

再利用だけで終わらせない

～古紙利用はここまでできる！～

新居浜工業高等専門学校

近藤美咲 二宮由利絵 藤信幸美

1. 背景と目的

日本では毎年、多くの量の紙が生産され廃棄されている。私たちが住んでいる愛媛県は四国中央市を中心に製紙工業が盛んである。私たちは紙の再利用について様々な課題があることを知った。紙の再利用は環境のために導入されたものだが、処理の際に強アルカリの薬品を使うこと、その後の廃液の排出のことを考えると、環境に優しいとは言い難い。

私たちは環境に良い紙の再利用を行うことはできないかと考え、特殊分解菌のセルラーゼの研究を進めていき、薬品を用いないより環境に優しい紙の分解システムを開発した。さらに、自分たちでスクリーニングをして得た高エタノール生産酵母をサイクルに加えることで、紙の再利用だけでなく、バイオエタノールを同時に取り出すことのできる今までにない新しいシステムを開発することに成功した。

2. システムの説明

バイオマス（古紙）を特殊分解菌のセルラーゼを用いて 50℃の高温で分解し、グルコースと繊維を得る。グルコースは高エタノール生産酵母によって、バイオエタノールに変換し、車の燃料などのエネルギーとして用いる。固体残渣である繊維は再生紙として再利用する。

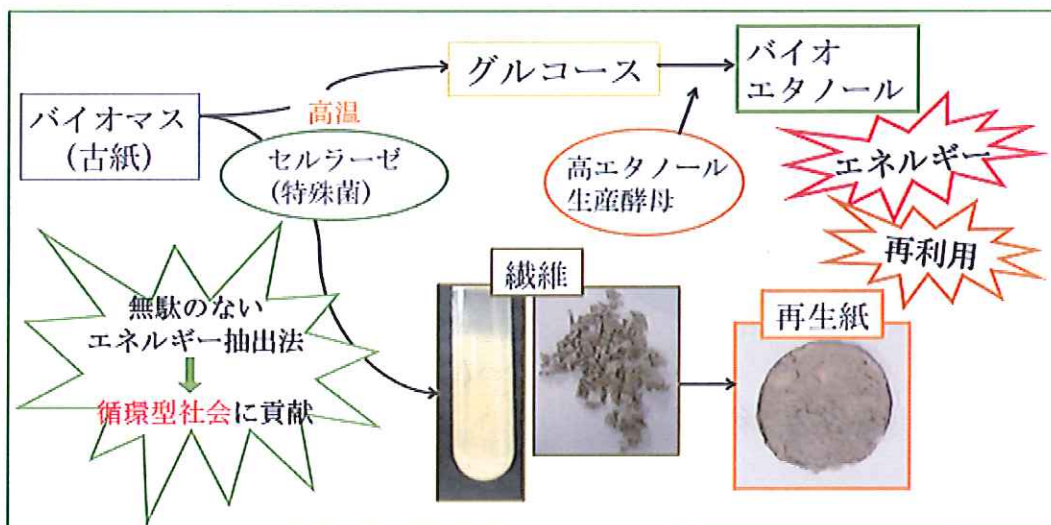


図1 システムの概要図

今回のシステムの特徴として、バイオエタノールを得ることと同時に、繊維を再生紙にすることができるという点がある。これまでもバイオマスからバイオエタノールを取り出し、利用するという研究は多数行われてきている。しかし、バイオエタノールの取り出しと同時に紙の再利用を行うというサイクルは開発されていない。この新たなサイクルを導入することによって大量に排出される古紙をより効率的に有用なものにリサイクルすることができるようになる。

3. サイクルで用いる微生物

① セルロース分解菌

私たちが今回用いる特殊菌のセルロース分解菌は柑橘系廃棄物から得られる菌である。愛媛県ではポンジュースの製造過程で柑橘系廃棄物が大量に発生する。その柑橘系廃棄物から有用なセルロース分解菌を得ることで、ゼロエミッションすることができる特殊な環境が愛媛にはある。

私たちは果実に含まれるポリフェノール等の抗菌作用物質があるために高温に強い菌であり、紙に含まれるセルロースを効率的に分解することができる特殊菌を、50℃の高温でスクリーニングすることに成功した。特殊菌のセルラーゼは50℃の高温で従来菌に比べて分解能が高く、効率的にエネルギーを取り出すことができ、紙の再生効率を上げることができる。

特殊菌が高温に強いことを利用すれば、将来的に実用化されたときに、製紙工場などにこのシステムを導入し、工場排熱を利用して古紙の分解を行うことができる。

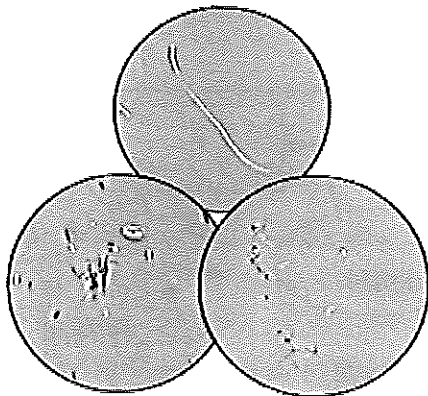


図2 セルロース分解菌

実際に行った紙の分解試験では図2にある3種類のセルロース分解菌を1種類ずつ単一に培養し分解を行ったものと3種類を混合して複合培養したものの2つの方法で分解試験を行った。結果は図3にあるように何の菌も加えずに並行試験として分解を行ったControlとの糖度差（紙が分解されて生成されるグルコース量の差）で表した。単一菌で分解を行った時に比べて、複合菌で分解を行った時、糖度差が大きく分解能が高いということが分かった。

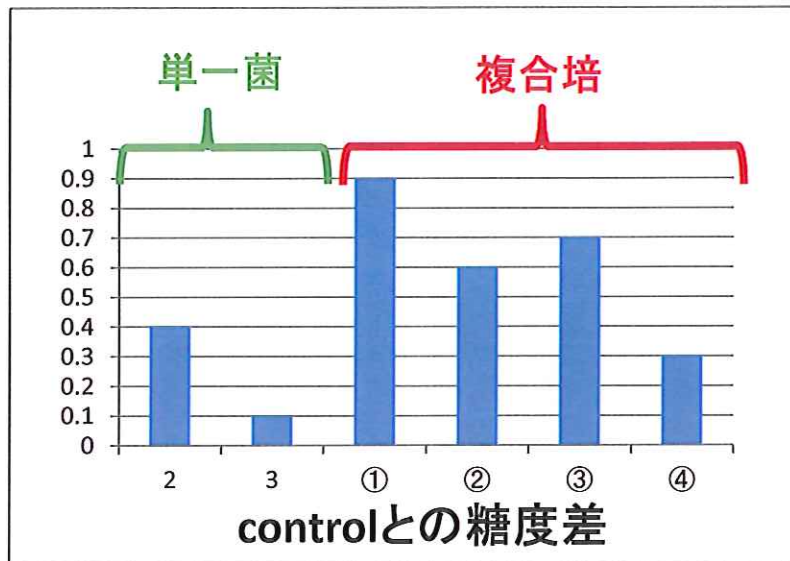


図3 分解試験結果

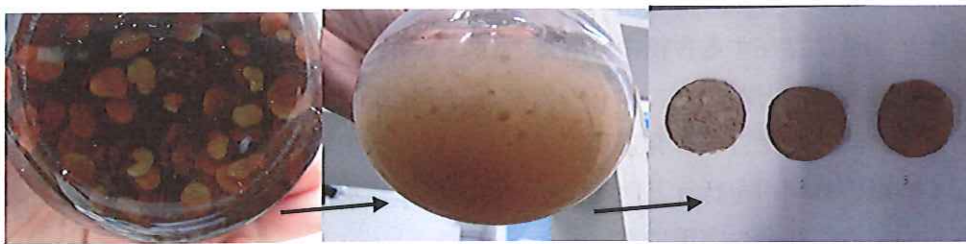


図4 紙の分解試験から再生紙へ

図4に更紙の分解試験の様子と、分解されてできた紙繊維から作成した再生紙の様子を示した。

② 桜酵母

私たちはこれまで梅、桜、ブドウから数百種類の天然酵母をスクリーニングしてきた。酵母を用いて発酵試験を行い、高エタノール生産酵母を選別した。今回用いる桜由来の酵母が、一番発酵能が高く、実用的に用いられているパン酵母に近い酵母であることが分かった。桜酵母を用いることで効率的にエタノールを生産できると考え、システムに利用した。桜酵母は図5にある、新居浜高専にある伝統的な桜から得た酵母である。

図6は実際にスクリーニングを行って得た酵母の顕微鏡写真である。この写真の酵母は酵母同士が集まって塊を形成していることが分かる。塊を形成する酵母は野生酵母の特徴であり、酵母の大きさも全体的に5 μ mほどで市販のパン酵母とほぼ変わらない大きさであった。

また、アルコール発酵試験では、試験管の中にあるダーラム発酵管の中にCO₂が多く溜まっているほど発酵能が良いという判断方法で行った。



図5 新居浜高専の桜



図6 桜酵母

4. これからの実用性

愛媛県は紙産業が盛んである。今後地元の紙産業関連企業とさらに共同研究を行って、発展させることができる。

また、大量に存在する古紙の分解はこれまで強アルカリな化学薬品に頼ってきたため、廃液の問題などがあり、含有の化学薬品の影響で有効利用できるものは一部だけであった。開発した古紙の有効利用プロセスは、微生物を用いているため、環境にやさしく古紙の再利用を行うと同時にバイオエタノール産生することができる、環境にやさしい循環型社会の実現に貢献できる。

5. 今後の課題

今後の課題として、1つに再生紙の質を良くするということがあげられる。今回の再生紙は紙繊維を固めたほどでまだ実用的な再生紙にすることはできていない。将来的には再生紙の実用的な合成と漂白も含めたシステムも考えていきたい。

課題を解決することでより良い紙再生サイクルへと発展させていくことができるだろう。

(文部科学省国立大学改革強化推進事業(三機関が連携・協働した教育改革)の助成を受けて行った。)