

# 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書



科 別：生活與應用科學（二）

組 別：國中組

作品名稱：以「亮」取勝—探討如何提升塑膠微粒的辨識率

關鍵詞：尼羅紅、塑膠微粒、海洋污染

編 號

# 摘要

使用尼羅紅螢光染劑對已知的 1 至 7 類塑膠染色，在我們測試的條件下，以 98 無鉛汽油為溶劑、波長 365nmUV 光照射、500 目不鏽鋼網當濾材，可以得到最佳辨識率。若濾材微濕就進行尼羅紅染色，會降低螢光偵測塑膠微粒的靈敏度，塑膠樣品染色後靜置的孵化時間愈短辨識率愈高。來自環境的塑膠微粒和非塑膠有機物，即使不染色，當受 UV 光照射時也會發出較微弱的螢光，但是顏色有差異，可因此分辨出過濾環境樣品中的塑膠與非塑膠，解決尼羅紅染色對自然界中有機生物欠缺分辨能力的困境。解析海砂中的塑膠殘留量發現：距離海水愈近殘留量愈高，此趨勢和海砂的顆粒大小較無關聯。海水中的塑膠微粒分布量驚人，310 顆/200ml，大約是溪水和雨水中塑膠密度的 10 倍。

## 壹、研究動機

21 世紀的到來，在我們的生活中，每年至少有 800 萬噸的塑膠垃圾進入海洋，根據環保署近年統計，全台灣每人在一週內約可食用下將近一張信用卡的塑膠量。而環保意識是 21 世紀的最新問題，尤其是塑膠對於生態的傷害、讓動物誤食的狀況，甚至在海洋中還有一種默默對生態造成影響的微粒，名為微型塑膠，我們在新聞上看到了這些報導後，我們產生了極大的興趣，希望能夠探討海洋是否有自行過濾塑膠微粒的功能。

## 貳、研究目的

- 一、測試以不同的溶劑、光源、濾材檢驗塑膠微粒的辨識率。
- 二、測試縮短尼羅紅染料和塑膠粒的靜置孵化時間對塑膠微粒辨識率的影響。
- 三、檢測海砂、河砂、海水、溪水、雨水中塑膠微粒的含量。
- 四、探討環境是否有自行過濾塑膠微粒的能力。

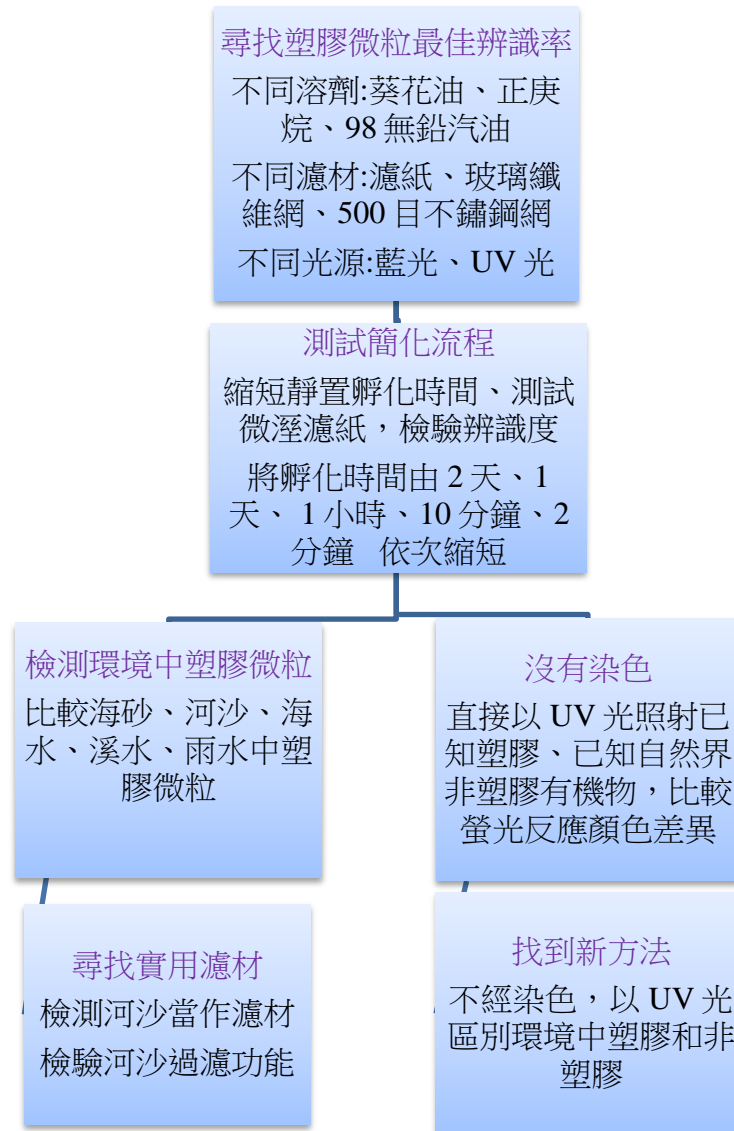
## 參、設備器材

- 1、 實驗藥品及器材：密封盒、熱風槍、尼羅紅、UV 光、藍光、培養皿、濾紙、玻璃纖維、500 目不鏽鋼網、1 至 7 類塑膠、顯微鏡、Image J 應用程式、葵花油、正庚烷、氯化鋅、海沙、河砂、海水、溪水

					
密封盒	熱風槍	尼羅紅	365nmUV 光，470nm 藍光	顯微鏡	Image J 應用 程式
					
濾紙	玻璃纖維	500 目不鏽 鋼網	1 至 7 類塑 膠	氯化鋅	黃色濾光鏡
					
葵花油	正庚烷	98 無鉛汽 油			

## 肆、研究過程及方法

研究架構：



### 文獻探討

何謂塑膠微粒：

1. 塑膠微粒：根據美國海洋暨大氣總署（NOAA）的定義，塑膠微粒（microplastics）是指粒徑小於 0.5 公分的塑膠碎片。這些微粒若被浮游生物攝食，而浮游生物又是魚、貝類等濾食性動物的食物

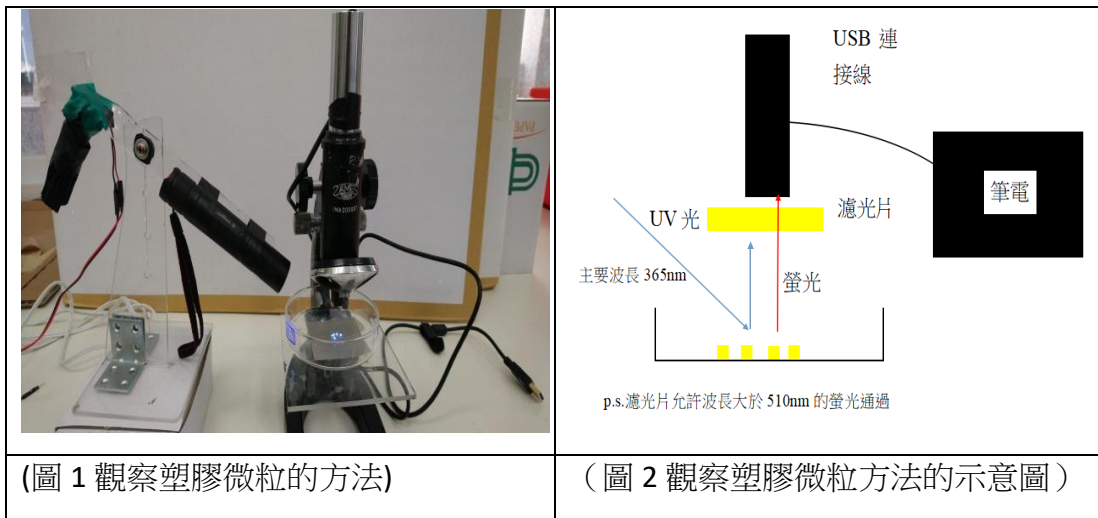
來源，這些有機化合物就進入食物鏈，並在生物體內堆積。最後就會累積進入最高級的掠食者，像是海洋哺乳類或人類的身上。

何謂尼羅紅：

1. 尼羅紅（Nile Red），是一種染劑，能和塑膠或生物體中的脂質結合。其性質穩定，著色清晰，並在藍光或 UV 光照射時發出螢光，但無法與極性溶劑或水結合。

如何觀察塑膠微粒：

1. 觀察塑膠微粒的方法：以尼羅紅溶液染色塑膠微粒，染色後，分別以 UV 光與藍光在黑暗環境中照射，以濾鏡過濾掉反射光線後使用顯微鏡觀察螢光，如圖(1-1)，最後再以 Image J 來分析並比較。



## 1. 使用 image j 的流程圖：

圖 片					
說 明	步驟一 在 Image J， 點擊 File， 再點擊 Open 把圖 片叫出	步驟二 按下 Image J 後，會出現 Type，將照 片轉成黑白	步驟三 點擊 Adjust 後會出現 Treshold，點 擊後可以調 節要被數的 顆粒對比	步驟四 點擊 Analyze 後出現 Analyze particles，點 擊後可按指 示完成。	即可算出數 據

研究一、以不同的溶劑、光源、濾材檢驗塑膠的辨認度


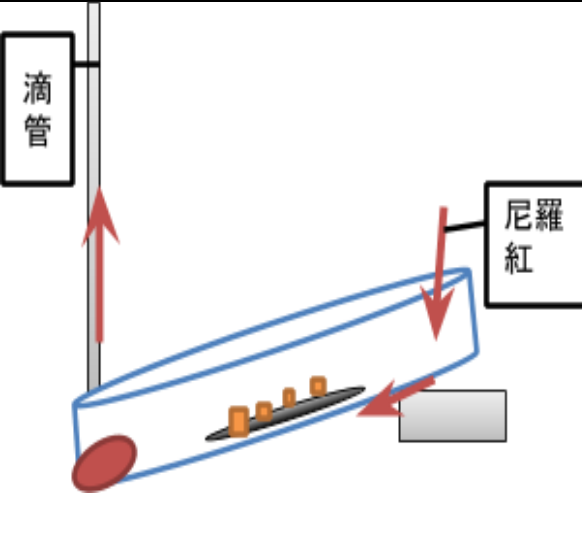
### 實驗一-1:探討以葵花油做為溶劑溶解尼羅紅的辨識率


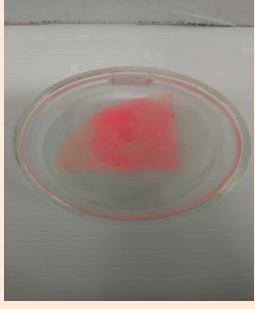

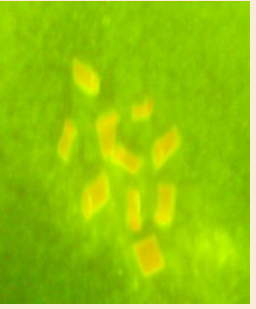
計算辨識率的方法是：放置自行準備好的塑膠顆粒 10 顆，若程式只數到 8 顆即為 80%，而程式若是數到 12 顆，亦為 80%，即超過 20 顆者辨識率為 0%)

#### 實驗步驟：

1. 先將七類塑膠各 10 顆自製塑膠顆粒置於孔隙 6 微米濾紙上，再將尼羅紅與葵花油混合的溶液(0.1mg/ml)以滴管滴置塑膠和濾材上，靜置(孵化)2 天後
2. 以 USB 顯微鏡在黑暗環境中分別照射藍光與 uv 光拍攝後，先檢測塑膠顆粒辨識率。
3. 以溶劑葵花油洗掉殘留在濾材(濾紙)上的尼羅紅後(以下簡稱清洗背景)，重複上述實驗。



	
<p>圖 3 以 98 無鉛汽油由高往低處滴</p>	<p>圖 4 尼羅紅染色的示意圖</p>

			
<p>圖 5 以油為溶劑的尼羅紅溶液</p>	<p>圖 6 培養皿裡正在孵化的塑膠（濾紙）</p>	<p>圖 7 以 uv 光照射塑膠微粒</p>	<p>圖 8、以 uv 光照射清洗背景後的塑膠微粒</p>

實驗一-2:探討以正庚烷和 98 無鉛汽油作為溶劑

**實驗步驟:**(實驗藥品如同實驗一-1)

1. 將上述實驗溶劑改成正庚烷、98 無鉛汽油。
2. 將上述實驗濾材改成玻璃纖維和 500 目不鏽鋼（孔隙 22 微米）。

研究二：以不同的孵化時間檢測塑膠的辨認度

實驗二-1：將孵化時間從 2 天改成 1 天、1 小時、10 分鐘、2 分鐘，再檢測辨識率。

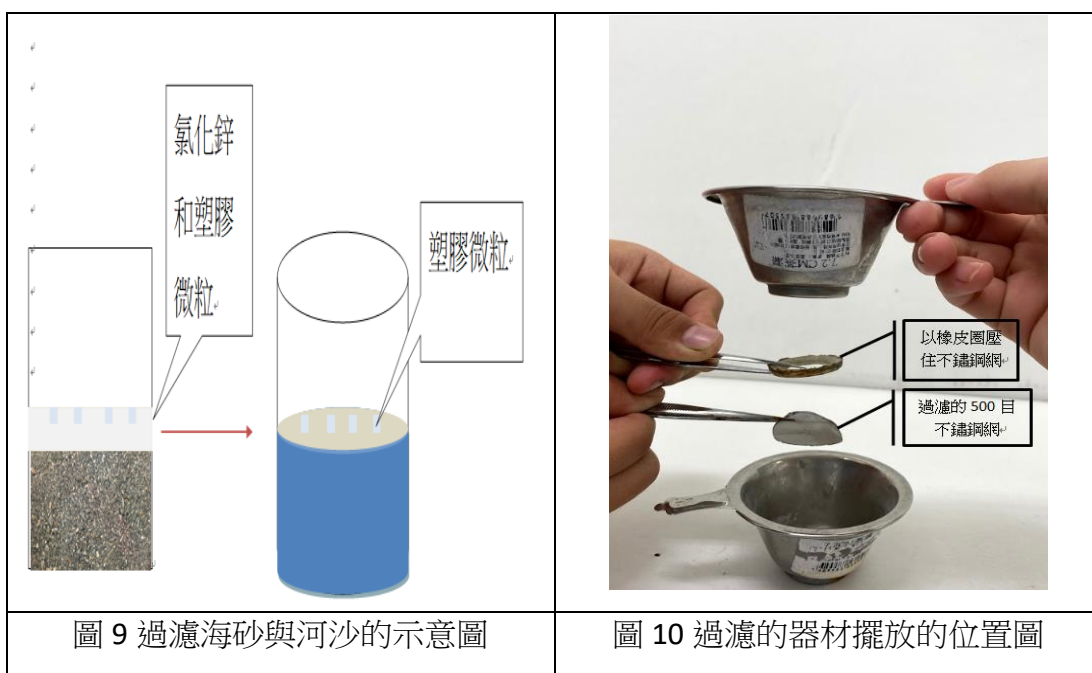
實驗二-2：測試濾紙微濕時染色的辨識率。

研究三：過濾海沙、河沙、海水、溪水、雨水。

研究三-1：過濾海砂、河沙。

實驗步驟：

1. 利用密度 1.78g/立方公分 的氯化鋅水溶液將河沙泡入，河沙中的塑膠微粒浮起來，河沙沉下去。
2. 倒出含有塑膠微粒的上層氯化鋅，用 500 目不鏽鋼網（孔隙 22 微米）過濾出塑膠微粒。



研究三-2：過濾海水、雨水、溪水

實驗步驟：



1. 先將 A 地與 B 地的海水各取 100ml(各 5 杯)。
2. 以 500 目不鏽鋼網（孔隙 22 微米）過濾兩地(各 5 杯)的海水。
3. 晾乾後滴上尼羅紅加 98 無鉛汽油溶液
4. 以溶劑洗掉殘留在不鏽鋼網上的尼羅紅後檢測塑膠微粒
5. 拍攝後送入 Image J 記數並比較兩地的數量多寡。



圖 11、乾淨的河沙  
過濾海水的器材

#### 研究四：檢測環境中的沙粒過濾塑膠微粒的能力

##### 研究四-1：檢測河沙過濾塑膠微粒的效果

##### 實驗步驟：



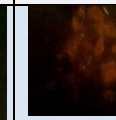
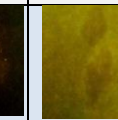
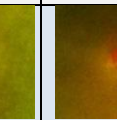
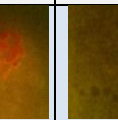
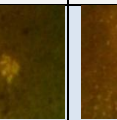
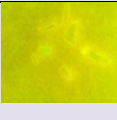

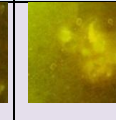
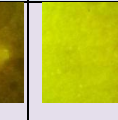
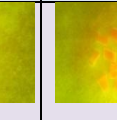
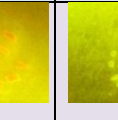
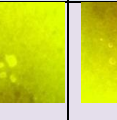
1. 取出(圖 9)下層的河沙放入圓筒中(圖 11)當作過濾器，假設砂中已無塑膠微粒。
2. 將河沙分成四個區域，分別為上層、中上層、中下層及下層。
3. 將 500 毫升的海水倒入過濾器中，並等待過濾後的海水流出
4. 將四個區域的河沙分別挖出，並利用先前過濾河沙的方法過濾出其中的塑膠微粒，送入 Image J 檢測各層河沙的過濾效果。

## 伍、研究結果

### 研究一、研究以不同的溶劑、光源、濾材檢驗塑膠顆粒的辨識度


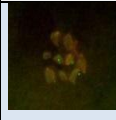
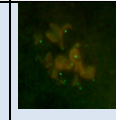
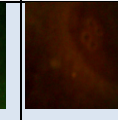
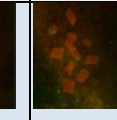
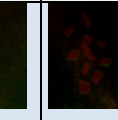
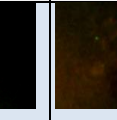

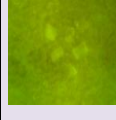
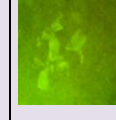
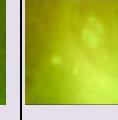
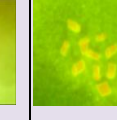
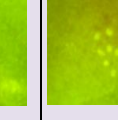
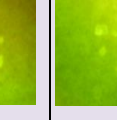
- 一、.探討以葵花油為溶劑濾紙作為濾材並以藍光及 UV 光照射：

表 1、以葵花油為溶劑對塑膠微粒的辨識度：

未洗	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類	第七類	平均值
藍光	 0	 100	 100	 0	 50	 40	 80	52
UV光	 40	 50	 90	 0	 50	 20	 10	37

1. 由(表 1)的照片中可發現，以藍光來照射的辨識率(52)高於以 uv 光(37)
2. 尼羅紅以葵花油當溶劑時塑膠顆粒和濾紙發出的螢光對比不明顯，辨識率都不高，所以接下來以葵花油洗去濾紙上殘留的尼羅紅,增加對比再測辨識度。

表 2、葵花油當溶劑清洗背景後的塑膠微粒辨識率

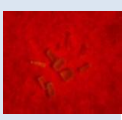
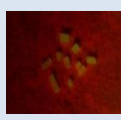



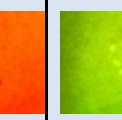
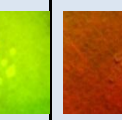



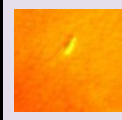
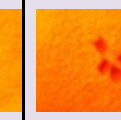
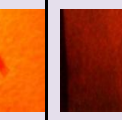
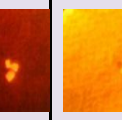
未洗	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類	第七類	平均值
藍光	 40	 60	 40	 0	 60	 0	 80	40
UV光	 60	 10	 10	 0	 10	 10	 50	21

1. 由表 2 可知，清洗背景後照片拍攝出來還是有尼羅紅殘留，亮暗對比不明顯因而導致軟體數不出。

2. 從表 1~2 可知，以葵花油為溶劑的辨識率都不好，雖然葵花油是種好取得的溶劑，但因為螢光不明顯，無法使 Image J 順利辨別，所以我們決定再以我們實驗室中有的正庚烷來測試



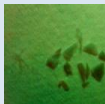
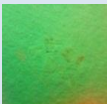





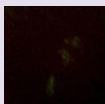



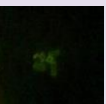
二、探討以正庚烷為溶劑以濾紙作為濾材並以藍光和 UV 光照射：

表 3 以正庚烷為溶劑、濾紙為濾材辨識率的比較

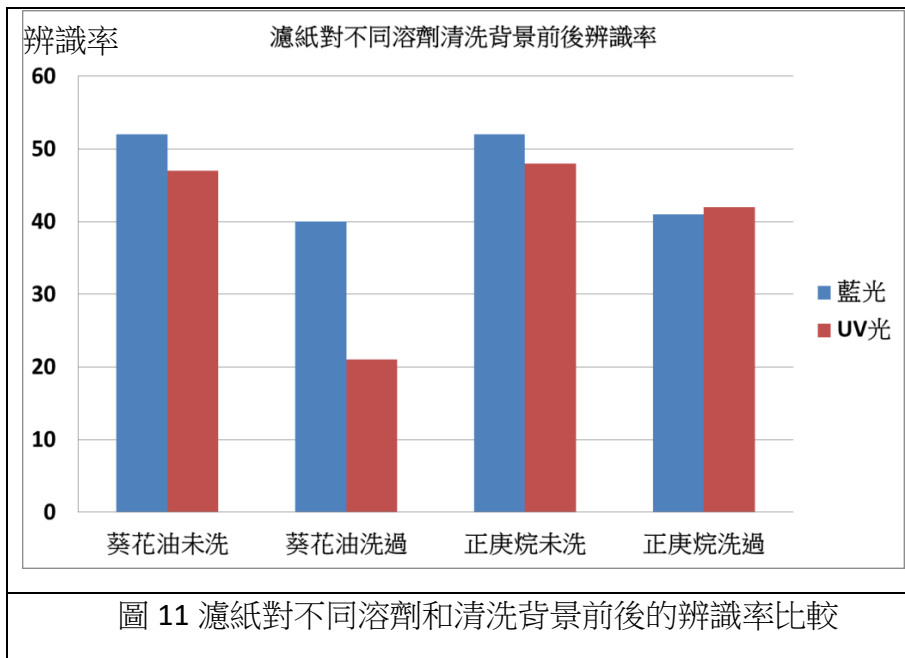
未洗	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類	第七類	平均
藍光	 20	 30	 100	 40	 0	 90	 90	52
UV 光	 50	 70	 10	 100	 0	 100	 0	47

1. 由表 3 可知，以正庚烷為溶劑的辨識率明顯高於葵花油為溶劑的辨識率。
2. 未洗過正庚烷藍光的辨識率(52)大於 UV 光的辨識率(47)，而第五類的辨識率都呈現(0)

表 4、清洗背景後以正庚烷為溶劑、濾紙為濾材塑膠微粒辨識率的比較：

洗過	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類	第七類	平均
藍光	 40	 40	 0	 0	 60	 100	 50	41
UV光	 10	 70	 60	 10	 0	 100	 60	44

1. 我們發現以濾紙為濾材時，在洗濾材的時候無法把濾材上的尼羅紅完全洗掉，加上在以 image j 拍攝時也無法清楚的觀察到塑膠顆粒，因為濾紙上的尼羅紅不容易清洗，殘留的尼羅紅所呈現的螢光太強。在預備實驗時發現：玻片上的尼羅紅容易被溶劑沖掉，所以接下來改用玻璃纖維網為濾材。
2. 由表 3 及 4 可知，在未清洗背景的濾材中以藍光照射的辨識率高於照 uv 光的辨識率；在清洗過背景的濾材中，uv 光的辨識率高於以藍光照射的辨識率；在濾材清洗過背景與未清洗過背景的辨識率可發現未洗過的濾材高於洗過的。



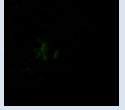



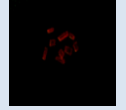


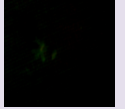
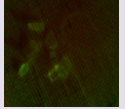





未洗	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類	第七類	平均
藍光	 0	 30	 10	 0	 0	 100	 0	20
UV光	 0	 60	 0	 100	 0	 100	 90	50

三、探討以正庚烷為溶劑以玻璃纖維網作為濾材檢驗塑膠微粒辨識率：

(表 5 以正庚烷為溶劑，玻璃纖維網為濾材，辨識率的比較)

(表 6、以正庚烷為溶劑，玻璃纖維網為濾材，清洗過背景的辨識率)

已洗	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類	第七類	平均
藍光	10 	0 	0 	0 	0 	30 	70 	16
UV光	60 	30 	0 	70 	0 	10 	60 	32

1. 以玻璃纖維為濾材的辨識率均不高，我們猜測是因為纖維上規律的孔洞而造成 image j 無法明確的算出塑膠的顆粒數(如圖 12)。

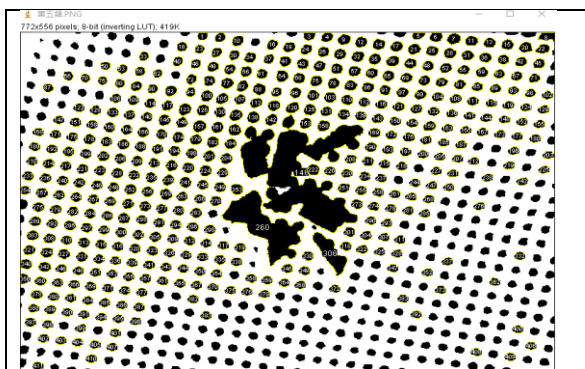
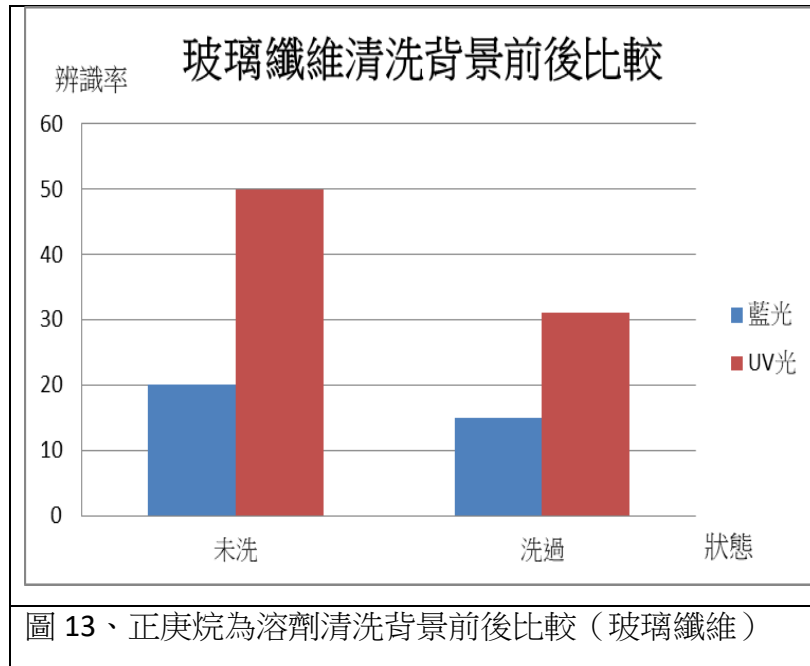


圖 12，玻璃纖維當濾材雖然容易洗掉濾材殘留尼羅紅，但有規律孔洞

2. 由表 5 可知，UV 光的辨識率(50)較藍光(20)好。
3. 由表 6 可知，清洗過背景的玻璃纖維網辨識率和 uv 光的的比未清洗背景的濾材背景差，所以由此可知，以玻璃纖維為濾材時洗背景並沒有幫助。


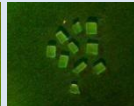



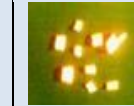










1. 因為不論是洗過或是未洗過濾材辨識率都不好，而且在顯微鏡中以玻璃纖維為背景的螢光也過強，之後我們發現是因為濾材上的尼羅紅無法完全洗掉，所以我們決定以 500 目不鏽鋼網來當做接下來的濾材進行測試。




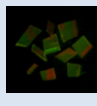
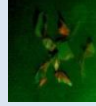



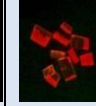
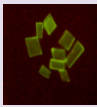

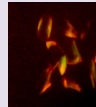
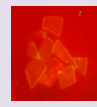

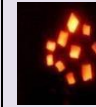

#### 四、探討以正庚烷為溶劑以 500 目不鏽鋼網作為濾材並以藍光和 UV 光照射

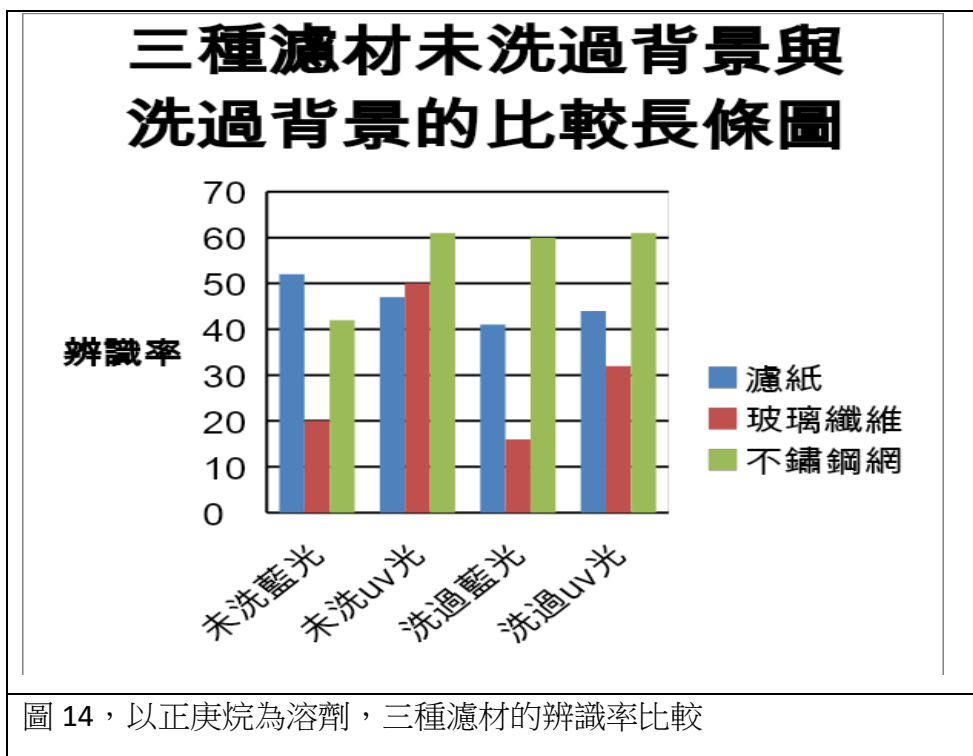
表 7 以正庚烷為溶劑、500 目不鏽鋼為濾材辨識率的比較:

未洗	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類	第七類	平均
藍光	 30	 10	 50	 100	 10	 90	 10	42
UV光	 50	 90	 90	 10	 40	 90	 60	61

1. 以 500 目不鏽鋼網作為濾材的辨識率明顯地比濾紙和玻璃纖維好。

表 8 以正庚烷為溶劑、500 目不鏽鋼網為濾材，清洗背景後辨識度







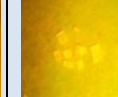







洗過	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類	第七類	平均
藍光	 10	 100	 60	 20	 70	 100	 60	60
UV光	 30	 50	 80	 50	 70	 100	 50	61



1. 由表 8 知，藍光的辨識率(71)大於 uv 光的辨識率(65)
2. 不鏽鋼網相對於濾紙和玻璃纖維網有較為良好的辨識率。

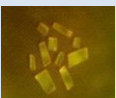





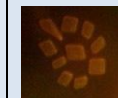



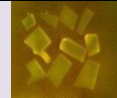
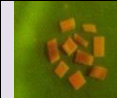
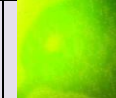

五、探討以 98 無鉛汽油為溶劑以濾紙作為濾材並以藍光和 UV 光照射：

表 9、以 98 無鉛汽油為溶劑，濾紙為濾材的辨識率比較

未洗	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類	第七類	平均
藍光	 10	 40	 0	 0	 10	 0 乳化	 10	8
UV光	 0	 0	 90	 20	 0	 0 乳化	 70	31



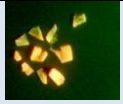


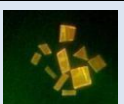



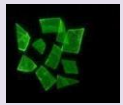
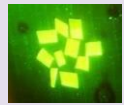
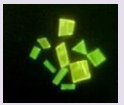
1. 由上表 9 知，98 無鉛汽油再以濾紙為濾材時，辨識率不好。
2. 98 無鉛汽油和正庚烷同為烷類，但是汽油是混合物，推測其中含有能融解第六類塑膠的物質，使用時應注意。

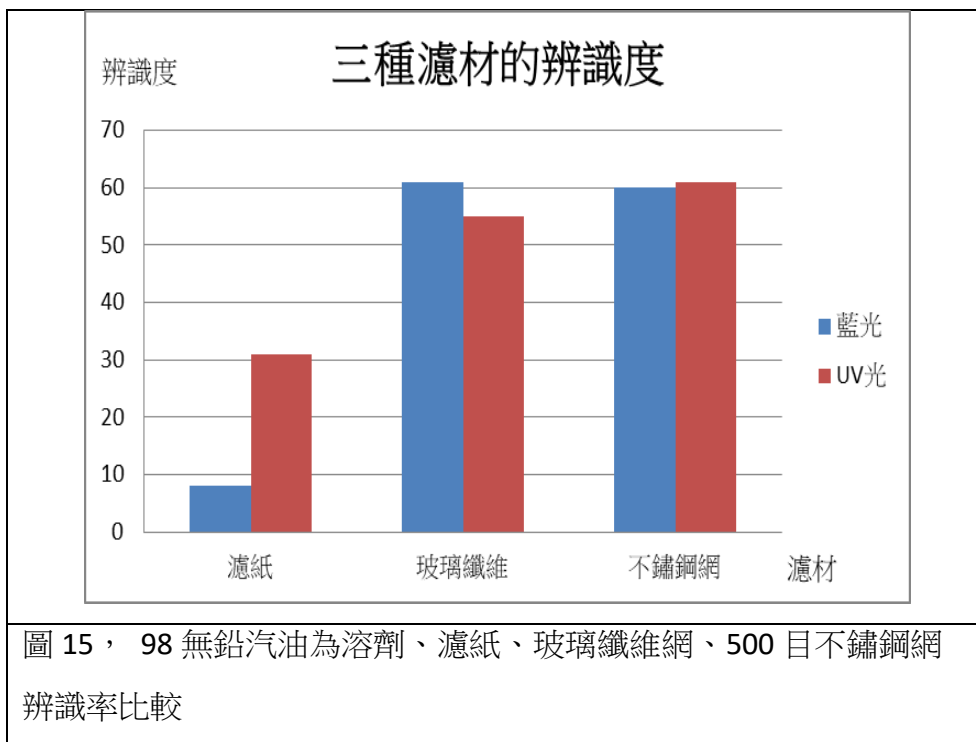
表 10、以 98 無鉛汽油為溶劑，玻璃纖維網為濾材的辨識率比較

未洗	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類	第七類	平均
藍光	 90	 90	 90	 20	 50	 0 乳化	 90	61
UV光	 50	 50	 80	 50	 70	 0 乳化	 90	55

1. 表可知，98 無鉛汽油搭配玻璃纖維網時的辨識率比搭配濾紙時有較好的表現。
2. 第六類的塑膠顆粒都被乳化了，而第七類的辨識率都是最好的

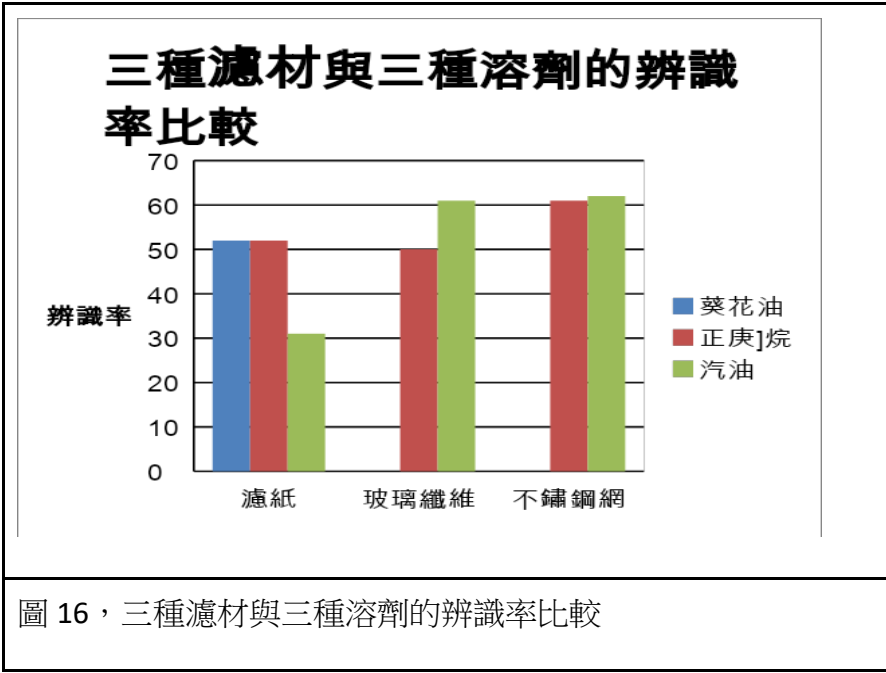
表 11 以 98 無鉛汽油為溶劑，500 目不鏽鋼網為濾材的辨識率比較

未洗	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類	第七類	平均
藍光	 10	 70	 100	 90	 90	乳化	 60	60
UV光	 70	 60	 90	 70	 80	乳化	 70	62



1 由圖 14 可知，以 98 無鉛汽油為溶劑、500 目不鏽鋼網為濾材時的辨識率是三  
種濾材中辨識率最好的；而以濾紙為濾材的辨識率是三中辨識率最差的

綜合一、二、三、四、五、六的實驗結果:



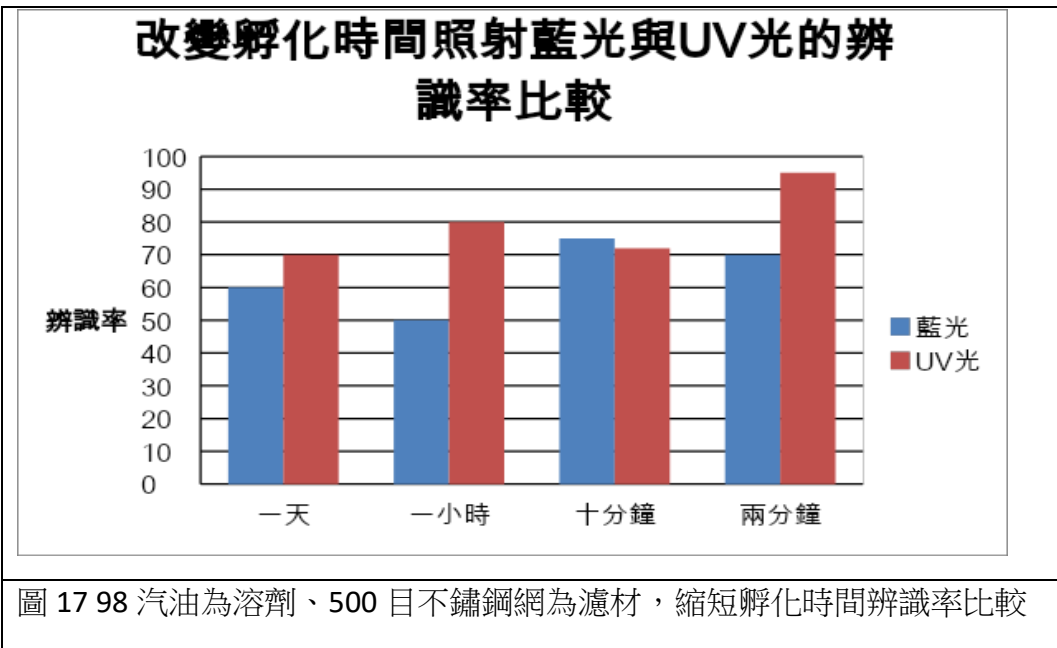
比較油、正庚烷、98 無鉛汽油為溶劑辨識度的差異：

1. 由圖 15 可知 98 無鉛汽油>正庚烷>油的辨識率
2. 所有組合中，僅有 98 無鉛汽油搭配 500 目不鏽鋼網最可被 Image J 辨識。

#### 研究二-1：以不同的孵化時間檢測塑膠的辨認度

因為每個實驗所花的時間最少需要二天，若能縮短孵化時間，也許可以做出大量且精確的數據，所以我們決定試驗縮短孵化時間看看會不會影響辨識率，以 1 天、1 小時、10 分鐘和 2 分鐘來測試。







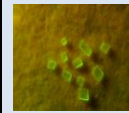







以 98 無鉛汽油為溶劑、500 目不鏽網為濾材的辨識度



1. 如圖 16 在 2 天、1 天、1 小時、10 分鐘、2 分鐘可知，2 分鐘洗過的塑膠顆粒辨識度最好。
2. 在過程中，洗過與未洗的 2 分鐘及 10 分鐘的第六類塑膠皆未完全溶掉，第六類塑膠的辨識度能由 0 提高到 60~100%。
3. 洗過 2 分鐘除了第六類塑膠的分辨率最低，其他 6 類的分辨率都提高到 80 以上。

### 研究二-2：測試過濾後水未完全乾的狀況染色檢測塑膠的辨認度

表 12 過背景的微濕濾紙，以正庚烷為溶劑辨識率

洗過	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類	第七類	平均
藍光	 10	 40	 0	 0	 0	 0	 0	7
UV光	 0	 10	 40	 50	 0	 0	 10	15

1. 由表 12，以正庚烷為溶劑，濾紙為濾材，先滴水未乾時，辨識率都降低，無法準確的呈現個數。

### 研究三、研究海水、溪水、雨水塑膠微粒的顆粒數目

- 1、過濾海水、雨水、溪水，檢測環境中塑膠微粒的數量，結果如下：



表 13， 200ml 海水中塑膠顆粒數

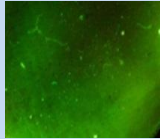
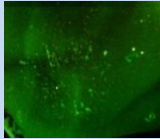
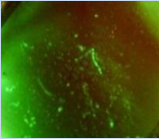
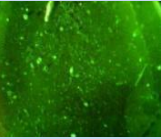
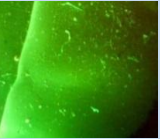
	第一	第二	第三	第四	第五	平均
海水						310
顆粒數	257	637	45	406	207	

表 14 每 200ml 溪水中塑膠顆粒數



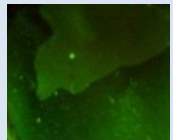
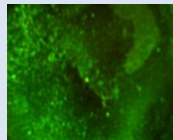
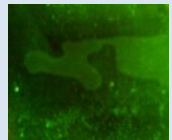
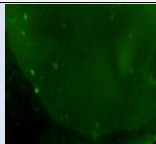
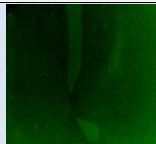
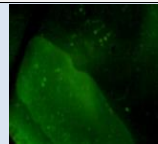
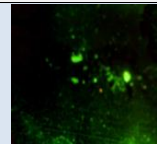
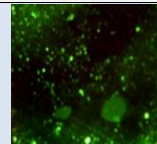
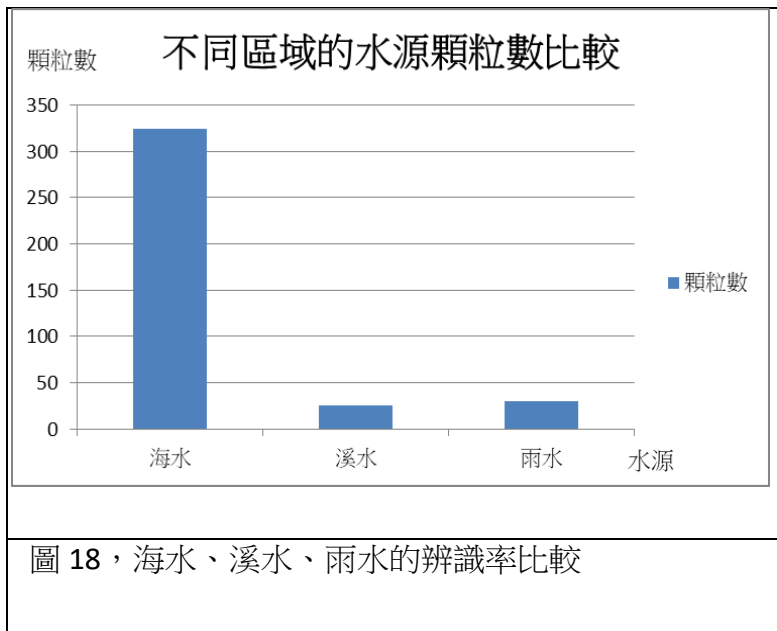
	第一個樣品	第二個樣品	第三個樣品	第四個樣品	第五個樣品	平均
溪水						27
顆粒數	37	33	6	27	33	

表 15 每 200ml 雨水中塑膠顆粒數

	第一個樣品	第二個樣品	第三個樣品	第四個樣品	第五個樣品	平均
雨水						35
顆粒數	20	20	58	12	68	



由圖 18，可知海水中的塑膠微粒大於溪水和雨水中的塑膠微粒含量，大約是 10 倍的含量。

### 三、以海砂及河沙檢驗

一、過濾海沙、河砂(距海近的海砂粒徑：3.5~15.6mm，比較大顆；距海遠的海砂粒徑：1.5~5.6mm，比較小顆)

表 16，200 立方公分海砂中的塑膠微粒數

	最近的海砂 1	最近的海砂 2	次近的海砂 1	次近的海砂 2	最遠的海砂 1	最遠的海砂 2	平均
海砂							824 顆
顆粒數	1112 顆	962 顆	938 顆	948 顆	406 顆	528 顆	

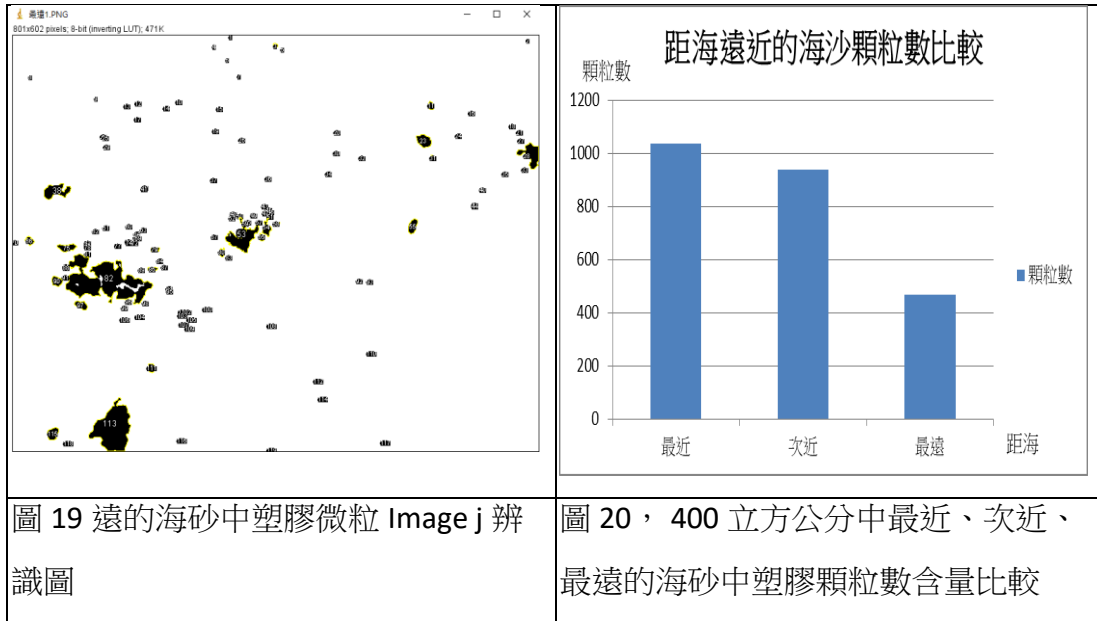
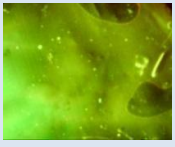
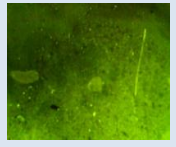
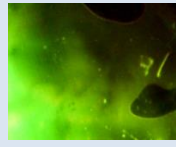

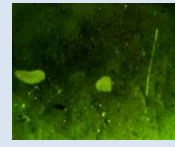


圖 19 遠的海砂中塑膠微粒 Image j 辨識圖

圖 20，400 立方公分中最近、次近、最遠的海砂中塑膠顆粒數含量比較

1. 由圖 20 的辨識度可知，從距海最遠的海砂 1 到次近的海砂，辨識度由 467 持續上升到 1037。由此可知，距海越遠近的海砂塑膠微粒越少，而越近的海砂塑膠微粒也就越多。
2. 此塑膠粒分布的趨勢和海砂的顆粒粗細無關。

(表 17 每 200 立方公分河沙中的塑膠微粒數)

	河沙 1	河沙 2	河沙 3	河沙 4	河沙 5	平均
河沙						80
顆粒數	42	46	58	106	144	

1. 河沙上除了石頭以外還有些許泥土，需要重複過濾。
2. 過濾速度極慢，且不鏽鋼網上沾滿泥沙，造成辨識的困難。

研究四、檢測環境是否有自動過濾塑膠的能力：

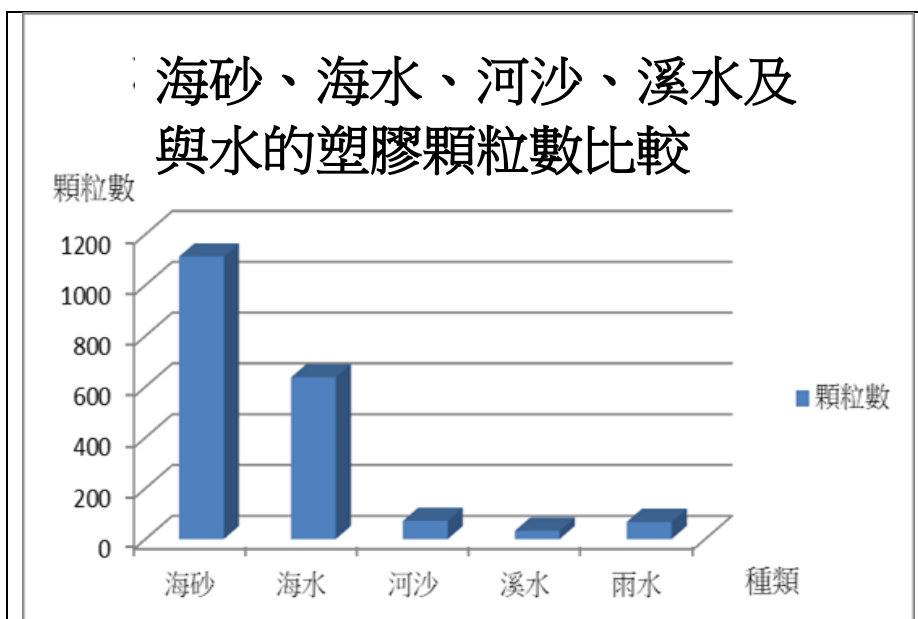


圖 21，每 400 立方公分中海砂、海水、河沙、溪水及雨水的塑膠顆粒數比較

研究四-1：綜合比較各樣品中塑膠微粒的含量：

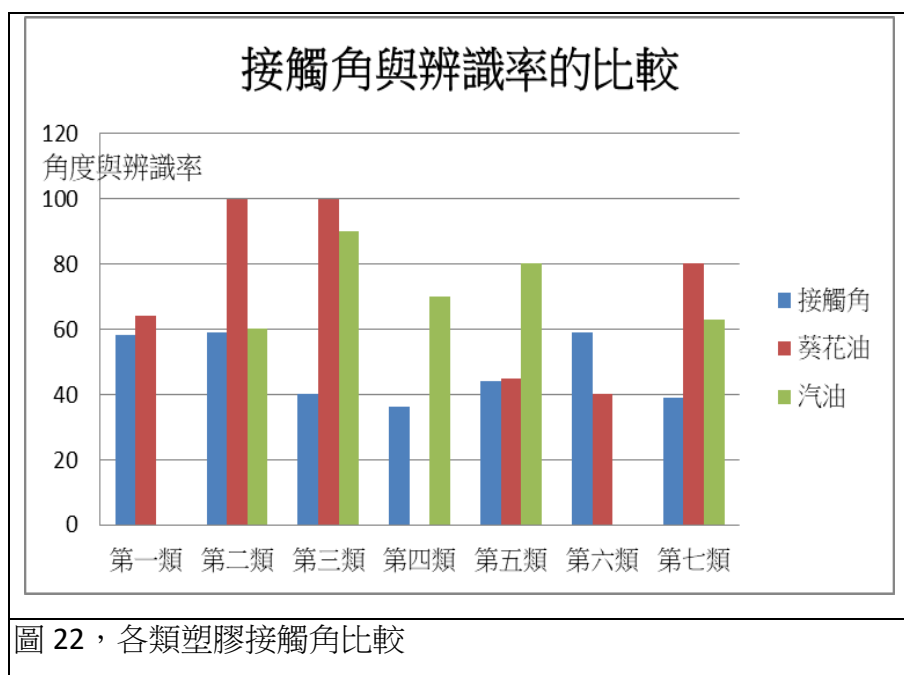
1. 由圖 4-1 可知，海砂過濾海水中的塑膠微粒，功能並不顯著。海砂中塑膠含量大約只有海水中的兩倍。顯然暫時過濾海水後存留下來的塑膠微粒，但會被後來的海浪沖走，不能無限的累積。
2. 河沙過濾河水中塑膠微粒的能力和海砂過濾海水中塑膠微粒的能力類似。

## 陸、討論

研究一、研究以不同的溶劑、光源、濾材檢驗塑膠顆粒的辨識度

- 1、 Image J 無法順利辨認的原因我們猜測可能是因為此濾材上殘留的尼羅紅也產生螢光，導致塑膠和濾材上殘留的螢光無法形成對比。
- 2、 使用溶劑清洗塑膠下方濾材中的殘留尼羅紅時，必須很緩慢進行，否則溶劑也會把塑膠上的尼羅紅一起洗掉，導致螢光一起下降，同樣造成辨識度不高。

- 3、選用葵花油做為溶劑是因為尼羅紅需要以非極性溶液作為溶劑，但呈現效果不佳，可能是尼羅紅在塑膠和濾紙上附著的狀況差不多，造成明暗對比不明顯。
- 4、選用正庚烷和 98 無鉛汽油作為溶劑進行染色時，尼羅紅附著塑膠發出的螢光較強，且尼羅紅較不易附著在不鏽鋼網上，所以辨識率較高。



- 5、如果以水和塑膠的接觸角代表溶劑和各類塑膠的親油性，檢測各類塑膠的接觸角和辨識度的關係如下圖 2-1-1 所示：顯示各類塑膠和水的親和力與辨識度沒有明顯的相關性，辨識度的大小和溶劑與尼羅紅一起跟塑膠的交互作用有關。

## 研究二、縮短靜置孵化時間極微溼的狀況會不會降低塑膠微粒的辨識度

1. 因為後續實驗要過濾海水、河水，所以先模擬當時的情況。因為過濾海水後的濾紙是溼的，所以我們就先在染色塑膠顆粒前先以水滴至濾材上，使全部的塑膠顆粒和濾紙都得以沾到水，靜置 2 小時後以正庚烷作溶劑進行實驗，結果如(表 12)，顯示辨識率很低。我們猜測是因為滴水會使尼羅紅的螢光消失，而使塑膠顆粒的螢光減弱，因而導致塑膠顆粒無法被 image j 數出，所以實驗時過濾海水等樣品後，必須先使塑膠樣品和濾材完全乾燥再進行染色。

- 由(圖 17)顯示，縮短靜置孵化時間會使得辨識率提高，這點和國外實驗室做的結果很不一樣。我們原本擔心縮短孵化時間會導致辨識率降低，卻意外得到相反且驚喜的成果，有可能是塑膠比起不銹鋼網更親油、更容易被尼羅紅染色，另一個原因是第六類塑膠來不及被無鉛汽油融化而被辨識出來。
- 如果縮短孵化時間能導致好的結果，我們不禁想知道：如果極端的情況是不對塑膠染色呢？會有螢光反應嗎？

表 18 無螢光染色的塑膠辨識率：

無染色	第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類	第七類	平均
藍光	0	0	0	0	0	70	0	10
UV光	90	70	60	0	0	90	100	58

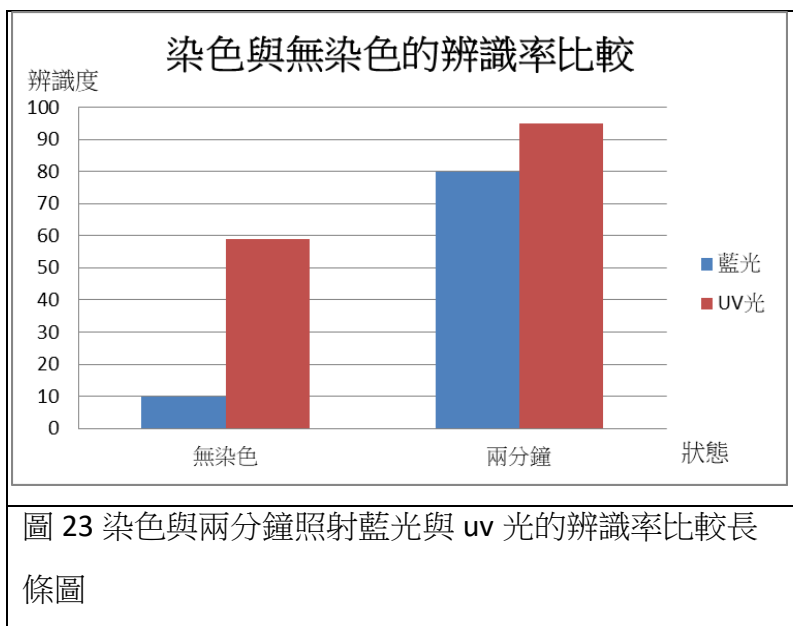







圖 23 顯示，無染色的塑膠在 UV 光照射下依然有不錯的螢光反應，從照片顯示 1~7 類塑膠都能夠被看見。那麼在海水、溪水中一起被過濾出來的非塑膠有機物呢？資料上說尼羅紅雖然螢光耀眼，但是對水中生物脂質的部分一樣無差別附著，造成研究人員無法以尼羅紅染劑明確區別過濾得到的微小顆粒是塑膠還是水中生物。




我們的假設是以 UV 光直接照射，塑膠和水中生物之間有螢光差異，我們就可以根據這個差異區別過濾出來的顆粒是塑膠、非塑膠。試驗結果如下：

表 19，濾光片的塑膠辨識率：

七類塑膠(放置 1~7 類塑膠各一個)	無放置濾光片	放黃色濾光片	放綠色濾光片
第一個樣品	 7	 7	 7

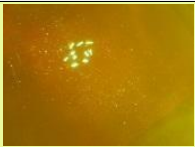


顯示 1~7 類塑膠再放置黃色濾光片前後都能被辨識。

表 20，濾光片的蟲類辨識率：

蟲(放置 7 個樣品)	無放置濾光片	放黃色濾光片	放綠色濾光片
第一個樣品	 7	 0	 6





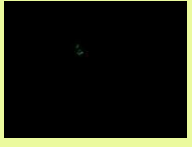
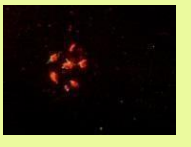
顯示水中小動物的螢光能被黃色濾光片遮蔽。

表 21 濾光片的陸地上的植物辨識率：

陸草(放置 10 個樣 品)	無放置濾光片	放黃色濾光片	放綠色濾光片
第一個樣 品	 10	 0	 8

顯示陸地上小草的螢光能被黃色濾光片遮蔽。


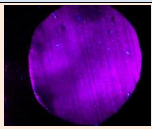
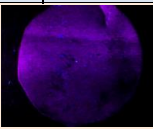
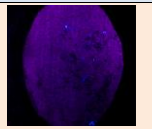



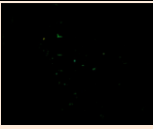
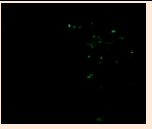

表 22 濾光片的無葉綠素水生植物辨識率：

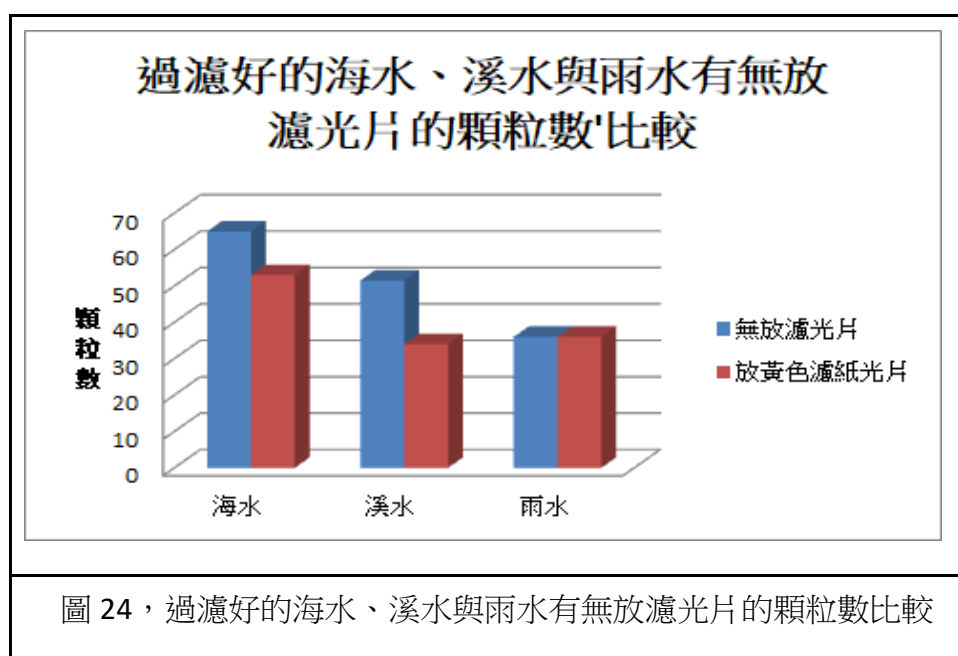
木溼草	無放置濾光片	放黃色濾光片	放綠色濾光片
10 個樣品	 10	 3	 7
6 個樣品	 6	 2	 4

1. 水中的草在 UV 光照射發出的螢光，比較不容易被黃色濾光片遮蔽。不過整體而言，黃色濾光片能在 UV 光的照射下區分塑膠與非塑膠。

於是我們以此方法重新檢查過濾的樣品中塑膠與非塑膠，結果如下：

表 23 濾光片的海水辨識率：

海水	第一個樣品	第二個樣品	溪水	第一個樣品	第二個樣品	雨水	樣品
無放置濾光片	 65	 65	 51	 52	 36		
放黃色濾光片	 57	 49	 40	 29	 36		



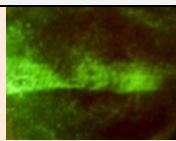
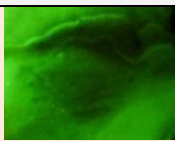
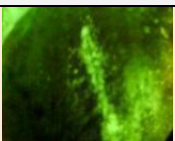
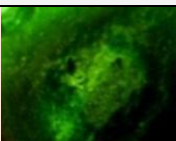
以上顯示，溪水中有螢光反應的小生物最多，雨水中沒有這類生物。

### 研究三、四：檢測海水、溪水、雨水塑膠微粒的含量

1. 相同體積的水體中塑膠微粒含量，海水 > 溪水 > 雨水。前者大約是後兩者的 10 倍左右。顯示海洋受到的污染更甚於溪水，而且由於雨水中也含有塑膠微粒，表示塑膠微粒在海中、在空中，無處不在，環境污染情形相當嚴重。

2. 自然界的海沙和河沙都沒有留住塑膠微粒的能力，不能無限制的吸收，頂多只能比同體積的水體留住 2 倍量的塑膠微粒。等於宣告人類不能仰賴大自然自身的力量清除塑膠微粒，環境保護仍得由自己負起責任。我們
3. 我們想知道粒徑 0.3~1.7mm 的河沙能不能當作過濾的材料，如果效果良好，將可在清除濾掉環境中塑膠微粒時，降低濾材的費用，河沙是已經過氯化鋅溶液分離過塑膠微粒的乾淨沙子，每 2cm 為一層，直徑 17cm。測試如下：

表 24，以河沙過濾海水的辨識率：

	上層	中上層	中下層	下層	平均值
河沙過濾海水	 97	 103	 86	 101	97

結果顯示，當海水由上方向下流過河沙，海水中的塑膠微粒會被河沙過濾出來。表示河沙有潛力可以成為過濾海水中塑膠微粒的便宜濾材。

## 柒、結論

- 1、在測試過的非極性溶劑中，以 98 無鉛汽油最適合做為溶劑、而濾材方面則適合選用孔目小又不易沾染尼羅紅的 500 目不鏽鋼網、以 UV 光照射塑膠微粒，這種組合最能夠清楚分辨塑膠微粒。
- 2、用溶劑洗掉濾材上殘留的尼羅紅螢光染劑後能提高塑膠微粒分辨率。
- 3、塑膠和尼羅紅靜置孵化時間中以二分鐘的效果最好。
- 4、在檢測過的環境塑膠微粒含量中，以海砂>海水>河沙>雨水>溪水。顯示環境中塑膠微粒無處不在，汙染相當嚴重。而且海沙、河沙皆沒有無限過濾其水體中塑膠微粒的能力，人類必須自己負起責任來清理塑膠微粒。
- 5、以河沙自製的過濾器能過濾出海水中的塑膠微粒，可知河擁有過濾塑膠微粒的功能，是廉價的濾材選項之一。
- 6、用波長 365nm 的 UV 光照射塑膠和環境中的有機物時，它們大多會在黑暗中發出微弱螢光，但是顏色有些不同。可藉此找出分辨塑膠和環境有機物的方法，成功解決尼羅紅染劑對塑膠和非塑膠無法區別的缺點。

## 捌、參考文獻

- 1、游景欽、陳德謙（2018）基隆外木山沙灘塑膠微粒汙染探討與研究。檢自 <https://activity.ntsec.gov.tw/activity/race-1/58/pdf/NPHSF2018-052604.pdf>（Oct.15,2019）
- 2、Fionn Ferreira Fionn Ferreira at the 2019 Google Science Fair. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=akCjg2s7xrs>（Sep. 23,2019）
- 3、簡志祥（2012）使用 Image J 基礎教學影片-計算紅血球數量。檢自 <https://www.google.com/search?q=%E9%98%BF%E7%B0%A1%E7%94%9F%E7%89%A9%E7%AD%86%E8%A8%98&oq=%E9%98%BF%E7%B0%A1&aqs=chrome..69i57j0l5.7317j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8>（Oct. 31,2019）
- 4、P Greenspan,E P Mayer,S D Fowler（1985）。 Nile Red: A Selective Fluorescent Stain for Intracellular Lipid Droplets. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3972906/>（Nov. 12,2019）
- 5、黃欣怡（2019）海洋中塑膠微粒之染色檢測及定量。檢自 [http://www.fs.ntou.edu.tw/ezfiles/21/1021/attach/37/pta\\_27593\\_1654285\\_94773.pdf](http://www.fs.ntou.edu.tw/ezfiles/21/1021/attach/37/pta_27593_1654285_94773.pdf)（Dec. 15,2019）
- 6、聯合新聞網（2018）全球市售瓶裝水大檢驗 9 成竟含微小塑膠顆粒。檢自 <https://news.housefun.com.tw/news/article/113165190876.html>（Jan. 2,2020）
- 7、李繼強(1900)。塑膠概論。臺北市:三民。（Feb. 1,2020）