

2023 年度年次報告書

分解・劣化・安定化の精密材料科学

2022 年度採択研究代表者

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 准教授）

## 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CNFの欠陥や副生成物を理解し、低欠陥・高純度な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適化する。

2023年度は各領域で以下の成果が得られた。領域1では、CNF表面に生じる凹状欠陥の構造や分布、発生要因について解析を進めた。その結果、凹状欠陥がCNFの折れ曲がりや断片化の起点となっていることが明らかとなり、凹状欠陥の発生を抑制することが、低欠陥CNFを生産するための鍵となることが示唆された(小林グループ・齋藤グループ)。領域2では、前年度に引き続き、電圧印加法によるCNF配向現象の解明に取り組んだ。その結果、CNF配向は、電場による静電配向や、陽極から溶出する金属イオン種に依存した現象ではなく、電極に堆積したCNFのゾル-ゲル界面の形状が支配因子であることが示唆された。領域3では、樹脂の強靱化に寄与する表面修飾CNFの構造を明らかにした。また、CNF/ポリメチルメタアクリレート(PMMA)複合体の熱成形条件についても精査した。その結果、真空環境下で熱成形すると、CNFの酸化による着色が抑えられ、CNF/PMMA複合体は高い透明性を保つことを見出した(藤澤グループ)。また、CNF間の相互作用制御により、再分散可能なCNF乾燥粉末の形成に成功した。本成果は、CNFが高コスト化する要因の一つである「輸送費」の低減に寄与する技術開発といえる(能木グループ)。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Fujisawa, S. Daicho, K. Yurtsever, A. Fukuma, T. Saito, T. Molecular Dynamics of Drying-Induced Structural Transformations in a Single Nanocellulose, *Small*, 19, 2302276 (2023).  
DOI: 10.1002/sml.202302276
- 2) Doi, Y. Daicho, K. Isobe, N. Tanaka, R. Kimura, S. Fujisawa, S. Saito, T. Monitoring Crystallite Fusion of Nanocellulose during Colloid Condensation, *Cellulose*, 30, 8287 (2023).  
DOI: 10.1007/s10570-023-05354-x
- 3) Yagyu, H. Kasuga, T. Ogata, N. Koga, H. Daicho, K. Goi, Y. Nogi, M. Evaporative Dry Powders Derived From Cellulose Nanofiber Organogels to Fully Recover Inherent High Viscosity and High Transparency of Water Dispersion, *Macromol. Rapid Commun.*, 44, 2300186 (2023).  
DOI: 10.1002/marc.202300186