

世界食料需給プロジェクト研究資料 第3号

# 国際食料需給の計量分析と資源制約問題

平成16年3月

農林水産政策研究所

## まえがき

本資料は、農林水産政策研究所のプロジェクト研究「環境・資源制約下における世界食料需給の予測手法精緻化に関する研究（平成13年度～15年度）」における成果のうち、食料の国際市場の計量分析を目的とした課題1「環境・資源要因を考慮した世界食料需給モデルの開発」に関連した7つの報告を取りまとめたものである。

1～4は、当所の研究員による成果である。また、5～7の3報告はFAOのエコノミストであり、世界モデルを利用した需給予測の世界的なエキスパートである柳島宏治氏（招へい研究員）の執筆によるものである。柳島氏には、プロジェクト期間中、三度にわたって来日いただき、本プロジェクト研究の実施に多大な協力をいただいた。深く御礼を申し上げておきたい。

また、いくつかの報告は既に発表された論考をベースに取りまとめられたものである。そのため、2～4の3報告では、計量モデルの概要説明等に関しては、一部重複する内容が存在している。しかし、読者が独立した論考として利用する際の便宜や、研究成果の記録としての意義を考慮し、あえて重複部分を整理することは行なわなかった。

この研究資料が、資源・環境問題を考慮して世界的な食料市場の計量分析を精緻化するというチャレンジングな課題設定に対して、どこまで応えたものであるかは、読者諸賢の判断を待つしかないが、課題の担当者としては、いづらかでも社会的な貢献を果たしたものであることを願いたい。

各報告の内容は以下のとおりである。

1の「環境・資源制約要因としての世界の土壌および水資源」は、課題接近への準備作業として、現在の世界の「土壌」及び「水」に関する代表的な研究成果を紹介し、世界食料需給予測研究との関連で整理したものである。

2の「資源制約下における国際穀物需給パイロットモデル」は、このプロジェクトのもとで開発された「資源制約パイロットモデル」の概要を紹介するとともに、人口推計の違いが食料需給展望に与える影響や、穀物単収へのランダムショックなどを、同モデルを利用したシナリオ分析として示したものである。3の「国際農産物需給モデルへの資源制約条件の導入」は、「資源制約パイロットモデル」の経済学的な背景を説明するとともに、同モデルを利用して、「農地」と「灌漑地」の利用可能性と食料の長期需給との関連をシミュレーションしたものである。4の「アジアにおける市場統合と米需給の長期展望」は、「資源制約パイロットモデル」をベースに、アジア諸国を独立にとりあつかい、また国際価格と国内価格との伝達性について分析を行なえるよう改良した「食料-資源モデル」を利用して、経済のグローバル化がアジア諸国の米市場に与える含意について分析したものである。

5の「土地資源制約と食糧需給モデルの精緻化」は、FAOで利用されている大型の需給予測モデルであるWorld Food Model (WFM)に土地要因を導入するにあたっての概念整理や解法変更の意味について述べたものである。また、6の「市場規模の小さな開発途上国の食糧問題」はWorld Food Modelに資源ファクターとして土地資源量を導入したWFM-PRIMAFFモデルを利用し、食料生産大国である米国と中国での農地面積の変化が、インドネシア、タイ、ベトナムの食料需給に与える影響について分析したものである。また補論として農地面積と食料問題に関する論考を収めた。

最終報告である7の「部分均衡モデルによる二国間自由貿易協定の影響評価法」は、地域間の自由貿易協定 (FTA) 問題の分析を目的とした計量モデルを提示したものである。例として日本-タイ間の鶏肉貿易を取り上げ、FTA締結による貿易創造効果と貿易転換効果を分離した需給分析を検討している。

最後になるが、ここにまとめた課題1に関係した研究の実施にあたっては、プロジェクト研究チームメンバー以外の多くの方の御高配と御協力を受けたことを述べておきたい。特にプロジェクトの外部評価委員である中川聰七郎 (鳥取環境大学)、大賀圭治 (東京大学)、小山修 (国際農林水産業研究センター) の各氏からは、プロジェクトの評価検討会議等を通じて、多くの有益な指摘と示唆をいただいた。また資源制約パイロットモデルの開発にあたって、劉啓明 (東京農工大学連合大学院博士課程) と久保田裕美 (同) の両氏には、データや関連資料の整理、また学会報告の準備などで様々な協力をいただいた。そのほか、ご助力いただいた所内外の方々に対して、心から御礼を申し上げる次第である。

平成16年3月

農林水産省 農林水産政策研究所  
世界食料需給プロジェクト研究チーム  
編集代表 水野正己  
上林篤幸  
井上荘太郎

## 目 次

### まえがき

1. 環境・資源制約要因としての世界の土壌および水資源  
—世界食料需給予測の準備としての概観—  
上林篤幸…………… 1
2. 資源制約下における国際穀物需給パイロットモデル  
—資源制約パイロットモデル—  
上林篤幸・井上荘太郎…………… 25
3. 国際農産物需給モデルへの資源制約条件の導入  
—資源制約パイロットモデルの開発と利用—  
井上荘太郎・上林篤幸・明石光一郎・鬼木俊次…………… 61
4. アジアにおける市場統合と米需給の長期展望  
井上荘太郎…………… 99
5. 土地資源制約と食糧需給モデルの精緻化  
柳島宏治…………… 107
6. 市場規模の小さな開発途上国の食糧問題  
柳島宏治…………… 113
7. 部分均衡モデルによる二国間自由貿易協定の影響評価手法  
—日本-タイ間での鶏肉貿易の自由化を例として—  
柳島宏治…………… 125

# 1 環境・資源制約要因としての世界の土壌および水資源

－世界食料需給予測の準備としての概観－

上林 篤幸\*

## I はじめに

21世紀においても地球の人口は増大を続けており、農用地や水資源の利用可能性は世界全体の食料需給にとって制約条件となることが指摘されている。

今後の世界食料需給を見通す上で、このような環境・資源制約要因を考慮に入れる事が必要となってくる。したがって、環境・資源制約要因となりうる「土壌」及び「水」について着目し、世界の現状の概要を以下にまとめる。

## II 砂漠化

### 1. 土壌劣化及び砂漠化

「土壌劣化」は不合理な土壌管理、または生物生産性を上げるあまり過度の収奪を土壌から行う場合に起こる土壌の生産性の低下を伴う土壌荒廃を総じて意味し、国を問わず世界共通の土壌問題として次第に顕在化しつつある事象である。一方、「砂漠化」は半乾燥地の耕地で特徴的に出現しているローカルな土壌劣化の問題である。いずれも、土壌の持つ恒常的な生物生産性を不可逆的に低下させるという共通した内容を有する。そして、現在では、土壌劣化の主要な部分が砂漠化と、砂漠化ときわめて関連性の強い土壌の塩類化で占められているとあって良いほど砂漠化は土壌劣化を代表する内容になりつつある。砂漠化や土壌の塩類化が現在の土壌劣化の主要な内容となりつつあるのは、これらの土壌変化の過程が他の土壌劣化の原因、例えば、化学肥料や農薬の多用による土壌生態系の劣化に基づく生物生産性の低下に比べてはるかに急速に進展する内容を有し、しかも、それらの問題の現れ方が極めて厳しく、地球環境変動特に不安定な気象変動に連動して、多くの場合土壌の生産性を殆ど無にしてしまうほど大きなインパクトがかかるからである。また、急速に進行した人口圧の増大は不適切な土地開発を進展させるとともに、激しい土壌浸食と土壌荒廃を誘発し、砂漠化をもたらしている。(名古屋大学出版会「土壌圏と地球環境問題」(木村真人編、1997年、129～130ページ)

---

\* 農林水産政策研究所

## 2. 砂漠化の定義

砂漠化とは、砂漠化防止条約によれば、「乾燥地域、半乾燥地域、乾燥半湿潤地域における気候上の変動や人間活動を含む様々な要素に起因する土地の劣化（Land Degradation）」である。この場合、土地とは、土壌や水資源、地面の表層や植生などを含む概念であり、劣化とは、降雨や風による土壌の流出や河床への堆積、長時間をかけた自然植生の多様性の減少、土地の塩化など、土地に作用する一つ又は複数のプロセスによって生じる土地資源の潜在力の減少をいう。

## 3. 砂漠化が進む理由

主な砂漠化の原因としては、地球規模での大気循環の変動による乾燥地の移動という気候的要因と、乾燥地及び半乾燥地の脆弱な生態系の中で、その許容限度を超えた人間活動が行われることによるインパクトという人為的要因の二つが考えられている。

気候的要因としては、下降気流の発生又は水分輸送量の減少などによって乾燥が進むことにより引き起こされ、地球的規模の気候変動によって、さらに砂漠化が進行しているといわれている。

人為的要因としては、草地の再生能力を超えた家畜の放牧（過放牧）、休耕期間の短縮等による地力の低下（過耕作）、薪炭材の過剰な採取が考えられている。

これらのほか、かんがい農地の塩類集積の問題がある。これは、かんがいが行われる際に、過剰なかんがいや水路からの漏水等のために地下水位の上昇が起こったり、あるいは塩類濃度の高い地下水を用いたりするといった不適切なかんがいが行われることにより、水分が蒸発した後に水に含まれていた塩類が集積してしまい、塩化によって農地が荒廃、劣化してしまうことである。

また、植生や土壌基盤の弱い乾燥地では、耕作や放牧などで地面が裸地状態になり、乾季には風食、雨期には水による浸食が起こりやすく、土壌の流出に伴い砂漠化が起こり、進行していく場合もある。

以上のように、砂漠化の原因としては、気候的及び人為的要因が考えられるが、地球的規模の環境問題として現在注目されている砂漠化を考えた場合、気候的要因よりも、むしろ人間活動（人為的要因）に伴って砂漠化が引き起こされていると考えられている。

砂漠化の進行により、いったん不毛の砂漠になってしまった土地は、膨大な労力および

費用をかけて再生しない限り、元の状態に戻すことは難しく、現在未影響か、ごくわずかしか影響を受けていない土地の劣化を防ぐことは、劣化した土地を再生させることより、はるかに効率的で、実行可能性を有する対策であると考えられている。

また、砂漠化の問題は、自然資源をベースにした開発途上国の発展のプロセスと深く関わっており、開発途上国の貧困、食料、雇用、教育、人口問題といった社会的、経済的、文化的、政治的な観点に基づいた対策が行わなければ、根本的な解決にはならないと考えられている。

(中央法規出版「地球環境キーワード事典」(環境庁地球環境部編集、1998年、105～106ページ)

#### 4. 砂漠化の現状と影響

1991年のUNEP(国連環境計画)の報告書では、砂漠化の影響を受けている土地の面積は約36億ヘクタールと報告されている。これは、地球上の全陸地の約4分の1、世界の耕作可能な乾燥地域(乾燥、半乾燥、乾燥半湿潤地域の合計)約52億ヘクタールの約70%に相当する。この他に、9億ヘクタールの極めて乾燥した地域、すなわち、砂漠が存在するが、当然のことながら、砂漠は耕作可能な乾燥地域とは見なされない。また、砂漠化によって影響を受けている人口は約9億人で、世界の全人口の約6分の1に当たる。こうした砂漠化により影響を受けている地域の多くが開発途上国である。

第1表により、砂漠化の広がりを見ても、アフリカが約10億ヘクタール、アジアが約13億ヘクタールと、この両地域で、世界の砂漠化の影響を受けている土地の面積の約3分の2を占めている。

第1表 世界の乾燥地における砂漠化・土壌劣化の程度

	かんがい農地			降雨依存農地			牧草地			耕作可能な乾燥地合計		
	全面積 万ha	劣化 万ha	劣化割合 %									
アフリカ	1,042	190	18	7,982	4,886	61	134,235	99,508	74	143,259	104,584	73
アジア	9,202	3,181	35	21,817	12,228	56	157,124	118,761	76	188,143	134,170	71
オーストラリア	187	25	13	4,312	1,432	33	65,722	36,135	55	70,221	37,592	54
ヨーロッパ	1,190	191	16	2,211	1,185	54	11,157	8,052	72	14,558	9,428	65
北アメリカ	2,087	586	28	7,417	1,161	16	48,314	41,115	85	57,818	42,862	74
南アメリカ	842	142	17	2,135	664	31	39,090	29,775	76	42,067	30,581	73
世界合計	14,550	4,315	30	45,774	21,556	47	455,642	333,346	73	515,966	359,217	70

資料: H Dreigne, ICASALS, 1991

これは両地域で耕作可能な乾燥地のうちのそれぞれ73%、71%に相当し、砂漠化問題が

両地域の人々の生活を脅かす深刻な問題になっていることがこれらの数字からも明らかである。また、影響を受けている面積こそ両地域より少ないが、南北アメリカ地域でも砂漠化の受けている土地の割合は 70%を超えており、世界合計の耕作が可能な乾燥地のうち、70%が砂漠化の影響を受けているといった深刻な状況にある。

土地の形態別にみると、牧草地への影響が最も大きく、約 33.3 億ヘクタールの牧草地が砂漠化の影響を受けており、これは乾燥地域の全牧草地の面積の 73%に相当する。降雨依存農地では、約 2.1 億ヘクタールが影響を受けており、これは乾燥地域の降雨依存農地の約 47%に相当する。かんがい農地では、約 0.4 億ヘクタールが主に塩類集積というかたちでの砂漠化の影響を受けている。これは乾燥地域にある全かんがい農地の 30%に相当する。

砂漠化の人為的要因としては、過放牧、薪炭材の過剰採取、過開墾、不適切な水管理による塩類集積などがあげられる。これらは植生の減少、土壌浸食の増大、表層土壌への塩類集積を引き起こし、土壌の劣化、土地の生産力の減退をもたらしている。砂漠化の背景には当該地域住民の貧困と急激な人口増といった社会・経済的な要因が存在している。

乾燥地における砂漠化による土壌劣化のうち、人為的要因によるものを取り出してみる。第 2 表をみると、世界合計で、乾燥地帯における人為的要因による砂漠化面積は、10 億 3500 万ヘクタール存在する。

第 2 表 乾燥地における人為的要因別土壌の劣化面積

(単位:百万ヘクタール)

地域	乾燥地 面積	うち土壌の劣化面積					人為的 土壌劣化 合計
		過放牧	樹木 過伐採	過開墾	不適切な 土壌・ 水管理	その他	
アフリカ	1,286	185	19	54	62	0	319
アジア	1,672	119	112	42	97	1	370
オーストラリア	663	79	4	0	5	0	88
ヨーロッパ	300	41	39	0	18	1	99
北米	732	28	4	6	41	0	80
南米	516	26	32	9	12	0	79
世界合計	5,169	477	210	112	235	2	1,035

資料: UNEP1997を改変,鳥取大学乾燥地研究センター

このうち、過放牧による劣化が 4 億 7700 万ヘクタール、樹木の過伐採による劣化が 2 億 1000 万ヘクタール、不適切な土壌・水管理による劣化が 2 億 3500 百万ヘクタール、過開墾が 1 億 1200 万ヘクタールとなっている。

また、第 3 表により乾燥地帯における砂漠化面積 10 億 3500 万ヘクタールの内訳を劣化

の種類別にみると、水食が4億6700万ヘクタール、つづいて風食が4億3200万ヘクタール、化学的劣化が1億100万ヘクタール、物理的劣化が3500万ヘクタールとなっている。

第3表 乾燥地における人為的要因による種類別・程度別の土壌劣化

(単位:百万ヘクタール)

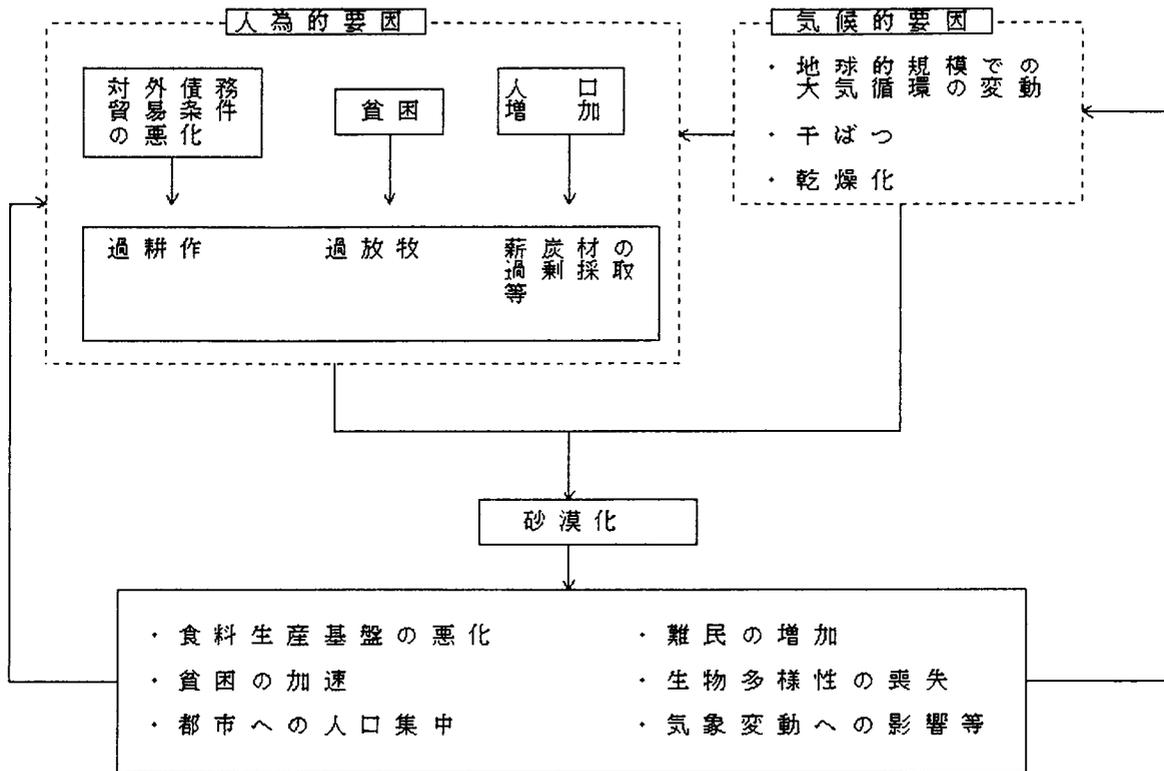
劣化の度合い	劣化の種類				合計
	水食	風食	化学的劣化	物理的劣化	
わずか	175	197	44	11	427
中	209	215	31	15	470
強	79	18	24	9	130
極度	5	2	1	0	7
世界合計	467	432	101	35	1,035

資料:GEMS/GRID 1991 based on GLASOD

砂漠化の進行は人間社会に様々な影響を及ぼすが、その最も直接的なものが、農地や牧草地などの土地の生産能力の低下である。乾燥地域の耕地は、もともと自然条件が厳しく生産力の低い土地が多いため、砂漠化による土地の生産力の低下は、地域住民に食糧不足や薪材不足をもたらし、一層の貧困を招き、深刻なケースでは飢餓といった人間の生存そのものの脅威になる。また、地域住民が砂漠化した土地を放棄した場合は、都市に流れたり、国外に難民となって流出するなど、社会的な混乱を招き、極端な場合には民族間や国家間の紛争の原因ともなり得る。例えば、1972/73年、1983/84年をピークとするアフリカのサヘル地域(サハラ砂漠の南縁地域)の大干ばつの際には、多数の人命と家畜が失われるとともに、難民が広域で発生し、深刻な政治的、社会的問題となった。

また、UNEPの1991年の分析によれば、砂漠化により、毎年世界で約1000万ヘクタールの農地が、二度とかんがい農地や天水農地、放牧地として使用することのできない状態となって失われていると推計されている。砂漠化問題の構図をまとめたものが、以下の第1図である。

第1図 砂漠化問題の構図



資料：環境庁企画調整局地球環境部「砂漠化防止対策への提言」－砂漠化防止総合対策検討会中間報告書（1994年）

### Ⅲ GAEZ(Global Agro-Ecological Zones)による土壌評価

#### 1. はじめに

GAEZ は、FAO および IIASA (International Institute of Applied System Analysis 本部：オーストリア) が共同で実施する、地球上の土地資源、土地の生産性、作物の潜在的生産可能性などを評価し、データベース化するプログラムである。昨今のコンピュータ及び人口衛星技術の発達により、地球上を微小な格子に分割し、そのなかの降水量、気温などの気候データ、地形、土壌の性質などのデータを蓄積することにより、その土地の特定の作物の生産に対する適応性や潜在的な土地の生産力を総合的に評価することが可能となる。以上のような土地のデータは FAO/UNESCO の世界デジタル土壌地図 (DSMW) に蓄積されている。このデジタル土壌地図は、地球上を 220 万個の微小な格子セルに分割し、データを蓄積したものである。これを、肥料・農薬など栽培技術のレベルに応じた特定の作物の生産技術体系とマッチングを行って評価することにより、土地がある作物をどの最大限の単収で生産できる可能性があるかという土地の潜在的生産性を測定することが可能となっている。ただし、かんがい農業については、水資源がどの程度入手可能かという評価まではおこなっておらず、良質の水資源が常に入手可能であるという前提に基づいている。気象データについては、最近完成されたイーストアングリア大学気象研究センターの世界各地における 1901-1996 年の経年データおよび平年データとしての 1961-90 年平均のデータを使用している。

#### 2 GAEZ による地球上の農地の主な評価

GAEZ による評価によれば、地球表面の作物の耕作の可能性については、その 13% が冷涼すぎ、その 27% が乾燥しすぎ、その 12% は土地の傾斜が大きすぎ、その 40% は土壌の肥沃土が足りず、耕作に適していない。これらの制約が重複する土地もあることを考慮しても、地球上の 4分の3以上が穀物の耕作に不適な土地となっている。

穀物の耕作が可能な土地は、開発途上国で約 18 億ヘクタールであり、現在そのうち 9 億ヘクタールが実際に耕作されている。先進国で耕作可能な土地は 7 億 6 千 5 百ヘクタールであり、そのうち 5 億 9 千 5 百ヘクタールが実際に耕作されている。

現在実際に耕作されていないが、潜在的耕作可能性を持つ土地の 80% が、南アメリカとサブサハラアフリカに集中している。これとは対照的に、アジアの耕作可能な土地は既

に耕作し尽くされている。そして、現在の人口増加が続けば、2050年には、人間の生存に必要な耕地面積を、一人当たり0.1ヘクタールというぎりぎりの水準にまで低下させるおそれがある。

世界全体で14億ヘクタールの森林があり、このうち先進国で12%、開発途上国で30%の森林が耕作に適している。しかし、これらをつぶして耕地にすることは、環境に深刻な結果をもたらす。

したがって、2050年に90億人に増加する地球の人口を養うためには、新たな農地を開発することはあまり現実性が無く、現在の耕地で農業の集約化を図ることが最も現実的な手段であると考えられる。もし持続的な土地管理と適当な投入材（肥料・農薬など）があれば、農業の集約化によって2050年には90億人の人口を養うことが可能である。しかし、そのための条件として、多くの開発途上国において、投入材や農業技術へのアクセスが可能となるよう、これらの国の社会経済の状態が大幅に改善する必要がある。

地球温暖化の穀物の生産への影響については、地理的な場所の違いにより複雑な結果をもたらす。先進国は温暖化により潜在的生産力を増大させる反面、多くの開発途上国では潜在的生産力は低下する。現在20億人の人口をかかえる約40の貧しい開発途上国において、4億5千万の栄養不良の人が存在するが、温暖化による気候の変化により栄養不良人口が飛躍的に増大し、貧困と食料不足からの脱却を困難にする可能性がある。

1960-96年の実績値からGAEZが評価した、最大限達成可能な穀物の単収が第4表にまとめられている。

第 4 表 天水農業およびかんがい農業において最大限達成可能な穀物の単収

(単位:トン/ヘクタール)

投入材(肥料・農薬等)のレベル		作物			
		小麦	コメ	トウモロコシ	
天水農業地域	低投入レベル	熱帯	2.7	5.0	5.1
		亜熱帯	4.3	4.7	5.8
		温帯	4.9	4.9	5.3
	中間投入レベル	熱帯	5.7	7.7	8.5
		亜熱帯	8.4	7.3	8.9
		温帯	8.7	6.9	8.7
	高投入レベル	熱帯	8.5	9.9	12.5
		亜熱帯	11.8	9.2	12.3
		温帯	12.1	8.6	12.1
かんがい農業地域	中間投入レベル	熱帯	7.4	9.5	10.5
		亜熱帯	10.2	9.9	12.2
		温帯	9.7	8.7	11.3
	高投入レベル	熱帯	11.1	12.2	15.6
		亜熱帯	14.2	12.7	17.1
		温帯	13.5	10.9	15.7

資料:IIASA "Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st century" 2001

これらは、小麦、コメ、とうもろこしに関するものであり、熱帯・亜熱帯・温帯別に、また、天水農業地域とかんがい農業地域に分けて、さらに、投入材の多寡のレベルに応じて、評価されている。これによれば、天水農業地域の低投入レベルとかんがい農業の高投入レベルの単収には2～5倍の格差が存在し、かんがい下で適切な栽培技術を採用した場合、耕地の生産性は飛躍的に高めることが可能であることが示されている。

現在、肥料の投入は、地域によって大きな格差がある。サブサハラアフリカでは、平均8kg/ヘクタールの施肥を行っているが、開発途上国平均では80kg/ヘクタール、そして先進国平均では200kg/ヘクタールとなっている。

地域ごとの穀物の多毛作の可能性については、第5表にまとめてある。

第5表 穀物の二毛作および三毛作に適した耕地の割合（投入材レベルは中）

地域	穀作 適地 (百万ha)	単毛作 (%)	二毛作 (%)	三毛作 (%)
オセアニア	87	83	13	4
アジア	366	63	32	5
アフリカ	678	59	39	2
ヨーロッパ・ロシア	422	100	0	0
中南アメリカ	606	19	65	17
北アメリカ	297	57	30	13
開発途上国	1645	45	47	8
先進国	811	82	13	5
世界合計	2455	57	36	7

資料:IIASA "Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st century" 2001

これは、地域ごとの作物ローテーションが考慮されている。例えば、典型的な二毛作地域である中国の上海周辺では、最も生産性が高い夏作物としてコメとトウモロコシが、また冬作物として小麦と大麦が選ばれている。

ヨーロッパ及びロシアでは、多毛作は実際には存在しない。開発途上国全体では、およそ55%の天水農業地域が二毛作あるいは三毛作に適している。中南米では、この割合は80%を超えている。すなわち、65%が二毛作に適しており、17%が三毛作に適している。

今後予想される地球温暖化により、地球の平均気温が上昇し、降雨パターンが変化するとみられ、これらの変化が土地の耕作適地の場所・広がりや生産性を変化させると考えられる。第6表は温度及び降雨量の変化が穀物の生産に適した土地にもたらす変化をシナリオ分析を行ってまとめたものである。

第6表 気温および降雨量の変化により変化する穀物耕地適地面積の程度

(単位:変化率%)

	気温の増加			気温の増加及び降雨量の増加			
	+1℃	+2℃	+3℃	+1℃ +5%	+2℃ +5%	+2℃ +10%	+3℃ +10%
オセアニア	-4	-5	-9	1	0	4	0
アジア	4	3	-2	5	2	4	0
アフリカ	-4	-8	-12	-4	-8	-8	-13
ヨーロッパ・ロシア	13	17	20	16	21	24	28
中央アメリカ	-1	-4	-9	-4	-6	-9	-13
南アメリカ	-4	-11	-20	-7	-13	-14	-23
北アメリカ	12	16	20	16	21	24	28
開発途上国	-1	-6	-11	-2	-6	-6	-11
先進国	11	15	18	15	19	22	25
世界合計	4	3	1	5	5	6	4

資料:IIASA "Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21st century" 2001

この結果によれば、もし気温が上昇しても、降雨量のパターンが変化しなければ、穀物生産に適した土地は減少し始める地域も生ずる。一方、気温の上昇とともに、降雨量も増加するとすれば、地域によっては穀物の生産に適した土地の増加が始まる。例えば、気温が3度上昇するとともに、降雨量が10%増加する場合、地球全体では穀物耕作適地が4%増加する。先進国では、その増加は25%であり、その急激な増加は注目に値する。一方、開発途上国では、穀物耕作適地が11%減少する。このことは、地球温暖化は、アフリカ、アジア、ラテンアメリカの貧しい開発途上の国々に深刻な影響が生ずることを示している。

## IV 水資源と農業

### 1. 世界水フォーラム

「21世紀は水をめぐる争いの世紀となるだろう」という前世界銀行副総裁イスマイル・セラゲルディン氏の言葉に象徴されるように、世界各地の水をめぐる問題が取り上げられ、今後2050年には90億人にまで増加すると予想される世界人口を養うための食料、その食料を生産するための水をいかに確保できるかが世界的に大きな懸念となっている。近年、水に関する国際的な関心が高まっている。1992年の水と環境に関する国際会議（ダブリン会議）や同年の国連環境開発会議（地球サミット）における議論等を経て、1997年には世界水フォーラムがモロッコにおいて開催された。同フォーラムは、国際社会における水問題の開発に向けた議論を深め、その重要性を広く世界にアピールすることを目的とし、その後も議論を重ねている。2003年3月16～23日には、アジアでは初の開催となる第3回世界水フォーラムが日本（滋賀、京都、大阪の琵琶湖淀川流域）において開催され、フォーラム開催中には、世界各国から2万4千人を越える人々の参加による351の分科会が開催された。この成果として、政府やNGOなど様々な関係者の水問題の改善に向けた取組みを広く共有化していくための「世界水行動報告書」が作成された。

また、日本政府主催による閣僚級国際会議は、3月22及び23日の2日間、京都国際会議館において170の国・地域と47の国際機関等から130名を越える閣僚級を含む、約1300人が出席して開催された。この成果は、具体的な行動の実現に向けた参加各国と国際機関の合意による閣僚宣言と、各国政府や国際機関がそれぞれ提出した水に関する自発的行動である「水行動集(Portfolio of Water Actions)」にとりまとめられた。

### 2. 水資源の現状

農業用水に関しては、世界の人口が増え続けている状況において食料の安定的な供給をはかっていくために、その確保が不可欠であり、また、貧困層の大半が暮らしていける農村地域の持続的な発展を図るためにもその適切な利用が必要である。（平成14年9月30日農林水産省食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会平成14年度第4回企画小委員会資料「世界の水資源とわが国の農業用水について」）

地球上の水は、液体、固体、あるいは気体の状態で、大気、地球表面、あるいは2000

メートルに達する地核の中に存在する。この水の総量の推定は、地球上の水の総量は約 13兆8千6百立方キロメートルである。地球上に存在する水の大部分(97.5%)が塩分を含む海水であり、淡水の割合は約 2.5%である。しかし、この淡水の大部分(68.7%)は、まず南・北極地域等の氷として存在しており、次に、その残りの殆ど(29.9%)が地下水として存在するため、河川水や湖沼水として存在する量は、地球上の淡水の約 0.26%である。(Igor A. Shiklomanov, "Appraisal and Assessment of World Water Resources" March 2000)

河川水など、更新が行われる水資源の利用可能量を地域別にまとめたものが第7表である。

第7表 河川水など更新が行われる水資源の利用可能量

地域	人口(1995年、百万人) (a)	水資源の平均利用可能 推定量 (立方キロ/年) (b)	一人当たり利用可能 推定量 (千立方メートル/年/人) (c) = (b)/(a)
ヨーロッパ	729	2,900	4.0
北アメリカ	298	7,890	26.5
アフリカ	703	4,050	5.8
アジア	3,423	13,510	3.9
南アメリカ	480	12,030	25.1
オセアニア	29	2,400	84.2
世界合計	5,662	42,780	7.6

資料:1) A Shiklomanov, "Appraisal and Assessment of World Water Resources", March 2000

2) United Nations "World Population Prospects, the 2000 Revision", 2001

注:「更新が行われる」とは、常に補充が行われるという意味であり、「更新が行われない水資源」とは、例えば化石帯層水のようなものである。

これによれば、地球上で再生・利用可能な水資源の総量は、年間 42,780 立方キロメートルである。しかし、降雨量の変動等から、年によって、±15~25%の変動がある。

地域で見れば、再生可能な水資源の総量は、アジアと南アメリカに集中している。しかし、人口一人当たりで見た場合、アジアでは、稠密な人口を反映して、年間一人当たり 3千9百立方メートルと、地域別で見たなかの最小になっており、アジアは相対的に水資源が豊富ではないことをうかがわせる。また、ヨーロッパ、アフリカにおいても、一人当たりの水資源は他の地域に比較して少ない。

第8表は世界の再生可能な水資源の一人当たりの推移である。1995年までは実績値であり、2000年以降は予測値である。急速な人口の増加により、地球平均でみた一人当たり水

資源は 1950 年の 17.0 千立方メートルから 1995 年には 7.6 立方メートルへと、この期間で半分以下にと減少した。

第 8 表 世界の一人当たり水資源利用可能量の推移

(単位:千立方m/人/年)

	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2010	2025
ヨーロッパ	5.3	4.8	4.4	4.2	4.0	4.0	4.0	4.1	4.2
北アメリカ	46.0	38.6	34.0	30.9	27.9	26.5	25.1	23.1	20.6
アフリカ	18.3	14.6	11.4	8.7	6.5	5.8	5.1	4.1	3.0
アジア	9.7	7.9	6.3	5.1	4.3	3.9	3.7	3.3	2.8
中南アメリカ	72.0	55.1	42.2	33.3	27.3	25.1	23.2	20.2	17.3
オセアニア	190.2	153.0	125.0	106.5	91.2	84.2	78.6	69.7	59.9
世界合計	17.0	14.2	11.6	9.7	8.1	7.6	7.1	6.3	5.4

資料: I.A. Shiklomanov "Appraisal and Assessment of World Water Resources" 2000  
UN "World Population Prospect" 2001 edition

地域別に見ると、人口の増加の程度が大きいアジア、アフリカで、一人当たり水資源は急速に減少しており、また、将来も、その量は減少することが見込まれている。

また、この水資源は、年間で季節により大幅に変動することが知られている。地球全体で見て、河川の流量の約 45-55%が雨期の季節に発生する。例えば、ヨーロッパでは 4 月～7 月の間に 46%が、アジアでは 6～10 月の間に 54%が、アフリカでは 9 月～12 月の間に 44%が、南アメリカでは 4 月～7 月の間に 45%が、オセアニアでは 1 月～4 月の間に 46%が流出する。結局、世界平均では、5 月～8 月の間に 46%の河川の流量が発生する。

世界の再生可能な水資源のうち、多くが以下の 6 主要国に集中している。すなわち、ブラジル、ロシア、カナダ、アメリカ、中国、インドである。世界全体の河川流量のうち、40%以上の源泉がこれらの国にある。

次に、取水量ベースでみた水の使用量を第 9 表、第 10 表、第 11 表で見ると、世界合計の水の使用量は、1950 年から 1995 年にかけて、約 2.7 倍に増加した。

第9表 世界の地域別水使用量の推移および予測

(単位:立方キロメートル/年)

	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2010	2025
ヨーロッパ	136	226	325	449	482	455	463	535	559
北アメリカ	287	410	555	676	653	686	705	744	786
アフリカ	56	89	123	166	203	219	235	275	337
アジア	843	1,163	1,417	1,742	2,114	2,231	2,357	2,628	3,254
中南アメリカ	49	66	87	117	152	167	182	213	260
オセアニア	10	15	20	24	29	30	33	36	40
世界合計	1,382	1,968	2,527	3,174	3,633	3,788	3,975	4,431	5,236

資料: I.A. Shiklomanov "Appraisal and Assessment of World Water Resources" 2000

第10表 世界の人口の推移および予測

(単位:百万人)

	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2010	2025
ヨーロッパ	548	605	657	693	722	729	727	713	684
北アメリカ	172	204	232	255	283	298	314	342	384
アフリカ	221	277	356	467	619	703	794	997	1,358
アジア	1,399	1,700	2,142	2,631	3,164	3,423	3,672	4,145	4,777
中南アメリカ	167	218	285	361	440	480	519	594	695
オセアニア	13	16	19	23	26	29	31	34	40
世界合計	2,519	3,020	3,691	4,430	5,255	5,662	6,057	6,826	7,937

資料: United Nations "World Population Prospect" 2001 edition

第11表 世界の地域別一人当たり水使用量の推移および予測

(単位:立方メートル/年)

	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2010	2025
ヨーロッパ	248	374	495	648	668	624	637	750	817
北アメリカ	1,669	2,010	2,392	2,651	2,307	2,302	2,245	2,175	2,047
アフリカ	252	322	346	355	328	312	296	276	248
アジア	603	684	662	662	668	652	642	634	681
中南アメリカ	295	301	305	324	345	348	351	359	374
オセアニア	800	906	1,047	1,022	1,096	1,048	1,048	1,050	988
世界合計	548	652	685	716	691	669	656	649	660

注: 表9, 10より地域別一人当たり水使用量を計算し作成。

今後も水の使用量は着実に増加し、2025年には1995年の38%増が予想されている。ただし、人口の増加を考慮に入れた一人当たりの水使用量は、急激な人口増加を反映して、1950年から95年にかけて、22%の増加にとどまっている。一人当たりの水使用量は、1980年に716立方キロと、最高値を記録した後、減少に転じている。2025年へ向けての将来

予測をみても、全体の水使用量の増加傾向は続くものの、一人当たり水使用量はやや減少の傾向が続くものと予想される。また、世界の水使用量の60%近くはアジアで使用されているが、一人当たり水使用量を見ると、北アメリカの使用量が最も多い。第12表は世界の水使用量の推移および予測を経済活動別にみたものである。

第12表 世界の経済活動別水使用量の推移および予測

(単位:立方キロメートル/年)

	1900	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2010	2025
農業用	513	895	1080	1481	1743	2112	2425	2504	2605	2817	3189
生活用	21.5	58.9	86.7	118	160	219	305	344	384	472	607
工業用	43.7	127	204	339	547	713	735	752	776	908	1170
貯水用	0.3	7	11.1	30.2	76.1	131	167	188	208	235	269
合計	579	1088	1382	1968	2526	3175	3632	3788	3973	4432	5235

資料:I.A. Shiklomanov "Appraisal and Assessment of World Water Resources" 2000

農業用水使用量が最も多く、続いて工業用、生活用、貯水用の順になっている。いずれの用途も増加傾向にあり、今後もその傾向が続くことが予想されている。第13表は水使用量をシェアにして示したものである。

第13表 世界の経済活動別水使用量の推移および予測 (シェア)

(単位:%)

	1900	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2010	2025
農業用	89	82	78	75	69	67	67	66	66	64	61
生活用	4	5	6	6	6	7	8	9	10	11	12
工業用	8	12	15	17	22	22	20	20	20	20	22
貯水用	0	1	1	2	3	4	5	5	5	5	5
合計	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

資料:I.A. Shiklomanov "Appraisal and Assessment of World Water Resources" 2000

これによれば、最大の用途である農業用の水使用量のシェアは、1940年以来減少傾向にあり、今後も減少することが見込まれる。一方、家庭用水など生活用の水使用量の割合は増加傾向にあり、人口の増加等を反映して、今後もそのシェアは徐々に増加することが見

込まれている。工業用および貯水用のシェアは増加傾向にあったが、将来はそのシェアは安定的に推移するものと見込まれる。

農業用の水の使用の主な用途として考えられるかんがいに関し、参考として第 14 表に世界のかんがい農地面積の推移およびその予測を示す。

第 14 表 かんがい農地面積の推移および予測

(単位:百万ヘクタール)

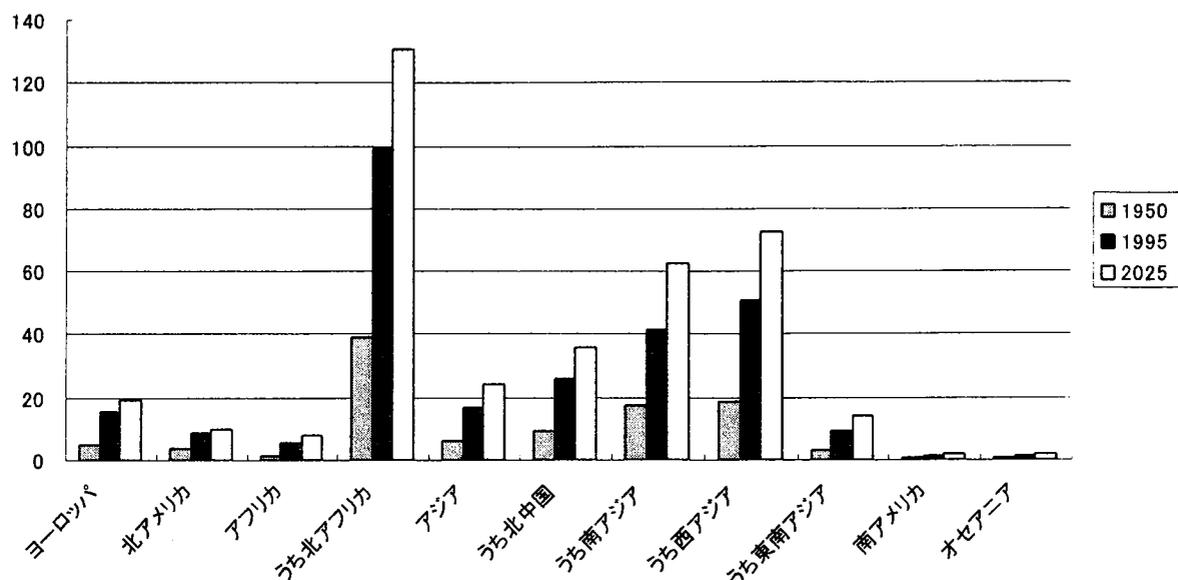
	1900	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2010	2025
世界の かんがい 農地面積	47.3	75.9	101	142	169	198	243	253	264	288	329

資料:IA Shiklomanov "Appraisal and Assessment of World Water Resources" 2000

これによれば、世界のかんがい農地は、1995 年実績で 2 億 5300 万ヘクタールである。2010 年には 2 億 8800 万ヘクタール、2025 年には 3 億 2900 万ヘクタールに増加することが予測されている。しかし、このような順調なかんがい農地面積の増加が続くかどうかは、世界各地域の経済・財政動向等の人為的要因および気象動向等の自然的要因により、予断を許さないものと考えられる。

第 2 図は、世界各地域における水資源利用可能量に占める水資源利用量の割合を示したものであり、利用可能な資源のうちそのどのくらいの割合を利用しているのかを示している。

第 2 図 水資源量に占める利用量の割合



資料: I.A. Shikolmanov, "Appraisal and Assessment of World Water Resources" March 2000

これを地域の平均で見れば、ヨーロッパ、北アメリカ、アフリカ、アジア、南アメリカ、オセアニアの世界の各地域ともに、利用可能な資源の 20%以下を使用しているに過ぎず、将来もその割合が大幅に増加することはないとみられる。しかし、各地域を細かく見ていくと、例えば北アフリカにみられるように、1995 年において利用可能な水資源のほぼ全てを使用しており、2025 年の水の使用量が利用可能な水資源を超過する、きわめて水資源の逼迫した地域が存在する。他にも、北中国、南アジア、西アジアにおいて、今後、水資源が逼迫することが見込まれる。

このような水資源の逼迫が地球上のどの程度の人口に影響を与えているかをまとめたものが第 15 表である。

第 15 表 利用可能水量の現状および予測

状態	供給量 (立方m/人)	1995年人口 (100万人)		2025年人口 (100万人)	
			%		%
逼迫	<500	1,077	19	1,783	25
	500-1,000	587	10	624	9
不足	1,000-1,700	689	12	1,077	15
十分	>1,700	3,091	55	3,494	48
利用不可		241	4	296	4
合計		5,665	100	7,274	100

資料:World Resource Institute, "World Resources 2000-2001"

この表は、WRI (World Resource Institute = 世界資源研究所) が、1日当たりの水供給量と人口の対比を 1995 年時点で現状把握として行うとともに、2025 年の 1 日当たりの水供給量と人口との関係を予測したものである。

これによれば、1 人 1 日当たりの水供給量が 1000 立方メートル以下の場合、水供給量は逼迫、1700 立方メートル以下の場合、水供給量は不足と定義している。この定義に基づけば、1995 年時点で、水供給量が 1700 立方メートル以下の水不足の下で生活する人々の合計は 23 億 5000 万人で、地球人口全体の 41% を占めているとみられるが、このような水不足人口は今後増加し、2025 年には地球の全人口のおよそ半分、49% の 34 億 8000 万人に達すると見込まれている。ほぼすべての大陸で河川の改変が行われた結果、水の自然な流れに影響をきたし、乾季になると流れの多くは海に注ぎ込む前に干上がってしまうようになった。たとえばコロラド川、黄河、インダス川、ガンジス川、ナイル川、シルダリア川、アマダリア川がそうである (世界資源研究所、「世界の資源 2000-2001」)。

地下水については、第 16 表の世界気象機関の資料にあるように、世界の水使用量のうち、全体の 19%、農業用の 20% は地下水によってまかなわれていると推定されている。

第 16 表 世界の取水源別水使用の用途別割合（1995 年）

	取水量 (立方キロ/年)			表流水・地下水別の 割合(%)		
	表流水	地下水	合計	表流水	地下水	合計
生活用水	160	160	320	50	50	100
農業用水	1940	480	2420	80	20	100
工業用水	220	30	250	88	12	100
発電	450	0	450	100	0	100
貯水	160	0	160	100	0	100
合計	2930	670	3600	81	19	100

資料: 世界気象機関(I.A. Shiklomanov, Assessment of Water Resources and Water Availability in the world), 1996

現在、世界各地で、帯水層への年間の地下水かん養量に対し、使用量（揚水量）の方が  
多い例もみられ、地下水位の低下等の影響が懸念されている。

国際水管理研究所の推計によれば、世界の大洋に流れ込む年間 3 万 3000 立方キロメー  
トル (Postel, 1999) の表流水のうち、8%が地下水のかん養に回っているとすると、2640  
立方キロメートルの地下水が毎年再生されていると考えられるが、この量は、第 16 表に  
ある地下水の年間使用量 670 立方キロメートルの約 4 倍となり、数字の上では、十分な供  
給があるように見受けられる。また、FAO の AQUASTAT によれば、中国は再生可能な地  
下水資源の 9%、インドは約 3 分の 1 を使用しているにすぎないが、これらの国における  
地下水位の低下は数字でみるよりはるかに深刻な様相を呈している。これらの原因は、地  
下水資源および需要者である住民や農民の地域的偏在によるものである。中国の例をと  
ると、中国南部では、中国全体の 68%の地下水資源に対し、54%の人口、36%の農地を有し  
ているが、一方、中国北部では、中国全体の 31%の地下水資源に対し、46%の人口と 64%  
の農地を有しており、このような地下水資源に対する農地の偏在が中国北部のかんがい農  
業による地下水資源の過剰使用を招いている (Kramer and Zhu 1988, Lunzhang 1994)。

第 17 表は、ワールドウォッチ研究所が農業、特にかんがい農業との関連を念頭におい  
てとりまとめた世界の地下水の過剰使用の例である。

第 17 表 世界各地域の地下水の過剰使用の例

国	地域	地下水の過剰使用の様相
中国	華北平原	平原の大部分において、年間地下水位が 2-3m ずつ低下。汲み上げ費用の増加の結果、農民はかんがい農業を放棄しつつある。
アメリカ	南部大平原	かんがいは化石帯水層であるオガララ帯水層に依存。テキサス、カンサス、オクラホマのかんがい農地は、水源の枯渇により縮小傾向。
パキスタン	Punjab 地域	バルチスタン地方及び北西国境付近において、地下水位が低下。
インド	Punjab, Harvana, Rajasthan, Andhra Pradesh, Maharashtra, Tamil Nadu, その他地域	地下水位が場所により毎年 1-3m ずつ低下。いくつかの州では揚水量がかん養量の 2 倍に達する。インドの穀倉地帯である Punjab 地方の地下水位は年間およそ 1 m ずつ低下。
イラン	Chenaran 平野、北東イラン	地下水位は年間 2.8m ずつ低下。さらに 2001 年の干ばつにより新しい井戸を掘った結果、Mashad 市の近くの地下水位は 8m の低下。
イエメン	全土	全土で地下水位は毎年 2m ずつ低下。首都のあるサヌア盆地では毎年 6m ずつ低下。首都サヌアでは、2010 年頃には地下水が枯渇すると予測されている。
メキシコ	Guajajuato 州	同州は農業地域であるが、地下水位は毎年 1.8-3.3m ずつ低下。

資料：ワールドウォッチ研究所 2002 年 8 月 9 日発表「世界の多くの国に広がる水不足」

[http://www.greatlakesdirectory.org/zarticles/080902\\_water\\_shortages.htm](http://www.greatlakesdirectory.org/zarticles/080902_water_shortages.htm)

特に、中国については、同研究所の 2001 年 1 月の報告によれば、中国の小麦の半分以上とトウモロコシの 3 分の 1 を算出する華北平原において、北京の地質環境監視研究所が行った調査によると、華北平原の中心である河北省では 2000 年に、深層の地下水の平均水位が 2.9 メートル低下し、また同省のいくつかの都市の周辺では、6 メートルも低下した。1996 年末の時点で河北平原の 5 つの地域—河北省、河南省、山東省、それに北京市と天津市の周辺には 360 万本の井戸があり、その大部分がかんがい用だった。

帯水層が枯渇しつつあるいま、中国は水の需給バランスを回復するための方法を再考している。なかでも有力なのが、水利用効率の改善、南から北への導水、穀物輸入という 3 つの案であるという。

## V. おわりに（世界食料需給モデル開発との関係）

これまで、世界の食料需給を見通す上での資源・環境の制約要因として、「土壌」および「水」に注目し、世界の現状の概要をまとめてみた。

資源・環境の制約要因としての「土壌」および「水」には、土壌劣化・砂漠化や水資源の枯渇の可能性という点で、今後の世界の食料需給に対する不安定要因が存在する。しかし、これらの制約要因は、資源・環境それ自体から内在的に発するものであるというよりも、むしろ、現在急速な勢いで増加し、2050 年には 93 億人と、現在より 30 億人あまり増加する世界の人口増加が、地球の有限な資源・環境に対して大きな負荷をかけていくことから発生するものである可能性が強い。したがって、資源・環境の制約要因とは、有限である地球資源・環境を、今後増加する世界人口がどのように利用していくかという、「人口＝資源・環境問題」とも言い替えることも可能である。

また、現在、FAO をはじめとする多くの国連機関や国際機関が資源・環境問題に取り組んでいるが、その成果を総合的に世界食料需給モデルに結びつけることは、方法論的には現段階では極めて限られた分野以外には、実施が極めて困難であるといわざるを得ない。その理由は、資源・環境問題に対する分析は進展しているものの、世界各国を横断的に網羅するような時系列でのデータベースなど、計量経済モデルを組み立てる上で必要不可欠な要素が、この分野で殆ど整備されていないことによる。

また、土地や水問題を分析する切り口は、水系であるとか、地方であるとか、必ずしも人間が人為的に引いた国境による区分に併せて行うという方法論にとらわれない場合が多い。この事は、国別の構成にする必要がある経済モデルの構築とはかみあわなくなるとい

う問題を招来する。

現在のところ、唯一、世界食料需給モデルを構築する際のデータベースに使用が可能と思われるのは、FAOSTAT 中の世界各国別のかんがい農地面積である。それ以外には、国別のモジュールの統合によって完成される部分均衡世界食料需給モデルの構築に適した土地・水資源に関するデータベースを見つけることはできなかった。

さらに、今後、仮に、各種データベースの整備が進展したとしても、これらのデータベースをモデルにどのように組み込んでいくのかという方法論上の問題が存在する。将来、どのようなデータベースが整備され、それらを元に、どのようなメカニズムを通じ世界の食料需給を予測する際の方程式に反映されるのかについての方法論の開発については、多くの問題が残っており、今後の課題であるといえる。

#### [参考文献]

- [1] 名古屋大学出版会「土壌圏と地球環境問題」(木村真人編、1997)
- [2] 中央法規出版「地球環境キーワード事典」(環境庁地球環境部編集、1998年)
- [3] United Nations Environmental Programme, "Status of Desertification and Implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification", 2002.  
<http://www.na.unep.net/des/>
- [4] International Institute for Applied System Analysis, Luxenburg, Austria, and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, "Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21<sup>st</sup> Century", 2001.  
<http://www.iiasa.ac.at/docs/HOTP/May02/gaez2002.pdf>
- [5] International Food Policy Research Institute and World Resource Institute, Washington, D.C. USA, "Pilot Analysis of Global Ecosystems", 2000.
- [6] 平成 14 年 9 月 30 日農林水産省食料・農業・農村政策審議会農村振興分科会農業農村整備部会平成 14 年度第 4 回企画小委員会資料「世界の水資源とわが国の農業用水について」
- [7] 2002 年 7 月 18 日東京大学生産技術研究所記者会見「世界の水危機、日本の水問題」
- [8] Igor A. Shiklomanov, "Appraisal and Assessment of World Water Resources" March 2000.
- [9] World Resource Institute, "World Resource 2000-2001", Washington, D.C. USA.
- [10] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, France, "World Water Resources at the Beginning of the 21<sup>st</sup> Century", 2002.

<http://espejo.unesco.org.uy/summary/html/summary.html>

[11]「世界のかんがいの多様性－持続的な水利用と健全な水循環の形成に向けて」（農林水産省食料・農業・農村政策審議会農村振興部会農業農村整備部会企画小委員会報告、農林水産省農村振興局計画部事業計画課監修、2003年3月）

[http://www.maff.go.jp/nouson/keikaku/kikaku\\_syoiinkai/mizusigen/mizusigen.htm](http://www.maff.go.jp/nouson/keikaku/kikaku_syoiinkai/mizusigen/mizusigen.htm)

## 2 資源制約下における国際穀物需給パイロットモデル

—資源制約パイロットモデル—

上林篤幸\*・井上荘太郎\*

### I はじめに

本研究は、平成13～15年度までの農林水産政策研究所の実施するプロジェクト研究「環境・資源制約要因を考慮した世界食料需給モデルの開発」によって与えられた課題に応えるため、農用地や水資源の利用可能性などの環境資源制約に関する要因を導入した新しい予測用計量需給モデルの開発を行うものである。

環境資源制約は、かつてマルサスが1798年に著した「人口論」の中で述べたように、人口が幾何級数的に増加するとの前提に立てば、有限な地球上の資源の1人当たり利用可能量が減少することによっても生じうる。実際はこのような幾何級数的な増加が生じなかったことは、歴史が証明するところである。しかしながら、人口の増加は、現在も続いており、国連の人口推計によれば、世界には現在約60億人強の人口が存在し、2050年には90億人を越えるの見込まれている。従って、今回開発するモデルにより、供給サイドからの資源環境制約、すなわち、土地の劣化・砂漠化や地球温暖化等の気象の変化によって生じる水資源利用可能性の減少といった問題のみならず、需要サイドに関する制約、すなわち人口増加に関してシナリオを設定し、国際価格等の予測がどのように変化するか分析を行う。さらに、本章では、将来の不確定要因、すなわち、現状推移の予測を行うのみならず、単収が変動するシナリオを導入し、その影響の予測を試みる。

さらに、留意すべき点として、環境資源制約をモデルに導入するためには、全世界一律に同一の基準に基づき資源環境制約を定量化したデータベースが必須である。このため、このようなデータベースの存在の有無を確認することからモデル作成作業が始まった。このサーベイは、別途、「資源・環境制約としての世界の土壌および水資源—世界食料需給予測のための概観—」としてまとめられている。この作業の結果に基づき、本モデルの開発に着手したものである。

世界食料需給モデルの開発は、コンピュータ技術の急速な開発に支えられ、1970年代のいわゆる「世界食料危機」が発生した頃から、FAO, OECD, 世界銀行、アメリカ農務省、日本の農林水産省などで世界の食料需給のモデルを利用した予測が開始された。世界の食料需給を予測するためのモデルは、基準年からスタートし、途中の姿を省き、目標年のみの姿を予測する静態モデルや、5～6年程度の中期の逐年予測を行う動態モデル、また、10

---

\* 農林水産政策研究所

年以上の長期の予測を行うものなど、既に世界各国・地域において、開発が進んでいる。これらの中には、政策変数を含み、政策の変更による影響をシミュレートすることが目的となっているものもある。いずれにせよ、通常、これらのモデルは、どの例を見ても、大規模なデータベースの構築およびそのメンテナンスを始めとして、膨大な人的資源と時間を必要とするものである。

今回開発するモデルは、当研究所にこのモデルの開発のために割り当てられた人的資源を与件とし、「環境・資源制約」の分析に焦点を当てるため、簡略化の可能な部分は簡略化し、いわば、贅肉をそぎ落とした形のモデルの開発を行ったものである。モデルの開発は、ただ単に方程式や変数の数をやみくもに増やしていくことが常に適当とは限らない。そのような方法の難点は、与えられた人的資源でモデルを開発し、維持することが極めて困難になるという物理的制約、および、複雑化したモデルから得られる結果の解釈が、介在する変数が多すぎるため、変数間の因果関係を分析することが、また非常な困難を伴う作業となるということである。

## II 「資源制約下における国際穀物需給パイロットモデル」(資源制約パイロットモデル) について

### 1. モデルの構造

本稿で開発・使用するモデルは、環境・資源制約下における世界食料需給見通しを行うことを目的として、世界各地域の食料の中で重要なカロリー源になっていると考えられる小麦、トウモロコシ、コメを対象とした国際穀物需給モデルである。そこで、このモデルを「資源制約下における国際穀物需給パイロットモデル」と名付け、以下「資源制約パイロットモデル」と呼ぶこととする。

もちろん、世界の人々が食べる食料としては、上記に述べた穀物だけではなく、大豆、ナタネ等の油糧種子や畜産物、すなわち牛肉・豚肉等の食肉や牛乳・乳製品、また、イモ、キャッサバ等根菜類や砂糖類、野菜・果物等広汎な食品が存在する。しかしながら、モデル上でこれらを含む多くの対象品目をモデル内に組み込むと、これらの品目のデータベースを作成し、更新していく作業量が幾何級数的に増大するという問題点を有している。

また、モデルの大型化によりその全体像の理解が困難になるという問題もあるため、ここでは、モデルの取り扱いを簡便に行う事ができるよう、対象品目を重要カロリー源としての主要穀物3品目に絞ることにした。

資源制約パイロットモデルは全世界を対象地域にしており、第1表のように、世界11の国・地域を特定化している。

第1表 資源制約パイロットモデルの国・地域区分

国・地域名	国・地域名の省略記号
アルゼンチン	ARG
ASEAN10	ASE
オーストラリア	AUS
カナダ	CAN
中国	CHN
EU15	E15
ロシア	RUS
インド	IND
日本	JPN
アメリカ	USA
その他世界	RW1

この分類は、世界の穀物の主要生産国と主要消費国をなるべく大きくくりで抽出するという考え方に基づいて行われたものであり、世界全体からこれらの主要国を抽出した残りの国々を「その他世界」として一まとめにして扱っている。資源制約パイロットモデルの内部では、これら11地域ごとの地域需給モデルが構築され、さらに、これらの地域需給モデルが国際市場でリンクされ、純輸出量と純輸入量の世界合計が均衡するように国際価格が決定される。

資源制約パイロットモデルの基本的な構造方程式は以下の通りである。各品目の各地域ごとの地域需給モデルは、以下に示した(1)～(7)の構造方程式により構成されている。(8)式は国際市場の均衡を表している。

$$(1) YLD_{ij} = YLD_{t-1ij} * (1 + YLD\_RATE_{ij})$$

$$(2) AH_{ij} = AH_{t-1ij} * \prod_{k=1}^3 (WLDEXP_{t-1k} / WLDEXP_{t-2k})^{ESP_{ikj}} * IRI_{t-1ij}^{IRIELAS_{ij}} * NONIRI_{t-1ij}^{NONIRIELAS_{ij}}$$

$$(3) QP_{ij} = AH_{ij} * YLD_{ij}$$

$$(4) QC\_PC_{ij} = QC\_PC_{t-1ij} * \prod_{k=1}^3 (WLDEXP_{tkj} / WLDEXP_{t-1kj})^{EDP_{ijk}} * (1 + GDP\_PC\_RATE_{ij})^{EDI_{ij}}$$

$$(5) QC_{ij} = QC\_PC_{ij} * POP_{t-1j} * (1 + PG_{ij})$$

$$(6) ST_{ij} = ST_{t-1ij} * (WLDEXP_{ti} / WLDEXP_{t-1i})^{-1.5}$$

$$(7) NT_{ij} = QP_{ij} + ST_{t-1ij} - QC_{ij} - ST_{ij}$$

$$(8) \sum_{j=1}^{11} NT_{ij} = 0$$

ただし、

$YLD_{ij}$  :  $t$ 期 $i$ 品目 $j$ 地域の単収

$YLD\_RATE_{ij}$  :  $t$ 期 $i$ 品目 $j$ 地域の単収変化率

$AH_{ij}$  :  $t$ 期 $i$ 品目 $j$ 地域の収穫面積

$WLDEXP_{ii}$  :  $t$ 期 $i$ 品目の国際価格

$ESP_{ikj}$  :  $k = i$ の場合は $i$ 品目 $j$ 地域の供給自己価格弾力性、 $k \neq i$ の場合は $i$ 品目 $j$ 地域の供給交差弾力性

$IRI_{ij}$  :  $t$ 期 $i$ 品目 $j$ 地域のかんがい農地面積

$IRIELAS_{ij}$  :  $i$ 品目 $j$ 地域のかんがい農地面積の弾力性

$NONIRI_{ij}$  :  $t$ 期 $i$ 品目 $j$ 地域の非かんがい農地面積

$NONIRIELAS_{ij}$  :  $t$ 期 $i$ 品目 $j$ 地域の非かんがい農地面積の弾力性

$QP_{ij}$  :  $t$ 期 $i$ 品目 $j$ 地域の生産量

$QC\_PC_{ij}$  :  $t$ 期 $i$ 品目 $j$ 地域の1人当たり消費量

$EDP_{ikj}$ :  $k=i$ の場合は $i$ 品目 $j$ 地域の需要自己価格弾力性、 $k \neq i$ の場合は $i$ 品目 $j$ 地域の需要交差弾力性

$QC_{ij}$ :  $t$ 期 $i$ 品目 $j$ 地域の消費量

$GDP\_PC\_RATE_{jt}$ :  $t$ 期 $j$ 地域の1人当たり実質GDP成長率

$EDI_{ij}$ :  $i$ 品目 $j$ 地域の需要の所得弾力性

$POP_{jt}$ :  $t$ 期 $j$ 地域の人口

$PG_{jt}$ :  $t$ 期 $j$ 地域の人口増加率

$ST_{jik}$ :  $t$ 期 $i$ 品目 $j$ 地域の期末在庫量

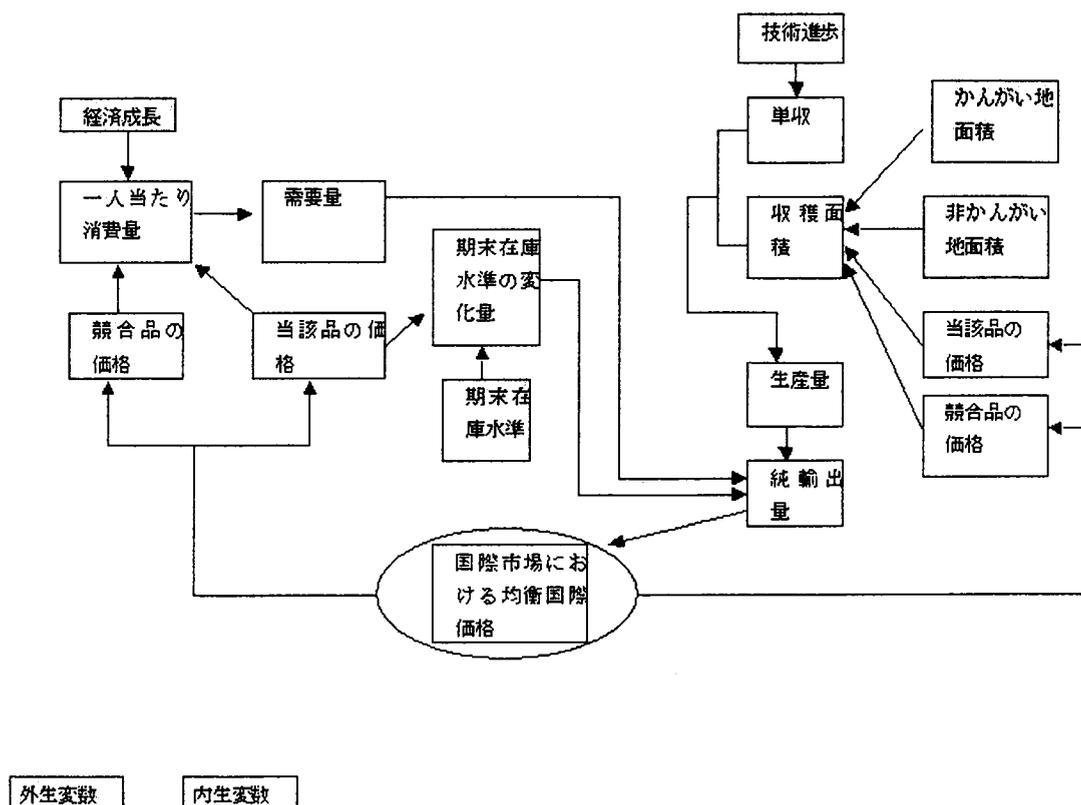
$NT_{ij}$ :  $t$ 期 $i$ 品目 $j$ 地域の純輸出量

$i=1,2,3$ はそれぞれ小麦、トウモロコシ、コメを示す。

単収は変化率  $YLD\_RATE_{ij}$  で変化すると仮定されている（(1)式）。収穫面積は1期前と2期前の国際価格、供給の自己価格弾力性と交差価格弾力性、かんがい農地面積と収穫面積に対するかんがい農地面積の弾力性、および非かんがい農地面積と収穫面積に対する非かんがい農地面積の弾力性で決定される（(2)式）。生産量は収穫面積と単収の積として求められる（(3)式）。1人当たりの消費量は、当期と1期前の国際価格の比、需要の自己価格弾力性、交差価格弾力性、1人当たり実質GDP成長率、需要の所得弾力性で決定される（(4)式）。各地域の消費量は1人当たりの消費量と人口の積である（(5)式）。なお、消費量に関しては、直接消費、すなわち、人間が消費する部分と、飼料消費、すなわち畜産物の飼料として消費される部分の区別は本モデルでは行っていない。したがって、消費量の中には、牛乳・乳製品や食肉として消費されるものも含まれると解釈すべきである。この飼料消費の割合は、とうもろこしが極めて高く、その大部分が飼料消費である一方、コメについては、そのほとんどが直接消費であり、飼料消費はごく僅かであると考えられる。小麦も飼料消費があるが、その割合は、近年、消費量全体の2割弱であり、その消費の大部分は直接消費である。期末在庫量は当期と1期前との国際価格の比に対応して変化する（(6)式）。純輸出量は当期の生産量と前期の期末在庫量の和から当期の消費量と当期の期末在庫量を差し引いて求められる（(7)式）。世界全体では純輸出量の合計は毎年ゼロになることが仮定されており（(8)式）、この均衡条件を満たすように各品目の各年の国際価格が決定される。

モデルの構造を図式化したものが第1図である。

第1図 資源制約パイロットモデルの概念図



各品目の国際価格は、以下のものを用いている。

- ・小麦：No.2.hard red winter wheat, ordinary protein, US f.o.b. Gulf Ports (June/May).
- ・トウモロコシ：No.2.yellow corn, US f.o.b. Gulf Ports (September/August).
- ・コメ：精米 100% grade B, Nominal Quote, f.o.b. Bangkok (August/July).

小麦およびトウモロコシのデータは、“USDA Agricultural Outlook”、コメは、“USDA Rice Outlook”中のものを使用した。

なお、国際価格と各国・地域の国内価格への連関については、通常、各国の農業政策や為替レートの影響により、国際価格と国内価格の連関には通常複雑な関係が存在するが、このモデルの開発に係わる人的資源の制約から、政策的バイアスや為替レートの影響を一切捨象した。すなわち、国際価格がストレートに国内価格に影響を与えるという仮定を置いた。

資源制約パイロットモデルはラグ付きの変数を持ち、モデル内で計測された価格と需給量が、次期の価格と需給量に影響を与えるという動的構造を持っている。そのため、小麦、トウモロコシ、コメの各年の国際価格と、11国・地域のそれぞれにおける収穫面積、

単収、生産量、消費量、在庫量、純輸出量等を予測することが可能となる。また、単収上昇率の変化や経済成長の動向等の様々な要因が穀物需給に与える影響の定量的な評価も可能となっている。

資源制約パイロットモデルは、統合型のモデルであり、モデルで使用されている需要および供給の弾力性値は、FAOの世界食料需給モデルをはじめとする既往の研究成果を援用したものである。しかし、かんがい農地および非かんがい農地の弾力性については、両変数が今回新たに導入したものであるため、援用できる既往の研究成果がなく、独自に推計を行ったものである。また、その他のパラメータについても、適切なパラメータが得られない場合のみ独自に推計した。小麦、トウモロコシ、コメの供給の弾力性値はそれぞれ第2表、第3表、第4表に、需要の弾力性値はそれぞれ第5表、第6表、第7表に掲げた。

第2表 小麦の供給の弾力性値

国・地域名	国・地域名の省略記号	小麦価格 WT	トウモロコシ価格 MA	コメ価格 RI	灌漑面積 AH_IRI	非灌漑面積 AH_NONIRI
アルゼンチン	ARG	0.37	-0.125	0	0.8	0.2
ASEAN10	ASE	0	0	0	0	0
オーストラリア	AUS	0.123	0	0	0.659	0.2
カナダ	CAN	0.126	-0.06	0	0.824	0.8
中国	CHN	0.11	-0.01	-0.03	0.462	0.166
EU15	E15	0.5	-0.3	0	0.397	0.444
ロシア	RUS	0.32	-0.072	0	0.2	0.2
インド	IND	0.133	-0.007	-0.056	0.8	0.8
日本	JPN	0.265	0	-0.075	0.8	0.8
アメリカ	USA	0.410	-0.186	0	0.732	0.505
その他世界	RW1	0.208	-0.175	-0.033	0.2	0.2

第3表 トウモロコシの供給の弾力性値

国・地域名	国・地域名の省略記号	小麦価格 WT	トウモロコシ価格 MA	コメ価格 RI	灌漑面積 AH_IRI	非灌漑面積 AH_NONIRI
アルゼンチン	ARG	-0.115	0.465	0	0.8	0.2
ASEAN10	ASE	0	0.203	-0.06	0.594	0.8
オーストラリア	AUS	-0.35	0.545	0	0.221	0.369
カナダ	CAN	-0.36	0.36	0	0.916	0.8
中国	CHN	-0.02	0.095	-0.035	0.8	0.2
EU15	E15	-0.3		-0.1	0.302	0.364
ロシア	RUS	-0.33	0.396	-0.024	0.2	0.8
インド	IND	-0.042	0.21	-0.072	0.2	0.2
日本	JPN	0	0.145	0	0.8	0.2
アメリカ	USA	-0.1	0.225	0	0.951	0.212
その他世界	RW1	-0.1	0.4	-0.1	0.791	0.8

第4表 コメの供給の弾力性値

国・地域名	国・地域名の省略記号	小麦価格 WT	トウモロコシ価格 MA	コメ価格 RI	灌漑面積 AH_IRI	非灌漑面積 AH_NONIRI
アルゼンチン	ARG	-0.175	-0.185	0.49	0.8	0.2
ASEAN10	ASE	-0.015	0	0.125	0.713	0.2
オーストラリア	AUS	0	0	0.072	0.982	0.324
カナダ	CAN	..	..	..	..	..
中国	CHN	-0.1	-0.1	0.3	0.2	0.2
EU15	E15	0	0	0.3	0.8	0.2
ロシア	RUS	-0.18	-0.06	0.378	0.806	0.2
インド	IND	-0.111	0	0.12	0.418	0.37
日本	JPN	0	0	0.193	0.8	0.44
アメリカ	USA	0	0	0.2	0.8	0.2
その他世界	RW1	-0.11	-0.125	0.46	0.78	0.2

第5表 小麦の需要の弾力性値

国・地域名	国・地域名の省略記号	小麦価格	トウモロコシ価格	コメ価格		所得
アルゼンチン	ARG	-0.32	0.09	0.02		-0.05
ASEAN10	ASE	-1	0.35	0.4		0.7
オーストラリア	AUS	-0.2	0.04	0.08		-0.2
カナダ	CAN	-0.19	0.02	0.02		-0.2
中国	CHN	-0.1	0.01	0.02		0.2
EU15	E15	-0.2	0.04	0.02		0.1
ロシア	RUS	-0.12	0	0.02		0.1
インド	IND	-0.25	0.02	0.15		0.4
日本	JPN	-0.25	0.1	0.12		0
アメリカ	USA	-0.09	0.01	0.02		-0.3
その他世界	RW1	-0.46	0.2	0.1		0.3

第6表 トウモロコシの供給の弾力性値

国・地域名	国・地域名の省略記号	小麦価格	トウモロコシ価格	コメ価格		所得
アルゼンチン	ARG	0.14	-0.45	0		0
ASEAN10	ASE	0.16	-0.56	0.1		0.42
オーストラリア	AUS	0.4	-0.5	0		-0.2
カナダ	CAN	0.12	-0.2	0		0
中国	CHN	0.02	-0.13	0		0.3
EU15	E15	0.2	-0.3	0.05		0.25
ロシア	RUS	0.1	-0.1	0.1		-0.05
インド	IND	0.16	-0.6	0.15		0.1
日本	JPN	0.04	0	-0.1		0.26
アメリカ	USA	0.1	-0.22	0.03		0.09
その他世界	RW1	0.25	-0.5	0		0.4

第7表 コメの供給の弾性値

国・地域名	国・地域名の省略記号	小麦価格	トウモロコシ価格	コメ価格	所得
アルゼンチン	ARG	0.2	0	-0.4	0.1
ASEAN10	ASE	0.02	0	-0.38	-0.1
オーストラリア	AUS	0.18	0	-0.35	0.2
カナダ	CAN	0.1	0	-0.25	0.2
中国	CHN	0.01	0	-0.12	-0.1
EU15	E15	0.1	0.05	-0.3	0.1
ロシア	RUS	0.1	0	-0.23	0.3
インド	IND	0.06	0.01	-0.4	-0.05
日本	JPN	0.04	0	-0.1	0
アメリカ	USA	0.12	0.02	-0.28	0.2
その他世界	RWT	0.06	0	-0.45	0.3

収穫面積、単収、生産量、消費量、期末在庫量、純輸出量はアメリカ農務省の PS&D View を利用した。これは、PS&D View が推計値も含めて最近年の数値まで公表しているからである。また、かんがい農地面積および非かんがい農地面積は PS&D View からは得られないので、FAO の FAOSTAT2000 CD-ROM 中のデータベースを利用した。また、小麦、トウモロコシ、コメの国際価格を実質化するために必要なアメリカの消費者価格指数は、OECD Agricultural Outlook における AGLINK データベースを利用した。

モデルによる予測の基準年（発射台）としての、内生変数の最近年の値は、原則的には、各国・地域における収穫等の確定データが得られる直近までの年データを整備した上で、その時点での豊凶の影響を可能な限り除去するために、その年を最終年として含む3カ年の平均値を使用すべきである。従って、本パイロットモデルはその考え方に従い、需給データの確定値が得られる直近年である2001年までのデータを整備した上で、1999年から2001年までの3カ年の平均値を作成し、これをモデルの中に2000年のデータとして挿入した。その結果、本モデル中では2000年までが実績値、2001-2030年はモデルによる均衡解の予測値となっている。したがって、既に実績値の公表が済んだか、あるいは暫定値が公表されつつある2000~2003穀物年度については、モデルの解と、既に公表されている実績値との間に乖離が生じる事を免れることはできない。これは、最新の生産量等の数値が常に公表され、更新されていくなかで、直近年近辺に生じるバイアスであり、本モデルのみならず、全てのモデルが持つモデルの宿命的な限界である。

現在のところ、本モデルには、変数が337個含まれ、このうち、外生変数が86個、内生変数が251個存在する。また、全てのモデルがそうであるように、方程式の本数は内生変数の数と等しく、全部で252本存在し、このうち、行動方程式（Behavioral function）

が 129 本、定義方程式 (Identity function) が 122 本存在する。

## 2. モデルの前提条件 (外生変数)

前述したように、資源制約パイロットモデルの構造方程式の関数形は各国・地域で共通になっている。そのため、予測結果は、基本的に採用する弾力性パラメータや人口増加率等の外生変数の違いによって変化する。予測に用いた外生変数として、第 8 表に単収の増減率、第 9 表に人口予測の値、第 10 表に 1 人当たり GDP の成長率をそれぞれ示した。

第 8 表 小麦、トウモロコシ、コメの単収増減率

### (1) 小麦

国・地域名	国・地域名の省略記号	PS&DIによる すう勢値 1990-2000	PS&DIによる実績値 (モデルに使用)			PS&D 実績値 2002	単収の増減 予測値 (*2030年まで)
			1999	2000	2001		
アルゼンチン	ARG	2.9	8.2	▲ 5.0	▲ 10.0	▲ 7.1	2.4
ASEAN10	ASE	0.7	11.1	0.0	0.0	0.0	1.0
オーストラリア	AUS	1.1	9.4	▲ 10.2	5.0	▲ 49.4	2.8
カナダ	CAN	0.6	16.1	▲ 6.8	▲ 19.7	▲ 6.0	3.3
中国	CHN	1.6	7.1	▲ 5.3	1.6	1.9	2.1
EU15	E15	1.4	▲ 5.7	3.5	▲ 6.1	5.7	2.0
ロシア	RUS	▲ 3.2	30.3	10.2	32.7	▲ 0.2	▲ 0.1
インド	IND	2.7	4.0	7.6	▲ 1.3	0.2	2.1
日本	JPN	0.3	▲ 2.0	9.0	▲ 5.5	1.6	1.4
アメリカ	USA	0.6	▲ 1.1	▲ 1.6	▲ 4.2	▲ 12.3	2.7
その他世界	RWI	▲ 0.5	▲ 2.8	0.7	5.9	1.6	0.3
世界合計	WLD	0.4	3.2	▲ 1.9	1.9	▲ 2.1	1.5

### (2) トウモロコシ

国・地域名	国・地域名の省略記号	PS&DIによる すう勢値 1990-2000	PS&DIによる実績値 (モデルに使用)			PS&D 実績値 2002	単収の増減 予測値 (*2030年まで)
			1999	2000	2001		
アルゼンチン	ARG	3.4	7.1	▲ 1.5	7.6	0.7	2.1
ASEAN10	ASE	2.7	0.8	4.5	0.9	▲ 2.3	2.3
オーストラリア	AUS	1.8	13.3	▲ 20.9	18.4	▲ 18.9	2.5
カナダ	CAN	▲ 0.6	0.3	▲ 21.8	5.5	6.1	0.9
中国	CHN	0.2	▲ 6.1	▲ 7.0	2.2	8.6	2.1
EU15	E15	3.5	5.3	1.3	▲ 2.5	1.6	2.0
ロシア	RUS	▲ 3.7	54.5	23.4	▲ 41.0	146.5	▲ 0.4
インド	IND	1.9	1.6	3.1	6.8	▲ 9.8	1.5
日本	JPN	▲ 6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	▲ 4.5
アメリカ	USA	1.5	▲ 0.5	2.3	0.9	▲ 5.9	2.0
その他世界	RWI	1.1	6.1	▲ 5.3	5.7	0.3	1.1
世界合計	WLD	1.4	0.3	▲ 1.4	1.1	0.5	1.5

## (3) コメ

国・地域名	国・地域名の省略記号	PS&Dによる すう勢値 1990-2000	PS&Dによる実績値 (モデルに使用)			PS&D 実績値 2002	単収の増減 予測値 (2030年まで)
			1999	2000	2001		
アルゼンチン	ARG	▲ 0.7	8.2	▲ 5.0	▲ 10.0	▲ 7.1	2.0
ASEAN10	ASE	1.5	2.9	3.2	0.4	0.7	1.3
オーストラリア	AUS	0.7	▲ 10.1	14.3	▲ 8.9	2.3	1.4
カナダ	CAN	..	..	..	..	..	..
中国	CHN	0.9	▲ 0.3	▲ 1.1	▲ 1.7	0.5	1.2
EU15	E15	▲ 0.9	2.9	▲ 10.7	6.0	9.2	▲ 0.4
ロシア	RUS	0.7	▲ 9.0	30.3	▲ 3.7	16.1	▲ 0.1
インド	IND	1.0	3.0	▲ 3.7	6.9	▲ 4.7	0.9
日本	JPN	0.6	3.1	4.5	▲ 1.0	▲ 0.7	0.2
アメリカ	USA	0.8	4.0	5.6	4.0	1.3	0.4
その他世界	RWI	1.9	5.7	2.1	▲ 0.5	1.4	1.8
世界合計	WLD	0.9	1.9	▲ 0.3	0.5	▲ 1.1	1.5

資料: USDA(アメリカ農務省)「PS&D(Production, Supply and Distribution Data)」, 2003年1月  
<http://www.ers.usda.gov/Data/PSD/>

注: ロシアについては、1990年以前のデータは存在しないため、1991年のデータを1990年のデータに代用した。

## 第9表 人口の推移および予測

(1) 人口の実績及び予測値 (単位:千人)

国・地域	実績値←←← →→→予測値										
	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
アルゼンチン	28,094	30,305	32,527	34,768	37,032	39,302	41,474	43,498	45,347	47,160	48,896
ASEAN10	357,290	397,818	439,721	481,751	521,384	558,520	593,333	627,115	659,893	691,023	719,200
オーストラリア	14,569	15,641	16,888	18,072	19,138	20,110	21,029	21,910	22,745	23,523	24,230
カナダ	24,516	25,843	27,701	29,354	30,757	32,007	33,216	34,419	35,598	36,717	37,693
中国	998,877	1,070,175	1,153,305	1,219,349	1,275,133	1,321,364	1,366,215	1,410,217	1,446,092	1,470,787	1,484,619
EU15	355,420	358,866	365,044	372,639	376,503	378,124	377,955	376,535	374,347	371,349	367,277
ロシア	138,660	143,329	148,292	148,141	145,491	140,920	136,976	133,314	129,687	125,687	121,420
インド	688,856	764,462	844,886	927,102	1,008,937	1,088,581	1,164,020	1,230,484	1,291,290	1,351,801	1,408,923
日本	116,807	120,837	123,537	125,472	127,096	128,220	127,522	127,522	125,958	123,798	121,285
アメリカ	230,406	242,531	254,776	268,744	283,230	296,064	308,557	321,225	334,200	346,822	358,486
その他世界	1,476,252	1,654,702	1,848,143	2,036,470	2,232,014	2,438,027	2,654,741	2,881,122	3,114,121	3,348,074	3,578,035
世界合計	4,429,747	4,824,508	5,254,820	5,661,862	6,056,715	6,441,001	6,825,736	7,207,361	7,579,276	7,936,741	8,270,064

(2) 人口の平均年間伸び率

(単位:%)

国・地域	実績値←←← →→→予測値										
	1975-80	1980-85	1985-90	1990-95	1995-2000	2000-05	2005-10	2010-15	2015-20	2020-25	2025-30
アルゼンチン	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.8	0.8	0.7
ASEAN10	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8
オーストラリア	0.9	1.4	1.5	1.4	1.2	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6
カナダ	1.2	1.1	1.4	1.2	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5
中国	1.5	1.4	1.5	1.1	0.9	0.7	0.7	0.6	0.5	0.3	0.2
EU15	0.3	0.2	0.3	0.4	0.2	0.1	▲ 0.0	▲ 0.1	▲ 0.1	▲ 0.2	▲ 0.2
ロシア	▲ 11.4	0.7	0.7	▲ 0.0	▲ 0.4	▲ 0.6	▲ 0.6	▲ 0.5	▲ 0.6	▲ 0.6	▲ 0.7
インド	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	1.0	0.9	0.8
日本	0.9	0.7	0.4	0.3	0.3	0.1	0.0	▲ 0.1	▲ 0.2	▲ 0.3	▲ 0.4
アメリカ	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7
その他世界	▲ 3.7	2.3	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3
世界合計	1.7	1.7	1.7	1.5	1.4	1.2	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8

資料: United Nations "World Population Prospects, The 2000 Revision" New York, April 2001

第 10 表 実質経済成長率の実績および予測

(単位:%)

国・地域	実績値 ← ← ← ←				→ → → → 予測値					
	1980-85	1985-90	1990-95	1995-2000	2000-05	2005-10	2010-15	2015-20	2020-25	2025-30
アルゼンチン	▲ 2.5	▲ 0.5	6.6	2.6	▲ 1.4	4.2	4.0	4.0	4.0	4.0
ASEAN10	4.2	7.5	7.7	1.1	3.2	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
オーストラリア	3.1	3.2	2.8	4.1	3.5	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3
カナダ	2.7	2.9	1.7	4.0	2.9	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
中国	10.7	7.9	12.0	6.3	7.3	8.1	8.4	8.4	8.4	8.4
EU15	1.5	3.3	1.6	2.6	1.9	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
ロシア			▲ 10.1	1.3	3.9	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3
インド	5.4	6.2	5.2	5.9	4.7	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
日本	3.3	4.9	1.4	1.5	0.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
アメリカ	2.9	3.2	2.4	4.0	2.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
その他世界	2.6	4.2	4.3	3.7	3.8	4.4	4.7	4.7	4.7	4.7

資料: OECD (経済協力開発機構) "OECD Economic Outlook", 世界銀行 "World Development Indicator" 及びこれら国際機関のデータベース

注: 1) 上記の表は、5年毎の平均として示しているが、実際にモデルに使用されているのは、各年毎の成長率である。

2) 上記のデータソースからは、最大限2002年までの実績値、及び2007年までの予測値が入手可能であるので、それらを使用した。

しかし、2008年以降は、このような予測は入手不可能なので、各国・地域ともに2030年までの一律の年間実質経済成長率を仮定している。

人口の予測値は 2001 年 4 月発行の「国連人口推計 2000 年版」による中位推計値、1 人当たりの GDP 成長率は FAO の予測値を使用した。単収の増減率は、1990-2000 年の実績値をベースに設定した。

かんがい農地面積、非かんがい農地面積の予測は過去の趨勢に基づき行い、それぞれ第 11 表及び第 12 表に示した。かんがい及び非かんがい農地面積は、FAOSTAT2000 CD-ROM 中のデータを用いた。

第 11 表 灌漑農地面積の実績および予測

(単位:1000ヘクタール)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値 ←			→ 予測値						
		1990	1995	1999	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
アルゼンチン	ARG	1,560	1,561	1,561	1,561	1,561	1,561	1,561	1,561	1,561	1,561
ASEAN10	ASE	14,814	16,171	16,764	16,630	15,976	15,347	14,744	14,164	13,607	13,071
オーストラリア	AUS	1,832	2,400	2,251	2,259	2,301	2,344	2,387	2,431	2,476	2,522
カナダ	CAN	718	720	720	720	717	715	713	711	709	707
中国	CHN	47,967	49,859	53,740	53,777	53,963	54,150	54,337	54,525	54,714	54,903
EU15	E15	11,070	11,716	12,357	12,298	12,006	11,720	11,442	11,170	10,905	10,646
ロシア	RUS	20,800	20,820	19,921	19,807	19,245	18,699	18,169	17,653	17,153	16,666
インド	IND	45,144	53,001	59,000	58,941	58,645	58,351	58,059	57,768	57,478	57,190
日本	JPN	2,846	2,745	2,659	2,643	2,562	2,483	2,407	2,333	2,262	2,193
アメリカ	USA	20,900	21,800	22,400	22,292	21,760	21,241	20,734	20,239	19,757	19,285
その他世界	RW1	76,654	80,587	82,793	83,103	84,668	86,264	87,889	89,545	91,232	92,951

資料: FAO "FAOSTAT 2000 CD-ROM"

第12表 非灌漑農地の実績および予測

(単位:1000ヘクタール)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値 ←			→ 予測値							
		1990	1995	1999	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	
アルゼンチン	ARG	23,440	23,439	23,439	23,439	23,439	23,439	23,439	23,439	23,439	23,439	23,439
ASEAN10	ASE	49,517	44,699	43,124	42,779	41,097	39,480	37,927	36,435	35,002	33,625	
オーストラリア	AUS	46,068	47,738	45,728	45,896	43,744	47,609	48,489	49,385	50,298	51,226	
カナダ	CAN	45,102	44,740	44,840	44,814	44,682	44,551	44,421	44,291	44,161	44,031	
中国	CHN	75,711	74,200	70,400	70,449	70,692	70,937	71,182	71,429	71,676	71,924	
EU15	E15	66,928	63,044	62,113	61,815	60,946	58,913	57,513	56,147	54,813	53,511	
ロシア	RUS	203,600	196,704	192,837	191,730	189,292	181,008	175,874	170,885	166,038	161,328	
インド	IND	117,994	109,249	102,750	102,647	102,132	101,620	101,111	100,604	100,100	99,598	
日本	JPN	1,922	1,885	1,844	1,833	1,776	1,722	1,669	1,618	1,569	1,521	
アメリカ	USA	164,842	155,150	154,550	153,805	150,136	146,553	143,056	139,643	136,311	133,059	
その他世界	IRW	344,027	355,952	353,319	354,640	361,322	368,130	375,066	382,133	389,333	396,668	

資料:FAO"FAOSTAT 2000 CD-ROM"

### Ⅲ モデルの予測結果 — 現状推移（ベースライン）予測の概要

以上のモデル構造及び前提条件を元に、2000年を基準年とし、西暦2001年から2030年までの予測を行った。この予測は、予測の前提条件が、例えば、人口の伸びは国連人口推計における中位予測であるなど、将来もこれらの前提条件が自然体で推移するとの仮定を置いた場合のものであり、ベースライン予測と呼ぶことにする。

第13表は、ベースライン予測の概要を世界全体として品目別にまとめたものである。

第13表 ベースライン予測の概要

			実績値 ←			→ 予測値		
			1980	1990	2000	2010	2020	2030
(1)小麦	収穫面積	千ha	236,960	231,357	217,071	228,046	229,366	229,193
	単収	t/ha	1.84	2.54	2.68	2.99	3.52	4.18
	生産量	千トン	435,926	588,058	582,633	682,865	807,862	957,383
	消費量	千トン	443,722	552,764	585,297	685,778	809,600	958,004
	期末在庫量	千トン	112,657	170,536	200,340	150,073	128,543	119,056
	国際価格	ドル/トン	380	157	127	153	170	179
	1人当たり消費量	Kg/年	100	105	97	100	107	116
(2)トウモロコシ	収穫面積	千ha	131,189	129,320	137,959	143,610	148,945	154,402
	単収	t/ha	3.12	3.73	4.34	5.05	5.86	6.78
	生産量	千トン	408,734	482,451	598,325	725,478	872,423	1,046,955
	消費量	千トン	417,348	473,730	618,966	727,613	873,904	1,047,774
	期末在庫量	千トン	102,541	141,208	151,098	113,104	96,035	86,290
	国際価格	ドル/トン	295	139	90	109	122	131
	1人当たり消費量	Kg/年	94	90	102	107	115	127
(3)コメ	収穫面積	千ha	144,404	146,731	152,494	145,474	141,827	138,023
	単収	t/ha	1.87	2.39	2.63	2.98	3.38	3.83
	生産量	千トン	269,956	350,981	401,737	433,725	478,825	528,604
	消費量	千トン	271,396	342,986	404,268	434,313	478,842	527,996
	期末在庫量	千トン	52,607	127,697	143,072	111,566	109,800	114,276
	国際価格	ドル/トン	898	390	184	237	239	233
	1人当たり消費量	Kg/年	61.3	65.5	66.7	63.6	63.2	63.8

注:1) 西暦2000年の数値は、実際の実績値ではなく、モデルに使用するため再計算した数値、すなわち、1999-2001年の3年間の平均であり、かつ、消費量については、世界全体の純輸出入量がゼロになるように調整したものを使用している。

2) 国際価格は、実績値は名目価格であるが、予測値は、世界各国の物価増減率に関する予測が入手不可能なため、実質価格の予測値となっている。

これによれば、各品目とも、今後、1人当たり消費量は緩やかに増加し、人口の増加とも相まって、消費量は序々に増加すると見込まれる。この結果、2030年の各品目の消費量

は、基準年（2000年）に比較して約3～7割の増加が見込まれる。生産面を見ると、生産量も、消費量の増加に対応して増加するが、これは、栽培面積の増加よりも、むしろ単収の増加によって達成される。国際価格（実質化したものであることに留意）は、基準年はやや低迷していると見受けられるが、過去の実績値を上回らない程度に回復して推移すると見込まれる。ただし、コメの国際価格については、その主たる消費地域であるアジア各国の人口増加率の減速や所得の増加に伴う畜産物消費の増加の結果として、需要が減少し、2030年の価格は2020年に比較して僅かながら減少すると見込まれる。各品目の期末在庫量は、基準年を下回って推移すると見込まれる。

第14表は、純輸出量の予測をまとめたものである。

第14表 ベースライン予測の概要 純輸出量の予測

(1)小麦

(単位:千トン)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値			予測値		
		1990	1995	← 2000	→ 2010	2020	2030
アルゼンチン	ARG	5,579	4,435	10,968	14,447	20,102	27,068
ASEAN10	ASE	▲ 5,306	▲ 7,964	▲ 9,769	▲ 12,327	▲ 15,295	▲ 19,310
オーストラリア	AUS	11,742	13,265	16,658	29,209	422,034	59,816
カナダ	CAN	21,679	16,184	17,341	19,138	29,204	42,958
中国	CHN	▲ 9,401	▲ 12,035	127	▲ 3,121	▲ 905	6,128
EU15	E15	20,712	10,697	8,998	▲ 4,269	12,542	30,875
ロシア	RUS	▲ 9,649	▲ 5,110	▲ 550	18,712	19,334	19,370
インド	IND	100	1,450	1,004	2,635	631	2,535
日本	JPN	▲ 5,117	▲ 5,525	▲ 5,376	▲ 5,000	▲ 4,760	▲ 4,448
アメリカ	USA	28,115	31,929	25,584	37,443	53,791	73,538
その他世界	RW1	▲ 58,454	▲ 47,326	▲ 64,984	▲ 96,867	▲ 156,848	▲ 233,463

(2)トウモロコシ

(単位:千トン)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値			予測値		
		1990	1995	← 2000	→ 2010	2020	2030
アルゼンチン	ARG	3,997	7,492	10,379	15,346	20,877	27,686
ASEAN10	ASE	▲ 597	▲ 3,794	▲ 3,873	▲ 5,074	▲ 6,602	▲ 8,527
オーストラリア	AUS	17	9	48	193	379	635
カナダ	CAN	▲ 380	▲ 219	▲ 2,312	▲ 2,651	▲ 2,632	▲ 2,411
中国	CHN	6,880	▲ 1,308	8,537	▲ 6,059	▲ 17,696	▲ 30,620
EU15	E15	▲ 2,987	▲ 4,098	▲ 2,511	154	6,848	15,703
ロシア	RUS	▲ 5,650	▲ 112	▲ 518	▲ 745	▲ 767	▲ 757
インド	IND	1	42	▲ 57	362	1,514	3,027
日本	JPN	▲ 16,345	▲ 15,976	▲ 16,284	▲ 16,736	▲ 17,110	▲ 17,183
アメリカ	USA	43,771	56,170	48,559	67,183	94,502	128,581
その他世界	RW1	▲ 28,707	▲ 38,206	▲ 41,968	▲ 51,972	▲ 79,311	▲ 116

## (3) コメ

(単位:千トン)

国・地域名	国・地域名 の省略記 号	実績値			予測値		
		1990	1995	← 2000	→ 2010	2020	2030
アルゼンチン	ARG	74	359	308	282	341	412
ASEAN10	ASE	4,088	5,715	6,793	7,450	5,445	3,675
オーストラリア	AUS	491	514	476	620	768	950
カナダ	CAN	▲ 189	▲ 225	▲ 249	▲ 269	▲ 305	▲ 343
中国	CHN	621	▲ 587	1,970	12,217	29,932	52,504
EU15	E15	▲ 60	▲ 498	▲ 529	▲ 536	▲ 758	▲ 915
ロシア	RUS	50	▲ 375	▲ 337	▲ 381	▲ 452	▲ 522
インド	IND	700	3,700	3,100	6,201	4,919	4,153
日本	JPN	▲ 17	▲ 451	▲ 395	▲ 854	▲ 1,162	▲ 1,341
アメリカ	USA	2,180	2,449	2,418	2,307	1,634	640
その他世界	RWI	▲ 7,938	▲ 10,601	▲ 13,553	▲ 27,037	▲ 40,394	▲ 59,414

注:1) 西暦2000年の数値については、第13表の注を参照のこと。

品目ごとに傾向が異なっており、一般化して言うのは難しいが、小麦については、アメリカ、カナダ、オーストラリア、アルゼンチン、E15などの伝統的な輸出国・地域が今後とも輸出を増加させる一方、ASEAN やその他世界などの伝統的輸入国・地域は輸入を増加させると見込まれる。日本は安定的な輸入国にとどまるとみられる。

トウモロコシについては、今後、アメリカ、アルゼンチンが輸出増加傾向を高める一方、ASEAN やその他世界といった伝統的な輸入地域が輸入を増加させると見込まれる。日本は安定的な輸入国にとどまるとみられる。

コメについてはアメリカが引き続き安定的な輸出を行い、中国が輸出を増加させると見込まれる。また、各地域とも、純輸出国は純輸出国、純輸入国は純輸入国にとどまるとみられる。

続いて、第15表は、年間1人当たり消費量の予測をまとめたものであり、第16表から第18表までは、小麦、トウモロコシおよびコメの品目ごとにその生産量、消費量、および期末在庫量の予測をまとめたものであり、現在のモデルによる予測の概要をとりまとめる目的で作成したものである。

第 15 表 ベースライン予測の概要 年間 1 人当たり消費量の予測

(1)小麦 (単位:Kg)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値		←		→ 予測値	
		1990	1995	2000	2010	2020	2030
アルゼンチン	ARG	139.3	119.8	133.3	128.0	123.2	120.0
ASEAN10	ASE	11.8	17.2	18.7	21.0	23.4	27.0
オーストラリア	AUS	209.4	203.0	278.3	262.1	245.6	230.8
カナダ	CAN	237.4	265.9	248.3	231.1	216.6	204.3
中国	CHN	88.2	87.3	85.8	97.1	111.9	130.2
EU15	E15	176.8	207.3	240.1	238.8	240.6	244.7
ロシア	RUS	386.1	268.7	248.8	254.7	261.3	269.9
インド	IND	56.3	70.1	65.0	73.5	83.2	95.4
日本	JPN	48.9	50.8	46.3	46.4	45.8	45.4
アメリカ	USA	145.8	115.5	122.9	121.6	120.7	120.1
その他世界	RW1	89.4	95.8	96.5	100.9	107.9	117.5
世界全体	WLD	104.3	96.2	96.6	100.5	106.8	115.8

(2)トウモロコシ (単位:Kg)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値		←		→ 予測値	
		1990	1995	2000	2010	2020	2030
アルゼンチン	ARG	101.5	123.9	140.4	132.3	127.8	124.6
ASEAN10	ASE	34.5	41.5	41.0	42.3	44.8	48.3
オーストラリア	AUS	11.1	16.4	19.1	17.8	16.7	15.6
カナダ	CAN	254.8	254.5	337.5	332.3	329.2	326.5
中国	CHN	69.2	86.9	93.1	111.7	138.3	173.5
EU15	E15	76.5	91.1	106.7	111.5	116.9	122.8
ロシア	RUS	58.0	12.2	11.7	12.2	12.5	12.6
インド	IND	11.0	10.2	12.0	11.8	11.7	11.7
日本	JPN	132.6	128.3	128.0	130.7	135.9	141.7
アメリカ	USA	601.6	597.4	696.8	698.7	705.5	714.4
その他世界	RW1	77.7	89.2	87.5	91.6	100.5	111.9
世界全体	WLD	90.2	95.7	102.2	106.6	115.3	126.7

(3)コメ (単位:kg)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値		←		→ 予測値	
		1990	1995	2000	2010	2020	2030
アルゼンチン	ARG	6.7	6.0	6.3	6.0	6.3	6.6
ASEAN10	ASE	153.2	161.5	167.2	154.7	150.7	148.5
オーストラリア	AUS	12.6	16.7	18.8	18.7	20.0	21.4
カナダ	CAN	6.8	7.7	8.1	8.1	8.6	9.1
中国	CHN	107.4	107.6	105.3	95.6	88.7	82.3
EU15	E15	4.5	4.4	5.9	5.7	5.9	6.2
ロシア	RUS	3.6	3.8	4.5	4.9	5.5	6.3
インド	IND	86.5	85.1	81.2	76.9	75.8	75.4
日本	JPN	77.9	75.3	72.0	70.7	71.0	71.3
アメリカ	USA	11.7	12.7	13.4	13.4	14.3	15.3
その他世界	RW1	34.6	33.2	37.8	39.7	43.6	48.8
世界全体	WLD	65.2	65.6	66.7	63.6	63.2	63.8

注:1) 西暦2000年の数値については、第13表の注を参照のこと。

第 16 表 小麦の生産量、消費量および期末在庫量の予測

(1) 生産量 (単位:千トン)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値			予測値		
		1990	1995	← 2000	→ 2010	2020	2030
アルゼンチン	ARG	10,900	8,600	16,043	19,745	25,682	32,932
ASEAN10	ASE	135	150	100	109	121	133
オーストラリア	AUS	15,066	16,504	23,906	34,640	47,742	65,392
カナダ	CAN	32,098	25,037	24,663	26,708	36,855	50,635
中国	CHN	98,229	102,215	102,463	128,145	160,064	199,118
EU15	E15	89,095	86,161	97,441	85,828	102,522	120,702
ロシア	RUS	49,596	30,100	37,450	53,561	53,200	52,129
インド	IND	49,850	65,470	71,971	87,960	107,911	131,807
日本	JPN	952	444	657	928	993	1,050
アメリカ	USA	74,292	59,404	58,863	74,622	93,908	116,531
その他世界	RW1	167,845	143,922	149,076	170,618	178,867	186,953

(2) 消費量 (単位:千トン)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値			予測値		
		1990	1995	← 2000	→ 2010	2020	2030
アルゼンチン	ARG	4,530	4,165	4,935	5,309	5,587	5,867
ASEAN10	ASE	5,187	8,282	9,733	12,463	15,432	19,449
オーストラリア	AUS	3,536	3,669	5,327	5,512	5,586	5,592
カナダ	CAN	6,576	7,804	7,637	7,677	7,712	7,700
中国	CHN	101,674	106,499	109,452	132,660	161,801	193,288
EU15	E15	64,553	77,241	90,398	90,252	90,073	89,860
ロシア	RUS	57,260	39,810	36,200	34,893	33,892	32,768
インド	IND	47,595	64,978	65,607	85,593	107,440	134,399
日本	JPN	6,047	6,380	5,908	5,950	5,766	5,503
アメリカ	USA	37,150	31,028	34,811	37,532	40,328	43,068
その他世界	RW1	165,269	195,009	215,287	267,937	335,986	420,512

(3) 期末在庫量 (単位:千トン)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値			予測値		
		1990	1995	← 2000	→ 2010	2020	2030
アルゼンチン	ARG	822	150	755	565	484	448
ASEAN10	ASE	687	712	1,835	1,375	1,178	1,091
オーストラリア	AUS	2,823	1,975	5,534	4,145	3,551	3,289
カナダ	CAN	10,285	6,728	7,383	5,531	4,737	4,388
中国	CHN	49,940	76,494	95,827	71,783	61,485	56,947
EU15	E15	17,936	7,414	10,693	8,010	6,861	6,355
ロシア	RUS	16,380	2,900	3,000	2,247	1,925	1,783
インド	IND	5,805	7,762	18,440	13,813	11,831	10,958
日本	JPN	1,619	864	1,450	1,086	930	862
アメリカ	USA	23,627	10,234	24,317	18,215	15,602	14,451
その他世界	RW1	40,612	38,076	31,106	23,301	19,958	18,485

注:1) 西暦2000年の数値については、第13表の注を参照のこと。

第 17 表 トウモロコシの生産量、消費量および期末在庫量の予測

(1) 生産量 (単位:千トン)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値			予測値		
		1990	1995	← 2000	→ 2010	2020	2030
アルゼンチン	ARG	7,600	11,100	15,667	20,824	26,665	33,777
ASEAN10	ASE	14,849	15,779	17,379	20,030	22,977	26,225
オーストラリア	AUS	205	311	414	567	759	1,014
カナダ	CAN	7,067	7,271	8,126	8,364	9,070	9,888
中国	CHN	96,820	112,000	116,058	145,199	181,414	226,412
EU15	E15	23,523	29,224	37,971	42,230	50,575	60,778
ロシア	RUS	2,451	1,700	1,150	926	847	777
インド	IND	8,962	9,530	12,349	14,122	16,617	19,500
日本	JPN	2	2	1	1	0	0
アメリカ	USA	201,534	187,970	244,296	282,174	329,876	384,479
その他世界	RW1	119,438	142,099	144,915	191,043	233,622	284,098

(2) 消費量 (単位:千トン)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値			予測値		
		1990	1995	← 2000	→ 2010	2020	2030
アルゼンチン	ARG	3,303	4,308	5,201	5,486	5,794	6,094
ASEAN10	ASE	15,174	19,983	21,356	25,125	29,594	34,760
オーストラリア	AUS	188	297	365	374	380	378
カナダ	CAN	7,057	7,472	10,381	11,039	11,719	12,308
中国	CHN	79,850	106,000	118,667	152,546	200,004	257,509
EU15	E15	27,925	33,936	40,167	42,132	43,766	45,095
ロシア	RUS	8,600	1,800	1,689	1,674	1,616	1,535
インド	IND	9,261	9,488	12,117	13,772	15,112	16,479
日本	JPN	16,379	16,100	16,272	16,754	17,122	17,190
アメリカ	USA	153,273	160,552	197,350	215,585	235,786	256,118
その他世界	RW1	143,639	181,715	195,391	243,127	313,011	400,273

(3) 期末在庫量 (単位:千トン)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値			予測値		
		1990	1995	← 2000	→ 2010	2020	2030
アルゼンチン	ARG	385	400	576	431	366	329
ASEAN10	ASE	1,155	1,335	1,506	1,127	957	860
オーストラリア	AUS	14	15	7	5	4	4
カナダ	CAN	1,534	721	1,609	1,204	1,023	959
中国	CHN	82,821	86,940	91,168	68,243	57,944	52,065
EU15	E15	1,411	2,320	3,944	2,952	2,507	2,253
ロシア	RUS	1,857	167	262	196	167	150
インド	IND	200	100	943	706	600	539
日本	JPN	1,509	1,067	1,169	875	743	667
アメリカ	USA	38,641	10,819	42,015	31,450	26,704	23,994
その他世界	RW1	11,681	15,842	7,899	5,913	5,020	4,511

注:1) 西暦2000年の数値については、第13表の注を参照のこと。

第 18 表 コメの生産量、消費量および期末在庫量の予測

(1) 生産量 (単位:千トン)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値			予測値		
		1990	1995	← 2000	→ 2010	2020	2030
アルゼンチン	ARG	299	570	516	530	625	736
ASEAN10	ASE	70,679	86,743	94,538	99,171	104,887	110,504
オーストラリア	AUS	563	691	992	1,013	1,222	1,471
カナダ	CAN	0	0	0	0	0	0
中国	CHN	132,532	129,650	131,593	142,454	158,133	175,105
EU15	E15	1,606	1,305	1,646	1,616	1,486	1,351
ロシア	RUS	582	300	331	287	263	240
インド	IND	74,291	79,620	88,724	95,676	102,765	110,508
日本	JPN	9,554	9,781	8,409	8,211	7,776	7,311
アメリカ	USA	5,098	5,628	6,393	6,433	6,397	6,315
その他世界	RWI	55,777	56,640	68,595	78,335	95,272	115,065

(2) 消費量 (単位:千トン)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値			予測値		
		1990	1995	← 2000	→ 2010	2020	2030
アルゼンチン	ARG	219	210	235	248	284	323
ASEAN10	ASE	67,371	77,788	87,155	91,767	99,443	106,780
オーストラリア	AUS	212	302	360	394	454	519
カナダ	CAN	189	225	249	269	305	343
中国	CHN	123,911	131,237	134,233	130,647	128,213	122,716
EU15	E15	1,626	1,647	2,204	2,155	2,213	2,263
ロシア	RUS	532	560	652	669	715	760
インド	IND	73,091	78,920	81,957	89,552	97,848	106,275
日本	JPN	9,620	9,450	9,150	9,071	8,938	8,647
アメリカ	USA	2,981	3,420	3,801	4,130	4,763	5,470
その他世界	RWI	63,945	67,521	84,273	105,411	135,667	174,438

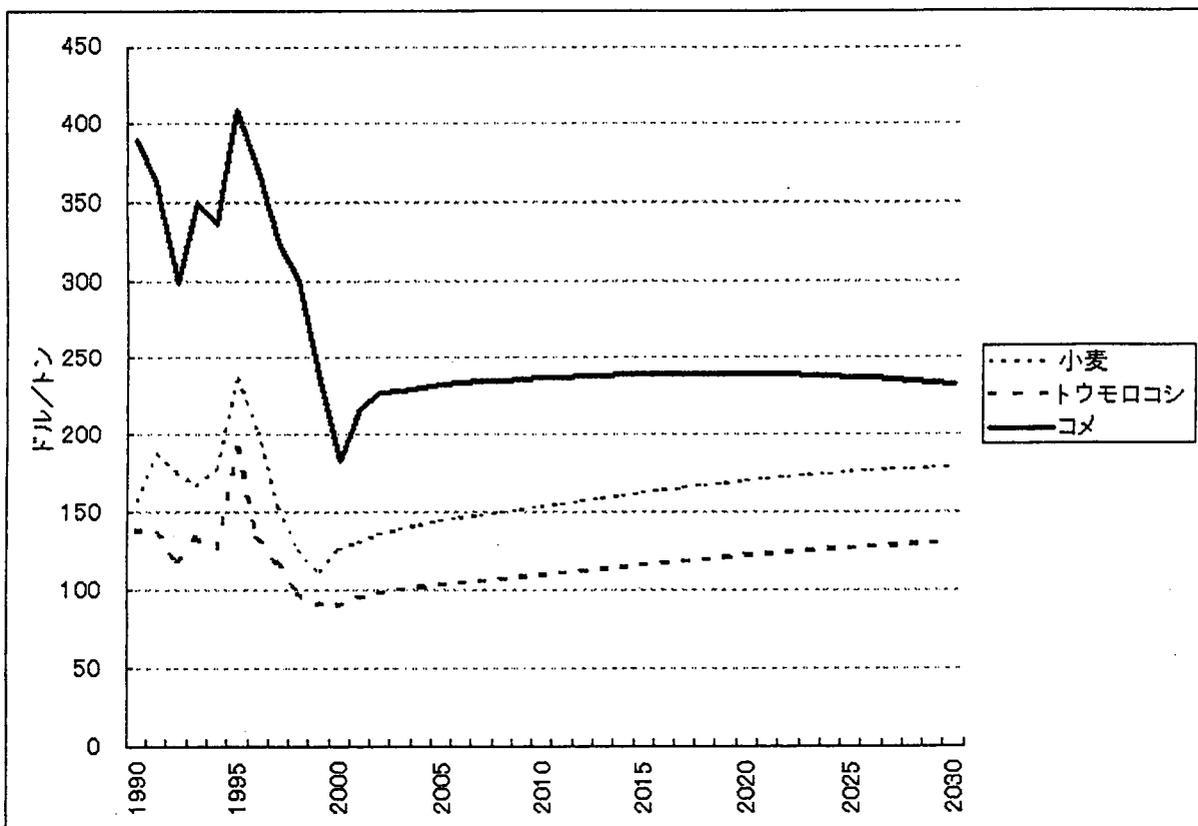
(3) 期末在庫量 (単位:千トン)

国・地域名	国・地域名の省略記号	実績値			予測値		
		1990	1995	← 2000	→ 2010	2020	2030
アルゼンチン	ARG	50	126	130	89	88	91
ASEAN10	ASE	6,838	9,524	12,902	8,846	8,705	9,060
オーストラリア	AUS	210	75	241	165	163	169
カナダ	CAN	0	0	0	0	0	0
中国	CHN	94,000	84,500	93,889	77,847	76,614	79,738
EU15	E15	431	401	859	589	580	603
ロシア	RUS	0	115	345	236	233	242
インド	IND	14,500	11,500	21,383	14,660	14,428	15,016
日本	JPN	1,005	2,683	1,486	1,019	1,003	1,044
アメリカ	USA	803	810	1,042	714	703	732
その他世界	RWI	9,860	9,698	10,795	7,401	7,284	7,581

注:1) 西暦2000年の数値については、第13表の注を参照のこと。

これらの結果の詳細には立ち入らないが、第 15 表に関して一点だけ述べれば、小麦及びトウモロコシの 1 人当たり消費量は今後も増加が見込まれるのに対し、コメの 1 人当たり消費量はやや減少気味に推移すると見込まれる。これは、アジアを始め、世界的に、今後開発途上国で経済成長が生じれば、食生活の変化が生じ、畜産物消費の増加が生じる反面、基礎食料としてのコメの消費が減少することが予測されるからである。また、これとの関連で第 13 表及び第 2 図の国際価格の予測を見ると、小麦、トウモロコシは 2030 年まで国際価格の増加傾向が継続するのに対して、コメの国際価格は 2025 年を境に低下に転じるということである。

第 2 図 国際価格の予測（2000 年実質価格）



これは、小麦、トウモロコシは、直接食用のみならず、畜産物としての飼料用の需要も含まれ、大きな人口を抱える中国を始めとするアジア地域で、所得の増加により、これまでより多くの畜産物を多く消費する食生活に転ずることが見込まれること、また、これに加え、上記の地域はコメの大消費地域であるが、今後人口増加率が減速するため、直接食用が主たる消費用途であるコメは、今後需要の減速が見込まれる事の 2 つの原因がこのような結果を説明する要因として考えられる。

最後に、モデル予測の結果については、純輸出量がこれまでの実績と異なる場合が多い

が、これは、基本的にこのモデルが、1990～2000年の単収の伸びが今後も続くものとの仮定をもとに生産量の予測が行われているため、この期間に単収の伸び率の大きかった国・地域は今後も単収の伸びによる生産の順調な増加が続くという構造になっていることによるものである。今後、世界的に資源・環境制約が強まってくると考えられるが、そのような条件の下で各国・地域が今までと同様のペースで穀物の単収を増大させることが可能かどうかは、各国・地域の農業をとりまく経済・社会環境や農業政策の動向等に大きく左右されると見込まれる。一方、需要面では、各国ともに一定の所得の伸びを前提として、人口は最も実現の可能性が高いと考えられる国連人口推計の中位推計値の下にこのベースライン予測を行っているが、仮に、予測の前提条件としての人口の伸びが異なった場合、すなわち中位推計に比較してより人口の伸びが大きい高位推計や、人口の伸びが少ない低位推計などの人口予測を、異なった前提として予測を行えば、その予測結果も大きく異なったものになることが見込まれる。例えば、人口の増加が高位推計である場合は、需要の伸びにより、国際価格もベースラインより高めで推移し、生産量も消費量の増加に見合うように増加する結果になると予測される。このように、モデルに組み込む前提条件は、その予測結果を大きく左右するため、その準備にあたっては十分な吟味が必要である。

#### IV シナリオ予測その1－人口の将来予測が異なる場合

前述したように、国連は2001年4月に「国連人口推計2000年版」を刊行しており、本モデルによる現状推移予測では、その中位推計値をモデルの外生変数として使用している。しかし、人口推計は、本来的に、幅を持って解釈されるべきものであり、国連では、中位推計と同時に、高位推計と低位推計も同時に発表している。

環境資源制約も、それ自体が顕在化してきたのは、例えば人口の増加により、過放牧の問題が生じ、農地の砂漠化や劣化が生じるなど、農用地や水などの自然の有限な資源に内在する問題であるとともに、それを利用する人間の側の問題でもある。

したがって、ここでは、ベースライン予測に加え、仮に人口が国連の高位推計で推移した場合、および低位推計で推移した場合の予測も同時に行い、これをベースライン予測と比較することにより、人口予測の幅が世界食料需給予測にもたらす影響を分析した。

この際、モデルに供給する外生変数として、人口を国連人口推計の3種のバリエーションに応じて変化させるのは自明の事であるが、もう1つ考慮しなければならない外生変数がある。それは、人口1人当たり実質所得（指数）である。

例えば、人口が増加した場合、その人口の増加の度合いに応じてその国の実質所得も増加するだろうか？ そうであるならば、人口1人当たり実質所得は変わらず、人口の増加に比例して、その国の実質所得も増加する。反対に、人口が増加しても、実質所得は変わらず、結果として人口一人当たりの実質所得は減少することになる。

前者の考え方に立てば、人口が増加すればするほど、GDPで測定したその国の富が増加するということになり、反対に、後者の考え方に立てば、人口の増加はその国の富に影響を与えず、人々の1人当たり所得は減少し、暮らしは苦しくなるということになる。

ここは議論のあるところであり、現実には、その中間のどこかであろうと考えられるが、我々は、後者の考え方を取った。その理由は2つあり、

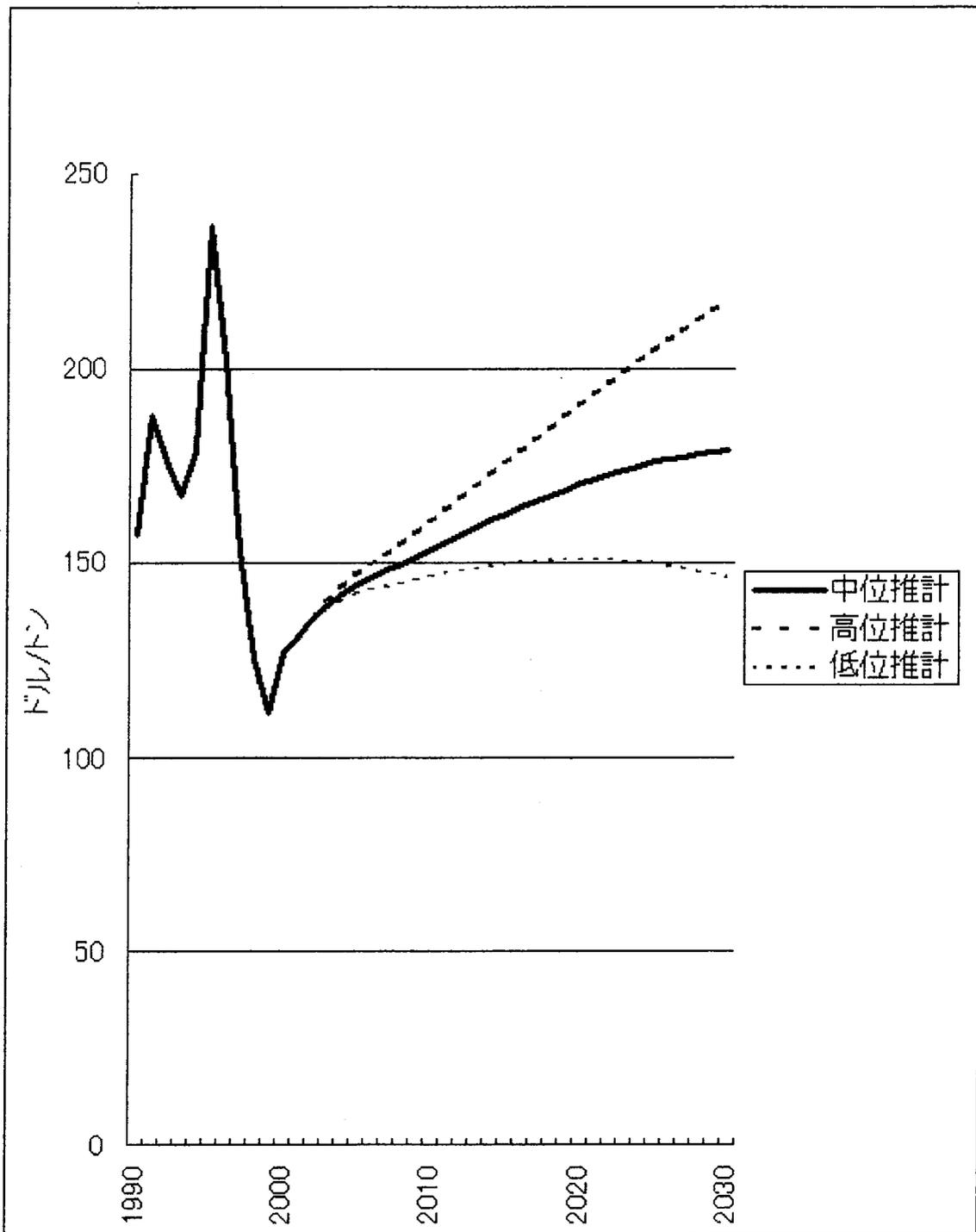
(ア) まず、世界銀行は人口推計の高低に応じたGDPの将来予測を行っておらず、各国のGDP予測は1本であること(データの利用可能性の問題)。

(イ) 前者の考え方に立てば、人口増加率の大きい国ほど富み栄えるという事になるが、実際には、貧しい国ほど人口増加率が高く、豊かになるにつれて、人口増加率は減少する傾向が見られること(現実を観察した場合の所見)。

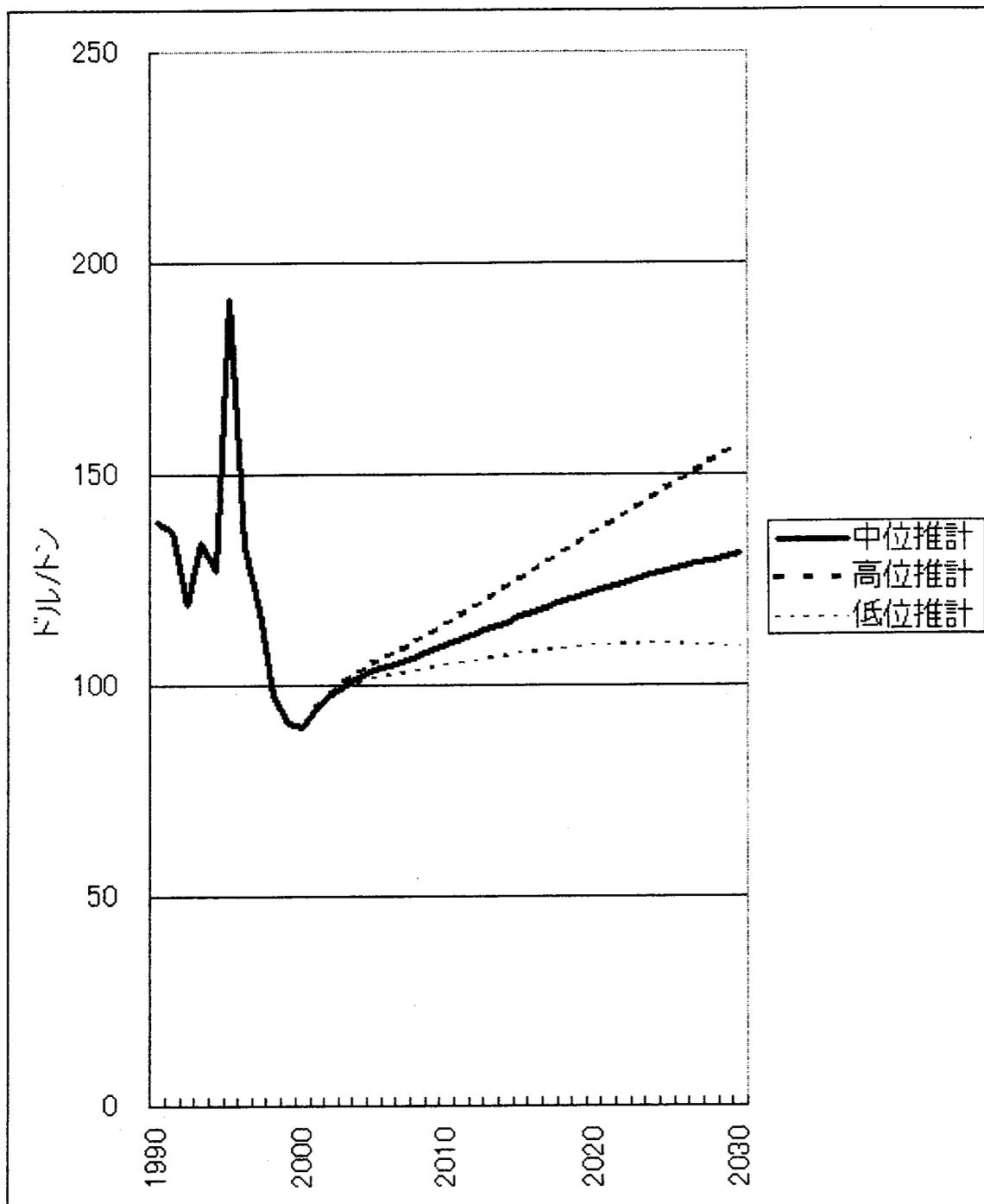
これらの理由により、人口推計の高低に応じ、人口1人当たり実質所得(の伸び率)も変わるものと仮定した。

これらの人口増加率の高低に応じたシナリオ予測分析の結果をまとめたものが第3~5図及び第19表である。

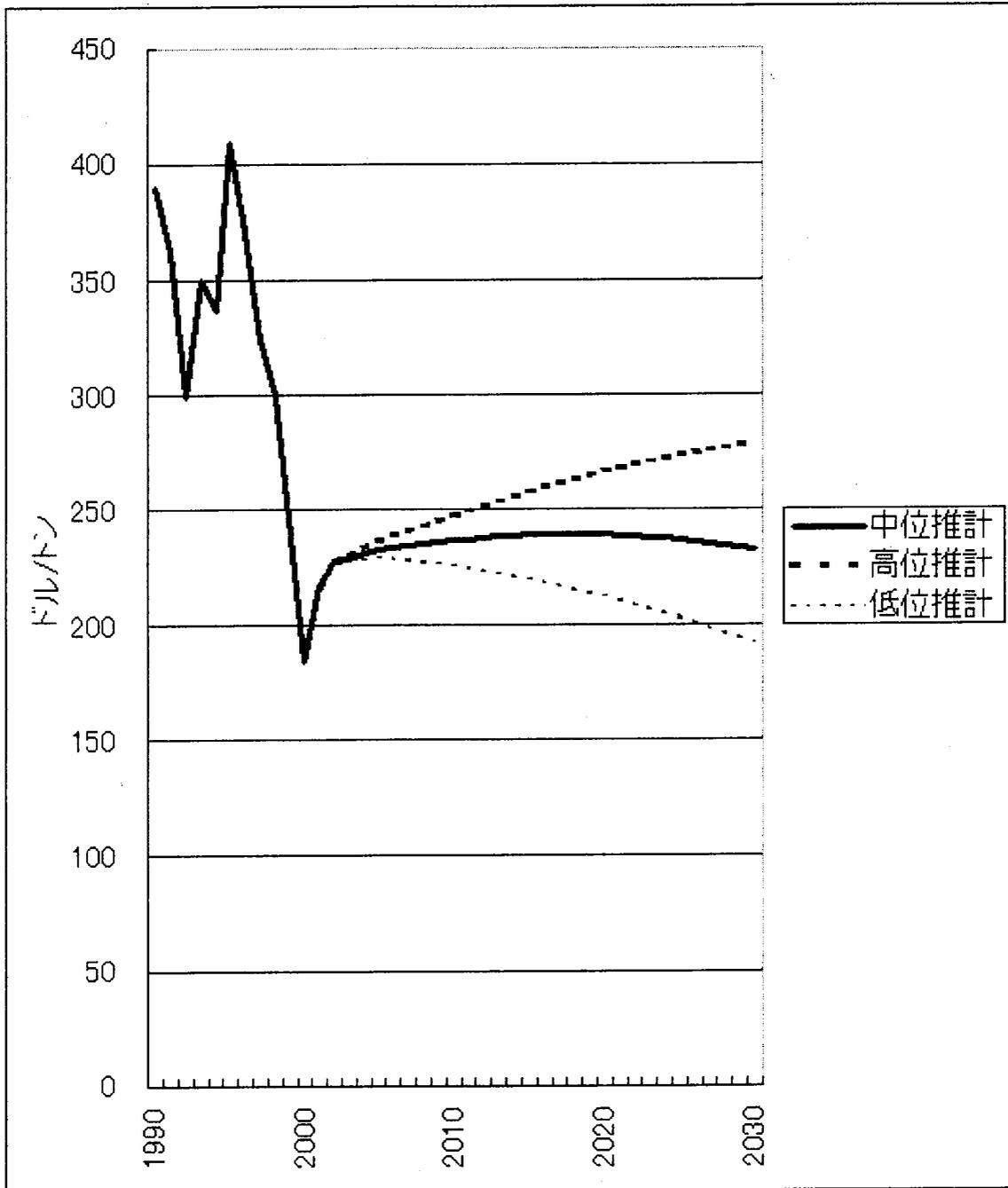
第3図 小麦の国際価格の予測 —国連人口推計による違い—



第4図 トウモロコシの国際価格の予測－国連人口推計による違い－



第5図 コメの国際価格の予測 - 国連人口推計による違い -



第 19 表 人口シナリオ予測による予測結果の比較

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
(1)世界人口(億人)							
①高位推計	60.6	64.9	69.4	74.2	79.0	83.9	88.9
②中位推計	60.6	64.4	68.3	72.1	75.8	79.4	82.7
③低位推計	60.6	64.0	67.0	69.8	72.4	74.7	76.5
(2)国際価格(\$/T)							
①小麦							
a.高位推計	127	147	160	176	191	205	217
b.中位推計	127	144	153	163	170	176	179
c.低位推計	127	142	146	150	151	150	146
②トウモロコシ							
a.高位推計	90	105	114	125	136	147	157
b.中位推計	90	103	109	116	122	127	130
c.低位推計	90	102	105	107	109	110	109
③コメ							
a.高位推計	184	236	247	258	266	274	279
b.中位推計	184	233	237	239	239	237	232
c.低位推計	184	229	226	220	213	203	192
(3)世界平均1人当たり消費量(Kg)							
①小麦							
a.高位推計	96.6	97.9	99.4	101.4	103.9	106.8	110.3
b.中位推計	96.6	98.2	100.5	103.3	106.8	110.9	115.8
c.低位推計	96.6	98.7	101.7	105.5	110.1	115.6	122.1
②トウモロコシ							
a.高位推計	102.2	102.9	105.5	108.6	112.1	116.0	120.5
b.中位推計	102.2	103.3	106.6	110.6	115.3	120.6	126.7
c.低位推計	102.2	103.7	107.9	113.1	119.1	125.9	134.0
③コメ							
a.高位推計	66.7	64.0	63.0	62.1	61.4	60.9	60.7
b.中位推計	66.7	64.2	63.6	63.3	63.2	63.3	63.8
c.低位推計	66.7	64.5	64.3	64.6	65.1	66.0	67.4

これらを見ると、国際価格は、いずれの品目も、人口増加率が高い場合ほど価格も上昇することがわかる。実質価格（2000年基準）で見た場合、小麦の場合は、基準年（2000年）が127ドル/トンであったものが、2030年には、人口増加率の高低に応じて、146～217ドル/トンにまで、トウモロコシの場合は、90ドル/トンが109～157ドル/トンへ、コメの場合は、184ドル/トンが192～279ドル/トンという予測結果になる。

一方、世界平均で見た人口1人当たり消費量は、3品目全て、人口増加率の低位推計の場合が最も大きく、続いて中位推計、高位推計の順になっている。世界全体の生産量は、高位推計が最も大きいにもかかわらず、人口の増加率が生産の増加率を上回るため、1人当たりの消費量は少ないものとなる。この結果から、世界全体として人口の増加をなるべく抑制する事が、食料の安定供給につながる事がわかる。また、人口の増加の抑制は、環境・資源問題の対応にも資すると言えるだろう。

## V シナリオ予測その2—単収にランダムショックを与えた場合

逆説的に聞こえるかもしれないが、およそ、どのモデルによる世界の食料需給予測によっても、価格の予測を的中させることは極めてまれである。特に、予測期間が長期になればなる程、はずれる可能性は高くなる。

なぜなら、ほとんどの場合、その予測に際して用いられる単収の予測は、平年作、すなわち、気象変動等がないという前提に立って予測を行っているからである。一方、現実の世界を見ると、単収が予想どおりの結果になることはまれである。

干ばつ、洪水、異常高温、異常低温、台風、早霜、遅霜、などなど、世界各国の気象は、特に近年、どこかで何かの異常気象が生じており、この結果、予測がはずれる結果となる。

現実のこのような動きを見ると、モデルを使って、将来の予測を行っても、その結果は、あくまでも1つの仮定に基づいた1つの予測結果であり、この結果は、幅を持って解釈されるべきである。特に、今回のように、長期予測を行う場合、その結果は、今後の世界の主要3品目の需給および価格の変化の方向を概観するためのものとして受け止めるべきであり、決して将来を的確に言い当てるためのものではない。

では、モデルがそのような不確実性を内包するものであるならば、試みに、シナリオ分析の一環として、単収に確率変数を適用して変動させ、どのような結果が生じるかをシミュレーションしてみることも意義のあることであろう。

単収がどのような確率分布に基づくのかは興味深い問題であり、今まで、R.E.JUST & Q.WENINGER(参考文献([9]))らがこの問題の分析を試みており、正規標準分布に基づいているのかどうかは、今日でも議論されている問題である。

このシナリオでは、モデルで特定されている世界の全ての国・地域にではなく、限定的に単収の変動を導入する。すなわち、まず、小麦及びトウモロコシについては、現在世界最大の輸出国としてのアメリカ、コメについては、同じく世界最大の輸出国であるタイ及び世界第2位の輸出国であるベトナムを包括するASEANを選定する。次に、平均が約1、標準偏差が約0.05の確率分布に基づく乱数を発生させ、これを単収に組み入れ、これらの国・地域の特定された作物の単収の変動が2004年から2030年まで毎年生じるものとする。なお、平均が1、標準偏差が0.05の場合、大体その散らばりは平均値（つまりこの場

合は 1) から上下±10%の範囲に収まる。

乱数の標準偏差約 0.05 については、議論のあるところではあるが、前述の乱数の分布の度合いからみて決定した。乱数発生回数は 100 回とした。

また、アメリカの小麦とトウモロコシは、両者の作柄には相関関係があると仮定し、同じ乱数を使用した。一方、ASEAN のコメについては、アメリカの作柄とは関係が無いと仮定し、別に発生させた乱数を使用した。すなわち、このシナリオのために、2 種類の乱数を使用した。

100 回の実験を行った後、これら 3 品目の国際価格がどのように分布しているのかをまとめたのが、第 20 表 ((1) ~ (3)) である。

第 20 表(1) 小麦の単収にランダムショックを導入した場合の均衡国際価格の分布

均衡解価格の範囲 (ドル/トン, 以上～未満)	頻度(均衡解が現れる回数)					
	2005	2010	2015	2020	2025	2030
380-400	0	0	0	0	1	3
360-380	0	0	0	3	6	4
340-360	0	0	0	1	6	8
320-340	0	0	2	7	2	4
300-320	0	0	4	1	2	2
280-300	0	0	1	1	3	2
260-280	0	5	5	1	5	2
240-260	0	5	2	3	1	2
220-240	0	4	2	7	4	4
200-220	1	3	6	11	14	16
180-200	4	6	18	9	14	13
160-180	12	25	22	28	12	17
140-160	60	34	21	13	16	8
120-140	20	9	8	3	7	4
100-120	3	5	1	4	2	3
80-100	0	3	4	3	2	3
60-80	0	1	1	3	0	1
40-60	0	0	3	1	0	2
20-40	0	0	0	1	3	2
0-20	0	0	0	0	0	0
(1) 最大値(ドル/トン)	206	279	329	369	381	387
(2) 最小値(ドル/トン)	111	70	51	20	22	29
(3) 標準偏差	16	43	56	71	81	86
(4) 平均値(ドル/トン)	148	167	177	190	208	212
(5) モデルによる現状推移 予測値(ドル/トン)	144	153	163	171	176	179

注: 単収へのランダムショックは、2004年以降、現状推移(ベースライン)予測における小麦及びトウモロコシの最大輸出国としてアメリカを、またコメの最大輸出地域としてASEANを選択し、次に、単収平均約1.0、標準偏差約0.05(この場合は、単収は、大体平均(平年作)の上下±10%の範囲に散らばる)の正規分布に従う乱数を発生させ、単収に変動要因を与えるために、これらの発生させた乱数を単収に乗じてから、シミュレーションを行ったものである。

この乱数による単収変動は、2種類の乱数を発生させ、1つはアメリカの小麦及びトウモロコシの単収に、他の1つはASEANのトウモロコシに影響を与えるものとした。

なお、標本個数(シミュレーション回数)は、100回とした。

第 20 表(2) トウモロコシの単収にランダムショックを導入した場合の均衡国際価格の分布

均衡解価格の範囲 (ドル/トン, 以上～未満)	頻度(均衡解が現れる回数)					
	2005	2010	2015	2020	2025	2030
400-420	0	0	0	0	0	1
380-400	0	0	0	1	0	3
360-380	0	0	0	1	1	1
340-360	0	0	1	3	7	4
320-340	0	0	1	5	5	4
300-320	0	0	2	1	2	4
280-300	0	3	0	1	2	3
260-280	0	1	6	1	2	0
240-260	0	2	1	1	3	5
220-240	0	3	1	3	1	1
200-220	1	3	2	1	2	1
180-200	1	3	2	3	4	4
160-180	4	3	4	9	9	4
140-160	5	8	17	13	12	21
120-140	9	15	10	15	17	15
100-120	40	32	29	22	16	10
80-100	33	15	12	7	6	8
60-80	6	5	4	5	5	2
40-60	1	6	5	3	3	5
20-40	0	1	3	3	0	1
0-20	0	0	0	2	3	3
(1) 最大値(ドル/トン)	206	295	355	380	378	402
(2) 最小値(ドル/トン)	59	29	20	6	7	10
(3) 標準偏差	25	54	67	84	90	97
(4) 平均値(ドル/トン)	109	127	136	151	167	173
(5) モデルによる現状推移 予測値(ドル/トン)	103	109	116	122	127	131

注: 単収へのランダムショックの導入方法については、前ページ注を参照のこと。

第 20 表(3) コメの単収にランダムショックを導入した場合の均衡国際価格の分布

均衡解価格の範囲 (ドル/トン,以上~未満)	頻度(均衡解が現れる回数)					
	2005	2010	2015	2020	2025	2030
480-500	0	0	0	0	1	0
460-480	0	0	0	2	2	0
440-460	0	0	2	1	4	3
420-440	0	0	1	3	4	7
400-420	0	0	4	1	6	5
380-400	0	1	3	2	3	5
360-380	0	4	2	5	2	3
340-360	0	4	4	5	2	4
320-340	0	5	4	4	3	3
300-320	3	3	4	3	5	0
280-300	3	3	4	6	6	4
260-280	6	13	15	16	16	17
240-260	21	29	19	18	15	15
220-240	54	25	21	15	14	12
200-220	8	8	9	8	5	10
180-200	4	1	1	2	5	4
160-180	1	3	3	2	0	3
140-160	0	1	2	2	2	2
120-140	0	0	0	4	1	1
100-120	0	0	0	0	1	0
80-100	0	0	2	1	2	1
60-80	0	0	0	0	1	0
40-60	0	0	0	0	0	0
20-40	0	0	0	0	0	1
(1) 最大値(ドル/トン)	318	410	450	476	482	447
(2) 最小値(ドル/トン)	166	154	89	98	78	28
(3) 標準偏差	24	48	69	76	91	87
(4) 平均値(ドル/トン)	237	258	268	271	283	280
(5) モデルによる現状推移 予測値(ドル/トン)	233	237	239	239	237	233

注: 単収へのランダムショックの導入方法については、前々ページ注を参照のこと。

乱数の発生回数が 100 回と限られた回数であるため、一般的な結論を導くことは難しいが、これらによれば、いずれの品目についても、乱数発生初期の 2005 年は、一定の狭い範囲に収まっているが、年を追うにつれて、分布の範囲が広がる。分布の形が正規分布

に従うかどうかは今回は検証していないが、平均値の周辺に均衡国際価格の出現回数が多いところを見れば、単収変動が正規分布に従うと仮定した場合、国際価格も正規分布に従う可能性が高いと考えられる。すなわち、無数の単収変動の結果として、確率的に最も出現回数が多い価格が単収ランダム予測によるモンテカルロ的ベースライン予測価格となる。

これが単収の平年作を前提とする現状推移シナリオの予測価格と一致するかどうかは興味のあるところである。

さらに、今回の実験では、100回の実験の平均による国際価格が、現状推移シナリオの平均の国際価格より、いずれも高くなったが、これは偶然によるものかどうか、実験回数を増やすことが可能であれば、興味のある論点である。また、2030年のランダム国際価格の最大値と最小値の差を見ると、小麦が358ドル/トン、トウモロコシが392ドル/トン、コメが419ドル/トンとの結果を得た。

このように、単収へのランダムショックは、何らかのプログラムにより自動的に多数の実験を実施できれば理想的であるが、実際は手作業による繰り返しの予測作業となるため、実験はとりあえず100回で終了した。

今回は、正規標準分布をアプリアリに仮定したため、今後の課題としては、過去の単収の変動実績を何らかの形で測定し、この実績に基づいた標準偏差（多分、本シナリオのものより小さくなると推察される。）の元でランダムショックを与える実験を行う事も考えられるが、かなり綿密な実証的作業を要する作業であるため、今回は割愛し、今後の課題としたい。

## VI おわりに

以上、環境・資源制約下における世界食料需給モデルを開発し、シナリオ分析を行った。環境・資源制約を直接対象としたシナリオ分析は、今回このモデルを開発した最大の目的であるが、それに関しては、別途別論文で扱われているので、そちらを参照されたい[1]。

ベースライン予測については、予測期間が普通のモデル分析で扱われる期間より長く、そのような長期の予測について、(1)コンスタント（一定）の増加率をあてはめてもいいか、(2)需要や生産の価格弾力性についても、コンスタントの仮定を置くことが適当か、(3)経済成長率と人口の増加率の関連をどう見るのか、など、多くの疑問は残るものの、与えられた時間と利用し得る資源（人的・経済的・時間的リソース）を活用して、今回開発した「資源制約パイロットモデル」は、「農林水産政策研究所研究実行計画」から与えられたこの野心的な課題に対し、大体において、完全なものではないにしろ、答を出す内容のものとなっていると考える。また、ベースラインが生み出す結果は、我々の直感に照らして、おおよそ正常なものであったと考える。しかし、おおよそ、モデルと名の付くものに完全はあり得ない。同様に、変数を増やし、モデルをやみくもに大型化・複雑化するこ

とは、現実的な対応ではない。ということで、今回パイロットモデルを開発し、ベースライン予測を行うと共に、そのベースラインを基準の物差しとして、いくつかのシナリオ分析を行ったことは、それなりにチャレンジングであり、意義のあることだと思う。

[参考文献]

- [1]井上荘太郎、上林篤幸、明石光一郎、鬼木俊次「国際穀物需給の長期予測と耕地および灌漑地の利用可能性—資源制約パイロットモデルの開発と利用」（『農林水産政策研究』第4号 2003年10月）
- [2]T.R.Malthus, "An Essay on the Principle of Population"(寺尾琢磨訳『人口論』、慶応出版社、1948年)
- [3]井上荘太郎、長沢淳、中川光弘「アジア開発途上国の米需給と国際米市場」（『農業総合研究』第54巻第3号 2000年7月）
- [4]大賀圭治『2020年世界食料需給予測—国際食料政策シミュレーションモデルの開発と利用—』農林水産省国際農林水産業研究センター、1998年
- [5]森島賢、金井道夫、大賀圭治、小山修、中川光弘『世界は飢えるか—食料需給長期展望の検証—』農山漁村文化協会、1995年
- [6]D.O.Mitchel, M.D.Ingco, R.C.Duncan, 高橋五郎訳『世界食料の展望—21世紀の予測—』農林統計協会、1995年
- [7]Organization for Economic Cooperation and Development, "OECD Agricultural Outlook" various issues.
- [8]Food and Agriculture Organization of the United Nations, "World Agriculture 2030: Main findings", September 2002.  
<http://www.fao.org/english/newsroom/news/2002/7833-en.html>
- [9]Richard E.Just and Quinn Weninger, "Are Crop Yields Normally Distributed?" *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.81, May 1999.

### 3 国際農産物需給モデルへの資源制約条件の導入

#### －資源制約パイロットモデルの開発と利用－

井上荘太郎\*・上林篤幸\*・明石光一郎\*・鬼木俊次\*

#### I はじめに

地球上の有限な資源の下で、世界の人口が増加し、人類の食料需要が拡大を続けていると、将来の食料不足が憂慮される。こうした陰鬱な未来観は、マルサス以来の長い歴史を持ち、今日でも形を変えながら、広く世界に流布している<sup>(1)</sup>。数量的なモデルによる食料需給の予測は、このような将来の食料問題をめぐる懸念に対して、できる限り客観的な情報を提供することが求められるはずである。しかし実際には、現在にいたるまで、定量的なモデルを用いた長期の食料需給予測に、資源の利用可能性や環境問題を導入した例は少なく、試行的な研究が見られるにとどまっている。

こうした状況をふまえ、本章では、農業生産に必要な資源の中でも、最も重要なものと考えられる耕地と灌漑地を考慮した新しい国際穀物需給モデルを開発し、そのモデルを利用したシナリオ分析により、これら2つの資源の存在条件が長期の国際穀物需給に与える影響を検討する。

注(1) たとえば、わが国の農林水産省による食料・農業・農村白書は、平成9年度版以降、6年続けて「世界の食料需給は中長期的にひっ迫化する可能性がある」という旨の記述を行なっている。

#### II 先行研究の検討と課題設定

現在までのところ、部分均衡モデルのフレームワークの中で、長期の食料需給予測を、資源利用可能性や環境問題をふまえて行なっている例は限られている<sup>(2)</sup>。ここでは下記の3つの研究について検討した上で、本章の課題を説明する。

大賀(1998)は2020年までの食料需給予測を行なうにあたり、単収の成長率が2020年までに徐々に現在の半分に低下し、収穫面積の価格変化に対する反応も2020年までに2分の1に低下するとするシミュレーションを「生産制約」シナリオとして示している。

長澤ほか(1998)は、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第2回技術評価レポートで取りまとめられている研究レビューを利用し、地球温暖化が各地域の米および小麦、トウモ

---

\*農林水産政策研究所

ロコシの単収に与える影響を穀物需給モデルに取り入れることで、地球温暖化が 2025 年時点で、米で+23%~-10%、小麦で+79%~-22%程度の価格変動をもたらす可能性のあることを指摘している。

最近では、Rosegrant et al. (2002) は、国際食糧政策研究所 (IFPRI) の農産物需給モデル (IMPACT) に、水の利用可能性を分析するために開発された WSM (Water Simulation Model) をリンクさせた分析を行なっている。ここでは、WSM によって計測された農業部門で利用可能な水量が、食料需給モデルにおける供給関数のシフト要因として導入されている。そして、家庭用および産業用として拡大する水需要との競合から農業部門が灌漑として利用することができる水の量は減少し、そのため世界の穀物価格が、2021 年~2025 年で 9~13%程度上昇する可能性のあることが示されている (Rosegrant et al. (2002), p152)。

これら 3 つの研究は、単純にパラメーターを変化させたシミュレーション (大賀(1998))、あるいは他の情報ソースによって収集された影響評価の数値の利用 (長澤ほか (1998))、独自の水需給モデルの利用 (Rosegrant et al. (2002)) と、それぞれ違いはあるが、需給モデルのフレームワークから見ると、いずれも、単収と収穫面積、供給価格弾性値、あるいはそれらのいずれかのシフターとして、資源環境問題を取り扱うにとどまっている。すなわち、需給モデルにおいて想定されている生産者の経済合理的行動の中には、資源制約条件や環境問題が理論的に位置づけられていない。また、耕地と灌漑地という具体的な資源の存在量そのものが、「制約」としてとらえられていない。

そこで以下では、各国の耕地および灌漑地の面積を各国の穀物生産における資源制約条件と想定し、この制約条件を供給側の経済行動に理論的に位置づけた需給モデルを開発する。

注 (1) : 近年公刊された世界の食料需給の定量的な分析に関する 2 つの展望論文からも、部分均衡分析モデルで資源環境問題を取り扱っている例はあまり多くないことがわかる。

定量モデルを用いた国際食料需給分析の網羅的な展望である McCalla and Revoredo (2001) は、多くの部分均衡モデルによる研究の概要を紹介している。しかし、ここでは、食料と資源制約の問題は、まったく触れられていない。この問題は、ローマクラブの「成長の限界」を嚆矢とする一連のグローバル・シミュレーション・モデルによる「定性的な予言」に含まれて整理されているのである。

一方、van Tongeren et al (2001) は、農産物市場のみを対象とした部分均衡モデルと、経済全体を対象とした応用一般均衡モデルとに分けて、農業や貿易政策に関連したモデル研究の展望を行なっている。この場合、応用一般均衡モデルでは自然資源、特に土地市場を通じた農業と他の産業部門との関連性は強調されている。しかし、個別農産物市場の分析に力点をおいた部分均衡モデルでは、資源環境条件については特段の記述も行なわれていない。

資源制約条件や環境問題の影響分析の多くは、経済全体を包含し、かつ環境との関連をもたせた「環境-経済統合型」のモデルで分析されるのが、むしろ一般的であるともいえる。我々

があえて食料需給予測に部分均衡型の品目モデルを採用する理由は、個別品目の均衡価格と各国の需給状態を、ある程度詳細に展望することに関心があるためである。

自然資源の有限性や、環境問題への意識の高まりを受けて、開発されるようになった統合型モデルでは、地球温暖化現象の分析のために開発された、国立環境研究所と京都大学の共同研究グループによる AIM (Asian and Pacific Integrated Model) や東京理科大学で開発された MARIA (Multiregional Approach for Resource and Industry Allocation) 等のモデルが知られている。しかし、統合型モデルの場合、モデルを構成する地域は、相当大まかに統合されてしまう場合が多い。例えば MARIA の場合には世界全体は 4 つの地域に分けられている (森 (1998)、233 ページ)。

統合型モデルではなく、狭い意味での経済学的な分析の範囲にとどめた場合でも、資源環境問題は経済の様々な部門に同時に影響を及ぼすものであるから、その影響評価は、部分均衡モデルよりも、一般均衡モデルで分析される場合が多い。ただし、産業連関分析や CGE モデルによる分析では、個別品目の、国ごとの需給予測結果が示されることは少なく、特定の国際農産物市場に対して分析結果が持つ含意は、具体性に乏しくなってしまう。

### III 資源制約パイロットモデル

#### 1. 理論モデル

ここでは、我々の開発する新たな国際穀物需給モデル (以下、資源制約パイロットモデル) について理論的な説明を行なう。

資源制約パイロットモデルでは、特に供給側の経済行動に、以下の新たな仮定をおく。まず、耕地と灌漑地という 2 つの資源の制約条件を導入するために、この 2 つの資源を、利用可能総量は固定的であるが、各生産物への配分量を変化させることは可能な投入要素 (配分可能固定投入要素: allocatable fixed input) と見なす。そして、この配分可能固定投入要素を利用して、複数の農産物を生産し、利潤を最大化しようとする多財生産者を、需給モデルにおける供給者と想定する<sup>(1)</sup>。

ここで記法を、 $y \in R_+^m$  を生産物ベクトル、 $x \in R_+^n$  を可変投入要素ベクトル、 $\bar{z} \in R_+^k$  は配分可能な固定投入要素ベクトル、 $x_i (i = 1, \dots, m)$  は生産物  $y_i$  の生産に用いられた可変投入要素ベクトル、 $z_i (i = 1, \dots, m)$  は生産物  $y_i$  の生産に用いられた固定投入要素配分量ベクトル、 $p \in R_{++}^m$  は正の生産物価格ベクトル、 $w \in R_+^n$  は正の可変投入要素価格ベクトル、 $y_i(x_i, z_i)$  は生産物  $i$  の

生産可能集合、とそれぞれ定める。

生産者の利潤最大化行動を仮定すると、生産物  $i$  に対する固定投入要素の最適配分の下での利潤関数は以下の(3.1)式で表される。

$$(3.1) \quad \pi(p, w, \bar{z}) = \max_{z_1, \dots, z_m} \left\{ \pi(p, w, z_1, \dots, z_m) : \sum_{i=1}^m z_i = \bar{z} \right\}$$

上式において、 $\pi(p, w, \bar{z})$  は、可変投入要素価格と生産物価格に関して、正で線形に同次拡大的であり凸と仮定される。もしこの利潤関数が内点解をもてば、以下が成立する。

$$(3.2) \quad \frac{\partial \pi(p, w, \bar{z})}{\partial p_i} = y_i(p, w, \bar{z})$$

$$i = 1, \dots, m,$$

$$(3.3) \quad \frac{\partial \pi(p, w, \bar{z})}{\partial w_l} = -x_l(p, w, \bar{z})$$

$$l = 1, \dots, n,$$

分析を単純化するために、ここでは全ての生産技術は固定的であって、生産物 1 単位の生産に要する可変投入要素価格は短期的には固定的であると仮定し、(3.2) が成立するものとする。

$$(3.2) \quad \frac{\partial \pi(p, w, \bar{z})}{\partial p_i} = y_i(p, w, \bar{z}) = y_i(p, \bar{z})$$

さらに、(3.2) 式が以下のコブ・ダグラス型で近似的に特定化できると仮定すると、以下の(3.4)式が成立する<sup>(2)</sup>。また、単収と収穫面積は分離可能であり、両者は独立に決定されると仮定すると、各生産物の収穫面積は、下記の(3.5)式によって表される関数で決定されることになる。次節以降、我々は(3.5)式を用いてモデル開発を行なった。

$$(3.4) \quad y_i(p, \bar{z}) = A_i \cdot \prod_{j=1}^m p_j^{a_{ij}} \cdot \prod_{s=1}^k \bar{z}_s^{-c_{is}}$$

$$i, j = 1, \dots, m$$

$$s = 1, \dots, k,$$

$$(3.5) \quad h_i(p, z) = \frac{A_i}{L_i} \cdot \prod_{j=1}^m p_j^{a_{ij}} \cdot \prod_{s=1}^k z_s^{-c_{is}}$$

$$i, j = 1, \dots, m$$

$$s = 1, \dots, k,$$

ただし、 $A_i$  および  $a_{ij}$  と  $c_{is}$  はパラメーター、 $h_i$  と  $L_i$  はそれぞれ、生産物  $y_i$  の収穫面積と単位面積当たり収量である。

注（１）：配分可能固定生産要素の下での多財生産の経済分析は、Shumway et al.(1984)や Chambers and Just(1989)等で、特定の地域を対象に行なわれている。しかし、国際需給分析の分野では、こうしたモデルを導入した例はない。

注（２）：ここでは、全ての生産技術は固定的であって、生産物 1 単位の生産に要する可変投入要素の価格は固定的であると仮定されている。また、関数形にコブ＝ダグラス型を採用した理由は、実際に収穫面積関数を推計した際の結果の解釈が簡明であること、および既往研究との比較が容易なためである。

なお、単収と収穫面積が独立に決定されるとの仮定は、多くの既往研究で行なわれている。後述するモデル開発において、それらの研究で用いられているパラメーターを利用する可能性を考慮して、本稿でも、単収と収穫面積が独立に決定されるものとした。

## 2. モデル構造

資源制約パイロットモデルは、米、小麦、トウモロコシの 3 品目を対象とし、その他世界を含む 11 ヶ国・地域のサブセクターから構成されるモデルである。国・地域の内訳では、穀物の大輸出国として、アメリカおよびカナダ、オーストラリア、アルゼンチン、ヨーロッパ連合が独立にとりあつかわれている。また需給動向が最も注目されるアジア地域では、中国およびインド、ASEAN、日本が独立にとりあつかわれる。また国際市場における影響の大きさから、旧ソ連地域も独立のサブセクターとしてとりあつかわれる（第 1 表）。

そして各国・地域の農業生産者は、配分可能固定生産要素である灌漑地および非灌漑地からなる耕地に、米および小麦、トウモロコシの「3 大穀物」と「3 大穀物以外の農産物（大麦、

第1表 資源制約パイロットモデルで特定化した国・地域

アルゼンチン
ASEAN
オーストラリア
カナダ
中国
ヨーロッパ連合
旧ソ連
インド
日本
アメリカ
その他世界

第2表 人口変化率 (年率、%)

国・地域	2000-05年	2005-10年	2010-15年	2015-20年	2020-25年	2025-30年
アルゼンチン	1.20	1.08	0.96	0.84	0.79	0.73
ASEAN	1.39	1.22	1.11	1.02	0.93	0.80
オーストラリア	1.00	0.90	0.82	0.75	0.67	0.59
カナダ	0.80	0.74	0.71	0.68	0.62	0.53
中国	0.71	0.67	0.64	0.50	0.34	0.19
ヨーロッパ連合	0.09	-0.01	-0.08	-0.12	-0.16	-0.22
旧ソ連	-0.33	-0.25	-0.18	-0.19	-0.26	-0.32
インド	1.53	1.35	1.12	0.97	0.92	0.83
日本	0.14	0.04	-0.11	-0.25	-0.35	-0.41
アメリカ	0.89	0.83	0.81	0.80	0.74	0.66
その他世界	1.70	1.61	1.53	1.45	1.35	1.23
世界合計	1.24	1.17	1.09	1.01	0.93	0.83

資料: United Nations(2001), "World Population Prospects, The 2001 Revision"

ライ麦等のその他穀物を含む)」を作付けて利潤を最大化すると仮定する。このように仮定することで、各国・地域の各品目の収穫面積は、(3.5)式によって表されることが出来る。そして、実際のモデル中では、変化率をとって変形した以下の(3.7)式を用いる。

資源制約パイロットモデルの概念図は第1図に示した。また基本的な構造方程式は以下の通りである<sup>(1)</sup>。

$$(3.6) \quad YLD_{ij} = YLD_{t-1ij} * YG_{ij}$$

(3.7)

$$HAR_{ij} = HAR_{t-1ij} * \prod_{k=1}^3 (WLDPRICE_{t-1kj} / WLDPRICE_{t-2kj})^{\wedge} ESP_{ikj} * (IRI_{tj} / IRI_{t-1j})^{\wedge} ESI_{ikj} \\ * (NIR_{tj} / NIR_{t-1j})^{\wedge} ESN_{ij}$$

$$(3.8) \quad QPR_{ij} = YLD_{ij} * HAR_{ij}$$

$$(3.9) \quad QPD_{ij} = QPD_{t-1ij} * \prod_{k=1}^3 (WLDPRICE_{tkj} / WLDPRICE_{t-1kj})^{\wedge} EDP_{ikj} * IG_{tj}^{\wedge} EDI_{ij}$$

$$(3.10) \quad QD_{ij} = QPD_{ij} * POP_{t-1j} * PG_{tj}$$

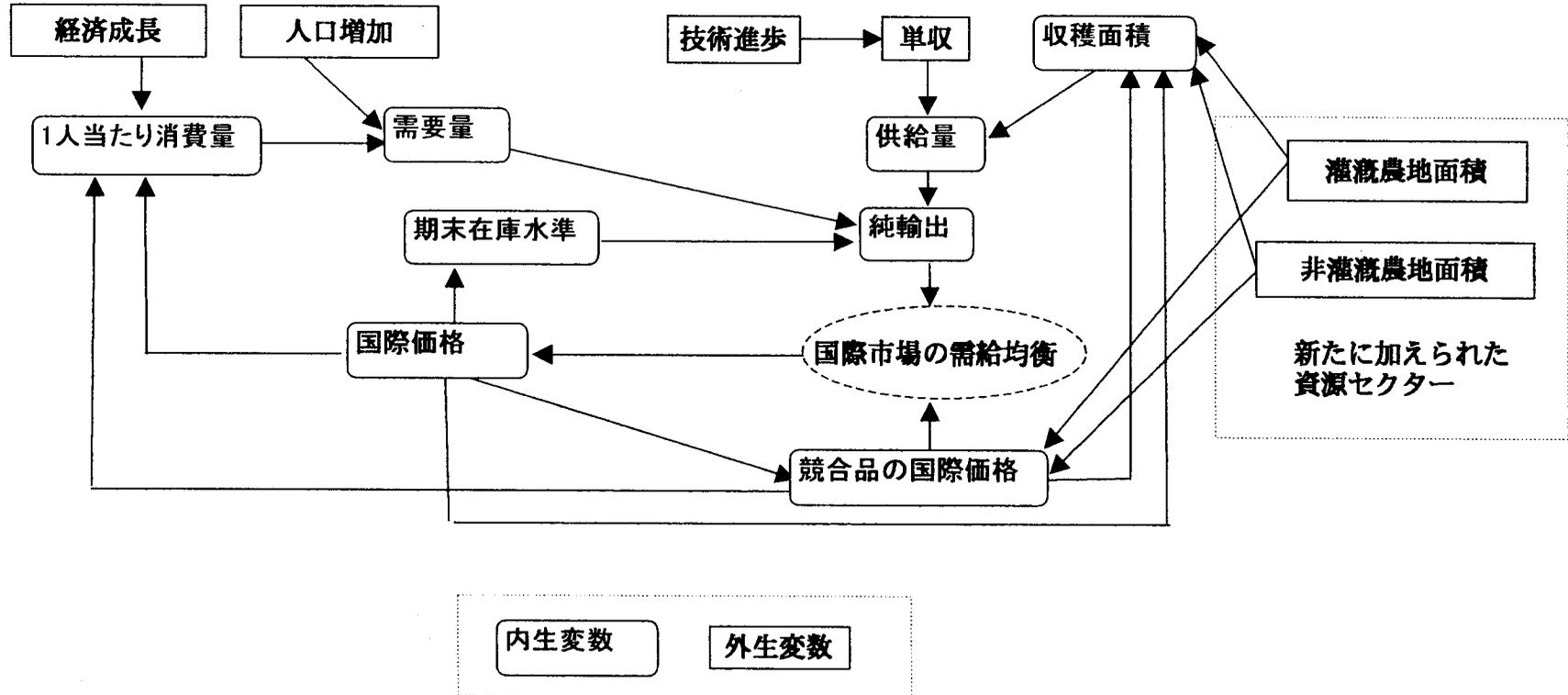
$$(3.11) \quad STK_{ij} = STK_{t-1ij} * (WLDPRICE_{ti} / WLDPRICE_{t-1i})^{\wedge} ESTK_{ij}$$

$$(3.12) \quad NEX_{ij} = QPR_{ij} - QD_{ij} - STK_{ij} + STK_{t-1ij}$$

$$(3.13) \quad \sum_{j=1}^{11} NEX_{ij} = 0$$

ただし、記号はそれぞれ、*YLD*：単収、*YG*：単収変化率、*HAR*：収穫面積、*WLDPRICE*：国際価格、*ESP*：供給価格弾力性、*IRI*：灌漑地面積、*ESI*：灌漑地面積の変化の対する収穫面積の弾力性、*NIR*：非灌漑地面積、*ESN*：非灌漑地面積の変化に対する収穫面積の弾力性、*QPR*：生産量、*QPD*：1人当たり需要量、*EDP*：需要価格弾力性、*IG*：1人当たり実質GDP成長率、*EDI*：需要所得弾力性、*QD*：需要量、*POP*：人口、*PG*：人口増加率、*STK*：期末在庫量、*ESTK*：在庫量の価格弾力性、*NEX*：純輸出力である。また、*i*と*k*は品目、*j*は地域、*t*は期間を表す添字である。

ここで、(3.6)式～(3.12)式の7本の構造方程式は、各国の各品目の需給を表している。(3.6)式は単収の決定式である。(3.7)式は収穫面積の決定式であり、このモデルの独自の性質



第1図 資源制約パイロットモデルの概念図

をあらわすものである。すなわち収穫面積は、1期前の収穫面積および1期前と2期前の国際価格、供給の自己価格弾力性と交差価格弾力性に加え、灌漑地面積と非灌漑地面積の変化とそれぞれの弾力性で決定される。(3.8)式は生産量の決定式である。(3.9)式は、1人当たり消費量が、1期前の1人当たり消費量および1期前と当期の国際価格と所得、そして需要の価格弾力性と所得弾力性によって決定されることを表している。(3.10)式は消費量の決定式である。(3.11)式は、期末在庫量が1期前の期末在庫量および1期前と当期の国際価格および期末在庫量の価格弾力性によって決定されることを表している。(3.12)式は、純輸出量が各国の供給量から消費量と期末在庫量の変化を差引いたものであることを表している。また、(3.13)式は、各品目の国際市場における需給均衡を表している。

注(1)：資源制約パイロットモデルでは、関税等の国境障壁は考慮されておらず、各国・地域の生産者および消費者は、国際価格から直接に影響を受ける((3.7)式、(3.9)式、(3.11)式)。この点については、我々のモデルは、井上ほか(2000)のモデルよりも単純な構造になっている。

### 3. 使用データ

モデル予測における将来人口には国連による人口予測の中位値を利用した(第2表)。農産物の需給データはアメリカ農務省の Price Supply & Distribution Views を利用した。また耕地面積および灌漑地面積については FAOSTAT (第3表)、GDPの伸び率については FAO の World Food Model<sup>(1)</sup>の予測で用いられている予測値を利用した(第4表)。

注(1)：World Food Model は FAO の経済社会局商品貿易部が10年程度の中長期の需給展望を行うために利用している農産物需給モデルである。FAO に加盟している184カ国を146の国・地域として特定化して取り扱い、基礎的な食料品を網羅する16品目を対象とする極めて大型のモデルである。また国際市場と各地域の価格が、関税の影響等を考慮した価格連結関数で連結されているなど、政策シミュレーションモデルという性格も有している。ただし、各国・地域間の輸送費は考慮されておらず、各国の貿易量(需給ギャップ)が、単一の国際市場で均衡するように国際価格が決定されるという、非空間的需給モデルの性格は、本稿の資源制約パイロットモデルと同様である。

### 4. パラメーター

モデルで使用する供給パラメーターは、(3.5)式の両辺を対数変換した式を推計することにより求めた。米および小麦、トウモロコシの3品目の供給関数は、それぞれ独立に推計し、推定されたパラメーターが符号条件を満たさない場合や有意でない場合には、井上ほか(2000)で

第3表 総耕地面積と灌漑地面積、非灌漑地面積(千ha)

	1970年	1970-1980年 の平均変化	1980年	1980-1990年 の平均変化	1990年	1990-1999年 の平均変化	1999年
<b>総耕地面積</b>							
世界全体	1,302,073	0.22%	1,331,130	0.39%	1,383,456	-0.12%	1,369,110
アルゼンチン	23,851	0.47%	25,000	0.00%	25,000	0.00%	25,000
ASEAN	54,858	0.74%	59,041	0.86%	64,331	-0.79%	59,888
オーストラリア	41,614	0.57%	44,031	0.85%	47,900	0.02%	47,979
カナダ	43,610	0.44%	45,575	0.05%	45,820	-0.06%	45,560
中国	100,057	-0.32%	96,924	2.47%	123,678	0.04%	124,140
ヨーロッパ連合	82,688	-0.46%	78,973	-0.12%	77,998	-0.51%	74,470
旧ソ連	227,800	-0.06%	226,417	-0.09%	224,400	-0.51%	212,758
インド	160,560	0.15%	162,955	0.01%	163,138	-0.09%	161,750
日本	5,196	-0.64%	4,874	-0.22%	4,768	-0.63%	4,503
アメリカ	188,735	0.00%	188,755	-0.16%	185,742	-0.54%	176,950
その他世界	373,104	0.66%	398,585	0.54%	420,681	0.40%	436,112
<b>灌漑地面積</b>							
世界全体	167,803	2.25%	209,716	1.54%	244,305	1.29%	274,166
アルゼンチン	1,280	2.00%	1,560	0.00%	1,560	0.01%	1,561
ASEAN	9,093	2.63%	11,790	2.31%	14,814	1.38%	16,764
オーストラリア	1,476	0.16%	1,500	2.02%	1,832	2.31%	2,251
カナダ	421	3.54%	596	1.88%	718	0.03%	720
中国	38,121	1.78%	45,470	0.54%	47,967	1.27%	53,740
ヨーロッパ連合	7,705	2.12%	9,508	1.53%	11,070	1.23%	12,357
旧ソ連	11,100	4.48%	17,200	1.92%	20,800	-0.48%	19,921
インド	30,440	2.37%	38,478	1.61%	45,144	3.02%	59,000
日本	3,415	-1.11%	3,055	-0.71%	2,846	-0.75%	2,659
アメリカ	16,000	2.55%	20,582	0.15%	20,900	0.77%	22,400
その他世界	48,752	2.09%	59,977	2.48%	76,654	0.86%	82,793
<b>非灌漑地面積</b>							
世界全体	1,134,270	-0.11%	1,121,414	0.16%	1,139,151	-0.44%	1,094,944
アルゼンチン	22,571	0.38%	23,440	0.00%	23,440	0.00%	23,439
ASEAN	45,765	0.32%	47,251	0.47%	49,517	-1.52%	43,124
オーストラリア	40,138	0.58%	42,531	0.80%	46,068	-0.08%	45,728
カナダ	43,189	0.41%	44,979	0.03%	45,102	-0.06%	44,840
中国	61,936	-1.84%	51,454	3.94%	75,711	-0.80%	70,400
ヨーロッパ連合	74,983	-0.76%	69,465	-0.37%	66,928	-0.83%	62,113
旧ソ連	216,700	-0.35%	209,217	-0.27%	203,600	-0.60%	192,837
インド	130,120	-0.44%	124,477	-0.53%	117,994	-1.53%	102,750
日本	1,781	0.21%	1,819	0.55%	1,922	-0.46%	1,844
アメリカ	172,735	-0.27%	168,173	-0.20%	164,842	-0.71%	154,550
その他世界	324,352	0.43%	338,608	0.16%	344,027	0.30%	353,319

資料: FAOSTAT

第4表 1人当たりGDP変化率（年率、%）

国・地域名	1999年	2000年	2001年	2002-2030年
アルゼンチン	-4.61	-1.75	-3.56	2.00
ASEAN	1.90	4.18	-0.05	3.00
オーストラリア	3.51	2.12	1.49	2.50
カナダ	4.12	3.43	0.16	2.00
中国	6.15	7.04	6.24	4.70
ヨーロッパ連合	2.41	3.27	1.52	2.70
旧ソ連	2.21	7.51	5.81	3.80
インド	4.62	4.22	3.66	3.40
日本	0.54	1.94	-1.58	1.80
アメリカ	3.01	3.01	1.00	1.70
その他世界	0.69	3.00	-0.43	2.10

資料：FAOのWorld Food Modelで利用されている予測値を利用。

用いられている弾力性パラメーターをあてはめ、残った係数をあらためて計測することとした<sup>(1)</sup>。このパラメーターの決定方法は、モデル開発をタイプ分けした際の estimation 型と calibration 型の折衷的な手法とも考えられる方法であり、OECD の AGLINK でのパラメーターの決定に用いられている<sup>(2)</sup>（第 5 表、第 6 表、第 7 表）。

単収上昇率については、Rosegrant et al.(2001)における単収の将来予測結果を参考にして、モデルで使用する単収上昇率を決定し（第 8 表）、灌漑面積の変化とは独立に、この毎年の単収上昇率のみで単収水準が決定されると仮定した<sup>(3)</sup>。

需要側では、(3.6)式で表される個別品目の需要関数を対数変換した式を、各品目ごとに独立に推計した。そして良好なパラメーターが得られない場合には、供給関数の場合と同様に、井上ほか（2000）で利用されているパラメーターをあてはめ、残ったパラメーターをあらためて推定した。

また経済成長や食料消費パターンの変化により、穀物需要の所得弾力性は長期においてしばしば低下することが知られている。本稿では、この変化が長期の需給予測に与える影響を考慮するために、Rosegrant et al. (2001)を利用して、予測期間中における資源制約パイロットモデルの所得弾力性値を変化させた<sup>(4)</sup>（第 9 表、第 10 表、第 11 表）。

注（1）：長期予測におけるモデルの収束を考慮し、灌漑面積と非灌漑面積の弾力性の計測結果が 1 を超えた場合および、零を下回った場合には、それぞれ 0.8 と 0.2 を用いることとした。これは、各品目の灌漑地面積および非灌漑地面積に対する弾力性値には、参考となる既往研究がないため、ア・プリアリな数値をあてはめたものである。

注（2）：パラメーターの決定方法でモデルを分類する場合、計量経済学的な係数推定を実際に行なう estimation 型と、先行研究で計測されたパラメーターを利用してモデルを組み立てる synthetic 型に分けることができる。synthetic 型は、他の研究のパラメーターをそのまま用いる場合もあれば、regularity condition を満たすよう calibration を行なって、使用するパラメーターを求める場合もあるので、calibration 型とも呼ばれる。OECD の AGLINK は部分的に推定を行なうので、準 estimation 型とするのが適切とも考えられるが、van Tongeren et al. (2001)は、AGLINK を calibration 型としている。一方、calibration を行なっている例としては、von Lampe(1999)がある。

国際需給モデルの分析においては、実際にはパラメーターの推定を行なわない場合が多くなっている。このことは国際農産物需給モデルの研究が、実用主義と理論的な優雅さの間で、実用主義のほうに傾いていることを意味している（van Tongeren et al. (2001)）。そして実用主義への過度の傾斜は、モデルの実証的基盤を危うくし、モデル分析の客観性に対する疑念に結びつくことになるだろう。しかし、現実において、多品目の国際需給モデルの場合、理論的要請をみだすパラメーターを計量経済学的な推計によって得ることの実行可能性は低い。

第5表 米の供給弾性値

国・地域名	価格弾力性			灌漑農地面積	非灌漑農地面積
	米	小麦	トウモロコシ		
アルゼンチン	0.490	-0.175	-0.185	0.800	0.200
ASEAN	0.125	-0.015	0.000	0.713	0.200
オーストラリア	0.072	0.000	0.000	0.982	0.324
カナダ	..	..	..	..	..
中国	0.300	-0.100	-0.100	0.200	0.200
ヨーロッパ連合	0.300	0.000	0.000	0.800	0.200
旧ソ連	0.378	-0.180	-0.060	0.806	0.200
インド	0.120	-0.111	0.000	0.418	0.370
日本	0.193	0.000	0.000	0.800	0.440
アメリカ	0.200	0.000	0.000	0.800	0.200
その他世界	0.460	-0.110	-0.125	0.780	0.200

資料: 井上ほか(2000)を参考に筆者推計。

第6表 小麦の供給弾性値

国・地域名	価格弾力性			灌漑農地面積	非灌漑農地面積
	米	小麦	トウモロコシ		
アルゼンチン	0.000	0.370	-0.125	0.800	0.200
ASEAN	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
オーストラリア	0.000	0.123	0.000	0.659	0.200
カナダ	0.000	0.126	-0.060	0.824	0.800
中国	-0.030	0.110	-0.010	0.462	0.166
ヨーロッパ連合	0.000	0.500	-0.300	0.397	0.444
旧ソ連	0.000	0.320	-0.072	0.200	0.200
インド	-0.056	0.133	-0.007	0.800	0.800
日本	-0.075	0.265	0.000	0.800	0.800
アメリカ	0.000	0.410	-0.186	0.732	0.505
その他世界	-0.193	0.208	-0.175	0.200	0.200

資料: 井上ほか(2000)を参考に筆者推計。

第7表 トウモロコシの供給弾性値

国・地域名	価格弾力性			灌漑農地面積	非灌漑農地面積
	米	小麦	トウモロコシ		
アルゼンチン	0.000	-0.115	0.465	0.800	0.200
ASEAN	-0.060	0.000	0.203	0.594	0.800
オーストラリア	0.000	-0.350	0.545	0.221	0.369
カナダ	0.000	-0.360	0.360	0.916	0.800
中国	-0.035	-0.020	0.095	0.800	0.200
ヨーロッパ連合	-0.100	-0.300	0.430	0.302	0.364
旧ソ連	-0.024	-0.330	0.396	0.200	0.800
インド	-0.072	-0.042	0.210	0.200	0.200
日本	0.000	0.000	0.145	0.800	0.200
アメリカ	0.000	-0.100	0.225	0.951	0.212
その他世界	-0.100	-0.100	0.400	0.791	0.800

資料: 井上ほか(2000)を参考に筆者推計。

第8表 2002年以降の単収変化率(年率、%)

国・地域名	米	小麦	トウモロコシ
アルゼンチン	1.84	1.46	1.77
ASEAN	1.01	0.88	1.70
オーストラリア	1.12	0.91	1.11
カナダ	..	0.91	1.11
中国	1.01	0.88	1.70
ヨーロッパ連合	0.66	0.26	0.43
旧ソ連	0.85	0.67	1.44
インド	1.47	1.36	1.15
日本	1.01	0.91	0.20
アメリカ	1.07	1.02	0.80
その他世界	1.80	0.30	1.10

資料: Rosegrant et al. (2001)を参考に筆者推計。

第9表 米の需要弾性値

国・地域名	価格弾力性			所得弾力性	
	米	小麦	トウモロコシ	2000年	2030年
アルゼンチン	-0.400	0.200	0.000	0.203	0.177
ASEAN	-0.380	0.020	0.000	0.067	-0.047
オーストラリア	-0.350	0.180	0.000	0.268	0.172
カナダ	-0.250	0.100	0.000	0.268	0.172
中国	-0.120	0.010	0.000	-0.091	-0.309
ヨーロッパ連合	-0.300	0.100	0.050	0.268	0.172
旧ソ連	-0.230	0.100	0.000	0.268	0.172
インド	-0.400	0.060	0.010	0.101	-0.021
日本	-0.100	0.040	0.000	0.000	0.000
アメリカ	-0.280	0.120	0.020	0.268	0.172
その他世界	-0.450	0.060	0.000	0.203	0.177

資料: 井上ほか(2000)およびRosegrant et al. (2001)を参考に筆者推計。

第10表 小麦の需要弾性値

国・地域名	価格弾力性			所得弾力性	
	米	小麦	トウモロコシ	2000年	2030年
アルゼンチン	0.020	-0.320	0.090	0.082	0.004
ASEAN	0.400	-1.000	0.350	0.315	0.263
オーストラリア	0.080	-0.200	0.040	0.162	0.084
カナダ	0.020	-0.190	0.020	0.162	0.084
中国	0.020	-0.100	0.010	0.243	0.074
ヨーロッパ連合	0.020	-0.200	0.040	0.162	0.084
旧ソ連	0.020	-0.120	0.000	0.162	0.084
インド	0.150	-0.250	0.020	0.174	0.108
日本	0.120	-0.250	0.100	0.000	0.000
アメリカ	0.020	-0.090	0.010	0.162	0.084
その他世界	0.100	-0.460	0.200	0.082	0.004

資料: 井上ほか(2000)およびRosegrant et al. (2001)を参考に筆者推計。

第11表 トウモロコシの需要弾性値

国・地域名	価格弾力性			所得弾力性	
	米	小麦	トウモロコシ	2000年	2030年
アルゼンチン	0.000	0.140	-0.450	0.000	-0.150
ASEAN	0.100	0.160	-0.560	0.420	0.270
オーストラリア	0.000	0.400	-0.500	-0.200	-0.350
カナダ	0.000	0.120	-0.200	0.000	-0.150
中国	0.000	0.020	-0.130	0.300	0.150
ヨーロッパ連合	0.050	0.200	-0.300	0.250	0.100
旧ソ連	0.000	0.000	0.000	0.300	0.150
インド	0.150	0.160	-0.600	0.100	-0.050
日本	0.000	0.200	-0.200	0.260	0.110
アメリカ	0.030	0.100	-0.220	0.090	-0.060
その他世界	0.000	0.250	-0.500	0.400	0.250

資料: 井上ほか(2000)およびRosegrant et al. (2001)を参考に筆者推計。

なお我々は、本研究でのモデル開発にあたり、(3.4)式の両辺を対数変換し、誤差項を加えた以下の式を各国ごとに連立させ、凸性 ( $a_{ij} \geq 0$ ) と対称性 ( $a_{ij} = a_{ji}$ ) の条件を課した体系推定を行なった (記号は前節参照)。

$$\ln y_i = \ln A_i + \sum_{j=1}^m a_{ij} \ln p_j + \sum_{s=1}^k c_{is} \ln \bar{z}_s + e_i$$

対象としたのは、資源制約パイロットモデルと同じ 10 の主要な穀物貿易国 (地域) であり、米および小麦、トウモロコシの供給関数の体系推定を行なったが、推定結果はあまり良好なものではなかった (章末補表 1 参照)。

注 (3) : 単収は需給予測の結果を左右する重要な要素である。我々は、本研究で対象とした各国における、各品目の単収を灌漑面積の水準とタイムトレンドに回帰させる分析を行なったが、多くの場合において、両方の説明変数について正の有意な係数を推定することはできなかった。単収水準の予測には、生産物価格および生産要素価格、あるいは公的部門による関連した投資の動向など、多岐にわたる要素を考慮する必要があると考えられる。なお Rosegrant et al. (2001) では、近年における単収上昇率の長期的な低下傾向を指摘した上で、公共投資、農産物価格、資本利子率、労賃などの要因も考慮した単収予測が行なわれている。

注 (4) : Rosegrant et al. (2001) は 54 ページにおいて、需要の所得弾力性の長期的な変化について、「需要の所得弾力性は、特に開発途上国において需要構造に徐々に生じる主食から肉やその他の畜産物の高価値生産物へのシフトというモデルの基礎となっている仮説を、はっきりと表している。経済成長による 1 人当たり消費量の増加、急速な都市化、農業生産の継続的な商業化といったいくつかの要素がこの仮説を生じさせる」と述べている。

#### IV 穀物需給の長期予測

##### 1. 3つのシナリオ

1990 年代以降、世界全体の総耕地面積は減少傾向にあり、灌漑地面積はいまだ増加傾向にあるものの、その増加率は低下してきている<sup>(1)</sup>。この節では、こうした各国・地域における耕地と灌漑地の面積の将来動向について、相異なる仮定をおいた 3 つのシナリオにもとづきながら、穀物需給の長期予測を行ない、結果を比較・検討する。

シナリオ分析では、予測の初期時点を 2000 年とし、2030 年を目標年とした需給予測を行なう。この予測期間中においては、世界人口の増加率は停滞してくると予測されており、そのため穀物需要においても相当の変化が生じると考えられる。したがって、この 30 年という予測期間は人類の長期的な食料問題を考えるために、十分な意味のある長さといえる<sup>(2)</sup>。

3つのシナリオ（第 12 表参照）で与えられる将来の灌漑地面積と非灌漑地面積（耕地面積から灌漑地面積を差引いたもの）の値は第 13 表に一覧として示した。

scenario1 では、2000 年から 2030 年までの間、総耕地面積と灌漑地面積は、一切変化しないと仮定する。これは、農業で利用される耕地と灌漑値の面積の変化を考慮していない既往の需給モデルによる予測と、同じ考え方にたっている。将来の利用可能な耕地と灌漑地の面積が拡大も縮小もしないという意味において、中立的なシナリオといえる。

次に scenario2 では、総耕地面積と灌漑地面積は、どちらも 1990 年代のトレンドに基づいて変化すると仮定する<sup>(3)</sup>。特に灌漑地面積が拡大を続けると想定することから、3つのシナリオのうちで最も緩やかな資源制約を想定したシナリオと解釈できる。

最後に scenario3 では、総耕地面積の緩やかな減少傾向と同様の趨勢で、灌漑地面積も減少すると仮定する。これはアジア地域で都市周辺の優良灌漑農地の多くが転用されていることなどを念頭に、灌漑地の減少傾向が、将来継続していくと考えたケースであり、資源制約が最も厳しいシナリオである。

以上の 3 つのシナリオにしたがって、2030 年までの需給シミュレーションを試みることにする。

注（1）1970 年における世界の総耕地面積は 13 億 200 万 ha であった。これは 1999 年には 13 億 6 千 900 万 ha に増加した（前出第 3 表）。この間の成長率を年代別に見ると、1970 年代においては年率 0.22% の増加であり、1980 年代には同 0.39% の増加を示した。しかし 1990 年代には同マイナス 0.12% と減少に転じた。

国・地域別に見ると ASEAN でマイナス 0.79%、カナダでマイナス 0.06%、EU、旧ソ連でマイナス 0.51%、アメリカでマイナス 0.54%、日本でマイナス 0.63% と減少しており、中国やインドでもわずかに減少している。一方、アルゼンチンを除いた中南米やアフリカを含むその他世界では 0.40% の増加を示している。

一方、1970 年に 1 億 6 千 800 万 ha であった世界全体の灌漑地面積は、1999 年には 2 億 7 千 400 万 ha にまで増加した。ただし、その増加率は、1970 年代には年率 2.25% であったが、1980 年代には 1.54% と低下し、さらに 1990 年代に入ると 1.29% にまで減少している。

この農地の縮小と灌漑地面積の増加率低下に対しては、様々な背景が指摘できる。第一には、農産物の国際価格の低迷により、土地や水資源を農業部門で利用することの収益性が低下していることがあげられる。また、こうした収益性の低下は、投資の減少をもたらし、特に開発途上国における灌漑投資の縮小が指摘されている。さらに、住宅地や工業用地との利用競合によ

第12表 シミュレーションのシナリオ

	2000年～2030年の総農地面積(A)	2000年～2030年の灌漑農地面積(B)	2000年～2030年の非灌漑農地面積
scenario1	変化なし	変化なし	変化なし
scenario2	1990年代のトレンドで変化	1990年代のトレンドで変化	(A)－(B)
scenario3	1990年代のトレンドで変化	総耕地面積の1990年代のトレンドで変化	(A)－(B)

第13表 耕地面積予測結果(千ha)

国・地域	年	総耕地面積				灌漑地面積				非灌漑地面積			
		2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030
世界全体	scenario1	1,369,110	1,369,110	1,369,110	1,369,110	274,166	274,166	274,166	274,166	1,094,944	1,094,944	1,094,944	1,094,944
	scenario2	1,367,646	1,354,398	1,343,632	1,335,276	276,970	307,138	341,552	380,810	1,090,676	1,047,260	1,002,080	954,466
	scenario3	1,367,646	1,354,398	1,343,632	1,335,276	274,013	272,717	271,830	271,342	1,093,632	1,081,681	1,071,802	1,063,934
アルゼンチン	scenario1	25,000	25,000	25,000	25,000	1,561	1,561	1,561	1,561	23,439	23,439	23,439	23,439
	scenario2	25,000	25,000	25,000	25,000	1,561	1,562	1,563	1,564	23,439	23,438	23,437	23,436
	scenario3	25,000	25,000	25,000	25,000	1,561	1,561	1,561	1,561	23,439	23,439	23,439	23,439
ASEAN	scenario1	59,888	59,888	59,888	59,888	16,764	16,764	16,764	16,764	43,124	43,124	43,124	43,124
	scenario2	59,414	54,872	50,678	46,804	16,996	19,499	22,371	25,666	42,418	35,373	28,307	21,138
	scenario3	59,414	54,872	50,678	46,804	16,631	15,360	14,186	13,102	42,782	39,512	36,492	33,703
オーストラリア	scenario1	47,979	47,979	47,979	47,979	2,251	2,251	2,251	2,251	45,728	45,728	45,728	45,728
	scenario2	47,988	48,076	48,164	48,252	2,303	2,895	3,640	4,576	45,685	45,180	44,524	43,676
	scenario3	47,988	48,076	48,164	48,252	2,251	2,256	2,260	2,264	45,736	45,820	45,904	45,988
カナダ	scenario1	45,560	45,560	45,560	45,560	720	720	720	720	44,840	44,840	44,840	44,840
	scenario2	45,531	45,244	44,959	44,676	720	722	725	727	44,811	44,522	44,234	43,949
	scenario3	45,531	45,244	44,959	44,676	720	715	711	706	44,812	44,529	44,249	43,970
中国	scenario1	124,140	124,140	124,140	124,140	53,740	53,740	53,740	53,740	70,400	70,400	70,400	70,400
	scenario2	124,191	124,707	125,225	125,745	54,423	61,748	70,058	79,487	69,769	62,959	55,166	46,257
	scenario3	124,191	124,707	125,225	125,745	53,762	53,985	54,210	54,435	70,429	70,722	71,015	71,310
ヨーロッパ連合	scenario1	74,470	74,470	74,470	74,470	12,357	12,357	12,357	12,357	62,113	62,113	62,113	62,113
	scenario2	74,088	70,374	66,846	63,495	12,509	14,135	15,972	18,048	61,579	56,239	50,874	45,447
	scenario3	74,088	70,374	66,846	63,495	12,294	11,677	11,092	10,536	61,794	58,697	55,754	52,959
旧ソ連	scenario1	212,758	212,758	212,758	212,758	19,921	19,921	19,921	19,921	192,837	192,837	192,837	192,837
	scenario2	211,502	199,346	187,888	177,089	19,826	18,897	18,012	17,168	191,677	180,449	169,877	159,921
	scenario3	211,502	199,346	187,888	177,089	19,803	18,665	17,592	16,581	191,699	180,681	170,296	160,508
インド	scenario1	161,750	161,750	161,750	161,750	59,000	59,000	59,000	59,000	102,750	102,750	102,750	102,750
	scenario2	161,597	160,070	158,557	157,059	59,915	69,884	81,512	95,074	101,681	90,186	77,045	61,985
	scenario3	161,597	160,070	158,557	157,059	58,944	58,387	57,835	57,289	102,652	101,683	100,722	99,770
日本	scenario1	4,503	4,503	4,503	4,503	2,659	2,659	2,659	2,659	1,844	1,844	1,844	1,844
	scenario2	4,474	4,199	3,941	3,698	2,639	2,447	2,269	2,104	1,835	1,752	1,671	1,594
	scenario3	4,474	4,199	3,941	3,698	2,642	2,480	2,327	2,184	1,832	1,720	1,614	1,514
アメリカ	scenario1	176,950	176,950	176,950	176,950	22,400	22,400	22,400	22,400	154,550	154,550	154,550	154,550
	scenario2	175,999	166,767	158,020	149,731	22,573	24,380	26,332	28,440	153,426	142,387	131,688	121,291
	scenario3	175,999	166,767	158,020	149,731	22,280	21,111	20,004	18,954	153,720	145,656	138,016	130,777
その他世界	scenario1	436,112	436,112	436,112	436,112	82,793	82,793	82,793	82,793	353,319	353,319	353,319	353,319
	scenario2	437,861	455,743	474,355	493,727	83,505	90,968	99,098	107,954	354,356	364,775	375,257	385,773
	scenario3	437,861	455,743	474,355	493,727	83,125	86,520	90,053	93,731	354,736	369,223	384,302	399,996

資料:シミュレーション結果。

り、優良農地が転用されている例が、経済発展の進む東南アジア諸国の大都市周辺などで多く見られる。あるいは1990年代には、旧ソ連地域において、計画経済体制の崩壊が国営農場や集団農場の生産縮小と耕作放棄地の拡大をもたらしている。

注（2）一般に、資源環境条件が経済活動に与える影響を分析するためには、ある程度、長期的な観察を行なうことが望ましい。例えば、MARIAを用いた地球温暖化の影響分析では、110年という超長期のシミュレーション期間が採用されている。

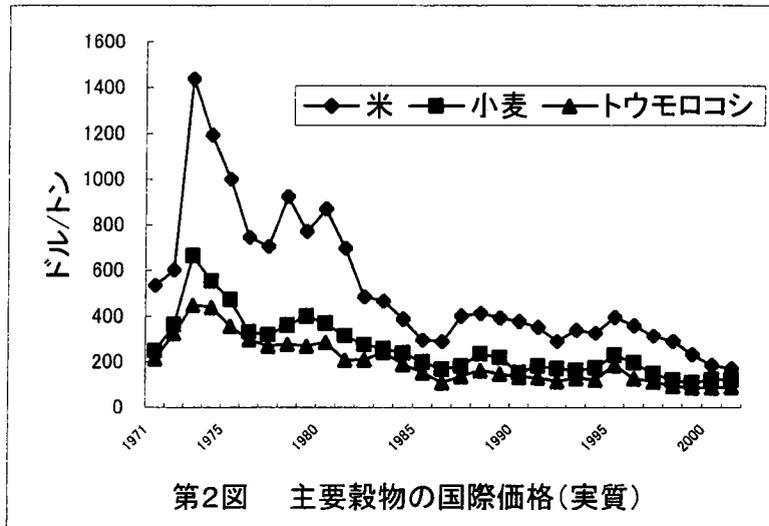
注（3）scenario2では、地域によっては総耕地面積が減少する一方で、灌漑地の面積は増加することとなる。これは長期においては、あまりに非現実的な想定となってしまうことに注意が必要である。例えばインドでは1990年代の総耕地面積は年率マイナス0.09%で減少していたが、灌漑地の面積は3.02%の高い増加率で増加していた（前出第3表）。この傾向を延長すると2010年にはインドの総耕地面積は1億6千万haであるのに対し、灌漑地面積が7千900万haにまで増加し、さらに2030年まで同じ変化率で増加すると仮定すると、完全に非現実的な想定となってしまう。そのためインドに関してはインド政府水資源省による灌漑面積予測値（宇佐美（2002）の表12、なお元データはGovernment of India, Ministry of Water Resources, “Integrated Water Resource Development A Plan for Action”, 1999）を利用することとした。

## 2. 計測結果と含意

### 1) 国際価格

米および小麦、トウモロコシの国際価格の歴史的推移をみると、いずれも1970年代に最高値を記録した後、長期的に低下傾向にあることがわかる（第2図）。そして年毎の豊凶変動の影響から短期的変動を繰り返しながらも、現在では1970年代以降、最も低位の水準にある。

資源制約パイロットモデルによるシナリオ分析は、この現在の低迷する穀物の国際価格に対して、ほぼ横ばいの予測を提示している。いずれのシナリオも、価格に関しては、このような過去の低下基調の継続ではなく、現状の水準をほぼ維持する予測結果となっている（第14表）。すなわち、現在の価格水準は、すでに過去最低の水準に達しており、もし1990年代における土地生産性上昇率の頭打ち傾向が継続するならば、国際価格は現在の水準程度で長期的に維持されるだろうという予測である。加えて、予測期間中において、人口増加率の低下が世界各地で相当進展すると予想されることや（前出第2表参照）、穀物に対する所得弾力性が低下してくることから（前出第9表、第10表、第11表）、scenario3の小麦のケースを除くと、いずれの場合にも、予測期間中のいずれかの時点以降には、国際価格は低下トレンドに転じると予測されている。



資料: IMF, International Financial Statistics

各品目の価格予測結果は以下のようにまとめられる。

米についてみると、2000年で242.7ドルであったトン当たり価格は、中立的なシナリオである scenario1 では2014年および2015年で269.8ドルにまで上昇するが、その後2030年には2000年水準を下回る約240.5ドルまで低下する。また灌漑面積の拡大が継続すると想定する scenario2 では、米の国際価格は2004年以降には早くも低下傾向に転じ、2030年には187.8ドルにまで低下すると予想される。逆に灌漑面積が緩やかに減少していくと仮定する scenario3 では国際価格は2016年および2017年で287.0ドルまで上昇し、2030年段階でも2000年を上回る265.7ドルと予測される。

次に小麦についてみると、いずれのシナリオでも価格がピークを迎える時点が米の場合よりも遅くなっていることがわかる。たとえば、scenario1 では小麦の国際価格は2025年まで上昇し、トン当たり約173.4ドルを記録するが、米の国際価格は2014年以降、低下トレンドに転じている。これに対して灌漑面積が増加を続けると想定する scenario2 では2015年および2016年においてトン当たり134.2ドルにまで上昇するが、2030年には125.3ドルにまで低下すると予測される。これは scenario1 の予測値を46.8ドル下回る。

次に世界全体でみると総耕地面積と灌漑地面積がともに減少すると想定する scenario3 では小麦価格は予測期間を通じて上昇し、2030年ではトン当たり200.7ドルの水準にまで上昇すると予測される。この米と小麦の価格予測の間に見られる違いは、アジアを中心とする開発途上国の食生活においてパンやめん類の消費が拡大する傾向を反映していると考えてよいだろう。

最後にトウモロコシの価格をみると、scenario1 では2030年でトン当たり134.4ドルにまで上昇するが、灌漑地の拡大を見込む scenario2 では2010年で99.2ドルまで上昇した価格が2030年には85.0ドルにまで低下する。逆に scenario3 では2028年まで価格上昇が続くと考えられる。

ここで長期予測の先行研究である Rosegrant et al.(2002)および von Lampe(1999), 大賀(1998)の価格予測の結果と資源制約パイロットモデルによる予測結果を比較検討し、我々の予測の相対的な位置づけを行なっておきたい<sup>(1)</sup>。

第15表に各研究の価格予測の結果をまとめた。ここで挙げた既往の3研究はいずれも我々の研究に比べてより多くの農産物を対象にしたモデルを用いたものであるが、ここでは、米、小麦、トウモロコシの3品目だけを対象とする。

まず我々の研究における2025年の価格予測値を Rosegrant et al. (2002)のそれと比較してみよう。両者のベースラインに相当する scenario1 と business-as-usual の予測値について検討すると、米では255ドル/トンと307ドル/トン、小麦では173ドル/トンと205ドル/トン、トウモロコシでは136ドル/トンと187ドル/トンとなっており、3品目いずれの場合にも、我々の価格予測値のほうが低いことがわかる。

さらに我々のシミュレーションでは最も厳しい資源制約を課したシナリオとなっている scenario3 の場合（2025年の予測価格は、米で278ドル/トン、小麦で198ドル/トン、トウモ

第14表 実質国際価格予測値 (USD/トン)

年	Scenario1			Scenario2			Scenario3		
	米	小麦	トウモロコシ	米	小麦	トウモロコシ	米	小麦	トウモロコシ
2000	242.7	116.3	93.8	241.6	115.7	92.9	243.1	116.6	94.0
2001	249.7	117.8	94.7	246.7	116.1	92.5	251.0	118.7	95.4
2002	251.4	124.4	99.0	246.1	121.0	95.1	253.7	126.1	100.3
2003	254.8	128.8	102.4	246.9	123.6	96.5	258.2	131.4	104.2
2004	258.0	132.6	105.2	247.2	125.5	97.5	262.6	136.1	107.7
2005	260.7	136.1	107.8	247.2	127.1	98.1	266.6	140.6	111.0
2006	262.8	139.3	110.1	246.5	128.4	98.6	269.9	144.8	114.0
2007	264.5	142.3	112.3	245.5	129.4	98.8	272.8	148.8	116.8
2008	265.9	145.2	114.5	244.3	130.4	99.0	275.4	152.7	119.6
2009	267.2	148.0	116.5	243.0	131.3	99.2	277.9	156.5	122.4
2010	268.4	150.8	118.6	241.7	132.1	99.2	280.1	160.4	125.1
2011	269.1	153.3	120.4	240.0	132.7	99.2	281.9	163.9	127.6
2012	269.4	155.6	122.2	238.1	133.1	99.0	283.3	167.3	130.0
2013	269.7	157.9	123.9	236.1	133.5	98.8	284.6	170.7	132.3
2014	269.8	160.1	125.5	234.0	133.9	98.6	285.7	174.0	134.6
2015	269.8	162.3	127.1	232.0	134.2	98.3	286.6	177.3	136.8
2016	269.2	164.0	128.4	229.6	134.2	97.8	287.0	180.1	138.7
2017	268.4	165.6	129.7	227.0	134.1	97.3	287.0	182.7	140.5
2018	267.4	167.2	130.8	224.4	134.0	96.7	286.8	185.3	142.2
2019	266.3	168.6	131.9	221.7	133.8	96.1	286.5	187.8	143.8
2020	265.2	170.0	132.9	219.1	133.6	95.5	286.1	190.2	145.4
2021	263.5	170.9	133.6	216.2	133.1	94.7	285.1	192.1	146.5
2022	261.6	171.6	134.2	213.2	132.5	93.8	283.7	193.7	147.5
2023	259.5	172.3	134.6	210.1	131.9	92.8	282.2	195.3	148.4
2024	257.4	172.9	135.1	207.1	131.2	91.9	280.6	196.8	149.3
2025	255.2	173.4	135.5	204.1	130.5	91.0	278.9	198.3	150.1
2026	252.6	173.3	135.4	200.9	129.6	89.8	276.6	199.0	150.3
2027	249.7	173.1	135.2	197.5	128.5	88.6	274.0	199.5	150.4
2028	246.6	172.8	135.0	194.2	127.4	87.4	271.3	200.0	150.5
2029	243.6	172.5	134.8	191.0	126.4	86.2	268.5	200.4	150.5
2030	240.5	172.1	134.4	187.8	125.3	85.0	265.7	200.7	150.4

資料: シミュレーション結果。

注: 四角形で囲まれた数値は各シナリオ中の品目別最高予想価格。

第15表 需給モデルを用いた長期の国際価格予測の比較(実質、USD/トン)

	基準年	基準年の価格水準	予測価格		
			2020年	2025年	2030年
<b>米</b>					
資源制約パイロットモデル scenario1	1999年	231	265	255	241
資源制約パイロットモデル scenario2	1999年	231	219	204	188
資源制約パイロットモデル scenario3	1999年	231	286	278	266
Rosegrant et al. (2002) business-as-usual	1995年	396	—	307	—
Rosegrant et al. (2002) water crisis	1995年	396	—	552	—
Rosegrant et al. (2002) sustainable water use	1995年	396	—	299	—
von Lampe (1999) baseline	1994年	326	248	—	—
大賀(1998) 基準となるシナリオ	1992年	290	319	—	—
<b>小麦</b>					
資源制約パイロットモデル scenario1	1999年	108	170	173	172
資源制約パイロットモデル scenario2	1999年	108	134	131	125
資源制約パイロットモデル scenario3	1999年	108	190	198	201
Rosegrant et al. (2002) business-as-usual	1995年	229	—	205	—
Rosegrant et al. (2002) water crisis	1995年	229	—	415	—
Rosegrant et al. (2002) sustainable water use	1995年	229	—	191	—
von Lampe (1999) baseline	1994年	173	116	—	—
大賀(1998) 基準となるシナリオ	1992年	170	184	—	—
<b>トウモロコシ</b>					
資源制約パイロットモデル scenario1	1999年	88	133	136	134
資源制約パイロットモデル scenario2	1999年	88	96	91	85
資源制約パイロットモデル scenario3	1999年	88	145	150	150
Rosegrant et al. (2002) business-as-usual	1995年	185	—	187	—
Rosegrant et al. (2002) water crisis	1995年	185	—	402	—
Rosegrant et al. (2002) sustainable water use	1995年	185	—	176	—
von Lampe (1999) baseline	1994年	123	95	—	—
大賀(1998) 基準となるシナリオ	1992年	115	137	—	—

資料: 前出第14表、第2図、大賀(1998)表4.5、Rosegrant et al. (2002) Table5.14、von Lampe (1999) Figure4-1。

注: ここでは基準年の価格水準が異なる各予測を比較するため、指数による予測値は、すべて実質価格に換算して表に示した。Rosegrant et al. (2002)では各品目の価格水準が示されているが、ここでは比較のため、基準年の価格には第2図で示されている実質価格の数値を適用した(元データはIMFのInternational Financial Statistics (IFS)の価格データを米国の消費者物価指数で実質化したもの)。そして予測結果から目標年における変化率を計算し、基準年における価格に乗じて目標年の価格を計算した。von Lampe(1999)では1994~2005年および2006年~2020年の期間の変化率(年率)が、図で示されているのみなので、米については、それぞれ期間で-1.1%および-1.0%、小麦については-1.1%および-1.8%、トウモロコシについてはいずれも-1.0%で変化するものとし、1994年の基準価格には同様にIFSの価格データを適用して計算した。また、大賀(1998)では、予測価格は指数で示されているのみであるため、同様にIFSの価格データを、予測された指数に乗じて、各価格を計算した。

ロコシで150ドル/トン)ですら、Rosegrant et al. (2002)の business-as-usual の予測値を下回っている。つまり我々の予測は、Rosegrant et al.(2002) に比べて、国際穀物市場における需給緩和を予測するものであり、わが国にとっての海外からの穀物の入手可能性という意味では、楽観的な展望を示すものである。

次に2020年の国際価格の予測値について、我々の scenario 1 の予測値を von Lampe(1999)の予測値と比較すると、scenario1 は、いずれの場合も高くなっていることがわかる(米では265ドル/トンと248ドル/トンであり、小麦では170ドル/トンと116ドル/トン、トウモロコシでは133ドル/トンと95ドル/トン)。また資源制約に関して楽観的な想定をおいた scenario2 の予測値と von Lampe(1999)の予測値を比較しても、小麦とトウモロコシの場合には von Lampe (1999)の予測値を上回っている(小麦で134ドル/トンと116ドル/トン、トウモロコシで96ドル/トンと95ドル/トン)。つまり我々の予測は von Lampe(1999)の予測に比べると、国際穀物需給のひっ迫化を予測するものになっている。

最後に大賀(1998)の2020年の予測値と我々の scenario1 の予測値を比較すると、両者は比較的近いこと示されている。米の国際価格の予測値については我々のものがトン当たり54ドル低いものの(265ドル/トンと319ドル/トン)、小麦(170ドル/トンと184ドル/トン)とトウモロコシ(133ドル/トンと137ドル/トン)の場合には、かなり近い水準にある。

ここで見たように、我々の中立的シナリオである scenario 1 で示される国際穀物需給の展望は、価格水準に関する限り、ここで挙げた3つの既往研究による長期予測と比較して、ほぼ中間的な見方をもつものと理解される<sup>(2)</sup>。

なお、既往の研究では、かなり「大胆」なシミュレーションも行なわれている。たとえば、大賀(1998)は、基準となるシナリオに比べて穀物価格が約4倍に上昇するという生産制約シナリオを提示している(大賀(1998)、表4.7)。また Rosegrant et al.(2002)も彼らの water crisis シナリオで、基準となる business-as-usual シナリオに比べて2倍以上の価格上昇(小麦とトウモロコシのケース)を予測している。それらと比較すると、本稿で示した悲観シナリオである scenario3 は、価格への影響の比較的小さい、「おとなしい」シミュレーションである。これは、我々のシナリオ分析が、総耕地面積や灌漑地面積といった極端な変動の想定しがたい生産要素を操作対象にしているためである。

## 2) 生産量

各国の生産量の予測結果を、各シナリオ別に2000年、2010年、2020年、2030年の4時点について示した第16表によると、ASEAN、カナダ、EU、旧ソ連、インド、日本、アメリカでは scenario1 に比べて scenario3 の生産量は、3品目とも少なくなっている。これらの国では、耕地、灌漑地という生産資源の減少傾向が今後の穀物供給を抑制していくと考えられる。

たとえば、ASEANの米についてみると scenario1 では2030年において1億2200万トンの生産量が scenario2 では1億4000万トンへとさらに増加している。一方、scenario3 では9900

第16表 生産量予測結果(千トン)

国・地域	年	米				小麦				トウモロコシ			
		2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030
世界全体	scenario1	390,728	453,780	488,353	539,248	573,406	691,099	718,985	782,027	593,967	719,144	794,469	895,869
	scenario2	392,093	468,179	516,413	580,620	574,825	703,086	737,733	807,107	597,517	748,525	853,529	994,313
	scenario3	390,169	448,306	478,151	524,208	572,511	683,668	706,100	761,899	592,989	711,947	785,535	884,658
アルゼンチン	scenario1	640	748	781	890	15,066	17,638	20,016	23,271	16,590	21,714	27,670	33,220
	scenario2	640	751	789	908	15,066	17,230	19,139	21,968	16,591	20,477	24,555	28,022
	scenario3	640	748	782	891	15,066	17,898	20,605	24,259	16,590	22,105	28,449	34,372
ASEAN	scenario1	90,731	104,986	111,869	122,281	100	109	118	129	16,980	21,338	25,404	30,361
	scenario2	91,322	111,248	123,892	140,003	100	108	115	122	16,895	19,409	20,415	20,486
	scenario3	90,075	97,323	96,774	98,611	100	106	110	117	16,793	19,046	20,395	21,892
オーストラリア	scenario1	886	873	948	1,053	21,925	30,188	28,898	31,727	289	394	411	460
	scenario2	905	1,107	1,489	2,049	22,254	35,037	38,348	48,290	290	396	413	463
	scenario3	886	878	958	1,068	21,929	30,454	29,380	32,474	289	397	416	466
カナダ	scenario1	0	0	0	0	25,091	27,003	24,363	26,716	7,679	8,238	9,394	10,486
	scenario2	0	0	0	0	25,084	26,779	23,985	26,171	7,677	8,103	9,065	9,915
	scenario3	0	0	0	0	25,065	26,809	24,044	26,198	7,671	8,127	9,113	9,996
中国	scenario1	130,719	152,411	154,317	165,390	107,072	130,872	132,592	145,520	119,489	146,989	171,773	204,272
	scenario2	130,814	153,046	154,941	164,903	107,538	135,499	140,881	158,024	120,485	159,169	198,446	249,867
	scenario3	130,741	152,815	155,241	166,774	107,100	132,003	134,785	148,980	119,539	148,026	173,882	207,758
ヨーロッパ連合	scenario1	1,459	1,585	1,831	1,903	96,380	114,021	105,521	108,835	37,071	42,516	40,294	42,539
	scenario2	1,470	1,682	2,044	2,251	96,478	113,712	104,746	107,756	37,091	41,759	38,576	39,520
	scenario3	1,451	1,516	1,679	1,671	95,964	110,130	99,086	99,235	36,944	41,005	37,406	37,979
旧ソ連	scenario1	931	946	1,029	1,077	61,193	85,547	104,643	112,514	5,936	5,162	7,173	8,302
	scenario2	926	890	917	911	61,061	81,352	94,999	98,342	5,902	4,743	6,075	6,480
	scenario3	926	887	910	898	61,048	84,569	102,418	108,813	5,901	4,841	6,315	6,855
インド	scenario1	85,160	96,265	112,986	129,019	75,963	91,488	101,755	117,393	11,892	13,364	15,271	17,293
	scenario2	85,379	98,613	116,688	131,332	76,264	93,512	102,775	111,973	11,904	13,187	14,724	16,142
	scenario3	85,096	95,320	110,870	125,440	75,848	90,427	99,513	113,536	11,887	13,385	15,277	17,260
日本	scenario1	9,080	9,514	9,599	9,625	627	693	783	869	1	1	1	1
	scenario2	9,013	8,550	7,821	7,147	621	608	608	601	1	1	1	1
	scenario3	9,014	8,796	8,256	7,687	620	628	648	655	1	1	1	1
アメリカ	scenario1	6,557	7,177	8,378	9,155	59,490	76,012	76,895	85,565	243,828	297,792	300,140	325,862
	scenario2	6,588	7,412	8,903	10,055	59,606	76,119	77,021	86,238	245,241	309,865	322,471	362,414
	scenario3	6,522	6,818	7,592	7,899	59,095	71,613	68,755	72,495	242,305	279,662	265,424	270,989
その他世界	scenario1	64,564	79,275	86,616	98,854	110,499	117,527	123,401	129,490	134,211	161,637	196,937	223,073
	scenario2	65,035	84,880	98,930	121,061	110,753	123,131	135,116	147,621	135,441	171,416	218,789	261,004
	scenario3	64,818	83,205	95,087	113,269	110,676	119,031	126,755	135,137	135,069	175,351	228,858	277,091

資料: シミュレーション結果。

第17表 単収予測結果(トン/ha)

国・地域	年	米				小麦				トウモロコシ			
		2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030
世界全体	scenario1	2.6	3.0	3.3	3.8	2.7	3.2	3.2	3.4	4.3	5.1	5.3	5.9
	scenario2	2.6	3.0	3.3	3.7	2.7	3.2	3.1	3.4	4.3	5.1	5.3	5.9
	scenario3	2.6	3.0	3.4	3.8	2.7	3.1	3.1	3.4	4.2	5.0	5.1	5.5
アルゼンチン	scenario1	3.6	4.1	4.8	5.8	2.5	2.8	3.0	3.5	5.5	6.9	7.9	9.5
	scenario2	3.6	4.1	4.8	5.8	2.5	2.8	3.0	3.5	5.5	6.9	7.9	9.5
	scenario3	3.6	4.1	4.8	5.8	2.5	2.8	3.0	3.5	5.5	6.9	7.9	9.5
ASEAN	scenario1	2.2	2.5	2.7	2.9	1.1	1.2	1.3	1.4	2.2	2.7	3.1	3.6
	scenario2	2.2	2.5	2.7	2.9	1.1	1.2	1.3	1.4	2.2	2.7	3.1	3.6
	scenario3	2.2	2.5	2.7	2.9	1.1	1.2	1.3	1.4	2.2	2.7	3.1	3.6
オーストラリア	scenario1	6.8	6.6	7.2	8.0	1.8	2.5	2.3	2.5	4.7	6.4	6.3	7.0
	scenario2	6.8	6.6	7.2	8.0	1.8	2.5	2.3	2.5	4.7	6.4	6.3	7.0
	scenario3	6.8	6.6	7.2	8.0	1.8	2.5	2.3	2.5	4.7	6.4	6.3	7.0
カナダ	scenario1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	2.6	2.3	2.5	6.6	7.2	8.2	9.2
	scenario2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	2.6	2.3	2.5	6.6	7.2	8.2	9.2
	scenario3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	2.6	2.3	2.5	6.6	7.2	8.2	9.2
中国	scenario1	4.4	5.0	5.4	6.0	3.7	4.5	4.4	4.8	4.6	5.6	6.4	7.6
	scenario2	4.4	5.0	5.4	6.0	3.7	4.5	4.4	4.8	4.6	5.6	6.4	7.6
	scenario3	4.4	5.0	5.4	6.0	3.7	4.5	4.4	4.8	4.6	5.6	6.4	7.6
ヨーロッパ連合	scenario1	3.9	4.0	4.7	5.1	5.9	6.6	5.8	6.0	8.9	10.4	9.4	9.9
	scenario2	3.9	4.0	4.7	5.1	5.9	6.6	5.8	6.0	8.9	10.4	9.4	9.9
	scenario3	3.9	4.0	4.7	5.1	5.9	6.6	5.8	6.0	8.9	10.4	9.4	9.9
旧ソ連	scenario1	2.1	2.1	2.5	2.7	1.5	2.0	2.3	2.4	2.6	2.3	3.1	3.6
	scenario2	2.1	2.1	2.5	2.7	1.5	2.0	2.3	2.4	2.6	2.3	3.1	3.6
	scenario3	2.1	2.1	2.5	2.7	1.5	2.0	2.3	2.4	2.6	2.3	3.1	3.6
インド	scenario1	1.9	2.2	2.6	3.0	2.8	3.3	3.5	4.1	1.8	2.1	2.2	2.5
	scenario2	1.9	2.2	2.6	3.0	2.8	3.3	3.5	4.1	1.8	2.1	2.2	2.5
	scenario3	1.9	2.2	2.6	3.0	2.8	3.3	3.5	4.1	1.8	2.1	2.2	2.5
日本	scenario1	4.9	4.9	5.0	5.1	3.8	4.0	4.2	4.6	1.0	0.7	1.2	1.4
	scenario2	4.9	4.9	5.0	5.1	3.8	4.0	4.2	4.6	1.0	0.7	1.2	1.4
	scenario3	4.9	4.9	5.0	5.1	3.8	4.0	4.2	4.6	1.0	0.7	1.2	1.4
アメリカ	scenario1	4.8	5.1	6.0	6.7	2.8	3.4	3.3	3.6	8.6	10.4	10.1	10.9
	scenario2	4.8	5.1	6.0	6.7	2.8	3.4	3.3	3.6	8.6	10.4	10.1	10.9
	scenario3	4.8	5.1	6.0	6.7	2.8	3.4	3.3	3.6	8.6	10.4	10.1	10.9
その他世界	scenario1	2.2	2.6	3.1	3.7	2.1	2.3	2.4	2.5	2.2	2.6	2.9	3.3
	scenario2	2.2	2.6	3.1	3.7	2.1	2.3	2.4	2.5	2.2	2.6	2.9	3.3
	scenario3	2.2	2.6	3.1	3.7	2.1	2.3	2.4	2.5	2.2	2.6	2.9	3.3

資料:シミュレーション結果。

第18表 収穫面積予測結果(千ha)

国・地域	年	米				小麦				トウモロコシ			
		2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030
世界全体	scenario1	149,028	152,831	145,924	142,647	214,753	218,878	228,045	229,956	139,552	141,108	149,726	151,184
	scenario2	149,642	158,623	155,742	155,116	215,250	222,523	234,424	238,739	140,443	146,898	160,675	167,474
	scenario3	148,788	150,629	141,881	136,881	214,484	217,205	224,982	225,618	139,655	143,678	155,328	159,954
アルゼンチン	scenario1	176	183	162	154	5,948	6,251	6,667	6,706	3,035	3,165	3,485	3,510
	scenario2	176	184	163	157	5,949	6,106	6,375	6,330	3,036	2,985	3,092	2,961
	scenario3	176	183	162	154	5,948	6,343	6,864	6,990	3,035	3,223	3,583	3,632
ASEAN	scenario1	41,497	42,432	41,960	41,481	90	90	90	90	7,654	7,772	8,242	8,323
	scenario2	41,767	44,963	46,470	47,492	90	89	88	85	7,615	7,069	6,624	5,616
	scenario3	41,197	39,335	36,298	33,451	90	87	84	82	7,569	6,937	6,617	6,001
オーストラリア	scenario1	131	133	132	131	11,995	12,263	12,671	12,707	61	62	65	65
	scenario2	134	168	208	256	12,175	14,233	16,815	19,340	61	62	65	66
	scenario3	131	133	134	133	11,997	12,371	12,883	13,006	61	62	66	66
カナダ	scenario1	0	0	0	0	10,261	10,412	10,593	10,609	1,159	1,140	1,142	1,142
	scenario2	0	0	0	0	10,259	10,325	10,428	10,393	1,158	1,121	1,102	1,080
	scenario3	0	0	0	0	10,251	10,337	10,454	10,404	1,157	1,125	1,108	1,089
中国	scenario1	29,776	30,639	28,534	27,658	28,638	29,100	30,095	30,258	25,989	26,046	26,641	26,767
	scenario2	29,797	30,766	28,650	27,577	28,762	30,128	31,976	32,859	26,206	28,205	30,778	32,741
	scenario3	29,781	30,720	28,705	27,889	28,645	29,351	30,593	30,978	26,000	26,230	26,968	27,223
ヨーロッパ連合	scenario1	371	394	387	377	16,352	17,180	18,087	18,177	4,154	4,088	4,268	4,317
	scenario2	374	418	432	445	16,369	17,134	17,954	17,997	4,157	4,016	4,086	4,010
	scenario3	369	376	355	331	16,282	16,594	16,984	16,574	4,140	3,943	3,962	3,854
旧ソ連	scenario1	438	454	417	401	41,023	43,031	45,949	46,213	2,290	2,266	2,315	2,322
	scenario2	436	427	371	339	40,935	40,920	41,714	40,393	2,277	2,082	1,960	1,812
	scenario3	436	426	369	334	40,926	42,539	44,972	44,693	2,277	2,125	2,038	1,917
インド	scenario1	44,512	44,693	43,092	42,526	27,340	27,663	28,698	28,925	6,464	6,505	6,840	6,909
	scenario2	44,626	45,783	44,504	43,288	27,448	28,275	28,986	27,590	6,471	6,419	6,595	6,449
	scenario3	44,479	44,254	42,285	41,346	27,298	27,342	28,066	27,975	6,462	6,516	6,843	6,895
日本	scenario1	1,861	1,934	1,913	1,880	167	172	186	188	1	1	1	1
	scenario2	1,847	1,738	1,559	1,396	165	151	144	130	1	1	1	1
	scenario3	1,848	1,788	1,645	1,502	165	156	153	142	1	1	1	1
アメリカ	scenario1	1,358	1,413	1,397	1,372	21,053	22,102	23,433	23,559	28,382	28,734	29,748	29,824
	scenario2	1,364	1,459	1,484	1,507	21,094	22,133	23,472	23,744	28,547	29,899	31,962	33,169
	scenario3	1,350	1,342	1,266	1,184	20,913	20,823	20,953	19,960	28,205	26,985	26,307	24,802
その他世界	scenario1	28,909	30,556	27,930	26,668	51,885	50,615	51,576	52,524	60,362	61,328	66,978	68,005
	scenario2	29,120	32,716	31,901	32,659	52,004	53,028	56,472	59,878	60,915	65,038	74,410	79,569
	scenario3	29,023	32,071	30,662	30,557	51,968	51,263	52,978	54,814	60,747	66,531	77,835	84,473

資料: シミュレーション結果。

万トンと 2000 年の 9000 万トンから 30 年で約 1 割しか増加しないと見込まれる。ASEAN では総耕地の減少傾向と灌漑地の増加傾向が顕著であり、この傾向をどのように見込むかで、将来の穀物生産の予測が大きな影響を受けることを示している。

一方、中国、アルゼンチン、オーストラリアおよびその他世界では、3 品目とも、scenario3 の生産量が scenario1 の生産量を上回っている。これらの地域では、耕地や灌漑地拡大の停滞、あるいは縮小という農業生産に対する制約よりも、国際価格の高値によって生産が刺激される効果の大きいことが予想されているのである。

なお、第 17 表に外生的に与えた単収のトレンド予測値を、また第 18 表に収穫面積の予測結果をそれぞれ示した。

### 3) 消費量

各シナリオにおける各国・地域の消費量は、各シナリオでの予測価格に影響を受けて、それぞれ異なった数値を示す（第 19 表）。基本的に、高めの国際価格を予想する scenario3 で消費量は最も少なく、もっとも低い国際価格を予想する scenario2 で消費量は最も大きくなる。

米の場合 2030 年における世界全体の消費量は、scenario1 で 5 億 3 千 700 万トンであるのに対し、scenario 2 では 5 億 7 千 600 万トンと、scenario1 に比べて約 7% 拡大すると予測される。一方、scenario3 では 5 億 2 千 200 万トンと、消費量は約 3% 減少する。

小麦では 2030 年における世界全体の消費量は、scenario1 で 7 億 8 千 200 万トンであるのに対し、scenario 2 では 8 億 600 万トンと scenario1 に比べて約 3% 拡大し、scenario3 では逆に 7 億 6 千万トンと約 3% 縮小する。

同様に 2030 年におけるトウモロコシの世界全体の消費量を見ると、scenario1 で 8 億 9 千 600 万トンとなる一方で、scenario 2 では、scenario1 に比べて 9 億 9 千万トンと約 11% 拡大する。一方、scenario3 では 8 億 8 千 500 万トンと約 1% 制限されると予測される。

次に scenario2 での消費拡大と scenario3 での消費縮小という傾向を各国別に検討する。どちらの場合にも、世界全体での変化を上回る比率で、消費量の変動するのは、米では ASEAN およびインド、その他世界である。また小麦ではアルゼンチンおよび ASEAN、その他世界である。そしてトウモロコシではアルゼンチンおよび ASEAN、インド、その他世界である。以上、需要の価格弾力性値の大きい国・地域でシナリオ間での消費量の違いが顕著となっていることがわかる。

1 人当たり消費量については、極端な変化は予測されていない。scenario1 の世界全体の 1 人当たり米消費量は、2000 年の 66kg から 2030 年には 65kg とわずかに減少している。同じく、小麦も 98kg から 95kg と微減している。一方トウモロコシは 101kg から 108kg とやや増加すると予測されている（第 20 表）。

各国別に見て注目されるのは、まず中国の 1 人当たり米消費量が、2000 年の 106kg から、2030 年には 82kg へと大幅に減少すると予測されている点である。中国の場合、小麦やトウモ

第19表 消費量予測結果(千トン)

国・地域	年	米				小麦				トウモロコシ			
		2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030
世界全体	scenario1	400,696	455,233	487,559	536,615	596,481	691,391	719,954	781,769	612,229	719,114	795,500	895,578
	scenario2	401,160	467,932	513,553	575,565	596,682	700,789	737,482	805,585	613,535	744,395	852,144	990,832
	scenario3	400,512	450,295	477,909	522,298	596,243	684,934	707,387	762,040	611,940	712,954	786,781	884,608
アルゼンチン	scenario1	231	252	314	366	4,908	5,328	5,543	5,956	5,483	6,037	5,922	6,205
	scenario2	231	256	323	379	4,912	5,457	5,790	6,295	5,502	6,407	6,645	7,294
	scenario3	231	251	312	363	4,905	5,252	5,399	5,739	5,478	5,933	5,778	6,028
ASEAN	scenario1	85,345	96,889	106,464	119,383	9,190	12,351	10,814	12,176	21,696	27,399	29,542	34,576
	scenario2	85,483	100,605	113,924	130,330	9,191	12,696	11,354	12,902	21,784	29,247	33,566	41,437
	scenario3	85,288	95,424	103,671	115,314	9,179	12,037	10,280	11,302	21,675	26,906	28,828	33,611
オーストラリア	scenario1	348	388	482	557	5,222	5,440	6,301	6,801	352	371	363	356
	scenario2	348	393	493	574	5,224	5,498	6,426	6,975	353	384	389	395
	scenario3	348	386	479	553	5,221	5,402	6,221	6,678	352	370	363	358
カナダ	scenario1	252	275	325	366	7,549	7,744	8,716	9,362	8,872	9,567	9,812	10,122
	scenario2	253	279	333	377	7,554	7,894	9,029	9,805	8,884	9,750	10,184	10,679
	scenario3	252	274	322	363	7,545	7,666	8,560	9,132	8,870	9,529	9,768	10,082
中国	scenario1	134,694	145,953	131,558	121,341	117,571	137,562	151,056	161,059	119,872	140,213	164,581	182,198
	scenario2	134,760	147,627	134,282	124,605	117,611	138,832	153,641	164,673	120,008	143,023	170,991	192,155
	scenario3	134,667	145,287	130,512	120,088	117,545	136,890	149,730	159,099	119,833	139,330	163,046	180,113
ヨーロッパ連合	scenario1	2,114	2,109	2,457	2,611	86,275	87,511	86,593	86,742	38,371	41,360	40,905	41,144
	scenario2	2,115	2,131	2,498	2,663	86,326	89,016	89,330	90,298	38,432	42,215	42,641	43,758
	scenario3	2,114	2,101	2,440	2,588	86,239	86,684	85,101	84,666	38,363	41,252	40,883	41,227
旧ソ連	scenario1	1,317	1,404	1,525	1,624	67,100	67,172	68,035	68,172	6,506	6,322	7,617	7,873
	scenario2	1,317	1,420	1,555	1,666	67,136	68,087	69,764	70,467	6,506	6,322	7,617	7,873
	scenario3	1,316	1,399	1,515	1,612	67,079	66,720	67,226	67,061	6,506	6,322	7,617	7,873
インド	scenario1	83,419	100,914	109,450	124,164	70,478	92,849	91,535	102,030	11,389	13,553	13,110	13,901
	scenario2	83,536	104,280	116,055	133,890	70,510	94,088	93,850	105,455	11,436	14,490	14,951	16,759
	scenario3	83,373	99,612	106,991	120,566	70,451	92,091	90,181	99,887	11,377	13,307	12,796	13,520
日本	scenario1	9,411	9,391	9,393	9,137	5,890	5,936	5,554	5,276	16,482	17,384	17,456	17,193
	scenario2	9,413	9,441	9,482	9,248	5,889	5,952	5,578	5,296	16,495	17,532	17,773	17,684
	scenario3	9,410	9,374	9,364	9,103	5,889	5,907	5,499	5,196	16,481	17,402	17,536	17,335
アメリカ	scenario1	3,888	4,252	5,109	5,819	35,283	36,411	42,794	46,491	194,125	214,488	223,417	237,151
	scenario2	3,890	4,297	5,201	5,949	35,294	36,699	43,421	47,383	194,403	219,213	233,231	252,227
	scenario3	3,888	4,238	5,078	5,777	35,276	36,256	42,465	45,996	194,066	213,381	222,047	235,651
その他世界	scenario1	79,677	93,406	120,483	151,246	187,017	233,088	243,012	277,705	189,082	242,419	282,776	344,861
	scenario2	79,815	97,202	129,406	165,883	187,034	236,570	249,299	286,036	189,733	255,812	314,158	400,571
	scenario3	79,624	91,948	117,225	145,972	186,914	230,028	236,726	267,285	188,939	239,221	278,120	338,811

資料:シミュレーション結果。

第20表 1人当たり消費量予測結果(kg/年)

国・地域	年	米				小麦				トウモロコシ			
		2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030
世界全体	scenario1	66	67	64	65	98	101	95	95	101	105	105	108
	scenario2	66	69	68	70	99	103	97	97	101	109	112	120
	scenario3	66	66	63	63	98	100	93	92	101	104	104	107
アルゼンチン	scenario1	6	6	7	7	133	128	122	122	148	146	131	127
	scenario2	6	6	7	8	133	132	128	129	149	154	147	149
	scenario3	6	6	7	7	132	127	119	117	148	143	127	123
ASEAN	scenario1	164	163	161	166	18	21	16	17	42	46	45	48
	scenario2	164	170	173	181	18	21	17	18	42	49	51	58
	scenario3	164	161	157	160	18	20	16	16	42	45	44	47
オーストラリア	scenario1	18	18	21	23	273	259	277	281	18	18	16	15
	scenario2	18	19	22	24	273	261	283	288	18	18	17	16
	scenario3	18	18	21	23	273	257	273	276	18	18	16	15
カナダ	scenario1	8	8	9	10	245	233	245	248	288	288	276	269
	scenario2	8	8	9	10	246	238	254	260	289	294	286	283
	scenario3	8	8	9	10	245	231	240	242	288	287	274	267
中国	scenario1	106	107	91	82	92	101	104	108	94	103	114	123
	scenario2	106	108	93	84	92	102	106	111	94	105	118	129
	scenario3	106	106	90	81	92	100	104	107	94	102	113	121
ヨーロッパ連合	scenario1	6	6	7	7	229	232	231	236	102	109	109	112
	scenario2	6	6	7	7	229	236	239	246	102	112	114	119
	scenario3	6	6	7	7	229	229	227	231	102	109	109	112
旧ソ連	scenario1	5	5	5	6	231	238	245	253	22	22	27	29
	scenario2	5	5	6	6	231	241	251	261	22	22	27	29
	scenario3	5	5	5	6	231	236	242	249	22	22	27	29
インド	scenario1	83	87	85	88	70	80	71	72	11	12	10	10
	scenario2	83	90	90	95	70	81	73	75	11	12	12	12
	scenario3	83	86	83	86	70	79	70	71	11	11	10	10
日本	scenario1	74	73	75	75	46	46	44	43	130	136	139	142
	scenario2	74	74	75	76	46	46	44	44	130	137	141	146
	scenario3	74	73	74	75	46	46	44	43	130	136	139	143
アメリカ	scenario1	14	14	15	16	125	118	128	130	685	695	669	662
	scenario2	14	14	16	17	125	119	130	132	686	710	698	704
	scenario3	14	14	15	16	125	118	127	128	685	692	664	657
その他世界	scenario1	38	37	41	44	90	93	82	81	91	97	95	101
	scenario2	38	39	44	48	90	94	84	83	91	102	106	117
	scenario3	38	37	40	43	90	92	80	78	91	95	94	99

資料:シミュレーション結果。

ロコシの1人当たり消費量は、逆に増加すると見込まれている。

また、比較的变化の大きい、その他世界の1人当たり消費量について見ると、米は2000年の38kgから2030年の44kgへ、トウモロコシは同じく91kgから101kgへと、それぞれ増加すると予測されている。しかし、小麦の1人当たり消費量は、90kgから81kgに減少すると見込まれている。これは、モンスーンアジア以外の地域においても、米食の人気の高まっていることを反映しているものと考えられる。

#### 4) 貿易量

次に生産量と消費量（在庫変動を含む）とのギャップで表される純輸出量により各国・地域の貿易量の予測値について検討する（第21表）。

米の場合では、特に灌漑地の減少の影響から、scenario3においてASEANが米の純輸入地域になると予想されていることが注目される。一方、中国ではいずれのシナリオでも供給が需要を上回って拡大し、大幅な供給過剰が見込まれているが、scenario2では低価格が生産を抑制し、純輸出量が小さくなっている。またインドは2030年においてscenario2では輸入地域になっているが、scenario3では高価格に対応して供給が顕著に増加し、輸出地域に転じていることが注目される。その他世界では価格の上昇が需要を抑制し、輸入量がscenario3において、最も少なくなっている。

小麦では、3つのシナリオの間で貿易量の変化が大きいのは、オーストラリア、旧ソ連、インドなどである。オーストラリアは灌漑面積の増加が見込まれるscenario2で純輸出量が大きく拡大する。一方、旧ソ連やインドでは、低価格による消費量の拡大と生産量の減少が影響して、scenario2の純輸出量の減少が顕著である。

最後にトウモロコシでは、scenario3で貿易量の拡大が世界全体で大きく制限されていることが注目される。この動向を規定しているのはアメリカと中国での純輸出量がscenario3で大幅に制限されていることである。これはscenario3ではこの両国の灌漑面積の減少が想定されており、加えて、トウモロコシの収穫面積に対する灌漑面積の弾力性値として、高い値（それぞれ0.951と0.800、前出第7表参照）を与えているためである。

注（1）ここでは、比較対象とした各予測の基準年の価格水準が異なっていることに注意する必要がある（第15表の注を参照されたい）。既に指摘したように穀物の国際価格は1990年代の前半から半ばにかけて上昇した後、長期に低迷している。ここで対象とした3研究はいずれも、本稿に比べて、比較的穀物価格の高かった時期に基準年を置いている。

注（2）本稿では価格変化の傾向に関する比較は行なわないが、予測結果が一般に与える悲観的あるいは楽観的といった印象は、この「傾向」に多分に左右されていることを指摘しておきたい。予測価格の推移の傾向に注目すると、Rosegrant et al.(2002)は米と小麦の価格で将来の

第21表 純輸出量予測結果(千トン)

国・地域	年	米				小麦				トウモロコシ			
		2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030	2000	2010	2020	2030
世界全体	scenario1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	scenario2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	scenario3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
アルゼンチン	scenario1	422	498	466	521	10,224	12,312	14,476	17,314	11,149	15,677	21,751	27,014
	scenario2	421	494	463	523	10,217	11,764	13,348	15,668	11,124	14,058	17,907	20,718
	scenario3	423	499	470	526	10,230	12,651	15,212	18,521	11,156	16,175	22,675	28,343
ASEAN	scenario1	6,394	8,217	5,339	2,682	-8,922	-12,239	-10,686	-12,050	-4,568	-6,061	-4,128	-4,217
	scenario2	6,770	10,623	9,732	9,256	-8,934	-12,611	-11,242	-12,795	-4,763	-9,880	-13,165	-20,986
	scenario3	5,826	2,062	-6,917	-16,859	-8,906	-11,919	-10,156	-11,184	-4,727	-7,849	-8,421	-11,720
オーストラリア	scenario1	544	486	466	494	17,094	24,755	22,620	24,920	-63	22	48	104
	scenario2	563	713	994	1,472	17,396	29,485	31,916	41,279	-62	12	24	68
	scenario3	545	493	479	514	17,113	25,081	23,190	25,800	-62	28	53	107
カナダ	scenario1	-252	-275	-325	-366	18,381	19,274	15,696	17,341	-1,051	-1,330	-407	361
	scenario2	-253	-279	-333	-377	18,313	18,770	14,943	16,291	-1,085	-1,686	-1,132	-798
	scenario3	-252	-274	-322	-363	18,388	19,206	15,549	17,073	-1,051	-1,392	-644	-86
中国	scenario1	2,266	7,468	22,208	42,220	1,186	-6,597	-18,157	-15,621	11,539	6,759	7,781	21,908
	scenario2	1,677	5,247	18,671	36,786	1,144	-4,065	-12,839	-7,134	11,059	13,783	26,662	55,720
	scenario3	2,570	8,911	24,562	45,359	1,491	-4,486	-14,538	-10,074	12,038	9,271	11,547	27,617
ヨーロッパ連合	scenario1	-582	-515	-631	-724	11,669	26,537	19,019	22,068	-933	1,155	-585	1,388
	scenario2	-577	-451	-471	-443	11,613	24,481	15,392	17,316	-1,026	-558	-4,099	-4,325
	scenario3	-587	-574	-762	-929	11,345	23,565	14,106	14,583	-1,036	-222	-3,446	-3,249
旧ソ連	scenario1	-357	-455	-498	-554	-5,300	18,386	36,643	44,333	-460	-1,161	-436	427
	scenario2	-364	-531	-645	-766	-5,509	13,181	25,226	27,820	-510	-1,609	-1,552	-1,419
	scenario3	-361	-507	-606	-719	-5,402	17,895	35,239	41,758	-490	-1,474	-1,292	-1,018
インド	scenario1	3,214	-4,473	3,440	4,537	6,903	-1,336	10,302	15,341	565	-189	2,165	3,390
	scenario2	3,204	-5,696	288	-3,168	7,077	-771	8,904	6,389	520	-1,320	-233	-631
	scenario3	3,243	-4,053	3,850	4,644	6,865	-1,556	9,442	13,661	575	83	2,487	3,740
日本	scenario1	-181	141	196	456	-5,119	-5,240	-4,763	-4,409	-16,375	-17,383	-17,447	-17,193
	scenario2	-262	-894	-1,696	-2,164	-5,134	-5,363	-4,972	-4,708	-16,404	-17,561	-17,782	-17,708
	scenario3	-241	-553	-1,111	-1,439	-5,119	-5,269	-4,840	-4,540	-16,370	-17,394	-17,526	-17,334
アメリカ	scenario1	2,740	2,933	3,265	3,320	27,008	39,650	34,264	39,031	53,704	83,296	77,002	88,633
	scenario2	2,764	3,113	3,685	4,077	26,929	39,035	33,558	38,600	54,268	89,538	88,867	109,247
	scenario3	2,708	2,591	2,512	2,110	26,719	35,570	26,506	26,523	52,415	66,553	43,715	35,324
その他世界	scenario1	-14,209	-14,024	-33,926	-52,586	-73,125	-115,501	-119,414	-148,267	-53,506	-80,785	-85,744	-121,815
	scenario2	-13,945	-12,340	-30,688	-45,196	-73,112	-113,906	-114,234	-138,724	-53,123	-84,776	-95,497	-139,887
	scenario3	-13,873	-8,596	-22,156	-32,845	-72,725	-110,739	-109,709	-132,120	-52,447	-63,778	-49,147	-61,724

資料:シミュレーション結果。

低下傾向、トウモロコシで微増傾向を予測している。一方、von Lampe (1999)は、3品目いずれの場合にも低下傾向を予測している。この両者に比べて基準年の国際価格が比較的低かった大賀(1998)の場合には、いずれの品目でも増加傾向で推移すると予測している。

## V 結論と今後の課題

本稿では、耕地および灌漑地という2つの資源の制約条件をモデルの中に明示した資源制約パイロットモデルを開発・利用して、国際穀物需給の長期予測を行なった。

このモデルを利用したシナリオ分析によると、2030年までの国際穀物価格は、現状からみて、ほぼ横ばいで推移すると予測された。また、21世紀前半に世界の各地で生じると予測される人口増加率の低下や人口減少の影響をうけて、2000年から2030年までの予測期間中の一定時点以降は、国際穀物価格は低下トレンドに転じると展望された。耕地および灌漑地の利用可能性について、より厳しい想定をおいたシナリオにおいても、この国際価格の横ばい傾向と将来における低下トレンドという予測結果に変わりはない。こうした知見は、将来における極端な食料不足を訴える議論に対する反論となっている。さらには、穀物輸入の拡大を求める海外からの圧力が、国際穀物需給の緩和基調の下で、今後一層強まることを前提として、わが国の食料政策を考えるべきであるという含意を導いている。

また我々のシナリオ分析は、耕地と灌漑地の利用可能性の仮定を変えることで、国際穀物市場での輸出入国の構成が変化する姿を、具体的に描いている。たとえば、2030年においてASEANは、2つの資源の制約条件について中立的なシナリオであるscenario1では米の純輸出地域であるが、より厳しい仮定をおいたscenario3では米の純輸入地域に変化することが示された。そして、こうして新たに生じた輸入需要が世界の他の国や地域に与える影響も、それぞれ定量的に示された。このように資源制約パイロットモデルは、各国・地域の穀物需給の将来展望を、耕地および灌漑地の利用可能性と価格変化の影響とを組み合わせ、より多面的な視点から議論することを助けるものである。

なお、本稿で示したモデルは、あくまでパイロットモデルであり、今後、食料需給のモデル分析において、資源制約問題のとりあつかいをより精緻なものにしていくためには、単収水準と灌漑面積の水準とを関係に関係づけることなど、多くの課題が残されている。

また、対象とする品目や独立にとりあつかう国の数を拡大し、より広い関心に答えることのできるモデルとすることも望ましい改良ではある。しかし、モデルの大規模化は、その開発・維持に要する労力を指数的に増大させることになる。そのため、既存の大規模モデルをベースに開発するなどの対応方策が必要となる。他日を期したい。

## 引用文献

Chambers, Robert G. and Just, Richard E. (1989) "Estimating Multioutput Technologies",

American Journal of Agricultural Economics, vol. 71, pp980-995.

井上荘太郎・長澤淳・中川光弘 (2000)、「アジア開発途上国の米需給と国際米市場 —世界穀物需給モデルによる分析—」、『農業総合研究』、第 54 巻第 3 号、1～53 ページ。

McCalla, Alex F. and Revoredo, Cesar L. (2001), “Prospects for Global Food Security – A Critical Appraisal of Past Projections and Predictions –”, Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper 35, International Food Policy Institute.

森俊介 (1998)、「統合モデル MARIA による持続可能性の評価」、『2050 年のサステナビリティ研究委員会 WG-1 研究報告書 「サステナビリティの長期定量的評価」』第 9 章、233～302 ページ、財団法人地球産業文化研究所。

長澤淳・井上荘太郎・中川光弘(1998)、「地球温暖化の世界穀物需給への影響 —IPCC シナリオを用いた予測—」、1998 年度日本農業経済学会論文集、203～209 ページ。

大賀圭治 (1998)、『2020 年世界食料需給予測 —国際食料政策シミュレーションモデルの開発と利用—』、農林水産省国際農林水産業研究センター。

Rosegrant, Mark W., Cai, Ximing and Cline, Sarah A (2002), “World Water and Food to 2025: Dealing with Scarcity”, International Food Policy Research Institute.

Rosegrant, Mark W., Paisner, Michaels S., Meijer, Siet and Witcover, Julie (2001), “Global Food Projections to 2020: Emerging Trend and Alternative Futures”, International Food Policy Research Institute.

Shumway, C. Richard, Pope, Rulon D. and Nash, Elizabeth K.(1984), “Allocatable Fixed Inputs and Jointness in Agricultural Production: Implications for Economic Modeling”, American Journal of Agricultural Economics, vol. 66, pp748-760.

宇佐美好文(2002)、「インド農業の現状と課題」、農林水産政策研究所 2002 年 11 月 18 日定例研究会報告資料。

van Tongeren, Frank, van Meijl, Hans and Surry, Yves (2001), “Global Models Applied to Agricultural and Trade Policies: A Review and Assessment”, Agricultural Economics 26,

pp149-172.

von Lampe, Martin(1999), "A Modeling Concept for the Long-Term Projection and Simulation of Agricultural World Market Developments: World Agricultural Trade Simulation Model WATSIM", Shaker Verlag.

(後記 本章は、拙稿「国際穀物需給の長期予測と耕地および灌漑地の利用可能性－資源制約パイロットモデルの開発と利用－」(『農林水産政策研究』第4号、1～25ページ、2003年)に一部加筆・修正したものであり、『農林水産政策研究』への掲載にあたり、削除された箇所をいくつか含んでいる。)

補表1 供給関数のパラメーター推計結果

	ASEAN		オーストラリア		カナダ		中国		ヨーロッパ連合		インド		日本		アメリカ	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値	係数	t値
C(1)	-1.11	-0.22	0.46	0.04	7.08	0.11	-26.65	-7.65	-1.56	-0.05	9.71	0.17	-78.27	-3.73	-35.60	-0.82
C(2)	-0.20	-1.76	0.22	0.93	0.01	0.06	-0.02	-0.22	-0.11	-0.95	0.04	0.35	0.31	0.94	-0.56	-3.52
C(3)	0.08	1.12	-0.16	-0.95	0.24	0.73	0.08	1.86	-0.13	-1.80	0.05	0.72	0.06	0.37	-0.26	-2.39
C(4)	0.17	1.36	-0.06	-0.23	-0.40	-1.72	0.06	0.68	0.22	2.26	0.01	0.17	-0.06	-0.22	0.51	4.22
C(5)	0.87	3.05	1.33	2.80	0.34	0.32	2.96	9.51	1.52	1.32	0.66	0.42	5.20	2.52	2.72	1.75
C(6)	0.15	0.38	-0.46	-0.40	0.02	0.00	0.47	4.14	-0.19	-0.09	-0.73	-0.22	4.58	1.68	1.87	0.75
C(7)	3.45	0.76	-1.47	-0.18	-	-	-3.36	-1.37	-67.52	-2.07	-106.28	-2.98	-2.04	-0.19	-11.66	-0.43
C(8)	0.09	0.99	0.47	2.19	-	-	-0.02	-0.57	0.22	2.82	0.12	1.69	-0.32	-1.95	0.20	1.46
C(9)	-0.20	-1.72	-0.21	-0.94	-0.40	-1.01	-0.09	-2.16	-0.13	-1.91	-0.15	-2.90	0.18	1.04	0.05	0.54
C(10)	1.32	5.03	1.56	4.57	-	-	0.98	4.40	3.32	2.92	4.04	4.13	1.56	1.35	2.25	2.29
C(11)	-0.43	-1.18	-0.45	-0.53	-	-	0.43	5.38	3.95	1.98	6.33	2.92	-0.03	-0.02	-0.20	-0.13
C(12)	-5.09	-0.51	22.38	1.51	-11.43	-0.15	-22.20	-6.93	-66.98	-2.42	-104.95	-4.73	-108.35	-6.42	-43.69	-1.68
C(13)	-0.56	-2.53	-0.13	-0.31	0.15	0.47	-0.01	-0.16	-0.05	-0.43	0.08	1.06	-0.44	-1.24	-0.54	-3.68
C(14)	1.43	2.45	0.73	1.11	-1.55	-1.25	2.15	7.44	3.42	3.55	4.42	7.24	7.16	4.06	2.16	2.31
C(15)	0.37	0.46	-1.48	-0.93	3.31	0.46	0.98	9.23	4.18	2.46	5.90	4.38	8.10	3.69	2.77	1.86

注：供給関数の計測は以下の3本の方程式を連立させ、SUR法により体系推定した。計測期間は1980年から1999年である。

- (1)  $\text{LOG}(\text{トウモロコシ生産量}) = C(1) + C(2) * \text{LOG}(\text{トウモロコシ国際価格} * \text{為替レート}) + C(3) * \text{LOG}(\text{米国際価格} * \text{為替レート}) + C(4) * \text{LOG}(\text{小麦国際価格} * \text{為替レート}) + C(5) * \text{LOG}(\text{灌漑地面積}) + C(6) * \text{LOG}(\text{非灌漑地面積})$
- (2)  $\text{LOG}(\text{米生産量}) = C(7) + C(3) * \text{LOG}(\text{トウモロコシ国際価格} * \text{為替レート}) + C(8) * \text{LOG}(\text{米国際価格} * \text{為替レート}) + C(9) * \text{LOG}(\text{小麦国際価格} * \text{為替レート}) + C(10) * \text{LOG}(\text{灌漑地面積}) + C(11) * \text{LOG}(\text{非灌漑地面積})$
- (3)  $\text{LOG}(\text{小麦生産量}) = C(12) + C(4) * \text{LOG}(\text{トウモロコシ国際価格} * \text{為替レート}) + C(9) * \text{LOG}(\text{米国際価格} * \text{為替レート}) + C(13) * \text{LOG}(\text{小麦国際価格} * \text{為替レート}) + C(14) * \text{LOG}(\text{灌漑地面積}) + C(15) * \text{LOG}(\text{非灌漑地面積})$

## 4 アジアにおける市場統合と米需給の長期展望

井上荘太郎\*

### I 緒言

米は世界で最も多く栽培されている穀物のひとつである。しかし米の生産はモンスーン・アジア地域に集中していることに小麦やトウモロコシとは異なった特徴を見ることができる。

その貿易は戦前期に拡大したが、戦後には縮小し、近年拡大するという動きを示している。ここではそのような拡大から縮小そして再拡大という動きの背景を整理する。さらに、計量モデルを利用して、米の国際貿易において生じている新たな国際分業の姿を、その将来像を推定することで検討してみたい。

### II 米の国際貿易の長期的な変化

米の国際貿易は 19 世紀後半から拡大をはじめ、第 2 次世界大戦前には、日本、イギリス、フランスの各植民地帝国内で貿易が行なわれる構造が形成された。第 2 次大戦後は、GATT による多角的自由貿易体制構築のための努力が行なわれたが、米については、その主食としての重要性から、多くのアジア開発途上国で増産努力が行なわれ、自給志向が高まった<sup>(1)</sup>。加えて、ベトナムやミャンマーといった戦前期における米の大輸出地域からの輸出が、国内事情から長期にわたって制約された。こうした事情から、第 2 次大戦後における米の国際貿易は、戦前に比べて、大幅に縮小することとなった。しかし、この傾向は 1990 年代以降、変調してきている。第 1 表に示したように、半島－島嶼部アジアと呼ばれる諸国（第 1 表中ではインドネシア、マレーシア、フィリピンが当てはまる。）で、米の輸入が拡大している。これに対して、タイ、ベトナム、ミャンマーという大陸部のデルタを擁する輸出国からの米輸出が拡大してきている。

---

\* 農林水産政策研究所

第1表 アジア諸国の米の純輸出量(千トン/年)

年	中国	インド	インドネシア	マレーシア	ミャンマー	フィリピン	タイ	ベトナム
1960年代平均	1,177	▲ 820	▲ 688	▲ 380	1,149	▲ 185	1,459	▲ 581
1970年代平均	1,702	▲ 196	▲ 1,292	▲ 270	485	▲ 131	1,691	▲ 552
1980年代平均	650	208	▲ 432	▲ 312	521	▲ 53	4,231	▲ 12
1990年代平均	952	1,979	▲ 1,421	▲ 480	243	▲ 585	5,394	2,508
2000年	2,826	1,519	▲ 1,354	▲ 595	241	▲ 642	6,141	3,477
2001年	1,737	2,194	▲ 638	▲ 525	926	▲ 811	7,685	3,726

注：▲は輸入を表す。

資料：FAOSTATより筆者計算。

### III 食料－資源モデル

#### 1) 食料－資源モデルの概要と特徴

ここでは、米とその主要な代替物である小麦とトウモロコシの国際市場をモデル化した部分均衡モデルである「食料－資源モデル」を開発・利用する。このモデルは、「資源制約パイロットモデル」をベースに開発したものであり、アジア開発途上国を細かく分割している点および、市場統合の程度を表すパラメーターを導入している点に特徴がある<sup>(2)</sup>。

またベースとなっている資源制約パイロットモデルは、世界全体における米、小麦、トウモロコシという3大穀物の需給情勢を長期的に展望するために構築されたものである。このモデルは、土地・水という生産要素の利用可能性を穀物供給において明示的に考慮することで、より長期の穀物需給予測を、より説得的に行なうことを可能にした点で、既存の同種の需給モデルに対して差別化されている<sup>(3)</sup>。

すなわち、モデル中では、土地・水の資源制約条件を導入するために、各国の供給セクターが「配分可能固定生産要素 (allocatable fixed input) を持つ多財生産者の最適化行動」として定式化されている。そこでは、耕地(土地)と灌漑農地(水)という資源を利用可能総量は、固定的であるが各生産物への配分量は可変である投入要素としてとらえられている。そして、この配分可能固定投入要素を利用して、複数の農産物を生産し、利潤を最大化しようとする多財生産者が、モデルの供給側において想定されている。この多財生産者の、利潤関数は生産物価格および生産要素価格、そして配分可能固定生産要素の量で決定されることになる。そして分析を単純化するために、供給関数については、(1)生産物1単位の生産に要する可変投入要素価格は短期的には固定的、(2)コブ・ダグラス型で近似的に特定化できる、(3)単収と収穫面積は独立に決定されるとする、3つの仮定を行なう。以上の諸仮定から、各品目の供給関数は、下記の(1)式によって表されることとなる。

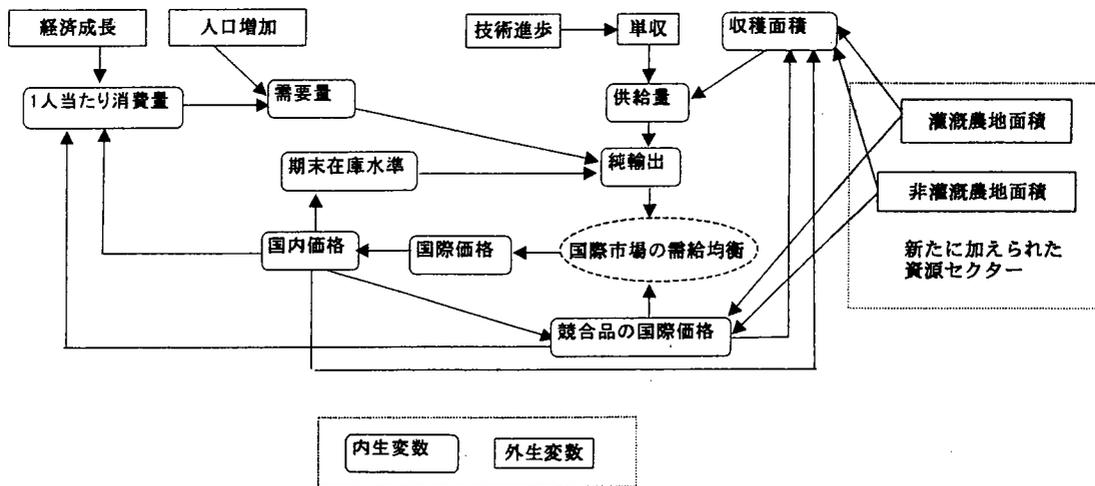
$$(1) \quad h_i(p, \bar{z}) = \frac{A_i}{L_i} \cdot \prod_{j=1}^m p_j^{a_{ij}} \cdot \prod_{s=1}^k \bar{z}_s^{-c_{is}}$$

ここで、 $p$  は生産物価格ベクトル、 $\bar{z}$  は配分可能な固定投入要素ベクトル、 $A_i, a, c$  はパ

ラメーター、 $h_i$ と $L_i$ はそれぞれ作物 $i$ の収穫面積と単位面積当たり収量である(4)。また、各国の国内市場と国際市場との統合水準を表現するために、価格変動の伝達性を調整するパラメーターをモデルに導入している(5)。

モデルで利用する各国の需給統計は USDA の PSD View を利用した。また灌漑農地面積と非灌漑農地面積は FAOSTAT の数値を利用した。また予測期間中における人口増加率は国連による中位予測値、経済成長率は FAO のワールドフードモデルで利用されているものをそれぞれ利用した。また単収の変化率については、将来における単収上昇の鈍化を考慮した、比較的低い単収上昇率を採用した(井上他(2003)による検討を参考にされたい)。

モデルフローの概要は第1図に示したとおりである。



第1図 食料-資源モデルの概念図

#### IV シナリオ分析

##### 1) ベースラインシナリオ

ベースラインシナリオでは、(1)資源の利用可能性に関する仮定として、灌漑農地と非灌漑農地の面積が1999年の水準で変化しないと仮定し、(2)また国際価格の変化は、そのままの大きさで国内価格の変化として、各国の需給に影響を与えるものと仮定した。これらの仮定に基づいて、2001年から2010年までの各国の米、小麦、トウモロコシの需給予測を行なった。

このベースラインシナリオによる予測結果のうち、特に東南アジア諸国の米の輸出量に注目してみると、東南アジアの3大デルタ地域において、米の増産、輸出拡大という傾向

が今後強まることが展望されていることがわかる。第2表に示したようにタイとベトナムの米輸出は、1990年代に比べて拡大し、予測期間中の平均値として、それぞれ年間770万トンおよび年間310万トンへ増加すると予測されている。

一方、半島-島嶼部アジアである、インドネシア、フィリピン、マレーシアの米の貿易傾向を見ると、輸入が拡大すると予測されていることがわかる。予測期間中の年平均輸入量はそれぞれ、430万トン、140万トン、73万トンである。これらはいずれも、1990年代の輸入量を上回っている。

なお、国際価格は、予測期間中を通じて2000年程度の低水準で推移すると予測されている。

以上、国際価格の変化が、全て国内価格の変化にそのままの大きさを伝達されると考えるこのベースラインシナリオでは、米の国際市場は、依然として低迷を続けるものの、東南アジア地域における大陸部の輸出地域と半島-島嶼部の輸入地域との間での米需給に関する国際分業が進展すると予測されているのである。

第2表 ベースライン予測結果 (ASEAN諸国の輸出 (千トン) と米の国際価格 (ドル/トン)

	ブルネイ	カンボジア	インドネシア	ラオス	マレーシア	ミャンマー
1990年	-22	-55	-192	0	-298	176
1995年	-37	-24	-1,081	-25	-402	265
1990年代の平均値	-31	-4	-1,717	-14	-469	240
2000年	-26	-29	-1,500	-5	-596	670
2005年	-30	-290	-4,166	-39	-706	157
2010年	-33	-347	-4,558	-166	-866	139
予測期間 (2001年 ~2010年) 平均値	-30	-282	-4,275	-48	-734	146

	フィリピン	シンガポール	タイ	ベトナム	米の国際価格
1990年	-350	-207	3,988	1,048	377
1995年	-975	-326	5,281	3,039	396
1990年代の平均値	-590	-294	5,459	2,709	327
2000年	-1,410	-444	7,521	3,488	185
2005年	-1,278	-500	7,583	3,063	180
2010年	-1,805	-538	8,499	2,632	183
予測期間 (2001年 ~2010年) 平均値	-1,416	-498	7,676	3,053	181

## 2) インドネシアにおける市場統合度の変化に関するシナリオ分析

次に、現在展開する経済のグローバル化の流れの中で、各国の米市場が国際市場と統合の程度を高めていくことが、その国や、国際需給全体にいかなる影響を与えるのかについて、近年、世界最大の米輸入国となっているインドネシアを例として検討してみたい。

ここでは、インドネシアの国内米市場が国際市場に統合されているそのレベルを対象として、シナリオ分析を行なう。我々のモデルでは、国際価格の変化が一定の比率 PT で増幅あるいは縮小されて国内の価格変化として伝達される構造となっている。第3表には、

国際価格の変化が100%国内価格の変化として伝達されるケース（第3表中で、PT=1のケース）、50%に縮小されて伝達されるケース（第3表中で PT=0.5 のケース）、さらに150%に増幅されて伝達されるケース（第3表中で PT=1.5 のケース）について、2001年から2010年までの期間について需給予測を行なった結果を示した。

輸入国であるインドネシアにおいて米市場の国際市場への統合が進展すれば、インドネシアの国内需要が国際市場において顕在化してくることから、国際市場に対して上昇圧力をもたらすと考えられる。しかし我々のシミュレーションでは、その影響はわずかであった。予測期間中の平均国際価格はベースラインでは180.91ドル/トンであったが、一方、市場統合のレベルが高いPT=1.5のケースでも181.47ドル/トンとなり、ほぼ同じと計測された。

しかし、PTの変化は、インドネシアの米の輸入量に対しては、大きな影響を持つことが観察される。すなわち市場統合度が低い場合には、インドネシアの米輸入量は年平均370万トンであるが、市場統合度が高い場合には同490万トンと増加することが予測されたのである。その結果、米の自給率はベースラインでは年平均88.9%であるが、市場統合度が高くなると同87.2%に低下すると予測された。一方、市場統合度が低いケースでは同90.3%と上昇することが予測された。

第3表 市場統合と自給率、国際価格（インドネシアの例）（ドル/トン、千トン、%）

	ベースライン PT=1			市場統合度が低い PT=0.5			市場統合度が高い PT=1.5		
	米の国際価格	米輸入量	米自給率	米の国際価格	米輸入量	米自給率	米の国際価格	米輸入量	米自給率
1990	377	192	99.4	377	192	99.4	377	192	99.4
1995	396	1,081	96.8	396	1,081	96.8	396	1,081	96.8
1990年代平均値	327	1,717	95.0	327	1,717	95.0	327	1,717	95.0
2000	185	1,500	95.8	185	1,500	95.8	185	1,500	95.8
2005	180	4,166	89.0	179	3,507	90.7	180	4,856	87.2
2010	183	4,558	88.6	182	3,923	90.2	183	5,223	86.9
予測期間(2001年~2010年)平均	180.91	4,275	88.8	180.40	3,700	90.3	181.47	4,887	87.2

資料：シミュレーション結果

### 3) 灌漑開発シナリオ

次に灌漑開発の動向が米の需給に与える影響について検討した。

ベースライン予測では、灌漑農地および非灌漑農地の面積は予測期間中において変化しないと仮定した。これは、新規の灌漑開発や農地開発を想定しないシナリオとなっていることを意味している。そこで、ここでは、ASEAN10カ国については、1990年代の変化率で灌漑農地の面積が増加するとしたシナリオ（灌漑開発シナリオ）により、2010年までの需給予測を行い、灌漑開発が米需給に与える影響を検討した。

シナリオ分析の結果は第4表のとおりである。一般に灌漑面積の増加は、米の供給量の増加につながり、国際価格の低下圧力となって表れることが予測される。ここで行なった

灌漑開発シナリオによると、ASEAN 諸国において、灌漑開発が 1990 年代のペースで進展した場合には、米の国際価格は平均で 5 ドル/トン程度低下するとの結果となった（第 4 表参照）。このように、灌漑開発の動向変化の影響が比較的小さかった理由としては、ミャンマー、ラオスなど一部の国を除くと、1990 年代には新規の灌漑開発が既に相当、低迷していたことが考えられる。

ただし、この灌漑開発シナリオの結果は、東南アジアの大陸デルタ部からの米輸出が拡大し、その一方で半島－島嶼部諸国での輸入が増加するという国際分業の流れを、ベースラインに比べてさらに強めるものであった（ただし、インドネシアの米輸入量は灌漑開発シナリオでは縮小している）。

第 4 表 灌漑開発シナリオのシュミレーション

	灌漑地面積(千ha)		米純輸出量(千トン)	
	2000年	2010年	ベースライン	灌漑開発シナリオ
ブルネイ	1	1	-30	-30
カンボジア	270	294	-282	-215
インドネシア	4,815	5,279	-4275	-3312
ラオス	175	224	-48	90
マレーシア	365	395	-734	-710
ミャンマー	1,910	3,907	146	3322
フィリピン	1,550	1,550	-1416	-1577
シンガポール	0	0	-498	-501
タイ	4,998	5,833	7676	8903
ベトナム	3,000	3,115	3053	3206
			米の国際価格(ドル/トン)	
			181	176

資料：シュミレーション結果

注1：純輸出量と米の国際価格は2001年から2010年の平均値

注2：灌漑開発シナリオでは、各国の灌漑地面積が1991年から2000年の平均変化率で変化すると仮定した。

## V 分析結果のまとめと考察

以上の分析結果は以下のように整理される。(1) 新たな灌漑開発や農地開発を想定せず、また穀物の国際市場と各国の市場との間で、価格の変化が完全に伝達されると仮定したベースラインシナリオでは、近年顕在化してきた東南アジア諸国の間での米の国際分業の動きが、さらに拡大していくことが予測された。(2) そして市場統合の進展は、輸入国であるインドネシアでは、米の自給率の更なる低下として表れることが確認された。(3) また灌漑開発が ASEAN 全体で 1990 年代のペースで進展した場合には、米の需給に関する国際分業は、さらに増幅される方向に進展すると予測された。

この分析結果を、アジアにおける米市場の歴史に則して検討してみよう。はじめに述べたように、米の国際市場は、19世紀後半以降、東南アジアの3大デルタを輸出地域とし、半島-島嶼部のマレー、インドネシア、フィリピン等を主な輸入地域として拡大した。これは、相対的に低い生産費で米を生産できる地域が、米の輸出地域となり、逆に、人口に比べて、相対的に水田適地の乏しい地域が、米を輸入するという体制である。ヘクシャー=オリーンの主張する要素比率理論の説く姿に近い国際貿易体制であったといえよう。しかしこの自由貿易的な姿は、戦間期には、変質していった。すなわちアジアの米市場は、日本、イギリス、フランスの各植民地帝国内での分業体制として拡大していったため、大輸出地域であるタイが植民地を持たないために輸出を減少させられるなど、資源賦存に対応した分業という面からは離れた姿となった。また、戦後は、各国で米の自給を指向した政策努力が図られたために、米の国際市場は各国の需給のギャップがしわ寄せされる「薄い」市場となり、その結果、不安定な国際価格が招来されたことが指摘されている<sup>(6)</sup>。

しかし、1990年代以降の米貿易の拡大は、こうした動きに基調変化の生じていることを示唆するものである。本報告で行なった、いくつかのシミュレーションは、1990年代以降の東南アジア諸国間での米貿易の拡大という傾向が継続し、またグローバルゼーションの下で、各国の市場と国際市場との統合がさらに継続していけば、米の国際貿易は、かつての自由貿易体制下での国際分業構造の姿に向かって、変化していくという可能性を示すものである。

このアジアの米市場に関する展望が、輸入拡大地域（半島-島嶼部のアジア諸国）と輸出拡大地域（大陸デルタ部のアジア諸国）のそれぞれに対して有する含意は対照的である。輸入拡大地域では、米の自給率が低下し、かつ、その消費水準は国際市場での価格変動に、より大きく影響されるようになると考えられる。したがって、インドネシアなどでは、不作時の食料供給に備える体制を構築・強化する必要性が指摘される。一方、タイなどの輸出拡大地域では、輸出市場に向けた農産物生産の拡大のために、農地や水資源などが過剰に利用される可能性が指摘される。そのため持続的生産への政策的配慮が、今後一層重要となると考えられる。

注(1)： 戦前期の米市場については、深沢(1971)や斎藤(1974)等に詳しい。

注(2)： 世界全体をアルゼンチン、オーストラリア、ASEAN10カ国（10カ国をそれぞれ独立にとりあつかった）、カナダ、中国、インド、日本、EU15カ国（EUはひとつの地域としてとりあつかった）、ロシア、アメリカ、その他世界の20カ国・地域に分割してモデル化した。

注(3)： このモデルに関するさらに詳しい説明は井上他（2003）を参照されたい。

注(4)： 使用したパラメーターについては、独自の推計を行い、良好な推定値が得られない場合には、各種の先行研究から利用可能なものを用いた。

注(5)： これは、価格伝達関数として、多くの国際需給モデルで採用されている方法であり、国際価格の変動が国内価格の変化に結びつく程度を表したものである。この価格伝達の程度に関する実証的な研究として、Erwidodo and Hadi(1999)では、インドネシアの米の国内価格と国際価格との関係について価格伝達関数の計測が行なわれている。

注(6)： アジア諸国における米の貿易管理が不安定な国際市場に結びついているということは、例えば Barker, Herdt and Rose (1974)の 185 ページなどで指摘されている。

#### 参考文献

Barker, Randolph, Herdt, Robert W. and Rose, Beth, 1985, *The Rice Economy of Asia, Resource for the Future Inc., Washington, D. C.*

井上荘太郎・上林篤幸・明石光一郎・鬼木俊二、2003、「国際穀物需給の長期予測と耕地および灌漑地の利用可能性－資源制約パイロットモデルの開発と利用－」、『農林水産政策研究第4号』1～25 ページ。

Erwidodo and Hadi, Prajogo U. .1999. *Effects of Trade Liberalization on Agriculture in Indonesia: Commodity Aspects*, Working Paper 48, CGPRT Centre.

深沢八郎、1971、「世界の米の貿易(I)－戦前の貿易パターン－」、『アジア経済』第12巻第5号、35～53 ページ、アジア経済研究所。

斉藤一夫、1974、『米穀経済と経済発展』、農政調査委員会。

(後記：本章は、拙稿「アジアにおける米需給の長期展望とその含意：市場統合と土地・水資源の制約」(『第14回国際開発学会全国大会報告論文集』)に加筆・修正したものである。)

## 5 土地資源制約と食糧需給モデルの精緻化

柳島宏治 (FAO)

### I はじめに

農業部門に配分される土地資源が減少した場合、農業生産がどのような変化を受けるのかまたこの農業生産の変化が市場にどのような影響を与えるのかは興味深い問題である。提起されたこの問題が扱っている論理的設定としては、(1) 限られた資源量という制約が存在し、(2) 経済活動の拡大と共に伝統的産業である農業に配分されていた土地資源が非農業部門での経済的生産活動のために振り分けられ、さらには(3) 人口の増大に伴っての居住用地あるいは公共用地の拡大にも見合う土地資源の放出が今後とも求められるとの理解がある。また、(4) 農業生産が土地生産性を高め得ない限り今後食糧供給の困難性が増加するとの理解も同時に踏まえている。

ここで注意しなければいけない点として、一見すると説得力に富んだ前提としてみえる上記の理解が実はまだ直感的なものに止まっており、厳密な意味合いでいうところの科学的に検証されたものではないことを本論に入る前に指摘しておきたい。偶発性の支配する領域が広く、また地域特性の影響を強く受ける農業活動の性格にあわせ、東南アジア或は南米に於ける農地の拡大例に認められるように、国際化の進展する中での今後の経済開発の進め方に確たるシナリオを与えきれない国際社会の実情は、土地資源或いはその他の自然資源の配分を予測するうえで大きな不確定要素として存在している。人口増加と経済開発という、上記の議論に含まれている二つの要素に関してだけでも、一致した理解はまだ得られていないのが実情なのである。

この小論では農林水産省政策研究所が実施した「自然資源制約条件を考慮にいたした世界食糧需給モデルの精緻化プロジェクト」の一環として、筆者が担当・実施した、FAOの世界食糧需給モデルを踏まえての「土地資源変数組み込みモデル」の開発・結果について報告する。特にここでは、既存型世界食糧需給モデル<sup>1</sup>の技術的検討から議論を進めることで、需給モデルの精緻化が具体的に意味するところを明らかにしたい。

---

<sup>1</sup> ここでは農業食糧市場を対象とする部分均衡型モデルを指している。実用に供されているこのグループに属する既存のモデルとしては、IFPSIM, FAOのWFM, OECDのAGLINK, FAPRIモデル、更にはIFPSIMからの派生であるIFPRIのIMPACTモデルなどがある。

## II 従来型モデル

従来型の農産物及び食糧を対象とした商品市場モデルは、土地資源に代表される自然資源変数を包括していない。当然のことながら与えられたモデル精緻化作業の出発点は、自然資源変数がこれまで除外されて取り扱われてきた理由について考察することから始めたい。

まず、現実の商品市場をモデルとして近似的に表現する上で、自然資源変数を組み込むことの必要性が何故これまで認められてこなかったのかという理由について、考察を行ないたい。従来型の食糧需給モデルは価格均衡型市場モデルとしての構造を持つことが最大の特徴である。それは供給と需要サイドを価格の関数として説明し、この両者が量的に均衡する価格を求める構造である。この構造を支える市場行動に関わる構造方程式は、経済的行動に関わる最大化或いは最小化問題の最適解から導出されている。

したがって、問題は、上記の最大化或いは最小化問題の枠組みに、何故、土地資源の利用可能な上限量が組み込まれていなかったのかという疑問に帰着する。ここで考えるべきは、土地資源の持つ物理的な空間移動の不可能性という、土地を商品として捉えるうえでの特殊性である。確かに土地資源の所有権あるいは使用権は市場を介しての交換は可能であるが、土地そのものは各々固有の物理的空間を離れ移動することは許されていない。それゆえに、モデル中で想定されるような実態を反映する妥当な範囲での最大化問題は、既に利用可能と認められた枠内での土地資源の配分問題としての性格を帯びたうえで、生産活動を選択するものとして設定され、したがって農業生産活動での最適化問題を設定するうえで、土地資源制約はあたかも存在しないものとして取り扱われてきたと理解するのが、妥当な整理の仕方であろうと思われる。

従来型モデルを理解するうえで次に重要なポイントとなっているのは、モデル構造式と構造式中に採用されているパラメーターである。一般的に構造方程式は、経済理論式より導出される構造式或いは誘導式であり、これらに時系列データをあてはめ幾つかの統計技法に従って、パラメーター値が推定される。このため、経済理論式に含まれなかった説明変数による行動の変化が現実には存在していたとしても、これ等は定数項或いは誤差項の一部として、推定の過程で持ち込まれる説明変数間と誤差項との間に付与される一定の約束ごとの下で、計測されてきたと理解できる。極端な例ではあるが、土地資源制約の変化以外の全ての条件が不変であった場合では、定数項の一部が土地資源制約変化による土地配分の変化を計測していたと理解できる。

実態の経済活動を近似的に捨象して構築された理論モデルが、計量経済モデルに転換される最終の過程がモデル挙動の評価を行なう、モデルのヴァリデーションであるが、在来型モデルの主要な利用目的が中期的需給予測であることは、動的なモデルの挙動にその評価の基準を求めることを意味してきた。同じく静的な新古典派理論で組み立てられた一般

均衡モデルのケースでは価格の中立性が客観性のある評価の基準を与えてくれるのに対して、部分均衡モデルには客観性のある評価基準は存在すべくもなく、加えて実践的な予測作業用モデルという使用目的は、過去の市場動向の再現性に依拠できないため、この作業を極めて困難度の高いものにしてしまう。

予測モデルに対し実践的に採用されている手法は、ベースラインと称される標準的な外生変数の予測のもとでのモデルシミュレーションから得られる全ての価格、活動レベルを対象とする、総合的なモデルの挙動についての評価である。具体的には、FAOでは関係する個々の商品市場の全ての専門家が、妥当であると判断するレベルに落ち着くまで、モデルの評価・訂正を繰り返し実施する作業である。通常、生産性のショックに対する動的な反応評価作業も加えて実施しているが、FAOでは、これらの作業で調整の対象となるのは全て定数項であり、価格などの説明変数に付与されたパラメータは、通常、調整の対象としない。これはモデル全体の構造を大きく変えることなく、市場データのアップデートを中心にしてモデルを維持することが作業の中心となるまで、モデルの完成度を高めてきたこれまでの歴史的成果の反映である。市場構造の変化に伴い検出されるモデルからの乖離が明らかなケースについてのみ、新たに推定された経済理論ベースの構造式とその係数のモデルへの適用妥当性を時間をかけて検討している。この過程のなかで土地資源制約の存在が直接議論の対象となった例はきかないが、推定された定数項そのもの、或いは専門家の意見として定数項を調整する過程のなかで、土地資源制約を踏まえたベースラインが得られているケースの存在は否定できない。

以上、土地資源制約条件が明示的には組み込まれていなかった既存の従来型モデルの構築過程を追いながら、仮に土地資源制約下にあったケースを取り扱いながらも、実用上の不便さを覚えずに処理してきた理由を探ってきた。次に議論の対象をモデルの応用分析作業である「影響評価」に移し、モデル開発から利用に至る一連の作業についての議論を終えることとしたい。

影響評価では、ベースライン解と、選択された変数に外生的な変化を与えたケースでのモデル解とを比較することが、具体的な作業の内容になる。これに関連して注意を喚起しなければいけない検討事項として、土地資源制約下での想定シナリオの対象となる、農業生産の縮小による影響の及ぶ規模についての評価がある。世界規模に及ぶ普遍的な性格の問題として考えるべきなのか、或いは逆に特定の国・地域に限定され予想されるのかという、分析の対象を議論する必要があるのは、既存のモデル構造における市場均衡価格の決定メカニズムが、ある程度限定された条件下で成立するという性格を持つためである。

モデル上に近似されている商品は、生産国・消費国を問わず全て均一のものとして取り扱われ、商品別の貿易は仮想的に設けられた単一の貿易市場を介してなされ、貿易市場での均衡価格をもとに国別市場における国内価格が決定される構造となっている。近代経済学の教科書にある理想的な市場運営が、供給と需要の両サイドで共になされていれば、こ

れは、自然に受容れられうる決定構造ではある。しかし、土地資源問題が持つ性格を考慮に入れると、この価格決定のやりかたには、問題があるといえよう。

つまり貿易市場での変化を受けてのち初めて国内市場価格が変化すると論理構造であるため、外生的な操作の結果として得られる国内価格の変化は、その国の貿易が世界貿易量に対して、どれほどの比率を占めているかに依存する。特に資源制約による農業生産減少の可能性が高く、かつ人口の小さな国々の場合、世界貿易量に対する貿易比率が小さいために、計測される国内市場価格の変化は、生産減少の程度に関わらず、ほぼ一定の大きさとなる。これは、これらの国々を対象として、資源問題を分析するには、はなはだ不都合である。

### III モデルの動的挙動の精緻化

歴史的な土地資源利用可能量は、一国レベルでは長期間にわたって緩やかに変動している、一方農業生産に実際に使われた収穫面積は、歴史的に顕著な変動をとめないながら推移している。一国レベルでの緩やかな変動は(1)土地資源利用可能量の変動が存在するにしても局地的な範囲での問題であること、(2)農産物市場を動的なモデル構造で近似した設定のもとで問題を検討する必要があることを示唆している。

そこで動的な農産物市場の挙動をモデル上で近似するにあたって、自然のもたらす周年変化を基本としている農業生産活動を考慮し、既存型モデルが採用している構造、即ち直近数年間の経歴を踏まえて更新年次の市場均衡条件解を逐次的に求める方式の妥当性について次に検討することとしたい。

各年毎の市場均衡解は価格を変化させることにより全ての市場で供給と需要が量的に均衡する商品価格をベクトルとして求めるのだが、ここで注意したい点は各年毎の供給と需要関数の位置が外生変数の変化の他に定数項の存在によっても変化している事である。この定数項は、機能的には、経済理論モデルから導出された変数で説明された活動レベルと妥当性が認められる活動レベルとの間の乖離分を説明しているのだが、静的な食糧及び農産物生産者・消費者の価格信号に対する反応が専ら時間的に短い反応を表現しているのに対して、時間軸に沿っての市場構造の長期的変化を代表している。

このように食糧農産物市場の動的な中長期的反応をモデル上で近似させるにあたって、基本的には静的な均衡条件を満足させる市場均衡動態を、時間軸に沿って積み重ねていくことで動的な市場の動態を推定していく応用解法手法を適用していると理解すると、モデルに採用されている構造式の構成についても、時間的に異なる二種類の反応が一本の構造式に組み込まれていると理解することができる。ここで先に述べた構造式とそのパラメータ推定にいたる手順についての理解を重ねてみると、価格変化を媒介としない土地配分

の変化は定数項と誤差項として計測されていたこと、さらに資源制約条件の変化がもたらす土地配分の変化は長期的な変化であることから、これまで定数項とされてきたものの一部を資源制約条件の変化がもたらす土地配分の変化として置換することの妥当性を示唆していることが理解できる。さらにこの理解は本研究の一環として2003年1月にまとめた技術的検討‘土地資源と農業生産’で示したモデル改造にあらたな根拠と理解を与えるものである。資源制約の取り扱いに関わる精緻化作業は、(1)これまでの定数項を土地資源変数により説明する構造式で置き換えるとともに、(2)モデルに規定される収穫面積についても野菜、果物、根菜類等これまで含まれていなかった農業生産活動への土地利用も追加して農業用土地資源利用の総量が計量可能な構造への変換を中心に実施した。

#### IV 価格均衡の精緻化

先に示したように、市場均衡価格は貿易市場の均衡価格の変化を最初に計測し、これを国別市場毎に定義されている国内価格の変化に伝播させる構造となっている。この価格伝播構造の採用による最大の利点は、理論の許す枠組みのなかで最も有効なモデル全体の構造を簡素化させる手立てを得てきたことである。しかし、変数についての量的な制約が問題となる条件下での活動レベルを評価することが目的の場合には、明らかに不都合な構造である。例えば、牛肉輸出国での狂牛病問題を考えると、輸出の規制を受ける輸出国での国内価格は国内需要の低下と輸出の落ち込みの影響を受けて大きく低下すること、また一方で、国際価格変化の方向は国際貿易市場への供給が減少するため国際価格の上昇を観察することが期待されるため、通常の価格伝播構造が依拠する価格変化の方向の同一性に合致しない。即ち、従来型の価格伝播構造をそのまま当てはめ、輸出についての数量規制を考慮すると期待した変化の方向での価格反応が捉えられない結果となってしまう。

ここで要求される構造は市場の実態を反映するよう国別市場の均衡価格をその国内の供給と需要量から求めることである。国内均衡価格を導入するにあたって、輸出と輸入の関数を以下のように設定するものとしてみた。

輸入 = F (国内価格、輸入価格)

輸出 = F (国内価格、貿易市場価格)

輸入価格 = F (貿易市場価格、等価関税)

この構造の導入のためには、あらたにモデルにある国の数 (M) だけの均衡解をこれまでの貿易市場均衡とあわせて見つける解法を新規に付け加える必要がある。言い換えればこれまでは N 個の均衡価格を計算すれば足りたものが、N(M + 1) の同時均衡解を求める

作業を実現させる必要がある。

解法の変更に加えて問題となるのが、新たに導入する輸出入の関数に付与すべき価格弾性値の決定である。国内価格、あるいは輸入価格の変動に対して、輸入がどのように変化するかは、信頼するに足る価格データが得られない状況では、例外的に得られる少数のサンプルから得られる結果をもとに類推するしかない。筆者は、アドホックなモデル仕様をひとまず決定した後、モデルのシミュレーション結果に対しての妥当性の判定を行ない、必要な修正を加える方法をとった。妥当性の判定にはシミュレーションの結果としてえられる価格の動きと活動レベルの動きとを最新の「FAO2010年予測値」に比較しながら総合的に評価し修正を加えた。ただし、価格データが存在しない国別市場については、専ら在来型モデルでの予測結果との比較にもとづいて、修正を加えた。

以上の作業により、FAOの世界食糧需給モデル(WFM)をベースとして土地資源量と農業生産をむすびつけ多地域・多品目食糧需給モデルとしてWFM-PRIMAFFを開発した。次章の「市場規模の小さな開発途上国の食糧問題」において、このWFM-PRIMAFFを利用した分析の結果を紹介する。

## 6 市場規模の小さな開発途上国の食糧問題

柳島宏治 (FAO)

### I はじめに 市場規模の小さな開発途上国での食糧安全保障

市場規模の比較的小さな開発途上国の食糧問題を検討するには特有の問題設定を必要とするように思われる。これは、相対的な貿易規模の小さな諸国の持つ市場影響力は世界の食糧市場のなかでは、特殊な農産品を除くと皆無に近い状態に置かれている反面、ほぼ共通して観察される人口の増加に伴う国際市場への依存度の上昇のため、これら小国の食糧事情が少数の大輸出入国の市場動向に左右される程度が高まっているためである。

1996年11月の世界食料サミットでのローマ宣言には、世界の食料政策立案者が共有すべき食糧問題の定義が示されているが、食糧問題解消に向けての目標は、個々が量・質の面で必要とする食糧を自由に入手可能となる体制を構築することとされている<sup>1</sup>。更に宣言では、各国の政策目標は国・地域・国際レベルで設定されるとして、食糧問題への国境の垣根を超えた共同の取組みの枠組み構築の必要を強調している。しかし、ローマ食糧サミット以後に、市場規模の小さな開発途上国間の地域レベルでの実質的な食糧政策を採用したという動きは、まだ無い。

各々の国における市場の実態が異なるため、市場規模の小さな国々が共同で政策目標を掲げうるか否かについての一般的な議論の範囲は限定されたところに留まってしまいが、地域レベルでの共同政策を採用することの理由付けとしては、第一には共同体的市場活動が、第二には互恵的な協力関係が想定できるように思われる。つまり、複数の国家が地域レベルで共同し政策目標を掲げ実行するには、共同する事によって、それらの国々がそれぞれの利益を期待しうるに足る一定規模以上の市場変化が期待できること、又は単独では引き起こせない規模での実効的な市場変化が期待される必要があると理解されるためである。この市場関与を含めた共同活動に並ぶ説明としてあげた二点目の協力関係は互恵的と理解すべき共同活動であり、それは余剰の供給に恵まれた国が不足している国に供給を援助するパターンである。余剰生産と生産不足を繰り返す国々の間では成立可能な共同活動であると思われる。

---

<sup>1</sup> World Food Summit, 13-17 November 1996 Rome Italy, Rome Declaration on World Food Security.,

地域レベルでの政策目標として具体的に何を取り上げるのかについてはローマ宣言では述べられていないが、ここでは市場規模の小さな開発途上国での食糧市場に焦点をあて、市場規模の大きな他国で生じた土地資源制約が及ぼす影響を推計評価する事から、地域レベルでの食糧問題の性格を探っていく事とする。具体的には、中国及び米国での食糧農業生産が土地資源制約のため縮小を余儀なくされた状態をモデル上に作り、それが東南アジア諸国での食糧市場に与える影響を評価することとする。

## II WFM-PRIMAFF によるシミュレーション分析

### 1 中国における農地資源と食糧生産

まず、中国での土地資源としての農地面積と収穫地面積をはじめとする農業生産に関わる土地利用の歴史的な発展について FAOSTAT に基づき概観してみる。

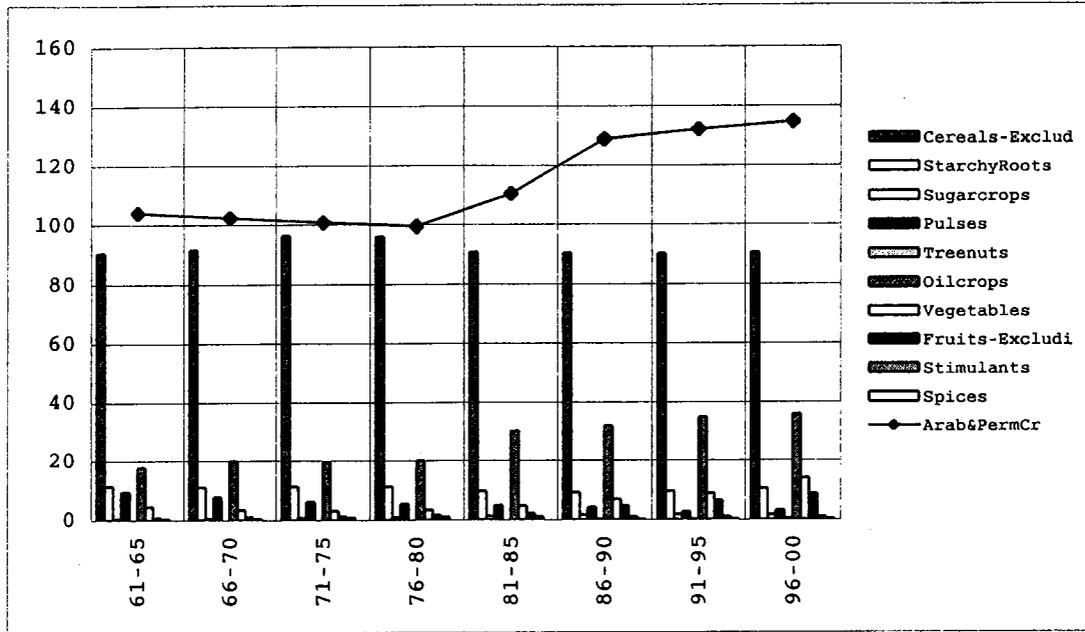
1961 年から現在にいたる期間では、中国文化大革命期の 1966 年から 1976 年の期間と、1985 年以降の市場経済化の時期が、対照的な発展の様相を示している。文革期では農地面積拡大の傾向が認められないなかで、穀類の収穫面積の増加が実現されたと見えるのに対し、1985 年以降にあっては農地面積の拡大があり、さらに穀類の収穫地面積は、ほぼ一定水準に保たれつつ、油糧作物、野菜、果物等で収穫地面積が明瞭な増大を見せている。ほぼ完全な食糧の自給能力を維持することに努めてきた中国の農業政策を考慮にいと、この土地利用パターンの変化からも伝統的食料消費構成を強く残しつつも、畜産・酪農食品への嗜好を強める需要側の変化が読み取れる(図一 1)。

更に視点を変えると、この中国の食糧市場の動向は、農地面積の変化を、そのまま土地資源利用可能量の変化とすることの問題点を示しているともいえる。上述のように中国の場合、農地面積の変動の多くが、収穫面積の増大を示した油糧種子或いは野菜等への需要変化のみならず、市場経済体制への移行という国家の経済体制の変化に対応したものであろうと推量されるためである。さらに、経済体制改革を契機に拡大した野菜などの非伝統的な作物の生産は、環境問題に対応した土地利用の規制に対しては強く反応すると期待されるのに対し、穀物などの伝統的作物については同じ土地利用の規制についても、相対的に非弾力的な反応を示すことが予想される。

### 2 先進工業国における農地資源と食糧生産

上記の中国での農地面積と伝統的農作物特に穀類の収穫面積との関係に対応する、先進工業国における穀類の収穫面積と農地面積の変動は、基本的に同期していたもの

図-1:中国の農地面積と作物別収穫面積（百万 Ha）



と判断される。1970年代後半から1980年代の前半にかけての時期には、農業政策が生産誘導的であったことや、市場価格が比較的高い水準にあったことから、収穫面積が農地面積拡大を上回るペースで拡大したが、穀類の累計作付面積はおおむね農地面積の40%弱のレベルを示してきた。また油糧種子の作付け収穫面積の増加に対応して穀類の収穫面積／農地面積比率が縮小する傾向にあることも特徴である。

米国での農地資源量と農業生産についてのERSレポートAER-803(2001)では都市縁辺地域でのスプロール化による農地の転用と生産に与える影響が論じられている。このなかでは、人口増加と世帯構成の変化が農地転用圧力の根本的な意味での発生源であるとしたうえで、都市化の進行による農地面積への影響が評価されている。これによれば、全米農業世帯の三分の一が都市部に近接して位置しており、これに相当する全米農業収入の三分の一がこれら近接農業地域から生み出されていること、さらに全農地の16%が都市拡大の潜在的対象である現状が指摘されている。一方、1992年現在で都市化された面積が全国土の3%程度にとどまっており、農業生産に与える都市化の影響は野菜等の限られた作物に限られるであろうとの見通しを示している。

また、ERSレポートSB-973では1997年での米国における土地利用の実態が報告されている。ここに報告されている穀類生産に振り分けられている耕地(Cropland)の約10%が環境保全を主たる目的とするConservation Reserve Program(CRP)に充てられていることを踏まえると、米国での場合、実質的に有効な農地面積は既に5%程減少していると理解することが必要であろう。

### 3 予測ベースラインとの比較からえられる問題点

分析の手法として、農林政策研究所での研究プロジェクト「環境と資源制約下での世界食料需給モデルの精緻化」で開発したモデル WFM-PRIMAFF<sup>2</sup> を使用してのシミュレーション分析として行うこととする。

反実仮想 (counter factual) として想定したシナリオでは、中国と米国において環境劣化に対する対応として農地面積にして、それぞれ 10%と 11%を減少させる状況が発生したと想定する。ただし米国では、既に 5%の農地が CRP の対象となっていることから、米国での 11%という削減数値は新たに 6%の農地削減が加えられた状況に相当すると想定する。中国の農地面積の 10%減少は若干過大なシナリオかもしれないが、自然資源の保全を目的とする土地利用の規制強化と新規の農地開発との時間的ずれの結果生じた削減量として想定する。

この農地面積減少がそれぞれの国での生産量の変化を引き起こすのが、市場に与える第一段階のショックである。ここではこの第一段階の変化が、貿易市場に与える第二段階の変化を経て、市場規模の小さな開発途上国に波及伝播する第三段階の変化に注目することとする。これら小国にとって、これらの変化は突発的に他国で生じた変化に誘起された受動的な変化である。また国際市場を介して、いわばソフト化され、かつ多数の国の即時的な反応が集合的に加えられたことで複雑化したショックでもある。

以下では国際市場の変化に誘起される国内市場での変化の規模を推計することにより、市場規模の小さな開発途上国での食糧確保に必要な対応策について、議論を進めたい。考察対象として、タイ、インドネシアそしてベトナムの 3 カ国とショックの発生国である中国と米国の計 5 カ国の、穀類、肉類、食用油、乳製品を取り上げることとする。

農地の減少に伴い通常観察されると期待される変化は、農地面積全体に占める比重の大きさから考えると、まず穀類生産の縮小である。これを受けての二次的な変化としては、穀類の直接消費と飼料用消費の間に一般的に見られる配分性向から、飼料用消費がより多くの削減を強いられると考えられる。そして、一時的な飼料の供給コストの上昇とそれに伴う家畜頭数の縮小により、肉製品の一時的供給増加とそれに続く供給減少がもたらされると考えられる。また一方土地の生産財としての役割の理解に

---

<sup>2</sup> このモデルは FAO の世界食糧需給モデル (WFM) をベースとして開発されたもので土地資源量と農業生産をむすびつけ多地域・多品目食糧需給モデルとして構築されている。WFM と WFM-PRIMAFF との技術的側面での相違点については、前章の「土地資源制約と食糧需給モデルの精緻化」に述べられている。

基づく、個々の農地が特定の農産品生産活動に結びついていることから、土地資源の変化に対して全ての食糧農産物の生産が一律に変化するのではなく、特定の作物に農地減少の影響が強く現れてくることが予想される。例えば、伝統的作物が持続的に特定の土地資源をベースに生産されてきたのに対して、非伝統的作物が新規に開発された農地をベースとして生産が拡大されてきたと仮定すれば、一般的なパターンとしては新規に台頭してきた油糧種子、野菜類に、より顕著な収穫面積変化が観察されると考えられる。

#### 4 シミュレーション結果

市場規模の小さな開発途上国がその国内市場への食糧供給の低下に見舞われた事態に対しては、タイムスパンの長い中長期的な備えとしての食料政策には生産性の向上、非常用備蓄の充実を図るといった政策手段が国内的な対策として想定される。短期的には輸入関税の削減により、輸入価格の上昇を抑える政策も可能であろう。一方国際市場での変化に対して受身であることから、輸出価格の変化による国内の生産体系の変化も誘発されうるだろう。

表-1では、結果として得られた市場変化がパーセンテージ変化として主要な項目について報告されている。市場規模の小さな開発途上国として選択された東南アジア各国に計測された市場変化は予想どおりではあるが極めて小さくその規模は穀類消費量では0.5%程度であった。この結果を説明する理由としてまずあげるべきは、資源制約がもたらす農業食糧生産の変化が、土地利用効率の向上で相殺されたことであろう。世界レベルでみると農地面積が2.3%減少したのに対して、市場反応として計測された世界需給での変化は穀類の場合、収穫地面積が1.6%減少することが予想されたのに対して灌漑地面積の増加も寄与して穀類収穫量は0.9%の減少に止まること、穀類の食用消費は0.5%減、また肉類の生産に必要な飼料消費も0.9%の減少に止まる姿が予想された。第二点目にあげるべき変化は貿易量の増加である。具体的には、市場反応による貿易拡大が生産変動のショックを緩和することが観察されたのである。米国では、食用消費向けの穀類価格が一時的には20%を超える大幅な増加となり、穀類の輸入もこれにほぼ見合う上昇率となることが見込まれたのに対して、国際市場での価格変化は、その約10分の1程度に収まると推定された。

一方、中国の国内市場でも、品目ごとに異なった変化が生じ、全体としては、国際市場への影響が抑制されることが示された。具体的には、油糧種子から穀類用へ農業用地が再配分されることにより、穀類の収穫地面積の減少が抑制される動きが予想された。また飼料向けの穀類消費がより多く減少することで、穀類の食用消費の減少は小規模に抑えられた。その結果として、穀類の輸入量の増加は抑制された。当然のこ

とながら配合飼料の輸入は増加するが、米国の輸入とは、あまり競合しないものであった。つまり、価格が上昇する品目数は多くなるが、各品目の価格の、上昇の程度は抑制された。

表一1： 農地面積削減の結果予測される食糧農業市場の変化

	Percentage Change from Baseline					世界計
	アメリカ	中国	インドネシア	タイ	ベトナム	
穀類収穫面積	-14.8%	-4.3%	0.0%	0.3%	0.1%	-1.6%
穀類収穫量	-3.5%	-3.8%	0.2%	0.9%	0.3%	-0.9%
穀類輸入量	21.8%	-7.9%	-0.7%	-1.8%	-1.9%	-1.3%
穀類輸出量	-12.3%	2.9%	15.7%	2.7%	3.4%	-1.3%
穀類総消費量	0.9%	-2.9%	0.0%	-0.2%	-0.4%	-0.6%
穀類食用消費量	-1.5%	-1.0%	-0.1%	-0.5%	-0.5%	-0.5%
穀類飼料消費量	1.5%	-6.7%	0.5%	0.2%	-0.5%	-0.9%
穀類期末在庫量	-11.8%	-6.6%	-0.1%	0.2%	0.0%	-4.6%
食用油生産	-4.8%	-4.7%	0.8%	0.6%	0.0%	-1.0%
食用油輸入	4.8%	7.1%	1.5%	-0.8%	0.1%	1.0%
食用油輸出	-4.1%	0.6%	2.1%	3.4%	1.4%	0.6%
食用油消費	-3.4%	-0.8%	-0.7%	-0.2%	-0.1%	-0.7%
配合飼料生産	-6.7%	-6.7%	0.5%	0.0%	0.0%	-2.7%
配合飼料輸入	12.9%	20.4%	-0.3%	-2.0%	1.6%	1.6%
配合飼料輸出	-2.5%	4.2%	7.9%	7.1%	8.8%	1.5%
配合飼料消費	-8.7%	1.8%	-1.6%	-1.6%	0.1%	-2.5%
肉生産	0.8%	0.3%	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%
肉輸入	-12.4%	1.2%	1.2%	0.7%	0.2%	-0.8%
肉輸出	2.0%	-0.4%	0.4%	0.2%	0.2%	-0.8%
肉消費	0.0%	0.3%	0.1%	-0.1%	0.0%	0.2%
ミルク生産	-0.1%	-4.6%	-0.2%	0.0%	0.0%	-0.2%
ミルク輸入	0.8%	19.8%	-0.1%	0.0%	-0.1%	0.4%
ミルク輸出	0.5%	-4.9%	0.6%	0.5%	—	0.5%
ミルク消費	-0.1%	-3.6%	-0.1%	0.0%	0.0%	-0.2%
油糧種子面積	-8.1%	-12.5%	0.8%	0.6%	0.0%	-1.5%
肉類価格	-8.7%	-1.8%	-0.4%	0.1%	0.0%	-0.4%
野菜果物面積	-8.0%	-3.1%	0.0%	0.0%	0.0%	-1.0%
根菜類面積	-8.3%	-4.3%	0.0%	0.0%	0.0%	-0.9%
豆類面積	-0.3%	2.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%
砂糖作物面積	-0.5%	-0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	-0.1%
香料嗜好飲料面積	0.0%	-3.4%	0.0%	0.0%	0.0%	-0.2%
たばこ面積	-12.1%	-12.2%	0.0%	0.0%	0.0%	-4.2%
肥料消費	0.1%	-0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
灌漑面積	0.8%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%
農地面積	-11.0%	-10.2%	0.0%	0.0%	0.0%	-2.3%
総収穫面積	-11.6%	-5.7%	0.6%	0.3%	0.1%	-1.4%
土地利用効率	-0.7%	5.1%	0.6%	0.3%	0.1%	0.2%

資料：シミュレーション結果

### III 結論

本章では、資源制約下での食糧農業生産を中期的な時間展望の枠組みの中で捉え、資源制約問題が食糧農業市場に与える影響を、新たに開発した WFM-PRIMAFF を利用して計測した。

米国と中国において、環境問題への配慮から農地面積の削減が行なわれると想定したシナリオでは、生産性の上昇といった市場機能が働くことを通じて、生産への影響は抑えられるものの、世界全体として食料の総供給量が減少することは避けられないことが示された。また市場調整機能が理想どおりに機能すれば、生産資源縮小の影響が貿易を介して伝播していくなかで拡散され、輸入依存度の大小にもよるが、食糧供給に混乱をきたす規模の三次的ショックを市場規模の小さな開発途上国に与える可能性は低いとの結果が観察された。

また、世界全体での食糧生産が減少する事態に対応して、市場規模の小さな開発途上国においても、土地利用率の向上により実現しうる程度の規模で農業生産を、特に比較優位性のある農産物の生産拡大を、実現する必要性が示唆された。

最後に、シミュレーション結果からえられた知見のうちで、特に市場規模の小さな開発途上国での食糧政策に関連したものを列挙し、結びとする。

- (1) 食糧供給体制の確保のためには、農産物貿易の拡大が求められると予想されるため、流通基盤の強化を図ることの必要性を認識する必要がある。輸出入の拡大は多品目に及び穀類などの伝統的農産物に限定されないと予想されるため、流通インフラの整備には、野菜などの新規に拡大してきている農産品を対象とした、地域レベルでの共同的な政策導入の可能性を検討する必要も認められる。
- (2) 品目別に見た農地面積減少のショックへの収穫面積縮小反応のなかでは、穀類に比べ野菜、根菜類が若干ながら弾性値の低い反応を示した。しかしこうした品目は在庫量が少なく、生産量の減少が供給量の減少に直結する性格がある。そのため、生産量の変動をもたらす市場への影響、つまり価格の変動は大きなものとなる。そのため、有効な市場安定対策が求められる。
- (3) 主要穀類の輸出国においても、穀類の国際市場価格の上昇は、これら品目の輸出増大と国内供給の減少をもたらすなどの影響は免れない。穀類について、各国の国内価格の変動を抑制し安定化させるための、地域レベル或いは世界レベルでの対策を検討する必要性が示されているといえよう。

#### 参考文献

Heimlich Ralph and W. D. Anderson, "Development at the Urban Fringe and

## 補論 農地面積<sup>3</sup>

世界の農地面積についての FAOSTAT 統計値を 1995-2000 年の幾何平均値で評価してみると、総農地面積は 15 億ヘクタールであり 1990-95 年平均に比べ 56 万ヘクタールの微増となった。経済地域別の分布をみると、開発途上国が 58.0%、先進工業国が 24.5%をそれぞれ占めている（補表-1）。

また世界レベルでみた農地の拡大の速さは近年著しい鈍化の傾向にあり、1985-90 年と 1995-2000 年の間での平均増加率が年率 0.06%であったのに対し、1990-95 年と 1995-2000 年の間では 0.007%にまで低下している。

この変化の内訳を見ると、開発途上国での拡大が、先進工業国と東欧圏における農地の縮小によって相殺されていることがわかる。この背景には、失われた農地の回復に向かった旧ユーゴとブルガリアを例外として、東ヨーロッパの農地はラトビアなどごく少数の共和国をのぞく旧ソ連を中心に縮小を続けていることがある。またアメリカ及び EU でも、環境保全や農業の生産調整、都市化の影響を受けて、農地の縮小が進行している。一方、開発途上国における農地面積は 1985-90 年と 1995-2000 年の間において年率 0.46%で拡大したのに対し、1990-95 年と 1995-2000 年の間では、幾分低下した年率 0.40%で拡大を続けている。中央アフリカ諸国を除くと、アフリカではおおむね安定した農地の増大が続いている。

一方、農地開発の停滞を反映して、1人当たり農地は、人口増加率の著しかった開発途上国を始め、各経済地域に共通して減少となった。開発途上国では、1965-70 年から 1995-2000 年の 30 年間で年率 1.4%減少しており、世界全体でも、ほぼそれに近い減少率となっている（補表-2）。

この開発途上国平均ベースでの 1人当たりの農地面積の変化にほぼ変わらぬ変化率を日本が示している点は、今後の世界の食糧需給を議論するうえでの手がかりを与えてくれているように思われる。減少を記録し続ける日本の農地面積についてみると対世界計では約 0.3%となる 490 万ヘクタールまで縮小した。日本における 70 年代以降の経済構造の変化の過程でなされた 96 万ヘクタールの農地面積の低減は総人口に占める農村地域人口の 30.5%から 21.5%への低下また農業人口の対総人口比でも

---

<sup>3</sup> ここでの農地は FAOSTAT のコード、061, Arable land +Permanent Crop Land をいうものとする

21.5%から 4.4%への減少という生産能力の減少との抱き合わせで、もたらされた。この間に穀類生産に供された収穫面積はほぼ 46%減少し、生産高でみても 36%縮小した。一方、肉類については生産が年率 3%をこえる増加率を記録してほぼ 1.6 倍に増加し、この肉類生産を支えた穀物の飼料消費は年率 2.4%で拡大していった。この飼料消費の増大に伴い逼迫していった国内需給に対してはこれを年率 2.6%強で増加した穀物輸入で賄った。

補表 - 1 : 世界の農地面積の分布と推移 (千ヘクタール)

	農地面積			年率変化 (パーセント)		
	1980	1990	2000	30years	10years	5years
WORLD	1423511	1494277	1503202	0.2894	0.0596	0.0075
DEVELOPING	763649	833231	872781	0.6423	0.4648	0.3968
AFRICA	173718	184529	200554	0.7411	0.8362	0.7718
NORTHAFRICA	22556	23577	25221	0.6672	0.6763	0.3424
SUBSAHARANAFRICA	151160	160952	175332	0.7518	0.8594	0.8346
LATINAMER&CARIB	134101	147300	159327	1.1204	0.7879	0.6665
CENTRALAMERICA	30809	33297	35804	0.6739	0.7288	0.4483
CARIBBEAN	6286	6838	7572	1.5122	1.0247	0.3349
SOUTHAMERICA	97000	107164	115949	1.2471	0.7910	0.7568
ASIA	454501	499932	511268	0.4687	0.2245	0.1686
NEAREAST	69859	72325	75360	0.3208	0.4119	-0.0060
SOUTHASIA	201903	204259	204906	0.1410	0.0316	0.0970
SOUTHEASTASIA	182734	223336	230980	0.8446	0.3371	0.2883
Cambodia	2010	3345	3807	0.8371	1.3033	0.0042
Indonesia	26000	30833	32039	0.6987	0.3844	1.3086
Laos	796	848	936	1.1333	0.9966	1.3403
Philippines	9190	9840	9980	0.9966	0.1412	0.1659
Malaysia	4763	6416	7605	1.8956	1.7149	0.3342
Myanmar	10008	10049	10238	-0.0522	0.1862	0.3241
Thailand	17699	20452	18488	1.1030	-1.0046	-2.0669
Viet Nam	6539	6386	7239	0.5764	1.2619	1.5990
China Main	99491	128670	134480	0.9126	0.4426	0.3823
OCEANIA	1303	1469	1630	1.2819	1.0504	0.9095
INDUSTRIAL	378785	381921	370835	-0.0317	-0.2941	-0.1612
NORTHAMERICA	234656	234157	224700	-0.0355	-0.4114	-0.3873
USA	189673	188179	179000	-0.0832	-0.4988	-0.5021
WESTERNEUROPE	92246	91183	86943	-0.3505	-0.4750	-0.3676
EU15	91009	89873	85565	-0.3601	-0.4900	-0.3756
OTHERINDUSTRIAL	51874	56577	59165	0.5212	0.4482	1.0573
Japan	5496	5307	4908	-0.5974	-0.7781	-0.8499
TRANSITIONAL	281066	279096	259559	-0.2963	-0.7231	-1.0087
FSU	232003	230872	213264	-0.3001	-0.7902	-1.2443
EASTERNEUROPE	49063	48224	46290	-0.2788	-0.4086	0.1338

資料: FAOSTAT 2003 版

注: 農地は ARABLE LAND と PERMANENT CROP AREA の和

この日本での変化に対応する開発途上国全体での変化について見てみると、日本とは逆に基本的には総人口増加の下での農業生産力の増大が伴った変化であった。同時期における開発途上国では農地面積についてはこれを 20%増加させて 1.5 億ヘクタールの農地を加えると共に 21 億人の総人口を増加させるなかで農村部人口、農業人口をそれぞれ 9 億人、7.2 億人増加させた。これらはそれぞれ基準とした 1965-70 年平均

補表-2：1人当たり農地面積（ヘクタール）

	1965-70	1970-75	1975-80	1980-85	1985-90	1990-95	1995-00
WORLD	0.3891	0.3576	0.3325	0.3120	0.2942	0.2735	0.2550
DEVELOPING	0.2873	0.2615	0.2418	0.2260	0.2148	0.2007	0.1882
TRANSITIONAL	0.8236	0.7837	0.7477	0.7166	0.6867	0.6631	0.6284
INDUSTRIAL	0.5416	0.5220	0.5071	0.4973	0.4815	0.4561	0.4391
AFRICA	0.5279	0.4796	0.4349	0.3870	0.3465	0.3168	0.2903

資料：FAOSTAT 2003 版

数値に比べると 48%、40%の増加となるが、年率にすると 1.3%及び 1.1%という穏やかな変化の結果でもあった。穀類生産は生産性の大幅な向上を達成し 13%増加した収穫面積から 128%の収穫の増加を記録した。肉類についても年率 4.8%超の著しい生産増加率で増加し、約 3.1 倍となった。またこれに伴う穀類の飼料消費が 4 倍に増加した。

開発途上国でのこれらの圧倒的ともみえる農業食糧生産変化の数値は人口増加に伴う需要側からの市場圧力に対応した変化と見ることができようし、また逆に食料供給の変化により食料消費行動の変化がもたらされたとも言える。この補完的な議論の一方の要素である食糧需要についてみてみると、経済開発の進展に伴う所得の向上と農村部から都市部への人口移動等の社会構造の変化に誘起されて食糧消費構造は総カロリー摂取量では穏やかで、かつ個別消費項目では比較的顕著な各国特有の方向性を持った変化を示した。

相対的にマイナーな消費項目であった畜産・酪農品の消費の著しく顕著な増加を始めとする食糧消費の変化が反映された穀類需要の変化をみると、加工食料生産用途では年率 5.9%増、直接食用用途では年率 2.6%増であり、上述の飼料用途の増大をあわせると年率 3%増となって穀物生産の年率増加率 2.8%を上回って拡大した。人口増加が引き続き見込まれる開発途上国での消費が生産を上回る状況は今後の食糧生産の増大が生産資源への追加投入量の増大に直結する可能性を考えると生産資源の持続的利用可能量の限界点近辺での農業生産活動が想起されても不思議は無い。

このような資源制約下での食料農業生産を検討するにあたっては、当然、幾通りもの代替的なアプローチが想定される。本稿では農業食糧市場の動的な市場適応過程に

注目した。そして、食糧農産物の市場構造が柔軟に変化しうると仮定し、各国の市場適応行動の変化の方向性とその規模をある程度の予測しうるタイムスパンで、食糧と資源の問題を検討することとした。こうした問題設定は同時に、有意味な食糧政策を検討する可能性を確保することにもなり、分析結果の応用をはかる上でも望ましいものである。

今後の世界の食糧市場の動向、特に開発途上国における食糧需給を検討するにあたっては、次の二点が重要な点であろう。

第一点目は開発途上国市場で観察された食糧消費の構造的な変化は、その兆しを見せ始めたばかりのものであり、今後更に大きな変化が生じるものと捉える必要があるということである。これは開発途上国における食糧消費量の変化の最も重要な説明要因は人口の増加であった。将来においては、この人口増加に加え、経済開発の進行により社会構造の変化が食糧市場に与える影響が増大していくことは間違いない。

第二点目は輸入依存度が上昇する市場体質が強まりつつあることである。農産物貿易の自由化への流れが進行するなかでは、単純に生産の比較優位性が存在すると思われてきた開発途上国での人口増に伴う食糧輸入依存度の高まりは途上国の今後に生じる需要構造の変化とあいまって世界の食糧需給に大きな影響を与える要素要因であることに疑問の余地はない。

農地資源の制約が農業生産に与える影響評価はこの意味から開発途上国自体における食糧生産拡大能力の評価に併せて開発途上国の輸入需要を賄うことが期待されている先進工業国での食糧生産拡大能力の評価を行う必要があると判断される。

## 7 部分均衡モデルによる二国間自由貿易協定の影響評価手法

——日本－タイ間での鶏肉貿易の自由化を例として——

柳島宏治 (FAO)

### I 緒言

地域間自由貿易協定 (FTA) がマーケットに与える影響を評価するにあたっては、二国間の貿易の変化を、貿易量及び貿易価額の両ベースで捉える必要がある。ところが、既存の部分均衡型モデルでは、貿易相手国ごとの輸出入量ではなく、一国全体としての総貿易量が計測される。また貿易価格も、各国間の貿易における異なった価格は通常無視され、それぞれの国においては、一種類のみの価格が国際市場価格から推定されるという構造をとるのが一般的である。

こうした状況を踏まえ、本章では、日本とタイとの間での鶏肉の貿易を例に取りながら、既存の部分均衡型モデルに FTA の影響評価の機能を持たせるための、技術的な検討を行なう。

### II 日本とタイとの間で鶏肉の関税を撤廃したケース－理論的検討

#### 1 市場構造に関する仮定

ここでは、日本とタイとの間での鶏肉についての貿易モデルを考える。議論を単純にするため3つの仮定をおく。

仮定1：三カ国〔日本、タイ、その他諸国－ROW〕で市場が形成されている。

仮定2：各国の需給は国内生産 (S)、輸入 (M)、輸出 (E)、国内消費 (C) の四つで説明されるものとし、在庫変動は存在しないものとする。

仮定3：各国の国内市場は、 $S+M=E+C$  を市場均衡条件と考え、この条件を満足させる国内市場均衡価格 (q) が存在する。

#### 2 輸出入行動に関する仮定と構造方程式

次に、日本の市場を対象に、輸出入活動の概念規定を行なう。

### 1) 輸入量

日本の輸入は輸入相手国別に定義するものとする。

$$M = M_a + M_b + M_c$$

ここで、 $M_a$  はタイからの輸入、 $M_b$  は ROW からの輸入、さらにこれは概念的な規定に過ぎないが  $M_c$  を日本からの輸入である。

### 2) 輸入価格

日本のタイからの輸入価格 ( $p$ ) と タイの輸出価格 ( $q$ ) との関係は次の式で表現される。

$$p = q(1 + t(1 - (R/100))) + M$$

ここで、 $t$  は 関税〔相当〕率、 $M$  は 輸送費等を含めたマーケットマージン、また  $R$  は 関税削減率 (%) と考える。

### 3) 貿易量の決定者

日本とタイ間の貿易については、日本がタイからの輸入価格をみて輸入量を決定するものとする。言い換えれば、タイからの日本向け輸出は、日本がタイから輸入すると決定した量であり、タイの決定する対象ではないとする。

### 4) モデルの構造方程式

ここまでの議論を踏まえたモデルは次の構造式で表現される。インデックスは次のように表現する。

$i$ : 市場としての国、 $j$  は貿易活動でのパートナー国

$$(1) \quad S_i + M_i \cdot E_i \cdot C_i = 0$$

$$(2) \quad M_i = \sum M_{ij}$$

$$(3) \quad E_i = \sum E_{ij}$$

$$(4) \quad E_{ji} = M_{ij}$$

$$(5) \quad p_{ij} = q_j (1 + t_{ij} (1 - R_{ij}/100)) + M_{ij}$$

$$(6) \quad S_i = f(q_i)$$

$$(7) \quad C_i = f(q_i)$$

### 5) 日本の輸入量の決定

これまで輸入については、単に輸入価格の関数であるとしていたが、自由貿易協定を巡

つての検討などの応用目的を考慮すると、明確な理論的検討を加えたあとで定義されることが必要である。

一般に輸入量の変化を説明するには、(1) 貿易転換：trade diversion と (2) 貿易創造：trade creation の二種類の区別された市場反応が指摘されている。

貿易転換についてよく適用されるCES関数を用いた取り扱いでは、次のように表現される。

$$(A-1) \quad (M_{ij}^{((s-1)/s)} + M_{io}^{((s-1)/s)})^{s/(s-1)} = M_i$$

ここでは、一定量で定まった輸入量が、二つの貿易要素（つまりタイからの輸入量とROWからの輸入量）で満たされ、貿易要素間の配分は、弾性値（s）によって決定されると表現されている。

この各貿易要素間での配分の嗜好性のほかには、各要素に対する取り扱いに更なる差別はないとの前提を加えると、輸入のトータルコストについても上記の表現に倣った下記の関係式として書き表される。

$$(A-2) \quad C_i(p_{ij}, p_{io}) = [(p_{ij}^{(1-s)} + p_{io}^{(1-s)})^{1/(1-s)}]$$

トータルコストの最適化としての解は、以下の式で表される。

$$(A-3) \quad M_{ij}/M_{io} = (p_{ij}/p_{io})^{(-s)}$$

即ち、ここでは特定の要素のシェアが価格比と弾性値が決定できれば計算が可能となることが示されている。

これに貿易創造の効果を加えるためには、価格変化に対応する輸入量の総計の変化を別途、把握することが必要である。

最も簡単なケースとして、輸入量の総計が国内価格と平均された輸入価格とにより説明されると仮定すると次の表現が得られる。

$$(8) \quad M_i = f(p_i, q_i)$$

特定の国からの輸入は、輸入量に計算されたシェアを乗じて計算されるゆえ、次の表現が得られる。

$$(9) \quad M_{ij} = s_{ij} M_i$$

また輸入シェアは上記の(A-3)から次のように書き表される。

$$(10) \quad s_{ij} = (p_{ij} / p_{i0})^s / (1 + (p_{ij} / p_{i0})^s)$$

以上、特に輸出入に関するものを中心に、理論的な整理を行ない、二国間自由貿易協定の影響評価に必要なモデル構造式の全てが得られた。

### III 日本-タイ間の鶏肉関税の撤廃の影響評価の計測例

ここでは日本-タイ間の鶏肉貿易市場に例に試験的モデルを作成した。ベースデータはFAOSTATにより、直近の五カ年間の平均値を採用した試験的なモデルをEXCEL上に組み立てた。貿易活動についての構造式は本論に示したものを採用した。必要とするパラメーターとして暫定的に使用した値は次の表-1にまとめられている。

表-1にまとめた種々の仮定に従った場合での、影響評価結果を表-2に示した。なお、日本がタイよりの輸入に課す関税を100%削減した想定した場合の影響をCASE-1とし、またROWよりの輸入関税も併せて100%削減した場合の変化をCASE-2として示した。

表-2の日本市場に注目するとFTAによる貿易転換の効果と貿易創造の効果が明示的に示されていることがわかる。CASE-1において日本の鶏肉生産はわずかに減少し、輸入量はわずか0.8%増加するだけであるが、タイからの輸入量のシェアは43.9%と大幅に増大することがわかる(ベース年のシェアは23.1%)。一方ROWのシェアは10.9%と顕著に低下する。つまり日本-タイ間でのFTAの効果は鶏肉市場で見た場合には、主として貿易転換の効果が生じ、貿易創造の効果は限定されたものになるということが示されている。

なお、詳細な検討はここでは行なわないが、この貿易変化の影響が日本、タイ、ROWのそれぞれの鶏肉需給に与える影響がすべて示されていることにも、あわせて注目されたい。

また、ここで示された試算結果はあくまで恣意的に決定したパラメーターによるものであり、現実的な影響評価を行なうためには、今後さらに実証的な研究を積み上げていくことが必要なことはいままでもない。

### IV 結論

本稿では、日本とタイとの間の鶏肉貿易を例に、FTAの影響評価を行なうための技術的検討を行なった。数値例による計算結果は、貿易転換効果と貿易創造効果をそれぞれ明示

表一 計測応用例（単位：生産量、輸出入量は千トン、価格はUSドル/kg、CASE-1とCASE-2は%）

	日本鶏肉			タイ鶏肉			ROW 鶏肉		
	ベースデータ	CASE-1	CASE-2	ベースデータ	CASE-1	CASE-2	ベースデータ	CASE-1	CASE-2
	1999年			1999年			1999年		
生産量	1208.1	-0.3	-4.8	1196.4	0.5	0.2	62231.0	0.0	0.1
輸入量	717.5	0.8	13.3	0.3	0.5	0.1	6745.5	0.0	0.2
タイの輸入シェア	0.231	43.9	-2.1				0.035	-32.9	-7.8
タイからの輸入量	161.5	45.0	10.9				146.8	-32.9	-7.7
ROWからの輸入量	555.9	-10.9	13.9				6595.2	0.8	0.4
日本からの輸入量							3	3.4	181.6
日本からのシェア							0.062	3.4	181.1
輸出量	3.5	3.4	181.6	308.4	3.5	1.0	7151.4	-0.1	1.4
日本向け輸出量				161.5	45.0	10.9	555.9	-10.9	13.9
タイ向け輸出量							0.3	0.5	0.1
ROW向け輸出量				146.8	-32.9	-7.7	6595.2	0.8	0.4
消費量	1922.1	0.1	1.9	888.4	-0.5	-0.2	61825.1	0.0	-0.1

注：ベースデータは前後5年間の平均値

出所：筆者の計算による

して計測しており、ある程度、適用可能なものと判断された。

今後モデルを実践的に使用していくためには、モデルで使用される構造パラメーターを実証的に決定していくことが望まれる。

## 参考文献

Thoenig Mathias and Thierry Verdier, 'A Theory of Defensive Skill-Biased Innovation and Globalization', *American Economic Review*, June 2003, pp.709-728.

表一 1 : モデルで使用した構造パラメーター等

	Japan	Thailand	ROW
Production, own price elasticity	0.5200	0.2000	0.3500
Import price elasticity, domestic market price	7.1000	0.2000	0.7500
Import price elasticity, import price	(9.1000)	(0.2000)	(0.0150)
CES on import substitution, (Thailand)	7.1000		16.0000
CES on import substitution, (ROW)			14.0000
Use, domestic price	(0.2000)	(0.2000)	(0.3000)
On import from Japan, Tariff rate			0.0750
On Import from Japan, Market margin			0.5650
On import from Thailand, Tariff rate	0.1190		0.2000
On import from Thai, Market margin	0.3356		0.0605
On import from ROW, Tariff rate	0.1190	0.0750	0.1000
On Import from ROW, Market margin	0.2834	0.1209	0.1056

出所：筆者の仮定による。

表一 2 計測応用例 (続き) (単位:生産量、輸出入量は千トン、価格は US ドル/kg、CASE-1 と CASE-2 は%)

	日本鶏肉			タイ鶏肉			ROW 鶏肉		
	ベースデータ	CASE-1	CASE-2	ベースデータ	CASE-1	CASE-2	ベースデータ	CASE-1	CASE-2
	1999 年			1999 年			1999 年		
国内価格	1.800	-0.5	-9.0	1.200	2.7	0.8	1.013	0.0	0.2
輸入価格	1.476	-0.5	-8.3		0.0	0.2	1.476	-0.2	0.2
日本物							2.500	-0.4	-7.0
M							0.565	0.0	0.0
輸出価格(q)							1.800	-0.5	-9.0
タイ物	1.678	-6.6	-8.0				1.500	2.6	0.7
関税率(t)	0.119	0.0	0.0				0.200	0.0	0.0
関税削減率(%)		100.0	100.0						
M	0.336	0.0	0.0				0.060	0.0	0.0
輸出価格(q)	1.200	2.7	0.8				1.200	2.7	0.8
ROW 物	1.417	0.0	-8.3	1.210	0.0	0.2	1.220	0.0	0.2
関税率(t)	0.119	0.0	0.0	0.075	0.0	0.0	0.100	0.0	0.0
関税削減率(%)		0.0	100.0						
M	0.283	0.0	0.0	0.121	0.0	0.0	0.106	0.0	0.0
輸出価格(q)	1.013	0.0	0.2	1.013	0.0	0.2	1.013	0.0	0.2

注: ベースデータは前後 5 年間の平均値

出所: 筆者の計算による

---

平成 16 年 3 月 25 日          印刷・発行

世界食料需給プロジェクト研究資料 第 3 号

国際食料需給の計量分析と資源制約問題

編集発行 農林水産省 農林水産政策研究所

〒114-0024 東京都北区西ヶ原 2 丁目 2-1

電話 東京 (03) 3910-3946

FAX (03) 3940-0232

---

有限会社 ソウユー印刷