

海洋清潔艦隊 首次出征

記者 陳希妍 文

2018/09/23

今年九月上旬颱風山竹侵襲香港，使以往繁華的街景面目全非，相信許多人的目光都停留在一張令人震懾的照片，在風浪的作用下，排山倒海的人為垃圾從海洋被沖回陸地，遍布於市區的道路上。而在地球的另一端，一艘船拖著長長的尾巴緩緩駛離美國舊金山灣，人們不知道的是它靜靜地離開卻背負著全人類的未來。



颱風山竹將海洋垃圾沖回香港街道。(圖片來源 / [FB群組「香港突發事故報料區」](#))

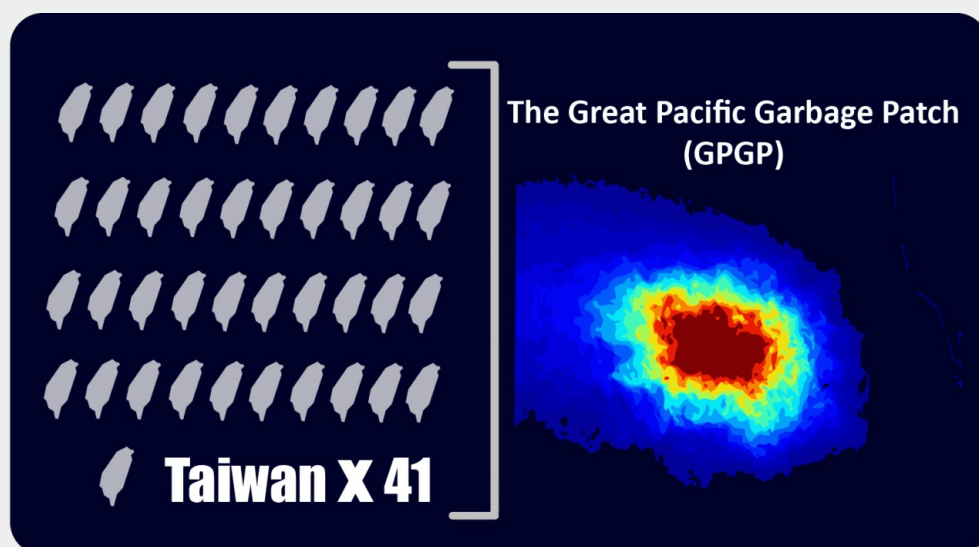
今年九月初《Science》期刊發表了一則報導，由荷蘭非營利組織The Ocean Cleanup所籌劃的海洋清潔計畫之系統001於本月8日展開了第一次的任務。過去收集海洋垃圾的方法主要使用船隻和網子，得花費幾千年時間及數百億資金，甚至會產生大量的碳排放。相較之下，The Ocean Cleanup大膽預測五年內便能清理太平洋一半的垃圾量，且結合攔截垃圾源頭後，有望在2040年清除90%的海洋塑料。



海洋清潔系統001駛離美國舊金山港灣。(圖片來源 / [THE OCEAN CLEANUP](#))

海洋垃圾在哪裡？

除了少量被海浪打回岸上，大部分的海洋垃圾最終在循環洋流的推動下匯聚在一起，並持續在一個範圍內漂流，其中最大的海洋垃圾集中場位於夏威夷和加利福尼亞之間，科學家稱之為「The Great Pacific Garbage Patch (GPGP)」。一篇《Nature》期刊上的相關論文顯示，這個集中場的面積預估有160萬平方公里，相當於41個台灣領土，中心密度最高，深度約在海平面以下幾米內，廢物種類則多為剛性或硬質聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、廢棄漁網等，總共八萬噸。而文中另一項驚人的數據指出，保守估計有1.8兆個塑料漂流於此，若由地球上的70億人來清理，每人平均須撿起250個才能撿完，且垃圾的數量還持續增加中。



太平洋最大垃圾集中場面積相當於台灣的41倍大。(圖片來源 / 陳希妍製) 資料來源：[THE OCEAN CLEANUP](#)

600種海洋生物，經由食物鏈，毒素也將間接傳遞給捕食者，恐怕進而危害人體健康。

2015至16年間，The Ocean Cleanup針對GPGP展開深度調查計畫，利用30艘船隻和625張漁網收集樣本，並結合軍事戰機於空中觀測，機上配有多種高級傳感器、紅外線、RGB相機等，可感應隱藏於海面下的物體。根據垃圾的種類及大小，研究員一一將其辨識、分類，同時透過模擬北太平洋的海水濃度，進行超過4000次的上升速度測試，分析出各種塑料在水中的物理屬性，最後依循這些數據建構出一套3D電腦模型，進一步改善2018年海洋清潔系統的設計和參數。

史無前例的海洋清掃行動

海洋清潔系統001雖看似龐大，背後的原理其實很簡單，即「在一個沒有海岸線的地方製造一個海岸線，聚集垃圾並帶走」。



全長600公尺的海洋清潔系統001。(圖片來源 / [THE OCEAN CLEANUP](#))

整個系統分為兩大部分，分別是漂浮在水面上且總長達600公尺的巨大管子及連接在下方3公尺的錐形裙擺，前者可提供浮力並圍出一個範圍阻隔垃圾通過；後者用於防止碎屑溢出。裙擺的設計極為巧妙，它位於整個系統的中段，當海流經過時，可產生阻力，移動較慢；沒有裙擺的兩端則阻力較小，往前位移的距離自然會加長，被動地將管子形成「U字型」，以利將垃圾聚集在中間。另外，在風向改變時，因襯裙所增加的重量，整個系統中心也得以保持平衡。

海洋清潔系統001的運作方式可簡化為四個流程，捕捉 (Capture)、收集 (Accumulation)、抽取 (Extraction)、帶回岸上 (Landing)，不斷重複以上動作直到完成任務。組織定期會派遣船隻把收集的垃圾帶回交由回收廠處理，而獲得的收入將繼續利用於清理其他海域的垃圾。

看到這你一定很好奇，是什麼力量能夠讓如此巨大的系統在無邊無際的太平洋中航行五年呢？答案是大自然、海洋本身。系統的主要動力由上到下為風、海浪和洋流，洋流是帶動深層海水前進的力量，它能同時推動系統及漂浮的垃圾。然而，風力和表層的海浪僅能驅使系統向前，如此一來，系統前進的速率相對快速，這樣就能有效捕捉垃圾。

海洋清潔系統001科技說明影片。（影片來源 / [THE OCEAN CLEANUP](#)）

系統清理的過程並非由人為操作路徑，而是被動地跟隨洋流慢游，因此受到大浪攻擊會順著飄移且不容易損毀。鑒於整個系統是以極低的速度在海洋中行駛，海洋生物能在撞到之前就先游走，再加上裙襬下方有電流引導，回收垃圾時亦設立最後的人為把關，如此便能將對海洋生物的傷害減到最低。

此外，機身上亦裝設多種高科技設備，如相機、感應器、衛星天線、雷達反射器等，總部得透過實時遙測，監控系統的狀況、性能及軌跡並收集資料。另一方面，即使平時經過這個區域的船隻不多，附加的太陽能照明設備和防碰撞系統可防止船隻誤入系統中。至於以上設備所需的電力依然仰賴自然能源，全由太陽能板提供。

目前海洋清潔系統001正於離岸約250至350海浬的海域進行為期兩週的測試，根據The Ocean Cleanup網站在本月19日的更新，U型系統安裝進展得非常順利，幾乎符合工程模型所預測的曲率，之後將持續測試其他項目，並檢查試驗過程中是否有明顯損壞。

挑戰與未來

當海洋清潔計畫正如火如荼進行的同時，也遭受到許多爭議。懷疑論者認為這並非最好的方法，大部分的海洋垃圾清理多由岸邊收集而非在海上。另一項於

《IOPscience》上發表的海洋塑料運輸研究也指出，比起在遙遠廣闊的太平洋

國立交通大學機構典藏系統版權所有 Produced by IR@NCTU

中，在近海或溪流收集塑膠碎片效率將更高，誤捕的浮游生物數量也少於原本的兩倍。

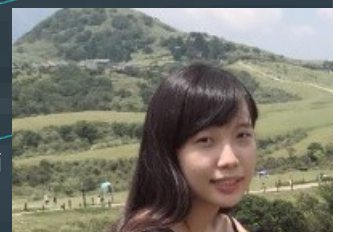


澎湖海邊玄武岩上海流聚集的人為垃圾。(圖片來源 / 陳希妍攝)

面對這些質疑聲浪，The Ocean Cleanup執行長Boyan Slat表示，這項計畫同時也配合攔截即將進入海洋的人為垃圾，"We need to do both." Slat說道。縱使科技一直在進步，我們仍然要從控制源頭做起，不隨意向大自然丟棄垃圾，一同守護海洋環境和下一代的生存空間。



記者 陳希妍



編輯 黃胤綸

