

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(二)科

(鄉土)教材獎

082904

名偵探「蚵」南 ~以牡蠣殼作為環保材料之研究

學校名稱：臺北市內湖區南湖國民小學

作者： 小六 馬秉逸 小六 容丞佑 小六 許博策 小六 李孟珊	指導老師： 高玉娟 李淑珍
---	---------------------

關鍵詞：海產廢棄物、吸附重金屬、吸油再生紙

## 摘要

本實驗將台灣的海產廢棄物「牡蠣殼」磨成粉末後，進行鍛燒前後之比較，研究其是否可作為環保材料之可行性，實驗結果如下：

1. 將牡蠣殼粉製成吸油再生紙：我們自製工具控制厚度，做出厚薄一致的再生紙，並測試其吸油量、耐熱與保溫程度，研究顯示其具有極佳效果。
2. 重金屬吸附：我們嘗試自製油甘子萃取液的沒食子酸作為綠色試劑，並發現其可有效檢驗出鉛離子與鐵離子，而牡蠣殼粉可成功吸附重金屬。

我們希望能夠從創新出發，用愛心做環保，讓廢物變黃金，永續我們的美麗家園。

## 壹、研究動機

之前我們去同學家討論科展題目的時候，同學媽媽煮了好吃的牡蠣大餐，讓我們大快朵頤。但是在整理廚房時，我們看到許多的牡蠣殼堆在角落，只能當作廢棄物丟掉，真的很可惜。

後來經過我們一番熱烈討論，大家想到最近新聞提到海洋國土遭到垃圾淹沒，汙染十分嚴重，不只人們大量排放廢水，造成嚴重的水污染，工業廢水排放的重金屬等物質也恐怖的進入了我們的海洋。而媽媽網購的日本貝殼粉，據說有清除農藥、殺菌、去汙的效果。進一步請教師長後，師長提到這些廢棄的牡蠣殼有一部分被拿去做成建材、土壤改良材料，一部分拿去當成飼料。所以我們想到說不定這些被當作垃圾的牡蠣殼也能發揮如同貝殼粉宣稱的神奇功效，甚至還可以利用來作為更多其他的環保用途呢!!!



(牡蠣殼，攝於嘉義東石 2018.07)

本組實驗參考：康軒版

年級/冊數	單元	內容
【三上 / 第一冊】	第四單元	廚房裡的科學
【四上 / 第三冊】	第二單元	水生家族
【五上 / 第五冊】	第三單元	水溶液
【五下 / 第六冊】	第二單元	二氧化碳製造與檢驗
【六下 / 第八冊】	第三單元	人類活動對環境的影響

## 貳、研究目的

我們採用海產廢棄物中每年高達 16 萬公噸的「牡蠣殼」作為改善環境汙染的材料，並進行以下實驗。

本實驗研究目的：

實驗一：探討未鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果

實驗二：.探討鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果

實驗三：探討未鍛燒牡蠣殼粉對重金屬的吸附效果

實驗四：探討鍛燒牡蠣殼粉對重金屬的吸附效果

## 參、研究設備與器材

一、原料：



1.牡蠣殼



2.油甘子



3.硝酸鉛



4.氯化鐵



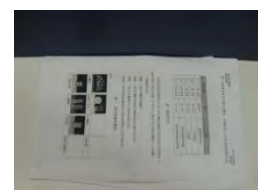
5. 日製貝殼粉



6. 碳酸鈣



7.氧化鈣



8. 廢棄講義紙



9.緩衝液 pH7.2



10.蔬菜油

## 二、儀器與設備類：



1.電子秤



2.4 肉槌



3.剪刀



4.安全手套



5.高速磨粉機



6.各式燒杯



7.篩網



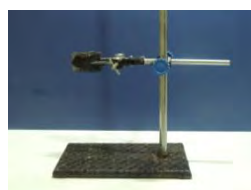
8. 量筒



9.微量吸管



10.純水



11.萬用角座



12.酸鹼度計



13.玻璃棒



14.電耦溫度計



15.磁石加熱攪拌器



16 滴管



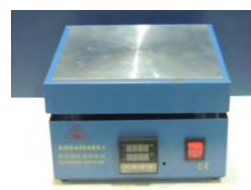
17.手抄網



18.厚度控制器



19.光度計



20.恆溫加熱器



21.薈頭漏斗與錐瓶



22.吸水布



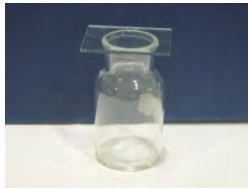
23.光度皿



24.針筒過濾器



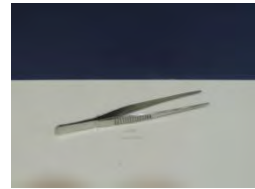
25 瓦斯爐具



26 集氣瓶



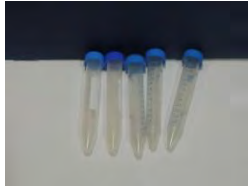
27.濾紙



28 鑷子



29.果汁機



30.離心管



31.計時器



32.厚度規



33.茶包棉袋



34.自製磁石攪拌器

### 三、自製手抄網、厚度控制器與

#### 磁石攪拌器

##### (一)手抄網的製作

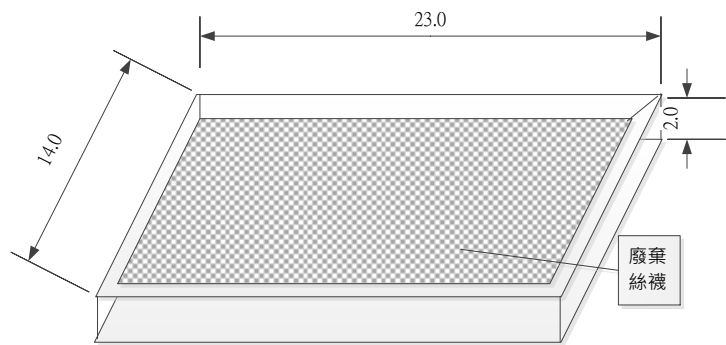
###### 1.材料：

木條、鐵釘與廢絲襪。

###### 2.大小：

依左圖示的尺寸以鋼鋸鋸好

###### 3.製作：白膠固定好絲襪，再釘上木條。



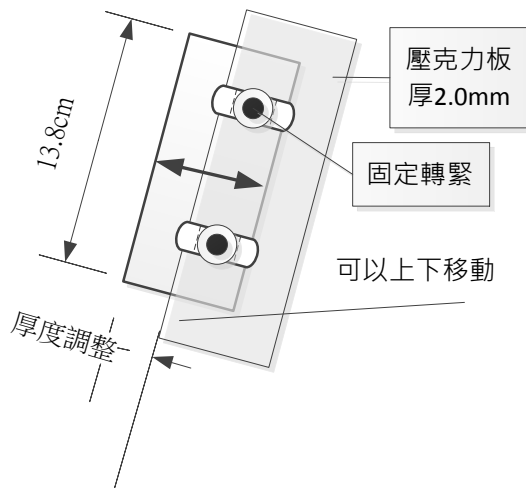
##### (二)厚度控制器的設計與製作

###### 1.材料：報廢壓克力展示板。

###### 2.大小：依左圖以鋼鋸切割製作。

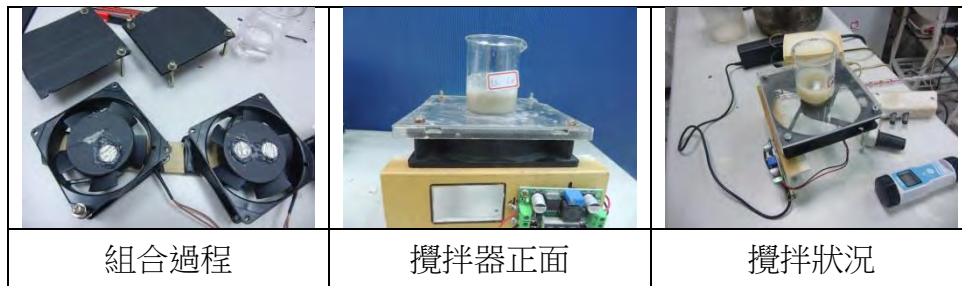
###### 3.功能：深淺可調整，以螺絲固定。

###### 4.調整：加入一片不織布以免施力後搖動。



### (三) 磁石攪拌器

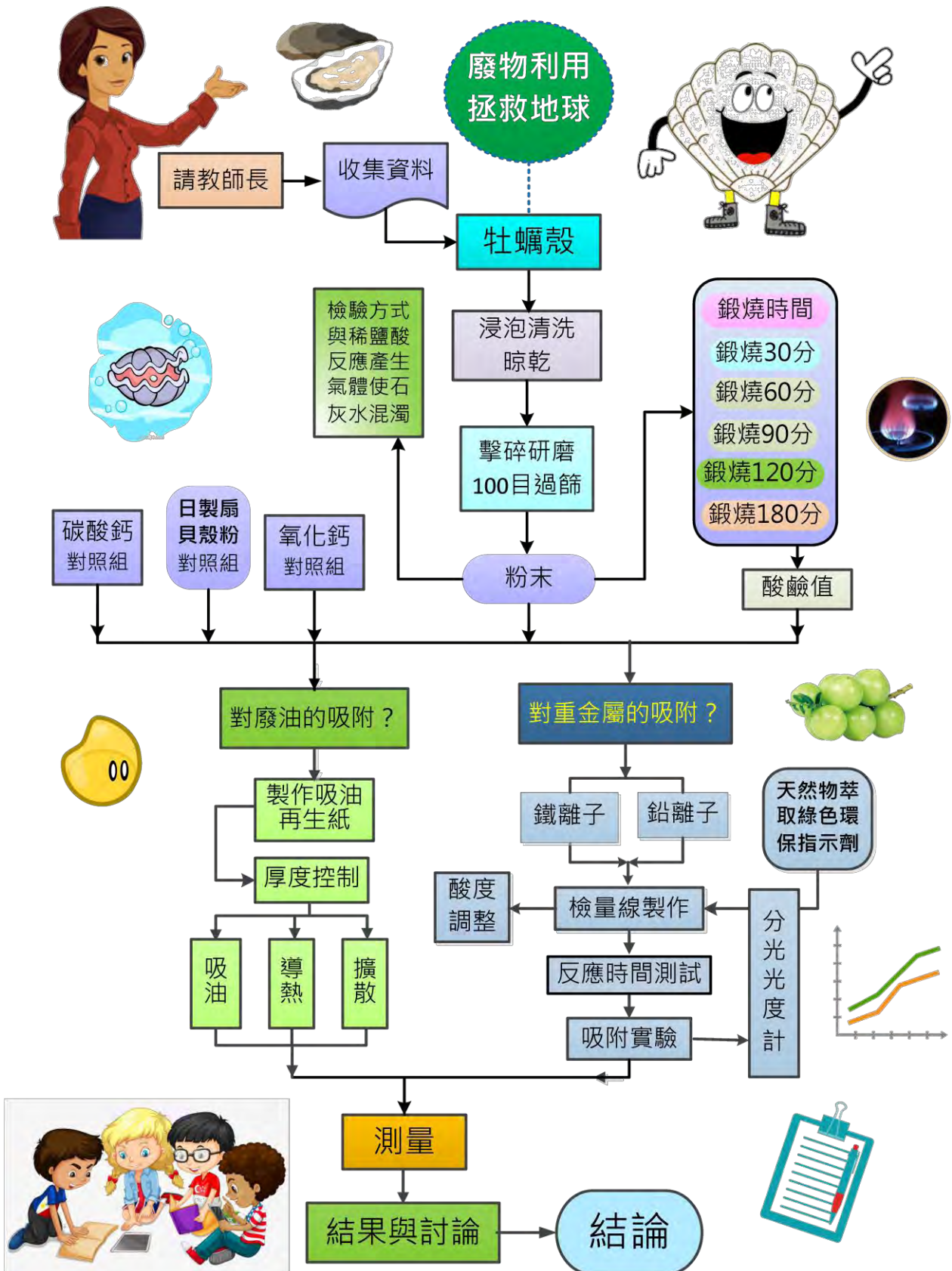
- 1.材料：廢棄風扇、強力磁鐵、DC-DC 3A 可調降壓模組(輸入 3-40V,輸出 1.25-35V)、廢棄 CD 盒蓋、螺絲釘。
- 2.大小：主體為廢棄 CD 盒蓋大小，將風扇磁鐵以及可調降壓模組安裝在上面，以家用 9V 電池供電。
- 3.功能：電力帶動裝了磁鐵的風扇馬達，即可帶動置於 CD 盒蓋上的磁石攪拌子進行攪拌。





# 肆、研究過程及方法

## 一、實驗規劃流程：

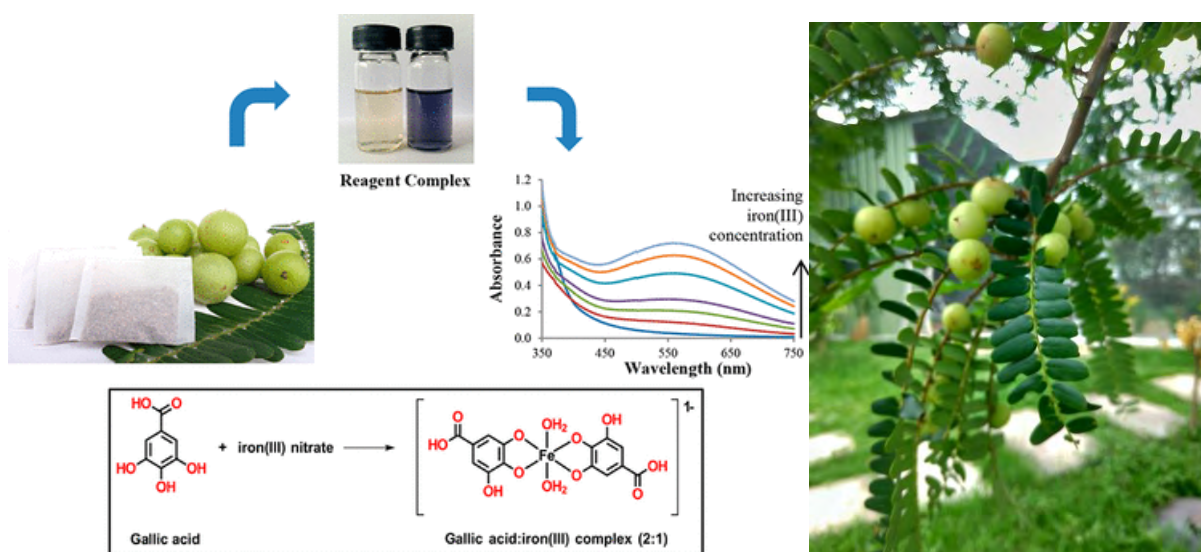


## 二、資料的收集參考與探討：

我們研究參考數篇前人作品，主要概念參考：『水產生技新「蠟」器』，文獻取自科學發展，2010年4月448期。該篇將牡蠣殼粉的用途提升至作為美容保養品，還有就是將牡蠣殼粉鍛燒後，除了有抗菌、除臭等功能，還具有**活性碳**的優點。

第二篇參考：第53屆中小學科學展覽會作品說明書，國小組化學科，高雄師範大學附屬高級中學(附設國小)作品『你丟我撿，物盡其用』，該篇研究以海產殼為主角，結果如下：海產殼顆粒越小，對銅離子與乙酸乙酯的吸附能力越好；吸附能力大小：海瓜子>風螺>蠔>九孔>蛤蠣。

對於重金屬的吸附實驗，該組以比色法使用肉眼觀察，我們想到可以試試看以農會推廣的**油甘子(餘甘子)果實**乾燥粉末萃取液作為**顯色劑**，以分光光度計分析，因為油甘子果實內含有沒食子酸，遇鉛或鐵具有會轉變為藍黑色的特性，可**作為綠色化學試劑**，此部分參考 Determining Iron(III) Concentration in a Green Chemistry Experiment Using *Phyllanthus emblica* (Indian Gooseberry) Extract and Spectrophotometry 一文。



(取自 <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.8b00817>)

本組攝於苗栗 20190525

關於製作再生紙同時加入牡蠣殼粉(碳酸鈣)的實驗，歷屆全國科展關於製作紙張的文獻有14篇，其中加入碳酸鈣僅有第50屆的環保蛋殼紙，該實驗以蛋殼的碳酸鈣為紙主要原料，將蛋殼洗淨粉碎再磨成粉後，用三明治上下包覆的方法，將蛋殼粉包覆做出來，之後以不同的筆進行寫字，並做防水測試。而我們的再生紙製作，取自廢紙簍裡的A4紙製作，打碎後再添加不同比例牡蠣殼粉，混合均勻後，取出固定重量，以自製工具控制厚度。晾乾後再作吸油與溫度測試。造紙行業中會以碳酸鈣取代替以往的滑石和瓷



土，除了降低了成本還具有較高的不透光性和光澤度，若作為填料可以增加產量及增加紙張透氣度、濾水度等等好處。

### 三、實驗準備：提取牡蠣殼中碳酸鈣。

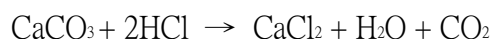
#### (一)牡蠣磨粉

1. 首先將牡蠣殼洗淨後，先以稀釋醋酸 3% 浸泡 10 分鐘以去除外殼雜質，再用 10% 小蘇打粉浸泡中和刷洗晾乾。
2. 以報紙包裹放入塑膠袋，以肉槌敲擊成小塊狀。
3. 將小塊牡蠣殼分別放入高速多功能粉碎機裡處理成粉末。
4. 以 100 目濾網過篩，若無法過篩，再多次研磨後即可完成。



(二)檢驗：將研磨完成的粉末，以排水集氣法收集後檢驗，證明成分為碳酸鈣。

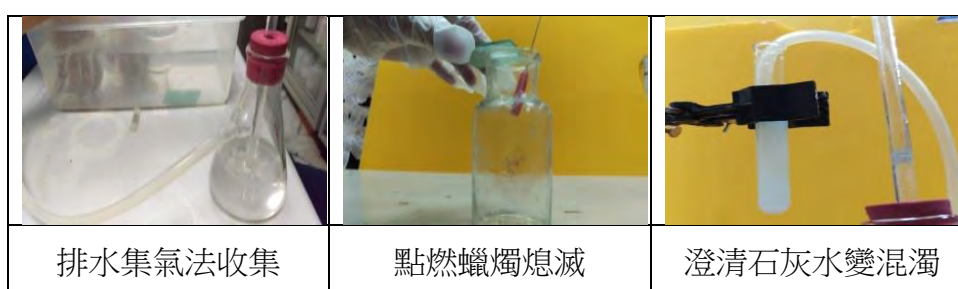
1. 原理：碳酸鈣+鹽酸 → 氯化鈣+水+二氧化碳



2. 取 50 公克牡蠣殼粉末置於三角錐瓶裡，組裝薊頭漏斗，並接好排氣管至水中。
3. 集氣瓶充滿水後倒置，排氣管先不要通入，待稀鹽酸加入產生氣體後 10 秒，再將排氣管通入引導至集氣瓶內，收集排出氣體。
4. 氣體的檢驗：

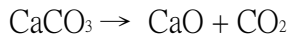
(1) 氣體通入澄清石灰水觀察變化

(2) 將點燃的蠟燭置入集氣瓶觀察。

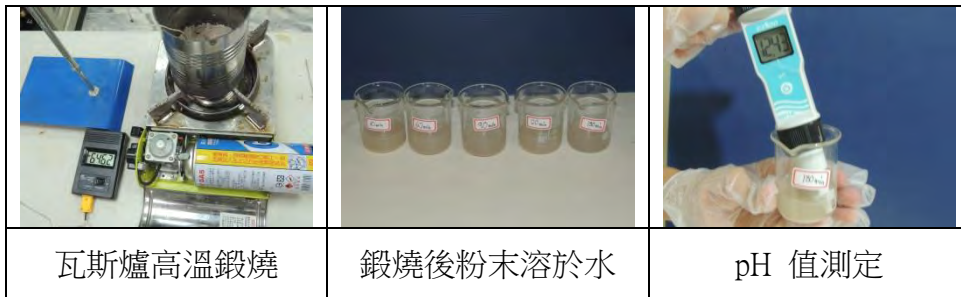


### (三) 鍛燒：

目的：將碳酸鈣以高溫鍛燒，以去除二氧化碳，使成為氧化鈣。



1. 取研磨完成的粉末 10.0 公克，以瓦斯爐高溫 600°C 以上鍛燒 30、60、90、120、180 分鐘。
2. 將上述五種實驗粉末，各取 0.5 公克溶於 10 毫升純水中，攪拌均勻，測量酸鹼值。



3. 取鍛燒時間鹼度最高者，每次 100 公克，以相同溫度與時間鍛燒成 500 公克。

## 四、實驗一：探討未鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果

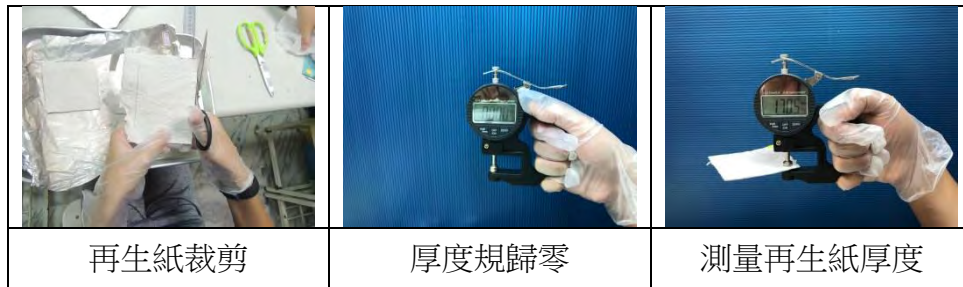
### (一) 再生紙的製備：

1. 將 A4 回收講義紙撕碎後，取 35.0 克紙加 875.0 水，以果汁機高速五分鐘打碎製成紙漿。
2. 厚度控制：取牡蠣殼粉 5.0 公克 10.0 公克 15.0 公克與 20.0 公克，分別加入紙漿至 200.0 公克，充分攪拌混合均勻，於同一手抄網上過篩，將自製厚度控制器，設定 0.8mm 刮除平整紙漿液。另外以碳酸鈣及不添加作為對照組製備。
3. 將混合完成的紙漿，於手抄網上過濾水分，再以吸水布吸出過多水分，將吸乾水的再生紙壓平，置於鋁箔紙上，自然風乾。



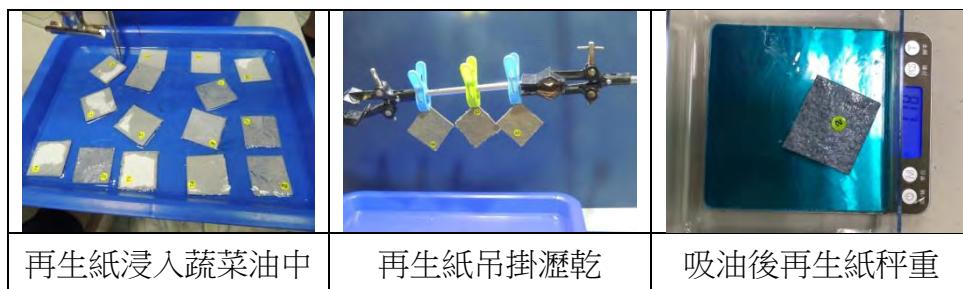
### (二) 再生紙厚度測定

- 1.將風乾的再生紙從鋁箔紙上小心移下，避免破損造成厚度不均，移下後將再生紙邊緣及破損處修剪整齊。
- 2.使用厚度規測量厚度，先將厚度規數值歸零，把紙張放入偵測夾中，讀取厚度規顯示數值後記錄。



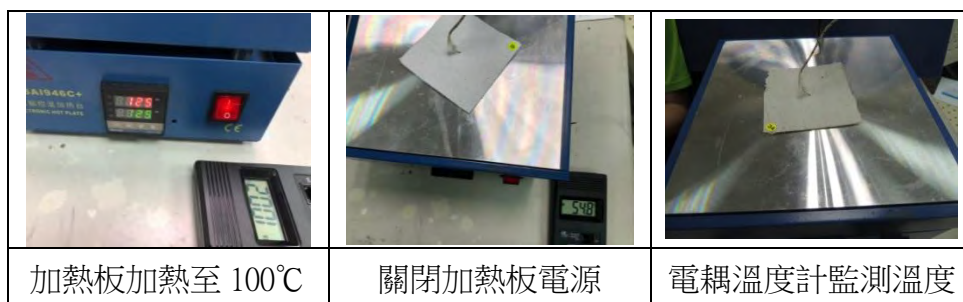
### (二) 再生紙吸油試驗

1. 將製備好的再生紙剪成 4cm x4cm 正方形，先秤重，再完全浸入蔬菜油中。
2. 取出吊掛瀝乾 15 分鐘到確認無油滴出，再秤重，前後重量差異就是吸油量。



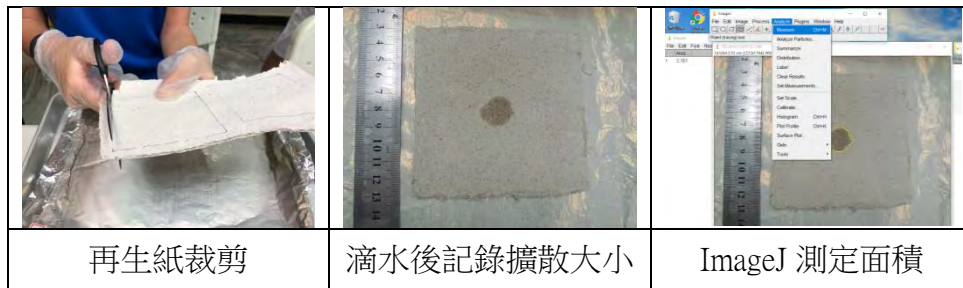
### (三)再生紙導熱能力試驗

1. 加熱板設定 100°C，待表面溫度確定穩定。
2. 將剪好紙張放在加熱板上，將電耦線感應頭與紙張中心處接觸。
3. 同時將電源關閉，觀察其上升與降溫速率。
4. 每 10 秒記錄一次溫度。



#### (四) 再生紙水分擴散試驗

1. 將再生紙裁成 8x8 公分大小，平置於桌面。
2. 以微量吸管由紙張上方 10 公分高處滴下 200  $\mu$ l 純水。
3. 一分鐘後拍照記錄，以 ImageJ 測量水滴在紙張上擴散面積，取實驗三次平均值。image J 使用法：打開軟體 image J 後開啟舊檔，在” Analyze/Set Scale/” 內以拍照時拍攝之比例尺設定比例。使用 imageJ 繪圖工具圈出目標物進行測量。在” Analyze/Measure” 項下，即可求出擴散面積。



#### 五、實驗二：探討鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸附油類的效果

由於最初進行吸附重金屬實驗時，發現實驗結果雖然有效果，但是不如日製貝殼粉優，後來推論應該是因為日製貝殼粉經過“鍛燒”的程序，所以我們在師長的陪同下使用瓦斯爐，在 600°C 以上鍛燒 180 分鐘的牡蠣殼粉，讓碳酸鈣中釋出二氧化碳成為氧化鈣，並重複實驗一步驟製造鍛燒牡蠣殼粉再生紙，並且以不添加粉末作為對照組製備及測量厚度、測試吸油、導熱與水分擴散能力的實驗。

#### 六、實驗三：探討未鍛燒牡蠣殼粉對重金屬的吸附效果

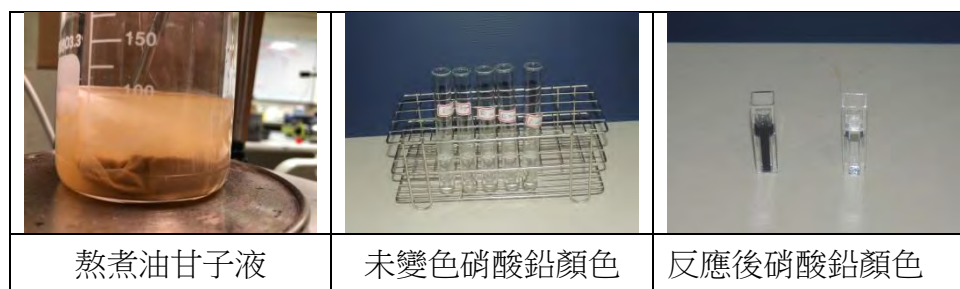
##### (一)重金屬檢量線的製作：

1. 配製硝酸鉛水溶液：1000ppm、800ppm、600ppm、400ppm、200ppm。
2. 配製氯化鐵水溶液：1000ppm、800ppm、600ppm、400ppm、200ppm。
3. 配製油甘子溶液：將 5 克油甘子粉末放入茶包棉袋，加入純水 100 毫升，滾水熬煮 30 分鐘，冷卻後以針孔過濾器過濾。利用油甘子內沒食子酸成分遇到鉛離子或鐵離子，溶液變為深藍色的特性，以 1 毫升重金屬溶液加 200  $\mu$ l 油甘子溶液



之比例混合，反應後呈色如下圖，顯示可有效檢出重金屬。

- 取濃度 400ppm 重金屬各 3 毫升，裝入光度皿中，放入分光光度計分別測出最大吸收度波長，從可見光 400nm 以間隔 20nm 測到 860nm。觀察硝酸鉛、氯化鐵溶液吸收度變化與最大吸收度波長。結果硝酸鉛與氯化鐵溶液最大吸收度波長皆為 400nm(各波長吸收值請參考實驗日誌)。
- 檢量線製作：將上述(一)製作 5 種濃度的重金屬溶液，以分光光度計分析。



- 緩衝溶液能力測試：因為油甘子溶液為酸性，碳酸鈣在酸性環境下會作用產生二氧化碳，溶液中的氣泡會影響吸光值判讀，所以先測定不同比例 pH7.2 的 Tris-HCl 緩衝液與反應溶液混合後 pH 濃度。讓溶液趨向於中性，避免碳酸鈣與酸反應。
- 反應時間測試：以 50 毫升燒杯取 10.0 毫升 1000ppm 硝酸鉛水溶液，加入 1 克牡蠣殼粉，同樣處理準備三份，分別以自製攪拌器攪拌 5 分鐘、10 分鐘，最後一杯僅稍加搖晃確定所有牡蠣殼粉末都進入溶液中，過濾樣品加入緩衝液及油甘子溶液測定吸光度。

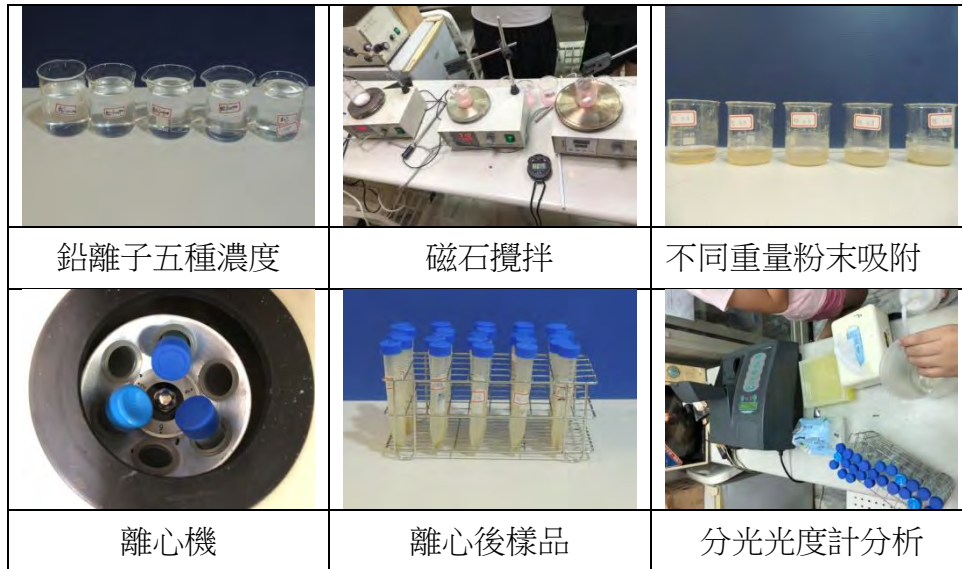
## (二)重金屬的吸附

- 準備好以下各材料： 單位：公克。

項次	牡蠣殼粉	碳酸鈣	氧化鈣	日製對照組
1	1.0	1.0	1.0	1.0
2	0.8	0.8	0.8	0.8
3	0.6	0.6	0.6	0.6
4	0.4	0.4	0.4	0.4
5	0.2	0.2	0.2	0.2

- 以 50 毫升燒杯取 10.0 毫升 1000ppm 硝酸鉛水溶液 20 杯，將上述檢驗物加入各

- 燒杯中，以磁石攪拌機攪勻攪拌 5 分鐘，使硝酸鉛作用完全。
- 攪拌完成後，置入 15 毫升離心管，以 4000rpm 離心 10 分鐘。
  - 離心完成後，小心取出離心管輕輕倒出上面液體，以 0.45  $\mu$ m 針筒過濾器過濾。
  - 分析時以 700  $\mu$ l 過濾樣品加 300  $\mu$ l pH7.2 Tris-HCl 緩衝液，再加 200  $\mu$ l 油甘子萃取物以分光光度計測定吸光度。
  - 同上方式，取 10.0 毫升 1000ppm 氯化鐵水溶液實驗。



## 七、實驗四：探討鍛燒牡蠣殼粉對重金屬的吸附效果

重複實驗三步驟，改以 600°C 以上鍛燒的牡蠣殼粉(1.0 公克、0.8 公克、0.6 公克、0.4 公克、0.2 公克)進行重金屬吸附的實驗，並再以氧化鈣以及日製貝殼粉作為對照組。

## 伍、研究結果

### 一、前處理：提取牡蠣殼碳酸鈣。

(一)牡蠣殼碳酸鈣的提取與檢驗：以研磨機研磨出來的細粉，加入稀鹽酸後，以排水集氣法收集氣體，測試如下，可證明已提取出碳酸鈣。

實驗	通入澄清石灰水	點燃蠟燭
結果	水溶液混濁產生碳酸鈣沉澱	熄滅
說明	有二氧化碳	有二氧化碳

(二)牡蠣殼鍛燒 pH 值檢測。

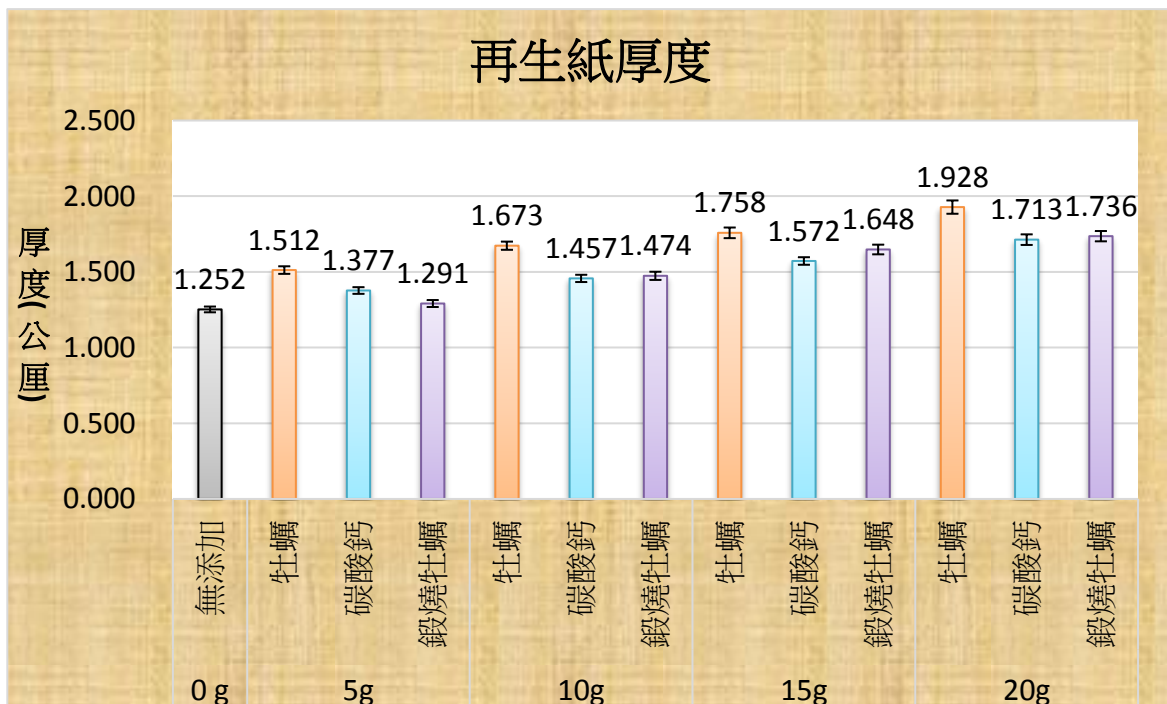
鍛燒時間	30 分鐘	60 分鐘	90 分鐘	120 分鐘	180 分鐘
pH	10.64	11.10	11.26	11.36	12.43

結果：鍛燒時間越長，所得鍛燒牡蠣殼粉鹼度越高，代表燃燒越完全，所以後續實驗我們都採用 100 目過篩後 180 分鐘鍛燒的粉末。

## 二、實驗一、二：探討鍛燒牡蠣殼粉與未鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果

(一)牡蠣殼粉再生紙厚度測量 (單位：mm)

品項	重量	0g	5g	10g	15g	20g
無添加	厚度	1.252	-	-	-	-
	標準差	0.019	-	-	-	-
牡蠣殼粉	厚度		1.512	1.673	1.758	1.928
	標準差		0.025	0.027	0.035	0.044
碳酸鈣	厚度		1.377	1.457	1.572	1.713
	標準差		0.022	0.024	0.025	0.035
鍛燒牡蠣	厚度		1.291	1.474	1.648	1.736
	標準差		0.023	0.027	0.032	0.034

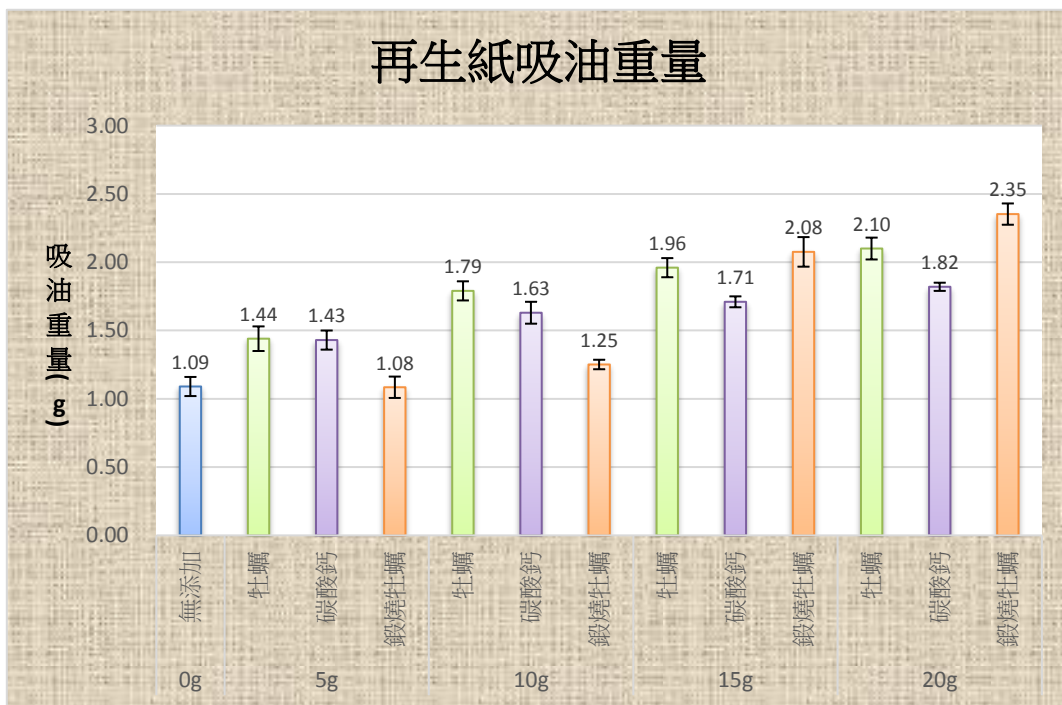


結果：測量紙張厚度，發現添加的粉末量會影響紙張厚度，並且添加牡蠣殼粉的再生紙厚度增加最為明顯，添加鍛燒牡蠣殼粉及碳酸鈣之組別厚度增加較少。

(二)牡蠣殼粉再生紙吸油試驗 (單位：g)

吸油後再生紙重量減去吸油前再生紙重量，可得實際吸油數字。

品項	添加物重量	0g	5g	10g	15g	20g
無添加	平均吸油重量	1.09	-	-	-	-
	標準差	0.007	-	-	-	-
牡蠣殼粉	平均吸油重量		1.44	1.79	1.96	2.10
	標準差		0.09	0.07	0.07	0.08
碳酸鈣	平均吸油重量		1.43	1.63	1.71	1.82
	標準差		0.07	0.08	0.04	0.03
鍛燒牡蠣	平均吸油重量		1.08	1.25	2.08	2.35
	標準差		0.08	0.03	0.11	0.08

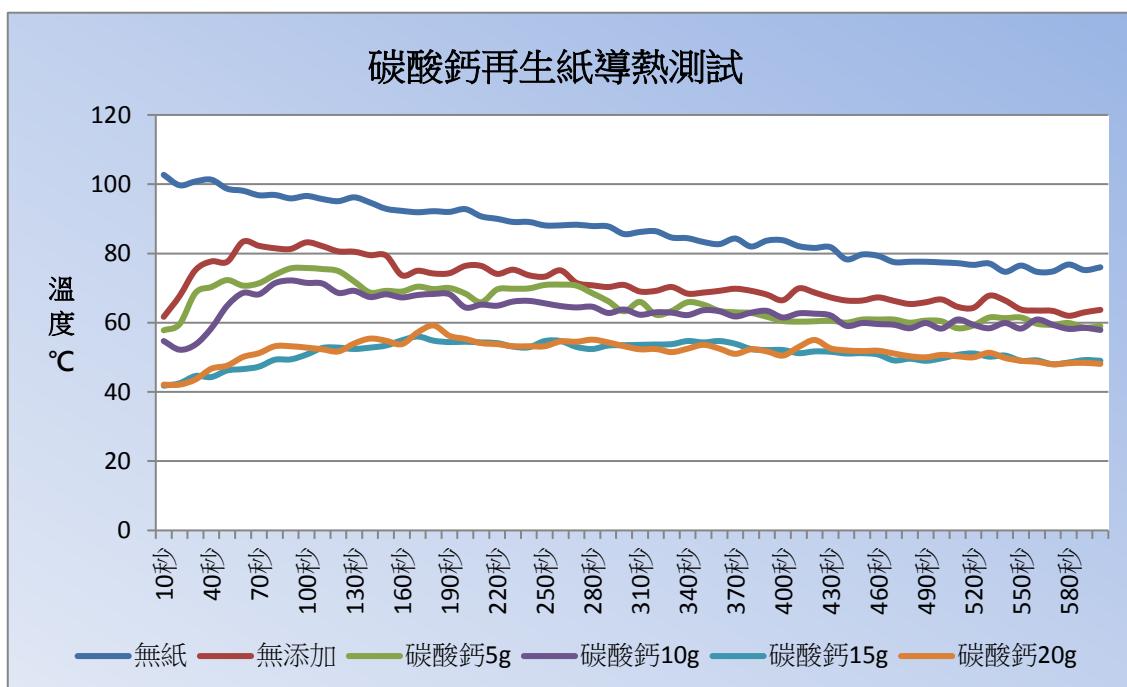
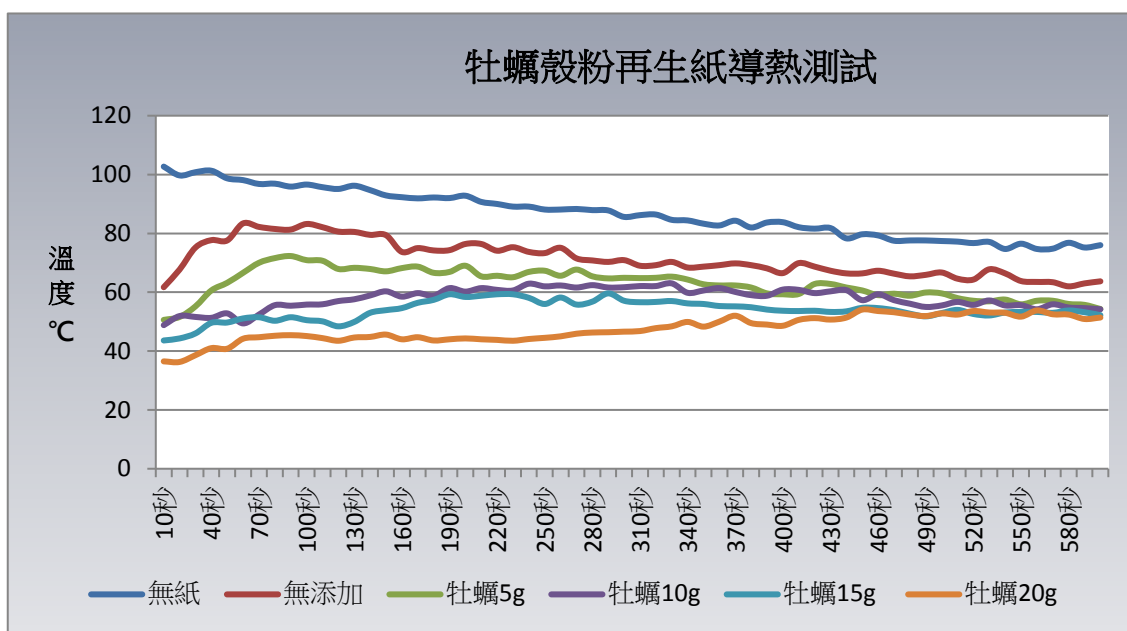


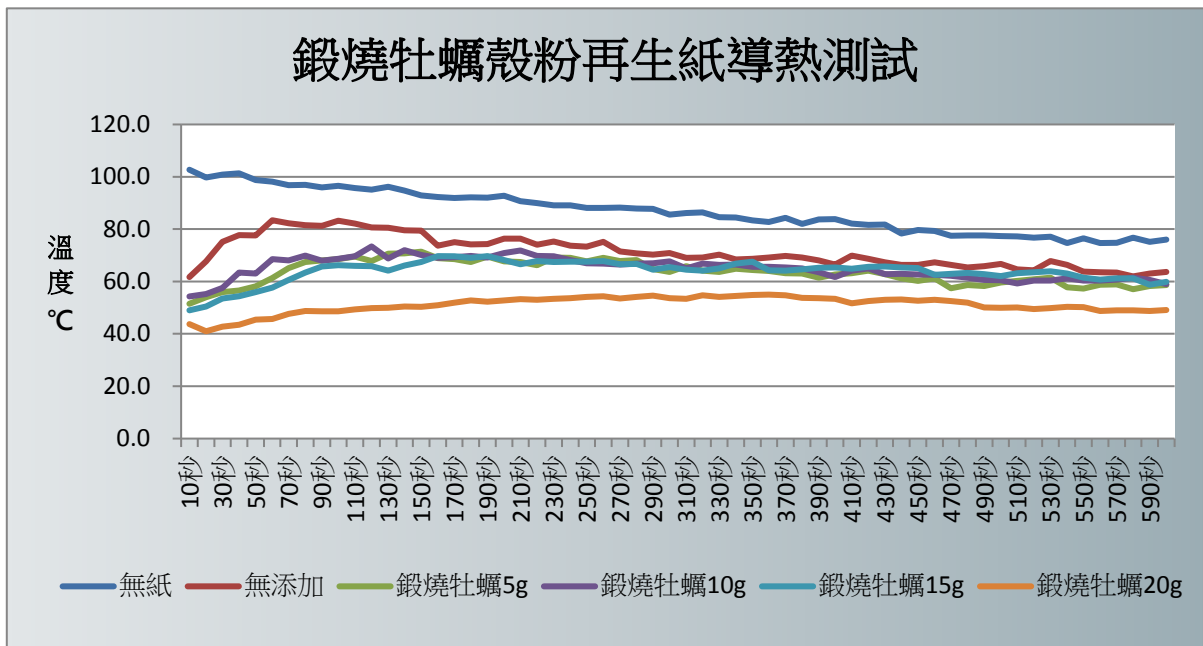
結果：1.再生紙吸油量與製造再生紙時添加的牡蠣殼粉成正比，添加越多吸油越多。



2. 添加少量鍛燒牡蠣殼粉的組別吸油能力不佳，但添加量達到一定程度時吸油量明顯增加。
3. 添加碳酸鈣的對照組吸油量維持穩定，隨添加量增加的幅度較小。

(三) 再生紙導熱能力試驗：測定再生紙在 100 度加熱板上表面溫度變化。

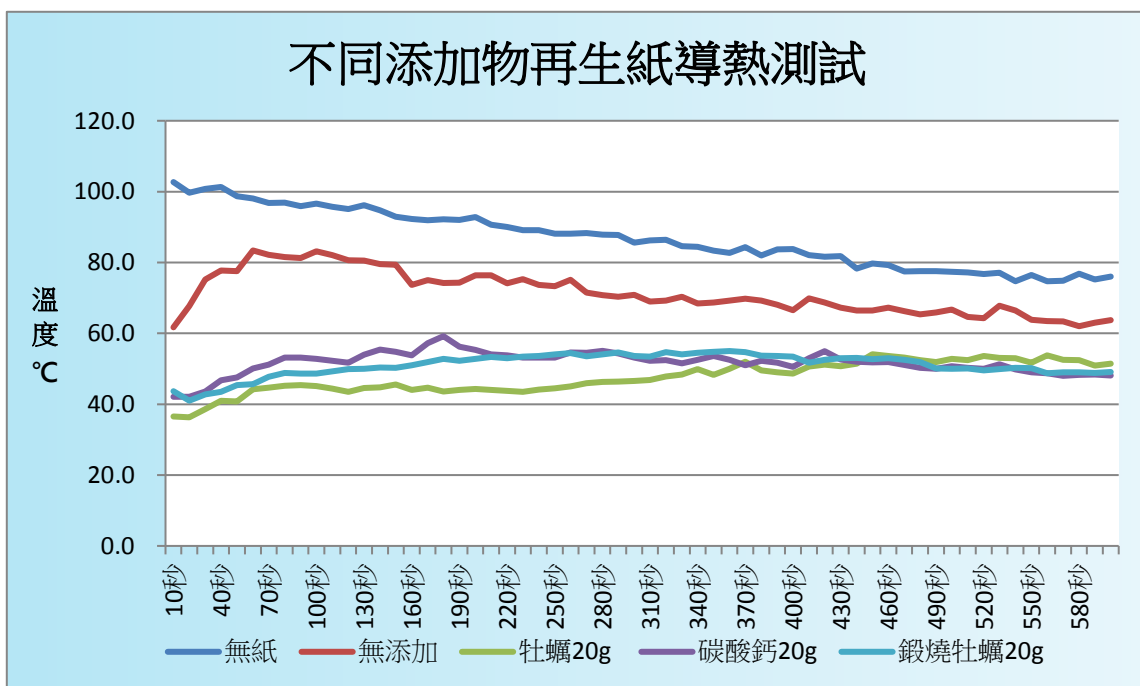




結果：1.實驗開始時第一分鐘，紙張放在 100 度加熱板上，紙張會被加熱板加熱而呈上升現象。觀察紙張升溫速度可以發現，添加粉末越少紙張升溫速度越快，表示添加碳酸鈣或是牡蠣殼粉、鍛燒牡蠣殼粉會降低紙張熱傳導速度。

2.由於關閉了熱源，一分鐘後加熱板上的紙張表面溫度開始下降，添加粉末組別下降坡度明顯較對照組未添加緩和，表示添加粉末後可以防止熱量快速散失。

為了了解三種不同添加物效果，我們比較無紙、無添加物，以及 20g 三種添加物再生紙加熱板導熱狀況。

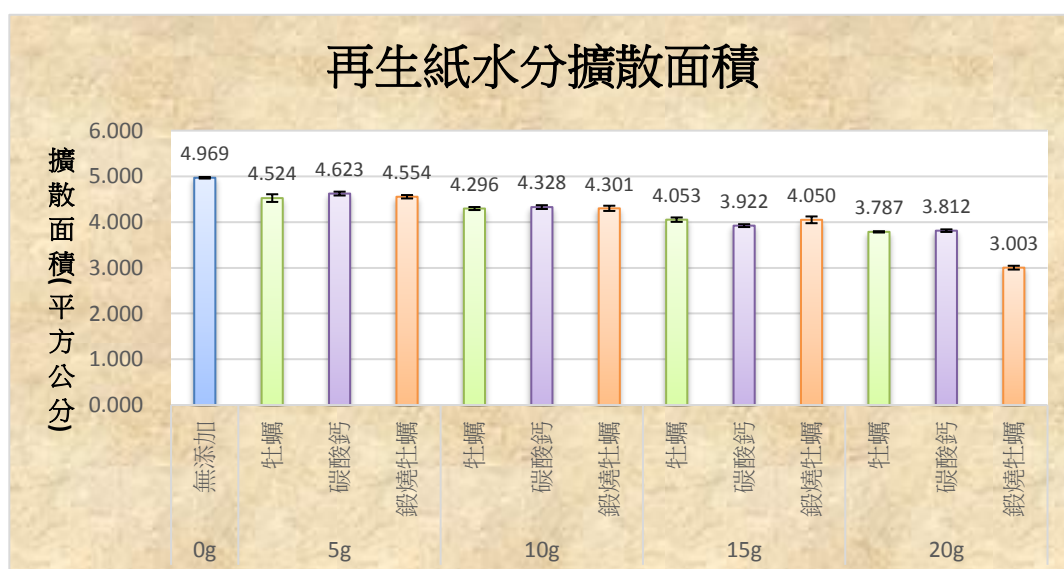


結果：比較三種添加物保溫能力，牡蠣殼粉組別溫度上升與下降低於其他組別，擁有較好的保溫能力，鍛燒牡蠣殼粉與對照組添加碳酸鈣組別較類似，但三者之保溫能力都明顯優於未添加組別。

#### (四) 再生紙擴散能力試驗：

以 ImageJ 測量計算 200  $\mu$ l 純水在再生紙上擴散的大小。

品項	添加物重量	0g	5g	10g	15g	20g
無添加	面積	4.969	-	-	-	-
	標準差	0.017	-	-	-	-
牡蠣殼粉	面積		4.525	4.296	4.053	3.787
	標準差		0.084	0.033	0.048	0.014
碳酸鈣	面積		4.623	4.328	3.922	3.812
	標準差		0.042	0.042	0.031	0.028
鍛燒牡蠣	面積		4.554	4.301	4.050	3.003
	標準差		0.037	0.057	0.074	0.042



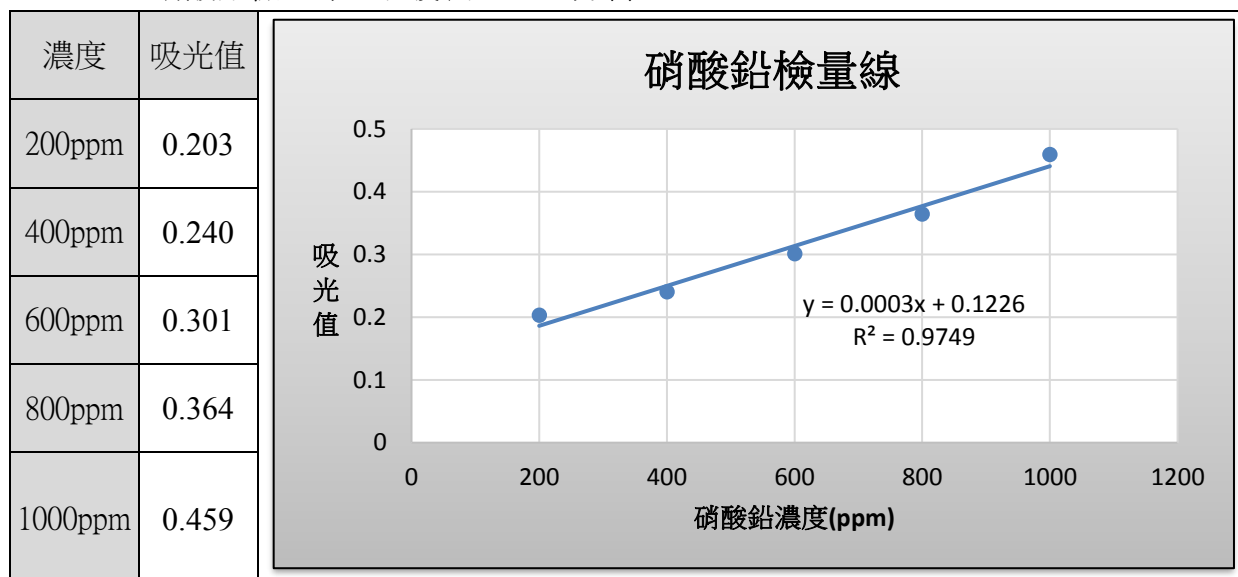
結果：1. 放置越多添加物，純水在再生紙上擴散面積越小。

2. 添加物的種類對擴散面積的影響不大，僅添加 20g 鍛燒牡蠣殼粉的再生紙，擴散面積明顯低於其他兩種添加物。

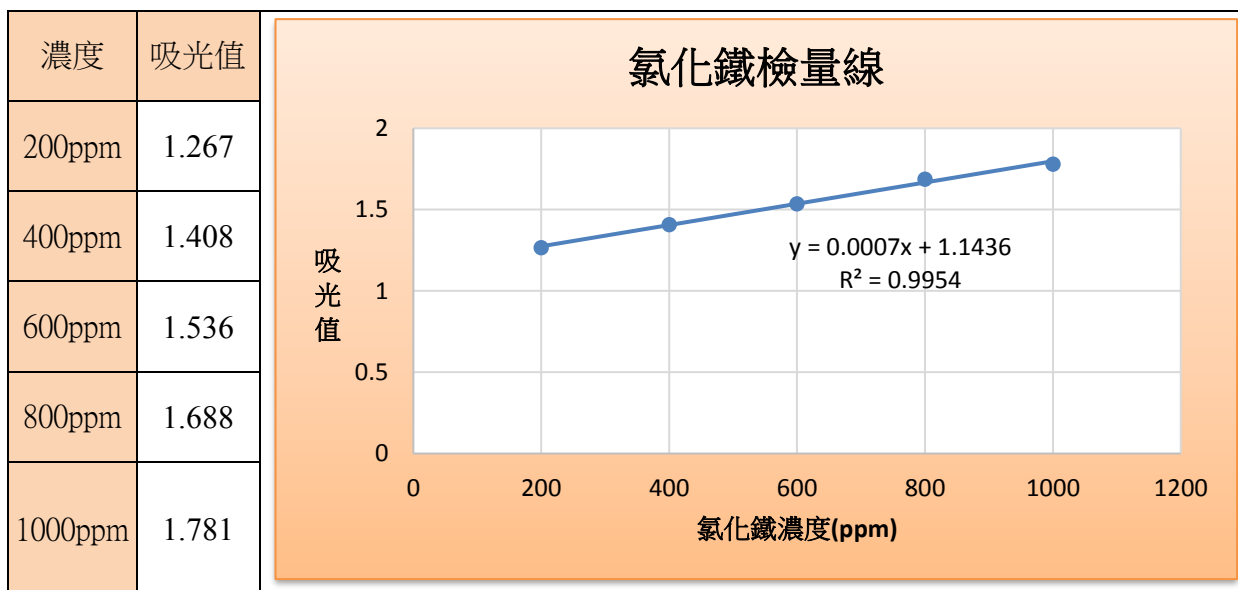
### 三、實驗三、四：探討鍛燒及未鍛燒牡蠣殼粉對重金屬的吸附效果

(一) 重金屬沒食子酸檢量線的製作：

1. 硝酸鉛檢量線：以波長 400nm 分析。



2. 氯化鐵檢量線：以波長 400nm 分析。



(二) 緩衝劑緩衝能力測試：因為油甘子溶液為酸性，碳酸鈣在酸性環境下會作用產生二氧化碳，所以加入 pH7.2 的 Tris-HCl 緩衝溶液將溶液 pH 值固定為中性或弱鹼環境中。實驗前先測試不同比例下緩衝溶液之能力：

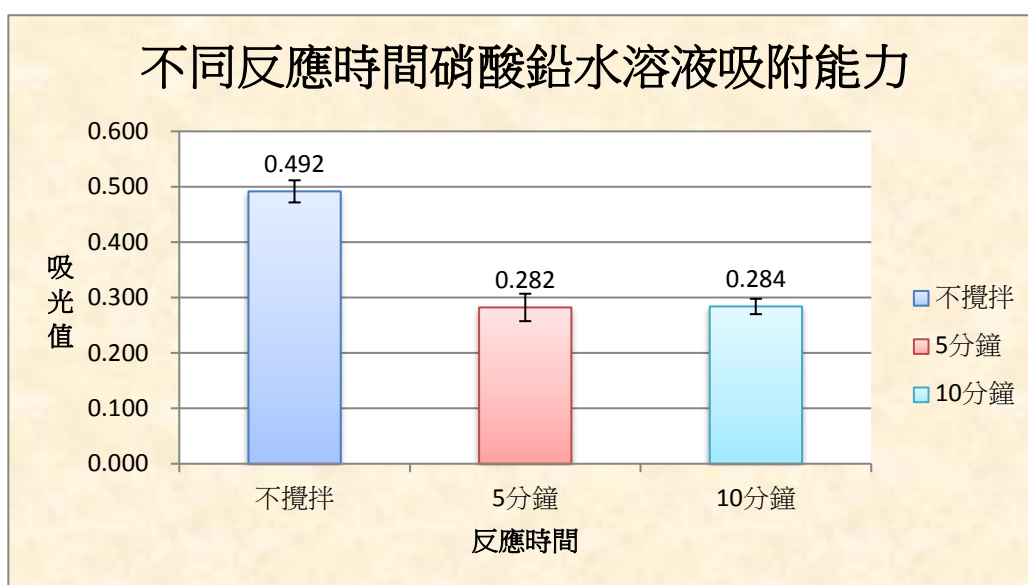
油甘子溶液	2ml	2ml	2ml	2ml	2ml
硝酸鉛+牡蠣殼粉溶液	10ml	8ml	6ml	4ml	2ml
緩衝液	0ml	2ml	4ml	6ml	8ml
pH 值	3.40	7.0	7.11	7.12	7.15



在油甘子：反應液：緩衝液=2：8：2 時就能得到很好的緩衝效果，因為顧慮不同反應物可能有差異，故最後測量時取油甘子：反應液：緩衝液=200  $\mu$ l：700  $\mu$ l：300  $\mu$ l。

(三) 反應時間測試：以1g牡蠣殼粉與10ml 1000ppm硝酸鉛溶液攪拌不同時間測試

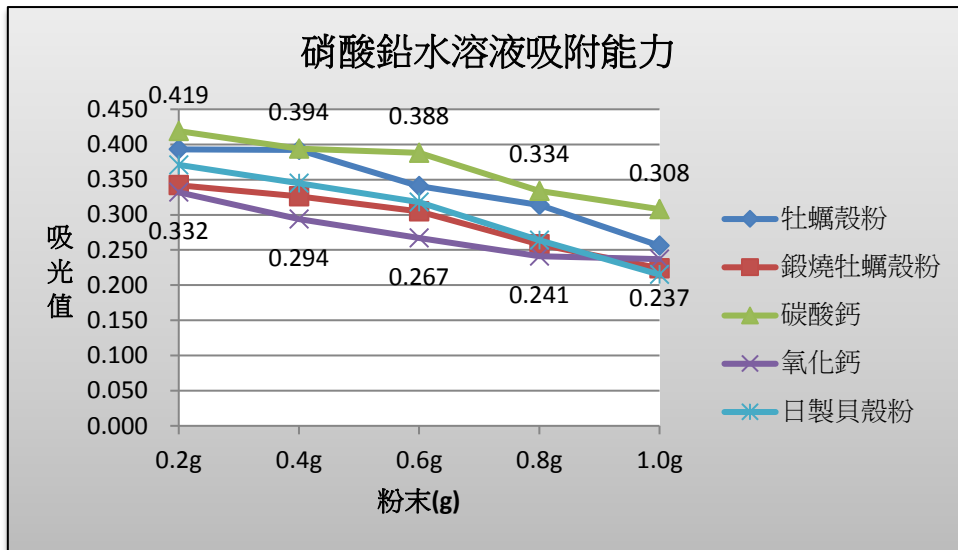
反應時間	吸光值	標準差
不攪拌	0.492	0.020
5 分鐘	0.282	0.025
10 分鐘	0.284	0.014



結果：磁石攪拌反應5分鐘後測定吸光度，明顯低於未攪拌對照組，但攪拌10分鐘後的組別與5分鐘組別相近，表示5分鐘已經足夠加入的粉末吸附重金屬，故之後實驗皆採用5分鐘攪拌反應。

(四) 對硝酸鉛的吸附：以波長400nm分析

粉重(g)	牡蠣殼粉	鍛燒牡蠣殼粉	碳酸鈣	氧化鈣	日製對照組
0.2g	0.393	0.342	0.419	0.332	0.371
0.4g	0.392	0.326	0.394	0.294	0.345
0.6g	0.341	0.305	0.388	0.267	0.318
0.8g	0.314	0.258	0.334	0.241	0.264
1.0g	0.256	0.224	0.308	0.237	0.215

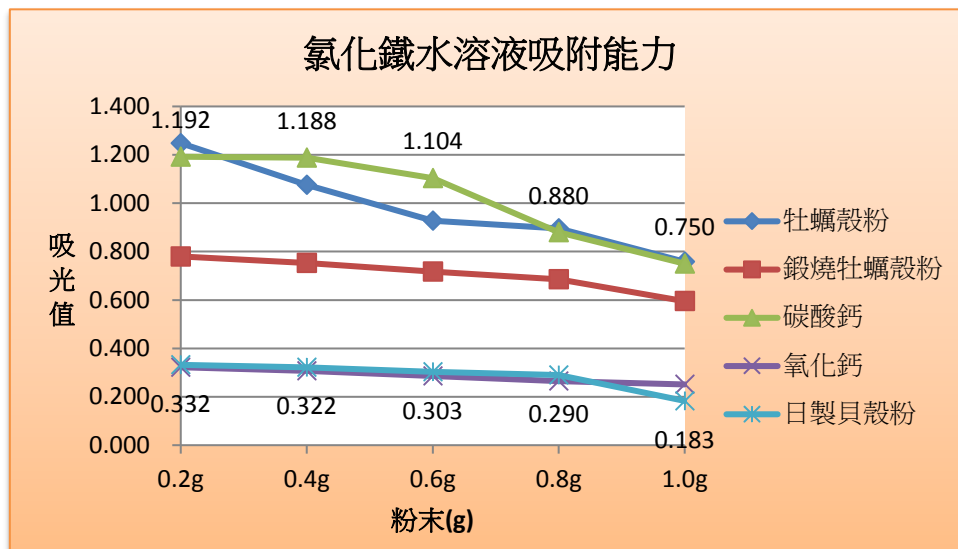


結果：1. 吸光值以氧化鈣有最佳的吸附能力，次為鍛燒牡蠣殼粉。

2. 鍛燒過牡蠣殼粉吸附效果優於未鍛燒的牡蠣殼粉。

(五) 對氯化鐵的吸附：以波長400nm分析

粉重(g)	牡蠣殼粉	鍛燒牡蠣殼粉	碳酸鈣	氧化鈣	日製對照組
0.2g	1.248	0.780	1.192	0.322	0.332
0.4g	1.076	0.753	1.188	0.307	0.322
0.6g	0.928	0.718	1.104	0.286	0.303
0.8g	0.896	0.685	0.880	0.265	0.290
1.0g	0.758	0.595	0.750	0.251	0.183



結果：1.未鍛燒牡蠣殼粉與碳酸鈣對照組對鐵離子吸附能力較差。

2.日製貝殼粉與氧化鈣吸附效果相當。

## 陸、討論

### 一、實驗準備：提取牡蠣殼中碳酸鈣及鍛燒牡蠣殼粉。

實驗萃取後以稀鹽酸檢驗牡蠣殼是否有碳酸鈣，因為牡蠣殼已經磨成細粉，產生氣體反應非常激烈，很快就收集完成，溶液溶解成氯化鈣為透明水溶液，無沉澱產生。另外又參考日本製貝殼粉的做法，再進一步進行鍛燒實驗，發現鍛燒越久，牡蠣殼粉溶於水中後，pH 值越高，表示所得氧化鈣純度越高，所以後續實驗都採用 180 分鐘鍛燒粉末。

### 二、實驗一：探討未鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果。

因為日製貝殼粉廣告宣稱的吸油除汙特性，所以我們試著把牡蠣殼粉加工製為再生紙，試驗它的特性。我們發現添加牡蠣殼粉吸油效果明顯優於添加碳酸鈣的對照組，另外測試牡蠣殼粉再生紙的熱傳導效果，發現添加牡蠣殼粉後，可以有效降低熱傳導效果，很值得在生活上如隔熱材料或是免洗餐具上應用。

而水分在牡蠣殼粉再生紙上的擴散面積小，顯示具有少許防水效果，而水分擴散速率是印刷用紙的重要指標，我們的研究也可以提供造紙業的參考。加工過程

中，我們在將牡蠣殼粉與廢紙混合製成的紙漿鋪於手抄網後，以我們自製厚度控制器刮除多餘紙漿，但是紙張完成後測量厚度，添加牡蠣殼粉、鍛燒牡蠣殼粉或碳酸鈣的紙張，仍然比對照組厚。我們推測是因為**無論是碳酸鈣或是牡蠣殼粉添加物顆粒皆大於紙漿本身顆粒**，紙漿中空的空隙較多，在紙張乾燥過程中，無論是添加物本身的膨脹或是空隙中氣體膨脹，**都會影響紙張厚度**，這種情況又以添加牡蠣殼粉的組別較明顯，這也應該是**添加牡蠣殼粉可以擁有較好的隔熱性質與吸油能力的原因**。

### 三、實驗二：探討鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果。

我們同樣試著把鍛燒牡蠣殼粉加工製為再生紙，試驗它的特性。與添加牡蠣殼粉的再生紙不一樣，少量添加鍛燒牡蠣殼粉的再生紙，吸油效果並沒有明顯增加，待鍛燒牡蠣殼粉添加至一定程度後，吸油效果明顯增加。水分擴散的試驗，結果與未鍛燒的牡蠣殼粉再生紙類似，但添加量達 20g 時，水分擴散明顯低於牡蠣殼粉與碳酸鈣組別。我們查閱資料和請教師長後，得知碳酸鈣表面較粗糙、表面積大，因此吸油值較高，很適合塑膠、造紙、塗料、化妝品、藥品的添加。另外生石灰(氧化鈣)的吸油值高於碳酸鈣，以我們的實驗前準備，證實牡蠣殼粉與鍛燒牡蠣殼粉成分為碳酸鈣與氧化鈣，以再生紙的試驗證明明確可以添加於造紙工業中。我們也測試鍛燒牡蠣殼粉再生紙的熱傳導效果，同樣可以有效降低熱傳導效果，但效果略不及未鍛燒牡蠣殼粉。

### 四、實驗三、四：探討鍛燒及未鍛燒牡蠣殼粉對重金屬的吸附效果

本次實驗我們嘗試使用**綠色試劑油甘子**，**利用萃取液中沒食子酸和鉛離子與鐵離子反應呈深藍色的原理進行實驗**。

具有豐富維他命 C 的油甘子主要分布在熱帶和亞熱帶地區，而台灣以南投、苗栗栽種最多。其被世界衛生組織納入值得推廣種植的保健植物，衛福部食藥署也公告列為可供食品使用原料，國內、外研究已證實具有抗炎、保肝、明目、抗衰老等保健效果(陳蔚承，2017)。

剛開始實驗時遇到很大的困難，因為加入牡蠣殼粉後分光光度計讀數很不穩定。蒐集資料後發現，鍛燒牡蠣與未鍛燒牡蠣主要成分為碳酸鈣或氧化鈣，在酸性環境下會作用產生二氧化碳，而油甘子溶液 pH 值僅 3.5，反應產生的二氧化碳造成的氣泡會影響光度計數值。所以我們在反應溶液中加入市售 pH7.2 Tris-HCl 緩衝液調整 pH 值，維持溶液為中性至弱鹼性。我們發現 pH7.2 Tris-HCl 的緩衝液效果很好，在 0.8 毫升反應溶液內添加 0.2 毫升緩衝液，即可讓 pH 值趨近於 7.0。但為確保不同反應酸鹼值都能維持固定，我們最後採用油甘子：反應液：緩衝液=200  $\mu$ l：



700  $\mu$ l：300  $\mu$ l 的比例進行實驗。在測量時仔細觀察，有時仍有少許氣泡出現，就以超音波震盪器排除管壁上氣泡。另外我們也預先做了測試，以不同時間進行測試，確定反應 5 分鐘已經足夠我們添加的粉末吸附溶液中的重金屬。結果可以發現鍛燒牡蠣殼粉和未鍛燒牡蠣殼粉都可以吸附大量鉛離子，鍛燒後效果比對照組日製貝殼粉好，鐵離子部分以鍛燒牡蠣殼粉效果優於未鍛燒牡蠣殼粉，但效果不及日製貝殼粉及氧化鈣。

另外我們發現在硝酸鉛的實驗中，牡蠣殼粉優於碳酸鈣，在氯化鐵中氧化鈣和鍛燒後的牡蠣殼粉效果也有些差異，顯示未鍛燒/鍛燒牡蠣殼中主要成分為碳酸鈣與氧化鈣，但仍有少許未知成分影響實驗結果，但是我們使用的是來自大海的天然牡蠣殼粉，也顯示對於吸附重金屬具有相當不錯的成效。



## 柒、結論

### 一、實驗一：探討未鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果

- (一) **厚度**：添加牡蠣殼粉的再生紙厚度高於添加碳酸鈣的對照組。
- (二) **吸油試驗**：添加牡蠣殼粉的組別吸油能力明顯高於添加碳酸鈣的對照組。
- (三) **導熱能力試驗**：添加牡蠣殼粉的組別導熱能力較差，具有良好的保溫能力。
- (四) **擴散**：牡蠣殼粉再生紙水分擴散面積低於未添加實驗粉末的對照組，但與碳酸鈣類似。

### 一、實驗二：探討鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果

- (一) **厚度**：添加鍛燒牡蠣殼粉的再生紙厚度增加不及未鍛燒牡蠣殼粉，與碳酸鈣的對照組類似。
- (二) **吸油試驗**：添加少量鍛燒牡蠣殼粉的組別吸油能力不佳，但添加量達到一定程度時明顯增加。
- (三) **導熱能力試驗**：添加鍛燒牡蠣殼粉的組別導熱能力較差，具有良好保溫能力，但不及未鍛燒組別。
- (四) **擴散**：鍛燒牡蠣殼粉再生紙水分擴散面積在添加 20g 的組別中，明顯低於其他組別，表示較不容易擴散。

### 三、實驗三、四：探討鍛燒及未鍛燒牡蠣殼粉對重金屬的吸附效果

(一)對硝酸鉛吸附能力：

氧化鈣>鍛燒過牡蠣殼粉>日製貝殼粉>未鍛燒過牡蠣殼粉>碳酸鈣。

(二)對氯化鐵吸附能力：

日製貝殼粉=氧化鈣>鍛燒過牡蠣殼粉>未鍛燒過牡蠣殼粉>碳酸鈣。

(三)對兩種重金屬的吸附：鍛燒過牡蠣殼粉效果優於未鍛燒牡蠣殼粉。

## 未來展望

海產廢棄物，取自大海，用之大海，其實不單是我們這次所應用的牡蠣殼…，還有魚鱗~可以提取膠原蛋白，而蝦蟹殼~可以提取幾丁質，這些海中的寶藏都對環境和人類的未來可能有所助益。

因此我們期待能開發出更多的海產廢棄物的多元用途，更希望我們的實驗能夠引起廣大的迴響，讓大家更關懷這片孕育無數生命的藍色大海，同時保護我們獨一無二的地球。

## 捌、參考資料

### 網路查詢：

黃培安·吳純衡(2010) 水產生技新「蠣」器 科學發展 2010/4 448 期 行政院農業委員會水產試驗所水產加工 查詢日期：108.7.15 資料來源：

<https://scitechvista.nat.gov.tw/goto/757e8628523ccd097c78c7218c21a60239c5f700236bf772a8dde87f4cb1a3b5.htm>

Rattanakit, P and Maungchang, R. 2019. Determining Iron(III) Concentration in a Green Chemistry Experiment Using Phyllanthus emblica (Indian Gooseberry) Extract and Spectrophotometry. *J. Chem. Educ.* 96(4)756-760.

張育唐 (2011)緩衝溶液，科學 Online. <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=40751>

柳萬霞、張名惠、陳瑞燕、徐恆文(2017)輕質碳酸鈣製造、應用與現況，礦冶季刊 61(3): 103-112。

陳蔚承 (2017) 阿嬤級的超級水果--油甘子，康健網站

<https://www.commonhealth.com.tw/article/article.action?nid=75841>

范芳華 (2013) 紙張性能差異對平版印刷. 生產適性的影響(上). 印刷科技 29(3):63-93

范芳華 (2013) 紙張性能差異對平版印刷. 生產適性的影響(下). 印刷科技 29(4):1-29

### 參考科展：

詹庭綸 (2013) 你丟我撿，物盡其用 第 53 屆全國中小學科展作品 化學組

### 參考論文：

梁振瑞 (2004) 輕質碳酸鈣應用於造紙填料之研究，國立屏東科技大學 碩士論文

## 【評語】 082904

本作品探討牡蠣殼作為環保材料之可行性，整體作品完整有趣，包括：製成吸油再生紙、鉛離子與鐵離子等重金屬離子的吸附材料等。此外，也探討 600 度加熱處理與未經加熱處理牡蠣殼的差異。實驗設計合理完整，輔以對照組實驗結果，結論更為明確。關於鐵與鉛的濃度均以 400 nm 波長分析，建議日後實驗可討論其他波長以利區分，可適用於鉛鐵共同存在的溶液分析。



# 摘要

本實驗將台灣的海產廢棄物「牡蠣殼」磨成粉末後，進行鍛燒前後之比較，研究其是否可作為環保材料之可行性，實驗結果如下：

1. 將牡蠣殼粉製成吸油再生紙：我們自製工具控制厚度，做出厚薄一致的再生紙，並測試其吸油量、擴散與導熱程度，研究顯示其具有極佳效果。
2. 重金屬吸附：我們嘗試以自製油甘子萃取液的沒食子酸作為綠色試劑，並發現其可有效檢驗出鉛離子與鐵離子，而牡蠣殼粉可成功吸附重金屬。

我們希望能夠從創新出發，用愛心做環保，讓廢物變黃金，永續我們的美麗家園。

## 壹、研究動機

同學媽媽煮了好吃的牡蠣大餐，讓我們大快朵頤，餐後在整理廚房時，我們看到許多的牡蠣殼堆在角落，只能當作廢棄物丟掉，真的很可惜；而媽媽網購的日本貝殼粉，據說有清除農藥、殺菌、去汙的效果；我們進一步了解這些廢棄的牡蠣，有的被拿去做成建材、土壤改良材料，有的拿去當飼料。所以我們想到說不定這些被當作垃圾的牡蠣殼，也能發揮如同貝殼粉宣稱的神奇功效，甚至還可以來作其他的環保用途呢!!!

## 貳、研究目的

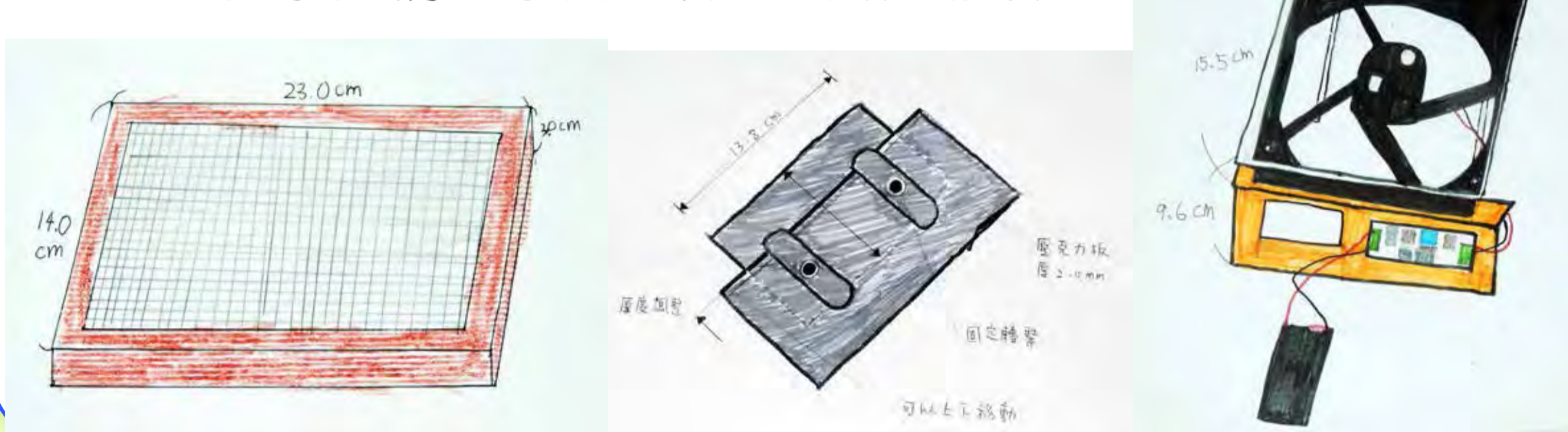
我們採用海產廢棄物中每年高達16萬公噸的「牡蠣殼」作為改善環境汙染的材料，並進行以下實驗。

本實驗研究目的：

- 實驗一：探討未鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果
- 實驗二：探討鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果
- 實驗三：探討未鍛燒牡蠣殼粉對重金屬的吸附效果
- 實驗四：探討鍛燒牡蠣殼粉對重金屬的吸附效果

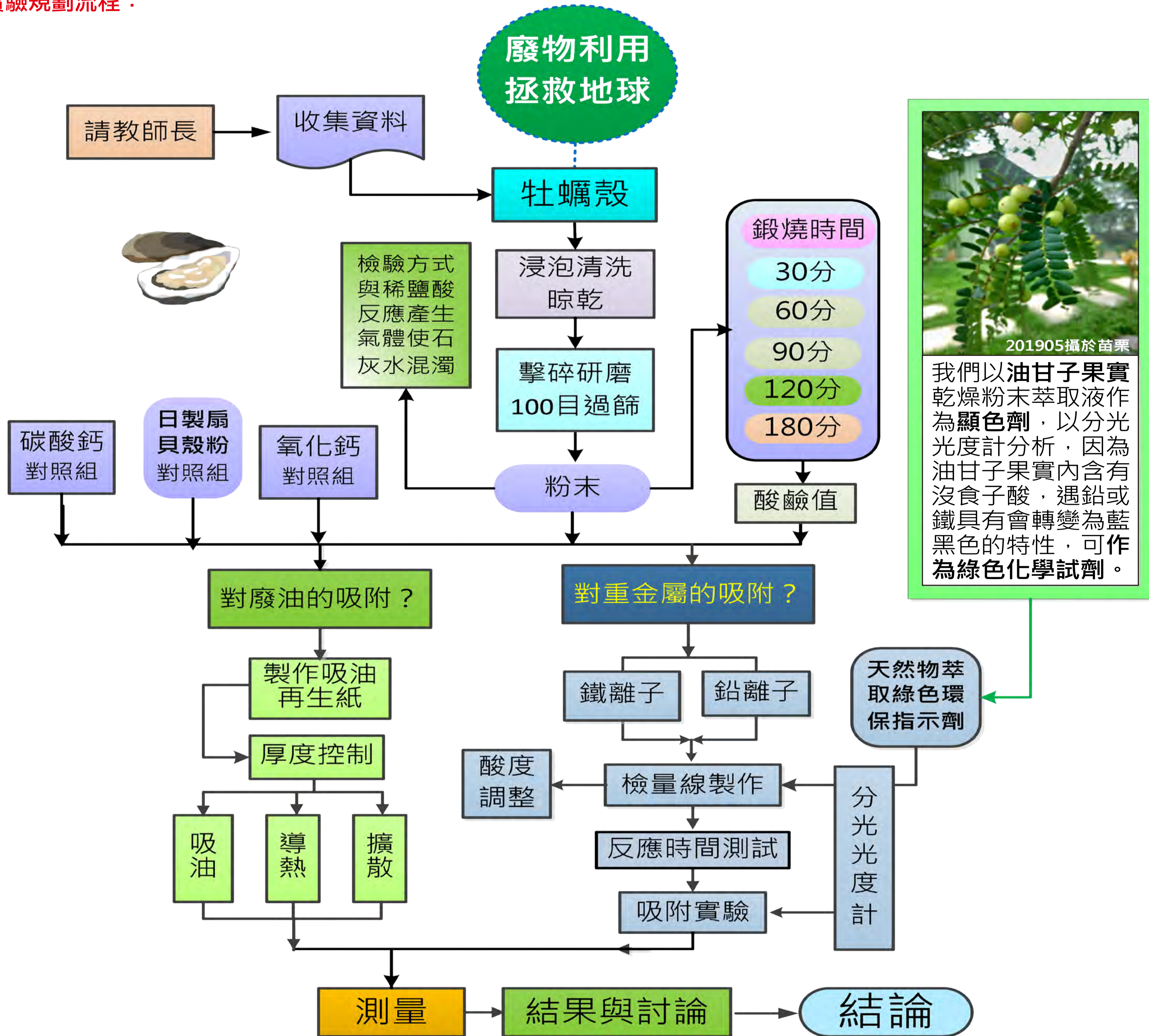
## 參、研究設備及器材

三、自製手抄網、厚度控制器與磁石攪拌器



## 肆、研究過程及方法

### 一、實驗規劃流程：

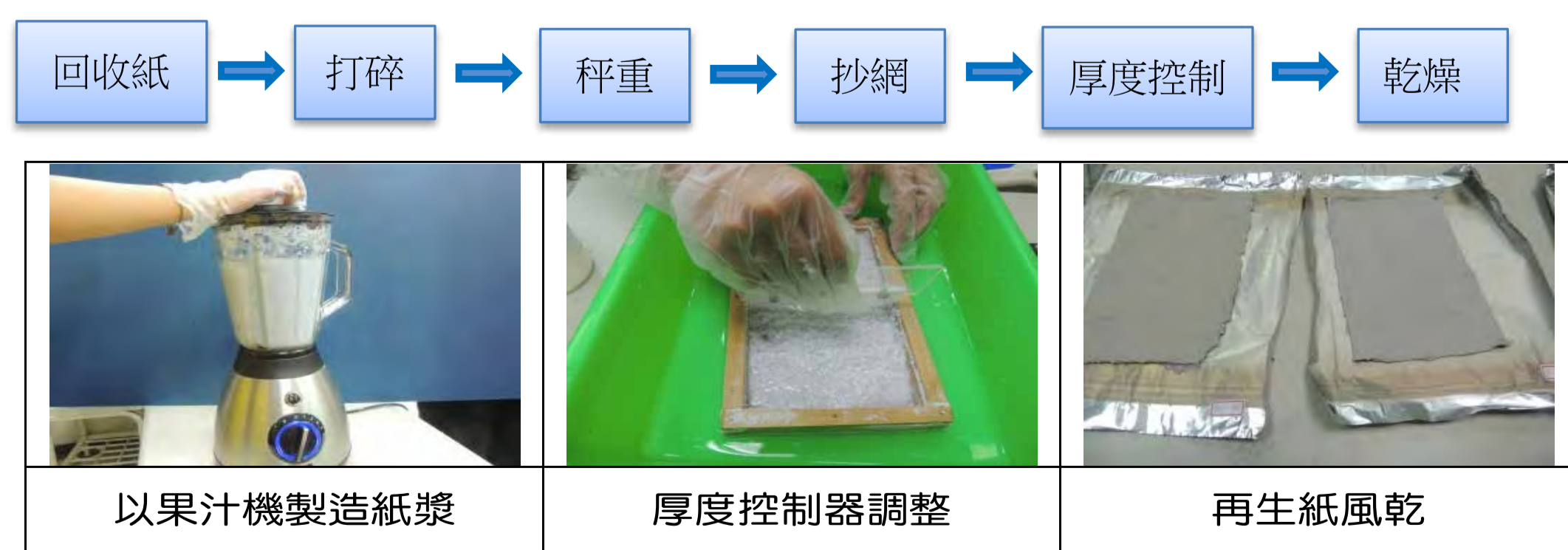


四、實驗一：探討未鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果

五、實驗二：探討鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果

我們在師長的陪同下使用瓦斯爐，在600°C以上鍛燒180分鐘的牡蠣殼粉，讓碳酸鈣中釋出二氧化碳成為氧化鈣，並重複實驗一步驟製造鍛燒牡蠣殼粉再生紙。

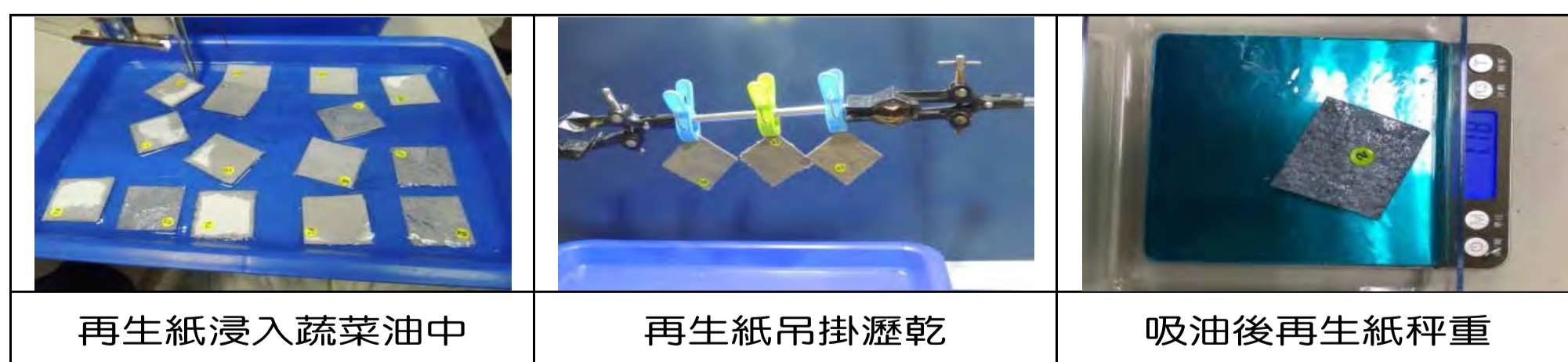
(一)再生紙的製備：



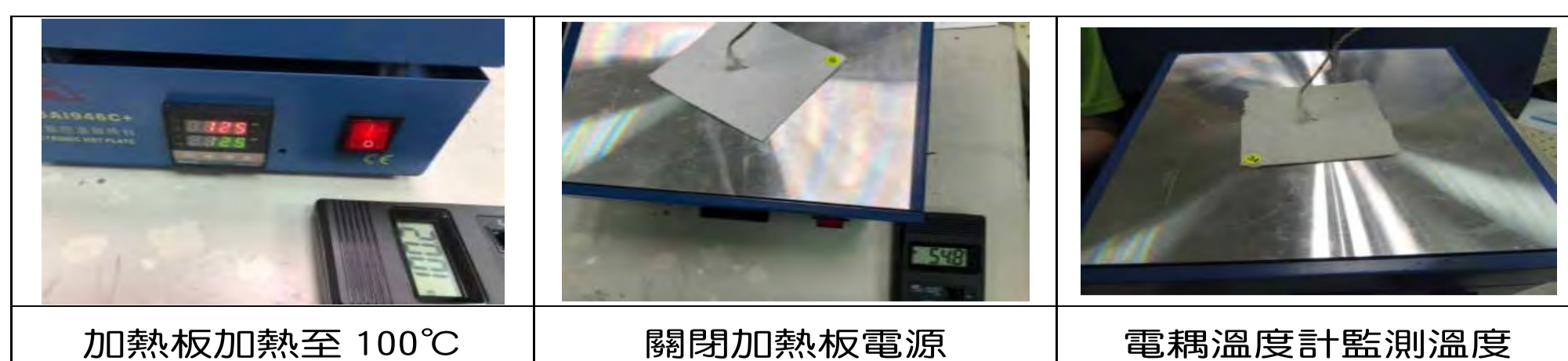
(二)再生紙厚度測定



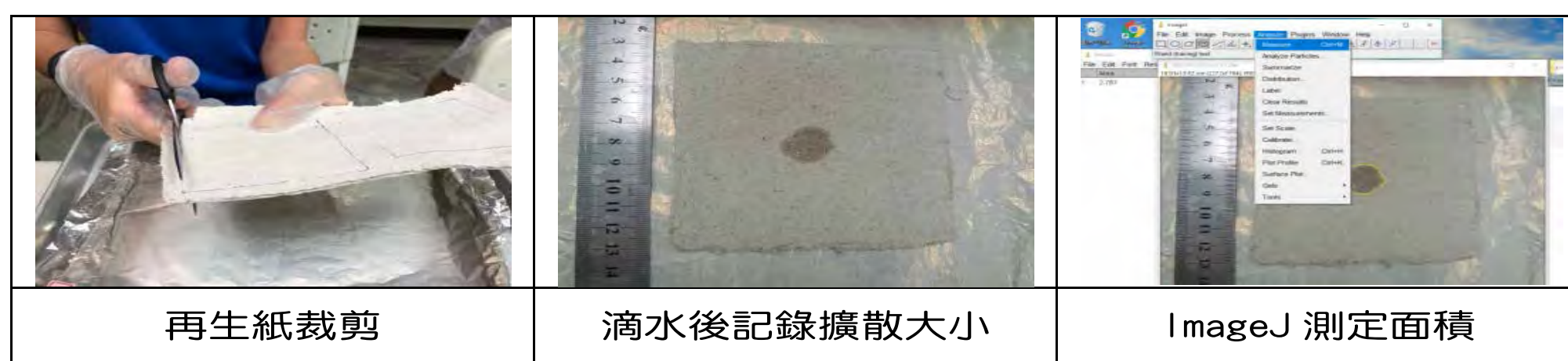
(三)再生紙吸油試驗



(四)再生紙導熱能力試驗



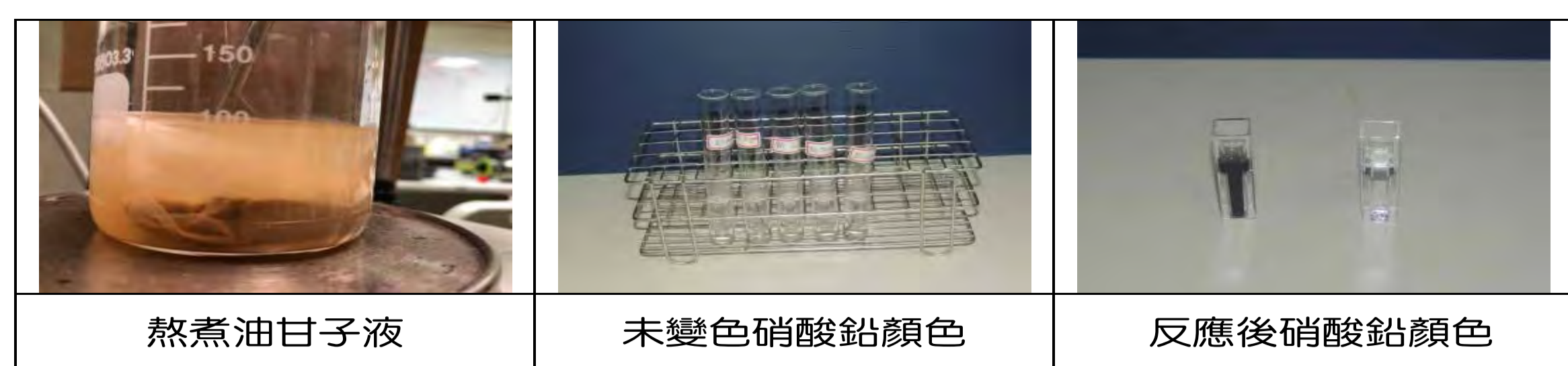
(五)再生紙水分擴散試驗





## 六、實驗三：探討未鍛燒牡蠣殼粉對重金屬的吸附效果

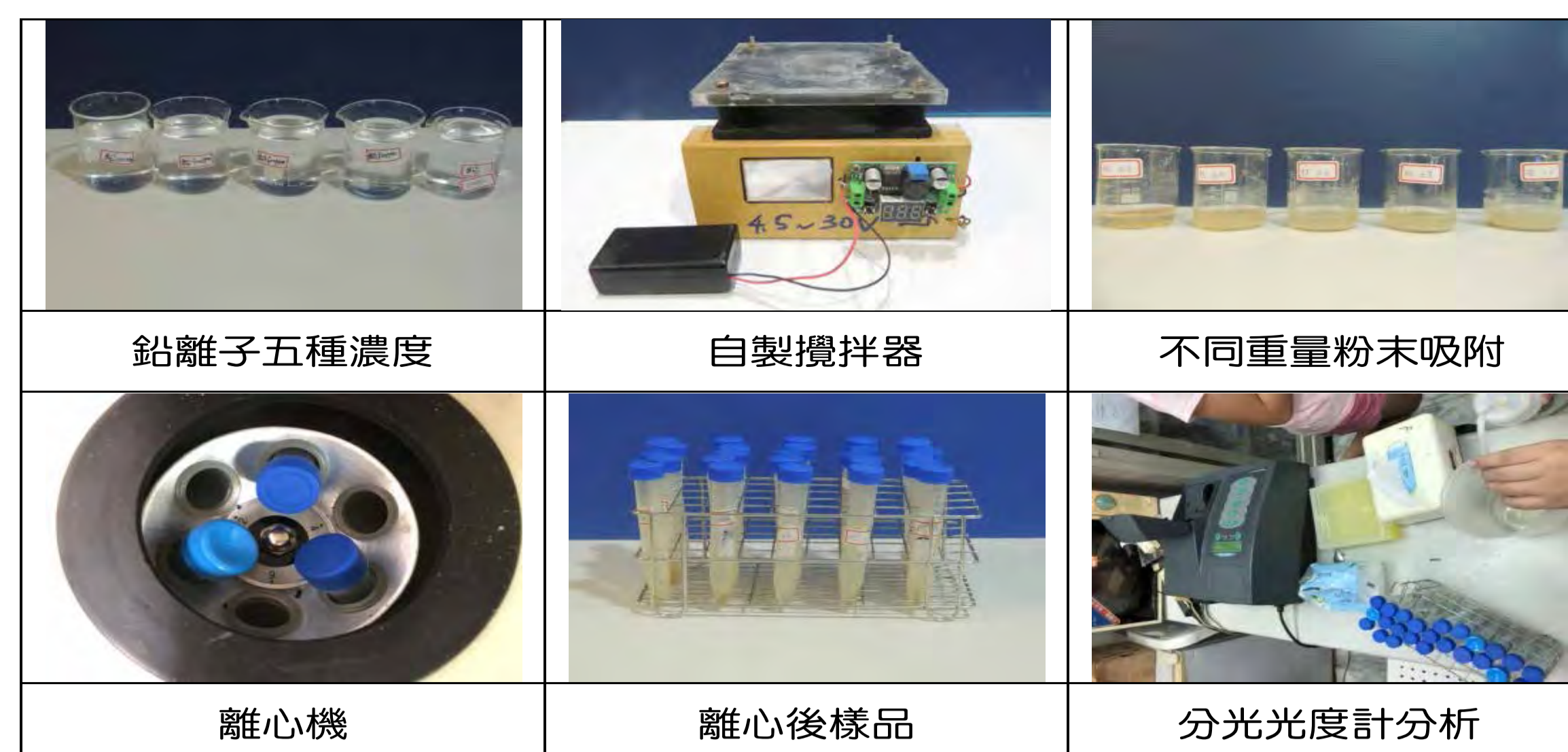
### (一)重金屬檢量線的製作：



## 七、實驗四：探討鍛燒牡蠣殼粉對重金屬的吸附效果

重複實驗三步驟，改以600°C以上鍛燒的牡蠣殼粉(1.0公克、0.8公克、0.6公克、0.4公克、0.2公克)進行重金屬吸附的實驗，並再以氧化鈣以及日製貝殼粉作為對照組。

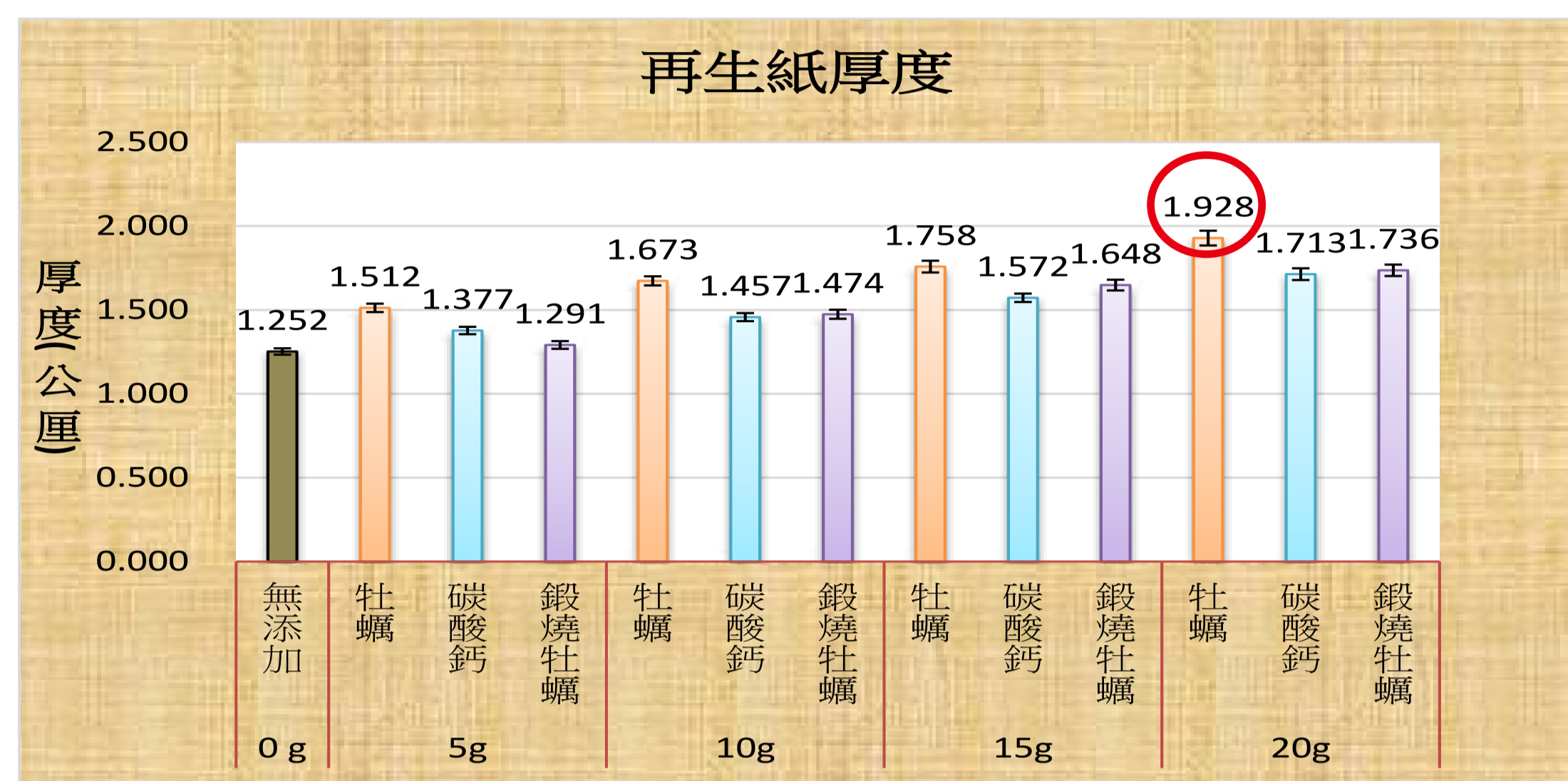
## (二)重金屬的吸附



# 伍、研究結果

## 一、實驗一、二：探討鍛燒與未鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果

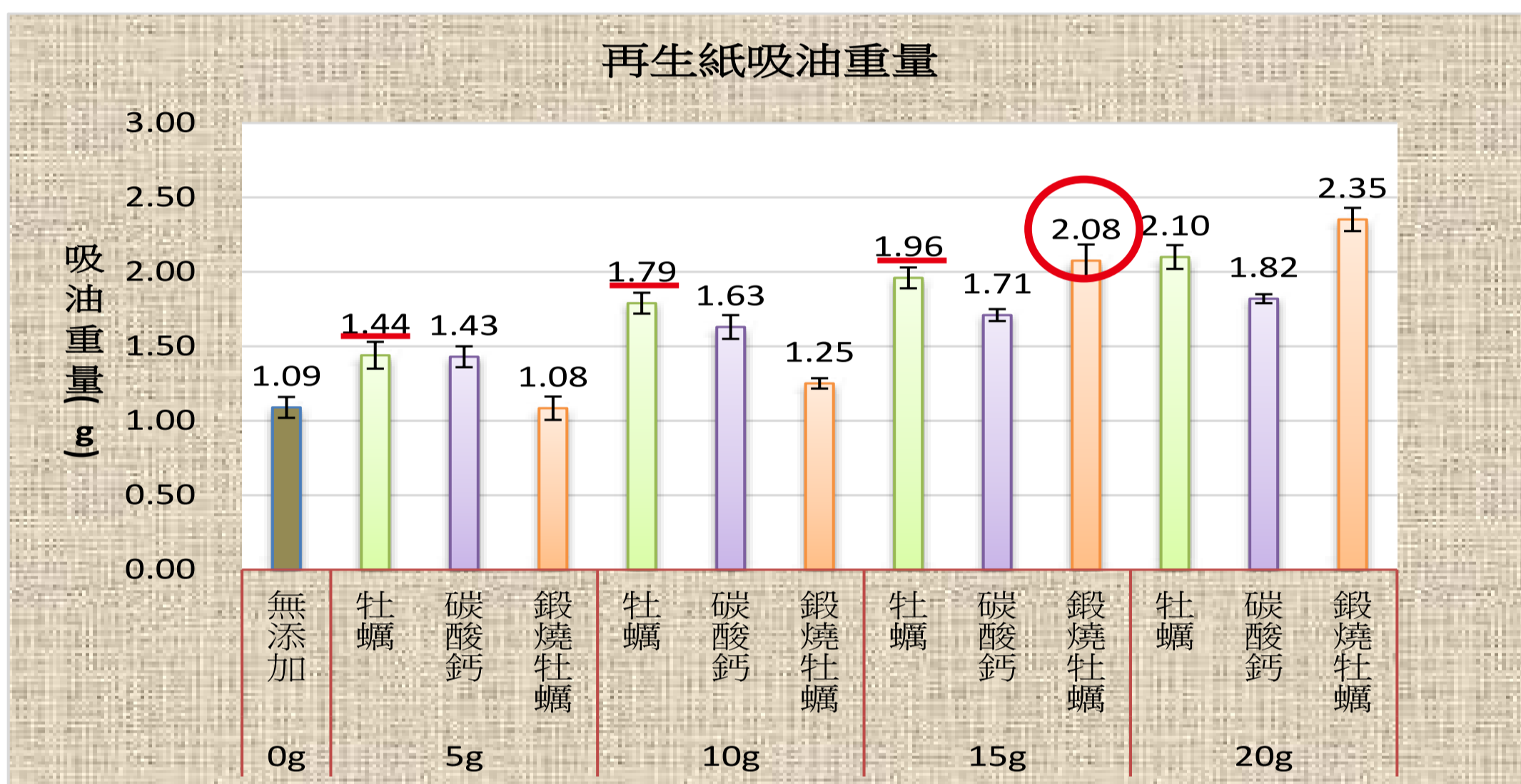
### (一)再生紙厚度測量 (單位：mm)



結果：測量紙張厚度，發現添加的粉末量會影響紙張厚度，並且以添加牡蠣殼粉的再生紙厚度增加最為明顯，添加鍛燒牡蠣殼粉及碳酸鈣之組別厚度增加較少。

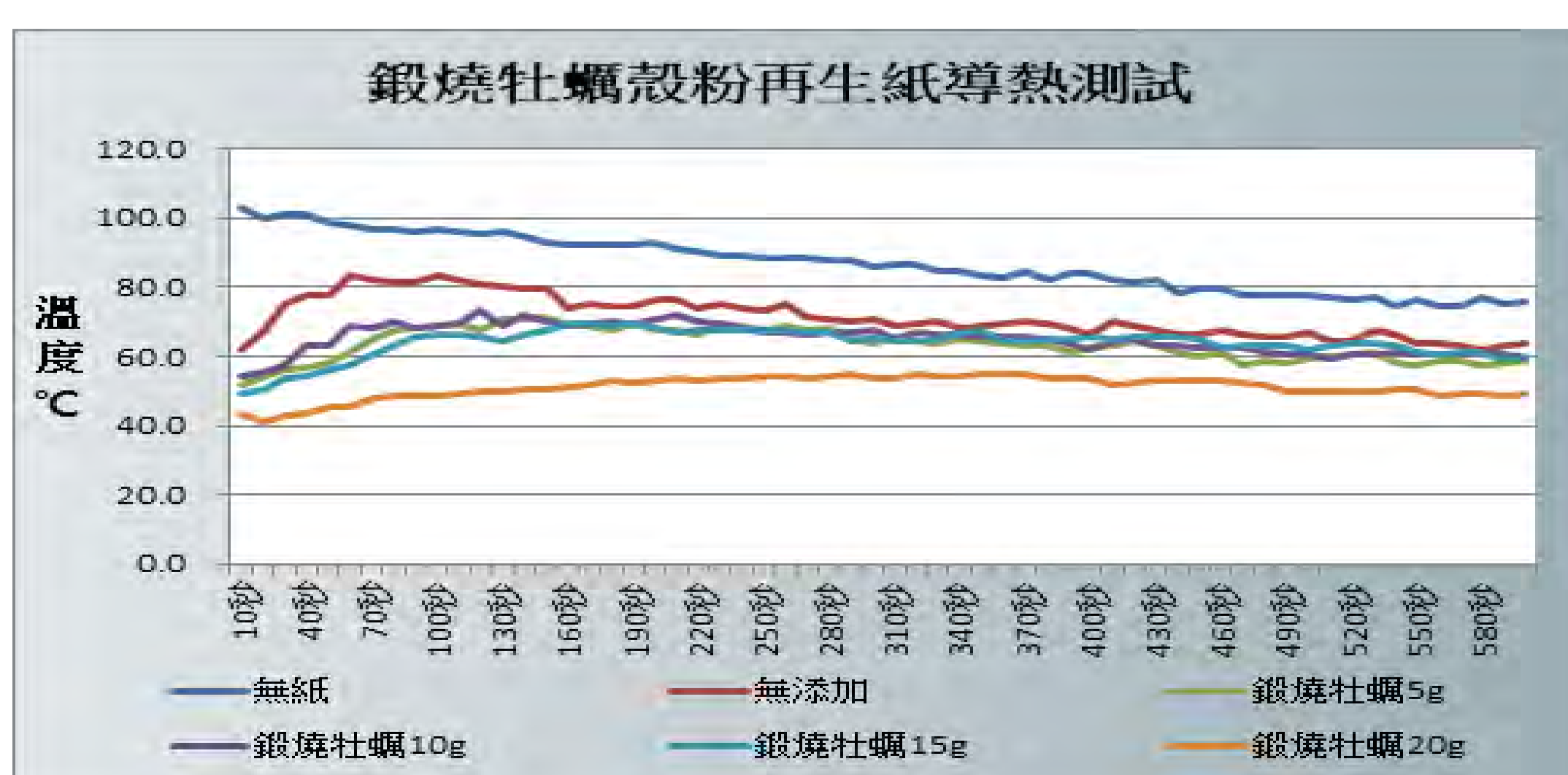
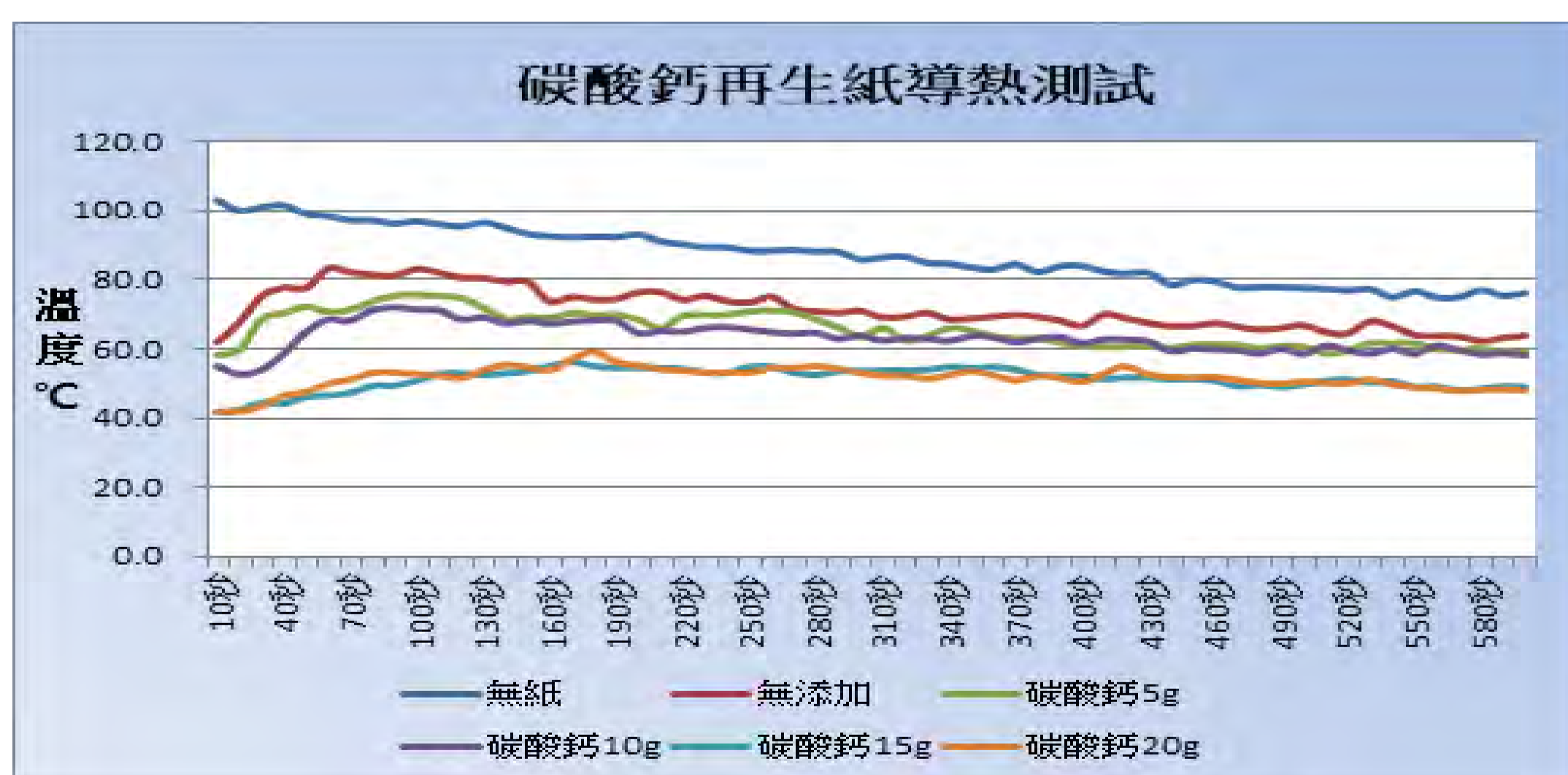
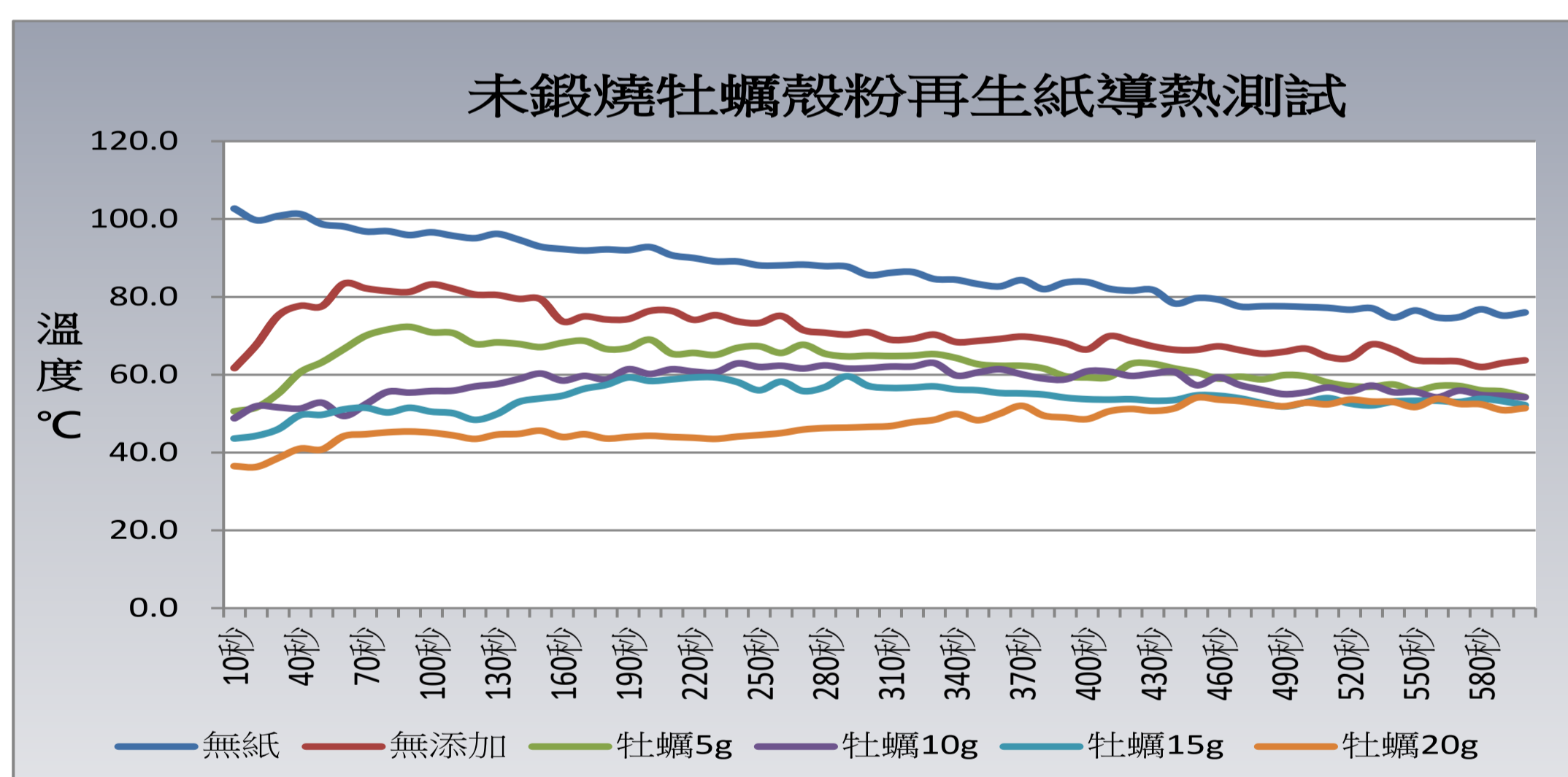
### (二)再生紙吸油試驗 (單位：g)

吸油後再生紙重量減去吸油前再生紙重量，可得實際吸油數字。



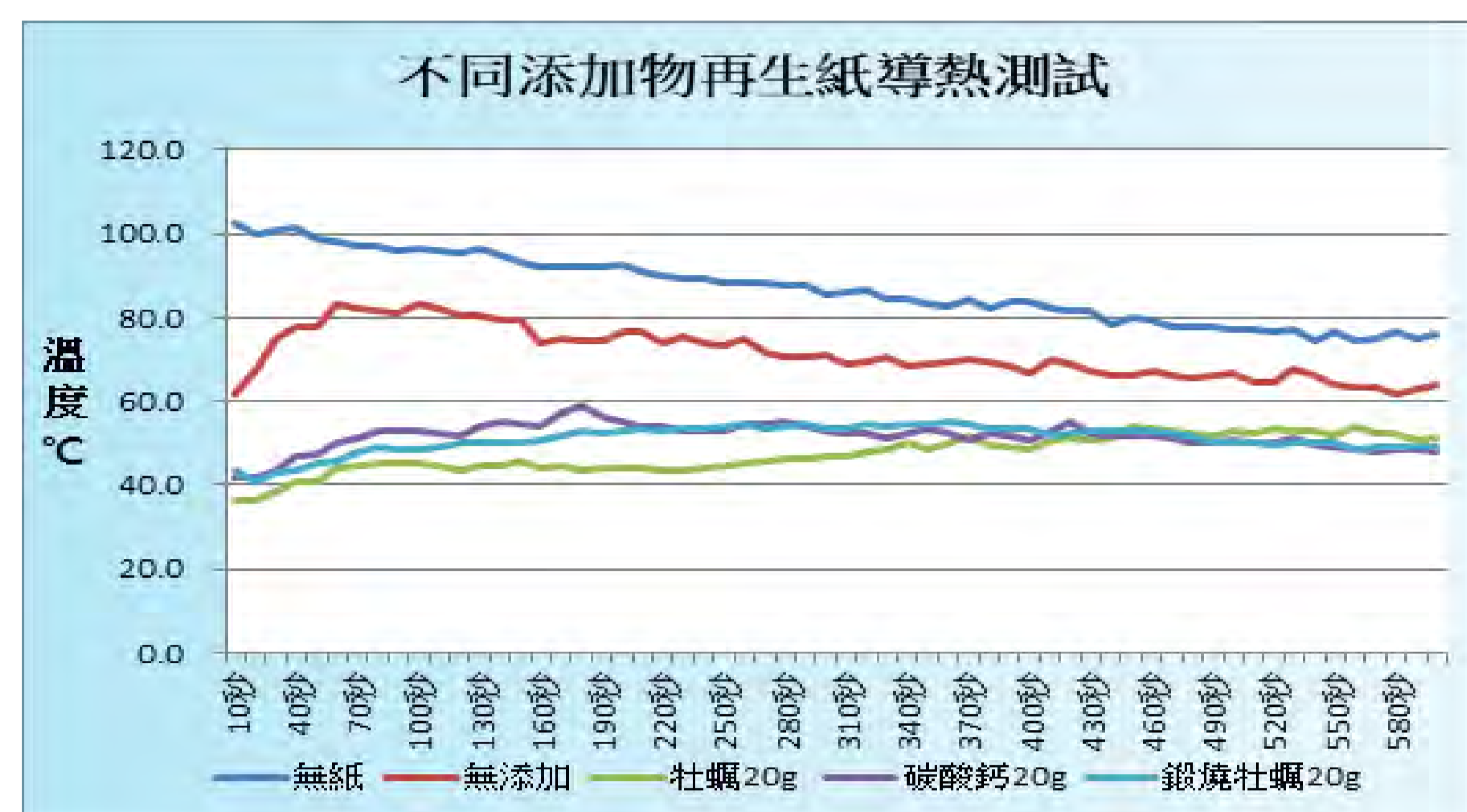
結果：  
1. 再生紙吸油量與製造再生紙時添加的牡蠣殼粉成正比，添加越多吸油越多。  
2. 添加少量鍛燒牡蠣殼粉的組別吸油能力不佳，但添加量達到一定程度時吸油量明顯增加。  
3. 添加碳酸鈣的對照組吸油量維持穩定，隨添加量增加的幅度較小。

### (三)再生紙導熱能力試驗：測定再生紙在100度加熱板上表面溫度變化。



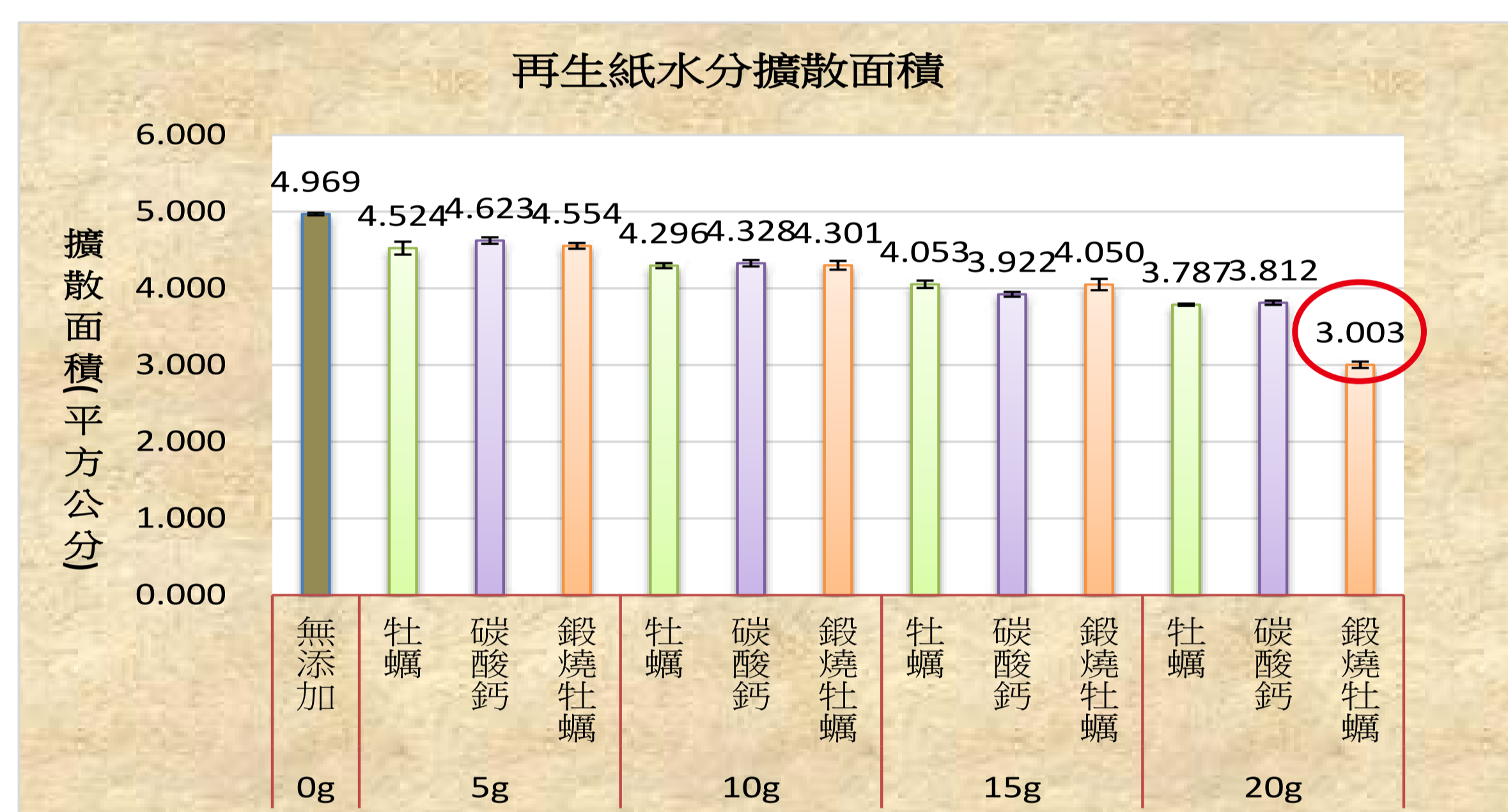
結果：  
1. 紙張放在100度加熱板上，溫度呈現上升現象，可以發現添加粉末越少紙張升溫速度越快，表示添加粉末會降低紙張熱傳導速度。  
2. 關閉了熱源，加熱板上的紙張表面溫度開始下降，添加粉末組別下降坡度較為緩和，表示添加粉末後可以防止熱量快速散失。

※為了了解三種不同添加物效果，我們比較無紙、無添加物，以及20g三種添加物再生紙加熱板導熱狀況。



結果：比較三種添加物保溫能力，牡蠣殼粉組別溫度上升與下降低於其他組別，擁有較好的保溫能力，鍛燒牡蠣殼粉與對照組添加碳酸鈣組別較類似，但三者之保溫能力都明顯優於未添加組別。

### (四)再生紙擴散能力試驗：以ImageJ測量計算200 μl純水在再生紙上擴散的大小。



結果：  
1. 放置越多添加物，純水在再生紙上擴散面積越小。  
2. 添加物的種類對擴散面積的影響不大，僅添加20g鍛燒牡蠣殼粉的再生紙，擴散面積明顯低於其他兩種添加物。

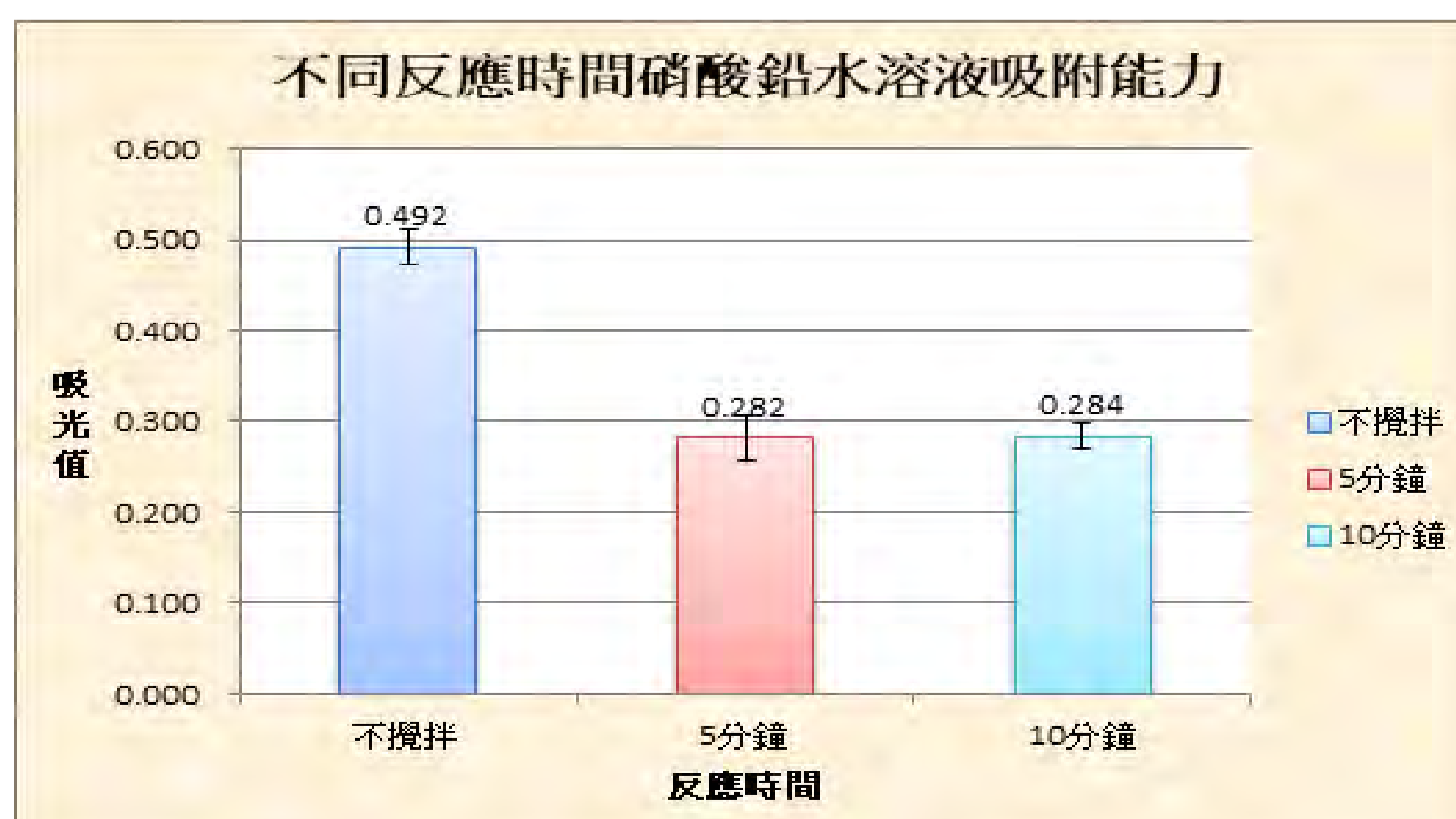
## 二、實驗三、四：探討鍛燒及未鍛燒牡蠣殼粉對重金屬的吸附效果

(一)緩衝劑緩衝能力測試：因為油甘子溶液為酸性，碳酸鈣在酸性環境下會作用產生二氧化碳，所以加入pH7.2的Tris-HCl緩衝溶液將溶液pH值固定為中性或弱鹼環境中。實驗前先測試不同比例下緩衝溶液之能力：

緩衝溶液對油甘子溶液酸鹼值的影響					
油甘子溶液	2ml	2ml	2ml	2ml	2ml
硝酸鉛+牡蠣殼粉溶液	10ml	8ml	6ml	4ml	2ml
緩衝液	0ml	2ml	4ml	6ml	8ml
pH 值	3.40	7.0	7.11	7.12	7.15

在油甘子：反應液：緩衝液=2：8：2 時就能得到很好的緩衝效果，因為顧慮不同反應物可能有差異，故最後測量時取油甘子：反應液：緩衝液=200 μl：700 μl：300 μl。

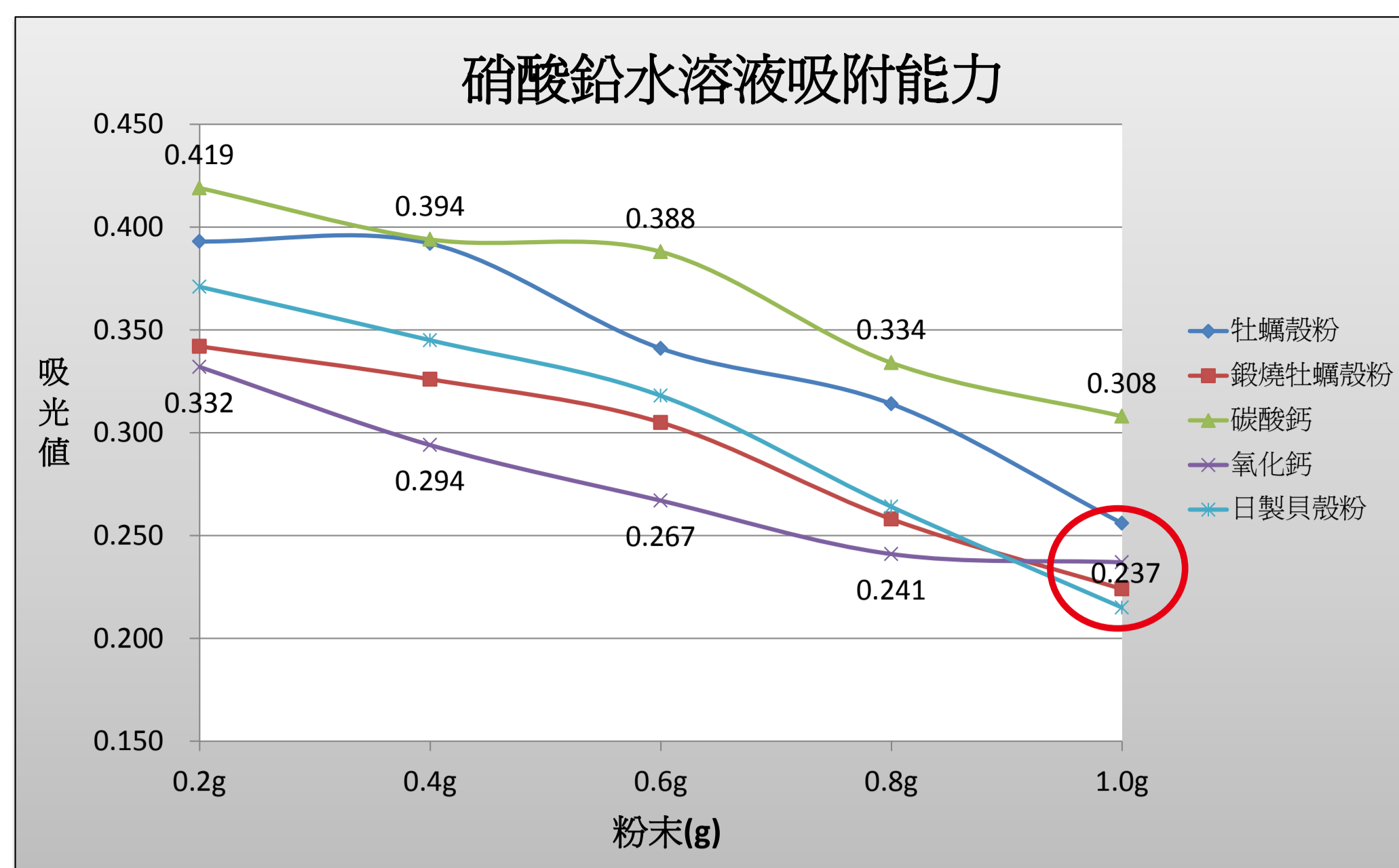
(二)反應時間測試：以1g牡蠣殼粉與10ml 1000ppm硝酸鉛溶液攪拌不同時間測試



結果：磁石攪拌反應5分鐘後測定吸光度，明顯低於未攪拌對照組，但攪拌10分鐘後的組別與5分鐘組別相近，表示5分鐘已經足夠加入的粉末吸附重金屬，故之後實驗皆採用5分鐘攪拌反應。

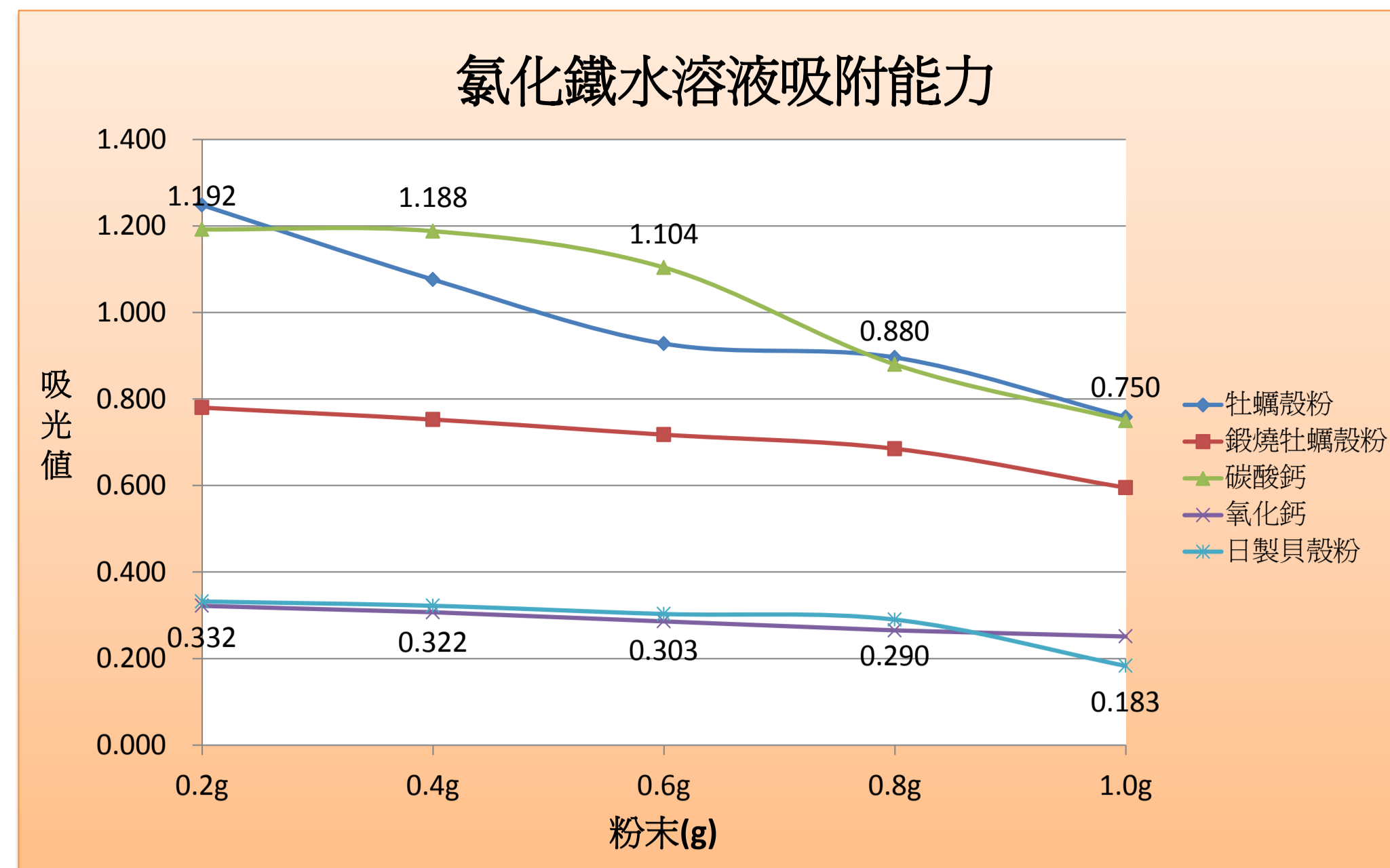


### (三) 對硝酸鉛的吸附：以波長400nm分析



- 結果：1. 吸光值以氧化鈣有最佳的吸附能力，次為鍛燒牡蠣殼粉。  
2. 鍛燒過牡蠣殼粉吸附效果優於未鍛燒的牡蠣殼粉。

### (四) 對氯化鐵的吸附：以波長400nm分析



- 結果：1. 未鍛燒牡蠣殼粉與碳酸鈣對照組對鐵離子吸附能力較差。  
2. 日製貝殼粉與氧化鈣吸附效果相當。

## 陸、討論

### 一、實驗一：探討未鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果

我們發現添加牡蠣殼粉吸油效果明顯優於添加碳酸鈣的對照組，另外測試牡蠣殼粉再生紙的熱傳導效果，發現添加牡蠣殼粉後，可以有效降低熱傳導效果，很值得在生活上如隔熱材料或是免洗餐具上應用。

而水分在牡蠣殼粉再生紙上的擴散面積小，顯示具有少許防水效果，而水分擴散速率是印刷用紙的重要指標，我們的研究也可以提供造紙業的參考。加工過程中，我們在將牡蠣殼粉與廢紙混合製成的紙漿鋪於手抄網後，以自製厚度控制器整平紙漿，但是紙張完成後測量厚度，添加牡蠣殼粉、鍛燒牡蠣殼粉或碳酸鈣的紙張，仍然比對照組厚。無論是添加物本身的膨脹或是空隙中氣體膨脹，都會影響紙張厚度，這種情況又以添加牡蠣殼粉的組別較明顯，這也應該是添加牡蠣殼粉可以擁有較好的隔熱性質與吸油能力的原因。

### 二、實驗二：探討鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果

我們同樣試著把鍛燒牡蠣殼粉加工製為再生紙，試驗它的特性。與添加牡蠣殼粉的再生紙不一樣，少量添加鍛燒牡蠣殼粉的再生紙，吸油效果並沒有明顯增加，待鍛燒牡蠣殼粉添加至一定程度後，吸油效果明顯增加。水分擴散的試驗，結果與未鍛燒的牡蠣殼粉再生紙類似，但添加量達20g時，水分擴散明顯低於牡蠣殼粉與碳酸鈣組別。我們查閱資料和請教師長後，得知碳酸鈣表面較粗糙、面積大，因此吸油值較高，很適合塑膠、造紙、塗料、化妝品、藥品的添加。另外生石灰(氧化鈣)的吸油值高於碳酸鈣，以我們的實驗前準備，證實牡蠣殼粉與鍛燒牡蠣殼粉成分為碳酸鈣與氧化鈣，以再生紙的試驗證明的確可以添加於造紙工業中。

### 三、實驗三、四：探討鍛燒及未鍛燒牡蠣殼粉對重金屬的吸附效果

本次實驗我們嘗試使用綠色試劑油甘子，利用萃取液中沒食子酸和鉛離子與鐵離子反應呈深藍色的原理進行實驗。剛開始實驗時遇到很大的困難，因為加入牡蠣殼粉後分光光度計讀數很不穩定。蒐集資料後發現，鍛燒牡蠣與未鍛燒牡蠣主要成分為碳酸鈣或氧化鈣，在酸性環境下會作用產生二氧化碳，而油甘子溶液pH值僅3.5，反應產生的二氧化碳造成的氣泡會影響光度計數值。所以我們在反應溶液中加入緩衝液調整pH值，維持溶液為中性至弱鹼性。在0.8毫升反應溶液內添加0.2毫升緩衝液，即可讓pH值趨近於7.0。

我們也預先做了測試，以不同時間進行測試，確定反應5分鐘已經足夠我們添加的粉末吸附溶液中的重金屬。結果可以發現鍛燒牡蠣殼粉和未鍛燒牡蠣殼粉都可以吸附大量鉛離子，鍛燒後效果比對照組日製貝殼粉好，鐵離子部分以鍛燒牡蠣殼粉效果優於未鍛燒牡蠣殼粉，但效果不及日製貝殼粉及氧化鈣。

另外我們發現在硝酸鉛的實驗中，牡蠣殼粉優於碳酸鈣，在氯化鐵中氧化鈣和鍛燒後的牡蠣殼粉效果也有些差異，顯示未鍛燒/鍛燒牡蠣殼中主要成分為碳酸鈣與氧化鈣，但仍有少許未知成分影響實驗結果，但是我們使用的是來自大海的天然牡蠣殼粉，也顯示對於吸附重金屬具有相當不錯的成效。

## 柒、結論

### 一、實驗一：探討未鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果

- (一) 厚度：添加牡蠣殼粉的再生紙厚度高於添加碳酸鈣的對照組。
- (二) 吸油試驗：添加牡蠣殼粉的組別吸油能力明顯高於添加碳酸鈣的對照組。
- (三) 導熱能力試驗：添加牡蠣殼粉的組別導熱能力較差，具有良好的保溫能力。
- (四) 擴散：牡蠣殼粉再生紙水分擴散面積低於未添加實驗粉末的對照組，但與碳酸鈣類似。

### 二、實驗二：探討鍛燒牡蠣殼粉再生紙吸油、擴散、導熱的效果

- (一) 厚度：添加鍛燒牡蠣殼粉的再生紙厚度增加不及未鍛燒牡蠣殼粉，與碳酸鈣的對照組類似。
- (二) 吸油試驗：添加少量鍛燒牡蠣殼粉的組別吸油能力不佳，但添加量達到一定程度時明顯增加。
- (三) 導熱能力試驗：添加鍛燒牡蠣殼粉的組別導熱能力較差，具有良好保溫能力，但不及未鍛燒組別。
- (四) 擴散：鍛燒牡蠣殼粉再生紙水分擴散面積在添加20g的組別中，明顯低於其他組別，表示較不容易擴散。

### 三、實驗三、四：探討鍛燒及未鍛燒牡蠣殼粉對重金屬的吸附效果

- (一) 對硝酸鉛吸附能力：氧化鈣>鍛燒過牡蠣殼粉>日製貝殼粉>未鍛燒過牡蠣殼粉>碳酸鈣。
- (二) 對氯化鐵吸附能力：日製貝殼粉=氧化鈣>鍛燒過牡蠣殼粉>未鍛燒過牡蠣殼粉>碳酸鈣。
- (三) 對兩種重金屬的吸附：鍛燒過牡蠣殼粉效果優於未鍛燒牡蠣殼粉。

## 未來展望

海產廢棄物，取自大海，用之大海，其實不單是我們這次所應用的牡蠣殼...，還有魚鱗~可以提取膠原蛋白，而蝦蟹殼~可以提取幾丁質，這些海中的寶藏都對環境和人類的未來可能有所助益。

因此我們期待能開發出更多的海產廢棄物的多元用途，更希望我們的實驗能夠引起廣大的迴響，讓大家更關懷這片孕育無數生命的藍色大海，同時保護我們獨一無二的地球。

## 捌、參考資料 (略，請參考科展說明書)

- 黃培安·吳純衡(2010) 水產生技新「蠣」器 科學發展2010/4 448期 行政院農業委員會水產試驗所水產加工 查詢日期：108.7.15資料來源：<https://scitechvista.nat.gov.tw/goto/757e8628523ccd097c78c7218c21a60239c5f700236bf772a8dde87f4cb1a3b5.htm>
- Rattanakit, P and Maungchang, R. 2019. Determining Iron(III) Concentration in a Green Chemistry Experiment Using Phyllanthus emblica (Indian Gooseberry) Extract and Spectrophotometry. J. Chem. Educ. 96(4)756-760.
- 張育唐 (2011) 緩衝溶液，科學Online. <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=40751>