

2025年【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：藍雀鯛食餌中氣味與塑膠的加乘反應

一、摘要

為探討塑膠對海洋魚類攝食行為的影響，本實驗以海水魚—雀鯛為實驗對象，探討其對不同類型食餌的反應。以三組變因：氣味因子、乾淨塑膠及海水塑膠進行實驗，並使用卡方檢定分析判斷雀鯛的反應程度。根據實驗後卡方分析，雀鯛對乾淨塑膠無反應，但對浸泡過魚缸水的塑膠則顯示出顯著的反應（ p 值小於0.1）。這表明塑膠於海水經過浸泡後可能會吸附有機物質，使其在化學信號上模擬出魚類食物之訊號而誘導魚類攝食。

二、探討以及研究動機

海洋中常見的塑膠廢棄物經長時間降解，會轉化為尺寸接近浮游生物的塑膠碎片與微粒，進而被海洋生物誤食，造成污染物進入魚類食物鏈，進而影響整個海洋生態系。雀鯛以微生物與維生藻類作為主要攝食對象，而當這些生物吸附在塑膠碎片或微粒表面時，會形成一層生物膜（biofilm）。我們推測，這層微生物膜可能釋放與雀鯛食物類似的化學信號，誘發雀鯛的攝食行為，導致其誤食塑膠。

Matthew S. Savoca等人（2017）曾經針對海洋中的塑膠散發出的味道對海洋魚類的影響進行過實驗，我們組對於塑膠以及氣味在海中對生物是否真實存在吸引力和攝食誘因感到疑惑，這也構成本次實驗的研究動機。

三、研究目的與假設

研究目的：

- 一、比較雀鯛對不同投放食餌的行為反應。
- 二、藉由實驗得出雀鯛對於氣味因子、海水塑膠及乾淨塑膠的反應情形來觀測雀鯛是否會對具有特定氣味（例如藻類或蝦類）的物質有較明顯反應。
- 三、評估塑膠污染對於雀鯛此種珊瑚依附性魚類生態的可能影響。

實驗假設：

- 一、雀鯛對於浸泡於海水中的塑膠具有較顯著反應
- 二、海水中的微生物吸附於塑膠表面使塑膠具有相似雀鯛食物之化學信號而調配海水因較少有有機物生存而不易於塑膠表面構成生物膜
- 三、化學信號（嗅覺及味覺）相對於視覺為誘發魚類攝食較重要原因

四、探究方法與驗證步驟

研究變因（投放之三種食餌）：

變因一、乾淨無藻類及魚類生長之鹽水浸泡後塑膠碎片（裁切至約4mmx4mm大小並於攝氏六度冰箱使塑膠浸泡兩週）

變因二、有海藻跟生物生存之海水浸泡的塑膠碎片（裁切至約4mmx4mm大小並於攝氏六度冰箱使塑膠浸泡兩週）

變因三、豐年蝦卵浸泡之雙層濾液（無蝦卵殘留於濾液中且每次用等重蝦卵及鹽水調配）

實驗步驟：

1. 準備環境：設置固定魚缸，注入溫度與鹽度穩定的乾淨海水。
2. 放入雀鯛適應：將雀鯛放入魚缸，觀察其顏色與活動狀態，待其由深灰轉為寶藍色（表示已適應）後進行實驗。
3. 餌料投放與氣味清除：依序投放乾淨塑膠、海水浸泡塑膠及氣味因子，每次餌料投放後靜置30分鐘以過濾殘留氣味。
4. 行為紀錄與分析：每次投放後拍攝20秒影片，並使用 Tracker 軟體記錄雀鯛的移動軌跡（ x 為魚缸長邊， y 為短邊）以分析其行為反應。

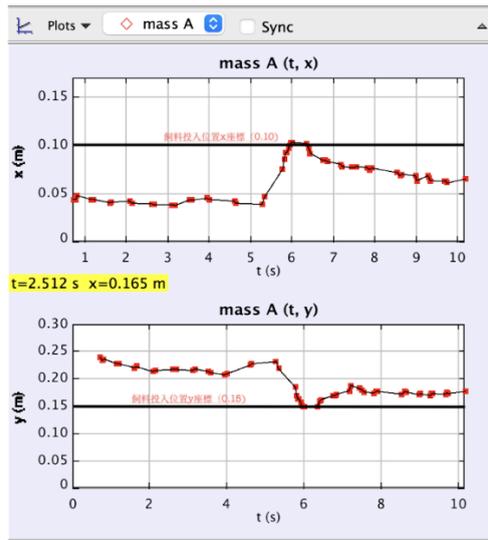
Tracker 軟體操作步驟：

1. 匯入影片並擷取需要的片段（建議以10秒為單位）。
2. 設定座標軸：新增X'Y'二維平面，並使用校正桿標示魚缸實際長寬。
3. 標記魚體位置：按住 Shift 鍵，用滑鼠依序在每一個畫面定格上點選魚的位置，即可建立移動軌跡。
4. 分析與輸出：追蹤魚在 X'Y' 平面上與餌料的相對距離變化，並匯出折線圖以觀察接近或遠離的趨勢。

數據判讀：

如同下圖（在魚缸投入飼料之數據追蹤圖）顯示， x 座標為魚缸長邊， y 座標為魚缸短邊。紅點連成的折線圖則代表雀鯛在兩座標方向的移動狀況，黑色粗線為食餌投入的 xy 座標，且投入時間皆為圖中的第五秒。

可以由下圖看到，雀鯛投入後， xy 兩方向都接近並接觸投入座標。



於魚缸中投入飼料之數據追蹤圖

我們如何定義雀鯛對投入食餌有沒有反應：

為了將三種投入物的雀鯛追蹤數據進行「有反應」以及「無反應」的分類，我們使用分別代表有反應的「飼料投入追蹤數據」和代表無反應的「蒸餾水滴入追蹤數據」作為對照組。飼料作為雀鯛平時投餵的食物，雀鯛在一般狀況下會對飼料有較即時和明顯的反應，而蒸餾水內含有較少的有機物質，在多次投入後雀鯛對其一律沒有明顯反應，因此我們用這兩種頭放物作為有反應和沒有反應的定義依據。

以下兩表為我們列舉出雀鯛有反應和沒反應的個狀況：

雀鯛對投入物有反應之可能狀況列舉表

有反應狀況1	雀鯛於投入物後由趨近靜止轉為朝向投入物體x及y兩方向座標移動，可能為趨近或接觸
有反應狀況2	雀鯛於投入前後相反運動方向，且轉為趨近或接觸投入物體xy兩方向之座標位置
有反應狀況3	雀鯛投放前原先xy兩位置折線所呈現之運動趨勢不相同，但投入物體後兩折線都呈現接近或接觸投入物體

雀鯛對投入物無反應之可能狀況列舉表

無反應狀況1	雀鯛於投入物體後運動狀態不改變，前後皆呈現趨近靜止或是於投入前後都維持相同或是固定之運動趨勢未因有投入物體而改變運動形式
無反應狀況2	雀鯛於投入物體後向投入物體之座標遠離（朝反方向移動）
無反應狀況3	雀鯛於投入物體後x或是y位置所成的任一折線呈現接近投入物體，但另一方向位置折線無此趨勢（呈現遠離或靜止）

五、結論與生活應用

乾淨塑膠實驗結果：

實驗組數	追蹤反應情況	結果判讀
第一組	x方向：未移動 y方向：靠近	無反應狀況 ³
第二組	xy方向皆未呈現明顯移動	無反應狀況 ¹
第三組	x方向：遠離 y方向：接觸	無反應狀況 ³
第四組	x方向：未移動 y方向：靠近	無反應狀況 ³
第五組	xy方向皆未呈現明顯移動	無反應狀況 ¹
共五組		無反應：五組

乾淨塑膠數據卡方檢測表

	有反應	無反應	列合計
對照組	5	5	10
實驗組	0	5	5
欄合計	5	10	15
	卡方值	0.0253473	

根據五組數據判斷，雀鯛對於投入之乾淨塑膠的移動模式一概呈現無反應。並且卡方值（p值）對照無反應對照組小於0.1。

海水塑膠實驗結果：

實驗組數	追蹤反應情況	結果判讀
第一組	xy方向皆呈現靠近	有反應狀況 ¹
第二組	x方向：遠離轉接近 y方向：持續接近	有反應狀況 ²
第三組	xy方向靠近並接觸	有反應狀況 ¹
第四組	xy方向皆未呈現靠近	無反應狀況 ³
第五組	xy方向皆呈現靠近	有反應狀況 ¹
共五組		有反應：4組 無反應：1組

海水塑膠數據卡方檢測表

	有反應	無反應	列合計
對照組	5	5	10
實驗組	4	1	5
欄合計	9	6	15
		卡方值	0.0651964

根據五組實驗數據判斷，當中有四組呈現對投放之海水塑膠有反應，剩下一組則無明顯反應。並且卡方值（p值）對照有反應對照組小於0.1，表示有顯著反應。

氣味因子濾液實驗結果：

實驗組數	反應情況	判讀
第一組	xy方向皆於一秒後接近	有反應狀況2
第二組	xy方向皆於一秒後接近	有反應狀況2
第三組	xy方向皆漸趨靠近	有反應狀況1
第四組	xy方向由不同移動趨勢轉為靠近投放座標	有反應狀況3
第五組	xy方向皆靠近	有反應狀況1
共五組		有反應：5組

氣味因子數據卡方檢測表

	有反應	無反應	列合計
對照組	5	5	10
實驗組	5	0	5
欄合計	10	5	15
		卡方值	0.0253473

根據五組實驗數據，當中有三組呈現對投放之海水塑膠有反應，其他兩組則無明顯反應。並且卡方值（p值）對照有反應對照組小於0.1，表示有顯著反應。

實驗結果判讀：

氣味因子濾液（ $p=0.0253473$ ）：對照投入飼料對照組之情形有顯著反應

海水浸泡塑膠($p=0.0651964$)：對照投入飼料對照組之情形有顯著反應

反應之結果符合 Matthew Savoca (2017) 先前對於海洋鳳尾魚對海水中塑膠反應的研究（海洋魚類會因為塑膠吸附有機物而釋放化學性號誘發魚類誤食）。而雀鯛對乾淨塑膠無反應，我們認為因為乾淨塑膠不帶有有機物氣味而使雀鯛判定乾淨塑膠不屬於其食物。而實驗結果和卡方統計之數值也符合我們實驗前的預設。

生活應用：

根據我們的研究，平時隨手丟棄的塑膠，都有可能在進入海洋後吸附海中有機物氣味誘發魚類誤食。這也提醒了我們為了維護生態系，應該減少塑膠製品的使用以及不當丟棄，避免自己成為破壞生態系的幫兇。

五、參考資料

【期刊文章】

Santos, R. G., Andrades, R., Fardim, L. M., & Martins, A. S. (2016). Marine debris ingestion and Thayer's law - The importance of plastic color. *Environmental Pollution*, 214, 585-588.

【期刊文章】

Savoca, M. S., Tyson, C. W., McGill, M., & Slager, C. J. (2017). Odours from marine plastic debris induce food search behaviours in a forage fish. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1860), 20171000

【周刊文章】

Aytan, Ü., Esensoy, F. B., Arifoğlu, E., Ipek, Z. Z., & Kaya, C. (2023). Plastics in an endemic fish species (*Alburnus sellal*) and its parasite (*Ligula intestinalis*) in the Upper Tigris River, Türkiye. *Science of The Total Environment*, 900, 165604.

【期刊文章】

Neto, J. G. B., Rodrigues, F. L., Ortega, I., Rodrigues, L. D. S., Lacerda, A. L., Coletto, J. L., ... & Proietti, M. C. (2020). Ingestion of plastic debris by commercially important marine fish in southeast-south Brazil. *Environmental Pollution*, 267, 115508.

【期刊文章】

Carson, H. S. (2013). The incidence of plastic ingestion by fishes: From the prey's perspective. *Marine pollution bulletin*, 74(1), 170-174.