

海洋委員會海洋保育署非科技計畫 執行成果報告

計畫名稱：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

計畫編號：

執行期間：108年1月1日至108年12月31日

委託（補助）機關：海洋委員會海洋保育署

執行單位：國立海洋生物博物館

中華民國109 年 01 月 30 日

壹、計畫概要

一、計畫緣起：

塑膠在我們的生活中有著不可或缺的重要地位，塑膠帶來了便利生活，卻也形成用完就丟的生活型態。然而拋棄式的使用方式也埋下未來潛在的問題，塑膠產品所造成的污染已成為全球性的環境污染議題，即便在人跡罕見的地方，也可以發現塑膠的蹤跡。而當這些垃圾進入了海洋，我們通常稱它為海洋廢棄物(marine litter)。聯合國環境規劃署 (UNEP) 將其定義為「遭人為處置、丟棄、或遺棄進入海岸或海洋環境的任何持久性、人造或加工的固體」。據估計，海洋中有約 5 兆個、總重超過 250,000 噸的塑膠廢棄物(Eriksen et al., 2014)。在海洋廢棄物中，有一類非常微小的物質目前受到世界各國極大的關注，那就是「微塑膠」(microplastics, MPs)。

微塑膠是定義為尺寸小於 5mm 的微小塑膠。依其產生的方式可被分成初級和次級微塑膠(Browne et al., 2007)。初級微塑膠是直接以如此微小的形式生產製造，例如有些洗面乳當中所添加的塑膠柔珠，粒徑約為 0.2mm 至 2mm 之間，就是屬於初級微塑膠。此外，作為塑膠生產原料的小型塑膠顆粒(nurdles)也是屬於初級微塑膠。次級微塑膠則為大型塑膠廢棄物在環境中經由各種物理、化學、生物作用碎裂而成。海洋微塑膠主要由聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、聚氯乙烯 (PVC)、聚苯乙烯 (PS) 或聚對苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 組成。由於污水處理廠無法有效攔截這些塑膠微粒，當消費者選擇使用具有塑膠微粒相關產品時，它們將隨水流沖至下水道，進入河川最終流入大海，造成污染。

微塑膠在潮間帶、表層水、深海區以及大洋島嶼區都被發現過(Guzzetti et al., 2018)。這些微塑膠在環境中非常難被分解，可能持續在環境中存在數百年，因此可能對海洋生態造成嚴重且持久的損害。很多的海洋生物都可能有意無意地攝入微塑膠，其中尤其以底棲性、濾食性、棘皮動物或是浮游動物最容易攝入微塑膠。其他像是魚類、海龜、海鳥以及海洋哺乳類動物也有可能攝入微塑膠(Cole et al., 2011; Guzzetti et al., 2018)。海洋生物攝入微塑膠之後可能會產生各種負面影響，包括器官損傷、消化道阻塞引起之假性飽足感(進而造成營養不良)、生理上的緊迫、影響攝食及生長、生殖率降低、甚至影響存活率(Guzzetti et al., 2018; Waite et al., 2018)。此外，微塑膠也可能成為污染物進入海洋生物的媒介。微塑膠本身可能含有各種於製造過程中加入的添加物(例如：塑化劑、阻燃劑、抗菌劑、重金屬...等)，也能吸附海水中具持久性、生物累積性的持久性有機污染物 (persistent organic pollutants; POPs) (Chen et al., 2019; Wang et al., 2018; Yang et al., 2019)。微塑膠本身以及其上所附之污染物質可以藉由生物累積或生物放大在海洋食物鏈中流轉，造成生物及非生物海洋商品(例如海鮮及食鹽)的污染，甚至造成食安上面的疑慮(Barboza et al., 2018; Guzzetti et al., 2018; Miranda and de Carvalho-Souza, 2016)。

自 2016 年起本實驗室進行了『台灣恆春半島沙灘微塑膠的時空分佈』與『恆春半島海域中魚類攝入海洋廢棄物之情形』研究，結果顯示恆春半島沙灘中塑膠

微粒以纖維比例最高，佔 97%以上，其中 57%是白色纖維。魚類攝入海洋廢棄物之情形初步結果顯示，96.88%魚體內有攝入海洋廢棄物，而且幾乎 100%都是小於 5 mm 的微塑膠，超過 96%是微纖維，接近一半是藍色的。我們也發現，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。這些結果顯示，即使在恆春半島這樣低度污染的海域，微塑膠污染是無所不在的。為更進一步瞭解微塑膠對海洋生物的影響，故執行本計畫。

二、計畫年期：108年1月1日108年12月31日

三、主辦單位：國立海洋生物博物館

四、協辦單位：

五、總計畫經費：

六、經費來源：

(一) 中央款：

(二) 地方配合款：

(三) 其他：

七、計畫目標：

1. 採集臺灣沿海地區養殖及野生牡蠣，分析其中微塑膠的數量和種類，探討不同地點微塑膠生物累積是否有差異。
2. 採集台灣南北兩端珊瑚礁潮間帶指標生物，包括藤壺、陽燧足、紫口岩螺等三個物種，探究不同食性及地點之微塑膠生物累積是否有差異。
3. 將研究成果以論文發表於國際學術期刊，並作為科普講座及教案的題材。

八、計畫內容概述：

1. 野外採集(表一)

- (1) 在臺灣本島沿海八個地區的牡蠣採集，包括西海岸的臺南七股、嘉義東石、雲林台西、彰化王功、新竹香山，以及東海岸的花蓮石梯漁港、臺東新蘭漁港、臺東蘭嶼。在西海岸的各樣點並同時採集野生以及養殖牡蠣，藉以了解台灣沿海牡蠣中之微塑膠的累積情形。
- (2) 在基隆、墾丁兩處的潮間帶生物採集，採集物種包括：藤壺、陽燧足、紫口岩螺，藉以比較不同地理位置以及食性的潮間帶生物中微塑膠污染程度。

表一、野外採樣地點、時間、座標

採樣點	採樣時間	座標	
新竹香山	2019.02.18	24°45'50.0"N	120°54'18.3"E
彰化王功	2019.02.19	23°58'18.7"N	120°19'25.2"E
雲林台西	2019.02.19	23°42'15.1"N	120°10'25.9"E
嘉義東石	2019.02.20	23°26'59.7"N	120°08'24.4"E
台南七股	2019.02.20	23°06'30.9"N	120°02'42.5"E
花蓮石梯	2019.04.12	23°29'38.4"N	121°30'24.4"E
台東新蘭	2019.04.13	22°51'38.4"N	121°12'08.5"E
台東蘭嶼	2019.04.26	22°03'29.0"N	121°30'31.6"E
墾丁山海	2019.04.22	21°59'03.6"N	120°42'43.8"E
基隆潮境	2019.05.04	25°08'25.5"N	121°48'07.0"E

2. 野外採集工作本研究之目標生物為軟體動物門-牡蠣，及潮間帶（節肢動物門-藤壺、棘皮動物門-陽燧足、軟體動物門-紫口岩螺），以上皆為為定棲性生物，牠們與底質有密切關係，大多不具移動能力，容易受環境變遷或干擾的影響，適合作為海洋生態監測計畫的重點。牡蠣與民眾生活的關係緊密，屬於濾食性動物，其過濾機制可去除周圍水域的懸浮固體。藤壺常附著於礁岩岸，以濾食海水中的有機碎屑為食；陽燧足主要以細小生物或有機碎屑為食；紫口岩螺以藤壺或牡蠣等固著性動物為食。這三種潮間帶無脊椎生物食性不同，適合探討微塑膠的生物累積及生物放大效應。生物採集於退潮時進行，各物種在每個測站各採集至少 10 隻。以玻璃瓶承裝，帶回實驗室進行後續分析。養殖牡蠣則直接跟當地商家購買帶殼牡蠣冷凍寄回實驗室進行後續分析。

3. 實驗室分析方法(參考環保署環檢所「臺灣沿海、澎湖、及馬祖海域海水、沙灘砂礫及生物之塑膠微粒調查計畫」)

(1) 實驗用品準備

- 依重量百分比調製濃度 10%的氫氧化鉀溶液，以消化生物有機質
- 飽和碘化鈉溶液密度為 1.7 g/cm³
- 以網目 20 μ m 金屬篩網過濾消化過後的生物溶液
- 採樣或實驗室工作期間不使用塑料工具，所使用之器皿及器具在使用前以超純水潤洗，以避免額外的塑料污染

(2) 消化有機組織

將牡蠣肉從殼中挖出秤濕重，藤壺、陽燧足、紫口岩螺則直接秤濕重。之後將每一個生物個體個別放入 100-ml 的玻璃血清瓶，並加入約 40 ml 10% 氫氧化鉀溶液中以消化其有機組織，所添加之氫氧化鉀溶液量必須覆蓋過生物體為基準，旋緊瓶蓋置於 60°C 烘箱中 24 小時加速其消化過程(Dehaut et al., 2016)。紫口岩螺及藤壺在軟組織消化後取出硬殼以碘化鈉溶液將其上可能附著之微塑膠沖洗回原血清瓶中，之後烘乾並秤重，將之前測得之全重減去殼重可得到組織重。

(3) 密度分離與過濾

消化完成後之溶液添加飽和碘化鈉溶液，靜置 24 小時以進行密度分離。密度分離後取其上清液以真空過濾器經網目 20 μm 金屬篩網過濾，濾網於 50°C 烘箱烘乾後置於玻璃培養品中以利後續鏡檢。

(4) 分類及檢測

- 立體螢光顯微鏡目視(牡蠣樣本)：在濾網上加入配置於丙酮之尼羅紅試劑濃度 10 $\mu\text{g/ml}$ 數滴，待溶劑揮發乾後，使用蔡司立體螢光顯微鏡 ZEISS SteREO Discovery.V8，放大倍率 10 至 160 倍，雷射激發波長 450-510 nm，在波長 529 nm 觀察並計數綠色或橘色螢光物體的個數。
- 紅外光譜顯微術(潮間帶生物樣本)：與國家同步輻射研究中心紅外光束線及紅外光譜顯微術實驗站李耀昌博士合作，使用衰減全反射式傅立葉紅外光譜儀 (ATR-FTIR) 顯微鏡，將所得到的光譜與不同合成和天然聚合物的數據庫進行比較，以圖像分析檢測微塑膠成分。

4. 海廢科普講座及繪本開發-提升民眾的環保意識及減塑行為的推動將研究成果規劃『減塑課程』講座，透過動手玩科學，進行環境教育推廣。並設計海廢繪本以提供環境教育與學校老師教學使用。

參考文獻

環境保護署環境檢驗所，2018。臺灣沿海、澎湖、及馬祖海域海水、沙灘砂礫及生物之塑膠微粒調查計畫。

Barboza, L.G.A., Dick Vethaak, A., Lavorante, B.R.B.O., Lundebye, A.-K., Guilhermino, L., 2018. Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin* 133, 336-348.

Browne, M.A., Galloway, T., Thompson, R., 2007. Microplastic—an emerging contaminant of potential concern? *Integrated Environmental Assessment and Management* 3, 559-561.

Chen, Q., Zhang, H., Allgeier, A., Zhou, Q., Ouellet, J.D., Crawford, S.E., Luo, Y., Yang, Y., Shi, H., Hollert, H., 2019. Marine microplastics bound dioxin-like chemicals: Model explanation and risk assessment. *Journal of Hazardous Materials* 364, 82-90.

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T.S., 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin* 62, 2588-2597.

Dehaut, A., Cassone, A.-L., Frère, L., Hermabessiere, L., Himber, C., Rinnert, E., Rivière, G., Lambert, C., Soudant, P., Huvet, A., Duflos, G., Paul-Pont, I., 2016. Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. *Environmental Pollution* 215, 223-233.

Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borerro, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G., Reisser, J., 2014. Plastic pollution in the world's oceans: More than 5

- trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. PLOS ONE 9, e111913.
- Guzzetti, E., Sureda, A., Tejada, S., Faggio, C., 2018. Microplastic in marine organism: Environmental and toxicological effects. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 64, 164-171.
- Miranda, D.d.A., de Carvalho-Souza, G.F., 2016. Are we eating plastic-ingesting fish? *Marine Pollution Bulletin* 103, 109-114.
- Waite, H.R., Donnelly, M.J., Walters, L.J., 2018. Quantity and types of microplastics in the organic tissues of the eastern oyster *Crassostrea virginica* and Atlantic mud crab *Panopeus herbstii* from a Florida estuary. *Marine Pollution Bulletin* 129, 179-185.
- Wang, Z., Chen, M., Zhang, L., Wang, K., Yu, X., Zheng, Z., Zheng, R., 2018. Sorption behaviors of phenanthrene on the microplastics identified in a mariculture farm in Xiangshan Bay, southeastern China. *Science of The Total Environment* 628-629, 1617-1626.
- Yang, Y., Liu, G., Song, W., Ye, C., Lin, H., Li, Z., Liu, W., 2019. Plastics in the marine environment are reservoirs for antibiotic and metal resistance genes. *Environment International* 123, 79-86.

貳、重要成果及效益分析

(一) 重要成果說明

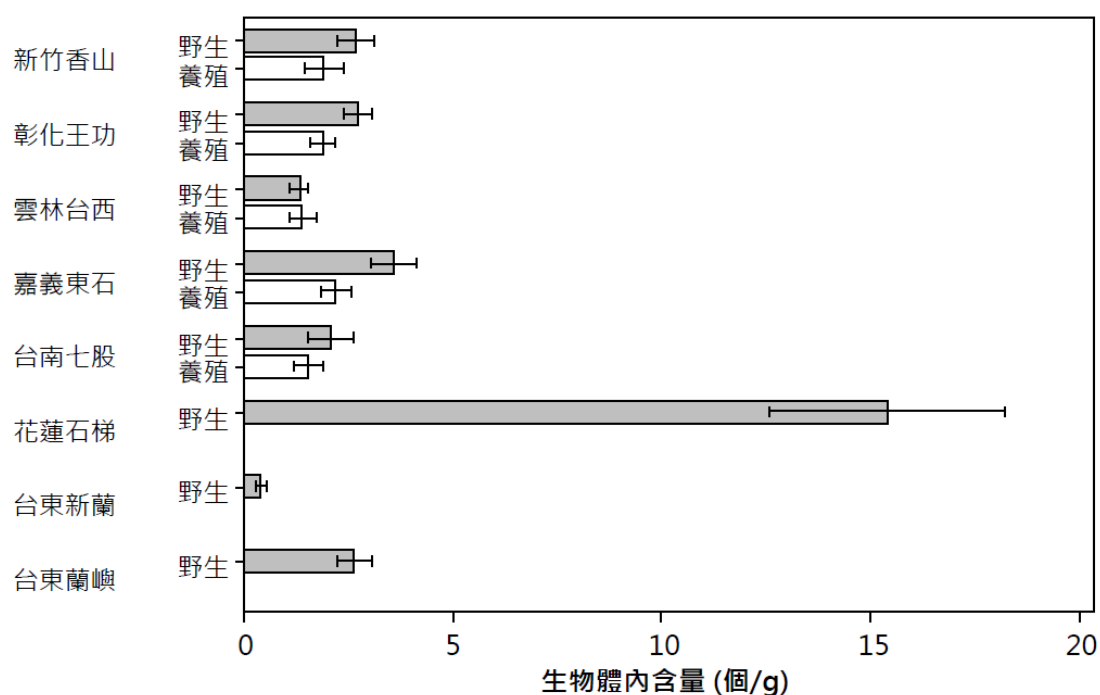
1. 台灣沿海牡蠣體內微塑膠生物累積分析

本研究中台灣沿海牡蠣體內微塑膠含量為0.42 個/克至15.4個/克(表二)。由圖一可以清楚看到含量最高的是花蓮石梯漁港內採集的野生牡蠣，西海岸五個採樣點(新竹香山、彰化王功、雲林台西、嘉義東石、台南七股)的野生與養殖牡蠣體內微塑膠含量沒有顯著差異。花蓮石梯漁港內採集到的野生牡蠣個體平均組織重為0.72克，相較其他採樣點的牡蠣(平均組織重4.64-12.8克)明顯偏小，這可能是造成其體內微塑膠密度偏高的原因。

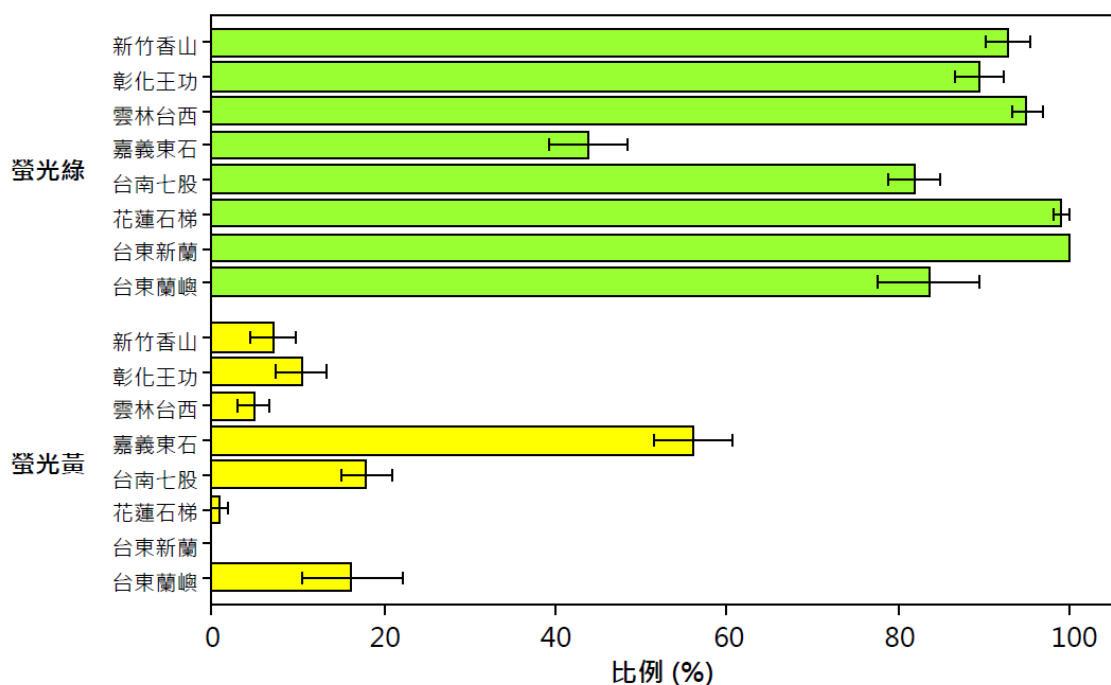
根據文獻與我們實驗室自行測試的結果，不同材質的微塑膠經尼羅紅染色後在螢光顯微鏡下會散發出不同的螢光色：PP或PE會散發出螢光綠色，PS則是會發出螢光黃色，PET則無法被尼羅紅染色，因此可藉由觀察到的螢光色大致判別微塑膠的材質。本次研究中所觀察到的牡蠣體內微塑膠絕大多數(>80%)都散發螢光綠，顯示其材質以PP或PE為主，這兩種材質也是環境中最常見的塑膠種類。螢光黃的微塑膠(可能為PS)則大多不到20%，然而嘉義東石的樣本中螢光黃的微塑膠比例卻高達56%(圖二)。若進一步分析各採樣點牡蠣樣本中螢光黃的微塑膠型態，可發現嘉義東石的樣本中的PS大都是微珠(約20-50 μm)，這是其他採樣點所沒有現象(圖三)。這結果顯示嘉義東石樣本採樣點所在之朴子溪口海域可能含有較多這類微塑膠，其來源還需要進一步的研究確認。此外，因PET則無法被尼羅紅染色，因此PET微塑膠(如聚酯纖維)無法以此方法測得可能造成低估，是本方法的先天限制。

表二、台灣西岸與東岸沿海牡蠣樣本體內微塑膠含量(個/克)之平均值、標準誤、最小值及最大值(每組之樣本數=10)。

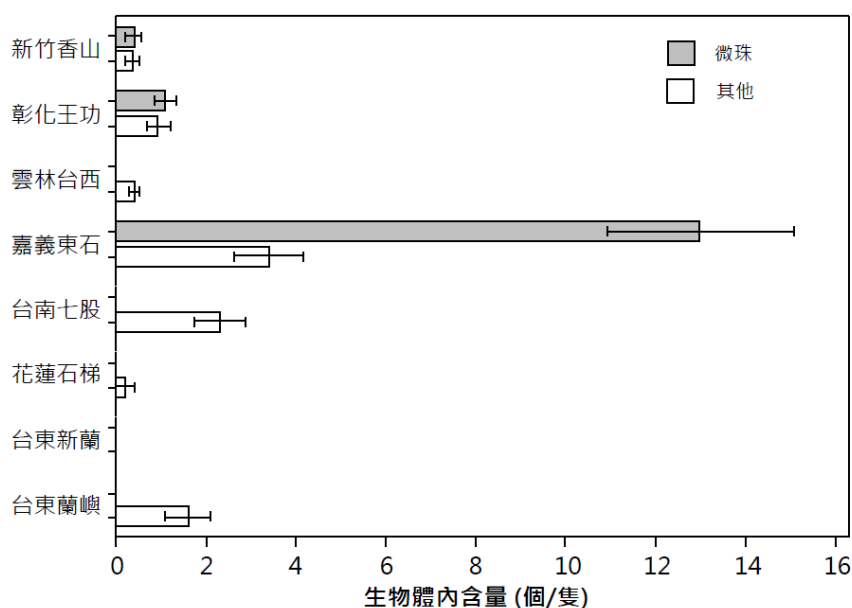
採樣點	來源	平均值(個/g)	標準誤(S.E.)	最小值(個/g)	最大值(個/g)
新竹香山	野生	2.68	0.44	1.05	4.91
	養殖	1.90	0.47	0.37	4.68
彰化王功	野生	2.73	0.34	1.28	4.68
	養殖	1.90	0.29	0.57	3.40
雲林台西	野生	1.32	0.24	0.36	2.70
	養殖	1.40	0.32	0.40	3.18
嘉義東石	野生	3.58	0.53	1.35	6.27
	養殖	2.21	0.39	1.30	5.51
台南七股	野生	2.10	0.55	0.52	5.56
	養殖	1.55	0.36	0.52	4.43
花蓮石梯	野生	15.40	2.84	1.64	34.38
台東新蘭	野生	0.42	0.13	0	1.36
台東蘭嶼	野生	2.64	0.42	0.54	4.12



圖一、台灣西岸與東岸沿海牡蠣樣本體內微塑膠含量 (平均±標準誤)。



圖二、台灣西岸(野生+養殖)與東岸沿海牡蠣樣本體內微塑膠經過尼羅紅染色後在螢光顯微鏡下散發不同種螢光的比例(螢光綠可能為PP或PE，螢光黃則可能是PS) (平均±標準誤)。與其他地點相較，嘉義東石牡蠣體內的PS微塑膠佔比明顯偏高。



圖三、台灣西岸(野生+養殖)與東岸沿海牡蠣樣本經過尼羅紅染色後在螢光顯微鏡下散發螢光黃色(可能為PS)的微塑膠中微珠(約20-50 μm)含量(平均 $\pm$ 標準誤)。嘉義東石的牡蠣體內微珠含量明顯偏高。

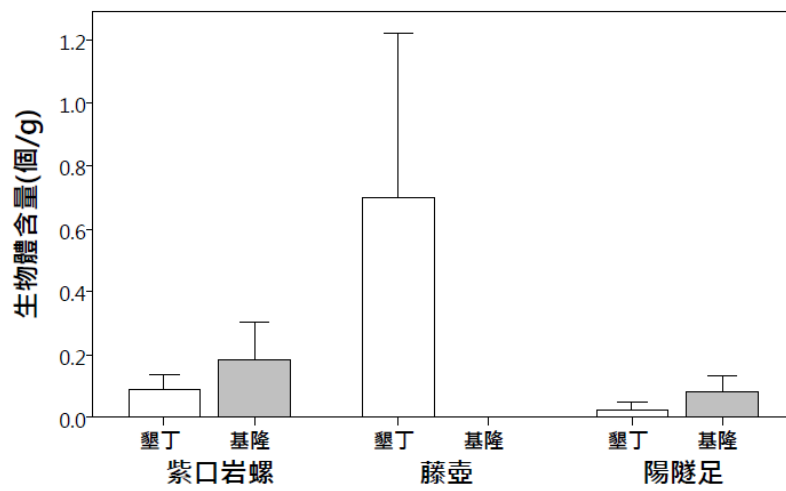
2. 墾丁及基隆三種潮間帶無脊椎生物體內微塑膠生物累積分析

墾丁及基隆採集之三種潮間帶生物體內微塑膠含量為0至0.18個/克(表三)，明顯比牡蠣體內微塑膠含量低。紫口岩螺及陽隧足體內微塑膠含量在墾丁及基隆兩地之間無明顯差異；基隆的藤壺體內未發現微塑膠，墾丁的藤壺體內微塑膠含量為0.7個/克，但個體間差異很大(圖四)。若將墾丁及基隆兩地的樣本集合起來分析，可發現這三種潮間帶生物體內微塑膠含量為0.05個/克至0.35個/克，三者之間沒有明顯差異(圖五)。

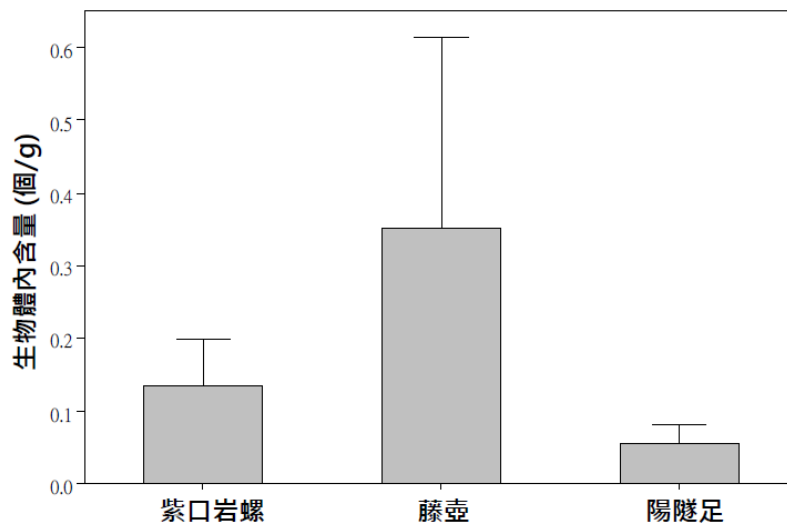
以衰減全反射式傅立葉紅外光譜儀(ATR-FTIR)顯微鏡分析這三種潮間帶生物體內微塑膠成分，PS佔50%，PE佔43%，Nylon佔7%(圖六)。

表三、墾丁及基隆採集之三種潮間帶生物體內微塑膠含量(個/克)之平均值、標準誤、最小值及最大值(每組之樣本數=10)。

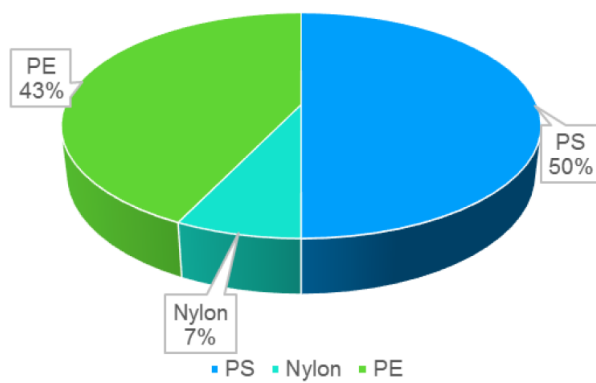
物種	來源	平均值 (個/g)	標準誤 (S.E.)	最小值 (個/g)	最大值 (個/g)
紫口岩螺	墾丁山海	0.09	0.05	0	0.38
	基隆潮境	0.18	0.12	0	1.07
藤壺	墾丁山海	0.7	0.52	0	5.00
	基隆潮境	0	0	0	0
陽隧足	墾丁山海	0.02	0.02	0	0.25
	基隆潮境	0.08	0.05	0	0.43



圖四、墾丁及基隆採集之三種潮間帶生物體內微塑膠含量 (平均+標準誤)。



圖五、三種潮間帶生物(不分地點)體內微塑膠含量 (平均+標準誤)。



圖六、三種潮間帶生物體內微塑膠成分比率。

3. 海廢繪本『海漂多仔!』開發

這本繪本內容包含20頁科普主題繪本插畫及封面封底，故事主角是一個乳酸飲料瓶『多仔』，故事內容：在河邊喝完的乳酸飲料瓶多仔，因為沒有被妥善處理隨意丟棄，所以無法進入正確的回收機制，反而一路上與許多垃圾一同流向海洋。劇情特別安排多仔在海中相遇老前輩，希望將不同時代下的商店模式帶出來，例如：柑仔店跟便利商店，裸裝與過度塑膠分裝及包裝，早期的塑膠包裝很少見，沒想到近年來卻越見越多。

多仔隨著河流漂向海洋，在開闊的海洋遇見來自世界各國的塑膠廢棄物。繪者精心地帶出常見海廢，比如：浙江浮球、不完整且褪色的糖果紙、漁業廢棄的塑膠繩、玩具，藍白拖等，帶出洋流與海廢之間的影響，另外海廢對生態上的影響還有成為外來種載體的問題，畫面上以常見的寶特瓶吸附藤壺為意象呈現。

多仔在海裡每天都看著許多垃圾被生物吃掉或是自己差點也被吃掉，這些生物都因為誤食垃圾造成或多或少的影響。而不同塑膠材質也會影響它們在海裡不同水層分佈，不同水層造成不同物種傷害，例如：海鳥吃進水表層垃圾，中層有廢棄漁網造成海龜或海豚纏繞，深層保鮮盒覆蓋等影響。

多仔在海上漂流一段時間，身上的花紋字樣已經被沖淡，再次被浪拍打沖上岸，在淨灘活動中被撿拾，這時的多仔還想著被遺落在大海的朋友們，以及那些受傷的海洋生物們，多仔心想：如果能減少製造塑膠，改變習慣，或許能減低對環境的危害。最後也希望閱讀者能重新思考並調整心態，加入減塑的行列。

4. 海廢座談會

本計畫於108年12月15日於恆春鎮的『城東大院子』舉辦一場海廢座談會，當日活動內容包括：『海漂多仔』繪本作者座談、『不垃圾場』座談、『好廢』座談，現場並提供塑膠再造及海廢創作實際體驗操作，相關流程說明如下：

活動1-『海漂多仔』繪本座談

以『海漂多仔』繪本為媒材，透過講座分享提升民眾的環保意識及減塑行為的推動。希望推動的過程讓民眾思考身處便利年代反思早期生活對照，在這當中我們各自獲得及失去的是什麼？什麼樣的改變能為帶來更多的保留？

活動2-『不垃圾場』塑膠回收再造座談及實際操作體驗

不垃圾場的創辦人以回收塑膠再造為推廣目標，希望重新引領民眾看待塑膠的眼光。現場帶來塑膠再生實驗分享，帶領觀眾體驗操作塑膠再生機台-塑膠射出機，用更直觀的角度帶領大家重新認識生活隨處可見的塑膠到底是怎麼回事。

活動3-『好廢 Recycle for Good』海廢藝品展示座談及實際操作體驗

海廢再造是多樣且多元的發展，可以是一個人的創作，也可以透過機器輔助製作，活動當天透過好廢 Recycle for Good工藝師傅即時技術指導及示範，讓民眾可以實際體驗神奇的海廢再造過程。另一方面也提供裝飾性質展品，讓海廢價值再現，一方面也鼓勵民眾淨灘時可撿拾海廢進行改造，再創海廢價值。

成果目標 與效益	指標 (依原核定工作計畫書或新增)	成果 (值)	說明
可量化效益	採樣點(牡蠣)	8處	包括西海岸的臺南七股、嘉義東石、雲林台西、彰化王功、新竹香山，以及東海岸的花蓮石梯漁港、臺東新蘭漁港、臺東蘭嶼
	採樣點（潮間帶）	2處	基隆、墾丁兩處的潮間帶
	分析生物樣本數(牡蠣)	130個	全台總共8個採樣點，包括西海岸5個、東海岸3個。在西海岸的各採樣點同時採集野生以及養殖牡蠣，東海岸因沒有牡蠣養殖產業故只採集野生牡蠣。每個採樣點每種牡蠣(野生或養殖)各分析10個個體，總共分析130個個體
	分析生物樣本數(潮間帶無脊椎生物)	60個	分析基隆或墾丁潮間帶的藤壺、陽燧足、紫口岩螺各10個個體，總共分析60個個體
	國內及國際研討會論文	9篇	於國內及國際研討會中發表與微塑膠相關的口頭或壁報論文(論文內容並未包含本計畫之相關調查資料)
	學術期刊論文	1篇	未來在委託機關(海保署)同意的前提下，本計畫所得之資料至少可寫成一篇學術期刊論文
	受邀進行微塑膠相關演講	13場	受各單位邀請進行微塑膠相關演講(演講內容並未包含本計畫之相關調查資料)
	海廢環境教育教案	1件	設計海廢繪本”海漂 多仔!”作為環境教育教案(內容並未包含本計畫之相關調查資料)
	舉辦海廢座談會	1場	於恆春舉辦一場海廢座談會，會中以本計畫產出之繪本海漂多仔進行海廢宣導，並與兩間民間工作室(宜蘭的”不垃圾場”與恆春的”好廢”)合作進行塑膠再生體驗及海廢藝品展
不可量化效益	(1) 深度探討微塑膠對海洋生物的影響。 (2) 探究微塑膠對國人食用海鮮安全的影響。 (3) 探究微塑膠在海洋生物生物放大效應。 (4) 提升國人對微塑膠生態衝擊的認識。 (5) 藉由科普教育促進全民海洋保育行動。		

(二) 效益分析(請依原核定工作計畫書檢討執行成效)

原核定工作計畫書中所列工作項目皆有達成，包括可量化指標中的牡蠣及潮間帶生物中微塑膠生物累積分析、教案開發(海廢繪本)、科普講座等，並藉由海廢相關的演講及科普寫作提升國人對微塑膠之生態衝擊的認識，藉由科普教育促進全民海洋保育行動。

肆、執行中遭遇困難及因應對策

1. 東海岸(花蓮、台東)海岸的牡蠣分布區域不多，即使有發現也未必能夠採集得到，因此必須在諸多可能出現的漁港或岩石棲地不斷搜尋，所幸在花蓮石梯以及台東新蘭找到足夠樣本。
2. 原計畫書中本計畫每個物種採集30隻進行分析，但受限於經費改成每個物種分析10隻，如此可在兼顧經費以及人力限制下仍可得到不錯的統計效力。
3. 目前最精準的微塑膠材質分析技術是傅立葉轉換紅外光譜或拉曼光譜，但這兩種儀器動輒數百萬元，若委託商業公司分析樣本單價一個就在萬元上下，不是本計畫經費所可以負擔的，只能與其他有該儀器技術且有合作意願的公部門單位合作。但在這樣的模式之下最好能有進一步相關論文的產出，才能讓未獲經濟利益的合作方因此得到回饋。

伍、未來推動方向與建議

1. 可持續長期累積相關資料，以長期追蹤微塑膠生物累積的時間變化趨勢。
2. 嘉義東石地區的牡蠣有較高比例的塑膠微珠，可進一步探究此地區塑膠微珠的污染來源(如朴子溪或鄰近工業區)。
3. 微塑膠材質鑑定非常耗錢費時，且鑑定出來的結果就是反映出產量或環境中最大宗的塑膠種類。建議若在經費有限的情況之下可以不用花費在這部分上面，集中資源調查微塑膠數量即可。
4. 已有許多研究指出海洋生物體內會累積微塑膠，但微塑膠對生物造成的影響卻所知甚少。未來可發展微塑膠暴露對海洋生物影響的相關研究。
5. 持續推動相關的環境教育及科普活動，讓更多民眾可以了解海洋廢棄物以及微塑膠的危害，進一步推動減塑的行動。

