

米国カリフォルニア州の MTBE 規制延期の波紋

第二研究部 石油グループ グループマネージャー 森田 裕二

はじめに

1999年3月25日、カリフォルニア州 Gray Davis 州知事は MTBE (メチルターシャリーブチルエーテル) のガソリンへの混合を 2002年12月末までに禁止する決定を行なった (Executive Order D-5-99)。MTBE は発ガン性の疑いが指摘されているが、カリフォルニア州エネルギー委員会 (CEC: California Energy Commission) による調査の結果、ガソリンに混合使用されている MTBE が地中に埋設されたガソリンタンクから漏洩することにより地下水、土壌を汚染し、また 2 サイクル船舶用エンジンを搭載したジェットスキー等により水路を汚染している状況が認められた。この結果、MTBE が飲料水に混入し人体に影響を及ぼすことが懸念されたことに伴う決定であった。

ところが、2002年3月18日、Gray Davis 州知事は年間 11 億ガロンの MTBE の代替として年間 9 億ガロンのエタノールの供給を確保することが困難であるとして、MTBE の使用禁止の実施を 2004年1月1日まで延期すると発表した (Executive Order D52-02)。

MTBE の代替となるエタノールの生産設備の増強を進めてきたエタノール産業は、今回の決定は裏切りにも等しいとし、経済と環境に測り知れない打撃を与える誤った判断であると非難している。エタノール業界の団体である Renewable Fuels Association は、カリフォルニア州内の石油精製会社に対して、本年末に自主的に MTBE の混合を中止するよう求めてゆく考えである。

1999年9月、EPA (Environmental Protection Agency: 米国環境保護局) の MTBE に関する調査委員会「Blue Ribbon Panel on Oxygenates in Gasoline」は、飲料水に対する汚染問題から MTBE の使用削減を勧告する答申を行なった。その後、カリフォルニア州をはじめ、アイオワ、アリゾナ、コロラド、コネティカット、イリノイ、ミシガン、ミネソタ、ニューハンプシャー、ネブラスカ、ニューヨーク、サウスダコタ、ワシントンの 13 州が 2005年までに MTBE の禁止を決定した。また、2001年12月5日に提出された民主党のエネルギー法案 (S1766) には、4年以内にガソリンへの MTBE の添加を全米で禁止する条項が含まれている。

このように、全米で MTBE の使用を禁止する動きがある中で、今回のカリフォルニア州の決定は石油業界、エタノール業界のみならず連邦政府、州政府の今後の動きにも大きな波紋を投げかけている。本稿では、米国のガソリン市場における MTBE、エタノールの利用状況について概説し、カリフォルニア州が今回の決定に至った背景を探ることとしたい。

1. 米国におけるガソリンの需給動向

1.1 ガソリンの種類

米国のガソリンにはさまざまな種類が存在する。まず、グレード別には

- レギュラーガソリン (Regular: オクタン価¹85 以上 88 未満)
- 中間グレード (Midgrade: 同 88 以上 90 未満)
- プレミアム (Premium: 同 90 以上) の 3 種に区分される。

また、品質面では、石油精製から得られる一般ガソリン (Conventional Gasoline) に加え、

- 含酸素ガソリン (Oxygenated Gasoline)
- リフォーミュレーテッドガソリン (以下「RFG」: Reformulated Gasoline)

¹ リサーチ法オクタン価 (RON) とモーター法オクタン価 (MON) の平均値

■ ガソホール (Gasohol) の計4種が存在する。

含酸素ガソリン、RFG は一般ガソリンに含酸素化合物²を混合したもので、使用される含酸素化合物の種類も MTBE、エタノール (エチルアルコール)、ETBE (エチルターシャリーブチルエーテル)、TAME (ターシャリアミルメチルエーテル) とさまざまである。使用量としては MTBE とエタノールが大部分を占めており、MTBE の使用量は 2000 年における全米のガソリン販売量の約 3% に達している。

ガソホールはガソリンにエタノール³を 10 Vol% (容量%) 混合したもので、統計上は大気中の一酸化炭素 (CO) 基準が未達成の地域において、少なくとも 2.7 Wt% (重量%) の酸素を含むガソリンとして販売されるものは含酸素ガソリンに、これ以外の地域における販売量は一般ガソリンに含まれている⁴。2000 年におけるガソホールの全ガソリン販売量に占めるシェアは 12% 程度である。

以上のいずれのガソリンも連邦政府の定める製品規格に則ったもので、蒸気圧、蒸留特性に基づき AA、A、B、C、D、E の 6 つのクラスに区分され、全米の高度、各月の温度に基づき使用するクラスが定められている。

米国ではこの他に連邦政府の認可を得て 12 の州の 15 の都市で夏期のオゾン対策用にそれぞれの規格を設けている⁵。15 種のガソリンにそれぞれ 3 種のグレードと夏期、冬期の区分があることを考えると、その種類は膨大なものとなることから、これらはオーダーメイドの商品 “Boutique Fuel” と称されている。

2001 年における米国のガソリン販売量は約 870 万 B/D であるが、グレード別に見ると、表 1 に示すようにレギュラーガソリンの販売量は 677 万 B/D、全販売量の 77.8%、プレミアムガソリンは 117 万 B/D、13.5% を占めている。また、品質別に見ると一般ガソリンは 562 万 B/D、全体の 64.6%、RFG は 280 万 B/D、32.2% を占めている⁶。

表 1 グレード別ガソリン販売量 (2001 年、単位: 万 B/D、下段グレード別構成比%)

	Regular	Midgrade	Premium	Total
Conventional	451	43	68	562
	66.6%	56.6%	58.1%	64.6%
Oxygenated	22	4	2	28
	3.2%	5.3%	1.7%	3.2%
Reformulated	204	29	47	280
	30.1%	38.2%	40.2%	32.2%
Total	677	76	117	870
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

(出所) DOE/EIA、原データ (ガロン表示) を 1 バレル = 42 ガロンで換算

表 2 は 2001 年 12 月におけるガソリンの販売量を PADD (Petroleum Administration for

² 分子内に酸素原子を有する化合物であるが、一般にはアルコール類、エーテル類が使用される

³ エタノールはオクタン価向上剤としても寄与し、10Vol%の混合によりオクタン価は 2.5~3.0 ポイント上昇する。このため、エタノールは一般ガソリンのオクタン価向上剤としても一部で使用されている。

⁴ 1992 年の Energy Policy Act (EPACT) 以前においては、ガソホールはガソリンと少なくとも 10Vol% の燃料アルコールとの混合物であると定義されていた。EPACT は更に 7.7% ガソホール (7.7~10Vol%) と 5.7% ガソホール (5.7~7.7Vol%) の 2 つのカテゴリーを加えた。7.7% ガソホールは通常冬期の含酸素ガソリンとして使用され、5.7% ガソホールは RFG で定義される最低 2Wt% の含酸素量に見合うものである。

⁵ 例えばカリフォルニア州では 1996 年に大気資源局 (CARB: California Air Resource Board) が定めたより厳しいガソリン規格が適用されている。

⁶ RFG の約 87% が含酸素化合物として MTBE を使用している。

Defense Districts⁷) 別に見たもので、RFG の市場は東海岸 (PADD1)106 万 B/D、全体の 38.0% と西海岸 (PADD5) 107 万 B/D、38.5% に偏在している状況が見て取れる。一方、含酸素ガソリンは中西部 (PADD2) 13 万 B/D、32.8%、ロッキーマウンテン地域 (PADD4) 9 万 B/D、22.6%、西部 (PADD5) 14 万 B/D、36.1% となっており、東部では殆ど販売が行なわれていない。

また、PADD ごとに見てゆくと西部 (PADD5) における RFG のシェアが 72.6% と極めて高いのが特徴的である。反対に他の PADD では一般ガソリンのシェアが過半を占めており、ロッキーマウンテン地域 (PADD4) では RFG の販売は行なわれていない。

表 2 PADD 別ガソリン販売量 (2001 年 12 月、単位: 千 B/D、下段 PADD 別構成比%)

	PADD1 East Coast	PADD2 Midwest	PADD3 Gulf Coast	PADD4 Rocky Mountain	PADD5 West Coast	Total
Conventional	1,702.4	1,968.8	1,338.8	180.3	266.1	5,456.5
	61.6%	81.0%	79.0%	67.5%	18.0%	63.2%
Oxygenated	0.0	126.1	32.9	86.8	139.0	384.9
	0.0%	5.2%	1.9%	32.5%	9.4%	4.5%
Reformulated	1,061.0	335.6	322.5	0.0	1,074.6	2,793.6
	38.4%	13.8%	19.0%	0.0%	72.6%	32.4%
Total	2,763.3	2,430.5	1,694.3	267.1	1,479.7	8,635.0
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

(出所) DOE/EIA、原データ (ガロン表示) を 1 バレル = 42 ガロンで換算

1.2 ガソリンの品質

1970 年に施行された大気浄化法⁸ (CAA: Clean Air Act) は 1977 年に修正が行なわれ、石油依存度を下げるために代替ガソリンとして含酸素燃料の使用を認めた⁹。1981 年に EPA は MTBE を 11Vol% まで、1988 年には 15Vol% までの混合を認めた。

1990 年の改正大気浄化法 (CAAA: Clean Air Act Amendments) は EPA に特定の大気汚染物質¹⁰ に対し汚染基準 (NAAQS: the National Ambient Air Quality Standards) を定める権限を与えた。当時、NAAQS の基準を達成している地域は殆ど無い状態であったが、EPA は 1991 年 11 月に基準未達成の地域¹¹ を選定し、CO 基準未達成の地域に対しては含酸素ガソリン、オゾン基準未達成の地域に対してはリフォーミュレーテッドガソリンの導入を求めた。

CO 基準未達成地域における冬期の含酸素ガソリンの導入プログラム

1992 年 11 月以降、大気中の CO 量が基準を上回る 36 の指定地域では、自動車の排気ガス中の CO を削減する目的から冬期の 3 ヶ月以上の期間、含酸素ガソリン (Oxygenated Gasoline) を導入することが求められた。

オゾン基準未達成地域における RFG の導入

⁷ 国防上の観点からの石油・ガスの行政区分で PADD1 (東部大西洋岸のメイン州からフロリダ州にかけての 17 州)、PADD2 (イリノイ州、インディアナ州等中部 15 州)、PADD3 (アラバマ州、ルイジアナ州等南部ガルフコースト中心の 6 州)、PADD4 (コロラド州、アイダホ州等ロッキーマウンテンの 5 州)、PADD5 (カリフォルニア州等西部 5 州及びアラスカ、ハワイの計 7 州) の 5 つに区分されている。

⁸ 同年、人の健康と水、大気、陸地などの自然環境を保全することを目的に EPA が設立された。

⁹ 改正に伴い、ある物質が大気を破壊させる疑いがあり、その疑いに正当性があれば、その物質を規制する責任を EPA が持つことが定められた。

¹⁰ 規制の対象となる大気汚染物質として一酸化炭素 (CO)、NO_x、オゾン (スモッグ)、粒子状物質 (PM)、二酸化硫黄 (SO₂) 及びガソリン中の鉛の 6 種が定められた。

¹¹ オゾン: 98、CO: 42、PM: 71、鉛: 12 地域

夏期における大気中のオゾン増加時に自動車の排気ガス中に含まれるオゾン形成物質を削減し、同時に通年における NOx ならびに排気ガス中の有害物質の量を減らす目的から米国の特定地域¹²に導入された。

含酸素ガソリンの導入は、現在 17 の地域で実施されており、うち 3 つの地域が EPA の汚染度区分における “ moderate ”、6 つの地域が “ serious ” に区分されている。1992 年以降、これらの地域で販売されるガソリンについては、2.7Wt%以上（基準が達成されない場合には 3.1Wt%）の含酸素量を含むことと定められたが、どの含酸素化合物を使用すべきかについては定めを行なわなかった¹³。現在、導入地域の大半が含酸素化合物としてエタノールを用いており、MTBE を使用しているのはロサンゼルスとニューヨーク市ならびに周辺部（コネチカット、ニュージャージー、ニューヨーク）だけである¹⁴。

一方、RFG に対する当初のプログラム¹⁵では 1995 年以降、6 月 1 日から 9 月 15 日の間に販売されるガソリンについて、最低 2.0Wt%の含酸素量を含むことと定められた¹⁶。規定では、基準が未達成ではあるが汚染状態がさほど悪化していない地域においても達成のための手段として RFG の義務付けを選択（opt in：オプトイン）することが出来る。現在、EPA の定める特定地域は 10 地域であるが、この他 11 地域がオプトインしている¹⁷。

RFG の導入プログラムは Phase1（1995 年～1999 年）と Phase2（2000 年～）に分かれており、Phase1 は、従来のガソリンに比較しスモッグ形成物質のレベルを 17%低減するという成果を挙げた。2000 年 1 月 1 日に開始された Phase2 では 27%の削減が期待されている¹⁸。

石油精製会社は、中西部の地域を除き含酸素化合物として MTBE を選択している。詳しくは後述するが、これは主として経済性と、混合性に起因している。エタノールとは異なり MTBE は既存のパイプラインでの出荷が可能であり、揮発性も低く排気ガス規制に合わせるのが容易であるという特長もある。

当初、冬期の含酸素ガソリンプログラムは、その販売量において RFG ガソリンよりも重要な地位を占めていた。因みに 1994 年における含酸素ガソリンのシェアは全体の 9%であるのに対し、RFG は 2%に過ぎなかった。現在では含酸素ガソリンは 3.2%、RFG は 32.2%とその地位は逆転している。CO の基準達成は自動車の排気ガス規制が進展し、CO の排出量が低減されたことに負うところが大きく、未達成地域は減少する傾向にある。

表 3 に示すように、2001 年 8 月における CO 未達成地域の人口は 30.5 百万人であるのに対し、オゾン未達成地域の人口は 104.9 百万人に及んでおり、このことからオゾン対策

¹² オゾンに関する環境基準に未達成で、かつ汚染状態が深刻で EPA 区分では “ extreme ” “ severe ” に区分される 9 地域

¹³ この量は MTBE では 15.0Vol%、エタノールでは 7.7Vol%、メタノールでは 5.4%、ETBE では 17.3%、TAME では 17.3%に相当する。

¹⁴ ニューヨーク市周辺部については近々 CO 基準を達成できる見通しであり、MTBE を使用する地域はロサンゼルスだけとなる。

¹⁵ プログラムでは、ガソリン中の揮発性有機物質（VOCs：Volatile Organic Compounds）ならびに排気ガス中の有害化学物質（toxic chemicals）の量を 1995 年 1 月以降 15%、2000 年までに 25%削減することを求めた。有害化学物質は通年、VOCs は夏期を対象とし、有害化学物質としてベンゼンは 1.0Vol%、芳香族分は 25Vol%を超えることが出来ない。NOx の排出量は 1990 年の “ baseline ” ガソリンの水準を越えないこととされた。

¹⁶ これは MTBE では 11.7Vol%、エタノールでは 5.7Vol%に相当する。

¹⁷ ただ、オプトインすると RFG の規定に従い含酸素量などの厳しい規定に従わなければならないことから、“boutique fuel” で対応を図るケースが増えており、これがガソリンの種類を増やす一因になっている。

¹⁸ Phase1 では 1995 年から 1997 年の間、ベンゼン含有量、酸素含有量を定めた “ simple model ” が適用された。1998 年以降は、これに芳香族分、オレフィン分、硫黄分、蒸留特性、使用すべき含酸素化合物を定めた “ complex model ” が定められた。

の重要性、RFG 導入の必要性が理解できる。特に汚染が深刻なのはロサンゼルスを中心とするサンディエゴ、サクラメント、サンホアキンバレー地域であり、この地域には全カリフォルニア州人口の80%が集中している。

表3 環境基準未達成地域の人口(2001年8月、単位百万人)

	Moderate	Serious	Severe	Extreme	Total
CO 未達成地域	12.9	17.6 うち LA 13.0	-	-	30.5
オゾン未達成地域	20.8	29.0	42.1	13.0 うち LA 13.0	104.9

(出所) Oil & Gas Journal Jan.14, 2002

1.3 含酸素化合物の生産、利用状況

表4に主な含酸素化合物の特性を示す。重量あたりの酸素含有量はエタノールがMTBEのほぼ2倍である。従って、同じ酸素含有量を求められた場合、エタノールを使用したほうが量的には少なくすむことになる。一般に、エタノールは蒸気圧が高いことから冬期に使用されることが多い。一方、MTBEはガソリンよりも蒸気圧が低いことから、むしろ夏期の蒸気圧抑制用基材として使用されることがある

表4 主要含酸素化合物の特性

	エタノール	MTBE	ETBE	TAME
化学式	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{OC}(\text{CH}_3)_3$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OC}(\text{CH}_3)_3$	$(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{OCH}_3$
酸素含有量(Wt%)	34.73	18.15	15.66	15.66
オクタン価	115	110	111	105
混合蒸気圧 RVP	18	8	4	1.5

表5に全米におけるMTBE、エタノールの生産量の推移を示す。MTBEの生産の約90%はPADD3に集中しており、その他MTBE需要量の25%を輸入に依存している¹⁹。MTBEは製油所においてはメタノールとイソブチレンから、化学会社においてはメタノールとブタンもしくはイソブタンから合成される。

エタノールの大半はとうもろこしから生産されており、ごく一部化学合成品がこれに加わる。エタノールの生産は中西部のイリノイ、ネブラスカ、アイオワ、ミネソタの各州に集中している。ほぼ90%がトウモロコシから生産されており、使用されるトウモロコシの量は全生産量の8%に達する。

1979年に連邦政府はエタノールの利用を促進する目的からガソホールに対するガソリン税(現行18.4セント/ガロン)の一部を控除する決定を下した。10%のエタノールを含むガソホールに対する現在の控除額は5.3セント/ガロンとなっており、これはエタノール1ガロンあたり53セント(22.26ドル/バレル)に相当する²⁰。税控除に伴うFederal Highway Trust Fundの減収額は2001年で8億ドルに達している²¹。

¹⁹ うち1/3がサウジアラビア、他にカナダ(17%)、ベネズエラ(12%)、UAE(12%)などとなっている。

²⁰ エタノールに対する税控除は2003年に52セント/ガロン、2005年には51セント/ガロンに低減され、法的な期限は2007年となっている。なおRFGにはエタノール5.6%を混合することから、51セント/ガロンの税控除が無ければRFGの価格は2.9セント/ガロン上昇することになる。

²¹ 連邦政府に加え、全米の12州もさまざまな優遇策を与えている。オハイオ州ではガソホール1ガロンの販売に対し、ディーラーに10セント/ガロンの還付金を与えている。アラスカ、コネチカット、アイダホ、アイオワ、サウスダコタはガソリン税の全額または一部の控除を、ハワイ、イリノイ、ニューメキシコは販売税の一部の控除、ミネソタ、モンタナ、ノースダコタ、サウスダコタは15~40セント/ガロンの

また、この利益が国内生産者の手に渡ることを担保する目的から、輸入のエタノールには53セント/ガロンの関税が課されており、事実上輸入は不可能となっている。MTBEに対する関税は5.5%の従価税であり、ガルフコーストにおける輸入関税は平均的に約6セント/ガロン程度に過ぎない。

表5 MTBE、燃料用エタノール生産量の推移(単位:千B/D)

	MTBE		Ethanol	
	Total US	PADD 3	Total US	PADD 2
Jan-01	148	128	115	115
Feb-01	193	170	116	116
Mar-01	213	187	113	112
Apr-01	236	206	108	107
May-01	232	202	108	107
Jun-01	234	203	110	110
Jul-01	222	194	112	111
Aug-01	219	188	113	113
Sep-01	213	183	116	115
Oct-01	225	196	121	118
Nov-01	216	191	126	124
Dec-01	198	177	124	121
Jan-02	178	155	128	126
Feb-02	178	158	114	112

(出所) DOE/EIA, Weekly Petroleum Status Report より作成

表6に1997年におけるPADD別の含酸素化合物の需要量を示す。MTBEの需要量は年間約26.9万バレル、エタノールは約8.2万バレルである。

表6 PADD別の含酸素化合物需要(1997年、単位:千BBL/D)

		MTBE	Ethanol	ETBE	TAME
Reformulated Gasoline	PADD	109.8	0.7	0.0	8.7
	PADD	4.2	22.5	0.0	0.0
	PADD	25.8	0.0	0.0	3.0
	PADD	97.2	0.9	0.3	2.9
	Total	237.0	24.2	0.3	14.6
Oxygenated-Reformulated Gasoline	PADD	17.8	1.5	0.0	0.0
	PADD	0.1	1.2	0.0	0.0
	Total	17.9	2.8	0.0	0.0
Oxygenated Gasoline	PADD	0.0	9.0	0.0	0.0
	PADD	0.0	1.7	0.0	0.0
	PADD	0.3	2.5	0.0	1.1
	PADD	0.5	5.1	0.0	0.0
	Total	0.8	18.3	0.0	1.1
Total Oxygenate Demand for Control Area Gasoline	PADD	127.6	2.3	0.0	8.7
	PADD	4.2	31.5	0.0	0.0
	PADD	25.8	1.7	0.0	3.0
	PADD	0.3	2.5	0.0	1.1
	PADD	97.8	7.3	0.3	2.9
Total	255.8	45.3	0.3	15.7	
Oxygenated Demand for Conventional Gasoline and Gasohol		13.1	36.3	n.a.	n.a.
Total Oxygenate Supply		268.9	81.6	n.a.	n.a.

(出所) DOE/EIA, Oxygenate Demand in Reformulated and Oxygenated Gasoline Control Areas

MTBEのほぼ88%がRFG用に利用されており、中でもPADD1とPADD5に需要が集中してい

税控除を行っているが、いずれも対象は国産のエタノールに限定されている。

る。一方、エタノールはガソールとしての利用もあることから、RFG、含酸素ガソリンとしての利用は約 56%である。また、その大半が PADD2 における RFG 用に利用されている。

1.4 エタノール利用上の課題

含酸素化合物の使用が規制の対象となったのは 1977 年の改正大気浄化法からであり、この法では 1975 年型車以降の型式認定に使用されるガソリンと同等 (“substantially similar”) でない添加物の混合を禁止している。EPA は車両の排気ガス浄化装置に影響を及ぼさないことを前提として添加剤の使用に認可を与える権限を有しており、エタノールについては 1978 年に最大 10Vol% (含酸素量 3.7Wt%) の認可を与えた。MTBE については前述の通り 1981 年に最大 11Vol% (含酸素量 2Wt%)、1988 年には最大 15Vol% (含酸素量 2.7Wt%) の認可を与えた。

1992 年、EPA は特に夏期にスモッグ発生の原因となる VOC (揮発性有機化合物: Volatile Organic Matter) の排出量を抑制するため、オゾン濃度が高い季節におけるガソリンの蒸気圧 (Reid Vapor Pressure) を全ガソリンに対し北部寒冷地は 9.0psi、南部温暖化地域では 7.8psi 以下に定めた。

ただ、エタノールは MTBE よりも蒸気圧が高いことから、この規定によりエタノールの利用が制限されることを防ぐために、一般ガソリンに対してのみ 1psi の余裕を与えた (RFG は対象外)。

RFG の RVP は 1990 年の “baseline” ガソリンに従い、Phase1 では北部地域 8.0psi、南部地域 7.1psi、2001 年からの Phase2 では 6.7psi となっており、エタノールを利用する場合のガソリン基材は MTBE よりも制約が厳しくなる。このため、エタノールを RFG に使用する中西部 (Chicago-Milwaukee 地域) は生産上の制約からガソリンの需給が逼迫し、価格の高騰が発生しやすい地域となっている。

前述の通り、RFG は連邦規制によって 2%以上 (但し 2.7 Wt%以下) の酸素分を含む必要がある。MTBE の使用を禁止した場合、代替となるのはエタノールであるが、エタノールの利用に際しては次のような課題がある。

蒸気圧が高いことから、VOC の規格に適應できない可能性がある。夏期のガソリン蒸気圧規格に対応するため、MTBE を使用する場合には RFG 中のブタンを除去する方法が採られているが、エタノールに代えた場合は更にペンタンも除去する必要がある。11.7Vol%の MTBE を 5.7Vol%のエタノールに代え、更にペンタンを抜き出すとガソリンの生産量そのものを増やす必要がある。ただ、MTBE の原料であるイソブチレンなどはアルキレート生産用の原料に転用し、ガソリン用基材として利用し得る可能性がある。

生産地が主として中西部であり、遠隔地からの輸送には供給の安定性や価格に対する懸念が伴う。

- 水分を吸収しやすいため、エタノールを混合したガソリンはパイプラインで輸送することが出来ない。パイプラインに存在する水分によってガソリンとエタノールの分離が起こる。(MTBE を混合したガソリンはパイプラインで輸送が可能)
- 従ってエタノールは生産地の中西部から鉄道かローリーで輸送する必要があるが、西海岸への鉄道輸送は 14.6~18.7 セント/ガロンのコスト増となる。船舶での国内製品輸送は Jones Act により米国籍のタンカーに限定される²²。
エタノールはガソリンと分離し易く、また水分を吸収することから、出荷段階であるローリー積み込みの際に調合する必要がある。従って、ターミナルなどのローリー

²² 中西部からはニューオールリンズで 1 隻あたり積載量 45 万ガロンのバージに積み、ミシシッピ川を下るルートとなる。(1999 年におけるガルフコーストからの MTBE の船舶輸送コストは、西海岸向けで 7.5 セント/ガロン、東海岸向けで 3.5 セント/ガロンとなっている。所要日数は西海岸向けで最大 30 日)

ー積場にエタノールタンクや調合設備を整備する必要がある。

エタノールの発熱量は 76,000BTU/ガロンであるのに対し、MTBE は 93,500 BTU/ガロンである。いずれも一般ガソリンの 115,000 BTU/ガロンよりも低いことから、ガソリンへの混合は燃費の悪化につながるが、この度合はエタノールの方が大きい。

エタノールのオクタン価は MTBE よりも若干高いものの混合量が減少するために全体のオクタン価が下がる可能性がある。他のオクタン価基材であるアルキレートは量が限られている。

また、MTBE の需要が減少することから、次の点についても課題が発生する。

MTBE のメーカーは原料のイソブチレンを n-ブタンから生産している。MTBE 1 バレルを生産するのに必要な n-ブタンは 1 バレルであり、この分のブタンが余剰となる。RFG に約 11% 混合される MTBE は、ガソリンの燃焼に伴う排気ガス中の有害成分を希釈する役割も果たしている。特にガソリン中の硫黄分、ベンゼン分の低減効果が大きい²³。

2. カリフォルニア州の対応

2.1 決定に至った背景

1998年10月、カリフォルニア州エネルギー委員会(CEC)はMTBEの使用を禁止した場合にMTBEの生産者、石油精製会社等の対応が可能であるよう、実施までに3年間の移行期間を求めた。1999年3月のDavis州知事の決定は2002年12月末という3年間の移行期間を念頭に置いたものであった。同時にDavis州知事は、EPAに対しRFG中の含酸素量規定適用の猶予(waiver)を求めた。もしもこの猶予が認められれば、MTBEに代わる含酸素化合物としてエタノール等の導入を検討する必要も無いことになる。

カリフォルニア州では1996年6月からカリフォルニア州リフォーミュレートッドガソリン(CaRFG)Phase2規格²⁴の導入を義務づけている。州は1999年11月に硫黄分の上限を2003年から60ppm、2005年以降30ppmとするCaRFG3を発表した。CaRFG3の酸素分は1.8~2.2wt%とCaRFG2と同じであるが、エタノール以外の含酸素燃料の使用を禁止した。ただ、仮に酸素分ゼロでもCaRFG3の排気ガス特性を維持したガソリンの製造は可能であるとした。

しかし、2001年6月12日、EPAはカリフォルニア州の酸素含有量規制の適用除外要請を却下すると発表した。これにより同州ではMTBEの代わりにエタノールの使用を余儀なくされることになった。

エタノール市場の41%のシェアを占めるArcher Daniels Midland社によると、カリフォルニア州におけるエタノールの使用量は2000年に6,000万ガロンであったが、MTBEの使用を禁止し、含酸素量の規定が緩和されないならば2003年の需要は8.8億ガロンに増加すると予測した。同社は2001年におけるエタノール需要18億ガロンに対し、MTBEからの代替を含まなくとも2002年の需要は21億ガロン、2004年までには33億ガロンに増加するものと見込んでおり、これにMTBEの代替が加わればこの分のエタノール需要は全米で15億ガロンに上るとした。原料であるトウモロコシの価格も1ブッシェルあたり30セント前後上昇するものと予測している。

CECが2001年8月に発表した調査結果によると、カリフォルニア州が予定通り2002年末

²³ 2000年に発表されたNational Research Councilの調査報告は、含酸素化合物の使用はオゾンの削減には殆ど効果が無く、むしろ使用により有害成分が置き換わることによる効果の方が高いと結論付けている。

²⁴ 硫黄分については40ppm以下80ppm以下かつ平均30ppm以下のいずれかを満たすこととなっている。

に MTBE の使用を禁止した場合、州の 2003 年におけるエタノール需要は現在の 100～150 百万ガロン/年から 660～950 百万ガロンに増加する。米国のエタノール生産能力は 2002 年末の 30 億ガロン/年から 2003 年末に 40 億ガロン、2005 年末には 44 億ガロンに達する。

2005 年末の増加 22.08 億ガロン/年のうち、能力の拡大によるものが 6.33 億ガロン、建設中の 13 基の能力が 3.87 億ガロン、計画中の 33 基の能力が 11.98 億ガロンとなっており、この時点ではカリフォルニア州に対するエタノールの供給にはほぼ支障が無いと見る意見が支配的であった。

表 7 2001 年 8 月末現在のプラント数・能力と 2005 年の予測

	Existing Plants		Planned Plants		All Plants (2005)	
	No. of Plants	Capacity Million Gallons/Y	No. of Plants	Capacity Million Gallons/Y	No. of Plants	Capacity Million Gallons/Y
PADD 1	0	0	2	26	2	26
PADD 2	48	2,188	33	917	81	3,707
PADD 3	2	10	2	55	4	86
PADD 4	4	13	5	280	9	303
PADD 5	3	8	5	297	8	305
Total	57	2,219	47	1,575	104	4,427

(出所) California Energy Commission Survey Aug. 2001

ところが、2002 年 2 月、カリフォルニア州の委託を受けたコンサルタント会社 Stillwater Associates は MTBE の使用禁止を 2005 年 11 月まで延期するように求める報告書を提出した。調査の結果によると、MTBE を予定通り 2002 年末に禁止した場合、以下の事態が発生することが予想される。

- カリフォルニア州では 5～10% (55,000～100,000B/D) ガソリンの供給が不足し、価格は 50～100% 上昇が見込まれる。
- カリフォルニア州南部の影響が最も大きい。カリフォルニア州からの供給が減少するアリゾナ州、ネヴァダ州も影響を受ける。
- 現在のガソリン市場の不安定性と供給インフラの不十分さを考えると、丁度 1999 年に価格が 2 倍に上昇し、規格外ガソリンを臨時に供給することが認められたような状況と同じ状態が予想される。
- 州は 10～20 億ドルの支出増を迫られ、市場の不安定性によりガソリン価格は時に 4 ドル/ガロンを越す事態が予想される。

また、連邦政府は既に州からの含酸素規定の緩和要請を拒否しているが、仮に含酸素規定の緩和を受けたにしても状況は大きく変わらないと予想している。この理由として以下の点を挙げている。

- カリフォルニア州の石油精製能力はガソリン需要の増加に追いつかず、既に 15% は域外からの供給に依存しており、うち 2/3 は MTBE が占めている。MTBE を禁止すれば精製能力を更に増強せねばならず、結果的にはより州外からの供給に依存せざるをえなくなる。
- しかしガルフコーストの製油所はフル稼働の状況にあり、かつカリフォルニア州の Phase 3 規格のガソリンの生産は不可能である。仮に可能であったとしても製品を輸送する米国籍のタンカー (Jones 法に基づく) には限りがある。
- 海外の供給者もカリフォルニア州のガソリン価格が長期間にわたり世界市場よりも割高でない限り供給には動かないものと見られる。

以上から、報告書はMTBEの使用を段階的に禁止するよう求めた²⁵。

- まず北部カリフォルニア州で休止中の精製設備を稼働させ、22,000B/Dのガソリンを確保する。
- 南部カリフォルニア州への供給を確保するために Longhorn パイプラインをアリゾナ州 Phoenix まで延長し、アリゾナ州への東部からの供給を可能にする。これによって、通常はカリフォルニア州からアリゾナ州に出荷されている 70,000 ~ 90,000B/D のガソリンを州内の需用のために確保する。
- サンフランシスコ湾、ロサンゼルス周辺のターミナル、タンクを拡充しトレーダーや海外の生産者がカリフォルニア州の市場にアクセスしやすいようにする。

冒頭に述べた通り、Davis 州知事が MTBE の使用禁止を延期した理由は、年間 11 億ガロンの MTBE の代替として年間 9 億ガロンのエタノールの供給を確保することが困難なためである。もしもエタノールの供給が不足するとガソリン価格が上昇する恐れが強く、この点が 1 年の延期を決定した主な理由となっている。

Davis 州知事によると、エタノール生産者が十分な量の生産を行うことが可能で、かつカリフォルニア州に十分な量を出荷することが可能であるという見解に対し、専門家は懸念を示したとされる。恐らくは、前述の通りエタノールの取り扱い上の難しさ、中西部の生産者に供給の大半を依存する危うさが大きく影響したものと見られる。

なお、Davis 州知事は、連邦当局に対しエタノールの供給が確保されるまで含酸素量の規定を廃止あるいは延期するよう引き続き働きかけてゆくとしている。

2.2 石油業界等の反応

Valero、ChevronTexaco は今年末までに MTBE の使用を中止する考えに変わりはないとしており、Valero は既に Benica、Wilmington の両製油所で 63 百万ドルの投資を行なった。今後更にエタノール用のタンク、パイプラインの建設を行なう計画である。

Phillips は既に必要とする含酸素化合物の 80% をエタノールに切り替えているが、今回の決定に伴いエタノールへの転換計画を見直す考えである。BP、Shell も投資計画の見直しを検討している。

パイプライン会社の Kinder Morgan は州の決定を受けて、エタノールを取り扱える様にターミナルを改修する計画を中止した。

エタノール生産者の団体である Renewable Fuels Association は 2004 年までに年産 22 億ガロンに拡充する計画に変更はないとしている。California Renewable Fuels Partnership によると、全米では 57 基のエタノールプラントがあり、更に 10 基が建設中、39 基がここ 12 ヶ月以内に着工を予定している。また、検討中の 8 つのプロジェクトは 2 ~ 3 年のうちに 2 億 ~ 3 億ガロンの供給に結びつくとしている。ただ、今回の決定は投資家のプラント建設意欲を殺ぐものであり、いくつかのプラントは停止を余儀なくされる可能性があるとしている。

3. 今後の動向

米国石油協会 (API) の会長である Red Cavaney は 2002 年 2 月 28 日に開催された第 7 回 National Ethanol Conference で講演を行い、米国の石油業界は決してエタノールの導入に反対するものではないとし、MTBE の段階的な廃止と酸素含有量規定の廃止を求めてゆく考えを明らかにした。

一方、議会では、MTBE の使用に関して、以下の法案以外にもさまざま法案が提出されて

²⁵ 報告は同時に Unocal との特許紛争を早急に解決するようにも求めている。

いるが、いずれも MTBE の使用を禁止する方向には変わりはない。ただ、同時にエタノールの使用を義務付けようとする動きも見られる。

- 2001年5月15日、アイオワ州選出の上院民主党議員 Tom Harkin は MTBE の使用を禁止し、リフォーミュレーテッドガソリンのプログラムにおける CAA の大気環境基準をより厳しくするとともにバイオディーゼル、エタノールの市場を拡大する法案 (S892) を提出した。
- 2001年5月24日、ニューハンプシャー州共和党議員 Bob Smith とネバダ州民主党議員 Harry Reid は MTBE をガソリンに添加することを禁止する法案 (S950) を提出した。この法案では含酸素ガソリン以外のガソリンでも当該地域の環境基準に適合し得る性能が得られるならば、州知事の権限により含酸素量の適用を猶予し得る条項が含まれている。
- 2001年5月30日、上院民主党議員 Tom Daschle は CAA を改正し、ガソリンへの MTBE 添加を禁止するとともに MTBE に代えてエタノールの生産、使用を増加させる法案 (S670) を提出した。

石油業界がエタノールの使用を躊躇する主な理由は、その取り扱い上の難しさにある。これは、2000年夏に Phase2 の RFG への切り替えが行なわれた際に、エタノールを利用する中西部で RFG の生産がうまく行なわれず、供給の逼迫により価格が局地的に高騰したことから理解できる。

夏期グレードの Phase2RFG を生産する最初の年であるこの年に、中西部の Chicago・Milwaukee 地域における供給は非常にタイトになっていた。Phase2 では夏期の VOC の排出量がより厳しくなったことから、エタノールと混合する RBOB (Reformulated Gasoline Blendstock for Oxygenate Blending) は前年よりも揮発性の低いものが要求された。製油所では以下の対応によりこれに対処することになる。

- ブタンを抜き出す装置を加える
- アルキレートをスプリッターにより軽質のものと重質のものに分ける
- C5 以上のオレフィンをアルキレーション装置にかける

RBOB の基材構成の変更は Chicago/Milwaukee 地域の 8 つの製油所の運転条件に影響を及ぼした。製油所では FCC ガソリン、軽質留分の混合量を減らし、アルキレート、リフォーマートの混合量を増加させた。これは蒸気圧 (RVP) に対する配慮の結果であるが、結果的にはより高価な基材が前年よりも多く使用されることになった。

いくつかの製油所では RBOB の必要量を満たすために基材を他の地域の製油所から移送する必要が生じた。しかしこの地域にパイプラインで接続しているメキシコ湾岸の製油所を含め、他の製油所ではエタノール混合用の RBOB は殆ど生産が出来ない状態にあった。また、他のガソリンを製造するための基材のオクタン価が低下するために、ある場合にはプレミアムガソリンの生産にも支障が発生した。

一部の製油所では RBOB もしくは RFG の購入に動いたが、これらを供給出来るのは 8 製油所の系列の製油所に限られていた。即ち、中西部あるいはメキシコ湾岸の製油所でこれらを供給出来る製油所は殆ど無いという状況にあった。この結果、中西部のガソリン価格は局地的に高騰し、結果的に WTI 原油の価格高騰の一因となった

2000年夏の中西部におけるこのような状況は、2001年の夏にも発生した。2001年8月14日に Citgo のイリノイ州 Lemont 製油所 (163,000B/D) で発生した火災事故に伴い、夏期グレードの RBOB の生産は殆ど不可能になったことによる。Lemont 製油所はイリノイ州のガソリンの約 16%、中西部全体の約 5% を供給していることから、Citgo は EPA に対し緊急対策として Chicago 地域で VOC 規格を満たさない RBOB の販売許可を求めた。EPA は 8月28日にこれを認める決定を下したことから、中西部におけるガソリン価格の高騰は一時的な

ものとなった。

一方、カリフォルニア州はMTBEを利用しているにもかかわらず、しばしばガソリン価格が高騰する。これは、カリフォルニア州のガソリンは12の製油所から供給されているが、いずれも稼働率は非常に高い状況にあり、トラブルの発生が直ちに供給の逼迫に結びつくことによる。加えて、CARB(カリフォルニア州大気資源局:California Air Resources Board)のRFG規格は全米で最も厳しいものであり、州外でこれを生産できる製油所は少ない。

前述の通り、米国のガソリンには“boutique fuel”を含め数多くの種類があり²⁶、いずれも品質上互換性が無いことから、ある地域においてガソリンの需給が逼迫した場合にも他の地域からの供給が難しいといった事態が発生している。このため、品種の削減が急務となっているが、エタノール混合ガソリンを採用した場合は仮に品種を削減したとしてもパイプライン輸送が出来ないというネックを抱えることになる。因みに2000年におけるPADD1のRFG需要の30%はガルフコーストから供給されたが、この95%はパイプラインによるものであった。

カリフォルニア州が行なった酸素含有量規定緩和の要請は、2001年6月12日にEPAにより拒絶されたが、エンジン技術、排気ガス対策技術の進歩に伴い米国の自動車はもはや含酸素化合物を必要としないという意見も多い。

従って、今後の石油業界の対応としてはMTBEの使用禁止はやむを得ないものの、直ちにエタノールの使用に結びつくものではなく、政府に対し酸素含有量規定の緩和とのパッケージを求めてゆくものと見られる。

お問合せ info@tky.ieej.or.jp

²⁶ たとえばアトランタを拠点とするColonialパイプラインは月間30種類に及ぶガソリンを輸送しているといわれる。