

バイオエタノール利用の現在と未来

～「水田」を緑豊かな「油田」に換えて～

環境委員会調査室 すぎもと かつのり
杉本 勝則

1. なぜ今バイオエタノールなのか

環境省は、平成 19 年度の重点施策として「京都議定書第一約束期間に向けた地球温暖化対策の加速化」外 5 項目を挙げているが、政策の第一として温暖化対策の加速化を挙げている。

すなわち、我が国は、地球温暖化防止の京都議定書第一約束期間内（2008 年～12 年）に温室効果ガスを基準年（1990 年）の 6 %削減する義務を負っているが、2005 年度の温室効果ガス排出量速報値では、13 億 6,400 万 t-CO₂で基準年の+8.1%となり、このままでは京都議定書の削減目標が達成できなくなるおそれが出てきている。また、削減義務のない途上国を含めた削減枠組みが必要となるが、途上国側に削減義務を求める上で先進国側の削減目標の達成は至上命題となっており、この 11 月ナイロビで行われた京都議定書第 2 回締約国会議（COP/MOP 2）において若林環境大臣は「日本は 6 %の削減目標を断固達成する」と発言している¹。政府を挙げて温室効果ガスの大半を占める CO₂削減に取り組むことは喫緊の課題になっており、その一つとしてバイオエタノールを含むバイオマスエネルギーの利用促進が急がれる。

バイオマスエネルギーはそれを自動車の内燃機関等で燃焼させることによって CO₂ そのものは新たに発生させることとなる。しかし、バイオマスエネルギーの材料となる植物はその成長の過程で大気中の CO₂を取り込むため地球全体としてみた場合には大気中の CO₂は増加しないこととなる（カーボンニュートラル）。この点が石炭や石油・天然ガスを消費することによって太古の時代に固定された大気中の CO₂を放出する化石燃料の消費と異なっており、京都議定書上の CO₂排出量には含まれない。

CO₂を排出しないエネルギー源としては原子力発電があり、我が国電力の約 3 割が原子力発電によっている。原子力は地球温暖化防止の観点からは最も地球に優しいエネルギー源であるが、事故による放射能漏れの恐れ、核廃棄物の問題が残っており、立地・建設上の制約から全面的に原子力に依存することは難しい。また、太陽光発電、風力発電等の新エネルギーも開発は進んでいるが、間近に迫った京都議定書 CO₂削減目標達成の切り札にはなれない。そこで、政府は、技術的にも一応は完成し、実用化されているバイオマスエネルギーを CO₂削減目標達成の切り札としてあげ、その開発、普及を積極的に推進することにより、間近に迫った京都議定書の目標を達成しようとしている。

¹ 『日経新聞』（平 18 . 11.17）

2. バイオマスエネルギーの種類とバイオエタノール

(1) バイオマスとは「再生可能な、生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの」で、家畜の排泄物からエネルギー作物まで幅広く含まれるが、このバイオマスを種々の技術を用いてエネルギーに転換したものがバイオマスエネルギーである。自動車等の輸送用燃料として用いるには、エネルギー密度が高く、可燃性に優れていることが重要である。このため、バイオマスエネルギーのうちバイオエタノール、バイオディーゼル(BDF)、バイオマス液化燃料(BTL)が代表的な輸送用エコ燃料として用いられている。本稿においては主にガソリンの代替として使われることからバイオエタノールについて述べることにする。

(2) バイオエタノールは、サトウキビなどの糖やコメなどの澱粉を発酵させてエタノールにするものである。その製造は焼酎やウイスキーなどと同様に、原料の粉碎 糖化 発酵 蒸留の工程を経るが、酒類と異なり濃度 95%以上まで蒸留される。糖や澱粉を原料とする場合、発酵のための糖化前処理が不要なため、エネルギーバランス、コスト面で有利であるが、糖や澱粉は食料としても重要なため、これと競合しない資源作物(燃料を作るため味よりも多収穫を優先した作物・燃料作物)の育成、増産のための発酵効率の向上等が必要となってくる。

また、コメを取った後のワラなどセルロースについてもこれを糖化することによってエタノールに変える技術が開発されており、作物を全く無駄なくエタノールに変えることが可能になる。この技術を木くず等にも応用し建築廃木材からエタノールを製造することも可能であり、将来は世に散在するあらゆる植物性資源を有効に活用することが出来ることとなる。なお、この商用プラントは間もなく稼働する予定である²。

(3) バイオエタノールをはじめとするバイオマス由来の新燃料は含酸素燃料であるため単位重量あたりの発熱量が小さいもののオクタン価が極めて大きく、ガソリンにブレンドすることによってCO₂排出を低減させるだけでなくガソリン車のエンジン性能を向上させることも期待できる。反面、ガソリンと異なり水と混和しやすく、水の混入によるガソリンエンジン特性や給油設備を含めたシーリング劣化、錆の発生の問題があり、ガソリン給油を前提にしている我が国のガソリンエンジン車、給油設備への影響が懸念されている。

3. バイオエタノールの導入状況

(1) 海外におけるバイオエタノールの導入状況

バイオエタノールは海外においては積極的に導入が図られている。

ブラジルでは、オイルショックの経験から脱石油の一環としてガソリンへのエタノ

² 地球環境産業技術研究機構と本田技研研究所は、従来のセルロース系バイオエタノール製造と比較してアルコール変換効率を飛躍的に向上させた技術を発表している。(2006年9月)また、廃木材を利用したバイオエタノール・ジャパン・関西の商用プラント(年1,400kL)の運転が2007年1月から予定されている。

ール直接混合が義務づけられており、混合率 22% (E22) を基本としてエタノールの供給状況に応じて 20~25% の間で変更が可能になっているほか、100% エタノール (E100) も自動車用燃料として利用されている。

EU においては、2003 年 5 月に「自動車用バイオ燃料導入に係る指令」が発効し、加盟各国にバイオ燃料及びその他の再生可能燃料の市場導入量についての国家目標設定を義務づけ、目標の参考値として輸送用燃料におけるバイオ燃料比率を 2005 年末には 2%、2010 年末には 5.75% とすることを掲げている。

米国においては、2005 年 8 月に成立した「2005 年エネルギー政策法」では、自動車用燃料へのバイオ燃料、特にバイオエタノールの使用を義務づけており(「再生可能燃料基準」)、2006 年には 40 億ガロン(約 1,500 万 kL)、2012 年には 75 億ガロン(約 2,800 万 kL) とするよう定められている。

また、中国では「第 10 次 5 ヶ年計画(2001~2005 年)」において 2 省 5 市で始められた試験的導入を拡大してエタノール混合ガソリンへの切替を行っており、近くまとめられる「エタノール燃料産業 5 ヶ年計画」の中でエタノール生産企業への税制優遇策等により政策的に国内生産の拡大と普及を促すこととしている。

(2) 我が国のバイオエタノール導入の現状

我が国では、2002 年 12 月に閣議決定した「バイオマス・ニッポン総合戦略」においてバイオマス由来の自動車燃料の円滑な導入に向けての政策を行う前提としての調査を行っている。現在、北海道十勝地区や沖縄県宮古島等 6 地域において各種植物からのエタノール製造と E3 (エタノール混合率 3% ガソリン) の実証走行試験を行っているが、まだ実証の段階で一般的な利用はこれからである。

2005 年 4 月の「京都議定書目標達成計画」では、バイオマス由来の輸送用燃料については 2010 年度までに原油換算で 50 万 kL の導入を見込むこととされているが、本年 3 月の(新)「バイオマス・ニッポン総合戦略」では、具体的な生産数量とその方策については述べられていない。また、環境省に設置された「エコ燃料利用推進会議」が発表したエコ燃料普及拡大のシナリオにバイオエタノールの生産見通しが述べられているが、そこにおいても 2010 年には「E3 化及びハイオクガソリンの E T B E 添加により、ガソリン需要全体の最大 1/2 にバイオエタノールを導入する」と控えめな表現がなされており、2030 年においてもガソリン需要量の全てについて E10 化を図るとされているに過ぎない。

このように我が国のバイオエタノールの導入は遅れているが、本年 11 月に安倍総理は、バイオエタノールの国内生産を年間ガソリン消費量の約 1 割に当たる 600 万 kL (原油換算 360 万 kL) に増やすための工程表を関係省庁で作成するよう指示したことからバイオエタノールをめぐる動きが活発化している。

この 600 万 kL の数字目標については、前述のエコ燃料利用推進会議の推計でも 2010 年度は 4.6~5.6 万 kL (原油換算で 2.6~3.1 万 kL) であり、廃木材や稲ワラの利用等も含めた長期的供給可能量の推計でも 108~211 万 kL (原油換算で 63~123 万 kL)

とされていることから、経済産業省や石油業界からは日本の畑を2倍にしなければならぬ「夢物語」との声も聞かれ、どのような工程で必要量を確保していくかが注目される場所である。

表 バイオエタノール供給見込みと長期的供給可能量（参考値）の一覧
単位：kL（括弧内：原油換算kL）

バイオマスの種類	2010年度供給見込み	長期的供給可能量
糖蜜（沖縄）	700～1,400 (400～800)	2,400～4,800 (1,300～2,600)
規格外小麦（北海道）	5,800～11,600 (3,200～6,400)	20,500～40,900 (11,300～22,500)
廃木材	4,200～7,000 (2,300～3,800)	19万～39万 (13万～27万)
食品廃棄物	0 (0)	50,000～100,000 (29,000～58,000)
エネルギー作物	ミニマムアクセス米	35,700 (19,600)
	稲ワラ	0 (0)
	生産調整面積（稲）	0 (0)
	遊休農地（ソルガム）	0 (0)
林地残材	0 (0)	14万～24万 (8万～16万)
合計	46,400～55,700 (25,500～30,600)	108万～211万 (63万～123万)

（出所）『輸送用エコ燃料の普及拡大について』（エコ燃料利用推進会議）

4. バイオエタノール導入に当たっての問題点

（1）技術上の問題点

バイオエタノールの自動車燃料への導入については、直接混入方式によるのか添加物方式（E T B E）によるのかの問題がある。

確かに、水との相溶性が大きいエタノールにおいては、直接混入方式では水の混入によるガソリンエンジン特性やシーリング劣化等設備の問題が生じ、国内精油所の活用につながらない。また、流通段階の混和等によるガソリン税の脱税が容易であることは、財政当局にとって好ましい事態ではない。しかし、バイオエタノール導入に当たって最も考慮しなければならないことは、それが将来にわたってCO₂排出を削減できるものかどうかであり、化石燃料の消費を低減できるものであるかどうかである。必要とされるのは近い将来においては京都議定書の目標達成という課題の解決であり、遠い将来においては人類・生命の生存という壮大なテーマの解決である。

この観点から問題を考えると、エタノールに新たにイソブチレンを加えて合成し、その過程で新たに蒸気及び電力を消費するE T B Eに将来的な優位性が認められるのか疑問が生じる。

また、エタノール混合ガソリンを使用するエンジンについても、例えば、ホンダではエタノール比率が20%から100%まで対応が可能（E20～E100）ながらガソリン車と同等の動力性能、低燃費を実現したフレキシブル・フューエル・ビークル（FFV）

を開発し、ブラジル向けに輸出している³。技術は日々進歩しており、我が国においても将来の自動車はガソリンから E 100 まで対応できるものとなっているかも知れない。F F V が普及するまでの間、一部は添加剤方式によらざるを得ないとしても、そのような未来に備えて、これに対応した態勢作りを今から進めておく必要がある。利用上の制約のある添加剤方式は短期間にとどめるべきであろう。

F F V の将来性について付言すると、F F V は、バイオ燃料の最大の弱点である燃料作物の豊・不作に優れた対応性を示せるのではないか。すなわち、豊作時には E 100 とし化石燃料であるガソリンの使用を減らし、不作時には E 20 としガソリンの使用を増やすなどして、ガソリン、国産バイオエタノールを合わせたトータルのエネルギーとして CO₂ 排出削減と化石エネルギーの消費を抑えることが期待できる。それは、我が国のエネルギー安全保障にとって大きな貢献になると共に、石油とエタノールを合わせた新しいエネルギー産業の発展を予感させるものである。

近年、バイオエネルギーに関する技術としてバイオ発酵技術が脚光を浴びているが、バイオを利用するものとしては、この他にもバイオ原料をガス化し、合成する技術が研究・開発されている。

例えば、廃プラスチックを分別することなくガス化し、水素やメタノールを生産する技術が確立されているが、この技術については高カロリーバイオマス（水分の少ない乾燥したバイオマス）に応用できると共に、水分を多く含む低カロリーバイオマスについてもこれをガス化・合成して利用する技術の開発が進められている⁴。

発酵法は長い歴史を有し運用実績も豊富で、設備の建設費用は比較的安いと、生物を利用しているため運転操作には熟練を要する。これに対し、ガス化・合成は歴史が浅く、設備建設面では不利であるが、化学的なプロセスを利用する点で反応が早く、問題が生じた場合の対応も比較的容易である。バイオマスエネルギーにおいていずれの技術を利用すべきかであるが、利用する原材料の特性、生産の効率性、経済性、必要とされる最終製品等を比較検討し、ゼロエミッション社会（排出物・廃棄物ゼロの循環型社会）を目指す見地から各々の得意とする分野でその技術を最大限利用すべきであろう。

いずれにしても、近年の科学技術の発展は著しく、現時点での技術的問題点が近い将来に解決される可能性が高い。また、税制等の問題については関係当事者にとっては調整の難しい問題ではあるが、基本的には制度技術的な問題であり、我々の英知を

³ ホンダは 2006 年 9 月に F F V の開発を発表し、エタノール燃料の普及が進んでいるブラジルで発売する。また、GM、フォード、ダイムラー・クライスラーのビッグ 3 は 2010 年までにエタノール車の生産を現在の倍の 200 万台に増やす計画を発表している。

⁴ 荏原製作所は宇部興産と共同で廃プラスチックを分別することなく、炭化水素をほとんど含まない水素・一酸化炭素主体のガスに改質するシステムを稼働させているが、このシステムにおいて乾燥バイオマスを利用することは可能である。また、同製作所は木質系廃棄物や家庭ゴミのバイオマスから水素等のガスを生産するシステムの運転試験を行っている。

持つてすれば解決できない問題ではない。それ故に、我々は基本に立ち返り、地球の未来にとって最適な方法で問題を解決しなければならないし、速やかに解決のための地道な第一歩を踏み出していかなければならない。

(2) 燃料用作物と食料用作物との競合問題

バイオエタノールの生産をめぐる大きな問題として食料生産との競合問題がある。バイオエタノールは、サトウキビ等の糖質や穀物の澱粉から作られるが、これらは人や家畜の食料として用いられており、現状の作付けを前提とした場合、バイオエタノールの生産を増やせば、食料に回される分が少なくなると共に作物価格が上昇する関係にある。

例えば、2005年エネルギー政策法でバイオエタノールの使用を義務づけられた米国では、その原料となっているトウモロコシの価格が急騰し、1ブッシェル(約25.4kg)当たり2ドル前半で推移していた価格が11月には3.4ドルに跳ね上がり、食品業界や畜産業界の経営を圧迫している⁵。このトウモロコシ価格の上昇は米国産トウモロコシを輸入している日本にとっても関連製品の値上げにつながる問題であり、バイオエタノールの普及が世界の食料事情を逼迫させる虞がある。

この問題は、現状においては難しいが、将来においては解決可能な問題であると考えられる。すなわち、現状においてはバイオエタノール生産に利用されているのは食品加工用や飼料用の穀物であるが、味覚等を気にする必要のないバイオエタノール用作物においては手間がかからず成長の早い多収穫の品種を開発し、食料用作物とは別個の燃料用作物として、その作付けを増やしていくことで食料用との競合は防げることになると思われる。

また、セルロース起源のバイオエタノール生産技術も急速に発達しており、穀物を脱穀した後のワラ等をも一体的に有効利用できる品種を開発することにより確固たる燃料用作物のジャンルができあがるであろう。

(3) 燃料用作物の作付けに伴う森林破壊の問題

地球的規模の環境問題を身近な問題として考えるきっかけとなった「ガイア理論」の提唱者であるジェームズ・ラブロック博士は、バイオマスの利用については「食料に必要な農業活動さえ既にガイアの負担になっているのに、エネルギー用に作物を栽培すれば、ガイアにとって大きな脅威になる。」と否定的考えを述べ、地球を救うためには現状では原子力発電に頼らざるを得ないとしている⁶。

確かに、バイオマスエネルギーを確保するために現実に起こっていることは、サトウキビや油ヤシ(バイオディーゼル原料のパーム油)を作付けするための森林の破壊であり、先進国がバイオエネルギーを安易に輸入するのであればこの破壊は拡大する

⁵ 『フジサンケイビジネスアイ』(平18.11.8)

⁶ 『日経エコロジー』(2006.12)12~13頁

ことになる。

しかし、この問題についても、科学技術の進歩が人類の未来を切り開いてくれるであろう。森林を破壊するのではなく、荒地に作物を植えることにより食料とバイオマスエネルギーを得るのである。例えば、植物の成長に不利なアルカリ性土壌は全陸地の30%近くを占めているが、バイオテクノロジーの成果は、そのような土地においても生育するイネ科植物を生み出しつつある。また、少ない水で植物を育てる栽培技術の研究も行われている⁷。これらの技術を更に発展させ、世界中の荒地で食料用作物と燃料用作物を育てることができれば、世界の食料問題とエネルギー問題は徐々に解決に向かうのである。そして、それは増加を続けるCO₂の排出を抑え、発熱を続ける地球の熱を冷ますことにつながるのである。これらの技術は現時点では研究所段階のものもあり、その普及にはまだ時間がかかるであろう。しかし、研究所レベルとはいえ実現している技術であり、これらの技術をどう生かし普及させていくかに地球の未来が懸かっている。我が国について言えば、関係省庁の枠を越えて、現実と未来を融合させる政策を研究機関とも力を合わせ一体的に推進して行くべき時に来ているし、世界に対してはその成果をODA等を通じて世界に広めることが我が国に課せられた使命である⁸。

5. 我が国におけるバイオエタノールの生産について

(1) 現状の生産体制の問題点

安倍総理は国産バイオエタノール600万kL生産の工程表作りを指示し、関係省庁が協議を重ねているところであるが、「エコ燃料利用推進会議」で供給を見込んで2010年度までに利用できるものとしているのは、サトウキビ、規格外小麦、廃木材とミニマムアクセス米である。(表参照)

このうちミニマムアクセス米とは、多角的貿易交渉(ウルグアイラウンド)の農業合意に基づき日本政府が輸入を義務づけられている最低輸入義務米のことであるが、その購入に毎年300億円が、その在庫の保管料には年間200億円以上の税金が使われている。また、在庫の長期化に伴い食用に向かなくなった古米も多くなり、その活用が問題になっている。上記見込みは、このミニマムアクセス米をバイオエタノールの原料として活用するものであり、新聞紙上では農林水産省はミニマムアクセス米を利用する方針との報道もなされているが⁹、ミニマムアクセス米をエタノール原料として売却する場合にはキロ当たり15~20円で、その購入時の価格が30~60円であることから売却損が出ることになる。

⁷ イネについては東大大学院農学生命科学研究科西澤直子教授らの研究。同教授は「世界人口の半数が主食としているコメの増産は重要だ。砂漠化防止やバイオマスエネルギーとしても役立つ」と話している。(『毎日新聞』(2006.10.25)) また、砂漠土が多くを占めるイスラエルでは養液点滴栽培が発達しており、我が国でも沖縄県等で小水量型養液栽培が行われている。

⁸ これからの日本のあるべき姿については『立法と調査』252号(2006.3)64~69頁を参照。

⁹ 『朝日新聞』(平18.11.12)

農林水産省にはミニマムアクセス米問題のほかにもコメの慢性的な供給過剰、生産調整問題があり、バイオエタノールの600万kL生産はこれらを解決するための方策として主張されている面があることは否めない。これらのことから、国産バイオエタノール600万kL生産構想に対しては、その実現可能性を疑問視すると共に「農業対策」だとの批判もある¹⁰。

しかし、ここにおいても重要なことは、地球環境保全と国産エネルギー確保の観点からのバイオエタノールの増産であり、限られた財政の中で税金を如何に有意義な事業に無駄なく使うかである。コメの生産調整やミニマムアクセス米のために多額の税金を使うことから、人類・地球の未来のためにバイオエタノールを通じた農業振興に税金を使うことも検討すべきではないだろうか。

(2) 長期的供給可能量をめぐる問題点

「エコ燃料利用推進会議」が長期的供給可能量として見込むものは、サトウキビ等4品目のほかに、食品廃棄物、稲ワラ、遊休農地に植えるソルガム(コウリヤンの一種)、生産調整地に植えられる稲、林地残材が挙げられている(表参照)。これら全てを合わせても供給されるバイオエタノールは108~211万kLとされており、どのようにして600万kLのバイオエタノールを確保していくかで議論が百出している。現在、関係省庁が集まり協議しているところであり、森林由来の木質系バイオマスからのエタノール製造がカギだともされている¹¹。しかし、我が国の風土、気候、耕作文化に最も適合している稲作をもっと積極的に活用すべきではないだろうか。稲作に適さない地域においてもその地域に適した燃料用作物を開発し積極的に栽培・生産することを検討すべきでないだろうか。

コメを原料とするバイオエタノールの生産は技術的にも確立されている。前述のミニマムアクセス米の活用で脚光を浴びているコメからのバイオエタノールの製造であるが、コメのバイオエタノール利用に関する調査については、全国農業協同組合連合会(全農)により本年1月に新潟県JAにいがた南蒲管内で先駆的に行われたものがあるものの、将来性の大きさの割には今まであまり研究されてこなかったようである。また、この調査は、JAにいがた南蒲管内の農家を対象に、どのような条件であればバイオエタノール製造原料の稲作を行うか、採算は合うのか等についての調査であり、全国的な規模でのイネを原料とするバイオエタノール製造について生産システム、生産量の調査、研究については行われていない。

また、今、開発が進んでいるセルロース系のバイオエタノール技術を使った稲ワラからのエタノール生産を含めたコメと稲ワラを含めた燃料作物としてのイネの総合的な利用研究についてはこれからである。

現在の諸施策を前提に600万kLのバイオエタノール確保の実現性について議論する

¹⁰ 『産経新聞』(平 18.11.17)

¹¹ 『日経エコロジー』(2007.1) 13頁

ことは必要であるが、より未来に向けての諸施策展開の青写真を示す時期に来ているのではないだろうか。

6. 我が国のバイオエタノールの未来について

我が国農業、特に稲作農業をめぐっては経済合理性だけでは解決のつかない様々な問題があり、今まで巨額の税金が投入されてきたにもかかわらず、産業としての稲作は衰退の一路をたどってきた。しかし、コメは日本人にとっては文化の基礎であり、美味しいコメ作りは日本人の美意識の発現でもある。また、稲作農家にとっては手間暇をかけてでも美味しいコメを作ることこそ生き甲斐であり、誇りでもあった。我が国の自然条件に最も適しているといわれる稲作農業については、これを前向きに振興して行くことができるならそれが理想であり、工業化社会の中で活力を失った農村地域に公共事業に頼ることなく地域の振興を図れるのであるなら国土の均衡ある発展にも寄与できる。

ただ、そこにおいては、稲作農業も時代の変化に対応した新しい農業でなければならぬし、バイオテクノロジーに代表される科学技術の発展は新しい農業への可能性を大きく切り開いてくれる。

かつては、生きるための食料の生産が農業の使命であった。しかし、飽食の時代を迎え、エネルギー、地球環境については大きな課題が残る未来にとって、農業がこれらの問題解決に寄与できるのであれば、農業には新たに重大な使命が加わったと考えるべきである。コメは食料としてであれエタノール燃料としてであれ、それは生体反応によるものであるのか、内燃機関による燃焼によるのかの違いはあっても人体や自動車のエネルギーを生み出す元になるものである。農業とは人々にエネルギーと活力を与える産業であると解せるなら、農業には食料生産手段としての意義づけだけでなく、エネルギー生産手段としても意義付けも与えるべきであろう。稲作をはじめとする日本の農業に燃料生産産業としての未来が開けるか否かは、これからの各省庁の枠組みを超えた取組が行われるか否かに懸かっている。

子供の頃、地方を旅する車窓から目にする風景は果てしなく広がる青々とした水田と稲穂の波であった。いま、同じ場所で目にするものは稲穂の間に散在する荒れ果てた田畑である。この荒れ果てた田畑が再び緑豊かな『水田』に戻る姿を、燃料作物を育てる『油田』すなわち『エネルギー田』¹²として蘇る姿をそう遠くない未来に見てみたいものである。

¹² バイオエタノール用のコメの栽培としては、前述のJAにいがた南蒲や愛媛県の有限会社「あくり」等が試行的に行っているが、いずれも飼料用に開発された多収穫米を栽培している。