# 中華民國第55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

**第三名**

080817

**「磷」汙水處理有一套**

學校名稱：臺北市立大學附設實驗國民小學

| 作者： | 指導老師： |
| --- | --- |
| 小六 曾楷軒 | 潘蓮菁 |
| 小六 方世昕 | 鄭怡君 |



關鍵詞：蚵殼、脫色、吸附磷

# 摘 要

參觀汙水處理廠後，引發我們利用備長炭、石頭、蚵殼等有孔洞的物質為濾材，希望在汙水來源地現地處理，降低汙水中的含磷量，提高透光度，改變汙水酸鹼值。

實驗中我們發現粒徑小的蚵殼效果較好，先利用黑糖水模擬汙水，使用自製濁度計、自製過濾器、自製測磷儀器以檢測汙水處理成效，再實地採水樣檢測去汙效果，實驗結果顯著。結論如下：

一、蚵殼主要成分為碳酸鈣，呈多層次結構，透過震盪可重複吸附含磷量。

二、在粒徑最小、200℃烘烤蚵殼，磷的吸附率達 93%，水質趨於弱鹼性及中性。研究發現蚵殼為現地處理的有效濾材。

三、以蚵殼過濾實地採集水樣，酸鹼值轉為微鹼，透光度提高，建議蚵殼淨化汙水，pH 值須在 5.9 以上的環境。

# 壹、緒論

## 一、研究動機

參觀迪化汙水處理廠後，引起我們好奇，是否能將家庭的汙水先經過簡易過濾後再排放呢？查詢文獻資料，可以透過降低水中的含磷濃度及提升水質透光度開始，因此我們採用有孔洞物質進行一系列過濾，希望可以好好利用現地自然處理的概念，達到淨化汙水的效果。

本研究與教材相關性：康軒版國小自然六下第三章生物與環境及五下第二章水溶液(資料1)。

## 二、研究目的

**研究一：探討有孔洞濾材的脫色成效**

實驗 1-1：觀察有孔洞濾材的物理特性。

實驗 1-2：檢測黑糖水濃度高低是否影響**自製濁度計**的透光度。

實驗 1-3：濾材的粒徑大小對脫色效果的影響。

實驗 1-4：濾材的數量多寡對脫色效果的影響。

實驗 1-5：攪拌時間的多寡對脫色效果的影響。

**研究二：探討有孔洞濾材吸附磷的成效**

實驗 2-1：建置磷濃度的檢量線。

實驗 2-2：探討不同濾材吸附磷的效果。

實驗 2-3：探討不同粒徑濾材釋放磷的效果。

實驗 2-4：探討不同粒徑濾材吸附磷的效果。

實驗 2-5：探討烘烤不同溫度濾材吸附磷的效果。

實驗2-6：探討蚵殼震盪時吸附磷的效果。

**研究三：實際應用自製有孔洞濾材吸附磷的成效**

實驗 3-1：檢驗洗衣水過濾前後的含磷量、酸鹼值及透光度。

實驗 3-2：實地採集水樣過濾前後的含磷量、酸鹼值及透光度。

# 貳、文獻探討及名詞定義

## 一、含磷量的定義

我們從課本(資料 1)了解，清潔劑中磷酸填加劑對水中藻類生長的問題。磷是控制植物生長重要養分之一，如果過多，會使水中藻類過分繁殖，稱為優養化，因此降低水中含磷量對水質淨化很重要。查詢環保署(資料 2)檢驗水質磷的方式，知道依環檢署總磷檢測法中，標準溶液需使用"無水磷酸二氫鉀"。再查詢河川總磷濃度參考(資料 6)，界定汙染的磷濃度的範圍，所以，本實驗以高濃度的無水磷酸二氫鉀水溶液，做為含磷量的表示。

## 二、過濾汙水中的相關研究

為了改善廢水的濁度及高磷的汙染問題，我們查詢第四十九屆科展(資料 5)作品中，知道以蝦及蟹外殼為原料，經高溫高濃度的鹼液和酸液加工處理後，用過濾膜進行吸附磷，讓我們認識生物可以淨化水質的應用性。再繼續查詢文獻(資料 4)中，以資源回收材料替代礫石濾材之研究，引發我們聯想是否有可能運用大自然的廢棄物來過濾汙水達到清澈，降低汙水中的磷呢?

## 三、吸附磷的相關研究

查詢文獻(資料 6)知道水庫底泥會吸附磷，另外從文獻(資料 3)中也了解也有利用牡蠣殼粉進行吸附磷的研究。但我們很想探究，不同顆粒不同溫度及不同物質吸附磷的效果如何，不同過濾時間對吸附效益有差異嗎?如何驗證吸附磷的現象?

## 四、磷吸附率的定義

本研究我們定義磷吸收率如下：

(過濾前水溶液含磷量濃度—過濾後水溶液含磷量濃度) /過濾前水溶液含磷量濃度。

# 參、研究設計

## 一、研究器材

(一) 器材：濾紙、玻棒、滴管、漏斗、鐵架、燒杯、玻璃瓶 100ml、燈泡、100ml 量筒、三用電錶、計時器、鐵鎚、上皿天平、測磷試紙、過濾網、寶特瓶、烤箱。

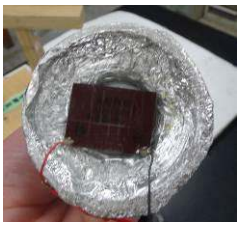
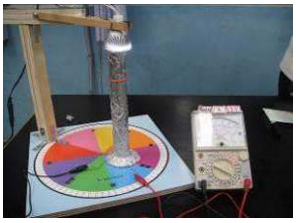
(二) 物品：模擬廢水(磷酸二氫鉀水溶液濃度 100ppm )，實驗用 3 種不同顆粒大小蚵殼（如圖 3-1-1）、石頭、備長炭之濾材，黑糖，水樣（如圖 3-2-3-2-4） (地點：八里汙水處理廠、學校水生池、瑠公圳、台大實驗場的豬糞水)。

| | |
|---|---|
| <br>圖3-1-1前置作業1 | <br>圖3-1-2前置作業2 |

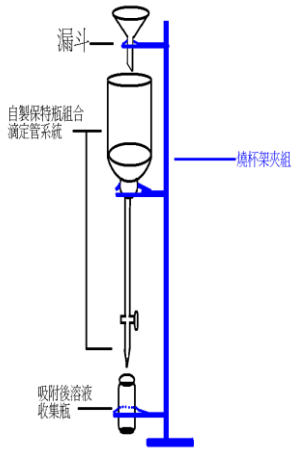
1. 大顆粒：備長炭、石頭、蚵殼(利用嘉義縣東石鄉水產養殖所產生的廢棄蚵殼，已曝曬數日，經自來水反覆沖洗數次，刷掉其上附著的泥砂後，風乾使其自然乾燥)。
2. 中顆粒：皆先打碎後以過濾網篩分。
3. 小顆粒：以更小過濾網篩分處理後，以塑膠夾鏈袋保存備用。取近相同大小物體用排水法量測其體積及測質量大小相近之顆粒。

### (三) 自製濁度計

設計想法：若水質**濁度越大，越不透光，於量筒底部的太陽能板接收到的光越少，測得電壓會越低。**

| 1. 設計歷程 | | |
|---|---|---|
| <br>圖 3-1-3-1 |  <br>圖 3-1-3-2 |  <br>圖 3-1-3-3 |
| **1.燈具：**考量手電筒使用電池電壓不穩，改用家用 110V 電源經變壓器供應 3W 燈泡。鋁箔將量筒包住，避免光線透過。 | **2.太陽能量筒：**量筒下方正好有足夠空隙保護脆弱的太陽能板，故將太陽能板貼在量筒下，感光面朝上。 | **3.自製濁度計：**燈源直接擺於量筒上極為不穩，改用自製儀器架穩固燈源，用三用電錶量測太陽能板兩端電壓。 |

## (四) 檢測儀器




**1.自製過濾磷的裝置**，參考資料(2)，設計第一代。

圖 3-1-4-1

**(1)**

**(2)**

**設計第二代**

(1) 自製過濾裝置，上方放舊菜瓜布固液分離蚵殼，以小中大粒徑方式排列過濾後汙水。

(2) 出水口設計成開關裝置。

圖 3-1-4-2

**2.水中含磷量檢測器**

依據高雄市政府愛河資訊網，資料(6)中提及：高雄愛河 L1~L4 段 總磷濃度介於 0.16~0.30 mg/L (0.16~0.30 ppm)，平均為 0.21ppm ，台北淡水河 L5~L10 段 總磷濃度介於 0.56~1.04 mg/L (0.56~1.04 ppm)，平均為 0.86ppm。因此我們提高水中含磷量為模擬的汙染水源。

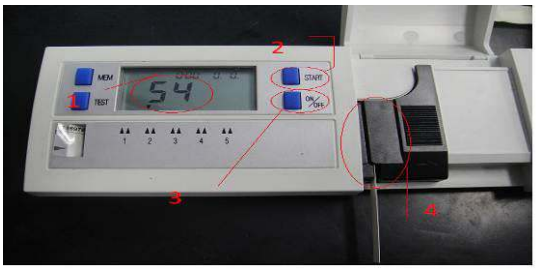



圖 3-1-4-3 反射式光度計

1.量測計時，數值顯示處(單位 mg/L)。

2.量測開始按鈕。

3.電源開關按鈕。

4.試紙檢測處。

圖 3-1-4-4

**3.酸鹼測定計 pH 計**(EZDO 牌，型號 pH5011)

(1) 顯示螢幕 (2) 校正鈕

(3) 電源開關 (4) 量測棒

## 二、研究方法與過程

### 研究一：探討有孔洞濾材的脫色成效

#### 實驗 1-1 觀察有孔洞濾材的物理特性

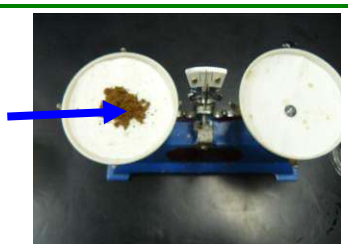
透過觀察濾材的物理特性，並查閱其物質表面特性，用三用電錶測待測物的電阻，三重複實驗，將數據記錄下來。

圖 3-2-1-1-1

| | | | |
|---|---|---|---|
| 成分 | 備長炭：主要成分為燒製木炭 | 石頭：主要成分為岩屑 | 蚵殼：主要成分為碳酸鈣 |
| 物理特性 | 質量介於蚵殼及石頭中間，表面較石頭光滑，測平均 0.6 歐姆。 | 質量較蚵殼、備長炭重，表面粗糙，電阻無限大。 | 質量較石頭、備長炭輕，內側極為光滑，外側極為粗糙，電阻無限大。 |

#### 實驗 1-2：檢測黑糖水濃度高低對自製濁度計的透光度的影響

為了探討有孔洞濾材對汙水濁度的淨化效果，先以自調製濃度高低的黑糖水作為模擬汙水的混濁情況，配製黑糖水濃度重量百分率濃度分別為 5%、10%、15%、20%、25%。

| | | |
|---|---|---|
|  <br>圖 3-2-1-2-1 | <br>圖 3-2-1-2-2 | <br>圖 3-2-1-2-3 |
| 1.秤取 5、4、3、2 及 1g 等 5 組黑糖粉重量。 | 2.取水溶液，依所需濃度高低依序加水 15、16、17、18 及 19ml 等 5 種，配成溶液備用。 | 3.將攪拌後的黑糖水溶液取出 10ml，利用自製濁度計檢測透光後的電壓。 |

## 實驗 1-3： 濾材的粒徑大小對影響脫色效果的影響

配製黑糖水濃度 20%，倒入水中用玻棒攪拌(一秒鐘一次) ，以 3 種不同粒徑不同濾材，大(粒徑約 7~8cm)、中(粒徑約 1.5~2cm)、小(粒徑約 2mm)各 30 克，倒入黑糖水溶液於漏斗(含濾紙)，及一組無濾材的對照組共 10 組過濾，取 20ml 備為過濾用，用量筒取濾液 10ml，測電壓，各做三重複實驗，記錄分析之。

| | | |
|---|---|---|
| <br>圖 3-2-1-3-1 | <br>圖 3-2-1-3-2 | <br>圖 3-2-1-3-3 |
| 1.量測濾紙重量(0.6 克)。 | 2.濾材 30 克 | 3.過濾後取濾液 |
| 圖 3-2-1-3-4 | <br>圖 3-2-1-3-5 | <br>圖 3-2-1-3-6 |
| 4.將濾液倒進自製太陽能濁度計中。 | 5.使用自製濁度計量測，瞭解各種濾材的脫色成效。 | 6.計算和原黑糖溶液的電壓差。 |

## 實驗 1-4：濾材的數量多寡對脫色效果的影響

經實驗 1-3 中發現，蚵殼的脫色效果最佳，故以下實驗就以蚵殼為主要濾材。以未經蚵殼過濾，只經濾紙過濾的黑糖水溶液為對照組。

| | | |
|---|---|---|
| <br>圖 3-2-1-4-1 | <br>圖 3-2-1-4--2 | <br><br>圖 3-2-1-4--3 |
| 1.調配好攪拌一分鐘(60 次)的黑糖水溶液，倒入不同重量（0.5、1、2、3、4、5、6、7 克等 8 組)的小蚵殼過濾。 | 2.觀察過濾情形，並等待過濾後的黑糖水溶液進行測量。 | 3.分別將濾液以儀器測定電壓大小，三重複試驗取平均值，計算電壓差。 |

## 實驗 1-5：攪拌時間的多寡對脫色效果的影響

取 7 克小蚵殼來過濾，以濃度 20%的黑糖水，攪拌頻率以一分鐘 60 次，分別取 1、2、3、4、5、6、7 分鐘共 7 組不同時間，依序進行三重複實驗，取濾液測定電壓大小，計算電壓差。

| | | |
|---|---|---|
| <br>圖 3-2-1-5-1 | <br>圖 3-2-1-5-1-2 | <br><br>圖 3-2-1-5-1-3 |
| 1.依據攪拌時間不同的 7 組黑糖水水溶液加入過濾。 | 2.依序完成攪拌時間，加入過濾觀察滴漏情形，濾液達到一定量(多於 10ml)時 ，方可量測透光度。 | 3.由電錶直流電壓檔(DCV)觀測電壓並一一記錄。 |

## 研究二：探討有孔洞濾材吸附磷的效果

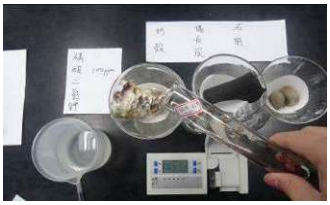
我們希望可以運用廢棄的物質去除汙水中的磷，期待對淨化廢水有貢獻。

### 實驗 2-1：建置磷濃度的檢量線

(一) **配製磷濃度 15 種，對照反射式光度計的讀值作為標準校正液**，做出檢量線作對照。

| | | |
|---|---|---|
| <br>圖 3-2-2-1-1 | <br>圖 3-2-2-1-2 | <br><br>圖 3-2-2-1-3 |
| 1.秤取磷酸二氫鉀結晶，100mg。 | 2.取純水 1ℓ 及磷酸二氫鉀結晶 0.1g 混合。 | 3.配製磷酸二氫鉀水溶液濃度，分別為 1~5，10、20~100 ppm 等 15 種。 |
| <br>圖 3-2-2-1-4 | <br>圖 3-2-2-1-5 | <br>圖 3-2-2-1-6 |
| 4.將調配好各濃度的磷酸二氫鉀水溶液，用反射式光度計進行測量。 | 5.將所讀數據記錄，並觀察試紙變化。 | 6.對照實際值及測量值之差異。 |

### 實驗 2-2：探討不同濾材吸附磷的效果

| | | |
|---|---|---|
| <br>圖 3-2-2-2-1 |  <br>圖 3-2-2-2-2 | <br>圖 3-2-2-2-3 |
| 1.取大(粒徑約 7~8cm)的蚵殼、石頭與備長炭等 3 種濾材。 | 2.將濃度 100ppm 的磷酸二氫鉀水溶液，倒入含濾紙及過濾物上。 | 3.蒐集過濾後的濾液，進行測量含磷量。 |

## 實驗 2-3：探討不同粒徑蚵殼釋放磷的效果

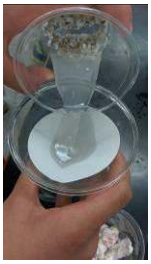


圖 3-2-2-3-1

1.將 RO 逆滲透的水分別倒入，裝 10 克蚵殼於水盆中，依不同時間採集水樣。
2.將不同粒徑大小的蚵殼靜置時間分別為 5、10~30 分鐘及 60 分鐘等共 21 組及對照組，取濾液作檢測。

圖 3-2-2-3-2

圖 3-2-2-3-3

圖 3-2-2-3-4

3.將待測液倒出適量，比較釋放磷的情況。

4.檢測蚵殼釋放磷後水樣。

5.用酸鹼值測定計待數值平穩後記錄，三重複試驗。

## 實驗 2-4：探討不同粒徑蚵殼吸附磷的效果

調配濃度 100ppm 的磷酸二氫鉀水溶液，將靜置濾材放入自製寶特瓶漏斗(650ml)內，充分浸泡再進行過濾，進行測試過濾效果。

圖 3-2-2-4-1

圖 3-2-2-4-2

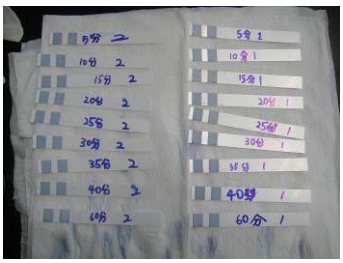


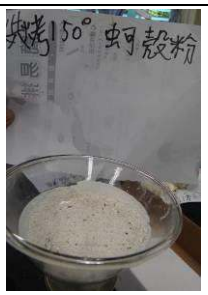
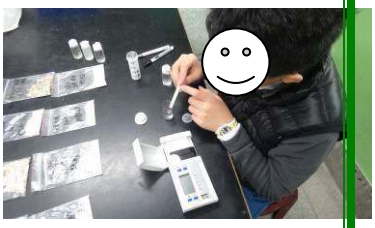
圖 3-2-2-4-3

1.取調配好的水溶液倒入漏斗，使其等量流經不同粒徑的蚵殼。

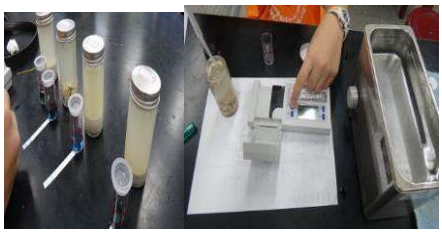
2.每 5 分鐘取樣一次，經吸附過後的水溶液 20ml，再重複步驟 1，關閉滴定管栓子。

3.將濾液倒入指定量筒待測，經由反射式光度計及試紙測磷及酸鹼值。

## 實驗 2-5：探討烘烤不同溫度濾材吸附磷的效果

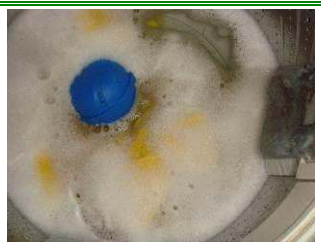
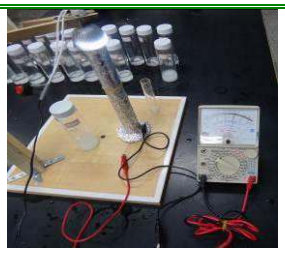
| | | |
|---|---|---|
| 圖 3-2-2-5-1 |  圖 3-2-2-5-2 |  圖 3-2-2-5-3 |
| 1.取大小相近的蚵殼 10 顆，各放入不同溫度的烤箱烘烤，分別為攝氏 100、150、200、250 度 C，對照組不加熱。 | 2.烘烤後蚵殼，敲擊過篩成不同粒徑。再進行過濾 100ppm 的磷酸二氫鉀水溶液。 | 3.經由反射式光度計及試紙測磷三重複試驗。 |

## 實驗2-6:探討蚵殼震盪時吸附磷的效果

| 步驟 1 | 步驟 2 | 步驟 3 |
|---|---|---|
| 圖 3-2-2-6-1 | 圖 3-2-2-6-2 |  圖 3-2-2-6-3 |
| 使用過濾磷（三次）的**蚵殼及未經過濾的蚵殼各** 14g，加 RO 逆滲透水**進行震盪**。 | 置入超音波震盪機，震盪時間 分別為 10、20、30 及 40 分鐘， **以未振盪組為對照組**。 | **吸取振盪後溶液，檢測其含磷量並**觀察及記錄。 |

## 研究三：實際應用自製孔洞濾材吸附磷的效果

### 實驗 3-1：檢驗洗衣水過濾前後含磷量、酸鹼值及透光度

| | | |
|---|---|---|
| 圖 3-2-3-1-1 |  圖 3-2-3-1-2 |  圖 3-2-3-1-3 |
| 將蚵殼放入洗衣球中，置入洗衣槽與衣服一起清洗。 | 調配 2 種清潔劑，濃度皆為 17%，分別放入洗衣機，每 5 分鐘暫停，取 10ml 水量。 | 分別取用洗衣前、後的待測液，檢測其**含磷量、酸鹼值、透光度。** |

### 實驗 3-2：實地採集水樣過濾前後的含磷量、酸鹼值及透光度

| | | |
|---|---|---|
| 圖 3-2-3-2-1 | 圖 3-2-3-2--2 | 圖 3-2-3-2-3 |
| 1.自製蚵殼浮標:將軟墊裁成 10cm╳10cm 正方形體，將蚵殼放置於廢棄絲襪中。2.採集學校的水池未放自製濾材的水樣，取中段水做檢測(2015 年 2 月 5 日天氣晴朗未下雨)。3.放自製濾材 1~4 天後做檢測。(2015 年 2 月 5~9 日)。4.取樣水桶採集瑠公圳家庭汙水排水區 (2015-1 月 16 日)。 | | |
| 圖 3-2-3-2-4 | 圖 3-2-3-2-5 | 圖 3-2-3-2-6 |
| 5. 到八里汙水處理廠(2015-1 月 14 日)採集汙水，標記採水時間、地點。6.採集台大生物資源農學院的牧水(2015-3 月 14 日)。7. 將採集的水質進行檢測(2015-01 月 17 日) 。 | | |

# 肆、研究結果

## 一、實驗數據與結果

### (一)實驗 1-1

1.結果

(1)透過 SEM 下發現：備長炭的孔洞約為微米尺度，尚未到奈米級的孔洞，而蚵殼主要是發現多層狀結構，約在 100nm~300nm 間，石頭的空隙未達奈米級。

(2)測電阻中發現:備長炭為棒狀有規則近似平行的痕紋導電度，發現唯有備長炭有導電特性。石頭及蚵殼皆無此特性。

### (二)實驗 1-2

1.數據

表 4-1-1-2-1

| 重量百分率 | 黑糖水溶液濃度 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 電壓(V) | 5% | 10% | 15% | 20% | 25% |
| 第一次 | 5.3 | 4.4 | 2.5 | 1.4 | 0.8 |
| 第二次 | 5.3 | 4.2 | 2.5 | 1.6 | 0.7 |
| 第三次 | 5.2 | 4.1 | 2.5 | 1.3 | 0.7 |
| 平均 | 5.26 | 4.23 | 2.5 | 1.43 | 0.73 |

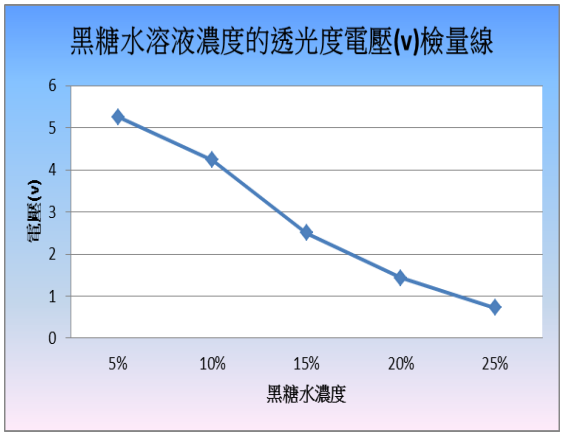



圖 4-1-1-2-1 黑糖水溶液濃度透光度電壓檢量線圖

2.結果

(1)黑糖水濃度越濃所量測的電壓越低，了解透光度好壞與黑糖水濃度有關係，因此可以透過濾材來提升透光度，降低汙水的混濁度。

(三)實驗 1-3

1.數據　　表 4-1-1-3-1

| 試樣 / 電壓(V) | 不同粒徑濾材透光度(大粒徑約 7~8cm)、中(粒徑約 1.5~2cm)、小(粒徑約 2mm)各 30 克) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 對照組 | 蚵殼 | | | 石頭 | | | 備長炭 | | |
| | | 大 | 中 | 小 | 大 | 中 | 小 | 大 | 中 | 小 |
| 第一次 | 1.41 | 4.0 | 4.8 | 5.4 | 4.6 | 4.6 | 4.9 | 2.4 | 2.4 | 4.2 |
| 第二次 | 1.6 | 4.4 | 4.4 | 5.1 | 4.6 | 4.7 | 4.8 | 2.4 | 3.0 | 4.2 |
| 第三次 | 1.3 | 4.4 | 4.2 | 5.0 | 4.2 | 4.55 | 4.81 | 2.4 | 2.4 | 4.1 |
| 平均 | 1.44 | 4.27 | 4.47 | 5.17 | 4.47 | 4.62 | 4.84 | 2.4 | 2.6 | 4.17 |

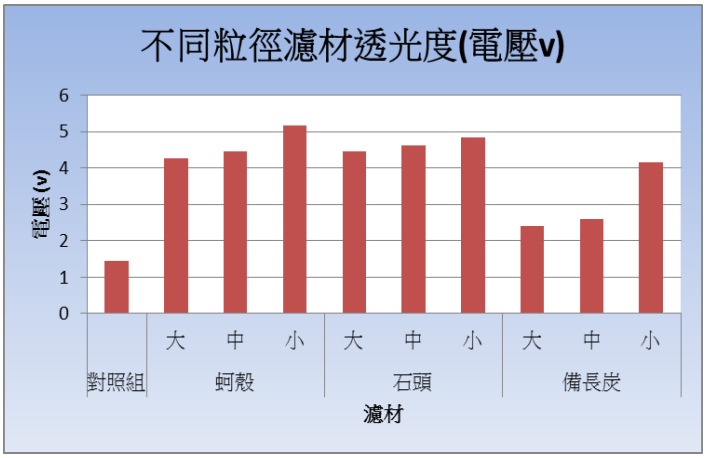



圖 4-1-1-3-1 不同粒徑濾材透光度電壓圖

2.結果

(1)發現小粒徑過濾效果皆優於大、中粒徑的效果，尤其以蚵殼效果最為顯著，而網路上謠傳過濾效果好的備長炭，還略遜於石頭的成效。

(2)接觸面積最大的小粒徑效果佳，推測與過濾表面積有關，接觸面越大效果越好。

(四)實驗 1-4

1.數據　　表 4-1-1-4-1

| 樣品 / 電壓(V) | 待量測小蚵殼重量(克) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 對照組 | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 第一次 | 1.41 | 1.4 | 1.6 | 3 | 2.8 | 3.7 | 4 | 3.4 | 4.6 |
| 第二次 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 3.6 | 4.7 |
| 第三次 | 1.3 | 1.4 | 1.8 | 2.5 | 2.3 | 2.5 | 2.8 | 3.3 | 4.3 |
| 平均 | 1.44 | 1.47 | 1.7 | 2.17 | 2.5 | 2.5 | 2.97 | 3.43 | 4.53 |

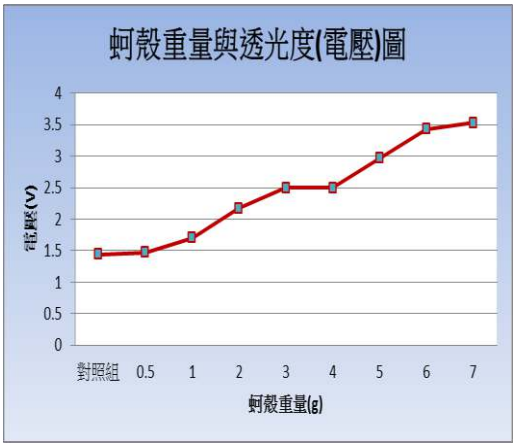



圖 4-1-1-4-1 蚵殼重量與透光電壓圖

2.結果

(1)發現蚵殼的數量越多，過濾後的黑糖水溶液透光度越高，脫色效果增加。

(五)實驗 1-5

1.數據　　表 4-1-1-5-1

| 樣品 / 電壓(V) | 黑糖水溶液攪拌時間(分) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 第一次 | 3.1 | 3.1 | 1.8 | 1.1 | 1.2 | 1.6 | 0.7 |
| 第二次 | 3.3 | 2.8 | 1.4 | 1.7 | 1 | 0.8 | 1.2 |
| 第三次 | 3.1 | 3.1 | 2.8 | 1.5 | 2 | 1.1 | 1.1 |
| 平均 | 3.17 | 3.0 | 2.00 | 1.43 | 1.40 | 1.17 | 1.00 |

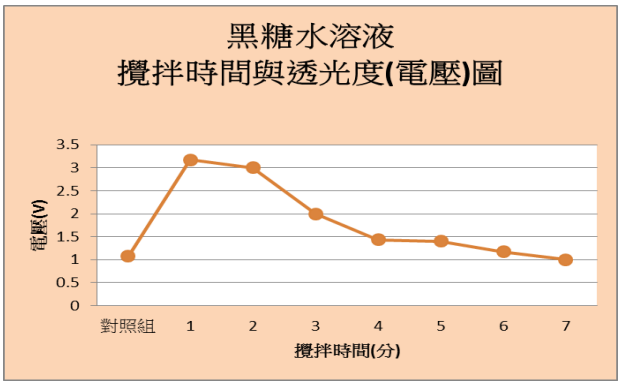



圖 4-1-1-5-1 黑糖水溶液攪拌時間與透光度電壓圖

2.結果

(1)發現攪拌時間 1 分鐘，所測的電壓值最高；攪拌時間越久，透光效果越差，推測是擾動黑糖水溶液越久，造成更多的雜質，而降低透光度。

(六)實驗 2-1

1.數據

表 4-1-2-1-1

| 濃度 | 調配磷濃度(ppm) | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 磷濃度測量(ppm) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 第一次 | 0.7 | 1.5 | 2.2 | 3.5 | 4.5 | 9 | 18 | 26 | 35 | 44 | 53 | 64 | 72 | 80 | 90 |
| 第二次 | 0.8 | 1.8 | 2.2 | 3.6 | 4.5 | 8 | 17 | 25 | 36 | 45 | 54 | 63 | 70 | 78 | 90 |
| 第三次 | 0.7 | 1.7 | 2.2 | 3.7 | 4.5 | 9 | 17 | 27 | 35 | 46 | 55 | 64 | 71 | 82 | 92 |
| 平均 | 0.73 | 1.67 | 2.2 | 3.6 | 4.5 | 8.67 | 17.33 | 26 | 35.33 | 45 | 54.0 | 63.7 | 71 | 80 | 90.67 |
| 誤差值(%) | 27.00 | 16.50 | 26.67 | 10.00 | 10.00 | 13.33 | 13.33 | 13.33 | 11.68 | 10.00 | 10.00 | 9.05 | 11.25 | 11.11 | 9.33 |

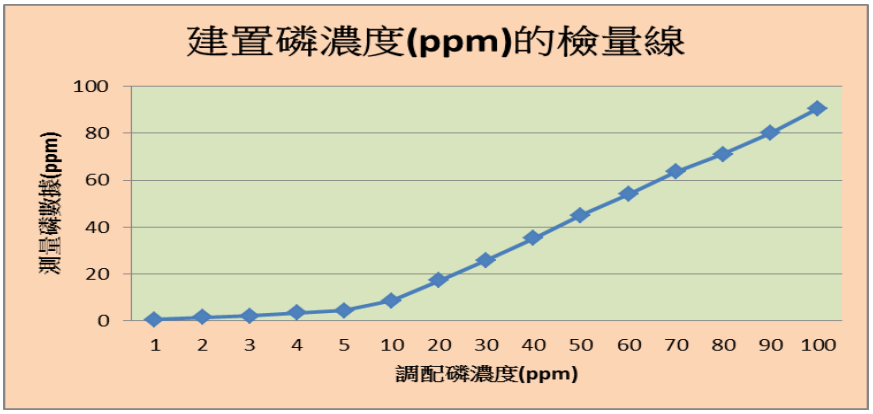



圖 4-1-2-1-1 建置磷濃度的檢量線

表 4-1-2-1-2

| | 磷酸二氫鉀濃度與酸鹼值關係 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 調配濃度(ppm) / 數據濃度 (ppm) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 第一次 | 7.4 | 7.3 | 7.3 | 7.3 | 7.3 | 7.2 | 7.2 | 7 | 7 | 6.9 | 6.8 | 6.7 | 6.7 | 6.6 | 6.5 |
| 第二次 | 7.4 | 7.3 | 7.3 | 7.2 | 7.2 | 7.2 | 7.1 | 7 | 6.9 | 6.9 | 6.8 | 6.7 | 6.7 | 6.6 | 6.5 |
| 第三次 | 7.4 | 7.3 | 7.2 | 7.3 | 7.2 | 7.2 | 7.2 | 7 | 7 | 6.9 | 6.8 | 6.8 | 6.7 | 6.6 | 6.5 |
| 平均 | 7.4 | 7.3 | 7.2 | 7.2 | 7.2 | 7.2 | 7.1 | 7 | 6.9 | 6.9 | 6.8 | 6.7 | 6.7 | 6.6 | 6.5 |

註：調配稀釋用的水溶液為 RO 逆滲透飲用水，酸鹼值 pH 值為 9.1

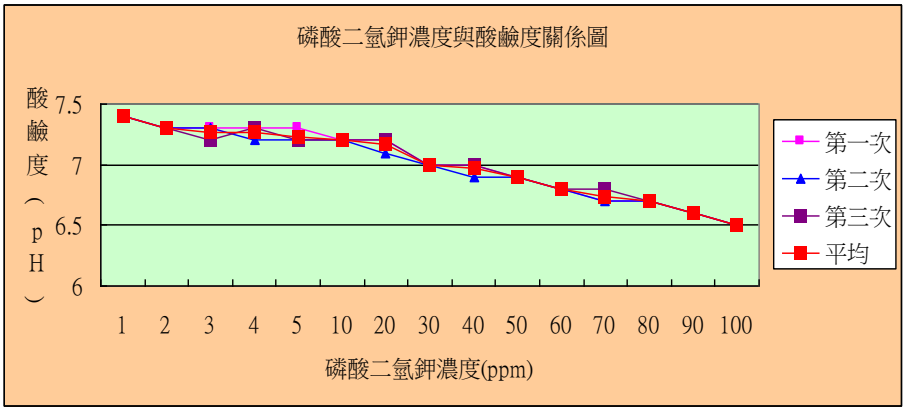



圖 4-1-2-1-2 磷酸二氫鉀濃度與酸鹼值的關係圖

2.結果

(1)從數據中了解實際調配磷酸二氫鉀的量與機器判讀的誤差值，在高磷部分誤差值約為 10%，在低磷部份誤差值約為 25%。

(2)酸鹼值檢量線可看出，調配濃度 100ppm 的磷酸二氫鉀水溶液的酸鹼值 pH 值為 6.5，調配出該磷濃度越低，酸鹼值(pH 值)會越來越高。

(七)實驗 2-2

1.數據　　表 4-1-2-2-1

| 過濾物<br>磷濃度（ppm） | 濾紙 | 蚵殼(大)+濾紙 | 石頭(大)+濾紙 | 備長炭(大)+濾紙 |
|---|---|---|---|---|
| 第一次 | 84 | 74 | 82 | 83 |
| 第二次 | 85 | 75 | 83 | 83 |
| 第三次 | 87 | 75 | 84 | 84 |
| 平均 | 85.33 | 74.67 | 83.00 | 83.33 |

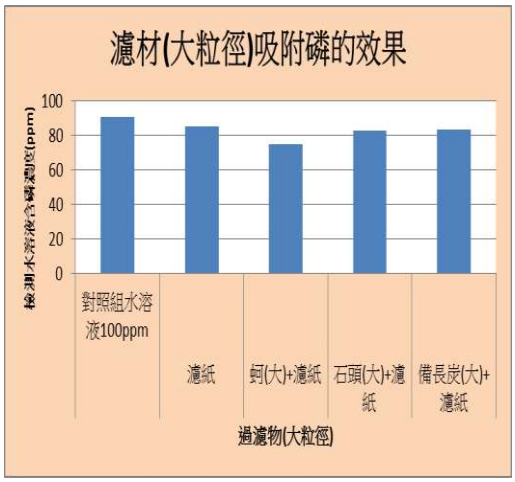



圖 4-1-2-2-1 大粒徑濾材吸附磷效果

## 2.結果

我們調製 100ppm 的磷酸二氫鉀，發現反射式光度計數值為 90ppm。觀察數值後，發現過濾的效果比較，濾液經過（蚵殼加濾紙）組最佳，其次為（石頭加濾紙）組，再來是（備長炭加濾紙）組，最差的是（濾紙）組，可知濾紙過濾磷的效果不佳。因此接下實驗，我們決定採用蚵殼來進行探究。

## (八)實驗 2-3

## 1.數據

表 4-1-2-3-1

| 平均檢測含磷量（ppm） | 不同時間，檢測蚵殼釋放含磷量 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 時間[分鐘] | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 60 |
| 大蚵殼 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| 中蚵殼 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 |
| 小蚵殼 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 |

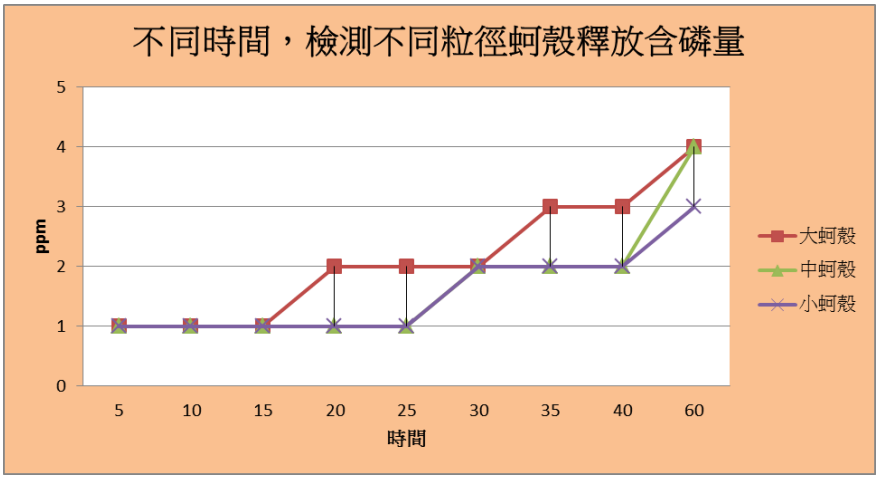



圖 4-1-2-3-1 不同時間，檢測不同粒徑蚵殼釋放含磷量

## 2.結果

(1)不同粒徑的蚵殼 10 克，本身會釋放低濃度的磷皆小於 4ppm 左右。

(2)粒徑較小蚵殼需要較久的時間釋放含磷量。

(九)實驗 2-4

1.數據

表 4-1-2-4-1

| 磷（ppm） | 大蚵殼(粒徑約 7~8cm)過濾檢測水溶液含磷量 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 時間[分鐘] | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 60 |
| 第一次 | 70 | 70 | 69 | 66 | 66 | 64 | 63 | 44 | 42 |
| 第二次 | 71 | 65 | 64 | 63 | 61 | 59 | 58 | 55 | 57 |
| 第三次 | 76 | 68 | 68 | 68 | 65 | 64 | 63 | 62 | 60 |
| 平均 | 72.3 | 67.7 | 67.0 | 65.7 | 64.0 | 62.3 | 61.3 | 53.7 | 53.0 |

表 4-1-2-4-2

| 磷(ppm) | 中蚵殼(粒徑約 1.5~2cm)過濾檢測水溶液含磷量 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 時間[分鐘] | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 60 |
| 第一次 | 52 | 50 | 49 | 48 | 46 | 46 | 45 | 43 | 43 |
| 第二次 | 58 | 50 | 48 | 47 | 45 | 44 | 43 | 42 | 42 |
| 第三次 | 60 | 53 | 50 | 47 | 46 | 46 | 45 | 44 | 42 |
| 平均 | 56.7 | 51.0 | 49.0 | 47.3 | 45.7 | 45.3 | 44.3 | 43.0 | 42.3 |

表 4-1-2-4-3

| 磷(ppm) | 小蚵殼(粒徑約 2mm)過濾檢測水溶液含磷量 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 時間[分鐘] | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 60 |
| 第一次 | 37 | 37 | 36 | 35 | 33 | 31 | 31 | 29 | 27 |
| 第二次 | 36 | 35 | 34 | 33 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 |
| 第三次 | 38 | 37 | 36 | 35 | 33 | 32 | 32 | 32 | 31 |
| 平均 | 37.0 | 36.3 | 35.3 | 34.3 | 32.3 | 31.0 | 30.7 | 29.7 | 28.3 |

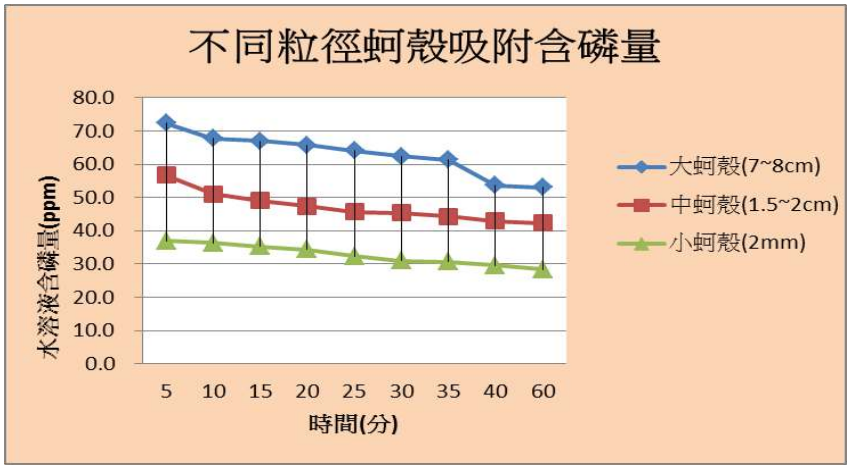



圖 4-1-2-4-1 不同粒徑蚵殼吸附含磷量

表 4-1-2-4-4

| 酸鹼值試驗 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 靜置時間(分) / pH | 時間(分) | | | | | | | | | |
| | 對照組 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 60 |
| 第一次 | 6.5 | 6.9 | 6.8 | 7 | 7 | 7.1 | 7 | 7.1 | 7.1 | 6.9 |
| 第二次 | 6.5 | 6.6 | 6.7 | 6.9 | 6.9 | 6.9 | 6.8 | 6.9 | 7 | 7.1 |
| 第三次 | 6.5 | 6.6 | 6.6 | 7 | 6.8 | 6.8 | 7 | 7 | 6.9 | 7.1 |
| 平均 | 6.5 | 6.70 | 6.70 | 6.97 | 6.90 | 6.93 | 6.93 | 7.00 | 7.00 | 7.03 |

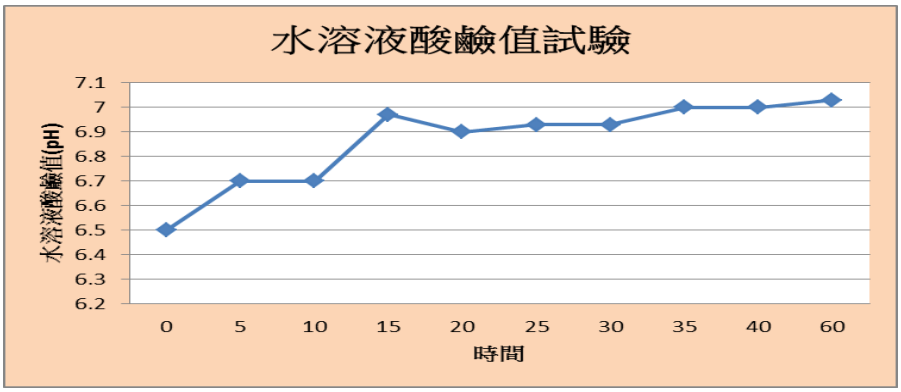



圖 4-1-2-4-2 不同粒徑蚵殼過濾水溶液酸鹼值

## 2.結果

(1)發現磷酸二氫鉀水溶液，靜置時間越長，被蚵殼所吸附磷有越來越多的趨勢，推斷蚵殼確實有吸附水中磷的效果，顆粒越小吸附磷的效果越好，吸收率最高達 72%。

(2)從不同顆粒大小的蚵殼過濾三次後，發現含磷量都逐漸升高，推測蚵殼吸附磷的量會隨吸附次數增多而降低吸附磷的量。

(3)發現磷酸二氫鉀水溶液為酸性，經由蚵殼吸附磷實驗後，水質本來酸鹼值 pH6.5 弱酸性的水溶液轉為 pH7.1 的弱鹼性水溶液，除吸附磷也有改變水質酸鹼的特性。

(4)靜置時間越長，水質從弱酸性轉為弱鹼性，改變越明顯。

(5) 一開始在前 5 分鐘的吸收磷離子能力都相當大。後續的吸收速率有減緩的趨勢，到了接近 40 分鐘以後，幾乎達吸收飽和。

**(十)實驗 2-5**

表 4-1-2-5-1

| 烘烤不同溫度的蚵殼過濾水溶液的含磷濃度(ppm) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 粒徑大小 | 烘烤不同溫度(℃) | 對照組 | 100 | 150 | 200 | 220 | 240 | 250 |
| 大蚵殼 | 第一次 | 58 | 51 | 27 | 14 | 18 | 22 | 24 |
| | 第二次 | 59 | 46 | 36 | 18 | 20 | 22 | 23 |
| | 第三次 | 64 | 51 | 46 | 19 | 22.2 | 25.4 | 27 |
| | 平均 | 60.3 | 49.3 | 36.3 | 17.0 | 19.8 | 22.6 | 24.0 |
| 中蚵殼 | 第一次 | 40 | 30 | 24 | 14 | 16.8 | 19.6 | 21 |
| | 第二次 | 46 | 29 | 25 | 15 | 16.2 | 17.4 | 18 |
| | 第三次 | 51 | 26 | 28 | 16 | 17.6 | 19.2 | 20 |
| | 平均 | 45.7 | 28.3 | 25.7 | 15.0 | 16.8 | 18.7 | 19.7 |
| 小蚵殼 | 第一次 | 18 | 16 | 21 | 6 | 7.6 | 9.2 | 10 |
| | 第二次 | 24 | 19 | 18 | 8 | 8.4 | 8.8 | 9 |
| | 第三次 | 29 | 24 | 19 | 9 | 10.2 | 11.4 | 12 |
| | 平均 | 23.7 | 19.7 | 19.3 | 7.0 | 8.3 | 9.6 | 10.3 |

表 4-1-2-5-2

| 烘烤不同溫度的蚵殼過濾水溶液的 pH 值 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 烘烤不同溫度(℃) | 對照組 | 100 | 150 | 200 | 220 | 240 | 250 |
| 第一次 | 6.9 | 6.9 | 7.1 | 7.3 | 7.1 | 7.0 | 6.9 |
| 第二次 | 6.9 | 7.2 | 6.9 | 7.1 | 7.1 | 7.1 | 7.1 |
| 第三次 | 6.8 | 6.9 | 6.8 | 7.2 | 7.1 | 7.0 | 7.0 |
| 平均 | 6.9 | 7.0 | 7.0 | 7.2 | 7.1 | 7.0 | 7.0 |
| 第一次 | 7.2 | 7.5 | 7.9 | 8.1 | 8.0 | 8.0 | 7.8 |
| 第二次 | 7.2 | 7.6 | 8.0 | 8.1 | 8.02 | 7.94 | 7.9 |
| 第三次 | 7.5 | 7.8 | 8.1 | 8.0 | 8.0 | 7.9 | 7.9 |
| 平均 | 7.3 | 7.6 | 8.0 | 8.1 | 8.0 | 7.9 | 7.9 |
| 第一次 | 7.5 | 7.8 | 8.2 | 8.7 | 8.5 | 8.4 | 8.3 |
| 第二次 | 7.3 | 7.9 | 8.2 | 8.5 | 8.4 | 8.3 | 8.3 |
| 第三次 | 7.8 | 7.9 | 8.3 | 8.5 | 8.4 | 8.3 | 8.3 |
| 平均 | 7.6 | 7.9 | 8.3 | 8.6 | 8.5 | 8.4 | 8.3 |

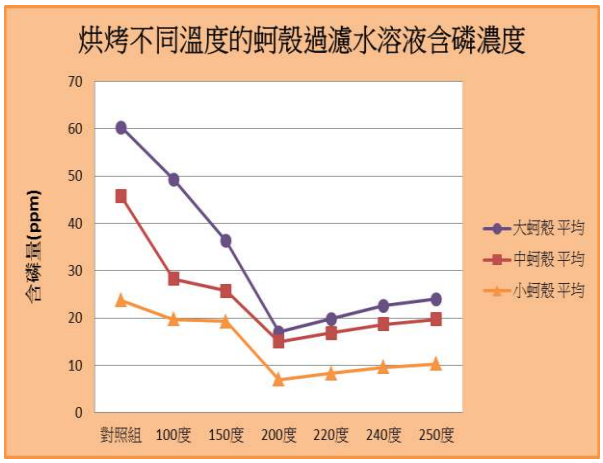



圖 4-1-2-5-2
烘烤不同溫度的蚵殼過濾水溶液含磷濃度

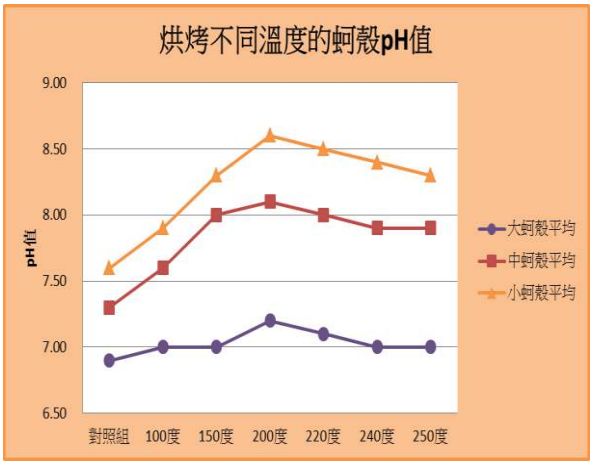



圖 4-1-2-5-3
烘烤不同溫度的蚵殼過濾水溶液 pH 值

2.結果

(1)我們發現烘烤後的蚵殼在加熱攝氏 200 度時，對磷有最大的吸附力，吸收率最高達 93%。但攝氏 220~250 度的蚵殼對磷的吸收率又下降。

(2)烘烤不同溫度的蚵殼過濾中發現，水溶液會趨近於中性；在加熱攝氏 200 度時，更趨近為鹼性，到了攝氏 250 度時，又趨近為中性，粒徑小蚵殼變化趨勢比大蚵殼明顯。

**(3)我們也發現:蚵殼烘烤攝氏220~250度時會變很脆弱。**

**(十一)實驗 2-6**

1.數據

表 4-1-2-6-1

| 濾材物質 | 過濾過磷酸二氫鉀的蚵殼粒 14 克 | | | | 未過濾過的磷酸二氫鉀的蚵殼粒 14 克 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 步驟 / 震盪時間 | 烘烤 100 度 | 烘烤 220 度 | 烘烤 240 度 | 烘烤 250 度 | 烘烤 100 度 | 烘烤 220 度 | 烘烤 240 度 | 烘烤 250 度 |
| 0 分鐘 | 13 | 8 | 7 | 6 | 1.0 | 2 | 3 | 3.5 |
| 10 分鐘 | 65 | 78 | 58 | 46 | 1.4 | 3 | 3 | 3.7 |
| 20 分鐘 | 71 | 79 | 60 | 55 | 1.7 | 3 | 4 | 3.8 |
| 30 分鐘 | 71 | 78 | 63 | 50 | 1.6 | 4 | 3.2 | 3.8 |
| 40 分鐘 | 70 | 80 | 65 | 45 | 2.6 | 4 | 3.5 | 3.8 |

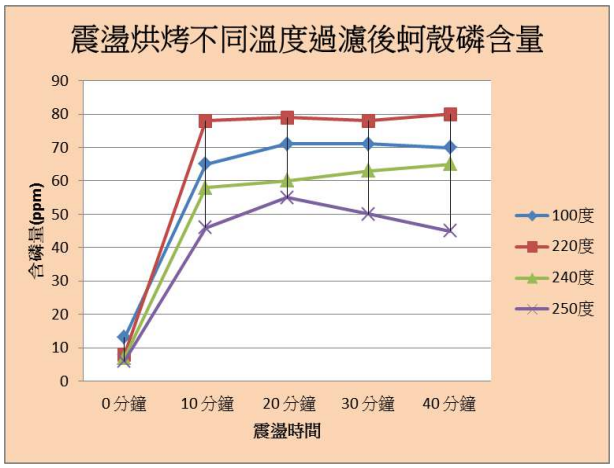



圖 4-1-2-6-1

震盪烘烤不同溫度過濾後蚵殼磷含量

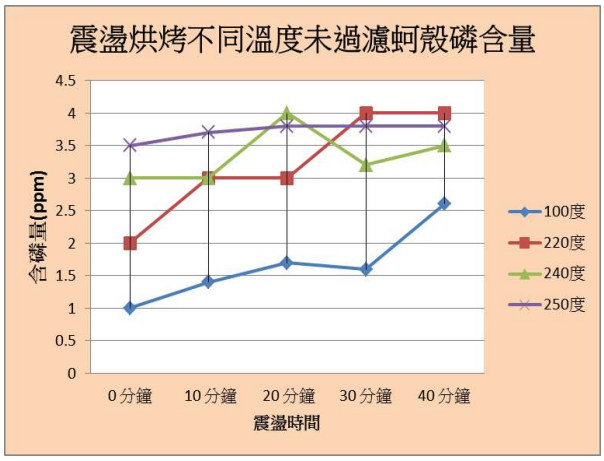



圖 4-1-2-6-2

震盪烘烤不同溫度未過濾蚵殼含磷量

## 2.結果

(1) 震盪已過濾過的蚵殼10分鐘後，發現水中磷濃度上升，但40分鐘後維持平衡，推測蚵殼吸附的磷被震出，也同步進行吸附，維持水溶液磷濃度的平衡。

(2)震盪未過濾過的蚵殼，發現剛倒入時(震 0 分)已析出 3ppm 的磷，震盪後水溶液磷含量持續升高，推測可將蚵殼上的磷震盪析出。推測蚵殼本身即含磷， 隨震盪時間越久其析出磷會越多。但不超過4ppm磷含量。

## (十一)實驗 3-1

### 1. 數據

表 4-1-3-1-1 A、B 廠牌加入自製洗衣球過濾檢測水溶液含磷量、pH 值、透光度

| 試樣 | 時間 | 對照組 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 60 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A 洗衣粉加過濾球 | 平均含磷量(ppm) | 69 | 57 | 29 | 29 | 27 | 27 | 26 | 25 | 21 | 17 |
| | pH 值 | 10.1 | 10.1 | 10.1 | 10.1 | 10.1 | 10.1 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | 透光度(V) | 5.82 | 6 | 6.26 | 6.4 | 6.24 | 6.2 | 6 | 6.2 | 6 | 6.3 |
| B 洗衣粉加過濾球 | 平均含磷量(ppm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | pH 值 | 10.8 | 10.8 | 10.7 | 10.7 | 10.7 | 10.7 | 10.7 | 10.7 | 10.7 | 10.7 |
| | 透光度(V) | 6.2 | 6.2 | 6.24 | 6.28 | 6.28 | 6.3 | 6 | 6.2 | 6.35 | 6.3 |

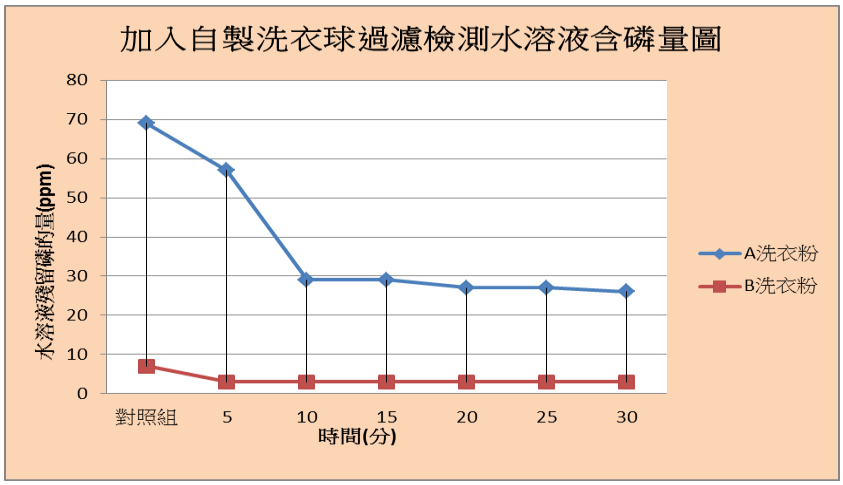



圖 4-1-3-1-1 加入自製洗衣球過濾檢測水溶液含磷量

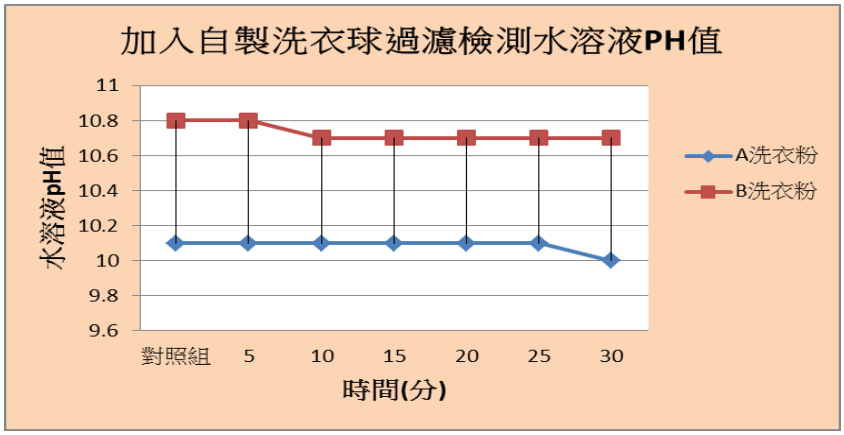



圖 4-1-3-1-2 加入自製洗衣球過濾檢測水溶液 pH 值

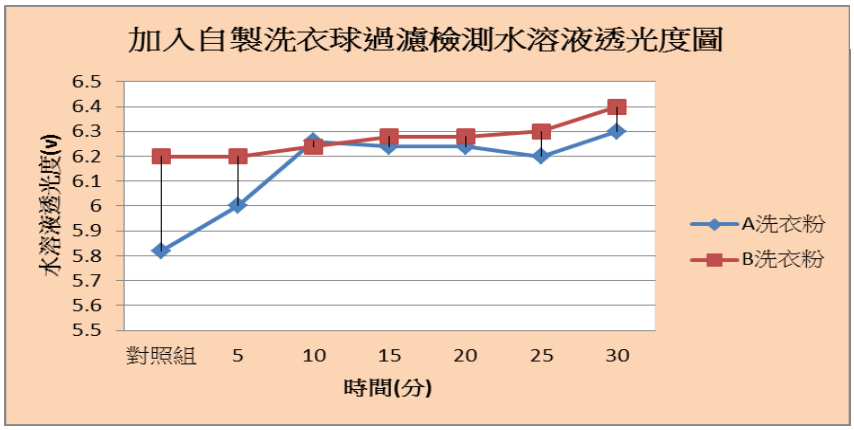



圖 4-1-3-1-3 加入自製洗衣球過濾檢測水溶液透光度

## 2.結果

(1)A、B 洗衣粉水溶液流經蚵殼吸附磷離子相當快，經 10 分鐘後，降低磷濃度約達 17%的效果，之後趨於平緩，推斷蚵殼能有效降低水溶液中的含磷量。

(2)洗衣粉水溶液的酸鹼值改變幅度不大，推斷蚵殼對鹼性水溶液的酸鹼值影響不大。

(3)洗衣粉水溶液經蚵殼吸附後，透光度的都有提高的趨勢。

(十二)實驗 3-2

1.數據

表 4-1-3-2-1

| 項目 | 酸鹼值平均(pH) | | | | 磷濃度平均(ppm) | | | | 透光度平均(V) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 地點 | 本校水生池中層 | 瑠公圳 | 八里汙水處理廠 | 台大實驗場的豬糞水 | 本校水生池中層 | 瑠公圳 | 八里汙水處理廠 | 台大實驗場的豬糞水 | 本校水生池中層 | 瑠公圳 | 八里汙水處理廠 | 台大實驗場的豬糞水 |
| 過濾前 | 6.1 | 6.4 | 5.9 | 7.4 | 5.0 | 7.0 | 8.1 | 144 | 6.23 | 6.3 | 6.13 | 5.6 |
| 過濾後 | 7.4 | 7.4 | 7.3 | 8.5 | 1 | 3 | 6 | 13 | 7 | 6.8 | 6.5 | 6.35 |

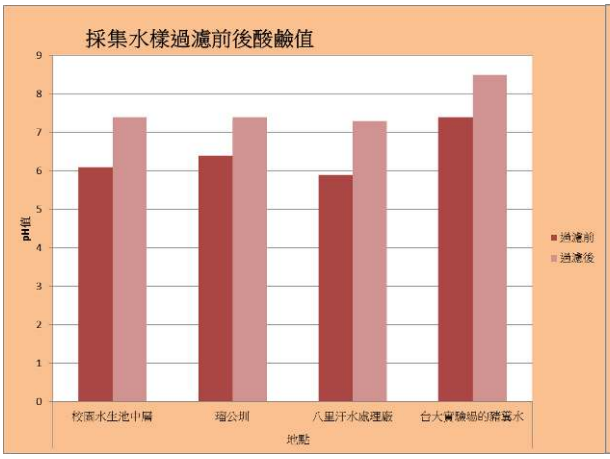



圖 4-1-3-2-1 採集水樣過濾前後酸鹼值

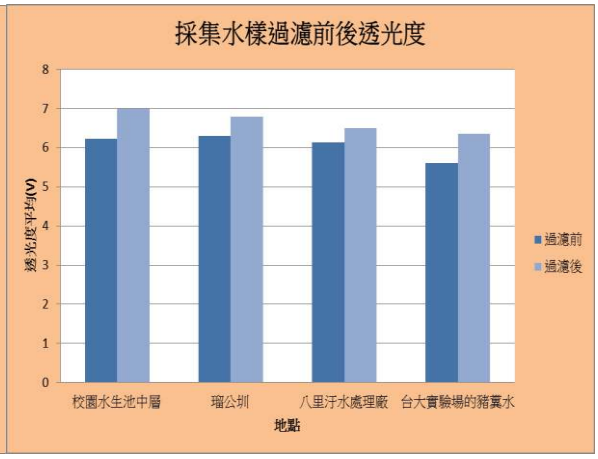



圖 4-1-3-2-2 採集水樣過濾前後透光度

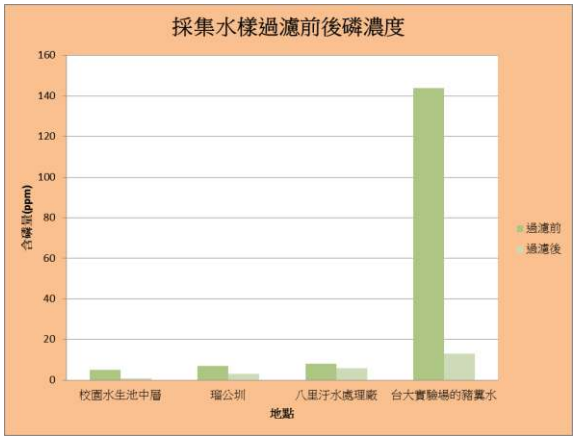



圖 4-1-3-2-2 採集水樣過濾前後磷濃度

2.結果

(1)酸鹼值來看，採集的水樣呈酸性，蚵殼過濾後為弱鹼性，如八里污水處理廠酸鹼值 pH5.9 轉為 pH7.3。

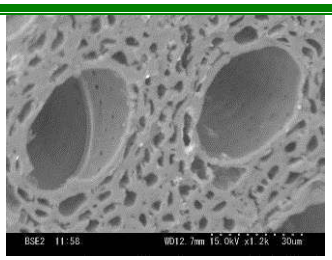
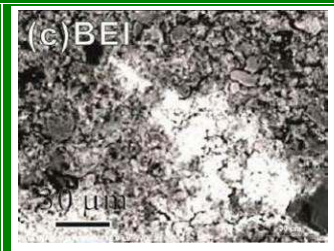
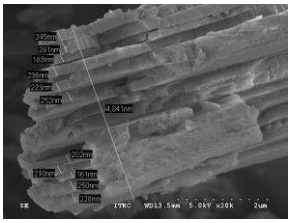
(2)殘留磷量來看，經蚵殼過濾後的現地水樣磷濃度皆下降，但八里污水處理廠的下降幅度較小，探討水樣的酸鹼值與含磷量似乎有關係。

(3)透光度來看，經蚵殼過濾後的透光電壓會上升，如校園水生池中層水樣的透光度從 6.23V 提昇為 7V，推測經蚵殼過濾後可提昇水質的清澈度。

(4)水質採樣中發現:在鹼性的環境中畜牧廢水，蚵殼吸附磷的能力幾乎達到 91%，這對處理汙水有很大的應用性。

## 二、結果與討論

(一)綜合分析：實驗 1-1 中，蚵殼的脫色效果最好，其電阻很大，仔細比較掃描式電子顯微鏡(SEM)下的表面孔洞結構，蚵殼為多層次結構比石頭及備長炭的孔洞結構皆為小，如下圖。

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| 圖 4-2-1 | 圖4-2-2 | 圖 4-2-3 |
| (照片取自:”炭 SEM 底下的面像”文章)備長炭在 1200x 下被觀察為整齊排列的多孔性結構。但大部分的孔洞約為微米尺度，尚未到奈米級的孔洞。 | （照片取自：中華民國第51屆中小學科學展覽會作品“南崁溪污染對河川沉積物的影響”p21）發現岩石孔洞與許多小細縫。 | 蚵殼(試片委託國家實驗研究院儀器科技研究中心檢測)主要是發現多層狀結構，約在 100nm~300nm 間。 |

(二)實驗 1-3 中，粒徑愈小，所測到的電壓越高，透光度提高，脫色能力就愈大，表示總表面積變大影響過濾效果。實驗 1-5 中，發現攪拌時間在 1 分鐘，其脫色效果最明顯，其餘時間並沒有顯著影響，所以攪拌時間以 1 分鐘即已足夠，過多擾動造成有色溶液的混濁，這也許和溶液溶解性有關，至於離子溶液的脫色效果如何，是下次進行的重點。

(三)實驗 2-1 中，實驗數據可觀察出磷酸二氫鉀水溶液濃度與反射式光度計所測數值，分為高磷與低磷兩部分，皆成線性正相關，與老師教導的比爾定律，溶液對光的吸收度正比於濃度相符合，表示可支持此裝置為可行的。

(四)綜合分析:實驗2-2蚵殼吸附磷的量大於石頭及備長炭，實驗2-4粒徑愈小吸收能力就愈大，因總表面積變大，吸收磷離子的總量也跟著增加，故我們認為，吸附磷離子為**利用物理特性(孔洞)吸附磷**。實驗2-3蚵殼10克左右，會釋放小於4ppm的磷離子，所以當用在吸附低濃度的磷，推測其吸附能力可能會較沒有效果，甚至增加磷的濃度。

(五)實驗2-5發現；烘烤過後的蚵殼對磷酸鹽的吸收率=(100-7)ppm/100ppm提高到93%，但溫度達250度時又下降，推論溫度在200度以前，蚵殼中的水分去除較多，導致利用物理特性(孔洞)吸附磷離子的能力提升或者推測蚵殼能與磷酸鹽的物質分解完了，造成水質中鹼性不會再上升，所以這方面造成的吸附能力也不會上升；從資料3及5中得知，蚵殼主要是碳酸鈣，加熱會變成氧化鈣，加水會溶解為氫氧化鈣，也許在此**溫度過後蚵殼會開始轉成另一種物質是氧化鈣**，導致**結構破壞，因而導致吸附能力下降，故推測可能也有化學特性吸附，值得進一步探討轉折溫度點對吸附磷的影響**。

(六)從實驗2-6中，蚵殼吸附磷物理驗證中發現，蚵殼過濾後測含磷量減少，但震盪後又會被震出，所測得的磷濃度變高，因此我們推測被震出的是原來被吸附的磷，或是與磷反應的新物質同步震出。

(七)實驗3-1，3-2中，蚵殼過濾時發現，對於較高濃度的含磷量汙水的吸附率，相較於現地汙水研究均有較佳的表現；是否與現地汙水中雜質很多，成分也複雜有關。過程中也發現水值酸鹼值若大於pH6.5，則蚵殼**吸附磷效果顯著**，但酸鹼值若小於pH5.9效果較差。

(八)感謝業界借用分光光度計進一步檢測發現如下圖:八里污水廠水樣經過濾後，水樣對波長的吸光度都降低許多，推測水中物質被過濾掉，水質變清澈。從過濾不同時間的水樣中發現：UV 光度計於波長 207nm 處，有明顯的吸收，且經過濾時間越久，**其吸光度越高**，推斷經過濾實驗後，**產生新物質**，而過濾時間越久，**水溶液中的磷越少，新物質會越多，有化學吸附**。

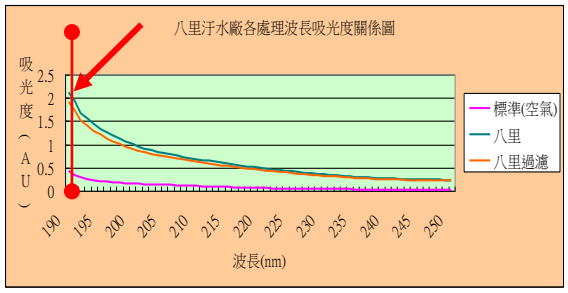



圖 4-2-4 八里污水廠水樣吸光度

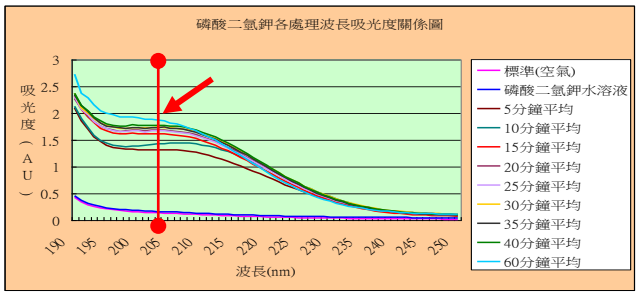
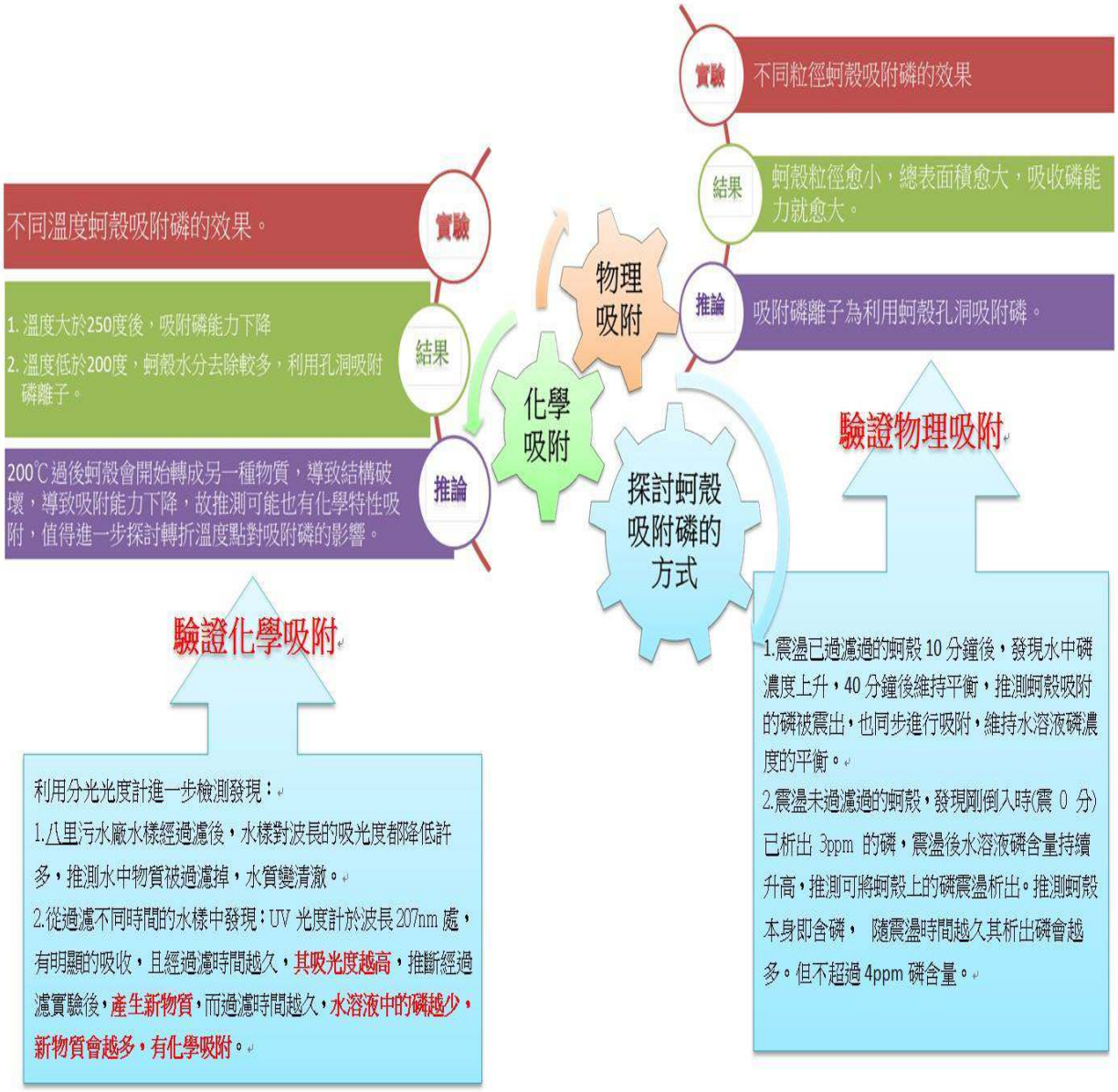



圖 4-2-5 蚵殼過濾時間水樣吸光度

(九)探討濾材吸附力成因分析圖



## 三、結論與建議

(一)自製濁度檢測器，可藉由產生電壓值的大小，得知透光度的差異。蚵殼、石頭、備長炭等濾材，隨粒徑越小，數量越多，脫色效果增加，濾液較透光。攪拌時間長擾動水溶液的雜質多而降低透光度，因此汙水過濾後要**靜置**。

(二)透過 SEM 觀察蚵殼呈多層次結構，主要成分為碳酸鈣，用蚵殼來過濾可以有效吸附水樣中的含磷量，35 分鐘內吸附率達 84%的吸收，用蚵殼吸附磷次數越多，其吸附磷的量會漸弱，但經震盪後可將磷震出，屆時震盪過的蚵殼又可再進行過濾吸附，降低水中含磷量，達到重複淨化水質的效用，經驗證吸附磷有物理及化學吸附。

(三)在烘烤蚵殼溫度200度C、粒徑最小，達到吸附率93%的吸收，水質皆趨於弱鹼性及中性，相近資料(4，5)中所提吸附磷的效果達85%，亦優於石頭及備長炭的成效，可作為洗衣後廢水的前處理，也可以使西南沿海常見的養殖生物蚵殼有再利用的價值，可以作為現地處理的有效濾材，降低成本又環保，極具應用性價值。

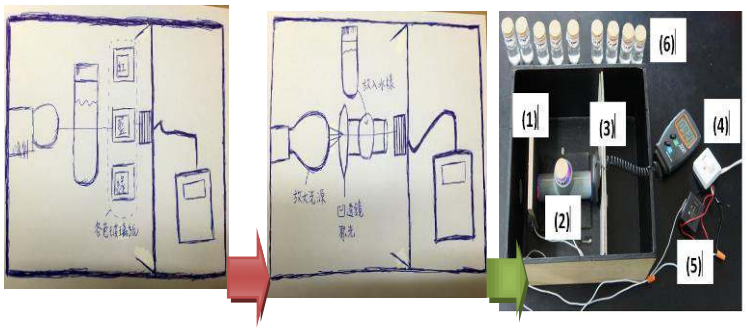
(四)實地採集三個地點的水樣，平均含磷量最多達 8.1ppm，以蚵殼過濾後，酸鹼值皆轉為微鹼，透光度提高，且原汙水的酸鹼值(pH)6.1 時，過濾效果極佳，但酸鹼值 pH5.9，去磷效果有限，建議蚵殼淨化汙水，不能在太酸的環境；在鹼性環境中不必烘烤的蚵殼吸附磷的效果可達 90%以上，另外也提升透光度。

(五)感謝研究歷程中，提供相關資源的社會機構，讓此實驗順利進行，也將此研究成果提供給需要現地處理汙水的地區，為水資源盡一份心力。

# 伍、未來發展

一、蚵殼對於過濾汙水及吸附磷成效不錯，尋找他種有孔洞廢材做為吸附材料比較；研究是否可作為吸附農業肥料加以利用，是否可以將吸附時間縮短，為後續研究的重點。

二、我們嘗試自製蚵殼洗衣球過濾洗衣水以及自製蚵殼器過濾豬糞水，雖然成效不錯，但希望可以開發簡易測磷量的儀器(如圖 5-1)方便檢測，目前發展已建置不同濃度的檢量線，希望繼續探討其被吸附物質的光波長；將來可以研發於手機膜做應用(如圖 5-2)。




(1) 三種顏色 LED 燈固定於木板上
(2) 放入試體區
(3) 光度計測電壓
(4) 控制開關
(5) 變壓器
(6) 不同濃度的磷酸鹽

圖 5-1　　圖 5-2

# 陸、參考資料


1.康軒國小六下及五下自然課本。2012。康軒編輯部。康軒出版社。

2.行政院環保署環境檢驗方法 http://www.hydraulic.idv.tw/water_analy/ecchar5.htm。

3.林巧雯，2009，利用牡蠣殼粉等溫吸附磷之研究，國立台灣大學生物環境系統工程學系碩士班，未出版，台北。P67。

4.王文清，2008，以資源回收材料替代礫間接觸水質氧化法礫石濾材之研究，中華大學碩士論文，未出版，台北。P66。

5.蝦兵蟹將—讓「磷」不再有問題。中華民國第四十九屆中小學科學展覽優勝作品專輯〔國中組〕。P15。

6.高雄市政府愛河資訊網:http://pwb.kcg.gov.tw/Love/water.htm。

7.“南崁溪污染對河川沉積物的影響”　。中華民國第 51 屆中小學科學展覽會作品。P21。

8.網路上文章:國立台中女子中學”炭 SEM 底下的面像”。P3~P4。

## 【評語】080817

本作品以蚵殼粉做為吸附劑，進行水中的磷吸附，實驗作品中以分光光度計，SEM 等貴重儀器進行分析，實驗過程嚴謹具以八里汙水廠的汙水進行初步實驗。