

補助事業名	平成 22 年度循環型社会形成推進科学研究費補助金研究事業
所管	環境省
国庫補助金	73,441,000 円
研究課題名	木質系バイオエタノールのための環境低負荷型生産技術の開発
研究期間	平成 20 年 4 月 1 日～平成 22 年 3 月 31 日
代表研究者名	森田 昌敏 (愛媛大学)
共同研究者名	本田 克久 (愛媛大学) 川嶋 文人 (愛媛大学) 河野 公栄 (愛媛大学) 秀野 晃大 (愛媛大学) 鈴木 規之 (国立環境研究所) 鑪迫 典久 (国立環境研究所) 和泉 憲明 (川崎重工業(株))
研究協力者名	泉 可也 ((株)Biomaterial in Tokyo)

## 目 次

はじめに .....	4
1 木質バイオマスの前処理及び糖化手法に関する研究 .....	7
1-1 はじめに .....	7
1-2 亜臨界水処理による糖化法の検討 .....	13
1-3 オルガノソルブ法の検討 .....	24
1-4 遊星型ボールミルを用いた微粉碎処理法の検討 .....	32
1-5 市販糖化酵素の検討 .....	34
1-6 希酸による結晶性セルロース加水分解条件の検討 .....	39
1-7 小括 .....	55
2 発酵技法についての研究 .....	57
2-1 耐熱性酵母を用いた同時糖化発酵法の検討 .....	57
2-2 キシロース資化性エタノール生産酵母に関する検討 .....	65
2-3 小括 .....	96
3 酵素糖化リグニン残渣の利活用技術開発の検討 .....	97
3-1 はじめに .....	97
3-2 酵素糖化リグニン残渣の還元分解 .....	97
3-3 リグニン残渣由来吸着材の作製と性能試験 .....	106
3-4 小括 .....	116
4 木質系バイオエタノールの社会経済的側面 .....	117
4-1 立地環境およびバイオエタノールの社会経済的解析 .....	117
4-2 環境に配慮した生産最適化のためのシステムの開発に関する研究 .....	122
4-3 バイオエタノール生産事業性の検討 .....	135
5 研究成果の研究発表 .....	138
おわりに .....	140

## はじめに

### 研究目的

廃棄物系バイオマスの中で、量が豊富で安定供給可能な製材工場残材、建設廃材、間伐材等の木質を有効に活用して、エタノールやバイオディーゼル油に変換する新たな要素技術とそれを組み込んだ環境にやさしい生産技術システムを開発する。水および生成物のみを用いたセルロース糖化技術、発酵技術および五炭糖発酵を含めた我が国独自の菌種の開発、およびゼロエミッションを目指してのリグニン残渣の有効活用技術やエタノール分離技術そして、それらを社会的に実装する上での社会経済学的解析を提示する。また製紙スラッジ、イナワラ、その他の有機性廃棄物の自動車燃料化への適用を展望した技術開発として、循環型社会形成にむけての廃棄物処理技術の新たな展望をひらく。

### 研究方法

研究は新たな要素技術の開発と、それらを取りまとめたシステムズアプローチから構成され、低コストで環境に優しい技術の確立を目指す。第1の要素技術は、木質セルロース利用のネックとなっている糖化技術に関するもので無公害型の亜臨界アルコール・水・酢酸を用いた加水分解を中心として環境負荷の小さい糖化技術を試験する。第2は、セルロースの糖化後の発酵によるエタノール生産での新しい技術の開発である。加水分解に副生するキシロース等の五炭糖の糖利用についても検討する。第3は、リグニン等の活用に関するもので、リグニンの分離・溶解と分離された可溶性リグニンの還元的リフォーミングによる油分化および活性炭への変換と活用手法の開発である。併せてアルコールの高濃度化/脱水プロセスに関する検討を行う。最後に上記の3つの要素技術を有機的に組み合わせて生産の最適化を行うと共に、最終的にバイオエタノールの製造と使用に係る影響評価とその事業性の評価の提案を行うこととしている。

### 研究背景

化石燃料の燃焼結果として大気中のCO<sub>2</sub>増加による地球温暖化が危惧され、それに対応したCO<sub>2</sub>削減が求められている。このため、自然エネルギーの利用や原子力の利用が求められている。原子力の拡大は3月11日の福島原発の事故があり、今後縮小に向かう可能性が高く、より多くの役割が自然エネルギーの利用に求められるようになる。自然エネルギーは①太陽光発電②風力発電③バイオマスエネルギー④地熱が主たるものであるが、それぞれ課題を抱えている。太陽光発電は発電コストが高いこと。(火力の5倍程度)風力発電にしてもコストが火力に比較して高いこと。(2倍程度)そして、適地が少なくなりつつあること。また地熱は、我国で発達してきた温泉との競合や、国立公園内の自然保護との両立が容易でないことが指摘される。この点がCO<sub>2</sub>を地球化学的に循環利用するバイオマスエネルギーの一定の期待がかかる。バイオマスエネルギーの弱点は、我国の国土が狭いことと対応してその量が少ないことにあり、我国の利用している全エネルギーの5%程度であることにある。

社会にインフラとして存在しているガソリンスタンドのような液体燃料供給システムを活用する上でエタノール生産は重要であり、既にブラジルや米国で急速に拡大している。

我国は国土が狭く、その 2/3 は林地であることを考えると、ブラジルや米国のように耕地を利用してサトウキビやコーンを栽培するのは不適切であり、木から作ることが、また木材から生まれた廃棄紙や製紙スラッジをも原料とすることが重要と考えられる。中でも間伐材や端材などの廃木材の利用は林業活性化の面でも大変重要である。その一方で、木材をアルコール原料とした時に困難なことがある。木質はその組成の 50%はセルロースであるが、約 20%リグニンが存在し、これが糖に変換することを困難にしている。このため、環境負荷が小さく効率よくエタノールを得るための糖化発酵の技術と残渣となるリグニンの有効活用の技術が求められる。このことが本研究の研究背景にあり、以下の研究を実施した。

本研究は平成 20 年度から 22 年度の 3 年間にわたり行われたものであり、これらの内容を取りまとめたものである。

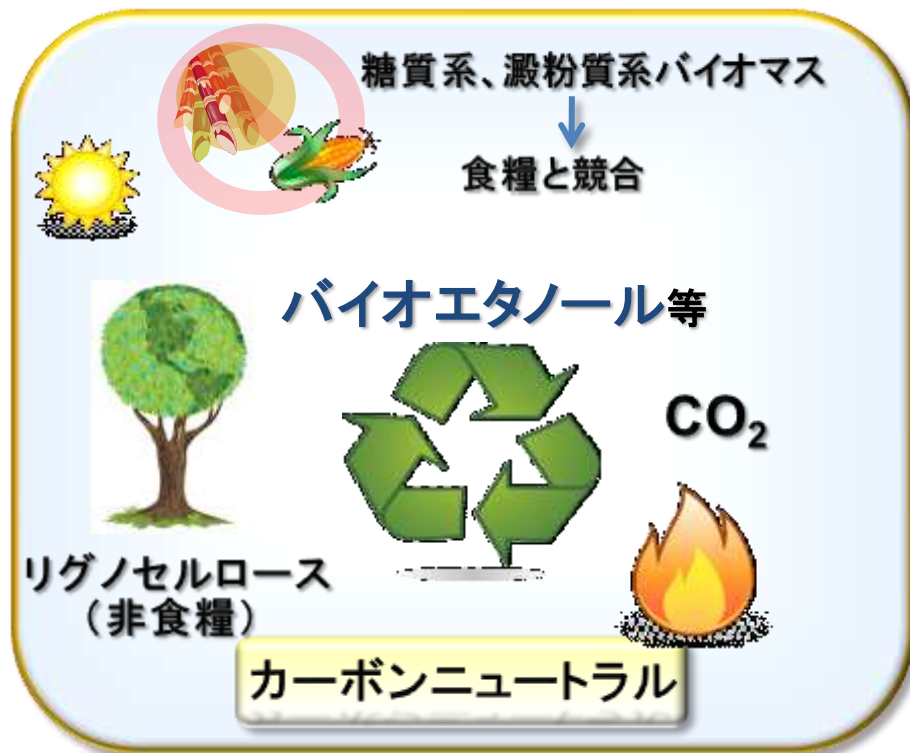


図 1 カーボンニュートラルの特性を有するバイオエタノール

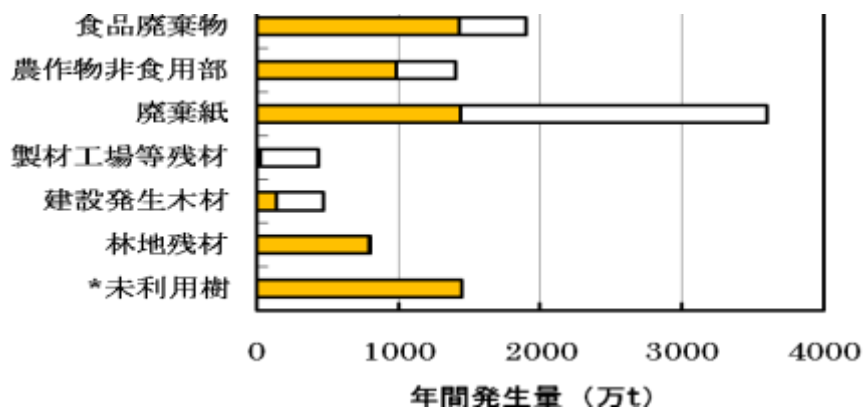


図2 廃棄物系バイオマス年間発生量 (バイオマスニッポン総合戦略参照)

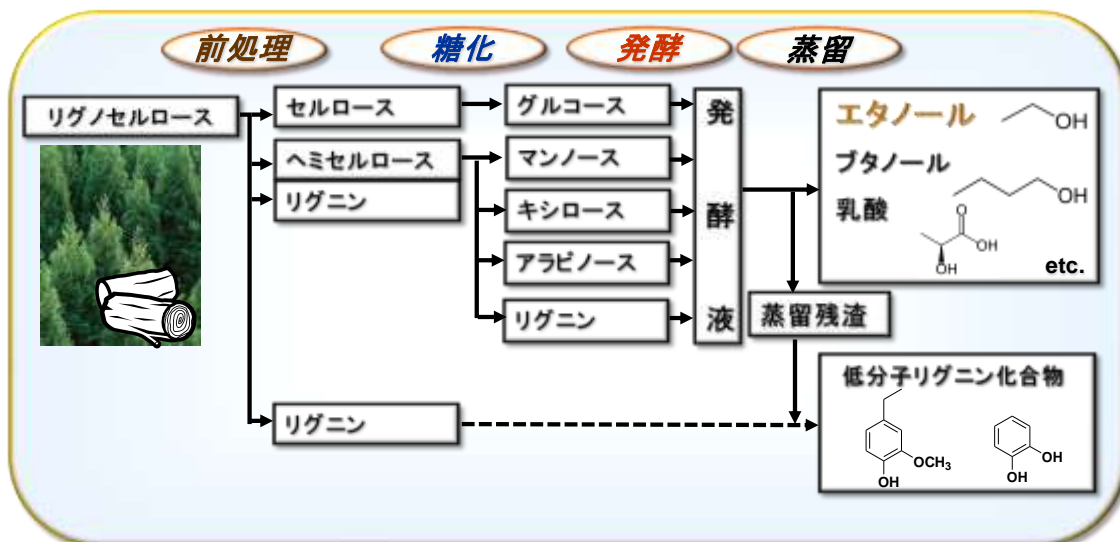


図3 リグノセルロースからのバイオエタノール生産

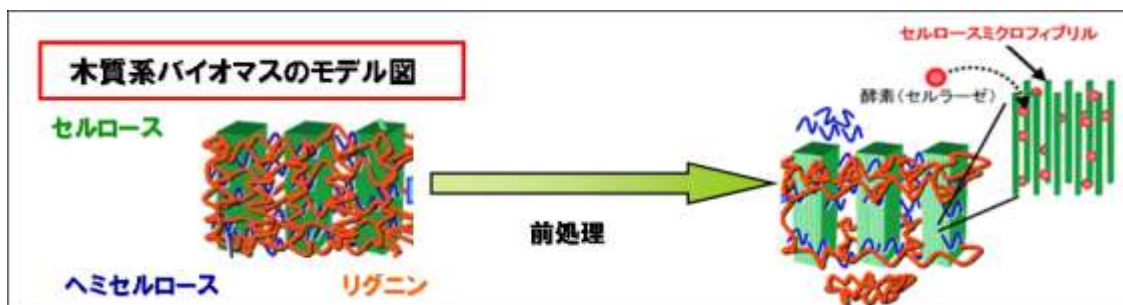


図4 木質系バイオマスのモデル図

引用: Endo et al., セルロース学会 第15回年次大会 講演要旨集 (2008)