

欧米における自動車用燃料へのバイオ燃料の導入動向◆

池田 隆男*

1. バイオ燃料の全体像

自動車燃料としてのバイオ燃料の歴史自体は古く、19 世紀後半にはすでに使用が検討されていた。その後、自動車燃料としては石油系燃料の時代が長く続いているが、1973 年の第一次石油危機を契機にバイオ燃料の推進が図られることになった。米国ではガソリンにバイオエタノール（以下エタノール）を混合させた輸送用燃料に対して、州政府主導で税制上の優遇措置などが図られ、さらに連邦政府の税制上の優遇措置も受けるようになった。また、ブラジルでは第一次石油危機を契機としてエネルギー自給率を高める目的で、1975 年に国家アルコール計画（PROALCOOL）を策定し、ガソリンに 20%のエタノールを混合することを開始した。近年のブラジルではエタノール混合ガソリンのシェアがガソリン市場の約 9 割を占めており、エタノールとガソリンの双方を使用できる自動車の普及が進むなどブラジルはエタノールの一大消費国となっている。また、同時に有力なエタノール輸出国としても注目されている。

1990 年代以降の欧米では、自動車の排気ガス性状の向上目的や将来の石油資源の制約に対する懸念、更には CO₂ 排出量の削減などを目的として再生可能エネルギーとしてのバイオ燃料の使用を政策的に拡大させてきている。欧州では 2005 年からはオクタン価を維持しつつ芳香族分の削減を図っているが、この結果としてバイオ燃料がオクタン価向上の為に混合基材として重要になりつつある。また、米国においても、環境規制の影響によりエタノールの使用量が増加しつつある。

本稿では、将来の欧米において、自動車用燃料として石油系燃料と混合使用の増加が予想されるバイオ燃料についてまとめる。

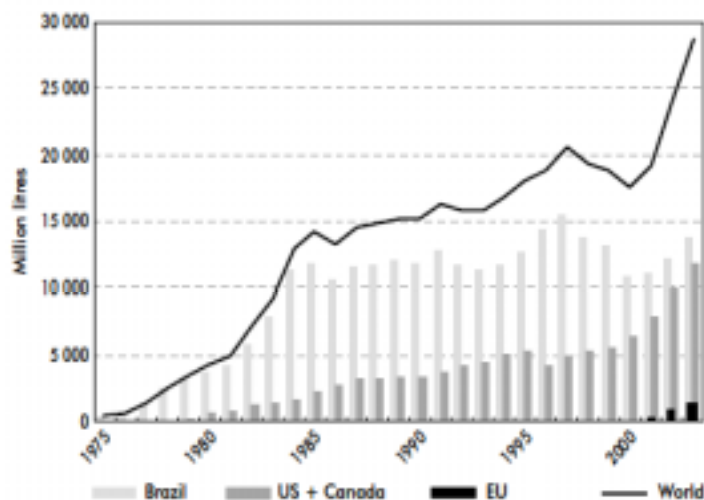
1-1 エタノール

1-1-1 エタノールの生産

自動車用燃料としてのバイオ燃料は主としてガソリン自動車に使用されるエタノールとディーゼル自動車に使用されるバイオディーゼルがある。世界的な生産量はエタノールの方が多く、国別ではブラジルと北米が多い。ブラジルは 1980 年代前半に、米国は 1990 年代後半から生産が上昇し始めている。欧州では 2000 年以降に生産が増加し始めたばかりである。

右図にエタノールの生産量の推移を示すが、最近のエタノールの世界的な増加の多くを北米が占めている。米国でエタノールの使用が急増しているのは、主としてガソリン品質に対する環境規制の強化によるもので、結果としてエタノールの利用が拡大している。また、欧州でもガソリン品質規制の強化とエタノールに対する税制の優遇措置

図1-1 世界のエタノール生産量（自動車燃料用）



（出所） IEA BioFuels For Transport

◆ 本報告は、平成 16 年度にエネルギー総合推進委員会より受託して実施した調査研究「自動車用燃料の環境対応の方向性」の一部をエネルギー総合推進委員会の了解の下で公開を行うものであり、一部修正・加筆したものである。

* (財)日本エネルギー経済研究所 産業研究ユニット 石油・ガスグループ 主任研究員

によって、エタノールの利用が拡大している。これらの詳細については後述するが、今後は政策的なバイオ燃料の導入拡大を通じて、石油系燃料に混合される場合が増えてくると予想される。

1-1-2 エタノールの製造方法と規格

エタノールは糖類が豊富な有機物から生産され、米国ではトウモロコシ、ブラジルではサトウキビを原料として製造されている。また、欧州ではスペインは大麦、フランスは甜菜と小麦などと多様な原料からエタノールが製造されている。このようにエタノールの原料自体は多様であるが、製品としてのエタノールは同一の物質であり、単一の化学式 C_2H_5OH で表される。エタノールの製造方法は、サトウキビなどの糖類を発酵させてアルコール（エタノール）にするだけで、基本的には酒類と同じである。製造されたエタノールは、蒸留と脱水の工程を経て、99%以上の濃度にまで高められる。トウモロコシなどの穀類の場合には、糖化工程を経て糖類にしてから発酵させることになる。

蒸留と脱水工程を経て 99%以上の純度になったエタノールも、そのままの状態では出荷・使用されるわけではない。燃料用途以外への転用を防止するための変性剤や酸化を防ぐために酸化防止剤などが添加される。米国、ブラジルでは、次表のような燃料添加用のエタノール規格を設けている。

表1-1 米国の燃料エタノール規格

項目	単位	規格値
エタノール分	Vol%	92.1以上
メタノール分	Vol%	0.5以下
洗浄実在ガム	mg/100ml	5.0以下
水分	Vol%	1.0以下
変性剤	Vol%	1.96-4.76
塩素イオン	mg/L	32以下
銅分	mg/kg	0.1以下
酸性度（酢酸分）	mg/L	56以下
pH		6.5-9.0
外観		清澄

（出所） 米国 ASTM D 4806

表1-2 ブラジルの燃料エタノール規格

項目	単位	無水エタノール	含水エタノール
外観		清澄	
色相		無色-淡黄色	
密度(@20)	kg/m ³	791.5以下	807.6-811.0
アルコール分		99.3	92.6-93.8
炭化水素	Vol%	3以下	3以下
酸性度（酢酸分）	mg/L	30以下	30以下
導電率	μS/m	500以下	500以下
銅分	mg/kg	0.07以下	-
夾雑物	mg/100ml	-	5以下
pH		-	6.0-8.0
塩素イオン	mg/kg	-	1以下
SO ₄ ²⁻ イオン	mg/kg	-	4以下
鉄分	mg/kg	-	5以下
ナトリウム分	mg/kg	-	2以下

（出所） Agencia Nacional de Petroleo（ブラジル国家石油庁）

一方、将来的なエタノール原料不足への対処や循環型社会の観点から、木材や農業廃棄物からエタノールを生産する製造方法も研究が続けられている。木材や農業廃棄物に含まれるヘミセルロースは、通常の微生物では発酵させることができない。様々な製造方法の研究が進められており製造コストの削減も進んでいるが、コスト高の問題は解決されていない。米国ではトウモロコシから通常にエタノールを製造する場合の 5 倍程度のコストがかかることされている。

1-1-3 エタノール混合ガソリンの流通

エタノールを混合させたガソリンは通常のガソリンと同様の流通はできない。エタノールをガソリンに混合させると、輸送や貯蔵インフラにおける部材の材質と水分管理に問題が発生するからである。エタノール混合ガソリンに接触する材質が、金属系ではアルミ、鉛系の金属などウレタン樹脂、ポリ塩化ビニルなどの有機材料の場合にはエタノールに対しての耐性がない。このため、輸送や貯蔵設備にこれらの材料が使用されている場合には、エタノール耐性を持った材料への変更が必要となる。

水分管理の問題点はエタノール混合ガソリンに一定量以上の水が混入すると相分離が起こり、エタノールがガソリンから水に移動することである。エタノールがガソリンから抜け出すと、エタノール混合を前提としたガソ

リンの品質はオクタン価の低下や蒸留性状の変化等の影響を受けることになる。

また、現在のガソリンの輸送インフラ、貯蔵インフラは多少の水分が混入しても品質に影響を受けないことを前提にして設計されているので、水分が混入した場合に影響を受けやすいエタノール混合ガソリンに適した設計にはなっていない。例えば、油槽所でガソリンが貯蔵される場合には、貯蔵タンクは液面と共に屋根の位置が移動する浮屋根方式の場合が多い。これは、揮発したガソリンがタンク内部に充満することを防ぐためである。しかし、このような浮屋根式のタンクでは壁面内部で水分と接触する可能性があり、エタノールを混合したガソリンを貯蔵することはできない。

米国のパイプラインシステムは水分が混入することを前提としており、輸送中にエタノールがパイプライン中の水分を吸収して、到着地点では規格外のガソリンとなる可能性がある。また、エタノールを混合したガソリンがパイプラインを通過すると、この後にパイプラインを通過する石油製品にエタノールが混入する可能性があり、その影響も危惧されている。さらに、パイプラインの輸送方向は製油所の多い米国ガルフコーストを起点としており、エタノール製造工場の多い米国中西部は石油パイプラインの起点となっていない。

米国では、これら諸要因を踏まえてエタノールを混合する前のガソリン基材とエタノールを消費地の近くの油槽所まで別々に輸送して、油槽所でも異なるタンクに貯蔵している。エタノールとガソリンが混合されるのは出荷直前、ローリー積み込みラックへの輸送ラインで行われる。ローリーの中で直接混合される場合もある。

日本でエタノール混合ガソリンを流通させるためには、貯蔵インフラなどに使用されている材質を変更する必要があり、石油業界で必要となるコストは 3,000 億円以上になるとの試算¹がなされている。

1-1-4 エタノール混合によるガソリンの大気汚染物質への影響

自動車及び自動車用燃料に関する大気汚染物質として問題になるのは、主として粒子状物質（PM）、炭化水素分（HC）、窒素酸化物（NO_x）、一酸化炭素（CO）の 4 種類である。HC は排気ガス中に含まれるものとガソリンから蒸発するものがあるが、その他は自動車の排気ガスに含まれるものである。

まず、ガソリンにエタノールを混合させた場合、大気汚染物質の増減に与える影響について述べる。右表 1-2 は米国の一般的なガソリンにエタノールを 10% 混合させた時の排気ガス性状の変化を示したものである。既に規制されている大気汚染物質では、エタノールを混合すると排出ガス中の CO、PM と HC を減少させる効果がある。一方、自動車のタンクから蒸散する HC と NO_x は増加している。HC 排気ガス中の HC は減少するが、タンクから蒸発する HC は増加しており、HC 全体としては増加している。

右図 1-3 は、エタノールをガソリンに混合させた場合のガソリン蒸気圧の変化を示している。グラフから明らかな通り、1-2% の少量添加でもガソリンの蒸気圧は 10% 程度と大きく増加している。

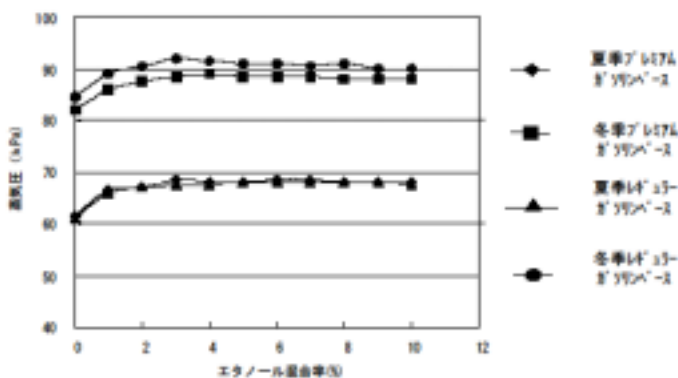
HC と NO_x は光化学スモッグの発生原因になる物質とされている。光化学スモッグは地表オゾンにより発生するが、地表オゾンは、NO_x や HC など

表 1-2 エタノール混合による排出ガスへの影響

規制大気汚染物質		未規制大気汚染物質	
CO	-	アセトアルデヒド	+
NO _x	+	ベンゼン	-
PM	-	1,3ブタジエン	-
排気ガスHC	-	ホルムアルデヒド	+
蒸散HC	+	PAN	+
HC合計	+	イソブテン	-
		トルエン	-
		キシレン	-

（出所） IEA BioFuels For Transport

図 1-3 エタノール混合によるガソリン蒸気圧への影響



（出所） 経済産業省 第8回燃料政策小委員会

¹ 経済産業省第 12 回燃料政策小委員会

が滞留しやすいといった地形条件や温度などの気象条件が重なってもたらされる。地形条件などの変更は困難なので、対策としては、排気ガスに含まれる NO_x や未燃焼の HC の削減、ガソリン蒸気圧の低減などによる HC の蒸散の防止が重要とされる。夏期の光化学スモッグの対策として排出ガス中の未燃焼ガソリンによる HC は自動車の排出ガス規制により低減が図られている。また、自動車のガソリンタンクなどから蒸散する HC を削減するために、先進国では夏期ガソリンの蒸気圧を低減させるなどの対策が取られ始めている。

また、冬期にはガソリンが十分に気化しないなど不完全燃焼しやすい気象状況にあり、排気ガス中に CO や未燃焼ガソリンの HC が発生しやすい。特に、高度が高く寒冷な気候の条件下で、三元触媒が装備されていないような自動車を使用すると CO の排出量が多くなることが分かっている。このような場合には分子構造上に酸素を含む燃料を添加して、完全燃焼を促進させることが有効である。米国の一部地域で酸素化合物を含む必要があるのはこのためである。

確かに全世界的な観点で、十分な排ガス浄化装置がないような中古車が使用されている地域では含酸素燃料の効果はあるといえる。しかし、米国などの先進国では三元触媒などの排出ガス処理装置を備えた自動車の普及が進んでいることから、燃料に酸素化合物を混合させることによって排出ガス性状を改善させる効果が薄れているとの意見が増えている。むしろ、米国では酸素化合物として MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) とエタノールの利用が多く、RFG (Reformulated Gasoline) の酸素分規定がある中で MTBE の使用を禁止すると、事実上エタノールの使用を強制することになる。エタノールをガソリンに混合すると蒸気圧を上昇させる点が、エタノール混合ガソリンの導入に当たっての問題点の一つとなっている。前述のように大気汚染を防止する観点から夏期ガソリンの蒸気圧を引き下げる方向にあるからである。長期的には三元触媒などの排出ガス処理装置を備えた自動車の普及が世界的にも進むので、エタノールのガソリンへの混合による利点は減少していくと考えられる。

1-2 バイオディーゼル

1-2-1 バイオディーゼルの生産

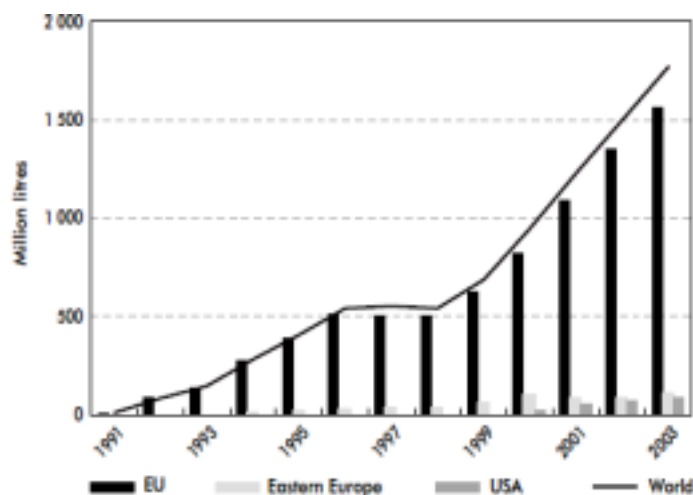
右図にバイオディーゼルの生産量の推移を示すが、欧州の生産量が圧倒的に多い。欧州内ではドイツの生産シェアが大きくなっている。欧州でバイオディーゼルが多い原因は、バイオ燃料の導入に関する欧州指令 2003/30/EC が決定され、バイオ燃料の導入拡大が奨励され、税制の優遇措置があることと、欧州の自動車の構成に原因がある。欧州では CO₂ 削減の観点から燃費の良いディーゼル乗用車のシェアが増加しつつあり、需要の増加する軽油に対してバイオディーゼルの導入する方が、ガソリンに対してバイオ燃料を導入するよりもスムーズに進められるからである。

1-2-2 バイオディーゼルの製造方法と規格

バイオディーゼルは植物油から製造される。植物油のままではディーゼルエンジンの燃料用としては粘度が高すぎるので、化学反応により粘度を下げたものがバイオディーゼルである。一般的に植物油 10 トンとメタノール 1 トンから脂肪酸メチルエステル (バイオディーゼル) 10 トンとグリセリン 1 トンが生産される。バイオディーゼルは様々な種類の植物油を化学反応により粘度を下げたものになるので、原料となる植物油が異なると製造されるバイオディーゼルも異なる。一口にバイオディーゼルといっても、原料となる植物油によって性状が異なることは留意すべき点である。

バイオディーゼルの規格は日本ではまだ存在していない。規格化では欧州が進んでいる。欧州のバイオディーゼルの規格はドイツで使用されている菜種油からのバイオディーゼル (RME : Rapeseed Methyl Ester) に基づ

図 1-3 世界のバイオディーゼル生産量



(出所) IEA BioFuels For Transport

いて決定されたものである。このため、欧州で増加しつつあるヒマワリ油を原料とするバイオディーゼルは、原料となる植物油の種類が異なるために、ヨウ素価など欧州のバイオディーゼル規格を満たすことが困難となっており、バイオディーゼルが南欧州で普及する阻害要因となっている。したがって、欧州での今後のバイオディーゼル規格の議論には、原料となる植物油の種類を考慮することが重要となっている。

また米国でのバイオディーゼルの原料は大豆油であり、日本の一部自治体で製造しているバイオディーゼルは、循環型社会の概念により廃食用油から製造行われている。このため、日本のバイオディーゼルの原料は大豆油や菜種油などが混合されており、特定できない。今後の日米におけるバイオディーゼルの規格も、原料となる植物油の種類を考慮することが必要となる。

右図はEUのバイオディーゼルの規格である。この規格表で夾雑物より上の規格表上半分は主に軽油の代替燃料として、ディーゼルエンジンに使用する際の規格を定めたものである。バイオディーゼルは酸化安定性が軽油よりも劣るので、酸化により生じた酸は燃料タンクなどの自動車部品を損傷させることになる。また、目詰まり点が高いと、冬季など寒冷な気候下ではエンジンに十分な量の燃料が供給されなくなる。これらのバイオディーゼルのディーゼル燃料としての欠点は添加剤により解決している。

メタノール以下の下半分は軽油にはないバイオディーゼル独自の規格である。ヨウ素価は上述のバイオディーゼルの原料に由来するものであるが、基本的には製造過程で使用するメタノールやバイオディーゼルの副産物のグリセリンが不純物として混入することを防ぐ規格となっている。バイオ燃料では不純物のグリセリンなどが混入することが多いので、下段のバイオディーゼル独自の規格は重要である。

また、規格表にはないがバイオディーゼルは通常の軽油よりも潤滑性に優れた性質を持っている。

また、排気ガス規制の進展から、近年において軽油の硫黄分が大幅に引き下げられる方向にあり、硫黄分削減に伴って、軽油の潤滑性が低下することが問題になっている。軽油の潤滑性は一般的には添加剤によって従来の水準に保たれているが、潤滑性に優れたバイオディーゼルの 5%以下程度の少量で混合させることも、この点の問題解決に効果がある。

表 1-4 EU のバイオディーゼル規格

項目	単位	規格値
密度 @15	g/cm ³	0.860 - 0.900
粘度 @40	mm ² /s	3.5 - 5.0
引火点		120以上
目詰まり点		軽油規格 (EN 590) 参照
硫黄分	mg/kg	10以下
残留炭素分	mass%	0.3以下
セタン価		51以上
酸化安定度	h	6以上
全酸価	mg KOH/g	0.5以下
銅板腐食		1以下
灰分	mass%	0.02以下
水分	mg/kg	500以下
夾雑物	mg/kg	24以下
メタノール	mass%	0.20以下
ヨウ素価	g/100g	120以下
モノグリセライド	mass%	0.8以下
ジグリセライド	mass%	0.2以下
トリグリセライド	mass%	0.2以下
遊離グリセロール	mass%	0.02以下
全グリセロール	mass%	0.25以下
リン	mg/kg	10以下
ナトリウム、カリウム分	mg/kg	5以下
カルシウム、マグネシウム分	mg/kg	5以下

(出所) EN 14214

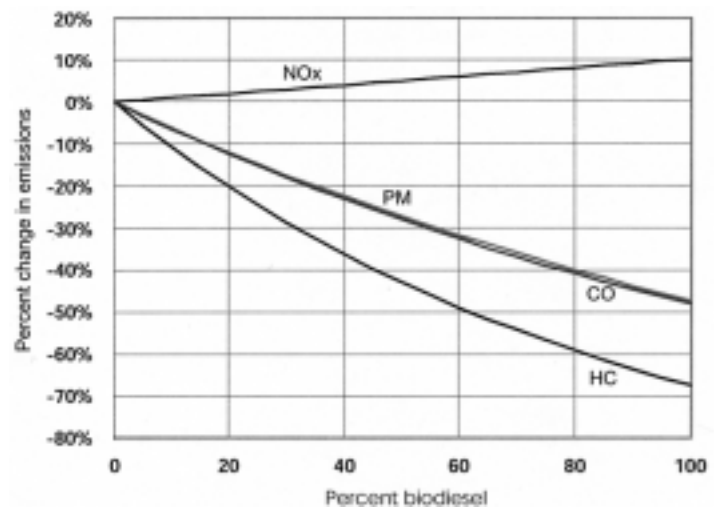
1-2-3 バイオディーゼルの流通

バイオディーゼルはエタノール混合ガソリンの場合とは異なり、通常の軽油と混合して軽油同様に輸送、貯蔵しても特に問題はなく、軽油をバイオディーゼルに添加しても軽油用の輸送インフラ、貯蔵インフラを特に改造する必要はない。むしろバイオディーゼル製造時の不純物の混入や不十分な酸化安定性など製品規格を満たさない製品が流通することの方が問題とされている。ドイツのバイオディーゼル販売業者は、この品質問題に対処するために品質検査組合を結成して、末端の給油所での品質検査を行っている。

1-2-4 バイオディーゼルによる軽油の大気汚染物質への影響

右図はバイオディーゼルを軽油に混合させた場合の排出ガスへの影響を調べたものである。この表は米国 EPA によるもので大豆から製造したバイオディーゼルを用いている。バイオディーゼルの混合により HC の排出が最も多く削減される。PM と CO の削減率はほぼ同等であるが、CO の削減率が若干上回っている。一方、NO_x については増加している。ディーゼル自動車の排気ガス性状の改善はバイオ燃料によるものよりも、従来の軽油の硫黄分の削減とそれに見合った排ガス処理装置の導入による効果の方が大きいので、米国での含酸素燃料プログラムのように、バイオ燃料などを導入してディーゼル車の排出ガス性状の改善を図る動きはない。

図 1-4 バイオディーゼルと軽油の混合による排出ガスへの影響



(出所) 米国 EPA

2. 米国

2-1 米国でのバイオ燃料導入の背景

米国におけるエタノールはバイオ燃料としてよりも MTBE とともに、いずれも化学式の中に酸素を含んでおりオクタン価が高いことから、ガソリンに混合する酸素化合物 (Oxygenate) として需要を伸ばしてきた。エタノールの需要が大幅に伸びるのは 1980 年代になってからである。オクタン価が 110 以上と高いことから、ガソリンの無鉛化に対応して鉛系オクタン価向上剤の代替品として使用され始めたからである。

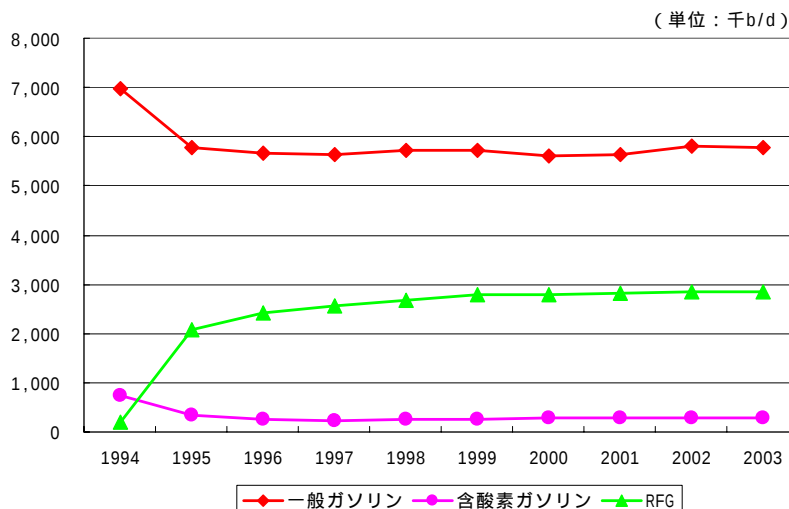
その後も 1990 年に、連邦政府環境庁 (EPA: Environmental Protection Agency) の修正大気浄化法 (CAAA: Clean Air Act Amendment) によって 1992 年

11 月から導入された含酸素ガソリンプログラム (Oxygenated Gasoline program) により、冬場に一酸化炭素 (CO) の濃度が基準値を超える地域に対して、ガソリンに酸素化合物の混合が義務付けられ、エタノールの使用量は増加した。

さらに 1995 年からは、同じ 1990 年の CAAA によって大気汚染の深刻な地域には夏の光化学スモッグ対策と冬の一酸化炭素削減を目的とした RFG の導入を義務付け、年間を通じてガソリンに酸素化合物を添加する義務を課した。現在、全米の三分の一のガソリンが RFG の形で販売されている。

米国で酸素化合物として多く利用されている MTBE とエタノールの一般性状を欧州で使用されている ETBE (Ethyl Tertiary Butyl Ether) を含めて比較する。重量比で酸素分を含む割合はエタノールが最も多く、ETBE が最も少ない。蒸気圧及び水との相溶性は ETBE が最も低くなっている。オクタン価はいずれも 100 を超えており高い。MTBE はメタノールとイソブタン、ETBE はエタノールとイソブタンを原料として製造されており、ガソリン混合基材として MTBE と ETBE は似た性質を持っているとされる。米連邦政府環境省 (EPA) は、これらの酸素化合物の使用を義務付ける一方で、ガソリンへの混合量の上限を定めている。酸素分では MTBE の上限は 2.7wt%、エタノールは 3.7wt% とエタノールの上限値の方が高いが、容量にすると MTBE が 15vol% 以下、エタノールは 10vol% 以下と、エタノールの上限値の方が低くなっている。

図 2-1 米国での一般ガソリン、含酸素ガソリン、RFG の販売量



(出所) 米 EIA

表 2-1 代表的な酸素化合物の一般性状比較

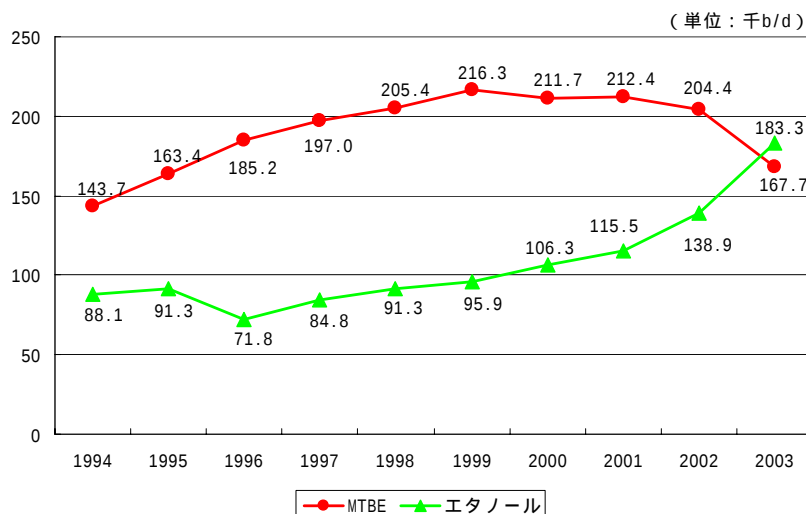
項目	単位	MTBE	ETBE	エタノール
化学式		$(\text{CH}_3)_3\text{COCH}_3$	$(\text{CH}_3)_3\text{COC}_2\text{H}_5$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
分子量		88	102	46
密度	g/cm ³	0.746	0.745	0.794
沸点		55	92	78
RVP	kPa	54	28	124-193
水との相溶性	vol%	4.8	1.2	100
蒸発潜熱	Kcal/L	57	57	222
オクタン価		116	118	129
酸素分	wt%	18.2	15.7	34.7
米EPAの混合 許容上限値	wt%	2.7	2.74	3.70
	vol%	15.0	(17.1)	10.0

2-2 エタノールの需給推移と将来見通し

米国でのエタノールと MTBE は、ガソリンに混合する酸素化合物として自動車の排出ガスを浄化する観点から使用が増加してきた。また、近年の MTBE の水環境汚染問題からエタノールの生産量が更に増加している。

MTBE と ETBE は、エタノールよりもガソリンに添加したときに揮発性の問題がなく、保管及び流通時の管理がし易いので、石油会社はエタノールよりも MTBE や ETBE を指向した。この両者で比較すると、MTBE の原料であるメタノールの方が ETBE の原料であるエタノールよりも安い。その結果、ETBE よりも MTBE の

図 2-2 米国における MTBE、エタノールの生産量



方が安くなるために、MTBE が使用されることになった。そのため、米国の中西部以外の地域では、主に MTBE が使用され、一方、米国中西部では原料のとうもろこしの生産地とエタノールの製造工場が至近であるため、エタノールが使用されることになった。米国の北東部やテキサス州、カリフォルニア州の大気汚染の深刻な地域は MTBE を使用したため、全米では 1990 年代を通じて MTBE の方がエタノールより多く生産された。

しかし、1990 年代後半から MTBE が飲料水に混入したときの影響が問題となり、2000 年以降の MTBE の生産は伸び悩んだ。州政府レベルでの MTBE 使用禁止令が増加する中、2003 年ごろにエタノールと MTBE の生産量が逆転した。

米国のエタノールはトウモロコシから製造されているが、エタノールは、トウモロコシの消費先として家畜飼料用途に次ぐ大きな割合を占めるようになってきている。米国農務省(USDA)によると 2004 年のトウモロコシ収穫量のうち 12%以上がエタノール生産に使用されている。米国再生燃料協会 (RFA: Renewable Fuel Association) ではトウモロコシの供給余力は大きく、2003 年のエタノール生産量は 28 億ガロン(約 6,700 万バレル、1,060 万 KL)であるが、将来的には年間 80-100 億ガロン(約 1.9 億 - 約 2.4 億バレル、約 3,000 万 KL - 約 3,800 万 KL)までの増産が十分に可能と見ている。一方、カリフォルニア州、ニューヨーク州などで酸素化合物としてエタノールを混入し始めた 2004 年は飼料用のコーン価格が上昇しており、今後の急速なエタノールの増産を懸念する声もある。なお、2004 年のエタノールの生産量は 33 億ガロン(約 7,850 万バレル、約 1,250 万 KL)となった。

2-3 エタノールの税金優遇措置

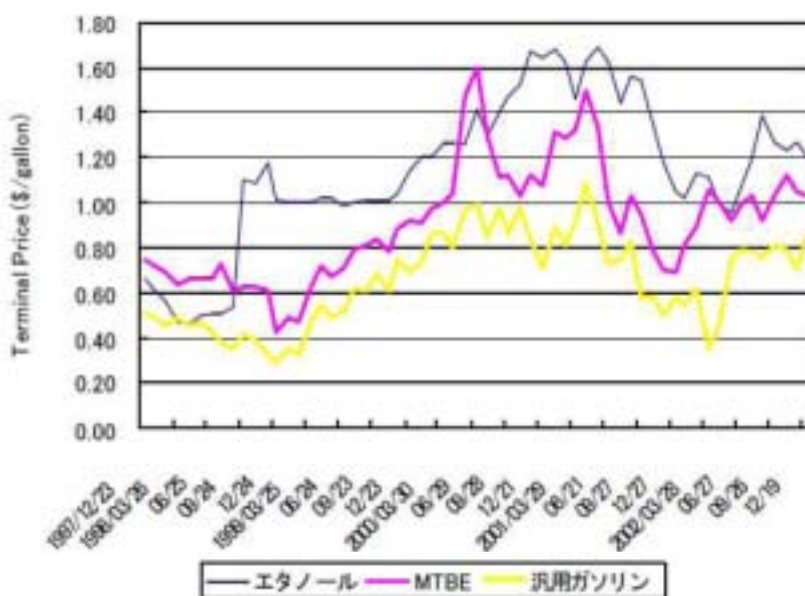
米国でのエタノールの消費量は増加しているが、石油製品との価格競争に優って市場を増やしているわけではない。上述のように、排出ガス対策としての燃料規制や環境対策としての MTBE 禁止令など政府の規制による影響により増加している面が強い。エタノールの生産コストはガロン当たり 1~1.6 ドル程度(約 26~42 セント/L)と石油製品よりも高いため、コスト競争力をつけるために政府による税金控除などの税制優遇措置が取られている。

税制優遇措置には連邦政府によるものと州政府によるものがあり、連邦政府によるものとしてはガロン当たり 51 セント(約 13.7 セント/L)の優遇措置がなされている。州政府による税制優遇措置は各州単位で決定されており、エタノールに対する直接の優遇措置や、石油代替エネルギー全般の枠組みで行われるものなど様々である。米国中西部など農業が中心の州では、ガロン当たり 5 セントから 20 セント程度(約 1.3~約 5.3 セント/L)の税

制優遇措置がなされている。また、ミネソタ州では E85² 燃料は免税措置が講じられている。連邦政府の税制優遇措置による年間の税収に与える影響は 15 億ドル程度に達すると試算される。しかし、米議会はエタノール使用の利点について、大気汚染防止のみならず原油依存度の低下もあげており、25 万バレル/日の原油の需要削減につながるとの試算もある。ただ、全米の石油消費量 2007 万 b/d (BP 統計) と比較すると、これは全米需要の約 1.2% にしか過ぎない。

また、これとは別に輸入エタノールに対して 54 セント/ガロン(約 13.7 セント/L)の関税がかけられている。エタノールのコストがガロン当たり 1~1.6 ドル程度(約 26~42 セント/L)することを考慮すると、関税の影響はコストの 3 分の 1 から 2 分の 1 を占める。エタノールなどのバイオ燃料の導入は国内の農産業振興の目的で進められている面もあり、国内のエタノール生産業者をブラジルなどの輸入品から保護する観点から、このような高額の関税が設定されていると考えられる。

図 2-3 米国におけるエタノール、MTBE、ガソリンの価格



(出所) 経済産業省 第8回燃料政策小委員会

2-4 米国における含酸素燃料の動向

含酸素燃料プログラムや RFG が導入された時点では、MTBE による地下水汚染の問題は想定されていなかった。カリフォルニア州では 1997 年に MTBE が地下水を汚染していることが指摘され、1998 年にはサンタモニカでガソリン流出事故による MTBE の水質汚染が起こるなど環境に与える影響が問題となった。MTBE の混入した飲料水は刺激臭があると同時に発ガン性が懸念され、カリフォルニア州ではガソリン中の酸素化合物として MTBE を使用することを禁止することとした。

しかし、大気汚染の深刻な地域で使用が義務付けられている RFG には酸素化合物の混合に下限値があることから、一定量の酸素化合物を使用せざるを得ない。このまま MTBE の使用を禁止することは、現実的にはエタノールの使用を強制することになり、カリフォルニア州では MTBE の代わりに使用されるエタノールの需給の逼迫が懸念されることとなった。このためカリフォルニア州は EPA に酸素分規定の適用除外の申請を行っている。カリフォルニア州の申請理由は、酸素化合物を入れなくても同等の大気浄化効果を得るガソリン混合方法があるというものである。しかしながら、カリフォルニア州の申請は却下されたので、2003 年 12 月末の CaRFG (California Reformulated Gasoline) フェーズ 2 から禁止予定であった MTBE の使用禁止の期限を一年延期して、2004 年 1 月に実行することにした。しかし、カリフォルニア州の主なガソリン供給者は既に 2003 年 1 月には MTBE からエタノールへの切り替え準備を進め、夏期の蒸気圧規制が厳しくなる 2003 年 4 月までには切り替えを完了させた。

また、ニューヨーク州など計 16 州で同様に MTBE の使用を禁止する動きがあり、米国北東部において 2004 年から使用を禁止した州は多い。既に述べたとおり、RFG に酸素化合物の下限値があるまま MTBE を禁止することは、事実上エタノールの使用を強制することになる。ニューヨーク州では 2004 年から RFG の酸素化合物として MTBE を使用することを禁止することを計画した。しかし、エタノールをガソリンに混合させることはガ

² 85%のエタノールと 15%のガソリンにより構成される自動車用燃料。

ソリン蒸気圧の増加と NO_x の増加を引き起こし、大気環境の悪化を招くとして RFG の酸素分項目の撤廃を求めたが、これも EPA には却下された。

また、カリフォルニア州やニューヨーク州のように、RFG に酸素化合物の規定があるためにエタノールを使用せざるを得ない州とは別に、エタノールを使用するように規制を強めている州もある。ミネソタ州では年間を通じて含酸素燃料の使用を求めている。含酸素燃料プログラムは、本来は冬季の CO 抑制対策である。さらに、EPA 含酸素燃料の酸素分の上限規定は MTBE とエタノールで異なり、MTBE の上限値が 2.7wt%、エタノールの上限値は 3.7wt%となっている。ミネソタ州では酸素分の下限規定を MTBE の混合上限値以上に設定して、事実上のエタノールの使用強制を行っている。ハワイも 2006 年 4 月から同様のプログラムを提案している。

一方、連邦政府の上院、下院で 2001 年 6 月に提案されたエネルギー政策法案では、カリフォルニアやニューヨーク州政府の動きなども反映して、RFG の酸素分規定の撤廃が盛り込まれた。しかし、同時にガソリンに再生可能燃料の使用基準 (Renewable Fuel Standard) を設けてガソリンなどの自動車燃料に 2012 年までに年間 50 億ガロンのエタノールの使用を義務付ける案も含まれていた。このエネルギー包括法案は第一次ブッシュ政権の最終年次である 2004 年に廃案となったが、第二次ブッシュ政権の 2005 年 8 月にエネルギー政策法として成立した。エネルギー政策法では、再生可能燃料の使用量は 2012 年までに年間 75 億ガロンまで拡大された。

3. 欧州

3-1 欧州におけるバイオ燃料導入の背景

欧州では、今後 20-30 年に亘って域内の原油生産量の減少により原油の輸入依存率が高まると予測されている。また、同期間においては世界的に原油需要が増加することが予想されており、原油の増産に対応できるのは中東 OPEC 諸国だけではないかということを危惧されている。また、この期間は先進国にとっては、京都議定書の発効により CO₂ 排出量を削減する必要が生じている。一方、自動車用燃料の大部分は石油系燃料が占め続けると予測されており、輸送用部門からの CO₂ の排出量の増加をどのように削減するかが大きな課題とされている。

EU では、2001 年に欧州委員会から発表された官報 COM(2001)547 において、CO₂ の排出量削減を主とする環境対策とエネルギー供給の安定性を確保するために、右表 3-1 のように 2020 年までに輸送用燃料全体の使用量の約 2 割にあたる石油代替燃料を導入することにしており、これを戦略的な目標としている。石油代替燃料の導入にあたっては、現在使用されている自動車と今後開発される新型車の燃料について燃料供給システム、インフラ及び安全性などの整合性が重要となるが、欧州はこの代替燃料目標の中で、当面はインフラや自動車などにおける現行燃料との整合性の点で、バイオディーゼルやエタノールなどのバイオ燃料の導入がより現実的と考えており、バイオ燃料に関しては、右表 3-2 のようなより詳細な導入目標を発表している。

EU では、代替燃料の促進と同時に、従来のガソリン自動車、ディーゼル自動車に関しては大気環境の浄化のために NO_x や PM などの排気ガスの低減を一層推し進めていくことになる。また、排気ガス中の汚染物質の削減だけではなく、

原油輸入量を削減する為に、自動車の燃費の向上も視野に入れており、欧州の自動車業界と EU 政府の間で 2008 年の燃費目標（単位 km あたりの CO₂ 排出量の抑制目標）が設定されている。

バイオ燃料の導入にあたっては製造コストの高さがネックとなるが、EU ではバイオ燃料の導入目標を決定する時点で、軽油を 100%バイオディーゼルに代替した場合に生じる追加コストに関して右表 3-3 のように原油価格を上下させて比較検討を行っている。この追加コストに関しては、バイオディーゼルの製造コストを 1KL あたり 500 ユーロ、バイオディーゼル 1KL

製造時に生じる副産物のグリセリンの販売価格を 50 ユーロ、バイオディーゼル 1.1KL で軽油 1KL を代替するとしている。また、石油系の軽油にバイオ燃料を混入させて、中東 OPEC からの原油輸入を減少させることが原油価格に及ぼす効果を考慮すると、これは正当化される費用だと EU は考えている。

欧州域内で生産された植物由来のバイオ燃料から排出される CO₂ は、植物の生育過程で吸収されたものであり、CO₂ 排出量の削減とエネルギー供給の安定性確保の両面において効果があるとしている。また、バイオ燃料

表 3-1 欧州における石油代替燃料の導入目標（単位：％）

年	バイオ燃料	天然ガス	水素	合計
2005	2	-	-	2
2010	6	2	-	8
2015	7	5	2	14
2020	8	10	5	23

（出所）European Commission

表 3-2 欧州におけるバイオ燃料の導入目標（単位：％）

	バイオ燃料全体	混合使用
2005	2	-
2006	2.75	-
2007	3.5	-
2008	4.25	-
2009	5	1
2010	5.75	1.75

（出所）European Commission

表 3-3 軽油を 100%バイオディーゼルに置き換えた場合の追加コスト

原油価格	追加コスト
20\$/BBL	350 EURO/KL
25\$/BBL	300 EURO/KL
30\$/BBL	250 EURO/KL
35\$/BBL	200 EURO/KL

（出所）European Commission

の製造による副次的な効果として、特に農業段階で労働集約的な作業が伴うため、新たな雇用の創出が見込まれることが挙げられている。ドイツでは年間 1ktoe (石油換算キロトン) の生産により 16 人の雇用が、スペインでは 26 人の雇用が創出されるとしている。EU15 では、自動車用燃料に 1% のバイオ燃料を使用した場合の新規雇用の創出は 4.5 万人から 7.5 万人程度と見込んでいる。また、旧東ドイツ地域での失業率が 20-25% とされるドイツでは、400 万 m³ のバイオディーゼルの製造により、直接的でない雇用を含めて 5 万人の波及効果があるとされる。このため、バイオ燃料の推進は、CO₂ 削減やエネルギー安全保障よりも、農業雇用対策の面が強いのではないかと指摘もある。

欧州指令 2003/30EC はバイオ燃料の使用について強制力を伴わないので、EU 加盟各国は 2003/30EC のバイオ燃料の導入目標と異なる目標値を持つことも可能である。しかし、EU 加盟 25 カ国は毎年 7 月までにバイオ燃料の導入状況ならびにバイオ燃料の導入支援政策の実施状況を欧州委員会に対して報告する必要がある。加盟国から EU に対しての初めての報告期限となる 2004 年 7 月 1 日時点ではいずれの加盟国からも報告がなく、EU は報告期限を 3 ヶ月延長した。その結果、10 月までに 15 加盟国から返答があったが、2004 年 10 月末時点でも報告が無かった国は 10 ヶ国にのぼる。主要国ではイタリア、スペイン、ポーランドなどが報告を行っていない。

表 3-4 EU 主要国におけるバイオ燃料導入状況

	自動車燃料消費量 (千トン)	バイオ軽油消費量 (千トン)	エタノール消費量 (千トン)	税金控除額 (ユーロ/L)		減免税期間	MTBE 生産能力 (千トン)
				バイオ軽油	エタノール		
ドイツ	55,400	805	0	0.470	0.655	2004-2009	602
フランス	51,900	321	77.2	0.330	0.380	2004-2010	1,081
イギリス	48,500	19.4	0	0.330	0.330	-	304
オランダ	12,400	4	0	0.366	未定	-	1,123
オーストリア	7,900	124.5	0	0.290	未定	-	65

(出所) European Commission

表 3-4 にこの 2004 年 10 月の報告に基づいて、EU 主要国におけるバイオ燃料の導入状況を示す。この表における税の優遇措置は、リッター当たりの税金控除額をユーロで示しているが、ガソリン、軽油にかかる税金に対する補助金の割合は、フランスにおけるエタノール(64.5%)、イギリスにおけるバイオディーゼル(42%)、エタノール(42%)を除いて 100% の税額控除となっている。

バイオ燃料自体は石油製品よりもコストが高く、税制の優遇措置無しでは普及できない。ところが、この優遇措置の程度や対象は加盟国各国により異なるので、加盟国の間でバイオ燃料の種類、普及状況が異なっている。このため、規模の経済効果をねらって EU 市場統合をしたにもかかわらず、規模の経済の十分な恩恵が受けられていないとの批判が、バイオ燃料団体から聞かれる。

3-2 欧州におけるエタノール、ETBE の状況

3-2-1 エタノール、ETBE の生産量

欧州における 2003 年のバイオ燃料の生産量は約 150 万 toe (石油換算トン) あり、このうちエタノールは 17.8% を占める。またバイオ燃料全体の生産量は前年対比

表 3-5 EU におけるエタノール、ETBE の生産量 (単位: トン)

	2002				2003			
	エタノール		ETBE		エタノール		ETBE	
	生産量	生産能力	生産量	生産能力	生産量	生産能力	生産量	生産能力
スペイン	176,700	180,000	376,000	362,300	180,000	180,000	383,400	362,300
フランス	90,500	103,000	192,500	219,000	77,200	103,000	164,250	219,000
スウェーデン	50,100	54,000	0	0	52,300	54,000	0	0
EU15 合計	317,300	337,000	568,500	581,300	309,500	337,000	547,650	581,300
ポーランド	65,660	-	139,860	-	131,640	-	280,390	-
チェコ	5,000	30,000	0	0	5,000	30,000	0	0
EU25 合計	387,960	-	708,360	-	446,140	-	828,040	-

(出所) Observ ' ER

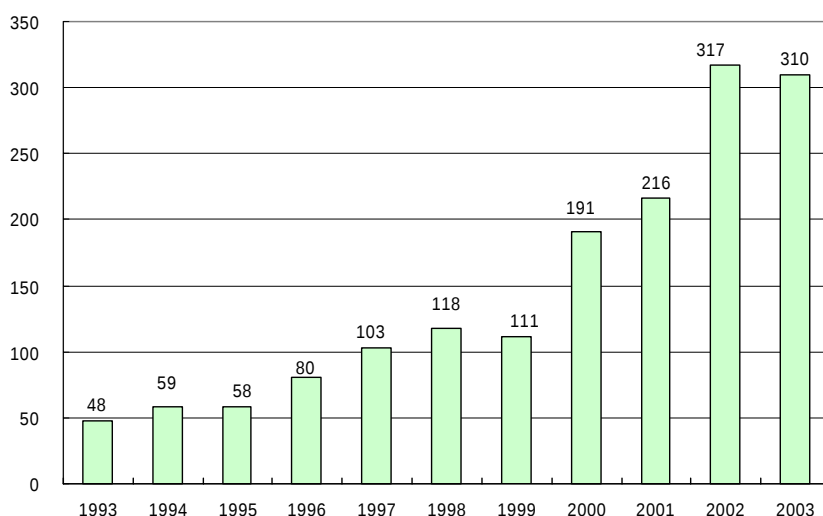
26%で増加している。エタノールはスペイン、フランス、スウェーデン、ポーランドでの生産量が多い。原料としては、スペインでは大麦、フランスでは甜菜と小麦、スウェーデンでは小麦が多く使用されている。また、スペイン、フランスではガソリンの混合基材としては、エタノールではなくETBEを使用しているため、これらの国においてはETBEの生産能力も高くなっている。一方、スウェーデンではエタノールの状態でガソリンに混合させているため、ETBEの製造設備は無い。

欧州でのエタノールの生産量は、スペイン、フランス、スウェーデン

などを中心に増加している。2003年に生産量が減っているのは、フランスでの天候の影響が大きいとされる。

欧州地域のMTBE、ETBEの生産能力を右の表3-6に示す。現時点で、ETBEの生産設備を持っている国は限られており、MTBEの生産能力の方が圧倒的に多くなっている。

図 3-1 EU におけるエタノールの生産量の推移（単位：千トン）



（出所）Observ'ER

3-2-2 MTBE、ETBE の使用状況

欧州地域のMTBE、ETBEの生産能力を右表3-6に示す。現時点で、ETBEの生産設備を持っている国は限られており、MTBEの生産能力の方が圧倒的に多くなっている。EU加盟国における、エタノールとMTBE及びETBEの使用状況について、EUのFQM

表 3-6 2004 年の欧州地域 MTBE/ETBE 生産能力（単位：千トン）

国名	MTBE	ETBE	合計
オーストリア	65		65
ベルギー	387		387
ブルガリア	82		82
チェコ	92		92
フィンランド	204		204
フランス	612	219	831
ドイツ	485	117	602
ギリシア	110		110
ハンガリー	139		139
イタリア	325		325
リトアニア	80		80

国名	MTBE	ETBE	合計
オランダ	1,123		1,123
ポーランド		120	120
ポルトガル	50		50
ルーマニア	220		220
セルビア	35		35
スロバキア	52		52
スペイン		420	420
スウェーデン	50		50
ウクライナ	24		24
イギリス	304		304
合計	2,194	540	5,315

（出所）European Fuel Oxygenates Association

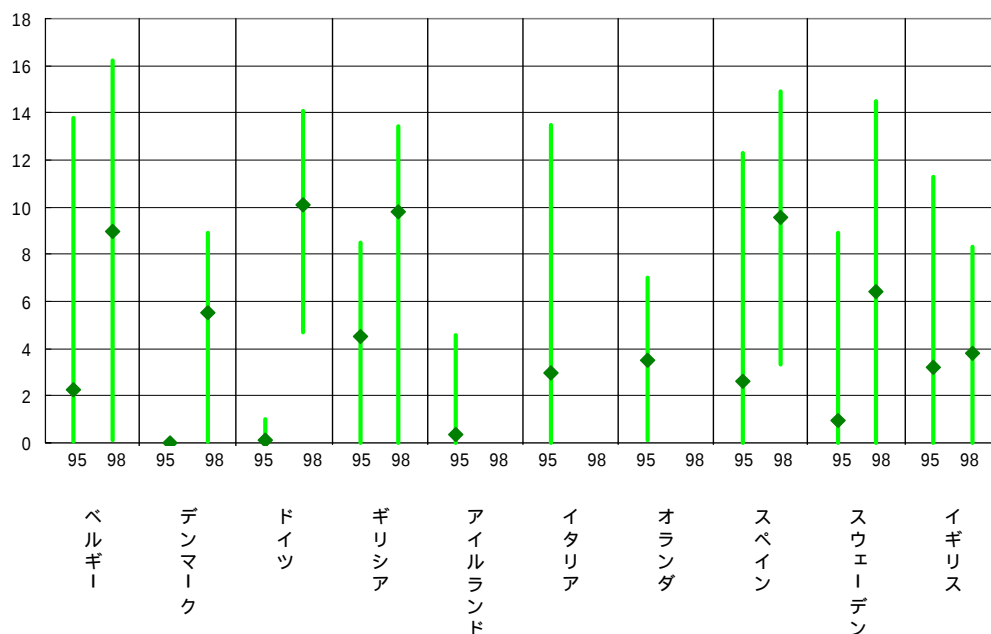
（Fuel Quality

Monitoring）レポート2002のデータを図3-2にまとめる。EUは2003/17/ECにより加盟国に燃料品質の報告を義務付けており、2001年及び2002年の燃料品質のモニタリング結果を2003年12月までに報告することを求め、FQMレポートとして発表した。この中では、MTBEとETBEのどちらも報告のカテゴリーとしては炭素数5以上のエーテルの中に含まれており、MTBEとETBEなどエーテルの内訳は不明である。

この表で国名の上に記載されている95や98などの数字はガソリンのオクタン価を、縦棒線はMTBEやETBEなどエーテルの混合率の範囲を示しており、上端が混合率の最大値、下端が混合率の最小値を表している。また、縦棒線上の点は混合率の平均値を表している。混合率がゼロと報告されている場合には混合率0の横軸上に点があり、報告そのものが無い国は平均値の点を記載していない。（アイルランド、イタリア、オランダのオクタン価98）

EU では MTBE、ETBE、エタノールなどのいわゆる酸素化合物の混合についての下限值はない。混合の上限値が決まっているだけである。このような、酸素化合物は報告されている全ての国で使用されており、オクタン価が高いことから、オクタン価が高くなると使用される混合率が高くなっていることも読み取れる。

図 3-2 ガソリンに対する炭素数 5 以上のエーテルの混合率 (単位: 容量%)



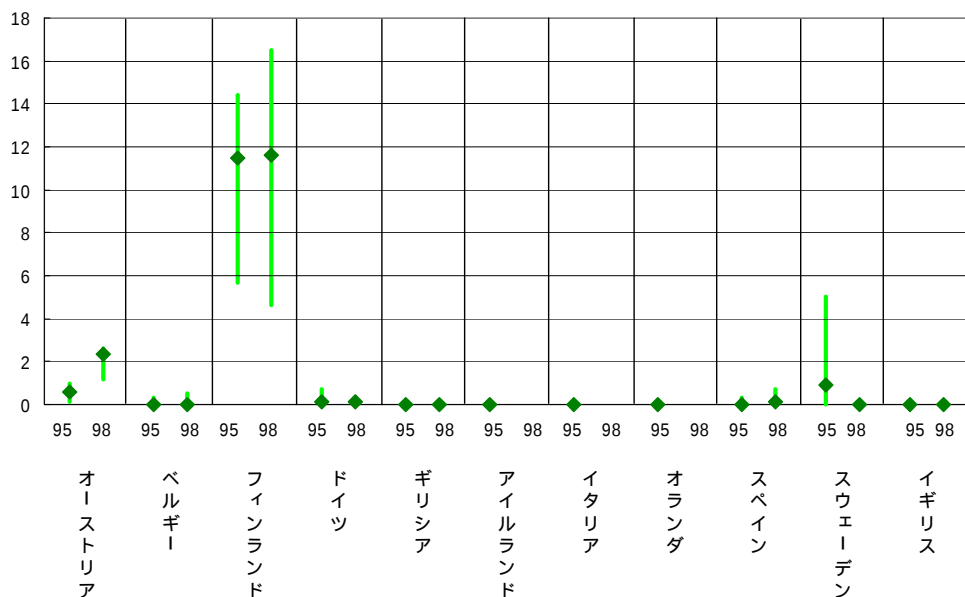
(出所) European Commission (FQM)

3-2-3 エタノールの使用状況

また、図 3-3 に加盟国のエタノールの混合率についてまとめたものを添付する。これも FQM レポートから作成したものである。2002 年時点のデータから、欧州ではエタノールを直接混合させるのは一般的ではないことが分かる。図 3-2 からは、MTBE や ETBE の形で使用が多いことが分かり、エタノールの多くは ETBE の形で使用されていると推測される。

欧州においても、MTBE、ETBE、エタノールのいずれを使用

図 3-3 ガソリンに対するエタノールの混合率 (単位: 容量%)



(出所) European Commission (FQM)

するかは議論となっている。まず、欧州においてはガソリン中の蒸気圧の規格から、同一地域でエタノールと、MTBE もしくは ETBE を混合して使用することは困難となっている。エタノールを使用して欧州ガソリン規格を満たすガソリンと、MTBE または ETBE を使用して欧州ガソリン規格を満たすガソリンの両者を混合させると、蒸気圧が上昇してガソリン規格を満たさなくなってしまうためである。しかし MTBE と ETBE の間ではこ

のような問題はない。そのため、地域ごとに MTBE または ETBE を使用する地域と、エタノールを使用する地域に分かれる傾向が見られる。

さらに、硫黄分の削減とともに新型排気ガス浄化装置を導入することにより、芳香族分の削減自体の重要性は薄れている³。しかしながら、欧州では 2000 年のガソリン規格を決定するタイミングで既に 2005 年からの芳香族分の削減も決定していたため、2005 年からは芳香族の削減が実施されることになる。オクタン価については変更が無いので、オクタン価の高い芳香族分を削減しながら、一方でオクタン価を維持することが欧州の石油業界にとって課題となっている。MTBE や ETBE、エタノールはオクタン価が高く、オクタン価向上剤として使用されるので、これらの生産業者は、このようなガソリン規制の強化を追い風と考えている。

MTBE と ETBE では使用上の制約や自動車の排出ガスの性状に大きな違いは無いと考えられており、両者の選択について大きな議論はない。コストは ETBE の方が高いので、ETBE はバイオ燃料に対する税制上の優遇措置によって MTBE より安くなる地域で使用されることになる。一方、MTBE 及び ETBE とエタノールのどちらを選択して使用するかについては、米国同様に大きく議論されつつある。その議論を紹介する。

スペインでは ETBE を使用しており、エタノールは ETBE の原料として使用されている。しかし、ETBE の製造能力がボトルネックとなって、エタノールの生産量が増えても自動車燃料混合用の ETBE を増産することができない。そこで、スペインのエタノール生産業者は、ガソリンには ETBE ではなくエタノールを直接投入しようとスペイン政府に働きかけ、スペイン政府は ETBE からエタノールに切り替える事を決定した。しかし ETBE をエタノールに置き換えると蒸気圧が上がり、欧州ガソリン規格 EN228 の蒸気圧の上限値を超えるので、エタノールを直接混合することはできず、スペインの石油業界では ETBE を継続使用している。農業団体の政治的な働きかけを受けたスペイン政府は EU 政府に対して、スペインにおける蒸気圧の上限を緩和して北欧並みにすることを求めたが、EU 政府には却下されている。

EU では ETBE は 15 容量%までの混合が認められているが、エタノールは 5 容量%までしか認められていない。酸素分の割合においても ETBE の方が多く混入できるので、ETBE の方が有利になっている。欧州ガソリン規格 EN228 で、酸素分から計算されるエタノールの混合上限値と、実際の規制上限値が一致していないので、EU ではガソリン規格のエタノール混合上限値を 10%にするなどの引き上げを含めて検討している。

米国の MTBE 禁止令は、欧州にも影響を及ぼしている。欧州でも、MTBE が飲料水に混入した場合の懸念が提起されている。しかし、欧州では米国での MTBE の漏洩は地下タンクの設置状況に問題があり、地下タンクを二重壁にするなどの対策を十分にすれば問題がないとの意見が大勢を占めている。一方、米国では自動車事故などでガソリンが漏れ出す可能性があり、ppb 単位といった少量でも飲料水に混入して困るものをわざわざ使用する必要はないとの意見が支配的となっている。MTBE の発ガン性については議論されることは少なくなっており、飲料水へ混入した場合の臭いや味、または生分解性が議論の焦点になってきている。今後の欧州での議論の成り行きが注目される。

このような議論に対して欧州の自動車業界としては、排出ガス性状、蒸気圧の問題から ETBE の方が望ましいが、農業団体のロビー活動が強いことから、長期的には、米国と同様にエタノールが MTBE や ETBE を置き換えていくことになるのではないかと見ている。

³ EU 政府、石油業界、自動車業界に加え EU 各加盟国、欧州議会、NGO、専門家コンサルタントなども参加した実証試験プログラム Auto Oil II では、芳香族分の削減による NOx の削減は旧型の EURO2 適合車には有効であっても、進んだ技術の排出ガス浄化装置を採用した EURO4 の適合車などには有効ではないとしている。

3-3 欧州におけるバイオディーゼルの状況

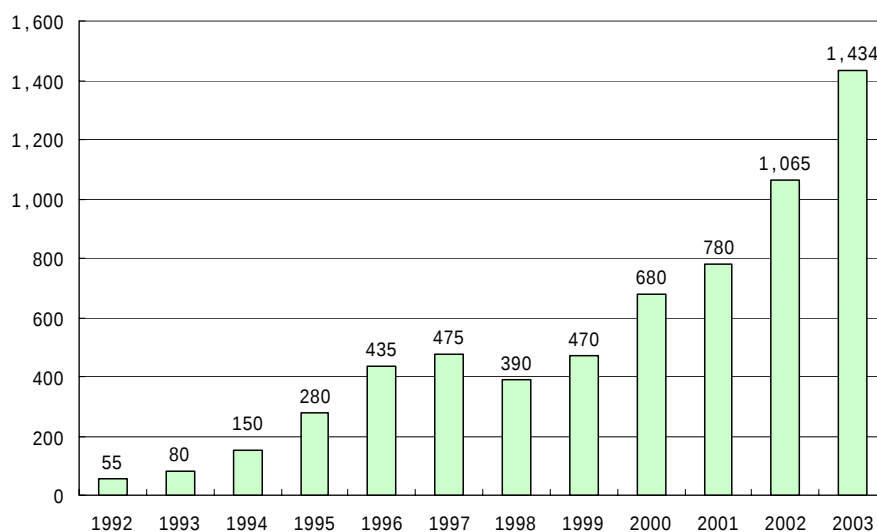
欧州における 2003 年のバイオ燃料の生産量は約 150 万 toe (石油換算トン) のうち、バイオディーゼルが 82.2% と圧倒的なシェアを占めている。欧州におけるバイオディーゼルはヒマワリ油からも生産されているが、菜種油を原料とするものが多い。生産量はドイツが欧州全体の約半分を占めており、フランス、イタリアがこれに次ぎ、その他の国での生産は少量である。フランスでは免税措置の上限が 37 万トンまでであるが、ドイツでは輸入品、国産品の区別がなく、免税数量に上限もない。このため、フランスの生産量は 37 万トン弱で停滞しているのに対し、ドイツの生産量は大幅に増加している。

このように欧州でのバイオディーゼルの増産はドイツ主導で進んでおり、ドイツ自身の増産を中心に、欧州全体の生産量は前年対比 32.7% で増加している。1999 年から 2003 年までの 4 年間で、欧州におけるバイオディーゼルの生産量は 3 倍以上増加している。

図 3-5 にドイツにおけるバイオディーゼルの生産能力の推移を示す。1998 年以降急速に生産能力を増しており、建設中のプラントが稼動する 2006 年には 160 万トンの生産能力となる見込みとなっている。ドイツでバイオディーゼルの生産能力が急増した背景には、1999 年に軽油にかかる鉱油税を増税した際に、バイオディーゼルは増税分を免税したことが挙げられる。ドイツ政府のバイオディーゼルを支援する姿勢もあり、ドイツ国内ではバイオディーゼルへの投資が積極的に進められた。

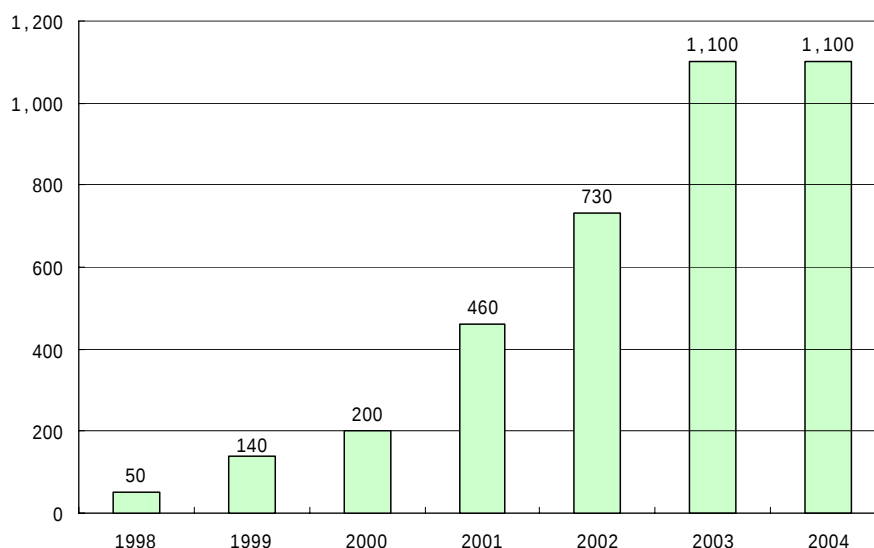
ドイツでの軽油とバイオディーゼルの価格のグラフを図 3-6 に示す。バイオディーゼルは軽油にかかる鉱油税 (47 セント/L) が免除されているので、軽油より低い価格設定となっている。グラフを見て明らかなように、軽

図 3-4 EU15 のバイオディーゼル生産量の推移 (単位: 千トン)



(出所) Observ'ER

図 3-5 ドイツのバイオディーゼル生産能力の推移 (単位: 千トン)



(出所) 独 UFOP

油については SS での店頭価格（図中黒線）と製油所出荷価格（図中オレンジ線）とに関連性が見られる。一方、バイオディーゼルの店頭価格（図中ピンク線）と原料となる菜種油価格（図中緑線）には関連性がなく、むしろ軽油の店頭価格（図中黒線）との関連性が認められる。特徴的なのは 2003 年 3 月にイラク戦争により原油価格が高騰した時点の価格である。この時、原料の菜種油は値下がりをしていたが、バイオディーゼル価格は軽油同様に価格を上げている。バイオディーゼ

ルの販売価格は免税の結果、軽油より価格を安く設定することが可能となっており、バイオディーゼルのコスト変動よりも軽油価格に合わせて設定されていることが分かる。しかも、原油価格が高騰するにつれて軽油価格が上昇し、次第に軽油とバイオディーゼルの格差が広がっている。ディーゼル自動車の台数が増加する中、相対的なバイオディーゼルの価格の低下と生産能力の増強の結果、バイオディーゼルの販売数量は急激に増加することになった。

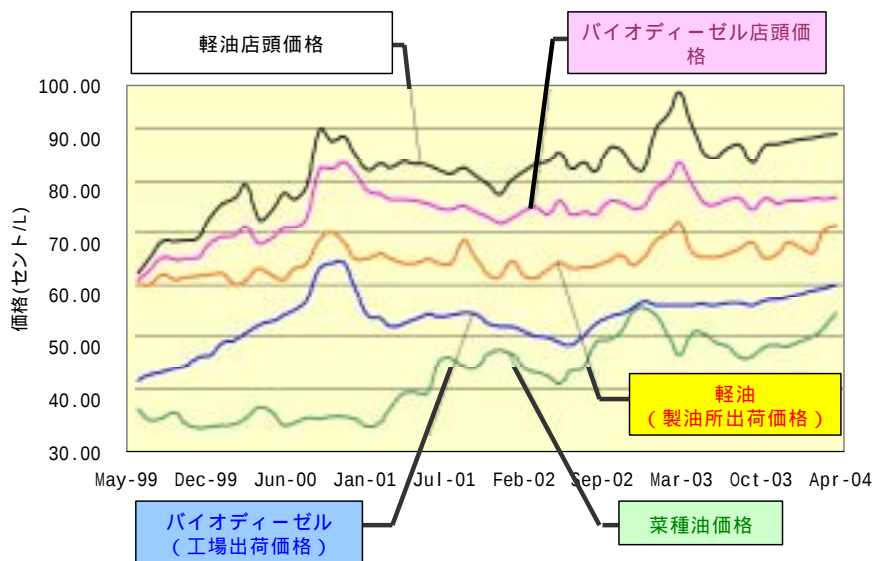
しかし、今後のバイオディーゼルの需要に関して、ドイツのバイオディーゼル業界団体である UFOP（Union for the Promotion of Oil seeds and Protein Plants）は、ドイツにおけるバイオディーゼルの販売量の増加は、従来のようなペースでは進まず、むしろ今後のディーゼル排出ガス規制の強化により減少していくと予想している。UFOP は今後の販売量の減少に対して、一部の運送会社向けに販売を継続しながら、軽油への混合により販売量を増加させることを販売戦略として考えている。

運送会社向けのバイオディーゼルに関して、ダイムラークライスラーなどは尿素 SCR 触媒と呼ばれる特別な触媒などを用いることにより、バイオディーゼルを使用しても排出ガス規制の強化に対応できるディーゼル車を開発してい

る。尿素 SCR 触媒は定期的に尿素を補充する必要が生じるが、バイオディーゼルは税制上の優遇措置により一般の軽油よりも価格が安いことから、このようなディーゼル車を使用してバイオディーゼを購入する運送会社もあると考えられている。

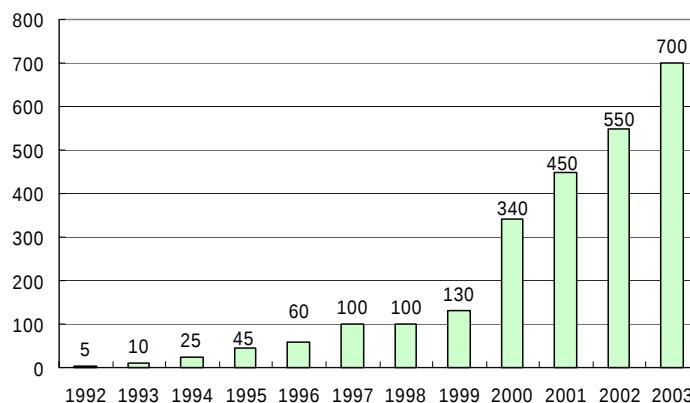
また、バイオディーゼルの混合割合が 5%以下であれば、一般の軽油に混合して軽油として販売することが認められており、すでに 2004 年から石油会社に対するバイオディーゼルの販売が開始されている。これに関して

図 3-6 ドイツにおけるバイオディーゼル価格の推移



（出所） 独 UFOP

図 3-7 ドイツにおけるバイオディーゼル販売量の推移（単位：千トン）



（出所） 独 UFOP

欧州自動車工業会（ACEA）は 5%以上の混合については反対の立場を取っているが、5%以下のバイオディーゼル混合軽油では事故例も認められていないので、特に使用に問題はないとしている。

今後の欧州におけるバイオディーゼルは、運送会社向けの 100%バイオディーゼルと軽油への 5%以下の混合に二極化していくと予想される。

4. まとめ

4-1 バイオ燃料の導入の意義

欧米などバイオ燃料の導入を既に進めている国及び地域で、バイオ燃料についてよく議論されるポイントを下記のようにまとめてみた。

論点とされることが多いのは エネルギーセキュリティ、再生可能エネルギー、環境への影響、農産業振興、雇用対策、燃料性状、排出ガス性状の向上、既存システムとの互換性の問題である。

4-1-1 エネルギーセキュリティ

原油の輸入国がバイオ燃料を使用することにより、ガソリンや軽油の使用量が削減され、これにより原油の輸入量が減少する。原油輸入量の減少は、エネルギーセキュリティの向上や、貿易収支の改善につながることでバイオ燃料の導入を推奨する根拠の一つである。EU ではエネルギーセキュリティの向上、ブラジルでは貿易収支を改善することバイオ燃料導入の動機の一因となっている。米国でのバイオ燃料推進派は、この双方の利点を主張しているが、実際には、排出ガス性状の向上と環境への影響の組み合わせでエタノールの導入が進んでいる。

バイオ燃料も輸入するということであれば、エネルギーセキュリティの向上に役立たないとの意見もある。一方、原油輸入国と異なる国からのバイオ燃料の輸入であれば、原油とバイオ燃料を通じてエネルギーソースの分散化につながり、セキュリティの向上につながるなどの議論もある。政治的な視野も含めた大きな意味でのエネルギーセキュリティを客観的に評価する方法の確立は非常に困難なので、バイオ燃料の輸入とエネルギーセキュリティに関する定まった評価は見られない。EU でもバイオ燃料の導入の当初は、域内のバイオ燃料を使用することを前提としていたが、ブラジルからのエタノール輸入の急速な増加で、この点が改めて議論され始めている。

4-1-2 再生可能エネルギー

地球温暖化防止条約に関する取り決めにより、バイオ燃料は CO2 排出量に計算されないことから CO2 排出量の削減に対し貢献するとの主張があり、この点については多くのライフサイクル評価が行われている。ブラジルのエタノール製造などは農業廃棄物も製造時のエネルギーとして使用していることから、CO2 の削減効果が認められるとの意見が一般的なようである。しかし、地球温暖化防止条約上の CO2 削減であれば温暖化対策には排出量取引や省エネルギーの推進の方がより費用対効果が高いとの意見もある。米国ではガソリンに一定の再生可能エネルギーの使用を義務付ける再生可能基準（Renewable Fuel Standard）が政策基本法で決定しており、再生可能エネルギーという観点は重要性を増してきている。

長期的な観点での石油資源が枯渇する懸念によって、再生可能エネルギーであるバイオ燃料を推進しようとする意見もある。しかし、バイオ燃料の生産自体も余剰耕作地の規模の問題等があり、木材や農業廃棄物からのエタノール生産などはコスト高が問題となる。一方で、カナダのオイルサンドなど非在来型原油の供給は増加しつつあり、巨大なオイルサンドの埋蔵量を有するカナダは、サウジアラビアに次ぐ埋蔵量を持つという評価がなされつつある。このような非在来型の原油を考慮に入れた場合、液体化石系燃料の資源量は 200-300 年あるとされており、資源制約の点からバイオ燃料の導入を行うことは意味を持たなくなりつつある。

4-1-3 環境への影響

発ガン性に対する疑念以前に、飲料水への混入や生分解性が論点となっている。特にエタノールと MTBE などのエーテルのどちらを酸素化合物として利用するかという点で、MTBE の水資源の環境汚染リスクがエタノール導入を推進する根拠となっている。

4-1-4 農産業振興、雇用対策

余剰地の農地としての有効利用や、エネルギー等量の石油製品よりも労働集約的であることによる雇用の増加も長所として主張される。一方で、生産・供給コスト高に対する税制優遇に対して批判の声もある。

4-1-5 燃料性状、排出ガス性状の向上

エタノールなど分子構造上に酸素を含む酸素化合物は、完全燃焼を促進し排気ガス中の CO（一酸化炭素）の量を削減する一方で、NO_x の増加やガソリンの蒸気圧を上昇させるとの評価もある。NO_x の増加やガソリン蒸気圧の上昇は光化学スモッグにつながる。また、欧州では、オクタン価を維持しながら芳香族分を削減するためのオクタン価向上剤としても使用されている。

4-1-6 既存システムとの互換性の問題

水分混入対策など保管時の取扱いの問題、自動車や流通過程で使用されている部品に与える影響の問題などが議論される。

4-2 まとめ

一般的に先進国におけるバイオ燃料導入の推進理由としては エネルギーセキュリティ、再生可能エネルギー、環境への影響、農産業振興、雇用対策が述べられることが多いが、既存システムとの互換性の問題が阻害要因となることが多い。燃料性状の向上については、規格の項目によって一概に推進理由や阻害要因とはいえない状況となっている。

ただ、このような議論の中でバイオ燃料の導入や使用量の増加にあたって決定的な役割を果たしたのは、農産業振興、雇用対策など農業団体の政治的なロビー活動であったと評する声が圧倒的に多い。

米国におけるバイオ燃料はエタノールとしての使用が多いので、エタノールに関する議論が多い。基本的には、税制の優遇措置もあるが酸素化合物の混合下限値によって使用が義務付けられることの結果として導入が進んでいる。すなわち、燃料性状により自動車の排出ガスを浄化する目的で、大気汚染の深刻な地域のガソリンには酸素化合物の混合が義務付けられており、酸素化合物としてはエタノールと MTBE が使用されている。一方で、MTBE が飲料水に混入した際の環境への影響を問題として、MTBE の使用を禁止する州が増えており、結果的にエタノールが増加している。しかし、酸素化合物の混合を義務付ける目的となっている排気ガスの浄化効果そのものは、新型車の普及により重要性が低くなっている。また、エタノールの使用地域と生産地域が離れていることにより輸送費がかかり、また、新たにエタノールを導入しているのはカリフォルニアや北東部などの沿岸地域が多いことから、ブラジルなどからの輸入も増えている。米国で 2005 年 8 月に成立したエネルギー政策法では RFG の酸素分規定を撤廃して、再生可能燃料基準としてエタノールの導入を進めることになる。今後は、エタノールが再生可能エネルギーであるという観点から増加することが見込まれている。

欧州においては、エネルギーセキュリティ、再生可能エネルギー、農産業振興、雇用対策を考慮の上、バイオ燃料の導入指令が制定されている。まず、バイオディーゼルに関しては税制上の優遇措置によりバイオディーゼル価格が軽油価格より安いことから、導入が進んでいるが、排出ガス規制が強化されると消費量が減少すると見られている。また、ガソリンに対してはバイオ燃料に対する税制上の優遇措置に加え、オクタン価を維持しながら芳香族分を削減するといった燃料規制が追い風となって、ETBE やエタノールの導入が進んでいくと見られている。エタノールと ETBE のどちらを使用するかについては、政治力の強い農業関係者がエタノールを支持しているが、エタノールをガソリンに混合すると蒸気圧が上昇する問題があるので、明確な方向性はまだ決定されていない。また、安価な輸入エタノールも増加しており、バイオ燃料の導入が直接的にエネルギー安全保障に結びつくかどうかは別の議論が必要となっている。

日本では、エタノールに関しては、供給安定性、経済性、流通インフラへの投資など現時点では多くの課題があると考えている。他方、一次エネルギー供給源の多様化等の観点からは、エタノールの利用についての取り組みは引き続き重要であり、エタノールを原料にした ETBE などの利用可能性についても検討を進めている。また、バイオディーゼルに関しては、一般的な流通を前提とした製品規格がまだ未整備の状態となっているので、安全や環境等の面から問題がないと言えるバイオディーゼル混合軽油の燃料規格の検討を行っている。日本のバイオ燃料は、欧米とは異なり国内の農業保護の観点から進めようとする意図はなく、現在のところ導入の意義についての明確な合意は得られていない。日本でのバイオ燃料の導入は慎重な検討が求められている。

(参考資料)

IEA Biofuels for Transport

USEPA Comprehensive Analysis of Biodiesel Impact on Exhaust Emissions

USEIA ホームページ (<http://www.eia.doe.gov/>)

RFA (Renewable Fuel Association) 資料

EU ホームページ (http://europa.eu.int/index_en.htm)

EFOA (European Fuel Association) 資料

Observ ' ER 「BioFuel Barometer」

UFOP(Union for the Promotion of Oil seeds and Protein Plants)資料

経済産業省 総合エネルギー調査会 (<http://www.meti.go.jp/>)

森田裕二 ; 「米国におけるガソリンの需給動向」エネルギー経済 冬季号 2005

お問い合わせ : report@tky.ieej.or.jp