

# バイオ燃料が世界の食料需給及び フードセキュリティに与える影響

小 泉 達 治

## 要 旨

自動車用燃料として使用できるバイオ燃料は、化石由来燃料からの代替エネルギー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。本研究では米国、ブラジル、EU、インドネシア、マレーシアのバイオ燃料政策・市場構造を定性的に分析し、バイオ燃料が世界の食料需給及びフードセキュリティに与える影響についての考察を行った。世界のバイオ燃料生産量の増加率は鈍化しているものの、いまだ増加傾向は続いている。バイオ燃料の主原料は依然として農産物が大部分を占めているため、現段階でもバイオ燃料は世界の食料需給に影響を与えている状況にある。バイオ燃料による食料価格下支え効果は、2000年代半ば以降の世界の食料需給構造を大きく変えた要因の一つであると考えられる。今後も、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、食料由来のバイオ燃料需要量が世界の食料需給に影響を与え続けていく見込みである。これは、今後も食料価格が下落しにくい構造が継続していくことを意味する。一方、農産物は農民にとって重要な所得源であるため、バイオ燃料生産を通じて、食料価格を「下支え」し、価格の暴落を防ぐことは、農民の所得安定・増加にもつながると考える。このため、バイオ燃料が世界のフードセキュリティにとってプラスとなるような取組を国際社会で進めていくことが今後、重要となる。

キーワード：バイオ燃料、世界の食料需給、フードセキュリティ、バイオ燃料と食料との競合、食料価格の下支え効果

## 1. はじめに

自動車用燃料として使用してい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（GHG）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。バイオエタノールとは、サトウキビのような糖質原料やとうもろこしのような澱粉質原料

を発酵・蒸留して製造されるものである。澱粉質原料を使用したバイオエタノールの製造工程については、一般には原料の粉碎、糖化、発酵、蒸留により製造されるが、糖質原料を使用した場合は、糖化の工程は省かれる。この他に、稲わらや木質等のセルロース系バイオマス原料（以下「セルロース系原料」という）からもバイオエタノールが製造されている。バイオディーゼルとは、ディーゼルエンジン用軽油の代替燃料として植物油等の原料をメチルエステル化すること等により製造されている。バイオディーゼルは、菜

種油、パーム油、大豆油といった植物油を主原料として生産されている<sup>(1)</sup>。石油代替エネルギーとしてのバイオ燃料の導入・普及は、2005～2008年にかけての国際原油価格の高騰により世界中で進んだ。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、バイオ燃料需要増加は、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」という世界的な問題を発生させ、国際的な問題に発展した。

バイオ燃料政策が国際食料需給に与える影響に関する研究では、まず、Koizumi (2003) がブラジルのバイオエタノール政策による国際砂糖需給に与える影響評価を行った。ほかにもTokgoz et al (2007), Mitchell (2008), Rosegrant (2008), FAO (2008), National Research Council (2011), IEEP (2012) がバイオ燃料政策が国際食料需給に与える影響試算を行った。また、Ewing and Msangi (2009) はバイオ燃料が世界のフードセキュリティに与える影響評価を行い、HLPE (2013) はバイオ燃料が世界のフードセキュリティに与える影響についての考察を行った。また、Koizumi (2015) は世界のバイオ燃料政策が世界のフードセキュリティに与える影響についての定性的・計量的研究を行った。

ただし、2013年以降のバイオ燃料生産主要国である米国、ブラジル、EU、インドネシア及びマレーシアにおけるバイオ燃料政策の変化を踏まえ、世界の食料需給及びフードセキュリティに与える影響評価を行った学術的研究は内外で行われていない<sup>(2)</sup>。このため、本研究では2013年以降を中心とした米国、ブラジル、EU、インドネシア、マレーシアのバイオ燃料政策・市場構造を定性的に分析し、世界におけるバイオ燃料が世界の食料需給及びフードセキュリティに与える影響についての考察を行うことを目的としている。本研究では、第2節において世界のバイオ燃料をめぐる国際的議論と生産量等の推移について解説する。また、第3節では米国、ブラジル、EU、インドネシア、マレーシアにおけるバイオ燃料政策及び市場構造、そして食料需給に与える影響について論じる。そして、第4節では、今後の世界のバイオ燃料需給見通しとバイオ燃料需給に影響を与える要因について、第5節では、バイオ燃料と

食料との競合及びフードセキュリティについて論じる。結論では、バイオ燃料が世界の食料需給及びフードセキュリティに与える影響についての考察を行う。

## 2. 世界のバイオ燃料をめぐる国際的議論と生産量等の推移

前述のように、2005～2008年にかけての国際原油価格の高騰により、石油代替エネルギーとしてのバイオ燃料の導入・普及が世界中で進められた。このため、バイオ燃料の主原料が食用農産物であるため、バイオ燃料需要拡大は、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」という世界的な問題を発生させた。特に、国際穀物等価格が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拡大との関係については、国際社会でも議論されることになった。そして、バイオ燃料が世界の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」(世界の食料安全保障に関するハイレベル会合) や同年7月に開催された「洞爺湖サミット」(主要国首脳会議) でも議論されるまでに至った。さらに、国連食料農業機関 (FAO) は「FAO世界食料農業白書2008年：バイオ燃料、見通し、リスクと機会」を公表し、バイオ燃料と世界のフードセキュリティの関係についての論点整理と各国・地域への政策提案を行った。日本では食料価格高騰への関心が高まった2008年頃と比べて、バイオ燃料生産と食料需給に与える影響についての関心は低くなったものの、2008年以降もバイオ燃料が世界のフードセキュリティ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。なお、本研究における世界のフードセキュリティとは、FAOの定義である「すべての人が、いかなる時にも、彼らの活動的で健康的な生活を営むために必要な食生活上のニーズと嗜好に合致した、十分に、安全で、栄養のある食料を物理的にも、社会的にも、経済的にも入手可能であるときに達成される」(FAO, 2009) との定義を使用する。

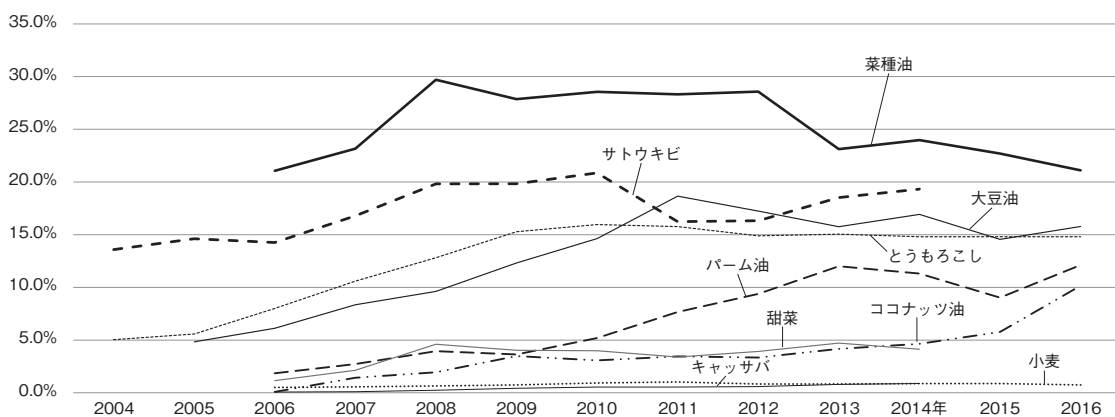
2013年6月にはFAOにおける「世界フードセキュリティ委員会」(Committee on World Food

Security) への報告書として「バイオ燃料とフードセキュリティ」(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フードセキュリティ委員会では、世界各国・地域の農業関係者等の代表者がバイオ燃料と世界のフードセキュリティについての幅広い議論を行った<sup>(3)</sup>。また、2013 年以降、米国、EU ではバイオ燃料政策に大きな変化があり、こうした政策変化は世界の食料需給及びフードセキュリティにも大きな影響を与えるものとなった。

2006 年における世界のバイオ燃料生産量は 4,685 万 kℓ から 2016 年には 1 億 3,648 万 kℓ まで増加した (第 1 表)。なお、このうち 2016 年では、バイオエタノール生産量が 9,929 万 kℓ、バイオディーゼル生産量が 3,719 万 kℓ となっている。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。2016 年における米国とブラジルのバイオエタノール生産量は世界の 81% を占めている。バイオディーゼル生産については、EU が世界最大の生産地域であり、2016 年には EU のみで世界のバイオディーゼル生産量の 39.1% を占めた。また、同年における米国の生産量は 19.5%、ブラジルは 10.2%、インドネシアとマレーシアの合計は 10.1% となっている。一方、バイオ燃料生産量の増加率は、2007 年の 32.5% をピークに、2008 年以降、低下しており、

2012 年には 1.0% まで落ち込んだものの、2013 年には 7.8% に回復し、2016 年には 3.1% となっている。このように、世界のバイオ燃料生産量の増加率は鈍化しているものの、いまだ増加傾向は続いている。

最近の世界の食料需要におけるバイオ燃料向け割合は、第 1 図のように、サトウキビ生産量の 19.3% (2014 年)、とうもろこし需要量の 14.8% (2016 年)、菜種油需要量の 21.1% (2016 年)、大豆油需要量の 15.8% (2016 年)、パーム油需要量の 12.1% (2016 年) となっている。菜種油のようにバイオ燃料向け割合が 2011 年以降、低下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、変動を伴いながらもその使用割合が上昇している。なお、米国は世界最大のとうもろこし生産国・輸出国、大豆生産国、ブラジルは世界最大の砂糖生産・輸出国、大豆輸出国、EU は世界最大の菜種油輸出地域、インドネシアは、世界最大のパーム油生産国・輸出国、マレーシアは世界第 2 位のパーム油生産国・輸出国である。また、サトウキビのように 2011 年のバイオ燃料向け割合が低下したものの、再度、割合が上昇している品目やとうもろこしのように 2009 年以降、ほぼ横ばいで推移している品目もある。このため、対象農産物にもよるが、バイオ燃料はいまだに世界の食料需給に影響を与えている状況にある。



第 1 図 世界の農産物需給におけるバイオ燃料使用割合の推移

資料：FAO (2017), USDA (2017), USDA-FAS (2015), USDA-FAS (2016 a), USDA-FAS (2016 b), USDA-FAS (2017 a), USDA-FAS (2017 b), USDA-FAS (2017 c), USDA-FAS (2017 d), USDA-FAS (2017 e), USDA-FAS (2017 f), USDA-FAS (2017 g), USDA-FAS (2017 h), USDA-FAS (2017 i) を基に筆者推計。

第1表 世界のバイオ燃料生産量の推移

	単位	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年
バイオ燃料生産量	万kℓ	4,685	6,208	8,148	9,099	10,501	10,917	11,027	11,882	13,055	13,243	13,648
生産量増加率	%	-	32.5	31.3	11.7	15.4	4.0	1.0	7.8	9.9	1.4	3.1
世界バイオエタノール生産量	万kℓ	3,919	4,987	6,602	7,310	8,498	8,472	8,374	8,843	9,453	9,854	9,929
生産量増加率	%	-	27.3	32.4	10.7	16.3	-0.3	-1.2	5.6	6.9	4.2	0.8
米国	万kℓ	1,838	2,455	3,497	4,073	5,009	5,281	5,035	5,040	5,429	5,605	5,770
ブラジル	万kℓ	1,670	2,000	2,420	2,392	2,553	2,102	2,162	2,540	2,627	2,816	2,228
中国	万kℓ	169	170	200	218	213	260	260	279	320	300	315
EU	万kℓ	161	180	276	354	414	437	450	463	522	502	472
その他	万kℓ	81	182	209	273	309	393	466	521	555	631	1,144
世界バイオディーゼル生産量	万kℓ	767	1,221	1,547	1,789	2,003	2,445	2,653	3,039	3,602	3,390	3,719
生産量増加率	%	-	59.2	26.7	15.7	11.9	22.1	8.5	14.6	18.5	-5.9	9.7
EU	万kℓ	573	799	835	1,050	1,114	1,084	1,150	1,252	1,425	1,460	1,453
米国	万kℓ	107	220	337	190	131	383	390	588	589	577	727
アルゼンチン	万kℓ	13	39	81	134	206	276	279	227	294	206	302
ブラジル	万kℓ	8	46	117	161	239	267	272	292	342	394	380
インドネシア	万kℓ	6	32	68	57	91	142	176	222	396	176	284
マレーシア	万kℓ	6	11	19	26	13	6	18	34	93	100	91
その他	万kℓ	55	74	90	172	210	287	368	425	463	478	481

資料：F.O.Licht (2016) より作成。

### 3. 各国・地域におけるバイオ燃料政策とその影響

#### (1) 米国—バイオ燃料政策と食料需給に与える影響—

##### 1) 米国の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国際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、1978年以降、米国ではバイオエタノール普及に向けた政策が開始された。ただし、バイオエタノール需給が急激に拡大したのは、2005年以降の政策によるものである。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。「2005年エネルギー政策法」において定められた「再生可能燃料基準」は2006年に施行されたものの、バイオエタノール使用量は、2007年までに2012年の目標が前倒しで実施されることが現実となった。このため、「2005年エネルギー政策法」における義務目標を超える更なる再生可能燃料義務目標を定めた「2007年エネルギー自立・安全保障法」(Energy Independence and Security Act of 2007)が2007年に成立した。同法では、2022年までの「再生可能燃料基準」(Renewable Fuel Standard)を定め、2022年までに同基準を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とし、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)。米国は同法に基づく再生可能燃料基準の設定により、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ブレンダー・輸入業者・精製業者に課された最

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)はライフサイクルアセスメント(LCA)により、ガソリンもしくは軽油に比較して、GHGを20%以上削減する必要がある。先端的バイオ燃料(Advanced Biofuel)<sup>(4)</sup>はLCA分析により、GHGを50%以上削減する必要がある、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。毎年の再生可能燃料基準は、EPA(環境保護局)がその前年のバイオ燃料需給動向、特に先端的バイオ燃料の生産技術水準を勘案して決定する。具体的には、毎年のガソリン及び軽油需要見込み量に一定の混合割合を決定して、再生可能燃料基準が算定される。そして、同法により定められた再生可能燃料基準は、毎年、EPAにより、実際のバイオ燃料需要を勘案して、再計算されることで再生可能燃料基準が「補正」されている。また、再生可能燃料基準は前年の目標達成成分を超過した分の20%までを、翌年に上乘せすることができる。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。しかし、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として、同州知事からの要請を拒否した<sup>(5)</sup>。

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8月21日に327.2USドル/トンにまで上昇した。とうもろこし価格上昇は畜産業界にとって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、再生可能燃料基準の義務量減免を求める措置を要求した。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

第2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年
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	19.3	19.3	-	-	-	-
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	15.0	15.0	-	-	-	-
先端的バイオ燃料		0.6	0.95	1.35	2.00	2.75	2.67	2.9	3.6	4.3	4.3	-	-	-	-
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	0.3	0.3	-	-	-	-
うちバイオディーゼルの先端的バイオ燃料 (推計)		0.5	0.65	0.8	1.0	1.28	1.63	1.73	1.9	2.0	2.1	2.1	-	-	-
その他の先端的バイオ燃料 (推計)		0.1	0.29	0.54	0.99	1.46	1.01	1.03	1.48	1.97	1.90	-	-	-	-
「2007年エネルギー自立・安全保障法」(EISA) 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の先端的バイオ燃料		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), EPA (2016), EPA (2017) より作成。

能燃料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、バイオエタノール混合率の増加を義務付ける再生可能燃料基準は、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燃料基準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状況や技術水準を勘案しながら、EPAが決定する。ただし、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燃料基準を1億ガロン（37.8万kℓ）から650万ガロン（2.5万kℓ）へと大幅に下方修正した。また、2011年の同基準についても、3億ガロン（113万kℓ）から660万ガロン（2.5万kℓ）、2012年の同基準についても5億ガロン（189万kℓ）から870万ガロン（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、EPAは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2表）。

2013年8月、EPAは同年における再生可能燃料基準を決定した。この決定は同年2月までに決定するものであったが、再生可能燃料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燃料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要したことから、EPAは最終決定を延長した。最終的に2013年の再生可能燃料基準は「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）を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燃料基

準を10億ガロン（378万kℓ）から600万ガロン（2.3万kℓ）へと大幅に引き下げた（第2表）。この引き下げに伴い、先端的バイオ燃料の再生可能燃料基準に変更はないものの、バイオディーゼルの基準を当初のゼロから10億2,800万ガロン（389万kℓ）に設定、その他の先端的バイオ燃料の基準量も10億4,600万ガロン（395万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年の再生可能燃料基準総量は181.5億ガロン（6,861万kℓ）であったが、2014年に同法で定めた基準総量の達成が難しい状況となった。この理由としては以下の3点が挙げられる。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、ガソリン需要量の増加率が2000年代以降、鈍化したことである。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。米国の自動車用ガソリン需要量は、1949年以降、増加傾向にあったが、2007年には1,391億ガロン（5億2,800万kℓ）から2008年以降は減少した。そして、2013年から再び増加しつつあり、2016年には1,372億ガロン（5億2,100万kℓ）となっているものの、対前年増加率でみると、長期的には下落基調にある（DOE-EIA, 2017b）。

第2に、後述する「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等の商業的実用化・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、全体の再生可能燃料基準を達成するため、とうもろこし由来の「再生可能バイオ燃料」の再生可能燃料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、既にとうもろこし由来のバイオエタノールの基準量上限が150億ガロン（5,670万kℓ）に決定されているため、「再生可能バイオ燃料」の再生可能燃料基準を150億ガロン以上に設定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年の再生可能燃料基準について、「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<sup>(6)</sup>。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燃料基準決定に向けた調整がつかず、2013年以内に翌年の再生可能燃料基準を決定することができなくなった。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)の再生可能燃料基準の提案を行い、公聴会、パブリックコメントを経て、同年11月30日に決定した。最終的に、2014年における再生可能燃料基準総量は、「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<sup>(7)</sup>(第2表)。セルロース系バイオエタノール需要量についても2014年は33百万ガロン(12.5万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バイオ燃料(「再生可能バイオ燃料」)の基準量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。そして、2017年における再生可能燃料基準総量は、「2007年エネルギー自立・安全保障法」で定めた基準量を下回る193億ガロン(7,295万kℓ)となった。セルロース系バイオ燃料についても2017年は3億1,100万ガロン(118万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。そして、2017年のとうもろこし由来バイオ燃料の基準量は、上限である150億ガロン(5,670万kℓ)となった。なお、2016年5月に提案された2017年及び2018年の再生可能燃料基準提案と2016年11月の最終決定値にも多少の相違がある。当初の提案では2017年の再生可能燃料基準総量は181億ガロン(6,846万kℓ)から最終決定では193億ガロン(7,295万

kℓ)と上方修正を行った。さらに、2017年11月に2018年における再生可能燃料基準総量は同法で定めた基準量を下回る192.9億ガロン(7,292万kℓ)と決定された(第2表)。セルロース系バイオエタノール需要量についても2018年は2億8,800万ガロン(109.3万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。そして、2018年のとうもろこし由来バイオ燃料の基準量は、上限である150億ガロン(5,670万kℓ)となった。特に、今回の提案は、セルロース系原料からのバイオ燃料が前年に比べて下方修正されたことにより、再生可能燃料基準全体も下方修正されることになった。

このように、EPAは「2007年エネルギー自立・安全保障法」で定めた再生可能燃料基準総量を下回る再生可能燃料基準の決定を行った。2015年の決定は2007年時点で成立した「2007年エネルギー自立・安全保障法」で定めた再生可能燃料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となった。このため、2015年の決定により、再生可能燃料基準については今後もガソリン及びバイオエタノール需要の状況、セルロース系バイオ燃料の生産状況に応じて、同法による2007年時点で決定された再生可能燃料基準が下方修正される可能性が高く、同法で決定した2022年までの再生可能燃料基準総量を360億ガロン(13,608万kℓ)とする義務目標達成は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燃料基準を達成するとの義務目標を決定した。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の拡大が容易ではないということ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年以降の再生可能燃料基準設定に至っては、ついに同法による再生可能燃料基準維持の限界に達し、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(0.45USドル/ガロン)が2011年末に

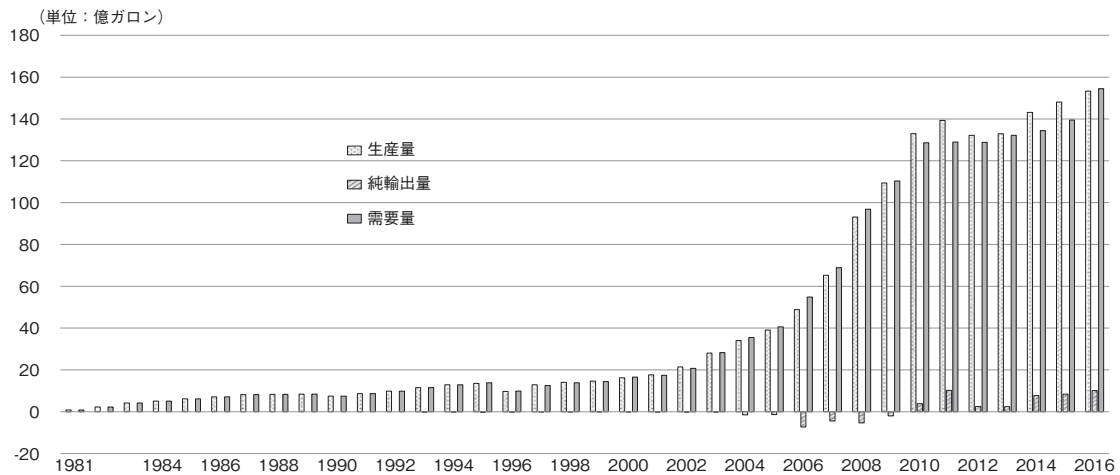


失効し、これと連動してバイオエタノール関税(0.54USドル／ガロン)も撤廃された。また、セルロース系バイオエタノール製造業者に対しては、1.01USドル／ガロンの税制控除を行ってきたが、これも2014年末で失効した。このように、1978年以降、長年にわたって米国のバイオエタノール需給を支えてきた税制控除は廃止、関税及びセルロース生産補助金も廃止され、現在、バイオエタノール需給を支える政策は再生可能燃料基準のみとなった。

## 2) バイオエタノール需給の推移と「ブレンド・ウォール」の問題

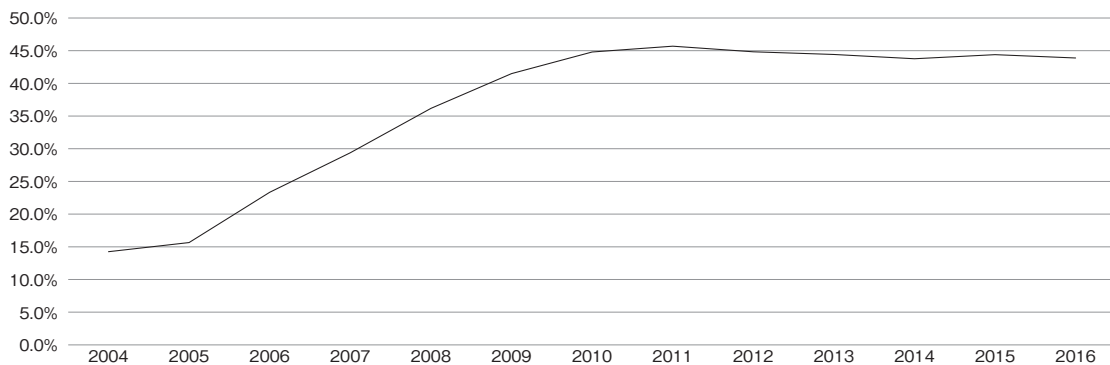
米国におけるバイオエタノール需要量は、1990年に7.5億ガロン(283万kℓ)から2016年には153.3億ガロン(5,080万kℓ)へと拡大した

(DOE-EIA, 2017) (第2図)。バイオエタノールのガソリン混合率は10%が主であるが、一部では85%混合も存在している<sup>(8)</sup>。米国における燃料用バイオエタノール生産量については、1990年から2016年にかけて年平均12.3%増加しており、米国は2005年にブラジルを抜いて世界最大の生産国となり、2016年の米国のバイオエタノール生産量は世界の生産量の58.1%を占めている(F.O.Licht, 2016)。特に、米国ではドライミル<sup>(9)</sup>を中心として2000年以降、新規に数多くのバイオエタノール工場が建設された。また、米国のとうもろこし需要量に占めるバイオエタノール需要量の割合を時系列データでみてみると、2004/05年度の14.2%から上昇し、2011年には45.7%に達した後、ほぼ横ばいで推移しており、2016/17年度では43.9%となっている(第3図)。米国で



第2図 米国のバイオエタノール需給の推移

資料：DOE-EIA (2017b) より作成。



第3図 米国のとうもろこし需要量に占めるバイオエタノール向け使用量の割合の推移

資料：USDA-FAS (2017h) 及びUSDA (2017) より作成。

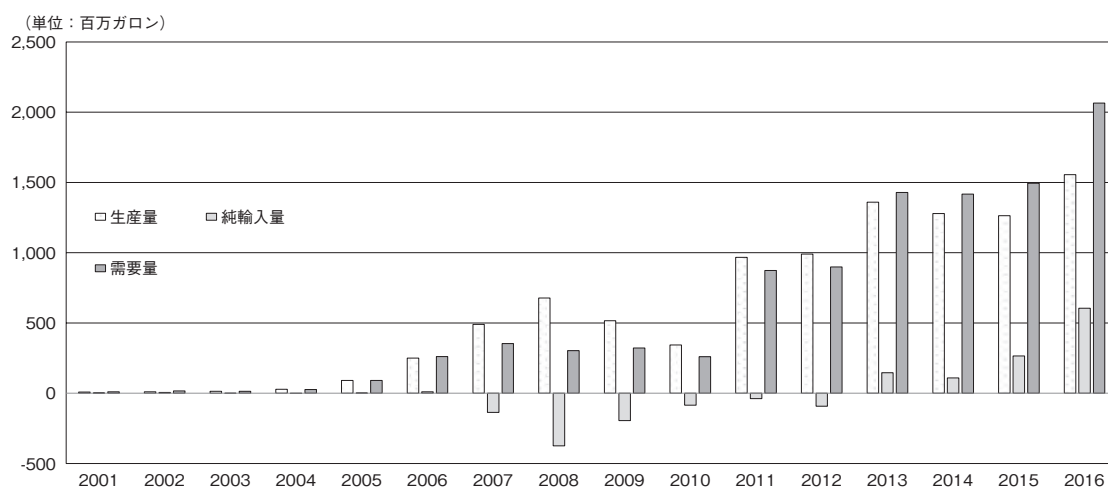
はとうもろこし需要量の4割強がバイオエタノール需要量で占められている状態が続いているため、米国のとうもろこし需給にも大きな影響を与えている。また、米国は従来からブラジルを中心とする国からバイオエタノールを輸入してきたが、2010年以降は輸出を伸ばし、2016年には1,010百万ガロン(383万kℓ)を輸出した(DOE-EIA, 2017b)。これは2013年以降、原料であるとうもろこし生産量の増産等とバイオエタノール需要量の伸び悩みから国内需要量を上回る生産量があったため、こうした余剰分が輸出された。

米国では、「改正大気清浄法」により、通常のガソリ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%の混合率上限の「壁」(ブレンド・ウォール)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。このため、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く、ガソリンスタンドが対応するか否かが大きな鍵を握る。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(DOE, 2015)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。このように、米国では国内におけるバイオエタノール需要量が「頭打ち」となるため、バイオエタノール業界では、今後、カナダ、メキシコ等へのバイオエタノール輸出を増加するほか、新規に日本への輸出を計画している<sup>(10)</sup>。

### 3) バイオディーゼル政策の展開とバイオディーゼル需給

米国では、大豆油を主原料としてバイオディーゼル生産が行われており、2001年における生産量は9百万ガロン(3.4万kℓ)から、2008年に678百万ガロン(257.4万kℓ)に増加し、その後、減少したものの、2011年以降、急拡大し、2016年には1,556百万ガロン(590.7万kℓ)に拡大している(第4図)。また、需要量も2001年以降、増加傾向にあり、2011年以降、生産量と同様に急拡大した。米国におけるバイオディーゼル需給の特徴としては、2013年以降、需要量が生産量を超過しているため、その「ギャップ」を輸入で満たしている。



第4図 米国におけるバイオディーゼル需給の推移

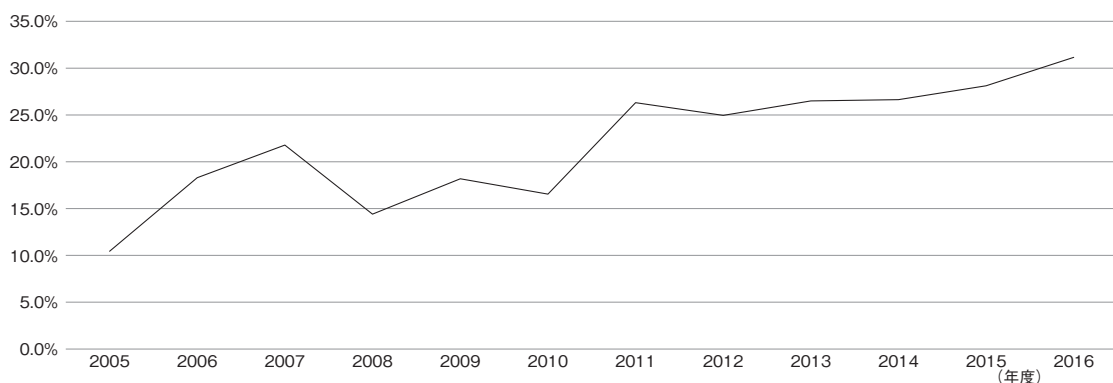
資料: DOE-EIA (2017b) より作成.

米国におけるバイオディーゼル需要拡大は政策的要因に起因する。元々「2007年エネルギー自立・安全保障法」では、2012年までの再生可能燃料基準しか定めておらず、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ものと見込まれていた。しかし、実際には同法を批准した米国議会の想定以上に普及が進んだ。これに加えて、先端的バイオ燃料のうち、セルロースからのバイオ燃料生産が進展しなかった。このため、EPAは先端的バイオ燃料の基準量を大幅に下げずに、維持させることが求められた。バイオディーゼルは、軽油に対して74%ものGHG削減効果を有する（DOE）と認められているため、先端的バイオ燃料に該当する。このため、バイオディーゼルについては、2013年以降も再生可能燃料基準を定めることがEPAにより決定された。なお、前述の2017年11月にEPAからの再生可能燃料基準提案では、2018年のバイオディーゼル基準値は前年比5%増加の21億ガロン（794万kℓ）が提案されており、他のバイオ燃料の基準値が前年に比べて、減少もしくは変化なしの提案の中、バイオディーゼルの基準のみ前年に比べて増加している（第2表）。米国における大豆油需要量に占めるバイオディーゼル向け使用量の推移をみると、2005年に10.4%であったものが、2016年には31.2%に上昇している（第5図）。このように、米国におけるバイオディーゼル生産は、大豆油需要量に影響を与えているものと考えられる。

#### 4) バイオ燃料需給がとうもろこし及び大豆需給に与える影響

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」の再生可能燃料基準については、既に145億ガロン（5,481万kℓ）に達しており、バイオエタノール需要量が増えたとしても150億ガロン（5,670万kℓ）が上限である。前述のように、とうもろこしを主とする「再生可能バイオ燃料」は、LCAによりガソリン等に対して、GHGを20%以上削減する必要がある。EPAでは「再生可能バイオ燃料」はガソリンに対してGHGを21%削減するデフォルト値<sup>(1)</sup>を採用している。一方、米国農務省は2017年に発表した委託報告書において、2014年時点で同バイオ燃料はガソリンに対してGHGを43%削減し、2022年時点では48～76%ものGHGを削減するとの結果を公表した（ICF, 2017）。しかし、米国農務省はGHGデフォルト値を決定する権限を有しておらず、再生可能燃料基準の主幹省庁であるEPAがこのデフォルト値を認めない限り、公式な値として認められない。現在（2018年3月）のところ、EPAがこの米国農務省によるデフォルト値を検証し、公式な値とする動きは見られない。

今後、もし、国際原油価格が暴落し、原料であるとうもろこし価格が高騰することにより、長期にわたり、バイオエタノール生産マージンが損益分岐点を下回る場合は、とうもろこし由来のバイオエタノール生産量が減少する可能性はある。しかし、とうもろこし由来のバイオエタノール需要量が2022年までに大きく減少することは、再生



第5図 米国的大豆油需給に占めるバイオディーゼル使用量の推移

資料：USDA-FAS（2017h）及びUSDA（2017）より作成。

可能燃料基準が2022年まで決められているため、現在のところ考えにくい。このため、2022年までの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割程度から大きく変わることのない固定枠のような需要量として今後も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と考えられる。

また、大豆油由来のバイオディーゼルである「再生可能バイオ燃料」の再生可能燃料基準については、「2007年エネルギー自立・安全保障法」制定時には2012年までの基準として設定されていたものが、政策的に2013年以降の基準量が拡大し、米国の大豆油需要量の3割を占めるまでに増加している。今後もセルロース系原料からのバイオ燃料生産が進まないものと見込まれる状況下、先端的バイオ燃料の基準量を維持するため、その「穴埋め」として、バイオディーゼル基準量が2022年まで増加するものと見込まれる。ただし、国際原油価格が暴落し、原料である大豆油価格が高騰した場合、バイオディーゼル生産における損益分岐点を下回る状態が長く続くことで、生産量が減少することも考えられるが、そうでない限り、2022年までのバイオディーゼル需要量は、米国の大豆油需要量の3割程度から上昇する可能性もある。以上により、米国のバイオディーゼル需要量は生産マージンにもよるが、少なくとも2022年までは大豆油需給に影響を与え続けていく要因であると考えられる。

## (2) ブラジル—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2016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22.4%を占めており、米国に次ぐ世界第2位のバイオエタノール生産国である。また、ブラジルは2016年度における世界砂糖生産量の22.9%、貿易量については48.7% (USDA-FAS, 2017h) を占める世界最大の砂糖生産国・輸出国であり、ブラジル国内の需給変動が、世界砂糖需給に大きな影響を与えている。ブ

ラジル連邦政府は、1931年に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%)を義務付けた。ただし、バイオエタノール需要量及び生産量が本格的に増加するのは1975年以降である。1973年の第1次石油危機により、国際原油価格は高騰した<sup>(12)</sup>。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 (砂糖・アルコール院) 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。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・リベラリズム」<sup>(13)</sup> 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。

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、農牧供給大臣がガソリンへの無水エタノール<sup>(14)</sup> 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<sup>(15)</sup>。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<sup>(16)</sup>。

## 2) バイオエタノール需給と生産構造

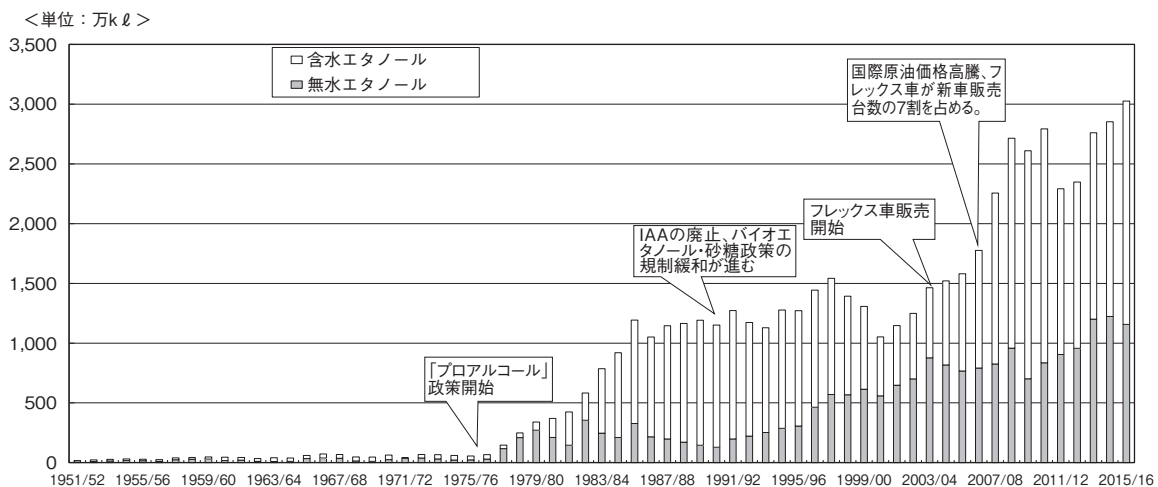
ブラジルの国内バイオエタノール生産量をみると、1951年度から1975年度にかけて大きな変化はなく推移したが、「プロアルコール」政策が開始された1975年度以降、大きく増加していることがわかる(第6図)。そして、「プロアルコール」政策が終了した1990年度以降も生産量は増加し、2000年度は減少した。しかし、2003年を境に需給構造は一変する。含水エタノール<sup>(17)</sup>は2003年以降、生産量が増加し、無水エタノールは、2003年以降、変動を伴いながらも生産量は、ほぼ横ばいで推移している。特に、バイオエタノール生産量に占める無水エタノールの割合は、2003年の59.9%から2015年には38.2%と減少する一方、含水エタノールの割合は、2003年の40.1%から2015年には61.8%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できる「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・砂糖生産への仕向け量の推移をみると、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(第7図)。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、バイオエタノール生産と砂糖生産はサトウキビの生産配分をめぐり競合関係にある。

## 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、軽油に対して、2008年1月からバイオディーゼル2%混合を義務付けた。そして、2008年7月からは同3%混合、2009年7月から同4%混合、2014年7月からは同6%混合、2014年11月からは同7%混合、2017年3月からは同8%混合を義務付けた。そして、大統領特別令13263号により、2018年3月からは同9%混合、2019年3月からは同10%混合が予定されている。

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まで増加した(第3表)(MME, 2015)。バイオディーゼルの原料農作物としては、大豆油、ヒマシ油、パーム油(デンデ椰子)、ピー



第6図 ブラジルのバイオエタノール生産量の推移

資料：MME (2015) より作成。

ナッツ油、綿実油、ヒマワリ油が使用されている。バイオディーゼル原料作物の比率は、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。大豆油の次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、ヒマシ油、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。

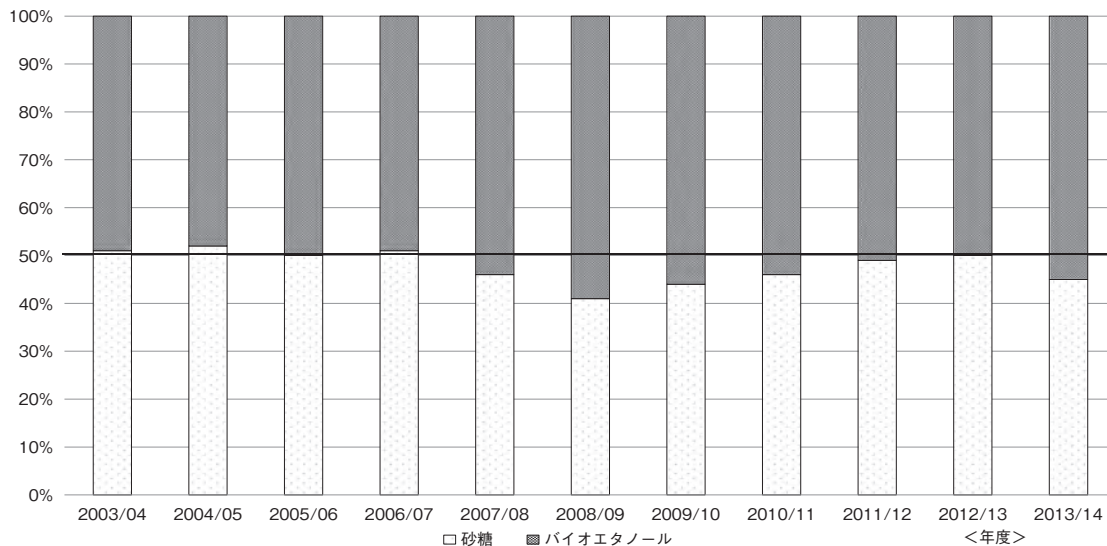
このように、バイオディーゼル原料は、大豆油が大部分を占めているが、こうした点は、バイオディーゼルと食用植物油向け等との間で新たな競合関係を生じさせている。ブラジル産大豆が世界の大豆輸出量に占めるシェアは、1990年代以降、急速に拡大しており、2016年度では43.2%と米国(同年38.6%)を超える世界最大の大豆輸出国となった(USDA-FAS, 2017h)。ブラジルにおける大豆油需要量に占めるバイオディーゼル仕向け量の割合は、2005年度は0.03%であったが、その後、政策的に軽油に対するバイオディーゼル混合割合が上昇することにより、大豆油需要量に

占めるバイオディーゼル仕向け量の割合は上昇し、2016年度には41.3%に達している(第8図)。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。このように、中国の需要量増加に対応していくためにはブラジルの供給量増加が今後必要不可欠である。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下、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、その使用割合が上昇することは、国際大豆油価格上昇を通じて、世界大豆需給にも影響を与えていくため、今後も注視が必要である<sup>(18)</sup>。

(3) EU-バイオ燃料政策が世界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



第7図 ブラジルのバイオエタノール・砂糖仕向け比率の推移

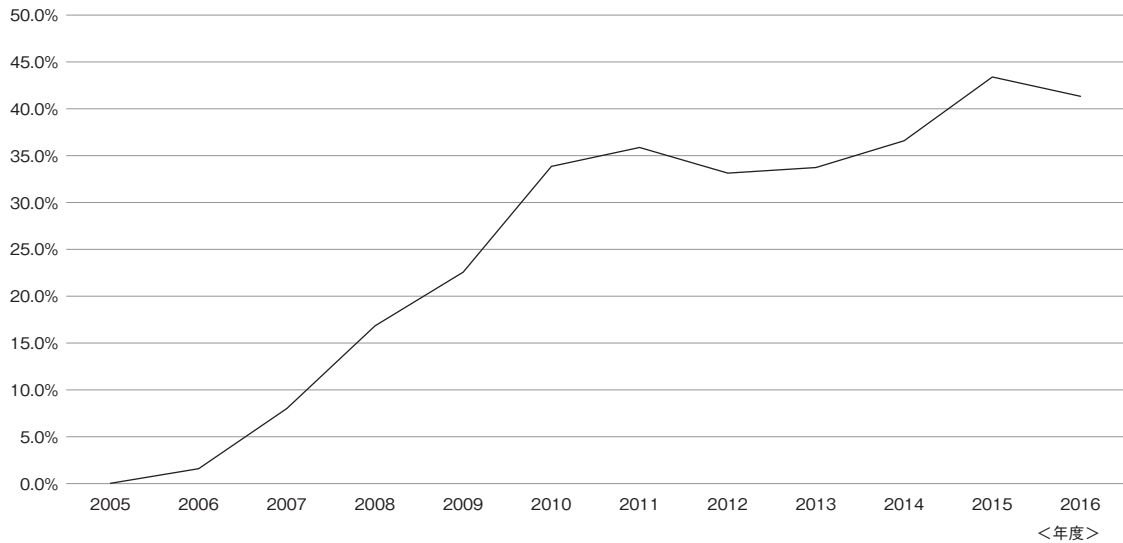
資料：MAPA (2015) より作成。

第3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年
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8図 ブラジルにおける大豆油需要量に占めるバイオディーゼル使用割合の推移

資料：USDA-FAS (2017h) 及びUSDA (2017b) より作成。

る。EUにおけるバイオ燃料生産の特徴としては、バイオディーゼル生産が全体の7割を占め、残りの3割がバイオエタノール生産となっている。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食料需給にも影響を与えている。EUではGHG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を進めている。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年までに12%に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・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である「再生可能エネルギー指令」(RED: Renewable Energy Directive) を決定した。この決定により、EUはバイオ燃料の更なる拡大を図る方針を示した。

欧州委員会は、この義務目標達成のため、域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、域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域内

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できなくなる。さらに、GHG削減率については、「間接的土地利用変化」<sup>(19)</sup>の影響も勘案する必要がある。

欧州委員会では、2年ごとに欧州議会及び欧州連合理事会に対して、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必要がある。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。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、すべて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。なお、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、EUのバイオディーゼル生産量は2006年の573万kℓから2016年の1,453万kℓに増加した(第4表)。最大の生産国は、フランスの364万kℓであり、次にドイツの153万kℓとなる。EUにおけるバイオディーゼル向け原料農産物使用量をみると、2011年から2016年にかけて菜種油が主原料であり、つぎにパーム油、廃食油が使用されている(第5表)。ただし、菜種油は2011年から2016年にかけて、年平均で1.7%減少したものの、パーム油は同20.6%増加、廃食油は同29.1%増加している。このように、菜種油はEUにおけるバイオディーゼルの主原料であるものの、その使用量は減少傾向にあり、パーム油や廃食油の使用量は増加している。また、EUのバイオエタノール生産量も2006年の158万kℓから2016年には

472万kℓに増加している。域内最大の生産国であるドイツの生産量も2016年は92万kℓ、フランスの生産量は85万kℓである(第4表)。次に、バイオエタノールについては、2016年において甜菜が主原料であり、次にとうもろこし、小麦の順となっている。2011年から2016年にかけて、甜菜の使用量は年平均1.4%減少しているものの、とうもろこしは同12.9%増加している(USDA-FAS, 2017e)。

欧州委員会はREDについて、2013年に最初の進捗報告書を発表した。この中で、2013年時点で半分近くの加盟国(スウェーデン、フィンランド、スロバキア、ポーランド、オーストリア、オランダ、ハンガリー、イタリア、フランス、アイスランド、ドイツ、デンマーク、チェコ、ブルガリア)が輸送用燃料に占める再生可能エネルギーの割合を5%以上にするという中間目標を達成していることを報告した(European Commission, 2013)。また、欧州委員会は2015年に2回目のREDの進捗状況を発表した。この中で、2013年時点の輸送部門エネルギー消費量のうち再生可能エネルギーの割合は、5.4%程度であり、一部

第4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	2015	2016
バイオディーゼル	573	799	835	1,050	1,114	1,084	1,150	1,252	1,425	1,460	1,453
ドイツ	250	330	282	273	318	318	295	295	341	223	153
フランス	67	108	203	251	229	200	258	231	221	352	364
スペイン	14	20	25	83	96	74	54	66	102	110	132
ポーランド	10	5	19	45	42	41	67	74	79	86	99
ベルギー	0	16	31	47	49	54	33	57	51	28	51
オランダ	2	10	9	31	43	47	43	69	83	77	74
イタリア	68	53	76	91	91	67	33	52	66	66	40
オーストリア	14	28	28	37	38	35	30	25	31	39	39
その他	148	229	160	193	207	248	336	383	452	478	502
バイオエタノール	158	180	276	354	414	437	450	463	522	502	472
フランス	30	58	95	104	102	114	100	96	100	93	85
ドイツ	45	41	63	75	76	74	77	85	92	93	92
英国	0	2	7	8	29	20	17	23	64	40	49
ベルギー	0	0	7	22	30	36	41	45	55	56	56
オランダ	2	3	1	0	10	40	45	26	35	35	14
スペイン	40	36	35	47	47	46	38	44	46	49	30
その他	41	40	69	100	121	108	132	145	131	136	146

資料: F.O.Licht (2016) より作成。



の国でREDの目標達成が危ぶまれているものの、大多数の25か国は2013～14年の中間目標値を達成しているため、全体としてREDの目標達成に向けて順調であることを報告した（European Commission, 2015）。

## 2) 間接的土地利用変化及びバイオ燃料が食料需給に与える影響

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において「間接的土地利用変化」を含めた各種モデルのレビューを行った。この結果、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多いため、影響試算方法や結果に限界があること、そして、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排出量削減効果を減退させる可能性があることを発表した（European Commission, 2010）。

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」の生産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るため、算定に使用したモデルを見直すことになった。そして、欧州委員会は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年以降とすることを提案した。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%導入義務目標のうち、農産物由来のバイオ燃料の導入義務目標の上限は6%とされたが、2014年12月に欧州エネルギー閣僚理事会では、2020年の10%導入義務目標のうち、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%導入義務目標のうち、農産物由来バイオ燃料の上限を7%とすることを採択した。

以上のように、EUでは2020年の10%導入義務目標のうち当初は農産物由来については、5%を上限とする案が提案されたが、農産物由来については7%を上限とする案が最終的には採択された。この提案が実際に、各加盟国で実施されれば、EUのバイオ燃料義務目標である10%のうち、

第5表 EUにおけるバイオ燃料原料使用量の推移

(単位：1,000MT)

	2011年	2012	2013	2014	2015	2016
バイオディーゼル						
菜種油	6,700	6,750	5,900	6,400	6,380	6,140
パーム油	940	1,470	2,360	2,300	2,600	2,400
廃食油	680	760	1,100	1,910	2,270	2,440
獣油	340	350	410	940	965	1,110
大豆油	950	810	890	850	430	590
バイオエタノール						
甜菜	9,477	10,588	11,694	11,142	10,059	8,820
小麦	4,458	3,285	3,200	3,596	3,734	3,998
とうもろこし	2,965	4,687	5,092	5,397	5,634	5,433
大麦	735	400	647	537	528	514
ライ麦	692	367	790	831	775	631
その他	517	725	567	683	729	718

資料：USDA-FAS (2017e) より作成。

3%が「第2世代型バイオ燃料」、7%が農産物由来の「第1世代型バイオ燃料」で達成されることになる。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たっていない。このため、2020年においてもEUにおけるバイオ燃料は、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。

なお、欧州委員会は、現行のREDにおいて2020年までの再生可能エネルギー導入目標しか決定していなかったが、2030年までの新たな再生可能エネルギー指令改正提案を2016年に発表した。この提案では、2030年までにEU域内のエネルギー消費全体に占める再生可能エネルギー比率を20%から27%に引き上げることが提案された(European Commission, 2016b)。特に、第1世代型バイオ燃料については最大導入率を2021年の7.0%から2030年には3.8%と段階的に減らし、第2世代型バイオ燃料の最低導入率を2021年の1.5%から2030年には6.8%に増加させることを提案した。なお、第1世代型バイオ燃料とは現在のバイオ燃料の主流となっている農産物由来のバイオエタノール・バイオディーゼルであり、第2世代型バイオ燃料とは、オランダ、スペイン、フランス等で製造されている水素化植物油(HVO)やイタリア等で生産されている稲藁、粉殻等を原料とし、加水分解によって製造されるバイオエタノールを主とするものである。さらに、2021年以降に稼働する施設で製造されるバイオ燃料は、化石由来燃料に比べて70%以上のGHG削減効果を有することも提案された。このように、欧州委員会では2030年までの再生可能エネルギー導入目標を提案し、第1世代型バイオ燃料の導入を減らし、第2世代型バイオ燃料の導入比率を増やす計画を提案した。今後、この提案は2020年までのREDの達成状況、再生可能エネルギーの普及状況、第2世代型バイオ燃料の商業的実用化の達成状況、欧州議会や加盟国等との協議を経て、修正されていくこととなるが、EUが2030年までの再生可能エネルギー、特にバイオ燃料の更なる普及を目指すロードマップを域内各国政府や製造業者、関係業者に示した点は極めて重要である。

#### (4) インドネシアバイオ燃料政策が世界食料需給に与える影響一

##### 1) バイオ燃料政策の展開

インドネシアは、世界最大のパーム油生産国であり、2016/17年度の生産量は3,400万トンと世界のパーム油生産量の54.6%を占めている。また、同年のパーム油輸出量は世界の輸出量の55.6%を占めており、世界最大のパーム油輸出国である(USDA-FAS, 2017h)。また、インドネシアにおける石油消費量は1990年以降、増加傾向にある一方、石油生産量は1999年以降減少傾向にあり、インドネシアは石油輸出国として、OPECに加盟しているものの、2003年以降は、石油の純輸入国になっている。また、2007年時点で、インドネシアの貧困層は、3,720万人となっており、全人口の16.6%を占めるとともに、インドネシア社会では、貧困層の削減、失業者対策も国家レベルの重要課題となっていた。

こうした状況下、インドネシア政府では、石油輸入依存度削減、貧困の削減・雇用の拡大等の観点から、2006年から「国家エネルギー政策」(National Energy Policy: 2006年大統領令第5号)に基づき、バイオディーゼルを中核とするバイオ燃料の普及・増産政策を今後、積極的に実施することを発表した。「国家エネルギー政策」では、エネルギー供給源のうち石油由来燃料の割合を2007年の52%から2025年までに20%に減らし、再生可能燃料の割合を17%とすることを目標とした。このうち、バイオ燃料から5%、地熱エネルギーから5%、バイオマス・原子力、太陽光、風力等から5%、石炭液化から5%とする目標を発表した。バイオ燃料政策としては、短期的には貧困削減、雇用創出が主な政策であるが、長期的には石油輸入依存度の軽減を目的に普及拡大・増産を進めていく長期的な方針が示された。

特に、バイオ燃料に関しては、2006年に大統領をトップに13省庁の閣僚等から構成される「国家バイオ燃料委員会」(National Biofuel Committee)により、「国家バイオ燃料計画」(National Plan on Biofuel)と「バイオ燃料ロードマップ」(Road Map for Biofuels Development)が発表された。このロードマップでは、バイオディーゼルとバイオエタノール等の普及・生産の拡大が計画さ

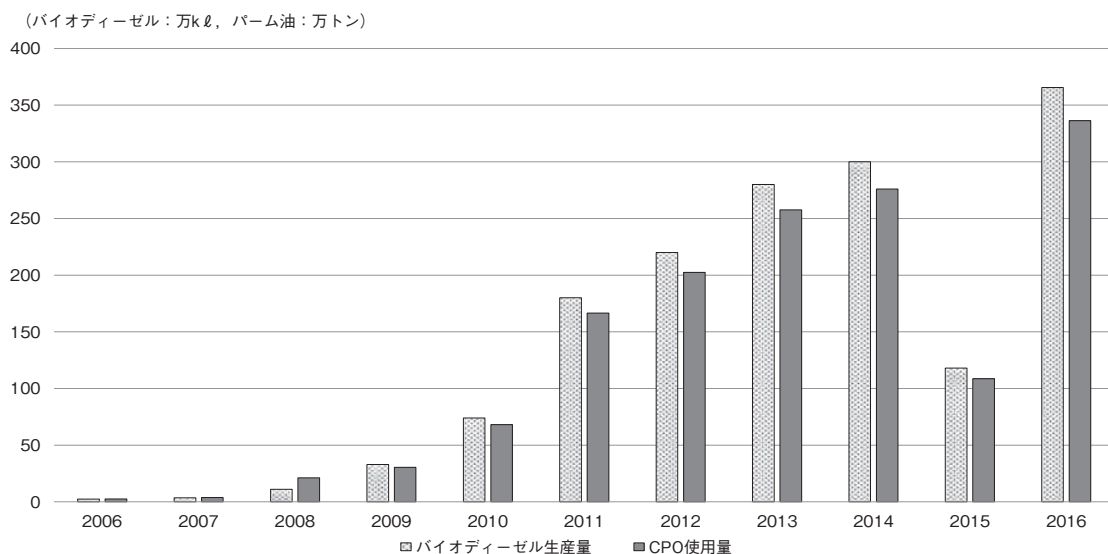
れた。バイオディーゼルについては、2010年までに全国レベルで輸送用軽油に対して10%混合使用、2015年までに同15%使用、2025年までに同20%使用を行い、バイオディーゼル生産量を2010年までに241万kℓ、2015年までに452万kℓ、2025年までに1,022万kℓの生産を行う計画を発表した。

## 2) バイオ燃料生産量とパーム油需給に与える影響

インドネシアにおけるバイオディーゼル生産量は第9図のように、2006年の2万kℓから2007年に4万kℓ、2008年には11万kℓと増加したが、2011年以降の増加に比べると2006～2008年にかけての生産量の増加率は低い状態にあった。インドネシアにおいてパーム油<sup>(20)</sup>からのバイオディーゼル生産を計画した2006年頃の国際パーム油価格は比較的低い水準であったが、政府による計画が進んだ2007年から2008年にかけて国際パーム油価格は高騰した(第10図)。パーム油由来のバイオディーゼル生産コストの特徴としては、原料となるパーム油価格が全体の生産コストの85%を占めることである。筆者が2007年に聞き取り調査を行った結果、2007年9月のバイオディーゼル生産コストは合計11,771ルピア(107.8

円) / ℓ<sup>(21)</sup>であった。その一方、軽油の卸売価格は4,300ルピア(39.4円) / ℓであった(小泉, 2009)。このように、軽油に対してバイオディーゼルは価格競争力を有していない状況にあった。特に、インドネシアではガソリン・軽油に対して補助金が適用される一方、バイオディーゼルについては、政府からの補助金・税額控除が適用されないという問題があった。このため、当時のバイオディーゼル製造業者は政府の方針に従いバイオディーゼルの生産したものの、生産すればするほど、赤字額が累積することになった。その後、国際パーム油価格は下落し、生産コストが減少したことにより、バイオディーゼル生産量は増加することとなった。特に、2015年から、ガソリン補助金は廃止、軽油についても1ℓ当たり1,000ルピア(8.4円)に減額されたことにより、国内でバイオディーゼルの生産しやすい環境となった。

国内のバイオディーゼル生産量は2011年には180万kℓに増加、その後も更に増加し、2016年には366万kℓまで増加している(第9図)。また、バイオディーゼル向けパーム油使用量も2008年の30万トンから2016年には336万トンまで増加している。2016年には、インドネシア全体で軽油に対して、バイオディーゼルは10.2%が混合されている(USDA-FAS, 2017f)。インドネシアに



第9図 インドネシアにおけるバイオディーゼル生産量及びパーム油使用量の推移

資料：USDA-FAS (2017f) より作成。

注. CPOとは粗パーム油である。

おけるガソリン需要量は、2008年の2,000万kℓから2016年には3,300万kℓまで増加、軽油需要量も2008年の2,000万kℓから2016年には3,200万kℓまで増加した(USDA-FAS, 2017f)。インドネシアエネルギー・天然資源省(MEMR)によると、ガソリン消費量は2027年には5,700万kℓに増加、軽油消費量は2027年の5,600万kℓに増加することが予測されている。このように、インドネシアにおける化石由来燃料は今後も増加傾向となることが予測されている。インドネシアでは、パーム油をEUに輸出し、消費国においてバイオディーゼルへの加工を行ってきたが、2015年以降は、国内でバイオディーゼルの生産しやすい環境となったことに加え、経済成長により軽油・ガソリンの消費量が増加していることから、国内需要に焦点を当てた政策に変化しつつある。また、「戦略計画」発表時期には、ジャトロファやココナッツ油からのバイオディーゼルの生産についての研究開発も行われた。しかし、これらは商業的実用化が難しいため、現在ではほとんど生産されていない。このため、インドネシアにおけるバイオディーゼルの生産に使用されている原料は、パーム油である。インドネシアにおける2016年のパーム油生産は、366万kℓとなり、「バイオ燃料ロードマップ」で発表された2015年の

目標値である452万kℓに近づきつつある。2016年のインドネシアにおけるバイオディーゼル向けパーム油使用量がパーム油生産量に占める割合は1.0%、パーム油需要量に占める割合は3.9%程度である<sup>(22)</sup>。このため、国内をみる限り、バイオディーゼルの生産がパーム油需給に与える影響は限定的であるように思える。ただし、インドネシアでは、EUが最大のパーム油輸出先であり、EUにおいてバイオディーゼルの加工される分を勘案した場合は、パーム油需給に与える影響は決して小さくないと考える。

#### (5) マレーシアバイオ燃料政策が世界食料需給に与える影響

##### 1) バイオ燃料政策の展開

マレーシアのバイオ燃料生産量は第1表のように2016年における世界の生産量に占める割合は2.5%に過ぎない。ただし、マレーシアでは、インドネシアと同じパーム油からバイオディーゼルの生産しているものの、バイオ燃料政策がインドネシアとは対象的であるため、本節で紹介する。マレーシアでは近年の経済成長から石油消費量が増加しており、1990年から2004年にかけて年平均5.8%増加している。その一方、生産量は同1.7%の増加にとどまっており、マレーシアは産



第10図 国際パーム油価格の推移

資料：IMF (2017) より作成。

注. 国際パーム油価格とは、Palm oil, Malaysia Palm Oil Futures (first contract forward) 4-5 percent FFAである。

油国であるものの、政府としては将来的なエネルギー安全保障に不安を感じている。また、マレーシアは2004/05年度までは世界最大のパーム油生産国、2010/11年度までは世界最大のパーム油輸出国であったが、現在ではインドネシアが世界最大のパーム油生産・輸出国である。それでも、マレーシアは2016/17年度における世界のパーム油生産量の30.3%、輸出量の34.9%を占めており(USDA-FAS, 2017h)、インドネシアに次ぐ世界第2位のパーム油生産・輸出国である。

マレーシアでは、パーム油からのバイオディーゼル生産の技術開発が1982年から政府や国営石油企業である「ペトロナス」(Petronas)において進められてきた。2000年代前半から2000年代半ばにかけて、国際パーム油価格が軟調に推移し、2000年代半ば以降は、国際原油価格が高騰した。このため、パーム製油業界は、パーム油価格の高位安定のため、首相や閣僚にロビー活動を行った。この結果、マレーシアプランテーション産業省は、石油の海外依存度の低減、パーム油価格の安定、バイオ燃料の輸出等を目的として、2006年3月に「国家バイオ燃料計画」(National Biofuel Policy)を発表し、パーム油由来のバイオディーゼルの生産・普及を促進する方針を発表した。同計画では、軽油に対して、バイオディーゼル5%混合を実施する国内規格の整備や軽油に対するパーム油由来のバイオディーゼル混合比率の引き上げ等が目標とされた。2007年には「マレーシアバイオ燃料産業法」(Malaysian Biofuel Industry Act)が制定され、2008年から軽油に対してバイオディーゼルの5%混合、2015年1月から同7%混合、2015年10月から同10%混合、2020年から同20%混合することを決定した。バイオディーゼル政策を進めた2006年は国際パーム油価格が比較的低く、国際原油価格が上昇していたため、バイオディーゼル生産に適した経済環境にあった。

マレーシアでは、「マレーシアバイオ燃料産業法」に基づき、政府から認可を受けた8工場がバイオディーゼル生産を2007年に開始した。マレーシアにおいても、バイオディーゼル生産コストのうち85%が原料であるパーム油価格で占められている。国際パーム油価格は、2006年以降、

上昇したため、2007年9月時点におけるバイオディーゼル生産コストは合計4.2リンギ(114.1円<sup>(23)</sup>)／ℓに対して、軽油価格は1.58リンギ(42.9円)／ℓとなった。軽油価格のうち、0.58リンギ(42.9円)／ℓは政府からの燃料補助金であった(小泉, 2009)。一方、バイオディーゼル生産に対しては、政府からの補助・税制控除が適用されなかった。このように、マレーシア政府でもインドネシアと同様にバイオディーゼルよりも化石燃料を優遇していたため、バイオディーゼルは軽油に対して価格競争力を有していない状況にあった。このため、2008年のバイオディーゼル生産量は18.6万kℓにとどまった。

国際パーム油価格は、2008年3月には1,147USD/トンまで上昇したものの、同年9月以降は下落することになった(第10図)。こうしたパーム油価格下落を受けて、バイオディーゼル生産コストは下落し、2009年以降のバイオディーゼル生産量は増加することとなった。そして、重要な点は、マレーシア政府が2014年までにガソリンと軽油の補助金を廃止したことにより、マレーシアにおいても国内バイオディーゼルの生産しやすい環境となったことである。このため、2016年におけるバイオディーゼル生産量は83.3万kℓまで増加した(第11図)。2016年におけるマレーシアにおけるバイオディーゼル向けパーム油使用量がパーム油生産量に占める割合は0.2%、パーム油需要量に占める割合は1.2%程度である<sup>(24)</sup>。このため、国内をみる限り、バイオディーゼル生産がパーム油需給に与える影響は限定的であるように見える。ただし、マレーシアでもインドネシアと同様にEUが最大のパーム油輸出先であり、EUにおいてバイオディーゼルの生産される分を勘案した場合は、パーム油需給に与える影響は決して小さくないものとする。

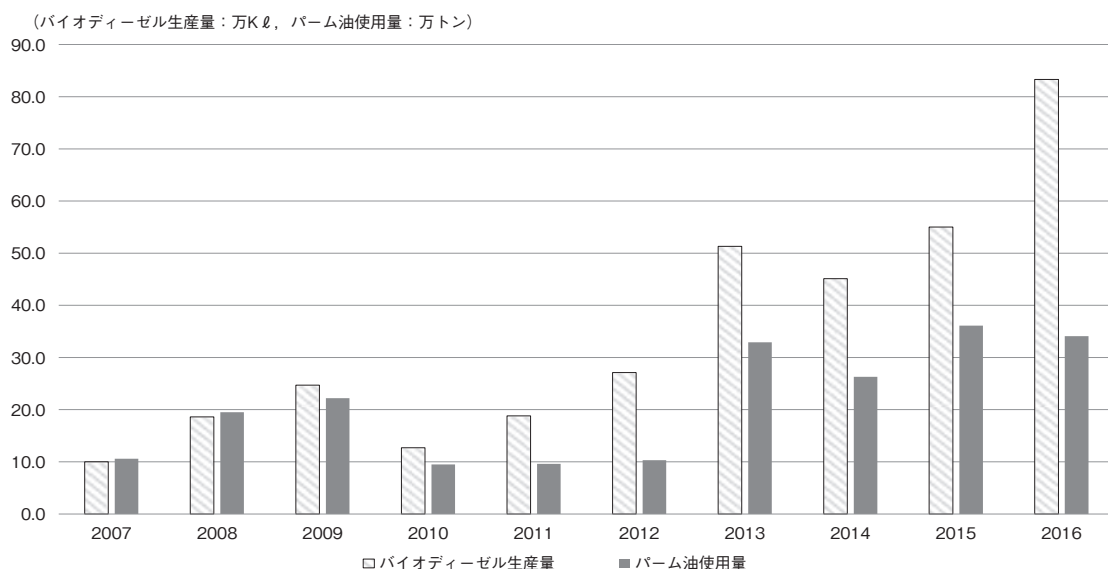
マレーシア政府では、2008年から開始予定であったバイオディーゼル5%混合については、2011年には中部地域、2012年には南部地域、2013年には北部地域、2014年末までにマレーシア全域で実施した。このようにバイオディーゼル5%混合計画が遅れた理由としては、第1にガステーションにおける混合設備導入が遅れたこと、第2に原材料コストである国際パーム油価格

の高騰にある。このようにバイオディーゼル生産については、パーム製油業界として利益が出るか否かが最も重要な判断基準であり、業界として利益が出ないため、生産が低迷した。このため、政府によるバイオディーゼル混合計画の履行が遅れる結果となった。また、バイオディーゼル7%混合についても、2015年1月から実施している。特に、マレーシア政府は、日本自動車工業会(JAMA)にバイオディーゼル混合によるエンジン耐久テストを委託しており、その結果に問題がなければ今後、混合計画を進めていく予定である。そして、バイオディーゼル10%混合についても、2016年から開始している。現在のところ、マレーシア政府では、バイオディーゼル20%混合についても計画している。このように、同政府では、バイオディーゼル混合目標を2006年に決定し、5%混合及び7%混合に関しては履行が遅れが生じているものの、当初の目標達成に向けて、国内での普及を進めている。しかし、混合率増加が達成されるか否かは、エンジンの耐久テストよりも、パーム製油業界としての収益率がより重要な要因である。この収益率には、原料であるパーム油の国際価格の動向、そして国内軽油価格に影響する国際原油価格動向が大きく影響する。

## 2) パーム油由来のバイオ燃料と持続可能性の問題

本研究は、バイオ燃料と世界の食料需給及びフードセキュリティを対象にしているが、パーム油由来のバイオ燃料生産と持続可能性の問題も重要であるので言及したい。インドネシア及びマレーシアにおけるパーム油開発の農園開発を行う際に発生する問題としては、森林の大規模消失、生物多様性の低下、違法伐採の併発、森林火災の発生、土地紛争・地元住民の権利侵害等が挙げられる。また、生産過程で生じる問題としては、農園経営及び工場操業に伴う周辺環境汚染、小農のオイルパーム導入と生活変容、農園労働者の劣悪な状態(低賃金、農薬被害、児童労働、外国人就労等)の問題が挙げられる(岩佐, 2008)。このため、バイオディーゼル政策を進めるに当たっては、これらの環境・社会問題を引き起こさないように十分に配慮する必要がある。特に、Friends of the Earth et al. (2005)らは、バイオディーゼル増産に伴うパーム油の生産拡大は、マレーシア・インドネシアにおける森林破壊、環境破壊の危険性があり、特に、貴重な絶滅危惧種の個体数が危機的なレベルにまで減少すると指摘した。

このため、2004年には、環境NGOである世界自然保護基金(WWF)等が主導となり、「持続可能なパーム油の円卓会議」(RSPO, Roundtable



第11図 マレーシアにおけるバイオディーゼル生産量及びパーム油使用量の推移

資料：USDA-FAS (2017b) より作成。

on Sustainable Palm Oil) が設立された。RSPO は「パーム油の供給関係者内部の協調と当事者同士との対話を通じて持続可能なパーム油の成長と利用を促進する」ことを目的としている。RSPO には、環境NGO、パーム油生産者、パーム油加工業者・商社、小売業者、銀行・投資家、社会開発NGO等が会員となっている。2005年11月には「持続可能なパーム油のための原則と基準」が決定され、「透明性の確保」、「適用法令と規則の遵守」、「環境に対する責任と自然資源・生物多様性への配慮」、「生産者及び加工業者によるベスト・プラクティスの利用」、「労働者と被影響コミュニティに対する責任ある対応」、「新規プランテーションに対する責任ある対応」等の基準が決定された。今後は、こうした基準をどのようにパーム関連企業全体に適用させていくか等の課題がある。

インドネシア産及びマレーシア産パーム油をEUにおいてバイオディーゼルとして使用するには前述の「持続可能性基準」を満たす必要がある。両国にとって最大のパーム油輸出先は、EUであるため、この「持続可能性基準」をクリアすることによって、パーム油由来のバイオ燃料生産の持続可能性を高めている。特に、マレーシア産バイオディーゼルはISCC (International Sustainability and Carbon Certification) の認証を得ており、インドネシアにおいてもこの認証を得ることが今後、望まれる。

#### 4. 今後の世界のバイオ燃料需給見通しとバイオ燃料需給に影響を与える要因

##### (1) 世界のバイオ燃料需給見通し

OECD-FAOが2017年に公表したOECD-FAO Agricultural Outlook 2017-2026 (OECD-FAO, 2017) の見通しでは、国際原油価格<sup>(25)</sup>が2014-2016年平均の65.1USD/バレルから2026年に89.5USD/バレルに上昇する等の前提条件の下、バイオエタノール生産量及び需要量は基準年の2014-16年平均から2026年にかけて年平均1.4%増加と緩やかに増加することが予測されている(第6表)。このうち、とうもろこし由来のバイオエタノール生産量は予測期間中、年平均0.7%増

加に対して、サトウキビ由来のバイオエタノール生産量は同2.2%増加することが予測されている。米国においては、「ブレンド・ウォール」の問題や再生可能燃料基準が今後、増加する余地がほとんどないことから同国のバイオエタノール生産量は、ほぼ横ばいで推移することが見込まれている。また、ブラジルでは、今後もエネルギー需要量が増加する余地があることからバイオエタノール需要量が増加することを予測している。このため、ブラジルを中心とするサトウキビ由来の生産量増加が世界のバイオエタノール生産量の増加に寄与することになる。そして、2026年において、とうもろこし由来のバイオエタノールが全体の生産量のうち53.9%、サトウキビ由来が同26.0%を占めるのに対して、セルロース由来のバイオエタノール生産については、同0.9%となることが予測されている。これは、2026年時点でもセルロース由来バイオエタノールの商業的実用化は進まず、現状と同じように、農産物由来がバイオエタノール原料の大部分を占めることを意味している。

また、OECD-FAOの予測のうち、バイオディーゼル生産量及び需要量も基準年である2014~2016年平均から2026年にかけて年平均1.7%増加することが予測されている。このうち、菜種油や大豆油といった植物油由来のバイオディーゼル生産量は、予測期間中、年平均で1.6%増加、廃食油由来は同2.3%増加が予測されている。ただし、2026年における予測では、植物油由来バイオディーゼルがバイオディーゼル生産量全体に占める割合は71.1%、廃食油由来が同25.9%に対して、第2世代型バイオ燃料については、同1.5%に過ぎない。このように、バイオエタノールと同様にバイオディーゼルでも、農産物がバイオディーゼル原料の大部分を占めることを意味する。

以上のように、OECD-FAOの予測では、政策的要因に加えて、国際原油価格が緩やかな上昇にとどまることから、これまでの10年間に比べて、今後10年間の生産量及び需要量の伸びは低下するものの、今後も生産量及び需要量は増加することが予測されている。次に、国別のバイオ燃料需給予測を詳細に公表している米国ミズーリ大学コ

ロンビア校 (FAPRI-MU)<sup>(26)</sup> 及びEU加盟国のバイオ燃料需給予測を定期的に公表している欧州委員会による予測結果を紹介する。米国における世界食料需給予測では、毎年公表されているUSDA Agricultural Baseline Projectionsが知られているが、バイオ燃料需給の具体的な予測値を明らかにしていないため、FAPRI-MUの予測結果を紹介する。2017年3月にFAPRI-MUが公表した米国のバイオエタノール需給についての予測結果を見てみると、バイオエタノール生産量は2016年から2026年にかけて、年平均1.2%増加する予測結果となった (FAPRI, 2017b)。このうち、とうもろこし由来が年平均で1.2%増加し、セルロース由来についても増加率は高いものの、生産量そのものは極めて低く、2026年におけるバイオエタノール生産量の97.7%はとうもろこし由来が占めることになり、セルロースからのバイオエタノール生産は今後も進展しない見込みである。また、バイオエタノール輸出量についても、2016年から2026年にかけて、年平均8.4%増加する予測結果となった。

そして、FAPRI-MUによるブラジルのバイオエタノール需給についての予測結果を見てみると、ブラジルの生産量は2016年から2026年にかけて年平均1.3%増加、需要量は同0.9%増加、バ

イオエタノール向けサトウキビ使用量は同1.3%増加する予測結果となった (FAPRI, 2017a)。さらに、欧州委員会が2016年12月に公表したEUにおける農業見通しのうち、バイオ燃料需給見通しを見てみると、2016年から2026年にかけて世界のバイオ燃料生産量は横ばいで推移し、このうちバイオエタノール生産量は同期間中平均0.7%増加、バイオディーゼル生産量は同0.3%減少することが予測されている (European Commission, 2016a)。また、バイオ燃料総需要量は2016年から2026年にかけて年平均で0.3%減少、このうち燃料用バイオエタノール需要量は同0.3%増加、バイオディーゼル需要量は同0.4%減少する予測結果となっている。また、バイオ燃料純輸出量は同4.5%減少が予測されている。そして、EU全体に占める第2世代型バイオ燃料使用比率は2016年の4.2%から2026年に4.4%とほぼ変化がないものと予測されている。このように、欧州委員会による2026年の見通しにおいても、EUでは第2世代型バイオ燃料の生産が進まず、第1世代型バイオ燃料である農産物由来が大部分を占めることを示している。

以上のように、各機関による今後10年間の見通しでは、バイオ燃料需要量・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

第6表 世界のバイオ燃料需給予測 (OECD-FAO)

(単位: 百万ℓ)

	2014-16	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026年	2014/16-2026年 平均増加率
バイオエタノール												
生産量	117.4	123.7	126.8	128.4	130.7	131.5	132.8	133.7	134.7	135.8	136.7	1.4%
うちとうもろこし由来	68.2	71.9	73.7	73.9	74.7	74.5	74.5	74.3	74.2	74	73.7	0.7%
うちサトウキビ由来	27.9	29.5	30.2	31.1	31.9	32.5	33.3	33.7	34.3	34.9	35.5	2.2%
うち先端的	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1	1	1.1	1.1	1.2	1.2	3.8%
需要量	117.2	124.6	127	128.8	130.8	131.8	133	134	134.9	136	136.9	1.4%
輸出量	8.2	8.9	9	8.9	8.9	8.8	8.7	8.5	8.2	8.1	7.9	-0.3%
バイオディーゼル												
生産量	33.8	37.3	38.6	39.6	40.3	40.2	40.1	40.2	40.4	40.4	40.5	1.7%
うち植物油由来	24.3	27.6	28.4	29	29.2	29	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	1.6%
うち廃食油由来	8.2	9	9.4	9.8	10.2	10.2	10.3	10.4	10.4	10.5	10.5	2.3%
うち先端的	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	6.5%
需要量	33.8	37.5	38.8	39.7	40.4	40.3	40.2	40.4	40.5	40.6	40.6	1.7%
輸出量	3.5	3.8	4.3	4.2	3.8	3.6	3.3	3.2	3.1	3.1	3.1	-1.1%

資料: OECD-FAO (2017) より作成。



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全体として、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量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食料需給に影響を与え続けていくことを見込んでいる。

ただし、バイオ燃料全体としての需要量・生産量が今後も横ばいであっても、バイオエタノールとバイオディーゼルとは異なる状況となる。米国のとうもろこし由来のバイオエタノールやブラジルのサトウキビ由来のバイオエタノールについては、政策的に使用量が義務化されており、生産マージンが大幅に悪化した状態が長期的に続かない限り、今後、需要量が大きく減少することは想定しにくい。一方、米国及びブラジル的大豆油由来のバイオディーゼルについては、今後も政策的に需要量が増加する余地がある。つまり、バイオエタノールについては米国を中心とする2005年頃からの急拡大期を通じて今後は安定局面に入るものの、バイオディーゼルについてはバイオエタノール普及にタイムラグを置いて今後も需要・生産量が増加する余地があることが見込まれる。このことは、バイオディーゼル原料である食料需要量にも影響を与えることになる。

## (2) バイオ燃料需給に影響を与える要因（バイオ燃料政策動向及び国際原油価格動向）

これまでの世界のバイオ燃料需給が拡大してきた最大の要因は、各国・地域の政策によるものである。米国のバイオ燃料及びブラジルのバイオエタノールにおいては、エネルギー対策を最大のインセンティブとして政策を導入・普及させてきた。また、EUではGHG排出量の削減を最大のインセンティブとして政策を導入・普及させてきた。さらに、米国、ブラジル、EUでも上記以外に農業・農村の振興という観点からも政策の導入・普及を行ってきた。米国では2022年までの再生可能燃料基準が固定枠のように導入されており、EUでも2020年までの義務目標値が設定され、ブラジルでは期限の設定されていない混合率が義務化されている。このため、バイオ燃料向け農産物需要量が今後、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。

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が高騰した時期、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等において、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及び我が国を中心とした各研究機関・大学でも潤沢なバイオ燃料研究開発予算によって研究を進めることができた。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た。国際原油価格は、2016年2月第2週には28.2USドル/バレルにまで下落したものの、変動を伴いながらも2016年12月末には53.9USドル/バレルに回復し、2018年2月第3週は60.4USドル/バレルとなっている（第12図）。原料農産物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60USドル/バレルであり、この水準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・地域においてガソリンや軽油に対するバイオ燃料の価格競争力が弱まることになる。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、最低でも国際原油価格は100US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を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は、バイオ燃料需給を見通す上で重要な要因となる。

米国のバイオ燃料使用の大部分を占める再生可能燃料基準によるバイオ燃料需要量は、ガソリン及び軽油への混合割合により算出されるため、ガソリン及び軽油といった化石由来燃料に対する「補完財」と考える。ただし、一部で普及しているフレックス車の需要量や第2世代型バイ

オ燃料生産量は化石由来燃料に対する「代替財」であると考えられる。これらのことはEUのバイオ燃料にも当てはまる。一方、ブラジルでは、ガソリン需要量に混合義務率を乗じて使用される無水エタノール需要量や軽油に混合義務率を乗じて使用されるバイオディーゼル需要量は、「補完財」であるものの、フレックス車で使用される含水エタノールについては「代替財」であるものとする。このように、対象国・地域にもよるが、バイオ燃料と化石由来燃料は、「補完財」であるとともに、「代替財」でもある。このため、バイオ燃料需要量は、国際原油価格に対して「代替財」である部分と「補完財」である部分に分かれることにより、結果としてのバイオ燃料需要量に対する化石由来燃料価格の自己価格弾性値は「代替財」としての符号条件を示しても、小泉(2009)、小泉(2012b)による推計結果のように、「補完財」としての部分に影響されることから、その自己価格弾性値の絶対値は一般的に低い水準となる。

また、バイオ燃料生産においては、生産マージンを決定する要素として、国際原油価格と農産物価格の動向が重要であるが、国際エネルギー機関(IEA)や米国エネルギー省エネルギー情報局(DOE-EIA)による国際原油価格予測値をみても、今後、国際原油価格は中長期的に緩やかに上昇することが予測されている。また、農林水産

政策研究所をはじめ、OECD-FAO、USDAでも今後の穀物等価格(実質価格)はほぼ横ばいで推移することが予測されている。これらの予測結果から考える限りにおいて、中長期的にはバイオ燃料生産マージンは悪化しないものと考えられる。しかし、国際原油価格や国際穀物等価格予測には多くの不確実性があり<sup>(27)</sup>、特に、今後、国際原油価格が暴落し、かつ原料である農産物価格が高騰した場合、各国・地域におけるバイオ燃料生産マージンが損益分岐点を下回る状態が長期間続くことにより、バイオ燃料生産量が減少することも考えられるため、今後の国際原油及び穀物等の価格動向には注意が必要である。

特に、国際原油価格については、農産物価格に比べて、基準年の変動が激しいため、長期の予測を行うことは困難を伴うが、2017年にDOE-EIAが行った中位予測によると、国際原油価格(Brent Spot Price)は2016年の43.4USD/バレルから2020年には74.8USD/バレル、2030年には94.5USD/バレル、2040年には109.4USD/バレル、2050年には116.8USD/バレルまで上昇することが予測されている(DOE-EIA, 2017a)。ただし、国際原油価格については、今後のエネルギー需給のみならず、投機資金、地政学等の動向にも左右されるため、今後も最新の予測値を絶えず注視していく必要がある。



第12図 国際原油価格の推移

資料：DOE-EIA (2018) より作成。

また、最近の世界石油需給についてみてみると、2000年代後半以降のシェールオイルの生産増加は、将来の石油枯渇の懸念が払拭された点で、世界石油需給構造を大きく変えた要因であると一般に言われている。特に、2012年にIEAが「世界エネルギー需給展望」(World Energy Outlook 2012)において、2020年までに米国は天然ガスの純輸出国になる見通しを発表し、大きな話題となった。しかし、DOE-EIAが2014年に発表した「Annual Energy Outlook 2014」では、シェールオイルの生産量は2015年にかけて拡大が続いた後、2021年をピークとして減少傾向を辿るものと予測した(DOE-EIA, 2014)。なお、2015年における石油生産量の95%は在来型石油で占められており、IEAによる「World Energy Outlook 2016」でもタイトオイル(シェールオイル)が世界の石油生産に占める割合は、2015年の5.0%から2040年には6.8%程度にしか増加しないことが予測されている(IEA, 2016)。つまり、少なくとも2040年においても世界の石油生産の主流は在来型の石油であることが国際機関によって予測されている。また、シェールオイル生産においては、水圧破砕技術が一般に広く使用されているがこれが環境破壊、地下水汚染につながるなどの指摘もあり、これを連邦政府や州政府が規制を行った場合、生産量が減少する可能性もある<sup>(28)</sup>。このため、シェールオイル生産の増加により、世界のエネルギー安全保障問題は解決されたわけではなく、20～30年後も在来型の石油が生産量の大部分を占める構造が変化しないため、今後も世界における「エネルギー安全保障」の問題は依然として、重要な問題となることが考えられる。

ただし、米国をみる限りにおいては、2000年代後半以降のシェール生産の増加により、環境規制等の不確実性はあるものの、天然ガス純輸出国に転換し、エネルギーの完全自給を達成できる可能性が高まっている。前述のように、米国連邦政府は「エネルギー安全保障」の観点から、バイオ燃料政策を2006年以降、進めてきた。このため、米国ではエネルギーの完全自給を達成できる可能性が高まっている状況下、バイオ燃料政策を推進する必要性を失ったようにも思われる。しか

し、米国のバイオ燃料政策を推進する理由としては、「エネルギー安全保障」だけでなく、農業州における農業振興、雇用の確保・増大、農家所得の安定やこれによる農家補助プログラムの削減、大気浄化に向けた環境対策としても政策が推進されている。第3節でも言及したブラジルの事例のように、1975年からの「国家アルコール計画」はエネルギー自給を高めるために導入された経緯がある。しかし、その後のガソリン代替燃料としてのバイオエタノールの普及に加えて、リオ沖の海底油田開発による供給力強化により、2006年度にブラジルは当初の政策目的である石油自給を達成した。この当初の目的達成以降もブラジルのバイオエタノール政策は、エネルギー源の多様化、アグリビジネスの強化、農業・農村開発の振興といったように政策目的が変化・多様化している<sup>(29)</sup>。こうしたブラジルの事例からも、米国のバイオ燃料政策の目的からエネルギー対策の比重が下がったとしても、農業・農村振興、環境対策として今後もバイオ燃料政策を継続していくものと考えられる。

### (3) バイオ燃料需給に影響を与える要因(EV等の開発動向)

今後のバイオ燃料需給に影響を与える要因としては、再生可能エネルギーとしてバイオ燃料車と競合する電気自動車(EV)や燃料電池車(FCV)等の開発動向も重要である。EVについて、2016年10月にドイツ連邦議会は2030年までにガソリン・ディーゼルとも内燃機関のみを動力とする自動車を禁止する決議案を発表、2017年7月にはフランスと英国が2040年までにガソリン・ディーゼル車の販売禁止を発表した。中国やインドもEV導入・普及を促進する政策を発表した。このような各国の動きをみると、世界では今後、一気にガソリン・ディーゼル車からEVに移行するような風潮である。しかし、EV普及には、まず、蓄電池にいくつかの問題点を有する。まず、蓄電池が依然として高額であること、そして、現行のリチウムイオン電池を半分の重量にする必要があること、蓄電池及び交換コストが高額となることである。次に、蓄電池にフルに充電するためには一般的に、充電ステーションでも1時間程度が必

要であること、家庭ではより長時間の充電が必要なことである。このため、1分当たり最大で7.6ℓ給油できるガソリン車<sup>(30)</sup>との利便性とは比較にならない。さらに、EVは低炭素排出エネルギー源の確保の問題を抱えている。これは、世界の多くが電力源を化石燃料から得ており、特に石炭由来の電力供給を受けたEVの導入・普及に環境政策としてどれだけの価値があるのかは疑問である。つまり、化石燃料を使用する発電所から2次エネルギーである電力供給において送電線での電力ロスも加えたエネルギー効率、GHG排出量を考えた場合、EVがガソリン及びディーゼル車よりも多くのGHGを排出するケースも考えられる<sup>(31)</sup>。

また、FCVについても依然として燃料電池コストが高いことが挙げられる。燃料電池において、化学反応を促すために使用される触媒は、現在のところ、高額なプラチナが主流であるため、代替材料を探す必要がある。また、水素ステーションにおけるインフラ整備等の問題を抱えている。ただし、EVもFCVも技術的課題を数多く抱えているものの、将来には、こうした技術的課題を克服することにより、先進国、中国を中心にEVやFCV等が普及することが考えられる。ただし、その時期がすぐに到来するとは現段階では考えにくい。このため、当分の間は、ガソリン・ディーゼル車に加えて、プラグインハイブリッド等が使用されることが考えられる。特に、EVシフトを鮮明に打ち出しているEUでは前述のように、新たなRED提案において、少なくとも2030年まではバイオ燃料を普及させるロードマップを示している。また、途上国では先進国よりもタイムラグを置いて普及が進むものと考えられる。このため、今後、EV及びFCV等の導入・普及が進むのは、これらの先進国でも早くても2030年以降となり、途上国ではそれ以降となることを見込まれる。それまでは、低炭素排出ガソリン車及びディーゼル車等が輸送用乗用車として使用されていくことが考えられる。以上のように、長期的には現在の技術的問題等を解決することでEVやFCVの普及は進むと考えられるものの、その時期がいつなのかは不透明な状況であり、それまでの「つなぎ役」の再生可能エネルギーとして、バ

イオ燃料も当分は使用され続けていくと考える。これは逆に言えば、EV等の本格的普及がバイオ燃料の使用可能期間を決定する主要因であることを意味する。このため、バイオ燃料需給に影響を与える要因としてEV等の今後の各国における開発・普及動向にも注視する必要がある。

## 5. バイオ燃料と食料との競合及び フードセキュリティ

### (1) バイオ燃料と食料との競合について

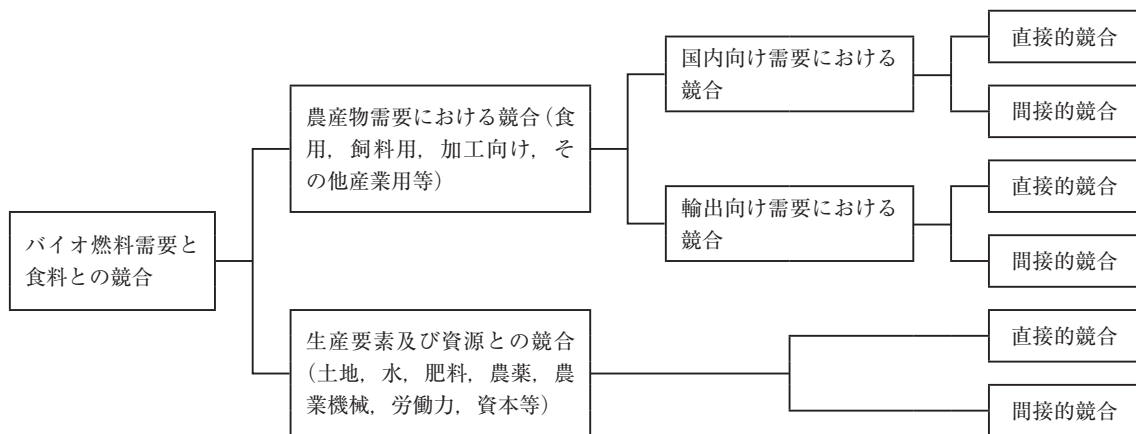
バイオ燃料需要増加の最大の問題点は、主原料を農産物としているため、食料と競合する点である。バイオ燃料と食料との競合とは、バイオ燃料需要の増加に伴い、①農産物のバイオ燃料仕向け量が増加することで、食用・飼料用・加工用仕向け量が減少するという農産物需要における競合、②バイオエネルギー向け農産物増産に伴う食料生産要素（土地、水、肥料、農薬、農業機械、労働力等）の競合が考えられる（第13図）。特に、農産物需要では、食用との競合、生産要素では、土地（農地）の競合が食料需給に大きな影響を与えるものと考えられる。食用との競合では、米国のように、バイオ燃料向け需要の増加に伴い、飼料用やその他のとうもろこし需要が競合・減少している事例が挙げられる。また、土地（農地）の競合では、バイオ燃料需要が増加することにより、とうもろこし価格上昇を促し、その結果として、とうもろこし作付面積が増加する一方で、大豆作付面積が減少する事例が米国では現れている。また、農産物需要面では、食用、飼料、加工向け仕向け量は、国内用と輸出用に分けて分析する必要がある。そして、農産物需要面での競合及び生産要素の競合についても、それぞれ直接的・間接的競合に分けて分析する必要がある。特に、生産要素における競合については、ブラジルのエタノール生産の増加が、砂糖需給に与える直接的影響と穀物・大豆需給に与える間接的影響とに分けて考える必要がある。

これは生産国におけるバイオ燃料向けと食用・飼料用向け等の競合が加速するとともに、農産物輸出量の減少を通じて国際食料需給にも影響を与えることを意味する。国際食料価格の上昇は食

料輸入国に影響を与え、特に食料を輸入に依存する途上国のフードセキュリティにも影響を与える。こうしたバイオ燃料需要増加によるバイオ燃料と食料との競合は、食料価格を上昇させることが考えられる。ただし、バイオ燃料需要増加により、食料価格が上昇する水準については、原料農産物需要と供給の自己価格弾性値の中長期的な関係からも分析する必要がある。まず、第14図の(1)のように、ある農産物の需要曲線 $D_0$ に対して、バイオ燃料需要が追加的に発生すると、需要曲線は $D_1$ にシフトする。この場合は短期的であるため、供給側では十分、対応できず、価格はバイオ燃料需要発生前の均衡価格水準である $P_0$ から $P_1$ に上昇する。これに対して、同図の(2)のケースでは、中長期的な変化となるため、需要側の変化による価格上昇に対して、供給側が対応することができ、供給曲線は $S_0$ から $S_1$ に移動

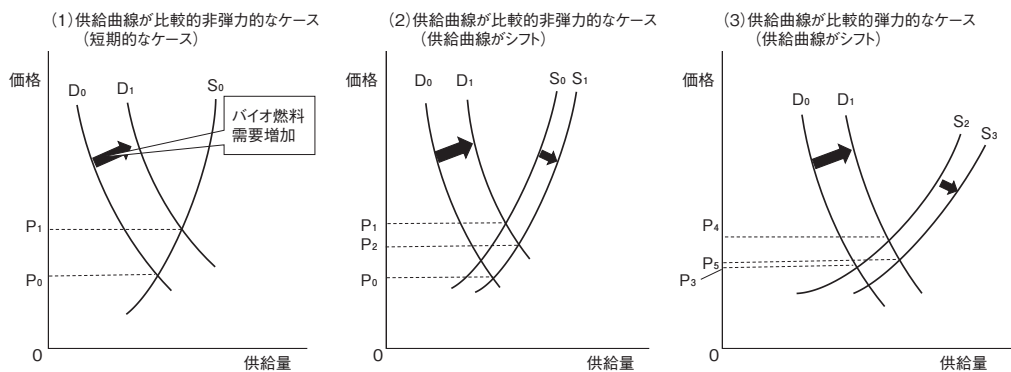
する。この場合、(2)のように供給曲線が比較的非弾力的であれば、均衡価格は $P_2$ となり、農産物価格は $P_0$ から $P_2$ に上昇する。そして、(3)のように同じく中長期的な変化で、供給曲線が(2)のケースに比べて、比較的弾力的であれば、(3)におけるももとの需給均衡点は、需要曲線 $D_0$ と $S_2$ との交点 $P_3$ から $P_5$ へと上昇するものの、(2)のケースの均衡価格である $P_2$ に比べて低い水準となる。このため、バイオ燃料需要増加による農産物価格上昇は、需要側と供給側の自己価格弾性値との関係に大きく影響されることになる。バイオ燃料原料農産物として代表的なサトウキビ、とうもろこし、大豆、キャッサバ、パーム油について、需要と供給の自己価格弾性値等のパラメータの比較を行った研究についてはKoizumi (2015) を参照されたい。

そして、「中間財」である国内農産物価格及び



第13図 バイオ燃料と食料との競合の概念

資料：Koizumi (2015) より作成。



第14図 農産物の需要・供給曲線のシフト

資料：Koizumi (2015) より作成。

輸入食料価格が上昇しても、「最終財」である食料価格に波及する価格伝達性については、各国、地域の貿易政策、流通制度、流通慣行や各品目の特質等により大きく異なる。このため、食料価格上昇が必ずしも、そのまま食料価格に転嫁されることを意味するものではなく、特に、最終段階における原料比率が低い加工食品等の食料については、原料である農産物価格上昇分をそのまま食料価格に転嫁できるわけではないと考える。そして、食料価格が上昇する場合、エンゲル係数が比較的高い所得階層においては、必需品である食料価格の上昇はこうした所得階層の家計に比較的大きな損失を与えることになるが、エンゲル係数が比較的低い所得階層では、食料価格上昇がその所得階層の家計に与える影響は限定的となる。以上のように、バイオ燃料需要増加によるバイオ燃料と食料との競合は、必ずしも食料価格上昇をもたらすものではなく、食料価格が上昇してもすべての家計に損失を与えるものではないものと考えられる。そして、バイオ燃料生産を農業・農村開発につなげるには原料農産物の供給曲線の右側シフトを促すような農産物の需要側と供給側の自己価格弾性値との関係、つまり供給側の自己価格弾性値が需要側の自己価格弾性値を大きく上回っているか否かに大きく影響されることになる。

## (2) バイオ燃料の食料価格下支え効果

バイオ燃料需要は、食料価格上昇以外にも大きな問題を有している。筆者らが米国のバイオエタノール需要が国際とうもろこし価格に与える影響試算を行ったところ、2007年度では、米国のバイオエタノール需要が国際とうもろこし価格に与える影響は、22.2%であり、2017年度には36.9%となることが予測結果から得られた(小泉・大賀, 2009a)。このように、各国・地域政府がバイオ燃料の義務目標量の設定や混合義務等によるバイオ燃料政策を導入した場合、政府がバイオ燃料需要を一定期間保証することを意味する。こうした政府による保証された確実な需要がある限りは、バイオ燃料需要が食料価格の「下支え」効果として機能し、食料価格は下落しにくい構造になる。

現在までの国際穀物等価格の推移をみてみると、2006年秋から2008年夏にかけて上昇し、

2012年に再び高騰した。2013年以降は変動を伴いながら現在のところ、下落傾向で推移しているものの、2000年代半ば以前よりは高い水準となっている。これは、2000年代半ば以降、各国・地域におけるバイオ燃料需要政策の推移が、食料価格の「下支え」効果として機能したこと等による世界穀物等需給における構造的変化によるものと考えられる。このように、世界食料需給では2000年代半ば以降とそれ以前とは需給構造が大きく変化している。最近の例として、2013年は世界穀物等の生産量が過去最高値となったことで国際穀物等価格は米国中西部による干ばつの影響で減産した前年に比べて、下落したものの、2000年代半ば以前の水準まで下落することはなかった。こうした構造的変化により、今後、主産国で増産しても在庫率が上昇しても国際穀物等価格は2006年以前の水準に戻る事が困難な需給構造になっている。以上により、バイオ燃料の世界的な普及はとうもろこし及び大豆を中心とする世界の食料需給構造を大きく変えた要因であると考えられる。この他にも、中国が2009年以降、とうもろこしをはじめ穀物等の純輸出国から純輸入国となったことも世界の穀物等需給における大きな構造的変化を引き起こした要因と考えられる<sup>(32)</sup>。

農林水産政策研究所では、毎年、10年後の世界食料需給見通しを行っているが、2018年に公表した世界食料需給見通しにおいても、今後10年後の穀物及び大豆の国際価格は実質価格ベースでほぼ横ばいで推移するものの、2006年以前の水準には戻らないものと見込んでいる(農林水産政策研究所, 2018)。また、他の機関(OECD-FAO, USDA等)でもほぼ同様の見通し結果を公表している。このように、各機関は実質でみた場合の国際穀物等価格が今後、ほぼ横ばいで推移するものと見込んでいる。これらの予測に共通しているのは、世界主要国におけるバイオ燃料政策に大きな変更はなく、バイオ燃料需給がほぼ現状のまま、横ばいで推移していくことを予測している点である。そして、いずれの予測とも今後のバイオ燃料生産は農産物由来が大部分を占めることで一致している。このことは、いずれも今後、10年間はバイオ燃料需要が食料価格の下支え要因として機能することを意味する。

### (3) バイオ燃料と世界のフードセキュリティ

前述のように、食料価格が下落しにくいという需給構造となったことは、途上国における貧困層の所得が自然災害要因、経済的・政治的要因等で減少する場合、こうした層を中心とする家計に損失を与える可能性がある。このため、かつての国際食料価格高騰時（2006～2008年）ほどではないにせよ、今後も注意していく必要がある。一方、食料は消費されるとともに、農民にとって重要な所得源である点も重要である。途上国の貧困者の約75%が農村地域に住み、生計の大部分を農業や関連産業に依存している（HLPE, 2013）。このため、バイオ燃料生産を通じて、食料価格を下支えし、価格の暴落を防ぐことは、こうした農民の所得安定・向上にもつながると考える。第2節でも言及した「FAO世界食料農業白書2008年：バイオ燃料、見通し、リスクと機会」では、バイオ燃料需要増加による食料価格の高騰は、短期的にはフードセキュリティにおける脅威となるものの、中期的には食料需要が増大することは、途上国にとって農業・農村開発の貴重な機会を創出することを指摘した。また、2013年に開催されたFAOにおける「世界フードセキュリティ委員会」では、バイオ燃料用作物と主食用作物との競合が発生することにより、この競合が社会面、環境面においても「機会」にも「損失」にもなるとの認識が示された（FAO, 2008）。

さらに、バイオ燃料生産は、農業・農村開発を通じて、途上国のフードセキュリティにもプラスとなることも期待できる。特に、ブラジルのようにサトウキビを原料とするバイオエタノール生産は、砂糖価格を安定させることでブラジルのみならず砂糖輸出依存度の高い途上国経済やその国の農民の所得安定・向上にも寄与しているものと考えられる<sup>(33)</sup>。こうしたバイオ燃料生産を農業・農村開発につなげるには、原料用農産物の供給曲線の右側シフトを促すような食料の需要側と供給側の自己価格弾性値との関係、つまり、供給側の自己価格弾性値が需要側の自己価格弾性値を大きく上回るか否かに大きく影響される。このため、バイオ燃料導入の際の経済的指標の一つとしてこうした関係に注目することも重要である。ただし、バイオ燃料導入・普及の政策的判断には、こうした

経済的影響のみでなく、他の環境等の持続可能性基準も活用し、総合的に判断することが必要である。

FAO気候変動・エネルギー・農地保有部では、途上国が持続可能かつ農業・農村開発にも寄与できるバイオ燃料政策を進めるためのBEFS（Bioenergy and Food Security）プロジェクトをアフリカ、ラテンアメリカ、東南アジアの各国で進めている。さらに、同部では「国際バイオエネルギーパートナーシップ」（GBEP）の事務局を設置して、フードセキュリティを含めたバイオエネルギーの持続可能な生産と利用を促進するための国際的な持続可能性指標の策定作業を進めている。このため、今後、途上国が持続可能かつ農業・農村開発にも寄与できるようなバイオ燃料政策を進めるための支援を行うことが重要となる。

## 6. 結論

本研究では、バイオ燃料政策及び需給が世界の食料需給及びフードセキュリティに与える影響について論じた。自動車用燃料として使用できるバイオ燃料は、化石由来燃料からの代替エネルギー利用によるエネルギー安全保障問題への対応、GHG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。世界のバイオ燃料生産量の増加率は鈍化しているものの、いまだに増加傾向は続いている。バイオ燃料の原料は依然として農産物が大部分を占めているため、バイオ燃料需給は世界の食料需給に影響を与えている状況にあると考える。これまでの世界のバイオ燃料需要が拡大してきた最大の要因は、各国・地域の政策及び国際原油価格動向である。政府等により一定期間、最低使用義務目標量が設定されている米国やEU、混合義務率が設定されているブラジルでは、バイオ燃料需給が政策的要素に大きく影響を受けることになる。一方、国際原油価格の下落は、世界各国・地域におけるガソリン及び軽油需要量を変動させる大きな要因となり、これが各国・地域で実施されているガソリン及び軽油混合率を通じて、バイオ燃料需給にも大きく影響するものと考えられる。また、国際原油価格下落は、バイオ燃料関連投資、第2世代型バ

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。また、国際原油価格と原料である農産物価格の関係によりバイオ燃料生産マージンが決定されることから、バイオ燃料需給にとって国際原油及び農産物価格動向は今後も重要である。

バイオ燃料需要は、対象国にもよるが、国際原油価格に対して、弾力的な部分と非弾力的な部分に分かれることになる。そして、バイオ燃料需要に対する化石由来燃料価格の自己価格弾性値は「代替財」としての符号条件となっても、「補完財」としての部分に影響されることから、その自己価格弾性値の絶対値は低い水準となる。さらに、将来的にはEV及びFCVに関する技術開発の進展による本格的普及は、バイオ燃料の使用可能な期間を決定する一要因であると考えられる。このため、バイオ燃料需給にも影響を与える要因としてEV等の開発動向にも注視する必要がある。

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は、今後も世界の食料需給に影響を与え続けていく見込みである。このため、今後も引き続き、バイオ燃料生産が食料価格を「下支え」する要因となり、食料の国際価格が下がりにくい構造が継続していくことを意味する。このように、2000年代半ば以降、各国・地域における政策的なバイオ燃料需要政策が、食料価格の「下支え」効果として機能していること等により、世界食料需給において2000年代半ば以降とそれ以前とは需給構造が大きく変化しているものと考えられる。このように、バイオ燃料の世界的な普及は世界食料需給構造を大きく変えた要因の一つであると考えられる。

世界のバイオ燃料生産・需要量については、これまでの10年間の増加率に比べて今後10年間の増加率は下落することが見込まれる。このため、バイオ燃料はもはや国際穀物等価格が高騰した2006～2008年の頃のように世界食料需給を展望する上で、もはや「脅威」ではないように思える。しかし、バイオ燃料需要量及び生産量の増加率は下落しても、需要量及び生産量そのものは、今後も増加することが見込まれており、バイオ燃料が

世界食料需給構造に確固として組み込まれていることは、今後の世界食料需給を展望する上で極めて重要な点である。

一方、農産物は農民にとって重要な所得源である。このため、バイオ燃料生産を通じて、食料価格を下支えし、価格の暴落を防ぐ効果は、こうした農民の所得増加にもつながると考える。さらに、バイオ燃料の生産拡大は、農業・農村開発を通じて、途上国のフードセキュリティに寄与することも期待される。バイオ燃料需要による世界食料価格の下支え効果は、世界のフードセキュリティを考える場合、プラスにもマイナスにもなり得る「諸刃の剣」であると考えられる。このため、バイオ燃料需要による世界食料価格の下支え効果によるマイナス効果を十分に認識した上で、今後、バイオ燃料生産が世界のフードセキュリティにとってプラスとなるようなFAOをはじめとする取組を国際社会で進めていくことが重要である。

なお、本研究では、頁数の関係から他の国（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食料需給に与える影響については言及しなかったが、今後、こうした国々における政策と食料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) バイオエタノール及びバイオディーゼルの製造工程や詳細やこれらの特色については小泉（2009）を参照されたい。

(2) 2013年以降のバイオ燃料が世界食料需給及びフードセキュリティに与える影響については、プロジェクト研究資料等として、小泉（2016）及び小泉（2017a）があるが、本研究ではこれらを基に学術的論文として、大幅に加筆・修正した。

(3) 詳細についてはKoizumi（2014）を参照されたい。

(4) 「先端的バイオ燃料」は米国の再生可能燃料基準における定義であり、米国以外では「第2世代型バイオ燃料」が該当する。

(5) 1978～2008年における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。

(6) EPAは2014年の再生可能燃料基準を152.1億ガロン（5,749万kℓ）に引き下げる提案を行った。

(7) 2015年5月に提案された2014～2016年、2017年の再生可能燃料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年の再生可能燃料基準総量は159.3億ガロン（6,021万kℓ）、2015年は163.0億ガロン



- 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DOE-EIA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。
- (8) 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) が使用されているものの、この車両の普及は極めて限定的である。
- (9) ドライミルとは、胚芽を除去して粉碎する「製粉」であり、バイオエタノール製造時に澱粉が吸収されるが、残りの副産物としてDDG (ジズチラズ・ドライド・グレイン) が発生する。
- (10) 米国穀物協会からの聞き取り調査によるもの (2017 年 11 月及び 2018 年 2 月)。
- (11) デフォルト値とは、厳密にデータが入手できない場合に代替値を用いて計測した温室効果ガス排出量の値を意味する。
- (12) 国際原油価格はこの当時、4 USドル/バレルから 14USドル/バレルに高騰した。
- (13) 「ネオ・リベラリズム」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 (ミクロ経済改革)、社会政策から構成される (石黒, 2003)。
- (14) 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。
- (15) 農牧供給省の決定の前には、鉱山動力省をはじめ、大統領府等関係省庁に諮る必要がある。
- (16) 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。
- (17) 含水エタノールとはアルコール分 92.6% ~ 99.3% 未満のものである。
- (18) ブラジルのバイオ燃料政策と食料需給に与える影響については小泉 (2012a) を参照されたい。
- (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。詳しくは小泉 (2012a) を参照されたい。
- (20) 厳密には精製される前のCPO (粗パーム油) がバイオディーゼルに使用されているが、ここでは一般的なパーム油と呼ぶ。
- (21) 1 ルピア = 0.0091 円を使用 (2007 年 12 月調査時当時)。以下、ルピアと日本円の為替レートはこの値を使用。
- (22) USDA-FAS (2017f) によるバイオディーゼル向けパーム油使用量をUSDA-FAS (2017h) による大豆油需要量で除した値。
- (23) 1 マレーシアリング = 27.16 円を使用 (調査時当時)。以下、マレーシアリングと日本円の為替レートはこの値を使用。
- (24) USDA-FAS (2017f) によるバイオディーゼル向けパー

ム油使用量をUSDA-FAS (2017h) による大豆油需要量で除した値。

- (25) 世界銀行によるスポット価格年平均値の予測値を使用。
- (26) 米国の大学の連合体による研究機関による予測としては、ミズーリ大学コロンビア校及びアイオワ州立大学を中心とした大学や研究機関の連合組織である食料農業政策研究所 (FAPRI) が、1984 年以降、米国下院や連邦政府の委託研究として、計量経済モデルを用いた中期的な世界の食料需給見通し結果を定期的に公表してきた。しかし、予算の制約等の理由から、アイオワ州立大学 (FAPRI-ISU) による世界食料需給予測は 2012 年公表分が最後となり、2013 年以降は、ミズーリ大学コロンビア校 (FAPRI-MU) のみが米国の食料需給見通し及び世界バイオ燃料需給見通しを毎年、公表している。
- (27) 詳細については小泉 (2017b) を参照されたい。
- (28) シェールオイルの記述については、ムラー・二階堂訳 (2016) 及び岩瀬 (2016) を参考にした。
- (29) 詳細については小泉 (2012a) を参照されたい。
- (30) ムラー・二階堂訳 (2016) による 10 ガロン (約 38 ℓ) 当たり約 5 分注入に要する記述を参照した。
- (31) EV の技術的問題点については、ムラー・二階堂訳 (2016) 及び日経新聞 (2017) を参考にした。
- (32) 詳細については小泉 (2017a) を参照されたい。
- (33) 詳細については小泉・大賀 (2009b) を参照されたい。

## 〔引用文献〕

- United States Department of Energy (DOE) *Biodiesel Vehicle Emissions*. [https://www.afdc.energy.gov/vehicles/diesels\\_emissions.html](https://www.afdc.energy.gov/vehicles/diesels_emissions.html). (2017 年 7 月 20 日アクセス)
- United States Department of Energy (DOE) (2015). *Alternative Fuels Data Center*, [http://www.afdc.energy.gov/fuels/ethanol\\_el5.html](http://www.afdc.energy.gov/fuels/ethanol_el5.html) (2017 年 11 月 19 日アクセス)
- United States Department of Energy, Energy Information Administration (DOE-EIA) (2014) *Annual Energy Outlook 2014*. <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/workinggroup/oil-naturalgas/pdf/> (2017 年 11 月 1 日アクセス)
- United States Department of Energy, Energy Information Administration (DOE-EIA) (2017a) *Annual Energy Outlook 2017*. <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/data/browser/#/?id=1-AEO2017&cases=ref2017&sourcekey=0>. (2017 年 7 月 26 日アクセス)
- United States Department of Energy, Energy

- Information Administration (DOE-EIA) (2017b) *Monthly Energy Review*. <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/>. (2017年7月26日アクセス) (2017年7月21日アクセス)
- United States Department of Energy, Energy Information Administration (DOE-EIA) (2018) *Pertroleum & Other Liquids*. <http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=PET&s=RCLC1&f=D>. (2018年2月26日アクセス)
- 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>. (2017年7月18日アクセス)
- 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>. (2017年7月19日アクセス)
- 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>. (2017年7月14日アクセス)
- 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>. (2017年7月14日アクセス)
- 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-based> (2017年7月15日アクセス)
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2016) *Final Renewable Fuel Standards for 2017, and the Biomass-Based Diesel Volume for 2018*. <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/final-renewable-fuel-standards-2017-and-biomass-based-diesel-volume> (2017年7月14日アクセス)
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2017) *Final Renewable Fuel Standards for 2018, and the Biomass-Based Diesel Volume for 2019*. <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/final-renewable-fuel-standards-2018-and-biomass-based-diesel-volume>. (2017年11月30日アクセス)
- 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 (2013) *Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/docs\\_autres\\_institutions/commission\\_europeenne/com/2013/0032/COM\\_COM\(2013\)0032\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/com/2013/0032/COM_COM(2013)0032_EN.pdf). (2017年10月24日アクセス)
- European Commission (2015) *Renewable Energy Progress Report*. [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-15-5180\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-5180_en.htm). (2017年10月24日アクセス)
- European Commission (2016a) *EU Agricultural Outlook, Prospects for EU agricultural markets and income 2016-2026*. European Commission.
- European Commission (2016b) *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources*. COM (2016) 767 Final.
- Ewing, M. and S. Msangi (2009) "Biofuels production in developing countries: assessing tradeoffs in welfare and food security". *Environ Sci Policy*, 2009; 12: pp.520-8.
- F.O.Licht (2016) *World Ethanol & Biofuels Report*,

- Vol.12, No4, F.O.Licht.
- Food and Agricultural Organization (FAO) (2008) *The State of Food and Agriculture*. FAO.
- Food and Agricultural Organization (FAO) (2009) *World Summit on Food Security, Declaration of the World Summit on Food Security*. [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/Summit/Docs/Final\\_Declaration/WSFS09\\_Declaration.Pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/Summit/Docs/Final_Declaration/WSFS09_Declaration.Pdf). (2017年8月2日アクセス)
- Food and Agricultural Organization (FAO) (2017) *FAOSTAT, FAO statistic Databases*. <http://faostat.fao.org/>. (2017年5月12日アクセス)
- Food & Agricultural Policy Research Institute (FAPRI) (2017a) *International Biofuels Baseline Briefing Book*, FAPRI-MU Report #02-17.
- Food & Agricultural Policy Research Institute (FAPRI) (2017b) *U.S. Baseline Briefing Book, Projections for Agricultural and Biofuel Market*, FAPRI-MU Report #01-17.
- Friend of the Earth et al. (2005) *The Oil for ape scandal, How palm oil is threatening orangutan survival*. [https://www.foe.co.uk/sites/default/files/downloads/oil\\_for\\_ape\\_full.pdf](https://www.foe.co.uk/sites/default/files/downloads/oil_for_ape_full.pdf).
- High Level Panel of Experts (HLPE) (2013) *Biofuels and food security, A report by The High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition*, HLPE Report 5. [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/hlpe/hlpe\\_documents/HLPE\\_Reports/HLPE-Report-5\\_Biofuels\\_and\\_food\\_security.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE_Reports/HLPE-Report-5_Biofuels_and_food_security.pdf) (2017年6月22日アクセス)
- ICF (2017) *A life-Cycle Analysis of the Greenhouse Gas Emissions of Corn-Based Ethanol*. [https://www.usda.gov/oce/climate\\_change/.../USDAEthanolReport\\_20170107.pdf](https://www.usda.gov/oce/climate_change/.../USDAEthanolReport_20170107.pdf). (2017年11月1日アクセス)
- International Monetary Fund (IMF) (2017) *IMF Primary Commodity Prices*. <http://www.imf.org/external/np/res/commod/index.aspx>
- Institute for European Environmental Policy (IEEP) (2012) *EU biofuel use and agricultural commodity prices: a review of the evidence base*. [http://www.ieep.eu/assets/947/IEEP\\_Biofuels\\_and\\_food\\_prices\\_June\\_2012.pdf](http://www.ieep.eu/assets/947/IEEP_Biofuels_and_food_prices_June_2012.pdf). (2017年6月1日アクセス)
- International Energy Agency (IEA) (2016) *World Energy Outlook 2016*, IEA.
- 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, pp.27.
- 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日アクセス)
- 岩佐和幸 (2008)「東南アジアのバイオディーゼル」『燃料か食料か バイオエタノールの真実』日本経済評論社, pp.84-185。
- 岩瀬昇 (2016)「原油暴落の謎を解く」文春新書, pp.215-216。
- Koizumi, T (2003) “The Brazilian ethanol programme: impacts on world ethanol and sugar markets”, *FAO Commodity and Trade Policy Research Working Paper*, No.1, 2003, pp1-22.
- Koizumi, T (2014) *Biofuels and Food Security: Biofuel Impact on Food Security in Brazil, Asia and Major Producing Countries*, Springer, 2014, pp.79-83.
- Koizumi, T (2015) “Biofuels and Food Security”, *Renewable and Sustainable Energy Review*, 52, pp829-841.
- 小泉達治 (2009)『バイオ燃料と国際食料需給』, 農林統計協会, pp.2-5, pp.16-65, pp.190-195, pp.250-255, pp.313-314.
- 小泉達治 (2012a)『バイオエネルギー大国ブラジルの挑戦』, 日本経済新聞社, pp.104-110, pp.112-117, pp.191-194。
- 小泉達治 (2012b)「ブラジルのバイオディーゼル混合率引き上げが世界大豆・大豆製品需給に与える影響」『農林水産政策研究』, 第19号, pp.1-25。
- 小泉達治 (2016)「バイオ燃料と食料需給」, 『プロジェクト研究資料[主要国農業戦略]研究資料』第9号, pp.179-208。
- 小泉達治 (2017a)『グローバル視点から考える世界の食料需給・食料安全保障—気候変動等の影響と農業投資—』, 農林統計協会, pp.1-155。
- 小泉達治 (2017b)「世界食料需給見通しに関するレビュー」『農林水産政策研究レビュー』, No.76,

- pp.6-7頁。
- 小泉達治・大賀圭治 (2009a)「バイオエタノール需要  
が食料価格に与える影響」『フードシステム研究』,  
第15巻第4号(通巻38号), pp.14-27.
- 小泉達治・大賀圭治 (2009b)「ブラジルのバイオエタ  
ノール政策の効果—砂糖需給へ与える影響—」,  
『フードシステム研究』, pp.1-14。
- 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](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/anuario_agroenergia_WEB_small.pdf). (2017年6  
月16日アクセス)
- Ministério de Minas e Energia (MME) (2015)  
*Balanço Energético Nacional*, MME.
- Mitchell, D (2008) “A note on rising food prices”.  
*Policy Research Working Paper* No. 4682.  
[http://www-wds.worldbank.org/servlet/  
WDSContentServer/WDSP/IB/2008/07/28/](http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/2008/07/28/). (2016  
年12月16日アクセス)
- ムラー・二階堂行彦訳 (2016)「エネルギー問題入門」  
楽工社, pp.316-333。
- National Research Council (2011) *Renewable fuel  
standard: potential economic and environmental  
effects of U.S. biofuel policy*. Washington, DC:  
The National Academies Press.
- 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](https://www.jetro.go.jp/world/reports/2013/07001324.html). (2017年4月26日ア  
クセス)
- 日本経済新聞 (2017)「Opinion; EV シフト 日本の選  
択」2017年9月19日。
- 農林水産政策研究所 (2018)「2027年における世界の  
食料需給見通し—世界食料需給モデルによる予  
測結果」, [http://www.maff.go.jp/primaff/seika/  
jyukyuu.html](http://www.maff.go.jp/primaff/seika/jyukyuu.html) (2018年3月14日アクセス)
- OECD-FAO (2017) *OECD-FAO Agricultural  
Outlook 2017-2026*. OECD-FAO.
- Rosegrant, M. W (2008) *Biofuels and grain prices  
:impacts and policy responses. Testimony for  
the U.S. Senate Committee on Homeland  
Security and Governmental Affairs*. [http://www.  
ifpri.org/pubs/testimony/rosegrant20080507.asp](http://www.ifpri.org/pubs/testimony/rosegrant20080507.asp).  
(2016年12月6日アクセス)
- Tokgoz, S., Elobeid, A., Fabiosa, J., Hayes, D.J.,  
Babcock, B.A., YuTH, Dong, F., Hart, C.E., and  
Beghin, C (2007) “Emerging Biofuels: Outlook  
of Effects on U.S. Grain, Oilseed, and Livestock  
Markets”. StaffReport07-SR101. [http://www.card.  
iastate.edu/publications/synopsis.aspx?id=1050](http://www.card.iastate.edu/publications/synopsis.aspx?id=1050).  
(2016年12月8日アクセス)
- United States Department of Agriculture (USDA)  
(2017) *World Agricultural Supply and Demand  
Estimates Report*. [http://www.usda.gov/oce/  
commodity/wasde/](http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/). (2017年6月23日アクセス)
- United States Department of Agriculture, Foreign  
Agricultural Service (USDA-FAS) (2015)  
*Paraguay, Biofuels Annual*. [https://gain.fas.usda.  
gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20  
Annual\\_Buenos%20Aires\\_Paraguay\\_8-10-2015.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Buenos%20Aires_Paraguay_8-10-2015.pdf).  
(2017年10月15日アクセス)
- United States Department of Agriculture, Foreign  
Agricultural Service (USDA-FAS) (2016a) *Canada  
Biofuels Annual*. [https://gain.fas.usda.gov/  
Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20  
Annual\\_Ottawa\\_Canada\\_8-9-2016.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Ottawa_Canada_8-9-2016.pdf). (2017年  
9月15日アクセス)
- United States Department of Agriculture, Foreign  
Agricultural Service (USDA-FAS) (2016b)  
*Malaysia, Biofuels Annual*. [https://gain.fas.usda.  
gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20  
Annual\\_Kuala%20Lumpur\\_Malaysia\\_7-27-2016.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Kuala%20Lumpur_Malaysia_7-27-2016.pdf)  
(2017年10月15日アクセス)
- United States Department of Agriculture, Foreign  
Agricultural Service (USDA-FAS) (2017a)  
*Argentina, Biofuel Annual*. [https://gain.fas.  
usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/  
Biofuels%20Annual\\_Buenos%20Aires\\_  
Argentina\\_7-17-2017.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Buenos%20Aires_Argentina_7-17-2017.pdf). (2017年10月15日ア  
クセス)
- United States Department of Agriculture, Foreign  
Agricultural Service (USDA-FAS) (2017b)  
*Brazil Biofuels Annual*. [https://gain.fas.  
usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/  
Biofuels%20Annual\\_Sao%20Paulo%20ATO\\_  
Brazil\\_9-15-2017.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Sao%20Paulo%20ATO_Brazil_9-15-2017.pdf) (2017年10月15日アクセス)

- United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (USDA-FAS) (2017c) *China - People Republic of Biofuels Annual*. [https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual\\_Beijing\\_China%20-%20Peoples%20Republic%20of\\_1-18-2017.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Beijing_China%20-%20Peoples%20Republic%20of_1-18-2017.pdf) (2017年11月1日アクセス)
- United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (USDA-FAS) (2017d) *Colombia, Biofuels Annual*. [https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual\\_Bogota\\_Colombia\\_9-22-2017.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Bogota_Colombia_9-22-2017.pdf). (2017年11月1日アクセス)
- United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (USDA-FAS) (2017e) *EU-27 Biofuels Annual*. [https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual\\_The%20Hague\\_EU-28\\_6-19-2017.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_The%20Hague_EU-28_6-19-2017.pdf). (2017年10月24日アクセス)
- United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (USDA-FAS)(2017f) *Indonesia Biofuels Annual 2017*. [https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual\\_Jakarta\\_Indonesia\\_6-20-2017.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Jakarta_Indonesia_6-20-2017.pdf). (2017年9月25日アクセス)
- United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (USDA-FAS) (2017g) *Philippines Biofuel Annual, Philippine Biofuels Situation and Outlook*. [https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual\\_Manila\\_Philippines\\_10-18-2017.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Manila_Philippines_10-18-2017.pdf). (2017年9月25日アクセス)
- United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (USDA-FAS) (2017h) *Production, Supply and Distribution Online*. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx> (2017年10月18日アクセス)
- United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (USDA-FAS) (2017i) *Thailand Biofuels Annual*. [https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual\\_Bangkok\\_Thailand\\_6-23-2017.pdf](https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Bangkok_Thailand_6-23-2017.pdf). (2017年9月15日アクセス)

## Biofuel Impact on World Food Market and Food Security

Tatsuji KOIZUMI

### Summary

To address energy security, reduce greenhouse gas (GHG) emissions, and strengthen agricultural/rural development, biofuels are produced and utilized globally. This study analyzes biofuel programs in the USA, Brazil, the EU, Indonesia and Malaysia. The study also reviews biofuel impact on the world food market and food security. The growth rate of global biofuel production is a decreasing trend, whereas biofuel production is an increasing trend. The main feedstock of biofuels continues to be dominated by agricultural products. Biofuel production and consumption are expected to remain constant into the future, despite their impact on global food markets. Biofuels have a *floor price effect* on global food markets and have been a main factor in changes in global food-market structure since the mid-2000s. In contrast, agricultural products are a crucial source of income for farmers. The *floor price effect* derived from biofuel production prevents sharp declines in global and local agricultural commodity prices and raises the income of farmer households. Consequently, by way of their positive contribution to improved world food security, biofuel programs are pivotal to promoting advances in societal development structures worldwide.

Key words and phrases: Biofuels, World Food Market, Food Security, Competition between biofuels and food, Floor price effect of food prices