

# 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學(二)科

032912

“得來塑” --- 海洋微塑粒清除系統之設計

學校名稱：臺中市立居仁國民中學

作者：  國一 劉旻祐  國一 孫惠吟  國一 陳柄朋	指導老師：  潘瑾卿  蔡明致
---	-----------------------------

關鍵詞：油脂、微塑膠、暖暖包

# 摘要

聚乙烯(HDPE 與 PE)最能被油品吸附，矽油最高吸附 PE(68.2%)，葵花油吸附 HDPE(50.0%)，若要使用塑膠，應以聚乙烯成分優先。考量流速與吸附率的迴流吸附係數 RAC(Reflux adsorption coefficient)，靜態吸附塑膠使用矽油最好，迴流吸附則使用針車油最好。迴流裝置對塑膠回收率:第一次為 86.7%，第二次為 95.8%，第三次迴流為吸附 56%，因此利用吸油法吸收塑膠不適合三次以上迴流。廢棄暖暖包因含活性碳，所以使用廢棄暖暖包來固化油品最佳。體積比例為廢油:暖暖包=1:2 時，具有不漏油且量最少的經濟效果，固化時間需 4~5 天即可將廢鐵粉交鋼鐵廠進行後續處理。

## 壹、研究動機

海洋塑膠垃圾的問題很嚴重,聯合國報告指出地球上 46 億人口,每年總共製造 90 億個塑膠,但其中只有 9%被回收(林安儒,2018),而且全世界每年流入海洋的塑膠垃圾量為每 30 公分海岸線就有五個(國家地理雜誌中文網,2015)。塑膠袋經過大海的動能分解,生成不可計數的塑膠微粒。而海洋生物食入塑膠微粒,首要對於海洋生物的健康不利,引發生物食欲降低,生長遲滯死亡。而且人類捕食魚蝦作為食物,也將會食入微塑膠粒子,最後人類將「自食惡果」。美國非營利組織 Orb Media 最近調查發現,在全球取樣的 159 份飲用水樣本中,高達 83%都被塑膠微粒污染,顯示人們生存的環境充斥塑膠製品,塑膠微粒廣泛分布,很可能直接在飲水中就被喝下肚。人類除了減少塑膠製品使用,做好塑膠回收工作外,使海洋塑化污染負成長,對於已經污染海洋的塑膠微粒,應該著手研究處理。



(圖 1-1-1、海洋的塑膠污染危害。圖片來源 <https://www.storm.mg/lifestyle/445499> )

塑膠微粒的成分多元,包括聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)等,微塑膠容易吸附有毒化學物質如多氯聯苯(PCB)、戴奧辛等,這些環境荷爾蒙可能進入食物鏈中干擾內分泌(謝佳君,2017)。我們查閱文獻發現塑膠微粒能吸附或沾黏有毒性害物,如戴奧辛、多氯聯苯、多環芳香烴、塑化劑、雙酚 A、重金屬等(賴錦煌,2019)。所以想藉由微塑膠粒子可能與有機物黏附力較強的特性來回收微塑膠。另一方面,2019 年 Google 全球科學展(Google Science Fair)中,愛爾蘭青年費雷拉(Fionn Ferreira)研究用鐵磁液體抽取水中塑膠微粒,所以本研究嘗試利用疏水性流體將塑膠微粒加以吸附、收集,再利用鐵磁性物體將廢塑油料回收,給鋼鐵廠當作燃料用。

部分文獻指出塑膠微粒能吸附或沾黏在有機物上,但沒有確切的吸附率,所以我們預備試驗幾種無生物污染性的油品,檢測微塑膠能吸附的程度,並設計海水迴流系統,使裝置能不斷的過濾污染海水,使乾淨海水再排回大海中,廢油塑料則利用固體載體回收。逐年減少人類造成的海洋微塑膠危機。

## 貳、研究目的

- (一)、探討不同油品對塑膠微粒吸附力的影響
- (二)、探討不同油品的迴流吸附係數 RAC ( Reflux adsorption coefficient )
- (三)、微塑膠汙染海水的迴流裝置設計
- (四)、探討雙氧水濃度對油品氧化 的影響
- (五)、探討利用廢棄暖暖包來固化回收廢塑油料
- (六)、探討不同廢塑料油品在不同回收載體上的漏油程度

## 參、研究方法

參考相關文獻後，本研究主要將微塑膠海水與油品混合，並假設微塑膠為親油性，多數塑膠會吸附於油層，接著再將油層與水層分離，得到乾淨海水與微塑膠油脂，並將油脂固化後加以回收再處理，研究過程如下：

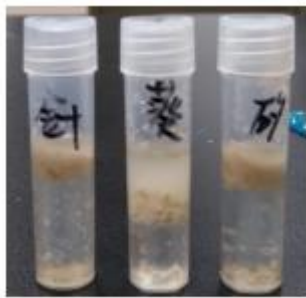


圖 3-1-1 油品吸附  
微塑粒的情況



3-1-2 機油久置能發生固化現象

### 一、名詞解釋

#### (一) 微塑膠：

是指長度小於 5 公釐的塑膠顆粒，可分為初級和次級二種。初級微塑膠包括融化後用來製造塑膠品的樹脂小粒，又稱為塑料微粒(nurdles)，以及添加在化妝品、肥皂和牙膏裡當作研磨劑的塑膠柔珠(microbeads)。次級微塑膠則是較大型塑膠物品碎裂所產生。微纖維則是將數條單獨的塑膠絲線編織在一起形成的纖維，如聚酯纖維、尼龍纖維、壓克力纖維等等(國家地理雜誌, 2018)。本實驗吸附的微塑膠是次級微塑膠。

#### (二) 對塑膠的吸附力：

一般將黏著現象的形成區分為以下 5 點來探討，本研究不著重於微塑粒是否與油品產生化學變化，是故只以肉眼觀察判斷塑膠與油層的相互溶解關係偏向於物理或化學溶解。

- 1 物理吸附 (Adsorption)
- 2 擴散(Diffusion)
- 3 靜電 ( Electrostatic )
- 4 機械性交互鎖扣 ( Mechanical nterlocking )
- 5 化學鍵結 ( Chemical bonding )

(三) 油脂:

油(oil)與脂(fat)都是由甘油與長鏈的碳酸(脂肪酸)所組成的酯類化合物,稱為三酸甘油酯,也就是所謂的脂肪。油與脂的差別在於型態,油是液體而脂則是固體或半固體(例如豬油);油大都源自於植物,而脂則大都取自於動物, **本實驗用不同油品來吸附塑膠**。

(四) 塑膠分類標誌:

本實驗將測試 1-6 號塑膠與油品的吸附程度,其組成成分如下表

表 3-1-1 塑膠編號與成分

編號	種類
1	聚對苯二甲酸乙二酯 (PET, Polyethylene terephthalate)
2	高密度聚乙烯 (HDPE, High-density polyethylene)
3	聚氯乙烯 (PVC, Polyvinyl chloride)
4	低密度聚乙烯 (PE, Low-density polyethylene)
5	聚丙烯 (PP, Polypropylene)
6	聚苯乙烯 (PS, Polystyrene)

(四) 吸附率(%): **本實驗利用顯微鏡觀察水層中微塑膠顆粒的多寡, 計算方法為比較等面積下塑膠顆粒在吸附前後的數目變化。吸附率(%)的算法為**

$$\text{吸附率}(\%) = (1 - \text{水層中塑膠顆粒} / \text{原來塑膠海水顆粒}) * 100\% \dots\dots\dots \text{式 3-1-2}$$

二、研究架構

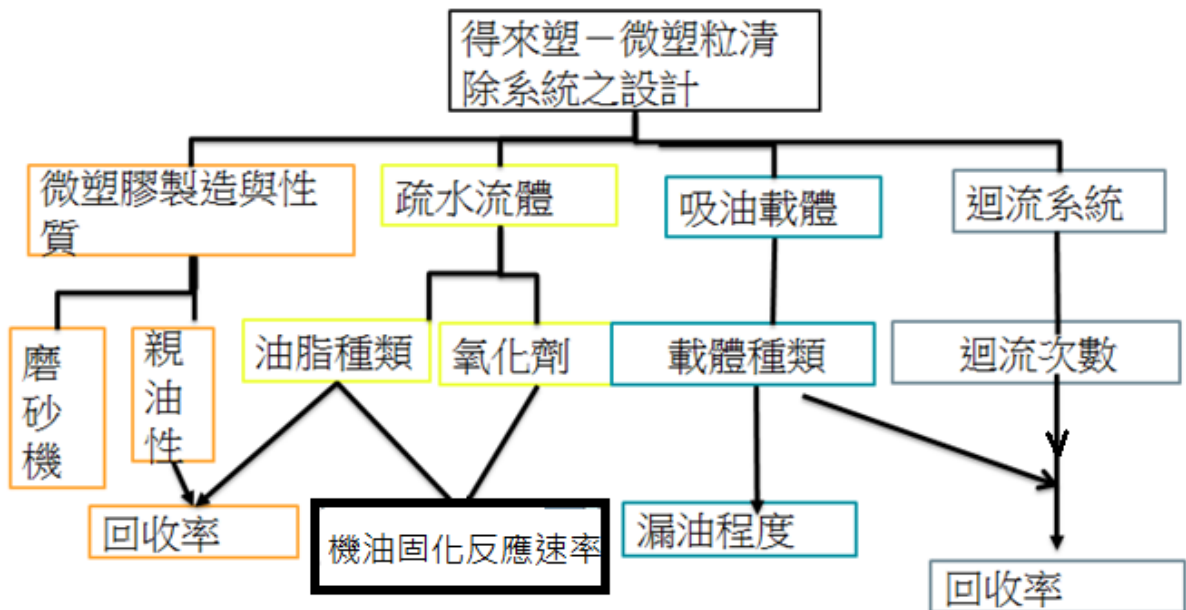


圖 3-2-1 研究架構圖

### 三、研究器材及儀器

<p>葵花油</p> 	<p>機油</p> 	<p>矽油</p> 	<p>沙拉油</p> 	<p>針車油</p> 
<p>雙氧水</p> 	<p>暖暖包</p> 	<p>鐵砂</p> 	<p>檸檬酸鈉</p> 	<p>酒精</p> 
<p>滴管</p> 	<p>吸管</p> 	<p>錐形瓶</p> 	<p>手機</p> 	<p>pysicsite app</p> 



## 肆、研究結果及討論

### 一、不同油品對塑膠微粒吸附力的影響

#### (一) 實驗步驟:

1. 我們先將 1 號到 6 號塑膠分別拿到砂紙機磨成塑膠微粒



圖 4-1-1 微塑膠粒生產過程

2. 將 1-6 號之塑膠微粒加入 3.5% 鹹度的模擬海水中。

3. 過濾粒徑大於 5mm 的塑膠顆粒。

4. 用顯微鏡頭拍照數 1mm 平方面積裡有多少個塑膠微粒,計算用油品吸附之前,海中微塑膠濃度。

5. 將等體積不同油品(葵花油、針車油與矽油)滴入步驟 4 混和液中,搖晃 50 下,吸取下層水層後,數算水層中微塑膠容液濃度。

6. 將步驟 4 與步驟 5 數據相減,即為油品對於各種塑膠的吸附率。

7. 步驟 1 到步驟 6 重複塑膠編號 1-6。

#### (二) 實驗結果

##### 1. 矽油對微塑膠的吸附率

表 4-1-1 矽油對編號 1 - 6 塑膠的吸附率

塑膠編號	1	2	3	4	5	6
塑膠成份	PET(聚乙稀對苯二甲酸酯)	HDPE(高密度聚乙稀)	PVC(聚氯乙稀)	LDPE(低密度聚乙稀)	PP(聚丙稀)	PS(聚苯乙稀)
吸附前顆粒數(每 1mm*1mm)	9	3	20	12	2	6
	6	3	25	8	2	2
	1	2	7	12	1	5
	4	2	11	8	2	4
	3	1	14	1	2	5
平均值	4.6	2.2	15.4	8.2	1.8	4.4
吸附後顆粒數(每 1mm*1mm)	5	1	3	4	1	2
	1	1	9	2	2	2
	2	1	13	2	0	4
	5	0	18	3	1	2
	2	1	3	2	1	2
平均值	3.0	0.8	9.2	2.6	0.8	2.0
吸附率(%)	34.7	65.9	40.3	68.2	55.5	54.5

## 2. 針車油吸附率

表 4-1-2 針車油對編號 1 - 6 塑膠的吸附率

塑膠編號	1	2	3	4	5	6
塑膠成份	PET(聚乙烯對酸酯)	HDPE(高密度聚)	PVC(聚氯乙)	LDPE(低密度聚)	PP(聚丙烯)	PS(聚苯乙)
吸附前顆粒數 (每 1mm*1mm)	10	7	4	5	6	8
	8	6	6	8	7	8
	7	6	4	5	16	3
	11	5	4	4	8	5
	7	4	7	6	5	6
平均值	8.6	5.6	5.0	5.6	8.4	6.0
吸附後顆粒數 1mm*1mm	5	1	3	3	7	6
	3	1	3	3	3	2
	2	6	3	2	5	1
	2	1	2	2	3	3
	3	2	3	3	3	5
平均值	3.0	2.2	2.8	2.6	4.2	3.4
吸附率(%)	65.1	60.7	44.0	53.6	50.0	43.3

### 3. 葵花油吸附率

表 4-1-3 葵花油對編號 1 - 6 塑膠的吸附率

塑膠編號	1	2	3	4	5	6
塑膠成份	PET(聚乙烯對酸酯)	HDPE(高密度聚)	PVC(聚氯乙)	LDPE(低密度聚)	PP(聚丙烯)	PS(聚苯乙)
吸附前顆粒數 (每 1mm*1mm)	6	4	5	4	5	5
	3	5	6	6	4	7
	4	4	4	3	8	7
	7	5	4	5	5	3
	5	6	4	3	3	5
平均值	5.0	4.8	4.6	4.2	5.0	5.4
吸附後顆粒數 (1mm*1mm)	2	2	3	4	4	5
	3	2	5	1	6	4
	5	3	5	2	4	6
	2	2	3	0	2	2
	1	3	3	3	0	3
平均值	2.6	2.4	3.8	2.0	3.2	4.0
吸附率(%)	48.0	50.0	17.3	55.0	36.0	25.9



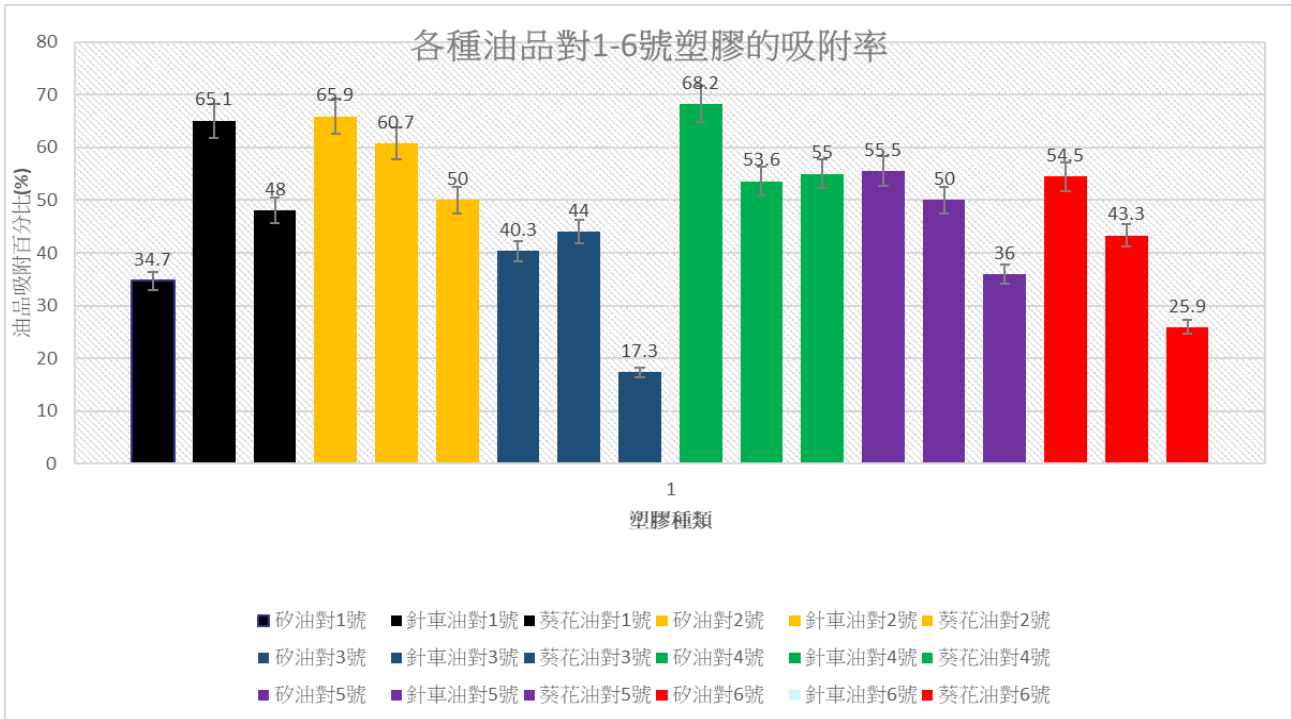


圖 4-1-1 各種油品對 1-6 號塑膠的吸附率

註: error bar 5%

### (三) 實驗結果與討論

1 矽油對於不同塑膠的吸附率排序為 4 號 (68%) > 2 號(65%)>5 號(55%)=6 號 (54%)>3 號(40%)>1 號(34%)，編號 2 與編號 4 的聚乙烯類最高，編號 1 的 PET 類最低 (34%)。

2. 針車油對於不同塑膠的吸附率排序為 1 號 (65%)>2 號(61%)>4 號(54%)>5 號 (50%)>3 號(44%)=6 號(44%)，編號 1 吸附率最高，次之為 2 號與 4 號，編號 6 的 PS 類最低(43.3%)。

3. 葵花油對於不同塑膠的吸附率排序為 4 號(55%)> 2 號(50%)> 1 號(48%)> 5 號 (36%)> 6 號(26%)> 3 號(17%)，編號 4 吸附率最高(55%)，編號 3 的 PVC 類最低 (17%)。

4. 綜合以上分析，不論哪一種油品來吸附塑膠，以成分為聚乙烯的 2 號與 4 號塑膠吸附率最高，最高為矽油吸附 68.2%，最低為針車油吸附 65.1%，海洋塑膠回收率均有 6 成以上，**若要使用塑膠，應以聚乙烯成分優先。**

5. 綜合以上分析，編號 1 與編號 3 的 PET 與 PVC 為回收率最差的塑膠，矽油吸附 1 號回收率只有 34.7%，葵花油吸附 3 號 PVC 只有 17.3% 回收率，**人類應盡量避免使用寶特瓶 PET(聚對苯二甲酸乙二酯)**，而含有氯元素的 3 號塑膠聚氯被稱為「毒塑膠」，PVC 製品大多會進到焚化爐，但因為本身含有氯的成分，它在燃燒的過程中會產生屬於第一級致癌物的多氯聯苯，**各國政府已經逐步減用 PVC(陳衍達, 2018)。**

表 4-1-2 油品與 1-6 號塑膠吸附率整理

塑膠編號	1	2	3	4	5	6
矽油吸附率(%)	低 34.7	最高 65.9	40.3	最高 68.2	55.5	54.5
針車油吸附率 (%)	最高 65.1	60.7	44	53.6	50	43.3
葵花油吸附率 (%)	48	50	最低 17.3	55	36	最低 25.9

6. 本研究發現排除分子結構有苯環之塑膠, 2-5 號塑膠分子的單體分子量越小, 其吸附率越高, 並與單體分子量倒數之一成正比 (即吸附率%正比  $1 / \text{分子量}$ ), 其矽油吸附決定係數達 0.9643、針車油吸附  $R^2=0.8247$ 、葵花油吸附  $R^2=0.9671$ , 基本上, 分子量越小的塑膠微粒越能被油品吸附, 建議化學工廠在開發製造時將分子量設計列入考量。

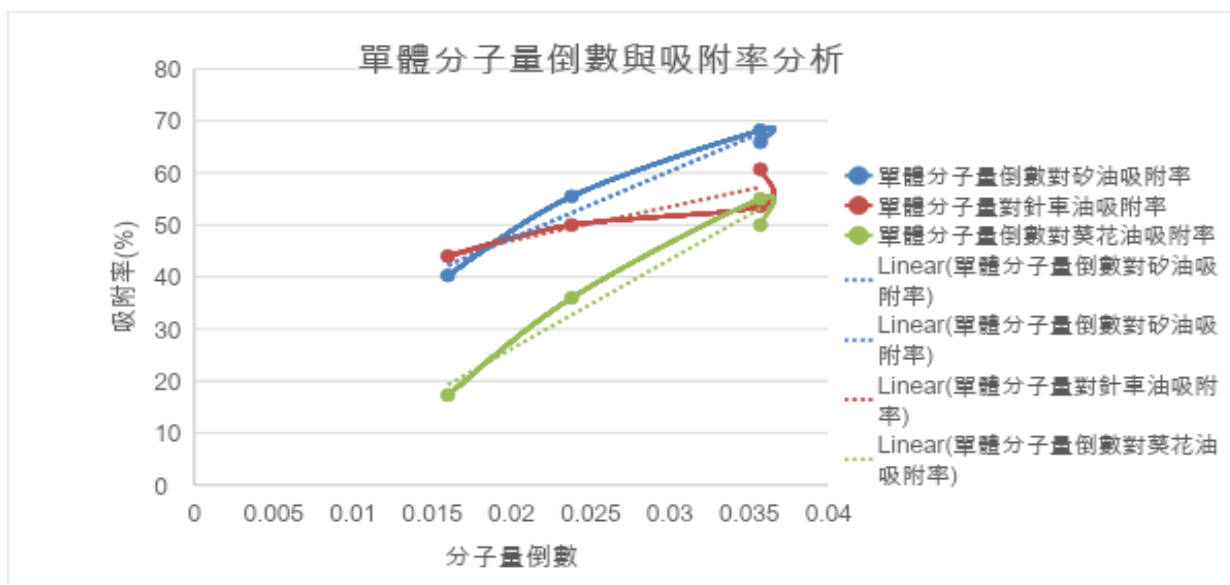


圖 4-1-2 分子量倒數與吸附率作圖

7. 由多項式分析分子量倒數與吸附率的決定係數  $R^2$  變化可以知道, 若採雙變因分析, 塑膠與油品的吸附率  $R^2$  更高, 不只有單體分子量大小影響吸附率大小, 尚有其他因素也會影響吸附率大小。

8. 聚苯乙烯的吸附率突然飆高, 為特異質可能是在矽油-海水中苯環的接觸面積大, 造成吸附率異常飆高, 此理如同含苯環的有機物質其熔點與沸點會較相近分子量之有機物質為高。

9. 由實驗觀察發現, 油品與微塑膠沒有起化學變化, 因為是水溶液, 所以不利於靜電現象吸附, 微塑膠顆粒與油品之間的吸附關係可能為物理吸附, 分子擴散與分子結構交扣所致。

## 二、不同油品的迴流吸附系數 RAC 比較

### (一) 實驗步驟

1. 我們先將滴管上端剪掉,再將吸管插在滴管的下端組裝裝置如下圖 4-2-1。
2. 調整吸管與滴管的接合長度,控制流油的總路徑相同。
3. 將不同種類的油品自裝置中流下, 測量流盡所需要的時間。
4. 測量流入裝置前油品總重 ( W 1 ) , 測量流盡後呈裝杯內差重 ( W 2 ) , 兩者差重 ( W 1 - W 2 ) 即為裝置塑膠吸附的油量。
5. 計算不同油品在塑膠吸管中流經相同距離時所需要的時間與附著的重量差。

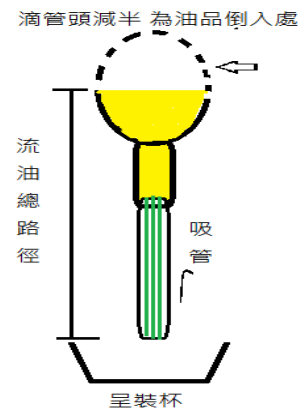


圖 4-2-1 實驗裝置

### (二) 實驗結果

表 4-2-1: 油品種類對塑膠管之黏附程度及流速測定

油品	滴管內		小杯內		實驗裝置內			流完時間(秒)	流速(kg/w/s)	吸附率*流速	
	前重	後重	前重	後重	差重	與吸管吸附率(%)					
葵花油1	3.40	1.90	1.50	3.56	2.58	0.98	0.52	34.67	30.00	32.67	11.32
葵花油2	3.34	1.84	1.50	3.48	2.72	0.76	0.74	49.33	27.00	28.15	13.89
葵花油3	4.76	1.94	2.82	4.24	2.66	1.58	1.24	43.97	36.00	43.89	19.30
葵花油平均	3.83	1.89	1.94	3.76	2.65	1.11	0.83	42.96	31.00	35.70	15.33
針車油1	3.58	2.12	1.46	3.42	2.60	0.82	0.64	43.84	18.00	45.56	19.97
針車油2	3.32	1.76	1.56	3.44	2.78	0.66	0.90	57.69	21.00	31.43	18.13
針車油3	2.66	1.76	0.90	3.20	2.74	0.46	0.44	48.89	18.00	25.56	12.49
針車油平均	3.19	1.88	1.31	3.35	2.71	0.65	0.66	50.51	19.00	34.04	17.19
機油1	4.62	1.82	2.80	4.00	2.60	1.40	1.40	50.00	43.00	32.56	16.28
機油2	4.66	1.86	2.80	4.20	2.60	1.60	1.20	42.86	47.00	34.04	14.59
機油3	4.60	1.80	2.80	4.38	2.60	1.78	1.02	36.43	47.00	37.87	13.80
機油平均	4.63	1.83	2.80	4.19	2.60	1.59	1.21	43.10	45.67	34.89	15.04
大豆油1	3.54	2.70	0.84	3.12	2.60	0.52	0.32	38.10	40.00	13.00	4.95
大豆油2	4.02	2.40	1.62	3.60	2.66	0.94	0.68	41.98	33.00	28.48	11.96
大豆油3	4.22	2.76	1.46	3.60	2.70	0.90	0.56	38.36	31.00	29.03	11.14
大豆油平均	3.93	2.62	1.31	3.44	2.65	0.79	0.52	39.80	34.67	22.69	9.03
矽油1	2.72	2.02	0.70	2.68	2.54	0.14	0.56	80.00	120.00	1.17	0.93
矽油2	3.72	2.04	1.68	3.08	2.76	0.32	1.36	80.95	75.00	4.27	3.45
矽油3	3.10	1.98	1.12	2.72	2.72	0.00	1.12	100.00	120.00	0.00	0.00
矽油平均	3.18	2.01	1.17	2.83	2.67	0.15	1.01	86.86	105.00	1.46	1.27
水1	4.46	2.08	2.38	4.55	2.58	1.97	0.41	17.23	2.00	985.00	169.68
水2	4.08	2.04	2.04	3.96	2.84	1.12	0.92	45.10	2.00	560.00	252.55
水3	4.46	1.98	2.48	4.78	2.70	2.08	0.40	16.13	2.00	1040.00	167.74
水平均	4.33	2.03	2.30	4.43	2.71	1.72	0.58	25.07	2.00	861.67	216.04

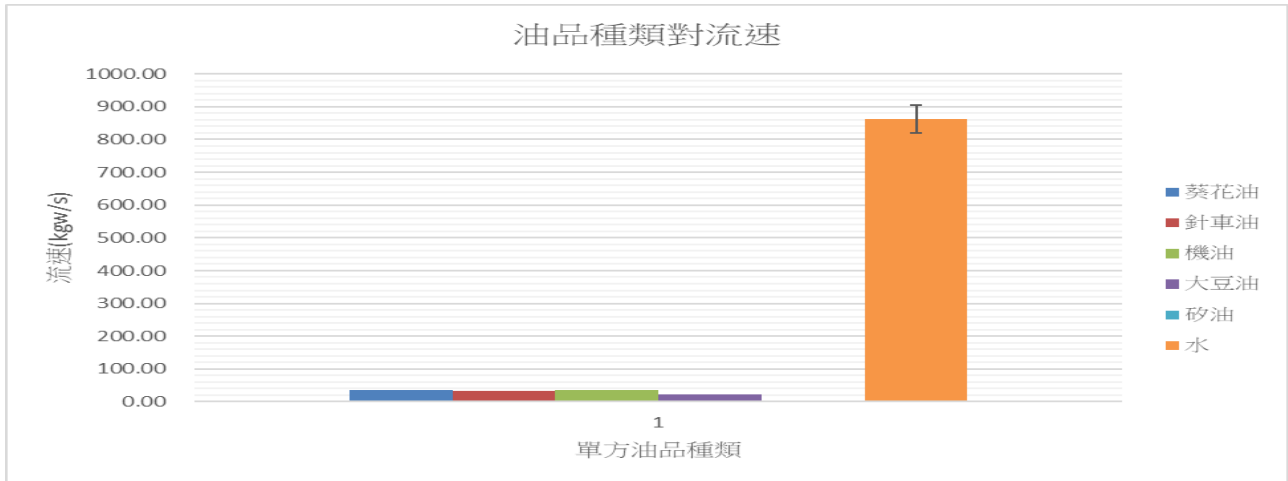


圖 4-2-2 油品種類對迴流速度

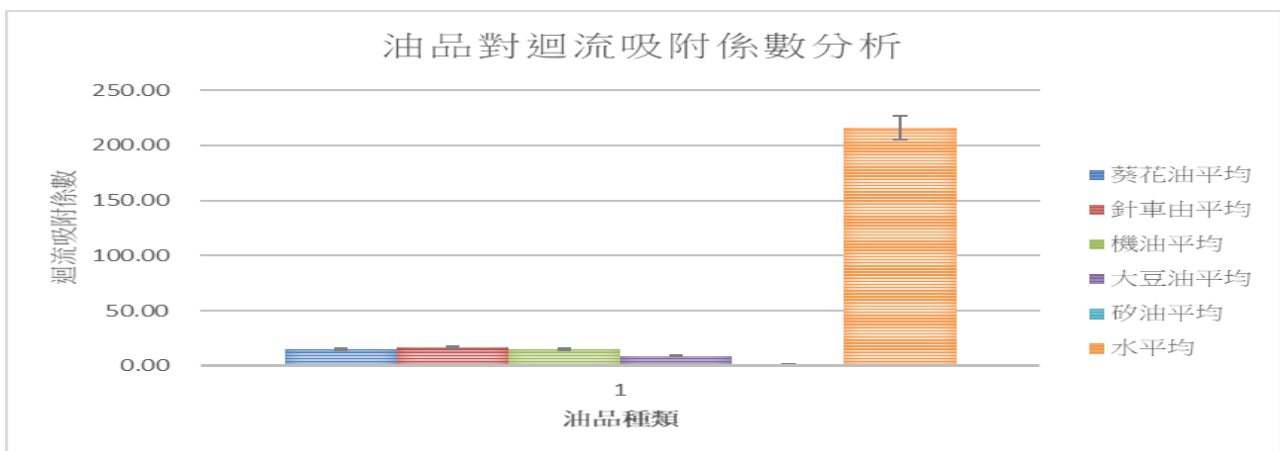


圖 4-2-3 油品對迴流係數分析

### (三) 實驗結果：

1 由圖 4-2-2 油品在吸管管壁的流速 (kgw/s) 定義為質量除以時間，水為 (861) > 葵花油(35) > 機油(34) > 針車油(34) > 大豆油(22) > 矽油(1.46)，雖然水對於塑膠的吸附率不高，但水的流速遠高於油品，水為葵花油之 24.6 倍，約為矽油之 590 倍，雖然文獻上指出微塑膠偏向親油性溶質，但當水不斷流動的情況下仍可攜帶大量的塑膠微粒，以此可以解釋海洋含量塑膠的由來。

2. 由於實驗過程中發現，油品流動過程的質量差與時間並不配合相好，舉例而言，矽油對吸管塑料的吸附力強但流速慢，葵花油流速快但與吸管塑料吸附力差，因此考量時間與吸附力，定義迴流吸附係數為流速 (kgw/s) 乘以吸附率(%)之乘積，該數字越大則越適合作為迴流系統中的油品種類。以下稱迴流吸附係數 (Reflux adsorption coefficient) 為 RAC。

3. 本實驗的目的是設計迴流系統始油層充分吸附微塑膠，假設是流速越大，吸附率越大的油品為好的油品，所以取 RAC 大者的油品進行迴流裝置測試。

4. 本實驗 RAC 為水 (216) > 針車油 (17) > 葵花油 (15) = 機油 (15) > 大豆油 (9) > 矽油 (1)，輔以吸附率判斷若要靜態油品吸附塑膠使用矽油最好，若要迴流吸附塑膠則使用針車油最好，其 RAC 約為水的 1/12 - 1/13 倍，亦即設計裝置時，將針車油的迴流速率設定為水的 1/3 倍，應科將水中的塑膠 100% 吸收，在裝置實驗中兼併測試針車油的可迴流吸附次數。

### 三、微塑膠海水的迴流裝置設計

#### (一) 實驗步驟

- 1.配置微塑膠海水 100ml,並利用顯微鏡計算等體積中海水微塑膠數目。
- 2.設計迴流裝置:利用 2 支寶特瓶連接開關與進水槽,1 支為通油管,1 支為汙染海水進水管,裝置如圖 4-3-1

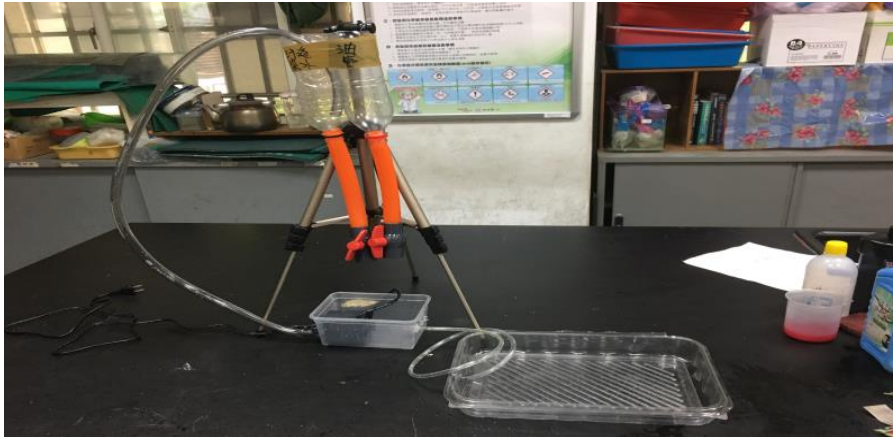


圖 4-3-1 迴流裝置模擬圖

- 3.根據實驗二結果,迴流油品選擇針車油,設定針車油流速為水的 13 倍
- 4.以開關角度控制開口大小,進而控制流速。
- 5.分別到入等體積的針車油與海水個別管路中,進水槽角度選擇 20°。
- 6.多次迴流,以吸取法分離油層與水層
- 7.計算海水層中微塑膠的顆粒數目,帶入式子 3-1-1,計算針車油的吸附率與最多的迴流次數。

#### (二) 實驗圖表

表 4-3-1 迴流次數與微塑膠濃度

	試片 1	試片 2	試片 3	試片 4	試片 5	平均值	吸附比例
初始濃度	23	20	43	32	25	34.3	0.0
第一次迴流	5	4	7	1	2	3.8	86.7
第二次迴流	0	0	0	6	0	1.2	95.8
第三次迴流	12	13	11	15	11	12.4	56.6



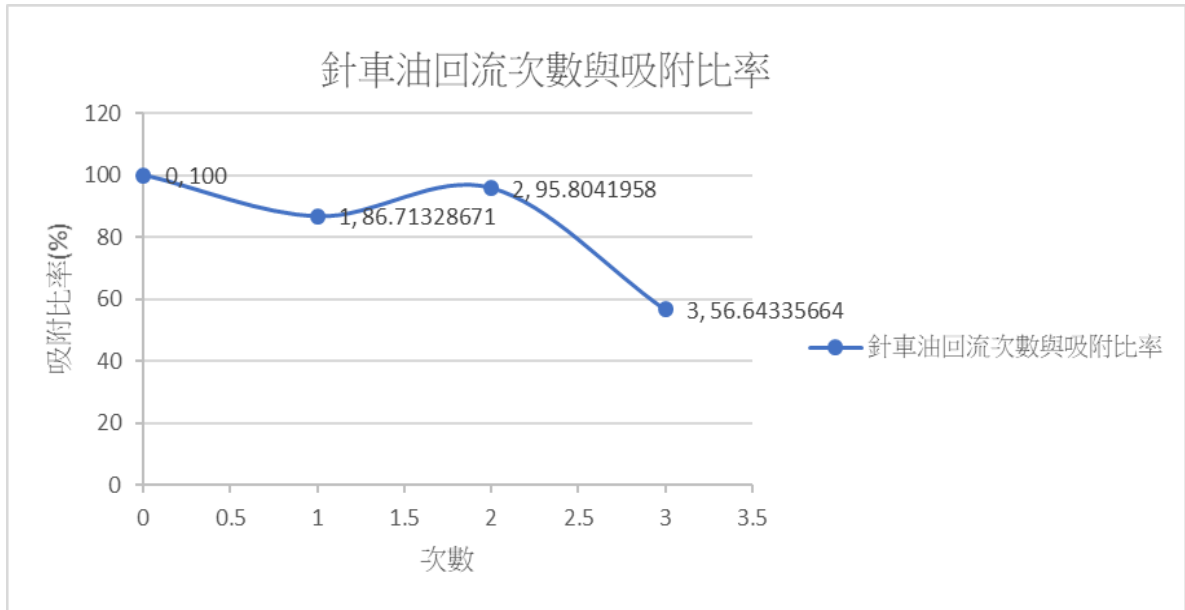


圖 4-3-2 針車油回流次數與吸附比率

### (三) 實驗結果與討論

1. 以實驗二結果而言,設定針車油流速為水的 13 倍,在一次回流的情況下能將海水塑膠 100%回收,本小實驗衣次回流吸附率為 86%,預測準確率達 8 成 6。
2. 以實驗數據,經過二次迴流,針車油可以將海水中微塑膠吸附 95%以上。
3. 第三次迴流造成塑膠回吐至水層,是因為不斷迴流下,油品與鹽水產生乳化作用,使得水形成油包,介面現象漸漸消失,所以油品吸附微塑膠不適合二次以上的回流。
4. 海水回流系統模擬圖示與動作流程分析

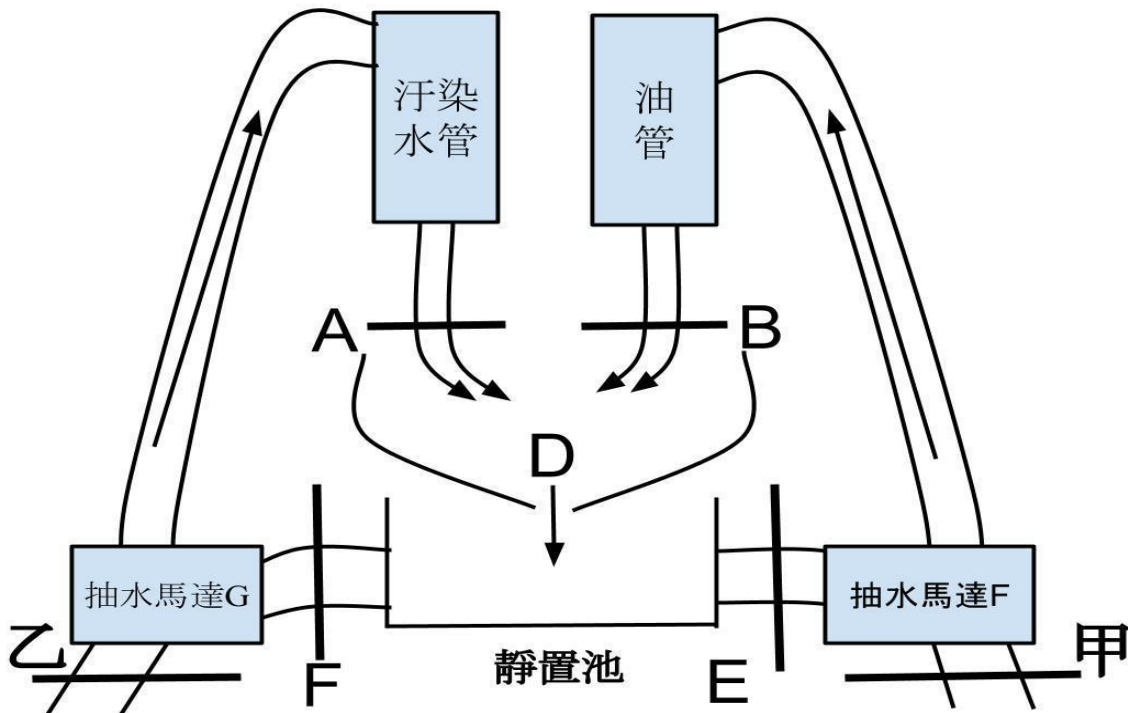


圖 4-3-3 吸附塑膠的廢油與海水處理裝置圖

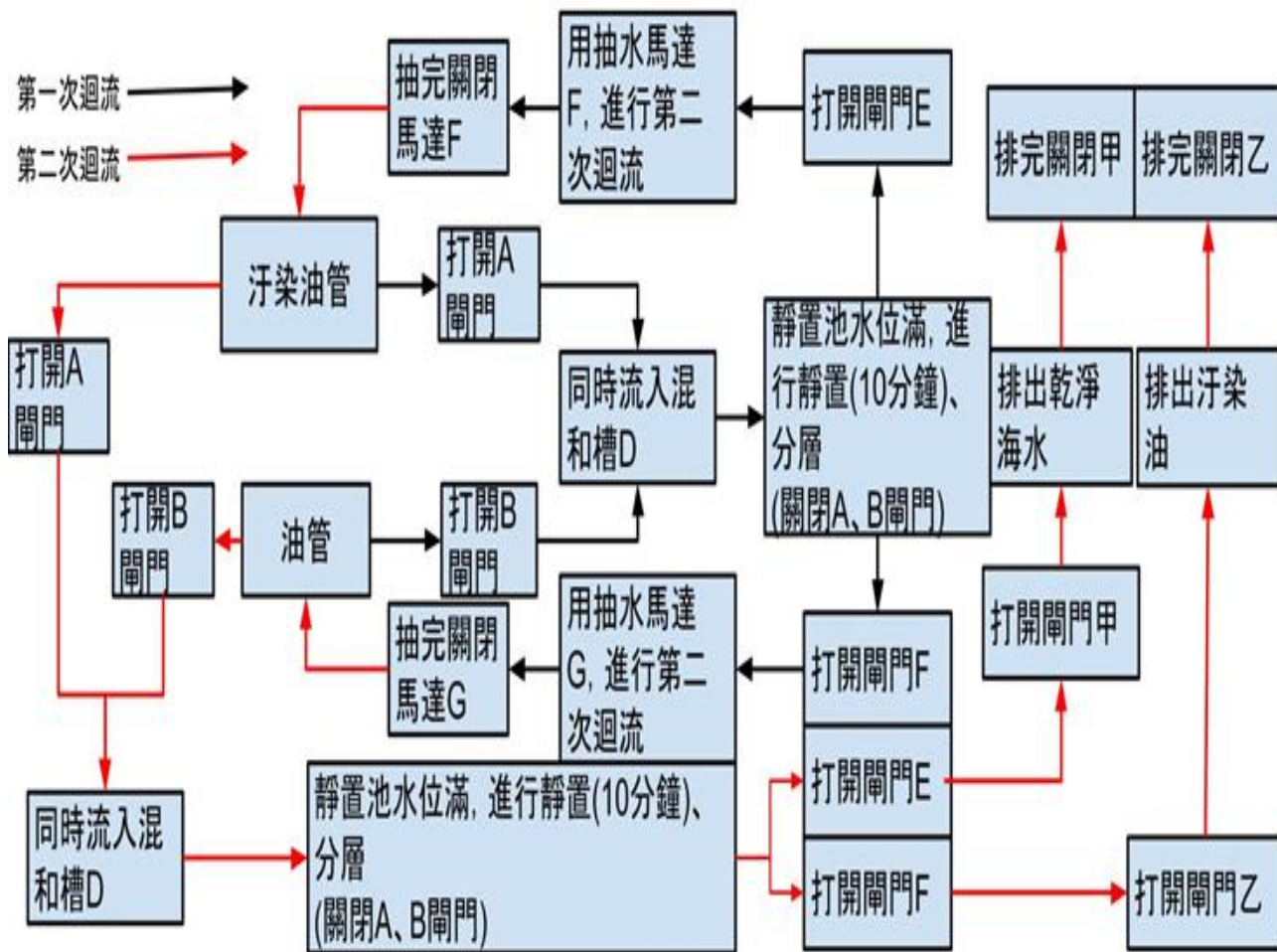


圖 4-3-4 廢油與海水處理裝置的動作分析圖



#### 四、探討雙氧水濃度對油品氧化的影響

##### (一)實驗步驟

- 1.將 1ml 的油品加入試管內,在試管外包上鋁箔紙以單純背景值,
- 2.準備測定照度,加入不同比例的雙氧水和水(20% 40% 60% 80%)與對造組 0%雙氧水與 100%雙氧水
- 3.下載 Physics Toolbox Suite,切換到光照度計(單位流明),讓試管對著手機的鏡頭,測量數值·減去背景值·測量數天

##### (二) 實驗圖表

表 4-4-1 機油氧化實驗測定-照度法

濃度(%)	20	40	60	80	100%油	100% 雙 氧 水
0	210	1116	2281	1009	30	1006
	196	1115	232	913	81	1462
	273	900	226	757	107	1517
平均照度(lux)	226.3	1043.7	913.0	893.0	72.7	1328.3
2 天	1356	2189	831	1265	610	4595
	1030	2586	1111	1509	723	5443
	1296	3201	1054	1521	729	5513
平均照度(lux)	1227.3	2658.7	998.7	1431.7	687.3	5183.7
3 天	5175	4753	2307	2190	1655	23174
	4194	4684	1974	2153	1471	11190
	4684	4718	2140	2171	1563	17182
平均照度(lux)	4684.3	4718.3	2140.3	2171.3	1563.0	17182.0

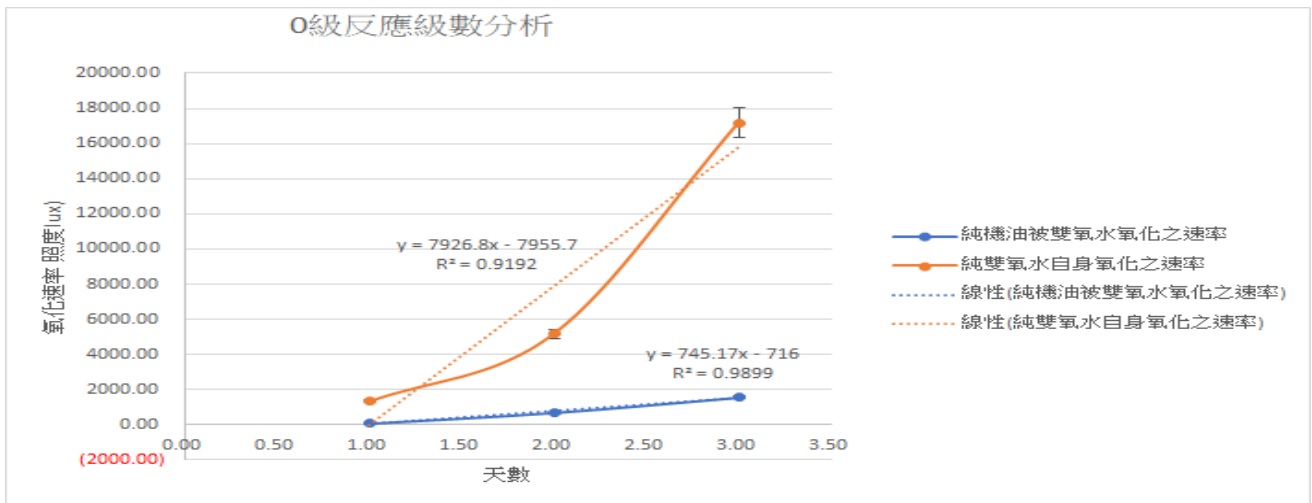


圖 4-4-1 機油被氧化與雙氧水氧化之反應級數分析-0 級反應分析

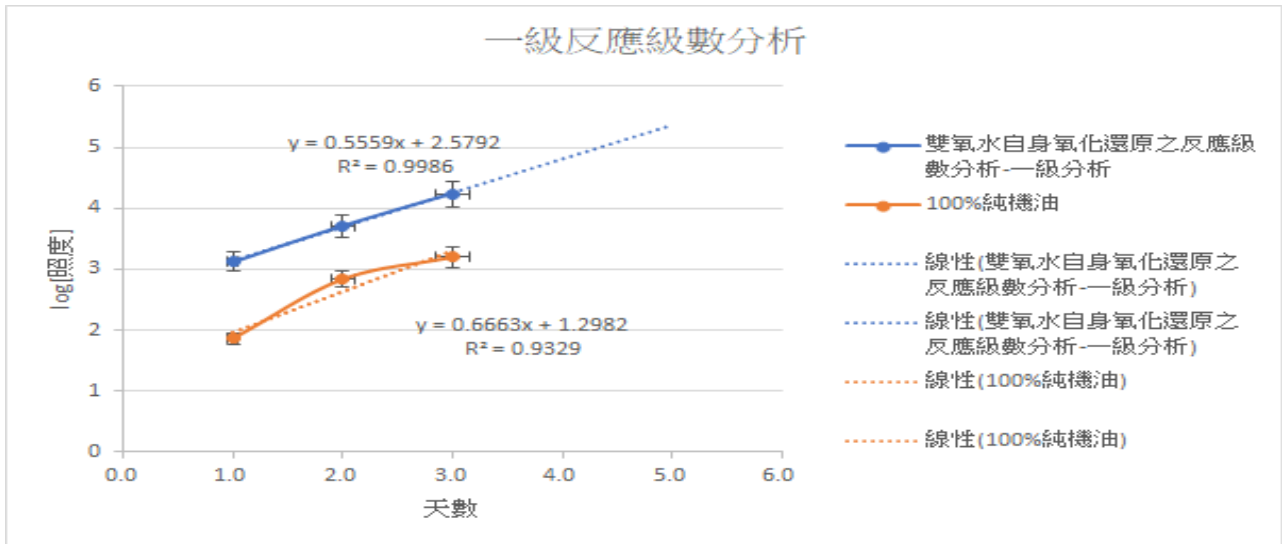


圖 4-4-2 機油被氧化與雙氧水自身氧化還原之反應級數分析-一級分應分析

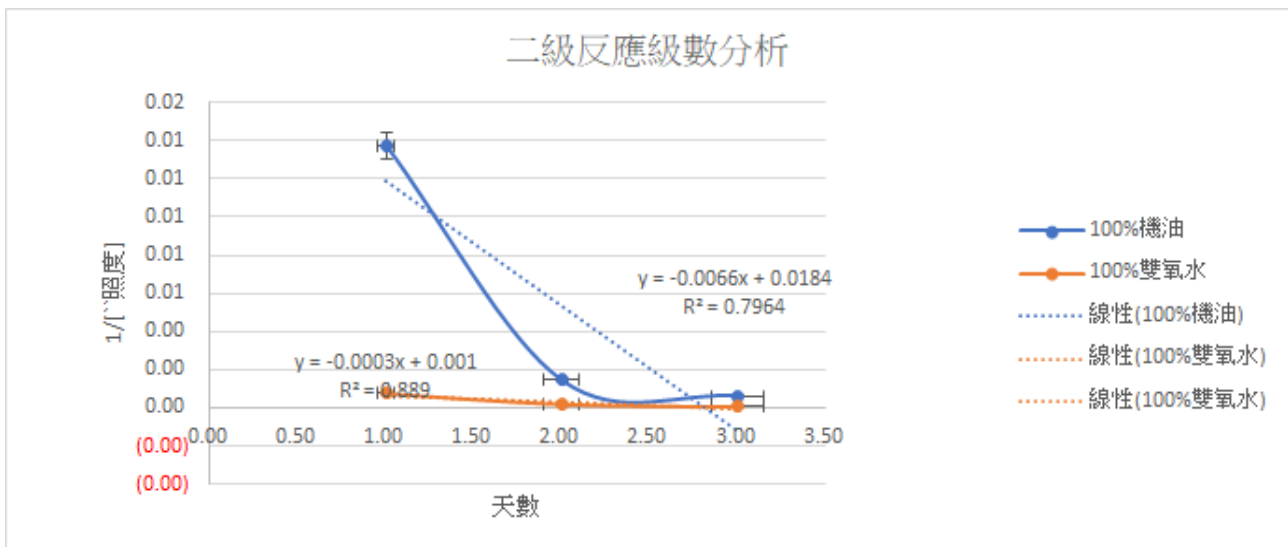


圖 4-4-3 機油被氧化與雙氧水自身氧化還原之反應級數分析-二級分應分析

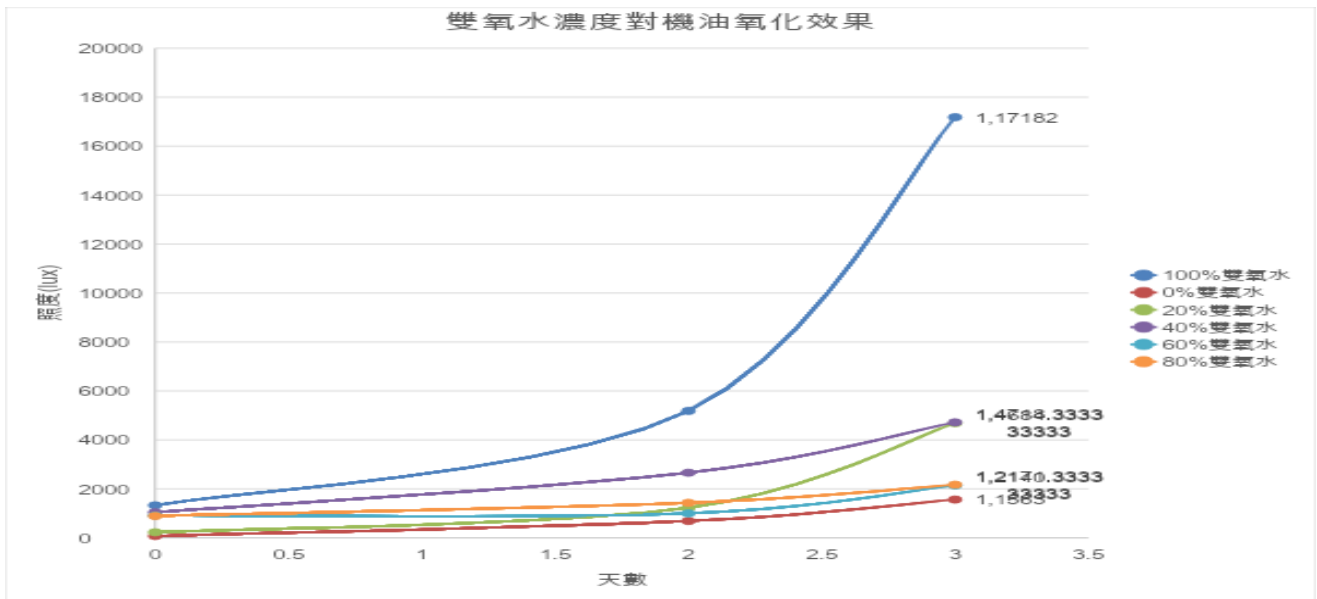


圖 4-4-4 雙氧水濃度對油品氧化效果

### (三) 實驗結果與討論

1. 本實驗設計為加入氧化劑(雙氧水)入機油中,使機油加速氧化,因為油品氧化質變後會使光照度改變,以光照度代表反應發生的程度(即反應速率),本實驗裝置中應有二個化學變化同時發生分別為雙氧水自身氧化還原與氧氣使機油氧化,首先必須知道純機油與純雙氧水之氧化為幾級反應,再分析不同濃度(20% 40% 60% 80%)的機油-雙氧水油品混合物的反應發生程度,分析過程如下(圖 4-4-1-圖 4-4-3)

A. 由圖 4-4-1 將反應數率與時間以一次關係分析,得到機油氧化之  $R^2$  為 0.9899,雙氧水自身氧化之,  $R^2=0.9192$ ,代表機油氧化為 0 級變化,機油的分解速率與機油濃度無關,數學表示法為  $R=K$ ,反應速率常數  $K=745.71$ 。

B. 由圖 4-4-2 將照度取對數  $\log$  後與反應天數作圖,以線性分析得到純機油氧化  $R^2=0.9329$ ,雙氧水自身氧化氧化為  $R^2=0.9986$ ,所以雙氧水自身氧化還原為一級反應,此實驗結果與高中化學課本所言-雙氧水氧化為一級化學反應相符。

C 由圖 4-5-3 將照度取倒數後與反應天數作圖,再以線性關係分析得到純機油  $R^2=0.7664$  與純雙氧水自身氧化  $R^2=0.889$ ,兩者在  $1/[濃度]$ 與時間作圖中的決定係數均小於 0.95,所以兩者均非二級反應,總結機油氧化為 0 級反應,雙氧水氧化還原為 1 級反應。

由以上可知,本實驗希望機油氧化的程度越高越好,自然希望雙氧水分解充分供應氧氣,所以選定兩種反應均進行者為佳。

2. 用照度法測量機油氧化程度之實驗方法可行。

3. 將不同濃度之雙氧水-機油混合油之照度與反應天數作圖,得到圖 4-4-4,並分別使用線性關係與指數關係取決定係數,得到結果如下表 4-4-2 所示,機油與雙氧水混合液中的氧化偏向,以表 4-4-2 表示,以濃度 80% 雙氧水的情況下,氧化最完全。

4. 綜合以上,雙氧水濃度越高,氧化效果越好,當雙氧水濃度為 80% 時,雙氧水進行自身氧化還原供應氧氣並使機油進行氧化均有最好的效果,但針車油氧化後無法固化,如圖 4-4-5。

表 4-4-2 雙氧水與機油氧化之反應級數分析

雙氧水濃度	1 級反應相關係數	0 級反應相關係數
100%	0.9986	
80%	0.9987	0.9918
60%	0.8280	0.8021
40%	0.9800	0.9951
20%	0.9955	0.9000
0%		0.9899



圖 4-4-5 針車油氧化後無法固化

## 五. 利用廢棄暖暖包來固化回收廢塑油料

### (一) 實驗步驟：

1.前測: 將廢餘暖暖包-檸檬酸鐵磁流體加入葵花油，觀察其變化，如圖 4-5-1 左邊培養皿為固化後的現象，右邊管子為封閉之對照組，隨著水分的減少，左盤廢棄暖暖包電阻可以從 3M 歐姆提高到 30M 歐姆。



圖 4-5-1 廢棄暖暖包為土質載體前測

2. 推論可能是廢棄暖暖包中的活性碳粉可以吸收油份，使節塊硬化，故本實驗操作變因為油量，應變變應為電阻
3. 加入 4g 的用餘暖暖包粉末和 4ml 的檸檬酸攪拌形成系統
4. 加不同質量的葵花油入步驟 1 系統中並攪拌均勻
5. 每隔一天測量電阻變化並觀察現象

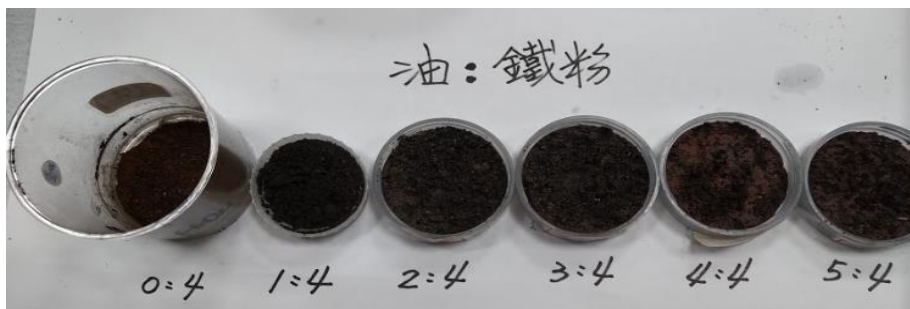


圖 4-5-2 暖暖包與油比例實驗藥品

(二) 實驗結果

表 4-5-1 葵花油量對鐵粉固化的影響

油量	5g	4g	3g	2g	1g	0g
電阻第一天(MΩ)	4.30	3.00	3.30	3.60	3.40	7.40
1	4.20	4.40	4.70	5.40	5.80	7.60
	4.50	4.80	5.60	5.70	6.20	7.70
平均	4.33	4.07	4.53	4.90	5.13	7.57
電阻 第三天(MΩ)	3.10	2.90	3.20	3.40	85.80	8.40
3	3.30	3.40	3.80	3.20	55.20	10.80
	2.90	2.50	2.90	3.10	87.20	9.60
平均	3.10	2.93	3.30	3.23	76.07	9.60
電阻第四天(MΩ)	3.00	3.10	3.10	6.30	59.60	23.20
4	3.20	3.00	3.30	5.20	90.20	29.90
	3.00	3.60	3.10	3.60	25.90	15.50
平均	3.07	3.23	3.17	5.03	58.57	22.87
電阻第五天(MΩ)	3.00	2.80	2.50	13.10	大於 10 <sup>8</sup>	20.90
5	3.40	3.50	3.20	12.90	大於 10 <sup>8</sup>	27.00
	3.40	3.10	3.10	15.40	大於 10 <sup>8</sup>	27.30
平均	3.27	3.13	2.93	13.80	大於 10 <sup>8</sup>	25.07

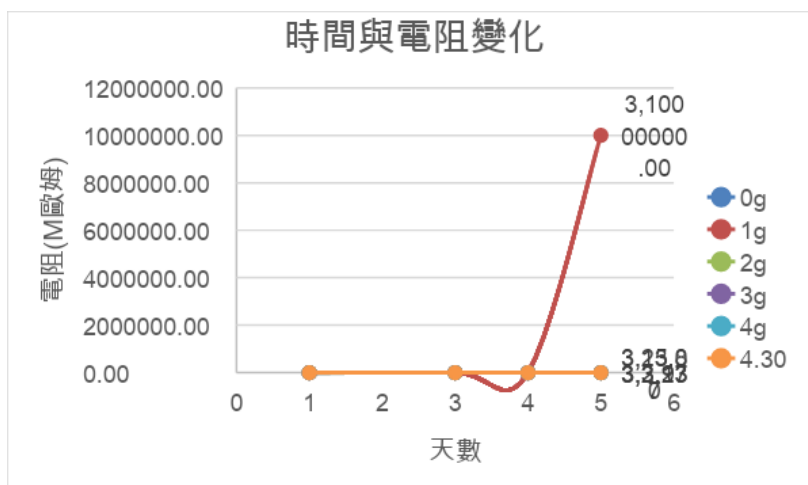


圖 4-5-3 不同加油量之時間對電阻的變化

(三) 實驗結果與討論

- 我們發現 1g 的油量配上等比例的檸檬酸鐵，電阻會在第五天超過  $10^8\Omega$ 。
  - 由於 1g 油量電阻過大的現象可能是油量不夠，故油量 1g-2g 間與土質載體之體積比例為 1:1 時，為最佳的廢油與載體比例。
  - 硬化後的檸檬酸氧化鐵在 4-5 天後可以進行回收。
- 六 探討不同廢塑料油品在不同回收載體上的漏油程度比較

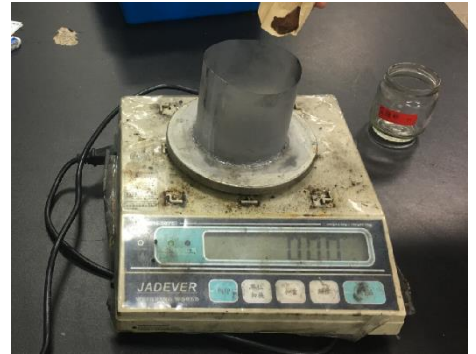


圖 4-6-1 實驗過程圖

(1) 實驗步驟

- 把濾紙放入相等大小的玻璃瓶，加入等量的油品與載體的比例
- 加入等質量的汙染海水，測汙染海水與油品、載體總重為  $W_0$
- 等待載體吸附時間三天後，刮下上述廢塑土，測重量為  $W_1$
- 重複以上步驟，直至第五天，得  $W_2$ 、 $W_3$ 、 $W_4$ ，
- 以  $(W_n - W_0) / n$ ， $n=2, 3, 4$  計算其濾紙上的吸油程度， $(W_n - W_0)$  數字越小代表載體的漏油程度越小，越為好的土質載體。

(2) 實驗圖表

表 4-6-1 土質載體對油品吸附之漏油量測定

載體	時間 (Hr)	重量 (g)	重量差/時間 (g/Hr)	載體	時間 (Hr)	重量 (g)	重量差/時間 (g/Hr)	載體	時間 (Hr)	重量 (g)	重量差/時間 (g/Hr)	載體	時間 (Hr)	重量 (g)	重量差/時間 (g/Hr)
純鐵粉	72	142.5	-7.6	純鐵粉	96	134.9	-7.6	純鐵粉	120	134.8	-7.7	純鐵粉	72	142.5	-7.6
純鐵粉	96	134.9	-7.6	純鐵粉	120	134.8	-7.7	純鐵粉	72	142.5	-7.6	純鐵粉	96	134.9	-7.6
純鐵粉	120	134.8	-7.7	純鐵粉	72	142.5	-7.6	純鐵粉	96	134.9	-7.6	純鐵粉	120	134.8	-7.7
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0
廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0
廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0
廢暖包	72	144.8	-3.0	廢暖包	96	137.2	-3.0	廢暖包	120	137.2	-3.0	廢暖包	72	144.8	-3.0



## 伍、結論

- (一) 一般而言，以聚乙烯之 2 號與 4 號塑膠的回收率最高，最高 68%，最低為 50%，建議民眾多使用聚乙烯類的塑膠，避免使用吸油法回收率低的聚酯類寶特瓶。
- (二) 本研究發現排除苯環結構影響外，塑膠分子的單體分子量越小，其與油脂的吸附率越高，吸附率%與塑膠單體分子量平方成反比，所以開發高分子塑膠產品時應考慮單體分子量大小。
- (三) 本實驗迴流吸附係數 RAC(Reflux adsorption coefficient)定義為流速乘以吸附率，水為 216kgw/s，為測試流體中的最大值，輔以塑膠吸附率(%)判斷若要靜態吸附塑膠使用矽油最好，若要迴流吸附塑膠則使用針車油最好。
- (四) 當雙氧水濃度為 80%時，雙氧水進行自身氧化還原供應氧氣並使機油進行氧化均有最好的效果。但雙氧水氧化油脂應無法使油脂固化。
- (五) 海水迴流系統設計為針車油流速定為水的 13 倍，海水迴入角度為 20 度，針車油可以重覆迴流 2 次，使微塑膠能 95.8%回收，為最佳回收率。
- (六) 本研究發現，成分含有活性碳的土質載體吸油率最好。
- (七) 廢棄暖暖包因為有含活性碳，又為廢棄物，所以使用廢棄暖暖包來固化油品最佳。
- (八) 用廢棄暖暖包固化塑料-廢油之比例為：當廢油體積為暖暖包載體體積 1-2 倍時具有最好的效果。
- (九) 當最佳混合比利時，塑料-廢油與暖暖包的吸附時間需要 4-5 天，即可進行再處理。

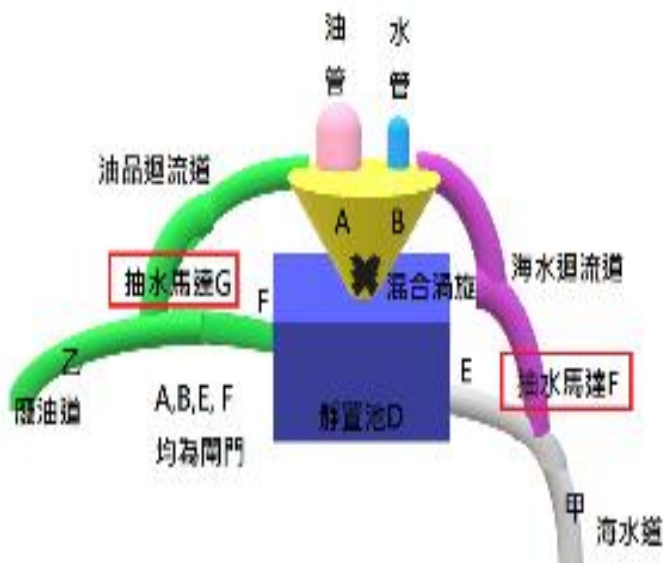


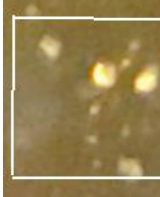

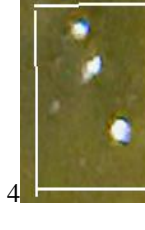

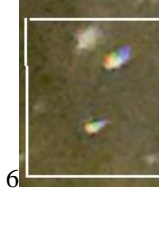
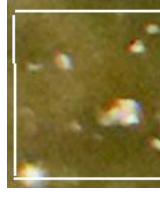
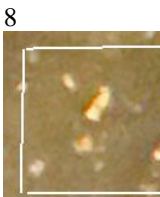


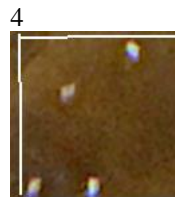

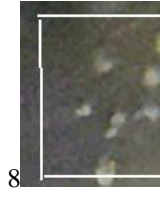

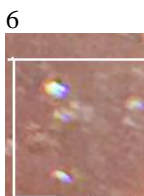

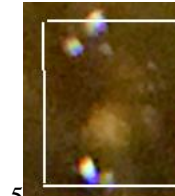




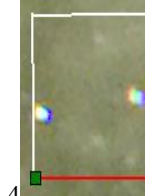
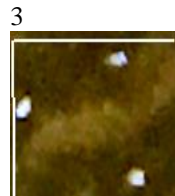
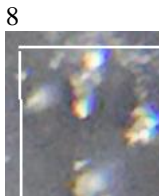

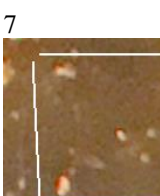
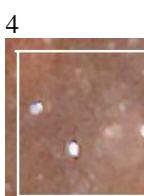
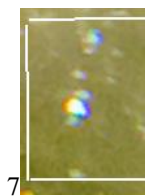

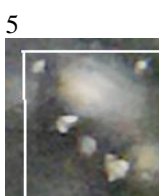

圖 5-1 海水迴流系統設計

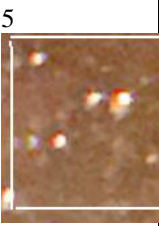


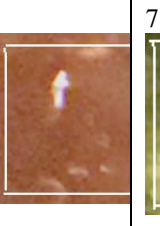
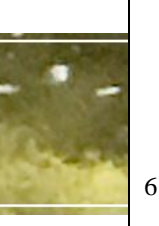
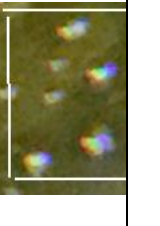
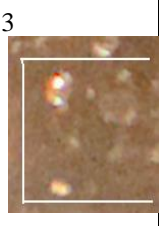


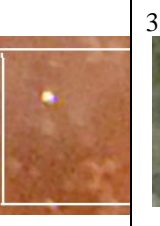
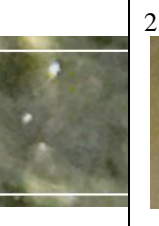
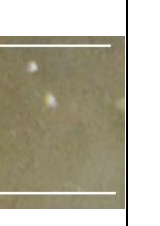
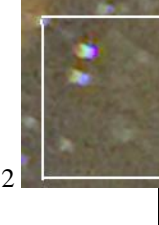
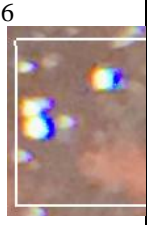






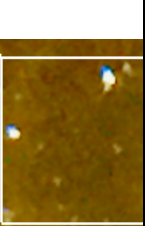
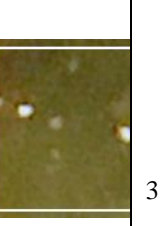
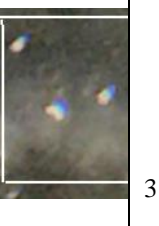

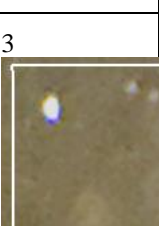
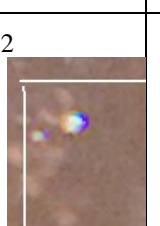
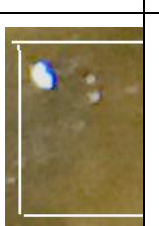
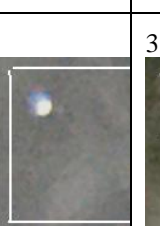


## 陸、參考資料及其他

1. 李中光(2009),雙親性沸石吸附劑,桃園縣大學校院產業環保技術服務團之「環保簡訊」。2019.11.24 節錄自:<http://setsg.ev.ncu.edu.tw/newsletter/epnews5-1-2.html>
2. 李讚虔(2018),塑膠微粒——微小的生態殺手,科技大觀園。2019.11.24 節錄自:<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sg3f.htm>
3. 林安儒(2018),別再說回收就好!全球每年製造 90 億噸塑膠,超恐怖汙染禍及地球每個角落。2019.11.21 節錄自: <https://www.storm.mg/lifestyle/445499>
4. 陳衍達(2018),被稱為「毒塑膠」的聚氯乙烯為什麼還在我們生活中?要怎麼避免它的危害? 2020.01.31 取自:<https://pansci.asia/archives/150053>
5. 國立台灣大學物理學系近代物理實驗室(2008),鐵磁流體實驗,基礎物理實驗。2019.11.24 節錄:<https://web.phys.ntu.edu.tw/asc/FunPhysExp/ModernPhys/exp/Magnetic.pdf>
6. 國家地理雜誌中文網(2015),超乎想像的海洋垃圾塑膠量,2020.02.07 取自:<https://www.natgeomedia.com/environment/article/content-1307.html>
7. 張揚狀(2016),生物性油脂料源之產業應用,化工 第 63 卷第 4 期,台灣中油股份有限公司綠能科技研究所。2019.11.24 節錄自:[http://www.twiche.org.tw/ezfiles/0/1000/attach/63/pta\\_498\\_4610332\\_51353.pdf](http://www.twiche.org.tw/ezfiles/0/1000/attach/63/pta_498_4610332_51353.pdf)
8. 黃蕙君、邱姿蓉(2014),趣味化學玩具:神奇鐵磁流體的玩法與合成。2019.11.24 節錄自:<http://chemed.chemistry.org.tw/?p=4118>
9. 黃彥棠(2015),磁性流體在外加磁場下之黏滯係數的變化作者,中學生網站。2019.11.24 節錄:<https://www.shs.edu.tw/works/essay/2015/11/2015111511460226.pdf>
10. 維基百科(2019),塑膠分類標誌。2019.11.24 節錄自:<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A1%91%E8%86%A0%E5%88%86%E9%A1%9E%E6%A8%99%E8%AA%8C>
11. 蔡蘊明(2013),油理油趣—淺談食油(Food oil)的化學,於臺大化學系。2019.11.24 節錄自:<https://www.ch.ntu.edu.tw/office/article/food-oil.html>
12. 賴錦皇(2019)從天而降的塑膠微粒汙染,新興科技媒體中心。2019.11.24 節錄自:<http://www.smctw.tw/portfolio-item/?p=7497/>
13. 寰宇尖端薄膜有限公司(2019),3 分鐘讓你了解什麼是黏著理論,塑膠薄膜材料網。2019.11.24 節錄自:<http://www.film-top1.com/product-info.asp?id=624>
14. 謝佳君(2017),全球 83%飲用水驗出塑膠微粒 台灣呢? 康健雜誌 取自:<https://www.commonhealth.com.tw/article>
15. 蘇裕昌(2015),界面活性劑的基礎及應用,漿紙技術 VOL,19 No.1。2019.11.24 節錄自:[http://for.nchu.edu.tw/up\\_book/19-2-1-](http://for.nchu.edu.tw/up_book/19-2-1-)

# 附錄

放大鏡底下-針車油吸附塑膠微粒

編號	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
塑膠成份	PET(聚乙烯對 甲酸酯)	HDPE(高密度 乙烯)	PVC(聚氯乙 烯)	LDPE(低密度 烯)	PP(聚丙烯)	PS(聚苯乙烯)
吸附前 數(每 1mm*1mm)	10 	7 	4 	4 	6 	8 
	8 	6 	6 	4 	7 	8 
	7 	6 	4 	5 	16 	3 
	11 	5 	4 	3 	8 	5 
	7 	4 	7 	3 	5 	6 
平均值	8.6	5.6	5.0	3.8	8.4	6.0

吸附後果 數(每 1mm*1r	 5	 1	 3	 3	 7	 6
	 3	 1	 3	 1	 3	 2
	 2	 6	 3	 3	 5	 1
	 2	 1	 2	 5	 3	 3
	 3	 2	 3	 3	 3	 5
平均值	3.0	2.2	2.8	3.0	4.2	3.4
吸附率(	65.1%	60.7%	44.0%	53.6%	50.0%	43.3%

## 【評語】 032912

1. 清除海洋微塑粒是重大的環保議題，選此主題勇氣可嘉，也值得持續探究。
2. 本研究嘗試分離含微塑膠粒的海水。透過與油品混合，使塑膠微粒吸附於油層(針車油、矽油)後再以重力進行油水分離，可得到乾淨海水與微塑膠油脂，設計多項實驗，內容尚稱豐富並具創新性。利用活性碳固化油脂後，可以一般垃圾方式處理(燃燒)，但作品並未著墨如何回收再處理固化油脂。
3. 本作品探討不同油品對塑膠微粒吸附力的影響及迴流吸附係數 RAC。設計微塑膠污染海水的迴流裝置驗證回流次數與回收率的關係。研究立意雖佳，但海洋水體過大恐導致本研究欠缺實用性，或許改良為"建立海水中塑膠微粒量化分析法"更具說服力。
4. 以平均值計算吸附率，宜考慮其標準差進行比較，較具意義。



# 壹、研究動機

全世界每年流入海洋的塑膠垃圾經過大海的動能分解，生成不可計數的塑膠微粒。而塑膠微粒進入食物鏈中，最後人類將「自食惡果」。部分文獻指出塑膠微粒能吸附或沾黏在有機物上，所以本研究嘗試利用疏水性流體將塑膠微粒加以吸附、收集與去除。預備試驗幾種無生物污染性的油品，檢測微塑膠能吸附的特性與程度，並設計海水迴流系統，使裝置能不斷的過濾污染海水，使乾淨海水再排回大海中。逐年減少人類造成的海洋微塑膠危機。



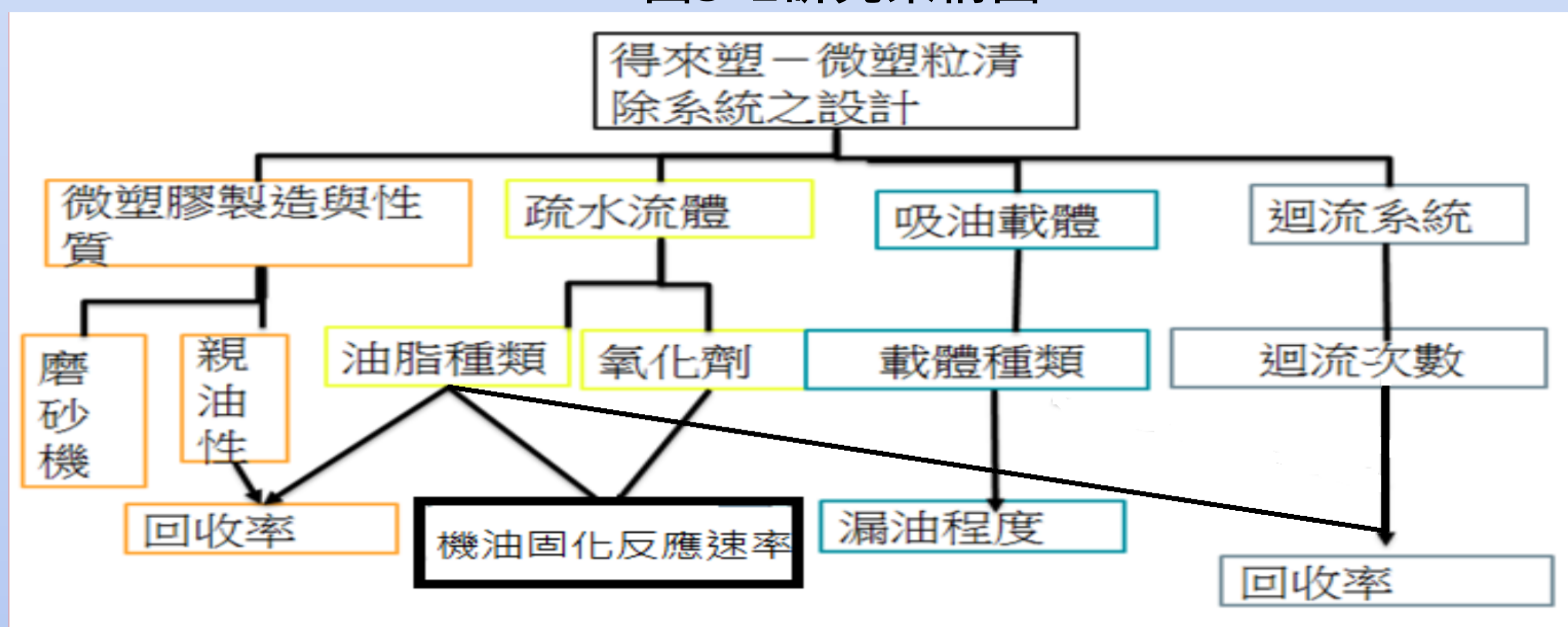
照片1-1海洋的塑膠污染危害

# 貳、研究目的

- 一、探討不同油品對塑膠微粒吸附力的影響
- 二、探討不同油品的迴流吸附係數RAC ( Reflux adsorption coefficient )
- 三、微塑膠污染海水的迴流裝置設計
- 四、探討雙氧水濃度對油品氧化 的影響
- 五、探討利用廢棄暖暖包來固化回收廢塑油料
- 六、探討不同廢塑料油品在不同回收載體上的漏油程度

# 參、研究方法

圖3-1研究架構圖



# 肆、研究結果與討論

## 一、不同油品對塑膠微粒吸附力的影響

- (一)一般而言，以聚乙烯成份之2號與4號塑膠的回收率最高，矽油吸附率4號塑膠為68%，矽油吸附2號塑膠為65.9%，建議民眾多使用聚乙烯類的塑膠，避免使用吸油法回收率低的聚酯類寶特瓶(1號塑膠)與PVC(3號塑膠)。
- (二)三種油品中，以矽油吸附塑膠的能力最好，但矽油的流速很慢，不利於迴流裝置使用。

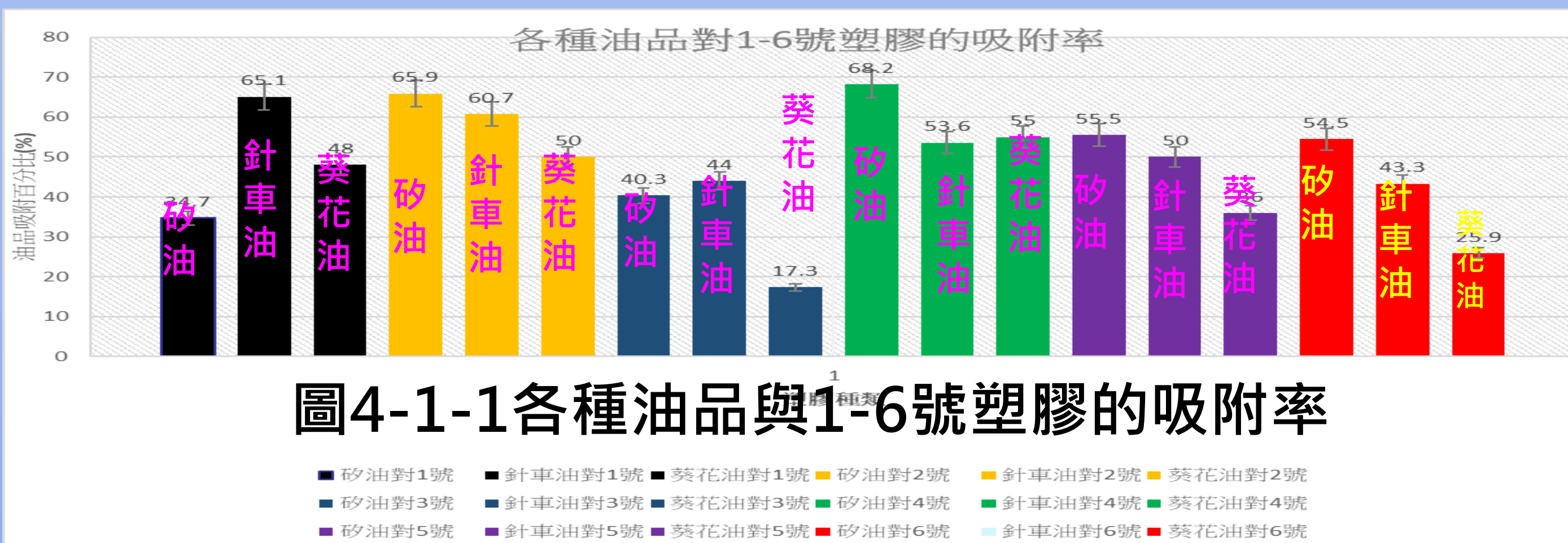


圖4-1-1各種油品與1-6號塑膠的吸附率



圖4-1-2 顯微鏡下的塑膠微粒

## 二、探討油品對塑膠管迴流過程的吸附係數(RAC)之影響

- (一)油品對塑膠管吸附率為針車油流速最快，吸附力低;矽油流速慢，吸附力最高。
- (二)本實驗定義油品吸附係數(RAC)是油品黏滯率與流速之乘積，該係數越大則越適合作為迴流系統中的油品種類。以下稱迴流吸附係數為RAC。
- (三)實驗RAC為水(216)>針車油(17)>葵花油(15)=機油(15)>大豆油(9)>矽油(1),以吸附率判斷若要靜態油品吸附塑膠使用矽油最好,若要迴流吸附塑膠則用針車油最好,其RAC約為水的1/12-1/13倍,設計裝置時,將針車油的迴流速率設定為水的13倍。

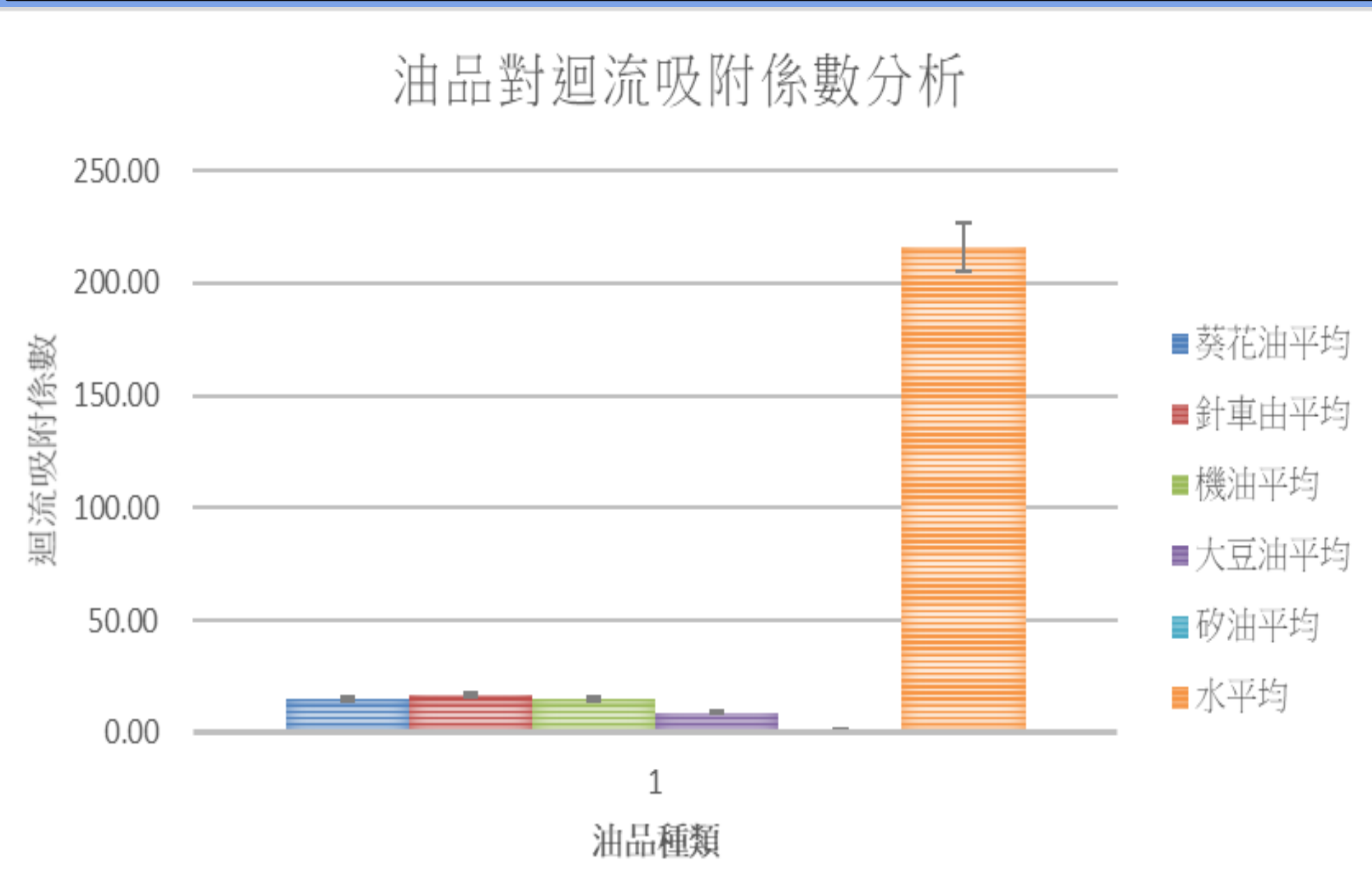


圖4-2-1 油品的黏滯率分析

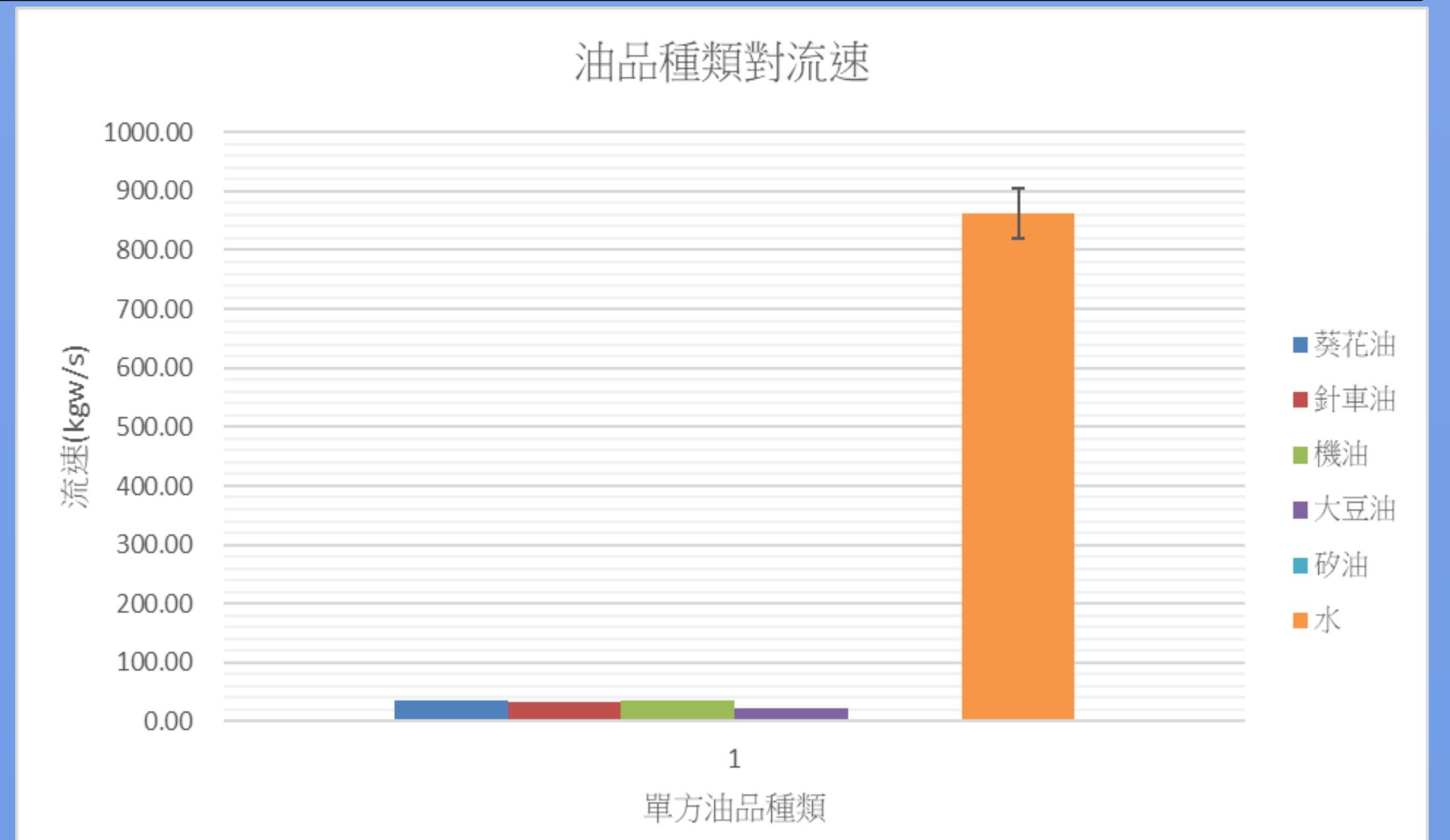


圖4-2-2 油品種類的迴流流速



### 三、微塑膠汙染海水的迴流裝置設計

- (一)根據實驗二結果，迴流油品選擇針車油，設定針車油流速為水的 13 倍  
 (二)第一次吸附(86.7%)，第二次吸附(95.8%)，第三次只能吸附(56.6%，海水與油品開始出現乳化作用使出現邊界模糊現象)，所以本實驗不適合兩次以上的迴流作用。

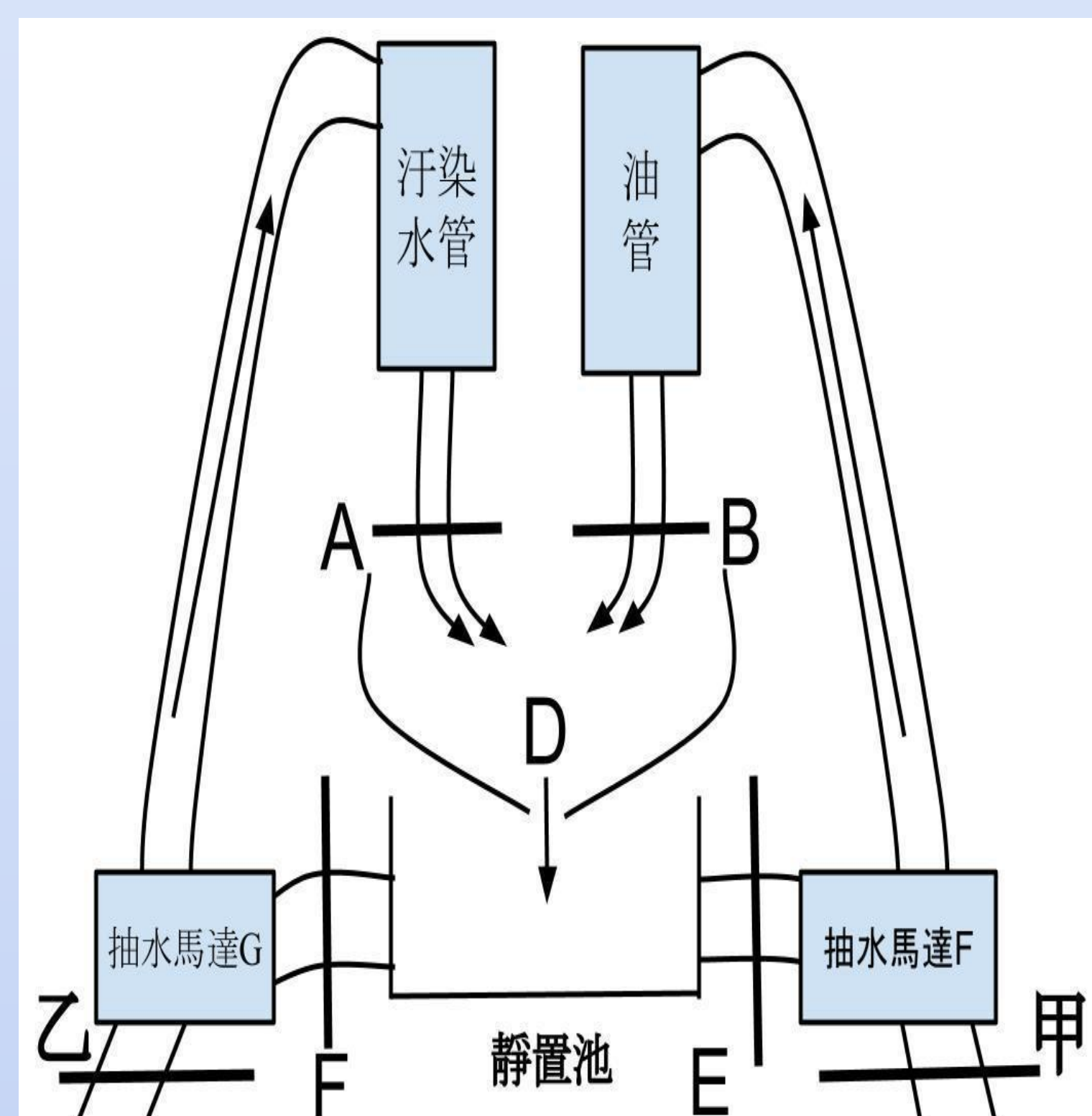
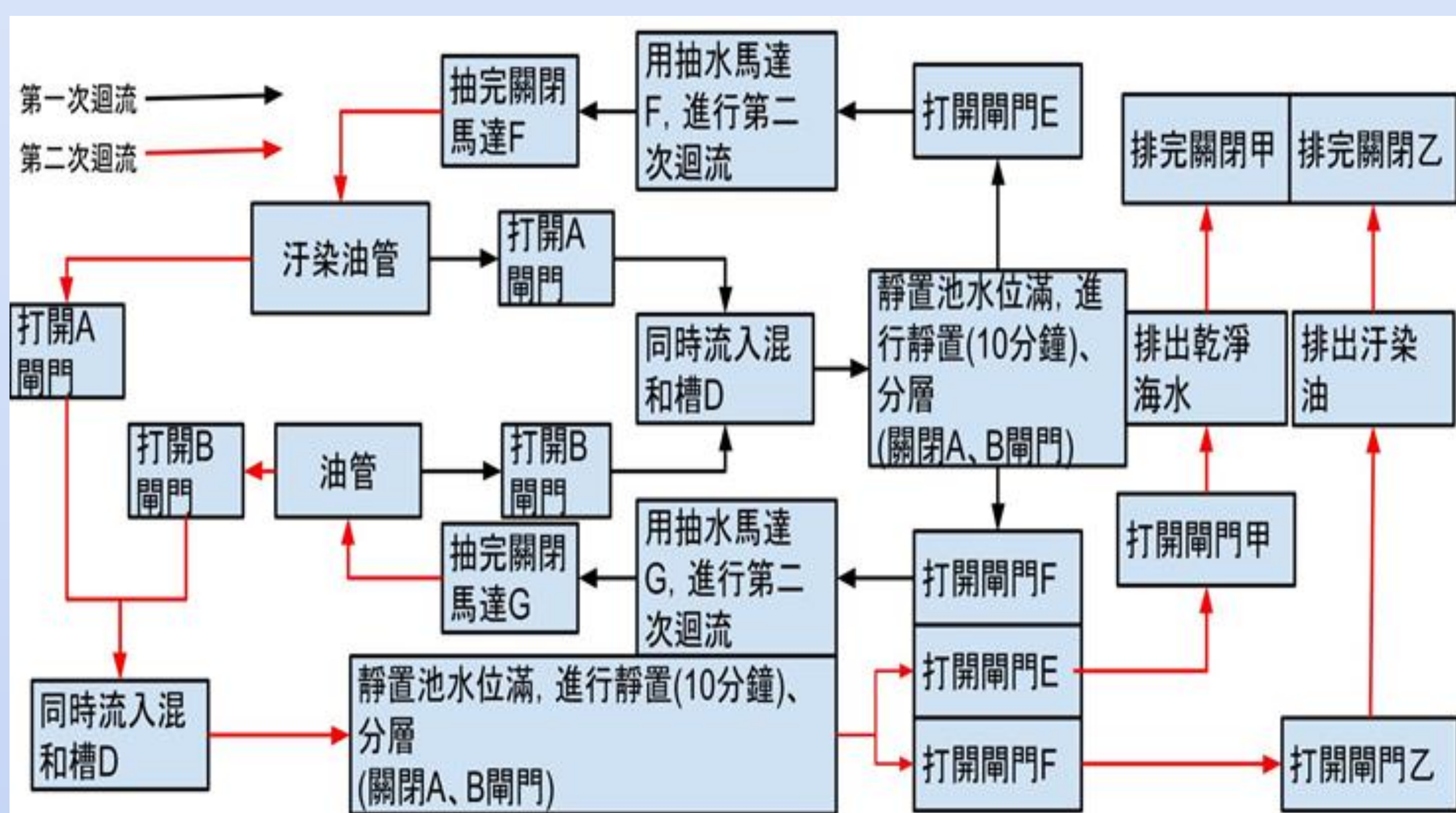


圖4-3-1廢油與海水處理裝置的動作分析圖

圖4-3-2吸附塑膠的廢油與海水處理裝置

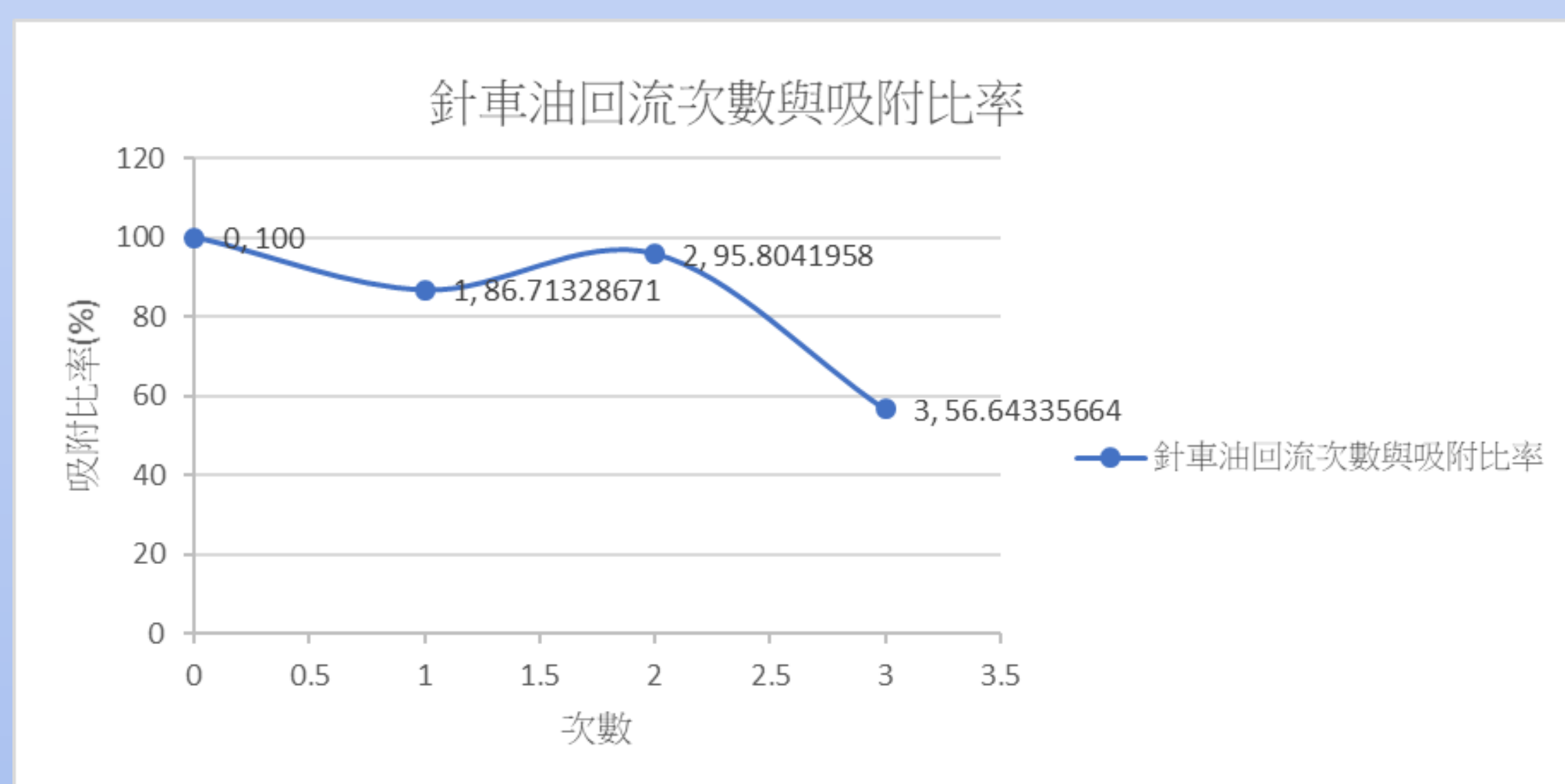


圖4-3-3針車油回流次數與吸附比率

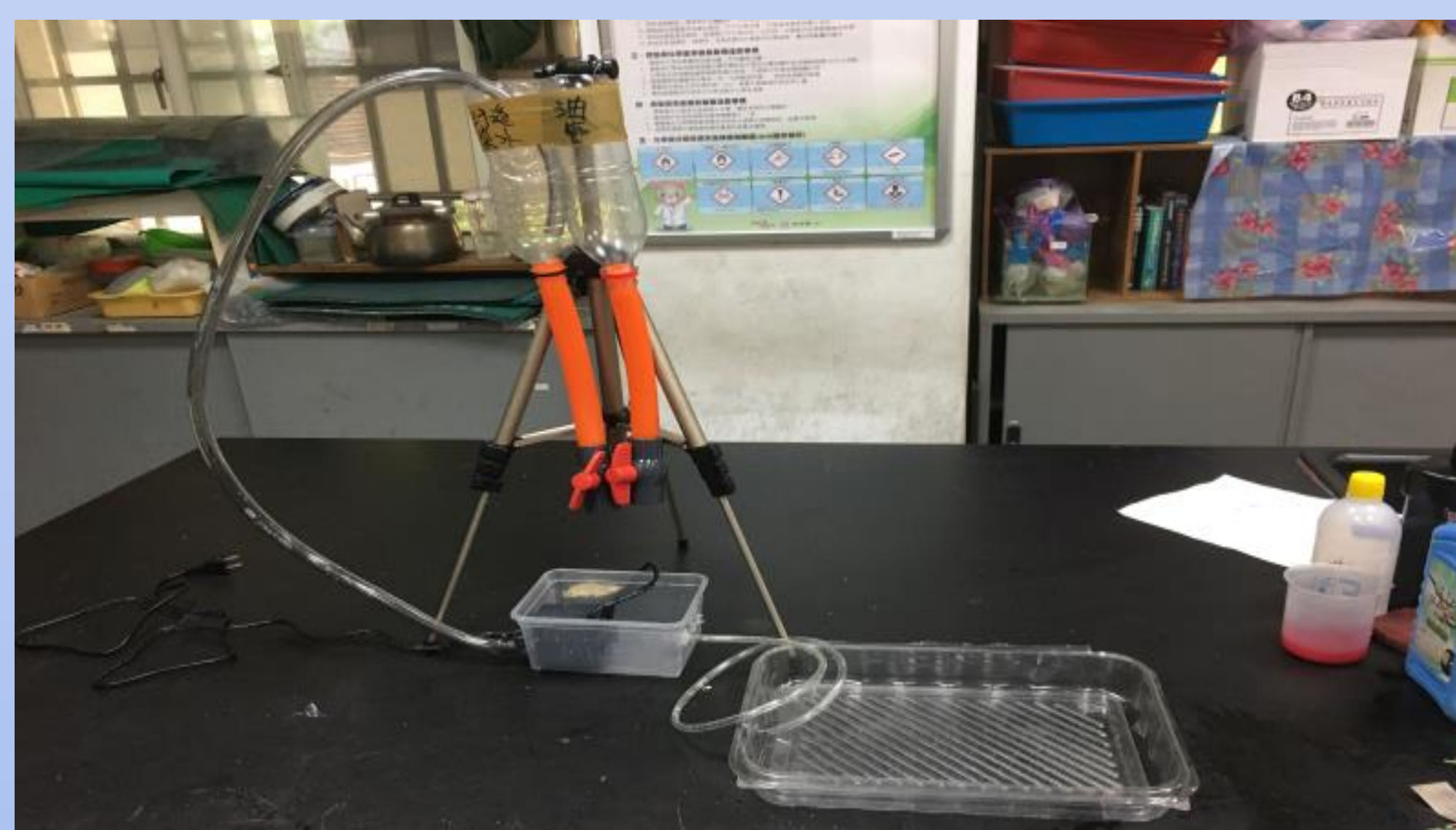


圖4-3-4 迴流裝置圖

### 四、探討雙氧水濃度對油品氧化的影響

- (一)氧化劑加入機油中，使機油氧化而固化方便回收，**油品氧化質變後透光度改變**，以透光度代表濃度。  
 (二)雙氧水分解為水和氧氣的反應屬於一級反應，雙氧水分解的反應速率與反應物濃度的一次方成正比。速率方程式為  $r = k[A]$  ( $r$ 反應速率， $k$ 反應速率常數， $A$ 濃度)，在相同時間間隔內。雙氧水濃度是以等比數列遞減表示法為  $\log \frac{[A]_0}{[A]} = \frac{k_t}{2.303}$  將雙氧水濃度與天數作圖，以指數關係得係數  $R^2 = 0.9998$ ，證實本實驗方法的可行性。  
 (三)機油氧化為 0 級， $\log \frac{[A]_0}{[A]} = \frac{k_t}{2.303}$  分解速率與機油濃度無關，表示法為  $[A]_0 - [A] = k_t$  所以雙氧水濃度與時間屬於直線關係。  
 (四) 實驗結果以最高濃度80%之雙氧水氧化油品，可具有最好的氧化油品質

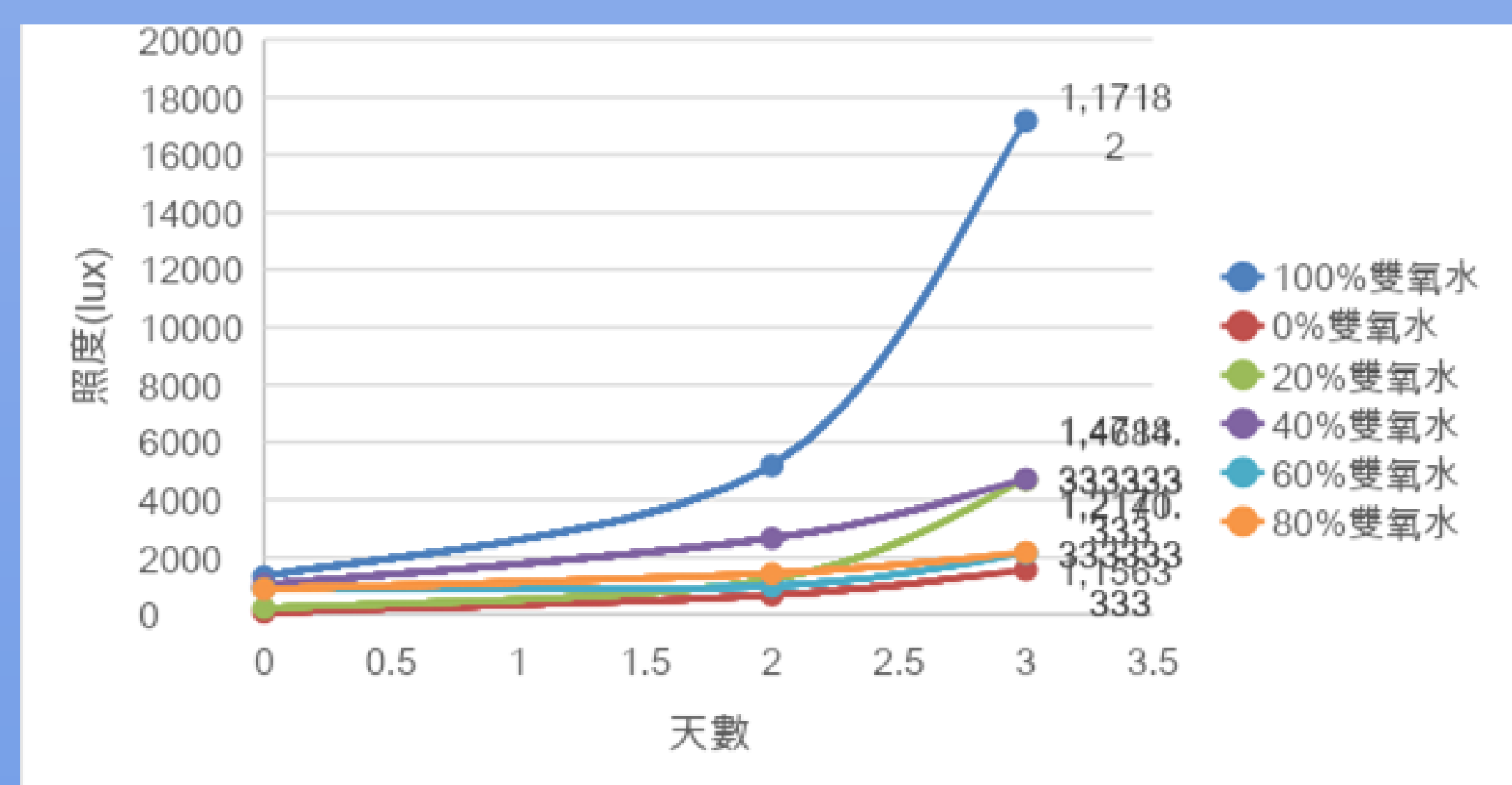


圖4-4-1 不同濃度雙氧水自分解與氧化油品的效果

雙氧水濃度	1級反應相關係數	0級反應相關係數
100%	0.9986	
80%	0.9987	0.9918
60%	0.8280	0.8021
40%	0.98	0.9951
20%	0.9955	0.90
0%		0.9899

圖4-4-2 雙氧水氧化-照度法之相關係數比較



圖4-4-3 機油固化照片



圖4-4-4 針車油無法固化之照片



## 五、探討利用廢棄暖暖包來固化回收廢塑油料

(一)前測將廢餘暖暖包-檸檬酸鐵磁流體加入葵花油，隨著水分減少，廢棄暖暖包電阻可從3M 歐姆提高到30M歐姆。

(二)推論可能是廢棄暖暖包中的活性碳粉可以吸收油份，且使鐵粉結塊硬化，故本實驗操作變因為油量，應變變應為電阻。

(三)我們發現1g的油量配上等比例的檸檬酸鐵，電阻會在第五天超過 $10^8\Omega$ 。

(四)由於1g油量電阻過大的現象可能是油量不夠，故油量1g-2g間與土質載體之體積比例為1:1時，為最佳的廢油與載體比例。

(五)硬化後的檸檬酸氧化鐵在4-5天後吸油率最高可以進行回收。

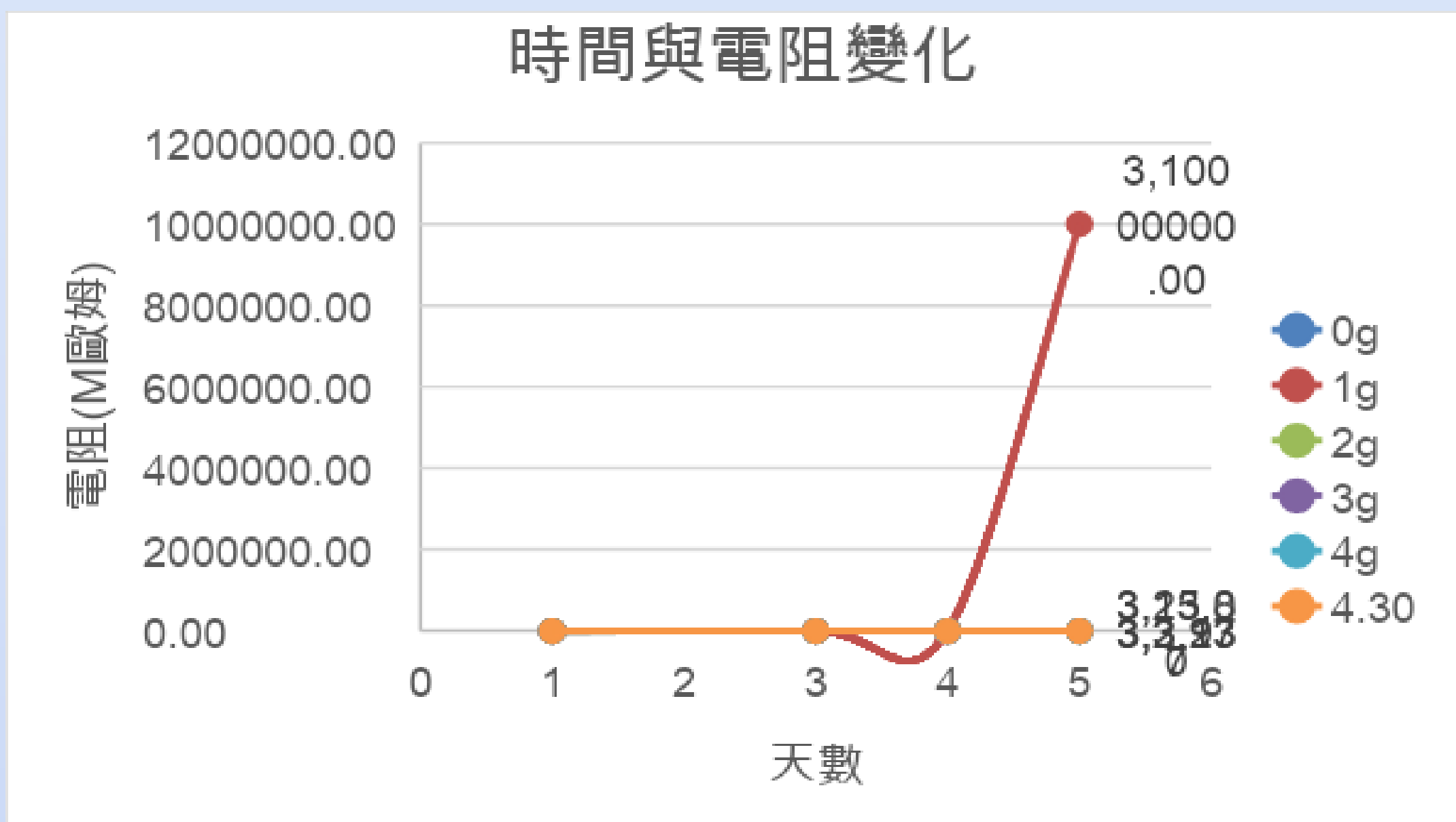


圖4-5-1 不同加油量之時間對電阻的變化

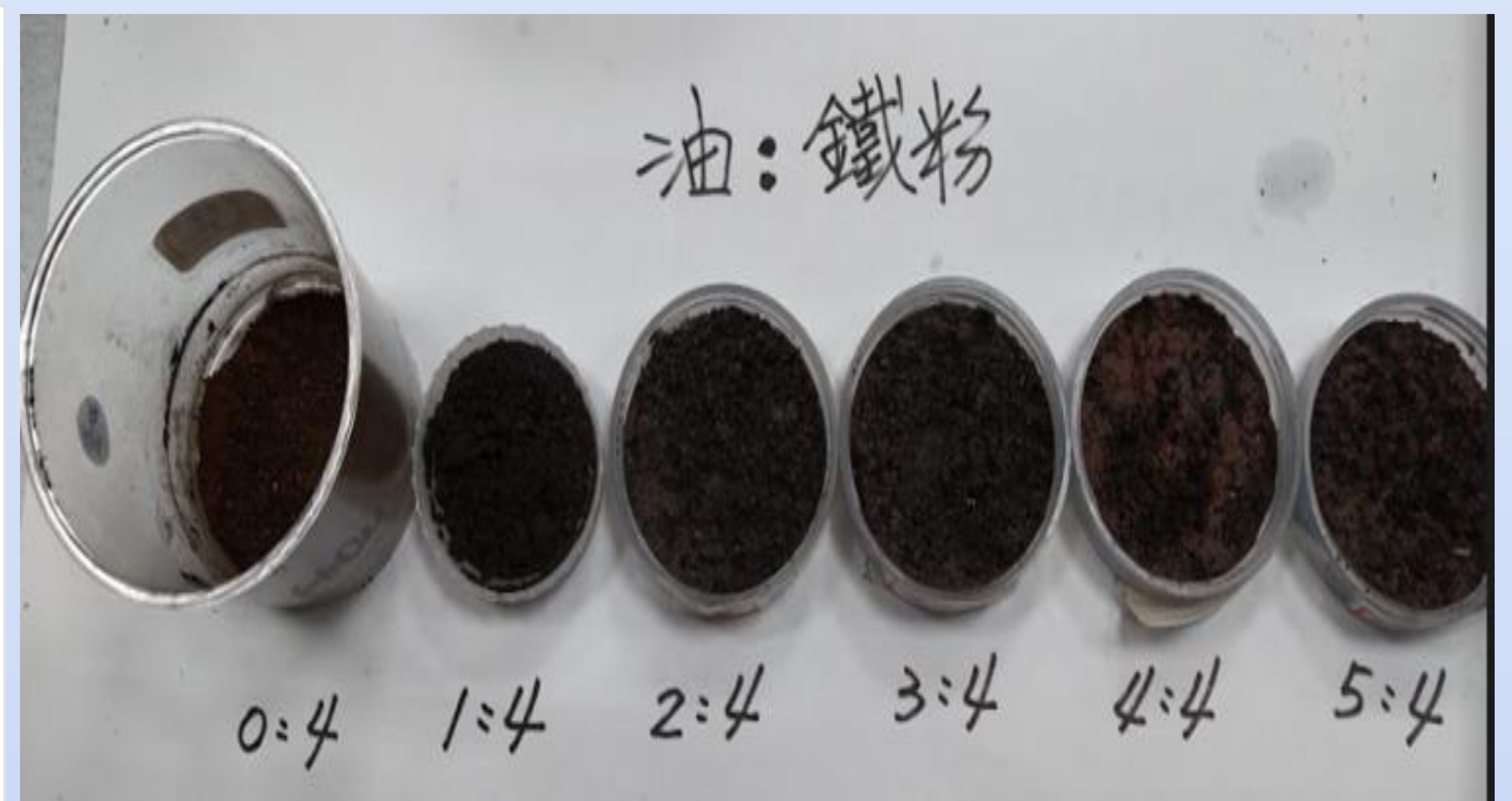


圖4-5-2 暖暖包與油比例實驗藥品

## 六、探討不同廢塑料油品在不同回收載體上的漏油程度

(一)含活性碳的載體吸附得較好，有純鐵粉的載體較易漏油。

(二)廢棄暖暖包含有活性碳，不易漏油，氧化鐵可使固化，又為廢棄物，所以建議使用廢暖暖包來固化回收廢塑料油品。

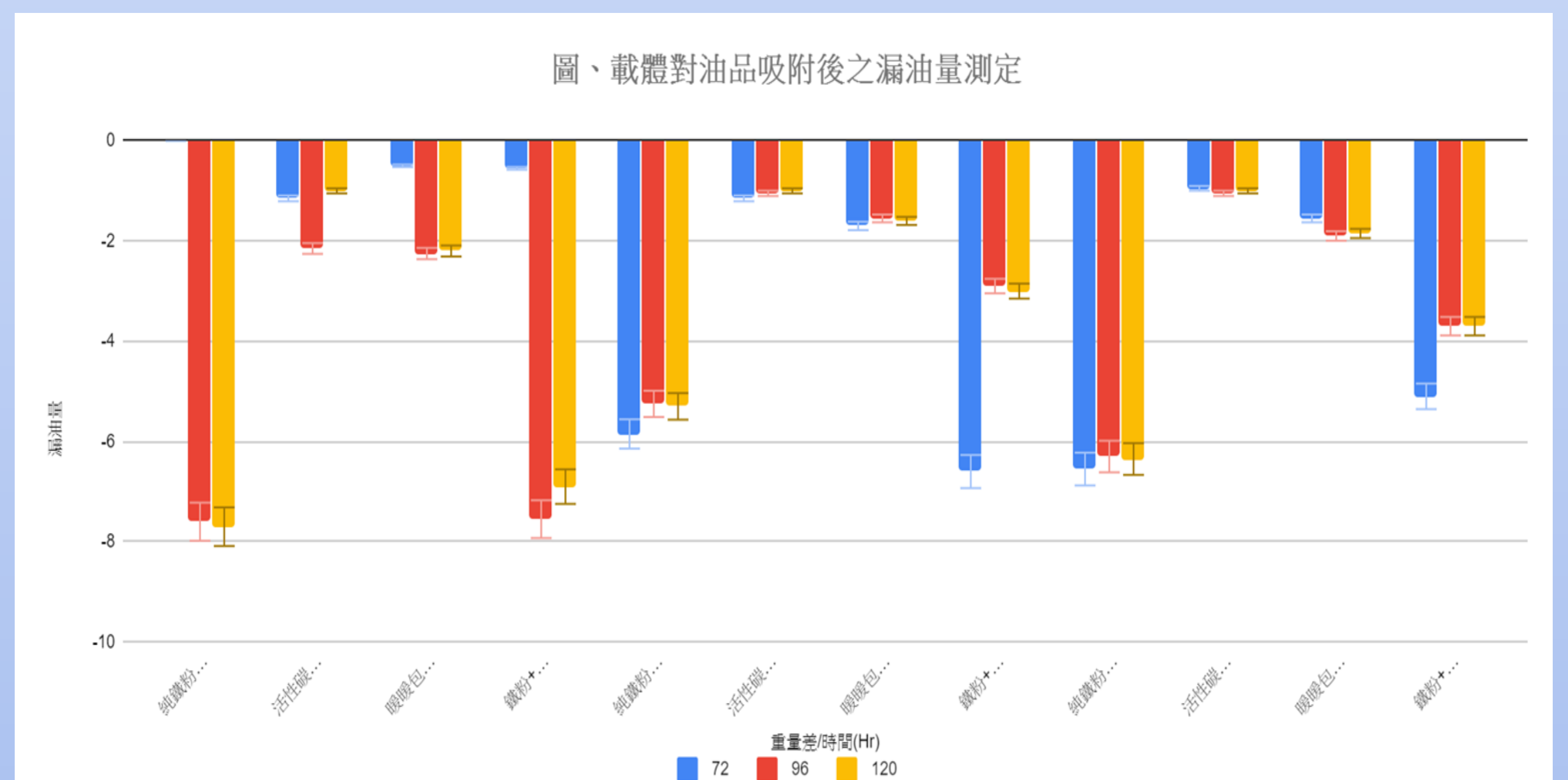


圖4-6載體的漏油程度比較

## 伍、結論

(一)一般而言，以聚乙烯之2號與4號塑膠的回收率最高，最高68%，最低為50%，建議民眾多使用聚乙烯類的塑膠，避免使用吸油法回收率低的聚酯類寶特瓶。(聚乙烯(PE)是直接由乙烯聚合而成的塑膠，由於分子鏈上沒有苯環、沒有氯，也沒有醇、酸等其他官能基，因此相對而言，是最單純、最安全的塑膠，對於酸性和鹼性的抵抗力都很好。)

(二)本實驗迴流吸附係數RAC(Reflux adsorption coefficient)定義為流速乘以吸附率，水為216kgw/s，為測試流體中的最大值，輔以塑膠吸附率(%)判斷若要靜態吸附塑膠使用矽油最好，若要迴流吸附塑膠則使用針車油最好。

(三)海水迴流系統設計為針車油流速定為水的13倍，海水迴入角度為20度，針車油可以重覆迴流2次，使微塑膠能95.8%回收，為最佳回收率。

(四)當雙氧水濃度為80%時，雙氧水使機油進行氧化均有最好的效果。但雙氧水當氧化劑時只有機油能被固化其他油品則無法固化。故其他油品只能加入載體使其固化再加以回收。

(五)本研究發現，載體成分含有活性碳的吸油率最好。廢棄暖暖包因為含有活性碳，又為廢棄物，所以使用廢棄暖暖包來固化油品最佳。當廢油體積為暖暖包載體體積1-2倍時效果最好。最佳混合比例時，塑料-廢油與暖暖包的吸附時間需要4-5天，即可進行再處理。

## 陸、參考文獻

1. 李中光(2009),雙親性沸石吸附劑,桃園縣大學校院產業環保技術服務團之「環保簡訊」。2019.11.24 節錄自: <http://setsg.ev.ncu.edu.tw/newsletter/epnews5-1-2.html>
2. 李讚虔(2018),塑膠微粒——微小的生態殺手,科技大觀園。2019.11.24 節錄自: <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sg3f.htm>
3. 林安儒(2018),別再說回收就好!全球每年製造90億噸塑膠,超恐怖汙染禍及地球每個角落。2019.11.21 節錄自: <https://www.storm.mg/lifestyle/445499>
4. 陳衍達(2018),被稱為「毒塑膠」的聚氯乙烯為什麼還在我們生活中?要怎麼避免它的危害? 2020.01.31 取自: <https://pansci.asia/archives/150053>
5. 國立台灣大學物理學系近代物理實驗室(2008),鐵磁流體實驗,基礎物理實驗。2019.11.24節錄: <https://web.phys.ntu.edu.tw/asc/FunPhysExp/ModernPhys/exp/Magnetic.pdf>
6. 國家地理雜誌中文網(2015),超乎想像的海洋垃圾塑膠量,2020.02.07 取自: <https://www.natgeomedia.com/environment/article/content-1307.html>
7. 張揚狀(2016),生物性油脂料源之產業應用,化工第63卷第4期,台灣中油股份有限公司綠能科技研究所。2019.11.24 節錄自: [http://www.twiche.org.tw/ezfiles/0/1000/attach/63/pta\\_498\\_4610332\\_51353.pdf](http://www.twiche.org.tw/ezfiles/0/1000/attach/63/pta_498_4610332_51353.pdf)
8. 黃蕙君、邱姿蓉(2014),趣味化學玩具:神奇鐵磁流體的玩法與合成。2019.11.24 節錄自: <http://chemed.chemistry.org.tw/?p=4118>
9. 黃彥棠(2015),磁性流體在外加磁場下之黏滯係數的變化作者,中學生網站。2019.11.24 節錄: <https://www.shs.edu.tw/works/essay/2015/11/2015111511460226.pdf>
10. 維基百科(2019),塑膠分類標誌。2019.11.24 節錄自: <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A1%91%E8%86%A0%E5%88%86%E9%A1%9E%E6%A8%99%E8%AA%8C>
11. 蔡蕙明(2013),油理油趣—淺談食油(Food oil)的化學,於臺大化學系。2019.11.24 節錄自: <https://www.ch.ntu.edu.tw/office/article/food-oil.html>
12. 賴錦皇(2019)從天而降的塑膠微粒汙染,新興科技媒體中心。2019.11.24 節錄自: <http://www.smctw.tw/portfolio-item/?p=7497/>