

未来社会創造事業 探索加速型
「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域
年次報告書(探索研究)

令和元年度 研究開発実施報告書

平成 29 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名: 齋藤 継之]

[所属 東京大学大学院農学生命科学研究科・准教授]

[研究開発課題名: 多段階ボトムアップ式構造制御によるセルロースナノファイバーの
高度特性発現]

実施期間 : 平成 31 年 4 月 1 日～令和 2 年 3 月 31 日

§1. 研究開発実施体制

(1)「CNFの精密構造解析と断熱性多孔体の形成」グループ(東京大学)

①研究開発代表者：齋藤 継之 (東京大学大学院農学生命科学研究科・准教授)

②研究項目：1) 透明断熱性 CNF 多孔体, 2) CNF 構造の精密解析

1) 透明断熱性 CNF 多孔体

- ・蒸発乾燥体の多孔質化
- ・蒸発乾燥体の物性解析と構造最適化
- ・凍結乾燥体の物性解析と構造最適化
- ・透明断熱性の発現条件を確立

2) CNF 基礎

- ・精密構造の解明
- ・表面機能の開拓

(2)「粉体状 CNF/樹脂均一マスターバッチ開発」グループ(東京大学)

①主たる共同研究者：藤澤 秀次 (東京大学大学院農学生命科学研究科・助教)

②研究項目：強化樹脂マスターバッチ用 CNF 粉体

- ・CNF 含有量の制御
- ・CNF 表面修飾のプロセス開発
- ・修飾基選定による脆性対策

(3)「CNFの成膜プロセスとフィルム物性の評価」グループ(大阪大学)

①主たる共同研究者：能木 雅也 (大阪大学産業科学研究所・教授)

②研究項目：電子デバイス用 CNF フィルム

- ・成膜プロセスと性能の相関解析
- ・成膜の高速化
- ・機能性の開拓と機構解明
- ・耐水性・耐熱性の対策

§2. 研究開発実施の概要

本研究は、2017 年度公募のボトルネック課題 B24「次世代セルロースナノファイバー(CNF)材料を創製するための高次構造制御技術」に対応し、「TEMPO 酸化 CNF を用いた多段階ボトムアップ式構造制御プロセス」を確立するものである(詳細は別途提出の「研究開発計画書」参照)。当該プロセスの目的は、CNF の分散・表面・配列・集積の各段階を精密制御し、優れた CNF 特性を高度に発現した構造体を形成することである。すなわち、現状高価な CNF 材料を「(質を落としても)安く簡単に作る」ことを志向した従来の方針ではなく、精密制御により実現する「効率(例えば構造用途で用量 1/10 に低減)」や「付加価値(コスト吸収できる機能用途を開拓)」を重視した研究開発である。対象とする構造体は、CNF 固有の優れた機能・性能を活かした「強化樹脂マスターバッチ用CNF粉体」や「電子デバイス用CNFフィルム」、「透明断熱性CNF多孔体」(3 点全て当グル

ープが予め技術シーズを独自開発したもの)であり、実用化しうるプロセスで各々の構造や特性を精密制御する技術体系を確立する。また、CNF は新素材であるため、精密な構造解析が進んでおらず、特に CNF 固有の機能・性能に係わる結晶性や表面構造の解明は急務とされている。本研究では、上記の応用技術を整備するだけでなく、「**CNF 構造の精密解析**」にも取り組み、CNF 研究の基盤形成に資する知見を蓄積していく。

本研究では、上記 3 種の構造体に係る技術開発を並走させており、互いに連携することで相乗的に研究推進することを期待している。また、効率や付加価値を重視した 3 通りの技術開発は、今まさに希求されている CNF のキラーアプリケーション探索を志向した研究体制である。各開発グループの 2019 年度の成果概要は次の通りである。

「**粉体状 CNF/樹脂均一マスターバッチ開発**」グループでは、低エネルギー消費かつ連続的プロセスによって CNF 含有率の高いマスターバッチ調製を行い、溶融混練によるマスターバッチと樹脂の均一複合化を達成した。また、マスターバッチ中 CNF の表面選修飾条件を検討し、溶融混練によって得られる複合材料の靱性向上に適した表面修飾基を見出した。「**CNF の成膜プロセスとフィルム物性の評価**」グループでは、成膜プロセスと性能の相関解析を行い、乾燥雰囲気湿度の制御による成膜速度の高速化に成功した。また、機能性の開拓と機構解明として、CNF をコンデンサや基板に活用したワイヤレス湿度センサを試作し、CNF デバイスが土の還る IoT デバイスという新たな機能を有することを発表した。さらに、耐水性に関しては CNF 薄膜が電子デバイスの水没故障を防止する現象を発見し、耐熱性に関しては木材チップの蒸解・漂白プロセスが与える影響の検討を行った。「**CNF の精密構造解析と断熱性多孔体の形成**」グループでは、CNF ゲルの蒸発乾燥条件 (CNF 濃度・温度・架橋構造など) を精査し、空隙率 80% かつ比表面積 $500 \text{ m}^2/\text{g}$ であり、光透過性と断熱性も兼ねそなえた多孔体を形成できた。また、凍結乾燥にも着手し、蒸発乾燥体よりも著しく光透過性の高い多孔体を形成できた。CNF の精密構造解析では、CNF の真密度と結晶性の相関を精査し、CNF が最表層まで分子鎖が密に詰まった構造体であることを明らかにした。