

農業技術の進歩・伝播と異質的生産関数

—— 戦前の日本、台湾、朝鮮のケース ——

田 中 拓 男

はじめに

I 農業生産・技術の発展プロセス

1. 仮説——農業技術の国際的伝播
2. 各段階別成長率の比較
3. 農業発展パターン——3カ国の総合

II モデル——異質的生産関数

1. 生産関数と技術進歩
2. 灌漑、肥料、農機具の土壌改善効果
3. 教育の労働力の質的向上に与える効果

III 計測結果

1. 技術進歩率の比較
2. 灌漑効果
3. 肥料の効果
4. 農機具の効果
5. 教育の効果

結論

はじめに

アジアの経済開発には農業生産力の増強が緊急の重要な課題になっているが、生産を発展させるために、生産構造、特に生産の技術的な側面を明らかにしなければならない。近年、アジア農業生産に関する定性的な調査はかなり進められているが、近代経済学的な手法による新しい計量分析はまだほとんど未開拓である。そこには、複雑な社会的、経済的、工学的なもろもろのメカニズムが相互に作用しあって、定量的なモデルの展開がむずかしく、また、計量分析のフレームワークに適応するに足る資料もかなり未整備の状態であるからである。われわれは、このような困難な状況の

なかで、なお計量的手法がどのようにアジアの農業生産構造の解明に導入され、そこに働いているメカニズムをどの程度明らかにしうるかを追求しているが、前稿「アジア農業の生産構造と異質的生産関数——タイ、フィリピン、マラヤのケース——」(『アジア経済』、1967年11月号)につづいて、本稿では日本、台湾、朝鮮農業の発展プロセスを、戦前について時系列にとりあげることにした。戦後に関しては、つづく別稿で議論される予定である。極東アジアの生産力は、アジアではもっとも高い。こうした高い生産が達成された発展プロセスをみることによって、農業技術の進歩・伝播がどのような要因によって達成されるかという問題に対して、一つの解が得られるであろう。そして現在の遅れたアジア地域の農業開発政策にとって一つの指針となりうるかもしれない。ただ、歴史の実証のためには、資料が必ずしも満足すべきものでなく、朝鮮については、まず推計作業から始めなければならなかった。

まずはじめに、3カ国の農業生産および土地生産性の発展プロセスをたどり、農業技術の国内的伝播の一つの延長として、国際的な技術伝播、すなわち、技術の水平的な発展プロセスを明らかにする。3カ国ともに各時期の成長率を比較して、停滞→離陸 (take-off)→鈍化→停滞→再出発のサイクルを検証し、3カ国を総合することによって、国際的な技術伝播を契機とした広い地域での発展

パターンが示される。この地域の高い成長は、蓄積された技術の伝播という側面から説明されるであろう。

以上の歴史的概観のうえに立って技術進歩・伝播の内容——どのような技術が伝播し、どのような要因によって促進されたか——をより厳密に明らかにするため、各段階別に種々の異質的生産関数を設定し、計量分析を行なう。まず技術進歩率の大きさに関し、3カ国の発展期において非常に共通した値を計測する。次に、この技術進歩をもたらした要因を(土地および労働に対する)質的改善という働きのメカニズムに立ち入って計量的に検証し、灌漑・肥料の土地増加的(land-augmenting)効果、教育の労働増加的(labour-augmenting)効果を明らかにする。けっきょく、技術伝播の内容はまず灌漑施設の拡充による土地の質的改善、肥料増投とそれに伴う品種改良の伝播であり、一般教育の普及による労働の質的向上が技術の伝播進歩をおおいに促進させた結論される。

アジア農業に関する巨視的生産関数は、普通時系列では、なかなか意味のある結果が得られないが、このように質的改善という側面を導入することによって、かなり興味のある生産関数が計測され、また、それぞれの効果に関するシミュレーションをくり返すことによって、教育と肥料とがどのように生産の発展に寄与できるかを同時に検討することも可能になる。

本稿のような新しい方法には、まだ、いっそう吟味しなければならない問題がいくつか残されているが、一つの大胆な試みとして、今後の展開の基礎となるであろう。

なお、紙面の制約で、弾力性の変化という形で技術進歩は省略されているが、計測結果によると、発展段階によって計測期間を区分したため、

各期間についての弾力性の変化が有意に出ていない。

I 農業生産・技術の発展プロセス

1. 仮説——農業技術の国際的伝播

はじめに、日本、朝鮮および台湾における長期間の農業生産発展のプロセスを跡づけ、農業技術の発展および伝播のパターンを段階別に論証していこう。明治末期より、日本の植民地統治に伴って、3カ国の農業発展は相互に密接な関係に結びつけられたが、各国の長期的な波動、特に停滞から発展へのtake-offプロセスは、農業技術の国際的な伝播、すなわちより遅れた地域への新技術の導入という側面から検討されねばならない重要な問題になってくる。

本来、農業技術の進歩は新しい技術の開発、導入という側面と、技術の普及、伝播という二つの側面においてみられるが、農業経営単位が非常に多数で、かつ広範囲にわたって位置しているので、工業などに比較して、技術の普及、空間的な広がりという側面が無視できなくなる。そして、新しい技術の空間的な拡散に伴って地域間の競争条件が異なってくる結果、それぞれの地域における農業生産の発展が相互に影響されてくる。たとえば、ある地域における成長速度のスピードアップに伴って、他の地域における成長がスローダウンするという現象がみられる。技術の国際的な伝播という側面からの分析を導入することによって、日本農業における停滞—成長—停滞—成長のくりかえしという長期的な発展プロセスや、台湾および朝鮮などの遅れた地域における農業生産のtake-off現象も、より統一的にとらえることができよう。

以下、われわれはまず農業技術の地理的な伝播

を説明する仮説を検討し、その仮説に基づいて3カ国の生産投入のクロノロジーをえがき、農業の発展パターンを推論してゆこう。

ところで、日本国内における技術プールの創出とその技術の伝播に関して、速水・山田氏は次のような興味のある仮説を提唱している^(註1)。すなわち、初期成長の局面は近代化の端緒において蓄積されていた老農技術の発展・普及の過程で、1920年以降の停滞局面は、在来的技術のポテンシャルが使い尽された結果である。技術の進歩は技術の集積と拡散の繰り返しであり、日本の技術進歩の波動も、蓄積された技術の普及、その出尽し、新しい技術の蓄積、拡散というタームで説明されうると。

われわれは、この速水・山田仮説を拡張して国際的な技術伝播という現象について次のような仮説を考えよう。速水仮説によると、日本国内の技術プールが西方から徐々に東進してきたが、さらにそのプールが国内で出尽したとき、その延長として植民地の台湾、さらに朝鮮に国内の技術プールが外延的に伝播していった^(註2)。この段階では日本国内で徐々に農業技術の改善（たとえば、深耕や耐肥性の強い新品種「旭」への品種改良など）の努力がみられたが、まだ新しい技術プールがほとんど形成されておらず、したがって、必要な食料を達成するために国内での生産増強という内包的発展よりも、新しい地域に技術伝播の前線を形成するという外延的発展に向かった。日本国内での西方から東方への技術伝播プロセスが、政府の植民地統治によって海外植民地——まず台湾に、つづいて朝鮮に——にまで進んでいった。その結果、この時期では、政府の積極的な増産計画を背景に、日本人の農業技術者がつぎつぎと植民地に入植していった。「農業科学者や技術者は1901~44年の

間には圧倒的に日本人であった」^(註3)。

しかしながら、台湾国内で技術伝播が進行し、技術プールが出尽してくると、日本の場合と同じように発展のスピードが徐々に低下し、次の新しい技術プールの創設をまたなければならなくなる。ところで、伝播される技術は、基本的には同じようなタイプのものである。一般的に考えられるこの期の新しい農業技術は、耐肥性の強い品種改良を軸として、大量の肥料投入を伴った労働集約的な技術である。こうしたタイプの農業技術が伝播される地域においては、基本的にきわめて類似した自然および経済環境が成立していなければならない。モンスーン地域にはいる極東では稲作が圧倒的に重要であり、かつ、労働供給が非常に豊富で、家族労働を中心に小規模な農業経営が支配的になっている。この点で、国際的な技術伝播が国内での伝播と同じようにスムーズに行なわれる条件が整っていた（このことは、後に生産係数の比較によっていっそう検討される）。

また、技術伝播をスムーズにした一つの大きな契機として、植民地政府による農村の教育活動があげられよう。植民地統治として一般教育体系を整備し、労働力の質的改善を通じて新しい技術導入の土壌を形成した。さらに、日本国内の普及プロセスでは、種子交換会、農談会を通じて老農が果たしてきた役割は、植民地政府の研究普及事業への積極的な投資によって果たされた。たとえば朝鮮では「農林学校は……その卒業者は昭和十一年迄に一千百人をこえ、……その約五割は官吏或は教育者となって、……全鮮各地に散在(し)……農民啓発の効果は筆紙に述べ尽し得ない……。」^(註4)と報告されている。

このように、農業技術の伝播が基本的に同じような自然・社会・経済環境のもとで、教育活動を

介して海外にまで拡散したが、同時に、日本への低廉な米の輸入となつてはねかえり、日本の停滞が顕著になって現われてきた。

2. 各段階別成長率の比較

日本、台湾および朝鮮における農業発展を日本農業技術の国際的伝播という側面から統一的に理解しようとするわれわれの仮説は、事実によって検討されなければならない。そのために3カ国の生産、および技術進歩の1指標としての土地生産性の成長率を、長期データにもとづいて詳細に比較検討してゆこう。明らかになった事実をもとに、技術の内包的および外延的発展を含む農業生産の発展パターンがまとめられる。

(1) 農業生産の成長率

まずはじめに、各国の農業生産の動きを、指数および各期間の3カ年平均値の成長率によってみると、次の諸点が明らかになる。

(イ) 朝鮮、台湾とも、日本の植民統治直後はゆるやかな速度で生産が拡大していた。各期間の成長率をみると、まず台湾では1906~20年までの成長率は2%で、特に1910年代は1.5%にすぎない。しかし、1921~40年にはいると、2倍以上の4.21%という高い成長率に達している。1915、16年ごろ、一時的に成長率が高まったが、1921年から明らかに成長率の上方屈折がみられ、31年ごろまで持続的に高い成長率が維持される。すなわち、台湾農業の take-off は1921年からはじまったと考えられる。しかし、30年代にはいると、徐々に年々の変動が大きくなり、成長率が低下していく。すなわち、1921~35年の成長率4.53%に対して1936~38年は3.25% (1932~38年では3.41%) である。

朝鮮では農業生産でみると、1914~21年の間に2.02%、1914~26年でみると1.83%と1920年までの台湾とほぼ同じペースで生産が拡大している

(農産物生産は、やや高い成長率で1914~20年では2.8%、1914~26年では2.2%)。さらに、1926年以降になると、異常な生産の減少により、成長率がマイナスになり、その結果(30年代にはいって)、回復期に成長率が急上昇する。もし、この異常な後退を徐くと、1930年代の平均成長率は、台湾の1921~40年の成長率と全く同じ水準の4.3%にも達しており、朝鮮では、10余年のラグの後に上方屈折がみられ、take-off 期にはいったと考えられる。

(ロ) 戦後の動きをみると、まず台湾では、回復期の成長率は、1951~57年で実に6.33%にも達しており、急速に戦前の水準に回復してきたことがわかる。しかし、1958~62年では、わずか3.44%に半減し、1938~40年と同じように急上昇の後の鈍化現象がみられる。しかし、最近ではふたたび5~6%という高い成長率を示している。韓国では、1951~57年間では3%にも達しないが、その後、徐々に成長率が高くなり、1960年代にはいると、1930年代(take-off 期)の成長率に回復し、4.5%という高い水準に達している。

(ハ) 日本の生産の動きをみると、1890年代後半から take-off 期にはいり、急速に上昇をつづけていたが、1920年代にはいると、上昇率が低下し、いわゆる踊り場現象がみられる。日本の成長率は長期的に台湾、朝鮮に比較してそれほど高くなることはなく、1881~96年では1.1%、特に1888~96年では-0.02%と後退している。しかし、1897~1915年では2.28%、特に1910~15年では2.87% (1911~15年で3.5%) と最高に達している。その後、低下傾向が続き、20年代には0.03%、特に前半では-0.7%と後退している。その後も1%以下の低い成長率しかあげられず、35年以降になってようやく2.39%に回復している。

(2) 土地当たり生産性

生産の絶対水準は、規模の変化によって動くので、必ずしも技術の変化を十分に示していない。そこで、次に土地当たりの生産性の変化をとりあげ、農業技術の変化をたどってみよう。ところで、土地生産性をみる場合、耕地面積当たりの生産性が望ましいが、その場合には、当然投入される労働量が多毛作化の程度によって異なってくる。純粹に技術的に考えて、一定の面積で一收穫期にどの程度の収量が得られるかを技術進歩の指標に考えるならば、作付面積当たりの生産性をとるべきであろう。

われわれは参考のために二つの生産性指標をとって比較したが、台湾は1920年ごろまでは多毛作化が後退しているために、耕地面積当たりの生産性の低下現象がみられる。この場合、明らかに技術の後退と考えることはむずかしく、未耕地が耕地化した結果生じた現象なので、その意味では一種の農業生産の発展と考えられる。

1920年以降については、朝鮮でも少しずつ多毛作化が進んでいる。ただ、日本は耕地面積当たりの生産性しかわからない。日本で裏作が奨励されるようになったのは1920年以降と思われる^(註5)。

(二) さて、生産性の動きは各時期の技術進歩の様相をより明瞭に浮かび上がらせている。台湾は1920年ごろまで、土地生産性はほとんど同一水準に停滞していた。1906~20年の成長率は、わずか0.6%、10年代には0.35%と、技術進歩がほとんどみられなかった。ところが、1921年以降のtake-off期にはいると、1921~40年で2.5%と大きな格差が生まれ、この期に急速に技術進歩が生じたことを明瞭に示している。しかし、20年代前半には4.0%ときわめて高い成長率であるのに対し、1936~40年では1.6%と鈍化し、技術の水準が高くなるにつれて技術進歩のテンポも遅くなることを示し

ている。

朝鮮では、一時的な生産性上昇後、自然条件に影響されて年々の変動が大きい。1915年ごろからのきわめてゆるやかな上昇傾向も1930年前後に大幅に低下し、この後退からの回復によってようやく生産性の上昇がみえはじめている。1914~26年の成長率はわずか0.06%、台湾1906~10年と同じく全く停滞している。1924年からさらにマイナスに転じ、1930年代にはいって5~6%という異常に高い成長を達成している。前と同じように、生産の異常な後退期を除くと、全期間で1.16%の成長率に対し、1930年代は台湾の1921~40年の成長率と全く同じ平均2.5%で、明らかに大きな格差がみられ、朝鮮でもこの時期に技術進歩が生じたことがうかがえる。

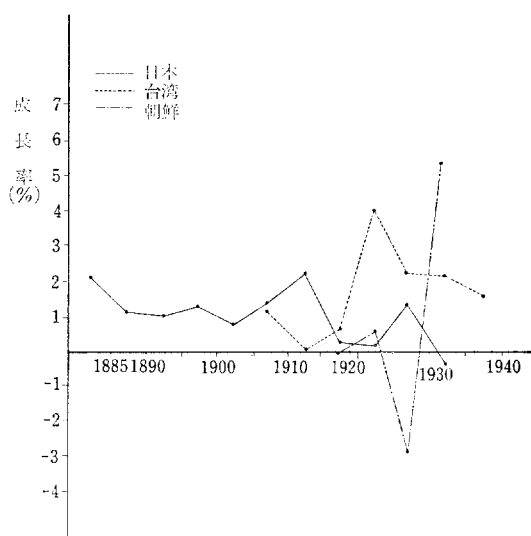
(三) 日本の生産性の動きをみると、明治の初期におけるレベルアップ現象後、かなり大幅な変動を繰り返した後、1895年頃までは停滞した。それ以降、初めのうちはなお大幅に変動しながらも上昇に転じ、1916、17年頃まではかなり急速な上昇プロセスをたどる。その後、1920年の前後10年間は、停滞ないし後退がみられ、1927、28年頃からようやく、ふたたびゆるやかな上昇軌道にのっているが、1930年代にはなお大幅な変動をくりかえす。成長率でみると、1885~95年では1.4%、特に1888~96年では-0.26%と後退している。1897~1915年では1.7%とより高くなり、特に1911~15年では2.22%にも達している。それ以降は、1916~38年でわずか0.35% (1921~38年で0.38%) と停滞し、1935~39年によりよく2.1%に回復している。

(四) 戦後の台湾の動きをみると、回復期では急激に上昇し続けるが、1960年前後になると、1920~40年間にみられた長期的上昇率に近づき、やや停滞傾向がみえる。最近では、ふたたび高い上昇傾

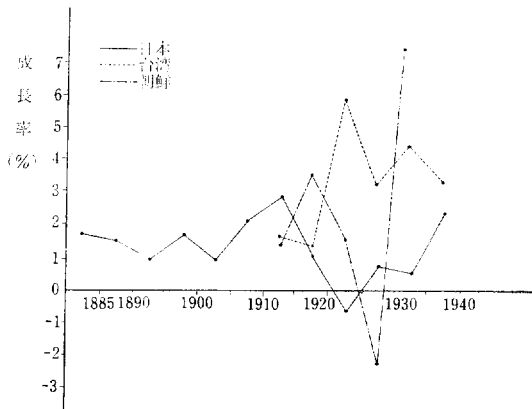
向を示しているが、短期的な現象かどうかは、さらに今後数年の動きをみなければならぬであろう。

(b) 朝鮮全体については、戦後の様相がつかめないの、韓国に限ってみると、戦後の回復が朝鮮戦争によって中断された後、1957年頃から急に回復し、1960年にはいると、一時的に後退しても高い成長率をあげるようになってきている。成長率でみると、戦後全体として2.2%、1956年以降では2.7%で1930年代の成長率をやや上回り、台湾の

第1図 農業生産成長率（5カ年平均）



第2図 土地生産性成長率（5カ年平均）



最も急速な技術進歩期の水準（1921～35年の2.8%）に近づく。

以上、生産性の成長率で各時期の特徴をまとめると第1、2表のようになる。以下、各国に関する成長のサイクルを技術の国際的伝播という仮説にしたがって総合的にまとめておこう。

3. 農業発展パターン——3カ国の総合

明治初期より蓄積されていた農業技術（老農技術）が、生産性の上昇となって本格的にあらわれはじめたのは、1890年代後半からであった。それまでは伝統的農業技術のもとに、自然条件に左右されやすく、年々大きな変動を繰り返していたが、徐々に変動よりも上昇傾向が強くなり、特に1900年代には、急速な成長となってあらわれた。しかし、1910年代後半には、徐々に成長も鈍化して、1920年代には全く停滞期にはいった。この時点で日本国内での技術プールが出尽くされ、植民地台湾で技術進歩が始まり take-off 期にはいった。台湾でも伝統的農業では、やはり自然条件によって年々大幅な変動を繰り返していたが、21年以降、積極的な植民地政策によって、農業開発がいっそう促進された。1930年代にはいると、台湾でも生産性の上昇速度が徐々に鈍化し、他方、朝鮮では台湾の20年代と同じ急激な上昇となって take-off 期にはいった。この上昇期の成長率は、技術開発国日本の成長よりもいずれも高く、技術導入によって約2倍の速度で技術進歩を達成することができることを示している。しかし、国内の技術伝播が進むにつれて成長のスピードが落ちてくる。そのとき、日本のように新しい技術プールが創設されていない場合には、農業技術の進歩が停滞してしまう。しかし、日本では困難な時期にその打開策として徐々に農業技術の改善プールの創出の努力が払われ、1930年代にはようやく不況から抜け出

して緩慢な上昇プロセスにはいった。この時期の農業技術の発展は、「旭」などのような多肥料の品種や「深耕」の導入などであるが、この段階では、あくまでも基本的には日本の伝統的な農業技術の改良にすぎず、小規模単位による家族労働に依存する農業が維持された結果、当然、そこには限界があった。この限界を破るには、農業生産構造の基本的な変革（土地改良や農地改革など）と近代的な知識にもとづく資本使用的技術進歩が必要であり、戦後の再スタートまで待たなければならなかった。戦後は戦災による低い生産から出発したが、すでに各国内に蓄積された技術プールによって、より容易に、より急速に、より高い生産性水準に回復させることができた。しかし、回復期の急上昇の後には戦前の take-off 期とほぼ同じ生産性の上昇が続いたが、これは、一部には農機具の利用など新しい技術プールが創設され、徐々に出てきていることによると考えられるが、さらに台湾では土地改革など制度面の改善に負うところも大きい。すなわち、戦前のプールは、アジア的な家族的農法を基礎にした小作制度では、もはやよりいっそうの発展が不可能になっており、制度的な改革が刺激になって技術の導入発展をよりいっそう促進させたのである。さらに、技術プールそのものでなく、技術発展の前条件として農業労働に体化された教育効果が戦前から蓄積されていたが、これが戦後の発展を支えていたと思われる。

以上、日本の技術が国際的に拡散していくことによって、極東地域の農業生産の増加が維持されていったが、各国の停滞—成長—鈍化のサイクルも、技術伝播というメカニズムによって相互に有機的に結びつけられていた。

(注1) 速水佑次郎, 山田三郎「農業技術の進歩」

(篠原, 藤野編『日本の経済成長』, 日本経済新聞社, 1967年, 第9章)。

(注2) 「日本の農業発展の経験と比較して、台湾の発展の経験は、日本において知られなかった、あるいは、用いられなかったような新しい方法をほとんど示していない。」Yhi-min Ho, *Agricultural Development of Taiwan 1903-1960* (Vanderbilt University Press, 1966), p. 122.

(注3) Yhi-min Ho, p. 104.

(注4) 小早川九郎『朝鮮農業発達史』(東京友邦協会, 1960)。

(注5) 沢田取二郎「日本農業における革新」(W・W・ロックウッド編, 大来佐武郎監訳『日本経済近代化の百年』, 日本経済新聞社, 昭和41年, 第3章)。

II モデル——異質的生産関数

1. 生産関数と技術進歩——neutral case

前章では、生産の成長率と土地生産性の上昇率によって各段階における農業生産および技術変化を議論してきた。土地生産性は one-factor productivity を示すものであり、以下では諸投入要素と区別された技術の進歩を生産関数によって計測してゆこう。

農業における巨視的な生産関数は一般的に次のようにあらわされる。

$$Y(t) = Y(A(t), L(t), K(t), F(t), T(t))$$

Y は生産, A は土地, L は労働, K は固定資本, F は経常財, T は技術, t は時間を示す。この生産関数は t において、要素 A, L, K, F の投入によって技術水準 T のもとで Y が生産されることを示しているが、各要素と生産との関係を知るためには、さらに、より具体的に関数型を specify しなければならない。

われわれは前稿のモデルにならって、次のようなコブ・ダグラス型の生産関数を用いて議論を展開してゆこう。

$$Y(t) = C(A(t))^{\alpha}(L(t))^{\beta}(K(t))^{\gamma}(F(t))e^{\theta t} \dots \dots \textcircled{1}$$

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ は、それぞれ土地、労働、資本、経常財の生産弾力性、 σ は技術進歩率、 C は定数項である。

各弾力性の和が1、すなわち、

$$\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1$$

ならば、規模に関し収穫不変であり、土地生産性 $Y(t)$ は、

$$Y(t) = C \left(\frac{L(t)}{A(t)} \right)^\beta \left(\frac{K(t)}{A(t)} \right)^\gamma \left(\frac{F(t)}{A(t)} \right)^\delta E^{\sigma(t)}$$

のようにあらわされる。この式に含まれる土地当たりの生産、および各要素の大きさを小文字で示すと、

$$Y(t) = C(l(t))^\beta (k(t))^\gamma (f(t))^\delta E^{\sigma(t)} \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

①、②式について両方の対数を取り、時間に関して微分すると、それぞれ成長率 G であらわされる。

$$G_Y(t) = \alpha G_A(t) + \beta G_L(t) + \gamma G_K(t) + \delta G_F(t) + \sigma(t) \dots \textcircled{3}$$

$$G_A^Y(t) = \beta G_A^L(t) + \gamma G_A^K(t) + \delta G_A^F(t) + \sigma(t) \dots \dots \textcircled{4}$$

$$(G_Y(t) = \frac{dY(t)}{dt} / Y(t), \quad G_A^Y(t) = \frac{d(G_A^Y(t))}{dt} / G_A^Y(t),$$

$$G_A(t) = \frac{dA(t)}{dt} / A(t)$$

前章で考察した生産および土地生産性の成長率は、とりもなおさず③および④式の左辺に当たる大きさ G_Y, G_A^Y であり、右辺をみることによってそれらは各要素（あるいは土地当たり要素）の成長率を生産弾力性で加重した和と技術進歩率とに分けられることが明らかになる。かくて技術進歩率 $\sigma(t)$ は

$$\sigma(t) = G_Y(t) - (\alpha G_A(t) + \beta G_L(t) + \gamma G_K(t) + \delta G_F(t))$$

$$\sigma(t) = G_A^Y(t) - (\beta G_A^L(t) + \gamma G_A^K(t) + \delta G_A^F(t))$$

すなわち、前章ですでにみた成長率から各要素の生産貢献部分を除いた値として技術進歩の大きさがとらえられる。このような技術進歩はヒックス流の中立的技術進歩と呼ばれるものであり、農業では経営能率の改善や品種改良を通じてみられる効率の上昇を示している。

ところで、もし生産弾力性が一定の大きさと与えられているとすると、毎期の生産（あるいは土地当たりの生産）および要素の成長率から残差として中立的な技術進歩の大きさ $\sigma(t)$ が推計されるが、必ずしも每期同じ大きさになる必要がない。しかしながら、生産弾力性を生産関数で推計すると、同時に σ も推定され、標本に含まれる一定期間中の平均的な技術進歩率しか明らかにならない。したがって、長期的な生産関数による技術進歩率の計測に当たっては、期間を意味のあるように適切に区分することが必要になるが、発展段階別に異なった生産関数を設定することによって、この難点はある程度回避することができよう。

2. 灌漑、肥料、農機具の土壌改善効果——Land augmenting case

技術の進歩は必ずしもヒックス流の中立的なもののばかりではない。農業の技術進歩は土地の質的改善という土地増加的な技術進歩もあれば、労働の質的改善という労働増加的な技術進歩も考えられる。いま、土地増加的な技術進歩がある場合、土地の質的水準を示す指標を $T_A(t)$ とすると、生産関数では次のようにあらわされる。

$$Y(t) = Y\{T_A(t)A(t), L(t), K(t)\}$$

したがって、コブ・ダグラス・タイプで展開すると、

$$G_Y - (\alpha G_A + \beta G_L + \gamma G_K) = \alpha A(0) \frac{\dot{T}_A(t)}{T_A(t)} \dots \textcircled{4}$$

すなわち、生産物から各要素の生産貢献分を除いた部分が、片寄った技術進歩による生産貢献分であるが、土地増加的な技術進歩率に初期点での土地の生産貢献分 $(\alpha A(0))$ をウエイトした値になる。

ところで、土地の質的改善というタイプの技術進歩には、具体的にどのようなものがあるかを検討しなければならないが、この問題は、前稿で発

展段階別に詳細にモデル展開をしている。簡単にまとめると、土地の質的改善をもたらす要因は発展段階によって異なり、初期には水利灌漑の利用いかんが土地の質的生産力に基本的に重要な役割を果たす。灌漑施設が整備されてくると、年々の肥料の投入量が土地という要素の質的能力の改善を介して生産に寄与してくる。灌漑状況を示す指標に灌漑比率をとり、それを IR とすると、

$$T_A(t) = T_A(IR(t)) = x_{IR} + IR(t) \dots\dots\dots(5)$$

ここで、 x は灌漑の土質改善効果の大きさに関する値である。すなわち、灌漑比率が 0.3 (30%) から 0.6 (60%) に増加するとき、 $x_{IR}=0$ ならば、土地の質的改善は 2 倍になるが、 $x=1$ ならば 1.23 倍 (1.6÷1.3) で灌漑効果は小さくなる。 x にももろの値を代入することによってシミュレーションが行なわれるが、統計的検証によって x の妥当な値が推論される。

肥料は、生産関数で投入要因として取り扱えるが、また、肥料の土地と結びついた効果、すなわち、天与の土壌の質的能力が肥料という人為的なものによって増強されるという効果を生産関数に入れることもでき、それによって肥料の作用の仕方がより詳しく specify される。アジア農業では、肥料は発展期において急速に増加したが、肥料の land augmenting 効果をモデル化するために、次のような特殊な式を用いた。

$$T_A(t) = T_A(F(t)) = \log F(t)$$

したがって、片寄った技術進歩による生産増加貢献分は、

$$\alpha A(0) \frac{\dot{T}_A(t)}{T_A(t)} = \frac{\alpha A(0)}{\log F(t)} \cdot G_F$$

肥料を投入要因の一つとして生産関数式に入れる場合は、肥料の弾力性 δ と肥料の成長率 G_F の積によって、肥料の生産増加貢献分が示されるが、肥料の増投の効果を生地の質と結びつけると、土

地の弾力性の大小によって影響され、

$$\left(\delta - \alpha \cdot \frac{A(0)}{\log F(t)} \right) G_F$$

だけ肥料の生産貢献分が異なる。ところで、 α と $A(0)$ が一定であるが、 $\frac{1}{\log F(t)}$ は肥料の増投とともに低下する。したがって、 G_F の係数は肥料の増投に伴って異なり、一定率の肥料投下をもたらす増分は逡減する。すなわち、追加的な肥料増投による土地改善的な効果が徐々に小さくなっていくからである。

ところで、生産関数の計測に当たっては、肥料の land-augmenting の効果を対数で示すことによって肥料の絶対水準が新たに問題になってくる。肥料のデータの桁をどのようにとるかによって、 $\log F$ の期間中倍率が異なり、したがって land-augmenting の効果が相違してくるからである。そこで、推計に当たって期初の肥料の値を 1 桁 ($\log F=0, \dots\dots$) に調整し、

$$T(t) = x_F + \log F(t)$$

として x_F にもろもろの値を代入してシミュレーションを行ない、最適の x_F を吟味するという方法をとる。たとえば肥料の原データで期初に $\log F=0.1$ 、期末に 0.5 になれば、 $x_F=0$ のときは land-augmenting は 5 倍 ($=0.5/0.1$)、 $x_F=5$ のとき 1.08 倍 ($=5.5/5.1$) となる。 x_F が小さいほど land-augmenting の効果は大きく評価され、大きくなるほどその効果は小さくなる。このことは $\log F$ の曲線の動きをみることによって容易に理解できるであろう。

農機具 (特に鋤) が農業生産に導入され、深耕による土地の改良が進んできた段階では、肥料に代わって農機具の土壌の生産力に与える効果は大きい。このときは、同じように、

$$T(t) = T(\log M(t)) = x_M + \log M(t)$$

として、生産関数に導入することができる。そし

て、同様に x_M のシミュレーションによって農機具の land-augmenting 効果の様相を推論することができる。

3. 教育の労働力の質的向上に与える効果

— Labour augmenting case

質的な変化は土地だけでなく、労働力についても考えてみなければならない。労働の質を改善させる最も重要な要素は、教育と栄養である。教育は農業技術の導入をより容易にし、栄養は現在の劣った作業能力の改善に貢献する。教育は一般教育と専門教育とに分けられるが、労働増加的技術進歩は、一般教育による農民の知的水準向上と密接に結びついている。一般教育を受けることによって農民は伝統的な思考方法・慣習から脱して、より新しい近代的な変化に、敏感に対応できるような思考方法の方向に変革され、その結果、新しい技術・農法の導入の可能性がより大きくなってくる。また、教育水準の向上に伴って、もろもろの能力が増強され、同じ就業人口でも、全体として作業能率が異なり、勤労意欲も強くなる。新技術がひとたび用いられると、学習効果が発揮されるようになる。技術の水準にもよるが、年々の繰り返しで新しい農法に慣れてくると、変動しやすい自然環境の中で、より有効に農作業をコントロールできるようになる。かくて、教育の効果は、知的水準の向上によるより新しい技術の体化、よりスムーズな技術の普及と学習効果とに分けられるが、前の効果は教育を受けているかどうかによって圧倒的に異なり、初等教育でも新技術を導入できるかどうかを決定的に左右する。学習効果はこうした初等教育の後において発揮されるものである。

しかし、教育による労働力の質的改善効果を計測することは非常にむずかしい。アジアにおい

て、農業労働に占める家族労働の比重が大きく、労働力の推計それ自体に問題が残されているのに、家族労働の質まで立ち入って教育の効果を厳密に検証することはきわめて困難である。その際、むしろ個々のケースについて労働者の質的能力を教育に結びつけて検討するという方法が選ばれよう。

ここでは、巨視的な生産関数のフレームワークの中で長期にわたる農業生産の発展と教育との関係をいかにして労働力の質的改善という側面から結びつけるかが問題にされる。したがって、一般教育水準、あるいは農業に関する教育研究投資をもって、一定期間後の全農業労働の平均的な能力を示す一つの指標とし、マクロ的にみて、教育の labour-augmenting な効果の存在を統計的に検証することに努力が向けられている。

この方法では、教育の労働に体化された累積的な効果が見逃される怖れがある。一般に、過去の教育の蓄積が徐々にその効果を発揮していくと考えられ、その意味で、ある時点の教育の効果は過去数年の教育水準をみなければならないであろう。A. M. Tang や Yhi-min Ho はこのような方法をとっている^(E1)。ところで、確かに労働は、ひとたび一般教育を受けるとなかなか元の質的水準にかえらず、たとえ教育投資が下落しても質的水準が後退したとは考えられないが、現実に教育投資が急速に拡大している場合には、この成長率がなんらかの関係で労働力の質的改善率と結びついている。さらに重要なことは、遅れた段階での教育は同一労働の教育水準を向上させ、専門的な知識を増加させるというよりも、もっとより広い層の文盲の人々を教育して、伝統的な思考方法から脱し、変化に敏感に対応できるような労働力を増加させるという、いわば水平的な(労働力の)発展という意味で重要性をもつ。たとえば、日本の

統治下の台湾では、公的教育は初等教育の拡大に重点がおかれ、小学校の生徒数は、1901年の1万7579人から1940年の67万人に急増した^(註2)。したがって、ここでマクロ的にとらえた教育というのは、同一の労働が過去の教育の蓄積のうえにたつて、より専門的知識水準を高めていくというよりも、むしろ全体の労働力のなかに初等教育を受けた人々が多くなる。その結果として、全体的にみて労働の質が改善されるという意味をもつようになる。そのとき、毎期の教育投資の増加は教育の普及の進捗状況、したがって上の意味でマクロ的にみた労働の質の改善を示す指標となりうるが、さらに教育支出には一般の農業技術普及事業への投資（その効果はかなり即時的であろう）も含まれるので、個々の投資の教育効果の time-shape を無視しても一定のラグを考慮すると、年々増加する教育支出は労働全体の質の向上の程度をあらわしていると思われる。

さて、労働の質的改善の大きさを T_L で示すと、巨視的生産関数は土壌の質的改善を同時に含めて次のようにあらわせる。

$$Y(t) = Y(T_L A(t), T_L L(t), K(t))$$

そして、教育投資 $E(t-\phi)$ (ϕ はラグを示す) は T_L と結びついているが、計測に当たっては次のような諸々の labour-augmenting 決定関数によって種々のケースが検証される。

$$T_L = T_L(E(t)) = x_E + \log E(t), \\ T_L = e^{E(t)}, T_L = E(t)$$

もし、 $T_L = x + \log E(t)$ の場合は、前述の肥料の land-augmenting の場合と同様に、 $E(t)$ の水準によってその効果が異なってきており、教育投資が進むほどその限界的な labour-augmenting の効果は小さくなる。

われわれの計測する生産関数は最終的にいくつ

かのケースに総合される。代表的なものは、

$$Y(t) = C \{(x_{IR} + IR(t))A(t)\}^{\alpha} \cdot \\ \{(x_E + \log E(t))L\}^{\beta} \cdot F(t)^{\gamma}$$

$$Y(t) = C \{(x_F + \log F(t))A(t)\}^{\alpha} \cdot \\ \{(x_E + \log E(t))L\}^{\beta}$$

$$Y(t) = C \{(x_F + \log F(t))A(t)\}^{\alpha} \cdot (E(t)L)^{\beta}$$

x_{IR} , x_F , x_E にもろもろの値を代入し、他の要因の作用との関係で最も有意義な関数を見いだすために try and error が限りなく繰り返された。

(註1) A. M. Tang, "Research and Education in Japanese Agricultural Development, 1880~1938," *Economic Studies Quarterly*, Vol. 13 (Feb.~May 1963). Yhi-min Ho, Chap. 9.

(註2) Yhi-min Ho, p. 105.

III 計測結果

推計は最小二乗法によって行ない、結果は第3、4表にまとめた。以下、簡単に要点を整理してゆこう。

1. 技術進歩率の比較

時間項を含んだ生産関数の計測結果をみると、発展期には時間項の説明力が高く、他の要因は必ずしも統計的にすべて有意でない。したがって、多くの投入要因を種々に組み合わせたケースをいくつつか計測し、統計的に信頼できる技術進歩率の範囲を検証した。

まず日本についてみると、技術進歩率は、1896~1916年については1.5%弱で、さらに延長して1920年まで入れると1.1%に低下する。土地面積に耕地をとっているため、このうち一部は土地の集約的利用——多毛作化によるものであろう。この期の土地生産性の上昇率は1.7%、したがって、土地の集約的利用による部分を除くと、かなりの部分が技術進歩に負っている^(註1)。実際、この期の労働力投入は減少しており、技術進歩によってそれが

第1表 種々の生産関数による年平均技術
進歩率（土地当たり）の推定値

日本 (1896~1916年)		
ケース (1)	1.46% (0.324)	耕地当たり技術進歩率
ケース (2)	1.48% (0.334)	
参考 (1897~1919年) 1.04% (0.27), 1.12% (0.31)		
台湾 (1921~39年)		
ケース (3)	1.48% (0.50)	耕地当たり技術進歩率
ケース (4)	1.67% (0.81)	
ケース (5)	1.69% (0.78)	
ケース (6)	1.29% (0.42)	
ケース (7)	1.05% (0.87)	作付面積当たり技術進歩率
ケース (8)	1.13% (0.43)	
ケース (9)	1.09% (0.38)	
朝鮮 (1931~36年)		
ケース (10)	1.07% (0.43)	作付面積当たり技術進歩率
ケース (11)	0.94% (0.46)	
ケース (12)	0.91% (0.42)	
ケース (13)	0.79% (0.43)	
ケース (14)	1.04% (0.89)	

(注) 各ケースは、それぞれ生産関数に異なった投入要因を説明変数にして推定された技術進歩項の値である。パーレンの中は標準誤差。土地を耕地面積でとるか、作付面積でとるかによって技術進歩率が異なってくる。

第2表 生産関数の計測結果

Y=生産 A=土地 L=労働 IR=灌漑比率
F=肥料 E=教育

日本		
(I) 1885~97年		
(1)	$\log Y = 0.9613 \log A + 0.2253 \log(E \cdot L) - 2.9866$	
	(0.5729) (0.0707)	
	$R = 0.9164 \quad \tilde{R} = 0.9038 \quad DW = 1.2244$	
(II) 1896~1920年		
(2)	$\log Y = 0.2544 \log(1 + \log F) A$	
	(0.1240)	
	$+ 0.2045 \log(0 + \log E) L - 0.6071$	
	(0.05676)	
	$R = 0.9622 \quad \tilde{R} = 0.9539 \quad DW = 2.0415$	
台湾		
(I) 1902~21年		
(3)	$\log Y = 0.6321 \log(0 + IR)A + 0.4430 \log L + 0.5586$	
	(0.0853) (0.3974)	
	$R = 0.9803 \quad \tilde{R} = 0.9774 \quad DW = 1.2136$	
(4)	$\log Y = 0.5016 \log(-1 + IR)A$	
	(0.0697)	
	$+ 0.6015 \log L + 0.4651$	
	(0.3891)	
	$R = 0.9793 \quad \tilde{R} = 0.9763 \quad DW = 1.2228$	

参考: (クロスセクション資料による推計)

$$\text{タイ: } \log Y = 0.4546 \log(0 + IR)A \\ (0.0804) \\ + 0.5694 \log L + \dots \\ (0.1736)$$

$$\text{フィリピン: } \log Y = 0.4583 \log(0 + IR)A \\ (0.1140) \\ + 0.4054 \log L + \dots \\ (0.1979)$$

(II) 1921~39年

(5) $\log Y = 0.3691 \log(A \cdot F)$
(0.0664)
 $+ 0.2093(1 + \log E)L - 0.00001$
(0.1339)
 $R = 0.9849 \quad \tilde{R} = 0.9818 \quad DW = 2.7946$

(6) $\log Y = 1.2680 \log(1 + \log F)A$
(0.1404)
 $+ 0.0813 \log(E \cdot L) - 0.8775$
(0.07234)
 $R = 0.9868 \quad \tilde{R} = 0.9852 \quad DW = 2.2635$

朝鮮

(I) 1917~36年 (1928~31年は除く) (Y=農業生産)

(7) $\log Y = 0.3242 \log(2 + \log F)A$
(0.2322)
 $+ 0.2787 \log(4 + \log E)L + 1.5048$
(0.2105)
 $R = 0.9819 \quad \tilde{R} = 0.9785 \quad DW = 1.1528$

(II) 1911~36年 (1928~31年は除く) (Y=農産物生産)

(8) $\log Y = 0.1435 \log(3 + \log F)A$
(0.0907)
 $+ 0.4425 \log(1 + \log E)L + 1.0274$
(0.2146)
 $R = 0.9460 \quad \tilde{R} = 0.9401 \quad DW = 2.9591$

(9) $\log Y = 0.1486 \log(5 + \log F)A$
(0.0923)
 $+ 0.4345 \log(4 + \log E)L + 1.0396$
(0.2161)
 $R = 0.9462 \quad \tilde{R} = 0.9404 \quad DW = 2.9772$

(10) $\log Y = 0.1510 \log(6 + \log F)A$
(0.0931)
 $+ 0.4307 \log(3 + \log E)L + 1.0457$
(0.2167)
 $R = 0.9463 \quad \tilde{R} = 0.9405 \quad DW = 2.9852$

(注) 土地に、日本は耕地面積、台湾、朝鮮は作付面積をとっている。

可能になったのである。

台湾の場合にも、発展期に土地として耕地面積をとると、技術進歩率は日本と全く同じ約1.5%、作付面積をとると約1%になる。技術進歩の0.5%が土地の集約的利用・多毛作化によって達成されたもので、後にみるように、前期から整備されてきた灌漑施設によるところが大きい。この期の土

地生産性の成長率は2.5%にも達しているが、やはり技術進歩に依存する面が非常に大きいことがうかがえる。

朝鮮では、1930年代について計測すると、技術進歩率は1%弱になる。これは、土地に作付面積をとったときの値であり、けっきょく、日本、台湾、朝鮮について技術進歩率は非常に近い値になっていることが明らかになる。そして、この期の朝鮮の土地生産性成長率が2.5%であったことを思うと、これら3カ国の農業生産発展の半分以上は、急速な技術進歩に負っていることが結論される。その結果、われわれの国際的な技術の伝播という仮説が統計的にも検証されたと考えられる。次にこのような急速な技術進歩をもたらした要因について検討してゆくが、3カ国とも初等教育水準のめざましい向上という nonconventional な factor がその背景に働いていたことが明らかになる。

2. 灌漑効果

灌漑のデータが得られるのは台湾だけであるが、灌漑の効果は、急速な発展期にはいる前には比較的大きいと考えられる。推定式(3)、(4)式では灌漑の land-augmenting 効果を大きくとる(x にマイナスの値を代入)につれて労働の弾力性の有意性が高くなってきている。また、土地と労働の弾力性の和は1よりやや大きく、土地の弾力性は0.5前後とかなり高い。この段階の台湾農業は急速な発展の前の段階であるが、これらの結果からすでに得た結論、すなわち、発展が遅れているほど灌漑の効果が大きくあらわれ、整備されるにつれてその land-augmenting 効果は小さくなり、また土地の弾力性は高率地代と同じ高さに達し、規模の経済がほとんどみられないといったタイおよびフィリピン農業に関する結論が、時系列でみると台湾の take-off 前の農業についても妥当するこ

とが明らかになる。

日本および朝鮮について、take-off 前の農業では有意な生産関数がなかなか計測され難いが、灌漑に関する資料が得られないため、灌漑の効果を推定式で考慮できないからであろう。この意味で、停滞的な農業の生産を統計的に検討するためには、灌漑効果をどう導入するかが非常に重要になってくると考えられる。

発展期では x_{IR} にかなり大きな値を代入しないと有意な結果がえられないが、この時期には、前述のように灌漑施設の充実による多毛作化という側面で生産の拡大に貢献していた。

3. 肥料の効果

肥料は、極東アジアでは農業生産の発展にとって最も重要な要素であった。肥料投入の生産効果は、耐肥性品種への品種改良と結びついて生産拡大の大きな部分を占めていると思われるが、肥料の増加率そのものが圧倒的に大きく、したがって肥料単位当たりの生産弾力性は、台湾では0.3前後、日本では0.25前後となっている。参考までに戦前、台湾米作(土地当たり)についてクロス・セクションで推計すると0.5前後という非常に高い値が得られる。これらの弾力性は、いずれも統計的に有意である。take-off 以前の農業では、肥料の弾力性はまだ統計的に有意に計測されなかったが、発展期にはいはじめて、農業生産にとって非常に重要な要素として生産関数にはいつてくることがわかる。ところで、技術進歩項(T)と同時に推計すると、肥料の係数の有意性が失われるケースが出てくる、これは肥料投入が急速に拡大しているため、時間項とマルチコが生じているためと思われる、肥料の増投は新品种への改良を伴ったもので、技術進歩と純粹に区分でき難い側面がある。

次に、肥料の land-augmenting の側面について検証してみよう。台湾の発展期においてモデルで示された ($A \log F$) というタイプの land-augmenting では土地の弾力性が 1 より大きくなる傾向がある。肥料と土地とを直接結合させた ($A \cdot F$) を一変数とすると (推定式(5)), 弾力性は 0.209 で弾力性の和は 1 よりやや小さい値になるが、固定資本の弾力性を考慮しても、台湾の発展期においても前期と同様に規模の経済は存在していなかったと結論されよう。

日本の発展期では、肥料の増加率は台湾と同じように高いが、 $x_F=1$ のときに (推定式(2)), 有意な結果がえられる。すなわち、期間中 (23年間) に肥料の land-augmenting が 1.5 倍 (年成長率 2%) と考えられる。この値は、期末と期初との比較値であるため、期間中の平均成長率とは若干ずれる怖れがある。

ところで、質的にみて肥料によって拡大された土地面積の弾力性は、台湾と同じく 0.2 とかなり小さくなるが、land-augmenting を考えない場合には弾力性が 1 を越えることを思うと、肥料による土地の質的拡大が相当大きく評価されていることがうかがわれる。また、肥料そのものの弾力性は前述のように 0.25 前後であるが、肥料と結びついた土地の機能的な生産弾力性が 0.2 と比較的近い値で、その結果、日本の発展期では土地の生産貢献は、かなりの部分が肥料による肥沃度の増加 (質的にみて面積の拡大) という側面から行なわれたものと結論されよう。この意味で、発展期では生産の成分としての土地は、土壤の自然的な意義が薄れて、肥料により人為的につくり出されたものになり、したがって、単に物理的な場としてのみ意味をもつという傾向もみられるようになってくる。もちろん、まだ二つの弾力性の間に 0.5 の差があ

り、肥料の効果があまりに大きかったことを顧慮すると、シュルツが先進国について行なった、上のような推論は、まだ必ずしも妥当しない。

朝鮮では、1917~27年、1932~36年についてみると (農業生産のみ)、 $x_F=2$ で land-augmenting が有意義に計測されそうで (推定式(7)), このとき land-augmenting は期間中 (18年間) に 1.6 倍 (年成長率 2.7%) になっている。日本よりもやや land-augmenting 効果が大きく、台湾とあわせて、技術導入国ほど肥料の効果はより大きく出ている。

長期間 (1911~27年、1932~36年) についてみると、農業生産物に関する生産関数では $x_F=3$ で、有意な結果がえられる (推定式(8))。肥料は長期間に激動しているが、land-augmenting は 26 年間で 1.9 倍 (年成長率 2.5%), 長期でみてもその効果はかなり大きい (x_F をさらに大きくとつても土地の弾力性がやや高まるが、あまり結果はかわらない)。しかし、土地の弾力性は 0.15 と前の場合の半分で、肥料の land-augmenting を通じた生産拡大に対する効果は、長期間で十分認められるが、発展期に比較して相当低くなっている。

以上、肥料の増設が土地の肥沃度に働きかけて生産拡大をもたらすというプロセスが、特に発展期において非常に重要であったことが明らかになった。そして、日本・朝鮮で $\log F$ というタイプの land-augmenting が行なわれたことから、肥料はその水準の増加とともに augmenting 効果が小さくなることがうかがえる。

4. 農機具の効果

農業生産において、農機具が圧倒的に重要になってくるのは、農業生産技術の資本化が進んだ段階である。日本の 1930 年代には、徐々に農機具が導入されはじめたが、本格的には戦後をまたなければならぬ。試みに、この時期の農機具の弾力

性をみると0.254で有意である。この限りでは、農機具も肥料(0.205)とならんで生産に対する貢献が大きいが、land-augmentingの効果に関しては紙面の制約で省略する。

5. 教育の効果——labour-augmenting

次に教育の効果を労働力の質的能力と結びつけて統計的に検証してみよう。まず日本では発展前の段階では、農業教育投資はほとんど増加していないが、小学校の在校生はかなり増加しており、初等教育の始発期と考えられる。このとき、教育の指標に初等教育の在校生をとると $L \cdot E$ というタイプの labour-augmenting のもとで労働の弾力性が0.025という有意な値が得られる(推定式(1))。この期はまだ技術進歩が大きくないが、生産の拡大が単に土地面積の増加によってのみ得られる(土地の弾力性は0.96)のではなく、労働力の投入もその質の漸増的な改善を通じてプラスに貢献している(異質性を考慮しないと労働の弾力性は0かマイナス)。

発展期では、教育の labour-augmenting は非常に大きかったと思われる。 $T_E = x_E + \log E$ で $x_E = 0$ にのみ有意な結果が得られ(推定式(2))、これ以下に labour-augmenting を評価すると、労働の弾力性の有意性は失われる。 $x_E = 0$ のとき、 $\log E$ は期間中(23年間)に2.2倍(年成長率3.7%)にも増加し、その結果、労働の弾力性は0.029と非常に小さく、この期の技術進歩1.5%(0.015)という値に近くなっている。したがって、発展期の技術進歩のかなりの部分は、肥料成分の土地を通じた生産効果のほかに、教育の急速な labour-augmenting による成果とみなされる。このように、発展期では技術進歩をもたらした要因が急速に拡大し、しかも、その factor-augmenting 効果が大きいため、それを土地・労働という基本的要素と結びつけると得られる弾力性は、非常に小さくなってく

る。

1930年代にはいると、教育の効果は、労働の質の改善という形ではほとんどみられなくなっている。いずれのタイプの生産関数でも、有意な結果は得られない。この期には、すでに日本では一般的な教育水準が高くなっているが、その効果は前の発展期に出尽くして、すでに逓減期にはいると考えられ、新たにその効果が発揮されるには戦後の(大部分は他部門で発展させられた)より近代的な高度の知識の導入まで待たなければならない。

台湾では、発展期前では前述のように灌漑の説明力が非常に強く、まだ教育の効果は計測されない。発展期にはいると教育の labour-augmenting 効果がみられる。 $T_E = x_E + \log E$ で $x_E = 1$ のとき(推定式(5))、すなわち、19年間に labour-augmenting が1.25倍(年成長率1.2%)のとき、労働の弾力性は0.2になり、さらに x_E が大きくなると弾力性が大きくなる。すでに述べたように、このとき弾力性の和が1に近くなる。また、 $L \cdot e^E$ というタイプでは、労働の弾力性が有意で0.4になるが、この式には肥料の効果が入り入れられていないため、教育と結合した労働の生産貢献が大きく評価される。台湾でも労働の同質性を仮定すると(教育の効果を見捨てる)ほとんど労働の説明力がなくなるが、発展期における教育の果たす役割を考慮すると、労働の質的改善を通じて生産に貢献していることが明らかになる。

朝鮮では、教育指標に初等教育の在校生をとっているが、take-off 以前の期間も含めた1917~27年、1932~36年について $x_E = 4$ (Land-augmenting は16年間で1.1倍——年成長率1.1%)のとき(推定式(7))労働の弾力性は0.28と台湾と同じような大きさになる。 x_E がより小さく、land-augmenting が大き

いと仮定すると、労働の弾力性の信頼水準は非常に小さくなる。いずれにせよ、発展期にはいるまでは、教育による質的改善効果はほとんどみられず、30年代にはいってようやく、land-augmenting は5年間に1.4倍程度になる。長期1911~27年、1932~36年についてみると（農業生産物について）、 x_E にいろいろな値を代入しても、それほど有意性は変わらず、肥料の land-augmenting 効果をどうとるかによって左右される。このとき弾力性は0.4以上になり、長期でみると、やはり教育を受けた労働の生産貢献分が大きいことがうかがえる。

以上の結果より、教育による労働力の質改善効果はいずれの国でもみられるが、日本が非常に大きく、台湾および朝鮮では、その効果が日本と比較するとより小さくなる。日本の教育水準がもっとも高く、十分その効果を発揮できたと思われるが、労働力が日本でのみ減少していた点を考えあわせると、十分な労働力の質の向上によって可能になったのである。そして、その結果、日本では生産性上昇に占める技術進歩の役割がもっとも大きかった。技術の国際的伝播は教育の普及によって促進されるが、教育の国際的普及は本来、かなりむづかしく、労働力の質的向上を日本と同じ水準にもたらすことは容易でない。したがって、技術の伝播は肥料の増投、灌漑施設の充実、品種改良という側面でもより容易に進められ、その結果、台湾・朝鮮では、どちらかと言えば肥料の land-augmenting 効果のほうが強くあらわれる傾向がみられるのである。もちろん、教育の普及も同時に重要であり、朝鮮の take-off の遅れも教育効果が十分あらわれないことによる。

シュルツは非慣行的投入要素である教育による労働力の質的向上を、技術進歩をもたらす最も重要な要因と考えているが^(註2)、われわれの計測は

単に教育の効果を他の要因と区別してみようとするのではなく、他の要因（土地、労働だけでなく、灌漑・肥料）の生産増加効果とを同時に総合的に検証してみようとするものである。肥料および教育の効果をいろいろ設定し、その中から統計的に最も良いもの（best でなくとも）をみつけ出そうとすることによって、農業発展における教育重視の立場と肥料重視の立場との統計的に総合したものである。その結果、慣行的投入要因による同質的な生産関数ではまったく有意義な計測結果が得られなかったのに、新しい方法によって、まだ不十分であるが、巨視的生産関数分析の方向がより発展性をもつようになった。

（注1）このとき肥料の弾力性がマイナスになっているため、この技術進歩率には肥料増投の効果も含まれている可能性がある。肥料の増投は品種改良を伴っているもので、厳密に両者の効果を区分できない。なお、唯是氏の計測によると、1901~40年の期間で技術進歩率は0.4~1.6%（唯是康彦「農業における巨視的生産関数の計測」、『農業総合研究』、1964年10月号）。沢田氏の計測では1898~1937年で0.9~2.4%である（沢田取二郎「農業生産性向上における技術と経営」、『農業経済研究』、1960年1月号）。

（注2）T. W. Schultz, *Economic Organization of Agriculture*. シュルツの考えを日本に適用したタンの研究では、農業技術進歩の73.5%が教育研究投資によって説明される。

（注3）生産関数で教育の効果を導入した研究には Z. Griliches, "Estimates of the Aggregate Agricultural Production Function from Cross-Sectional Data," *Journal of Farm Economics* (May 1963).

結 論

最後に、戦前の農業発展に関する分析を簡単にまとめ、政策的な含意を検討してみよう。3カ国の農業生産の発展を技術進歩という側面からみると、まず日本では1890年前後に、ついで台湾では日

本が停滞した1920年から、さらに朝鮮では台湾の急激な拡大スピードが落ち出した1930年代から著しい上昇現象、take-off がみられる。これは農業技術の国内の伝播の延長としての国際的伝播という仮説によって齊合的に説明される。発展期の土地生産性の上昇率は、日本1.7%、後発国の台湾・朝鮮はより高く、2.5%、技術進歩率は多毛作化を考慮すると1.5%、除くと1%で半分近くが新技術の導入による。さらに、新しい技術の内容についてみると、灌漑水利施設の増強による土地の改良、急激な肥料増投、それに伴う新しい耐肥性品種改良という側面での技術進歩が共通にみられ、しかも、こうした技術の伝播普及には、教育——高級な専門教育よりも、むしろ初級の普通教育——が一般農民に徐々に普及して労働の質を改善していったことが大きな役割を果たしていたのである。

こうした技術の進歩が時代を異にして3カ国共通にみられることから、戦前については、日本で蓄積されていた農業技術の国際的伝播という水平的な発展によって、極東地域の農業生産が拡大してきたと結論されよう。そしてこうした発展は、小規模の家族労働を中心として小規模農業を温存し、その結果、農業生産構造の本格的な改善、制

度の改革は戦後を待たなければならなかった。

戦後、その他アジア諸国の農業は、明治期の日本とあまりかわらない技術水準にある。こうした国の農業開発には、灌漑水利施設への投資と同様に、新しい品種改良の可能性を検討する必要がある。品種改良は当然肥料投入を促進させるようなタイプのものでなければならないが、肥料増投は国内の肥料工業の開発によって促進される。その意味で、農業と工業との補完的な発展が要請される。最後に経済開発に占める教育の役割は近年重要視されてきたが、現在、国民一般にみられるような劣った労働の質——一部は劣悪な栄養にもよるが——を変換させ、伝統的な慣習・思考方法をすて、進歩に積極的に対応できるようにさせることが、農業の技術進歩にとっても必須の条件となろう。

特に農業技術の発展は「普及」という水平的な発展をたどるので、一般教育の普及は新しい農業技術の拡散の前提条件として、きわめて大きな役割を果たしている。

(中央大学経済学部助手)

〔後記〕 本稿は「松永学術研究助成金」の援助に負っている。

中国甘蔗糖業の展開

戴 国 輝著

211頁 800

▷あいさつ▷序論▷甘蔗の品種と甘蔗作の地域的展開
 /甘蔗の早期的存在を伝える諸文献/南北朝中期から
 唐代にいたる甘蔗作/宋元両代における甘蔗作の商品
 生産的展開/明代の甘蔗作▷甘蔗栽培の技術的展開
 『糖譜』に見られる北宋末から南宋の甘蔗栽培法/
 『農桑輯要』に見られる元代の甘蔗栽培法/明代の甘蔗
 栽培法▷甘蔗糖製造の技術的展開▷甘蔗糖分の利用形
 態と変遷とその名称の変化/製糖技術の史的発展▷台
 湾における旧式糖業の発展/甘蔗の台湾伝播/明末清
 初の台湾糖業▷結び▷付録 関係文献解題▷あとがき
 ▷人名・地名索引▷事項・書名索引