

食糧問題と地球環境の経済学

大塚啓二郎

国際開発高等教育機構・政策研究大学院大学

〒106-8677 東京都港区六本木 7-22-1

otsuka@grips.ac.jp

『環境経済・政策研究』

2008年1月掲載予定

Economics of Food Security and Global Environment

Keijiro Otsuka

The main issue of agricultural development, i.e., how to achieve food security and poverty reduction in developing countries, has been increasingly linked with the global environmental issues. First, a main cause of deforestation is found to be the expansion of farmland by poor small farmers to increase food production. Thus, achieving food security is a prerequisite for reducing carbon emission due to deforestation. Second, tree planting and reforestation for carbon sequestration is carried out by small farmers in many developing countries. Third, the extraction of biofuels from maize, sugarcane, and rapeseeds, among other things, has significant implications for global food security. If the biofuel production continues to increase rapidly world wide, food prices will increase and, hence, poor food-importing countries, particularly in Sub-Saharan Africa, will suffer from food shortages and severe poverty. Fourth, it is expected that climate change will result in large production losses in agriculture through outbreak of pests and diseases and frequent occurrence of extreme weathers, leading to drought and floods. These arguments imply that the economics of agricultural development and food security in the developing world must be an integral part of the environmental economics. More specifically, this paper argues that improving agricultural productivity in low income countries in the face of global climate change is necessary to achieve the twin-objectives of reducing carbon emission and the incidence of food insecurity and poverty.

Keywords: Food security, poverty reduction, deforestation, bio-fuels, climate change

食糧問題と地球環境の経済学

発展途上国の農業問題といえば、従来は食糧問題であり貧困問題であったが、いまや環境問題と密接に関係するようになった。第1に、貧困な農民による耕地拡大が途上国での森林伐採の大きな原因である。第2に、森林環境を回復するためには森林保護と植林を推進する必要があるが、その担い手は農民である。第3に、温暖化ガス排出を削減する有力な手段としてバイオ燃料が注目されているが、その原料は農産物である。第4に、気候変動によって病虫害の蔓延、洪水や旱魃の頻発等がおこり、食糧生産が大きな打撃を受けることが予想されている。つまり貧しい国々での食糧生産は、地球的規模での気候変動に影響を与えるとともに、それから影響を受けざるを得ない状況になっているのである。

キーワード：食糧問題， 貧困問題， 森林伐採， バイオ燃料， 気候変動

1. はじめに

従来は、発展途上国の農業問題の主要な課題は「食糧問題」であった。人口が増加する一方で耕地の拡大には限界があり、土地・労働比率の低下とともに労働の限界生産性が逡減し、一人当たりの食糧の生産量が減少するようになる。1950-60年代の熱帯アジアがそうであったし、現在のサブサハラ以南のアフリカ(以下では単にアフリカと呼ぶ)がそうした状況にある。こうした状況では人々は極度の貧困状態にある。¹⁾アジアがそうした危機的状況を脱したのは、1960年代末以降にコメや小麦の高収量品種の開発と普及、つまり「緑の革命」が起こったためであった(David and Otsuka 1994)。他方、南アジアの貧困地域やアフリカでは農業技術は現在でも停滞したままであり、一人当たりの食糧生産は減少傾向にある。この食糧不足と貧困を解消するためには、増収をもたらす農業技術の開発がどうしても必要である(Otsuka 2006)。

しかし発展途上国の農業問題は単なる「食糧問題」ではないことが、急速に明らかになってきた。その最大の理由は気候変動の深刻化であり、最近のバイオ燃料ブームにある。地球温暖化ガスの排出のうち18%が森林伐採によるものであると言われているが(HM Treasury 2006)、FAO(2001)によれば、森林伐採の少なくとも60%は貧農によるものであり、その目的は耕地の拡大にある。この背景には食糧の不足があり、これを防ぐためには既存の耕地からの食糧生産を増加させなければならない(Otsuka and Place 2001)。森林伐採以上に注目を集めているのは、トウモロコシ、サトウキビ、菜種、油やし等の農作物から生産するエタノール等のバイオ燃料の急速な増加である。そのきっかけは原油価格の高騰にあるが、地球温暖化を緩和する切り札の一つとしてバイオ燃料が

¹⁾ 農業の停滞が貧困問題の根幹であるという視点は、最近になってより強く再認識されるようになった。例えば2008年度版の『世界開発報告』(World Bank 2007)は、貧困問題の解決のための切り札として農業の発展の可能性を議論している。

今後一層重要性を増すであろうという期待が、その生産に拍車をかけている (Hazell and Pachauri 2007)。しかし食糧を燃料に使うということは、消費できる食糧が減少することを意味する。そのために、食用穀物の供給が需要を下回るようになり穀物価格は急速に上昇するであろう (Rosegrant et al. 2007)。これは食糧の輸入国であり、貧困と飢えに苦しむ多くのアフリカ諸国にとっては大きな打撃である。これに加えて、地球環境の悪化は熱帯に位置する途上国の農業生産に大きなマイナスの影響を与えることがますます明らかになりつつある (IPCC 2007)。要するに、地球環境の問題を議論せずに途上国の食糧問題を論ずることは出来ないし、貧困問題を無視した地球環境の議論もありえない。

本論の目的は、食糧問題と地球環境問題の関連を明らかにするとともに、食糧問題の解決が環境問題の解決の不可欠な条件であることを示すことにある。それによって、環境問題と農業問題に関心を抱く研究者間の交流が促進されることを期待するものである。

以下第 2 節では食糧問題と森林問題の関係について考察し、続く第 3 節では森林再生のための処方箋について議論する。第 4 節ではバイオ燃料の急速な増加の食糧生産への影響について検討し、第 5 節では気候変動にたいする農業の「適応」(Adaptation) について議論する。最後に第 6 節では、途上国の農業の生産性を高めて貧困を削減しつつ地球環境を保全するためには、農業試験研究への投資の増額が必須条件であることを結論として述べたい。

2. 食糧問題と森林問題

歴史的にはおそらくどの国においても、人口の増加とともに未開の土地、特に原生林が焼き払われ、森林面積が減少していったものと思われる (Boserup 1965)。それが最近まで進み、未開の耕地がほぼ消尽してしまったのが現在のア

フリカの姿であると思う。すべてのアフリカの国々を見て回ったわけではないが、ガーナ、エチオピア、ケニア、ウガンダ、マラウイではそうであった。つまり簡単に開拓可能な未開の森林は、すでに非常に稀少になってしまっているのである。エチオピアを除いては、Customary Land Tenure System という伝統的な土地制度が採用されており、未利用の森林は「チーフ」と呼ばれる村落のリーダーが管理している。しかし管理とは名ばかりで、チーフは森林を開拓したいという要求をほとんど拒否することはなく、開拓された土地の登記所的な役割を果たしているに過ぎない（例えば、Place and Otsuka (2001)を参照）。使い切れないほどの土地の開拓を許可することはないであろうが、森林はすべて消失するまで実質的に開放地（Open Access）の状態にあるのが普通である。人口密度がそれほど高くなければ、森林がなくても薪や住宅用の木材に事欠くことはなく、森林を保護しようという動機はチーフにも住民にもほとんどない。

それでは伝統的な土地所有制度を廃止し、例えば土地を国有化すれば森林が保護できるかと言えそうではない。特に、土地が国有化されているエチオピアの森林破壊はすさまじいものがある。これは国に土地を管理する意欲も能力もないため、森林を含めて未開の土地が全くの無法状態になったからである。それと同じことは土地が国有化され、その結果すさまじいばかりに森林が破壊され、山の斜面で農業が営まれている北部ベトナムにも該当する(Tachibana et al. 2001)。

表 1 は、F A O(2001)の統計を使って森林面積の減少を地域別に検討したものである。まず人口密度が高いか、生産環境が厳しく食糧が不足気味である地域（例えば南アジアや西アフリカ）では、森林が消失していることが明らかである(Otsuka 2004, 2006)。また西アフリカを除けば、東南アジア、アフリカ南部、ラテンアメリカのように森林が残っている地域ほど森林面積の減少が著し

いことも明らかである。FAOによれば、森林の減少の約60%が小農による森林伐採が原因であるということであるが、筆者が研究を行ったアジアとアフリカの国々では、商業伐採が殆どなかったために小農による伐採がほぼ100%であった。²⁾ 表1の最後の行によれば、樹木の利用目的として薪や木炭の重要性は東南アジアやラテンアメリカで低いが、これは木材の商業伐採がこれらの地域で盛んに行われているからである。逆に言えば、アフリカや南アジアのように貧困問題が深刻である地域では、森林の主要な機能は薪や炭の供給であり、森林伐採の主要な動機は食糧の増産のための耕地の拡大であった。

最近の筆者のグループによる貧困の動学的変化に関する研究によれば(Otsuka and Yamano 2006; 大塚・櫻井 2007)、農村の家計にとって農業が所得の主要な源泉であるような経済発展初期の状況においては、食糧の生産性が低いことが貧困の原因である。当たり前ではあるが、非農業部門が未発達で、農産物需要の大半が穀物需要であり、耕地の拡大余地が限られてくれば、穀物生産の生産効率を高める以外に農村の家計の所得を高める手立てはない。³⁾ 1960年代の熱帯アジアや現在のアフリカの農業は、生産性の低い穀物主体の生産システムに依存している。ところが、1966年にフィリピンにある国際稲研究所(IRRI)が奇跡のコメと呼ばれた高収量品種、IR8を開発したことによってアジアの状況は一変した(Hayami and Otsuka 1994)。その後の20-30年の間に、一層改善された水稻の高収量品種が次々と開発され、1ヘクタール当たりのコメの収量は約2倍、作付面積は約5割増、⁴⁾ その結果として生産量は3倍に、そして実質米価

²⁾ 筆者が本格的な森林に関する調査を行ったのは、ガーナ、ウガンダ、マラウイ、スマトラ、北ベトナム、ネパールと群馬県ではあるが、エチオピア、ケニア、フィリピンについても農村調査を行った経験があり、現場の状況をある程度把握しているつもりである。本格的な研究書はOtsuka and Place (2001)であるが、一般の読者向けに出版したのが大塚(1999)である。

³⁾ 「農民の家計」ではなく「農村の家計」という用語を使っているのは、農村には土地へのアクセスのない最も貧困な「土地なし労働者家計」がいるからである。

⁴⁾ 作付面積が増大した主な理由は、水田面積の増加ではなく作付回数の増加である。それが可能であったのは、高収量品種が早生であることと、非感光性であるために一年中いつでも作付けできるからである。

は1/3に低下した。図1はコメのアジアと世界の生産量およびタイ米の実質価格の推移を示している。世界のコメ生産の90%以上がアジアでの生産であり、1960年代から1990年代末までの直線的な総生産量の増加は、アジアの緑の革命に大きく起因している。⁵⁾ 図2に示したように、緑の革命が起こらなかったアメリカでは穀物の収量（土地生産性）が長期にわたって停滞してきたのに対し、緑の革命が起こったアジアでは継続的に増大してきた。

正確なデータはないが、今世紀初頭においては高収量品種はアジアの水田の約75%で採用されていると言われている。高収量品種が採用されていない地域は、旱魃になりがちな地域や深水地帯であり、そうした地域では高収量品種はその潜在力を発揮できていない。⁶⁾

この緑の革命のプロセスにおいて、増加した農業所得が子弟の教育に投資され、農村の購買力の増大によって非農業部門の発達が刺激され、教育を受けた子弟が非農業部門に就業するようになって、貧困が減少するとともに非農業部門の発達がさらに促進されるという好循環が起こった(Otsuka and Yamano 2006; 大塚・櫻井 2007)。数量的な証拠はないが、就業機会が拡大し、食糧が豊富に供給される状況では、山がちな辺地で森林を切り開き食糧を増産する誘因は大幅に減少したであろう。⁷⁾ つまり緑の革命は単に食糧不足の解消に貢献したばかりでなく、農村の子弟の教育水準を高め、非農業部門の発展に貢献し、それらを通じて貧困削減に寄与するとともに、さらに自然環境の保全にも貢献したのである。

これまでの議論を図3を用いて明確にしておこう。緑の革命のような農業部門における技術進歩がなければ、人口圧力の増大とともに食糧は不足し、貧

⁵⁾ 1974年頃に生産が減少しないのに米価が急上昇しているのは、誤った穀物投機が起こったためである。

⁶⁾ そのために最近では、高収量品種(High Yielding Variety)よりも近代品種(Modern Variety)と呼ばれることが多い。

⁷⁾ これについては今後、厳密な数量的研究を行う必要がある。

困問題は深刻化する。その結果、耕地拡大のために森林が切り倒され、地球環境に悪影響を与える。⁸⁾ あとでより詳しく議論するように、地球環境の悪化は食糧の生産性に悪影響を与える。かくして貧困→森林伐採→地球環境の悪化→貧困という悪循環が成立してしまう。この悪循環をいかにして断ち切るかが、今後の大きな課題である。

3. 貧困削減と森林の再生

貧困を削減し、森林環境を回復する手段は大別して3つある。その第1は緑の革命を起こすことであり、第2はアグロフォレストリーを普及することであり、第3は効率が極めて採算性の高い植林システムを導入することである。

3.1 緑の革命

アジアにおいて緑の革命が起こったのは、灌漑のある地域や、天水田でも雨量が多くかつ水はけのよい地域であった (David and Otsuka 1994; Hayami and Otsuka 1994; Otsuka 2000)。つまりこれまでの高収量品種は、洪水の多い地域や旱魃が頻発する不良な生産環境に適合するような能力を持ち合わせていない。そうした不良環境地域向けの技術を開発するには、最新のバイオテクノロジーの知識を生かして、劣悪な環境を克服できるような遺伝子を新品種に組み入れていかなければならない。⁹⁾

その一つの成果は IRRI が最近発見し、栽培種に組み入れることに成功した、Sub1 と呼ばれる「冠水抵抗性遺伝子」である。従来の栽培種であると、3-4 日間の冠水によって稲は死滅する。ところが Sub1 という遺伝子が組み込まれて

⁸⁾ 人口をコントロールすることは決して容易ではないが、最近は多少とも人口抑制策が効果を発揮していると考え、図では「操作可能変数」と仮定した。

⁹⁾ これは遺伝子組み換えをすることを意味しない。伝統的な交配によっても望ましい遺伝子の移転は可能である。ただし後者ではより多くの時間と労力を要するので、筆者自身は遺伝子組み換えの技術を活用すべきであると考えている。

いと、冠水状態でも 2 週間生きながらえることが出来る (Mackill 2006)。これは画期的な技術進歩であり、台風による稲の冠水の被害を大幅に減少させることが期待されている。しかし冠水抵抗性には *Sbu1* という一つの遺伝子が有効であったのに対し、旱魃抵抗性は複数の遺伝子が複雑に絡まっており、その抵抗性を備えた品種の開発ははるかに困難であると考えられている。その成功のためには相当の研究投資が必要であり、10 年単位の時間がかかることが予想されている。¹⁰⁾ しかし旱魃こそが、高収量品種の普及をはばみ貧困がアジアの農村に点在する大きな原因であり、アフリカで緑の革命が起きていない主因である。アフリカの貧困問題を緩和し、森林伐採を食い止めて地球環境の悪化を少しでも抑えるためには、旱魃常襲地域向けの農業技術の開発が是が非でも必要である。

3.2 アグロフォレストリー

アグロフォレストリーには二つの意味がある。一つはコーヒー、ココア、ゴム、シナモンなどの商品樹木を栽培している畑のことである。苗木のころには食用作物が混作されるので「アグロ」（つまり農業）の名称がついている。コーヒーやココアの木は背丈の低い灌木であり、日陰を好むためしばしば **Shade Tree** と呼ばれる大木が同時に植えられている。このためその畑は森林的な様相を呈する。またスマトラ島のゴム林は、自然に成長した雑木が混じって生育しているために「ジャングルラバー」と呼ばれ、バイオマスの量からいって原生林にあまり引けを取らない (Otsuka and Place 2001)。こうしたアグロフォレストは、休閒期間が短くなり持続可能性が落ちてきた焼畑農業に代わって確立されることが多い。そのために、アグロフォレストの増大は自然環境の回復に大きな役割を果たしている。またアグロフォレストは、生産物が貯蔵可能であ

¹⁰⁾ 筆者は IRRI の理事長として、旱魃抵抗性品種の開発は研究計画の第 1 に位置づけてきた。

るために遠隔地で生産が可能であり、辺鄙な貧困地帯に適している。こうしたアグロフォレストの発展を公的に支援する仕組みは出来ていないが、これは潜在的には貧困削減と森林的環境の回復を同時に実現する有効な農業システムである。

幸いなことに、**Customary Land Tenure System** のもとでチーフや大家族が土地の所有権を保持していたとしても、アグロフォレストを開発するために除草等に多くの努力を傾注すると、性別に関わらず努力した人に強い個人的所有権が発生するという原理がどこの社会にも見られる (Otsuka and Place 2001)。このことは、もともと女性が土地を所有することが禁じられていたようなガーナのアカン族の社会でも成立しているし、もともと男性が土地を所有しなかったスマトラ島に住む母系のミナンカバウの場合にも当てはまる (Quisumbing et al. 2004)。投資のための努力に対して個人的所有権を付与するという習慣があるために、こうした社会においてもアグロフォレストに投資する誘因は強い。

もう一つのアグロフォレストは、空中窒素固定型で葉が窒素肥料になり、畑に植えられるマメ科の樹木のことである。農作物に陰を作らないようにするために、一般には樹木が大きく成長する前に剪定されてしまうので、二酸化炭素の吸収源としての働きはそれほど大きくはない。しかし化学肥料の価格が高いことが、アフリカを含めて生産環境不良地域で緑の革命が起こっていない一つの原因であることを考えれば (Otsuka and Kalirajan 2005, 2006)、アグロフォレストは化学肥料の代替財としての価値はあるし (Otsuka and Yamano 2005)、森林環境回復の一助とはなりうる。しかしながら、これまでのところこの種のアグロフォレストの普及率は概して高くない。

3.3 新しい植林制度

より大規模に森林環境を回復する手っ取り早いやり方は、大規模に植林を行

うことであろう。事実、多くの途上国で政府や、国際機関、先進国の援助機関が植林事業を実施している。だが、筆者の知る限り成功している植林事業は皆無である。それはいずれの植林事業も「社会林業」(Social Forestry) というシステムを採用しているからである(Kijima et al. 2000; Otsuka and Place 2001; Sakurai et al. 2004)。社会林業というのは、社会(例えば村)の構成員全員が木材の植樹から収穫までの作業を共同かつ平等に行い、収穫された木材の収入も平等に分配しようとするものである。「平等」という言葉の響きはいいが、社会主義のシステムに似て、労働意欲が湧かないことがこの制度の基本的な欠陥である。

表 2 に示したように、保護の費用が低く(つまり作物や樹木が盗難にあいにくく)、土地利用の集約度が高い(つまり労働等の生産要素の限界生産性が高い)土地利用システム(例えば通常の定着型農業、商業用のアグロフォレスト、先進国の木材用森林)の場合は、土地所有制度は私的所有が最適であろう。なぜならば、作物や樹木を効率的に生産するためには適切な「労働誘因」があることが重要であり、それには私的所有権制度が適しているからである。他方、薪炭林のような雑木林の場合には樹木の世話をする必要はほとんどないが、盗難や過度の採取からそれを守る必要がある。薪にする小枝や家畜の餌にする草などは、どこで収穫しようが証拠が残ることはなく、それらの資源を保護することは決して容易ではない。だからこそ「共有地の悲劇」が起こりうるのである。しかし現実には日本の入会地やネパールの山岳地帯の雑木林のように(Kijima et al. 2000 ; Otsuka and Place 2001)、厳格に管理された共有林が多く存在する。¹¹⁾それは森林の監視活動にはある程度の「規模の経済性」があり、交代でパトロールをすとか、共同で監視員を雇用することが有効だからである。住民がほ

¹¹⁾ 厳密な研究はしていないが、エチオピアの北部にも保護の行き届いた共有林があった。

ば平等に森林を所有するような小規模な私的所有では各自が監視に当たらなければならないために費用が高くつくし、大規模な私的所有では森林の保護に対して森林を所有しない住民からの協力が得られない (Sakurai et al. 2004)。したがって、雑木林の場合の最適な土地所有制度は一般に共有制度である。

問題は、保護の費用が高くかつ集約度が高いケースの最適な土地所有制度である。これには社会林業が対象とする木材用の森林が含まれる。先進国の森林であれば、薪や炭に対する需要は低く、森で放牧が行われることもないので、森林資源の保護の費用は低い。しかしながら、下草刈り、つる切、枝打ち、間伐等、価値の高い木材を生産するには樹木の世話を丁寧に行わなければならない。そのために、先進国の木材の樹林は私的に所有され、経営されることが多い。しかしながら、開発途上国の場合には薪や炭への需要が高く、放牧も盛んである。したがって、木材用の森林を保護することは容易ではない。

このように植林した木材の森に、社会林業システム、すなわち共有林のシステムを適用するとどうなるであろうか。筆者たちが行ったネパールの木材用の森林の管理の研究によれば (Sakurai et al. 2004)、社会林業システムのもとでも「保護」は厳格に実行されているが、生産物を山分けするために労働誘因が弱く、樹木の世話はほとんど行われていないという結果が得られた。これは「雑木林の管理」に適した共有林の管理システムを、「樹木の世話」が重要である土地利用システムに誤って適用した結果である。筆者たちの研究によれば、このケースに最適なシステムは「保護は共同で行い、世話は個人が行う」混合制度である。例えば、土地は共同所有として樹木の保護は共同で行う一方、樹木の所有権は個人に付与するシステムが考えられる。¹²⁾

¹² 説明は省略したが保護の費用が低く、集約度が低いような焼畑耕作のようなシステムでは、土地所有制度は重要ではない。なお、保護の費用が低いのは畑が居住地域の周りに存在しており、暗黙のうちに相互監視が行われているからである。

多くの途上国の木材用の森林に、効率性の低い「社会林業」システムを押し付けていることのコストは大きい。なぜならば、採算が悪いために農民たちは社会林業に関心を示さないからである。その結果、費用をかける割には植林が進まず、森林環境は回復しないことになる。つまり潜在的には農民の所得を高めて貧困を軽減し、なおかつシンクとして気候変動を抑制する機会が存在するにも関わらず、制度の有効性についての誤った理解のために、植林は遅々として進んでいないのが現状である。

4. 食糧生産とバイオ燃料

最近の 2-3 年は食糧価格の上昇が顕著である。トウモロコシの最大の生産国であるアメリカではその価格が倍増したと言われている。本来、穀物は密接な代替財であるためにその価格は連動して動く傾向がある。したがって、様々な穀物の需要と供給の構造を決定する要因が絡まって穀物価格は形成されている。図 1 に示したように、タイのコメの値段はここ 2-3 年で 50% 以上値上がりした。

おそらくこの穀物価格の変化には以下の原因が大きく関わっていると思われる。第 1 は緑の革命の終焉であり、高収量品種の開発ペースが大きくスローダウンしたことである。¹³⁾ 第 2 は、中国やインド経済が急速に成長し、農産物需要の構造がより土地を多く必要とする畜産物に変化してきたことである。第 3 は筆者自身の推測であるが、中国で実質賃金が上昇し始め、中国の労働集約的な小規模農業が比較優位を失い始めたことである。最後に、トウモロコシ等の穀物のバイオ燃料への転用である。アメリカではトウモロコシの作付面積が増えているが、生産の 13% が燃料用のエタノールの生産に向けられている

¹³⁾ 今後とも収量を増大させるためには、バイオテクノロジーを活用し、遺伝子の形質と機能を分析しながら農業技術の開発を推進していくことが不可欠である。

(Cassman and Liska 2007). これがトウモロコシ価格の倍増の主要な原因であることは間違いない。

バイオ燃料のもととなる農産物の加工や輸送にエネルギーがかかるので、エタノールが使用されてガソリンが節約された分だけ地球温暖化ガスの排出量が減少するわけではないが、これが気候変動を緩和する効果を持つことは疑いない。問題はこの食用作物の転用が食糧価格の上昇に転嫁されることである(図3参照)。ブラジルの場合にはエタノールの原料にサトウキビが用いられているが、この場合も食用作物の畑がサトウキビ畑に転用されれば同じことが起きる。将来、どれくらい食糧の価格が上昇するかを正確に予測することは至難の技であるが、穀物の価格予想では最も権威のある国際食糧政策研究所(IFPRI)の予測によれば(Rosegrant et al. 2007)、2020年段階で50%程度の実質価格の上昇は十分にあり得ると見込まれている。1日1ドル以下で暮らすような貧困者がもし所得の50%を穀物の購入にあてているとすれば、穀物価格の50%の上昇によって実質所得は25%も減少することになる。もしそれが起これば、地球温暖化の防止のためにアフリカのような食糧の輸入国の消費者が困窮することは疑いない(図3参照)。

それでは気候変動へのプラスの効果を生かす一方で、貧困問題へのマイナスの効果を抑制するにはどうしたらよいであろうか。それにはでんぷんを原料とするのではなく稲わらに含まれているセルロースのように利用されてこなかった資源や、これまでは利用しなかったが急速に成長する熱帯の樹木をバイオ燃料の原料として利用するような、新しい技術を開発する必要がある(Cassman and Liska 2007; Hazell and Pachauri 2007)。そうなれば、アフリカの農民が大いに潤う可能性はある。そこで図3では、「R&D 投資」から「バイオ燃料」に向けて「望ましい効果」を示す白い矢印を挿入しておいた。しかしながら、

そうした技術変化が起こるまでには早くとも今から 6-7 年、おそらくは 10 年以上かかるというのが専門家の見方である。

5. 気候変動と食糧生産

気候変動が食糧生産への悪影響を通じて貧困問題を悪化させるであろうことは、今や世界的に共通の認識である（例えば HM Treasury (2006) を参照）。特に夜間の気温が高いと穀物の収量が低下することが知られており、水稻では摂氏 1 度の夜の気温の増加が収量を 10% 程度減少させることが報告されている。

¹⁴⁾ また気温が高ければ病虫害が蔓延しやすい。特にもともと気温の高い熱帯地域では深刻な影響が及ぶであろう。また気候が変動するということは、洪水や旱魃が頻発しやすくなることを意味する。それと同時に、海面の上昇は海岸付近の地域に塩害をもたらすことになる。

それでは予想される気候変動によって、どれほどの作物生産の被害が予想されるのだろうか。これについて IPCC の担当者と国際農業研究協議グループ (CGIAR) のリーダーとの間で、¹⁵⁾ 2006 年の 12 月にワシントンでパネル討論会が開催されたが、ほとんど意見の一致をみることはなかった。その原因は気候変動のインパクトに関する研究が不足しているからである。今後は、代替的なシナリオのもとでの気候変動の農業生産への影響を少しでも正確に評価・予測する作業が求められる。さらに経済学的研究を加味し、そうした影響が貧困や食糧の安全保障にどれほどの影響があるのかを見定めなければならない。

そうした分析は、今後いわゆる「適応研究」(Adaptive Research) にどれほど投資すべきかを決定する貴重な情報を提供するであろう。旱魃抵抗性、冠水抵抗性、病虫害抵抗性、塩害抵抗性技術の開発はこれまでも行われてきた研究で

¹⁴⁾ 以下の議論は IIRRI (2007) を参考にしている。

¹⁵⁾ CGIAR には IIRRI をはじめとして現在 15 の国際農業研究機関が加盟している。

ある。しかしながら、地球的なレベルでの気候変動が予想される状況では、これらの研究成果の重要性は高まっており、研究活動を加速化する必要がある。最近では野生種と栽培種の交配も可能になり、利用できる遺伝子のプールは大きく拡大している。したがって、環境適応型の研究の社会的あるいは地球的収益率はきわめて高いことが予想される。

気候変動とは多少異なるが、都市や工業地帯での「水不足」もアジアを中心とした深刻な環境問題である。正確な推定はないが、アジアで取水して使っている水のうち70%くらいは農業で使われていると想定されている。したがって、将来の水不足の対策として「節水栽培技術」を開発することは意味がある。もし仮に生産量を減らすことなく農業での水の使用量を半減できれば、都市での水不足は当分の間は解消できることになる。これまでにこの面での研究はほとんど行われてこなかっただけに、節水栽培技術の開発は有望である。なおこの研究は、水が少ない場所で作物を育てようとする旱魃抵抗性の研究と共通項が多い。

6. 結語

一時期は、環境と経済発展には逆U字型の関係があり、経済発展の初期には環境は悪化するがやがて好転するという「環境クズネツカーブ」の議論がまことしやかに議論された。しかし最近の研究によれば、硫黄酸化物の排出のような比較的ローカルな外部不経済が発生する場合には政治的にそれを抑制する努力が払われて来たが、温暖化ガスの排出のようにグローバルな外部不経済に対しては、ほとんど対応策が講じられてこなかったことが明らかになってきた（例えば、Yaguchi et al. 2007 を参照）。したがって、地球環境を改善するには化石燃料の使用を強制的に抑制する一方で、化石燃料の代替財としてのバイオ

燃料の使用を奨励し、森林の保護と植林の促進を図らなければならない。

よく指摘されることであるが、森林の保護や植林は温室効果ガスの強制的な排出削減に比較して、苦痛の少ないやり方である。だからこそ、モニタリングの可能性に問題があるにも関わらず、森林の増大による温暖化ガスの吸収（シンク）が京都議定書で認められたのであろう。しかしながら、開発途上国ではシンクに向けての努力はなされていない。アグロフォレストリーに対する支援は不活発であるし、植林プログラムは効果の薄い「社会林業」に頼りきっている。これでは開発途上国において森林環境の回復は実現できない。これに加えて、貧困地域における食糧不足が森林伐採への誘因を高めている。さらにこれに追い討ちをかけようとしているのが、トウモロコシ、サトウキビ、菜種、油やしなどのバイオ燃料への大規模な転用である。バイオ燃料の使用は、気候変動の緩和に有効でありそれ自体は望ましいことであるが、それが貧困問題の深刻化を招く事態だけは避けなければならない。

このように考えてくると、結局のところ貧困問題を悪化させることなく地球環境を改善するには「科学の力」、具体的には農業試験研究の成果を利用する以外にはあり得ない。まず第 1 に、試験研究によって生産環境不良な地域でも高収量を実現するような技術を開発しなければならない。それは貧困削減と森林の保全の双方に寄与しよう。第 2 に、生産環境不良な地域で生産が可能なバイオ燃料向けの作物や樹木を見出さなければならない。さもなければ、地球環境の改善と貧困の削減の間のトレードオフの関係を断ち切ることは出来ない。第 3 に、気候変動の貧困への影響を緩和するように、適応的農業研究を活発化しなければならない。それができなければ、貧困な地域の貧困な人々は気候変動の影響をまともに受けるであろう。

農業試験研究が期待されるような成果をあげるためには、莫大な R&D 投資が

必要となる。これまでも開発途上国における農業試験研究は、過少投資のために収益率が異常なほど高いことで知られているが(Evenson and Gollin 2003), 環境への効果や貧困削減への効果を含めて考えるならば、「地球的規模での収益率」はさらに高いものになるだろう。わが国をはじめとする先進国は、国際農業研究投資の成果がもたらすであろう貧困や地球環境への甚大な影響を考慮し、それを積極的に支援する時期に来ていると思う。

参考文献

- Boserup, E. (1965), *Conditions of Agricultural Change*, Chicago, IL: Aldine.
- Cassman, K. G. and Liska, A. J. (2007), “Food and Fuel for All: Realistic or Foolish?” *Biofuels, Bioproducts, and Biorefining*, pp. 1-6.
- David, C. C. and Otsuka, K. (1994), *Modern Rice Technology and Income Distribution in Asia*, Boulder, Col: Lynne Rienner.
- Evenson, R. E. and Gollin, D. (2003), *Crop Variety Improvement and its Effect on Productivity: The Impact of International Agricultural Research*, Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Food and Agriculture Organization or FAO (2001), *State of the World's Forest 2001*, Rome: FAO.
- Hayami, Y. and Otsuka, K. (1994), “Beyond the Green Revolution: Agricultural Development Strategy into the New Century,” in Anderson, J. (ed.), *Agricultural Technology: Policy Issues for the International Community*, Wallingford, U.K.: CAB International.
- Hazell, P. and Pachauri, P. K. eds, (2007), *Bioenergy and Agriculture: Promises and Challenges*, Washington, DC: International Food Policy Research Institute.
- HM Treasury (2006), *Stern Review on the Economics of Climate Change*, London: Her Majesty's Stationary Office.
- Intergovernmental Panel on Climate Change or IPCC (2007), *Climate Change 2007*, <http://www.ipcc.ch/>.
- International Rice Research Institute or IRRI (2007), *GreenRice.net: Towards an Environmental Agenda*.
- Kijima, Y., Sakurai, T., and Otsuka, K. (2000), “Iriaichi: Collective vs. Individual Management of Community Forests in Post-War Japan,” *Economic*

Development and Cultural Change, vol. 48, July, pp. 867-886.

Mackill, D. (2006), "From Genes to Farmers' Fields," in *Rice Today*, October-December, pp. 28-30, Los Banos, Philippines: IRRI.

Otsuka, K. (2000), "Role of Agricultural Research in Poverty Reduction: Lessons from Asian Experience," *Food Policy*, vol. 25, August, pp. 447-462.

Otsuka, K. (2004), "Land Rights Institutions and the Efficiency of Natural Resource Management in Marginal Area," Mansholt Lecture at the Wageningen University, the Netherlands.

Otsuka, K. (2006), "Why Can't We Transform Traditional Agriculture in Sub-Saharan Africa?" *Review of Agricultural Economics*, vol. 28, October, pp. 332-337.

Otsuka, K. (2007), "Land Tenure and Forest Resource Management in Asia," in Balisacan, A. M. and Fuwa, N. (eds.), *Reassessing the Rural Development Agenda: Lessons Learned and Emerging Challenges*, Singapore: Institute of Southeast Asian Studies Publishing.

Otsuka, K. and Kalirajan, K. (2005), "An Exploration of a Green Revolution in Sub-Saharan Africa," *Journal of Agricultural and Development Economics*, vol. 2, May, pp. 1-7.

Otsuka, K. and Kalirajan, K. (2006), "Rice Green Revolution in Asia and Its Transferability to Africa: An Introduction," *Developing Economies*, vol. 44, June, pp. 107-122.

大塚啓二郎 (1999), 『消えゆく森の再生学』講談社.

大塚啓二郎・櫻井武司(2007), 『貧困と経済発展：アジアの経験とアフリカの現状』東洋経済新報社.

Otsuka, K. and Place, F. (2001), *Land Tenure and Natural Resource Management: A Comparative Study of Agrarian Communities in Asia and Africa*, Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

- Otsuka, K. and Yamano, T. (2005), "Green Revolution and Regional Inequality: Implications of Asian Experience for Africa," in Djurfeldt, G., Holmen, H., Jistrom, M., and Larsson, R. (eds.), *The African Food Crisis: The Lessons from the Asian Green Revolution*, Wallingford, UK: CAB International.
- Otsuka, K. and Yamano, T. (2006), "Introduction to the Special Issue on 'The Role of Non-farm Income in Poverty Reduction: Evidence from Asia and East Africa'," *Agricultural Economics*, vol. 35, November, pp. 393-397.
- Place, F. and Otsuka, K. (2001), "Population, Land Tenure, and Natural Resource Management: The Case of Customary Land Areas in Malawi," *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 41, January, pp. 13-32.
- Quisumbing, A. M., Estudillo, J. P. and Otsuka, K. (2004), *Land and Schooling: Transferring Wealth across Generations*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- Rosegrant, M. R., Musangi, S., Sulser, T., and Valmonte-Santos, R. (2007), "Biofuels and the Global Food Balance," in Hazell, P. and Pachauri, P. K. (eds.).
- Sakurai, T., Rayamajhi, S., Pokharel, R. K. and Otsuka, K. (2004), "Efficiency of Timber Production in Community and Private Forestry in Nepal," *Environment and Development Economics*, vol. 9, August, pp. 539-561.
- Tachibana, T, Nguyen, T. M. and Otsuka, K. (2001), "Agricultural Intensification vs. Extensification: A Case Study of Deforestation in the Northern Hill Region of Vietnam." *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 41, January, pp. 44-69.
- World Bank (2007), *World Development Report 2008: Agriculture for Development*, Washington, DC: World Bank.
- Yaguchi, Y, Sonobe, T. and Otsuka, K. (2007), "Beyond the Environmental Kuznets Curve: A Comparative Study of SO₂ and CO₂ Emission between Japan and China," *Environment and Development Economics*, vol. 12, June, pp. 445-470.

表1 地域別の森林面積比率，一人当たり森林面積，森林面積の変化率，薪・木炭の重要性(2000年)

	東南アジア	南アジア	西アフリカ	南部アフリカ	ラテンアメリカ
森林面積比率 (%)	48.7	18.6	11.5	39.4	47.6
一人当たり森林面積 (ha)	0.4	0.1	0.3	1.8	1.9
森林面積変化率, 1990-2000年 (%)	-1.1	-0.1	-1.8	-0.6	-0.5
薪炭の重要性 (%) a	75	87	88	81	58

a 立法メーターで測った薪炭、工業用丸太、角材、板材の総和との比率.

出所： Food and Agriculture Organization (2001), *State of the World's Forest 2001*.

表 2. 土地利用システムにともなう保護の費用と経営の集約度と，それに対応する最適な土地所有制度^a

保護の費用	土地利用の集約度	
	低	高
低	焼畑 (特になし)	定着型農業，アグロフォレスト，先進国の木材用の森林 (私的土地所有)
高	雑木林 (共有制度)	途上国の木材用の森林 (私的所有と共有制度の混合制度)

a カッコ内で示したのが最適な土地所有制度である。

図1. アジアと世界のコメ生産量およびタイ米の実質価格の推移

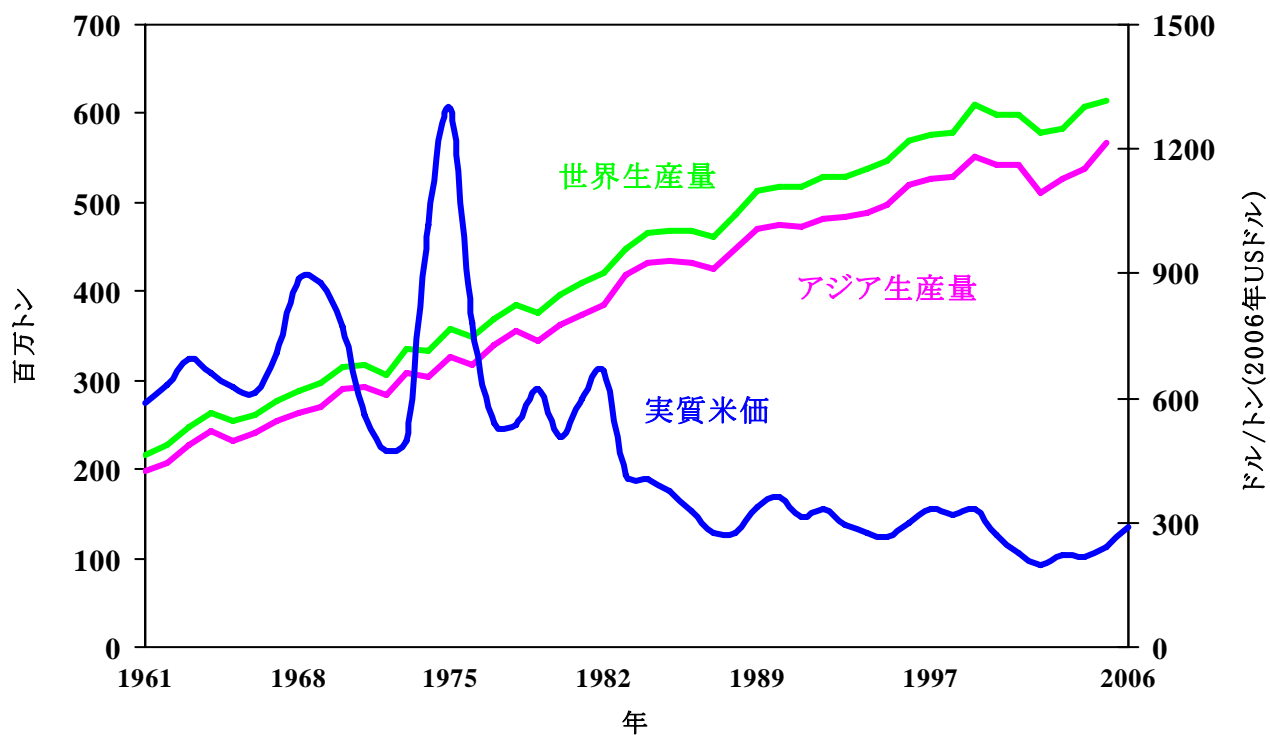


図 2. 熱帯アジアとサブサハラアフリカにおける穀物収量の変化

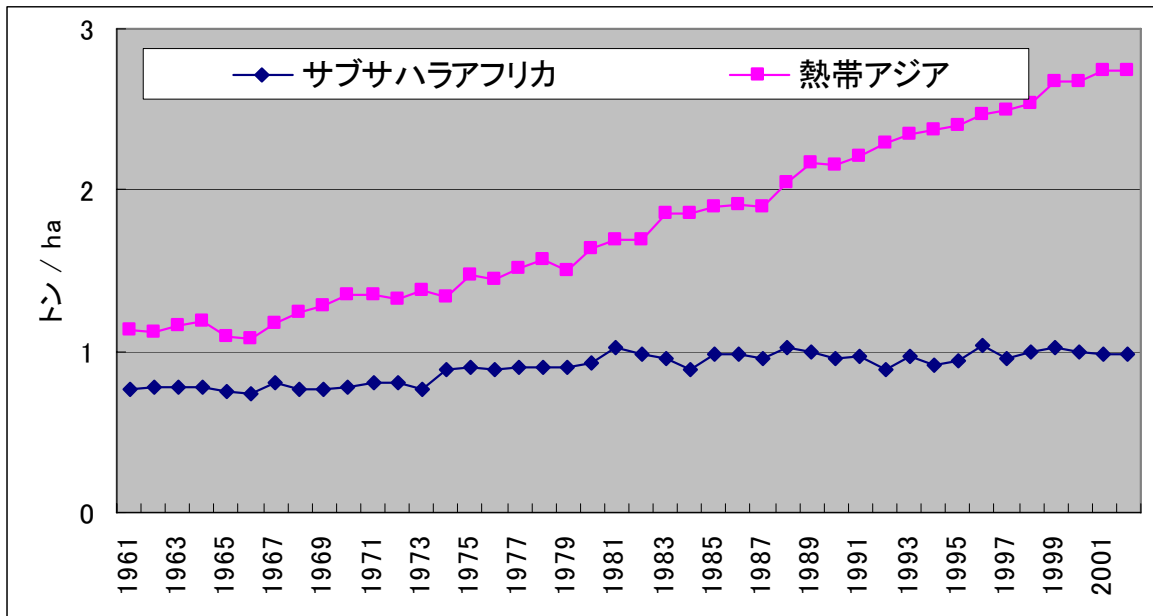


図 3. 食糧問題と地球環境の関連の構図

