

## タイトル

セルロースナノファイバーに生じた原子レベルの欠陥構造を発見 ～理想的なバイオポリマー材料の生産にむけて～

## 発表者

伊藤 智樹 (東京大学 大学院農学生命科学研究科 生物材料科学専攻)

大長 一帆 (東京大学 大学院農学生命科学研究科 生物材料科学専攻、現所属：金沢大学 ナノ生命科学研究所)

藤澤 秀次 (東京大学 大学院農学生命科学研究科 生物材料科学専攻)

齋藤 継之 (東京大学 大学院農学生命科学研究科 生物材料科学専攻)

小林 加代子 (京都大学 大学院農学研究科 森林科学専攻)

## 発表のポイント

- ・ セルロースナノファイバー (CNF) の表面には、原子レベルの「凹み」が生じていることを発見した。
- ・ 「凹み」は、CNF がナノレベルに解きほぐされる際に、一部のセルロース分子鎖が表面から剥がれ落ちるために生じていることが示唆された。
- ・ 「凹み」が CNF の折れ曲りや切断といった更なる欠陥の起点となっていることを提案した。
- ・ 本研究で得られた知見は、欠陥のない理想的な CNF 材料を生産するための足掛かりとなることが期待される。

## 発表概要

木質資源は地球上で最も豊富なバイオマスであり、その固形分の約 50%をセルロースが占めます。低炭素社会の実現に向けバイオマスの高度利用が急務であり、セルロースの利活用は重要です。近年注目の活用例としてセルロースナノファイバー (CNF) が挙げられます。CNF は、樹木の細胞壁 (パルプ) を化学・機械処理によりナノレベルまで解きほぐして得られる繊維状の材料です (図 1)。CNF は 1)軽くて強い、2)熱しても膨張しない、3)絶縁性で誘電率が高い、などの優れた特性を兼ね備えています。これらの優れた特性から、CNF は低炭素社会における高機能材料として期待されています。しかし、CNF の社会実装ははまだ限定的です。その原因の一つに、CNF 材料の性能が、CNF1 本の優れた特性から期待される水準に達していない、という現状があります。一般にナノ材料の欠陥構造は、材料の強度の低下などにつながります。CNF にも折れ曲がりや裂け目などの欠陥構造が存在することが報告されていましたが、詳細はあまりわかっていませんでした。CNF の優れた特性を十分に活かすには、欠陥の詳しい構造や発生機構などの理解が不可欠です。

そこで本研究グループは、試料を原子レベルの精度で観察可能な顕微鏡と、画像処理による解析を組み合わせることで、CNF の欠陥構造の精密な解析を試みました。その結果、CNF 表面には原子レベルの「凹み」が多く存在していることを発見しました。この凹みは、CNF 全長の少なくとも 30 ~ 40%を占めていました。また、折れ曲がりの付近で発生している凹みは、その他の場所に生じている凹みよりも深く長い傾向があることも見出しました。これらの結果から、機械処理によってパルプが CNF へと解きほぐれる際に CNF 表面からセルロース分子鎖が剥離し、CNF の折れ曲がりや切断につながるという、CNF 欠陥構造の発生機構を提案しました (図 2)。

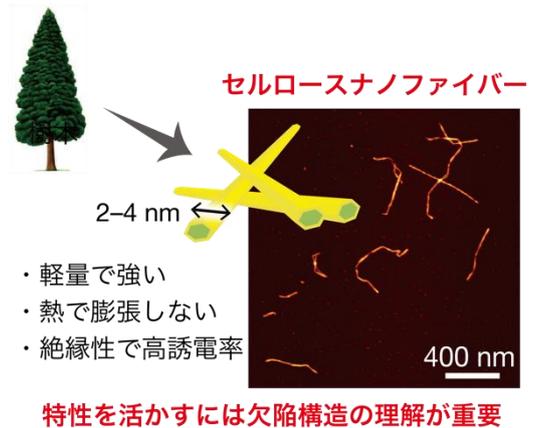


図 1 CNF の概要

本研究で提案した CNF の欠陥の発生機構は、欠陥のない理想的な CNF の生産の足掛かりとなる重要な知見です。またこの知見は、CNF だけでなく、キチンナノファイバーなどその他のバイオポリマーにも応用可能であり、様々なバイオマスに由来する高機能材料の社会実装に貢献できると言えます。

本研究は、JST 来社会創造事業 (JPMJMI17ED)、JSPS 科研費 (18K14501; 20J12793; 20K15567; 21H04733)、次世代若手共同研究課題 (20215022)の助成を受けて行われた研究です。

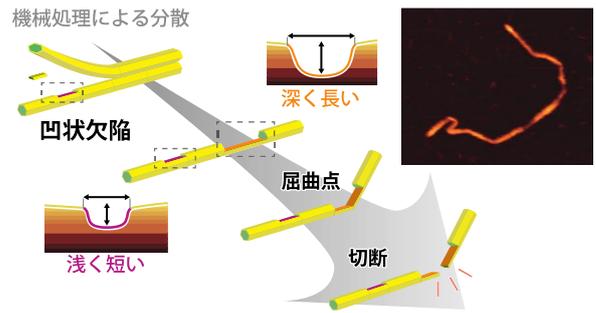


図 2 CNF の欠陥構造の発生機構

## 引用

### 発表雑誌

- 雑誌名  
Nanoscale Horizons
- 論文タイトル  
Atomic-Scale Dents on Cellulose Nanofibers: the Origin of Diverse Defects in Sustainable Fibrillar Materials
- 著者  
Tomoki Ito, Kazuho Daicho, Shuji Fujisawa, Tsuguyuki Saito\*, Kayoko Kobayashi\* (\*責任著者)
- DOI 番号  
10.1039/D2NH00355D
- アブストラクト  
<https://doi.org/10.1039/D2NH00355D>