

3. 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

－ ASEAN 8ヶ国を対象としたシミュレーション －

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（第 1 図），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）を中心とした取り組みが行われている。国際米価格の変動係数^{注(1)}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（第 2 図）。

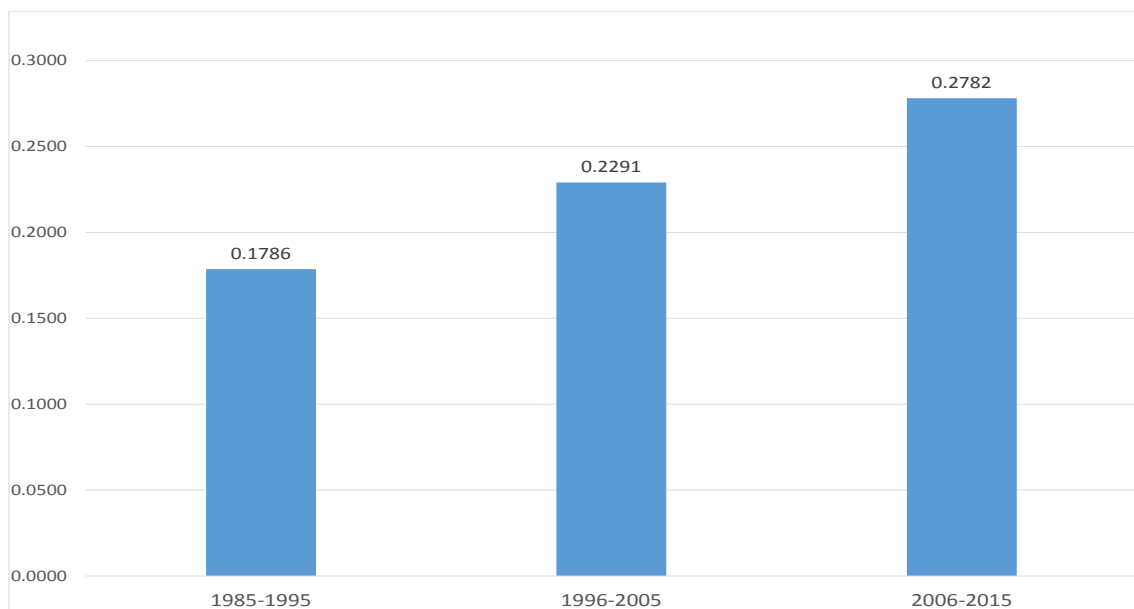
一方で，人類の影響によって生じる大気中の温室効果ガスの濃度上昇は気候システム全体に変化を及ぼし，気温上昇だけでなく海面上昇，降水量や硬水地域の変化，熱波や豪雨といった極端な気象現象の変化等を引き起こしている。農業のように自然を対象とした産業は，気候変動により大きな影響を受け，極めて脆弱な部門であると考えられる。気候変動は多くの食料生産システムの生産性を低下させ，食料安全保障がすでに脅かされている現在の状態をさらに悪化させることが国際社会で懸念されている（小泉 金丸 2013）。2014 年 3 月に承認・公表された IPCC（気候変動に関する政府間パネル）第 5 次評価報告書（第 2 作業部会）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）。特に，米は気候変動の影響を受けやすい作物と言われており，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) は需給予測



第1図 国際米価格の推移

資料：IMF Primary Commodity Prices から作成。

注． 国際米価格とは， Rice, 5 percent broken milled white rice, Thailand nominal price quote, US\$ per metric ton。



第2図 国際米価格変動係数の推移

注1) 変動係数＝標準偏差／平均。

注2) 国際米価格の月次データから計測。

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 (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、Lobel (2007) は日中の気温変化と穀物単収の関係について分析し、さらに、Lobel 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 (2011) 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言及した。

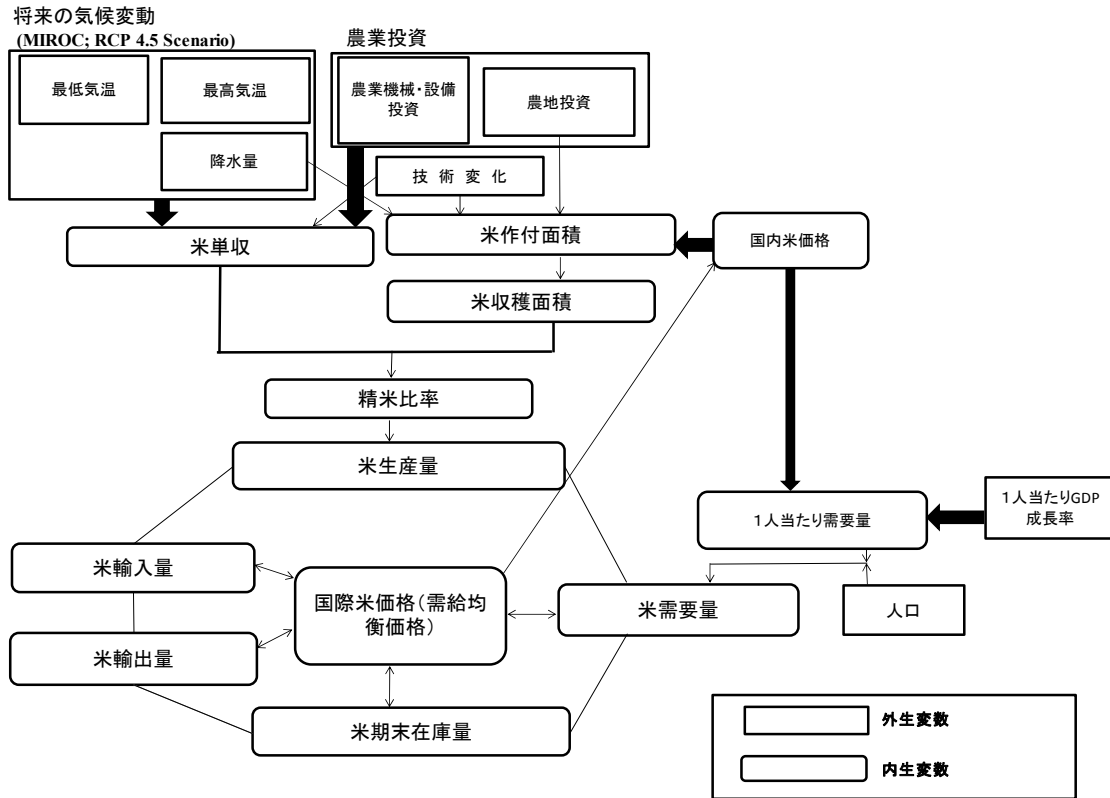
本研究では気候変動下における農業投資が国際米価格の変動に与える影響について、気候変動の影響を含めた部分均衡需給予測モデルを用いて影響試算を行うことを目的としている。経済モデルでは、気温・降水量等気候変動要因を含まないのが一般的であるが、本研究で使用する RECC (Rice Economy Climate Change) モデルでは、各国・地域の単収が、最低気温、最高気温、降水量、農業投資等で決定され、収穫面積も米等の生産者価格、農業投資、降水量等で決定される構造になっている点が大きな特徴である。本研究では、特に、気候変動下において、ASEAN 8 ヶ国における農業投資が世界米需給に与える影響、特に国際米価格変動に与える影響試算を行う。

2. 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 15 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、中国、日本、韓国、インド、米国、EU28、その他世界)を対象に、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 3 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、全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。基準年は 2012 年から 2014 年の 3 カ年平均をとり、2035 年までの予測を行った。



第3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 及び 1-2 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 は収穫面積、 RP は国内米価格、 WP は国内小麦価格を表す。各パラメータについては附属表 2-1 及び 2-2 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、単収と収穫面積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。

米需要量は1人当たり米需要量、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、国内粗粒穀物価格等の関数として以下のように算出される。

$$\ln(PQCR_{t,c}/PQCR_{t-1,c}) = a12 \ln(PCGDP_{t,c}/PCGDP_{t-1,c}) + a13 \ln(RP_{t,c}/RP_{t-1,c}) + a14 \ln(WP_{t,c}/WP_{t-1,c}) + a15 \ln(CGP_{t,c}/CGP_{t-1,c}) + a16 \ln(T_t/T_{t-1}) \quad 6)$$

$$QCR_{t,c} = PQCR_{t,c} * POP_{t,c} \quad 7)$$

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 は国内粗粒穀物価格を表す。各パラメータについては、附属表4-1及び4-2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。

$$EXR_{t,c} = QPR_{t,c} - QCR_{t,c} + IMR_{t,c} - (ESR_{t,c} - ESR_{t-1,c}) \quad 8)$$

$$\ln(IMR_{t,c}/IMR_{t-1,c}) = a17 \ln(IRP_{t,c}/IRP_{t-1,c}) + a18 \ln(QPR_{t,c}/QPR_{t-1,c}) + a19 \ln(RP_{t,c}/RP_{t-1,c}) + a20 \ln(T_t/T_{t-1}) \quad 9)$$

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5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^{注2)}。また、米純輸入国における輸出量は国際米価格、国内生産量及び国内米価格の関数として決定される。

$$IMR_{t,c} = -QPR_{t,c} + QCR_{t,c} + EXR_{t,c} + (ESR_{t,c} - ESR_{t-1,c}) \quad 10)$$

$$\ln(EXR_{t,c}/EXR_{t-1,c}) = a21 \ln(IRP_{t,c}/IRP_{t-1,c}) + a22 \ln(QPR_{t,c}/QPR_{t-1,c}) + a23 \ln(RP_{t,c}/RP_{t-1,c}) + a24 \ln(T_t/T_{t-1}) \quad 11)$$

ただし、各パラメータについては附属表 6 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、米国内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。

$$\ln (ESR_{t,c} / ESR_{t-1,c}) = a25 \ln (DP_{t,c} / DP_{t-1,c}) + a26 \ln (T_t / T_{t-1}) \quad (12)$$

$$\ln (RP_{t,c} / RP_{t-1,c}) = a27 \ln (IRP_{t,c} / IRP_{t-1,c}) + a28 \ln (T_t / T_{t-1}) \quad (13)$$

なお、各パラメータについては附属表 7-1, 7-2, 8-1, 8-2 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。

$$\sum IMR_{t,c} = \sum EXR_{t,c} \quad (14)$$

（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 (イーストアングリア大学)のデータを使用した^{注3)}。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。

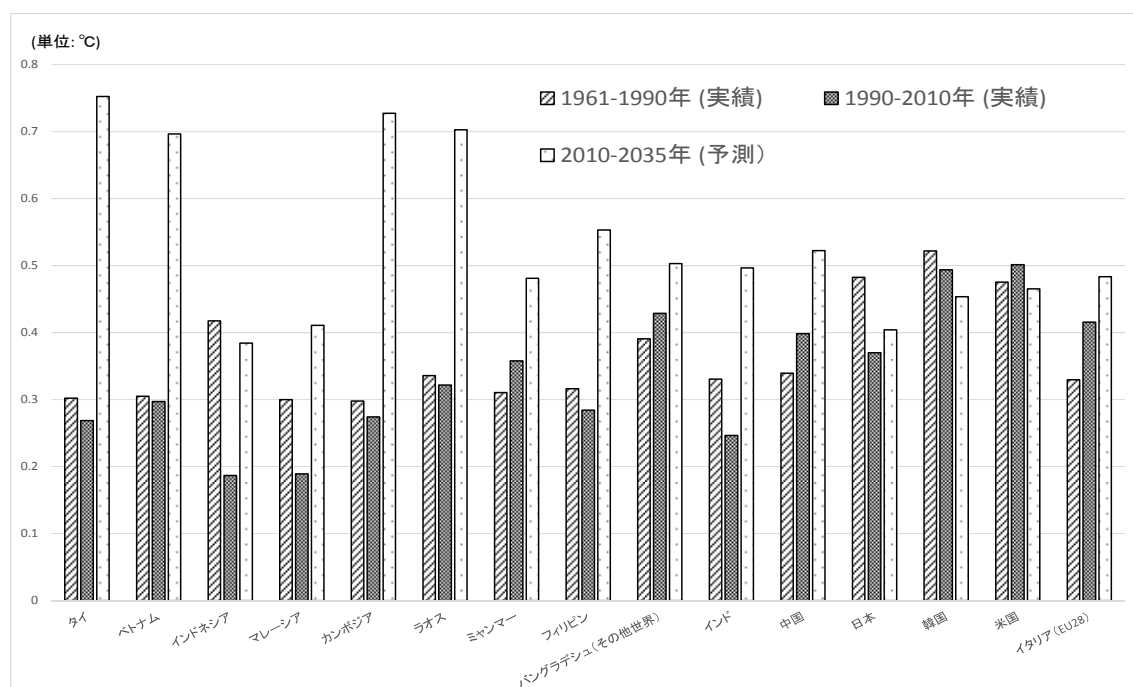
3. ベースライン及びシナリオ予測の前提条件

（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（2015～2035 年）、現行の経済政策及び農業政策が全ての国・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）^{注4)}による RCP4.5 シナリオ^{注5)}による予測値を使用した。

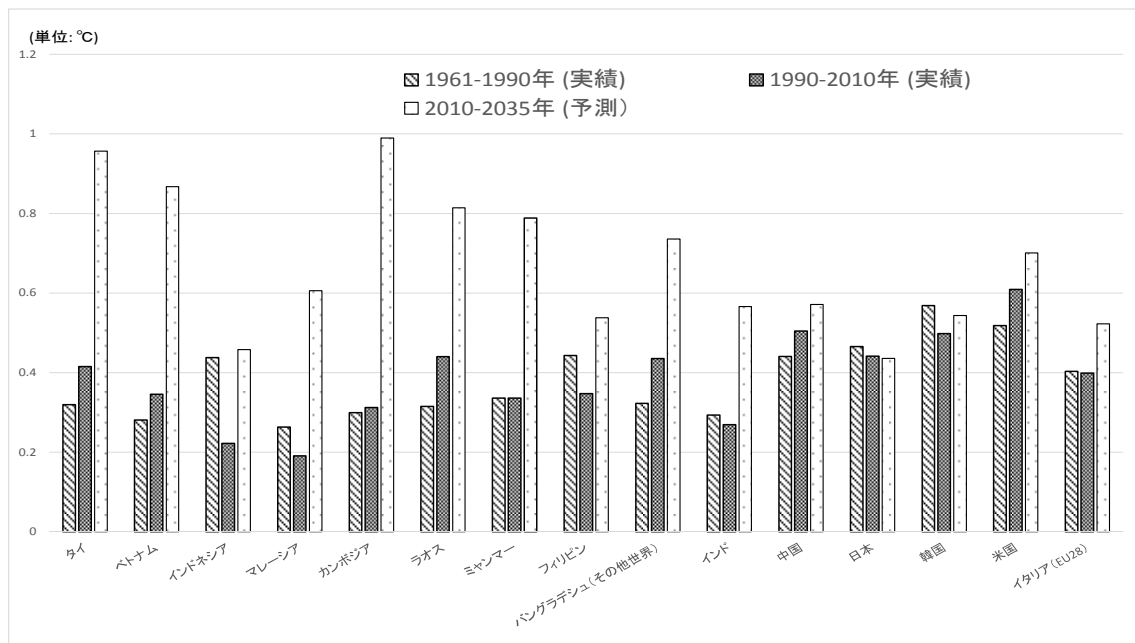
本研究で対象とする国^{注6)}における最低気温については、1990～2010 年に比べて 2010～2035 年では韓国及び米国を除く全ての国で、標準偏差が高くなっている^{注7)}（第 4 図）。これは予測期間中、多くの国で最低気温の変動が高まることを意味する。また、予測期間中の最

高気温についても 1990～2010 年に比べて日本を除く全ての国で標準偏差が高くなっている（第5図）。これも、予測期間中、多くの国で最高気温の変動が高まることを意味する。一方、予測期間中におけるタイ、ベトナム、ミャンマー、フィリピン、バングラデシュにおける降水量は、1990～2010 年に比べて標準偏差が高くなっているものの、他の国では標準偏差が低くなっている（第6図）。このように、降水量は国により様々であるが、世界輸出国であるタイ及びベトナム、主要輸入国であるフィリピンにおける降水量変動が予測期間中に高まることから、今後の世界米需給及び価格の変動要因となることが予測される。



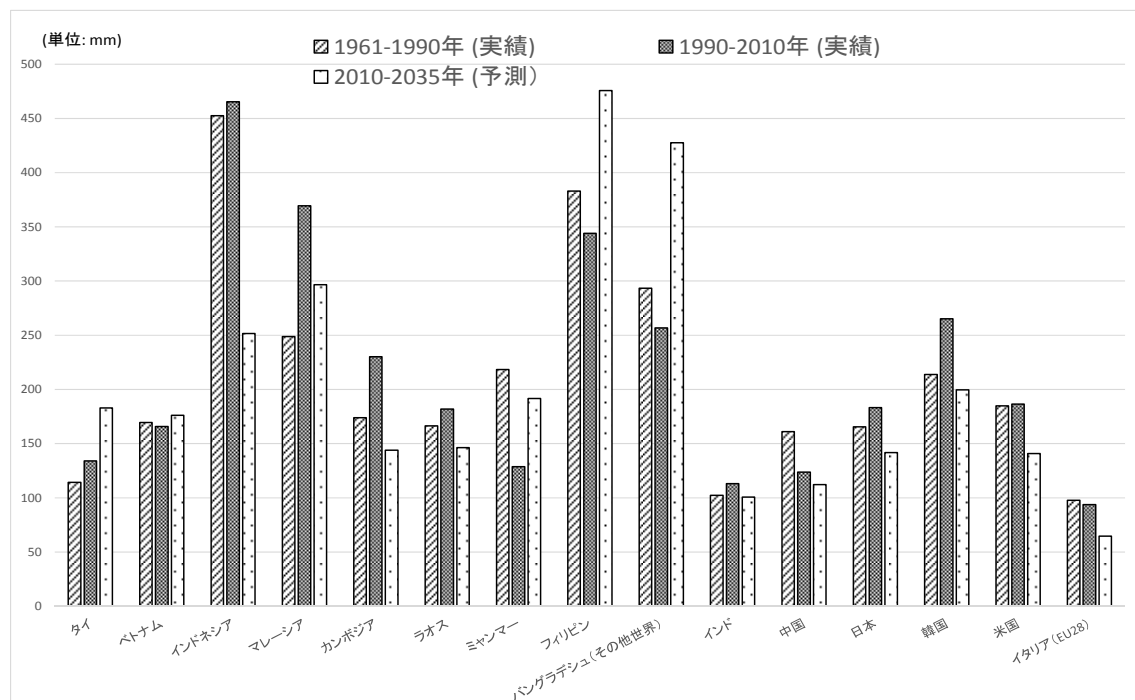
第4図 最低気温の標準偏差の推移

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



第5図 最高気温の標準偏差の推移

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



第6図 降水量の標準偏差の推移

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

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 2013 (IMF 2013) 及び 米国農務省による予測 (USDA Agricultural Projections to 2024 (USDA 2015)) 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、2024 年までしか得られないため、本研究では、2025 年から 2035 年にかけては、2024 年の成長率が 2035 年まで継続することを前提とした。国際小麦及び粗粒穀物価格の予測データについては、OECD-FAO による予測 (OECD-FAO Agricultural Outlook 2013-2024 (OECD-FAO 2015)) を使用した。なお、附属表 10 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 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 2012～2014 年の水準で一定に推移することを前提とした^{注(8)}。

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^{注(9)}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が、米国、EU28、中国、インド等では米に使用される割合は ASEAN 8 ヶ国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（2015～2035 年）も継続することを前提とする（第 1 表及び第 2 表）。ただし、ベトナム及びラオスにおける 2000～2007 年にかけての農地投資増加率はそれぞれ、2.3%及び 2.0%と他の国に比べて高いが、こうした高い増加率が長期間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、1985～1995 年の増加率を予測期間中の増加率として適用した。また、2000～2007 年にかけての中国及びインドにおける農業機械・設備投資も 8.1%及び 8.4%と高く、これも同様の理由で、中国については 1990～2007 年の増加率（4.2%）、インドについては 1985～1995 年の増加率（5.9%）を予測期間の農業機械・設備投資率の増加率として適用した。以上のように、ASEAN 8 ヶ国における農地投資増加率は、予測期間中、年平均-0.1%～1.9%の範囲で、農業機械・設備投資の増加率は年平均-0.2%から 1.0%で推移することを前提とした。

第1表 農地投資の変化率の推移（ベースライン予測）

	1975-1985年	1985-1995年	1975-2007年	1990-2007年	2000-2007年	2008-2035 (予測期間)
タイ	2.8%	0.9%	1.4%	0.8%	0.9%	0.9%
ベトナム	2.9%	1.0%	2.2%	2.0%	2.3%	1.0%
インドネシア	0.7%	-0.4%	1.1%	1.3%	1.9%	1.9%
カンボジア	3.0%	4.7%	2.4%	0.3%	0.3%	0.3%
ラオス	2.9%	1.2%	2.6%	3.0%	2.0%	1.2%
ミャンマー	0.3%	1.1%	1.0%	1.7%	1.7%	1.7%
マレーシア	1.9%	2.4%	1.3%	0.3%	-0.1%	-0.1%
フィリピン	2.1%	0.1%	0.5%	-0.4%	0.5%	0.5%
中国	1.1%	1.1%	0.9%	0.8%	1.1%	1.1%
インド	1.1%	1.2%	0.9%	0.8%	-0.1%	-0.1%
日本	-0.6%	-0.7%	-0.6%	-0.6%	-0.6%	-0.6%
韓国	0.1%	-0.7%	-0.4%	-0.9%	-0.7%	-0.7%
イタリア (EU28)	0.0%	0.5%	1.0%	1.3%	-0.3%	-0.3%
米国	0.8%	0.3%	0.3%	0.0%	-0.1%	-0.1%
バングラデシュ (その他世界)	1.6%	2.9%	2.0%	1.8%	1.6%	1.6%

資料：実績データについてはFAOSTAT (FAO) を使用。

第2表 農業機械・設備投資変化率の推移（ベースライン予測）

	1975-1985年	1985-1995年	1975-2007年	1990-2007年	2000-2007年	2008-2035 (予測期間)
タイ	5.5%	5.4%	3.5%	2.2%	-0.1%	-0.1%
ベトナム	9.0%	19.1%	9.6%	13.1%	-0.1%	-0.1%
インドネシア	8.0%	12.4%	6.4%	4.5%	-0.2%	-0.2%
カンボジア	1.1%	2.0%	2.7%	3.8%	5.0%	0.0%
ラオス	3.5%	2.6%	2.7%	2.2%	2.2%	0.0%
ミャンマー	2.8%	1.4%	2.6%	2.2%	1.0%	1.0%
マレーシア	2.8%	1.4%	2.6%	2.2%	1.0%	1.0%
フィリピン	0.2%	2.6%	1.0%	0.8%	0.5%	0.5%
中国	7.0%	-0.8%	4.4%	4.2%	8.1%	4.2%
インド	7.2%	5.9%	6.6%	6.2%	8.4%	5.9%
日本	1.1%	-0.1%	-2.6%	-5.3%	-10.3%	-10.3%
韓国	14.3%	19.2%	11.9%	7.5%	2.3%	2.3%
イタリア (EU28)	4.0%	2.1%	1.8%	0.2%	-0.8%	-0.8%
米国	-0.7%	-0.3%	-0.4%	-0.2%	-0.7%	-0.7%
バングラデシュ (その他世界)	2.8%	0.9%	1.3%	0.3%	0.4%	0.4%

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。まず、シナリオ1では、予測期間中、ASEAN 8ヶ国における農地投資は毎年2.0%増加、農業機械・設備投資は毎年1.0%増加するものと設定する（第3表）。また、シナリオ2では、予測期間中、

タイにおける農地投資は毎年 2.0%増加，農業機械・設備投資は毎年 1.0%増加するものと設定する（ベースライン予測では農地投資は毎年 0.9%増加，農業機械・設備投資は毎年 0.1%減少するものと設定することを前提）。そして，シナリオ 3 では，ベトナムにおける農地投資は毎年 2.0%増加，農業機械・設備投資は毎年 1.0%増加するものと設定する（ベースライン予測では農地投資は毎年 1.0%増加，農業機械・設備投資は毎年 0.1%減少するものと設定することを前提）。さらに，シナリオ 4 では，予測期間中，ASEAN 8 ケ国における農地投資及び農業機械・設備投資の増加率がゼロになるものと設定する。こうした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 3 表 政策シナリオ

	国・地域	予測期間中における農業投資年平均増加率（2010-2035年）	
		農地投資	農業機械・設備投資
シナリオ 1	ASEAN 8 ケ国	2.0%	1.0%
シナリオ 2	タイ	2.0%	1.0%
シナリオ 3	ベトナム	2.0%	1.0%
シナリオ 4	ASEAN 8 ケ国	0.0%	0.0%

4. 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 2012/14 年から 2035 年までの予測期間中，年平均 1.3%増加する予測結果となった（第 4 表及び第 5 表）。また，世界米輸出量は同期間中，年平均 3.1%（第 6 表），輸入量は同 3.4%増加（第 7 表），期末在庫量は 0.1%減少する予測結果となった（第 8 表）。国際米価格（5% broken milled white rice, Thailand nominal price quota)は 2012/14 年の 518.9 USD/トンから 2035 年の 1,168.6 USD/トンに上昇することが予測された。また，2012/14 年から 2035 年における国際米価格の変動係数は，0.2062 となることが予測された。

第4表 世界米生産量（ベースライン予測）

	2012-14年	2020年	2025年	2030年	2035年	年平均増加率 (2012/14-2035)
世界	475,712	529,920	578,685	610,885	626,316	1.3%
タイ	19,803	23,689	27,944	31,085	34,819	2.6%
ベトナム	27,916	30,581	33,894	37,612	40,849	1.7%
インドネシア	36,383	41,622	46,645	53,226	59,488	2.3%
カンボジア	4,698	8,188	8,949	9,299	10,103	3.5%
ラオス	1,740	1,851	2,074	2,309	2,391	1.5%
ミャンマー	12,091	21,320	23,283	25,717	27,945	3.9%
マレーシア	1,750	1,720	1,749	1,773	1,761	0.0%
フィリピン	11,722	12,404	13,982	15,651	16,727	1.6%
中国	143,343	145,750	147,162	148,022	147,558	0.1%
インド	104,760	112,200	127,590	138,879	142,233	1.4%
日本	7,901	9,505	8,664	8,240	7,657	-0.1%
韓国	4,159	4,185	4,289	4,357	4,164	0.0%
EU27	1,968	2,709	2,537	2,342	2,239	0.6%
米国	6,511	7,251	7,609	7,878	8,437	1.2%

資料：2012/14年の実績データはUSDA PS&D（USDA）を使用。

第5表 世界米需要量（ベースライン予測）

	2012-14年	2020年	2025年	2030年	2035年	年平均増加率 (2012/14-2035)
世界	475,597	530,785	575,661	607,153	623,932	1.3%
タイ	11,058	12,722	14,194	15,825	17,491	2.1%
ベトナム	21,933	24,221	25,867	27,350	28,681	1.2%
インドネシア	38,409	44,704	50,427	56,036	61,254	2.1%
カンボジア	3,633	3,990	4,295	4,247	4,075	0.5%
ラオス	1,642	2,156	2,525	2,905	3,291	3.2%
ミャンマー	10,467	11,136	11,579	11,617	11,507	0.4%
マレーシア	2,747	2,939	3,041	3,043	3,010	0.4%
フィリピン	12,967	15,156	17,046	17,019	16,498	1.1%
中国	146,233	160,598	162,353	161,732	159,855	0.4%
インド	97,521	104,759	112,623	120,633	126,022	1.2%
日本	8,322	8,396	8,409	8,431	8,423	0.1%
韓国	4,454	4,482	4,492	4,536	4,550	0.1%
EU27	3,255	3,080	3,002	2,948	2,848	-0.6%
米国	3,967	4,165	4,301	4,373	4,412	0.5%

資料：2012/14年の実績データはUSDA PS&D（USDA）を使用。

第6表 世界米輸出量（ベースライン予測）

	2012-14年	2020年	2025年	2030年	2035年	年平均増加率 (2012/14-2035)
世界	41,357	54,185	65,238	74,502	81,005	3.1%
タイ	9,230	11,372	13,678	15,072	17,254	2.9%
ベトナム	6,575	6,138	7,801	10,010	11,915	2.7%
インドネシア	0	2	2	2	2	-
カンボジア	1,058	4,216	4,639	5,030	6,010	8.2%
ラオス	0	0	0	0	0	-
ミャンマー	1,617	10,181	11,699	14,094	16,432	11.1%
マレーシア	0	0	0	0	0	-
フィリピン	0	0	0	0	0	-
中国	334	847	1,068	989	1,203	6.0%
インド	10,406	10,390	15,208	17,934	16,274	2.1%
日本	85	200	200	200	200	4.0%
韓国	2	3	3	3	3	1.9%
EU27	242	589	731	675	819	5.7%
米国	3,211	2,493	2,617	2,784	3,323	0.2%

資料：2012/14年の実績データはUSDA PS&D（USDA）を使用。

第7表 世界米輸入量（ベースライン予測）

	2012-14年	2020年	2025年	2030年	2035年	年平均増加率 (2012/14-2035)
世界	38,602	54,185	65,238	74,502	81,005	3.4%
タイ	400	141	75	49	27	-11.5%
ベトナム	267	213	213	236	238	-0.5%
インドネシア	1,042	2,848	3,793	2,886	1,801	2.5%
カンボジア	15	19	20	19	20	1.4%
ラオス	15	300	452	599	903	20.5%
ミャンマー	0	0	0	0	0	-
マレーシア	941	1,219	1,297	1,278	1,256	1.3%
フィリピン	1,433	2,715	3,072	1,390	1,214	-0.8%
中国	3,853	14,854	16,539	15,296	13,916	6.0%
インド	0	100	100	100	100	-
日本	682	768	768	768	768	0.5%
韓国	431	293	214	195	399	-0.3%
EU27	1,502	944	1,204	1,296	1,439	-0.2%
米国	727	704	701	707	704	-0.1%

資料：2012/14 年の実績データは USDA PS&D (USDA) を使用。

第8表 世界米期末在庫量（ベースライン予測）

	2012-14年	2020年	2025年	2030年	2035年	年平均増加率 (2012/14-2035)
世界	105,653	94,636	96,133	102,492	104,462	-0.1%
タイ	11,202	10,090	10,231	10,984	11,188	0.0%
ベトナム	904	970	1,036	1,112	1,189	1.3%
インドネシア	5,476	5,041	5,156	5,555	5,706	0.2%
カンボジア	241	131	118	133	121	-3.1%
ラオス	281	278	288	306	318	0.6%
ミャンマー	449	475	500	529	558	1.0%
マレーシア	562	583	612	648	681	0.9%
フィリピン	1,752	1,715	1,774	1,889	1,959	0.5%
中国	46,849	46,303	48,006	51,083	53,073	0.6%
インド	21,230	12,037	10,920	12,256	11,312	-2.8%
日本	3,076	3,673	4,056	4,284	4,525	1.8%
韓国	946	962	1,004	1,066	1,114	0.7%
EU27	1,134	1,135	1,181	1,255	1,307	0.6%
米国	1,221	939	917	999	984	-1.0%

資料：2012/14 年の実績データは USDA PS&D (USDA) を使用。

（2） 農業投資が世界米需給に与える影響（シナリオ予測結果）

以上のようなベースライン予測結果に対して、ASEAN 8 ヶ国における農業投資によるシナリオを設定し、その変化率を見ていきたい。まず、シナリオ 1 を設定した結果、ASEAN 8 ヶ国における農業投資の継続的な増加により、これらの国における生産量及び輸出量が増加する結果、予測最終年である 2035 年における世界米生産量は 3.9%増加、世界米輸出量は 17.0%増加する予測結果となった（第 9 表）。また、世界米需要量は 3.9%増加、世界米輸入量も 17.0%増加する予測結果となった。このため、国際米価格はベースライン予測に比べて 25.9%下落する予測結果となった。

つぎに、シナリオ 2 を設定した結果、タイにおける農業投資の継続的な増加により、タイにおける 2035 年における生産量はベースライン予測に比べて 36.5%増加、同輸出量が

75.7%増加する予測結果となった（第10表）。これを受けて、同年における世界米生産量は同1.8%、輸出量は同11.9%増加する予測結果となった。また、世界米需要量は1.8%増加、世界米輸入量も11.9%増加する予測結果となった。このため、国際米価格はベースライン予測に比べて13.2%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、ベトナムにおける農業投資の継続的な増加により、同国における2035年における生産量はベースライン予測に比べて12.4%増加、輸出量は42.3%増加する予測結果となった（第11表）。これを受けて、同年における世界米生産量は同0.7%、輸出量は同4.3%増加する予測結果となった。また、世界米需要量は0.7%増加、世界米輸入量も4.3%増加する予測結果となった。このため、国際米価格はベースライン予測に比べて5.1%下落する予測結果となった。

さらに、シナリオ4を設定した結果、ASERAN 8ヶ国において予測期間中の農業投資の増加がゼロとなることにより、これらの国における生産量及び輸出量が減少する結果、予測最終年である2035年における世界米生産量は2.2%減少、世界米輸出量は8.4%減少する予測結果となった（第12表）。また、世界米需要量は2.2%減少、世界米輸入量も8.4%減少する予測結果となった。このため、国際米価格はベースライン予測に比べて20.2%上昇する予測結果となった。

2012/14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0.2062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0.1527、シナリオ2における国際米価格の変動係数は0.1790、シナリオ3における国際米価格の変動係数は0.1955、シナリオ4における国際米価格の変動係数は0.2519となった（第7図）。

第9表 世界米需給への影響（シナリオ1／ベースライン：2035年）

	変化率
世界米生産量	3.9%
世界米輸出量	17.0%
世界米需要量	3.9%
世界米輸入量	17.0%
世界米期末在庫量	7.9%
国際米価格	-25.9%

第10表 世界米需給への影響（シナリオ2／ベースライン：2035年）

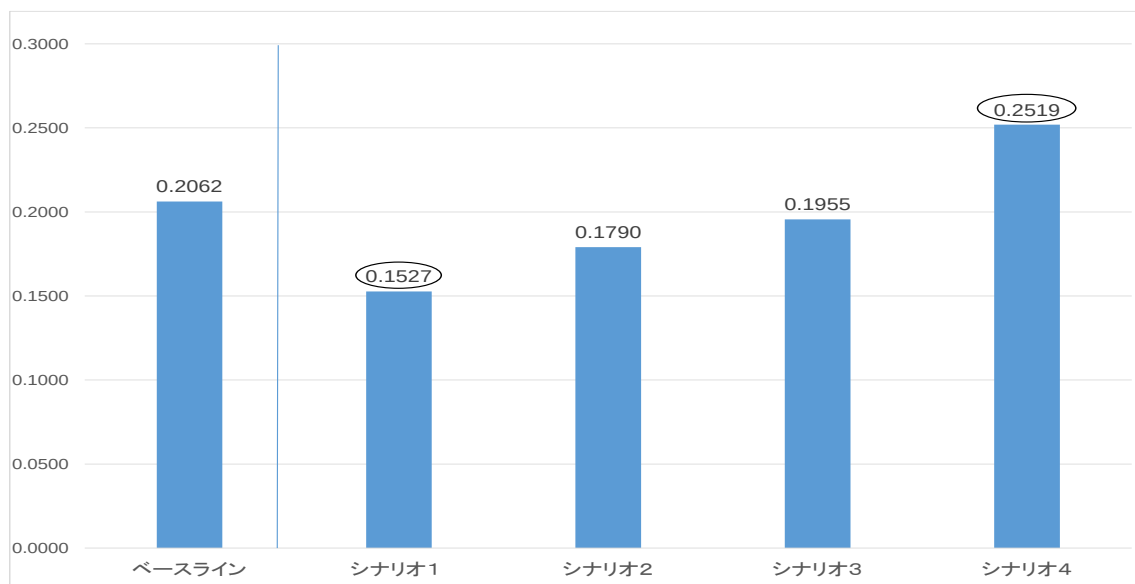
	変化率
世界米生産量	1.8%
タイ	36.5%
世界米輸出量	11.9%
タイ	75.7%
世界米需要量	1.8%
世界米輸入量	11.9%
世界米期末在庫量	1.8%
国際米価格	-13.2%

第 11 表 世界米需給への影響（シナリオ 3 / ベースライン：2035 年）

	変化率
世界米生産量	0.7%
ベトナム	12.4%
世界米輸出量	4.3%
ベトナム	42.3%
世界米需要量	0.7%
世界米輸入量	4.3%
世界米期末在庫量	1.3%
国際米価格	-5.1%

第 12 表 世界米需給への影響（シナリオ 4 / ベースライン：2035 年）

	変化率
世界米生産量	-2.2%
世界米輸出量	-8.4%
世界米需要量	-2.2%
世界米輸入量	-8.4%
世界米期末在庫量	-4.2%
国際米価格	20.2%



第 7 図 国際米価格の変動係数（2012/14～2035 年）

5. 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」を新たに構築して、ベースライン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、将来の気候変動が国際米価格変動に与える影響、そして気候変動適応策としての農業投資が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。本影響試算の結果、ASEAN 8 ヶ国における継続的な農業投資の増加は、気候変動下における国際米価格の変動係数の低下に寄与することが影響試算結果から得られた。一方、ASEAN 8 ヶ国において予測期間中の農業投資の増加率をゼロとする場合、国際米価格は上

昇し、不安定化することも影響試算結果から得られた。ASEAN 8ヶ国のうち、特に、タイとベトナムにおける継続的な農業投資の増加は、国際米価格の変動係数の低下に寄与することから、両国における継続的な農業投資の増加は、気候変動下における国際米価格安定に向けて重要な役割を果たすことが試算結果から得られた。

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、気候変動が農産物に与える影響は、国毎のマクロ的な視点と、国毎の各県・州別な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。また、RECCモデルにはナイジェリア、マダガスカル、チャド等米の需要が急増しているアフリカ諸国の需給が組み込まれていないが、今後、所得の増加により、アフリカ諸国でも米需要量が増大し、それに国内生産が対応できるか否かに国際的関心が高まっている。このため、RECCモデルにこれらのアフリカ諸国の需給を組み入れることが必要である。

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を仕様。

注(2) 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（2015）による予測値を外生変数とした。

注(3) 詳細については、Koizumi and Kanamaru (2016)を参照されたい。

注(4) 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。

注(5) 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。

- 注(6) バングラデシュは本研究における RECC モデル対象国に次ぐ世界生産量を有するため、「その他世界」を代表する国として取り扱った。また、イタリアは EU28 最大の米生産国であるため、EU28 を代表する国として取り扱った。
- 注(7) 詳細データについては、附属表 9 を参照されたい。
- 注(8) 精米換算率の詳細は附属表 3 を参照されたい。
- 注(9) ASEAN 8 ヶ国とは、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、ミャンマーである。

付記

本研究は、FAOにおけるAMICAF(Assessment of Climate Change Impacts and Mapping of Vulnerability to Food Insecurity under Climate Change)プロジェクトにより行った研究である。本原稿は、Tatsuji Koizumi and Hideki Kanamaru, 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(独)農業環境技術研究所大気環境研究領域西森基貴氏に謹んで感謝申し上げる。

【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>. (2013年10月10日アクセス)
- Dawe D (2010) *The Rice Crisis, Markets, Policies and Food Security*,
<http://www.fao.org/docrep/015/an794e/an794e00.pdf>. (2013年12月5日アクセス)
- Food and Agricultural Organization (FAO) (2011) *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/>. (2015年5月7日アクセス)
- Furuya, J. and Koyama, O. (2005) “Impacts of Climate Change on World Agricultural Product Markets: Estimation of Macro Yield Functions”, *JARQ* 39(2), 121-134.
- International Monetary Fund, *IMF Primary Commodity Prices*, <http://www.imf.org/external/np/res/commmod/index.aspx>. (2013年7月10日アクセス)
- International Monetary Fund (2015) *World Economic Outlook Database*.
<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2015/update/02/>. (2015年7月10日アクセス)
- 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・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.
- Tatsuji Koizumi and Hideki Kanamaru (2016) “Contribution of Agricultural Investments to Stabilizing International Rice Price Volatility under Climate Change”, *Japan Agricultural Research Quarterly*, 50(3), pp267-284.
- Lobell, D.B. (2007) “Changes in diurnal temperature range and national cereal yields”, *Agricultural and Forest Meteorology*. 145: 229-238.

- Lobell D.B. and Burke M.B. (2010) “On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change”, *Agricultural and Forest Meteorology* 150: 1443-1452.
- OECD-FAO (2015) *OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024*. OECD-FAO.
- 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; S51-67.
- Peng, S. et al. (2004) “Rice yields decline with higher night temperature from global warming”, *Agricultural Sciences*. Vol 101. No27, 9971-9975.
- Welch, J.R. et al (2010) “Rice yields in tropical/subtropical Asia exhibit large but opposing sensitivities to minimum and maximum temperatures”. *Sustainability Science*, 107(33): 14562-14567.
- United Nations. (2015) *World Population Prospects, the 2015 Revision*. <http://esa.un.org/unpd/wpp/>. (2015 年 8 月 1 日アクセス)
- United States Department of Agriculture (USDA) PS&D. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>. (2015 年 7 月 30 日アクセス)
- United States Department of Agriculture (USDA) (2015) *USDA Agricultural Projections to 2024*. <http://www.ers.usda.gov/publications/oce-usda-agricultural-projections/oce131.aspx>. (2015 年 7 月 8 日アクセス)

附表

附属表 1-1 パラメータ推計（単収）

	タイ	ベトナム	インドネシア	カンボジア	ラオス	ミャンマー	マレーシア	フィリピン								
	値	値	値(ダミー変数)	値	値(ダミー変数)	値	値	値(ダミー変数)								
a1. 最低気温 (t-1)	-0.1611	-0.1718	-0.2674	-0.6206	-0.3719	-1.0465	-0.2526	-0.1784	-0.0259	-0.0359	-0.2400	-0.4758	-0.8424	-0.3904	-0.7086	-0.8673
a2. 最高気温 (t-1)	-0.0693	-0.0671	-0.1350	-0.3047	-	-	-	-	-	-	-0.0725	-0.1288	-0.3020	-0.0831	-	-
a3. 降水量 (t-1)	-0.0218	-0.2229	0.0289	0.7307	-0.0270	-1.6725	-0.0062	-0.0389	0.1295	1.6327	0.0205	0.0421	-0.0266	-0.2432	0.0623	0.8020
a4. 農地投資 (t-1/t-2)	0.4594	1.4489	0.2711	1.1838	0.0087	0.1535	0.0261	0.5887	0.5315	1.1279	0.0951	0.1223	0.0140	0.1954	0.33715	1.4237
a5. 農業機械・設備投資 (t-1/t-2)	0.0146	8.9606	0.2081	1.8007	0.1697	2.4506	0.4187	0.4794	0.2590	2.6562	0.3043	1.1227	0.2564	0.7861	0.4976	1.3860
a6. タイムトレンド (t-1)	0.0150	12.7535	0.0258	17.2082	0.0057	5.6356	0.0212	6.2037	0.7106	1.4014	0.9747	12.2059	0.0140	6.2300	1.0178	8.0467
定数項	0.3252	5.6536	0.3959	5.7797	1.1805	2.2560	-0.4342	-2.6300	-1.2070	-0.7144	6.8175	23.40	0.5900	6.2314	-2.6250	-5.4871
ダミー変数 1	-	-	-	-	-0.0393	-1.5409 (1984)	-	-	-0.0295	-1.4860 (2001)	-	-	-	-	0.0597	0.0597 (2005)
ダミー変数 2	-	-	-	-	-0.1368	-0.0408 (1986)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ダミー変数 3	-	-	-	-	-0.0738	-3.3925 (1997)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
推計期間	1988-2008	1995-2008	1983-2006	1990-2008	1999-2007	1995-2009	1995-2008	1998-2011								
決定係数	0.9168	0.9939	0.9308	0.8464	0.9439	0.9829	0.9245	0.9106								
自由度調整済決定係数	0.8812	0.9868	0.8863	0.7696	0.7757	0.9700	0.8364	0.8340								
ダービーワトソン値	2.0577	1.8865	1.4689	1.3536	2.1034	2.0357	1.4852	1.8483								

附属表 1-2 パラメータ推計（単収）

	中国	インド	日本	韓国	米国	EU28	バングラデシュ							
	↑値(ダミー-対象年)	↑値	↑値(ダミー-対象年)	↑値(ダミー-対象年)	↑値	↑値(ダミー-対象年)	↑値							
a1. 最低気温 (t/t-1)	-0.1380	-0.7577	-0.6434	-0.8077	-0.4569	-0.1006	-0.0100	-0.0209	-0.1278	-0.9947	-0.4367	-1.0853	-0.2877	-0.5831
a2. 最高気温 (t/t-1)	-	-	-	-	0.8039	1.6115	0.2544	0.2711	-	-	1.2670	1.4944	0.0388	0.0547
a3. 降水量 (t/t-1)	0.0052	0.1035	0.1234	1.2655	-0.2091	-1.2291	-0.0859	-1.0385	0.0481	1.0809	0.0666	0.6695	-0.0005	-0.0125
a4. 農地投資 (t-1/t-2)	0.4846	1.3065	0.6718	0.6689	0.2264	0.5599	1.9611	0.6775	0.2223	0.4925	0.8113	1.3166	0.8072	2.4469
a5. 農業機械・設備投資 (t-1/t-2)	0.0662	0.5367	0.2873	1.0359	0.2144	0.5699	1.3004	2.4631	0.0131	0.5961	0.0035	1.7065	0.0320	1.8099
a6. タイムトレンド (t/t-1)	0.1596	2.2152	0.0109	6.3151	0.1307	2.3498	0.8143	2.9805	0.0113	13.2772	0.0066	1.9922	0.0309	22.6376
定数項	1.2290	4.7451	0.3272	1.1488	1.3853	6.7998	-1.2256	-1.1828	1.4347	41.7235	10.8084	88.3382	-0.1208	-1.7390
ダミー変数 1	0.0417	1.6530 (1998)	-	-	-0.3106	-8.3565 (1993)	-0.0960	-2.0821 (2007)	-	-	0.0836	1.8739 (1999)	-	-
ダミー変数 2	-	-	-	-	-0.0974	-2.7154 (2003)	-	-	-	-	-0.1046	-2.3988 (2000)	-	-
ダミー変数 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1245	2.3286 (2004)	-	-
推計期間	1990-2008	1988-2008	1990-2008	2000-2009	1976-2008	1985-2009	1983-2008							
決定係数	0.8310	0.8303	0.9148	0.9388	0.9342	0.7087	0.9793							
自由度調整済決定係数	0.7235	0.7576	0.8606	0.7245	0.9190	0.5340	0.9712							
ダービーワトソン値	1.6660	1.9774	2.0736	1.6634	1.7806	1.9137	1.7780							

附属表 2-1 パラメータ推計（作付面積）

	タイ	タイ	ベトナム	ベトナム	インドネシア	インドネシア	カンボジア	カンボジア	ラオス	ラオス	ミャンマー
	1 値	1 値(ダミー-対象年)	1 値(ダミー-対象年)	1 値(ダミー-対象年)	1 値(ダミー-対象年)	1 値(ダミー-対象年)	1 値(ダミー-対象年)	1 値(ダミー-対象年)	1 値(ダミー-対象年)	1 値(ダミー-対象年)	1 値(ダミー-対象年)
a7. 国内米価格 (t/t-1)	0.0119	0.5599	0.0131	0.5278	0.0313	1.7849	0.1234	1.0936	0.0162	0.1661	0.0528
a8. 国内小麦価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a9. 降水量 (t/t-1)	-0.1671	-2.8625	0.0025	0.0430	0.0747	4.4869	-0.0737	-0.4043	0.0672	1.4374	-0.0020
a10. 農地投資 (t-1/t-2)	0.8361	1.0718	0.0247	1.0381	0.1699	1.2660	0.4878	0.1271	0.4357	0.9555	0.1581
a11. タイムトレンド (t/t-1)	0.0066	3.7168	0.4658	27.3773	0.0040	3.5503	0.2512	5.2991	-0.0441	-1.0863	0.0245
定数項	9.0150	82.158	8.5612	64.883	9.1613	108.86	6.5003	10.847	10.6998	73.918	14.934
ダミー変数 1	-	-	0.0532	1.7841 (1999)	0.0304	1.3115 (1997)	0.0858	1.3115 (1997)	-0.0635	-1.4930 (2002)	-
ダミー変数 2	-	-	-	-	-0.0313	-2.4402 (2004)	-	-	-	-	-
ダミー変数 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
推計期間	1989-2011		1990-2011		1991-2010		1993-2007		1995-2001		1988-2011
決定係数	0.8772		0.9876		0.9198		0.7873		0.8680		0.9641
自由度調整済決定係数	0.8411		0.9826		0.8476		0.6277		0.7030		0.9541
ダービーワトソン値	2.3143		1.7557		1.6063		2.0455		1.8120		1.4849

附属表 2-2 パラメータ推計（作付面積）

	中国 t 値(ダミー対象年)		インド t 値(ダミー対象年)		日本 t 値(ダミー対象年)		韓国 t 値(ダミー対象年)		米国 t 値(ダミー対象年)		EU28
a7, 国内米価格 (t/t-1)	0.0577	2.7739	0.0780	2.9657	0.1139	1.6432	0.0428	1.1259	0.1406	2.3120	0.0674
a8, 国内小麦価格 (t/t-1)	-	-	-0.0230	-0.9719	-	-	-	-	-	-	-
a9, 降水量 (t/t-1)	0.0013	0.0241	0.0322	0.6852	-0.0374	-0.6515	-0.0234	-1.1267	-0.1297	-1.5262	0.0469
a10, 農地投資 (t-1/t-2)	-	-	0.7178	1.8989	0.8651	0.2321	1.5069	3.4576	0.9254	0.5816	-
a11, タイムトレンド (t/t-1)	-0.0078	-2.6924	0.0008	0.7961	-0.1592	-3.9898	-0.0135	-17.0489	0.0198	10.5436	-0.0089
定数項	10.123	101.03	9.9797	50.790	6.9958	10.619	6.7901	24.348	8.3078	226.62	11.882
ダミー変数 1	0.0450	1.8314 (1999)	-0.0697	-3.1316 (1982)	0.0429	1.1910 (2006)	0.0341	2.4076 (2002)	-0.2417	-3.1107 (2001)	-0.0790
ダミー変数 2	-0.0911	-3.2807 (2003)	0.0320	1.4605 (1991)	-	-	-	-	-0.1481	-2.010 (2007)	0.0511
ダミー変数 3	0.0332	1.2192 (2010)	0.0452	2.0016 (2002)	-	-	-	-	-	-	-
推計期間	1991-2010		1974-2004		1995-2010		1995-2010		1985-2011		1992-2011
決定係数	0.8539		0.8886		0.9310		0.9719		0.8710		0.8297
自由度調整済決定係数	0.7865		0.8144		0.8964		0.9531		0.8235		0.7445
ダービーワトソン値	1.4328		1.7080		1.8165		2.0813		1.8003		1.5918

附属表 3 精米変換率

国・地域	精米変換率
タイ	0.6600
ベトナム	0.6251
インドネシア	0.6332
カンボジア	0.6403
ラオス	0.6309
ミャンマー	0.6401
マレーシア	0.6499
フィリピン	0.6307
中国	0.7000
インド	0.6668
日本	0.7281
韓国	0.7441
米国	0.6915
EU28	0.6936
マングラデシュ	0.6401

附属表 4-1 パラメータ推計（1人当たり米需要量）

	タイ t 値(ダミー対象年)		ベトナム t 値(ダミー対象年)		インドネシア t 値(ダミー対象年)		カンボジア t 値(ダミー対象年)		ラオス t 値(ダミー対象年)	
a12, 所得弾性値: 1人当たり GDP 成長率 (t/t-1)	-0.0170	-1.0770	0.0119	0.5508	0.0785	2.6335	0.3433	3.7947	0.0504	0.5818
a13, 国内米価格 (t/t-1)	-0.0298	-2.7657	-0.0109	-0.2740	-0.1123	-3.1545	-0.2270	-3.3403	-0.0985	-1.5732
a14, 国内小麦価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a15, 国内トウモロコシ価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a16, タイムトレンド (t/t-1)	0.0088	1.3793	0.1697	12.4887	-0.0718	-4.3262	-0.1437	-2.0198	0.2285	7.7660
定数項	5.2453	76.9165	4.8726	137.2728	5.3014	101.6247	4.7586	21.6290	4.6770	80.4873
ダミー変数 1	0.0163	2.6596 (2006)	0.0652	2.0478 (2001)	0.0364	2.0973 (1999)	-0.0502	-1.5398 (1996)	0.1235	2.4196 (1992)
ダミー変数 2	-	-	-	-	-0.0092	-0.5589 (2005)	-	-	-	-
ダミー変数 3	-	-	-	-	-0.0184	-1.1942 (2006)	-	-	-	-
推計期間	1995-2008		1988-2011		1991-2011		1995-2007		1991-2011	
決定係数	0.9202		0.9217		0.8679		0.8603		0.8311	
自由度調整済決定係数	0.8848		0.9052		0.7887		0.7904		0.7889	
ダービーワトソン値	1.9195		1.5682		1.7872		2.0918		2.2753	

附属表 4-2 パラメータ推計（1人当たり米需要量）

	中国 t 値		インド t 値(ダミー対象年)		日本 t 値		韓国 t 値(ダミー対象年)		米国 t 値	
a12, 所得弾性値: 1人当たり GDP 成長率 (t/t-1)	0.0513	0.9434	0.0636	0.2292	-0.1326	-0.8658	-0.1002	-3.0231	0.1655	1.7195
a13, 国内米価格 (t/t-1)	-0.0577	-2.2564	-0.0986	-1.1158	-0.0043	-0.0362	-0.0267	-0.5174	-0.0238	-1.0067
a14, 国内小麦価格 (t/t-1)	0.0312	0.5062	0.0269	0.8647	-	-	-	-	-	-
a15, 国内トウモロコシ価格 (t/t-1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a16, タイムトレンド (t/t-1)	0.0190	1.0693	-0.3158	-3.2427	-0.0995	-2.8779	-0.0488	-3.1951	0.0112	0.4271
定数項	4.9878	31.6253	3.5210	8.1826	5.8896	6.5052	5.9545	14.8265	0.9183	1.0033
ダミー変数 1	-	-	-0.0740	-2.4692 (2000)	-	-	-0.1053	-3.7062 (2003)	-	-
ダミー変数 2	-	-	0.0784	2.8640 (2001)	-	-	-	-	-	-
ダミー変数 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
推計期間	1999-2009		1998-2008		1994-2010		1991-2010		1991-2010	
決定係数	0.8580		0.8847		0.7727		0.9187		0.8232	
自由度調整済決定係数	0.7634		0.7117		0.7202		0.8971		0.7416	
ダービーワトソン値	1.7324		2.1513		1.7407		1.8935		2.6557	

附属表 5 パラメータ推計（輸入量）

	タイ	t 値	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)	米国	t 値
a17, 国際米価格 (t/t-1)	-1.6886	-0.4651	-0.1934	-2.2069	-0.9879	-3.1612	-0.0647	-0.7393
a18, 国内生産量 (t/t-1)	-1.1475	-0.0451	-	-	-	-	-	-
a19, 国内コメ価格 (t/t-1)	-	-	-0.3350	-0.0841	-	-	-	-
a20, タイムトレンド (t/t-1)	3.7137	3.7672	1.5759	16.4310	1.0078	3.4920	0.0696	12.9809
定数項	-0.7775	-0.4688	1.1233	3.7627	1.2143	1.5921	4.9583	11.2972
ダミー変数 1	-	-	0.1670	5.9048 (2006)	-1.8724	-5.3617 (1996)	-	-
ダミー変数 2	-	-	-0.2768	-8.2282 (2009)	-0.6415	-1.7531 (2009)	-	-
ダミー変数 3	-	-	-	-	1.8703	5.1046 (2004)	-	-
推計期間	2005-2012		2003-2010		1991-2006		1991-2010	
決定係数	0.8752		0.9962		0.9335		0.9344	
自由度調整済決定係数	0.7504		0.9867		0.8892		0.9221	
ダービーワトソン値	1.8936		2.2773		1.6027		1.6884	

附属表 6 パラメータ推計（輸出量）

	中国	t 値(ダミー対象年)	EU28	t 値(ダミー対象年)
a21, 国際米価格 (t/t-1)	1.5213	2.7334	0.0800	1.4763
a22, 国内生産量 (t/t-1)	0.8788	0.1211	-	-
a23, 国内コメ価格 (t/t-1)	-	-	-	-
a24, タイムトレンド (t/t-1)	5.7516	3.0756	0.3975	5.8972
定数項	-16.2178	-2.4703	12.2302	63.0068
ダミー変数 1	1.1747	2.7117 (1997)	-0.1137	-1.5052 (2001)
ダミー変数 2	-1.9834	-3.7932 (2003)	0.1518	1.8927 (2005)
ダミー変数 3	-	-	-	-
推計期間	1995-2005		1995-2010	
決定係数	0.9190		0.8234	
自由度調整済決定係数	0.7840		0.7592	
ダービーワトソン値	1.7263		2.0373	

附属表 7-1 パラメータ推計（期末在庫量）

	タイ	t 値	ベトナム	t 値(ダミー対象年)	インドネシア	t 値(ダミー対象年)	カンボジア	t 値(ダミー対象年)	ラオス	t 値(ダミー対象年)
a25, 国内米価格 (t/t-1)	-0.6304	-1.6380	-0.0223	-0.1982	-0.5472	-1.6589	-1.9302	-3.0892	-0.3290	-0.0582
a26, タイムトレンド (t/t-1)	1.0141	0.9772	0.7360	0.9005	-0.1847	-0.3804	0.7944	39.9757	0.5106	8.2891
定数項	3.9436	1.6430	3.5462	2.6354	8.1256	7.6643	3.7187	135.0630	3.0259	30.4042
ダミー変数 1	-	-	-0.6892	-3.1086 (1995)	-0.3343	-1.9144 (2004)	0.1074	3.1122 (2007)	-0.2262	-1.3801 (1999)
ダミー変数 2	-	-	0.1578	0.8396 (1997)	-0.4880	-2.9686 (2009)	-	-	-0.6927	-3.3465 (2007)
ダミー変数 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
推計期間	1995-2011		1995-2011		1999-2011		2005-2011		1999-2010	
決定係数	0.8819		0.9412		0.7934		0.9983		0.9339	
自由度調整済決定係数	0.8547		0.9145		0.5968		0.9966		0.9091	
ダービーワトソン値	1.7862		1.8915		2.0120		1.9008		1.7918	

附属表 7-2 パラメータ推計（期末在庫量）

	中国	t 値(ダミー対象年)	インド	t 値(ダミー対象年)	日本	t 値(ダミー対象年)	韓国	t 値(ダミー対象年)	米国	t 値(ダミー対象年)
a25, 国内米価格 (t/t-1)	-0.6124	-2.4068	-1.0779	-2.7815	-2.0823	-2.8179	-1.2966	-3.7665	-0.6549	-2.5590
a26, タイムトレンド (t/t-1)	-1.1123	-6.8448	1.1715	4.3277	2.3637	7.4218	0.9245	4.4672	-1.2793	-6.3793
定数項	14.2413	30.2544	6.1207	7.6598	0.7094	0.8012	4.0626	6.8410	14.6763	25.0781
ダミー変数 1	-0.2704	-1.5177 (2006)	0.5520	2.1154 (2000)	2.2659	3.8279 (1999)	0.5887	2.7632 (2001)	-0.1181	-0.5449 (1995)
ダミー変数 2	-	-	0.6502	2.6234 (2001)	1.8143	2.8801 (2003)	-	-	0.2546	1.5023 (2001)
ダミー変数 3	-	-	-0.4096	-1.6543 (2009)	-	-	-	-	-	-
推計期間	1995-2011		1996-2011		1991-2011		1985-2011		1995-2011	
決定係数	0.8707		0.7866		0.8780		0.7278		0.8896	
自由度調整済決定係数	0.8276		0.6444		0.8257		0.6441		0.8495	
ダービーワトソン値	1.3271		1.6683		1.4540		1.8226		1.4924	

附属表 8-1 パラメータ推計（価格伝達性）

	タイ	インドネシア	カンボジア	ラオス	マレーシア	フィリピン
a27, 国際米価格 (t/t-1)	0.4513	0.4714	0.5851	0.3929	0.1110	0.2511
a28, タイムトレンド (t/t-1)	0.1081	0.0668	-0.0614	-0.3474	0.0637	0.0273
定数項	3.8474	5.0545	4.9607	5.3025	5.0151	0.5072
ダミー変数 1	-	-0.6222	-	-0.4360	-	-
ダミー変数 2	-	-0.5135	-	0.3618	-	-
ダミー変数 3	-	0.3401	-	0.3937	-	-
推計期間	2000-2010	1991-2010	1991-2007	1991-2002	1991-2010	1996-2011
決定係数	0.9692	0.7808	0.7517	0.9361	0.6988	0.9330
自由度調整済決定係数	0.9605	0.6530	0.6027	0.0859	0.5912	0.9227
ダービーワットソン値	2.0829	1.4621	1.6179	1.3126	1.5412	1.9066

附属表 8-2 パラメータ推計（価格伝達性）

	中国	インド	韓国	米国	EU28
a27, 国際米価格 (t/t-1)	0.2112	0.9819	0.0631	0.8376	0.8423
a28, タイムトレンド (t/t-1)	0.36103	0.0147	0.1881	-0.0137	-0.3049
定数項	4.5854	4.9687	6.9394	2.7992	6.3002
ダミー変数 1	-	-	-	-0.4937	0.5015
ダミー変数 2	-	-	-	-0.4852	-0.4703
ダミー変数 3	-	-	-	0.5425	-0.4194
推計期間	1992-2010	1991-2007	1992-2010	1991-2010	1991-2010
決定係数	0.7747	0.6134	0.7661	0.8553	0.7919
自由度調整済決定係数	0.6880	0.5242	0.6761	0.7764	0.6462
ダービーワットソン値	1.8276	1.6663	2.0443	1.4387	1.3787

附属表 9 気候変動データの標準偏差値

	出典	1961-1990 (実績)	1990-2010 (実績)	2010-2030 (予 測値: 外生変数)
最低気温 (°C)				
タイ	実績データ: CRU TS 3.2 (University of East Anglia), 予測データ: MIROC, RCP4.5シナリオ	0.3023	0.2686	0.7526
ベトナム		0.3048	0.2972	0.6966
インドネシア		0.4175	0.1866	0.3843
マレーシア		0.2998	0.1891	0.4108
カンボジア		0.2980	0.2743	0.7273
ラオス		0.3358	0.3217	0.7027
ミャンマー		0.3107	0.3579	0.4811
フィリピン		0.3162	0.2841	0.5531
バングラデシュ(その他世界)		0.3908	0.4287	0.5030
インド		0.3306	0.2462	0.4966
中国		0.3393	0.3984	0.5224
日本		0.4825	0.3699	0.4039
韓国		0.5218	0.4937	0.4535
米国	0.4754	0.5012	0.4652	
イタリア(EU28)	0.3297	0.4155	0.4836	
最高気温 (°C)				
タイ	実績データ: CRU TS 3.2 (University of East Anglia), 予測データ: MIROC, RCP4.5シナリオ	0.3194	0.4151	0.9567
ベトナム		0.2810	0.3457	0.8676
インドネシア		0.4377	0.2223	0.4579
マレーシア		0.2631	0.1907	0.6060
カンボジア		0.2996	0.3123	0.9898
ラオス		0.3152	0.4404	0.8143
ミャンマー		0.3360	0.3360	0.7888
フィリピン		0.4429	0.3474	0.5381
バングラデシュ(その他世界)		0.3226	0.4352	0.7359
インド		0.2932	0.2694	0.5660
中国		0.4405	0.5046	0.5715
日本		0.4657	0.4414	0.4356
韓国		0.5685	0.4980	0.5437
米国	0.5184	0.6092	0.7009	
イタリア(EU28)	0.4032	0.3987	0.5227	
降水量(mm)				
タイ	実績データ: CRU TS 3.2 (University of East Anglia), 予測データ: MIROC, RCP4.5シナリオ	114.3	134.1	183.0
ベトナム		169.5	165.8	176.2
インドネシア		452.5	465.5	251.5
マレーシア		248.8	369.3	296.6
カンボジア		173.8	230.2	144.0
ラオス		166.4	181.9	146.3
ミャンマー		218.4	128.8	191.6
フィリピン		383.0	344.0	475.7
バングラデシュ(その他世界)		293.2	256.8	427.6
インド		102.4	113.1	100.8
中国		161.1	123.8	112.2
日本		165.5	183.2	141.7
韓国		213.8	265.2	199.7
米国		184.9	186.4	140.9
イタリア(EU28)		97.6	93.8	64.7

附属表 10 外生変数

	単位	出典	2012-14年	2025年	2035年
1人当たりGDP成長率					
タイ	USD (2005 base)	2012-14 data; World Economic Outlook 2015 (IMF). Projection data: USDA Agricultural Projections to 2024 (USDA 2015)	5,500	8,773	8,773
ベトナム	USD (2005 base)		1,902	3,632	3,632
インドネシア	USD (2005 base)		3,658	6,476	6,476
マレーシア	USD (2005 base)		10,531	17,186	17,186
カンボジア	USD (2005 base)		1,015	2,159	2,159
ラオス	USD (2005 base)		1,567	3,333	3,333
ミャンマー	USD (2005 base)		1,146	2,254	2,254
フィリピン	USD (2005 base)		2,756	4,468	4,468
バングラデシュ	USD (2005 base)	2012-14 data; World Economic Outlook 2015 (IMF). Projection data: OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024 (OECD-FAO 2015)	1,040	2,012	2,012
インド	USD (2005 base)		1,544	2,922	2,922
中国	USD (2005 base)		6,914	11,760	11,760
日本	USD (2005 base)		40,542	44,562	44,562
韓国	USD (2005 base)		26,177	35,970	35,970
米国	USD (2005 base)		52,982	69,087	69,087
EU28	USD (2005 base)		35,878	42,424	42,424
人口					
タイ	1000人	World Population Prospects, the 2015 Revision (United Nations, Department of Economics and Social Affairs)	67,452	68,637	67,442
ベトナム	1000人		91,412	102,093	107,773
インドネシア	1000人		251,184	284,505	304,847
マレーシア	1000人		29,446	34,334	37,618
カンボジア	1000人		15,092	17,944	19,988
ラオス	1000人		6,585	7,966	8,973
ミャンマー	1000人		53,031	58,373	61,752
フィリピン	1000人		97,653	116,151	130,556
バングラデシュ	1000人		157,244	179,063	192,500
インド	1000人		1,279,024	1,461,625	1,585,350
中国	1000人		1,362,017	1,414,872	1,408,316
日本	1000人		126,872	122,840	117,063
韓国	1000人		49,812	51,982	52,715
米国	1000人		317,015	345,085	365,266
EU28	1000人		498,947	507,889	509,282
コメ輸出量(日本)	1,000トン	OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024 (OECD-FAO 2015)	110.0	120.0	120.0
コメ輸入量(日本)	1,000トン	OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024 (OECD-FAO 2015)	752.0	732.0	732.0
国際小麦価格	USD/トン	OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024 (OECD-FAO 2015)	287	209	209
国際トウモロコシ価格	USD/トン	OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024 (OECD-FAO 2015)	216	149	149