

[講義配布資料]

バイオ燃料需要と食料需給を見通す冷静な視点

東京大学 農学国際専攻 教授 鈴木 宣弘

バイオ燃料は食料危機の元凶か？ それとも、地球温暖化抑制の切り札か？ 穀物価格高騰は止まらないのか？ 様々な要因は相互に関連している。バイオ燃料の推進にあたっては、経済的な採算性、食料需給・価格への影響、環境への影響等に関係する様々な自然科学的、社会科学的要因の相互依存のメカニズムを把握し、市場で取引されない価値も含めた総合的な費用便益の視点から妥当な方向性を見いだしていく必要がある。

1. 穀物価格高騰をどう捉えるかーバイオ燃料需要は主因か？

米国は、穀物価格高騰の主因はバイオ燃料需要の喚起でないと主張するが、そもそも、バイオ燃料需要の喚起は、米国にかぎらず、穀物の過剰在庫を削減し、低迷していた穀物価格の上昇を実現するために推進された側面も大きい。米国は、農村不況の回復のため、穀物在庫率を引下げ、農産物価格を上昇させるべく、中国等への輸出需要の拡大に期待したが、トウモロコシについては、中国も1年分の消費量に相当する在庫をかかえるような過剰状況で、期待が裏切られる中で、何とか国内需要が喚起できないかと思案していた矢先に、9.11事件と原油価格高騰により、エネルギー自給率向上の大義名分の下、バイオエタノール生産拡大の国民的コンセンサスを得る流れが生じたと、農林中金総合研究所の Ruan Wei 主任研究員は指摘する。中国も、膨大なトウモロコシ在庫の削減のためにバイオエタノール生産振興を位置づけたように、米国も中国もトウモロコシの過剰解消がバイオ燃料生産拡大の直接的な動機となっており、地球環境への配慮が本質的な動機ではないという見方ができることに留意が必要である。EUについても、砂糖の輸出制度に対して WTO のパネル(紛争処理委員会)で改善を求められ、輸出向け用途を大幅に削減せざるを得なくなり、行き場を失ったビートの処理のためにバイオエタノール生産が促進された経緯があり、その他の農産物についても、とりわけフランスで顕著だが、過剰在庫処理の有効な手だてとしてバイオ燃料需要喚起が行われたことが農林水産政策研究所の加藤信夫氏等から指摘されている。

このような意図からすれば、国際的な農産物価格の高騰は、まさに目的が達成されたことになるわけだが、今回の穀物価格の異常な高騰は、バイオ燃料需要の拡大による効果を大きく超えた水準になっていることも確かである。

需給の緩和・逼迫は、在庫率に集約して表れるので、在庫が減れば価格が上がるという右下がりの直線関係が比較的きれいに観察されることが知られているが、2007年

には、在庫水準の割には価格の上昇が激しく、経験則からの大きな乖離が見られる(図1)。

バイオ燃料需要の増加は、オーストラリアの干ばつなどによる供給減とともに在庫率の低下に反映されているから、実際の需給要因を超えた乖離の要因としては、金融市場の不安からの投機マネーの流入、ドル安による名目価格の上昇等に加え、各国が自国民への供給確保の不安か輸出規制を行い、在庫はあるのに貿易量が減ったことが指摘されている。今回の穀物価格高騰にバイオ燃料需要がどれだけ寄与したかを検証するには、これらの様々な要因を総合的に考慮した上でバイオ燃料によるネット(正味)の影響を分離する経済分析が必要である。

我々の国際トウモロコシ需給モデル(図2、高木英彰君構築)によるシミュレーション分析では、需給要因で説明可能な2008年6月時点のトウモロコシ価格は約3ドル/ブッシェルで、実測値の6ドルよりも3ドルも低い、つまり、需給要因以外の要因によって残りの3ドルの暴騰が生じた可能性が示唆されている。

2. バイオ燃料の採算性—私的・社会的の両面から

経済的に利潤が得られなければ、バイオ燃料生産がビジネスとして成立しないから、ガソリン価格に比較して、バイオ燃料生産コストが低いことが条件になる。

アイオワ州立大学の研究所CARDの研究成果(Elobeid, et al 2007等)も参考に、東大農学部柴戸康輔君が卒論研究で試算中の暫定値を図4,5,6に示した。この試算では、米国のトウモロコシからのエタノール製造で使用される化石燃料の価格が、原油の高騰と連動して上昇することをコスト計算に組み込んだことが一つの特徴である。

これを見ると、ブラジルのサトウキビについては、各年いずれも、サトウキビからのエタノールがガソリンよりも割安で、コマーシャル・ベースで採算がとれる可能性が示されている一方、米国のトウモロコシについては、逆に、補助金がなければ、ほぼすべての年で採算割れになることが示されている。

ただし、現行の51セントのエタノール1ガロン当たりの税控除を前提とすると、2005、2006年は採算がとれ、2007、2008年はほぼブレイク・イーブンという状態になっており、政府からの補助の効果が発揮されている。この補助は、トウモロコシ1ブッシェル当たりになると1.02ドルに相当する大きなものとなっている。

米国のトウモロコシからのバイオエタノールへの補助については、農業補助金として規制する必要があるとのWTO(世界貿易機関)への異議申し立てがカナダ、ブラジル等から行われている。

ただし、もし、米国のトウモロコシからのエタノールが、CO₂削減に効果が高く、地球温暖化の抑制への貢献(プラスの外部性)を勘案すると、コマーシャル・ベースではビジネスとして成立しなくても、社会的には、補助金を投入して推進すべき事業であるという大義名分も成り立つ。

しかしながら、コーネル大学のPimentel教授の、ガソリンよりもむしろCO₂の排出が大きいという最も厳しい評価(Pimentel and Patzek 2005等)を筆頭に、いずれも、ブラジルのサトウキビ

に比べて、米国のトウモロコシは、はるかに CO2 削減効果が小さいことが一般的な研究成果になっている。こうした中、EU では、バイオ燃料の持続可能性基準の一つとして、「バイオ燃料は、温室効果ガス排出を化石燃料に比べて 35%以上減らすものでなければ推進してはならない」としており、さらに、45%以上、60%以上と強化するとしているとともに、それを国際的な基準にしていこうという動きがあり、こうした基準を適用すれば、米国のトウモロコシからのエタノールへの政府補助による推進は真っ先に困難に直面することになるだろう。これに加えて、トウモロコシを主食とする途上国の国民の栄養不足を招き、家畜飼料の高騰による酪農・畜産農家の困窮を招いたこと(注)等も考慮すると、私的・社会的両面を総合的に考慮した費用対効果の観点で、米国のトウモロコシは、非常に厳しい評価を受けつつある。

(注)家畜飼料の価格高騰は我が国の酪農・畜産にとっても深刻な問題であるが、現在まだ十分に利用が進んでいないバイオエタノール副産物であるトウモロコシ等の DDGS (ソリュブル添加の蒸留カス) が、飼料として本格的に普及することになれば、飼料用穀物需給は緩和されるとの期待もある。

2. 価格は「もう戻らない」か?

需要と供給の趨勢的伸びから差し引いて、将来には「不足」が生じる、ないし「過剰」になるという類の議論は、価格の需給調整機能を見逃したもので経済学的には論外だが、最近における穀物需給高騰が「構造的」で、価格は「もう戻らない」という見方にも疑問が残る。

原論的には、需給の変化と価格との関係は、図3のように整理できる。バイオ燃料向けの需要増加により穀物への需要がD'にシフトして、供給がシフトしなければ、価格はP'に上昇するが、増産型技術開発の促進による単収の向上等により供給がS'にシフトすれば、価格はPに戻る。さらに、第二世代バイオ燃料が商業化されて需要がDに戻れば、価格はP"まで下落する可能性もある。

価格が戻らない根拠として、需要面でのバイオ燃料需要の拡大と中国、インド等の人口爆発と爆食に対し、供給面での単収の伸びの技術的限界説が指摘される。これらの要因を検討してみよう。

(1) 供給は反応する

価格が上昇すれば、供給が増えて需要を満たし、価格は下がる。この価格シグナルによる調整機能により、国際穀物相場は過去数十年にわたって上昇・下降を繰り返してきた。長期的には決して上昇基調になく、実質的にはむしろ低下してきたのである(注)。バイオ燃料向けの需要が加わっても、価格に応じた反応はやはり発揮されるだろう。米国では、近年停滞していたトウモロコシ作付が、バイオ燃料ブームに呼応して、2007年には前年比 26%も増加した。EU の減反解除だけでも 1,000 万トン程度の穀物増

産が可能になる見込みという。また、ブラジルにおける原料作物の作付は、今後も十分に拡大する余裕があると言われている。FAO データによると、ブラジルには、アマゾンを除いて約 4 億 ha の可耕地があるうち、現在は五分の一程度の 6,000 万 ha 強が耕作されているにすぎない。

また、もし耕地面積が不変であっても、価格高騰が続けば、単収が上がる。つまり、需給が逼迫すれば単収は上昇へ向かうのである。今後の単収増加の余地については、すでに技術的に限界に近づいているのではないかという指摘もあるが、単収の伸びが近年鈍化してきたのは、穀物価格が実質的に長らく低迷してきたことを反映している側面を見逃してはならない。穀物価格が上昇すれば、技術開発が促され、単収は上がると期待できる。価格上昇に伴い単収が上昇する傾向は、耕地面積の制約が大きいほど強まる。米国におけるトウモロコシ単収の増大は、密植を可能にする技術開発により実現されてきた。

主要国におけるトウモロコシ価格と単収との関係を定量的に分析した東京大学農学部高木英彰君(現在、農学国際専攻大学院)の卒論研究によると、トウモロコシ価格が 1% 変化したときの単収増加率(趨勢的な技術進歩とは別に、それに加えて高価格に刺激されて技術開発が促進されたことによる増加部分)は、米国 0.2%、EU0.3%、アルゼンチン 0.3%、中国 0.4%であることが有意に計測されている。農学国際専攻大学院の李想さんも綿密な計測でこの点を実証している。一般的に、食料需給予測の多くは、将来の単収予測においてこのような価格との関係性が考慮されておらず、トレンドのみで近似されている。したがって、価格上昇局面での単収増加の見込みは過小評価され、食料増産の見込みも過小評価されがちなのである。

また、単収は国によって非常に大きな格差があり、それが縮まる可能性は十分あると考えるべきである。たとえば、中国のトウモロコシ単収は米国の半分であり、その格差が埋まるだけでも大幅な増産を見込むことができる。

さらには、バイオ燃料向けの増大につれて遺伝子組み換え作物の作付け割合が急速に拡大する下で、例えば、大豆では、現在主流の除草剤耐性の「ラウンドアップ・レディ」の次に、09 年に登場することが予定されている「ラウンドアップ・レディ II」は単収がかなり増える要素が強く、これが急速に普及するという観測もある。

(注) 穀物価格が 2 倍になっても、他の商品の物価も 2 倍になり、所得も 2 倍になれば、実質的には何も変化がないことになる。

(2) 第二世代バイオ燃料の可能性

現在主流となっているデンプン質や糖質からのバイオ燃料ではなく、木くずや雑草等からのセルロース系バイオ燃料(第二世代)が実用化されれば、食料や飼料との競合問題は解消されるだろう。

米国では、ブッシュ大統領が 2007 年の一般教書演説で、バイオ燃料使用量の 2017 年までの義務目標を、350 億ガロンという膨大な量に設定する必要性に言及した。これは、もしトウモロコシで実現するなら、現状のトウモロコシ作付面積をすべてエタノールに向けても足りない量であったことから、エタノール向けトウモロコシ生産の政策的拡大、およびトウモロコシ価格の高騰は避けられないとの議論が盛んに行われた。だが、後に上下両院で可決された法案では、2022 年までに 360 億ガロンの再生可能燃料利用を義務づけるが、そのうち 210 億ガロンはセルロース系原料を用いることとされた。トウモロコシ等によるエタノールは 150 億ガロンということであるが、すでにトウモロコシによるエタノールの生産量は 80 億ガロン近くに上っており、現存するエタノール製造工場のキャパシティが 150 億ガロンに近い規模に達している。つまり、同法ではトウモロコシによるエタノール生産を現有施設能力以上に増やすことはせず、第二世代の実用化を前提にした目標であり、トウモロコシ需要を牽引するものではないことに留意が必要である。

筆者が 2008 年 8 月に滞在したコーネル大学でも、米国に広範に自生するスイッチグラス(イネ科の多年生の雑草)等からのエタノール生産の実用化プロジェクトに大きな予算がつき、関連機関と連携した推進機運が高まっていた。

第二世代の技術が低コストで実用化されれば、食料や飼料と競合し、生産コストがガソリンより割高で、二酸化炭素の排出削減効果も小さいとされるトウモロコシ等へのエタノール向け需要は縮小していくことが見込まれる。

第二世代の利用がいつ本格化するかは、今後の技術開発次第であり、不確定ではある。とは言え、最近の国際穀物市場の混乱は、あくまで第二世代が普及するまでの過渡期をどう乗り切るかという問題として冷静に見ておく必要があるだろう。

ただし、ブラジルのサトウキビについては、トウモロコシからエタノールを製造するときには化石燃料が使われるのに対してバガスと呼ばれるサトウキビの絞りかすが使われること等による生産コストの低さ、CO₂ の排出削減効果の大きさに加え、潜在的可耕地の大きさから食料(砂糖)生産と競合しにくい面があり、第二世代と共存する可能性がある。一方、ブラジルについても、サトウキビ生産の拡大で追われた小農牧民がアマゾンの森林を燃やすという間接的な森林破壊を誘発し、CO₂ 排出が増加するとの指摘もあり、総合評価が待たれる。

参考図のように、サバンナや熱帯雨林が耕地に転換されることによる CO₂ 排出の増加は極めて大きいという試算もあり、この点を考慮すると、米国のトウモロコシよりも圧倒的に有利とみられていたブラジルのサトウキビの立場は、CO₂ 排出については大きく逆転してしまう可能性もある。

(3) 原油価格の動向

バイオ燃料への取り組みは、そもそも今に始まったことではなく、1970 年代のオイ

ルショック時にも浮上していたが、間もなく原油価格が低下したため、相対的なバイオ燃料の採算性が悪化し、ブラジル以外では、長らく生産が停滞していたことも忘れてはならない。今回の再浮上も、原油価格が史上最高値で急伸している中での一時的なブームである可能性を排除できない。

原油価格とエタノール向けトウモロコシ需要との関係を分析した先述の高木君の計測結果によると、原油価格が1%上昇すると、トウモロコシ価格に変化がなければ、エタノール向けトウモロコシへの需要もほぼ1%増えるという関係により、計測期間中（1993～2006年）のエタノール向けトウモロコシ需要の変動の約85%が説明できていた。この関係性は、エタノール混合率の義務化やバイオ燃料増産への助成等の影響が強まった2005および2006年にも保たれていた(図7)。

このように、エタノール需要は原油価格水準と密接な関係をもっている。一方、最近の原油価格の急騰は、大手投機筋による投資額の占める割合が非常に高い中で生じていることから、激しく急転して下落する可能性が各所で指摘されている。また、需給ベースでは、バイオ燃料生産増加をはじめとする代替燃料の増加によるエネルギー需給の緩和が、原油価格を引き下げる。さらには、原油価格が上昇するにつれて、採掘コストの高い油田も採算がとれるようになり、増産が生じるという「経済的埋蔵量」による原油価格下落の可能性も無視できない。それに伴い、エタノール原料の中でも特にコストの高いトウモロコシは、エタノール原料としての需要を急速に失う可能性がある。

ただし、米国を中心に、ガソリンへのエタノール混合等によりバイオ燃料利用を義務化する施策が世界的に強化されつつあることから、バイオ燃料需要が大きく縮小することはないとの見方もある。だが、原油価格の下落によってバイオ燃料の相対的な採算性が大幅に悪化すれば、そうした施策にはさらに多額の補助金が必要となり、それが限度を超えれば、施策の見直しを余儀なくされるであろう。このような現状認識に基づいて、今後の世界のバイオ燃料政策と食料需給の動向については慎重に見極めていく必要がある。

米国では、原油に対するトウモロコシの相対的高騰でエタノールの採算性が悪化しつつあるにもかかわらず、2008年農業法において、現行の51セントのエタノール1ガロン当たりの税控除を引き上げるところか、45セントに引き下げる決定を行った点が注目される。その一方で、セルロース系原料に対しては、1.01ドル/ガロンの税控除を新設した。

(4) 新興国の食は洋風化するか

新興国で食料需要が急増するのではないかという不安も、食料需給逼迫の長期化が主張される理由の一つである。その代表的なレスター・ブラウン博士の主張は、著書「誰が中国を養うのか」(Brown, 1995)にも著されたとおり、膨大な人口を抱える中国等の新興国の食肉需要が、将来的に欧米水準にまで高まり、世界の食料生産力では賄えなく

なるというものである。一般に欧米人の多くは、彼ら自身の食生活が「進んで」いて、世界の食生活は経済発展と共に着実に「洋風化」していくと思込んでいる向きがある。

しかし、筆者らが行ったつぎの2つの分析は、中国の食生活が必ずしも洋風化へ向かってはいない可能性を示唆していた。まず一つめは、世界100カ国以上の食生活パターンを主成分分析で類型化した鈴木他(2003)である。その結果は図8に示したとおり、過去数十年間において、確かに中国の食生活はデンプン質中心の「途上国型」からタンパク質中心の「先進国型」へと推移してきたが、その向かう先は、タンパク質の摂取源として、肉・乳製品が多い「西欧型」(米国を含む)ではなく、魚介類のウエイトが相対的に高い「東アジア先進国型」(韓国、日本、香港を含む)の方向を示していたのである。

もう一つの分析は、中国都市部における食品需要の所得弾性値を推計した木下・彭(2007)、増田(2008)である。その結果は表1のとおり、1996年から2005年にかけて、肉類の需要の所得弾性値は低下してきたが、魚は上昇しており、2005年には肉類よりも魚の方が弾力的であることを示している。このことは、肉類需要の伸びはずでに年々鈍化してきた一方、魚需要の伸びは堅調なことを意味する。また、この結果を用いて10年後の予測を行うと、仮に中国都市住民の所得が過去10年来のような速いペースで上昇し続けても、牛肉消費量が現在の日本人の水準7kgに達することは難しく、ましてや30kgを超える欧米の水準には遠く及ばないことがわかった。一方、OECDが世界食料需給予測に用いている所得弾性値は、農村部も含めた中国全体の推計値であるため直接の比較はできないが、かなり弾力的な値(牛肉1.593、豚肉0.709、鶏肉0.983等)であるため、需要増加の程度が過大に予測されている可能性がある。

もし中国において今後、肉類よりも魚の消費が伸びるならば、将来の穀物需要の増加はかなり割り引いて予測できる。というのは、1kgの食肉生産に必要な飼料穀物量(トウモロコシ換算)は、牛肉11kg、豚肉7kg、鶏肉4kgであるのに対して、魚の養殖では2kg程度だからである。

ただし、中国の都市部と農村部では、食料需要の格差が極めて大きいため、仮に都市部で需要が頭打ちになっても、農村部が都市化することによって大幅な需要増大が生じる可能性もある。一般に、食料需要への都市化効果は、所得上昇効果と同義に扱われがちだが、最近の研究では、所得上昇効果を取り除いても、都市化そのものの効果によって食習慣が大きく変化し、肉や魚の需要が急増することが実証されている。つまり、都市住民の所得上昇効果のみを考慮した木下・彭の推計を全体に引き延ばすのは過小評価の可能性もある。農村部の都市化効果を考慮すれば、肉類需要の増加の余地はもっと大きいと考えた方がよいだろう。とは言え、農民の食が都市化されたとしても、際限なく洋風化するという見込みはやはり妥当ではない。

インドの食肉需要については宗教的な制約もある。インドは11億人という巨大な人口を抱えるが、牛肉(聖なる牛)と豚肉(不浄なる豚)を食べないヒンズー教徒が80%、豚

肉を食べないイスラム教徒が 14%を占めている。したがって、経済発展にもかかわらず、牛肉と豚肉の消費はそれほど伸びていないし、今後もこの制約はほとんど変わらないだろう。

さらに、国連は、中国とインドの人口増加率が今後鈍化していくことを予測している。中国では、2030年代の14億人がピークとなり減少局面に入るし、インドはそれよりも長く増加を続けるが、増加率は鈍化していくという。この点も含めて、新興国の食料需要増大の見込みはかなり割り引いて考えるべき要素が多い(表 2)。

小活

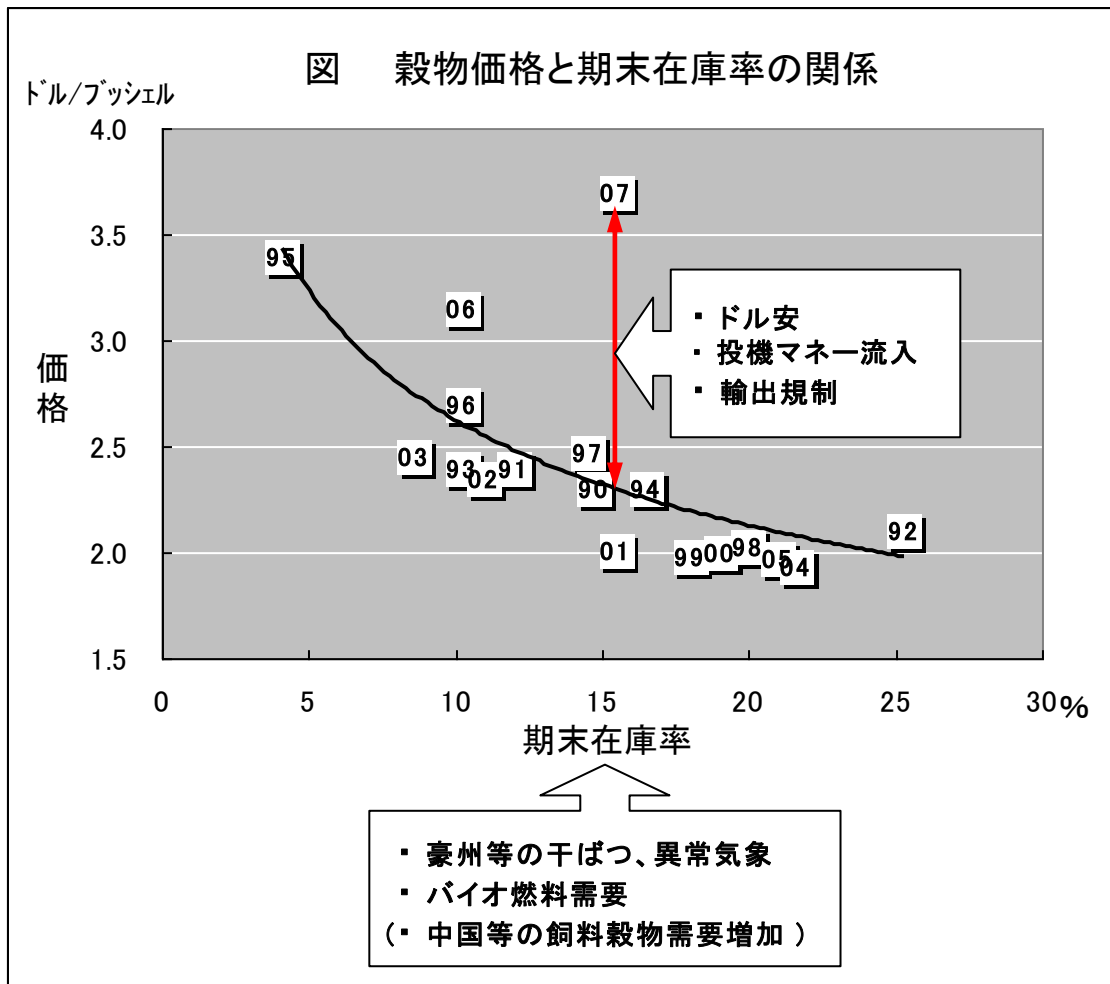
価格が上がれば、それをビジネス・チャンスとして増産が生じるし、何か極端な方向に進み始めれば、それを相殺しようとする反作用が起こる。したがって、国際的な食料需給も、一方的に逼迫が続くとか、緩和が続くとは考えにくく、価格の上昇と下落は繰り返していくものと思われる。

食料危機が将来的にも続くから国内生産が重要という立論では、危機が収まれば、また輸入に頼ればよい、ということになる。食料は戦略物資であり、不測の事態になれば、輸出規制も簡単に行われることを前提にして、平時から常に準備しておく必要があるという視点が必要であろう。

その意味で、食料農産物をバイオ燃料に仕向けることの是非が問われているときに、日本でコメをバイオ燃料にするというのは、一見、矛盾するようにも見えるが、国内的には、現時点では、コメが過剰な日本においては、日本の水田機能を常に維持しておいて、食料不足時に主食用に回せるようにするという意味で、食料の確保に貢献する政策の一部に位置づけられる。

また、原料の高い日本におけるバイオ燃料生産を一概に不利ということもできない。個別に検討すれば、例えば、沖縄では、砂糖の代わりにエタノールを製造するというのではなく、糖蜜の活用によって、砂糖とエタノールの両方を製造し、しかもサトウキビの新品種によって、従来の品種で砂糖を製造せずにエタノールのみを精製した場合と同じエタノール生産量が確保できるプロジェクトが進められている。また、静岡では、食品廃棄物のオカラからエタノールを精製し、その製造過程の燃料は、廃油からのバイオディーゼルを使う形でコスト低減が図られている。

しかし、税の減免には、財務省の協力が必要であり、E3のバイオエタノール分の3%部分のみのガソリン税減免は実現したが、揮発油税が2回も課税されてしまう問題は、いまだ解決されていないし、ガソリンとの直接混合を実現するには、ガソリン・スタンドの設備更新の費用(1件300~1,000万円)を懸念する石油業界・経済産業省の協力も必要である。本格的な始動のための、バイオ燃料戦略についての国家的な意思統一は、まだ不十分といえよう。



注：豊田通商(株)古米潤氏が示したトウモロコシのデータをイメージ化して農林水産政策研究所木下順子主任研究官が作成。中国等の飼料穀物需要の増加が括弧書きになっているのは、新興国の経済発展は近年継続的に進展してきている現象で、ここ1、2年に急速に伸びた訳ではないから、今回の穀物価格急騰要因とするのは留保条件を付けた方がよいという意味である。この図は模式図であるが、我々の国際トウモロコシ需給モデル(高木英彰君作成)によるシミュレーション分析では、需給要因で説明可能な2008年6月時点のトウモロコシ価格は約3ドル/ブッシェルで、実測値の6ドルよりも3ドルも低い、つまり、需給要因以外の要因によって残りの3ドルの暴騰が生じたといえる。ただし、投機マネーの流入も輸出規制の実施も、バイオ燃料需要の拡大が今後の食料需給を逼迫させる可能性を見込んでの反応とすれば、バイオ燃料需要の拡大の影響は在庫率に反映されているとして限定してしまうのは過小評価の危険がある。

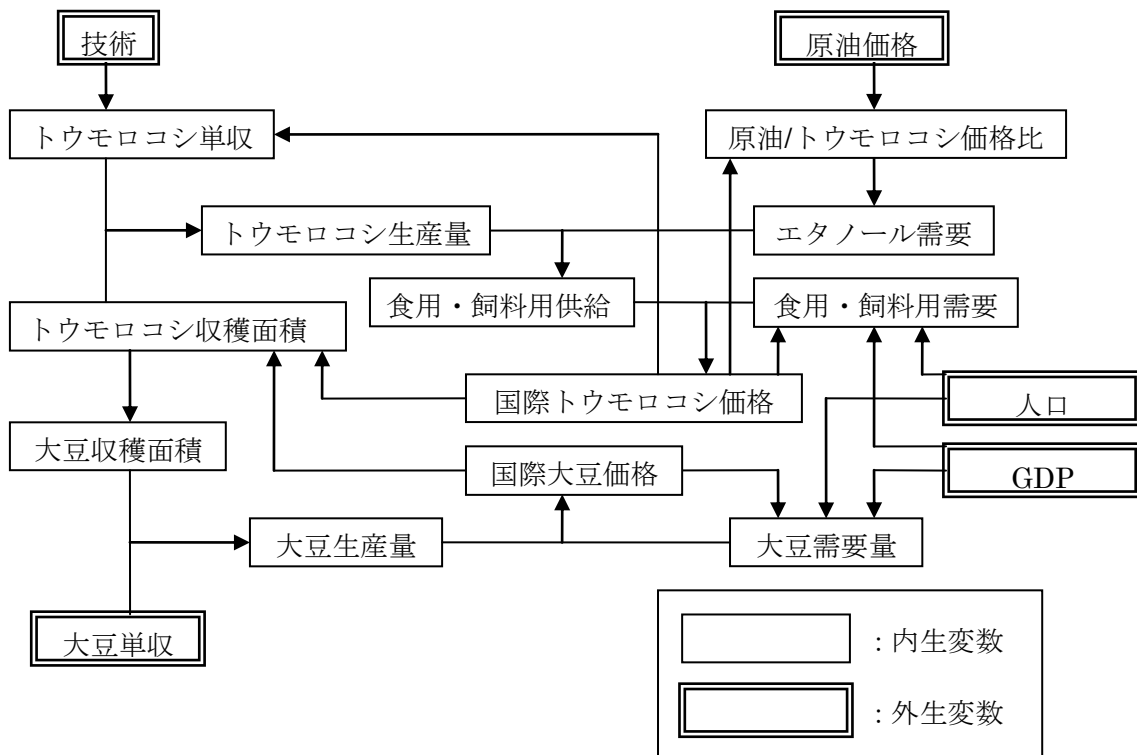


図2 トウモロコシ・エタノールの国際需給モデルの概念図

注: 農林水産政策研究所小泉達治主任研究官のモデルをベースにして高木英彰君が作成。

価格

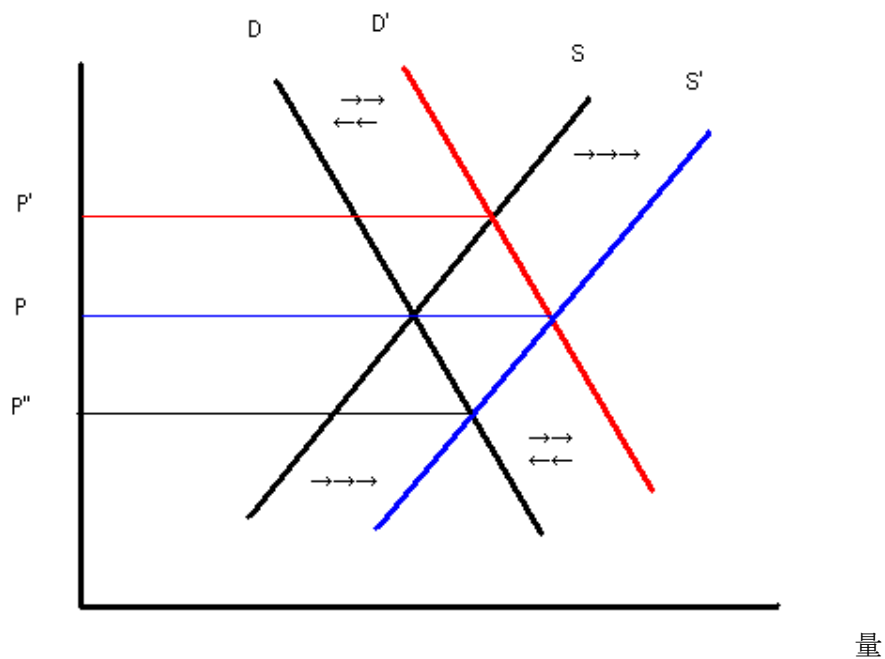


図3 バイオ燃料需要の穀物需給と価格への影響

注: バイオ燃料向けの需要増加により穀物への需要が D' にシフトして、供給がシフトしなければ、価格は P' に上昇するが、増産型技術開発の促進による単収の向上等により供給が S' にシフトすれば、価格は P に戻る。さらに、第二世代バイオ燃料が商業化されて需要が D に戻れば、価格は P'' まで下落する可能性もある。

出所: 筆者作成

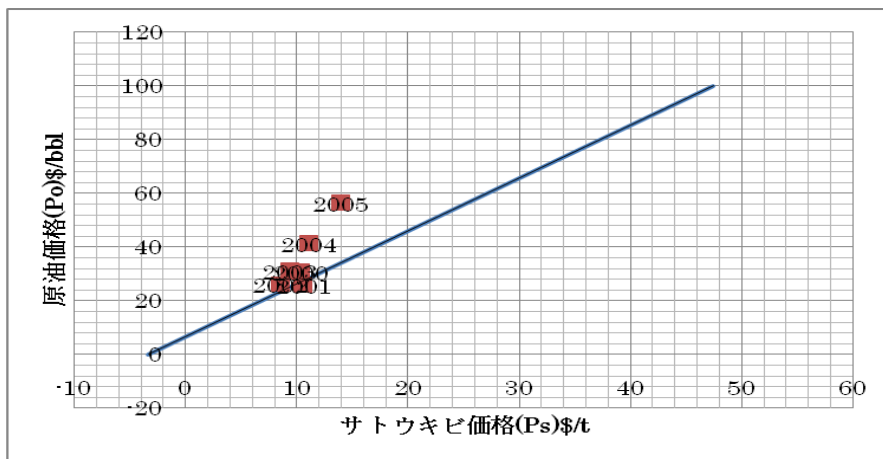


図4 ブラジルのサトウキビの原油と比較した採算性

注: ブレーク・イーブン線の左側にサトウキビ価格があれば、サトウキビからのエタノールのほうがガソリンよりも安く製造できることを示す。ほぼすべての年で満たされている。東大農学部の柴戸康輔君が卒論研究で試算中の暫定値。

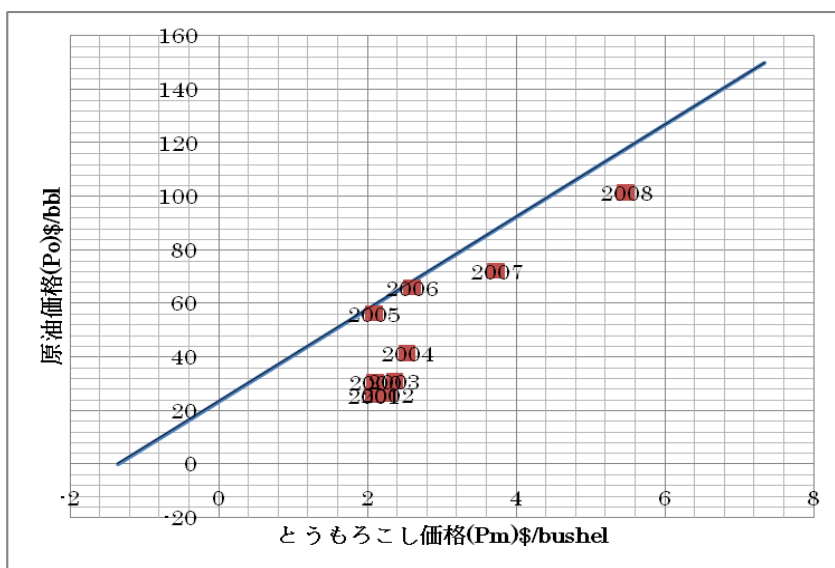


図5 アメリカのトウモロコシの原油と比較した採算性(補助金なしの場合)

注: ブレーク・イーブン線の左側にトウモロコシ価格があれば、トウモロコシからのエタノールのほうがガソリンよりも安く製造できることを示す。補助金なしでは採算が合う年

がほとんどない。東大農学部の新井康輔君が卒論研究で試算中の暫定値。

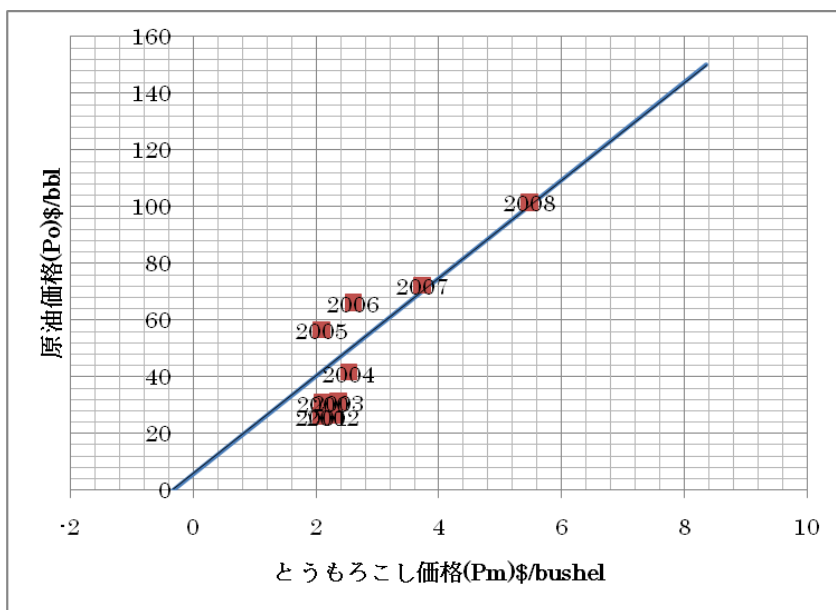


図6 アメリカのトウモロコシの原油と比較した採算性(補助金ありの場合)

注: 現行のガロン当たり 51 セントの税の減免があることによって、ここ数年は採算が取れるようになった。東大農学部の新井康輔君が卒論研究で試算中の暫定値。

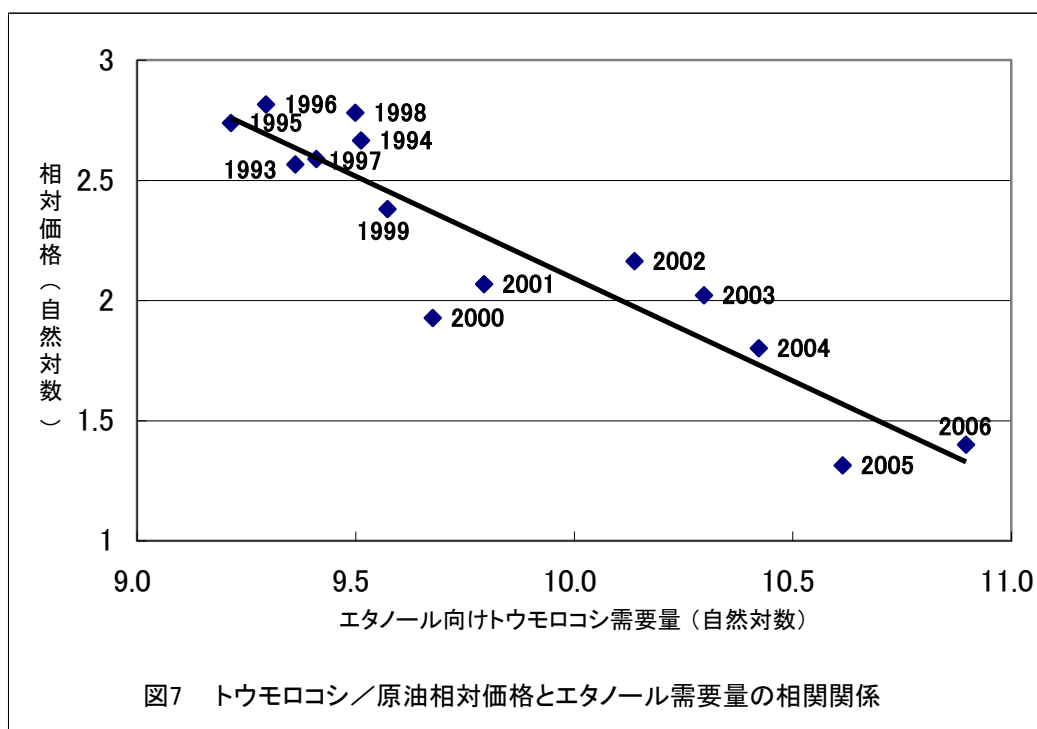
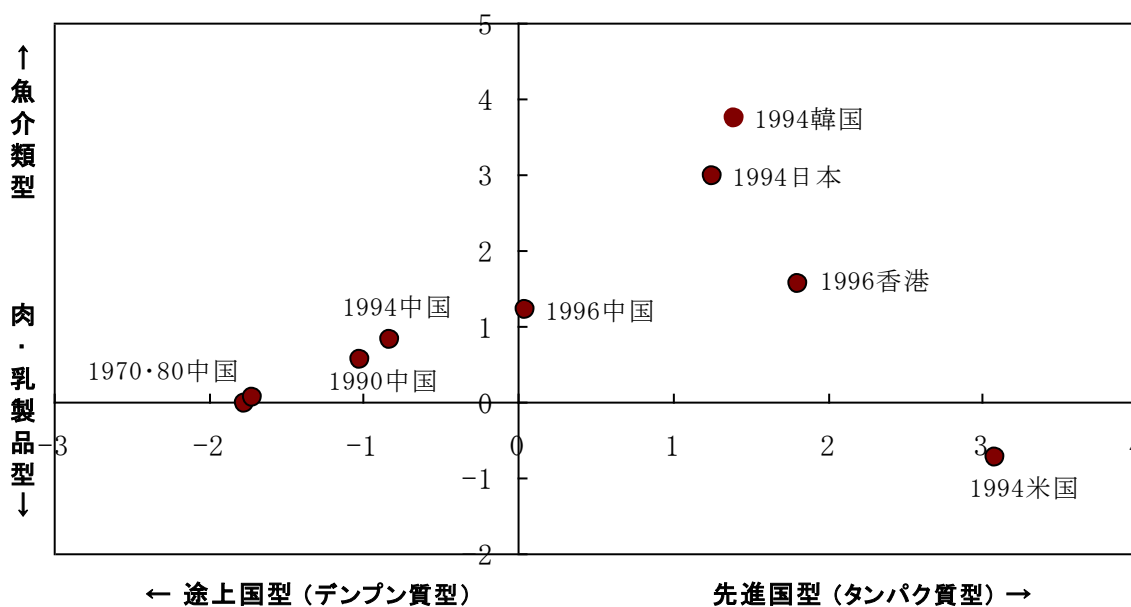


図7 トウモロコシ／原油相対価格とエタノール需要量の相関関係

注: ガソリンへのエタノール混合等によりバイオ燃料利用を義務化する施策が世界的に強

化されたことから、バイオ燃料需要が大きく縮小することはないとの見方もあるが、原油価格の下落によってバイオ燃料の相対的な採算性が悪化すれば、そうした施策にはさらに多額の補助金が必要となり、それが限度を超えれば、義務化そのものが見直しを余儀なくされるであろう。

図8. 中国における食生活の時系列変化の特質
 出所: 鈴木・庄野・彭(2003)による主成分分析の結果。



注: 中国の食生活はデンプン質中心の「途上国型」からタンパク質中心の「先進国型」へと推移してきたが、その向かう先は、肉・乳製品が多い「西欧型」ではなく、魚介類のウエイトが相対的に高い「東アジア先進国型」（韓国、日本、香港を含む）に向かっている。

表1 中国都市部における動物性タンパク源需要の所得弾力性推計値

	1996年	2005年	注1(参考) OECD推計値	注2(参考) 生産物1kg当り 飼料穀物量(kg)
牛肉	0.422	0.246	1.593	11
豚肉	0.314	0.158	0.709	7
鶏肉	0.534	0.343	0.983	4
魚	0.336	0.366	—	2
牛乳	0.855	0.559	1.470	—
粉乳	0.722	0.380	脱脂粉乳0.137 全脂粉乳0.703	—

出所: 木下・彭(2007)、増田竜平(2008)による所得階層別クロスセクション分析の結果。

注1: AGLINK-COSIMOモデルによる中国全体(農村含む)の推計値。「魚」は当推計の対象外となっている。

注2: トウモロコシ換算。「魚」については養魚に必要な穀物量を示す。

表2 国連の人口増加率予測(%)

	2005年	2035年	2045年
中国	0.7	0.0	▲ 0.5
インド	1.6	0.6	0.4

出所: UN, *World Population Prospects*, 2005.

注: 中国の13億人に次いで11億人という巨大な人口を抱えるインドは、牛肉と豚肉を食べないヒンズー教徒が80%、豚肉を食べないイスラム教徒が14%を占める。