

**【3K113006】固体酸触媒を用いた様々な草木質系バイオマス廃棄物に対応できる糖化システムの構築**

(H23~H25；累計交付額 49,808千円)

銭衛華（東京農工大学）

## 1. 研究開発目的

草木質系バイオマスからバイオエタノールの製造法では、まずバイオマスをキシロースやグルコース等の単糖類に分解し、次に発酵によりバイオエタノールを製造する。現状では、生産コストが高く、ここでは低コスト糖化プロセスは不可欠である。我々は、酸量・酸強度が制御でき、水熱糖化反応速度が高く、かつ選択性も高い、また糖化後触媒が分離・回収でき、再利用も可能である固体酸触媒の特徴に注目し、固体酸触媒を用いた稲わらの直接水熱糖化法を開発してきた。しかし、単糖収率(54.6%)がまだ低い。また、草木質系バイオマス廃棄物からのバイオエタノール製造法の実用には、季節によらず、安定したバイオマスの供給のため、水熱糖化反応性が異なる様々なバイオマス廃棄物を使わなければならない。さらにバイオマスに含まれるヘミセルロースやセルロースの水熱糖化活性が異なり、それぞれに対応する触媒や反応条件の最適化が必要である。そこで、本研究では、まず、新規高活性な固体酸触媒の合成法を検討し、触媒の解析結果と合わせて異なる酸量・酸強度をもつ触媒の調製法を確立する。そして、これらの触媒を用いた様々なバイオマスの水熱糖化反応を行い、バイオマス中のヘミセルロース・セルロースの水熱反応性を解明する。さらに、固体酸触媒水熱糖化のみでの2段固体酸水熱糖化法と、バイオマスの前処理後固体酸水熱糖化を行う組み合わせ糖化法を開発し、固体酸触媒を用いた水熱糖化技術をコアとした様々な草木質系バイオマス廃棄物の糖化特性に応じた最適な水熱糖化法の開発を行う。

## 2. 本研究により得られた主な成果

### (1) 科学的意義

本研究では、固体酸のみで稲わらやユーカリ等の草木質系バイオマスを水熱糖化するという独創的な研究である。国内外では、多孔質メソポーラス固体酸触媒を利用した草木質系バイオマスから二段水熱糖化プロセスでバイオマスの糖化に関する研究は、ほとんど報告されておらず、学術的にも極めて独創的な研究である。主な成果は次のようになる。

①高表面積の多孔質シリカの表面に硫酸化ジルコニアやチタンニアを導入した 160~200 m<sup>2</sup>/g 高表面積かつメソ孔をもつLewis酸型触媒と、多孔質シリカの表面にスルホ基を導入した100~480m<sup>2</sup>/gの高表面積かつメソ孔をもつブレンステッド酸型触媒を調製し、異なる酸特性をもつ固体酸触媒の調製法を確立した。②赤松、ユーカリ、稲わら等草木質系バイオマスの固体酸水熱分解反応を行い、木質バイオマスと草本系バイオマスの固体酸水熱糖化反応性を解明した。③2段水熱糖化プロセスにおける各段に使用

する触媒及び水熱糖化条件を探索した。この 2 段階糖化プロセスより、稲わら中の糖化可能なホロセルロースの約 70%を、ユーカリの場合では約 64%を単糖に転化することが成功した。

## (2) 得られた成果の実用化

実用化に向けて、ベンチスケール回分式反応装置を試作・運転し、ベンチスケール装置用触媒の調製法の確立及び反応後の固形分からの触媒の分離・回収法や触媒の耐久性の検討を行なった。スケールアップしても、触媒の調製法や触媒性能に大きな影響が見られなかった。一方、大きな回分式装置では、反応温度までに達する加熱時間が長く、水熱糖化反応の正味反応時間の制御が難しくなるため、水熱糖化反応にある程度の影響が見られた。また、現段階では、触媒の繰り返し利用が 3~4 回であるため、試算した稲わらからバイオエタノールのコストは、約 90~110 円/L であった。これから、パイロットプラント反応装置の検討やさらなる高耐久性触媒の開発が必要であることが分かった。

## (3) 社会への貢献の見込み

草木質系バイオマス、特に建築廃材や稲わら及び雑草類等の草木質系バイオマス廃棄物からバイオエタノールの製造が注目されている。しかし現状では、バイオエタノールの生産コストが高く、150~200 円/L である。そこで、革新的な糖化技術である本研究で開発した固体酸を用いた草木質系バイオマスの水熱糖化法より、様々な草木質系バイオマス廃棄物が糖化することができた。現段階では、糖化コストに改善の余地はまだあるが、これから触媒の耐久性を向上させ、バイオエタノールの製造コストを 50 円/L 以下に抑えることが可能と見込められ、将来的に食料と競合せず、草木質系バイオマス廃棄物から安価な液体燃料であるバイオエタノールを提供するだけでなく循環型社会の形成に寄与すると期待できる。

## 3. 委員の指摘及び提言概要

固体酸触媒による水熱糖化システムの有効性や改良方向を示すことができたが、糖化収率 80%、セルロース系バイオエタノール生産コスト¥40/L の目標は達成できていない。また、コストの寄与率の高い粉碎等の前処理がまだ十分に低コスト化されておらず、実用化への道のりを険しくしている。

## 4. 評点

総合評点：B