

持続可能な社会の実現に貢献する繊維分野の技術

Advanced fiber technologies contribute to establish a sustainable society

1 はじめに

繊維は、使用される分野が幅広く、日本では衣料用18%、産業資材（自動車・航空機等）33%、衛生・生活資材（オムツ等）49%と、我々の日常生活に関わりの深い産業分野である。さらに世界全体の繊維生産量は8956万トン／年（2016年）で、化学繊維は、ここ20年間、平均5.8%／年の増加傾向となっている。また2025年までの Apparel 製品の成長率は3.6%／年を見込んでおり、グローバルでは繊維産業は成長産業であり、中でも途上国では基幹産業の一つとなっている。SDGsの17の目標の殆ど全てに繊維産業が関わっている。以下「持続可能な社会の実現に貢献する繊維分野の技術」についての主な技術について紹介する。

2 中空糸膜繊維技術

中空糸膜繊維（以降、中空繊維）は、人工腎臓の透析膜面積を確保し、小型化・モジュール化するために開発された繊維である。耐圧性に優れ、小体積で膜面積の増大を可能とした。その後、ポリマー開発と膜形成条件の検討により、用途が拡大しつつある。以下代表的な3つの例を紹介する。

(1) 水浄化技術：海水淡水化は、当初アラミド中空繊維による逆浸透膜技術で始まったが、設備の大型化とシステムの高度化に従い、現在は複合平膜利用に変わりつつある。一方、河川水や地下水からの安全・安心・おいしい飲料水づくりは、限外濾過中空糸繊維を用いたシステムが主流である。飲料水の確保、河川環境維持、海洋資源保全には中空繊維による水浄化技術は欠かせない。

(2) バイオ医薬精製技術：人工腎臓用中空繊維はその後、膜構造の精密制御技術が進みウィルス除去膜として用いられている。細胞や菌を培養して薬効成分を産生させ、生物血漿核剤として利用

するには、異質蛋白や細菌・ウィルスを完全に除去する必要がある。その除去に細管迷路のような特殊な膜構造とし、濾過完全性を担保しバイオ医薬品の安全確保に貢献している。

(3) CO₂回収技術：鉄鋼プラントや火力発電所からの排ガスは高温のためCO₂ガス削減は難しい。その高温に耐えるのがポリイミド中空繊維である。石炭ガス化複合発電プロセスガス等の圧力を有するCO₂ガス源の場合、従来の化学吸収法に比べ1/3のコストでCO₂を分離回収することが可能になると期待されている。現在、ナフサ分解ガスから、H₂ガスとCO₂ガスを中空繊維によって分離・濃縮するプラントも稼働している。

3 極細繊維・超極細繊維技術

(1) 極細繊維：一般的な繊維は、数10 μm程度の繊維径をもつが、1970年頃に2~3 μmの繊維径をもつ極細繊維（マイクロファイバー）が開発され、天然皮革の繊維構造を再現する人工皮革で最初に実用化された。この品質の優れた人工皮革は衣料、家具、自動車シートなどに展開され、動物愛護や陸域生態系の保護に貢献している。さらに極細繊維を用いた製品は、高多孔性、吸収性、清拭性、分離・ろ過性などの機能が優れており、用途が拡大、ワイピングクロス、フィルター、花粉症マスク、オムツなどの高機能資材に使用され、環境浄化や人間の健康生活に貢献している。

(2) 超極細繊維（ナノファイバー）：2000年頃からは繊維径が1 μmを切る超極細繊維の開発が始まり、数nm~数百nmの繊維径をもつ、ナノファイバーと呼ばれる次世代の繊維素材が出現し、環境浄化、電池・エレクトロニクス、複合材料、メディカル、添加剤などの各分野で製品化が進められている。

(3) セルローズナノファイバー：ナノファイバーには、複合紡糸ナノファイバー、不織布ナノファ

イバー、セルロースナノファイバー、無機系ナノファイバーなどがあるが、特に注目されているのがセルロースナノファイバーである。セルロースは地球上で最も大量に存在する天然高分子で、毎年2000億トンが再生産され、持続可能な循環型社会システムの構築に貢献するバイオマス資源として、軽量性や高強度の特長を生かした利用について産官学連携で研究開発が進められている。

4 炭素繊維などの高性能繊維技術

地球温暖化などの環境対策や持続可能な社会構築に対して、炭素繊維やアラミド繊維などの高性能繊維は様々な解決策を与える素材である。

(1) 炭素繊維：鉄に比して炭素繊維の密度は約5分の1と軽く、強度は2倍以上、弾性率はほぼ同等である。樹脂と複合された炭素繊維強化プラスチック(CFRP)は航空機や自動車の構造材料に使用され、燃費向上に貢献している。ボーイングB787やエアバスA350XWBでは胴体、主翼、尾翼など構造材の50%がCFRP製である。自動車の排ガス減少に軽量化は効果的で、台車、ドライブシャフト、ドアや屋根などにもCFRPが使用され始めている。自動車部品をCFRP化することで30%以上の軽量化が可能である。100kg軽量化した場合、CO₂を約20g/km削減できる。また、CFRPは、風力発電用大型ブレード、燃料電池用超高压水素タンクにも使用され、次世代エネルギー開発には必須の材料である。炭素繊維は機械的特長ばかりでなく、低熱膨張係数、耐熱性、導電性などの特徴を活かした機械部品や構造部材もある。

(2) 有機系高性能繊維：アラミド繊維やPBO繊維なども金属に比べ軽量で、高強度・高弾性率であり、耐熱性や消火性にも優れており、防護製品や機械部品、耐熱性フィルター、防火衣服などに使用されている。

炭素繊維やアラミド繊維などの高性能繊維の織物シート、積層板などは、軽量、高強度、高剛性の特性や施工性の良さを活かし、各種土木構造物の補強・補修、建物の耐震補強に利用され、持続可能な社会の構築に貢献している。

5 ポリエステル繊維の環境技術

(1) ポリエステル繊維の原料リサイクル技術：ポリエステル(PET)繊維は、テレフタル酸とエチレングリコールとの重縮合反応で得られ、解重合で原料モノマーへの分解が可能であるが、他繊維素材や、共重合成分、加工剤などが一体化し、さらに回収製品はゴミなどの夾雑物混入などの課題がある。これら課題を解決し、純度の高い原料(DMT)を生成したのが原料リサイクル技術である。この環境負荷低減効果は、PET原料1トン生産で重油0.63トンが削減可能となり、消費エネルギーは、重油からのPET原料生産までを含めると84%の削減、CO₂は77%の削減となる。資源確保、CO₂削減の点から、地球環境に優しい技術である。

(2) 環境に優しいポリ乳酸繊維：ポリ乳酸は、とうもろこし等の澱粉を発酵して得られる乳酸を重合して製造される、ポリエステルの一種である。ポリマー骨格にあるカーボンは、植物が成長する際に空気中から吸収したカーボンで、廃棄焼却時に空気中に排出されるが、いわゆる、カーボンニュートラルとなる。ポリ乳酸繊維は、土中や水中に長時間放置されると、土中の微生物によってCO₂と水に分解される生分解性や、ソフトな風合いを持つなど、人と環境に優しい繊維である。

6 おわりに

繊維は生活に密着した様々な分野で使用されている。今後も地球にとって、また人間にとって「持続可能な社会の実現に貢献する繊維分野の技術」とは何かを追及していきたい。最後に本執筆に協力いただいた繊維部門の井塚淑夫氏、八木健吉氏、溝口隆久氏に感謝する。

新井 直樹 (あらい なおき)
技術士(繊維部門)

新井技術士事務所 所長
環境カウンセラー(事業者部門)
e-mail: a-naoki15@nifty.com

