

中華民國第 57 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

080813

『濾』得一乾二淨-野外淨水裝置之探究

學校名稱：新竹市北區舊社國民小學

作者： 小六 江季昀 小六 張以昕 小六 王韜舟 小六 楊雲龍 小五 姜沂婷	指導老師： 李翊婕
---	--------------

關鍵詞：過濾器、濁度、照度計

摘要

本研究的目的是利用野外可以取得的材料，製作淨水裝置，並製作一組簡易濁度機檢驗水質。過程中利用照度計和燈泡，比照商業濁度計，發現**自製濁度機照度數值愈小，水質愈混濁，照度數值愈大，水質愈乾淨**，成功製造出一台濁度機。再比較野外濾床和毛細取水，在相同水量下，時間上以濾床裝置 299 秒過濾 300cc 的水，較佳。在濾床取水上，發現**以碎石、沙子、木炭、沙子、碎石、棉布各取 3 公分的排列組合的裝置**，可以將濁度 962NTU 的泥水過濾到 7.83NTU，最佳。接著用過濾後的水反沖洗濾床裝置，發現反沖洗後，效果普遍提升，最佳到 2.53NTU，過濾的水量也增加六倍以上。最後我們應用最佳取水裝置將拖地的髒水 367 NTU，過濾到 3.5NTU，證明濾床和反沖洗的裝置可以將水質過濾到非常乾淨。

壹、研究動機

現在的工商社會，很多東西的取得都十分方便，特別是水，便利商店、學校、甚至是水龍頭，一打開就有源源不絕乾淨的水可以飲用。市面上也販賣的很多過濾器材，甚至做得非常精巧像一根吸管，就可以過濾水，因為太過方便，往往會讓我們忘記這些是淨化水源的原理和方法。

我們在四年級的時候學過，水的三態及水循環探討水的滲透、毛細現象、地下水之形成；六年級上學期的第一單元，天氣的變化中有提到，每次颱風過後，石門水庫因為水質混濁，導致自來水水質混濁，雖然颱風帶來豐沛的水量，但是還是有很多地區因為混濁的泥水，導致停水很多天；在我們蒐集資料的時候，發現前幾年的八八風災，水災地區有豐沛的雨水，卻沒有乾淨的水可以使用；而六年級上學期的第三單元提到有關於岩石、礦石、曲流等等，我們看到乾淨的溪流？為什麼溪水會這麼乾淨？顯然戶外有些天然的材料，可以拿來淨化水源。在六下力與運動的單元裡提到超距力之一的重力，重力能讓水往下流，所以水能夠從物體的縫隙中往下流，那淨水器也是，當換濾心的工作人員在拆換的時候，我們觀察了濾水器的構造，引起我們製作淨水裝置的念頭。

許多野外求生的節目，為了取得乾淨的飲用水，當費盡苦心找到水源時，往往因為水源不夠乾淨，發生有水卻無法飲用的窘態。國語日報上我們也閱讀到，木材燃燒後的木炭可以用來淨化泥水？真的嗎？加上野外的一些沙石，就能過濾水質嗎？許多的疑問，就這樣讓我們燃起探究野外淨水裝置的興趣，開始了我們的科展之旅。

貳、研究目的

本研究的主要目的是利用不同的取水方式，找出野外最佳淨水設備和淨水方法，在設計用照度計配合不同的燈泡，在專業的濁度計數值對照下，我們製作了一台自製濁度機來檢驗淨水裝置水質的乾淨度，再進一步，利用反沖洗方式，可以讓自製過濾器延長的使用次數，過濾出更多乾淨的水源，最後將淨水裝置，應用在過濾雨水、頭前溪水和拖地水上。我們探究的目的如下：

- 一、研究不同過濾方式如濾床及毛細。
- 二、研究濁度機自製的方式及不同功率燈泡對濁度機的影響。
- 三、自製過濾器並研究棉布、木炭、碎石及細沙的最佳過濾組合方式。
- 四、研究反沖洗方式對濾床的影響。

參、研究設備及器材


一、器材

燈座	照度計	攜帶式瓦斯爐
手電筒	鋸子	保鮮膜紙筒數個
燈泡	燈座	延長線
各種電池	燒杯	計時器
熱熔膠槍	濾網	量筒
玻璃瓶 20ml	塑膠瓶 20ml	透明方盒

二、材料

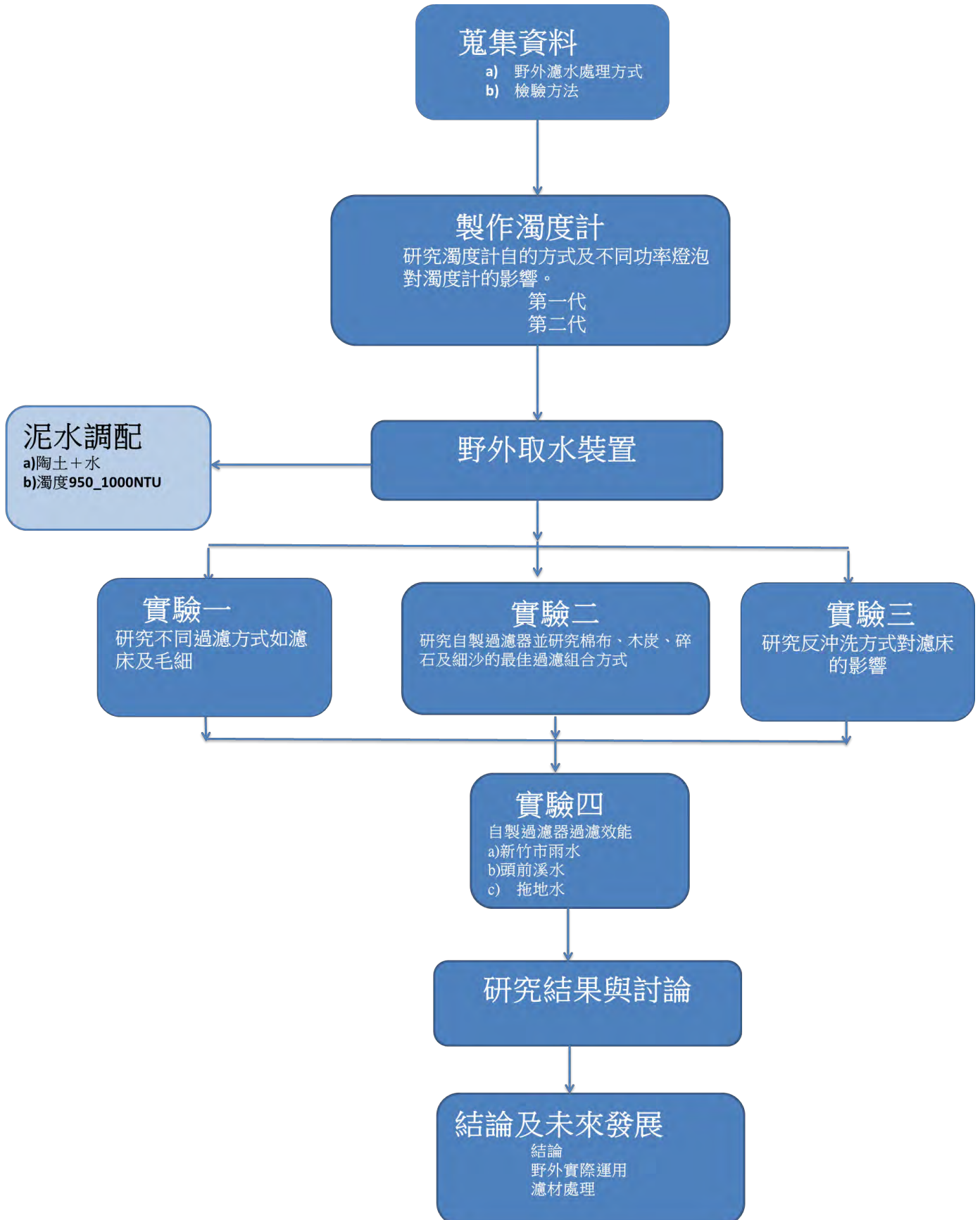
細沙	礫石
碎石	黑色膠帶
紙箱	油土
木炭	黑色紙杯
樹枝	衛生棉條
紗布毛巾	舊衣服
回收濾棉	奶粉分裝盒
陶土	寶特瓶

三、設備

	<p>專業濁度計(科博館外借教具，限期 2 週)</p> <p>專業濁度計 HACH 廠牌，型號 H2100Q 的濁度計作為檢驗儀器，是目前官方針對野外水質檢驗所挑選的專業攜帶型濁度計，量測範圍在 0-1000NTU 之間，超過範圍便無法顯示確切數據，網路價格\$41300 元。</p>
---	---

肆、研究過程或方法

一、研究流程



二、製作濁度機：

第一代濁度機

目的：利用手邊材料，自製簡易濁度機

步驟：

1. 裁切保鮮膜紙筒和餐巾紙紙筒。
2. 將兩圓筒相接，並在圓筒側邊挖一個小洞，以便放置水樣瓶。
3. 在餐巾紙紙筒一端垂直連接照度計感應器，另一端連接手電筒如圖 2-1。
4. 用黑色的膠帶在相接處捆好貼好。
5. 將水樣平直立放置於洞口，並拿掉瓶蓋如圖 2-2。
6. 手電筒光線經由水樣玻璃瓶口後照射到照度計來判斷水質濁度。



圖 2-1 第一代濁度機完成圖



圖 2-2 無蓋的水樣瓶放入

第二代濁度機

目的：改良手電筒照射水樣瓶的位置

步驟：

1. 將 15x10x10 的紙盒側面鑿洞。
2. 將第一代手電筒連接於洞口。
3. 增加紙筒的長度，並挖一個放置水樣瓶的洞口，並用油土鋪平紙桶底部並調整高度。
4. 放入水樣瓶，並用油土鋪平紙桶內部底部並調整玻璃瓶高度。
5. 手電筒光線經由水樣玻璃瓶側邊照射到照度計來判斷水質濁度。



圖 2-3



圖 2-4 第二代手電筒版

三、濁度計實驗

目的：因為手電筒光源不穩定，使得照度計的數值不穩，必須找出最佳光源。

步驟：

1. 將手電筒換成插座型燈泡。
2. 測試各種燈泡，找出可以比較的燈源，如圖 3-1 圖 3-2。
3. 分別測試：螺旋省電燈泡 8W、LED 燈泡 3W 及 1.5W 如圖 3-3。
4. 觀察照度計的數值是不是穩定。
5. 製作泥水，使用專業濁度計檢驗濁度，也用自製濁度計做檢驗如圖 3-5。
6. 將專業濁度計的數值和自製濁度計做比對。

測試燈泡



圖 3-1



圖 3-2



圖 3-3 螺旋省電燈泡 8W、LED 燈泡 3W、1.5W



圖 3-4 第二代高瓦數燈源



圖 3-5 第二代 LED1.5 低瓦數燈源



圖 3-6 第二代完成圖

四、泥水調配：

目的:為了得到均勻且不易沉澱的濁水，並盡量貼近自然產生之水中濁度懸浮粒子種類

步驟：參考文獻資料製作

1. 將陶土加入水中溶解拌勻。
2. 慢慢加水稀釋，如圖 4-1。
3. 使用專業濁度計來測量泥水濃度固定為 950~1000NTU 之間的濁度如圖 4-2（參考附錄七）。
4. 每次實驗前，用力搖晃二十次，讓泥水均勻。



圖 4-1 調製泥水



圖 4-2 準備數桶泥水備用

五、過濾水源方式

【實驗一】研究不同過濾方式如濾床及毛細

(一)用濾床裝置取得水源

(1) 目的：利用重力現象的濾床裝置取得乾淨水源

(2) 步驟：

1. 木炭、細沙、麥飯石、細沙、碎石、毛巾。如圖 5-1
2. 依序放進放進中型保特瓶，壓緊，以自來水 300ml 沖洗雜質，靜置瀝乾。
3. 以事先調製好的 962NTU 泥水來過濾。
4. 將到過濾好的泥水再重複過濾 9 次，裝在玻璃瓶中。
5. 用自製濁度機和專業濁度計做成紀錄

(二)用毛細現象裝置取得水源

(1) 目的：利用毛細現象取得乾淨水源。

(2) 步驟：

1. 將 300CC 泥水，置於 90 公分高處，再將空燒杯至於 60 公分下方，於上下燒杯用一條布條連接上下燒杯裡的水。
2. 靜待燒杯的水，由布條傳至下方燒杯中。如圖 5-3~5
3. 取得水，裝置於玻璃瓶中。
4. 記錄時間，用濁度計檢驗水質。

濾床及毛細現象濾水過程



圖 5-1

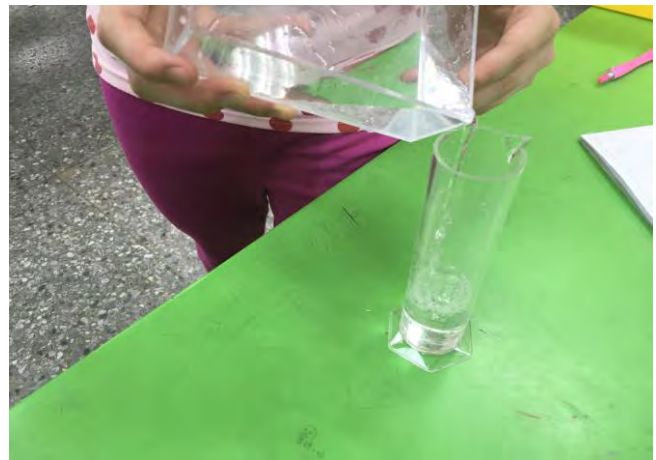


圖 5-2



圖 5-3



圖 5-4 前 1/3 非常清澈



圖 5-5 上面燒杯有泥渣

【實驗二】 濾床式過濾裝置-研究棉布、木炭、碎石及細沙的最佳過濾組合方式。
 文獻資料中提到單一濾材過濾效果不好，所以我們採用組合方式，並以野外隨手可製得的木炭、細沙、碎石、毛巾四種材料，改變不同的排列順序和每種材料 3 公分高(保特瓶瓶身高度)來做實驗。

(1)目的:找出野外營火後的木炭、棉布、碎石及細沙四種材料最佳組合方式

(2)步驟:

1. 準備中型寶特瓶切除底部，瓶口鑽 20 洞。
2. 將木炭、棉布、碎石及細沙，依不同組合按順序放進放進中型保特瓶，每種材料 3 公分高(保特瓶瓶身高度)，並在最上層和最下層放置一層紗布毛巾（隔離大型雜質），將濾材壓緊。
3. 以自來水 300ml 沖洗，靜置瀝乾。
4. 以事先調製好的 962NTU 泥水 300 CC 倒入過濾，裝瓶檢驗。
5. 將過濾好的泥水再重複過濾 9 次，再使用自製濁度機和專業濁度計檢驗。

做法一

順序：大塊木炭、碎石、碎木炭、碎石、細沙、棉布，濾水裝置，材料各 3 公分如圖 5-6



圖 5-6



圖 5-7

作法二

順序：細沙、碎石、碎木炭、碎石、大木炭、衣服，濾水裝置如圖 5-8

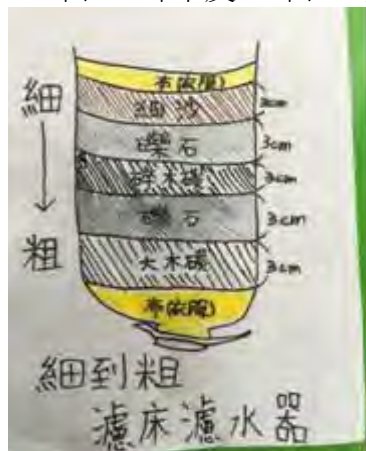


圖 5-8



圖 5-9

做法三

順序：衣服、碎石、沙子、木炭、沙子、碎石、衣服，材料各 3 公分，濾水裝置如圖 5-10

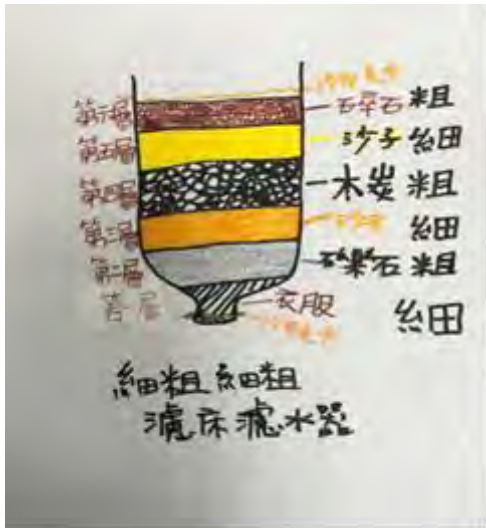


圖 5-10



圖 5-11

做法四

順序：衣服、木炭、細沙、碎石、細沙、碎石，材料各 3 公分，濾水裝置如圖 5-12

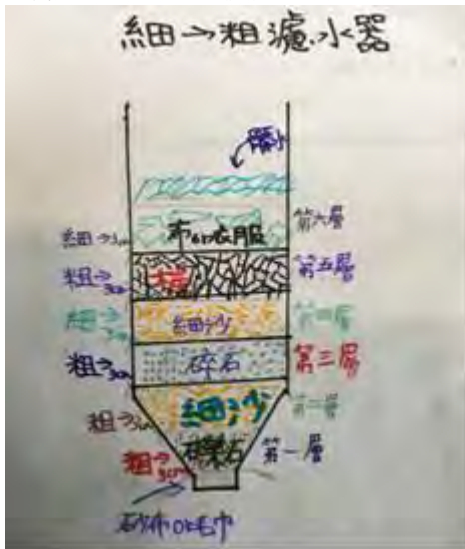


圖 5-12



圖 5-13



圖 5-14 實驗各種組合濾床裝置
右 1 實驗自製木炭的淨水效果
右 2 實驗濾床與毛細做比較的淨水器
右 3~6 為實驗排列組合

【實驗三】嘗試反沖洗方式對濾床的影響。

(1)目的：利用反沖洗方式，提高濾材過濾的效能，可以過濾更多次的泥水。

(2)步驟：

1. 將濾水網取下，折成圓形，卡入過濾器頂端，使過濾器顛倒過來時，濾材不會掉下來。如圖 5-16
2. 將過濾器顛倒過來時，置於濾水架上如圖 5-17
3. 用自製塑膠瓶漏斗置於過濾器頂端。
4. 倒入 300cc 的過濾水，待其瀝乾，即完成反沖洗一次。
5. 倒入 300cc 泥水如圖 5-18。
6. 使用濁度計檢驗。
7. 倒入泥水重複七次，檢驗水質。



圖 5-15



圖 5-16



圖 5-17



圖 5-18

【實驗四】研究使用不同水源之實驗比較

(1)目的：檢驗自製濾水裝置過濾其他水源的成效。

(2)步驟：

1. 以不同水源：新竹市雨水、頭前溪溪水、拖地水。
2. 先檢驗水源原始濁度。
3. 將水倒入過濾器，檢驗濁度，重複 5 次。



圖 5-19 雨水



圖 5-20 頭前溪水



圖 5-21 拖地水



圖 5-22



圖 5-23

伍、研究結果

自製濁度機實驗結果：使用手電筒光源不穩定，照度計的數值不穩，必須找出最佳光源，我們實驗試了數種燈泡，找出三種燈泡，跟專業濁度計的數值做比對。如表 5-1

濁度/照度/ 瓦數	螺旋省電燈泡 8W	L E D 3W	L E D 1.5W
未放入	1158	1458	858
4.58	1	1	1424
20	1972	1	1301
110	1850	1838	925
264	1668	1443	690
384	1301	1173	552
570	1086	967	445
710	718	772	382
960	518	548	282

表 5-1 未放入水樣為藍字

實驗結果:

1. 螺旋省電燈泡 8W：濁度 NTU20 到 960，自製濁度機都可以測量出來，但是照度 1972 較不準確，當測不出來時，會出現 1 的現象，可以參考的有效數值在濁度 NTU100 到 960 之間，比對為照度 1850~518。
2. L E D 3W:文獻資料上提到，燈源大都集中在中間，雖然瓦數小，亮度卻比螺旋省電燈泡 8W 還要亮，濁度 NTU110 到 960 之間，有相對照度可供參考，但是照度 1838 以上較不準確，當太亮時，加上玻璃瓶會出現 1 的現象，可以參考的有效數值，為照度 1838~548。
3. L E D 1.5W：燈源瓦數低，未放入水樣前，照度 858，數值適中，有上到 2000 照度的空間，濁度 5 到 960NTU，皆有相對應的照度，可測出數值為照度 1424~282。

【實驗一】研究不同過濾方式如濾床及毛細

(一)濾床實驗

目的： 利用簡易的濾材將濁水變成乾淨的水源

次數/項目	1	2	3	4	5	6	7	平均
濁度 NTU	4.43	4.59	5.65	14.9	15.4	12.3	38	10.58
照度 lux	1401	1420	1365	1255	1220	1380	1151	1328
水量 cc	301	300	299	301	298	296	298	299.00
時間 sec	312	310	325	315	310	309	311	313.14

表 5-2 紅色字去頭尾

實驗結果：如表 5-2 實驗堆疊了木炭、細沙、碎石、細沙、碎石、毛巾，過濾出來的水平均濁度是 10.58，照度平均是 1328，水量沒有多大變化都在 300 上下，時間平均 313.14 秒。

(二)毛細裝置

目的：利用毛細現象取得乾淨水源。

次數/項目	1	2	平均
濁度 NTU	2.88/5.5/11.4	10.6	11.00
照度 lux	1334	1378	1356.00
水量 cc	269	278	273.50
時間 sec	46800	47032	46916.00

表 5-3 紅色字為取前段濾水 1/3 中段濾水 1/3

實驗結果：如表 5-3 第一次過濾時，取前段濾水 1/3 檢驗和中段 2/3 檢驗，過濾出來的水平均濁度是 2.88 和 5.5NTU，照度平均是 1356，時間平均 46916 秒，相當於 13 個小時。

◎之後的實驗，因為考慮到需要更清澈的水質檢驗，所以之後的測量都使用向科博館借來的專業濁度計作檢驗。

【實驗二】濾床式過濾裝置組合

目的：找出野外隨手可得的棉布、木炭、碎石及細沙四種材料最佳組合方式，每種材料 3 公分(寶特瓶瓶身高度)

次數/濁度/檢驗項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
大塊木炭、碎石、碎木炭、碎石、細沙、棉布	20.6	13	11.7	9.59	11.2	11	15.1	18.7	17.3	14.6	14.27
棉布、細沙、碎石、碎木炭、碎石、大木炭、棉布	19.9	27.3	22.2	21.6	16.5	17.7	17.8	16.4	16.8	17	19.32
碎石、細沙、木炭、細沙、碎石、棉布	19.5	9.83	6.79	5.31	4.65	6.26	8.51	4.99	6.45	5.96	7.83
棉布、碎木炭、木炭、碎石、細沙、碎石、棉布	50.7	39.7	26.1	25.7	24.5	x	x	x	x	x	33.34

表 5-4

實驗結果：如表 5-4 濾床組合中，以碎石、沙子、木炭、細沙、碎石、衣服排列組合，平均 7.83NTU 濁度最低，排列組合衣服、碎木炭、木炭、碎石、細沙、碎石、衣服，平均數濁度最高。

【實驗三】研究反沖洗方式對濾床的影響。

目的：利用反沖洗方式，提高濾材過濾的效能，可以過濾更多次的泥水

泥水 300cc/次數/組合	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
大塊木炭、碎石、碎木炭、碎石、細沙、棉布	15	5.82	3.08	2.54	2.01	9.1	2.64	1.01	x	x	4.2
棉布、細沙、碎石、碎木炭、碎石、大木炭、棉布	24.6	7.01	8.16	6.7	4.9	8.85	x	x	x	x	7.68
碎石、細沙、木炭、細沙、碎石、棉布	7.2	9.93	2.89	2.98	2.15	2.53	x	x	x	x	2.53
棉布、碎木炭、木炭、碎石、細沙、碎石、棉布	47.6	44.3	43.3	30	26.9	24.9	19.5	x	x	x	33.8

表 5-5 紅色字去最大值和最小值，x 代表尚未實驗

實驗結果：平均做了六次以上的泥水過濾，共 1800cc，以碎石、細沙、木炭、細沙、碎石、棉布的平均濁度 2.53 最低，以棉布、碎木炭、木炭、碎石、細沙、碎石、棉布的平均濁度 33.8 最高。詳細如表 5-5

【實驗四】檢驗不同水源之比較

目的：檢驗自製濾水裝置過濾其他水源的成效。

泥水 300cc/次數 /濁度	原始濁度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
雨水	21.5	11.9	12.9	59.6	7.08	6.63	5.66	7.11	5.75	x	x	8.6
混濁頭前溪水	247	16.5	4.79	3.81	3.64	3.34	3.08	2.91	2.85	2.84	2.93	3.42
拖地水	367	4.65	3.39	3.7	3.65	2.85	3.05	x	x	x	x	3.5

表 5-6 紅色字去最大值和最小值

實驗結果：如表 5-6 測量過原始濁度後，以最佳濾床和最佳反沖洗組合：碎石、細沙、木炭、細沙、碎石、棉布裝置實驗，分別過濾雨水、混濁頭前溪水、拖地水，重複過濾六次以上，得到雨水平均濁度 8.6NTU、混濁頭前溪水平均濁度 3.42NTU 以及拖地水平均濁度 3.5NTU。

陸、討論

一、研究濁度計自製的方式及不同功率燈泡對濁度計的影響。

(一)第一代自製濁度計設備:

優點:可拆開易於攜帶方便檢驗。

缺點:1.玻璃瓶蓋無法透光，不蓋蓋子，水樣容易溢出來。

2.手電筒的光源不穩定。

討論:1.沒有蓋子的玻璃瓶容易漏水，損壞照度計的感光器，並改用瓶身照光。

2.測試過程中，照度計的數值會隨著手電筒的光源，由照度 1300 慢慢降低到照度 1100，待更換電池後，又恢復到照度 1300，照度計的數字會隨這電池的電力上上下下，無法得知精確的水樣數值，雖攜帶方便，缺乏更好的手電筒可供使用，須找替代的插電裝置使用。

(二) 第二代自製濁度計的不同燈源討論

濁度/照度/ 瓦數	螺旋省電燈泡 8W	L E D 3W	L E D 1.5W
未放入	1158	1458	858
4.58	1	1	1424
20	1972	1	1301
110	1850	1838	925
960	518	548	282

沒有放玻璃瓶的照度

玻璃瓶會反射光，提高亮度

玻璃瓶會反射光，提高亮度

表 6-1 照度 1 光現亮度太亮，超過檢測的範圍

討論:用一般市面燈泡發現以下問題

1. L E D 的燈光所使用的燈源都集中在前方，省電燈泡光源較為分散，光源。
2. 玻璃瓶光線折射，增加亮度。
3. 照度計的數值會出現 1，表示太亮，無效反應。

依實驗過程數據做成分析圖表如圖 6-1~3，討論內容如表內說明

8W省電燈泡，濁度 5 以下無法檢測，濁度 20 接近 1000，趨勢線沒有成一直線，濁度 20 以下較難檢測，可檢測照度 518~1972 範圍較小。

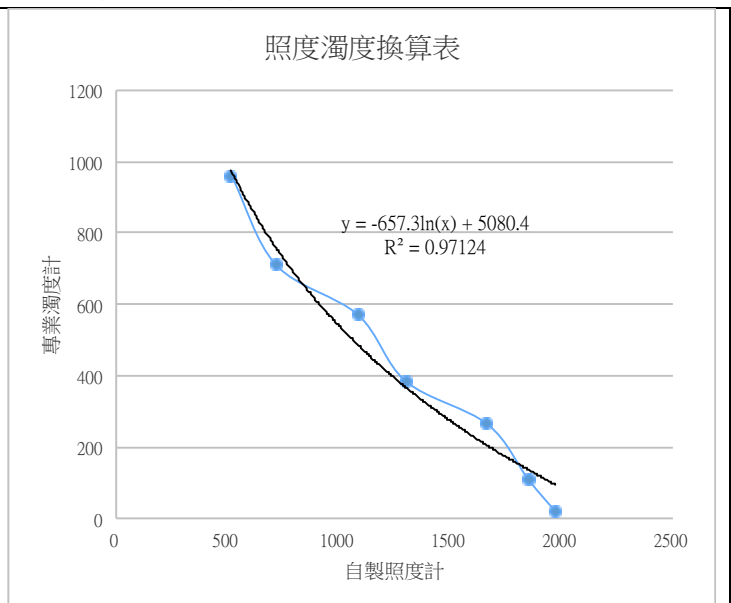


圖 6-1 8W省電燈泡

3WLED電燈泡，亮度高，濁度 5 和 20 以下無法檢測數值為 1，濁度 110 接近照度 2000，趨勢線比較像直線，但是濁度 100 以下無法用此燈泡檢測，可檢測照度 548~1838 範圍最小。

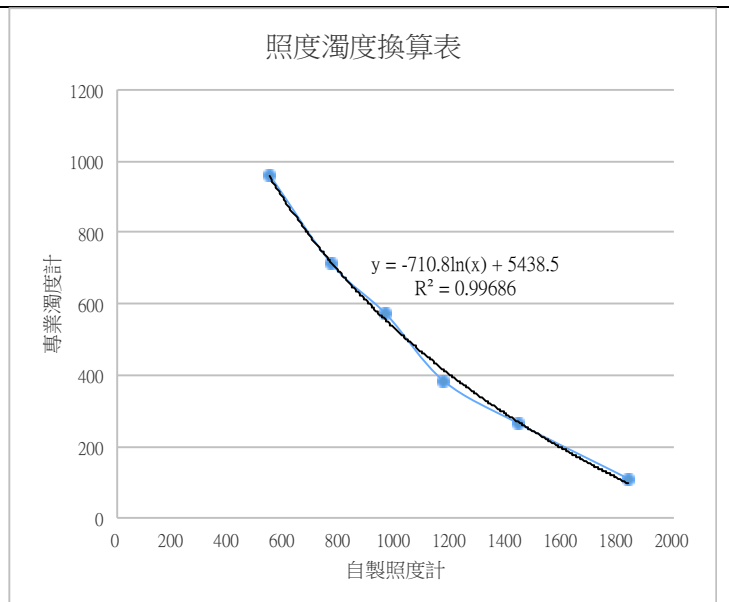


圖 6-2 3WLED 燈泡

1.5WLED電燈泡(約為一般燈泡 15W) 未放水樣照度 860，濁度 5~962 之間皆可檢測對照，趨勢線雖無法成直線，可以檢測為照度 282~1424，照度範圍較大較為適用。

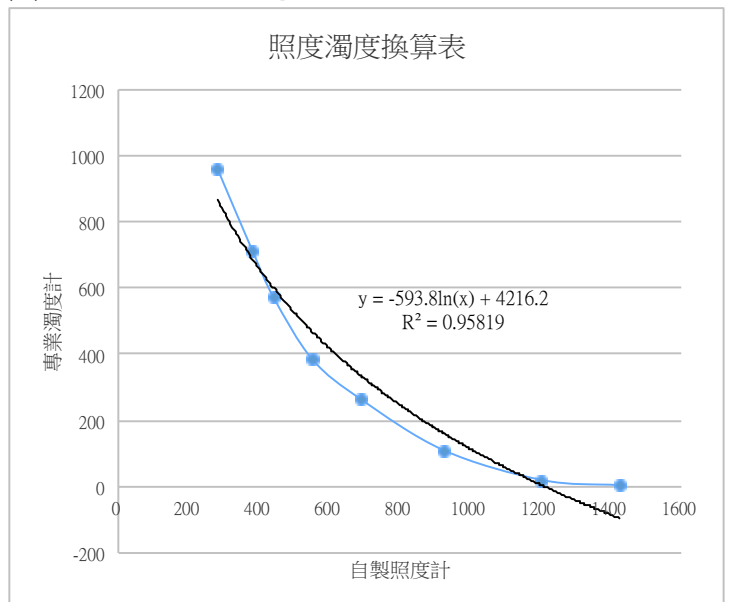


圖 6-3 1.5WLED 燈泡

綜合以上，可以得出小結果，自製濁度機照度數值越小水質越混濁，照度數值越大水質越乾淨，可以供檢測水質清澈度的參考，又以 **1.5WLED電燈泡** 的數值，較為適用。

(三) 泥水的調配

討論:本實驗以陶土調配泥水原因

1. 顆粒細緻
2. 陶土內含物較單一，不會有雜質
3. 陶土較取得容易
4. 較容易溶於水，短時間，不易沉澱

專業濁度計可量測之 1000NTU 上限，於是取量測出 950NTU 上下之泥水，做為實驗中所使用之濁水。以這種對照濁度計的調配方法是因為陶土本身亦有多種成分，加上含水量不同，難以用簡單的標準化方式呈現出一樣的濁度，為了使濾前濁度維持在控制變因應有的精確性，我們認為還是依照濁度計量測出的數值來調整較為妥當。

【實驗一】測試比較重力法、毛細原理找出野外最佳取水裝置。實驗結果製成表 6-2。

取水裝置/平均值	濁度	照度	時間	水量
濾床濾水器	10.57	1328	313.14	299
毛細裝置	2.88/5.5/10.6	1356	46916	273

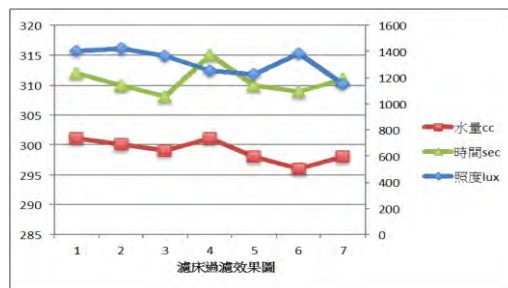


表 6-2

圖 6-2

- 討論:1.發現毛細裝置過第一次過濾時，取前段濾水 1/3 檢驗和中段 2/3 檢驗，過濾出來的水平濁度最低可到濁度 2.88NTU，後頭的污泥水會影響水質清澈度，經查詢資料發現，**因為毛巾內部有纖維，內部有小洞，只是延長細沙在棉布條內的時間。**如果用毛細裝置過濾水時，可以在第六、七小時時，將乾淨的水先取下，以便獲取濁度低於 NTU6 以下的水源。
- 2.濾床濾水器平均時間 313.14 秒，相較於毛細裝置時間平均時間 46916 秒來得快很多，以時間而言，濾床濾水器優於毛細裝置。以濁度而言，濾床濾水器平均濁度 10.57 跟毛細裝置 1.6 差距不大。
3. 濾床的時間太久容易溶解出更多的物質，我們所設計的濾床過濾 300CC 泥水時間大約都在 300 秒上下，並沒有影響到我們觀察水質的澄清度，所以之後的實驗，不再探討時間的因素。如圖 6-2
- 4.經討論發現可以繼續探究不同排列組合的濾床過濾裝置。

【實驗二】我們採用組合方式，並以野外隨手可得的木炭、細沙、碎石、毛巾四種材料改變不同的排列順序來做實驗，依數據做出下表:

排列組合/平均濁度	相同泥水過濾平均值 NTU
大塊木炭、碎石、碎木炭、碎石、細沙、棉布	14.27
棉布、細砂、碎石、碎木炭、碎石、大木炭、棉布	19.32
碎石、細沙、木炭、細沙、碎石、棉布	7.83
棉布、碎木炭、木炭、碎石、細砂、碎石、棉布	33.34

表 6-3

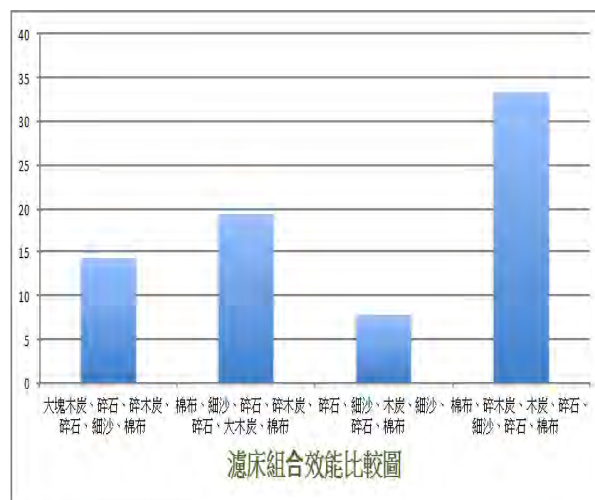


圖 6-3

討論:由表 6-3 可以發現這四種組合的過濾器，相同泥水過濾效果平均值都在 NTU35 以下，**以碎石、細沙、木炭、細沙、碎石、棉布平均值 7.83，過濾效果最佳。**實驗觀察過濾器外觀得出因為細沙鋪兩層，加上濾材都壓得很緊實；其次是大塊木炭、碎石、碎木炭、碎石、細沙、棉布平均值 NTU14.27，第三則是棉布、細沙、碎石、碎木炭、碎石、大木炭、棉布，最差的是棉布、碎木炭、木炭、碎石、細沙、碎石、棉布，平均值在 33.34NTU 上下的過濾器。觀察棉布、碎木炭、木炭、碎石、細沙、碎石、棉布的排列組合，實驗觀察過濾器外觀，因為壓得不夠緊實，孔洞太大，結構鬆散，導致平均只有降至 33.4NTU。

【實驗三】用過濾後的水，反過來沖洗過濾器，依數據做出下表，由表 6-4 得知反沖洗之後，可以延長使用自製濾水器的使用壽命，過濾更多的水，並且過濾效果更好。

泥水 300cc/平均濁度/排列組合	不相同泥水過濾平均值 平均	相同泥水過濾平均值
大塊木炭、碎石、碎木炭、碎石、細沙、棉布	4.2	14.27
棉布、細砂、碎石、碎木炭、碎石、大木炭、棉布	7.68	19.32
碎石、細沙、木炭、細沙、碎石、棉布	2.53	7.825
棉布、碎木炭、木炭、碎石、細沙、碎石、棉布	33.8	33.34

表 6-4 將表 6-3 列入比較

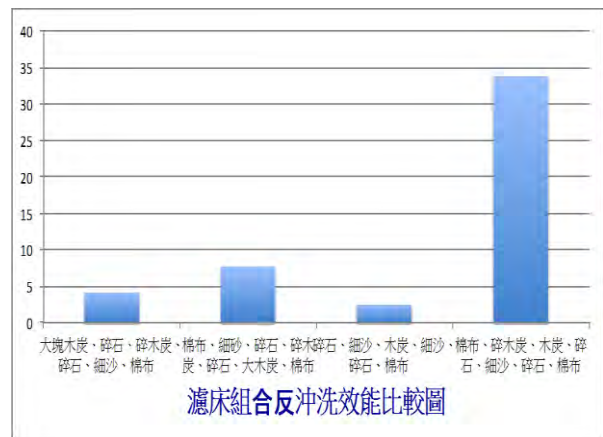


圖 6-4

討論:一開始我們做了大塊木炭、碎石、碎木炭、碎石、細沙、棉布排列組合，相同泥水過濾濁度 14.27NTU，想要嘗試看反過來沖洗一下，在砂石再重新組合後，效果會不會更好。模擬在缺水的情況下，用過濾後的水反沖洗一次，剛開始反沖洗之後的過濾效果不明顯，反而更差，第二次的泥水過濾效果提升濁度 7NTU，才有顯著的進步，之後的平均值在 7.68NTU，因為發現有效果，所以將所有的組合都做反沖洗，以碎石、細沙、木炭、細沙、碎石、棉布組合，平均值到 2.53NTU，效果很好。後來發現棉布、碎木炭、木炭、碎石、細砂、碎石、棉布依舊效果很差，推測因為堆疊不佳結構鬆散的關係，數據依然維持在 33.8NTU，反沖效果不明顯。

【實驗四】用自製過濾器檢驗成效

泥水 300cc/次數/濁度	原始濁度	平均
雨水	21.5	8.6
混濁頭前溪水	247	3.42
拖地水	367	3.5

表 6-5

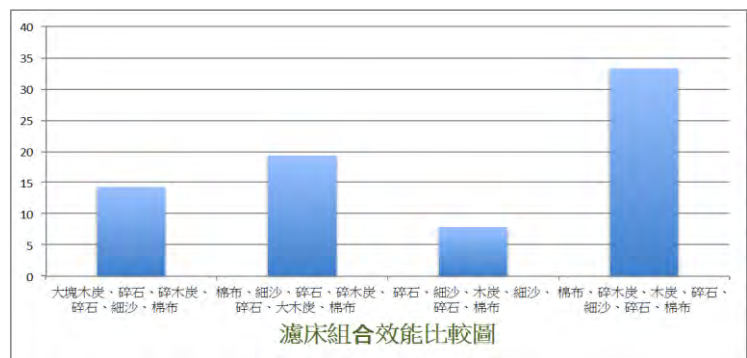


圖 6-5

討論:由表 6-5，發現雨水、頭前溪水和拖地水經由碎石、細沙、木炭、細沙、碎石、棉布組合的濾水裝置，由原始濁度分別由 21.5NTU、247NTU、367NTU 變成 8.6NTU、3.42NTU、3.5NTU。以拖地水的數值改變最大，雨水改變最小。因為原本臭臭的拖地水不臭了，經查詢資料發現，木炭有除臭的效果，讓原本聞起來臭臭的頭前溪水和拖地的髒水，過濾後聞起來比較沒有臭味。

柒、結論

- 一、 本研究成功製作出一台可以檢測水質乾淨度的自製濁度機，比對商業型的濁度機，從濁度5到960NTU，利用自製濁度機對燈泡的照度可以比對出1405~281照度，比較的結果顯示，自製濁度機照度數值越小水質越混濁，照度數值越大水質越乾淨，可以供檢測水質清澈度的參考。
- 二、 毛細濾水的淨水裝置可以有將濁度962NTU的濁水，過濾到10NTU乾淨的水。毛細裝置的前段濾水和中段，過濾出來的水，較為清澈，濁度最低可到NTU4，後1/3的污泥水會嚴重影響水質清澈度，如果用毛細裝置過濾水時，可以在過濾2/3時，將乾淨的水先取下，以便獲取濁度低於6NTU以下的水源。如果不計時間，在野外是屬於較輕鬆的濾水方式。
- 三、 濾床的淨水裝置和毛細的淨水裝置，可以有將濁度962NTU的濁水，過濾後變成平均值在10NTU上下乾淨的水，乾淨度差距不大，以時間考量下和需求的水量，濾床的淨水裝置平均298秒優於毛細的淨水裝置13小時，而且可以過濾較多的水量。
- 四、 濾床的淨水裝置最佳的排列組合方式，每種材料3公分保特瓶瓶身高度，以碎石、細沙、木炭、細沙、碎石、棉布將泥水由962NTU降至平均值7.83NTU效果最好，其次是大塊木炭、碎石、碎木炭、碎石、細沙、棉布平均降至14.27NTU，第三是棉布、細沙、碎石、碎木炭、碎石、大木炭、棉布平均19.32NTU，最後是棉布、碎木炭、木炭、碎石、細沙、碎石、棉布的排列組合因為壓得不夠緊實，孔洞太大，結構鬆散，導致平均只有降至33.4NTU。
- 五、 以碎石、沙子、木炭、沙子、碎石、衣服濾床的淨水裝置經使用過濾水倒入沖洗後，發現因為濾材重新組合後，沖掉易鬆動的土層，在重新倒入六次泥水的實驗來看，平均濁度降低，由14.27NTU降至4.2NTU，效果最好。其他排列組合，有的甚至有的低到2.53NTU，其平均濁度也普遍降低。可以推論反沖洗可以延長濾材的效能，且多過濾出六倍以上的水量。
- 六、 使用碎石、沙子、木炭、沙子、碎石、衣服濾床的自製淨水裝置，過濾雨水、混濁頭前溪水、拖地水，可以使原始濁度的雨水由21.5 NTU、頭前溪水247 NTU和拖把水367 NTU，過濾到8.6NTU、3.2NTU、3.5NTU，雨水比較清澈，過濾過程不明顯，但是對於像拖地的髒水過濾過程可以過濾到非常乾淨。

捌、未來展望及後續處理

- 一、根據實驗的結論，我們設計一個隨時可以取得水源方式，就是利用野外營火後的木炭、草或竹葉、沙子、碎石、棉質衣服和竹子截短的竹筒，將材料依排列組合壓緊，在竹筒底部用刀子鑿洞，可以掛在樹枝上，過濾濁水，如右圖。
- 二、自製濾床組合應用，未來可以納入手做學習課程上，讓學弟妹可以學習到更多元的知識。



- 三、自製濁度機的應用
 1. 可以用來檢測各種水質的清澈度，經查詢商業濁度計網路價格\$41300，我們利用資源回收物和自然教室的教具製作，價格約在\$500元上下。
 2. 實驗完成品一方面可以設計成為教學上檢驗水質鑑定標準，也可以納入相關課程活動教具製作上參考。
 3. 後續我們結合第一代和第二代自製濁度機的優點，如果配置高品質的手電筒，可以攜帶到野外檢驗溪水等等有關水質透明度的檢測。
- 四、濾材後續處理：實驗過濾後的砂石跟培養土混合，可以用來種植多肉植物，以解決回收問題。



玖、參考資料

- 一、<http://wenku.baidu.com/view/c6bd9cea551810a6f52486b1.html> 百度文庫，濁度計的原理。
 - 二、中華民國第四十六屆中小學科學展覽會作品環保淨水器
 - 三、臺南市第五十五屆科學展覽會作品「飲」藏危機—台南地區飲水品質探討
 - 四、科博館千瀘一得教案參考
 - 五、認識原水濁度, 陳奕竹, 2015, 科技部高瞻自然科學教學資源平台
<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=62384>
 - 六、飲用水水質標準, 2014 修訂版, 行政院環境保護署
<http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/search/LordiDispFull.aspx?ltype=09&lname=0040>
 - 七、2015/08/09 颱風蘇迪勒發威, 台北自來水濁度創紀錄, 中央社新聞
<http://www.cna.com.tw/news/firstnews/201508095023-1.aspx>
 - 八、LIFESTRAW <http://lifestraw.com/> 生命吸管
 - 九、ÖKO Original Advanced Filtration Bottles 書籍過濾紙袋 <http://www.okoh2o.com/>
 - 十、1 lx (勒克司) = 1 metre candle (米燭光) = 1 lm/m²
一勒克司 (或一米燭光) 等於一流明之光通量, 垂直照射於一平方公尺平面上的照度。
- 影片資源～

1. 科學小原子 #51 布農族 泥水過濾 <https://www.youtube.com/watch?v=C60e6N73at0>
2. 野外生存這種方法淨化污水真是太棒了, 中國荒野求生
<https://www.youtube.com/watch?v=8PyuF6RC2hs&feature=youtu.be>

附錄：

一、觀察自然教室的飲水機，留下更換的濾心，取出活性炭配合其他濾材來試做。



觀察飲水機的構造



趁更換濾心時，留下活性炭



二手活性炭



用奶粉罐製作過濾，效果差



利用小的寶特瓶、二手的活性炭、過濾棉、細砂、石英砂練習過濾



練習製作過濾器

二、自製過濾用木炭過程如圖 5-4,圖 5-5

步驟：

1. 蒐集校園樹枝
2. 用鋁箔紙包覆樹枝
3. 將包好的樹枝拿去燃燒
4. 待火熄滅，將燒好的黑碳樹枝用冷水降溫
5. 敲成小塊備用

製作木炭



試著做做看木炭



降溫



如果不包鋁箔紙，會燒成灰燼



敲成小塊備用

三、太陽能蒸餾取水方式（因不合乎主題，無法放入）

依據文獻資料參考，在野外利用坑洞裡的水上面蓋緊塑膠布或大葉片（例如香蕉的葉片），利用太陽的熱可以用來取得蒸餾水，依據這樣的想法，我們在模擬改良太陽能蒸餾裝置。

（一）目的：利用太陽能蒐集乾淨的水源。

1. 用塑膠水盆裝 300CC 泥水模擬野外挖洞，中間放一個塑膠透明方方杯接水，套上塑膠袋（野外可以用香蕉葉加石頭），夾子夾好，中間放置一塊石頭，使水蒸氣可以順著斜度，集結滴在方杯中，在放置於太陽底下。
2. 放置兩天共 12.5 小時，取得 65CC 乾淨水源裝置於玻璃瓶中。
3. 用濁度計檢驗。

製作太陽能蒸餾水



圖 5-5 第一代太陽蒸餾器面積太小

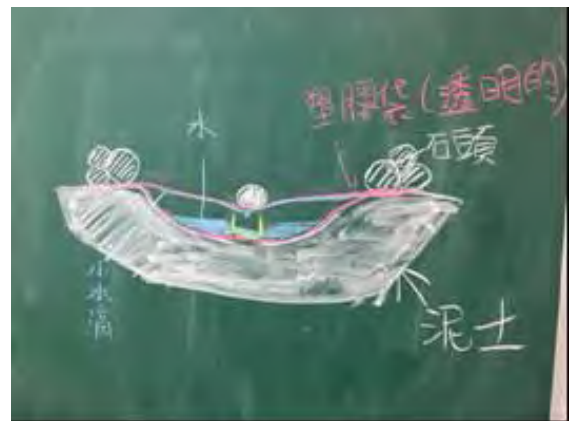


圖 5-4 設計圖



模擬野外挖洞，倒入濁水，套上塑膠袋



戶外曝曬三天取得 65CC 蒸餾水

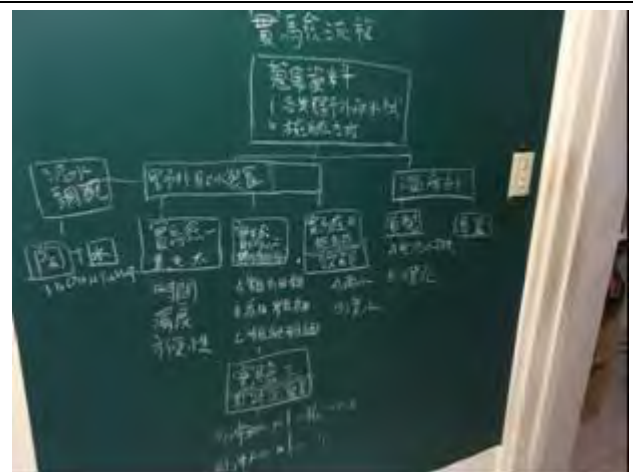
實驗結果，實驗兩天後得到蒸餾水只有 65CC，換算若要有 300CC 需要 29.8 小時。

太陽能蒸餾器	濁度	照度	時間	300CC
第一代	X	X	X	X
第二代	4.39	557	29.8hr	298cc

以上結果得知小結論，太陽能蒸餾器過濾方式簡單，取得水源時間，需要 3 天以上，濾出的水量更少。



討論流程圖



畫出實驗流程

六、頭前溪蒐集材料和搜取頭前溪水



蒐集碎石



蒐集細河沙



觀察紗石潔淨河道的流水，讓溪水清澈



攪拌一下再取用頭前溪水

七、認識濁度及實驗材料

由於水中含泥土、粉砂、微細有機物、無機物、浮游生物等懸浮物和膠體等懸浮物質，造成水體不清澈的程度，是為原水濁度。

濁度單位因其定義有許多種，台灣自來水公司所使用之標準單位為 NTU (nephelometric turbidity unit)，其定義為：1 公升的水中含有 1 毫克 (mg) 的二氧化矽(SiO₂) 時，此時水樣的渾濁程度稱為 1 NTU。出水濁度標準視原水濁度高低而有其不同的容許值，自來水、簡易自來水、社區自設公共給水因暴雨或其他天然災害致飲用水水源濁度超過 200NTU 時，其飲用水水質濁度得適用下列水質標準：(單位 NTU)

原水濁度	出水濁度
<500	4
500~1500	10
>1500	30

【評語】 080813

本篇報告能利用野外現有可即時取得的物品，取得枯竭的水資源，並能設計簡易版自製濁度計作為測量標準，建議濾水過程至少應分為四個部分，曝氣、膠凝、沉澱、消毒。且歷屆科展均有許多過濾水質的實驗，如濾床的排列順序、濾材的選擇等，雖然文獻列出許多參考資料，但未曾看到作為本研究的基礎資料，有努力空間。

作品海報

摘要

本研究的目的是利用野外可以取得的材料，製作淨水裝置，並製作一組簡易濁度計檢驗水質。過程中利用照度計和燈源，比照專業濁度計，發現自製濁度機照度數值愈小，水質越混濁，照度數值愈大，水質越乾淨，成功製造出一台濁度機。測試濾床及毛細過濾，在相同水量下，以濾床裝置過濾速率最快。因此，針對不同濾材排列方式測試，發現以碎石、沙子、木炭、沙子、碎石、棉布的排列組合的裝置效果最佳，可以將濁度962NTU的調配泥水過濾到平均值7.825NTU的水。並研究用用過濾後的水反沖洗濾床裝置，以增加濾床的壽命，結果顯示反沖洗後，過濾效果普遍提升，最佳濁度可到2.53NTU，過濾的水量也增加六倍。將最佳過濾裝置運用在實際拖地的髒水上，濁度367 NTU可過濾到3.5NTU，顯示自製濾床的過濾裝置可以將水中的固體物過濾的非常乾淨。

壹、研究動機

現在的社會，很多東西的取得都十分方便，特別是水，便利商店、學校、甚至是水龍頭，一打開就有源源不絕乾淨的水可以飲用。市面上也販賣很多過濾器材，甚至做得非常精巧的像一根小小的吸管，就可以過濾水，因為太過方便，常常讓我們忽略如何製造乾淨的水源。三、四年級的時候我們曾經學過，水的三態及水循環探討水的滲透、毛細現象、地下水之形成。六年級上學期，天氣的變化中有提到，每次颱風過後，石門水庫因為水質混濁，導致自來水水質混濁，雖然颱風帶來豐沛的水量，很多地區仍然因為混濁的泥水，導致停水，無水可用，六年級也學到有關於岩石、礦石、曲流等等，為什麼溪水會這麼乾淨？戶外的天然的材料，可以拿來淨化水源嗎？重力的現象讓水往下流，可以利用這樣的現象製作淨水設備嗎？

在電視上我們常常看到許多野外求生的節目，為了取得乾淨的飲用水，費盡苦心去找尋，卻因為水源不夠乾淨，因而發生有水卻無法飲用的窘態。我們曾閱讀到，木材燃燒後的木炭可以用來淨化泥水，真的嗎？隨便自野外的一些砂石，就能過濾水質嗎？許多的疑問，就這樣讓我們燃起探究野外淨水裝置的興趣，開始了我們的科展之旅。

貳、研究目的

- 一、研究不同過濾方式如濾床及毛細。
- 二、研究濁度計自製的方式及不同功率燈泡對濁度計的影響。
- 三、自製過濾器並研究棉布、木炭、碎石及細沙的最佳過濾組合方式。
- 四、研究反沖洗方式對濾床的影響。

參、研究設備及器材

燈座、照度計、手電筒、鋸子、保鮮膜紙筒、燈泡、各種電池、燒杯、計時器、熱熔膠槍、濾網、量筒、長條透明方盒、透明方盒、細沙、礫石、碎石、黑色膠帶、紙箱、油土、木炭、樹枝、紗布毛巾、舊衣服、回收濾棉、陶土、寶特瓶、小型玻璃瓶20ml、塑膠瓶20ml。



專業濁度計
專業濁度計HACH 廠牌，型號H2100Q 的濁度計作為檢驗儀器，是目前官方針對野外水質檢驗所挑選的專業攜帶型濁度計，量測範圍在0-1000NTU之間，超過範圍便無法顯示確切數據，網路價41300元。

二、製作濁度機：

第一代濁度機

目的：利用手邊材料，自製簡易濁度機

步驟：裁切紙筒，將兩圓筒相接，在圓筒側邊挖一個小洞，放置水樣瓶，在紙筒一端垂直連接照度計感應器，另一端連接手電筒如圖3-1，用黑色的膠帶在相接觸捆好貼好，將水樣平直立放置於洞口，並拿掉瓶蓋如圖3-2，手電筒光線經由水樣玻璃瓶口後照射到照度計來判斷水質濁度。

第二代濁度機

目的：改良手電筒照射水樣瓶的位置

步驟：將15x10x10cm的紙盒側面鑿洞，將第一代手電筒連接於洞口如圖3-3，增加紙筒的長度，並挖一個放置水樣瓶的洞口，並用油土鋪平底部，放入水樣瓶，手電筒光線經由水樣玻璃瓶側邊照射到照度計來判斷水質濁度。

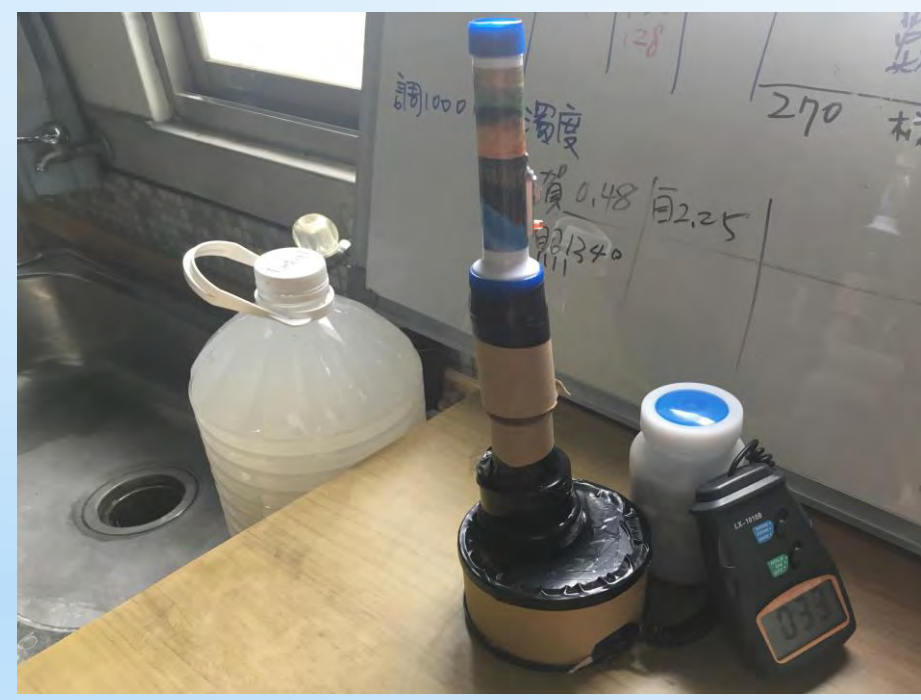


圖3-1第一代濁度機完成圖

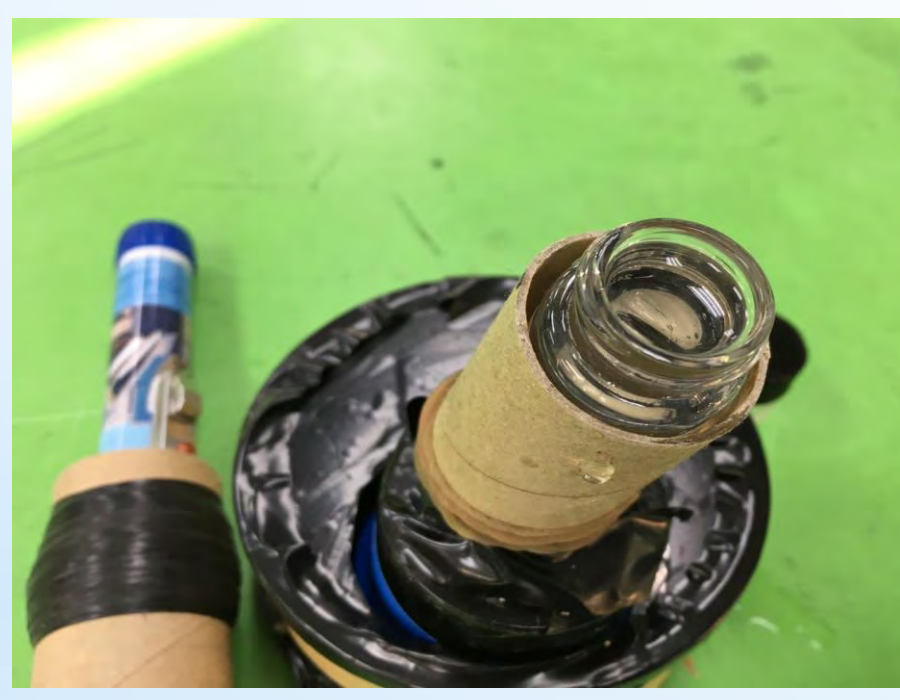


圖3-2無蓋的水樣瓶放入



圖3-3



圖3-4第二代手電筒版1

四、泥水調配

四、泥水調配：

目的：以得到均勻且不易沉澱的濁水，並盡量貼近自然產生之水中濁度懸浮粒子種類為主軸。



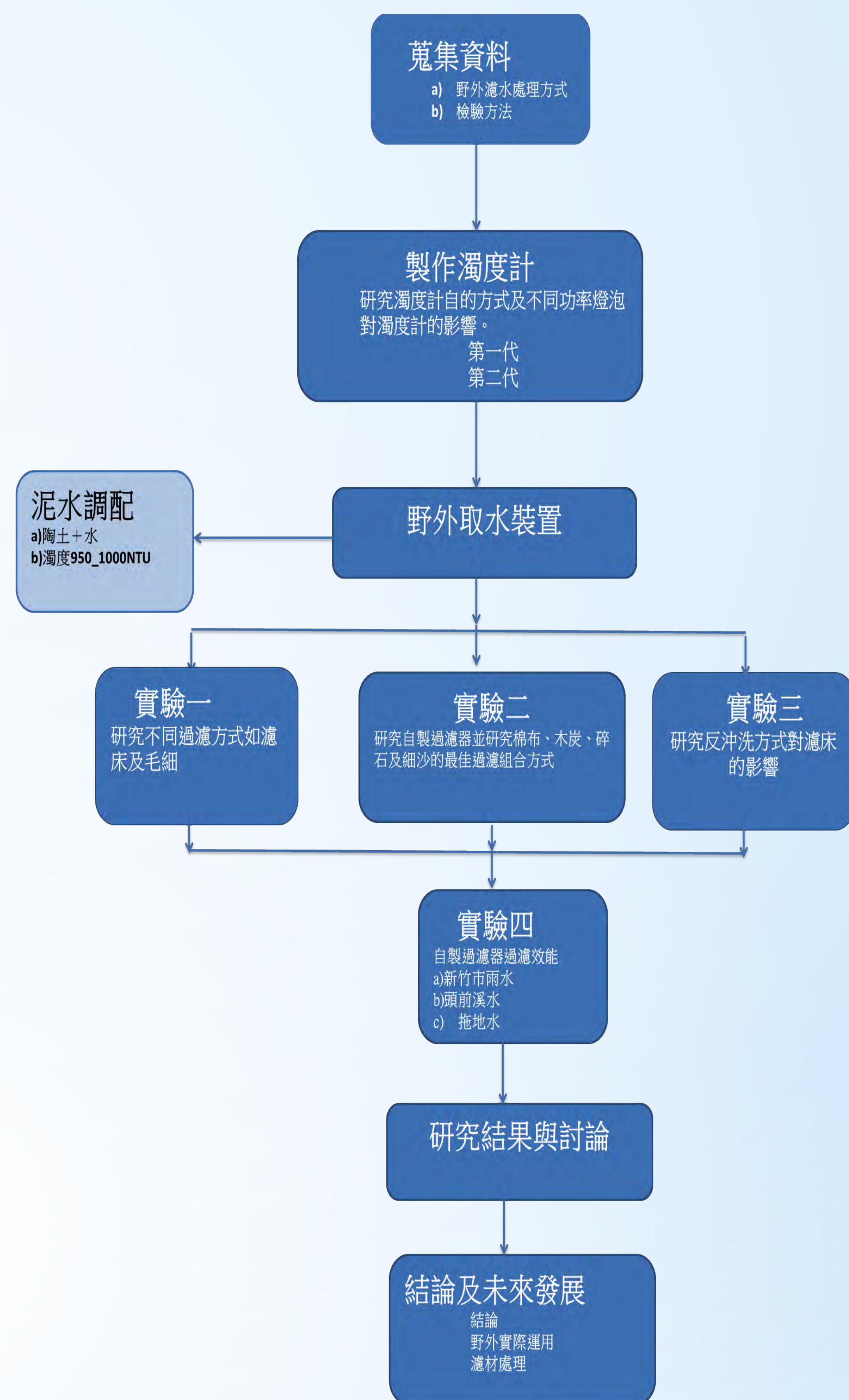
調製泥水



準備數桶泥水備用

肆、研究過程或方法

一、流程圖：



三、濁度計實驗

目的：因為手電筒光源不穩定，使得照度計的數值不穩，必須找出最佳光源。

步驟：將手電筒換成插座型燈泡，測試多種燈泡，找出可以比較的燈源，分別測試：螺旋省電燈泡8W、LED燈泡3W及1.5W如圖3-5，觀察照度計的數值是不是穩定，再使用專業濁度計和自製濁度計驗濁度兩者對照，觀察是否成比例。



圖3-5螺旋省電燈泡8W、LED燈泡3W、1.5W



第二代高瓦數燈源(一)



第二代LED1.5瓦原始照度



第二代完成圖

五、過濾水源方式

【實驗一】研究不同過濾方式如濾床及毛細

(一)用濾床裝置取得水源

(1)目的：利用重力現象的濾床裝置取水

(2)步驟：木炭、細沙、麥飯石、細砂、碎石、毛巾。依序放進中型保特瓶並壓緊，以自來水300ml沖洗雜質，靜置瀝乾，再以事先調製好的濁度962NTU泥水來過濾，將過濾好的水再重複過濾9次，裝在玻璃瓶中。用自製濁度計和專業濁度計做成記錄。



(二)用毛細現象裝置取得水源

(1)目的：利用毛細現象取水。

(2)步驟：將300CC泥水，置於上方90公分處，再將空燒杯置於下方60公分處，放置一條布條連接上下燒杯。靜待燒杯的水，由布條過濾至下方燒杯中。

◎之後的實驗，因為考慮到需要更精確的數據，所以之後的測量都使用向科博館借來的專業濁度計。



【實驗二】濾床式過濾裝置-研究棉布、木炭、碎石及細沙的最佳過濾組合方式。

(1)目的：找出野外隨手可得之營火後的木炭、棉布、碎石及細沙四種材料最佳組合方式

(2)步驟：準備中型寶特瓶切除底部，瓶口鑽15洞。將木炭、棉布、碎石及細沙，依不同組合按順序放進放進中型保特瓶，並在最上層和最下層放置一層紗布毛巾，再將濾材壓緊，以自來水300ml沖洗，靜置瀝乾。將事先調製好的962NTU泥水300ml倒入過濾，再裝瓶檢驗。將過濾好的泥水再重複過濾9次，重複檢驗動作。

做法一順序：碎木炭、碎石、碎木炭、碎石、細沙、衣服棉布

做法二順序：衣服、細砂、碎石、碎木炭、碎石、大木炭、衣服

做法三順序：衣服、碎石、沙子、木炭、沙子、碎石、衣服

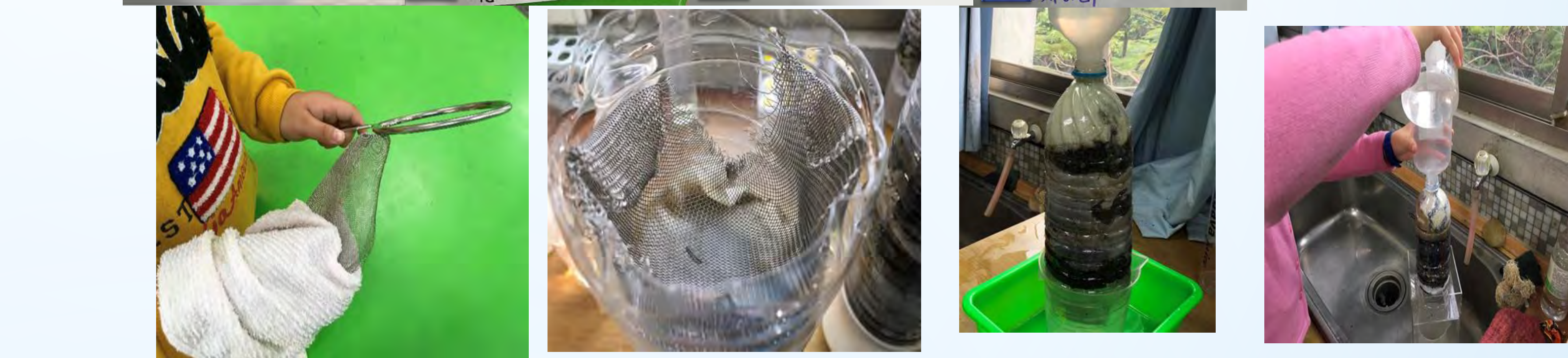
做法四順序：衣服，碎木炭，木炭，碎石，細砂，碎石，衣服



【實驗三】採用反沖洗方式觀察其對濾床的影響。

(1)目的：利用反沖洗方式，提高濾材過濾的效能，進一步過濾更多的泥水。

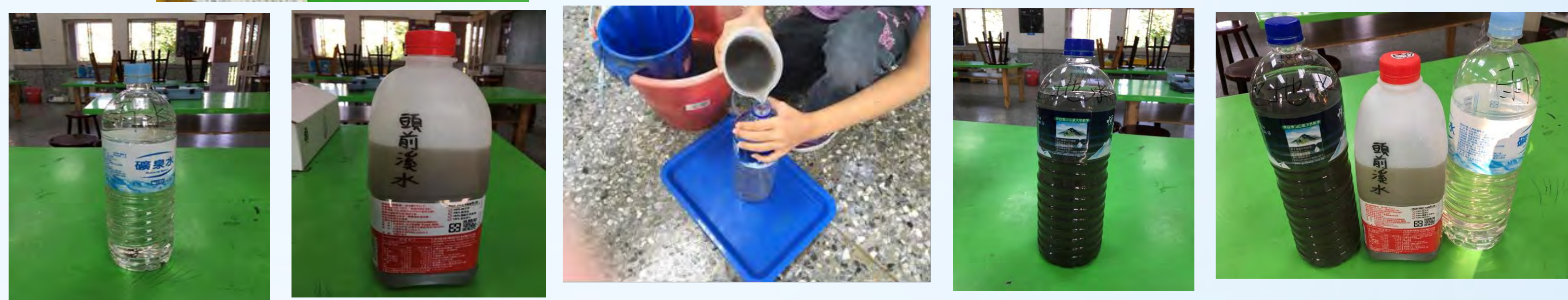
(2)步驟：將濾水網取下，折成圓形，卡入過濾器頂端，避免濾材因過濾器顛倒過來時而脫落。將過濾器倒置於濾水架上。將自製塑膠瓶漏斗置於過濾器頂端。倒入300cc的過濾水，待其瀝乾後，即完成反沖洗一次。



【實驗四】研究使用不同水源之實驗比較

(1)目的：檢驗自製濾水裝置過濾其他水源的成效。

(2)步驟：採用不同水源，如：新竹市雨水、頭前溪溪水、拖地水，並以最佳濾床和最佳反沖洗組合分別過濾，並重複過濾六次以上。



伍、研究結果

第二代濁度計製作結果：使用手電筒光源不穩定下，我們實驗採用了數種燈泡，並以三種燈泡，跟專業濁度計做比對，如下表

濁度/照度/瓦數	螺旋省電燈泡8W	LED3W	LED1.5W
未放入	1158	1458	858
4.58	1	1	1424
濁度NTU 20	1972	1	1301
110	1850	1838	925
264	1668	1443	690
384	1301	1173	552
570	1086	967	445
710	718	772	382
960	518	548	282

結果：

1.螺旋省電燈泡8W：自製濁度計可以測量出濁度NTU20~960，在照度1972較不準確，當超過測量範圍時，會數值出現1。從結果我們得到可以參考的有效數值在濁度NTU100~960的照度，為也等於照度1850~518。

2.LED3W：文獻資料上提到，燈源大都集中在中間，雖然瓦數小，亮度卻比螺旋省電燈泡8W還要亮。在濁度NTU110~960，有相對照度可供參考，但是當照度超過1838會出現1的現象。從結果我們得到可以參考的有效數值，也等於照度1838~548。

3.LED1.5W：燈泡瓦數較低，未放入水樣前，照度為858，數值適中，偵測可達到照度空間範圍的最高值2000，濁度為4.58~960NTU，仍有相對應的照度和數值，相對照度為1424~282。

【實驗一】研究不同過濾方式如濾床及毛細

(一)濾床實驗

次數/項目	1	2	3	4	5	6	7	平均
濁度NTU	4.43	4.59	5.65	14.9	15.4	12.3	38	10.58
照度lux	1401	1420	1365	1255	1220	1380	1151	1328
水量cc	301	300	299	301	298	296	298	299.00
時間sec	312	310	325	315	310	309	311	313.14

結果：如表5-2實驗堆疊了木炭、細沙、碎石、細沙、碎石、毛巾，過濾出來的水平均濁度是10.58NTU，照度平均是1328，過濾出來的水量沒有多大變化都在300ml上下，過濾時間平均313.14秒。

陸、討論

研究濁度計製作的方式及不同功率燈泡對濁度計的影響。

(一)第一代自製濁度機：

優點：可拆開易於攜帶方便檢驗。

缺點：1.玻璃瓶蓋無法透光，不蓋蓋子，水樣容易溢出來。2.手電筒的光源不穩。討論：沒有蓋子的玻璃瓶容易漏水，損壞照度計的感光器，測試過程中，照度計的數值會隨著手電筒的光源，由1300照度持續慢慢降低，待更換電池後，又恢復到1300照度，因缺乏穩定，而無法得知精確的水樣數值，故再改進成**第二代**。

(二)第二代自製濁度計的不同燈源討論

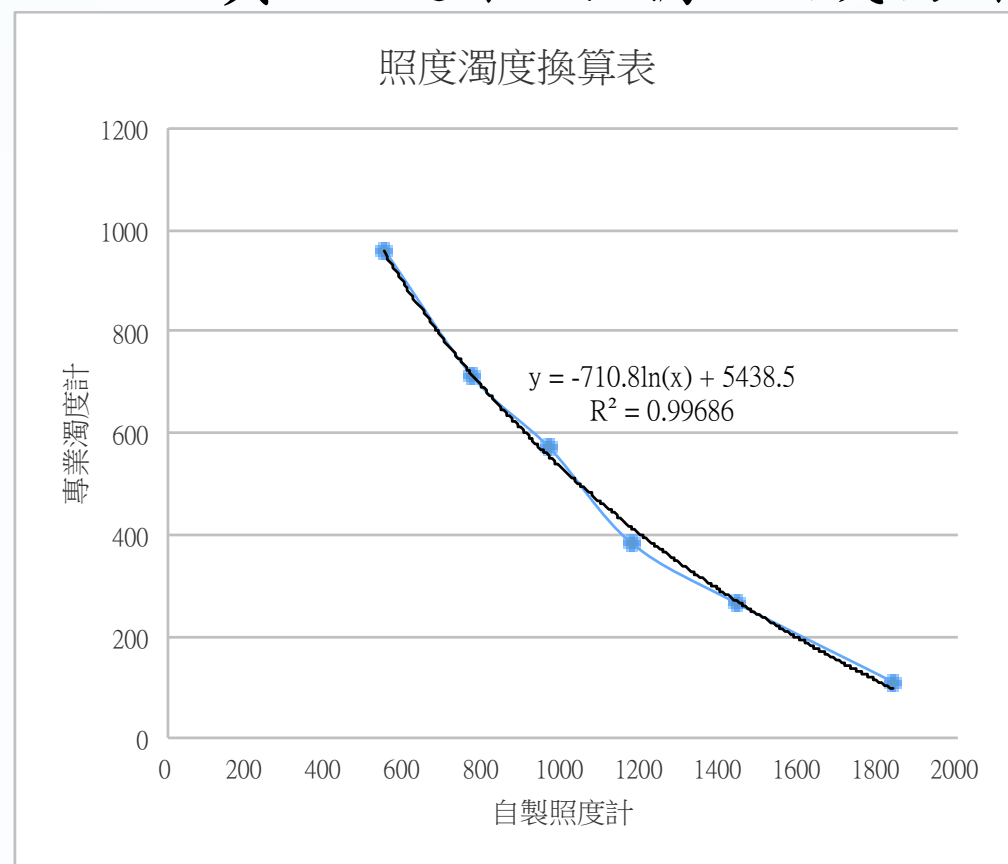
討論：用一般市面燈泡發現以下問題

1. LED的燈光所使用的燈源都集中在前方，省電燈泡光源較為分散。
2. 玻璃瓶光線折射，增加亮度。
3. 照度計的數值會出現1，表示已超出檢驗範圍。

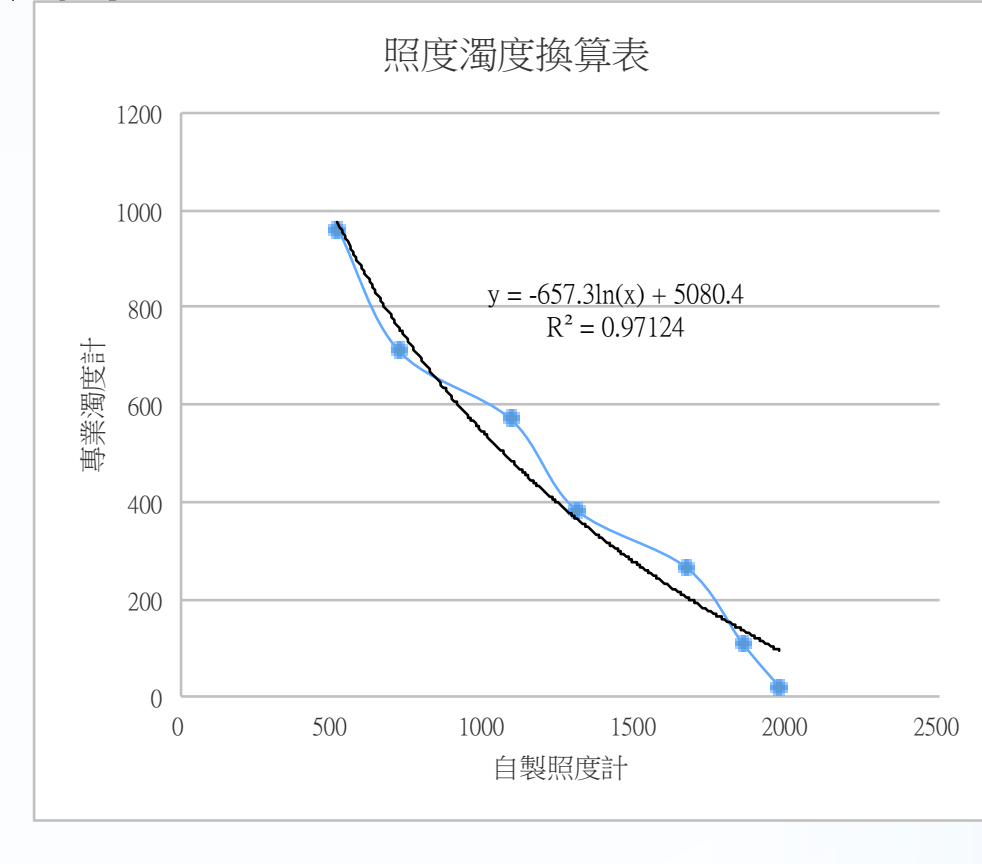
濁度/照度/瓦數	螺旋省電燈泡8W	LED3W	LED1.5W
未放入	1158	1458	858
4.58	1	1	1424
20	1972	1	1301
110	1850	1838	925
960	518	548	282

沒有放玻璃瓶的照度
玻璃瓶會反射光
玻璃瓶會反射光

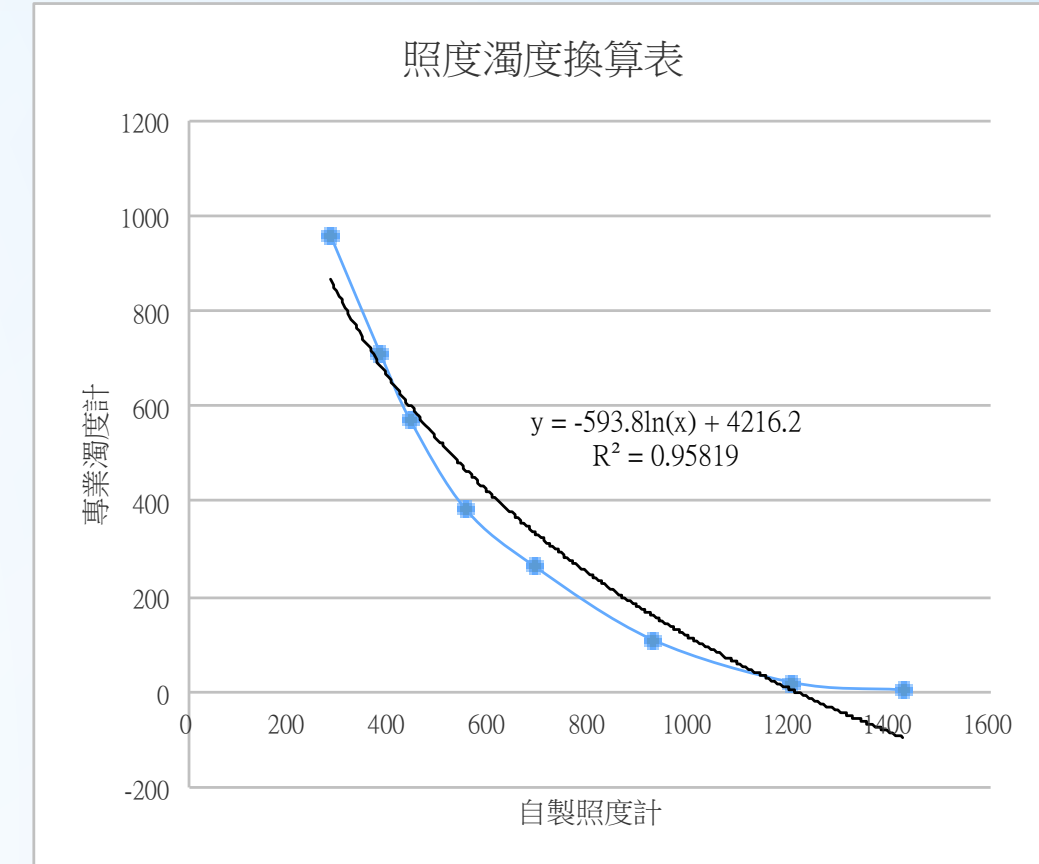
依實驗過程數據做成分析圖表。



8W省電燈泡，濁度5以下無法檢測，濁度20接近1000，趨勢線沒有一直線，濁度20以下較難檢測。

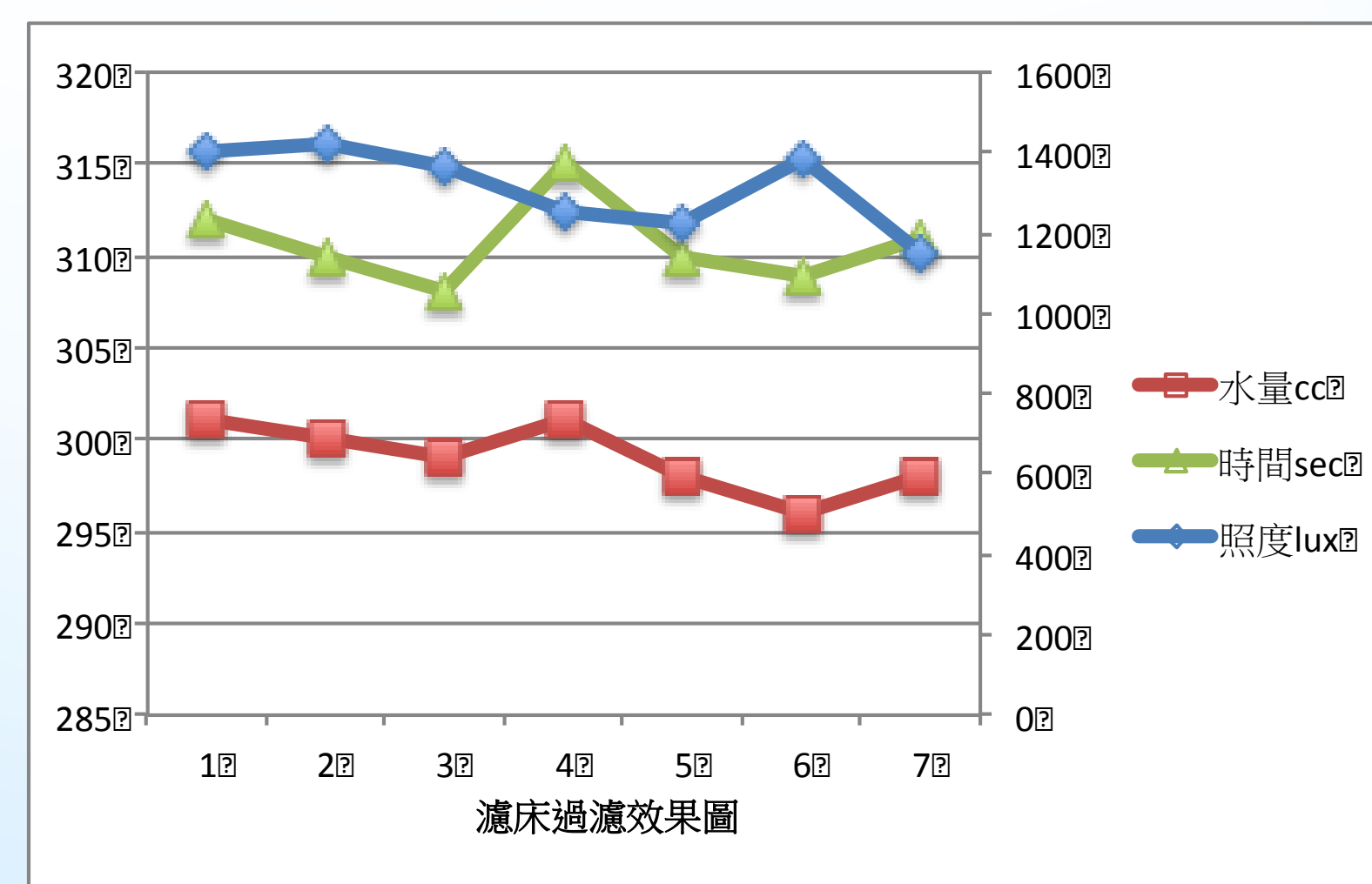


3W LED電燈泡，亮度高，濁度5和20以下無法檢測數值為1，濁度110接近照度2000，趨勢線比較像直線，但是濁度100以下無法用此燈泡檢測，不適用。



1.5W LED電燈泡(約為一般燈泡15W)未放水樣照度860，濁度5~962之間皆可檢測對照，趨勢線無法成直線，可以檢測照度範圍較大為照度282~1424，較為適用。

綜合以上，得出自製濁度計照度數值越大水質越清澈，數值越小水質越混濁，又以1.5W LED電燈泡的數值最具參考性。



討論：

1. 濾床濾水器平均時間313.14秒，相較於毛細裝置時間平均時間46916秒來得快很多。以時間而言，濾床濾水器優於毛細裝置，以濁度而言，兩者平均濁度差不多。
2. 實驗發現可以針對濾床過濾裝置中，濾材的不同組合進行探討。
3. 討論出實驗中時間對實驗結果影響不大。

(二)毛細實驗

實驗結果：如右表第一次過濾時，取前段濾水1/3檢驗和中段2/3檢驗，過濾出來的水平均濁度是2.88和5.5NTU，照度平均是1356秒，時間平均46916秒，相當於13個小時。

【實驗二】濾床式過濾裝置最佳組合

次數/濁度/檢驗項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
大塊木炭、碎石、碎木炭、碎石、細沙、棉布	20.6	13	11.7	9.59	11.2	11	15.1	18.7	17.3	14.6	14.27
棉布、細沙、碎石、碎木炭、碎石、大木炭、棉布	19.9	27.3	22.2	21.6	16.5	17.7	17.8	16.4	16.8	17	19.32
碎石、細沙、木炭、細沙、碎石、棉布	19.5	9.83	6.79	5.31	4.65	6.26	8.51	4.99	6.45	5.96	7.825
棉布、碎木炭、木炭、碎石、細沙、碎石、棉布	50.7	39.7	26.1	25.7	24.5	x	x	x	x	x	33.34

最佳
最差

結果：濾床組合中，以碎石、沙子、木炭、細沙、碎石、衣服排列組合，平均7.825NTU濁度最低，排列組合衣服、碎木炭、木炭、碎石、細沙、碎石、衣服，平均數濁度最高。

【實驗三】研究反沖洗方式對濾床的影響。

泥水300cc/次數/組合	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
大塊木炭、碎石、碎木炭、碎石、細沙、棉布	15	5.82	3.08	2.54	2.01	9.1	2.64	1.01	x	x	4.2
棉布、細沙、碎石、碎木炭、碎石、大木炭、棉布	24.6	7.01	8.16	6.7	4.9	8.85	x	x	x	x	7.68
碎石、細沙、木炭、細沙、碎石、棉布	7.2	9.93	2.89	2.98	2.15	2.53	x	x	x	x	2.53
棉布、碎木炭、木炭、碎石、細沙、碎石、棉布	47.6	44.3	43.3	30	26.9	24.9	19.5	x	x	x	33.8

最佳
最差

結果：平均做了六次以上的泥水過濾，共1800cc，水量多，效果提升。

【實驗四】檢驗不同水源之比較

泥水300cc/次數/濁度	原始濁度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
雨水	21.5	11.9	12.9	59.6	7.08	6.63	5.66	7.11	5.75	x	x	8.6
混濁頭前溪水	247	16.5	4.79	3.81	3.64	3.34	3.08	2.91	2.85	2.84	2.93	3.42
拖地水	367	4.65	3.39	3.7	3.65	2.85	3.05	x	x	x	x	3.5

最不明顯
最佳

結果：以最佳濾床和最佳反沖洗組合分別過濾雨水、頭前溪底泥水、拖地水，重複過濾六次以上。

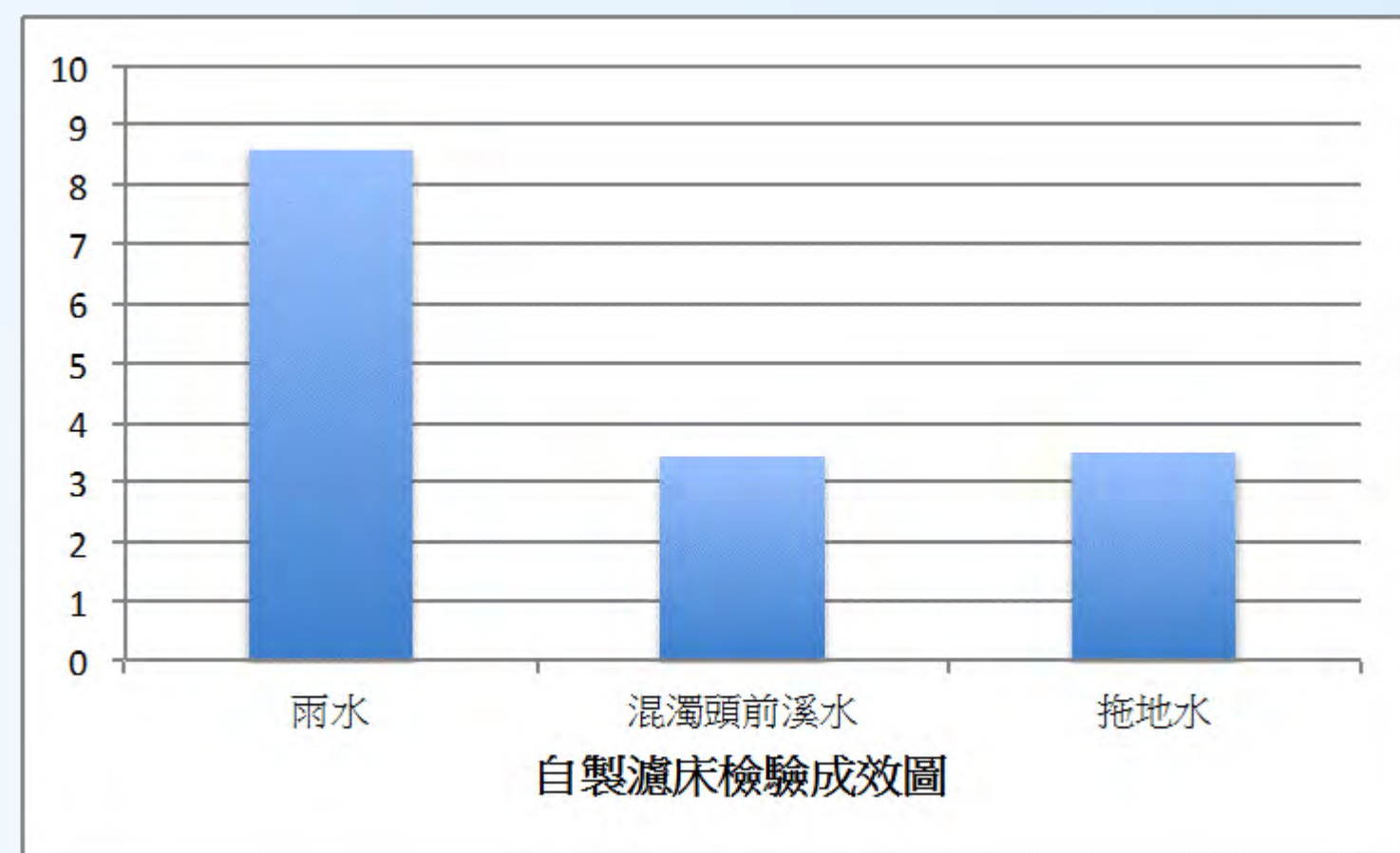
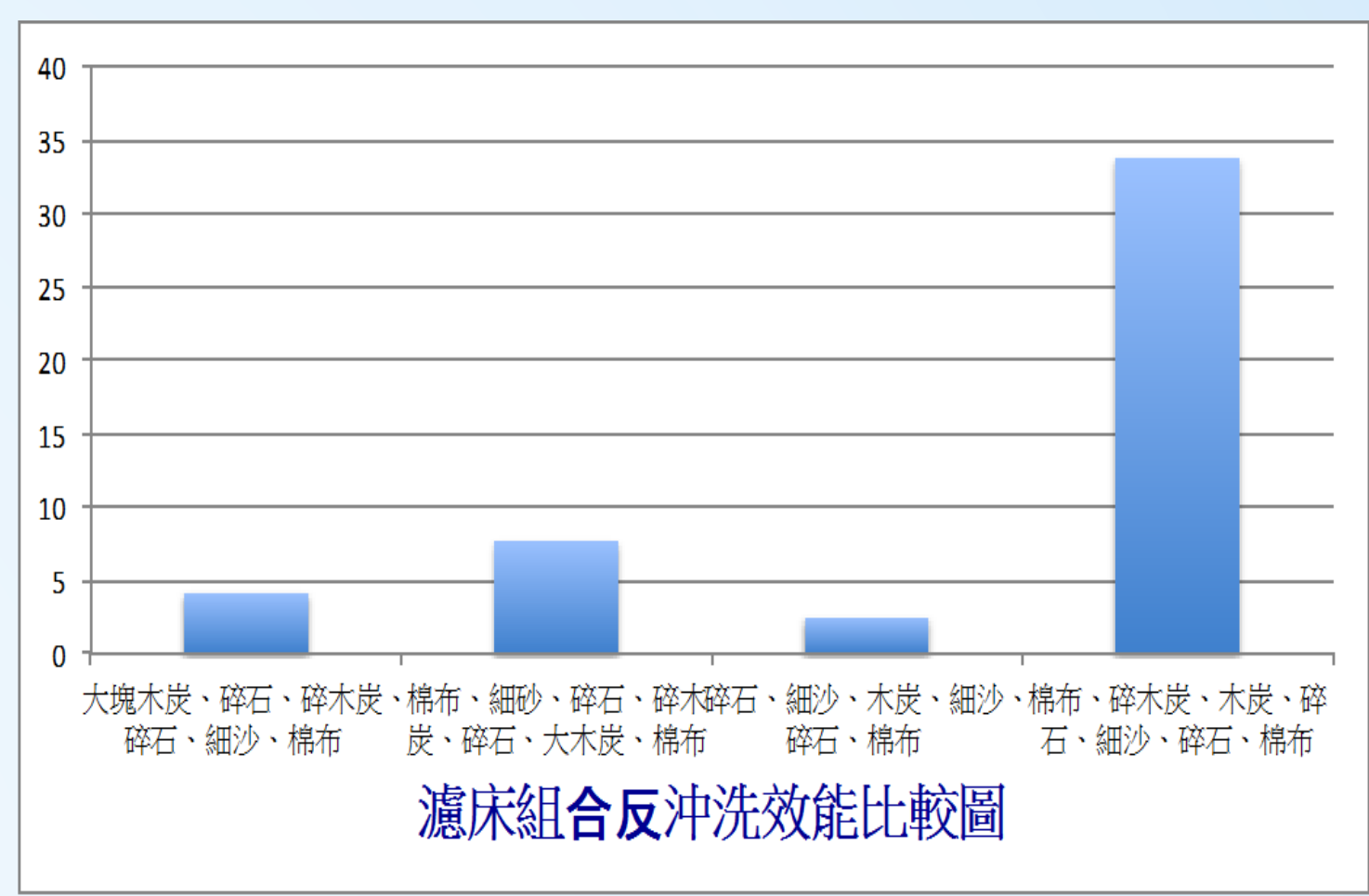
次數/項目	1	2	平均
濁度NTU	2.88/5.5/11.4	10.6	11.00
照度lux	1334	1378	1356.00
水量cc	269	278	273.50
時間sec	46800	47032	46916.00

討論：組合三平均值7.825，過濾效果最佳，因為細沙鋪兩層，加上濾材都壓得很緊實，觀察組合四的排列組合外觀，因為顆粒較大而無法壓得很緊實，結構鬆散，孔洞大，導致平均只有33.4NTU。

討論：一開始我們想要嘗試反沖洗的過濾效果，一開始不明顯，但第二次的泥水過濾效果提升到濁度7NTU，有顯著的進步，之後的平均值在7.68NTU，因為發現效果不錯，所以將所有的組合都做反沖洗。

討論：發現以拖地水的數值改變最大，雨水改變最小。可能木炭有除臭的效果，原本有惡臭的頭前溪水和拖地的髒水，過濾後聞起來比較沒臭味。

討論：取前中段的水檢驗與後段水檢驗相比，可發現後段的污水水會影響水質清澈度，如果用毛細裝置過濾水時，可以在第六、七小時時，將乾淨的水先取下，以便獲取濁度低於6NTU以下的水源。



柒、結論

- 一、本研究成功製作出一台可以檢測水質乾淨度的自製濁度計。利用自製濁度計和燈泡的照度下可以檢驗出1405~281照度，再比對專業型的濁度計濁度為5~960NTU，比較的結果顯示，自製濁度計照度數值越小水質越混濁，照度數值越大水質越乾淨，可以供檢測水質清澈度的參考。後來因為實驗的需要更精密的檢驗濁度10NTU以下的數據，所以在後面的實驗檢驗使用專業濁度計。
- 二、毛細濾水的淨水裝置可以將濁度962NTU的濁水，過濾到濁度10NTU，毛細裝置的前段濾水和中段，過濾出來的水，較為清澈，濁度最低可到4，後1/3的污水水會嚴重影響水質清澈度。如果採用毛細裝置過濾水，應取前端過濾2/3的水為佳，以便獲取濁度低於6NTU以下的水源。如果不計時間，在野外是屬於較輕鬆的濾水方式。
- 三、濾床的淨水裝置和毛細的淨水裝置，可以將濁度962NTU的濁水，過濾成平均值在10NTU上下，乾淨度差距不大，以時間考量下和需要的水量，濾床的淨水裝置平均298秒優於毛細的淨水裝置13小時，而且可以過濾較多的水量。
- 四、濾床的淨水裝置最佳的排列組合方式以碎石、細沙、木炭、細沙、碎石、棉布將泥水由962NTU降至平均值7.825NTU效果最好，其次是大塊木炭、碎石、碎木炭、碎石、細沙、棉布平均降至14.27NTU，第三是棉布、細沙、碎石、碎木炭、碎石、大木炭、棉布平均19.32NTU，最後是棉布、碎木炭、木炭、碎石、細沙、碎石、棉布的排列組合顆粒較大，因為壓得不夠緊實，孔洞太大，結構鬆散，導致平均只有降至33.4NTU。
- 五、以碎石、沙子、木炭、沙子、碎石、衣服濾床的淨水裝置經使用過濾水倒入沖洗後，發現因為濾材重新組合後，沖掉易鬆動的土層，在重新倒入六次泥水的實驗來看，平均濁度降低，由14.27NTU降至4.2NTU，效果最好。其他排列組合，有的甚至低到2.53NTU，其平均濁度也普遍降低，可以推論反沖洗可以延長濾材的效能，且多過濾出六倍以上的水量。
- 六、使用碎石、沙子、木炭、沙子、碎石、衣服濾床的淨水裝置，過濾雨水、混濁頭前溪水、拖地水，可以使原始濁度的雨水由21.5 NTU、頭前溪水247 NTU和拖把水367 NTU，過濾到8.6NTU、3.2NTU、3.5NTU，雨水比較清澈，過濾效果不明顯，但是對於像拖地的髒水過濾前後相差極大。

未來展望及後續處理

1. 根據實驗的結論，我們設計一個隨時可以取得水源方式，就是利用野外營火後的木炭、草或竹葉、沙子、碎石、棉質衣服和竹子截短的竹筒，將材料依排列組合壓緊，在竹筒底部用刀子鑿洞，可以掛在樹枝上，過濾濁水，如右圖，使用自製濁度計檢驗。
2. 自製濾床組合和自製濁度計的應用，未來可以納入手做學習課程上，讓學弟妹可以學習到更多元的知識。
3. 自製濁度計可以檢測各種水質的清澈度，但不像外面商業濁度計動輒網路價41300元非常昂貴，我們利用資源回收物製作和自然教室的教具製作，約在500元上下，實驗完成品可以成為日後學習這方面知識的一個鑑定參考，也可以納入出版社教具製作上參考。未來如果有經費時，可以更換高品質的手電筒，這樣就可以攜帶到野外檢驗水質。
4. 濾材後續處理：實驗過濾後的砂石跟培養土混合，可以用來種植多肉植物，以解決回收問題。



參考資料

- 百度文庫，濁度計的原理。
 - 中華民國第四十六屆中小學科學展覽會作品環保淨水器
 - 認識原水濁度，陳奕竹，2015科技部高瞻自然科學教學資源平台飲用水水質標準，2014 修訂版，行政院環境保護署
 - 2015/08/09 颱風蘇迪勒發威，台北自來水濁度創紀錄，中央社新聞
 - LIFESTRAW [生命吸管](#)
- 影片資源～
1. 科學小原子 #51 布農族 泥水過濾
 2. 野外生存這種方法淨化污水真是太棒了，中國荒野求生