

海洋委員會海洋保育署
114年推動海洋廢棄物淨零排放及碳管理增能計畫

廢漁網循環生態圈研析報告

執行單位：財團法人塑膠工業技術發展中心

中 華 民 國 一 一 四 年 十 二 月

目錄

目錄 II

圖目錄.....	III
表目錄.....	IV
一、 背景與研究目的.....	5
二、 文獻探討.....	6
2.1. 漁網物質流佈.....	6
2.1.1. 國外廢漁網物質流研究探討.....	6
2.1.2. 國內廢漁網物質流分析探討.....	9
2.2. 再生尼龍（RECYCLED NYLON）之環境效益與材料可行性研究.....	12
三、 研究方法.....	14
3.1. 台灣廢漁網物質流佈.....	14
3.2. 廢漁網回收再利用後相較於原生料之的環境效益.....	15
3.2.1. 生命週期評估方法說明.....	15
3.2.2. 本研究生命週期衝擊評估 LCIA 方法說明.....	16
四、 刺網物質流佈分析研究結果.....	18
4.1. 刺網生產量統計.....	18
4.2. 刺網遺失量及使用量統計.....	20
4.2.1. 刺網遺失量調查.....	20
4.2.2. 刺網使用量調查.....	22
4.2.3. 刺網物質流整體平衡分析.....	22
4.2.4. 刺網系統管理意涵分析及政策建議.....	26
4.3. 再生尼龍生命週期評估研究結果.....	27
4.3.1. 盤查分析階段.....	29
4.3.2. 衝擊評估(LCIA)階段.....	35
4.3.3. 生命週期評結果.....	37
參考文獻.....	41

圖目錄

圖 1、挪威刺網流佈圖	7
圖 2、廢漁網物質流佈圖	10
圖 3、廢漁網物質流分析圖	10
圖 4、台灣沿岸離離島地區漁業用具損換處理傾向.....	12
圖 4、物質流分析程序	14
圖 6、物質流分析計算公式	15
圖 7、生命週期評估分析流程	16
圖 7、高雄製作漁網廠商拜訪	19
圖 9、台灣刺網物質流佈分析結果	25
圖 10、久總盤查標的產品—海廢尼龍塑粒.....	28
圖 11、久總生產海廢尼龍粒製程階段	29
圖 12、再生尼龍粒 (RECYCLED PA6) 生命週期盤查模型	30
圖 13、活動數據 SIMAPRO 輸入畫面	35
圖 14、活動數據 SIMAPRO 輸入畫面 2	35
圖 15、再生尼龍粒 LCA 評估結果	37
圖 16、各程序於溫室氣體潛勢貢獻大小	38
圖 17、各程序於溫室氣體潛勢貢獻百分比	38

表目錄

表 1、不同類型漁船漁網遺失率	8
表 2、挪威刺網物質流佈程序相關說明	8
表 3、廢漁網相關物質流佈程序說明	11
表 4、台灣與挪威漁獲及刺網生產量比較	18
表 5、漁網廠商訪談結果	20
表 6、漁業署遺失通報及重量推估 (3.5KG)	20
表 7、漁業署遺失通報及重量推估 (2.5KG)	20
表 8、各縣市「補助回收」刺網量	23
表 9、各縣市「暫置區」刺網量	24
表 10、原料階段活動數據	31
表 11、原料「運輸」階段活動數據	31
表 12、製造及製程中廢棄階段資料蒐集	33
表 13、相關排放係數整理	34
表 14、RECIPE 2016 MIDPOINT (H) 所包含之主要衝擊指標	36
表 15、關鍵 LCIA 指標選擇理由	36
表 16、再生尼龍與原生尼龍粒環境衝擊比較	40

一、背景與研究目的

聯合國糧農組織（FAO）與聯合國環境規劃署（UNEP）指出，全球每年約有 64 萬噸漁具進入海洋環境並逐年累積，已成為國際間海洋污染與資源管理的重要挑戰（Gilman, 2015; Gilman et al., 2021）。

台灣作為全球重要的漁業國之一，沿近海漁業以尼龍刺網與延繩釣網等具代表性的捕撈漁具為主。根據海洋保育署與環保署的調查，每年約有數千公噸的廢棄或遺失漁網流入環境，其中部分進入海洋形成「幽靈漁具（ghost gear）」問題，不僅對海洋生態造成威脅，也增加港區清理與廢棄物管理的成本。過往研究指出，刺網漁業是造成幽靈漁具問題的主要來源之一（Thomas et al., 2019）。

除了幽靈漁具造成的生態影響外，刺網的主要材質尼龍 6（PA6）屬於高價值可回收塑料，其再生利用價值遠高於其他常見漁網材質（如聚乙烯 PE）。然而，目前國內漁網回收體系在實務操作、分類清潔及再利用市場推廣上仍面臨多重挑戰。因此，本研究旨在透過物質流分析（Material Flow Analysis, MFA）掌握台灣廢棄刺網的產生與流向現況，並以生命週期評估（Life Cycle Assessment, LCA）方法量化再生尼龍 6 的環境效益，期望提供回收再利用業者與主管機關具體的決策依據與推廣參考，作為未來推動漁網循環利用與淨零策略的重要基礎一。

二、文獻探討

2.1. 漁網物質流佈

2.1.1. 國外廢漁網物質流研究探討

Hennøen (2016)曾以挪威刺網作物質流分析探討，國內外目前較少直接針對廢棄漁網的物質流分析，因此本案可參考此篇研究之架構，以相關資料為基礎做進一步延伸。另外國內目前對於廢漁網回收，並沒有一致性的法規與標準性流程，因此回收流程每縣市做法，或是不同年度做法都不一致，因此相關環境流佈架構範疇需要透過訪談問卷後才能較確定。

相關的物質流節點，包含：新漁網生產量、廢棄至海洋數量、漁網儲存、海洋清除、後段相關處理程序(分選、回收再利用、焚化或掩埋)。文獻中的 fishnets to storage 有點類似台灣暫置區存放，也就是每年漁網廢棄後數量(但文獻中並無提到與台灣補助漁民汰換相關的補助措施)。此流佈圖相關節點繪製的較詳細，因此有些節點間的數量是相同的，例如：net collected for recycling 及 fishnets sent to sorting，後者節點繪製是為了突顯回收的流刺網需從儲存地點收集後，再送往分類，確保後續回收處理。

分類至再利用 (Sorting to reuse)、分類至焚化 (Sorting to incineration)、分類至掩埋 (Sorting to landfill) 這三個階段，若以台灣為例，則是指將廢漁網丟置暫置區後，當下就先開始作分選處理，相關廢棄物直接焚化，並分選出可回收在利用漁網後，交給清運業者送往回收處理廠。然台灣目前在暫置區中極少數會馬上處理作分選。

而漁網使用量，本研究透過遺失漁網及漁網遺失率來推估漁網使用數量，Hennøen (2016)透過漁網遺失率 0.059%，以及每年遺失 680 張刺網，兩者相除後得到每年使用中的刺網數量。

表 1、不同類型漁船漁網遺失率

Fish species	% loss [nets/boat/yr]	No. of nets lost per year
Spawning Saithe	0,09	431
Cod	0,02	187
Monkfish	n/a	n/a
Greenland Halibut	0,04	5
Blue Ling and Ling	0,04	62

資料來源：Hans Christian Hennøen(2016)

回收至焚化 (Recycling to incineration)、掩埋或再利用，此三個階段代表分選後，會百分百直接作回收再利用。

Land to incineration 存放到焚化或是 Land to landfill 存放到掩埋數值皆為 0，有點類似分選前，就從暫置區直接掩埋或焚化。若發生在台灣，有點類似從漁民汰換後，直接交給清潔隊或清除業者直接作末端處理，然因為廢漁網較難處理，因此此數量極少可暫忽略。相關節點及說明整理如下：

表 2、挪威刺網物質流佈程序相關說明

節點名稱	節點相關說明
F1 新流刺網 (New fishnets)	針對新流刺網的輸入流，假設所有遺失或丟棄的流刺網都需要由漁業船隊更換，以維持挪威漁業的生產能力
F2 流刺網丟棄至海洋 (Fishnets discarded to ocean)	該流量的計算假設挪威漁業船隊每年遺失 680 張流刺網，遺失率約為 0.056%。
F3 流刺網進入儲存 (Fishnets to storage)	<ul style="list-style-type: none"> ● 計算基於 Nofir LCA (生命週期評估) 數據，其中顯示歐洲每年有約 114,000 噸漁具被合法丟棄。 ● 這個數據不僅包含流刺網，還包括其他類型的漁具，因此估算的流刺網數量可能偏高。
F4 從海洋回收的流刺網 (Fishnets collected from ocean)	計算完全基於 Fiskeridirektoratet (挪威漁業管理局) 於 1990 至 2015 年的平均回收數據，並假設這些數據是準確。
F5 送往回收的流刺網 (Fishnets collected for recycling)	<ul style="list-style-type: none"> ● 此流量是來自海洋回收的流刺網 (F4) 與儲存中的流刺網 (F3) 總和。 ● 假設所有回收與儲存的流刺網均送往回收，不進行其他處理。
F6 送往分類的流刺網 (Fishnets sent to sorting)	該流量等於 F5，作為「回收流刺網」過程的輸出。
F7 分類至再利用 (Sorting to reuse)	計算基於 Nofir LCA 提供的 2% 再利用率。
F8 分類至焚燒 (Sorting to incineration)	<ul style="list-style-type: none"> ● 計算基於 Nofir LCA 提供的 22% 廢棄率。 ● 假設所有分類過程中產生的廢棄物都送往焚燒 (能量回收)。

	<ul style="list-style-type: none"> ● Nofir 表示約 10% 的流刺網無法回收，但為了保持數據的一致性，本模擬採用 Nofir LCA 作為參考標準。 ● Nofir 在挪威不進行分類，但為了呈現透明的回收系統模型，仍將該物質流納入模擬中。
F9 分類至掩埋 (Sorting to landfill)	<ul style="list-style-type: none"> ● 由於缺乏關於廢棄物流向的詳細資訊，本研究假設所有分類過程產生的廢棄物均送往焚燒。 ● 焚燒被視為比掩埋更環保的處理方式，因此假設焚燒是廢棄物的主要最終處理方式。
F10 分類至回收 (Sorting to recycling)	這是基於質量平衡原則 (Mass Balance)，計算分類過程中的輸入與輸出。
F11 回收至焚化 (Recycling to incineration)	<ul style="list-style-type: none"> ● 假設所有回收過程中的廢棄物已在分類階段 (F8) 被剔除。 ● 由於無數據顯示回收過程產生的廢棄物量，假設分類後的材料 100% 可回收，因此 F11 設為 0%。
F12 回收至掩埋 (Recycling to landfill)	與 F11 (回收至焚燒) 相同，假設分類後的材料 100% 可回收，因此 F12 設為 0%。
F13 再生流刺網 (Recycled fishnets)	這是回收過程 (Recycling) 中的質量平衡計算，即最終產出的再生漁網量。
F14 陸地儲存至焚燒 (Land to incineration)	<ul style="list-style-type: none"> ● Nofir 表示無數據顯示從陸地儲存直接送往焚燒的流刺網數量，且假設該數量極低。 ● 因此，從儲存直接進入焚燒的流量設為 0%。
F15 陸地儲存至掩埋 (Land to landfill)	與 F14 (陸地儲存至焚燒) 相同，假設從儲存直接進入掩埋的流量為 0%。

資料來源：本研究整理

2.1.2. 國內廢漁網物質流分析探討

漁網生產數量通常透過訪談方式，可直接詢問相關漁網生產商獲得資料，然較大挑戰為廠商是否願意透露生產資訊，部分可能牽涉商業考量導致不確定性過高。國內較大的漁網生產商有兩個，金洲海洋科技股份有限公司及慶發漁具工廠股份有限公司，除了這兩家外，也有部分較小型的漁具販售商，如基隆協興漁網行、基隆瑞益漁網行(藍國璋等人，2023)。

另外藍國璋等人，於研究計畫中透過問卷調查漁民，家中的漁網存量，以及其他相關數據，試圖推測出漁網的流佈。然相關結果並未於研究計畫中呈現，因此無數據可供參考。其初步繪製流佈圖如下，相關節點包含：購買、使用階段、維修階段、廢棄物管理(焚化、隔離回收、掩埋)、海洋遺失。這些節點尚未考慮到國外進口部分，以及廢棄物管理設施目的不明確，不確定是指各漁港暫存區或只是中間的清運環節，因此作為台灣廢漁網物質流圖較不明確。

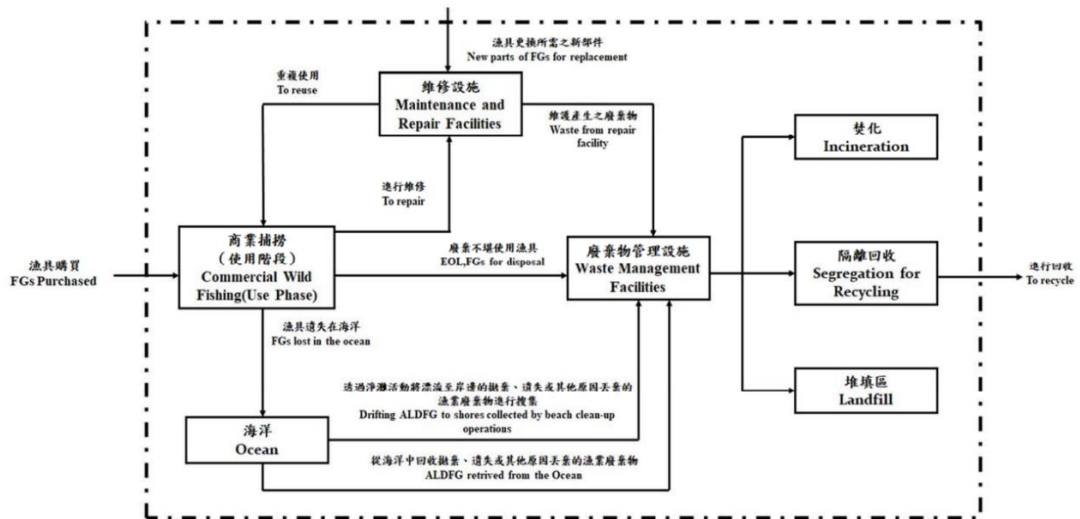


圖 2、廢漁網物質流佈圖
資料來源：藍國璋等人 (2023)

蘇敬端等人 (2022)，亦透過物質流分析流程，繪製廢漁網物質流分析圖。其邊界較為完整，包含：進口量、生產量、海洋遺失量、漁民丟棄量、漁民維修量、港口暫存量、修補後丟棄、修復過程中損耗量、修復再使用量、修復進料投入量、海洋清理量、回收再利用、掩埋量、焚化量，相關資料說明如下表格。其部分流量資料以過去研究的漁民廢棄漁網偏好處理假設為基礎。

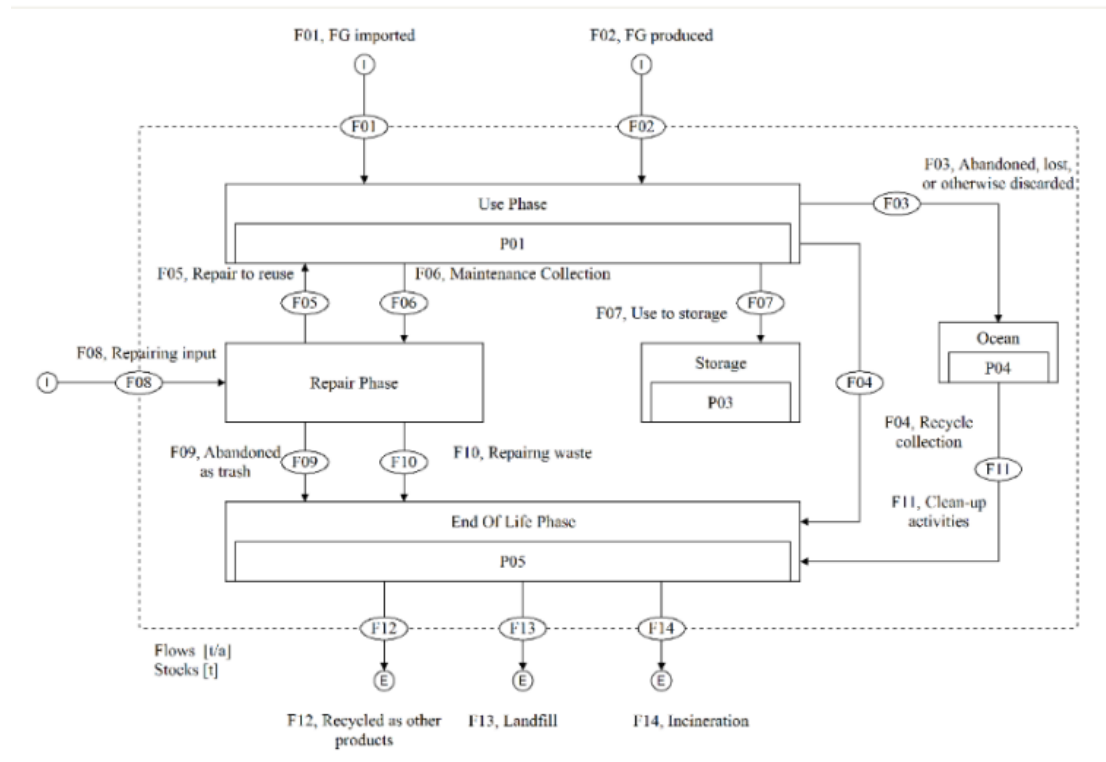


圖 3、廢漁網物質流分析圖
資料來源：蘇敬端等人 (2023)

表 3、廢漁網相關物質流程序說明

Flow 編號	名稱	計算方式 (單位: t/年)
F01	進口量	$\sum FG \text{ imported} \div \text{年數}$
F02	生產量	$\sum \text{各製造商產量} / \text{市占率}$
F03	海洋遺失量 (ALDFG)	$(F01 + F02) \times \text{使用壽命係數} \times \text{遺失率}$
F04	漁民丟棄	$(F01 + F02 - F03) \times \text{回收偏好比率}$
F06	漁民維修	$(F01 + F02 - F03) \times \text{維修偏好比率}$
F07	漁民至港口暫存	$(F01 + F02 - F03) \times \text{暫存偏好比率}$
F09	修補後丟棄	$(F01 + F02 - F03) \times \text{丟棄偏好比率}$
F05	修復再使用量	$\text{維修收集} \times \text{修復效率}$
F08	修復進料投入量	$F06 \times \text{修復投入係數}$
F10	修復過程中損耗量	$(F06 + F08) \times (1 - \text{修復效率})$
F11	海洋清理量	$\sum \text{清理回收的廢棄漁具}$
F12	回收作為他用	縣市與業者回收總量
F13	掩埋量	縣市掩埋資料
F14	焚化量	縣市焚化資料

資料來源：蘇敬端等人 (2018)

黃洳慈 (2021) 曾研究廢棄漁網具後續處理之行為，針對臺灣西部沿岸與離島地區(包含基隆、台中、彰化、雲林、台南、嘉義、台東、金門、澎湖等縣市)為研究範圍，問卷發放時於 2019 年 5 月至 2020 年 12 月，主要針對漁港登記漁業執照之漁民分別進行問卷調查，進行相關分析，期間問卷共計發出 100 份。其中針對漁網類，大部分於漁民傾向交給回收業者 (占 29%)，其次為放置網具暫存區(占 22%)，亦有部分交給清潔隊或帶回補修，極少直接海拋或作為一般垃圾丟棄。上述研究結果也被蘇敬端等人 (2022) 作為廢漁網物質流中，漁民對於汰換漁網後續流量的計算假設因子 (進口量+生產量)-海洋遺失量 x 漁民汰換後處理偏好=流量。

此篇研究為 2021 年，當時的政策背景並無考量政府補助漁民汰換措施，因此問卷選項中無法入此項。另外經過訪談發現，其實漁民自主交給清潔隊情況，以及交給回收業者並不是太多，因此若直接引用數據做為本計畫計算參考可能有相當誤差。

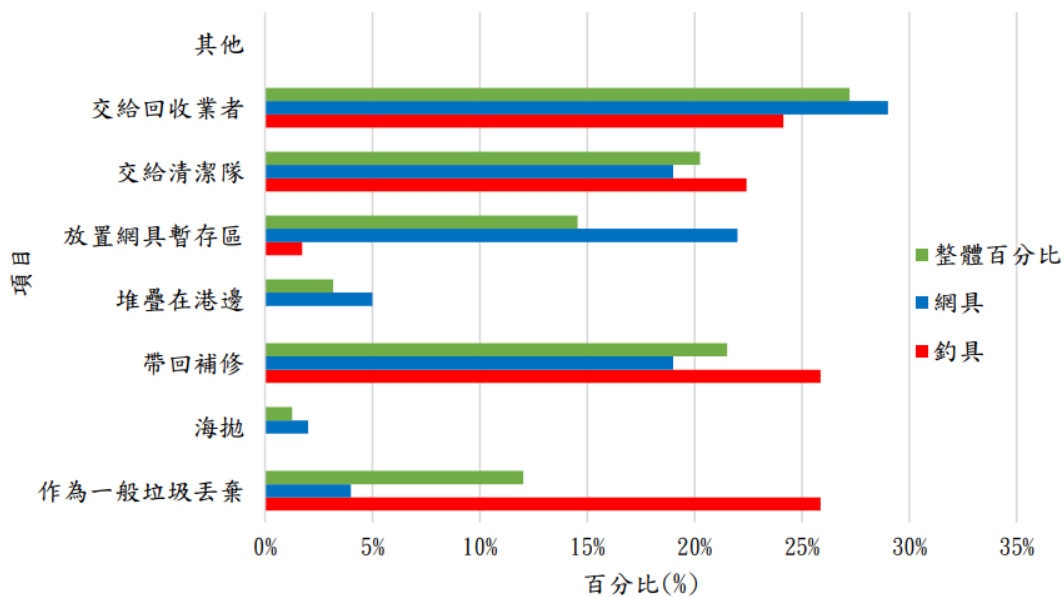


圖 4、台灣沿岸離離島地區漁業用具損換處理傾向

資料來源：黃洵慈（2021）

刺網部分，過去台灣並無針對刺網獨立的物質流研究，僅有少數針對整體「漁網」的推估，並推估刺網數量。海洋保育署（2023）委託之《海洋廢棄物認證可行性評估》報告指出，全台漁民每年漁網使用量約 5,059 公噸，其中包含國內生產 2,400 公噸及進口 2,659 公噸。該研究依業者訪談假設國內漁網中約 7 成為刺網（PA 材質），推算刺網用量約 3,500 公噸／年。然而，該「七成假設」缺乏實際製網業資料或漁具組成依據支持，可信度有限，且與漁業署最新統計結果並不相符。

依據漁業署 2024 年漁船作業統計，使用刺網作業之船隻約佔全國漁船數的 36%，若依漁法比例推估刺網需求量，實際比例應遠低於「七成」。此外，目前尚缺乏各類漁網網片（如刺網、圍網、拖網）平均重量與使用年限的完整統計，因此難以進一步以物理性指標精確換算全國刺網使用總量。

蘇敬端等人（2022）在其研究報告中，引用海保署報告之進口量 2,659 公噸／年，但國內生產量則改採訪談值 5,825 公噸／年，與海保署估值（2,400 公噸）相差逾兩倍，差異非常大。

2.2. 再生尼龍（Recycled Nylon）之環境效益與材料可行性研究

近年隨著海洋塑膠與廢棄漁具管理議題受到重視，越來越多研究以生命週期評估（Life Cycle Assessment, LCA）與材料分析方法探討漁網回收再利用及再生尼龍（Recycled Polyamide 6, rPA6）的永續潛力。整體研究趨勢顯示，將廢棄漁網轉化為再生尼龍材料，不僅可減少海洋廢棄物，也能在氣候變化與資源利用面向上帶來顯著效益。

在環境評估層面，LCA 分析結果普遍指出不同廢棄漁具處理策略的環境負荷差異顯著。相較於掩埋或合成氣化等高能耗方式，機械回收與能源回收被證明為最具環境效益的途徑，能有效降低全球暖化潛勢與毒性排放（Schneideretal., 2023）。這類研究也指出，撈回與分類等前端程序往往是整體系統的關鍵環節，其效率直接影響最終的碳排與資源使用。換言之，提升漁具清理與分選效率，遠比單純減少運輸距離更能改善整體環境表現。

在回收量化與價值化方面，部分研究已嘗試建立評估架構，量化漁網廢棄物的產生量與再利用潛力。以拉脫維亞漁具產業為例的分析指出，若能於港區端進行有效分類與清洗，廢網即可轉化為具高回收價值的再利用原料，例如再生塑料或再生尼龍粒（Zvejniece et al., 2025）。然而，該研究也指出當前仍面臨三項主要瓶頸：材質混雜、鹽分與附著生物去除困難、以及再生料市場需求不足。因此，作者建議政府應建立激勵制度與透明的回收資訊平台，以促進漁網回收產業鏈的形成。

除了回收流程外，近年亦有研究將漁網再利用與碳纖維回收結合，用於製備高性能複合材料。以廢漁網來源的再生尼龍 6 與再生碳纖維（rCF）為基礎的實驗顯示，使用全再生原料的系統可減少約 $5.7 \times 10^3 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}$ ，並在 11 項環境衝擊指標中均呈現顯著改善，特別是在全球暖化潛勢與水域優養化方面（Pasciucco et al., 2025）。儘管洗滌廢水處理是主要熱點（約占直接排放的 77%），整體仍證明使用回收材料的系統具顯著減排潛力，再生尼龍與碳纖維的結合可同時達成材料再利用與減碳目標。

在材料性能層面，廢漁網再生料已展現出與原生料相當的機械與熱穩定性。透過將再生尼龍 6 與天然纖維（switchgrass）混摻的實驗結果顯示，複合材料的拉伸強度可提升 23%，楊氏模數提高 126%，接近商用汽車級尼龍材料 93% 的性能表現（Belmokhtar et al., 2025）。研究同時指出，高纖維比例雖會降低延展性與流動性，但整體仍具應用潛力，特別適用於汽車內飾件與非結構性部件。這類成果證實，漁網來源的再生尼龍不僅具環境效益，也能滿足產業端的性能需求。

綜合上述研究可見，漁網回收與再生尼龍技術已逐漸形成從「廢棄物管理」到「材料循環再利用」的完整鏈結。生命週期分析結果顯示回收與再利用能顯著降低溫室氣體排放與資源消耗；材料研究則證明再生 PA6 在機械與熱學性能上可媲美原生料。若能進一步結合再生纖維或天然纖維強化材料特性，將有機會發展出高附加價值的永續複合材料。整體而言，這些研究共同指出——建立完善的漁網回收體系與再生尼龍供應鏈，不僅能減少海洋廢棄物，也能開創兼具環保與產業價值的循環經濟模式。

三、研究方法

本研究主要針對兩個研究問題作研究：台灣刺網物質流佈以及再生尼龍粒生命週期評估。

3.1. 台灣廢漁網物質流佈

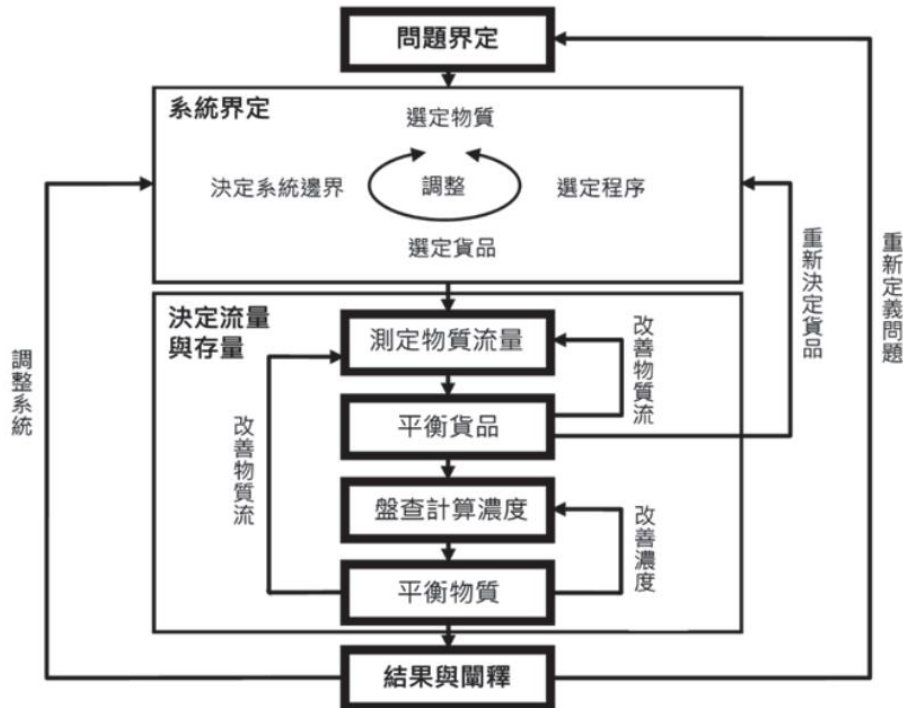
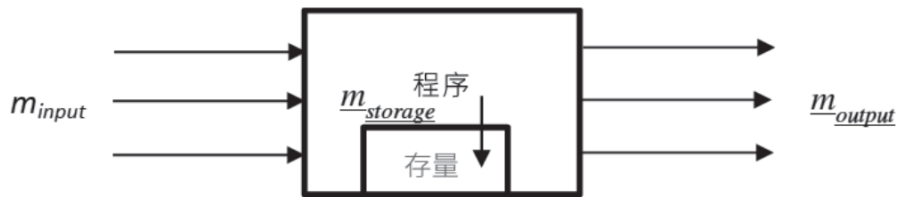


圖 5、物質流分析程序
資料來源：中技社（2018）

針對研究問題一，本研究採用物質流分析方法，其流程包含：

- **問題界定**：此步驟將確認本研究欲分析問題為何，採用物質流分析必要性。通常採用物質流分析，可能是因為想要針對特定系統了解關鍵物質的流進流出情形，而這些流量與流向一旦確認清楚，可作為後續規劃標的對象轉型至循環經濟的關鍵第一步。以廢漁網來說，過去並無針對廢漁網作過相關精確統計，導致後端想要進行回收再利用存在挑戰，也不確定再利用量的上下限為何。
- **系統界定**：確認問題後，則是系統界定的開始。系統界定是把整個時間與空間邊界確立，確立後才有辦法進行系統內每個程序間的流向與流量的評估。系統界定極有可能隨著研究的進行，以及部分數據蒐集後，回頭作調整，最終系統要能對應到最初始的研究問題，系統的物質流分析結果要能作為回應更上位的政策計畫或方案的策略工具。

- **量化系統內目標物質之流量與存量：**在確認分析物質與系統邊界之後，接著就要針對系統進行分析，量化並平衡系統內之物質流量與存量。具體步驟包括：測定（盤查）物質流量、平衡貨品、盤查計算濃度、平衡物質等。確認分析物質與系統邊界之後，首先應對於系統進行粗略的質量平衡，透過文獻、報告或者向有關單位進行訪談，可取得所需物質的相關資料。欲達到物質平衡，除了上述進流及出流量之估算外，亦需考量物質之存量(Stock)。



$$\sum m_{input} = \sum m_{output} + m_{storage}$$

圖 6、物質流分析計算公式
資料來源：中技社（2018）

透過初步拜訪中部大型再廢漁網再利用廠，目前市場上以刺網價值最高，因此本案重點放在未來如何透過物質流分析，確認刺網可提升再生料循環使用量空間，因此第一年建議先以繪製刺網流佈圖為主。

廢漁網環境流佈分析，可以完整蒐集各種廢漁網從生產到回收到再利用，中間相關範疇的各種流入、流出量及存量分析，完整呈現廢棄漁網物質流分析圖。而環境效益方面研究，可以以刺網回收再造尼龍粒 VS. 原生尼龍粒的環境衝擊比較。

3.2. 廢漁網回收再利用後相較於原生料之的環境效益

3.2.1. 生命週期評估方法說明

針對研究問題二，本研究採用生命週期評估分析方法研究，生命週期評估方法為工業生態學中常見的環境衝擊評估工具，通常包含四大階段：目標與範疇界定、盤查階段、衝擊評估與結果闡釋。期評估結果可用於政策評估、產品環境衝擊熱點分析(近年亦有社會衝擊分析或永續衝擊分析方法)、綠色設計或是循環經濟結果效益分析。



圖 7、生命週期評估分析流程

資料來源：本研究整理

- **目標與範疇界定**：主要是將評估之目的及範圍加以釐清並予以定義，使評估結果得以與預期之應用目標一致。包括系統邊界與其詳細程度，視作業主題與其預期用途而定。生命週期評估作業的深度與廣度，視一特定評估之目的而有顯著的差異。
- **盤查分析**：係關於作業的系統投入／產出數據之一項盤查清單，包含為符合所界定的作業目的必要之數據蒐集，加以彙整與量化之階段。此階段涵蓋資料蒐集 與計算程式，將產品的相關投入與產出量化，包括資源使用及其與系統相關 的空氣、水體、土地之污染排放。
- **生命週期衝擊評估**：生命週期衝擊評估之目的為提供附加的資訊，以協助評估產品系 統的生命週期盤查分析結果，使得以進一步瞭解評估產品系統的潛在環境衝擊規模與顯著性。生命週期衝擊評估的主要目的是連結盤查資料與特定 環境衝擊，在整個生命過程中的環境考量面與潛在衝擊，通常包括能資源使用、人體健康及生態影響等類別。

3.2.2. 本研究生命週期衝擊評估 LCIA 方法說明

本研究採用 ReCiPe 2016 Midpoint (H) v1.08 方法作為生命週期衝擊評估模型。該方法為目前國際最廣泛使用之 LCIA 模型之一，能在中點層級 (midpoint level) 提供多面向環境衝擊指標，具有良好的國際比較性與透明度。主要步驟如下：

- (1) **分類 (Classification)**：將 LCI 階段的各項排放物歸入對應的環境衝擊類別，如 CO₂、CH₄、N₂O 皆歸屬於「氣候變化潛勢 (Global Warming Potential)」。
- (2) **特徵化 (Characterization)**：將不同排放物依其相對影響力轉換為共通單位。例如：溫室氣體以 kg CO₂ eq 表示；水域優養化以 kg P eq 表示；化石

資源稀缺性以 kg oil eq 表示；水資源消耗量以 m³ water eq 表示；人體致癌性毒性潛勢以 kg 1,4-DCB eq 表示；土地利用以 m²·a crop eq 表示。

- (3) **標準化與加權 (Normalization & Weighting, optional)**：本研究採中點指標分析 (Midpoint analysis)，因此僅進行特徵化而不進行加權；此階段主要呈現各衝擊類別的相對強度。

由於 LCIA 指標相當多元，本案依據相關性選擇 LCIA 指標，詳細說明可見 5.2 章節。

四、刺網物質流佈分析研究結果

4.1. 刺網生產量統計

依據本研究訪談國內主要製網與中上游加工廠商，現階段台灣漁民每年使用刺網量約 250–500 公噸／年，並呈現逐年下降趨勢。其中：

- 約 250 噸／年為主要原絲與漁網上游製造商（位於屏東地區）提供的產能估值；
- 約 500 噸／年則為中上游客製化刺網廠商根據漁民需求進行裁製與銷售後的整體出貨量估計。

目前國內具有穩定產能的中上游刺網廠商僅存五家左右，多為第二代主導的小型工廠。隨著第一代業者年齡增加，以及國內漁業政策逐步轉向鼓勵減網與永續漁法，刺網製造產業正呈現人力斷層與需求萎縮並行的現象，預期年產量將持續下降。

為驗證本研究台灣刺網生產與使用量估算之合理性，參考挪威 NTNU (2021) 所進行之刺網漁具物質流分析結果進行比對。挪威刺網漁業每年捕獲量約 80,000 公噸，年刺網投入量約 2,920 公噸，其單位捕獲強度（Fishing Gear Intensity, E_{FG} ）為：

$$E_{FG} = \frac{2,920}{80,000} = 0.0365 \text{ kg 網/kg 刺網漁獲量}$$

本研究訪談及現地統計顯示，台灣刺網漁業每年捕獲量約 9,228 公噸（漁業統計年報(2024)），年刺網生產量約 250–500 公噸，其對應之單位捕獲強度：

$$E_{FG,TW} = \frac{250-500}{9,228} = 0.027-0.054 \text{ kg 網/kg 刺網漁獲量}$$

兩者屬於相同數量級（ 10^{-2} kg 網/kg 魚），且台灣數值取平均值為 0.0405，顯示台灣實際訪談調查所得之刺網生產量(250~500 噸)與挪威研究結果相符，並無明顯低估或高估情形。

綜合分析可知，台灣刺網投入量在相對於漁獲量的比例上與挪威相近，說明本研究以漁民訪談推估之刺網年生產量具信度，可作為後續物質流分析及碳足跡計算之基礎依據。

表 4、台灣與挪威漁獲及刺網生產量比較

指標	挪威	台灣 (訪談)
年漁網用量	2,920 t	約 250–500 t
年漁獲量	約 80,000 t	約 9,228 t

投入比 (kg 網/kg 魚)	0.036	0.027-0.054
遺失率	4%	0.81% (文獻全球刺網平均值)

資料來源：本研究整理



圖 8、高雄製作漁網廠商拜訪
資料來源：本研究整理

4.2. 刺網遺失量及使用量統計

4.2.1. 刺網遺失量調查

依據漁業署 2024 年《海上刺網遺失通報統計資料》，全年通報之刺網遺失量約 395 公斤，主要為單層及三層刺網，僅一件為雙層刺網。現行通報資料雖記載遺失刺網之長度與漁具形式，但未含重量資訊。

為補足重量推算，本研究參考實地訪談與製網業者經驗(下表)，取得以下刺網單位重量參數(下表)：

表 5、漁網廠商訪談結果

刺網類型	平均長度 (m)	每片重量 (kg)	備註
單層刺網	60	3.5	主要用於底層作業
三層刺網	75	2.5	捕獲小型沿岸魚類

註：由於國內生產雙層漁網已不多見，因此重量以單層刺網替代

資料來源：本研究整理

表 6、漁業署遺失通報及重量推估 (3.5kg)

通報時間	漁具種類	網具長度(m)	件數推估	重量 3.5kg/件
2024/11/16 10:39	單層刺網	250	4.17	14.58
2024/6/25 08:24	單層刺網	75	1.25	4.38
2024/4/30 18:32	單層刺網	22	0.37	1.28
2024/4/30 12:04	單層刺網	150	2.50	8.75
2024/4/30 10:48	單層刺網	22	0.37	1.28
2024/4/1 04:06	單層刺網	28	0.47	0.23
2024/3/19 06:29	單層刺網	300	5.00	17.50
2024/3/19 06:28	單層刺網	20	0.33	1.17
2024/3/16 18:24	單層刺網	160	2.67	9.33
2024/10/26 14:06	雙層刺網	1000	16.67	58.33
遺失量加總	單層刺網	2027	33.78	116.84

資料來源：本研究整理

表 7、漁業署遺失通報及重量推估 (2.5kg)

通報時間	漁具種類	網具長度(m)	件數推估	重量 3.5kg/件
2024/9/18 08:52	多層刺網	120	1.58	3.96
2024/8/17 00:59	多層刺網	300	3.96	9.90

2024/8/13 09:45	多層刺網	560	7.39	18.48
2024/7/29 02:21	多層刺網	250	3.30	8.25
2024/5/9 21:57	多層刺網	50	0.66	1.65
2024/4/10 06:51	多層刺網	800	10.56	26.40
2024/3/29 18:45	多層刺網	80	1.06	18.48
2024/3/29 18:45	多層刺網	80	1.06	2.64
2024/3/19 06:29	多層刺網	2500	33.00	82.51
2024/3/19 06:29	多層刺網	2500	33.00	82.51
2024/3/19 06:28	多層刺網	450	5.94	14.85
2024/3/3 07:52	多層刺網	50	0.66	1.65
2024/3/3 04:59	多層刺網	200	2.64	6.60
遺失量加總	多層刺網	7940	104.82	277.89

資料來源：本研究整理

根據通報件數、刺網長度與平均重量換算，得出 2024 年刺網遺失總量約 0.395 噸／年（不含浮具、沉子、繩索等附屬組件）。此結果反映實際通報端的可量化遺失量，但考量通報率不足與未回報案例，仍屬保守估計。

4.2.2. 刺網使用量調查

由於漁民使用中漁網總量相當不易估計，若要精確估計，只能透過大量問卷方式，然漁民擁有漁網數目屬於漁民敏感資訊，因此難以統計。本研究由於為第一年先期研究，先以全球刺網遺失率，搭配遺失量反推漁民使用量應屬合理之方法。因此以下說明遺失率相關假設。

刺網遺失率及假設說明

本研究引用之刺網年遺失率（0.81%）主要來自 Richardson, K 等人於 2022 年研究，該研究為目前全球最具代表性的漁具遺失量分析之一，整合了過去二十餘年間（1980–2020）超過 68 篇實證與問卷研究資料，涵蓋六大洲、超過 20 種漁法，藉由統計模型（特別是廣義線性模型 Generalized Linear Models, GLM）整合出不同漁具類型的平均年遺失率。研究團隊依據各漁法的特性、作業水域、深度、捕撈時間與漁具尺寸等變數，歸納出全球代表性遺失率分佈。

在其統計結果中，刺網（gillnets）類別顯示的平均遺失率為 $0.81\% \pm 0.19\%$ /年，意即每年約有不到 1% 的在用刺網因風浪、操作失誤或遭捲入障礙物等因素遺失於海中。相較之下，延繩釣與拖網的遺失率較低，而陷阱網與流刺網則略高。該研究亦指出，刺網遺失的主要成因包括：

- 網具與岩礁、底棲結構或他船器材糾纏；
- 風暴、洋流或強風導致網具漂離；
- 故意棄置或遺棄因破損或老化之網具。

透過對各地漁業型態與報告品質加權後，Richardson et al. 提供的遺失率被視為全球平均且統計上最穩健的估值。此數值已被聯合國糧農組織（FAO）與多國政府用於評估海洋漁具廢棄物量。

在本研究中，台灣刺網漁業以中小型沿岸漁船為主，作業條件與該研究樣本中的沿岸漁業相似，因此採用此全球平均遺失率作為推算依據具合理性與可比性。透過此假設，可將台灣每年刺網海中遺失量（0.395 噸/年）反推在刺網使用量，約 48.7 噸。

4.2.3. 刺網物質流整體平衡分析

綜合前述估算結果，台灣刺網系統在整體物質流上已逐漸呈現近似穩態（steady-state）特徵。依據本研究之第一手訪談與地方回收資料，國內刺網年生產量約 250–500 噸，取平均值約 375 噸/年；同期間進入廢棄與回收系統之總量約 363.09 噸/年，另有少量遺失量約 0.4 噸/年。若將生產視為系統年度流入量，而廢棄與遺失視為年度流出量，則可得下列近似平衡關係：

$$\text{刺網生產量 } P \approx C + L \Rightarrow 375 \approx 363.09 + 0.4$$

目前每年刺網存量約為：375-363.09=11.91 噸

此結果顯示，當年度流入與流出幾乎相當，系統整體維持物質穩態。換言之，當前台灣刺網產業的年新生產量，約等同於同年度報廢或回收處理量，反映漁網汰換與回收作業已形成穩定週期。由於本研究刺網廢棄量估算為由下而上，因此此數據為接近真數據(部分縣市為估計值，因為並無將刺網分開計算)。且由於依據訪談，刺網使用壽命約為一年，因此可證明目前台灣刺網廢棄刺網回收管理近年朝正向發展，不論是透過暫置區丟棄，或是補助汰換管道，皆受到良好成效。目前台灣刺網的整體流向可被視為一個「封閉循環的穩態系統」。

表 8、各縣市「補助回收」刺網量

2024 汰換補助	補助回收刺網數量	收購後->回收	回收->再利用	回收過程廢棄物		收購後刺網接廢棄	
	刺網數量	多少刺網進入回收體系(ton)	多少刺網進入再利用體系(ton)	回收過程刺網量	廢棄漁網後續處理方式	暫置區刺網直接廢棄	廢棄漁網後續處理方式(如：焚化、掩埋)
基隆縣	8.47	8.47	6.131	2.339	焚化		
花蓮縣	40	40	16	24	掩埋		
台中市	13.365	13.365	12.795	0.57	焚化		
澎湖縣	10	10	10	0	焚化		
彰化縣	無申請						
新北市	20.5	20.5	8.312	12.11	焚化		
桃園市	20.028	20.028	10.378	9.65	焚化		
宜蘭縣	無申請						
嘉義縣	無申請						
雲林縣	無申請						
新竹市	2.7	2.7	2.7		焚化		
台南市	6.76	6.76	6.76	0	-		
苗栗縣	3.2	3.2	3.2	0	-		
高雄市	21.643	21.643	13.076	8.567	焚化		
屏東縣	3.31	3.083	3.083			0.227	焚化
台東縣	0.62	0.62	0.6	0.02	焚化		
加總	150.60	150.37	93.03	57.26	-	0.227	-

資料來源：本研究整理

表 9、各縣市「暫置區」刺網量

2024 暫置區處理量	暫置區廢魚網數量	收購後->回收	回收->再利用	回收過程廢棄物		收購後刺網接廢棄	
	刺網數量 (ton)	多少刺網進入回收體系(ton)	多少刺網進入再利用體系 (ton)	回收過程刺網量	廢棄漁網後續處理方式 (如:焚化、掩埋)	2024 暫置區處理量	刺網數量(ton)
基隆縣	0.079					0.079	焚化
花蓮縣	2.745	2.745	2.745	0	0	0	-
台中市	4.18	4.18	4.18	0	0	0	-
澎湖縣	0	0	0	0	0	0	-
彰化縣	17.545	0	0	0	0	17.545	焚化
新北市	9	0	0	0	0	9	焚化
桃園市	0	0	0	0	-	0	-
宜蘭縣	64.334	64.334	20.372	43.962	焚化	0	-
嘉義縣	8.2062	0	0	0	0	8.206	焚化
雲林縣	4.06	4.06	4.06	0	0	0	
新竹市	9	7	5.6	1.4	焚化	2	掩埋
台南市	10.785					10.785	焚化
苗栗縣	14.345	0	0			14.345	焚化
高雄市	33	33	33	0	0		-
屏東縣	29.93	0	0	0	0	29.93	焚化
台東縣	5.285	0	0	0	0	5.285	焚化
加總	201.63	115.32	69.96	45.36	-	86.31	-

資料來源：本研究整理

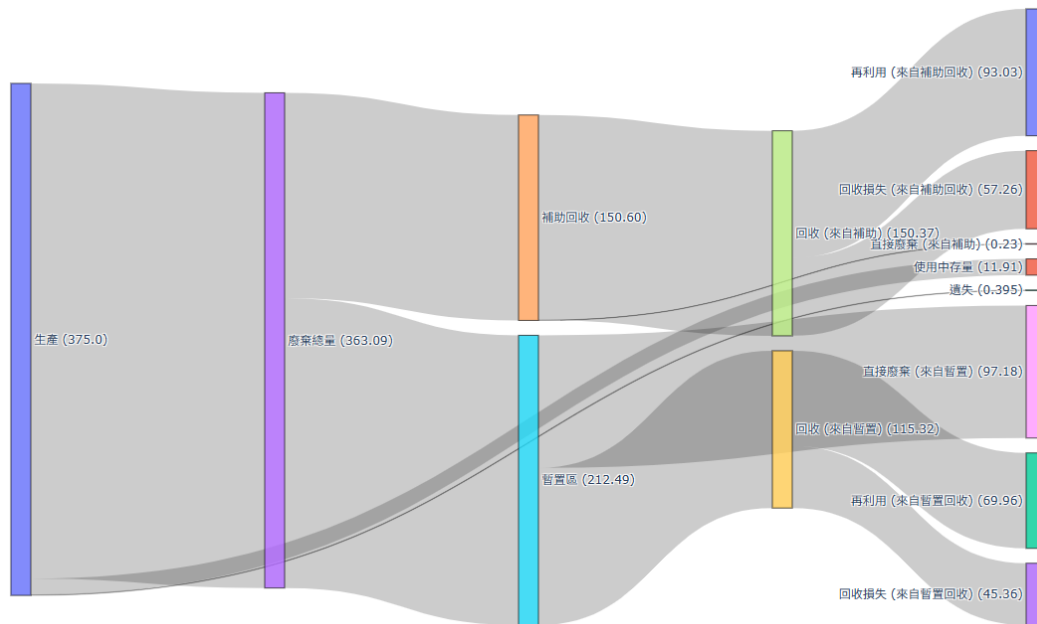


圖 9、台灣刺網物質流佈分析結果
資料來源：本研究整理

本研究依據台灣沿岸漁業刺網使用與回收現況，建立年度物質流模型（如上圖所示），以探討刺網於生產、使用、廢棄、回收及最終處理各階段之流向與平衡關係。系統以年度生產量 375 噸為起點，透過回收與廢棄統計資料進行質量分配與動態估算。

整體結果顯示，台灣刺網在使用壽命結束後主要經由兩大途徑處理：其一為漁港暫置區回收路徑，其二為政府補助收購回收路徑。年度刺網廢棄總量約 363.1 噸/年，其中 212.5 噸進入暫置區，150.6 噸經由補助收購回收。暫置區中約 86.3 噸直接廢棄（其中 84.3 噸掩埋、2 噸焚化），其餘 115.3 噸進入回收程序。補助收購體系則有 135.1 噸進入回收，再利用率達 80.1 噸，顯示補助回收有相當高的再利用成效。

整體而言，回收後再利用率合計約 163 噸/年，佔廢棄總量約 44%，顯示刺網再生材料利用鏈具一定成熟度。回收過程產生的損耗約 102 噸/年，多以焚化作為回收途徑。掩埋及其他損失量佔比極低（<1%），反映目前台灣廢漁網處理仍以「焚化處理」與「材料再利用」為主要終端。

依據全球平均刺網年遺失率 0.81%（Richardson et al., 2022），台灣刺網每年遺失於海洋的量推估為 0.395 噸/年。由此反推在用刺網量約 48.7 噸/年。另一方面，依據物質平衡法（生產量 - 廢棄量 - 遺失量）計算之系統淨存量為 11.91 噸/年。兩者差異約 36.8 噸，可解釋為漁民每年仍有將刺網存在港口或其他限制空間的習慣，而未完全回收，可能留在跨年度使用。另一方面，由於部分縣市未統計廢漁網與刺網個別比例，因此存在一些數據不確定性。

4.2.4. 刺網系統管理意涵分析及政策建議

本研究結果顯示，台灣刺網系統目前已呈現流入量（生產）與流出量（回收＋廢棄）近乎平衡的穩態。此現象在管理層面上具有以下三項意涵：

- (1) **系統運作穩定，代表回收與處理體系已具基礎效能**：刺網的年生產量（約 375 噸）與年廢棄量（約 363.1 噸）相近，顯示目前的收集、暫置與再利用機制已能吸納漁具汰換量，使漁具不再長期累積於漁港或環境中。此一結果反映地方政府與回收業者所建立的港區暫置區制度與「補助回收」等政策機制已發揮作用。
- (2) **顯示系統進入「飽和穩態」，需轉向質的管理**：雖然整體物質量平衡，但並不代表環境風險解除。在穩態階段中，總存量相較於早年不再上升，但每年仍有等量的廢刺網進入廢棄及回收市場，因此後段處理相當重要。目前若回收端仍以焚化或掩埋為主，系統雖穩定卻未達循環利用（circularity）。因此，管理重點應從「量的平衡」轉向「質的提升」，包括：目前整體回收率約：73%，整體再利用率約 45%。暫置區再利用率：33%，補助回收再利用率為 62%，由於補助政策持續時間未可知，因此未來提升暫置區的管理效率勢必相當關鍵。
- (3) **暫置區管理建議**：目前各縣市漁港設置之廢漁網暫置區，雖已在廢棄物集中、暫時儲存與上發揮一定成效，但在管理制度上仍存在若干不足。多數承辦單位僅負責場地維護與定期清運，但無專責人員管理暫置區，因此常發生家用垃圾與漁網混雜情形，因此難以精確估計廢漁網重量。另外缺乏對清理後去向的追蹤機制，亦未建立刺網（gillnet）與其他漁網之分類紀錄，因此在統計刺網物質流上有一定困難度。此一情況使得後續回收率、再利用率及實際廢棄處理比例難以精確掌握，以及可能影響實際再生料的數量統計掌握。

為提升暫置區管理效能並強化數據品質，建議可從以下幾方面精進：

(1) 短期建議(2026)：

- **強化暫置區漁具分類**：現行暫置區多以「廢漁網」為統一分類，但常參雜家用垃圾。且漁網種類眾多，後端分選不易。建議於暫置區劃分區域，如：不可回收漁網具；可回收漁網具(刺網、一支釣等)。並透過限制政府或漁會跟漁民溝通，應將後段可再利用漁具丟置特定區域。避免造成漁網分選不易，而通通走焚化管道情形發生。若有額外經費，可透過影像辨識或 AI 分類技術輔助現場登錄。此舉可使回收量能按漁具類型分流管理，提供更準確的刺網比例資料。

- **建立「暫置區回收後流向稽核與獎勵」制度：**於各縣市定期進行回收後流向抽查，確認暫置區清理後的廢網實際進入何種處理管道，避免因委外處理或轉運重複計算造成資料誤差。建議由中央主管機關（漁業署或海保署）訂定稽核準則並提供獎補助誘因。或是，可考慮依照各縣市當年回收再利用比例，訂定未來補助比例制度，促進各縣市提升回收與再利用比率。

(2) 中長期建議(2027~2028)：

- **建立標準化登錄與流向追蹤制度：**

目前漁業署已針對刺網漁具實施實名制登錄制度，此制度主要著重於刺網的使用管理與遺失追蹤，並透過法規逐年控管使用數量，以降低潛在的海洋遺失風險。然而，現行實名制制度仍存在兩項限制：其一，無法有效掌握每位漁民實際持有的刺網數量與狀態；其二，無法藉由實名制機制引導漁民將淘汰網具納入後端回收與再利用體系。

鑑於此，本研究建議於中長期階段（2027–2028 年）推動「標準化登錄與流向追蹤制度」，透過整合現有漁具管理資料、回收獎勵機制與再利用資訊平台，形成完整的刺網生命週期追蹤架構。

首先，可參考現行海廢清除相關縣市所採行之「獎勵點數制度」，建立以漁具分類與回收表現為導向的漁民獎勵模式。此制度可透過回收點數、再生料回饋金等方式，鼓勵漁民在暫置階段主動進行分類與乾淨回收，提高再利用比例。當刺網成為再生尼龍料源時，亦可設計回饋機制，使漁民及合作業者能分享再生價值，形成正向誘因。

其次，建議由海保署主導，建立全國性「漁網再利用料源資訊平台」，作為跨機關的數據整合中心。此平台可將刺網自生產源頭至最終再生利用的每一環節進行數位化記錄，包含生產者登錄、使用者持有、回收單位處理及再生廠商接收情形，形成可追溯的物質流資料鏈。

透過此一制度化與數據化的管理架構，可有效銜接「源頭登錄—使用管理—廢棄回收—再生利用」各階段資訊，形成刺網物質流的閉環追蹤體系，並強化中央與地方在廢漁網管理上的協調能力與決策依據。

4.3. 再生尼龍生命週期評估研究結果

久總實業股份有限公司（以下簡稱久總）創立於 1994 年，致力於提供好品質尼龍、PP 複合性工程塑料為主體。在 2023 年，公司取得 GRS 全球回收標準

認證，展現對環境永續承諾。久總將持續朝向產能綠化及節能減碳的目標前進，實現共好共存的理念。

本次盤查標的產品「海廢尼龍塑粒」採用回收海廢漁網和回收廢紗為主材料，搭配玻璃纖維、增韌劑等添加劑進行改性，以提供客戶高品質及高穩定性的產品。



圖 10、久總盤查標的產品—海廢尼龍塑粒

本研究採用生命週期評估分析方法研究，生命週期評估方法為工業生態學中常見的環境衝擊評估工具，通常包含四大階段：目標與範疇界定、盤查階段、衝擊評估與結果闡釋。期評估結果可用於政策評估、產品環境衝擊熱點分析(近年亦有社會衝擊分析或永續衝擊分析方法)、綠色設計或是循環經濟結果效益分析。

本標的產品盤查範疇設定為搖籃到大門階段(Cradle to Gate)，其邊界包括產品離開組織前的評估(即涵蓋原料取得及製造兩階段)，不包括銷售、使用與最終廢棄階段。

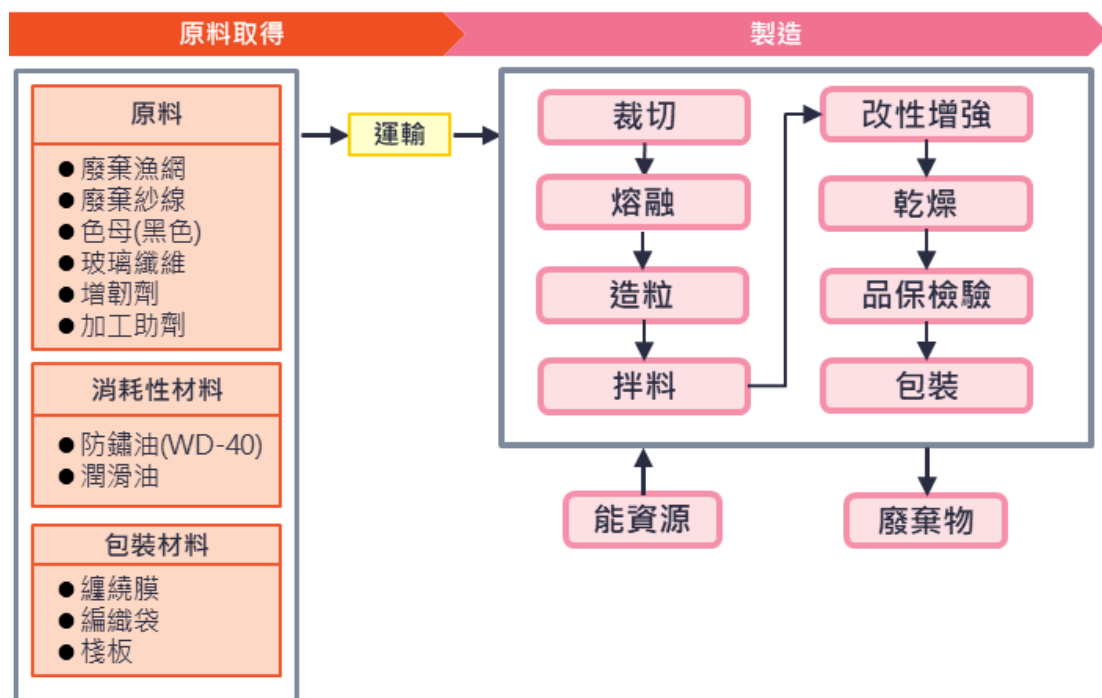


圖 11、久總生產海廢尼龍粒製程階段

4.3.1. 盤查分析階段

在生命週期評估進行之前，首先需建立完整的生命週期盤查清單 (Life Cycle Inventory, LCI)。

本研究於此階段主要蒐集再生尼龍與原生尼龍生產過程中所有相關的投入 (Inputs) 與產出 (Outputs) 資料，以確保後續衝擊評估之準確性。

資料來源包括：

- **再生尼龍生產活動數據**：蒐集國內再生尼龍粒生產業者（以廢漁網為原料）之原料、電力、水資源、柴油使用量，以及運輸距離等實際操作數據。
- **廢漁網活動數據**：蒐集久總主要的廢漁網上游供應商(翔賀海洋企業社)，與久總間的運輸距離。由於翔賀並無用水清洗，主要為整網作業，因此不納入整體環境衝擊計算。

由於本案需要與尼龍粒(PA6)做整體性 LCA 比較，因此皆以 SimaPro 資料庫中的 Ecoinvent V3.8 係數為主。另外由於部分原料並無對應排放係數，因此使用 SimaPro 軟體之 Ecoinvent V3.8 資料庫中相似製程，如：耐寒劑因物性相近，以 Polyethylene, high density, granulate 作為替代，以維持系統完整性與模型一致性。最終清單資料以「每生產 1 公斤再生尼龍粒」為功能單位 (Functional Unit, FU) 進行量化，並輸入 SimaPro 進行後續的生命週期衝擊分析 (LCIA)。

本研究依據 ISO 14040 與 ISO 14044 標準，針對原生尼龍粒 (Virgin PA6) 與再生尼龍粒 (Recycled PA6) 進行盤查分析。主要資料來源為 Ecoinvent v3.8 (Cut-off, S) 資料庫，並以 SimaPro 軟體建立流程模型。功能單位設定為 1 kg 尼龍 6 顆粒 (cradle-to-gate)，即自原料開採或回收階段至顆粒生產廠出貨前之系統邊界。

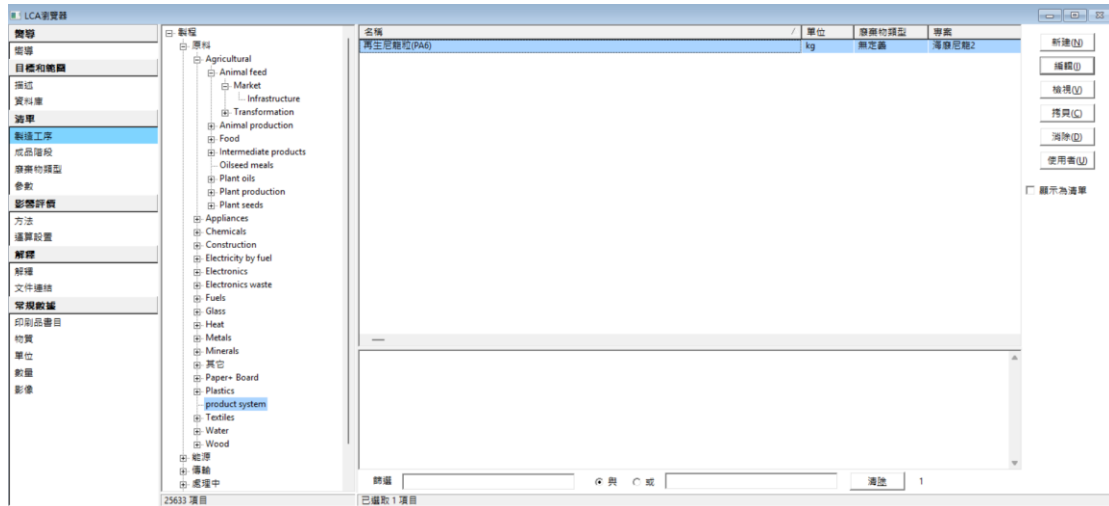


圖 12、再生尼龍粒 (Recycled PA6) 生命週期盤查模型

為建立本研究之再生尼龍粒 (Recycled PA6) 生命週期盤查模型，首先蒐集久總公司前期相關生產活動之數據，包含原料投入、能源使用、運輸距離、廢棄物處理及各項製程參數，並依據所得資料於 SimaPro 中新建再生料製程項目 (Recycled PA6 production)。蒐集所得之活動數據依單位質量 (1 kg 再生顆粒) 進行標準化後，匯入系統以進行後續生命週期衝擊分析 (LCIA)。

(1) 原料及原料運輸階段：

- **塑膠料 (廢漁網)**：主要原料來源，來自屏東翔賀公司回收、整理之廢棄漁網，再經切碎與熔融抽絲後形成再生尼龍基材。
- **黑色母 (Black Masterbatch)**：用於產品著色與抗紫外線，主要成分為碳黑 (Carbon black) 與聚乙烯載體 (LDPE 或 HDPE)。本研究依據其 SDS 中成分比例 (碳黑約 38%，PE 約 62%)，於資料庫中建立新項目以反映實際配方，並以 Ecoinvent 之碳黑與聚乙烯資料加權整合成黑色母係數。
- **玻璃纖維 (Glass fibre)**：用於提升再生料之強度與耐熱性，採用 Ecoinvent 之「Glass fibre production, RoW」資料集代表。
- **耐寒劑 (Cold-resistant agent)**：改善材料在低溫環境下之柔韌性，因 ecoinvent 資料庫中無相對應項目，參考其 SDS (主要組成低分

子量聚酯及脂肪族化合物)，以物性相近之「Polyethylene, high density」之係數替代。

- **WAX-E (潤滑蠟助劑)**：於提升混煉流動性與表面光滑度，同樣因資料庫中無相應項目，參考其 MSDS 中的化學性質（聚乙烯基蠟與酯類混合物），以「low-density polyethylene (LDPE)」之係數近似替代。
- **硬脂酸鋅 (Zinc stearate)**：作為潤滑劑及穩定劑，使用 Ecoinvent 之「Zinc stearate, at plant / US」資料集代表。

表 10、原料階段活動數據

NO	生命週期階段	子階段	排放源項目	屬性	數據來源		
					原始數值	單位	數據來源
1	原料取得階段	物料	塑膠料	主要原料	679.0000	kg	雙軸生產製單、廠內領料單、
2	原料取得階段	物料	黑色母	輔助原料	30.0000	kg	雙軸生產製單、廠內領料單、
3	原料取得階段	物料	玻璃纖維	輔助原料	200.0000	kg	雙軸生產製單、廠內領料單、
4	原料取得階段	物料	耐寒劑	輔助原料	100.0000	kg	雙軸生產製單、廠內領料單、
5	原料取得階段	物料	硬脂酸鋅	輔助原料	0.4000	kg	雙軸生產製單、廠內領料單、
6	原料取得階段	物料	WAX-E	輔助原料	0.4000	kg	雙軸生產製單、廠內領料單、

資料來源：本研究整理

表 11、原料「運輸」階段活動數據

NO	生命週期階段	子階段	排放源項目	屬性	活動數據							
					分類	原始數值	單位	單位轉換	單位	換算結果	單位	數據來源
10	原料取得階段	運輸	塑膠料	運輸	陸運	0.6790	mt	194.0	km	131.726	tkm	雙軸生產製單、廠內領料單、google maps
11	原料取得階段	運輸	黑色母	運輸	陸運	0.0300	mt	192.0	km	5.7600	tkm	雙軸生產製單、廠內領料單、google maps
12	原料取得階段	運輸	玻璃纖維	運輸	陸運	0.2000	mt	157.0	km	31.4000	tkm	雙軸生產製單、廠內領料單、google maps
13	原料取得階段	運輸	耐寒劑	運輸	陸運	0.1000	mt	192.0	km	19.2000	tkm	雙軸生產製單、廠內領料單、google maps
14	原料取得階段	運輸	硬脂酸鋅	運輸	陸運	0.0004	mt	143.0	km	0.0572	tkm	雙軸生產製單、廠內領料單、google maps

15	原料取得階段	運輸	WAX-E	運輸	陸運	0.0004	mt	143.0	km	0.0572	tkm	雙軸生產製單、廠內領料單、google maps
16	原料取得階段	運輸	WAX-E	運輸	海運	0.0004	mt	1,003.2	km	0.4013	tkm	雙軸生產製單、廠內領料單、google maps
17	原料取得階段	運輸	PE 膜	運輸	陸運	0.0000	mt	6.8	km	0.0000	tkm	google maps
18	原料取得階段	運輸	包裝袋	運輸	陸運	0.0000	mt	42.1	km	0.0004	tkm	google maps
19	原料取得階段	運輸	潤滑油	運輸	陸運	-	mt	-	km	0.0000	tkm	google maps

資料來源：本研究整理

(2) 製造階段

於製造階段，久總實業公司之再生尼龍粒生產流程主要包括：廢漁網前處理（清洗、乾燥、破碎）、主體混煉造粒、冷卻、切粒與包裝。在此階段，主要碳排放來源為電力使用，其次為柴油燃料與製程用水。而原料運輸階段相關資料蒐集如下，大部分為柴油大客車運輸，WAX-E 為海運。

- **電力使用：**久總實業之再生尼龍粒生產共進行三個批次，分別於 2024 年 9 月、2025 年 3 月及 2025 年 5 月生產，總產量約為 1,000 kg 再生尼龍顆粒。

為計算其電力使用量，本研究蒐集三個批次期間之實際電費帳單，並依據該期間再生料產量比例進行分配，將總用電量折算為每公斤產品之平均用電。計算邏輯如下：

$$\text{用電量 (kWh/kg)} = \frac{\text{各期電費對應用電量} \times \text{該期再生料產量比}}{\text{總產量 (kg)}}$$

由此推估，再生尼龍粒製造階段之平均電力使用量約 6.05 kWh/kg。電力係數採用 Ecoinvent v3.8 資料庫中 “Electricity, medium voltage, market for, Taiwan (TW)” 之項目，以反映台灣地區電力組成（主要包含燃煤、天然氣與再生能源）。

- **水資源使用：**再生製程需大量用水於漁網清洗、冷卻及造粒後處理。水資源使用量同樣以三個批次期間之自來水帳單資料為基礎，依生產量比例分配至再生尼龍產品。

$$\text{用水量 (kWh/kg)} = \frac{\text{各期水費對應用水量} \times \text{該期再生料產量比}}{\text{總產量 (kg)}}$$

久總實業用水來源皆為 台灣自來水公司，因此其環境係數採用 Ecoinvent “Tap water, market group for, GLO”，平均用水量估計約 0.564 kg/kg 產品，作為製程中清洗及冷卻循環用水之代表值。

- **柴油使用**：製程中柴油主要用於柴油發電機，作為電力中斷時之備援能源。柴油使用量依據久總實業向中油購買發票之紀錄，取其生產各產品期間實際使用數據，按再生料產品重量比例換算為每公斤產品之使用量。

$$\text{使用柴油量 (kWh/kg)} = \frac{\text{各期發票單據對應柴油量} \times \text{該期再生料產量比}}{\text{總產量 (kg)}}$$

- **一般廢棄物**：製造過程中，主要產生廢棄物為一般生活廢棄物，蒐集重量來自於清運單據。將蒐集生產期間所產生的廢棄物重量，依重量分配至標的產品上。廢棄物運輸，皆委由清運商運送至仁武垃圾焚化廠，運輸工具類型為柴油大貨車。

表 12、製造及製程中廢棄階段資料蒐集

NO	生命週期階段	子階段	排放源項目	屬性	活動數據							
					分類	原始數值	單位	單位轉換	單位	換算結果	單位	數據來源
20	製造階段	物料	電力	能資源	-	705.92	度					電費單
21	製造階段	物料	水力	能資源	-	0.5640	度	1.0	m ³ /度	0.5640	m ³	水費通知單
22	製造階段	物料	柴油	能資源	-	2.7024	公升					電子發票
23	製造階段	運輸	柴油	能資源	陸運	0.0033	公升	6.400	km	0.0210	tkm	
24	製造階段	運輸	事業員工生活垃圾 (H-0002) 事業活動產生之一般性垃圾 (D-1801)	運輸	陸運	4.6000	mt	169.0	km	777.4	tkm	廢棄物委託清運處理合約
25	製造階段	廢棄	化糞池	廢棄								0
26	製造階段	廢棄	事業員工生活垃圾 (H-	廢棄	焚化	4.6	mt					0

		0002) 事業活動 產生之一 般性垃圾 (D- 1801)										
--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

資料來源：本研究整理

表 13、相關排放係數整理

類別	中文名稱	排放係數項目 (SimaPro 名稱)	單位	數 活 動 數 據	說明
原料	玻璃纖維 (全球其他地區)	Glass fibre {RoW} glass fibre production	kg	30	製程補強用玻璃纖維
	高密度聚乙烯顆粒 (全球其他地區)	Polyethylene, high density, granulate {RoW}	kg	200	黑色母載體 (38% 碳黑 + 62% HDPE)
	線性低密度聚乙烯顆粒 (全球其他地區)	Polyethylene, linear low density, granulate {RoW}	kg	8	黏結或相容性材料 (WAX-E)
	硬脂酸鋅 (美國)	Dummy_Zinc stearate, at plant / US	kg	0.4	潤滑、防黏與穩定助劑
運輸	貨車運輸 3.5-7.5 噸 EURO6 (全球其他地區)	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 {RoW}	t·km	131.726	主要原料陸運
	海運 貨櫃船 (全球)	Transport, freight, sea, container ship {GLO}	t·km	0.4013	原料進口海運
	貨車運輸 3.5-7.5 噸 EURO6 (全球其他地區)	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 {RoW}	t·km	19.2	成品外運
能源	中壓電力 (台灣電網)	Electricity, medium voltage (TW) market for electricity	kWh	6050.1	造粒及乾燥用電
	柴油燃燒 (柴油發電機 18.5 kW)	Diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5 kW {GLO}	MJ	96.74	機台輔助燃料或後備電源
資源與 耗材	自來水 (全球平均)	Tap water {GLO} market group for tap water	kg	564	冷卻與清洗用水
廢棄物 流	廢棄物焚化處理	Waste in incineration	ton	4.6	清洗過程廢渣及包裝物焚化處理

資料來源：本研究整理

從自然(資源)的已知輸入		子區-	數量	單位	分佈	SD^2 或 2^SD	最小值	最大	註解
(在這裏插入行)									
從技術領域(原料/燃料)的已知輸入			數量	單位	分佈	SD^2 或 2^SD	最小值	最大	註解
黑色母									
Glass fibre (RoW) glass fibre production Cut-off, S			30	kg	未定義的				黑色母(38%玻黑+62%HDPE)
Polyethylene, high density, granulate (RoW) polyethylene production, high density, granulat			200	kg	未定義的				玻璃纖維
Polyethylene, linear low density, granulate (RoW) polyethylene production, linear low densit			0.4	kg	未定義的				WAX-E
Dummy_Zinc stearate, at plant/US			100	kg	未定義的				耐摩劑
Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 (RoW) transport, freight, lorry 3.5-7.5 metri			0.4	kg	未定義的				硬脂酸鈣
Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 (RoW) transport, freight, lorry 3.5-7.5 metri			131.726	tkm	未定義的				廢油運輸
Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 (RoW) transport, freight, lorry 3.5-7.5 metri			5.76	tkm	未定義的				黑色母運輸
Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 (RoW) transport, freight, lorry 3.5-7.5 metri			31.4	tkm	未定義的				玻璃纖維運輸
Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 (RoW) transport, freight, lorry 3.5-7.5 metri			0.0001	tkm	未定義的				WAX-E運輸
Transport, freight, sea, container ship [GLO] transport, freight, sea, container ship Cut-off, S			0.4013	tkm	未定義的				WAX-E運輸(海)
Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 (RoW) transport, freight, lorry 3.5-7.5 metri			19.2	tkm	未定義的				耐摩劑運輸
Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 (RoW) transport, freight, lorry 3.5-7.5 metri			0.0001	tkm	未定義的				硬脂酸鈣運輸
Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 (RoW) transport, freight, lorry 3.5-7.5 metri			0.021	tkm	未定義的				柴油運輸
Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO6 (RoW) transport, freight, lorry 3.5-7.5 metri			0.6981	tkm	未定義的				
(在這裏插入行)									
從技術領域(電/熱)的已知輸入			數量	單位	分佈	SD^2 或 2^SD	最小值	最大	註解
Electricity, medium voltage [TW] market for electricity, medium voltage Cut-off, S									
			60505.01	kWh	未定義的				
Tap water [GLO] market group for tap water Cut-off, S									
			564	kg	未定義的				
Diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5kW [GLO] market for diesel, burned in die									
			96.74	MJ	未定義的				
(在這裏插入行)									
輸出量									
排放到空氣		子區-	數量	單位	分佈	SD^2 或 2^SD	最小值	最大	註解
(在這裏插入行)									
排放到水裏		子區-	數量	單位	分佈	SD^2 或 2^SD	最小值	最大	註解
(在這裏插入行)									
排放到土壤		子區-	數量	單位	分佈	SD^2 或 2^SD	最小值	最大	註解
(在這裏插入行)									

圖 13、活動數據 SimaPro 輸入畫面

輸出量									
排放到空氣		子區-	數量	單位	分佈	SD^2 或 2^SD	最小值	最大	註解
(在這裏插入行)									
排放到水裏		子區-	數量	單位	分佈	SD^2 或 2^SD	最小值	最大	註解
(在這裏插入行)									
排放到土壤		子區-	數量	單位	分佈	SD^2 或 2^SD	最小值	最大	註解
(在這裏插入行)									
最後廢物流量		子區-	數量	單位	分佈	SD^2 或 2^SD	最小值	最大	註解
(在這裏插入行)									
無原料排放		子區-	數量	單位	分佈	SD^2 或 2^SD	最小值	最大	註解
(在這裏插入行)									
社會問題		子區-	數量	單位	分佈	SD^2 或 2^SD	最小值	最大	註解
(在這裏插入行)									
經濟問題		子區-	數量	單位	分佈	SD^2 或 2^SD	最小值	最大	註解
(在這裏插入行)									
已知輸出到技術領域、廢物和排放處理			數量	單位	分佈	SD^2 或 2^SD	最小值	最大	註解
Municipal solid waste [TW] treatment of municipal solid waste, incineration Cut-off, S			0.0041	ton	未定義的				
(在這裏插入行)									

圖 14、活動數據 SimaPro 輸入畫面 2

4.3.2. 衝擊評估(LCIA)階段

本研究採用 ReCiPe 2016 Midpoint (H) 作為生命週期衝擊評估 (Life Cycle Impact Assessment, LCIA) 方法，評估再生尼龍粒 (Recycled PA6) 及原生尼龍粒 (Virgin PA6) 在生產階段之潛在環境衝擊。

(1) 方法概述：

ReCiPe 方法為由荷蘭萊頓大學 (Leiden University)、國家公共衛生與環境研究院 (RIVM)、Radboud 大學與 PRé Consultants 共同開發之國際標準化 LCIA 方法，係自 CML 2001 及 Eco-indicator 99 方法整合發展而成。ReCiPe 提供兩種層級的衝擊評估：

- **Midpoint 層級（中點指標）**：以問題導向方式呈現，涵蓋 18 個主要環境衝擊類別（如全球暖化、酸化、富營養化、資源枯竭等），其結果單位具科學可追溯性與較低的不確定性。
- **Endpoint 層級（終點指標）**：以損害導向方式呈現，將中點結果整合為對「人類健康」「生態系統品質」及「資源匱乏性」三大領域的影響。

本研究採用 Midpoint (H) 模式，其中“H”代表 Hierarchist（層級中庸假設）觀點，為 ReCiPe 方法中最常用、最具政策中立性的假設組合，兼顧科學合理性與國際可比性。ReCiPe 2016 Midpoint (H) 所包含之主要衝擊指標類別如下表所示：

表 14、ReCiPe 2016 Midpoint (H) 所包含之主要衝擊指標

類別	中文名稱	主要單位	代表意義
Global warming	全球暖化潛勢	kg CO ₂ eq	對氣候變遷的貢獻
Stratospheric ozone depletion	平流層臭氧消耗	kg CFC-11 eq	對臭氧層破壞影響
Ionizing radiation	電離輻射	kBq Co-60 eq	對人類健康輻射暴露影響
Ozone formation, Human health	臭氧形成（人類健康）	kg NO _x eq	影響都市臭氧與光化學煙霧
Fine particulate matter formation	懸浮微粒形成	kg PM _{2.5} eq	對呼吸系統的潛在危害
Terrestrial acidification	陸域酸化	kg SO ₂ eq	土壤與植被酸化
Freshwater eutrophication	淡水富營養化	kg P eq	對水體生態影響
Marine eutrophication	海洋富營養化	kg N eq	對海洋生態影響
Terrestrial ecotoxicity	陸域生態毒性	kg 1,4-DCB eq	對陸域生物毒性影響
Freshwater ecotoxicity	淡水生態毒性	kg 1,4-DCB eq	對淡水生物毒性影響
Marine ecotoxicity	海洋生態毒性	kg 1,4-DCB eq	對海洋生物毒性影響
Human carcinogenic toxicity	人類致癌毒性	kg 1,4-DCB eq	長期暴露致癌風險
Human non-carcinogenic toxicity	人類非致癌毒性	kg 1,4-DCB eq	化學物質對人體非致癌性傷害
Land use	土地使用	m ² a crop eq	對生態棲地占用影響
Mineral resource scarcity	礦產資源稀缺性	kg Cu eq	礦物開採造成之資源消耗
Fossil resource scarcity	化石資源稀缺性	kg oil eq	化石燃料消耗潛勢
Water consumption	水資源消耗	m ³	水體使用壓力

資料來源：本研究整理

於最終比較再生尼龍粒與原生尼龍粒時，由於部分指標較無相關性，因此最終選擇較具相關性指標，包含：溫室氣體潛勢 (GWP)、水域優養化(Eutrophication)、化石資源稀缺性 (Fossil resource scarcity)、水資源消耗量 (Water consumption)、人體具致癌性毒性潛勢 (Human carcinogenic toxicity)、土地利用 (Land use)作為兩者評估標的。

表 15、關鍵 LCIA 指標選擇理由

指標	為何具代表性	在尼龍材料的特性
溫室氣體潛勢 (GWP)	幾乎所有 LCA 研究的標準指標。直接反映溫室氣體潛勢	對原生尼龍最關鍵；因己內酰胺合成為高能耗步驟
水域優養化 (Eutrophication)	與化學反應與廢水直接相關，常代表「污染控制」成效	原生尼龍聚合過程廢水含氮磷高；再生料僅清洗階段少量貢獻
化石資源稀缺性 (Fossil resource scarcity)	衡量對石化能源依賴度的指標	對比非常清楚：原生尼龍完全仰賴石油單體；再生料幾乎不需新石化原料
水資源消耗量 (Water consumption)	反映製程用水、冷卻水與洗滌用水壓力	原生尼龍聚合用水高，再生料主要在清洗步驟。減量高達 95%
人體具致癌性毒性潛勢 (Human carcinogenic toxicity)	代表化學製程中的重金屬、揮發性有機物等潛在風險	原生尼龍催化與燃燒階段常含鎳、鉻殘留。再生料不涉及化學合成，減量顯著

資料來源：本研究整理

4.3.3. 生命週期評結果

本章節主要討論再生尼弄例 LCA 評估結果，以及各程序熱點分析，接著討論最被關注的指標-氣候變遷潛勢，最後比較再生尼龍粒與原生尼龍粒的衝擊。

● 1 kg 再生尼龍粒各衝擊類別主要排放源佔比

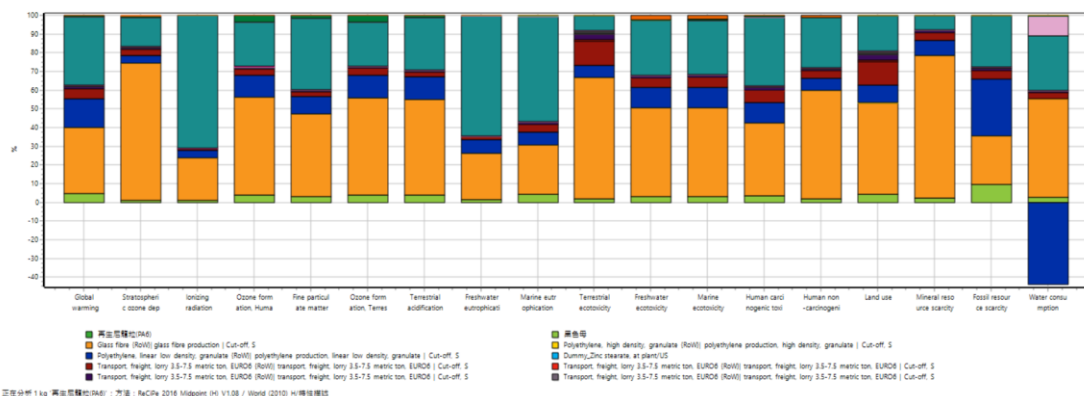


圖 15、再生尼龍粒 LCA 評估結果

上圖顯示以 ReCiPe 2016 Midpoint (H) 方法進行之再生尼龍粒 (RePA6) 於各環境衝擊類別下的貢獻分佈結果。整體而言，電力使用(藍綠色)是最主要的環境負荷來源，在多數衝擊類別中均佔顯著比例，顯示再生尼龍造粒過程中的乾燥、熔融與擠出階段為能源密集型作業。

在氣候變遷潛勢 (Global warming)、臭氧層消耗 (Stratospheric ozone depletion)、酸化 (Terrestrial acidification)、優養化 (Eutrophication) 及人類健康相關衝擊 (Human carcinogenic toxicity) 等多數類別中，電力貢獻皆超過總衝擊的 40~60%，顯示電力結構對再生尼龍環境表現具關鍵影響。若能導入再生能源電力(如太陽能或風能)，可顯著降低整體溫室氣體排放與人類健康風險。

此外，玻璃纖維 (Glass fibre) 及聚乙烯添加物 (Polyethylene, LLDPE/HDPE) 亦為主要次要貢獻來源。前者在化石資源稀缺性 (Fossil resource scarcity)、礦物資源稀缺性 (Mineral resource scarcity) 與土地利用 (Land use) 等類別中佔比突出，主要因其原料冶煉與高溫熔製過程能耗高；後者則在臭氧生成 (Ozone formation) 與酸化潛勢 (Acidification) 類別中顯現，反映石化材料生產中 NO_x 、 SO_2 的排放貢獻。

相對之下，運輸階段 (公路及海運) 在各指標中的佔比普遍低於 10%，顯示運輸對整體再生尼龍環境衝擊的影響有限。值得注意的是，在水資源消耗 (Water consumption) 類別中部分呈現負值，代表系統邊界中納入了「原料替代效益 (Substitution credit)」，即再生尼龍生產可避免原生尼龍所需的大量水資源使用。

綜合分析結果可知，再生尼龍粒的環境衝擊主要受限於電力來源與輔料製程能耗。未來若能透過再生能源轉換、提升設備能效及開發低碳輔料，將可大幅提升再生尼龍在整體生命週期中的環境效益，進一步朝向低碳循環材料的目標邁進。

● 1 kg 再生尼龍粒氣候變遷類別衝擊說明

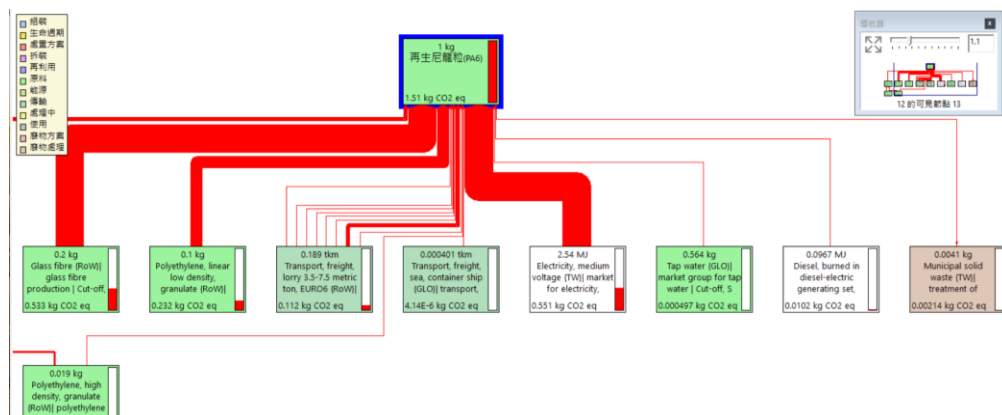


圖 16、各程序於溫室氣體潛勢貢獻大小

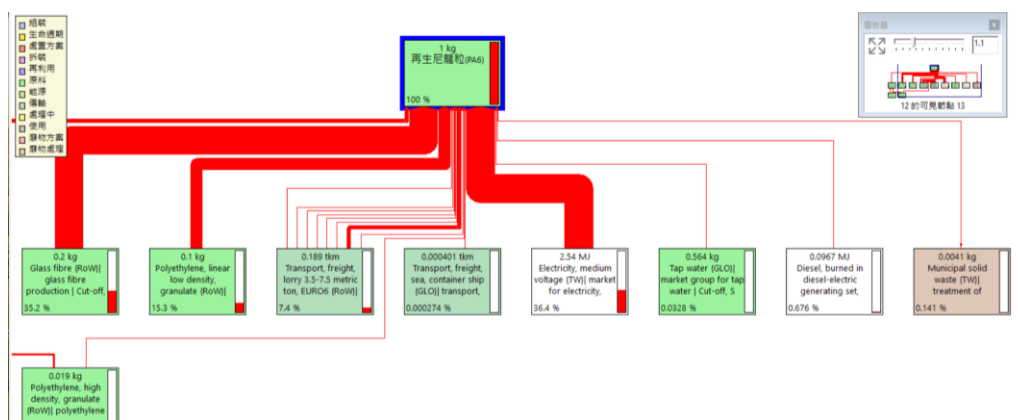


圖 17、各程序於溫室氣體潛勢貢獻百分比

上圖顯示以 1 公斤再生尼龍粒 (RePA6) 為功能單位 (Functional Unit) 之生命週期氣候變遷潛勢 (Global Warming Potential, GWP) 貢獻分析結果。整體溫室氣排放量約為 1.51 kg CO₂-eq/kg RePA6。由貢獻分析可觀察到，主要排放來源集中於電力使用與原料生產階段，其中電力使用約佔 36.4%，其次為玻璃纖維製造 (35.2%) 與線性低密度聚乙烯 (LLDPE) 添加 (15.3%)。

電力為再生尼龍生產過程中最主要的能耗來源，主要用於乾燥、擠出與造粒階段；而玻璃纖維與聚乙烯則作為增強與助劑原料，屬於外部採購材料，其生產過程的能源使用與上游排放佔整體碳排比例高。玻璃纖維為再生尼龍粒的重要補強材，其生產過程涉及高溫熔融與拉絲製程，需大量熱能與電能。

運輸活動 (公路及海運) 雖為必要環節，但相對貢獻僅約 7.4% 以下，顯示運輸階段對整體氣候衝擊影響有限。此外，水資源與廢棄物處理的碳排比例皆小於 1%，顯示製程端的能源消耗才是主導整體碳足跡的關鍵因子。

整體而言，再生尼龍粒的氣候變遷潛勢主要受制於電力結構與上游輔料製造過程，若未來能進一步採用再生能源供電或低碳輔料 (例如生物基玻璃纖維或再生 PE)，其環境效益將可進一步提升。

● 比較再生 PA 6 與原生 PA 6 生命週期評估結果

根據本研究以 ReCiPe 2016 Midpoint (H) 方法所進行之生命週期衝擊評估結果顯示，再生尼龍 (RePA6) 在各主要環境衝擊類別中，均較原生尼龍 (PA6) 呈現顯著減量效果。整體而言，使用回收漁網製成之再生尼龍粒相較於以己內酰胺 (caprolactam) 合成之原生尼龍，可有效降低約 77% 至 96% 的環境負荷。

在各衝擊指標中，以氣候變化潛勢 (GWP) 最具代表性，再生尼龍僅產生 1.51 kg CO₂-eq，遠低於原生尼龍的 6.7–9.79 kg CO₂-eq。此差異主要源於再生尼龍生產階段可避免原料製造與聚合反應所需的高能耗化學過程，並藉由原料替代效益減少整體碳排。本研究搜尋相關溫室氣體文獻，日本公司 (REFINVERSE) 曾做過再生尼龍溫 LCA 研究，其碳足跡數值為 6.7 kgCO₂e，而國內環境部碳足跡資訊網足跡數值為 7.1kgCO₂e。另 Ecoinvent 中，尼龍粒碳足跡數值為 9.79CO₂e，綜合比較下，碳排放量降低約 77.5%~84.6%。

在水域優養化 (Eutrophication) 與化石資源稀缺性 (Fossil Resource Scarcity) 方面，再生尼龍分別降低 80.2% 與 78.5%，顯示其生產過程中對氮磷排放與石化燃料消耗的需求顯著減少。

水資源消耗量 (Water Consumption) 為改善幅度最高的項目，下降約 95.8%，主因為再生尼龍製程中不需額外化學聚合或冷卻循環水，僅涉及清洗與造粒程序。

在人類健康面向中，人體具致癌性毒性潛勢 (Human Carcinogenic Toxicity) 亦降低 81%，反映出再生製程中重金屬、溶劑及副產氣體排放量相對減少。

最後，在土地利用 (Land Use) 指標中，再生尼龍亦比原生尼龍降低 90%，顯示其原料來源不再依賴化石燃料或農業化學品原料供應鏈，整體用地壓力顯著緩解。

綜合而言，生命週期評估結果明確指出，再生尼龍不僅可大幅降低碳排與能源消耗，亦在水資源利用與人類健康風險方面具顯著改善效益。此結果支持廢漁網回收再利用策略在環境永續與循環經濟推動上的實質價值，顯示其為傳統原生塑膠替代材料中具高潛力的永續選項。

表 16、再生尼龍與原生尼龍粒環境衝擊比較

衝擊項目	單位	再生尼龍 (RePA6)	原生尼龍 (PA6)	相對減量 (%)
溫室氣體潛勢 (GWP)	kg CO ₂ eq	1.51	9.79 (6.7~9.79)	↓ 77.5%~84.6%
水域優養化 (Eutrophication)	kg P eq	0.0005939	0.003	↓ 80.2%
化石資源稀缺性 (Fossil resource scarcity)	kg oil eq	0.535	2.49	↓ 78.5%
水資源消耗量 (Water consumption)	m ³	0.00282	0.0669	↓ 95.8%
人體具致癌性毒性潛勢 (Human carcinogenic toxicity)	kg 1,4-DCB eq	0.488	2.57	↓ 81.0%
土地利用 (Land use)	m ² a crop eq	0.000624	0.00626	↓ 90.0%

資料來源：本研究整理

參考文獻

英文文獻

1. 中技社 (2018)。《循環經濟系列叢書第二冊：循環經濟評估工具技術》。台北市：財團法人中技社。
2. 黃洄慈(2021)。台灣沿岸廢棄漁具現況調查與永續減量發展關鍵因素之評估。國立端海洋大學環境生物與漁業科學學系研究所碩士論文。
3. 藍國璋 (2019)，漁業廢棄物生命週期調查分析暨保育型漁具改良計畫。榮成循環經濟環保基金會。
4. 蘇敬端、Falk Schneider、林心恬 (2021)。Material Flow Analysis (MFA) of commercial fishing gears and its problem in Taiwan。中華民國環境工程學會 2022 環境資訊與規劃管理研討會。
5. Belmokhtar, Z., Pasciucco, F., & Schneider, F. (2025)。 *Mechanical and thermal properties of recycled fishing net-derived polyamide 6/switchgrass fiber composites for automotive applications*。
6. Gilman, E. (2015). *Status of international monitoring and management of abandoned, lost and discarded fishing gear and ghost fishing*. **Marine Policy**, **60**, 225–239.
7. Gilman, E., Musyl, M., Suuronen, P., Chaloupka, M., Gorgin, S., Wilson, J., & Kuczenski, B. (2021). *Highest risk abandoned, lost and discarded fishing gear*. **Scientific Reports**, **11(1)**, 7195.
8. Hennøen, H. C. (2021). *A material flow analysis of recycling of gillnets from Norwegian fisheries: Case study of the Northern periphery and Arctic region*. Norwegian University of Science and Technology (NTNU).
9. Pasciucco, F., Belmokhtar, Z., & Schneider, F. (2024)。 *Recycling polyamide 6 fishing nets and carbon fibers for the development of novel sustainable composites: Properties and LCA process analysis*。
10. Schneider, F., Pasciucco, F., & Belmokhtar, Z. (2023)。 *Life cycle assessment (LCA) on waste management options for derelict fishing gear*。
11. Thomas, K., C. Dorey, F. Obaidullah (2019). *Ghost gear: the abandoned fishing nets haunting our oceans*. Greenpeace Germany. 10/2019.

12. Zlaugotne, B., Pasciucco, F., & Schneider, F. (2025) ◦ *Fishing net waste management: Quantification and valorization* ◦