

## 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\*・井上莊太朗\*

#### 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人当たり利用可数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つたことは、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、現在も続いている、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90億人を越えると見込まれている。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つい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の分析を行う。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壤および水資源—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イ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	RWM

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。

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

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

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

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

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

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

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

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

ただし、

$YLD_{tij}$  :  $t$ 期*i*品目*j*地域の単収

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

$AH_{tij}$  :  $t$ 期*i*品目*j*地域の収穫面積

$WLDEXP_a$  :  $t$ 期*i*品目の国際価格

$ESP_{ijk}$  :  $k = i$ 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

$IRI_{tij}$  :  $t$ 地域*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

$NONIRI_{tij}$  :  $t$ 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

$QP_{tij}$  :  $t$ 期*i*品目*j*地域の生産量

$QC\_PC_{tij}$  :  $t$ 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

$GDP\_PC\_RATE_j$ :  $t$  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

$POP_{ij}$ :  $t$  期  $j$  地域の人口

$PG_{ij}$ :  $t$  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

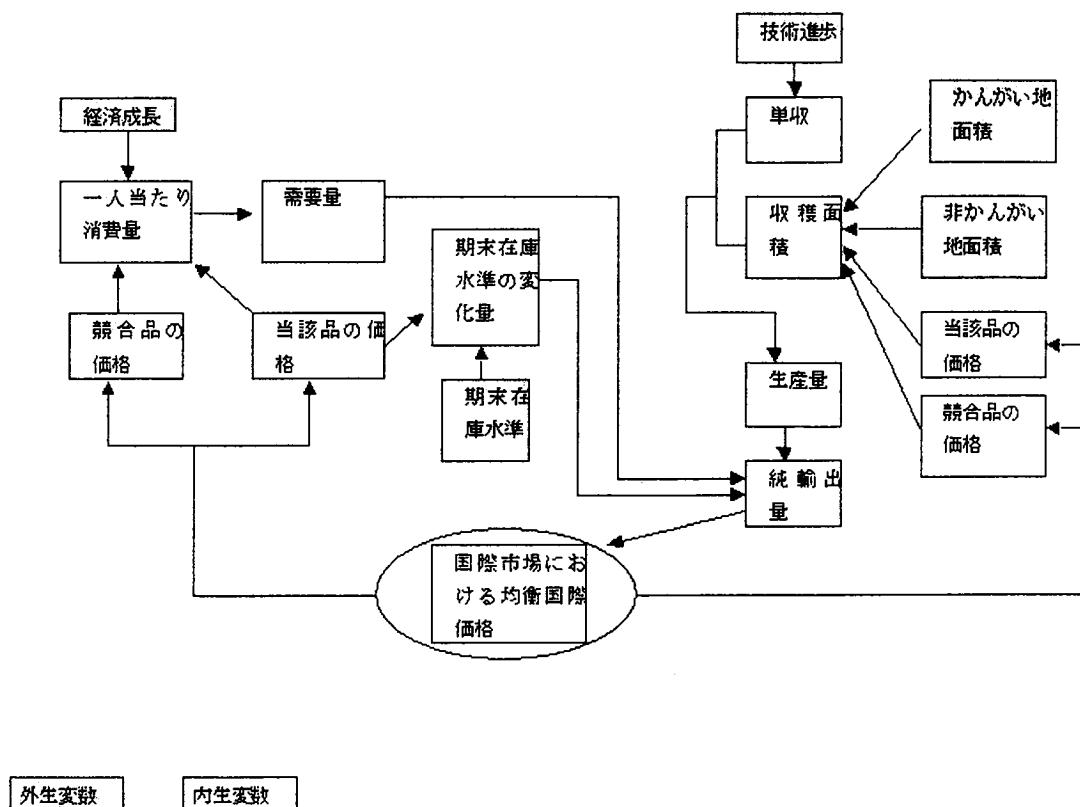
$NT_{tij}$ :  $t$  期  $i$  品目  $j$  地域の純輸出量

$i = 1, 2, 3$  はそれぞれ小麦、トウモロコシ、コメを示す。

単収は変化率  $YLD\_RATE_{tij}$  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学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、両变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に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	RW1	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から、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、資源制約バ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	RW1	▲ 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	RW1	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&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	▲ 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	RW1	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&amp;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

国・地域	(単位:千人)									
	実績値←→→→→予測値					→→→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
ASEAN10	357,290	397,818	439,721	481,751	521,384	558,520	593,333	627,115	659,893	691,023
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
カナダ	24,516	25,843	27,701	29,354	30,757	32,007	33,216	34,419	35,598	36,717
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
EU15	355,420	358,866	365,044	372,639	376,503	378,124	377,955	376,535	374,347	371,349
ロシア	138,660	143,329	148,292	148,41	145,491	140,920	136,976	133,314	129,687	125,687
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
日本	116,807	120,837	123,537	125,472	127,096	127,982	128,220	127,522	125,958	123,798
アメリカ	230,406	242,531	254,776	268,744	283,230	296,064	308,557	321,225	334,200	346,822
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
世界合計	4,429,747	4,824,509	5,254,820	5,661,862	6,056,715	6,441,001	6,825,736	7,207,361	7,579,276	7,936,741

国・地域	(単位:%)									
	実績値←→→→→予測値					→→→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
ASEAN10	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	0.9
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	0.6
カナダ	1.2	1.1	1.4	1.2	0.9	0.8	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	0.2
EU15	0.3	0.2	0.3	0.4	0.2	0.1	▲ 0.0	▲ 0.1	▲ 0.1	▲ 0.2
ロシア	▲ 11.4	0.7	0.7	▲ 0.0	▲ 0.4	▲ 0.6	▲ 0.6	▲ 0.5	▲ 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
日本	0.9	0.7	0.4	0.3	0.3	0.1	0.0	▲ 0.1	▲ 0.2	▲ 0.4
アメリカ	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	0.9	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	1.3
世界合計	1.7	1.7	1.7	1.5	1.4	1.2	1.2	1.1	1.0	0.9

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					2000-05	2005-10	2010-15	2015-20	2020-25	2025-30
	1980-85	1985-90	1990-95	1995-2000							
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	4.0
ASEAN10	4.2	7.5	7.7	1.1	3.2	3.5	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	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	3.1
中国	10.7	7.9	12.0	6.3	7.3	8.1	8.4	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	2.3
ロシア			▲ 10.1	1.3	3.9	3.4	3.3	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	4.8
日本	3.3	4.9	1.4	1.5	0.4	1.4	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	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	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があるので、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 灌溉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
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
ASEAN10	ASE	49,517	44,699	43,124	42,779	41,097	39,480	37,927	36,435	35,002
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
カナダ	CAN	45,102	44,740	44,840	44,814	44,682	44,551	44,421	44,291	44,161
中国	CHN	75,711	74,200	70,400	70,449	70,692	70,937	71,182	71,429	71,676
EU15	E15	66,928	63,044	62,113	61,815	60,346	58,913	57,513	56,147	54,813
ロシア	RUS	203,600	196,704	192,837	191,730	183,292	181,008	175,874	170,885	166,038
インド	IND	117,994	109,249	102,750	102,647	102,132	101,620	101,111	100,604	100,100
日本	JPN	1,922	1,885	1,844	1,833	1,776	1,722	1,669	1,618	1,569
アメリカ	USA	164,842	155,150	154,550	153,805	150,136	146,553	143,056	139,643	136,311
その他世界	RW	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 一 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	104,695
	消費量	千トン	417,348	473,730	618,966	727,613	873,904	104,774
	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

国・地域名		実績値 ←			→ 予測値			(単位:千トン)
		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	

国・地域名		実績値 ←			→ 予測値			(単位:千トン)
		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	

国・地域名	国・地域名 の省略記号	実績値 ← →			予測値		(単位:千トン)
		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	840
その他世界	RW1	▲ 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なる。

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た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

(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
アルゼンチン	ARG	10,900	8,600	16,043	19,745	25,682
ASEAN10	ASE	135	150	100	109	121
オーストラリア	AUS	15,066	16,504	23,906	34,640	47,742
カナダ	CAN	32,098	25,037	24,663	26,708	36,855
中国	CHN	98,229	102,215	102,463	128,145	160,064
EU15	E15	89,095	86,161	97,441	85,828	102,522
ロシア	RUS	49,596	30,100	37,450	53,561	53,200
インド	IND	49,850	65,470	71,971	87,960	107,911
日本	JPN	952	444	657	928	993
アメリカ	USA	74,292	59,404	58,863	74,622	93,908
その他世界	RW1	167,845	143,922	149,076	170,618	178,867
(2) 消費量						
国・地域名	国・地域名 の省略記号	実績値 ←			予測値 →	
		1990	1995	2000	2010	2020
アルゼンチン	ARG	4,530	4,165	4,935	5,309	5,587
ASEAN10	ASE	5,187	8,282	9,733	12,463	15,432
オーストラリア	AUS	3,536	3,669	5,327	5,512	5,586
カナダ	CAN	6,576	7,804	7,637	7,677	7,712
中国	CHN	101,674	106,499	109,452	132,660	161,801
EU15	E15	64,553	77,241	90,398	90,252	90,073
ロシア	RUS	57,260	39,810	36,200	34,893	33,892
インド	IND	47,595	64,978	65,607	85,593	107,440
日本	JPN	6,047	6,380	5,908	5,950	5,766
アメリカ	USA	37,150	31,028	34,811	37,532	40,328
その他世界	RW1	165,269	195,009	215,287	267,937	335,986
(3) 期末在庫量						
国・地域名	国・地域名 の省略記号	実績値 ←			予測値 →	
		1990	1995	2000	2010	2020
アルゼンチン	ARG	822	150	755	565	484
ASEAN10	ASE	687	712	1,835	1,375	1,178
オーストラリア	AUS	2,823	1,975	5,534	4,145	3,551
カナダ	CAN	10,285	6,728	7,383	5,531	4,737
中国	CHN	49,940	76,494	95,827	71,783	61,485
EU15	E15	17,936	7,414	10,693	8,010	6,861
ロシア	RUS	16,380	2,900	3,000	2,247	1,925
インド	IND	5,805	7,762	18,440	13,813	11,831
日本	JPN	1,619	864	1,450	1,086	930
アメリカ	USA	23,627	10,234	24,317	18,215	15,602
その他世界	RW1	40,612	38,076	31,106	23,301	19,958

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
アルゼンチン	ARG	7,600	11,100	15,667	20,824	26,665
ASEAN10	ASE	14,849	15,779	17,379	20,030	22,977
オーストラリア	AUS	205	311	414	567	759
カナダ	CAN	7,067	7,271	8,126	8,364	9,070
中国	CHN	96,820	112,000	116,058	145,199	181,414
EU15	E15	23,523	29,224	37,971	42,230	50,575
ロシア	RUS	2,451	1,700	1,150	926	847
インド	IND	8,962	9,530	12,349	14,122	16,617
日本	JPN	2	2	1	1	0
アメリカ	USA	201,534	187,970	244,296	282,174	329,876
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
アルゼンチン	ARG	3,303	4,308	5,201	5,486	5,794
ASEAN10	ASE	15,174	19,983	21,356	25,125	29,594
オーストラリア	AUS	188	297	365	374	380
カナダ	CAN	7,057	7,472	10,381	11,039	11,719
中国	CHN	79,850	106,000	118,667	152,546	200,004
EU15	E15	27,925	33,936	40,167	42,132	43,766
ロシア	RUS	8,600	1,800	1,689	1,674	1,616
インド	IND	9,261	9,488	12,117	13,772	15,112
日本	JPN	16,379	16,100	16,272	16,754	17,122
アメリカ	USA	153,273	160,552	197,350	215,585	235,786
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
アルゼンチン	ARG	385	400	576	431	366
ASEAN10	ASE	1,155	1,335	1,506	1,127	957
オーストラリア	AUS	14	15	7	5	4
カナダ	CAN	1,534	721	1,609	1,204	1,023
中国	CHN	82,821	86,940	91,168	68,243	57,944
EU15	E15	1,411	2,320	3,944	2,952	2,507
ロシア	RUS	1,857	167	262	196	167
インド	IND	200	100	943	706	600
日本	JPN	1,509	1,067	1,169	875	743
アメリカ	USA	38,641	10,819	42,015	31,450	26,704
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。

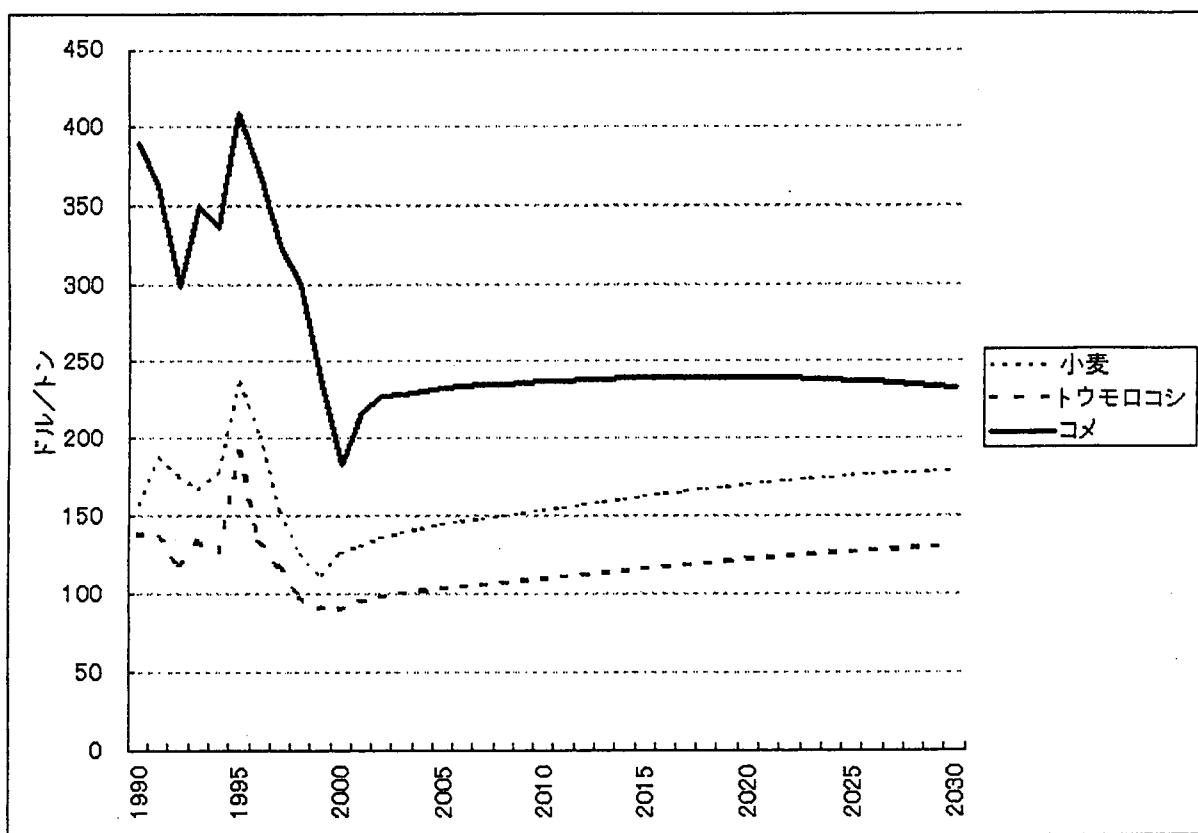
第18表 コメの生産量、消費量および期末在庫量の予測

(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
アルゼンチン	ARG	299	570	516	530	625
ASEAN10	ASE	70,679	86,743	94,538	99,171	104,887
オーストラリア	AUS	563	691	992	1,013	1,222
カナダ	CAN	0	0	0	0	0
中国	CHN	132,532	129,650	131,593	142,454	158,133
EU15	E15	1,606	1,305	1,646	1,616	1,486
ロシア	RUS	582	300	331	287	263
インド	IND	74,291	79,620	88,724	95,676	102,765
日本	JPN	9,554	9,781	8,409	8,211	7,776
アメリカ	USA	5,098	5,628	6,393	6,433	6,397
その他世界	RW1	55,777	56,640	68,595	78,335	95,272
(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
アルゼンチン	ARG	219	210	235	248	284
ASEAN10	ASE	67,371	77,788	87,155	91,767	99,443
オーストラリア	AUS	212	302	360	394	454
カナダ	CAN	189	225	249	269	305
中国	CHN	123,911	131,237	134,233	130,647	128,213
EU15	E15	1,626	1,647	2,204	2,155	2,213
ロシア	RUS	532	560	652	669	715
インド	IND	73,091	78,920	81,957	89,552	97,848
日本	JPN	9,620	9,450	9,150	9,071	8,938
アメリカ	USA	2,981	3,420	3,801	4,130	4,763
その他世界	RW1	63,945	67,521	84,273	105,411	135,667
(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
アルゼンチン	ARG	50	126	130	89	88
ASEAN10	ASE	6,838	9,524	12,902	8,846	8,705
オーストラリア	AUS	210	75	241	165	163
カナダ	CAN	0	0	0	0	0
中国	CHN	94,000	84,500	93,889	77,847	76,614
EU15	E15	431	401	859	589	580
ロシア	RUS	0	115	345	236	233
インド	IND	14,500	11,500	21,383	14,660	14,428
日本	JPN	1,005	2,683	1,486	1,019	1,003
アメリカ	USA	803	810	1,042	714	703
その他世界	RW1	9,860	9,698	10,795	7,401	7,284

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できかどうかは、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。

前者の考え方にしては、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ことになり、反対に、後者の考え方にしては、人口の増加はその国の富に影響を与えることなく、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、

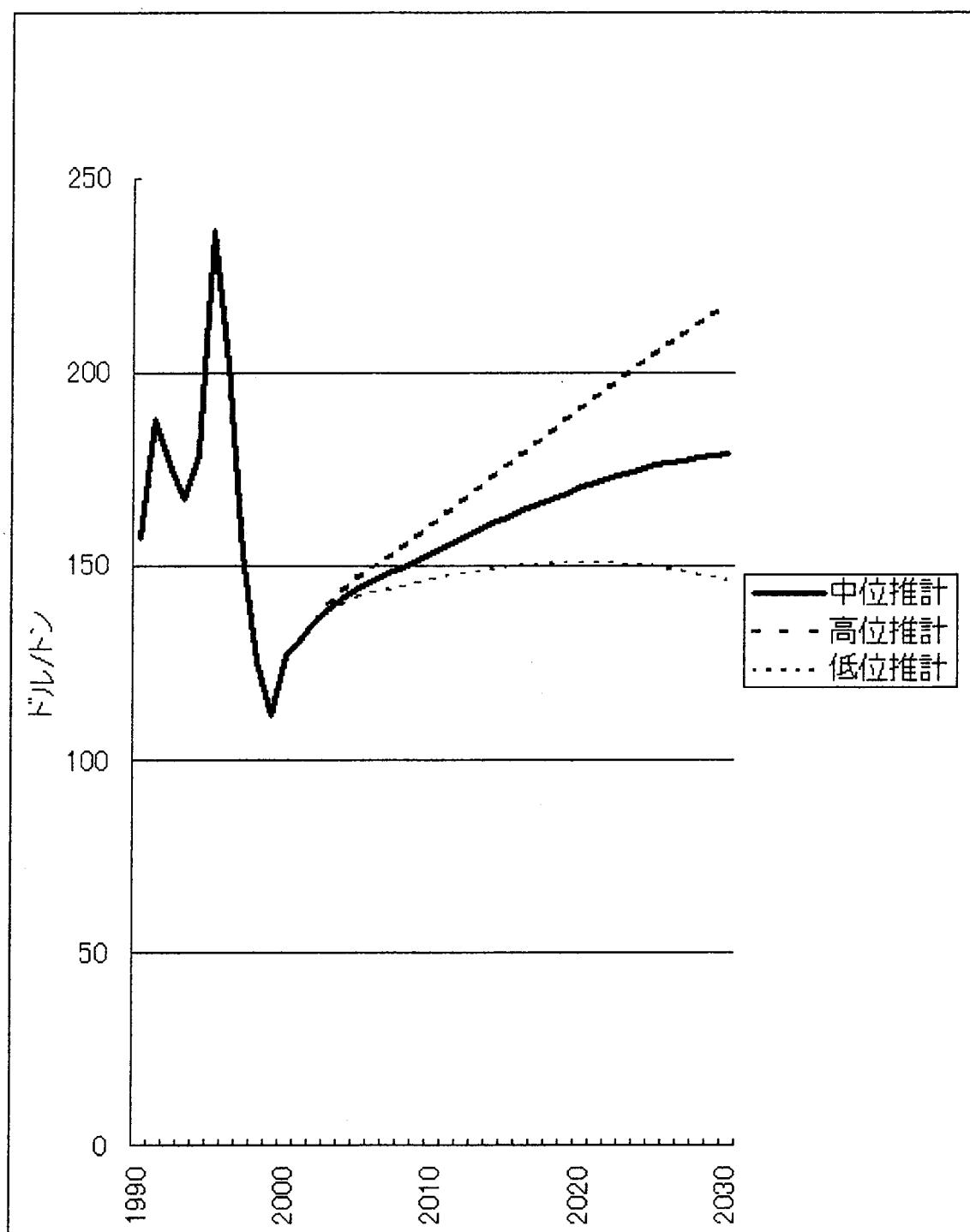
(ア) まず、世界銀行は人口推計の高低に応じたGDPの将来予測を行っておらず、各国のGDP予測は1本であること（データの利用可能性の問題）。

(イ) 前者の考え方にしては、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）。

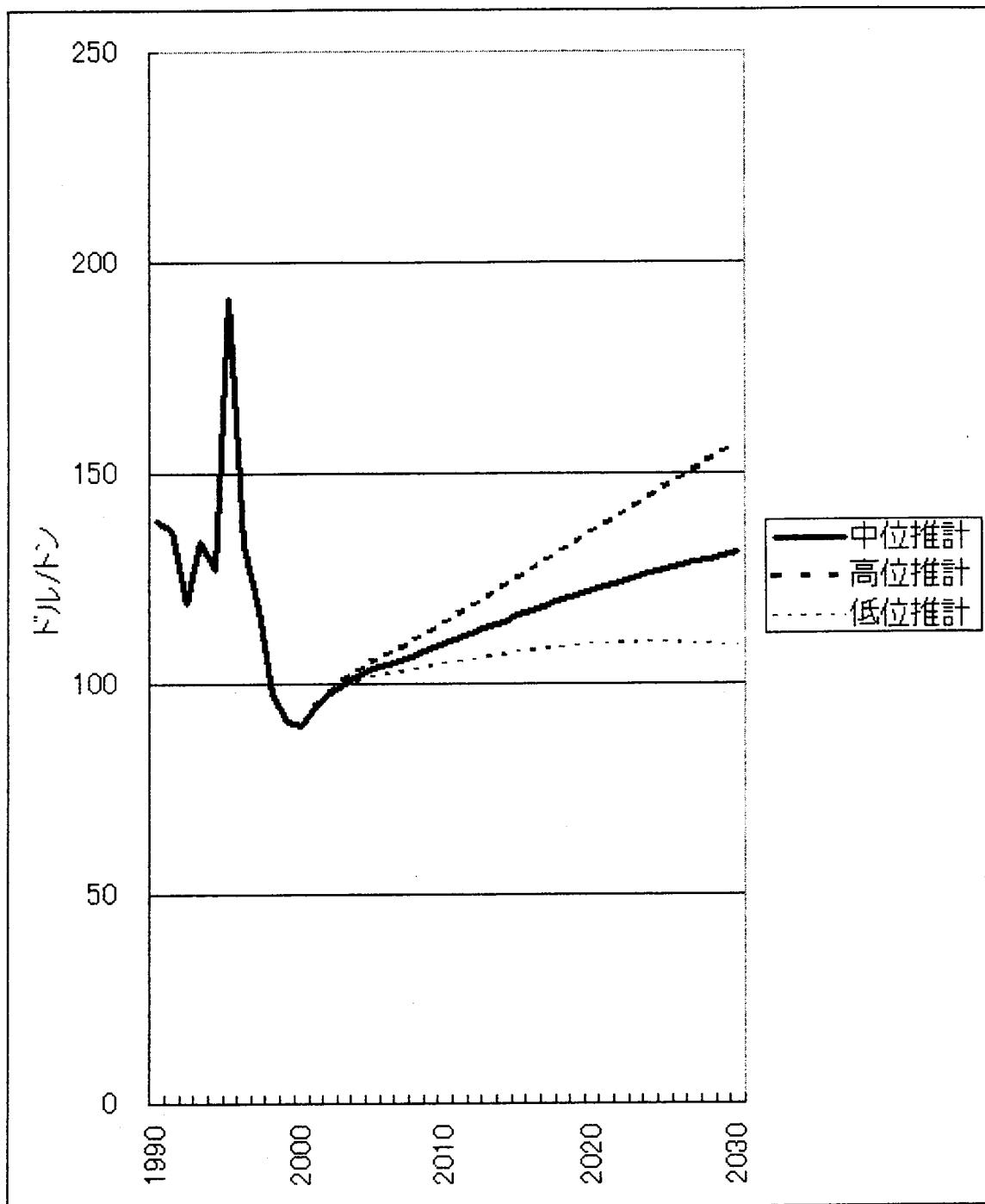
これらの理由により、人口推計の高低に応じ、人口1人当たり実質所得（の伸び率）も変わるものと仮定した。

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。

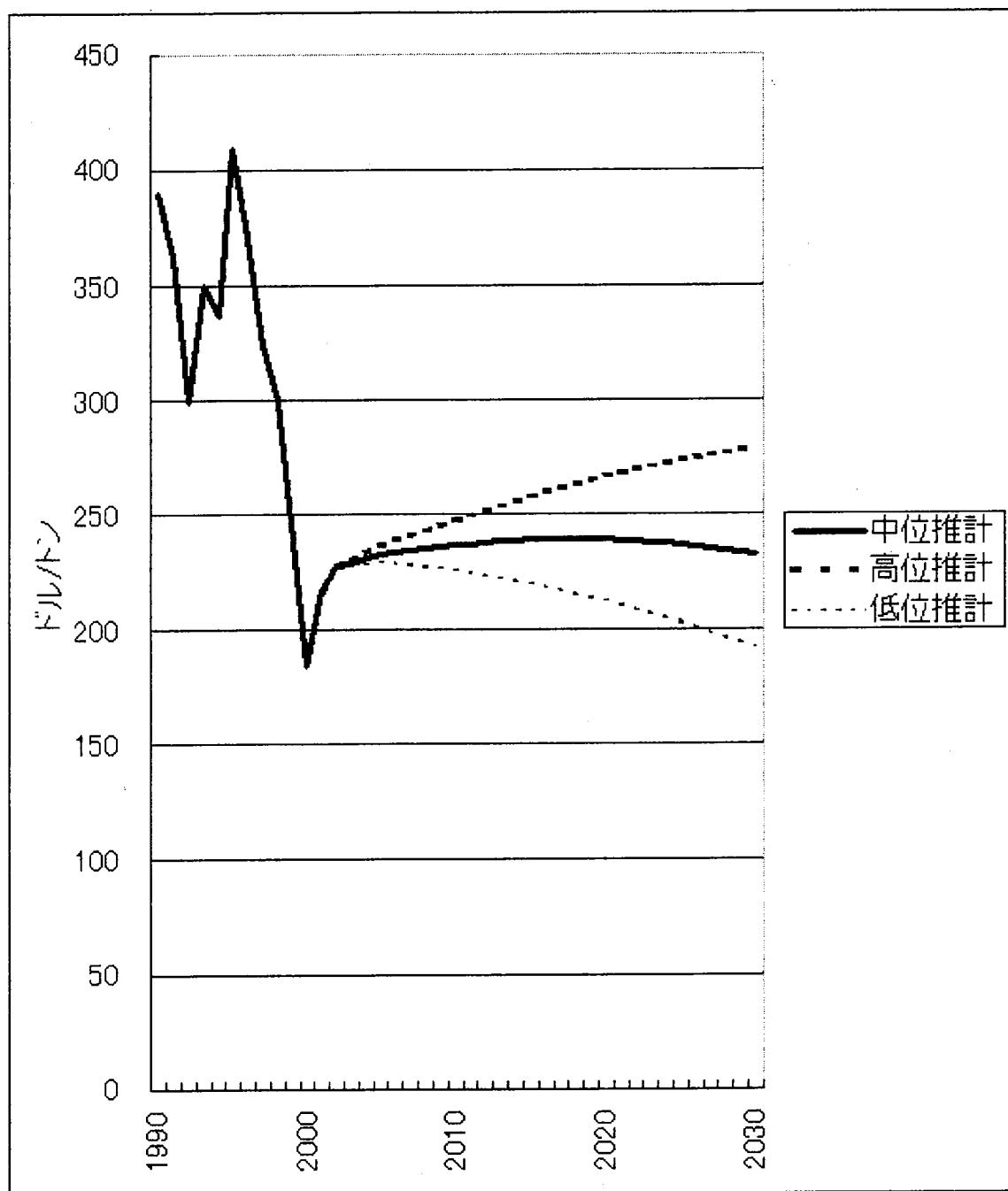
第3図 小麦の国際価格の予測　－国連人口推計による違い－



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ことがわかる。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。乱数発生の回数は 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、分布の範囲が広くなる。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、いずれも高くなつたが、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приオリに仮定したため、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當か、(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、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

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]井上莊太朗、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』、慶應出版社、1948年)
- [3]井上莊太朗、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.