

中国でのアフリカ豚熱発生が国内と世界の豚肉及び大豆マーケットに及ぼす影響の計量シナリオ分析

上林 篤幸*

要 旨

1979 年の「改革・解放」政策への転換から中国の経済は急速に成長し、現在中国は世界第二位の経済大国であり、豚肉は国民の食生活の中で重要な部分を占めている。中国の豚飼養頭数は世界最大であり、その主要な飼料の主要な原料である大豆はほぼ全てをブラジル、米国などの少数の輸出国からの輸入に依存している。

ASF（アフリカ豚熱）は強力な伝染力を持ち一旦感染すると豚はほぼ死に至ることから、殺処分以外の対策はまだ存在しない深刻な豚の伝染病である。2018 年に中国で初の ASF 発生が確認され、その後中国全土に拡散したことから、2019 年から大規模な殺処分により豚の飼養頭数が激減した。これにより中国国内で豚肉の供給が著しく減少し国内価格の高騰が発生していることに加え、今後配合飼料の原料である大豆の輸入量の減少が見込まれる。

本研究ではこれらの ASF ショックの影響を評価することを目的とした部分均衡モデルを新たに開発し、中国の養豚業の今後の回復速度に関する 2 種類的前提シナリオを設定してシミュレーションを行い、今後発生する豚肉や大豆の中国及び国際マーケットへの影響を定量的に考察した。

キーワード：中国、アフリカ豚熱、国際市場、部分均衡モデル、計量シナリオ分析

1. はじめに

アフリカ豚熱（African Swine Fever. 以下、「ASF」と略）はアフリカ豚熱ウイルス感染による豚の伝染病である。豚及びイノシシに固有の疾病でありヒトには感染しない。豚が ASF に感染すると、ワクチンも治療薬も存在しないため高い死亡率を示す。今のところ ASF のコントロールや撲滅には感染国の豚やイノシシ等のウイルス感受性のある動物の殺処分に頼るしかなく、これは世界の養豚産業にとって大きな脅威となっており、2016 年から 2020 年 6 月 18 日までの間でアフリカ 30 か国、アジア 18 か国、ヨーロッパ 15

か国、オセアニア 1 か国の発生が報告されている。特にアジアでは世界で突出した養豚大国である中国全土でこれまで多くの発生事例が報告されているとともに、周辺国である韓国やベトナム等においても ASF の波及が甚大な影響をもたらしている（OIE, 2020a）。ASF は我が国では家畜伝染病予防法において「家畜伝染病」に指定され、患畜及び疑似患畜の速やかな届出と殺処分が義務付けられているが、2020 年 12 月 7 日時点で国内での発生事例は報告されていない（農林水産省, 2020b）。

ASF の歴史をひもとくと、近世のアフリカ大陸の植民地化により白人のアフリカへの入植者が増えると各地で養豚が試みられたがいずれも失敗

の繰り返しであった。ASFの存在は少なくとも1907年頃から知られていて、「アフリカで養豚を試みると必ず失敗して全滅する」と言われてきた。アフリカ中南部にはASFウイルス感受性を持つイボイノシシが不顕性感染して存在していたのがその原因である。長らくアフリカのみに存在する疾病であったが今世紀に入って世界へ拡散した。動物疫学の研究では、ユーラシア大陸への侵入経路は、おそらく2007年頃アフリカ東部から黒海沿岸のジョージアに侵入し、その後ロシアを経由して徐々にユーラシア大陸東部に伝播したと考えられている(小澤, 2014)。

中国での初の感染事例は2018年8月11日に中国北部の遼寧省瀋陽市で確認された。中国農業農村部(日本の農林水産省に該当)は疫病発生後直ちに疫区の封鎖・殺処分・消毒等の措置を行ったが、その後も中国全土に発生が広がり2020年11月26日時点で全国の32省・自治区で合計186件の発生が報告されており、直近では10月22日の発生が報告されている(OIE, 2020a)。

USDA(2020b)によれば、中国の豚飼養頭数はASF流行直前の2018年(年初)において4億4,100万頭、全世界の6割弱を占めていた。しかし、ASFの発生以来大規模な殺処分を実施した結果、2020年(年初)の飼養頭数は3億1,000万頭へと減少した。つまりこの間に全飼養頭数の約3割を殺処分したとみられる。

このような豚の大規模な殺処分は中国国内での豚肉の供給不足と価格高騰をもたらすのみならず、飼料の需要にも影響が波及する。豚の配合飼料の主成分はトウモロコシ等の穀物、及び大豆を圧搾し油脂成分を抽出した後に残る大豆ミール等のオイルミールである。栄養面に着目すれば、前者は炭水化物、後者は植物性タンパク質を多く含有している。中国ではトウモロコシはほぼ自給しているが、大豆の自給率は15%(2018年)と、その大部分をブラジル、米国等大豆の大輸出国からの輸入に依存している(中国農業農村部, 2020)。

中国の国産大豆は小粒で油脂成分含有率が少ないため搾油に適さず、生産量も需要を満たすまではいかないため、国産ものは豆腐等の食品に加工される一方で、搾油用を中心に大豆の輸入は増加

してきた(農畜産業振興機構, 2019)。一方、世界シェアという視点でみると、中国の豚肉生産量の世界シェアは5割弱、そしてその飼料原料の主要成分である大豆の輸入量の世界シェアは6割強を占めており、中国の養豚業は国内マーケットのみならず食肉及び油糧種子の国際マーケットと密接に関連している(OECD-FAO, 2019)。

ASF発生の農産物マーケットへの影響に関する先行研究は、齋藤ら(2019)が豚肉の部分均衡モデル⁽¹⁾の構築により国際価格と各国の需給への影響のシミュレーション分析を行った。Daniel Mason-D'Croz et al.(2020)はIFPRI⁽²⁾が開発した部分均衡モデルであるIMPACTにGTAP⁽³⁾モデルの産業関連部門を連結した拡張CGEモデル⁽⁴⁾をリンクさせた複合モデルを用いた分析を行った。しかし、両者における影響分析は現在と将来の均衡が達成される目標年の二時点と比較した静態(static,あるいはsnapshot)分析であり、均衡に至るまでのマーケットの時系列の変化は考慮されていない。また、前者の分析対象は豚肉マーケットに限られており、豚肉の派生需要(derived demand)である国際大豆マーケットの影響分析が行われていない。一方、後者の分析は、中国を含む新興国や開発途上国における家計厚生(household welfare)、食料安全保障(food security)及び飢餓(hunger)といった、かつてこの論文の著者が所属したIFPRIが問題意識を有する諸指標の評価に焦点が当てられており、個別農産物のマーケットは必ずしも重要な分析対象として取り扱われていない。また、第4章及び第5章で言及する国際機関や各国政府が公表する農業見通しにおいて中国におけるASFの発生の影響が記述されているものもあるが、その定量的な影響評価は今のところ公表されていない。CARD⁽⁵⁾は米国を含む全世界の食料・農業マーケットを対象とする分析を目的として開発された大規模部分均衡モデルであるCARD-FAPRIモデルを利用して、ASFの発生及び中国の米国に対する報復関税に関するシナリオを設定し、米国の豚肉輸出及び米国内の豚肉価格に与える影響のシミュレーション予測を行っているが、同モデルの全容及びモデル上へのシナリオ設定手法には触れず、シナリオの前提及び予測結果のみを公表している

(CARD, 2019)。

これらの先行研究のサーベイを踏まえ、本研究ではまず中国の豚肉及び大豆需給の推移を概観する。続いて中国の豚肉マーケットを予測する独自の動態部分均衡モデルを開発し、これを用いてASFの発生が今後中国の豚肉マーケットに及ぼす影響の定量的な評価を行う。さらに中国は現在輸入大豆を原料に圧搾して抽出した大豆ミールを配合飼料原料として使用していることから、同国の養豚業は海外産大豆に大きく依存している実態を踏まえ、ASFの発生による豚肉生産量の減少が大豆の国際マーケットに及ぼす影響分析を行う。

なお、本稿は原則として2019年9月から2020年6月までの間に利用可能なデータ及び情報に基づいて執筆したものである。

2. 中国の豚肉及び大豆需給の推移

(1) 経済成長と食生活の変化

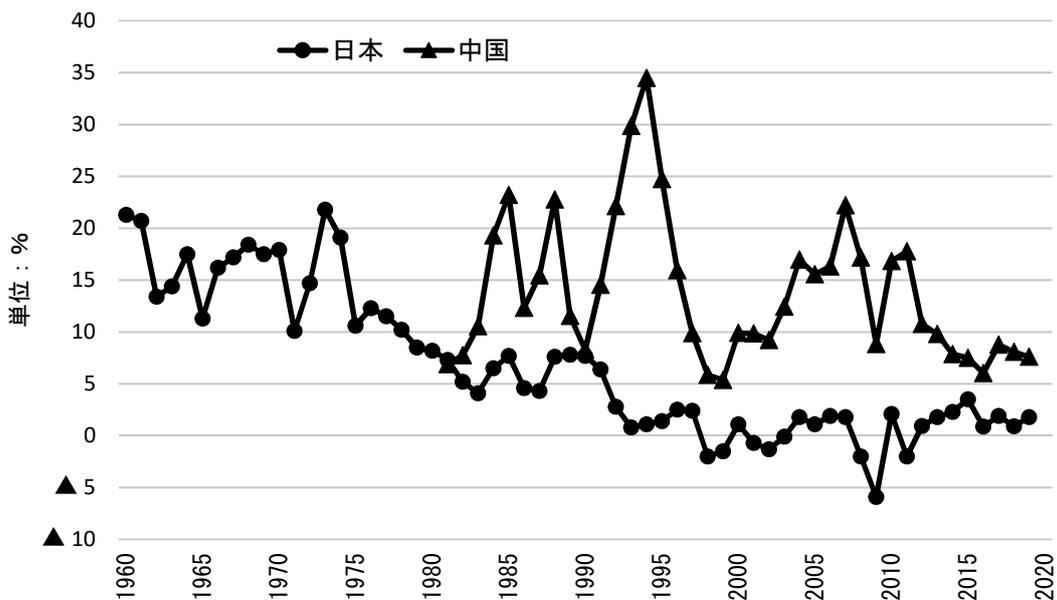
中国では古来より豚肉が重要な動物性タンパク質供給源であり、伝統的に各家庭において残飯等による小規模な養豚が営まれてきた(河原, 2013)。中国の日常の食事はおおむね主食としての穀物(主に小麦及びコメ、僅かにトウモロコシ)

及びそれらの加工品(麺類等)と、食肉・水産物や野菜を材料に調理した副菜で構成されている。食事上の禁忌はほぼ存在しないが、冷たいもの(健康上よくないとされる)や生もの(衛生面からの配慮もある)は好まれず、通常必ず火を通したものを食べる。広大な国土と人口を抱え、多種多様な地方料理が存在する中国において、肉類では豚肉が一般的には最も多く食べられる。牛や水牛は農作業で使役されるため、牛肉は豚肉ほど食べられていない(国土交通省, 2020)。

1949年の中華人民共和国の成立、文化大革命を経て1979年の「改革・開放」による市場経済体制への移行以来、中国経済は急速な近代化による成長を続けてきた。第1図は1960年以降の中国と日本の一人当たり名目GDP(国内総生産)の年率増減率を比較したものである。

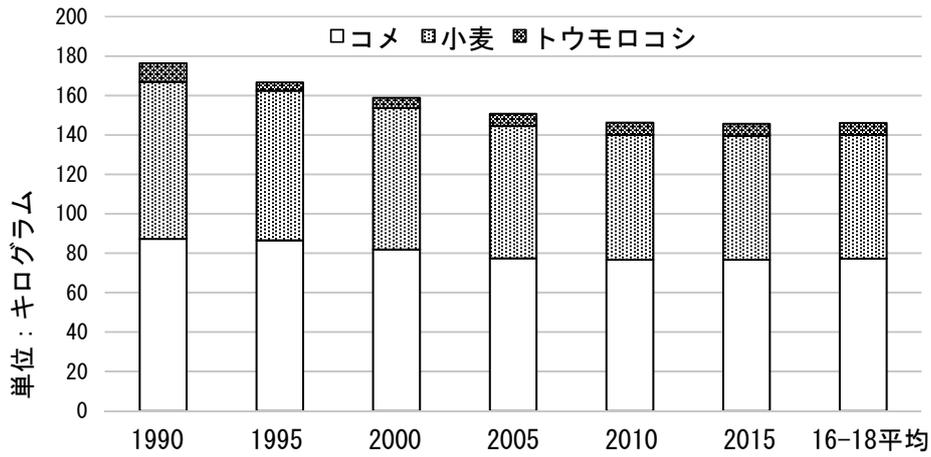
中国は市場経済体制の移行以来かつての日本の高度成長期と同様の高い経済成長率を達成し、2008-9年のリーマンショック時に日本がマイナス成長に陥った際もプラス成長を維持した。

経済の成長とともに中国の食生活も大きく変化した。第2図及び第3図は穀物及び食肉の一人当たり消費量の推移である。穀物の消費量は1990年頃を境に増加から減少に転じる一方、食肉の消費量は急速に増加を続けてきたが、2015年以降



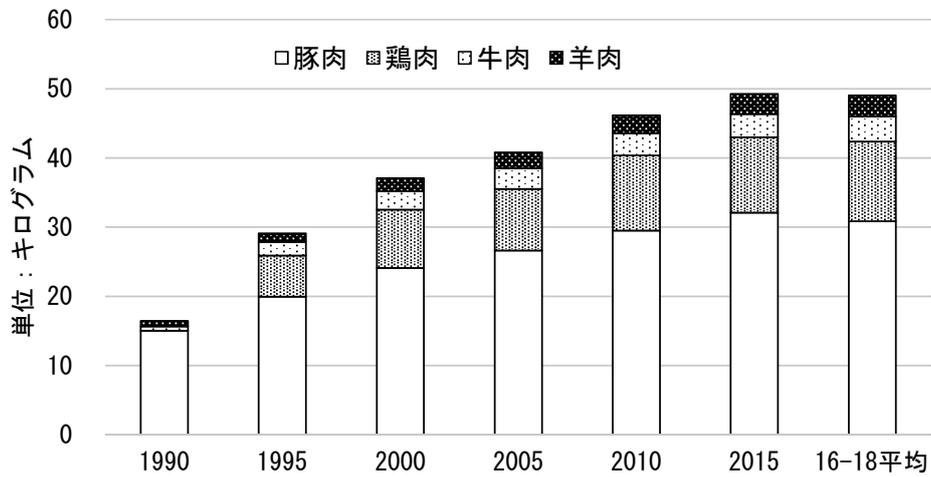
第1図 中国と日本の一人当たり名目GDP対前年増減率の推移

資料：IMF (2020)「World Economic Outlook Database」、内閣府 (2020)「国民経済計算データベース」を基に筆者作成。



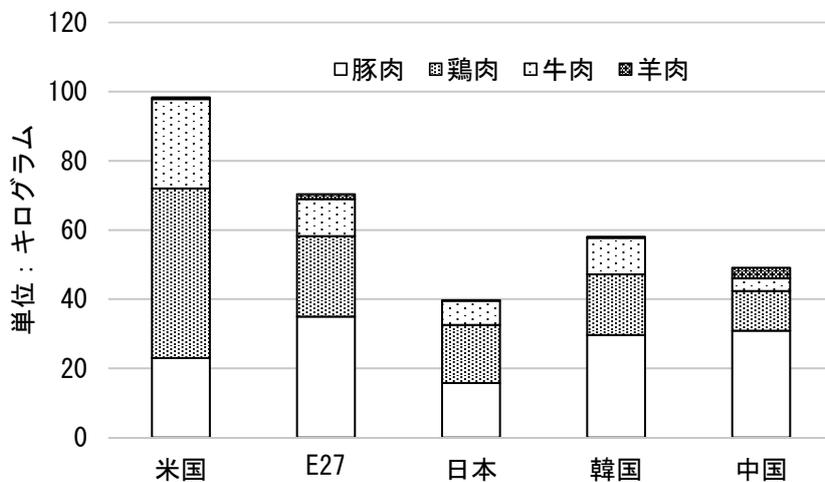
第2図 中国の一人当たり穀物消費量（食用）の推移

資料：OECD (2019)「OECD Agricultural Outlook 2019-2028 Database」を基に筆者作成.



第3図 中国の一人当たり食肉消費量の推移

資料：OECD (2019)「OECD Agricultural Outlook 2019-2028 Database」を基に筆者作成.



第4図 一人当たり食肉消費量の国際比較（2016-18年平均）

資料：OECD (2019)「OECD Agricultural Outlook 2019-2028 Database」を基に筆者作成.

は食肉の一人当たり消費量は停滞し豚肉消費量は減少に転じ、代わって他の食肉、すなわち鶏肉や羊肉等の消費量は増加を続けている。しかし、食肉消費量中に占める豚肉のシェアは依然 60% 以上であり、中国では豚肉が食肉の中で最も重要な位置を占めている。豚肉は消費者物価指数 (CPI) の 3% 以上のウエイトを占める国民生活の必需品であり (農林中金総合研究所, 2019), その価格安定は主要穀物と同様に政府にとって重要な課題である。

第 4 図は最近の世界主要国における食肉の一人当たり消費量水準を比較したものである。アジア諸国の中では中国の一人当たり食肉消費量は既に日本を上回っている。豚肉だけをとりても、中国の一人当たり消費量の水準は日本の約 2 倍である。ただし日本は動物性タンパク質の多くを魚介類から摂取していることに留意する必要がある。

(2) 主要農産物の自給率

第 5 図は中国における主要農産物の自給率の推移を表したものである。穀物及び食肉は 1975 年以來ほぼ自給している。一方、大豆の自給率は

2000 年以降急落し、2016-18 年平均の自給率は 14% となっておりその国内消費量の大部分を輸入に依存している。

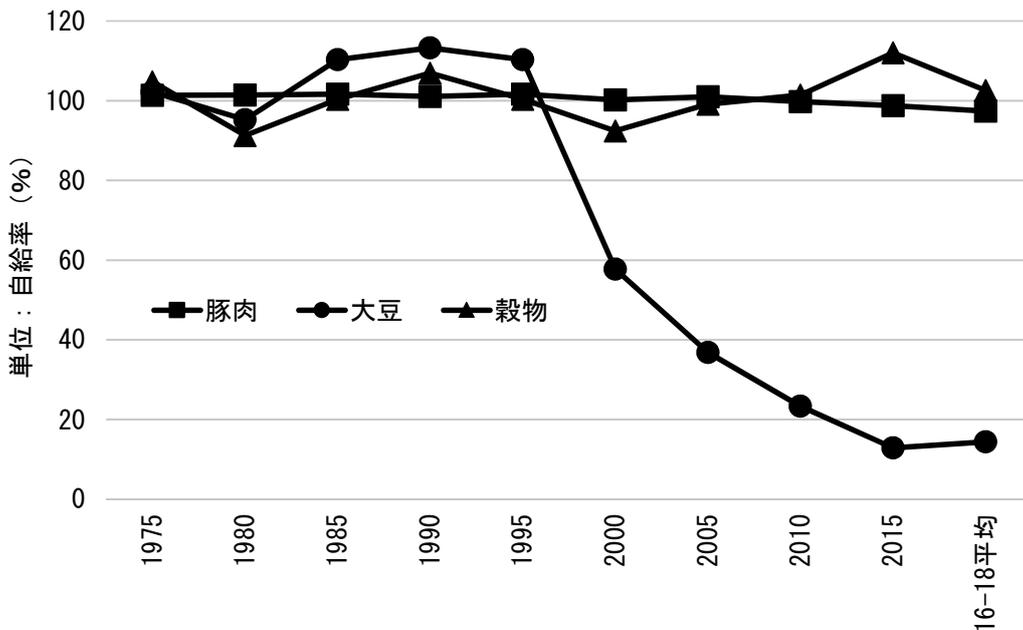
中国の国産大豆は土地生産性が低い (2016-18 年平均の単収はブラジルの 59%) (OECD-FAO, 2019)。また、小粒で油脂含有率が少ないので搾油に適さないため主に醤油、味噌等の加工食品の原料用に向けられており、生産量は近年ほぼ横ばいで推移している。一方近年需要が急速に拡大している圧搾用の大豆は、輸入に依存する結果自給

第 1 表 中国の大豆の消費量とその内訳、輸入量及び国内生産量の推移

(単位: 万トン)

	消費量		輸入量	生産量
	食用その他	圧搾用		
2000	781	2,035	1,324	1,541
2005	994	3,454	2,832	1,635
2010	1,090	5,760	5,234	1,536
2015	1,350	8,341	8,320	1,236
2016	1,480	9,234	9,350	1,364
2017	1,580	9,430	9,420	1,520
2018	1,588	9,382	9,140	1,600

資料: OECD (2019) 「OECD Agricultural Outlook 2019-2028 Database」を基に筆者作成。



第 5 図 穀物、大豆及び豚肉の自給率 (重量ベース) の推移

資料: USDA (2020b) 「PSD Online Database」を基に筆者作成。

注 (1) 穀物は小麦、トウモロコシ及びコメ (精米ベース) の合計として計算した。

(2) 穀物及び大豆は食用、飼料用、工業用、圧搾用等全ての用途を含んでいる。

率が低下した（柴田，2014；農畜産業振興機構，2019）。第1表は，中国の大豆消費量とその用途別内訳，輸入量及び国内生産量の推移である。

大豆を圧搾して得た大豆油は食用に，その搾りかすである大豆ミールは配合飼料の原料として利用される。USDAは中国産大豆中の油脂含有率は約18%，大豆ミール含有率は79%と推定している（USDA，2019b）。

配合飼料の主要成分はトウモロコシ等の穀物，及び大豆や菜種等の油糧種子を原料とするオイルミールであり，生産国，畜種及び生育ステージによりその原料構成比率は異なる。中国に関するこれらの具体的なデータは不明であるが，参考まで日本の2019年における全配合飼料の原料構成比率はトウモロコシが49%，その他穀類が21%，大豆ミールが13%，その他オイルミール5%であり，飼料中のタンパク源として大豆ミールは主要成分である（農林水産省，2020a）。

中国は配合飼料中の主成分であるトウモロコシはほぼ自給している。トウモロコシは主要農産物として全国的に生産されているが，東北部の黒竜江省や吉林省における生産量が多い。一方，飼料用大豆ミールは輸入大豆に依存しているため，海外から運搬する大型船が接岸可能な中～東南部の沿岸地域での生産が増加している（農畜産業振興機構，2019）。

（3）中国養豚業の発展，構造変化及び直面する課題

1980年代までほとんどの農家では1～2頭の豚を飼い，家庭の残飯を利用する養豚が主体であり，前世紀の末まで零細農家の兼業的な庭先養豚又は小規模の専業農家に支えられてきた。今世紀に入ってから庭先養豚の退出，専業的養豚の拡大と大企業の工業的養豚の台頭等により中国養豚産業の構造変化は加速した。年間出荷頭数500頭以上の大・中規模生産者の全出荷頭数に占める割合は2007年の26.0%から2015年の43.3%へと大幅に増加した。零細養豚農家の退出と大規模化の促進は政府による後押しとも関係している。その主な理由として，零細養豚農家が分散していることにより家畜疫病防除や薬物残留への管理監督が困難になり，行政コストの増大や消費者の食品安全

性への懸念を引き起こしていることが指摘できる。

大規模養豚企業は資金，人材及び技術改良に支えられてこの10年ほどの間に急成長してきた。一方，養豚農家はその規模拡大と経営効率向上のために，大手養豚企業との契約生産や大手飼料メーカーが提供している様々なサービスを利用することにより経営の効率化を通じ利益率の向上を目指している。ある代表的な飼料メーカーはICT技術を活用し，飼料や畜薬等製造企業から，と畜場や食肉加工企業，銀行・保険等金融機関までを同じネットワークにつなぐことによって得られるビッグデータを活用することにより，経営指導，生産資材の購入と豚の出荷・販売，融資や保険というサービスを養豚農家がワンストップで受けられるプラットフォームを構築している（農林中金総合研究所，2019）。

中国では経済の発展につれて環境汚染が深刻な社会問題となってきており，中国政府は各産業に対し厳しい取締りを行っていると言われている。畜産に関しても河川の多い地域を中心に汚染水に対する懸念から大規模な畜産飼養禁止区域が設定されるようになった。すなわち中国政府は2016年4月に公表した「全国生体豚生産発展計画（2016-2020）」において，養豚業の適正配置の観点から全国を四グループ，すなわち「重点発展地域」，「潜在発展地域」，「適正発展地域」及び「制約発展地域」に分類し，北京市，天津市，上海市等の大都市周辺及び東南部の揚子江流域周辺地域，すなわち重慶市，江蘇省，湖北・南省等を「制約発展地域」に指定した。この「制約発展地域」内では多くの地域が家畜飼養禁止区域に指定され，政府はこれらの地域の養豚場を飼料資源が豊富な地域や環境負荷に余裕のある「潜在発展地域」に移転するよう勧めており，立ち退きに対して一定の補償が支払われる。これに加え2018年1月からは「中華人民共和国環境保護税法」により，大気汚染，水質汚染等に対する新たな課税が開始された。一定（500頭）以上の飼養規模の養豚農家は水質汚染の原因になるとして課税対象になり，養豚農家は豚1頭当たり1.4元から14元の範囲で各省・自治区等が定める課税額を徴収される（農畜産業振興機構，2018）。

3. 中国の大豆輸入と国際マーケット

ブラジルや米国等の主要大豆輸出国は大輸入国である中国の畜産セクター，特に養豚産業の動向に大きく依存している。

第6図は中国の大豆輸入量の推移をグラフ化したものである。輸入量は2015年までは国内の豚肉生産量の伸びを反映して急増したが2015年以降は停滞している。

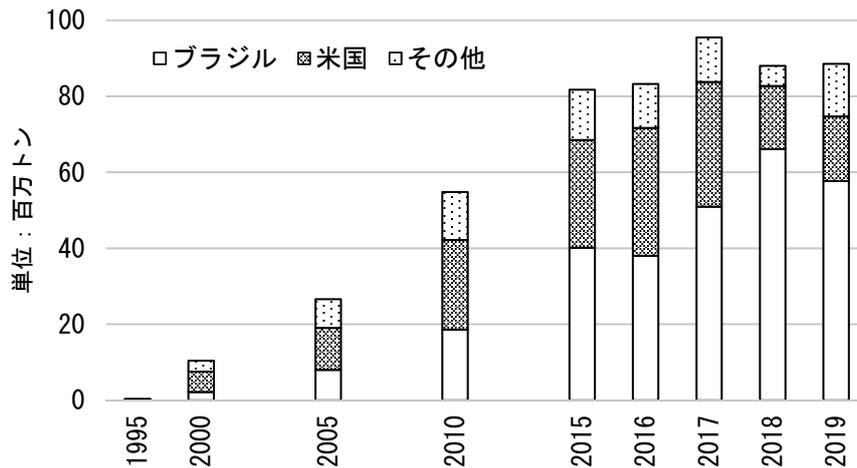
大豆の国際マーケットの特徴は，その輸出国及び輸入国のいずれもが主要国の寡占構造になっていることである。

第7図及び第8図は，大豆の国際マーケットにおける輸出国及び輸入国のシェアを示したもので

ある。主要輸出国はブラジル及び米国であり，この2か国で全世界輸出品の8割を占めている。主要輸入国は中国及びEU（欧州連合）であり，この2か国で同じく全世界輸入量の8割を占めている。特に中国は国際マーケットで取引される大豆の6割強を輸入する世界最大の輸入国となっている。

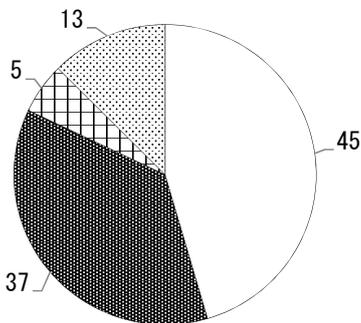
このように中国が今世紀初頭から急速に大豆の輸入を増加させた背景は，経済成長に伴う食生活パターンの変化に加え貿易政策の改革も重要な要因として指摘できる。すなわち2001年のWTO（世界貿易機関）加盟である。

第2表は中国の穀物及び大豆に対するWTO譲許税率⁽⁶⁾をまとめたものである。小麦，トウモロコシやコメとは異なり，大豆について関税割当



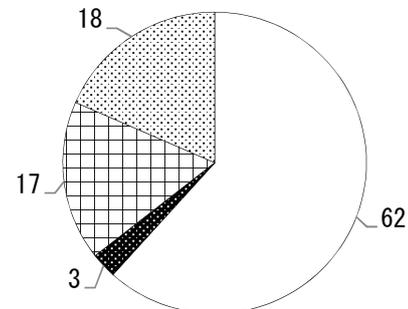
第6図 中国の大豆輸入量の推移

資料：IHS Markit「Global Trade Atlas Database」(1995年-2019年)を基に筆者作成。



第7図 世界の大豆輸出品シェア (2016-18年平均) (単位: %)

資料：OECD (2019)「OECD Agricultural Outlook 2019-2028 Database」を基に筆者作成。



第8図 世界の大豆輸入量シェア (2016-18年平均) (単位: %)

資料：OECD (2019)「OECD Agricultural Outlook 2019-2028 Database」を基に筆者作成。

枠は設定されておらず2.4%の関税を払えば数量は無制限に輸入可能である。2001年の時点で中国政府は圧搾用大豆を輸入に依存する決定をしたと考えられるが、この決定は、中国では経済成長による国民の食生活の多様化、すなわち動物性タンパク質や植物油への需要が急速に増加しつつあり、今後も需要の一層の拡大が進展すると見込まれることから、国産大豆の生産振興では対応が困難との政策担当者の判断に基づくものであることが推察できる。

第9図は1990年以降の中国の大豆消費量及び生産量の推移である。大豆の国内生産量は1995年頃から現在に至るまでほぼ2,000万トン弱の水準で横ばいであるが、消費量（食用及び飼料用を含む）は今世紀初頭から急増し2019年には同年

の生産量の約7倍の1億1,100万トンに達している。この結果2019年の需給ギャップ（消費量－生産量）は9,400万トンであり、このほとんどを輸入で埋め合わせている（一部在庫の取崩しがある）。

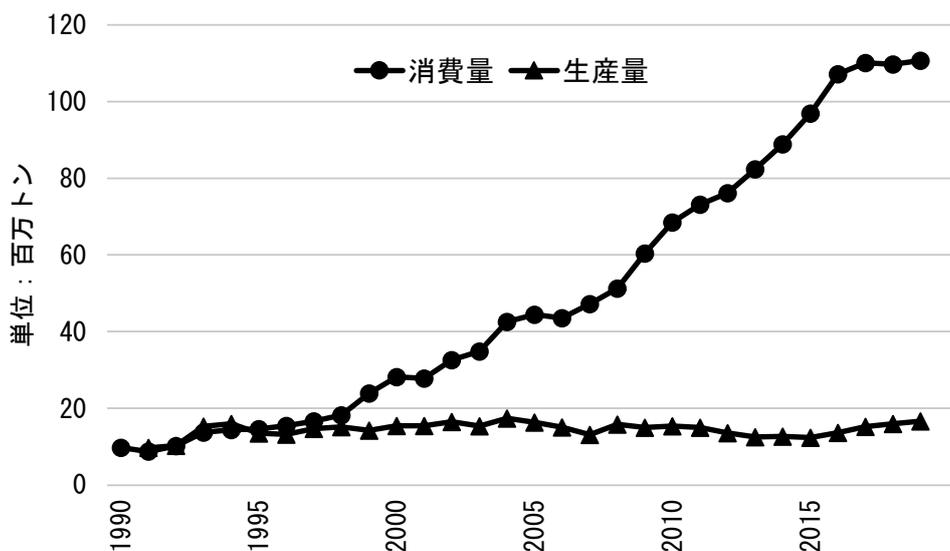
4. ASF発生とその影響

ASFへの対策としては、ワクチン等の治療法がまだ開発されておらず一旦感染すると豚はほぼ死に至ること、また、伝染力が強力であることから、その対策としては感染した豚を可能な限り迅速に殺処分する必要がある。2019年4月に公表された「中国農業見通し（以下「CAO」と略）2019-2028（中国農業農村部、2019）」及び2020年4月に公表された「CAO 2020-2029（中国農業農村部、2020）」からその殺処分の規模を推察すると、豚肉生産量が対2018年比で2019年は▲21%、2020年は▲27%となることから、全飼養頭数の約3割の殺処分を見積もっていると推察される。USDAも前述（2頁）のように殺処分の規模は全飼養頭数の約3割と推計している。さらに2019年11月15日付の日本経済新聞は、「国家統計局の発表では、同年9月時点で中国の豚の飼養頭数は約3億頭で、前年同月から約1億2千万頭減少した」と報じている。これらの情報を総合す

第2表 中国の穀物及び大豆に関する関税割当量とWTO譲許関税率

品目	関税割当量 (万トン)	枠外(協定) 関税率 (%)	枠内関税率 (%)
小麦	964	65	1
トウモロコシ	720	65	1
コメ	532	51.7	1
大豆	設定せず	2.4	-

資料：WTO (2019)「The Agricultural Trade Committee」、OECD (2019)「OECD Agricultural Outlook 2019-2028 Database」を基に筆者作成。



第9図 中国の大豆生産量及び消費量の推移

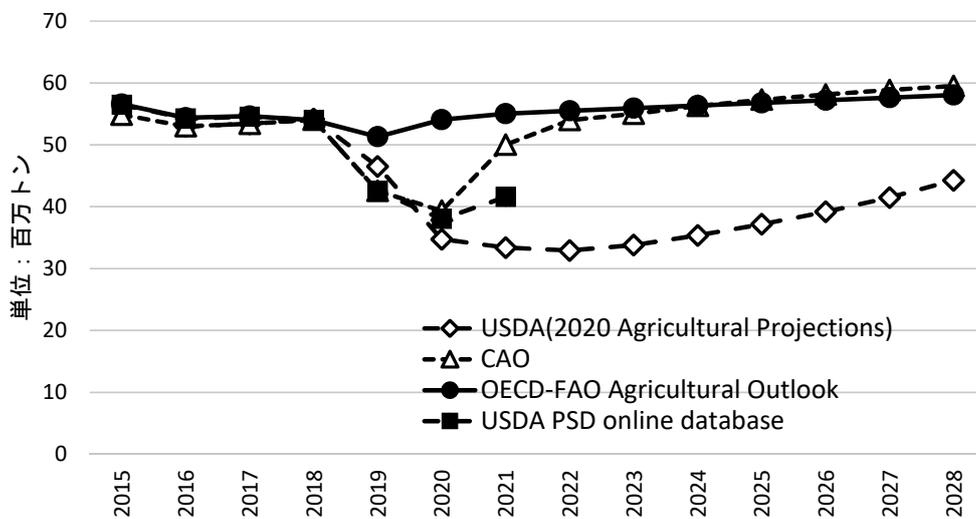
資料：OECD (2019)「OECD Agricultural Outlook 2019-2028 Database」を基に筆者作成。

ると、ASF対策としての殺処分の規模は2020年4月の段階で発生前の全飼養頭数の約3割であることはほぼ確実と考えられる。また、今後については、重州ビジネスChina(2020)は、2020年6月の大雨水害による養豚業への深刻な被害の発生とASFの感染再拡大のリスクの高まりから豚の飼養頭数が更に減少する可能性を指摘している。

第10図は中国の豚肉生産量について、USDA Agricultural Projections (USDA, 2020a), CAO (中国農業農村部, 2020), OECD-FAO Agricultural Outlook (OECD-FAO, 2019) 及びUSDA PSD

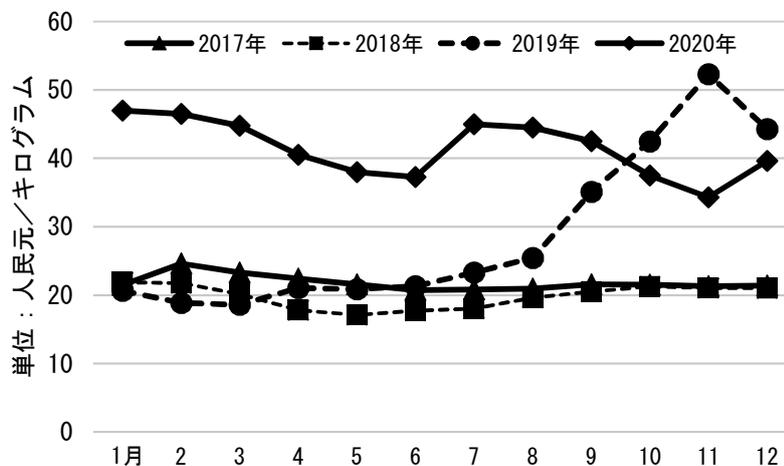
online database (USDA, 2020b) の各見通しを比較したものである。各見通しともに2018年から2020年までのASF対策による殺処分に起因する豚肉生産量の減少パターンに大きな差異は見受けられない。しかし、2021年以降、CAOとUSDAの見解は大きく分かれている。すなわちCAOは2021年からの急速な回復を見込んでいる。一方、USDAは、2022年まで更に生産量の減少が継続した後2023年からようやく回復が始まるが、その回復速度はCAOより大幅に遅いと見込んでいる。

第11図は中国国内における豚肉卸売価格の推



第10図 豚肉生産量 - 各見通しの比較

資料：USDA (2020 a)「USDA Agricultural Projections to 2029」, USDA (2020 b)「USDA PSD online database」, OECD-FAO (2019)「OECD Agricultural Outlook 2019-2028 Database」, 中国農業農村部 (2020)「CAO 2020-2029 (China Agricultural Outlook 2020-2029)」を基に筆者作成。



第11図 豚肉卸売価格の推移

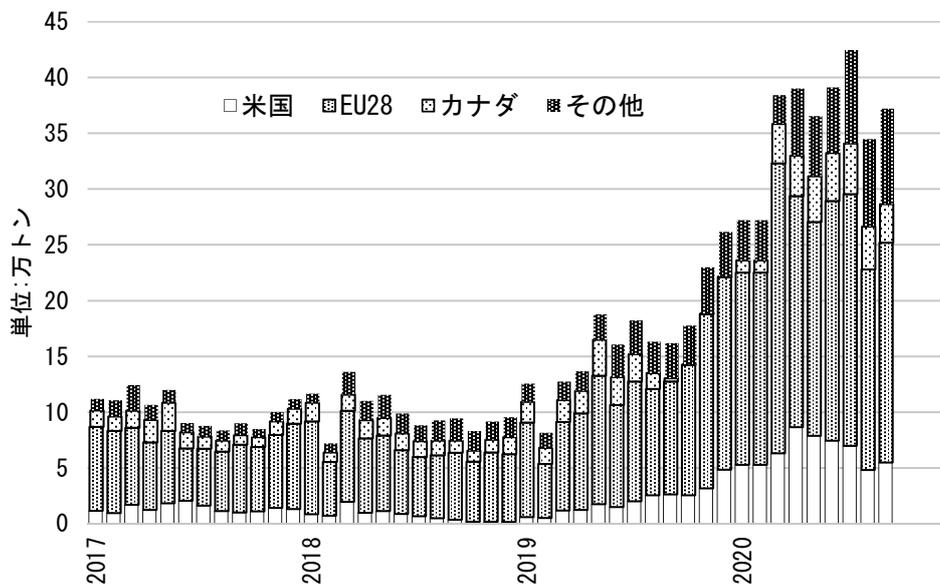
資料：中国商務部「商務預報データベース」(2017年～2020年)を基に筆者作成。

移である。ASFの発生後豚肉の卸売価格は2019年9月から急騰し、11月には発生前の水準のおおよそ2.5倍以上の水準にまで急騰した。2020年秋以降やや落ち着いてきたようにも見受けられるが、依然発生前の2倍程度の水準で推移している。

第12図は近年の月別豚肉輸入量の最近の推移である。中国の豚肉の国内価格は2006年以降米国の価格を大きく上回っており、輸送費や関税が付加されても輸入豚肉の方が安価となっている

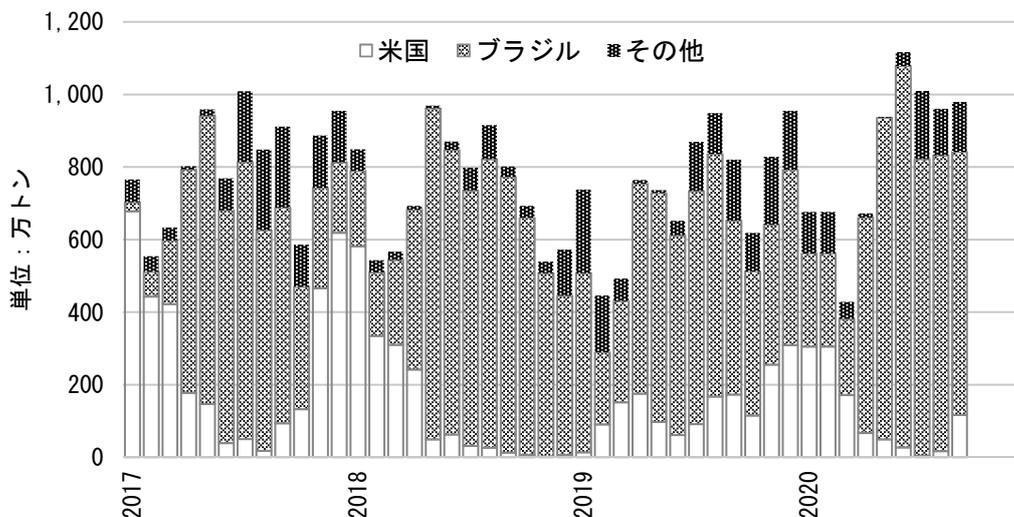
(農畜産業振興機構, 2020)。2019年後半から主にEUからの輸入量が急増しているが、これはASFの発生による影響や後述の米国との貿易摩擦の影響と考えられる。

第13図は大豆の月別輸入量の最近の推移である。2016年のトランプ大統領の就任以来、米国は中国との間の貿易不均衡を問題視し、2018年1月22日に米国が緊急輸入制限(セーフガード)を発動し、中国からの太陽光発電パネル及び洗濯機に追加関税を課した。以来両国間で追加関税の



第12図 豚肉の月別輸入量の推移

資料：IHS Markit「Global Trade Atlas Database」(2017年-2020年)を基に筆者作成。



第13図 大豆の月別輸入量の推移

資料：IHS Markit「Global Trade Atlas Database」(2017年-2020年)を基に筆者作成。

発動の応酬が始まり、2018年7月6日の中国による米国産大豆に対する25%の追加関税の発動以降中国の米国産大豆の輸入は激減したが、米中貿易協議が部分合意に達したことから、中国国務院関税税則委員会が2019年10月末に一部企業が米国から一定量の大豆、豚肉等の農産品を購入する場合の追加関税の適用を除外する旨公表した。この決定により2019年末から2020年初にかけて中国による米国産大豆の輸入はやや回復した。

5. モデルを用いた計量シナリオ分析の理論的枠組み

(1) はじめに

本章以降は中国の豚肉マーケットに関するコンパクトな設計の動態（逐年）部分均衡モデル（以下「ASF豚肉モデル」と略）を構築し、その後このモデルを利用してASFの発生がマーケットに及ぼす影響に関し、迅速に回復すると想定する場合と、回復に時間がかかると想定する場合の二種類のシナリオを設定した上でシミュレーションを行い、ASFの発生が同国の豚肉マーケットに及ぼす今後10年程度の影響を目標年（2028年）まで考察する。続いてASF豚肉モデル中の豚肉生産量の予測結果を通じ、配合飼料の主要原料である大豆の輸入への影響をex-post分析を利用して考察する。

ASF豚肉モデルの構築及びシナリオシミュレーション分析を実施する前に、まずその理論と具体的手法について整理しておく。

まず本分析の着想、方法論等に関し多くを負っている「OECD-FAO Agricultural Outlook」（以下「Outlook」と略）とその裏付けとなっているAGLINK-COSIMOモデルの概要、及び両者の関係を紹介し、次にその作成過程でのキーポイントでありASF豚肉モデル作成においても必須の過程であるcalibrationについて、先行論文のサーベイを通じて定義、経済理論上の位置付けを考察し、その後それをASF豚肉モデルに適用するための具体的手法について論じる。

全世界あるいは主要国の食料・農業マーケット全般を対象とし、動態部分均衡需給モデルを用いた将来予測の代表的なものとしては、OECDと

FAOが共同で公表するOutlookのほか、USDAの「USDA Agricultural Projections」、EUの「EU Agricultural Outlook」、中国の「CAO」等がある。いずれも最新のデータと知見を基に今後10年程度の中期を目標年とする予測を毎年公表している。

上記の各予測はいずれも国際機関等による最新のマクロ経済見通し（経済成長率、為替レート等）の下で、豊凶変動や動物・植物疾病は発生せず、さらに現行の政策が今後も継続することを前提とした、一つのシナリオに基づく部分均衡モデルを用いた予測である（シミュレーションを行う場合には、これを「benchmark」あるいは「baseline」と表現するのが通例。本稿では一般的には「benchmark」を使うが、特にOutlookに関する場合は「baseline」を使用する）。また、上記に加え、随時別途のシナリオの下での予測を行い公表することもある。すなわち現実世界では往々にして想定外の事象（例：干ばつによる不作等）が発生するが、それらの事象に応じてモデルにbenchmarkとは異なる前提を設定し、その上でモデルを解けば別の予測結果（scenario results）を得る。これをbenchmarkと比較することにより、シナリオの影響の定量的な考察が可能となる。前述の各見通し中でその時々によりマーケットにとって重要と考えられるトピックがシナリオとして取り上げられる場合が多い。一例をあげると、2020年7月に公表された最新のOutlookでは、COVID-19（新型コロナウイルス）の流行による経済の悪化が農産物マーケットに及ぼす影響について、当時のIMFの世界経済見通しに基づいてシナリオ分析が行われている。また、EU Agricultural Outlook では、CAP改革による影響を随時行っている（OECD-FAO, 2020；EU, 2019）。

(2) AGLINK-COSIMOモデルの概要及びOutlookとの関係

AGLINK-COSIMOモデル（以下「AGLINKモデル」と略）は、Outlookのたたき台を作成することを目的として開発された全世界の主要農産物を対象とする逐年動態部分均衡需給モデルである。これらのマーケット、すなわち需給バランス

(生産量, 消費量, 在庫量, 貿易量の組合せ) 及び価格 (国際・国内) の今後 10 年の予測を行う。

農産物マーケットを形成する重要な要因であるマクロ経済指標, すなわちGDPデフレーター, CPI (消費者物価指数), 為替レート, 原油価格, 人口成長率等は農業から影響を受けないものとして外生的に与えられ, 政策変数 (関税率, 直接支払, バイオ燃料の義務混合率等) を含む。各方程式は農産物各品目間の競合や補完, 生産サイクルに起因するタイムラグ等農産物マーケットの特性を反映することを基本に設計されている。

AGLINKモデルは“module”という国・地域単位 (EU, 米国, カナダ, 日本, 中国等は1国で単独のmodule) での農産物マーケット予測モデルの集合体であり, いずれも各品目の国内価格が輸出入を含む需給バランスを決定する。この国内価格は国際マーケットから影響を受けるように設計されている⁽⁷⁾。すなわち国内価格の決定方程式は国際価格, 為替レート及び関税を説明変数とする方程式である。後述のような手順でOutlookのたたき台を作成するためにはまず各moduleによる予測を行い, その後それらを統合して生成するAGLINKモデルにより全世界で整合性の取れた予測を得る必要がある。

各moduleでは国内価格を予測する前提として, マクロ経済指標等と同様に国際価格を外生的に与えることが必要となるが, 各国ごとの見解が存在するため, moduleごとに様々な国際価格が存在する。しかし, 次のステップとして各moduleを結合し全世界版AGLINKモデルを生成すると, その中に複数の国際価格は存在し得ない。国際価格は一品目につき単一の存在として再定義される。

予測対象品目の全てについて,

$$\begin{aligned} & \text{全世界の輸出量} (\Sigma \text{各moduleの輸出量}) \\ & = \text{全世界の輸入量} (\Sigma \text{各moduleの輸入量}) \end{aligned}$$

が成立する国際価格を見つければ, それらの需給バランス及び国際価格 (及びそれらにより導かれる各module中の国内価格) がすなわち全世界で整合性の取れた予測となる。

しかし, モデルの結合の瞬間に (Σ 各module

の輸出量) = (Σ 各moduleの輸入量) 及び均衡価格が同時に成立することは限りなくまれであると考えられる。このため国際価格はモデル中で上下変動を繰り返すことにより需給を調整しながら均衡状態が成立する水準を探す。モデルが適切に設計されていれば国際価格はいずれある水準に収束する。この均衡状態の達成は一般にモデルが「収束 (converge)」した, あるいは「解けた (solve)」と表現される。

AGLINKモデル中の供給関数は農業生産の特性を反映しラグ付きとして設計されているため, 一旦初年度の均衡価格が求めれば, 次年度以降の需給均衡価格や数量が次々に求まることから, 見通し期間の基準年から目標年までの逐年的な予測が可能となる。

この「需給バランスが成立する点に均衡価格が決定される」という構造は他の需給モデルと同様であるが, AGLINKモデルの特徴は, 農産物マーケットにおける品目間の互いに及ぼし合う影響, すなわち「競合 (例: 消費者の豚肉 \leftrightarrow 牛肉の選択)」, 「補完 (例: トウモロコシ (input) \rightarrow 豚肉 (output))」, 「結合生産 (例: 生乳 100 グラム \rightarrow 乳脂肪 3 グラム + 無脂乳固形分 8 グラム)」, 生産におけるラグ構造等に加え, 各種の政策 (関税, 不足払い, 生産割当枠等) を数式化して組み込んでおり, このため大規模なモデルに拡張されている, という点である。このような大規模モデル上で収束解を見つけるためには, 強力なソルバーを有するモデル専用のソフトウェアが必要である⁽⁸⁾。

AGLINKモデルは 1990 年代初頭に最初のバージョンが開発され, その後各国専門家の協力により対象となる国の細分化や品目の追加が行われるとともに 2005 年に開発途上国を詳しく扱うFAOのCOSIMOモデルが合流し, その規模が年々拡大した (OECD, 2015)。2020 年現在で約 8 万個の変数と 3 万 5 千本の方程式 (同数の内生変数) を擁する大規模モデルである。方程式中に含まれる弾性値は基本的に過去のデータを基にOLS (最小二乗法) により推計するが, 計測が困難なものについては各種の外部研究から得られた値を設定している。その維持管理及び改良はOECD事務局の約 10 人, 及びFAOの約 5 人の専門家による作

業チームが担当している（OECD事務局からの聞き取り）。

Outlookの作成過程の概要は以下のとおりである。

まず作業チームは、baseline原案を作成する前に、各国の政府に対し予測対象品目に関する10年後までの逐年マーケット予測（需給バランス及び国内価格）及びそれらの前提（国際価格、国境措置、直接支払等マーケットに影響を与える政策及びマクロ指標等）についての質問シートを送付する。各国政府はマーケット予測を作成し、質問シートに予測数値を入力した回答を作成し返送する。次に作業チームは各moduleを解いて得る予測解が質問シートの予測値と一致するようcalibrationによりtuning（調整）する。なおcalibrationはAGLINKモデルに限らず多くのCGEモデルや部分均衡モデル等を用いた計量シナリオ分析で広く利用されている重要な概念であり、本稿でもcalibrationは必須の工程であるため、後ほど詳しく論ずることとする。

次に各moduleのcalibrationの終了後これらを結合して全世界版AGLINKモデルを生成し、それを解くことによりbaseline素案を作成する。作業チームはOECDのイントラネット上に設置した専用フォーラムにこのbaseline素案をアップロードし、OECD、FAO、及び各国政府間の多方向で意見交換を実施する。その結果に沿ってモデルの前提（外生変数）あるいは予測値そのものに関する調整を行い、品目別専門家会合に提示するbaseline原案及びそれに基づくレポート（baseline原案の分析に関する記述）を完成する。

品目別専門家会合は各国代表に加え、IGC（国際穀物理事会）、ISO（国際砂糖機関）、IMS（国際食肉事務局）、IDF（国際酪農連盟）、IFA（国際肥料産業協会）といった品目別国際機関や国際業界団体、マーケット分析に通暁した大学やシンクタンクの専門家等が参加し、2日間の集中討議を行いbaseline原案及びレポートの評価を行う。その議論の結果を踏まえ作業チームは更に調整を行い、上部会合であるOECD-APM（農業政策市場会合）の了承を経て毎年7月上旬にOutlookが公表される（Uebayashi, 2000；FAO, 2014）。

まとめれば、このような段階を経て公表される

Outlookのbaseline予測は、経済理論に基づき構築したAGLINKモデルとマーケットの実情に詳しい専門家の共同作業の成果物とも表現できるだろう。そして専門家によるこれらの評価をモデル上に反映させるための重要かつテクニカルな手法がcalibrationである。

しかし、以上の議論からは、calibrationによりAGLINKモデルが生み出す予測結果を最終段階で専門家の評価に可能な限り反映するよう強いるのであるから、結局はこのような大規模モデルを用いるよりも別の簡便な方法で作成した定性的な見通しをOutlookのbaseline予測値とすればいいのではないかという考え方もできる。例えば、最も実現可能性が高いマクロ経済前提を設定した上で、専門家の議論によりまず各品目の国際価格のコンセンサス予測を確定させ、その後各国がそれに応じた各国内の国内価格及び需給バランスの予測を作成し、最後にそれらを再度集約すればモデルを必要とせずOutlookを作成できるのではないかという疑問が生じるであろう。そしてその指摘はもしbaseline予測を行うことのみが目的であれば正しいかもしれない。

しかし、ここで強調したいのは、Outlookを作成するためにAGLINKモデルを利用する最大の利点は、特定の分野や特定の国・地域の専門家の見通しを定量化し、それらを統合して見たときに、世界全体で整合性が取れているのかを検証するのに役立つことである。その利点は、定性的な予測では実施不可能な計量シナリオ分析に最もよく現れる。すなわちシナリオに基づく別途の前提をモデル上に設定した上でそれを解くことにより、経済理論に基づく各農産物マーケット間の相互作用の整合性を保った形でのシナリオ予測解を迅速に得ることができる。それらのシナリオ予測解をbaseline予測解と比較することにより、そのシナリオの影響を定量的に考察することが可能になる。ただ、最近のOutlookレポート中ではこのような計量シナリオ分析を見かけることは少ない。その理由は、シナリオ分析はbaseline予測が確定して初めて着手が可能となるものであるから、baseline作成作業に加え、更にシナリオ予測を行いその結果を分析し記述にまとめるという作業を追加することは、Outlookを毎年7月頃に公

表するという時間的制約の中では負担が大きすぎるのではなかろうかと推察する。

ならば中国におけるASF発生対策としての豚の大量殺処分がもたらす中国国内の豚肉マーケットへの影響のみならず国際大豆マーケットへ波及する影響を、OECD-FAOと同様の計量シナリオ分析の方法論を利用しつつより少ないリソース（マンパワー＝労力）でスピーディーな分析を試みよう、というのが本稿の動機である。

ASF豚肉モデルは以下の手順で構築する。すなわち、①同モデルのbenchmark予測値を2019年に公表されたOutlook中の中国豚肉セクターに関する予測値に設定する。2019年版を使う理由は、その予測の前提に中国におけるASFの発生が含まれていないからである。②ASF豚肉モデルの原案を構築する。③calibrationにより各方程式の残差項を計算する。この残差項の計算は上記の同モデル原案を解いて得る予測値をbenchmark予測値という目標に一致させることを目的に行う。④この残差項を本モデル原案に戻して再度モデルを解き、その解がbenchmark予測値に一致することを確認する。

この過程が終了すれば、本分析の出発点となるASF豚肉モデルのbenchmark版が完成する。

計量シナリオ分析は以下の手順で実施する。すなわち①ASF豚肉モデル上にASF発生による豚肉生産量の大幅減少シナリオを設定する。②この前提の下に同モデルを解くことによりシナリオ予測解を得る。③シナリオ予測解とbenchmark予測値を比較分析しASFの発生が中国の豚肉マーケットにもたらす影響に関する定量的な評価を行う。

ASF豚肉モデルの具体的な構造は次の第6章で説明するが、その前に本稿の計量シナリオ分析の方法論の中核をなすcalibrationについて、その概念、目的、手法等につき以下本章（3）－（6）で詳しく論じておくこととしたい。

（3）calibrationの概念と目的

calibration は経済セクターを対象とするCGEモデルよりむしろ自然科学における数学モデルにおいてその定義が試みられている。すなわち、Oreskes et al. (1994) は全球気候モデルに関す

る論文において、「モデル作成者はしばしば被説明変数（例：hydraulic head（水柱））の分布が観察を通じて既知であるが、説明変数の分布が未知であるという問題に直面する。この場合モデルをtuning（調整）する方法、すなわち説明変数を操作することにより、観察された被説明変数とシミュレーションにより得た被説明変数の予測理論値を一致させる工程がcalibrationである」と述べている。また、医療経済学の分野では、Vanni et al. (2011) が「calibration は不確実なパラメータ⁹⁾を推計しモデルを定義する上で有用なツールである。calibrationとはモデルによるシミュレーションから得られた結果を実際に観測したデータ（例：疾病の有病率）を比較し、シミュレーション結果が観測データによく適合するようモデルのパラメータを調整することである」と論じている。

経済セクターに関するcalibrationはこれまで広くCGEモデルにおいて言及・利用されてきた。Kydland and Prescott (1982), Goulder et al. (1983), Gregory and Smith (1991) 等はそれらのCGEモデルに関する論文でcalibrationの利用、その有益性や普遍性について言及しているが、calibrationそのものについての定義や説明を行っていない。Canova and Ortega (1996) はCGEモデルに関する先行論文のサーベイを実施し、これまでの10年間に様々なCGEモデル分析に関する論文においてcalibrationへの言及が増加したが、この背景には複雑な計算を可能とするコンピュータープログラミング技術の飛躍的な発展があったと評価した。また、「calibrationは『統計的』というよりは『経済的』という範疇に属する一種の計量経済的手法であり、それが利用されるのは、主にパラメータを統計的に測定するための必要なデータが不足している場合である」と述べている。

また、細江ら(2004)はCGEモデル上のcalibrationを以下のように数学的な説明を試みている。

「モデルの係数を推定するために行われるcalibrationの基本的な考え方は、モデル中のある連立方程式に基準均衡解を代入してにおいて、逆に、推定すべき係数を未知数として『解く』ということである。すなわちCGEモデルを、

$$CGE(x, y, a) = 0$$

とベクトル形式で表したとする。xを内生変数、yを外生変数、aはモデル中の係数（パラメータ）である。通常、シミュレーション等で我々が行うのは、yとaを与えられたものとして、未知であるxの値を求めることである。ところで、均衡解における内生変数 x の値 (x^0 としよう) は、当然のこととしてモデルの解のうちの一つである。そして x^0 は外生変数 y の値とともに、(社会会計表から)読み取ることができるから、未知ではなく既知である。したがって

$$CGE(x^0, y, a) = 0$$

というように、これらの既知の値 x^0 とyを代入することにより、推定すべき未知の係数aを解くことができる(細江ら、2004:68)。

このように数学モデルに関する様々な論文でcalibrationが論じられているが、数学モデルとcalibrationの関係に言及している先行論文のサーベイからは明確な定義や確立した手法は存在しないように見受けられる。しかし、これらの先行論文の検討から、calibrationとは、仮説として作成した数学モデルから得た結果が実際の観察結果や別の理論から導かれるものと一致しないと考えられる場合に、整合性が取れるようモデルを補正・補足する一般的な用語として使用されているように思われる。

(4) 農業分野を対象とする部分均衡モデルにおけるcalibrationの利用とその意味

Hallren and Riker (2017) は部分均衡モデルを用いた貿易政策の変更評価のための理論的枠組みを提示した。しかし、この枠組みは基準年に成立していると想定する均衡状態と、政策変更を経て新たな均衡状態に至る目標年の二時点のみを分析対象としており、その間の時間の経過は考慮しないという点で静態部分均衡需給モデルに関するものである。関税率や関税割当数量等の政策変更評価を実施する上でCGEモデルに比較して必要なデータの数が少ない部分均衡分析が有効であることを述べ、calibrationの目的は最近年に実際に観測されたデータをモデル上で再現することであると述べている。

農業分野を対象とする動態部分均衡モデルにお

けるcalibrationの概念は、Adenauer (2005) が農業分野を対象とした部分均衡モデル分析において、AGLINKモデルとボン大学が開発したCAPRI⁽¹⁰⁾モデルの比較を通じてcalibrationの概念及びcalibrationを通じてbenchmarkを作成するまでの段階的な工程を論じている。

我が国の農業分野を対象とする動態部分均衡モデルに関する論文中のcalibrationの使用例は、小泉(2012)が「世界バイオディーゼル需給予測モデル」の構築の際、「定数項の代替として、予測初年度である2009/10年度のみ適用されるcalibration値を入れることにより、モデルの予測精度が向上すると考えた結果、本モデルでは定数項の代わりにcalibration値を採用した」と述べており、初年度のみcalibrationを実施している。このモデルは基準(出発)年を2009/10年度に、そして2014/15年度を目標年とし、逐年で世界のバイオディーゼルの需給バランスが達成する点に均衡価格が決定される構造になっている。本論文ではまず過去の時系列データを基にOLSで各方程式中のパラメータを計測し、次に構築したモデルを用いて逐年ベースのbenchmark予測を行っている。さらにブラジルが2013/14年度にバイオディーゼル混合率を引き上げるという政策シナリオを設定し、得られたシナリオ解をbenchmarkと比較することにより政策変更の影響を分析している。本論文では予測の初年度のみcalibrationを実施しているが、その理由は①初年度のデータが暫定値としてではあるが既に観測可能になっているため、初年度の予測解を現実に観測したデータに合致させる必要があること、②予測二年目以降calibrationを行わない理由は、シナリオ分析に使用するbenchmark予測を既存の他の国際機関等の予測からではなく、筆者自身が構築した「世界バイオディーゼル需給予測モデル」が生み出す予測解そのものをbenchmark予測値として設定しているからである。

農業分野を対象とする動態部分均衡モデル分析を用いた計量シナリオ分析に関し、本稿に最も近い方法論に基づくcalibrationを用いた分析はEU-JRC⁽¹¹⁾(2014)に提示されている。EU-JRCはCAP(共通農業政策)を将来変更する場合や新加盟国を迎える場合に発生する影響評価を目的に

独自に開発したESIMモデル⁽¹²⁾を利用し、EU加盟国ベースや更にそれを細分化した地域ベースでの分析評価を行っている。ESIMを用いたシミュレーションを実施する際、その出発点すなわちbenchmarkを設定することが重要であるが、EU-JRC自身は全世界を対象とした予測を実施していないので、(OECD-FAO Agricultural) Outlook中の基準年から目標年にかけてのbaseline予測値に対するcalibrationを行うと述べている。つまりAGLINKモデルのbaseline予測値をターゲットとし、ESIMをcalibrateすることにより、EU農産物マーケットの政策変更の影響に関するbenchmarkを設定している。

(5) OutlookとAGLINKモデルにおけるcalibrationの関係

(2) で述べたようにOutlookの作成過程でAGLINKモデルにおけるcalibrationは、Outlookのたたき台としてのAGLINKモデルが生み出す解と、それを評価する各国・各品目のマーケット分析を実施している品目別専門家の見解の差を埋めるために実施されるが、具体的には次に述べるような意味がある。

それらは専門家がモデルでは説明できないが将来の予測値に確実に影響を与えたとの見解を有する事象の影響である。このような専門家の見解として下記のような例が考えられる。

- ① 環境規制政策の強化；これらの政策が家畜飼養頭数の増加にブレーキをかけるので、baseline原案中の食肉の生産量予測は過大と評価する場合。
- ② 消費者の健康に関する意識の変化；すなわち脂肪や炭水化物を多く含む高カロリーの食品を避けようとする傾向が顕著になるとbaseline原案中の食肉や砂糖の消費量予測は過大と評価する場合。

USDA Agricultural Projectionsでも同様のステップを踏んでいると推察できる。すなわち毎年の公表文書の冒頭に「まずモデルによる予測素案を作成し、次に専門家によるこの素案の評価を経て公表予測値が完成する。したがってこのprojectionsはモデルと専門家の見解の共同成果物

である」と明記されている (USDA, 2020a)。

(6) ASF豚肉モデルにおけるcalibrationの必要性和手法

ASF豚肉モデルは少ないリソースで迅速な予測やシミュレーションを行えるようコンパクトに設計する。しかし、この簡素化の結果同モデル中の方程式から多くの説明変数や競合・補完関係にある他の製品との関係が省略されるので、これらもたらず影響をモデルに反映させることが不可能になる。数値化することは不可能であるもののこれらの影響はマーケットに実際に存在すると考えられる。このため、コンパクトに設計したASF豚肉モデルが生み出す解とそのbenchmarkとして設定するOutlook (より精緻に設計されたAGLINKモデルをベースにしているため、可能な限り上記の影響を組み込んでいる)の間には乖離が生じる。

これらの乖離を埋めるためcalibrationが必要となる。それらは以下の方法により実施する。すなわち上記の未知の影響を代表する変数としてRをこれらの方程式の残差項として設定し、次にOutlookから得られる数量・価格を代入して需給方程式を解くこと (calibration) によりRの値を求める。その後それらを各方程式に戻すことにより乖離が埋まるため、Outlookとの整合性を取ることができる。Outlook及びASF豚肉モデルは今後10年程度の予測期間を有するため、Rの値は予測期間中の全ての年においてそれぞれの値が必要になり、その結果その値は各方程式上で年ごとに異なる。しかし、Rは定数であることから、本来の定数項と組み合わせれば、結果としてこれらの方程式は予測期間を通じて毎年定数項が異なる方程式を有することになる。これらの操作によりOutlook中に含まれる方程式に含まれる多くの説明変数やその他の未知の要素 (専門家の定性的な見解)の内容を詳しく理解しなくとも、少ないリソースでシミュレーションが可能になる。

しかし、この手法で重要なことは、①benchmarkとして設定する既知の見通しが存在すること、かつ②そのbenchmarkの予測値が十分信頼するに足りるもの、である必要がある。Outlookは専門家の見解も包括し、各国のコンセンサスを得て公

表されているため、これをbenchmarkに設定することは現実的な選択であると考えられる。

以下、AGLINKモデルやASF豚肉モデルで実施しているcalibrationの手法を具体的な例で説明する。

(7) calibrationの具体的手法

AGLINKモデルやASF豚肉モデルのような連立方程式体系により設計した動態部分均衡モデルにおけるcalibrationの具体的手法を説明する。一つの例として以下のような食料消費量に関する方程式を考える。

$$\begin{aligned} \log(\text{食用消費量}_n) &= \text{定数項} + \log(\text{人口}_n) \\ &+ (\text{所得弾性値}) * \log(\text{一人当たり所得}_n) \\ &+ (\text{自己価格弾性値}) * \log(\text{自己価格}_n) \\ &+ \Sigma(\text{交差弾性値}) * \log(\text{競合品目の価格}_n) \\ &+ \log(R_n) \text{ (残差項)} \end{aligned}$$

なお、添え字 n はこれらのデータが時系列(=年)の次元を有することを意味する。

Calibrationを実施する目的はこの方程式の被説明変数である「食料消費量 n 」がbenchmark中の食料消費量予測値に一致するよう $\log(R_n)$ を適切に計算することである。

$\log(R_n)$ は、この方程式をrevert(裏返す)することによって得られる。すなわち、上記の方程式で $\log(R_n)$ を左辺へ移項するとともに $\log(\text{食用消費量}_n)$ を右辺に移項する。方程式の右辺を構成する変数及びパラメータは予測期間中の各年において全て既知であるから、右辺の計算を行えば左辺に移動した $\log(R_n)$ の値を決定できる。こうして得られた $\log(R_n)$ を方程式に戻し再度この方程式を走らせれば、食用消費量の予測期間中の予測値はbenchmark予測値に一致するはずである。このようにしてモデル中の残差項を含む全ての方程式で $\log(R_n)$ の値を決定するのがcalibrationの手法である。CalibrationをExcel等による手作業で行うことは手間がかかるためモデル専用のソフトを利用して行う。なお、実際のcalibration作業ではプログラムのバグにより計測ミスが発生することもあるので、上述の手法で計測した $\log(R_n)$ をモデルに戻し、改めてモデル

を解いた解がbenchmark予測値を正確に再現することを確認する必要がある。

6. 新たな独自モデルの構築

(1) 既存モデルやAGLINKモデルをそのまま利用しない理由

まず、既存の国際機関や各国政府が作成したモデルとそれにより作成されたbenchmark予測が存在するならば、なぜ本稿の分析にそれらの既存モデルを利用しないのかという基本的な疑問が生じるだろう。加えてそれらのモデルは既にcalibrationを済ませているはずであり、その手間を省くことができることからこの疑問は更に増幅されるだろう。

CAOについては予測の前提と予測結果の需給バランスが公表されているものの、使用したモデルの詳細が全く公表されていない。USDA Agricultural Projectionsについても前提と結果のみの公表という点で同様である。したがって既存モデルで利用可能性が存在するのは、消去法としてOutlook作成のベースとなっているAGLINKモデルのみである。ではなぜ同モデルそのものを利用しないのか、という次の疑問が生じるだろう。確かにAGLINKモデルは完全な形での公表⁽¹³⁾ではないが、方程式の構造が文書として公表されており(OECD, 2015)、また、ウェブ上に中国を含む各対象国・品目の需給バランス及び価格に関するデータベースが公開されているので、モデル分析に必要な条件はおおむねクリアされている。

しかし、AGLINKモデルそのものを本稿のシナリオ分析に使わない理由はリソース(労力及び時間)の制約である。シナリオに基づくシミュレーションではbaselineとは異なる前提をモデルに設定することにより新たなシナリオ均衡解を得る。シナリオの影響を評価するためにこれらとbaselineとの比較作業が不可欠である。しかし、AGLINKモデルは約8万個の変数と3万5千本の方程式を擁する大規模モデルである。同モデルを用いて各種のシナリオ分析を実施し、その後分析作業を行う場合膨大なリソースを費やす必要があり、個人でこれらの作業を実施することは非常に困難である。

本稿の目的は中国の豚肉マーケットという限定されたマーケットを対象にし、今後のASFショックからの回復軌道に関するシナリオを設定し、これらのシナリオに基づく予測結果の比較を通じてASFの発生がもたらす今後の影響評価を行うことである。この目的に沿ったタイムリーな分析を提示するための分析作業を個人で実施可能とするよう独自のASF豚肉モデルを開発することが適当と考えるに至った。

(2) ASF豚肉モデルに利用するデータベースの選択と予測期間の設定

ASF豚肉モデルに使用する変数のデータベースは「OECD-FAO Agricultural Outlook (OECD-FAO, 2019)」のデータベース(1990-2018は実績値、2019-2028は予測値)を利用することとした。具体的には、この大規模データベースの中から中国の豚肉に関する変数、第9章におけるシナリオ分析に必要な大豆輸入量、畜産物及び養殖魚介類の生産量に加え、「補論」で様々な豚肉需給関数を検討する際に必要なデータ系列を抽出した。このデータベース中のASF豚肉モデルで内生変数として定義する変数は本来モデル中の均衡解として決定されるべき性格のものであるが、予測期間中の変数値も含んでいる。その理由はcalibrationの際の目標値としてこれらが必要になるためである。

データベースにUSDA Agricultural ProjectionsやCAOを利用しない理由は、本分析に必要な需給バランスや価格に関するデータが不完全であることによる。

なお変数名やそれらに対応する各年の実績値及び予測値等データベースの具体的な内容については「付属表」を参照されたい。

(3) ASF豚肉モデルの概要

ASF豚肉モデルは中国の豚肉セクターのみを対象とするモデルであり、予測期間中の各年(2019-2028年)において下記の需給バランスが成立する点に均衡価格が逐年的に決定される構造となっている。

$$\text{生産量} + \text{輸入量} - \text{輸出量} - \text{消費量} - \text{在庫量の}$$

$$\text{増減 (期末在庫量 - 期首在庫量)} = 0$$

輸入量、輸出量及び在庫量は外生変数として、また、消費量、生産量及び価格は内生変数として定義する。したがってモデル中の方程式は上記の需給均衡方程式に加え、消費量及び生産量方程式の3本である。

このようにASF豚肉モデルは方程式やパラメータの数を可能な限り絞ったコンパクトな設計であるが、しかし、コンパクトとはいえ各方程式は現実のマーケットを可能な限り適切に表現する形に設計することが必要であり、このため需要及び供給関数の形は様々なパターンを検討し、それらを吟味して選択することが望ましい。また、その方程式の形に応じた適切なパラメータのセットを設定する必要がある。整合性の観点から基本的にはモデルで使用するデータベースを利用した回帰分析によりパラメータのセットを計測することが望ましいが、本稿における分析のように限られた標本数での回帰分析ではどうしても適切かつ統計的に有意な計測値を得ることが難しい場合もある。その場合、次善の選択として既存の研究成果を利用することが考えられる。本稿においても様々な方程式形を設定し、その後回帰分析により適切なパラメータのセットを得られるかどうかの評価を行う試行錯誤を実施した。

その結果、豚肉需要関数中の価格弾性値に関し回帰分析で統計的に有意な結果を得られなかったため、既存の研究成果を利用してパラメータのセット(需要の所得及び自己価格弾性値)を当てはめて設定することとした。

様々な方程式形の検討については、本稿末の「補論」にまとめた。

(4) ASF豚肉モデル中の需要及び供給関数

「補論」における検討を踏まえ、ASF豚肉モデルの需要関数及び供給関数を以下の考えに基づいて設計した。具体的には、次節(5)2)に記した。

需要関数では、被説明変数としての豚肉消費量は、以下の説明変数、すなわち当該年の人口、一人当たり所得及び豚肉の(実質)生産者価格により決定される。

供給関数では、生産サイクルにおける生産者の意思決定からと畜までの間に存在するタイムラグを考慮する必要がある。すなわち繁殖豚は出生から妊娠可能月齢に達するまで約8か月、114日間の妊娠期間を経て出産し、肥育豚は出生から約180-190日を必要とする（東京都中央卸売市場、2020）。このため供給関数中の説明変数はラグを含む形に設計する必要がある。検討の結果、被説明変数としての生産量は以下の説明変数、すなわち1期（年）及び2期前の価格、及び1期前の生産量により決定される自己回帰形を採用した。加えて供給関数にshock-factor項を追加している。これはASFによる生産量減少シナリオを可能とするために予測期間中に生産量にショックを与えるための外生変数である。

両関数は残差項log(Rn)を含む。これらの値はcalibrationにより決定した。具体的にはcalibrationの目標を2019年版Outlookのbaseline予測値（付属表データベースを参照のこと）とし、両関数が2019年から2028年までの各年のbaseline予測値を再現するように設定した。

需要関数中の重要なパラメータ、すなわち需要の自己価格弾性値を統計的に有意な形で計測できなかったことから、需要弾性値に関する先行研究のサーベイを行った。

Gould (2002) は、江蘇、山東及び広東省の各省統計局が実施した1995-97年の家計調査を基に、食肉、水産物、穀物、野菜、果物、乳製品を対象品目とした価格及び弾性値の計測を行っている。また、陳・韓 (2015) は国家統計局が公表した1985-2012年の全国世帯調査を基に、都市部・農村部別に畜産物需要に関する所得及び価格弾力性を計測している。Chen.D. et al. (2016) は、1987年から2012年にかけて発表された食用農産物の需要弾性値に関する既存の英語及び中国語による研究成果のメタアナリシス（複数の研究の統合による総合的な分析）を実施し、多くの食用農産物に関する需要の所得及び価格弾性値を計測している。幅広い先行研究をベースにした包括的な分析であることから、本研究ではChen論文の豚肉需要の所得及び自己価格弾性値をセットで利用することとした。なお参考まで、以下第3表にこれらの論文の計測結果（豚肉需要の所得及び自己

第3表 先行研究の豚肉需要の所得及び自己価格弾性値の計測結果

	Gould	陳永福&韓昕儒		Chen
		都市部	農村部	
所得	1.1636	0.288	0.465	0.483
自己価格	-1.4355	-0.729	-0.236	-0.738

価格弾性値) をまとめた。

(5) ASF豚肉モデル中の変数名と需要・供給関数及び価格決定方程式の設計

1) 需要及び供給関数の設計

豚肉の需要及び供給関数を下記のように設計した（「補論」を参照のこと）。モデル中で使用する変数及びパラメータの定義は第4表及び第5表にまとめた。

[豚肉需要関数 (QC\$)]

$$\begin{aligned} \log(QC) = & QC\%CON \\ & + \log(POP) \\ & + QC\%GDPI * \log(GDPI/POP) \\ & + QC\%PP * \log(PP/CPI) \\ & + \log(Rqc) \end{aligned}$$

[豚肉供給関数 (QP\$)]

$$\begin{aligned} \log(QP) = & QP\%CON \\ & + QP\%LAG1 * \log(QP(-1)) \\ & + QP\%PP(-1) * \log(PP(-1)/GDPD(-1)) \\ & + QP\%PP(-2) * \log(PP(-2)/GDPD(-2)) \\ & + \log(Rqp) \\ & + \log(ASF_QP) \end{aligned}$$

[価格決定方程式 (PP\$)]

$$0 = QP + IM - EX - QC - ST + ST(-1)$$

PPは上記の需給バランスが成立する点に決定される。

2) 変数の定義

ASF豚肉モデル中の変数を第4表にまとめた。

3) パラメータの定義

ASF豚肉モデル中のパラメータを以下の第5

第4表 ASF豚肉モデル中の変数

分類	変数名	説明	属性
需給バランス	QP	生産量	内生
	IM	輸入量	外生
	EX	輸出量	外生
	QC	消費量	内生
	ST	在庫量	外生
価格	PP	生産者価格 (名目)	内生 (需給均衡)
マクロ経済	POP	人口	外生
	GDPI	GDP指数 (2010 = 100)	外生
	GDPD	GDPデフレーター ()	外生
	CPI	消費者物価指数 ()	外生
残差 (calibration由来)	log (Rqc)	残差項 (需要関数)	外生
	log (Rqp)	残差項 (供給関数)	外生
シナリオ	log (ASF_QP)	shock-factor項 (ASFによる生産量ショック)	外生

注：残差項及びシナリオ関連を除き、各変数値は「付属表」を参照のこと。

第5表 ASF豚肉モデル中のパラメータ

方程式	パラメータ名	説明	OLS推定又は当てはめの区別
QC\$ (豚肉需要関数)	QC%CON	定数項	計算 (第6表参照)
	QC%GDPI	需要の所得弾性値	当てはめ (Chen)
	QC%PP	需要の自己価格弾性値	当てはめ (Chen)
QP\$ (豚肉供給関数)	QP%CON	定数項	OLS
	QP%LAG1	供給の1期 (年) 前に対する自己弾性値	OLS
	QP%PP(-1)	供給の1期前の自己価格に対する弾性値	OLS
	QP%PP(-2)	供給の2期前の自己価格に対する弾性値	OLS

注 (1) (変数名) + \$ は当該変数 (被説明変数) に関する方程式を表す。

(2) ((変数A) % (変数B)) は、(A) に対する (B) の弾性値を表す。((変数A) % CON) は定数項である。

表にまとめた。

(6) パラメータ値の設定

第6表及び第7表はASF豚肉モデル中のQC\$及びQP\$に設定するパラメータ値をまとめたものである。

[豚肉需要関数 (QC\$)]

[豚肉供給関数 (QP\$)]

OLS計測期間：2000-2018

自由度調整済み決定係数Adjusted R2：0.95905

(7) calibrationとASF豚肉モデルの完成

前節におけるパラメータ値の設定の次のステップとして、残差項を設定するため、本モデルを予測期間のbenchmark (すなわちOECD-FAO

Agricultural Outlook (OECD-FAO, 2019)) 中の中国豚肉セクターの需給バランス及び均衡価格) をターゲットとするcalibrationを実施した。具体的にはモデルのrevert (第5章 (7) 参照) によりQC\$及びQP\$から残差項を算出する。なおcalibrationにおいてショック変数ASF_QP = 1は維持した。

この結果得られた残差項中のRqc及びRqpの値は以下の第8表のとおりである。

上記のRqc及びRqpをQC\$及びQP\$に外生変数として戻し、改めてASF豚肉モデルを予測期間 (2019-2028年) に関して解き、モデル中の内生変数 (QC, QP及びPP) の解がデータベース中の同期間の値と一致していることを確認した。この確認によりシナリオシミュレーション分析を行うための出発点となるASF豚肉モデルのbenchmarkバージョンが完成した。

第6表 豚肉需要関数におけるパラメータ値の設定

パラメータ	値	t-value	計測・当てはめの別
QC%CON	10.38232	-	下記(注)の方法により計算
QC%GDPI	0.483	-	当てはめ(Chen)
QC%PP	-0.738	-	当てはめ(Chen)

注：本関数中のパラメータQC%GDPI及びQC%PPを回帰分析ではなくChen論文中の計測値をセットで当てはめて設定しているため、QC%CONの設定は回帰の手法を使わず、2019年と2028年間のQCのbenchmark予測値、及び定数項と残差項を取り除いたQCSを利用して計算した。すなわち、定数項 $n = \log(QCn) - \log(Xn)$ (Xは定数項及び残差項を取り除いたQCSから計算した値である。また、nは予測期間中の各年を表す)。その後これら各年の定数項nの10年間の平均をQC%CONに設定した。

第7表 豚肉供給関数におけるパラメータ値の設定

パラメータ	値	t-value	計測・当てはめの別
PKQP%CON	2.40575	4.04442	計測
QP%LAG1	0.582110	6.67487	〃
QP%PP(-1)	0.124054	3.51649	〃
QP%PP(-2)	0.100914	2.25624	〃

注：残差項 $\log(Rqp)$ とshock-factor項 $\log(ASF_QP)$ が回帰分析に影響を発生させることを回避するため、OLSを実施するに当たってはあらかじめ全ての計測期間に $Rqp = 1$ 及び $ASF_QP = 1$ を設定した。

第8表 calibrationにより算出した残差項中のRqc及びRqp

年	Rqc	Rqp
2018	1.000	1.000
2019	0.999	1.000
2020	1.280	1.079
2021	1.281	1.056
2022	1.223	1.053
2023	1.134	1.052
2024	1.037	1.053
2025	0.947	1.586
2026	0.855	1.066
2027	0.766	1.076
2028	0.684	1.086

について、CAO(中国農業農村部, 2020)とUSDAのPSD Online Database(USDA, 2020b)及びAgricultural Projections(USDA, 2020a)の比較を行ったものである。

第10表は、第9表をベースに設定したASF発生による生産量へのショックをモデル中に組み入れるための両シナリオにおけるショック変数(ASF_QP)設定のベースとなるbenchmark予測値からの乖離率である。USDAシナリオはPSD Online database(USDA, 2020b)予測とAgricultural Projections(USDA, 2020a)予測を合成して作成した。すなわち2021年までは公表時期が新しくより精度が高いと考えられるPSD Online database予測のデータを使い、PSD Online database予測が存在しない2022年以降はAgricultural Projectionsの回復速度の傾向を当てはめた。

両シナリオともに2019年に始まる生産量への下押しショックの方向性は2020年が最も大きく、その後翌2021年から弱まるという点では同じである。かつ2020年のショックの規模は両シナリオ間にそれほど大きな差異はない。しかし、2022年度以降の回復パターンについては、CAOシナリオでは比較的早期の豚肉生産量の回復を見込ん

7. ASFシナリオの設定

続いてASF発生による生産量の減少の程度とその後の回復速度に関してCAO及びUSDAの予測をベースに二種類のシナリオを用意し、豚肉供給関数中のshock-factor項中のASF_QP値を設定した。

第9表はこれらのそれぞれの豚肉生産量のbenchmark予測値からの乖離の度合い(増減率)

第 9 表 CAO及びUSDA (PSD Online database及びAgricultural Projections) の豚肉生産量予測のbenchmark予測値からの乖離率

(単位：%)

予測年	CAO	USDA (PSD Online)	USDA (Agricultural Projections)
2019	▲ 17.1	▲ 17.2	▲ 9.4
2020	▲ 27.3	▲ 29.8	▲ 35.7
2021	▲ 9.2	▲ 24.5	▲ 39.3
2022	▲ 2.7		▲ 40.7
2023	▲ 1.6		▲ 39.5
2024	▲ 0.1		▲ 37.1
2025	0.9		▲ 34.5
2026	1.6		▲ 31.5
2027	2.1		▲ 28.0
2028	2.5		▲ 23.8

資料：USDA (2020a)「USDA Agricultural Projections to 2029」、USDA (2020b)「USDA PSD Online Database」、中国農業農村部 (2020)「中国農業見通し 2020-2029 (China Agricultural Outlook 2020-2029)」。

注：上記の数値は2020年6月時点で利用可能な予測であり、発表時期はUSDA Projectionsが最も古く(2020年2月)、続いてCAO(同年4月)の順で公表された。なおUSDA PSD Online databaseは常設データベースであり、最新の情報に基づき随時更新される。

第 10 表 CAOシナリオ及びUSDAシナリオにおけるshock-factor項中のASF_QP (ショック変数) 決定のためのbenchmark予測値からの乖離率の設定

(単位：%)

予測年	CAO シナリオ	USDA シナリオ	(参考) benchmark
2019	▲ 17.1	▲ 17.2	0.0
2020	▲ 27.3	▲ 29.8	0.0
2021	▲ 9.2	▲ 24.5	0.0
2022	▲ 2.7	▲ 23.2	0.0
2023	▲ 1.6	▲ 20.3	0.0
2024	▲ 0.1	▲ 16.8	0.0
2025	0.9	▲ 13.0	0.0
2026	1.6	▲ 8.6	0.0
2027	2.1	▲ 3.1	0.0
2028	2.5	2.9	0.0

注：第 9 表を基に作成。USDAは「PSD Online database」と「Agricultural Projections」を合成して作成。

でいる一方、USDAシナリオでは回復速度は遅く、予測最終年に回復することを想定している。これらに基づき両シナリオの下でのASF_QPを、

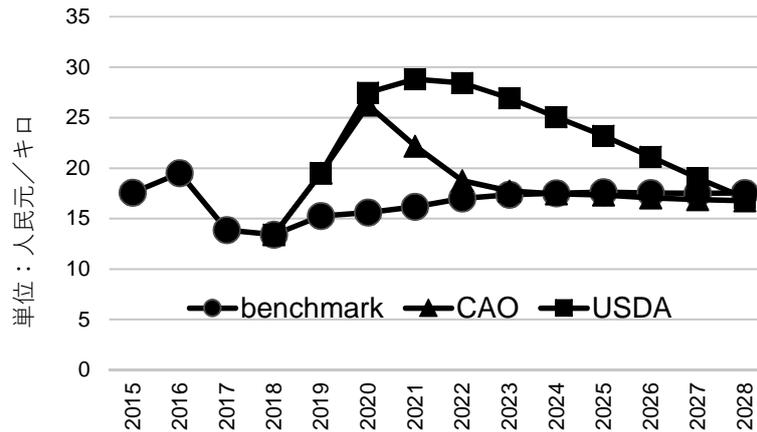
$$\text{ASF_QP} = (100 + (\text{第 10 表の乖離率})) / 100$$

により設定した。

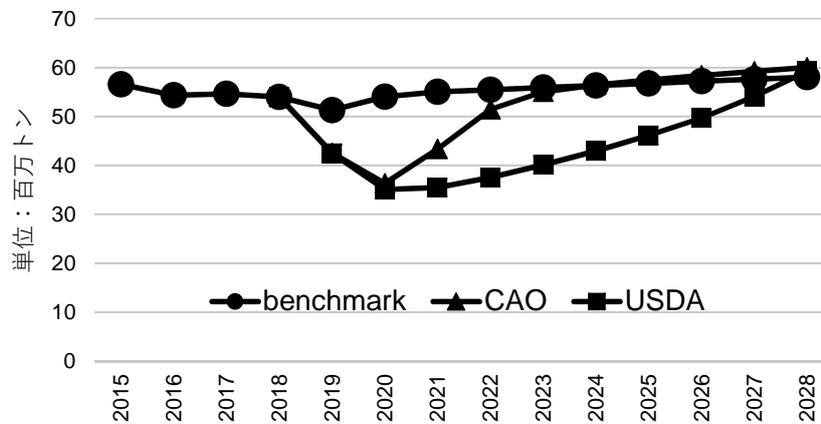
8. ASF豚肉モデルによるシナリオシミュレーションの予測結果

(1) 豚肉生産者価格 (PP) の予測

第 14 図は豚肉生産者価格のシナリオ別予測結果をまとめたものである。CAO、USDAいずれのシナリオでも予測期間当初に価格は急騰し、その後下落に向かう。CAOシナリオでは2020年に



第14図 シナリオ別豚肉生産者価格の予測



第15図 シナリオ別豚肉生産量の予測

26.2元/キロの天井をつけた後2021年から価格は下落に転じる。その後2022年以降も価格の下落が継続し2024年にはbenchmarkとほぼ同水準に下落する。一方、USDAシナリオでは、2022年に28.8元/キロに達した後、CAOシナリオに1年遅れて2022年以降下落に転じる。また、その後の価格の回復はより尾を引くものになり、シナリオ予測最終年の2028年にbenchmarkとほぼ同水準に下落する。なお予測期間中のbenchmarkからの最大の乖離（上昇）率は、CAOシナリオでは2020年（+68.2%）、USDAシナリオでは2021年（+78.2%）である。

（2）豚肉生産量（QP）の予測

第15図は豚肉生産量のシナリオ予測をまとめたものである。CAOシナリオの生産量回復速度は速く、2024年にはbenchmarkとほぼ同水準に回復した後、2025年以降はbenchmarkを僅かに

上回る水準で推移する。一方、USDAシナリオにおける生産量もCAOシナリオと同様2021年から回復が始まるが、その回復速度はCAOシナリオに比較すると緩やかなものとなり、benchmark水準まで生産量が回復するのはシナリオ予測最終年の2028年である。なお予測期間中のbenchmarkからの最大の乖離（下落）率は、CAOシナリオでは2020年（▲32.8%）、USDAシナリオでは2021年（▲35.5%）である。

9. ASF発生の影響による中国の大豆輸入量のシナリオ予測

（1）大豆に関する分析の目的と課題の設定

中国におけるASFの発生は中国国内の豚肉マーケットにとどまらず、全世界の各種農産物マーケットにも広汎にその影響が波及する。

発生が考えられる影響を列举すると、まず豚肉

に関しては、中国国内で豚の大量と殺により飼養頭数が減少し豚肉の供給量が減少することから豚肉価格が高騰する。代替品としての牛肉や鶏肉への需要が増加し、その結果これらの価格も上昇する。国内の豚肉供給量の減少の影響を和らげるための豚肉の輸入量が増加する。この輸入量の増加は豚肉の国際価格を上昇させる。代替品の牛肉や鶏肉の国内生産量や輸入量の増加が発生する。食肉輸入量の増加はこれらの国際価格の上昇をもたらす。そして国際価格の上昇というマーケットからのシグナルに反応し、主要な食肉輸出国で食肉の生産量が増加する。

投入 (input) としての飼料の観点から見ると、豚飼育頭数の減少に伴い配合飼料に対する需要が減少する。配合飼料の主な成分はトウモロコシ等家畜のエネルギー源としての炭水化物を含む穀物、及びタンパク質を含むオイルミールやフィッシュミールであり、ASFの発生はこれらのプロテインミールに対する需要の減少と価格の低下をもたらす。大豆圧搾業者はこの事態に対応するため大豆の圧搾を調整する必要がある。この調整により大豆ミールと配合飼料の価格が上昇するので、他の畜産物等⁽¹⁴⁾の生産コストも増加する。

一方、中国にとって大豆は単に豚の飼料としてのみならず、家庭での調理や食料品の製造に必要な大豆オイル (油) の原料としてその重要性は大きい。ASFの影響により大豆ミールに対する飼料需要が減少すれば、圧搾業者はそれに対処するため圧搾を減少させるが、その結果食用オイル中の重要な部分を占める大豆オイルの生産量も減少する。この生産量の減少により食用オイル全般の国内価格が上昇し、大豆以外の油糧種子の生産やパームオイル等食用オイルの製品輸入を刺激する。

大豆圧搾の減少は大豆に対する需要の減少をもたらす。現在中国は圧搾用大豆の供給をほぼ全て海外からの輸入に依存しており。全世界の輸入量の約6割のシェアを占める世界最大の大豆輸入国であることから、中国の大豆の輸入量の減少はその国際価格の低下をもたらす。

日本も大豆の国内供給量の大部分を輸入に依存しており、大豆の国際マーケットの動向は重要な関心事項である。したがって前章までのASFの

発生が中国の豚肉マーケットにもたらす影響予測の結果を踏まえ、本章ではそれから波及する大豆の国際マーケットへの影響評価を試みる。具体的にはex-post分析を利用し、中国に豚肉生産量の減少が同国の大豆輸入量をどの程度減少させるかについての定量的評価を試みる。

なお、マーケットにおいて相互に密接に影響しあう大豆ミール、大豆オイル及び大豆 (粒) をまとめて、以下「大豆コンプレックス」と呼ぶことにする。

(2) 分析の視点

分析に際しては、相互に関連する大豆コンプレックスのマーケットの特徴に鑑み、まず前章における豚肉生産量のシナリオ予測結果に基づき予測期間中の各年について大豆圧搾量のbenchmark圧搾量からの減少率 γ (%)を求める。次にこの γ を利用して各シナリオにおける大豆輸入量の予測を行う。

(3) γ (大豆オイルセクターを考慮に入れた benchmark圧搾量からの減少率) の計測

1) 販売、コスト及び利益のミールとオイルへの要因分解

圧搾業者は大豆を輸入して圧搾し、製品として大豆ミール及び大豆オイルを販売することにより圧搾による付加価値、すなわち利益を得ている。このため、 γ の決定に当たっては大豆ミールのみならず大豆オイルのマーケットも考慮する必要がある。

ここではコスト中の人件費等その他の経費を捨象し、圧搾利益 (輸入大豆1単位当たり) が大豆コンプレックスのマーケットにおいて以下の式で決定されるものとする。

$$\begin{aligned} \text{圧搾利益} = & [\text{ミールの販売額}((\text{ミール価格}) * (\text{ミール抽出率 (0.79)}))] \\ & + [\text{オイルの販売額}((\text{オイル価格}) * (\text{オイル抽出率 (0.18)}))] \\ & - [\text{コスト}((1.0) * (\text{輸入大豆の価格}))] \end{aligned}$$

すなわち圧搾業者の圧搾に関する意思決定は、上記の圧搾利益、つまりミール及びオイル販売利

益の合計から輸入大豆のコストを減じて得る利益に基づき行っていると考えられる。したがって γ を計測するためには上記の圧搾利益をミールから生じる利益とオイルから生じる利益に要因分解する必要がある。

販売額はミールとオイルに要因分解できるが、コスト及び利益は既存のデータから要因分解はできない。しかし、本節の分析の目的を考慮すれば、上記の利益においてミールから発生する利益と、オイルから発生する利益を何らかの方法で要因分解する必要がある。そのための方法を考え、以下の第11表のような概念の整理を行った。

$A = 0.79 \times \text{SMPP}$ (大豆ミール価格), $B = 0.18 \times \text{SLPP}$ (大豆オイル価格), $X = \text{SBIMP}$ (輸入大豆価格)であり、これらはデータベース(付属表)から計算できる。一方、 β は全コストに占めるミールの割合であり、データベースからは得られない。しかし、本分析において β を設定することにより、benchmark状態のミールに起因する利益は $A - \beta \times X$ 、オイルに起因する利益は $B - (1 - \beta) \times X$ と要因分解することができる。ここではミールとオイルのコストはそれぞれの販売額の割合と同じ割合の配分と考えることとする。すなわち、

$$\beta = A / (A + B) \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

2) 圧搾業者の意思決定のメカニズム

a を前章のシミュレーション結果における豚肉生産量のbenchmarkからの減少率(%)とする。ASF発生に対する初動反応として、まず圧搾業者はミールが供給超過にならないようミールの生産量も豚肉生産量と同様に a 分を減少させることを考えるであろう。しかし、このことにより圧搾業者の損失(利益の減少)は、ミール由来の利益

の減少である $(a/100) \times (A - \beta \times X)$ にはとどまらない。 a は同様にオイルの生産量も減少させるので、圧搾業者の損失はミールの損失に加えオイルからの損失、すなわち $(a/100) \times (B - (1 - \beta) \times X)$ も加わる。このため総損失額は $(a/100) \times (A + B - X)$ となる。圧搾業者はオイルの存在も併せて考えると当初の想定以上の損失を被ることになる。

この場合、圧搾業者はここまでの損失を被ることには耐えられず、 a の規模を縮小し損失を一定範囲内に収めること、すなわちオイルの存在を考慮した新たな圧搾量の減少率 γ (%)の設定を考えるであろう。この意思決定は圧搾業者の経営戦略に関わることであり、一概には言えないが、例えば、次のような意思決定を行うことを考える。

ASFはいわば天災等の自然災害にも例えることができるような事象であるから、ミールから発生する利益の損失は仕方がないとして諦めることができるが、それ以上の損失を許容することはできない、と考えることを想定する。この場合、

$$\begin{aligned} & (\gamma/100) \times (A + B - X) \\ & = (a/100) \times (A - \beta \times X) \dots \dots \dots \textcircled{2} \end{aligned}$$

②に①で設定した β を代入して整理すると、

$$\gamma = a \times (A / (A + B)) \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

すなわち γ は豚肉生産量の減少率 a を、 $(A / (A + B))$ つまり総販売額に占めるミールの割合に応じて圧縮したものとなる。

ただし実際のマーケットでは、圧搾業者は圧搾量の減少率を γ に調整しても許容範囲の総損失額、すなわち $(a/100) \times (A - \beta \times X)$ を実現できるとは限らないことに留意する必要がある。 γ の下ではミールの生産量減少幅が豚肉生産量の減少幅(= a)より縮小することによりミールのマーケットは供給過剰になる反面、オイルのマーケットには圧搾率の低下による供給不足が発生する。実際のマーケットではこのようなミールとオイルの間の綱引き効果が発生し、両者の規模次第では損失が想定外に拡大したりあるいは縮小したりする可能性がある。しかし、このex-post分析の枠

第11表 大豆圧搾に関する販売、コスト及び利益の概念

	ミール	オイル	全体
販売	A	B	A+B
コスト	$\beta \times X$	$(1 - \beta) \times X$	X
利益	$A - \beta \times X$	$B - (1 - \beta) \times X$	A+B-X

注：それぞれのセル内の値は2次元(シナリオ、年)の属性を持つ。ただし β は各年において定数である。

組みではこのような事象を分析することは不可能であり、発生する可能性があることを指摘するととどめる。

γ の計算結果を第12表に示す。

(4) シナリオ別大豆輸入量の予測の考え方

(3) で計測した γ はASFに起因する圧搾業者のCAO, USDA各シナリオの下でのbenchmark予測からの圧搾量の減少率(%)である。配合飼料中に大豆ミールが一定の割合で含まれていること(第2章(2))から、大豆の輸入量も γ に対応して減少する。しかし、ここで注意しなければならないのは、配合飼料は養豚のみならず、他の畜産物や養殖魚介類向けにも利用されており、養豚セクター向け配合飼料生産量はASFに伴う大量と殺の結果としての需要の喪失という打撃を受けるが、他の畜産物等セクター向け配合飼料生産量には影響は発生しないと仮定する。このため各シナリオ別大豆輸入量の予測に際しては、その内訳の養豚用途と他の畜産物等の用途に分割して考える。

一方、この分割に必要な配合飼料に関するデータは、OECD-FAO(2019)は配合飼料を対象としたデータベースの整理や予測を実施していない。このため配合飼料の各畜産物等向け用途別生産量は(中国)全国飼料工業協会のデータを利用

する。

具体的には、中国の大豆輸入量(SBIM)のbenchmark予測を豚肉用とその他畜産物等用に分割する。ASFの影響を受ける豚肉用に関しては前章で得た γ を利用してCAO, USDA両シナリオの下でのシナリオ予測を行う。一方、他畜産物等用の大豆輸入量については大豆のbenchmark輸入量の一部として計測し、各シナリオの影響を受けないものとする。この結果、ASF各シナリオ別の大豆輸入量は両者の合計として予測できる。すなわち、

(SBIM\$ (大豆輸入量方程式))

各シナリオ別SBIM予測

$$= (\text{各シナリオ別の養豚向け大豆輸入量の予測}) + (\text{その他畜産物等用向けのbenchmark大豆輸入量予測 (シナリオには影響を受けない)})$$

シナリオ別のSBIMの予測は、具体的には以下の手順を踏んで行う。

- ① 中国のデータ中には配合飼料の用途別生産量は実績値として存在するが、予測期間については存在しない。このため、予測期間中の

第12表 大豆圧搾量のbenchmarkからの減少率 (γ)

(単位: %)

	ASFによる豚肉生産量の減少率 (%)			圧搾業者がオイルの存在を考慮して決定する圧搾率の減少率 (%)			総販売額に占めるミールの割合 (β)
	(a)			(γ) = (a) * (β)			
	benchmark	CAO	USDA	benchmark	CAO	USDA	
2019	0.0	▲ 17.1	▲ 17.2	0.0	▲ 11.2	▲ 11.2	0.65
2020	0.0	▲ 32.8	▲ 35.2	0.0	▲ 21.2	▲ 22.7	0.65
2021	0.0	▲ 21.2	▲ 35.5	0.0	▲ 13.6	▲ 22.7	0.64
2022	0.0	▲ 7.2	▲ 32.3	0.0	▲ 4.6	▲ 20.6	0.64
2023	0.0	▲ 1.5	▲ 28.2	0.0	▲ 1.0	▲ 17.9	0.63
2024	0.0	0.3	▲ 23.7	0.0	0.3	▲ 15.0	0.63
2025	0.0	1.2	▲ 18.8	0.0	1.2	▲ 11.9	0.63
2026	0.0	2.1	▲ 13.1	0.0	2.1	▲ 8.3	0.63
2027	0.0	2.8	▲ 6.1	0.0	2.8	▲ 3.8	0.63
2028	0.0	3.4	2.2	0.0	3.4	2.2	0.63

注: 各シナリオの下では予測期間の後半にASFの影響から回復するが、豚肉生産量がbenchmarkを上回る年には圧搾による損失は生じない。この場合圧搾率の調整は必要ないため、 $\gamma = a$ としている。

用途別生産量は基準年から目標年に至る予測期間中にかけてデータベース中の各畜産物等の生産量の増加速度に比例すると考えることとする。

- ② 配合飼料生産量データの直近の実績値の平均（すなわち 2015-17 年の平均値。後述の第 13 表を参照のこと）を利用して、配合飼料の用途別生産量の予測のための基準値（発射台）を 2018 年に設定する。
- ③ ②に①を当てはめ、予測期間中についての配合飼料の各用途別生産量を予測する。
- ④ ③の結果を「養豚向け」と「その他畜産物等向け」に分割し、それぞれの全配合飼料生産量に占めるシェアを求める。
- ⑤ ④の結果をSBIMに当てはめ、benchmark 予測を「養豚用」と「その他畜産物等用」に分離する。
- ⑥ 「養豚用」については γ を基に各シナリオ別の予測を行う。「その他畜産物等用」は各シナリオの影響を受けない。したがってそれぞれの養豚用配合飼料生産量のシナリオ予測に⑤の「その他畜産物等用」benchmark 予測を加え上記のSBIM\$を計算すれば、その結果が各シナリオ別の全大豆輸入量の予測結果となる。

（5）用途別配合飼料生産量の実績値データ

第 13 表に「(中国) 全国飼料工業協会」の刊行する「全国飼料工業統計資料」の各年版から抽出した各畜産物等用途別の配合飼料生産量実績値のデータをまとめた。

上記のデータは資料の制約から 2017 年が最新のものである。このため、配合飼料の用途別生産量の直近の利用可能な直近の 3 年平均、すなわち 2015-17 年の平均を手順②の基準年の 2018 年に設定し、手順①の考え方により「付属表」のデータベースを利用して 2019-2028 年の配合飼料の用途別生産量の予測を行った。なお「その他」については、全生産量に占めるシェアが微小（全期間で 2% 程度）であり、また、投与対象が不明であることから、以下の計算では捨象することとした。

（6）大豆輸入量のbenchmark予測の「豚肉向け」と「その他畜産物等向け」の分割

第 14 表は手順③～④を実施し、配合飼料全生産量benchmark予測中に占める「豚肉」と「その他」のシェアを計算したものである。第 13 表からこのシェアの実績値を計算すると、2013 年以降豚肉向けのシェアは 2018 年まで 4 割強で推移しているが、予測期間中もおおむねこの割合で安定的に推移すると見込まれる。

第 13 表 中国における配合飼料の各畜産物等用途別配合飼料生産量の推移

(単位：百万トン)

年	配合飼料 生産量合計	うち：					
		豚 肉	鶏 肉	鶏 卵	養殖魚介類	反すう動物	その他
2007	123.3	40.0	36.6	25.2	13.3	5.7	2.6
2008	136.1	45.8	42.1	26.1	13.4	5.7	3.0
2009	148.1	52.4	44.8	27.6	14.6	5.9	2.8
2010	162.0	59.5	47.4	30.1	15.0	7.3	2.8
2011	180.6	68.3	52.8	31.7	16.8	7.8	3.2
2012	194.5	77.2	55.1	32.3	18.9	7.8	3.2
2013	193.4	84.1	49.5	30.4	18.6	8.0	2.9
2014	197.3	86.2	50.3	29.0	19.0	8.8	4.0
2015	200.1	83.4	55.2	30.2	19.0	8.8	3.5
2016	209.2	87.3	60.1	30.0	19.3	8.8	3.7
2017	221.6	98.1	60.1	29.3	20.8	9.2	4.0
2015-17 平均	210.3	89.6	58.5	29.9	19.7	9.0	3.7

資料：(中国) 全国飼料工業協会「全国飼料工業統計資料」(2007 年～ 2017 年) を基に筆者作成。

注：「反すう動物」は、乳牛、肉牛、羊、ヤギを含む。

第 14 表 畜種別配合飼料生産量予測及び「豚肉」向けと「その他」向けのシェア

(単位：百万トン (生産量) 及び% (シェア))

	各畜種別配合飼料生産量の予測					生産量に占めるシェア	
	豚肉	鶏肉	鶏卵	養殖魚介類	反すう動物	豚肉	その他
2018	89.6	58.5	29.9	19.7	9.0	43.4	56.6
2019	85.1	61.9	30.2	20.1	9.1	41.3	58.7
2020	89.7	62.6	30.4	20.4	9.2	42.3	57.7
2021	91.3	63.3	30.5	20.7	9.3	42.5	57.5
2022	92.1	64.0	30.7	21.2	9.4	42.4	57.6
2023	92.8	64.7	30.9	21.7	9.5	42.2	57.8
2024	93.5	65.5	31.1	22.5	9.6	42.1	57.9
2025	94.2	66.2	31.3	23.0	9.7	42.0	58.0
2026	94.9	66.9	31.5	23.6	9.8	41.9	58.1
2027	95.6	67.6	31.7	24.1	9.9	41.8	58.2
2028	96.3	68.3	31.9	24.7	10.0	41.7	58.3

注：「反すう動物」の生産量は、以下の計算式により計算。

$$\text{反すう動物生産量} = \text{牛肉生産量} + \text{羊肉生産量} + 0.126 \times \text{生乳生産量 (水分を除いた乳固形成分)}$$

続いて手順⑤により、大豆輸入量のbenchmark予測を「豚肉向け」と「その他向け」に振り分けたものが以下の第 15 表である。

(7) シナリオ別全大豆輸入量 (SBIM) の予測
全大豆輸入量のbenchmark予測が完成し、ASF発生の影響によるシナリオ予測の準備が整ったので各シナリオ別に全大豆輸入量の予測を行った。具体的には手順⑥により第 15 表のbenchmark予測中の「豚肉向け」と第 12 表中の γ を用いて各シナリオ別に「豚肉向け」大豆輸入量を予測し、それぞれに第15表中の「その他向け」大豆輸入量を合計しシナリオ別全大豆輸入量を予測した。

第 16 表を用いてシナリオ別全大豆輸入量の予測をグラフ化したのが第 16 図である。

いずれのシナリオの下でも全大豆輸入量の減少率は豚肉生産量の減少率 (α) ほど大きくはない。その理由は、①圧搾業者はミールマーケットのみを見ているわけではなく、オイルマーケットからの利益も考慮し、ASFに起因する配合飼料需要すなわちミール需要の減少程度に対応した圧搾率まで圧搾を縮小させないこと、に加え②オイルミールを原料として生産する配合飼料の約 4 割強が養豚用であり、残りは養鶏や養殖魚介類等その他の畜産物等の飼料として利用されていること、そしてこれらの複合効果が、全大豆輸入量の減少

第 15 表 大豆輸入量の実績 (2018 年まで) と benchmark 予測 (2019-2028 年) 及びその内訳

(単位：百万トン)

	全輸入量	うち：	
		豚肉向け	その他向け
2015	83.2		
2016	93.5		
2017	94.2		
2018	91.4		
2019	95.2	39.3	55.9
2020	96.3	40.7	55.6
2021	97.7	41.5	56.2
2022	99.1	42.0	57.1
2023	100.7	42.5	58.2
2024	102.2	43.0	59.2
2025	103.7	43.5	60.2
2026	105.3	44.1	61.2
2027	106.9	44.6	62.2
2028	108.5	45.2	63.3

資料：OECD (2019) 「OECD Agricultural Outlook 2019 - 2028 Database」、(中国) 全国飼料工業協会「全国飼料工業統計資料」(2015年～2017年)、を基に筆者作成。

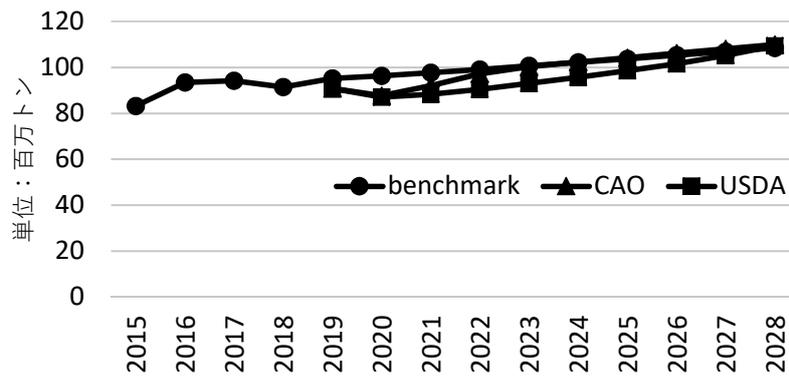
の程度を豚肉生産量の減少の程度に比較して小規模にとどめるためである。

CAOシナリオでは、予測期間中で全大豆輸入量がbenchmarkから最も減少するのは 2020 年であり、その減少率は▲ 9.0%、減少量は▲ 860 万トンである。2021 年から輸入量は増加に転じ、2024 年以降は小幅ではあるがbenchmarkを上回

第 16 表 シナリオ別全大豆輸入量の予測

(単位：百万トン，%)

	全輸入量	その他向け大豆輸入量	γ (圧搾量の減少率)		シナリオ別豚肉向け大豆輸入量			シナリオ別全大豆輸入量		
			CAO	USDA	benchmark	CAO	USDA	benchmark	CAO	USDA
2015	83.2							83.2		
2016	93.5							93.5		
2017	94.2							94.2		
2018	91.4							91.4		
2019	95.2	55.9	▲ 11.2	▲ 11.2	39.3	34.9	34.9	95.2	90.8	90.8
2020	96.3	55.6	▲ 21.2	▲ 22.7	40.7	32.1	31.5	96.3	87.7	87.1
2021	97.7	56.2	▲ 13.6	▲ 22.7	41.5	35.9	32.1	97.7	92.1	88.3
2022	99.1	57.1	▲ 4.6	▲ 20.6	42.0	40.0	33.3	99.1	97.2	90.5
2023	100.7	58.2	▲ 1.0	▲ 17.9	42.5	42.1	34.9	100.7	100.3	93.1
2024	102.2	59.2	0.3	▲ 15.0	43.0	43.1	36.6	102.2	102.3	95.8
2025	103.7	60.2	1.2	▲ 11.9	43.5	44.1	38.4	103.7	104.3	98.6
2026	105.3	61.2	2.1	▲ 8.3	44.1	45.0	40.4	105.3	106.2	101.6
2027	106.9	62.2	2.8	▲ 3.8	44.6	45.9	42.9	106.9	108.1	105.2
2028	108.5	63.3	3.4	2.2	45.2	46.7	46.2	108.5	110.0	109.5



第 16 図 シナリオ別全大豆輸入量の予測

る水準の大豆を輸入すると見込まれる。

一方、USDAシナリオでは、benchmarkから最も減少するのはCAOシナリオに1年遅れる2021年であり、その減少率は▲9.6%、減少幅は▲940万トンである。2022年から輸入量は増加に転じるが、その回復速度はCAOシナリオより大幅に遅く、benchmark水準を回復するのは予測最終年の2028年であり、2027年まではbenchmark水準を下回って推移するとみられる。

なお参考まで、データベース中の基準年(2016-18年平均)における全世界の大豆輸入量は1億5,080万トン、うち中国は世界最大の輸入国であり、輸入量は9,300万トンで全世界輸入量の62%のシェアを占めている。世界第二位の大豆輸入国であるEU(英国を除く)の輸入量は1,320万トン、

そして日本の輸入量は320万トンであり(OECD, 2019)、CAO、USDAいずれのシナリオでも、最も輸入量が減少する年には日本の基準年の輸入量を超える輸入量の減少が見込まれる。このようにASFの発生に起因する中国の大豆輸入量の減少により、国際大豆マーケットに少なからぬ影響が生じると考えられる。

10. おわりに

(1) 本稿の分析のあらまし

以上、中国におけるASFの発生対策としての大量の豚の殺処分による豚肉生産量の減少が、今後の中国及び国際マーケットに及ぼす影響を10年後まで逐年的に見通すことを目的として2種類

のシナリオ予測と予測結果の考察を行った。

第1－4章では本分析の動機、ASFの発生から現在に至る推移と現状、中国の豚肉及び大豆需給の推移及び現状、養豚業の発展と直面する課題、ASF発生とその影響、中国、米国やOECD-FAO等による現段階での今後の見通し等に関する定性的面での整理を行った。

第5章では本稿の分析手法である部分均衡モデルとシミュレーションの経済理論上の枠組みを述べ、その手法の中核をなすcalibrationについて特に詳しい説明を行った。

第6－8章では豚肉生産量へのショックを組み込むことが可能な部分均衡モデルであるコンパクトな設計のASF豚肉モデルを開発し、ASFの発生が中国の豚肉セクターに及ぼす今後の影響に関する考察を実施した。すなわち中国政府と米国政府のそれぞれの予測に基づく2種類のシナリオ、すなわち中国の養豚業が早期に回復するという「楽観シナリオ(CAO)」と、その対照をなす養豚業の回復が遅れるという「悲観シナリオ(USDA)」を設定し、上記のモデルを用いて今後10年程度についての中国の豚肉マーケットに生じる影響予測を行い、それらの比較を通じてASFの発生による今後の影響を定量的に検証した。

第9章では第8章の各シナリオ別豚肉生産量の予測結果を利用し、圧搾業者のミールとオイルの両方に配慮した意思決定メカニズムに関し、幾つかの仮説を設定した上でex-post分析により各シナリオ別に中国の大豆輸入量を予測した。

(2) 考察及び今後の展望

現在中国の大豆輸入量の世界シェアは約6割、豚肉も世界第一位の輸入国である。本稿は豚肉や大豆の国際マーケットに大きな影響力を有する中国において発生したASFによるショックの影響、及びそこから波及する大豆の国際マーケットへの今後10年程度の影響分析及び評価を試みたものであるが、これらに関する考察、問題点及び今後の展望について述べることにしたい。

まず、第9章の分析では、ASFモデルの予測結果を使ってのex-postの分析のため、中国の大豆輸入量の減少からその後更に波及する国外の

マーケットの反応、すなわち①中国の大豆輸入量の減少がもたらす大豆の国際価格の下落、②飼料コストの下落による世界的な畜産物への生産刺激効果、③その結果発生する各国の畜産物供給増加による価格の下落が消費者にもたらす消費刺激効果等、中国におけるASFの発生がもたらす世界的な畜産物及び飼料農産物マーケットへの様々な波及の影響分析には至っていない。同様に、大豆中のもう一つの重要な成分である大豆オイルの生産量の減少から発生する植物油マーケットへの波及の影響分析も実施していない。つまり大豆オイルの生産量の減少までは分析したが、以降の大豆オイル価格の上昇、大豆オイル消費量の減少と代替品であるパームオイルの需要増加等の波及効果の分析までには至っていない。以上のような様々な波及効果を分析するためにはASF豚肉モデルとex-post分析の組合せでは不十分であり、ASF豚肉モデルの拡張や大豆コンプレックスセクターを総合的に分析するための新たなモデルの開発が必要不可欠であるが、これらを実施するためには更なる大幅なリソースの追加が必要となることから今回は捨象した。しかし、今後の研究ではこれらの波及効果も考察し可能な限り分析対象に組み込んでいくことが望ましい。

一方、モデルの拡張には技術的な問題点も多い。まずモデルの挙動に関し重要な各方程式の弾性値を限られた時系列データを基にOLSで計測し、その後それらの統計的な検定を行うと有意性を確認できない場合も多々ある。しかし、そこで立ち止まるとモデルの構築が不可能になるため、このASF豚肉モデルでは、まずOLSによる計測を可能な限り実施し、やむを得ない場合に限り次善の策として既存の研究成果中からの弾性値を借用した。今後データ収集の努力や定式化の工夫によって、信頼度の高い弾性値を含む方程式を推計しその適用を考えていくことが課題である。

最後に農産物マーケットの現状分析及び将来見通しの研究に関する重要な問題点を指摘したい。それは現実のマーケットとそれらを対象とする研究の間の時間の乖離である。すなわち現実は一瞬と変化していくので、時間の経過とともに分析が変化のスピードについていけなくなり急速に陳腐化する可能性がある。茅野(2006)は「……こ

これらの研究が少ないのは必ずしも学者の怠慢とばかりはいえない。むしろ、世界情勢と我々の世界観の移り変わりが早すぎて、アカデミックな研究がそれについていけないのである」と指摘している。本研究を含むマーケットを対象とした研究の目的は、十分な根拠に基づいた将来見通しを食料・農業関連産業、及び各国政府中の政策担当部門等における意思決定者（stakeholders）へ提供し彼らの意思決定に貢献するためであり、今後この目的に沿った適切なシナリオ設定とスピード感を持った研究を実施していく必要がある。

注(1) 部分均衡モデルは特定の財・部門の市場均衡のみを対象とするモデルである。時間の経過を考慮せず、理論的な均衡状態だけを考える、あるいはある1時点のみの均衡を考えるモデルは静態（static、あるいはsnapshot）部分均衡モデル、現在から将来のある時点に至るまで時系列の変化（農業セクターを対象とするモデルでは多くの場合逐年だが、四半期別や月別の場合もある）を考慮するモデルは動態（dynamic）部分均衡モデルと呼ばれる。一方、全ての財・部門の市場需給均衡を対象とするのがCGE（Computable General Equilibrium＝応用一般均衡）モデルである。

(2) IFPRI (International Food Policy Research Institute) は1975年に設立された国際研究機関であり、開発途上国における飢餓と栄養不足の減少の政策的解決法を提言することを目的としている。

<https://www.ifpri.org/about>

(3) GTAP (Global Trade Analysis Project) モデルは、国際貿易研究プロジェクトにより、1992年に米パーデュー大学のHertel教授らを中心に開発されたCGEモデルである。なお本モデルは有料で公開されている。

<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/>

(4) 注(1)参照。

(5) CARD (Center for Agricultural and Rural Development) は米アイオワ州立大学に設置された全世界、米国及び各州レベルを対象とした農業経済及び農業政策の研究所である。

<https://www.card.iastate.edu/about/>

(6) WTO譲許税率は、WTO協定において、WTO加盟国・地域が他の加盟国・地域に対して一定率以上の関税を課さないことを約束（譲許）している関税率の上限のことであり、WTO加盟国は一方的に関税率の引上げや撤回はできない。また、各種工業製品及び農産物等の輸入時の譲許税率を列記したものを譲許表という。

(7) 輸入禁止的な国境措置が存在する場合、例えば、関税割当制度の下で枠外関税率が極めて高率に設定されている場合等において、国内価格は国内での需給均衡により決定され国際価格の影響を受けない場合もある。

(8) 大規模モデル専用のソフトウェアとして代表的なものには、OECDが利用しているGAMS、FAOが利用しているTROLLが挙げられる。

(9) パラメータとは、モデル中の各方程式に含まれる変数以外の全ての数値である。

(10) CAPRIは数理プログラミングモデルで、様々な生産資材コストと生産者価格を前提条件として設定した上で生産者が利益を最大化する場合に発生する生産量の変化を把握することを目的としている。

(11) EU-JRC (European Union Joint Research Center＝EU統合展望研究センター) はEUの政策立案に貢献するために設立された研究機関であり、社会科学及び自然科学に関する幅広い知見をベースに、EU社会経済に関する将来展望を実施している。研究拠点はEU域内に分散しており、農業部門の研究センターはスペイン王国セビリア市に設置されている。

(12) ESIMIはEU委員会が毎年12月に公表する「EU Agricultural Outlook」の作成のたたき台として、EU-JRCが開発した逐年動態部分均衡モデルである。CAPの実態に応じ政策のモデルへの組み込みを詳細に行い、CAPの変更から発生するマーケットへの影響を評価することを主な目的としている。

(13) モデルの完全な形での公表とは、データベース、方程式、パラメータ及びplatform（モデルを解くためのソフトウェア）上のプログラムの全てを公表し、ユーザーがplatformのライセンスを有する場合直ちにモデルを解くことが可能な状態で提供することを意味する。

(14) 「畜産物等」は畜産物及び養殖魚介類を表す。

【引用文献】

- Adenauer, M. (2005) “CAPRI versus AGLINK-COSIMO, Two partial equilibrium models—Two baseline approaches.” *12th Congress of the European Association of Agricultural Economists*, <https://core.ac.uk/download/pdf/6332880.pdf> (2020年10月9日アクセス)
- Board, S. (2009) “Partial Equilibrium: Positive Analysis.”. *Department of Economics, UCLA*, http://www.econ.ucla.edu/sboard/teaching/econ11_09/econ11_09_lecture6.pdf (2020年11月4日アクセス)
- Canova, F. and Ortega, E (1996) “Testing Calibrated General Equilibrium Models.”, *Oxford University Press, UK*, <https://repositori.upf.edu/bitstream/handle/10230/324/166.pdf?sequence=1>

- (2020年11月4日アクセス)
 CARD (2019) “Impacts of African Swine Fever on US and World Commodity Markets.”, *Agricultural Policy Review*, Iowa State University,
https://www.card.iastate.edu/ag_policy_review/article/?a=101
- (2020年10月12日アクセス)
 CARD (2020) “Impacts of African Swine Fever in Iowa and the United States,” *Working Paper 20-WP600*., Iowa State University,
<https://www.card.iastate.edu/products/publications/synopsis/?p=1300>
- (2020年10月8日アクセス)
 CFI (2020) “Difference between scenario analysis and sensitivity analysis.”,
<https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/modeling/scenario-analysis-vs-sensitivity-analysis/>
- (2020年12月8日アクセス)
 Chen, D., Abler, D., Zhou, D., Yu, X., and Thompson, W. (2016) “A Meta-analysis of Food Demand Elasticities for China”, *Applied Economic Perspectives and Policy*, 38 (1):50-72.
- Mason-D’Croz, D., Bogard, J., Herrero, M., and Robinson, S. (2020) “Modelling the global economic consequences of a major African Swine fever outbreak in China.”, *Nature Food* (1):222-228,
<https://www.nature.com/articles/s43016-020-0057-2>
 (2020年11月4日アクセス).
- EU (2019) “EU Agricultural Outlook 2019-2030”,
https://ec.europa.eu/info/news/eu-agricultural-outlook-2019-2030-societal-demands-driving-food-market-developments-combining-affordability-sustainability-and-convenience-2019-dec-10_en
 (2019年12月14日アクセス)
- EU-JRC (2014) “Calibrating the CAPRI and ESIM models to the mid-term commodity market outlook of the European Commission.”, *JRC Technical Reports*. Seville,
https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/JRC72882_Calibration_report_CAPRI_ESIM.pdf
- (2020年11月2日アクセス)
 EU-JRC (2015) “Documentation of the European Commission’s EU module of AGLINK-COSIMO modelling System.”,
<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC92618/jrc92618%20online.pdf>
 (2020年10月9日アクセス)
- FAO (2014) “Introduction to AGLINK-COSIMO Model - Medium Term Projections.”,
http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/2014_events/AGLINK-COSIMO_workshop_10-11_Nov_2014_Rome/AGLINK-COSIMO_GBEP_November_Workshop.pdf
 (2020年10月12日アクセス)
- FAO (2020) “FAOSTAT Food Balance Sheet Database.”,
<http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBSH/>
 (2020年4月7日アクセス).
- FAO (2020) “ASF Situation in Asia Update.”,
http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/empres/ASF/Situation_update.html
 (2020年10月12日アクセス)
- Gould, B. (2002) “Household Composition and Food Expenditures in China”, *Agribusiness*, 18 (3) : 387-402.
- Goulder, L., Shoven, J. and Walley, J. (1982) “Domestic Tax Policy and the Foreign Sector: The Importance of Alternative Foreign Sector Formulations to Results from a General Equilibrium Tax Analysis Model.”, *NBER Working Papers 0919*, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA, USA,
https://www.nber.org/system/files/working_papers/w0919/w0919.pdf
 (2020年11月4日アクセス)
- Gregory, A. and Smith, G (1991) “Calibration in Macroeconomics.”, *Queen’s Economics Department Working Paper N.26*, Ontario, Canada,
http://qed.econ.queensu.ca/working_papers/papers/qed_wp_826.pdf
 (2020年11月4日アクセス)
- Hallren, R. and Riker, D. (2017) “An Introduction to Partial Equilibrium Modeling of Trade Policy.”,

- Economic Working Paper Series* 2017-07-B, U.S. International Trade Commission,
https://www.usitc.gov/publications/332/working_papers/an_introduction_to_partial_equilibrium_modeling_of_trade_policy_0.html
 (2020年11月4日アクセス)
- IHS Markit (2020) “Global Trade Atlas database”,
<https://my.ihs.com/Connect?callingUrl=https%3a%2f%2fconnect.ihs.com%2f>
 (2019年12月24日アクセス)
- IMF (2020) “World Economic Outlook database”,
<https://www.imf.org/en/Publications/SPROLLS/world-economic-outlook-databases#sort=%40imfdate%20descending>
 (2020年4月7日アクセス)
- Kydland, F. and Prescott, E (1982) “Time to Build and Aggregate Fluctuations.”, *Econometrica* 50 (6):1345-1370,
<http://www.finnkydland.com/papers/Time%20to%20Build%20and%20Aggregate%20Fluctuations.pdf>
 (2020年11月4日アクセス)
- OECD (2015) “AGLINK-COSIMO model documentation.”,
[https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/CA/APM/WP\(2015\)18/FINAL&docLanguage=En](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=TAD/CA/APM/WP(2015)18/FINAL&docLanguage=En)
 (2020年10月12日アクセス)
- OECD (2019) “OECD Agricultural Outlook 2019-2028 database.”,
https://stats.oecd.org/Index.aspx?datasetcode=HIGH_AGLINK_2019
 (2019年11月15日アクセス)
- OECD-FAO (2019) “OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028.”,
<https://www.agri-outlook.org/>
 (2019年7月20日アクセス)
- OECD-FAO (2020) “OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029.”,
<https://www.agri-outlook.org/>
 (2020年8月3日アクセス)
- OIE (2020a) “Situational updates of ASF in Asia and the pacific (30/11/2020).”,
<https://rr-asia.oie.int/en/projects/asf/situational-updates-of-asf/>
 (2020年12月7日アクセス)
- OIE (2020b) “Global Situation of African Swine Fever.”, *Report* No.47:2016-2020,
https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Animal_Health_in_the_World/docs/pdf/Disease_cards/ASF/Report_47_Global_situation_ASF.pdf
- Oreskes N., Shrader-Frechette K, and Berlitz K. (1994) “Verification, Validation and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences.”, *Science, New Series* 263 (5147):641-646,
<http://www.likbez.com/AV/CS/Pre01-oreskes.pdf>
 (2020年11月4日アクセス)
- Uebayashi, A. (2000) “OECD Agricultural Outlook and Its Baseline Process using AGLINK model.”, *Proceedings of the Seventh IWG-AGRI seminar*, EUROSTAT, Luxembourg:159-174,
<https://www.semanticscholar.org/paper/OECD-Agricultural-Outlook-and-Its-Baseline-Process-Uebayashi/4f43b19da3017c5e19f48b9ab036da791d218de0#paper-header>
 (2020年11月15日アクセス)
- USDA (2019a) “USDA Agricultural Projections to 2028”,
<https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=95911>
 (2020年2月15日アクセス)
- USDA (2019b) “International Baseline data.”,
<https://www.ers.usda.gov/data-products/international-baseline-data/international-baseline-data/#2019>
 (2020年12月7日アクセス)
- USDA (2020a) “USDA Agricultural Projections to 2029”,
<https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=95911>
 (2020年2月12日アクセス)
- USDA (2020b) “PSD online database.”,
<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>
 (2020年2月12日アクセス)
- Vanni, T., Karnon, J., Madan, J., White, R., Edmunds, W., Foss, A., and Legood, R. (2011)

- “Calibrating Models in Economic Evaluation—A Seven Step Approach.”, *PharmacoEconomics* 29 (1): 35-49,
https://www.researchgate.net/profile/Jonathan_Karnon/publication/49668437_Calibrating_Models_in_Economic_Evaluation/links/55af3a8708aee0799220f3e5/Calibrating-Models-in-Economic-Evaluation.pdf
 (2020年11月4日アクセス)
- WTO (2019) “The Agricultural Committee.”,
https://www.wto.org/english/tratop_e/agric_e/ag_work_e.htm#more
 (2019年12月24日アクセス)
- World Bank (2010) “Rationale for Partial Equilibrium Modeling.”,
<https://wits.worldbank.org/wits/wits/witshelp/Content/SMART/Rationale%20for%20Partial%20Equilibrium.htm>
 (2020年11月11日アクセス)
- 中国商務部 (2020) 商務預報データベース,
<http://cif.mofcom.gov.cn/cif/html/dataCenter/index.html?jgnfcprd>
 (2020年12月2日アクセス)
- (中国) 全国飼料工業協会 (2015) 『全国飼料工業統計資料』.
- 中国農業農村部 (2019) 『中国農業見通し 2019-2028 (China Agricultural Outlook 2019-2028)』.
- 中国農業農村部 (2020) 『中国農業見通し 2020-2029 (China Agricultural Outlook 2020-2029)』,
https://aocm.agri-outlook.cn/weixin/Public/pdfjs/web/viewer_en.html?file=zznyzwbw2020en.pdf
 (2020年5月14日アクセス)
- 亜州ビジネスChina (2020) 「中国：水害で豚不足が深刻化へ、豚コレラ再拡大の恐れも」, 2020年7月31日付,
<https://ashu-chinastatistics.com/news/605865-18491911460>
 (2020年8月18日アクセス)
- 小澤義博 (2014) 「アフリカ豚コレラの歴史とリスク分析」『獣医学雑誌』 18巻1号：72-76.
- 河原昌一郎 (2013) 「中国の飼料需給問題」農林水産政策研究所 『平成24年度行政対応特別研究 [主要国横断] 研究資料第1号 平成24年度 カントリーレポート：中国, タイ』,
https://www.maff.go.jp/primaff/kanko/project/attach/pdf/130331_24cr01_02.pdf
 (2020年12月1日アクセス)
- 小泉達治 (2012) 「ブラジルのバイオディーゼル混合率引き上げが世界大豆・大豆製品需給に与える影響」『農林水産政策研究』 19：1-25.
- 国土交通省 (2020) 「国・地域別に見た食文化・食習慣—中国」,
<https://www.mlit.go.jp/common/000116954.pdf>
 (2020年12月2日アクセス)
- 齋藤之美・齋藤勝宏・芳賀猛 (2019) 「中国におけるアフリカ豚コレラの発生と豚肉の国際価格」『季刊創価経済論集』 48巻1-4号：85-96.
- 柴田明夫 (2014) 『中国のブタが世界を動かす』 毎日新聞社.
- 茅野信行 (2006) 『アメリカの穀物輸出と穀物メジャーの発展』 中央大学出版部：53.
- 東京都中央卸売市場 (2020) 「牛・豚の基礎知識—牛・豚の出荷」,
<https://www.shijou.metro.tokyo.lg.jp/syokuniku/kisotisiki/kisotisiki-01-02/>
 (2020年12月1日アクセス)
- 内閣府 (2020) 「国民経済計算データベース」,
https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data_list/kakuhou/files/files_kakuhou.html
 (2020年4月6日アクセス)
- 日本経済新聞 (2019) 「豚感染症とたたかう—中国, 消えた1億2000万頭」『日本経済新聞』 2019年11月15日付, 夕刊.
- 日本乳業協会 (2020) 「牛乳乳製品の基本」,
<https://www.nyukyoku.jp/dairy/index.php?rm=4&qaid=457>
 (2020年12月2日アクセス)
- 農畜産業振興機構 (2018) 「中国の養豚をめぐる動向と環境規制強化の影響」『畜産の情報』 2018年4月号：78-98.
- 農畜産業振興機構 (2019) 「中国の飼料需給をめぐる内外の情勢と今後の見通し」『畜産の情報』 2019年12月号：92-107.
- 農畜産業振興機構 (2020) 「中国の養豚業におけるアフリカ豚熱の影響」『畜産の情報』 2020年12月号：

69-83.

https://www.alic.go.jp/joho-c/joho05_001414.html

農林水産省（2020a）「飼料をめぐる情勢」,

https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/1_siryu/attach/pdf/index-546.pdf

（2020年12月2日アクセス）

農林水産省（2020b）「ASF（アフリカ豚熱）について」,

<https://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/asf.html>

（2020年2月12日アクセス）

農林水産省（2020c）「アジアにおけるアフリカ豚熱の発生状況」,

<https://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/attach/pdf/asf-1179.pdf>

（2020年12月7日アクセス）

農林中金総合研究所（2019）「中国養豚産業の構造変化とICTを利用した農家の経営支援」『農林金融』2019年4月号.

細江宣裕・我澤賢之・橋本日出夫（2004）『テキストブック応用一般均衡モデリング—プログラムからシミュレーションまで—』東京大学出版会：68-73.

山内孝史（2014）「飼料に関する現状と課題，今後の方向性等」『平成26年度食料・農業・農村政策審議会第一回畜産部会』資料番号10,

https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/tikusan/bukai/h2601/pdf/10_data10.pdf

（2020年11月30日アクセス）

陳永福，韓昕儒（2015）「中国の畜産物需給の変動に関する分析と今後の見通し」『畜産の情報』2015年1月号：68-77.

[謝辞]

本稿の作成過程において，Wyatt THOMPSON氏（米ミズーリ大学）には，計量シナリオ分析の枠組みに関し一般的にアドバイスをいただきました。データの収集に当たっては，張玉梅（ZHANG Yumei）氏（中国農業科学院）から御協力をいただきました。Pierre CHARLEBOIS氏（現FAOコンサルタント，元カナダ農務省）からは中国の養殖漁業と飼料用大豆ミールのマーケットに関する重要な知見を御提供いただきました。この場をお借りして御礼申し上げます。

【付属表】ASF豚肉モデルのデータベース

変数名	説明	単位	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
[マクロ経済指標]																
POP	人口	1000人	1,397,029	1,403,500	1,409,517	1,415,046	1,420,062	1,424,548	1,428,481	1,431,850	1,434,676	1,436,995	1,438,836	1,440,205	1,441,106	1,441,555
GDPI	実質GDPインデックス	2010=1.00	1.461	1.559	1.666	1.775	1.887	2.001	2.098	2.195	2.292	2.388	2.484	2.580	2.676	2.774
GDPD	GDPデフレーター	2010=1.00	1.142	1.155	1.202	1.237	1.274	1.312	1.345	1.379	1.414	1.450	1.487	1.525	1.563	1.603
CPI	消費者物価指数	2010=1.00	1.149	1.172	1.190	1.216	1.245	1.278	1.314	1.352	1.392	1.434	1.477	1.521	1.567	1.614
XR	為替レート	RMB/US\$	6.28	6.64	6.76	6.63	6.97	6.97	7.02	7.08	7.14	7.20	7.26	7.31	7.37	7.43
[豚肉需給及び価格]																
QP	豚肉生産量	1000MT	56,584	54,378	54,647	54,000	51,300	54,079	55,043	55,486	55,911	56,341	56,771	57,202	57,622	58,050
QC	豚肉消費量	1000MT	57,499	56,144	55,877	55,219	53,253	55,665	56,259	56,696	57,120	57,545	57,974	58,404	58,822	59,247
IM	豚肉輸入量	1000MT	939	1,949	1,465	1,448	1,953	1,695	1,438	1,433	1,431	1,429	1,429	1,429	1,428	1,426
EX	豚肉輸出量	1000MT	255	223	234	229	0	108	222	223	223	225	226	227	228	229
ST	豚肉期末在庫量	1000MT	145	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
PP	豚肉価格	RMB/MT	17,561	19,511	13,872	13,414	15,276	15,603	16,172	16,989	17,383	17,518	17,618	17,530	17,519	17,545
[大豆コンプレックス関連]																
SBIM	大豆輸入量	1000MT	83,200	93,495	94,200	91,400	95,226	96,346	97,747	99,101	100,736	102,239	103,748	105,304	106,886	108,482
SBIMP	大豆輸入価格	RMB/MT	2,487	2,682	2,727	2,480	2,603	2,759	2,831	2,942	3,007	3,102	3,195	3,294	3,388	3,461
SMPP	大豆ミール価格	RMB/MT	3,153	2,991	3,470	3,128	3,247	3,356	3,423	3,539	3,615	3,718	3,816	3,928	4,025	4,101
SLPP	大豆オイル価格	RMB/MT	7,567	8,591	8,207	6,952	7,700	8,043	8,442	8,866	9,149	9,402	9,680	9,980	10,319	10,607
WLDSBXP	大豆輸入価格	RMB/MT	396	404	403	374	373	396	403	415	421	431	440	450	460	466
[その他畜産物等生産量関連]																
PTQP	鶏肉生産量	1000MT	17,256	18,267	18,241	18,404	19,481	19,705	19,921	20,152	20,375	20,602	20,829	21,051	21,274	21,502
EGQP	鶏卵生産量	1000MT	29,992	30,481	30,970	31,280	31,617	31,842	31,997	32,208	32,398	32,603	32,808	32,999	33,194	33,398
FHQP	魚介類(養殖)生産量	1000MT	4,439	4,526	4,705	4,835	4,928	5,008	5,072	5,196	5,334	5,515	5,651	5,802	5,911	6,059
BVQP	牛肉生産量	1000MT	6,152	6,148	6,321	6,370	6,430	6,528	6,614	6,675	6,758	6,836	6,912	6,999	7,083	7,150
MKQP	生乳生産量	1000MT	35,886	34,765	34,469	34,833	35,176	35,410	35,632	35,852	36,065	36,274	36,481	36,682	36,880	37,076
SHQP	羊肉生産量	1000MT	4,408	4,593	4,675	4,731	4,811	4,899	4,976	5,055	5,132	5,209	5,285	5,362	5,438	5,514
[その他畜産物等価格関連]																
PTPP	鶏肉価格	RMB/MT	10,359	10,220	11,220	11,612	12,119	12,457	13,072	13,430	13,598	13,802	14,009	14,223	14,438	14,650
BVPP	牛肉価格	RMB/MT	16,264	16,183	16,183	17,365	18,476	17,871	18,050	18,122	18,064	18,248	18,641	18,969	19,331	19,712
SHPP	羊肉価格	RMB/MT	17,576	18,402	20,813	22,603	23,375	22,937	20,845	20,754	20,674	20,669	20,706	20,735	20,782	20,827

資料：OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028 database.

注：データベースは一部の欠落があるものの1990年までさかのぼるが、スペースの関係で2015年から記載している。2018年までは実績値、2019年以降は公表された予測値である。

【補論】 様々な関数形の検討

1. 豚肉需要関数の検討

豚肉需要関数は、様々な方程式形を検討の上それぞれ回帰分析を実施し、当てはまりや計測したパラメータ（弾性値）の統計的有意性等を比較検討し、最も妥当と評価できる形を選択することが望ましい。パターンとしては、競合する品目価格の追加、トレンドの導入、パラメータ（弾性値）への定数値の当てはめ、計測期間の変更等、様々な形が考えられる。以下はその検討結果をまとめた。なお、方程式は全て両対数線形に設定している。

(1) 前提

変数名は以下のとおり。

QC：豚肉消費量（被説明変数）

POP：人口

PP：豚肉の実質価格（消費者物価指数（CPI, 2010 = 1.00）によりデフレート済み）

GDPI：実質GDP指数（2010 = 1.00）

BVPP：牛肉の実質価格

PTPP：鶏肉の実質価格

TRND：トレンド変数（1970 = 1, 毎年1ずつ増加）

ただし人口については、消費量に対する人口の弾性値が1.0, すなわち、人口の増加の速度は消費量増加の速度と等しいと考えるのが自然であるので、下記の表からは除いている。

回帰期間は1995-2018, 2000-2018の2通りを試した。

以下(2)に検討結果をまとめた。1)～5)は回帰期間1995-2018における関数形の検討結果であり、6)は回帰期間2000-2018の検討結果である。なお定数項の評価は省略している。

(2) 関数形と回帰分析結果

1) 説明変数：POP, GDPI/POP及びPP（3変数）。PPも含めパラメータは全部計測（基本形）

(i) Adjusted R2: 0.93278

(ii) パラメータ計測結果

説明変数	パラメータ	t-value
GDPI/POP	0.227647	9.46616
PP	-0.0129545	-0.268769

評価：当てはまりは良好だが、PPパラメータはそのt-valueから判断して統計的に非有意。

2) 説明変数：POP, GDPI/POP, PP及びTRND（4変数）（基本形（2）にトレンド変数を追加）。

(i) Adjusted R2: 0.93896

(ii) パラメータ計測結果

説明変数	パラメータ	t-value
GDPI/POP	0.76447	2.37099
PP	-0.100463	-1.43789
TRND	-0.042974	-1.6697

評価：当てはまりは良好だが、PP及びTRNDパラメータは非有意。

3) 説明変数：POP, GDPI/POP, PP及びPTPP（4変数）（基本形に鶏肉価格を追加）

(i) Adjusted R2: 0.92991

(ii) パラメータ計測結果

説明変数	パラメータ	t-value
GDPI/POP	0.228562	9.2872
PP	-0.0215202	-0.393879
PTPP	0.0494813	0.371191

評価：当てはまりは良好だが、PP及びPTPPパラメータは非有意。

4) 説明変数：POP, GDPI/POP, PP及びBVPP（4変数）（基本形に牛肉価格を追加）。

(i) Adjusted R2: 0.93426

(ii) パラメータ計測結果

説明変数	パラメータ	t-value
GDPI/POP	0.198531	5.879711
PP	0.000975312	0.0199199
BVPP	-0.008373319	-1.21707

評価：当てはまりは良好だが、PP及びBVPPパラメータは非有意。

5) 回帰期間の変更

2000-2018に期間を短縮して上記の各方程式形で回帰分析を行ったが、満足な結果（すなわち①

パラメータが有意かつ符号の向きと絶対値の大きさが適切、かつ②Adjusted R2値がますます)を得ることはできなかった。さらに、期間を短縮すると全ての方程式形において当てはまり(Adjusted R2の値)が減少した。

(3) 評価

この時系列データベースの下での回帰分析結果は、上記のいずれの方程式形もAdjusted R2の計測値は0.9以上であり、当てはまりは良好だった。かつGDPI/POP(所得)パラメータは全て有意だったものの、価格パラメータはいずれも非有意だったため、不採用とした。

2. 豚肉供給関数の検討

豚肉需要関数と同様に、様々な方程式形を検討の上それぞれ回帰分析を実施し、当てはまりや計測したパラメータ(弾性値)の統計的有意性等を比較検討し、最も妥当と評価できる形を選択することが望ましい。ただし需要関数の場合とは異なり、生産者(養豚業者)の意思決定から実際の豚肉生産(肥育後のと殺)までの時間的なラグを考慮に入れた方程式を設計する必要がある。なお系列相関の検討のためのDurbin-Watson統計量については、重回帰分析の結果採用候補となり得る方程式形(すなわち、2), 7), 8))についてのみ記載した。

(1) 前提

変数名は以下のとおり。

QP及びQP(-n)：当該年及びn年前の豚肉生産量(被説明変数)

PP：当該年の豚肉の実質価格(GDPデフレーター指数(2010 = 1.00)によりデフレーター済み)

PP(-n)：n年前の豚肉実質価格

FEPP及びFEPP(-n)：当該年及びn年前のコスト(飼料)実質価格(= (0.7*トウモロコシ価格 + 0.18*オイルミール価格)/0.88)で計算)

(根拠：本稿2(2)より、配合飼料中に占める炭水化物(穀物)の割合は70%、タンパク源(オイルミール)の割合は18%)

TRND：トレンド変数(1970 = 1。毎年1ずつ増加)

回帰期間は1997-2018と2000-2018の2通りを試した。

以下(2)に回帰期間1997-2018についての検討結果(1)~6))及び2000-2018についての検討結果(7)~8))をまとめた。

なお計測した定数項の評価は省略している。

(2) 方程式形と回帰分析結果

1) 説明変数：QP(-1)及びPP(-1)(2変数)(基本形)

(i) Adjusted R2: 0.95905

(ii) パラメータ計測結果

説明変数	パラメータ	t-value
PP(-1)	0.134856	3.99134
QP(-1)	0.746596	15.0171

コメント：補論での検討前のオリジナル。

2) 説明変数：QP(-1)及びPP(-2)(2変数)(1年前に代えて2年前の価格を説明変数にする)

(i) Adjusted R2: 0.94227

(ii) Durbin-Watson統計量: 1.87750

(iii) パラメータ計測結果

説明変数	パラメータ	t-value
PP(-2)	0.0969682	2.19642
QP(-1)	0.769201	11.7335

評価：当てはまりは良好かつパラメータは有意だが、PP(-2)の説明力がやや小さいように見受けられる。採用候補の一つではある。

3) 説明変数：PP(-1), QP(-1)及びTRND(3変数)(基本形にトレンド変数を追加)

(i) Adjusted R2: 0.95843

(ii) パラメータ計測結果

説明変数	パラメータ	t-value
PP(-1)	0.132412	3.54009
QP(-1)	0.723072	4.98434
TRND	0.000665093	0.172946

評価：追加したTRNDのパラメータは非有意。

4) 説明変数：PP(-1), QP(-1) 及びFEPP(-1) (3変数) (基本形にコスト (飼料) 価格を追加)

- (i) Adjusted R2: 0.95851
- (ii) パラメータ計測結果

説明変数	パラメータ	t-value
PP(-1)	0.130731	3.39779
QP(-1)	0.75347	12.9758
FEPP(-1)	0.018888	0.249593

評価：追加したFEPPのパラメータは非有意。

5) 説明変数：PP(-1), QP(-1), 及びQP(-2) (3変数) (基本形に2年ラグ生産量を追加)

- (i) Adjusted R2: 0.95851
- (ii) パラメータ計測結果

説明変数	パラメータ	t-value
PP(-1)	0.136266	3.88217
QP(-1)	0.777566	5.92297
QP(-2)	-0.0325126	-0.254926

評価：追加したQP(-2)のパラメータは非有意。

6) 説明変数：PP(-1), QP(-1) 及びPP(-2) (3変数) (基本形に2年ラグ価格を追加)

- (i) Adjusted R2: 0.96129
- (ii) パラメータ計測結果

説明変数	パラメータ	t-value
PP(-1)	0.117809	3.2288
PP(-2)	0.0460246	1.16802
QP(-1)	0.715914	12.8229

評価：追加したPP(-2)のパラメータは非有意。

7) 回帰期間の変更 その1

回帰期間を2000-2018に変更し、上記と同様の計測を行った。まず候補の一つである、上記2)を試した。すなわち、

説明変数：QP(-1), 及びPP(-2) (2変数) (1年前に代えて2年前の価格を説明変数にする)

- (i) Adjusted R2: 0.93209
- (ii) Durbin-Watson統計量: 1.972497
- (iii) パラメータ計測結果

説明変数	パラメータ	t-value
PP(-2)	0.135313	2.37257
QP(-1)	0.686987	6.42096

評価：t-valueは有意, Adjusted R2も良好であるが, 2)の計測期間1997-2008の方の当てはまりがより良好 (Adjusted R2 = 0.94227)。一方, この計測期間2000-2018の方が価格の説明力が僅かに増している。

8) 回帰期間の変更 その2

回帰期間は7)と同様2000-2018に変更し, 上記6)の形を試した。すなわち、

説明変数：QP(-1), PP(-1) 及びPP(-2) (3変数)

- (i) Adjusted R2: 0.95905
- (ii) Durbin-Watson統計量: 1.896246
- (iii) パラメータ計測結果

説明変数	パラメータ	t-value
QP(-1)	0.582110	6.67487
PP(-1)	0.124054	3.51649
PP(-2)	0.100914	2.25624

評価：ASF豚肉モデルの供給関数に採用。

6)では非有意であったPP(-2)のパラメータが有意に転じた。Adjusted R2の値も2)を僅かに上回る。2), 7)も候補ではあるが, 説明変数が複数年にまたがる方が養豚における生産サイクルのラグ構造の表現としてはベターであると考え, 最終的にはこの8)を豚肉供給関数に採用することにした。ただし, この8)が2), 7)に比較して絶対的に優れているということではなく, 一つの選択として判断したものである。なお, 2), 7), 8)のいずれについてもDurbin-Watson統計量は2.0の近傍(1.87 ~ 1.97の範囲内)であり, 強い系列相関の存在は認められなかった。

その他の方程式形については, 回帰期間を2000-2018に変更しても有意な結果に転じるものはなかった。

An Econometric Scenario Analysis of the Consequences of African Swine Fever Outbreaks on the Chinese and World Markets for Piguemeat and Soybeans

UEBAYASHI Atsuyuki

Summary

China's 1979 policy change toward a market economy led to rapid economic growth, making the country the world's second largest economy. Piguemeat makes up an essential part of China's dietary habits and the pig raising business depends almost completely on international imports for its important feed component, soybeans. However, due to the outbreak of African Swine Fever (ASF), China has been carrying out a large-scale nationwide cull, with serious consequences for not only the Chinese pigumeat market but also for the world soybean market. This research consists of a quantitative study on the impacts of the ASF outbreak on the pigumeat and soybean markets by developing a partial equilibrium model with several scenarios for future recovery.

Keywords: China, ASF (African swine fever), International markets, Partial equilibrium models, Econometric scenario analysis