

屏東縣第 62 屆國中小學科學展覽會

科 別：地球科學科

組 別：國小組

作品名稱：礦吸孔淨-多孔隙礦物淨水能力之探究

關 鍵 詞： 導電度計、水質淨化、多孔隙礦物

編號：A5012

摘要

經過了萬年溪汙水問題的啟發，我們想要讓河流更乾淨，所以我們做了許多淨水實驗，利用了水生植物、浮島機制、多孔性礦物如：火山岩、綠沸石、麥飯石、矽石等，和一般礦物：溪石做比對，實驗途中經過了無數次的失敗，如：植物無陽光活力差、礦物未洗淨而數值沒降，也更改了無數次的實驗，不斷的檢討討論與翻查文獻，最終得到了淨化效果最好的多孔隙礦物是**麥飯石和火山岩**，而白玉石因酸鹼石因素而有時好有時無法淨化，並設計了**多孔隙礦物自動淨水設施與自淨設施**，也希望這項研究能應用在更多的生態淨水工程上。













壹、研究動機

新聞報導長年被屏東市詬病的臭氣萬年溪經改造、汙水下水道接管與注入活水後，不再是臭氣沖天的「萬年臭」，但是我們觀察到萬年溪的溪水還是混濁，於是我們小組興起了想知道現在萬年溪水的水質概況，並如何再讓水質更加淨化，於是小組實際走訪萬年溪及文獻探討後，發現萬年溪畔萬年公園有自萬年溪引水，輔以礫間淨化水道、創造豐瀑及濕地水生植物等手法，來提供水質淨水功能；另於萬年溪與復興公園交會之處，藉由破堤來擴大水域面積，增加生態濕地滯洪機能。經由小組實際取水調查水質與文獻探討發現水質尚未達到農業灌溉用水排放標準 600 uS/cm ，於是有了想利用礦物、岩石、植物，看看哪種自然產物有較好的淨化的效果，可以讓萬年溪水變更乾淨並可以灌溉下游農作物。

貳、研究目的

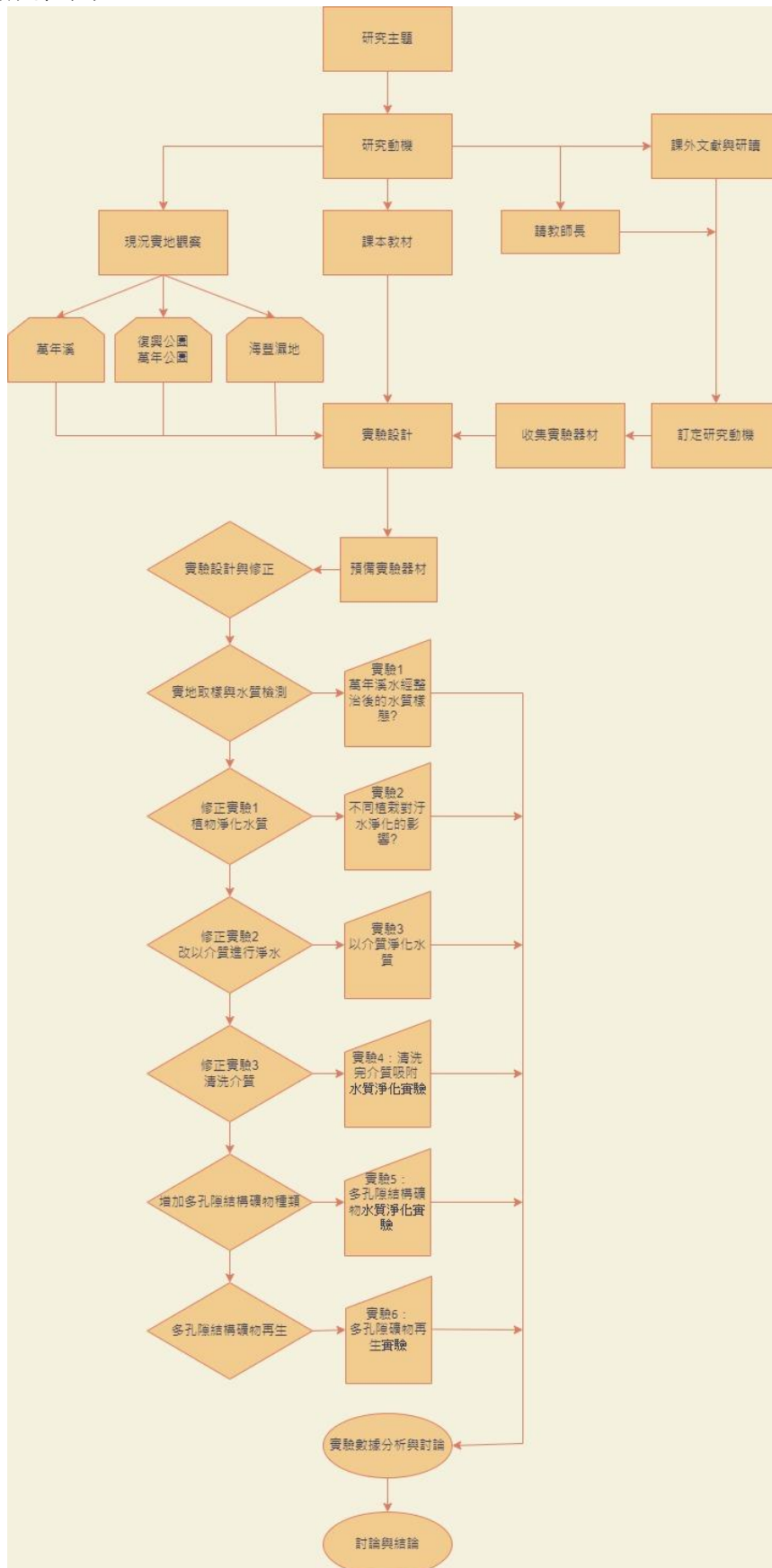
- 一、探討不同孔徑結構礦物對家庭汙水淨化的影響？
- 二、探究礦物對不同成分家庭汙水淨化效率的影響
- 三、探討礦物如何再生進行永續淨化水質

參、研究設備及器材

器材	導電度計	沐浴乳	洗髮精
圖片			
器材	肥皂	麥飯石	溪石
圖片			
器材	矽砂	木炭	自來水
圖片			
器材	綠沸石	火山岩	碳酸鈣(白雲石)
圖片			

肆、研究過程及方法

一、實驗流程圖



二、文獻探討

從魯安懷 2005 年提出礦物法-環境污染治理的第四類方法中提及發現凝灰岩與花崗岩中長石類礦物發育有良好的孔道結構,核素進入可發生固定化作用,成為有效阻滯核素遷移的天然屏障,因此在整理文獻中發現,可作為環境治理材料的礦物主要有:膨潤土、矽藻土、沸石、海泡石、凹凸棒石、磷灰石、蛭石、電氣石、高嶺土、石英砂、碳酸鈣、累托石、石墨、重晶石、錳礦物、氧化鐵礦物、伊利石、白雲石、粉煤灰、煤矸石、赤泥、尾礦和廢石等,因此在與老師討論後,盤點台灣目前市面上可以取得的礦物,於是我們選擇了**多孔性材質礦物如綠沸石、火山岩、碳酸鈣、麥飯石、矽砂**來當實驗組,並利用少孔性材質溪石來當對照組。

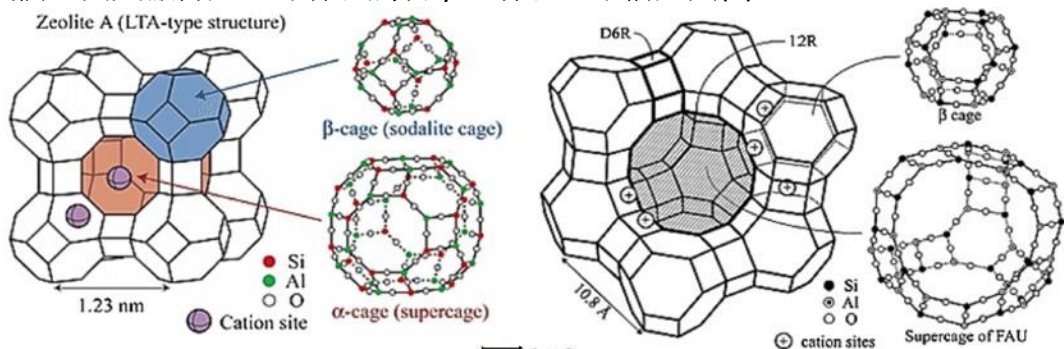
1. 綠沸石:

沸石 (Zeolite) 沸石(Zeolite)是一種低密度、低硬度的礦石。由瑞典科學家克朗斯提(B. Cronstedt)發現,這種礦物在灼燒時會有沸騰現象,因此以沸石命名,源自於希臘沸騰(zeo)、石頭(lithos)二字,意為沸騰的石頭。主要由氧化矽、氧化鋁在鹼性環境中與水氣高壓下所形成的結晶性鋁矽酸鹽,天然沸石普遍存在於火成岩的裂隙和孔洞中。沸石為多孔性材質具有極大的表面積,被廣泛應用於吸附劑、觸媒轉化劑及觸媒載體。

從結構方面來看,沸石是由氧化矽(SiO₄)四面體以及氧化鋁(AlO₄)四面體兩種單元建構而成網狀結構,其結構具開放性,有互相連通的空間或管道。由於鋁離子為三價(Al³⁺)而矽離子為四價(Si⁴⁺),當成 AlO₄ 四面體時,鋁帶負電荷需要有陽離子吸附於其空間及管道中來中和其電性,大量結晶水亦會被吸附於此。因此,沸石的結構式可寫為 $M_x/n[(AlO_2)_x(SiO_2)] \cdot Z H_2O$ 其中 n 為陽離子 M 的氧化數。

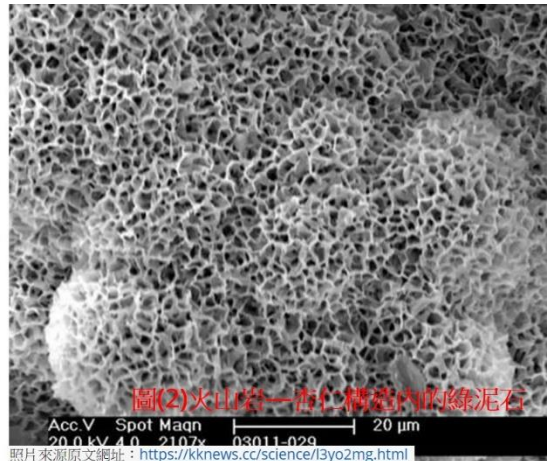
其中成岩型沸石產量最大,大部分生成於鹽湖湖泊與深海沉積中。沸石最早在 1756 年被發現,至今已有兩百多年的歷史,其用途相當廣泛。

我們經由文獻得知,綠沸石屬於 y 型沸石,結構如圖(1)。



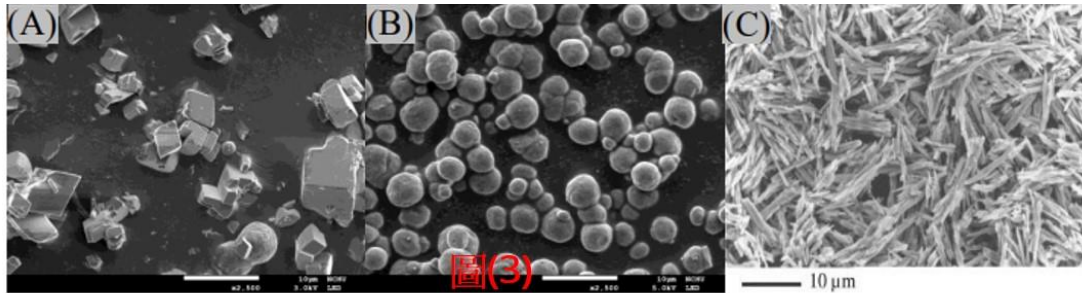
圖(1)

2. 火山岩:火山岩又稱噴出巖 (Effusive rock),屬於岩漿岩(火成岩)的一類,是岩漿經火山口噴出到地表後冷卻而成的噴出巖。火山岩是岩漿噴出地表,在大氣圈和水圈中冷卻結晶形成的,當岩漿沿裂隙噴發時,火山岩形態一般與地表形態比較協調,呈被狀或層狀。許多火山岩有著氣孔狀構造如圖(2),它是由於在仍為流體熔岩中氣體逃逸之殘留孔洞,可能為杏仁狀、圓形、橢圓形或扁平狀。



照片來源原文網址：<https://kknews.cc/science/l3yo2mg.html>

3. 碳酸鈣：碳酸鈣在地球上存量豐富，並以許多形式存在於岩石、礦物與生物體，如：霰石、方解石、白堊、石灰岩、大理石、石灰華。李東穎(2022)沒食子酸輔助形成的碳酸鈣微球用於骨組織工程，利用電子顯微鏡呈現出碳酸鈣多晶型結構的 SEM 圖 (A) 方解石型態 (B) 球霰石型態 (C) 如圖 (3)，其中碳酸鈣形態中球霰石的多孔洞、高表面積的特性。



4. 麥飯石：學名：石英二長岩。麥飯石的主要組成礦物為中長石（白色礦物）、石英（白色礦物）、角閃石（黑色礦物）、斜長石（基質礦物）、少部份的輝石與蒙脫石，麥飯石對生物無毒、無害並具有一定生物活性的複合礦物或藥用岩石。麥飯石的主要化學成分是无機矽鋁酸鹽。羅光嬾(2004)藉由掃描式電子顯微鏡照相與元素分析發現含有蒙脫石的麥飯石樣品，通常伴隨表面絨毛狀的圓球形石英、捲曲葉片狀的皂石，以及充滿孔隙的白色長石礦物。其中球形石英質礦物表面佈滿絨毛，經放大 5 萬倍後觀察，絨毛直徑約為 30-50nm，如果具備了吸附的效果，則石英球應為極佳的奈米級吸附材。（如圖(4)之 2-a、2-b、2-c、2-d）

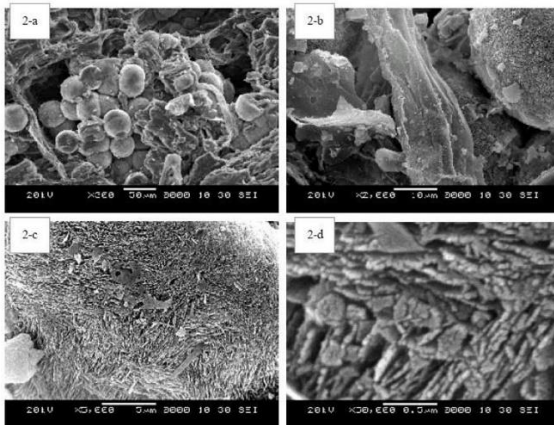
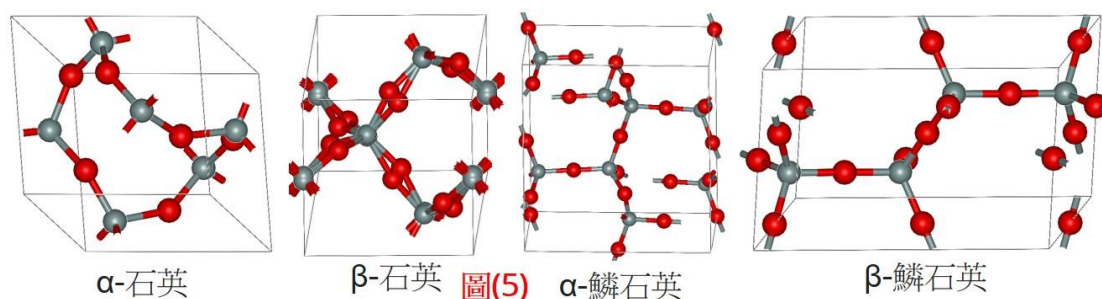


圖 2-a 樣品 U 之球形石英質顆粒，2-b 為放大二千倍的情況，2-c 為滿佈絨毛的石英質顆粒、2-d 為直徑 30 至 50 奈米的絨毛分佈狀況。圖(4)

5. 矽砂：又名二氧化矽或石英砂。是以石英為主要礦物成分、粒徑在 0.020mm-3.350mm 的耐火顆粒物，根據開採和加工方法的不同分為人工矽砂及水洗砂、擦洗砂、精選（浮選）砂等天然矽砂。矽砂是一種堅硬、耐磨、化學性能穩定的矽酸鹽礦物，其主要礦物成分是 SiO_2 ，矽砂的顏色為乳白色或無色半透明狀，硬度 7，性脆無解理，貝殼狀斷口，油脂光澤，相對密度為 2.65，矽酸鹽礦物的特徵是它們的正四面體結構(如圖 5)，有時這些正四面體以鍊狀、雙鍊狀、片狀、三維架狀方式連結起來。按正四面體聚合的程度，矽酸鹽再細分為：島狀矽酸鹽類、環狀矽酸鹽類等。在地質學和天文學上，矽酸鹽指一種由矽和氧組成的岩石（通常為 SiO_2 或 SiO_4 ），有時亦包括一或多種金屬和或氫。此類岩石包括花崗岩及輝長岩等。地球及其他類地行星的大部分地殼均以矽酸鹽組成。用於過濾的矽砂和岩石顆粒大小分:1000 - 1800 micron (18 mesh - 11 mesh) SiO_2 : >94 Al_2O_3 : > 2.8%



6. 吸附原理: 吸附(adsorption)是由於液體或固體表面分子所受的引力不平衡,使其在表面上具吸附作用的物質稱為吸附劑(adsorbent),被吸附的物質稱為吸附質或受吸物(adsorbate)。吸附的可以分為物理吸附(physical adsorption)與化學吸附(chemical adsorption)。物理吸附是藉由分子間凡得瓦爾力的作用而吸附,化學吸附則是由於吸附劑的表面分子與受吸附物的分子間的分子之間形成表面化合物(surface 15 compound),故放出的吸附熱較物理吸附高。一般礦物都具有吸附性質,只是吸附能力的強弱有所區別,然而,由於其具有多孔性質進而使得麥飯石表面積增加,因而增加麥飯石的吸附能力。
7. 導電度值: 導電度用來表示水中導電物質的多寡,所以導電值愈低,表示水里雜質愈少。

三、實驗步驟:

(一) 實驗初期: 萬年溪復興公園水質實際取樣檢測與水生植物淨水實驗:

經由文獻探討中發現，96 年至 103 年間屏東縣政府改善完成了「萬年溪流域整體整治計畫」，但因到 **109 年屏東市汗水下水道接管戶數只達 44.96%(如圖 1)**，仍有大部分家庭尚未進行汗水接管，導致大量家庭汗水仍然排放進入萬年溪，因此 107 年屏東縣政府再提出牛稠河流域水環境改善計畫，計畫目標之達成願景分別是滯洪、淨水功能、生態保育、環境教育及景觀遊憩 5 大項目，而其中復興公園與萬年公園環境再造最主要在藉由自然工法淨化萬年溪水質與達到屏東市滯洪的目的。小組實際走訪**海豐濕地、萬年公園與復興公園**做觀察與取樣，發現三處皆有設計許多的水生植物來做水質淨化，於是小組開始鎖定了水生植物種類來作為初期淨水實驗的操縱變因。

屏東縣污水下水道系統執行概況

中華民國109年

鄉鎮市區別	建築物污水處理設施設置戶(5)		戶量 (6)	污水處理率(%) (7)=(2)/(6)(1)	公共污水下水道用 戶接管普及率(%) (8)=(3)/(6)(1)	年污水處理總量 (CMY)
	當年	累計				
屏 東 市	2,488	42,341	2,79	29.95	13.11	14,457,879
高 樹 鄉	2,488	42,341	2,65	107.87	44.96	13,177,745
麟 蹄 鄉	—	—	2.59	0.01	—	—
麟 蹄 鄉(內埔、麟蹄、麟蹄)	—	—	3.22	—	—	—
麟 蹄 鄉(麟蹄、麟蹄、麟蹄)	—	—	3.09	0.01	—	—
麟 蹄 鄉(麟蹄、麟蹄、麟蹄)	—	—	2.66	0.02	—	—
麟 蹄 鄉(麟蹄、麟蹄、麟蹄)	—	—	3.08	—	—	—
麟 蹄 鄉(麟蹄、麟蹄、麟蹄)	—	—	2.80	1.47	1.47	433,398
麟 蹄 鄉(麟蹄、麟蹄、麟蹄)	—	—	—	—	—	—
麟 蹄 鄉(麟蹄、麟蹄、麟蹄)	—	—	2.78	—	—	—
麟 蹄 鄉(麟蹄、麟蹄、麟蹄)	—	—	2.67	—	—	—
麟 蹄 鄉(麟蹄、麟蹄、麟蹄)	—	—	2.59	—	—	—
麟 蹄 鄉(麟蹄、麟蹄、麟蹄)	—	—	2.56	39.06	34.73	846,736
麟 蹄 鄉(麟蹄、麟蹄、麟蹄)	—	—	2.73	2.02	—	—
麟 蹄 鄉(麟蹄、麟蹄、麟蹄)	—	—	2.85	—	—	—
麟 蹄 鄉(麟蹄、麟蹄、麟蹄)	—	—	2.93	—	—	—
麟 蹄 鄉(麟蹄、麟蹄、麟蹄)	—	—	2.78	—	—	—

屏東市污水接管
戶數只達44.96%

備 註：1. CMY係指立方公尺/每年。
2. 有關年度人口數及戶量係依據內政部戶政司統計資料。
3. 自103年起普及率及處理率計算方式係依據污水下水道第五期建設計畫修正以接管戶數乘以各縣市戶量除以各縣市總人口數而得。 圖(6)

1. 萬年溪復興公園水質取樣檢測:

(1) 取樣地點:復興公園水生植物礫間淨水區附近，如圖(7)。



圖(7) 復興公園圖片來源:屏東縣政府

(2) 水質檢測:利用導電度計測量水樣導電度值。

2. 水生植物淨水實驗:

(1) 水生植物種類擇定: 台灣林業 九十三年 八月號濕地植物去污淨化功能與選種建議文獻，我們選定了碗蓮、大萍、布袋蓮、芋頭、空心菜等五種植物進行實驗。

(2) 淨水實驗:利用取樣水分別以五種植物進行淨水實驗。

(二) 實驗後期: 模擬家庭污水與利用多孔隙礦物進行水質淨化實驗

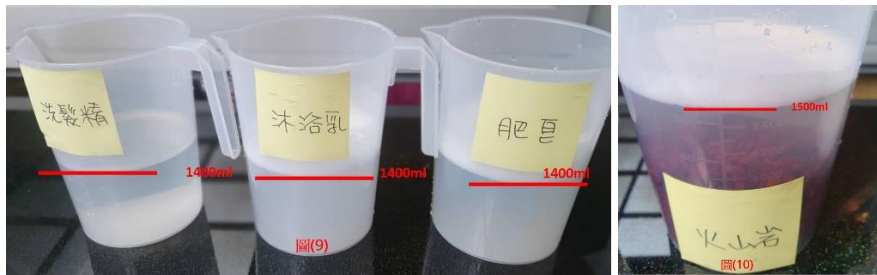
1. 模擬家庭污水: 利用家裡剩餘的洗髮精、沐浴乳、肥皂加入自來水裡，直到導電值=70，如圖(8)，再分裝至量杯裡。



圖(8)

2. 礦物水質淨化實驗:

- (1) 淨水礦物擇定:依文獻探討選定易取得之**多孔隙材質礦物**如**綠沸石、火山岩、碳酸鈣、麥飯石、矽砂**來當實驗組，並利用少孔隙材質溪石來當對照組。
- (2) 礦物定量: 因為每種礦物同樣重量但體積卻會不一樣，而汗水裡的污染成分則會吸附在礦物的表面上，所以我們利用**阿基米德的原則**，先在量杯裡加 **1000ml** 的汗水，如圖(9)，再加入礦物加到量杯刻度到達 **1500ml**，每一杯裡礦物的體積就都一樣了，如圖(10)所示。



伍、研究結果

一、實驗一: 萬年溪復興公園水質實際取樣檢測

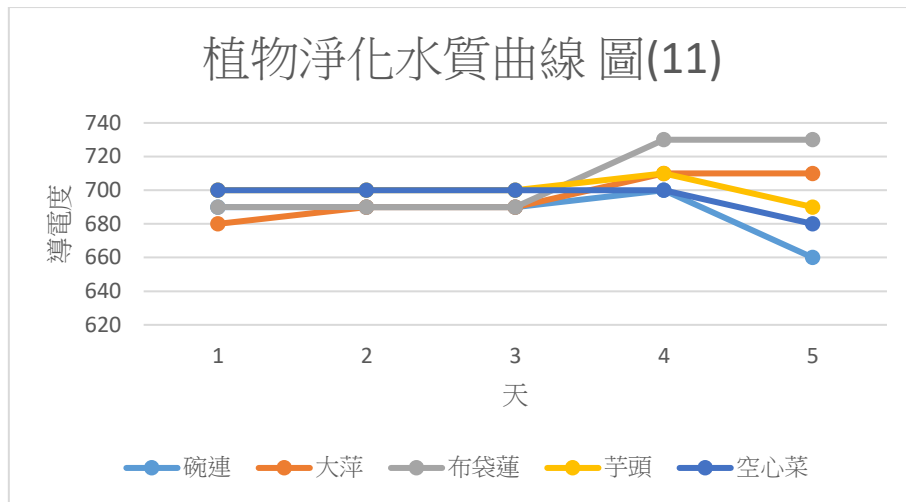
利用水桶在所標取樣點實際取水約 10 公升，經由導電度計**實際測量所取水樣**，發現**導電值為 690 uS/cm**，尚無法達到農業灌溉用水導電值 600 uS/cm 以下的標準。

二、實驗二: 水生植物淨水實驗:

(一)、以植物淨化水質 利用萬年溪取樣水，起始導電質:690uS/cm

	碗蓮	大萍	布袋蓮	芋頭	空心菜	汗水
第 1 天	690	680	690	700	700	680
第 2 天	690	690	690	700	700	690
第 3 天	690	690	690	700	700	670
第 4 天	700	710	730	710	700	690
第 5 天	660	710	730	690	680	700

表(1)



小結: 實驗數據如表(1)圖(11), 我們發現因為水生植物需要全日照, 而我們的實驗位置無法達到較強日照, 因而水生植物因陽光不足且水沒有流動而枯萎, 以致植物的淨化效果不佳, 但因實地走查發現萬年公園與復興公園皆已有設置水生植物與礫間水道進行水質淨化, 故而進行實驗修正。

三、實驗三: 介質吸附水質淨化實驗

(一)、吸附介質選定: 以坊間最常見之淨水物質, 選定麥飯石、矽砂、木炭為實驗組, 以溪石為對照組。

(二)、模擬家庭汗水: 因復興公園水質經實驗一測量導電值大概是 690, 因此實驗家庭汗水導電度值亦決定於 690-730 uS/cm, 故以 10L 水桶進行洗髮精、沐浴乳、肥皂等三種家庭汗水之調配, 並以導電度計測量導電度值維持在預定值內, 再倒進 2000ML 量杯中。

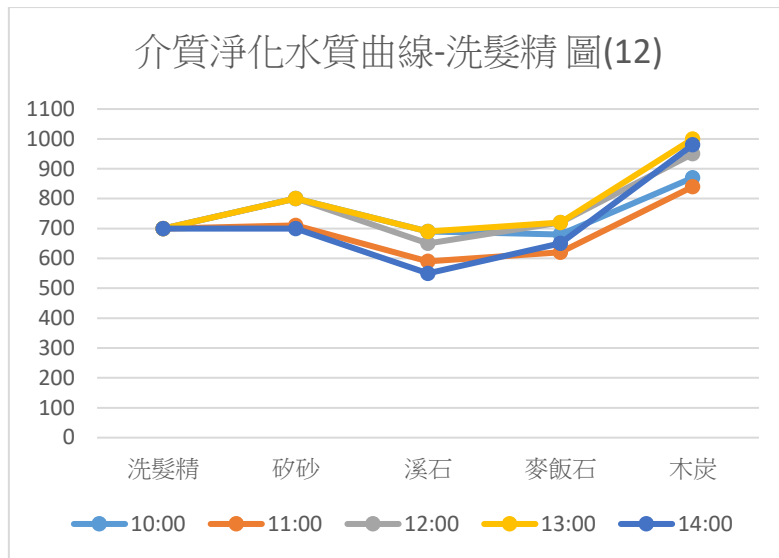
(三)、介質吸附水質淨化實驗:

1. 使用洗髮精模擬家庭汗水:

起始洗髮精家庭汗水導電質: 700 uS/cm

	洗髮精	矽砂	溪石	麥飯石	木炭
10:00	700	800	690	680	870
11:00	700	710	590	620	840
12:00	700	800	650	720	950
13:00	700	800	690	720	1000
14:00	700	700	550	650	980

表(2)

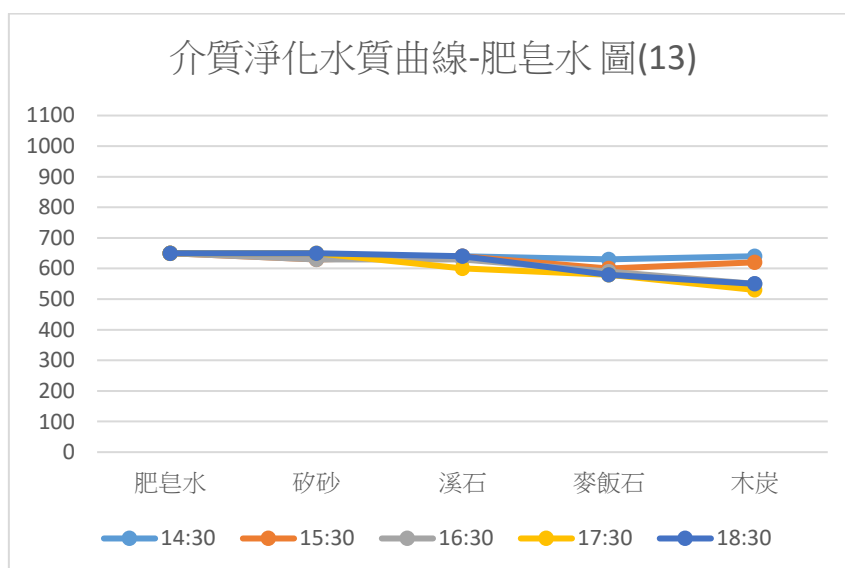


2. 使用肥皂水模擬家庭汗水

起始肥皂水家庭汗水導電質:650 uS/cm

	肥皂水	矽砂	溪石	麥飯石	木炭
14:30	650	640	640	630	640
15:30	650	630	640	600	620
16:30	650	630	630	590	550
17:30	650	650	600	580	530
18:30	650	650	640	580	550

表(3)



小結:因為數據不穩定,因此我們認為是吸附物質未清洗乾淨的關係讓數值不穩定,因此修改實驗三後再重新做,也更改實驗檢測時間。

四、實驗四: 清洗完介質吸附水質淨化實驗

(一)、清洗介質:以自來水進行介質清洗,如圖(14)。



圖(14)

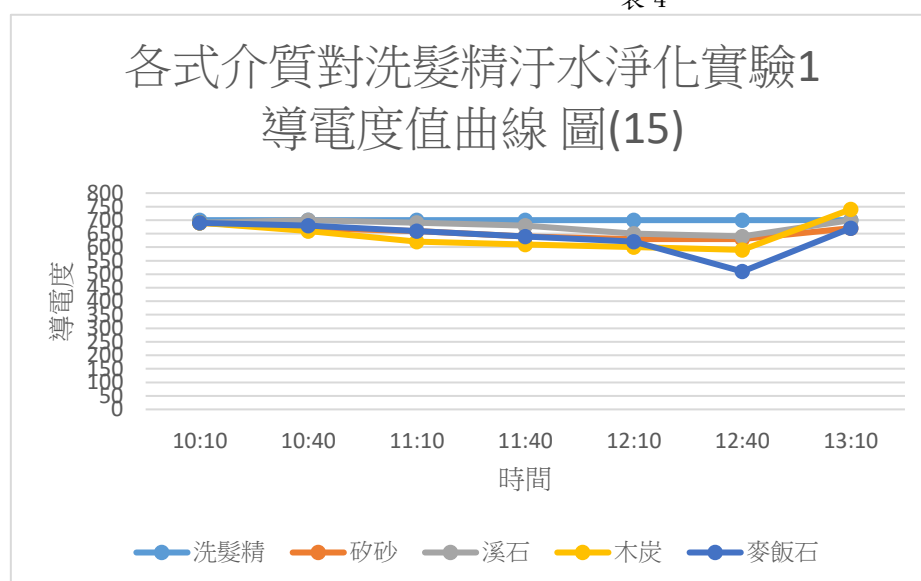
(二)、介質吸附水質淨化實驗

1.使用洗髮精模擬家庭汗水

(1) 第一次實驗:起始洗髮精家庭汗水導電質:700 uS/cm

	洗髮精	矽砂	溪石	木炭	麥飯石
10:10	700	690	690	690	690
10:40	700	670	700	660	680
11:10	700	660	690	620	660
11:40	700	640	680	610	640
12:10	700	630	650	600	620
12:40	700	630	640	590	510
13:10	700	670	700	740	670

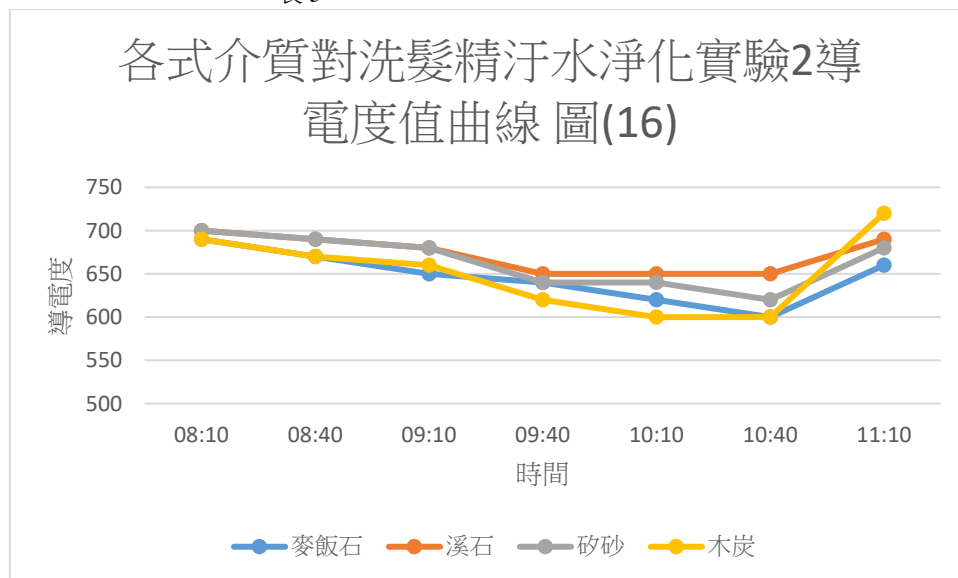
表 4



(2) 第二次實驗:起始洗髮精家庭汗水導電質: 710 uS/cm

	麥飯石	溪石	矽砂	木炭
8:10	690	700	700	690
8:40	670	690	690	670
9:10	650	680	680	660
9:40	640	650	640	620
10:10	620	650	640	600
10:40	600	650	620	600
11:10	660	690	680	720

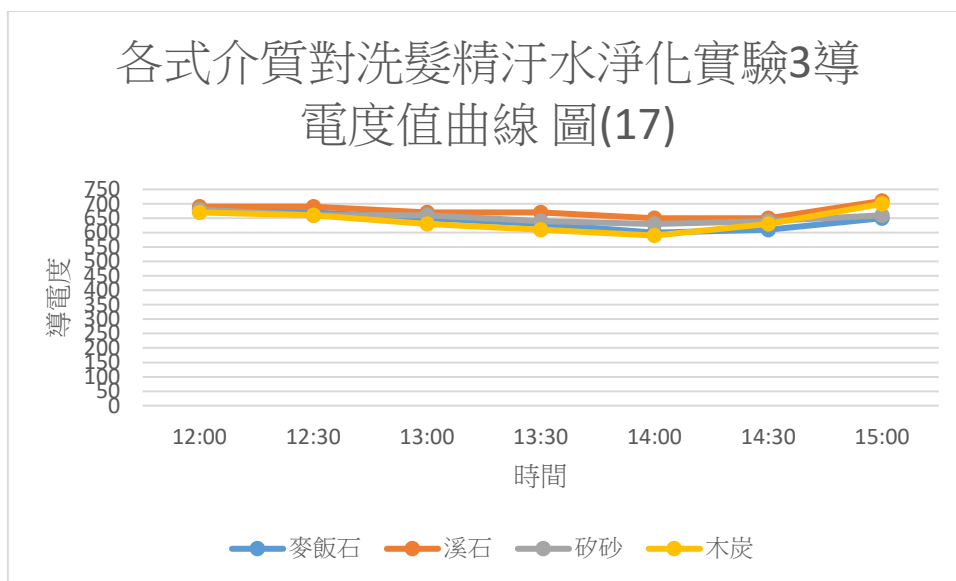
表 5



(3) 第三次實驗:起始洗髮精家庭汗水導電質: 700 uS/cm

	麥飯石	溪石	矽砂	木炭
12:00	680	690	680	670
12:30	670	690	660	660
13:00	650	670	660	630
13:30	630	670	640	610
14:00	600	650	630	590
14:30	610	650	640	630
15:00	650	710	660	700

表 6



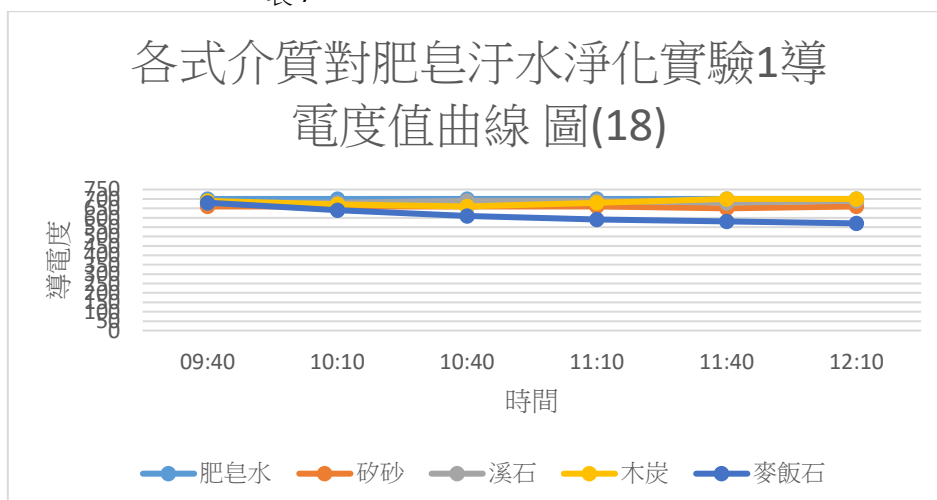
小結:介質對洗髮精家庭汗水淨水能力:麥飯石>木炭>矽砂>溪石，但大約 2.5 小時過後，導電數值開始上升，研判是吸附能力已經飽和。

2. 使用肥皂水模擬家庭汗水

(1) 第一次實驗:起始肥皂水家庭汗水導電質:700 uS/cm

	肥皂水	矽砂	溪石	木炭	麥飯石
09:40	700	660	680	690	680
10:10	700	660	680	670	640
10:40	700	660	690	660	610
11:10	700	660	690	680	590
11:40	700	650	680	700	580
12:10	700	660	690	700	570

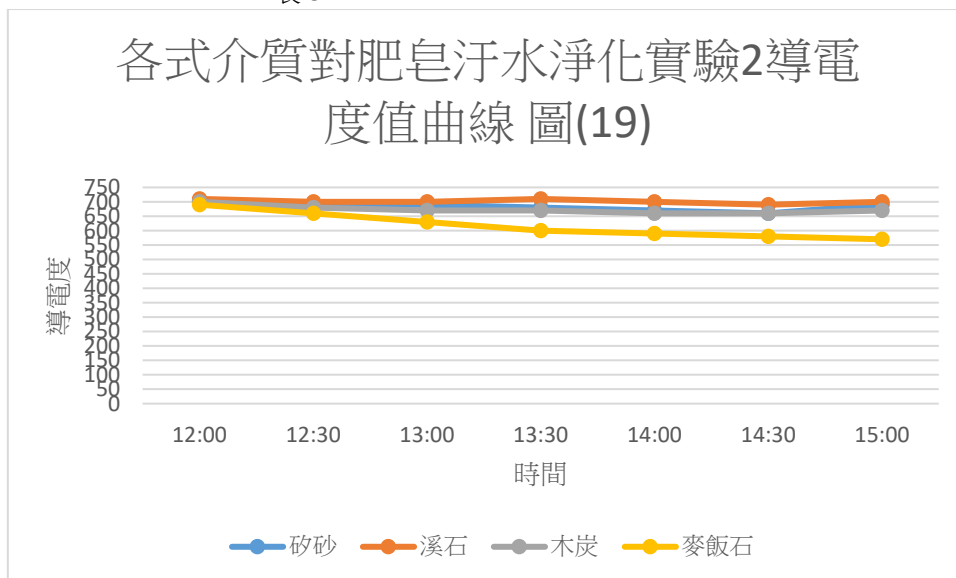
表 7



(2) 第二次實驗:起始肥皂水家庭汗水導電質:720 uS/cm

	矽砂	溪石	木炭	麥飯石
12:00	700	710	700	690
12:30	690	700	680	660
13:00	690	700	670	630
13:30	680	710	670	600
14:00	670	700	660	590
14:30	660	690	660	580
15:00	690	700	670	570

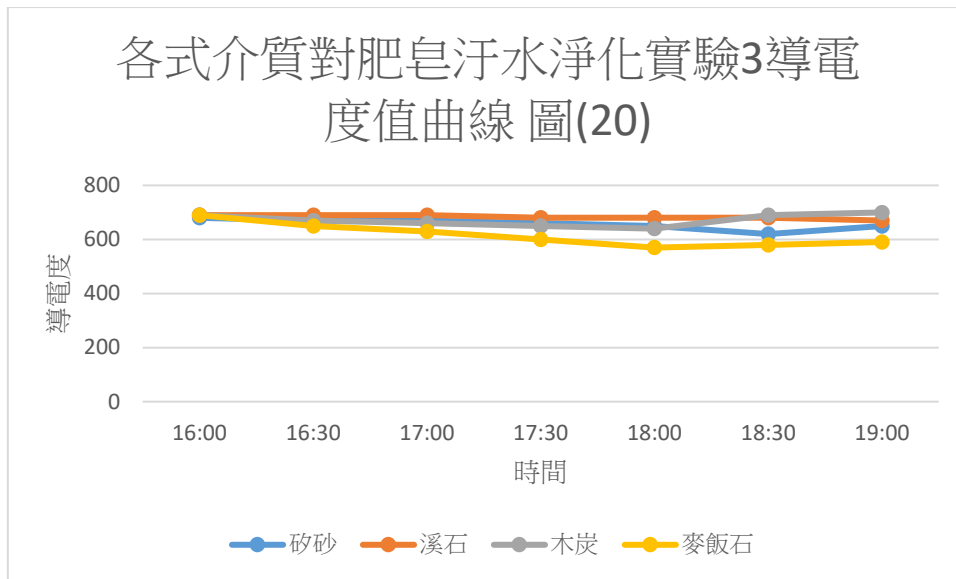
表 8



(3) 第三次實驗:起始肥皂水家庭汗水導電質:720 uS/cm

	矽砂	溪石	木炭	麥飯石
16:00	680	690	690	690
16:30	670	690	670	650
17:00	670	690	660	630
17:30	660	680	650	600
18:00	650	680	640	570
18:30	620	680	690	580
19:00	650	670	700	590

表 9



小結:介質對肥皂家庭汗水淨水能力:麥飯石> 矽砂>木炭>溪石，但大約 2 小時過後，導電數值開始上升，研判是吸附能力已經飽和，唯獨麥飯石數值仍再下降，表示麥飯石吸附能力尚未達到飽和。

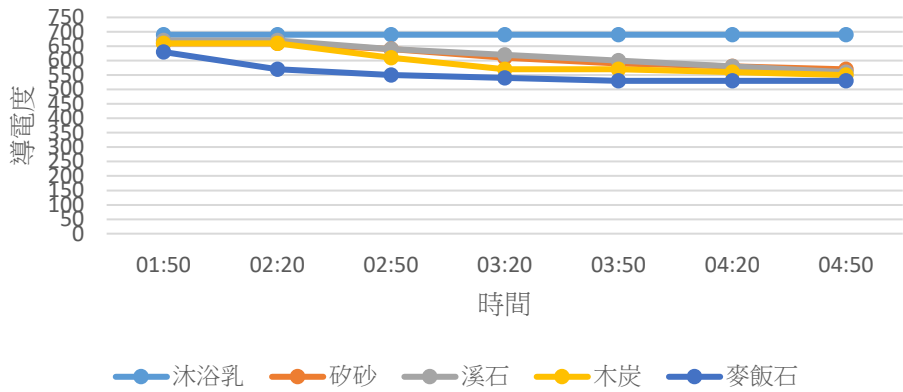
3. 使用沐浴乳模擬家庭汗水

(1) 第一次實驗:起始沐浴乳家庭汗水導電質:690 uS/cm

	沐浴乳	矽砂	溪石	木炭	麥飯石
1:50	690	660	670	660	630
2:20	690	660	670	660	570
2:50	690	640	640	610	550
3:20	690	610	620	570	540
3:50	690	590	600	570	530
4:20	690	580	580	560	530
4:50	690	570	560	550	530

表 10

各式介質對沐浴乳汙水淨化實驗1導
電度值曲線圖(21)

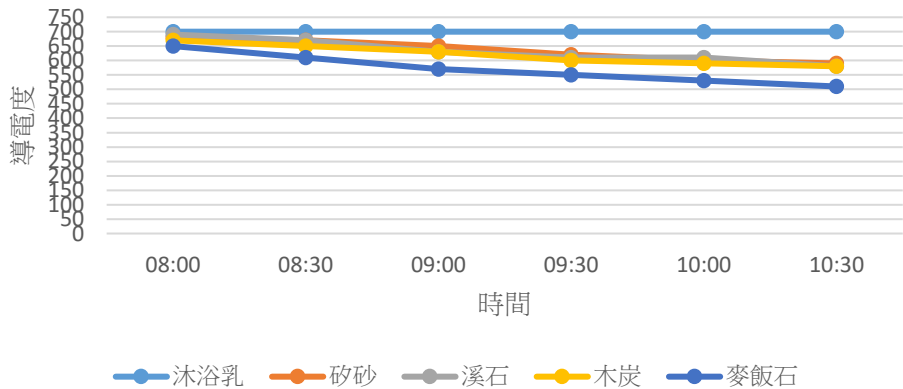


(2) 第二次實驗:起始沐浴乳家庭汙水導電質:700 uS/cm

	沐浴乳	矽砂	溪石	木炭	麥飯石
8:00	700	680	690	670	650
8:30	700	670	670	650	610
9:00	700	650	630	630	570
9:30	700	620	610	600	550
10:00	700	600	610	590	530
10:30	700	590	580	580	510

表 11

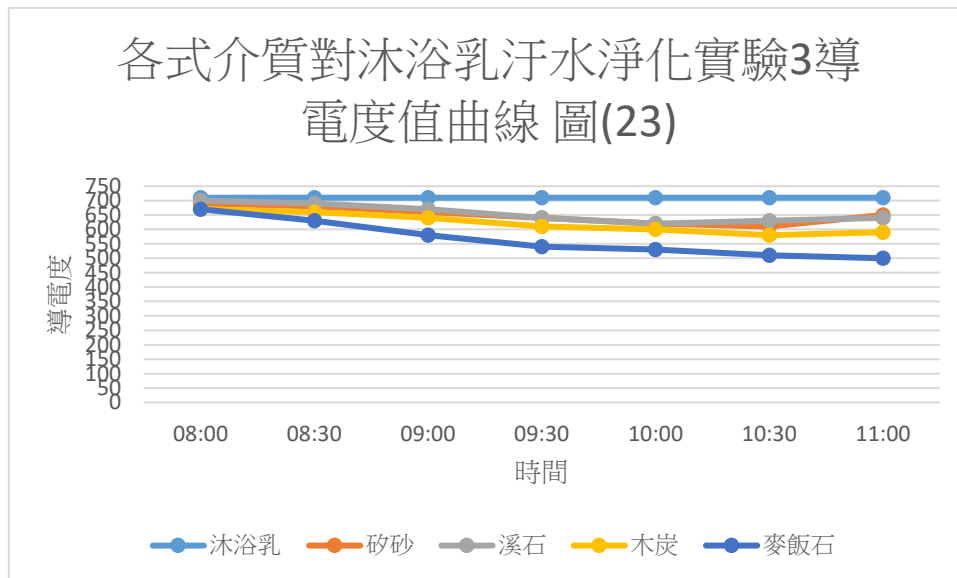
各式介質對沐浴乳汙水淨化實驗2導
電度值曲線圖(22)



(3) 第三次實驗:起始沐浴乳家庭汙水導電質: 710 uS/cm

	沐浴乳	矽砂	溪石	木炭	麥飯石
8:00	710	690	700	670	670
8:30	710	680	690	660	630
9:00	710	660	670	640	580
9:30	710	640	640	610	540
10:00	710	620	620	600	530
10:30	710	610	630	580	510
11:00	710	650	640	590	500

表 12



小結:介質對沐浴乳家庭汙水淨水能力:麥飯石>木炭>溪石>矽砂，較特別是在第3小時溪石的導電值降的比矽砂還要低，並且導電值尚未開始上升。

五、實驗五: 多孔隙礦物吸附水質淨化實驗

(一)、多孔隙礦物擇定: 選定易取得之**多孔隙材質礦物**如綠沸石、火山岩、**碳酸鈣**、**麥飯石**、**矽砂**來當實驗組，並利用少孔隙材質溪石來當對照組。

(二)、多孔隙礦物吸附水質淨化實驗:

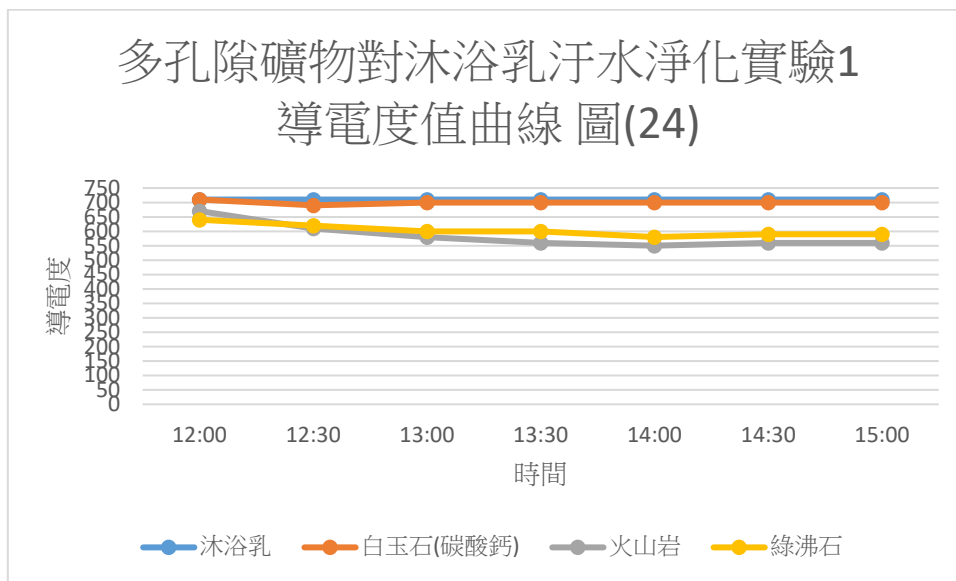
1. 沐浴乳汙水

(1) 第一次實驗:沐浴乳起始導電值:710 uS/cm

	沐浴乳	白玉石(碳酸鈣)	火山岩	綠沸石
12:00	710	710	670	640
12:30	710	690	610	620

	沐浴乳	白玉石(碳酸鈣)	火山岩	綠沸石
13:00	710	700	580	600
13:30	710	700	560	600
14:00	710	700	550	580
14:30	710	700	560	590
15:00	710	700	560	590

表 13

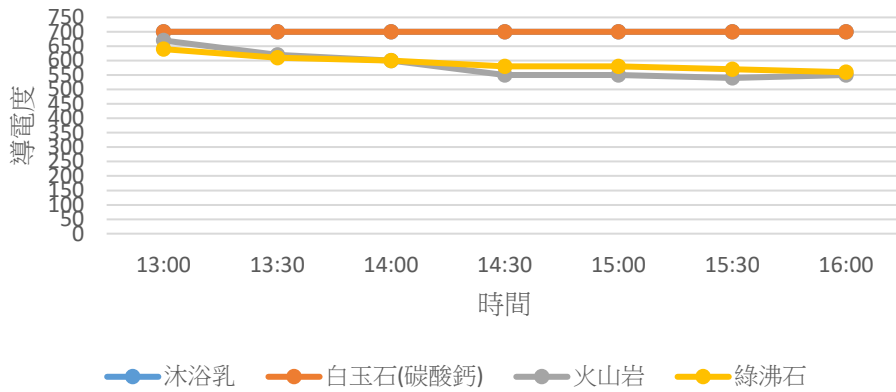


(2) 第二次實驗:沐浴乳起始導電值: 700 uS/cm

	沐浴乳	白玉石(碳酸鈣)	火山岩	綠沸石
13:00	700	700	670	640
13:30	700	700	620	610
14:00	700	700	600	600
14:30	700	700	550	580
15:00	700	700	550	580
15:30	700	700	540	570
16:00	700	700	550	560

表 14

多孔隙礦物對沐浴乳汙水淨化實驗2 導電度值曲線圖(25)

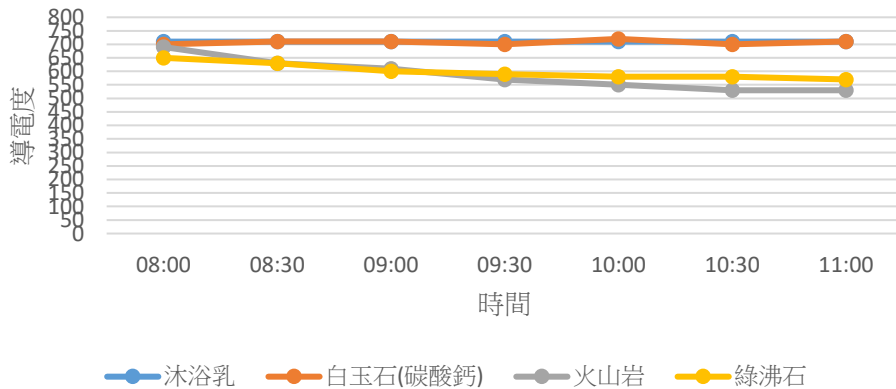


(3) 第三次實驗:沐浴乳起始導電值: 710 uS/cm

	沐浴乳	白玉石(碳酸鈣)	火山岩	綠沸石
8:00	710	700	690	650
8:30	710	710	630	630
9:00	710	710	610	600
9:30	710	700	570	590
10:00	710	720	550	580
10:30	710	700	530	580
11:00	710	710	530	570

表 15

多孔隙礦物對沐浴乳汙水淨化實驗3 導電度值曲線圖(26)

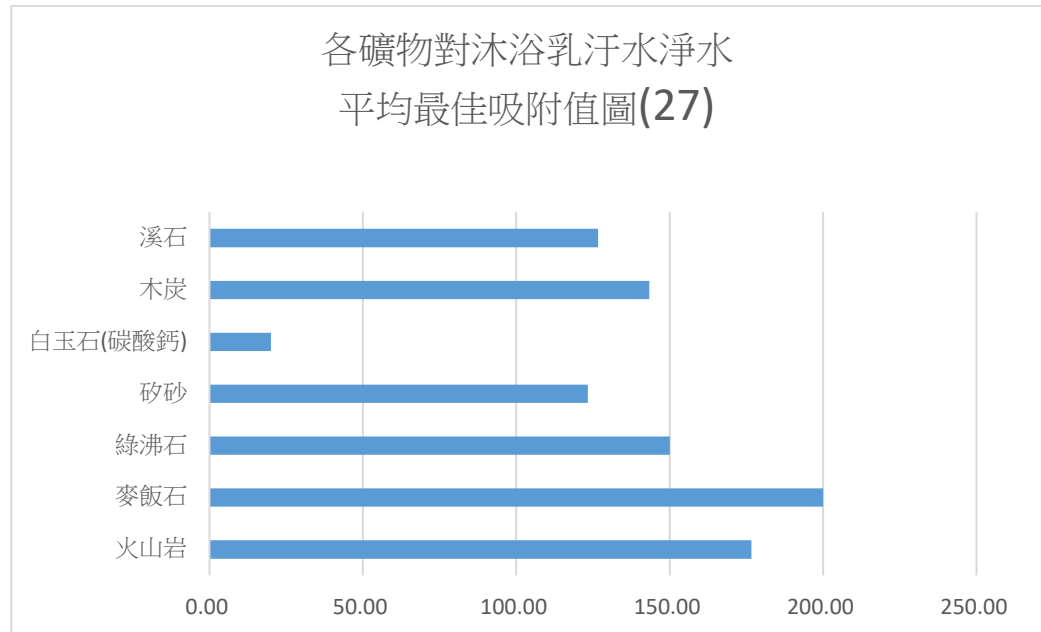


小結:多孔矽礦物對沐浴乳家庭污水淨水能力:火山岩>綠沸石>白玉石，大約在第 2 小時過後，導電值開始上升，研判吸附已經飽和，但白玉石的導電度值絲毫未降。

(4) 整理實驗四與實驗五對沐浴乳污水淨化吸附數據:如表 16

	火山岩	麥飯石	綠沸石	矽砂	白玉石(碳酸鈣)	木炭	溪石
平均最佳吸附值	176.67	200.00	150.00	123.33	20.00	143.33	126.67

表 16



小結: 多孔矽礦物對沐浴乳家庭污水淨水能力:麥飯石>火山岩>綠沸石>木炭>溪石>矽砂 >白玉石

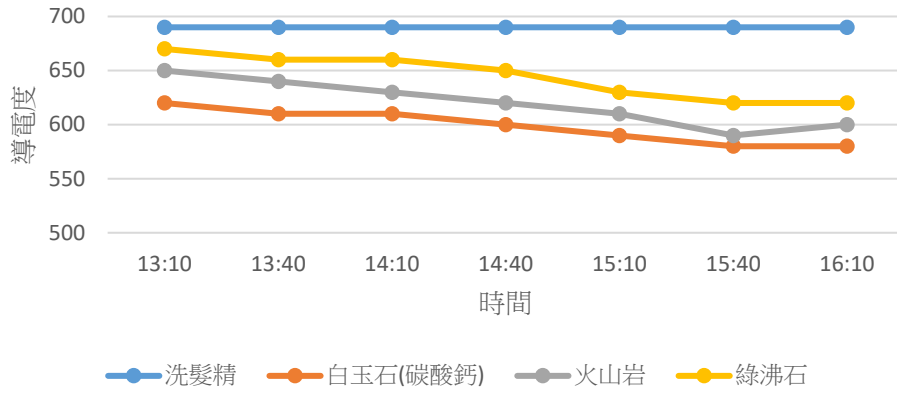
2. 洗髮精污水

(1) 第一次實驗:洗髮精起始導電值: 690 uS/cm

	洗髮精	白玉石(碳酸鈣)	火山岩	綠沸石
13:10	690	620	650	670
13:40	690	610	640	660
14:10	690	610	630	660
14:40	690	600	620	650
15:10	690	590	610	630
15:40	690	580	590	620
16:10	690	580	600	620

表 17

多孔隙礦物對洗髮精汙水淨化實驗1 導電度值曲線圖(28)

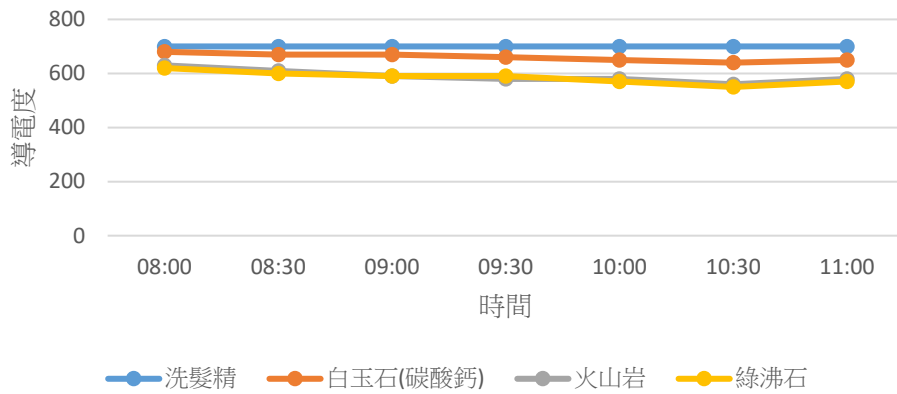


(2) 第二次實驗:洗髮精起始導電值: 710 uS/cm

	洗髮精	白玉石(碳酸鈣)	火山岩	綠沸石
8:00	700	680	630	620
8:30	700	670	610	600
9:00	700	670	590	590
9:30	700	660	580	590
10:00	700	650	580	570
10:30	700	640	560	550
11:00	700	650	580	570

表 18

多孔隙礦物對洗髮精汗水淨化實驗2 導電度值曲線圖(29)

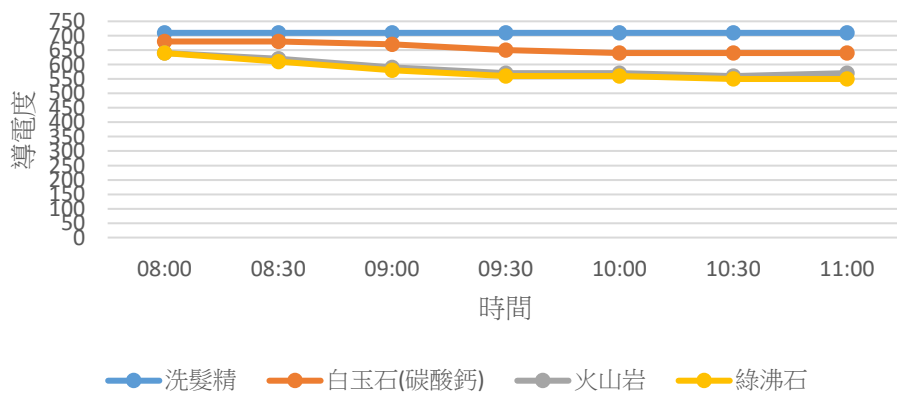


(3) 第三次實驗:洗髮精起始導電值: 710 uS/cm

	洗髮精	白玉石(碳酸鈣)	火山岩	綠沸石
8:00	710	680	640	640
8:30	710	680	620	610
9:00	710	670	590	580
9:30	710	650	570	560
10:00	710	640	570	560
10:30	710	640	560	550
11:00	710	640	570	550

表 19

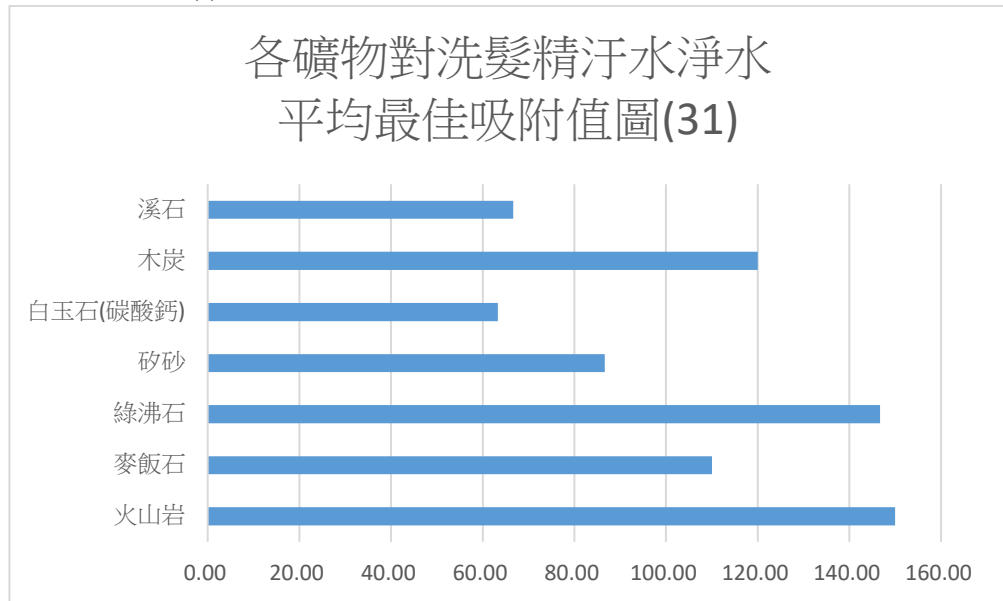
多孔隙礦物對洗髮精汗水淨化實驗3 導電度值曲線圖(30)



(5) 整理實驗四與實驗五對洗髮精汗水淨化吸附數據:如表 20

	火山岩	麥飯石	綠沸石	矽砂	白玉石(碳酸鈣)	木炭	溪石
平均最佳吸附值	150.00	110.00	146.67	86.67	63.33	120.00	66.67

表 20



小結: 多孔矽礦物對洗髮精家庭汗水淨水能力: 火山岩>綠沸石>木炭>麥飯石>矽砂>溪石>白玉石

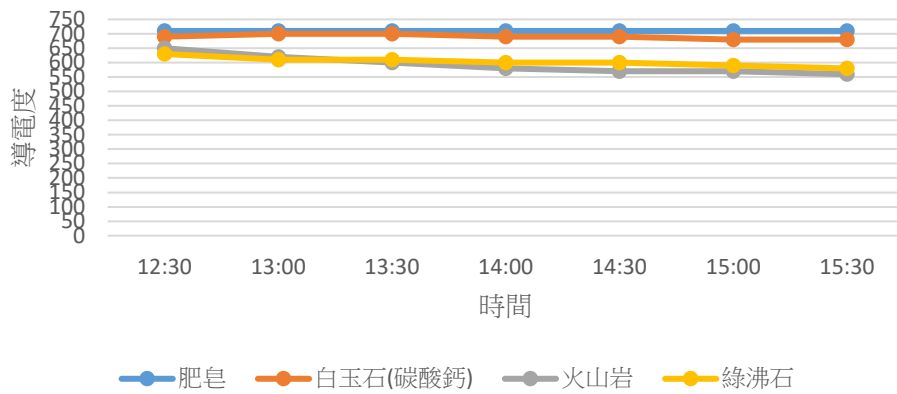
3. 肥皂汗水

(1) 第一次實驗: 肥皂汗水起始導電值: 710 uS/cm

	肥皂	白玉石(碳酸鈣)	火山岩	綠沸石
12 : 30	710	690	650	630
13 : 00	710	700	620	610
13 : 30	710	700	600	610
14 : 00	710	690	580	600
14 : 30	710	690	570	600
15 : 00	710	680	570	590
15 : 30	710	680	560	580

表 21

多孔隙礦物對洗肥皂汗水淨化實驗1 導電度值曲線圖(32)

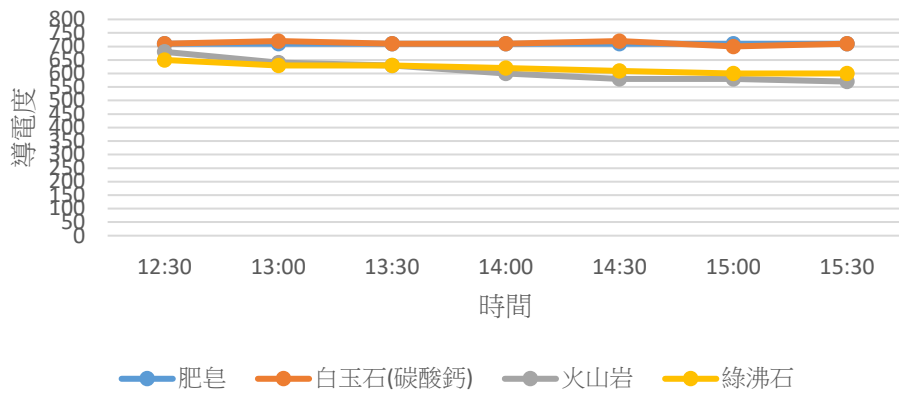


(2) 第二次實驗: 肥皂汗水起始導電值: 720 uS/cm

	肥皂	白玉石(碳酸鈣)	火山岩	綠沸石
12 : 30	710	710	680	650
13 : 00	710	720	640	630
13 : 30	710	710	630	630
14 : 00	710	710	600	620
14 : 30	710	720	580	610
15 : 00	710	700	580	600
15 : 30	710	710	570	600

表 22

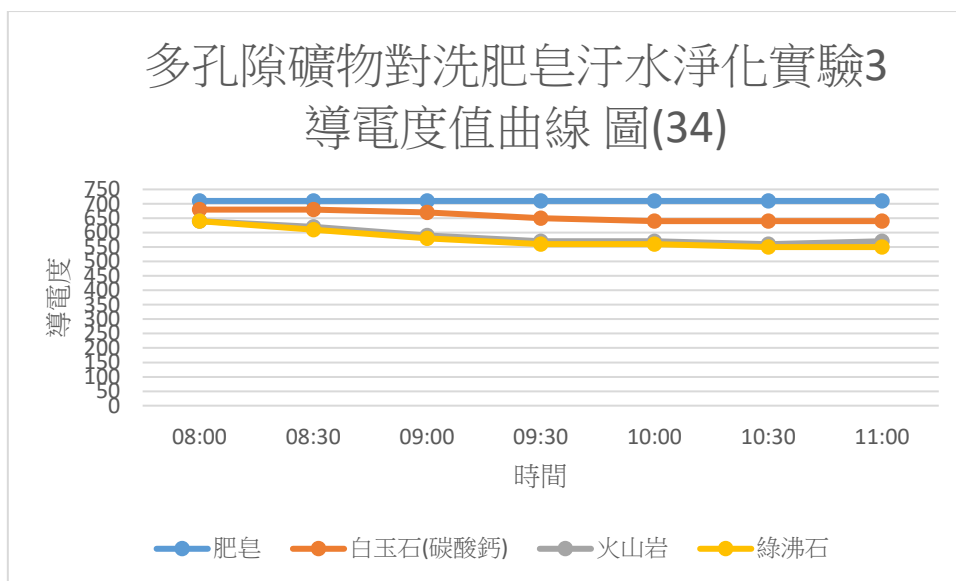
多孔隙礦物對洗肥皂汗水淨化實驗2 導電度值曲線圖(33)



(3) 第三次實驗: 肥皂汗水起始導電值: 730 uS/cm

	肥皂	白玉石(碳酸鈣)	火山岩	綠沸石
8:00	710	680	640	640
8:30	710	680	620	610
9:00	710	670	590	580
9:30	710	650	570	560
10:00	710	640	570	560
10:30	710	640	560	550
11:00	710	640	570	550

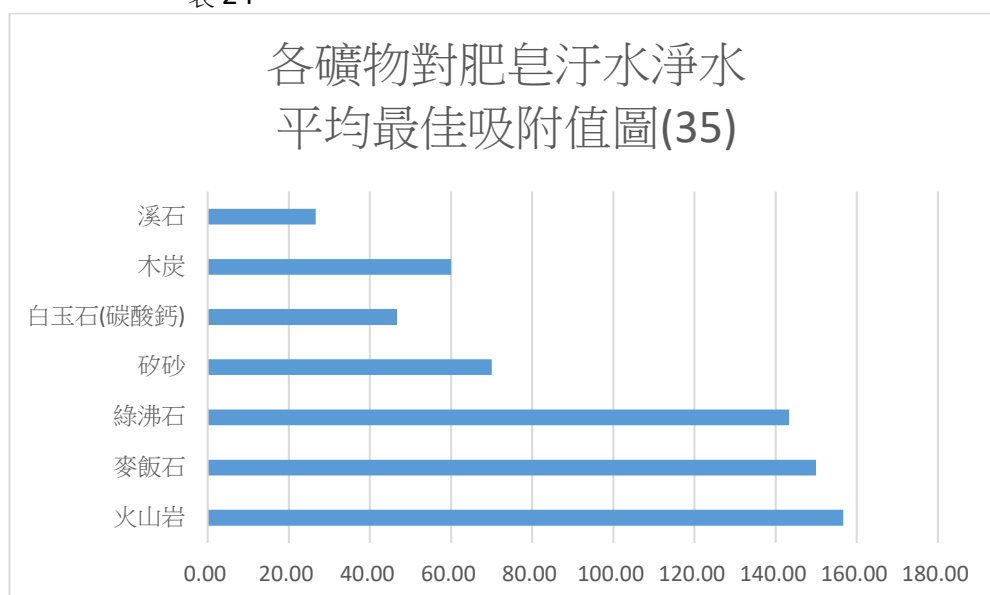
表 23



(4) 整理實驗四與實驗五對肥皂汗水淨化吸附數據: 如表 24

	火山岩	麥飯石	綠沸石	矽砂	白玉石(碳酸鈣)	木炭	溪石
平均最佳吸附值	156.67	150.00	143.33	70.00	46.67	60.00	26.67

表 24



小結: 多孔矽礦物對肥皂家庭汗水淨水能力: 火山岩>麥飯石>綠沸石
>矽砂>木炭>白玉石 >溪石

五、實驗六: 多孔隙礦物再生實驗

由第 57 屆中小學科學展覽會國中組難民救星~全自動水質淨化系統中得知在不破壞環境的情況下麥飯石及活性碳經過清水洗淨法、加熱再生法或蒸氣再生法後，再利用曝曬再生法可增強還原效果，但由於我們得實驗模擬場地是在復興

公園水域，考量實地可用與經濟效益，故決定採用**清水洗淨法**加上**曝曬再生法**如圖(36)。

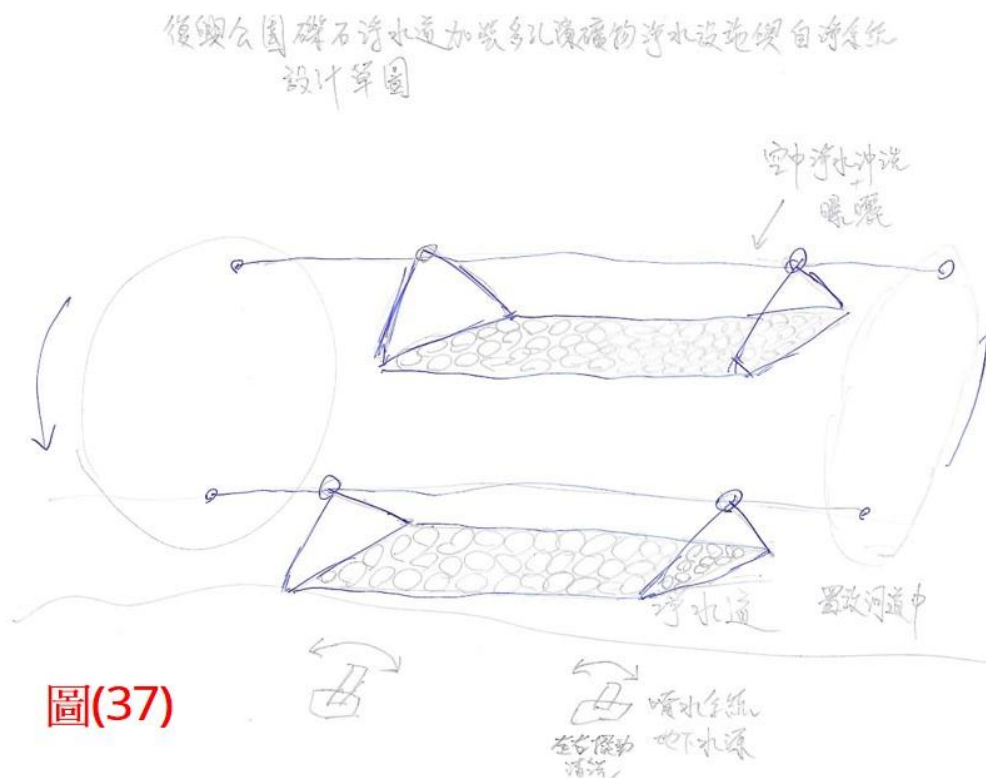


圖(36)

小結:經由實驗可知，多孔隙礦物經由自來水洗清至無泡沫產生並靜置於自來水中 1 小時，多孔隙礦物即復原至原來的吸附能力，由此可知，多孔隙礦物具有物理性的再生能力。

六、復興公園礫間淨水道加裝**多孔隙礦物自動淨水設施與自淨設施**

利用學校課程學過的風車轉盤結構，搭配上下層不鏽鋼鐵網裝設多孔隙礦物，置於復興公園礫間淨水河道中進行吸附淨水，而已吸附飽滿之多孔隙礦物則藉由馬達轉盤轉動至上方，經由噴水設施利用地下水左右來回進行噴洗洗淨，並藉由屏東烈日進行曝曬再生，結構設計草圖如圖(37)。



圖(37)

陸、討論

討論一、植物在陽光不足和水沒有流動的狀態下，活力較差，死亡機率較高，且淨化差，加上文獻證明濕地與礫間淨水道的水生植物都具有淨水效果，因此修正實驗成多孔矽礦物吸附能力實驗。

討論二、市面上所買來的礦石介質，必須先經過清洗，讓礦石的吸附力回復，才能進行淨水作用。

討論三、白玉石在肥皂水和沐浴乳汗水裡，無法發揮淨化能力，經文獻調查推測是因為肥皂水和沐浴乳過酸或過鹼。

柒、結論

一、多孔隙礦石水質淨化能力以**火山岩與麥飯石**較果最佳、**綠沸石**其次，而白玉石效果最差。

二、多孔矽礦物對**沐浴乳家庭汗水**淨水能力以**麥飯石和火山岩**吸附能力最好。

三、多孔矽礦物對**洗髮精家庭汗水**淨水能力以**火山岩和綠沸石**吸附能力最好。

四、多孔矽礦物對**肥皂家庭汗水**淨水能力以**火山岩和麥飯石**吸附能力最好。

五、我們發現在淨化**三個小時**以後，數值會回升，推測是因為**介質已飽和**了。

六、**多孔隙礦物**比非多孔隙礦物具有較**高吸附能力**更能吸附水中雜質。

七、綜合實驗結論，建議可以在萬年公園與復興公園礫間淨水道加裝**多孔隙礦物自動淨水設施與自淨設施**，讓萬年溪溪水的導電值降低達到農業灌溉用水導電值 **600 $\mu\text{S}/\text{cm}$** 以下的標準。

捌、參考文獻

- 一、屏東縣政府水利處 <https://www.pthg.gov.tw/planwrb/Default.aspx>
- 二、林俐妤、劉慧真、廖佳琳，家家有污水槽-溪水環境更美好
—開發智慧型家庭污水處理槽系統設計之研究，中華民國第 58 屆中小學科學展覽會
<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-032814.pdf>
- 三、彰化縣 106 年第 57 屆中小學科學 展覽會
https://science.hs.jh.chc.edu.tw/upload_works/106/73664d8e464daaf83a949f461ca19448.pdf
- 四、屏東市政府環境保護局
<https://www.ptepb.gov.tw/News10.aspx?n=01EC20A7D590813A&sms=C3FC37E02075BD74>
<https://www.ptepb.gov.tw/News10.aspx?n=01EC20A7D590813A&sms=C3FC37E02075BD74>
- 五、哪種水生植物濾水性最好
<https://flower.faq.s.tw/%E5%93%AA%E7%A8%AE%E6%B0%B4%E7%94%9F%E6%A4%8D%E7%89%A9%E6%BF%BE%E6%B0%B4%E6%80%A7%E6%9C%80%E5%A5%BD>
- 六、維基百科
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%9F%E6%B4%BB%E6%B1%A1%E6%B0%B4>
- 七、行政院環保署水質淨化現地處理網站
<https://water.epa.gov.tw/s-river/ClassRoom.aspx?Num=02>
- 八、魯安懷(An-Huai Lu)，「環境礦物材料基本性能—無機界礦物天然自淨化功能」，岩石礦物學雜誌，20 卷，4 期，P371 - 381，2001。
- 九、礦物法——環境污染治理的第四類方法
《地學前緣》2005 年第 1 期魯安懷北京大學地球與空間科學學院
<http://www.cqvip.com/qk/98600x/200501/15441043.html>
- 十、廖立兵,汪靈,董發勤,等.我国礦物材料研究進展(2000-2010)[J].礦物岩石地球化学通報,2012(4):323-339。
- 十一、黃楚棋、王芊驊、李禹翰。難民救星~全自動水質淨化系統。第 57 屆中小學科學展覽會國中組。<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/030805.pdf>
- 十二、賴明洲、薛怡珍、黃士嘉、楊瓊華，濕地植物去污淨化功能與選種建議，台灣林業 九十三年 八月號。
- 十三、高昌傑(民 102)。麥飯石與 Na⁺型樹脂對重金屬之去除率比較。朝陽科技大學數位化產品設計產業研發碩士專班。
- 十四、光華高中(民 109)。智慧淨水系統。<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/57/pdf/030805.pdf>