

新竹市第四十一屆中小學科學展覽會

作品說明書

科別：生物科

組別：國中甲組

作品名稱：探討藻類絮凝的影響

關鍵詞：藻類萃取、絮凝

編號：

目錄

摘要.....	2
壹、研究動機.....	3
貳、研究目的.....	3
參、研究設備及器材.....	4
肆、研究過程或方法.....	5
伍、研究結果.....	9
陸、討論.....	23
柒、結論.....	26
捌、未來展望.....	26
玖、參考文獻資料.....	27
拾、附件一.....	28

摘要

看到學校裡的池水總是綠的，清理過後不到兩個禮拜變回原本的樣子，我們推測是因為日照的因素，導致池水快速地變回原本混濁的狀態。我們取了一些藻水，到顯微鏡下觀察後，發現其中含有許多藻類，因此我們挑選其中一種池水中常見的藻類，小球藻。學校清理水池的方法是將水全部換掉，雖然這樣的做法很有效，但是缺點是會消耗大量的水。而在七年級下學期第五章中的生物多樣性面臨的危機中，我們有學到一些關於優養化的知識和原理，也透過老師知道原來我們學校的生態池就是傳說中的優養化。因此我們設計一系列的實驗去探討萃取池水中的藻類，使用天然的礦物讓藻類絮凝或過濾後會是澄清的狀態，幫助池水中的生態和外觀，也不需要常常起人來清理生態池。

根據我們的實驗結果，使水中的藻類絮凝達到較佳效果的條件是：(1)用甲殼素和矽藻土作為絮凝劑，在強酸和強鹼下效果最好，其中強鹼(酸鹼值為 11)的效果最好。(2)除了矽藻土之外，澱粉、碳粉、高嶺土和甲殼素混合後的絮凝效果也很好，其中以澱粉最佳，而雲母的效果不佳。(3)使用過濾法時，過濾藻類效果：碳粉 > 雲母 = 高嶺土 > 澱粉 > 二氧化鈦。(4)使用過濾法時，混合後直接過濾效果 > 放置一段時間後再過濾。

壹、研究動機

從七年級來到學校時，我們就注意到校園中有三個不同位置的水池，其中有一池水常換水後沒兩天就開始變綠，在陽光充足時更易爆發藻類大量生長，讓水池又綠又濁。在七年級第二冊第五章環境保護與生態平衡 5-2 生物多樣性面臨的危機中，學到關於優養化的相關知識；在七年級第二冊第三章多采多姿的生物世界中，學到藻類是原核生物界的生物，而藻類生長的方式是無性繁殖需要陽光與養分。我們看到生態池中這麼綠的池水後，想了解三個校園水池造成水藻生長的差異性與原因，是否可以利用天然的礦物可以去除過濾藻類達成淨化水質的目標。

貳、研究目的

一、校園水池生態調查

- (一) 生態調查
- (二) 水質調查

二、小球藻的培養：

- (一) 探討不同的碳源(碳酸鈉與碳酸鈣)對小球藻生長的影響
- (二) 探討取種不同深度對小球藻生長的影響

三、探討在不同 pH 值下、甲殼素和矽藻土比例對小球藻絮凝效果

四、探討甲殼素和不同礦物比例對小球藻絮凝的影響

五、探討 0.2、0.5g 礦物(雲母、澱粉、高嶺土、碳粉、二氧化鈦)和小球藻混合後經不同的混合時間過濾的效果

參、研究設備及器材

一、生態調查: 硝酸鹽、亞硝酸鹽測試劑、水質測試紙

二、絮凝: 矽藻土、甲殼素(粉狀和液體)、小球藻

三、機器: 分光光度計

四、過濾和培養: 碳酸鈣、碳酸鈉、雲母、澱粉、高嶺土、碳粉、二氧化鈦

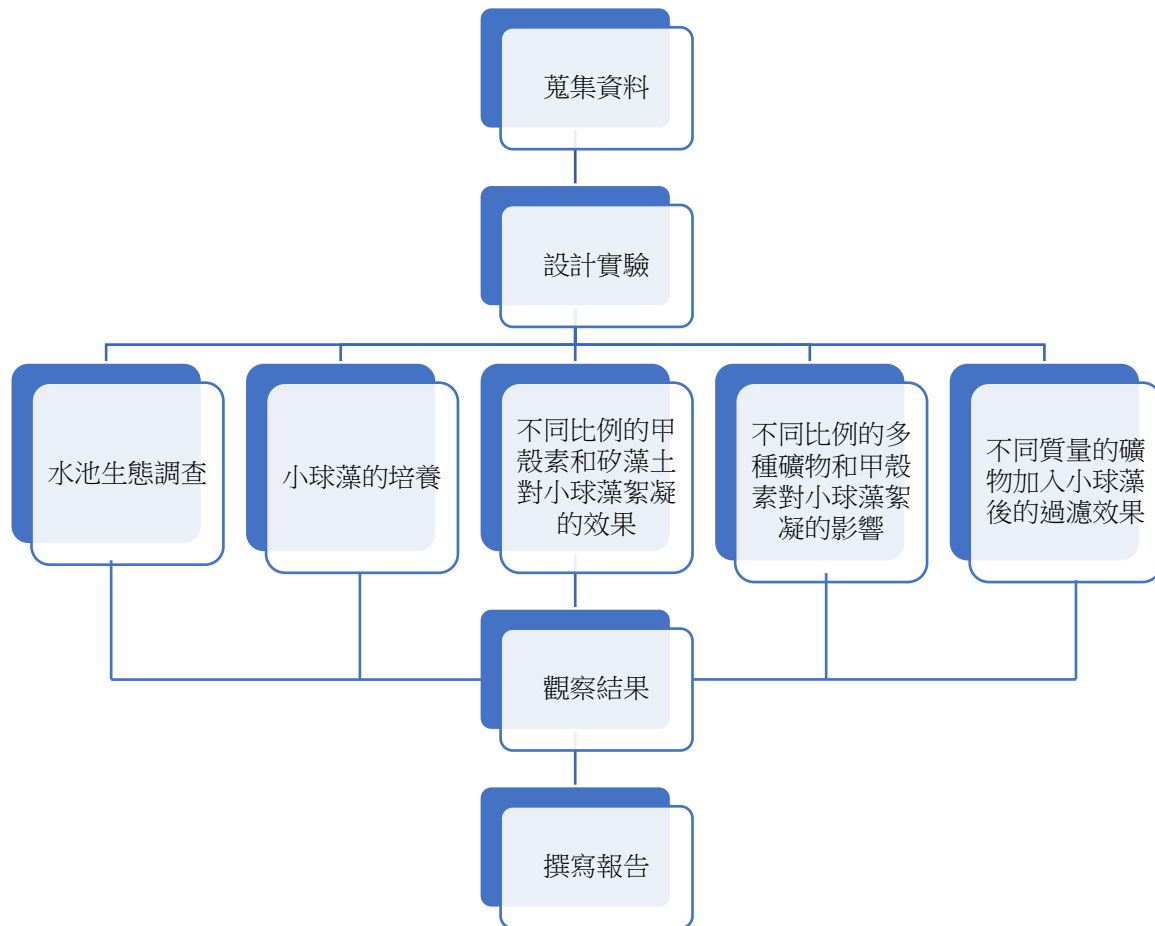
五、其他器材: 燒杯(不同尺寸)、玻璃棒、試管、酒精燈、滴管等用具

表一 實驗器材、設備

小球藻		澱粉		硝酸鹽	
矽藻土		高嶺土		亞硝酸鹽	
甲殼素		碳粉		水質測試	
二氧化鈦		分光光度計			
雲母		碳酸鈣 / 鈉			

肆、研究過程或方法

一、過程和方法如圖一



圖一 實驗過程

二、文獻回顧

(一)在維基百科中提到：優養化的是水中氮、磷等植物營養物質含量過多所引起的水質污染現象。而藻類也是導致水混濁的一大主因。常見藻類中有小球藻，小球藻屬物種能夠在簡單環境裡通過光合作用迅速繁殖，只需要提供足夠的二氧化碳、水、陽光和少量礦物質。雲母、高嶺土等礦物，可以分離水中的污染物。將原水中除去污染物的淨化，可以用過濾、沉澱等方法，稱為水質淨化。

(二)礦物特性

- 1.雲母：硬度 2.5~3 ，比重 2.75~3.0。化學式： $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$
- 2.高嶺土：主要呈白色軟泥狀，顆粒細膩，狀似麵粉。化學式： $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$
- 3.碳粉：性質柔軟，也可作潤滑劑（因為層與層間能輕易平行滑動）。化學式： C

4.二氧化鈦：粒子細而均勻，粒徑分布窄。化學式： TiO_2

(三)李世民(民國 99 年 6 月)在台灣博碩士論文知識加值系統中提到甲殼素和矽藻土可以使小球藻沉降。

(四)甲殼素：化學式： $\text{C}_8\text{H}_{13}\text{O}_5\text{N}$ 。又名幾丁質，甲殼素是自然界的一種半透明而堅固的材料，常見於真菌的細胞壁、節肢動物（如蝦、蟹、昆蟲）的外骨骼。

(五)紀威宇(民國 101 年)提出使用碳酸鈉與碳酸鈣為碳源，進行藻體之培養。由產量及投入的碳酸鈉量之比值得知，小球藻之培養效果於碳酸鈉添加量 2.5g/L 時達到 1.7g 為佳。由產量及投入的碳酸鈣量之比值得知，小球藻之培養效果於碳酸鈣添加量 2.5g/L 時達到 1.42g/L 為佳。

三、實驗步驟

(一)實驗一、校園水池生態調查

- 1.生態調查：觀察三種生態池的動植物有何不同，將三個做比較
- 2.水質調查：使用水質測試紙，測量水中的酸鹼值，硬度等

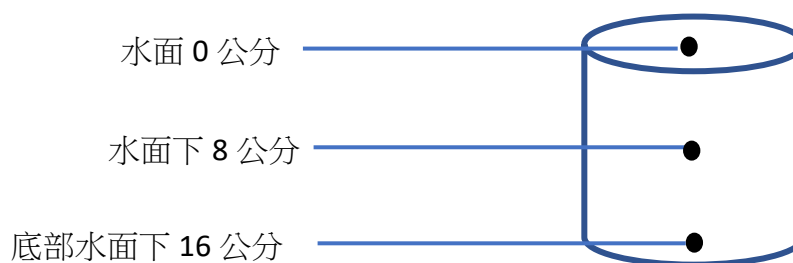
(二) 實驗二、小球藻的培養

1. 不同的碳源(碳酸鈉與碳酸鈣)對小球藻生長的影響

將 350ml 的水加入 50ml 的小球藻共八瓶，分別加入 0.65g 、 1.25g 、 1.9g 、 2.5g 的碳酸鈣與碳酸鈉兩種碳源，靜置一星期後觀察結果。

2. 探討取種不同深度對小球藻生長的影響

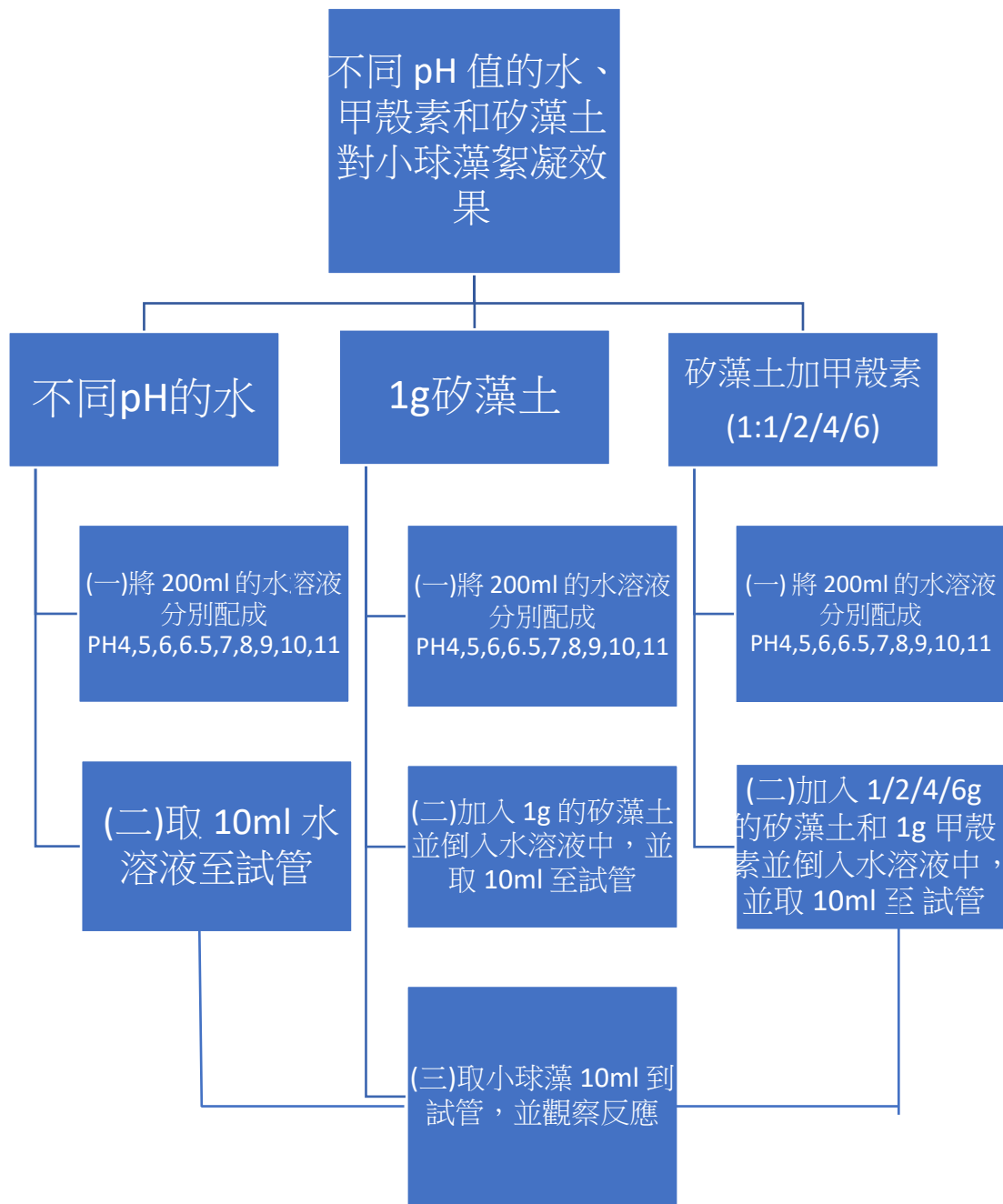
取不同深度(水面、水面下 8 公分、容器底部)的藻水各 50ml ，加入 350ml 的清水中後，至於有光處培養，逐周後抽取培養後的藻水，以分光光度計檢測其吸光值。位置如圖二



圖二 抽取小球藻位置圖

(三)實驗三、甲殼素和矽藻土對小球藻絮凝效果

實驗步驟如圖三



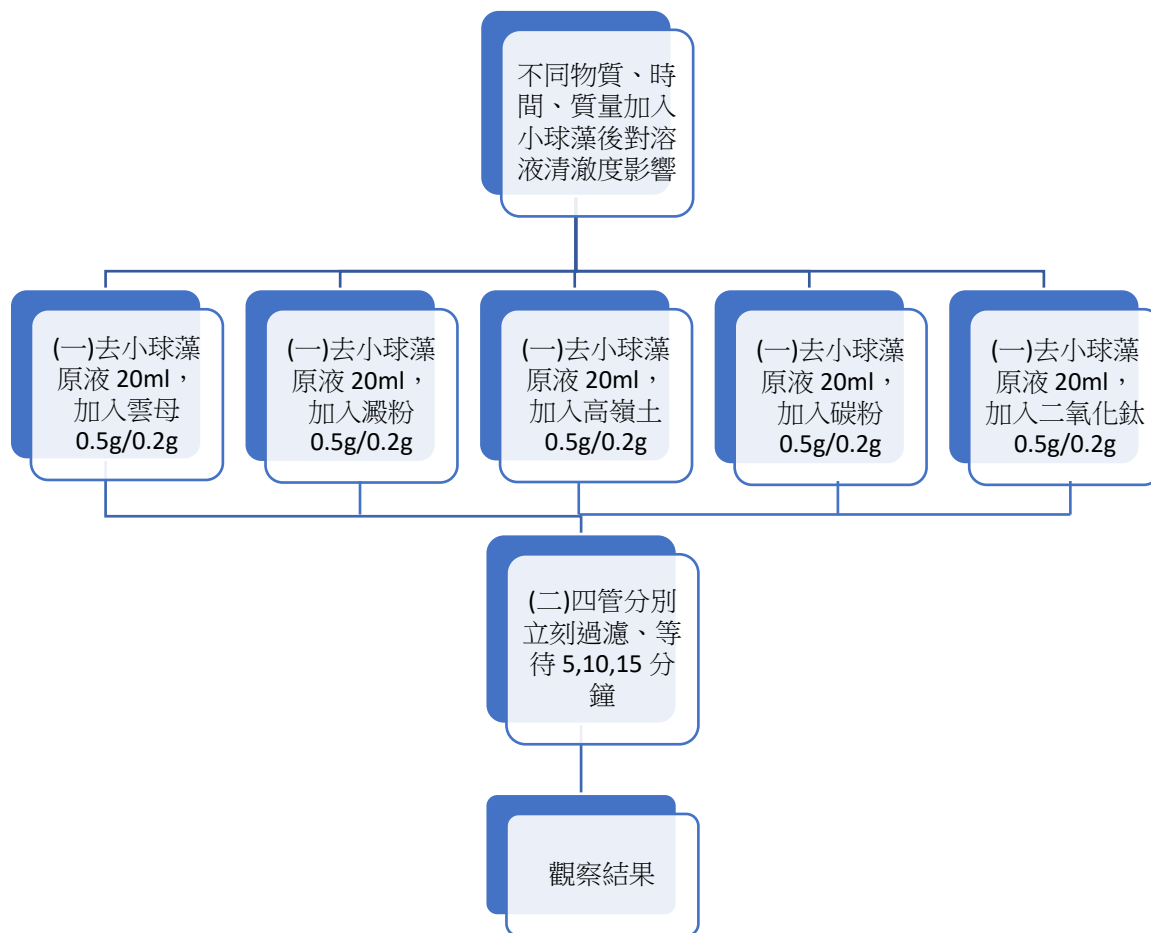
圖三 實驗步驟流程圖

(四)實驗四、甲殼素，不同礦物比例對小球藻絮凝的影響

5ml 的水加入 5ml 的甲殼素，形成甲殼素水溶液。在將 0.5g, 1g, 1.5g, 2g 的礦物(雲母、澱粉、高嶺土、矽藻土、碳粉)加至甲殼素水溶液中，並加入 10ml 的小球藻中，靜置 30 分鐘後觀察結果。

(五)實驗五、不同物質、時間、質量加入小球藻後對溶液清澈度影響

實驗步驟如圖四







圖四 實驗步驟流程圖

伍、研究結果

一、實驗一：校園水池生態調查

(一) 生態調查

表二 校園三個水池的生態及水質調查 各種植物加入藻水後的狀況參見附件一(p23)

地點	1 號	2 號	3 號
動植物	動物：有。魚(錦鯉) 植物：無	動物：水中小生物 植物：有，最多。 水韭菜	動物：有。烏龜 植物：有，少量蕨類
陽光	最多。一面為教學大樓，一面為開放式，會照射到陽光	不太常照到陽光。位置在兩棟大樓中間	陽光少量，在一棟四方型大樓中間
水來源	一般自來水(水塔)	一般自來水(水塔)	飲水機的水
是否流通	水不流通 若水髒，整池換水	放入自來水，有排出口	放入飲水機的水 有排出口
打氣設備	有，兩小時打氣一次	無	無
照片一			
照片二			
池水狀態	下面無泥巴 池水又綠又濁	下面有底泥 池水乾淨	下面無泥巴 池水非常乾淨

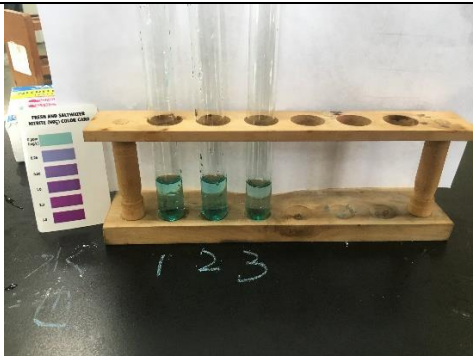
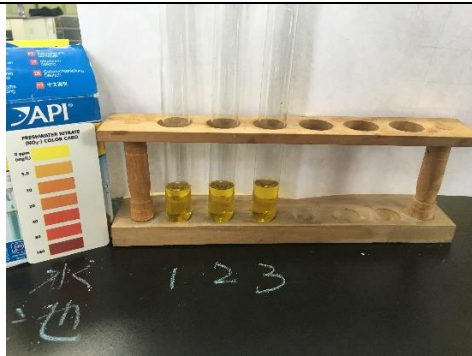
根據表二顯示，有種植物的較沒種的乾淨，而使用飲水機的水會使水池的水不會混濁。

(二) 水質調查

表三 三個水池的水質狀態

水池 \ 項目	1 號	2 號	3 號
總氯	0	0	0
餘氯	0	0	0
pH 值	6.2	7.2	7.2
總鹼度	120	180	120
硬度	250	250	250
三聚氰酸	0	0	0
硝酸鹽	0	0	0
亞硝酸鹽	0	0	0

表四 硝酸鹽、亞硝酸鹽三個水池的濃度檢測

亞硝酸鹽濃度	硝酸鹽濃度
	

二、實驗二：小球藻的培養

(一) 不同碳源

1. 碳酸鈣 1.3g/L, 2.5g/L, 3.8g/L, 5g/L 小球藻水溶液

表五 小球藻加入碳酸鈣後生長狀況

時間 \ 濃度	0g/L(對照)	1.3g/L	2.5g/L	3.8g/L	5g/L
立刻測量	0.141	0.141	0.141	0.141	0.141
一天後	0.108	0.119	0.081	0.093	0.077
七天後	0.175	0.283	0.203	0.171	0.190

根據表五顯示，加入了碳酸鈣使濃度變為 1.5g/L 的小球藻水溶液，生長效果較好。

2. 碳酸鈉 1.3g/L , 2.5g/L , 3.8g/L , 5g/L 小球藻水溶液

表六 小球藻加入碳酸鈉生長狀況

時間 \ 濃度	0g/L(對照)	1.3g/L	2.5g/L	3.8g/L	5g/L
立刻測量	0.141	0.141	0.141	0.141	0.141
一天後	0.108	0.074	0.085	0.063	0.058
七天後	0.138	0.110	0.082	0.049	0.058

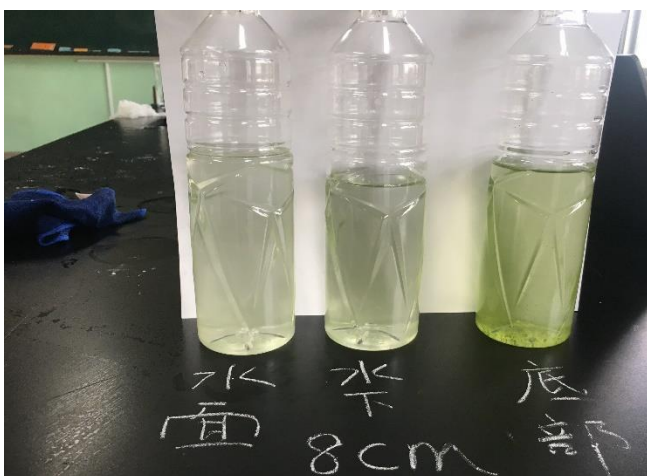
根據表六顯示，加入了碳酸鈣使濃度變為 1.5g/L 的小球藻水溶液，生長效果較好。

(二)探討抽取不同深度的小球藻對小球藻生長的影響

表七 水的不同位置對小球藻生長影響

水位	水面	水中 8 公分	水底
吸光值	0.026	0.027	0.104

根據表七顯示，抽取小球藻水溶液的底部，放置一周後，生長狀況最好。



圖五、小球藻生長狀況

三、實驗三：在不同 pH 值下、甲殼素和矽藻土比例對小球藻絮凝效果

(一)1g 矽藻土

表八 不同酸鹼值，矽藻土沉降狀況(矽藻土比甲殼素 1：0)

酸鹼性	酸				中性				鹼
藻類是否有絮凝或沉降	有 部分	有 部分	有 部分	有 部分	有 部分	有 部分	有 部分	有 部分	有 完全
絮凝後溶液比較	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	透明 清澈
沉降完全時間									30 秒

根據表八顯示，pH11 的水溶液加入小球藻後，絮凝的效果最好。

(二)1g 矽藻土和 1g 甲殼素

表九 不同酸鹼值，矽藻土沉降狀況(矽藻土比甲殼素 1：1)

PH 值	酸				中性			1	鹼
藻類是否有絮凝或沉降	有 部分	有 部分	有 部分	有 部分	有 部分	有 部分	有 部分	有 部分	有 完全
絮凝後溶液比較	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	透明 清澈

根據表九顯示，pH11 的水溶液加入小球藻後，絮凝的效果最好。

(三)2g 矽藻土和 1g 甲殼素

表十 不同酸鹼值，矽藻土沉降狀況(矽藻土比甲殼素 2：1)

PH 值	酸				中性				鹼
藻類是否有絮凝或沉降	有 部分	無	有 部分	有 部分	有 部分	無	無	無	有 完全
絮凝後溶液比較	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	透明 清澈
5 小時後	上層溶液是黃綠色	無 沉降	無 差異	無 差異	無 差異	無 差異	無 差異	無 差異	
備註			第三 乾淨	第三 乾淨	第二 乾淨				第一 乾淨
藻類生死	死	死	活	活	活	活	活	活	死

根據表十顯示，pH11 的水溶液加入小球藻後，絮凝的效果最好。

(四)4g 矽藻土和 1g 甲殼素


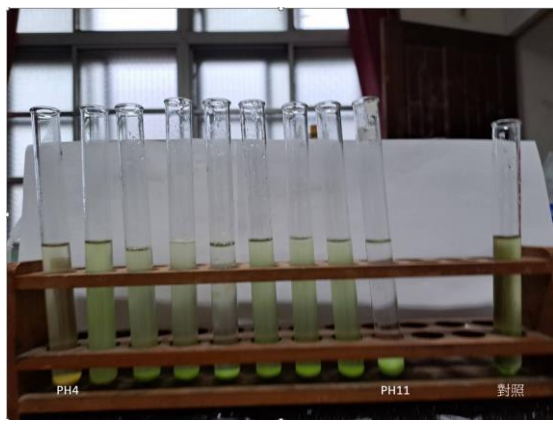


表十一 不同酸鹼值，矽藻土沉降狀況(矽藻土比甲殼素 4：1)

PH 值	酸 ←				中性				鹼 →
	有 部分	無	有 部分	有 部分	無	無	無	無	有 完全
藻類是否有絮凝或沉降	有 部分	無	有 部分	有 部分	無	無	無	無	有 完全
絮凝後溶液比較	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	仍有藻色	透明清澈
5 小時後	黃綠色		較原本透明	較原本透明					
備註	第二乾淨		第三乾淨	第三乾淨					最乾淨
藻類生死	死	死	活	活	活	活	活	活	死

*藻類生死依據-是否有冒泡

根據表十一顯示，pH11 的水溶液加入小球藻後，絮凝的效果最好。

表十二 在不同 pH 值下、甲殼素和矽藻土比例對小球藻絮凝效果

	
<p>不同酸鹼值，矽藻土沉降狀況(矽藻土比甲殼素 1：0)</p>	<p>不同酸鹼值，矽藻土沉降狀況(矽藻土比甲殼素 1：1)</p>
	
<p>不同酸鹼值，矽藻土沉降狀況(矽藻土比甲殼素 2：1)</p>	<p>不同酸鹼值，矽藻土沉降狀況(矽藻土比甲殼素 4：1)</p>

四、實驗四：甲殼素與不同物質比例對小球藻絮凝的影響

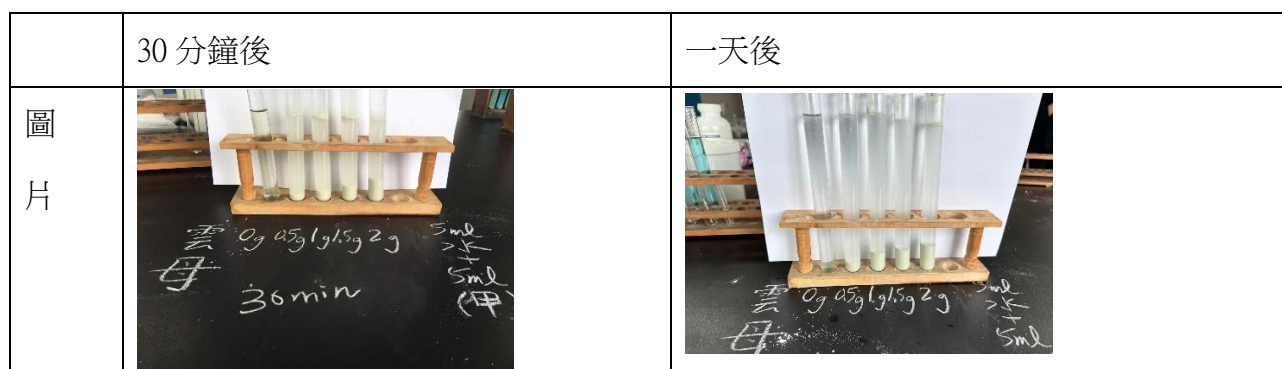
(一)10ml 甲殼素水溶液和不同比例雲母對小球藻絮凝的影響

表十三 不同質量雲母加入甲殼素水溶液後的吸光值

雲母質量	0g(對照組)	0.5g	1g	1.5g	2g
吸光值:30min	0.055	1.360	1.504	1.520	1.345
吸光值:一天	0.063	0.062	0.210	0.304	0.479

雲母放置一天後和 30 分鐘的效果沒有較對照組好。

圖六、加入雲母圖片對照



根據圖六顯示，雲母粉無法下沉達到絮凝作用。

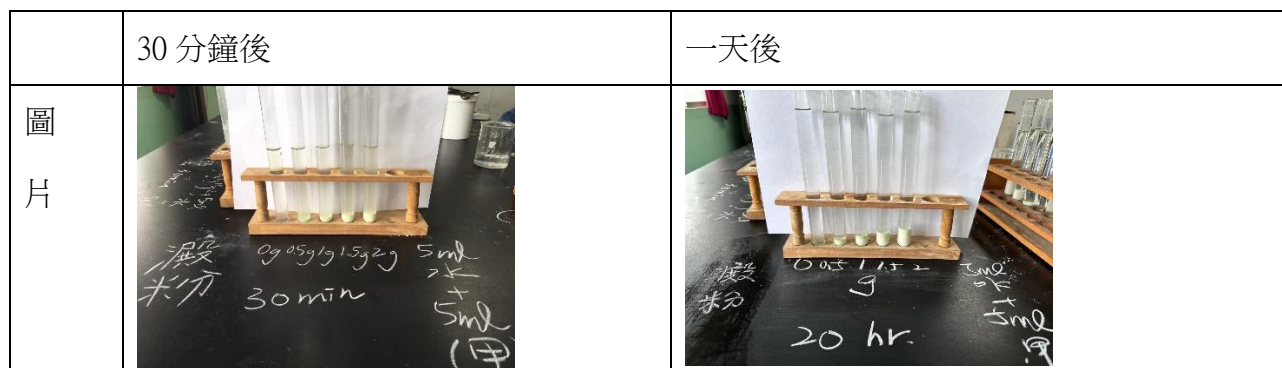
(二)10ml 甲殼素水溶液和不同比例澱粉對小球藻絮凝的影響

表十四 不同質量澱粉加入甲殼素水溶液後的吸光值

澱粉質量	0g(對照組)	0.5g	1g	1.5g	2g
吸光值:30min	0.055	0.063	0.078	0.077	0.082
吸光值:一天	0.063	0.017	0.013	0.010	0.011

澱粉 0.5g 加入後的效果較其他好，放置一天後效果更好。

圖七、加入澱粉圖片對照



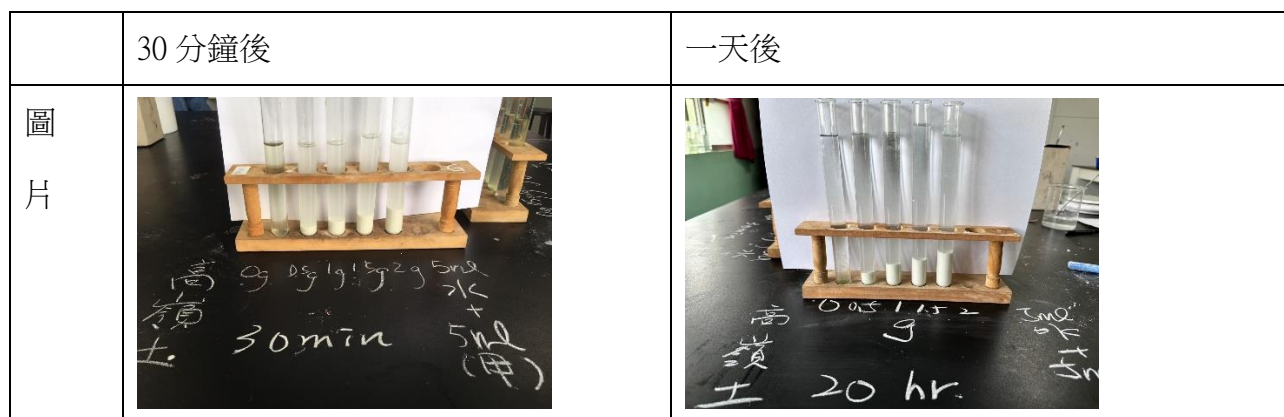
根據圖七顯示，澱粉有下沉，達到絮凝作用。

(三)10ml 甲殼素水溶液和不同比例高嶺土對小球藻絮凝的影響

表十五 不同質量高嶺土加入甲殼素水溶液後的吸光值

高嶺土質量	0g(對照組)	0.5g	1g	1.5g	2g
吸光值:30min	0.055	0.570	0.450	0.570	0.830
吸光值:一天	0.063	0.018	0.019	0.019	0.040

高嶺土加入後的效果沒有較對照組好，放置一天後效果都比原本好。 圖八、加入高嶺土圖片



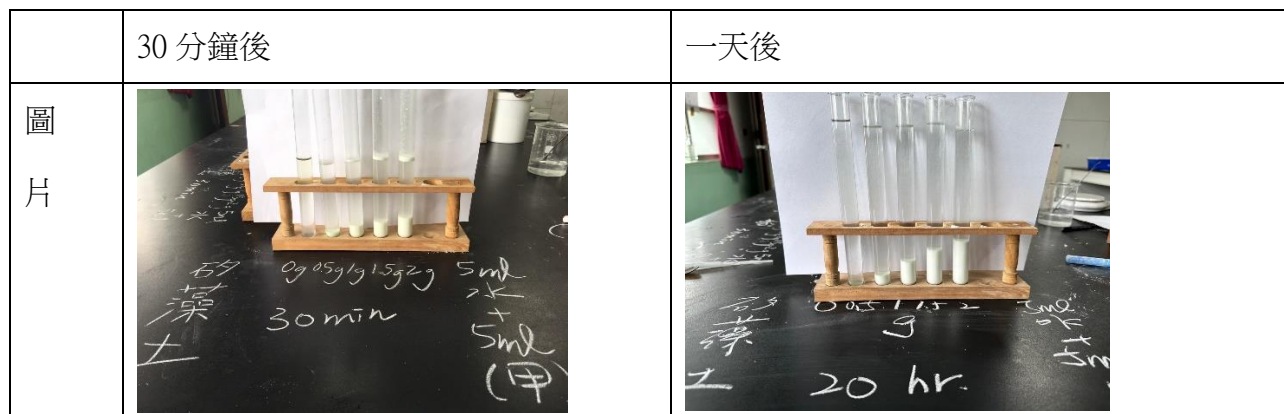
高嶺土無下沉，沒有達到絮凝作用，一天後都有下沉，效果明顯。

(四)10ml 甲殼素水溶液和不同比例矽藻土對小球藻絮凝的影響

表十六 不同質量矽藻土加入甲殼素水溶液後的吸光值

矽藻土質量	0g(對照組)	0.5g	1g	1.5g	2g
吸光值:30min	0.055	0.084	0.277	0.568	1.095
吸光值:一天	0.063	0.012	0.013	0.030	0.054

矽藻土加入後的效果沒有較對照組好，放置一天後效果都比原本好。 圖九、加入矽藻土圖片對



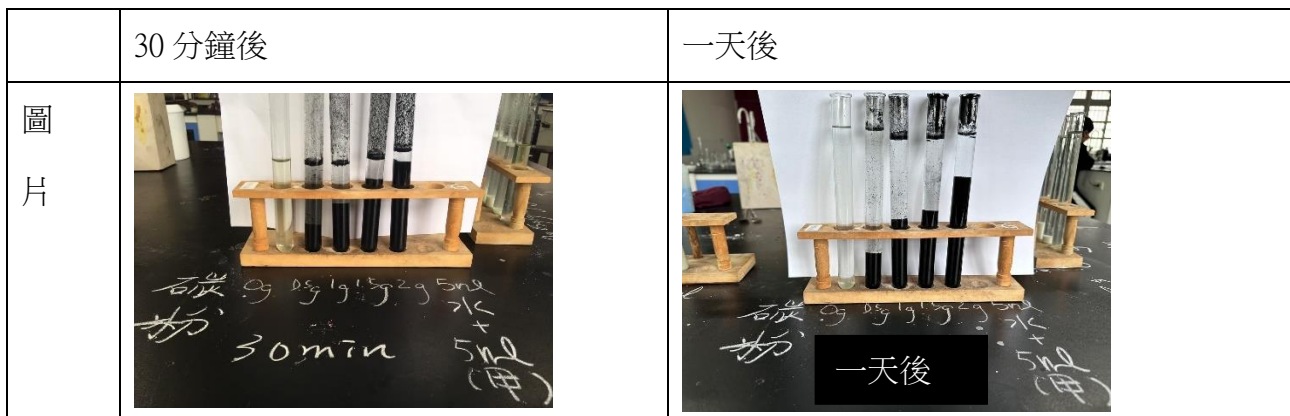
根據圖九顯示，矽藻土 0.5g 的有效果，但沒有對照組好。

(五)10ml 甲殼素水溶液和不同比例碳粉對小球藻絮凝的影響

表十七 不同質量**碳粉**加入甲殼素水溶液後的吸光值

碳粉質量	0g(對照組)	0.5g	1g	1.5g	2g
吸光值:30min	0.055	0.340	0.120	0.230	0.370
吸光值:一天	0.063	0.023	0.025	0.040	0.015

碳粉加入後的效果沒有較對照組好，放置一天後的效果都很好。 圖十、加入碳粉圖片對照



根據圖十顯示，碳粉因無法下沉，導致水混濁。

五、實驗五：不同物質、時間加入小球藻後對溶液清澈度影響

小球藻原液吸光值:0.305A，以濾紙過濾後吸光值:0.212A

以濾紙過濾後效果，仍可以看出綠色

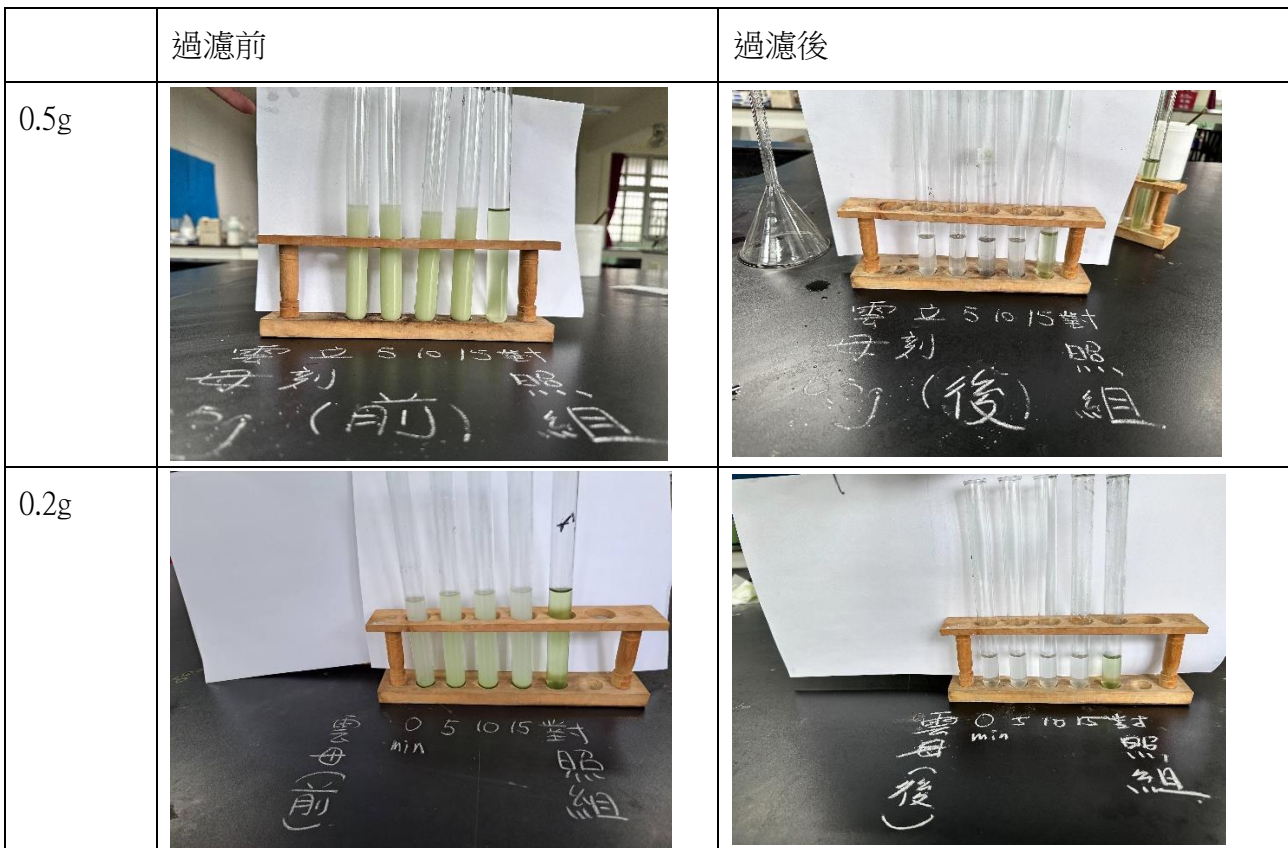
以此吸光值為基準，判斷不同礦物過濾的效果

(一)不同時間過濾雲母加 20ml 小球藻溶液-0.5g 和 0.2g

表十八 不同質量，加入雲母後過濾效果(吸光值越大，水越混濁)

質量 \ 過濾時間	立刻過濾	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘
0.5g	0.029	0.072	0.092	0.096
0.2g	0.036	0.029	0.075	0.115

雲母立刻過濾的效果較等待數分鐘的時間好，而質量對肉眼而言沒有太大區別，但若要更乾淨，則立刻過濾和等待 15 分鐘後過濾的質量較多效果更好，其餘兩個則是質量較少效果會較好。



圖十一、不同質量，加入雲母後過濾效果

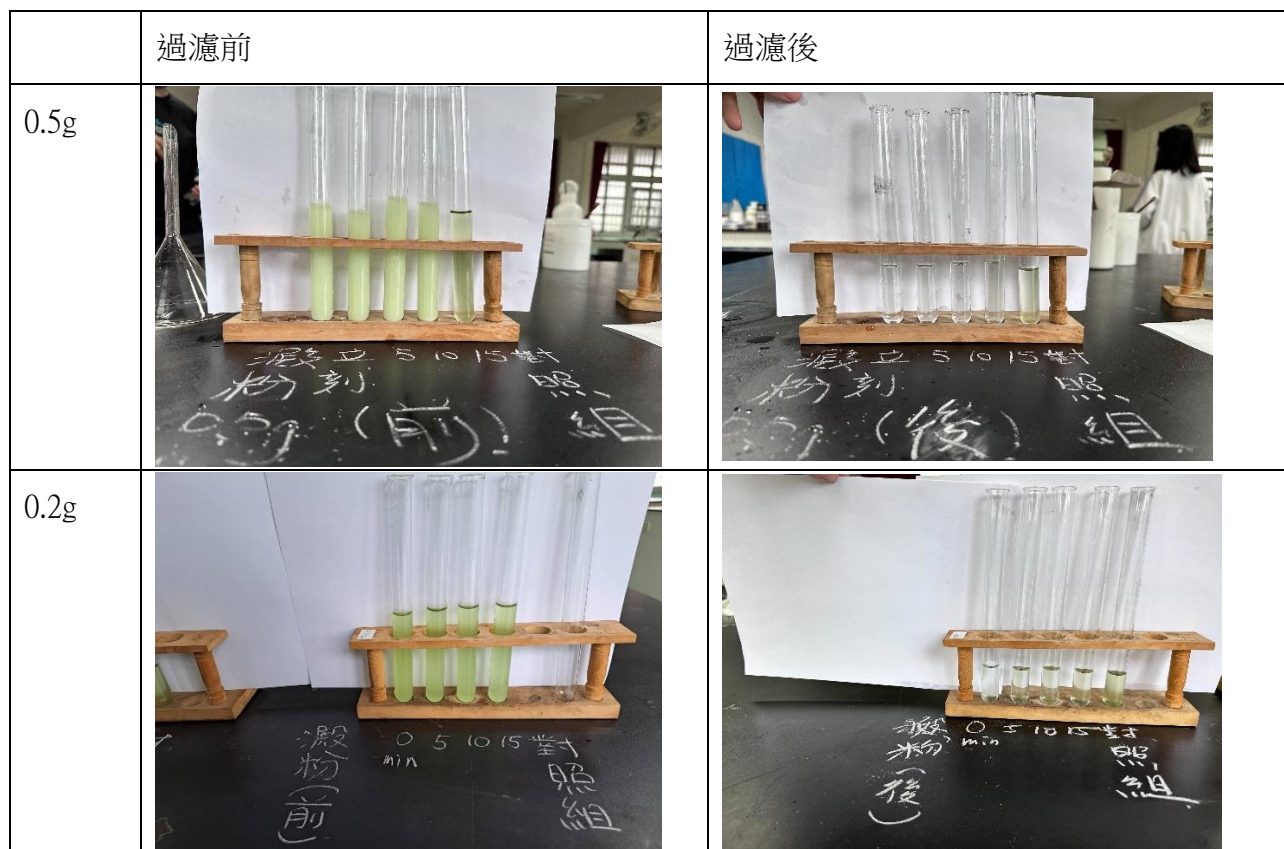
如圖十一所示，過濾之後較對照組，明顯乾淨許多。

(二)不同時間過濾澱粉加 20ml 小球藻溶液-0.5g 和 0.2g

表十九 不同質量，加入澱粉後過濾效果

質量 \ 過濾時間	立刻過濾	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘
0.5g	0.027	0.046	0.044	0.048
0.2g	0.017	0.050	0.039	0.050

數據如表十九所示，澱粉立刻過濾的效果較等待數分鐘的時間好，而質量對肉眼而言沒有太大區別，但若要更乾淨，則立刻過濾和等待 10 分鐘的質量較少效果更好，其餘兩個則是質量較少效果會較好。



圖十二 不同質量，加入澱粉後過濾效果

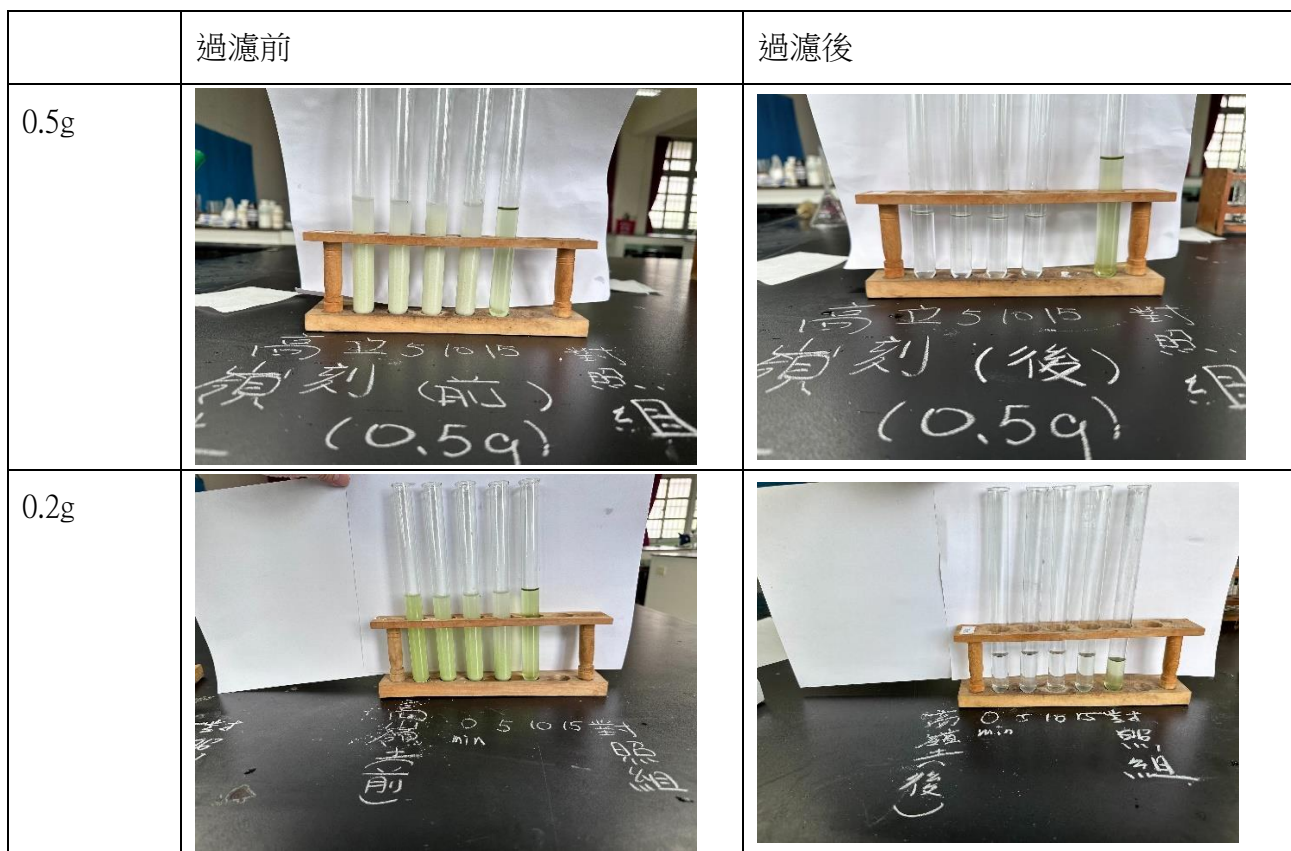
如圖十二所示，過濾之後較對照組，明顯乾淨許多。

(三)不同時間過濾高嶺土加 20ml 小球藻溶液-0.5g 和 0.2g

表二十 不同質量，加入高嶺土後過濾效果

質量 \ 過濾時間	立刻過濾	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘
0.5g	0.026	0.028	0.024	0.062
0.2g	0.023	0.042	0.023	0.033

數據如表二十所示，高嶺土立刻過濾的效果較等待數分鐘的時間好，而質量對肉眼而言沒有太大區別，但若要更乾淨，則立刻過濾和等待 10,15 分鐘的質量較少效果更好，等待 5 分鐘，則是質量較少效果會較好。



圖十三 不同質量，加入高嶺土後過濾效果

如圖十三所示，過濾之後較對照組，明顯乾淨許多。

(四)不同時間過濾碳粉加 20ml 小球藻溶液-0.5g 和 0.2g

表二十一 不同質量，加入碳粉後過濾效果

質量 \ 過濾時間	立刻過濾	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘
0.5g	0.011	0.011	0.013	0.010
0.2g	0.006	0.003	0.005	0.006

數據如表二十一所示，碳粉的效果無太大差別，而質量對肉眼而言沒有太大區別，但若要更乾淨，則質量較少則效果較好。



圖十四 不同質量，加入碳粉後過濾效果

如圖十四所示，過濾之後較對照組，明顯乾淨許多。

(五)不同時間過濾二氧化鈦加 20ml 小球藻溶液-0.5g 和 0.2g

表二十二 不同質量，加入二氧化鈦後過濾效果

質量 \ 過濾時間	立刻過濾	5 分鐘	10 分鐘	15 分鐘
0.5g	1.757	1.588	1.358	1.022
0.2g	0.738	0.906	0.879	0.923

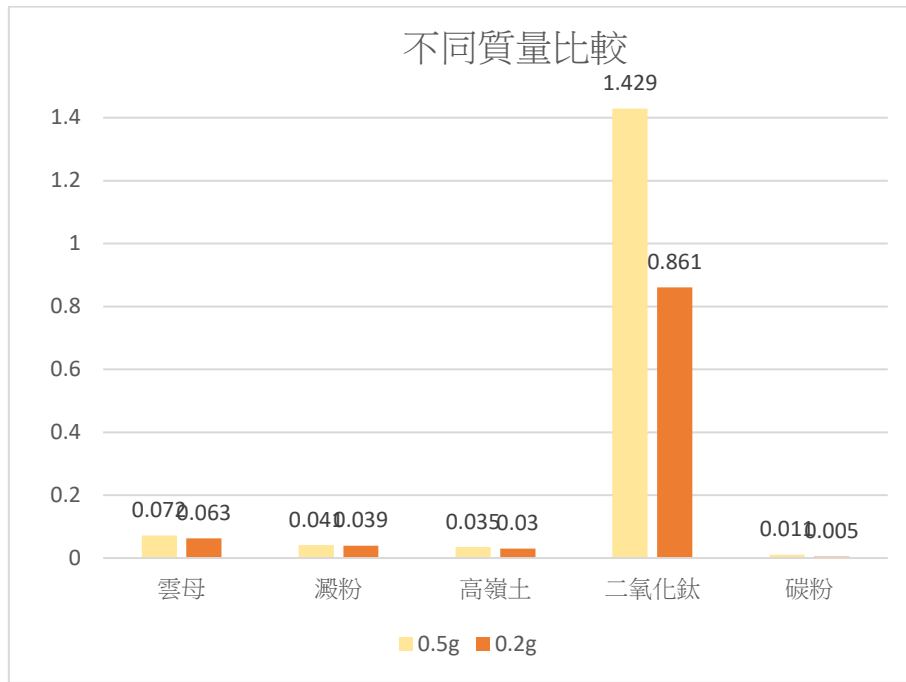
數據如表二十二所示，二氧化鈦等待數分鐘後的效果較立刻過濾好，而質量對肉眼而言沒有太大區別，都是白色混濁液體，而質量較少水的清澈度愈高。但因二氧化鈦的粉末較細緻，雖然可以把小球藻濾掉，但殘留的二氧化鈦卻依然濾出。



圖十五 不同質量，加入碳粉後過濾效果

如圖十五所示，過濾之後較對照組，沒什麼太大區別，而等待 15 分鐘的，濾液還有一些小球藻的綠色。

表二十三 不同質量、物質比較



根據表二十三顯示，使用二氧化鈦過濾的溶液效果最差，而碳粉是效果最好的，高嶺土是第二，澱粉第三，第四是雲母。

陸、討論

一、實驗一：校園生態調查

學校裡有三個水池：一面靠教學大樓的 1 號池、夾在兩棟樓中間的 2 號池及包圍在四棟校舍間的 3 號池，根據我們的觀察，發現 1 號池時常都是綠色混濁的狀態，與 2、3 號池的清澈大相逕庭。我們訪問過總務主任之後得知 1 號池學校約一個月就要清洗一次，而每次清理都耗費大量用水，然而換水沒有兩三天，就發現水開始混濁變綠。

我們參考文獻後發現，水會呈現綠色混濁狀可能是因為水中藻類過度繁殖，藻類的光合效率高，在光照充足環境下的生長速度快，能在短時間內大量增長。我們推測 1 號池可能出現類似「優養化」的狀態，原因可能有三：(1) 環境開放，陽光充足 (2) 水池中有鯉魚，可能有人拿魚飼料餵魚，飼料中的養分造成藻類繁殖過剩 (3) 水池中沒有其他植物和底泥，而且池中魚類會排放含氮物質，藻類得到含氮營養後更容易生長。相較之下，2 號池有許多水生植物與藻類競爭養分，而 3 號池的池水是來自四周校舍飲水機排放出的過濾廢水，加上四周都是遮蔽物導致光線不足，且兩池中都沒有魚類，因此這兩個水池的水都相當清澈。

因此我們決定先檢驗三池的水質是否如我們所預測，出乎意料的是，1 號池除了 pH 值略低於 2、3 號池之外，在含氮養分、餘氯等等項目與其他兩池幾乎沒有差別；而在我們多方詢問和觀察之下，也沒有發現有人用飼料餵食池中的魚類；我們也嘗試營造如 2 號池一般充滿水生植物的環境，在塑膠盒中放入 1 號池的池水和各種水生植物(水芙蓉、布袋蓮、銅錢草等)，然而種植效果不佳，而且雖然放置一週後水的濁度降低，但我們推測是盒中的藻類在無擾動的情況下自然沉澱，對照組也有同樣情況，因此不能推論是水生植物造成的效果。

二、實驗二：小球藻的培養

從實驗一的挫敗中，我們觀察到一個現象：「水中的藻類在無擾動的情況下會緩慢自然沉澱」然而 1 號池中時常有魚類游動或是水池打氣幫浦運作擾動，我們因此發想：「若能讓懸浮的藻類以較快的速度沉落，再把沉落的藻類清理掉，就可以不用時常換水了！」因此我們選用常見的藻類—小球藻 (Chlorella) 作為研究的對象，小球藻本身容易懸浮在水中，利於進行沉降實驗，由於我們預計會做長期實驗需要大量藻水，但是我們放置在戶外的小球藻卻常發黃死亡，故先嘗試如何有效率的培養小球藻。

我們從「添加碳源」和「藻缸中取藻種的位置」兩處著手：

(一) 文獻中提到，小球藻培養效果於碳酸鈉添加量 2.5g/L 時達到小球藻產量 1.7g/L 為佳；

球藻之培養效果於碳酸鈣添加量 2.5g/L 時達到產量 1.42g/L 為佳。而經過我們實驗後，我們發現濃度為 1.3g/L 碳酸鈣小球藻水溶液，效果為其中最好的。而碳酸鈉小球藻水溶液，效果就沒有像碳酸鈣好，效果比較不明顯，故我們選擇添加碳酸鈣進行培養。

(二) 我們培養藻水的方法是：取出部分原本的藻水放入新容器，加入清水後放置在有光處並用魚缸打氣設備供氧。在此過程中，我們發現如果取舊容器底部帶有許多絮狀沉澱物的藻水，生長速度會快得多，根據此觀察我們以滴管抽取三個不同區段藻水(水面、中間、底部)後進行培養。結果顯示，底部的藻水培養結果明顯優於水面組和中間組，我們推測可能是因為底部沉落許多結成絮狀的小球藻，故繁殖的速度快於其他兩者。

三、實驗三：甲殼素和矽藻土對小球藻絮凝效果

我們在微藻污水處理新技術資料中得知，在污水處理的程序中，時常會加入絮凝劑—絮凝劑可以與水中藻類形成棉絮狀的集合體，這些絮凝物可以較快沉落在容器底部，方便進行後續處理。其中令我們感興趣的是，日常生活中用於除濕的矽藻土和蝦蟹殼中含有的甲殼素兩者以固定比例混合後，竟然也有絮凝的效果，故我們選擇這兩者作為絮凝劑的材料。而影響絮凝效果的原因有藻細胞濃度、酸鹼值等，文獻中亦提到：當酸鹼值調至 11 時，會有 75 %的絮凝效果，酸鹼值大於等於 11.5 時，會有 95 %的絮凝效果。

因此我們使用酸鹼值 4-11 的水溶液做調配。我們發現效果如上文所說，矽藻土和甲殼素的比列為「1:0」、「1:1」、「2:1」、「4:1」時，酸鹼值為 11 環境的絮凝效果是其中最好的，而其中酸鹼值為 4 時藻類呈黃色，文獻中顯示，當酸鹼值高於 13 時，絮凝狀況又快又徹底，但是藻細胞顏色發黃，表示其細胞已受到較為嚴重的 pH 損傷，我們推測不僅是強鹼，利用強酸作為絮凝劑時也會導致藻細胞變成黃色。

四、實驗四：甲殼素與不同物質比例對小球藻絮凝的影響

在矽藻土和甲殼素實驗的過程中，我們觀察到矽藻土和甲殼素混合液在藻水中沉落時，會將藻類往下帶到試管底部，我們因此猜想：「是不是其他礦物或大分子與甲殼素混合後都能有類似效果？」因此除了矽藻土外，我們使用其他礦物或大分子化合物：雲母、高嶺土、澱粉、碳粉進行實驗，放置 30 分鐘後，使用分光光度計看效果。

我們發現加入了澱粉後的甲殼素水溶液，其上清液的吸光值較對照組低，表示其中的小球藻有沉降，使得水溶液中藻類較少，而其他的並沒有太大效果。我們推測是因為只有放置 30 分鐘，粉末尚未完全沉澱，影響到分光光度計結果。

放置 20 小時讓其中粉末沉澱之後，我們發現除了雲母外，其餘的吸光值都下降了不少，都比對照組的吸光值少很多，其中澱粉的效果最為明顯，其次是碳粉和矽藻土，最後是高嶺土。可見除了文獻中提到的矽藻土外，澱粉、碳粉、高嶺土也是幫助沉降的選擇。

另外，我們觀察到一個特殊現象：其實在質量較少的時候，除了雲母之外的四種物質絮凝效果都很好，但是質量較多的時候，澱粉卻和高嶺土、碳粉出現差異。

因為澱粉組的沉澱物沉落到底部後非常緊密，幾乎不會有懸浮物；加入矽藻土的試管中有棉絮狀的懸浮物在試管底部；加入碳粉的試管中，有些碳粉顆粒懸浮在水中，而且管壁有一些碳粉殘留。這兩組的上清液以肉眼觀察其實與澱粉組相去無幾，但是這些懸浮物在用滴管吸取的過程中極難避免，我們認為這是導致質量高時吸光值偏高的原因。

五、實驗五：不同物質、時間加入小球藻後對溶液清澈度影響

我們將小球藻用濾紙過濾後，發現因小球藻的顆粒很小，因此沒辦法留在濾紙上。所以我們用五種物質分別加入藻水後，以濾紙過後檢驗其上清液中藻類吸光值。我們發現添加以上五種物質可以使過濾藻類的效果提升，於是我們進一步研究，是否能用更少的質量，做出相同或是更好的效果，而結果顯示，用 0.2g 的效果較 0.5g 更好。

在小球藻中加入雲母、澱粉、高嶺土、二氧化鈦和碳粉並過濾後，水質的乾淨度有明顯提升(肉眼可觀察到)，五種物質過濾藻類的能力排序為：碳粉>雲母=高嶺土>澱粉>二氧化鈦。由於我們觀察到，將礦物和藻水混合後放置一段時間，礦物會開始沉澱在試管底部，我們擔心是否會影響到過濾效果，因此我們將礦物和藻水混合後，分別放置 0、5、10、15 分鐘後過濾，但我們發現混合後立刻過濾的效果較等待後好。

由以上實驗，我們推測其原因可能是混合好後立刻過濾時，混合液中夾帶的顆粒殘留在濾紙上，會堵塞濾紙的孔洞，使小球藻更難通過，達到更好的過濾效果，放置一段時間後混合液中顆粒沉澱，部分留在試管底部倒不出來，效果則較差。從分子較大的澱粉、雲母等組別可以看到過濾後的液體相當澄清、幾乎沒有藻類，反之，分子很小的二氧化鈦在通過濾紙時不易殘留於濾紙上，難以阻塞濾紙孔洞，造成濾液仍呈現混濁微綠的現象。

柒、結論

一、經測試後發現，學校有優養化狀態的生態池中水偏酸性，而且其中沒有種植植物。我們推測若要延緩生態池中的優養化，水質可以使用飲水機的水，也可以在其中種植植物。

二、加入碳酸鈣的效果較加入碳酸鈉的效果好，而碳酸鈣其中的 1.3g/L 效果在其中是最好的，甚至較原液的小球藻培養好。

三、若要進行藻類萃取，有加入甲殼素較沒加入的好。若比例為 1：0，1：1，2：1，4：1 溶液最好可以選擇酸鹼值為 11 的溶液，可以更快更清楚的觀察到效果，若為 6：1 則選用酸鹼值為 3 的水溶液。

四、若想要利用濾的方法將溶液變乾淨，可以選用雲母、澱粉、高嶺土或碳粉進行過濾，而時間最好是混合之後立刻過濾，效果會較等待數分鐘後的明顯。

五、過濾後的濾液清澈度順序為碳粉，高嶺土，澱粉，雲母，最後是二氧化鈦。

六、放置 30 分鐘後的甲殼素水溶液，澱粉的效果最好。而一天後，除了雲母外，其他加入天然礦物的小球藻水溶液都有很大的變化，其中以澱粉的效果最好，其次是矽藻土和碳粉，然後是高嶺土。最後是雲母。

捌、未來展望

一、我們希望可以將強鹼強酸成可以適合水池的弱酸弱鹼，這樣可以不汙染水池，也可以防有人在清理的過程中出意外。

二、我們希望能夠找出簡便的方式來去水池中除藻類絮凝沉降之後的沉澱物，達到徹底清潔水池的目的。

玖、參考文獻資料

一、絮凝小球藻 · (2018 年 9 月 13 日) · 取自

https://www.sohu.com/a/253760552_777899

二、小球藻萃取 · (99 年 6 月) · 台灣博碩士論文知識加值系統 · 取自

<https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi->

[bin/gss32/gssweb.cgi?o=dncldr&s=id=%22101NCKU5063012%22.&searchmode=basic](https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gss32/gssweb.cgi?o=dncldr&s=id=%22101NCKU5063012%22.&searchmode=basic)¹

三、優養化 · 維基百科 · 取自

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%AF%8C%E8%90%A5%E5%85%BB%E5%8C%96>

四、小球藻 · 維基百科 · 取自

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%B0%8F%E7%90%83%E8%97%BB%E5%B1%9E>

五、雲母、高嶺土等礦物分離水中汙染物 · 維基百科 · 取自

<https://patents.google.com/patent/CN106006895A/zh>

六、水淨化 · 維基百科 · 取自

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%B4%E6%B7%A8%E5%8C%96>

七、小球藻培養 · (101 年) · 台灣博碩士論文知識加值系統 · 取自

<https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi->

[bin/gss32/gssweb.cgi?o=dncldr&s=id=%22100STUT8111019%22.&searchmode=basic](https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/gss32/gssweb.cgi?o=dncldr&s=id=%22100STUT8111019%22.&searchmode=basic)

八、微藻汙水處理新技術 · (105 年 3 月) · 汙水寶工程師平台 · 取自

<https://www.dowater.com/jishu/2016-03-27/427469.html>

九、雲母粉 · 培林企業有限公司 · 取自

http://www.pei-lin.com/product-info.php?id=9&cer_flag=1

十、高嶺土 · 百科知識 · 取自

<https://www.jendow.com.tw/wiki/%E9%AB%98%E5%B6%BA%E5%9C%9F>

十一、碳粉 · 維基百科 · 取自

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%A2%B3>











十二、二氧化鈦 · 台灣產業服務基金會 · 取自

<https://proj.ftis.org.tw/eta/epaper/PDF/ti101-1.pdf>

十三、甲殼素 · 維基百科 · 取自

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%94%B2%E6%AE%BC%E8%B3%AA>

附件一、水生植物置於 1 號池池水中生長一週後狀況

	1 月 19 日	2 月 1 日
荷葉		
金魚藻		
石蒜		
小銅錢草		
水風草		
生態池的水	