

東アジアの食糧・農業問題

2003年3月

大塚 啓二郎

- 目 次 -

1 . はじめに	1
2 . 緑の革命の誕生	2
3 . 緑の革命の展開構造	4
(1) 近代品種効果の生産関数的理解.....	4
(2) コメの生産動向.....	6
(3) 収量の推移.....	7
(4) 米価の変遷.....	8
4 . 緑の革命の批判と再批判	9
5 . 緑の革命の持続可能性	12
6 . おわりに	13

1. はじめに

一時期ほどの熱気は冷めた感があるが、東アジア経済は過去 30 年余にわたって「奇跡」とも呼ばれる急速な経済成長を実現してきた(World Bank 1993)。1990 年代終盤の金融危機によって一時的停滞を経験したとはいえ、東アジア経済が成長するためのいわゆるファンダメンタルズが悪化しているわけではなく、今後はまた長期的な成長軌道に乗る公算が高い。

農業部門は東アジアの経済成長を牽引したわけではないが、1960 年代末から開始されたいわゆる「緑の革命」の実現を通じて、それを背後からサポートしてきた。伝統的に栽培されてきたコメ、トウモロコシ、小麦などの在来品種は、雑草のように病虫害には強いが、背丈が高く茎が細いために、肥料の多投によって穂の重量が増すと倒伏してしまうという致命的な欠点があった。緑の革命とは、背丈が低くかつ茎が太いという特徴を有し、肥料の多投によって高収量を実現する近代品種の開発と普及によって、熱帯アジア地域において、コメをはじめとする穀物の生産量が爆発的に増大したことを指す。これによって 1960 年代中ごろまでは危惧されていたアジアの食糧危機は回避されたばかりか、需要増加を上回る供給の増加によって食糧の安全保障は確保され、穀物価格の長期的な低落傾向によって都市の労働者をはじめとする消費者は大いに潤うことになった。¹特に消費支出に占める食糧費の割合が高い貧困層は、緑の革命の恩恵にあずかった(Otsuka 2001)。また穀物価格の低下は、森林伐採による耕地の拡大へのインセンティブを弱め、自然資源の保全にも大きな貢献をした(Otsuka and Place 2001)。²

大まかに言えば、緑の革命によって熱帯アジア地域の穀物生産はこの 30 年間でほぼ倍増した(Pingali et al. 1997)。もし緑の革命が起これなければ、アジアは現在のアフリカのように食料不足に悩まされ、食糧の輸入地域となっていたであろう。食糧の輸入は貴重な外貨の流失を意味し、そのことはまた資本財等の輸入を制限することによって経済全体の発展の大きな足かせとなったであろう(Hayami 1997)。こうした緑の革命の重要性にもかかわらず、わが国ではそれが正当に評価されていないように思われる。特にコメの近代品種の開発について言えば、稲作先進国であったわが国の資金的・人的貢献は絶大であり、政府開発援助の成功例として特筆に値するものである。

本論では、過去 30 有余年にわたって展開された緑の革命の展開過程を総括し、今後

の展望について考察を加えるとともに、その経済的意義について検討することによって、東アジアの食糧・農業問題の骨格を明らかにしたい。なお東アジアには中国が含まれるが、中国の食糧・農業問題には土地制度等の固有な問題が多く、それは稿を改めて論ずべき重要な課題である³と考える。

以下第2節では緑の革命の誕生の契機について概観し、続く第3節ではその展開構造を明らかにする。第4節では、緑の革命に対する様々な批判を紹介し、その多くが誤解に基づいた議論であることを指摘する。第5節では緑の革命のこれからの持続可能性について考察し、第6節で結論を述べる。

2. 緑の革命の誕生

いかなる産業の発展もその原動力となるのは技術革新である。その意味では農業も例外ではない。しかし製造業と農業では技術革新の担い手が異なる。製造業では産学の連携があるにせよその主要な担い手は私企業であり、シュンペーターのいう企業家である。他方農業では、公的な試験研究機関が新しい技術の開発の重要な担い手である。ここに製造業と農業の大きな違いがある。

両部門における技術革新の担い手の相違は、以下のような原因に求められる。製造業においては、新しい技術的知識は工業所有権によってその占有が可能であったり、企業秘密としてその利益をかなりの程度、内部化することができる。もちろんライバル企業による技術の模倣等の理由で、開発主体以外が利益を享受するという外部経済は存在する。しかしながら、革新的な技術を創造した経済主体が、そこから生まれる経済的利益の多くを受け取ることが出来ることは事実であろう。それとは対照的に農業における新技術、とりわけ新品種の場合は、改良種子を農家自身が再生産できるという特徴がある。そのために、一般に品種の開発主体はそこから生まれる利益をほとんど獲得することができない。⁴換言すれば、品種の開発では、技術の模倣がきわめて容易である。製造業の場合にも、もし技術の模倣が簡単であれば私企業にとって新技術を開発する誘引はほとんどなくなってしまうであろう。そこで農業の場合には、公的な試験研究機関が新品種を開発を行うことになる。⁵その点については、先進国も途上国も違いはない。

農業技術のもう一つの重要な特徴は、その効果が生産環境によって大きく規定されることである。温帯地域で栽培されている優良品種を、熱帯地域で栽培しても高い収量を実現することはできない。そこで収量の高い温帯地域あるいは準温帯地域の品種と、熱帯地域の環境に適した品種を掛け合わせ、熱帯地域に適した高収量品種を育成することが、1960年代における重要な研究課題となった。実際に、フィリピンにある国際稲研究所が1966年に開発した最初の近代品種 IR 8 は、台湾の高収量品種とインドネシアの在来種の交配から生まれた。また、メキシコにある国際小麦・トウモロコシ研究所では初期の小麦の交配に、戦前日本が開発した農林 10 号という高収量品種が用いられた。⁶次節で議論するように、その後の品種の開発は病虫害抵抗性やきめ細かい環境適応性を考慮して推進されることとなった。

こうして開発された近代品種には、国境を越えた「国際公共財」という重要な特質がある。すなわち、ある国で開発された品種は国境を越えて普及し、当該国以外の国に恩恵を与える。特に灌漑がある場合には、ミクロ的な生産環境が類似化するために、その傾向が強い。事実、IR 8 はフィリピンから東南アジア各地、さらにインド等の南アジアにも普及した。⁷さらに品種の育種技術や栽培技術にも、国際公共財的要素がある。つまり、近代品種の開発には国境を越えた外部経済が存在するのである。

もし近代品種の開発を目的とする技術開発に、そうした外部経済があるのであれば、各国の試験研究機関にその開発を任せることは経済学的に正当化されない。なぜならば、各国の試験研究機関は自国の利益のみを考えて試験研究活動を行うであろうから、試験研究投資は国際的に見て過少となる傾向が生まれるからである。この点を的確に認識し、熱帯地域に位置する発展途上国の農業発展のためには、国際的な利益を考える試験研究機関の設立が重要であることを、1950年代から主張したのは農業経済学会の重鎮であったシカゴ大学教授の Theodore Schultz であったと言われている。

そうした主張に呼応して、ロックフェラー財団とフォード財団は、1960年代初期に国際稲研究所と国際小麦・トウモロコシ研究所を設立し、そこでの試験研究活動が1960年代後半以降の近代品種の開発として結実することになるのである。⁸このように、経済学的な洞察に基づく制度設計と、それを背景とした近代的な科学知識の途上国への適用が緑の革命を実現させたということことが出来る。

3. 緑の革命の展開構造

熱帯アジアでは、コメばかりでなく小麦やトウモロコシについても、近代品種が開発され、広範な地域において収量の増大が実現された。以下の分析では、アジアで最も重要な穀物であり、筆者自身が長期にわたって研究してきたコメを中心として議論することにしたい。なお、水稻の生産にとって灌漑の有無が決定的に重要であることを除けば、コメと他の穀物の特性に大きな相違は無い。

(1) 近代品種効果の生産関数的理解

アジアの水稻生産の変容を検討する前に、近代品種の特性を生産関数を用いて考察しておこう。図1は横軸に土地当たりの肥料投入量を取り、縦軸に土地当たりの生産量(以下では収量と呼ぶ)をとって、品種ごとに収量関数を示したものである。⁹この図では省略したが、収量曲線の位置は生産環境に大きく規定される。特に近代品種の場合には、灌漑設備の有無によって生産性が大きく異なる。しかし簡単化のために、以下の議論では劣悪な生産環境の収量への影響については捨象することにする。

まず在来品種については、収量が低いことを反映して収量関数の位置が低いばかりでなく、一定以上の肥料を投入すると収量が絶対的に低下することが示されている。これは在来品種の場合、倒伏が起りやすいために肥料の増投が収量の増加に結びつかないことを示している。また、土壌の養分の吸収力が悪いために無肥料状態でも、在来種の収量は近代品種のそれに劣る傾向がある。

在来種の欠点を是正し、肥料感応性を高めたのが近代品種であり、その収量関数は在来品種のそれよりはるかに高い位置にある。ここで強調したいのは、近代品種は単一の品種を指すのではなく、時間とともにより優れた品種が開発されてきたことである。本論では、Otsuka et al. (1994a) や Estudillo and Otsuka (2001) に従って、近代品種を第一世代、第二世代、第三世代に大別して議論を展開しよう。

まず1960年代後半に開発されたのが、第一世代の近代品種Iである。このタイプの品種は病虫害の心配が無く、灌漑設備が整っているような生産環境では驚異的な収量を発揮する。潜在的な収量性で言えば、第一世代とそれ以後の世代の品種間で大きな格差はない。そのため、第一世代の代表的な品種であるIR8は、Miracle Riceと呼ばれた。しかしながら、第一世代の近代品種は病虫害に弱く、環境不良地帯ではとりわ

け収量性が低いという欠陥がある。当初は近代品種Ⅰは「高収量品種」と呼ばれたが、生産環境に関わりなく常に高収量を実現できるわけではないので、「近代品種」という名称に取って替わられた。図1に示したように、病虫害による収量の低下を考慮した平均的な収量曲線は、在来種のそれを上回るものの、第二世代や第三世代のそれより下方にある。

近代品種Ⅰは順調に普及地域を拡大したが、病虫害による深刻な被害が続出した。それに対応して、近代品種に病虫害抵抗性を植え付ける研究が1970年代初期に活発化した。その成果は1976年に開発された病虫害抵抗品種IR36に結実した。その後普及をみた近代品種は、いずれも病虫害抵抗性を備えた品種である。このために、IR36を始めとする第二世代の近代品種Ⅱの収量曲線は一段上に位置している。フィリピンの場合に限って言えば、在来種と近代品種Ⅰとの収量格差より、近代品種ⅠとⅡの格差のほうが大きい(Otsuka et al. 1994a)。近代品種Ⅱの開発は、平均的に収量を増大させたばかりでなく、収量を安定させることによって農家所得の安定化に寄与した。なお近代品種Ⅱの開発では、近代品種Ⅰが高収量性を実現するために交配に用いられている。

詳細な統計はないが、近代品種Ⅱの栽培面積はアジアの水田の約半分程度の水準に達したと思われる。しかしそれ以上の普及にはきめ細かい環境適応性が要求された。そこで多様な生産環境の相違を考慮して、各国の試験研究機関が中心となって開発を行ったのが近代品種Ⅲである。このタイプの品種は、普及地域が限定され、ローカルな公共財的特徴を備えたものが多い。これによって近代品種の栽培面積は大幅に増加し、今では近代品種の普及率は70%を超えている模様である。また近代品種Ⅲの中には、食味を改善した品種も含まれる。そうした品種の価格は近代品種Ⅱのそれを10-15%程度上回っており、質の差を考慮した生産額タームでの収量は高い傾向にある。なお近代品種Ⅲの開発には、近代品種Ⅱが交配種として用いられている。

このように緑の革命は瞬時に発生した革命的な変化ではなく、長期間にわたって改良を続けるという展開構造を有している。なお説明を省略したが、大半の在来種と異なり、近代品種は非感光性という特質があるために灌漑さえあれば乾季作が可能であり、また早生であるために一部の地域では三期作も行うことが可能である。こうした二期作や三期作への効果を加えるならば、近代品種のコメ生産増大効果はきわめて大きなものになる。

(2) コメの生産動向

コメについての分析を行う前に、緑の革命が起こっていないサハラ砂漠以南のアフリカと、それが起こったアジアの人口一人当たりの食糧（あるいは穀物）生産の推移を検討しておこう（図2参照）。1960年代前半のアジアでは、人口爆発、耕地拡大の余地の消滅、既存の耕地からの生産の停滞によって、一人当たりの食糧生産は急激に減少していた。ところが緑の革命の勃発とともに、食糧供給が継続的にかつ連続的に増大し、1990年代後半における一人当たりの食糧の生産量は40%近く増大した。それとは対照的に、土地当たりの収量が停滞しているアフリカでは一人当たりの食糧生産は20%近くも落ち込み、改善の兆しは見られない。こうした地域間の格差は、緑の革命の相違によってほとんど説明されようと思われる。¹⁰

次にアジアにおけるコメの生産動向について検討しよう。図3は、コメの生産量、収穫面積、収穫面積当たりの収量を指数化して、東南アジアと南アジアに分けて示してある。1950年から見れば、東南アジアにおけるコメの生産量は約4.5倍にまで増大した。その間、収穫面積は約1.8倍になったが、収量は2.5倍に増加した。つまり、収量の増大がコメの増産の原動力になったことは明らかである。収量の増加は近代品種の普及とそれに伴う肥料の増投、さらに相対的な重要性は劣るが灌漑面積の増大が寄与した(David and Otsuka 1994)。また正確な統計数値は得られないが、1960年代までの収穫面積の拡大が主に耕地面積の拡大によってもたらされたのに対し、1970年代以降の拡大は近代品種の導入によって乾季の作付面積が拡大したことが大きな理由である。東南アジアにおける収量の変化を詳細に検討すると、1970年代から1980年代初期に加速的な増加が観察されるのに対し、その後は収量の伸びが鈍化する傾向にある。あとでより詳しく検討するように、これはこの地域での緑の革命が終焉を迎えようとしていることを示唆している。

南アジアは、東南アジアに比較すれば耕作可能な土地がより希少であり、水田の生産環境も東アジアよりは劣っている。さらに、フィリピンを中心にして開発された近代品種を、南アジアの生産環境に適合させるように移転するのに長い時間を要した。こうした事情のために、南アジアにおける収穫面積の増大は東南アジアより緩慢であり、収量の増大についても全般的に東南アジアのそれに劣っている。その結果コメの生産量の伸びにおいても、南アジアは緩慢であった。南アジアに関して興味深いのは、1980年代における収量の加速的増大である。これは、南アジアにおいては東南アジア

に数年遅れで緑の革命が本格的に進展したことを示唆している。

(3) 収量の推移

すでに指摘したように、近代品種は灌漑のあるような地域で収量をより増大させる効果がある。それを例示したのが、図4のフィリピンのケースである。¹¹ フィリピンでの近代品種の普及率はきわめて高く、灌漑地域では1970年にすでに66%に達し、1982年以降は90%を越えている。天水田地域での普及率は灌漑地域よりは低いものの、1982年以降は80%から90%の間で推移している(Estudillo and Otsuka 2002)。収量については、品種の相違に関わらず灌漑地域でそれが高いことが明らかである。

またこの図から、近代品種の収量が在来品種を上回り、1970年代中期から1980年代中期にかけて顕著に増大していることが読み取れる。これは図1を用いて示したように、近代品種の収量性が徐々に改善されたことを示唆するものである。しかしながら、1980年代中期以降は収量が目立って増加していない。これは最近の近代品種IIIが過去のそれに比較して、収量性において大きな優位性を持たないことを示している。過去に数えきれないほどの組み合わせで品種間の交配を行った結果、もはや期待される改善の余地がほとんどなくなってしまったことが主な原因であると思われる。

こうした推論は、国際稲研究所が1966年以来ほぼ4年間ごとに行ってきた100-150サンプル程度の「中部ルソン農家調査」のデータによって明瞭に支持される(表1参照)。¹² なお中部ルソンは、フィリピン随一の穀倉地帯であり、緑の革命のハートランドと呼ぶべき先進稲作地域である。まずこの表から、(1)1970年代初期における近代品種Iの普及が急激であったこと、(2)1970年代後期における近代品種IからIIへの転換もきわめて急速であったこと、(3)そして最後に1980年代中ごろから近代品種IIIへの移行が進展したことが分かる。また収量については、(1)在来種と近代品種Iの格差が少ないこと、(2)近代品種IよりIIのほうが収量が明らかに高いこと、(3)そして近代品種IIIの収量増大効果が弱いことが読み取れるであろう。こうしたデータは他の国々では得がたいが、全般的には同様のことがフィリピン以外の地域でも妥当するように思われる。

品種世代ごとの品種普及のデータは示されていないが、各国別の長期間にわたる土地当たり収量の推移のデータは興味深い(図5参照)。ここからいくつかの重大な観察事実を引き出すことが可能である。まず第1に、フィリピンとインドネシアでは早い

時期から収量の増加が始まり、両国とも 1980 年代の途中から収量の停滞が始まっていることが指摘できる。これはフィリピンで緑の革命がまず開始されたことと、インドネシアの生産環境がフィリピンに類似していること、そして両国とも 1980 年代に緑の革命の潜在力が枯渇してきたことを示すものである。なお、インドネシアの収量がフィリピンよりもはるかに高いが、その最大の理由は前者には台風の被害があり後者にはないことであると言われている。第 2 に、灌漑比率の高いスリランカでは、フィリピンやインドネシアと同じように、緑の革命の開始と終焉が時期的に早いことが指摘できる。第 3 に、遅れて緑の革命が開始されたベトナム、バングラデッシュ、インドでは、それに対応して 1990 年代に入っても収量が増大し続けていることがわかる。これは、緑の革命が国境を越えた技術移転を展開させながら、アジア全体の水稻収量を徐々に改善してきたことを雄弁に物語っている。こうしたプロセスを含めれば、緑の革命はこれまでのところ持続可能性があったと判断することが出来るであろう。

しかしながら、Otsuka(2000)が指摘するように、ベトナムや南アジアでも、東南アジアと同じように早晚緑の革命の潜在力が使い尽くされ、収量の停滞傾向が始まるであろう。もしそうなれば、コメの需要と供給のバランスがやがてタイトになることが予想される。

(4) 米価の変遷

「農業の技術進歩は農民の所得を高める」と考えるのは大きな誤りである。一般に農産物の需要は所得に対して非弾力で需要は停滞気味であり、価格に対しても需要が非弾力であるために、供給が大きく増加すると激しい値崩れが起こりやすい。特にコメのような主食となる穀物の場合はそうである。¹³この好例が緑の革命の結果として起こった国際米価の下落である。

図 6 は、タイ米を用いて長期わたる国際米価の推移を示している。もちろん、各国政府の介入が多いためにコメの国際市場は競争的な構造にはなっていないが、タイ米の価格が各国の米価の決定に大きな影響を与えていることも事実である。投機によって米価が急増した 1973-84 年を除けば、実質タームでの米価が、緑の革命前ではほぼ安定的で、その後急激かつ継続的に減少してきたことが明らかである。こうした傾向は、緑の革命の影響を抜きには理解しがたい(Pingali et al. 1997 : 菊池 2002)。

米価が下がれば、生活費が減少し都市の労働者は利益を得る。もし彼らがより安い名

目賃金で働いてもいいと考えれば、それは労働費の減少につながり産業発展を刺激する(Hayami 1997)。こうして、緑の革命は経済全体の発展に対して正の影響を与える。しかしながら、実質米価が下がれば農民は全般的に損失を被る。近代品種を採用した農家に限れば、新品種によって費用を減少させているので、ネットの効果は必ずしも明らかではない(David and Otsuka 1994)。問題は近代品種を採用することが有利ではないような、劣悪な生産環境で生産を行っている農家である。こうした農家は、技術の進歩がない一方で生産物の価格が下がるのであるから、生活水準は悪化する。それを避けようとするれば、労働人口が都市に移動したり、近代品種の採用によって潤っている地域に移動したりしなければならない。なお近代品種の採用は労働需要、特に貧困層が参加する除草や収穫等の単純労働に対する労働需要を高めるが、劇的な増加ではない(Otsuka et al. 1994b; Otsuka 1995)。少なくとも一時的に損失を被った農村人口に利益をもたらすためには、緑の革命が工業化へとつながらなければならない。それがどの程度実現されているかについては、残念ながら説得的な研究がない。

4. 緑の革命の批判と再批判

前節で概観したように、緑の革命はまさに革命的な変化をアジア地域の農業に吹き込んだが、NGO を中心にしてその成果に関しては批判的な評価が多く見受けられる。しかしながらこうした批判には根拠のないものが多い。そこで本節ではそれらの批判を取り上げ、筆者なりの再批判を展開しよう。

緑の革命の初期に批判されたのは、新品種が化学肥料や農薬を必要とするために、それを購入することが可能な富裕な地主や大農だけが潤い、それを購入できない小作人や小農は新品種を採用せず、結果的に何の利益も得ないというものである(展望については、(David and Otsuka 1994)を参照)。¹⁴もしそれが事実であるとするれば、緑の革命は農村内部での所得格差を拡大するというマイナスの効果を持つことになる。しかし実際には、こうした事実は1970年代においてもほとんど確認できないし(Hayami and Kikuchi 1982)、1980年代においてもそれは認められない(David and Otsuka 1994)。これは、新品種の採用による収入の増加が購入要素のコストを補って余りあるために、たとえ小農や小作農でも新品種を積極的に採用したからである。¹⁵ま

た、肥料商のような購入要素の供給側が後払いの信用付きで肥料の販売を行ったことも、小農による新技術の採用に貢献したものと思われる。もし大農と小農に格差があるとすれば、前者の効率が悪く後者の効率が高いという逆の関係である(Otsuka 2002)。

第2の批判として、緑の革命は化学肥料や農薬の増投を促し、肥料会社や農薬会社を潤しただけであるという議論がある。この議論には一理あることは認めるが、農民がこれらの投入要素を多投したのは、それが費用以上の便益をもたらすと判断したからであるという点を忘れてはならない。また肥料の増投がなければ、高い収量を実現できないという基本的な原理を忘れてはならない。堆肥のような有機質肥料を投入するのであれば、化学肥料を多投する必要はないが、化学肥料を選択したのは農民達自身である。¹⁶ 農薬については、確かにそれを使用した農民が健康を害するといった深刻な被害をもたらしたことは事実であるが(Pingali et al. 1997)、病虫害に強い近代品種の開発や、農薬の使用を減らす技術的知識(Integrated Pest Management)の普及によって事態は大幅に改善されつつある。また、化学肥料や農薬の多投が土壌を疲弊させ、収量の低下を招いたのではないかという批判もあるが、統計的にはそうした傾向は観察されない(Estudillo and Otsuka 2001)。収量や生産性から見て、緑の革命にはこれまでのところ持続可能性があるかと判断するべきであろう。

アジアの農村の現場に詳しい専門家や NGO のスタッフからは、近代品種を採用した農家が必ずしも豊かになっていないことから、緑の革命は農家の所得を改善していないのではないかという疑問が提起されている。この指摘は実証的に正しい。なぜならば「豊作貧乏」の原理が働くために、農業における技術進歩は農民の利益には直結しない傾向が強いからである。もし一つの小さな国だけが近代品種を採用したのであれば、それによる供給の増加は作物の国際価格に大きな影響を与えないであろう。その場合には、新品種を採用したその国の農家は、品種の増収効果から金銭的な利益を得る。しかしながら、例えばコメを主食とするアジアの多くの国々で同時に、大幅な供給の増加が起これば、国際的に米価が値崩れし、豊作時と同じように農家は所得面で損失を被る可能性が高いのである。だからこそ図6で検討したように、国際米価が減少を続けているのである。しかしこれは緑の革命に責任があるのではない。主食となる穀物については、需要が価格に対して非弾力的であることが、技術進歩の恩恵が農民に行き渡らない基本的な原因である。したがって、緑の革命が農民の所得の向上に結びつかないことを理由にそれを批判するのは、お門違いの議論と言わざるを得な

い。

つまり、緑の革命の最大の受益者は穀物の消費者である。とりわけ穀物への消費割合の高い貧困者家計は、穀物価格の低下によって大きな利益を得た(Binswanger and Quizon 1989)。また農村における貧困層である土地無し労働者の場合も、コメの消費者であり価格低下によって利益を得た。その結果、緑の革命がアジア地域における貧困の削減に大きく寄与したことは疑いない。

緑の革命に対する根強い批判は、それが生産環境の良好な地域と劣悪な地域の所得格差を拡大したとするものである。すでに指摘したように、近代品種は灌漑のある地域や、天水田地帯でも水はけの良いような地域で高収量性を発揮する。他方、旱魃にさらされやすい傾斜地や大河の下流域では、近代品種の採用率は目だって低い(David and Otsuka 1993)。そもそもそうした地域の農民は、生産環境が良好な地域の農民より所得が低いから、緑の革命によってその格差が拡大したという指摘には、十分な根拠がある。しかしながら、よく言われるように「緑の革命は貧困地域を無視した」という指摘は、必ずしも的を得ていない。David and Otsuka (1994)の比較研究が示したように、緑の革命によって生産環境が良好な地域で賃金が一時的に上昇したのを受けて、生産環境が不良な地域から小農や土地無し労働者の地域間移動が起こった。それによって彼ら自身が所得面で利益を得たばかりでなく、生産環境不良地域では人口圧力が緩和され、そこに残った人々の所得を高めることになった。事実、熱帯アジアの6カ国の状況を分析した上述の研究によれば、地域間の賃金格差はほとんど発生していない。地域的に移動した小農や土地無し労働者は最も貧しい階層に属しており、緑の革命は間接的に彼らに利益を与えたと考えるべきである。

しかし労働の地域間移動が、金銭的・精神的苦痛を伴うことを考えれば、トータルには、緑の革命が地域間の経済的厚生水準の格差を拡大したという指摘の妥当性を否定することはできない。だからと言って、生産環境が劣悪な地域向けに高収量品種を開発すべきであると結論づけるべきではない。なぜならば、(1) 伝統的な育種技術ではそうした地域向けに高収量品種を開発することは困難であり、(2) 例えそれが実現されたとしても、生産環境の劣悪な地域は多様であるために、その品種の採用地域は限定されざるを得ないからである。その結果、緑の革命のトータルな生産増加への影響は微小なものに止まり、その革命性を失ってしまうからである(David and Otsuka 1993)。もしそうした地域の貧困問題を解決しようとするのであれば、現状ではそれは

コメの品種の開発に求めるべきではなく、インフラへの投資や教育等の人的資本への投資に求めるべきであろう。

5. 緑の革命の持続可能性

これまでのところ、緑の革命は持続可能性を備えていたと判断されるが、現実問題として収量には頭打ちの傾向が見られており、将来において生産の維持、さらには生産性の向上を維持できるかは定かではない。すなわち、伝統的な育種技術に基づく緑の革命は、稲作について関する限り、1960年代後半にフィリピンで生まれた新技術の潜在力は、インドをはじめとした南アジアへの普及を最後に消失したと言っても過言ではない(Otsuka 2000)。この意味では、緑の革命の持続可能性は無いに等しい。

さらに、都市化の進展と人口増加によって第三世界では深刻な水不足が危惧されている。しかも畜産物への需要の増加に対応した水田の飼料作物生産への転換や、都市化に伴う耕地面積の縮小も予想されている。そうした不利な状況の中で、穀物需要に見合った供給を実現するためには、¹⁷限られた水資源を用いつつ、限られた水田面積から多くの収量を実現できる新しいタイプの「第二の緑の革命」の出現が必要になってきている。

そのための基本的な対策は、依然として土地当たりの収量を高めるような技術の開発である。そのために短期的に有望な方策は、ハイブリッド米の開発である。それはすでに始まっており、有望なハイブリッド米の品種は圃場段階では近代品種より15%から20%近い収量の増大を実現している。より長期的な方策は、バイオテクノロジーの活用による新品種の開発である。遺伝子組み替え技術によって、病虫害抵抗性を備えた品種を開発することは可能であり、それに向かって試験研究が展開されつつある。病虫害の被害が著しいのは生産環境が良好な地域であり、もしこの開発が成功すれば、より少ない農薬の散布でより多くのコメが生産できるようになる。このことはまた、農薬の増投を根拠とする従来緑の革命に対する批判を緩和することになるだろう。

それと同時に、バイオテクノロジーによって旱魃に強い耐乾性の稲を育成することも可能であることが明らかになりつつある。もしこれに成功するならば、地域間の所得格差の拡大を理由とした緑の革命に対する批判にも応えることとなるだろう。またこうし

た耐乾性品種の開発は、灌漑用水の節約にも寄与するはずである。それによって、灌漑地帯において節水農法が確立されるならば、将来の水不足の問題も緩和されることになるだろう。

より少ない灌漑水と農地を使用しつつ、コメの生産が維持さらには増大するならば、穀物価格の増大は抑制されうるであろうし、減少を続けることすら可能であろう。穀物価格が低水準にあれば、それは貧困問題解決の一助になるであろうし、農地の拡大を目指した森林伐採のような環境破壊行為も抑制されるであろう。

結論すれば、これからの第二の緑の革命には、食糧増産 穀物価格の低下 貧困削減ばかりでなく、これまで実現することが困難であった生産環境劣悪地域での生産効率の改善や、環境問題への貢献が期待されている。それではそれは実現可能であろうか。その応えは、現状ではノーでもないしイエスでもない。「ノー」でないのは、第二の緑の革命を実現することの技術的可能性が高まっているからである。だからと言って「イエス」と言えないのは、その実現には莫大な投資が必要である一方で、農業試験研究への投資額が最近になって激減しているからである。しかし農業技術の開発が投資である限り、収益を実現するためには費用をかけなければならない。現在のように投資費用を削減していれば、十分な収益は期待できない。

農業投資が減少している最大の理由は、穀物価格の低下傾向であり、それを根拠にした農業技術投資の低収益である。それに輪をかけているのが、日本経済の停滞・財政の悪化を理由とした政府開発援助の大幅な削減である。現在の状況から判断すれば、深刻な水不足や食糧の不足が発生しない限り、農業試験研究への投資は抑制され、それによって危機的な状況を招く危険が大いにある。しかし第2節でも議論したように、農業試験研究によって生み出される農業技術は「国際公共財」の色彩が強く、その宿命として投資が国際的な観点から過少になる傾向がある。水資源の希少化を含めた新しい課題に適切に対処するためには、もう一度原点に立ち返って、農業試験研究投資の重要性を再認識すべきであるように思われる。

6. おわりに

発展段階が低い経済では、農業に従事する労働人口の割合は有に 50%を超えている。この段階において経済発展を実現するためには、農業部門の効率性を高めることが必

須条件である。熱帯地域にある東アジア諸国では、緑の革命によってコメを始めとする穀物の生産性が飛躍的に向上し、それが経済全体の発展を支えた。すなわち、(1) 緑の革命によって穀物供給が増大し、その価格が減少したことによって都市の労働者を中心とした貧困層の経済厚生が高まり、(2) 農業の効率化によって余剰となった労働者が都市に移動することによって工業化が促進され、(3) 劇的ではないが農村の最貧困層である土地なし労働者への労働需要が高まり、彼らの経済状態を多少とも改善した。もし逆に緑の革命が起こらなかったとすれば、穀物価格は上昇し、労働者の生活水準は低下し、農村には多くの労働人口が滞留し、結果的に経済発展のスピードにブレーキがかかったであろう。

このように、緑の革命には経済発展を支えるという重大な役割があったにも関わらず、その効果の重要性は一般には正当に認識されていないように思われる。それは厳密な実証分析の結果の無視や、経済学的な分析の欠如に起因するところが大きい。特に、農業における生産性の上昇が穀物価格の低下を通じて、消費者に利益をもたらすという事実は無視される傾向が強い。しかしながら、すでに検討したような米価の全般的な低下傾向は、緑の革命の成果を抜きには理解できない。今後は、こうした点を含めて緑の革命の正当な評価について、政策担当者や NGO のようなこれからの開発問題の解決にとって重要な組織のリーダーと、経済学者のとの意見の交換がますます重要になるであろう。

最後にもう一度強調しなければならないことは、農業試験研究活動の成果は「国際公共財」的性質が強いことであり、その結果としてそれへの投資が国際社会全体から見ても過少になる傾向が強いことである。バイオテクノロジーの実用化が現実のものになろうとしている現在、公的な農業試験研究制度への投資の収益率は高まっているはずであり、現状における投資の減少は、過少投資をもたらしている公算が高い。しかも期待される「第二の緑の革命」は、貧困問題の解決ばかりでなく、環境の改善と経済発展の調和を実現する可能性を秘めている。それは環境に優しくかつ所得面での平等な発展を意味するものであり、とりもなおさず「持続的な農業発展」の実現につながる。こうした展開を踏まえ、持続的発展に関心を抱く全ての関係者が、これからの望ましい農業発展について冷静な議論を展開することを期待したい。

引用文献

- Binswanger, Hans P. and Jimmy Quizon. "What Can Agriculture Do for the Poorest Rural Groups?" In I. Adelman and S. Lane (eds.), *The Balance between Industry and Agriculture in Economic Development*. New York: St. Martin's Press, 1989.
- David, Cristina C. and Keijiro Otsuka. *Modern Rice Technology and Income Distribution in Asia*. Boulder, Col.: Lynne Rienner, 1994.
- Estudillo, Jonna P and Keijiro Otsuka. "Has Green Revolution Ended? A Review of Long-Term Trends in MV Adoption, Rice Yields, and Rice Income in Central Luzon, 1966-98." *Japanese Journal of Rural Economics* 3, 2001, pp. 51-64.
- Estudillo, Jonna P and Keijiro Otsuka. "Lessons from Three Decades of Green Revolution in the Philippines," paper presented at the workshop on "Green Revolution in Asia and its Transferability to Africa," sponsored by FASID and held in Tokyo, December 8-10, 2002.
- Hayami, Yujiro. *Development Economics*. Oxford: Clarendon Press, 1997.
- Hayami, Yujiro and Masao Kikuchi. *Asian Village Economy at the Crossroads*. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press, 1982.
- Hayami, Yujiro and Keijiro Otsuka, *The Economics of Contract Choice: An Agrarian Perspective*. Oxford: Clarendon Press, 1993.
- Hayami, Yujiro and Vernon W. Ruttan. *Agricultural Development: An International Perspective*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2001.
- 菊池真夫「熱帯モンスーン・アジア稲作農業の50年：スリランカとフィリピンを中心として」、千葉大学園芸学部、2002年。
- Otsuka, K. "Technology Policy, Development, and Employment." *Asian Development Review* 13 (2), December 1995, pp. 105-37.
- Otsuka, Keijiro. "Role of Agricultural Research in Poverty Reduction: Lessons from Asian Experience." *Food Policy* 25 (4), August 2000, pp. 447-62.
- Otsuka, Keijiro. "Poverty Reduction Issues: Village Economy Perspective." *Asian Development Review*, July 2001.
- Otsuka, Keijiro. "Efficiency and Equity Effects of Land Markets," paper presented at the workshop for "Handbook of Agricultural Economics, Volume III," held in Bretton Woods,

September 2002.

Otsuka, Keijiro, Fe Gascon, and Seki Asano. “‘Second Generation’ MVs and the Evolution of the Green Revolution: The Case of Central Luzon, 1966-90.” *Agricultural Economics* 10 (3), May 1994a, pp. 283-95.

Otsuka, Keijiro, Fe Gascon, and Seki Asano. “Green Revolution and Labour Demand in Rice Farming: The Case of Central Luzon, 1966-90.” *Journal of Development Studies* 31 (1), October 1994b, pp. 82-109.

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

Pingali, P.L., M. Hossain, and R.V. Gerpacio. *Asian Rice Bowls: The Returning Crisis?* Wallingford, UK: CAB International.

World Bank. *The East Asian Miracle*. Oxford: Oxford University Press, 1993.

表 1. 中部ルソンにおける水稲品種の変遷と水稲収量の推移、1966 - 98 年（雨季）

	1966	1970	1979	1986	1994	1999
品種採用率（％）						
在来種	100	34	0	0	0	0
近代品種 I		66	8	1	0	0
近代品種 II			92	38	6	0
近代品種 III				61	94	100
収量（トン/ha）						
在来種	2.3	2.4				
近代品種 I		2.6	2.8			
近代品種 II			3.6	3.5	4.6	
近代品種 III				3.6	3.9	3.4

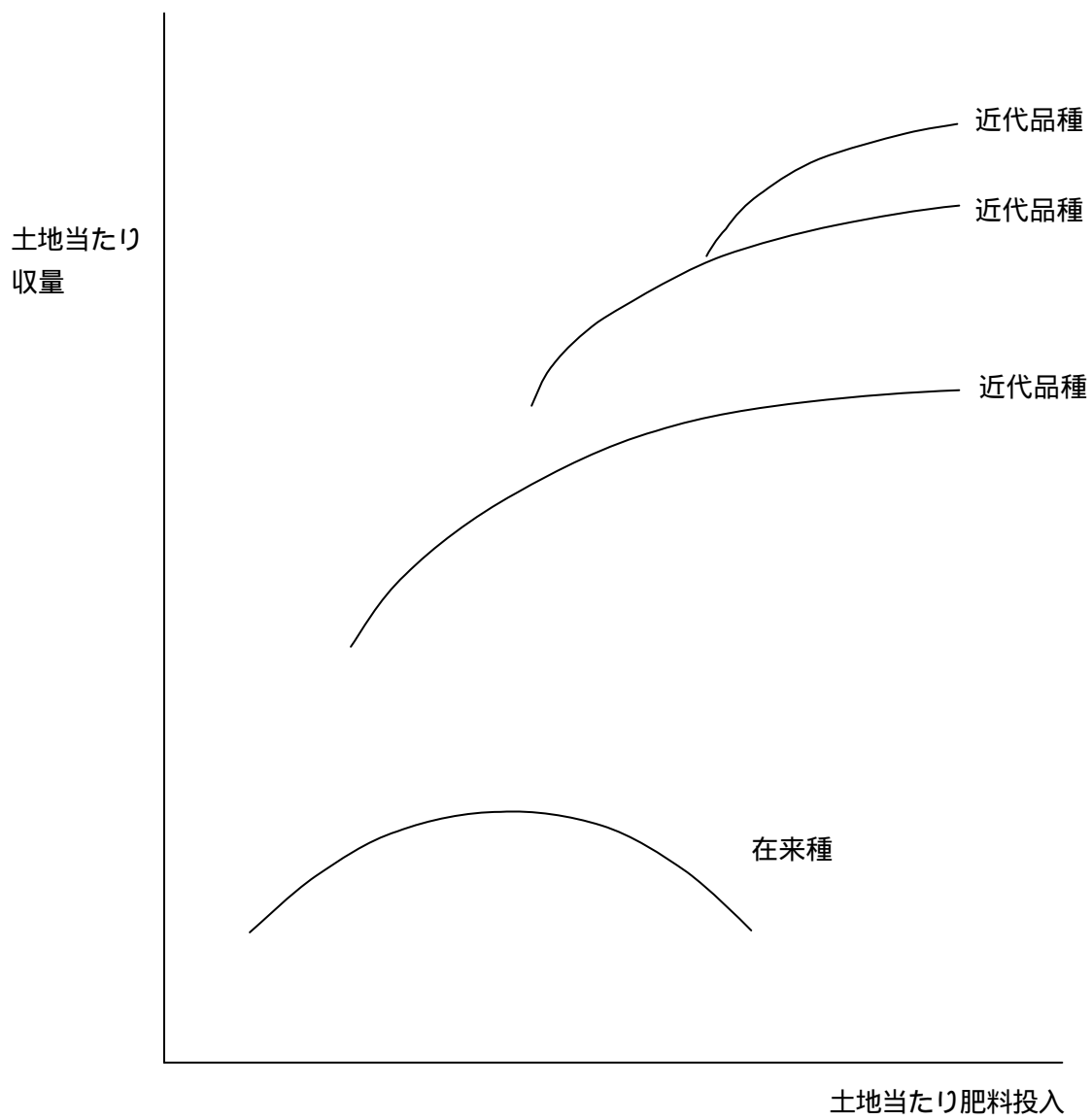


図 1. 品種別収量関数の例示

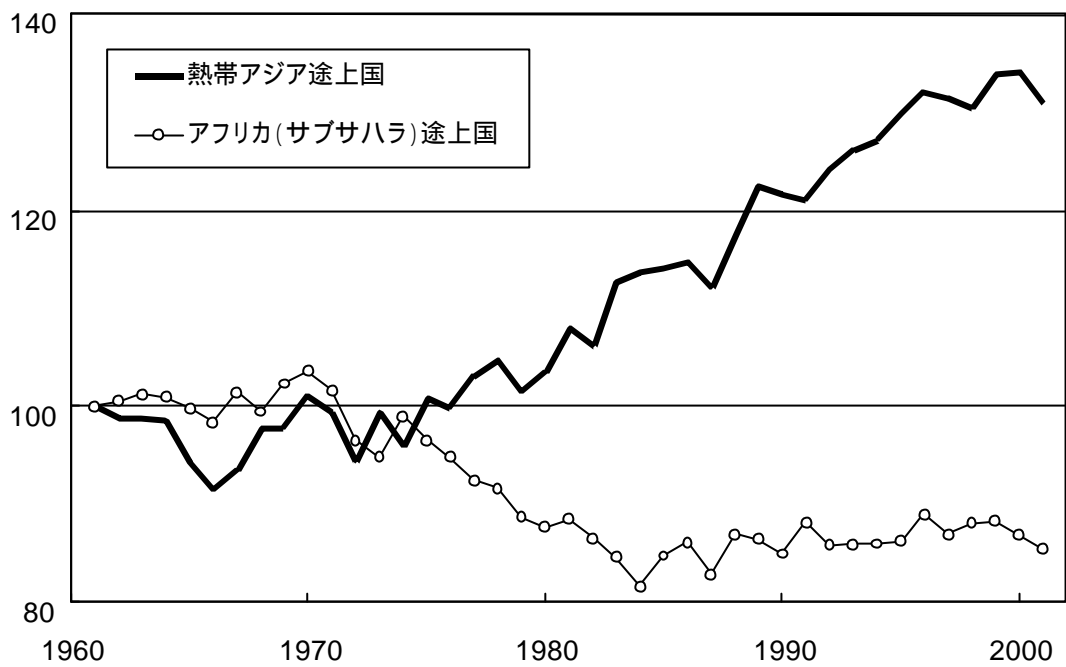


図 2. 熱帯アジアとアフリカ途上国の一人当り食糧生産量の推移,
 指数(1961=100),1961-2001年

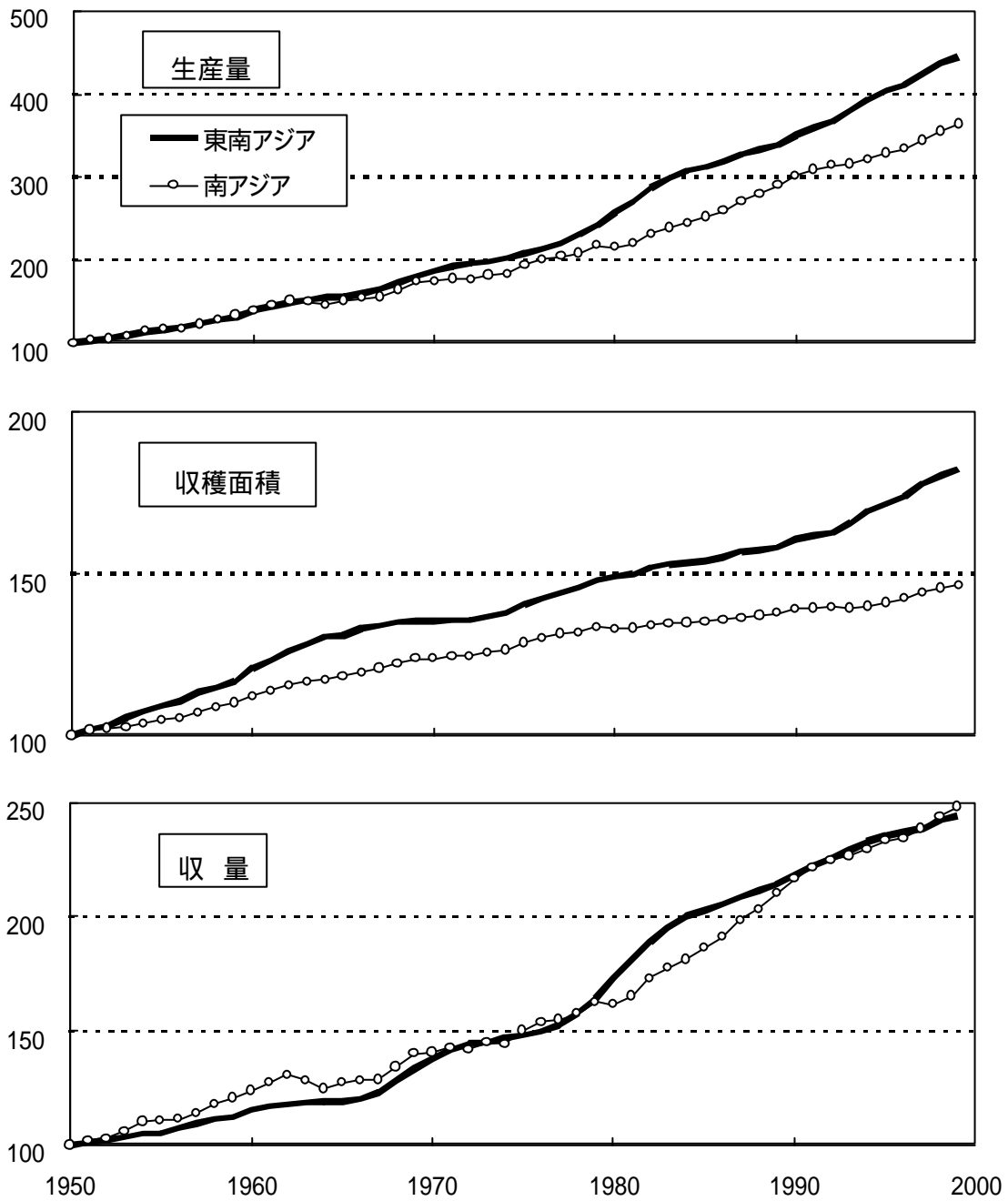


図 3. 東南アジアと南アジアにおける稲生産量, 収穫面積, 土地当り収量の推移,
5 年移動平均 (指数: 1950 = 100), 1950-99 年

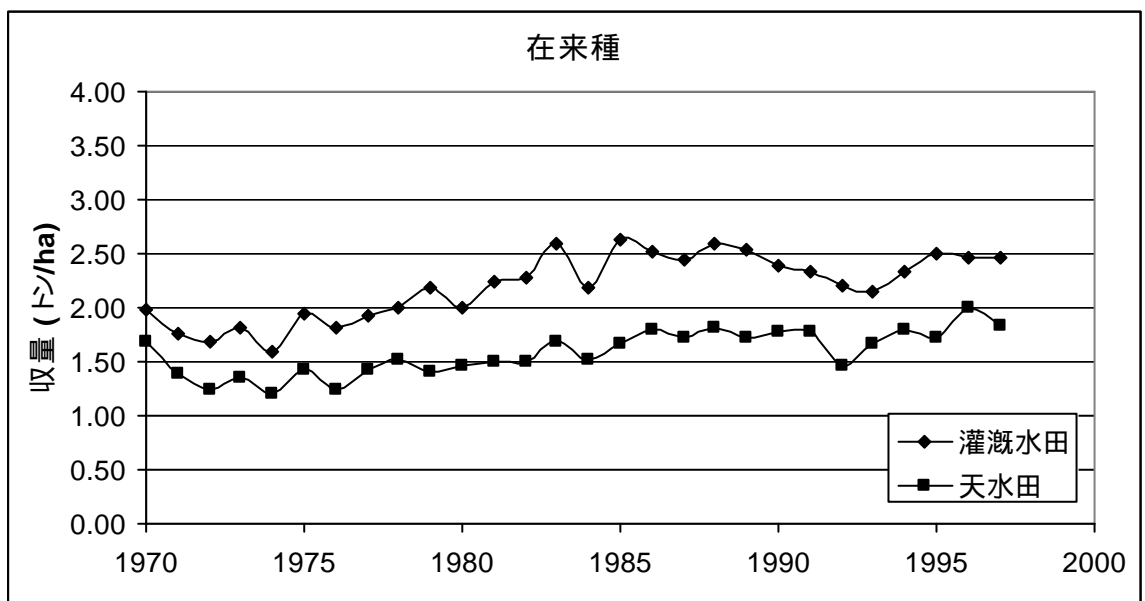
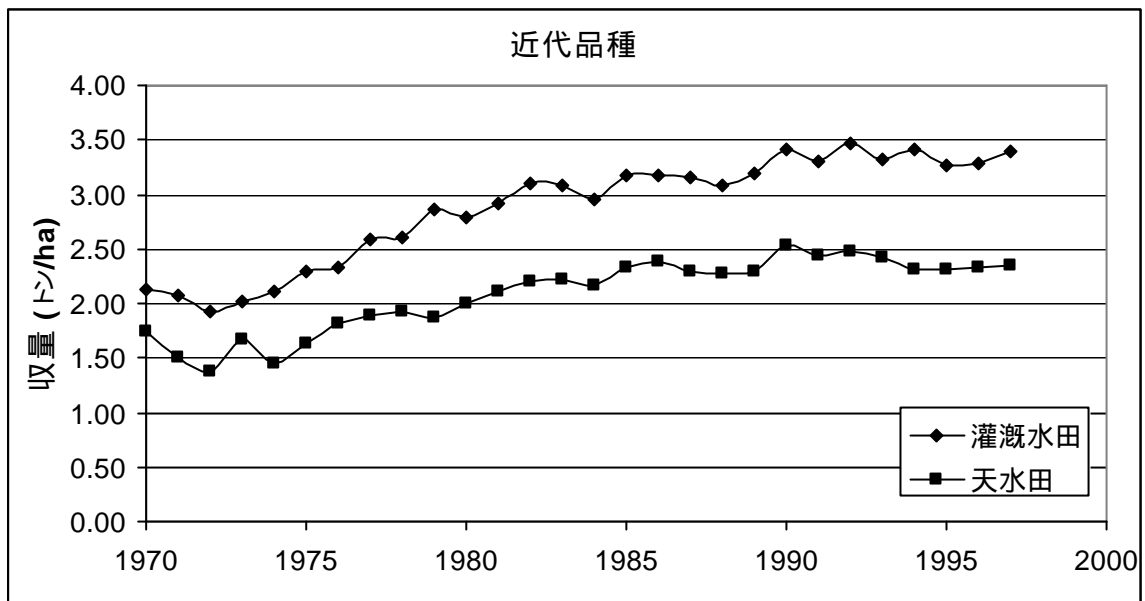


図 4. フィリピンにおける収量の品種別、生産環境別推移, 1970-97 年

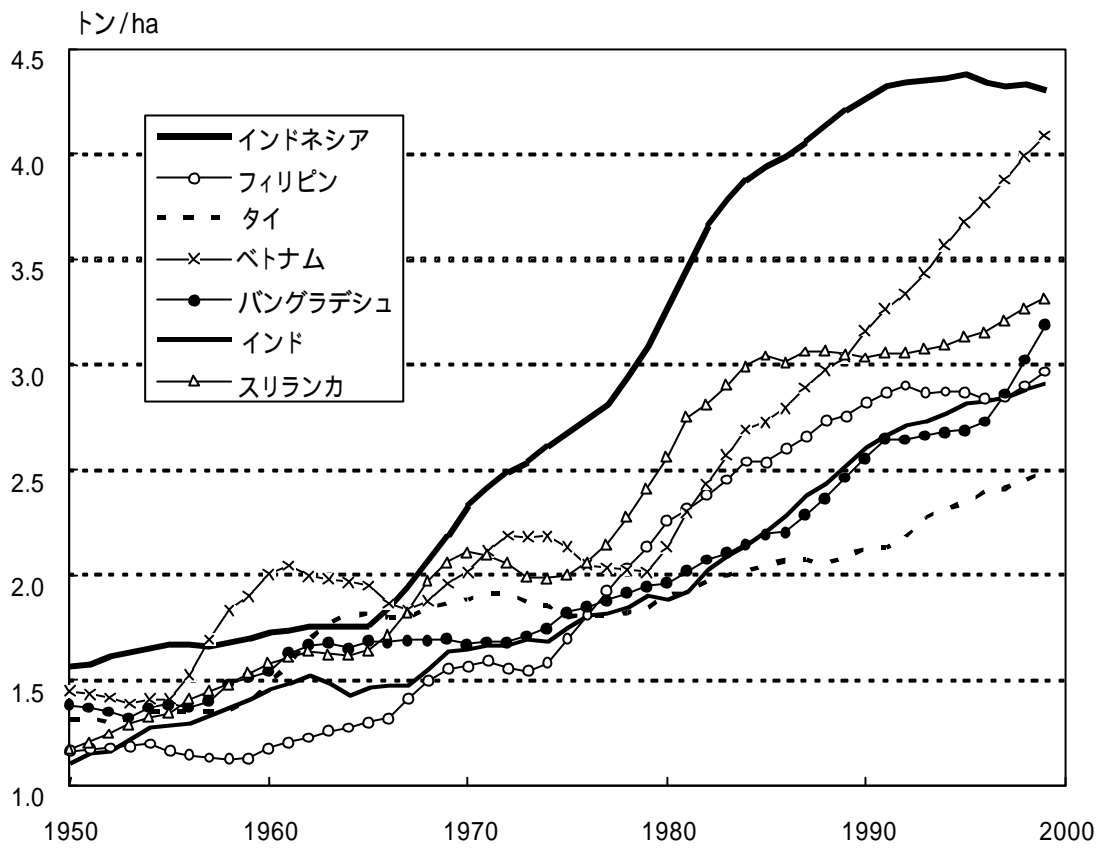


図 5. 熱帯モンスーンアジアの主要稲作国における稲の収量の推移,
5 ヵ年移動平均, 1950-99 年

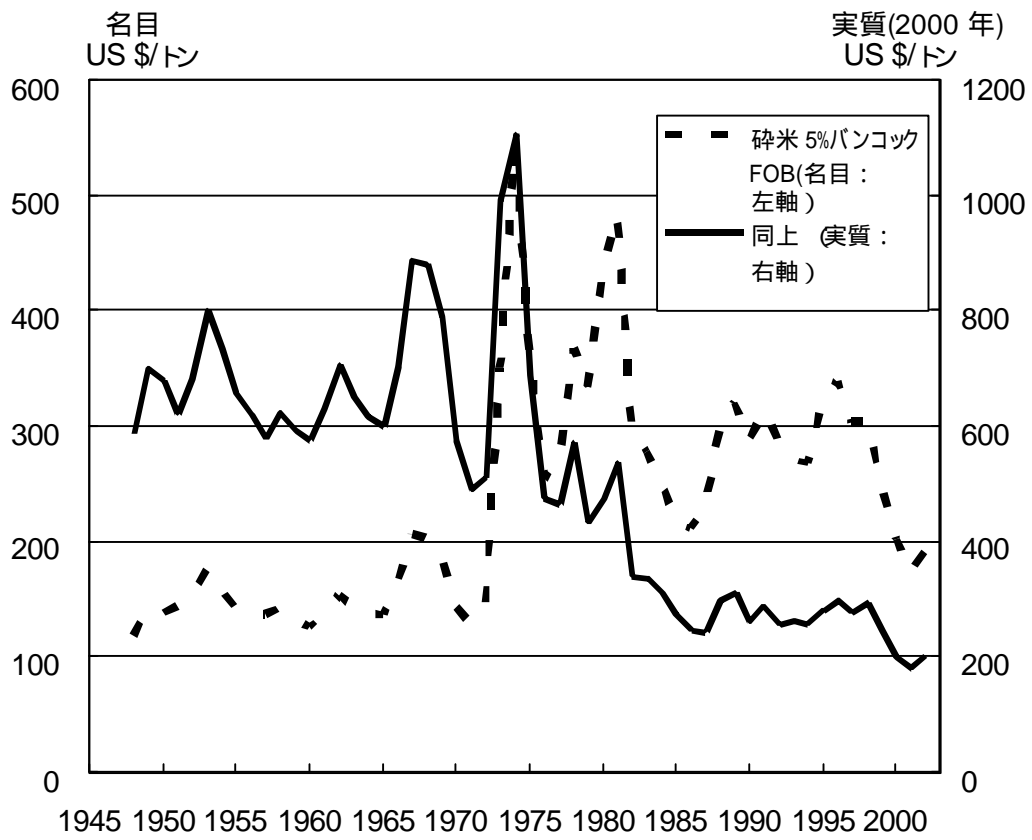


図 6. 国際米価の動向 ,1948-2002 年

脚注

* 本論文をまとめるにあたっては、菊池真夫氏から多くの支援を受けた。とりわけ図 2-3、5-6 は、菊池(2002) から転載した。この場を借りて感謝申し上げたい。言うまでもなく、本論の内容についての責任はすべて筆者にある。

¹ 緑の革命は農民を必ずしも豊かにするわけではない。なぜならば、コメ等の主食となる穀物の需要は価格の変化に非弾力的であり、緑の革命のように供給曲線が右方にシフトするとコストは削減されるものの、価格が大きく下落するために、生産者のネットの利得はマイナスになる可能性が高い。緑の革命の最大の受益者は消費者であり、彼らは穀物価格の低下によって莫大な消費者余剰を手に入れている。

² この状況は、既存の耕地からの食糧生産が停滞し、耕地拡大のために森林が伐採され、過剰放牧によって砂漠化が進行しているサハラ砂漠以南のアフリカの状況と対照的である。この地域では、人々の多くは栄養不良の状態にあり、若干の旱魃によって飢餓が発生する危険をはらんでいる。

³ 中国の農業問題については、今秋を目指して筆者とカリフォルニア大学の Scott 教授との間で展望論文の準備を進めている。

⁴ ただし、トウモロコシや野菜の改良種子のようなハイブリッドの場合は、種子を自家生産できないという性質があるために、技術開発の主体は私企業である。

⁵ ハイブリッドの場合でも、多くの私企業が開発に利用する品種は公的試験研究機関が開発する傾向がある。

⁶ 国際小麦・トウモロコシ研究所はメキシコにあるが、そこで開発された近代品種はこれまでのところ主に南アジアで効果を発揮した。

⁷ 筆者自身の最近の観察によれば、ガーナやケニアのようなアフリカ地域でも、灌漑地帯ではフィリピンで開発された IR 系統の品種が栽培され、きわめて高い収量を実現している。

⁸ その後、1971 年に国際農業協議機関(Consultative Group for International Agricultural Research、通称 CGIAR)が設立され、ロックフェラー財団やフォード財団ばかりでなく、国際農業試験研究機関は世界銀行のような国際機関や、各国の援助を受けて運営されることになった(Hayami and Ruttan 1985)。現在では、15 の国際農

業研究機関が活動している。

⁹ 肥料反応関数は生産関数に他ならないが、簡単化のために労働や資本等の投入は捨象してある。

¹⁰ アフリカで緑の革命が起こらなかった原因は、アフリカの生産環境がアジアよりはるかに劣悪で、近代品種の育成が困難なことにある。しかしながら、研究開発投資が過少であったことも事実であり、筆者自身は投資を増大させることによって、アフリカでも緑の革命を起こすことは可能であると考えている。

¹¹ 筆者が所属する国際高等教育機構では、「アジアの緑の革命とアフリカへの適用可能性」という国際共同プロジェクトを2002年-03年にかけて実施中であり、フィリピンと同様のデータを収集中である。

¹² なお緑の革命が開始される以前から現在まで、詳細な農家調査の情報が収集されているのはきわめて希である。また、品種が世代間で分類されうるケースも珍しい。

¹³ 日本では、1960年代に国民一人あたり約130キログラムのコメを消費したが、現在の消費量は半分以下となった。同様にコメはアジアで劣等財化している。

¹⁴ 富裕層による穀物の増産が穀物価格の低下を招くとすれば、貧困層の所得は減少することになる。皮肉なことに、相対的に富裕であるアジアの農民が近代品種を採用したことが穀物の国際価格を減少させ、相対的に貧困であるアフリカの農民が困窮している傾向がある。

¹⁵ 小作農、とりわけ分益小作農は非効率で、効率性の高い新技術の採用に消極的であるという議論があるが、この議論に実証的な根拠はない(Hayami and Otsuka 1993)。

¹⁶ 国際稲研究所では、空中窒素固定型の植物の開発に莫大な予算を投入したが、普及にいたらなかったという経緯がある。

¹⁷ 東アジアでは、所得の上昇とともにコメのような基幹作物は劣等財になりつつある。したがって、需要の増加のスピードは人口の伸びによって大きく影響される。