

バイオ燃料の食料・環境への影響に関する諸論点

大 賀 圭 治

目 次

1. はじめに
2. 穀物価格の暴騰、暴落の要因
3. エネルギー安全保障
4. 環境への影響—温室効果ガスと土地利用変化—
5. 農業・農村振興と食料安全保障
6. おわりに

1. はじめに

2007年に始まるアメリカのサブプライムローン問題を契機とする金融危機に端を発して、2007年後半から世界的な景気後退局面にはいった。ところが、2008年前半には小麦、トウモロコシ、大豆、米など主要食糧の国際価格は2008年前半には石油など資源価格とともに上昇を続け、2008年3月から7月にかけて史上最高値を更新し、世界中が食糧と石油など資源の需給、価格に注目するところとなった。ところが、8月以降には、世界経済が本格的な不況に突入するにともない、原油価格が急落を続け、穀物等の国際価格も急落してきたが、なお、歴史的に見れば高値水準にある（図1）。

食糧価格を史上最も高いレベルに押し上げた有力な要因の一つとして、バイオ燃料の生産のための穀物、油糧種子の使用の急速な増加が上げられている。近年の主要食糧の価格上昇に対して、バイオ燃料の需要増加がどの程度影響しているかを明らかにすることが本論の第1の目的である。

なお、バイオ燃料は、一般的には気体・液体・固体の区別に関わらず、生物資源を原料とする燃料であるが、以下の考察では、エタノール及びバイオディーゼルの二つの液体バイオ燃料を対象とする。

食糧価格へのバイオ燃料の影響は、エネルギー安全保障、地球温暖化の緩和、および農業開発への寄与などを含め、広範な論争的となっている。この論争は、すでに進行中の世界中の国におけるバイオ燃料について政策と投資に大きな影響を及ぼすものである。

バイオマス燃料の利用が政策的に推進される目的は、原油価格の高騰下におけるエネルギー安全保障、地球温暖化ガスの削減、および農村地域で経済の活性化の三つに集約できる。

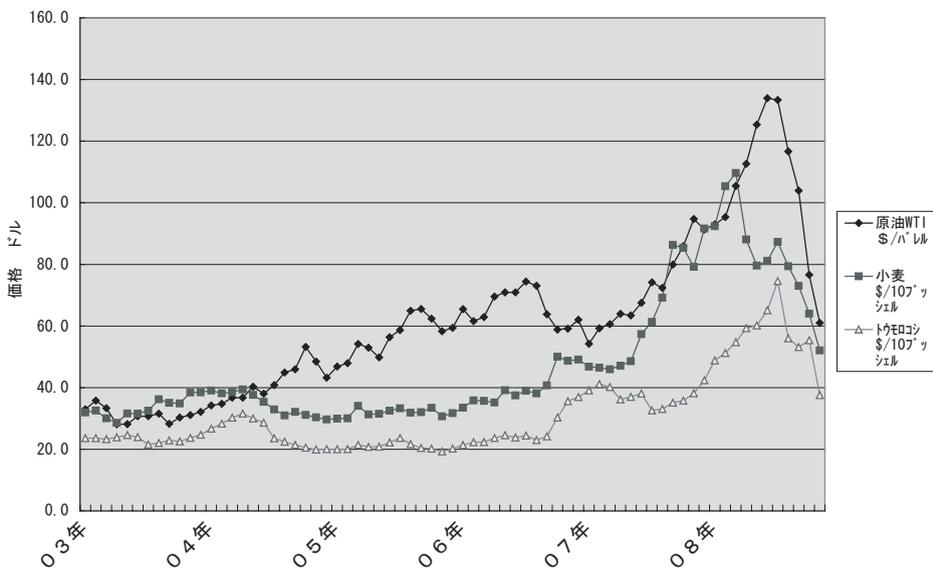


図1 アメリカにおける原油、小麦、トウモロコシの市場価格の推移

資料：IMF Primary Commodity Prices、

注：2008年9月以降は日本経済新聞報道の各月第1週末の終値、小麦、トウモロコシはシカゴ相場期近価格を10ブッシェル当りに換算した。

世界におけるバイオ燃料生産は、エタノールで1998年の3,142万キロリットルから、2007年の6,256万キロリットルへと10年で倍増するなど、急増しており、食料との競合が懸念されている。さらに、生産から消費に至るライフサイクルで見た場合、バイオ燃料の生産・流通過程によっては、環境に悪影響を与えかねないとの指摘もある。

このようなバイオ燃料の持続可能性に関して、G8北海道洞爺湖サミット首脳宣言において、「我々は、国際バイオエネルギー・パートナーシップ（GBEP）の作業を支持するとともに、バイオ燃料の生産と使用について科学に基づく基準と指標を策定するために、GBEPが他の利害関係者と共に、取り組むことを呼びかける。」と盛り込まれた。このようなバイオマス燃料に対する世界的な関心が集まる中で、現在、GBEP（事務局はFAO）において、バイオ燃料の持続可能性の基準、指標について検討が進められている。

以下の本論では、このような国際的な検討をも視野に入れつつ、バイオマス燃料需要の増加とその政策的促進が及ぼす影響について、まず第1に穀物価格の暴騰、暴落の要因について考察し、第2にバイオ燃料のエネルギー安全保障についてエネルギーバランスに焦点を当てつつ考察する。第3に環境への影響について温室効果ガス削減効果について土地利用の変化をどう評価するかに重点を置いて論じ、第4に経済、社会的影響について、食糧安全保障と政策コストに重点を置いて考察する。最後に、以上の考察を踏まえて、今後の研究上の課題と展望について考察する。

2. 穀物価格の暴騰、暴落の要因

穀物、大豆の国際価格は過去40年の間、7、8年程度のサイクルで上昇と下落を繰り返してきたが、今回の上昇は急激かつ歴史的に見ても最大の上昇である。

この穀物等の国際価格の動きは、自動車燃料としてのバイオエタノールやバイオディーゼル需要の急増が石油価格の上昇に直接的に影響され、原油価格とほぼ連動して上昇、下降している（図1）。原油価格と穀物価格の高騰には、周知のようにアメリカの住宅不動産に主導されたバブル景気と中国、インド、ロシア、ブラジルなどの経済の高度成長に対して世界的な資源、環境制約という資源、環境制約という共通の需給要因が重なっている。

小麦、トウモロコシ、大豆の国際価格は2006年秋頃より、また、米の国際価格は2007年末より高騰し、それぞれ2008年に入って2月から7月初旬にかけて、史上最高値を更新した後、調整局面に入っている。2008年11月7日現在では、これらの価格は最高値に比べおおむね半値まで急落してきたが、2006年初め水準と比べると、なお約1.5倍ときわめて高い水準にある。

米については、2007年末から2008年3月にかけて国際価格が急上昇したが、農産物の中でも特に貿易量の割合が低く、輸出を少数かつ特定の国で占めている中での、国際小麦需給の逼迫による代替需要の増加し、ベトナム、インド等の主要輸出国で輸出規制が相次いで実施されたことが、大きな要因とみられる。

2008年前半の価格暴騰は穀物市場への投機資金流入が最大の要因と見られるが、穀物等の国際価格が高騰した基本的な要因としては、第1に世界的なバイオ燃料の原料という食糧以外の需要の増大、第2に中国やインド等の途上国の経済発展による石油等の資源需要の急増、第3に地球規模の気候変動の影響といった中長期的に継続する構造的な変化がある。

食糧価格の上昇にはエタノールの世界的な生産拡大が大きな要因となっている。バイオ燃料生産の増加の食糧価格上昇への寄与の程度については、算出方法等により異なっており、末端食料価格に対して3%（アメリカ政府）とする見方から、農産物価格に対してIFPRIの20%、世界銀行のミッチェル氏の75%とする見方まで様々である。

2008年の通商白書では、表1にみるように主要穀物であるトウモロコシ、小麦及びコメの需要量の増加の推移を示し、2000年代前半の世界の穀物の需要増加の大部分は、中国を含め新興経済諸国での増加であったが、2007年、2008年にはアメリカのエタノール生産向けの穀物の需要が急激に増加してきていることを明らかにしている。

服部信司教授は2007年、2008年の国際穀物価格の高騰の要因を分析して、その主因はアメリカにおける「大量のトウモロコシのエタノール使用にある」（服部信司、2008）と述べている。

近年の穀物等の価格上昇の最大の要因としてのバイオ燃料需要の増加はアメリカでは2007年12月に成立した「エネルギー自立、安全保障法」によって法的に担保されている。2008年秋からの暴落とも言える穀物類の価格下落は明らかに投機資金の穀物市場からの逃避によるものである

表 1 主要穀物の需要増加量の内訳の推移

年	アメリカ エタノール	先進国	中国	その他の新興国
95-00平均	0	7	7	19
2001	2	5	8	3
2002	2	2	5	39
2003	7	-11	5	19
2004	4	2	-3	-2
2005	4	15	4	52
2006	7	2	7	29
2007	13	-12	7	24
2008	28	10	6	22

出所：2008年通商白書

原資料：IMF, World Economic Outlook Apr. 2008

備考：ここでの主要穀物とはトウモロコシ、小麦及びコメ

表 2 通商白書における主な一次産品価格上昇の要因分析

品目	価格（ドル） 04年1月	価格（ドル） 08年5月	需給要因部分 （ドル）	需給以外の要因部分 （ドル）
原油	34.2	125.5	30.5	50.8
小麦	3.9	7.8	1.2	2.7
トウモロコシ	2.7	6.0	0.4	2.8
銅	2.4	8.4	3.9	2.0

（資料）2008年通商白書の結果を基にした筆者による試算

が、下落はどこまで続くのであろうか。

2008年度の通商白書では、表2に見るように、原油や小麦及びトウモロコシについて、価格上昇を需給要因で説明できる部分と、天候変動による作柄予測や輸出国の輸出規制、投機資金等のその他の要因に分けて解析を行っている。この結果によれば、2004年1月から2008年5月までの価格上昇のうち、在庫変動で説明できるのは、小麦では約30%、トウモロコシでは約13%となる。ただし、小麦とトウモロコシの価格上昇の説明変数としては世界全体の期末在庫のみが使われており、基本的な需給要因を代表しているのかについては疑問が残る。

アイオワ州立大学のCARD (Center for Agriculture and Rural Development) は、2006年11月、アメリカ農務省からの委託による、原油価格高騰によるエタノール需要の増加を介した穀物価格への影響予測研究について暫定的な結果を公表した (Elobeid (2006))。2007年5月には、この予測を修正した研究結果がCARDのホームページに掲載されている。その予測結果に

よれば、国際的に原油価格の代表的な指標とされるWT I（West Texas Intermediate）の市場価格が、2006年秋のバレル当たり約54ドル程度に対応するトウモロコシの農家の受け取り価格を3ドル16セントと推計し、ガソリン価格、エタノール価格、エタノールのブレンド補助金（ガロン当たり現状の51セントの継続）等を想定したコストをベースとして、トウモロコシの農家の受け取り価格（トウモロコシの損益分岐点価格）を計算し、原油がバレル当たり70ドルに高騰した場合に、それが4ドル43セントになると予測している。この予測結果から、単純に内挿してみると、WT I（原油価格）がバレル当たり60ドルでトウモロコシの農家の受け取りは3ドル64セント（トン当たり143ドル）、外挿すると原油バレル100ドルで同6ドル81セント（トン当たり268ドル）と試算される。

この予測を基準にして考えると2008年11月7日のWT I原油価格ガロン約60ドルに対してトウモロコシの期近価格ブッシェル当たり3ドル71セント（トン当たり146ドル、農家受取価格はこれより数セント低い）はほぼ妥当な価格水準ということになる。

このアイオワ大学の分析手法とほぼ同様なエタノール生産におけるトウモロコシ価格と原油価格の損益分岐点による分析がFAOの2008 State of Food and Agricultureに示されている（図2）。

この図で見ても、現状の補助金等を前提とした場合には原油価格がバレル60ドルでのエタノール生産におけるトウモロコシの損益分岐点価格はトン当たり150ドル弱、ブッシェル当たり3ド

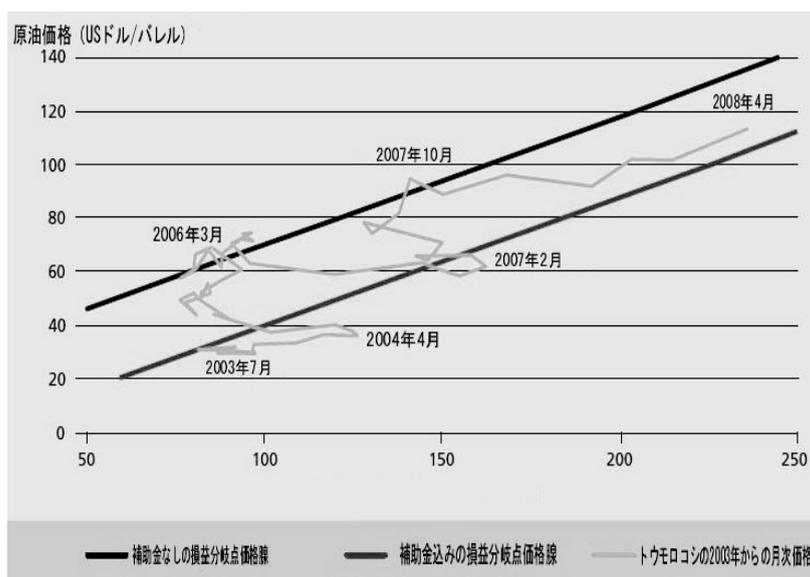


図2 エタノール生産におけるトウモロコシ価格と原油価格の損益分岐点

出所：FAO 2008 State of Food and Agriculture、

注：シカゴ商品取引所におけるブレンド原油価格（USドル/バレル）およびUSトウモロコシYellow No2の価格（USドル/トン）、価格データはCommodity Research Bureauのウェブサイト（[http://www.crbtrade.com/crbindex./](http://www.crbtrade.com/crbindex/)）から2008年6月10日にダウンロードしたもの。

ル50セント程度となり、11月第1週末の価格にほぼ対応している。現在ではアメリカのトウモロコシ価格はエタノールの生産コストに決定的な部分を占めるということからガソリン代替財としてのバイオ燃料を媒介として原油価格と連動する状況となっている。

なお、この図から原油バレル当たり40ドルではトウモロコシは、補助金等がない場合にはトン当たり50ドル弱（ブッシェル当たり1ドル20セント程度）、現状の補助金がある場合にはその倍のトン当たり約100ドル（ブッシェル当たり2ドル50セント程度）となり、原油価格がバレル40ドル以下ではエタノール生産の原料としてのトウモロコシの価格は補助金なしでは2000年代前半のブッシェル当たり2ドルのレベルに達しない。原油がバレル当たり60ドルを超えると、エタノール生産のトウモロコシ価格の損益分岐点が補助金なしでも2ドル以上となり、エタノール生産の原料としてのトウモロコシ価格が2000年代前半の市場価格に達する。つまりアメリカのバイオマス燃料としてのエタノール生産は原油価格がバレル60ドル以上であれば産業として自立できると言える。

食糧価格はトウモロコシが作付地における大豆との競合、飼料需要をめぐるソルガム、大麦や低質小麦との代替関係を通じて密接に関連しており、さらに2000年代からはこれらが多少の時間的遅れを伴いながら石油価格と連動して上昇、下降する。穀物や砂糖、大豆など油糧種子などの食糧価格の変化を品目ごとに分離して需給要因と投機要因など要因解析することは無意味である。価格変動の主役は石油であり、穀物等の価格はバイオ燃料の需給を媒介として連動する。原油価格の変動について需給要因と投機要因の分析は重要である。穀物等の価格の変動は原油価格の変動で説明できる部分と天候その他の要因に分解して考察すべきである。

世界の穀物価格は原油価格がバレル40ドル以上であれば、基本的には原油価格に依存して決まるといえる。世界経済全体の成長が数年にわたりマイナスになるような大恐慌に突入しない限り、穀物や大豆、菜種などの油糧種子、砂糖の国際価格は基本的には石油に連動して決まるとなる。

原油価格が今後中長期的にどうなるかについては、国際エネルギー機関（IEA）は2008年11月12日に発表したThe Energy Outlook 2008において次のように展望している。原油価格は世界の需要増や油田開発コストの上昇などを映し、今年から2025年までの平均価格で1バレルあたり120ドル（2007年実質価格）を突破し、30年には同200ドルを超える。需要に見合う供給を実現するには30年までで総額26兆ドルの投資が必要である。世界のエネルギー需要については、高成長を続ける中国、インドなど新興国がけん引役となり、30年までに年平均1.6%のペースで増える。同年までのエネルギー需要の増分の半分強は中印二カ国が占める。原油については再生可能エネルギーなどの生産増を映し、需要の増加ペースは年率1%程度で推移すると見込まれる。

3. エネルギー安全保障

エネルギー供給への安全なアクセスを確保することは多くの国にとって大きな関心事である。エネルギーの不安定な価格と供給不安を減らすことはアメリカの「エネルギー自立・安全保障法 (Energy Independence and Security Act of 2007)」にみるように、先進国のエネルギー政策の基本的な目的となっている。

また、先進国のみならず開発途上の多くの国においても、バイオ燃料の開発を促進する政策の主要な目的は、エネルギー安全保障であり、輸入エネルギー源への依存を可能な限り小さくしようとしている。特に近年における石油価格の高騰は、輸送、発電、熱源のための石油に代替するエネルギー源への誘因を強化した。新興経済諸国、特に中国とインドの急速な経済成長によるエネルギー需要の急増は将来のエネルギー供給に対する懸念を増大させている。バイオ燃料は、エネルギー供給を多様化し、少数の輸出国への依存状態を減らす有力な方法となる。液状のバイオ燃料は、石油に圧倒的に依存している運輸部門において現在の輸送テクノロジーの大きな変化を必要としないエネルギー源となる。エネルギー安全保障のための政策が同時に温室効果ガス排出削減の効果を持つということに多くの国の政策担当者は大きな関心をもっている。

アメリカでは2007年12月に成立したエネルギー自立及びエネルギー安全保障法において、再生可能燃料使用基準 (Renewable Fuel Standard) を2022年360億ガロンという数値目標を掲げている。アメリカ、EUは基本的には域内産バイオ燃料が中心となるが、日本は少なくとも当面の間、海外からの輸入に頼らざるを得ない状況にある。ブラジル、インド、中国等の開発途上国においても、バイオ燃料は原油輸入依存度低下と外貨支出削減を目的としてエネルギー原料の国産化を目指している。

エネルギー供給へのバイオ燃料の寄与は、バイオ燃料の持つエネルギーとその生産、流通過程で使われるエネルギーに依存する。後者は、原料の生産、収穫、輸送、バイオ燃料の製造などその生産と流通の様々なフェーズで必要とされているすべてのエネルギーを含む。

化石エネルギーバランスは、バイオ燃料のエネルギー量のその生産・流通において使われた化石エネルギーに対する比率を示すものである。化石エネルギーバランスが1.0ということは、化石エネルギー換算の燃料の生産・供給に要する化石燃料が、それと同量の化石エネルギーを必要としていること、つまりネットでは化石エネルギーの節約になっていないことを意味する。2.0の化石エネルギーバランスは、1リットルのバイオ燃料の化石エネルギー量がその生産・流通に要するエネルギー量の2倍であることを意味する。

FAOは2008年のState of Food and Agricultureにおいて、ワールドウォッチ研究所の報告などの化石エネルギーバランスに関する研究の結果を要約した図3を示している。化石エネルギーバランスは原料の生産性、農業の習慣、および変換技術などのファクターに依存して、幅広く、図にはその幅が示されている。

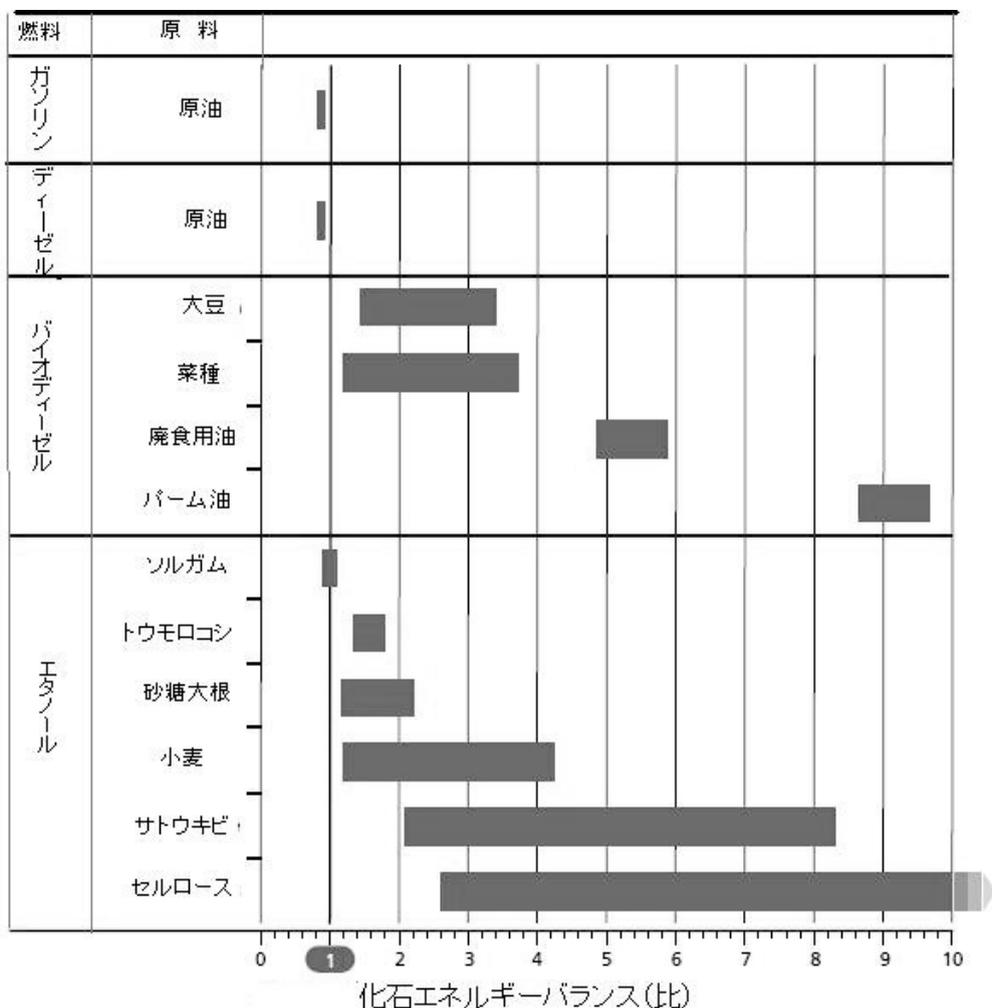


図3 エネルギータイプ別 化石エネルギーバランスの推計値

出所：FAO 2008 Food and Agriculture

従来のガソリンとディーゼルは、約0.8-0.9の化石エネルギーバランスとなっている。これは、いくらかのエネルギーが、使用可能な燃料に原油を精製し、それを市場に輸送することに消費されるためである。バイオ燃料がこの値を越えた化石エネルギーバランスを持っている場合には、化石燃料への依存を減らすことに寄与する。すべてのバイオ燃料は、その程度は様々であるがこの点でポジティブな寄与をすることが示されている。

エタノールの化石エネルギーバランスはトウモロコシを原料とする場合には約2に対して、サトウキビを原料とする場合には約2-8に及んでいる。サトウキビを原料とするエタノールの化石エネルギーバランスは、ブラジルでの生産をベースとしており、原料生産性の効率性が高いだけでなく、バイオマス残留物としてのバグスをエタノール製造のエネルギー源として使ってい

るためである。セルロースを原料とするエタノール生産では、技術についての不確実性を反映して、化石エネルギーバランスの範囲はより広がっている。

以上のように化石エネルギーバランスからみると、バイオマス燃料は化石エネルギーへの依存度を下げる。しかし、その程度は原料生産からバイオ燃料製造、輸送におよぶ過程でのエネルギー必要量に依存し、原料や各国、各地域の生産構造、技術によって大きく異なる。したがって、エネルギー安全保障という観点から、どの程度バイオ燃料生産が寄与できるのかは、原料生産の量的な可能性とともにエネルギーバランスからみた技術的可能性の検討も不可欠である。この場合、エネルギー安全保障は、国家の安全保障の一部をなすものであり、国全体で評価すべきものであることに留意する必要がある。

エネルギーの供給源の多様化という観点からは、バイオ燃料についても、国産、輸入の適切な組み合わせに配慮することが、エネルギー安全保障の向上に寄与すると考えられる。この場合、バイオ燃料の輸出入と化石燃料の輸出入を全体として、エネルギー安全保障を考える必要がある。また、G B E P等におけるバイオ燃料に関する国際的基準は、バイオ燃料の国際市場への供給を阻害することがないように、安定的な貿易を可能とするようなものにする必要がある。

4. 環境への影響——温室効果ガスと土地利用変化——

多くの国が、地球温暖化について懸念し、温室効果ガス排出を減らすための政策の重要な要素として、石油の代替燃料としてバイオ燃料の利用促進を環境政策の柱として組込んでいる。バイオ燃料が政策的に促進される第2の要素は、環境への影響である。

バイオマスを燃焼すること等により放出される二酸化炭素は、植物の成長過程で光合成により大気中から吸収した二酸化炭素に由来するものであることから、バイオマスは、その利用により大気中の二酸化炭素を増加させない「カーボンニュートラル」と呼ばれる特性を有している。このため、我が国においても、「京都議定書目標達成計画」（平成20年3月閣議決定）において、目標達成の手段の一つとして、バイオマスの利活用が位置づけられている。

温室効果ガス排出への実際のネット影響は、土地利用の変化や原料のタイプなどのファクターに依存して変わる。バイオ燃料のメリットを適切に発揮させるためには、ライフサイクル全体を通じた温室効果ガスの排出量を把握し、化石燃料に比べて温室効果ガスの排出量を増加させないようにすることが重要である。

図4は2008年3月のG B E Pタスクフォース会合において、ドイツのHorst Fehrenbachが提示した2007年10月に制定されたドイツのバイオ燃料の持続性基準 Biomass Sustainability Ordinance (B S O 2007年10月)の温室効果ガス(G H G)の計算方法によるライフサイクルアセスメント試算例である。

この試算はI P C Cの第3次報告のデータを基礎として行われたものであるが、結果をみると

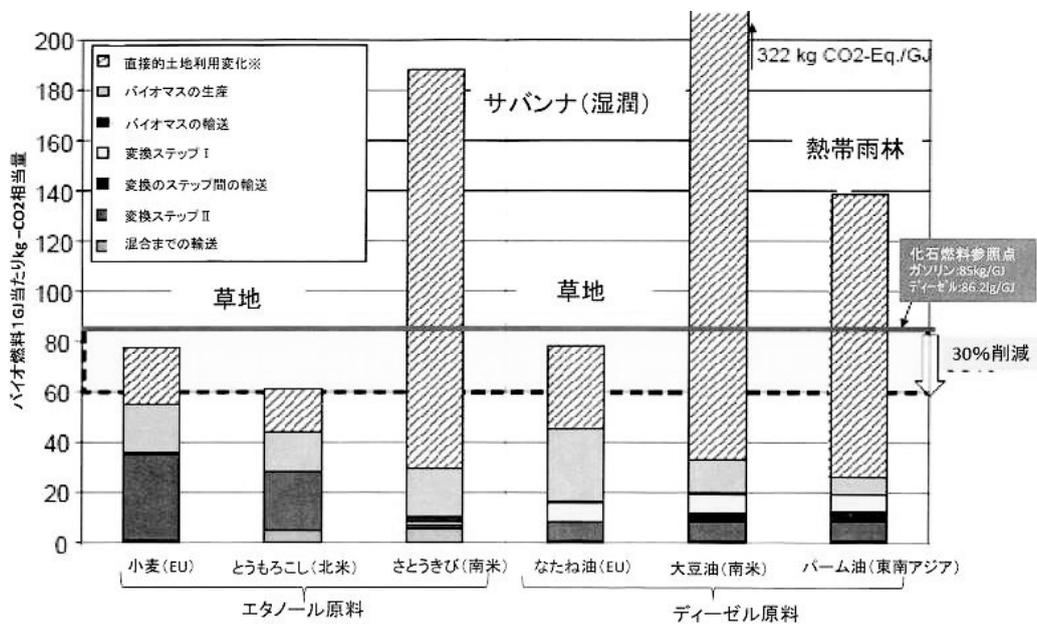


図4 バイオ燃料生産におけるのGHG排出の試算例

出所：GBEPホームページ、GBEP温室効果ガスタスクフォース会合資料から抜粋。

注1：基準点はガソリンが85kg/GJ，ディーゼルが86.2kg/GJである。

注2：ドイツのBiomass Sustainable Ordinance（2007年12月）では30%以上（2011年からは40%）の温室効果ガス（GHG）削減効果があることが基準とされている。

注3：変換ステップIは原料農産物からの植物油製造、変換ステップIIは植物油からのバイオディーゼル製造である。

原料作物の作付けのための土地利用変化が、バイオ燃料の温室効果ガス排出の計算で決定的な役割を果たしていることがわかる。

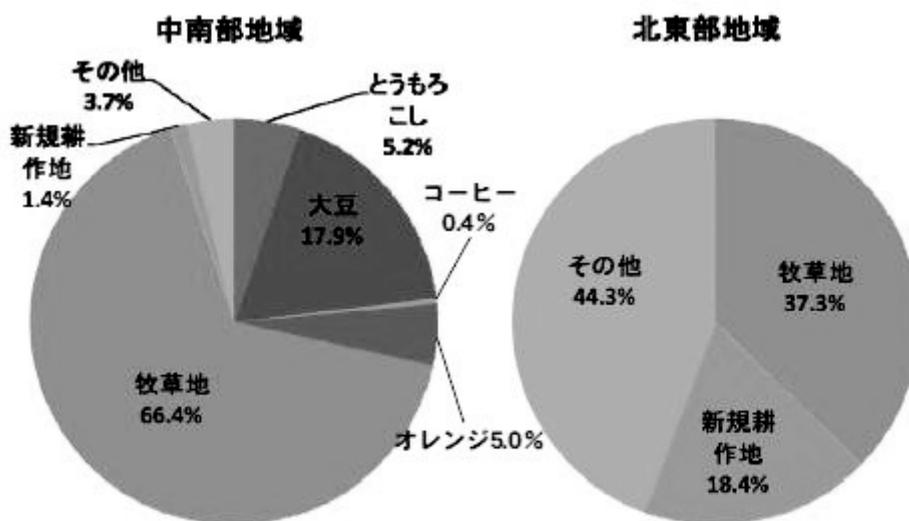
土地利用変化を除外して考えれば、南米のサトウキビ原料とするエタノール生産のGHG排出量がエネルギーGJ当たり約30kgと参照点85kgから75%の削減となり、北米のトウモロコシを原料とする場合の約40%の削減を大幅に上回る。また、南米の大豆を原料とするバイオディーゼルの生産は約70%のGHG削減率となり、東南アジアのパーム油を原料とするバイオディーゼルの生産は約70%のGHG削減率となり、EUの菜種を原料とする場合の約50%のGHG削減率を大幅に上回る。

北米の草地からの作付け転換を想定したトウモロコシを原料とするエタノール生産は、GHG削減率約30%になる。これに対して、南米のサバンナからの土地利用転換を想定したサトウキビを原料とするエタノールのGHG排出量は、削減どころか石油の2倍となる。また、南米のサバンナからの土地利用転換を想定した大豆を原料とするバイオディーゼル生産は、石油の3倍近いGJ当たり322kgのGHGを排出し、東南アジアで熱帯雨林からの土地利用変換を想定したパーム油の生産は、GJ当たり140kgのGHG、石油の約1.6倍の排出量と計算されている。

南米におけるバイオ燃料の生産はエタノール、バイオディーゼルのいずれについてもブラジルが圧倒的な比重を占める。ブラジルにおけるサトウキビ畑の新規作付け地を見ると（図5）、サトウキビ栽培が盛んな中南部では多くが牧草地からの土地利用変化であることがわかる。ブラジルでは全体としてみれば、農地、牧草地ともに長期的な増加傾向にあり、森林が減少傾向にある。ブラジルの2006年度のサトウキビ作付面積は690万ヘクタールで、8億5000万haに及ぶブラジル国土全体の0.8%、使用されている農用地2億8000万ヘクタール（うち牧草地2億1000万ha）の2.5%を占めるにすぎない。大豆やサトウキビの作付けが他の作物栽培を浸食しているかどうかは州ごとの土地利用変化の分析などの詳細な検討が必要であろうが、サトウキビの作付面積が倍増し、増加分すべてを牧草地からの転換によって確保したとしても、牧草地の減少幅は3%にとどまる（井上、菊池、2008）。

仮に、牧草地から農地への転換で、焼畑も行われないと想定すると、炭素ストック量はごくわずかしか変化しないことになり、中南米のサトウキビを原料とするバイオエタノール生産のための土地利用変化に伴うGHG排出は、BSOの試算値の約160kg/GJからほぼゼロになる。この場合、石油に対して約1/3のGHG排出ということになる。

さらに、原料農産物の作付け段階において土地利用変化がある場合に、どの時点からの土地利用変化を対象とするかという基準年の設定や、土地利用変化に伴うGHGの排出を何年間のバイオマス原料農産物の作付けと対応させるべきかといった問題など技術的な多くの問題がある。な



出典: Conab, perfil do Setor do Acucar e do Alcool no Brasil, April 2008

出所: 農畜産業振興機構、「ブラジルの砂糖およびエタノール生産状況について(1)」『砂糖類情報 2008年10月』

図5 ブラジルにおける新規サトウキビ作付地の内訳 (2007/2008年度)

お、直接的土地利用変化については、森林をはじめとする炭素蓄積度の高い土地からの転換が温室効果ガス排出量へ甚大な影響を及ぼす可能性があると考えられているが、間接的土地利用変化については、定量的な計測は方法的にきわめて困難と考えられる。

バイオ燃料は、少なくとも先進国においては、温暖化対策として位置付けられている。しかし、土地利用変化によるGHG排出が大きく必ずしもGHG削減に寄与していないとすれば大きな問題である。

バイオ燃料を輸入する場合には、消費国では化石燃料代替によるGHG削減が達成される一方、生産国で土地利用変化によるGHG排出が生ずる。しかし、生産国が京都議定書上はGHGの排出目標が設定されていない途上国である場合には、京都議定書上は排出規制がない。気候変動枠組み条約においては、先進国と途上国の差異のある責任、各国特有の事情を考慮すること、および途上国の開発の権利を認めている。開発途上国においては、人口の増加、所得の増加に伴う食料需要の増加に対応する食糧生産のため、あるいは農産物の輸出のため、農地の開墾等が進められている。

開発と環境保全是場合によってはトレードオフの関係にあるが、気候変動枠組み条約においてもその前文で「資源を自国の環境政策及び開発政策に従って開発する主権的権利を有すること並びに自国の管轄又は管理の下における活動が他国の環境又はいずれの国の管轄にも属さない区域の環境を害さないことを確保する責任を有する」、「すべての国（特に開発途上国）が社会及び経済の持続可能な開発の達成のための資源の取得の機会を必要としている」とされている。途上国が主張するように、開発途上国領土内の自然資源については、自国の環境・開発政策に従って自国の自然資源を自由に利用する権利は尊重されるべきであり、また、地球上の全ての人間は適切な水準の生活を享受する権利があり、そのために開発する権利を有する。このように、バイオ燃料生産の環境への影響を理由として開発途上国の農地開発など土地利用の変化を規制を主張することは、先進国の利己的な要求であり、実現不可能と考えられる。

バイオ燃料の貿易はGHG削減の移転となるが土地利用変化の評価によって、移転の効果はその過程で大幅に減少あるいは増加する。アメリカ、EUはエネルギー安全保障、地球温暖化防止、農村活性化のため、基本的には原料を含めて域内でのバイオ燃料の生産を優先する観点から、バイオマス燃料のGHG削減効果の国際基準に取り組んでいる。しかし、我が国はバイオ燃料の利用を本格的に推進するとすれば、基本的には輸入に頼らざるを得ない。多くの不確実性、不確定要因を含むバイオ燃料のGHG削減効果の計測には、各国の内外の顕在的な利害のみならず潜在的な利害が複雑に絡んでおり、「客観的」という名の、様々な利害の妥協を可能にする基準あるいは計算方法が問われている。

バイオ燃料の環境への影響は、GHGの排出削減にとどまらず、他にも土壌肥沃土／土地の生産能力や水資源、水質、さらには生物多様性及び生態系保全などに及ぶ。しかし、これらの問題

は、地域、場所ごとに多様であり、かつ、時々刻々と変化するものであり、土地利用変化とも結びついて農業生産や森林保全の環境への影響とを切りはなして論ずることは難しい。

5. 農業・農村振興と食料安全保障

農業セクターと農業所得をサポートすることは、明示されることは少ないが、バイオ燃料の政策的促進の第3の目的である。バイオ燃料原料の供給者の役割を通して農業を活性化することは農産物の供給過剰傾向にある世界市場の問題の解決策ともなる。バイオ燃料の需要拡大は、農業所得を押し上げる可能性を持ち、農業所得補助や農業補助金を減らすことにつながる。OECD諸国だけでなく、ますます多くの開発途上国はバイオ燃料政策がエネルギー安全保障とともに農業・農村開発に有効であることに期待を寄せている。

バイオ燃料の生産・使用は、雇用、農林漁家所得、経済の活性化、ひいては定住・交流人口の増加等、経済や農山漁村振興の面で様々な効果をもたらしている。このようにバイオ燃料生産は地域経済や農林水産経済等を活性化させる潜在力を持っており、我が国では国産エタノールと輸入エタノールの共存を図っていくことが重要である。地域に賦存する様々なバイオマスを活用することは、資源の有効利用による循環型社会の形成、エネルギー供給源の多様化を通じたエネルギー安全保障の向上に資するほか、地域の活性化や雇用にもつながるものである。

ところが、バイオ燃料利用の促進により、穀物利用や土地利用において食料との競合が発生し、食料需給の逼迫、価格上昇、ひいては途上国を中心とする貧困層への食料供給不足をもたらす懸念があることが、国連（2007）、FAO（2008）、世界銀行（2008）等の報告で警告されている。

バイオ燃料生産国において食料生産とのバランスを欠くようなバイオ燃料導入促進政策が採られた場合、バイオ燃料原料生産用の耕地面積が増大し、食料生産用の耕地面積を減少させる危険性がある。このことは、食料生産量の減少を通じ、食料価格を上昇させ、都市と農村の地域の貧しい人々にとって、バイオ燃料需要の増加は食品価格の高騰をもたらすこととなり、彼らの食糧安全保障にとって直接的な脅威となる。さらには相対的に食料調達力の低い途上国等の低所得者層や児童の飢餓や栄養失調を招くことになる。

しかし、価格の上昇が農村にまで波及し、農民による供給反応を可能にすることにも注目することが重要である。2008年に一部の国で見られたように、消費者を保護するための価格統制と輸出禁止を課すことは、市場が反応することを阻害し、短期的な救済にはなっても、食糧安全保障の危機を延長し、より深刻にする可能性もある。市場が機能し、価格シグナルが生産者に効果的に送られるならば、より高い価格は増産と増大した雇用の誘因を提供し、より長い期間の間の食糧安全保障懸念を緩和する可能を大きくする。

農産物のより高い価格は世界的に貧しい消費者にとって食糧安全保障への差し迫った脅威とな

るが、より長期的に見れば、それは農業開発のための可能性を高めることになる。農業部門が価格誘因に反応する能力を持っている場合には、農民は供給反応に参加し、その可能性を実現することができる。農産物価格は数十年の長きにわたり長期低落傾向を続け、多くの開発途上国の農業と農村地域への投資を民間でも公的にも抑制する最大の要因となってきたが、バイオ燃料需要の拡大は、農産物の実質価格の長期低下傾向を逆転する契機となることが期待されている。

バイオ燃料生産の促進は多くの国において、農業・農村を活性化する機会を提供する可能性を大きくするが、その実現は、インフラストラクチャー、組織、および技術開発に対する公的および私的な投資に依存する。特に小農と女性と少数民族などの主流から取り残されたグループの生産資源へのアクセスを促進することは、農業が経済・社会開発と貧困削減に役立つ可能性を高める。

食料との競合の問題については、非食用資源であるセルロース系や一部の農作物（アジアでのキャッサバなど）をどのように位置づけるべきであろうか。多くの場合、非食用資源と食用資源において土地利用面での競合問題が存在することはさげられないことであり、非食用資源であるという理由だけでは食料競合の問題が回避できるわけではない。当該資源の食用としての市場が存在しない地域においてのみ、非食用資源と考えることができよう。穀物等の食用資源の生産に不適な耕地（乾燥地帯等）で栽培可能なエリアンサス等セルロース系資源の開発については、食料競合問題を回避するための一方策になると考えられる。

6. おわりに

原油価格の高騰による穀物等のバイオ燃料利用の本格化は、世界の食糧需給と農業・農村の将来に新たな展望を開いた。バイオ燃料の開発は、世界が化石燃料への依存度を低下させる長期低プロセスの一環と考えねばならない。世界でバイオ燃料を生み出すことに委ねられている農地の割合は、ブラジルの1パーセント、ヨーロッパの1パーセント、アメリカ合衆国の4パーセントに過ぎない。液状のバイオ燃料が化石燃料に取って代わるには必要な土地は余りにも大きく、数十年の遠い将来においても、世界全体の農地の数%を超えることはないであろう。

グローバルなエネルギー供給へのバイオ燃料の寄与は、将来においても数%にとどまるとしても、農業と食糧安全保障へのかなりの影響を暗示している。バイオ燃料のための政策立案は、液体バイオ燃料について高い程度の将来に向けての不確実性を考慮する必要がある。不確実性の最大の要因は将来の石油価格である。それは液状のバイオ燃料の採算性を決定する。リグノセルロースを原料とする第2世代のバイオ燃料の技術開発も不確定の大きな要素である。現在のところ技術開発はバイオ燃料の工業的製造技術に集中しており、実用的技術が開発されたとしても、原料の生産と燃料工場への輸送問題が残されており、その解決には製造技術の開発以上の長期間を要するかもしれない。

アメリカおよびEUにおけるバイオ燃料政策は、小林弘明教授が指摘するように現状ではかつての輸出補助的な政策が姿を変えた農業保護政策としての性格も持っている（小林、2008）。しかし、バイオ燃料の生産振興は、国際農産物価格の高騰を促進するという点で輸出補助金など伝統的な農業保護とは異なる。バイオ燃料は新しい市場の機会を表現しており、農業・農村開発を促進する。バイオ燃料の生産は持続可能性の条件を満たすならば、農山村地域の経済を活性化し、押し上げて、貧乏を減らす可能性を広げ、地域の富と雇用を創出するという意味で公共の利益にかなう。バイオ燃料の開発は、これを支援する社会政策の枠組み、バイオ燃料使用の義務的な目標と産業が円熟するまでの財政的誘因などの誘因に依存する。バイオ燃料産業はおそらくブラジルの砂糖・エタノール工場を除いては世界的に見ても幼稚産業である。その意味で原料生産からバイオ燃料の製造、末端消費者への販売に至るまで公共の支援如何がその将来を決めると考えられる。

（引用・参考文献）

1. 農林水産省ホームページ、食料、食料需給インフォメーション <http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/index.html>、2008年11月
2. 通産省、『通商白書 2008年版』、経済産業省、2008年8月
3. 長井裕之、菊池美智子、「ブラジルの砂糖およびエタノール生産状況について（1）～さとうきびの生産拡大状況とエタノール需要による市場の拡大について～」、『砂糖類情報』、2008年10月
4. FAO、“The State of Food and Agriculture Biofuels: prospects, risks, and opportunities” 2008年
5. 世界銀行、“Rising food prices: Policy options and World Bank response”、2008年
6. Horst Fehrenbach, “GHG Accounting Methodology and Default Data according to the Biomass Sustainability Ordinance (BSO)”, GBEP 2008年3月
7. IEA, “The World Energy Outlook, 2008 Executive Summary”, 2008年11月
8. Elobeid, Amani (2006): Long-Run Impact of Corn-Based Ethanol on the Grain, Oilseed, and Livestock Sectors, CARD Home Page, Iowa State University, 2006年11月 <http://www.card.iastate.edu/publications/synopsis.aspx?id=1029>
9. 大賀圭治、小泉達治、「国際食料需給の新局面」、畜産の研究 60巻第1号 2007年1月
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年9月
11. 服部信司他、『世界の穀物需給とバイオエネルギー』、農林統計協会、2008年1月
12. 服部信司、「食料第1の原則を 国本価格高騰の背景と課題—エタノール生産への大量使用—」『世界と日本』No.1123, 内外ニュース、2008年9月
13. 小林弘明：フードシステムとの関連からみたバイオマスエネルギーの動向と可能性、フードシステム研究 15巻2号、2008年10月