

啟動海岸廢棄物調查—— 從問題裡找解答

文／胡介申（棲地守護部海洋守護專員，自然名：螃蟹）



▲ 跨國海廢研究計畫 - 調查陸地廢棄物的分布

▼ 三位荒野專職前往南韓統營市與東亞四國代表出海，學習表層拖網 (Manta Trawl) 的操作方式



海洋廢棄物：汙染或是髒亂？

淨灘常被視為單純的髒亂清掃，但越來越多的科學研究顯示不斷堆積與破碎的人造垃圾已經對生態、社會與經濟產業造成重大且難以復原的影響⁽¹⁾，隨著聯合國等國際組織持續拉高對海洋廢棄物 (Marine Debris，以下簡稱海廢) 的關注層次，海中的人造固體垃圾⁽²⁾已被視為一種環境污染，海中的塑膠未來也可能被貼上汙染物、甚至是有害物的新標籤⁽³⁾，以上趨勢帶動了各國政府對海廢的重視，從整潔維護拓展至汙染風險分析與管理。澳洲學者 Hardesty 與 Wilcox 在 2017 年發表論文，認為海廢相關的研究可依序分成三大類：往上游釐清來源與其驅動力、掌握廢棄物進入環境後的變化動態與分布、評估對野生動物、人類與社會經濟造成的影響；並認為在整個海廢治理的政策體系中，研究調查扮演風險分析的關鍵角色⁽⁴⁾。

海廢調查：在垃圾堆中挖數據

海廢議題在空間概念上，廣大的汙染場域含蓋了海岸、海面、海水層、海底、海洋沉積物與更上游的河川排水系統，造成海廢具有非點源

(nonpoint source) 的汙染特性，相較於一般空氣、水體或廢棄物汙染，更不易論述汙染行為人、汙染源與汙染場址之間的直接關聯⁽⁵⁾；在物質特性上，不同的人造固體廢棄物因其產品設計、使用與廢棄後漂流的差異、造成每件海廢的外觀、尺寸、重量、材質之間具有高度變異。因此，相對於重金屬或農藥等化學汙染，海廢議題裡的汙染物質（如塑膠）與汙染場域（如沙灘），目前尚無法在戶外或實驗室內以單一套檢測儀器或程序完成相關定性或定量分析。以上各種原因促成海廢相關學術研究在近五十年內蓬勃發展⁽⁶⁾，許多研究計畫被設計成公民科學的形式，透過熱心的志工大範圍的調查採樣，不僅獲得可信賴的數據與可觀的成果⁽⁷⁾，相關調查技術更已跨越學術殿堂，實際被世界各國政府與在地社群靈活應用。筆者整理四類針對海岸線上的大型海廢 (Macro-debris, 直徑超過 2.5 公分) 的基礎調查並說明如下。

1. 國際淨灘行動 ICC：全世界規模最大、門檻最低的海廢調查，臺灣於 2004 年起由民間團體自發性參與，至今 (2017) 已累積近千筆數據⁽⁸⁾，並成為臺灣近年減塑相關環境教育或政策推

表 1. 四類常見的海岸廢棄物基礎調查

類 別	現場收集之海廢數據	調查目標	數據應用性
1. 國際淨灘行動 ICC	種類與數量	初步認識在地海廢特性	製作環境教育宣導素材
2. 大範圍快篩普查總量	估算單位面積 (或長度) 內的總重量 (或總體積)	盤點現存總量、汙染密度、汙染熱點	淨灘資源有效分配、高效率移除
3. 定點定期細緻分類	詳細分類單位面積 (或長度) 內的海廢，紀錄種類與數量	釐清材質、用途與使用者 長期監測評估政策效益	聚焦並影響汙染行為人、特定產業及消費族群
4. 地理資訊綜合分析	2 + 3 + 廣泛且細緻收集周遭 GIS 資訊 (海洋 / 大氣 / 水文 / 社經產業)	釐清來源、輸送途徑、區域與季節變異、影響層面、經濟損失	釐清管理單位權責，促進政策整合與公私協力治理 改善廢棄物管理流程、河川排水與環境衛生管理

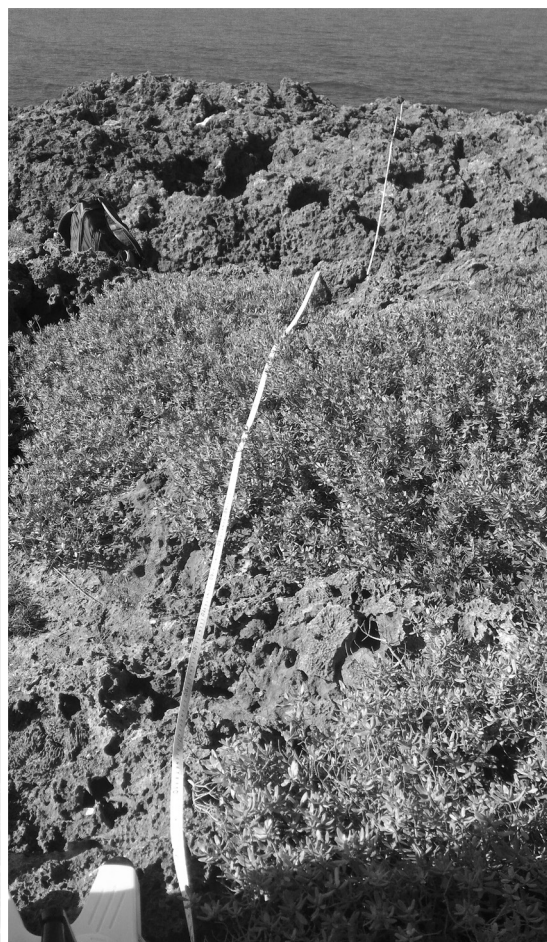
動的重要基礎。數據應用的侷限是難以萃取出量化指標來比較時空差異，僅有極少數數據為定期、定點、固定面積的長期監測⁽⁹⁾。

2. 大範圍快篩普查總量：海廢雖然無所不在，但在海岸線上的分布卻極度不均。日本的社團法人組織 JEAN(日本環境行動ネットワーク)於2004年開發了12等級的垃圾密度指標，並在2006年動員全國606個濱海行政單位(市町村)於一個月內大範圍普查境內三千多個海岸，在總長3.5萬公里的海岸線抽樣調查1%，算出全國

海岸廢棄物現存總量約為2.57萬噸，而且70%的海廢集中在10%的海岸上，不僅確實掌握海岸廢棄物全貌與汙染熱區，也可有效分配與引導政府或民間淨灘資源⁽¹⁰⁾。2016韓國簡化這套系統的指標與流程，現場可直接以手機app上傳數據，大幅縮簡調查所需的人物力，30位調查人員在8天內快速普查382個觀測站，含蓋1%海岸線(韓國海岸線總長約四千公里)，除了確認汙染熱點主要為南部密集的淺海養殖地區，也計算出60%的海廢集中於10%的海岸⁽¹¹⁾。



▲ 澳洲講師來台授課，培訓荒野調查人員



3. 定點定期細緻分類：這類調查可視為國際淨灘 ICC 的進階版本，通常是政府主導、民間協力的國家級海廢長期監測計畫，為了取得具有科學價值的數據，不僅對調查人員的素質與經驗有基本要求，分類也更為細緻。例如韓國的國家海岸廢棄物監測目前由中央的海洋水產部主導、濱海 25 個 NGO 協力，每兩個月於全國 40 海岸，故定 100 公尺的樣區調查，並使用 100 項的分類表格計數所有海廢⁽¹²⁾。在這項監測計畫中扮演關鍵角色的學者 Sunwook Hong 曾在 2017 年來台分享相關成果，她表示 2008 年啟動長期監測不僅確立減少保麗龍浮球（水產養殖用）為國家級海廢管理計畫中的首要工作⁽¹³⁾，9 年來的數據更顯示相關鎖定養殖漁業的減量政策已發生效果，持續減少岸邊的保麗龍⁽¹⁴⁾。

4. 地理資訊綜合分析：這類調查不僅需要取得上述 2 與 3 類調查的海廢數據，更需要取得每一測站周圍更細緻的地理與社經資訊（如海岸座向、風向、坡度、底質、排水系統、現場人數、居住人口、道路資訊、腹地利用、教育程度與大眾交通普及率等）。澳大利亞聯邦科學暨工業研究組織 (CSIRO) 的研究團隊擅長此類調查，正在透過大尺度的採樣與細緻的統計分析，找出不同海廢與各項地理因素的關聯性⁽¹⁵⁾。

臺灣的下一步，回答最關鍵的基礎問題

目前臺灣通過同儕審核、正式發表的海岸大型廢棄物學術論文僅有兩篇，均為小範圍、短期的採樣⁽¹⁶⁾，雖然近年淨灘蔚為全民風潮，但絕大多數國際淨灘行動 ICC 的淨灘地點集中於北部與



西海岸的都市周圍⁽¹⁷⁾，顯示國人目前對於近兩千公里海岸線上最基礎的汙染現況（汙染總量、汙染熱點、汙染程度、汙染物組成比例）幾乎是全然未知。

當臺灣社會與政府逐漸以汙染治理的角度切入海廢議題⁽¹⁸⁾，更凸顯海岸線上的基礎調查至關重要，發展國家層級、鎖定海廢設計的「快篩普查」、「定點定期監測」或是「地理資訊綜合分析」，將能客觀呈現各行政區域廣袤海岸的汙染現況、季節變化、汙染途徑、汙染源與其造成的衝擊影響，不僅能讓海岸維護管理單位有效規劃清掃計畫，更能開展積極的源頭減量、大眾倡議與產業創新等政策作為，藉由科學數據中立檢視各面向施政成效，滾動修正海廢減量目標，以漸進的方式復原海洋棲地。

今年 (2017) 政府與民間都將啟動進階、大範圍的海廢調查計畫⁽¹⁹⁾，期待能與臺灣各地愛海民眾捲袖彎腰、攜手合作，讓孩子們能在潔白沙灘上赤腳奔跑，魚群、鯨豚與海龜於透澈藍海中自在優游。🐬





註解：

- 1, UNEP(2016), Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change
- 2, UNEP(2005), Marine Litter, an analytical overview
- 3, Rochman CM, Browne MA, Halpern BS, Hentschel BT, Hoh E, Karapanagioti HK, Rios-Mendoza LM, Takada H, Teh S, Thompson RC(2013), Policy: Classify plastic waste as hazardous. Nature, 494:169-171
- 4, Hardesty BD, Wilcox C(2017), A risk framework for tackling marine debris, Analytical Methods, 9 : 1429-1436
- 5, NOAA(2016), Point vs. Non-Point Water Pollution: What's the Difference? <https://goo.gl/jBkX4Z>
- 6, Browne MA(2015), Spatial and Temporal Patterns of Stranded Intertidal Marine Debris: Is There a Picture of Global Change? Environmental Science & Technology, 49:7082-7094
- 7, van der Velde T, Milton DA, Lawson TJ, Wilcox C, Lansdell M, Davis G, Perkins G, Hardesty BD(2016) Comparison of marine debris data collected by researchers and citizen scientist: Is citizen science data worth the effort?
- 8, 荒野保護協會 (2015), 淨灘成果下載, 「愛海小旅行」, <https://goo.gl/1tmFwd>
- 9, 台灣環境資訊協會自 2013 年 6 月起每月固定於新北市國聖埔執行固定範圍之長期科學監測 <https://goo.gl/GRxJ3R>
- 10, 日本国土交通省 (2007), 全国海岸の漂着ゴミの 態調 , <https://goo.gl/nFgkjf>
- 11, 未發表數據, 私人通信
- 12, 韓國海廢資訊系統 (2011), 國家海岸廢棄物監測計畫, <https://goo.gl/3VuUtu>
- 13, 韓國第二版海洋垃圾管理計畫 (2014-2018), <https://goo.gl/FfDb7M>
- 14, 轉述 Sunwook Hong 於 2017 海洋廢棄物論壇 (慈心有機農業發展基金會主辦) 之發表內容, <https://goo.gl/bpA52r>
- 15, Hardesty BD, Schuyler Q, Lawson TJ, Opie K, Wilcox C(2016) Understanding debris sources and transport from the coastal margin to the ocean. <https://goo.gl/KvgKQt>
- 16, 胡介申 (2016), 超越你丟我撿, 臺灣潔淨海洋的機會與挑戰, 第四屆海洋與臺灣研討會論文集, <https://goo.gl/wVPahY>
- 17, 未發表數據, 來源為「愛海小旅行」網站上的歷年 ICC 淨灘成果, <https://goo.gl/1tmFwd>
- 18, 行政院環保署新聞稿 (2018), 環保署攜手公民團體 首度公布臺灣海廢治理行動方案, <https://goo.gl/JsNRMk>
- 19, 行政院環保署 (2018), 臺灣海洋廢棄物治理行動方案 (第一版), 行動方案 3.1: 以研究監測掌握臺灣海岸 / 海洋污染狀況, <https://goo.gl/rhuU5f>