

バイオ燃料（バイオエタノールとバイオディーゼル）情報

バイオエタノールの実用化に関する研究開発並びに実証事業

地 域	実施主体	関連官庁	事業内容、期間
北海道十勝地区	(財)十勝圏振興機構	環境省、農水省 経産省	デントコーンを原料とし、濃硫酸法でエタノール製造、E3 による実証走行；05 年 9 月開始、9 台参加
山形県新庄市	新庄市	農水省	資源作物ソルガムからエタノール製造と E3 実証走行；03 年 8 月、16 台参加
大阪市堺市	バイオエタノールジャパン関西 大阪府	環境省、農水省 経産省	建築廃材から希硫酸-酵素法でエタノール製造、E3 実証； 05 年 3 月開始、45 台参加
岡山県真庭市	三井造船、岡山県、真庭市	経産省	製材廃材などから酵素法でバイオエタノール製造、E3 実証、05 年 10 月開始、30 台参加
沖縄県宮古島	(株)りゅうせき	環境省	サトウキビ糖蜜からエタノール製造、E3 実証試験；05 年 10 月、100 台参加
沖縄県伊江島	アサヒビール、(独)九州沖縄研究センター	環境省、農水省 経産省、内閣府	サトウキビ糖蜜からエタノール製造、E3 実証試験；06 年 1 月開始 4～63 台参加
NEDO 委託事業	日揮、物産ナノテク研究所、産総研、アルコール協会、関西ペイント	経産省	主に建築廃材を原料として、濃硫酸法でエタノール製造；E3、E10 を調整し、8 万 km の走行試験、排ガス試験を実施；01～05 年度
北九州市	新日鉄エンジニアリング	経産省	食品廃棄物からエタノール製造と E3 実証；05～09 年度

出典：種田大介；OHM 2006 年 11 月号（オーム社）

（環境省：エコ燃料利用推進会議、NEDO 委託事業報告書、月間地球環境 06 年 10 月号）

## 日揮によるバイオエタノール製造技術

### (1) セルロース系バイオマス(cellulosic biomass)の動向

セルロース系バイオマス資源のセルロース(cellulose)、ヘミセルロース(hemicellulose)を硫酸、塩酸、沸酸、硝酸などの酸によりグルコース(glucose)、キシロース(xylose)などの単糖(monosaccharide)に加水分解し、リグニン(lignin)と分離して、燃料、食料、飼料、ケミカル原料へ転換利用しようとする試みとその技術は古くから研究されてきた。そのため技術の完成度は高いと思われるが、しかし経済性において化石燃料資源、およびコーンやサトウキビなどのデンプン(starch)由来の糖質原料に比べて優位性を実証できるまでには至っていないのが現状であり、それを目指して現在も新しいバイオエタノール技術の研究開発が続けられている。以下に紹介する“バイオエタノール製造技術”は、NEDOの“バイオマスエネルギー高効率転換技術開発”(2001~05年)の1テーマとして、日揮によって実施された「建築廃材や稲わらなどのセルロース系バイオマスを濃硫酸法によってエタノールに転換する技術的プロセス」の概要である。

### (2) セルロース系バイオエタノールの製造技術

本稿では日揮が開発した“燃料用バイオエタノール製造技術”に焦点を当て、まずセルロース系バイオマスを原料とするエタノール発酵技術の基本的課題について議論し、次いで同社の“濃硫酸法によるバイオエタノール製造プロセス”とその特徴を紹介する。濃硫酸法の基本技術は、アメリカのArkenol社から導入され、日揮によって改良を加えられたものであるが、それは糖回収率が高く、又多様な原料を処理できる点に特徴を持つ。

セルロース系バイオマスとは、植物の細胞壁を構成する多糖類(polysaccharides)のセルロースを含むバイオマスの総称であり、一般的には木や草あるいは農作物の残渣を指し、建築廃材や間伐材、麦わらやバガス(サトウキビの搾りかす)、トウモロコシの茎や葉などが含まれる。これらのセルロース系バイオマスは、主としてセルロース、ヘミセルロース、およびリグニンから構成されている。セルロースは代表的な単糖の1つであるグルコースが脱水縮合した単純多糖類であり、ヘミセルロースはグルコース、キシロース、マンノースなどが脱水縮合した複合多糖類である。リグニンは高等植物の木化に関与する高分子のフェノール性化合物で分解しにくく、現状では直接燃焼、炭化、ガス化以外にバイオマス原料として利用するのは難しいと考えられている。微生物発酵によりセルロース系バイオマスをアルコールに変換する際には、糖化の前に酸やアルカリでリグニンを除去する前処理が必要である。したがって、エタノールの原料となるのはセルロースとヘミセルロースであり、一般にセルロース系バイオマスにおいては、セルロースとヘミセルロースは乾燥重量のほぼ70wt%を占める。リグニンは稲わらで22.4%、建築廃材では28.1%、バガスでは19.1%の比率で含まれている。

エタノール発酵を実現するためには、セルロースとヘミセルロースを加水分解し、構成分子である単糖を作り出すことが必要である。トウモロコシやイモなどの主成分であるデンプンも、グルコースの脱水縮合物ではあるが、セルロース系とはグルコースの縮合形式

が異なっており、既存の酵素によって容易に加水分解されて単糖となる。しかし、セルロースやヘミセルロースは、分子結合が強固のため、加水分解には酸や熱水、あるいは特殊な酵素の力を借りなければならない。ここがセルロース系バイオマスのエタノール化が複雑なプロセスを要する理由になっている。

加水分解には、濃硫酸法、希硫酸法、酵素法が存在する。濃硫酸法では、一般には濃度が70%以上の硫酸を用い、セルロースとヘミセルロースを常圧、70℃前後の条件下で加水分解し、加水分解後に単糖と硫酸を分離して硫酸を再利用する方式である。これに対して希硫酸法は、濃度が数%の硫酸を用いて、温度150～250℃、圧力1～2MPaの条件下で加水分解を行う。希硫酸を使用するため、一般的には硫酸を再利用ではなく中和処理する方式が採用されている。酵素法では、遺伝子組み換え技術によって強固な結合を効率的に分解する特殊な酵素を作り出すことが必要とされている。

### (3) 日揮による濃硫酸法バイオエタノール製造技術

日揮によるバイオエタノール製造プロセスを図(p5)に示す。まずバイオマスを10～15mmのチップ状に粉碎し、可溶化装置において硫酸と混合した後、バイオマスと75%硫酸を接触させ、セルロースおよびヘミセルロースを低分子化して硫酸溶液中に可溶化させる。次いでバイオマスと硫酸との反応生成物を単糖化装置に入れ、それに水を加えて約30%の硫酸濃度となるようにスラリー化した後、それを約90℃に保持すると、既に低分子化したセルロースやヘミセルロースが更に加水分解して単糖化する。加水分解されたスラリーは、リグニン、硫酸溶液、糖類で構成されているが、これらを固液分離装置で、リグニン(固体)と硫酸と糖の混合溶液に分離、硫酸と糖の混合溶液は分離装置で糖と硫酸に分離する。リグニンはボイラに導入され、蒸気を発生し、分離された硫酸は濃縮された後再利用される。糖は中和・重金属除去装置を経て発酵プロセスに導入される。

バイオマス中のセルロースとヘミセルロースの含有率を70%と仮定すると、理論エタノール生産量は、乾燥バイオマス1トン当たり497Lであり、実際のエタノール生産量はこの理論値に単糖の回収率と発酵収率を乗じた値になる。

### 参考文献

- 1) 湯川英明監修；バイオマスエネルギー利用技術、シーエムシー出版、p121、第1章
- 2) 稲田大介；燃料用バイオエタノールの普及対策と新規製造技術、OHM 2006年11月、pp42-45

## 稲からバイオエタノール生産技術を開発

東京大学は、稲を原料にして国産バイオ燃料の産業化を目指す“イネイネ・日本プロジェクト”をスタートさせた。国内の休耕田や耕作放棄地で多収量米を生産し、燃料供給だけでなく、里山の生態系の1部としての水田の役割を復活させることや水がめ機能を回復することを狙う。

プロジェクトは森田茂紀教授を中心とする研究グループを発足させた。今月中にホームページを開き広く意見を求める他、農家や米の生産者団体、石油や自動車産業に参加を呼びかける。

稲ワラや籾殻も含めた稲の全てを利用して効率的にバイオエタノールを生産する技術を開発する。当面の研究には既存の多収量米を使うが、将来は大きく育つ新品種を品質改良で育てる。

(日本経済新聞07年9月3日)

## 食用油からバイオディーゼル燃料を生成

同志社大学の日高重助教授は白石工業（尼崎市）と共同で、食用油から従来よりも約2割安いコストでディーゼル車燃料を作る技術を開発した。有毒な廃液はなく、価格は70円/Lとなり軽油よりも安い。天かすなどの固形物を取り除けば、使用後の天ぷら油などを活用することも可能で、1年後を目標に実用化する。

新技術は生石灰（酸化カルシウム；CaO）を触媒に使っている。60℃で2時間熱するとディーゼルとグリセリンができ、その後分離して得られる。食用油に含まれる脂肪酸が生石灰を劣化させるので、触媒を頻繁に交換しなければならなかったが、前処理で脂肪酸を取り除くことによって実用化の目途が得られた。

(日本経済新聞07年8月10日)

## R I T Eが雑草からディーゼル燃料を合成する技術を開発

地球環境産業技術研究機構（R I T E）は、雑草や木屑などからディーゼル燃料を合成する技術を開発した。ガソリン車用ではバイオエタノールが注目されているが、ディーゼルについては世界で初めてという。3年後を目標に工業生産を始める予定。

このバイオディーゼル燃料は成分が“ブタノール”と呼ばれるアルコールの1種で、遺伝子組み換え微生物を利用して生産する。タンクで微生物を大量培養し、雑草・雑木や廃木材、稲ワラなどの植物繊維を分解した糖を入れると、バイオブタノールが作られる。

ディーゼル燃料には一般に軽油が使われているが、この軽油にバイオブタノールを混ぜても、走行性能などにはほとんど影響がないことを、R I T Eの依頼で本田技術研究所が確認した。量産体制が整えば、ガソリン車向けのバイオエタノールとほぼ同等のコストで生産可能で、ディーゼル車でもバイオ燃料化が加速するとR I T Eはみている。

これまでのバイオディーゼル燃料はヤシ油や天ぷら油などの原料に限られ、本格的な植

