

ALCA-Next

「資源循環」領域

2024 年度 年次報告書

2023 年度採択

[研究開発代表者名:鈴木 栞]

[北海道大学大学院農学研究院 助教]

[研究開発課題名:工業リグニンの構造－物性相関の解明と高機能材料化技術の創  
出]

主たる共同研究者:

[野々山 貴行 (北海道大学大学院先端生命科学研究院 准教授)]

[徳永 有希 (三重大学大学院生物資源学研究科 助教)]

実施期間 : 2024 年 4 月 1 日～2025 年 3 月 31 日

## §1. 研究開発成果の概要

本研究の目的は、工業リグニンの複雑多様な化学構造と物性の相関を体系的に理解し、個性に立脚した合目的な材料設計指針を構築することである。対象とする工業リグニンとして、市販のクラフトリグニン(KL)5種とリグノスルホン酸塩(LS;いずれもNa塩)7種を選択した。

パルプ製造時の排液から回収される工業リグニンは、パルプ化法や精製度合によって純度や分子量、官能基量が異なる。2024年度は、KLとLSそれぞれに適した組成分析法を確立し、リグニン、多糖類、単糖類、糖過分解物、無機成分を定量した。同様に、KLとLSそれぞれに適した官能基定量法を確立し、脂肪族/芳香族水酸基、カルボキシ基、メキシ基、スルホ基、チオール基またはジスルフィド結合などの定量を実現した。また、工業リグニン分析に特化したSEC-MALSシステムを使用し、KLの絶対分子量と分散度、Mark-Houwink 桜田式の指数  $a$  を決定した。HSQC NMR から、KLとLSの主要な結合を帰属した。以上の分析データを統合的に解釈し、KLとLSの推定化学構造の提案に至った。さらに、微量な官能基が工業リグニンの熱物性や溶解性に影響を及ぼすことを見出し、構造-物性相関の解明に直結する成果を得た。

工業リグニンの構造的な特徴を反映した機能性材料化を目的に、純度やスルホ基量が異なるLSから単一網目ゲルを調製したが、ゲルの吸水性や力学物性は、合成条件によって支配される架橋密度に依存することを見出した。従って、工業リグニンの個性を生かす材料開発には、原料ごとに適した合成条件の確立が必要であることが示唆された。また、高分子電解質であるLS由来の機能性ゲルの創製に向けて、温度応答性の相分離を誘引する溶媒や低分子の探索<sup>1</sup>、及びセラミックスとの複合化に関する基礎的知見を創出した<sup>2</sup>。KL由来の炭素材料の開発研究では、炭素化温度を2500~2800℃まで高めることで、市販のカーボンブラックに匹敵する性能をもつ導電性炭素を製造できることを見出した<sup>3</sup>。

### 【代表的な原著論文情報】

1. M. Watanabe, D. Shi, R. Kiyama, K. Maruyama, Y. Nishizawa, T. Uchihashi, J. P. Gong, **T. Nonoyama** “Phase separation-induced glass transition under critical miscible conditions” *Mater. Adv.* **5**, 7140–7146 (2024).
2. Sukamto, M. Lama, J. P. Gong, **T. Nonoyama** “Soft hydrogel-embedded ceramic skeleton mimicking bone structure via sacrificial bond concept” *Soft Matter* **21**, 291–303 (2024).
3. N. Pakkang, M. Hori, **S. Suzuki**, Y. Uraki “Development of softwood kraft lignin-based conductive carbon for sustainable supercapacitor” *Holzforshung* **79**, 168–176 (2025).