

回收漁網顧海洋 護大地

圖、文 / 國立臺灣海洋大學輪機系名譽教授 華健

海洋廢棄漁網議題

海洋當中的廢棄漁網等漁具，因為行蹤漂忽不定、數量與行蹤成謎，且對海洋生物和人的傷害很難防範，在國際間有鬼漁具 (ghost fishing gear) 之稱。例如針對海洋生態，廢魚網最致命的威脅包括：

- 糾纏所有海洋哺乳類動物、海鳥、海龜及鯊魚等，使持續痛苦至死。
- 損及珊瑚礁等瀕危海洋棲息地。
- 損及具商業價值的水產資源。
- 損及漁業與養殖業的漁船等資產。
- 損及整體漁業永續及賴以為生人們的生計。

儘管全世界對於迫切解決，包括廢漁具在內的各種海洋廢棄物早有高度共識，然迄今仍面臨難以克服的挑戰與障礙。例如在監管體系方面的障礙包括：

- 不妥適的處置設施——欠缺岸上廢棄物處理與處置設施或是成本過高，導致漁民選擇在海上棄置漁具。
- 缺乏國際標準——缺乏各方共同協調與合作，以擬出共同監測、報告與責任歸屬的標準。
- 違法捕魚——違法、未報告及未監管的漁業活動嚴重，導致例如非法捕魚，藉著放棄漁具，以逃避被抓、挨罰等問題。

至於在清除廢漁具方面，所需面對的障礙與挑戰包括：

- 物流、運送過程複雜——從各海岸和離島等處收集漁網，既貴又難。網具更常交互纏繞重達數噸，需用到重型設備或大批特殊人力，始能進行清運。
- 危害風險——漁網常卡在礁石等水下障礙物當中。要從中清除，同時又不傷及敏感的珊瑚礁，難度相當高。
- 汙染——收集來的漁網常被有機質、沙、殘骸、魚鉤及鉛錘等汙染。若藉由機械加工進行一般塑膠回收，會相當困難。

尋求解方

以下針對前述困難與挑戰，提供幾個有助克服的構想。

廢棄物收集

進行海上廢棄物收集，部署收集系統與設備，所需面對的挑戰包括：

- 海洋環境嚴峻——離岸、鹽分、酸性空氣、生物汙損。
- 體積、重量——海上施做不易，難以動用卡車運送、起重機吊放、大批人力。
- 裝設技術與成本——需符合長期、具彈性等需求，最好能夠輕易組裝。

因此，此系統應盡可能符合以下條件：

- 輕量、可漂浮。
- 耐浸水、耐鹽、耐酸、耐候。
- 容易搬運及在水面進行設置。
- 維護需求相當少。
- 成本低、人力需求少。

我們製作的如圖 1 所示「海星」，可能是解方：

- 材料——以夠輕、可漂浮，卻夠強的竹塑複合管材組成結構。
- 接合方式——分成幾個相同的三角形單元，分別由零件以簡易扣件接合，使容易組合與拆解。
- 動力來源——靠海面風力驅動風機，將轉動力透過中心軸，直接傳至水下渦輪機產生漩渦，將附近垃圾吸引、集中。
- 其組裝簡單、材料便宜，可輕易運送至現場，DIY 組裝和使用。

垃圾海上運送

垃圾自海面或水下收集之後，須面對運送至岸邊的挑戰。我們設計了如圖 2 所示的充氣式「浮毯」，以利拖運。在現場施作，先以捲起的氣囊在水面上的垃圾堆下方攤開後充氣，托起垃圾。接著拖運上岸。

回收漁網再利用

如圖 3 所示，回收上岸的漁具無處可去，不僅造成岸上問題，且嚴重阻礙整體回收體系之運作。而收集的漁網進行後續回收與升級改造，所須面對的挑戰包括：

- 材質劣化——暴露在紫外線和嚴峻海洋環境當中，使漁網聚合物(一般為高密度 PE 或尼龍)性質劣化，使其用作回收材質的價值降低。
- 人工加工——漁網在回收之前，須仰賴人工清潔、裁切成適當尺寸，並選別出適當的聚合物類型。
- 市場變動——產品大多仍處開發階段，市場尚不成熟。

加速消化收集來的廢漁網，是讓整個廢魚具回收系統，得以持續順利運作的主要關鍵。因此，漁網再利用必須符合以下原則：

- 朝向採用能就近、大量消化的回收方法。
- 充分發揮魚網軟、韌、多孔洞特點，朝向原型回收，以最小回收成本達最大回收量。
- 回收過程中盡可能不須用到動力。
- 以「竹塑管」作為結構與支撐。

因此，其利用方向應包括：

- 原形直接利用為原則。
- 用於耐候且不計外觀的用途。
- 使用量大。
- 加工容易，只需簡單勞力。

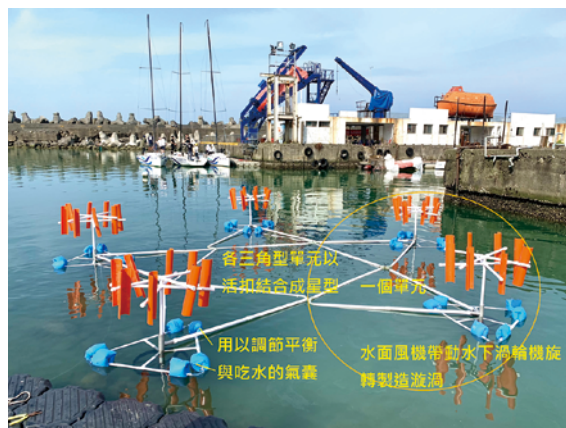


圖 1 部署在港內的海星。

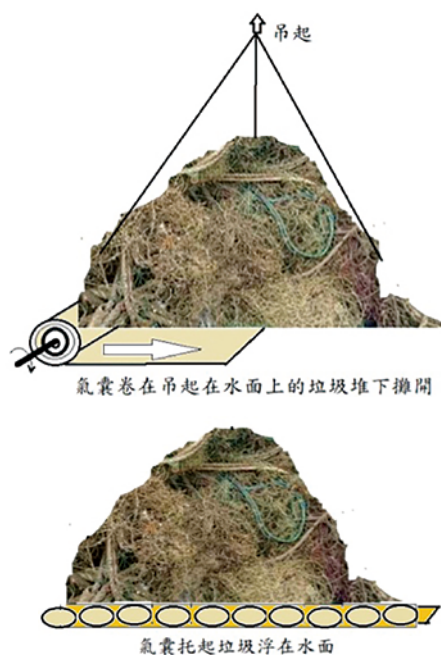


圖 2 以氣囊托起廢魚網接著拖運上岸。



圖 3 回收漁網岸上堆置現場。

以下介紹幾個應用實例的現場實驗結果。

海岸植物防風網牆

圖 4 與 5 所示，是我們在海岸以廢魚網架設防風籬，試驗幫助草、樹生長得到的結果。



圖 4 在海岸以廢魚網架設防風籬六個月之後。



圖 5 以廢魚網護樹（水黃皮）五個月之後。

未來仍需長時間觀察，以確認防風效果，包括：假設在相同的土地上（土質、降雨、陽光、有機質等），針對風速與風向等實際影響植物生長的因子進行實驗。試驗項目包括：網目大小、漁網材質、重疊層數及網牆陣列格距等。

護坡、水土保持

傳統護坡工法由於工程浩大，只能在發生如圖 6 所示嚴重崩塌事件之後，以耗費巨額的修復工程補救。工程完成後，仍需持續復育以求穩定。若能防微杜漸，可減少這類崩塌情形。

在山徑裡，常可看到如圖 7，原本勉強斜立在邊坡上、岌岌可危的大樹（左 1），接下來就很可能連根拔起（左 2）。而植物界也弱肉強食，受傷的樹（右 1）更容易招來從微生物到昆蟲群起攻之，終致無力續存。

其往往起因於，根區附近表土流失，草、蕨等植被難以生長，根系乃至整體樹系日趨孱弱。如此情況勢將很快導致，蟲害、重力等挑戰加劇，終至傾倒。



圖 6 發生在基隆槓子寮路的山坡崩塌。



圖 7 山徑中常見邊坡大樹面臨各種挑戰。

同樣在陡坡上的健康樹木 (圖 8)，根部週遭則都有小草、蕨類完整覆蓋，保持充足水分與有機質，維持其根系乃至全株健壯。

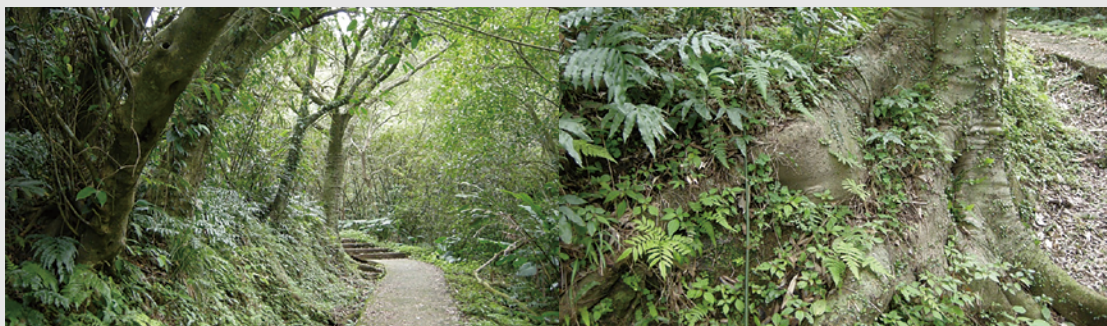


圖 8 陡坡上的健康樹木。

我們在海岸山坡進行廢魚網護坡實驗，試圖藉以促進植被成長，進而達到護坡、護樹效果。

如圖 9 所示，以網護坡初期 (左圖)，原本近乎垂直的光禿峭壁，開始長出各種植物幼苗。如此以網護坡約兩個月後，陡峭山壁上的各種植物趨於茂盛、成熟 (右圖)，漁網也隨之難以察覺。

達此結果，主要在於漁網降低了天候對植物根區表面的衝擊。其保存了表土有機質、緩和侵蝕，乃至維持植物健康，而得以防禦病蟲害攻擊。如此將有助山林整體的植被發展，穩固坡面



圖 9 廢漁網護坡初期 (左) 及約兩個月後 (右) 植物成長情形。

結論

相較於回收塑膠材質再製成其他產品，直接原形利用海上廢棄漁網，更可望促成整體回收系統的持續運作。在自然環境中初步實驗證明，其應用於大地的抗風砂、水土保持及山林復育，應屬可行，值得進一步擴大試用。

謝誌

感謝榮成紙業公司長年對海洋環境保護的關注與投入，以及相關研發計畫的資金贊助。