

セルロースナノファイバーの結晶性操作による高性能化

東京大学大学院 農学生命科学研究科 大長 一帆 (指導教員 齋藤 継之)

研究概要 木材由来の次世代素材としてセルロースナノファイバー(CNF)が注目されている。CNFは、①軽くて強く、堅いがしなる、②熱しても軟化せず、線膨張しない、③絶縁性で誘電率が高い、などの優れた特性を有しており、プラスチック補強などの構造用途から食品・化粧品における機能用途まで、実用化に向けた研究開発が盛んに進められている。CNFの優れた特性はセルロースの結晶性と相関があり、高結晶性であるほど高性能である。本研究では、CNFの結晶性を操作し、セルロース結晶の特性を高度発現させる技術基盤の創発に取り組んだ。

1. はじめに

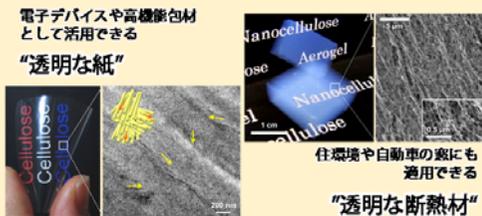
樹木の主成分であるセルロースは、細胞壁(木材パルプ)中でマイクロフィブリルと呼ばれる結晶性の構造単位を形成している。セルロースナノファイバー(CNF)は、木材パルプを水中で粉碎し、マイクロフィブリル単位またはマイクロフィブリル束にまで解きほぐした新素材である。マイクロフィブリル単位にまで解きほぐしたCNFを再会合することで、電子デバイス材や高機能包材として活用できる「透明な紙」と呼ばれるフィルム状材料や、住環境や自動車の窓にも適用できる「透明な断熱材」と呼ばれる多孔質、といった付加価値の高い機能性のCNF構造体を形成できる。しかし、これらの構造体を社会実装するには、未だ課題も多く、その中でも特にさらなる性能向上が重要とされている。CNFの優れた特性はセルロースの結晶性と相関があり、高結晶性であるほど高性能である。そこで本研究では、CNFの結晶性を操作し、セルロース結晶の特性を高度発現させる技術基盤の創発を目的とした。

これまでに、パルプ中で密に会合したCNFは高結晶性であり、粉碎により低結晶化すること、そして結晶性はCNF表面の分子構造が支配していることが明らかになっている^[1]。したがって、CNFの会合様式や表面構造がCNF構造体の結晶性に影響を与えることが予想される。本研究では、CNFの会合様式や表面構造を操作し、CNF構造体の結晶性に与える影響を解析した。

[1] Daicho K. et. al., ACS Appl. Nano Mater. 1, 10, 5774-5785, (2018).



マイクロフィブリル単位にまで解きほぐしたCNFの再会合で得られる次世代CNF構造体



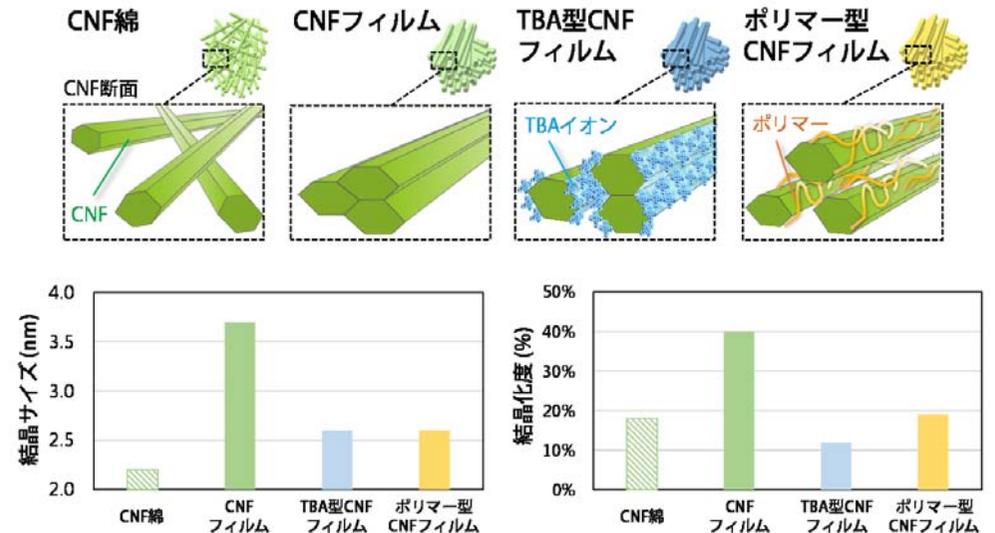
課題：性能の向上が求められている

結晶性を操作し、セルロース結晶の特性を高度発現させる技術基盤の創発に取り組む

2. 研究方法

木材パルプの改質および粉碎で得られたCNF分散液を2種類の乾燥方法(凍結乾燥 / 蒸発乾燥と水熱処理)で乾燥させ、CNF綿とCNFフィルムを調製した。また、CNF表面に嵩高いイオン(テトラブチルアンモニウムイオン:TBAイオン)またはポリマーを吸着させ、表面構造が異なるCNFの分散液を調製した。得られた分散液を蒸発乾燥し、TBA型CNFフィルムとポリマー型CNFフィルムを調製した。各CNF構造体の結晶性は結晶サイズと結晶化度で評価した。

3. 研究結果



- ・ CNFを密に会合させると、結晶性が向上する
- ・ CNF表面を嵩高いイオンやポリマーで覆うと、結晶性の向上が抑制される

4. まとめ

「透明な紙」や「透明な断熱材」といったCNF構造体の結晶性は、CNFの会合様式や表面構造に影響を受けることが明らかになった。今後は、結晶性と物性との相関を解析し、CNFの実用化に向けたさらなる基盤研究を推進していきたい。

5. 成果論文

- ・ Daicho K., et. al., Biomacromolecules, 21, 2, 939-945 (2020).
- ・ 大長一帆 他, ナノセルロースの結晶性操作, 第70回日本木材学会大会, 要旨集 (2020).
- ・ 大長一帆 他, セルロースナノファイバーの結晶性解析, Cellulose Commun, 27, 85-90 (2020).
- ・ Daicho K., et. al., J. Wood Sci., under review.

当研究課題は、(公財) PHOENIX 木材・合板博物館の令和元年度研究助成金による支援を受けた研究成果です。