

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 2 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:河本 晴雄]

[京都大学 大学院エネルギー科学研究所・教授]

[研究開発課題名:熱化学反応制御によるバイオマスからの高機能素材合成]

実施期間：令和 2 年 11 月 1 日～令和 7 年 3 月 31 日

§1. 研究実施体制

(1)「京都大学」グループ(京都大学)

①研究開発代表者: 河本 晴雄 (京都大学大学院エネルギー科学研究科、教授)

②研究項目

- ・構成成分分離
- ・糖化技術とバイオプラスチック生産
- ・BTX およびファインケミカルス生産
- ・基盤技術開発
- ・プロセス設計と LCA 評価

§2. 研究開発成果の概要

本研究開発課題では、非可食性で膨大な資源量を誇る木質バイオマスから、バイオプラスチック及びその他有用な高機能性素材を高収率かつ高選択的に製造するプロセスの開発を目指し、構成成分分離、急速熱分解と加水分解を組み合わせた糖化、リグニンからの芳香族モノマー生産について検討し、以下の成果を得た。

構成成分分離に関しては、水添加超臨界メタノール処理により、ヘミセルロース及びリグニンを分解・除去し、セルロースリッチな固体残渣を得る成分分離技術を開発した。

糖化技術に関しては、急速熱分解工程ではレボグルコサンを高収率に得るための赤外線照射条件、原料特性などを、加水分解工程では固体酸を用いたレボグルコサンの加水分解条件と糖液の発酵性に及ぼす副生成物の影響を明らかにした。また、阻害物質の低減とレボグルコサン収率の向上を目指した熱分解条件と生成物(ミスト)の回収方法について検討し、成果を得た。さらに、レボグルコサン収率を大きく低下させる要因である原料中の微量アルカリ金属塩への対応として、マグネシウム塩による前処理法を見出し(特許申請済)、発酵に利用できる糖を安定して高収率に得るプロセスを構築した。

リグニンからのモノマー生産に関しては、熱分解によるリグニンの自発的な分解を利用しつつ二次重合を抑制する方法を開発した。この方法では、触媒変換を組み合わせることで、熱分解のみでは難開裂な構造をも開裂させ、モノマー生産が困難な針葉樹リグニンから 60%以上の収率で芳香族モノマーを生産することに成功した(「熱分解支援接触分解」と命名し特許申請済)。また、気相触媒変換を組み合わせた BTX(ベンゼン、トルエン、キシレン)、シクロヘキサン類、シクロヘキサノール類の生産プロセスを構築した。さらに、水素を用いず、成分分離も行わずに木質バイオマスを直接合成ガスと芳香族モノマーへと変換するプロセスを構築した(特許申請済)。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Wang J., et al. (2023) Pyrolysis-assisted catalytic hydrogenolysis of

softwood lignin at elevated temperatures for the high yield production of monomers, *Green Chemistry* 25:7, 2583-2595.

- 2) Wang J., et al. (2023) Role of pyrolysis in pyrolysis-assisted catalytic hydrogenolysis of lignin and mechanistic insights into catalytic conversion, *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 170, 105930.
- 3) Nomura T., et al. (2024) Furan and benzene ring formation in cellulose char: the roles of 5-HMF and reducing ends, *RSC Adv.* 14, 21544-21552.