

稲作における研究開発投資の経済性

伊 藤 順 一

1. 序
2. 事実認識
 - (1) 国公立機関による研究活動の経済的意義
 - (2) 国公立機関による研究開発投資の動向
 - (3) 改良普及事業の動向
3. 試験研究・普及に関するデータ・セットの作成
 - (1) 1950年から55年までの農林水産関係科学技術振興費（REG）の推計
 - (2) 1950年から59年までの稲作研究費（RERG）の推計
 - (3) 1950年から60年までの公立研究機関の研究費（RELG）の推計
 - (4) 全期間における公立機関による稲作研究費（RERLG）の推計
 - (5) 1950年から59年までの助成金の控除
 - (6) 稲作改良普及事業費の推計
 - (7) 技術知識ストックの推計
4. 分析モデル
 - (1) 秋野モデルの適用可能性
 - (2) 技術進歩の把握
 - (3) 技術知識ストックの限界生産力および費用関数の特定化
 - (4) 費用関数推計のためのデータ
5. 推計結果および考察
 - (1) 推定された費用関数の必要十分条件の吟味
 - (2) 費用の技術知識ストック弾力性およびバイアス
 - (3) 技術知識ストックの限界生産力と内部収益率の計算
 - (4) 研究開発の外部効果とわが国の技術知識ポテンシャル
6. 結語

1. 序

経済成長に対する技術進歩の貢献度を数量的に把握する試みは、成長会計分析に則った、ソロー（R. M. Solow）の業績を嚆矢とし、それ以降数多くの実証研究がなされ、それらは一様に技術進歩の貢献度の大きさを示唆するものであった。したがって、技術進歩の要因、メカニズムを明らかにすることは、経済成長の源泉を解明する上で、きわめて重要な課題として取り上げられてきた。

ソローの研究以後、経済学における技術進歩の研究は、大きく2つの方向で進展した。ひとつは、誘発的技術進歩仮説を検証する方向であり⁽¹⁾、他方は、残差として把握された技術進歩の実体を解明する方向である⁽²⁾。前者の研究は速水・ルタン (V. W. Ruttan)、ビンスワンガー (H. P. Binswanger) をはじめとする膨大な研究蓄積があり、また最近の農業技術研究の関心は、主にこの点に注がれてきたようにも思える。そこで本稿は後者の問題意識に立ち返り⁽³⁾、戦後わが国の稲作における研究開発・改良普及事業の技術進歩に対する貢献を数量的に捉え、その経済性を明らかにすることを課題とした。

周知のように、シュルツ (T. W. Schultz) は研究開発⁽⁴⁾と農村教育こそが、農業における生産性向上 (技術進歩) のエンジンであることを強調し、それを empirical に証明したのは生産関数を駆使したグリルケス (Z. Griliches) の研究である。また日本の農業部門については、秋野 [39] が Z. Griliches [18] の手法を踏襲し、日本の戦前、戦後における農業生産性向上の源泉を摘出することに成功している。さらに A. M. Tang [36] は日本の明治期から戦前にかけての教育、農学研究、改良普及事業の社会的収益率が、35%であることを計測した。本稿の基本的な発想は、秋野と変わるものではないが、データの作成、分析のフレームワーク等で過去の研究業績の深化、発展を意図している。

分析に先立ち、稲作研究に焦点をあてることの意義を、まず明確にしておく必要があろう。大塚 [54] の言葉を借りると、「急速に変化した米価と、食管赤字ならびに生産調整費用が、それぞれ生産者の研究への正の需要と、納税者の負の需要の急速な変化を意味し、水稻研究の事例は農業技術知識という公共財供給行動を分析する上で、絶好の素材」となる。氏の論文は、研究活動の誘発機構に関するもので⁽⁵⁾、大塚氏自身も認めるように、稲作における研究開発投資の収益性を直接検証するものではない。最近における稲作関連の研究開発投資の停滞が、投資収益率の低下を反映したものか否かは、実証に委ねられる研究課題となる。

注(1) 技術進歩のバイアスに関する研究は、枚挙にいとまがないが、代表的な論文のみを以下に列挙すると、L. M. Antle [1], H. P. Binswanger [3], T. Kako [23],

Y. Kuroda [24], R. E. Lopez [26], L. T. Nghiep [28], 川越 [49] などである。いずれも誘発的技術進歩の仮説を検証するという形式を踏んでおり、技術進歩が価格反応的であることを示唆するものである。今後、誘発的技術進歩を内生化したモデルの開発が望まれるところである。

- (2) E. F. Denison [8], 渡部・荏開津 [61] は残差として捉えた技術進歩の中には、慣行的投入要素の質の向上が粉れ込んでいることを指摘する。この点はヘドニック・プライス (hedonic price) と関連するきわめて重要な研究領域である。
- (3) 研究開発投資の経済性に関する論文は、最近とみに注目を集めてきたが、分析手法は伝統的な生産関数分析である。製造業における研究開発投資の分析は、鈴木・宮川 [56], 竹中 [57], 若杉 [59] を参照。またわが国の農業分野については、秋野以降の研究蓄積はないものと思われる。研究開発投資の経済性については、ほかに Z. Griliches and J. Mairesse [19], Z. Griliches [20], E. Mansfield [27], W. L. Peterson [31], R. Piekarz [32]などを参照。
- (4) ケンドリック (J. W. Kendrick) は、研究開発投資を「生産性の噴出口」と名付け、その重要性を指摘する。
- (5) 研究活動の誘発機構に関する大塚仮説を実証した研究に、菊池 [52] がある。

2. 事 実 認 識

(1) 国公立機関による研究活動の経済的意義⁽¹⁾

技術知識の専有不可能性、消費における非競合性、研究活動にともなう不確実性の存在が、研究開発分野における最適な投資を妨げ、市場の失敗を引き起こす要因として作用することは、多くの識者によって指摘されているところである。しかし、農業における研究活動は、そのほとんどが国公立機関によって担われているため、専有不可能性を未然に排除することができ、また、開発技術の漏洩を防止するための資源の浪費も存在しない。さらに過当競争下にみられる同一研究課題への重複投資も発生しにくい構造にある。

ところが、農業関係に限らず国公立機関の研究活動は、利潤動機が働かないため、研究活動の効率性を損う危険性を伴っている。例えば研究活動へ投下された資金が、研究成果として回収されなくとも、それが研究者、あるいは研究者の所属する研究機関の損失となることは希である。いわゆるモラルハザード

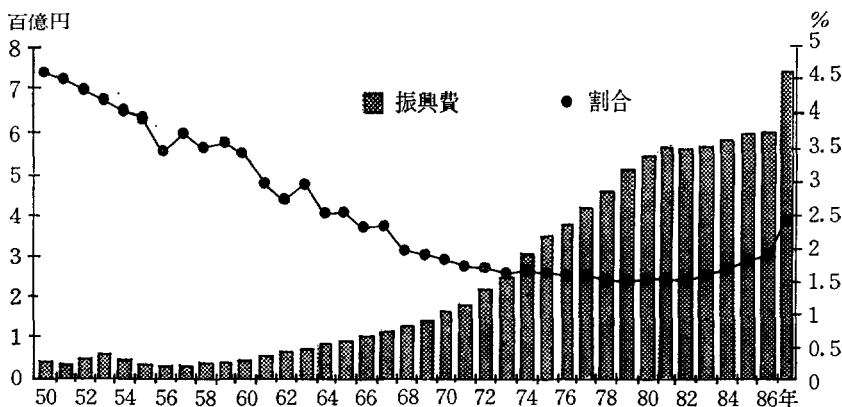
が発生し易い研究環境であることは、否定し難い事実である。

利潤追求といった私的インセンティブが働かない以上、何等かの方法で研究成果の客観的評価を行なうことは、投資の意志決定者ならずとも関心のあるテーマであろう。ただここで強調しておきたい点は、仮に公的機関による研究開発活動が、経済的に引き合わないものであったとしても、それが公的研究機関の存在意義を否定する根拠には、必ずしもなり得ないということである。むしろ、経済的には採算割れを起こしても、ある分野において欠落してはならない研究課題、あるいは応用研究に不可欠な基礎研究は、公的機関が担うべき領域であることを正しく認識しておく必要がある。

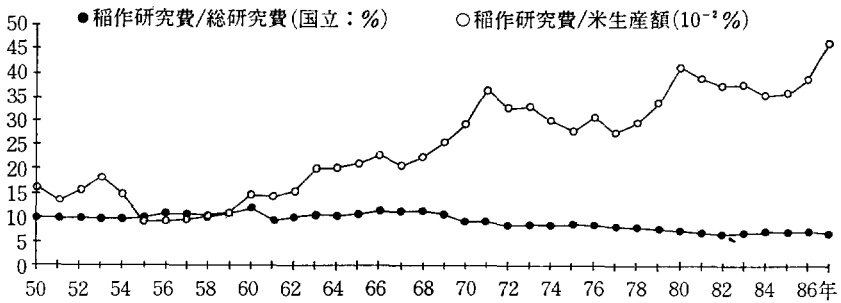
(2) 国公立機関による研究開発投資の動向

次に、国公立研究機関で行なわれてきた農学関係の研究活動を概観しよう。なお以下で示す数字は一部推計を含んでいるが、それらについては次章で推計方法を説明する。

第1図は、1950年以降の農林水産関係一般会計歳出予算と農林関係科学技術振興費（国立研究機関の研究費総額）の関係を示したものである。研究費の名目額は1960年代後半から急激に上昇し、1980年代にはいり停滞している。研



第1図 農林関係科学技術振興費が農林水産関係一般会計歳出予算に占める割合と絶対額の推移



第2図 稲作研究費と総研究費および米生産額との関係

究費の大半が人件費であることを勘案すると、これは高度経済成長期における賃金の上昇を反映しているものと理解できる。また予算に占める研究費は1980年前後に一旦底をうつが、最近のバイオ研究活動の拡大により再び上昇傾向を辿っている。

第2図は国立研究機関で支出された稲作研究費と総研究費および国公立研究機関の稲作研究費⁽²⁾と米生産額の関係を示したものである。総研究費に占める稲作研究費は、1960年代までは10～12%で推移するが、最近では6～7%にとどまっており、特に、米の過剰が顕在化した1970年代以降、この比率は急落していることが読みとれる。また第1表に示すとおり、農産関係⁽³⁾の研究に携わる研究員の数も逡減しているのが現状である。一方、稲作研究費は1980

第1表 農林水産関係国公立研究機関における研究員の推移

(単位: 人)

	国 立			公 立		
	農産関係研究員 (1)	合 計 (2)	(1)/(2) (%)	農産関係研究員 (3)	合 計 (4)	(3)/(4) (%)
1965	981	2,810	34.9	1,946	6,223	31.3
1970	557	2,876	19.4	1,311	6,355	20.6
1975	540	3,039	17.8	1,106	6,930	16.0
1980	507	3,126	16.2	1,099	6,879	16.0
1985	470	3,100	15.2	1,482	8,029	18.5

資料: 『農林水産関係試験研究要覧』(技術会議)。

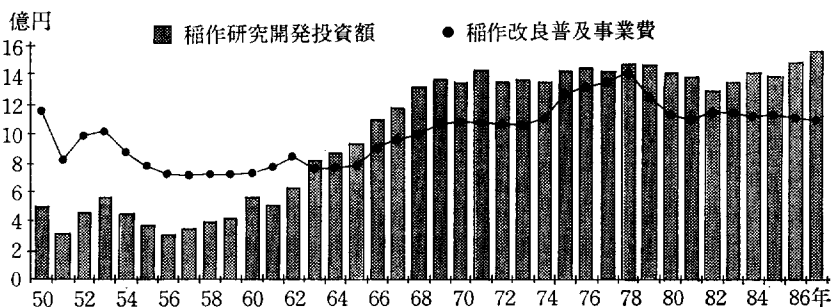
年代にはいり米生産額の概ね0.4%程度を維持しており、1950年代以降若干の変動を繰り返しながら上昇傾向にある。しかし、研究投資額が売上高に対する比率は産業平均で概ね3%、特に医薬品、ハイテク産業においてこの比率が高く、稲作研究に支出される研究費が、その生産額との比較において高い水準にあるとは、必ずしも言えないのである(4)。

最後に、研究費の質的側面についても簡単に触れておきたい。1961年、農林水産省農林水産技術会議事務局（以下、技術会議と略称する）は将来の米過剰を予測して、多収量品種育成から米質の改善、機械化の促進をもたらす技術開発を奨励した。大塚〔54〕は、米の過剰が顕在化すると、米質改善、機械化促進のための研究課題件数が全体の5%から30%へ増加したことを指摘する。

（3）改良普及事業の動向

わが国の農業改良事業は、明治期の老農を中心とする農事通信制度を皮切りに、戦時中の戦時農業指導体制、農会、産業組織等を統合した農業会が中心的役割を担っていた(5)。現在の普及体制は1948年にスタートした農業改良普及事業をその起源としている。本稿では研究開発投資と並んで改良普及事業を技術進歩の要因とみなし、これを取り上げる(6)。

第3図は改良普及事業費の推移を稲作研究開発投資額と対比する目的で作成したものである。R. E. Evenson〔13〕が行なった、研究開発投資額と改良



第3図 稲作研究開発投資額と改良普及事業費の推移（1985年基準）

普及事業費の国際比較によると、途上国においては改良普及事業費が研究費を上回り、先進国においてはこれと相反する現象が観察される。わが国においても1962年までは、稲作の改良普及事業費が研究費を上回っていた事実が図より看取できるであろう。これは既存技術の普及が、新技術の開発と比較して割安であることおよび農業生産の発展段階においては技術の平準化が進展せず、既存技術への需要が高いことなどが一般的要因として考えられる。また経済の発展段階においては、研究開発のように不確実性が高く、かつ懐妊期間が長期に及ぶプロジェクトは、忌避されがちな投資対象であることも予想される。

1950年代は、老農品種に代わり戦後選抜の試験場品種が急速に普及していく時期にあたり、こうしたわが国における特殊事情も、研究費と改良普及事業費の動向に影響していたものと推察される。

注(1) この節は伊藤他〔48〕、若杉〔60〕を参考にした。

- (2) 農学関係の国立研究機関においては、研究費の50%が基礎研究であるのに対し、公立研究機関においては、70%近くが応用研究で占められている。残念ながらこうした研究費の質的側面を今回の実証分析に反映させることはできなかった。
- (3) 農産関係とは、水稻、陸稻、麦類、豆類、芋類、工芸作物を指す。
- (4) 産業の研究開発活動は、昭和60年版『科学技術白書』（科学技術庁）を参照。また、R. E. Evenson〔13〕によると、日本、中国を除くアジア諸国における稲作研究費の米生産額に対する比率は、1959年で0.05%、1979年で0.12%であった。また世界銀行の調査によると、先進国において試験研究費が国内農業生産額に占める比率は、途上国のおよそ3倍であり、わが国の稲作研究は、この点に関しては先進国並の水準にあると言えよう。
- (5) 川俣〔50〕を参照。
- (6) 改良普及事業の経済性を扱った論文として、G. Feder *et al.*〔15〕がある。

3. 試験研究・普及に関するデータ・セットの作成

わが国における農学関係の試験研究体制は、1950年に大規模な組織改編を経験し、現在に至っている⁽¹⁾。ところが、農林水産関係の試験研究活動に関するデータは、技術会議が設立された1956年以降は整備されているものの、それ以前に関しては必ずしも十分とはいえず、本稿では利用可能なデータを取捨選

択しつつ、推計作業により必要なデータを作成した。主なデータソースは『歳出予算説明参考書』、『農林水産関係試験研究要覧』、『都道府県農林関係試験研究機関の概要』、『農林水産試験研究年報』、『農林水産省予算の説明』、『科学技術白書』などである。

最終的に必要となるデータは、1950年以降の国公立研究機関で支出された稲作関係研究投資額および改良普及事業費である。米に関する試験研究費で直接利用可能なデータは、『歳出予算説明参考書』に記載がある農林水産関係科学技術振興費(REG)の内数であるところの稲作研究費(RERG)である。REGは1956年以降利用できるが、RERGに関しては1960年以前の公表データが存在しない。

一方、公立研究機関の稲作関係の研究投資額(RERLG)は、『農林水産関係試験研究要覧』の総研究費から推計する。ただし、科学技術振興費の中には、公立研究機関への助成金が含まれており、総研究費を求める際、二重計算を避ける意味からこれを控除する必要がある。

稲作の改良普及事業費については、いささか安易ではあるが、総改良普及事業費に農業生産額に対する米生産額の比率を掛けて算出した⁽²⁾。以下で推計方法を順次説明する。

(1) 1950年から55年までの農林水産関係科学技術振興費(REG)の推計
1956年から69年までの農林水産関係一般会計歳出予算(BSA)に占めるREGの比率を、タイムトレンド(t)で説明する回帰を実行した。系列相関を軽減するためダービン法を採用した。その推計結果を以下に示す(以下、括弧内はt値を表す)。

$$\text{REG/BSA} = 125.403 - 1.546t \quad \bar{R}^2 = 0.943 \\ (17.03)$$

上の推計結果をもとに、1950年から55年までのREGを外挿により求める⁽³⁾。

(2) 1950 年から 59 年までの稲作研究費 (RERG) の推計

前節同様、データが得られる範囲で重回帰を実行し、外挿により推計を行なう。ここでは REG に占める RERG の比率を REG, 米生産量 (RP), 米価の総合農産物価格に対する比率 (RPIR), 農産物粗収益に占める米生産額の比率 (RRP), タイムトレンド (t), 1965 年から 69 年までを 1 とするダミー変数 (D) で説明する 2 つの重回帰 (前者を RERG 1, 後者を RERG 2) を実行した。計測結果を以下に示す (なお, RP のサブスクリプトは 1 期のラグを意味する)。

$$\begin{aligned} \text{RERG/REG} = & 91.356 - 0.252\text{REG} + 0.189\text{RP}_{-1} + 0.307\text{RPIR} \\ & (2.94) \quad (1.41) \quad (2.15) \quad (1.42) \\ & -0.680t + 11.754D \\ & (1.43) \quad (5.27) \\ \bar{R}^2 = & 0.950 \quad \text{D. W.} = 2.073 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RERG/REG} = & 30.256 - 0.352\text{REG} + 0.151\text{RP}_{-1} + 0.215\text{RPIR} \\ & (1.42) \quad (5.05) \quad (2.11) \quad (1.13) \\ & + 0.757\text{RRP} + 9.675D \\ & (2.60) \quad (4.51) \\ \bar{R}^2 = & 0.958 \quad \text{D. W.} = 2.817 \end{aligned}$$

RERG 1 は回帰式の t 値がさほど良好でないため, RERG 2 を採用した。

(3) 1950 年から 60 年までの公立研究機関の研究費 (RELG) の推計

RELG/REG の値は 1970 年以降, 概ね 2.3 程度で推移するが, それ以前は明らかなトレンドが存在する。そこで 1961 年から 70 年までのデータを使い, この比率を説明する単回帰を実行し, 推計結果を以下に示した。

$$\begin{aligned} \text{RELG/REG} = & -3.843 + 0.0882t \quad \bar{R}^2 = 0.927 \quad \text{D. W.} = 2.095 \\ & (7.11) \quad (10.70) \end{aligned}$$

公立研究機関の研究費は, 国立研究機関の研究費と比較してその額も大きいため, ここでは地方自治体の農林関係予算 (BSALG) との比較により推計結果の信憑性を確認する。RELG は 1950 年から 53 年までは増加し, その後 1956 年までは減少, さらにその後は一貫して上昇を続けている。一方, BSALG は 1955 年以前は農・商工費 (BSACLG) として計上されているため,

第2表 公立研究機関の研究費と地方自治体農林関係予算

(単位: 百万円)

年	1950	51	52	53	54	55	56
研究費	2,326	2,346	3,623	5,054	4,513	3,765	3,290
予算	50,835	69,697	89,844	121,156	123,349	105,812	78,861
研究費/予算	0.046	0.037	0.040	0.042	0.037	0.036	0.042

年	1957	58	59	60	61	62	63
研究費	3,990	4,520	5,183	6,590	8,406	10,019	13,886
予算	112,872	127,397	150,142	180,371	210,521	250,557	296,761
研究費/予算	0.035	0.035	0.035	0.036	0.040	0.040	0.047

注. 1960年以前の研究費は推定値, 予算は1955年以前が推定値.

資料: 『農林水産関係試験研究要覧』および『日本統計年鑑』.

BSALG=0.85×BSACLG と仮定して, 1950年から55年までのBSALGを計算した。第2表に示したとおり, 地方自治体の農林関係予算に占める公立機関の研究費は概ね4%で推移しており, 実数(1961年以降が実数)と推計値の不連続は生じていないものと判断し, 回帰式の外挿によって得られた推計値を採用する(4)。

(4) 全期間における公立機関による稲作研究費(RERLG)の推計

いま

$$\text{公立機関の稲作研究費} = \frac{\text{RERG}}{\text{REG}} \times \frac{\text{農産関係公立研究員} / \text{公立総研究員}}{\text{農産関係国立研究員} / \text{国立総研究員}}$$

(RERLG)

$$\times \text{RELG} = \text{RERG} / \text{REG} \times \gamma \times \text{RELG}$$

が成立するものと仮定しよう。γの値は時系列で1を中心に分散する(平均1.003, 標準誤差は0.029, 第1表参照)ため, 国公立の研究機関において稲作関連に費やされる研究費の比率は, 国公立研究機関で相違ないものと見なし, 既に推計したRELGとRERG/REGの系列からRERLGの絶対額を得る。

(5) 1950年から59年までの助成金の控除

1960年から公立研究機関への試験研究委託がスタートし、前年のおよそ3倍にあたる助成金が科学技術振興費の中から公立機関へ支出されている。米関係の研究助成金が科学技術振興費の稲作研究費に占める割合は、1962年および1967年と68年の両年で概ね12%、その他の年度では5~9%で推移する。しかし、1959年以前の助成金がREGおよびRERGに占める比率は概ね2~3%と推察されるため、1950年から59年については、一律2.5%の比率を仮定してRERGとRERLGの合計額から差し引き、これを稲作関係研究投資額と見なす。

(6) 稲作改良普及事業費の推計

改良普及事業費は『農林水産省予算の説明』と『農林水産関係試験研究要覧』⁽⁵⁾の改良普及事業費に農業総生産額に対する米生産額の比率を乗じて、これを稲作改良普及事業費とする。まず、国家予算から支出される改良普及事業費については、1983年以降、総普及事業関係予算が、協同農業普及事業交付金と補助金に分類され、その補助金が農業改良関係（本稿が必要とする改良普及事業費）、生活改善関係、青少年研修教育関係に細分されている。交付金も補助金同様、各々の費目に分類されるはずであるが、それが統計からは把握できない。そこで1948年から82年までの農業改良普及事業費（DEG）を総普及事業関係予算（TDEG）、タイムトレンド（t）で説明する重回帰を実行し、1983年以後のDEGは外挿により求める。推計された回帰式を以下に示す。

$$\text{DEG} = 0.758\text{TDEG} + 3.524t \quad \bar{R}^2 = 0.999 \quad \text{D. W.} = 0.399$$

(167.80) (2.95)

次に、1960年以前の地方自治体支出の改良普及事業費（DELG）を推計するため、1961年から70年までの（RELG+DELG）/REGをタイムトレンドで説明し、1960年以前の値を外挿により求める。推計式を以下に示す。

$$(\text{RELG} + \text{DELG}) / \text{REG} = -2.048 + 0.0636t$$

(5.40) (11.00)

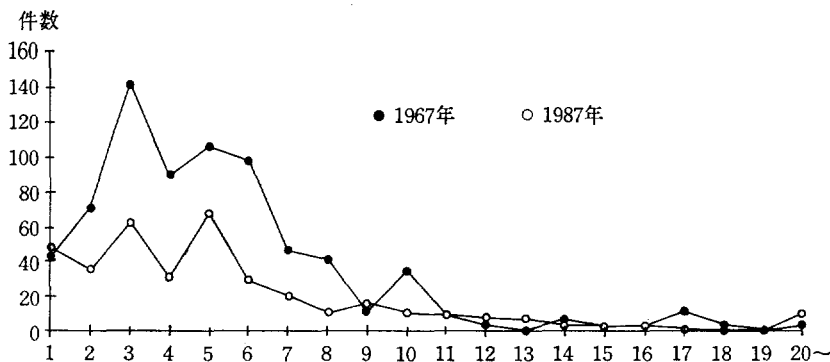
$$\bar{R}^2 = 0.930 \quad \text{D. W.} = 1.995$$

(7) 技術知識ストックの推計⁽⁶⁾

技術知識ストックを推計するためには、研究開発投資額の他に研究の懐妊期間、ストックの陳腐化に関する情報が新たに必要となる。

まず、研究の懐妊期間（開発ラグ）については『農林水産試験研究年報』に記載がある稲作研究課題の「研究期間」で代用した。研究開発のラグ構造を第4図に示したが、研究課題1件当たりの研究費と研究開発ラグが独立であると仮定して、開発ラグを研究課題件数の加重平均として求めると、1967年で4.6年、1987年で5.4年であった。

次に研究知識の陳腐化については、特許の残価プロファイルをその代理変数とすることが考えられる。わが国の特許制度は特許登録にあたり、申請後3年間の更新費用を登録時に一括して支払い、4年目以降15年目までは、当該特許の有効性を考慮しながら更新手続きを行なうことになっている。ところが、国立研究機関に所属する研究者の特許登録は、農学研究に限らず更新手続きが行なわれない。海外特許の更新は唯一例外で、農学関係の特許は概ね7年で登録特許の半分の消滅⁽⁷⁾、これを定率法に換算すると年10%の陳腐化が計算される。当然、技術革新の急速な産業における技術知識ほど、急速に陳腐化が進むであろうが、10%の陳腐化率は全産業の平均と比較して、著しく異なった値ではない。



第4図 年代別にみた研究開発のラグ構造

これらの情報をもとに、以下の計算式を利用しつつストックの推計を行なう。まず、 R_t を t 期における技術知識ストック、 RF_t を t 期における技術知識フロー、 E_t を t 期における研究開発投資支出（本稿の実質稲作研究費）とする。 RF_t と E_t には、 $PF_t = \sum \omega_j E_{t-j}$ (ω_j はウェイト)の関係が存在するが、開発ラグの平均値が概ね5年であったので、 RF_t を E_{t-5} に置き換える⁽⁸⁾。

一方、 δ をストックの陳腐化率とすると、次式が恒等的に成立する。

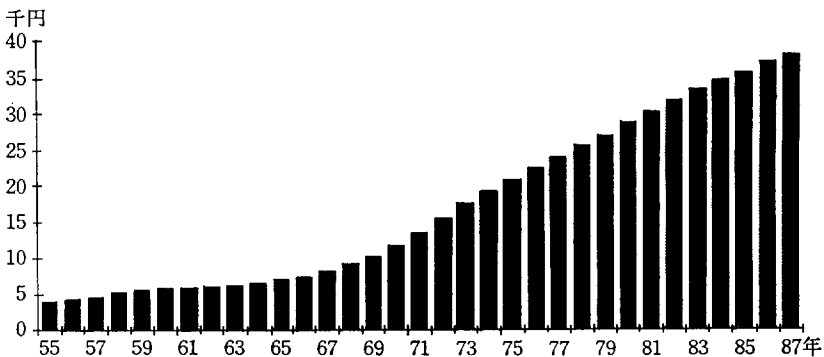
$$R_t = RF_t + (1 - \delta)R_{t-1}$$

ここで、ストックの年変化率を g とすると $R_t = RF_t + (1 - \delta)R_{t-1} = (1 + g)R_{t-1}$ となり、これを变形すると $RF_t = (\delta + g)R_{t-1}$ が成立する。さらに基準年次を S として、

$$R_s = RF_{s+1} / (\delta + g) = E_{s-4} / (\delta + g) \dots \dots \dots (3.1)$$

を導出する⁽⁹⁾。ストックの変化率(g)が、ストックの少額の時期においては、フローの年変化率で近似できると仮定すると、ストック系列を求めることが可能となる。

研究投資額を研究費デフレータ（『科学技術白書』）を用いて実質化した後、上記の方法により、ストック額を算出する。これに実質改良普及事業費を加えた額を以下では技術知識ストック額と見なす⁽¹⁰⁾。以上の作業により推計された技術知識ストック額を稲作農家一戸当たりへ換算して第5図に示した。



第5図 稲作農家1戸当たりの技術知識ストック額の推移（1985年基準）

注(1) 1950年の組織改編は、地方ニーズに適した育種研究の開始として特徴づけられる一方、研究活動の地方分散化の現れでもある。研究活動における規模の経済性がシュールツによって指摘されているが、戦後わが国における農学研究の組織改編は、スケールメリットの追求と逆行する動きである。しかし、農学研究活動の規模の経済性に関しては、意見が分かるところであり、研究機関の適正規模および配置は、その国における技術知識の成熟度に依存すると考えられる。

- (2) 農林水産省普及教育課に照会したところ、作物別の改良普及活動は厳密に把握できないが、稲作改良普及事業費の算出については、この方法が概ね実態を反映しているとのことであった。
- (3) REGの絶対額をBSAとタイムトレンドで推計するよりは、はるかに良好な結果を得た。
- (4) 『都道府県農業関係試験場要覧』（全国農業試験場長会編、1959年）によると、1958年の農業関係（林業、水産業を除く）の総研究支出は2,499百万円であった。1963年において公立農林水産研究機関の試験研究費総額の内、農業関係の支出は74.43%であったので、この値が1958年においても妥当するなら、1958年当時の公立機関の農林水産関係の研究費は3,358百万円であったと推察される。同年のREGは3,552百万円（推計）であるから、RELG/REGは0.95となる。一方、推計式にタイムトレンドの値（ $t=58$ ）を代入すると $RELG/REG = 1.27$ となり、本稿独自の推計はやや過大評価の可能性もある。
- (5) 前者が農林水産省管轄下の改良普及事業に関するデータ、後者が公立機関で行なわれている改良普及事業に関するデータをカバーしている。
- (6) ストックの推計に関しては、後藤他〔43〕が参考になった。
- (7) 技術会議整備課への照会結果による。
- (8) 全産業の研究開発ラグの平均は自主技術で3.54年という調査結果（科学技術庁）もある。
- (9) R. W. Goldsmith〔16〕が提示した基準年次の資本ストックの算定式は次のとおりである。

$$R_t = RF_t \left[\frac{g}{g+\delta} \cdot \frac{1 - \exp\{-n(g+\delta)\}}{1 - \exp(-g)} \right]$$

ここで n は最長研究期間を表し、他の記号は本文と同様である。(3.1)式の g 、 δ はともに10%であるため、基準年次においては投資額の5倍がストック額となり、一方上式の n に15を代入すると、 R_t の RF_t に対する比率は概ね5となる。『農林水産試験研究年報』に記録されている最長研究期間は40年であるが、その時の R_t/RF_t は5.25となり、最長研究期間の値が資本ストックに与える影響はごく僅かである。上記の方法は、資本ストックの推計に新たな情報を必要とするため、本稿では(3.1)式に従う推計方法を採用した。

- (10) なおこの段階では技術普及に関するラグを考慮にいれていない。技術の普及ラグに

関する研究は R. E. Evenson [12], Z. Griliches [17], 大塚 [53], 崎浦 [55] などが代表的である。普及ラグについては、内部収益率の計測時に再考する。また Y. Hayami [21] は、研究投資額と改良普及事業費は異質なものであり、これを加えることに異議を唱えている。

4. 分 析 モ デ ル

課題の解明に先立ち、まず過去の分析手法を概観し、次いで本稿で展開するモデルの概要を説明しつつ、その有用性を確認することにしよう。

(1) 秋野モデルの適用可能性

秋野は慣行的投入要素（労働，土地，資本，中間投入）に関する一次同次のコブ＝ダグラス型生産関数を仮定し，研究開発に関する変数を陽表的に生産関数の説明変数として取り入れた。研究開発投資の貢献を計量的に捉える方法は，ここで二つに分かれる。ひとつは，直接生産関数を計測し，技術知識ストックの限界生産力を求める方法である。秋野は限界生産力を求めた後，投資の内部収益率を計測しているが，秋野の用いた研究開発ストックの変数がフロータームであることから，この計測には疑問が残る⁽¹⁾。

残る一方は生産関数を時間で微分し，成長会計分析で残差として計算された技術進歩を，技術知識ストック(R)と教育水準(E)で説明する方法である。すなわち，コブ＝ダグラス型生産関数 $\ln Y = a + \lambda t + \alpha \ln L + (1 - \alpha) \ln K + \gamma \ln R + \varepsilon \ln E$ を仮定すると，総合生産性 (TFP: Total Factor Productivity) の変化率が次のように定義される（なお以下，ドットは時間による微分を表す）。

$$\frac{\dot{TFP}}{TFP} = \lambda + \gamma \frac{\dot{R}}{R} + \varepsilon \frac{\dot{E}}{E} = \lambda + \frac{\partial Y}{\partial R} \cdot \frac{\dot{R}}{Y} + \frac{\partial Y}{\partial E} \cdot \frac{\dot{E}}{Y} \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

この方法は技術知識ストックのデータを必要とせず⁽²⁾，技術知識ストックと教育水準の限界生産力および中立的かつ外生的技術進歩率(λ)が，通常の推

計方法によりパラメータとして与えられる。

コブ=ダグラス型生産関数の推計は弾力性を一定と仮定し、成長会計分析では限界生産力が一定となる。どちらがより現実的な仮定であるかについては一概に判断できないが、いずれも弾力性、限界生産力の時系列的変化を整合的に説明できないことが難点であり、生産関数分析にともなう同時推定バイアスの問題も未解決である。

そこで本稿は生産関数に替わり、費用関数によるアプローチを試みた。先述したとおり、研究開発、改良普及事業を技術進歩の源泉として扱う点は秋野の発想を踏襲することになるが、技術知識ストックを生産関数あるいは費用関数のシフト要因として捉えると同時に、生産における固定的生産要素と解釈する点が、以下で展開するモデルの特徴である。

ところで秋野は、(4.1)式に示したように、研究開発の他に農村教育を技術進歩の源泉と考え、実証においてその摘出に成功した。農村教育が明治期から戦前にかけて、わが国における農業生産性の向上に多大な貢献をなしていたとする議論は正鵠を得たものであるが、戦後から高度経済成長期にかけての農村教育は、むしろ農村子女の労働力の質を向上させ、農外就業を可能にしてきた側面が強い。F. Welch [38] は農業生産に関わる情報評価能力が、農村教育により培われると仮定した上で、普及活動がかかる教育効果に代替する点を指摘する。そこで本稿は、戦後一層の展開をみせた改良普及活動が、農村教育に完全に代替したものとして、後者の技術進歩への貢献を無視する。

(2) 技術進歩の把握

さて、『米生産費調査』の「全国平均」データと、独自に推計した技術知識ストックをもとに、稲作における研究開発投資の経済性を計量的に解明する。まず1954年以降、今日に至るまでの技術水準の推移を簡便法により把握し、第5図に示した技術知識ストックの推移と比較することにしよう。

いま稲作の費用関数 $C=C(\mathbf{P}, Y, t)$ が、トランスログ (TL) 関数で表現できると仮定すれば、ディーワート (W. E. Diewert) の quadratic lemma⁽³⁾

り次式が成立する。

$$\ln \frac{C_t}{C_s} = \sum_j \frac{S_{jt} + S_{js}}{2} \ln \frac{P_{jt}}{P_{js}} + \frac{1}{2} \left[\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y_t} + \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y_s} \right] \ln \frac{Y_t}{Y_s} + \frac{1}{2} \left[\frac{\partial \ln C}{\partial t} + \frac{\partial \ln C}{\partial s} \right] [t-s] \dots\dots\dots (4.2)$$

t, s は異時点を表し⁽⁴⁾、 S_{jt} は t 期における第 j 生産要素のコストシェア、 P_{jt} は第 j 生産要素の t 期における価格、 Y_t は t 期における生産量を表す。生産関数が一次同次であると、 $\partial \ln C / \partial \ln Y = 1$ となり、費用関数を econometric に計測することなく、(4.2) 式の最終項で表された技術進歩⁽⁵⁾を残差して把握することができる。しかし、最近の稲作における規模の経済性の発現は明らかであり、これを無視した技術進歩の計測は、当然バイアスをもつ。そこで、『米生産費調査』の「全国全調査農家」クロスセクションデータをもとに、要素価格の地域、階層間格差を無視した費用関数

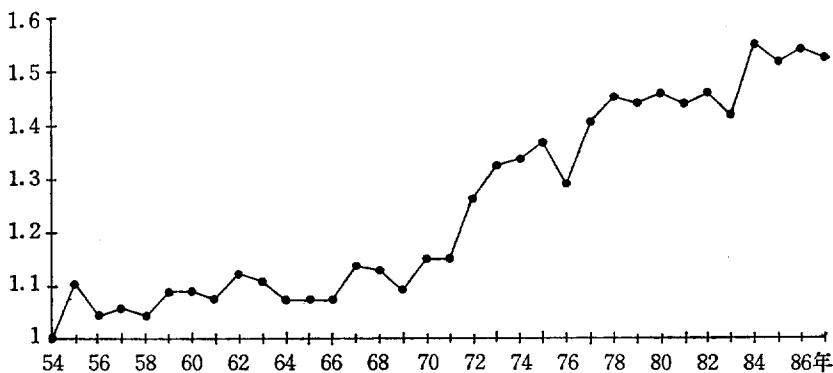
$$\ln C = \alpha + \beta \ln Y$$

を各年度で計測し、 $\partial \ln C / \partial \ln Y = \beta$ の推定値を(4.2)式へ代入する⁽⁶⁾。この方法は、生産関数における要素間の代替関係に先験的な制約を課さないばかりか、

第3表 $\ln C = \alpha + \beta \ln Y$ の推定結果

	α	β	$\bar{R}^2$	S.E	D.W
1955年	8.760 (57.74)	0.977 (34.91)	0.993	0.081	2.399
1960	4.363 (28.28)	0.936 (65.47)	0.999	0.035	3.013
1965	4.862 (18.39)	0.935 (38.14)	0.996	0.060	1.681
1970	5.964 (31.83)	0.868 (52.30)	0.997	0.055	0.889
1975	6.908 (27.65)	0.831 (37.93)	0.994	0.075	0.717
1980	8.005 (56.81)	0.774 (62.14)	0.998	0.042	1.114
1985	8.054 (41.15)	0.777 (45.17)	0.996	0.058	0.606

注. () 内は t 値を示す。



第6図 稲作技術水準の推移 (1954=1)

一次同次性の仮定をも緩和している。 $\partial \ln C / \partial \ln Y < 1$ であれば、規模の経済が存在することになり、時系列でみた β の低下が期待される。上式の推計結果を第3表に示した。

こうして得られた技術進歩率を1954年を1とする累積値に変換し、第6図に示したが、農家一戸当たりの技術知識ストックと技術水準は、ともに1970年代前半から急激に上昇することが第5図との比較により看取できるであろう。

(3) 技術知識ストックの限界生産力および費用関数の特定化

前節の分析結果は、研究開発が技術進歩の源泉であることを強く示唆している。そこで、本節では技術知識ストック(R)を固定的生産要素とする費用関数を特定化し⁽⁷⁾、dual approachにより技術知識ストックの限界生産力を求める方法を提示する。

いま生産関数 $Y = F(\mathbf{X}, R)$ ($\mathbf{X}$ は可変的生産要素ベクトル)と双対関係にある費用関数を $C = C(\mathbf{P}, Y, R)$ ($\mathbf{P}$ は $\mathbf{X}$ に対応する要素価格ベクトル)で定義すると、技術知識ストックの限界生産力は以下のように定式化できる⁽⁸⁾。

$$\frac{\partial F}{\partial R} = - \frac{\partial C}{\partial R} / \frac{\partial C}{\partial Y} \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

費用関数の特定化をトランスログ(TL)関数

$$\begin{aligned} \ln C = & \alpha_0 + \sum_j \alpha_{j,} \ln P_j + \beta_y \ln Y + \beta_r \ln R + \sum_j \alpha_{j,} \ln P_j \ln Y \\ & + \sum_j \alpha_{j,} \ln P_j \ln R + \beta_{yy} \ln Y \ln R \\ & + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \alpha_{ij} \ln P_i \ln P_j + \frac{1}{2} \beta_{yy} (\ln Y)^2 + \frac{1}{2} \beta_{rr} (\ln R)^2 \end{aligned}$$

で行なうと⁽⁹⁾、(4.3) 式は次のように書き換えることができる。

$$\frac{\partial F}{\partial R} = - \frac{\beta_r + \sum_j \alpha_{j,} \ln P_j + \beta_{yr} \ln Y + \beta_{rr} \ln R}{\beta_y + \sum_j \alpha_{j,} \ln P_j + \beta_{yr} \ln R + \beta_{yy} \ln Y} \cdot \frac{Y}{R} \quad \dots\dots\dots(4.3)'$$

パラメータの推定は費用関数にシェパードの補題を適用し、コストシェア方程式(S_i)を次のように導出し (l : 労働, i : 中間投入, m : 農機具, s : 土地・建物),

$$S_j = \alpha_j + \sum_i \alpha_{ij} \ln P_i + \alpha_{jy} \ln Y + \alpha_{jr} \ln R \quad (j=l, i, m, s)$$

IZSUR 法 (Zellner's iterated seemingly unrelated regression method) に従う、費用関数とコストシェア方程式の同時推計を実行した。Zellner 推計は、方程式誤差間の相関を考慮することで、推定値の有効性を高めることになる。また、推計にあたり要素価格に関する費用関数の一次同次性と対称性条件および方程式間におけるパラメータの等値性制約をア・プリオリに課した。

(4) 費用関数推計のためのデータ

技術知識ストック以外の変数は『米生産費調査』の「全国平均」によるが、数値の不連続を考慮して、以下のデータ加工を行なった。

① 労働

費用関数分析が均衡条件を前提としているため、労働の限界生産力を反映した賃金、さらには、その賃金で評価したコストシェアのデータを必要とする。Kuroda [25], 平岩 [45] によると、労働の帰属価格は平均階層で農業労働臨時雇用賃金にほぼ等しいことが確認されている。本稿はこの計測結果に従い、『米生産費調査』の10a 当たり労働投入時間に農業労働臨時雇用賃金を男女別

に掛けて労働費用とする⁽¹⁰⁾。

② 中間投入

中間投入に含まれる財は、肥料、農薬、種苗、諸材料、光熱動力である。1969年から『米生産費調査』の費用分類が変更されたが、価格指数との対応を考え、新費用に統一する作業を実行した。すなわち旧費用分類の防除、諸材料、賃借料を、新費用分類の農薬、光熱、諸材料、賃借料に改めた⁽¹¹⁾。

③ 農機具

農機具費、賃借料および料金の合計を農機具費とし、ストックである農機具に対応する価格データを独自に作成した。まず『農村物価賃金統計』の機械価格はフロー（農機具投資）に対応する価格であるから、農機具ストックの価格に対応するものでないことは理論的にも明らかである。そこで、資本の使用費用（user cost）を以下の式より計算し、これを機械用役価格と見なす⁽¹²⁾。なお利率 i は全国銀行貸出約定平均金利、 δ は減価償却率、 P_M は農機具価格を表す。

$$P_m = P_M \{i + \delta - \ln(P_M/P_{M-1})\}$$

減価償却率は、拙稿〔46〕において計測された投資関数

$$\begin{aligned} GI_t &= \lambda GI_{t-1} + (1-\lambda)K_{t+1}^* + (\delta + \lambda\mu - \mu)K_t \\ &= 0.644GI_{t-1} + 0.356K_{t+1}^* - 0.06729K_t \end{aligned}$$

について、資本の最適稼働率 μ を0.7とおき計算される δ 、すなわち0.18を採用した。また P_M は『米生産費調査』の農機具減価償却が1960年までは再取得価格評価（したがって、この期間はフローの価格がストックの価格でもある）、1961年以降が、取得価格評価（book value）であることを勘案し、以下に述べるデータ加工を行なった。すなわち、機械の償却期間を上記の δ より5年とし、さらに資本のヴェンティジが各年度で均等であるとして、1961年以降に関しては過去5年間の農機具価格の平均を資本ストックの価格として求める⁽¹³⁾。

④ 土地・建物

小作地地代が実際の土地用役価格を反映していると見なし、土地費用は小作地地代（円/a）に作付面積を掛けて再評価する。ただし、1954年から55年の

小作地地代は 1956 年から 58 年における（小作地地代/自作地地代）の平均値を自作地地代に掛けて求めた⁽¹⁴⁾。また建物・土地改良（水利）を土地に加え土地・建物費として扱う。

⑤ 集計価格指数，生産量

価格については，以上 4 分類ごとにテルンクヴィスト（Törnqvist）価格指数⁽¹⁵⁾により集計する。また生産量は 1985 年基準の実質生産量とする。

注(1) 秋野の計測した試験研究・普及活動の限界報酬は 17.5 円，内部収益率 97% であるが，常識的に考えてこの数字は高すぎる。この原因は，本来ストックタームであるはずの技術知識のデータを投資額で置き換えていることにあると思われる。

(2) 厳密には研究開発投資の純額が必要なため，技術知識ストックの除却額の値を必要とする。

(3) W. E. Diewert [10], [11] を参照。本稿が直接参考にしたのは，B. H. Baltagi and J. M. Griffin [2] である。

(4) この計算式は，クロスセクションデータにも適用可能である。すなわち， t ， s をそれぞれ異なる地域を表すとみなし，地域間生産性格差を計測することができる。

(5) 双対性理論が教えるところによると，生産関数 $Y=F(X, t)$ と費用関数 $C=C(P, Y, t)$ から計算される各々の技術進歩率 $\ln \partial F / \partial t$ ， $-\partial \ln C / \partial t$ の間には次の関係が存在する。証明は Ohta, M [29] を参照。

$$\frac{\partial \ln F}{\partial t} = - \frac{1}{\partial \ln C / \partial \ln Y} \cdot \frac{\partial \ln C}{\partial t}$$

(6) この方法と類似した手法を酪農に適用し，生産性の要因分析を行なった例として山本 [58] を挙げることができる。なお費用関数の技術進歩率と総合生産性（TFP）の間には次の関係が存在する。詳細は，S. M. Capalbo [4] を参照。

$$\frac{\dot{TFP}}{TFP} = - \frac{\partial \ln C}{\partial t} + \left(1 - \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y}\right) \frac{\dot{Y}}{Y}$$

生産関数が一次同次であれば，TFP の変化率と技術進歩率は等しくなる。

(7) H. A. Stranahan and J. S. Shonkwiler [35] を参照。

(8) (4.3) 式の証明を以下で示す。

費用関数 $C(P, Y, R)$ を以下で定義する。

$$C = \min PX \quad s.t. \quad Y = F(X, R)$$

ラグランジュ関数を $L = PX + \lambda \{Y - F(X, R)\}$ とすると，費用最小化のための一階の条件は，

$$P_i - \lambda \partial F / \partial X_i \equiv P_i - \lambda F_i = 0 \dots\dots\dots \textcircled{1} \quad Y - F(X, R) = 0 \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

となり、陰関数定理から最適要素投入量ベクトルが $\mathbf{X}^* = \mathbf{X}(\mathbf{P}, Y, R)$ と表され、 $C = \mathbf{P}\mathbf{X}^*$ となる。これを R について偏微分すると $\partial C / \partial R = \sum P_j (X_j / \partial R)$ となり、これに①式を代入すると、

$$\partial C / \partial R = \lambda \sum F_j (\partial X_j / \partial R) \cdots \cdots \cdots \textcircled{3}$$

を得る。一方、 $\mathbf{X}^*$ を②式へ代入した後、 R で偏微分すると、 $\sum F_j (\partial X_j / \partial R) + \partial F / \partial R = 0$ となる。これを③式へ代入すると、 $\partial C / \partial R = -\lambda \partial F / \partial R$ が導かれるが、この場合のラグランジュ乗数 λ は $\partial C / \partial Y$ を意味するから (4.3) 式が得られる。

- (9) 関数の特定化は、他にも generalized Leontief (GL) を試みたが、計測結果は T L 関数ほど良好ではなかった。二つの関数の性質については拙稿 [47] を参照されたい。また、GL 関数については、R. G. Chambers [6], R. G. Chambers and U. Vasavada [7], R. E. Lopez [26] を参照。
- (10) 『物賃』の農業労働臨時雇用賃金で評価するわけだが、その賃金が日単位であり、時間給が不明である。そこで、1954 年から 75 年までの男女別家族労働時間にこの日当を掛け、それを『米生産費調査』の家族労働費で割ると、日当を時間給に変換する換算率が計算できる。それによると 1969 年までは 7、それ以降は 7.5 であった。したがって、この係数を用いて時間給を求め、これに雇用も含めた労働時間を乗じ労働費用を独自に算出する。
- (11) まず旧賃借料料金が中間投入費と賃借料料金の合計額に対する比率に 1.031 を掛けた値を新費用割合として賃借料料金を計算する (1.031 は新旧費用比率の転換倍率)。農薬費、諸材料等も同様に処理を行ない、光熱動力の費用割合は残差として求めた。
- (12) 資本の使用費用に関しては、D. W. Jorgenson and C. D. Siebert [22] を参照。
- (13) 『米生産費調査』の 10 a 当たりの農機具投下資本額は純額評価であるから、これに減価償却費を加えると、10 a 当たりの粗資本ストック (book value) が計算できる。さらに、『米生産費調査』の減価償却は定額法で行なわれているため、この粗資本額を減価償却費で除すと、償却期間が得られる。1967 年から 87 年までのデータより計算した償却期間は概ね 4 年であった。
- (14) ただし、小作料は 1970 年の農地法改正まで、統制小作料であったため、小作地地代を用いても under estimate の可能性がある。土地の帰属価格については、Kuroda [25], 荏開津・茂野 [41], 平岩 [45] を参照。
- (15) テルンクヴィスト指数は集計関数が TL 関数であり、その 2 次項の係数が定数であることを仮定している。詳細は M. Denny and M. Fuss [9] を参照。テルンクヴィスト集計に替わる、新しい集計方法として開発された multilateral index は、D. W. Caves, L. R. Christensen and W. E. Diewert [5] を参照。

5. 計算結果および考察

(1) 推定された費用関数の必要十分条件の吟味

推定パラメータを第4表に示す。自由度修正済み決定係数は、費用関数、労働、機械、中間投入のコストシェア方程式でそれぞれ、0.996, 0.996, 0.993, 0.989を計測し、適合度はきわめて良好であった。なお、コストシェアの和は1となるため、土地・建物のコストシェア方程式の推定は不必要となるが、除外するコストシェア方程式は、パラメータの推定値とは独立である。

さて、以下で展開する議論が、経済学的に意味をもつためには、推定された費用関数が以下の正則性条件を満足していなくてはならない⁽¹⁾。①費用関数が生産量に関して非逓減。②費用関数が要素価格に関して非逓減。③費用関数の要素価格に関する凹性。条件①、②はすべての変数領域で満足した。また、条件③については、費用関数のヘシアンが負値定符号行列であれば必要十分条件を満足することになるが、ここではヘシアンの主対角要素の符号のみをチェ

第4表 TL 費用関数の推定パラメータ

α_o	-0.00300	(0.30)	α_{ll}	0.18526	(15.05)
α_l	0.50007	(111.84)	α_{mm}	0.02005	(2.14)
α_m	0.09611	(23.27)	α_{ii}	0.11054	(23.80)
α_i	0.28706	(124.74)	α_{ss}	0.12764	
α_s	0.11675		α_{lm}	0.00647	(0.71)
β_y	0.23387	(1.83)	α_{li}	-0.10064	(20.14)
β_r	0.14910	(4.68)	α_{ls}	-0.09109	
α_{ly}	-0.00808	(0.30)	α_{mi}	0.00006	(0.01)
α_{my}	-0.02362	(0.96)	α_{ms}	-0.02659	
α_{iy}	0.01978	(1.66)	α_{is}	-0.00997	
α_{sy}	0.01192		β_{yy}	1.01900	(1.47)
α_{lr}	-0.21397	(21.99)	β_{rr}	0.06118	(1.86)
α_{mr}	0.13693	(15.53)	β_{yr}	0.14734	(2.17)
α_{ir}	0.05311	(13.29)			
α_{sr}	0.02393				

注. () 内は t 値を示す。

ックした。具体的には要素需要関数の自己価格弾力性が、負であることを確認するにとどめた。

(2) 費用の技術知識ストック弾力性およびバイアス

推定された TL 費用関数を $\ln R$ で偏微分し、技術知識が費用に与える効果を検討しよう。

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln R} = \beta_r + \sum_j \alpha_{jr} \ln P_j + \beta_{yr} \ln Y + \beta_{rr} \ln R \quad (< 0)$$

上式は費用の技術知識ストック弾力性を意味している。T. W. Schultz [34] は、技術開発が生み出す研究成果の経済的恩恵を大規模農場ほど享受できる点を指摘するが⁽²⁾、本稿の計測結果は推定パラメータ β_{yr} が正であるため、他の条件を一定として生産量（規模）を増加させると弾力性の値が上昇し、費用逓減効果が減少することを示唆している。シュルツはプランテーションに代表される大規模生産における研究成果へのアクセスを想定し、情報収集能力の優位性もスケールメリットの一つに挙げている。本稿の分析はわが国の稲作に関して、この仮設と相反する結果を得たことになるが⁽³⁾、技術知識が農業生産に与えるインパクトは普及技術の性格に依存し、研究成果へのアクセスは研究主体（私的企業か公的機関か）に左右される。技術開発が公的機関によって行なわれ、その中心的成果が生物学的技術に属するものであれば、技術知識は農場規模とは全く無関係にその経済的価値を発揮するであろうから、必ずしもシュルツの仮設がすべてに妥当する必然はない。

樋口[44]が『米生産費調査』を使って計測した稲作農家の階層別技術進歩率は、第一次石油ショック期まで、経営規模と正の相関を維持していたが、筆者が樋口モデル⁽⁴⁾を 1981 年まで延長した結果によると、必ずしも大規模農家の優位性は存在せず、むしろ中規模層において高い技術進歩率が計測される期間も存在した。本稿の計測は 1970 年代以降の実態を色濃く反映した結果であろうが、大規模稲作農家における研究成果の採用程度が低く、その結果技術進歩によるコスト逓減速度が相対的に鈍っていることが事実であれば、構造政策を

推進する上での大きな隘路となることが予想される。

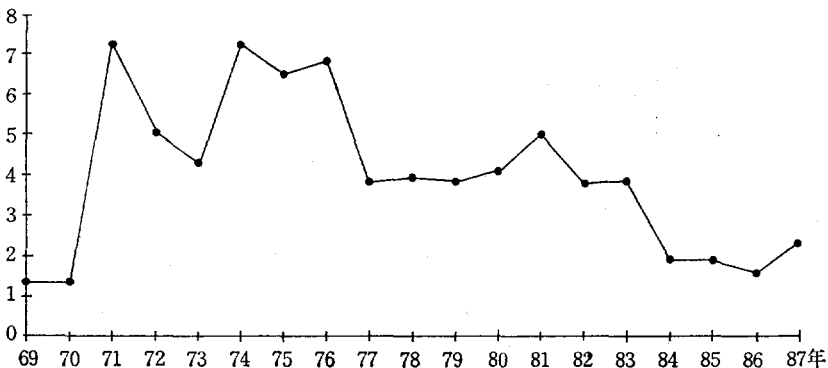
次にコストシェアに対する技術知識ストックの効果を検討しよう。ヒックス(J.R.Hicks) の中立性を基準とするバイアス (B_j) の計測は三つの異なった方法で定義されるが、ここではコストシェア(S_j)の変化率を利用した、次の定義に従うことにする。

$$B_j = \frac{\partial S_j}{\partial \ln R} \cdot \frac{1}{S_j} = \frac{\alpha_{jr}}{S_j} \equiv 0 \quad \begin{array}{l} j \text{ 要素使用} \\ \text{中立性} \\ \text{節約的} \end{array}$$

α_{jr} の符号がバイアスの方向を左右する。これらのパラメータはすべて有意で、労働の係数 α_{lr} 以外は正を計測し、技術知識ストックによる技術進歩のバイアスは、労働については節約的、他の3要素に関しては、使用的に作用したことがわかる。土地のバイアスに関しては、当初農学研究の性格から節約的となることも予想されたが、農林水産省は1961年当時より米過剰を予測して、多収量品種の開発を制限する考えを表明しており、上記の結果はこうした影響の現れと推察される。

(3) 技術知識ストックの限界生産力と内部収益率の計算

(4.3)' 式と TL 費用関数の推定結果より、技術知識ストックの限界生産力を計算する。技術知識ストックの限界生産力は、1968年まで負値であったが、そ



第7図 技術知識ストックの限界生産力の推移

れ以降は正となり、第7図に示すように1970年前半をピークに以後減少傾向を辿っている。負の限界生産力は本稿の仮設と矛盾するものであるが、これは1950年代から60年代にかけて観察された技術進歩の停滞を反映した結果であろう(第6図参照)。また、1970年代後半にみられる限界生産力の低下は、第3図で観察された1970年代以降の研究費の停滞と、若干のリードをもちながら対応している。しかし、限界生産力低下による投資支出の抑制は投資の意志決定者が、かかる状況を正確に透視できて初めて可能となるものであり、研究投資の停滞は米の過剰、それに起因する食管赤字の膨張を相殺する財政支出削減および多収量品種開発の制限により、その多くを説明できるのではあるまいか。

ところで、後藤他〔43〕で行なわれた、製造業各業種における技術知識ストックの限界生産力は1を下回り⁽⁵⁾、Z.Griliches〔18〕、W.L.Peterson〔30〕が計測した、アメリカにおける農業全般、家禽生産の技術知識ストックの限界生産力は、実質タームで各々10~16、18.5であった⁽⁶⁾。農業部門の限界生産力が大きな値を計測する原因は、生産額と技術知識ストック額の比率に依拠するものである。すなわち、技術知識の限界生産力は生産関数の推計から得られる弾力性に、(生産額/ストック額)を掛けて求められるが、生産額に対する技術知識ストック額が農業においては低く、これが限界生産力を大きくしている原因となっている。本稿の限界生産力は1969年以降の平均値で3.99を計測し、やはり1を大きく上回る水準にある。

次に以下の式を利用しつつ、研究開発投資の内部収益率を計算しよう。

$$\exp(r\theta) = \int_0^{\infty} (\partial F / \partial R) \exp(-rt) dt$$

θ は投資支出から収益が発生するまでのタイムラグ、 r がここで求めようとする収益率である。本稿ではストックデータ作成の際、研究開発ラグは事前に考慮したが、普及ラグを無視しているため、 θ の値を外部情報として得ることが必要となる。水稻技術一般の普及速度は、藤田〔42〕が1979年に行なった事例調査により明らかにされており、それによると調査対象農家602件の内、80%を超える稲作農家が、技術の認知から5年以内で採用を完了させている。そこで、 θ には5を中心に若干の変化をもたせ、収益率のsensitivityをチェック

第5表 研究開発投資の内部収益率

(単位：%)		
普及ラゲ (θ)	1969～87	1980～87
3	62.1	56.4
4	51.3	46.9
5	44.1	40.5
6	38.8	35.8
7	34.8	32.2

注. 1969年から87年の限界生産力の平均は3.99, 1980年から87年にかけては3.06.

した。計算結果を第5表に示すが(7), 限界生産力の低下が著しい1980年以降についても, 内部収益率は高い値を維持しており, 稲作研究活動への過少投資が明らかとなった。

(4) 研究開発の外部効果とわが

国の技術知識ポテンシャル

農学関連の研究開発投資の停滞は, 日本に限らず先進国に共通する現象である。世界的な食糧過剰基調と財政削減の中で, 懐妊期間の比較的長い研究開発投資は, 途上国ならずとも忌避される投資対象であろう。しかし, メキシコ的小麦収量を倍増させた「メキシコ矮性小麦」が「農林10号」を母体としていた例をひくまでもなく, 技術知識は受容

第6表 水稻の技術開発予測

(単位：%)

	技術の完成度				技術の普及度			
	研究段階	技術化段階	実用化段階	実用段階	未普及	一部普及	かなり普及	広く普及
良質・障害抵抗性品種の育成	13.9	34.2	31.2	20.7	44.0	34.6	17.2	4.3
多収量品種の育成	14.4	27.5	32.6	25.6	44.5	37.2	11.8	6.6
バイオテク利用による新品種の作出	45.5	31.2	15.5	7.9	73.2	19.1	5.3	2.4
生育診断, 予測に基づく栽培管理	5.4	25.7	44.3	24.7	18.6	44.5	26.1	11.0
施肥技術の改善	12.9	31.7	33.6	21.9	35.1	43.7	13.2	8.2
生育制御技術の改善	21.5	34.8	28.3	15.5	49.3	37.7	9.3	3.7
病虫害防除	5.9	17.7	40.0	36.4	17.9	31.7	32.7	17.8
雑草防除	13.1	34.5	35.4	17.1	41.6	36.4	15.6	6.5
農業機械, 施設等	6.8	23.7	35.7	33.7	25.8	41.0	21.3	11.9
流通利用	15.3	35.5	35.5	13.7	43.1	38.3	17.1	1.6

注. 調査は1985年に行なわれ, 1995年における技術の完成度および普及度を回答比率で表す。

資料：『農業技術開発予測——21世紀を目指して——』（技術会議）。

国側の研究蓄積が十分であれば、自然条件の制約を克服し、国際間の移転が可能となる⁽⁸⁾。わが国における米の恒常的過剰は、稲作関連研究を進める上での阻害要因となり得るが、技術供与の可能性を考慮すると、研究投資の社会的収益率は、計測された収益率を大きく上回ることが予想される。

さて、今後の技術革新の可能性が将来の研究開発投資の収益性を左右することになる。第6表は、農林水産省試験研究機関に所属する研究者を対象に行なったアンケートを基に、10年後の農業技術の開発と普及について、研究者自身の予測を取りまとめた結果である。農学研究は実践的な色彩が強い研究分野であり、調査結果は多くの研究テーマが近い将来実用化段階を迎えることを示唆している。わが国における稲作技術が高位平準化を達成したことは、異論のないところであるが、上記のアンケート結果は、わが国の稲作技術知識のポテンシャルの高さを証明しており、技術知識ストックの限界生産力は近い将来上昇に転じることが期待できる。

注(1) 要素価格に関する一次同次性は、推計段階で先験制約として課してある。

- (2) シュルツが指摘する研究活動における規模の経済性は、二点あると思われる。ひとつは、研究活動そのものにおける規模の経済性であり、他方は技術知識と農場規模の関係である。後者は生産量の技術知識ストック弾力性に依存する問題である。
- (3) シュルツは大規模農家ほど市場指向性が強く、これが技術へのアクセスを容易にしている原因であると指摘する。また、C.F.Runge [33] は農家に与える技術的インパクトは農場規模そのものではなく、農家規模に規定される金融構造に依存すると指摘するが、農学研究が私的企業によって行なわれ、研究成果を農場が購入するケースでは十分妥当する仮説であろう。なお、R.E.Evenson [12], L.G.Tweeten [37], 秋野 [39] が指摘する研究活動のスケールメリットと本文の議論とは、その意味を若干異にする。

また、研究成果が生み出す経済的価値の分配は、途上国の技術進歩における重要な論点となっている。仮に技術進歩の恩恵が大規模農家ほど有利に享受できるのであれば、技術開発は富の偏在を招くことになりかねない。菊池 [51] はフィリピンにおける近代品種の導入は農場規模に関して中立的ないしは、小規模層に有利に作用したことを明らかにしている。

- (4) 樋口モデルの概要は次のとおりである。 K, L, E, Q_i をそれぞれ玄米 150 kg 当たりの費用合計、10 a 当たりの費用合計、反収、 i 生産要素の 10 a 当たりの投入量とす

ると $K=(L/E) \times 150$ が成り立つ。また、 P_j を j 生産要素価格、 w_j をその費用割合とすると、 $L=\sum P_j Q_j$ 、これらを時間で微分すると、 $\dot{K}=\dot{L}-\dot{E}=\sum w_j \dot{P}_j+\sum w_j \dot{Q}_j-\dot{E} \equiv \dot{P}+\dot{Q}-\dot{E}$ が成立する。 $\dot{P}$ は生産者が前年の投入構成を変化させなかった場合の生産費の変化率であり、 $\dot{K}$ が実際の費用変化率であるから、 $\dot{P}-\dot{K}$ は生産費低下量、 $(\dot{P}-\dot{K})/\dot{P}$ は生産費低下率になる。樋口はこれを技術進歩がもたらす効果と把握しているが、厳密には要素代替と規模効果を含んでいる。生産費低下率の計測結果を以下に示した。

表 階層別生産費低下率の計測値

(単位：%)

年\階層	平均	～30 a	～50 a	～100 a	～150 a	～200 a	～300 a	300 a～
1960～65	8.3	4.7	8.2	8.6	13.6	11.5	13.6	-23.6
1965～69	5.9	-18.3	-9.0	0.4	1.5	14.4	15.7	32.0
1969～73	27.8	11.7	16.4	17.1	21.7	31.0	37.1	74.2
1973～77	3.9	0.9	2.4	5.8	4.5	3.1	7.6	8.4
1977～81	-45.8	-52.1	-39.1	-34.6	-21.2	-28.8	-32.3	-54.2

注. 計測は筆者が全期間において行なったため、樋口の計測値とは若干異なる。なお樋口の計測は1974年までである。

上表より、大規模農家の費用通減効果が顕著に現れたのは、1965～73年の期間のみであることが看取できる。

- (5) 計測方法は、成長会計分析と、コブ＝ダグラス型の生産関数による。また技術知識ストックは、accumulate されたストックタームである。
- (6) 両者が計測に用いている技術知識ストックデータは、秋野同様フロータームである。
- (7) 研究開発投資の内部収益率の計測結果のサーベイ論文として、R.E.Evenson and Y.Kislev [14] を挙げることができる。なお、限界生産力の陳腐化を考慮にいと、内部収益率は計測値を若干下回ることになる。なお、内部収益率の計算は離散型で行なった。
- (8) 1950年代に行なわれた途上国の研究機関への援助はみるべき成果を上げられないまま、国際稲研究所 (IRRI)、国際トウモロコシ・小麦改良センター (CIMMYT) が1960年代の「緑の革命」をリードしたことは余りにも有名である。しかし、国際機関の設立によって途上国独自の研究開発の意義が失われたわけではなく、location-specific な生物学的技術の移転は、技術受容国の研究蓄積が成功の鍵を握っている。例えば、台湾の蓬莱米の開発は、ジャポニカ導入から数年を要している。

6. 結 語

農産物需要の価格弾力性は概して小さく、技術進歩による生産物価格低下の効果は、そのほとんどが消費者余剰として吸収される。しかし、米価は長年政府支持価格によって、需給均衡価格より高い水準に設定されてきたため、稲作の技術進歩が消費者に還元された程度、すなわち消費者余剰の増加は米が競争市場下で取り引きされた場合より少額であったはずである。本稿は研究開発活動を技術進歩の源泉と見なし、その及ぼす効果を生産面のみ限定し分析を進めてきたが、上記の点を勘案すると、消費面への影響を捨象した本稿の意義が明快となる⁽¹⁾。

農学研究活動は、技術知識の公共性等から公共部門が担うべき経済活動であり、その収益性のみが投資の意思決定を左右する要素とはなりえない。特に、米の過剰が恒常化しつつある状況下において、例えば、多収量品種育成を目的とする研究活動への投資は、社会的に容認され難い財政支出となりがちである。しかし、希少な資源の有効利用を目的とする技術開発は、経済的には合理的な経済活動であり、近年技術知識の限界生産力に顕著な低下傾向が観察されるものの、本稿の分析結果は、収益性の観点から稲作研究へのさらなる投資の必要性を示唆している。

研究開発投資は、技術知識を蓄積するための人的資本への投資活動であり、蓄積されたストックから流出するフローの移転は不可視的に行なわれる。したがって、本稿で試みたアプローチが、どの程度現実に迫れたかは、筆者自身懐疑的にならざるをえないところもある。そこで、残された課題を四点だけ述べ、本稿のまとめとしたい。まず、第1に研究開発の効果を費用通減にのみ限定したことで、米質改善等に代表されるプロセスイノベーションの経済効果を反映させることができなかった。これは質の向上を考慮したヘドニック・プライス (hedonic price) データを作成することである程度改善される問題である。第2に、他産業からの技術移転を考慮すれば、分析モデルの改善が必要となる。

技術進歩の源泉と考えられる要因をすべて抽出した上で、研究開発投資の貢献を計測することが望まれる。第3に、技術知識の公共財的性質に配慮して収益性の把握がなされるべきであった。これは技術知識の消費単位の正確な把握を必要とするが、技術の多様性、技術知識ストックの *intangible* な性格を考えると解決困難な問題である。最後に、研究費配分の効率性の検証は、稲作部門以外の研究投資収益率との比較によって可能となる。筆者は農学研究全般に投下された研究投資の内部収益率を計測中であり、機会を改めて報告する予定である。

注(1) 特に需要の価格弾力性が小さい米については、供給曲線の下方シフトによる社会的余剰の増分は、殆ど消費者余剰に吸収される。余剰分析、研究開発の社会的収益率については秋野〔40〕を参照。

〔付 記〕

費用関数の推計は、筑波大学黒田諄助教授、平岩昌彦氏（現内閣官房内閣内政審議室）の協力を仰いだ。また、当研究所の定例研究会および農経ワークショップの出席者からも有益なコメントを頂いた。記して感謝する次第である。なお本研究は、平成元年度科学技術振興調整費による重点基礎研究「先進国の穀物生産における技術進歩の要因とその影響に関する研究」の成果の一部である。

〔引 用 文 献〕

- 〔1〕 Antle, L. M. "The Structure of U. S. Agricultural Technology, 1910-1978." *American Journal of Agricultural Economics* 66 (November 1984) : 415-421.
- 〔2〕 Baltagi, B. H., and Griffin, J.M. "A General Index of Technical Change." *Journal of Political Economy* 96 (February 1988) : 20-41.
- 〔3〕 Binswanger, H. P. "The Measurement of Technical Change Biases with Many Factors of Production." *American Economic Review* 64 (December 1974) : 964-976.
- 〔4〕 Capalbo, S. M. "A Comparison of Econometric Models of U. S. Agricul-

- tural Productivity and Aggregate Technology." In S. M. Capalbo and J. M. Antle eds., *Agricultural Productivity, Measurement and Explanation*. Washington, D. C. : Resources for the Future, 1988, pp. 159-187.
- [5] Caves, D. W., Christensen, L. R., and Diewert, W. E. "Multilateral Comparisons of Output, Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers." *Economic Journal* 92 (March 1982) : 73-86.
- [6] Chambers, R. G. "Duality, the Output Effect, and Applied Comparative Statics." *American Journal of Agricultural Economics* 64 (February 1982) : 152-156.
- [7] Chambers, R. G., and Vasavada, U. "Testing Asset Fixity for U. S. Agriculture." *American Journal of Agricultural Economics* 65 (November 1983) : 761-769.
- [8] Denison, E. F. *Why Growth Rate Differ : Experience in Nine Western Countries*. Washington : Brookings Institution, 1974.
- [9] Denny, M., and Fuss, M. "A General Approach to Intertemporal and Interspatial Productivity Comparison." *Journal of Econometrics* 23 (December 1983) : 315-330.
- [10] Diewert, W. E. "Exact and Superlative Index Numbers." *Journal of Econometrics* 4 (1976) : 115-145.
- [11] Diewert, W. E. "Superlative Index Numbers and Consistency in Aggregation." *Econometrica* 46 (July 1978) : 883-990.
- [12] Evenson, R. E. "Economic Aspects of the Organization of Agricultural Research." In W. L. Fishel ed. *Resource Allocation in Agricultural Research*. Minneapolis : University of Minnesota Press, 1971, 163-182.
- [13] Evenson, R. E. "The Organization of Research to Improve Crops and Animals in Low-Income Countries." In T. W. Schultz ed. *Distortions of Agricultural Incentives*. Bloomington and London : Indian University Press, 1978, 223-258.
- [14] Evenson, R. E., and Kislev, Y. *Agricultural Research and Productivity*. New Haven and London : Yale University Press, 1975.

- [15] Feder, G., Lau, L. J., and Slade, R. H. "Does Agricultural Extension Pay? The Training and Visiting System in Northwest India." *American Journal of Agricultural Economics* 69 (August 1987) : 677-686.
- [16] Goldsmith, R. W. *The National Wealth in the U. S. in the Postwar Period.* N. B. E. R., 1962.
- [17] Griliches, Z. "Hybrid Corn : An Exploration in the Economics of Technological Change." *Econometrica* 25 (October 1957) : 501-522.
- [18] Griliches, Z. "Research Expenditures, Education, and the Aggregate Agricultural Production Function." *American Economic Review* 54 (December 1964) : 961-974.
- [19] Griliches, Z., and Mairesse, J. "Comparing Productivity Growth." *European Economic Review* 21 (March/April 1983) : 89-119.
- [20] Griliches, Z. "Research Expenditures and Growth Accounting." In Z. Griliches ed. *Technology, Education, and Productivity*. New York : Basil Blackwell Inc., 1988, 244-267.
- [21] Hayami, Y. "A Critical Note on Professor Tang's Model of Japanese Agricultural Development." *Economic Studies Quarterly* 15 (August 1965) : 47-54.
- [22] Jorgenson, D. W., and Siebert, C. D. "Optimal Capital Accumulation and Corporate Investment Behavior." *Journal of Political Economy* 76 (November 1968) : 1123-1151.
- [23] Kako, T. "The Decomposition Analysis of Derived Demand for Factor Inputs : The Case of Rice Production in Japan." *American Journal of Agricultural Economics* 60 (November 1978) : 628-635.
- [24] Kuroda, Y. "The Production Structure and Demand for Labor in Postwar Japanese Agriculture." *American Journal of Agricultural Economics* 69 (May 1987) : 328-337.
- [25] Kuroda, Y. "Estimating the Shadow Value of Farmland in Japanese Agriculture, 1958-1985." *Discussion Paper Series* No. 338, Institute of Socio-Economic Planning. The University of Tsukuba, 1988.

- [26] Lopez, R. E. "The Structure of Production and the Derived Demand for Inputs in Canadian Agriculture." *American Journal of Agricultural Economics* 62 (February 1980) : 38-45.
- [27] Mansfield, E. "R & D and Productivity Increases : Technological Change and Market Structure : An Empirical Study." *American Economic Review* 73 (May 1983) : 205-209.
- [28] Nghiep, L. T. "The Structure and Changes of Technology in Prewar Japanese Agriculture." *American Journal of Agricultural Economics* 61 (November 1979) : 687-693.
- [29] Ohta, M. "A Note on the Duality between Production and Cost Functions: Rate of Returns to Scale and Rate of Technical Progress." *Economic Studies Quarterly* 25 (December 1974) : 63-65.
- [30] Peterson, W. L. "Return to Poultry Research in the United State." *Journal of Farm Economics* 49 (August 1967) : 656-669.
- [31] Peterson, W. L. "The Returns to Investment in Agricultural Research in the United State." In W. L. Fishel ed. *Resource Allocation in Agricultural Research*. Minneapolis : University of Minnesota Press, 1971, 139-162
- [32] Piekarz, R. "R & D and Productivity Growth : Policy Studies and Issues." *American Economic Review* 73 (May 1983) : 210-214.
- [33] Runge, C.F. "Inefficiency and Structural Adjustment in American Agriculture : Who will Quit and Why?." In D. F. Hadwiger and W. P. Browne eds. *Public Policy and Agricultural Technology*. London : The Macmillan Press Ltd, 1987, 33-51.
- [34] Schultz, T. W. *Transforming Traditional Agriculture*. New Haven and London : Yale University Press, 1964.
- [35] Stranahan, H. A., and Shonkwiler, J. S. "Evaluating the Returns to Post-harvest Research in the Florida Citrus-Processing Subsector." *American Journal of Agricultural Economics* 68 (February 1986) : 88-94.
- [36] Tang, A. M. "Research and Education in Japanese Agricultural Development, 1880-1938." *Economic Studies Quarterly* 13 (February 1963) : 27-41

and 91-99.

- [37] Tweeten, L. G. "The Search for a Theory and Methodology of Research Resource Allocation." In W. L. Fishel ed. *Resource Allocation in Agricultural Research*. Minneapolis : University of Minnesota Press, 1971, 25-61.
- [38] Welch, F. "Formal Education and Distributional Effects of Agricultural Research and Extension." In W. L. Fishel ed. *Resource Allocation in Agricultural Research*. Minneapolis : University of Minnesota Press, 1971, 183-192.
- [39] 秋野正勝「試験研究、教育と農業成長」(『日本農業の成長の源泉』, 秋野正勝氏遺稿論文刊行会, 1981年), 15~56 ページ。
- [40] 秋野正勝「水稻品種改良の社会的費用と報酬」(『日本農業の成長の源泉』, 秋野正勝氏遺稿論文刊行会, 1981年), 57~114 ページ。
- [41] 荏開津典生・茂野隆一「稲作生産関数の計測と均衡要素価格」(『農業経済研究』第54巻第4号, 1983年), 167~174 ページ。
- [42] 藤田康樹『農業指導と技術革新』(農山漁村文化協会, 1987年)。
- [43] 後藤晃・本城昇・鈴木和志・滝野沢守「研究開発と技術進歩の経済分析」(『経済分析』第103号, 経済企画庁経済研究所, 1986年)。
- [44] 樋口貞三「米生産費の地域・階層構造」(加藤謙・荏開津典生編『インフレーションと日本農業』, 東京大学出版会, 1978年), 133~175 ページ。
- [45] 平岩昌彦「農業政策の農地移動に及ぼす効果の実証分析——戦後の稲作農家を対象として——」(筑波大学提出修士論文, 1989年)。
- [46] 伊藤順一「農家の投資行動」(『農業総合研究』第41巻第1号, 1987年), 55~86 ページ。
- [47] 伊藤順一「費用関数の特定化に関する考察」(『農業総合研究』第43巻第1号, 1989年), 57~83 ページ。
- [48] 伊藤元重・清野一治・奥野正寛・鈴木興太郎『産業政策の経済分析』(東京大学出版会, 1988年)。
- [49] 川越俊彦「農業発展と誘発的技術変化：日米比較, 1880—1980」(『農業総合研究』第39巻第1号, 1985年), 1~63 ページ。
- [50] 川俣茂「農業改良普及事業の展開と普及活動体制」(『農業経済研究』第49巻第3号, 1977年), 135~143 ページ。

- [51] 菊池眞夫「『緑の革命』技術の普及と評価——フィリピン・ラグナ州における稲作——」(『農業総合研究』第40巻第1号, 1986年), 43~100 ページ。
- [52] 菊池眞夫「農業試験研究投資の誘発機構」(『農業総合研究』第42巻第3号, 1988年), 1~25 ページ。
- [53] 大塚啓二郎「技術改善と技術普及」(『農業経済研究』第47巻第1号, 1975年), 14~23 ページ。
- [54] 大塚啓二郎「農業研究投資の決定因」(森島賢・秋野正勝編『農業開発の理論と実証』, 養賢堂, 1982年), 99~114 ページ。
- [55] 崎浦誠治「水稻品種改良と最近の普及パターン」(崎浦誠治編著『米の経済分析』, 農林統計協会, 1984年), 53~67 ページ。
- [56] 鈴木和志・宮川努『日本の企業投資と研究開発戦略』(東洋経済新報社, 1986年)。
- [57] 竹中平蔵『研究開発と設備投資の経済学』(東洋経済新報社, 1986年)。
- [58] 山本康貴「わが国酪農における生産性向上と地域間生産性格差の計量分析 1968—1985」(『帯大研報Ⅰ』16, 1988年), 59~70 ページ。
- [59] 若杉隆平『技術革新と研究開発の経済分析』(東洋経済新報社, 1986年)。
- [60] 若杉隆平「政府の研究開発支出——その理論分析」(『季刊現代経済』1983年), 148~163 ページ。
- [61] 渡部経彦・荏開津典生「技術進歩と経済成長 戦後日本の製造工業を中心とする一つの試論」(嘉治元郎編『経済成長と資源配分』, 1967年), 121~151 ページ。

〔要 旨〕

稲作における研究開発投資の経済性

伊 藤 順 一

経済成長に対する技術進歩の貢献を数量的に解明したソロー (R. M. Solow) の研究以降、経済学が対象としてきた技術研究は、大きく二つに分類される。一つは誘発的技術進歩仮説の検証、他方は技術進歩の源泉の解明である。技術進歩の要因を抽出することは、前者に比較して研究蓄積も乏しく実証研究の余地は十分残されている。

本稿は、技術進歩の要因を研究開発活動および改良普及事業にもとめ、その収益性の把握を課題とするが、以下の2点において過去の研究業績の深化、発展を図った。(1)技術進歩の要因を研究投資が accumulate された技術知識ストックとみなし、データの改善を図った。(2)生産関数分析に付随する、同時推計バイアスの問題を回避するため、費用関数アプローチにより技術知識の限界生産力を求める。

まず、1960年以前の稲作研究投資に関するデータが不十分であるため、国公立の研究機関において支出された研究費および改良普及事業費データを推計作業によって求めた。また、技術知識ストックは、通常のストック推計と同様に、投資の懐妊期間、陳腐化率を計算し、基準年次法により独自に推計した。推計された技術知識ストックは1970年代以降、急激に増加していることが観察されたが、簡便法によって残差として求められた技術進歩率も同時期に高い値を計測し、技術知識が技術進歩の源泉であることを確認した。

トランスログ費用関数の推定パラメータより計算される技術知識のバイアスは労働については節約的、他の生産要素に関しては使用的に作用している。また、技術知識ストックのコスト通減効果は生産量の増加にともない減少することが示された。さらにストックの限界生産力は、1970年代中頃より顕著な低下傾向をみせるものの、1969年から87年の平均で3.99を計測し、これに対応する投資の内部収益率は、5年の普及ラグを仮定すると44%となり、稲作研究への過少投資が明らかとなった。米の過剰が恒常化する状況下で、例えば多収量品種育成等の研究活動は一見矛盾するようにも思えるが、希少資源の有効利用を目的とする技術開発は、経済的には合理的な経済活動である。本稿の分析結果は収益性の観点から、稲作研究へのさらなる投資の必要性を示唆している。