯，自0.007A 至0.016A，變為2.29倍，故電功率也會提升。由此可知電極片面積增加有助於提高電流，但對於電壓的助益不大。
- (八) 就電壓、電流和電功率而言，一半浸泡的發電效能比完全浸泡的好，應為氧化還原反應需要空氣。
- (九) 利用木炭和鋁箔紙、鋁罐和鐵罐可以用來簡易造電，但以鋁箔紙效果最好，電壓1.5 V，電流1.32 A，可以啟動微型馬達(1V-1.5V)。
- (十) 鋅銅片可以焊接取代鱷魚電線夾，串聯20組，電壓6.96 V，電流僅0.03 A，電功率0.209 W，無法啟動電壓電流檢測儀。

- (十一) 分別實驗12組和15組木炭和鋁箔紙串聯，電壓約2.6~2.8V，無法啟動4合1USB電壓
電流檢測儀，應受鱷魚電線夾電阻 1.5Ω 歐姆影響，且木炭受潮易碎，形成迴電斷路，
尤其在夾子處。
- (十二) 鎂碳串聯4個，並聯2組可以得到電壓5.21 V，電流0.78A，電功率4.063 W，可以驅
動降壓器。隨著時間流逝，電壓、電流和電功率便會逐漸下降，約40秒，降壓器就
因為電力不足而無法驅動。
- (十三) 利用3D列印機印製鎂碳串聯5個，並聯4組的防災電池模組，取代原本設計的阻隔
泡棉和吸鹽水用餐巾紙，用鎳片取代電線降低電阻，體積更小。
- (十四) 防災電池實測充電，4合1USB電壓電流檢測儀顯示歷時457秒，共可得到43毫安時
(mAH)，手機提昇約5%電量。

柒、研究限制及未來方向

一、研究限制：

本研究是採用 2 組三用電表同時進行，一組測電壓，同時間一組測電流(勾錶)，實驗過程發現，由於要測得的電流數據大都是微量，不同三用電表所得的數據也會有落差，而勾錶操作也要特別注意，忘了歸零或沒在中心位置碰觸到電線，數據也會有所不同，若能有更好的測微量電流儀器，實驗結果會更精準。

二、研究方向：

本研究有 2 個主軸，一是「廚餘發電，轉廢為能」，另外是「防災造電，救急必備」，如下：

(一) 廚餘發電，轉廢為能

從研究一和二得知，廚房調味料及粉末材料，同樣也可用來作為發電的媒介，常喝的飲料，同樣也可用來發電，因此，廚餘應可用來發電，只是電功率過小。而研究四木炭和鋁罐、鐵罐和鋁箔紙可以簡易造電，其中又以鋁箔紙直接包裹木炭的發電效能最佳，但進行15組串聯實驗，結果發現電壓不足，鱷魚夾多電阻多，且木炭遇水容易碎裂，是需要克服的問題。

(二) 防災造電，救急必備

本研究本著金屬電極片「永久保存，永不變質」和「克服環境，不易損壞」的特性，開發出一款體積小、重量輕、電功率高適合防災使用的電池，並不斷改良，由初號機進化到利用3D列印機來設計外殼載體的二號機，並進行實測，4合1USB電壓電流檢測儀顯示歷時457秒，手機充電5%，共43毫安時(mAH)，完全可以應用日常生活中，未來研究方向計畫要開發三號機，利用碳棒取代碳片，增大鎂片的面積，用以提高總電量，讓其更加完善。

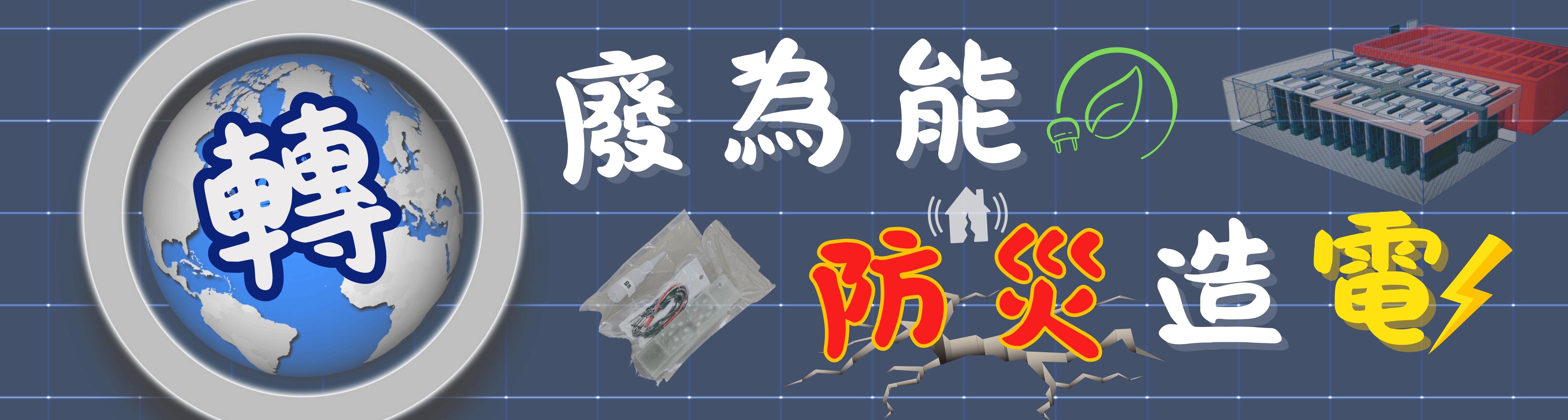
柒、參考資料

- 一、康軒文教（2024）。康軒版三上自然科學第四單元：廚房裡的科學（頁98 – 99）。康軒文教。
- 二、康軒文教（2024）。康軒版四上自然科學第四單元：好玩的電路(頁102-122)。康軒文教。
- 三、趙子忻、楊雨錚、葉宥辰、周延融（2022）。「鹽」來有電真神奇 - 鹽水燃料電池效能探討與應用。未出版的科學展覽會作品，新竹市第四十屆中小學科學展覽會，化學科國小組。
- 四、鄭甯、臧曼晴、吳欣叡、王采臻（2016）。動「池」凍「池」 - 水果電池。未出版的科學展覽會作品，中華民國第五十六屆中小學科學展覽會，國立臺灣科學教育館。
- 五、林永鑫、張雅婷、邵芷葳、莊渝鈞、游曼潔、徐鈴（2006）。海洋牧場 - 節能潔能海水電池的探討。未出版的科學展覽會作品，中華民國第四十六屆中小學科學展覽會，國立臺灣科學教育館。
- 六、陳睿宇、王釋萱、陳珮辰、黃巧涵（2018）。炭為觀止 - 鋁空氣電池最佳效能之研究。能源教育資源網。<https://learnenergy.tw/index.php?inter=knowledge&caid=7&id=368>
- 七、科學月刊編輯部（2017）。鋁電池大突破，再生能源儲能免煩惱。科學月刊。
<https://www.scimonth.com.tw/archives/3683>

【評語】082809

此作品利用調味料水溶液或飲料溶液進行發電原理，設計防災電池。作者們設計執行了實驗，依據實驗數據進行了分析及討論。作者們根據實驗數據分析的結果，設計製作了防災電池原型，並加以改良，以及提出以真空包的方式保存防災電池。作品構想具有實用性。鼓勵及建議作者們持續從物理及電化學反應的原理深入解析電極設計及水溶液種類對發電能力的影響。

作品海報



摘要

本研究共實驗11種金屬當電極片，電功率的效能最佳是鎂片和碳片，研究發現電極片材質會影響電壓，而電解溶液種類、電極片間隔、面積和浸泡範圍，則會影響電流量，電極片間隔越小、面積越大或浸泡範圍1/2時，電流值越高。木炭和鋁罐、鐵罐或鋁箔紙可以用來簡易造電，以鋁箔紙最佳，但實測卻電壓不足，推測是鱸魚夾太多的緣故。因此利用鋅片和銅片(可焊接)、鎂片和碳片(發電效能最佳、無法焊接)，分別進行串並聯實驗，而金屬電極片有著體積小、不易變質、能長久保存的特性，並使用3D列印機印製電池外殼，多次改良，以鎳片代替電線，開發出串聯5個並聯4組的防災電池，實測手機充電，歷時457秒，共43(mAh)毫安時，約有5%充電量，本研究已有實體成品，可以直接應用在日常生活中。

壹、研究動機

本研究以鹽水動力為主題，常見調味粉末和常見飲料，是否可以取代鹽水用來造電？利用廢棄的木炭和鋁罐、鐵罐或鋁箔紙是否可以用來造電？能否實際運用在日常生活中？

台灣常有地震、颱風等災害發生，但常見的行動電源和乾電池，放置久了，會有電力流失或電池漏液的隱憂。在研究的過程中，我們想到金屬電極片不容易變質、保存久，基於該特性，我們想設計一款防災電池，能夠實際應用在日常生活中。

貳、研究目的

- 一、比較常見不同溶質(調味粉末)的發電效能。
- 二、比較常見不同溶劑(常見飲料)的發電效能。
- 三、比較不同材質電極片組合的發電效能。
- 四、電極片發電效能外在影響因素探討(間距、表面積及浸泡範圍)。
- 五、轉廢為能實驗(鋁箔紙、鋁罐和鐵罐不同廢棄物)。
- 六、串聯和並聯的發電效能變化(木炭鋁箔紙、鋅銅片和鎂碳片)。
- 七、防災造電實驗(自製防災電池實測)。

參、研究設備與實驗材料

一、研究設備：

電子秤、鱸魚夾電線、燒杯、焊錫、降壓模組(2.5V~35V)、5Vusb穩壓器(6~20V)、3D光固化列印機(phrozen sonic mega 8k v2)、二次光固化機、清洗機和雷射切割機(FLUX beambox)。

二、研究工具：

三用電表、4合1USB電壓電流檢測儀。

三、實驗材料：

常見調味品及粉末材料(溶質)：

鹽：高級碘鹽、軟水用鹽、鎂鹽、海鹽(粗顆粒)、食鹽(未含碘)、氯碘鹽。

粉末：過碳酸鈉、小蘇打粉、檸檬酸、砂糖、味素、奶粉

常見飲料(溶劑)：

麥茶、蘋果西打、果汁、奶茶、沙士、可樂、紅茶、雪碧汽水、咖啡、米酒、醋、果菜汁、鹹性水、氣泡水、寶礦力、菁茶、乳酸飲、冬瓜茶。

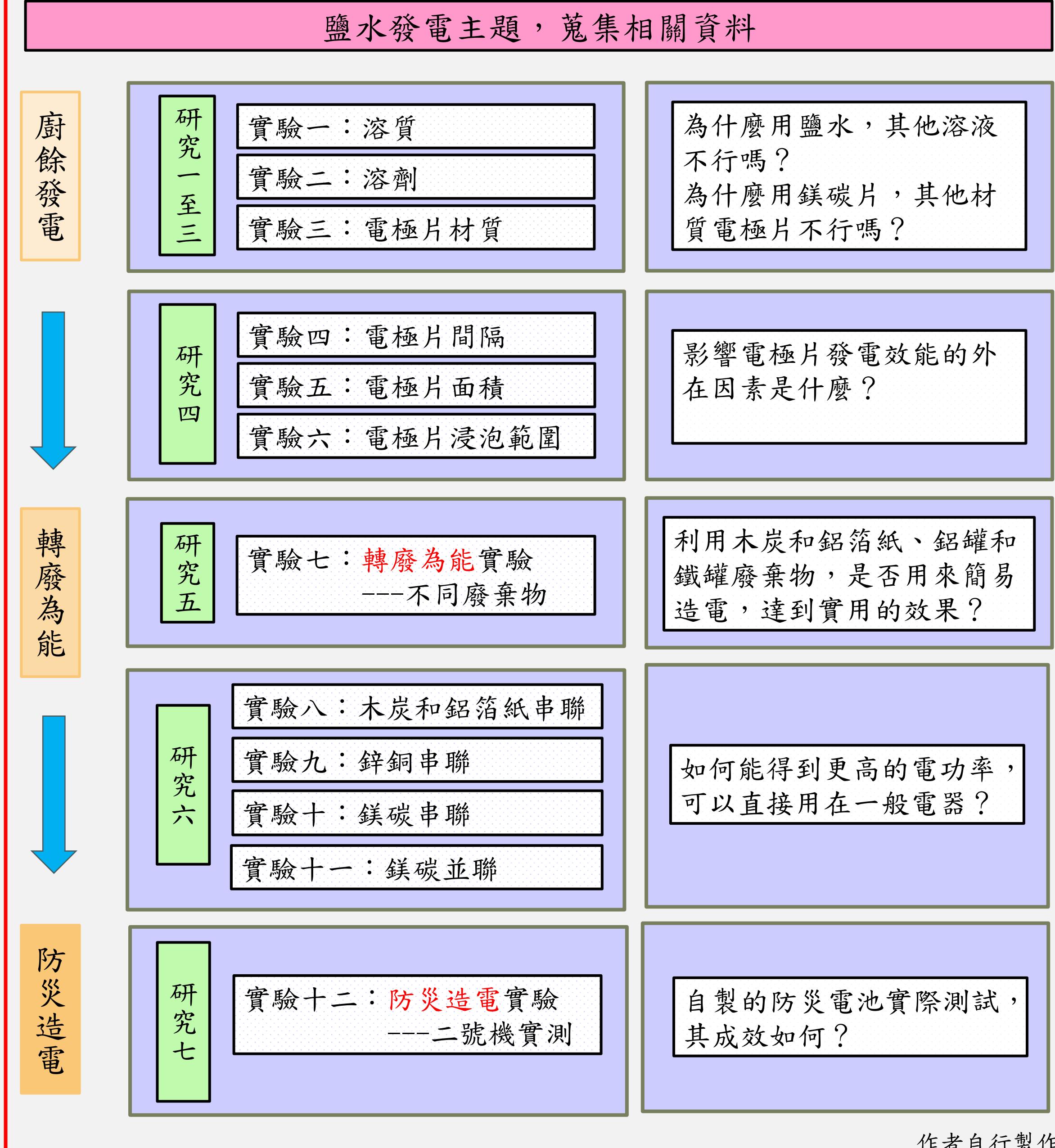
電極金屬片：

鎂、碳、黃銅、紫銅、鈦、鋅、不鏽鋼、錫、鋁、鉛、鎳

其他材料：

鋁箔紙、塑膠片、餐巾紙、泡棉、一般木炭、環保球形炭

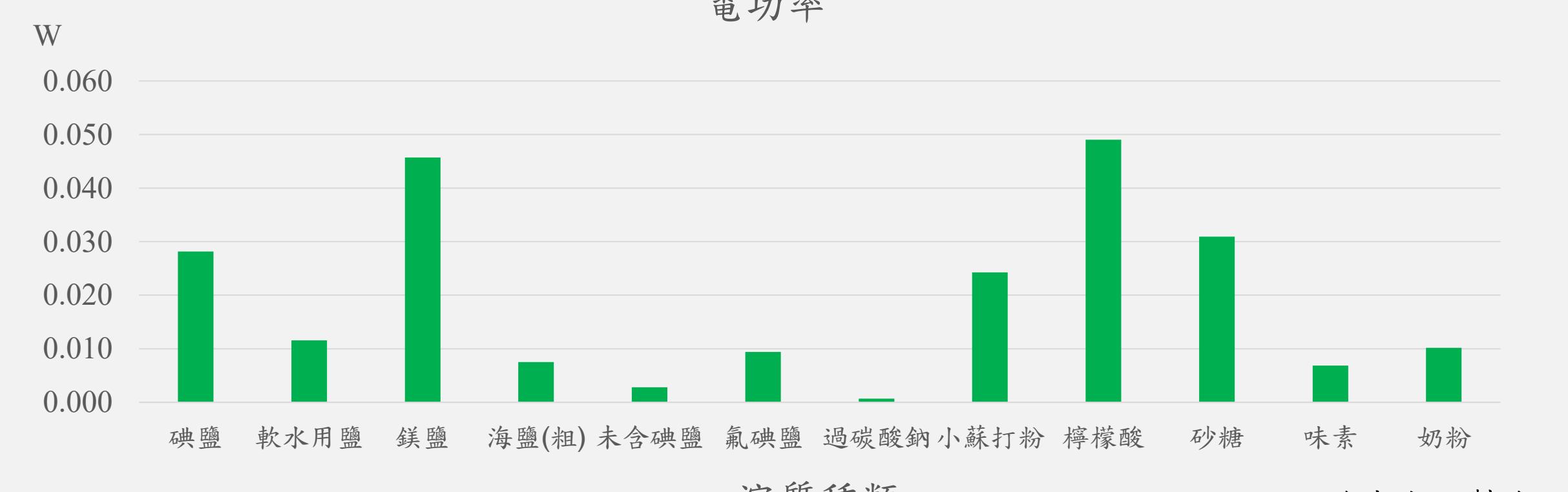
肆、研究流程與文獻探討



伍、研究結果與討論

研究一：比較常見不同溶質的發電效能

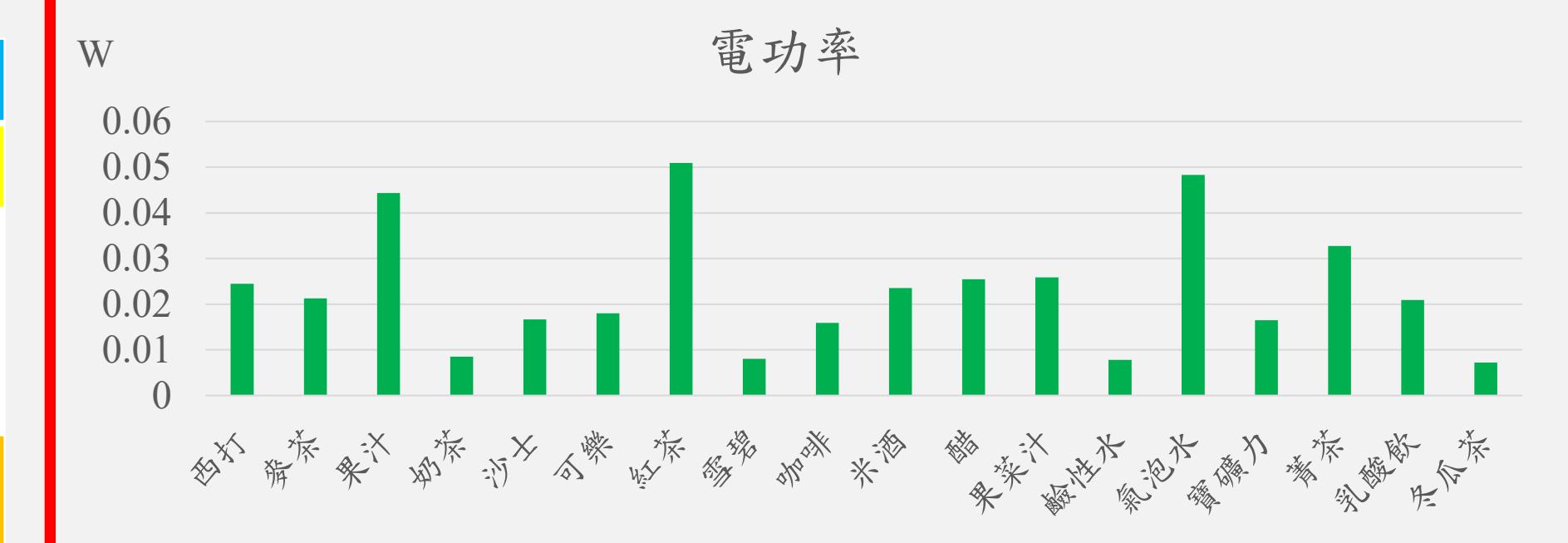
不同溶質(調味粉末)發電效能比較表						
溶質(鹽)	高級碘鹽	軟水用鹽	鎂鹽	海鹽(粗)	未含碘鹽	氯碘鹽
平均電壓 (V)	1.408	1.155	1.345	1.074	0.940	1.345
平均電流 (A)	0.02	0.01	0.034	0.007	0.003	0.007
電功率(W)	0.028	0.012	0.046	0.008	0.003	0.009
溶質(其他)	過碳酸鈉	小蘇打粉	檸檬酸	砂糖	味素	奶粉
平均電壓 (V)	0.680	1.213	1.634	1.474	1.715	1.456
平均電流 (A)	0.001	0.02	0.03	0.021	0.004	0.007
電功率(W)	0.001	0.024	0.049	0.031	0.007	0.010



- (1)以六種不同的鹽而言，電功率以鎂鹽電功率較佳。
(2)以粉末材料而言，其中洗滌用的檸檬酸電功率較佳。

研究二：比較常見不同溶劑的發電效能

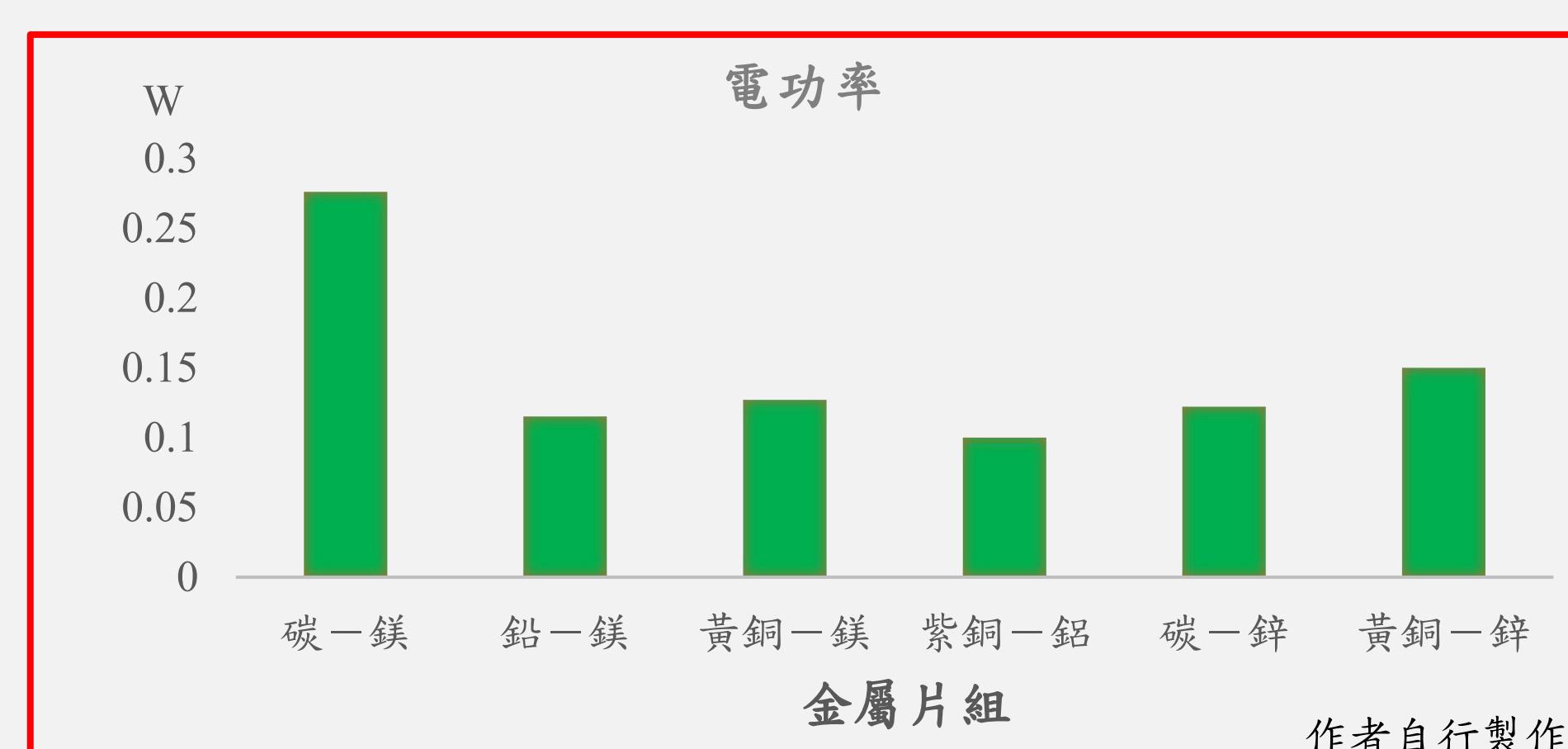
不同溶劑(常見飲料)發電效能比較表								
溶劑(飲料)	西打	麥茶	果汁	奶茶	沙士	可樂	紅茶	雪碧
平均電壓 (V)	1.75	1.418	1.929	1.892	1.39	1.713	1.885	1.602
平均電流 (A)	0.014	0.015	0.023	0.004	0.012	0.010	0.027	0.005
電功率(W)	0.025	0.021	0.044	0.009	0.017	0.018	0.051	0.008
溶劑(飲料)	米酒	醋	果菜汁	鹹性水	氣泡水	寶礦力	菁茶	乳酸飲
平均電壓 (V)	1.472	1.341	1.363	1.947	2.195	2.064	1.818	1.744
平均電流 (A)	0.016	0.019	0.019	0.004	0.022	0.008	0.018	0.012
電功率(W)	0.024	0.025	0.026	0.008	0.048	0.017	0.033	0.021



- 我們常喝的飲料，可以用來發電。就電壓而言，18種飲料差異不大，就電功率而言，以紅茶、氣泡水和果汁較佳。

研究三：比較不同材質金屬電極片組合的發電效能

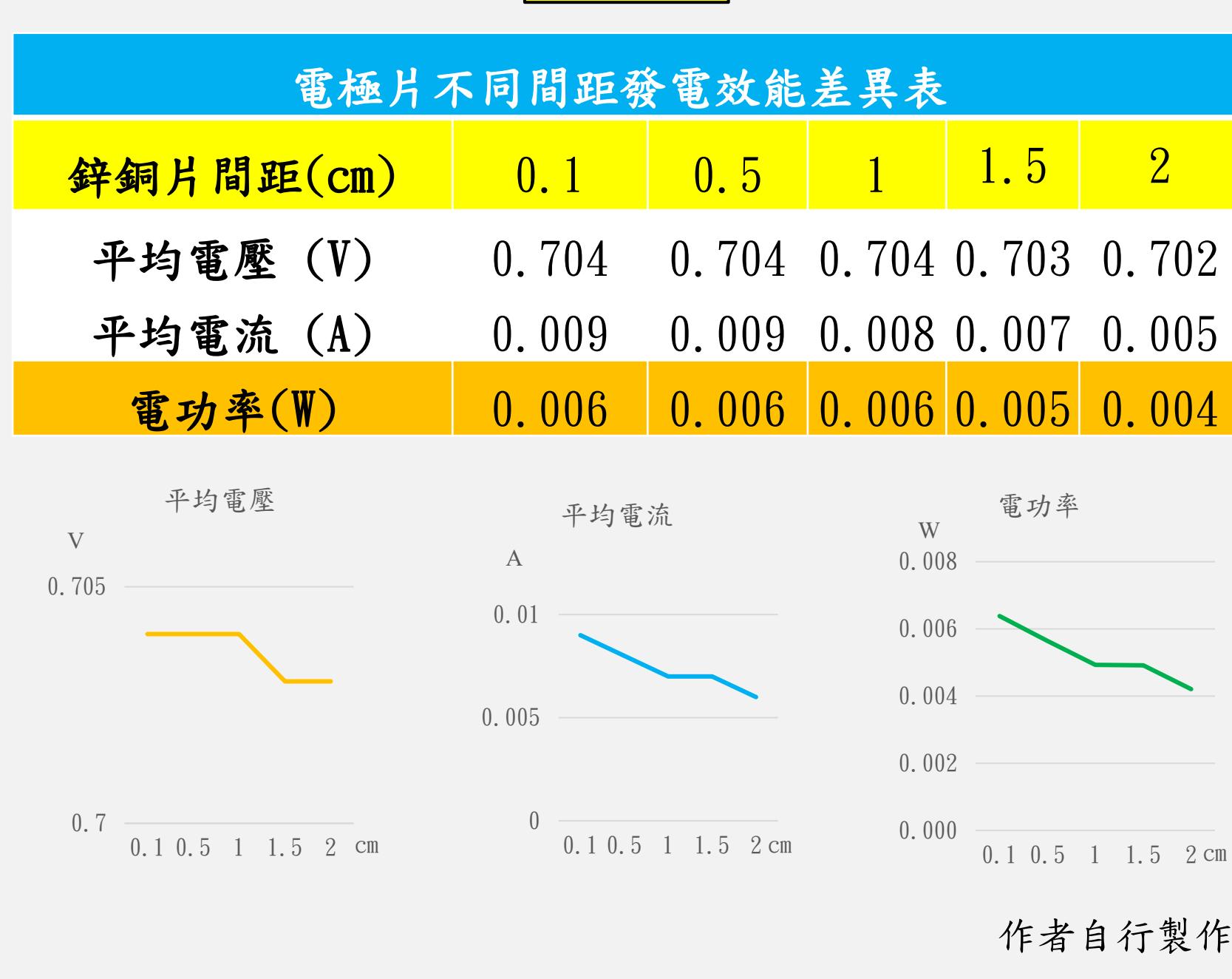
不同材質電極片發電效能比較表											
平均電功率	鎂片	鋁片	鈦片	不鏽鋼	鐵片	鎳片	黃銅	紫銅	鋅片	錫片	鉛片
碳片	0.276	0.034	0.014	0.007	0.008	0.058	0.016	0.005	0.122	0.023	0.017
鎂片		0.026	0.035	0.079	0.026	0.015	0.127	0.094	0.020	0.086	0.115
鋁片			0.018	0.005	0.043	0.005	0.004	0.100	0.015	0.014	0.007
鈦片				0.019	0.026	0.032	0.018	0.012	0.015	0.011	0.003
不鏽鋼					0.001	0.005	0.007	0.005	0.013	0.002	0.000
鐵片						0.007	0.001	0.008	0.001	0.003	0.000
鎳片							0.006	0.008	0.032	0.004	0.006
黃銅								0.002	0.150	0.006	0.002
紫銅									0.009	0.029	0.002
鋅片										0.028	0.002
錫片											0.001



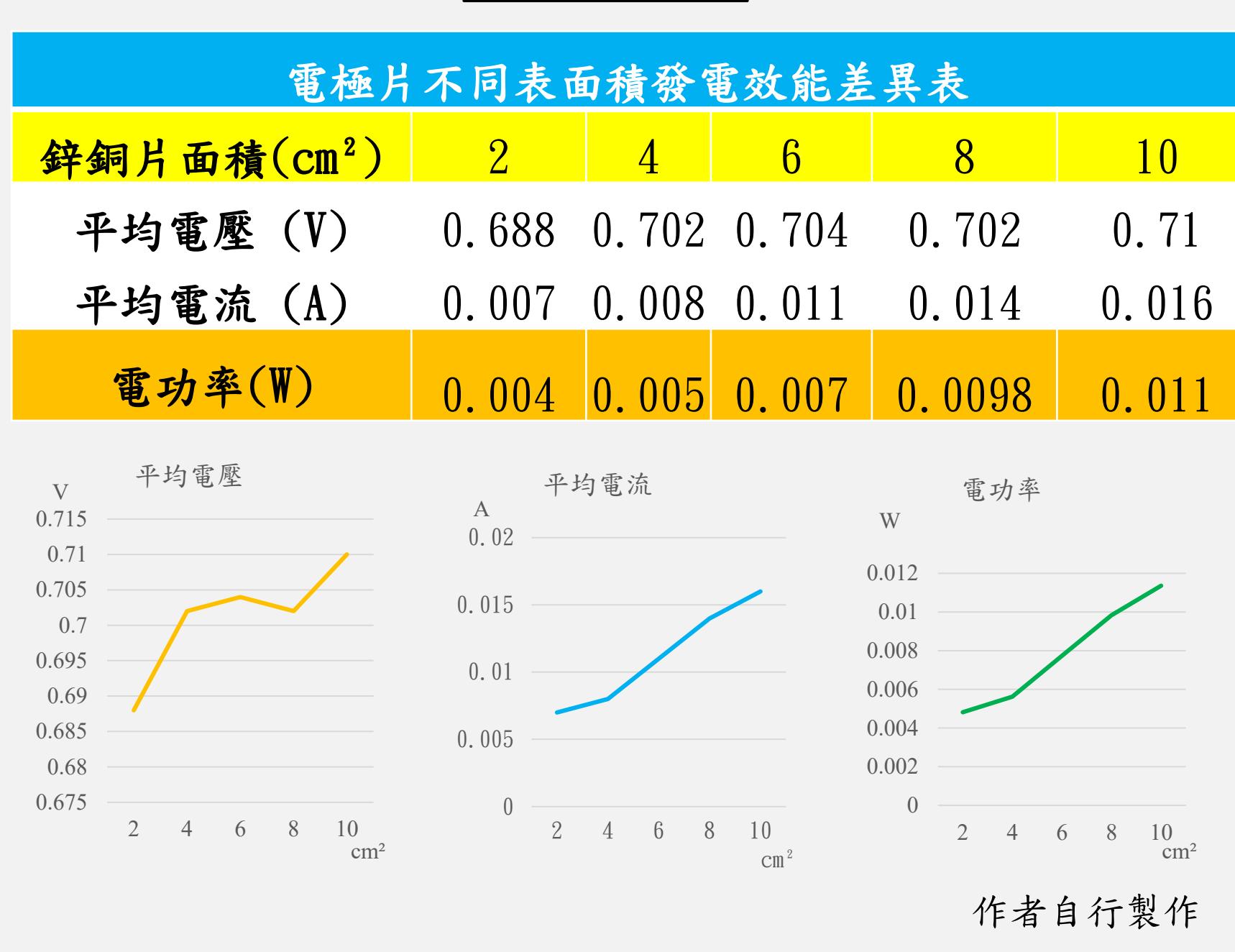
就電功率而言：**碳-鎂 > 黃銅-鋅 > 黃銅-鎂**
不同金屬片材質影響對電壓影響較為明顯。

研究四：電極片發電效能外在影響因素探討(間距、表面積和浸泡範圍)

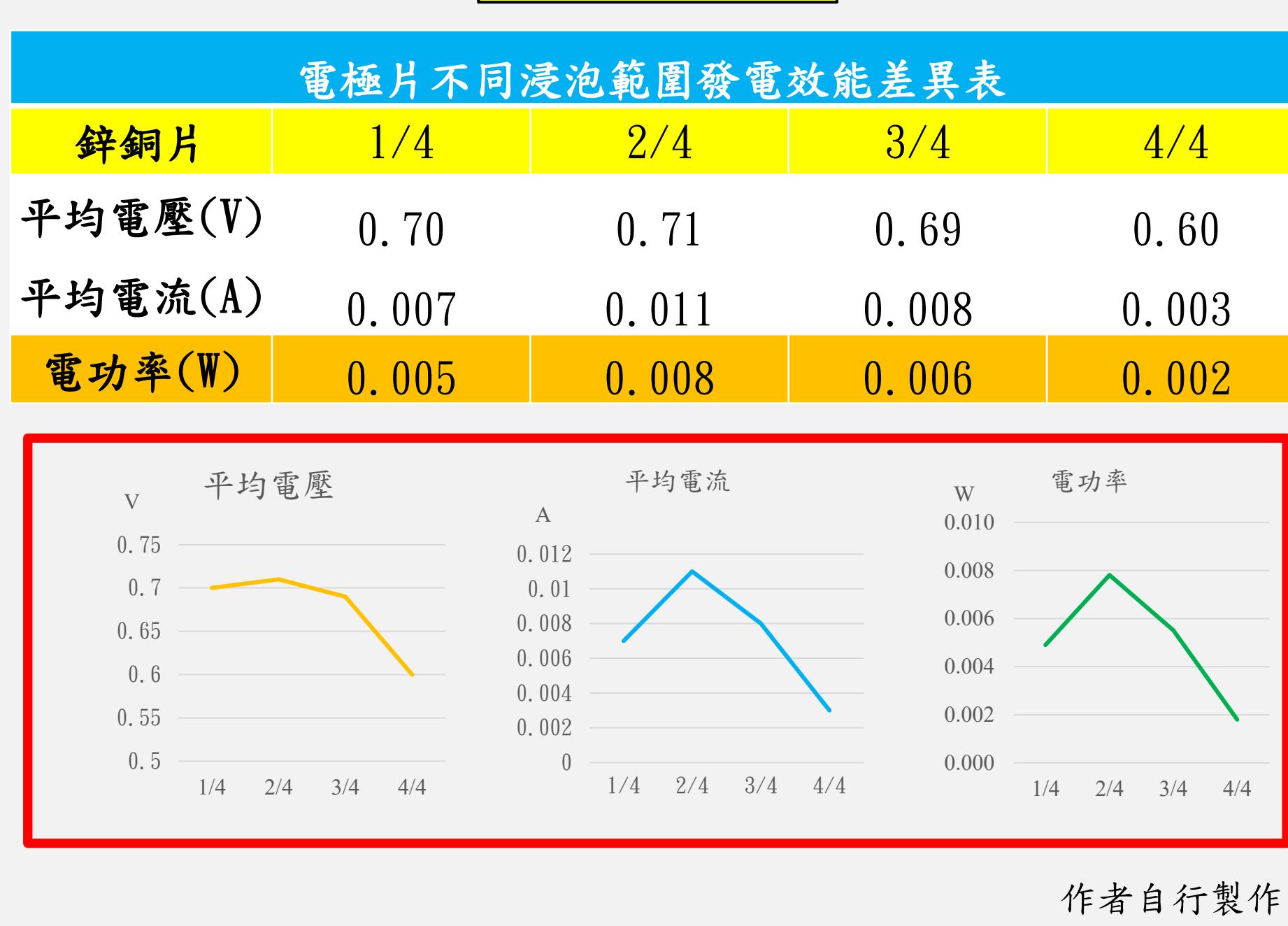
間距



表面積



浸泡範圍



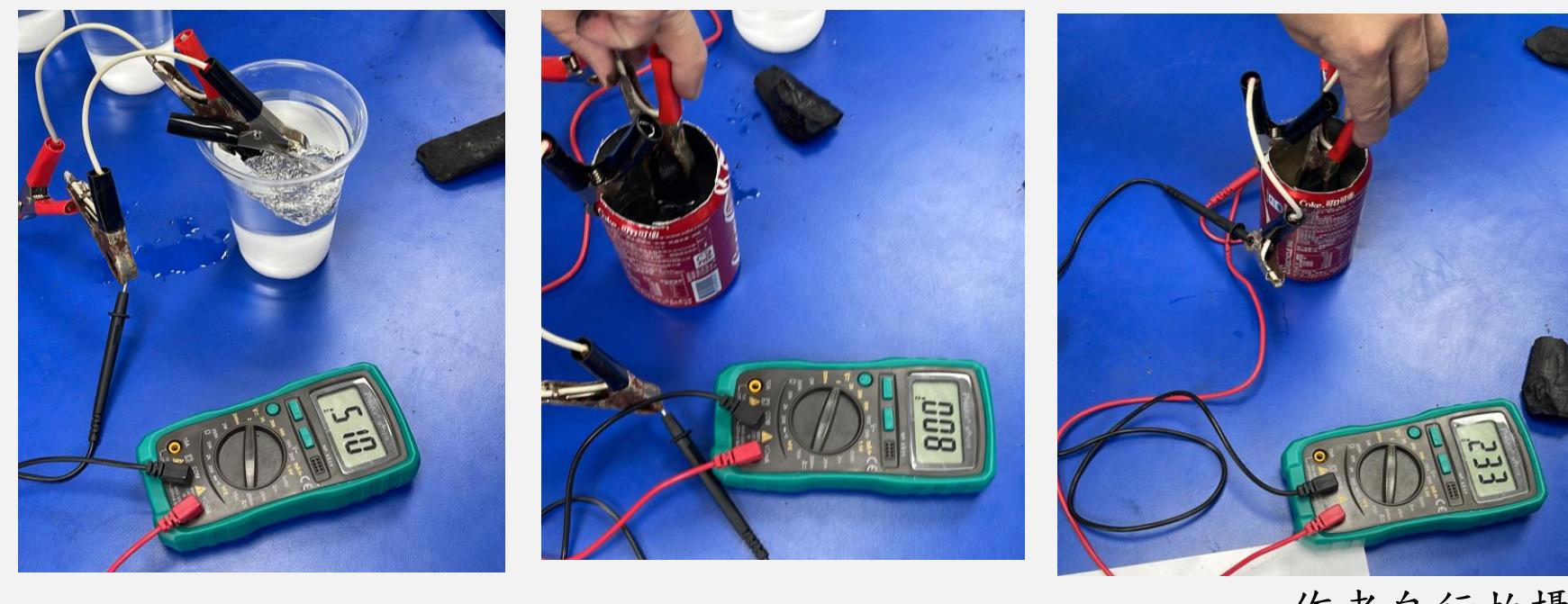
間距變近，電流會隨著增加，在距離1公分範圍內，差異不大。

電極片面積增加有助於提高電流。

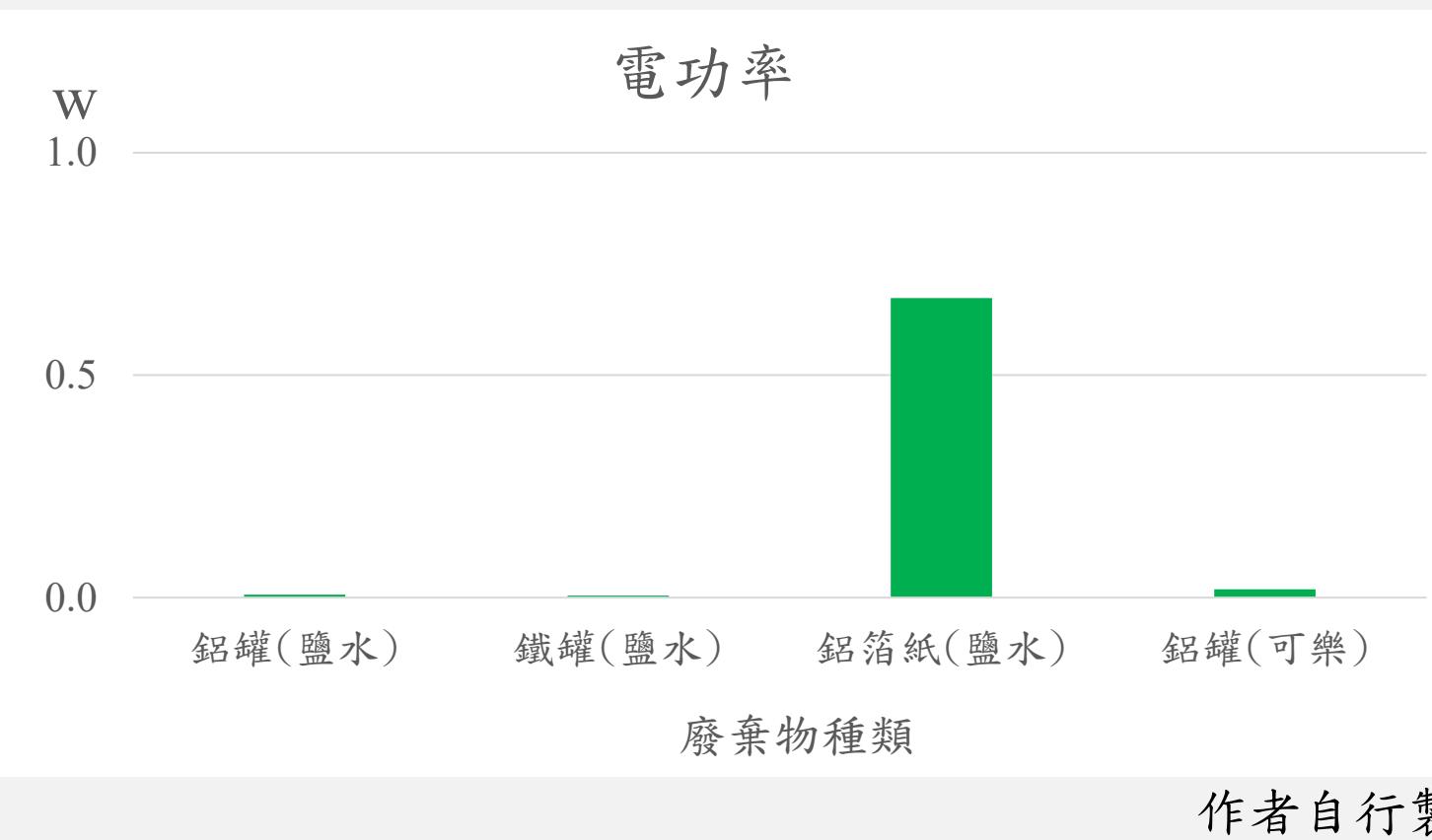
一半浸泡比完全浸泡的發電效果更好。

研究五：轉廢為能的實驗

不同廢棄物發電效能比較表				
木炭與 不同廢棄物	鋁罐 (鹽水)	鐵罐 (鹽水)	鋁箔紙 (鹽水)	鋁罐 (可樂)
平均電壓(V)	0.22	0.23	0.51	0.23
平均電流(A)	0.03	0.02	1.32	0.08
電功率(W)	0.007	0.005	0.673	0.018



作者自行拍攝



15組的實驗，施測結果無法啟動電壓電流檢測儀，利用三用電錶測得電壓約**2.63V**，電流約**0.3A**。

木炭和鋁罐、鐵罐和鋁箔紙可以簡易造電，其中又以鋁箔紙包木炭的發電效能最佳。

研究六：串聯和並聯的發電效能變化

木炭和鋁箔紙串聯發電效能差異表

木炭和鋁箔紙	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均電壓(V)	0.5	0.65	0.98	1.55	1.87	2.03	2.11	2.36	3.0	3.6	3.66	3.88

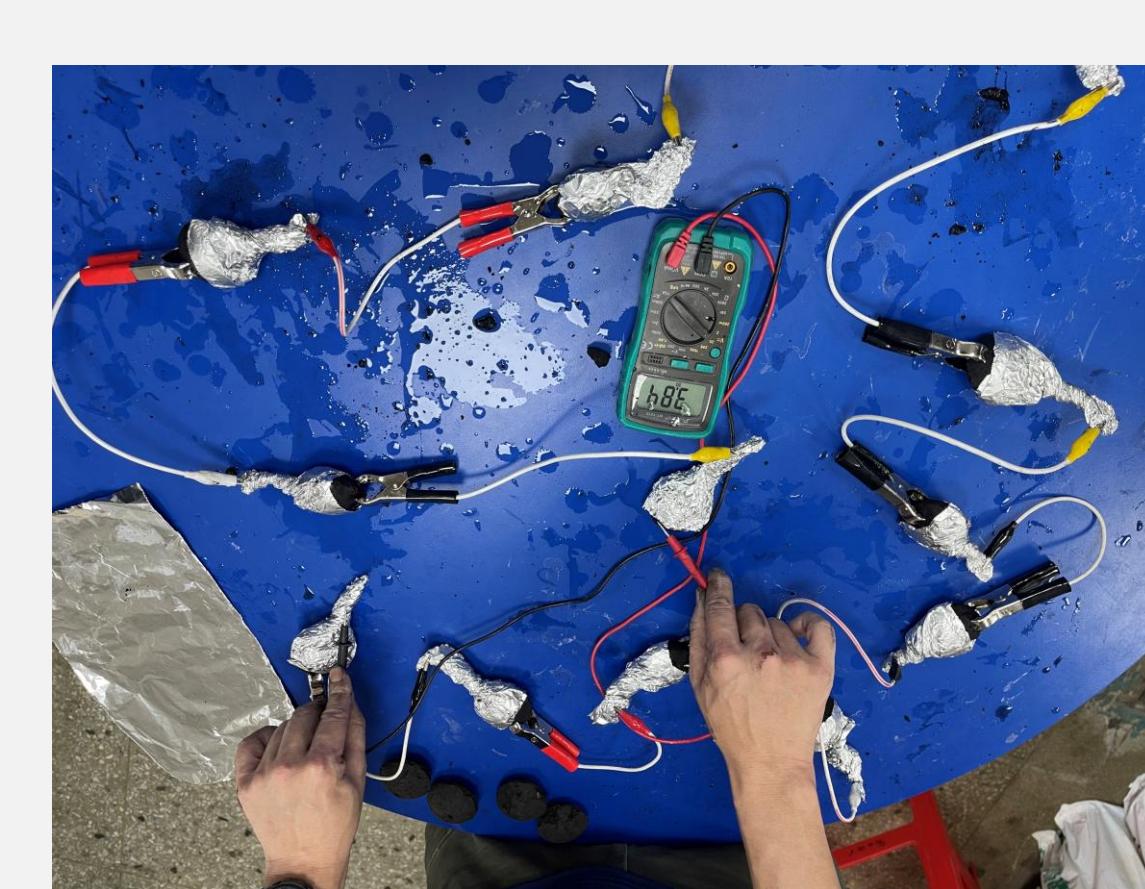
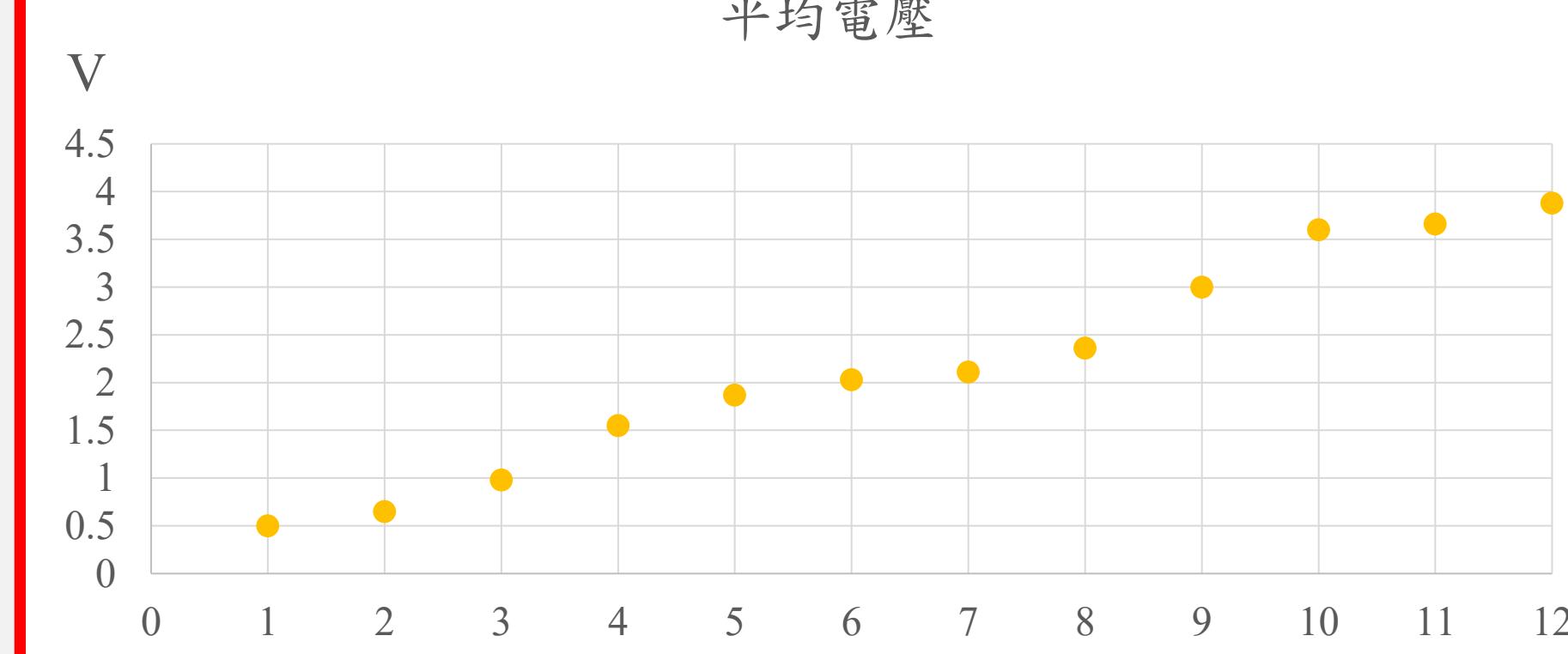
電壓隨著串聯數量而增加，但不如預期使用的鱷魚夾電線越多，電阻越大串聯9組，部分木炭因受潮，導致鱷魚電線夾處碎開，更換新木炭，導致電壓暴增。

鋅銅片串聯發電效能差異表

鋅銅片	2	4	6	8	10	20
平均電壓(V)	0.735	1.111	1.536	1.966	2.883	6.96
平均電流(A)	0.018	0.021	0.022	0.024	0.026	0.03
電功率(W)	0.013	0.023	0.034	0.047	0.075	0.209

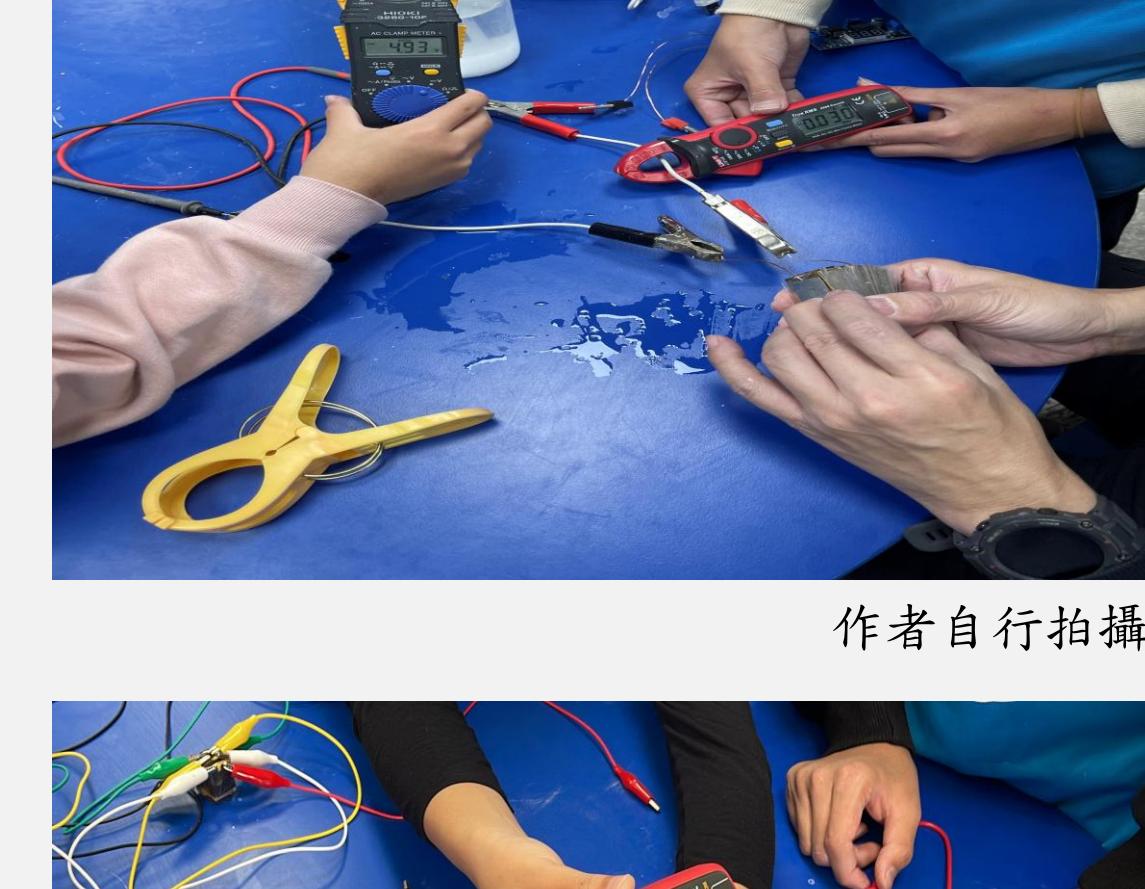
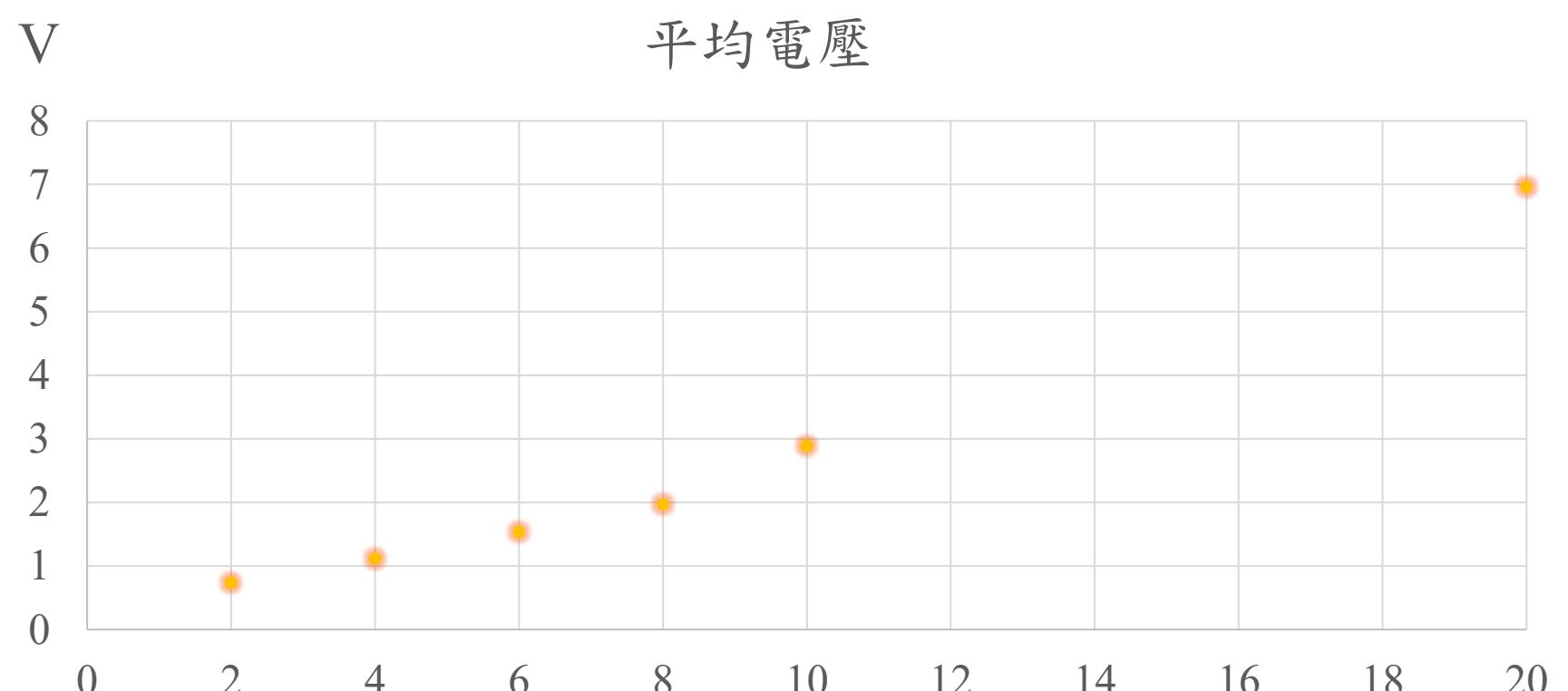
串聯20組，電壓**6.96V**，電流**0.03A**，電功率**0.209W**，無法啟動降壓器。

平均電壓



作者自行拍攝

平均電壓



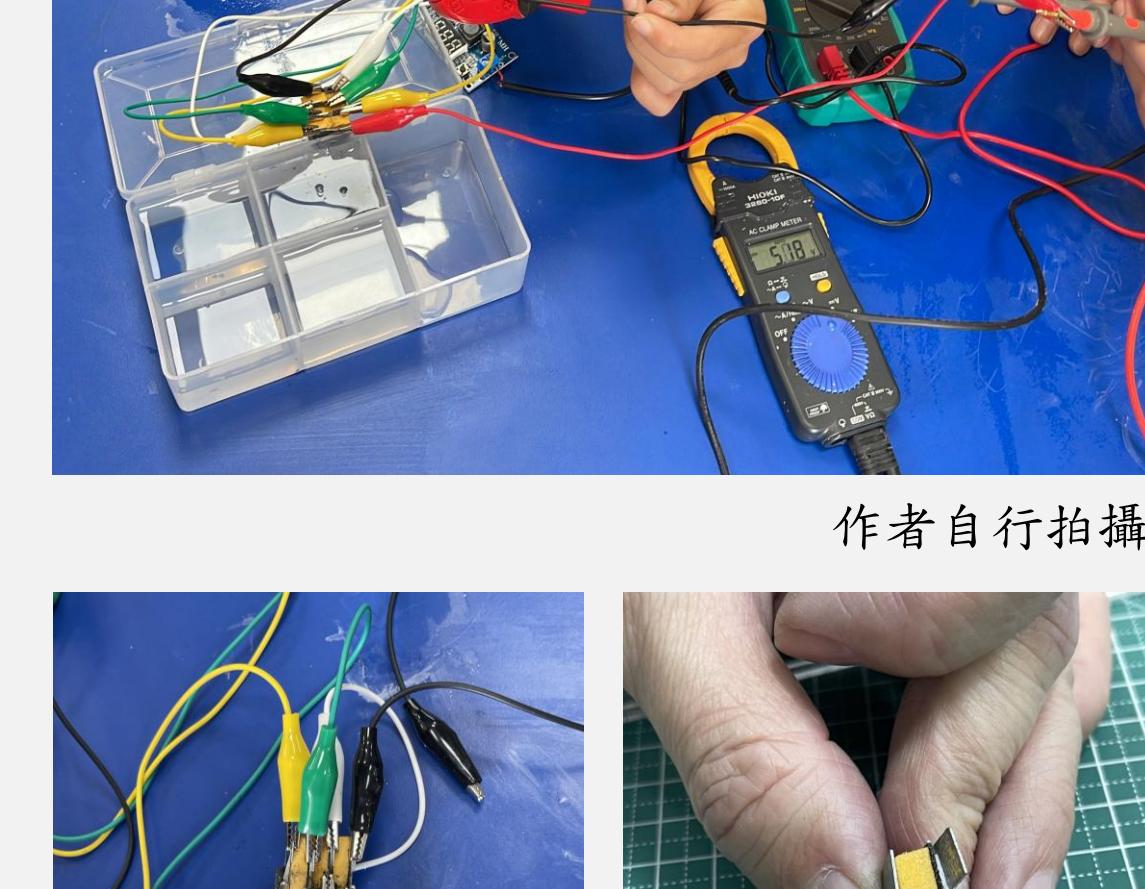
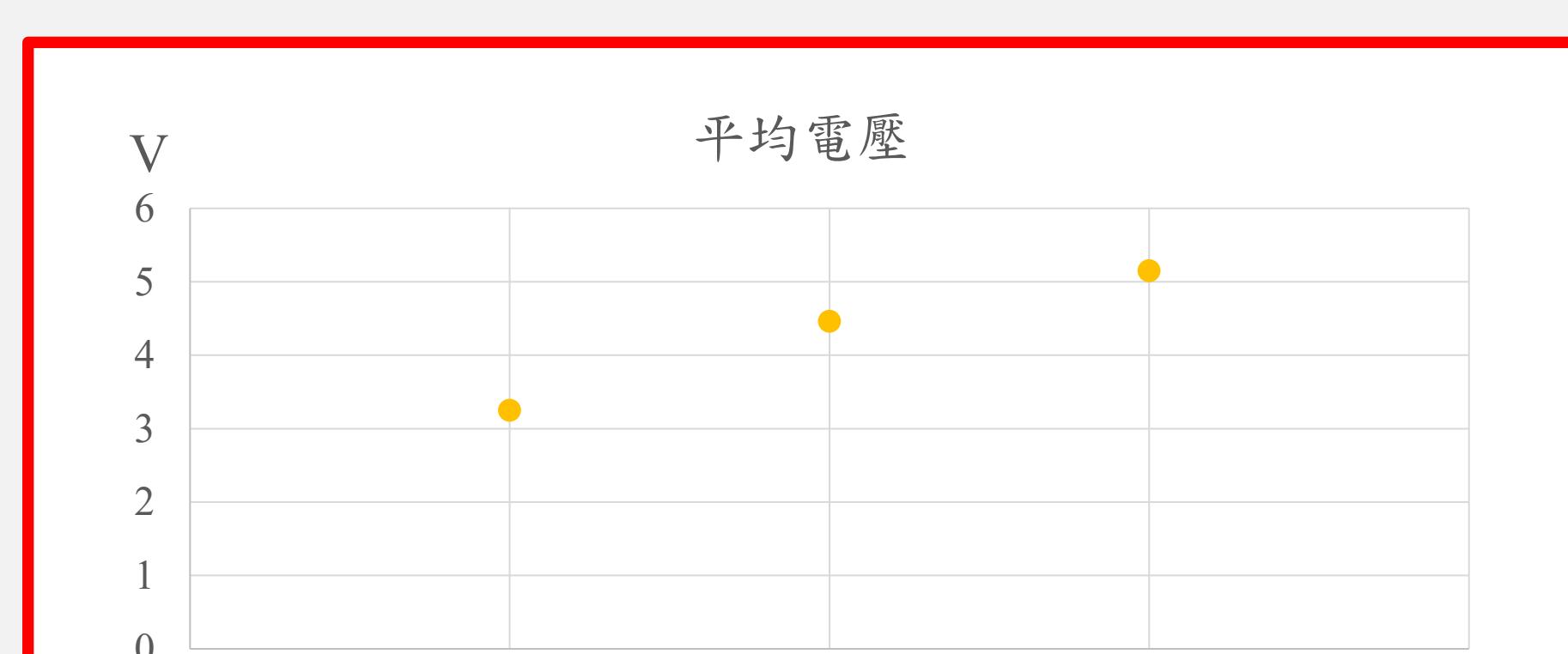
作者自行拍攝

鎂碳片串聯發電效能差異表

鎂碳片串聯	2	3	4
平均電壓 (V)	3.25	4.46	5.15
平均電流 (A)	0.36	0.41	0.56
電功率 (W)	0.840	1.829	2.884

串聯4組，電壓**5.15V**，電流**0.56A**，電功率**2.884W**，可以啟動降壓器。

平均電壓

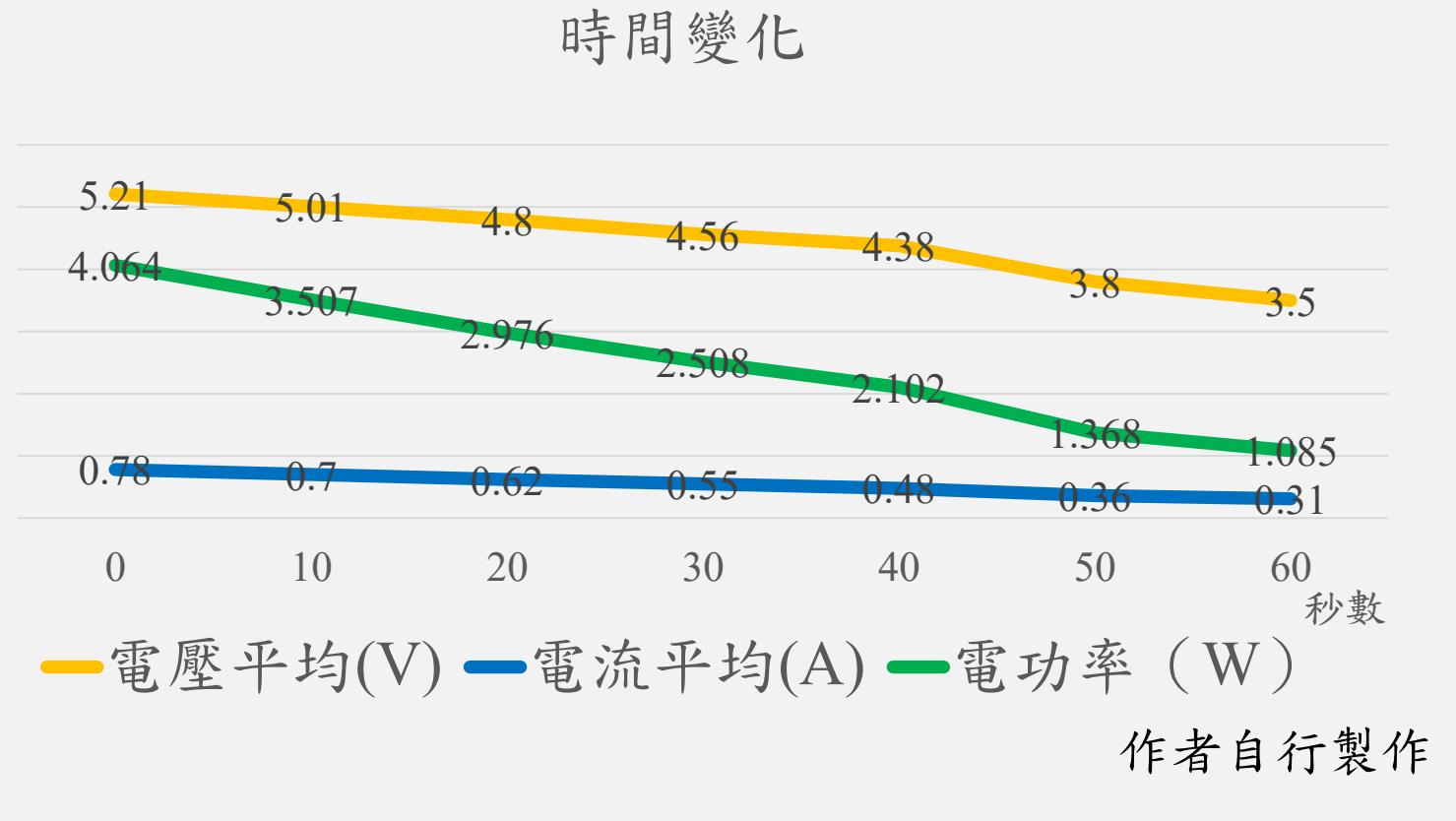


作者自行拍攝

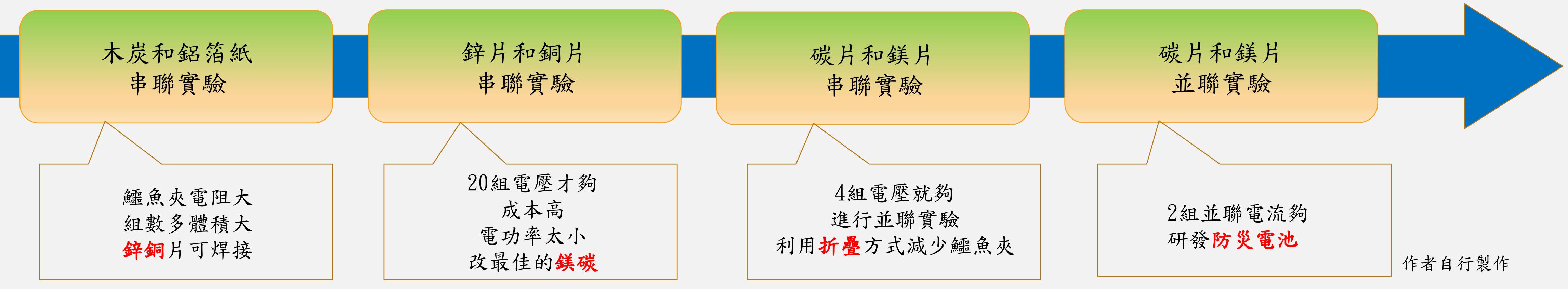
鎂碳片並聯發電效能差異表		
碳鎂片並聯	2	3
平均電壓(V)	5.209	
平均電流(A)	0.780	
電功率(W)	4.063	
備註	可以驅動	折疊不當，實驗失敗

鎂碳片並聯發電效能時間記錄表							
時間/秒	0	10	20	30	40	50	60
平均電壓(V)	5.21	5.01	4.8	4.56	4.38	3.8	3.5
平均電流(A)	0.78	0.7	0.62	0.55	0.48	0.36	0.31
電功率(W)	4.064	3.507	2.976	2.508	2.102	1.368	1.085

鎂碳串聯4個為1組，僅2組並聯可以得到電功率4.063W，可以啟動降壓器，維持40秒。



研究六(串並聯實驗)



研究七：防災造電的實驗

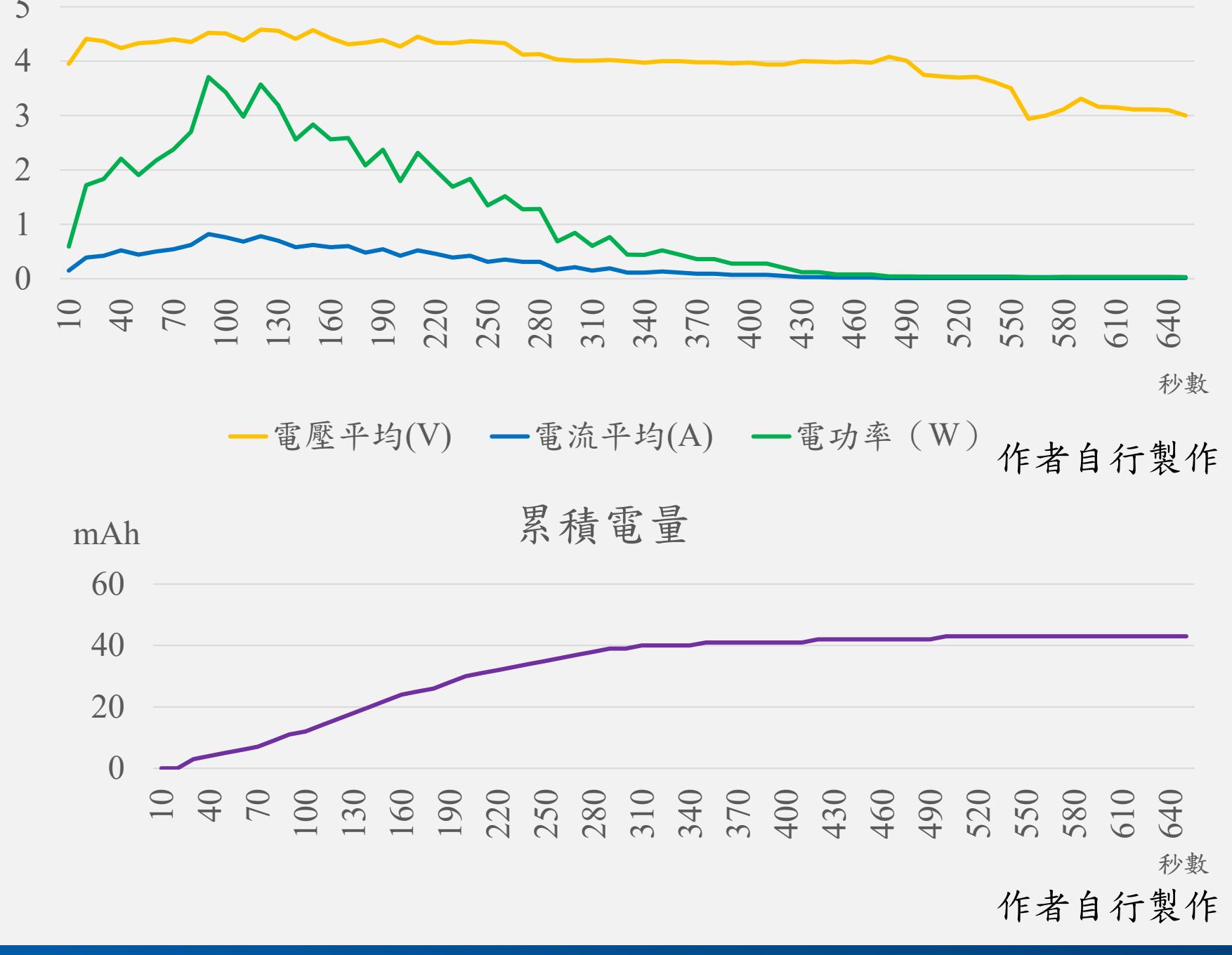
防災電池實測電壓、電流、電功率和累積電量時間記錄表										
時間(秒)	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400
平均電壓(V)	4.01	4.02	4	3.97	4	4	3.98	3.98	3.96	3.97
平均電流(A)	0.15	0.19	0.11	0.11	0.13	0.11	0.09	0.09	0.07	0.07
電功率(W)	0.602	0.764	0.440	0.437	0.520	0.440	0.358	0.358	0.277	0.278
累積電量(mAh)	40	40	40	40	41	41	41	41	41	41
時間(秒)	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
平均電壓(V)	3.94	3.94	4	3.99	3.98	3.99	3.97	4.08	4.01	3.75
平均電流(A)	0.07	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
電功率(W)	0.276	0.197	0.120	0.120	0.080	0.080	0.079	0.041	0.040	0.038
累積電量(mAh)	41	42	42	42	42	42	42	42	43	43
時間(秒)	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600
平均電壓(V)	3.72	3.7	3.71	3.62	3.5	2.94	3	3.11	3.31	3.16
平均電流(A)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
電功率(W)	0.037	0.037	0.037	0.036	0.035	0.029	0.030	0.031	0.033	0.032
累積電量(mAh)	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43

防災電池於43秒手機開始充電，500秒手機停止充電模式，歷時457秒，手機顯示提昇5%狀態，共可取得43(mAh)毫安時。



作者自行拍攝

防災電池實驗



防災電池進化史

初號機



以插槽取代碳鎂片摺疊碰觸
(碳片易碎) 捨棄泡棉和餐巾紙



同樣以串聯5個並聯4組，採分離式，方便未來替換零件



以鎳片代替鱷魚夾與電線（減少電阻）以USB內建穩壓模組替代降壓器，體積更小並進行實測



注水孔由側邊改為上方，避免漏水設置鹽水通道，反應時間縮短，上方為電線渠道，更美觀



二號機

陸、研究結論及未來方向

本研究有2個主軸，一是「廚餘發電，轉廢為能」，另外是「防災造電，救急必備」，如下：

(一) 廚餘發電，轉廢為能

從研究一和二得知，廚房調味料及常喝的飲料，可用來發電，因此，廚餘發電是可行，只是電功率過小。而研究四木炭和鋁罐、鐵罐和鋁箔紙可以簡易造電，其中又以鋁箔紙直接包裹木炭的發電效能最佳，但進行15組串聯實驗，結果發現電壓不足，鱷魚夾多造成電阻變大，且木炭遇水容易碎裂，是需要克服的問題。

(二) 防災造電，救急必備

本研究本著金屬電極片「永久保存，永不變質」和「克服環境，不易損壞」的特性，開發出一款體積小、重量輕、電功率高適合防災使用的電池，並不斷改良，由初號機進化到利用3D列印機來設計外殼載體的二號機，並進行實測，4合1 USB電壓電流檢測儀顯示歷時457秒，手機充電5%，共43毫安時(mAh)，完全可以應用日常生活中。

柒、參考文獻

- 康軒文教 (2024)。康軒版三上自然科學第四單元：廚房裡的科學（頁98-99）。康軒文教。
- 康軒文教 (2024)。康軒版四上自然科學第四單元：好玩的電路(頁102-122)。康軒文教。
- 趙子忻、楊雨錚、葉宥辰、周延融 (2022)。「鹽」來有電真神奇 - 鹽水燃料電池效能探討與應用。未出版的科學展覽會作品，新竹市第四十屆中小學科學展覽會，化學科國小組。
- 鄭甯、臧曼晴、吳欣叡、王宋臻 (2016)。動「池」凍「池」 - 水果電池。未出版的科學展覽會作品，中華民國第五十六屆中小學科學展覽會，國立臺灣科學教育館。
- 林永鑫、張雅婷、邵芷歲、莊渝鈞、游旻潔、徐鈴 (2006)。海洋牧場 - 節能潔能海水電池的探討。未出版的科學展覽會作品，中華民國第四十六屆中小學科學展覽會，國立臺灣科學教育館。
- 陳睿宇、王釋萱、陳姵辰、黃巧涵 (2018)。炭為觀止 - 鋁空氣電池最佳效能之研究。能源教育資源網。
- 科學月刊編輯部 (2017)。鋁電池大突破，再生能源儲能免煩惱。科學月刊。