

農業試験研究投資の誘発機構

——世界における稲作研究文献数からの接近——

菊 池 眞 夫

- | | |
|---------------|-----------|
| 1. 序 論 | 3. 仮説と方法 |
| 2. 資 料 | (1) 仮説の導出 |
| (1) 用いられる基礎資料 | (2) 方 法 |
| (2) 資料の性格 | 4. 計測結果 |
| (3) 資料の修正 | 5. 結 論 |

1. 序 論⁽¹⁾

試験研究は、その成果の利用において排除不能性・非排他性が存在するという意味で、公共財的性格を持つ⁽²⁾。特に、農業における試験研究、就中生物学的・農学的側面におけるそれは、その性格が強い。日本あるいは米国といった先進諸国の農業発展をもたらした主要な要因が技術進歩にあり、その技術進歩の具体的形態としての農業技術の研究・開発・普及が主として公共部門によって担われてきたことは周知の通りである (Hayami and Ruttan [8], 川越 [14])。農業の発展を経済全体の発展の不可欠の条件としている発展途上国の場合、一般的な研究体制の未整備・民間研究機関の未発達という状況もあいまって、農業における試験研究が持つ公共財的性格はさらに強いと考えられる。かかる性格を持つ農業試験研究はいかなるメカニズムで誘発されるのであろうか。

農業のみならず一般に試験研究は科学的知識に基づき、それを発展拡充ないし応用するものである。科学的知識の発展は人間の知的好奇心や知識欲に大きく依存していると考えられよう。その限りにおいて、試験研究は経済外的要因によって規定されている部分が多いと言えるであろう。しかし、試験研究は科学的知識あるいは科学技術という資本財を生産する経済活動でもある。それに

対する投資を生ぜしめるメカニズムに経済的要因は全く作用しないのであろうか。Solow [22] は、20 世紀前半の米国の経済成長と技術進歩に関する古典的研究において、経済成長のうち要素投入の増大で説明できる部分は 1 割程度しかなく、残りは総て技術進歩によることを明らかにした。もし彼の研究結果を認め、また、技術進歩あるいはそれを結果する試験研究が非経済的要因によってのみ説明されるものであるとするならば、経済成長あるいは経済発展のメカニズムのうち経済分析の対象になり得るのは極めて限定された部分に過ぎないことになる。

かかる疑問に対する一つの解答は、Griliches [6] や Schmookler [20] らによって、技術革新の速度を規定する主要な要因の一つが生産物市場における需要、即ち優れて経済的な要因にあることを明らかにするという形で、与えられた。しかし、市場需要によって技術革新が誘発されるとする彼らの理論は、技術革新に対して資源配分をなす主体として、主として民間の企業家を想定するものであった。Schultz [21] はこれを一歩進め、農業における技術革新を生み出す試験研究が主として国あるいは国際的な公共的研究機関によってなされるとの認識に立ちつつ、市場価格がそれらの活動に大きな影響を与えると論じている。さらに Hayami and Ruttan [8] は、彼らの誘発的農業発展モデルにおいて、農家の私的資源配分のみならず国をはじめとする公共的主体による資源の配分をも規定するものとして市場価格を位置づけている。また、Hayami and Kikuchi [7] は、試験研究と同様公共財的性格を強く持つ灌漑について、フィリピンを事例としつつ、それに対する公共投資が国際米価水準によって規定されていることを実証した。本稿の課題は、これらの諸研究を踏まえつつ、世界における稲作研究を事例として、試験研究活動が市場価格に規定される関係を分析し、試験研究に対する公共部門の資源配分が価格反応的であることを実証することにある。

この課題に接近するには世界の稲作試験研究活動の成果、即ちその産出(output)を計測する指標が必要とされる。本稿ではその指標として、世界における稲作に関する研究文献の総数を用いる。研究文献数は試験研究活動に関する経

済学的分析にしばしば用いられてきている代表的指標の一つである。例えば、それは農業生産関数の投入要素の一つとして用いられ (Evenson and Kislav [3], Evenson and Binswanger [4]), また、研究生産関数の産出の代理変数としても利用されている (Evenson and Flores [5])。本稿では、試験研究産出の価格に対する供給反応を検討する代理変数としてこの指標を用いるわけである。

以下、まず次章で、本稿の分析に用いられる資料の性格と分析目的に合致するようになされた資料の修正について概説し、その上で、第3章において仮説と分析方法を特定する。幾つかの異なった配分時差構造を仮定しつつなされた研究文献数の価格反応関数の計測結果は第4章で提示される。第5章は分析結果の要約であり、またその政策的含意について簡単に論じられるであろう。

2. 資 料

仮説の提示と具体的な分析に入る前に本稿で用いられる資料について概説しておこう。

(1) 用いられる基礎資料

既述のように、本稿では稲作研究投資を表す代理変数として世界における稲作に関する研究文献数を用いる。稲作研究文献数は稲作研究あるいは稲作研究を含む農業研究に関する世界的な文献目録から得られるであろう。このような文献目録としては、国連食糧農業機構 (FAO) の『AGRINDEX』、英国コモンウェルス農業局の『Rice Abstracts』、米国農務省の『Bibliography of Agriculture=BA』、国際稲研究所 (IRRI) の『国際稲作研究文献目録 (International Bibliography of Rice Research=IBRR)』 (IRRI [10]) 等がある。

これらの中で、最も包括的で収録数が多いのは IRRI の『IBRR』である。年次によって多少の変動はあるが、『IBRR』に収録された稲作研究文献数は、2位の米国農務省の『BA』の2～3倍、その他のものの3～5倍に達する

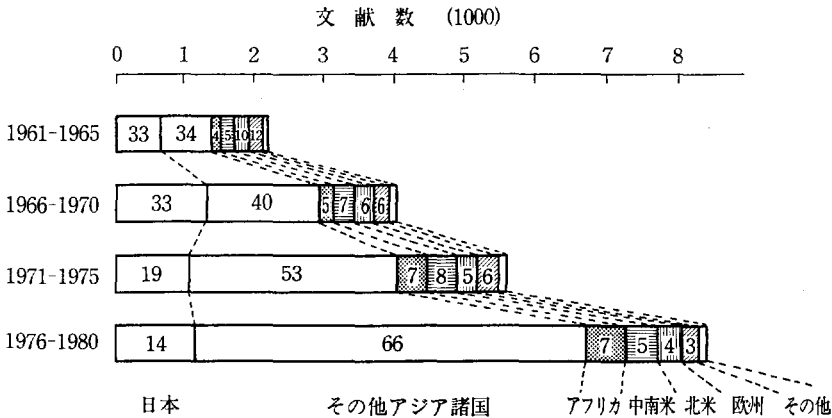
(Morooka [17, p. 93])。『IBRR』の収録数が圧倒的に多い基本的な理由は、IRRI がこの研究目録を稲作研究推進のための重要なインフラストラクチャーの一つとして位置づけ、図書館を中心としてその作成に多大の努力を傾注してきていることにあるであろう。例えば、『IBRR』の収録文献数を多くしている一つの具体的要因は、それが他より多くの日本語文献を収録していることにあるが、これは、日本における稲作研究の動向把握を主眼として置かれているIRRI 日本ライブラリー・オフィスがわが国の稲作関連文献・資料の収集に努めているためである⁽³⁾。すぐ後で見るように、世界の稲作研究に占める日本の研究の比重は大きく、従って日本語文献のカバレッジによって収録数は大きく違ってくる。世界における稲作研究活動の指標として用いるためには包括性・網羅性の程度が高いことが必須であり、本稿ではこの『IBRR』を基礎資料として採用する。

世界における稲作研究活動の価格反応を検討するために必要なもう一つの資料である米価としては、バンコックにおける米輸出価格 (f. o. b.; 5 % broken; milled) の系列を用いる (IRRI [11])。米の国際的市場価格水準を示す長期時系列としてこれ以上に適切な資料は見当たらないであろう。また、この価格系列のデフレーターとしては世界銀行によって作成されている工業製品輸出単価指数 (unit value index of manufacturing export; World Bank [24]) を採用する。この指数の動きは一次産品価格のそれより安定的であり、米価格の変動パターンを特徴づけるものとしてより適切であると考えられる。

(2) 資料の性格

『IBRR』は1961年版以降毎年編集公表されてきており、現時点での最新刊は1986年版である。ただ、1963年に刊行されたこのシリーズの第1巻は1951～60年間の稲作研究文献を収録している。ここではMorooka [17]によりつつ、『IBRR』各年版収録ベース⁽⁴⁾で、世界における稲作研究の動向を概観しつつ、この資料が持つ性格を確認しておこう。

まず『IBRR』の第1の特徴は、その稲作研究文献収録の対象が世界の全地域



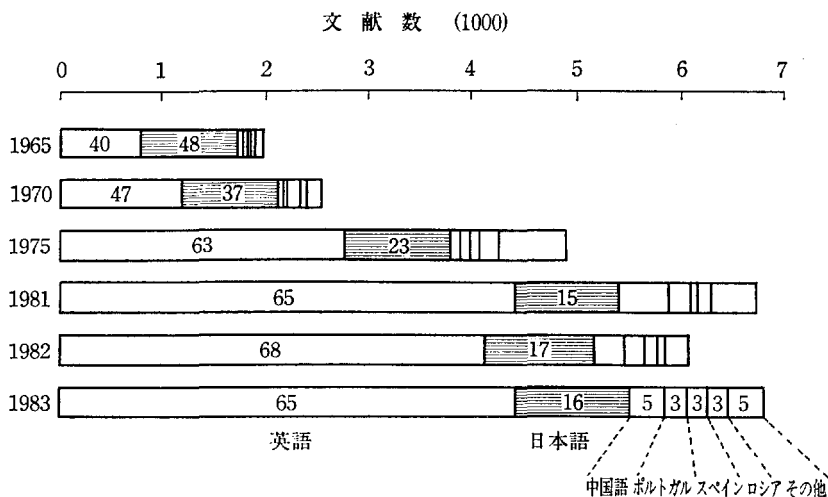
第1図 地域別稲作研究文献数

注. バーの中の数字は百分比。

資料出所: Morooka [17, p. 94].

に及んでいることである。第1図は各年版文献収録数の趨勢を地域別に5カ年平均で示したものである。60年代前半の一年当たり2,000件強から70年代後半の8,000件強へと、世界における稲作研究文献数は4倍以上に増加しているが、この文献数の急増は、地域別にみて米を主食とするアジア、特に日本を除くアジアにおいて顕著に生じている。絶対数が急増する中で、アジア地域全体の稲作研究が世界全体に占める比重は1960年代の7割弱から70年代の8割へと増大したのである。アフリカの割合も増加傾向にあり、逆に割合を傾向的に減少させている地域は北米と欧州である。日本の稲作に係わる研究文献数は、絶対数で60年代前半からその後半にかけて約2倍に増えたが、以後その水準で大きな変化なく留まっており、結果として、世界全体に占めるわが国のウェイトは60年代の3割から、70年代後半には15%を切るところまで低下してきている。

第2の特徴は、『IBRR』の収録対象が英語・日本語によるものに限らず他の多くの言語による文献に渡っていることである。幾つかの年次について使用言語別稲作研究文献数とその構成比が第2図に示されている。1965年には稲作関



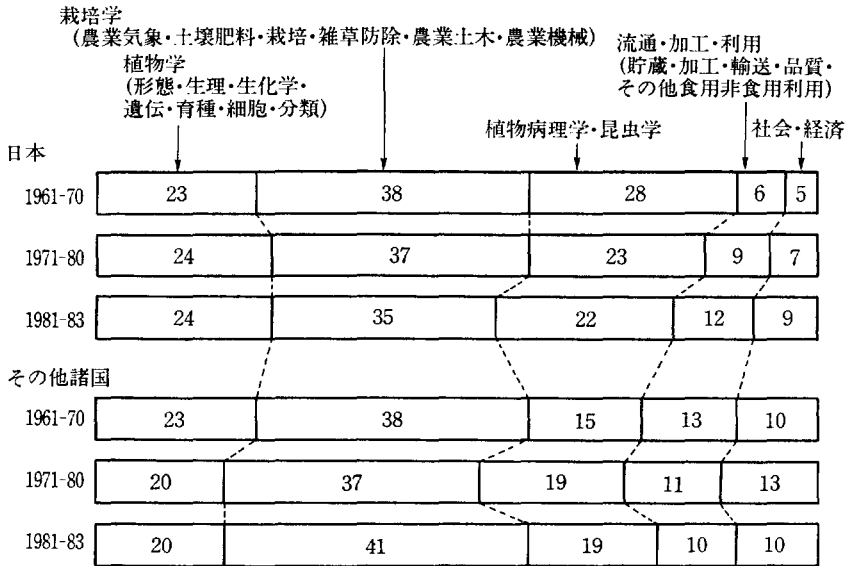
第2図 使用言語別稲作研究文献数

注: バーの中の数字は百分比。

資料出所: Morooka [17, p. 99].

係文献の約半数が日本語によるもので占められており、英語文献がそれに次いでいた。それが70年には逆転し、80年代前半には英語によるものが65%強を占めるまでに増加している。英語・日本語以外の言語による稲作文献の比重は小さいが、それは年代を追って高まる傾向にある点が注目されよう。

第3の重要な特徴として、『IBRR』の収録対象が稲・稲作に関するあらゆる研究分野をカバーしていることが挙げられる。第3図は、研究分野別文献数の百分比を三つの時期に分け、日本とそれ以外の諸国について示したものである。研究分野は植物学、栽培学、植物病理学・昆虫学、流通・加工・利用、社会・経済の五つに大別されている。アジアの発展途上国を中心とする其他諸国の稲作研究は、わが国のそれと比較して栽培学的研究の占める割合が相対的に高いこと、また、日本の稲作研究において従来比重の低かった流通・加工・利用あるいは社会・経済に関する研究が70年代から80年代初頭にかけて相対的重要性を高めてきている点、等が注意を引こう。



第3図 日本とその他諸国における分野別稲作研究文献数の比較（百分比）

資料出所：Morooka [17, p. 98].

（3）資料の修正

以上見てきたように『IBRR』は国際稲作研究文献目録として地理的地域、使用言語、研究分野の各側面において広範なカバレッジを持ち、世界における稲作研究の産出を測る指標として最も適切なものであると考えられる。ただ、各年版の『IBRR』にはその年次に公表された研究論文だけでなく、それ以前に公表されたものも含まれている。これは、年末近くに公表された文献の採録は翌年になってなされること、文献の採録は重要度の高い学術雑誌等から始められ順次低いものへと進められるが、その作業が翌年にずれ込むことがあること、また、目録の網羅性を高めるため、文献の探索に努め、採録洩れになっていた文献が発見された場合、その都度見出された年の『IBRR』に収録されていくこと、等の理由で生じる。事実、ある年に公表された文献の採録が完了するまでには10年ないし15年という期間がかけられている。従って、稲作研究の産出

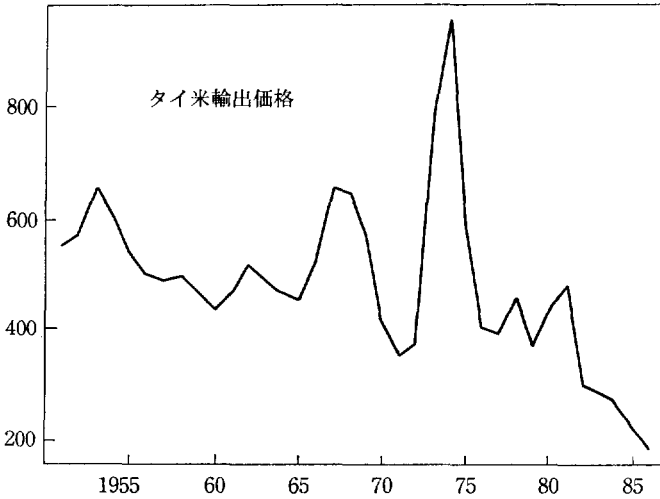
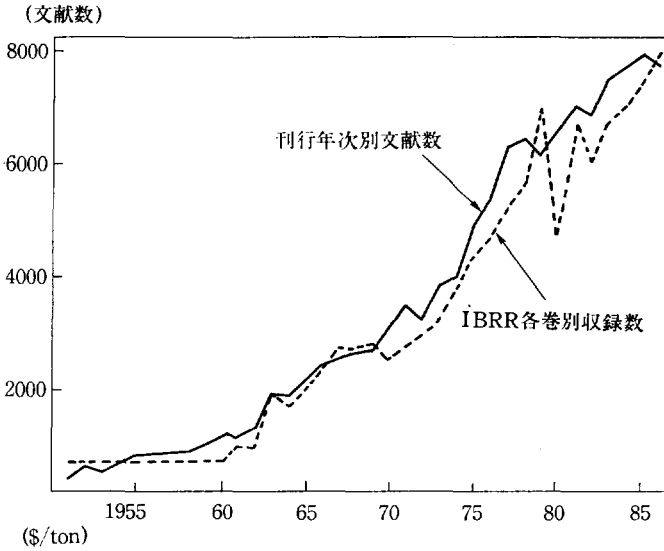
の年次的変化を分析するためには、『IBRR』各年版に収録されている文献を刊行年ベースに集計し直す必要がある。

データが利用可能な期間は1951～86年であるが、再集計は期間によって四つの異なった方法によってなされた。『IBRR』の編集は従来手作業によっていたが、1979年にコンピュータ化され、それ以後データベースとして作成されてきている。1978年以前の各巻についてもデータベース化が進められており、現在1970年版まで完了している。即ち、1970～86年版についてはコンピュータによる検索が可能となっている。一方、1978年刊行の文献までは『IBRR』の採録が完了していると見なされる⁽⁵⁾。従って、1970年から78年までの期間については、各年版ベースから刊行年ベースへの再集計はコンピュータ検索により容易になされる⁽⁶⁾。この1970～78年間のデータを検討すると、ある年に刊行された文献がその年以後の『IBRR』に収録されていく年次別分布、また、ある年の『IBRR』がその年以前に刊行された文献を収録する年次別分布は、共に安定した分布に従っていることが観察される⁽⁷⁾。そこで、文献収録が完了していない1979～86年間およびデータベース化が完了していない1961～69年間の各年については、それぞれ、これらの分布の1970～78年間の平均を仮定して年次別刊行文献数を推定することによって再集計した。最後に、1951～60年間の各年については、この期間をカバーする『IBRR』第1巻から無作為抽出された30%の標本に基づいて刊行文献数を推計することにより再集計した⁽⁸⁾。

3. 仮説と方法

(1) 仮説の導出

このようにして得られた年々の世界の稲作研究文献総数が第4図上段に実線でプロットされている⁽⁹⁾。文献総数は1951年から86年にかけて大きく増加した。稲作研究のかかる増加は、稲作研究のみならず農業研究一般あるいは科学研究一般に対する投資の累積的増加を反映するものであり、また、研究投資の増加は、研究開発(R & D)に対する投資の社会的収益率が高いものであるこ



第4図 稲作研究文献数および米輸出価格の動き, 1951~86年

注. 米輸出価格は f.o.b. Bangkok, 工業製品輸出単価指数でデフレート.
資料: 付表.

とが公共部門に次第に周知されてきたことに起因するであろう⁽¹⁰⁾。しかし、詳細にこの時系列を観察すれば、稲作研究文献の増加率が短期的には大きく変動していることが見出されるであろう。1951年から63年にかけて文献総数は平均年率11%を越える増加率で急増したが、それは1963~69年間には5.5%に低下している。その後、1969~78年間には、増加率は10%にジャンプし、それ以降2.4%と再び急激に低下する。

文献数で測られた稲作研究活動のかかる変動は、第4図下段に示した米の国際市場における価格変動に大きく規定されているように思われる。工業製品輸出価格指数でデフレートされたタイ米バンコック相場の変動は極めて大きい。特に顕著な価格騰貴が、朝鮮戦争の影響を受けた1953~54年、インド亜大陸における深刻な旱魃に端を発する1966~68年、さらに1973~75年のいわゆる「世界食糧危機」の期間に観察される。1950年代後半と70年代半ばにおける稲作研究活動の加速化は、先行するこれら米価騰貴の時期と対応しており、また、70年代末以降の研究活動成長率の顕著な鈍化は、「世界食糧危機」の時期に続いて生じた米価の低迷期と照応している。

以上の観察から、次のような仮説が導出されるであろう。即ち、50年代後半および70年代半ばの稲作研究の加速化は、先行する時期に生じた米価の騰貴によって誘発され、また、80年代における研究活動の成長率鈍化は「世界食糧危機」後に生じた米価の低迷によって惹起された⁽¹¹⁾。そしてその背後には、価格変化によって規定される収益率の変化に対応しつつ公共財の生産に対して資源配分をなす、という政府およびその他公共的非営利機関の投資行動があるであろう。

(2) 方 法

この仮説の検証として、稲作研究文献数(Q)を米価(P)と関係づける回帰式を計測する。基本的な関数関係の特定化は次の通りである。

$$\ln Q = \alpha_0 + \alpha_1 \ln P + \alpha_2 t + e \quad [1]$$

ここで、 α_i は回帰係数、 e は誤差項である。また、指數的タイムトレンド(t)

は試験研究のインフラストラクチュアに対する過去の投資と科学的知識の過去の発展の累積的效果を表す代理変数として導入されている。

さて、価格が研究の産出に影響を与えるには一定のタイムラグが伴うと考えられる。即ち、上記の価格と研究文献数との関係を計測するに当たって、何らかのタイムラグ構造を仮定する必要がある。本稿では、最も広く利用されている Koyck モデルに加えて、Almon の多項式ラグモデル (Johnston [13, pp. 352-8]) の適用を試みる。Koyck モデルはいうまでもなく、過去の独立変数の当期の従属変数に与える効果 (ウェイト) が時間を遡るに従って指数的に低下すると仮定するもので、最も簡便には、上記の第 [1] 式の右辺に 1 期ラグを持たせた従属変数 ($\ln Q_{t-1}$) を導入した形で計測される。これに対して、Almon モデルのタイムラグは次式のような構造を持つ。

$$\ln Q_t = \alpha_0 + \sum_{i=0}^m \beta_i \ln P_{t-i} + \alpha_2 t + e_t \quad [2]$$

ここで、 m は価格 (P) が研究文献数 (Q) に影響を与えるラグの期間、 β_i はその間のラグ・ウェイトであり、特定の多項式分布に従うものと仮定される。この β_i は、次式の回帰推定結果より推定される。

$$\ln Q_t = \alpha_0 + \sum_{j=0}^p \gamma_j Z_{t,j} + \alpha_2 t + e_t \quad [3]$$

ここで、 $Z_{t,j}$ は仮定された多項式の次数 (p) に基づいて価格 (P) の対数系列を変換することにより作られた変数である⁽¹²⁾。

以上の特定化から明らかなように、始めから特定のラグ分布を仮定する Koyck モデルと異なり、Almon モデルの場合、ラグ分布を規定するパラメータである m および p は、データにモデルをあてはめた上、自由度修正済み決定係数 ($\bar{R}^2$) 等の統計的基準により選択し得るものである点、前者より柔軟性が高いモデルであるといえよう。なお、Almon [1] による最初の試み以来、Almon モデルの計測に当たって、ラグ分布の両端に制約 (上記第 [2] 式で $\beta_{t+1} = \beta_{t-m-1} = 0$) を課す計測例が多く見受けられるが、Dhrymes [2, p. 37-40] や Johnston [13, p. 358] は、かかる端点制約 (end-point constraints) は推定されるラグ分布の形に強い影響を与えるものであり、アプリアリに課すべき

ものではなく、これら端点制約自体データによって統計的に検定されるべきものであるとしている。本稿では、F検定（5%有意水準）でこれらの帰無仮説（ $\beta_{t+1} = \beta_{t-m-1} = 0$, $\beta_{t+1} = 0$, $\beta_{t-m-1} = 0$ ）を棄却できない場合に限り、端点制約を課することとする。

4. 計測結果

1951~86年間の36個の観測データに基づく普通最小自乗法による回帰分析の計測結果は第1表と第2表にまとめられている。まず、第1表の第(1)式は、1期ラグを持たせた価格（ P_{t-1} ）とタイムトレンド（ t ）を説明変数とする簡単

第1表 1951~86年の時系列データによる稲作研究文献数の価格反応推計結果¹⁾

方程式番号	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Koyck		Almon ²⁾		
ln P :			($p=1$)	($p=2$)	($p=2$) ($b_{-1}=b_5=0$)
P_t			.156(4.49)**	.125(2.60)**	.076(5.49)**
P_{t-1}	.257(2.87)**	.147(1.93)*	.139(5.36)**	.143(5.43)**	.126(5.49)**
P_{t-2}			.121(5.37)**	.143(4.38)**	.151(5.49)**
P_{t-3}			.103(3.82)**	.125(3.51)**	.151(5.49)**
P_{t-4}			.086(2.34)**	.089(2.41)**	.126(5.49)**
P_{t-5}			.068(1.41)	.034(0.57)	.076(5.49)**
[Sum]			[.673]	[.659]	[.706]
ln Q_{t-1}		.594(4.07)**			
t	.089(35.6)**	.034(2.62)**	.090(36.5)**	.090(36.2)**	.090(37.2)**
自由度	33	31	28	27	29
R^2 (自由度 修正済)	.9793	.9858	.9845	.9845	.9845
B.G.stat. ³⁾	13.1*	4.74	9.22	13.9*	14.1*

注. 1) 係数の後の括弧内の数字は t 値. * および ** が付された係数は、それぞれ5%および1%の有意水準で統計的に有意である。

2) p および q は Almon lag 推定において仮定された多項式の次数、 $b_{-1} = 0$, $c_{12} = 0$ 等は、end-points に制約が課せられた場合の制約の特定化を示す。

3) Breusch-Godfrey statistic (5次まで), $\chi^2_{0.05}(5) = 11.070$.

なモデルの推定結果を示す。両説明変数の回帰係数推定値は共に1%の有意水準でゼロと有意差を持っており、また、自由度修正済み決定係数は0.98と極めて高い。しかし、5階までの残差の系列相関を検定する Breusch-Godfrey 統計量は、5%の有意水準でその存在を示唆している⁽¹³⁾。

Koyck モデルによる計測結果は同表第(2)式として報告されている。1期ラグ付き従属変数の導入は、 $\bar{R}^2$ で測られた統計的適合度を若干引き上げると同時に、残差の系列相関を大きく改善している。価格の係数は期待値どおり正で、かつ5%水準で有意であり、タイムトレンドとラグ付き従属変数は共に1%水準で有意である。研究文献数の長期の価格弾力性は0.362、また、この Koyck プロセスの平均ラグは1.46年と推定される。即ち、稲作研究活動の価格反応におけるタイムラグは、平均的にみて、極めて短いものであるという結果が示唆されているのである。

価格について分布ラグを導入するもう一つの試みである Almon 多項式ラグモデルの推定結果は第1表第(3)～(5)式に示されている。仮定されるラグの期間・多項式の次数により多くの組合せが可能であり、それらの中から一つの組合せを選択することは必ずしも容易でもないが、ここでは、1) 端点制約を課さない Almon 推定において最も高い自由度修正済み決定係数を与えるものを選択する、2) ラグの期間および次数の一定の範囲について $\bar{R}^2$ の差が小さい場合には中間の組合せを選択する、という二つの選択基準を設定しよう。このようにして選択された計測式は第(4)式、即ち、5年のラグ期間、2次の多項式、端点についての制約が課せられていないものである⁽¹⁴⁾。あわせて、同一のラグ期間について、1次式近似による第(3)式および2次式近似で両端点に制約を課した第(5)式の結果を参考のために表示している⁽¹⁵⁾。

第(4)式の推計結果は、価格の研究誘発効果が、予想されるように、逆U字形の分布に従っていること、ラグ付きの価格のウエートは正であり、かつ4年前の価格までについて1%の有意水準で有意であることを示している。この場合も、価格の影響は極めて短期間に発現することが示唆されている。 $\bar{R}^2$ の水準で測られる統計的適合度も第(2)式と第(4)式で大きな差を示していない。

ただ、各期の価格のラグ・ウェートの和として得られる長期の価格弾力性は0.659で、Koyckモデルの推定結果の約2倍の水準にあり、また、残差に系列相関が生じていることが示唆されている。残差の系列相関は、Koyckモデルと類似したラグ分布をとる1次式近似による第(3)式のケースでは大きく改善されるが、この推定結果においても、第5期目にはラグ・ウェートが有意でなくなる点、長期価格弾力性が大きく計測される点は第(4)式と共通している。端点制約を課した第(5)式の結果は第(4)式とほぼ同様である。いずれの場合も、タイムトレンドの係数は安定的かつ高度に有意であり、その大きさは、Koyckモデルから推定される長期の推定値とほぼ同一の水準にある。

最後に、現時点における稲作研究が、過去の研究の蓄積に依存している関係を検討しておこう。これは、タイムトレンドの代わりに、過去の研究文献数(Q_{t-i})を説明変数として用い、それにAlmonラグを適用することによってなされよう。 P に加えて、 Q に対してもAlmonラグを適用することにより、それぞれについて仮定し得るラグ期間・多項式の組合せは激増するが、ここでは、前記の二つの選択基準にさらに、3) 負かつ有意なラグ・ウェートが Q について計測されるものは除外する、という基準を追加しよう。この基準は、過去の研究が現在の研究にマイナスの影響をもたらすことはあり得ないという判断に基づくものである。

計測結果は第2表にまとめられている。第(6)式から第(9)式まで4本の計測結果が表示されているが、特定された選択基準に照らして選択される計測式は第(8)式である⁽¹⁶⁾。第(9)式は第(8)式と同一の特定化の下で両端点に制約を課したケースである⁽¹⁷⁾。これらの計測式の $\bar{R}^2$ は、第(3)～(5)式のそれより若干高いが、残差に強い系列相関があることが示唆されている。その点に留意しつつ、まず価格の係数から見ていこう。指數的タイムトレンドを過去の研究文献の累積に置き換えることにより、価格が研究活動に与える影響は、約半分の大きさに減少し、長期の弾力性にして0.3前後となっている。しかし、価格の効果は正かつ統計的に有意である。第(8)式の場合、1～3期前の価格のウェートが1%水準で有意となっており、ラグ分布は第(4)式の場合より一

第2表 1951~86年の時系列データによる稲作研究文献数の価格および過去の研究に対する反応の推計結果¹⁾

方程式番号	(6)	(7)	(8)	(9)
Almon				
$\ln P :$	$(p=2)$ $(b_6=0)$	$(p=2)$ $(b_{-1}=b_6=0)$	$(p=2)$	$(p=2)$ $(b_{-1}=b_6=0)$
P_t	.022(.602)	.036(3.11)**	.001(.028)	.040(4.57)**
P_{t-1}	.052(2.28)*	.060(3.11)**	.054(3.47)**	.067(4.57)**
P_{t-2}	.069(2.61)**	.072(3.11)**	.078(4.25)**	.080(4.57)**
P_{t-3}	.072(2.33)*	.072(3.11)**	.075(3.63)**	.080(4.57)**
P_{t-4}	.061(2.13)*	.060(3.11)**	.043(1.67)	.067(4.57)**
P_{t-5}	.037(2.00)*	.036(3.11)**	-.016(-.35)	.040(4.57)**
[Sum]	[.313]	[.336]	[.235]	[.374]
$\ln Q :$	$(q=3)$ $(c_{12}=0)$	$(q=4)$ $(c_{-1}=c_{12}=0)$	$(q=4)$	$(q=4)$ $(c_{-1}=c_{12}=0)$
Q_{t-1}	.326(3.21)**	.147(3.31)**	.344(1.73)	-.016(-1.04)
Q_{t-2}	.134(2.64)**	.155(3.10)**	.176(1.62)	-.021(-.843)
Q_{t-3}	.020(.475)	.094(2.39)*	.059(1.21)	-.017(-.577)
Q_{t-4}	-.032(-.688)	.017(0.50)	-.011(-.426)	-.005(-.178)
Q_{t-5}	-.035(-.799)	-.040(-.983)	-.040(-1.26)	.013(.517)
Q_{t-6}	-.006(-.164)	-.054(-1.21)	-.034(-1.07)	.034(1.99)*
Q_{t-7}	.041(1.42)	-.019(-.480)	-.002(-.070)	.057(4.76)**
Q_{t-8}	.089(2.84)**	.054(1.62)	.044(1.85)*	.079(4.72)**
Q_{t-9}	.125(3.22)**	.141(3.78)**	.092(2.85)**	.097(3.63)**
Q_{t-10}	.132(3.25)**	.201(4.23)**	.125(3.37)**	.108(3.01)**
Q_{t-11}	.095(3.23)**	.178(4.18)**	.126(3.24)**	.107(2.65)**
Q_{t-12}			.076(1.01)	.092(2.42)*
Q_{t-13}			-.046(-.270)	.058(2.25)*
[Sum]	[.889]	[.874]	[.909]	[.586]
自由度	19	20	14	18
R^2 (自由度 修正済)	.9811	.9832	.9894	.9871
B. G. stat.	10.7	10.7	19.2**	19.1**

注. 1) 第1表の脚注を参照.

層逆 U 字形を強めている。

第(8), (9)式の過去の研究文献について Almon のラグは13年間に渡っており, また, 多項式の次数は4次となっている⁽¹⁸⁾。推定された係数は, 初めの数年間については有意でなく, 第(8)式の場合で8年目以降, 第(9)式の場合で6年目以降について正で有意なウエートが検出されている。かかる結果は, 過去の研究の成果が新しい知識を生産するための有効なインプットとなるには長期の懐妊期間を必要とするという事実を反映していると思われる。

ただ, 第(8)式の場合, 1期前から3期前の研究文献数のラグ・ウエートは正であり, 5%の有意水準で有意ではないが, その t -値は1をかなり超えている。Q についてのラグ期間を8~11年とする Almon 推定の多くは, 1~3年および10年前後のラグを持つ過去の研究文献に有意なウエートを検出する。第(6), (7)式は参考としてそれを示すために表示したものである。両式ともラグ期間は11年であり, 多項式の次数は, 第(6)式が3次, 第(7)式が4次である。端点制約は, 前者は端末にのみ, 後者は両端に課されている⁽¹⁹⁾。 $\bar{R}^2$ で見た統計的適合度は4次の多項式近似の方が高いが, どちらの場合においても8~11年以前の研究文献と共に, 1~2年以前のそれについても有意なラグ・ウエートが現れている。先に第2章第2節で見たように, ここで対象にしている研究文献は基礎的なものから応用的なものまで広範にカバーしている。もし最近年の研究文献が現時点の研究に統計的に有意な影響を与えているとすれば, それは, ある種の応用的研究の様に, 研究の性格によっては, 過去の研究が新しい研究の有効なインプットとなるのに要する懐妊期間が相対的に短い場合が有り得るということを示唆しているかもしれない⁽²⁰⁾。この点についての一層の検討は, しかし, 試験研究の価格反応の検討を課題とする本稿の範囲を超えており, 今後の課題として残される⁽²¹⁾。

以上, 幾つかのモデルについて計測結果を示した。これらの中からどれか一つを統計的基準によって, より優れたものとして選択することは難しい。しかし, 次の点は強調されなければならない。即ち, 第1表と第2表に示された計測式は, 総て, 「世界の稲作研究活動は, 一定の長期的トレンドに沿いつつ, 短

期的には国際米市場における価格変動に応じて変動してきた」, という仮説を支持するものであったということである。

5. 結 論

本稿の分析は改善されるべき多くの余地を残している。本稿で用いられた基礎資料は世界における稲作研究文献の総数であり、その集計の程度は極めて高い。従って、例えば基礎研究と応用研究といった研究の性格的差異は考慮されていない。分析に用いられたモデルはシンプルなものであり、また、刊行年別稲作研究文献数のデータも大胆な推計を含む試算的なものである。

これらの限界を持ちつつも、本稿の分析は、少なくとも、世界における稲作研究文献総数で測られた稲作研究の産出が、国際市場における米価の変動に対して反動的であることを明らかにしている。かかる分析結果は、生産物市場の条件が革新的行動に影響を与えるという Griliches, Schumookler らによる研究結果と整合的であるだけでなく、政府および非営利的公共主体による公共財生産に対する公共的資源の再配分は公共財生産の収益率の変化、即ちそれを規定するところの価格の変化によって誘発されるとする Hayami-Ruttan 仮説とも整合的である。

さらに、本稿の分析結果は試験研究活動における公共部門の価格反応が極めて短期的なものであることを示唆するものであった。我々は既に、灌漑のケースについて、農業における公共投資を誘発するメカニズムが、気象変動のような外圧的要因に起因する周期的価格変動に対する公共部門の過剰反応を誘発する危険性をも内包していることを指摘した (Hayami and Kikuchi [7], Kikuchi [15])。もし、農業試験研究および灌漑という食糧生産にとって最も重要なインフラストラクチャに対する公共投資の 1970 年代における加速化が 60 年代後半および 70 年代前半の食糧価格の騰貴によって誘発されたものであり、また、もし、70 年代におけるこれらの公共投資の加速化が 80 年代における食糧の供給過剰と価格低迷をもたらした要因であるとすれば、70 年代後半以降の

これら公共投資の顕著な減退が逆に将来における食糧不足ないし食糧危機の原因を作りつつあるという蓋然性は高い。過去において、「世界食糧危機」と「農業不況」は蜘蛛の巣理論的に再発してきた。かかる現象の将来における再発を防ぐためには、政府および国際的機関による農業における公共財に対する投資の意思決定が、長期的観点に立ってなされる必要があるであろう。

注(1) 本稿は青山学院大学速水佑次郎教授および国際稲研究所(IRRI)日本事務所諸岡和子氏との共同研究の成果である Hayami *et al.* [9] に基づき、それに手を加えたものである。ここにこのような形で報告することをお許しいただいた両氏に対し記して感謝の意を表したい。また、資料の収集・修正について国際稲研究所図書館の L. ベルガラ夫人およびその他の司書の方々の、計算に際して千葉大学稲葉助教授、本研究所大賀研究員およびその他多くの研究員の、ご教示・ご協力を得たことを感謝する。

- (2) 公共財の性格については、例えば野口 [18, 149~153ページ]。
- (3) 作成方法等『IBRR』について詳しくは武吉 [23]。
- (4) 「各年版収録ベース」ということの意味は次節で触れる。
- (5) 1986年版に収録されている1978年刊行の文献は30件であり、これはこの年までに収録された文献総数6,472件の0.5%に満たない。
- (6) 『IBRR』はあくまでも稲作に関する文献検索の用に供することを目的として作られており、コンピュータ検索によりある年の刊行文献総数を得るには次のような問題点がある。即ち、刊行年で検索をかけると刊行年に関するエントリーが省かれているものがカウントされないという点である。『IBRR』各年版の文献収録件数は文献総数とは異なっている。例えば、ある特定の研究者あるいは研究プロジェクトが限定された研究対象について一連の報告をなした場合、『IBRR』では検索の便のためこれらを1件にまとめて収録している。この場合、1件の中に含まれる複数の文献についてはそれぞれタイトルとその刊行年が付される。刊行年でコンピュータ検索をかけると、これらはそれぞれカウントされ、その分だけ文献総数は収録件数を上回ることになるが、文献総数を得る上で問題とはならない。問題となるのは、タイトルに年次あるいは年度が含まれているケースで、この場合は刊行年次がエントリーされない。従って、刊行年による検索ではこれらは落ちてしまい、文献総数を過小にしてしまう結果となる。本稿では、過小のままの系列を用い、これに対する修正はしていない。それは、このようなケースの代表的なものは研究機関等の『年報』類であり、そこに含まれる研究成果はほぼ例外なく刊行年付の論文等として公表され、カウントされており、また、このようなケースの絶対数が極めて少ないと考えられることによる。

- (7) 例えば、1970～78年平均で、ある年に刊行された文献の60%はその年の『IBRR』に収録され、この累積比率は3年で90%、5年で96%、8年で99%に達する。ある年の『IBRR』がその年およびそれ以前に刊行された文献を収録する割合もほぼ同様のパターンに従う。
- (8) この30%の標本は10%標本を3回抽出することによって得ているが、この三つの標本が示す文献数の年次別分布も安定的なものであった。
- (9) 第4図上段の破線は『IBRR』各年版ベースの文献収録数を示している。ここで、1979年に大きなピークがあり、また80年が大きく落ち込んでいるのは、主として先に述べた『IBRR』編集のコンピュータ化に伴うものである。
- (10) このような試験研究投資の急増は稲作あるいは農業にのみ特有な現象ではなく、いわゆる「近代成長の時代」(Kuznets [16])あるいは「第二次経済革命の時代」(North [19])を特徴づける、あらゆる産業に共通した現象である。また、R & Dに対する投資の社会的収益率の高さについては、例えば、Evenson and Kislev [3]。
- (11) ここでの研究と価格との関係は、後者が前者に与える短期的な因果関係として捉えられている。試験研究の継続的増加は、Johnson [12]が過去100年以上の期間について米およびその他の農産物について明らかにしたように、長期的には農業の生産性を高めることを通じて、産出物価格の低下傾向をもたらす主要な要因の一つであることは言うまでもない。
- (12) 例えば $p=2$ とすると、 $Z_{t2} = \ln P_{t-1} + 2^2 \ln P_{t-2} + \dots + m^2 \ln P_{t-m}$ である。
- (13) Breusch-Godfrey 統計量は、Durbin-Watson 統計量が1階の系列相関のみに対しての検定統計量であるのに対して、任意の階数までの系列相関について総合的に検定する統計量で、この統計量はその階数を自由度とする χ^2 分布に従う。Breusch-Godfrey 統計量について詳しくは、Johnston [13, pp. 319-21]。
- (14) 端点制約を課さない Almon 推定のラグ期間および多項式の次数別 R^2 の推定結果は以下の通りである。

ラグ期間：	2	3	4	5	6	7
次数：						
1	.9821	.9830	.9860	.9845	.9826	.9828
2	-	.9831	.9856	.9845	.9835	.9835
3	-	-	.9850	.9845	.9834	.9830

- (15) 第(5)式における両端点についての制約に関する帰無仮説は、 F -値 = 1.02で、5%の有意水準で棄却されない。
- (16) Q についてラグを適用した端点制約を課さない Almon 推定は、殆ど全ての組合せについて、ラグ分布を4次の多項式で近似する計測の統計的適合度が1次式・2次式・3次式によるものより高い。価格 (P) についてラグ期間を5年、多項式の

次数2次、過去の文献数(Q)について多項式の次数を4次とした場合の、端点制約を課さない Almon 推定の、 Q についてのラグ期間別 R^2 は以下の通りである。

ラグ期間:	11	12	13	14
	.9826	.9900	.9894	.9874

ただ、これらより短いラグ期間まで含めた場合、最も高い R^2 は7年のラグについて得られる0.9910である。しかし、このケースは負で有意なラグ・ウェイトを含むため除外されている。

- (17) 第(9)式における両端点についての制約に関する帰無仮説は、 F -値 = 2.53 で、5%の有意水準で棄却されない。
- (18) t 期に刊行された文献が t 期の研究活動に影響を与える可能性は極めて限られたものであると考えられるので、 Q についてのラグは $t-1$ 期から考慮されている。
- (19) これらの端点制約に関する帰無仮説は、それぞれ、 F -値 = 2.71, 1.04 で、5%水準で棄却しえない。
- (20) われわれ社会科学の研究者が自然科学の研究者の書いた論文に接して驚くことの一つは、引用される文献が圧倒的に最近年、それも過去1~2年のものであることである。経済学の場合、100年以前の文献が引用されることも、決して希ではないが。
- (21) 価格と過去の研究文献に同時に Almon ラグを適用しつつ、さらに説明変数にタイムトレンドを加えた計測も試みられたが、多重共線性が強く、有意な結果は得られなかった。

〔引用文献〕

- [1] Almon, S. "The Distributed Lag between Capital Appropriations and Expenditures." *Econometrica* 60 (1962): 407-23.
- [2] Dhrymes, P. J. *Distributed Lags: Problems of Estimation and Formulation*, San Francisco and Edinburgh: Holden-Day and Oliver & Boyd, 1971.
- [3] Evenson, R. E., and Kislev, Y. *Agricultural Research and Productivities*, New Haven and London: Yale University Press, 1975.
- [4] Evenson, R. E., and Binswanger, H. P. "Technological Transfer and Research Resource Allocation." In H. P. Binswanger *et al.* eds. *Induced Innovation: Technology, Institutions, and Development*. Baltimore and London: Johns Hopkins University Press, 1978, pp. 164-211.
- [5] Evenson, R. E., and Flores, P. M. "Social Returns to Rice Research." In *Economic Consequences of the New Rice Technology*, Los Banos: International

- Rice Research Institute, 1978, pp. 243-66.
- [6] Griliches, Z. "Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technical Change." *Econometrica* 25 (October 1957): 501-22.
- [7] Hayami, Y., and Kikuchi, M. "Investment Inducements to Public Infrastructure: Irrigation in the Philippines." *Review of Economics and Statistics* 60 (February 1978): 70-77.
- [8] Hayami, Y., and Ruttan, V. W. *Agricultural Development: An International Perspective*, Baltimore and London: Johns Hopkins University Press, 1985.
- [9] Hayami, Y.; Kikuchi, M.; and Morooka, K. "The Market Price Response of World Rice Research." *Agricultural Economics* forthcoming.
- [10] International Rice Research Institute. *International Bibliography of Rice Research*, Los Banos: International Rice Research Institute, various issues.
- [11] International Rice Research Institute. *World Rice Statistics*, Los Banos: International Rice Research Institute, 1986.
- [12] Johnson, D. G. "World Food and Agriculture." In J. L. Simon and H. Kahn eds. *The Resourceful Earth*, Oxford: Basil and Blackwell, 1984, pp. 67-112.
- [13] Johnston, J. *Econometric Methods (Third Edition)*, London: McGraw-Hill, 1984.
- [14] 川越俊彦「農業発展と誘発の技術変化：日米比較，1880～1980」（『農業総合研究』第39巻第1号，1985年1月）。
- [15] Kikuchi, M. "Irrigation and Agricultural Development: Micro- and Macro-level Experiences in the Philippines." In *Tropical Agriculture Research Series No. 20*. Tsukuba: Tropical Agriculture Research Center, 1987, pp. 165-76.
- [16] Kuznets, S. *Modern Economic Growth*, New Haven: Yale University Press, 1966.
- [17] Morooka, K. "Analysis of Bibliographic Data Relating to the International Bibliography of Rice Research." *IAALD* 30 (1985): 91-100.
- [18] 野口悠紀夫『公共政策』（岩波書店，1984年）。
- [19] North, D. C. *Structure and Change in Economic History*, New York and London: W. W. Norton & Company, 1981.
- [20] Schmookler, J. *Invention and Economic Growth*, Cambridge (Massachu-

- setts): Harvard University Press, 1966.
- [21] Schultz, T.W. "On Economics and Politics of Agriculture." In T.W. Shultz ed. *Distortions of Agricultural Incentives*, Bloomington: Indiana University Press, 1978, pp.3-23.
- [22] Solow, R.M. "Technical Change and the Aggregate Production Function." *Review of Economics and Statistics* 39 (August 1957): 312-20.
- [23] 武吉悦子「最近における稲研究の国際的展望」(『農業技術』第24巻第6号, 農業技術協会, 1969年6月), 266~71 ページ。
- [24] World Bank, *Office Memorandum on Half-Yearly Revision of Commodity Price Forecasts and Quaterly Review of Commodity Market for December 1986*, Washington, D. C.: World Bank, 1987.

(研 究 員)

付表 基礎資料：稲作研究文献数、国際米価格およびデフレーター

年	稲作研究文献数 (本/年)		バンコック 米輸出価格 (\$/ton) (1)	工業製品 輸出価格指数 (1980=100) (2)	(1)/(2)
	IBRR各巻 収録数 ¹⁾	刊行年次別 ²⁾			
1950			137	22.6	606
1951	727	455	144	26.1	552
1952	727	631	156	27.3	571
1953	727	523	175	26.6	658
1954	727	680	158	26.0	608
1955	727	839	142	26.5	536
1956	727	858	137	27.4	500
1957	727	873	137	28.0	489
1958	727	904	142	28.5	498
1959	727	1,009	132	28.1	470
1960	727	1,179	125	28.7	436
1961	1,054	1,162	137	29.2	469
1962	954	1,280	153	29.7	515
1963	1,948	1,949	143	29.2	490
1964	1,738	1,881	138	29.8	463
1965	1,985	2,138	136	30.0	453
1966	2,355	2,444	163	31.1	524
1967	2,780	2,583	206	31.4	656
1968	2,737	2,669	202	31.2	647
1969	2,855	2,686	187	32.8	570
1970	2,550	3,074	144	34.8	414
1971	2,766	3,506	129	36.7	351
1972	2,974	3,275	147	40.0	368
1973	3,248	3,831	350	46.4	754
1974	3,831	3,998	542	56.5	959
1975	4,415	4,927	363	62.8	578
1976	4,712	5,470	254	63.7	399
1977	5,237	6,310	272	70.0	389
1978	5,685	6,472	368	80.5	457
1979	7,027	6,200	334	91.2	366
1980	4,713	6,571	434	100.0	434
1981	6,750	7,065	483	100.5	481
1982	6,081	6,925	293	99.1	296
1983	6,800	7,578	277	96.6	287
1984	7,058	7,750	255	94.9	269
1985	7,498	7,999	216	95.8	225
1986	8,011	7,808	211	113.9	185

注. 1) 1951～60年の数値は、この期間全体をカバーする『IBRR』第1巻収録総数(7,274本)の単純平均である。

2) この行の推計については、本文を参照されたい。

資料：International Rice Research Institute [11] および World Bank [24]。

〔要 旨〕

農業試験研究投資の誘発機構

——世界における稲作研究文献数からの接近——

菊 池 眞 夫

試験研究はその成果の利用において排除不能性・非排他性が存在するという意味で公共財的性格を持つ。特に農業における試験研究、就中生物学的・農学的側面におけるそれはその性格が強い。先進諸国の農業発展をもたらした主要な要因は技術進歩にあり、その技術進歩の具体的形態としての農業技術の研究・開発・普及は主として公共部門によって担われてきた。農業の発展を経済全体の発展の不可欠の条件としている発展途上国の場合、農業における試験研究が持つ公共財的性格はさらに強いと考えられる。かかる性格を持つ農業試験研究はいかなるメカニズムで誘発されるのであろうか。農業のみならず一般に試験研究は科学的知識を発展拡充ないし応用するものである。科学的知識の発展は人間の知的好奇心や知識欲に大きく依存しており、従って試験研究は経済外的要因によって規定されている部分が多いと言えるであろう。しかし、試験研究は科学的知識あるいは科学技術という資本財を生産する経済活動でもある。それに対する投資を生ぜしめるメカニズムに経済的要因は全く作用しないのであろうか。本稿は、このような問題意識の下に、世界における稲作研究を事例として、試験研究活動が誘発される経済的メカニズムを明らかにすることを課題とする。

世界における稲作研究文献総数を基礎資料としつなされた計量分析は、稲作研究が国際市場における米価の変動に対して反応的であることを明らかにするものであった。かかる分析結果は、生産物市場の条件が技術革新行動に影響を与えるという Gri li ches, Schumookler らによる研究結果と整合的であるだけでなく、政府および非営利的公共主体の公共財生産に対する公共的資源の再配分は公共財生産の収益率の変化、即ちそれを規定するところの価格の変化によって誘発されるとする Hayami-Ruttan 仮説とも整合的である。分析結果は、さらに、試験研究活動における公共部門の価格反応が極めて短期的なものであることを示唆する。それは、過去に繰り返し生じた「世界食糧危機」と「農業不況」の蜘蛛の巣理論的発生の将来における再発を防ぐためには、政府および国際的機関による農業における公共財に対する投資の意思決定が、長期的な観点に立ってなされる必要があることを含意している。