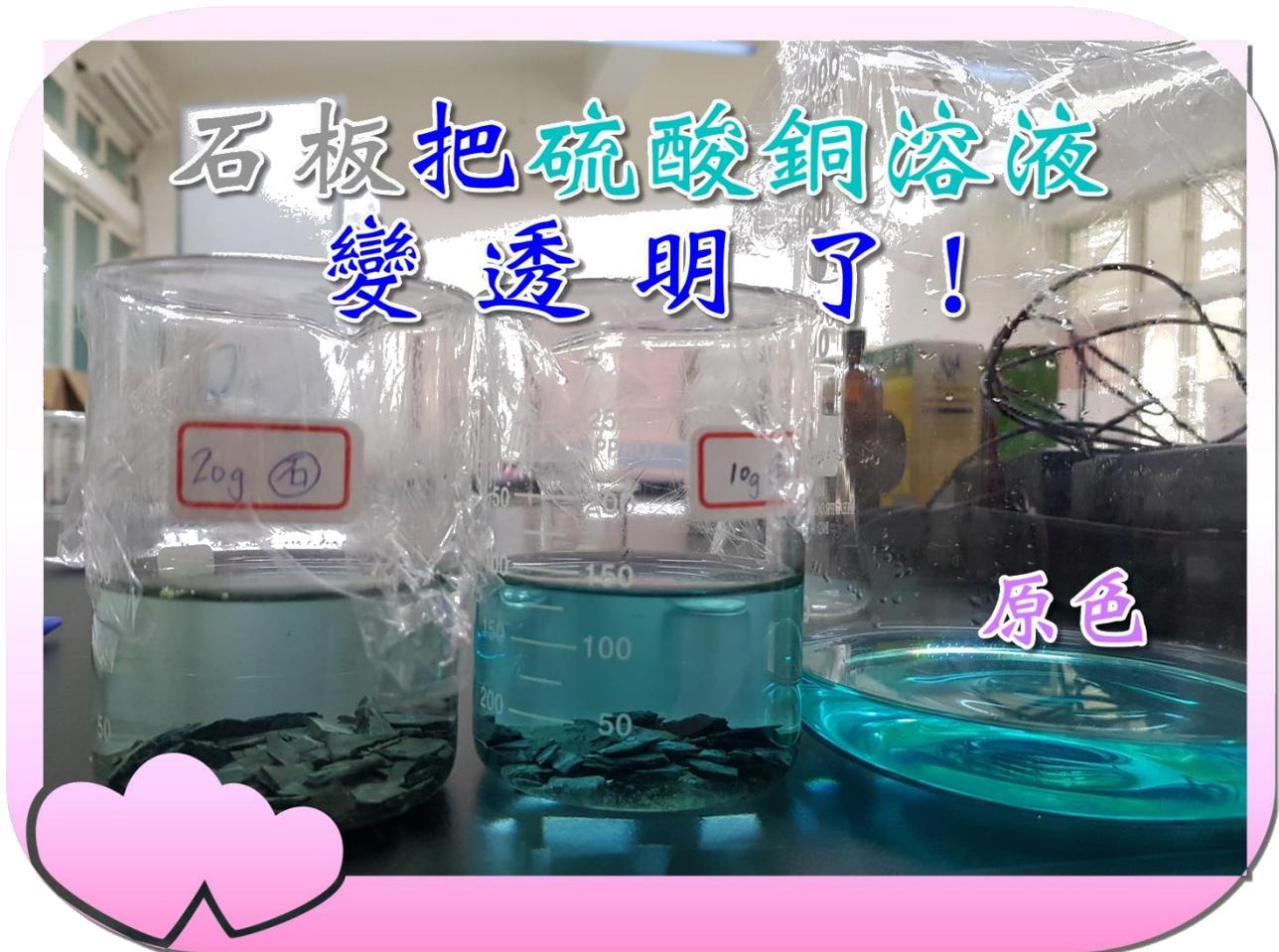


2017 年原住民族文化科教獎

# 清「淨」靜水



團隊名稱：得樂勒卡

團隊成員：謝韋巧、林鈺祐、金翎

指導老師：鍾志華、張雅玲、曾家暉

## 摘要

石板是我們魯凱族生活中，不可或缺的用具，甚至是文化代表，而現今多納部落還有石板工廠。我們部落的主要地質是板頁岩，石板遍布在茂林區內各個溪谷和山林裡，也蘊育出十分純淨的水質。本研究就是透過電導度計和 pH 儀來研究石板的淨水效果。

我們將石板、明礬、活性炭和麥飯石靜置於蒸餾水、硫酸銅溶液和磷酸溶液中，研究這四種物質對溶液的電導度和 pH 值的影響。研究發現石板、活性炭和麥飯石可以將蒸餾水的 pH 值 5.5 提到至 7.0 左右，適合人類飲用。可是，蒸餾水是純淨的水，電導度只有 0.05ms/cm 因此加入各物質，都會提高溶液電導度。

硫酸銅是常用的水質殺藻劑，所含的銅離子和硫酸根離子是水質監控項目。研究發現，**石板能吸收溶液的銅離子，最後甚至使硫酸銅溶液由淡藍色轉為透明**。另外，石板和麥飯石能提高硫酸銅溶液的 pH 值，具改善水質功用。

磷酸是常見的無機鹽，洗滌劑原料之一，會造成河川優氧化，也是水質監控項目。本研究發現，活性炭和石板對降低磷酸溶液電導度的效果佳，而且都能提高磷酸 pH 值，但是，放置一段時間後，只有活性炭磷酸溶液長出了白色菌類。因此，石板對磷酸的改善水質還是最好的。

總之，以電導度和 pH 值來看，石板對於硫酸銅溶液和磷酸溶液的水質淨化效果是四者中最好的。

## 壹、研究動機

我們村落現在仍然使用山泉水和河水做為生活用水。但是，以前遇到颱風或豪大雨，沒有辦法取用山泉水或河水時，村民就會用「靜置方法取用上層水」，這跟課本用靜置使泥沙沉澱的方法相同。可是，這樣的水真的乾淨嗎？

現今，大家開始注意水質健康與安全。我們村裡也常有外地人來取山泉水和河水，甚至把村裡的水運到外面用機器過濾後販售。比較下，村裡人不特別使用濾材就覺得水質可以了，外面卻還要用麥飯石或活性炭來過濾。我們想，難道是村裡特有的石板岩層和細砂具有濾水或淨水功用嗎？所以，我們設計了這個實驗，來比較石板、麥飯石，活性炭，再加上自來水廠常用的明礬，他們四者的淨水效果。

## 貳、 研究目的

本研究目的如下：

- 一、研究茂林區的石板文化，與石板產業的發展概況
- 二、研究不同質量的石板、明礬、活性碳和麥飯石加入蒸餾水溶液中，其溶液電導度和 pH 值的變化。
- 三、研究不同質量的石板、明礬、活性碳和麥飯石加入硫酸銅溶液中，其溶液電導度和 pH 值的變化，以找出淨水效果較佳的材料。
- 四、研究不同質量的石板、明礬、活性碳和麥飯石加入磷酸溶液中，其溶液電導度和 pH 值的變化，以找出淨水效果較佳的材料。

## 參、研究設備及器材

編號	名稱	廠牌	規格
1	電導度計	Lutron	CD-4301
2	pH 儀	Lutron	PH-211
3	(pH 儀) 電極	Lutron	CSA1543
4	電子天平	AND	GF-400
5	燒杯	永原儀器	250ml
6	蒸餾水	新東陽蒸餾水廠	17 公升 (箱) 裝
7	硫酸銅	小島化學	試藥級
8	磷酸	小島化學	試藥級
9	明礬	小島化學	試藥級，硫酸鋁鉀
10	石板	無	當地
11	麥飯石	ISTA 宗洋貿易股份有限公司	
12	活性炭	ISTA 宗洋貿易股份有限公司	



電極液、電極、電導度計與酸鹼校正液  
(冰棒棍是固定電極的量測高度)



電導度計  
(冰棒棍是固定電極的量測高度)

## 肆、研究過程及方法

### 一、研究原理

#### (一) 電導度與水質

1. 依行政院環境保護署 全國環境水質監測資訊網資料，導電度是水質監測項目之一。由於，水中有各類以離子型態存在的溶解鹽類。當水中有一對電極且通電後，在電場作用下，水中的陰離子移向陽極，而陽離子移向陰極，使得水溶液有了導電作用。
2. 當水愈純淨，水中離子型態的溶解鹽類就愈少，導電度就愈低，因此，本實驗透過「電導度計」來測量水中導電能力的高低。電導度下降即可表示本實驗的添加物—石板、明礬、活性碳，和麥飯石，對於溶液有淨化水質的效果。
3. 本實驗用蒸餾水調配出硫酸銅溶液，和磷酸溶液。若硫酸銅溶液的電導度下降，即石板、明礬、活性碳或麥飯石能吸附溶液中的銅離子 ( $\text{Cu}^{2+}$ ) 與硫酸根離子 ( $\text{SO}_4^{2-}$ )；若磷酸溶液的電導度下降，即添加物能吸附溶液中的氫離子 ( $\text{H}^+$ ) 和磷酸根離子 ( $\text{PO}_4^{3-}$ )。

#### (二) pH 值與水質

1. 依行政院環境保護署 全國環境水質監測資訊網資料，pH 值亦為水質監測項目之一。水中氫離子濃度的值常以 pH 值（酸鹼度）來表示。pH 值  $>7.0$  為鹼性，而 pH 值  $<7.0$  為酸性。
2. 依台灣水公司資料，台灣飲用水的 pH 值標準為 6.0 到 8.5 之間。當水中 pH 值  $>8.5$  時，將會降低自來水的消毒效率，導致水管中的鉛、銅、鋅等重金屬含量過高。再者，依行政院環保署 106 年 12 月 25 日的放流水標準，公共污水下水道系統，和社區污水道的放流水，其 pH 值要在 6.0 到 9.0 之間。依鄭先佑在環檢之窗第 30 期提到，pH 值  $<5.0$  會使魚群相繼死去，與水中生態失衡，進而影響食物鏈的循環。總之，pH 值會影響廢水處理與生態。
3. 本實驗直接用 pH 儀測量加入石板、明礬、活性碳，和麥飯石的蒸餾水溶液、硫酸銅溶液，與磷酸溶液。

## 二、 研究的材料

### (一) 石板

本實驗使用的石板來自當地，屬於板頁岩，為黑灰色，具有薄而緻密的岩理，大部分為黑雲母、石英、高嶺土及其他黏土礦物等所組成。因本地的山泉水水質佳，常有外地人來取水，希望透過實驗來檢驗石板是否對於水質有淨化的效果。

### (二) 明礬

明礬常做自來水處理過程中的混凝劑。本實驗使用的明礬為硫酸鋁鉀。明礬在水中會水解成鋁離子 ( $\text{Al}^{3+}$ ) 和氫氧化鋁膠體 ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ )，以吸附水中的懸浮微粒。其反應式為： $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$ 。

### (三) 活性炭

活性炭是多孔性的含碳物質，有高度發展的孔隙構造，能大面積的「吸附」污染物，是市面常用的濾水材料。活性炭吸附的對象是無選擇性的，且對於水中的農藥、臭味分子，和自來水水中的氯味特別有效。然而，活性炭對於重金屬，以及水中陰離子型態的污染物，如硝酸鹽，無顯著的效果。

### (四) 麥飯石

麥飯石是斑狀安山岩的俗稱，主要成分為二氧化矽 (65~71%)， $\text{Al}_2\text{O}_3$  (15.5~18.6%)，而  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$  均在 3~5% 以下，另有  $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  為 (1~3%)，及少量的  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ，即鈣、鎂、矽、鋁、鐵、鉀，和鈉等元素，和少量稀土元素。麥飯石能調整水質、吸附臭味、離子交換和溶出礦物質等特性，是市面常見的淨水物質之一。麥飯石裡有沸石，這類礦物的分子結構裡有許多小孔，當作過濾材料時，細菌無法通過，也能吸住空氣裡和水裡的氣體和重金屬等。另外，有研究認為麥飯石可雙向調整 pH 值，使水體朝向中性。

## (五) 硫酸銅

1. 硫酸銅屬於重金屬鹽，常用於游泳池當作殺藻劑，與於水產養殖場來防治藻類、細菌、原蟲，或消毒工具。但是，硫酸銅的安全濃度範圍小，當濃度低於 0.5ppm 時，無法殺滅魚類的寄生蟲，而超過 0.8ppm 時，卻又容易引起魚類中毒死亡。
2. 銅離子容易在生物體內蓄積，引起魚類腎臟壞死、造血功能下降，與消化系統紊亂。由於，銅離子對水中浮游生物具有毒性，嚴重的銅污染會影響水域生態鏈，因此，行政院環保署的放流水標準中，將水中的銅離子含量訂為 3 毫克/公升以下；台灣「飲用水水質標準」則訂為 1 毫克/公升以下。
3. 此外，由  $\text{SO}_4^{2-}$ （硫酸根離子，硫酸鹽）的測定可以了解水質是否適合公共用水、工業用水和灌溉用水。以工業用水為例， $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度過高，會在鍋爐及熱交換器上形成水垢，阻礙這些設備傳熱效率；在灌溉用水中， $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度過高，會使土壤酸化而危害作物；在飲用水中， $\text{SO}_4^{2-}$ 濃度過高，會危害人體健康。行政院環保署的放流水標準中，硫酸鹽的最大限值是 250 毫克/公升。

## (六) 磷酸

1. 磷酸或正磷酸的分子式是  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ，屬於三質子酸，在水中可解離出 3 個氫離子 ( $\text{H}^+$ )、磷酸二氫根 ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ )、磷酸氫根 ( $\text{HPO}_4^{2-}$ )，和磷酸根 ( $\text{PO}_4^{3-}$ )。
2. 磷酸是肥皂、洗滌劑、食物添加劑，和飼料等磷酸鹽的原料，可見，磷酸鹽是常見的無機鹽。但是，當水中的磷酸鹽濃度偏高，水體極可能產生優氧化，因此，行政院環保署的放流水標準為水中的正磷酸鹽要在 4 毫克/公升以下，並列為水質觀測目標。
3. 磷酸的 pH 值為 1.5 左右，而我國飲用水標準的 pH 值要 6.5 以上。本實驗添加石板、明礬、活性碳和麥飯石到磷酸溶液中，就是想測試上述物質對於提升酸性溶液的效果（改善水質）。

### 三、 訪查區內石板文化與石板產業

- (一) 訪問社區耆老關於石板的文化知識，或文獻搜尋
- (二) 參觀多納部落的石板工廠，並訪問老闆

### 四、 實驗一：石板、明礬、活性碳，和麥飯石在蒸餾水中的電導度和 pH 值變化

#### (一) 研究流程

1. 取四個燒杯，各裝入 10g 的麥飯石、活性碳、明礬和石板；再取四個燒杯，各裝入 20g 的麥飯石、活性碳、明礬和石板。
2. 將 150ml 的蒸餾水加入上述各個燒杯中。另外，取一個燒杯僅加入 150ml 蒸餾水溶液。
3. 每隔 24 小時量測上述九個燒杯的電導度和 pH 值，並紀錄之。每次紀錄後，均蓋上保鮮膜，以防止蒸發。直到 120 小時。

(二) 將 120 小時內的實驗數據製成圖表，並進行資料分析與討論。

### 五、 實驗二：石板、明礬、活性碳，和麥飯石在硫酸銅溶液中的電導度和 pH 值變化

#### (一) 研究流程

1. 取 2000ml 的蒸餾水加入 40g 的硫酸銅，攪拌並調配成硫酸銅溶液。
2. 取四個燒杯，各裝入 10g 的麥飯石、活性碳、明礬和石板；取四個燒杯，各裝入 20g 的麥飯石、活性碳、明礬和石板
3. 將 150ml 的硫酸銅溶液加入上述各個燒杯中。另外，取一個燒杯僅加入 150ml 硫酸銅溶液。
4. 每隔 24 小時量測上述九個燒杯的電導度和 pH 值，並紀錄之。每次紀錄後，均蓋上保鮮膜，以防止蒸發。直到 120 小時。

(二) 將 120 小時內的實驗數據製成圖表，並進行資料分析與討論。

## 六、 實驗三：石板、明礬、活性碳，和麥飯石在磷酸溶液中的電導度和 pH 值變化

### (一) 研究流程

1. 取 2000ml 的蒸餾水加入 40g 的磷酸，攪拌並調配成磷酸溶液。
2. 取四個燒杯，各裝入 10g 的麥飯石、活性碳、明礬和石板；取四個燒杯，各裝入 20g 的麥飯石、活性碳、明礬和石板。
3. 將 150ml 的磷酸溶液加入上述各個燒杯中。另外，取一個燒杯僅加入 150ml 磷酸溶液。
4. 每隔 24 小時量測上述九個燒杯的電導度和 pH 值，並紀錄之。每次紀錄後，均蓋上保鮮膜，以防止蒸發。直到 120 小時。

### (二) 將 120 小時內的實驗數據製成圖表，並進行資料分析與討論。

## 伍、研究結果與討論

### 一、茂林區石板文化與石板產業

#### (一) 石板文化

石板是魯凱族和排灣族常用的生活用品，石板屋更是我們傳統住屋，茂林魯凱語寫做 i li bi。(以下再分述萬山魯凱、多納魯凱的石板稱呼)

石板屋具有冬暖夏涼的效果，老師說，社會課本上曾寫說「**石板屋是會呼吸的房子**」！我們的學長姐曾做過石板建材的研究—夏天時，石板的片狀構造和石板屋的層層堆疊的建築方式，讓屋內通風良好，導熱也快速，因此，能讓屋子保持涼爽。我們夏天睡在石板的地面，有時，半夜還會覺得冷呢！到了冬天，屋內用大片的直立石板檔住牆面，也同時有保暖的效果。

現今，我們部落雖然不再蓋純石板屋的房子來居住，但是仍然會將石板裝置在建築設計之中，比如做牆壁、桌子、椅子、地板，或房子內部裝飾等，也會用做農田分界、烤肉的廚具、石雕藝術，甚至以前也有用石板棺來埋葬先人（現今改用木棺）。

#### 1. 各部落的石板屋現況

高雄市茂林區有三個部落：茂林魯凱、萬山魯凱，和多納魯凱。現今，以多納魯凱的石板建築較多，茂林和萬山<sup>1</sup>沒有已經沒有「純粹的」石板屋。

多納部落的觀光業比起茂林、萬山來得發達，因此，街道上仍有不少的石板做裝飾。依張正妹女士口述：

石板的多納魯凱語是 *alapi*，石板屋是 *alapi ka daáne*(用石板做的房子)，公板的公母沒有特別的名稱，也沒有神話故事。但是，石板屋可分為四代：

- 第一代石板屋：較矮小，在日本統治時代還很多，要低頭才可以進屋，能夠防範敵人。
- 第二代石板屋：比第一代石板屋高一點。
- 第三代石板屋：石板屋加上其他建材，比如鐵板，或是木材等。

<sup>1</sup> 現今，萬山部落因居住地勢，又可分為上部落，和下部落。不論上、下部落都沒有居民住在石板屋裡，但是，在下部落的操場附近，有一座石板展示屋（下頁介紹，下潛式石板屋）。

- 第四代石板屋：主要用水泥和磚塊來建造，在外面貼上石板。

多納部落現今都是第四代石板屋，主要原因是第一代和第二代石板屋要花很多時間蓋。以前，都是大家互相幫忙，屋主只要請來幫忙的村民吃飯就好了，但是，現在大家沒有那麼多時間（蓋和搜集石板），因此，就雇工，用水泥和磚塊（很快可以排出一排）來建房子，外面再加石板裝飾就好了。

### 多納魯凱部落的石板屋與石板裝飾



多納部落的石板展示屋與石椅，通常在黑米祭時期會開放入內參訪（可看到內部擺設）。屬於第二代的石板屋



石板桌、石板椅。照片中的「人形椅子」是多納部落會議時，酋長的座位



第三代石板屋，可看到還有人居住，牆上掛著獸骨。



第三代石板屋，為鐵皮屋與石板的融合。



多納村落入口處的咖啡店（未掛出任何看版時）。為求觀光效益，多納部落的部份商店會以石板來裝飾店內、店外。



多納國小內的石板擋土牆。

### 石板屋的演化過程



石板屋歷史演繹  
比例—50:1



資料來源：茂林區萬山里 馬樂 先生 106.8.23 到茂林國中演講之資料，請勿轉載

萬山魯凱語用 alivi 稱呼石板，石板屋是 alivi dháane。現今的萬山部落在操場那裡有一個石板屋展示，部落裡沒有人住在石板屋了。以下為歐如屏先生口述：

萬山在民國四十幾年<sup>2</sup>時，由政府強迫遷村到現址，而且，現在萬山的土地和山林都是由茂林魯凱部落分過去的！萬山舊部落還有很多石板屋，但是沒人住在舊萬山了。萬山，現在都是水泥建築，但是，會用石板裝飾。

以前，萬山的人要拿石板要到萬頭巒山，很遠，現在要去很不方便。

依金駱秋香女士口述：

我們萬山對公石板和母石板沒有特別的稱呼，但對河邊的石頭、山裡的石頭，一般可見的石頭都有不同稱呼。萬山沒有對於石板由來的神話故事，或傳說，我們只會介紹石板屋有優點、缺點。

石板屋會冬暖夏涼，而且以前石板屋比較低，敵人進門要彎腰低頭，就可以趁機砍下敵人的頭。石板屋的屋頂也會開天窗，屋內不會全部都很暗；即使颱風來，石板屋也不會垮，很堅固。另外，石板屋的屋頂是斜下來的，我們以前會在屋頂上曬棉被，和芋頭、小米等食物，很方便。石板屋的缺點是，沒有電，所以，就會比較暗，加上空間小，沒辦法隔間。

我覺得以前，我們要蓋水泥房子的時候，很笨。居然沒有留下石板。我們當時把石板打碎，全埋到房子底下（當地基）。現在，要蓋石板屋很難了，萬山找不到人切石板，又不會分辨好壞，老人家年紀也大了，沒辦法花時間和力氣再去蓋石板屋。就算想要蓋，以前石板都是一片片去山裡拿的，現在，我們也沒辦法拿到那麼多石板來蓋了。

---

<sup>2</sup> 有些資料記載從民國 46 年，有些則寫 47 年或 49 年，主要是因為當時萬山遷村並非「一次性遷村」，而是慢慢遷到現址的。

## 茂林區 萬山魯凱部落的「下潛式石板屋」



讓住屋周圍任意長滿草木或蔓藤，以覆蓋石板屋，並保有很高的隱密性。為了屋內活動方便，有留三分之一地平面以下的高度。



為了預防有敵人來襲，門口必須要低頭彎身才能進入，這樣在屋內的人可以立刻判斷來人的敵友，敵人才進門，首級就會被砍下。



從上方看萬山的下潛式石板屋。屋瓦雖然也是用石板覆蓋而成，但雨水不能滴入屋內。傾斜的屋頂是曬東西的好場所。



石板屋也留有窗戶，只是緊靠地面。石板屋牆壁非完全密封，有助空氣流通。屋頂會開天窗，讓光線進入屋內。

茂林魯凱語用 alapi 或 ilipi 稱呼石板，石板屋是 ilipi dane。根據魏頂上先生口述：

茂林沒有關於石板的傳說故事。我也不知道石板可以分公、母。

以下為歐如屏先生口述：

石板有分公石板，和母石板。我只知道公石板比較堅固，不會裂開。通常，蓋房子的屋頂會用公石板，母石板就做側面的牆壁，不然全部都要用公石板的話，沒有那麼多。

茂林現在沒有石板屋了。以前，要拿石板都要去河谷拿，但是，因為茂林沒有人住，也沒有人會去拿了。倒是多納還有人在做石板生意。

### 茂林區 茂林魯凱部落的石板屋與石板裝飾



茂林部落的石板多用做石牆，或石雕裝飾。



活動中心內的石板展示屋(展示外觀而已)。



茂林、萬山和多納部落都會用石板或大型石塊來標示地名或景觀。



茂林國小的石板牆與石椅裝置。

總之，單就石板而言，不論茂林魯凱、萬山魯凱，和多納魯凱，他們都沒有石板來源的神話故事。張正妹和金駱秋香女士表示，可能是因為，他們石板都是拿來「用」，所以沒有傳說故事。

另外，不論部落耆老知道或不知道石板可分公、母，但是，我們茂林下三社魯凱族（茂林、萬山，和多納）對於公、母石板，都沒有名稱上的區分<sup>3</sup>。可是，我們三個部落，對於不同石頭卻有細分名稱，比如鵝鑾石，普通石頭，和溪裡的石頭等。

至於石板屋的由來，據江國德先生口述，這是因為祖先看到穿山甲鱗片是一片片，看起來很堅固，又不會濕，所以，祖先仿造穿山甲<sup>4</sup>，才蓋出了石板屋。

---

<sup>3</sup> 據說，霧台地區對於公石板，和母石板有名稱上的不同

<sup>4</sup> 排灣族對於石板屋的由來，他們認為是「仿造 百步蛇」（資料來源：族語數位中心，排灣族故事）

## 2. 萬山岩雕與石板雕刻

石板做為雕刻材料，在茂林和多納部落也都有。但，只有萬山舊部落才留有岩雕。

### 萬山岩雕

#### (1) 萬山岩雕<sup>5</sup>的神話傳說：

百步蛇在魯凱族有崇高的地位，但是有一位嫁入萬山部落的異族女子，天天偷煮百步蛇料理給家裡人吃，導致家人身體愈來愈不好。後來，夫家的人發現了，於是把這位女子趕出家門。女人跑到山上，等著丈夫會後悔跑來接她回家，但等待過程中，她無聊的在石頭上畫圖。被女子手指碰到的石頭，突然變得很柔軟，於是，她就在石頭上畫了許多圖案。可是，夫家一直沒來接她，一段時間後，她就離開，不知去那裡了。(茂林區農會前壁會仍然繪有這篇故事)



原住民族文獻會網站 <http://ihc.apc.gov.tw/Journals.php?pid=616&id=727>

#### (2) 國家遺址

萬山岩雕深藏在人煙罕至的叢林裡，除了神話傳說留存外，並沒有傳揚。一直到1971年，高業榮先生聽到呂一平和范熾欽口述萬山神話「吃蛇女人(岩雕由來)」的故事，於是在1978年，由萬山村民陪同，才首次目睹「孤巴察峨」岩雕，逐漸引發人民的好奇。後來，隨著第二處(祖布里里)、第三處(莎拉基那峨)岩雕的發現，政府才開始列為文化資產，加以保護。第四處岩雕則為「打嘎拉夫」。

#### (3) 岩雕圖案：大多為螺旋的線條，人頭，或花紋，其意義仍有待考究。

#### (4) 萬山神石

除了岩雕外，萬山也有塊神石，據說有神靈附在其中，不可觸摸。現今，萬山部落仍然流傳有摸到神石的人，遭到災厄或精神失常的故事。現今萬山的國中生，也還聽過神石的故事。

<sup>5</sup> 本篇故事在原住民族文獻 (<http://ihc.apc.gov.tw/Journals.php?pid=616&id=727>) 中有詳細解說與推論，但故事內容均大同小異—外族嫁入的女子觸犯禁忌被趕出家門後，在深山裡的創作。故事內容非常奇異，而且，實際岩雕的範圍很大，憑一名女子很難有此作為，但是，故事仍以這種形式流傳下來。

### 萬山岩雕文化延伸創作



馬樂先生專利發明的石板杯壁（請勿轉載）。  
杯壁中的圖形來自萬山岩雕。

茂林國小以萬山岩雕為校園主題裝置藝術。

### 石板雕刻



### 3. 石板的生活用途

#### 石板的生活用途



用石板來代替鐵板，石板烤肉仍是我們最愛的傳統美食。



我們部落自己改良的烤肉架，但還是喜歡用石板來烤東西吃！



用石板來當作梯田的分隔，又能方便排水。目前，石板在村落中，常用來當作分隔牆。



石板盆栽與造景

#### 4. 魯凱族（石板）喪葬文化

依金駱秋香女士口述：

很久以前，我們會將死去的親人埋在石板屋的大廳地下。我們先挖洞，鋪上一塊大石板，屍體放在石板上，然後，四周再放上四片大石板，灑上爐灰等，再用大片石板蓋起來。我們相信家裡死去的親人會跟我們同在，並且保護我們。不過，日本統治時，他們覺得這樣不衛生，於是就叫我們停止了。

現在，茂林魯凱、萬山魯凱，和多納魯凱族都是將死去親人的屍骨埋在部落鄰近的墓地。

## (二) 石板產業

目前石板產業只有在多納部落，萬山部落有新發展「龍紋石」，茂林部落則沒有石板相關產業。

多納部落有三家工廠專門做石板產業，但都沒有工廠名字，而其中兩家比較「常」開工，一家在入口附近，一家則在溫泉溪附近。我們訪問的是溫泉溪附近江國勇先生的工廠。

江先生表示，目前整個茂林區的確只有多納部落有石板工廠，石材來源都取自溫泉溪。他從事石板產業已經二十多年了。他主要是看用戶的需求，再去溫泉溪裡找大塊的石板，切



割出適合的石片。客戶來源為屏東山地門、各原住民區公所，和原住民小學。雖然屏東的山地門的石板屋很有名，但很多石材都是多納這裡運去的。因為，政府對於石板採集量是有管制的。相對下，屏東的管制措施和審核人員對於石板產業很嚴格，而多納這裡石板藏量很多（下方的溫泉溪照片，整個河谷佈滿石板），只要有身分證就能登記採集。



通常，江先生會依據客戶需求，開車到溫泉溪去找大塊的石板。他會先觀察以下重點：



找大塊的**石板**（好切割），而且「**旁邊**」要是「**平滑**」，像照片中的石塊，上方不平滑的部份，一敲下去，容易裂開；下方就比較不會裂開。



分辨硬度。江先生會用敲擊的方式，**聲音清脆的比較不會裂開**（稱為「**公石板**」）；另外，**公石板和母石板不一定能用顏色區分出來**。



用機器切割出形狀。雖然，**母石板比較容易裂開**，但是還是能做其他用途，比如地板



石板切片後，組合成一張石椅。照片中的石椅都是用**公石板**，但**椅腳比較黑**，**椅面就比較白**。江先生說，擦油就會變黑了。

目前，多納部落除了石板工廠外，小石板會做成石板彩繪、烤肉用石板來賣給觀光客。

## 二、 實驗一：石板、明礬、活性碳，和麥飯石在蒸餾水溶液的電導度和 pH 值變化

### (一) 10g 的石板、明礬、活性碳，和麥飯石在蒸餾水溶液中的電導度變化

由於蒸餾水的水質較純淨，電導度極低，因此，加入石板、明礬、活性碳，或麥飯石等添加物，反而像加入污染物而提高了溶液的電導度。

蒸餾水溶液加入 10g 不同物質且靜置 120 小時後，溶液電導度由小到大為 麥飯石 < 石板 < 活性碳 < 明礬。研究數據為表一。

表一 蒸餾水溶液加入 10g 不同添加物，其電導度 (ms/cm) 的變化

時間 添加物	0	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時	120 小時
無添加	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	<b>0.06</b>
石板	0.07	0.12	0.17	0.19	0.20	0.22
明礬	7.99	8.78	11.24	12.45	14.84	16.67
活性碳	0.10	0.25	0.47	0.69	1.18	1.38
麥飯石	0.06	0.06	0.07	0.08	0.08	0.08

### (二) 20g 的石板、明礬、活性碳，和麥飯石在蒸餾水溶液中的電導度變化

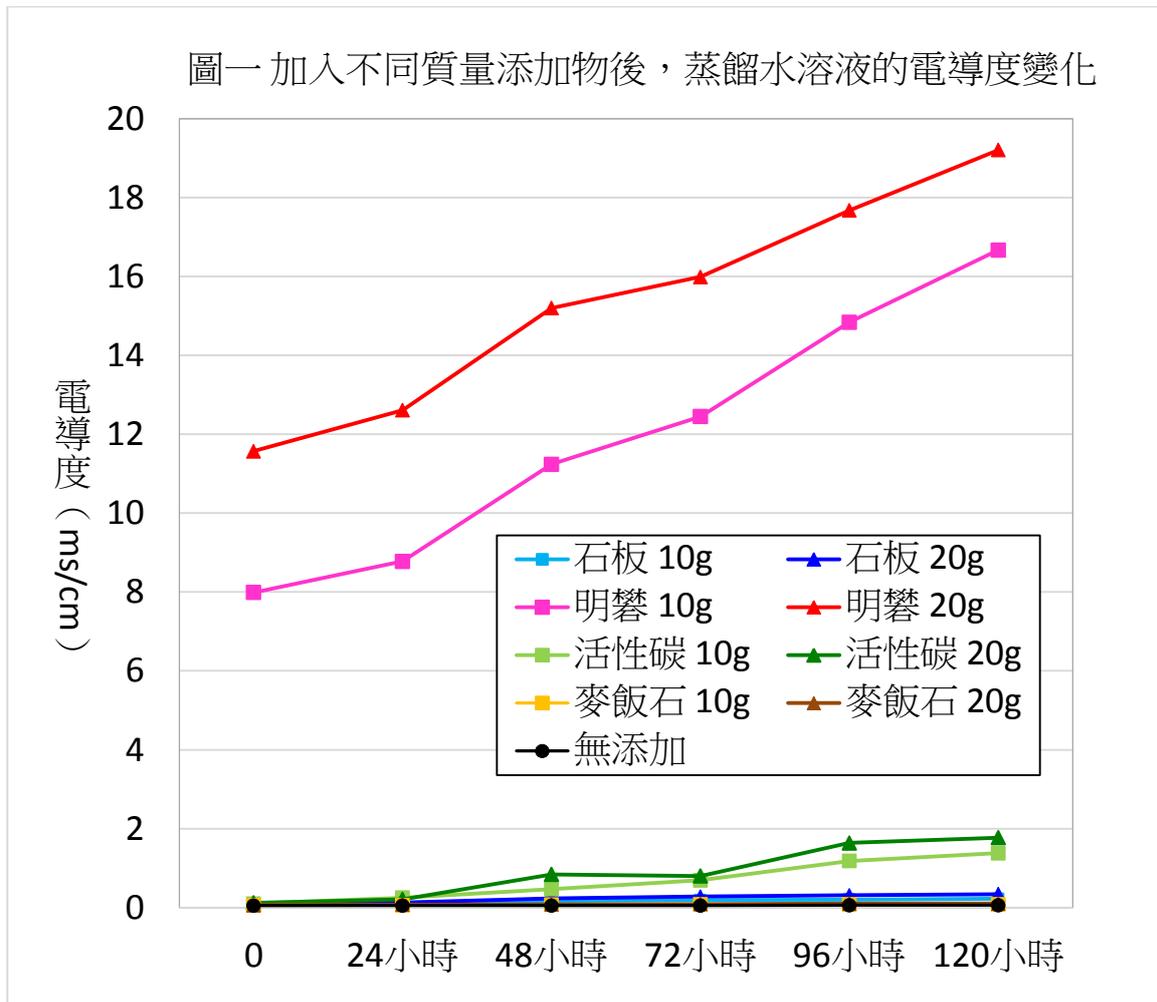
蒸餾水溶液加入 20g 不同物質，且靜置 120 小時後，溶液的電導度由小到大為 麥飯石 < 石板 < 活性碳 < 明礬。研究數據為表二。

表二 蒸餾水溶液加入 20g 不同添加物，其電導度 (ms/cm) 的變化

時間 添加物	0	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時	120 小時
無添加	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	<b>0.06</b>
石板	0.07	0.13	0.23	0.28	0.31	0.34
明礬	11.57	12.61	15.2	15.99	17.68	19.21
活性碳	0.12	0.21	0.84	0.80	1.64	1.77
麥飯石	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10

### (三) 討論 不同添加物對於蒸餾水溶液電導度的影響

我們將不同添加物和質量，對於蒸餾水溶液電導度的變化，製成圖一。



不論是添加 10g 或 20g，對電導度的影響由小到大均為 麥飯石 < 石板 < 活性碳 < 明礬，且麥飯石的效果最不明顯，而明礬使電導度上升的效果最為明顯。經由資料查詢，我們認為原因如下：

1. 麥飯石的主要成分為二氧化矽（占 65~71%），而二氧化矽不導電，所以，添加麥飯石對於蒸餾水溶液電導度的影響最小。
2. 石板成分以黑雲母、石英和黏水礦物為主，二氧化矽含量沒有麥飯石那麼高，加上少量的三氧化二鋁、氧化鈣、氧化鎂及碳酸鹽，因此，對於電導度的影響大於麥飯石。
3. 活性碳中的碳元素本身就是導電物質，因此，對蒸餾水電導度的影響大於石板和麥飯石。

4. 明礬在水中會釋出鉀離子 ( $K^+$ )、鋁 ( $Al^{3+}$ )、和硫酸根離子 ( $SO_4^{2-}$ )，可導電的離子比起前三者更多。當明礬加入蒸餾水後，立即量測 10g 溶液電導度為 7.99ms/cm，20g 為 11.57ms/cm。可見，明礬對蒸餾水溶液電導度的影響最大。

(四) 討論 增加質量對於蒸餾水溶液電導度的影響

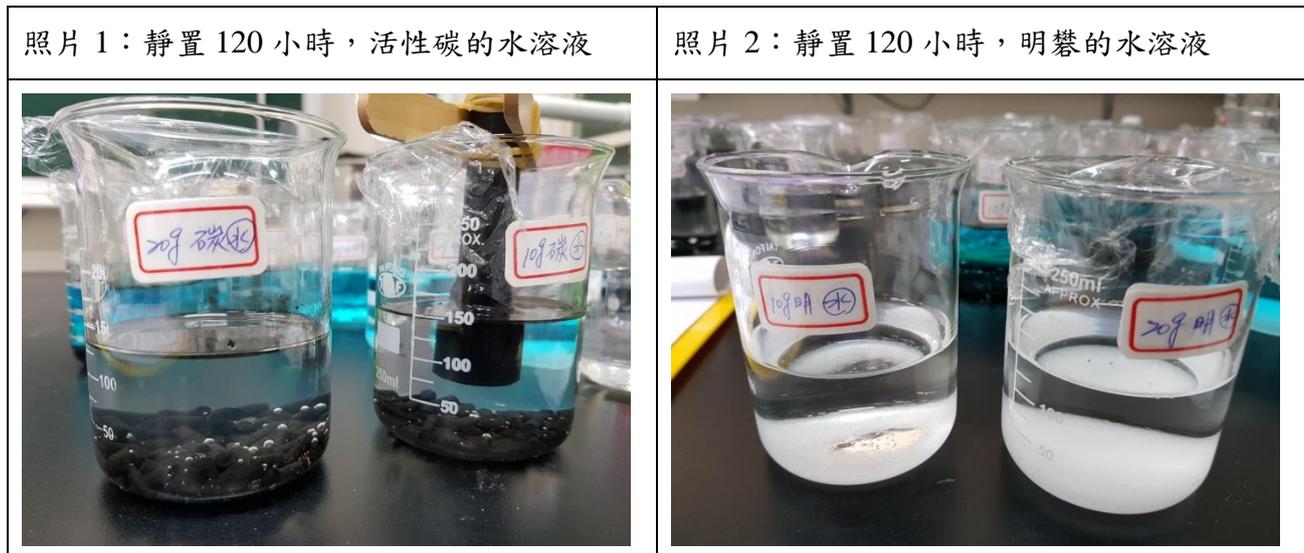
我們想知道添加物的質量增加一倍後，對電導度是否有加倍的影響。整理研究數據如表三。

表三 靜置 120 小時後，不同質量添加物的溶液電導度 (ms/cm) 增加情形

物質	無添加	石板	明礬	活性炭	麥飯石
10g 添加物靜置 120 小時	0.01	0.15	8.38	1.28	0.02
20g 添加物靜置 120 小時	0.01	0.27	7.64	1.65	0.04
靜置 120 小時後，比較雙倍添加物對電導度增加的幅度 (%)	0	80%	-8.8%	28.9%	100%

結果發現，添加物質量變成二倍時，麥飯石對電導度增加幅度有加倍的影響，明礬的影響反而下降。我們提出以下看法：

1. 麥飯石對電導度的影響本來就極小，僅增加 0.02 ms/cm 和 0.04 ms/cm。況且，麥飯石以二氧化矽為主，但成份比例並非均相同，因此，增加麥飯石質量對蒸餾水溶液的影響幅度為何，需再做進一步的實驗。同理，石板也是。
2. 活性炭對蒸餾水溶液的電導度影響也僅有 1.28 ms/cm 和 1.65 ms/cm，況且，靜置 120 小時後，溶液中仍有氣泡（詳如照片 1），因此，我們覺得也需要確認。
3. 增加明礬質量，對電導度的影響反而下降，我們認為這跟明礬在蒸餾水中溶解的質量有關。經 120 小時後，目測 10g 明礬已完全溶解，而 20g 明礬則有部份沒有溶解（詳見照片 2）。



(五) 石板、明礬、活性碳，和麥飯石在蒸餾水溶液的 pH 值變化

在實驗前已做 pH 儀的校正。當蒸餾水加入 10g 添加物後，pH 值由高到低為 麥飯石 > 石板 > 活性碳 > 無添加 > 明礬，並將研究數據整理如表四。

表四 蒸餾水溶液加入 10g 不同添加物，其 pH 值的變化

時間 添加物	0	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時	120 小時
無添加	5.57	5.4	5.33	5.42	5.34	5.69
石板	6.64	6.91	6.99	7.00	7.04	7.09
明礬	2.78	2.75	2.76	2.79	2.81	2.82
活性碳	6.34	6.3	6.17	6.31	6.25	6.27
麥飯石	7.03	7.25	7.39	7.27	7.25	7.58

(六) 20g 的石板、明礬、活性碳，和麥飯石在蒸餾水溶液中的 pH 值變化

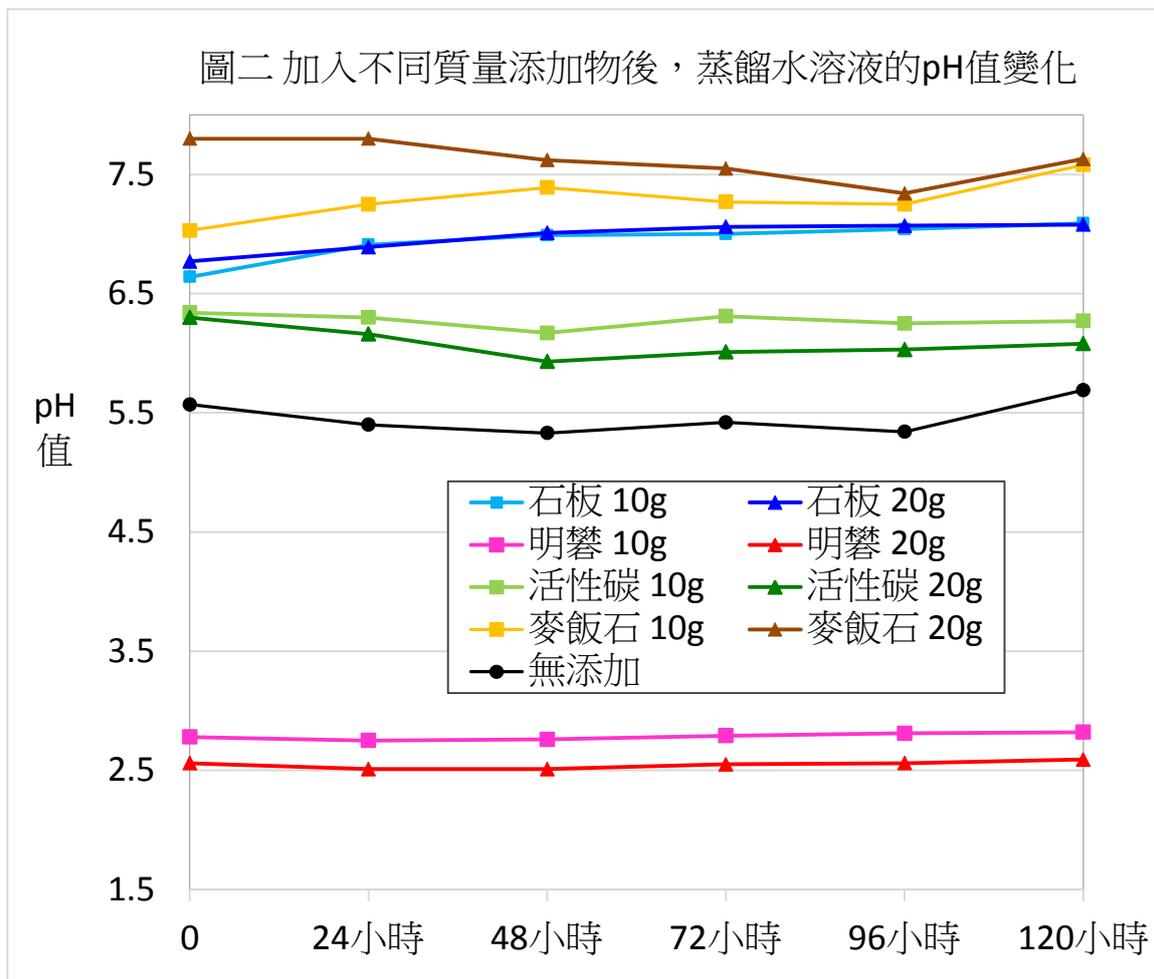
蒸餾水加入 20g 添加物後，pH 值由高到低為 麥飯石 > 石板 > 活性碳 > 無添加 > 明礬，並將研究數據整理如表五。

表五 蒸餾水溶液加入 20g 不同添加物，其 pH 值的變化

時間 添加物	0	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時	120 小時
無添加	5.57	5.4	5.33	5.42	5.34	5.69
石板	6.77	6.89	7.01	7.06	7.07	7.08
明礬	2.56	2.51	2.51	2.55	2.56	2.59
活性碳	6.30	6.16	5.93	6.01	6.03	6.08
麥飯石	7.80	7.80	7.62	7.55	7.34	7.63

(七) 討論 不同質量添加物對於蒸餾水溶液 pH 值的影響

本次實驗前已做儀器校正，測得蒸餾水 pH 值約為 5.5，偏酸性。實驗結果顯示，不論是添加 10g 或 20g，蒸餾水溶液的 pH 值由高到低均為 麥飯石 > 石板 > 活性碳 > 無添加 > 明礬。我們將實驗數據製成圖二。



由本次實驗可知，麥飯石、石板，和活性碳可以提高蒸餾水溶液的 pH 值，其中，10g 和 20g 麥飯石能將偏酸性的蒸餾水 pH 值提升到 7.58 和 7.63。根據所查資料，麥飯石能調節水中 pH 值至中性或弱鹼性，與本實驗結果相同。

另外，10g 或 20g 的石板靜置於蒸餾水 120 小時後，兩者 pH 值無明顯差異。不過，石板蒸餾水溶液的 pH 值都有達到 6.5 以上，符合我國飲用水標準。

活性碳添加入蒸餾水中，會提高原有蒸餾水溶液的 pH 值，但增加質量後，pH 值反而略有下降。

明礬加入蒸餾水後，不論是 10g 或是 20g，其溶液 pH 值均下降至 2.5 左右。由所查資料，這是因為明礬在水中會水解成鋁離子 ( $\text{Al}^{3+}$ )，和氫氧化鋁膠體 ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ )，其反應式為： $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$ 。因此，加入明礬後，pH 值均會下降。

### 三、 實驗二：石板、明礬、活性碳，和麥飯石在硫酸銅溶液中的電導度及 pH 值變化

#### (一) 不同質量與添加物在硫酸銅溶液中的電導度變化

硫酸銅溶液加入 10g 和 20g 各項添加物後，電導度由大到小均為 明礬 > 活性碳 > 麥飯石 > 石板 > 無添加。整理實驗數據為表六、表七、圖三和圖四。

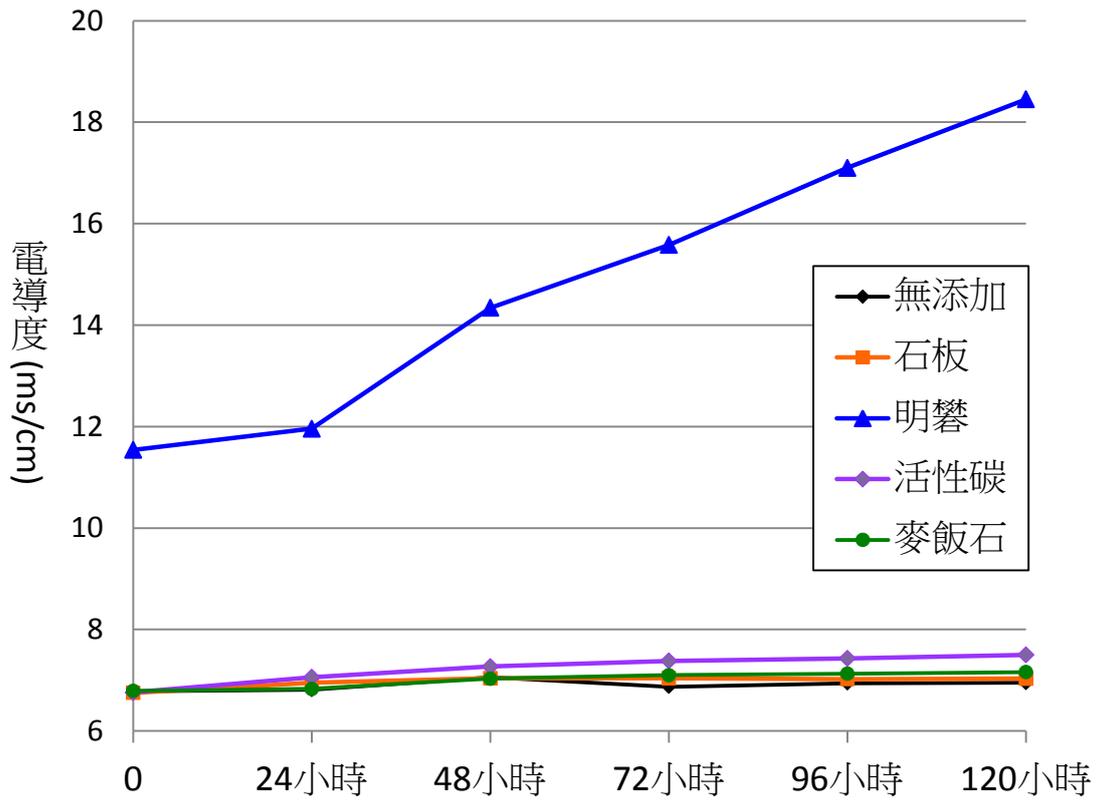
表六 硫酸銅溶液加入 10g 不同添加物，其電導度 (ms/cm) 的變化

時間 添加物	0	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時	120 小時
無添加	6.78	6.81	7.06	6.87	6.94	6.95
石板	6.75	6.95	7.04	7.04	7.02	7.03
明礬	11.54	11.96	14.34	15.58	17.1	18.45
活性碳	6.76	7.06	7.27	7.38	7.43	7.50
麥飯石	6.79	6.83	7.03	7.10	7.13	7.16

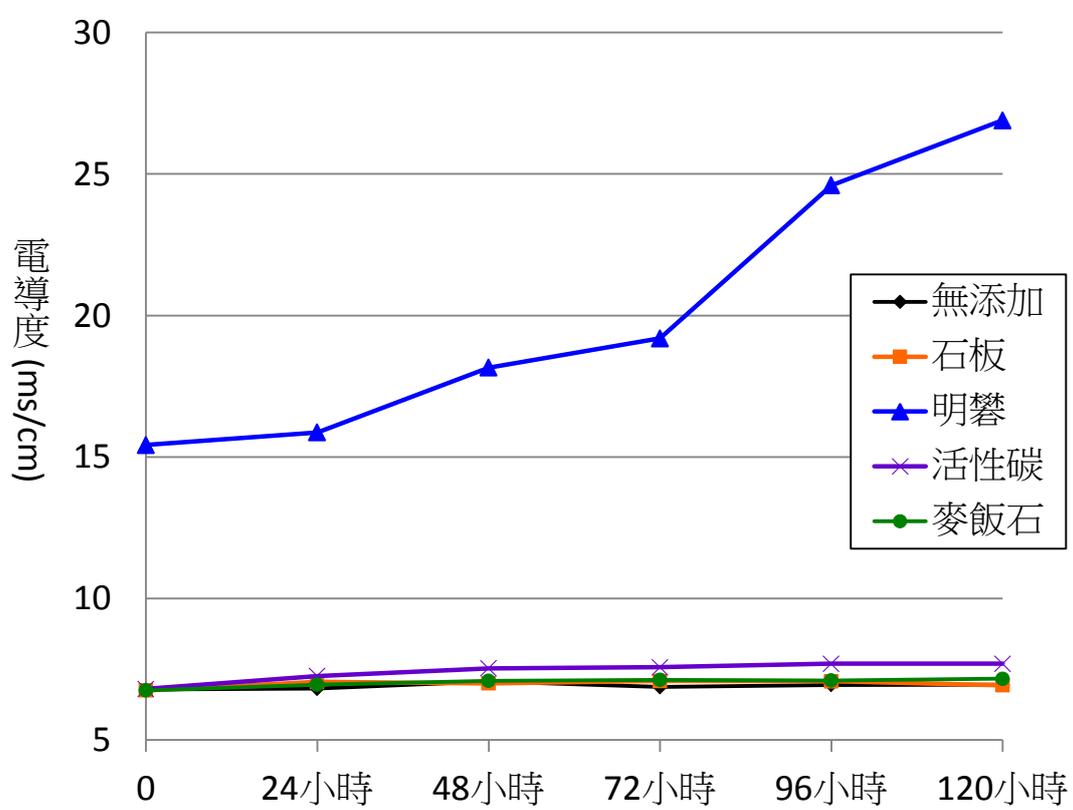
表七 硫酸銅溶液加入 20g 不同添加物，其電導度 (ms/cm) 的變化

時間 添加物	0	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時	120 小時
無添加	6.78	6.81	7.06	6.87	6.94	6.95
石板	6.75	7.05	7.00	7.08	7.07	6.93
明礬	15.42	15.87	18.16	19.19	24.6	26.9
活性碳	6.80	7.26	7.53	7.57	7.69	7.69
麥飯石	6.75	6.95	7.09	7.12	7.10	7.16

圖三 加入10g不同物質，硫酸銅溶液的電導度變化



圖四 加入20g不同物質，硫酸銅溶液的電導度變化



## (二) 討論 各添加物對硫酸銅溶液的淨水效果

添加物加入硫酸銅溶液後，電導度要下降才能表示該物質具有淨水效果。但是，各添加物本身也會釋出離子（實驗一的研究結果可證明），因此必須扣除掉添加物本身所釋放離子，才能知道添加物對於溶液中的銅離子，和硫酸根離子的吸附效果（淨水效果）。

但是，電導度計能測得溶液內所有的可導電離子，卻無法判斷這些導電離子來自添加物，或硫酸銅溶液本身。另外，導電度來自溶液內離子的移動，因此，溫度的變化會影響導電度，一般而言溶液溫度變化  $1^{\circ}\text{C}$ ，將產生約 2% 的誤差，這可解釋純硫酸銅溶液隨著靜置時間而產生的電導度變化。

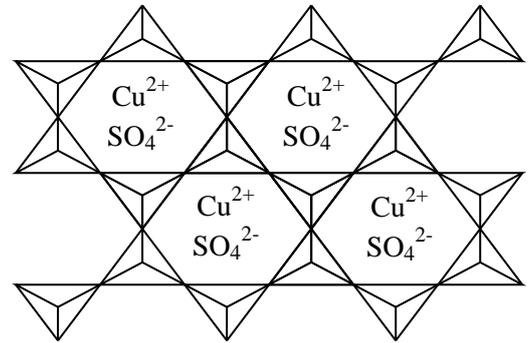
既然無法確定添加物本身在硫酸銅溶液所釋出的離子對電導度的影響，所以，我們採用簡易設定與計算。一般而言，添加物需要時間與溶液做反應，因此，我們以靜置 24 小時做為基準，比較 120 小時後，電導度的變化。整理數值為表八。

表八 硫酸銅溶液加不同質量的添加物，其電導度（ms/cm）上升的差異

	無添加	石板		明礬		活性炭		麥飯石	
		10g	20g	10g	20g	10g	20g	10g	20g
24 小時電導度	6.81	6.95	7.05	11.96	15.87	7.06	7.26	6.83	6.95
120 小時電導度	6.95	7.03	6.93	18.45	26.90	7.50	7.69	7.16	7.16
上述兩者的電導度差	<b>0.14</b>	<b>0.08</b>	<b>-0.12</b>	6.49	11.03	0.44	0.43	0.33	0.21

1. 不論添加 10g 或 20g，電導度數值上升程度由大到小均為 明礬 > 活性炭 > 麥飯石 > 石板。另外，由表八可以看出，石板有讓硫酸銅溶液的電導度下降的效果，以加入 20g 石板為例，電導度反而下降 0.12 ms/cm；即使加入 10g 石板，硫酸銅電導度上升的數值（0.08 ms/cm）仍小於無添加物質的硫酸銅溶液（0.14 ms/cm）。可見，石板對於硫酸銅溶液有淨水效果，而且添加量愈多，效果愈好。

2. 根據我們查到的資料，石板的主要成份是雲母、石英和黏土礦物，因此，當我們敲石板岩屑來做濾水材料時，石板可呈現片狀。雲母多為單斜晶系，呈疊板狀或書冊狀晶形，可發育成完整六個晶體面的菱形，或六邊形（如右圖）。雲母的六邊形構造能將部份的  $\text{Cu}^{2+}$  與  $\text{SO}_4^{2-}$  離子吸附住，而且石英也具有六面體的結晶，這使得石板對降低硫酸銅溶液電導度產生很好的



效果。另外，當雲母分散於水中時，因層間陽離子溶出，而帶有很高的負電荷，所以易吸附金屬陽離子。

3. 去年我們同樣用 40g 硫酸銅加入 2000ml 的 RO 水來做實驗，石板對降低硫酸銅電導度的效果比這次的還好，最後銅離子被石板吸附，溶液由藍色轉為透明。依據所查資料，當材料愈細碎，接觸的表面積愈大，愈有助於反應。我們這次實驗的石板敲得比較大顆，因此效果沒有那麼明顯。

<p>107.03.16 實驗照片（7 天後） 石板硫酸銅溶液顏色有變淡，但我們用石板材料較大塊</p>	<p>107.04.02 實驗照片（24 天後） 和活性炭做比較，石板硫酸銅溶液的顏色有更明顯的變淡</p>

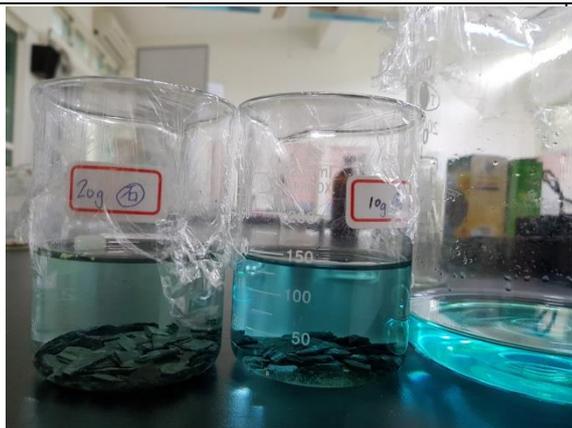


▲107.04.02 實驗照片 (24 天後)，由左到右為各 20g 的活性炭、純硫酸銅、20g 石板、20g 麥飯石，和 20 明礬

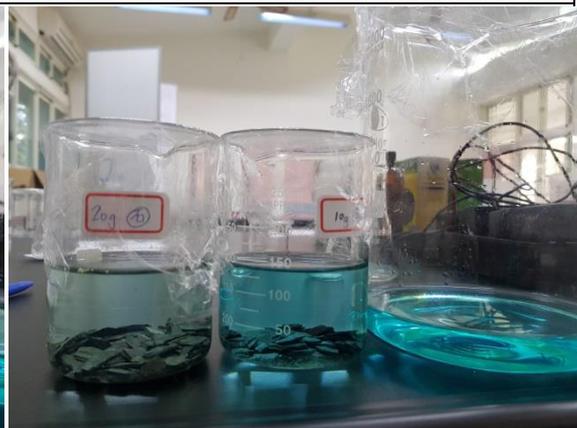
可以明顯看出，石板硫酸銅溶液的顏色與其他不同



為了補足這次實驗的缺點，因此，我們重新用較小塊的石板來做實驗。  
此照片為 107.04.13 (5 天後)，可以看出溶液的藍色顏色 (銅離子) 已較淡。  
可見，石板顆粒愈細，愈能吸收



小塊石板硫酸銅溶液第 18 天後的顏色



小塊石板硫酸銅溶液第 20 天後的顏色

由上述各照片可以發現，石板添加的質量愈多，而且石板愈小塊，效果愈好！

4. 麥飯石以二氧化矽為主，但也有少許的石英和雲母成分，因此降低電導度的效果不如石板。不過，從表八來看，當 10g 加至 20g，硫酸銅電導度的數值差從 0.33 ms/cm 降為 0.21 ms/cm。可見增加麥飯石質量對降低電導度有效果，有助增進淨水效果。
5. 活性碳是可導電物質，但隨著質量增加一倍，120 小時後的硫酸銅溶液的電導度僅從 7.5 ms/cm 微幅上升到 7.69 ms/cm。因此，僅能判斷增加活性碳質量對於提高或降低硫酸銅溶液電導度的效果有限。
6. 明礬本身釋出的離子太多，如同蒸餾水實驗組，因此，就導電度項目而言，無法斷定明礬具有淨水效果。

### (三) 不同質量與添加物在硫酸銅溶液中的 pH 值變化

我們將實驗數值整理為表九和表十。

當硫酸銅溶液添加 10g 物質，且靜置 120 小時後，溶液 pH 值由高到低為 麥飯石 > 石板 > 活性碳 > 無添加 > 明礬。

表九 硫酸銅溶液加入 10g 添加物，其 pH 值的變化

時間 添加物	0	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時	120 小時
無添加	4.27	4.26	4.27	4.23	4.21	4.21
石板	4.39	4.66	4.55	4.48	4.44	4.38
明礬	2.83	2.81	2.79	2.79	2.82	2.83
活性碳	4.33	4.34	4.29	4.27	4.26	4.23
麥飯石	4.38	4.54	4.49	4.48	4.49	4.45

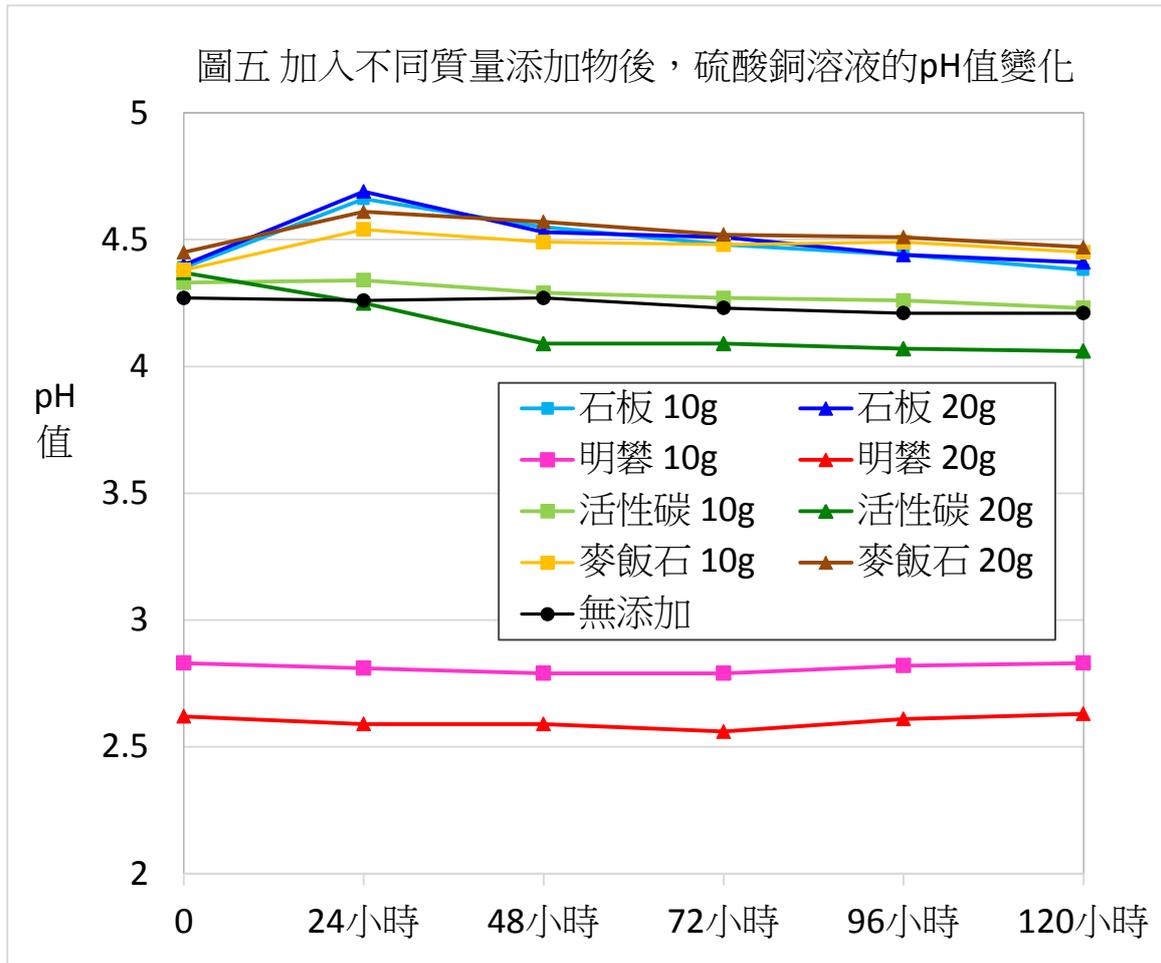
當硫酸銅溶液添加 20g 物質，且靜置 120 小時後，其溶液 pH 值由高到低為 麥飯石 > 石板 > 無添加 > 活性碳 > 明礬。

表十 硫酸銅溶液加入 20g 添加物，其 pH 值的變化

時間 添加物	0	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時	120 小時
無添加	4.27	4.26	4.27	4.23	4.21	4.21
石板	4.4	4.69	4.53	4.51	4.44	4.41
明礬	2.62	2.59	2.59	2.56	2.61	2.63
活性炭	4.37	4.25	4.09	4.09	4.07	4.06
麥飯石	4.45	4.61	4.57	4.52	4.51	4.47

(四) 討論 不同添加物與質量對硫酸銅溶液 pH 值的影響

1. 我們將不同質量添加物對硫酸銅溶液 pH 值的影響製成圖五。



2. 由圖五可看出，不論是 10g 或 20g，麥飯石與石板均能提高硫酸銅溶液的 pH 值，而且麥飯石效果比起石板略佳。
3. 不過，增加麥飯石和石板的質量，對於提升硫酸銅溶液 pH 值的效果並不明顯。以麥飯石為例，靜置 120 小時後，10g 和 20g 的 pH 值分別為 4.45 和 4.47。
4. 由圖五可看出，活性碳和明礬隨著添加的質量增多，pH 值反而更下降。

#### 四、 實驗三：石板、明礬、活性碳，和麥飯石在磷酸溶液中的電導度與 pH 值

##### (一) 不同質量與添加物在磷酸溶液中的電導度變化

我們實驗數據整理為表十一和表十二。

加入 10g 添加物至磷酸溶液，電導度由高到低為 明礬 > 無添加 > 麥飯石 > 石板 > 活性碳。其中，麥飯石、石板，和活性碳的電導度都低於未添加物質的磷酸溶液，即降低了磷酸溶液電導度，具有淨水效果。

表十一 磷酸溶液加入 10g 不同添加物，其電導度 (ms/cm) 的變化

時間 添加物	0	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時	120 小時
無添加	15.19	15.29	15.20	15.20	15.2	<b>15.11</b>
石板	15.15	14.99	14.10	13.31	12.4	<b>11.55</b>
明礬	27.20	28.20	33.10	36.80	39.9	41.9
活性碳	15.09	14.52	12.72	11.71	10.45	<b>9.49</b>
麥飯石	15.15	15.29	14.98	14.76	14.65	<b>14.4</b>

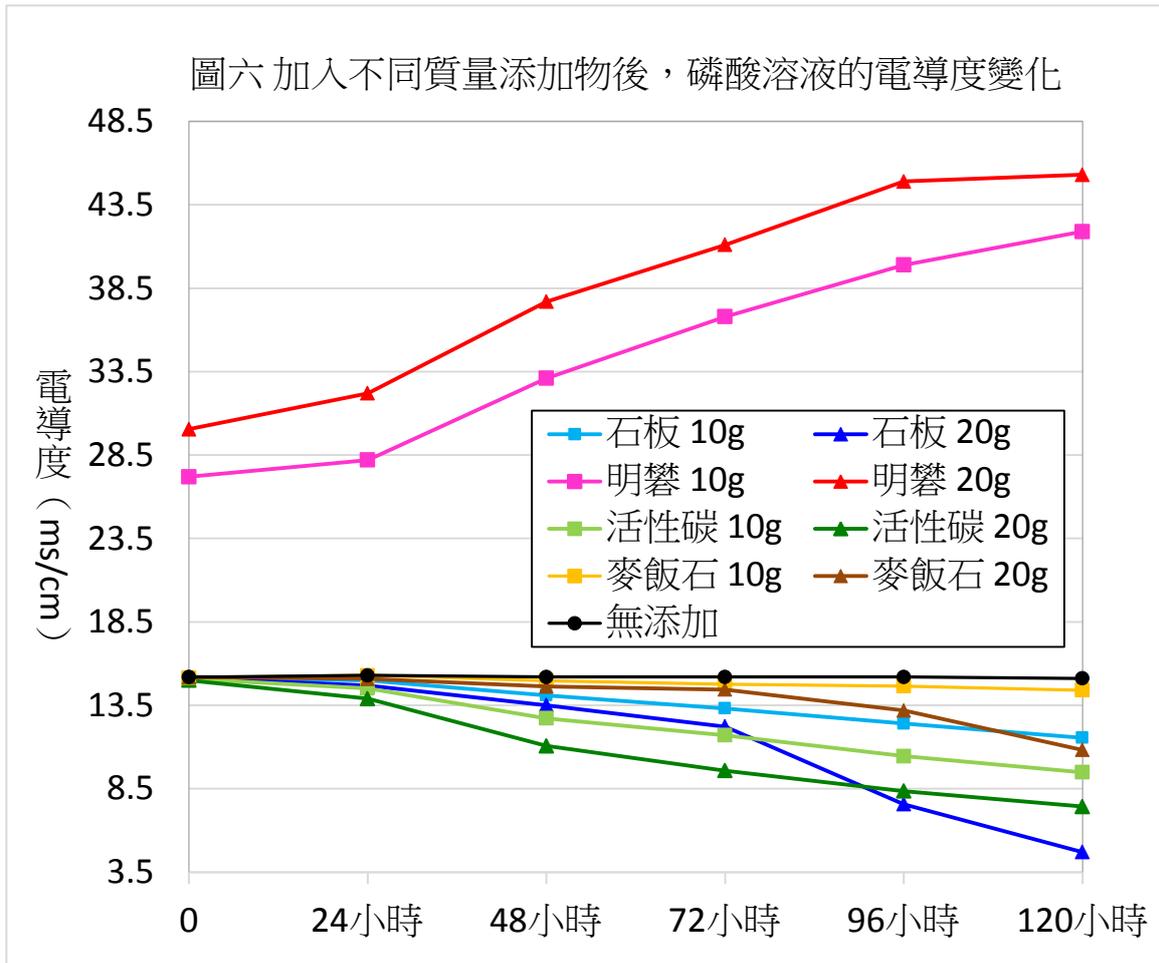
加入 20g 添加物至磷酸溶液，電導度由高到低為 明礬 > 無添加 > 麥飯石 > 活性碳 > 石板。添加了麥飯石、活性碳和石板均降低了磷酸溶液的電導度，對磷酸溶液都具有淨水效果。

表十二 磷酸溶液加入 20g 不同添加物，其電導度 (ms/cm) 的變化

時間 添加物	0	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時	120 小時
無添加	15.19	15.29	15.2	15.2	15.2	<b>15.11</b>
石板	15.15	14.69	13.5	12.22	7.57	<b>4.7</b>
明礬	30.05	32.2	37.7	41.1	44.9	45.3
活性碳	15	13.9	11.06	9.58	8.36	<b>7.43</b>
麥飯石	15.2	15.08	14.62	14.44	13.19	<b>10.83</b>

(二) 討論 不同添加物與添加質量對於磷酸溶液電導度的影響

1. 我們將不同添加物與添加質量對於磷酸溶液電導度的影響製成圖六。



2. 在純水實驗的電導度可知，明礬在水中會釋放出鉀離子 ( $K^+$ )、鋁 ( $Al^{3+}$ )、和硫酸根離子 ( $SO_4^{2-}$ ) 等可導電離子，因此，比起其他三項添加物，明礬加入磷酸溶液的電導度會上升，而且隨著添加質量的增加，電導度也增加。總之，依本實驗的電導度項目，無法看出明礬對磷酸溶液的淨水效果。
3. 隨著添加物的質量增加，麥飯石、活性碳和石板愈能降低磷酸溶液電導度。尤其，增加石板的添加量，電導度降低效果（淨水能力）就愈明顯。依何春蓀 (1990) 普通地質學一書的內容，水是化學風化中最重要之營力，因為水的一端是氧原子（具陰電荷的離子），另一端是氫原子（具陽電荷的離子），而這種不對稱的電荷分布可以使水分子具有弱電吸引力，如同本實驗使用蒸餾水的電導度也有 0.05 ms/cm。因此，當礦物置於水中，水可以把接觸的礦物固體表面離子拉出來。另外，何春蓀也提出氫離子對於分解礦物的作用很

大，因為氫原子的顆粒小能擠入晶體構造。磷酸在水中會解離出3個氫離子，而石板有比起麥飯石和活性碳更發達的六邊形晶體構造，加上石板中含有石英（主要成分為二氧化矽）和少量的粘土礦物（高嶺土為主，化學成分為 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ），跟磷酸釋出的離子做結合。因此，石板降低磷酸溶液電導度的效果最好。

4. 由所查得資料得知，活性碳能藉由發達的孔隙來吸附水中污染物，我們認為這是活性碳能降低磷酸溶液電導度的主要原因。
5. 相較下，麥飯石含有少量沸石，沸石也有小孔能過濾。但是，比起藉由六邊形晶體構造的石板，和本身為多孔性的活性碳，麥飯石對於磷酸溶液電導度的降低效果就沒那麼好。

(三) 不同質量與添加物在磷酸溶液中的 pH 變化

我們將實驗數據整理為表十三，和表十四。加入 10g 添加物時，磷酸溶液 pH 值由高到低為 活性碳 > 石板 > 麥飯石 = 無添加 > 明礬。

表十三 磷酸溶液加入 10g 添加物，其 pH 值的變化

時間 添加物	0	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時	120 小時
無添加	1.47	1.47	1.46	1.48	1.48	<b>1.48</b>
石板	1.48	1.46	1.48	1.57	1.60	<b>1.64</b>
明礬	1.72	1.38	1.32	1.35	1.34	1.32
活性碳	1.47	1.46	1.56	1.74	1.75	<b>1.82</b>
麥飯石	1.47	1.43	1.43	1.48	1.48	<b>1.48</b>

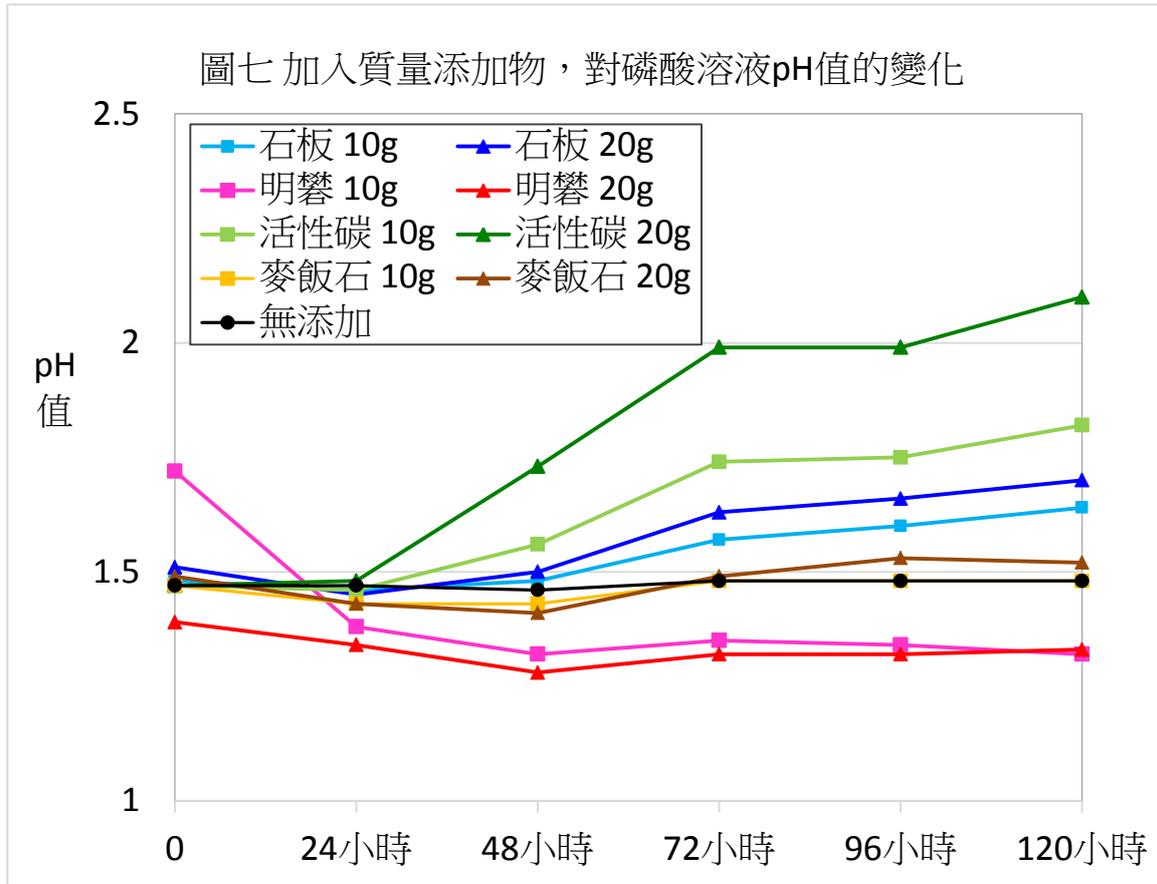
加入 20g 添加物時，磷酸溶液的 pH 值由高到低為 活性碳 > 石板 > 麥飯石 > 無添加 > 明礬。

表十四 磷酸溶液加入 20g 添加物，其 pH 值的變化

時間 添加物	0	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時	120 小時
無添加	1.47	1.47	1.46	1.48	1.48	<b>1.48</b>
石板	1.51	1.45	1.5	1.63	1.66	<b>1.70</b>
明礬	1.39	1.34	1.28	1.32	1.32	1.33
活性碳	1.47	1.48	1.73	1.99	1.99	<b>2.10</b>
麥飯石	1.49	1.43	1.41	1.49	1.53	<b>1.52</b>

(四) 討論 不同添加物與添加質量對於磷酸溶液 pH 值的影響

1. 我們將不同質量添加物對磷酸溶液 pH 值的影響，製成圖七。

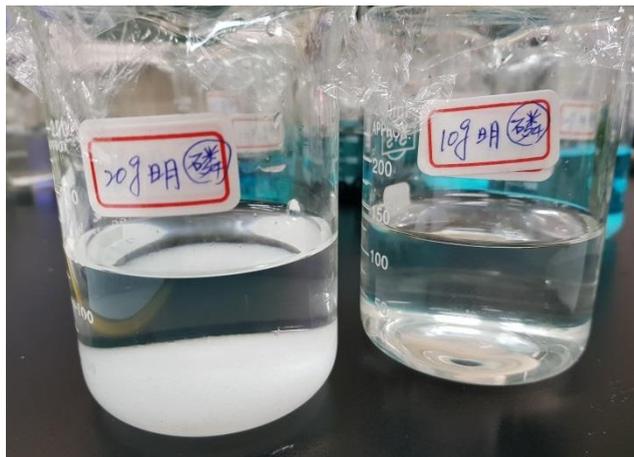


2. 依我國飲用水標準，pH 值要高於 6.5。本實驗使用的磷酸為酸性溶液，pH 值大約 1.5 左右，若添加物能提高磷酸溶液的 pH 值，則視為有改善水質的效果。

3. pH 值的高低取決於溶液中氫離子的濃度，當氫離子濃度愈高，pH 值就愈低。依據我們查得的資料，活性碳為碳元素物質，對於氫離子的吸附力強，當活性碳吸附溶液中的氫離子，使氫離子濃度下降，則 pH 值自然就提高了。因此，活性碳對於提升磷酸 pH 值的效果最好，比起其他三者更具有改善水質的效果。當活性碳添加的質量增加，pH 值提升的效果就愈明顯。

4. 石板因為本身的晶體構造和內含的石英與粘土礦物，使其降低磷酸電導度的效果優於活性碳，但是，單就吸附氫離子，以實驗結果來說，並不如主要由碳組成活性碳。不過，本實驗中的石板對於提升 pH 值效果仍然優於麥飯石與明礬，而且隨著添加的質量增加，pH 值提升的效果就愈明顯。

5. 麥飯石置於磷酸溶液中，不論 10g 或 20g，均提升了溶液的 pH 值，可是在本實驗，增加麥飯石質量並沒有明顯提升 pH 值。在蒸餾水和硫酸銅溶液中，增加麥飯石的質量也沒明顯提升 pH 值。對照我們去年做的實驗，麥飯石靜置於 RO 水溶液與硫酸銅溶液中，pH 值並沒有隨著質量增加而明顯提升。可見，增加麥飯石的質量，對提升硫酸銅溶液或磷酸溶液 pH 值的效果並不明顯。
6. 明礬置於蒸餾水、硫酸銅溶液，和磷酸溶液中時，均使 pH 值下降。但是，隨著添加質量增加，且靜置 120 小時後，磷酸溶液中的 pH 值卻沒明顯下降，反而蒸餾水和硫酸銅溶液的 pH 值有下降。我們認為，這跟明礬的溶解程度，和釋出的  $\text{Al}(\text{OH})_3$  膠結特性有關。在本實驗的磷酸溶液中，靜置 120 小時後，比起 10g 明礬，20g 明礬仍有不少未溶解的量（如照片）。

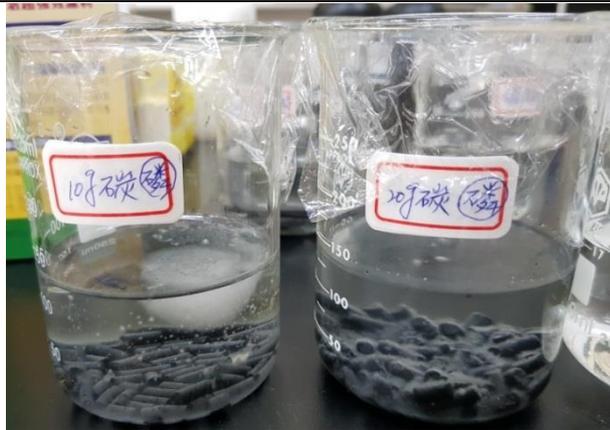


(五) 討論 經過 24 天後的菌類生長現象



1. 實驗結束後，各溶液一直放在實驗室。第 24 天，我們要收拾時，看到上述情形。磷酸 pH 值 1.5 為強酸，但是，**不論是 10g 或 20g 活性碳磷酸溶液都生長了菌類（詳見下方照片），而其他三者都沒有。**我們把溶液靜置同一場地，而且都有覆蓋保鮮膜。

活性碳磷酸溶液在第 24 天後



在磷酸溶液中，菌類不只附著在活性碳上，甚至 10g 活性碳的菌類還結成團狀。



由左到右為 20g 活性碳的磷酸溶液、蒸餾水溶液，和硫酸銅溶液。結果蒸餾水和硫酸銅溶液都沒有藻華現象。

2. 前面資料有提到，磷酸鹽濃度過高會造成河川優氧化現象，可見磷酸的營養成分高；再者，活性碳是有機物，且對陰離子型態的污染物較無顯果。我們推論，磷酸溶液中的離子附著在活性碳中的小孔，加上碳元素的催化，促發了菌類生長現象。
3. 蒸餾水為純水，可促發生長的離子，而硫酸銅為殺藻劑，能用於水體的殺菌和消毒，所以，活性碳的硫酸銅溶液也沒有菌類生長的現象。

## 陸、結論

- 一、石板是茂林下三社（茂林魯凱、萬山魯凱，和多納魯凱）常用的生活用具，蓋房子、做家具、做烤肉用品，或雕刻材料等。三個部落對石板各有不同名稱，但是，對於都沒有石板的神話傳說，或者故事。有部落人士提出，祖先是模仿穿山甲的鱗片才蓋石板屋（排灣族的說法是模仿百步蛇鱗片）。
- 二、石板屋是茂林魯凱族的傳統住屋，但是，近年來大多改為水泥與磚的建築，不過，現今三個部落仍然保有牆面或房屋內用石板裝飾、做石椅或石桌的習慣。石板屋可分為四代，目前在多納部落仍有少數的石板屋。
- 三、石板在茂林區是管制物，且石板可分公石板和母石板。公石板比較堅硬。公石板和母石板可用敲擊的聲音來分辨，清脆（如擊鐵聲）的是公石板；顏色來區分石板的公母，並不準確。
- 四、水愈純淨，電導度就愈小。由於，蒸餾水的水質較純淨，實驗一的結果僅能反應出各添加物在水中所釋出的可導電離子的多寡。不論添加 10g 和 20g，蒸餾水溶液的電導度由大到小均為 明礬 > 活性炭 > 石板 > 麥飯石。
- 五、硫酸銅是重金屬鹽，銅離子和硫酸根離子均納入行政院環保署放流水標準的限制項目。依實驗結果，不論添加 10g 和 20g，靜置 120 小時後，硫酸銅溶液電導度上升程度由小到大 石板 < 麥飯石 < 活性炭 < 明礬。其中，石板明顯的降低了硫酸銅溶液的電導度，吸收了硫酸銅溶液的  $\text{Cu}^{2+}$  與  $\text{SO}_4^{2-}$  離子，具有淨水效果。
- 六、石板添加的量愈多，且顆粒愈小，對於硫酸銅溶液的  $\text{Cu}^{2+}$  離子吸收的效果愈好。小顆粒的石板硫酸銅溶液過 20 天後，已使溶液變成透明白色。
- 七、磷酸鹽是常見的無機鹽，也納入行政院環保署放流水標準的限制項目。在磷酸溶液中，不論 10g 或 20g，石板、活性炭和麥飯石都能降低磷酸溶液的電導度（具淨水效果），而且隨著添加的質量愈多，電導度就降低愈多。在 20g 時，降低電導度的能力（淨水效果）為 石板 > 活性炭 > 麥飯石 > 未添加。

- 八、本實驗用的蒸餾水的 pH 值約為 5.5 左右。不論添加 10g 或 20g，石板和麥飯石能提高蒸餾水溶液 pH 值至 6.5 以上，讓其符合我國飲用水標準。相較下，加入 10g 和 20g 活性碳且靜置 120 小時後，pH 值分別為 6.27 和 6.08，低於我國飲用水標準。加入明礬後，蒸餾水溶液 pH 值都在 2.5 左右，不利於飲用與生態環境。
- 九、不論 10g 或 20g，麥飯石與石板都能提高硫酸銅溶液的 pH 值，而且麥飯石效果只比石板略佳。不過，即使質量增加，它們提升硫酸銅溶液 pH 值的效果並不明顯。活性碳則是質量增加後，pH 值反而會略降。
- 十、由於磷酸溶液的 pH 值約為 1.5，加入活性碳、石板，和麥飯石能提升溶液 pH 值，可視為有改善水質的效果。以 20g 為例，磷酸溶液 pH 值由高到低為 活性碳 > 石板 > 麥飯石 > 無添加 > 明礬。但，放置到第 24 天後，只有活性碳磷酸溶液有生長菌類現象。
- 十一、添加明礬至蒸餾水、硫酸銅，或是磷酸溶液中，均會提高其電導度，並使 pH 值明顯下降。因此，就本實驗的電導度和 pH 值項目，無法看出明礬具有淨水效果。
- 十二、相較於明礬、活性碳，和麥飯石，石板使硫酸銅溶液的電導度下降最多（淨水效果最佳），且提升 pH 值的效果僅略低於麥飯石一些；添加 20g 到磷酸溶液時，電導度下降最多（淨水效果最佳），且提升 pH 值的效果僅略低於活性碳。
- 十三、綜合以上實驗結果，石板對硫酸銅和磷酸溶液的淨水效果最佳，是值得開發的淨水材料。

