

バイオ燃料の国際食料需給に及ぼす影響 —世界食料需給モデルによるシミュレーション分析—

大賀 圭治・中山 里美・古橋 元

目 次

1. はじめに
2. 「世界食料需給予測モデル」
 - (1) 「世界食料需給予測モデル」の特徴
 - (2) 世界食料予測モデルの基本構造
 - (3) 国・地域区分
 - (4) 対象品目
 - (5) データ、データ表示年度
 - (6) 所得弾力性、価格弾力性などパラメータ
 - (7) AMBSとAGNESS
3. 予測シナリオ
 - (1) 予測期間
 - (2) 予測シナリオ（フレームワーク）
 - (3) 経済成長率の想定
 - (4) 原油価格の想定
 - (5) 農作物のバイオ燃料仕向け量の推計
4. シミュレーション予測結果
 - (1) トウモロコシ
 - (2) サトウキビ（粗糖換算）
 - (3) 菜種
 - (4) パームオイル
 - (5) 小麦
 - (6) 米
5. 農林水産政策研究所予測との比較
 - (1) 目的、特徴、性格の同一性
 - (2) モデルの構造の同一性
 - (3) 対象品目の違い

- (4) 対象国・地域区分の違い
 - (5) ベース年2006年と予測年2018年は同一
 - (6) 人口、GDP, 原油価格－自然体の予測と複数ケースの予測
 - (7) 予測結果の比較
 - (8) 両予測の比較の総括
6. 残された課題

1. はじめに

コメ、小麦、トウモロコシ、大豆など食料の国際価格が激動している。2008年にはトウモロコシ、小麦、大豆、米などの穀物の国際価格が、史上最高値となった。その後は石油価格など資源価格の急落と連動して、穀物、大豆の国際価格は急落しが、2009年の穀物価格は高止まりの状態を続けている。

国際食料価格の激動の背景には、世界的な食料需給市場の構造的変化がある。以下では、穀物、大豆等の国際価格の急騰をもたらした最大の要因あるバイオ燃料の国際食料需給に及ぼす影響に焦点をあて、筆者らが開発、改良してきた世界食料需給モデルと、バイオ燃料いくつかの予測シナリオ（フレームワーク）に基づくシミュレーション予測結果について解説する。予測期間は2006年度から2018年度までの12年間である。

2. 「世界食料需給予測モデル」

今回のシミュレーションで利用した「世界食料需給予測モデル」は、筆者らが開発した「ASEAN食料需給予測モデル」（大賀ら、2008）の成果を取り入れて、「IFPSIMモデル」（大賀、柳島、1989）を改良、拡充したものであり、2009年1月に農林水産政策研究所が発表した「2018年における世界の食料需給見通し」（農林水産政策研究所、2009）に用いられた「世界食料需給モデル」とほぼ同一の構造である。

(1) 「世界食料需給予測モデル」の特徴

世界食料需給予測モデルはASEAN食料需給予測モデル（大賀ら、2008）と同じく以下の特徴を持っている。

- ①農産物品目を対象とする部分均衡モデル
- ②多数の国あるいは地域の多数品目を対象とする市場経済モデル
- ③変数がタイムラグによって調節されるダイナミックモデル

前期の結果に、以降の期間の変数の決定に影響するモデル構造となっている。

- ④政策シミュレーション・モデル

関税など貿易障壁や価格保障、生産者補助金などの政策変数が、外生変数として含まれる。

- ⑤非空間均衡モデル

特定相手国との貿易を他の相手国との貿易と区別しない。

- ⑥統合型のモデル

パラメータの推計は文献による場合を含め多様な方法によっており、必ずしも計量経済的な推計にとらわれない。ASEAN諸国については基本的に計量的な推計に基づいているが、非ASEAN諸国の弾力性については、FAO, OECDなど各種のモデルで採用しているものなどによっている。

- ⑦中長期予測モデル

10 ～ 20年程度の将来予測を目的とする。

(2) 世界食料予測モデルの基本構造

世界食料予測モデルでは食料の各品目の需要と供給は、世界全体としてみれば価格変化によって調整され、一致するという経済の原則に基づいている。各品目の各国の価格は輸出入価格を通じて国際価格と連動している。

各品目の生産は、土地利用をめぐり競合する品目を含む価格の変化により面積や家畜頭数が決まり、技術変化と気象要因で決まる単収との積として決まる。需要は人口、所得と代替品目を含む価格によって決まる。需要は各国の所得の上昇によって畜産物消費が増えるなど需要構造が変化し、同一品目のなかでも直接食用が減少し、飼料用、工業用が増加する。

供給を決める価格と需要を決める価格にはずれがある。生産は、作付け、家

畜飼養の開始前の価格により決まり、生産された食料の量によって需要が調整され、価格が決まる。つまり、前の期の価格が、次の期の作付け、飼養を決めるというダイナミックな構造になっている。

2007年以降の穀物等の国際価格は、原油価格の上昇、下落に直接的に影響され、その変化にほぼ連動して上昇、下降した。これは、世界の食料需給が、バイオ燃料用の穀物、油糧種子需要の急増により構造的に変化したことを示している。モデルではアメリカなど主要国におけるバイオ燃料生産に対応する原料農産物の需要が与件変数とすることによりその影響の計測を試みている。また、原油価格の穀物等のバイオマス燃料用需要への影響を暫定的にモデルへ組み込んでいる。しかし、その影響関係の精密化は、石油市場と食料市場との関係にかかわるデータの集積をベースとする信頼性の高い計量的な分析が必要であり、将来の課題である。

(3) 国・地域区分

世界全体を以下の31国・地域に区分した。

アメリカ、カナダ、メキシコ、ブラジル、アルゼンチン、その他の中南米

EU15、ロシア連邦、その他のヨーロッパ

オーストラリア、ニュージーランド、

日本、韓国、中国、インドネシア、タイ、マレーシア、フィリピン、ラオス、

ミャンマー、ベトナム、カンボディア、インド、パキスタン、

バングラディシュ、その他のアジア

エジプト、ナイジェリア、その他のアフリカ諸国、その他の中近東

その他の諸国・地域

中近東諸国は、西アジアと北アフリカにまたがる地域であるが、その中からエジプトを独立した一国の区分とし、これを除いてその他の中近東とした。

(4) 対象品目

対象品目は、以下の15品目である。

耕種作物9品目：小麦、米、トウモロコシ、その他の穀物類、大豆、菜種、

パームオイル キャッサバ、サトウキビ(データは相当換算)

畜産物 6 品目：牛肉 豚肉 羊肉 家禽肉 鶏卵 生乳

(5) データ、データ表示年度

食料需給関連にはF A O S T A Tをベースとして、近年についてはU S D Aデータに基づき推計をおこなった。モデルにおける年は穀物年度で、原則として表示年の9月から翌年8月末までである。生産は北半球では表示年と同じ年になるが、需要(消費)や価格はおおむねその翌年のものとなる。このことと関連して、人口、G D Pなどマクロ変数や原油価格などの基本的な変数が表示年の翌年となっていることに注意が必要である。

人口には国連の推計値を使い、G D Pは世界銀行データより推計をおこなった。これらのデータ以外に、その他としてエコ燃料利用推進会議の資料等のデータも使用した。

(6) 所得弾力性、価格弾力性などパラメータ

世界食料需給予測モデルのための所得弾力性、需要の価格弾力性、供給の価格弾力性などパラメータは、モデルの基本的な構成要素である。これらについては、アジア諸国についてはASEAN食料需給予測モデル、その他諸国についてはIFPSIMモデルおよびFAOの世界食料モデルなどに利用されたパラメータからできる限り最新のものを採用した。

(7) A M B SとA G N E S S

モデル開発のプラットフォームとして2つのソフトウェア・プログラムが利用された。そのうちの1つは「A M B S」と名づけたソフトで、すでに推計されたパラメータ群と基礎年次のデータを組み合わせ、総合化してモデル構築を行うソフトである。このシステムを用いて世界食料需給予測モデルが構築されている。もう一つの「A G N E S S」と名づけられたソフトは計量経済分析のためのソフトで、モデル開発ではモデル構築のための基礎となる価格弾力性、所得弾力性などのパラメータ推定のための回帰方程式の計算するために利用されている。

いずれも、古橋がWindowsOS上にVisual Basicを用いたソフトウェア・プログラムとして、大賀らによってIFPSIMのために開発されたフォートラン言語によるAMBS、および稲葉によって計量経済分析、モデル構築のために開発されたベーシック言語による旧システムを改良して開発されたものである。

3. 予測シナリオ

「世界食料需給モデル」によるバイオ燃料の国際食料需給に及ぼす影響のシミュレーション予測の結果を以下で説明する。予測は、いくつかの仮説を設けて、5種類のシナリオ（フレームワーク）を仮定した。

経済状況では経済回復と経済停滞、原油価格ではバレル\$40と\$100の仮定を設けた。なお、農作物のバイオ燃料仕向け量は、主要国のバイオ燃料計画量から推計し、外生変数としてモデルに取り込んだ。

（1）予測期間

2006年度から2018年度までの12年間

（2）予測シナリオ（フレームワーク）

- ・ ケース0：ベースライン、経済回復
主要国のバイオ燃料計画量を外生（以下各ケースとも同じ）
原油価格バレル\$62.1に上昇
- ・ ケース1：経済停滞、
原油価格バレル\$40で低迷
- ・ ケース2：経済回復、
原油価格バレル\$100に高騰
- ・ ケース3：経済回復、
バイオ燃料需給計画量は2010年度以降停滞
- ・ ケース4：経済回復、
バイオ燃料需給量は2006年度以降停滞
原油価格バレル\$62.1に上昇

(3) 経済成長率の想定

経済状況の経済回復と経済停滞はGDPで表している。経済回復のシナリオにおける各国の経済成長率は異なったものを世界銀行の予測をベースとし、経済停滞のケースでは、先進国はゼロ成長、開発途上国は経済回復のケースの成長率の半分を仮定した。世界全体としては、予測期間の2006年度から2018年度の12年間の年平均の経済成長率は、表1で示すとおりである。

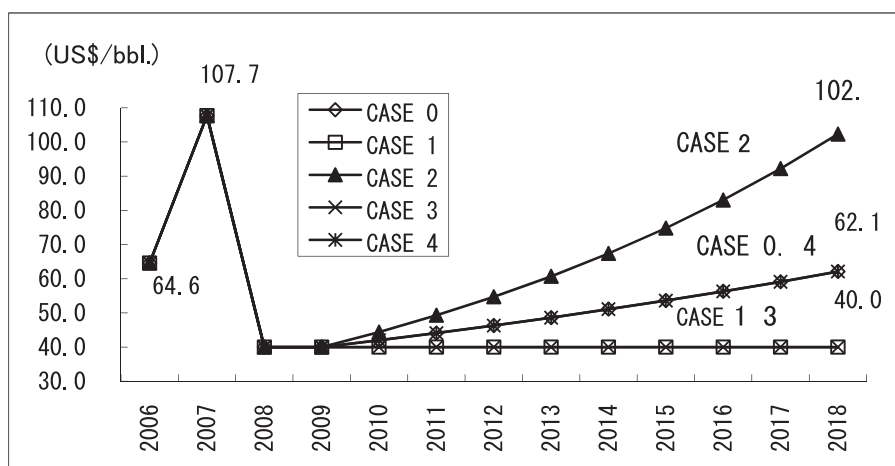
(4) 原油価格の想定

予測シナリオごとの原油価格の想定地の推移を図1に示す。すべての予測シナリオは、2006年度はバレル当たり64.6ドルで出発し、2007年度は最高値の107.7ドルに高騰し、2008年度になっては40ドルに下落する。2010年度からは、各予測シナリオによって原油価格の予測値が異なっている。

表1 年平均経済成長率の想定（2006年度～2018年度）

経済回復	3.2%
経済停滞	1.4%

図1 原油価格の想定（単位：US\$/バレル）



(5) 農作物のバイオ燃料仕向け量の推計

各農作物のバイオ燃料仕向け量のベースとなる量を外生変数として「世界食料需給予測モデル」に組み込みシミュレーションを行った。対象は、アメリカと中国のトウモロコシ、ブラジルのトウモロコシ、EUの菜種と小麦、マレーシアのパーム油、日本の米であり、現状と各国のバイオ燃料政策に基づいて初期値と計画値（将来値）の推計を行い、これらをシミュレーションにおける外生変数とした。原油か価格がベースラインの想定した2018年に向けてバレルあたり62.1ドルから乖離する程度に応じて価格弾力性1.5でバイオ燃料向けの仕向け量が増加すると仮定した。

1) アメリカのバイオ燃料用トウモロコシ

アメリカのバイオエタノールへのトウモロコシの仕向け量には、初期値、将来値ともに、USDAの2008年度の予測データを使用した（2008, “USDA Agricultural Baseline Projections to 2017”）。

2) 中国のバイオ燃料用トウモロコシ

中国のバイオエタノールへのトウモロコシの仕向け量の初期値は、F. O. LICHTの世界のバイオ燃料生産量と、世界における中国のバイオ燃料の生産量割合から算出した。将来値については過去の趨勢から3%程度と想定した。

3) ブラジルのバイオ燃料用サトウキビ

ブラジルの場合も中国の初期値と同じく、F. O. LICHTの世界のバイオ燃料生産量と、世界におけるブラジルのバイオ燃料の生産量割合から、サトウキビのバイオ燃料仕向け量を算出した。計画値はBalaco Energetico Nacionalによるバイオエタノールの2004年度の実績値1,500万KLと、2010年度の予測値2,200万KLより年間平均伸び率6.6%を算出し、これをエタノール向け砂糖換算量とした。

4) EUのバイオ燃料用の小麦と菜種

EUでは、小麦由来のバイオエタノールと菜種由来のバイオディーゼルを対象とした。それぞれの初期値は、“THE STATE OF RENEWABLE ENERGIES IN EUROPE 8th Euro Observe ER Report, Table: Bio-fuel consumption on the European Union for road transport in 2006”のバイオエタノール量

とバイオディーゼル量より換算して、バイオ燃料向け菜種量と小麦量を算出した。

2018年度値は、欧州理事会が2007年3月に承認した「EU全体で2020年までに再生可能エネルギー割合を20%、バイオ燃料割合は10%目標」という政策に基づき、かつ、そのうちのバイオエタノールとバイオディーゼルの割合は、将来とも変わらないと想定し、初期値と同じくバイオエタノールが15.7%、バイオディーゼルが84.3%であると仮定した。さらに、バイオ燃料の15.7%を占めるバイオエタノールは全量が小麦由来、バイオ燃料の84.3%を占めるバイオディーゼルは、その3分の1が菜種由来と想定した。

バイオディーゼルの全量ではなく、その3分の1が菜種由来と想定する根拠は、使用した上記のレポートの数値は、実績値ではなく計画値ではないかという疑念が生じたからである。バイオディーゼルの全量が菜種由来と想定してバイオ燃料仕向けの菜種量を算出すると、現状のEU27の菜種生産の全量に近い数字がバイオ燃料仕向けとなり、EUでの菜種は菜種油として食用が主であるので、現実の菜種の消費と乖離することとなる。よって、使用レポートの数値は実績値ではなくて計画値であるとし、バイオディーゼルは、その3分の1が菜種由来と想定した。

5) マレーシアのバイオ燃料用パームオイル

マレーシアのバイオディーゼルへのパームオイルの仕向け量であるが、マレーシアでは確信のあるパームオイル由来のバイオディーゼルの生産量数値が入手できなかった。マレーシアの数値として入手できたのは、パームオイルの製造量の数値のみである。しかし、マレーシアと並ぶパームオイルの製造国であるインドネシアについては、パームオイルの製造量とパームオイル由来のバイオディーゼル生産量の両方の数値が明らかであるので、インドネシアとマレーシアのパームオイル製造量の比から、マレーシアのバイオディーゼルへのパームオイルの仕向け量を推計した。よって、マレーシアの予測値は、あくまでも暫定値である。

6) 日本のバイオ燃料用の米

日本では米由来のバイオエタノール生産が、この4月から本格的に始まった。初期値はバイオエタノール10万KLと想定した。2018年度の将来値は「バ

イオマス・ニッポン総合戦略推進会議」の総合戦略の見直しの数値「2030年ごろまでに600万KLのバイオ燃料生産を計画し、生産を拡大しよう」の3分の1の200万KLを、米由来のバイオエタノールと想定した。

4. シミュレーション予測結果

(1) トウモロコシ

トウモロコシの国際価格の予測結果を図2に示す。2006年度はトン当たり110ドル台であったのが、2008年度には130ドル台に上昇し、その後、ベースライン予測では価格はいったん下がり、2010年度以降120ドル前後の横ばい状態になる予測結果である。2007年度（2007年10月から2008年9月）の実績はトン当たり約200ドルであったからこの間の価格上昇の約8割は需給要因以外の要因によるものと考えられる。

原油価格が100ドルに高騰と仮定した予測シナリオのケース2のトウモロコシの国際価格は、2010年度以降も上昇を続け、2018年度の予測価格は130ドル近くまで上昇する。

次に、世界のトウモロコシ生産量の予測値の推移を図3に示す。予測シナリオのケース0、1、2、3では、2006年度の約7億トンから2018年度の予測値は8億5,000万トン前後に増加する。バイオ燃料需給量が停滞する仮定の予

図2 トウモロコシの国際価格の予測

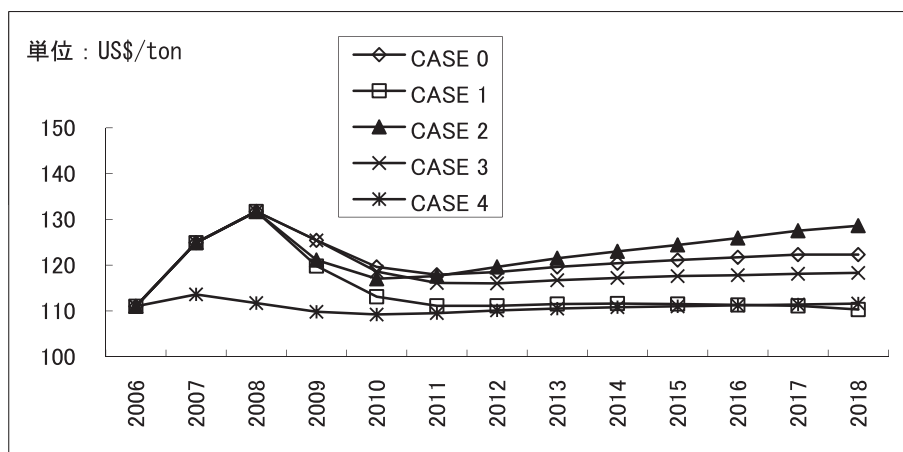
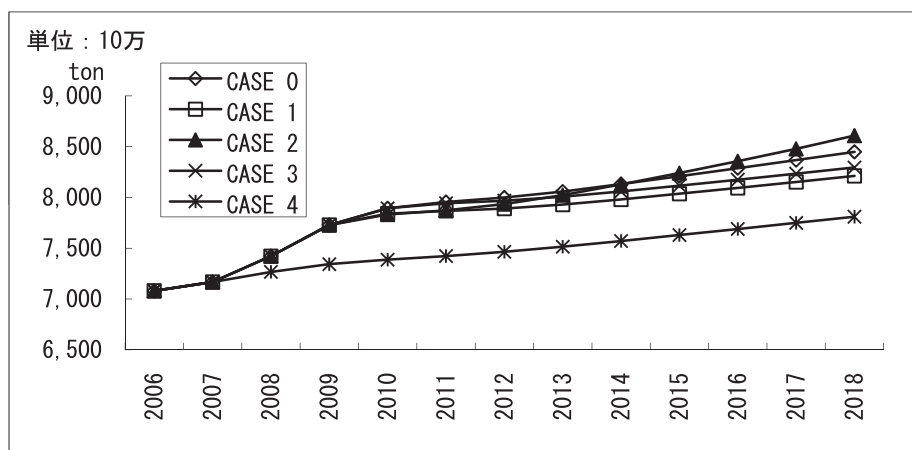


図3 世界のトウモロコシの生産量の予測



測シナリオのケース4では、2018年度の予測値は7億5,000万トン程度で、約1億トン近い差が生じる。これは、トウモロコシのバイオ燃料仕向け量の増加による価格上昇によって、世界のトウモロコシ生産量が拡大されることを示している。

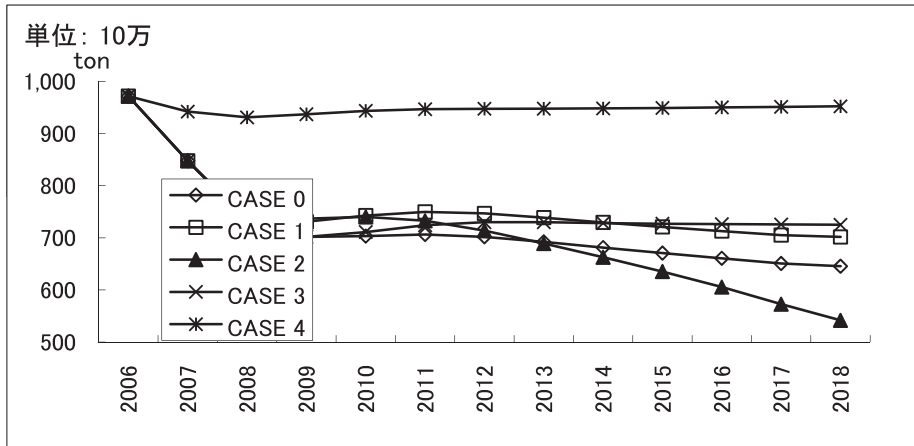
世界のトウモロコシのバイオ燃料仕向け量は2006年度から2008年度の間に急激に増加し、原油価格がバレル当たり100ドルに高騰すると仮定した予測シナリオのケース2以外は、その後は横ばい状態で、2018年度の予測値は1億1,000万トン程度である。一方、予測シナリオのケース2の2018年度の予測値は約1億6,000万トンとなり、その差は約5,000万トンとなる。このことは、原油価格の高騰によって、トウモロコシのバイオ燃料仕向け量が増加することを示している。

トウモロコシのバイオ燃料仕向け量が生産量に占める割合は、原油価格が100ドルのケース2では19.8%、原油価格が\$40のケース1でも16.2%である。

トウモロコシの世界の貿易量の予測では（図4）、バイオ燃料仕向け量が増えるに従って輸出国がバイオ燃料生産のために輸出を削減するために世界の貿易量は減少する。特に、原油価格が100ドルまで高騰する予測シナリオのケース2では顕著であり、トウモロコシの輸出量は、2006年度の約1億トンから2018年度は約5,000万トンと半減する。

アメリカのトウモロコシの純貿易量の予測結果（図5）を見ると、ケース4を除きすべてのケースで2010年代半ばから輸入超過となり、アメリカがトウモ

図4 世界のトウモロコシの貿易量の予測



ロコシの輸出国から輸入国に変わる。

中国のトウモロコシについては、トウモロコシのバイオ燃料仕向け量はケース0とケース1では約1,900万トン、ケース2では約2,300万トンであり、純貿易量（輸出）は、2010年度以降、すべての予測シナリオにおいて現状の200万トン程度からいったん減少するものの2018年度かけて250万程度までわずかではあるが増加する（図6）。このモデルではトウモロコシ生産の増加が飼料用の消費量の増加をほぼ埋め合わせる程度に増加する結果となっているためであるが、その現実的可能性については今後さらに検討する必要がある。

図5 アメリカのトウモロコシの純貿易量の予測

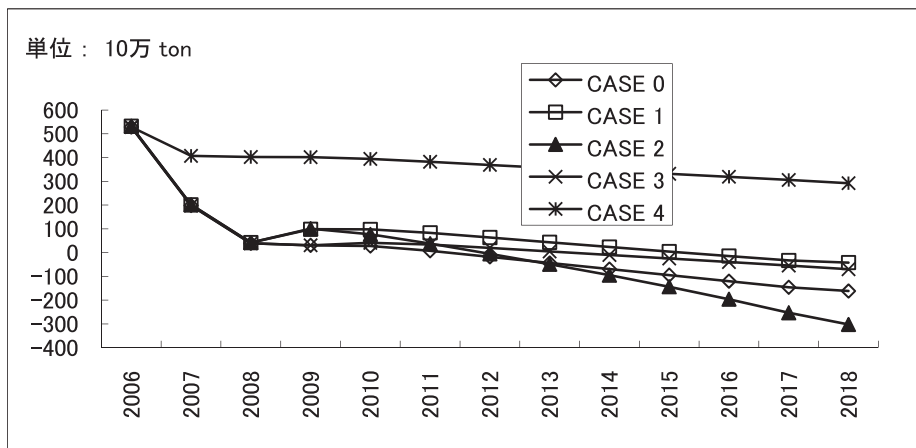
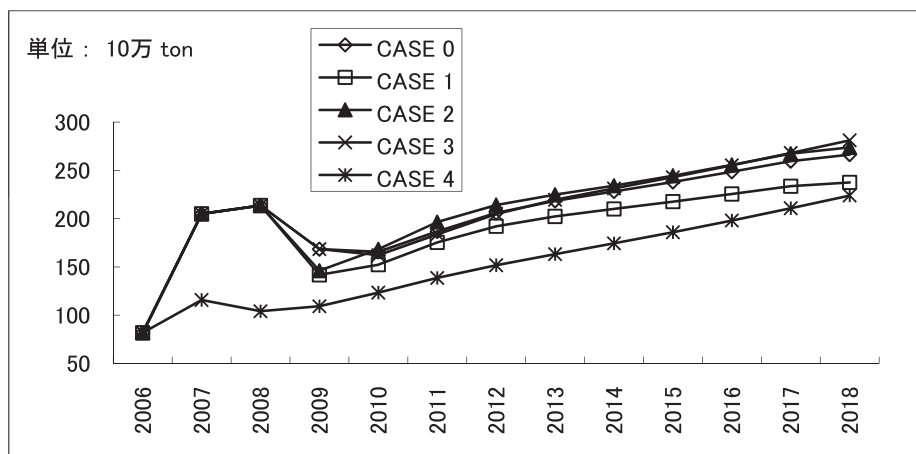


図6 中国のトウモロコシの純貿易量の予測

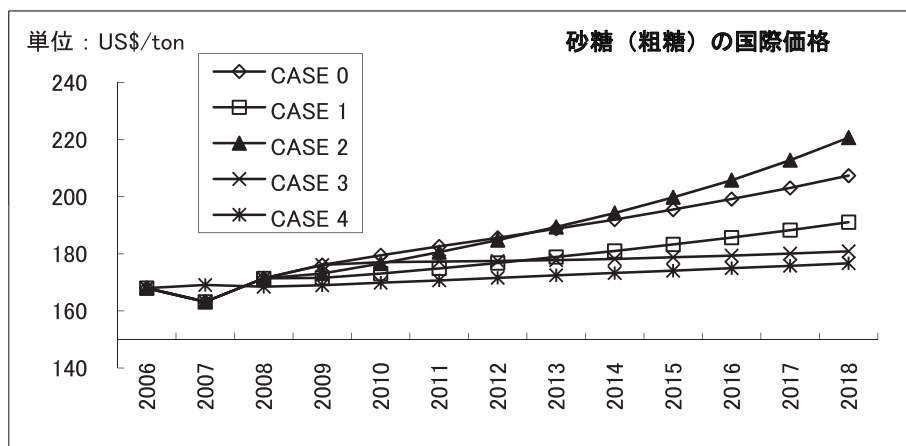


(2) サトウキビ（粗糖換算）

図7に砂糖（粗糖換算）の国際価格の予測結果を示す。粗糖の国際価格は、2006年度の粗糖トン当たり170ドル程度であったものが、2018年度にはケース0では約200ドルに上昇する。これは、サトウキビのバイオ燃料仕向け量が増加することで、砂糖（粗糖）への仕向け量も減少し、その結果、サトウキビ価格も砂糖（粗糖）価格も上昇することを示している。

世界のサトウキビの生産量（粗糖換算）は予測シナリオの仮定のいかんにかかわらず、すべてが右上がりに増加し、2018年度の予測生産量は砂糖（粗糖）

図7 粗糖の国際価格の予測



換算で2億3,000万トン前後であり、予測期間の12年間で1.2～1.3倍に増加する（図8）。

このうち世界のバイオ燃料仕向け量は2006年度から2018年度にかけてケース0で約2倍、ケース2では約2.5倍と、大きく増加する。

バイオ燃料仕向け量が生産量に占める割合は、2006年度の14.7%から、経済回復で原油価格バレル当たり\$100に高騰と想定した予測シナリオのケース2では約29%、経済停滞で原油価格バレル\$40で低迷と想定したケース1では約24%、ベースラインのケース0では約25%と、大きく伸びる。

粗糖の貿易量は、サトウキビの多くがバイオ燃料に仕向けられるので、輸出よりも自国で消費するバイオ燃料に仕向けられることになるため貿易量が減少する（図9）。

ブラジルのサトウキビの生産量は、砂糖（粗糖）換算で2006年度が約5,000万トンであったものが2018年度の予測生産量は7,000万トンと、1.4倍に増加する。ブラジルのサトウキビのバイオ燃料仕向け量は2006年度に粗糖換算で約2,500万トンであったものが、ケース2では2018年度に、約2.5倍の6,000万トンとなる。その結果、2018年度のトウモロコシ生産量に占めるバイオ燃料仕向け量の比率はケース1で76.5%、ケース2では94.3%、に達する。

図8 世界のサトウキビの生産量（粗糖換算）の予測

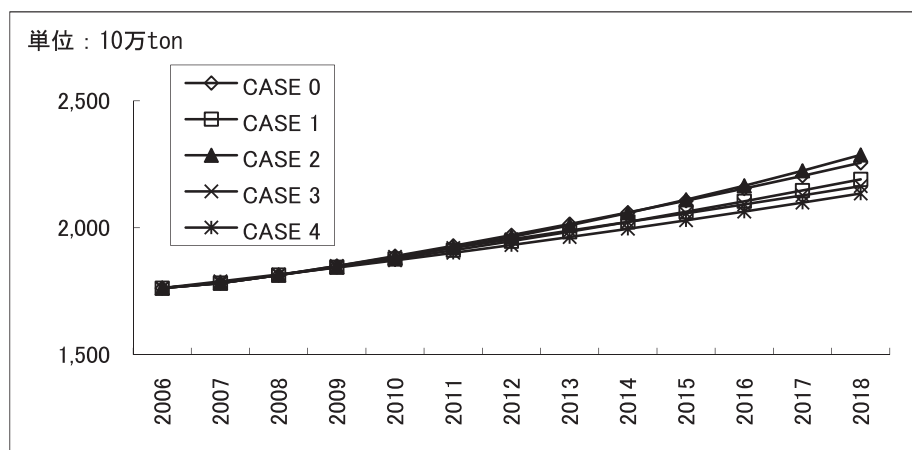
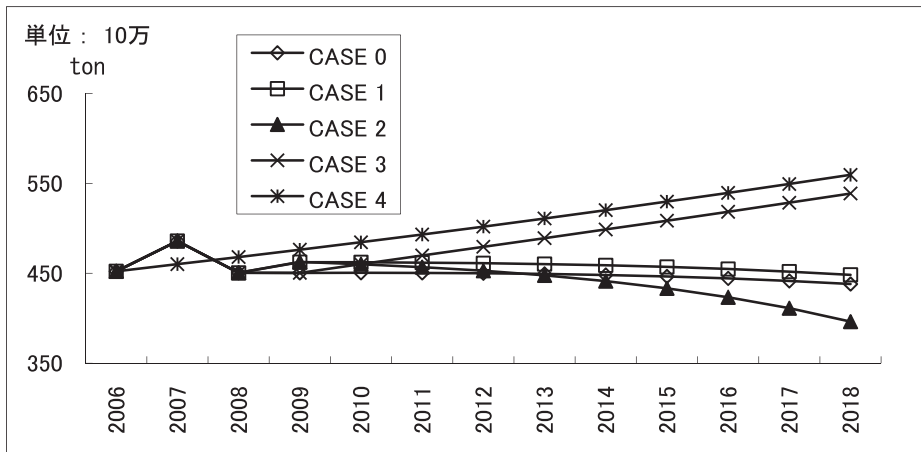


図9 世界のサトウキビの貿易量(粗糖換算)の予測



(3) 菜種

菜種の国際価格の予測結果を図10に示す。菜種の国際価格は2006年度にはトン当たり300ドル台であったのが、2018年度にはトン当たり350ドル台～450ドル台に上昇している。

原油価格がバレル当たり40ドルに低迷すると仮定した予測シナリオのケース1では、2018年度の菜種の予測価格は350ドル台、一方、原油価格がバレル当たり100ドルに高騰すると仮定した予測シナリオのケース2では450ドル台と、約100ドルの差異が生じている。

図10 菜種の国際価格の予測

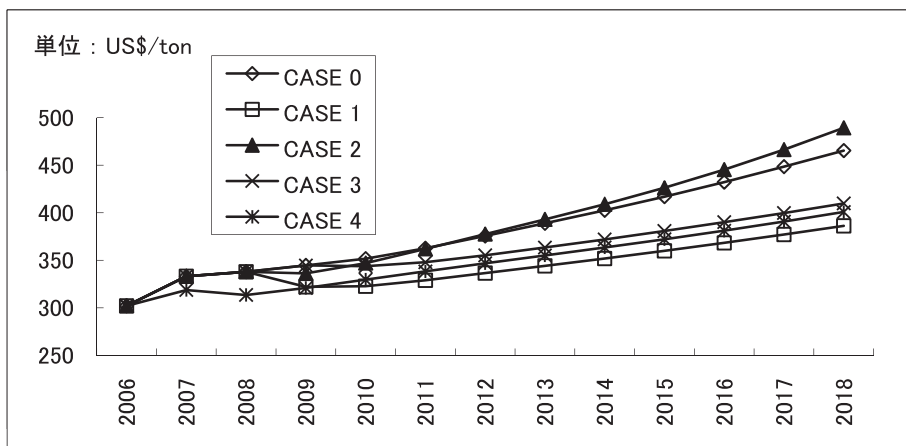


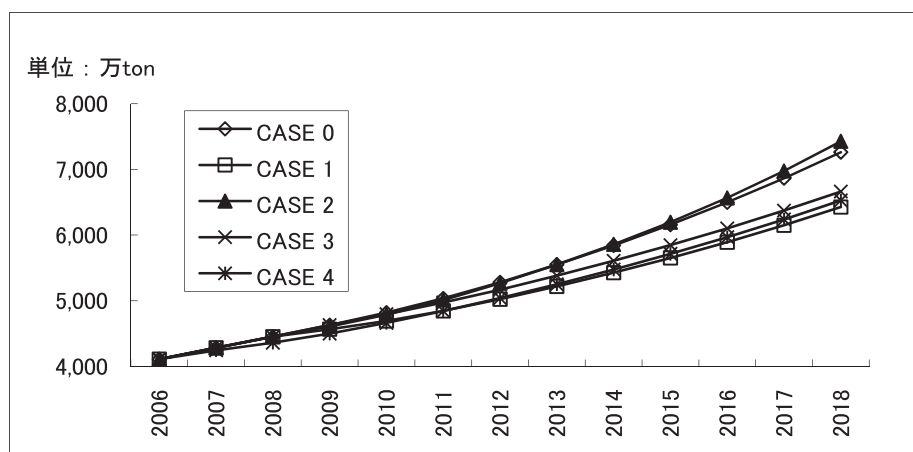
図11は、世界の菜種の生産量の予測結果を示している。菜種の生産量は2006年度の約4,000万トンから、2018年度になるとバイオ燃料需給計画量が停滞と仮定した予測シナリオのケース3、4を含めた全ての予測シナリオで6,500万トン～8,000万トンの間まで増加し、世界の菜種の生産量は12年間で2倍近くになっている。

世界の菜種のバイオ燃料仕向け量は2018年度には1,400万トン近くまで増加し、18年間で約5倍に増加する。菜種のバイオ燃料仕向け量が生産量に占める割合の2018年の予測結果は20%弱となる。

菜種の世界の貿易量は、バイオ燃料需給計画量が停滞すると仮定したケース3、4を含め、すべての予測シナリオで貿易量は増加する。

EU菜種の予測生産量は予測シナリオのケース2では1.88倍、ケース4では1.66倍と、12年間で約2倍に近い増加を示す。EUの菜種のバイオ燃料仕向け量も生産量と同じく、12年間で2倍に近い増加である。2018年度のEUの菜種のバイオ燃料仕向け量が生産量に占める割合は、予測シナリオのケース0、1、2では60%前後と高く、一方、バイオ燃料需要量が停滞する仮定したケース3、4では、バイオ燃料仕向け量が生産量に占める割合は低下するという予測結果となっている。EUの菜種の純貿易量は、バイオ燃料への仕向け量が増加するにつれて減少する。2018年度の予測では、EUはまだ菜種の輸出国であるが、輸出量は大幅に減少する。

図11 世界の菜種の生産量の予測



(4) パームオイル（加工前のフルーツ、以下同じ）

パームオイルの国際価格（オイルパームトン当たり換算価格、以下同じ）の予測を図12に示す。パームオイルの国際価格は2006年度ではトン当たり60～70ドルだったものが、2018年度には100ドル前後に上昇するという予測結果となっている。パームオイルの世界貿易量が減少するという予測結果と合わせて考えると、パームオイルの輸出国が輸出よりも自国用のバイオ燃料生産を優先するようなモデルの構造となっているためと考えられるが、国際価格の上昇の下でパームオイルの輸出国が現実にこのような行動を取るかどうかについては、さらに検討が必要である。

図12 パームオイルの国際価格（オイルパーム価格換算）の予測

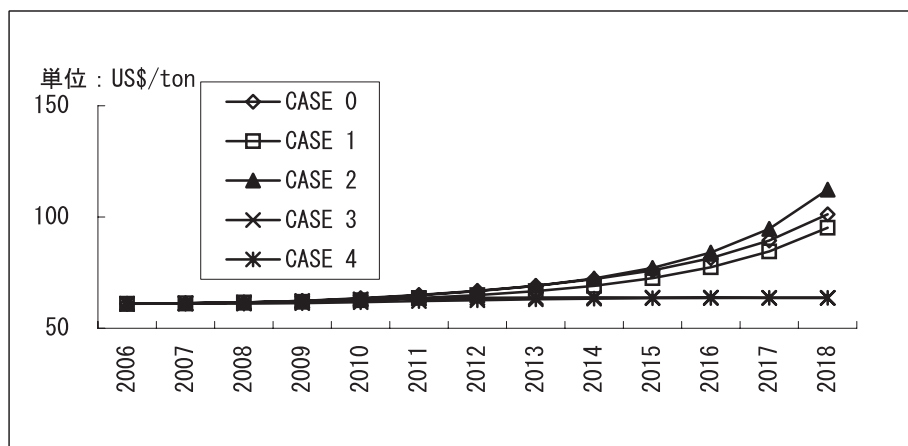
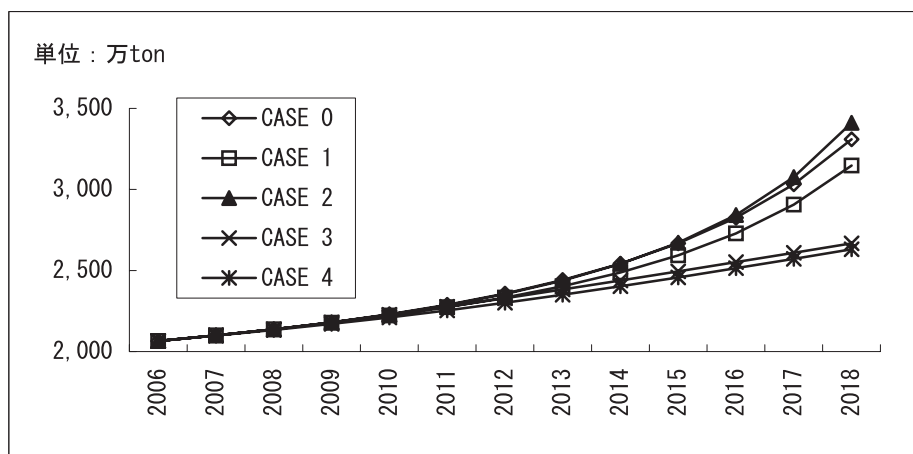


図13 世界のオイルパームの生産量 の予測



世界のオイルパームの生産量の予測結果を図13に示す。

オイルパームの世界の生産量は、2006年度では2,000万トン程度であったものが、2018年には予測シナリオのケース0、1、2では約3,000万トン～3,500万トンと、1.5倍を超えて増加すると予測されている。

オイルパームのバイオ燃料仕向け量は、2006年度は微小であると推計されるが2010年代から急速に増加し、2018年度にはバイオ燃料仕向け量が1,000万トンを超えると予測されている。オイルパームのバイオ燃料仕向け量が生産量に占める割合は、予測シナリオのケース2では生産量の約35%となる。

パームオイルの世界貿易量の予測では、2014年頃まではオイルパームのバイオ燃料仕向け量が増加するため、ケース4を除いて各ケースとも貿易量が減少する結果となっている（図14）。

マレーシアはインドネシアとならぶ、世界で最大のオイルパームの生産国であるが、予測ではマレーシアのオイルパームの生産量は2013年度頃から急上昇し、2018年度には2006年度の約1.5倍の生産量と予測されている。

マレーシアのオイルパームのバイオ燃料仕向け量が生産量に占める割合は、2018年度の予測シナリオのケース2では67.7%と、オイルパームの生産量の70%近くに達し、ケース0、1でも60%近い割合となる。

マレーシアのパームオイルの純貿易量の予測（図15）では、バイオ燃料仕向け量が増えるに従って、マレーシアの純貿易量は減少する予測結果となっている

図14 世界のパームオイル（オイルパーム換算）の貿易量の予測

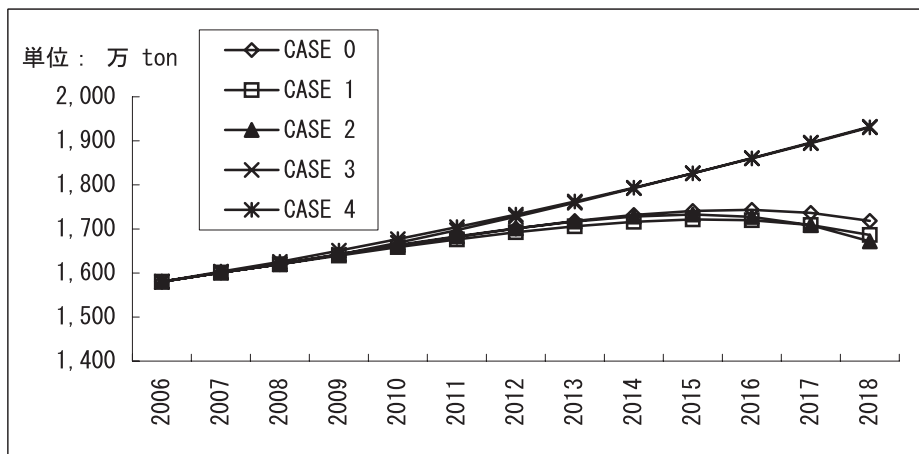
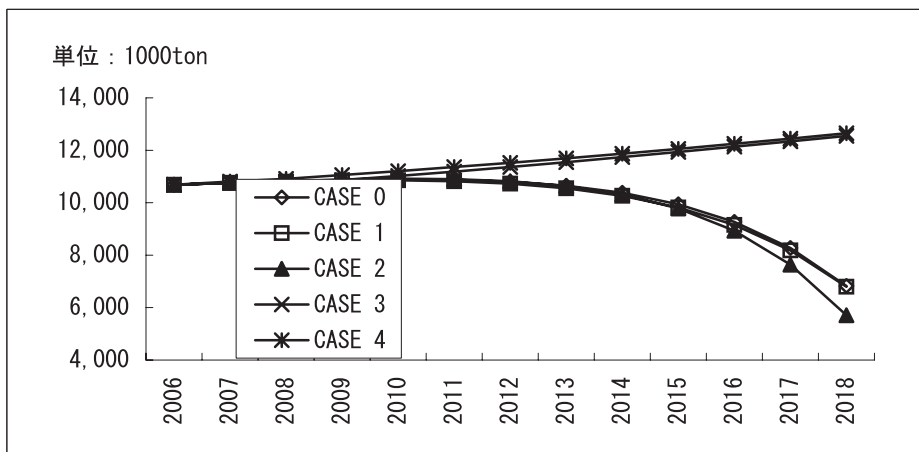


図15 マレーシアのパームオイル（オイルパーム換算）の純貿易量（輸出）の予測



るがその現実性は今後の事態の推移の中での検証が必要である。

(5) 小麦

図16は小麦の国際価格の予測結果である。小麦の国際価格は2008年度のトン当たり約165ドルから、ベースラインのケース0と原油価格がバレル当たり100ドルに高騰すると仮定したケース2では、いったん下落するが2018年度にはトン当たり170ドル前後に上昇する。他方、原油価格がバレル当たり40ドルで下落すると仮定したケース1では20028年度には約155ドルになるという予測結果である。小麦のバイオ燃料需給計画量が停滞すると仮定したケース3、4では、2018年度の小麦の予測価格は160ドル前後となる。

図16 小麦の国際価格の予測

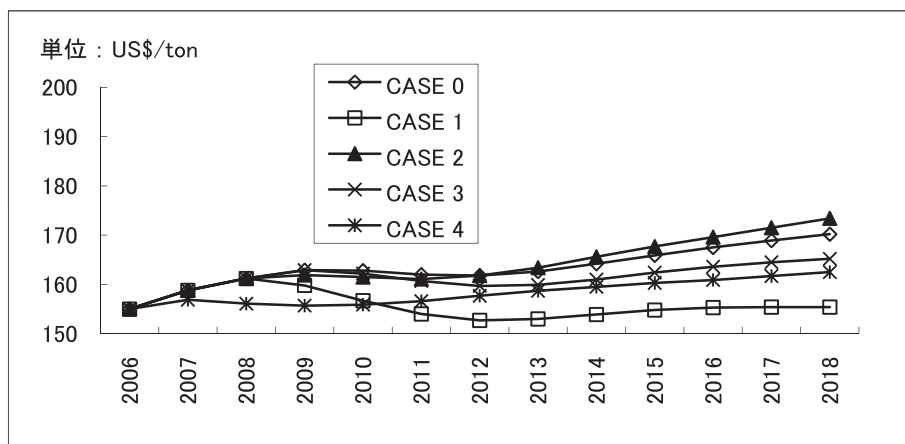


図17 世界の小麦の生産量の予測

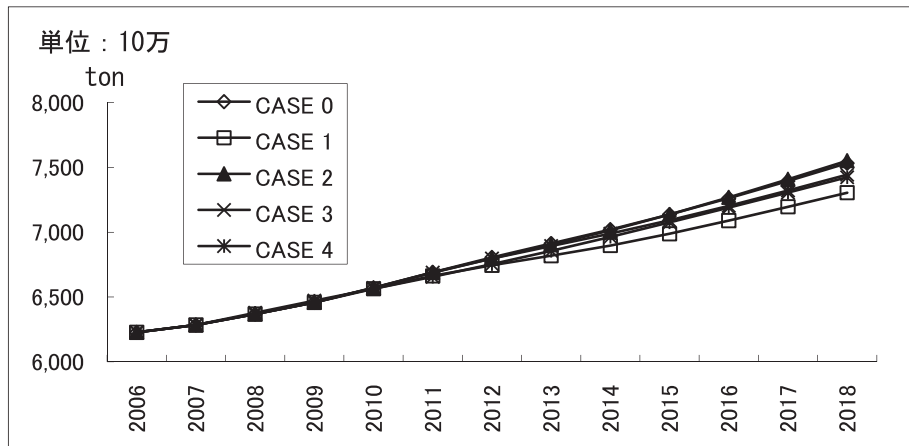


図17は、世界の小麦の生産量の予測値を示す。予測シナリオの仮定条件にかかわらず、2018年度の小麦の生産量は約7億2,000万トン～7億5,000万トンと、2006年度の約1.2倍の予測結果である。

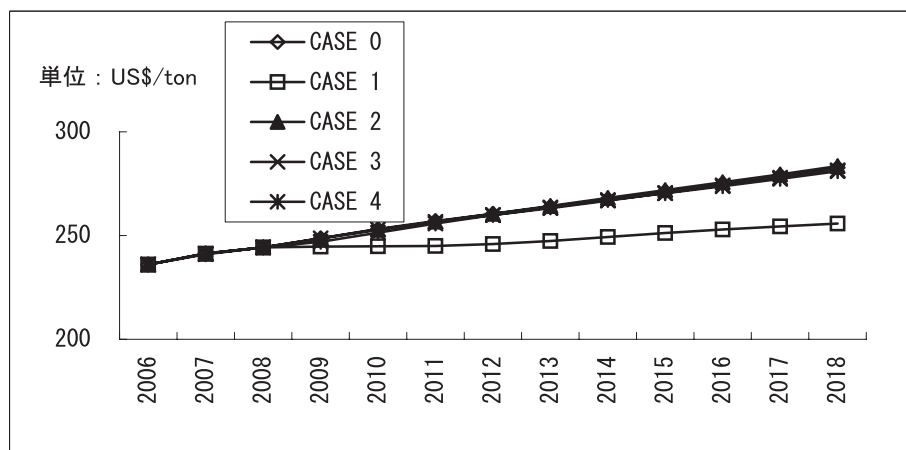
バイオ燃料仕向け量は、2006年度の約500万トンから2018年度には約1,500万トン～2,000万トン近くまで増加し、12年間で約3倍～4倍に増加する予測結果である。しかし、小麦のバイオ燃料仕向け量が生産量に占める割合は、3%以下と微少であり、小麦の生産量や貿易量には、ほとんど影響を与えない。

小麦の世界貿易量の予測では、バイオ燃料仕向け量が生産量に比較して微少量であるので、生産量と同様に予測シナリオの仮定条件にかかわらず、2018年度の貿易量は、いずれのケースでも、1億7,000万トン前後でとなっている。

(6) 米

米の国際価格の予測結果を図18に示す。世界経済が停滞するとともに原油価格がバレル当たり40ドルで低迷すると仮定したケース1以外の世界経済が回復すると仮定した他のケースでは2018年度の予測価格はトン当たり約280ドルで、2006年度の約230ドルの1.2倍程度の上昇である。一方、ケース1では2009年度以降の価格の上昇は微少で、2018年度の米の国際価格は250ドルを超える程度である。このことは、原油価格がバレル当たり40ドル程度に下落しても、米の国際価格にはほとんど影響を与えないことを示している。

図18 米の国際価格の予測



米のバイオ燃料仕向け量は、2018年度には30万トン前後と2006年度の約10倍に増加するが、米のバイオ燃料仕向け量が生産量に占める割合は、0.07%程度と微少である。

世界の米の生産量は2006年度の約4億2,000万トンから、全てのケースについて2018年度は5億トン近くに増加し、12年間で約1.2倍になる。米由来のバイオ燃料には日本のみを対象としたので、米のバイオ燃料仕向け量は、世界の米の生産量と比較すると少量であり、世界の米の生産量には、ほとんど影響を与えないためである。

米の世界貿易量の予測では、小麦の場合と同じくバイオ燃料仕向け量が生産量に比較して微少量であるので、予測シナリオのバイオ燃料需給計画の仮定条件にかかわらず、2018年度の貿易量は約4,200万トンと予測され、2006年度の約1.4倍になっている。しかし、原油価格がバレル40ドルで低迷すると仮定した予測シナリオのケース1の2018年度の貿易量は約3,700万トンとなっており、両者の間には約500万トンの差が生じている。

5. 農林水産政策研究所予測との比較

以下では、農林水産政策研究所が2009年1月16日に公表した世界食料需給見通し（以下「政策研予測」）と前提条件の違いも含めて今回の予測（以下「日本農研予測」）との比較分析をする。

（１）目的、特徴、性格の同一性

農林水産政策研究所で行った世界食料需給見通しは、近年、急速に変化する世界の農産物市場の実情等を踏まえ、新たに構築した「世界食料需給モデル（以下、「政策研モデル」）」による世界の食料需給見通しである。

政策研モデルの特徴は、農産物を重点とする部門モデルで、多地域・多品目の価格均衡の連立方程式体系の大規模モデルであり、ラグを伴ったダイナミックモデルであることである。さらに食料輸入国の立場という視点に立ち、食料輸入地域であるアジア地域に重点を置きつつ、国際食料需給の実態をモデルに反映させて予測を行うことを目的としている。特に、化石燃料の代替燃料の一つとして、農産物を主原料とするバイオエタノールやバイオディーゼル等のバイオ燃料が注目され、バイオ燃料の普及が各国の農産物需給に大きな影響を与え、食料とエネルギーが直接的にリンクし、各国の食料需給に関わる諸問題は大きく変容しつつあることをモデルに組み込んでいる。

以上のように「政策研モデル」と今回の予測に用いたモデル（以下「日本農研モデル」）の二つのモデルは、その特徴、目的、性格が同一である。

（２）モデルの構造の同一性

「政策研モデル」と「日本農研モデル」の二つのモデルは、いずれもIFPSIMモデルをベースとし、ASEANモデルの成果を取り入れ、同一のモデル開発システムを用いて開発されており、モデルの構造も同一である。

両モデルでは、食料の需要と供給が価格を主要な要因となっており、世界全体として、需要と供給が一致する点で各年の国際価格が決まる。その他の主要な要因として、耕種作物の生産では、主に耕地面積、単収がそれぞれ大きな要因として説明される。畜産生産に関しては、飼料頭数、屠殺頭数、１頭当たり生産量が畜産生産に与える大きな要因として説明される。

一方、需要側に関しては、食料需要は人口および所得の影響で予測が変化する。人口および所得が需要関数のシフト要因である。飼料用需要に関しては畜産生産量、畜産頭数によって主に説明されるため、畜産生産量によって飼料用需要の増減が変化する。

(3) 対象品目の違い

政策研予測の対象品目は合計で20品目であり、耕種作物が6品目（小麦、トウモロコシ、その他粗粒穀物、米、大豆、その他油糧種子）、畜産物5品目（牛肉、豚肉、鶏肉、羊肉、鶏卵）、乳製品5品目、油糧種子の加工品4品目となっている。ただし1月の中間発表では11品目のみである。

これに対し、日本農研予測の対象品目は15品目で、耕種作物9品目（小麦、米、トウモロコシ、その他の穀物類、大豆、菜種、パームオイル キャッサバ、サトウキビ）、畜産物6品目（牛肉 豚肉 羊肉 家禽肉 鶏卵 生乳）であり、政策研予測とはかなりの違いがあるように見えるが、主要品目は同一である。

(4) 対象国・地域区分の違い

対象国・地域区分について政策研予測は世界全体を国・地域の区分30としているのに対し、日本農研予測では31であるが、主要国では一致している。ウクライナ、南アフリカ、台湾は政策研予測では区分しているが日本日本農研予測で区分しておらず、逆にラオス、ミャンマー、カンボディア、エジプトについては政策研予測では区分がなく、日本農研予測では区分されていないなど細部では違っている。

なお、政策研予測の2009年1月の発表では、予測結果を世界8地域に集計したものを公表している。

(5) ベース年2006年と予測年2018年は同一

両予測におけるベース年と予測終了年は同じで、2006年から2018年となっている。いずれの予測もベース年に関しては2006年の数値として、2005年～2007年の3年平均を採用している。

(6) 人口、GDP, 原油価格－自然体の予測と複数ケースの予測

主な外生変数であるGDPと人口について、政策研予測と日本農研予測を比較すると、人口の比較は予測開始年、終了年ともにほぼ同程度となっている。

GDPについては予測ベース年の2006年の世界の1人当たりGDPはいずれも約7,200ドルで同じ水準であり、予測終了年の2018年における世界の1人当

たりGDPは政策研予測が9,303ドル、日本農研予測では9,145ドルで、ほぼ同水準である。

GDPに関して、世界の1人当たりGDPはほぼ同程度だが、地域別で比較するとアジアで若干差が生じる。アジアについて、2006年の1人当たりGDPを100とした値に対して政策研予測では2018年に151、日本農研予測では139と、前提条件である外生変数のGDPに若干差がある。逆に、ヨーロッパの2018年の1人当たりGDPは政策研予測が日本農研予測より3%程度低く設定されている。

2008年9月に起こった金融危機による世界的な不況の影響およびそれに伴う石油価格の調整および見通しは、まだ不透明な部分が多く、議論が収束していない。そのため、政策研の予測では、前提条件であるGDP成長率は、世界経済の不安定性は反映していない。

政策研のモデルでは、現在までのトレンドが継続した場合、どのように変化するかという自然体のモデルになっており、バイオ燃料需要はアメリカのトウモロコシのエタノール生産向けのみで、2018年に約150億ガロンのトウモロコシ由来のエタノールが消費されることを外生値として入力している。他方、日本農研モデルによる予測ではバイオ燃料需要量について、エタノール生産向けのトウモロコシ、サトウキビ、小麦、米とともに、バイオディーゼル向け菜種、パームオイルについてもいくつかの国について需要量の計画量を外生的に組み込んでいる。また、日本農研の予測では原油価格との関連も暫定的ではあるが組み込んでいくつかのケースの予測を行っている。

(7) 予測結果の比較

1) 国際価格の予測結果の比較

政策研予測のベースライン予測結果と、前提条件に近い日本農研予測のケース0を比較する。日本農研予測のケース0は、経済成長は順調に回復し、主要国のバイオ燃料導入計画による需要量を外生値として与えた場合である。

日本農研予測のケース0の耕種作物の国際価格の予測では(表2)、実質価格で大豆が2006年の245ドル/トンから2018年の330ドル/トンと、35%の上昇となる。コメは2006年の236ドル/トンから2018年の282ドル/トンと19.7%の上昇

表2 日本農研予測の耕種作物の実質の国際価格予測（ケース0）

年	小麦	コメ	トウモロコシ	大豆
	単位：ドル／トン			
2006	155.0	236.0	111.0	245.0
2007	158.8	241.3	124.9	274.7
2008	161.2	244.3	131.7	281.3
2009	162.9	248.7	125.4	281.8
2010	162.8	253.1	119.6	280.2
2011	162.0	256.9	117.9	282.7
2012	161.8	260.4	118.5	288.8
2013	162.6	263.9	119.6	296.2
2014	164.2	267.5	120.4	303.2
2015	165.9	271.3	121.1	309.9
2016	167.5	275.0	121.7	316.7
2017	168.9	278.8	122.3	323.8
2018	170.2	282.6	122.3	330.8

表3 実質国際価格の結果比較

品目	2006年（基準年）		2018年（目標年）			
	(耕種作物ドル／t、 畜産ドル／100kg)		実質価格		増加率(%)	
			(耕種作物ドル／t、 畜産ドル／100kg)		2006年と2018年の比較	
	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF
小麦	155.0	202	170.0	218	10.0	8
とうもろこし	111.0	133	122.0	155	10.0	17
その他の粗粒穀物	153.0	140	158.0	155	3.0	10
米	236.0	374	283.0	402	20.0	7
大豆	245.0	294	331.0	319	35.0	8
牛肉	204.5	314	225.6	330	10.3	5
豚肉	150.3	147	161.0	161	7.1	9
鶏肉	71.9	143	78.2	161	8.7	13
バター		228		331		45
脱脂粉乳		292		409		40
チーズ		318		365		15

注：ケース0は日本農研予測のケース0の予測結果、WFMFは政策研のモデルの予測結果

となる。小麦は155ドル/トンから170ドル/トンと9.8%の上昇と予測され、トウモロコシは111ドル/トンから122ドル/トンと10.2%の上昇と予測される。

政策研予測と日本農研予測のケース0の2018年の予測実質価格について比較すると（表3）、小麦は2%、日本農研予測のケース0が高く予測されている。逆に、トウモロコシは7%、政策研予測が高い。2006年の予測開始年における実質価格で若干差があり、直接比較はできないため、変化率で比較する。

2018年のコメの実質価格の予測については、日本農研予測のケース0が政策研究予測より13%高く予測され、大豆は2018年に日本農研予測のケース0では

35%の上昇、政策研予測では8%の上昇を予測し、大きな差がある。主に大豆の供給側における単収の伸びが低く設定されているか、または経済成長に伴う需要の伸びが高く推計されているためと考えられる。コメも、同様の差があり、予測結果に違いが生じていると考えられる。

牛肉について、日本農研予測のケース0が政策研予測より2018年において5%程度、高く予測されるが、それ以外の品目では政策研予測の方が2018年において少し高く予測される。この結果から、日本農研予測のケース0は、コメ、大豆、牛肉が、農林水産政策研究所のモデルの予測より、需給がタイトになっていると考えられる。

2) 純輸出入量の比較

具体的な品目として、小麦、トウモロコシ、コメ、大豆の4品目について比較する。小麦については(表4)、まず政策研予測の貿易量の結果から2018年における見通しを説明すると、2018年の北米、オセアニア、欧州が輸出超過となり、アジア、アフリカ、中東の輸入量の増加を北米、オセアニア、欧州の輸出増で賄う形になっている。

政策研予測と日本農研予測のケース0を比較した場合、北米の輸出が日本農研予測のケース0ではより大きく予測され、政策研の予測では2006年の4,300万トンから2018年の4,700万トンと400万トンの輸出量の増加に対し日本農研予測のケース0では2006年の4,000万トンから2018年の5,100万トンへと、1,100万トンの増加が予測される。また、アジアの輸入量の増加が、日本農研予測のケース0の方が政策研予測より大きく予測され、2006年の2,700万トンから

表4 小麦の予測結果比較(単位:100万トン)

地域	生産量				消費量				純輸出入量			
	2006年		2018年		2006年		2018年		2006年		2018年	
	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF
北米	74	78	86	89	34	38	36	42	40	43	51	47
中南米	26	25	32	33	34	34	42	43	-8	-9	-9	-11
オセアニア	23	17	31	25	13	7	14	9	10	10	17	16
アジア	229	231	276	294	256	253	331	318	-27	-23	-54	-24
中東	54	42	64	49	72	51	88	64	-18	-8	-24	-15
欧州	203	195	246	229	176	182	194	199	27	20	53	31
アメリカ	13	23	17	32	35	53	49	73	-22	-30	-32	-42
世界合計	623	609	753	751	621	621	754	752	0	0	0	0

注: 100万トンで四捨五入しているため、合計が一致しない場合がある。

純輸出入量は、プラスが輸出超過、マイナスが輸入超過となる。以下各表同じ。

2018年の5,400万トンと、2倍に輸入量が増加する。欧州の輸出量が日本農研予測のケース0の方が農林水産政策研究所のモデルより大きく予測され、2006年の2,700万トンから2018年の5,300万トンとなっている。

全体としては、日本農研予測のケース0では、政策研予測に比べて、アジアの輸入量を北米、欧州で補うという特徴が見えてくる。

トウモロコシについては（表5）、まず政策研の2018年の予測の結果は、北米の輸出量の減少を中南米の輸出量によって賄い、アジアの輸入量の増加を中南米の輸出量の増加によって賄うということが特徴的な動きである。

輸出量の増加に関しては、二つの予測は世界全体ではほぼ同じであるが、方向性が逆になる地域がある。日本農研予測のケース0、では、北米地域は純輸出地域から純輸入地域に変わるという予測になる。アジアは日本農研予測のケース0では輸入から若干の輸出になると予測され、アジア地域で生産量が急激に伸びると予測される。欧州も同様に逆方向が予測されており、日本農研予測のケース0では欧州が2006年の純輸入地域から純輸出地域に転換する。アフリカでは日本農研予測のケース0は輸入量が2018年にはさらに拡大するが農林水産政策研究所のモデルでは輸入量が2018年にはやや減少すると予測している。

2018年に、北米での輸出の減少を中南米、欧州で補い、アジアは自給するという傾向が日本農研予測のケース0では予測されている。

コメについて（表6）、二つの予測はほぼ同様の傾向が予測結果に出ている。二つの予測の共通した特徴点は、北米の輸出量の増加が予測され、アジアの輸出量はほぼ横這いとなる見通しとなっていることである。さらに、中東、アフリカ

表5 トウモロコシの予測結果比較（単位：100万トン）

地域	生産量				消費量				純輸出入量			
	2006年		2018年		2006年		2018年		2006年		2018年	
	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF
北米	277	304	301	406	243	254	319	372	50	55	-16	36
中南米	105	104	141	151	105	102	116	128	0	2	25	23
オセアニア	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
アジア	196	195	236	243	217	223	233	278	-21	-30	3	-34
中東	12	6	18	10	24	15	27	17	-12	-9	-10	-7
欧州	77	76	97	91	79	81	83	97	-2	-5	14	-6
アメリカ	40	49	51	66	50	58	65	75	-10	-10	-15	-9
世界合計	708	734	845	969	724	736	845	970	0	0	0	0

注：前表と同じ

表6 コメの予測結果比較(単位:100万トン)

地域	生産量				消費量				純輸出入量			
	2006年		2018年		2006年		2018年		2006年		2018年	
	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF
北米	7	7	9	10	5	4	5	5	2	2	3	5
中南米	16	16	21	22	17	17	22	21	-2	-1	-1	0
オセアニア	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
アジア	370	381	451	455	357	364	438	442	14	15	14	14
中東	7	3	9	3	11	7	14	9	-4	-4	-5	-6
欧州	2	2	3	3	4	4	4	4	-2	-1	-1	-1
アメリカ	9	13	12	17	17	20	23	26	-6	-6	-11	-9
世界合計	411	422	505	511	411	420	506	511	0	0	0	0

注：前表に同じ

表7 大豆の予測結果比較(単位:100万トン)

地域	生産量				消費量				純輸出入量			
	2006年		2018年		2006年		2018年		2006年		2018年	
	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF	ケース0	WFMF
北米	84	83	120	96	52	54	52	69	32	30	66	27
中南米	114	113	153	142	86	78	110	89	27	32	43	53
オセアニア	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
アジア	27	25	37	31	68	68	130	88	-41	-41	-93	-57
中東	0	0	0	0	2	4	2	4	-2	-3	-2	-4
欧州	2	3	3	4	20	18	20	21	-16	-15	-17	-17
アメリカ	1	1	1	1	1	3	1	3	0	-2	0	-2
世界合計	228	220	315	275	229	225	316	275	0	0	0	0

注：前表に同じ

リカの輸入量の増加ということが二つ予測結果の特徴として挙げられる。

最後に大豆の見通しについて(表7)、政策研予測では、予測結果の特徴として、北米の輸出量が若干減ることに対し、中南米の輸出量の増加が予測され、アジアの輸入量の拡大および欧州の輸入量の微増を賄う。

他方、日本農研予測のケース0では北米の輸出量がさらに拡大することが特徴として挙げられる。中南米の輸出量に関して若干、日本農研のケース0の予測結果の方が少ない。アジアはさらに輸入が急増するとの見通しを日本農研予測のケース0で予測している。この二つのモデルの結果から、アジアの輸入量の増加を中南米および北米で賄うという傾向がさらに強まることが予測される。

(8) 両予測の比較の総括

政策研予測と日本農研予測のケース0の予測結果についての比較を総括的に見てみると、政策研予測は、現在のトレンドが継続した場合のベースライン予測の試算結果であり、政策的なインプリケーションが含まれていない。そのた

め、今後、アメリカ、EU、中国の農業および環境政策がどのような形で実施されるかによって、国際価格を押し下げる場面が生じる可能性もある。

政策的なインプリケーションとして、それぞれ効果の方向性は違うが、アメリカの2008年の農業法の改正、EUのCAP改革によるヘルスチェックでの農業保護の削減、中国の世界的不況への財政出動などの政策を通じた農業・農村部への財政的な支出などが、どのように影響を与えるかということも確認しなければならない。また、世界的不況による影響による需要の鈍化も考えられる。

政策研究予測において、各国の予測結果には、若干問題があるが、石油価格の外生変数としての導入、バイオ燃料に関わる品目（トウモロコシ・サトウキビ・菜種・パーム、需要量は少ないが小麦・コメ）のバイオ燃料需要の組み込みという、多品目のバイオ燃料需要の同時方程式体系の中で予測したということに特徴と意義がある。中国のトウモロコシの輸出、アメリカの輸入、また日本日本農研のケース2でのブラジルの輸入、マレーシアのパームオイルなど、各国の見通しについてこれからも改善する部分があるが、とりあえずは世界全体の傾向を観る点で有効と考えられる。

6. 残された課題

今回の日本農研予測では、バイオ燃料は、アメリカと中国のトウモロコシ、ブラジルのサトウキビ（砂糖換算）、EUの小麦と菜種、マレーシアのパーム油、日本の米と、農作物由来のバイオ燃料生産の主要国・主要品目に限られている。農作物由来のバイオ燃料は多くの国で生産されており、更なるデータやバイオ燃料に関する政策資料を収集し、農作物由来のバイオ燃料の現状を、さらに反映した分析をすることが残された課題である。

また、本稿の分析では経済状況（経済停滞と経済回復）と原油価格（US\$40/bbl. とUS\$100/bbl.）の想定を組み込んだ分析をおこなったが、原油価格とバイオ燃料需要とのリンクは暫定的なものにとどまっており、経済状況や原油価格とのリンクの解析とそのモデルへの本格的な組み込みは今後の課題である。

(データ資料)

生産、需要のデータ：FAOSTAT、USDAデータ PS&Dデータ

人口：国連人口推計

GDP:世界銀行資料 (World Development Indicators)

F. O. LICHT

エコ燃料利用推進会議資料

(参考資料)

1. 農林水産省政策研究所、「2018年における世界の食料需給見通し」、2009年1月
2. Keiji Ohga, Somporn Isvilanonda, Gen Furuhashi and Prapinwadee Sirisupluxana, “FAO GCP/INT/895/JPN (ASEAN Food and Agricultural Market Projection Model Development) Project Terminal Report,” April 2008.
3. USDA “USDA Agricultural Baseline Projections to 2017”)、2008
4. Balaco Energetico Nacional, “THE STATE OF RENEWABLE ENERGIES IN EUROPE 8th Euro Observe ER Report, Table: Bio-fuel consumption on the European Union for road transport in 2006”
5. Keiji Ohga, Kouji Yanagishima, “International Food Policy Simulation Model”, Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1989
6. 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
7. 大賀圭治・古橋元・中山里美、「バイオマス燃料の食料需給に及ぼす影響に関する計量予測の方法について」、『農業研究』第20号、日本農業研究所、2007年
8. 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. 服部信司、「食料第1の原則を―国本価格高騰の背景と課題」『世界と日本』No. 1123, 内外ニュース、2008年