

バイオエタノールに関する 国の取り組み

資源エネルギー庁
省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課課長補佐

いとう たかつね
伊藤 隆庸

地球温暖化対策としてバイオエタノールが最近注目されています。主要国の導入、利用状況と比較しながら、わが国のバイオエタノールに関する取り組み状況や導入に伴う課題、今後の展望などについて、具体的な事例を交えて資源エネルギー庁の専門家からお話を伺いました。

本稿は、5月10日に行われた第224回日本貿易会セミナーの講演要旨を事務局でとりまとめ、講師のご校閲をいただいたものです。

1. はじめに

近年、原油の高騰や地球温暖化対策として、バイオエタノールへの関心が急速に高まっている。わが国のバイオエタノールに関する取り組みは、経済産業省だけではなく、環境省、農林水産省、内閣府など、多岐にわたっているが、本日は、資源エネルギー庁の立場から、現在の取り組みを説明する。

2. バイオマスエネルギーとは

(1) エネルギーとしての意義

バイオマスとは、石油や石炭などの化石資源を除く動植物に由来する有機物であり、エネルギー源として利用可能なものとされている。また、バイオマスエネルギーは京都議定書における取り扱い上、CO₂を排出しないものとみなされている。植物などのバイオマスは、その成長

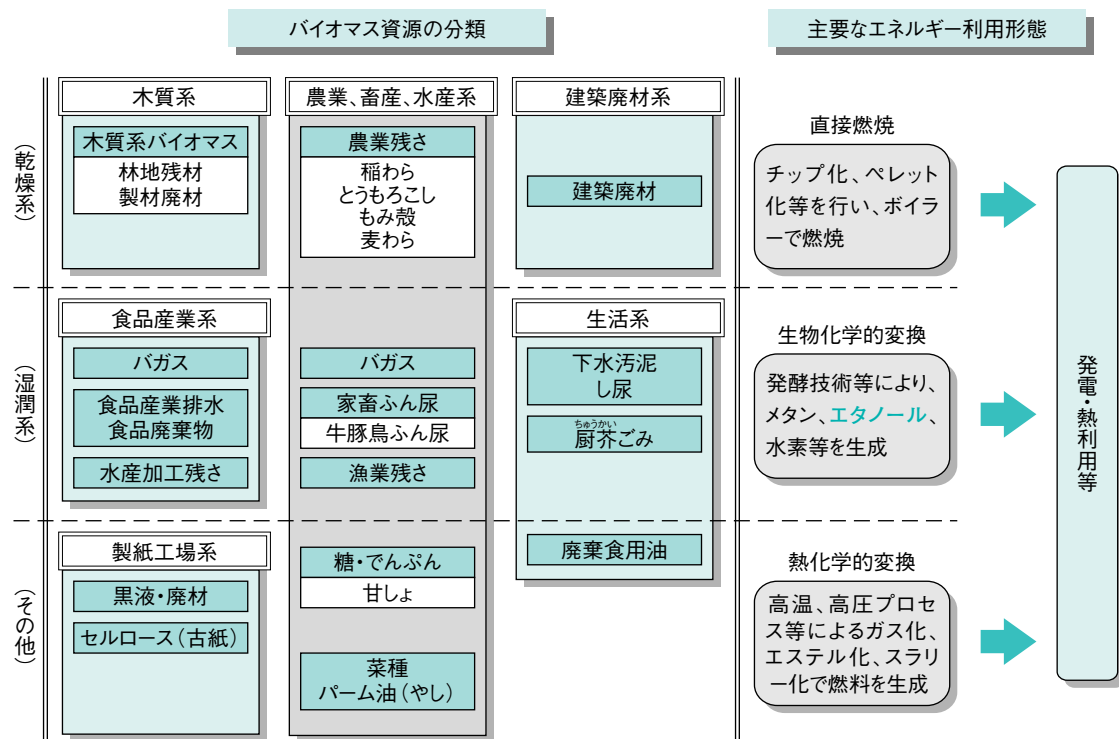
過程で大気中のCO₂を吸収することから、それを燃やしたとしても、大気中に放出されるCO₂は成長過程で吸収したCO₂分を放出しているだけと考えられている。これはCO₂が中立であるという意味からカーボンニュートラルと呼ばれている。

バイオマスにはカーボンニュートラルという特性があるものの、一方では、克服すべき課題がいくつかある。まず、バイオマスは発生分布が広く薄いうえ、そのエネルギー密度が非常に低いため、バイオマス資源の収集運搬コストが割高になってしまうことである。また、小規模分散型の利用設備になりがちなため、スケールメリットが得られにくく、高効率化や、低コスト化が困難であるということである。

(2) バイオマスの種類と利用方法

バイオマス資源にはさまざまなものがあり、大別すると、木質系バイオマスや農業残さなどの「乾燥系」、食品・水産産業残さなど水分を多く含んだ「湿潤系」、および製紙工場廃棄物

図1 バイオマスの種類と利用方法



や廃食用油など「その他」に分類されるものがある(図1)。

利用形態として、「乾燥系」はチップ化、ペレット化し、「湿潤系」は生物化学的変換によりメタン、エタノール、水素等を生成し、「その他」は熱化学的変換によりガス化、エステル化、スラリー化し、それぞれ燃料を生成している。このようにバイオマスには非常に多岐にわたる利用形態があり、最終的には発電や熱利用という形で利用されている。

3. バイオエタノールとは

(1) バイオエタノール燃料

バイオエタノールという言葉が使われているが、特殊な化合物ではなく、中身は飲食用の主成分であるエチルアルコールと変わらないものである。現在、国内外で輸送用燃料として利用

されているバイオエタノールには、次の2つの利用形態がある。

1つは、バイオエタノールそのものを直接ガソリンに混合して燃料として利用するというものである。バイオエタノールは、サトウキビやトウモロコシなどの農作物や草、木材などのバイオマスを原料とした発酵エタノールであり、化石燃料から製造される合成エタノールは除外されている。ガソリンに比べて発熱量は約6割程度と低いが、オクタン価は通常のガソリンよりも高くなっている。オクタン価とは、エンジン内でのガソリンの安定度を示す数値である。

もう1つは、エチル・ターシャリー・ブチル・エーテル(ETBE)と呼ばれているガソリンへの添加剤として利用されるものであり、本年4月から関東圏において実証販売されている。ETBEは、エタノールとイソブテンから製造さ

れるエーテル化合物であり、バイオエタノールを原料とする場合は、バイオマス燃料とみなされている。ETBEはエタノールに比べて水との相溶性が低く、ガソリンと混合しても蒸気圧を上昇させないなど、品質への影響が少ないという長所がある。また、ガソリンと比べオクタン価が若干高くなっている。

(2) バイオエタノールの製造工程

バイオエタノールの主な製造工程は、供給原料の種類によって分けられる。サトウキビ等の糖質原料については、酵母を用いて発酵し、その後濃縮、蒸留、脱水の工程を経てバイオエタノールが製造される。また、米国等では主にトウモロコシ等のデンプン質原料が用いられているが、デンプンを糖化する工程が入るものの、その後の工程は基本的には糖質原料の場合と同様である。さらに、近年では、木材等の木質バイオマスからセルロース類を分離、糖化してエタノールを製造する技術開発等にも力が注がれており、これら草本質系を原料とする場合には、糖化工程以前に硫酸や酵素などを使った前処理が必要となる。

表1 新エネルギー導入目標

(単位：原油換算kl)

		2004年度	2010年度目標
発電分野	太陽光発電	27.7万kl (113.2万kW)	118万kl (482万kW)
	風力発電	37.8万kl (92.7万kW)	134万kl (300万kW)
	廃棄物発電＋バイオマス発電	227万kl (201万kW)	586万kl (450万kW)
熱利用分野	太陽熱利用	65万kl	90万kl
	廃棄物熱利用	165万kl	186万kl
	バイオマス熱利用	122万kl	308万kl ^{※1}
	未利用エネルギー	4.6万kl	5.0万kl
	黒液・廃材等	470万kl	483万kl
	合 計 (対1次エネルギー供給比)	1,119万kl (1.9%)	1,910万kl (3%程度)

(注) ※1 輸送用燃料におけるバイオマス由来燃料(50万kl)を含む

(3) 輸送用バイオマス由来燃料の導入目標

バイオマスエネルギーは、地球温暖化対策に有効であるほか、石油依存度の低減、またはエネルギー源の多様化の観点から、その導入は非常に有効であるとされている。

政府としては、2005年4月に京都議定書の目標達成計画を定め、この中で、太陽光発電、風力発電、バイオマスといった新エネルギーの導入に関する2010年度までの目標値を設けている(表1)。

2004年度実績の合計が原油換算で1,119万kl、対1次エネルギー供給比で1.9%程度である。その中でバイオマス熱利用については122万klとなっているが、バイオマス由来燃料については、まだ実証段階であり、その量は非常にわずかである。

これに対し、2010年度の導入目標値は1,910万kl、対1次エネルギー供給比で3%程度としており、この中で、バイオマス熱利用は、308万klを目標とし、そのうちのバイオマス由来燃料は50万kl程度を想定している。

4. 国内外の利用状況

(1) 世界のエタノール需給事情

2005年における世界のエタノール生産量は、約4,500万klであるが、用途別需要を見ると、うち約7割の3,100万klが燃料用として使われている。残りが工業用として800万kl、飲料用として600万kl程度が利用されている。

2005年時点で世界最大のエタノール生産国は、米国の1,660万klであり、第2位がブラジルの1,560万klと続いており、両国合わせると約7割以上の生産シェアを占めている。その後に、中国、EU、インドが続いているが、その量を比べると非常に小さいものになっている。これらのエタノール生産国では、ほとんど自国での消費に回されており、実質上、輸出能力がある

のはブラジル一国に限られているのが現状であり、2005年のブラジルの輸出量は約240万klである。

(2) 世界におけるバイオ燃料の取組状況

①米国

「2005年包括エネルギー政策法」により、再生可能燃料（主としてバイオエタノール）の使用が義務付けられ、その使用量を2012年までに年間75億ガロンまで拡大することとしている。

また、2006年1月の大統領一般教書演説では、2025年までに、中東から輸入している石油の75%以上の代替を目標として、エネルギー省におけるクリーン・エネルギー研究開発予算を合計22%増加させるという「先進エネルギー・イニシアチブ（The Advanced Energy Initiative）」が発表されている。

さらに、2007年1月の大統領一般教書演説では、今後10年間でガソリン消費量を20%削減する「Twenty in Ten」という目標が提示され、この目標を達成するため、エタノール等の代替燃料の使用量を2017年までに350億ガロンまで拡大する「石油代替燃料基準」が提案されている。

米国内では、ミネソタ、ハワイ、モンタナの3州において、ガソリンへのバイオエタノール10%混合（E10）を義務付けており、ミズーリ、ワシントンの両州においても、2008年からE10を義務化する予定である。ガソリン車についてはすべてE10対応車にし、エタノールを任意の濃度で利用できるフレックス燃料車（FFV）も普及しつつある。

②ブラジル

ガソリンにエタノールを20～25%の間で混合することを義務付けており、ガソリン車はすべてE25対応となっている。また、新車販売台数

の7割以上がFFVとなっている。混合義務率については、エタノール価格の高騰によって2006年3月に25%から20%へ引き下げたが、エタノールの在庫が高水準となっていることなどを背景に、同年11月から混合義務率を23%に再度引き上げている。

③EU

「自動車用バイオ燃料導入促進に係る指令」により、輸送用燃料におけるバイオ燃料比率の目標を2010年末時点で5.75%に設定している。特にスペイン、フランス、ドイツではETBEを混合したガソリンを用いる方式を採用し、スウェーデン等ではガソリンにエタノールを直接混合した燃料（E5等）が販売されている。なお、ドイツでは2007年から製油業者に対して、化石燃料へバイオ燃料を一定割合で混合する義務を課すことを決定している。

④中国

黒龍江省、吉林省、河南省、安徽省、遼寧省の5省全域と、山東省、江蘇省、河北省、湖北省の4省の一部でE10を利用している。

⑤日本

2010年度に輸送用バイオ燃料を原油換算で50万kl導入する目標を設定している。現状では、安全性および排出ガスへの影響の観点から、「揮発油等の品質の確保等に関する法律（品確法）」において、ガソリンへのエタノール混合上限値を3%以下と規定している。バイオエタノールの利用形態としては、バイオエタノール3%を直接混合したガソリン（E3）とETBE混合ガソリンがあるが、いずれも経済性および供給安定性を理由として、一部の地域における実証的な利用に限定されている。具体的な利用状

況として、石油業界では、2010年度において原油換算21万klのバイオエタノールをETBEとして導入することを決定しており、本年4月27日から関東圏50ヵ所の給油所においてETBE混合ガソリンの実証事業を開始している。また、E3についても、沖縄県伊江島や福岡県北九州市等において実証事業が行われている。

5. 導入の課題

(1) バイオエタノールの経済的特徴

バイオエタノールの利用が進むブラジル、米国等では、エタノールとガソリンの価格の連動性が強まっており、かつ価格の変動率は若干エタノールの方が高くなっている。これは、原油価格だけではなく、食料市況、天候など、さまざまな要因の影響を受けるためであり、そのような傾向が散見される（図2）。

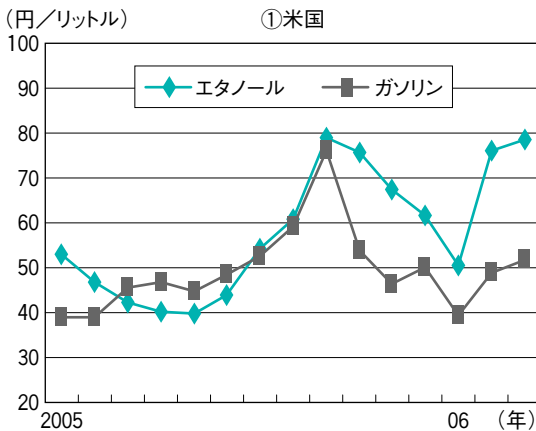
(2) バイオエタノール混合ガソリンの課題

日本ではガソリンへのエタノール混合比率

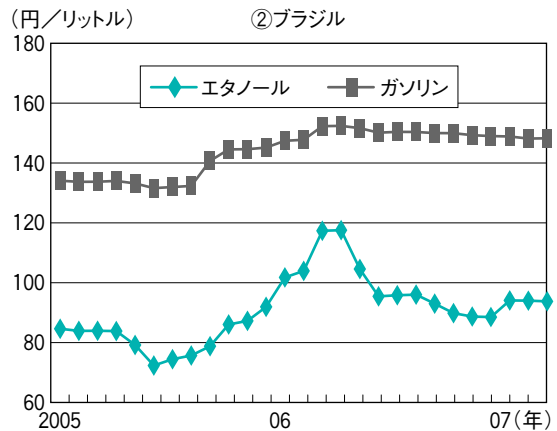
は、安全性および排ガスへの影響の観点から、「揮発油等の品質の確保等に関する法律」において上限3%と定められている。3%を超えたエタノールの混合は、自動車の排ガス中の窒素酸化物濃度が規制値を超える可能性があること、自動車の金属部品等を劣化させる可能性があることなどから、排ガス対策および金属部品の腐食やゴムの膨張に対する対策など、自動車自体の対策が必要になる。これらの対策を講じた自動車が市場に行き渡るには、対応開始から10年以上の期間がかかるとみられている。

エタノール直接混合ガソリン（E3）の品質管理上の課題については、エタノールが3%以内の混合であっても、水との相溶性が高いため、わずかな水分の混入で、相分離が発生し、ガソリン自体の性状が変化してしまう。したがって、流通段階での水分混入を防止するため、ガソリンスタンド等の流通インフラについて追加対策を講じる必要がある。さらに、エタノールをガソリンに直接混合する場合、蒸気圧が上昇し、

図2 エタノール・ガソリン価格推移



- (注) 1. ガソリン価格は、全米平均汎用ガソリンの単価
2. エタノール価格は、油槽所渡し価格であり、優遇税制の税控除前の金額
3. 1ドル＝117.4円で換算(2006年3月の平均為替レート)
4. 価格は月間の平均値を採用
(出所) Hart “Oxy-Fuel News”



- (注) 1. ガソリン価格は、エタノール混合ガソリンの価格
2. エタノール価格は、含水エタノールの価格
3. 1リアル＝58.9円で換算(2007年5月1日の為替レート)
4. ブラジル全土の平均スタンド価格の月間平均を採用
(出所) ブラジル石油監督庁資料より作成

光化学スモッグの原因となる燃料蒸発ガスの発生が増加する可能性がある。

このような課題に対して、経済産業省は、2004～2005年度にかけて、気象条件の異なる全国6カ所のガソリンスタンドにおいて、E3の製造から輸送、給油に至るまでの流通過程における品質上、安全上の課題の検証を目的とした実証試験を行った。その結果、E3の製造については、安定的に製造できることが確認され、輸送については、製造・出荷場所からガソリンスタンドまでのローリー輸送におけるE3の品質変化は認められなかった。また、ガソリンスタンドでの貯蔵については、必要な対策を講じた結果、地下タンク内でのE3中の水分は、切替当初は上昇したものの、徐々に低下して安定することが確認された。さらに、設備部材への影響については、1年間の実証期間で実使用上問題となる影響変化は認められなかった。

なお、実証試験を行うにあたっては、いくつかの前提条件を設けている。例えば、水分の混入を極力少なくするために、米国などで採用されているラインブレンダー方式を採用し、直接混合した後はそのままローリー車に入れるという方式を採っている。また、タンク自体も事前に鉄サビ等の除去をして中をきれいにした状態で、E3の燃料を受け入れている。さらに、外からの水分混入を防ぐために大気弁を設置する対策も講じている。このような条件の下、安定的なE3の製造が流通も含めて確認できている。

(3) ETBEの利用可能性

石油業界は、エタノールの直接混合に伴う諸課題を引き起こさないものとして、バイオエタノールを原料として製造されるETBEをガソリンに混合して利用することをめざしている。品確法上は、ETBEとして8%程度（含酸素分1.3

質量%）までは混合が可能とされている。

また、ETBEは、水との相溶性が低いため、水分混入による相分離の問題が生じず、蒸気圧を上昇させないため、燃料蒸発ガスの問題が生じないなどの利点がある。

以上を踏まえて、石油連盟は、2010年度において原油換算で約21万kℓ相当量のバイオエタノールを原料とするETBEの導入をめざし、2007年4月から首都圏において実証事業を開始している。ただし、導入に先立ってETBE自体が「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）」の「第二種監視化学物質」と判定されたことを踏まえて、2006～2007年度にかけて必要なリスク評価を行うこととしている。今後は、この評価結果を踏まえた対策の検討、実施を行う予定である。

(4) ブラジル産バイオエタノールをめぐる動き

バイオエタノールに関しては、ブラジルとの関係が注視されている。原油価格高騰の影響等で、2005年末からブラジル産エタノール価格が急騰し、2006年4月には、約65円/ℓまで急騰した。サトウキビの収穫期である2006年5月以降は、約50円/ℓ前後で推移しているが、依然として高水準で推移している。

また、2006年1月以降、原油価格の高騰、FFVの普及拡大、米国向け輸出の拡大、国際的な砂糖価格の上昇、サトウキビ栽培の端境期（10～4月）といった要因によって、需給が逼迫^{ひっばく}傾向となり、ブラジル政府は、2006年3月に混合義務の比率を25%から20%に引き下げるなどの対策を行った。その後、2006年11月から23%に再度引き上げている。

一方、ブラジル政府は、エタノールの輸出管理を行っており、2013年にはエタノールの生産量が約3,000万kℓに達すると見込まれているが、

仮にFFVの市場シェアが80%の場合、2010年度における輸出余力は約200万kℓ程度にとどまるという見方もある。

(5) バイオエタノールの増産がもたらす影響

米国のシカゴ商品取引所では、2006年11月のトウモロコシ価格が1ブッシェル当たり約3.56ドルと10年ぶりの高値水準となった。その後も上昇し続けて、2007年2月平均では、4ドル台の高値になっている。また、砂糖の国際価格も年々上昇を続けている。日本のトウモロコシはほぼ全量が輸入であり、うち9割は米国から輸入されている。2006年末には、メキシコのトルティーヤ粉が価格高騰を引き起こし、今後は、飼料価格の高騰によって肉類などの価格や、トウモロコシ以外のエンドウなどといった穀物を原料とした食品加工物価格への影響も懸念されるなど、さまざまな報道がされている。また、BRICsを中心とした世界人口の増加によって、

食料自体への供給不足への懸念が叫ばれている中で、世界の食料事情への影響が懸念されている。

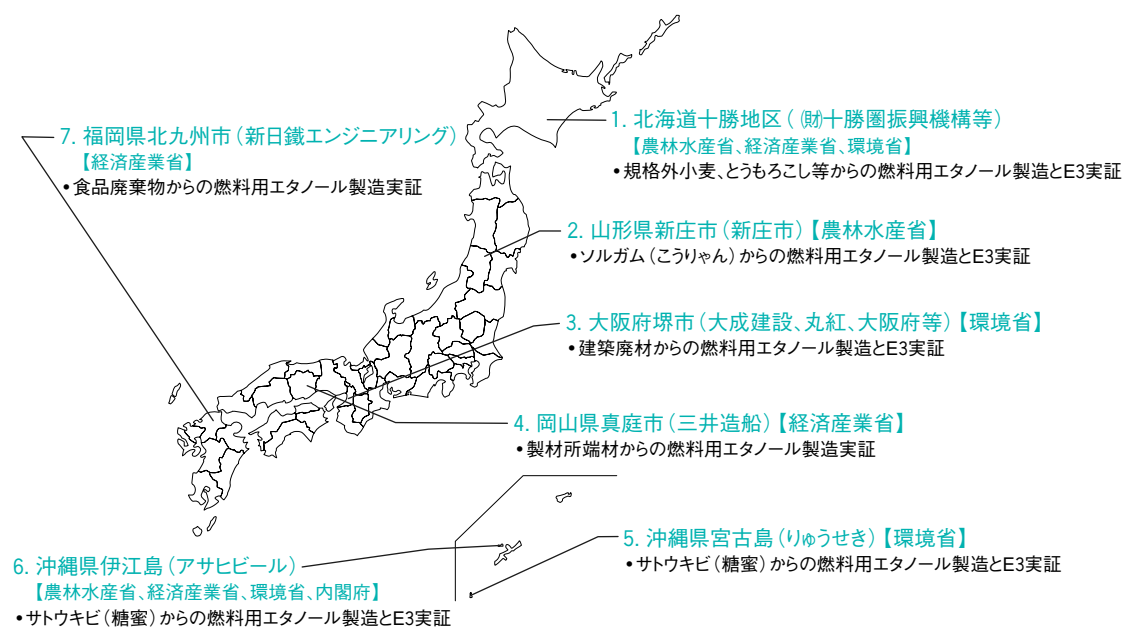
さらに、農産物の生産拡大（耕地拡大）による水資源の枯渇や、単収増加を目的とする肥料の大量散布等による水質汚染なども懸念されている。

6. 国産バイオエタノール

(1) 国内のバイオエタノール燃料実証事業の取組状況

現在、北海道から沖縄まで、さまざまな供給原料を基にバイオエタノールの製造と流通に関する実証事業が行われている（図3）。例えば、沖縄県宮古島における環境省の実証事業、沖縄県伊江村における農林水産省、経済産業省、環境省および内閣府の連携による実証事業、福岡県北九州市における経済産業省の実証事業などがある。

図3 国内のバイオエタノール燃料実証事業の取組状況



(2) 木質バイオマスからのエタノール製造 (セルロース系バイオエタノール)

食料との競争を避けるという観点から、木質系バイオマスによるエタノール製造について、さまざまな技術開発が行われており、間伐材等の未利用の森林資源を活用できる可能性があるということで、非常に有効であると考えている。ただ、現時点では製造コストが課題になっており、コスト的に有利な建築廃材を原料としても約97円/ℓ程度、最も供給ポテンシャルが大きい未利用樹では、200円/ℓ超と、さらに高い製造コストになっている。したがって、製造コストや収集運搬コストの低減のための技術開発等が必要であると考えている。

経済産業省は、これまでセルロース系バイオエタノールの製造に関する技術開発事業を実施してきており、前処理に希硫酸や濃硫酸を用いたり、エタノール発酵段階で遺伝子組換え菌を用いるなどの技術開発事業を行ってきた。

また、岡山県真庭市では、現在、木質系のバイオマスを主原料とするエタノールの製造実証事業を行っている。ここでは、酵素を利用したセルロースの糖化と、C5糖、C6糖の同時発酵が可能な遺伝子組換え菌を利用した並行糖化発酵によってエタノールを製造する実証事業が行われている。

7. 導入拡大に向けて

(1) 「バイオマス・ニッポン総合戦略」における バイオ燃料の位置付け

2002年12月に地球温暖化の防止、循環型社会の形成、戦略的産業の育成、農山漁村の活性化を目的に、バイオマス・ニッポン総合戦略が閣議決定されている。その後、京都議定書が2005年2月に発効され、世界的にバイオマス輸送用燃料の導入が進展する一方で、国内における未

利用バイオマス資源の利用が停滞している状況にあることから、当該総合戦略を改定し、2006年3月に閣議決定が行われた。その中で、輸送用バイオ燃料の利用を促進させるための環境整備として、利用設備導入に係る支援や、利用状況を踏まえ、海外諸国の動向も参考として、さらに多様な手法の検討を行うこととしている。

また、国産バイオマス輸送用燃料の利用促進として、実用化の実例創出、原料農作物等の安価な調達手法の導入、低コスト高効率な生産技術の開発を行うこととしている。

(2) わが国の政策におけるバイオマス由来燃料 の位置付け

2006年7月に策定された経済成長戦略大綱（財政・経済一体改革会議）の中で、①バイオマスエネルギーの導入を加速化すること、②運輸エネルギーの次世代化を進めていくこと、③新エネルギーイノベーション計画として、バイオマス等の新エネルギー市場の拡大を強力に推進していくことを採り上げている。加えて、2006年5月に策定された新・国家エネルギー戦略（経済産業省）では、運輸エネルギーの次世代化計画の中の目標として、2030年に向け運輸部門の石油依存度が80%程度となることをめざし、必要な環境整備を行うとしている。

(3) バイオエタノール導入に関する方向性

石油業界は、ガソリン需要量（6,000万kℓ/年）の20%相当分に7%程度のETBEを混合することにより、2010年度に年間84万kℓ程度のETBEを導入することをめざしている。これは原油換算で21万kℓ分のバイオエタノールに相当する。

また、新・国家エネルギー戦略では、国内外のバイオマス由来燃料の供給促進に向け、国産バイオエタノール生産拡大に向けた地域の取り

組みに対する支援、開発輸入支援のあり方の検討、バイオエタノール大規模実証、木材等セルロース系原料からの高効率エタノール製造技術開発等バイオマス由来燃料の経済性向上に向けた支援策を行うこととしている。

2010年度以降については、現行規制下でのさらなる拡大とともに、社会インフラを整備し、2020年ころ以降については、社会インフラの整備と相まって、さらなる拡大をめざしていくこととしている。

なお、2007年度から、内閣府、農林水産省、経済産業省、国土交通省、消防庁の関係各府省の連携によって、宮古島「バイオエタノール・アイランド構想」として、実証事業が計画されている。本計画では、宮古島内の乗用車約2万台が消費するガソリンをすべてE3にすることをめざしている。また、海外で走行している高濃度エタノール自動車（E10対応車、FFV車等）の走行試験も、今後、この実証事業の中で実施していくことを考えている。

(4) 第2回東アジアサミットにおける「セブ宣言」

今後、アジア諸国の経済発展に伴い、エネルギーの需給状況はますます厳しくなることが予想されており、アジアのエネルギー安定供給、経済発展、そして地球温暖化対策に協力していくことが、わが国の利益にかなうものと考えており、バイオマス由来燃料に関するアジア協力も重要であると考えている。このような状況の

中で、本年1月に開催した第2回東アジアサミットでは、「エネルギー安全保障に関するセブ宣言」が行われた。この中では、バイオ燃料のより自由な貿易の実現とバイオ燃料の基準策定に向けた取り組みを実施することが宣言されている。さらに、安倍総理からは、バイオマス燃料の推進等を盛り込んだ「エネルギー協力イニシアティブ」が発表された。

(5) 国産バイオ燃料の大幅な生産拡大

安倍総理からの指示に基づき、関係府省が連携して、国産バイオ燃料の大幅な生産拡大に向けた工程表を作成し、本年2月に総理に報告を行っている。本工程表では、2030年ごろまでの中長期的な生産目標として、技術開発を進め、資源作物やセルロース系原料（木材等）から、価格競争力を有する国産バイオ燃料の大幅な生産拡大を図ることとしている。

(6) 経済産業省における2007年度バイオ燃料関連予算

経済産業省では、技術開発事業、実証事業、導入支援事業等を行っており、技術開発事業としては、主にセルロース系エタノールの製造技術開発に注力しており、実証事業としては、E3地域流通スタンダードモデル創成事業（宮古島のバイオエタノール・アイランド構想事業）や新エネルギー技術フィールドテスト事業（新技術を活用したバイオマス熱利用システムの性能、経済性の検証等）等を行っている。

JF
TC