【論文】

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－

農林水産政策研究所 小泉 達治
日本大学生物資源科学部 大賀 圭治

Effect of Brazilian Bioethanol Policy : Impact on Sugar Market

Tatsuji KOIZUMI

Policy Research Institute, MAFF

Keiji OHGA

College of Bioresources Science, Nihon University

Abstract:

The production and utilization of biofuels is promoted in many countries and regions, and these markets are expected to expand in the future. Our study uses a dynamic partial equilibrium model to examine how Brazilian bioethanol production will impact Brazilian and world sugar markets. If the Brazilian government abolished anhydrous blends for gasoline beginning in 2013/14, the international sugar price would decrease by 12.4% by 2017/18. The study result shows that Brazilian bioethanol consumption has an impact on international sugar prices. While the lower international sugar price could be beneficial to sugar-consuming regions, it could damage sugar-producing and sugar-exporting countries that depend heavily on sugar exports. Thus, it is concluded that the Brazilian bioethanol policy has a *floor price effect* for the international sugar price and an important role in maintaining world sugar production and the sugar industry at a reproduction level.

Keyword: Brazil, bioethanol policy, dynamic partial equilibrium model, sugarcane, international sugar price

1. はじめに

バイオエタノールやバイオディーゼル等のバイオ燃料の自動車用化石代替燃料としての活用は、エネルギー、環境問題への対応、農業対策、地域開発等の目的から、世界中で導入・普及が進められている（註1）。特に、近年の国際原油価格の高騰、環境問題への関心の高まりから、2003年以降は急速に需要量・生産量が拡大している。こうした状況下、現行のバイオ燃料の主原料が食用農産物であるため、国際需給に与える影響が世界的

にも懸念された。特に、2006年末から2008年夏まで国際穀物等の価格は高騰し、この主要因がバイオ燃料の需要拡大ではないかとの議論が世界的にも行われた。そして、バイオ燃料生産の増大が国際農産物需給に与える影響が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2008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、世界的にも注目される重要なテーマとなった。

バイオエタノール需要拡大が国際食料価格に与える影響についての研究はこれまで、多く発表されている。まず、IFPRI（国際食料政策研究所）

[7] は、現状の穀物価格上昇のうち30%はバイオ燃料が原因であると推測している。また、小泉・大賀 [11] の研究では、既存の研究を整理・評価した上で、部分均衡動学モデルを用いて米国におけるバイオ燃料需要が国際とうもろこし価格に与える影響について試算を行った(註2)。なお、こうした研究のほとんどが、穀物需給への影響を対象にしたものである(註3)。砂糖を対象とした研究では、IFPRI [7] が、バイオ燃料需要・生産量が国際穀物、砂糖価格に与える影響について試算を行った。また、FAO (国連食糧農業機関) [2] はバイオ燃料原料作物の使用削減が国際穀物、砂糖需給に与える影響について試算を行った。ブラジルのバイオエタノール生産拡大が農産物需給に与える影響については、Fundacao Getulio Vargas [5] が行った研究がある。

これまでブラジルにおける砂糖とバイオエタノール需給との関係については、Bolling and Suarez [1] が砂糖生産の主な規定要因はバイオエタノール政策であることを明らかにし、Walter [19] がブラジルにおける砂糖需給とバイオエタノール政策の相関関係が強いことを示した。Koizumi and Yanagishima [9] はブラジルのバイオエタノール政策が国際砂糖需給に与える影響について計量経済学的に影響試算を行った。

しかし、ブラジルのバイオエタノール需要が国際砂糖需給に与える影響についての研究は、これまで世界的にもほとんど行われていない。また、IFPRIの研究では、サトウキビからのバイオエタノール需要そのものが国際砂糖価格に与えた影響であるか否かといった重要な点は明らかにされていない。さらに、IFPRIやFAOの研究でも、バイオエタノール及び国際農産物需給構造が明らかにされていない。このため、本研究ではブラジルのバイオエタノール政策が砂糖需給に与える影響について、バイオエタノール需給を内生化し、ブラジルにおけるバイオエタノール需給構造を反映した部分均衡動学モデルを用いて影響試算を行った上で、ブラジルのバイオエタノール政策の効果についての評価を行うことを目的としている。

2. ブラジルのバイオエタノール政策

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からバイオエタノールを生産している。ブラジルの2008年における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33.9%を占めているとともに、世界最大のバイオエタノール輸出国である [3]。また、ブラジルは世界の砂糖生産の18.6%、貿易量については35.0%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 [4]。ブラジルは今後、さらにバイオエタノール・砂糖の輸出量拡大志向を強めていることから、国際バイオエタノール・砂糖市場において益々注目されている。

ブラジルでは1929年の世界恐慌に端を発する国際砂糖価格の急落により、砂糖市場への政府介入が行われ、その一環として、1931年に政府は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。1933年には大統領令22,789号に基づき、砂糖・アルコール院 (IAA) が設立され、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(註4)。

そして、1973年の第1次石油危機による国際原油価格高騰は、当時、7割強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目的として、自動車バイオエタノール燃料の導入・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、生産者買入価格および消費者売渡価格を通じた市場介入、新規工場への低利融資等が行われた。

その後、ブラジルでは他の中南米諸国と同様に貿易自由化、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。バイオエタノール・砂糖についても、

1990年のIAA廃止以降、砂糖価格、販売および輸出の自由化が行われ、バイオエタノール・砂糖の生産、流通、販売に関する政府からの規制、市場介入の多くが撤廃された。現在、残された規制は国内における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混合率義務を20～25%の範囲内で設定できる農牧供給省令554号に基づく措置のみであり、2009年7月現在は25%に設定されている（註5）。ガソリンへの無水エタノール混合率義務については、含水エタノール需要がバイオエタノール需要の中心となっていることから、無水エタノール混合率義務は影響度を弱めていくことが考えられる。このため、ブラジル大統領府や外務省では、ガソリンに対する含水エタノールの混合率義務を撤廃すべきとの意見があるが、農牧供給省はこの混合率義務が必要との立場であり、連邦政府内でも意見が別れている（註6）。

2) バイオエタノール需給の推移

バイオエタノールの世界生産量は、鉱山エネルギー省の統計 [13] をみると、バイオエタノール混合ガソリン車の増加により、無水エタノールの需要量は、1989年から2003年にかけて年平均11.1%増加し、生産量も同期間中年平均13.5%増加した（表1）。一方、含水エタノールの需要量は「アルコール車」の販売台数減少から、1989年から2003年にかけて年平均6.6%減少し、生産量も同期間中年平均4.2%減少した。しかし、2003

年を境に需給構造は一変する。無水エタノールについては2003年から2007年にかけて需要量は年平均3.1%減少、生産量は1.7%減少した。一方、含水エタノールは2003年から2007年にかけて、需要量は年平均15.4%増加、生産量は年平均26.2%増加した。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年から販売されたことが大きく影響している。

ブラジルにおけるバイオエタノール・砂糖生産における大きな特徴の一つとしては、バイオエタノール・砂糖両方を生産できる工場の割合が全体の8割と多数を占めていることである。2005年末の数字では、ブラジルには324ものバイオエタノール・砂糖工場があるが、そのうち8割を占める252社がバイオエタノール・砂糖双方の生産施設を有している（註7）。また、ブラジルにおけるサトウキビからバイオエタノール・砂糖への仕向量の推移をみると年によって変動はあるが、49.9～60.4%と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（表2）。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、ブラジルではバイオエタノールと砂糖はサトウキビの生産配分をめぐる競合関係にあると言える。

また、ブラジルのバイオエタノールに仕向けら

表1 ブラジルにおけるバイオエタノール需給の推移

単位：1,000kt

	1989年	2000	2001	2003	2004	2005	2006	2007	年平均 (1989－2003)	年平均 (2003－2007)
無水エタノール										
需要量	1,702	5,933	6,139	7,392	7,591	7,775	5,420	6,512	11.1%	－3.1%
生産量	1,494	5,644	6,481	8,832	7,859	8,208	7,913	8,254	13.5%	－1.7%
輸入量	0	0	0	6	6	0	0	0	－	－
輸出量	0	0	0	61	84	571	2,200	2,597	－	155.4%
含水エタノール										
需要量	11,724	6,453	5,444	4,520	5,700	6,214	8,015	8,015	－6.6%	15.4%
生産量	10,315	5,056	4,985	5,638	6,789	7,832	9,851	14,303	－4.2%	26.2%
輸入量	0	64	118	0	0	0	0	0	－	－
輸出量	0	227	320	706	2,716	1,923	1,260	936	－	7.3%

資料：[13] による。

表2 ブラジルにおける砂糖・バイオエタノール仕向け率の推移

	1994年度	1995	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008 (見込み)	2005-07年度 (平均)
砂糖仕向率	39.6%	40.8%	46.6%	49.1%	49.3%	50.1%	48.6%	49.5%	45.5%	49.4%
バイオエタノール仕向率	60.4%	59.2%	53.4%	50.9%	50.7%	49.9%	51.4%	50.5%	54.5%	50.6%
砂糖仕向量 (百万トン)	91.0	98.0	142.0	164.0	176.9	193.3	187.3	211.9	220.9	197.5
バイオエタノール仕向量 (百万トン)	139.0	142.0	163.0	170.0	182.0	192.5	197.7	216.1	255.1	202.1
合計 (百万トン)	230.0	240.0	305.0	334.0	358.9	385.8	385.0	428.0	491.1	399.6

資料：[16] による。

れるサトウキビ生産量の割合は、世界のサトウキビ生産量の12.0%を占めており、ブラジルのバイオエタノール需給変動はサトウキビ生産量の配分を通じて世界の砂糖需給にも影響を与えることが考えられる（註8）。

3) バイオエタノール政策の効果

1975年にプロアルコール政策を導入して以降、ブラジルは世界最大級のバイオエネルギー供給国となった。Walter [19] によると、1996年までに約330億US\$に相当する原油輸入額を節約し、2006年度には石油の自給を達成した。石油の自給達成にはリオ沖の海底油田開発等といった供給能力の向上といった要素も強く働いているものと考えられるが、ブラジルはプロアルコール政策における当初の目的である石油自給を達成した。ブラジルにおける一次供給エネルギー源のうちサトウキビ由来のバイオエタノール（バガス発電含む）は2007年において全体の18.0%を占めている[13]。また、輸送用燃料需要量に占めるバイオエタノールも2007年では14.9%を占めている。世界合計では全輸送用燃料に占めるバイオ燃料の割合が2005年において1.0%程度[6]、世界最大の生産国となった米国でも全エネルギー供給量に占めるバイオマス由来の割合は5.0%程度であり、ガソリンに占める需要量も4.5%程度に過ぎない[18]。以上のことから、ブラジルのバイオエタノール比率は世界に例を見ないほど高いことがわかる。このように、ブラジルのサトウキビ由来のバイオエタノールはエネルギー部門において既に一定の地位を占めている。ブラジルにおける、バイオエタノール産業は、砂糖市場に対する巨大な代替市場を創設するとともに、砂糖の国内需給のみならず世界の砂糖需給に対する大きな影響を与

えることとなった。また、バイオエタノール産業は、雇用面では100万人に相当する直接雇用を創出したとされている[19]。

4) 食料需給に与える影響

バイオ燃料の導入は、エネルギー問題、環境問題の改善に効果が期待できるほか、農業・農村の振興、地域における「循環型社会」の構築の効果等も期待できる。その一方で、現行のバイオ燃料は農産物を主原料としているため、バイオ燃料生産の増大が国際農産物需給に与える影響が世界的にも注目されている。こうした議論の対象は、ほとんどが米国におけるとうもろこしを原料とするバイオエタノールを対象としたものであるが、世界第2位の生産国であるブラジルのバイオエタノールも国際食料価格の高騰要因として、国際社会から非難の対象とされた。これに対して、ブラジル農牧供給省は、バイオ燃料の原料となるサトウキビはブラジル全土の僅か0.7%程度でしか作付けされておらず、バイオ燃料増産は食料需給とは競合せず、食料需給には影響を与えないと主張している。また、ルーラ大統領は、2008年4月の国連特別報道官の発言「バイオ燃料の大量生産は人道に対する罪である」という批判に対して、「バイオ燃料を排斥することこそが人道に対する罪である」として反論している。さらに、同大統領は2008年6月の「食料サミット」において「バイオ燃料はコレステロールのように、良性と悪性があり、ブラジルのバイオエタノールは良性である」と主張した。

ブラジル政府は自国のバイオエタノール生産が、食料需給にも影響を与えていないことに加えて、エネルギー効率に優れている点で、米国のバイオエタノール生産とは異なる点を国際社会の中で強

調している。これを裏付けるためにも、Fundacao Getulio Vargas [5] は、ブラジルにおけるバイオ燃料生産の拡大は、国際とうもろこし、大豆、小麦及び米価格上昇の直接的原因ではないと結論付けたレポートを発表した（註9）。

しかし、バイオエタノール生産が穀物・大豆需給に与える間接的影響と砂糖需給に与える直接的影響はそれぞれ別々の論点であり、「食料サミット」や「洞爺湖サミット」等の一連の会合の議論において、多くの専門家がこれらの論点を混同して議論を行っている。このため、これらの論点については、それぞれ別けて議論することが必要である。また、砂糖は主食を意味する「食糧」には含まれないが、広義の「食料」の概念に含まれる。

これまでのブラジル政府の主張や研究機関の報告では、ブラジルにおけるバイオエタノール生産が間接的影響として穀物・大豆に与える影響については言及しながらも、砂糖需給に与える直接的影響については明らかにしていない。ブラジルのバイオエタノール生産は穀物価格高騰の原因とならなくても、砂糖需給には直接的な影響があるものと考えられる。このため、次節では部分均衡需給予測モデルを活用した影響試算を行う。

3. 世界砂糖需給予測モデルによる影響試算

1) 分析の手法

世界砂糖需給予測モデルは、バイオエタノール政策が世界砂糖需給に与える影響を分析するために筆者らが開発したモデルである。このモデルは、世界砂糖需給およびブラジルにおけるバイオエタノール部門を対象とした部分均衡需給予測モデルである。砂糖部門では、11ヶ国・地域（ブラジル、米国、EU27、豪州、メキシコ、日本、インド、中国、タイ、ロシア、その他世界）を対象としている。また、サトウキビからバイオエタノールを生産しているブラジルについてはバイオエタノール需給をモデルに組み入れている。世界砂糖需給予測モデルでは、ブラジルにおけるバイオエタノールと砂糖部門がリンクしており、ブラジル市場において国内バイオエタノール・砂糖の相対価格によって変動する「サトウキビ生産配分係数」により、サトウキビからバイオエタノール・砂糖生産への配分が決定されるシステムである点が、他の農産物需給予測モデルと異なっている（註10）（図1）。

図1 世界砂糖需給予測モデルの概念図

2005/06年度～2007/08年度を3ヶ年平均とすると、2006/07年度となり、この2006/07年度を世界砂糖需給予測モデルの基準年として、2017/18年度までの生産量、需要量、輸入量、輸出量、期末在庫量および価格について予測を行う。使用される砂糖需給データは全て粗糖換算された値である。各国・地域の砂糖市場は、生産量、1人当たり需要量、輸入量、輸出量および期末在庫量の方程式から求まる仕組みになっている。また、モデルに用いる需給データのうち砂糖は、F.O.Licht's International Sugar and Sweetener Report [4]、バイオエタノールについてはブラジル鉱山エネルギー省データ [13] を使用している。本研究の影響試算では、この世界砂糖需給予測モデル [9] に対して部分的な修正を行った。主要な変更点としては、予測期間を2006/07年度から2017/18年度までとし、これに伴い外生変数の更新を行った（註11）。また、ブラジルのバイオエタノール需要についての各パラメータの再推計を行った（註12）。

2) ベースライン予測

ベースライン予測では、予測期間中、対象国・地域において現行の経済政策、農業政策が全ての国・地域において継続するとともに、平年並みの天候やこれまでの技術変化率が予測期間中も継続することを前提としている。また予測期間中、新たなWTO農業交渉の進捗はベースライン予測では見込んでおらず、マーケットアクセス条件にも進捗がみられないことを見込んでいる。ベースライン予測では、外生変数としての国際原油価格データについては2006年から2017年にかけて年平均6.3%の上昇を予測している米国エネルギー省の Annual Energy Outlook 2009 [17] における Reference case（中位価格）を使用した。また、外生変数としてEU27および日本の砂糖の国内支持価格についてはOECD-FAO [12] を使用した。米国における競合品目の生産者価格については米国農務省 [15] を使用し、米国以外はOECD-FAO [12] の価格データを使用した。全ての国・地域における人口データについては国連人口予測のうち中位推計 [14] を使用した。GDPに

ついてはOECD-FAO [12] による経済予測値を利用した。

以上の前提を踏まえて「世界砂糖需給予測モデル」を用いて、ベースライン予測を行ったところ、世界最大の生産国であるブラジルの砂糖生産量は予測期間中、年平均3.2%増加、世界第2位の生産国であるインドの生産量も同0.9%増加、世界の砂糖生産量も同1.6%増加する（表3）。世界最大の生産国であるブラジルの砂糖輸出量については予測期間中、年平均4.4%増加、世界の輸出量も同2.0%増加することが予測される。ブラジルは2017/18年時点でも世界最大の砂糖生産国であるとともに輸出国でもあることが見込まれる。特に、世界の砂糖輸出量に占めるブラジルの割合は2006/07年度の34.6%から2017/18年度には44.8%と増加することが予測される。また、予測期間中、世界最大の砂糖需要国であるインドの砂糖需要量は年平均3.2%増加、中国の砂糖需要量は同3.3%増加、世界の砂糖需要量は同2.2%増加する。

予測期間中、中国の砂糖輸入量は年平均11.6%増加、米国は同4.3%増加、世界の砂糖輸入量は2.5%増加することが予測される。この結果、国際砂糖価格は、2006/07年度の13.7 USC/poundから2017/18年度には13.9 USC/poundへと緩やかに上昇することが予測される（註13）。

ブラジルにおけるバイオエタノール需給は国内需要の増大や国際原油価格の高騰を背景として、2006/07年度から2017/18年度の予測期間中、生産量は年平均6.0%増加、需要量は年平均7.1%増加することが予測される（表4）。輸出量についても同期間中、年平均2.6%増加することが予測される。

3) シナリオ予測

以上のベースライン予測に対して、ブラジルのバイオエタノール需要量についての前提条件を変えたシナリオ予測を行う。

ブラジルのバイオエタノール政策において、唯一残された規制措置は、ガソリンに対する無水エタノールの混合率義務である。これは、前述のとおり国内におけるバイオエタノールと砂糖との需給を調整するため、農牧供給大臣がガソリンへの

ブラジルのバイオエタノール政策の効果

表3 国際砂糖需給予測

(単位：千トン)

	2000/01年度	2006/07	2012/13 (予測)	2017/18 (予測)	年平均 (06/07-17/18)
生産量	132,989	162,443	175,751	194,025	1.6%
ブラジル	19,070	32,226	38,526	45,566	3.2%
米国	7,956	7,344	7,308	7,683	0.4%
EU27	21,358	18,554	17,167	16,082	-1.3%
豪州	4,469	4,899	4,820	4,834	-0.1%
メキシコ	5,236	5,566	5,641	6,428	1.3%
日本	781	903	919	922	0.2%
インド	20,121	28,083	30,541	31,015	0.9%
中国	6,724	12,198	12,711	15,334	2.1%
タイ	5,439	6,564	7,585	8,426	2.3%
ロシア	1,718	3,229	3,500	3,955	1.9%
輸出量	45,296	55,136	63,158	68,611	2.0%
ブラジル	9,972	19,076	24,968	30,736	4.4%
米国	111	269	213	194	-2.9%
EU27	9,749	7,971	6,143	5,160	-3.9%
豪州	3,153	3,577	3,529	3,548	-0.1%
メキシコ	120	450	392	1,353	10.5%
日本	3	4	4	4	-0.2%
インド	1,381	2,092	4,123	941	-7.0%
中国	94	189	238	308	4.5%
タイ	3,559	3,891	4,890	5,568	3.3%
ロシア	123	238	236	243	0.2%
需要量	131,278	150,792	175,135	193,107	2.2%
ブラジル	9,344	11,481	13,569	14,705	2.3%
米国	9,190	9,377	10,371	10,827	1.3%
EU27	18,244	18,647	18,866	18,846	0.1%
豪州	1,004	1,191	1,330	1,344	1.1%
メキシコ	4,683	5,536	5,552	5,387	-0.2%
日本	2,303	2,284	2,286	2,267	-0.1%
インド	17,610	21,176	26,301	29,976	3.2%
中国	8,469	13,366	16,607	19,128	3.3%
タイ	1,929	2,420	2,682	2,859	1.5%
ロシア	6,806	6,350	6,367	6,173	-0.3%
輸入量	43,889	51,543	63,158	68,611	2.5%
ブラジル	-	-	-	-	-
米国	1,443	2,348	3,475	3,748	4.3%
EU27	6,303	8,310	7,719	7,786	-0.6%
豪州	5	7	7	7	0.3%
メキシコ	24	262	281	292	1.0%
日本	1,552	1,432	1,371	1,349	-0.5%
インド	49	13	14	14	0.9%
中国	1,028	1,233	4,186	4,137	11.6%
タイ	-	-	-	-	-
ロシア	5,203	3,287	3,066	2,424	-2.7%

表4 ブラジルバイオエタノール

(単位：千kl)

	2004/05年度	2006/07	2012/13 (予測)	2017/18 (予測)	年平均 (06/07-17/18)
生産量	14,648	17,764	27,794	33,231	6.0%
需要量	13,291	13,435	24,762	28,652	7.1%
輸出量	2,800	3,460	3,032	4,579	2.6%
輸入量	581	902	1,152	703	-2.2%

混合率を20～25%の範囲内で決定する措置である。しかし、最近ではフレックス車増加による含水エタノール需要増加により、無水エタノール需要量は、今後、減少が見込まれている。このため、ブラジル大統領府及び外務省では、砂糖・バイオエタノール需給調整機能が低いことを理由に、無水エタノールのガソリンへの混合率義務の廃止を検討している。特に、外務省ではWTO農業交渉の場で、米国やEU等に対して農業補助金やバイオ燃料補助金の削減を求める外交戦略上、バイオエタノール政策のうち唯一残存する規制措置である無水エタノール混合率義務を廃止することを農牧供給省に対して強く要求している。ただし、農牧供給省は、ガソリンに対する無水エタノール混合率義務は砂糖・バイオエタノール需給調整機能が低いとして大統領府及び外務省の考えに強く反対している。このように、ガソリンに対する無水エタノール混合率義務の存続に関して、ブラジル連邦政府内では意見が別れている状況にある。ただし、この混合率義務を廃止するか存続するかに関する議論に関して、計量的分析を踏まえた議論は、これまでブラジル連邦政府内でも行われていない。

このため、シナリオ予測では、2013/14年度から無水エタノールのガソリンへの混合率義務を廃止することを設定する。このシナリオの設定により、ブラジルのバイオエタノール政策のうち唯一残された規制であるガソリンに対する無水エタノール混合率義務の廃止が、ブラジル及び世界砂糖需給に与える影響について試算を行う。これにより、ブラジルのバイオエタノール政策が世界砂糖需給に与える影響を試算する。

なお、無水エタノールについては、2013/14年度にガソリン混合率義務が廃止された場合、その後、5年間で段階的に国内無水エタノール需要はゼロとなるものの、輸出向けに生産を行うことを前提とする（註14）。

このシナリオによる予測の結果、2017/18年度におけるブラジルのバイオエタノール需要量は30.6%減少、生産量は23.5%減少し、輸出量は2.6%減少することが予測される（表5）。結果として、2017/18年度における国内バイオエタノール価格は5.5%下落することが予測される。

表5 ブラジルバイオエタノール需給への影響

	2017/18年度
需要量	-30.6%
生産量	-23.5%
輸出量	-2.6%
国内含水エタノール価格	-5.5%

国内バイオエタノール価格の下落により、ブラジルにおけるバイオエタノール・砂糖製造業者はバイオエタノール生産から砂糖生産にシフトしていくことが予測される。2017/18年度には国内砂糖価格は国内バイオエタノール価格に比べて高くなるため、国内砂糖価格を国内バイオエタノール価格で乗じた相対価格は0.0689とベースライン予測の0.0345に比べて上昇することが予測される。その結果として、サトウキビから砂糖への配分率は2017/18年度時点で53.8%とベースライン予測の43.8%に比べて上昇することが予測される。このため、ブラジルにおける砂糖生産量は2017/18年度時点で10.0%増加する（表6）。

世界最大の砂糖生産国であるブラジルの砂糖増産により、国際砂糖価格は下落する。2017/18年度における世界主要国における砂糖生産量は国際砂糖価格の下落から、世界第2位の生産国であるインドは1.0%減少、中国は2.6%減少するものの、ブラジルの砂糖生産量が増加するため、世界の砂糖生産量は1.3%増加する（註15）。また、ブラジルにおける砂糖生産量の増加は、国内砂糖価格下落をもたらすため、ブラジルの需要量は5.8%増加、国際砂糖価格の下落により、世界最大の砂糖需要国であるインドの需要量は1.8%増加するため、世界の需要量は1.3%増加する。国際砂糖価格の下落により、豪州の輸出量は5.2%減少、タイの輸出量は4.3%減少、EU27の輸出量は2.7%減少するように多くの国・地域で輸出量が減少する（註16）。一方、ブラジルは国内砂糖価格下落を受けて、ブラジルの輸出量は11.5%増加し、世界の砂糖輸出量は2.5%増加する（註17）。世界の砂糖輸入量も国際砂糖価格の下落により、2.5%増加する。

以上の結果から、ブラジルが2013/14年度からガソリンに対する無水エタノール混合率を廃止す

表6 国際砂糖需給への影響

	生産量	需要量	輸出力	輸入量
世界	1.3%	1.3%	2.5%	2.5%
ブラジル	10.0%	5.8%	11.5%	—
米国	−0.8%	1.6%	−6.6%	0.0%
EU27	0.0%	0.0%	−2.7%	−1.2%
豪州	−2.4%	3.3%	−5.2%	1.5%
メキシコ	−2.1%	1.0%	−16.6%	1.5%
日本	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
インド	−1.0%	1.8%	−14.6%	2.5%
中国	−2.6%	0.0%	−4.0%	8.2%
タイ	−2.7%	0.0%	−4.3%	—
ロシア	−2.8%	0.7%	−2.3%	5.8%

註：各変化率は（シナリオ/ベースライン−1）×100を意味する。

表7 国際砂糖価格への影響

	2017/18年度
国際砂糖価格（New York, No12）	−12.4%
国際白糖価格	−13.5%
ブラジル国内砂糖価格	−20.9%

註：各変化率は（シナリオ/ベースライン−1）×101を意味する。

るシナリオのケースではベースライン予測に比べて国際砂糖価格は2017/18年度には12.4%下落することが影響試算結果として得られた（表7）。

4）既往研究との比較

以上のような影響試算に対して、FAOの研究では、2010年までにバイオ燃料原料の使用をベースライン予測に比べて15%削減した場合、2010年の砂糖価格（国際砂糖価格）は10%下落することが予測された〔2〕。また、IFPRIの研究では、2010年までにバイオ燃料生産量を2007年から一定にした場合、2010年までに国際砂糖価格は1%下落することを予測するとともに、2007年以降、食料からのバイオエタノール燃料需要がゼロとなった場合、2010年までに国際砂糖価格は11%下落することを予測した〔7〕。

しかし、FAOやIFPRIの研究でもブラジルにおけるバイオエタノール及び農産物需給方程式の構造が一切、明らかになっていない。さらに、IFPRIの研究でも、この影響がサトウキビからのバイオエタノール需要がゼロとなったことによる直接的な影響であるかといった重要な点が明らかにされていない。

FAO及びIFPRIのモデル推計方法、国際原油価格水準等の前提条件、ベースライン予測が公表されていないことに加えて、シナリオ設定についても相違があるため、本研究との比較は困難である。特に、FAOやIFPRIが本研究のようにバイオエタノール需給を内生変数として推計したか否かは疑問である（註18）。このため、FAOやIFPRIと本研究の影響試算の差は、推計方法、前提条件の差であると考えられる。

4. 結論

本研究では、ブラジルのバイオエタノール需要がブラジル及び世界の砂糖需給へ与える影響について、部分均衡動学モデルを活用して影響試算を行い、ブラジルのバイオエタノール政策が国際砂糖需給に与える影響についての評価を行った。

筆者らによる部分均衡需給動学モデルである「世界砂糖需給予測モデル」を用いて、ブラジルのバイオエタノール政策のうち唯一残された規制であるガソリンに対する無水エタノール混合率義務の廃止が2013/14年度から実施されることによるブラジル及び世界砂糖需給に与える影響について試算を行った。

このシナリオによる予測の結果、2017/18年度におけるブラジルのバイオエタノール需要量は30.6%減少、生産量は23.5%減少し、輸出力は5.5%減少することが予測された。そして、2017/18年度における世界砂糖生産量及び需要量はベースライン予測に比べて、1.3%増加、世界砂糖輸出

量及び輸入量は2.5%増加した。これにより、国際砂糖価格はベースライン予測に比べて、2017/18年度には12.4%下落することが影響試算結果から得られた。このように、ブラジルのバイオエタノール政策において唯一残された規制であるガソリンに対する無水エタノール混合率義務を廃止することにより、国際砂糖価格は下落することが予測された。このため、ブラジルのバイオエタノール政策は国際砂糖需給にも影響を与えていると言える。

ブラジル政府は、バイオ燃料需要拡大が食料需給に与える影響について世界的な議論が展開されている状況下、ブラジルのバイオエタノール生産・需要は食料生産と競合しないため、食料需給にも影響を与えないことを国際社会において発言している。しかし、バイオエタノール生産・需要が穀物・大豆需給に与える間接的影響と砂糖需給に与える直接的影響はそれぞれ別々の論点であり、これらの論点については、それぞれ別けて考えていく必要がある。ブラジルのバイオエタノール政策は1930年代当初は、砂糖価格低迷の解決策として、砂糖需給に政策的介入するために導入された経緯がある。また、現行の農牧供給省令554号でも国内のバイオエタノールと砂糖との需給を調整するためにガソリンへの無水エタノール混合割合を20~25%の範囲内で設定している。

ブラジルのバイオエタノール政策は、エネルギー政策としての役割も重要であるが、砂糖需給に影響を与えることも重要な政策目的の一つとなっている。ブラジルでは、エネルギー問題への対応という政策目的により、「国家プロジェクト」としてのバイオエタノール政策が推進されてきた経緯がある。ただし、エネルギー問題については2006年の石油自給化により、当初の政策目的を達成した。一方で、バイオエタノール需給により、砂糖需給に影響を与えるという政策目的は1930年代から今日まで続く課題であり、今後も継続して対応していく必要があると考えられる。本研究による影響試算はブラジルのこうしたバイオエタノール政策目的を支持するものと言える。

今回のシナリオのように、ブラジルのバイオエタノール政策における唯一の規制措置であるガソ

リンに対する無水エタノール混合率義務が廃止された場合、国際砂糖価格は12.4%下落し、ブラジルをはじめとする途上国の砂糖需給にも影響を与えることが考えられる。こうした国際砂糖価格の下落は、消費者に恩恵を与えることが考えられる。しかし、農業は農産物の供給だけではなく、農家にとっての所得源としても重要な機能を有している。このため、ブラジルのバイオエタノール政策は、砂糖輸出に依存する途上国の砂糖需給を通じてサトウキビ栽培農家の所得の維持・向上や砂糖関連産業への経済波及効果といった影響を与えるものと考えられる。このように、ブラジルのバイオエタノール政策は国際砂糖価格の大幅な下落を防ぐため、国際砂糖価格の「下支え効果」を有すると考える。現在、砂糖産業を「持続可能」にすることを目的とした政策としては、国際砂糖協定の締結や各国・地域の政策、フェアトレード等があげられるが、これらと比較しても国際砂糖価格を下支えし、世界的な砂糖生産や砂糖関連産業を「再生産可能」な状態に維持するためにも、ブラジルのバイオエタノール政策は有効かつ必要不可欠な政策であると考えられる。

ただし、消費者からの視点ではバイオエタノール政策は別の影響を与えることも考えられる。このため、今後の課題としては、ブラジルのバイオエタノール政策による生産者余剰と消費者余剰との比較・分析を行うことが必要である。また、今回のシナリオでは、ガソリンに対する無水エタノールの混合率義務が廃止された場合、国内無水エタノール需要が5年間で段階的に0となることを前提としたが、混合率義務が廃止された場合、国内無水エタノールがどれくらいの期間で、どの程度まで減少していくかについても詳細な分析が必要である。そして、ブラジルにおけるバイオエタノール需要・生産が間接的影響として穀物・大豆需給に与える影響についての影響試算を行うことも今後の課題である。さらに、国際砂糖価格上昇の要因のうち、バイオ燃料の要因、新興国における需要拡大、国際原油価格上昇、投機資金の流入等といった「複合要因」毎の寄与度分析を行うことも今後の課題である。

- (註1) バイオエタノール政策の導入の背景の詳細については、小泉 [10] 序章を参照されたい。
- (註2) 前回の研究 [11] では2007/08年度における国際とうもろこし価格上昇のうち、米国のバイオエタノール需要の増大が与えた影響は22.2%である点を影響試算した。しかし、ブラジルのバイオエタノール需要が国際砂糖需給に与えた影響についての試算は今後の課題という扱いであり、前回に残された研究課題に対応するため、今回の研究を行った。
- (註3) バイオエタノール需要の拡大が食料価格に与える影響についてのこれまでの研究についての評価・比較は小泉・大賀 [11] を参照されたい。
- (註4) IAAは政府の認可を受け、政府の業務を執行する機関で、いわゆる「ボード」的な存在である。
- (註5) ブラジルのバイオエタノール政策についての詳細は小泉 [10] 第2章を参照されたい。
- (註6) ブラジル大統領府、外務省及び農牧供給省からの聞き取り (2008年3月)。
- (註7) ブラジル農牧供給省からの聞き取り (2008年3月)。
- (註8) 世界のサトウキビ生産量についてはF.O.Licht [4] のデータを使用した。
- (註9) Fundacao Getulio Vargasは、バルガス元大統領が1944年に設立した財団で、ブラジル政治・経済・科学技術についての研究を行っている。ただし、この研究には結論の根拠となる具体的な推計結果が示されていないため、このレポートに対する学術的評価を行うことは困難である。
- (註10) 世界砂糖需給予測モデルの構造、パラメータ推計値、各変数、パラメータ推計式といった詳細な内容については、Koizumi and Yanagishima [9] を参照されたい。
- (註11) 附属表1-1を参照されたい。本研究ではこの表1-1の全ての外生変数を使用した。
- (註12) 附属2を参照されたい。本研究では、ブラジルのバイオエタノール需給に関して最も重要かつ需給構造が大きく変化していると考えられる方程式を選び、パラメータの再推計を行った。
- (註13) 国際砂糖価格とは、New York, No11-f.o.b. stowed Caribbean port, including Brazil, bulk spot price (ニューヨーク、No11-カリブ海沿岸港本船渡し積み込み価格 (ブラジルバルク積みスポット価格含む)) である。また、USC/poundとは、米国セント/ポンドである。ポンドは常用ポンド (0.4536kg) を使用。
- (註14) 無水エタノールについては、ガソリンへの混合義務が廃止されても、無水エタノールの国内需要がなくなるわけではないと考えられる。しかし、混合義務が廃止されて国内無水エタノール需要がどうなるかについては、現時点ではブラジル政府及び各関係機関でも見通し・予測が困難な状況である。このため、本研究では無水エタノールについては、2013/14年度にガソリンへの混合義務が廃止される場合、無水エタノール需要量が等差的に減少し、中期的 (5年後である2017/18年度) に同需要量がゼロになるものの、輸出向けに生産を行うことを前提とした。
- (註15) 「世界砂糖需給予測モデル」において、EU27の砂糖市場では輸入粗糖に変課徴金に類似した措置を行っているため、域内市場は国内砂糖需給からはほぼ完全に孤立した状態にある。このため、EU27では政策的価格が域内の需給均衡を行う役割を果たしている。EU27の域内価格は市場介入価格として導入されたものであり、これらの政策価格を外生変数として導入した [9]。このため、EU27の生産量及び需要量は外生変数で決定されているため、今回のシナリオ予測の変化に伴う変化は発生しない。また、日本も同様の理由により、シナリオ予測の変化に伴う変化は発生しない。
- (註16) EU27の輸出量・輸入量の被説明変数については域内価格に加えて、国際砂糖価格の変化も説明変数に含んでいる [9]。このため、国際砂糖価格の変化に応じて変化する。
- (註17) ブラジルの砂糖輸出量の関数は、附属2のように、国際砂糖価格下落に対しては減少に反応するものの、国内砂糖価格下落に対して増加に反応し、国際価格変化に対するパラメータに比べて、国内価格変化に対するパラメータの絶対値は大きい。2017/18年度におけるベースラインに対するシナリオ予測では、国際砂糖価格は12.4%の下落に対して、国内砂糖価格は18.9%下落することから、ブラジルの砂糖輸出量は増加する予測結果となった。
- (註18) FAOはAGLINK-COSIMO (Commodity Simulation Model) を用いて世界農畜産物についての中期的需給予測を行っており、今回の推計にもこのモデルを使用したものと考えられるが、モデルの構造は一切公表されていない。また、IFPRIはIMPACTモデルにより、世界農畜産物についての中期的需給予測を行っており、今回の推計にも使用されたと考えられるが、同様にこのモ

デルの構造は一切公表されていない。

引用文献

- [1] Bolling, C. and N. R. Suarez. "The Brazilian sugar industry: recent developments", *Sugar and Sweetener Situation & Outlook*, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, 2002, pp.14-18.
- [2] FAO, *The State of Food and Agriculture*, FAO, 2008.
- [3] F. O. Licht, *F. O. Licht World Ethanol & Biofuels Report*, Vol 7, No4, F.O.Licht, 2008.
- [4] F. O. Licht, *F. O. Licht's International Sugar and Sweetener Report*, 3. *World Sugar Balances*, 2008.
- [5] Fundacao Getulio Vargas, *Fortes Determinantes dos Precos dos Alimentos, Impacto dos Biocombustiveis*, Fundacao Getulio Vargas, 2008.
- [6] IEA, *World Energy Outlook 2006*, IEA, 2006.
- [7] IFPRI, *Biofuels and Grain Prices; Impacts and Policy Responses*, IFPRI, 2008, <http://www.ifpri.org/pubs/testimony/roseggrant20080507.asp>. (2008.11)
- [8] 稲葉弘道『パソコンによる計量分析－マイクロ AGNESS－』農業総合研究所、1987、p.110。
- [9] Koizumi, T. and K. Yanagishima, "Impacts of the Brazilian Ethanol Program on the World Ethanol and Sugar Market". *The Japanese Journal of Rural Economics*, Volume 7, 2005, pp.61-77.
- [10] 小泉達治『バイオエタノールと世界の食料需給』筑波書房、2007、pp15-30、pp.67-88。
- [11] 小泉達治・大賀圭治「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4号、2009、pp.14-27。
- [12] OECD-FAO, *OECD-FAO Agricultural Outlook 2008-2017*, OECD-FAO, 2008.
- [13] Ministerio de Minas e Energia (2008): *Brazilian Energy Balance 2008*. Ministerio de Minas e Energia, Brazil.
- [14] United Nations, *World Population Prospects: The 2006 Revision Population Database*, United Nations, 2008, <http://esa.un.org/unpp/index>. (2009年1月)
- [15] U.S. Department of Agriculture, *USDA Baseline Projections to 2017*, OCE-2008-1, 2008.
- [16] USDA-FAS (Foreign Agricultural Service, U.S. Department of Agriculture), *Brazil Sugar Annual Report*, 2007. <http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200706/146291409.pdf> (2009年1月)
- [17] U.S. Department of Energy, *Annual Energy Outlook 2009*, U.S. Department of Energy, 2008.
- [18] U.S. Department of Energy, *Annual Energy Review 2007*, U.S. Department of Energy, 2008.
- [19] Walter, A., "Notes on large scale production of wood, charcoal and ethanol: the Brazilian experience and perspectives for international trade", position paper of Biotrade workshop, The Netherlands, 2006, pp.125-137.

[2009年2月23日受付、2009年10月28日受理]

附属表 1－1 外生変数の予測値

	単位	出典	2006/07 (実績)	2017/18 (予測)
GDP実質成長率 (ブラジル)	%	[12]	2.8	3.5
(米国)	%	[15]	2.0	2.9
(EU28)	%	[12]	1.6	1.8
(豪州)	%	[12]	3.2	2.8
(メキシコ)	%	[12]	2.8	4.0
(日本)	%	[12]	1.7	1.2
(インド)	%	[12]	7.7	5.3
(中国)	%	[12]	10.1	8.2
(タイ)	%	[15]	5.0	4.9
(ロシア)	%	[12]	6.5	5.4
国際原油価格	ドル/ガロン	[6]	66.0	102.1
域内砂糖価格 (EU28)	EUR/t	[12]	632.0	405.0
国内砂糖価格 (日本)	円/kg	[12]	152.0	152.0

附属表 1－2 内生変数の予測値

	単位	出典	2006/07 (実績)	2017/18 (予測)
国際粗糖価格	Cents/gallon	[3]	13.4	14.0
国際白糖価格	Cents/gallon	[3]	16.3	17.0
国内砂糖価格 (ブラジル)	Real 50kg bag	[16]	46.0	34.3
国内無水エタノール価格 (℥)	R \$/KL	[16]	988.1	1,014.4
国内含水エタノール価格 (℥)	R \$/KL	[16]	901.7	929.0

附属 2 主要パラメータ推計式 (再推計パラメータ)

1 人当たり砂糖需要量 (ブラジル)

$$\log(PQCS_t/PQCS_{t-1}) = 9.0616 + (-0.0416) \log(DSP_t/DSP_{t-1}) + 0.0349 \log(BRGDP_t/BRGDP_{t-1})$$

$$(480.2796) \quad (-1.4952) \quad (4.4953)$$

$R^2 = 0.9687, \bar{R}^2 = 0.9531, n = 10$ (From 1998 to 2007), DW = 1.8109, タイルの不一致係数 = 0.0066

砂糖輸出力 (ブラジル)

$$\log(EXS_t/EXS_{t-1}) = 8.7684 + 0.1927 \log(WRP_t/WRP_{t-1}) + (-0.2740) \log(DSP_t/DSP_{t-1})$$

$$(35.5817) \quad (3.6144) \quad (-0.7431)$$

$R^2 = 0.8739, \bar{R}^2 = 0.7794, n = 8$ (From 1997 to 2004), DW = 2.6068, タイルの不一致係数 = 0.0484

サトウキビからの砂糖生産配分計数 (ブラジル)

$$\log(SUAL_t/SUAL_{t-1}) = 3.7693 + 0.2731 \log(DSP_t/DSP_{t-1}) + (-0.1201) \log(DEP_t/DEP_{t-1})$$

$$(139.6082) \quad (1.5889) \quad (-0.7526)$$

$R^2 = 0.7963, \bar{R}^2 = 0.7148, n = 9$ (From 1999 to 2007), DW = 2.0302, タイルの不一致係数 = 0.0269

1 人当たりバイオエタノール需要量 (ブラジル)

$$\log(PQCE_t/PQCE_{t-1}) = 9.2464 + (0.1674) \log(DPG_t/DPG_{t-1}) + (-0.3187) \log(DEP_t/DEP_{t-1})$$

$$(70.4746) \quad (3.6327) \quad (-1.5452)$$

$R^2 = 0.8114, \bar{R}^2 = 0.6983, n = 9$ (From 1998 to 2006), DW = 2.0974, タイルの不一致係数 = 0.0459

エタノール輸出力 (ブラジル)

$$\log(EXE_t/EXE_{t-1}) = 4.4269 + (0.6434) \log(WEP_t/WEP_{t-1}) + (-0.8449) \log(DEP_t/DEP_{t-1})$$

$$(39.9341) \quad (9.2923) \quad (-1.2939)$$

$R^2 = 0.8114, \bar{R}^2 = 0.6983, n = 9$ (From 1998 to 2006), DW = 2.0974, タイルの不一致係数 = 0.0565

(註 1) $PQCS$ は1人当たり砂糖需要量 (ブラジル)、 DSP は国内砂糖価格 (ブラジル)、 $BRGDP$ は1人当たり実質経済成長率 (ブラジル)、 EXS は砂糖輸出力 (ブラジル)、 WRP は国際粗糖価格、 $SUAL$ はサトウキビからの砂糖生産配分係数 (ブラジル)、 DEP は国内バイオエタノール価格 (ブラジル)、 $PQCE$ は1人当たりバイオエタノール需要量 (ブラジル)、 DPG は国内無鉛ガソリン価格 (ブラジル)、 EXE はバイオエタノール輸出力 (ブラジル)、 WEP は国際バイオエタノール価格、 r は各国そして t は期間を表す。

(註 2) 各パラメータ推計に当たり、定数項は推計したが、本モデルには使用せず、代わりにカリブレーション値を用いている。これによって、モデルの予測精度が向上すると考えたためである。カリブレーション値の

計測では、予測初年度である2007/08年度の値をF.O.licht [4] の最新暫定推計値に合わせるように行った。各カリブレーション値は、1人当たり砂糖需要量が0.34、砂糖輸出量（ブラジル）が438.6、1人当たりバイオエタノール需要量が-0.0313、バイオエタノール輸出量が86である。いずれも、予測初年度である2007/08年度のみに適用している。なお、サトウキビから砂糖生産配分係数には適用していない。

(註3) 各パラメータの下に括弧部分には t 値が記載されている（カリブレーション値は除く）。

(註4) 各パラメータ推計に当たり、Koizumi and Yanagishima [9] ではFAOSTATによるデータを使用した。今回の研究ではデータの信頼性に鑑みて、砂糖需給データはF. O. Licht [4]、バイオエタノール需給はMinisterio de Minas e Energia [13] を使用した。Koizumi and Yanagishima [9] の推計に用いたデータ（FAOSTAT）と今回の推計期間は異なっているが、 t 値、決定係数、パラメータの符号条件、DW値及びタイルの不一致係数等を勘案して推計期間の変更を行った。

(註5) タイルの不一致係数（Theil Inequality Coefficient）は各連立方程式の「パーシャル・テスト」として実施した。このテストでは、予測値が全て前期と同じ、つまり、全ての予測変化率をゼロと推定した場合と比較して予測する価値があるかどうかを判断する基準を示すもので、係数はゼロに近いほどよく、1より大きいと予測の価値はまったくない [8]。