



アジアの人口扶養能力と環境資源

内嶋善兵衛 (お茶の水女子大学名誉教授)

1. 人類生存の基本としての農業

2. アジアの植物気候学的な特徴

3. 食料の需給関係と人口扶養能力
 - 1) 耕地面積を左右する土地利用パターンの変化

 - 2) 作物収量を左右する気候

 - 3) アジアの人口扶養能力

1. 人類生存の基本としての農業

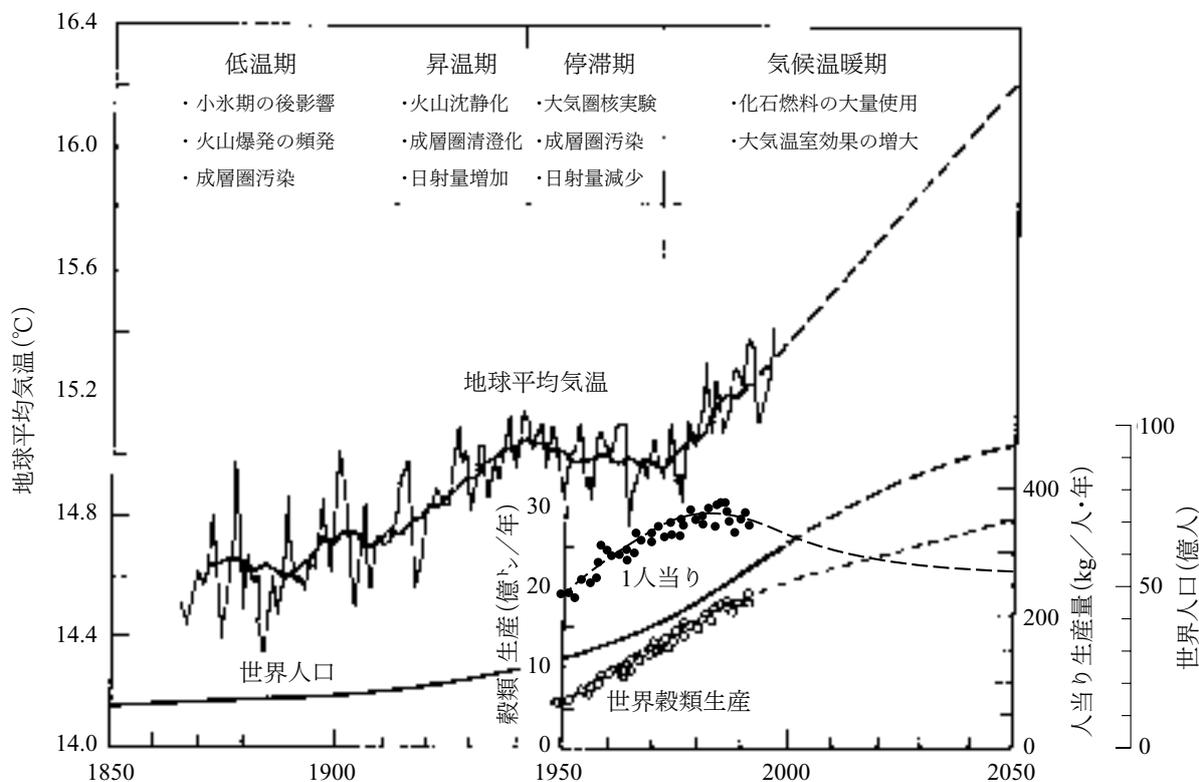
現在、地球上に生きる約60億人の人類は、二つのエネルギーを利用しながら生きている。その第1は食料エネルギーで、第2は化石燃料エネルギーである。食料を生産する作物群は、いま地球上へ入射する太陽エネルギーを食物のなかに変換・固定している。それゆえ、食料エネルギーは新鮮太陽エネルギーと呼ぶことができる。一方、石油・石炭・天然ガス内のエネルギーは、地質時代に原始的な植物の光合成活動を通じて準備されたエネルギーであるので、それは化石太陽エネルギーと呼ぶことができる。よく知られているように、食物内の新鮮太陽エネルギーは、生物としての人類生存のための基本的なエネルギーである。化石太陽エネルギーは、高度に文明化した人類社会の発展と維持に、主として利用されている。

食物エネルギーは、農業・畜産業・水産業によって、供給されている。これら三つの産業のな

かで、農業は人類の生命維持のなかで最も重要な役割を果たしている。それは今から1万年ないし8千年前に始められたので、農業は世界で最も古い産業である。それ以来、多くの人々が、世界の各地で食料生産の増加と安定化のために努力を傾けてきた。とくに20世紀半ばに始まる第二次産業革命は、世界の農業に革新的な変化をもたらした。すなわち、農業はいわゆる古い農業様式から高収性農業様式へと移行した。この高収性農業では、多くの農業技術そして工業生産部門で開発された生産物（肥料・農薬・農業機械など）が多用されている。

図1は、過去150年間の世界の人口・穀物生産量・平均気温の時代的な変化を示している。図に見られるように、図には今後50年間における世界の人口・穀類生産量および地球気候モデルから推定した世界平均気温の予想値も示されている。

科学と技術の進歩発展によく支援されている高収性農業は、図に示されているように、世界の穀



【図1】 過去150年間と今後50年間における世界の人口・穀類生産量・平均気温の年代的な変化と予想

類生産を急増させるのに成功した。すなわち、世界の穀類生産量は、1950年の6億トから1990年代末の20億トまでほぼ直線的に増大した。このような生産量増大のため、世界人口が1950年の25億人から2000年の60億人へ増加したにもかかわらず、一人当たり年間穀類生産量は、この間を通じて250kgから360kgへと増大し、多くの人々、とくに発展途上国の人々の栄養状態は著しく改善された。近代の高収性農業は、つぎの四つの資源を、必要に応じて、一緒に、しかも比較的安いコストで、使用することによって、確立され展開されている。

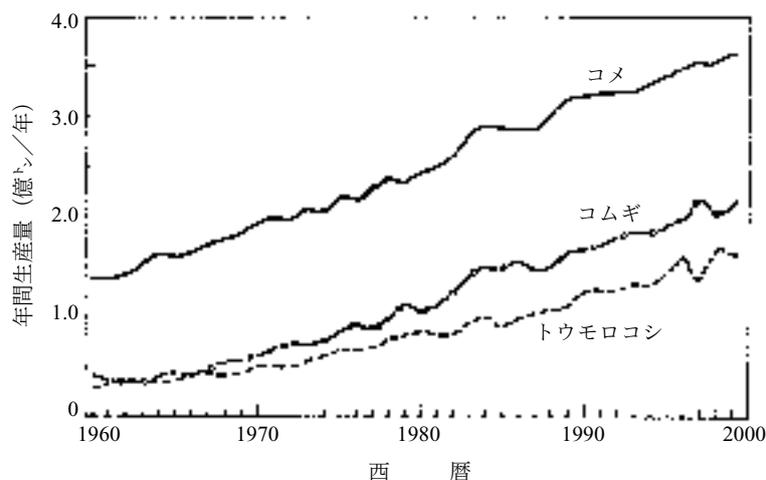
- a : 環境資源 (土壌・水・太陽光・空気・天気などの風土資源)
- b : 生物資源 (改良された高収性の作物品種、家畜・家禽類)
- c : 技術資源 (効果的な肥料・農薬類、効率的な農業機械類、優れた灌漑・排水システム、使い勝手のよい技術・農産物情報システムなど)
- d : エネルギー資源 (化石エネルギー、原子力など)

20世紀後半における穀類生産の著しい上昇は、つぎの二つの要因に基づくものと考えられる。その第一は高収性農業様式の確立・導入であり、第

二はこの間を通じて世界気候が、図1に示されているようにこの期間の前後の気候に比べて、比較的安定していたことである。この比較的安定した世界気候は、20世紀後半における世界穀類生産量の急激な上昇に、かなり寄与したものと考えられる。

しかしながら、図にみられるように、世界食料問題の一部専門家(例えば、Kendall・Pimentel, 1994)は、世界の穀類生産の上昇は、地球温暖化・水資源の不足・耕地土壌の劣化・高収性農業技術の発展速度の鈍化などという制約のために、21世紀においては次第に弱まるだろうと予想している。このため、21世紀における世界穀類生産の増加速度は現在より鈍り、一人当たりの穀類生産量は減少することが図1に示されている。それゆえ、21世紀を通じて、世界とくに発展途上国では、人々の栄養水準の低下も予想される。

図2は、アジアにおけるコメ・小麦・トウモロコシの年間生産量の急激な増大を示している。これら3種の穀類はアジアの人々の重要な主食料である。よく知られているように、これら主食用穀類の年間生産量の急激な増大は、アジア諸国への高収性農業の導入によってもたらされた。これは世界農業の歴史のなかでエポックメイキングな出来事で、「緑の革命」として広く知られている。



【図2】アジアにおけるコメ・小麦・トウモロコシの年間生産量の年次変化
(伊藤、1999より作成)

緑の革命はその後におけるアジアの食料事情の改善にかなり貢献した。図2を利用すると、1960年から1999年までの期間におけるこれら3穀類の生産増加率は次のようになる。

コメ : 5.689 Mt/y
 小麦 : 4.417 Mt/y
 トウモロコシ : 3.333 Mt/y

これら3作物の栽培面積は1960年から1999年までの期間を通じてほぼ一定であったと思われるので、図に示されている3作物の年間生産量の急激な増大は、これら作物の単収 (t/ha) の急激な上昇によると考えられる。

多様な近代工業生産物によって十分に支援されている高収性農業は、時期や場所に関係なく、より高い生産量を常にもたらすと考え勝ちである。しかし、作物生産データは、穀類生産が環境条件とくに気候条件の変動や変化に、まだ脆弱または敏感なことを示している。そのうえ、世界人口の止む事のない増加、過度な都市化そして工業化の広がり、地球上の人類と生物群へ厳しい圧迫を引き続き与えるものと予想される。

このような人為的な圧迫を軽減または解決し、そして全ての生物群との持続的な共生を確立するには、地域と世界の環境条件を攪乱することなく、ある地域または国の食料資源だけで生存できる人口の上限 (扶養能力) を明らかにしなければならない。

2. アジアの植物気候学的な特徴

アジアは陸地面積46億6140万 haの世界最大の大陸で、世界人口の63% (38億人) の住民が住んでいる。気候的にみると、アジアの土地はいちじるしく異なっている。ケッペン (Köppen, 1931) が地球上の主な植物気候帯の分類に、年平均温度・年間降水量・気温と降水量の季節変化を、予測因子として用いて以来、多くの研究が地球上の植物気候の分布を説明するためになされてきた。それらの中で、多くの気候指標が各地域間での植物気候の違いを特徴づけるために用いられている。

本報告では、つぎのような放射乾燥度 (RDI) を使用することにした。

$$RDI = R_n / Lr \quad (1)$$

ここで、 R_n は実際条件下での表面の平均年間純放射量、

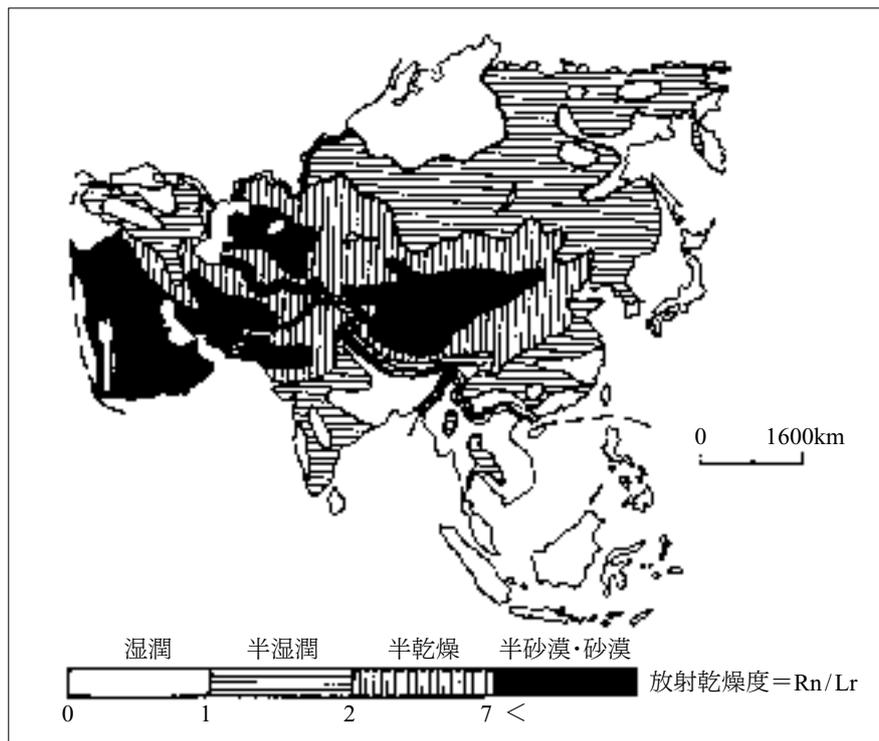
r は年間降水量、

L は水の蒸発潜熱。

放射乾燥度 (RDI) を用いて分けた植物気候帯の特徴が、表1に示されている。RDIが0から2までの地域では、太陽エネルギーの供給と降水量とがよく釣り合っていて、高い植物生産力 (NPP, t/ha・年) をもつ自然植生の繁茂が可能である。一般的に、高収性農業は、放射乾燥度が

【表1】植物気候帯の特徴

RDI	気候の特徴	植生の生産力		年間蒸発散能 (mm)
0 ~ 2	多湿~半湿潤	低い日射量	低い	200~400
		高い日射量	高い	1000~1500
2 ~ 7	半湿潤~半乾燥	低く、不安定 (灌漑地農業)		1000~1500
7 ~ 10	半乾燥~乾燥 (半砂漠)	非常に低い		1500~2000
> 10	砂漠	極端に低いかほとんどゼロ		> 2000



【図3】アジアにおける放射乾燥度（RDI）の地理的分布（Hare, 1970）

0から2までの間で十分な太陽放射のある地域でなされている。放射乾燥度が増加するにつれて、エネルギー供給が次第に過剰になり、降水量は不足してくる。このため、そのような地域では自然植生の繁茂が次第に悪くなる。たとえば、放射乾燥度が2から7までの地域では、水資源の欠乏が増大するために、自然植生は次第に疎らになり、生産力も低下する。

図3は、アジアにおける放射乾燥度（RDI）の地理的な分布（Hare, 1970の結果の簡略化）を示している。この図に見られるように、2以下の放射乾燥度をもつアジアの湿潤および半湿潤地域は、シベリア、北東アジア、東南アジアおよびインド亜大陸に限られている。一方、2から7までの放射乾燥度をもつ半乾燥地域、および7以上の放射乾燥度をもつ砂漠周辺地域と真の砂漠地域は、西アジアと高い山脈で囲まれている中央高原域に主として分布している。それらの乾燥地域では、過剰な太陽放射・僅かな降雨・気温の極端な日変化と年変化という不適當な気候条件のため

に、自然植生は極めて貧弱である。表1に示したように、それらの乾燥地域では、年間の蒸発散能は1500mm以上である。したがって、これらの地域で灌漑農業を営むには、莫大な水資源が必要である。

図3から種々な放射乾燥度をもつ土地面積の割合（%）は次のようになる。これから、

RDI	0-1	1-2	2-5	5-10	>10
土地面積（%）	25.3	25.4	19.4	22.9	7.0

自然植生の繁茂したがって農業の展開に適した植物気候条件をもっている土地は、アジアの全土地面積（46億6140万 ha）の約50%に過ぎないことがわかる。とくに、稲の天水栽培に適した気候条件（ $0 < RDI < 1.0$ ）の土地は、全土地面積のわずか25.3%にすぎない。それゆえ、半湿潤地帯および半乾燥地域へ灌漑農業を広げる場合、水資源の開発・確保が最も重要で緊急の問題になる。

3. 食料の需給関係と人口扶養能力

ある地域の人類の扶養能力は、その地域の食料の需要—供給のバランスに密接に関係している。表2は、食料の需要—供給バランスに影響する要因を示している。需要サイドにおいては、人口増加と所得上昇とが、食料消費量の増加において主導的な役割を果たしている。一方、生産（供給）サイドにおいては、環境・資源・技術の組み合わせが、ある地域の食料生産を左右している。すなわち、食料生産はここに挙げた三つの要因の組み合わせにより、あるときはプラスに、またあるときはマイナスに影響されるだろう。もしも世界人口と世界経済の無計画な伸びによって、上に挙げた環境・資源・技術の悪い組み合わせが出現するならば、地球上の全生物群を支えている地球生態系は劣化・崩壊の危機に直面するだろう。

上に説明したように、ある地域の人口扶養能力は、自然資源と社会条件を含めて多くの要因に密接に関係している。それらの中で、ある地域内で

生産される穀物の量は、扶養能力を決定している最も重要な要因である。それゆえ、いずれの食料も他の地域から輸入されない条件では、地域の人口扶養能力（C, 人）はつぎのように表すことができる。

$$C = \sum A_i Y_i / \sum e_i \quad (2)$$

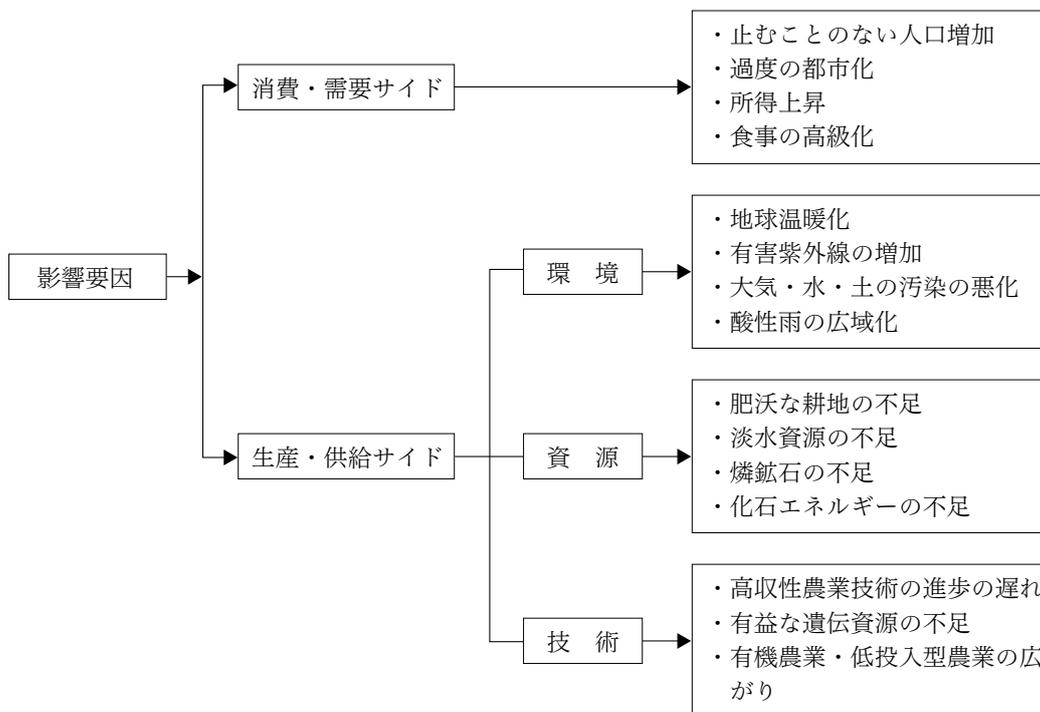
ここで、 A_i と Y_i は i 番目の作物の栽培面積（ha）と平均単収（t/ha）、 e_i は i 番目の作物の一人当たりの年間消費量（t/人）。

上式は、扶養能力がつぎの三つの要素によって強く影響されることを明示している。

- a：土地利用パターン（ A_i を決定している）
- b：気候条件と農業技術（ Y_i を決定している）
- c：生活水準（ e_i を決定している）

1) 耕地面積を左右する土地利用パターンの変化

人類はつぎの目的のために、土地資源を活発に利用している。



【表2】食料の需要—供給関係を左右する要因

- a : 食料・繊維・薬品などをうるため
- b : 木材と薪炭をうるため
- c : 居住地を設けるため
- d : 工業団地の建設のため
- e : 交通・運搬路の建設のため

ある地域の土地面積は時間に関係なく一定であるので、その地域で人口密度が増大するにつれて、まず最初に、森林地や草原地が耕地に変換される。その次に、発展の進行につれて耕地の一部が居住地などに転用される。それゆえ、森林や自然草地の面積は、人口密度の増加につれて単調に減少すると考えることができる。一方、人口密度への耕地面積割合の依存関係は、人口密度のある中間域にピークをもつ曲線で近似できるだろう (Uchijima, 2001; Uchijima and Ohta, 2000)。

図4は、多湿・温暖気候帯での森林地・耕地・市街地の各面積率の人口密度による変化をモデル的に表している。図中の円は、FAO資料(1998)から求めたアジア諸国の耕地面積率である。円のかなり大きな散らばりは、土地利用の変化が人口密度だけでなく、地形・気候・工業化の程度など、その他の要因によっても影響されることを示している。つぎの経験式が、人口密度 (p, 人/km²) と植物気候条件(RDI) とによる森林面積率(r_f, %)

の変化を知るために得られている (Uchijima and Ohta, 2000)。

$$r_f = 100 \exp[-[0.018 \overline{RDI} + (p/100)^{0.54}]] \quad (3)$$

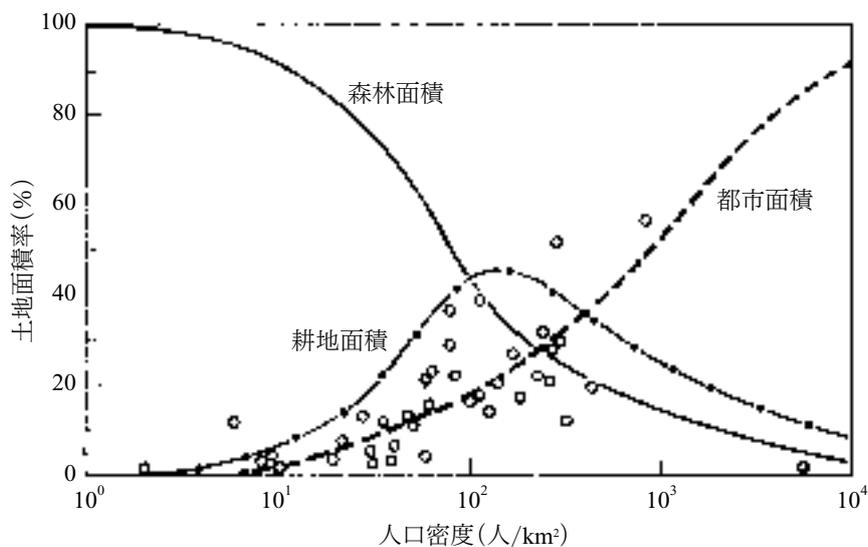
ここで、 \overline{RDI} はある地域の平均 RDI。

(3)式は、森林面積、すなわち農業および新しい植林地に転用できる土地面積が気候の乾燥度 (RDI) の増加につれて減少することを示している。

FAO 生産年鑑 (FAO, 1998) によると、アジアの耕地面積 (永年作物のための耕地も含めて) は次のようである：

5億5800万 ha

この数値は、アジアの全土地面積の17.5%が食料・繊維類・その他の生産のためにすでに使用されていることを示している (ただし、この計算ではロシアのシベリアの土地面積は除外されている)。本報告のこれまでの部分で述べたように、農業に適した植物気候条件の土地はアジアの全土地面積の半分に過ぎないので、自然植生したがって食料生産に適した土地の約1/3が、人類の歴史を通じて耕地に転用されてしまっていると考えられる。このために、アジアの非常に貴重



【図4】人口密度による土地利用パターンの変化をしめすモデル関係図

な陸上生態系の多くが破壊されてきたと思われる。21世紀を通じての人口増加によって生ずるとされる食料問題を解決するには、より多くの土地を開拓する必要がある。しかしながら、農業生産のために開拓できる新しい土地を探すのは大変困難である。それは、現在までに使用されずに残されている土地のほとんどが、農業を営むには乾燥しすぎ、湿潤しすぎ、あるいは寒冷すぎるからである。それゆえ、それらの土地の生産力は、現在の農耕地の生産力にくらべて、非常に低いだろう。

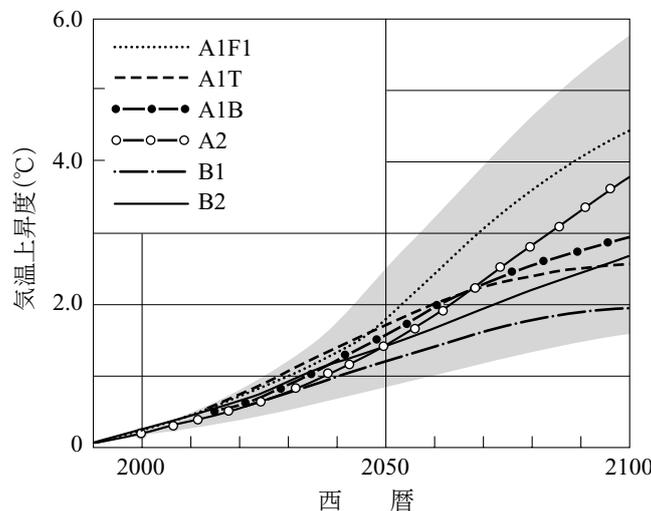
2) 作物収量を左右する気候

高収性農業は世界の作物収量の向上に成功してきたけれども、食料生産は、現在も気候の変動または変化に、まだ大きく左右されている。世界における食料生産の最も重要な制限因子は、降水量不足・厳しい寒さと暑さ・強い熱帯低気圧などである。とくに、多くの作物の生育期間における降

水量の不足はしばしば干ばつと熱波を引き起し、地域人間社会へ大きなインパクトを与えてきた。

一方、大気中の温室効果ガス（二酸化炭素・メタン・一酸化二窒素・フロン類など）の濃度の持続的な上昇は、地球気候を変化させている。それぞれの地球気候モデル間で結果に違いがあるけれども、地球の地表近くの温度が、21世紀末には現在より2.0-4.5℃上昇するだろうと予想している（図5参照）。とくに、温暖化は夏より冬季において、また低緯度帯より高緯度帯で著しいと予想している。さらに、多くの気候モデルは、蒸発と蒸発散の強度が高い地表温度のために増大すること、そして局所的な豪雨をもたらす対流性降雨が均一な降雨をもたらす過飽和性降雨より多くなることを予想している。それゆえ、降水の有効利用率は多くの地域で、とくに半湿潤地域および半乾燥地域で低下すると考えられている。この二つは、夏に干ばつが発生しやすいと示している。

沿海地域および大洋中の島々は海水準の変化に



- A1F1 : 経済成長と人口増加が急で、化石燃料に専ら依存する経済システム。
- A1T : 経済成長と人口増加はA1F1と同様で、ただ非化石燃料に大きく転換。
- A1B : 経済成長と人口増加はA1F1と同様で、ただ化石燃料と非化石燃料とをバランスさせて使用。
- A2 : 経済成長と人口増加はユックリで、地域開発主体で、技術の開発も分散的で、ユックリと発展。
- B1 : 経済成長と人口増加はA1F1と同様であるが、サービス・情報関係が成長し、物質的な成長は緩やかで、クリーンで省資源型の技術が発展するなど、かなり環境保全型の社会が実現。
- B2 : 環境保全型の社会整備を地域主体で行い、他のモデルより人口増加と経済成長が緩やかで、技術革新が緩慢。

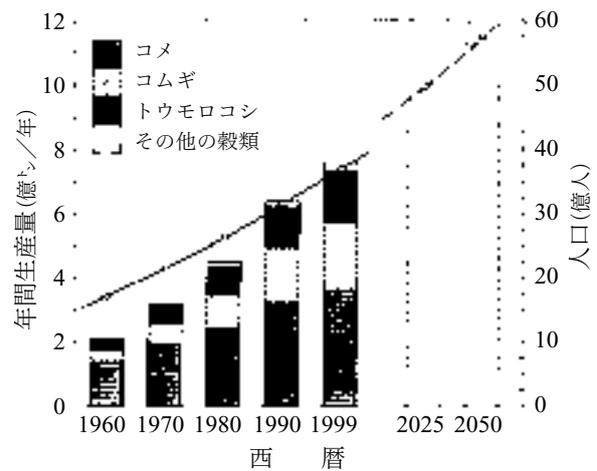
【図5】温室効果ガスの6放出シナリオでの地球平均気温の上昇予想（IPCC 三次報告書、2001より）

きわめて脆弱であるので、地球温暖化のもう一つの重要な問題は、海水準の上昇である。地球気候モデルによると、1990年から2100年までの間に、海水準は0.14mから0.8mまで（平均0.47m）上昇する。アジアの沿海地域は、多くのアジアの人々の主食であるコメを生産する稲が栽培され、多くの住民が住んでいる。それゆえ、予想されている海水準の上昇は、それほどでないと思われるかもしれないが、この地域の農業生産、したがって社会へ厳しい影響を与えらると思われる。

地球温暖化は平均的な気候条件の変化だけでなく、強烈な嵐・熱波・厳しい干ばつ・強い霜害のような異常気象の頻度を増大させると予想されている。世界の飢饉の歴史が物語るように、これらの異常気象は世界の農業生産への主たる脅威であった。一般的に、平均気候と異常気象の頻度との関係は非線型である。それゆえ、地球温暖化は異常気象の頻度の重大な変化を引き起こすと思われる。すなわち、強烈な嵐・熱波・夏の干ばつ・熱帯低気圧などが現在以上に頻繁に起きようになり、21世紀の食料生産へ大きな被害を与えるようになるだろう（たとえば、Parry, 1990; Rosenzweig and Hillel, 1995; Uchijima, 1993）。しかしながら、増大の予想される異常気象の農業への影響をより正しく予想・評価するには、この問題に関してより一層の研究が必要である。

3) アジアの人口扶養能力

アジアにおける人口の増加・穀物生産・一人当たりの穀類消費量にかんする現在の傾向が当分続くと仮定すると、21世紀前半におけるアジアの人口扶養能力を評価できる。まず始めに、人口の伸びは国連の中位予想（UN-Population and Vital Statistics, 1998）に従うと仮定する。それによると、アジアの人口は、2050年には52億7000万人になる。つぎに、アジアの穀類生産データ（伊藤、2001）を、2000年から2050年までの間の穀類生産の予想に利用した。図6に、1960年から1999



【図6】 アジアにおける穀類生産量と人口の年代変化と予想

年までの期間における、アジアの人口と穀類生産の伸びが示されている。同図には、2025年と2050年における予想も示されている。2000年以降のアジアの穀類生産量を予想するために、つぎの(4)式を利用した。

$$P_x = P_{99} + (F \times R \times n) \tag{4}$$

ここで、

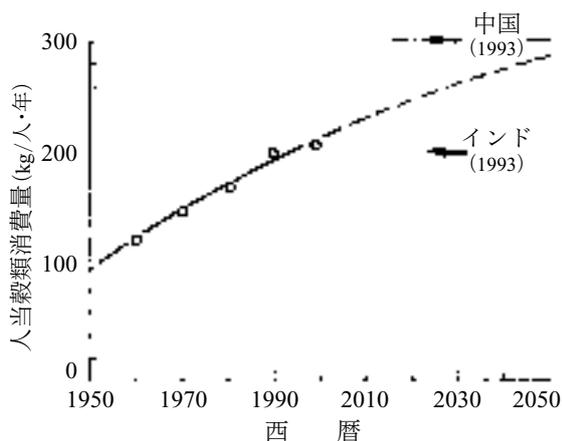
P_{60} , P_{99} と P_x は1960、1999およびX年における穀類生産量、

$R = [(P_{60} - P_{99}) / 39]$ は1960年から1999年までの間における穀類生産の平均増加率、

n は1999年からX年までの年数、

F は穀類生産への環境変化と農業技術の総合影響を表す係数（0.0から1.0まで）。

(2)式から分かるように、西暦2050年までの一人当たりの年間穀類消費量の傾向を予想しなければならない。このため、1960年から1999年までの期間のアジアの人口と穀類生産量にかんする資料を、一人当たりの年間穀類消費量 ($E = \sum e_i$) の時代的な変化とその傾向を知るために利用した。図7はそのようにして求めた一人当たりの年間穀類消費量の時代的な変化（円つきの実線）と予想傾向（点線）を示している。



【図7】 アジアの一人当たりの年間穀類消費量の時代的な変化とその傾向予想

(4)式で求めたPとEの値を(2)式に代入すると、今後50年間におけるアジアの人口扶養能力を近似的に評価できる。そのようにして求めた結果が、国連(1998)の予想した人口の伸びと一緒に、表3に示されている。この表で、F=1.0は、アジアでの穀類生産に関係する現在の傾向・パターンおよび諸活動が今後50年間も現在と同様に続くことを意味している。一方、1.0以下のF-値は、穀類生産の増加率が、気候変化・耕地土壌の劣化・水資源の不足・地表での有害紫外線の増加などのために、減少することを表している。たとえば、Kendall and Pimentel(1994)は、21世紀には世界の穀類生産の平均増加率が、1950年から1990年までの期間の平均増加率(3360万ト/年)の約半分になると予想している。そのようにして得た低い平均増加率を用いて、かれらは今後50年間に

における世界の食料需給を研究している。

表3にみられるように、以上に説明した穀類の生産と消費を基礎に予想したアジアの人口扶養能力は、国連が予想したアジアの人口予想値より低い。とくに、国連予想値と著者の予想値との差は、F-値の減少にともなう穀類生産の減少のために、次第に大きくなっている。F-値の推定は非常に大きな不正確さをもつ要因群に関係しているので、それを正確に予測することは容易ではない。しかしながら、21世紀におけるアジアの穀類生産増加率に影響するF-値は、1.0以下になると予想される。その理由としては、アジア大陸における人口増加と過剰な都市化による、自然資源の不足(とくに生産性の高い耕地の減少)そして非可逆的な環境劣化の進行と地球温暖化の悪影響とが挙げられる。表3は、今後50年を通じてアジアの人口が、現在の農業技術と自然資源によって決まる人口上限(扶養能力)より大きくなることを示している。

表3に示されている穀類生産と推定人口から予想される食料の不足は、塊根作物類(馬鈴薯・甘藷・タロー・キャッサバなど)や荳穀類(大豆・豌豆類など)の生産によって、一部は充足することができると思われる。しかしながら、表3に示されている食料の生産と消費の間のギャップを埋めるのは、かなり困難である。この困難を克服して、アジアの人々に十分な食料を供給する(すなわち人口扶養能力と実際人口をバランスさせる)

【表3】 アジアの人口扶養能力の予想

項	2025				2050			
	年							
国連推定人口(億人)	47.20				52.70			
総合係数(F)	1.00	0.90	0.80	0.70	1.00	0.90	0.80	0.70
推定穀類生産量(億ト/年)	10.88	10.53	10.19	9.84	14.24	13.56	12.87	12.19
推定穀類消費量(kg/人・年)	250				275			
推定扶養能力(人)	43.5	42.1	40.7	39.4	51.8	49.3	46.8	44.3
扶養能力-国連推定(億人)	-3.7	-5.1	-6.5	-7.8	-0.9	-3.4	-5.9	-8.4

には、つぎのような四つの方法が考えられる。

- a : 人口増加の抑制
- b : 所得上昇にともなう食料消費増大の抑制
- c : 国際貿易システムを通じての食料の輸入
- d : 食料とくに穀類生産の一層の増大

最初の二つは、この問題の解決策としては、あまり良い方途はいえない。それは、それらの方法の採用は、大きな社会的な反対にあう可能性が高いからである。地球的な気候変化の悪い影響が予想されるけれども、もしも世界の食料生産が今後50年を通じてスムーズに増加するならば、アジア諸国は国際貿易システムを通じて、アメリカ・オーストラリア・ブラジルなどの主要穀類輸出国から、十分な食料を輸入できるだろう。しかしながら、アジアの多くの国はいわゆる発展途上国に分類されている。それゆえ、それらの国々の食料輸入能力は、これらの国々の需要をまかなうには恐らく足りないだろう。それゆえ、外国からの食料の輸入は、今後50年を通じてのアジアの食料の需要と供給との予想される差を解決する主要な方法とは考えられない。アジアの食料の需要と供給との間の予想されるギャップを解決するための最も可能性のある重要な方法は、上に挙げた最後の方法 (d)、すなわち、この地域の穀類生産の一層の増大であろう。

これを達成するには、耕地の拡張そして作物単収の上昇のために一層の努力が必要である。いくつかの研究は、アジアには潜在的に耕地になる土地がまだ多くあると指摘しているが、それら未開発の土地を耕地に転換するには、多大のエネルギーと資本の投入が必要であり、また相当に時間を要するだろう。しかも、新しく開拓した耕地の

作物単収は、すでに広く使用している耕地の単収より著しく低いにちがいない。それらの困難にも係わらず、耕地拡大がなされるならば、土地・淡水・その他の自然資源の人類による過剰な利用が極度に進むだろう。そして、この地域の人類と多くの野生生物の生存を支えている陸上生態系と沿岸生態系の不可逆的な劣化をもたらすだろう。

たとえば、Vitousek *et al.* (1986) は、人類は陸上植生の潜在的な乾物生産量のほぼ40%をすでに利用し、また内嶋 (1993) は実乾物生産量の25%が人類利用のために収穫されていると述べている。それゆえ、耕地拡大がさらになされると、人類利用率は50%をこえる危険性がある。その場合には、野生生物群の生存エネルギー生産と安全な生息場所として重要な自然植生が激減し、多くの生物種の大量絶滅が予想される。その他、各地域の土地資源・水資源・生物資源の人類による過剰利用が非常に進んで、地域環境-風土条件が非可逆的に劣化するものと思われる。

このように食料の需要-供給の問題したがって人口扶養能力の問題の解決は、地域・地球の環境と生態系の保全に密接に関係している。それゆえ、Kendall and Pimentel (1994) が指摘しているように、食料需給と人口問題の解決には、先進国と発展途上国とによる高度に組織化された世界的・地域的な努力が必要である。それらの組織化された努力のなかで、食料の汚染と周辺環境の劣化をもたらすことなく、現在より著しく高い作物収量を安定して生産できる、新しい超高収性農業技術の研究と開発が、世界的にも地域的にも最も緊急かつ重要である。

引用文献

- Hare, F. K. 1983: Climate and Desertification—A revised analysis. WCP-44, pp. 149.
 伊藤正一. 2001: 世界の穀類統計. 全国食糧振興会, pp. 522.
 Kendall, H. W., and Pimentel, D. 1994: Constraints on the expansion of the global food supply. *Ambio*, 23, 3, 198-205.

- Kondratev, K. Y. 1987: *Climate Shocks*. John Wiley & Sons, pp. 296.
- Parry, M. 1993: *Climate Change and World Agriculture*. Earthscan Publications Limited, pp. 157.
- Postel, S. L., Gretchen, C. D., and Ehrlich, P. R. 1996: An appropriation of Renewable fresh water. *Science*, 271, Feb. 9, 785–788.
- Rosenzweig, C., and Hillel, D. 1995: Potential impacts of climate change on agriculture and food supply. *Consequences-summer*, 22–32.
- Uchijima, Z. 1993: *Global Environmental Changes and Agriculture*. Japan FAO Association, pp. 49.
- 内嶋善兵衛. 1993 : 気候と植生. *日本地学雑誌*, 102, 6, 745–762.
- Uchijima, Z. 2001: Response of forests to population density and climate changes. *Intl. Workshop on the Responses of Tropical Forest Ecosystems to Long Term Cyclic Climate Changes, Kanchanaburi-2000*, 217–225.
- Uchijima, Z., and Ohta, S. 2000: Effects of climate and population density on forest area—Global and Continental View. *Env. Res.*, 3, 2, 89–99.
- Vitousek, P. M., Ehrlich, P. R., Ehrlich, A. H., and Mason, P. A. 1986: Human appropriation of the products of photosynthesis, *Biosci.*, 36, 6, 368–373.