

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-1

# コーヒー粕から セルロースナノファイバーを 生成することに成功

～ゴミから作る次世代バイオ系ナノ素材～

## 本研究のポイント

- ・ドリップなどでコーヒーを抽出した後に残るコーヒー粕からセルロースナノファイバーを生成することに成功
- ・このセルロースナノファイバーは、木材から得られるセルロースナノファイバーと類似した構造的特徴を有していることを解明
- ・コーヒー粕を非木材由来のセルロースナノファイバーの資源として活用することが期待できる。

【研究概要】 横浜国立大学 大学院工学研究院の川村 出 准教授、大学院理工学府 化学・生命系理工学専攻の修士1年 金井典子さんらの研究グループは、コーヒー抽出後に残るコーヒー粕に対して TEMPO 酸化法を適用することで、セルロースナノファイバーを生成することに成功しました。また、電子顕微鏡や NMR などの先端機器を用いて、この物質の構造解析を行い、木材由来のセルロースナノファイバーの特徴と類似していることを明らかにしました。

本研究成果はセルロース研究に関する専門誌 *Cellulose* (IF= 3.917)に受理され、オンライン版が 2020 年 4 月 1 日に公表されました。なお、本研究成果は横浜国立大学 ROUTE 研究助成、文部科学省科学技術人材育成補助事業「ダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ(牽引型)」、横浜学術教育研究振興財団の支援を受けたものです。

## <発表雑誌>

雑誌名: *Cellulose*, 2020 年 4 月 1 日オンライン版 DOI: 10.1007/s10570-020-03113-w

論文題目: Structural characterization of cellulose nanofibers isolated from spent coffee grounds and their composite films with poly(vinyl alcohol): A new non-wood source

コーヒー粕から分離されたセルロースナノファイバーとポリビニルアルコールとの複合フィルム  
の構造解析: セルロースナノファイバーの新しい非木材資源

論文著者: Noriko Kanai, Takumi Honda, Naoki Yoshihara, Toshiyuki Oyama, Akira Naito, Kazuyoshi Ueda, Izuru Kawamura\*

(金井典子、本田拓望、吉原直希、大山俊幸、内藤晶、上田一義、川村 出\*)

本件に関するお問い合わせ先

横浜国立大学大学院工学研究院 機能の創生部門 准教授 川村 出

電話 045-339-4224 e-mail : [izuruk@ynu.ac.jp](mailto:izuruk@ynu.ac.jp)

# コーヒー粕から セルロースナノファイバーを 生成することに成功

～ゴミから作る次世代バイオ系ナノ素材～

## <研究背景>

植物の細胞壁から得られる超極細の繊維、セルロースナノファイバーは循環型社会の構築を牽引する次世代のバイオ系ナノ素材として注目されています。2006年に東大の磯貝明教授らの研究チームにより TEMPO 触媒<sup>注1</sup>)を用いたセルロースの表面修飾により、ナノメートルサイズ( $\sim 10^{-9}$  m)まで解繊されたセルロースファイバーを生成可能であることが発見され、以降、セルロースナノファイバーの研究は飛躍的に進展しました。セルロースナノファイバーは鉄と比べて軽量かつ強度が高いなどの強化材料としての魅力的な特徴を持ち、様々な材料を補強することで、効果的な CO<sub>2</sub> 削減が期待できることが期待されています。セルロースナノファイバーは木材パルプからの製造が主流ですが、製造コストが既存の炭素繊維等と比較すると、圧倒的に高いことが問題となっており、新しいセルロースナノファイバー資源の創出は課題解決の一つと考えられます。

横浜国立大学 大学院工学研究院の川村准教授と大学院理工学府化学・生命系理工学専攻修士課程 1 年の金井典子さんは、2018 年から使用済みコーヒー粕(Spent Coffee Grounds; SCGs)にはセルロースなどを成分とする細胞壁が含まれていることに注目し、新しいリサイクル法について研究してきました。大手コーヒーメーカーでは固体燃料や肥料などへの再利用がされてきましたが、コーヒー粕には元々乾燥重量として 10%程度のセルロースしか含まれておらず、ナノ化したセルロースを抽出する取り組みは今までなされてきませんでした。一方で、日本は、缶コーヒーやコンビニのチルドコーヒーなど他国にみられないユニークなコーヒー文化が発達し、2018 年の日本のコーヒー消費量は約 47 万トンなどに上るなど、ヨーロッパ諸国に引けを取らない程のコーヒー消費大国となっています。つまり、コーヒー粕あたりのセルロース含量自体は少ないものの、廃棄量が多いことから、セルロースナノファイバーの資源としての活用が期待できます。このような理由から、川村准教授らはコーヒー粕に TEMPO 触媒酸化法を適用することで、セルロースナノファイバーを生成とその構造解析に関する研究を進めてきました。

## <今回の成果>

横浜国立大学 大学院工学研究院の川村 出 准教授、金井典子さんらの研究グループは、コーヒー粕と TEMPO 試薬を適切な条件で混合し、コーヒー粕由来のセルロースナノファ

イバーの生成に成功しました(図 1)。また、本学の機器分析センターに設置されている電界放出型走査型電子顕微鏡<sup>注2)</sup>、X線回折<sup>注3)</sup>、固体核磁気共鳴分光法<sup>注4)</sup>などの先端機器を駆使して、このセルロースナノファイバーの構造解析を行いました。その結果、TEMPO 触媒酸化法によってコーヒー粕由来セルロースの 6 位の水酸基がカルボキシル基に置換されていることを確認するとともに、セルロース I 型の結晶形を持ち、平均 25 nm の幅のセルロースナノファイバーに微細化されていることを明らかにしました。以上の結果から、コーヒー粕由来のセルロースナノファイバーが従来の木材由来のものと類似の構造的な特徴を持つことを実証しました。

さらに、水溶性のポリマーであるポリビニルアルコールとコーヒー粕由来のセルロースナノファイバーはよく混ざり、均一な複合フィルムを作成することにも成功しました。以上の成果をまとめた研究論文がセルロース研究の専門誌である *Cellulose* 誌にオンライン版で公開されました。

#### <今後の展望>

本研究では、コーヒー粕からセルロースナノファイバーを生成し、その構造的な特徴が木材由来のセルロースナノファイバーに類似していることを実証しました。今回の成果は、非木材・廃棄物であるコーヒー粕は、セルロースナノファイバーの原料として十分に利用できる可能性を示し、持続可能な開発目標 SDGs (Sustainable Development Goals) <sup>注5)</sup>のゴール 12. 持続可能な生産・消費-に貢献するものと期待されます。しかし、セルロースナノファイバーの原料として本格的に社会実装していくためには、コーヒー粕からより効率的に抽出する方法の構築とともに、使用済みコーヒーの回収方法やそのコストなどの問題があります。そのためには今後、産学官(コーヒー製造会社、製紙会社、大学、国、自治体)の連携が必要になると考えています。

#### <謝辞>

本研究は横浜国立大学 ROUTE(Research Opportunities for Undergraduate Students)研究助成、文部科学省科学技術人材育成補助事業「ダイバーシティ研究環境実現イニシアティブ(牽引型)」、横浜学術教育研究振興財団、科研費 基盤研究(B) (18H02387)の支援を受けて行われたものです。

#### <発表雑誌>

雑誌名: *Cellulose*, 2020 年 4 月 1 日オンライン版 DOI: 10.1007/s10570-020-03113-w

論文題目: Structural characterization of cellulose nanofibers isolated from spent coffee grounds and their composite films with poly(vinyl alcohol): A new non-wood source

コーヒー粕から分離されたセルロースナノファイバーとポリビニルアルコールとの複合フィルムの構造解析: セルロースナノファイバーの新しい非木材資源

研究著者: Noriko Kanai, Takumi Honda, Naoki Yoshihara, Toshiyuki Oyama, Akira Naito,

Kazuyoshi Ueda, Izuru Kawamura\*

(金井典子、本田拓望、吉原直希、大山俊幸、内藤晶、上田一義、川村 出\*)

<用語解説>

- 注1. TEMPO 触媒酸化法: TEMPO は 2,2,6,6 テトラメチルピペリジ-1-オキシルと呼ばれる常温常圧で安定な有機ニトロラジカル。触媒量の TEMPO を含む水溶液中で天然セルロースを反応させ、軽微な解繊処理をすることでセルロースナノファイバーを生成することができる。この技術は、東大の磯貝明教授らの研究チームが、2006 年に結晶性のセルロースマイクロフィブリルの表面でカルボキシル化反応が起きていることを見出し、静電的な反発によりセルロースをナノ化できることを報告した。
- 注2. 電界放出型走査型電子顕微鏡(SEM): 電子線を試料上でスキャン(走査)しながら像を得る。試料の表面形状や凹凸の様子などの観察が可能。
- 注3. X線回折: 物質中の周期的に並んだ原子に X線が当たり、散乱された X線が干渉する現象から結晶情報を導くことができる。セルロースにおいても結晶の形や結晶化度を調べることができる。
- 注4. 固体核磁気共鳴分光法: 核磁気共鳴分光(NMR)は、強い磁場中に置かれた物質の分子を構成する原子核が有している核スピンの挙動を精密に観測することによって、原子核の周りの電子状態を反映した NMR 信号を得ることができる。この信号が化学的な結合状態を知る手がかりになるため、様々な分子構造を調べることができる構造解析技術である。特に、固体核磁気共鳴分光法は試料状態に依存することが少ないため、繊維状のセルロースナノファイバーにおいても解析が可能。
- 注5. SDGs: 地球規模の環境問題の解決などが含まれている、2015 年に国連が合意した 2030 年までの持続可能な開発目標。

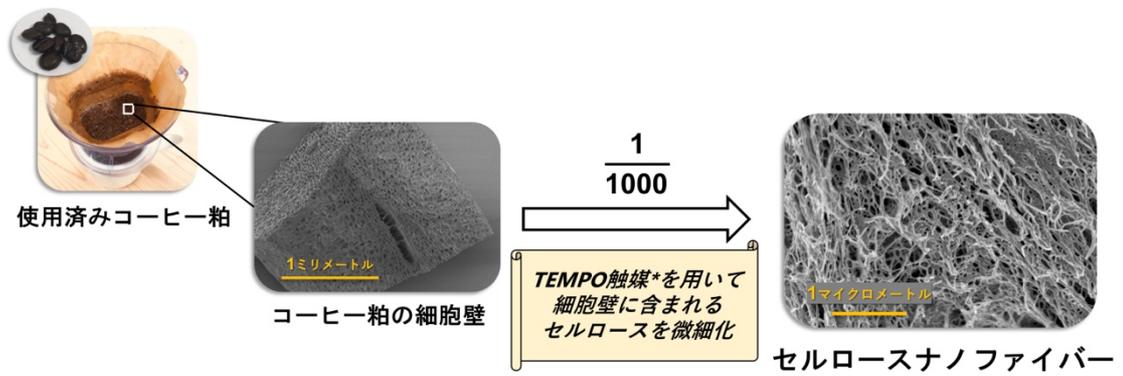


図1 本研究の概略図: 使用済みコーヒー粕からセルロースナノファイバーの生成

.....