

41 低エネルギー型濃縮法による新エタノール製造技術に関する調査研究

中野恵之，東山幸央，藤田浩行，古谷 稔，有年雅敏

1 目 的

近年、天然資源からのエタノール製造技術に関する研究は脱石油エネルギー開発を推進する上で緊急な課題となっている。現在、高濃度のエタノール液を得るためには蒸留等の濃縮工程が必要となるが、蒸留法では大きな熱エネルギーを要し、またエタノール(沸点 78.4) と水は共沸するため分離能力も低い。そのため、2 段蒸留式や膜式分離の工程が必要となるなど、コスト高になるため、実用化には至っていない。

そこで、低温でアルコール分離可能な温度差制御気化浸透法^{1,2)}に着目した。この分離方法は、疎水性高分子の多孔質膜を用い、蒸留法と異なり、0 ~ 30 程度の温度で分離できる。しかし、この方法はエタノール選択透過性を高くすると透過速度が遅くなるため、さらに分離膜の性能向上が必要である。温度差制御気化浸透法は、蒸気状態でエタノールと水蒸気の混合状態から両者を分離する技術であり、分離膜の孔は貫通している必要がある。

本方法は、高濃度のエタノールを製造できる新しい技術であるため、これまでにない利用方法が期待される。本研究では、低エネルギー型濃縮法を用いた新しいエタノール製造技術に関する研究会を立ち上げて上記課題に関する情報交換や調査研究を行った。

2 背 景

2.1 播州織産地における繊維廃棄物の現状

西脇市を中心とした播州織産地は、生産工程で、余剰糸系・糸屑・端布が大量に発生(約 100 トン/月)しており、リサイクルしてほしいとの要望が高い。有償で産業廃棄物として焼却処分されるが、その処理費が産地企業の収益を圧迫している。

このような問題を解決する方法として、繊維廃棄物を糖に分解して、その糖から酵母を用いてエタノールを製造する技術の開発が有望である。将来的にエタノールの確保は、産地内で多く使用されている規模のボイラー燃料として活用できると考える。

2.1 バイオエタノール研究会の発足

本研究会は、(株)エコログ・リサイクリング・ジャパン、(株)片山商店、大関(株)、関西大学、兵庫県立工業技術センター、(財)ひょうご環境創造協会、(財)新産業創造研究機構の7機関の参加で発足した。委員長は関西大学の浦上忠教授が務め、事務局を兵庫県立工業技術セ

ンター繊維工業技術支援センターが担当した。研究会は4 回開催し、意見交換を行った。

3 調査結果

3.1 繊維廃棄物の現状

日本で廃棄される繊維製品は年間約 200 万トンで、そのうちウエス等へのリサイクル率は 5 ~ 10 %前後にすぎないと言われている。また、繊維廃棄物の約60%が綿繊維で占められている。

3.2 綿の糖化について

綿のセルロース含有量は、水分を除くと94%あり、木材に含まれるリグニン等の不純物が非常に少ない。このため綿は、バイオエタノールの原料としてきわめて有効である。また、綿セルロースはグルコースが-1,4結合のみで連続しているため、セルラーゼ酵素の選択が容易である。さらに、処理前にアルカリ処理することによって、糖化速度が大幅に向上し、かつアルカリ液で煮沸することによって消毒効果が得られ、雑菌による糖の消費を予防することが可能である。

3.3 現在の技術課題

糖化工程のコストが高い(処理時間(3日)セルラーゼ)ため、処理時間の短時間化と効率化が必要である。また、製造したエタノールの濃縮にも蒸留法が用いられ、エネルギーを多く使用する。市販のドライ酵母を使用した固定化酵母技術を活用し低コスト化を図る必要性がわかった^{3,4)}。濃縮技術についても温度差制御気化浸透法の期待は高く、高性能な濃縮分離のためにエレクトロスピンニング法による分離膜の開発⁵⁾も不可欠な課題である。

3.3 バイオエタノールの利用方法について

製造したエタノールの利用方法としては、80wt%のエタノール液を燃料としたボイラーを導入して利用するとバイオエタノールの搬送コストがかからず有効とした。エタノール利用のボイラーはすでに市販製品としてメーカーにより開発済みである。

3.4 播州織産地の現状

西脇市を中心とした播州織産地は、企業の大半が半径15kmの範囲に集積しており、国内綿織物の約16%(生地生産量約7000万m²)を生産している。その生産工程で発生する大量の繊維廃棄物を再資源化して有効利用したいという要望が高い。余剰糸系は、目方や色目が雑多で、再利用できない糸屑は、50トン/月程度発生して

いる。これは、ごみの削減を打ち出している地元自治体では深刻な問題となっている。

4 実証試験

4.1 綿の糖化試験について

綿から高濃度のバイオエタノールを製造する技術に関する調査結果によれば、綿は糖化に有効な材料であるとされている。実際に、セルラーゼを用いて綿を分解し生成物の分析を行った。酵素処理は、2gの生地に対してセルラーゼを1g/L含むpH5に調整された300mlの液に浸して45℃にて処理した。高速液体クロマトグラフを用いて、燐酸-フェニルヒドラジン法を用いて糖分析を行った。図1に高速液体クロマトグラフを用いた糖分析結果を示す。保持時間6min.付近にセロピオースのピークがあり、28min.付近にグルコースのピークがあることがわかる。その他の糖は検出されておらず、セルラーゼによる綿繊維の分解は、セルロースとグルコースを生成することがわかった。さらに長時間の酵素処理により、セロピオースは最終的にグルコースに分解されることが確認できた。綿を分解して得られる糖はグルコースのみである。これはC6糖といわれ、酵母による発酵工程において、木材のようにC5糖を含んでいないため効率的にエタノールを製造できると推測される。

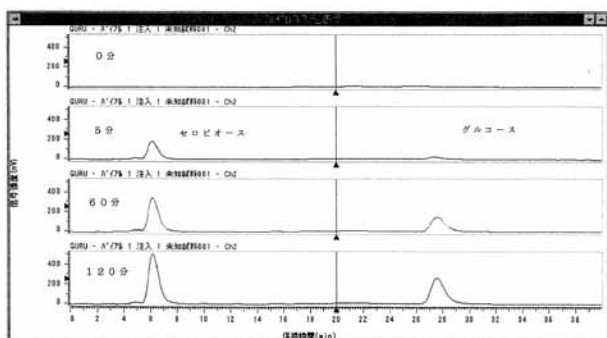


図1 高速液体クロマトグラフを用いた糖分析結果

4.2 各セルロース系繊維の糖化

セルラーゼを用いて糖を生成することが可能なセルロース系繊維は、綿の他に天然繊維の麻や再生繊維のレーヨンがある。これらの糖化の挙動について検討した。綿とレーヨンの添付白布((財)日本規格協会)および、麻(トスコ株)について4.1と同様の方法で、15日間処理した。グルコースが生地全体の何%生成したかを測定した結果、綿が53%、麻が26%、レーヨンが99%であった。同条件で糖化処理を行っても素材によってグルコースの生成速度に差があることが把握できた。

4.3 温度差制御気化浸透法の分離膜試作

エレクトロスピンニング法による温度差制御気化浸透法

の分離膜の試作は、本研究報告書の別稿(p69)にて報告している。この結果から、温度差制御気化浸透法は水・エタノール混合液を濃縮分離可能であることを確認した。

5 結論

本調査結果から、播州織産地においては、セルロース系繊維からバイオエタノールを製造し、現地で使用されている重油ボイラー等の代替燃料として利用し、低炭素社会の実現を目指しながらゼロエミッション産地を構築することが有益であることが認められた。高効率、低コストのバイオエタノール製造を行うための技術開発としては、糖化工程や発酵工程の効率化と濃縮工程の低エネルギー化という課題を、温度差制御気化浸透濃縮法によるアルコール濃縮装置と連続発酵装置を連続化すること、およびアルカリ水を用いた酵素処理による糖化工程技術で解決し、地産地消型資源エネルギーのリサイクル化を実現できる可能性を見出した。また、濃縮工程で用いる分離膜については、エレクトロスピンニング法を用いた多孔質膜を用い、分離性の向上も確認することができた。

参考文献

- 1) T. Uragami: Concentration of Aqueous Ethanol Solutions by Porous Poly(dimethylsiloxane) Membranes during Temperature-Difference Controlling Evaporation, *Desalination*, **193**, 335-343 (2006)
- 2) T. Uragami: Concentration Performance of Aqueous Bio-ethanol Solutions by Porous Polymer Membranes during Temperature -Difference Controlled Evaporation, 42nd IUPAC CONGRESS Chemistry Solutions, Glasgow, UK, August, 2009
- 3) 田邊和男,和田顕男,迫 勝善,峯 武士,滝波弘一,八木修身: “ポリエステル・綿混紡エタノールのバイオリサイクル:グルコース生成とポリエステルの分離再利用”, 日本繊維機械学会第63回年次大会, 大阪, (2010)
- 4) 迫 勝善, 和田顕男, 田邊和男, 和田顕男, 峯 武士, 滝波弘一: “廃棄綿繊維製品よりセルラーゼによるグルコース生成とポリエステルの分離再利用”, 日本繊維機械学会第63回年次大会, 大阪, (2010)
- 5) 中野恵之, 東山幸央, 浦上 忠: “エレクトロスピンニング法により作製したポリエステル繊維シートを用いたエタノール濃縮技術”, 日本繊維機械学会第63回年次大会, 大阪, (2010)

(文責 中野恵之)

(校閲 有年雅敏)