

戦略的創造研究推進事業(ALCA)  
技術領域(プロジェクト名)「バイオマスの化成品化  
およびポリマー化のための高効率生産プロセスの  
開発」  
課題名「炭素系触媒によるリグノセルロース分解」

## 終了報告書

研究開発期間 平成25年10月～令和 2年 3月

研究開発代表者:福岡 淳  
(北海道大学触媒科学研究所、教授)

## ○報告書要約（和文）

（報告書の概要は、和文、英文で A41 枚以内ずつそれぞれ記載ください。本要約部分はウェブに公開予定です。）

研究開発代表研究者：北海道大学 教授 福岡 淳

研究開発課題名：炭素系触媒によるリグノセルロース分解

### 1. 研究開発の目的

（本研究が地球規模の低炭素化にどのように寄与するかを中心に、目的を簡単に分かり易く、まとめてください。）

触媒を用いたセルロースの加水分解により単糖およびセロオリゴ糖合成の技術開発を行うことを目的とする。これは、本プロジェクトの開発目標である「セルロース・ヘミセルロースを高効率に糖化する技術の開発」に対応するものである。リグノセルロースの効率的な加水分解法が確立していないため、リグノセルロース由来単糖の利用はほとんど進んでいない。また、セルロースからオリゴ糖への分解において生成物分布の制御は困難であり、学術および技術的な検討が必要である。効率的な糖化技術が導入されることにより、バイオマス資源から新しいソバルクケミカルズ合成プロセスの実用化が可能となり CO<sub>2</sub> 削減につながる。また、オリゴ糖はバイオスティミュラントとして機能し、農業・畜産で大幅な CO<sub>2</sub> 削減効果が得られる可能性を持っている。

### 2. 研究開発の概要

（チームとしてまとめた実施内容や経緯、得られた成果、今後の展開等の全体概要を、簡単に分かり易く、まとめてください。それぞれのグループの研究が、どのようにチーム全体の成果につながったのかを中心に記載してください）

#### (1)内容:

福岡 G は、弱酸点を持つ炭素がセルロースを加水分解する触媒として機能することを見出している。本研究開発では、まず触媒反応機構の解明ならびに単糖の効率的な合成を目指した。その中で、長谷川 G の理論計算による支援の下、炭素のセルロースの吸着様式と引き続き加水分解機構を明らかにした。糖の効率的な生産に関しては、バイオマス自身やリグニンから触媒を作る方法を考案し、安価かつ再使用可能な触媒反応プロセスを構築することができた。さらに、スラリー流通式反応装置と固液分離装置を開発し、糖溶液の連続合成に成功した。

次に、福岡 G では炭素触媒が反応中間のセロオリゴ糖を特異的に高収率で与えることに着目し、オリゴ糖の選択合成に取り組んだ。ここではセミフロー反応器を開発し、セロオリゴ糖の収率を最大化させ、特定の分子量のセロオリゴ糖の収率を高めることにも成功した。また、キチン・キトサン由来のオリゴ糖についても合成を検討した。昭和電工 G では、オリゴ糖の市場調査を行い、その重要性を確たるものにした。

#### (2)成果:

本研究成果により論文 19 報を発表し、また特許を 4 件出願した。バイオマス自身やリグニンから触媒を作る方法は日本経済新聞の朝刊に掲載された。

#### (3)今後の展開:

オリゴ糖合成のスケールアップ検討を行い、市場投入を実現し、温室効果ガスの排出削減を目指す。

## ○Report summary (English)

Principal investigator: Atsushi Fukuoka, Professor, Hokkaido University  
R & D title: Depolymerization of lignocellulose over carbon-based catalysts.

### 1. Purpose of R & D

The purpose of this research is to produce mono and oligo-saccharides by catalytic hydrolysis of lignocellulose. This objective corresponds with the project goal of “Developing a technology for saccharifying cellulose and hemicellulose with high efficiency”.

Monosaccharides can be converted to many useful chemicals and fuels. However, their use was hindered by the lack of an efficient hydrolysis process for their synthesis from lignocellulose. The development of a catalytic process for saccharification of lignocellulose will enable industrial processes for production of bio-based bulk chemicals leading to significant reduction of CO<sub>2</sub> emissions.

Oligosaccharides are bio-stimulants that can be used to develop sustainable methods of agriculture and livestock farming. However, synthesis of oligosaccharides is challenging due to the difficulty in controlling the product distribution. A process for catalytic hydrolysis of biomass to desired products would achieve significant CO<sub>2</sub> reduction in agriculture and livestock industries.

### 2. Outline of R & D

#### (1) Contents:

Fukuoka group discovered that carbon catalysts with weak acid sites were able to effectively hydrolyze cellulose. We aimed to elucidate the mechanism of the catalytic reaction to improve the yield of monosaccharides. With the help of Hasegawa group, who performed theoretical calculations, we clarified the underlying mechanism for adsorption of cellulose on carbon surface and its subsequent hydrolysis. To further improve the efficiency of the process, carbon catalyst was synthesized by using biomass and lignin as the source. This allowed us to develop a cost effective and recyclable catalytic process for lignocellulose conversion. Furthermore, we developed a slurry flow process equipped with a solid-liquid separator to perform continuous hydrolysis of biomass to obtain a solid free sugar solution.

Following the success of monosaccharide synthesis, Fukuoka group focused on the selective synthesis of cello-oligosaccharides from cellulose. Carbon catalysts produced cello-oligosaccharides as intermediates during the hydrolysis reaction. We developed a semi-flow reactor to control the hydrolysis reaction and succeeded in increasing the yield of cello-oligosaccharides with a desired molecular weight. The synthesis of oligosaccharides from chitin/chitosan was also examined. Showa Denko group conducted a market survey for the use of oligosaccharides and confirmed its importance in agricultural industry.

#### (2) Achievements:

We have published 19 journal papers and filed 4 patents. Our achievement appeared in a newspaper.

#### (3) Future developments:

In future we aim to scale up the synthesis of oligosaccharides and make it commercially available with the primary objective of reducing greenhouse gas emissions.