

分解・劣化・安定化の精密材料科学
2022 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

齋藤 継之

東京大学 大学院農学生命科学研究科
教授

植物細胞壁のナノ分解と再会合の精密制御

主たる共同研究者:

小林 加代子 (京都大学 大学院農学研究科 助教)

能木 雅也 (大阪大学 産業科学研究所 教授)

藤澤 秀次 (東京大学 大学院農学生命科学研究科 助教)

研究成果の概要

本研究では、植物細胞壁をナノ分解した新素材“セルロースナノファイバー(CNF)”の構造理解を進め、CNFを要素とする材料の高次な階層構造を、各階層において精密に構造制御する技術体系を確立する。この体系確立に向けて、本研究では連続する3つの研究領域を設けた。1)「ナノ分解制御」領域では、これまで未解析であったCNF1本の欠陥構造を理解し、欠陥フリーCNF生産法の提案へと繋げる。2)「配列制御」領域では、CNFの配列を自在制御する技術を確立し、CNF単独からなる会合体あるいは樹脂等との複合体の形成へと繋げる。3)「再会合制御」領域では、CNF会合体中におけるCNF間結合の制御、あるいはCNF複合体中における樹脂との界面構造の制御により、各構造体の物性を最大化する。

プロジェクト初年の2022年度は、各領域で以下の成果が得られた。領域1では、細胞壁のナノ分解過程で生じる無定形画分(副生成物)を単離し、構造解析を進めた結果、CNFの表面分子がナノ分解過程で一部欠落することが明らかになった(齋藤 G)。また、CNF表面に存在する凹み(凹状欠陥)の分布について解析を行った。その結果、凹状欠陥はCNFの端や折れ曲がった箇所局在しており、CNF1本の形状に大きな影響を及ぼしていることが示唆された(小林 G)。領域2では、電気泳動堆積によるCNF配向現象を詳細に検証した。CNFの配向状態は印加電圧10Vを境界として、低電圧側では水平に、高電圧側では垂直へとシームレスに変化することが判明した。また、配向CNFハイドロゲルは異方的な各種物性を示した(能木 G)。領域3では、樹脂補強に用いる表面修飾CNFの構造を、分子動力学シミュレーションおよび小角X線散乱測定により明らかにした。また、CNF/ポリマー複合材料を熱プレス加工でプレート状に成形し、最適な調製条件を見出した(藤澤 G)。

【代表的な原著論文情報】

- 1) S. Fujisawa, Y. Takasaki, T. Saito, “Structure of Polymer-Grafted Nanocellulose in the Colloidal Dispersion System” *Nano Lett.*, vol.23(3), pp.880–886 (2023), DOI: 10.1021/acs.nanolett.2c04138
- 2) S. Ishioka, N. Isobe, T. Hirano, N. Matoba, S. Fujisawa, T. Saito, “Fully Wood-Based Transparent Plates with High Strength, Flame Self-Extinction, and Anisotropic Thermal Conduction” *ACS Sustainable Chem. Eng.*, vol.11(6), pp.2440–2448 (2023), DOI: 10.1021/acssuschemeng.2c06344