

## 2. 農業投資が気候変動下における国際米需給に与える影響

－対象国の拡大と食料ロス等への影響を考慮した分析－

小泉 達治

### 1. はじめに

米，とうもろこし，小麦，大豆等の穀物等の国際価格は，2006年秋以降，主要国での天候不順等に加えて，原油市場とともに穀物市場への投機資金の流入により上昇基調で推移した。特に，米については，ベトナムやインド等の輸出規制により，2008年に入り高騰し，2008年4月には1,015USD/トンにまで上昇した。その後は現在に至るまで下落基調で推移しているが，国際社会では農産物については価格レベルよりも2011年以降は，価格の変動に関心が高まっている。これを受けて，FAOでは2011年以降，各国・地域の閣僚級による食料安全保障委員会（CFS）において，国際農産物価格の変動に各国・地域がどのように対応していくかについて議論を行い，その対策に向けた国際的議論やAMIS（農産物市場情報システム）を中心とした国際的取組が行われている。国際米価格の変動係数<sup>(1)</sup>の推移をみると，1985～1995年の0.1786から1996～2005年には0.2291に上昇，更に，2006～2015年には0.2782にまで上昇しており，国際米価格は年々変動率が高まり，不安定性が高まっている（小泉 2016a）。

一方，人類の影響によって生じる大気中の温室効果ガスの濃度上昇は気候システム全体に変化を及ぼし，気温上昇だけでなく海面上昇，降水量や降水地域の変化，熱波や豪雨といった極端な気象現象の変化等を引き起こしている。農業のように自然を対象とした産業は，気候変動により大きな影響を受け，極めて脆弱な部門であると考えられる。気候変動は多くの食料生産システムの生産性を低下させ，食料安全保障がすでに脅かされている現在の状態をさらに悪化させることが国際社会で懸念されている（小泉 金丸 2012）。2014年3月に承認・公表されたIPCC（気候変動に関する政府間パネル）第5次評価報告書（第2作業部会）では確信度が高い複数の分野や地域に及ぶ主要なリスクとして，海面上昇，沿岸での高潮被害などによるリスク等に加えて，気温上昇，干ばつ等による食料安全保障が脅かされるリスク，水資源不足と農業生産減少による農村部の生計及び所得損失のリスクを指摘した（IPCC 2014）。

このため，長期的な米需給予測モデルによりその需給を予測する際には，気候変動の影響をモデル構造に含める必要がある。気候変動が米生産に与える影響については，まず，Parry et.al (1999) が需給予測モデルを用いて，異常気象・気候変動が世界の食料需給に与える影響について試算を行った。つぎに，Peng et.al (2004) は最低気温上昇が米の単収に与える影響を分析した。また，Welch et.al (2010) は，最低気温及び最高気温が熱帯／

亜熱帯アジア地域における米の単収に与える影響を分析した。そして、Lobell (2007) は日中の気温変化と穀物単収の関係について分析した。さらに、Lobell and Burke (2010) は気候変動が穀物単収に与える影響を分析・予測を行った。世界の米需給に関する研究では、まず、Dawe (2010) は世界主要国における米需給、政策等に関する定性的分析を行った。また、FAO (2011b) は世界の食料価格の安定が食料安全保障に与える影響についてこれまでの研究・議論をとりまとめ、特に、途上国における農業投資が食料価格安定に寄与する重要性について論じた。

一方、FAO の推計によると毎年、世界全体で食料の約 3 分の 1 が損失するかまたは廃棄されている (FAO 2011a)。こうした損失及び廃棄は世界の食料安全保障及び環境にもマイナスの影響を与えていると考えられる。FAO は 2011 年に、世界各地域を対象に農産物のフードサプライチェーン各段階における食料廃棄量の割合を推計した (FAO 2011a)。特に、途上国における食料ロスについては、農業生産と収穫後の取り扱い、貯蔵段階での食料ロスの割合が高い点を指摘している。なお、食料ロスとは、FAO が 2014 年に Food losses and waste in the context of sustainable food systems (HLPE 2014) で定義したものであり、サプライチェーンの収穫、運搬、加工等の段階における量的減少や劣悪な保管状態による品質低下等により消費者まで届かない量的減少を意味する (HLPE 2014)。本研究では、FAO の定義である食料ロスを収穫、運搬、加工等の段階における量的減少や劣悪な保管状態による品質低下等の定義として用いる。

FAO は南・東南アジアにおける穀物の廃棄量を 21.5% と推計し、そのうち 13% が農業生産・収穫後の取扱・貯蔵、3.5% が加工・包装、5% が流通・消費段階で発生したと推計した (第 1 表)。一方、アジア先進工業地域<sup>②</sup>では、穀物の廃棄量を 34.5% と推計し、そのうち 12.5% が農業生産・収穫後の取扱・貯蔵・加工・包装、22% が流通・消費段階で発生したと推計した。また、サハラ以南アフリカ、北アフリカ、西・中央アジア、ラテンアメリカでも穀物の廃棄量のうち、大部分を農業生産・収穫後の取扱・貯蔵が占めている。一方、アジア先進工業地域と同様に、欧州・北米でも穀物の廃棄量のうち、大部分が流通・消費段階で占められている。以上のように、発展途上国では穀物の廃棄量のうち、農業生産・収穫後の取扱・貯蔵が大部分を占め、先進国では、流通・消費段階が大部分を占めている。また、本研究では各国・地域における米の食料ロス量が生産量に占める割合を「食料ロス率」と定義する。食料ロス率 (2011 年) はタイが 7.5%、ベトナムが 9.2%、カンボジアが 15.0%、インドネシアが 7.9%、ラオスが 6.0% となっている (第 2 表)。

第 1 表 穀物の廃棄量の割合

(単位：%)

	農業生産	収穫後の取扱・貯蔵	加工・包装	流通	消費
南・東南アジア	6	7	3.5	2	3
サハラ以南アフリカ	6	8	3.5	2	1
北アフリカ、西・中央アジア	6	8	2.7	4	12
ラテンアメリカ	6	4	2.7	4	10
アジア先進工業地域	2	10	0.5	2	20
欧州	2	4	0.5	2	25
北アメリカ・オセアニア	2	2	0.5	2	27

資料：FAO(2011a)より作成。

第2表 主要米生産国における食料ロス率の推移

	1961年	1980年	1990年	2000年	2010年	2011年
タイ	5.6%	5.6%	5.9%	7.5%	7.4%	7.5%
ベトナム	9.6%	9.9%	9.7%	9.1%	9.3%	9.2%
カンボジア	9.0%	9.0%	10.0%	10.1%	15.0%	15.0%
インドネシア	7.1%	6.8%	7.9%	7.9%	7.7%	7.9%
ラオス	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	6.0%	6.0%
フィリピン	3.3%	3.4%	1.4%	1.5%	1.0%	1.0%
マレーシア	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	7.5%	7.7%
ミャンマー	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
バングラデシュ	3.0%	3.0%	3.0%	5.0%	5.0%	5.0%
中国	5.7%	6.7%	5.8%	5.9%	4.7%	4.9%
インド	3.8%	2.5%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
日本	2.0%	2.2%	1.9%	2.0%	2.0%	2.7%
韓国	3.0%	3.7%	3.6%	6.4%	7.1%	14.4%
米国	1.0%	5.8%	11.1%	5.9%	16.1%	0.03%
イタリア(EU28)	0.0%	0.01%	0.03%	0.03%	0.03%	0.1%
バングラデシュ	3.0%	3.0%	3.0%	5.0%	5.0%	5.0%
スリランカ	1.8%	3.5%	6.0%	6.0%	6.0%	5.9%
ネパール	11.1%	11.1%	12.0%	11.3%	11.4%	11.4%
パキスタン	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
ブラジル	11.6%	11.8%	12.6%	12.0%	12.1%	11.9%
エジプト	6.4%	5.7%	5.8%	5.8%	6.4%	5.8%
コートジボワール	15.3%	16.7%	15.5%	10.6%	10.6%	16.1%
マダガスカル	13.5%	13.8%	13.7%	14.6%	13.5%	13.9%
ナイジェリア	9.4%	10.8%	11.7%	10.2%	10.9%	11.1%

資料：FAO(2011a) 及び FAO より作成。

これまで、食料ロスについての研究は、前述のように FAO (2011a)がフードサプライチェーン各段階における食料廃棄量の割合を推計した他、Rutten (2013)が食料ロスに関する経済分析を行った。また、HLPE (2014)が食料ロス・廃棄が水・土地・生物多様性に与える影響についてのレポートをとりまとめた。このレポートを受けて、2014年10月に開催された FAO の「世界食料安全保障委員会」(Committee on World Food Security) では、農業投資を行うことが食料ロス削減に有効であることを各国・地域の政策担当者に提案するとともに、食料ロス削減が世界食料需給に与える影響試算を行う必要性を国際社会に提起した。

Okawa(2015)は OECD-FAO の部分均衡需給予測モデルである Aglink-Cosimo モデルを用いて農畜産物の食料ロス・廃棄量を外生変数として、これらが世界農畜産物需給に与える影響試算を行った。このように、これまでの研究では、食料ロス率を内生変数として需給予測モデルに組み入れた研究はまだ世界的に行われていなかった。こうした状況を受け、小泉 (2016b) は ASEAN 8ヶ国における食料ロス率を内生変数として、部分均衡需給予測モデルに組み入れ、農業投資が食料ロス率及び国際米需給に与える影響試算を行った。また、小泉 (2016a) は、気候変動下における農業投資が国際米価格の変動に与える影響について、気候変動の影響を含めた部分均衡需給予測モデルを用いて影響試算を行った。

本研究では、これらの研究を発展させ、小泉 (2016a) で使用した部分均衡需給予測モデルの対象国を増やし、ASEAN 主要米生産国のみならず他のアジア米生産国の食料ロス率を内生変数として部分均衡需給予測モデルに組み入れ、農業投資が食料ロス率及び国際米需給に与える影響について、気候変動の影響を含めた部分均衡需給予測モデルを用いて

影響試算を行うことを目的としている。

## 2. 食料ロス率決定メカニズムに関する予備的考察

前述の HLPE (2014) は、農業投資の増加が途上国を中心とする食料ロス削減に有効であることを指摘した。また、第 2 表において、フィリピンの米の食料ロス率は、1980 年に 3.4%であったものが、2000 年以降は 1.5~1.0%と他の国に比べて低水準で推移している。これは、ポストハーベストロス低減に向けた JICA 等による援助・技術指導が寄与したもので、貯蔵前に米を乾燥させ、高床式の貯蔵施設に保管することで食料ロス率低減に大きく寄与した。さらに、1990 年以降は、近代的保管施設の整備も進み、食料ロス率低減に大きく寄与した<sup>3)</sup>。このように、農業投資の増加は途上国における米の食料ロス率低減に寄与することが想起される。1980~2007 年にかけての食料ロス率と農業機械・設備投資の変化率の相関係数を見てみるとインドネシアでは-0.4835、ベトナムは-0.5709、マレーシアが-0.28912、ラオスが-0.1284 となっている。このように、食料ロス率と農業機械・設備投資の変化率は逆相関にある (小泉 2016b)。

また、Rutten (2013)は食料ロス量と農産物価格に逆相関があることを指摘した。1980~2011 年にかけての食料ロス率と国際米価格についての相関係数を見てみると、中国は-0.4585、フィリピンは-0.2803、インドネシアは-0.2874 となっているように、国際米価格と食料ロス率変化率は逆相関にある (小泉 2016b)。

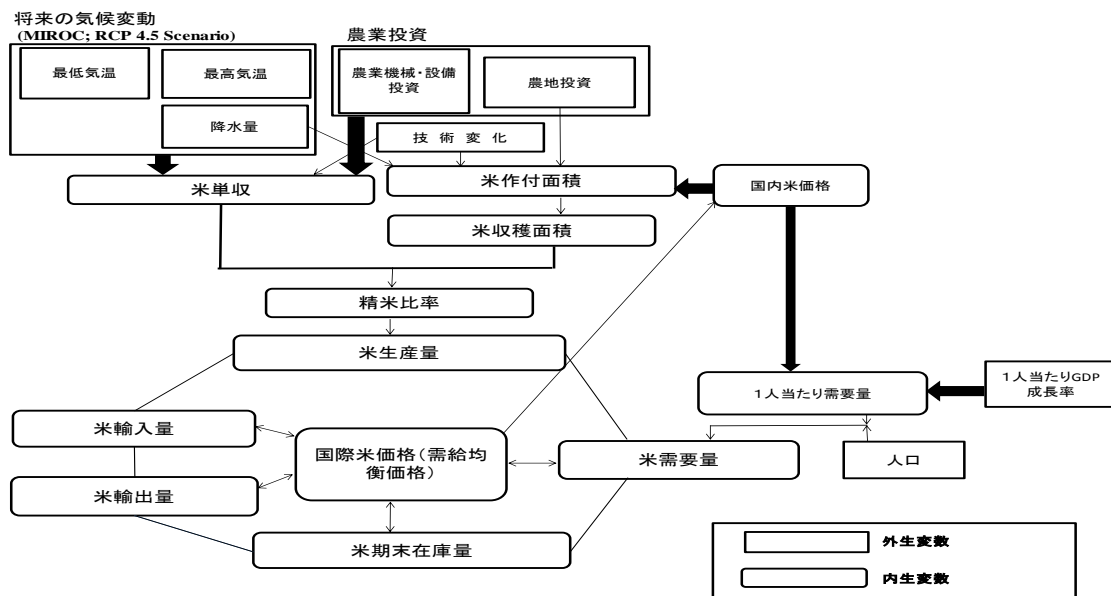
本研究では、国内米生産者価格及び農業投資に応じて食料ロス率が決定する点を内生化している点に特徴がある。この点が先行研究との大きな違いである。以上により、本研究では、ASEAN 8ヶ国における農業投資の増加が食料ロス率低下に寄与し、食料ロス率と農産物価格変化率に逆相関があるものと考え、モデル構造式を設定する。

## 3. 分析手法及びデータ

### (1) 分析手法

「気候変動対応型米経済モデル」(Rice Economy Climate Change, 以下「RECC」モデルと呼ぶ。)は、世界主要生産・輸出国(タイ、ベトナム、インドネシア、マレーシア、フィリピン、カンボジア、ラオス、ミャンマー、中国、日本、韓国、インド、米国、EU28、その他世界)を対象とした部分均衡需給予測モデルである。ただし、このモデルには最近、米の需要量が増加しているアフリカ諸国や他のアジア主要生産国が含まれていないという課題を有していた。このため、本研究では、この RECC モデルにバングラデシュ、スリランカ、ネパール、パキスタン、ブラジル、コートジボワール、エジプト、マダガスカル、ナイジェリアを追加し、22ヶ国及び2地域を対象として、2013/2015年の3ヶ年平均を基準年として、2035年までの生産量(単収、作付面積及び収穫面積)、需要量(1人当た

り需要量), 輸出量, 輸入量, 期末在庫量, 生産者価格, 国際価格等を予測する。RECCモデルの概要は第1図のとおりである。本モデルは長期関係式から長期のパラメータ推計を行い, 予測誤差を少なくし, 長期にわたる予測精度を向上させることから, すべて対数線形の関数に階差をとった「エラー修正型モデル」(Error Correction Model: ECM)を採用した。



第1図 RECCモデルの概要

米(粳ベース)の単収は, 以下のように, 最低気温, 最高気温, 降水量, 農地開発投資, 農業機械・設備投資, 技術変化の関数として決定される。

$$\ln(Y_{t,c}/Y_{t-1,c}) = a1 \ln(Tmin_{t,c}/Tmin_{t-1,c}) + a2 \ln(Tmax_{t,c}/Tmax_{t-1,c}) + a3 \ln(PRC_{t,c}/PRC_{t-1,c}) + a4 \ln(LD_{t-1,c}/LD_{t-2,c}) + a5 \ln(AME_{t-1,c}/AME_{t-2,c}) + a6 \ln(T_t/T_{t-1}) \quad 1)$$

ただし,  $Y$  は米単収,  $Tmin$  は最低気温,  $Tmax$  は最高気温,  $PRC$  は降水量,  $LD$  は農地開発投資,  $AME$  は農業機械・設備投資,  $T$  は技術変化,  $t$  は各時系列,  $c$  は対象国・地域,  $a1$ - $a6$  はパラメータを表す。以下でも用いる変数名の  $a$  はパラメータを表し, ナンバリングで識別している。また, 各パラメータについては附属表 1-1, 1-2, 1-3 を参照されたい。

作付面積は以下のように, 国内米価格, 国内小麦価格, 降水量, 農地開発投資, 技術変化の関数として決定される。

$$\ln(APW_{t,c}/APW_{t-1,c}) = a7 \ln(RP_{t,c}/RP_{t-1,c}) + a8 \ln(WP_{t,c}/WP_{t-1,c}) + a9 \ln(PRC_{t,c}/PRC_{t-1,c}) + a10 \ln(LD_{t-1,c}/LD_{t-2,c}) + a11 \ln(T_t/T_{t-1}) \quad 2)$$

ただし,  $APW$  は作付面積,  $RP$  は国内米価格,  $WP$  は国内小麦価格を表す。各パラメータ

タについては附属表 2-1, 2-2, 2-3 を参照されたい。

収穫面積については、作付面積から耕作放棄・生産調整面積を引いて求められる。

$$AHW_{t,c} = APW_{t,c} - ABD_{t,c} \quad 3)$$

ただし、 $AHW$  は収穫面積、 $ABD$  は耕作放棄・生産調整面積である。

米の生産量は以下のように、収穫面積に単収を乗じて決定される。

$$QPRP_{t,c} = AHW_{t,c} * Y_{t,c} \quad 4)$$

ただし、 $QPRP$  は粳ベースの米生産量である。

精米ベースの米生産量は、粳ベースの米生産量に精米換算率を乗じて求められる。

$$QPR_{t,c} = QPRP_{t,c} * MIL_{t,c} \quad 5)$$

ただし、 $QPR$  は精米ベースの米生産量である。また、精米換算率については附属表 3 を参照されたい。

米の食料ロス率は、前述のように農業投資の増加が食料ロス率低下に寄与し、食料ロス率と農産物価格変化率に逆相関があるものとしてモデル構造式を設定する。このため、米の食料ロス率は、国内米価格、ラグ付き農業機械・設備投資、技術変化の関数として決定される構造とした。

$$\ln(LOR_{t,c}/LOR_{t-1,c}) = a12 \ln(RP_{t-1,c}/RP_{t-2,c}) + a13 \ln(AME_{t-1,c}/AME_{t-2,c}) + a14 \ln(T_t/T_{t-1}) \quad 6)$$

ただし、 $LOR$  は米の食料ロス率を表す。各パラメータについては、附属表 4-1, 4-2, 4-3 を参照されたい。

米需要量は 1 人当たり米需要量に人口を乗じて決定される。1 人当たり米需要量は、1 人当たり GDP、国内米価格、国内小麦価格、国内とうもろこし価格等の関数として以下のように算出される。

$$\ln(PQCR_{t,c}/PQCR_{t-1,c}) = a15 \ln(PCGDP_{t,c}/PCGDP_{t-1,c}) + a16 \ln(RP_{t,c}/RP_{t-1,c}) + a17 \ln(WP_{t,c}/WP_{t-1,c}) + a18 \ln(CGP_{t,c}/CGP_{t-1,c}) + a19 \ln(T_t/T_{t-1}) \quad 7)$$

$$QCR_{t,c} = PQCR_{t,c} * POP_{t,c} \quad 8)$$

ただし、 $QCR$  は米需要量、 $PQCR$  は 1 人当たり米需要量、 $POP$  は人口、 $PCGDP$  は 1 人当たり GDP、 $CGP$  は国内とうもろこし価格を表す。各パラメータについては、附属表 5-1, 5-2, 5-3 を参照されたい。

米純輸出国における輸出量は、輸入量、生産量、1 期前の期末在庫量の合計から需要量と当期の期末在庫量の差である定義式により決定される。また、米純輸出国における輸入量は国際米価格、国内生産量及び国内米価格等の関数として決定される。

$$EXR_{t,c} = QPR_{t,c} - QCR_{t,c} + IMR_{t,c} - (ESR_{t,c} - ESR_{t-1,c}) \quad 9)$$

$$\ln(IMR_{t,c}/IMR_{t-1,c}) = a20 \ln(IRP_{t,c}/IRP_{t-1,c}) + a21 \ln(QPR_{t,c}/QPR_{t-1,c}) + a22 \ln(RP_{t,c}/RP_{t-1,c}) + a23 \ln(T_t/T_{t-1}) \quad 10)$$

ただし、 $EXR$  は米輸出量、 $IMR$  は米輸入量、 $ESR$  は期末在庫量、 $IRP$  は国際米価格

を表す。なお、各パラメータについては附属表 6 を参照されたい。

米純輸入国における米輸入量は、輸出量、需要量、当期の期末在庫量の合計から生産量と 1 期前の期末在庫量の差である定義式により決定される<sup>(4)</sup>。また、米純輸入国における輸出量は国際米価格、国内米生産量及び国内米価格等の関数として決定される。

$$IMR_{t,c} = -QPR_{t,c} + QCR_{t,c} + EXR_{t,c} + (ESR_{t,c} - ESR_{t-1,c}) \quad (11)$$

$$\ln(EXR_{t,c}/EXR_{t-1,c}) = a24 \ln(IRP_{t,c}/IRP_{t-1,c}) + a25 \ln(QPR_{t,c}/QPR_{t-1,c}) + a26 \ln(RP_{t,c}/RP_{t-1,c}) + a27 \ln(T_t/T_{t-1}) \quad (12)$$

ただし、各パラメータについては附属表 7 を参照されたい。米期末在庫量は国内米価格の関数として決定される。また、国内米価格は以下のように、国際米価格に価格伝達係数等を通じて決定される。

$$\ln(ESR_{t,c}/ESR_{t-1,c}) = a28 \ln(DP_{t,c}/DP_{t-1,c}) + a29 \ln(T_t/T_{t-1}) \quad (13)$$

$$\ln(RP_{t,c}/RP_{t-1,c}) = a30 \ln(IRP_{t,c}/IRP_{t-1,c}) + a31 \ln(T_t/T_{t-1}) \quad (14)$$

なお、各パラメータについては附属表 8-1, 8-2, 9-1, 9-2 を参照されたい。

国際米市場では、各予測年において、世界全輸出量と全輸入量を決定し、以下のように、全輸出量が全輸入量と等しくなるように需給均衡価格である国際米価格（5% broken milled white rice, Thailand nominal price quota）が「ガウス・ザイデル法」により算出される。

$$\sum IMR_{t,c} = \sum EXR_{t,c} \quad (15)$$

## (2) 分析データ

気候変動データである各国の最低気温、最高気温、降水量の実績データは、CRU TS. 3.2 (CRU)のデータを使用した。観測地が多く、比較的面積の大きい国では主要米生産地域のグリッドを平均化した<sup>(5)</sup>。世界米需給データである作付面積、収穫面積、単収、需要量（1人当たり需要量）、輸出量、輸入量、期末在庫量については、米国農務省 PS&D データ (USDA) を使用した。また、本研究では米生産者価格は国内米価格として、小麦生産者価格を国内小麦価格として、とうもろこし生産者価格を国内とうもろこし価格として定義した。これらの生産者価格は、FAOSTAT データ (FAO) から入手した。以上のデータについては、各パラメータ推計のため、時系列回帰分析に使用した。

## 4. ベースライン及びシナリオ予測の前提条件

### (1) ベースライン予測の前提条件

まず、ベースライン予測では、予測期間中（2016～2035年）、現行の経済政策及び農業政策がすべての国・地域においても継続することを前提としている。また、農業技術変化率についてもこれまでの変化率が予測期間中も継続することを前提としている。そして、

気候変動変数である最低気温、最高気温、降水量の予測データについては、MIROC (Model for Interdisciplinary Research on Climate) (6)のうち RCP 4.5 シナリオ(7)による予測値を使用した。

本研究で追加対象とする国 (バングラデシュ、スリランカ、ネパール、パキスタン、ブラジル、コートジボワール、エジプト、マダガスカル、ナイジェリア、イラン (その他世界)) における最低気温、最高気温及び降水量の標準偏差については、いずれの国でも 1980 年～2009 年までの実績データに比べて、2016～2035 年は高くなっている (第 3 表、第 4 表、第 5 表)。これは予測期間中、追加国の最低気温、最高気温及び降水量の変動がこれまでに比べて高まることを意味する(8)。

第 3 表 最低気温の標準偏差の推移

(単位: °C)

	1980-1989年 (実績)	1990-1999年 (実績)	2000-2009年 (実績)	2014-2035年 (予測値)
バングラデシュ	0.3062	0.3689	0.3221	0.5095
スリランカ	0.1958	0.2913	0.1433	0.5375
ネパール	0.2971	0.4750	0.1618	0.4839
パキスタン	0.2926	0.3781	0.2581	0.4390
ブラジル	0.3348	0.2550	0.2393	0.7237
コートジボワール	0.2302	0.2095	0.2408	0.4950
エジプト	0.2401	0.3917	0.2762	0.3753
マダガスカル	0.4047	0.1974	0.1253	0.4081
ナイジェリア	0.3229	0.3109	0.3191	0.5311
イラン	0.5096	0.5474	0.2880	0.3850

注 1) 実績データは CRU TS 3.2 (CRU), 予測データは MIROC RCP4.5 シナリオから作成。  
2) イランについてはその他地域を適用。

第 4 表 最高気温の標準偏差の推移

(単位: °C)

	1980-1989年 (実績)	1990-1999年 (実績)	2000-2009年 (実績)	2014-2035年 (予測値)
バングラデシュ	0.2960	0.3720	0.3558	0.7175
スリランカ	0.2169	0.2270	0.1365	0.5791
ネパール	0.3539	0.4995	0.2974	0.5583
パキスタン	0.3320	0.4690	0.2791	0.6504
ブラジル	0.3305	0.2698	0.2289	0.9514
コートジボワール	0.1640	0.3182	0.1872	0.5427
エジプト	0.2879	0.3795	0.3197	0.5009
マダガスカル	0.3841	0.1916	0.1381	0.4889
ナイジェリア	0.5403	0.3003	0.2402	0.5697
イラン	0.4842	0.7994	0.2551	0.7104

注 1) 実績データは CRU TS 3.2 (CRU), 予測データは MIROC RCP4.5 シナリオから作成。  
2) イランについてはその他地域を適用。



第5表 降水量の標準偏差の推移

	(単位: mm)			
	1980-1989年 (実績)	1990-1999年 (実績)	2000-2009年 (実績)	2014-2035年 (予測値)
バングラデシュ	27.6214	23.5835	14.3066	41.4363
スリランカ	12.7729	12.5757	15.8752	41.0110
ネパール	13.1560	12.3685	9.9463	13.9828
パキスタン	7.5795	4.3688	3.2683	5.0552
ブラジル	6.5906	6.9630	5.8853	10.9658
コートジボワール	9.0298	7.4089	5.7243	7.5479
エジプト	21.9210	0.3936	0.2107	1.0848
マダガスカル	0.2446	10.3299	6.6497	14.0392
ナイジェリア	2.1671	4.3871	7.0685	6.0274
イラン	3.0430	2.1956	2.1392	4.1529

注1) 実績データは CRU TS 3.2 (CRU), 予測データは MIROC RCP4.5 シナリオから作成。

2) イランについてはその他地域を適用。

各国及び地域における人口予測については、国連人口予測である World Population Prospects, the 2015 Revision の中位推計 (medium variant) を使用した (United Nations (2015))。また、1人当たり GDP 成長率については、IMF による World Economic Outlook 2016 (IMF 2016) を使用した。なお、1人当たり GDP 成長率予測データについては、2021年までしか得られないため、本研究では、2022年から2035年にかけては、2016年から2021年までの年平均増加率が2035年まで継続することを前提とした。国際小麦及びとうもろこし価格の予測データについては、OECD-FAO による予測 (OECD-FAO Agricultural Outlook 2014-2025 (OECD-FAO 2016)) を使用した。なお、附属表 10-1 及び 10-2 において外生変数を示した。

また、予測期間中、2015年以降、WTO 農業交渉やその他の農業交渉は進展しないことを前提とした。このため、TPP 等による貿易自由化については前提条件に含めていない。そして、本研究においては各国・地域の作付面積が収穫面積と同一であることを前提とした。さらに、本研究では、各国・地域において精米換算率は基準年である2013～2015年の水準で一定に推移することを前提とした<sup>9)</sup>。

本研究では、農業投資 (農地投資, 農業機械・設備投資) は外生変数として取り扱う。農地投資とは、灌漑, 土壌保全, 土壌改善, 洪水調整等を対象とした FAOSTAT による農業投資データを使用した。また、農業機械・設備投資も FAOSTAT データを使用している。これらの農業投資データは、各農産物を対象としたデータに別けることができず、米以外の他の作物を対象とした農業投資も含んでいる。ASEAN 8ヶ国 (タイ, ベトナム, インドネシア, マレーシア, フィリピン, カンボジア, ラオス, ミャンマー) 及びスリランカ, バングラデシュ, ネパールについては、農業投資の大部分が米生産に使用されるものと考えられる。しかし、米国, EU28, 中国, インド, ブラジル, コートジボワール, エジプト, マダガスカル, ナイジェリア, イランにおける農業投資が米に使用される割合は ASEAN 8ヶ国及びスリランカ, バングラデシュ, ネパールに比べて極めて低いものと考えられる。このため、本研究では、農業投資に関するシミュレーションは ASEAN 8ヶ国に加えて、バングラデシュ, スリランカ, ネパールのみを対象とした。

本研究では、2000～2007年にかけての農業投資変化率が予測期間中 (2016～2035年)

も継続することを前提とする（第6表及び第7表）。ただし、ブラジル及びナイジェリアにおける2000～2007年にかけての農地投資増加率はそれぞれ、2.2%及び3.1%と他の国に比べて高いが、こうした高い増加率が長期間にわたって続くことは考えにくい。このため、これらの国々に対しては、1990～2000年の年平均増加率を予測期間中の増加率として適用した。また、2000～2007年にかけてのスリランカ及びイラン（その他世界）における農業機械・設備投資も1.4%及び4.2%と高く、これも同様の理由で、1990～2000年の年平均増加率を適用した。そして、エジプト及びマダガスカルは農業機械・設備投資もそれぞれ2.1%及び2.3%と高く、これも同様の理由で2005～2007年の平均増加率を適用した<sup>(10)</sup>。

第6表 農地投資の変化率の推移（ベースライン予測）

	1980-1990年 (実績)	1990-2000年 (実績)	2000-2007年 (実績)	2013/15-2035年 (予測)
バングラデシュ	3.3%	1.9%	1.6%	1.6%
スリランカ	0.9%	0.7%	0.4%	0.4%
ネパール	3.8%	1.1%	0.3%	0.3%
パキスタン	0.7%	1.2%	0.8%	0.8%
ブラジル	2.3%	1.4%	2.2%	1.4%
コートジボワール	3.0%	1.4%	0.0%	0.0%
エジプト	0.5%	2.5%	1.0%	1.0%
マダガスカル	4.4%	0.9%	0.0%	0.0%
ナイジェリア	0.5%	0.2%	3.1%	0.2%
イラン	3.8%	1.1%	1.7%	1.7%

資料：実績データについては FAOSTAT(FAO)を使用。

第7表 農業機械・設備投資変化率の推移（ベースライン予測）

	1980-1990年 (実績)	1990-2000年 (実績)	2000-2007年 (実績)	2005-07年(実績)	2013/15-2035年 (予測)
バングラデシュ	2.1%	0.2%	0.4%	0.0%	0.4%
スリランカ	-1.1%	0.8%	1.4%	0.1%	0.8%
ネパール	2.8%	2.4%	2.9%	1.8%	1.8%
パキスタン	7.9%	2.1%	0.7%	0.4%	0.7%
ブラジル	2.7%	1.4%	-0.2%	-0.1%	-0.2%
コートジボワール	2.0%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%
エジプト	3.4%	3.4%	2.1%	1.3%	1.3%
マダガスカル	1.9%	2.5%	2.3%	0.9%	0.9%
ナイジェリア	6.2%	2.2%	-2.1%	1.8%	-2.1%
イラン	10.7%	0.7%	4.2%	2.3%	0.7%

資料：実績データについては FAOSTAT(FAO)を使用。

## (2) シナリオ設定

本研究では、ベースライン予測に対していくつかのシナリオを設定する（第8表）。

最初に、タイ、ベトナム、インドネシア、フィリピン、マレーシアにおける農業機械・設備投資は予測期間中、年平均2.0%の増加率、カンボジア、ラオス、ミャンマーは同4.0%の増加率で推移することをシナリオ1として設定した。これらASEAN8ヶ国における食料ロスの発生は農業生産・収穫後の取扱・貯蔵が大部分を占めているため、シナリオ設定による食料ロス率の削減分は、その年の生産量に追加される構造とした。なお、シナリオ

1は農業機械・設備投資の増加が、単収増加及び食料ロス率低下という2つの効果を生み、それが世界米需給に影響を与える予測値となる。

次に、シナリオ1から食料ロス率による影響のみを抽出するため、単収決定式の農業機械・設備投資の増加率はベースライン予測と同一にし、食料ロス率決定式のみシナリオ1と同じ農業機械・設備投資の増加率を適用するケースをシナリオ2として設定した。

そして、バングラデシュ、スリランカ、ネパールにおける農業機械・設備投資については予測期間中、年平均3.0%の増加率で推移することをシナリオ3として設定した。これら3ヶ国における食料ロスの発生についても農業生産・収穫後の取扱・貯蔵が大部分を占めていると考えられるため、シナリオ1と同様に食料ロス率の削減分は、その年の生産量に追加される構造とした。

さらに、シナリオ4では、食料ロス率による影響のみを抽出するため、単収決定式の農業機械・設備投資の増加率はベースライン予測と同一にし、食料ロス率決定式のみシナリオ3と同じ農業機械・設備投資の増加率を適用するケースをシナリオ4として設定した。以上の農業投資の各シナリオは気候変動適応策として設定した。

第8表 シナリオ一覧

	対象国・地域	予測期間中における農業投資年平均増加率 (2013/15~2035年)		適用範囲
		農業機械・設備投資	農地投資	
シナリオ1	タイ、ベトナム、インド ネシア、フィリピン、マ レーシア	2.0%	ベースライン予測を適用	単収、食料ロス率に適用
	カンボジア、ラオス、 ミャンマー	4.0%	ベースライン予測を適用	
シナリオ2	タイ、ベトナム、インド ネシア、フィリピン、マ レーシア	2.0%	ベースライン予測を適用	食料ロス率のみに適用
	カンボジア、ラオス、 ミャンマー	4.0%	ベースライン予測を適用	
シナリオ3	バングラデシュ、スリラ ンカ、ネパール	3.0%	0.0%	単収、食料ロス率に適用
シナリオ4	バングラデシュ、スリラ ンカ、ネパール	3.0%	0.0%	食料ロス率のみに適用

## 5. 予測結果

### (1) ベースライン予測結果

以上のようなベースライン予測前提条件の設定の結果、世界米生産量及び需要量は2013/15年から2035年までの予測期間中、年平均1.7%増加する予測結果となった(第9表)。また、世界米輸出力は同期間中、年平均3.2%、輸入量は同3.6%増加(第10表)、期末在庫量は0.1%減少する予測結果となった(第11表)。また、2013/15年から2035年までの国際米価格(5% broken milled white rice, Thailand nominal price quota)は441.8 USD/トンから2035年の1,014.0 USD/トンに上昇し、国際米価格の変動係数は、0.2665となることが予測された。

第9表 世界米生産量及び需要量（ベースライン予測）

	世界米生産量			世界米需要量		
	2013-15年	2035年	年平均増加率 (2013/15- 2035年)	2013-15年	2035年	年平均増加率 (2013/15- 2035年)
世界	475,988	665,187	1.7%	473,664	665,074	1.7%
タイ	18,337	26,908	1.9%	10,700	12,749	0.9%
ベトナム	27,942	46,830	2.6%	21,933	29,877	1.6%
インドネシア	36,020	44,947	1.1%	38,300	56,671	2.0%
マレーシア	1,785	1,777	0.0%	2,758	3,407	1.1%
インド	105,209	155,929	2.0%	97,070	130,046	1.5%
中国	144,287	153,588	0.3%	144,000	155,615	0.4%
日本	7,811	5,384	-1.8%	8,527	8,456	0.0%
韓国	4,266	4,239	0.0%	4,331	4,442	0.1%
米国	6,443	8,362	1.3%	4,044	4,812	0.9%
EU28	1,985	1,567	-1.2%	3,350	2,959	-0.6%
カンボジア	4,592	6,245	1.5%	3,622	4,967	1.6%
ラオス	1,817	2,566	1.7%	1,838	3,474	3.2%
ミャンマー	12,252	17,521	1.8%	10,517	13,250	1.2%
フィリピン	11,708	17,577	2.1%	13,083	34,908	5.0%
バングラデシュ	34,463	54,428	2.3%	35,067	78,122	4.1%
ブラジル	7,963	9,492	0.9%	7,875	11,216	1.8%
コートジボワール	1,459	2,657	3.0%	2,500	5,046	3.6%
エジプト	4,427	7,853	2.9%	3,983	6,442	2.4%
マダガスカル	2,413	3,566	2.0%	2,733	4,244	2.2%
ネパール	3,187	5,850	3.1%	3,709	9,345	4.7%
ナイジェリア	2,772	4,355	2.3%	5,417	10,059	3.1%
パキスタン	6,799	12,271	3.0%	2,567	3,816	2.0%
スリランカ	2,997	4,153	1.6%	3,073	5,137	2.6%
その他世界	25,054	67,122	5.1%	42,667	66,013	2.2%

資料：2013/15年の実績データはUSDA PS&D（USDA）を使用。

第10表 世界米輸出量及び輸入量（ベースライン予測）

	世界米輸出量			世界米輸入量		
	2013-15年	2035年	年平均増加率 (2013/15- 2035年)	2013-15年	2035年	年平均増加率 (2013/15- 2035年)
世界	42,616	80,324	3.2%	39,524	80,328	3.6%
タイ	10,183	14,126	1.6%	300	23	-12.1%
ベトナム	6,444	16,614	4.8%	367	319	-0.7%
インドネシア	0	2	-	1,358	11,740	11.4%
マレーシア	53	0	-	1,020	1,636	2.4%
インド	10,786	26,040	4.5%	0	100	-
中国	329	1,255	6.9%	4,500	3,700	-1.0%
日本	69	200	5.5%	664	768	0.7%
韓国	2	3	2.0%	416	219	-3.2%
米国	3,128	2,823	-0.5%	760	735	-0.2%
EU28	258	897	6.4%	1,662	2,299	1.6%
カンボジア	1,017	1,264	1.1%	13	18	1.5%
ラオス	51	0	-	152	911	9.4%
ミャンマー	1,691	4,263	4.7%	16	0	-
フィリピン	0	0	-	1,533	17,344	12.9%
バングラデシュ	10	10	0.0%	749	23,720	18.9%
ブラジル	783	0	-	591	1,730	5.5%
コートジボワール	57	0	-	1,117	2,384	3.9%
エジプト	350	1,435	7.3%	49	28	-2.8%
マダガスカル	0	0	-	320	678	3.8%
ネパール	0	0	-	522	3,495	10.0%
ナイジェリア	0	0	-	2,567	5,707	4.1%
パキスタン	4,083	8,484	3.7%	27	27	0.0%
スリランカ	5	0	-	306	977	6.0%
その他世界	3,317	2,908	-0.7%	20,515	1,770	-11.5%

資料：2013/15年の実績データはUSDA PS&D（USDA）を使用。

第11表 世界米期末在庫量（ベースライン予測）

	2013-15年	2035年	年平均増加率 (2013/15- 2035年)
世界	113,188	111,963	-0.1%
タイ	9,513	9,347	-0.1%
ベトナム	1,172	1,519	1.3%
インドネシア	4,441	4,550	0.1%
マレーシア	563	674	0.9%
インド	19,341	9,991	-3.2%
中国	57,915	64,736	0.6%
日本	2,774	4,037	1.9%
韓国	1,377	1,601	0.8%
米国	1,276	1,007	-1.2%
EU28	1,226	1,395	0.6%
カンボジア	228	111	-3.5%
ラオス	372	416	0.6%
ミャンマー	617	758	1.0%
フィリピン	1,955	2,156	0.5%
バングラデシュ	1,221	1,510	1.1%
ブラジル	499	607	1.0%
コートジボワール	341	194	-2.8%
エジプト	796	852	0.3%
マダガスカル	0	0	-
ネパール	0	0	-
ナイジェリア	833	867	0.2%
パキスタン	906	805	-0.6%
スリランカ	862	629	-1.6%
その他世界	4,960	4,203	-0.8%

資料：2013/15年の実績データはUSDA PS&D（USDA）を使用。

## （2）シナリオ予測結果

こうしたベースライン予測に対して、シナリオ1を設定した結果、予測期間中（2016～2035年）における米の食料ロス率はベースライン予測に比べて、ASEAN8ヶ国すべてにおいて、下落する予測結果となった（第12表）。また、予測期間中における単収については、ベースライン予測に比べて、ASEAN主要米生産国すべてにおいて、増加する予測結果となった（第13表）。

こうしたASEAN8ヶ国における米の食料ロス率低下及び単収増加による供給量増加の結果、世界の米生産量はベースライン予測に比べて2016～2035年平均で0.8%増加する予測結果となった（第14表）。また、需要量も2016～2035年平均で0.7%増加、輸出货量及び輸入量は1.9%増加する予測結果となった。この結果、国際米価格はベースライン予測に比べて2016～2035年平均で10.1%下落する予測結果となった（第14表）。

さらに、シナリオ2を設定した結果、予測期間中における食料ロス率は、ASEAN8ヶ国すべてで、第15表のように下落する予測結果となった<sup>(11)</sup>。こうした食料ロス率下落により、世界の米生産量はベースライン予測に比べて2016～2035年平均で0.1%増加する予測結果となった（第16表）。そして、世界の米需要量はベースライン予測に比べて2016～2035年平均で0.1%増加、世界の米輸出货量及び輸入量は同0.3%増加する予測結果となった。この結果、国際米価格はベースライン予測に比べて2016～2035年平均で1.0%下落する予測結果となった（第16表）。

以上によるシナリオ1及び2による影響試算の結果、ASEAN8ヶ国における農業機械・設備投資増加は、単収増加及び食料ロス率低下を促し、国際米価格はベースライン予

測に比べて 2016～2035 年平均で 10.1%下落することが予測された。このうち、食料ロス率低下により国際米価格は 2016～2035 年平均で 1.0%下落する予測結果となった。

そして、シナリオ 3 を設定した結果、バングラデシュ、スリランカ、ネパールにおける食料ロス率はベースライン予測に比べて、予測期間中、すべて下落する予測結果となった（第 17 表）。また、これら 3 ヶ国の単収については、ベースライン予測に比べて、予測期間中、すべて増加する予測結果となった（第 17 表）。こうしたバングラデシュ、スリランカ、ネパールにおける米の食料ロス率低下及び単収増加による供給量増加の結果、世界の米生産量はベースライン予測に比べて 2016～2035 年平均で 0.2%増加する予測結果となった（第 18 表）。また、需要量も 2016～2035 年平均で 0.2%増加、輸出量及び輸入量は同 1.2%減少する予測結果となった。この結果、国際米価格はベースライン予測に比べて 2016～2035 年平均で 2.4%下落する予測結果となった（第 18 表）。

さらに、シナリオ 4 を設定した結果、バングラデシュ、スリランカ、ネパールにおける食料ロス率はベースライン予測に比べて、予測期間中、すべて下落する予測結果となった<sup>(12)</sup>（第 19 表）。こうしたバングラデシュ、スリランカ、ネパールにおける米の食料ロス率低下による供給量増加の結果、世界の米生産量はベースライン予測に比べて 2016～2035 年平均で 0.1%増加する予測結果となった（第 20 表）。また、需要量も 2016～2035 年平均で 0.1%増加、輸出量及び輸入量は 2016～2035 年平均で 0.8%減少する予測結果となった。この結果、国際米価格はベースライン予測に比べて 2016～2035 年平均で 1.4%下落する予測結果となった（第 20 表）。

2013/15 年から 2035 年にかけてのベースライン予測における国際米価格の変動係数は、前述のように 0.2665 であるが、シナリオ設定の結果、シナリオ 1 における国際米価格の変動係数は 0.2047 となった。また、シナリオ 2 における国際米価格の変動係数は 0.2604、シナリオ 3 における変動係数は 0.2574、シナリオ 4 における変動係数は 0.2632 となった（第 2 図）。

第 12 表 米の食料ロス率変化率（シナリオ 1 / ベースライン：2035 年）

(単位:ポイント)	
	2016-2035年平均
タイ	-0.6
ベトナム	-0.6
カンボジア	-2.2
インドネシア	-0.3
ラオス	-1.9
フィリピン	-0.1
マレーシア	-0.6
ミャンマー	-0.7

第13表 米の単収変化率（シナリオ1／ベースライン：2035年）

(単位: %)	
	2016-2035年平均
タイ	0.3
ベトナム	5.0
カンボジア	13.8
インドネシア	4.0
ラオス	11.5
フィリピン	8.3
マレーシア	2.8
ミャンマー	10.1

第14表 世界米需給への影響（シナリオ1／ベースライン：2035年）

	2016-2035 年平均
<b>世界米生産量</b>	<b>0.8%</b>
タイ	0.8%
ベトナム	4.6%
インドネシア	3.8%
マレーシア	3.2%
カンボジア	18.1%
ラオス	12.7%
ミャンマー	10.3%
<b>世界米需要量</b>	<b>0.7%</b>
<b>世界コメ輸出量</b>	<b>1.9%</b>
タイ	1.2%
ベトナム	15.5%
カンボジア	50.7%
ミャンマー	48.5%
<b>世界米輸入量</b>	<b>1.9%</b>
インドネシア	-16.2%
マレーシア	-3.5%
ラオス	-45.9%
フィリピン	-11.0%
<b>国際米価格</b>	<b>-10.1%</b>

第15表 米の食料ロス率変化率（シナリオ2／ベースライン）

(単位: ポイント)	
	2016-2035年平均
タイ	-0.6
ベトナム	-0.6
カンボジア	-2.2
インドネシア	-0.3
ラオス	-2.0
フィリピン	-0.1
マレーシア	-0.6
ミャンマー	-0.7

第16表 世界米需給への影響（シナリオ2／ベースライン）

(単位: %)	
	2016-2035年 平均
世界米生産量	0.1
世界米需要量	0.1
世界米輸入量	0.3
世界米輸出量	0.3
国際米価格	-1.0

第17表 米の食料ロス率及び単収変化率（シナリオ3／ベースライン）

	2016-2035年 平均
食料ロス率(ポイント)	
バングラデシュ	-1.0%
スリランカ	-1.0%
ネパール	-0.3%
単収(%)	
バングラデシュ	0.9%
スリランカ	2.5%
ネパール	3.7%

第18表 世界米需給への影響（シナリオ3／ベースライン）

	2016-2035年 平均
世界米生産量	0.2%
バングラデシュ	1.8%
スリランカ	3.3%
ネパール	16.2%
世界米需要量	0.2%
世界米輸入量	-1.2%
バングラデシュ	-5.0%
スリランカ	-17.2%
ネパール	-56.2%
世界米輸出量	-1.2%
国際米価格	-2.4%

第19表 米の食料ロス率への影響（シナリオ4／ベースライン）

（単位：ポイント）

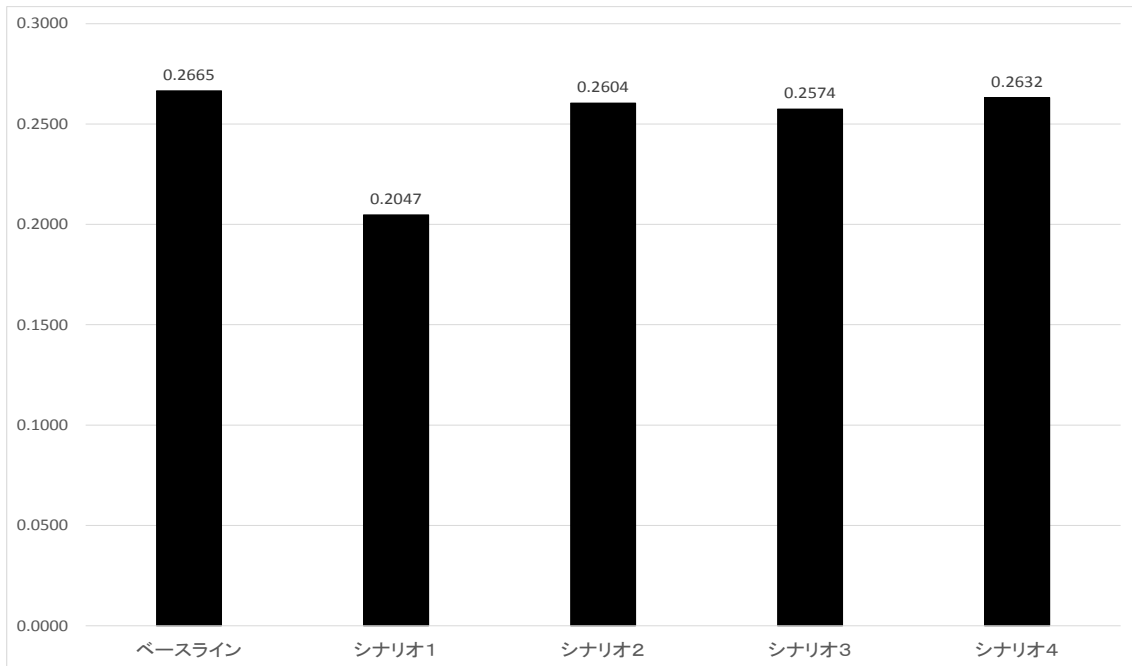
	2016-2035 年平均
バングラデシュ	-1.0
スリランカ	-1.0
ネパール	-0.4

第20表 世界米需給への影響（シナリオ4／ベースライン）

（単位：ポイント）

	2016-2035 年平均
バングラデシュ	-1.0
スリランカ	-1.0
ネパール	-0.4





第2図 国際米価格の変動係数（2013/15～2035年）

## 6. 結論

本研究では、気候変動による影響を含めた部分均衡需給予測モデルである「RECCモデル」にアフリカ主要生産国、アジア主要生産国、ブラジルといった合計9ヶ国を新たに対象国として追加するとともに、ASEAN8ヶ国、バングラデシュ、スリランカ、ネパールを対象に内生化した食料ロス率をモデルに加えることにより、ベースライン予測及びシナリオ予測を行った。最近における国際米需給では価格レベルそのものよりも、その変動性に国際社会からの関心が集まっている。このため、本研究では、気候変動適応策としての農業投資が食料ロス率低下と将来の国際米価格変動をいかに緩和できるかについて予測分析を行った。

本研究による影響試算の結果、ASEAN主要国における農業機械・設備投資の増加は、各国の米の食料ロス率低下及び単収の増加に寄与し、これらが各国の供給量増加につながることで、国際米価格安定にも寄与することが試算結果から得られた。また、バングラデシュ、スリランカ、ネパールにおける農業機械・設備投資の増加は、各国の米の食料ロス率低下及び単収の増加に寄与し、これらが各国の供給量増加につながることで、国際米価格安定にも寄与することが試算結果から得られた。ただし、これら3ヶ国による食料ロス率低下及び単収増加、国際米価格安定の寄与度はASEAN8ヶ国に比べて低い結果となった。

世界の米需給は、今後もアフリカ諸国や中近東を中心に需要量が増加することが見込まれており、農業投資・設備投資の増加による生産量増加は今後も必要である。その一方で、

農業投資により、食料ロス率を低下させていくことは、現在の食料生産量のレベルを増加させずとも将来の需要量に対応していくことを可能とする。このため、農業機械・設備投資の継続的な増加による単収の増加に加え、食料ロスの削減は、今後の世界米需給の緩和にも寄与できる。このように、国際米価格安定のためには、今後も ASEAN8 ヶ国及びバングラデシュ、スリランカ、ネパールでは農業機械・設備投資を中心とした農業投資の継続的な増加が必要である。IPCC WG2 では、気候変動適応策のオプションとしては、フードシステム全般にわたる活動、つまり食料生産のみならず、食料加工、包装、輸送、保管等に関する技術革新が該当することを論じた (IPCC 2014)。こうした観点からも、気候変動適応策としては、これまで実施してきたような農業生産増加を促すような品種改良や灌漑整備等の取組以外にも、フードシステム全体として、気候変動適応策に取り組んでいくことが今後、重要となる。このため、こうした食料ロス率低下の取組は世界穀物等需給緩和や環境問題への対応のみならず、気候変動適応策としても有効であると考えられる。

本研究では、限られた気候変動、マクロ、農業政策等の前提条件を用いて予測を行ったが、予測を行った前提条件にはいくつかの不確実性を有している。まず、第1に気候変動予測の不確実性があげられる。これは、気候変動予測を行うモデルや各シナリオに応じて気候変動予測結果が異なることやこれらの予測そのものにも不確実性がある。また、第2に、主要米生産・輸出国における農業政策及び貿易政策の不確実性であり、東南アジアの政治的不安定性を反映したタイ等の主要米生産・輸出国における農業政策及び貿易政策により、世界米市場は影響を受けるものと考えられる。さらに、第3に今後のマクロ経済情勢であり、主要国における1人当たりGDP、対ドル為替レートが長期的にどう推移するかも本研究の不確実性としてあげられる。第4に、パラメータの長期的信頼性に関する不確実性である。本研究では、現在の消費パターンが今後も続くことを前提としているが、今後の消費パターン（特に、所得弾性値や価格弾性値）が今後、変化することも考えられる。今後は、以上のような予測の不確実性について研究を深めていくことが必要である。

また、本研究では途上国を中心とした米に関する食料ロス率を対象としたが、先進国を対象とした「食品ロス」<sup>(13)</sup> についても今後の研究課題として分析することが必要である。さらに、気候変動が農産物に与える影響は、国ごとのマクロ的な視点と、国ごとの各県・州別といった比較的ミクロ的な視点による分析も必要である。このため、今後の研究課題としては今回の試算に使用した RECC モデルを各国の県・州別のモデルとリンクさせたモデルを構築して、気候変動の影響をより詳細に分析していくことが必要である。

#### 付記

本研究は、Koizumi T and Kanamaru H, Contribution of Agricultural Investments to Stabilizing International Rice Price Volatility under Climate Change, Japan Agricultural Research Quarterly (2016, 50 (3), pp267-284) を基に気候変動予測変数を MIROC RCP 4.5 シナリオを採用することにより修正したものである。本研究に当たり、CRUTS.3.2 データを提供いただいた FAO 気候変動・エネルギー・農地保有部金丸秀樹氏、

MIROC RCP4.5 予測データを提供いただいた国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構農業環境変動研究センター気候変動対応研究領域影響予測ユニット長の西森基貴氏に謹んで感謝申し上げます。

- 注(1) 変動係数とは、標準偏差を平均値で除したもの。国際米価格（5% broken milled white rice, Thailand nominal price quota)の月次データから計測。国際米価格データは IMF World Economic Outlook Database を仕様。
- (2) 日本、中国及び韓国を指す。
- (3) フィリピン農業省（Department of Agriculture, the Republic of the Phillipinnes）、フィリピン米機構（PhilRice）からの聞き取り調査結果（2014年11月）。
- (4) 日本については市場メカニズムで輸入量が決定するシステムではなく、政策的に決定されるため、OECD-FAO（2016）による予測値を外生変数とした。
- (5) 詳細については、Koizumi and Kanamaru（2016）を参照されたい。具体的には、インドネシアでは、西ジャワ、中央ジャワ、東ジャワ及びバンテン、中国では、米国ではルイジアナ及びアーカンソー州、インドではアーンドラ・プラデーシュ、オリッサ、チャッデーイスガル、タジル・ナードゥ州、フィリピンでは、ヌエバ・エシア州を対象とした。この他の国では、観測グリッドを平均化したデータを使用した。
- (6) MIROC モデルは、東京大学気候システム研究センター、国立環境研究所、海洋研究開発機構で開発を行った気候モデルであり、大気モデルと海洋モデルから構成されている。
- (7) RCP4.5 シナリオは中位安定シナリオと呼ばれており、この他にも低位安定化シナリオである RCP2.6, 高位安定化シナリオである RCP6.0, 高位参照シナリオである RCP8.5 もあるが、本研究では中位安定シナリオをベースライン予測の前提条件として設定した。
- (8) 他の国、地域等については Koizumi and Kanamaru（2016）を参照されたい。
- (9) 精米換算率の詳細は附属表 3 を参照されたい。
- (10) その他の国（タイ、ベトナム、インドネシア、マレーシア、フィリピン、カンボジア、ラオス、ミャンマー、中国、日本、韓国、インド、米国、EU28、その他世界）の農地投資、農業機械・設備投資の成長率前提については小泉（2016a）を参照されたい。
- (11) シナリオ 1 では各国の単収増加による米価格下落により、シナリオ 2 に比べて食料ロス率が僅かに上昇する。このため、シナリオ 2 のラオスにおけるベースライン予測に対する食料ロス率の下落率はシナリオ 1 に比べて僅かに高くなる結果となった。
- (12) シナリオ 3 では各国の単収増加による米価格下落により、シナリオ 4 に比べて食料ロス率が僅かに上昇する。このため、シナリオ 4 のネパールにおけるベースライン予測に対する食料ロス率の下落率はシナリオ 3 に比べて僅かに高くなる結果となった。
- (13) 農林水産省の定義で、本来食べられるのに捨てられてしまうものを指す（農林水産省）。

#### [引用文献]

Climate Research Unit (CRU) at the University of East Anglia, Climate Research Unit (CRU)

- Time-series datasets of variations in climate with variations in other phenomena*, <http://catalogue.ceda.ac.uk/uuid/3f8944800cc48e1cbc29a5ee12d8542d>.
- Dawe D (2010) *The Rice Crisis, Markets, Policies and Food Security*, <http://www.fao.org/docrep/015/an794e/an794e00.pdf>.
- Food and Agricultural Organization (FAO) (2011a) *Global Food losses and Food Waste*.
- Food and Agricultural Organization (FAO) (2011b) *The State of Food Security in the world, How does international policy volatility affect domestic economics and food security?* FAO.
- Food and Agricultural Organization (FAO) FAOSTAT, FAO statistic databases. <http://faostat.fao.org/>.
- High Level Panel of Expert on Food Security and Nutrition (HLPE) (2014) *Food losses and waste in the context of sustainable food systems*, HLPE Report No.8, pp.22.
- International Monetary Fund (2016) *World Economic Outlook Database*. <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2015/update/02/>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014) *The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC.
- 小泉達治 (2016a) 「気候変動下における国際米価格の変動と農業投資の影響－ASEAN8ヶ国を対象としたシミュレーション－」農林水産政策研究所プロジェクト研究 (主要国農業戦略) 研究資料第9号, pp. 209-232.
- 小泉達治 (2016b) 「農業投資が食料ロスおよび国際コメ需給に与える影響－部分均衡需給予測モデルによる分析－」『フードシステム研究』第23号第1号, pp.3-18.
- 小泉達治・金丸秀樹 (2012) 「気候変動と世界の食料安全保障」, 『環境科学会誌』, 25(6), pp.487-492.
- Koizumi T and Kanamaru H (2016) “Contribution of Agricultural Investments to Stabilizing International Rice Price Volatility under Climate Change”, *Japan Agricultural Research Quarterly*, 50(3), pp267-284.
- Lobllell DB (2007) “Changes in diurnal temperature range and national cereal yields”, *Agricultural and Forest Meteorology*. 145: 229-238.
- Lobllell DB and Burke MB (2010) “On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change”, *Agricultural and Forest Meteorology* 150, pp.1443-1452.
- OECD-FAO (2016) *OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025*. OECD-FAO.
- Okawa K (2015) *Market and Trade Impacts on Food Loss and Waste Reduction*, OECD Food and Agriculture and Fisheries Papers, No.75.
- Parry M, Rosenzweig C, Iglesias A, Fisher G and Livemore M (1999) “Climate change and world food security: a new assessment”, *Global Environmental Change* 9, pp.51-67.
- Peng S. J Huang, JE Sheehy. RC Laza. RM Visperas. X Zhong. GS Centeno. GS Khush and K G Cassman (2004) “Rice yields decline with higher night temperature from global warming”, *Agricultural Sciences*. Vol 101. No27, pp9971-9975.
- Rutten M M (2013) *What economic theory tells us about the impacts of reducing food losses and/or waste: implications for research. Policy and practice. Agriculture & Food Security*, pp. 2:13.

農林水産省「食品ロスの現状について」 [www.maff.go.jp/j/study/syoku\\_loss/01/pdf/data2.pdf](http://www.maff.go.jp/j/study/syoku_loss/01/pdf/data2.pdf).

Welch JR, R JR Vincent, M Auffhammer, PF Moya, A Dobermann and D Dawe (2010) "Rice yields in tropical/subtropical Asia exhibit large but opposing sensitivities to minimum and maximum temperatures". *Sustainability Science*, 107(33), pp. 14562-14567.

United Nations (2015) *World Population Prospects, the 2015 Revision*.   
<http://esa.un.org/unpd/wpp/>.

United States Department of Agriculture (USDA) *PS&D*.   
<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>.

## 附表

附属表 1-1 パラメータ推計 (単収 : 1)

	バングラデシュ t 値		スリランカ t 値(ダミー対象年)		ネパール t 値(ダミー対象年)		パキスタン t 値(ダミー対象年)	
a1, 最低気温 (t/t-1)	-0.2895	-1.5931	-0.5434	-0.9612	-0.1258	-0.4399	-0.5382	-0.9098
a2, 最高気温 (t/t-1)	0.0378	0.8572	1.0402	0.7604	-	-	1.5596	1.1855
a3, 降水量 (t/t-1)	-0.0045	-0.8562	-0.0624	-1.1695	0.0369	0.6462	0.0409	1.5639
a4, 農地投資 (t-1/t-2)	0.8226	2.4469	1.2968	2.9147	1.1633	1.0694	-	-
a5, 農業機械・設備投資 (t-1/t-2)	0.0312	1.8099	0.1590	0.6412	0.1274	1.0522	-	-
a6, タイムトレンド (t/t-1)	0.0321	22.6376	0.1071	8.0967	0.2940	6.0741	0.2835	7.6170
定数項	-0.1221	-1.7390	0.9814	26.0454	0.0598	0.3833	0.2175	1.9840
ダミー変数 1	-	-	0.0968	2.4589 (1985)	-0.1258	-3.3033 (1992)	-0.0593	-1.1045 (1989)
ダミー変数 2	-	-	0.0891	2.3358 (1999)	-0.1161	-0.1161 (1994)	-0.0978	-2.2400 (2001)
ダミー変数 3	-	-	-0.0876	-2.4216 (2003)	-0.0802	-0.0802 (2006)	-	-
推計期間	1982-2008		1983-2008		1991-2009		1988-2007	
決定係数	0.9793		0.8127		0.9309		0.9198	
自由度調整済決定係数	0.9712		0.7294		0.8869		0.8829	
ダービーワトソン値	1.7780		1.3695		1.3049		1.8484	

附属表 1-2 パラメータ推計 (単収 : 2)

	ブラジル t 値(ダミー対象年)		コートジボワール t 値(ダミー対象年)		エジプト t 値(ダミー対象年)	
a1, 最低気温 (t/t-1)	-0.3800	-0.7332	-1.8508	-1.3461	-1.1702	-1.7861
a2, 最高気温 (t/t-1)	1.3700	1.2208	-	-	-	-
a3, 降水量 (t/t-1)	0.1392	1.6684	0.5558	0.8382	0.1192	1.8489
a4, 農地投資 (t-1/t-2)	-	-	0.8157	1.7558	0.1247	0.4864
a5, 農業機械・設備投資 (t-1/t-2)	-	-	-	-	-	-
a6, タイムトレンド (t/t-1)	0.0384	45.9159	0.0081	4.1779	0.0210	-
定数項	0.3405	26.3056	1.2172	28.3578	1.7579	42.6056
ダミー変数 1	-0.0525	-1.5813 (2002)	-0.2178	-3.9529 (1988)	0.0118	0.3213 (1991)
ダミー変数 2	-0.0792	-2.3188 (2004)	0.1436	2.6308 (1998)	-	-
ダミー変数 3	-	-	0.1681	3.1182 (2003)	-	-
推計期間	1980-2006		1986-2009		1990-2007	
決定係数	0.9916		0.8478		0.9563	
自由度調整済決定係数	0.9890		0.7499		0.9324	
ダービーワトソン値	1.8852		1.5365		1.4704	

附属表 1-3 パラメータ推計（単収：3）

	マダガスカル t 値(ダミー対象年)		ナイジェリア t 値(ダミー対象年)		イラン t 値(ダミー対象年)	
a1, 最低気温 (t/t-1)	-1.0698	-1.2008	-0.3265	-1.6008	-0.3068	-0.8123
a2, 最高気温 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-
a3, 降水量 (t/t-1)	0.0734	1.2360	0.1399	1.6618	0.0395	0.8182
a4, 農地投資 (t-1/t-2)	0.8966	1.5576	0.3061	0.8511	1.3539	3.1555
a5, 農業機械・設備投資 (t-1/t-2)	-	-	-	-	-	-
a6, タイムトレンド (t/t-1)	0.0268	10.0796	0.1427	6.4339	-0.1904	-2.7579
定数項	0.2631	4.3961	0.9932	17.6096	2.0008	9.5923
ダミー変数 1	0.1308	2.0478(1992)	-0.2218	-3.3451(1988)	-0.2591	-0.2591(2000)
ダミー変数 2	-0.1237	-2.0786(2002)	-0.1291	-1.9749(2000)	-0.1217	-0.1216(2001)
ダミー変数 3	-	-	0.1113	1.6882(2003)	0.0858	0.0857(2002)
推計期間	1989-2009		1982-2007		1996-2009	
決定係数	0.8981		0.8148		0.9464	
自由度調整済決定計数	0.8544		0.7427		0.8607	
ダービーワトソン値	1.0523		2.2215		2.8521	

附属表 2-1 パラメータ推計（作付面積：1）

	バングラデシュ t 値		スリランカ t 値(ダミー対象年)		ネパール t 値(ダミー対象年)		パキスタン t 値(ダミー対象年)	
a7, 国内米価格 (t/t-1)	0.0246	1.3504	0.0514	0.9422	0.2645	2.6265	0.1559	3.5838
a8, 国内小麦価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-0.1521	-1.4341	-0.1822	-4.1504
a9, 降水量 (t/t-1)	-0.0232	-0.9629	-0.0283	-0.4271	0.0957	1.0264	-0.0134	-0.6549
a10, 農地投資 (t-1/t-2)	0.5198	2.4578	1.8619	3.1837	1.2111	0.6716	0.9083	1.7275
a11, タイムトレンド (t/t-1)	0.0081	9.4538	0.0094	7.1627	0.0181	4.3702	0.0142	14.9359
定数項	8.9877	88.517	6.4262	245.907	0.5660	6.0965	7.4658	46.929
ダミー変数 1	-	-	0.0991	2.0478(1992)	-0.1462	-1.9713(1994)	0.0655	2.0478(1992)
ダミー変数 2	-	-	-0.2389	-2.0786(2002)	-	-	-0.0808	-2.0786(2002)
ダミー変数 3	-	-	-	-	-	-	-	-
推計期間	1990-2011		1985-2009		1981-2007		1985-2009	
決定係数	0.9007		0.8659		0.8384		0.9492	
自由度調整済決定計数	0.8610		0.8212		0.7899		0.9282	
ダービーワトソン値	1.5345		1.9467		1.5981		1.9864	

附属表 2-2 パラメータ推計（作付面積：2）

	ブラジル t 値(ダミー対象年)		コートジボワール t 値(ダミー対象年)		エジプト t 値(ダミー対象年)	
a7, 国内米価格 (t/t-1)	0.1427	1.2498	0.5149	3.2817	0.2819	2.0266
a8, 国内小麦価格 (t/t-1)	-0.1073	-0.8513	-	-	-0.0907	-0.8014
a9, 降水量 (t/t-1)	0.1151	0.4348	0.5149	3.2817	0.0388	1.8207
a10, 農地投資 (t-1/t-2)	0.4419	0.3178	0.4055	0.4126	0.6774	1.2648
a11, タイムトレンド (t/t-1)	-0.0275	-12.0981	0.0253	4.8272	0.0174	5.2923
定数項	8.7230	160.8212	6.0180	73.0371	6.0186	83.190
ダミー変数 1	0.1688	1.7264(1986)	-0.2949	-2.1982(1992)	-0.1187	-1.7197(1998)
ダミー変数 2	-0.2161	-2.3003(1997)	0.1123	0.9862(2000)	0.1317	1.8797(2000)
ダミー変数 3	0.1909	2.1733(2004)	-	-	-	-
推計期間	1983-2009		1992-2011		1990-2008	
決定係数	0.9184		0.8400		0.8821	
自由度調整済決定計数	0.8822		0.7662		0.8071	
ダービーワトソン値	1.7848		1.0988		1.5835	

附属表 2-3 パラメータ推計（作付面積：3）

	マダガスカル t 値(ダミー対象年)		ナイジェリア t 値(ダミー対象年)		イラン t 値(ダミー対象年)	
a7, 国内米価格 (t/t-1)	0.0344	2.6478	0.3018	1.3060	0.1993	1.9932
a8, 国内小麦価格 (t/t-1)	-	-	-0.4452	-1.8701	-0.1242	-1.2310
a9, 降水量 (t/t-1)	0.0081	1.9062	0.0739	0.8721	0.0618	0.9527
a10, 農地投資 (t-1/t-2)	0.2844	2.2661	-	-	-	-
a11, タイムトレンド (t/t-1)	0.0031	6.4808	0.0637	13.1115	0.0092	3.9047
定数項	7.0391	73.251	6.3303	77.2388	6.2087	14.4719
ダミー変数 1	-0.0480	-3.9696(1995)	-0.3222	-1.9655(1986)	-	-
ダミー変数 2	0.0201	1.6172(2007)	0.5097	3.0888(1989)	-	-
ダミー変数 3	-	-	0.3726	2.2553(1992)	-	-
推計期間	1985-2008		1982-2007		1993-2014	
決定係数	0.8778		0.9340		0.7812	
自由度調整済決定係数	0.8243		0.9029		0.7128	
ダービーフトソン値	2.0126		1.4619		1.8795	

附属表 3 精米換算率

国・地域	精米変換率	国・地域	精米変換率
タイ	0.6600	米国	0.7050
ベトナム	0.6250	EU28	0.6906
インドネシア	0.6350	バングラデシュ	0.6667
カンボジア	0.6400	ブラジル	0.6800
ラオス	0.6300	コートジボワール	0.6499
ミャンマー	0.6400	エジプト	0.6900
マレーシア	0.6500	マダガスカル	0.6400
フィリピン	0.6300	ネパール	0.6659
中国	0.7000	ナイジェリア	0.6300
インド	0.6666	パキスタン	0.6666
日本	0.7280	スリランカ	0.6800
韓国	0.7510	イラン（その他世界）	0.6600

資料：USDA, PS&D による各国の 2013-16 年平均値を使用。

附属表 4-1 フードロス率（1）

	タイ t 値(ダミー対象年)		ベトナム t 値(ダミー対象年)		カンボジア t 値(ダミー対象年)		インドネシア t 値(ダミー対象年)	
a12, 国内コメ価格	-0.1119	-1.2627	-0.0418	-1.1518	-	-	-0.0545	-2.6615
a13, 農業機械・設備投資 (t-1/t-2)	-1.8737	-5.1695	-0.2870	-1.9956	-1.3892	-0.7507	-0.2171	-4.6732
a14, タイムトレンド	0.4134	8.9504	0.0760	1.6656	1.4081	3.0107	0.0138	1.3876
定数項	-3.7209	-28.3605	-2.5556	-18.9431	-5.9598	-4.6712	-2.5409	-94.5794
ダミー変数 1	-0.1023	-2.5149 (1999)	-0.0411	-1.9338 (1997)	-0.2721	-1.8178 (2002)	-0.0457	-2.9978 (1991)
ダミー変数 2	-0.1671	-0.1672 (2000)	-0.0690	-2.5815 (2007)	-0.3312	-2.1281 (2003)	0.0867	5.0413 (1993)
ダミー変数 3	-0.0906	-0.0906 (2007)	-	-	-	-	0.0534	3.8983 (1996)
推計期間	1993-2007		1995-2007		1997-2007		1990-2007	
決定係数 (R-Square)	0.9779		0.8942		0.9030		0.9121	
自由度調整済み決定係数 (Adjusted R-squared)	0.9612		0.8186		0.7576		0.8339	
ダービーフトソン値	2.0525		2.2653		1.1567		1.4503	

附属表 4-2 フードロス率 (2)

	ラオス	t 値 (ダミー対象年)	フィリピン	t 値 (ダミー対象年)	マレーシア	t 値 (ダミー対象年)	ミャンマー	t 値 (ダミー対象年)
a12, 国内コメ価格	-0.0397	-0.6704	-0.0961	-1.0202	-	-	-	-
a13, 農業機械・設備投資 (t-1/t-2)	-2.9241	-0.4850	-0.9688	-0.9144	-0.7242	-0.4725	-0.6563	-1.6179
a14, タイムトレンド	0.3887	6.1852	-0.0184	-0.3797	0.1069	0.8548	0.5717	3.3411
定数項	-3.8060	-14.5572	-4.1218	-30.6782	-3.6252	-10.2488	-4.7270	-10.0152
ダミー変数 1	0.0489	1.6342 (2001)	0.1146	0.1146 (1996)	0.6682	3.5556 (2005)	-0.1321	-1.6709 (2003)
ダミー変数 2	-	-	-0.1839	-3.4978 (1998)	0.6840	3.6236 (2006)	0.1259	1.4997 (2006)
ダミー変数 3	-	-	-0.3497	-4.7374 (2007)	-	-	-	-
推計期間	1996-2007		1990-2007		1986-2007		1996-2007	
決定係数 (R-Square)	0.9298		0.8836		0.7812		0.9062	
自由度調整済み決定係数 (Adjusted R-squared)	0.8897		0.8202		-0.7128		0.8281	
ダービンワトソン値	2.2014		2.2721		2.0013		2.2151	

附属表 4-3 フードロス率 (3)

	バングラデシュ	t 値 (ダミー対象年)	スリランカ	t 値 (ダミー対象年)	ネパール	t 値 (ダミー対象年)
a12, 国内コメ価格	-0.0808	-0.5989	-0.2026	-2.6877	-0.0212	-1.3212
a13, 農業機械・設備投資 (t-1/t-2)	-1.1963	-0.5394	-0.8794	-2.3305	-0.2738	-1.7755
a14, タイムトレンド	0.0847	5.2174	0.0233	3.6353	0.0050	1.1863
定数項	12.1181	14.4871	-3.0836	-24.0181	-2.1461	-14.2107
ダミー変数 1	-0.2009	-0.2008 (1998)	0.2254	4.5963 (1996)	-0.0605	-4.7280 (1982)
ダミー変数 2	0.3649	0.3649 (2000)	0.1654	0.1655 (1992)	0.0455	3.7205 (1991)
ダミー変数 3	0.2432	1.6015 (2001)	-	-	0.0393	2.9574 (2007)
推計期間	1993-2010		1984-2007		1982-2007	
決定係数 (R-Square)	0.9516		0.8376		0.8155	
自由度調整済み決定係数 (Adjusted R-squared)	0.9253		0.7924		0.7572	
ダービンワトソン値	1.5935		1.9952		1.6076	

附属表 5-1 パラメータ推計 (一人当たりコメ需要量: 1)

	バングラデシュ	t 値	スリランカ	t 値 (ダミー対象年)	ネパール	t 値 (ダミー対象年)	パキスタン	t 値 (ダミー対象年)
a15, 所得弾性値; 1人当たり GDP 成長率 (t/t-1)	0.8771	3.7631	0.3438	1.3912	0.4806	1.7502	-0.4644	-1.7543
a16, 国内米価格 (t/t-1)	-0.3109	-2.3652	-0.0296	-0.4150	-0.0436	-0.4257	-0.1280	-1.3365
a17, 国内小麦価格 (t/t-1)	0.1553	1.2524	-	-	0.0912	0.9047	0.3298	3.8525
a18, 国内トウモロコシ価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-
a19, タイムトレンド (t/t-1)	-0.0837	-1.6550	0.0121	6.4505	0.0424	1.6351	-0.0179	-8.1941
定数項	1.8287	1.6938	4.4328	10.4971	4.5764	62.4788	3.3024	62.2916
ダミー変数 1	-	-	0.0663	1.0771 (1991)	-0.1726	-1.9120 (1994)	-0.3318	-4.4949 (2005)
ダミー変数 2	-	-	0.1076	1.5877 (2012)	0.1970	2.1375 (2013)	-	-
ダミー変数 3	-	-	-	-	0.1622	1.7358 (2014)	-	-
推計期間	1991-2007		1990-2014		1982-2015		1992-2015	
決定係数	0.8294		0.8048		0.6446		0.8715	
自由度調整済み決定係数	0.7725		0.7377		0.5458		0.8358	
ダービンワトソン値	1.6324		1.2520		1.4290		1.9644	



附属表 5-2 パラメータ推計（一人当たりコメ需要量：2）

	ブラジル <small>t 値(ダミー対象年)</small>		コートジボワール <small>t 値(ダミー対象年)</small>		エジプト <small>t 値(ダミー対象年)</small>	
a15, 所得弾性値; 1人当たり GDP 成長率 (t/t-1)	0.0498	1.3541	0.1422	0.8409	0.1441	2.1030
a16, 国内米価格 (t/t-1)	-0.0353	-1.0637	-0.2719	-2.4183	-0.0649	-0.9673
a17, 国内小麦価格 (t/t-1)	0.0433	1.3070	-	-	0.1829	2.7452
a18, 国内トウモロコシ価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-
a19, タイムトレンド (t/t-1)	-0.0109	-15.2721	0.0286	12.5960	0.0065	3.9710
定数項	4.0549	23.4561	3.5485	67.7962	3.6079	89.1119
ダミー変数 1	0.0788	2.8409(2004)	0.4105	3.7665(1987)	-0.1770	-2.8921(1990)
ダミー変数 2	-0.0360	-1.2740(2012)	0.4229	3.8087(1989)	0.0713	1.2216(2000)
ダミー変数 3	-	-	-0.3009	-2.5579(2009)	-	-
推計期間	1990-2015		1985-2015		1990-2015	
決定係数	0.9361		0.8701		0.7810	
自由度調整済決定計数	0.9159		0.8376		0.7118	
ダービーワトソン値	1.3054		1.5696		1.4964	

附属表 5-3 パラメータ推計（一人当たりコメ需要量：3）

	マダガスカル <small>t 値(ダミー対象年)</small>		ナイジェリア <small>t 値(ダミー対象年)</small>		イラン <small>t 値(ダミー対象年)</small>	
a15, 所得弾性値; 1人当たり GDP 成長率 (t/t-1)	0.1661	1.4862	0.0940	1.2441	0.1798	2.4357
a16, 国内米価格 (t/t-1)	-0.3643	-1.8991	-0.2237	-1.7319	-0.0729	-1.6723
a17, 国内小麦価格 (t/t-1)	-	-	-	-	0.0099	0.5549
a18, 国内トウモロコシ価格 (t/t-1)	0.3229	1.9749	-	-	-	-
a19, タイムトレンド (t/t-1)	0.0020	0.8736	0.0177	6.4560	0.0815	6.0920
定数項	4.7748	90.3534	2.8198	43.4425	3.4619	87.9157
ダミー変数 1	-0.1319	-1.8796(1998)	-0.2219	-1.7753(1995)	-0.0782	-2.2232(1989)
ダミー変数 2	0.0840	1.0819(2009)	0.2193	1.7279(2011)	-0.1129	-2.9081(1990)
ダミー変数 3	0.0253	0.3661(1991)	-	-	-0.1272	-3.3979(1993)
推計期間	1990-2014		1988-2015		1985-2014	
決定係数	0.7217		0.7494		0.8252	
自由度調整済決定計数	0.5229		0.6924		0.7586	
ダービーワトソン値	1.5534		1.4162		1.0671	

附属表 6 パラメータ推計（輸入量）

	パキスタン <small>t 値(ダミー対象年)</small>		ブラジル <small>t 値(ダミー対象年)</small>		エジプト <small>t 値(ダミー対象年)</small>	
a20, 国際米価格 (t/t-1)	-0.7243	-3.6139	-0.1741	-0.4411	-0.9412	-1.0740
a21, 国内生産量 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-
a22, 国内コメ価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-
a23, タイムトレンド (t/t-1)	0.0126	0.6856	0.0148	1.7444	-0.0807	-1.0583
定数項	2.9514	2.5184	6.1180	31.6449	5.8840	2.4916
ダミー変数 1	0.1999	3.7460(2011)	-2.3283	-4.9250(1985)	2.5670	3.9946(2011)
ダミー変数 2	-0.5523	-3.3441(2015)	0.9372	1.9679(1986)	-0.9174	-1.3572(2009)
ダミー変数 3	-	-	-2.4739	-4.3686(1987)	-	-
推計期間	2009-2015		1981-2015		2005-2014	
決定係数	0.8757		0.7670		0.7900	
自由度調整済決定計数	0.6270		0.7174		0.6220	
ダービーワトソン値	2.3334		1.3392		2.9558	

附属表 7 パラメータ推計（輸出量）

	コートジボワール t 値		スリランカ t 値(ダミー対象年)	
a24, 国際米価格 (t/t-1)	0.7009	1.0088	2.2529	0.9912
a25, 国内生産量 (t/t-1)	-	-	-	-
a26, 国内コメ価格 (t/t-1)	-	-	-	-
a27, タイムトレンド (t/t-1)	0.1297	3.1628	-0.1388	-1.2787
定数項	-0.8584	-0.6437	6.9470	1.9519
ダミー変数 1	-	-	-0.8770	-1.4151 (2013)
ダミー変数 2	-	-	-	-
ダミー変数 3	-	-	-	-
推計期間	2009-2014		2009-2015	
決定係数	0.7821		0.6738	
自由度調整済決定計数	0.6368		0.5600	
ダービーフトソン値	2.8939		2.3148	

附属表 8-1 パラメータ推計（期末在庫量：1）

	バングラデシュ t 値(ダミー対象年)		スリランカ t 値(ダミー対象年)		パキスタン t 値(ダミー対象年)		ブラジル t 値(ダミー対象年)	
a28, 国内米価格 (t/t-1)	-0.0144	-0.5600	-1.8580	-4.3159	-0.4062	-0.5527	-	-
a29, タイムトレンド (t/t-1)	0.5250	1.9848	-1.1642	-4.7895	-0.1320	-5.9962	-0.0419	-4.8749
定数項	4.7401	6.7569	8.6343	12.0721	8.5315	-5.9962	7.8438	36.7638
ダミー変数 1	-1.0419	-2.3333 (2004)	-2.5592	-5.9416 (2003)	-1.3262	-5.1162 (1997)	-1.0183	-3.4053 (1997)
ダミー変数 2	-0.9985	-2.1623 (2005)	-	-	0.8233	3.1163 (1999)	-0.7617	-2.5523 (2001)
ダミー変数 3	0.6334	1.4023 (2010)	-	-	0.6221	2.3029 (2000)	-	-
推計期間	1991-2011		1988-2010		1991-2002		1991-2014	
決定係数	0.6968		0.8246		0.9279		0.6761	
自由度調整済決定計数	0.5669		0.7970		0.8677		0.6079	
ダービーフトソン値	2.2230		1.4210		1.7043		1.7795	

附属表 8-2 パラメータ推計（期末在庫量：2）

	コートジボワール t 値(ダミー対象年)		エジプト t 値(ダミー対象年)		ナイジェリア t 値(ダミー対象年)		イラン t 値(ダミー対象年)	
a28, 国内米価格 (t/t-1)	-1.4438	-4.0195	-0.3098	-0.7544	-0.3970	-0.8418	-0.2235	-1.0281
a29, タイムトレンド (t/t-1)	0.0423	3.4587	0.0344	2.2891	0.0577	3.8520	-0.0810	-10.5420
定数項	4.2723	13.1543	5.3096	12.7176	4.7780	12.1932	9.1703	45.6125
ダミー変数 1	-1.4602	-4.1126 (2009)	0.6777	1.7417 (2001)	1.1476	2.5061 (2002)	-0.3876	-1.7985 (2009)
ダミー変数 2	-	-	-1.6111	-4.2162 (2010)	-1.7887	-3.8154 (2009)	0.3448	1.5926 (2012)
ダミー変数 3	-	-	0.6932	1.7513 (2000)	-0.8049	-1.6630 (1994)	-	-
推計期間	1995-2015		1996-2015		1993-2015		1995-2015	
決定係数	0.6840		0.6872		0.7046		0.8865	
自由度調整済決定計数	0.6282		0.5428		0.6177		0.8581	
ダービーフトソン値	1.5110		2.5219		1.3216		1.9046	

附属表 9-1 パラメータ推計（価格伝達性：1）

	バングラデシュ t 値(ダミー対象年)		スリランカ t 値(ダミー対象年)		ネパール t 値(ダミー対象年)		パキスタン t 値(ダミー対象年)		ブラジル t 値(ダミー対象年)	
a30, 国際米価格 (t/t-1)	0.5289	4.4997	0.5521	9.8835	0.4834	7.1712	0.1191	0.8735	0.6619	7.1606
a31, タイムトレンド (t/t-1)	0.0018	0.8935	0.0026	0.8295	0.0225	5.8378	-0.0040	-0.9369	0.0654	1.5435
定数項	2.5119	4.8664	2.5568	10.4359	2.5683	8.3285	4.5963	7.3077	2.0814	5.0939
ダミー変数 1	0.2139	1.5269 (1995)	-0.2789	-3.2815 (2006)	-0.2707	-2.6377 (2000)	-0.1766	-2.6787 (2001)	-0.3119	-2.0532 (2000)
ダミー変数 2	0.3384	2.4745 (2004)	0.4285	5.0320 (2008)	-	-	0.0646	0.7577 (2002)	0.2804	1.7559 (2004)
ダミー変数 3	0.3678	2.2613 (2004)	-	-	-	-	0.0960	1.9985 (1997)	0.4223	2.7799 (2008)
推計期間	1991-2014		1991-2004		1992-2014		1991-2002		1991-2014	
決定係数	0.7510		0.9229		0.9175		0.8886		0.8531	
自由度調整済決定計数	0.6421		0.9066		0.9045		0.7957		0.8123	
ダービーフトソン値	1.2613		2.0536		1.3945		1.4196		2.3241	

附属表 9-2 パラメータ推計（価格伝達性：2）

	コートジボワール t 値(ダミー対象年)		エジプト t 値(ダミー対象年)		マダガスカル t 値(ダミー対象年)		ナイジェリア t 値(ダミー対象年)	
a30, 国際米価格 (t/t-1)	0.6541	5.0923	0.5865	8.5863	0.3879	4.5566	0.5436	2.6301
a31, タイムトレンド (t/t-1)	0.033548	4.3992	0.0106	2.6788	0.0251	4.7060	-0.0546	-5.0621
定数項	2.1130	3.6950	2.4499	8.3339	3.1669	8.3499	4.3570	4.7761
ダミー変数 1	0.3608	1.8511 (1993)	-0.3087	-3.0783 (1992)	0.4791	3.6819 (1993)	0.8024	2.8002 (1998)
ダミー変数 2	-0.3389	-1.8181 (1999)	-0.3097	-3.0536 (2009)	0.3502	2.7292 (1994)	-0.7551	-2.6476 (1999)
ダミー変数 3	-0.3660	-1.9641 (2001)	-	-	0.4126	3.2642 (2007)	-0.6360	-2.2304 (2000)
推計期間	1991-2011		1992-2014		1991-2011		1991-2013	
決定係数	0.8620		0.9238		0.8675		0.7936	
自由度調整済決定計数	0.8160		0.9069		0.8234		0.7162	
ダービーフトソン値	1.8326		1.8136		2.3589		1.3034	

附属表 10-1 外生変数（1人当たり GDP 実質経済成長率）

国・地域	2016-2035年 平均増加率	国・地域	2016-2035年 平均増加率
タイ	2.7%	米国	3.6%
ベトナム	6.5%	EU28	1.8%
インドネシア	3.6%	バングラデシュ	6.5%
マレーシア	7.1%	スリランカ	6.9%
カンボジア	7.0%	ネパール	6.0%
ラオス	8.0%	パキスタン	5.4%
ミャンマー	8.6%	ブラジル	1.6%
フィリピン	7.9%	マダガスカル	1.4%
インド	7.7%	エジプト	4.4%
中国	8.1%	コートジボワール	6.1%
日本	1.1%	ナイジェリア	0.9%
韓国	5.2%	イラン(その他世界)	4.8%

附属表 10-2 外生変数（人口，国際小麦・とうもろこし価格）

	単位	2013/15年	2020年	2025年	2030年	2035年
タイ	1,000人	67,712	68,581	68,637	68,250	67,442
ベトナム	1,000人	92,417	98,157	102,093	105,220	107,773
インドネシア	1,000人	254,429	271,857	284,505	295,482	304,847
マレーシア	1,000人	29,899	32,374	34,334	36,107	37,618
カンボジア	1,000人	15,328	16,809	17,944	18,991	19,988
ラオス	1,000人	6,690	7,398	7,966	8,489	8,973
ミャンマー	1,000人	53,439	56,242	58,373	60,242	61,752
フィリピン	1,000人	99,137	108,436	116,151	123,575	130,556
インド	1,000人	1,295,280	1,388,859	1,461,625	1,527,658	1,585,350
中国	1,000人	1,369,333	1,402,848	1,414,872	1,415,545	1,408,316
日本	1,000人	126,784	125,039	122,840	120,127	117,063
韓国	1,000人	50,072	51,251	51,982	52,519	52,715
米国	1,000人	319,453	333,546	345,085	355,765	365,266
EU28	1,000人	502,084	505,150	507,889	509,237	509,282
バングラデシュ	1,000人	159,077	170,467	179,063	186,460	192,500
スリランカ	1,000人	20,619	21,157	21,417	21,536	21,546
ネパール	1,000人	28,174	30,184	31,754	33,104	34,187
パキスタン	1,000人	185,054	208,437	227,182	244,916	262,127
ブラジル	1,000人	206,062	215,997	222,976	228,663	233,006
マダガスカル	1,000人	23,577	27,799	31,728	35,960	40,450
エジプト	1,000人	89,567	100,518	108,939	117,102	125,589
コートジボワール	1,000人	22,160	25,566	28,717	32,143	35,857
ナイジェリア	1,000人	177,498	206,831	233,558	262,599	293,965
国際小麦価格	USD/トン	271	217	237	237	237
国際とうもろこし価格	USD/トン	181	170	170	187	187

資料：United Nations (2015)及び OECD-FAO (2016).