

学位論文審査の結果の要旨

氏名	Erna Mayasari
審査委員	主査 松枝 直人 副査 康 峪梅 副査 光延 聖 副査 野村 美加 副査 川嶋 文人

論文名

One-step extraction of lignocellulose nanofibers from *Musa basjoo* pseudostem
(バショウ疑似茎からのリグノセルロースの簡易抽出)

審査結果の要旨

セルロースナノファイバー (CNF) は、セルロースを主成分とする、ナノサイズの直径を有する高アスペクト比の繊維であり、高透明性、高ガスバリア性、軽量・高強度、低熱膨張、高粘度など多くの機能を有しており、様々な分野への応用が期待されている。既存の CNF 抽出・製造方法としては、酸化触媒法や機械的解砕処理法が代表的である。酸化触媒法は、得られる CNF の繊維径が均一である、生成したカルボキシル基による陽イオン保持能を有す、などの利点があるが、触媒の回収コストに課題がある。一方、機械的解砕処理法は容易に CNF を抽出可能であるが、高額な解砕機が必要である。そこで本研究では、多方面で利用可能な CNF を、現在の手法よりもより容易で安価に抽出できる手法の開発を試みた。一方、農業廃棄物は CNF の低コスト原料として有望であり、ココナッツ、レモングラス、レタスの皮、バナナの皮や疑似茎などからの抽出例がある。バナナの類縁種である *Musa Basjoo* はバショウ科の草木植物であり、アジアを中心として多くの地域に植生している。日本では沖縄地方で疑似茎の繊維から芭蕉布が製造されている。沖縄以外でも比較的温暖な地域に *Musa Basjoo* が植生しており、愛媛県の大洲市や内子町にも自生している。成長が早く 1 年間で高さが 2 m 以上にも達する。*Musa Basjoo* を用いた研究は非常に少なく、例えば葉を炭化し電気二重層コンデンサへ適用する研究、花から精油を抽出する研究があるが、*Musa Basjoo* から CNF を抽出する研究はなされていない。

そこで本研究では、*Musa Basjoo* 疑似茎からの CNF 抽出の可能性に着目し、低コストで簡単に CNF を抽出する方法を開発し、また、抽出物の特性を明らかにした。さらに、*Musa Basjoo* から簡易処理で CNF を抽出できるメカニズムについて検討を行った。

試料として、内子町に自生している *Musa Basjoo* の疑似茎を用いた。疑似茎を乾燥させた後に約 1 cm の長さに切断したものを原料とした。容積 2 L のフッ素樹脂容器に 100 g の原料と NaOH 水溶液を 1 L 加え密閉し、種々の温度下で静置した。得られた繊維試料をろ液が透明になるまで蒸留水で繰り返し洗浄した。抽出物の成分分析によってセルロース・ヘミセルロース・リグニンの含有量を求め、また、糖分析 (グルコース、アラビノース、キシロース、マンノース、ガラクトース) を行った。

XRD および FT-IR 分析の結果から、リグニン含量の大幅な低下と、これに伴う CNF の分離抽出が示された。原料の FE-SEM 観察では、繊維径がマイクロサイズであり、高倍率で観察してもナノレベルの繊維は確認できなかった。1 M NaOH によって 90°C で 24 時間処理したものは、直径 20 nm 程度の繊維を中心に、細いものでは直径 10 nm 以下の繊維も確認された。この繊維を詳細に観察するために TEM 分析を行ったところ、繊維径分布は 3.8 nm~40 nm であり、平均繊維径は 12.2 nm であった。繊維長は数 μm 以上であることから、高アスペクト比の繊維であることを確認した。なお、XRD や FT-IR 分析ではリグニンは検出されなかったが、成分分析ではリグニンに分類される成分が約 30% 残存していた。以上の結果から、NaOH 処理によってリグニンの構造が破壊されることでナノファイバーが分離抽出されたが、リグニン分解物が残存していることから、この抽出物はリグノセルロースナノファイバー (LCNF) に分類されると結論した。この LCNF はセルロース I 型で 71% のセルロースを含んでおり、耐熱温度は 352°C と熱安定性に優れていた。NaOH 処理がヘミセルロースとリグニンを効果的に除去・分解したことによって、容易に LCNF が得られたと考えられた。次に、より低温度・短時間での抽出を可能とするために、*Musa Basjoo* の疑似茎を乾燥することなく湿った状態のまま NaOH 処理を行った。その結果、1 M NaOH・70°C・3 時間の処理で LCNF を抽出することに成功した。これらの結果は、バショウの非乾燥疑似茎の NaOH 処理が、乾燥した疑似茎の場合と比較して、より低い温度およびより短い時間で LCNF を抽出できることを示した。ナノファイバー間の水素結合は通常可逆的であり、パルプでは乾燥して水に浸漬すると分散する。対照的に、*Musa Basjoo* の疑似茎はシート状の CNF で構成されているため、乾燥によって強い水素結合が生じ、再分散にはより高い温度とより長い時間を必要としたと考えられた。以上の結果は、*Musa basjoo* 疑似茎が LCNF 簡易抽出のための安価な原料として大きな可能性を秘めていることを示しており、現在廃棄されているバナナおよびその近縁種の疑似茎の有効利用に貢献するものである。

本論文に関する公開審査会は、令和 6 年 2 月 3 日に愛媛大学農学部で開催され、論文発表と質疑応答が行われた。引き続き行われた学位論文審査委員会で、本論文の内容を慎重に審議した結果、審査委員全員一致して博士（学術）の学位を授与するものと判定した。