

手套、吸塵器與麵包蟲——誰來幫海洋大掃除？（上）

文／胡介申（荒野保護協會棲地守護部海洋守護專員，自然名：螃蟹）



有間老屋被時間遺忘了一百年，某天屋主決定雇人打掃，當各家清潔人員在屋前集合時，有人準備了手套、掃帚、畚箕，也有人握著新奇的玩意兒：吸塵器、麵包蟲、高活性濃縮菌液與……比基尼泳衣！？

當 1869 年塑膠因取代象牙被發明時，沒有人想過拯救大象的新材質會成為汙染物。二戰後，塑膠從戰略物資變成包裝材料，大量單次使用的塑膠經過短瞬的碰觸後被放生，在環境中從容度過漫漫長夜。2009 年，攝影師 Chris Jordan 紀錄到信天翁雛鳥胃內的塑膠垃圾^{註1}，「兩個德州大的太平洋垃圾帶」（Great Pacific Garbage Patch）^{註2}開始在人們腦海中以各自表述的方式打轉，創造許多針對「海洋塑膠汙染」^{註3}的有趣發明，但何者才是「最佳解決方案」？本文不是「海洋清潔用品選購指南」，但希望能用科學的角度、海水的尺度與歷史的維度協助有志於「清理海洋」的朋友，建構自己心中的那片垃圾渦流。

關於海洋塑膠的四項基本資訊

一、塑膠為何進入海中：便宜、大量、回收率低

一般熱塑性塑膠在技術面上都可回收，加熱熔融後可再製成產品。但實際上決定塑膠是否被回收的關鍵不是技術，而是原油價格與市場供需^{註4}，全球每年 3 億噸的產量中，26% 是包裝材料，其中僅有約 10% 回收造粒後再製成同級或降級的產品，遠低於紙（58%）與金屬（70～90%）的回收率。剩下的塑膠包裝有 14% 被焚化、40% 掩埋、32% 逸散於環境中^{註5}。

二、海洋塑膠主要來源：陸地＞海洋

所有塑膠都是在陸地上被製造，但將淨灘數據依用途來分類，約有八成是陸地上的使用者丟棄後，依循河川水道進入海洋、其餘兩成為漁業或航運行為在海洋丟棄^{註6}。

三、海洋塑膠哪裡最多：河口＞海岸＞近海＞遠洋

塑膠垃圾因為隨著水體移動，離汙染源愈近問題就愈嚴重。研究顯示海岸廢棄物距離河川出

海口愈近則密度愈高^{註7}。透過潮汐、海浪與風力的輸送，位置特殊的海灘更容易不斷蓄積人造廢棄物^{註8}。在臺灣淨灘時，志工在每平方公里的沙灘上可撿到 6.9 萬公斤的廢棄物^{註9}，淨灘過後每平方公里的沙灘上還存在 6.7 萬公斤小於 10 元硬幣的塑膠碎片^{註10}。相較之下漂浮在大海表面的塑膠密度非常低，在靠近亞洲大陸的日本海與東海，每平方公里的海面大約有 2.4 公斤的塑膠^{註11}，在遙遠的北太平洋，每平方公里大約只有 0～400 公克^{註12}。簡單的比方，臺灣海岸的塑膠密度可能是海中垃圾渦流核心區的 10 萬～100 萬倍。



四、塑膠入海後跑去哪裡：海底＞海面

科學家估計目前海面累積至今最多不超過 23 萬噸塑膠^{註13}，但全球每年持續有超過 800 萬噸的塑膠入海^{註14}，懸殊的落差仍是未解的謎團，目前學術界認為陽光中的紫外線是讓塑膠碎裂的主因，研究也發現，海洋生物攝入後排泄^{註15}或是附著生物成長^{註16}都有可能增加密度，讓塑膠沉入深海。（未完待續，下集請參照荒野快報第 288 期）

註1 攝影師個人網站，www.chrisjordan.com

註2 太平洋垃圾帶的發現過程，<http://goo.gl/wbpBz1>

註3 滔滔 Ocean says〈塑膠時代下的海洋〉，<http://goo.gl/LwFZBc>

註4 中時電子報〈塑膠回收無利可圖〉，<http://goo.gl/VdXBY>

註5 World Economic Forum, 2016, The New Plastics Economy Rethinking the future of plastics

註6 荒野保護協會〈2015 淨灘數據分析圖〉，<https://goo.gl/BiqypP>

註7 Marine Pollution Bulletin, 2014, Rivers as a source of marine litter—A study from the SE Pacific

註8 Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2016, Modelling accumulation of marine plastics in the coastal zone; what are the dominant physical processes

註9 以 2004-2015 年民間淨灘數據計算，原始數據下載，<http://goo.gl/aHGtKf>

註10 荒野保護協會〈淨化塑化沙灘，盤點塑膠足跡〉，<https://goo.gl/2viNri>

註11 Marine Pollution Bulletin, 2015, East Asian seas: A hot spot of pelagic microplastics

註12 Proceedings of the National Academy of Sciences, 2014, Plastic debris in the open ocean

註13 Environmental Research Letters, 2015, A global inventory of small floating plastic debris

註14 Science, 2015, Plastic waste inputs from land into the ocean

註15 Environmental Science & Technology, 2016, Microplastics Alter the Properties and Sinking Rates of Zooplankton Faecal Pellets

註16 Environmental pollution, 2016, Biofouling on buoyant marine plastics: An experimental study into the effect of size on surface longevity