

# 塑膠碎片從陸地到海洋的旅程

## —海廢科學調查—

圖、文、表／吳純綺（海廢調查專案人員）

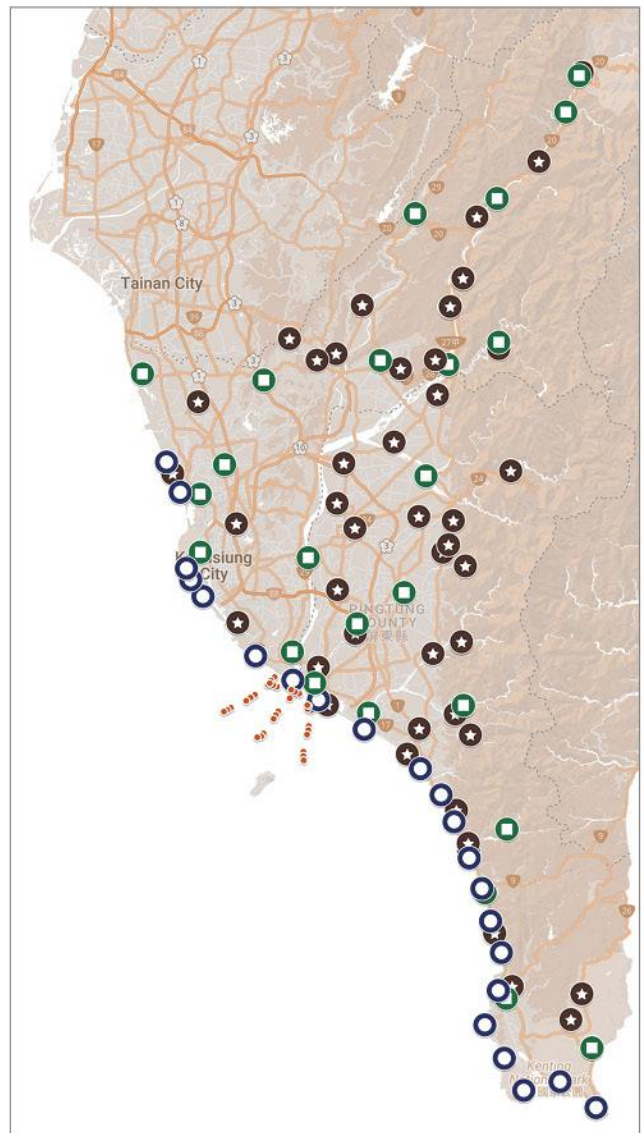
### 調查緣起

**生**物學家說：「生命的起源從海洋到陸地。」此演出經歷數十億年，漫長的程度遠超乎人類的發展歷史。然而，一齣從陸地到海洋的序曲在短短的數十年間上演至今，主演不再是生命而是：「塑膠」。當我們開始關注海洋廢棄物議題後，發現海洋廢棄物（以下簡稱海廢）之中塑膠的比例總是獨佔鰲頭，我們不禁想問：「這些塑膠碎片是如何又是從哪裡來的？」澳洲的聯邦科學與工業研究組織（Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation，以下簡稱CSIRO）曾調查澳洲當地環境，結果顯示海廢主要透過三種機制且源自當地棄置物：一是海灘遊憩行為，二是周邊地區的雨水和沿海徑流，三是來自海洋系統的運輸<sup>(註1)</sup>。儘管如此，在缺乏進一步的調查前，我們尚無法確認此結果可套用到世界各地甚至是臺灣本地，為了回答上述問題，荒野保護協會（以下簡稱荒野）於2017年11月與CSIRO合作，在臺灣展開海廢調查。因調查結果目前尚未分析完成，本文僅著重調查過程所需注意的事項討論，以供未來相似調查之鑒。

### 調查地點與方式

本次調查地點位於臺灣最大面積流域的高屏溪，其流域範圍3,257平方公里且涵蓋23個城鄉鎮，其中主要城市為全國第二大城同時也是第一大工業城市的高雄市。我們招募來自臺灣各地總計12位荒野志工參與調查計劃，其中不乏富有國際淨灘（International Coastal Cleanup）經驗以及海廢議題知識的成員。站點位置由CSIRO利用地理資訊系統（Geographical Information System，簡稱GIS）以流域範圍、人口等地理因子劃分選出，站點類型包括陸地、河岸、海岸以

及海面，每個站點至少包含三條以上之測線或是拖網的數據。在資源有限的兩週調查期間，由我們完成總計95個站點，包括陸地、河岸、海岸的286條測線以及12個海面站點的36個拖網調查（見圖一），由CSIRO帶回並分析我們所收集的調查數據。



▲圖一、高屏河流域調查地點之Google地圖，內圓形點（藍）為海岸測站，內方形（綠）為河岸測站，內星形點（棕）為陸地測站，外海小圓點（橘）為海面拖網。





▲ 圖二、海廢調查工作坊參與者與 CSIRO 調查員（左六）合影。

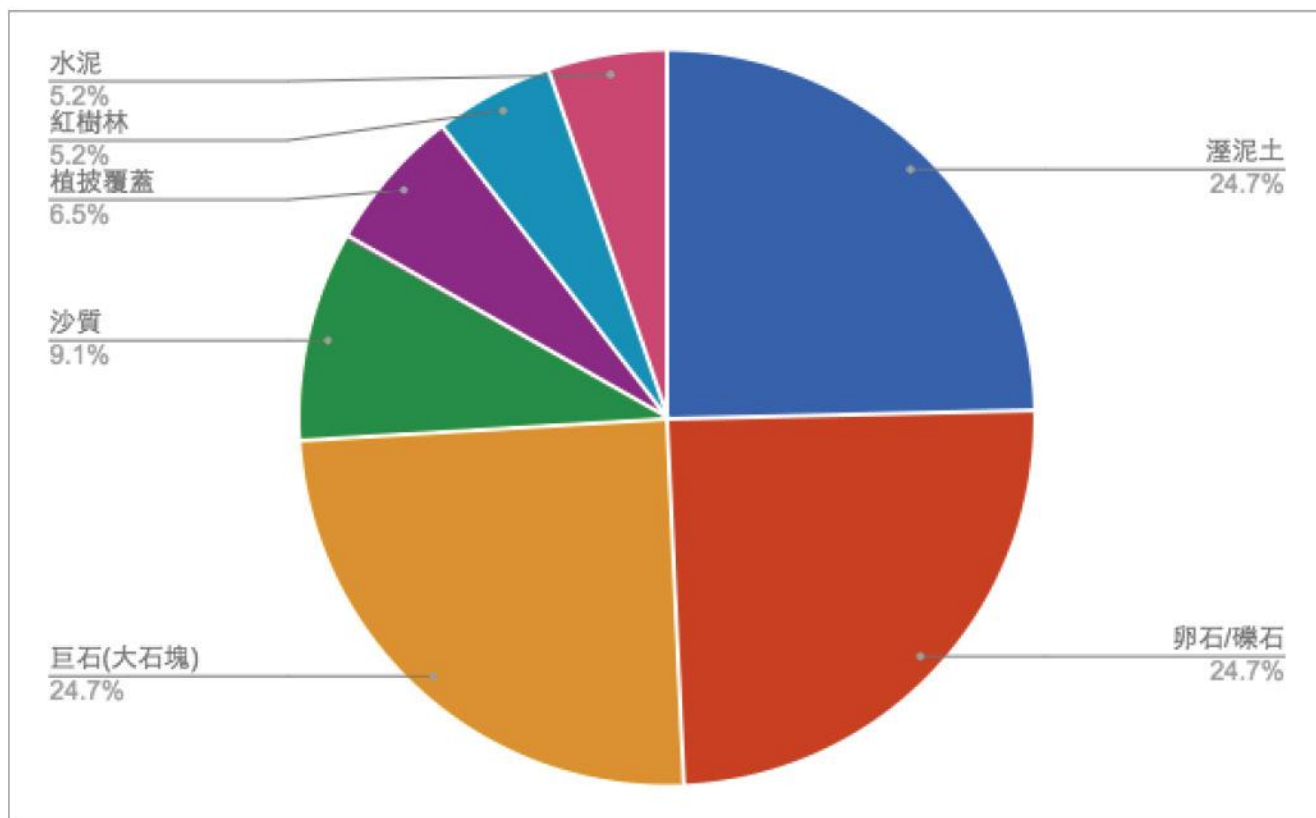
### 調查的實地挑戰

相較於國際淨灘的簡易性，本次的測線調查需要參與者有更多的背景知識與訓練（例如：快速地以肉眼判斷廢棄物種類、熟悉各種描述性的填表術語等等），因此我們在調查期間前三天邀請 CSIRO 的研究員前來臺灣辦理海廢調查工作坊（見圖二），以確保參與的調查員志工遵守相同的標準與流程，減少填寫資料表格時的人為誤差。這次的測線調查不僅涵蓋地域廣泛、也是全臺灣首次利用 GIS 篩選地點的方式調查海廢，期間難免面臨挑戰，以下整理出許多仍可改進之處：首先，地理狀況攸關調查效率，以陸地與河岸測站為例：高屏溪擁有四條分支河川，範圍橫跨臺南、高雄與屏東等地，每條支流以山脈相隔且甚少道路互相連接，即使地圖上看起來臨近的兩個站點也可能因為在不同支流而難以在短時間內互通。兩週內，在 12 位志工各自出席五日左右的執勤日情況下，我們需提前根據當日人力安排出

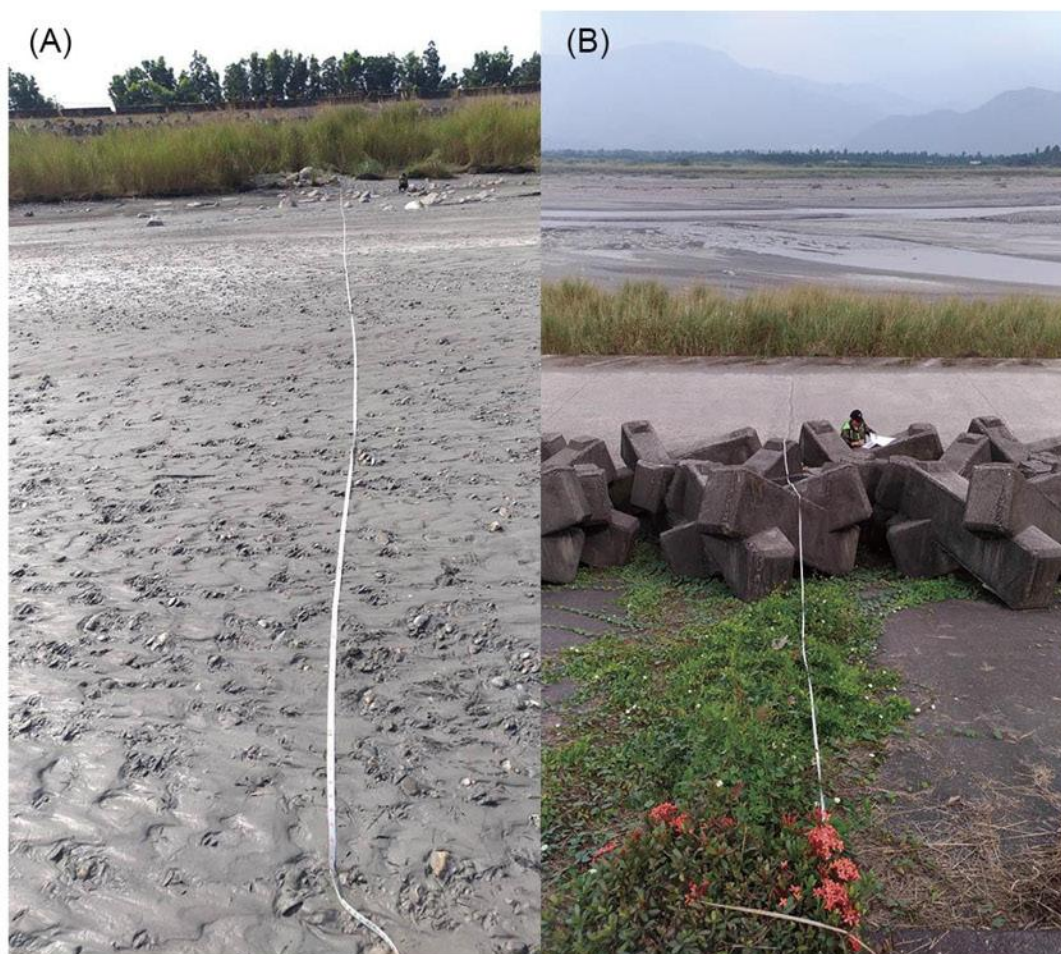
勤區域與地點，將交通效率最大化：以每一測站至少需要 3 至 4 位（包括一名具有經驗的調查員）的人力為小組，在臨近的區域完成各種類型測站的測線調查。若連續出勤二日以上，則在前一日之區域附近投宿，隔日前往更遠的區域調查以節省來回市區的交通時間，例如：第一日從高雄前往屏東調查，第二日從屏東前往墾丁調查。另外，由於調查地點囊括偏遠山區、溪谷等，難以單從地圖上得知駕車前往的難易度（例如：可能道路過於狹窄無法通過），因此我們強烈建議需要熟悉當地路況的駕車人員，亦或是事前實地勘察路況。

次者，調查員本身的裝備也需根據調查環境而準備。以河岸測站為例，每條測線都需要從水面延伸至河岸其中一側的最高點（即河堤），由於高屏溪乾溼季節分明，調查期間正值冬季的低水位，水面與河堤的距離增長，且河川下游河岸





▲ 圖三、本次調查河岸河岸類型圖餅圖：總計 78 條測線，其中濕泥土、卵石礫石與巨石（大石塊）佔最高比例（皆為 19 條，24.7%）。



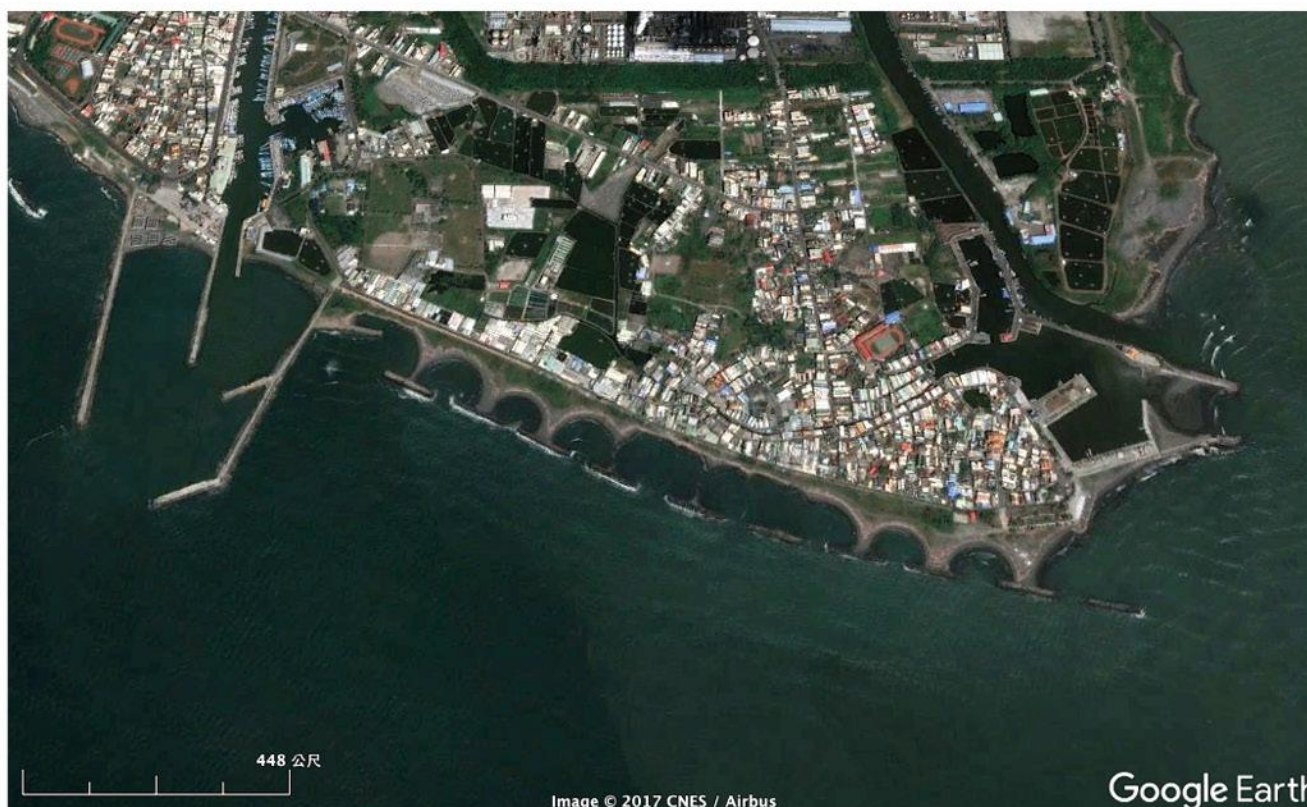
▲ 圖四、河岸測線照片：(A) 為泥灘地，(B) 為水固化與人工消波塊。



多為軟質泥灘地（即濕泥土，見圖三），亦增加從水面到河岸兩側最高處之測線觀察的困難度，因此我們也建議穿著高筒雨靴以便在泥灘地上行動。此外，河川下游的高比例水泥化以及人工消波塊等因素使調查員需要耗費更多時間尋找入口處（access point）以接近水面（見圖四）。為了提高調查效率，事前的現場勘察除了交通狀況外，我們也建議提前尋找入口處。最後，海岸測站亦有人工化影響調查效率的狀況：高雄沿海除了消波塊之外，亦有許多離岸堤<sup>（註2）</sup>，而離岸堤防本身則可能會影響來自海洋的運輸系統，因此在尚未確認此影響力之前，我們盡可能地在擁有離岸堤之測站附近尋找無離岸堤的海灘作為代替（見圖五）。

## 未來的旅程

近年來海廢逐漸成為臺灣社會關注的議題之一，越來越多民眾與團體投入相關的公眾活動、政策遊說、環境教育以及科學調查與研究。荒野自2009年投入每年的國際淨灘起，開始關注海廢議題，其遍佈全臺的志工人數便是未來推廣公民科學家的優勢基底，而科學調查與研究正是議題的公眾活動、政策遊說與環境教育不可或缺的基礎。未來，透過更多的公民、政府與企業之間的跨領域合作與政策管理，我們期待能夠停止這齣由「塑膠」主演的從陸地到海洋序曲。🌱



▲ 圖五、高屏溪出海口右岸（高雄市林園區）之 Google 地球衛星圖，可見密集的人工化離岸堤防。

註 1：Willis, K. et al. Differentiating littering, urban runoff and marine transport as sources of marine debris in coastal and estuarine environments. *Sci. Rep.* 7, 44479; doi: 10.1038/srep44479 (2017).

註 2：離岸堤防為平行海岸線之人工消波塊構成之堤防，其功能為阻擋波浪能量並干擾海流，海流攜帶之漂沙或漂流物進入兩座離岸堤之入口後會往兩側堆積，此為人工養灘方法之一。