

<特集>

建設廃木材からの燃料用エタノールの製造

金子誠二

バイオエタノール・ジャパン・関西株式会社 大阪府堺市西区築港新町4丁

概要

最近、地球温暖化対策として炭酸ガス削減を目的とした燃料用エタノールが注目を集めている。米国ではトウモロコシ、ブラジルでは砂糖キビを原料としているが、国土の狭いわが国では原料の確保が難しい。新たなバイオマス資源として主に都市から排出される建設廃木材を活用して燃料用エタノールを製造する施設について紹介したい。

キーワード: 地球温暖化対策, 建設廃木材, 新しい発酵菌, エタノール

1. はじめに

堺市にある廃木材からバイオエタノール燃料を製造する工場に出勤する車の中で、「石油資源が後40年と言われていますが、どうなるのでしょうかね。」と問われた。「私の小学校5年になる娘の授業でも40年と教えられましたよ。」と、同席の同僚が。心の底にいつもエネルギーと食糧の自給が不安という形で引きずっている。

20世紀、経済性・利便性において石油資源に勝る物はなかった。しかし、21世紀初頭、ドルは原油本位制のような相場となり、地球温暖化対策の切り札のようなバイオエタノールの原料であるトウモロコシの価格は高騰。砂糖相場も高く、そしてオレンジの作付けがトウモロコシ畑と変換され、オレンジジュースが値上がりすると報道されている。この事業を企画していた2003年には想像をもし得なかった事態である。

私は建設業の研究者として育ち、18歳で選んで学んだ農学から、やや価値観・文化が違う土木工学の研究に携わる中で、それぞれの根底には自然、集団としての人間の合意を考えなくてはならない分野であるという共通性があると思うようになった。農学と土木工学との共通性の発展系が建設廃木材からのエタノール燃料製造というプロジェクトに係わったと思うのである。

事業の動機や技術的背景を紹介しながら、明日に向けての思いを述べてみたい。

2. バイオエタノールの我が国の動向と事業化動機

我が国の燃料用エタノールの利用は現在2つの方法が取られようとしている。ひとつは2007年4月27日から石油元売業界が首都圏でフランスから導入したETBE(エチル・ターシャリー・ブチル・エーテル)をガソリンの添加剤として7%混合して販売を始めた方法である。もう一つは直接ガソリンに混合するもので、既に実証段階に入り、沖縄県の伊江島、宮古島で行われている。この原料は砂糖キビ、廃糖蜜である。

ETBEはフランス、ドイツ、スペインで導入されており、小麦、ライ麦、甜菜がエタノールの原料である。直接混合の代表的な国は、トウモロコシを原料にするアメリカ、砂糖キビを原料とするブラジルで、実用化されている。いずれも食糧を原料としている。

事業化には以下の国の施策が動機となった。

- ①わが国における温室効果ガスの20%は運輸部門からの排出されている。これを石油代替すれば効果的。
- ②バイオマス・ニッポン総合戦略が2006年3月閣議決定
- ③新・国家エネルギー戦略が経済産業省から2006年5月に公表され、輸送部門の石油依存がほぼ100%、2030年までに80%程度まで縮減すること。
- ④国内法の改正として、揮発油などの品質確保法が2003年8月に改正され、ガソリンに3%のエタノール混入が認められた。
- ⑤アルコール事業法が2006年4月に改正、許可制であるが誰もが自由にアルコールの製造販売が可能。

Table 1に、環境省エコ燃料推進会議で公表された輸送用エコ燃料普及目標を示す。

2010年国産バイオエタノール導入目標量を約5万キロリットルと設定されている。石油代替として燃料の国産化が初めて提言されるようになった。もちろん事業化には技術的動機も重要な位置を占めているが、事業化環境としての政策的整備が大きな動機となった。

Table 1 輸送用エコ燃料普及目標

輸送用エコ燃料普及目標(ETBE又はエタノール直接混入)

	2010年	2020年	2030年
輸送用エコ燃料導入量 (原油換算)	50万KL	約200万KL	約400万KL
バイオエタノール導入総量	約80万KL	約190万KL	約380万KL
国産バイオエタノール導入量	約5万KL	約100万KL	

(出展:H18.5 環境省エコ燃料利用推進会議報告書より)

3. 建設廃木材を原料とした動機

建設廃木材は年間 500 万トン排出されている。さらに、マニフェスト管理が徹底されていて、ほぼ一定量毎日排出されている。食糧の様に秋に収穫され、これを年間通じて利用する為に乾燥させ、貯蔵する必要もない。建設廃木材は生木と異なり、概ね 15~20%の範囲の含水量である。いわば都市がバイオマス資源の供給、貯蔵といった重要な機能を有している。さらに、原料を購入するのではなく、処理として有償で運ばれてくることで、廃棄物処理の建設コストを吸収できる。ここに着目して、丸紅(株)・月島機械(株)が米国から導入した技術の適用という形で、2003 年に異業種で研究会を設立。大阪府のエコエリア構想の中でリサイクル施設公募に応募し、採用されて特定目的会社(SPC)を 2004 年 3 月に設立した。

従来、廃木材はチップ化して焼却や発電に利用されるサーマルリサイクルが中心である。今回はエタノールというマテリアルリサイクルであり、パレットの様な事業用一般廃棄物として分類されていた物もエタノール化できることから、産業廃棄物処分・一般廃棄物処分の両者を業の許可を取得した。

以上のような経緯で 2007 年 1 月 16 日、大阪府堺市に本プラントが建設され、開所式が行われた。

この特集に記述に苦しんでいる時に、とうとうマヨネーズが値上がりし、マヨネーズの原料である植物油を作る大豆がトウモロコシに転換されているのがその理由だと報道されていた。食料ではない、廃棄物を原料としているところが、この事業のポイントでもある。

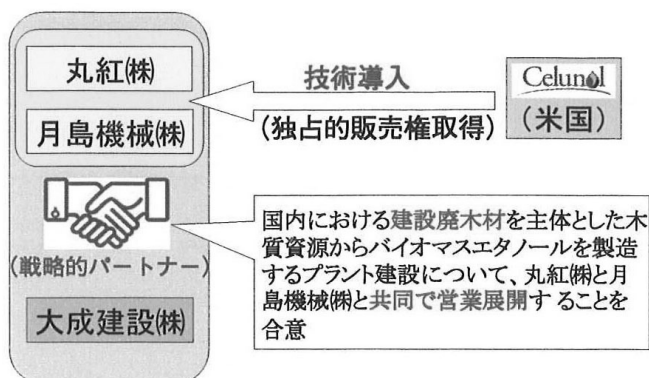


Fig.1 当該技術について

4. 技術の特徴

本プラントで採用している技術は、従来エタノール化が困難とされていた C5 糖であるヘミセルロースをエタノール化できることに特徴がある。Fig.2 に示すようにトウモロコシは C6 糖であるデンプンの含有量が 70%を占めており、お酒の醸造と同様の手法でエタノールは作られる。それほど新しい技術は必要としない。むしろ、蒸留・濃縮後の脱水技術や原料であるトウモロコシの収量やデンプン量、耐虫性あるいは除草剤フリーといった遺伝子組み換え技術が生かされていると考えられる。

一方、木質系バイオマスは、農作物に比べて C5 糖が多く C6 糖は少ない。しかし、今回の技術はヘミセルロースをエタノール化することが可能であるから、セルロースを含めると C5 糖と C6 糖合計で 70%となり、エタノール化の含有量はトウモロコシと遜色が無くなる。

ヘミセルロースから取れる糖分であるペントース類のエタノール化は KO11 という菌がカギとなる。その機構を模式的に示したのが、Fig.3 である。発明者のフロリダ大学イングラム教授とその研究室に留学されていた宮崎大学大田和義教授の研究成果である。KO11 という名前は、太田先生のイニシャルを取って命名されており、11 番目に開発されたものとイニシャルを組み合わせたものである。その特許権を所有しているセルノール社との技術提携の流れで、本事業の主要技術として採用された。

廃木材からエタノールを作るまでのプロセスフローを Fig.4 に示す。廃木材を破砕し、一定粒度にしてから、希硫酸を用いて加圧下で加水分解、C5、C6 糖を取り出す。中和後、KO11 で発酵させ、濃縮・蒸留・脱水過程を経て JASO 企画酒精計で 99.5%のエタノールが得られる。残渣はリグノセルロースで、これは乾燥・造粒して燃料として販売する。加水分解、濃縮・蒸留・脱水に必要な蒸気と施設全体の電気はエタノール化に不適切な廃木材専焼ボイラーで製造する。排水は再利用、循環利用する。使用する化石燃料はボイラー立ち上げ時のみで通常運転はすべて廃木材を燃焼させてエネルギーを得るよう設計した。外部に排出される廃棄物は飛灰、焼却灰と希硫酸の中和で発生する廃石膏のみである。

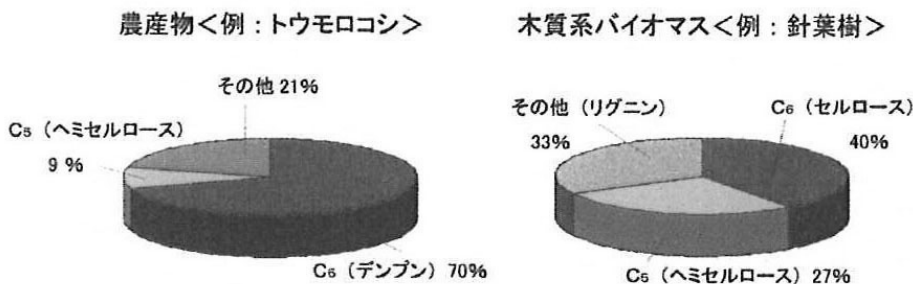


Fig.2 木質系バイオマスの組成

年間4~5万トンの建設廃木材を集め、1,400キロリットルのエタノールを生産するが、3年後を目標に残渣のリグノセルロースを酵素法で糖化させ、最終的には4,000キロリットルを生産する予定である。製造されたエタノールはガソリンに直接3%混合されて販売される。現在、わが国のガソリン消費量は年間6,000万キロリットルと言われているが、3%ではエタノール180万キロリットル年間生産しなくてはならない。

我々は当初1,400キロリットルを生産する。このエタノールはプラントの立地している大阪府を中心に利用されるであろうから、あくまで地域で生産して地域で消費する地産地消の商品である。原料の制約上、地産地消が望ましいし、温室効果ガス対策にもデリバリー体制も簡便な方が良い。「我が町の廃棄物から我が町の燃料を作る」新しい産業形態が生まれて来る可能性も高い。

5. エタノールの国産化に向けて

本事業は、廃木材の収集・運搬を司る大栄環境株式会社の出資への賛同がなければ成立しない。現在全国で排出される建設廃木材は年間概ね500万トン、原料として毎日搬出されるには都市部に限定されるし、大栄環境株式会社の持つ強力なネットワークが無ければ集められない。RPS法の制定により、再生エネルギーとして木材チップ発電が各地に導入されている。廃木材もチップ化され、サーマルリサイクルされる。エタノールの国産化を目指すには、従来焼却中心であった廃木材のようなセルロース系や、メタンガスや堆肥に変換されていた食品廃棄物のでんぷん系などの収集・運搬収入が得られるものから始めるべきと考えられる。

前述したように「我が町の廃棄物から我が町の燃料を作る」を目標にしているが、どんな材料が可能であろうか。

Fig.5に可能な原料を示した。農村なら、この他に稲わらや

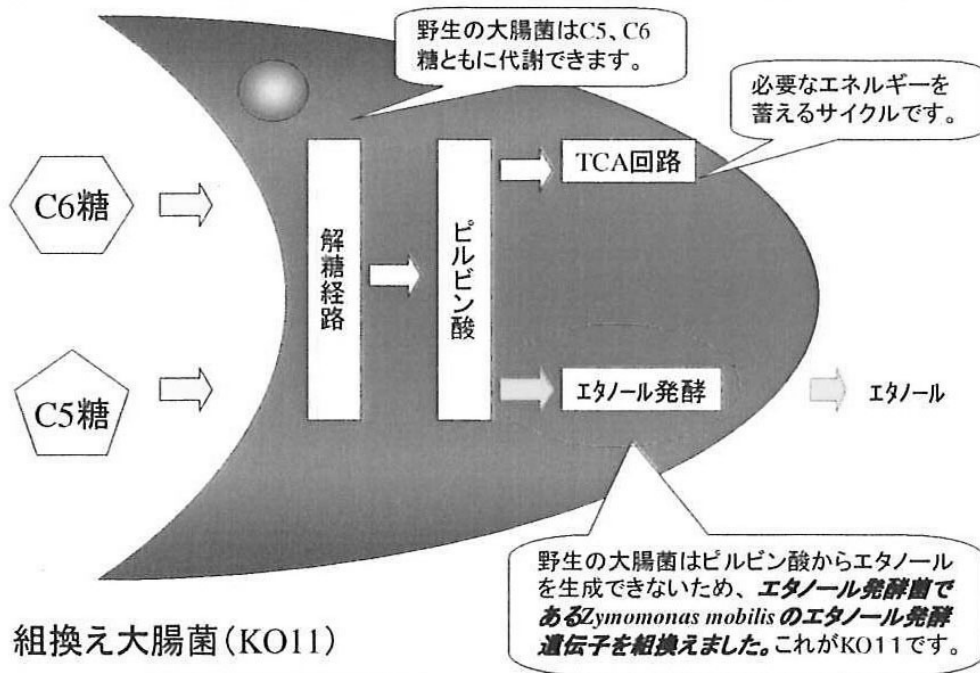


Fig.3 発酵菌による糖からのエタノール発酵経路

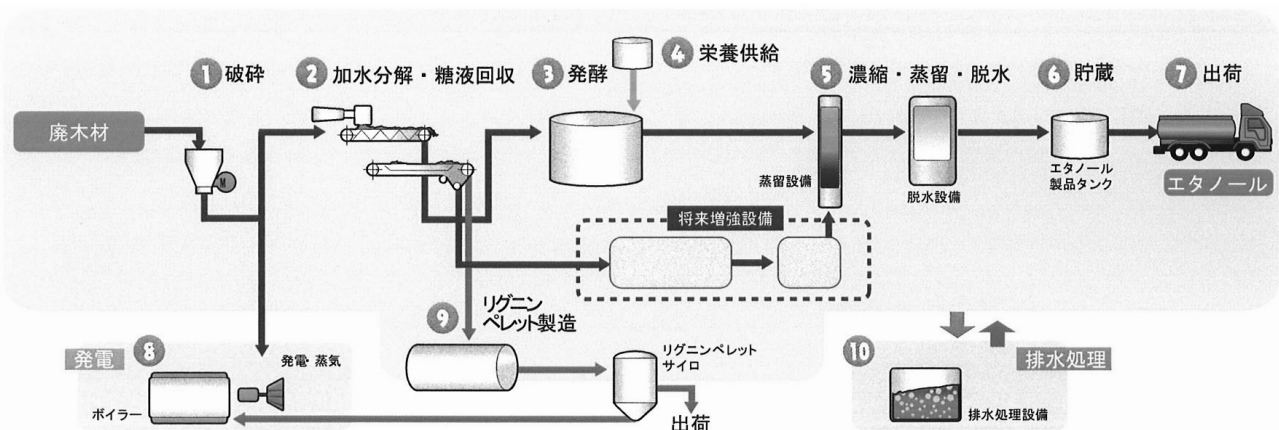
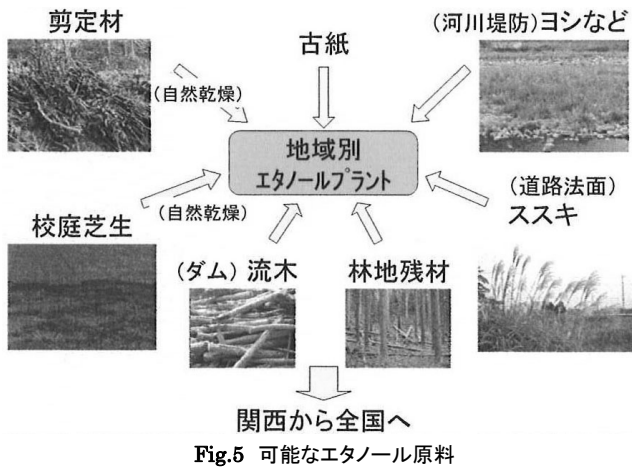


Fig.4 システムフロー



籾殻、そば殻も含まれる。町の片隅にセルロース系バイオマスの集積場が作られ、刈り込まれた材料が運ばれ天日で乾燥される。細かく裁断されたら、後は本プラントのような工場に運ばれてエタノールが製造される。道路法面や河川のススキやヨシであれば、刈り込まれた後現場で乾燥させればさらに効率的である。原油がさらに値上がりするまでエタノールの製造単価に競争力は生まれられないかもしれないが、エコマネーのように無料の労働力を誘発するような仕組みができれば、可能と思う。あくまで、セルロース系でエタノールを作ることには拘りたい。

農作物 1 トン作るのに 1000 トンの淡水が必要と言われていた。もし、トウモロコシを原料としたら、3%の混合に年間 180 万キロリットル全量輸入するとすると、トウモロコシは乾燥重量あたり 600 万トン、淡水は年間 60 億トン必要となる。諸外国の貴重な淡水をわが国が利用していることになる。まして食糧だから、将来世界人口 100 億人の時の食糧とすべきだろう。セルロース系の植物の品種改良によって、リグニンを減らし、収量の高いススキ、ヨシを作出するような新しい取り組みが必要になる時代が案外早く訪れるのではと思うのである。

6. おわりに

頂戴した EICA の 2006 年 Vol.11 No.1 を見ると、今回のテーマが会員の方々にはふさわしい内容かどうか全く自信が無い。この仕事に携わって思考しなくてはならない領域がとてつもなく広がった。原油価格、トウモロコシ、大豆の価格などを意識するようになり、また新しい酵素情報や燃料品質、資金調達手法、さらには新しい資源植物の開発など形式知のみならず暗黙知まで領域が拡大している。不安の塊でもあるが……。

こんな状態の時、いつも思い出すのは、ノーベル賞を受賞した江崎玲於奈氏の「真空管の研究の延長ではトランジスタは生まれません」という言葉である。発想を変えねばと思う。

それから、廃木材からエタノールを作ろうという目標設定から、多くの方々との出会いが生まれ今日に至っている。この出会いから、また新たな出会いが生まれ、エタノールの国産化が将来きっと実現するであろう。

時代はいつも変化している。新しい研究成果から新しい事業展開まで携わっているといつも映画人の話が胸を打つ。映画を企画し、世に出すまで映画の成否は分からない。しかし、製作している間は成功のみを考えているだろう。全くの創造的行為である。現在の日本経済新聞の「私の履歴書」は新藤兼人(2007年5月)であるが、2003年12月は故今村昌平であった。12月31日の最後の記述「本来、創造行為は他人に教えられない。創造とは終に個人的営みでしかなく、ほんの少しの手助けさえ拒むものだ。だが、創造する姿勢、志を伝えることが出来る。天才は必要ない。常識に縛られるな。粘っこく人間を迫り及して無人の荒野に向かって走り出す勇気を持つ。」私の手帳に書き残した、私への激励文である。

本事業は環境省の地球温暖化対策ビジネスモデルインキューバタ事業の採択を受けております。