

一、研究動機:

1. 身為海島型的國家，對台灣而言海洋資源格外重要。海中食物鏈最底層的是植物性浮游生物以及動物性浮游生物，這些生物的含量多寡接連影響著中大型魚類的產量，也會對人類造成影響，漁業就是一個明顯的例子。

先後於教科書與網路上得知營養鹽與環境間具關聯性，研究者希冀透過本次測量了解並釐清其中的關係。

2. 美國國家海洋暨大氣總署定義尺寸小於5毫米的塑膠為「微塑膠」(microplastics, MPs)[18](National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA], 2020)，5微米以下的微塑膠便能夠進入人類的肺部組織[11](Leahy, 2019)造成健康疑慮。隨著人類對塑料產品的需求愈來愈高，未分解的塑膠垃圾也殘留在自然環境中引起生態的浩劫，使得我們必須開始重視這些微小塑膠的存在。

塑膠微粒在環境中無處不在，根據Law等人在2014年海洋中的塑膠微粒研究中表示："全球的沿海沉積物中每250毫升平均存在2至30個微粒"；美國國家大氣沉降計畫(NADP)在科羅拉多州分析高達90%的大氣濕沉降樣本中含有微塑膠，於海拔3,159米的高山發現的塑膠纖維[9](Wetherbee et al.,2019)與北極海冰的微塑膠儲層[12](Law et al.,2014)更進一步證明了無論在空氣中、深山內、海洋裡都有塑膠微粒的蹤跡。

臺灣由環保署於107年1月1日起已規定不得製造及輸入、販賣牙膏、磨砂膏等6種化粧品類含塑膠微粒之產品，然而世界各地汗水處理廠無法處理過濾之微米級柔珠、衣物纖維以及丟失的貨物、漁具之塑膠碎片仍然經由河流、徑流、潮汐、風或天災等途徑進入海洋[12](Law et al.,2014)。潮間帶、表層水、深海區以及大洋島嶼區皆遍布微塑膠的蹤跡，海水中的汙染物亦會伴隨塑膠微粒的攝入進入海洋生物體內，包括底棲性、棘皮動物或是浮游動物[23](海洋委員會海洋保育署，民109)，經生物放大作用、空氣、飲用水等途徑進入人體，並已在人類糞便中被發現[20](Miranda et al.,2019)。

微塑膠至少需50年才能被降解[7](行政院環境保護署環境檢驗所【環境檢驗所】，民108)，由於尺寸微小且表面積大，塑膠微粒上吸附的持久性有機化合物(POPs，如塑化劑、雙酚A、多氯聯苯(PCBs)或多環芳香烴(PAHs)等環境荷爾蒙或戴奧辛)濃度是周圍表層海水濃度的100萬倍[21](International Pellet Watch[IPW], 2014)，伴隨著飲食進入人體可能造成負面的影響。

基於塑膠微粒充斥於生活環境、尺寸極小難以完全阻絕以及能吸附高濃度毒性物質，我們決定探討高雄港外海表層海水的塑膠微粒污染程度，根據海洋委員會海洋保育署的研究結果顯示："無論是沙灘還是魚體的微塑膠的數量都與附近人為活動程度呈現正相關。"我們也預期塑膠粒子濃度會由人為活動程度高的陸地往海洋逐漸下降。

## 二、研究材料與方法:

### 1. 浮游生物量

#### (一)研究材料:

二氧化碳、溶氧量、表水穿透率、葉綠素甲濃度之數據

#### (二)研究方法:

在六個測站上記錄電腦顯示之二氧化碳、表水穿透率、葉綠素甲濃度的數據以及OD溶氧計之溶氧量的數據，再將數據製成圖表，比較各數據變化量並利用現有知識推斷其可能的原因，最後歸納出結論以及提出未來展望。

### 2. 塑膠微粒

#### (一)研究材料:

各測站海水樣本、尼羅紅、濾紙、顯微鏡

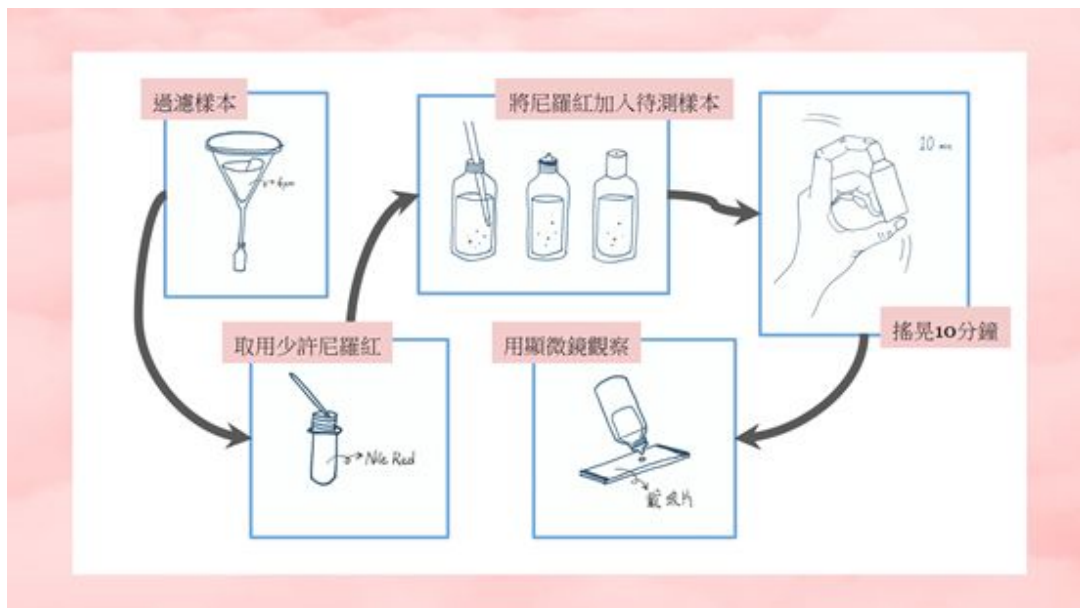
#### (二)研究方法:

經由文獻的閱讀研究[8,9,14,15,16,17,18]，我們知道塑膠微粒的密度分析可以使用「熱觸法」、「拉曼法」以及「尼羅紅染色法」來分析海水中塑膠微粒濃度。由於研究設備取得的方便性以及研究結果的正確性考量，同時也因為「尼羅紅染色法」是比較先進的檢測技術[6,7]，所以我們決定採取「尼羅紅染色法」來進行我們的研究。依據相關文獻的說明[5]，我們在分析塑膠微粒濃度時，是透過以下步驟來估算不同海域的塑膠濃度。

- (1) 藉由海鹽三號在高雄與小琉球之間等間隔採集海洋表面海水分別裝瓶，由高雄到小琉球分別用「測站一」到「測站六」表示海水樣本。
- (2) 將各測站海水透過 6 $\mu$ m 孔徑的濾紙，過濾出海水中的微粒。
- (3) 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。
- (4) 吸取染色過的海水，點滴於顯微鏡玻片，應用藍光光源，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。
- (5) 推算海水塑膠微粒濃度，我們是透過以下計算公式，求出每公升海水中的塑膠微粒密度。

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

以上的過程，可以用下圖來說明。



以「尼羅紅染色法」觀測分析塑膠微粒密度

### 三、主要研究成果:

#### 1.浮游生物量:

由圖(一)可得知，表水葉綠素甲濃度測站一(靠近高雄港處)較高，測站二則達到最高值，接著濃度下降直到測站四，在測站五又些微上升，到了測站六則達到濃度最低點，其整體呈現下降趨勢，而六個測站的平均值約為0.72mg/m<sup>3</sup>。我們推測因測站一及測站二距離高雄港較近，且實測結果顯示高雄港附近之水域二氧化碳濃度較高，而浮游植物行光合作用又需吸收二氧化碳(因其所測不同測站之濃度數值差異較溶氧量於不同測站之數值大，故排除大氣因不同溫



度及壓力對其產生之微弱影響)，因此離港近處之水域聚集較多的浮游植物，因而葉綠素甲的濃度也較高。

圖(一)表水葉綠素甲濃度變化圖

由圖(二)得知，其平均值約為70.53%，且表水穿透率從測站一到測站六呈現上升趨勢，也



就是從高雄港到小琉球這段航程所經水域中的雜質有越來越少的趨勢，且因葉綠素甲也算是海中雜質的一種，亦可影響表水穿透率，故此圖表數據也可作為葉綠素甲濃度的輔助證據。

圖(二)表水穿透率變化圖

由圖



(三)得知，二氧化碳濃度於測站一(靠近高雄港)較高，接著濃度下降到了測站五為最低點，在測站六卻又向上回升，整體而言呈下降趨勢，但在測站五出現極端值，其遠低於其平均值417.58mg/L(包含測站五的數據)。就整體下降趨勢分析，從高雄港到小琉球的水域中二氧化碳濃度越來越低，由此表示二氧化碳濃度變化可作為葉綠素甲濃度變化之輔助數據。就測站五的極端值而言，我們推測應該是因為此測站有一些未知的影響因素，而使其出現極端值，這部分在未來可再深入探討其原因。

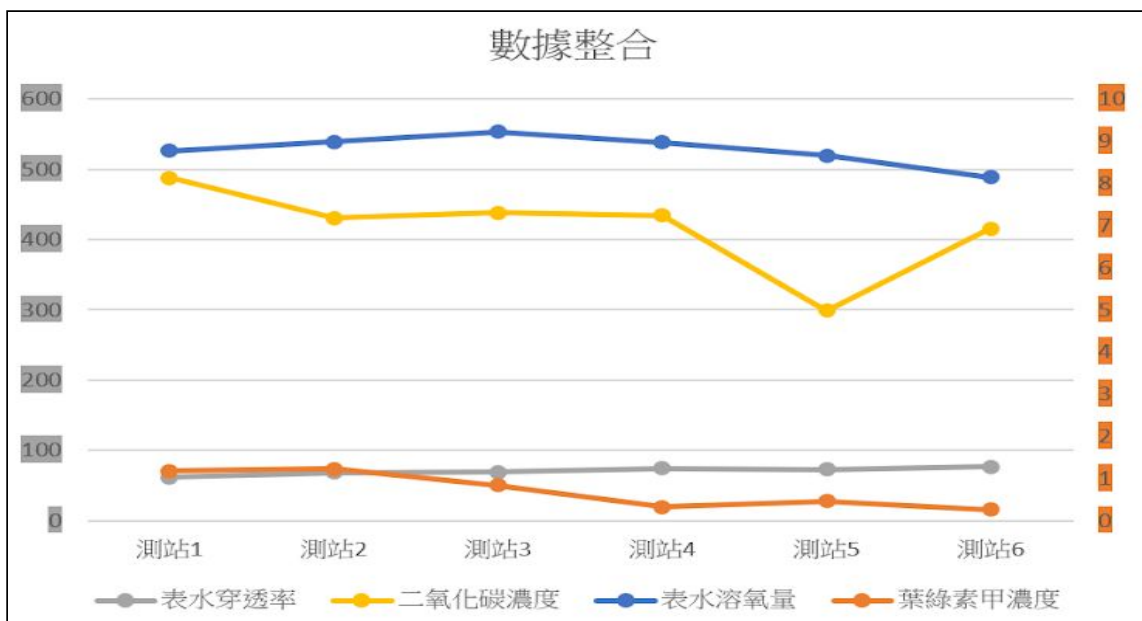
圖(三)二氧化碳濃度變化圖



由圖(四)得知，這段水域的溶氧量明顯低於二氧化碳濃度，在測站一時溶氧量接近平均值，到了測站三達到最高點，接著持續下降到測站六為最低點，且低於平均值8.79mg/L。此資料顯示溶氧量在靠近陸地的地方會比遠離陸地的地方低，且在靠近小琉球處更低於靠近高雄港處。海中溶氧來源主要包括大氣中的氧氣及浮游植物行光合作用所釋放出的氧氣，而大氣中的氧氣會因溫度和壓力的不同而使其海域所含的溶氧量有所不同。因溶氧量數據並無法和其他三個資料呈現明顯關係，因此我們推測有可能是大氣中的氧氣受到溫度和壓力的影響，使微量的溶氧受到影響，而無法單獨用浮游植物行光合作用來判斷其數值的變化，故此測量項目無法與其他三項測量項目形成明顯關聯。

圖(四)表水溶氧量變化圖

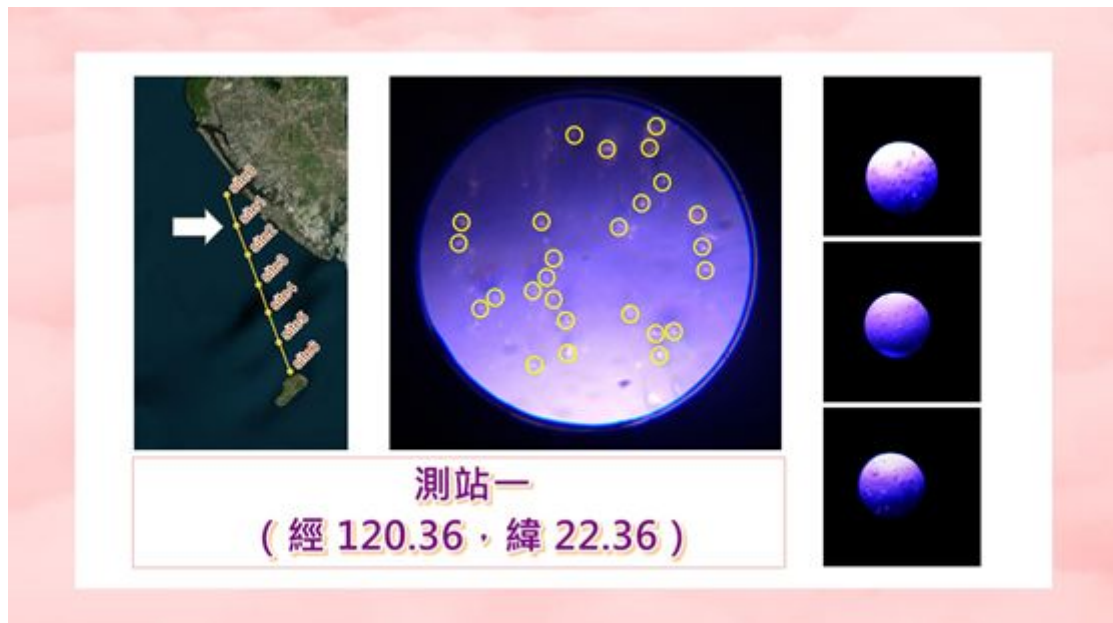
此圖表綜合上述四張圖表的資料數據，表水穿透率及二氧化碳濃度的y軸於圖表左側，葉綠素甲濃度及表水穿透率所對應的y軸於圖表右側。由此圖可明顯看出，葉綠素甲濃度與表水穿透率呈負相關，而二氧化碳濃度為其輔助數據。



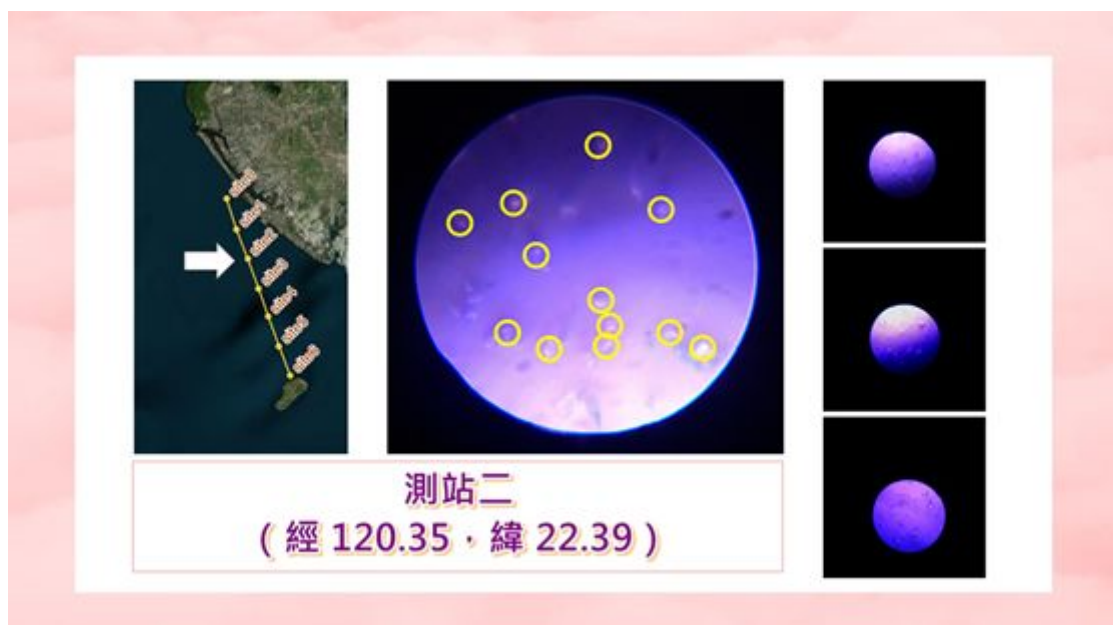


## 2. 塑膠微粒數量探究:

經由前述的研究步驟，我們分別對六個測站收集到的海水進行觀察分析，我們借由顯微鏡觀察到的圖像如以下六圖。

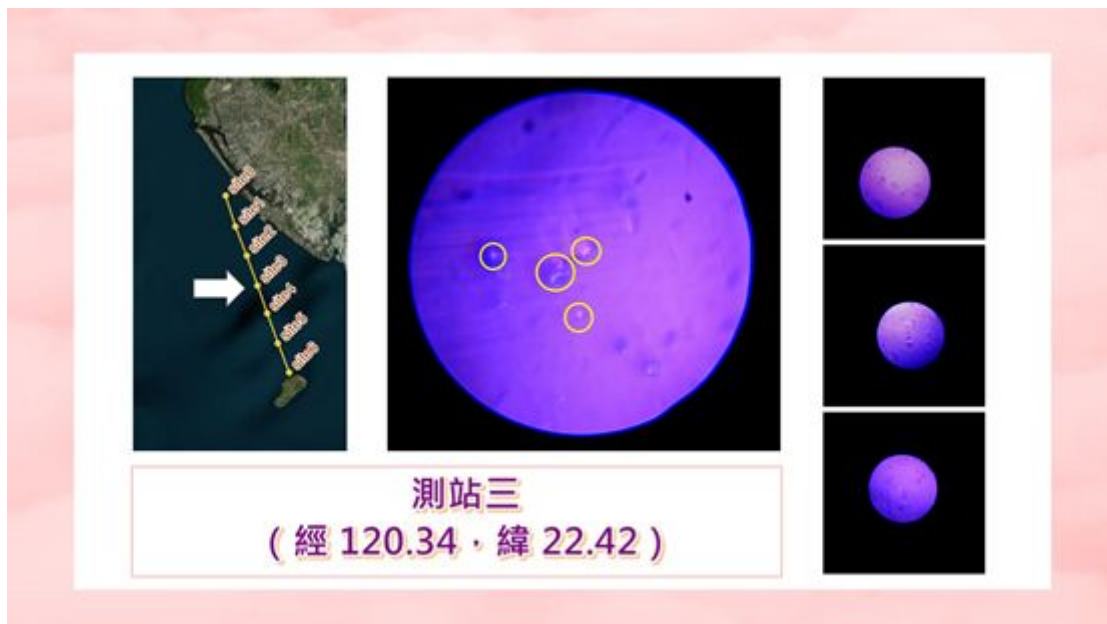


測站一觀測結果範例

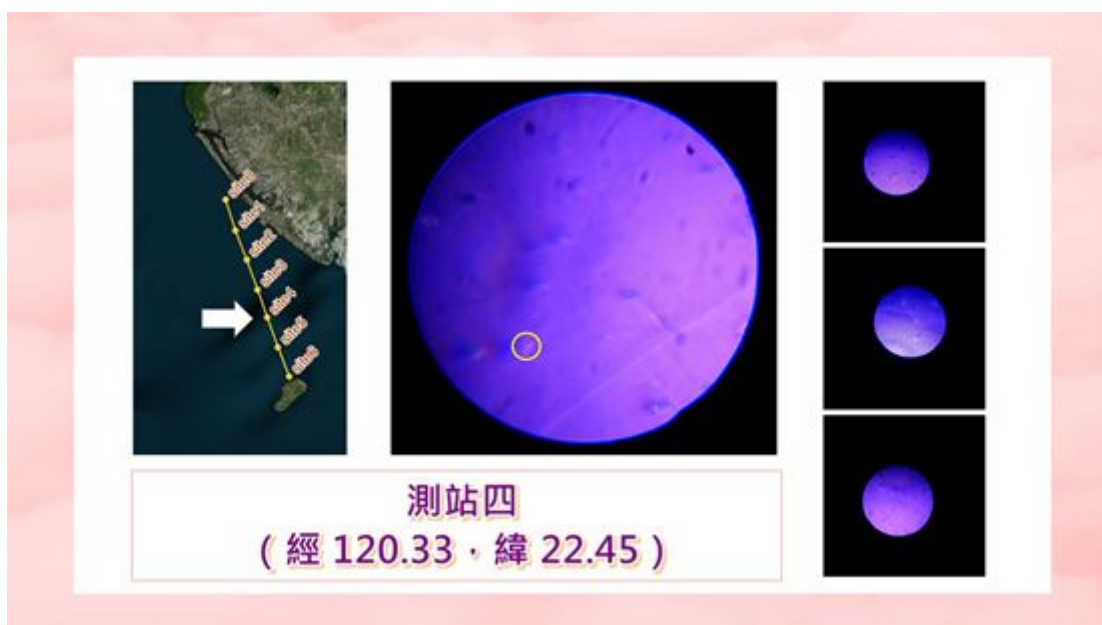


測站二觀測結果範例

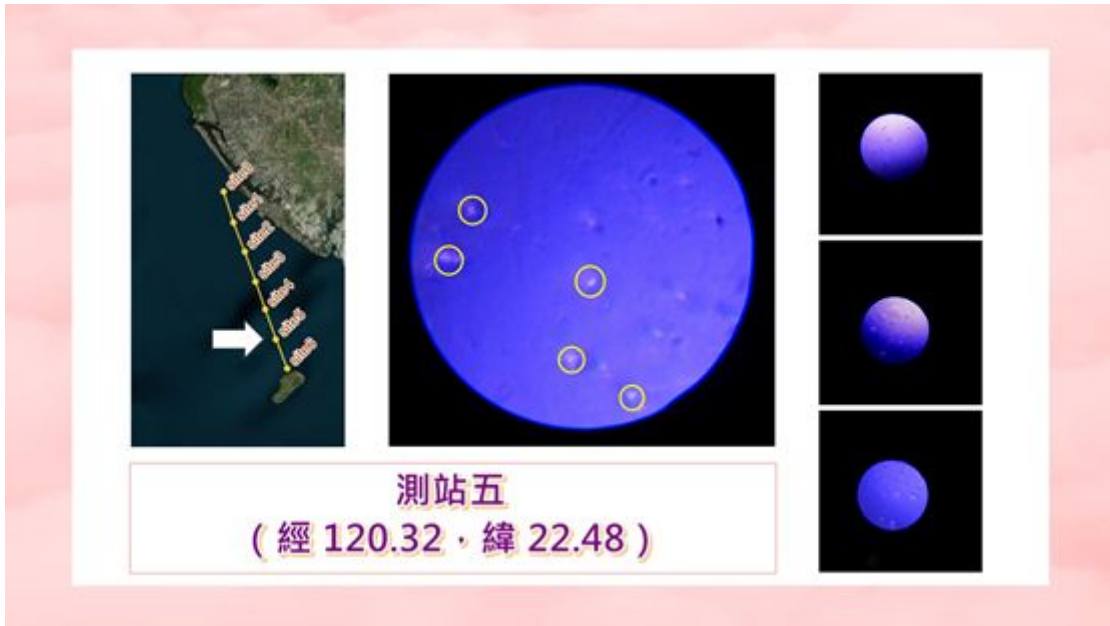




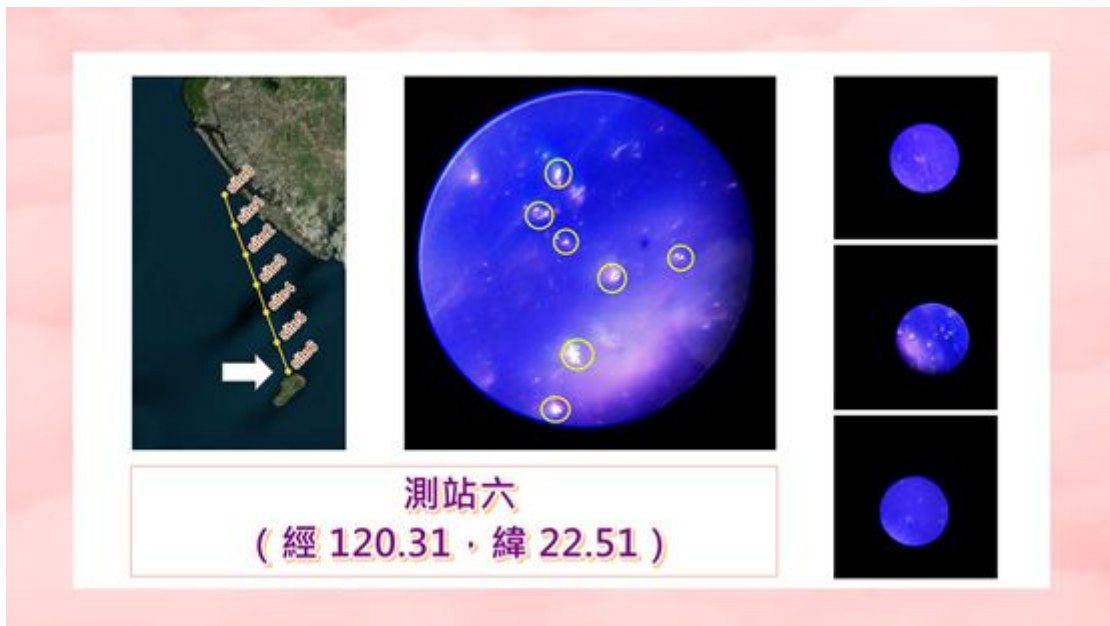
測站三觀測結果範例



測站四觀測結果範例

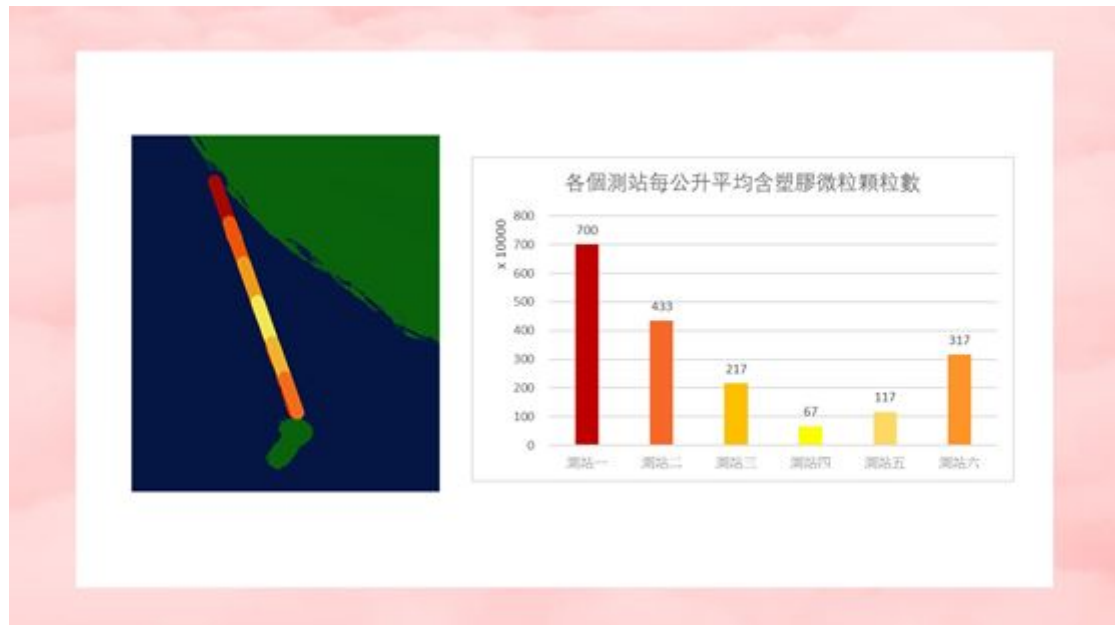


測站五觀測結果範例



測站六觀測結果範例

在分別透過步驟六的密度運算之後，我們把六個測站所得到的塑膠微粒密度關係透過下圖來說明比較。



六個觀測站的塑膠微粒密度比較圖

從上圖我們可以發現，塑膠微粒的密度與陸地的距離有著很顯著的關係，越靠近陸地，塑膠微粒的密度就會有明顯的升高。也就是說，人類在陸地上所產生的塑膠微粒，會明顯地造成近海的污染。

#### 四、討論與結論:

##### 浮游生物:

1. 我們原本推測在表水穿透率愈高處，浮游植物量應該會愈多，但是我們測出的結果卻發現:在表水穿透率愈低處，浮游植物的量才愈多，我們推測是因為植物性浮游生物在生長時需要營養鹽，而表水穿透率高處較缺乏營養鹽，故會限制植物性浮游生物的生長。
2. 而在二氧化碳與浮游植物量的關係中，我們原本推測浮游植物量愈多處，二氧化碳量應該會愈少，不過數據卻顯示相反，我們推測有兩個原因:
  - a. 因浮游植物為食物鏈底層的生物，所以在他的周圍應有許多覓食者，這些覓食者所釋放的二氧化碳的量可能大於浮游植物可轉換的量，故可能使浮游植物附近的二氧化碳量偏高
  - b. 浮游植物會行光合作用，而二氧化碳是光合作用所需的材料，在行光合作用時，浮游植物需要將他所需要的二氧化碳抓進水裡，故此區的二氧化碳含量會偏高。
3. 在浮游植物與氧氣含量的關係中，因為氧氣含量與浮游植物量無明顯的相對趨勢，加上我們測的資料也與溶氧量無明顯的相對趨勢，故我們暫時沒有辦法分析這樣的數據，希望大家可以一起和我們想想看。

##### 塑膠微粒:

1. 實驗數據表明塑膠微粒量與距海遠近的關係，愈靠近海岸之測站表水塑膠微粒量濃度愈高，且距離陸地愈遠，塑膠微粒濃度變化亦逐漸趨緩，進而推論塑膠微粒對於愈近岸之海洋環境影響愈劇烈。
2. 本次進行採樣之路徑分別於第一站及終點第六站皆近於陸地，由二站之分析數據相比較可知高雄港外海表層海水(第一站)之塑膠微粒濃度為近琉球嶼外海(第六站)之兩倍不止，又依人口數量、附近工業發展等影響因素粗略推測高雄港附近地區人為活動對環境影響應劇於琉球嶼，藉此得知塑膠微粒數量應與附近人為活動程度呈現正相關。

##### 結論:

在塑膠微粒的實驗中，愈靠近陸地的含量就愈多，在浮游植物的實驗中，愈靠近陸地的含量也同樣愈多，由此可以發現，人類活動對海洋有很大的影響，並且在營養鹽高區域塑膠微粒分布量亦較高，可能連帶造成整個食物鏈攝取更多塑膠微粒，而最後因生物放大作用而影響到人類的健康。

## 五、參考文獻:

1. [海洋綠藻減碳的機會－科技大觀園](#)
2. [營養鹽是甚麼？海水中的營養成分指那些？ - 礦物元素健康部落格](#)
3. [浮游植物](#)
4. [「塑」不及防—牡蠣中微塑膠與環境及養殖方式的影響](#)
5. [Ocean microplastics: 'Lost 99%' of tiny pollutants could now be identified with new method | The Independent](#)
6. [A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red](#)
7. [國內自來水、海水、沙灘砂礫與貝類中微型塑膠之現況調查\(中華民國環境工程學會電子報\)](#)
8. [\(PDF\) Oceans. Microplastics in the seas](#)
9. [It is Raining Plastic. By Gregory Wetherbee.1 Austin Baldwin.2 James Ranville3](#)
10. [Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment](#)
11. [塑膠微粒正在從天而降](#)
12. [\(PDF\) Oceans. Microplastics in the seas](#)
13. [顯微紅外線光譜儀全自動高速異物分析系統AIM-9000](#)
14. [你應該要知道的塑膠微粒分析方法](#)
15. [Validation of ATR FT-IR to identify polymers of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms](#)
16. [FTIR\(傅立葉紅外光譜\)](#)
17. [Microplastics a million times more abundant in the ocean than previously thought. Scripps study suggests](#)
18. [What are microplastics?\(NOAA美國國家海洋暨大氣總署\)](#)
19. [行政院環境保護署 業務概況書面報告 \(立法院第9屆第5會期 社會福利及衛生環境委員會\)](#)
20. [Neurotoxicity, Behavior, and Lethal Effects of Cadmium, Microplastics, and Their Mixtures on Pomatoschistus microps Juveniles from Two Wild Populations Exposed under Laboratory Conditions—Implications to Environmental and Human Risk Assessment](#)
21. [What's International Pellet Watch \(IPW\)](#)
22. [Microplastics as contaminants in the marine environment: A review](#)
23. [108年度海龜救傷收容暨微塑膠調查計畫案--臺灣地區沿海牡蠣及潮間帶指標生物之微塑膠生物累積調查研究\(海洋委員會海洋保育署 執行單位：國立海洋生物博物館\)](#)