

# 農業研究活動の便益費用分析

—— 水稻品種改良を事例として ——

秋 野 正 勝

- 一 はじめに
- 二 水稻品種改良の歴史的概観
- 三 社会的報酬の推定モデル
- 四 パラメターおよび資料
- 五 計測結果
- 六 わすび

## 一 はじめに

日本農業の発展過程において育種活動を中心とした農業研究活動が生産力増大に重要な貢献をなしたことはよく周知のとおりである。<sup>(1)</sup> かつて、東畑精一氏は日本農業発展の主體的担い手としてかかる研究活動が有するイノベーション創出機能の重要性を指摘した。<sup>(2)</sup>

本稿は、水稻品種改良を事例として、農業研究活動が日本農業発展過程において果たした役割を経済学的に分析せんとするものである。ここでいう経済学的分析とは、第一に研究投資の効率性、すなわち報酬率如何を吟味し、第二に投資の結果誰が利得を享受し、誰が損失をこうむるかについて分析することである。

分析方法は部分均衡論とマーシャル流の消費者余剰および生産者余剰の概念に基本的に依拠する。

分析手順は次のとおりである。先ず第二節で農業試験場における水稻品種改良を歴史的に概観する。第三節で分析のフレイム・ワークを提示し、改良品種の社会的報酬を推定するためのモデルを特定化する。第四節で推定モデルのパラメーターを確定し、第五節で社会的報酬、消費者余剰および生産者余剰の変化を計測し、その経済的含意を考察する。第六節のむすびで本稿の分析が今日の低開発国の経済開発に対してもつ含意を若干議論する。

注(1) 先にわれわれは、明治以降の農業成長に果たした農業研究普及活動の貢献を集計的生産関数の計測を通じて評価せんとした。ただし、集計的分析では概略的把握が可能であっても一層分析を深めるのには限界があり、しかも種々のアグリゲイション・バイアスを免れない。かかる集計的分析の欠陥を補うために、本稿では水稻品種改良をケース・スタディとしてアプローチせんとしたものとす(M. Akino and Y. Hayami, "Sources of Agricultural Growth in Japan, 1880-1965," *Quarterly Journal of Economics*, forthcoming)。

(2) 農業発達史調査会編『日本農業発達史』第九巻(中央公論社、一九五六年)、五六一～六〇四頁。

## 二 水稻品種改良の歴史的概観

一八九三年に国立農事試験場が開設されてから今日までの水稻品種改良の歴史的過程を概観すれば、おおよそ次の四つの期間に区分することができる。<sup>(3)</sup>

第一期(一八九三～一九〇三年)——在来品種比較時代、第二期(一九〇四～一九二五年)——純系淘汰時代、第三期(一九二六～一九四九年)——指定試験制度時代、第四期(一九五〇年以降)——戦後の育種組織時代、である。

第一期においては、未だ新品種の育成の試みはなく、もっぱら在来品種を収集し、その特性を調査するとともに収量比較をなし、各地方に適合した品種を選定することが主であった。この時期の試験場における研究活動の大部

分は栽培試験の範ちゅうに入る。塩水選、苗代薄播、正条植などの効果は試験の結果その有効性が実証され、実用化が促進された。第一期の農業試験場の主たる活動はかかる新しい栽培技術の有効性を科学的に実証し、その普及を促進した点に求められよう。

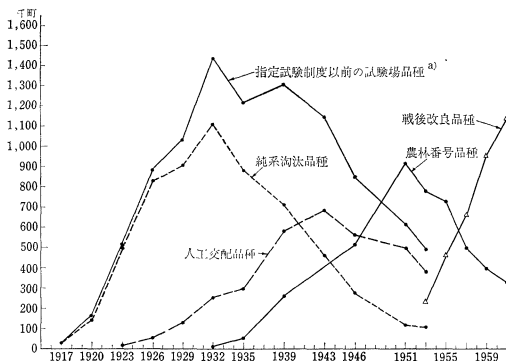
第二期において純系淘汰法および人工交配法による積極的な新品種の育成が開始されるにいたった。一九〇四年に畿内支場の加藤茂苞技師によって稲の人工交配育種が着手され、ここに近代農学にもとづく育種活動がスタートした。陸羽支場、九州支場においても一九一〇年より人工交配育種が開始された。この初期の人工交配法によって育成され広く普及した品種としては、道海神力、畿内早生二二号（改良愛国）、陸羽一三二号などがある。

しかし人工交配法による新品種の育成には高度の専門的知識と設備を要し、しかもその成果が実現するのには相当の年数（一〇〜一五年）を必要とした。当時の零細な農業研究規模の下では、この人工交配法を有効に活用することは困難であった。かくしてこの時期の育種法として支配的であったのは純系淘汰法である<sup>(4)</sup>。

純系淘汰法は在来の混系遺伝子から優秀な因子のみを純系に選出せんとするものである。それは単に在来の遺伝子の選択にすぎない。しかし当時の稲の品種は遺伝的に多くの不良因子を含む混系の状態であったから、この方法による育種はきわめて有効であった。しかもこの方法は技術的に容易でかつコストも比較的にかからない育種法であった。かくして国立農事試験場のみならず地方農事試験場においても純系淘汰法による育種活動が盛んに実施された。

一方、政府も純系淘汰育種活動の奨励に積極的であった。一九一六年に政府は米麦品種改良事業として各府県農事試験場に経費を支給して育種活動の奨励に努めた。さらに一九一八年には主要食糧農産物改良増殖事業としてそ

第1図 水稻改良品種の作付面積（試験場品種，全国）



注: a) は1935年以前に試験場で育成された純系淘汰品種および人工交配品種の作付面積である。ただし、農林番号品種は含まれていない。

の事業を一層拡大せしめた。

四

かくして第1図にあるように一九一五年以降試験場品種が在来品種に代替して急速に普及した。しかし次第に品種の純度が高まるにつれて純系淘汰法による品種改良はその有効性を失い、人工交配育種法が強く要請されるにいたった。純系淘汰品種の作付面積は一九三二年に最高水準に達し、その後人工交配品種によって置き換えられた。

第三期は一九二六年における農林省指定試験制度の確立に始まる。わが国の品種改良史において指定試験制度は重要な画期をなすものであった。この制度によって育種事業が全国的に一元化され、ローカル・ニードに適合した多くの優良人工交配品種が開発されたのである。この制度による育種組織は次のとおりである。

人工交配による新品種の育成において高度の

専門的知識と設備を要するのは、交配品種の選定、人工交配操作および雑種第二代、第三代における優良系統の選抜である。これらの育種活動は多数の研究者を擁する農林省農事試験場が実施する。

この育種研究の結果得られた優良な雑種第四代以降の系統から新品種を育成する研究作業は、各地方の指定試験地が担当する。新品種の育成にとって地方的適応性の検定が不可欠であるから、地方指定試験地は全国を八つに生態区分して設置された。<sup>(5)</sup>

かくして育成された新品種は各府県の農事試験場に配布され、そこでさらに適否試験がおこなわれ、優良品種と認められるものについて増殖普及が図られた。

このように指定試験制度は一方において研究活動の規模の経済性を活用し、他方において地方的環境に対応した分権的組織を効率的に再編成せんと意図したものであるといえよう。<sup>(6)</sup> この制度による育種組織は全額国庫負担で実施され、そこで育成された品種は「農林番号」が付された。

農林番号品種の普及は一九三〇年以降著しく、一九五一年に最高水準に達する。それ以降、戦後の新しい育種組織の下で育成された品種にとって替えられた。

第四期は戦後の育種組織の時代である。一九四七年に試験研究制度の変革がなされ、戦後の新しい育種組織が確立された。戦後の育種組織は分権的組織の拡充によって特徴づけられる。地域および県段階の試験場が、それぞれの地方に適応した育種目標をたて、独自に育種活動を実施することになった。さらに戦後の育種組織を特徴づけるものとして、特性検定試験地と系統適応性試験地が全額国庫補助事業の下で設置されたことがあげられよう。これらの組織の確立はローカル・ニードに適応した改良品種の育成を効果的に推進するうえで重要な役割を担うもので

あった。

以上きわめて概略的に試験場の品種改良を歴史的に概観した。本論文が分析対象とする期間は一九〇四～一九五〇年の育種活動に限定する。一九五〇年以降の戦後の育種活動はその成果が未だ充分に発揮しつくしていないため分析から除外した。一九〇四～一九五〇年の育種活動は第二期の純系淘汰時代と第三期の指定試験制度時代からなっている。両期間について育種活動の社会的報酬率を計算し、その経済的含意を考察しよう。

注(3) この時期区分は松尾孝嶺氏による(松尾孝嶺『水稻品種改良史上の諸問題』、農業発達史調査会資料第四二号、一九五一年)。

(4) 一九一〇年にヨハンゼンにより純系淘汰説が提唱されてから僅か五年後に、わが国においても寺尾博技師によってこの方法による品種改良が着手されたといわれる。

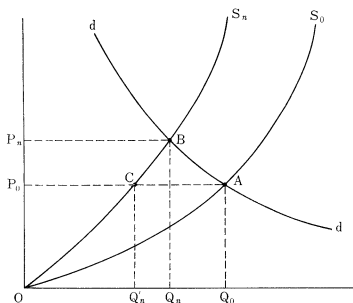
(5) 地方指定試験地は北海道、宮城、埼玉、新潟、岐阜、兵庫、島根、熊本である。

(6) 指定試験制度は育種組織として当時おそらく世界でも最も整備されたものであったと思われる。この制度のメリットは、アジアに「緑の革命」と呼ばれる巨大な農業革新をまき起こす導火線をなした「メキシコ短稈小麦」が、指定試験制度から育成された「農林一〇号」という小麦品種を母体として育成されたことから推察されよう(レスター・R・ブラウン著、逸見謙三訳『緑の革命——国際農業問題と経済開発』、農政調査委員会、一九七一年)。

### 三 社会的報酬の推定モデル

マーシャル流の経済余剰の概念に依拠すれば、改良品種の社会的報酬は改良品種の開発の結果生じた消費者余剰と生産者余剰の純変化の合計として把握することができる。<sup>(7)</sup> 先ず封鎖体系下の市場均衡を仮定して考察し、次いでより現実的な開放体系へと分析を進めることにしよう。

第2図



第2図に社会的報酬、消費者余剰および生産者余剰の変化の關係を图示する。 $d$ と $S_0$ はそれぞれ米の実際の市場需要曲線および供給曲線をあらわす。 $S_n$ は改良品種が開発されなかったと想定したときの仮想的な供給曲線である。封鎖体系下の市場均衡を想定すれば、改良品種の開発の結果として供給曲線が $S_n$ から $S_0$ へシフトし、消費者余剰は $(ABC + BP_nP_0C)$ の面積だけ増加することになる。一方、生産者余剰の変化は $(ACO - BP_nP_0C)$ の面積に相当し、社会的報酬は $(ABC + ACO)$ の面積であらわされる。

もし改良品種の開発がなされなかったとしたら、封鎖体系下の需給均衡点は $A$ から $B$ へ移行する。しかし分析期間において既にわが国は米輸入国に転化していた。とりわけ一九一八年の米騒動を契機として大量の植民地米が移入され、内地の米生産を強く圧迫したことは周知のとおりである。かかる米の輸移入を含む開放体系の下では国内の需給均衡は $A$ から $C$ へ移行するのである。これは、改良品種が開発されなかったと想定したときの国内供給の低下が米の輸移入の増加によって埋め合わせられ、かくして米価が一定水準に維持されることを意味する。

事実、明治以降一九六〇年にいたるまで米価率（一般物価でデフレートした実質米価）は趨勢的な変化はなく、ほぼ一定水準に維持されてきた。<sup>(8)</sup> 周知のとおり、米は賃金財として極めて重

要な地位を占め、米価は賃金の主要な決定因であった。<sup>(9)</sup> 明治以降の農業・食料政策は、近代産業なканずく工業の育成、発展を究極の目標として、主要な賃金財たる米の価格を一定水準に維持し、かくして賃金の上昇を抑制することに主たる狙いがあつたとみられる。

このように農業・食料政策の基本的動機が低米価↓低賃金の維持にあつたとすれば、改良品種の開発がなされなかつたと想定したときの国内供給の低下 ( $S_0 \rightarrow S_n$  への供給曲線のシフト) は輸入の増加 ( $O_n, Q_n$ ) によって埋め合わされ、米価は  $P_0$  の水準に維持されることとなろう。この場合、消費者余剰はなんら変化せず、生産者余剰のみが  $ACO$  の面積だけ低下する結果となる。ここに改良品種の社会的報酬は生産者余剰の変化 ( $ACO$  の面積) に等しい。さらに開放体系における改良品種開発の貢献として、 $ACQ_n Q_0$  の外貨節約があげられる。

### モデルの特定化

ここで改良品種の社会的報酬を計算するための基礎として単純な需給均衡モデルを提示しよう。いま、需要関数を次のようにスペシファイできるとする。

$$q = H p^{-\gamma} \dots\dots\dots (1)$$

ここに  $q$  は需要量、 $p$  は米価、 $\gamma$  は需要弾力性、 $H$  は所得などの需要シフターをあらわす。

同様に供給関数についても

$$q = G p^{\gamma} \dots\dots\dots (2)$$

とスペシファイする。 $\gamma$  は供給弾力性、供給シフターは  $G$  に含まれているものとする。さらに改良品種の開発がな

されなかったとしたときの仮想的な供給関数を次のようにスペシファイする。

$$q = (1-h)Gp^r \dots\dots\dots(3)$$

ここに  $h$  は改良品種による供給曲線のシフト率をあらわす。

競争的均衡状態において供給関数は限界費用関数に一致するから、改良品種による供給曲線のシフト率 ( $h$ ) と生産関数のシフト率 ( $k$ ) との関係は近似的に

$$h \cong (1+r)k \dots\dots\dots(4)$$

としてあらわされる。<sup>(10)</sup>

さらに需給均衡下において次のような関係が近似的に成立する。<sup>(11)</sup>

$$ABC \cong \frac{1}{2} p_0 q_0 \frac{[k(1+r)]^2}{r+\eta}$$

$$AOC \cong k p_0 q_0$$

$$BP_n P_0 C \cong \frac{p_0 q_0 k(1+r)}{r+\eta} \left[ 1 - \frac{1}{2} \frac{k(1+r)\eta}{r+\eta} - \frac{1}{2} \frac{k(1+r)}{r+\eta} \right]$$

$$ACQ_n' Q_0 \cong (1+r)k p_0 q_0$$

注(7) 経済余剰という概念はマーシャルの提唱以来理論的にも実証的にも多くの論争をまき起こしてきた。いわく、消費者余剰の概念は本質的に部分均衡論的性格を有するものであり、したがって一般均衡論的分析には不適切である。いわく、消費者余剰は貨幣の限界効用が不変の場合のみ妥当する。いわく、消費者余剰は微少的変化には妥当であるが大きな変化を伴う場合には不適切である。

しかしこれらの批判は理論的には少なくとも正しくないと思うけれども、消費者余剰の測定に際して直面する多くの克

服したい難点を示している。他の経済部門における反作用を考慮に入れる場合に生ずる多くの困難な問題や外部経済や不経済の問題があり、その適切な測定は著しく困難である。本稿の分析も部分均衡論に基本的に依拠しているから、消費者余剰の測定には種々のバイアスが存在するであらう。

しかし、それにもかかわらず、たとえば国民所得の概念と較べて消費者余剰のほうが理不尽な概念だという理由もないし、国民所得の測定が経済成長分析にとって不可欠であると同様に、消費者余剰の測定も公共投資の効果を評価せんとするときには不可避的である。少なくとも何かこの種のものによらずしてないうるとは考えられない。この点の議論については A. C. Harberger, "Three Basic Postulates for Applied Welfare Economics," *Journal of Economic Literature*, 1971, No. 3, pp. 785~797 を参照。

- (8) Yujiro Hayami, "Rice Policy in Japan's Economic Development," *American Journal of Agricultural Economics*, Feb. 1972, pp. 19~30.

- (9) 労働者の生計費に占める米の比重は一九三〇年頃まで三〇%近い値であり、その後低下したがそれが一〇%以下になったのは一九六〇年以降においてである。労働者家計に占める米のウェイトがこのように高い場合、米は賃金の動向を決定する重要な賃金財とみることができよう (Y. Hayami, "Rice Policy...", *op. cit.*)。

- (10) 競争的均衡を仮定すれば供給曲線は限界費用曲線に一致するから (2) 式と (3) 式は限界費用 ( $dc/dq$ ) のタームでそれぞれ次のようにあらわすことができる。

$$dc/dq = p = G^{-1/r} q^{1/r}$$

限界費用曲線を積分して総費用曲線を導出すれば、

$$c = \frac{r}{(1+r)} G^{-1/r} q^{(1+r)/r} \dots\dots\dots (2)'$$

$$c = \frac{r}{(1+r)} G^{-1/r} (1+h)^{-1/r} q^{(1+r)/r} \dots\dots\dots (3)'$$

ここで同一の費用の下で生産される産出量が (2) 式において  $q_0'$  (3) 式において  $q_n'$  としよう。そのとき  $q_0'$  と  $q_n'$  の関係は、 $h$  の充分小さい値に対して近似的に次のようにあらわされる。

$$(q_n/q_0) \cong 1-h/(1+r)$$

一方、 $k$  は定義により、 $k \equiv (q_0 - q_n)/q_0$  であるから、 $h$  と  $k$  の関係は近似的に

$$h \cong (1+r)k$$

とあらわされる。

(11) 第2図の  $P_0$  と  $P_n$  はそれぞれ次のようにあらわされる。

$$P_0 = (H/G)^{1/(r+\eta)}$$

$$P_n = (H/G)^{1/(r+\eta)} (1-h)^{-(r+\eta)}$$

ここに  $h$  が充分小さい値に対して、

$$(P_n - P_0) \cong P_0 h / (r + \eta) \text{ となり } (q_0 - q_n) \cong q_0 h \eta / (r + \eta) \text{ が成立する。}$$

かくして、

$$ABC \cong \frac{1}{2} P_0 q_0 k^2 / (r + \eta) \cong \frac{1}{2} P_0 q_0 [k(1+r)]^2 / (r + \eta)$$

$$AOC \equiv \int_0^{P_0} h G P^r dP = P_0 q_0 h / (1+r) \cong P_0 q_0 k$$

$$BP_n P_0 C \cong (P_n - P_0) q_0 - \frac{1}{2} (P_n - P_0) (q_0 - q_n) - ABC \cong \frac{P_0 q_0 k(1+r)}{r + \eta} \left[ 1 - \frac{1}{2} \frac{k(1+r)\eta}{r + \eta} - \frac{1}{2} \frac{k(1+r)}{r + \eta} \right]$$

#### 四 パラメーターおよび資料

左記のモデルを用いて改良品種の社会的報酬を推定するには、需要および供給の弾力性 ( $\eta$  と  $\epsilon$ )、改良品種による生産関数のシフト率 ( $k$ )、国内の米生産額 ( $q_0$ ) が確定されなければならない。さらに社会的報酬率の計算には品種改良支出のデータが必要である。

## 需要および供給の弾力性

米に対する需要の価格弾力性については大川一司氏の先駆的業績がある。<sup>(12)</sup> 大川氏の計測は一九三一～一九三九年の都市家計調査データによるものと一九二一～一九三八年の農村的府県の時系列によるものとがあり、所得階級別に多くの計測が試みられている。それによると需要の価格弾力性はマイナス〇・二をモードとして分布しており、ここでは $r$ として〇・二を採用することにしよう。

供給弾力性については戦前期間の速水佑次郎氏の計測と戦後期間の唯是康彦氏の計測がある。一八九〇～一九三七年の時系列データにもとづく速水氏の計測によれば、供給弾力性は〇・二の近傍にある。<sup>(13)</sup> 一方、一九五二～一九六二年の期間を対象とした唯是氏の計測では〇・二<sup>(14)</sup>・〇・三の値を示している。<sup>(14)</sup> ここでは $r$ として〇・二を採用しよう。

消費者余剰および生産者余剰の変化はこれら $r$ と $r'$ の値に決定的に依存する。しかし、両者の和として計られる社会的報酬はこれらのパラメーターの値に対してセンシティブではない。<sup>(15)</sup>

## 生産関数のシフト率

改良品種による生産関数のシフト率 $(\delta)$ は各改良品種の増収率をその作付率で加重平均して求めたものである。

改良品種の増収率は農事試験場の品種比較試験データを基礎として算定した。したがってそれは同一条件の下での改良品種の増収率をあらわす。

ただし、改良品種の増収率はその品種に適合した自然環境に強く規定される。したがって可能な限り地域を分割

して検討する必要がある。幸い、第二期の改良品種（一九三五年以前に試験場で育成された農林番号以外の品種）については農林省の調査結果から詳細なデータが利用可能である。<sup>(16)</sup> それには各府県農事試験場における品種比較試験の三カ年以上の平均値として改良品種と在来品種の反収差が報告されている。この各県データを一〇農区に平均化し、一三〇の改良品種について集計して、改良品種による生産関数のシフト率を推定した。 $t$ 年における生産関数のシフト率( $k_t$ )は、

$$k_t = \frac{\sum_i \sum_j k_{ij} A_{ijt}}{A_t}$$

とあらわされる。ここに $k_{ij}$ は $j$ 地域における $i$ 改良品種の増収率、 $A_{ijt}$ は $t$ 年におけるその作付面積、 $A_t$ は全国の水田作付面積である。

農林番号品種の増収率はデータの不足のため大雑把に把握せざるを得なかった。それは育成地の試験場データにもとづき、平均増収率はおおよそ六%である。<sup>(17)</sup> この増収率に農林番号の作付率を乗じて農林番号品種による生産関数のシフト率を求めた。

かくして推定した生産関数のシフト率は第1表に掲げるとおりである。指定試験制度以前（一九三五年以前に試験場において育成された農林番号以外の改良品種）、指定試験制度（農林番号品種）および両者を合計したものについてそれぞれ $k_t$ を推定した。この $k_t$ の意味はもし改良品種が開発されなかったら、水稻生産が $k_t\%$ 低下したであろうことを示すものである。ただし、これは過小評価の偏りを有していることに留意する必要がある。

$k_t$ を推定する際、われわれは生産関数の中立的シフトを仮定した。しかし一般に改良品種は耐肥性の性質を有し、肥料の増投に応じて増収率が高まる関係がある。かかる改良品種と肥料の補完性を考慮すれば、改良品種の増収効

第1表 改良品種による生産増収のシフト（水稻，全国）

（単位：％）

| 年次   | 指定試験<br>制度以前 <sup>a)</sup> | 指定試験<br>制 度 <sup>b)</sup> | 合 計 <sup>c)</sup> | 年次   | 指定試験<br>制度以前 <sup>a)</sup> | 指定試験<br>制 度 <sup>b)</sup> | 合 計 <sup>c)</sup> |
|------|----------------------------|---------------------------|-------------------|------|----------------------------|---------------------------|-------------------|
|      | $k_t$                      | $k_t$                     | $k_t$             |      | $k_t$                      | $k_t$                     | $k_t$             |
| 1915 | 0.01                       |                           | 0.01              | 1939 | 3.01                       | 0.52                      | 4.05              |
| 1916 | 0.01                       |                           | 0.01              | 1940 | 2.94                       | 0.60                      | 4.14              |
| 1917 | 0.06                       |                           | 0.06              | 1941 | 2.87                       | 0.66                      | 4.19              |
| 1918 | 0.14                       |                           | 0.14              | 1942 | 2.80                       | 0.74                      | 4.28              |
| 1919 | 0.23                       |                           | 0.23              | 1943 | 2.72                       | 0.82                      | 4.36              |
| 1920 | 0.36                       |                           | 0.36              | 1944 | 2.58                       | 0.93                      | 4.44              |
| 1921 | 0.52                       |                           | 0.52              | 1945 | 2.44                       | 1.02                      | 4.48              |
| 1922 | 0.79                       |                           | 0.79              | 1946 | 2.22                       | 1.13                      | 4.48              |
| 1923 | 1.11                       |                           | 1.11              | 1947 | 2.08                       | 1.26                      | 4.60              |
| 1924 | 1.48                       |                           | 1.48              | 1948 | 1.93                       | 1.40                      | 4.73              |
| 1925 | 1.89                       |                           | 1.89              | 1949 | 1.79                       | 1.56                      | 4.91              |
| 1926 | 1.91                       |                           | 1.91              | 1950 | 1.65                       | 1.72                      | 5.09              |
| 1927 | 1.97                       |                           | 1.97              | 1951 | 1.50                       | 1.89                      | 5.28              |
| 1928 | 2.08                       |                           | 2.08              | 1952 | 1.36                       | 1.75                      | 4.86              |
| 1929 | 2.20                       |                           | 2.20              | 1953 | 1.22                       | 1.62                      | 4.46              |
| 1930 | 2.41                       |                           | 2.41              | 1954 |                            | 1.55                      | 3.10              |
| 1931 | 2.73                       |                           | 2.73              | 1955 |                            | 1.49                      | 2.98              |
| 1932 | 3.17                       | 0.02                      | 3.21              | 1956 |                            | 1.20                      | 2.40              |
| 1933 | 2.70                       | 0.06                      | 2.82              | 1957 |                            | 0.96                      | 1.92              |
| 1934 | 2.77                       | 0.11                      | 2.99              | 1958 |                            | 0.86                      | 1.72              |
| 1935 | 2.80                       | 0.15                      | 3.10              | 1959 |                            | 0.76                      | 1.52              |
| 1936 | 2.87                       | 0.20                      | 3.27              | 1960 |                            | 0.70                      | 1.40              |
| 1937 | 2.94                       | 0.30                      | 3.54              | 1961 |                            | 0.63                      | 1.26              |
| 1938 | 2.94                       | 0.42                      | 3.78              |      |                            |                           |                   |

注. a)は1935年以前に試験場において育成された農林番号以外の改良品種(130種)からなる。その平均増収率は6.7%である。

b)は農林番号(1～37号)の平均増収率6%として計算されている。

c)は両者を集計したものである。ただし、集計にあたって農林番号の増収率(在来種に対する増収)を12%とした。b)で示される農林番号の増収は指定試験制度以前の改良品種との比較から算定したものであり、在来種との比較ではその倍の増収をあげたとみられるからである。

果はここで推定した以上に大きかったであろう。

さらに改良品種の開発が稲作の限界地拡大に及ぼした効果も著しいものがあつた。例えば、「走坊主」の育成により北海道稲作は本道中部より北見、上川北部、天北地方へ北進し、稲作北漸化の技術的ポテンシャルの創出に多大の貢献をなした。このような改良品種の外延的拡大効果を考慮するならば、改良品種の効果はさらに大きく評価されよう。ここでは改良品種の効果を増収効果のみに限定しているから、その他の効果の重要性に應じて改良品種の効果は過少に評価されているであらう。<sup>(18)</sup>

米生産額(%)は一九三四～三六年の平均米価で評価し、改良品種の社会的報酬を實質タームで表示するようにした。一九三四～三六年の期間是一般に正常な価格関係が成立していたとみなされ、各種の時系列指数の作成に際して基準年次に採用されてきた。本稿においてもこの慣行に従ふこととする。ただし、この期間において多量の植民地米の移入があり、米穀統制法による政府の米買い入れにもかかわらず、米価は相対的に低く押し下げられていた。したがってこの期間の平均米価を価格ベースとすることは、改良品種の社会的報酬を若干低く評価する偏りを生むかも知れない。

#### 品種改良に対する試験研究支出

指定試験制度以前の水稻品種改良に対する試験研究・普及活動支出は直接的には利用可能でない。ここでは次のようにして支出データの推定を試みた。

国立農事試験場と地方農事試験場の総支出のうちの程度の程度が水稻品種改良に割り当てられていたかを概算するこ

とよつて推定しようとした。一九二七年の農林省の調査において国立および地方農事試験場の米麦品種改良支出が推計されている。<sup>(19)</sup>それによると米麦品種改良支出は次のとおりである。

国立農事試験場……試験研究支出八九、九〇三円（四三％）。

地方農事試験場……試験研究支出一八七、一八五円（一〇％）、増殖普及支出六四七、一四四円（三五％）、合計八三四、三二九円（四五％）。

カッコ内のパーセントは国立および地方農事試験場の総事業費に対する米麦品種改良支出の割合である。米麦品種改良支出の割合は国立で四三％、地方で四五％を占めていた。この割合は一見著しく高くみえるけれども、当時の農事試験場の主要な研究活動が米麦品種改良に注がれていたことを想起すれば、十分に納得しうる水準であらう。<sup>(20)</sup>この一九二七年の割合が全分析期間について維持されたものと仮定して、指定試験制度以前の品種改良支出を概算した。

一方、指定試験制度は全額国庫負担で遂行され、国立関係の支出は直接利用可能である。<sup>(21)</sup>地方農事試験場の農林番号品種に対する増殖普及支出は、品種改良総支出に農林番号品種の作付率（試験場品種に対する農林番号の作付率）を乗じて推定した。

品種改良に対する試験研究・普及活動支出は第2表に示してある。各支出は一九三四～三六年価格をベースとした消費者物価指数でデフレートされている。<sup>(22)</sup>

注(12) 大川一司『食糧経済の理論と計測』（日本評論社、一九四五年）第一章九～三四頁および第四章七七～九六頁。

(13) Y. Hayami and V. W. Ruttan, "Korean Rice, Taiwan Rice, and Japanese Agricultural Stagnation: An

第2表 水稻品種改良に対する試験研究・普及活動支出（1934～36年価格）

（単位：千円）

| 年次   | 指定試験制度以前         |                  |       | 指定試験制度           |                  |   | 合 計 |     |       |
|------|------------------|------------------|-------|------------------|------------------|---|-----|-----|-------|
|      | 国立 <sup>a)</sup> | 地方 <sup>b)</sup> | 計     | 国立 <sup>c)</sup> | 地方 <sup>b)</sup> | 計 | 国立  | 地方  | 計     |
| 1904 | 135              | 330              | 465   |                  |                  |   | 135 | 330 | 465   |
| 1905 | 136              | 327              | 463   |                  |                  |   | 136 | 327 | 463   |
| 1906 | 137              | 362              | 499   |                  |                  |   | 137 | 362 | 499   |
| 1907 | 130              | 365              | 495   |                  |                  |   | 130 | 365 | 495   |
| 1908 | 162              | 445              | 607   |                  |                  |   | 162 | 445 | 607   |
| 1909 | 158              | 439              | 597   |                  |                  |   | 158 | 439 | 597   |
| 1910 | 160              | 489              | 649   |                  |                  |   | 160 | 489 | 649   |
| 1911 | 185              | 502              | 687   |                  |                  |   | 185 | 502 | 687   |
| 1912 | 142              | 465              | 607   |                  |                  |   | 142 | 465 | 607   |
| 1913 | 113              | 402              | 515   |                  |                  |   | 113 | 402 | 515   |
| 1914 | 121              | 468              | 589   |                  |                  |   | 121 | 468 | 589   |
| 1915 | 134              | 520              | 654   |                  |                  |   | 134 | 520 | 654   |
| 1916 | 142              | 541              | 683   |                  |                  |   | 142 | 541 | 683   |
| 1917 | 106              | 483              | 589   |                  |                  |   | 106 | 483 | 589   |
| 1918 | 94               | 499              | 593   |                  |                  |   | 94  | 499 | 593   |
| 1919 | 100              | 538              | 638   |                  |                  |   | 100 | 538 | 638   |
| 1920 | 98               | 657              | 755   |                  |                  |   | 98  | 657 | 755   |
| 1921 | 130              | 923              | 1,053 |                  |                  |   | 130 | 923 | 1,053 |
| 1922 | 119              | 834              | 953   |                  |                  |   | 119 | 834 | 953   |
| 1923 | 150              | 877              | 1,027 |                  |                  |   | 150 | 877 | 1,027 |

| 年次   | 指定試験制度以前             |                      |       | 指定試験制度               |                      |     | 合 計    |        |       |
|------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|----------------------|-----|--------|--------|-------|
|      | 国<br>立 <sup>a)</sup> | 地<br>方 <sup>b)</sup> | 計     | 国<br>立 <sup>c)</sup> | 地<br>方 <sup>b)</sup> | 計   | 国<br>立 | 地<br>方 | 計     |
| 1924 | 182                  | 785                  | 967   |                      |                      |     | 182    | 785    | 967   |
| 1925 | 112                  | 818                  | 930   |                      |                      |     | 112    | 818    | 930   |
| 1926 | 135                  | 1,035                | 1,170 |                      |                      |     | 135    | 1,035  | 1,170 |
| 1927 | 126                  | 1,180                | 1,306 | 97                   |                      | 97  | 223    | 1,306  | 1,529 |
| 1928 | 139                  | 1,265                | 1,404 | 83                   |                      | 83  | 222    | 1,404  | 1,626 |
| 1929 | 147                  | 1,140                | 1,287 | 87                   |                      | 87  | 234    | 1,287  | 1,521 |
| 1930 | 163                  | 1,297                | 1,460 | 94                   |                      | 94  | 257    | 1,460  | 1,717 |
| 1931 | 175                  | 1,350                | 1,525 | 98                   |                      | 98  | 273    | 1,525  | 1,798 |
| 1932 | 320                  | 1,450                | 1,770 | 86                   | 11                   | 97  | 406    | 1,781  | 2,187 |
| 1933 | 243                  | 1,456                | 1,699 | 79                   | 29                   | 108 | 322    | 1,728  | 2,050 |
| 1934 | 252                  | 1,454                | 1,706 | 70                   | 58                   | 128 | 322    | 1,764  | 2,086 |
| 1935 | 261                  | 1,536                | 1,797 | 65                   | 86                   | 151 | 326    | 1,883  | 2,209 |
| 1936 |                      | 1,323                | 1,323 | 58                   | 116                  | 174 | 58     | 1,439  | 1,497 |
| 1937 |                      | 1,257                | 1,257 | 49                   | 166                  | 215 | 49     | 1,423  | 1,472 |
| 1938 |                      | 1,150                | 1,150 | 44                   | 198                  | 242 | 44     | 1,348  | 1,392 |
| 1939 |                      | 1,075                | 1,075 | 36                   | 205                  | 241 | 36     | 1,280  | 1,316 |
| 1940 |                      | 791                  | 791   | 32                   | 192                  | 224 | 32     | 983    | 1,015 |
| 1941 |                      | 690                  | 690   | 32                   | 193                  | 225 | 32     | 883    | 915   |
| 1942 |                      | 593                  | 593   | 30                   | 187                  | 217 | 30     | 780    | 810   |
| 1943 |                      | 500                  | 500   | 41                   | 178                  | 219 | 41     | 678    | 719   |
| 1944 |                      | 401                  | 401   | 37                   | 167                  | 204 | 37     | 568    | 605   |
| 1945 |                      | 265                  | 265   | 25                   | 131                  | 156 | 25     | 396    | 421   |

|      |  |     |     |  |     |     |       |       |       |
|------|--|-----|-----|--|-----|-----|-------|-------|-------|
| 1946 |  | 186 | 186 |  | 108 | 108 |       | 294   | 294   |
| 1947 |  | 268 | 268 |  | 194 | 194 |       | 462   | 462   |
| 1948 |  | 337 | 337 |  | 298 | 298 |       | 635   | 635   |
| 1949 |  | 394 | 394 |  | 417 | 417 |       | 811   | 811   |
| 1950 |  | 382 | 382 |  | 479 | 479 |       | 861   | 861   |
| 1951 |  | 409 | 409 |  | 624 | 624 | 1,038 | 1,038 | 1,038 |
| 1952 |  | 424 | 424 |  | 652 | 652 | 1,076 | 1,076 | 1,076 |
| 1953 |  | 427 | 427 |  | 665 | 665 | 1,112 | 1,112 | 1,112 |
| 1954 |  |     |     |  | 729 | 729 | 729   | 729   | 729   |
| 1955 |  |     |     |  | 642 | 642 | 642   | 642   | 642   |
| 1956 |  |     |     |  | 588 | 588 | 588   | 588   | 588   |
| 1957 |  |     |     |  | 527 | 527 | 527   | 527   | 527   |
| 1958 |  |     |     |  | 505 | 505 | 505   | 505   | 505   |
| 1959 |  |     |     |  | 480 | 480 | 480   | 480   | 480   |
| 1960 |  |     |     |  | 419 | 419 | 419   | 419   | 419   |
| 1961 |  |     |     |  | 403 | 403 | 403   | 403   | 403   |

注. 水稲品種改良に対する試験研究・普及活動支出は国立および地方農事試験場総支出のうちそれぞれ43%, 45%を占めると仮定して計算したものである.

a) 国立農事試験場支出は、農林大臣官房総務課『農林行政史』第2巻、381頁と412頁による.

b) 地方農事試験場支出は、1938年以前については『農林省統計表』道府県創設費予算による. それ以降は、原政司・河辺直夫『農業試験研究費の分析』（『農業技術』第4巻第10号）、全国農業試験場長会『都道府県、農業関係試験場概況』（1959年）、農林水産技術会議『都道府県、農林関係、試験研究機関の概況——資金と人員——』（1963年）による. ただし、支出データが得られない年次については比例的に変化したと想定して推定した.

c) 指定試験制度の国立関係支出は、農業改良局『指定試験事業に関する参考資料』（1963年）による.

Economic Consequence of Colonialism," *Quarterly Journal of Economics*, Nov. 1970.

- (14) 唯是康彦「農業生産における価格反応」(『農業総合研究』第一九卷第一号)。

- (15)  $(ABC+AOC)$ で測られる社会的報酬は $k$ が小さい限り $\gamma$ と $\gamma'$ の値に対して殆ど変化しない。後述するように $k$ は〇・〇五より小さい。いま、いくつかの $\gamma$ と $\gamma'$ の値に対して  $(ABC+AOC)/k \cdot p_{q_0}$  を計算すれば、次のようである。ただし、 $k$ を〇・〇五とする。

$$\gamma = 0.2: \gamma = 0, 1.18, \gamma = 0.2, 1.09, \gamma = \infty, 1.0 \quad \gamma = 0.2: \gamma = 0, 1.12, \gamma = \infty, 0.99$$

したがって、社会的報酬は $\gamma$ と $\gamma'$ の値に対して変化してもせいぜい一〇%内にすぎない。

- (16) 農林省農務局『道府県に於ける米麦品種改良事業成績概要』(一九二六年)、『道府県に於ける主要食糧農産物品種改良事業の成績並に計画概要』(一九三五年)。

- (17) 農林省農業改良局『水稻品種の変遷と育成品種の特性並に普及状況の概要』(一九五三年)によれば、二三の代表的農林番号品種の平均増収率は六・六%である。

- (18) 一般に改良品種は在来品種に比して多収性、良質性、安定性、適期適作性などのいくつかの優れた特性を有している。例えば「農林一号」が一九三〇年代に北陸一帯に急速に普及したのは、収量性が高いというだけでなく極早熟で良質米であったためである。北陸地方は秋期多雨湿潤のため米質が軟弱で、しかも植民地米との競合で強く圧迫されていたから、優良な早生品種の要望が強い地帯であった。この要望にこたえたのが「農林一号」であった。「農林一号」の極早熟で良質性という特性を改良品種の効果として量的に評価せんとする試みは、農業技術協会『水稻農林一号育成の効果確認方法に関する研究』(一九五五年)においてなされている。しかし本分析では資料上の制約のため多収性以外の特性を捨象せざるをえなかった。

- (19) 織田武市「本邦に於ける米麦品種改良事業の大綱」(『大日本農会報』一九二九年一月)。

- (20) ただし、麦類品種改良支出が含まれているから若干過大評価になっている。

- (21) 農林省農業改良局『指定試験事業に関する参考資料』(一九五三年)。

- (22) 消費者物価指数は大川一司他『物価』(長期経済統計第八巻、東洋経済新報社、一九六七年)、一三五頁。

## 五 計 測 結 果

育種活動の社会的報酬、消費者余剰および生産者余剰の変化を計算した結果は、指定試験制度以前、指定試験制度、両者を合計したものについてそれぞれ第3表、第4表および第5表に掲げてあるとおりである。

先ず、改良品種の利得が消費者と生産者にいかに配分されるかについて考察しよう。

### 社会的報酬の配分

封鎖体系の計測結果で注目すべきは、改良品種の社会的報酬がすべて消費者余剰の増大として実現し、生産者余剰はかえって減少してしまうことである。これは米に対する需要が非弾力的なためである。もし需要の価格弾力性が十分に弾力的であるならば、改良品種の利得の多くは生産者に帰属するであろう。また、需要が非弾力的である場合でも、もし生産者が市場支配力と技術を独占する力を持つならば、非弾力的な需要を利用して自らの所得を高めることが可能であろう。しかし農業は多数の零細な生産者からなる競争的構造によって特徴づけられるから、かかる可能性は殆ど存在しない。

農産物需要の非弾力性とともに農業の競争的構造が、新技術創出の利得をすべて消費者に帰属せしめる。それにもかかわらず市場支配力も技術を独占する力も持たない小農民は、消費者余剰の増大と引きかえに自らの所得を低下させながらも、所得の増大、均衡をもとめて新技術を採用せんとする。まさにコクレンのいう永遠の踏車 (Treadmill) を小農民は踏みつづけなければならない。<sup>(23)</sup>

第3表 指定試験制度以前の改良品種の社会的報酬(1934~36年価格) (単位: 百万円)

| 年次   | 封鎖体系            |                 |                      | 開放体系         |                           |
|------|-----------------|-----------------|----------------------|--------------|---------------------------|
|      | 生産者余剰の変化<br>(1) | 消費者余剰の変化<br>(2) | 社会的報酬<br>(3)=(1)+(2) | 社会的報酬<br>(4) | 外貨節約 <sup>a)</sup><br>(5) |
| 1915 | — 0.30          | 0.45            | 0.15                 | 0.15         | 0.18                      |
| 1916 | — 0.32          | 0.48            | 0.16                 | 0.16         | 0.19                      |
| 1917 | — 1.80          | 2.70            | 0.90                 | 0.90         | 1.08                      |
| 1918 | — 4.20          | 6.30            | 2.11                 | 2.10         | 2.52                      |
| 1919 | — 7.68          | 11.52           | 3.85                 | 3.84         | 4.60                      |
| 1920 | — 12.74         | 18.75           | 6.28                 | 6.25         | 7.50                      |
| 1921 | — 15.69         | 23.64           | 7.95                 | 7.88         | 9.54                      |
| 1922 | — 26.21         | 39.51           | 13.30                | 13.17        | 15.80                     |
| 1923 | — 33.49         | 50.73           | 17.24                | 16.91        | 20.29                     |
| 1924 | — 45.90         | 69.75           | 23.85                | 23.25        | 27.90                     |
| 1925 | — 60.97         | 93.03           | 32.06                | 31.01        | 37.21                     |
| 1926 | — 57.37         | 87.54           | 30.17                | 29.18        | 35.01                     |
| 1927 | — 66.07         | 100.86          | 34.79                | 33.62        | 40.34                     |
| 1928 | — 67.65         | 103.38          | 35.73                | 34.46        | 41.35                     |
| 1929 | — 70.68         | 108.12          | 37.44                | 36.04        | 43.24                     |
| 1930 | — 86.68         | 132.87          | 46.19                | 44.29        | 53.14                     |
| 1931 | — 80.80         | 124.23          | 43.43                | 41.41        | 49.69                     |
| 1932 | —102.25         | 157.86          | 55.61                | 52.62        | 63.14                     |
| 1933 | —102.56         | 157.62          | 55.06                | 52.54        | 63.04                     |
| 1934 | — 77.01         | 118.41          | 41.40                | 39.47        | 47.36                     |
| 1935 | — 86.21         | 132.63          | 46.42                | 44.21        | 53.05                     |
| 1936 | —103.53         | 159.35          | 55.82                | 53.12        | 63.74                     |
| 1937 | —104.33         | 160.67          | 56.43                | 53.56        | 64.27                     |
| 1938 | —103.65         | 159.62          | 55.97                | 53.21        | 63.85                     |
| 1939 | —110.97         | 171.07          | 60.10                | 57.03        | 68.43                     |
| 1940 | — 95.79         | 147.52          | 51.73                | 49.18        | 59.01                     |
| 1941 | — 84.69         | 130.35          | 45.66                | 43.45        | 52.14                     |
| 1942 | —100.18         | 154.12          | 53.94                | 51.38        | 61.65                     |
| 1943 | — 91.07         | 139.95          | 48.88                | 46.65        | 55.98                     |
| 1944 | — 81.11         | 124.52          | 43.41                | 41.51        | 49.81                     |
| 1945 | — 78.69         | 120.62          | 41.93                | 40.21        | 48.25                     |
| 1946 | — 73.44         | 112.35          | 38.91                | 37.54        | 44.94                     |
| 1947 | — 65.79         | 100.55          | 34.76                | 33.52        | 40.22                     |
| 1948 | — 69.27         | 105.70          | 36.43                | 35.24        | 42.28                     |
| 1949 | — 52.91         | 80.62           | 27.71                | 26.88        | 32.25                     |
| 1950 | — 57.49         | 87.50           | 30.01                | 29.17        | 35.00                     |
| 1951 | — 48.99         | 74.50           | 25.51                | 24.84        | 29.80                     |
| 1952 | — 48.84         | 74.15           | 25.31                | 24.72        | 29.66                     |
| 1953 | — 36.42         | 55.20           | 18.78                | 18.40        | 22.08                     |

注. a) 1945年以前は植民地への所得移転をあらわし, それ以降外貨節約を意味する.

$$(1) = (AOC - BP_n P_0 C) \cong \frac{p_0 q_0 k(1+r)}{r+\eta} \left[ \frac{\eta-1}{r+1} + \frac{k(1+r)}{2} \left( 1 + \frac{\eta}{r+\eta} \right) \right]$$

$$(2) = (ABC + BP_n P_0 C) \cong \frac{p_0 q_0 k(1+r)}{r+\eta} \left[ 1 - \frac{k\eta(1+r)}{2(r+\eta)} \right]$$

$$(3) = (AOC + ABC) \cong p_0 q_0 k \left[ 1 + \frac{k(1+r)^2}{2(r+\eta)} \right]$$

$$(4) = AOC \cong p_0 q_0 k$$

$$(5) = ACQ_n' Q_0 \cong (1+r) k p_0 q_0$$

第4表 指定試験制度の改良品種の社会的報酬 (1934~36年価格) (単位: 百万円)

| 年次   | 封鎖体系                |                     |                      | 開放体系         |                           |
|------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------|---------------------------|
|      | 生産者余剰<br>の変化<br>(1) | 消費者余剰<br>の変化<br>(2) | 社会的報酬<br>(3)=(1)+(2) | 社会的報酬<br>(4) | 外貨節約 <sup>a)</sup><br>(5) |
| 1932 | - 0.66              | 0.99                | 0.33                 | 0.33         | 0.39                      |
| 1933 | - 2.32              | 3.48                | 1.16                 | 1.16         | 1.39                      |
| 1934 | - 3.12              | 4.68                | 1.56                 | 1.56         | 1.87                      |
| 1935 | - 4.72              | 7.08                | 2.36                 | 2.36         | 2.83                      |
| 1936 | - 7.40              | 11.10               | 3.71                 | 3.70         | 4.44                      |
| 1937 | -10.90              | 16.38               | 5.48                 | 5.46         | 6.55                      |
| 1938 | -15.15              | 22.80               | 7.65                 | 7.60         | 9.12                      |
| 1939 | -19.61              | 29.55               | 9.94                 | 9.85         | 11.82                     |
| 1940 | -19.96              | 30.09               | 10.13                | 10.03        | 12.03                     |
| 1941 | -19.86              | 29.94               | 10.08                | 9.98         | 11.97                     |
| 1942 | -26.97              | 40.71               | 13.74                | 13.57        | 16.28                     |
| 1943 | -28.13              | 42.48               | 14.35                | 14.16        | 16.99                     |
| 1944 | -29.69              | 44.88               | 15.19                | 14.96        | 17.95                     |
| 1945 | -33.30              | 50.40               | 17.10                | 16.80        | 20.16                     |
| 1946 | -37.74              | 57.18               | 19.44                | 19.06        | 22.87                     |
| 1947 | -40.18              | 60.93               | 20.75                | 20.31        | 24.37                     |
| 1948 | -50.49              | 76.68               | 26.19                | 25.56        | 30.67                     |
| 1949 | -47.81              | 72.72               | 24.91                | 24.24        | 29.08                     |
| 1950 | -59.86              | 91.20               | 31.34                | 30.40        | 36.48                     |
| 1951 | -61.52              | 93.87               | 32.35                | 31.29        | 37.54                     |
| 1952 | -62.64              | 95.43               | 32.79                | 31.81        | 38.17                     |
| 1953 | -48.18              | 73.32               | 25.14                | 24.44        | 29.32                     |
| 1954 | -51.04              | 77.64               | 26.60                | 25.88        | 31.05                     |
| 1955 | -66.73              | 101.40              | 34.67                | 33.80        | 40.56                     |
| 1956 | -47.42              | 71.88               | 24.46                | 23.96        | 28.75                     |
| 1957 | -39.98              | 60.48               | 20.50                | 20.16        | 24.19                     |
| 1958 | -37.64              | 56.88               | 19.24                | 18.96        | 22.75                     |
| 1959 | -34.58              | 52.20               | 17.62                | 17.40        | 20.88                     |
| 1960 | -32.79              | 49.47               | 16.68                | 16.49        | 19.78                     |
| 1961 | -28.51              | 42.99               | 14.33                | 14.33        | 17.19                     |

注. 第3表に同じ.

第5表 総改良品種の社会的報酬 (1934~36年価格) (単位: 百万円)

| 年次   | 封鎖体系            |                 |                      | 開放体系         |                           |
|------|-----------------|-----------------|----------------------|--------------|---------------------------|
|      | 生産者余剰の変化<br>(1) | 消費者余剰の変化<br>(2) | 社会的報酬<br>(3)=(1)+(2) | 社会的報酬<br>(4) | 外貨節約 <sup>a)</sup><br>(5) |
| 1915 | - 0.30          | 0.45            | 0.15                 | 0.15         | 0.18                      |
| 1916 | - 0.32          | 0.48            | 0.16                 | 0.16         | 0.19                      |
| 1917 | - 1.80          | 2.70            | 0.90                 | 0.90         | 1.08                      |
| 1918 | - 4.20          | 6.30            | 2.11                 | 2.10         | 2.52                      |
| 1919 | - 7.68          | 11.52           | 3.85                 | 3.84         | 4.60                      |
| 1920 | - 12.47         | 18.75           | 6.28                 | 6.25         | 7.50                      |
| 1921 | - 15.69         | 23.64           | 9.75                 | 7.88         | 9.45                      |
| 1922 | - 26.21         | 39.51           | 13.30                | 13.17        | 15.80                     |
| 1923 | - 33.49         | 50.73           | 17.24                | 16.91        | 20.29                     |
| 1924 | - 45.90         | 69.75           | 23.85                | 23.25        | 27.90                     |
| 1925 | - 60.97         | 93.03           | 32.06                | 31.01        | 37.21                     |
| 1926 | - 57.37         | 87.54           | 30.17                | 29.18        | 35.01                     |
| 1927 | - 66.07         | 100.86          | 34.79                | 33.62        | 40.34                     |
| 1928 | - 67.65         | 103.38          | 35.73                | 34.46        | 41.35                     |
| 1929 | - 70.68         | 108.12          | 37.44                | 36.04        | 43.24                     |
| 1930 | - 86.68         | 132.87          | 46.19                | 44.29        | 53.14                     |
| 1931 | - 80.80         | 124.23          | 43.43                | 41.41        | 49.69                     |
| 1932 | -103.57         | 159.84          | 56.27                | 52.89        | 63.47                     |
| 1933 | -107.20         | 164.58          | 57.38                | 54.51        | 65.41                     |
| 1934 | - 83.25         | 127.77          | 44.52                | 42.29        | 50.75                     |
| 1935 | - 95.65         | 146.79          | 51.14                | 48.58        | 58.30                     |
| 1936 | -118.33         | 181.55          | 63.22                | 60.06        | 72.07                     |
| 1937 | -126.13         | 193.43          | 67.30                | 63.26        | 75.91                     |
| 1938 | -133.95         | 205.22          | 71.27                | 66.99        | 80.39                     |
| 1939 | -150.19         | 230.17          | 79.98                | 74.38        | 89.26                     |
| 1940 | -135.71         | 207.70          | 71.99                | 66.95        | 80.34                     |
| 1941 | -124.41         | 190.23          | 65.82                | 61.21        | 73.45                     |
| 1942 | -154.12         | 235.63          | 81.51                | 75.80        | 90.96                     |
| 1943 | -147.33         | 224.91          | 77.58                | 72.15        | 86.58                     |
| 1944 | -140.49         | 214.28          | 73.79                | 68.62        | 82.34                     |
| 1945 | -145.29         | 221.42          | 76.13                | 70.80        | 84.96                     |
| 1946 | -148.92         | 226.71          | 77.79                | 72.34        | 86.81                     |
| 1947 | -146.15         | 222.41          | 76.26                | 70.92        | 85.10                     |
| 1948 | -170.25         | 259.06          | 88.81                | 82.59        | 99.11                     |
| 1949 | -148.53         | 226.06          | 77.53                | 71.33        | 85.60                     |
| 1950 | -177.21         | 269.90          | 92.69                | 85.27        | 102.32                    |
| 1951 | -172.03         | 262.24          | 90.21                | 82.99        | 99.59                     |
| 1952 | -174.12         | 265.01          | 90.89                | 83.62        | 100.34                    |
| 1953 | -132.78         | 201.84          | 69.06                | 64.23        | 77.08                     |
| 1954 | -102.08         | 155.28          | 53.20                | 50.54        | 60.65                     |
| 1955 | -133.46         | 202.80          | 69.34                | 65.87        | 79.04                     |
| 1956 | - 94.84         | 143.76          | 48.92                | 46.47        | 55.76                     |
| 1957 | - 79.96         | 120.96          | 41.00                | 39.36        | 47.23                     |
| 1958 | - 75.28         | 113.76          | 38.48                | 36.94        | 44.33                     |
| 1959 | - 69.16         | 104.40          | 35.24                | 33.83        | 40.60                     |
| 1960 | - 65.58         | 98.94           | 33.36                | 32.03        | 38.44                     |
| 1961 | - 57.02         | 85.98           | 28.96                | 27.80        | 33.36                     |

注: 第3表に同じ。

しかし開放体系の下では事態は異なる。既述のように農業・食料政策の基本的動機が低米価→低賃金の維持にある、一定の米価水準の確保こそが政策の眼目であったと想定すれば、改良品種の利得はすべて生産者余剰の増大として実現し、消費者余剰はなんら変化しないこととなる。たとえ改良品種の開発がなされず、したがって国内の米供給が低下したとしても、それに見合った米の輸入の増加が政策的に実施され、米価が一定水準に維持されたと想定されるからである。

開放体系において改良品種の開発は単に生産者余剰の増大をもたらすのみでなく、外貨の節約(第2図のACQ'Q。に相当する)に対しても重要な貢献をなした。ただし、一九二〇年代および一九三〇年代は多量の植民地米の移入により国際収支を悪化させることなく、なおかつ米価の上昇を防ぎ低賃金を維持することが可能であった時期である。この場合、ACQ'Q。の面積部分は外貨節約ではなく、単に内地農民から植民地への所得移転を意味するにすぎない。

改良品種の開発が外貨節約に対して重要な貢献をなしたのは、戦後においてである。一九四五～六一年の米輸入量は年平均三三七万石、一九三四～三六年価格で評価すれば九五〇〇万円に相当する。一方、第5表に示すように改良品種による外貨節約は同一期間に年平均七二〇〇万円と推定される。<sup>(24)</sup>

したがってもし改良品種が開発されなかったとしたら、米輸入をおおよそ倍増させなければならなかったであろう。かかる多量の米輸入の増加は国際収支の悪化を惹き起こし、戦後の日本経済の復興に対して強い阻害要因となったであろうことは想像に難くない。

## 社会的報酬率

第3表、第4表および第5表の報酬と第2表の支出から、育種活動の社会的報酬率を算定しよう。ただし、第4節でふれたように改良品種の報酬は過小評価、支出は過大評価の偏りを有しているから、ここでの社会的報酬率は下限の値を示すものである。

報酬率は一般に二つの方法、すなわち外的報酬率と内的報酬率とから計算することができる。外的報酬率( $r_e$ )は次のように定義される。

$$r_e = 100(P + F)/C$$

ここに $i$ は外的利子率、 $P$ は過去の報酬の蓄積額、 $F$ は将来の純報酬の流れ、 $C$ は過去の支出の蓄積額をあらわす。外的報酬率( $r_e$ )は一定の研究投資がある特定時点まで100%の報酬を生み、それ以降 $r_e$ %の報酬を生むことを意味する。

この外的報酬率は容易に便益—費用比率に変換しうる。便益—費用比率は  $B/C = (P + F/i)/C$  であるから、 $B/C = r_e/100 \cdot i$  の関係がある。したがって外的報酬率の概念は便益—費用比率と基本的に同じであり、単に表現を異にするものにすぎない。

ここで問題なのは外的利子率あるいは割引率( $i$ )として何を用いるべきかである。公共投資基準に関する議論の多くはこの点をめぐって展開されてきたが、未だ意見の一致をみていない<sup>(25)</sup>。ここでは暫定的に外的利子率として10%を用いることにする。

一方、内的報酬率は支出の現在価値と報酬の現在価値を等しくするような割引率と定義される。

すなわち、

$$\sum_{t=0}^T (R_t - C_t) / (1+r)^t = 0$$

を満たす  $r$  を決定することによって求められる。ただし内的報酬率 ( $r$ ) は報酬と支出の流れ  $(R_t - C_t)$  の時間的経路によっては多数の解をもちうる。ユニークな正の解をもつ必要かつ十分条件は、すべての  $k=1, 2, \dots, n-1$  に対して  $\sum_{t=0}^{t+k} (R_t - C_t) / (1+r)^t > 0$  が成立し、かつ  $k > n$  に対しては  $\sum_{t=0}^{t+k} (R_t - C_t) / (1+r)^t \geq 0$  となるような  $n$  (ただし  $n \wedge T$ ) が存在することである。<sup>(26)</sup> 改良品種の報酬と支出の時間的経路はこの条件を満たしている。内的報酬率 ( $r$ ) は一定の研究投資が全期間にわたって年々 100% の報酬を生むことを意味する。

この二つの報酬率は報酬と支出の時間的流れが異なるときには著しく異なった値を示すであろう。特に研究投資は懷妊期間が長いから内的報酬率は外的報酬率より低くなる傾向がある。

改良品種の社会的報酬率の計算結果は第6表に示すとおりである。指定試験制度以前、指定試験制度および両者を合計したものについてそれぞれ二つのケースの社会的報酬率を算定した。

指定試験制度以前・ケースA：一九三五年における改良品種の純報酬がそれ以降も永久に維持されると仮定する。  
ケースB：一九五三年以降の純報酬が零であると仮定する。

指定試験制度・ケースA：一九五一年の純報酬がそれ以降も永久に維持されると仮定する。ケースB：一九六一年以降の純報酬が零であると仮定する。

合計・ケースA：一九五一年の純報酬がそれ以降も永久に維持されると仮定する。ケースB：一九六一年以降の

純報酬が零であると仮定する。

ケースAは育種活動によって蓄積された知識や経験が新たな改良品種の出現以降も永久に利用されつづけると想定している。一九三五年と一九五一年はそれぞれの改良品種の社会的報酬が頂点に達した時期である。一方、ケースBは改良品種の生産価値が新品種の出現により消失してしまうと想定している。

第6表から明らかなように、社会的報酬率は封鎖体系の下でも開放体系の下でも、殆ど異ならない。さらにケースAとケースBの間にも差がない。改良品種全体の報酬率は内的報酬率で二五%、外的報酬率で一〇〇%である。これはアメリカにおける家禽試験研究に関するベターソンの分析結果に一致している(第7表参照)。一方、指定試験制度の報酬率は著しく高く、内的報酬率で七五%、外的報酬率で三五〇~五五〇%にのぼる。これはグリリケスの交雑種トウモロコシ・ソルガムの推定値に匹敵する。

以上本稿の推定結果のみならず利用可能な証拠から判断すれば、組織的な農業試験研究活動は収益性の高い投資活動であり、かかる活動に対する資源配分は社会的にみて最適以下の水準にあると推論することができよう。しかしかなる場合においてもそうだというわけではない。農業試験研究活動への投資が高い収益性を生み出すには、効率的な試験研究組織が確立されていなければならないであろう。<sup>(27)</sup>

この点で指定試験制度の報酬率がそれ以前と比較して高いという事実発見は注目し値する。これに対する有力な説明因は指定試験制度による育種組織の改革にもとめられうるように思われる。

純系淘汰時代においては未だ科学的育種活動の規模が小さく、なかならず中央と地方の協力体制が整備されていなかった。かくして国立農事試験場が独立に育成した新品種は往々にして地方的適応性に欠け、その普及は限定さ

第6表 改良品種の社会的報酬率 (1934~36年価格)

(単位: 百万円)

| (I) 指定試験制度以前       | 封鎖体系                 |                      | 開放体系                 |                      |
|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                    | year A<br>(1935年ベース) | year B<br>(1953年ベース) | year A<br>(1951年ベース) | year B<br>(1953年ベース) |
| 外的報酬率              |                      |                      |                      |                      |
| (1) 過去の報酬の蓄積       | 985.88               | 7,660.95             | 952.52               | 7,392.64             |
| (2) 過去の報酬の流れ       | 98.58                | 766.09               | 95.25                | 739.64               |
| (3) 将来の純報酬の流れ      | 44.63                | 0                    | 42.41                | 0                    |
| (4) 総報酬の流れ (2)+(3) | 143.21               | 766.09               | 137.66               | 739.26               |
| (5) 過去の支出の蓄積       | 123.39               | 783.47               | 123.39               | 783.47               |
| (6) 報酬率 100(4)/(5) | 116 %                | 98 %                 | 112 %                | 94 %                 |
| 便益-費用比率 (6)/10     | 11.6                 | 9.8                  | 11.2                 | 9.4                  |
| 内的報酬率              | 27 %                 | 25 %                 | 26 %                 | 25 %                 |
| (II) 指定試験制度        | year A<br>(1951年ベース) | year B<br>(1961年ベース) | year A<br>(1951年ベース) | year B<br>(1961年ベース) |
| 外的報酬率              |                      |                      |                      |                      |
| (1) 過去の報酬の蓄積       | 487.98               | 1,639.77             | 480.11               | 1,610.65             |
| (2) 過去の報酬の流れ       | 48.79                | 163.97               | 48.01                | 161.06               |
| (3) 将来の純報酬の流れ      | 31.73                | 0                    | 30.67                | 0                    |
| (4) 総報酬の流れ (2)+(3) | 80.52                | 163.97               | 78.68                | 161.06               |
| (5) 過去の支出の蓄積       | 14.51                | 46.78                | 14.51                | 46.78                |
| (6) 報酬率 100(4)/(5) | 554 %                | 350 %                | 542 %                | 344 %                |
| 便益-費用比率 (6)/10     | 55.4                 | 35.0                 | 54.2                 | 34.4                 |
| 内的報酬率              | 75 %                 | 73 %                 | 75 %                 | 73 %                 |
| (III) 合計           | year A<br>(1951年ベース) | year B<br>(1961年ベース) | year A<br>(1951年ベース) | year B<br>(1961年ベース) |
| 外的報酬率              |                      |                      |                      |                      |
| (1) 過去の報酬の蓄積       | 8,074.01             | 21,957.16            | 7,831.79             | 21,298.45            |
| (2) 過去の報酬の流れ       | 807.40               | 2,195.71             | 783.17               | 2,129.84             |
| (3) 将来の純報酬の流れ      | 89.18                | 0                    | 81.96                | 0                    |
| (4) 総報酬の流れ (2)+(3) | 896.58               | 2,195.71             | 865.13               | 2,129.84             |
| (5) 過去の支出の蓄積       | 740.61               | 5,719.67             | 740.61               | 5,719.67             |
| (6) 報酬率 100(4)/(5) | 121 %                | 38 %                 | 117 %                | 37 %                 |
| 便益-費用比率 (6)/10     | 12.1                 | 3.8                  | 11.7                 | 3.7                  |
| 内的報酬率              | 27 %                 | 27 %                 | 26 %                 | 26 %                 |

第7表 農業試験研究投資の社会的報酬率の推定値

(単位: %)

|                                                    | 年 報 酬 率 |       | 便益—費用<br>比 率 |
|----------------------------------------------------|---------|-------|--------------|
|                                                    | 内的報酬率   | 外的報酬率 |              |
| ア メ リ カ                                            |         |       |              |
| 1. 農 業 全 体                                         |         |       |              |
| (i) 農業研究・普及活動 <sup>a)</sup> ,<br>1949, 1954, 1960年 | 53      |       |              |
| (ii) 農業研究・普及活動 <sup>b)</sup> , 1938~63年            | 48      |       |              |
| 2. 特 定 農 産 物                                       |         |       |              |
| (iii) 交雑種トウモロコシ <sup>c)</sup> , 1955年              | 37      | 690   | 69           |
| (iv) 交雑種ソルガム <sup>c)</sup> , 1957年                 |         | 360   | 36           |
| (v) 家禽試験研究 <sup>d)</sup> , 1960年                   | 21      | 140   | 14           |
| メ キ シ コ                                            |         |       |              |
| 1. 農 業 全 体                                         |         |       |              |
| (vi) 農業研究・普及活動 <sup>e)</sup> , 1943~63年            |         | 290   | 29           |
| 2. 特 定 農 産 物                                       |         |       |              |
| (vii) 小麦の試験研究 <sup>e)</sup> , 1943~63年             |         | 750   | 75           |
| (viii) とうもろこしの試験研究 <sup>e)</sup> ,<br>1943~63年     |         | 300   | 30           |
| ブ ラ ジ ル                                            |         |       |              |
| (ix) 綿花の試験研究 <sup>f)</sup> , 1966年                 | 89      |       |              |
| 日 本                                                |         |       |              |
| (x) 農業全体の試験研究・普及活動 <sup>g)</sup> ,<br>1930~35年     | 54      |       |              |

- 注. a) Zvi Griliches, "Research Expenditures, Education and the Aggregate Agricultural Production Function," *Am. Econ. Rev.*, Dec. 1964.  
 b) Robert E. Evenson, *The Contribution of Agricultural Research and Extension to Agricultural Production*, (Ph. D. dissertation, Univ. of Chicago) 1968.  
 c) Zvi Griliches, "Research Costs and Social Returns: Hybrid Corn and Related Innovations," *Jour. of Political Economy*, Oct. 1958.  
 d) W.L. Peterson, "Return to Poultry Research in the United States," *Jour. of Farm Economics*, Aug. 1967.  
 e) L. Ardito Barletta, *Costs and Social Returns of Agricultural Research in Mexico*, (Ph. D. dissertation, Univ. of Chicago) 1967.  
 f) Harry W. Ayer and G. Edward Schuh, "Social Rates of Return and Other Aspects of Agricultural Research: The Case of Cotton Research in São Paulo, Brazil," *Am. Jour. Agr. Econ.*, Nov. 1972.  
 g) 秋野正勝「試験研究, 教育と農業成長」(『農業総合研究』第27巻第1号, 1973年1月).

れざるを得なかった。指定試験制度による育種組織の改革は、一方において研究活動の規模の経済性を活用し、他方において地方的環境に対応した分権的組織を効率的に再編成せんと意図したものであり、この改革によって中央と地方の協力体制が確立された。かかる組織的イノベーションが伴われなかったならば、研究投資の効率性の向上はありえなかったであろう。

注(23) W. W. Cochran, *Farm Prices: Myth and Reality*, Univ. of Minnesota Press, 1958.

(24) 外貨節約はブルノー・クルージャー流の方法にしたがって国際価格で評価し、さらに育種活動に要する外貨部分を控除するのが適切であろう。しかし、米の国内価格と国際価格の乖離は一九六〇年までは一〇%の範囲内にあったし、育種活動が必要とする外貨は無視しうる程度にすぎないから、この方法によっても結果は殆ど変化しない (Bruno, M., "The Optimal Selection of Export-Promoting and Import-Substituting Projects," in United States, *Planning the External Sector: Techniques, Problems and Policies*, ST/TAO/SERC/91, New York, 1967. Krueger, A. O., "Some Economic Costs of Exchange Control: The Turkish Case," *Journal of Political Economy*, Oct. 1966, pp. 466~480)。

(25) 割引率として何を採用すべきかについて二つの立場がある。一つは市場利子率を提唱するボーメルやミッシェンの見解である。一方、ピグーやマージリンは社会的割引率を用いるべきであると主張する。前者の考えは基本的に機会費用の概念を基礎としている。すなわち、公共投資は民間消費ないし民間投資の犠牲によって可能であるから、その基準は公共投資が民間で使用されるよりも高い収益性を生み出すかどうかに依存してなされるべきであり、その判定としては市場利子率が適切であるとする。

後者は不確実性や外部性の存在により市場機構のみによって最適資源配分を達成することはできないと考える。かくして不確実性や外部性を考慮に入れた社会的割引率を提唱する。

筆者は後者の考えを支持するが、しかし社会的割引率がどのレベルかについては適格に判断しえない。恐らく私的投資の収益性より低くであろうと推測しうるのみである (W. J. Baumol, "On the Social Rate of Discount," *American Economic Review*, Sept. 1968. Stephen A. Marglin, *Public Investment Criteria*, The M. I. T. Press,

Cambridge, 1967)。

- (26) C. S. Soper, "The Marginal Efficiency of Capital: A Further Note," *Economic Journal*, March 1959, pp. 174 ~ 177.

- (27) 1967年11月27日(28) T. W. Schultz, "The Allocation of Resources to Research," in W. L. Fishel ed., *Resource Allocation in Agricultural Research*, Minneapolis, Univ. of Minnesota Press, 1971, pp. 90 ~ 120。

## 六　　む　　す　　び

以上の分析は今日の低開発国の経済開発にどのような含意を有するであろう。

封鎖体系の分析はわが国の場合非現実的であるけれども、台湾のような食料自給国には妥当であろう。T・H・リーの研究によれば、台湾の経済発展過程において多大の資源が農業生産性上昇による交易条件の低下を通じて農業から非農業へ移転されたことが指摘されている。<sup>(28)</sup> 農業試験研究活動は農業から非農業への資源移転を促進する有効な手段として活用することができるであろう。これはタイのような食料輸出国についても程度の差はあれ妥当しよう。

一方、開放体系のわが国の経験はインドのような食料輸入国に密接な関連を有している。技術進歩による国内供給曲線の右方シフトは食料輸入に代替することによって生産者の所得を維持し、かつ外貨節約を可能ならしめる。とりわけ、経済発展の初期段階において食料は重要な資金財の機能を果たすから、国内食料供給の増大は賃金上昇を抑制し、かつ外貨を節約することによって経済発展に重大な貢献をなすであろう。

本稿の分析のみならずグリリクス等のアメリカ農業に関する研究から判断すれば、組織的な試験研究活動に対する投資は収益性が高く、食料供給増大の安価な源泉であることを示している。さらにブラジルの綿花やメキシコの小麦に関する分析結果から推論すれば、低開発国にとっては一層研究投資の収益性が高く、生産力増大の多大なポテンシャルが存在するであろう。しかしこのポテンシャルを十分に発現するには、効率的な試験研究組織の確立が伴わなくてはならないと考える<sup>(29)</sup>。

効率的な農業試験研究組織の確立には一方において研究活動の規模の経済性を活用し、他方においてローカル・ニードに適応した農業技術を有効に開発しうるような分権的組織の整備・拡充を必要とする。この点でわが国の指定試験制度の輝かしい成果は注目に値しよう。

注(28) T. H. Lee, *Intersectional Capital Flows in the Economic Development of Taiwan, 1895~1960*, Ithaca: Cornell University Press, 1971.

(29) 低開発国における効率的な農業試験研究組織の設立に関する議論はヤースマンとワグネルの若干考察を参照せよ(A. H. Moseman, *Building Agricultural Research Systems in the Developing Nations*, New York, Agricultural Development Council, 1970)。

(研究員)