

尼龍的蛻變—朝永續環保前進

紡織所產服部 產業研究團隊

前言

尼龍，本名是「聚醯胺纖維(polyamide fiber)」，俗稱尼龍(Nylon)或耐隆，中國則稱為「錦綸」。於 1935 年由美國杜邦公司發明，後因於 1940 年製作女性所穿之絲襪而聲名大噪，因此也被視為絲綢的代替品。尼龍的外觀和聚酯纖維相較之下有較亮的光澤，彈性也較好，觸感也較柔順光滑。

尼龍纖維的生產

尼龍與塑膠的原始材料都來自石油，換言之，兩者其實是類似的產品。但因尼龍較塑膠有更好的延展性(更強韌)、更具有彈性、不易磨損且輕柔保暖，因此尼龍在軍事用途上，可用來做防彈衣、降落傘或繩索等。而在運動用品方面，因較好的柔順感和延展性，則適用於製作瑜珈服或貼身內衣褲。無論是尼龍或是塑膠，兩者都易於清洗，但聚酯纖維排水性較尼龍強，具有較好的吸濕排汗效果，汗水被吸入纖維後能夠較快蒸發。因此，聚酯纖維較適合做高強度運動的服裝，例如籃球或足球的運動服飾。

根據紡織交易所(Textile Exchange)的調查結果，2021 年全球尼龍纖維的總產量約為 5.9 百萬噸，較 2020 年增加約 0.5 百萬噸，在全球纖維市場的市佔率約 5%。和塑膠相同的，因尼龍原料也是來自石化燃料，使用後的服飾不易分解。因此，使用尼龍纖維在其產品生命週期中，會對環境產生以下的負面的影響：第一，纖維的製造過程勢必會釋放出溫室氣體。第二、在染色的過程中，尼龍纖維需用酸性染料上色，染色後勢必排放出有毒廢水。第三、消費者洗滌使用後的服飾勢必會釋放出尼龍微粒，將會透過下水道排入河川和海洋，對海洋環境產生衝擊。第四、焚化廢棄的尼龍布料或服飾勢必會釋放出大量的溫室氣體和有毒煙霧。

綜觀以上所述，尼龍纖維製造、使用過程對環境造成汙染，除改善製程以降低溫室氣體和有毒廢水排放外，對於上述問題的解決方法也只剩下兩種：第一、回收已使用之廢棄尼龍紡織製品。第二、以生物基方法生

產聚醯胺取代石化基聚醯胺。但有關第二點之方法，因目前市場上具有生產生物基聚醯胺能力的廠商並不多，在量能的供應上仍嫌不足，因此在現有的尼龍纖維市場上，還是以回收廢棄尼龍紡織製品做為降低對環境汙染的主要發展策略。

尼龍紡織品的回收

聚醯胺廢棄物的回收又可分為消費前和消費後，消費前的廢棄物通常指的是加工廢料、織物殘料或其他聚醯胺廢料，而消費後通常是指廢棄漁網或地毯等使用過的產品。目前尼龍紡織品回收市場雖有逐年成長的趨勢，但成長速度相當緩慢。2021 年全球大約只生產 10 萬噸的回收尼龍，僅占尼龍纖維市場約 1.9%。而其成長緩慢的原因有以下三點：

1. 技術困難：尼龍為高分子聚合物，在回收重製後會產生分子鏈斷裂，進而大幅影響纖維的機能性，故僅能被降級使用。
2. 原料質量和供應的限制：由於尼龍常與其他纖維混紡，以至於廢棄尼龍製品難以進行原料的分解。此外，因尼龍本身產量即不大，因此回收量並無法滿足現有產線的產能。
3. 石化基產品成本相對低廉：石化原料的成本原本即較為低廉，回收尼龍並無法獲取較高的利潤，這也是廠商不願意回收廢棄尼龍製品的原因之一。

回收尼龍將有助於人類降低對石化原料的依賴性，減少尼龍廢棄物，也減少溫室氣體排放，是紡織業走向淨零減碳的正確方向之一。根據義大利人造纖維公司 Aquafil 的估計，每回收 10,000 噸的再生己內醯胺原料，將可節省約 70,000 桶的石油。

生物基聚醯胺纖維市場

目前全球生物基聚醯胺纖維每年的產量大約只有 20,000 噸，僅佔全球聚醯胺纖維市場約 0.4%。而生物基聚醯胺纖維的提煉主要是來自蓖麻油 (castor oil)，即是以植物纖維取代原本由石化原料提煉的聚醯胺纖維。

目前國際間著手生物基聚醯胺纖維研發的公司並不多，以下就幾家國際性企業的研發結果做簡要說明：

1. 上海凱賽公司(Cathay)：以「生物基戊二胺」生產「生物基聚醯胺」，該系列產品所用之原料皆 100% 來自可再生之植物性原料。
2. Fulgar：是一家義大利尼龍纖維公司，該公司研發之 EVO 生物基聚醯胺纖維 100% 由蓖麻油提煉。
3. RadiciGroup：是一家位於巴西的尼龍纖維製造商，所推出之生物基纖維 Biofeel、Dorix、Radilonru 的成分皆 100% 來自蓖麻油和農業廢棄物。
4. Toray：日本纖維製造商東麗集團，該公司所開發之生物基聚醯胺纖維 ECODEAR PA 6.10，亦是 100% 由蓖麻豆提煉而成。

台灣尼龍纖維的生物基和回收發展

台灣在環保和永續產業的發展也是成績斐然。在生物基聚醯胺纖維的生產方面，聚隆纖維股份有限公司所研發的 AceEco PA410 也是由蓖麻油提煉而成，該產品含 70% 蓖麻油成分，染色後將更穩定也更環保，該公司的生產技術也獲得 GRS(Global Recycled Standard)的認證。

而在尼龍回收的部分，2022 年 1 月金洲海洋科技股份有限公司和台灣化學纖維股份有限公司簽訂合作意向書，共同為保護海洋資源和減少海洋廢棄物而努力。合作模式是由金洲公司全面回收台灣和海外各地之廢棄漁網，再由台化公司以化學回收法將廢棄尼龍轉化為己內醯胺原料，再重新製成尼龍。2018 年台化公司即推出以回收漁網再重新製成的高品質戶外機能運動服，累計至 2021 年底已回收超過 1,600 噸的漁網，且和石化原料生產之己內醯胺製程相較之下發現，以廢棄漁網重新再製的己內醯胺製程，能節省電力消耗約 15% 並能降低碳排放量約 49%。

結論與建議

「永續」已經是迫在眉睫的議題，沒有一個國家可以置身事外。當我們依舊沉浸在石化產業為我們帶來的便利時，是否曾經靜下心來想過，未來這顆地球要如何交給我們的下一代，是綠意盎然？還是千瘡百孔？每個人都無法置身在這場永續戰爭之外，唯有善用循環資源，減少溫室氣

體排放，研發節能省電的新製程，降低對空氣、水源、土地的汙染，才能使得地球綠色永續。