

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(探索研究期間)

令和3年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:田島 健次]

[国立大学法人 北海道大学大学院工学研究院・准教授]

[研究開発課題名:微生物ナノセルロースを用いた  
高強度環境循環型高分子材料の開発]

実施期間 : 令和4年4月1日～令和5年3月31日

## §1. 研究開発実施体制

### (1)「田島」グループ(研究機関名)

① 研究開発代表者:田島 健次 (北海道大学大学院工学研究院、准教授)

#### ② 研究項目

- ・ポリマーグラフトによる NFBC の表面修飾
- ・HP-NFBC をマクロ開始剤とした **Grafting from** 法によるグラフト化 NFBC の調製
- ・表面修飾 NFBC とグリーンプラの複合体の調製と物性測定

### (2)「折原」グループ(研究機関名)

① 主たる共同研究者:折原 宏 (北海道大学大学院工学研究院、教授)

#### ② 研究項目

- ・粘弾性測定による NFBC の詳細構造解析

### (3)「小瀬」グループ(研究機関名)

③ 主たる共同研究者:小瀬 亮太 (東京農工大学大学院農学研究院、准教授)

#### ④ 研究項目

- ・NFBC 単体成形体(シート、繊維、バルク)の調製と構造・物性の確認

### (4)「甲野」グループ(研究機関名)

① 主たる共同研究者:甲野 裕之 (苫小牧工業高等専門学校 創造工学科、教授)

#### ② 研究項目

- ・シランカップリングによる NFBC の表面修飾
- ・表層修飾 NFBC のライブラリーの構築
- ・表面修飾 NFBC とグリーンプラの複合体の調製と物性測定

### (5)「瀬野」グループ(研究機関名)

① 主たる共同研究者:瀬野 修一郎 (北海道立総合研究機構 工業試験場、研究主任)

#### ② 研究項目

- ・バッチ式混練機を用いた表面修飾 NFBC と樹脂の熔融混練方法の探索
- ・混練条件(バッチ式混練機)の最適化および物性に影響を及ぼす因子の解明
- ・二軸混練機によるスケールアップ

## §2. 研究開発成果の概要

再生可能資源からボトムアッププロセスによって調製されるナノファイブリル化バクテリアセルロース(NFBC)は、繊維が非常に長く(>15 $\mu$ m)、優れた機械的特性を有している。本探索研究では、

この NFBC の特長を活かした高強度環境循環型高分子材料の大量製造技術の確立を目標としている。

NFBC はせん断速度の増加に伴い粘度が低下するシェアシンニング流動挙動を示した。Rheo SALS を用いた解析結果から、せん断速度の増加と共に繊維凝集体がせん断流動方向に配向していることが明らかとなった。

減圧ろ過法・加圧ろ過法・キャスト法で得られる NFBC シートの特性を評価した。作製方法の異なる 3 つのシート間の弾性率・伸びの結果から、減圧ろ過シートが最も硬いシートであることを示した。光学的に透明で高強度な NFBC シートの作製には減圧ろ過法がより適切であると考えられる。

シランカップリング剤と樹脂間の分子レベルでの相互作用(双極子相互作用、水素結合)がコンポジット物性に影響を与えることを立証した。さらにシランカップリング剤の代わりに末端エポキシ活性化化合物を使用することで、イオン性官能基を多数修飾することが可能となり、抗菌性などのさらなる機能化を達成した[1]。

無水コハク酸(SA)と 1,2-ブチレンオキシド(BO)の表面開始開環共重合により HP-NFBC にコハク酸とブチレンオキシドの交互共重合体(P(SA-*alt*-BO))をグラフトした(HPNFBC-g-P(SA-*alt*-BO))。次いで、HPNFBC-g-P(SA-*alt*-BO)をポリブチレンサクシネート(PBS)と溶媒混合することで、ナノコンポジットを作製した。引張試験の結果から、Neat PBS に比べてより高い靱性を持つことが明らかになった(neat PBS の約 200%)。

バッチ式混練機を用いた最適な溶融混練条件を見出し、PCL グラフト化による表面修飾を行った NFBC の複合化により PCL の高強度化を達成した[2]。

#### 【代表的な原著論文情報】

[1] H. Kono, Y. Sogame, U.E. Purevdori, M. Ogata, and K. Tajima: Bacterial Cellulose Nanofibers Modified with Quaternary Ammonium Salts for Antimicrobial Applications. ACS Appl. Nano Mater., 6, 4854 (2023). DOI: 10.1021/acsnm.3c00616

[2] Hamidah binti Hashim, Nur Aisyah Adlin binti Emran, T. Isono, S. Katsuhara, H. Ninoyu, T. Matsushima, T. Yamamoto, R. Borsali, T. Satoh, K. Tajima: Improving the mechanical properties of polycaprolactone using functionalized nanofibrillated bacterial cellulose with high dispersibility and long fiber length as a reinforcement material. Composites Part A, 158, 106978 (2022). DOI: 10.1016/j.compositesa.2022.106978