

1. セルロースナノファイバー (CNF) とは？

セルロースは植物に含まれる繊維です。

植物細胞壁などを構成しているものにはセルロースのほか、ヘミセルロース、リグニンが含まれていて相互に網状に結合しています。植物によって構成比は異なりますが、質量%で言うとセルロースは40%くらいになります。

ナノファイバーは、カーボンナノファイバー（同じく略称 CNF）で有名になりましたが、ISO による定義は「直径が 1~100nm、長さが 100 μ m 以下、アスペクト比 10 以上の繊維状物質」となります。アスペクト比：長さ/径

CNF に酸を使って加水分解して結晶状に分断したものを CNC（セルロースナノクリスタル）と呼び、長繊維でないメリットがあるため区別することが多い。（ISO 定義は、直径が 3~50nm、長さが 100 μ m 以下、アスペクト比 5~50）

上記 3 つの情報から、植物を処理して細くしたものであるという予想ができます。

実際の処理には色々な方法があり、代表的な処理としては TEMPO 触媒酸化後にリン酸エステル化してから機械的に繊維をほぐすと TOCNF（TEMPO 触媒 CNF）ができる・・・？

難しいことは別にして、植物を化学処理することでヘミセルロース、リグニンと分離してセルロースの基本単位である直径 3~4nm のセルロースマイクロフィブリルというものまで分離 & 分散することができるということです。セルロースマイクロフィブリル = CNF

通常は、そこまで分けずに基本単位が数本~数十本束になった状態のものを CNF と呼んでいます。物性は親水性のため、水に分散して無色透明か少し白濁した解繊維液を得ます。

上記の化学処理をせず、機械的な方法で限界まで^{かいせん}解繊維すると、リグニンと結びついたままのリグノセルロースナノファイバー（R-CNF）が得られます。リグニンは疎水性（親油性）があるため、R-CNF をプラスチックに添加して容易にコンプレックス（複合材）を作ることができます。

2. 優れた物理特性

CNF は、「鋼鉄の 5 倍の引張破断強度を持ち、1/5 の軽さ」と言われます。

引張破断強度だけでなくヤング率（引張弾性率）も高く、且つ熱に対する膨張率も低くできるなど、添加する母材によって様々な特性を得ることができます。

例えば上記の機械的解繊維により得られた蜘蛛の巣状のマイクロフィブリルセルロース（MFC）にフェノール樹脂を 10~20w% 含浸して熱圧縮成形すると、フェノール樹脂だけの成形品に対して 6 倍程度（炭素鋼 SS400 と同程度）の曲げ強さを得ることができ、比重は SS400 の約 1/8 ほどになります。

コンクリートに1~2%添加するだけで、強度特性改善が可能で、チクソ性（圧力を加えると流動し、開放すると粘度が上がる）を持たせることができ、施工時間の短縮も期待できます。また、塗料やインクに添加することでチクソ性によるタレ防止や硬化後の耐候性、耐摩耗性を向上できたりなど、従来は無かった特性が得られるため、色々な業界で研究が進んでいます。

ファイバーサイズが光の波長より短いので透明性が高くなることを利用して、強く変形しにくくしなやかで、且つ透明度の高い有機 EL ディスプレイの薄膜表面材として使うことも考えられています。

3. スピーカー部品への応用

振動板にCNFを使った例として、2016年にPioneerからS-PMシリーズ(S-PM30/50)が製品化されています。ウーファ2本と受け持ち帯域の広いツイーターの2ウェイシステムですが、そのツイーター(φ50コーン型)に使われました。富山県に本社を置く製紙企業「中越パルプ工業」に振動板製作を依頼しています。

詳しくは、PDF『理想のユニットとは』を参照願います。

応用は振動板に留まらず、上記のフェノール樹脂とMFCによるダンパーの軽量化、ひいては理想的な蝶ダンパーへの応用も考えられます。

構造体としてのハウジングに有機樹脂やエラストマー（ゴム系樹脂）との複合材を使うことで軽量化&制振、且つ強度アップなどが期待できて、結果的に開口率を大きくすることも簡単にできます。

エッジについても軽量化は十分に期待できるし、振動板と一体成型なども可能になってくると思われます。温故知新。フィクストエッジの復活です。それも波型ではなくロール形状も可能です。

夢は、どんどん広がります。

(参考)

日刊工業新聞社 トコトンやさしいナノセルロースの本