

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 2 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:河本 晴雄]

[所属:国立大学法人 京都大学 大学院エネルギー科学研究科・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 5 年 4 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

## §1. 研究開発実施体制

(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す。構成成分分離に関しては、水添加超臨界メタノール処理の条件を変化させることで、セルロースとマトリックスあるいは木材多糖とリグニンにそれぞれ分離できることを明らかにした。糖化技術に関しては、実バイオマスとしてのパルプの利用について研究を進め、ごく微量に含まれる無機成分の影響およびその作用機構を明らかにするとともに、その制御方法と TG 分析を用いた無水糖収率の推定方法を提案した。また、発酵阻害物質として作用するアルデヒド類の混入を低減させるための熱分解制御方法および精製方法について成果が得られ、熱分解工程と加水分解工程を統合した糖化プロセスを提案し、事業化を目指した企業との共同研究を推進した。BTX およびファインケミカルス生産に関しては、リグニンより 60%以上の高収率で芳香族モノマーを生産できる開発技術を「熱分解支援接触分解」と命名し、変換機構を詳細に明らかにするとともに、縮合の進んだ工業リグニンへの展開の可能性を示した。また、広葉樹リグニンからは 80%以上の収率で芳香族モノマーが得られることも明らかにし、脱メキシ化によりフェノール類を選択的に得る条件が見いだされ、企業との共同研究を実施することになった。さらに、木材を原料として木材多糖とリグニンの総体利用を可能にする手法が見いだされ、気相触媒変換と組み合わせた BTX、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の構築に向けて一層弾みがついた。基盤技術開発に関しては、木材細胞壁のナノ複合構造が熱分解に与える影響、セルロースの熱分解機構、低温プラズマ利用などの検討を進め、熱分解反応制御のための基盤学理をさらに深化させることができた。

### 【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) Wang J., Minami E., Kawamoto, H. (2023) Effects of solvent on pyrolysis-assisted catalytic hydrogenolysis of softwood lignin for high-yield production of monomers and

phenols, as studied using coniferyl alcohol as a major primary pyrolysis product, RSC Sustainability 1(5), 1192-1199.

- 4) Nomura T., Minami E., Kawamoto H. (2024) Microwave effect in hydrolysis of levoglucosan with a solid acid catalyst for pyrolysis-based cellulose saccharification, ChemistryOpen, e202300311.