

中華民國第 63 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(二)

082926

陶出水髒汙－自製陶濾芯用於溪水池水之研究

學校名稱： 新北市淡水區新市國民小學

作者： 小六 李奕 小六 黃若昀 小六 吳若居 小六 陳睿廣 小六 陳宥熙 小六 尤奕璇	指導老師： 翁昇豐 李玟融
--	-----------------------------

關鍵詞： 陶土、過濾、自製濾芯

摘 要

我們發現市售濾水器的濾芯有陶土層和活性炭層，從文獻得知活性炭的過濾效果非常好，所以決定深入研究陶土層，開發自製陶濾芯。為了讓陶土能透水，陶藝老師建議可在陶土製作時加入麵粉，高溫素燒後麵粉會在陶土中留下孔隙，陶土就能透水。使用自製陶濾芯過濾檸檬酸水溶液、生態池水、公司田溪水及硫酸銅水溶液並與無過濾的對照組比較，發現自製陶濾芯對於過濾氯化物及磷酸鹽有不錯的效果，而且在較高濃度(10ppm)的銅離子溶液中也具有過濾效果。經過多次陶濾芯製作後，最佳製作方法為揉陶土時一起加入麵粉和鹽，鹽可以控制陶土水份含量及仰制微生物，此外陶濾芯製作成高圓柱狀及燒結溫度降至 500 度時，都可增加接觸面積和孔隙，大幅加快過濾速度。

壹、研究動機

從文獻和網路資料瞭解市售濾水器具又多層的過濾裝置，可以過濾水中各種物質；我們實際切開市售濾水器後，發現內部具有陶瓷層和活性炭層，從文獻得知活性炭對水中化學物質的過濾效果非常好，但陶土層的過濾研究資料卻非常少，因此不知道過濾效果如何。

一般素燒的陶土透水速度非常緩慢，常常還沒流出來就蒸發光了，因此加快透水速度就是第一個難關；為了製作出可以透水的陶容器，我們請教了學校的陶藝老師，發現在陶藝的技法中有加入麵粉的製作方式，麵粉可以增加陶土的孔隙，於是想試試看老師說的方法。如果製作出來的陶容器可以透水，那就可以用來過濾水中的物質，期待自製的陶濾芯對過濾公司田溪、生態池水能有幫助。

貳、研究目的

1. 研究不同陶土混和及製作手法的陶濾芯製作方式。
2. 探究陶濾芯過濾效果的發現。
3. 探究陶濾芯對水中哪些溶解的化學物質具有過濾效果。
4. 評估及調整配方、尺寸、燒結溫度對過濾速度的影響。

參、文獻探討

文獻	來源	摘要	對本研究啟示
<p>文獻一 溶解或懸浮 溶液的顆粒</p>	<p>2.5 化學把物 質分為純物質 與不純物兩類 -觀念化學 I- 天下遠見出版</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 混和物可分為勻相和非勻相兩大類 2. 在非勻相混和物裡，可以看出混和物是由不同物質組成的。 3. 勻相混和物分為溶液與懸浮液。 4. 溶液與懸浮液的整體組成非常均勻，成分和比例一致，無法用肉眼看出含有不同成分。 5. 溶液所有成分的物理態都相同 6. 懸浮液的成分處在不同的物裡態，例如：固體在液體裡、液體在氣體裡。 7. 最快速分辨溶液和懸浮液的方法，就是用離心機的高轉速，迫使懸浮液的溶液分離。 	<p>可以參考文獻對溶液種類的定義</p>
<p>文獻二 鹽的潮解現象</p>	<p>7.1 次顯微粒 子以電力互相 吸引 極性分 子吸引其他的 極性分子 觀 念化學 II-天 下遠見出版 6. 電子不均勻 分布，分子就 有極性 觀念 化學 II-天下 遠見出版</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 因為不同原子對電子的吸引力大小不同，所以當原子的電子雲被別的原子吸引，原子的電子雲就會分布不均，因而產生極性。 2. 兩個極性分子間的吸引力稱為偶極-偶極吸引力，氫鍵就是一種很強的偶極-偶極吸引力。 3. 氫鍵作用形成的關鍵就是原子的共價鍵是由氫原子連接高電負度的原子形成。 4. 帶正電的氫原子吸引其他帶負電的原子，所形成的吸引力就是氫鍵。 5. 水因為氧原子的電負度較大，因此氫原子的電子會被氧原子吸引，讓氫原子帶有正電，因此氫原子可以吸住一對電子。 	<p>可以說明為何在陶器製作時，加鹽可以讓陶土變濕</p>

文獻三 飲用水水質標準	飲用水水質標準-行政院環境保護署	物質名稱	允許容量(單位 mg/L)	提供法規上的飲用水水質標準
		鉻 (鉻) (Total Chromium)	0.05	
		銀 (Silver)	0.05	
		銅 (Copper)	1.0	
		亞硝酸鹽氮 (以氮計) (Nitrite-Nitrogen)	0.1	
		硝酸鹽氮 (以氮計)	10	
文獻四 燒陶溫度對孔隙的影響	陶瓷茶壺燒成溫度對茶湯影響-國立成功大學/2017 臺灣陶瓷學會年會暨科技部專題研究發表會	<ol style="list-style-type: none"> 1. 陶瓷材料燒成時，如果沒有達到燒成溫度，陶瓷會形成多孔性。 2. 陶瓷材料燒成的溫度與孔隙率呈逆向關係，也就是說，燒成溫度越低，孔隙率越高;燒成溫度越高，孔隙率越低。 		提供燒製溫度對孔隙率影響的依據
文獻五 自然界中的氯化物來源及對人體的影響	宜蘭縣政府環境保護局-飲用水水質項目對人體健康的影響一覽表 國家衛生研究院 國家環境毒物研究中心-氯	<ol style="list-style-type: none"> 1. 人如果吸入或接觸過多的氯化物，會對器官造成負面影響，也會讓中樞神經衰弱，還會引起水腫與肉瘤。 2. 氯化物會被用來消毒而加入水中，也有一些是作為殺蟲劑使用。 		了解氯化物的來源和對人體的危害

<p>文獻六</p> <p>自然界中的磷酸鹽來源及對人體的影響</p>	<p>磷酸鹽知多少</p> <p>-幼獅文化</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 如果攝入過多的磷酸鹽，會造成鈣的恆定失調，容易引發骨質疏鬆、腎結石和心血管疾病等。 2. 磷酸鹽一般會加在加工食品內，可以避免蛋白質變性、鮮度降低和油脂氧化等問題。 	<p>了解磷酸鹽的來源和對人體的危害</p>
<p>文獻七</p> <p>自然界中的硝酸鹽來源及對人體的影響</p>	<p>國家環境毒物研究中心-三分鐘教學短片</p> <p>硝酸鹽</p> <p>國家環境毒物研究中心 食品安全資源網</p> <p>-硝酸鹽和亞硝酸鹽</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 硝酸鹽在人體中，會代謝成亞硝胺化合物，它有強烈的肝毒性，會引起肝病且可能造成癌症。 2. 少數蔬菜中含有硝酸鹽，或是氮肥也會讓硝酸鹽濃度變高。 	<p>了解硝酸鹽的來源和對人體的危害</p>
<p>文獻八</p> <p>自然界中的亞硝酸鹽來源及對人體的影響</p>	<p>認識亞硝酸鹽 彰化縣衛生局</p> <p>國家毒物研究中心-三分鐘教學短片</p> <p>亞硝酸鹽</p> <p>國家環境毒物研究中心 食品安全資源網</p> <p>-硝酸鹽和亞硝酸鹽</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 食入過多的亞硝酸鹽會導致頭痛、暈眩、呼吸困難、噁心等症狀。 2. 亞硝酸鹽會在體內，形成具致癌性的亞硝胺，容易增加得癌症的風險。 3. 亞硝酸通常用作肉品的防腐劑，或是用來增加食物風味。 4. 亞硝酸鹽也會出現在少數蔬菜中 	<p>了解亞硝酸鹽的來源和對人體的危害</p>

<p>文獻九</p> <p>自然界中的銅離子來源及對人體的影響</p>	<p>銅與銅中毒 中國醫藥大學附設醫院 國家環境毒物研究中心食品安全資訊網-銅</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 食入過量的銅離子，會造成嚴重的重金屬中毒反應 2. 嚴重者會引發生命危險，甚至死亡也可能發生。 	<p>了解銅離子的來源和對人體的危害</p>
<p>文獻十</p> <p>自然界中的銀離子來源及對人體的影響</p>	<p>國家衛生研究院國家環境毒物研究中心-銀</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 若是暴露在含有高濃度銀的空氣中會導致呼吸系統方面的問題。 2. 如果皮膚接觸到銀，可能會產生輕微的過敏反應。 3. 銀通常是因工作環境和特殊藥劑等才會進入體內。 	<p>了解銀離子的來源和對人體的危害</p>
<p>文獻十一</p> <p>自然界中的六價鉻離子來源及對人體的影響</p>	<p>國家衛生研究院國家環境毒物研究中心-鉻</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 吸入六價鉻會造成呼吸系統的問題 2. 喝下含有六價鉻的水，會造成罹患胃部腫瘤的機會。 3. 六價鉻是菸的成分，含有六價鉻的產品在被丟棄後，會釋放在環境裡。 	<p>了解六價鉻離子的來源和對人體的危害</p>

肆、實驗器材及設備

	名稱	規格或廠牌		名稱	規格或廠牌
1	燒杯	50ml、100ml、250ml、500ml、1000ml	11	溪水	公司田溪水下游
2	滴管	3ml 塑膠製	12	模具	厚紙板製
3	刮勺	18cm 鐵製刮勺	13	硫酸銅	五水合硫酸銅
4	pH 檢測儀	蜂鳥探針酸鹼檢測系統	14	檸檬酸	無水檸檬酸
5	陶土	美美陶土社	15	共立檢測包	共立理化學研究所
6	麵粉	高筋麵粉	16	玻棒	20cm 長玻璃棒
7	電子秤	精度 0.1 克	17	塑膠盤	長方形塑膠淺盤
8	桿麵棍 土板機	製作陶土坂	18	培養皿	
9	電窯		19	強力磁鐵	
10	生態池水	校園池水	20	鋁箔紙	



圖 1 檢測水質用的共立檢測包

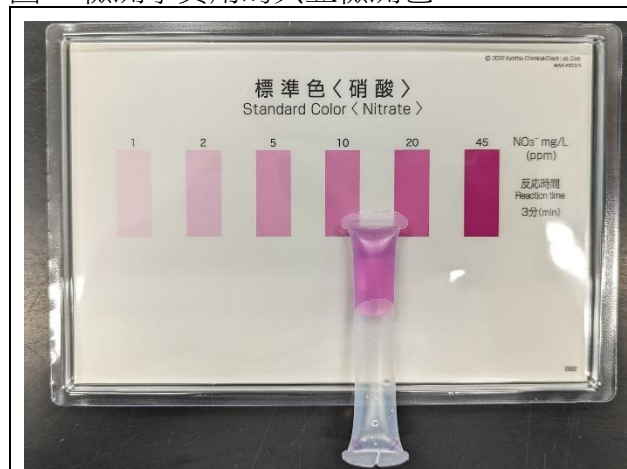
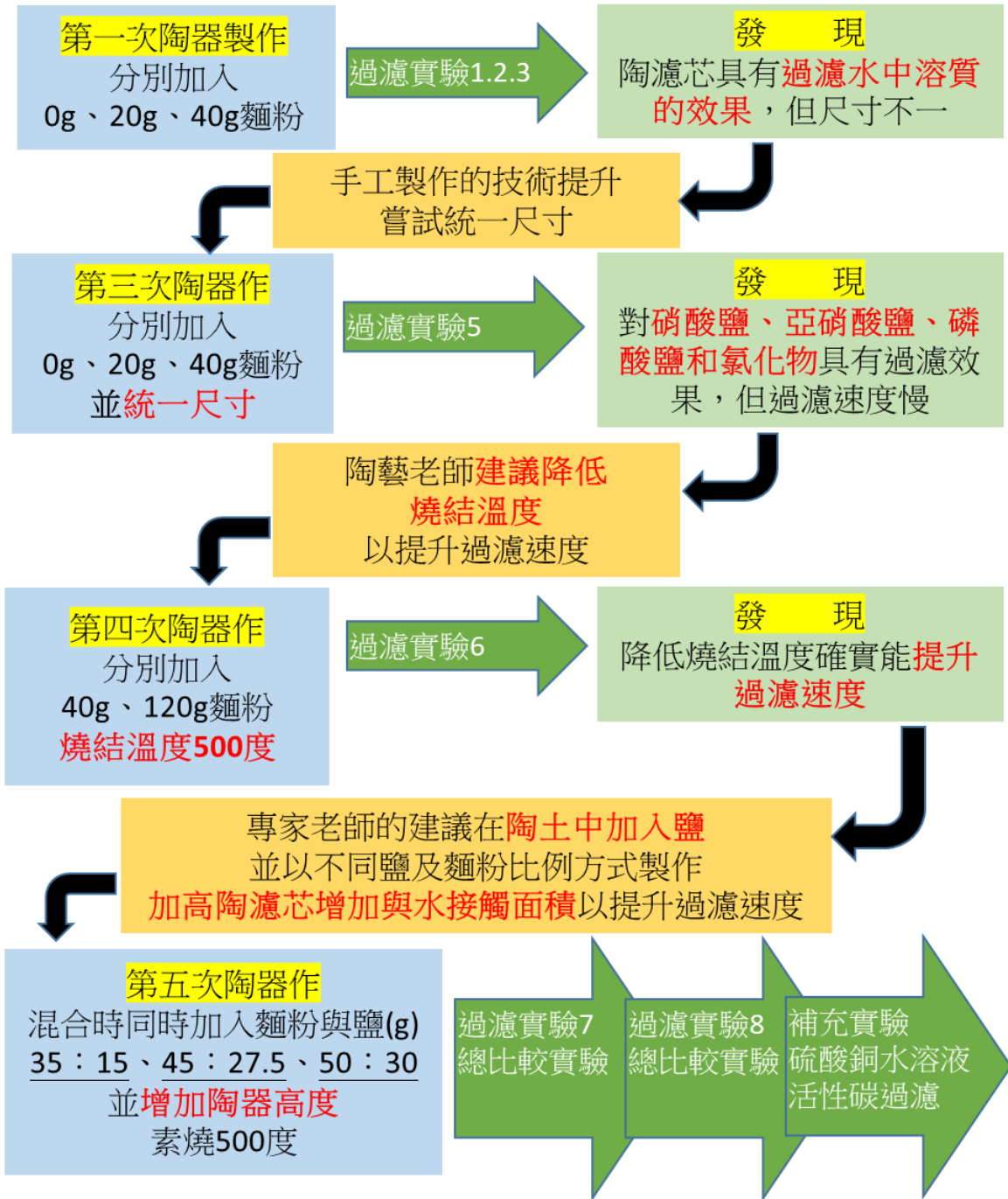


圖 2 共立檢測包檢測的方式



圖 3 試劑使用前要將空氣擠出來

伍、研究架構



結 論

1. 在陶土中**同時加入鹽和麵粉**。麵粉可以增加陶濾芯的孔隙量；鹽可以控制陶土中的水分還可以讓陶土在陰乾時不會長黴菌。
2. **由外而內是較好的過濾方式**，減少蒸發也避免與空氣接觸。
3. 陶濾芯對水中的**硝酸鹽、亞硝酸鹽、磷酸鹽和氯化物**具有過濾的效果；**較高濃度(10ppm)**的金屬離子有過濾效果，但採樣的河水濃度都偏低(0.5-1ppm)因此看不出過濾效果。
4. 製作時**增加陶濾芯的表面積**、使用**500度c**進行燒結、**加入麵粉**都能增加陶濾芯的過濾速度，最多可**提升30倍速**。

陸、研究過程及方法

本次實驗總共成功製作了 4 批陶濾芯，我們將全部的陶濾芯編碼，並且將配方、製作方式、燒結溫度及規格列成表 1 實驗組的配方表，讓讀者比較容易查找。

表 1 實驗組的配方表

實驗組編碼	配方 (陶土重：添加物質重)	製作方式	燒結溫度	規格 (泡水表面積 cm ²)
實驗組 A	500g：0g 麵粉	第一次	800 度	495.4
實驗組 B	500g：20g 麵粉	第一次	800 度	455.3
實驗組 C	500g：20g 麵粉	第一次	800 度	377.0
實驗組 D	500g：40g 麵粉	第一次	800 度	309.0
實驗組 E	500g：0g 麵粉	第三次	800 度	198.9
實驗組 F	500g：20g 麵粉	第三次	800 度	210.7
實驗組 G	500g：40g 麵粉	第三次	800 度	196.4
實驗組 J	500g：40g 麵粉	第四次	500 度	289.7
實驗組 K	500g：120g 麵粉	第四次	500 度	384.2
實驗組 L	500g：35g 麵粉：15g 鹽	第五次	500 度	440.7
實驗組 M	500g：45g 麵粉：27.5g 鹽	第五次	500 度	400.8
實驗組 N	500g：50g 麵粉：30g 鹽	第五次	500 度	420.0

一、實驗一、第一次陶濾芯製作

(一) 研究問題：利用混和麵粉製作的陶土容器是否可以透水當作濾水器呢？我們嘗試利用不同麵粉量，並實際測試濾水效果試試看。

(二) 陶濾芯製作步驟

1. 為了增加孔隙，我們在 500g 的陶土中加入麵粉，重量分別為 40g、20g、0g。
2. 把秤重後的麵粉分次灑在陶土上後，用桿麵棍和手把陶土反覆對折和壓平，讓麵粉與陶土混和均勻，並重複動作直到麵粉全都混進去為止。
3. 把混有麵粉的陶土用機器壓成土板。

4. 把麵粉量相同的土板，一個切成圓形底座，一個切成長方形土板，並把土板塑形成圓柱體的側面。
5. 把底座和圓柱體做成相同大小的圓柱狀容器。
6. 陰乾後用電窯素燒 800 度 C，素燒後，麵粉會被燒掉，造成孔隙。



圖 4 在固定量的陶土上倒麵粉



圖 5 將混和好的陶土壓成土板



圖 6 土板卷起來後接起來變成側面



圖 7 測量底板的大小



圖 8 底板和側面的內部也要接合



圖 9 完成後陰乾就可以素燒了

(三) 陶濾芯製作討論

1. 在陶土中混麵粉時，因為加入大量的麵粉，麵粉吸收了陶土的水分後，使陶土變硬，越來越不容易混麵粉。
2. 因為陶土中的麵粉導致陶土變得很乾，所以用機器把陶土壓成土板時，產生很多裂縫，需要反覆的重新揉土。

由內而外的過濾方式

(四) 操作步驟

1. 採集要過濾的水體。
2. 將要過濾的水體用共立檢測包進行 8 種化學物質的前測、用三用電表進行電阻的前測、用 pH 檢測儀進行 pH 值的前測。
3. 將要過濾的水體倒入陶濾芯中。
4. 利用瓷磚將塑膠盤及自製陶濾芯傾斜，集中過濾後的水。
5. 等待陶容器過濾直到有水流出來。
6. 以燒杯蒐集過濾完成的水，用共立檢測包進行 8 種化學物質的後測，用三用電表進行電阻的後測、用 pH 檢測儀進行 pH 值的後測。

(五) 討論

1. 過濾後的水非常容易蒐集，而且可以持續補充陶濾芯內的水。
2. 濾出來的水是在陶濾芯外面所以很容易蒸發掉。



圖 10 過濾後的溶液會流到塑膠水盆的低處低，再倒入燒杯中進行檢測

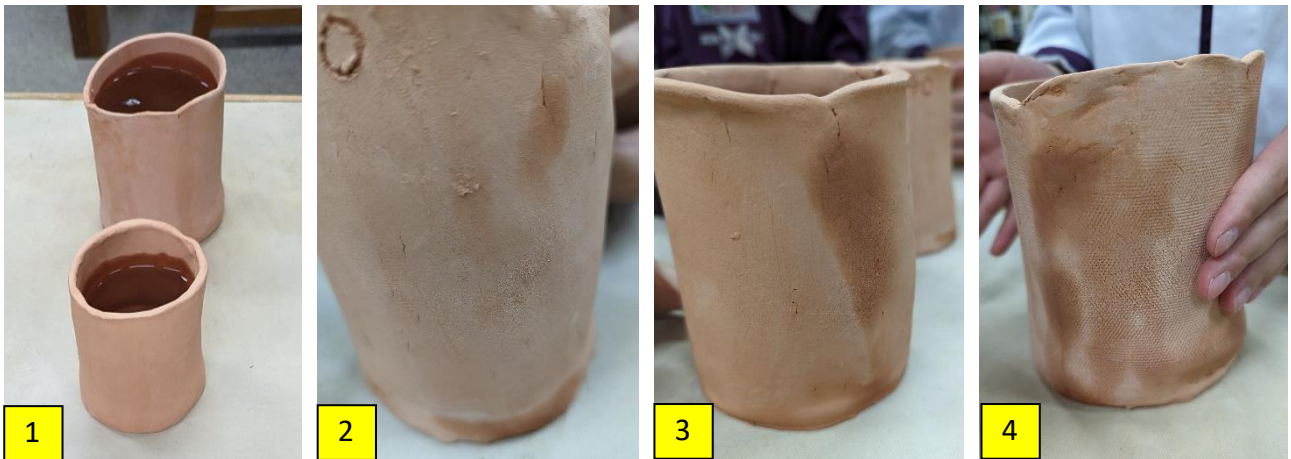


圖 11 陶濾芯裝水後會慢慢吸水，之後會從表面開始滲水出來，這四張圖約 20 分鐘



圖 12 水溶液會慢慢吸滿整個陶濾芯，最後就會從表面開始滲出

過濾實驗 1

過濾方式：由內而外

過濾水體：檸檬酸水溶液

(六) 實驗結果

表 2 過濾實驗 1 結果整理表

	對照組	實驗組 A	實驗組 B	實驗組 C	實驗組 D
	pH 值	pH 值	pH 值	pH 值	pH 值
1/30 實驗前	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
2/4 實驗後	1.76	5.24	3.22	6.23	6.98

(七) 討論

1. 由於檸檬酸水溶液的 pH 值非常低，當 pH 值上升時可以代表水中的溶質有減少。
2. 由圖 13 過濾實驗 1 各實驗組 pH 值比較圖得知實驗組 A.B.C.D 過濾後都由酸性趨近中性，因為溶液中的酸性溶質減少，由此得知陶濾芯對水中溶解物質有過濾效果。

3. 發現陶濾芯具有過濾效果後，我們想要用天然的水來測試看看。

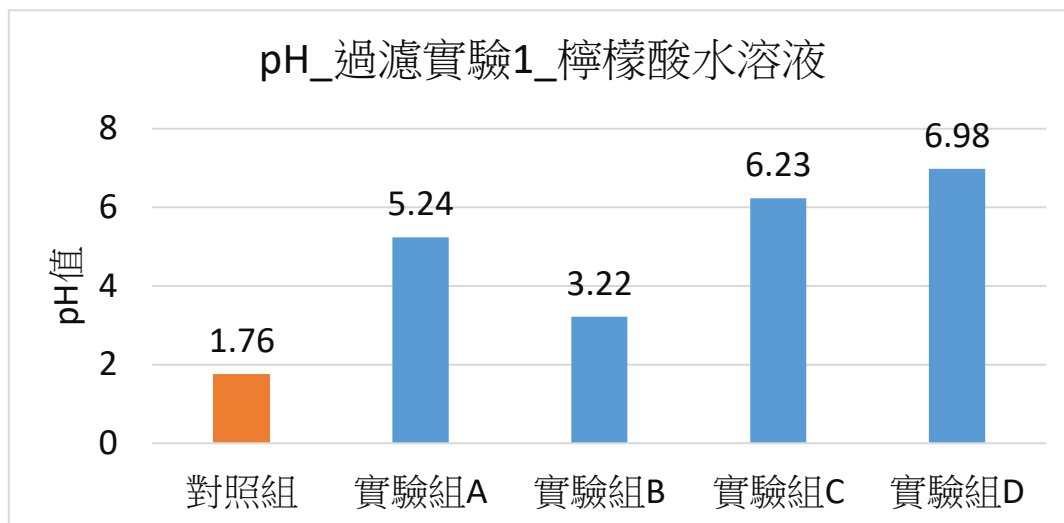


圖 13 過濾實驗 1 各實驗組 pH 值比較圖

過濾實驗 3

過濾方式：由內而外

過濾水體：生態池水

(八) 實驗結果

表 3 過濾實驗 3 結果整理表

名稱	銅離子	亞硝酸	氯化物	磷酸鹽	銀離子	六價鉻離子	金離子	硝酸	pH
對照組 後測 2/8	0ppm	0.05-0.1 ppm	2-5 ppm	0.05-0.1 ppm	0-0.5 ppm	0ppm	0-2ppm	1ppm	7.48
實驗組 A	0-0.5 ppm	0ppm	2-5 ppm	0-0.05 ppm	0.5-1 ppm	0ppm	0-2ppm	0ppm	5.85
實驗組 B	0-0.5 ppm	0ppm	2-5 ppm	2ppm	0-0.5 ppm	0ppm	0-2ppm	0ppm	6.09
實驗組 C	1-2ppm	0ppm	0-2 ppm	0-0.05 ppm	0-0.5 ppm	0ppm	0-2ppm	0ppm	6.47
實驗組 D	0.5-1 ppm	0ppm	2-5 ppm	0-0.05 ppm	0.5ppm	0ppm	0-2ppm	0ppm	6.39

(九) 討論

1. 由表 3 過濾實驗 3 結果整理表，在生態池水的研究中，發現學校生態池水的化學物質不多，對於過濾實驗而言比較沒有效果。
2. 學校附近有一條公司田溪，我們也有去採集溪水進行測試。

過濾實驗 2

過濾方式：由內而外

過濾水體：公司田溪水

(十) 實驗結果

表 4 過濾實驗 2 結果整理表

名稱	銅離子	亞硝酸	氯化物	磷酸鹽	銀離子	六價鉻離子	金離子	硝酸	pH
對照組 後測 2/8	0ppm	0.2-0.5 ppm	10-20 ppm	0-0.05 ppm	0-0.5 ppm	0-0.05 ppm	0-2 ppm	10-20 ppm	6.11
實驗組 A	無法檢 測	無法檢 測	無法檢 測	無法檢 測	無法檢 測	無法檢 測	無法檢 測	2-5 ppm	4.67
實驗組 B	1-2ppm	0-0.02 ppm	0-2 ppm	0-0.05 ppm	0-0.5 ppm	0-0.05 ppm	0-2 ppm	2-5 ppm	4.26
實驗組 C	無法檢 測	無法檢 測	0-2 ppm	無法檢 測	0-0.5 ppm	無法檢 測	0-2 ppm	1-2 ppm	4.81
實驗組 D	無法檢 測	無法檢 測	0-2ppm	無法檢 測	0-0.5 ppm	1-2 ppm	0-2 ppm	1-2 ppm	5.26

無法檢測：溶液太少無法測量

(十一) 討論

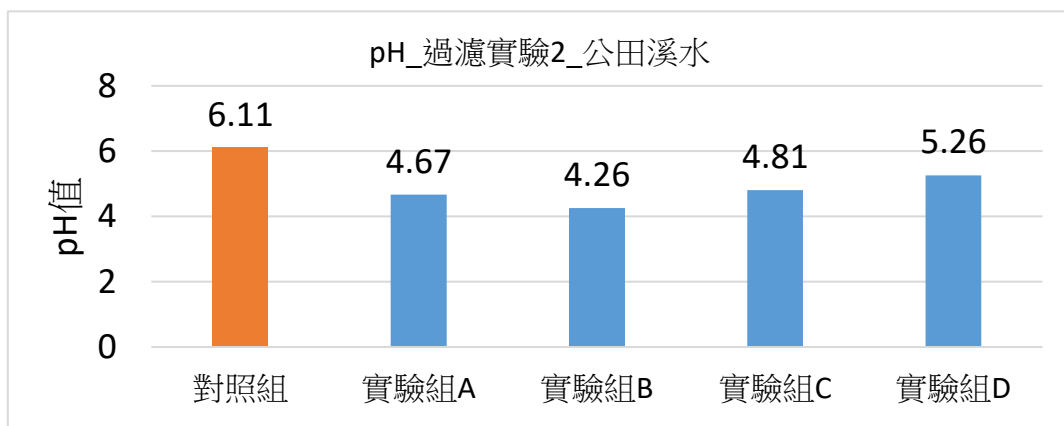


圖 14 過濾實驗 2 各實驗組 pH 值比較圖

- 由圖 13 過濾實驗 1 各實驗組 pH 值比較圖及圖 14 過濾實驗 2 各實驗組 pH 值比較圖可知進行後測時，過濾後的水 pH 值有偏酸的現象，推測可能是檸檬酸水溶液殘留在陶濾芯中的現象，這也間接證明了陶濾芯可以過濾。
- 過濾實驗 2 中發現過濾速度太慢，後測檢測難以進行，因此陶濾芯的製作方式須往標準化且增進過濾速度的方向研究。

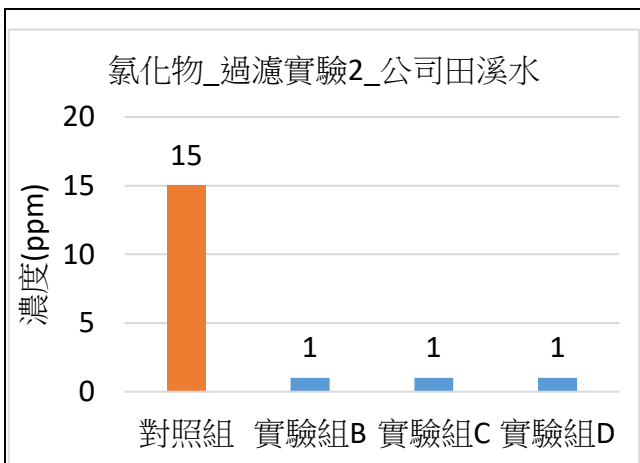


圖 15 過濾實驗 2 各實驗組氯化物比較圖

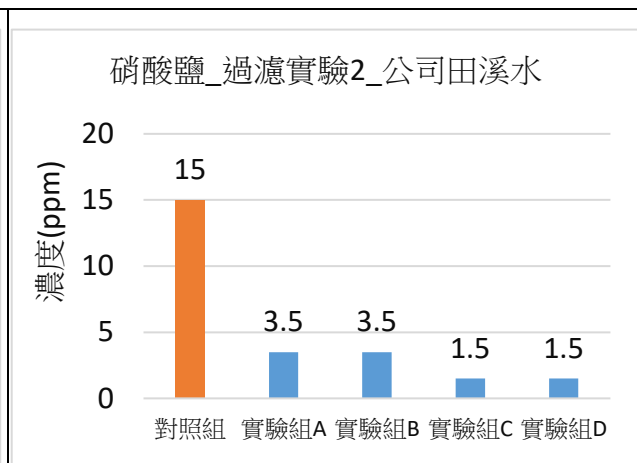


圖 16 過濾實驗 2 個實驗組硝酸鹽比較圖

3. 由圖 15 及圖 16 利用共立檢測包發現陶濾芯對於氯化物和硝酸鹽的化學物質有過濾效果，各個實驗組的濃度都有下降，與我們的假設相同。

4. 這次製作因為是第一次製作，所以尺寸不一，因此我們需要將尺寸統一。



圖 17 到學校附近的溪邊取水



圖 18 利用新垃圾桶裝水和推車運回來學校



圖 19 溪水有明顯的顏色及沉澱物



圖 20 溪水用紗網過濾後才進行後續實驗

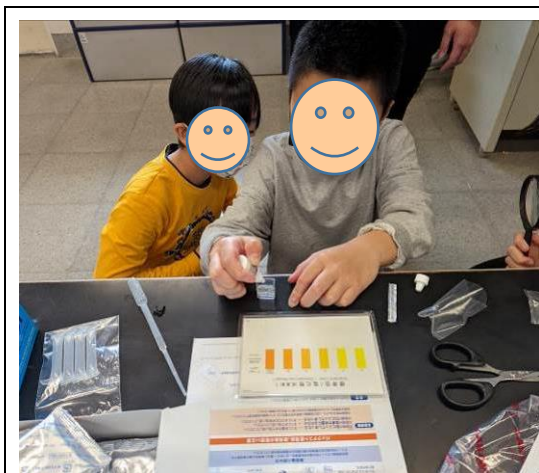


圖 21 使用共立檢測包檢測過程

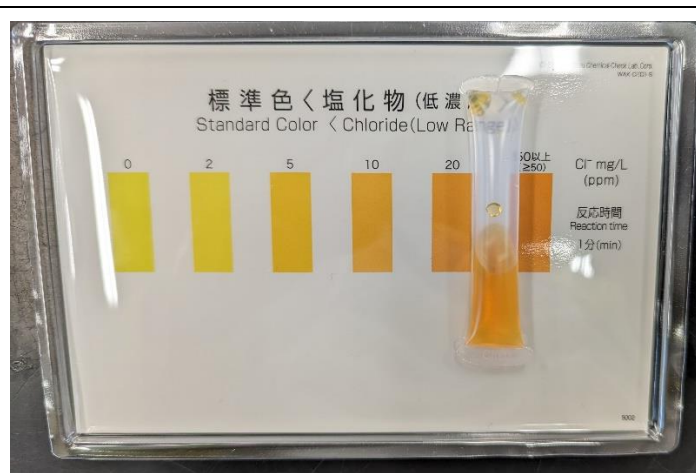


圖 22 將測吸入溪水後的試劑進行比色

二、實驗二、第二次陶器製作

(一) 研究問題：麵粉量是否影響過濾速度？如何克服麵粉量加高但陶土乾裂的問題？

(二) 製作步驟：

1. 用 1000ml 的燒杯取 100ml 的水。
2. 將 500g 陶土分成四等分，分成 4 等份可以比較好混入水中
3. 將分好的陶土慢慢的放入水中，並使用玻棒和手均勻的攪扮成泥漿
4. 加入不同量的麵粉(40g、80g、120g)，並持續攪拌均勻
5. 均勻攪拌後，用厚紙板做成的模具定型(模具有分擠壓式、鋪外層式、鋪內層式)
6. 放在桌子陰乾。

(三) 製作討論

1. 在製作陶器時，因較難將麵粉混入，所以將陶土加水製作成泥漿再混入麵粉
2. 陰乾時陶土全數裂開，推測原因是水份太多且天氣乾燥，所以陰乾速度過快。
3. 詢問了陶藝老師後，我們知道陶土的水分越多，乾燥所需時間越多，因此這個方法雖然很方便混和陶土與麵粉，但是乾燥過程和速度實在很難控制。
4. 第二次製作時水分過多無法控制乾燥的速度；第一次製作使用土板機時嘗試將陶器的尺寸統一，但容易裂開，因此我們決定使用擀麵棍手工的方式來製作陶濾芯。
5. 這次製作使用泥漿及紙板製成紙模，嘗試將陶器的尺寸統一，但因為無法控制乾燥速度，導致陶器碎裂如圖 24，因此我們在製作時應該減少水分，以減少裂開的機會。
6. 這次製作雖然失敗但我們發現水分控制的重要性，泥漿製作如果沒辦法有效控制水量和蒸發速度，幾乎不可能成功。



圖 23 加入水後混和泥漿和麵粉



圖 24 乾燥速度太快全部都裂開無法使用

三、實驗三、第三次陶器製作

(一) 研究問題：如何在水量限制的情況避免陶土製作發生斷裂？且能控制製作的規格？

(二) 陶濾芯製作步驟：

1. 把麵粉分裝成 0g、20g、40g 三種份量。
2. 把麵粉分次混入陶土中。
3. 把混了麵粉的陶土用桿麵棍壓成土板
4. 把麵粉量相同的土板一個做成底座，一個切割成外圍的陶板後，捲成圓型側板
5. 陰乾幾天後用電窯素燒 800 度 C。



圖 25 陶土上戳洞可以幫助麵粉快速混和



圖 26 在陶土上倒上麵粉



圖 27 手工的土板雖然慢但比較不會裂開



圖 28 素燒後進行由內而外的過濾實驗

(三) 製作討論

1. 為了固定陶板的厚度及長度，於是用相同長度及尺寸の木棍來固定厚度及長度。
2. 手工使用桿麵棍壓陶土比較容易控制，可以有效防止陶土整塊斷裂，但還是要適度的補充水分，才能避免陶土表面的裂痕。

過濾實驗 5

過濾方式：由內而外

過濾水體：生態池水

(四) 實驗結果

表 5 過濾實驗 5 結果整理表

名稱	銅離子	亞硝酸鹽	氯化物	磷酸鹽	銀離子	六價鉻離子	金離子	硝酸鹽	pH
對照組後測	0ppm	0.02 ppm	10-20ppm	0ppm	0-0.5 ppm	0ppm	0ppm	0ppm	7.87
實驗組 E	0ppm	0.2 ppm	0-2ppm	0ppm	0-0.5 ppm	0ppm	0ppm	10-20 ppm	7.78
實驗組 F	0ppm	0.05 ppm	0-2ppm	0ppm	0-0.5 ppm	0ppm	0ppm	0-5 ppm	7.99
實驗組 G	0ppm	0.2 ppm	2-5ppm	0ppm	0-0.5 ppm	0ppm	0ppm	1-2 ppm	8.17

(五) 討論

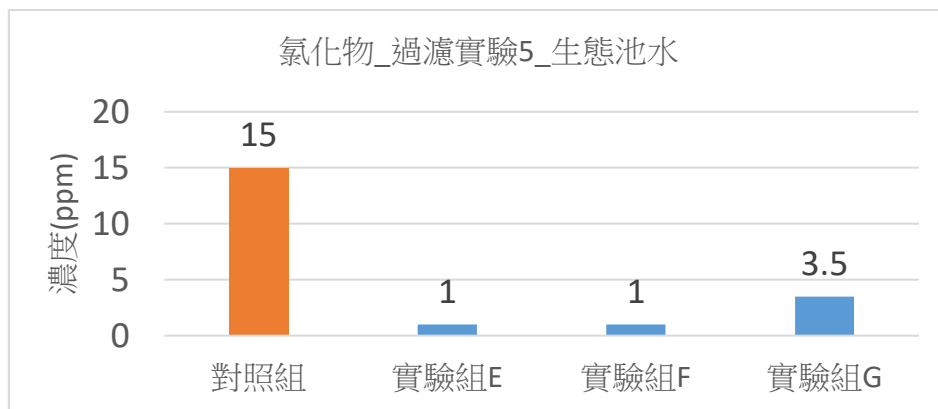


圖 29 過濾實驗 5 各實驗組氯化物比較圖

1. 過濾實驗 5 中我們發現氯化物的過濾效果最佳。
2. 第三次製作中，厚度和大小控制得比較好，但是透水速度依然不夠快，因此我們再次請教的陶藝老師，發現素燒的燒結溫度對於陶土的密合度有很大的影響，因此我們想要嘗試改變燒結的溫度。
3. 我們也想要改良原本由內而外的過濾方式，避免過濾出來的水過量蒸發影響實驗的進度，同時能加快過濾的速度。

四、實驗四、第四次陶器製作

(一) 陶濾芯製作步驟

1. 將 500 克的陶土加 100ml 的水後製作成泥漿，分別加入 40、80、120 克的麵粉
2. 將麵粉均勻混入陶土中
3. 再加入 500g 的陶土和 40、80、120g 的麵粉一次，才能避免泥漿太濕無法塑形。
4. 用擀麵棍把陶土壓成土板
5. 土板切成一個半徑 4.5cm 的底板，和長 28.3cm 寬 12cm 的側板後，接合成容器。
6. 陰乾幾天後，用電窯素燒 500 度 C。



圖 30 加高水量製作泥漿



圖 31 使用擀麵棍製作土坂

(二) 製作討論

1. 在製作過程中，我們發現用泥漿製作混有麵粉非常容易混和，因此這是第一次將麵粉混和超過 40g，甚至提升至 120g；但在陶土塑形時，因為陶土的水份過多，無法塑形，造成製作上的困難，只能在泥漿中再加入陶土，但是這樣又會改變麵粉的比例，只好再加入麵粉。
2. 使用紙模製作側板和底板，規格可以更加標準化。

由外而內的過濾方式

(三) 操作步驟

1. 採集要過濾的水體。
2. 將要過濾的水體用共立檢測包進行 8 種化學物質的前測、用三用電表進行電阻的前測、用 pH 檢測儀進行 pH 值的前測。

3. 將要過濾的水體倒入陶濾芯外面的盆子。
4. 在陶容器中放入用保鮮膜包好的磁鐵，盆子底下也放一個。
5. 將陶容器的杯口封上鋁箔紙。
6. 把陶容器放入盆子裡(裡面已有大約 5 公分深的要過濾水體)，並確認陶濾芯內外的磁鐵有吸引在一起，陶濾芯才不會浮起來。
7. 在塑膠盆中持續倒水，直到接近陶濾芯的瓶口為止(若更多，水會滿進陶濾芯中)。
8. 等待陶濾芯過濾，直到有水滲透進去陶濾芯內。
9. 以燒杯蒐集過濾完成的水，用共立檢測包進行 8 種化學物質的後測，用 pH 檢測儀進行 pH 值的後測。

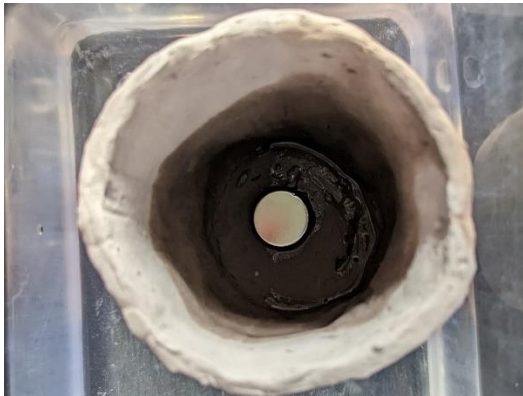


圖 32 在陶濾芯內部放強力磁鐵



圖 33 以鋁箔紙封口後吸在塑膠盆中

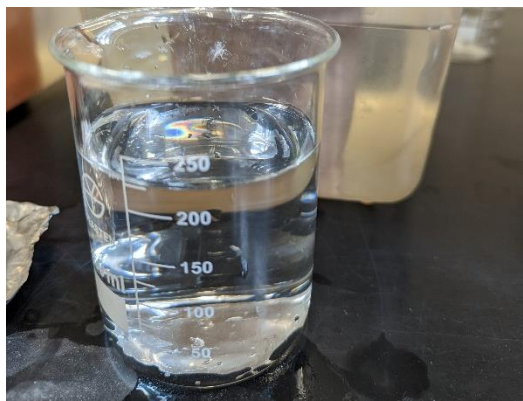


圖 34 過濾後的水非常清澈

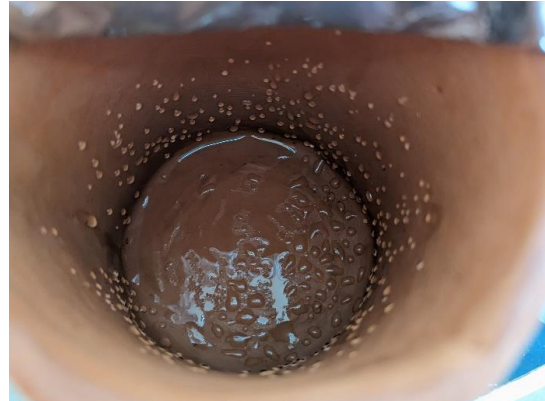


圖 35 由外而內滲透入陶濾芯的水

(四) 討論

1. 又外而內過濾的方式，陶濾芯接觸水的面積較大，可以過濾的速度較快。
2. 塑膠盒內的水量如果過多會讓陶濾芯浮起來。改善方法是在塑膠盒底部以及陶濾芯內各擺一個強力磁鐵，就可以把陶濾芯吸在盆子底部。
3. 過濾出來的水在陶濾芯內部而且有用鋁箔紙加蓋，可以避免過濾後的水蒸發掉。

過濾實驗 6

過濾方式：由外而內

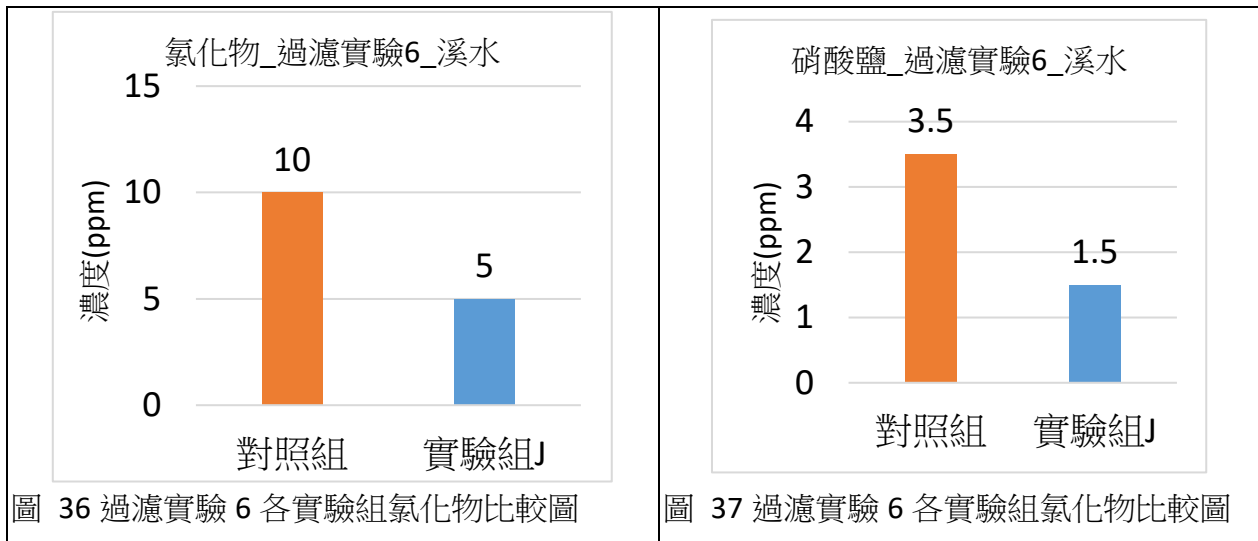
過濾水體：公司田溪水

(五) 實驗結果

表 6 過濾實驗 6 結果整理表

名稱	銅離子	亞硝酸鹽	氯化物	磷酸鹽	銀離子	六價鉻離子	金離子	硝酸鹽	pH
對照組後測	0-0.5 ppm	0.1 ppm	10ppm	0-0.05 ppm	0-0.5 ppm	0-0.0.5 ppm	0ppm	2-5ppm	7.52
實驗組 J	0-0.5 ppm	0.02 ppm	5ppm	0-0.05 ppm	0-0.5 ppm	0-0.05 ppm	0ppm	1-2 ppm	7.40

(六) 討論



1. 這次實驗對於氯化物及硝酸鹽有明顯的過濾效果，其餘則無效果。
2. 本次實驗主要為測試由外而內的實驗是否可行，結果發現如此的實驗方式不僅可以避免蒸發，要蒐集過濾後的水溶液非常方便。

過濾實驗 7

過濾方式：由外而內 過濾水體：公司田溪水

(七) 選用的陶濾芯

實驗組 A	實驗組 B	實驗組 D	實驗組 F	實驗組 J	實驗組 K
無麵粉+容器較大過濾速度較快	麵粉 20g+容器較大過濾速度較快	麵粉 40g+容器較大過濾速度較快	相較於同一批的實驗組 E.G 效果佳	500 度代表，過濾速度快	麵粉 120g，過濾速度快

(八) 實驗結果

表 7 過濾實驗 7 結果整理表

名稱	銅離子	亞硝酸鹽	氯化物	磷酸鹽	銀離子	六價鉻離子	金離子	硝酸鹽	pH
對照組後測	無後測	0.2-0.5 ppm	20-50 ppm	0.5-1 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	10-20 ppm	7.33
實驗組 A	無後測	0.5-1 ppm	10-20 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	10-20 ppm	7.81
實驗組 B	無後測	0.5-1 ppm	2-5 ppm	0-0.05 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	20 ppm	7.84
實驗組 D	無後測	0.5-1 ppm	10-20 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	10-20 ppm	7.55
實驗組 F	無後測	0.5-1 ppm	5-10 ppm	0-0.05 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	20-45 ppm	7.40
實驗組 J	無後測	0.2-0.5 ppm	10-20 ppm	0.5 ppm	0-0.5 ppm	0 ppm	0 ppm	5-10 ppm	7.57
實驗組 K	無後測	0.5-1 ppm	10-20 ppm	0-0.05 ppm	0-0.5 ppm	0 ppm	0 ppm	10-20 ppm	8.05

因為前測已經是 0 ppm 了，而且擔心過濾後的水溶液不足，所以沒有銅離子的後測
X：溶液太少無法測量

(九) 討論

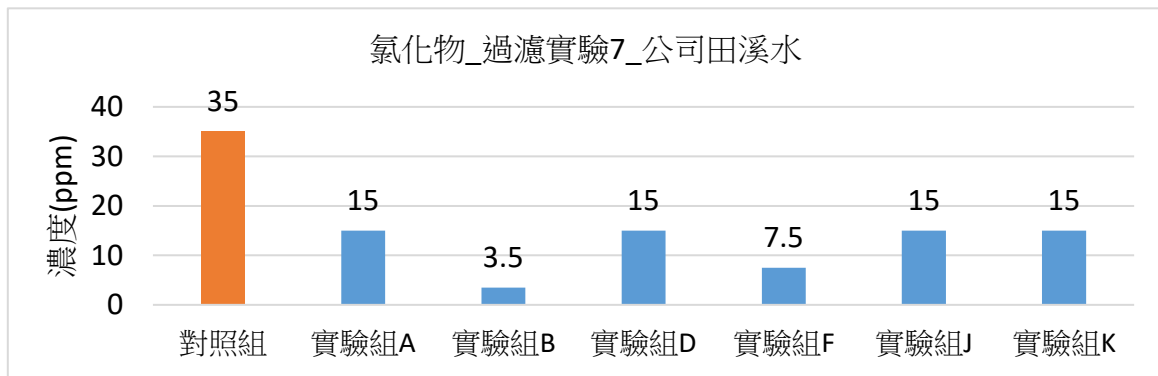


圖 38 過濾實驗 7 各實驗組氯化物比較圖

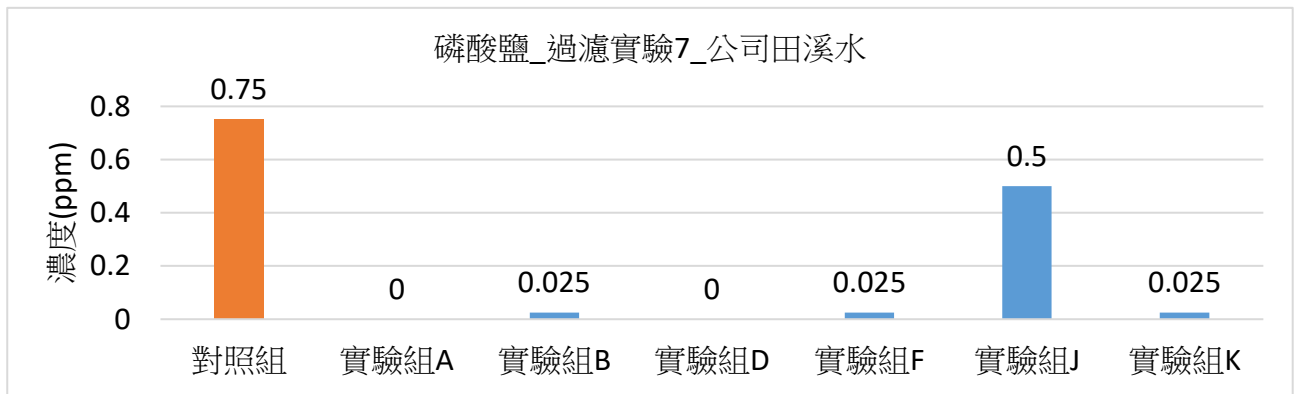


圖 39 過濾實驗 7 各實驗組硝酸鹽比較圖

1. 過濾實驗 7 中氯化物的過濾效果依然非常好，磷酸鹽的過濾效果也非常明顯。
2. 硝酸及亞硝酸鹽則過濾效果不佳，我們推測與過濾器的使用次數或硝酸氧化成亞硝酸有關係。
3. 第四次的製作方式配合 500 度 C 的燒結方式，再加上又外而內的過濾方式，讓實驗速度提升很多。

五、實驗五第五次陶器製作

(一) 製作步驟

1. 將陶土秤重成 500 克
2. 準備多杯的鹽與麵粉(鹽每杯 2.5 克、麵粉每杯 5 克)。
3. 依陶土的濕度慢慢加入麵粉與鹽，並混合均勻當覺得陶土過乾時，加入鹽，而陶土太濕時可加入麵粉
4. 在表面戳一個洞並將噴濕，包上保鮮膜保持濕潤後，放入冰箱，避免發霉
5. 製作前， 分配組別(加入麵粉、鹽的次數接近的兩人一組)
6. 用擀麵棍把陶土壓成土板
7. 用土板做成底座和側身後，捲成圓柱體，相同的動作重複兩次
8. 陰乾幾天後，用電窯素燒 500 度 C。



圖 40 第五次製作長圓柱狀陶濾芯



圖 41 製作過程中同時加入鹽和麵粉

(二) 製作討論

1. 素燒後的陶濾芯，顏色特別的黑，推測可能是加有鹽，和燒結溫度為 500 度有關。
2. 鹽可以防止陶土發霉，而且鹽會在空氣中潮解增加水分，就可以大幅的減少陶土加

水的次數。

3. 分次加鹽或加麵粉，這樣在製作的過程陶土才不會突然過濕或過乾，比較容易控制，也不太會產生裂痕。

過濾實驗 8

過濾方式：由外而內

過濾水體：公司田溪水

(三) 選用的陶濾芯：

選擇原因	實驗組 A	實驗組 B	實驗組 J	實驗組 L	實驗組 M	實驗組 N
	無添加麵粉用來比較且容器較大過濾速度較快	過濾速度尚可，過濾效果好	500 度代表，過濾速度快	長筒形 +500 度過濾速度快，加鹽代表 1	長筒形 +500 度過濾速度快，加鹽代表 2	長筒形 +500 度過濾速度快，加鹽代表 3

總比較實驗 2

表 8 過濾實驗 8 結果整理表

名稱	銅離子	亞硝酸鹽	氯化物	磷酸鹽	銀離子	六價鉻離子	金離子	硝酸鹽	pH
對照組後測	0-0.5 ppm	0.1-0.2 ppm	10-20 ppm	0.5-1 ppm	0 ppm	0 ppm	0 ppm	5-10 ppm	8.04
實驗組 A	X	0.5-1 ppm	2-5 ppm	0.05-0.1 ppm	X	x	x	10-20 ppm	X
實驗組 B	0 ppm	0.05 ppm	2-5 ppm	0.05 ppm	0-0.5 ppm	x	x	5-10 ppm	7.04
實驗組 J	0 ppm	0.5-1 ppm	20-50 ppm	0.05 ppm	0-0.5 ppm	x	x	10-20 ppm	7.62
實驗組 L	0 ppm	0.05 ppm	2-5 ppm	>2 ppm	0 ppm	x	x	1 ppm	7.38
實驗組 M	0 ppm	0.05 ppm	2-5 ppm	>2 ppm	0 ppm	x	x	1 ppm	7.69
實驗組 N	0-0.5 ppm	0.05 ppm	試劑異常	>2 ppm	0 ppm	x	x	1 ppm	7.69

X :代表後測已經 0ppm 了所以沒有進行實驗組檢測

過濾速度測試實驗

(一) 實驗步驟

1. 準備 6 個塑膠水盆，並在裡面先裝約 5cm 的水。
2. 在陶濾芯裡面放一顆防水的強力磁鐵，塑膠盆底部也放一次。
3. 陶濾芯吸在塑膠盆底部，然後在塑膠盆加水直到開濾芯的開口。
4. 等待陶濾芯過濾約 24 小時，蒐集過濾的水並量水量。
5. 用 EXCEL 軟體計算陶濾芯每小時每平方公分可以過濾的水量。

(二) 實驗結果

表 9 過濾速度實驗結果整理表

	直徑 cm	高 cm	底面 cm	側面 積 cm ²	表面積 總和 cm ²	滲透水 量(ml)	每小時每 cm ² 滲透水量(ml)
800 度 C_無麵粉	10.5	12.4	86.5	408.8	495.4	2.0	0.000168
800 度 C_20g 麵粉	8.5	12.0	56.7	320.3	377.0	2.2	0.000243
800 度 C_40g 麵粉	6.5	8.0	33.2	163.3	196.4	2.5	0.000553
500 度 C_40g 麵粉	9.0	8.0	63.6	226.1	289.7	20.5	0.003077
500 度 C_40g 麵粉_35g 鹽	7.3	17.4	41.8	398.8	440.7	36.5	0.003451
500 度 C_45g 麵粉_27.5g 鹽	7.4	15.4	43.0	357.8	400.8	49.0	0.005094

(三) 討論

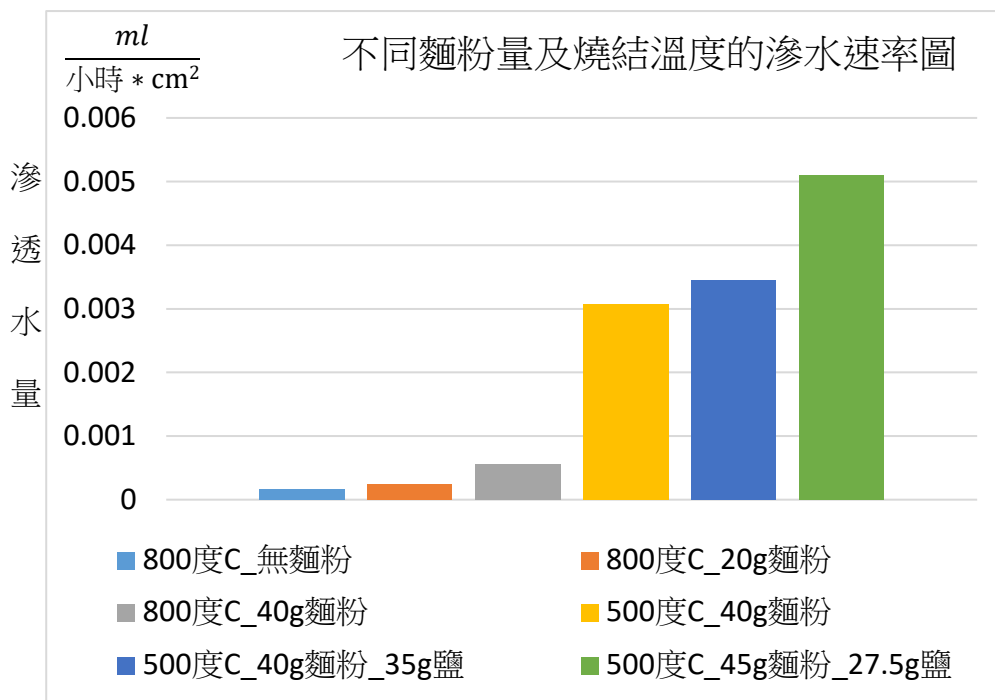


圖 42 不同麵粉量及燒結溫度的滲水速度比較圖

1. 由圖 42 可知 500 度 c 的滲透速度比 800 度 c 的滲透速度快很多，推測可能是因為溫度越高，縫隙越密合；反之亦然，因為這個原理的關係，所以往後素燒都可以採用 500 度 c，而 500 度 c 又是陶土的最低燒結溫度，如果低於此溫度陶土就不能燒結。
2. 加入陶土中的麵粉量越多，水的滲透速度也會越快，推測可能是因為麵粉素燒後會被燒掉，而留下孔隙，所以往後可以盡量加多一點。
3. 燒結溫度對於過濾水的速度的影響大於麵粉量對於過濾水的速度的影響。
4. 製作過程加入鹽是為了調整陶土濕度和防霉，從實驗中沒有發現加入鹽會影響過濾的速度。

硫酸銅水溶液過濾實驗

過濾方式：由外而內

過濾水體：硫酸銅水溶液(10 公升水加入 0.39 克的五水合硫酸銅，約 10ppm)

(四) 實驗結果：

表 10 硫酸銅水溶液過濾實驗結果整理表

	對照組	活性炭濾水器	實驗組 A	實驗組 B	實驗組 D	實驗組 J	實驗組 M
銅離子	10ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0.5-1ppm	0ppm	0.5ppm

(五) 討論

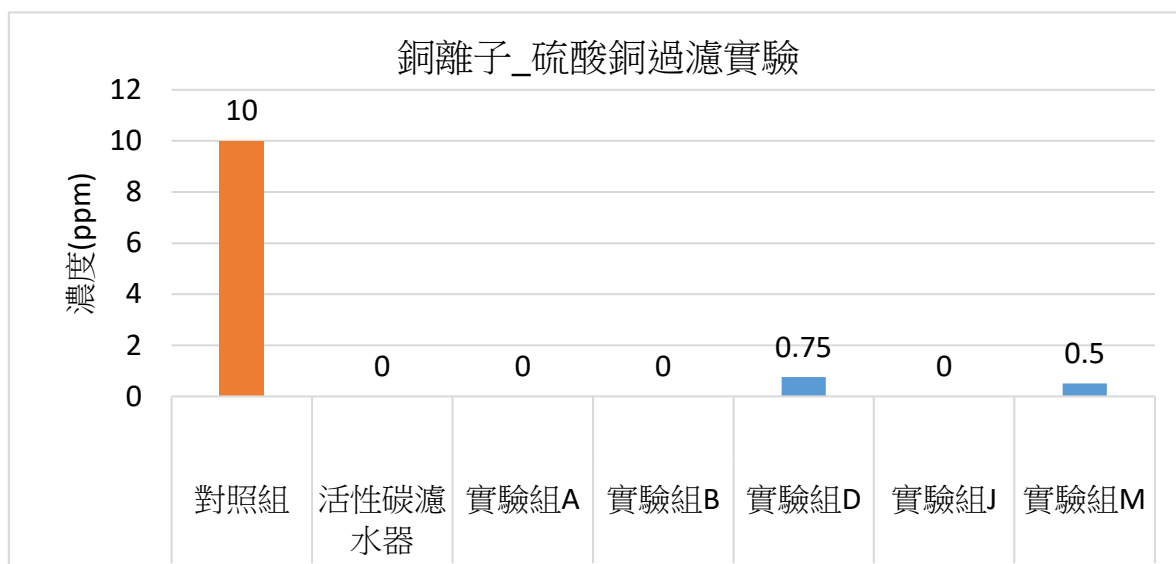


圖 43 硫酸銅水溶液過濾實驗各實驗組比較圖

1. 之前的溪水過濾實驗中，金屬離子濃度都非常低，陶濾芯沒有明顯的過濾效果，我們嘗試將調製過濾水體，將銅離子的濃度調整到接近共立檢測包的上限(10ppm)。

2. 驗證文獻中提到活性碳可以過濾水中重金屬離子，而且效果非常好。
3. 發現陶濾芯在銅離子濃度較高的時候，也具有過濾效果。



圖 44 由不同粗細活性碳組成的濾水器



圖 45 頂部蓋上培養皿避免活性碳浮起來

柒、綜合討論

一、不同製作方式之研究成果討論

1. 經過多次的製作後，我們發現混和麵粉的量可以提升過濾的速度，但是麵粉會造成陶土乾燥而破裂，最後無法素燒或是素燒後馬上破掉。
2. 測試了不同混和方式後，我們認為加麵粉同時加鹽進行混和，利用鹽的潮解吸收空氣中水分是最好的混和方式，而且鹽可以在陶土乾燥過程中穩定陶土的表面，讓製作成功率大幅提升。

表 11 五次陶濾芯製作比較表

	混麵粉的方法	製作方式	特色
陶器製作 1	把麵粉灑在陶土上，用桿麵棍壓平對折陶土，重複動作直到麵粉全都混進去。	將陶土用土板機壓成土板，用土板做成一個底座、一個圓柱體。	素燒後，麵粉被燒掉，變成孔隙，因此能增加陶濾芯的孔隙。
陶瓷製作 2	將陶土放入水中，並使用手均勻攪拌成泥漿，加入 40g、80g、120g 的麵粉，並攪拌。	取 100ml 的水，將陶土放入水中，攪成泥漿後，用模具定型。	和其他的做比較，麵粉能較容易混入泥漿中。
陶瓷製作 3	把麵粉分裝成 0g、20g、40g，把麵粉分次混入陶土中。	用桿麵棍壓成土板，用土版做一個底座、一個捲成圓柱體。	熟悉製作步驟，做出的陶濾芯比第一次更好。
陶器製作 4	將 500 克的陶土加水，加入 40、80、120 克的麵粉，將麵粉均勻混入陶土中再加入 500 克的陶土和 40、80、120 的麵粉。	反覆揉土直到陶土水分降到可以塑形，之後塑形方法就與製作 3 相同	低溫燒結的陶濾芯，過濾速度有明顯變快。
陶器製作 5	依陶土的潮濕程度分別加入麵粉與鹽，並混合均勻。	加入麵粉與鹽。把兩個麵粉與鹽相差不多的陶土，加到一樣的量用土板做底和側版，捲成圓柱體，重複兩次。	加鹽可以防止發霉，且鹽潮解吸取空氣中的水分，所以幾乎不用加水。我們加長了陶濾芯的長度，濾水速度可以提升。

二、亞硝酸鹽的過濾效果衰減現象

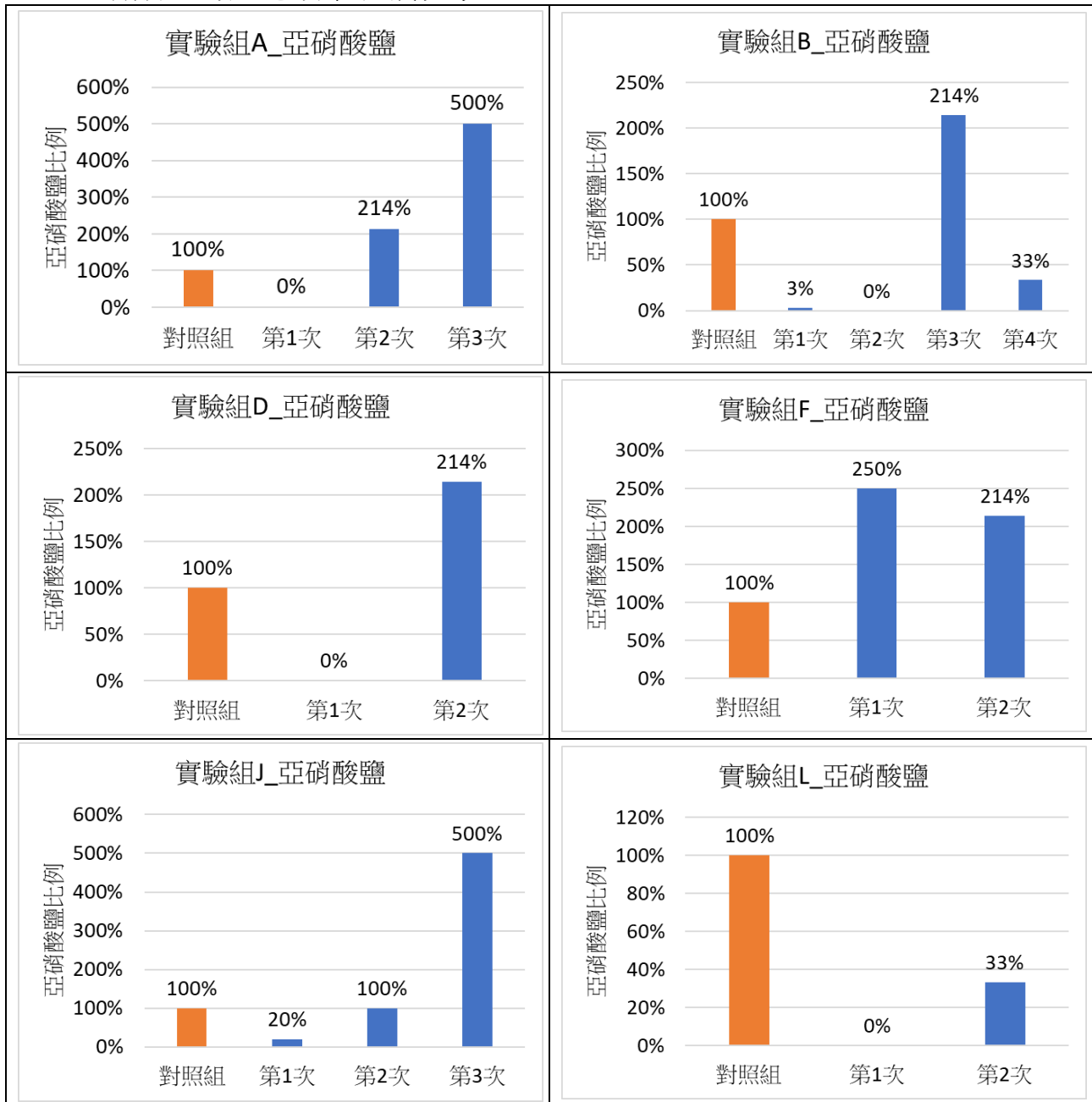


圖 46 亞硝酸鹽過濾效果衰退比較圖

1. 圖 46 中因為是不同次的實驗數據，所以是以實驗組與對照組的濃度比例呈現。
2. 將有重複進行多次實驗的陶濾芯進行實驗數據的比較後發現，大部分的陶濾芯在第一次進行過濾時對於亞硝酸鹽是具有過濾效果的，但在進行第二次或第三次實驗後，過濾後溶液中的亞硝酸鹽的過濾效果都比第一次差。
3. 我們認為陶濾芯確實對於亞硝酸鹽具有過濾效果，但吸附於陶濾芯中的亞硝酸鹽若是沒有進行適當的清理，在進行後續的過濾時過濾效果就會變差，甚至陶濾芯中的亞硝酸鹽可能會重新釋放回過濾後的溶液中。
4. 這個現象我們也推測可能與殘留在陶濾芯內的硝酸鹽變成亞硝酸鹽有關係。

捌、結 論

一、陶濾芯製作時同時加麵粉和鹽是最佳方式

1. 麵粉與陶土混合時，能同時加入鹽利用鹽的潮解來控制水分；直接加水會讓製作時間大幅拉長，而且乾燥時非常容易失敗。
2. 加鹽的陶容器陰乾時，鹽可以控制陶土中的水分避免乾燥過快產生裂痕；而且也可以避免陶土在陰乾時發霉。
3. 製作的技巧方面，壓土坂時，發現使用桿麵棍來將陶土變成土坂的效果較好；外型製作的最好方法為用大塊土板製作 1 片底板和 2 片側板，在接合處用針筆刮上花紋才能接合，避免素燒後分離。

二、使用陶濾芯進行過濾的水由外而內是最佳方式

1. 在塑膠盆中裝水，再利用強力磁鐵固定陶濾芯的由外而內是最佳的過濾方式。
2. 由外而內過濾時，陶濾芯和水接觸的面積較大且較不容易接觸到外界的空氣，較不會有蒸發的情況。

三、陶濾芯對於水中溶解物質具有過濾效果

1. 過濾實驗時，發現溪水(池水)經過濾過後，清澈度有明顯上升。
2. pH 值趨近中性，亞硝酸鹽、氯化物、磷酸鹽以及硝酸鹽的濃度都有明顯下降。

四、陶濾芯對亞硝酸鹽、氯化物、磷酸鹽有過濾效果

1. 陶濾芯對亞硝酸鹽、氯化物、磷酸鹽及硝酸都有過濾效果。
2. 其中，我們發現氯化物的過濾效果最佳，其次為亞硝酸鹽。

五、陶濾芯對低濃度的金屬離子沒有過濾效果

1. 在公司田溪水的研究中陶濾芯對銅離子、銀離子、六價鉻離子、金離子沒有明顯的過濾效果。
2. 在過濾硫酸銅水溶液的研究中，當銅離子濃度接近 10ppm 時，陶濾芯就有明顯的過濾效果，但是我們採集的天然水體沒有如此高的銅離子濃度。

六、陶濾芯的尺寸、燒結溫度、配方對過濾的影響

1. 陶濾芯的尺寸會影響與水接觸的面積，進而影響過濾速度，陶濾芯表面積越大過濾速度就越快。
2. 燒結溫度會影響陶土中的孔隙大小，燒結溫度 500 度 C 比燒結溫度 800 度 C 過濾速度非常明顯的提升。
3. 加入麵粉會可以增加陶土中的孔隙數量，對於過濾的速度也有提升效果。
4. 綜合上述製作方式的調整，從第一次到第五次製作中過濾速度的最大提升差距超過 30 倍速；相同配方、不同溫度及尺寸也明顯提升超過 6 倍速。

玖、建議及未來研究方向

1. 本次研究做出了多孔隙的透水陶瓷，但都是手工製作，很難標準化更很難製作較大的成品，未來可以嘗試機械化或模組化的方式製作。
2. 陶濾芯過濾後效果會慢慢減弱，我們發現清洗可以恢復過濾能力，但還沒有研發出較有系統的清潔方式，未來可以往重複利用的方向研究。

壹拾、參考資料

1. 觀念化學 I by John Suchoci, Ph. D. 天下遠見出版有限公司 2006 年 5 月 11 日
2. 觀念化學 II by John Suchoci, Ph. D. 天下遠見出版有限公司 2006 年 5 月 11 日
3. 行政院環境保護署之飲用水水質標準
4. 國家衛生研究院國家環境毒物研究中心網站-銀
5. 中國醫藥大學附設醫院-國家環境毒物研究中心食品安全資訊網-銅。
6. 國立成功大學/2017 臺灣陶瓷學會年會暨科技部專題研究發表會
7. 國家衛生研究院國家環境毒物研究中心網站-銅
8. 銅與銅中毒 | 中國醫藥大學附設醫院網站
9. 認識亞硝酸鹽 | 彰化縣衛生局網站
10. 國家毒物研究中心-三分鐘教學短片 亞硝酸鹽
11. 國家毒物研究中心-三分鐘教學短片 硝酸鹽
12. 宜蘭縣政府環境保護局網站-飲用水水質項目對人體健康的影響一覽表
13. 國家衛生研究院 國家環境毒物研究中心網站-氮
14. 磷酸鹽知多少-幼獅文化網站
15. 認識亞硝酸鹽 | 彰化縣衛生局網站
16. 國家衛生研究院國家環境毒物研究中心網站-鉻

【評語】 082926

1. 本作品使用陶藝專用陶土添加麵粉燒製多孔陶濾心淨水質之研究，其動機來自陶容器可透水應該就具過濾功能之發想，具實用價值。並提出水由外而內過濾方式之創新設計。
2. 本作品之實用價值可能更適用於初步或粗過濾少量家庭或校園之回收再生用水。
3. 建議可進一步了解透水過程的過濾功能較適合過濾的水中雜質屬於可溶物質或固體微小顆粒或兩者皆可？目前比較可過濾離子種類之差異，較可能原因會是陶土原料差異所致。
4. 若依目前探討方向在陶土和麵粉比例改變空隙度之差異，建議可把過濾效果以比較混濁汗水中固體顆粒大小差異更具有顯著功效。
5. 本作品直接使用商品陶土和麵粉為原料，更建議可使用廢棄陶土和其他取代麵粉的廢棄物取代，可更增加環保和資源再利用之貢獻。

作品海報

陶出水 髒汙

自製陶濾芯用於溪水池水之研究



摘要

我們發現市售濾水器的濾芯有陶土層和活性炭層，從文獻得知活性炭的過濾效果非常好，所以決定深入研究陶土層，開發自製陶濾芯。為了讓陶土能透水，陶藝老師建議可在陶土製作時加入麵粉，高溫素燒後麵粉會在陶土中留下孔隙，陶土就能透水。使用自製陶濾芯過濾檸檬酸水溶液、生態池水、公司田溪水及硫酸銅水溶液並與無過濾的對照組比較，發現自製陶濾芯對於過濾氯化物及磷酸鹽有不錯的效果，而且在較高濃度(10ppm)的銅離子溶液中也具有過濾效果。經過多次陶濾芯製作後，最佳製作方法為揉陶土時一起加入麵粉和鹽，鹽可以控制陶土水份含量及抑制微生物，此外陶濾芯製作成高圓柱狀及燒結溫度降至500°C時，都可增加接觸面積和孔隙，大幅加快過濾速度。

壹、研究動機

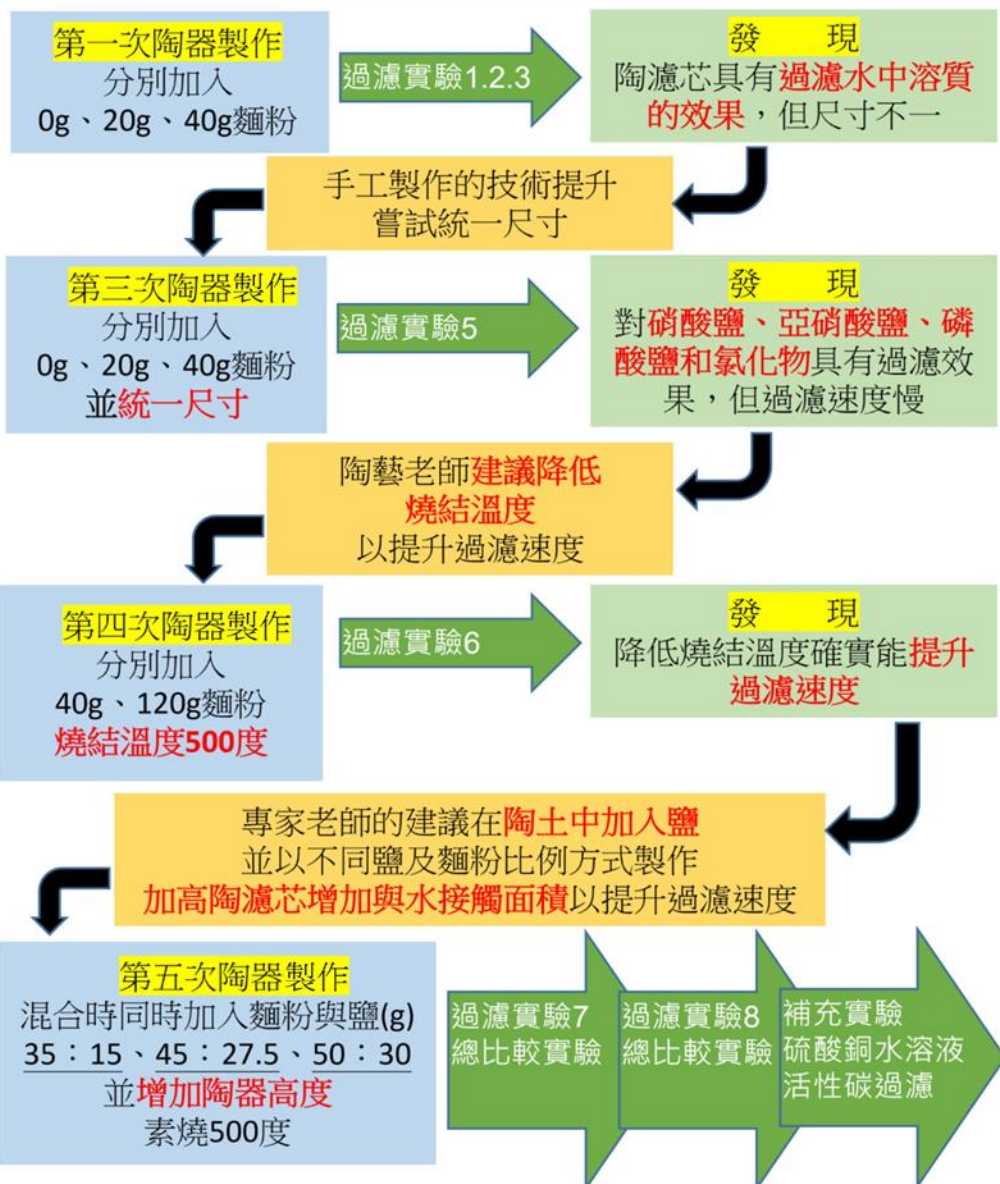
我們為了瞭解家用濾水器的為什麼過濾效果那麼好，於是我們切開家用濾水器，發現濾芯是使用陶瓷和活性炭製作而成的，發現用陶瓷和活性炭過濾效果這麼好，於是想要更深一步了解。

如果能製作出自製陶濾芯，就能加強自製濾水器的過濾效果，也能加強過濾器的耐用程度；學校藝術老師說把麵粉加在陶瓷裡面會增加陶器孔隙於是想試做看看。期待自製的陶濾芯對過濾的檸檬酸水、公司田溪水和生態池有幫助。

貳、研究目的

- 一、研究不同陶土混和及製作手法的陶濾芯製作方式。
- 二、探究陶濾芯過濾效果的發現。
- 三、探究陶濾芯對水中哪些溶解的化學物質具有過濾效果。
- 四、評估及調整配方、尺寸、燒結溫度對過濾速度的影響。

參、研究架構圖



肆、陶濾芯製作整理表

實驗組編碼	配方 (陶土重: 添加物質重)	素燒批次	燒結溫度 (°C)	泡水表面積 cm ²
實驗組A	500g : 0g 麵粉	第一次	800	495.4
實驗組B	500g : 20g 麵粉	第一次	800	455.3
實驗組C	500g : 20g 麵粉	第一次	800	377.0
實驗組D	500g : 40g 麵粉	第一次	800	309.0
實驗組E	500g : 0g 麵粉	第三次	800	198.9
實驗組F	500g : 20g 麵粉	第三次	800	210.7
實驗組G	500g : 40g 麵粉	第三次	800	196.4
實驗組J	500g : 40g 麵粉	第四次	500	289.7
實驗組K	500g : 120g 麵粉	第四次	500	384.2
實驗組L	500g : 35g 麵粉 : 15g 鹽	第五次	500	440.7
實驗組M	500g : 45g 麵粉 : 27.5g 鹽	第五次	500	400.8
實驗組N	500g : 50g 麵粉 : 30g 鹽	第五次	500	420.0

伍、研究設計及實驗結果

【實驗1】第一次陶器製作

製作步驟

1. 在500g陶土中加入40g、20g、0g麵粉
2. 用桿麵棍和手將陶土反覆對折及壓平，讓麵粉與陶土混和均勻。
3. 把混有麵粉的陶土用機器壓成土板。
4. 將土板切成圓形底座及長方形，並把長方形製作成圓柱體側面。
5. 把底座和側面圓柱體接合成圓柱狀容器
6. 陰乾後用電窯素燒800°C，素燒後麵粉會被燒掉，形成孔隙。



【實驗1-2】過濾方式:由內而外

右圖1-8為陶濾芯中水滲透出來的過程



利用傾斜的塑膠板蒐集陶濾芯過濾出來的水



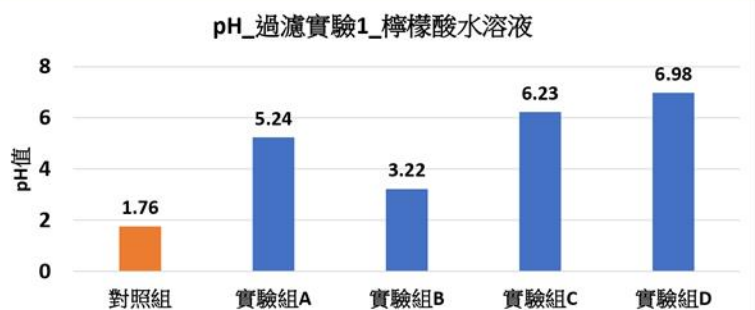
【實驗1-3】過濾實驗1

過濾方式:

由內而外

過濾水體:

檸檬酸水溶液



實驗結果:

由於檸檬酸水溶液的pH值很低，當pH值上升時代表水中的檸檬酸有減少。由此得知陶濾芯對水中溶解物質有過濾效果。

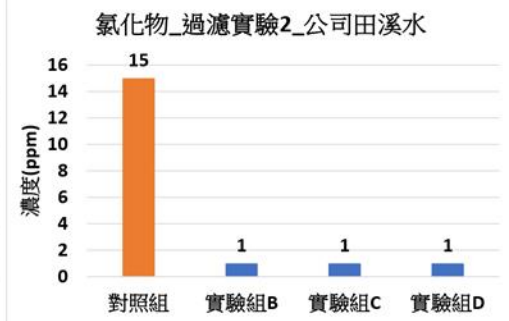
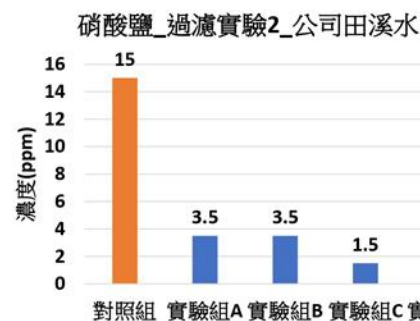
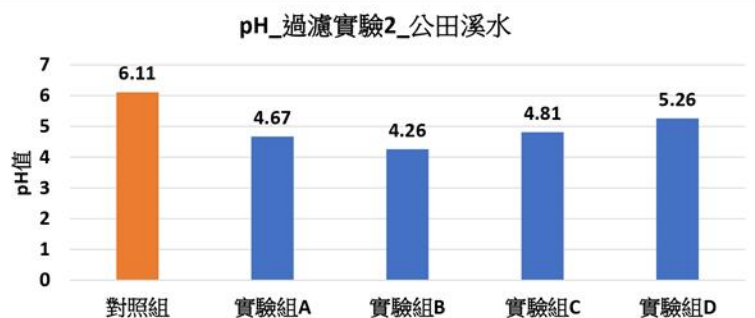
【實驗1-4】過濾實驗2

過濾方式:

由內而外

過濾水體:

公司田溪水



實驗結果:

1. 過濾後的水pH值有偏酸的現象，推測可能是檸檬酸水溶液殘留在陶濾芯中的現象，這也間接證明了陶濾芯可以過濾。
2. 發現過濾速度太慢，後測檢測難以進行，因此陶濾芯的製作方式須往標準化且增進過濾速度的方向研究。
3. 發現陶濾芯對於氯化物和硝酸鹽的化學物質有過濾效果，各個實驗組的濃度都有下降。

【實驗2】第二次陶器製作

製作步驟：

1. 在1000ml燒杯中放100ml水。
2. 將500g陶土分成四等分，分別使用玻棒和手均勻的攪拌成泥漿。
3. 分別加入不同量的麵粉(40g、80g、120g)，並持續攪拌均勻。
4. 將泥漿用厚紙板做成的模具定型。
5. 放在桌子上陰乾。



製作結果：

陰乾數日後全部裂開無法使用，我們發現水分多可以混和較多麵粉，但難以控制陰乾過程，因此陶土內的水分控制非常重要。

【實驗3】第三次陶器製作

製作步驟改進特點：

1. 使用擀麵棍配合不同粗細的木條製作土板。
2. 嘗試製作外型較小但規格統一的陶濾芯。

實驗結果：

厚度及規格有明顯統一許多，使用擀麵棍可避免土板裂開。



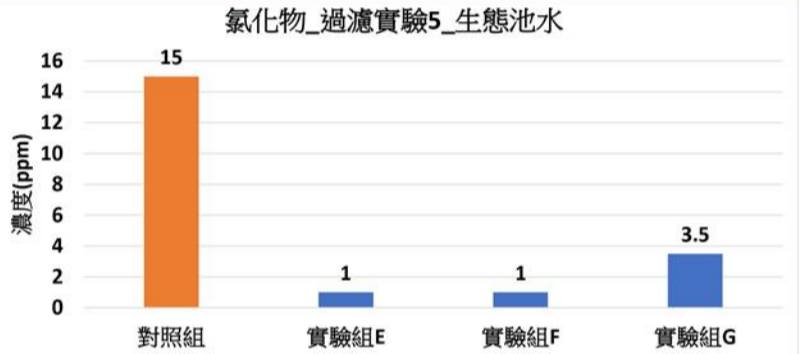
【實驗3-1】過濾實驗5

過濾方式：

由內而外

過濾水體：

生態池水



實驗結果：

1. 我們發現氯化物的過濾效果最佳。
2. 第三次製作中，厚度和大小控制得比較好，但是透水速度依然不夠快，再次請教陶藝老師，得知素燒的溫度對於陶土孔隙的密合度有很大的影響，因此想要嘗試改變燒結的溫度。
3. 同時也想改良原本由內而外的過濾方式，避免過濾出來的水蒸發影響實驗的進度，同時能加快過濾的速度。

【實驗4】第四次陶器製作

製作步驟改進特點：

1. 製作前加水提升陶土含水量。
2. 提高麵粉混入量至120g。
3. 重複加土避免陶土過濕。
4. 調整燒結溫度為500°C。
5. 使用紙模製作側板和底板。



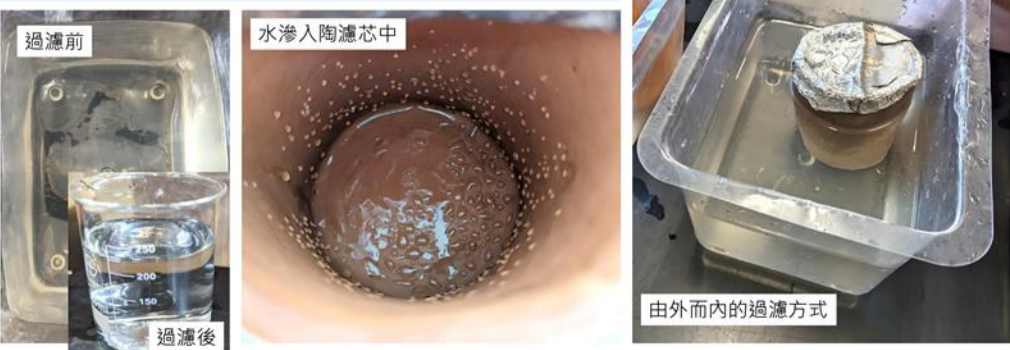
製作結果：

1. 突破混和麵粉的重量上限。
2. 成品過濾速度大幅增長。

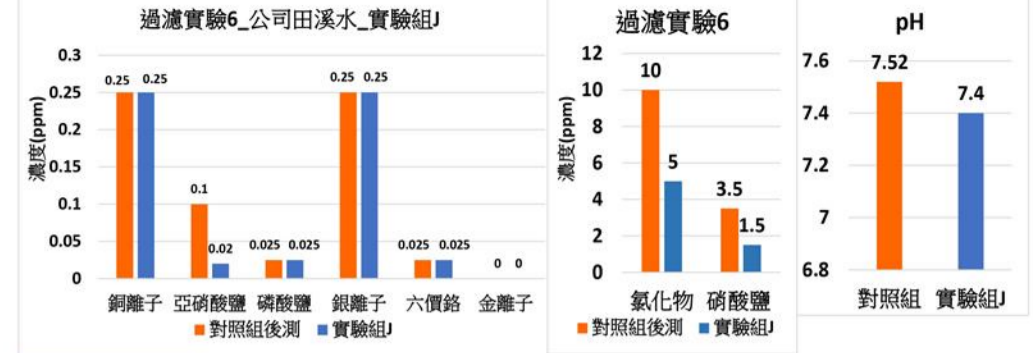
【實驗4-1】過濾方式:由外而內

製作步驟

1. 在陶濾芯中放入強力磁鐵，並使用鋁箔紙將陶濾芯封口。
2. 將陶濾芯放入塑膠盆中，並在塑膠盆下放也放置強力磁鐵，互相吸引後可以避免陶濾芯浮起來。
3. 將要過濾的水體加入塑膠盆中，至水位與陶濾芯瓶口水平。



【實驗4-2】過濾實驗6



過濾方式：

由外而內

過濾水體：

公司田溪水

實驗結果：

1. 這次實驗對於氯化物、亞硝酸鹽及硝酸鹽有明顯的過濾效果，其餘則無。
2. 過濾實驗6為測試由外而內的實驗是否可行，結果發現此的實驗方式不僅可以避免蒸發，要蒐集過濾後的水溶液也非常方便。

【實驗4-3】過濾實驗7

過濾方式：

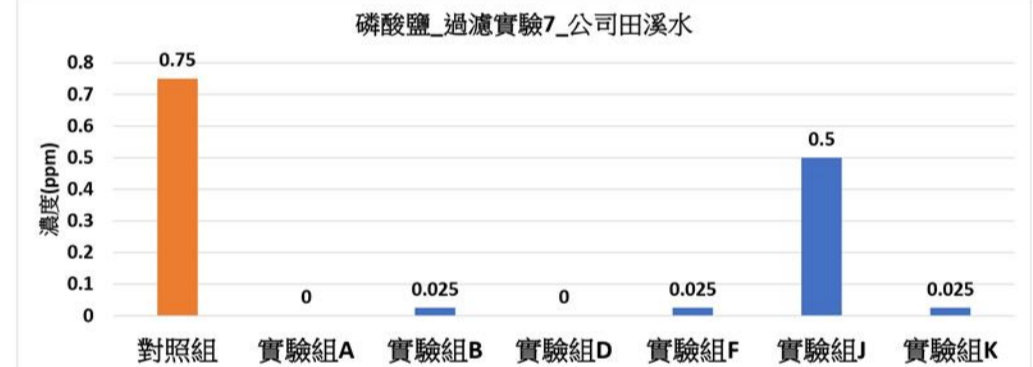
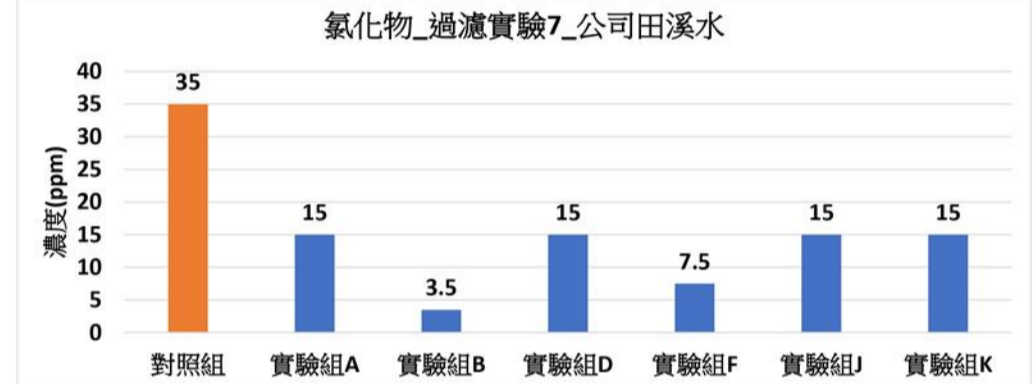
由外而內

過濾水體：

公司田溪水

選用陶濾芯及篩選原因

實驗組	實驗組A	實驗組B	實驗組D	實驗組F	實驗組J	實驗組K
無麵粉且容器較大過濾速度較快	麵粉20g且容器較大過濾速度較快	麵粉40g且容器較大過濾速度較快	相較於同一批的實驗組E.G效果佳	素燒500°C代表，過濾速度快	麵粉120g過濾速度快	麵粉120g過濾速度快



實驗結果：

1. 過濾實驗7中氯化物過濾效果依然非常好，磷酸鹽的過濾效果也非常明顯。
2. 硝酸及亞硝酸鹽則過濾效果不佳，我們推測與過濾器的使用次數或硝酸氧化成亞硝酸有關係。
3. 第四次的製作方式配合500°C的燒結方式，再加上又外而內的過濾方式，讓實驗速度提升很多。

【實驗5】第五次陶器製作

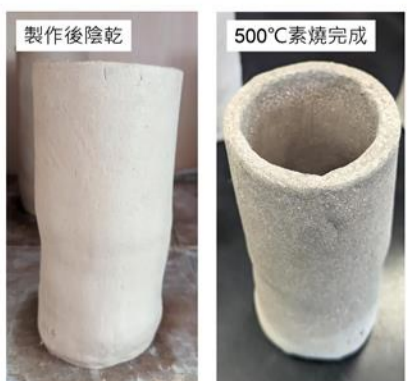
製作步驟改進特點：

1. 陶土混和麵粉的過程中加入鹽。
2. 利用鹽的潮解做為控制陶土濕度的方法。
3. 加高陶濾芯高度，成長圓柱狀。



製作結果：

1. 鹽可以防止陶土陰乾時發霉。
2. 鹽會在空氣中潮解而增加水分，就可以大幅的減少陶土中加水的次數。
3. 分次加鹽或加麵粉，這樣在製作的過程陶土才不會突然過濕或過乾，相比先前作法更易控制濕度。
4. 長圓柱狀可增加水壓，對速度有幫助。



【實驗6】過濾實驗8

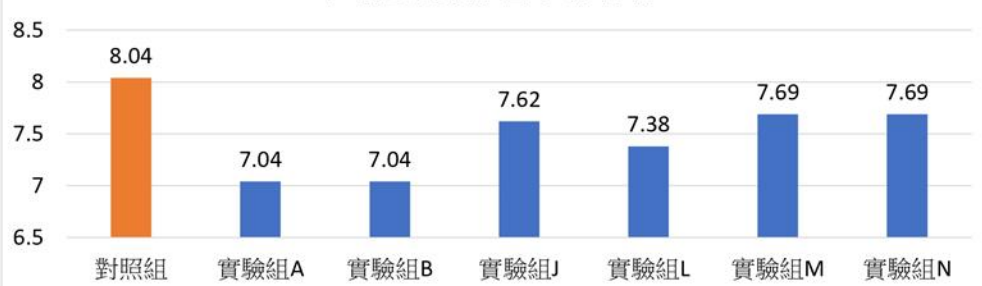
過濾方式：**由外而內**

過濾水體：**公司田溪水**

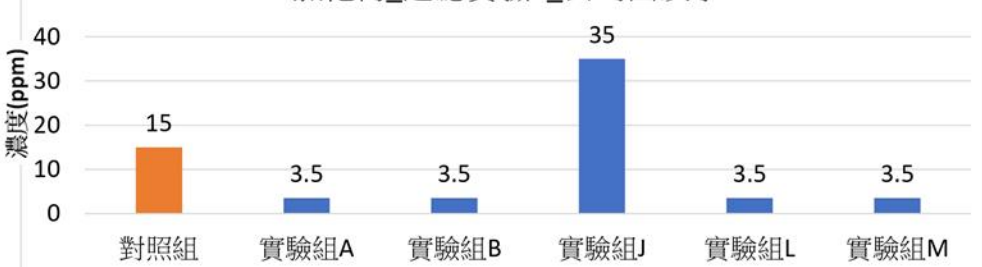
選用陶濾芯及篩選原因

實驗組A	實驗組B	實驗組J	實驗組L	實驗組M	實驗組N
無添加麵粉做比較且容器大過濾速度較快	過濾速度尚可，過濾效果好	500°C代表，過濾速度快	長筒形500°C過濾速度快加鹽代表1	長筒形500°C過濾速度快加鹽代表2	長筒形且500°C過濾速度快加鹽代表3

pH_過濾實驗8_公司田溪水



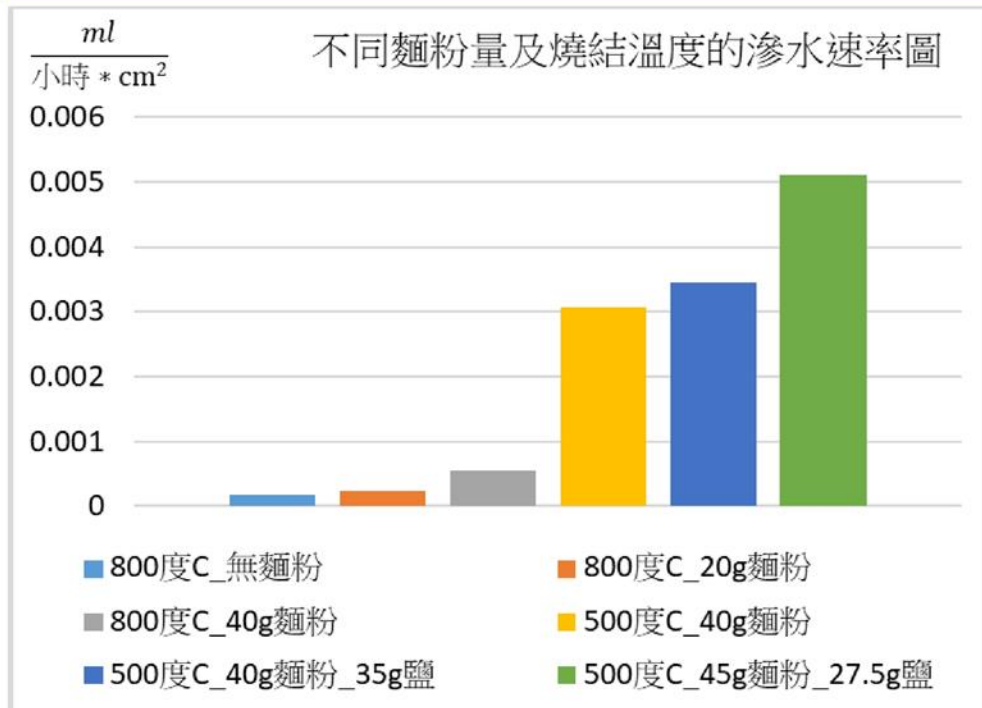
氯化物_過濾實驗8_公司田溪水



實驗結果：

- 過濾後水溶液整體pH值趨近中性。
- 氯化物(除實驗組J)都有明顯過濾效果。

【實驗7】過濾速度實驗

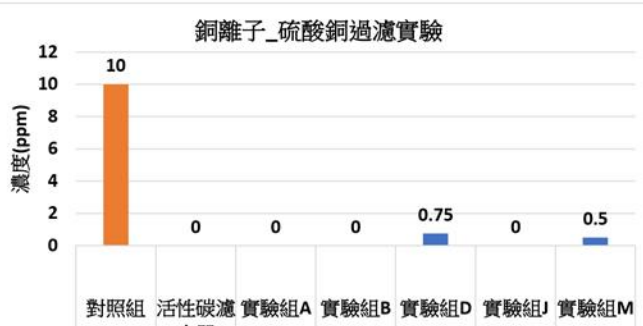


實驗結果：

- 500°C的滲透速度比800°C的滲透速度快很多，推測可能是因為溫度越高，縫隙越密合；反之亦然，且500°C又是本實驗用陶土的最低燒結溫度。
- 加入陶土中的麵粉量越多，水的滲透速度也會越快，可以證明陶土中混和入麵粉可以增加孔隙數量。
- 燒結溫度對於過濾水的速度的影響大於麵粉量對於過濾水的速度的影響。

【實驗8】過濾硫酸銅實驗

過濾方式：**由外而內**
過濾水體：**硫酸銅水溶液**
(10L水加入0.39g的五水合硫酸銅，約10ppm)



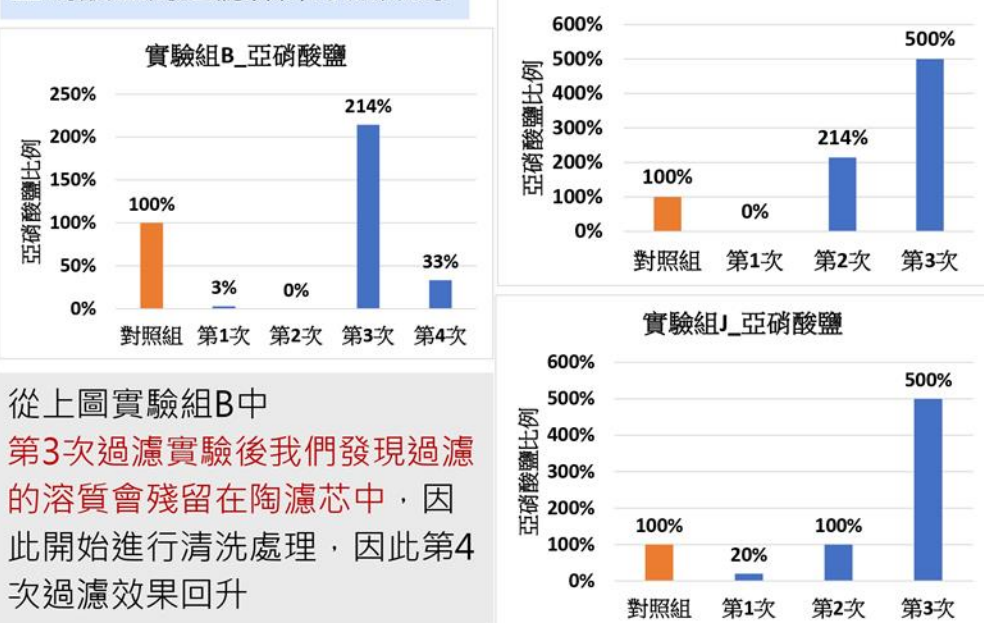
實驗結果：

- 之前的溪水過濾實驗中，金屬離子濃度都非常低，陶濾芯沒有明顯的過濾效果，我們嘗試調製過濾水體，將銅離子的濃度調整到接近共立檢測包的上限(10ppm)。
- 驗證文獻中提到活性碳可以過濾水中重金屬離子，而且效果非常好。
- 發現陶濾芯在銅離子濃度較高的時候，也具有過濾效果。



陸、綜合討論

亞硝酸鹽的過濾效果衰減現象



從上圖實驗組B中第3次過濾實驗後我們發現過濾的溶質會殘留在陶濾芯中，因此開始進行清洗處理，因此第4次過濾效果回升

將有重複進行多次實驗的陶濾芯進行實驗數據的比較後發現，大部分的陶濾芯在第一次進行過濾時對於亞硝酸鹽是具有過濾效果的，但在進行第二次或第三次實驗後，過濾後溶液中的亞硝酸鹽的過濾效果都比第一次差。

柒、結論

一、陶濾芯製作時同時加麵粉和鹽是最佳方式

- 陶土混和麵粉時，可加入鹽利用潮解控制水分。
- 加鹽陶器陰乾時，鹽可控制陶土表面水分，避免乾燥而產生裂痕；且可以避免陶土發霉。
- 壓土坂時，使用桿麵棍效果較好，不易裂開；外型製作可採用長圓柱狀，利用1片底板和2片側板組合較容易成功。

二、使用陶濾芯進行過濾的水由外而內是最佳方式

- 由外而內過濾時陶濾芯和水接觸的面積較大，且有封口減少蒸發的情況。

三、陶濾芯對於水中溶解物質具有過濾效果

- 陶濾芯過濾後，各種水體的清澈度明顯上升。
- 過濾後水體pH值趨近中性，亞硝酸鹽、氯化物、磷酸鹽及硝酸鹽的濃度都有明顯下降，都證明具有過濾效果。

四、陶濾芯對亞硝酸鹽、氯化物、磷酸鹽及硝酸具有過濾效果

- 其中對於氯化物的過濾效果最佳。

五、陶濾芯對高濃度(10ppm)金屬離子有過濾效果

- 在公司田溪水的研究中陶濾芯對銅離子、銀離子、六價鉻離子、金離子沒有明顯的過濾效果。
- 在過濾硫酸銅水溶液的研究中，當銅離子濃度接近10ppm時，陶濾芯就有明顯的過濾效果，但是我們採集的天然水體沒有如此高的銅離子濃度。

六、陶濾芯的尺寸、燒結溫度、配方對過濾的影響

- 陶濾芯尺寸會影響與水接觸的面積，進而影響過濾速度，陶濾芯表面積越大，過濾速度就越快。
- 燒結溫度會影響陶土中的孔隙大小，燒結溫度500°C的滲水速度比燒結溫度800°C快很多。
- 加入麵粉可以增加陶土中的孔隙數量，對於過濾的速度也有提升效果。
- 綜合上述製作方式的調整，從第一次到第五次製作中過濾速度的最大提升差距超過30倍速；相同配方、不同溫度及尺寸也明顯提升超過6倍速。

捌、未來研究方向

- 本次研究雖然成功做出透水的陶濾芯，但是透水的速度有快有慢，無法控制；未來可以往多孔隙的陶土進行深入研究，讓濾芯的品質更加穩定。
- 水中金屬物質無法用陶濾芯過濾，不過可以用吸附的方式處理，未來可以在陶濾芯中加入活性碳等材質加強過濾的效果。

玖、參考資料

- 觀念化學 I by John Suchoci, Ph. D. 天下遠見出版有限公司 2006 年 5 月 11 日。
- 觀念化學 II by John Suchoci, Ph. D. 天下遠見出版有限公司 2006 年 5 月 11 日。
- 陶瓷茶壺燒成溫度對茶湯影響。2017，國立成功大學，臺灣陶瓷學會年會暨科技部專題研究發表會。
- 行政院環境保護署之飲用水水質標準。