

浮游動物體內塑膠微粒與西南沿海岸不同地點之關係

壹、前言

隨著人類的工業發展蓬勃，塑膠垃圾對海生動物帶來的汙染與危害逐漸受到重視。國際自然保護聯盟（International Union for Conservation of Nature，簡稱 IUCN）的調查報告顯示，危害海洋的塑膠問題中，家用及工業排放的塑膠微粒佔 15%~31%，比大型塑膠製品降解分裂後造成的汙染更甚。在收集一些資料後，我們開始好奇，是否能夠藉由比較產業活動與塑膠微粒的分布地點，進而得知他們之間的關聯呢？在資料收集的過程中，我們閱讀到了一篇關於「聚苯乙烯微塑膠對藤壺幼體死亡率、生長、發育、附著及變態之影響」的論文，研究者成功觀察到了藤壺體內的塑膠微粒分布。剛好我們也發現以往的研究大多是直接餵食浮游動物塑膠微粒，而非從自然界中採集浮游動物樣本觀察，於是我們決定朝這個方向著手，希望能透過觀察浮游動物體內的塑膠微粒、海洋中的塑膠密度及浮游動物密度，進一步得知塑膠微粒汙染、人類活動及對浮游動物造成的影響三者之間的關聯。

以下是塑膠微粒的背景簡介：

一、塑膠微粒的定義

根據美國國家海洋暨大氣總署所定義，塑膠微粒為尺寸小於 5mm 之微小塑膠碎片。常見的塑膠微粒材質有六種，分別為：聚丙烯、聚乙烯、聚對苯二甲酸乙二醇酯、聚苯乙烯、聚氯乙烯，以及俗稱尼龍的聚醯胺纖維。

二、塑膠微粒的來源

根據美國非營利媒體組織 Orb Media 委託學者的研究報告，一般水樣本中的塑膠微粒來源多元，推測包括：洗衣廢水之人工合成纖維；輪胎行駛道路磨損產生之粉塵；粉刷塗料產生之粉塵；塑膠廢棄物處理不當之二級衍生性（人為排放再經過化學作用）微塑膠；衣服摩擦飛至空氣中的人工合成纖維、洗面乳及化妝品中添加之微珠。

三、塑膠微粒與環境的關聯

塑膠微粒會直接或間接藉由大氣循環而進入水循環，最終以懸浮或沉積的形式存在於海洋中。海洋中的塑膠微粒可能藉由接觸或攝食而累積在於水生生物體內，甚至再透過生物累積與生物放大作用，轉移至食物鏈上層生物體中。

四、塑膠微粒與浮游動物的關聯性，以及對浮游動物的影響

由於塑膠微粒具有親油性，因此在海洋中漂浮時，很容易與海水表層的持久性有機化合物，如塑化劑、雙酚 A、多氯聯苯或多環芳香烴等環境荷爾蒙或戴奧辛結合，使得塑膠微粒上的 POPs（持久性有機化合物）濃度是周圍海水濃度的 100 萬倍。

這些微粒若被海洋中的浮游動物攝食，而浮游動物又是魚、貝類等濾食性動物的食物來源，這些有機化合物就這樣進入食物鏈，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。

另外，有些工業生產的初級塑膠微粒為了拋光效果，會在外層包覆一層金屬離子，這些物質若進到生物體內，也將影響生物的生殖能力與生理機能。

貳、摘要

本研究預計以高雄港外海不同位置之海水中的浮游動物進行研究，藉由分析各測站海水中塑膠微粒密度、浮游動物密度、及嘗試尋找浮游動物體內的塑膠微粒、更利用線上資料庫探討海水流向是否與塑膠微粒密度有相關，綜合探討人類產業活動與塑膠微粒、浮游動物、海流方向之關聯性。若無法在浮游動物體內發現塑膠微粒，則我們懷疑或許浮游動物在自然情況下並不會攝取塑膠微粒，且塑膠微粒可能是經由小型魚類進入食物鏈當中。

參、研究目標

- 一、觀察海水裡的塑膠微粒分布
- 二、觀察塑膠微粒於微型浮游動物體內分布
- 三、比較人類產業活動與塑膠微粒密度、浮游動物群集結構密度之關係
- 四、比較海流流向和各測站塑膠微粒含量間的關聯性

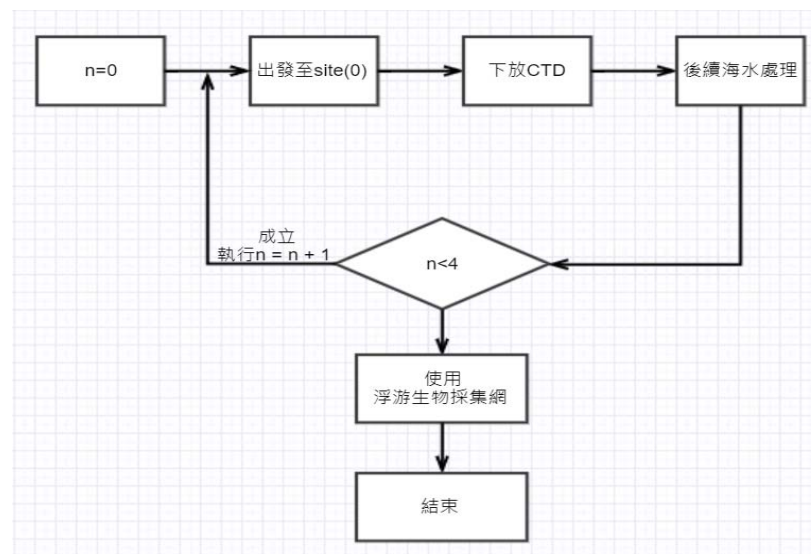
參、研究方法

一、前置作業

(一) 準備器材：

塑膠水桶、玻璃收集瓶(500mL*8、1L*1)、50 μ m 過濾網、蒸餾水 2L、中性甲醛溶液 500mL、50 μ m 過濾網

(二) 擬定操作流程：



圖一、模擬操作流程

二、船上作業方法

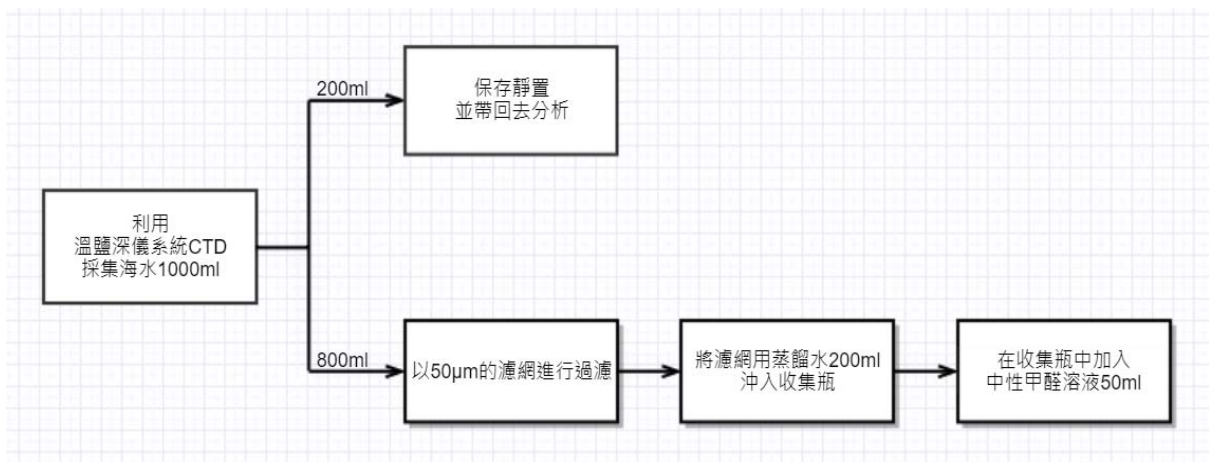
本研究的樣本採集可採用 CTD 採水過濾與浮游生物採集網兩種。經比較兩方法的優缺點後，決定在每個定點皆使用採用「採水法」以避免直接採集浮游生物時，拖網難以清理的問題；並且評估當天狀況，視情況在最後一個定點決定是否追加使用浮游生物拖網採集一次樣本進行研究。

(一) 採水法

- 優點：樣本深度可控制
- 缺點：海水需要處理(過濾等等)
- 儀器及材料：溫鹽深儀系統 CTD、大型輪盤式採水器、50 μ m 過濾網、蒸餾水、中性甲醛溶液、500mL 收集瓶
- 步驟：
 1. 利用 CTD 配合輪盤式採水器，在每個定點下放 40m 深度，分別採集 1L 的水體
 2. 取採集水體中的 200ml 水體靜置保存，帶回去分析
 3. 剩餘的 800mL 利用孔徑為 50 μ m 的濾網直接進行過濾
 4. 將濾網用蒸餾水 200ml 沖入收集瓶
 5. 在收集瓶中加入中性甲醛溶液 50ml

註：

中性甲醛溶液配方：將市售甲醛溶液 200 mL 加入 0.5 g 硼酸鈉 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 使其成中性，以酸鹼試紙測試。



圖二、使用 CTD 後之操作流程

(二) 直接採集浮游生物 (視情況決定是否在 Site4 追加使用)

- 優點：後續處理方便(不用過濾、沒有帶回海水重量限制的問題)
- 缺點：網具可能難以清理

- 儀器及材料：浮游生物採集網、50 μ m 過濾網、蒸餾水、中性甲醛溶液、1L 收集瓶
- 步驟：
 1. 利用浮游生物採集網採集定量的浮游生物上岸
 2. 將 50 μ m 濾網用蒸餾水 600ml 沖入收集瓶
 3. 在收集瓶中加入中性甲醛溶液 150ml

三、後續分析方法及流程

(一) 海水分析方法

1. 海水塑膠微粒密度計算

(1) 研究材料：

各測站 200ml 海水樣本、尼羅紅試劑、6 μ m 孔徑濾紙、光學顯微鏡

(2) 研究流程：

(以下分析方法來自第一屆航向新時代—浮游植物生物量及海洋塑膠微粒研究)

- a. 將各測站海水透過 6 μ m 孔徑的濾紙，過濾出海水中的微粒
- b. 將過濾過的海水加入尼羅紅粉劑，進行 10 分鐘以上的攪拌，讓尼羅紅染劑可以有效的附著在塑膠微粒上，方便觀察以及分析塑膠微粒數量與濃度
- c. 吸取染色過的海水，點滴於顯微鏡玻片，使用藍光光源，會激發玻片上已經染有尼羅紅的塑膠微粒，發出螢光，再經由顯微鏡的觀察，計算發出螢光的塑膠微粒個數
- d. 透過以下計算公式，求出每公升海水中的塑膠微粒密度

$$\text{密度} = (\text{每滴海水微粒數}) \times 100(\text{滴/cc}) \times 1000(\text{cc/公升})$$

(二) 浮游動物分析方法

1. 浮游動物個體計算

(1) 單位個體量計算：

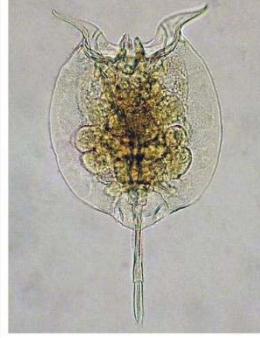

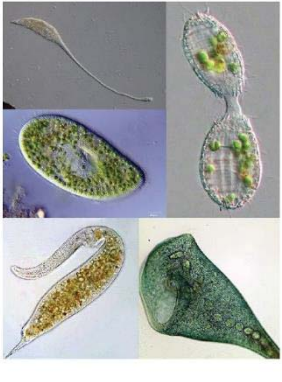
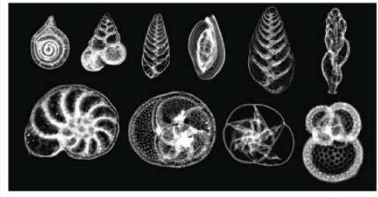
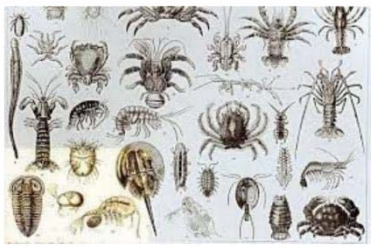
$$\text{單位個體量計算} = \frac{\text{子樣品經立體顯微鏡計算各種浮游動物個體量}}{\text{子樣品佔總樣品的比率} \times \text{濾水量}}$$

單位以 ind./m³ 表示，或將 ind./m³ 的浮游動物個體量乘以 1,000 倍，調整成 ind./1,000 m³ 的單位。有效位數為三位。

(2) 預計觀察浮游生物的大小及種類：

由於期望能在顯微鏡下方便觀察，我們主要選擇觀察小型浮游生物(Microplankton)，又已經由 50 μ m 濾網過濾，預期所觀測到的浮

游動物體型大小介於 50~200 μm 間。以下表格為預期主要會在採樣樣本中看到的小型浮游生物：

		
輪蟲綱 Rotifera	橈足類無節幼體 Nauplii	纖毛蟲 Ciliata
		
有孔蟲門 Forams	甲殼亞門無節幼體 Crustacea	

(3) 研究材料：

各測站浮游動物過濾樣本、光學顯微鏡

(4) 研究流程：

- 將裝於標本瓶中待檢測的浮游動物樣品，以較大口徑吸管吸取出部份的浮游動物樣品
- 置於光學顯微鏡下，檢視及計數海水中所含浮游動物種類及數量
- 重複吸取出部份的浮游動物樣品，重複檢視及計算

2. 浮游動物體內塑膠微粒觀察

(1) 研究材料：

各測站浮游動物過濾樣本、尼羅紅試劑、光學顯微鏡

(2) 研究流程：

- 將裝於標本瓶中待檢測的浮游動物樣品加入尼羅紅粉劑，進行 10 分鐘以上的攪拌，讓尼羅紅染劑可以有效的附著在塑膠微粒上，方便觀察以及分析塑膠微粒數量與濃度
- 吸取出部份的浮游動物樣品，點滴於顯微鏡玻片
- 使用藍光光源觀察，因為能夠激發玻片上已經染有尼羅紅的塑膠微粒，使塑膠微粒發出螢光

- d. 置於光學顯微鏡下，檢視水體中所含浮游動物體內是否有塑膠微粒
- e. 重複吸取出部份的浮游動物樣品，重複檢視，尋找浮游動物體內是否含有塑膠微粒
- f. 拍照並記錄體內含有塑膠微粒之浮游動物樣本

(三) 數據分析與處理

1. 比較各測站海水塑膠微粒密度與浮游動物密度

(1) 研究流程：

- a. 繪製各測站的海水塑膠微粒密度與浮游動物密度圖
- b. 觀察兩者間在不同地點中的關聯性，是否與預期結果相符

2. 流向與海水塑膠微粒密度關係

(1) 研究材料：

各測站海水塑膠微粒密度數據、Hidy Viewer 科技部海洋資料庫

(2) 研究流程：

- a. 使用計算出的塑膠微粒密度，比較不同測站間塑膠微粒密度的差異
- b. 利用科技部海洋資料庫 ODB Hidy Viewer (<https://odbgo.oc.ntu.edu.tw/odbargo/>) 記錄各站海流流向
- c. 比較兩者之間的關聯性、繪製表格，是否符合預期結果

伍、預期成效

一、 檢視海水中存在塑膠微粒的情況與分布

- (一) 觀察到塑膠微粒存在：分析塑膠微粒特徵。
- (二) 無法觀察到塑膠微粒存在：探討是否與距離陸地遠近有關。

二、 浮游動物體內是否存在可觀測到的塑膠微粒

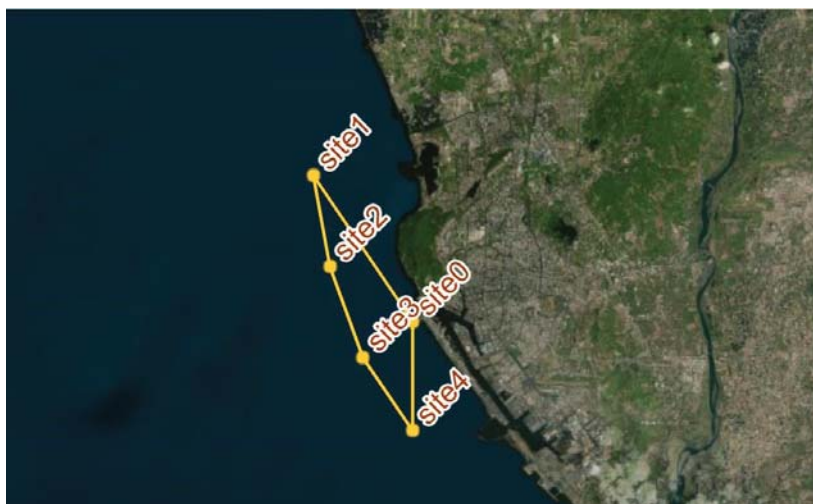
- (一) 可觀察到浮游動物體內有塑膠微粒的存在：
 1. 分析浮游動物大小與體內塑膠微粒的大小比例
 2. 體內有塑膠微粒的浮游動物是否有類別的差異性。
- (二) 若無法觀察到有浮游動物體內存在塑膠微粒之可能原因有：
 1. 浮游生物取樣的數目不夠多
 2. 在自然情況下，當環境中的塑膠微粒濃度不夠高時，浮游動物並不會攝取塑膠微粒
 3. 塑膠微粒並不會藉由浮游動物進入食物鏈

三、 自高雄港沿海流方向分布較與海流方向相反之測站多

四、 研究可能遭遇的困難：

- (一) 其他可能因素(如日照、污染等)，會對結果造成干擾，因為有些浮游動物具趨光或避光的行為，日照強弱會影響結果。
- (二) 干擾可能源自於網具遭受污染，網目阻塞。

陸、申請作業海域地圖與作業項目及出海時間



圖四、出海作業預定測站地圖

number of	5				
ID	Longitude	Latitude	Name	Point	Inline
0	120.26	22.61	site0	1	
1	120.2	22.69	site1	1	
2	120.21	22.64	site2	1	
3	120.23	22.59	site3	1	
4	120.26	22.55	site4	1	
Schedule	6				
ID	距離(nm)	船速(節)	航時(hr)	作業時間	作業項目
0				0	{"item":[" other:"]}
1	5.84158	8.3	0.7	0.66	{"item":[" other:"]}
2	3.052724	7.6	0.4	0.66	{"item":[" other:"]}
3	3.20014	8	0.4	0.66	{"item":[" other:"]}
4	2.921341	7.3	0.4	0.66	{"item":[" other:"]}
0	3.602432	7.2	0.5	0	{"item":[" other:"]}
總距離:18.6nm; 全程時間約:5.0小時					

表一、出海作業各站經緯度及時間

作業時間：5hr4min

	時間	作業項目
Site 0	0:00	自高雄港出發
Site 1	0:42	抵達 Site 1
	0:47	下放 CTD 至 40m 深處
	1:02	水體採集完成上岸，開始處理
	1:22	水體處理 (分類、過濾、收集) 完成，出發至 Site 2
Site 2	1:46	抵達 Site 2
	1:51	下放 CTD 至 40m 深處
	2:06	水體採集完成上岸，開始處理
	2:26	水體處理 (分類、過濾、收集) 完成，出發至 Site 3
Site 3	2:50	抵達 Site 3
	2:55	下放 CTD 至 40m 深處
	3:10	水體採集完成上岸，開始處理
	3:30	水體處理 (分類、過濾、收集) 完成，出發至 Site 4
Site 4	3:54	抵達 Site 4
	3:59	下放 CTD 至 40m 深處
	4:14	水體採集完成上岸，開始處理
	4:34	水體處理 (分類、過濾、收集) 完成，出發回高雄港 若時間有提早則追加以下作業項目： (1) 下放浮游生物採集網 (2) 採集完成上岸，將樣本進行處理 若未提早或有延遲，則直接出發回高雄港
Site 0	5:04	抵達高雄港，作業結束

表二、出海作業項目及作業時間

柒、(貴重儀器申請單、出海作業申請單)

捌、參考資料

行政院環境署，海洋浮游動物檢測方法(民 93 年 2 月 19 日)。檢自

<https://www.epa.gov.tw/DisplayFile.aspx?FileID=8D27AB52C02FE9B5>(Mar. 07, 2021)

余偉霽(民 108)。聚苯乙烯微塑膠對藤壺幼體死亡率、生長、發育、附著及變態之影響。

李讚虔(民 107)。塑膠微粒——微小的生態殺手。檢自

<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/sg3f.htm>(Jan. 08, 2021)

科技部補助計畫——海洋學門資料庫，Hidy Viewer(2020)。檢自

<https://odbgo.oc.ntu.edu.tw/odbargo/>(Mar. 14, 2021)

綠色和平塑膠專案小組(2020)。什麼是塑膠微粒？——正在影響食安、健康的它。

檢自 <https://reurl.cc/9Z3m6V>(Jan. 08, 2021)

劉語安、朱庭郁、翁尹希、周言、羅妤暄(民 109)。浮游植物生物量及海洋塑膠微粒研究。第一屆航向新時代——國立中山大學新海研3號海洋科學研究計畫競賽。檢自

<https://or3mic.nsysu.edu.tw/var/file/304/1304/img/3878/474437685.pdf>(Mar. 14, 2021)

環境資訊中心(2019)。跟著研究員出航，海研三號工作實記。檢自

<https://khenvedu.kcg.gov.tw/News/Detail?progId=NEWS001&pageNbr=4&dsn=1543>(Mar. 01, 2021)