

2. バイオ燃料と食料需給

小泉 達治

1. はじめに

自動車用燃料として使用できるバイオエタノール及びバイオディーゼルといったバイオ燃料は、化石由来燃料からの代替エネルギーとしての利用によるエネルギー安全保障問題への対応、温室効果ガスの削減、農業・農村経済の活性化等の目的により、世界中で導入が進められている。とくに 2005～2008 年にかけての国際原油価格の高騰により、代替エネルギーとしてのバイオ燃料の導入・普及が世界中で進んだ。こうした状況下、バイオ燃料の主原料が食用農産物であるため、バイオ燃料需要量増加に伴い、食料との競合を加速化させるという「エネルギーと食料との競合」という問題を発生させた。特に、国際穀物等の価格が 2006 年秋から 2008 年夏にかけて高騰したことから、国際穀物等価格高騰とバイオ燃料需要の拡大との関係について、国際社会でも議論されることになった。そして、このバイオ燃料が国際食料需給に与える影響については、2008 年 6 月に開催された「食料サミット」や同年 7 月の「洞爺湖サミット」でも議論されるまでに至った。日本では食料価格高騰が国際的関心事項となった 2008 年頃と比べて、バイオ燃料生産と農産物需給への関心は大幅に減っているものと思われるが、2008 年以降もバイオ燃料が世界の食料安全保障に与える影響に関する国際的議論は盛んに行われている。特に、2013 年 6 月には国連食料農業機関(FAO)の「世界食料安全保障委員会」(Committee on World Food Security)への報告書として「バイオ燃料と食料安全保障」(Biofuels and Food Security, A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition)が発表された。同レポートに基づき同年 10 月に開催された世界食料安全保障委員会では、世界各国・地域の農業関係関係者等の代表者がバイオ燃料と世界の食料安全保障についての幅広い議論が行われた^{注(1)}。

バイオ燃料と食料需給の関係については、小泉(2007)、小泉(2009)にて論じた。しかし、2010 年以降、米国、ブラジル、EU 等主要国においてバイオ燃料政策に大きな変化があったものの、その後の主要国における最近の政策動向と食料需給についてグローバルな面から論じた研究はない。このため、2010 年以降の米国、ブラジル、EU といった主要国における政策動向を踏まえて、農産物需給に与える影響について論じる必要がある。本研究では、世界におけるバイオ燃料が食料需給に与える影響について世界全体、米国、ブラジル、EU を対象に分析を行い、考察を行うことを目的としている。

2. バイオ燃料生産量と農産物使用量・生産量に占めるバイオ燃料比率

自動車用燃料として使用できるバイオエタノール及びバイオディーゼルといったバイオ燃料は、化石由来燃料からの代替エネルギーとしての利用によるエネルギー安全保障問題への対応、温室効果ガスの削減、農業・農村経済の活性化等の目的により、2000 年以降、世界的に需要量及び生産量が増大した。2006 年におけるバイオ燃料生産量は 4,593 万 kl から 2014 年には 1 億 1,984 万 kl まで増加した(第 1 表)。なお、このうちバイオエタノール生産が 9,159 万 kl であり、バイオディーゼル生産が 2,825 万 kl を占めている。世界最大のバイオエタノール生産国は米国であり、その次にブラジルとなる。米国とブラジルの生産量で世界の 85%を占めている。バイオディーゼル生産については、EU が最大の生産地域であり、EU のみで世界の生産量の 39.9%を占める。一方、バイオ燃料生産量の増加率は、2008 年の 34.8%をピークに、2009 年以降、低下しており、2014 年には 5.3%にまで落ち込んでいる。このように、世界のバイオ燃料生産量の伸び率は鈍化しているものの、未だ増加傾向は続いている。

最近の世界の農産物需給におけるバイオ燃料使用割合は、サトウキビ生産量のうち 17.7% (2013 年)、とうもろこし需要量のうち 14.8% (2014 年)、菜種油需要量のうち 23.1% (2014 年)、大豆油需要量のうち 16.5% (2014 年)、パーム油需要量のうち 11.1% (2014 年) がバイオ燃料に使用された (第 1 図)。

菜種油や大豆油のようにバイオ燃料使用割合がここ 2～3 年で少しずつ減少傾向にあるものもあるが、パーム油需要量については、2005 年以降、インドネシア及びマレーシアにおける生産量が増加したことから、その使用割合が上昇している。また、サトウキビのように 2011 年に使用割合が減少したものの、再度、上昇している品目やとうもろこしのよう減少の気配が見えない品目もある。このため、現段階でもバイオ燃料は未だ農産物需給に大きな影響を与えている状況にある。

バイオ燃料生産量増加の最大の問題点は、主原料を農産物としているため、食料と競合する点である。バイオ燃料と食料との競合とは、バイオ燃料需要の増加に伴い、①農産物のバイオ燃料仕向け量が増加することで、食用・飼料用・加工用仕向け量が減少するという農産物需要における競合、②バイオエネルギー向け農産物増産に伴う食料生産要素（土地、水、肥料、農薬、農業機械、労働力等）の競合が考えられる（第 2 図）。

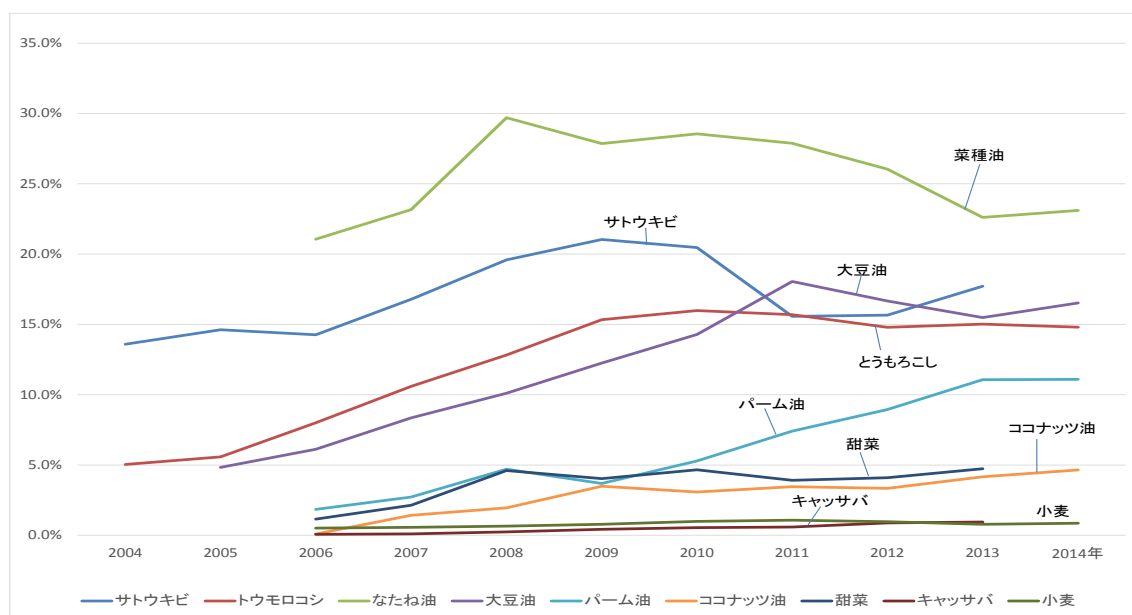
これは生産国におけるバイオ燃料向けとそれ以外の用途との競合が加速するとともに、輸出量の減少を通じて国際農産物需給にも影響を与えている。国際農産物価格の上昇は農産物の輸入国に影響を与え、特に食料を輸入に依存する開発途上国の食料安全保障にも影響を与えている^{注(2)}。なお、本稿では頁数の関係から、バイオ燃料が世界の食料安全保障に

与える影響については研究の対象としないが、この点については Koizumi (2014)及び Koizumi (2015)を参照されたい。

第 1 表 世界のバイオ燃料生産量の推移

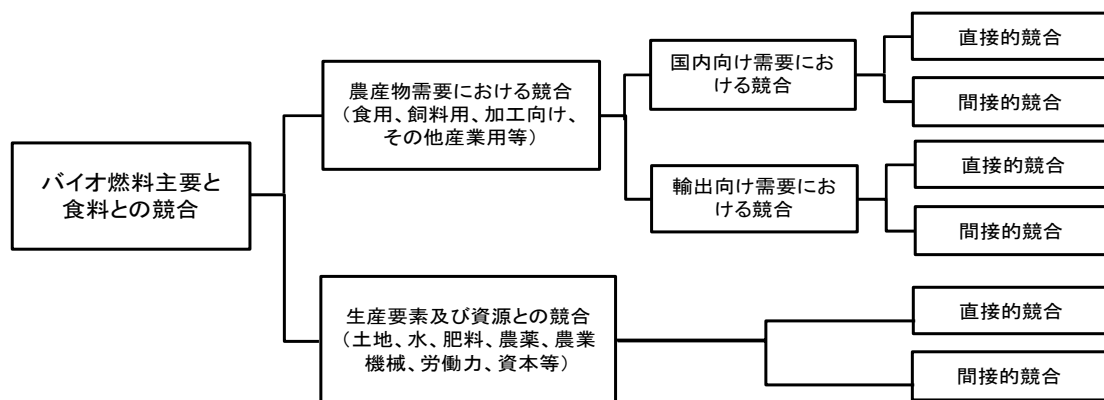
	単位	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014年
バイオ燃料生産量	万kℓ	4,593	6,061	8,172	9,110	10,486	10,884	10,987	11,384	11,984
生産量増加率	%	-	32.0	34.8	11.5	15.1	3.8	0.9	3.6	5.3
世界バイオエタノール生産量	万kℓ	3,919	4,987	6,619	7,329	8,522	8,448	8,357	8,725	9,159
米国	万kℓ	1,838	2,455	3,497	4,073	5,009	5,281	5,035	5,000	5,200
ブラジル	万kℓ	1,670	2,000	2,420	2,392	2,553	2,102	2,162	2,500	2,590
中国	万kℓ	169	170	200	205	205	210	210	200	200
EU	万kℓ	161	180	273	355	414	439	451	451	516
その他	万kℓ	81	182	229	305	341	417	499	574	654
世界バイオディーゼル生産量	万kℓ	675	1,074	1,554	1,781	1,964	2,436	2,630	2,660	2,825
EU	万kℓ	504	704	840	1,035	1,067	1,068	1,108	1,063	1,128
米国	万kℓ	94	193	301	190	129	375	383	398	503
アルゼンチン	万kℓ	11	34	81	134	206	276	278	227	295
ブラジル	万kℓ	7	40	117	161	239	267	272	292	318
インドネシア	万kℓ	6	28	68	57	91	142	176	222	278
その他	万kℓ	53	75	147	204	233	308	414	459	302

資料：F.O.Licht（2014）より作成。



第 1 図 世界の農産物需要量等に占めるバイオ燃料の割合の推移

資料：Koizumi (2015)より作成。



第2図 バイオ燃料と食料との競合の概念

資料：Koizumi (2015) より作成。

3. 米国のバイオ燃料政策と農産物需給に与える影響

(1) バイオエタノール政策の展開

米国では、1973年のオイルショックを契機とする原油価格の高騰により、バイオエタノールは、ガソリン代替エネルギーとして注目を集めることとなった。これを受けて、1977年に改正された「大気清浄法」(Clean Air Act)においては、バイオエタノールの使用を米国政府が初めて認可した。1978年には「エネルギー税法」(Energy Tax Act)が成立し、バイオエタノール10%以上を混合したガソリンに対し連邦税が減免された。さらには、1980年にCrude Oil Windfall Profit Taxにより、バイオエタノールをガソリンに混合する混合業者(ブレンダー)に対し54セント/ガロン(14.3セント/ℓ)の税制優遇措置が実施された。1990年には改正大気清浄法(Clean Air Act Amendments)の施行により、連邦政府の環境基準のうちオゾンの基準値が達成できていない地域については、EPA(環境保護局)により含酸素燃料^{注(3)}の添加が義務付けられた。この動きにより、米国ではオクタン価向上、一酸化炭素排出削減効果のあるバイオエタノール及びMTBE(メチル・ターシャリー・ブチル・エーテル)^{注(4)}のガソリン添加剤としての需要が拡大した。しかし、地中に埋められたパイプラインやガソリンタンクの亀裂によって漏れたMTBEが地下水を汚染し、MTBEが混入した飲料水に発癌性の疑いがあることがカリフォルニア州の調査で判明した。これを受けて、1999年3月カリフォルニア州は、ガソリンへの添加物であるMTBEの使用を2002年までに禁止する決定を行った。これを受けて、MTBEの使用を禁止する州が相次いだ。こ

のため、2006 年以降、MTBE の生産量は激減することにより、MTBE からバイオエタノールへの需要の代替が加速した。

2005 年に成立した「2005 年エネルギー政策法」では、バイオエタノールを主とする再生可能燃料の使用量を義務付ける「再生可能燃料基準（RFS, Renewable Fuel Standard）」の導入が決定された。同法では、自動車燃料に含まれるバイオ燃料の使用量を 2006 年の 40 億ガロン（1,514 万 kℓ）から 2012 年までに年間 75 億ガロン（2,839 万 kℓ）まで拡大することを義務化した。さらに、2007 年 12 月に成立した「2007 年エネルギー自立・安全保障法」（Energy Independence and Security Act of 2007）では、2022 年までの「再生可能燃料基準」（Renewable Fuel Standard）を定め、2022 年までに「再生可能燃料基準」を 360 億ガロン（13,608 万 kℓ）まで拡大し、このうち、150 億ガロン（5,678 万 kℓ）は、とうもろこしを原料とするバイオエタノール、210 億ガロン（7,949 万 kℓ）をとうもろこし以外のセルロース系原料からのバイオエタノールや他の先端的バイオ燃料という目標値を設定した（第 2 表）。米国は「2007 年エネルギー自立・安全保障法」に基づく「再生可能燃料基準」の設定により、今後、バイオエタノールを中心とするバイオ燃料の普及拡大を図ることとなった。この「再生可能燃料基準」は目標値ではなく、最低基準値であることに加えて、ブレンダー・輸入業者・精製業者に適用される最低使用義務である。「再生可能燃料基準」のうち、「再生可能バイオ燃料」（Renewable Biofuel）は LCA（ライフサイクルアセスメント）により、ガソリンに比較して、GHG（温室効果ガス）を 20%以上削減する必要がある。「先端的バイオ燃料」（Advanced Biofuel）は LCA 分析により、GHG を 50%以上削減する必要があり、そのうち、セルロース系原料からのバイオエタノールは、LCA 分析により、GHG を 60%以上削減する必要がある。

「再生可能燃料基準」は前年の目標達成分を超過した分の 20%までを、翌年に上乗せすることが出来る。次年度に達成できない部分は翌年に積み増しされる。この未達成部分が「ウェーバー」であるが、これは単年ごとに発動される措置である。2008 年にはテキサス州から「ウェーバー」を求める動きがあり、これに対する EPA の対応が注目された。ただし、EPA は 2008 年 8 月 7 日に、「再生可能燃料基準」の義務量が深刻な経済的被害を引き起こしているという証拠が不十分であるため、同州知事からの要請を拒否した。

「再生可能燃料基準」におけるセルロース系原料からのバイオ燃料（Cellulosic Biofuel）は、2010 年から 2022 年まで適用されるが、「2007 年エネルギー自立・安全保障法」制定時における当初の設定量に対する「ウェーバー」については、毎年 11 月にセルロース系原料からのバイオ燃料生産技術水準を勘案しながら、次年度の「ウェーバー」発動が適切かどうかについて、EPA 長官が決定することができる^{注(5)}。

第2表 「2007年エネルギー自立・安全保障法」による米国の再生可能燃料基準

(単位:10億ガロン)															
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
再生可能燃料基準合計	9.0	11.1	13.0	14.0	15.2	16.6	18.2	20.5	22.3	24.0	26.0	28.0	30.0	33.0	36.0
再生可能バイオ燃料(とうもろこしを主原料とする在来型)	9.0	10.5	12.0	12.6	13.2	13.8	14.4	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
先端的バイオ燃料		0.6	1.0	1.4	2.0	2.8	3.8	5.5	7.3	9.0	11.0	13.0	15.0	18.0	21.0
うちセルロース系原料からのバイオ燃料		0.0	0.1	0.3	0.5	1.0	1.8	3.0	4.3	5.5	7.0	8.5	10.5	13.5	16.0
うちバイオディーゼル		0.5	0.7	0.8	1.0										
その他の先端的バイオ燃料		0.1	0.2	0.3	0.5	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	4.5	4.5	5.0

資料：EPA より作成。

(2) バイオエタノール需給と今後の展望

米国におけるバイオエタノール需要量は、1990年に7.5億ガロン(283万kl)から2014年には134.4億ガロン(5,080万kl)へと拡大している(DOE-EIA 2015)(第3図)。バイオエタノールの混合率は10%が主であるが、一部では85%混合も存在している^{注(6)}。米国における燃料用バイオエタノールの生産量については、1990年から2014年にかけて年平均13.1%増加しており、米国は2005年にはブラジルを抜いて世界最大の生産国となり、2014年の生産量は世界のバイオエタノール生産量の56.8%を占めている(F.O.Licht 2014)。また、2014/15年度における米国のトウモロコシ需要量に占めるバイオエタノール需要量の割合は43.8%(USDA 2015)となっており、米国ではとうもろこし需要量の4割強がバイオエタノール需要量で占められている。

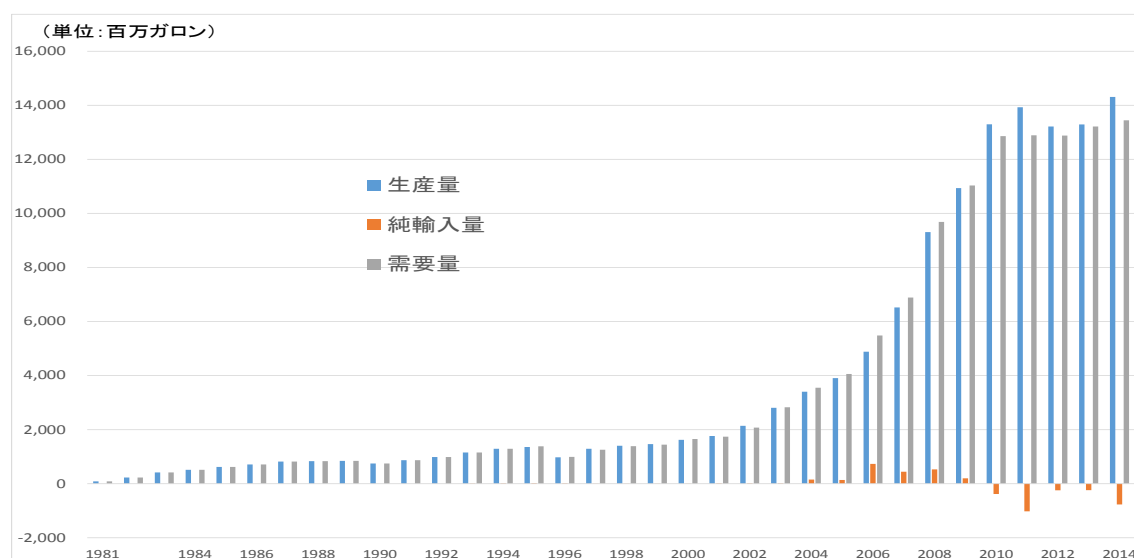
つぎに、米国のバイオエタノールマージンの推移についてみていきたい(第4図)。2012年夏、米国中西部における大干ばつの影響で、2012/13年度における米国のとうもろこし生産は前年度比12.7%の減少となり、国際とうもろこし価格は2012年7月に332.9ドル/トンにまで上昇した。このため、米国のバイオエタノール生産マージンは損失分岐点と言われる0.25USD/ガロン(Tyner and Taheripour 2007)を下回る水準まで落ち込み、生産マージンが悪化した。その後、2013年3月以降、とうもろこし価格の下落等により生産マージンが好転したが、2015年以降は、国際原油価格の下落による国内ガソリン価格の下落の影響を受けて、バイオエタノール価格が下落することにより、再び生産マージンが悪化している。

また、米国は従来からブラジルを中心とする国からバイオエタノールを輸入してきたが、2010年以降は輸出を伸ばし、2014年には771.6百万ガロン(293万kl)を輸出し、2013年における世界のバイオエタノール輸出量の38.3%を占めている(F.O.Licht 2014)。これ

は最大の輸出国ブラジルにおけるバイオエタノール減産や 2013 年以降、バイオエタノール生産マージンが増加したことから需要量を上回る生産量があったため、こうした余剰分が輸出されている。

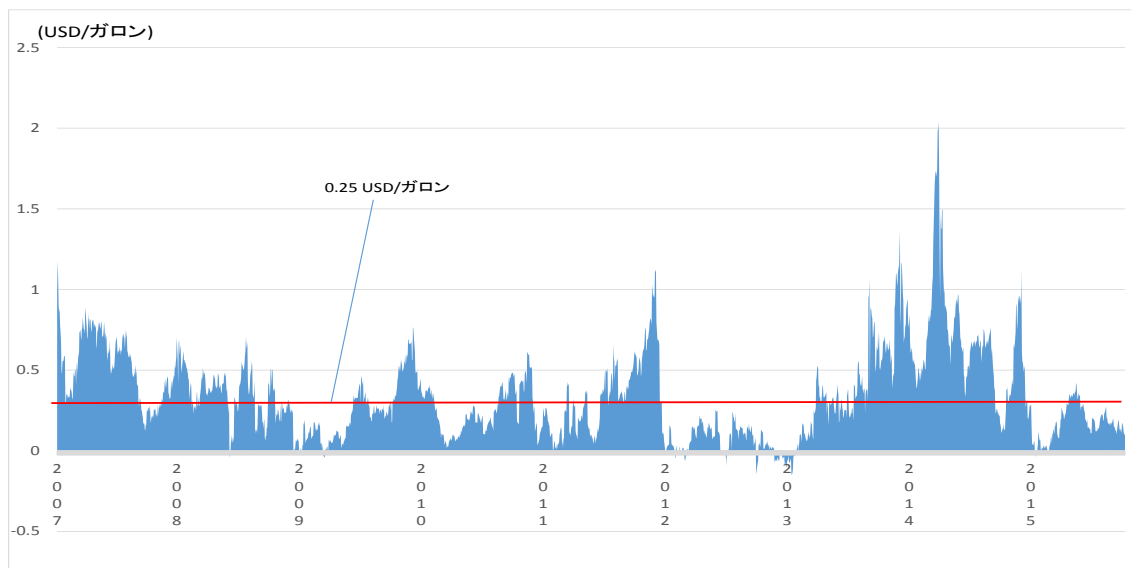
米国農務省が 2015 年 2 月に発表した“USDA Agricultural Baseline Projections to 2024”

(USDA 2015) では、平年並みの天候及び現行の農業政策が、米国のみならず世界各国・地域において今後も継続し、国際原油価格が 2013 年の 89.1 ドル/バレルから 2024 年には 118.6 ドル/バレルへと上昇する前提条件において、2013/14 年度から 2024/25 年度にかけての米国のとうもろこしの総需要量は年平均 0.8% 増加し、このうち飼料用需要量は同 1.3% 増加するものの、バイオエタノール用需要量は同 0.1% と他の用途に比べて低い増加率が予測されている。これは、前述のように「ブレンドウオール」の問題により、10% 以上のガソリン混合が進まず、需要量がこれ以上伸びることが見込めない状況にあるからである。また、バイオエタノール用需要量が全需要量に占める割合も、2024/25 年度には 41.2% とわずかに減少することも予測されており、全需要量に占めるバイオエタノール用需要量は、今後やや縮小することが予測されている(USDA 2015)。ただし、この予測結果からもわかるように、米国のバイオエタノール向け需要量の増加率は、これまでの 10 年間と比べて大幅に鈍化するものの、需要量そのものが大きく減少するようなことになることは予測しにくく、今後は、ほぼ横ばいで推移することが予測されている。



第 3 図 米国のバイオエタノール需給及び純輸入量の推移

資料：DOE-EIA（2015）より作成。



第4図 米国におけるバイオエタノール生産マージンの推移

資料：CRAD（2015）より作成。

（３） 「ブレンド・ウォール」の問題

米国では、「改正大気清浄法」により、通常の乗用車エンジンに対するバイオエタノール混合率上限は10%と定められてきたが、この10%の混合上限の「壁」やインフラ整備といった制約要因により、バイオエタノールの需要の伸びが抑えられ、慢性的に供給量が需要量を上回り、価格が低迷している状態が続いている。さらに、2008年は、国際とうもろこし価格の上昇や国際原油価格の下落により、バイオエタノール産業は厳しい経営状態となった。このため、54のバイオエタノール製造業者等は、2009年3月にEPAに対して、バイオエタノール混合率を現行の10%から15%まで増加させるための「ウェーバー」要求書を提出した。これを受けて、EPAは関係省庁とも協議・検討した結果、2010年10月にEPAは、2007年以降に製造された普通乗用車、ピックアップトラック、ライトバン、SUV（スポーツ多目的車）に限り、混合率の上限を15%とすることを決定した。ただし、これはガソリンへの最大混合率であり、義務値ではない点に注意が必要である。バイオエタノール15%混合ガソリンの普及には、まず、ガソリンスタンドにおける対応が必要不可欠になる。このため、バイオエタノール混合率の上限を最大15%に引き上げても、バイオエタノール需要量が直ちに増加するわけではない。特に、バイオエタノール15%混合ガソリンが増加するか否かは、ガソリンスタンドの対応が大きな鍵を握る。実際のところ、バイオエタノール15%混合ガソリン対応のガソリンスタンドは中西部に徐々に設置されているものの、

総数は 2014 年末時点で 78 スタンド (USDE) とごくわずかである。このため、バイオエタノール 15% 混合ガソリンの普及は進んでいないのが現状である。

(4) 今後の政策展開

前述のように、2012 年夏、米国中西部における大干ばつの影響で、国際とうもろこし価格は 2012 年 7 月に 332.9 ドル／トンにまで上昇した。こうしたとうもろこし価格上昇は畜産業界にとって大きなコスト上昇要因となった。こうした状況から、同年にアーカンソー州、ノースカロライナ州、デラウェア州、メリーランド州知事や畜産団体は、EPA に対して、再生可能エネルギー基準の義務量の減免を求める措置 (ウェーバー) を要求した。しかし、EPA は、再生可能エネルギー義務量がエネルギー価格及びとうもろこし価格等に影響を及ぼす因果関係が見つからないこと等を理由にこれらのウェーバー申請を却下した。また、FAO 事務局長も同年、米国連邦政府に対して、「再生可能エネルギー基準の義務量の弾力的な運用」を求めたものの、米国連邦政府は上記と同様の理由で回答し、FAO の要請は受け入れられない結果となった。

こうした EPA の決定により、ウェーバー申請を主導した畜産団体は、EPA が畜産業者の経済的主張を無視したとして批判し、バイオエタノール使用の義務付け制度自体の廃止を主張し続ける考えを明らかにした (日本貿易振興機構農林水産・食品部シカゴ事務所 2013)。また、石油業界でも、ガソリン需要量が減少する中、バイオエタノールの混合率の増加を義務付ける再生可能エネルギー基準は、業界における同基準遵守にかかるコスト負担の増加、ひいてはガソリン価格の高騰につながるものとして再生可能エネルギー基準の撤廃に向けたロビー活動を展開した (伊東 2014)。

前述のとおり、「2007 年エネルギー自立・安全保障法」では、セルロース系原料からのバイオ燃料については生産技術水準を勘案しながら、EPA 長官が決定することになっている。セルロース系原料からのバイオ燃料生産の商業的実用化及び大規模生産が進まないことから、EPA は 2010 年のセルロース系バイオ燃料の再生可能エネルギー基準を 6.5 百万ガロン (2.5 万 Kℓ) に下方修正した。また、2011 年の同基準についても、6.6 百万ガロン (2.5 万 Kℓ)、2012 年の同基準についても 8.65 百万ガロン (3.3 万 Kℓ) に引き下げる決定を行った。これらの引き下げに伴い、全体の先端的バイオ燃料の基準を維持するため、その他の先端的バイオ燃料の基準を引き上げることで調整した (第 3 表)。

2013 年 8 月、EPA は同年における再生可能エネルギー基準を決定した。この決定は同年 2 月までに決定するものであったが、再生可能エネルギー基準そのものを見直す石油業界、畜産業界からの政治的圧力と再生可能エネルギー基準の存続を求めるバイオエタノール業

界団体からの意見調整に時間を有したことから EPA は最終決定を延長した。最終的には 2013 年の再生可能エネルギー基準は「2007 年エネルギー自立・安全保障法」で定めた総量の 165 億 5,000 万ガロン (6,256 万 Kℓ) は満たしているものの、セルロース系バイオ燃料の再生可能エネルギー基準を 600 万ガロン (2.3 万 Kℓ) に引き下げた (第 3 表)。この引き下げに伴い、先端的バイオ燃料の再生可能エネルギー基準は変更ないものの、バイオディーゼルの基準を当初はゼロから 1,280 万ガロン (4.9 万 Kℓ) に設定、その他の先端的バイオ燃料も 1,464 万ガロン (5.6 万 Kℓ) に引き上げた。

「2007 年エネルギー自立・安全保障法」で定めた 2014 年の再生可能エネルギー基準総量は 181.5 億ガロン(6,861 万 Kℓ)であり、同法で定めた基準総量の達成が難しい状況が現れてきた。この理由としては以下の 3 点があげられる。まず、第 1 に、ガソリン価格の高騰やガソリン車の燃費改善等によりガソリン需要量そのものの需要量が減少したことである。バイオエタノールはガソリンに混合されるが、ガソリン需要量が減少すればバイオエタノール需要量も比例して減少することになる。第 2 に「ブレンド・ウォール」の問題でバイオエタノール需要量の増加が伸び悩んでいることである。第 3 に依然としてセルロース系バイオ燃料をはじめとする先端的バイオ燃料の商業的実用化・大規模生産が遅れていることから、それを更に下方修正した場合、全体の再生可能エネルギー基準を達成するためにとりもろこし由来の「再生可能バイオ燃料」の再生可能エネルギー基準を当初の決定水準から上方修正しなければならないことである。しかし、「2007 年エネルギー自立・安全保障法」により、既に上限が 150 億ガロン(5,670 万 Kℓ)と決定されているため、「再生可能バイオ燃料」の再生可能エネルギー基準を 150 億ガロン以上とすることは極めて困難な状況となった。

こうした状況から、2013 年 11 月に EPA は 2014 年の再生可能エネルギー基準については、「2007 年エネルギー自立・安全保障法」で定めた総量を 181.5 億ガロン(6,860 万 Kℓ)から引き下げる提案を行った^{注(7)}。この提案に対して、バイオエタノール業界はバイオエタノール普及拡大を阻害する要因として猛反発し、反対するロビー活動を展開した。このため、EPA では次年度の再生可能エネルギー基準決定に向けた調整がつかず、2013 年中に翌年の再生可能エネルギー基準を決定することが出来なくなった。こうして、EPA は、2015 年 5 月になってようやく 2014～2016 年、2017 年 (バイオディーゼルのみ) の再生可能エネルギー基準の提案を行った。この後、2015 年 6 月にカンザスでの公聴会開催後、パブリックコメントを受け付け、同年 11 月 30 日によりやく決定した。最終的に、2014 年における再生可能エネルギー基準総量は、「2007 年エネルギー自立・安全保障法」で定めた基準を下回る 162.8 億ガロン(6,153 万 Kℓ)、2015 年も同様に 169.3 億ガロン(6,399 万 Kℓ)、2016 年も同様に 181.1 億ガロン(6,846 万 Kℓ)となった^{注(8)} (第 3 表)。セルロース系バイオエタノール需要量につい

でも 2014 年は 33 百万ガロン(87.3 万 Kℓ), 2015 年は 123 百万ガロン(46.7 万 Kℓ), 2016 年は 230 百万ガロン (87.3 万 Kℓ) といずれも同法で定めた基準量を下回る水準で決定された。

なお, EPA はとうもろこし由来となる「再生可能バイオ燃料」については明確に示していないものの, 全体と先端的バイオ燃料の基準量の差から, 結果として, 2014 年に 136.1 億ガロン(5,145 万 Kℓ), 2015 年に 140.5 億ガロン(5,311 万 Kℓ), 2016 年に 145.0 億ガロン(5,481 万 Kℓ)となった。

一方で, バイオディーゼルについては, 2017 年までの再生可能エネルギー基準が設定されている。これは EPA によるとバイオディーゼルのみ, 他のバイオ燃料と異なり, 生産の見通しが明らかとなったからである^{注(9)}。バイオディーゼルの主原料は大豆油であり, 元々「2007 年エネルギー自立・安全保障法」では, 2012 年までの再生可能エネルギー基準までしか定めていなかったにもかかわらず, 2013 年以降も再生可能エネルギー基準を定め, 2017 年まで再生可能エネルギー基準を定めている点は, 他のバイオ燃料の再生可能エネルギー基準とは対照的である。バイオディーゼルについては, 同法を決定した時点(2007 年)ではそれほど普及が進まないと見込まれたものの, その後, 同法を批准した米国議会の想定以上に普及が実際に進んだことが要因としてある。

第 3 表 米国における「再生可能燃料基準」の推移

(単位:10億ガロン)															
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
EPAによる最終決定															
再生可能燃料基準合計	9.0	11.1	12.95	13.95	15.2	16.55	16.28	16.93	18.11	-	-	-	-	-	-
再生可能バイオ燃料(とうもろこしを主原料とする在来型)(推計)	9.0	10.5	12.0	12.6	13.2	13.8	13.6	14.1	14.5	-	-	-	-	-	-
先端的バイオ燃料		0.6	0.95	1.35	2.00	2.75	2.67	2.9	3.6	-	-	-	-	-	-
うちセルロース系原料からのバイオ燃料		0.0	0.0065	0.0066	0.00865	0.006	0.033	0.123	0.230	-	-	-	-	-	-
うちバイオディーゼル		0.5	0.65	0.8	1.0	1.28	1.63	1.73	1.9	2.0	-	-	-	-	-
その他の先端的バイオ燃料(推計)		0.1	0.29	0.54	0.99	1.46	2.0	2.5	3.0	-	-	-	-	-	-
「2007 年エネルギー自立・安全保障法」で定めた基準															
再生可能燃料基準合計	9.0	11.1	13.0	14.0	15.2	16.6	18.2	20.5	22.3	24.0	26.0	28.0	30.0	33.0	36.0
再生可能バイオ燃料(とうもろこしを主原料とする在来型)	9.0	10.5	12.0	12.6	13.2	13.8	14.4	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
先端的バイオ燃料		0.6	1.0	1.4	2.0	2.8	3.8	5.5	7.3	9.0	11.0	13.0	15.0	18.0	21.0
うちセルロース系原料からのバイオ燃料		0.0	0.1	0.3	0.5	1.0	1.8	3.0	4.3	5.5	7.0	8.5	10.5	13.5	16.0
うちバイオディーゼル		0.5	0.7	0.8	1.0										
その他の先端的バイオ燃料		0.1	0.2	0.3	0.5	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	4.5	4.5	5.0

資料 : EPA (2010), EPA(2011), EPA(2012), EPA(2013), EPA(2015)より作成。

注 . 「再生可能バイオ燃料」及び「その他の先端的バイオ燃料」については, EPA から公表されていないので全体値から推計した値である。

(5) 今後のバイオエタノール需給

今回、EPA は「2007 年エネルギー自立・安全保障法」で定めた再生可能エネルギー基準総量を下回る再生可能エネルギー基準の決定を行った。2014～2017 年の再生可能エネルギー基準については、EPA が下方修正を提案して 2 年以上が経過した後に、ようやく最終決定した。前述のとおり、再生可能エネルギー基準についてはガソリン需要量が減少している問題、「ブレンド・ウォール」の問題、セルロース系バイオ燃料の商業的実用化や大規模生産が遅れていることの問題等から、再生可能エネルギー基準そのものを見直す必要が生じ、2013 年には何とかこれを乗り切ったものの、2014 年以降は「同法」で決定した再生可能エネルギー基準を達成することが困難となった。このため、再生可能エネルギー基準を見直すため、関係者間で議論し、その調整に 2 年も費やしてしまった。ただし、今回の決定は 2007 年時点で成立した「2007 年エネルギー自立・安全保障法」で定めた再生可能エネルギー基準がもはや現実には合わないことを世に示した大きな転換点である。このため、今回の決定により、再生可能エネルギー基準については今後もガソリン、バイオエタノール需要、セルロース系バイオ燃料の大規模商業的実用化の進展に応じて、同法による 2007 年時点で決定された再生可能エネルギー基準が修正される可能性が高い。このため、同法で決定した 2022 年までの再生可能エネルギー基準総量を 360 億ガロン(13,608 万 Kℓ)とする義務目標達成は極めて困難であると見込まれる。

米国連邦議会は「2007 年エネルギー自立・安全保障法」において 2022 年までに 360 億ガロンの再生可能エネルギー基準を達成するとの義務目標を決定したが、その後、ガソリン需要量が減少する点は予期しにくかったものの、セルロース系バイオ燃料の商業的大規模生産が進まないという事態はあらかじめ予期できていたはずである。こうした連邦議会で決定された「楽観した見通し」と「現実とのギャップ」を埋めるため、EPA は毎年、関係者との調整に苦慮し、2014 年以降の再生可能エネルギー基準設定に至っては、ついに同法による再生可能エネルギー基準設定が限界に達し、下方修正を余儀なくされた。

米国ではバイオエタノール混合に際しての税制優遇措置 (45 セント／ガロン) は 2011 年末に失効し、これと連動してバイオエタノール関税 (54 セント／ガロン) も撤廃された。また、セルロース系バイオエタノール製造業者に対しては、1.01 ドル／ガロンの税制控除を行ってきたが、これも 2014 年末で失効した。このように、1978 年の「エネルギー税法」により導入され、長年にわたって米国のバイオエタノール需給を支えてきた税制控除は廃止、関税及びセルロース生産補助も廃止され、現在、バイオエタノール需給を支えるのは再生可能エネルギー基準のみとなった。

とうもろこし由来のバイオエタノールである「再生可能バイオ燃料」の再生可能エネ

ギー基準については、既に 145 億ガロンに達しており、今後、バイオエタノール需要量が増えたとしても 150 億ガロンが上限であり、今後増加する余地は小さい。しかし、今後、とうもろこし由来のバイオエタノールの需要は増加する余地は小さいものの、その需要量が減少することも考えにくい。このため、2022 年までは、バイオエタノール需要量は、米国のとうもろこし需要量の 4 割程度を占める固定枠のような需要量として推移していくものと見込まれる。以上により、米国のバイオエタノール需要量は少なくとも 2022 年まではとうもろこし需給に影響を与え続けていく要因であることに注視が必要である。

4. ブラジルにおけるバイオ燃料政策・需給

(1) バイオエタノール政策の展開

ブラジルでは、サトウキビを原料とするバイオエタノールを生産している。ブラジルの 2014 年における燃料用バイオエタノール生産量は世界のバイオエタノール生産量の 28.3% を占めており、米国に次ぐ世界最大のバイオエタノール生産国である。また、ブラジルは 2014/15 年度における世界の砂糖生産量の 20.3%、貿易量については 43.4% (USDA-FAS 2015) を占める世界最大の生産国・輸出国であり、ブラジル国内の需給変動が、国際砂糖需給に大きな影響を与えている。ブラジル連邦政府では、1931 年にブラジル連邦政府は、砂糖市場の価格対策の一環として、輸入ガソリンへのバイオエタノール混合 (5%) の義務付けを行った。そして、1933 年には大統領令 22789 号に基づき、砂糖・アルコール院 (IAA) ^{注(10)}が設立され、ブラジル連邦政府は IAA を通じたバイオエタノール・砂糖市場への本格的な生産規制・貿易規制を開始した。

1973 年の第 1 次石油危機により、国際原油価格は 4 ドル/バレルから 14 ドル/バレルへと高騰した。このことは、当時、76.9%と原油輸入依存度の高かったブラジル経済に大きな打撃を与えた。このため、ブラジルでは石油輸入を抑制し、ガソリンの代替燃料としてサトウキビから生産されるバイオエタノールの使用を拡大することを主目的として、1975 年に大統領令 76593 号に基づき、自動車用燃料としてのバイオエタノールの普及を促進する「プロアルコール(PROALCOOL)」政策を開始した。

「プロアルコール」政策では、バイオエタノールの国内生産の拡大、需要促進を達成するため、IAA による生産者買入価格及び小売価格の固定 (補償)、新規増設工場への低利融資等が行われた。しかし、1986 年以降、国際原油価格が軟調に推移することにより、ガソリン代替燃料としてのバイオエタノールの導入・普及を促進する政策意義が問われた。さらに、1989 年の国際砂糖価格の上昇に伴い、バイオエタノール・砂糖製造業者が砂糖を

増産し、バイオエタノール生産が減少したことから国内では深刻なバイオエタノール不足となった。このことが消費者の砂糖・バイオエタノール政策への不信を招き、「アルコール車」離れを加速化させ、需要量を低下させることになった。

一方、中南米では 1980 代の債務危機を経て、世界銀行や IMF が主導する「ネオ・リベリズム」^{注(11)}へと経済戦略の転換が行われ、ブラジルでも貿易自由化、資本自由化、国営企業の民営化、税制改革を大きな柱とする構造調整が 1990 年代に開始された。農業分野でも 1990 年より規制緩和、農業補助金の減額・廃止が行われた。砂糖・バイオエタノールについても、1990 年に IAA が廃止されたことにより、砂糖価格、販売及び輸出の自由化が行われ、国内砂糖・バイオエタノール市場に対する政策介入は大きく緩和された。

「プロアルコール」政策は、大統領令 76593 号によって 1975 年に開始され、1990 年の IAA の廃止によって終了した。1975 年から 1990 年にかけての「プロアルコール」政策には、総額で 123 億ドルもの資金が投入された(Goldemberg 1996)。その後、ブラジル連邦政府は IAA の後身である SRD（地域開発事務局）を通じて市場介入を続けたものの、1995 年の砂糖の生産割当の廃止、1997 年の無水エタノール^{注(12)}価格の自由化、バイオエタノール生産割当の廃止に加えて、ペトロブラス社による販売独占及び一部流通独占権の廃止が行われた。さらに、1999 年には含水エタノール価格及びサトウキビ価格の自由化が実施された。以上のように、ブラジルにおいて長期にわたって実行されてきたバイオエタノール・砂糖の生産、流通、販売に関する連邦政府からの規制の多くは 1990 年代に撤廃された。

現在、バイオエタノールと砂糖との需給を調整するために、農務大臣がガソリンへの無水エタノール混合割合を一定範囲内で設定できる農牧供給省令 554 号に基づく措置があり、これがブラジルのバイオエタノール政策にとって唯一残された連邦政府による規制である。このガソリンへの無水エタノール混合割合の設定については、砂糖とバイオエタノールの需給動向を勘案して、農牧供給省が 20～25% の範囲で決定してきた^{注(13)}。しかし、2011 年以降は最低混合率を 18% に設定し、2014 年 9 月以降は、上限を 27.5% とすることが大統領令により、決定された。このため、無水エタノールの混合率は現在、砂糖とバイオエタノールの需給動向を勘案して、農牧供給省が 18.0～27.5% の範囲内で設定することができることになった^{注(14)}。

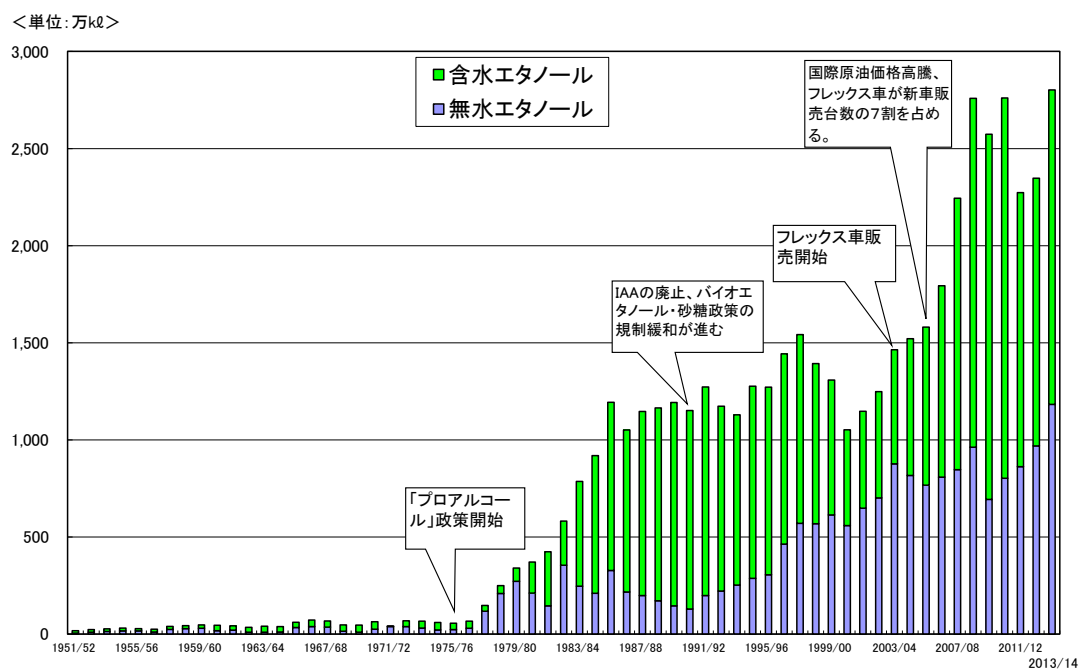
(2) バイオエタノール需給と生産構造

ブラジルの国内生産量についてみると、1951/52 年度から 1975/76 年度にかけて大きな変化はなく推移したが、「プロアルコール」政策が開始された 1975/76 年度以降、増加していることがわかる（第 5 図）。そして、「プロアルコール」政策が終了した 1990/

91 年度以降も生産量は増加し、2000/01 年度は減少した。それ以降は増加し、特に 2005/06 年度以降の生産量は急拡大している。含水エタノール^{注(15)}及び無水エタノール^{注(16)}別にみていくと、1979 年の「アルコール車」^{注(17)}と呼ばれるバイオエタノール 100%でのみ走行する乗用車の販売台数の増加から、同年度以降は含水エタノールの生産量が増加した。しかし、含水エタノールは「アルコール車」の販売台数減少から、1989 年から 2003 年にかけて需要量及び生産量は減少した。一方、バイオエタノール混合ガソリン車の増加により、無水エタノール生産量は、1989 年から 2003 年にかけて増加した。

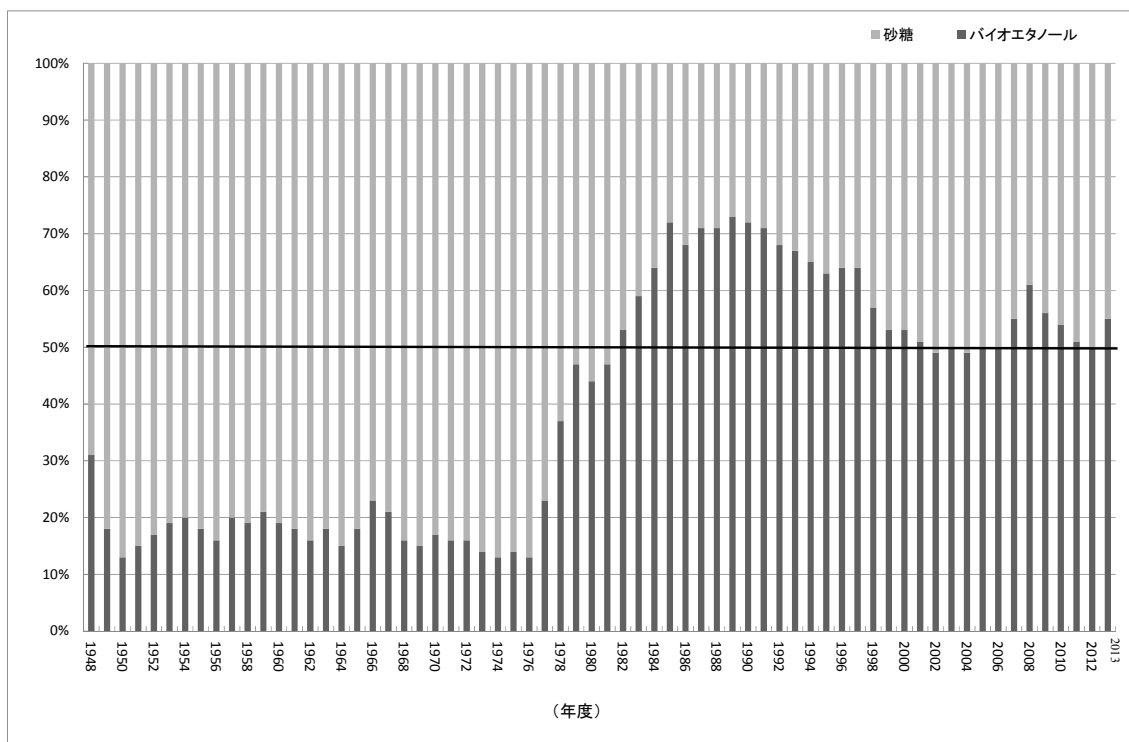
しかし、2003 年を境に需給構造は一変する。含水エタノールは 2003 年以降、生産量が増加し、無水エタノールは、2003 年以降、変動を伴いながらも生産量は、ほぼ横ばいで推移している。特に、バイオエタノール生産量に占める無水エタノールの割合は、2003/04 年度の 59.9%から 2013/14 年度には 42.2%と減少する一方、含水エタノールの割合は、2003/04 年度の 40.1%から 2013/14 年度には 57.8%と増加している。この含水エタノール生産量の増加には、ガソリンとバイオエタノールが任意の混合割合を設定して走行出来る「フレックス車」が 2003 年から販売され、これが普及したことが大きく影響している。

ブラジルにおけるサトウキビからバイオエタノール・砂糖への仕向け量の推移をみると、1948/49 年度から 1975/76 年度までは砂糖の仕向け量が圧倒的な割合を占めていたものの、1975/76 年度以降の「プロアルコール」政策の開始により、バイオエタノール仕向け率は増加していることがわかる（第 6 図）。現在では、年によって変動はあるが、ほぼ半分ずつがバイオエタノールと砂糖生産に仕向けられている。バイオエタノールと砂糖の価格、生産に関する規制が撤廃された状況下において、バイオエタノールと砂糖はサトウキビを原料とし、バイオエタノールと砂糖の相対価格に応じて両者への配分が行われている。このため、バイオエタノールと砂糖はサトウキビの配分をめぐり競合関係にある。このように、ブラジルのバイオエタノール生産は国内砂糖価格とバイオエタノール価格との相対価格で決定されているため、ブラジルの今後のバイオエタノール生産を決定する重要な要因は砂糖価格である。



第5図 ブラジルにおけるバイオエタノール生産量の推移

資料：MAPA(2015)より作成。



第6図 ブラジルにおけるサトウキビからバイオエタノール・砂糖配分比率の推移

資料：MAPA(2015)より作成。

(3) バイオディーゼル政策と大豆需給に与える影響

ブラジル連邦政府では、2005 年 1 月には環境問題及びエネルギー問題への対応や北東部・北部の農村地域における雇用増加を目的として、ディーゼル燃料にバイオディーゼルの 2008 年 1 月から 2%混合を義務付け、そして、2013 年度から 5%混合を義務付けることを定めた。その後、2008 年 7 月からは 3%混合を義務付け、2009 年 7 月から 4%混合を義務付け、2014 年 7 月からは 6%混合を義務付け、2014 年 11 月からは 7%混合を義務付けている。なお、バイオディーゼル業界団体は、2020 年までに 10%混合義務実現に向けて連邦政府への働きかけを活発に行っている。また、2005 年 4 月には、北部・北東部及び半乾燥地帯の小規模農家への優遇税制プログラムが開始された。

ブラジルにおけるバイオディーゼル需要量は 2005 年の 0.1 万 kℓ から 2014 年には 339 万 kℓ に増加、生産量は 2005 年の 0.1 万 kℓ から 2014 年には 342 万 kℓ まで増加している（第 4 表）。バイオディーゼルの原料農作物としては、大豆油、ヒマ油、パーム油（デンデ椰子）、ピーナッツ油、綿実油、ヒマワリ油が使用されている。第 7 図は、バイオディーゼル原料作物の比率の推移を示したものであるが、各月によって変動はあるものの、おおむね 8 割以上を大豆油が占めている。大豆油のつぎに使用比率が高いのは、牛由来の獣油であり、綿実油がその次となっている。また、その他としては、ピーナッツ油、ヒマ油、パーム油等も含まれるが、その全体に占める割合は極めて低い状況にある。なお、各月によって多少の変動があるのは、各原料価格の変動によるものである。

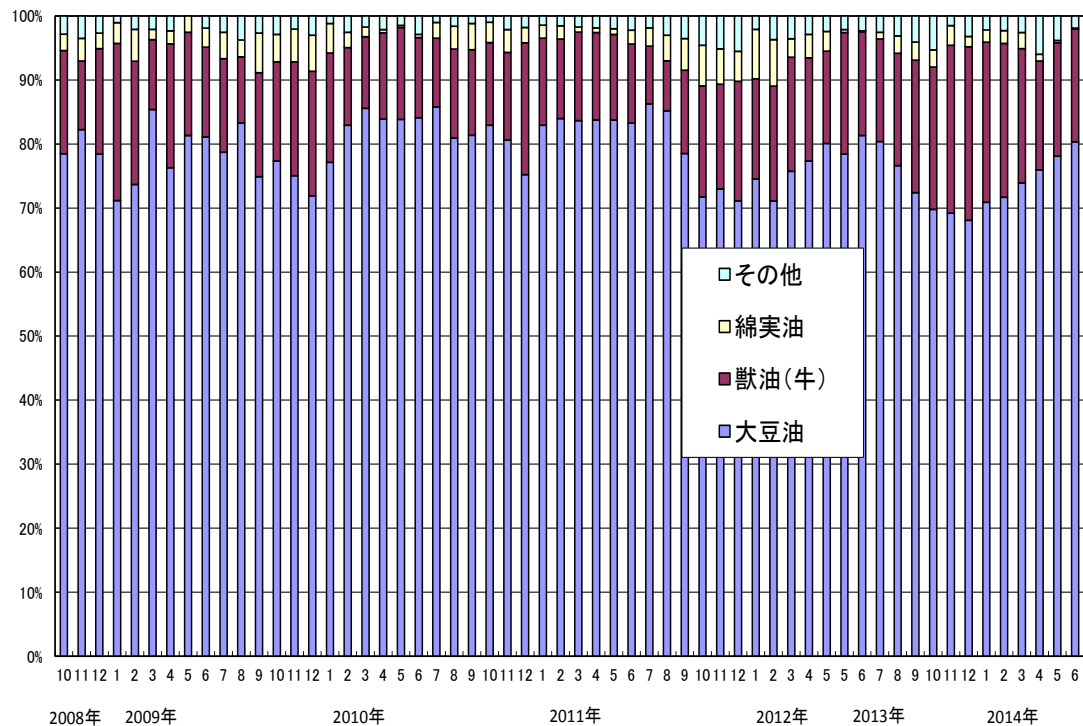
このように、バイオディーゼル生産については大豆油が大部分を占めているが、こうしたことは、バイオディーゼルと食用油向け等との間で新たな競合関係を生じさせる可能性がある。ブラジルは世界の大豆輸出シェアを 1990 年代以降、急速に拡大しており、2015/16 年度では 43.5%と米国(同年 37.1%)を超える世界最大の大豆輸出国となった(USDA-FAS 2015)。このように、ブラジルは米国と並んで世界の大豆供給を担う重要な国へと変わりつつある。世界の大豆需給動向をみると、中国における旺盛な搾油需要量を中心に世界の大豆需要量は増加傾向にあり、大豆生産量が需要量増加に対応できるか否かが今後の世界大豆需給動向の鍵を握る。

以上のように、中国の需要増加に対応していくためにはブラジルの供給増加が不可欠である。今後、世界の大豆供給基地としてブラジルに生産拡大の期待が高まっている状況において、大豆油がバイオディーゼルの主原料となり、食用以外に使用されることは、国際大豆油価格上昇を通じて、国際大豆需給にも影響を与えているため、今後も注視が必要である^{注(18)}。

第4表 ブラジルのバイオディーゼル需給の推移

	(単位: 万 kℓ)									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
生産量	0.1	6.9	40.4	116.7	160.8	239.7	267.3	271.7	291.7	342.0
需要量	0.1	6.9	40.4	112.1	155.8	234.7	254.7	275.4	288.5	339.1

資料：MME(2015)より作成。



第7図 ブラジルにおけるバイオディーゼル原料比率の推移

資料：MAPA(2015)より作成。

5. EUにおけるバイオ燃料政策・需給が国際食料需給に与える影響

(1) バイオ燃料政策と需給動向

EUは世界最大のバイオディーゼル生産地域であり、バイオエタノール生産量も増加傾向にある。EUにおけるバイオ燃料生産の特徴としては、バイオディーゼルが全体の7割を占め、残りの3割がバイオエタノールとなっている。EUにおいても他の国・地域と同様にバイオ燃料原料生産は農産物が大部分を占めているため、バイオ燃料は域内の農産物需給に

も影響を与えている。

EU では温室効果ガス（GHG）排出量の削減を主目的とし、石油依存度の低減、余剰農産物の処理対策を目的に各加盟国でバイオ燃料の生産及び普及の拡大を図る政策が進められている。EU は 1999 年に、エネルギー総供給量に占める再生可能エネルギー供給比率を 1997 年の 6% から 2012 年に 12% にまで引き上げる目標を掲げて以来、積極的にバイオ燃料の導入及び普及を図っている。2009 年 4 月に欧州理事会において採択された「気候・エネルギー政策パッケージ」により、EU では 2020 年までに域内における全輸送用燃料に占める再生可能燃料の割合を 10% にするという義務目標を決定した。この決定により、EU はバイオ燃料普及の更なる拡大を図る方針を示した。

欧州委員会では、この義務目標達成のため、国内バイオ燃料のみならず、輸入バイオ燃料も活用する方針である。このため、国内産バイオ燃料も輸入バイオ燃料も EU 域内では同様に扱われることになる。ただし、輸入バイオ燃料についても国内産同様に「持続可能性基準」を満たすことが必要になる。この「持続可能性基準」は化石燃料に対するバイオ燃料の GHG 削減率が LCA 分析により、35% 以上、2017 年からは 50% 以上、2017 年以降に建設される生産プラントは 60% 以上の削減義務があることに加え、生物多様性に富む土地、炭素貯留の高い土地で生産されたバイオ燃料は域内で流通することが出来なくなる。さらに、GHG 削減率については、「間接的土地利用変化」^{注(19)}の影響も勘案する必要がある。

欧州委員会では、2 年毎に欧州議会及び理事会に対して、バイオ燃料用原料の需要増加に伴う社会的影響について報告する義務がある。同報告では、バイオ燃料政策が入手可能な価格での食料供給確保、特に開発途上国の国民に対して、どのような影響を与えたかを調査し、バイオ燃料政策が食料品価格に重大な影響を与えたことが明らかな場合には是正措置を勧告するとしている。ただし、これらの判断基準や是正措置の勧告については、明確な基準はなく、欧州委員会の裁量に委ねられている。

欧州委員会が 2009 年に発表したバイオ燃料の GHG 排出量及び化石燃料に対する削減率は、原料や製造プロセスにより、異なるものの、化石由来燃料に比べた GHG 削減率は、16～85% となっており、バイオ燃料の使用は、化石由来燃料に比べて GHG を削減する効果を有していると言える。ただし、この評価では「間接的土地利用変化」の影響は考慮されておらず、欧州委員会が 2010 年に報告書を発表した上で「間接的土地利用変化」を勘案したバイオ燃料の GHG 削減率が改めて議論されることになった。

EU は世界最大のバイオディーゼル生産地域であり、2014 年における生産量は 1,128 万トンと世界の生産量の 39.9% を占めている。バイオディーゼルの生産量は 2006 年の 503 万トンから 2014 年の 1,128 万トンに増加している（第 4 表）。最大の生産国は、ドイツの 295 万 kℓ であり、次にフランスの 210 万 kℓ となる。また、EU のバイオエタノール生産量も 2006

年の 158 万 kℓから 2014 年には 516 万 kℓに増加している。域内最大の生産国であるフランスの生産量も 2014 年は 94 万 kℓ、ドイツの生産量は 90 万 kℓである（第 5 表）。ただし、2014 年における世界の燃料用バイオエタノール生産量に占める EU の割合は 5.6%程度とディーゼル生産量が世界生産量に占める割合に比べて世界的シェアが低い^{注(20)}。

第 5 表 EU におけるバイオ燃料需給の推移

(単位: 万kℓ)

	2006年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
バイオディーゼル	503	696	818	973	1,048	1,050	993	1,063	1,128
ドイツ	250	330	284	239	284	330	295	295	295
フランス	67	108	200	237	227	193	216	205	210
スペイン	14	20	25	83	96	74	54	66	85
ポーランド	10	5	19	45	42	41	67	74	85
ベルギー	0	16	31	47	49	54	33	57	68
オランダ	2	10	9	31	43	56	43	62	63
イタリア	68	53	76	91	91	67	33	51	57
オーストリア	14	28	28	37	38	35	30	27	27
その他	78	126	144	163	178	201	222	226	237
バイオエタノール	158	180	273	355	415	446	451	451	516
フランス	30	58	95	104	102	114	100	96	94
ドイツ	45	41	59	75	76	74	77	80	90
英国	0	2	7	8	29	20	17	23	57
ベルギー	0	0	7	22	32	40	45	45	48
オランダ	2	3	1	0	10	40	45	30	45
スペイン	40	36	35	47	47	46	38	42	42
その他	41	40	70	100	120	111	129	136	140

資料：F.O.Licht (2014)より作成。

(2) 間接的土地利用変化及びバイオ燃料が農産物需給に与える影響

2011 年に欧州委員会農業・農村開発局（European Commission, Directorate-General for Agricultural and Rural Development）は、Prospects for Agricultural Markets and Income in the EU 2011-2020（European Commission, Directorate-General for Agricultural and Rural Development 2011）を公表し、バイオ燃料生産量は 2009 年から 2020 年にかけて、年平均 8.0%増加、需要量は同 8.2%増加、純貿易量は同 9.6%増加することを予測した。同予測では、2020 年において、EU のガソリン消費量のうち 11%がバイオエタノール、ディーゼル需要量のうち 8%がバイオディーゼルで占められることを予測している。さらに、同予測では、2020 年における小麦需要量に占めるバイオエタノール仕向け量の割合は 9.2%、とうもろこしに占める割合は 18.2%、その他の穀物に占める割合は 8.0%、植物油需要量に占めるバイオディーゼル仕向け量の割合は 43.3%となることを予測した。特に、「第 2 世代型バイオ燃料」の商業的実用化は依然として進まず、2020 年におけるバイオ燃料のうちわずか 1 %のみが「第 2

世代型バイオ燃料」となることが予測されている。なお、「第2世代型バイオ燃料」とはとうもろこしの葉・茎等といったセルロース、非食用バイオマスから生産されるバイオ燃料のことをさす（この他にもバイオマスをガス化して液体燃料として使用する「バイオガス・ツリー・リキッド」（BTL）等も含まれる）。

バイオ燃料生産における「間接的土地利用変化」の影響については、欧州委員会が2010年末に発表した報告書では、「間接的土地利用変化」を含めた各種モデルを精査した結果、1）現行のモデルでは間接的土地利用変化の影響を定量的に計測するには不確定要素があるため、影響試算に限界があること、2）農産物由来のバイオ燃料は「間接的土地利用変化」の影響により、バイオ燃料が有するGHG排出量削減を減退させる可能性があることを発表した（European Commission 2010）。つまり、この報告は2009年に計測した化石由来燃料に比べたバイオ燃料のGHG削減率は、「間接的土地利用変化」を勘案した場合、農産物由来のバイオ燃料の義務目標を下方修正することを意味した。

この報告書を受けて、欧州委員会は、2020年までに全輸送用燃料に占める再生可能燃料の割合を10%にするという義務目標のうち、土地利用変化を伴う農産物由来のバイオ燃料の割合を5%にする案を2012年10月に欧州議会及び欧州理事会に提案した（European Commission 2012）。これは、農産物由来のバイオ燃料は「間接的土地利用変化」による追加的なGHG排出の可能性があるため、その使用量を制限し、「間接的土地利用変化」による排出を伴わないと考えられている「第2世代型バイオ燃料」により義務目標を達成することを目的とした。しかし、その後、2013年9月に欧州議会で採択された案では、「間接的土地利用変化」による追加的なGHG排出算定に使用されたモデルには不確定要素が多々あり、算定に使用したモデルを2016年6月までに見直すことになった。このため、バイオ燃料のライフサイクルGHG排出の算定に「間接的土地利用変化」の影響を含めるのは2020年以降として提案した。これを受けて、2013年9月に欧州議会で採択された案では、2020年の10%導入目標のうち、農産物由来のバイオ燃料の導入上限は6%とされたものの、2014年12月に欧州エネルギー閣僚理事会では、2020年の10%導入目標のうち、農産物由来のバイオ燃料の導入上限は7%と採択された。そして、2015年4月に欧州議会では、2020年の10%導入目標のうち、農産物由来のバイオ燃料の導入上限は7%と採択した。

以上のように、EUでは2020年の10%導入目標のうち当初は農産物由来については、5%を上限とする案が提案されたが、現在（2015年12月）、農産物由来については7%を上限とする案が決定された。このため、EUのバイオ燃料義務目標である10%のうち、3%が「第2世代型バイオ燃料」を中心とした先端的バイオ燃料、7%が農産物由来の従来型で達成されることになる。そして、今回の欧州委員会の提案が実現される場合、バイオ燃料生産及び流通における持続可能性が達成できるのみならず、農産物需給への影響も当初よりも、

軽減することが可能となる。このように、EU としては、今後、「第2世代型バイオ燃料」の生産拡大を図っていくことを計画している。

しかし、EU においても他の国・地域と同様に「第2世代型バイオ燃料」の商業的実用化の目処は依然としてたっていない。このため、2011 年の欧州委員会農業・農村開発局の予測結果のように、2020 年においても甜菜、小麦、菜種油といった農産物を原料とする「第1世代型バイオ燃料」の生産が中心とならざるを得ない状況が今後も続くものと見込まれる。

EU は環境面を主目的にバイオ燃料を導入した経緯があるため、持続可能性基準のうち GHG 排出量の削減に力点を置いたバイオ燃料政策を推進している。これは GHG 排出量の削減の観点からは、他の国・地域と比べても先進的な取り組みとして評価できる。しかし、バイオ燃料による食料需給の影響については、事後的な対応にとどまり、事前の予防的措置が十分に講じられてない。また、「第2世代型バイオ燃料」生産は、食料との競合を引き起こさないと一般には認識されているが、「第2世代型バイオ燃料」生産により、直接的・間接的に食料需給に影響を与えることも考えられる(Koizumi 2013)。このため、欧州委員会では、農産物由来のバイオ燃料及び「第2世代型バイオ燃料」生産に伴う域内及び域外の農産物需給への影響についても十分に精査した上で、その影響が域内・域外の農業・経済・社会にとって悪影響を及ぼす可能性があるか否かについて、事前に評価する体制を構築することが必要である。

6. 今後の世界のバイオ燃料需給見通し

OECD-FAOが2015年に公表したOECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024 (OECD-FAO 2015) の見通しでは、バイオエタノールの生産量及び需要量は2012-14年平均から2024年にかけて年平均1.6%増加し、2024年の生産量は1億3,444万Kℓ、同需要量は同1億3,412万Kℓに達することが予測されている（第8図）。最大の生産国である米国は、予測期間中、年平均2.3%増加することが予測されているものの、米国では「ブレンド・ウォール」といった制約要因により、需要が伸び悩むため、これまでの10年間のような高い増加率は見込まれておらず、予測期間中の米国の生産量の増加率は0.04%とほぼ横ばいになることが予測されている。また、ブラジルでも予測期間中の増加率は3.7%にとどまっている。

また、バイオディーゼルの生産量及び需要量は2012-14年平均から2024年にかけて年平均2.1%増加し、2024年の生産量は3,857万Kℓ、同需要量は3,829万Kℓに達することが予測されており、最大の生産地域であるEUにおける予測期間中の年平均増加率も0.3%とほぼ横ばいになることが予測されている（第9図）。つぎに、第2世代型バイオ燃料の見通しについて

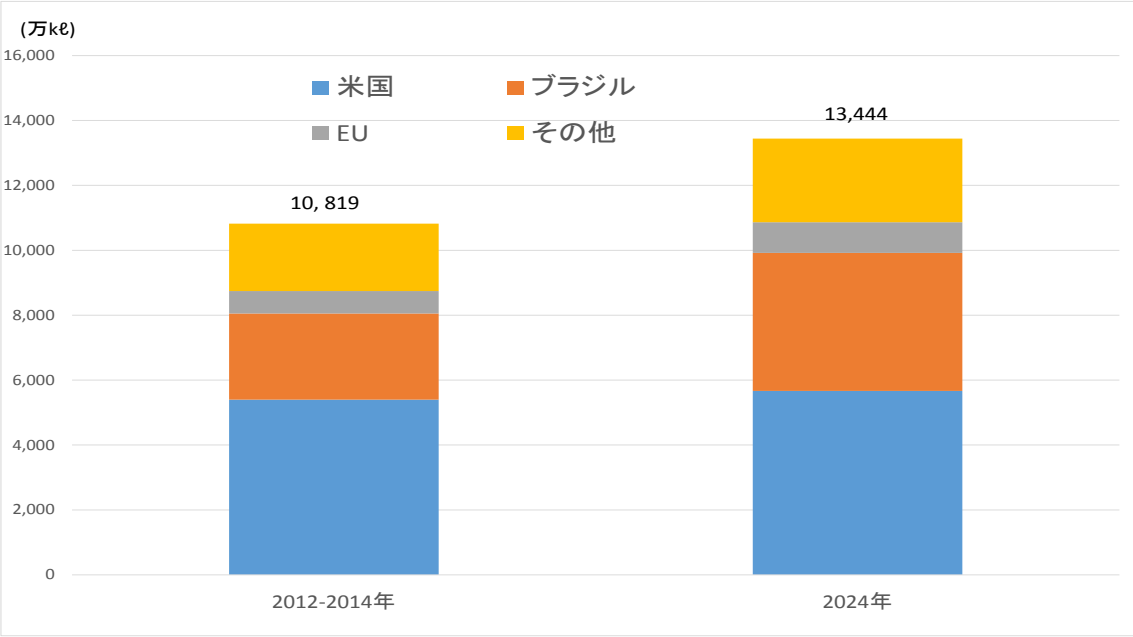
みてみたい。米国におけるセルロース由来のバイオエタノール生産量は、同年の全体の生産量のうち2.2%に過ぎない。また、EUにおけるセルロース由来のバイオエタノールも、同年のEUの生産量のうち4.5%に過ぎない。さらに、EUにおける第2世代型バイオ燃料は2024年におけるEUのバイオディーゼル生産量の1.4%にとどまる予測結果となっている。このように、バイオ燃料の原料については農産物を原料とする第1世代型が大部分を占め、2024年時点でも第2世代型バイオ燃料の生産は期待ほど進まない見通しである。

今後10年間の見通しでは、バイオ燃料の需要量・生産量の増加率は鈍化し、これまでの10年間の増加率に比べて著しく減少することが予測されている。しかし、バイオ燃料需要量はほぼ横ばいで推移するものの、今後も農産物由来のバイオ燃料が生産の大部分を占めるため、農産物由来のバイオ燃料需要量が今後も世界の農産物需給に影響を与え続けていく見込みである。

今後のバイオ燃料需給を決定するのは、これまで論じてきたように各国・地域による政策動向であるが、次に重要な要因は国際原油価格動向である。まず、前述のように1973年の第1次オイルショックを契機とする国際原油価格の高騰により、米国ではバイオエタノールがガソリン代替燃料として注目され、導入が進められたことに加えて、ブラジルでも自動車燃料としてのバイオエタノール普及を促進する「プロアルコール政策」が開始された。そして、国際原油価格が高騰した時期（2005年～2008年夏）には米国、ブラジル、EU等ではバイオ燃料の普及拡大が進められ、多くの国・地域で化石由来代替燃料としてのバイオ燃料の導入・普及が進められた。同時に、この時期には、多くの国・地域でバイオ燃料技術開発投資プロジェクトが進められ、米国、EU及び日本を中心とした各研究機関・大学でも膨大なバイオ燃料研究開発予算を獲得することができた。

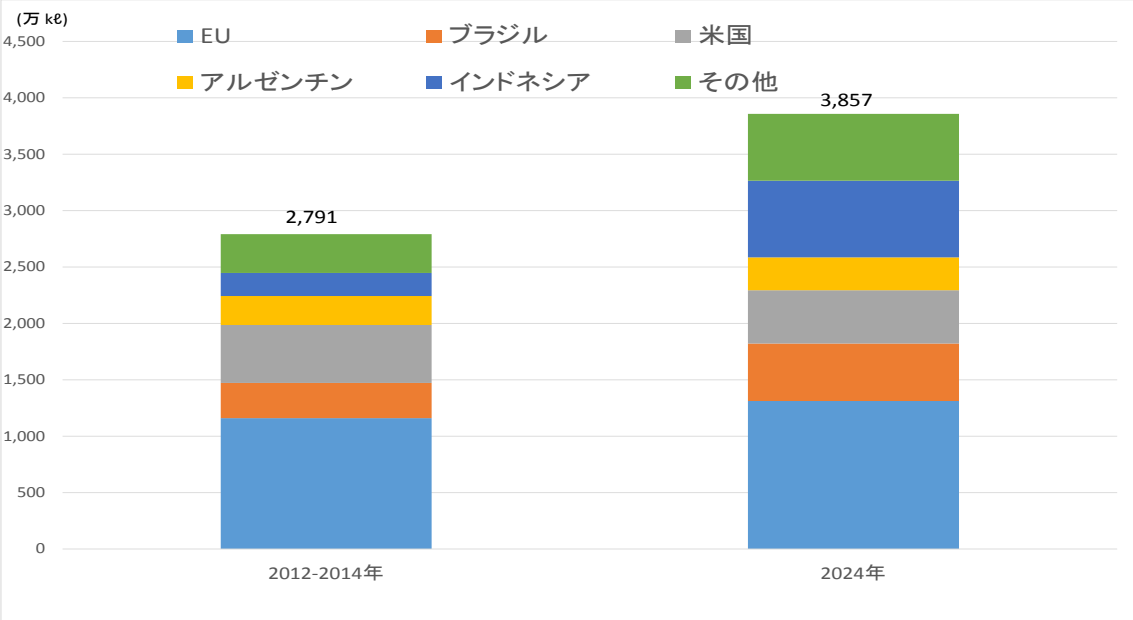
その後、2009年以降も国際原油価格は、堅調に推移し、代替燃料としてのバイオ燃料導入・普及促進が進んだものの、2014年末、国際原油価格が急落し、その後も軟調に推移し、2016年2月第2週は28.15ドル／バレルにまで下落したものの、同年5月第2週は45.5ドル／バレルまで回復している（DOE-EIA）。ただし、原料価格の水準にもよるが、一般に米国のバイオエタノール生産の損益分岐点は国際原油価格が60ドル／バレルであり、これ以下であると操業は困難となる（小泉 2009）。そして、国際原油価格が下がれば、多くの国・地域において化石由来燃料に対するバイオ燃料の価格競争力が減じることになる。そして、各国政府や企業に第2世代型バイオ燃料の研究開発を行うインセンティブを与え続けていくには、最低でも国際原油は100ドル／バレルが必要である（HLPE 2013）。このように、現状の国際原油価格水準では、各国・地域において、代替燃料としてのバイオ燃料には導入するインセンティブが下がり、導入・普及促進に向けた研究開発投資・政策が減退することになる。このため、今後の国際原油価格の推移についても今後のバイオ燃料需給を見通す上

で重要な要因となるので注視が必要である。



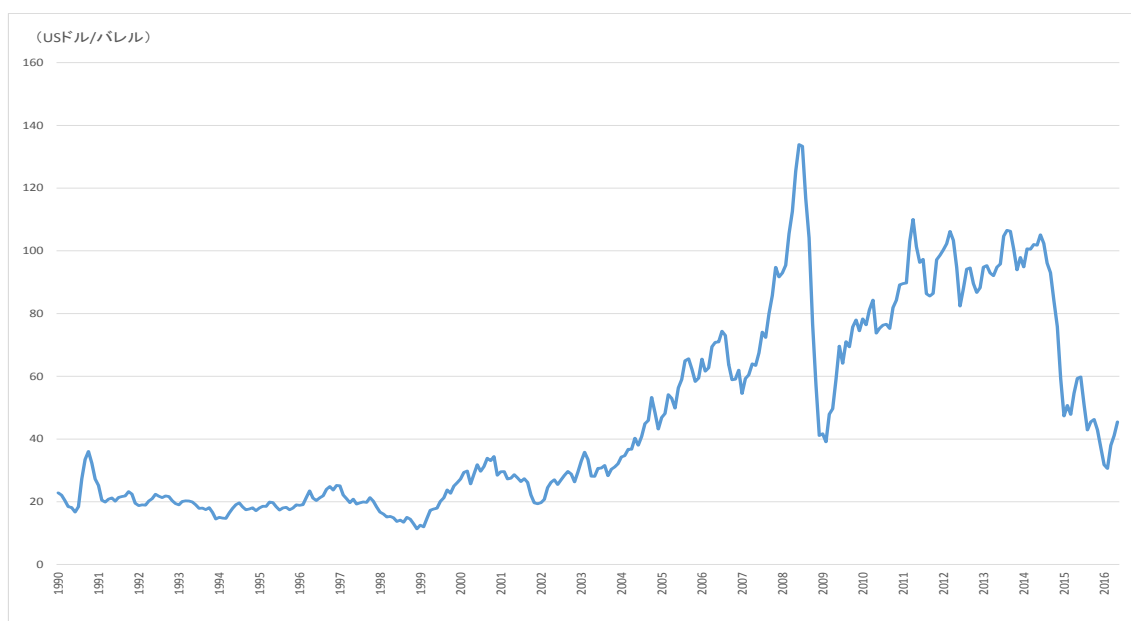
第 8 図 世界のバイオエタノール生産量見通し (OECD-FAO)

資料：OECD-FAO(2015)より作成。



第 9 図 世界のバイオディーゼル生産量見通し (OECD-FAO)

資料：OECD-FAO(2015)より作成。



第 10 図 国際原油価格の推移

資料：DOE-EIA より作成。

注. Crude Oil Future Contract 1 の価格データの月平均値を使用。ただし、2016 年 5 月については第 2 週の週間平均値を使用。

7. 結論

自動車用燃料として使用できるバイオエタノール及びバイオディーゼルといったバイオ燃料は、化石由来燃料からの代替エネルギーとしての利用によるエネルギー安全保障問題への対応、温室効果ガスの削減、農業・農村経済の活性化等の目的により、世界中で導入が進められている。こうした状況下、バイオ燃料の主原料が食用農産物であるため、バイオ燃料需要量増加に伴い、食料との競合を加速化させるという「エネルギーと食料との競合」という問題を発生させた。本研究では、世界におけるバイオ燃料が食料需給に与える影響について世界全体、米国、ブラジル、EU を対象に分析を行った。最近の世界の農産物需給におけるバイオ燃料使用割合は、現段階でもバイオ燃料は未だ農産物需給に大きな影響を与え続ける状況にある。最大のバイオエタノール生産国である米国ではこれまで、バイオエタノール需給を支えてきた税制控除措置等が 2011 年末までに廃止され、現在、需給を支えているのは 2022 年までの再生可能燃料基準のみである。このため、とうもろこし由来のバイオエタノールである「再生可能バイオ燃料」の再生可能エネルギー基準については、今後、増加する余地は小さいものの、その需要量が大きく減少することも考えにくい。

このため、米国のバイオエタノール需要量は少なくとも 2022 年まではとうもろこし需給に影響を与え続けていく要因である点に注視が必要である。また、米国に次ぐ最大の生産国であるブラジルのバイオエタノール生産は、国内砂糖価格とバイオエタノール価格との価格比で決定する構造であり、今後もブラジルのバイオエタノール生産は砂糖価格との関係が大きな鍵を握る。さらに、ブラジルにおいて大豆油がバイオディーゼルの主原料となり、食用以外に使用されていることは、国際大豆油価格上昇を通じて、国際大豆需給にも大きな影響を与えているため、今後も注視が必要である。

最大のバイオディーゼル生産地域である EU については、全輸送用燃料に占める再生可能エネルギーの割合を 10%とする義務目標のうち当初は農産物由来については、5%を上限とする案を提案していたが、現在（2015 年 12 月）、農産物由来については 7%を上限とする案が提案されている。この提案が実現すれば、EU のバイオ燃料義務目標である 10%のうち、3%が「第 2 世代型バイオ燃料」を中心とした先端的バイオ燃料、7%が農産物由来の従来型で達成されることになる。しかし、EU 各加盟国における法制化には、欧州理事会で採択され、各加盟国で法制化された後になってようやく実行に移されるため、実現にはかなりの時間を要することが見込まれる。そして、EU においても米国等と同様に「第 2 世代型バイオ燃料」の商業的実用化の目処は依然としてたっており、農産物を原料とする従来型の「第 1 世代型バイオ燃料」の生産が中心とならざるを得ない状況が今後も続くものと見込まれる。

2015年6月に公表されたOECD-FAOによる今後10年間の需給動向をみると、バイオ燃料の需要量及び生産量の増加率は鈍化し、これまでの10年間の増加率に比べて著しく減少することが予測されている。また、バイオ燃料については農産物由来の第 1 世代型バイオ燃料の生産が今後も大部分を占めることが見込まれている。

これまでの世界のバイオ燃料需給を牽引してきた最大の要因は、まず、第 1 に各国・地域の政策である。ただし、米国では2022年までの再生可能燃料基準が導入されているため、バイオエタノール向けとうもろこし需要量が大きく変化するような要因は現在のところ見当たらない。また、第 2 に国際原油価格動向もバイオ燃料需給に影響を与える要因である。国際原油価格が軟調に推移している状況下、バイオ燃料生産は化石由来燃料に対して価格競争力で劣るため、生産が困難になるケースが増えるものと考えられる。ただし、政府等により一定期間、最低使用義務目標が設定されている米国やEU等では、これまでの生産が大きく落ち込むことは考えにくい。しかし、国際原油価格の下落は、バイオ燃料関連投資、第 2 世代型バイオ燃料を中心とする研究開発投資に対するインセンティブを失わせ、第 2 世代型バイオ燃料の商業的実用化の進捗が遅れる等のように将来的なバイオ燃料生産にも大きな影響を与えることが考えられる。

現在のところ、世界のバイオ燃料需要量はほぼ横ばいで推移するものの、農産物由来のバイオ燃料需要量が今後も世界の農産物需給に影響を与え続けていく見込みである。これは、今後もバイオ燃料生産が農産物価格を「下支え」する要因となり、農産物の国際価格が下がりにくい構造が今後も継続することを意味する。このことが世界の穀物需給が2006年以前の水準に戻らない一つの大きな要因と考えられている。このように、世界のバイオ燃料需給は、これまでの10年間に比べて、増加する余地は少ないものの、国際食料需給を見通す上でも重要な要因であることには変わりがないため、今後もその需給動向に注視する必要がある。

なお、本研究では頁数の関係から他の国（マレーシア、インドネシア、中国、インド、アルゼンチン、コロンビア、ペルー、フィリピン等）におけるバイオ燃料政策動向と農産物需給に与える影響については対象としていないが、今後、こうした国々における政策と農産物需給に与える影響についても論じる必要がある。この点は今後の課題とさせていただきたい。

注(1) 詳細については Koizumi (2014) を参照されたい。

注(2) 本稿で用いる食料安全保障とは、食料の供給・備蓄、入手・アクセス、安定性、栄養面や保健衛生面における摂取・利用の確保を意味する FAO の概念である。

注(3) エンジンが不完全燃焼を起こすことにより一酸化炭素は発生するが、酸素を含有しないガソリンに酸素を含むバイオエタノール及び MTBE といった含酸素添加燃料を混合することにより、エンジンの不完全燃焼を抑制し、一酸化炭素の排出量を抑制することができる。

注(4) MTBE はメタノール・イソブチレンから製造された含酸素添加燃料である。

注(5) 米国のバイオエタノール政策の詳細については小泉 (2009) を参照されたい。

注(6) この 85%混合には、ガソリンとバイオエタノールとの混合での走行が可能なフレックス車 (Flexible Fuel Vehicle) が使用されている。ただし、この車両の普及及び 85%混合は極めて限定的である。

注(7) 2014 年の再生可能エネルギー基準を 152.1 億ガロン(5,749 万 KL)に引き下げる提案を行った。

注(8) 2015 年 5 月に提案された 2014~2016、2017 年の再生可能エネルギー基準提案と今回の最終決定値には多少の相違がある。当初の提案では 2014 年の再生可能エネルギー基準総量は 159.3 億ガロン(6,021 万 KL)、2015 年は 163.0 億ガロン(6,161 万 KL)、2016 年は 174.0 億ガロン(6,577 万 KL)であることから、今回の最終決定でいずれも上方修正を行っている。今回の上方修正については、EPA は EIA (米国エネルギー省エネルギー情報局) による最新のガソリン及びディーゼル需給予測結果を踏まえての修正を行ったことを理由としている。この決定に対して、バイオエタノール業界は評価できる結果として満足している。

注(9) EPA からの聞き取り調査 (2015 年 10 月)。

注(10) IAA は政府の認可を受け、政府のバイオエタノール・砂糖に関する買い入れ等の業務を執行する機関であった。

注(11) ネオリベリズムとは、市場志向型の経済開発戦略であり、対外的市場開放と民間主導の経済活動の促進によって持続的な経済成長を達成することを目的とし、マクロ経済改革、構造改革 (ミクロ経済改)、社会政策から構成される (石黒 2003)。

注(12) 無水エタノールとはアルコール分 99.3%以上のものである。

注(13) ただし、農牧供給省の決定の前には、鉱山動力省、大統領府等関係省庁に諮る必要がある。なお、混合率については、プラスマイナス 1 %の変動も可能となっている。

注(14) これはレギュラーガソリンのみに適用され、プレミアムガソリンへの上限混合率は 25%のままで設定されている。

注(15) 含水エタノールとは、アルコール分 92.6~99.3%までのバイオエタノールである。

注(16) 無水エタノールとは、アルコール分 99.3%以上のものである。

注(17) バイオエタノール 100%を燃料として走行する乗用車であり，研究開発に当たって連邦政府からの補助も行われた。

注(18) ブラジルのバイオ燃料政策と農産物需給に与える影響については小泉（2012）を参照されたい。

注(19) バイオ燃料原料作物の生産により従来の土地で生産されていた作物等が別の土地で生産されることに伴う土地転換を意味する。

注(20) EU におけるバイオ燃料政策の経緯，需給及び貿易等の詳細については小泉（2013）を参照されたい。

[引用文献]

- Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University (CARD) (2015) *Historical Ethanol Operating Margins*, http://www.card.iastate.edu/research/bio/tools/hist_eth_gm.aspx. (2015年11月16日ダウンロード)
- DOE-EIA (Energy Information Administration, U.S. Department of Energy) (2015) *Annual Energy Review*, <http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/>. (2015年11月16日ダウンロード)
- DOE-EIA (Energy Information Administration, U.S. Department of Energy) *Pertroleum & Other Liquids*, <http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=RCLC1&f=D>. (2015年11月17日ダウンロード)
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2010) EPA Finalizes Regulations for the National Renewable Fuel Standard Program for 2010 and Beyond. <http://www3.epa.gov/otaq/renewablefuels/420f10007.pdf>. (2015年11月19日ダウンロード)
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2011) EPA Finalizes 2012 Renewable Fuel Standard. <http://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/420f10056.pdf>. (2015年11月16日ダウンロード)
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2012) EPA Finalizes 2012 Renewable Fuel Standard. <http://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/420f11044.pdf>. (2015年11月17日ダウンロード)
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2013) EPA Finalizes 2013 Renewable Fuel Standard. <http://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/2013-renewable-fuel-standards-renewable-fuel-standard-program-rfs2>. (2015年11月24日ダウンロード)
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2015) *Final Renewable Fuel Standards for 2014, 2015 and 2016, and the Biomass-Based Diesel Volume for 2017*. <http://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/final-renewable-fuel-standards-2014-2015-and-2016-and-biomass-basedpa>. (2015年12月1日ダウンロード)
- European Commission (2010) *Report from the commission on indirect land-use change related to biofuels and bioliquids*, COM(2010) 811, European Commission
- European Commission (2012) *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council*, COM (2012) 595, European Commission.
- European Commission, Directorate-General for Agricultural and Rural Development (2011) *Prospects for Agricultural Markets and Income in the EU 2011-2020*, European Commission.
- F.O.Licht (2014) *World Ethanol & Biofuels Report*, Vol.12, No4.
- Goldemberg J (1996) "The Evolution of Ethanol Costs in Brazil", *Energy Policy* 24 (12), pp1127-1128.
- High Level Panel of Food Security and Nutrition (HLPE) (2013) *Biofuels and Food Security, A report by the High Level Panel of Food Security and Nutrition*, http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE_Reports/HLPE-Report-5_Biofuels_and_food_security.pdf. (2015年11月25日ダウンロード)
- 石黒馨 (2003) 『ラテンアメリカ経済—ネオリベリズムを超えて—』世界思想社 p27.
- 伊東桃子 (2014) 「トウモロコシベースのエタノール産業の発展とバイオ燃料政策で厳しい選択を迫られるオバマ政権」 <http://www.nttdata.com/jp/ja/insights/opinions/2014061901.html>. (2015年11月6日ダウンロード)
- 日本貿易振興機構農林水産・食品部シカゴ事務所 (2013) 「2012年度米国食糧及びバイオ燃料生産の現状と課題」, <https://www.jetro.go.jp/world/reports/2013/07001324.html>. (2015年11月6日ダウンロード)
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (2015) *Anuário estatístico da agroenergia 2014*, http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/anuario_agroenergia_WEB_small.pdf. (2015年11月19日ダウンロード)
- Ministério de Minas e Energia (MME) (2015) *Balanço Energético Nacional*,

- https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf. (2016 年 11 月 4 日ダウンロード)
- 小泉達治 (2007) 『バイオエタノールと世界の食料需給』筑波書房。
- 小泉達治 (2009) 『バイオ燃料と国際食料需給』農林統計協会。
- 小泉達治 (2012) 『バイオエネルギー大国ブラジルの挑戦』日本経済新聞社。
- 小泉達治 (2013) 「EU におけるバイオ燃料が農産物需給に与える影響」『農業と経済』2013.4 臨時増刊号, pp87-95.
- Koizumi, T. (2013) “Biofuel and food security in China and Japan”, *Renewable and Sustainable Energy Review*, 2013, pp 102-109.
- Koizumi T (2014) “Biofuels and Food Security: Biofuel Impact on Food Security in Brazil, Asia and Major Producing Countries”, *Springer*, 2014, pp1-121.
- Koizumi, T (2015) “Biofuels and Food Security” , *Renewable and Sustainable Energy Review*, 52, pp829-841.
- OECD-FAO (2015) OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024, OECD-FAO.
- Tyner WE and F. Taheripour (2007) ”Renewable Energy Policy Alternatives for the future”, *American Journal of Agricultural Economics*, 89 (Number 5), pp1303-1310.
- USDA-FAS (Foreign Agricultural Service, U.S. Department of Agriculture) (2015) *Price Supply and Distribution Views*, <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>. (2015 年 11 月 16 日ダウンロード)
- USDA (U.S. Department of Agriculture) (2015). *USDA Agricultural Projections to 2024*, <http://www.ers.usda.gov/topics/farm-economy/agricultural-baseline-projections.aspx>. (2016 年 11 月 17 日ダウンロード)
- USDE (U.S. Department of Energy). *Alternative Fuels Data Center*, http://www.afdc.energy.gov/fuels/ethanol_e15.html. (2015 年 11 月 19 日ダウンロード)