

バイオマスエタノールの利活用に係わる経済的評価



市川 治 (いちかわ おさむ)
酪農学園大学酪農学部教授

1948年生まれ、新潟県長岡市寺泊町出身。78年東京農工大学大学院農学研究科修士課程修了。80年(財)農村開発企画委員会(協力)研究員、89年酪農学園大学酪農学部助教授、94年北海道大学博士(農学)、同年酪農学園大学酪農学部教授並びに同大学院酪農学研究科教授、2010年同大学院酪農学研究科長。日本農業経済学会理事、日本農業経営学会常任理事、(財)北海道地域農業研究所幹事、北海道農村文化協会事務局長、農村振興アドバイザー、循環型農業資源広域利用基盤整備事業推進調査検討委員、北海道庁農業生産法人育成指針策定検討委員会座長、農業法人経営人材育成検討委員会委員長等を歴任。

I 本報告の課題と方法

近年、国際的な原油価格の高騰と地球温暖化への対策としてバイオマスエネルギー利用への関心が高まっている。特に農産物輸出国においては、食用作物からバイオエネルギーの原料である資源作物へと転作する動きが顕著となっている。このため、食用および飼料穀物価格は高騰し、途上国における畜産物消費の増大と相まって、酪農畜産物は国際価格の大幅な上昇が見込まれている。

温暖化をはじめとした地球環境問題を考えるとき、バイオマスエタノールなどバイオエネルギーの普及はわが国にとっても重要な課題である。しかし、その反面で、わが国は食料自給率が著しく低いという問題をも抱えている。その向上は国民の生存に直接的に影響する重大な課題である。狭小な農地しか持たないわが国の農業生産環境を踏まえれば、世界的な潮流とはいえ資源作物への転換がわが国にとって最善の選択であるかどうかは、慎重に検討する必要がある。大量の食料輸入が常態化している現状を踏まえれば、むしろ食品廃棄物を原料とした効率的なバイオエネルギー生産の技術的・経済的条件の確保を目指すことのほうが合理的ではないだろうか。

本研究では、このような問題意識のもとに、バイオマスエタノール生産を対象として、資源作物への作目転換とそれを原料とするバイオエタノール生産の問題点を明らかにするとともに、食品廃棄物を原料とするバイオエタノール生産の現状、技術的・経済的・社会的課題を明らかにする。さらに、結果を踏まえ、食品廃棄物からのバイオエタノール生産について、実用化の可能性を経済学の観点から評価する。

上記のとおり、本研究では資源作物からのバイオエタノール生産と食品廃棄物からのバイオエタノール生産の双方について調査・研究を行う必要がある。そこで、研究全体を調査事例に対応した3分野に分割して、調査と評価分析を遂行する。すなわち、(1)資源作物からのバイオエタノール生産と地域農業への影響—十勝

の例、(2)食品製造工程の副産物利用によるバイオエタノール生産—沖縄県宮古島市サトウキビの砂糖生産の副産物である糖蜜を利用したバイオエタノール生産の例、(3)食品廃棄物からのバイオエタノール生産の展望と課題—北九州市の取り組みは家庭系生ごみを原料としてのバイオエタノール生産の例の実態分析を通じて明らかにする。

II バイオマスエタノール化の経済的評価

1 課題の背景

世界の飼料価格が高騰し、わが国においては、配合飼料の価格がトン当たり5万円を越し、その後再び低下しているが、まだ元には戻っていない。一方、原産地の米国においては、乳牛の主要な飼料であるトウモロコシの価格が、この2、3年で50～70%上昇し、大豆粕も10～15%上昇し、その他の飼料も上昇している。この原因は米国において、トウモロコシを原料としたバイオエタノールの生産が急増し、トウモロコシの価格が上昇したためである。また、トウモロコシの作付面積の増加により、他の穀物の作付けが減少し、それらの価格にも影響がみられる。農業の新分野として、バイオエタノールの生産に期待が高まり、その取り組みが開始されているが、一方ではトウモロコシの価格高騰により、畜産農家の経営が困難になるという懸念がある。このため、米国の大学や研究機関では、バイオエタノール生産の急増に伴う、飼料価格高騰対策、バイオエタノール生産の副産物の飼料利用などについて熱心に検討されている。

トウモロコシは米国でも日本でも、安価でエネルギー含量が高く、主要な飼料源である。トウモロコシのエネルギーはデンプンに由来している。乳牛のルーメン発酵^{*1}を最適にする、効率の良い乳生産のためには飼料乾物中約25%のデンプンが必要である。これまでトウモロコシは、乳牛に対するデンプンの安価で最高の供給源であった。バイオエタノールブームが続くと、安価なデンプン質飼料は次々とエタノールの原料になるかもしれない。

このような理由からも、われわれはトウモロコシなどの飼料作物である資源作物のバイオエタノール化には基本的に問題があると考えている。しかし、世界的な実態としては資源作物のエタノール化は進んでいる。日本でも試験的な検討が進められているので、これも対象に検討することにする(表1参照)。^{*2}

2 バイオマスエタノール生産の評価

(1)資源作物からのバイオエタノール生産と地域農業への影響

資源作物栽培とバイオエタノール生産の実態として十勝を事例の中心に、経済的に評価する。十勝財団の試算によれば、規格外小麦の場合、1年間に生産するエタノールを11,600KLとし、1年間にかかる製造コストは11億4,100万円であった。その結果1L当たり約98.4円と試算された。しかし、これは理論上の試算で実際に毎年規定の量の規格外小麦が確保できるかは明確ではない。規格外小麦は家畜飼料としても利用されているため、エタノールにまわせばそれだけ家畜飼料が不足してしまう。したがって、十勝では規格外小麦

表1 バイオエタノール製造の動向

地域	事業主体	内容
1 北海道十勝地区	(財)十勝圏振興機構など	規格外小麦などからの燃料用エタノール製造とE3実証。
2 山形県新庄市	新庄市	ソルガムからの燃料用エタノール製造とE3実証。
3 大阪府堺市	大成建設、丸紅、大阪府など	建築廃材からの燃料用エタノール製造とE3実証。
4 岡山県真庭市	三井造船、岡山県など	製材工場残材からの燃料用エタノール製造とE3実証。
5 沖縄県宮古市	りゅうせき	糖蜜からの燃料用エタノール製造とE3実証。
6 沖縄県伊江村	アサヒビールほか	さとうきび新品種からの燃料用エタノール製造とE3実証。
7 福岡県北九州市	新日鉄エンジニアリング	食品廃棄物からの燃料用エタノール製造とE3実証。

出所) 農林水産省資料より作成

※1 ルーメン発酵

反芻動物の第一胃(Rumen)内に生息する微生物によって行われるルーメン内消化作用。第一胃発酵ともいう。ルーメン内の微生物が、人が消化できない繊維を分解し、揮発性脂肪酸の生産や、尿素等からタンパク質を合成する。一方、繊維の分解過程でメタンが排出され、草地での大規模な放牧は、メタンによる地球温暖化ガスの増加をもたらす。

※2

日本でもバイオエタノール生産の実用化事例が出現してきている(2010年3月の日本農業経済学会で尾崎裕亮他「バイオエタノールの内部利用と発酵残渣の飼料化」として愛知県T社の実例が報告されている)。

と甜菜^{てんさい}を利用しエタノール生産を進めているが安定して確保できる資源という点では、10a当たりのエタノール収量や製造コスト面から見ても甜菜が適していると考えられる。そして、農家側から見たときの利益としては、甜菜の糖度が17%を下回る場合にはエタノール資源として利用の可能性が出てくる。さらに、沖縄県の伊江島のようにサトウキビの高収量生産ができる品種改良も重要になってくる。高い糖度のエタノール資源を生産し、10a当たりのエタノール収量を増加させる。そして、生産性を向上させ、生産コストを抑え安く供給できるようにさせている。そして、エタノール資源の確保が容易でないので、安定して確保するためには、農家側にバイオエタノールについてよく知ってもらうことも大切であると考えられる。

(2) 食品製造工程の副産物利用によるバイオエタノール生産

沖縄県宮古島市では、サトウキビからの砂糖生産の副産物である糖蜜を利用したバイオエタノール生産が推進されている。この取り組みは、廃棄物となるべき副産物を利用することで糖業への貢献を視野に入れている点で、経済的な観点からは注目すべき事例といえる。現在のバイオエタノールの生産コストは1L当たり150円である。2008年初頭におけるガソリンの価格もおよそ150円であることから、バイオエタノール生産及び販売による収支は0円（減価償却費を含めていない）、運搬、給油に伴う人件費などを足すとマイナスになる状態である。しかし、大規模な生産施設の建設などにより、今後このコストの目標値を80円と設定している。このことから、今後宮古島におけるバイオエタノール製造プロジェクトは経済的に成立する可能性がある（図1）。

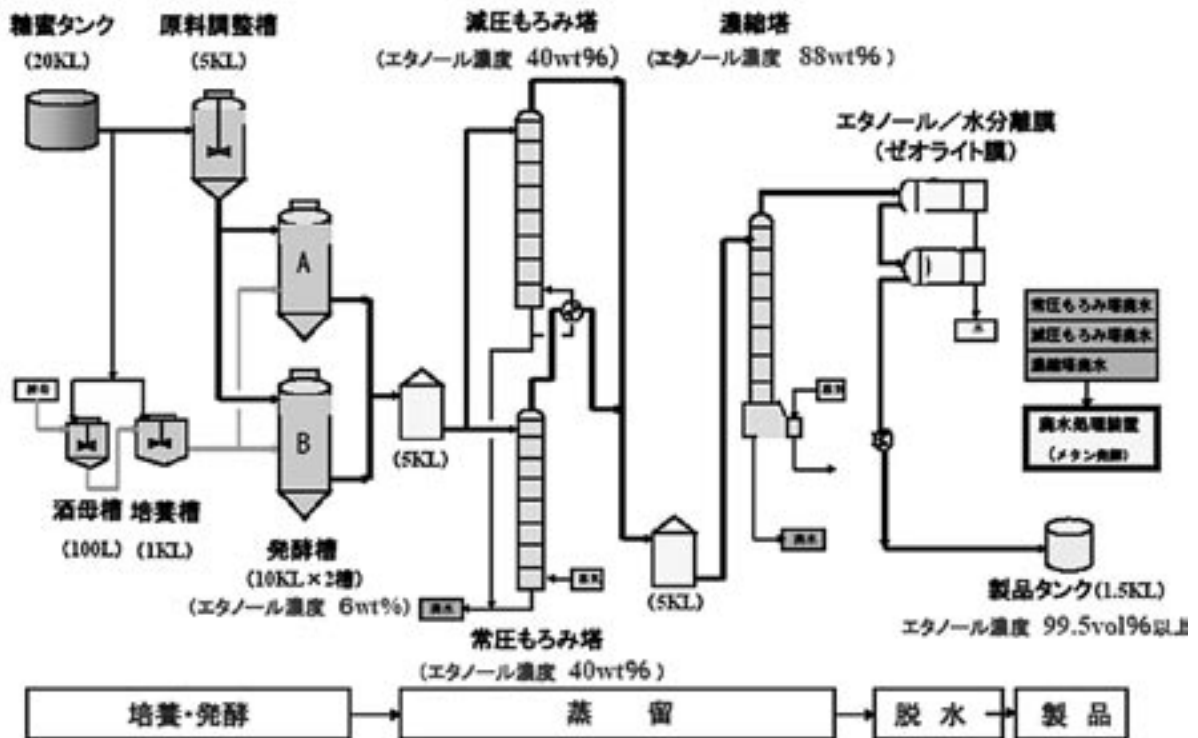


図1 宮古島の糖蜜利用のバイオエタノール生産フロー

ただし、その原料は宮古島でのみ生産したサトウキビであることから、このバイオエタノールの販売・利用圏は宮古島及び周囲の島程度であると思われる。これは、現在のバイオエタノール生産量に対する利用車両数が300台であり、現在宮古島にある車両はその100倍の3万台であることなどが理由である。今後ガソリンの価格及び砂糖の輸入価格の変動などによっては、バイオエタノール生産の原料である糖蜜の、糖濃度を高めた状態からバイオエタノールを生産するといった、サトウキビから砂糖とバイオエタノールをどの程度の生産量にするかといったことが問題となると考えられる。

(3) 食品廃棄物エタノール化事業の社会的・経済的展望

ここでは、食品廃棄物からのエタノール製造について、実証実験の主体からのヒヤリングに基づき分析し、社会的・経済的な観点からその展望について考察した。

事例とした北九州市の「食品廃棄物バイオエタノール化実証事業」は、北九州市に大規模な製鉄所をもつ新日鉄の子会社、新日鉄エンジニアリング(株)が主体となり、NEDOの「バイオマスエネルギー地域システム化実験事業」として実施されている。本事例は、エタノール

製造プラント、E3ブレンド設備、E3給油設備(2カ所)、2室分別収集車(2台)の4つの設備等から構成されている。これら設備は、食品廃棄物を日量12トン受け入れ、10トンの生ごみから99.5%以上の濃度を有する無水エタノールを1日当たり400L製造する能力を有している。これらは年間300日稼働することになっているので、このプラントからは年間12万Lのエタノールを製造できることになる(図2、3)。

本事業でリサイクルの対象とする食品廃棄物は、事業系一般廃棄物が中心であり、家庭系一般廃棄物については、1日の収集量12トンのうち500kg程度に過ぎない。事業系「一般廃棄物」は、スーパー約30店舗の賞味期限食材が半分以上を占めており、飲食店は3割程度、残りがコンビニからの弁当類である。スーパー等から排出される食品廃棄物を10円/kgで北九州エコエナジーが引き取るという仕組みであるが、一般的な廃棄と異なり、生ごみの分別や保管などの作業が必要であることから、これら排出者は事業への協力者として位置付けられる。本事例は日量12トンの食品廃棄物を受け入れているが、このうちの2トンは包装用ビニール等の夾雑物^{※3}である。夾雑物が2トンで収まっ

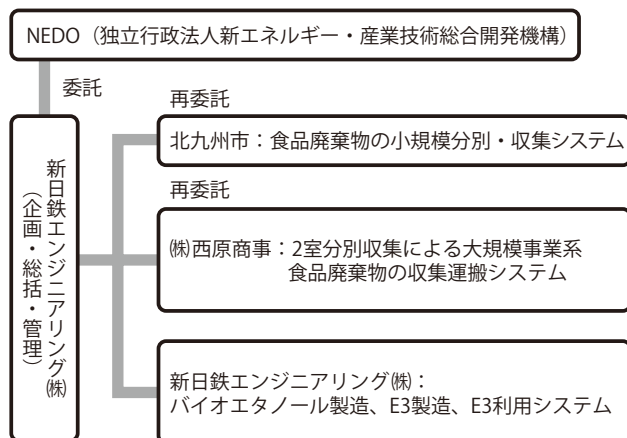


図2 「食品廃棄物エタノール化リサイクルシステム実験事業」の実施体制図

出所) NEDO新エネルギー技術開発部「(同事業) 平成18年度実施方針」より引用

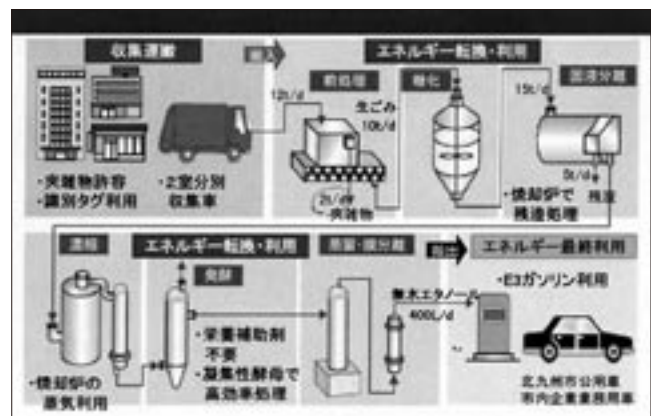


図3 実証実験の全体像

出所) 新日鉄エンジニアリング(株)業務資料より抜粋

※3 夾雑物
余計なものがまじりこんでいるもの。

ているのはこれら排出する事業者の協力によるところが大きい。もう一方の家庭系「一般廃棄物」は、量的にも少なく、組成も不明である。しかし、北九州市独自の市民参加型の回収システムは、示唆に富んだ取り組みといえる。このプラントから製造されたエタノールは、E3ガソリン^{※4}として最終製品化される。このE3ガソリンは、2009年2月末から公用車約20台への供給が始まっている。

本事例が与える重要な示唆は、コストダウンをごみ処理場のような他の施設と組み合わせることによるシステム化によって実現した点である。つまり、第1に収集段階では、すでに存在しているパッカー車によるごみ収集システムを利用して原料の確保を行う。第2に前処理段階で出た残さについても、あくまでごみ処理の前処理であるから、自ら処分するのではなく、本来のごみ処理場に「返還」されている。第3にそのことはエネルギー転換過程でも同様であって、固液分離処理で発生した固体についても、エタノールの原料とはならないのでごみ処理場に「返還」される。こうした「返還」物はごみ処理場で焼却されるが、ごみ処理場にはボイラーと発電システムがあり、第4に濃縮処理および蒸溜処理で必要となる蒸気はごみ処理場から供給されてくるのである。さらに細かくは、ごみ処理場で発電された電気がこのプラントで使用されている。

リサイクル技術の開発によるコストダウンは依然として重要ではあるが、実際にはそれだけでは限界がある。本事例のように、当該施設のバイオマス原料と処理工程にとって適切な連携を構築することが、コストダウンに向けた体制づくりとして重要である。

Ⅲ 今後の課題

これまでみてきたように、①資源作物のエタノール化は、その作物の価格の低下によっては経済的に成立する可能性がある。しかし、自国での「過剰」資源作物への対処という点からは検討の余地は残されているが、飼料基盤が弱く、その自給率が極端に低いわが国にとっては、資源作物を利用することは、現在起こっている飼料価格の高騰等の他の農業への経済的な影響を考えると、適切なものではない。②また、食品製造工程の副産物利用によるものや食品廃棄物からのバイオエタノール生産は、単品・単一事業のバイオエタノール生産の評価をすれば、現段階では経済的評価は低いものである。しかし、他の事業とセットに考えるならば、経済的にも成立する可能性が出てくるものもある。例えば、北九州の事例のように「コストダウンをごみ処理場のような他の施設と組み合わせることによるシステム化によって実現」というように、である。すなわち、「北九州の事例の当該施設のバイオマス原料と処理工程にとって適切な連携を構築することが、コストダウンに向けた体制づくりとして重要」になるのである。そして、「今後は、より効率的な他施設との組み合わせ、連携の構築、夾雑物除去の技術開発などとともに、家庭からの生ごみ回収の社会的なシステムづくりが課題」となると考えられる。

だが、いずれをとってもわが国のバイオエタノール生産は試験段階であり、その実用化にはまだ様々な課題が残されていると考える。これまでの事例検討はこのことの一部を明らかにしたものである。特に、本研究の目的である経済的評価については、実用化の事例がほとんどないので、実用化が進んでいる他の国の事例から検討を深める必要があると考える。

(共同研究者：酪農学園大学・安宅一夫・杉村泰彦・小糸健太郎、中村 稔)

※4 E3ガソリン
バイオエタノールを3%混合したガソリン燃料。