

# 【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 高中（職）組成果報告表單

題目名稱：「微粒」是圖-微塑膠回收與吸附性質探討

### 一、摘要：

微塑膠是直徑小於 5 毫米的塑膠碎片，因為遍佈於環境吸附有害物質，而對人體造成危害。本實驗發現在中性的 50 mL 水樣品中，加入 0.025 克的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和 1~2 mL 乙酸乙酯後，塑膠、乙酸乙酯和  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  可互相吸附，再用磁鐵將三者同時吸出分離，而可進行不同種類微塑膠回收。pp 微塑膠的回收效果略差為 89.38%，而 pet、hdpe 和 petg 的清除比例則分別高達 98.27%、98.24%和 97.23%，顯見利用具有磁性的  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  和乙酸乙酯可有效清除微塑膠。以乙酸乙酯作為溶劑，pH 值(介於 2~12)對回收效果影響不大，仍是以 PP 略差，其餘回收效果都約在 90%以上。台灣海洋的微塑膠汙染狀況嚴重，此方法可以大量應用在海洋微塑膠處理，處理所用到的乙酸乙酯和  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ，皆可再進一步回收利用，可因此避免為了回收微塑膠，而造成了其他的汙染及浪費。

此外，實驗結果也發現塑膠微粒對於有機物確實有吸附能力，但不同有機物效果不同，目前的結果顯示，以黃色四號色素、紅色、黃色和藍色油溶性色素效果較佳，未來可將其應用於吸附有機汙染物回收。

### 二、探究題目與動機

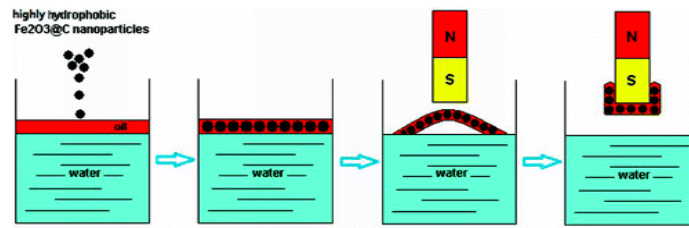
近年來，因為塑膠製品的廣泛使用，導致了許多微塑膠產生。甚至，還有廠商將微塑膠加進清潔用品、化妝品中，號稱能夠增加其商品之效果。這些產品在使用過後，微塑膠與污水一同進入下水道，因體積小，能通過污水處理廠的過濾設備，而流入溪流、大海等，正漸漸地影響著我們的生態系及自然環境。

而當我們找尋相關資料想要解決微塑膠汙染問題時，看到了可利用鐵磁流體將微塑膠從水體中提取出來的實驗。因此我們想進一步研究此方法對不同微塑膠回收的可行性，並找出最佳的回收條件。同時我們也從研究報導中發現，因為塑膠微粒會吸附汙染物，當進入人體即會對人體造成傷害，所以希望進一步研究微塑膠的吸附能力，探討其吸附去除有害物質的可能性。而結合回收與再利用兩個部分，即可達到塑膠微粒廢物利用的效果。

### 三、探究目的與假設

在之前的文獻和科展比賽中，看過兩份很有趣的資料：

(一) 在 2010 年的文獻中提出  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  可用於水面上油汙的清理 (Zhu, Tao, & Pan, 2010)，示意圖如下：



圖一：Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 水面上油污清除示意圖

資料來源：ZhuQing, TaoFeng, & PanQinmin. (2010).

(二) 2019 年的 google science fair 大獎，Ferreira Fionn 提出了利用沙拉油和磁鐵礦粉回收微塑膠。過程中，微塑膠可以和沙拉油和磁鐵礦粉互相吸引，再用磁鐵將三者的混合物吸出，並和水分離。

從上述的資料中，我們產生了一個想法：可否利用有磁性的鐵氧化物，和可回收的有機溶劑作為回收微塑膠的方法，以避免回收了微塑膠，反而造成了二次汙染。

此外，從相關的新聞資料得知，微塑膠除了對海洋生物構成了危險外，還會吸附鄰苯二甲酸鹽等有毒化學物質帶入人體內，因而造成更大的危害。由上述的資訊可以發現，微塑膠似乎對有機物有吸附力，所以進一步思考如何將回收後的微塑膠再利用，用於吸附汙水中的有機廢棄物。

所以設定的探究目標如下：

- (一) 探討不同變因下微塑膠回收的效果：
  - 磁性物質的選擇與用量、有機溶劑的選擇與用量、回收溶液酸鹼性調整
- (二) 探討回收後微塑膠與氧化鐵粉的分離，和溶劑回收的可行性
- (三) 探討微塑膠對不同種類的有機物的吸附能力改變

#### 四、探究方法與驗證步驟

##### (一) 如何定量微塑膠的回收量？

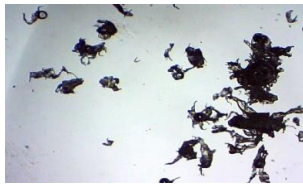
因為微塑膠很輕、體積很小，所以無法以秤重或是沉澱量體積等方式來決定回收量，所以最後決定以計算微塑膠面積的方式測量，多種嘗試方式的困難與修改如下：

**\*手機顯微鏡→照片過於粗糙，難以精確顯示並計算微塑膠所佔玻片之比例。**

經過資料查詢後發現，有些實驗室會以螢光的方式計量，所以試著以有螢光的塑膠，並以紫外光照射後於光學顯微鏡下拍照：

**\*光學顯微鏡 + 紫外光照射→紫外光源過於微弱，無法呈現所有塑膠微粒。**

最後，決定以光學顯微鏡拍照，並以 Image J 定量，可得到微塑膠數量的量化數據



圖二：光學顯微鏡所拍到的微塑膠照片(放大倍率：400X)

## (二) 微塑膠可以用有機溶劑和磁性物質的混合物回收嗎？

驗證步驟如下：



圖三：磁鐵吸附  $Fe_3O_4$  示意圖

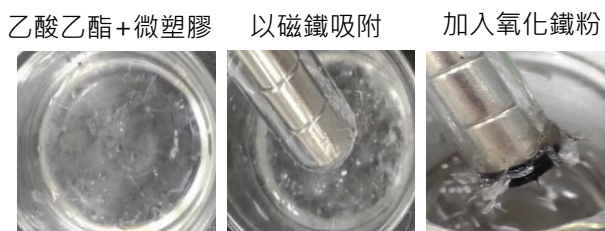
1. 找到有磁性的物質：經過搜尋後，在實驗室找到  $Fe_3O_4$  具有明顯的磁性
2. 找到實驗室可用的有機溶劑：找到與水不互溶的有機溶劑包括正己烷和乙酸乙酯
3. 測試  $Fe_3O_4$  對不同有機溶劑的吸附力：



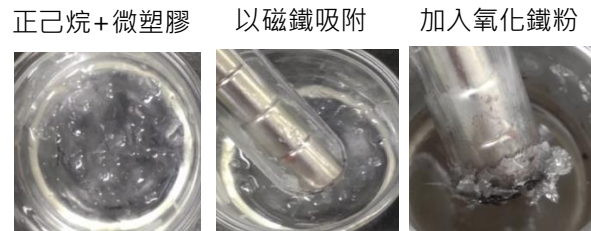
圖四： $Fe_3O_4$  對不同有機溶劑的吸附力之比較

觀察實驗結果後發現，由圖可以發現水滴在  $Fe_3O_4$  上會形成小水滴，顯示  $Fe_3O_4$  具有疏水性； $Fe_3O_4$  可吸附沙拉油但速度較慢，而正己烷和乙酸乙酯則會迅速的被吸入  $Fe_3O_4$ ，依此判斷  $Fe_3O_4$  和兩者的吸附力應該較強，並可據此推測因為  $Fe_3O_4$  和沙拉油、乙酸乙酯和正己烷都有吸附力，故正己烷和乙酸乙酯應可用於為塑膠回收的實驗。

4. 測試微塑膠的回收情況，照片如附圖：



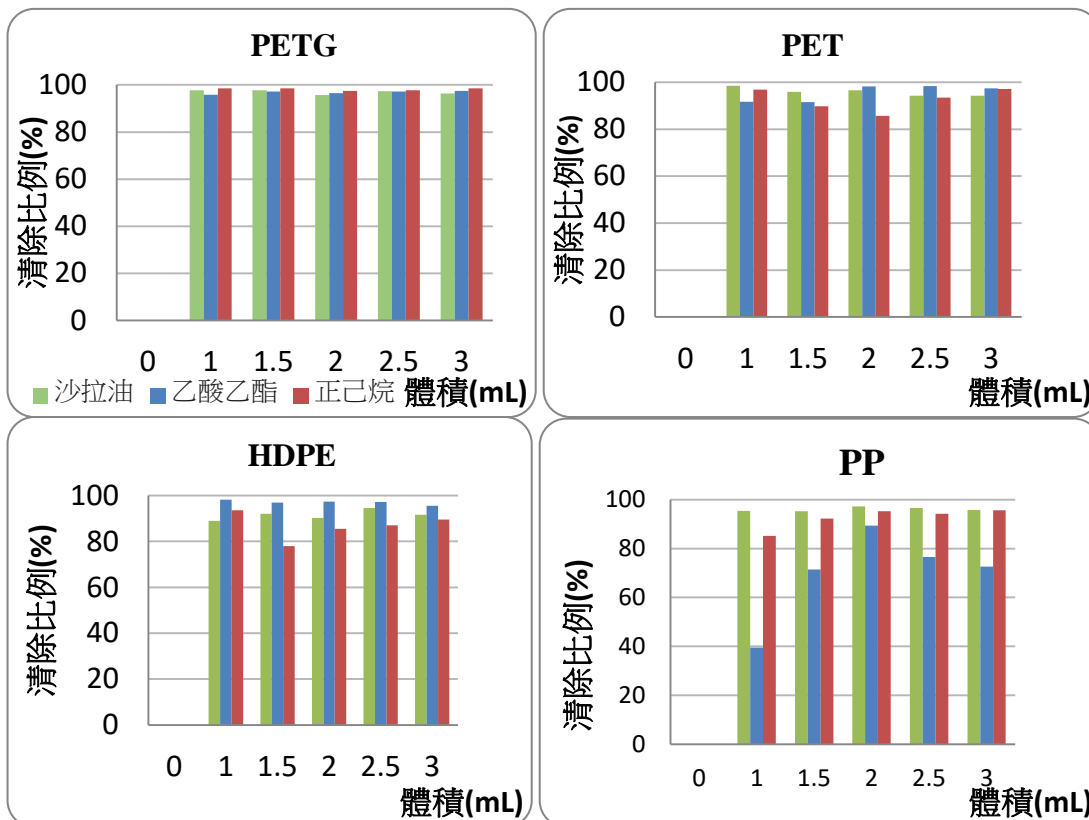
圖五：以乙酸乙酯為溶劑時的回收情況



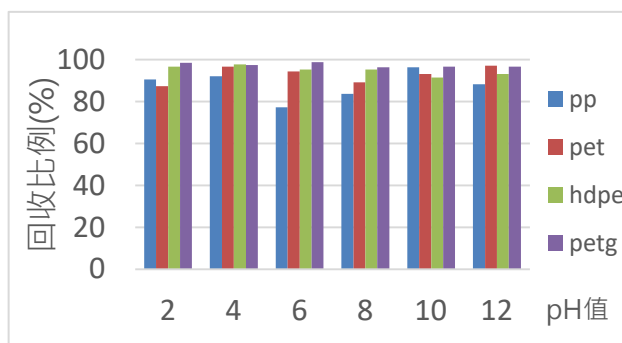
圖六：以正己烷為溶劑時的回收情況

### (三) 不同條件下，不同種類微塑膠的回收狀況？

經過上述的實驗後，已定性的確認利用  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 、正己烷和乙酸乙酯確實可以回收微塑膠，所以探討改變回收條件時，微塑膠的回收比例。



圖七：不同塑膠種類使用不同溶劑對微塑膠的回收比例之長條圖



圖八：不同塑膠種類 pH 值對回收比例之長條圖

實驗結果顯示：

1. 以沙拉油、乙酸乙酯和正己烷為溶劑進行微塑膠分離的效果差異不大，但考慮到環保、對人體的刺激性和回收的可能性，判斷以乙酸乙酯為溶劑，進行塑膠微粒回收應是最佳的選擇。
2. 在中性的 50 mL 水樣品中，加入 0.025 克的氧化鐵粉和 2 mL 乙酸乙酯，進行不同微塑膠回收時，pp 微塑膠的回收效果略差為 89.38%，而 pet、hdpe 和 petg 的清除比例則分別高達 98.27%、98.24%和 97.23%，顯見清除效果效果極佳。

3. 以上述條件為基礎以乙酸乙酯作為溶劑，但調整溶液的 pH 值介於 2~12，可以得到下面的實驗結果，結果顯示 pH 值對回收效果影響不大，仍是以 PP 略差，其餘回收效果都約在 90%以上。

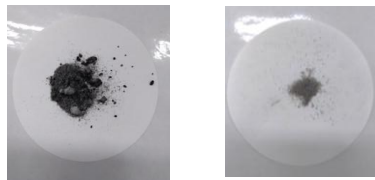
(四)  $Fe_3O_4$  和有機溶劑可以回收嗎？

1. 溶劑部分：乙酸乙酯和正己烷進行塑膠微粒回收後發現，因為乙酸乙酯和正己烷的用量不高，所以很快地就會揮發，實驗完不久就完全乾燥(圖(B)(C))，目前難以進行回收，後續會將溶劑集中再處理。但沙拉油則會變得黏稠，難以回收。



圖九：不同非極性溶劑與微塑膠及  $Fe_3O_4$  混合情形

2.  $Fe_3O_4$  (s)：目前是用磁鐵靠近乾燥後的  $Fe_3O_4$  (s)與微塑膠混合物，再將  $Fe_3O_4$  (s) 吸出後分離，但目前效果仍然有限，後續會再嘗試更好的分離方式。



圖十：(A)氧化鐵和塑膠微粒的混合物；(B)分離後的塑膠微粒

(五) 微塑膠可用來吸附有機物嗎？

表一 不同種類微塑膠與不同有機物質吸附關係表

塑膠種類	無添加	黃色色素四號	甲基橙	溴瑞香草酚藍	黃色油溶性色素	紅色油溶性色素	藍色油溶性色素
pp							
pet							
hdpe							
petg							

為了測試微塑膠是否可能具有吸附有機污染物的效果，所以將微塑膠放入各種有色有機物中，觀察微塑膠對有機物的吸附效果如上表。結果顯示微塑膠對油性色素有較好的吸附效果，可能有機會用回收的微塑膠吸附有機污染物

## 五、結論與生活應用

利用這個實驗的結果，可以用在：

- (一) 台灣四面環海，海洋的微塑膠污染狀況嚴重，應可以大量用在海洋微塑膠處理，處理所用到的乙酸乙酯和  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ，皆可再進一步利用，而能避免為了回收微塑膠，而造成其他的污染。
- (二) 微塑膠回收後，可以集中處理，做進一步的活化利用，例如有機污染物的吸附回收。

## 參考資料

- FerreiraFionn. (2019 年 10 月). developing a method to remove microplastics from water. 擷取自 Plastic Soup Foundation: <https://reurl.cc/d0XA38>
- John P. Rafferty . Kara Rogers. (2019 年 2 月月 7 日). 微塑料 塑料顆粒. 2019 年 4 月月 擷取自 大英百科全書: <https://www.britannica.com/technology/microplastic>
- ZhuQing, TaoFeng, & PanQinmin. (2010). Fast and Selective Removal of Oils from Water Surface via Highly Hydrophobic Core–Shell  $\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{C}$  Nanoparticles under Magnetic Field. ACS Applied Materials & Interfaces , 頁 3141-3146.
- 屈沙沙; 朱會卷; 劉鋒平; 朱英. (2017 年 7 月). 微塑料吸附行為及對生物影響的研究進展. 環境衛生學雜誌(1), 頁 75-78. 擷取自 環境衛生學雜誌: <http://html.rhhz.net/hjwsxzz/html/52723.htm>
- 理查德·恩格勒. (2012 年年 10 月月 22 日日). 海洋垃圾與海洋中的有毒化學物質之間的複雜相互作用. 擷取自 ACS Publication: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es3027105>