

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
終了報告書（探索研究）

令和元年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:園木 和典]

[所属:弘前大学 農学生命科学部・准教授]

[研究開発課題名:リグニンからの芳香族ポリマー原料の選択的生産]

実施期間:令和元年 11 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

§1. 研究実施体制

(1)「弘前大」グループ(弘前大学)

① 研究開発代表者:園木 和典 (弘前大学 農学生命科学部 准教授)

② 研究項目

- ・ リグニン低分子化用金属発泡体固定化触媒の開発と反応条件最適化
- ・ 低分子フェノール類からバニリン酸 (VA) 等芳香族モノマーを生産するロバスト性の高い微生物株の作出
- ・ 芳香族モノマーを原料とした新規ポリマーの合成と性能評価

(2)「長岡技大」グループ(長岡技術科学大学)

① 主たる共同研究者:政井 英司 (長岡技術科学大学 技学研究院 教授)

② 研究項目

- ・低分子フェノール類から VA 等芳香族モノマーを生産する微生物株の作出
- ・リグニン分解物を基質とした新規微生物株の単離と宿主-ベクター系の構築

(3)「北大」グループ(北海道大学)

① 主たる共同研究者:中坂 佑太 (北海道大学 大学院 工学研究院 准教授)

② 研究項目

- ・アルカリ酸化分解反応によるリグニン低分子化反応条件の最適化

(4)「帯畜大」グループ(帯広畜産大学)

① 主たる共同研究者:吉川 琢也 (北海道国立大学機構 帯広畜産大学 環境農学研究部門 准教授)

② 研究項目

- ・アルカリ酸化分解反応によるリグニン低分子化反応条件の最適化

(5)「農工大」グループ(東京農工大学)

① 主たる共同研究者:銭 衛華 (東京農工大学 大学院 工学研究院 教授)

② 研究項目

- ・水熱分解反応によるリグニン低分子化反応条件の最適化

(6)「コニカミノルタ」グループ(コニカミノルタ株式会社)

① 主たる共同研究者:磯部 和也 (コニカミノルタ株式会社 化成品事業部 材料要素技術開発センター 化成品開発部 アシスタントマネジャー)

② 研究項目

- ・芳香族モノマーのトナー適用検討

§2. 研究開発成果の概要

本研究開発課題では化学プロセスと生物プロセスが連携して、リグニン低分子化技術の芳香族モノマー生産への最適化、芳香族モノマー生産微生物株の作出、製品の差別化に展開可能な芳香族ポリマーの合成、に取り組み、リグニンからの選択的な芳香族モノマー生産および産業に有用な芳香族素材創出に展開できる要

素技術開発を実施した。

まず、酸素を酸化剤に、水酸化銅を触媒に用いたサルファイトリグニンのアルカリ酸化分解反応パラメータを検討して、芳香族モノマー生産微生物株が利用できる芳香族モノマーの収率が最大となる条件を決定した。次に *Sphingobium* sp. SYK-6 株の変異株を用いて、酸化分解物からバニリン酸 (VA) を生産した。そして培養液から得た VA の粗精製物から、メチルエステル化、ヒドロキシエチル化、蒸留、重合から成るステップを経てポリエチレンバニレート (PEV) を合成できることを明らかにし、リグニンの低分子化から芳香族素材合成までを一気通貫で可能であることを世界で初めて実証した。PEV は高耐熱性、高耐溶剤性、高流動性があり、樹脂、繊維、フィルム、電気電子部品などの用途が期待できる芳香族素材である。さらに PEV の分子量向上に有効な触媒系も見出すとともに、VA 等から誘導したビニルモノマーを用いて作製したトナーが基本物性を満たす見通しも得た。

次にリグニンから VA など芳香族モノマーの量合成に向け、バガスから調製されたオルガノソルブリグニン (JST-ALCA 実用技術化プロジェクト 天然多環芳香族からの単環芳香族の単離・製造技術開発の成果物) を使用して分解プロセスのスケールアップに取り組み、オルガノソルブリグニン溶液からのリグニン抽出、連続流通式アルカリ酸化分解、溶剤分画からなるアルカリ酸化分解プロセスが工場レベルで実施可能である見通しを得た。得られた分解物からの VA 生産は、酸化分解物に対する耐性がより高い *Pseudomonas* sp. NGC7 株の代謝を最適化することで実施可能であることを明らかにした。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Higuchi Y, Ishimaru H, Yoshikawa T, Masuda T, Sakamoto C, Kamimura N, Masai E, Takeuchi D, Sonoki T. **2023**.
Successful selective production of vanillic acid from depolymerized sulfite lignin and its application to poly(ethylene vanillate) synthesis. *Bioresource Technology*. 385: 129450.
- 2) Ishimaru H, Yoshikawa T, Nakasaka Y, Higuchi Y, Yoshida A, Sonoki T, Masuda T. **2023**.
Direct extraction of biphasic organosolv lignin for producing aromatic aldehydes via alkaline oxidation. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 105009.
- 3) Peng M, Muraishi T, Hou X, Zhao M, Kamiya K, Qian EW. **2023**.
Oxidative Depolymerization of Lignin to Vanillin and Lactic Acid in an Aqueous Solution. *Fuel*. 348: 128486-128497