

第3部 バイオ燃料原料用農産物の需要拡大が

食料需給に及ぼす影響分析

小泉 達治

1. バイオ燃料の国際的展開と国際食料需給

(1) 問題の背景

バイオ燃料の自動車燃料としての使用は、エネルギー問題、環境問題、地域開発の目的から世界中で導入が進められている。特に、2005年～2008年夏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に世界的な関心が集まっていることに加え、「京都議定書」の発効により、地球規模での温暖化対策として二酸化炭素抑制に効果のあるバイオ燃料に世界的関心が集まり、バイオ燃料の導入・普及が世界中で進められた。このため、これまでバイオ燃料の普及を進めてきたブラジル、米国、EUでもさらにバイオエタノールの普及拡大、増産及び輸出の拡大を図っているほか、これらの国・地域以外でも世界中でバイオ燃料の普及計画が進められている。

こうした状況下、現在のバイオ燃料の主原料が農産物であるため、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」との競合という新たな問題を発生させている。特に、国際穀物等⁽¹⁾の価格は2006年秋から2008年夏にかけて高騰したが、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は、国内外の会議等でも議論されることとなった。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発展した。

(2) バイオ燃料の特性

バイオエネルギー（Bioenergy）とは、エネルギーとして見たバイオマスを化学反応させて得られるエネルギーを意味する。また、バイオマス（Biomass）とは、重量またはエネルギー量で示す生物体の量、あるいはエネルギーや工業原料の資源として見た生物体と

しての資源を意味する（山地・山本・藤野 2000）。なお、バイオマスという言葉を最初に学術文献に使用したのは Bogorov（1934）である（横山 2001）。

また、バイオマスはその発生源によって、廃棄物系バイオマス（家畜資源、食品資源、産業資源、林産資源、下水汚泥）、未利用系バイオマス（林産資源、農産資源）、資源作物（糖質資源、でん粉資源、油脂資源）に分類される（農林水産省 2002）。

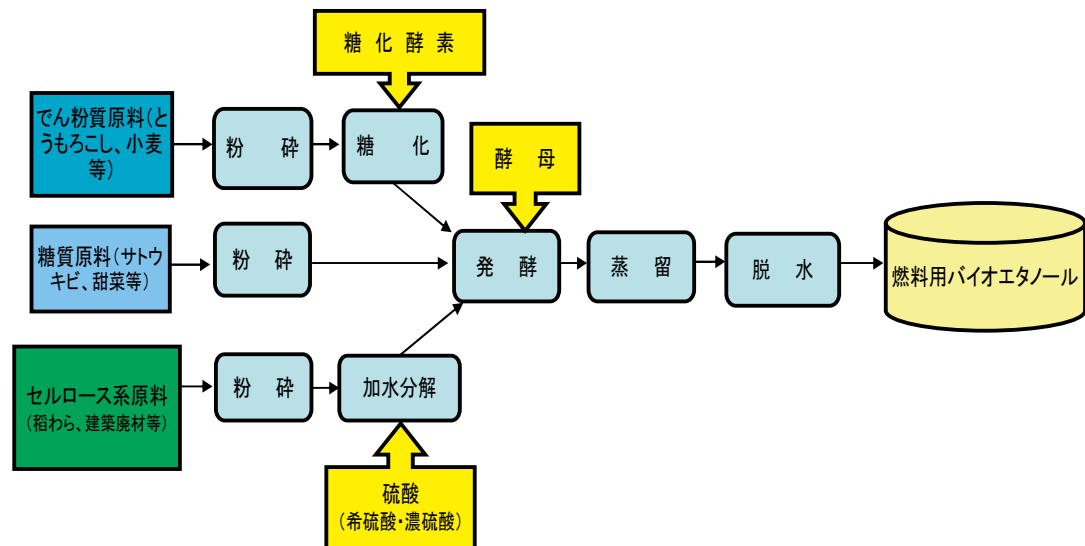
バイオマスの利用は、エネルギー利用と製品利用に大別できる。製品利用は、肥料、飼料、工業用原料等に使用され、エネルギー利用は、直接燃焼、気体燃料、液体燃料に大別される（第1表）。直接燃焼は、薪、農産物残渣、家畜の糞等を直接燃焼させるものが一般的であり、現在でも途上国を中心に利用されている。また、気体燃料及び液体燃料は、高度なエネルギー利用効率を有する商業的エネルギーであり、産業用として使用されている。このうち液体燃料に分類され、自動車用燃料として使用できるバイオエタノール及びバイオディーゼルは、バイオ燃料と呼ばれている。バイオエタノールとは、サトウキビのような糖質原料やとうもろこしのような澱粉質原料を発酵・蒸留して製造されるものである（第1図）。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、稲わらや建築廃材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。ただし、現在のところ、セルロース系原料からの糖化は硫酸を使用した加水分解による手法が主流であるが、商業的実用化に向けて技術的課題を有している。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脂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（第2図）。バイオディーゼルは、世界的には、なたね油、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⁽²⁾。植物油脂はそのままでは粘度が高く、燃料としての使用は困難であるが、粘度を下げるために植物油脂は脂肪酸メチルエステル（FAME）に変換され、製品としての FAME が一般的にバイオディーゼルと呼ばれている（石川、山崎、岩本、小坂田、宮脇、相良（2005））。

現在、世界の総エネルギー需要量に占めるエネルギー供給源としては、原油・石炭が6割を占めており、バイオマスは1割程度である（第3図）。さらに、世界のエネルギー需要量に占めるエネルギー供給源（2006年）のうち、直接熱利用や調理用といった伝統的バイオマス利用は全体の61%を占めており、うちバイオ燃料は全体の2%程度である（IEA2008）。このように、現状では全エネルギー需要に占めるバイオマス及びバイオ燃料の割合は小さいことがわかる。

第1表 用途によるバイオマスの種類

	分類	変換後の形態	主な用途	利用出来るバイオマスの例
エネルギー利用	直接燃焼	薪・木材チップ	発電・熱源用燃料	間伐材、製材工場等残材
	気体燃料	メタンガス	発電・熱源用燃料	家畜排せつ物、食品廃棄物、下水汚泥
	液体燃料	バイオエタノール	ガソリン代替燃料	とうもろこし、サトウキビ、建設残材
		バイオディーゼル	軽油代替燃料	廃食用油、菜種油
		メタノール	発電・熱源用燃料、燃料電池燃料	稲わら、もみ殻、製材工場等残材
製品利用	肥料	堆肥	たい肥	家畜排せつ物、食品廃棄物、下水汚泥
	飼料	飼料	家畜・養魚用飼料	食品廃棄物、水産廃棄物
	工業用原料	プラスチック	食品トレイ、農林水産用資材	食品廃棄物、トウモロコシ、ばれいしょ、米
		再生木質ボード	家具、床下地	間伐材、製材工場等残材
	機能性食品原材料	DHA、EPA	栄養剤	水産廃棄物

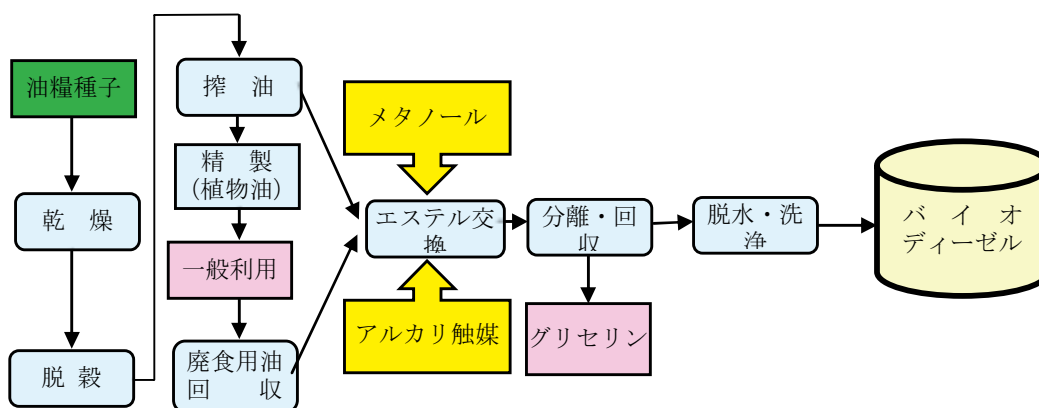
資料：農林水産省（2002）を一部修正。



第1図 バイオエタノールの製造工程図

資料：大聖／三井物産（株）2008 を基に作成。

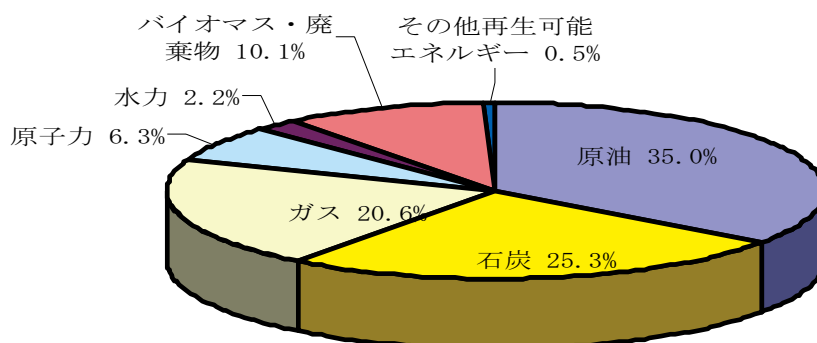
注：本図は一般的な製造工程を示したものであり、国・地域により製造工程に相違がある。



第2図 バイオディーゼルの製造工程概要

(資料) 松村・サンケアフューエルズ (2006) を基に作成。

(注) 本図は一般的な製造工程を示したものであり、国・地域により製造工程に相違がある。



第3図 世界の総エネルギー需要量に占めるエネルギー供給源 (2005 年)

資料 : IEA(2007)より作成。

バイオ燃料は、化石燃料と異なる特徴がある。まず、第1に再生可能エネルギーであることである。再生可能エネルギーとは、地球上にある自然のエネルギーを電力や熱に変換することをさす。化石燃料は化石資源の埋蔵量の制約を受けているのに対して、バイオ燃料は植物を原料としているため、半永久的に枯渇することはない(横山 2001)。また、化石燃料のように地域的に偏在せず、地球規模に広く原料が分布していることも特徴である。

第2に、バイオ燃料の利用により、温室効果ガスの削減を図ることが期待できる点である。人の活動に伴って発生する温室効果ガスが、大気中の温室効果ガスの濃度を増加させることにより、地球全体として地表及び大気の温度が追加的に上昇される現象である「地

球温暖化」(吉村 2003)は、世界レベルでの重大な環境問題である。1997年に開催された気候変動枠組み条約第3回締約国会議(COP3)において、「国際連合枠組み条約の京都議定書」(いわゆる「京都議定書」)が合意され、先進国の温室効果ガスについて1990年を基準に、全体で5.2%削減することが決定された。また、地球表面から熱を拡散する赤外線を大気中のガスが吸収して、地球外への放散を妨げる温室効果を招くガスである温室効果ガスについては、同会議において、二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素、ハイドロフルオロカーボン、パーフルオロカーボン、六フッ化硫黄の6種類の排出削減目標が定められた。この温室効果ガスの大部分を占めるCO₂については、世界全体の1990年の排出量が20億9,450万トンから2006年には27億8,890万トンと増加している(IEA 2008)。このため、CO₂の排出量削減が世界レベルでの課題となっている。バイオ燃料をエネルギーとして使用し、燃焼によって二酸化炭素を放出しても、植物が大気中の二酸化炭素を吸収して成長することから、最終的には二酸化炭素を増加させない「カーボンニュートラル」(CO₂ニュートラル)という特性を有しており、「京都議定書」でも認められている仕組みである。なお、バイオ燃料の温室効果ガス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、化石由来燃料に比した温室効果ガス削減率は、16~85%となっており、バイオ燃料の使用は、化石燃料に比べて温室効果ガスを削減する効果を有していると考えられる⁽³⁾。

第3に、バイオ燃料のうち、バイオエタノールをガソリンや軽油に加えると燃料中に酸素が加わり、エンジン内で燃料が完全燃焼することで二酸化炭素の排出を抑制する効果がある。第4に、バイオ燃料をガソリン・軽油の代替燃料として使用することにより、ガソリン・軽油の需要量を低減することが可能である。このことは、原油の需要量を削減することにより、原油の輸入依存度が高い国のエネルギー自給率向上にも寄与するとともに、貿易収支の改善にも寄与することが出来る。第5に、バイオ燃料の生産は、農産物に対して新規の市場を創出し、農業・農村経済の活性化の効果が期待できる。バイオエタノールの生産は、余剰農産物の処理機能の他に、廃棄物から生産される場合は廃棄物の量と処理費用を削減し、資源の有効利用を実現することが期待できる。

(3) バイオ燃料の国際的展開

第2表の世界の燃料用バイオエタノール生産量の推移をみると、1990年の1,521万klから2009年には7,278万klへと増大していることがわかる。世界最大の生産国は米国の3,860万kl、次いでブラジルの2,520万klであり、ブラジルと米国で世界の生産量の87.7%を占めている（F.O. Licht 2009）。特に、2000年から2009年にかけては、ブラジルの年平均10.2%の増加に対して、米国は同22.6%の増加であり、両国の生産量が急速に拡大していることがわかる。

また、第3表のバイオディーゼルの世界生産量の推移をみると、2000年の70.8万トンから2008年の1,133万トンへと急速に拡大している（F.O. Licht 2009）。これまで、最大の生産国であったドイツの生産割合が減少する一方、米国の生産割合が2005年以降、急速に増加しているほか、ブラジル、アルゼンチン、インドネシア等における生産量が2006年以降増加している。

第2表 世界の燃料用バイオエタノール生産量の推移

単位：1 000kl

	1990年	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009 (見込み)	年平均 増加率
米 国	3 407	5 299	6 171	6 684	8 151	10 617	12 906	14 755	18 381	24 552	34 968	38 600	22.6%
ブラジル	11 783	12 671	10 497	11 234	11 490	12 140	13 544	13 813	16 700	20 000	24 200	25 200	10.2%
中 国	0	0	0	0	289	800	1 000	1 200	1 400	1 700	1 900	1 750	-
イ ン ド	0	0	0	0	0	0	150	100	120	140	350	380	-
U	0	96	174	259	309	468	604	896	1 577	1 796	2 822	3 830	-
そ の 他			265	272	279	316	305	563	784	1 449	2 096	3 021	-
合 計	15 212	18 074	17 107	18 449	20 518	24 341	28 509	31 327	38 962	49 637	66 336	72 781	17.5%

資料：F.O.Licht(2009)より作成。

注：年平均増加率は、2000年～2009年の年平均増加率である。

第3表 世界のバイオディーゼル生産量の推移

単位：1,000トン

	2000年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 (見込み)	年平均 増加率
ド イ ツ	220	277	450	750	980	1,450	2,200	2,600	2,200	33.4%
フ ラ ン ス	311	312	366	357	348	492	743	1,013	1,600	22.7%
イ タ リ ア	80	145	210	273	320	396	593	469	325	19.2%
ス ペ イ ン	0	0	0	6	13	74	125	147	280	-
そ の 他 欧 州	86	117	184	231	238	509	937	1,396	1,665	44.8%
米 国	6	17	50	67	124	392	820	1,705	2,000	106.7%
マ レ ー シ ア	0	0	0	0	0	0	50	125	170	-
イ ン ド ネ シ ア	0	0	0	0	0	0	1	125	250	-
ブ ラ ジ ル	0	0	0	0	0	0	60	354	1,150	-
ア ル ゼ ン チ ン	0	0	0	0	0	0	30	384	550	-
そ の 他	5	15	16	15	21	150	367	630	1,143	97.2%
世 界 合 計	708	883	1,276	1,698	2,044	3,462	5,926	8,948	11,333	41.4%

資料：F.O.Licht(2009)より作成。

注：年平均増加率は、2000年～2008年の年平均増加率である。

2008 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貿易量の割合は、0.77%と低く⁽⁴⁾、ほとんどの国・地域において自国・地域内において消費される傾向にある。また、バイオエタノールの純輸出量をみてみると、最大の純輸出量を有するのはブラジルであり、2008 年は 512 万 kℓである。次いでフランスの 49.9 万 kℓである。最大の生産国である米国は 2008 年では 154 万 kℓと最大の純輸入国である（第 4 表）。このように、米国は最大の生産国であるものの、世界最大の純輸入国であり、ブラジルは第 2 位の生産国であるものの、最大のバイオエタノール輸出国である。

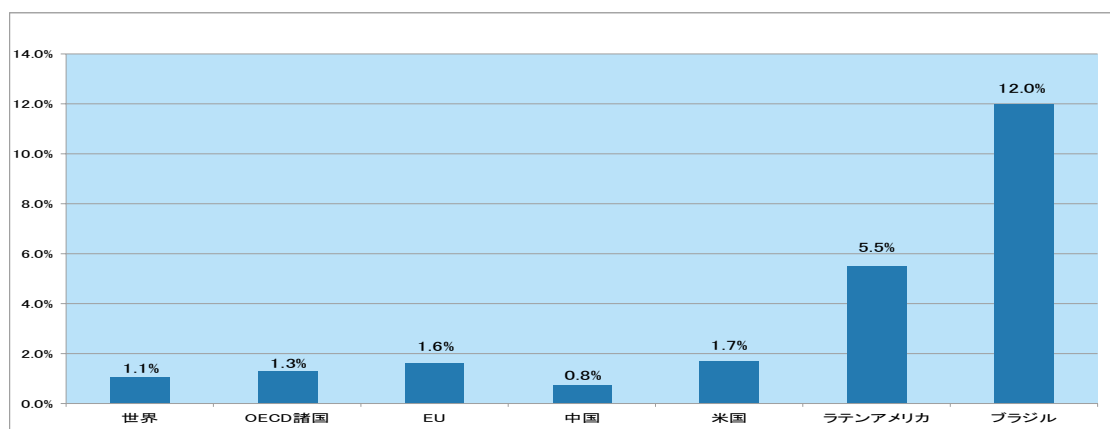
バイオ燃料が輸送用燃料全体に占めるシェアは、ブラジルの 12.0%のように非常に高い国もあるが、米国で 1.7%、EU で 1.6%と OECD 諸国全体でも 1.3%となっており、世界全体でも 1.1%であるのが現状である（第 4 図）。このように、輸送用燃料全体に占めるバイオ燃料のシェアはブラジルのように高い国もあるものの、世界全体としては 1 %程度に過ぎない。

第 4 表 世界のバイオエタノール純輸出量の推移

単位：1,000kℓ

	2002年	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ブラジル	569	769	2,403	2,593	3,429	3,533	5,124
フランス	238	264	223	140	176	321	499
ドイツ	-136	-166	-206	-242	-284	-312	-660
オランダ	12	10	-137	-172	-415	-566	-396
エルサルバドル	3	-10	-14	-29	-3	-23	-69
ジャマイカ	95	3	-6	3	70	-9	-50
米国	-208	-362	-654	-482	-2,540	-1,346	-1,547
日本	-433	-404	-495	-509	-502	-468	-453
コスタリカ	19	14	23	-25	63	130	29

資料：F. O. Licht（2009）より作成。



第 4 図 輸送用燃料占めるバイオ燃料の割合

資料：IEA(2008)、ブラジルについては Ministério de Minas e Energia（2008）より作成。

現在のところ、バイオエタノールの原料は澱粉質原料と糖質原料が主である⁽⁵⁾。ブラジルではサトウキビからバイオエタノールを生産、米国ではとうもろこしから、中国ではとうもろこし及び小麦からバイオエタノールを生産している。バイオエタノールの原料としては澱粉質原料が約6割を占め、糖質原料が約4割を占めている。原料別のバイオエタノール収量については、サトウキビは4,550ℓ/ha、ビートは5,060ℓ/ha、キャッサバは2,070ℓ/ha、トウモロコシは1,960ℓ/haであり、農産物からのバイオエタノール生産ではビートが最も生産収量が高い（第5表）。しかし、各国別では、ブラジルのサトウキビ由来のバイオエタノールは5,476ℓ/haと最も生産収量が高い。一方、バイオディーゼルについては、マレーシアにおけるパーム油からの生産は4,736ℓ/ha、インドネシアにおけるパーム油からの生産は4,092ℓ/ha、米国の大豆からのバイオディーゼル生産は552ℓ/haとなっており、バイオディーゼルについてはパーム油からのバイオディーゼル収量が最も高い。

つぎに、バイオエタノールの潜在的生産可能性についてみていきたい。もし、仮に世界の穀物（小麦、米、とうもろこし、ソルガム）、甘味資源作物（サトウキビ、キャッサバ、ビート）生産を全てバイオエタノール生産とした場合、バイオ燃料の潜在的生産可能性は9億4,000万kℓ、原油換算値は6億3,000万kℓとなり、世界の石油消費量に占めるバイオ燃料供給割合は57%となる（第6表）。ただし、世界の穀物生産・甘味資源を全てバイオエタノール向けに使用するのには、既存の食料用・加工用等の用途があるため、現実には考えられないことであり、これはあくまでも潜在的な生産可能性として考えていただきたい。

第5表 原料別バイオ燃料収量

作物名	対象地域	バイオ燃料	作物単収 (トン/ha)	変換効率 (ℓ/トン)	バイオ燃料収量 (ℓ/ha)
サトウキビ	全世界	バイオエタノール	65	70	4,550
甜菜	全世界	バイオエタノール	46	110	5,060
キャッサバ	全世界	バイオエタノール	12	180	2,070
とうもろこし	全世界	バイオエタノール	5	400	1,960
米	全世界	バイオエタノール	4	430	1,806
小麦	全世界	バイオエタノール	3	340	952
ソルガム	全世界	バイオエタノール	1	380	494
サトウキビ	ブラジル	バイオエタノール	74	75	5,476
サトウキビ	インド	バイオエタノール	61	75	4,552
とうもろこし	米国	バイオエタノール	9	399	3,751
とうもろこし	中国	バイオエタノール	5	399	1,995
キャッサバ	ブラジル	バイオエタノール	14	137	1,863
キャッサバ	ナイジェリア	バイオエタノール	11	137	1,480
大豆	米国	バイオディーゼル	3	205	552
大豆	ブラジル	バイオディーゼル	2	205	491
パーム油	マレーシア	バイオディーゼル	21	230	4,736
パーム油	インドネシア	バイオディーゼル	18	230	4,092

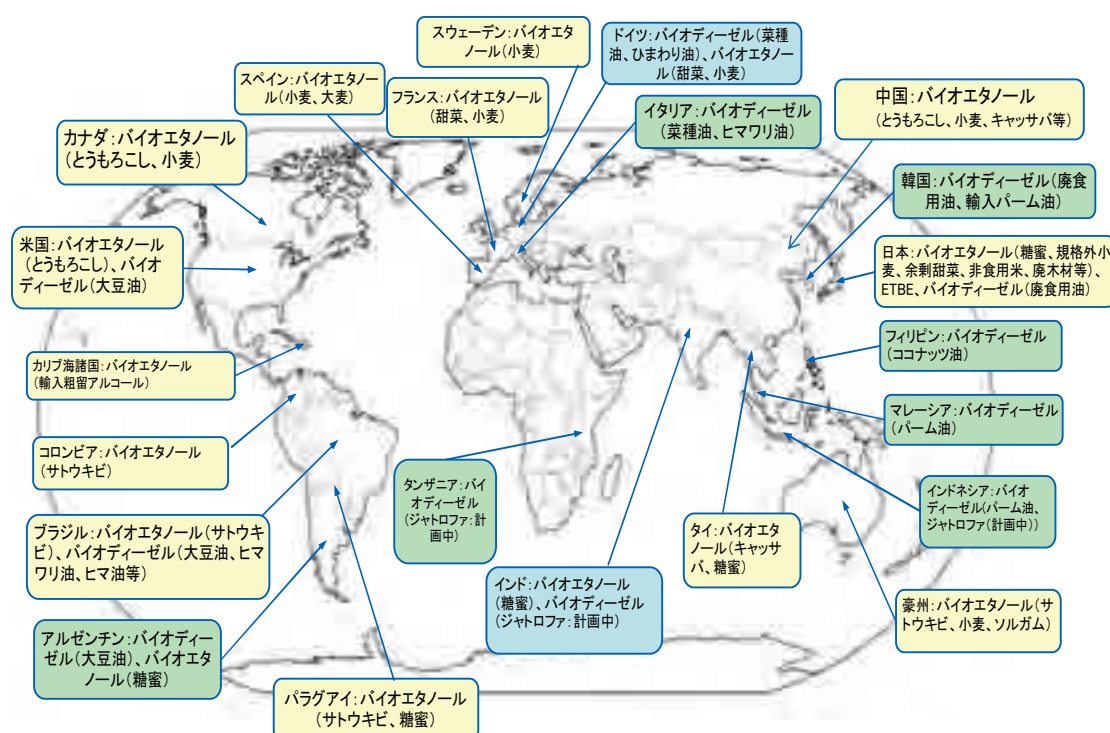
資料：FAO（2008）から作成。

表6表 穀物・甘味資源作物からのバイオエタノール潜在的生産可能性

	全耕地 面積 (百万ha)	農作物 生産総量 (百万トン)	バイオ エタノール 生産性 (ℓ/ha)	バイオ エタノール 理論的 生産可能量 (百万kℓ)	原油 換算値 (百万kℓ)	2003年石油消費量に占める バイオ燃料供給割合
小麦	215	602	952	205	137	12%
米	150	630	1,806	271	182	16%
とうもろこ	145	711	1,960	284	190	17%
ソルガム	45	59	494	22	15	1%
サトウキビ	20	1,300	4,550	91	61	6%
キャッサバ	19	219	2,070	39	26	2%
甜菜	5	248	5,060	27	18	2%
合計	599	3,769	-	940	630	57%

資料：Rajapogal et al (2007)を基に筆者修正。

バイオ燃料のガソリンへの混合は米国，ブラジル以外にもエネルギー問題，環境問題，地域開発の目的から世界中で導入・普及が進められている（第5図）。また，世界主要国・地域では，将来に向けたバイオ燃料導入義務目標やガソリンや軽油に対する混合義務がある（第7表）。このため，バイオ燃料導入義務目標や混合義務を有する国・地域では，見直しが行なわれない限り，将来にわたり，バイオ燃料需要が増加していくことになる。



第5図 世界の主要国のバイオ燃料生産・普及状況（2010年1月）

資料：筆者作成。

注：（ ）は原料名である。

第7表 世界の主要国・地域におけるバイオ燃料義務等

国・地域	義 務 目 標 等	備 考
米 国	再生可能燃料を2008年の90億ガロンから2022年までに360億ガロンまで拡大（うち210億ガロンは先端的バイオ燃料、150億ガロンが従来型のバイオエタノール）	義 務 目 標
ブラジル	無水エタノールの混合率20-25%、2008年1月から軽油に対してバイオディーゼルを2%混合、2008年7月から3%混合、2009年7月から4%混合、2013年度から5%混合	混 合 義 務
E U	全輸送用燃料に占める再生可能燃料の割合を2020年までに10%	義 務 目 標
ド イ ツ	全輸送用燃料に占める再生可能燃料の割合を2010年までに6.75%、2015年までに8%、2020年までに10%	義 務 目 標
フランス	全輸送用燃料に占める再生可能燃料の割合を2015年までに10%、2020年までに10%。	2020年のみ 義 務 目 標
イタリア	全輸送用燃料に占める再生可能燃料の割合を2010年までに5.75%、2020年までに10%とする。	義 務 目 標
英 国	全輸送用燃料に占める再生可能燃料の割合を2010年までに5%、2020年までに10%	義 務 目 標
カ ナ ダ	2010年までにガソリンに対して再生可能エネルギーを5%混合、2012年までに軽油に対して再生可能エネルギーを2%混合	義 務 目 標
中 国	2020年までに輸送用燃料需要量に占めるバイオ燃料の割合を15%とし、2020年までに非食糧原料からのバイオエタノール年間生産量を1,000万トン	義 務 目 標

資料：FAO(2008)を加筆。

（4）バイオ燃料使用比率の推移と国際食料需給

これまでみてきたとおり、各国・地域におけるバイオ燃料需要拡大により、それぞれの農産物需要量に占める割合も増加傾向にある。最大のバイオエタノール生産国である米国では 2009/10 年度における国内とうもろこし需要量に占めるバイオエタノール需要量は 38.8%に達することが見込まれており（USDA 2009）、今後、更にその比率が上昇することが米国農務省等により予測されている。また、ブラジルではサトウキビの生産量のうち半分以上が砂糖ではなく、バイオエタノールに仕向けられている。つぎに、世界の総需要量に占めるバイオ燃料向け農産物需要量の推移についてみていきたい。第8表のように、各農産物需要量に占めるバイオ燃料の割合は、全体的に増加傾向で推移している。2007/08 年度における世界サトウキビ生産量に占めるバイオエタノール仕向け割合は 17.4%となり、2009/10 年度における世界の各農産物生産量に占めるバイオ燃料仕向け割合は、菜種油は 27.2%、とうもろこしは 14.2%に対して、パーム油は 3.2%、小麦は 0.96%と割合が低い⁽⁶⁾。こうした状況から、品目毎に差はあるものの、バイオ燃料需要の拡大は食料需給にも影響を与えていると考えられる。

第8表 世界の各農産物需要量等に占めるバイオ燃料の割合

	2004/05年度	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09(見込み)
とうもろこし	5.0%	5.6%	7.9%	10.5%	12.4%
サトウキビ	13.6%	14.7%	14.6%	17.4%	—
小麦	0.0%	0.0%	0.5%	0.5%	0.7%
菜種油	—	—	25.1%	26.9%	27.1%
パーム油	—	—	0.5%	1.5%	2.3%

資料：小泉（2009）。

注(1) 穀物とは、小麦、米、粗粒穀物（とうもろこし、大麦、ソルガム等）である。また、穀物等には、大豆等の油糧種含む。

(2) 植物油以外にも獣油を原料としてバイオディーゼルを生産している国もある。

(3) European Parliament（2008）の温室効果ガス削減率を使用した。詳細は終章に記載されたい。また、温室効果ガス削減量の分析手法の問題点や課題についても終章を参照されたい。

(4) F.O.Licht（2009）による世界の燃料用バイオエタノール輸出量を世界の燃料用バイオエタノール生産量で除したもの。

(5) この他に、木材や植物の茎から抽出したセルロース系原料からバイオエタノールを製造する技術が、米国、EU及び日本で実証実験が行われているが、商業的実用段階には至っていない。

(6) 個別品目ごとの詳細については、小泉（2009）を参照されたい。

【引用文献】

Bogorov, B. G. (1934): “Seasonal Changes in Biomass of *Calanus finmarchicus* in the Plymouth Area in 1930”, *J. Marine Biological Association*, vol. XIX (No. 1), pp. 585.

大聖泰弘／三井物産（株）編(2008):「バイオエタノール最前線」, 工業調査会, pp. 20.

European Parliament（欧州議会 2008）: “Promotion of the use of energy from renewable sources”, P6 TA-PROV(2008)0609.

FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations) (2008): *The State of Food and Agriculture*, Food and Agricultural Organization of the United Nations.

F.O.Licht(2009): *F.O.Licht World Ethanol & Biofuels Report, Vol 7, No15*, F.O.Licht.

International Energy Agency (2007): *World Energy Outlook 2007*, International Energy Agency.

International Energy Agency (2008): *World Energy Outlook 2008*, International Energy Agency.

石川智子, 山崎理恵, 岩本悟志, 鍋谷浩志, 小坂田潔, 宮脇長人, 相良泰行 (2005): 「無触媒アルコール反応によりバイオディーゼル燃料生産の経済的評価と原料油の価格がバイオディーゼル燃料の価格に及ぼす影響について」, 『日本食品工業会誌』, Vol. 6, No2. pp. 113-120.

小泉達治 (2009): 「バイオ燃料と国際食料需給～エネルギーと食料との競合を超えて～」農林統計協会, pp. 14.

農林水産省 (2002): 「2002年度食料・農業・農村白書」農林水産省.

松村正利・サンケイアフューエルズ（株）編(2006):「バイオディーゼル最前線」, 工業調査会, pp. 30.

Ministério de Minas e Energia (2008): *Brazilian Energy Balance 2008*. Ministério de Minas e Energia, Brazil.

Rajagopal, D etc (2007), *Challenges of biofuel: filling the tank without emptying the stomach?* Environmental Research Letters, 2, 30 November.

山地憲治, 山本博己, 藤野純一(2000): 「バイオエネルギー」, ミオシン出版, pp. 18-20.

横山伸也(2001): 「バイオエネルギー最前線」, 森北出版, pp. 1-2, pp. 6-8.

吉村進（2003）：「環境大辞典」，日刊工業新聞，pp.92-93.

USDA (U. S. Department of Agriculture) (2009): *World Agricultural supply and Demand Estimates*, USDA, WASDE-473.

2. バイオ燃料原料用農産物の需要拡大が食料需給に及ぼす影響分析

(1) 研究目的

「世界の食料需給の中長期的な見通しに関する研究」（平成 20～22 年度プロジェクト研究）では、食料をめぐる動向や食料需給の見通しについての分析を行うこと等を目的としている。このうち「バイオ燃料原料用農産物の需要拡大が食料需給に及ぼす影響分析」では、世界の食料需給を見通す上で、無視することができない要因となっているバイオ燃料原料用の農産物の需要拡大が食料需給に及ぼす影響について定量的な分析を行っている。

本研究では、昨年度に引き続き、米国のバイオエタノール政策が原料作物であるとうもろこし需給へ与える影響について部分均衡動学モデルを用いて影響試算を行った上で、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うことを目的としている。今回は、20 年度に行った「バイオ燃料原料用農産物の需要拡大が食料需給に及ぼす影響分析」について、基準年度を 2006/07 年度から 2007/08 年度に更新して影響試算を行った。

なお、本研究成果は、農林水産省の公式見解ではなく、農林水産政策研究所による試算結果であることを付け加えさせていただく。

(2) 米国のバイオエタノール需要増加

米国では 1970 年代後半から、エネルギー、環境問題そして余剰農産物問題への対応から、とうもろこしを主原料としたバイオエタノールの生産およびガソリンへの混合が実施されている。特に、1990 年以降は改正大気浄化法施行や含酸素燃料として使用された MTBE（メチル・ターシャリー・ブチル・エーテル）の代替によりバイオエタノールの需要・生産が増加した。

最近の米国におけるバイオエタノール需要の拡大は、「中東からの石油依存」からの脱却というエネルギー安全保障問題を強いインセンティブとしている。2007 年 12 月 19 日に「エネルギー自立・安全保障法」（Energy Independence and Security Act of 2007）が成立した。同法の大きな柱は、再生可能燃料基準（Renewable Fuel Standard）を 2022 年までに 360 億ガロン（13,626 万 KL）まで拡大することを決定した。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している。このように、米国では今後、バイオエタノールを中心とするバイオ燃料の更なる普及拡大を図る方針である。

こうした状況により、米国のとうもろこし総需要量に占めるバイオエタノール用需要量の割合は 1980/81 年度の 1.4%から 2007/08 年度は 29.6%、2008/09 年度は 36.0%、2009/10

年度は 39.0% に増加している（第 6 図）。このように、国内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は、特に 2000 年以降、急速に拡大している。米国では、バイオエタノール需要量の増加は、価格上昇を通じてとうもろこし需要における飼料用、食用、糖化用、加工用、その他工業用向けとの競合を発生させている。こうした状況から、バイオエタノール需要量の拡大は、食料需給にも影響を与えていると考えられる。

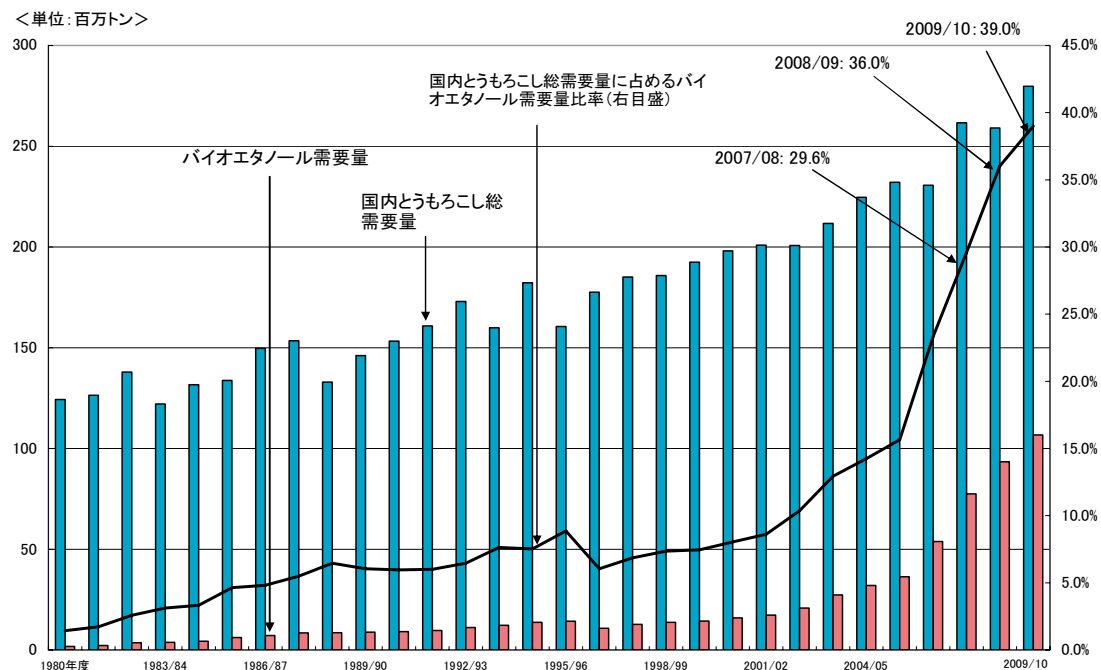


図 6 米国におけるとうもろこし需要量に占めるバイオエタノール需要量の割合の推移

資料: U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (USDA-FAS) (2010): *PS&D*, 2010, U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. 及び USDA (U.S. Department of Agriculture) (2010): *World Agricultural supply and Demand Estimates*, USDA, WASDE-473. より作成。

(3) 世界とうもろこし需給予測モデルによる影響試算

米国におけるバイオエタノール政策の拡大が原料作物であるとうもろこし需給へ与える影響を計量的に計測することを目的として、「世界とうもろこし需給予測モデル」を構築し、2007/08 年度（2006/07～2008/09 年度平均）を基準年として、2018/19 年度までを試算した。

現行の農業・バイオエタノール政策の継続等一定の前提条件に基づいたベースライン予測では、予測期間中の世界のとうもろこし生産量及び需要量は年率 2.2% 増加、貿易量も 1.6% 増加、国際とうもろこし価格は 2007/08 年度（3 年平均）の 4.2 ドル／ブッシェル（1 ブッシェル＝25.4kg）から 2018/19 年度の 7.8 ドル／ブッシェルに上昇することが予測さ

れる。また、米国におけるバイオエタノール向けとうもろこし需要量は年率 5.4%増加し、国内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は 2008/09 年度の 36.0% から 2018/19 年度には 43.0%まで拡大することが予測される。

このベースライン予測に対する代替シナリオとして、2008/09 年度から米国においてバイオエタノールの生産が行われないケースをシナリオとして設定した結果、国際とうもろこし価格は、ベースライン予測結果に比較して 2008/09～2018/19 年度にかけて 33.2～37.4%下落することが予測された（第 7 図）。

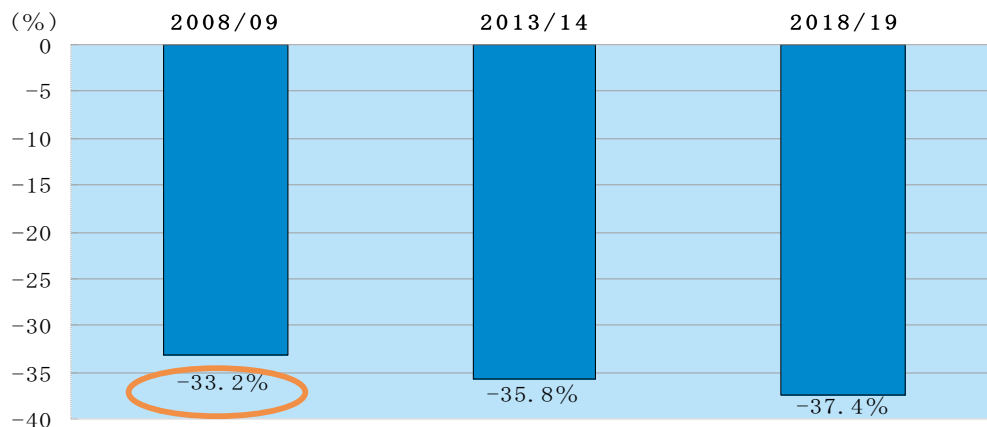


図 7 米国のバイオエタノール需要が国際とうもろこし価格に与える影響比較

(4) 結論

本研究の影響試算結果から、2008/09 年度におけるバイオ燃料需要が国際食料需給に与えた影響は 33.2%と考えられる。また、2018/19 年度におけるバイオ燃料需要が国際食料需給に与える影響は 37.4%と影響度が増加することが予測される。

なお、昨年、実施した影響試算結果では、2007/08 年度におけるバイオ燃料需要が国際食料需給に与えた影響は 22.2%であり、2008/09 年度におけるバイオ燃料需要が国際食料需給に与えた影響は昨年度に比べて 11.0 ポイント上昇したことになる。これは、米国のとうもろこし総需要量に占めるバイオエタノール用需要量の割合が 2007/08 年度は 29.6%から 2008/09 年度は 36.0%に増加したことが原因と考えられる。

(参考 1) 「2007 年エネルギー法」に基づく「再生可能燃料基準」の推移

単位：10億ガロン

	再生可能燃料 基準合計	再生可能 バイオ燃料 (Renewable Biofuel)	先 端 的 バイオ燃料 (Advanced Biofuel)	セルロース系原 料 からのバイオ燃 料 (Cellulosic	バ イ オ ディーゼ ル (Biomass	その他の先端的 バ イ オ 燃 料 (Undifferentiat ed Advanced Biofuel)
2008年	9.0	9.0				
2009年	11.1	10.5	0.6	0.0	0.5	0.1
2010年	13.0	12.0	1.0	0.1	0.7	0.2
2011年	14.0	12.6	1.4	0.3	0.8	0.3
2012年	15.2	13.2	2.0	0.5	1.0	0.5
2013年	16.6	13.8	2.8	1.0		1.8
2014年	18.2	14.4	3.8	1.8		2.0
2015年	20.5	15.0	5.5	3.0		2.5
2016年	22.3	15.0	7.3	4.3		3.0
2017年	24.0	15.0	9.0	5.5		3.5
2018年	26.0	15.0	11.0	7.0		4.0
2019年	28.0	15.0	13.0	8.5		4.5
2020年	30.0	15.0	15.0	10.5		4.5
2021年	33.0	15.0	18.0	13.5		4.5
2022年	36.0	15.0	21.0	16.0		5.0

資料：「2007 年エネルギー法」より作成。