

屏東縣第 62 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學科（二）

組 別：國小組

作品名稱：恆春半島 海的眼淚

關 鍵 詞：海鹽、微塑膠、尼羅紅

編號：A7041

摘要

在學校裡，我們學著愛護校園，做好垃圾回收分類，但更多研究報導指出，希望人們不要再製造塑膠產物，因為海洋中的海廢產物 — 微塑膠，不僅對大海、海洋生物有害，也反撲人類自身，連我們最常食用的海鹽也遭殃。恆春半島一直都有煮海鹽傳統產業文化，這次我們自己取海水煮海鹽，並試著用尼羅紅染劑染色檢視，自己煮的海鹽與生活食用的市售海鹽是否都含有微塑膠，實驗結果證實海鹽中確實存在微塑膠。本著實驗精神，希望讓人們食用海鹽時，能更安心，因此我們試著找出，方便快捷分離海鹽中微塑膠的方法 — 靜電反應，雖然不是完全有效，但實驗結果顯示，此方法能從海鹽分離出微量的微塑膠。

壹、前言

一、研究動機

中年級校外教學時，老師帶我們去車城後灣，走訪社區訪談耆老，教我們利用後灣天然的珊瑚礁岩地形來採集日曬海鹽，也教我們採集海水，用大火煮出甘鹹的天然海鹽（圖 1），並利用取回來的天然鹽滷，製作出好吃的豆腐（圖 2）。

高年級上自然課時，老師介紹到環境污染物，我們在 NATIONAL GEOGRAPHIC 國家地理雜誌中，看到在報導中指出，科學家研究從世界各地取樣的海鹽中，有 90% 的海鹽都含有微塑膠，這是多麼可怕的數據。

微塑膠在許多年前就被發現存在海鹽裡，在我們生活中最常使用的調味料中，微塑膠散布的範圍有多廣，還不是很清楚，因此我們想知道在恆春半島附近海域，所採集的海水，製作成海鹽是否含有這麼高的微塑膠含量。



▲ 圖 1. 煮海鹽



▲ 圖 2. 利用鹽滷製作豆腐

二、文獻回顧

(一) 認識海鹽的製作

1. 日曬海鹽：將海水引入鹽田，並經過陽光日曬和風吹萃取而來的結晶，自然蒸發海水而形成的海鹽結晶，完全憑自然生態系統取得。從鹽田採收後，只經過去除雜質、磨碎、烘乾、過篩而成，不再精製與漂白。
2. 煮海鹽：在爐灶裡放進適當的柴火，慢慢的把一整鍋的海水煮到沸騰，冒出陣陣碳燒味，海水不能煮到燒焦，要不停的攪拌，煮出乳白色的海鹽。

(二) 微塑膠的定義

微塑膠 (Microplastics) 根據美國海洋大氣總署的定義，指的是尺寸小於 5 mm 像是米粒般大小，到 1 μm 人類頭髮的 1/50 寬的微小塑膠物質。

因為微塑膠的材料親脂性高，表面積比較大，因此微塑膠容易吸附海洋中的污染物與環境荷爾蒙。吸附了污染物的微塑膠，也可能進入食物鏈累積，影響食物鏈頂層的生物，包括人類。

微塑膠根據產生的方式不同，分為兩類：

1. 初級微型塑膠：

製造生產出來時就小於 5 mm，添加在化妝品、肥皂和牙膏裡當做研磨劑的塑膠柔珠。台灣已在 2020 年起全面禁止販售含塑膠微粒的清潔用品。

2. 次級微型塑膠：

棄置在環境中的塑膠垃圾，經過陽光長期照射，脆化、分解、破碎後而形成。

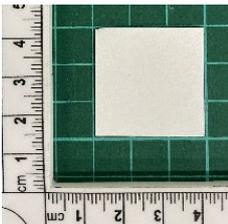
(三) 尼羅紅染劑的特性

尼羅紅 (Nile Red)，是一種染劑，有親脂性，可以溶於有機溶劑，如乙醇、丙酮，並可將微塑膠染色，在藍光照射波長下 (495-570 nm) 能被激發至特定光波段，這是螢光染色法。

三、研究目的

- (一) 探討恆春半島海域的海水，不同方法製成海鹽的含量。
- (二) 探討尼羅紅染劑染色效果，對煮海鹽與日曬海鹽微塑膠的含量差別。
- (三) 檢測兩種溫度下，尼羅紅染劑對不同耐熱度的海廢塑膠的染色結果。
- (四) 檢測市售不同品牌海鹽的微塑膠含量。
- (五) 發現方便快捷分離海鹽中微塑膠的方法。

貳、研究設備及器材

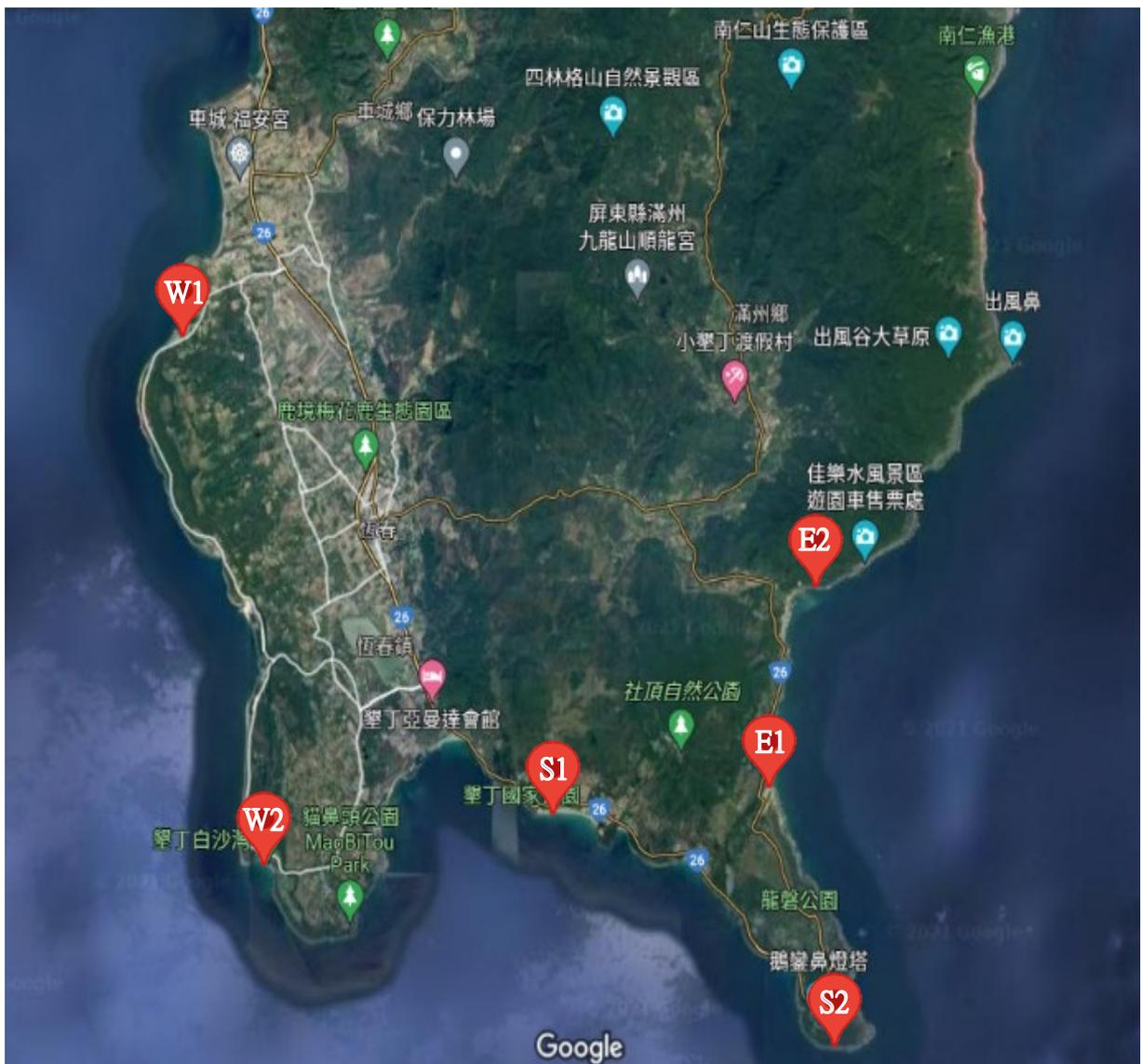
			
海水	500 nm 藍光手電筒	橘色濾光鏡	尼羅紅染劑
			
丙酮	數位顯微鏡	電子秤	磨砂器
			
紅外線測溫槍	酒精燈	防藍光眼鏡	顯微鏡
			
塑膠湯匙、毛巾布	鐵製夾子、攪拌棒	市售海鹽	海廢塑膠
			
玻璃瓶	燒杯	盤子、陶瓷碗	濾紙

參、研究過程與方法

一、探討恆春半島海域的海水，不同方法製成海鹽的含量

(一) 取海水

1. 海水採樣：進行採樣時記錄採樣地點、座標（圖 3）（表 1）。
2. 我們以玻璃瓶採取海水水面上層水，離海岸距離不超過 3 公尺，多次取樣（圖 4）。
3. 採樣後樣品妥善放置，以室溫保存。



▲ 圖 3. 恆春半島海域海水採樣點

海岸名稱	採樣點代號	海域方位地形特色	座標
後灣沙灘	W1	面西方、 珊瑚礁地形	22.042365 N 120.698030 E
白沙灣海灘	W2	面西方、 人潮較多的白沙海域	21.934917 N 120.716722 E
石牛溪海灘	S1	面南方、 人潮較少的白沙海域	21.945174 N 120.784830 E
鵝鑾鼻	S2	面南方、 台灣最南端的珊瑚礁石灰岩地形	21.897508 N 120.857976 E
風吹砂	E1	面東方、 風較強勁、沙子較多	21.949585 N 120.840813 E
佳樂水海域	E2	面東方、 衝浪客最愛的海域	21.989673 N 120.848717 E

▲表 1. 海水採樣地點、代號、海域特色、座標



▲圖 4. 於恆春半島各海域採集海水

(二) 製作海鹽

1. 將各採集點的海水，測量 30 g 倒入燒杯中，用酒精燈加熱煮出海鹽（圖 5）。
2. 將各採集點的海水，測量 30 g 倒入燒杯中，用太陽日曬法取海鹽（圖 6）。
3. 每個採集點重複做 10 次步驟，測量取出海鹽的重量並算出平均值（圖 7）。



▲ 圖 5. 煮海鹽



▲ 圖 6. 日曬海鹽



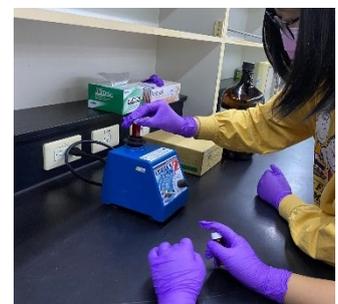
▲ 圖 7. 秤海鹽重量

二、探討尼羅紅染劑染色效果，對煮海鹽與日曬海鹽微塑膠的含量差別

(一) 製作尼羅紅染劑

1. 先用電子秤取尼羅紅粉末量秤 10 mg。
2. 加入 10 ml 丙酮。
3. 放在震盪器上方，震盪 30 秒，讓溶質溶劑充分混合，溶劑達到 1 mg/ml 的濃度。
4. 將調配好的尼羅紅染劑冰入冰箱保存。

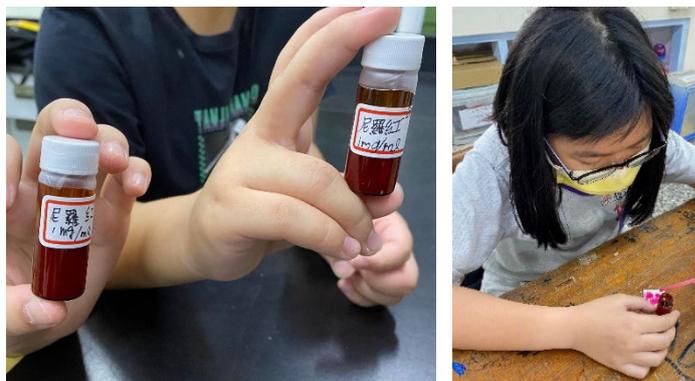
謝謝海生館的人員，提供實驗室設備及藥品，讓我們調配尼羅紅染劑（圖 8）。



▲ 圖 8. 調配尼羅紅染劑

(二) 檢測尼羅紅染劑對煮海鹽與日曬海鹽染色效果

1. 將各採樣點海鹽取出放置在 3 cm × 3 cm 大小的濾紙上
2. 利用尼羅紅染劑染色，5 分鐘後進行觀察（圖 9）。
3. 將濾紙放置藍光顯微鏡下觀察，找尋濾紙中心點拍攝並記錄螢光染色結果（圖 10）。



▲ 圖 9. 利用尼羅紅染劑染色



▲ 圖 10. 利用藍光手電筒在數位顯微鏡下觀察

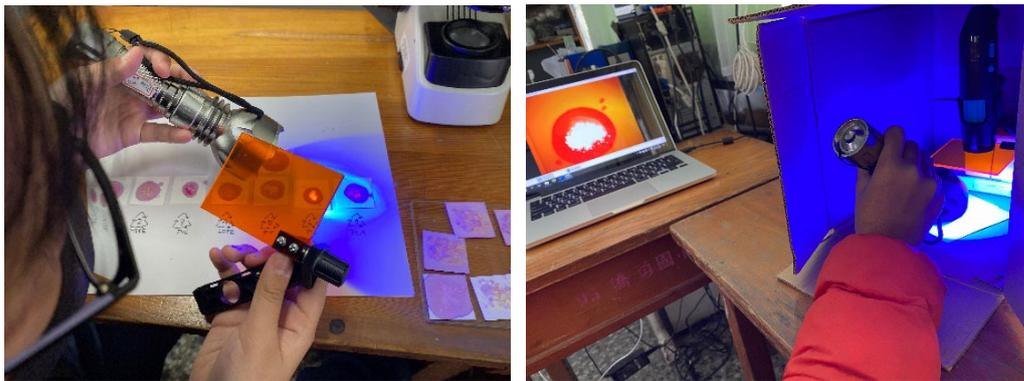
三、 檢測兩種溫度下，尼羅紅染劑對不同耐熱度的海廢塑膠的染色結果

(一) 研究不同耐熱溫度的塑膠材質對尼羅紅染劑的反應

1. 我們取海邊常見的海廢塑膠物來探討，並依照塑膠分類代碼分類（表 2）。
2. 分別用：① PET-洗碗精瓶、② HDPE-硬質塑膠瓶、③ PVC-水管、④ LDPE-塑膠袋、⑤ PP-手搖杯、⑥ PS-飲料杯座、⑦ PLA-冷飲杯，進行破碎、分解、磨細（圖 11）。
3. 利用尼羅紅染劑染色，5 分鐘後進行觀察（圖 12）。



▲圖 11. 依塑膠分類代碼不同的耐熱性塑膠，進行分解磨細



▲圖 12. 觀察不同耐熱溫度的塑膠材質對尼羅紅染劑的反應

(二) 研究在兩種溫度下，不同耐熱度的塑膠材質，對尼羅紅染劑的反應 (圖 13)

1. 依塑膠分類代碼不同的塑膠，進行分解磨細。
2. 加入 30 g 乾淨純水。
3. 將日曬及高溫煮好的微塑膠取出平放置 3 cm × 3 cm 大小的濾紙上。
4. 利用尼羅紅染劑染色 5 分鐘後進行觀察。
5. 將濾紙放置藍光顯微鏡下觀察，找尋濾紙中心點拍攝並記錄螢光染色結果。



▲圖 13. 研究在兩種溫度下，不同塑膠材質對尼羅紅染劑的反應

塑膠分類代碼	適用溫度範圍 °C										海邊常見塑膠製品 (海廢垃圾)
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
 PET	■	■	■	■							礦特瓶、瓶蓋、市售飲料瓶、水桶
 HDPE					■	■	■				硬質塑膠瓶
 PVC	■	■	■	■							塑膠袋、塑膠水管
 LDPE			■	■	■						塑膠袋、塑膠布、吸管(吸食常溫之飲品)
 PP						■	■	■	■	■	手搖杯、塑膠碗、塑膠袋、吸管(市售最常見材質)、塑膠手套、口罩、尼龍繩
 PS			■	■	■						養樂多瓶、泡麵碗、飲料杯座、塑膠餐具
 OTHER (PLA)	■										飲料店的冷飲杯、冰品杯、塑膠袋

▲表 2. 海邊常見塑膠製品的塑膠分類代碼分類及耐熱度分類

四、檢測市售不同品牌海鹽的微塑膠含量

(一) 購買市售海鹽，四種品牌（表 3）

品名代碼	1. 健康生機海鹽 	2. 日曬海鹽 	3. 日曬天然海鹽 	4. 天然海鹽 
產地	台灣	西班牙	紐西蘭	台灣
取海鹽方法	無標示	自然風力日曬	日光曝曬蒸發及自然海風吹拂法	無標示
內容量	400 g	450 g	300 g	300 g
價錢	189 元	55 元	52 元	20 元
購買管道	大賣場	大賣場	大賣場	網路

▲表 3. 市售海鹽

(二) 利用尼羅紅染劑比對

1. 每包海鹽取五次，各 1 g。
2. 平放置 3 cm × 3 cm 大小的濾紙上。
3. 利用尼羅紅染劑染色 5 分鐘後進行觀察。
4. 將濾紙放置藍光顯微鏡下觀察，找尋濾紙中心點拍攝並記錄螢光染色結果。

五、發現方便快捷分離海鹽中微塑膠的方法

(一) 比較金屬、玻璃、塑膠材質與毛巾布摩擦產生靜電反應（圖 14）



▲圖 14. 不同材質靜電效果對海鹽的反應

(二) 利用靜電反應吸附塑膠 (圖 15)

1. 清洗撿拾的海廢塑膠。
2. 將不同塑膠物質磨細。
3. 利用塑膠湯匙與毛巾布摩擦產生靜電反應，次數固定十下，操作人員固定。
4. 觀察被吸附的塑膠顆粒數量。



▲ 圖 15. 觀察靜電反應吸附塑膠材質

(三) 利用靜電反應吸附市售海鹽，檢測對尼羅紅染劑的反應 (圖 16)

1. 取 10 g 的市售海鹽。
2. 利用塑膠湯匙與毛巾布摩擦產生靜電反應。
3. 吸附起來的海鹽，另外收集平放置 3 cm × 3 cm 大小的濾紙上。
4. 利用尼羅紅染劑染色 5 分鐘後進行觀察。
5. 將濾紙放置藍光顯微鏡下觀察，找尋濾紙中心點拍攝並記錄拍攝螢光強度。



▲ 圖 16. 利用靜電反應吸附海鹽，並檢測

肆、研究結果

一、探討恆春半島海域的海水，不同方法製成海鹽的含量

(一) 採樣點取 30 g 海水，煮出的海鹽重量 (表 4)

採樣點代號	海鹽重量 (g)										平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
W1 後灣	0.46	0.54	1.00	0.53	0.76	0.77	0.82	0.64	0.48	0.58	0.658
W2 白沙灣	0.41	0.62	0.57	0.90	0.60	0.45	0.67	0.66	0.81	0.51	0.620
S1 石牛溪	0.62	0.60	0.76	0.51	0.60	0.69	0.60	0.54	0.71	0.55	0.618
S2 鵝鑾鼻	0.59	0.77	0.70	0.64	0.45	0.53	0.62	0.69	0.50	0.81	0.630
E1 風吹砂	0.81	0.70	0.49	0.63	0.70	0.66	0.61	0.50	0.79	0.77	0.666
E2 佳樂水	0.58	0.79	0.65	0.69	0.52	0.67	0.73	0.48	0.56	0.79	0.646

▲表 4. 恆春半島海域採樣點 (W1~E2)，煮出的海鹽重量 (g)

(二) 採樣點取 30 g 海水，日曬出海鹽的重量 (表 5)

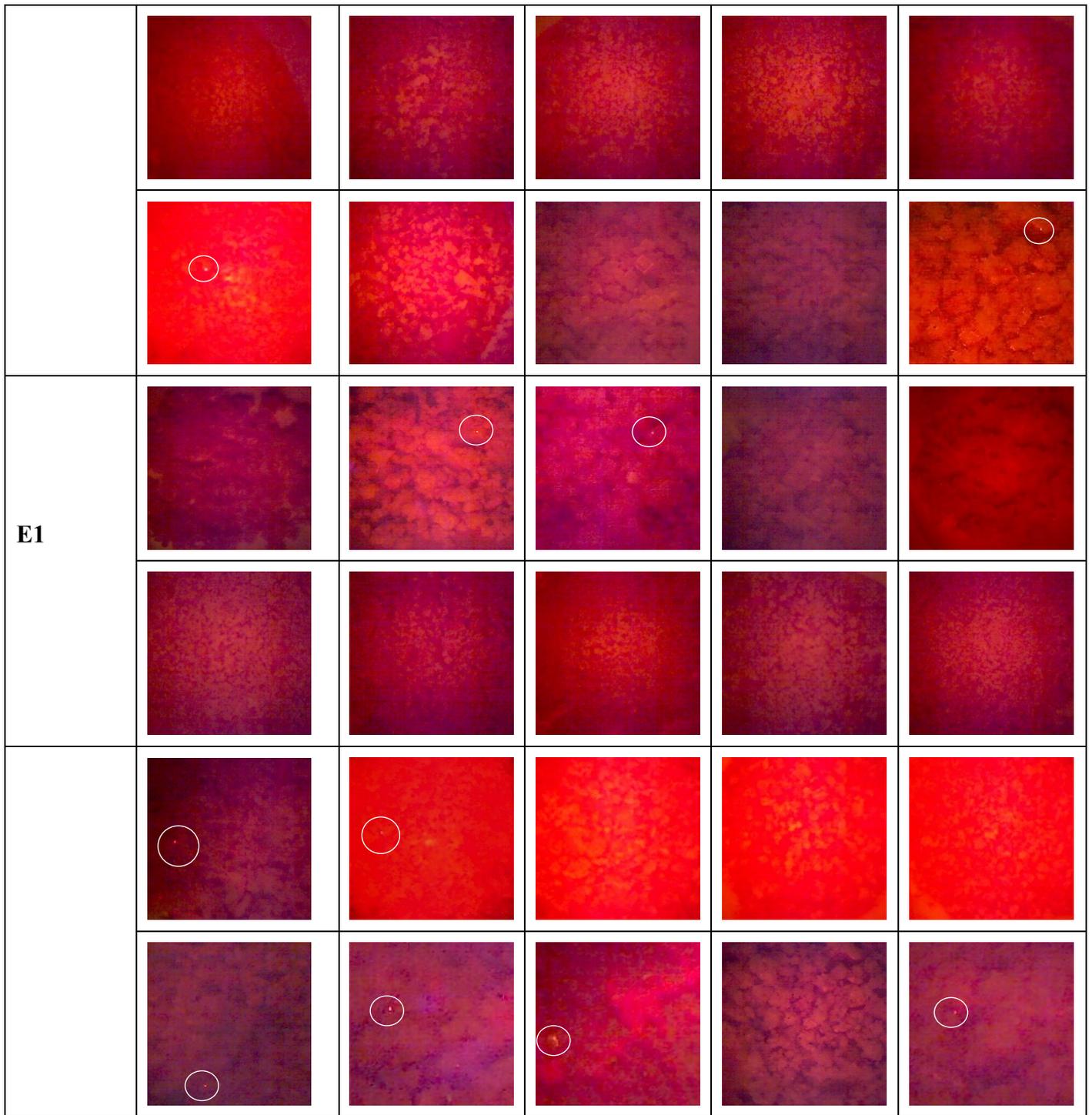
採樣點代號	海鹽重量 (g)										平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
W1 後灣	1.37	0.91	1.05	1.20	0.79	1.04	1.10	0.89	1.35	0.94	1.064
W2 白沙灣	0.90	1.12	1.05	1.41	1.68	1.31	1.35	1.07	1.18	1.25	1.232
S1 石牛溪	0.87	0.73	1.40	1.02	1.20	1.09	0.91	1.33	1.07	0.82	1.044
S2 鵝鑾鼻	1.05	1.18	1.25	0.95	0.91	1.25	0.98	1.20	0.93	0.98	1.068
E1 風吹砂	1.16	0.80	1.20	1.09	0.98	1.17	1.05	0.86	0.97	1.18	1.046
E2 佳樂水	0.85	1.05	1.16	0.98	1.06	1.07	1.02	1.11	0.95	0.95	1.020

▲表 5. 恆春半島海域採樣點 (W1~E2)，日曬製作出海鹽的重量 (g)

二、探討尼羅紅染劑染色效果，對煮海鹽與日曬海鹽微塑膠的含量差別

(一) 尼羅紅染劑對煮海鹽法的染色效果 (圖 17)

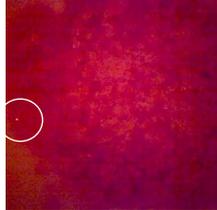
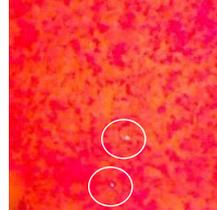
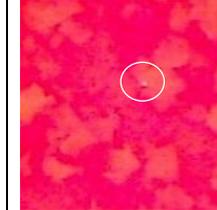
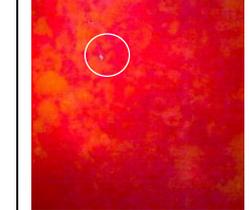
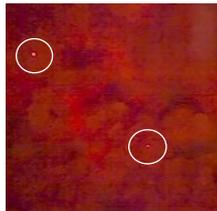
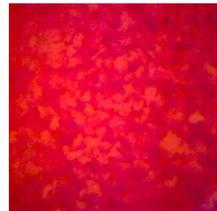
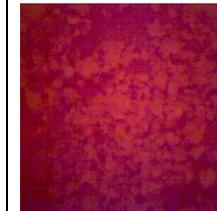
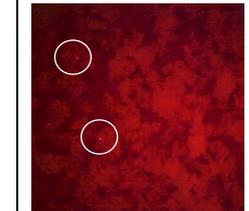
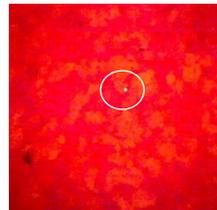
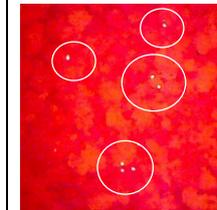
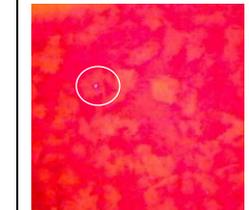
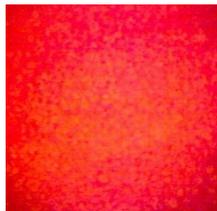
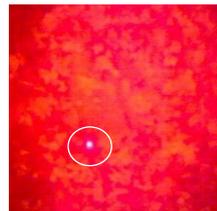
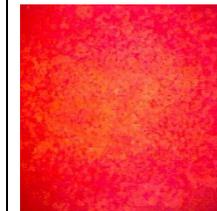
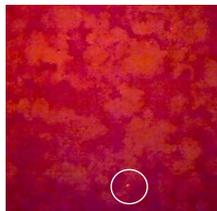
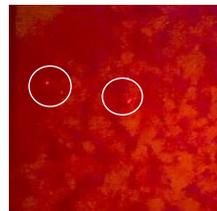
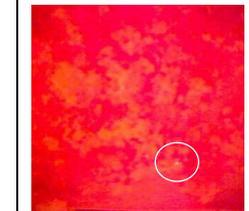
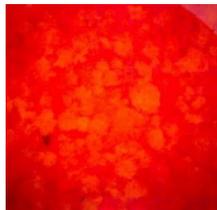
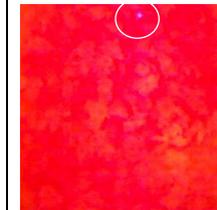
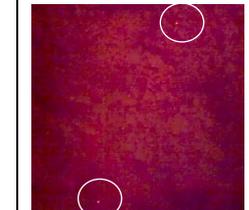
採樣點 代號	尼羅紅染劑染色				
W1 後灣					
W2 白沙灣					
石牛溪					

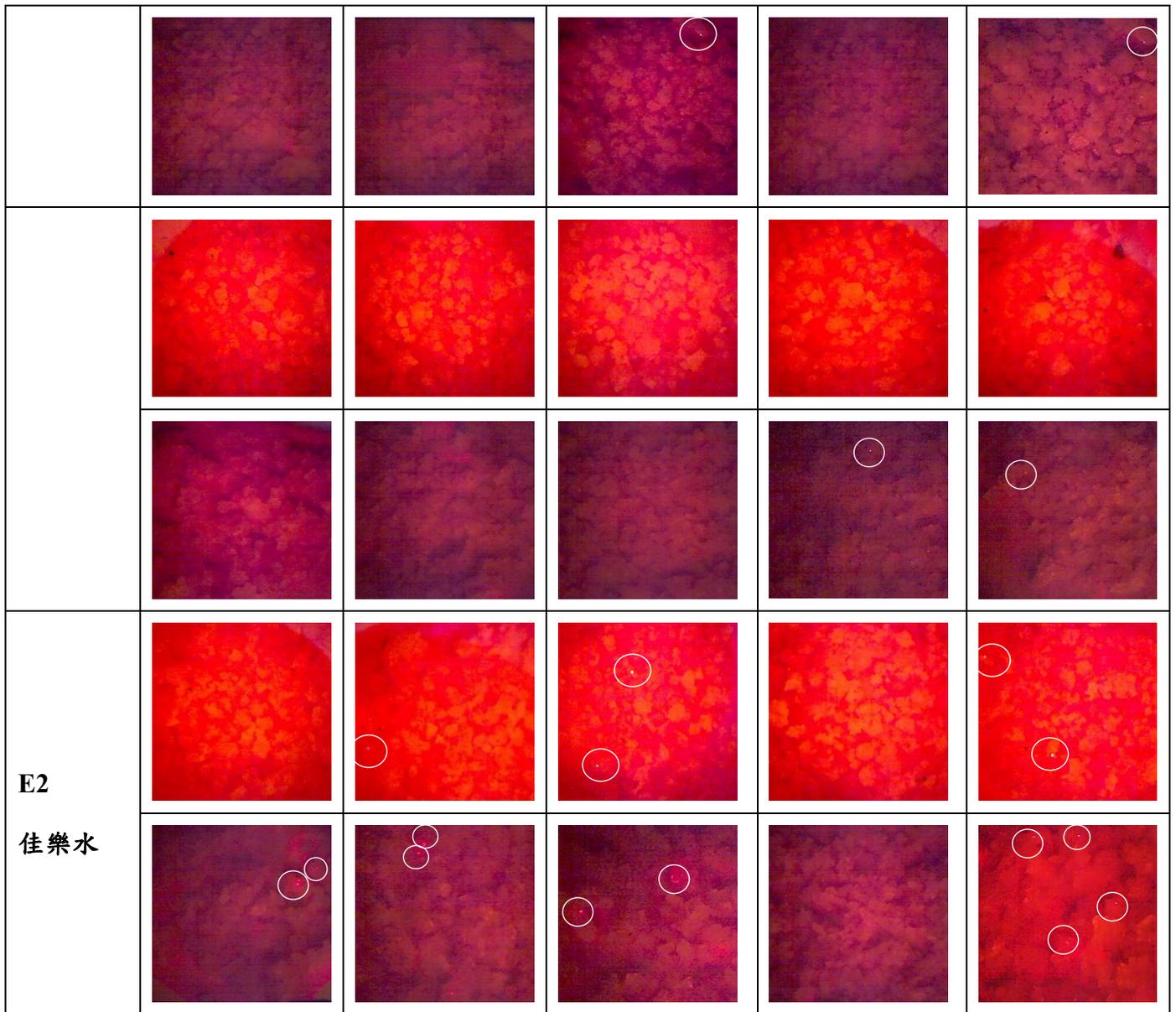


▲ 圖 17. 恆春半島海域採樣點 (W1~E2)，尼羅紅染劑對煮出海鹽的染色效果

[白色圈起部分，代表看到的螢光反應]

(二) 尼羅紅染劑對日曬出海鹽的染色效果 (圖 18)

採樣點 代號	尼羅紅染劑染色				
W1 後灣					
					
W2					
					
石牛溪					
					
鵝鑾鼻					

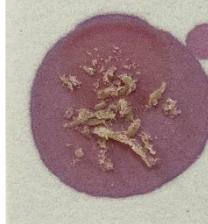
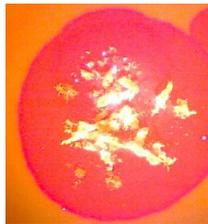
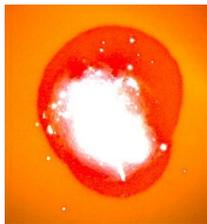


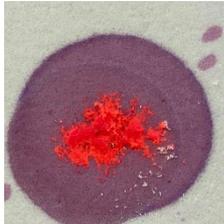
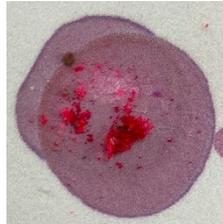
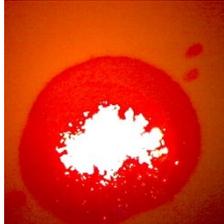
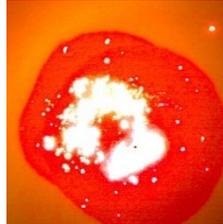
▲ 圖 18. 恆春半島海域採樣點 (W1~E2)，尼羅紅染劑對日曬海鹽的染色效果

[白色圈起部分，代表看到的螢光反應]

三、 檢測兩種溫度下，尼羅紅染劑對不同耐熱度的海廢塑膠的染色結果

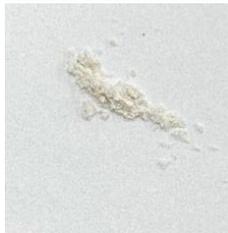
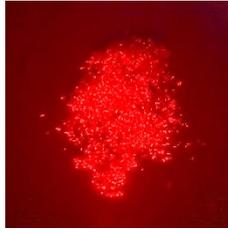
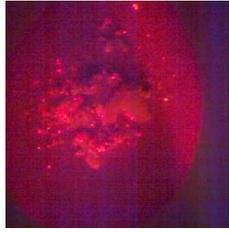
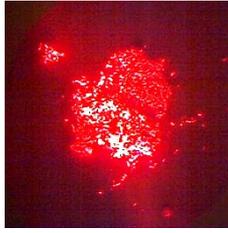
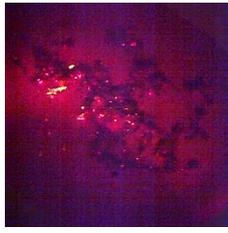
(一) 在日曬溫度下，不同耐熱度的塑膠材質，依塑膠分類代碼不同，對尼羅紅染劑的反應 (圖 19)

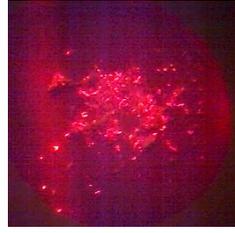
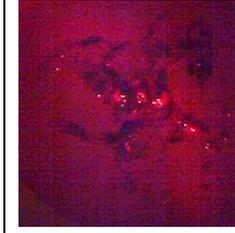
塑膠分類代碼	 PET	 HDPE	 PVC	 LDPE
海廢塑膠代表物	洗碗精瓶	硬質塑膠瓶	水管	塑膠袋
尼羅紅染劑 肉眼觀測				
尼羅紅染劑 藍光顯示下				

塑膠分類代碼	 PP	 PS	 OTHER
海廢塑膠代表物	手搖杯	飲料杯座	冷飲杯
尼羅紅染劑 肉眼觀測			
尼羅紅染劑 藍光顯示下			

▲ 圖 19. 證實尼羅紅染劑會對各類塑膠材質，在日曬溫度下，產生明顯的螢光反應

(二) 在水煮高溫下，不同耐熱度的塑膠材質，依塑膠分類代碼不同，對尼羅紅染劑的反應 (圖 20)

塑膠分類代碼	 PET	 HDPE	 PVC	 LDPE
海廢塑膠代表物	洗碗精瓶	硬質塑膠瓶	水管	塑膠袋
肉眼觀測				
尼羅紅染劑 藍光顯示下				

塑膠分類代碼	 PP	 PS	 OTHER
海廢塑膠代表物	手搖杯	飲料杯座	冷飲杯
尼羅紅染劑 肉眼觀測			
尼羅紅染劑 藍光顯示下			

▲ 圖 20. 尼羅紅染劑會對各類塑膠材質，在高溫水煮下，仍產生螢光反應

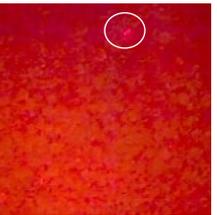
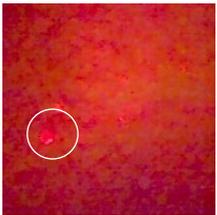
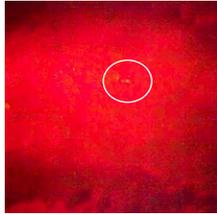
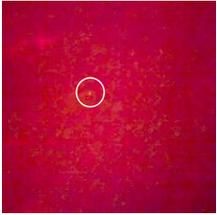
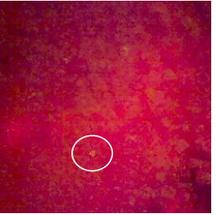
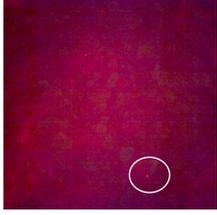
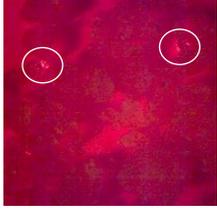
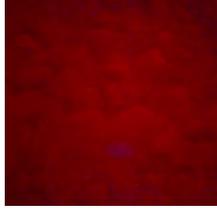
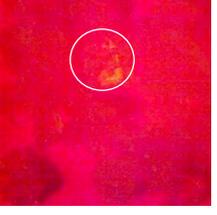
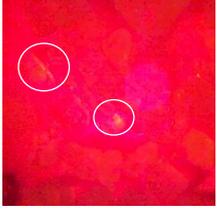
四、檢測市售不同品牌海鹽的微塑膠含量

(一) 取 1 g 市售海鹽，分別進行尼羅紅染劑染色 (圖 21)

市售品牌代號	1.健康生機海鹽	2.日曬海鹽	3.日曬天然海鹽	4.天然海鹽
肉眼觀察				

▲ 圖 21. 肉眼觀察尼羅紅染劑染色後

(二) 市售海鹽尼羅紅染劑染色檢測螢光反應 (圖 22)

市售品牌代號	市售海鹽尼羅紅染劑染色檢測螢光反應				
1. 健康生機海鹽					
2. 日曬海鹽					
3. 日曬天然海鹽					
4. 天然海鹽					

▲ 圖 22. 尼羅紅染劑染色市售海鹽

[白色圈起部分，代表看到的螢光反應]

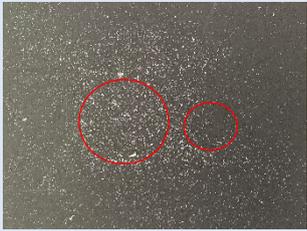
五、發現方便快捷分離海鹽中微塑膠的方法

(一) 比較金屬、玻璃、塑膠材質與毛巾布摩擦產生靜電，與海鹽反應 (圖 23)

	金屬材質	玻璃材質	塑膠材質
使用物品			
產生靜電反應	無反應	無反應	有明顯反應

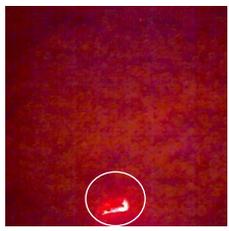
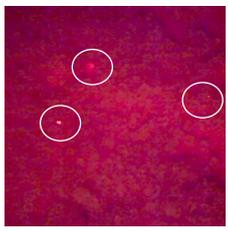
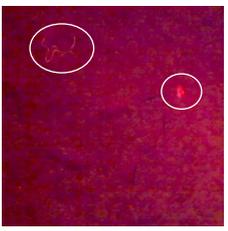
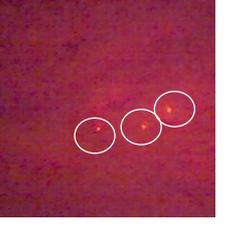
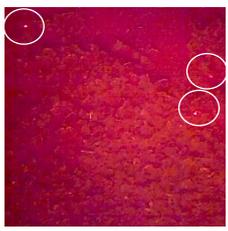
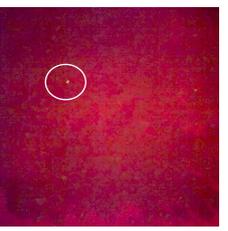
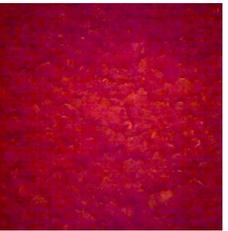
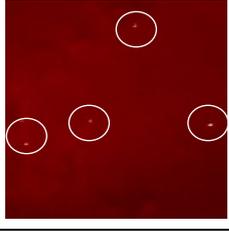
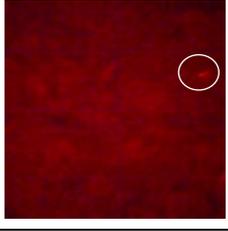
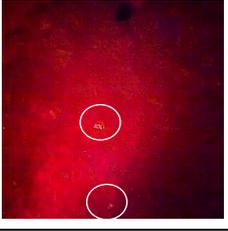
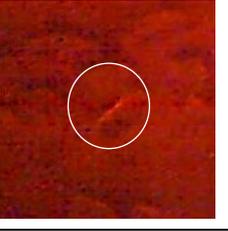
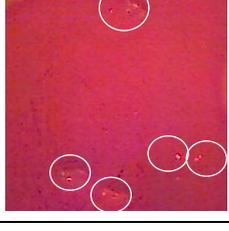
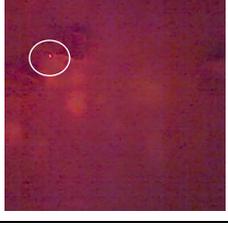
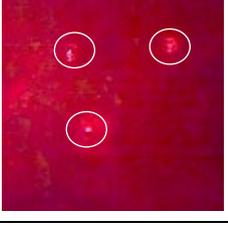
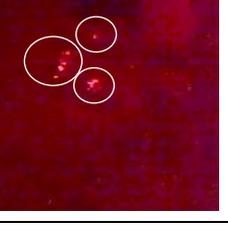
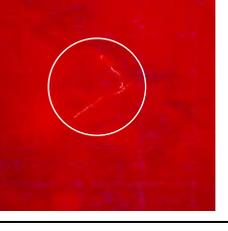
▲ 圖 23. 不同材質，產生的靜電效果

(二) 利用靜電反應吸附塑膠 (圖 24)

肉眼觀察	A. 塑膠瓶類	B. 瓶蓋類	C. 塑膠袋類
吸附前			
吸附後			

▲ 圖 24. 觀察靜電反應對塑膠材質吸附成效

(三) 取 10g 市售海鹽，利用靜電反應吸附含有微塑膠的海鹽測試結果 (圖 25)

市售品牌代號	尼羅紅染劑染色檢測螢光反應				
1. 健康 生機海 鹽					
	0.21g	0.15g	0.16g	0.25g	0.12g
2. 日曬 海鹽					
	0.17g	0.21g	0.18g	0.21g	0.10g
3. 日曬 天然海 鹽					
	0.03g	0.01g	0.07g	0.08g	0.10g
4. 天然 海鹽					
	0.01 g	0.03 g	0.01 g	0.22 g	0.10 g

▲ 圖 25. 靜電反應吸附的重量及尼羅紅染劑染色檢測螢光反應

[白色圈起部分，代表看到的螢光反應]

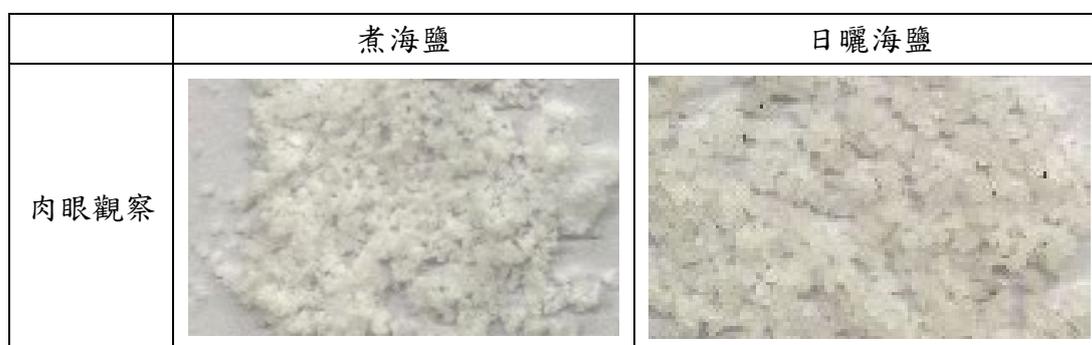
伍、討論

一、探討恆春半島海域的海水，不同方法製成海鹽的含量

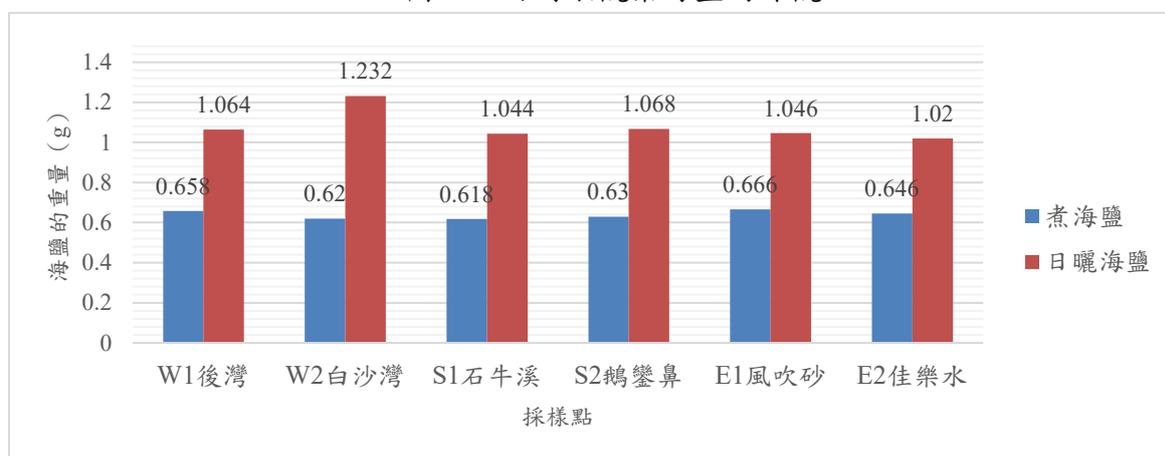
一開始我們去最近的海域後灣取海水，用 100 g 的海水煮海鹽，發現煮的時間要 1 個小時以上，煮出的海鹽量雖然很多，但海鹽保存時容易受潮，使用尼羅紅染劑染色效果會影響。如果馬上煮海鹽進行染色，螢光效果較好。因此我們嘗試用不同的海水量去煮，發現 30 g 海水取出的海鹽量，在數位顯微鏡下呈現面積觀察時最適合。

為了觀察不同地點的海鹽量，我們分別去不同方位，東南西邊的海邊取海水，找了觀光客人潮較多、人潮較少的秘境、珊瑚礁地形、白沙較多……等各有不同海域特色的地點取海水。

發現各個採集點的海鹽，用肉眼觀察，煮出的海鹽顆粒較細、較無雜質；日曬海鹽顆粒較粗、雜質較多（圖 26）。個採集點的海鹽平均量都差不多，但煮海鹽跟日曬海鹽同樣 30 g 海水，取出海鹽的數據卻不同（圖 27）。煮海鹽時，溫度會加成，我們利用紅外線測溫槍檢測溫度，發現溫度最高都可以到達 200 °C 以上，因此我們思考中日曬海鹽中，可能含有水分、微塑膠、其他物質成分，因此重量都比煮出的海鹽重。



▲ 圖 26. 用肉眼觀察海鹽的外觀



▲ 圖 27. 各採樣點取 30 g 海水，用高溫煮和日曬法，取得海鹽量平均值比較

二、探討尼羅紅染劑染色效果，對煮海鹽與日曬海鹽微塑膠的含量差別

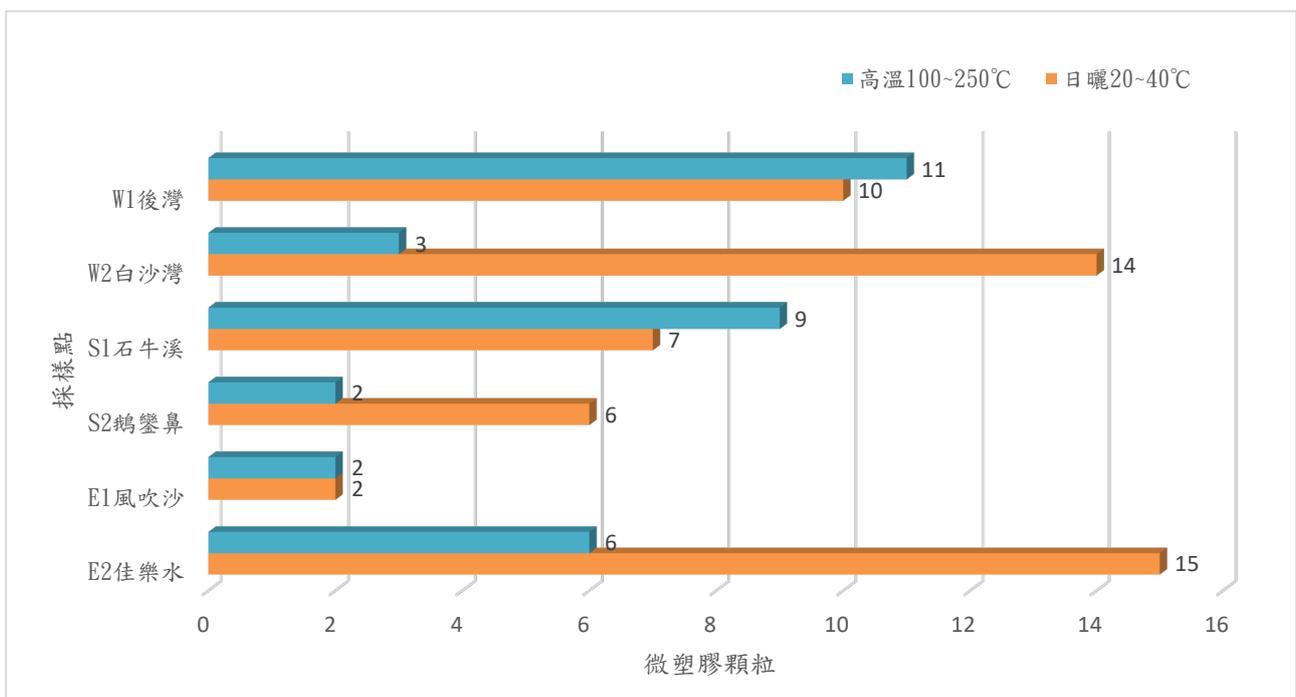
詳細閱讀相關文獻和許多研究報導，文章中都確實指出海鹽含有微塑膠，只是不知道研究學者們是否用了更厲害的光譜分析儀進行塑膠定性分析。

一般檢測微塑膠有三種方法，分別為熱觸法、螢光染色法及拉曼光譜法。而我們使用的是螢光染色法，此做法雖然快速，但無法鑑定塑膠成份，也無法知道塑膠溶化後是否殘留有毒物質在海鹽上。

雖然我們無法使用儀器測光譜分析，但我們利用酒精燈，高溫下煮出的海鹽與日曬海鹽微塑膠，用尼羅紅染劑染色含微塑膠螢光程度都十分明顯。而用高溫煮海鹽，微塑膠含量最多的出現在後灣，風吹沙海域最少；日曬海鹽，微塑膠含量最多的出現在佳樂水海域，風吹沙海域最少（圖 28）。

海鹽是立體的結晶物，我們透過濾鏡看到微塑膠產生螢光，但放進數位顯微鏡下紀錄時，如果稍微震動到位置，含有微塑膠的那面就會被蓋住，在拍照紀錄時真的要很小心，我們做的數據其實還不夠大量，海鹽含微塑膠量，可能比我們觀察到的更多。

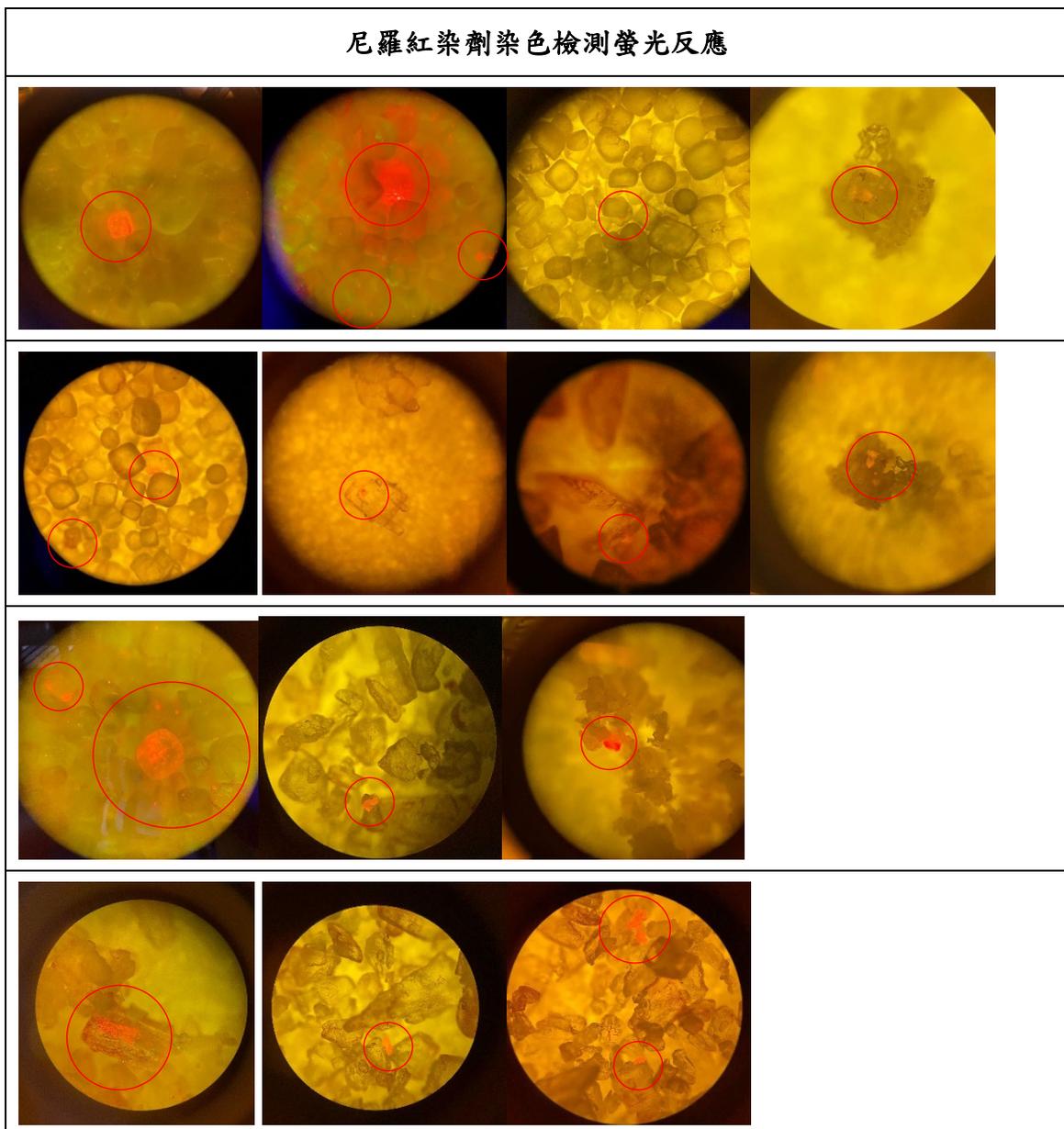
我們用數位顯微鏡清楚看到有螢光反應，改用高倍顯微鏡，目鏡 10 倍×物鏡 4 倍也有找到（圖 29），可惜我們沒有數位鏡頭，只能用手机翻拍效果，雖然沒有這麼清楚，不過還是可以看到產生螢光反應的微塑膠，而且很多微塑膠都是黏附在海鹽上（圖 30）。



▲ 圖 28. 比較日曬與高溫煮海鹽 10 次檢測，微塑膠顆粒含量



▲圖 29. 利用高倍顯微鏡，觀察藏在海鹽中的微塑膠



▲表 30. 紅圈表示用高倍顯微鏡下看到的微塑膠產物

三、 檢測兩種溫度下，尼羅紅染劑對不同耐熱度的海廢塑膠的染色結果

在海邊取海水時，我們發現海邊沙灘上很多寶特瓶、塑膠袋、手搖飲料杯，尼龍繩、漁網、吸管……等海廢垃圾，想到不同塑膠材質的耐熱溫度都是不同的。因此我們撿海邊常見的海廢垃圾，用以檢測不同耐熱溫度的塑膠材質（圖 31）。



▲ 圖 31. 淨灘，撿海廢垃圾

不同塑膠材質，經磨細後加入 30 g 清水，在日曬 20 ~ 40 °C 溫度以及像煮海鹽一樣用酒精燈高溫 200 ~ 250 °C 下，利用尼羅紅染劑染色測試，實驗結果顯示都會產生螢光染色反應。

經高溫煮完條件下，經染色測試發現仍有螢光反應，表示還存在微塑膠顆粒，只是塑膠分類碼 1、2、4、5、7，螢光反應較少，不知道是否因為高溫，破壞了微塑膠結構，使的尼羅紅染劑反應不完全；而相對反應溫度較低：日曬溫度條件下，微塑膠顆粒螢光反應則是偏高一些。

四、 檢測市售不同品牌海鹽的微塑膠含量。

一包淨重 300 ~ 450 g 的市售海鹽，價錢從一百多元到二十元多都有，價位相差很多，且比一般精鹽價錢貴。有的包裝標示海鹽作法是日曬取得、有的卻沒有標示清楚，實驗時，一包市售海鹽，我們只隨機從裡面取 1 g 出來進行染色，就發現微塑膠成分，換算每公克海鹽含微塑膠顆粒百分比（%）後（表 6），讓人不禁害怕，這一整包海鹽如果吃下肚，我們到底吃了多少微塑膠呢？

雖然目前微塑膠對人類健康的影響仍有待研究，但是更多研究顯示，人類體內會越來越多的塑膠微粒，因為不管是飲食上還是接觸上，甚至呼吸中都可能吸入微塑膠成分。

	每公克海鹽重量中測出微塑膠顆粒數					總共	每公克海鹽含微塑膠顆粒百分比(%)
1.健康生機海鹽	0	0	1	1	1	3	0.6
2.日曬海鹽	0	1	1	1	0	3	0.6
3.日曬天然海鹽	1	0	0	0	0	1	0.2
4.天然海鹽	2	0	1	1	2	6	1.2

▲表 6. 市售海鹽經螢光染色後分析每公克含微塑膠顆粒百分比

五、發現方便快捷分離海鹽中微塑膠的方法

實驗過程中，我們一直在想如何讓美味的海鹽可以真的安心吃下，雖然微塑膠並不等於塑化劑，但是其本質還是塑膠。而且在高溫狀態下，微塑膠仍然可能溶出塑化劑。

記得三年級自然課時，老師講到神奇磁力，讓我們用墊板摩擦頭頂，產生靜電後發現頭髮全豎起來了，我們在課堂裡玩出用墊板靜電吸橡皮擦削。所以我們想到如果海鹽中含有這麼多微塑膠，是否可以用靜電方式取出微塑膠。

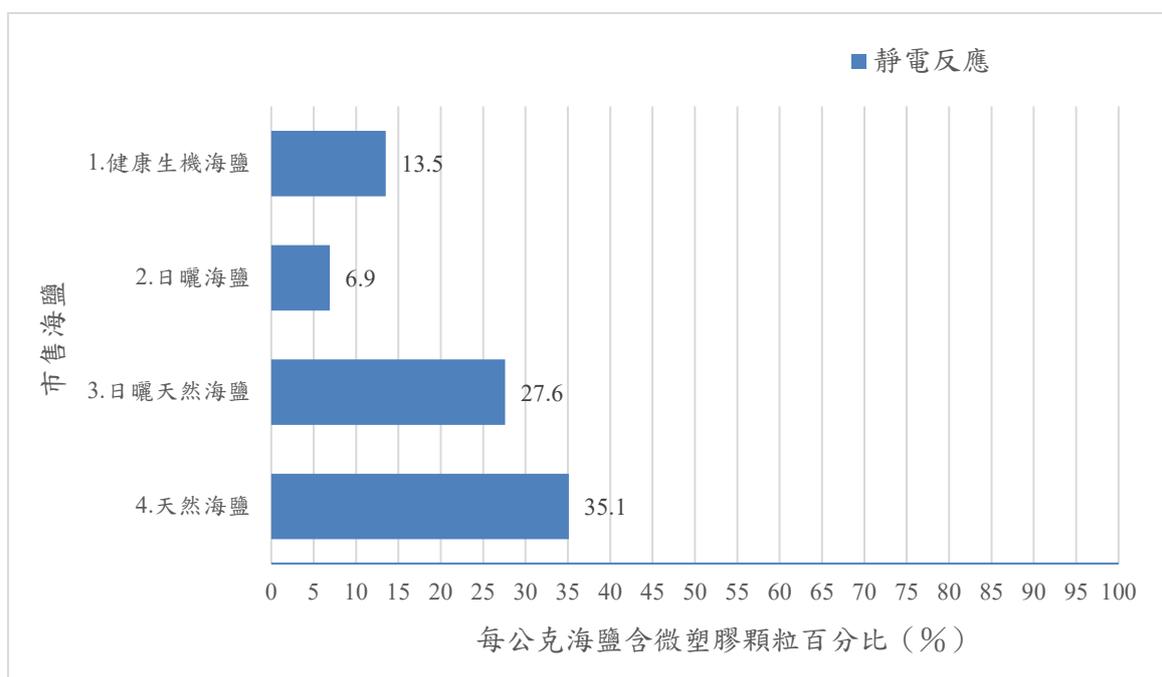
我們試了金屬材質、玻璃材質、塑膠材質進行摩擦靜電反應，發現只有塑膠材質才能吸起微量海鹽，其他材質摩擦完都無反應。

我們將撿拾回來的海廢清理後，取常見塑膠物品磨細，進行靜電反應，發現塑膠袋、瓶蓋，靜電反應明顯，可以輕鬆吸附起來，但是對寶特瓶、市售手搖瓶就不一定，薄片狀形狀的塑膠較好吸附起來；顆粒太大、材質太硬，靜電作用吸附不起來。

我們將塑膠湯匙清洗乾淨，在吸附海鹽實驗前，先做一組對照實驗，證實摩擦過程不會產生微塑膠。接著測試市售海鹽，塑膠湯匙與毛巾布摩擦產生靜電，吸起的海鹽另外存放，並用尼羅紅染劑染色，發現含有的微塑膠量不少，且靜電反應發生時，海鹽像在跳舞，十分有趣。不是完全吸起的海鹽都含微塑膠，有的只是較輕的海鹽被吸起，但此方法確實有效，從每公克海鹽含微塑膠顆粒百分比(%)，可以清楚看出(表 7)(圖 32)。可惜我們試這麼多材質做靜電反應，只有塑膠材質才能產生最好的靜電反應。本想避開使用塑膠材質以免影響實驗，最終還是要用塑膠物品。

	海鹽重量 (g) 及測出顆粒數 (顆)					總共	每公克海鹽含 微塑膠顆粒百 分比 (%)
1.健康生機海鹽	0.21	0.15	0.16	0.25	0.12	0.89	13.5%
	1	3	2	3	3	12	
2.日曬海鹽	0.17	0.21	0.18	0.21	0.10	0.87	6.9%
	1	3	1	1	0	6	
3.日曬天然海鹽	0.03	0.01	0.07	0.08	0.10	0.29	27.6%
	4	1	2	0	1	8	
4.天然海鹽	0.01	0.03	0.01	0.22	0.10	0.37	35.1%
	5	1	3	3	1	13	

▲表 7. 靜電吸附實驗中，所測得每公克海鹽含微塑膠顆粒百分比



▲圖 32. 利用靜電反應吸附出市售海鹽中的微塑膠百分比

陸、結論

微塑膠在幾年前，就被發現存在於大海裡，連我們日常生活中，最常使用的調味料 — 海鹽，都含有很高的微塑膠成分。本研究實驗經由海鹽製成的過程以及海水來源，利用簡易的螢光染色法，初步探討海鹽中微塑膠的含量，及海水受微塑膠污染情況，並提出藉由簡單快速的原理，試著分離海鹽中微塑膠的污染。恆春半島傳統的煮鹽技藝，利用西海岸天然的珊瑚礁岩地形來採集海鹽，是否會因為海洋的污染，而讓這項傳統煮鹽技術完全消失。

疫情為患將近兩年了，每個人每天至少佩戴一個口罩，在海邊淨灘時，我們就發現很多被丟棄的口罩。環境污染是跟著時事走，保護海洋真的很迫切，我們靠海維生，使用它，如果海洋沒有污染，海鹽就可以一直使用下去，污染了可能就再也無法吃不到乾淨的海鹽，讓我們一起愛護、守護著這片美麗的家園吧。

柒、參考資料及其他

Laura Parker (OCT.29 2018) •90%食鹽中都含有微塑膠? •NATIONAL GEOGRAPHIC 國家地理雜誌•取自 <https://www.natgeomedia.com/environment/article/content-3202.html>

Plastic fibres found in tap water around the world, study reveals (2017 年 9 月 5 日) •英國衛報• 取自 https://www.theguardian.com/environment/2017/sep/06/plastic-fibres-found-tap-water-around-world-study-reveals?CMP=fb_gu

張涵茵 (2020 年 1 月 10 日) •塑膠容器分類相關科學資訊•科學資訊 循環經濟•取自 <https://smctw.tw/4509/>

未來編 (2020 年 1 月 15 日) •塑膠/資源回收標誌 1-7 號(PET、HDPE、PVC、LDPE)霧煞煞? 秒懂資源回收標誌•未來生活實驗室•取自 <https://www.lifeaholic.tw/article47839/>

Maria E. Iñiguez, Juan A. Conesa & Andres Fullana (2017). Microplastics in Spanish Table Salt: Scientific Reports. Retrieved August 17, 2017, from <https://www.nature.com/articles/s41598-017-09128-x>