

熱帯農業開発における技術的側面

—わが国における熱帯農業研究の課題—

岡 部 四 郎*

Science and Technology for Agricultural Development in the Tropics

Shiro OKABE

Relatively little agricultural technology as applied in the developed countries is suitable for direct transfer to the developing countries, even if modified by means of adaptive research. The creation of appropriate technology suited to the local conditions of the developing countries in the tropics is therefore crucial.

A comprehensive plan for technological development should be worked out. It should be emphasized, however, that the term "comprehensive" precludes development schemes which have become complicated by the mere indiscriminate incorporation into the plan of various technical, economic, social and cultural elements, even though these components are indispensable. It

is highly important therefore to improve each element in an orderly way, to keep the various factors involved in harmony and to promote gradual development by allotting enough time, even years, for the completion of each stage.

In the long run, for the development of agricultural technology in the tropics, elaborate research programs undertaken by national and international agencies should be closely linked so as to obtain and accumulate relevant data.

In addition, efforts should be made to further promote research and investigation aimed at the exploitation of such biological resources in the tropics such as sago palm, quinoa and winged bean which are presently unused or underused.

I は し が き

熱帯にある発展途上国の農業開発を論じようとする場合、さまざまな視点がある。食糧需給の問題を中心に据えて考えると、生産それ自体の増加とともに、生産を支える基盤整備や農民の農業資材購買力向上の方策についても論ずる必要がある。農村の経済発展全体

を対象にすると、農産物生産の増大に加えて、労働需給や雇用とのかかわりの問題もとりあげなくてはならない。また熱帯地域に特有の農業形態である農園農業と住民農業の二重構造にも注目する必要がある。さらに、開発事業の計画と実施の主体について言えば、それぞれの国の農業開発政策とその実施能力とともに、農民の開発への参加意欲と能力が問題になる。このほか多種多様な接近の仕方

* 農林水産省熱帯農業研究センター; Tropical Agriculture Research Center, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries

は、実に150年近い。時代とともに作付面積が拡大しているのに、収量のみで稲作技術水準の推移を推定するのは問題があるかもしれない。しかし、それにしても、わが国の場合、農家レベルでの稲作技術の進歩には長い時間がかかったことは否定できないであろう。

発展途上国では、いま、組織的な試験研究が年々拡充強化されつつあり、高収量品種が育成されて農家にも広く普及するようになった。また、かんがいや排水施設などの基盤整備もすすんできている。したがって、米作技術水準の進歩と、その結果としての収量水準の向上の速度はむかしより速まることは言うまでもない。しかし、熱帯の途上国における今後の米作技術の発展を考えようとする際、かつての日本が、収量水準あるいは技術水準の向上に長い時間を要したことは注目してよいのではなからうか。その理由を以下に考えてみたい。

「時間がかかる」ということは、技術の面からみて、どのような意味が含まれているだろうか。

第1には、技術水準の全体としての向上と発展には段階が必要で、これを踏んでゆくのにには時間を要するという。第2には、個々の技術が開発に活かされるためには、関連する多くの個別技術間の整合性が必要であって、全体としてバランスがとれた整合性のある技術体系ができあがってゆくのに時間がかかるということ。第3には、個々の技術であれ、技術の組み合わせであれ、これが実際の開発に効果をあげてゆくには、その技術に農民が習熟し、これを使いこなすことが必要で、これには時間がかかるということである。

日本の稲作農業2000年の歴史を振り返って、高瀬(1975b)は、これを4段階に分けた。第1段階は原始農業時代。大化改新(645)までの時期で収量はha当たり1トン以下。第

2段階はかんがい農業時代。明治維新(1868)までの期間で収量は前記のとおり2.5トンに到達。第3段階は、高瀬の表現によると技術農業時代(1950年ごろまで)。試験場の活動が活発になって、新品種、肥料、栽培法、農薬の改良などが進んで、収量は一躍して4トン水準にはねあがった。第4段階は、それ以後最近(1975)にいたる期間で、構造改革農業時代。農地改革による農民の意欲と近代技術の組み合わせによって、1970年には6トンを越えるにいたった。高瀬は以上のことを総合して次のような仮説をたてた。

- (1) 水のコントロールのない土地では1トン以上の収量は望めない。
- (2) 水のコントロールさえうまくいけば、無肥料の在来品種でも2.5トンまではいく。
- (3) 水のコントロールと肥料、新品種などが組み合わせれば、4トンまではかたい。
- (4) 4トン以上の収量に達した社会では、他産業との均衡、労働力不足などに対応して、農業の構造改善、機械化などが必要となる。

他方、図2に示すように、アジア諸国の年収量が農業水利の普及率に正比例していることから、結論として、かんがい排水という水のコントロールこそアジアの米作農業の大前提であり、それに品種、肥料、農薬などを内容とする技術的要素、さらには金融、流通、農協、水利組合、教育訓練などを内容とする社会的要素をいかに有機的に組み合わせるかが、アジア農業開発の基本戦略となるとした。

熱帯途上国の農業開発にとって必要な技術的要素は、ここに例示された水利施設、品種、肥料、農薬のほか、さらにさまざまな要素が含まれる。土壌改良、土壌保全、機械器具、装置等々、要因は多種多様である。

高瀬(1975b)はその主張のなかで、いろい

岡部：熱帯農業開発における技術的側面

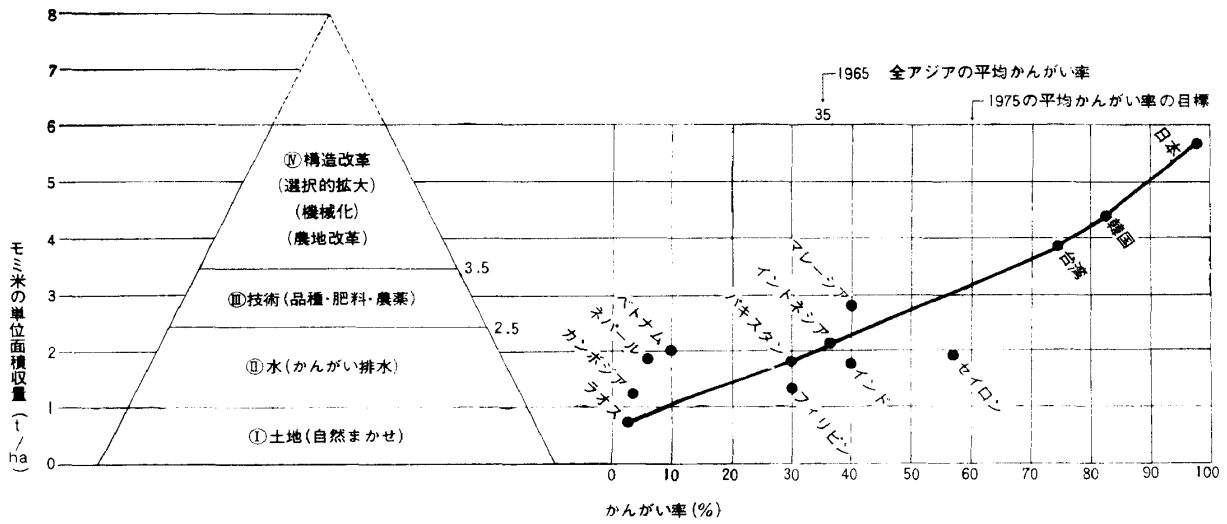


図2 アジア米作農業の発展過程 (高瀬, 1975b)

るな要因, 要素のなかから, とくに水をコントロールする技術が稲作農業の開発にとって基本的な重要さをもつものとして強調した。アジアの米作面積は, 中国・日本を除いて約8,000万haと推定されている。そして現在は, 不完全かんがいの水田を含めても, そのわずか20%, 多く見積もってもせいぜい30%未満の面積しかかんがいされていないという。このことからみて, 水コントロール施設の普及の重要さは十分に理解できる。しかし, その施設構築に要する膨大な費用と, 生産される米の収量や予想される価格の面から考えて, 残り70%の米作地に, 少なくとも20年, 30年という単位の期間内に, 目に見えて水利施設がひろがってゆくとは期待するのは現実的でないと考えられる。もちろんそのなかのある部分では水利制御ができるようになって, それを基礎に農業開発が進展するであろう。しかし, 他の相当部分については, あるところでは, たとえば改良品種が基礎の役割を, 他のところでは土壌管理の技術導入が基礎づくりの役割を果たすものと推定される。

このようにみえてくると, どのような要素が基礎になるかは, 立地条件などで異なる。しかし, その要素が何であるかは別にして, 高

瀬 (1975b) の見方で重要なことのひとつは, 日本の例をとって, 米作農業が, 段階的發展を辿ってきたという指摘である。

ここで, 逆に, 段階的發展を考慮しない例をあげよう。わが国がアジアの各地で行なった農業技術協力の方式に, いわゆる「デモンストレーション農場」がある。ちょうど日本で近年実施された水田の基盤整備事業にならって, haあたりに換算して100メートルを越える水路密度のかんがい溝を掘り, それとは別に排水路もとのえ, 田面を均平にして, 周到な水管理ができるように施設した。さらに農道をつくって作業能率を高める。改良品種の採用や施肥はもちろんのこと, 農薬を日本の場合と同様に多量に使って病害虫の適期防除に努める。結果として, 7トンから8トンもの収量が得られた例は稀ではない。そしてそのでき具合の見事さは土地の人達の注目を集めるに十分であった。

しかし, アジアの各地でこの20年来行われたデモンストレーション農場が, 確実にその業績をいまとどめ, 周縁地区への波及効果が著しかった例はいくつあるだろうか。ほとんど特例的にしかその名残をとどめているものはない。このようなデモンストレーション

農場は、土地生産力の可能性を展示し、またその可能性を現実に引き出すのにどのような資材と労力を投入しなくてはならぬかを教え、またどのような栽培管理を必要とするかを示した。その限りにおいてはこの方式は無意味とは言えない。

しかし、7トン穫れたというできあがった結果と、それに必要な投入資材や労力の展示だけでは、現実の2トンか2.5トンの水準を、どのようなプロセスを経過してデモンストレーション農場のような7トン以上のレベルまで引き上げてゆくのか、その手順を示すことにはならない。この手順とプロセスこそが農業開発のキーポイントである。具体的な手順を踏んで成果を積み上げてゆくこと、これがすなわち段階発展であり、このゆえにこそ技術水準の向上と発展には「時間がかかる」ことになる。

いまから10年余り前、当時の東パキスタンの水田農村で、日本の優れたある稲作専門家が実際に行なった技術展開の方法がある。ここでは米の収量をあげてゆくのに、まず最初は、田面を均平にする技術から始めた。何年かの苦勞がみのって均平化ができ、それによってさきやかながら収量の増加が得られることを農民が自ら確認できるようになったとき、適正な苗を育てる技術の習得が始まった。それにある程度習熟すると今度は肥料を入れるようになり、さらにその量を増やしていった。施肥量の増加があるレベルになって、作付する品種を変える必要が生じた。同時に水管理の方法も変えることになった。これは日本から赴いた専門家の技術普及のテクニクであると同時に、技術水準の向上のために農民自身が踏んだステップでもあった。

この卑近な例で示されるように、少しずつ

資金と労力投下の量を増やし、また新しい技術の導入を試みてゆく。その過程で、農民自身が利益の増大を自らの眼で確かめ、その技術効果を実感し、確認しながら次の手順を追ってゆく。これは個々の農民の技術水準の向上の例であるが、同じようなステップをとることが、地区についても、地域全体としても必要である。

以上のような手順を追うことは、時間がかかるには違いないが、農民自身をはじめ関係者が自ら納得し、その技術的効果とそれによってもたらされた経済的な利益を確かめながら技術水準をあげてゆきうる点で、他に代え難い利点をもつものとする。技術の体系化(packaged technology)とか、総合的技術(integrated technology)という言葉が使われる。これは、さまざまな要素となる技術が適切にそれぞれ所を得て組み合わせられる状態を指しているようである。しかし、現実には、時間的ファクターを要因にとり入れて、基本となる比較的単純な技術要因から、次第に他の要因をとり込んでゆくという段階発展を経た総合でなくてはならないと考える。言い換えると、「時間をかけた総合技術」でないと、発展途上国の農業開発に直接役立つ技術とはなり難いと言いたい。この点からみると、現在国際金融機関や先進国が途上国に融資して実施している農業開発プロジェクトは、上述のことについての配慮がきわめて不十分と言わなくてはならない。

また、試験研究者の行なっている技術の開発改良が、いわゆる“high input-high output”に偏しがちな先進的な研究志向のために、結果において、段階発展を妨げていないかをおそれる。

III 経済計算の有無

もう一度わが国のことに戻って、こんどは戦後の農業技術、とくにその中心であった稲作技術とそれを成り立たせた背景をみてみよう。

戦前、戦中にくらべると、戦後30年間の収量の伸びはまことに著しい。戦後間もなくのha当たり収で4.5トンのレベルから、現在は既に6トン・レベルの収量であるから、年当たり収で50kgの増加である。これは、さきに記した150年かかって漸く2トン増収した時代にくらべると、約4倍もの量である。

このような増収をもたらした要因は何であろうか。第1は、政府の高米価政策というバックボーンである。しかも全量政府買い入れということで、長い間豊作貧乏が全く考えられない環境にあった。このことは、熱帯途上国の現実にくらべると、はなはだ異常な状況と言わなくてはならない。

土地制度についても同様で、自らの農地を耕せるというわが国の一般の農民は、きわめて有利な環境のなかにいることは言うまでもない。試験研究の成果は、高収量の新品種をつぎつぎと提供し、また施肥、病虫害防除から機械の利用についての研究成果によって新しい技術の積極的な採用が可能となった。

無視できないのは、農業協同組合の組織力の強さであり、その活発な活動である。また末端まで深く滲透している濃密な普及事業の貢献も特筆しなくてはならない。途上国の現状にくらべたとき、日本においてみられたこのような末端レベルでの官民の組織的な活動が、技術効果の高揚に果たした役割は測り知れないものがある。

加えて、日本では、農業機資材や基盤整備事業に対する政府の直接、間接の助成政策があり、これが強力な行政力によって裏打ち

されて農業開発が進められてきた（岡部、1975）。

以上が、戦後の日本の稲作状況の中で育ってきたいまの農業技術者、研究者の置かれた環境である。こうして、高米価と周到なインフラストラクチャーに支えられた米作技術の改良に携わっていると、技術の改良開発を受け持つ試験研究者はもちろんのこと、現場で農民と接する技術者でさえも、技術の経済計算を忘れてしまう。忘れるというより、はじめから計算することの重要性を知らないか、知っていても軽視する癖がついてしまう。

熱帯の途上国でいま現にすすめられているわが国の技術者による開発計画について、ともすれば経済的評価を伴わない技術が採用されるのは、上述のような環境の中で育ってきた戦後のわが国の農業研究者、技術者のとる無意識の行動と言えるかもしれない。

途上国の経済的、社会的、制度的環境条件の下では、これからも長期間にわたって、技術効果を最大限に発揮させるようなインフラストラクチャーの十分な整備改善は期待できないであろう。したがって、開発のために役立てようとするわれわれの科学技術も、わが国の既存技術の単なる移転や修正でなく、途上国の条件のもとでの経済的評価に耐えられるものを新しく開発してゆく努力が必要である。山田（1978）は、熱帯における技術協力のあり方に関連して、「技術移転か、技術開発か」の問題を提起し、温帯の技術の熱帯への移転でなく、新技術開発の重要性を強調した。ことに、わが国の研究者や技術者は、第1にすすんだ農業科学の蓄積をもっていること、第2に、問題解決へのアプローチ、すなわち科学的方法論について豊かな経験をもっていることをあげて、技術開発に日本の科学

技術者が十分ポテンシャルをもっていることを指摘した。熱帯農業についてのわれわれの経験は浅い。しかし、山田の強調しているよ

うに、「新技術の開発」という基本姿勢をもって対応することが、熱帯農業に参画するわれわれの道である。

IV 体系化技術

わが国の地域農業開発のための技術改善や、それに必要な試験研究の経過を振り返ると、戦前においては、体系技術の組み立てを正面から指向した試験研究は、特別なケースを除いて少なかったようである。一部に病害虫の総合防除技術体系の研究とか、経営試験研究があった。たとえば後者の場合は、経営試験農場を設けて、そこでは、経営的な評価を含めて総合的な実用技術組み立てを試みている。しかし、これはどちらかという、既存技術の応用が主体で、いくつかの既存技術の組み合わせ方を変えて、どれが経営的にみて利益が大きい、経営がしやすいか、また営農上の問題は何かを明らかにしようとするものであった。わが国の場合は、当初の研究段階から積極的に体系技術の組み立てを志向しなくとも、試験場や大学、研究所の個々の試験研究から得られた成果を受け取って、これらを体系として組み立て、末端で利用できるような形に総合化する力が高かったと考える。それは農民自身の力であり、また農業協同組合の技術指導力も含めて、現場の農業改良普及組織の力でもあった。これによって、さまざまな水準の個々の技術も、末端では試行錯誤を経ながら、それぞれの地域において、条件に合うように体系化された技術として比較的短い期間のうちに組み立てられ、開発に役立った。

これに対して熱帯の途上国ではどうであろうか。末端での力は一様にきわめて弱い。また国や地方の公共機関も、個々の技術を体系化して指導するほどの行政能力を持ち合わせていない。この状態は、おそらくまだ長期間

続くであろう。

こうした状況からみて、途上国の農業開発では、当初から意図的に体系化を目論んだ技術開発のアプローチが必要でなかろうか。そして、この際は、さきに述べたように、体系内の個々の技術の役割や、それらの技術によって達成しようとするそれぞれの目標水準について整合性を保っていることが大事なことはもちろん、それと同時に、各発展段階との整合性についての配慮がとくに重要である。これによって、技術体系にそれぞれの地域や農民の経済的、社会的条件や自然環境を反映させることができる。

ところで、戦後わが国では、全国的に、政府主導型の地域開発計画がすすめられ、地域ごとに具体的な実行案がたてられ実施に移された。そこで、計画に含まれる多くの技術要素について、それによって達成しようとする目標に関してちぐはぐがないよう細かい配慮が加えられた。しかし、多くの計画では、段階的發展という方式をとらず、またその計画地域に含まれる環境条件の多様性に拘泥せず、全体として画一的な実施計画をたて、一挙に高いレベルの最終目標に到達しようという開発方式がとられた。わが国の場合は、政府の行政力と農民の経済的な負担能力、実行能力の高さに支えられ、またとくに農業生産外からの資金の導入に助けられたため、上述のような開発方式が成り立った。しかし、この方式をそのまま途上国に持ち込もうとしても、さきに述べたデモンストレーション農場の例と同様に、普及はおろか、定着させることも難しいと思われる。

V 生物災害、自然災害のリスク対応の技術

山田（1978）は、熱帯の住民農業のもつ重要な特徴として、旱魃や洪水など自然災害を頻繁に受けることをあげ、それを軽減するための対策の重要性を指摘している。その一例として、タイの旱魃や洪水による被害例を示しているが、それによると、1907年から1965年にいたる58年間に、作付面積の10%以上で収穫皆無の年が24回、つまり2-3年に1度の割合で災害がおこっている。15%以上の年は9回、年によっては30-40%に達した年もあるという。

このような自然災害に対する安定度の大小とかんがい施設との関係を国間で比較して、高瀬（1975b）は、図3に示すような結果を報告した。すなわち、農業水利普及率が20%以下の国（カンボジア、ビルマ、ベトナム、ラオス）と、40%以上の国（台湾、フィリピン、インドネシア、スリランカ）に分けたとき、前者では毎年の収量変動が著しく大きいものに対して、後者ではそれが小さい。変動の主要因は気象変動と推定されるが、これが農業水利の普及によって和らげられると結論した。

近年インドネシアでは、優良品種、肥料、

農業、それに営農資金クレジットをパッケージとし、これに技術指導も合わせて（これを「BIMAS 計画」といっている）多収化技術の定着普及を図ってきた。これによって IR 型短稈品種の作付面積の増大が著しかったが、1969年ツングロウィルスが外領地域に多発、1974年以降はジャワ本島において、トビイロウンカが激発した。これに対してインドネシア政府は耐虫性品種 IR 26 号を増殖普及し、解決を図った。しかるにこの品種がひろがるにつれて、トビイロウンカに新しいタイプが生じ、このため IR 26 号も激しい被害を受けるようになった。これに対処するためさらに IR 32, 36 号などが代替普及に移されているが、これも侵される懸念があるということで、このため新品種への信頼を大きく損なう結果を招いているという（橋高、1979）。このため、耐虫性新品種への不信感が強くなって、もとの在来種への後戻りの現象が各地にみられ始めていると報告されている。

以上はごく卑近な例であるが、熱帯途上国では、このような自然災害、生物災害の例をあげるとほとんど枚挙にいとまがないほどで

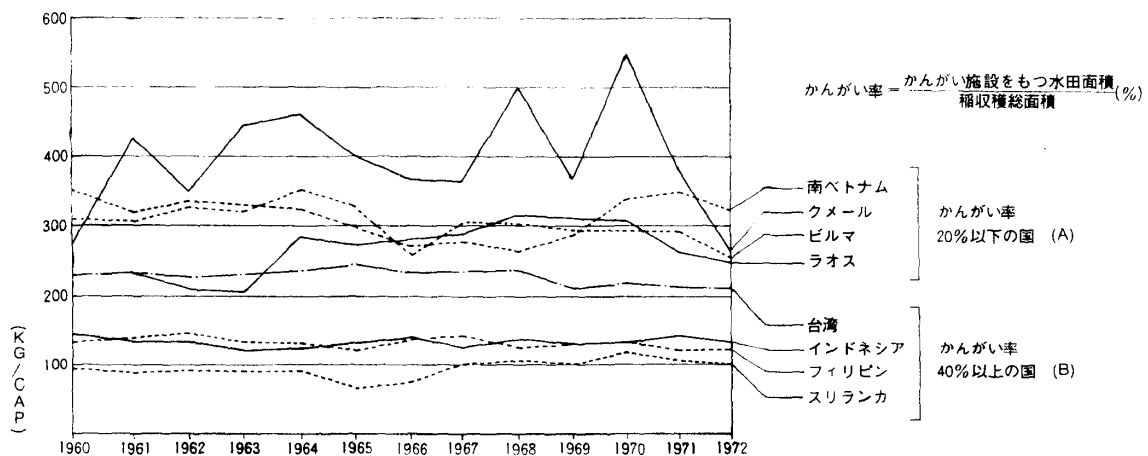


図3 米収量安定度とかんがい施設の関係（高瀬，1975b）

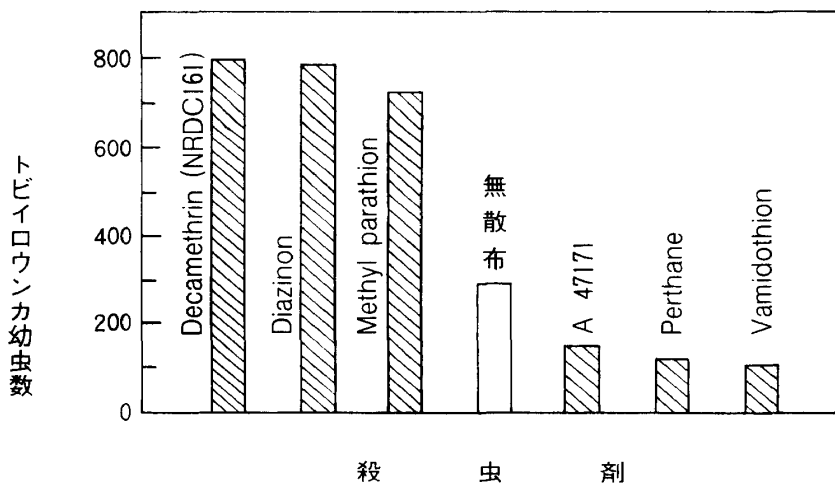
ある。しかも、先進国のようないわゆる農業共済の制度的補償もなく、政府や関係団体の強力な救済も期待できない。つまるところ、身を護るのは自分の力だけということになる。

このような状況下で農業を営む農民は、当然のことながら、投資したときのリスクを強く警戒する。逆に言うと、リスクの大きいことに対しては強い警戒心が働いて、投資をしないか、しても極力控え目にしておく。このような警戒心をもつことは、新しい技術の採用についても全く同様である。

国際稲研究所 (IRRI) の研究プログラムの進展をみると、IR 5, IR 8 などの育成の当初は、多収性の育種目標の達成にほとんど全力を傾けていたようである。しかし、最近、耐病性、耐虫性、耐暑性、耐冷性、耐塩性など、品種のもつ潜在能力の発現を妨げるさまざまな減収要因を軽減するための試験研究に大きな勢力を投入している (IRRI, 1978)。このような傾向は、IRRI に限らず、CIAT, CIMMYT, ICRISAT など国際研究機関はもとより、途上国の試験研究機関においてもみられる。

ただ問題は、自然災害といい生物災害といっても、その発生機構は一般にきわめて複雑

多様であり、それに対する防御の技術を組み立てることは容易でないことである。このことをはじめから覚悟してかかる必要がある。たとえば、イネ品種のいもち病抵抗性ひとつをとりあげても、わが国で何十年という長い研究の積み重ねと多数の研究者の努力の傾注があったにもかかわらず、いまなお有効的確な安定したいもち病抵抗性品種の育成方法が判っていないというのが現実である。また別な例として、イネにウィルス病を媒介する昆虫のひとつであるトビイロウンカと防除薬剤の関係をあげよう。この害虫はいま東南アジアのいたるところでイネに直接被害を与えたり、ウィルス病を媒介感染して大きな被害を与えている重要害虫である。これを防ぐために薬剤を散布すると、一時的には効果があるが、その後かえって被害が増大するという現象がしばしばみられる。その理由として、薬剤がトビイロウンカとともに天敵をも殺してしまうからということを示す現象が多い。ところが近年、問題はそれほど単純ではないのではないかとすることを示す現象が見出された。すなわち、ある濃度で農薬を散布すると、トビイロウンカの産卵数が無散布のときより倍以上に多くなることあるとい



散布は移植後の20日後、30日後および40日後の3回。最終散布の15日後に雌成虫5匹/株放飼、7日間産卵。殺虫剤の散布量は毎回、有効成分量750g/ha(ただし、NRDC161は100g/ha)。

図4 殺虫剤散布後のイネ上でのトビイロウンカの増殖 (IRRI, 1978)

う実験結果である（図4）。つまり農薬散布によって害虫の増殖率が大きくなることがあるわけで、薬剤による害虫防除の効果について基本的な問題がでてきたことになる。

このような難問を解決し、各種の病虫害防除の技術的手段を組み立てるには、試験研究の面で、まだまだ多くの基礎データを積み重

ねてゆかなくてはならない。同様のことが、干魃、冠水、低温、高温などによる被害の防止についても当てはまる。自然災害、生物災害の軽減を目標に基礎データを着実に集積してゆくこと、これは研究者、技術者が担う今後の最重要任務である。

VI 「畑作物」の研究・「畑作」の研究

熱帯の畑作農業の開発にとって、畑作物自体の研究が必要なことは言うまでもない。品種改良による収量性の向上、品質改善、病虫害抵抗性の強化はもとより、水分要求特性その他作物の生理生態的性質や種子の休眠性の問題など、熱帯のどの畑作物をとりあげても、畑作物自身に関してまだ判っていないことが山積している。

しかし、その重要性にも増して緊要なことは、畑作農法というか、広い意味での作付体系に関する研究である。これには、作物の単間、混作や作付順序の問題、耕うん方法、水管理、雑草防除、緑肥作物や庇蔭作物の導入利用の問題をはじめ、土壌管理や施肥、病虫害対策などが含まれて、それらが互いに関連し合っている。さらには生産したものの利用、調製貯蔵から、輸送を含む市場の問題までも強くかかわってくるケースが多い。むしろ、このような総合研究が先行的にすすめられてこそ、個々の畑作物自体について何を研究の重点対象にしたらよいか明らかになり、また研究の成果も活かされてくると言ってもよい。

その一例は、インドネシア、スマトラ南部のランポン州におけるトウモロコシの大面積栽培にみられる。同地はジャワ島からの移住民による入植地で、自給自足的な畑作農業地として開拓された。農民は政府の移民計画によって2haの分譲地を受け畑作物を栽培し

ているが、彼らにとってまず重要なことは、年間の食糧をどのようにして安定して確保するかである。そこで、自力で耕起できる約0.5-0.7haに陸稲、トウモロコシ、キャッサバを間混作で数年栽培し、その後放棄して他の休耕地に移る。こうして約0.7haずつ3年栽培し、約10年目に最初の耕作地に戻る方式をとっている（広瀬、1978）。

ところで、同地域には、移住農家とともに、多くの企業農園があるが、なかには1,000ha以上の大面積にトウモロコシを単一栽培する農園がでてきた。ところが、1973年、1企業農園にトウモロコシべと病が突然大発生し、その後非常な勢いで全州に蔓延して、ついにはランポン州のトウモロコシ生産に致命的な打撃を与えるにいたった。このような激しい被害の発生は、移住農民が個別に小さな面積ずつ他の作物と間混作の方式でトウモロコシを栽培していたときにはみられないことだったという。しかるにいまは、この地域では、収益性を安定して得ながらトウモロコシを大面積に作付けることなどほとんど不可能と言ってよい状況にあるという。

しかし、ここで仮に、べと病発生に対する対策が、たとえば抵抗性品種が育成されたとか、あるいは薬剤防除の方法が見出されたとかで見通しがたてられたとする。このときは、トウモロコシの単一大面積栽培にはもう大きな問題はないであろうか。トウモロコシに対

する市場の要求や、栽培管理の単純化を図る上からは、このような単一作付形態が望ましいであろう。しかしながらこの作物は、ソルガムなどとともに、栽培畑地の土壌侵蝕を伴いやすい作物のひとつといわれる（広瀬、1978）。このような観点からすると、たとえば病害の問題が片付いたとしても、トウモロコシの単一大面積栽培にとりかかる前に、多くの未解決の問題を総合的に捉えて、対応策をたてておく必要があることになる。

ことに熱帯諸国の畑作地帯では、いくつかの種類の子作物を間混作方式で栽培することによって、自家用食糧を年間継続して確保できるようにしているところが多い。単一作物を栽培したとき、この食糧自給自足の農村生活の様式が脅かされないかどうか、あるいはその様式が崩れたときどのような対処策をとるかの判断は、畑作地帯での重要な作物選択の要因である。

熱帯地域において畑作物の単作輪換方式をとる場合、広瀬（1978）は次のようなアプローチをとることを提唱した。そこでは、上述のさまざまな問題を整理して、それらにひとつの順序付けを行なっている。すなわち、

（1）まず作物の組み合わせを決める。その選択の基準は、

a) その地域に以前から適応している作物を主体とする。

b) さらに、その地域住民の食糧としての

要求と経済的要求を顧慮する。食糧作物としては、まず短期作物がとりあげられよう。陸稲、トウモロコシその他の雑穀、いも類が最初に対象となる。

c) これにカバークロープとしての緑肥作物や敷草マルチングを組み合わせ、土壌保全と改良に配慮する必要がある。この目的に添うマメ科、禾本科の植物の選択が重要なステップである。

d) 加えて、窒素固定量の高い熱帯マメ科作物を組み合わせる。

e) さらに、できるだけ被覆度の大きい永年性作物を輪作に序々に加えてゆくのが望ましい。

（2）以上の組み合わせが決まったところで、それぞれの作物について、作型、品種の選択を行う。

（3）その作型、品種に適した施肥、雑草防除、病虫害防除など栽培法を、経済性を配慮しながら確定してゆく。

以上の選択は、現在の熱帯畑作の技術水準では容易でない。仮に技術的には望ましいことが判っていても経済性が伴わないことが多い。したがって、熱帯の短期畑作物の安定と発展には、個々の畑作物の研究とともに、否むしろそれに先行してでも、畑作農法ないし広義の作付体系の研究が重要であることを強調したい。

VII 伝統的農業技術の活用

伝統的農業技術といい、天水農業の技術といい、近代的でない。また生産効率の面からみて低いのが一般である。しかし永年にわたる経験によって農民がつくりあげた技術は、熱帯のそれぞれの地域の条件によく適応しているものが多い。

たとえば、半乾燥地の農法としてよく例に

だされるのであるが、そこでは、土壌保全と水分の効率的な維持利用を目的として、等高線に沿ってのうね立て、モンスーン後の表土浅耕、有機物マルチ、薄播き、中耕、間混作方式の採用、意図的な休耕をするなど、一連の農法がみられる。この古くから農民が実行してきた農法には、明らかに理にかなった技

術が含まれる。

北部タイでは、水稲作のあとにダイズを栽培する際、土地を耕起せずに、イネの刈り株をそのままにして、刈り取ったわらを田面に敷き、ダイズの種子は刈り株内に播く。これによって、ダイズは適度な水分を刈り株の中から得て発芽することができる。稲わらを敷草とすることは、旱天による土壌水分の損失を軽減する効果をもち、ダイズの生育に必要な水分が確保される。また雑草抑制にも役立つという（山田，1976）。

天水農業の代表的な例は、タイやバングラデッシュなどの広大な地域にひろがる浮稲の栽培である。その面積は、中国大陸を除く東南アジアの稲作面積の10%に及ぶと言われているが、そこでは浮稲という特殊な稲が栽培される。雨期に水嵩が増すと、水深が1mから2m、ときにはそれ以上の深さになる。普通の稲は水没して枯死してしまうところだが、浮稲は水深が増すにつれて茎が伸び、上部の葉は常に水面より上にでて生育するという特徴をもつ。生長に必要な栄養分を根によって土壌から吸収するばかりでなく、水中に浮かぶ茎の節から根を伸ばして、水中からも吸収する。水深が1m、2mにおよぶ条件が改められない限り、この種の特徴をもつ水稲品種の必要性は続く。

このようにみえてくると、伝統農業、天水農業に使われている技術や材料などには、自然条件に適った合理性のあることが判る。しかし、いかに合理性があるにしても、そのままでは土地生産性が低く、生産効率も小さいことが多いので、改良技術に直接には入れられない。その近代化は必須の要件であり、今後試験研究によって解決を図らねばならぬ技術的課題が山積している。

ただここで重要なのは、天水農業や伝統農業方式の改善に取り組む技術者、研究者の視点の問題である。われわれは、たとえばモン

soon気候そのものを変えて望む方向に傾けるわけにはゆかない。しかし、monsoonとともに生きる（live with）ことはできる。天水農業の技術改善には、いかに自然と生物を上手に利用し、活用してゆくかが成否を大きく左右する。

そのひとつの例として、タイの浮稲品種利用の品種改良があげられよう。タイの農業局はIRRIの協力を得て、浮稲品種 Leb Mue Nahng に短稈種の IR 95 を交配した交雑種から系統 T 442-57 を得た。この新しい系統は、水が深くないときは短稈の品種であるが、水深の深いところでは浮稲性を発揮して茎が伸びて水没を免れ、収量も普通の浮稲より多いという（IRRI, 1975；山田，1976）。

また熱帯の畑作地にはキャッサバという塊根作物が栽培されている。アフリカ、中南米、アジアの熱帯地域にある国々の3億以上の人達の主食となっている重要作物であり、他の作物の満足に育たないような不良土壌でも生育できる。とくに強酸性のりん酸欠乏で作物の生育に対してアルミニウムの毒性をもつような土壌は、多量の石灰とりん酸を施さないといふ他の作物はよい生育をしない。しかし、キャッサバは、そのような土壌条件の下でも、長い生育期間の過程で土壌中のりん酸分を吸収利用できる特性をもち、とくに石灰とりん酸を少量でも施用することによってかなり高い収量をあげ、経済的にも引き合いうる可能性をもつことが期待される。山田（1978）の試算によると、塊根生重収量を50トン/ha/年として、剥皮歩留り85%、乾物率35%として肉質部の乾物重を求めると、15トン/ha/年となる。これを米とくらべると、国際稲研究所で IR 8 その他の短期高収性品種を用いて年間4作、連続して栽培した実績が、最高25.7トン（穀）/ha/年で、これは米乾物重にして約15トンである。さきに示したキャッサバの塊根肉質部乾物の生産はこの高収性品種によ

る米の生産に匹敵するものである。熱帯の畑作の振興にとって、このキャッサバの利用活用は今後ますます重要性を加えるものと考え

られ、品種改良を基幹とする研究の進展は今後の重要な技術上の課題である。

VIII 将来の農業発展に備えて

(1) 基礎的データの集積

農業技術の発展過程をみると、何らかの画期的な発明や発見が技術改善に大きな転機をもたらしたケースがある。たとえば、周知の雑種強勢利用の1代雑種の育成、短稈種による多収性のイネ、コムギ品種の育成、除草剤の発明、田植機械の開発など、これらは農業発展の歴史にとって見事に開花、結実した科学と技術の成果である。

しかし、このような画期的と言われる成功のケースを含めて、農業技術の発展は、必ずしも、「きらびやか」な研究の業績によって一挙に実現できたわけではない。長い間の基礎的な知識と経験の積み上げによって下地ができ、それに支えられて、成果が現われるようになったのが普通である。熱帯地域の開発途上国における技術開発も、これから、長期的視点に立った基礎的なデータの蓄積が必要である。わが国を含め先進国の農業研究分野における協力の役割として、いまや、基礎的データの蓄積に貢献することの重要さがいよいよ増してきていると考える。

(2) 国内・国外という区別に捉われない研究の展開

技術は、「具体的な諸条件によって規制される location-specific なもの」(山田, 1978)である。その意味では、熱帯に適する技術を組み立てようとするには、温帯技術、先進国技術と厳しく区別して対応しなくてはならない。ことに熱帯農業についての経験が浅いわれわれ日本の技術者、研究者には、この点の

区別が重要である。

しかし、そのように「国内」と「国外」とを峻別しながらも、これを全く切り離してしまうことは適当でない。何故なら、将来にわたる農業技術発展の長期的な視点からみたと、国内と国外は互いに独立すべきものでなく、相互依存の関係にあるものとして捉えられるからである。そのことを示す一、二の例をあげたい。

第1は、「資源と情報の相互利用」という問題である。わが国の農業は、そこで栽培されている作物の種類ひとつをとっても、対外依存度のきわめて大きな農業である。明峯(1978)によると、世界の全作物数は、材木と観賞用植物を除いて約1,300、日本のそれは約400と推定されているが、その作物のほとんどすべて、少なくとも主要作物のすべては、2000年を越える日本農業の歴史のなかで国外から導入されたものという。このように対外依存度のきわめて大きな特徴をもちながら、いまわが国では、経済作物の選択の幅はますます狭くなりつつある。また、たとえば国内で新たないもち病抵抗性遺伝子が現在発見し難くなっていることでみられるように、有用遺伝資源についても、その選択の幅が国内では狭くなりつつあり、国外からの導入を必要としている。

このような傾向は、ひとりわが国に限った特別な現象でなく、熱帯の途上国でも、放擲しておく場合は、同じような道を今後辿ることになるだろう。どの国もどの地域も、ここに述べたような意味で「対外依存度」が今後大きくなると予想される。

以上の対外依存性は、ひとり資源の利用に限らない。研究成果を含む技術情報についても同様である。

資源と情報の利用について、相互交流の道を積極的にひらいておくことは、将来の世界の農業技術の発展にとって必須の要件と言うべく、その意味で、国内・国外という区別に捉われない研究の展開が望まれる。

(3) 熱帯の未利用、低利用農業資源の開発改良

熱帯地域には、温帯地域に得られない自然環境と立地条件を高度に活かした植物が数多くある。そのうち少数のものは農園農業作物として、あるいは一般栽培用の作物としてとりあげられ、研究と開発が行われた。パラゴム、棉、サトウキビ、油ヤシ、バナナ、パイナップル、ココヤシ、胡椒などがその例としてあげられる。しかし、そのほかの多くの熱帯作物は組織的に研究されることもなく、産業的にも顧みられることなしに放置されてきた。その背景としては、世界市場がないこと、開発に必要な資金の不足、さらには熱帯諸国の研究者の教育研修が主に温帯の国で行われてきたことなどが指摘される（山田、1978）。しかし、これまでの経緯はともかくとして、将来における農業資源、とくに各種植物資源の利用の道をひらくことは二つの意味できわめて重要と考える。

第1には、先進国、途上国を含めて世界の植物資源に対する依存度が将来さまざまな分野で増大すると予想されること、第2には、今後予想される熱帯途上国間あるいは地域間の農産物市場での競争関係を緩和することである。

石油化学の発達によって、繊維、人造ゴムそのほか数多くの石油を原料とする製品が世界に広くひろがった。しかし石油の供給について楽観できない見通しが強まったことと関

連して、いまやにわかに植物資源についての見直し論が昂まってきている。そのひとつの例に、ミドリサンゴまたはアオサンゴと呼ばれる熱帯植物がある。トウダイグサ属 (*Euphorbia lathyris* など、英名では *candelilla*) の植物で、石油と同類の炭化水素を生体重の約10% (乾物の約1%) 含むという。従来有毒植物として顧みられなかったが、その汁液は石油と同類の化学成分より成る有用資源として注目されるにいたった (*Science*, 1976; Nielsen ほか, 1977)。東南アジアほかかなり広い地域に分布する野生植物といわれ、わが国でも沖縄地方に野生している。これは工業用原料を抽出する資源であるが、直接農業生産に役立つと期待される例として、ギンネム (銀合歓) があげられる。早くから実際的な関心を示してきたのがフィリピンで、このためフィリピン名のイピルイピル (*Ipil-ipil*, 学名 *Leucaena latisiliqua* L. Gillis) で呼ばれることが多いが、世界の熱帯・亜熱帯いたるところに野生し、わが国でも沖縄地方に繁茂している植物である。若葉、若い豆の莢や種子は食用にしたり、成熟豆をコーヒーの代用にすることもある。葉には乾重で25%以上の蛋白質を含み、高蛋白の家畜飼料にもなる。これはマメ科植物なので根に根粒菌をつけ、やせ地にもよく生育する。深根性で、ほぼ樹高に匹敵するほどの長い直根をもち、乾燥時にも地中深くの水分を利用することができる。また普通の植物では利用しにくい地中深くのりん酸分などを吸収する。葉には多くのカリウム、りんを含み、分解しやすい緑肥としても有用である。低木型と高木型の2種類があるが、高木型は良好な条件下では5年間で20m、直径20-30cmに生長する。伐った後もよく萌芽更新するので薪炭用材にはきわめて適している。このように食用、飼料用、肥料木から緑化樹、砂防用樹、木材ときわめて広い用途をもつため“miracle tree”と呼ばれる

ことがある(緒方, 1979)。ただ飼料として用いる際に問題なのは、動物に有害なアルカロイドのミモシンが含まれていることで、牛、羊など反すう動物には害が少ないが、豚や鶏には害がある点、今後の改良が必要である。肥料節減、購入飼料への依存度軽減など多角的視点から、ギンネムやこれと同類の利点をもつ植物資源の重要性は将来ますます増大してくるものと思われる。

次に考慮すべきことは、発展途上国が将来直面することが懸念される農産物貿易市場における競合の問題である。たとえば、現在はタイ、インドネシア、フィリピンその他熱帯、亜熱帯の多くの国で、イネ、トウモロコシ、ダイズ、あるいはキャッサバなど限られた種類の作物を選んで各国が生産の増大を図っている。自給を目的としている限りとくに大きな問題はないにしても、この状況が長期間続き、将来これらの諸国がその限られた種類の農産物について過剰基調に転じたとき、深刻な事態にたちいたることはないであろうか。これに対しては、食糧、非食糧を含めて、多

種類の農業資源の開発と利用を図り、各地域に特産的な作目を育成しておくことが重要と考える。しかし現在は、その技術的开发は著しく遅れており、今後の研究に俟つところが大きい。この場合対象となるものとして、キャッサバ(cassava)、キヌア(quinoa)、シカクマメ(通称、winged bean)あるいはサゴヤシ(sago palm)(山田, 1978; 佐藤, 1967)のほか、多くの穀菽類、根菜類、野菜類、油糧植物、飼料植物、繊維植物、ワックス汁液用植物がある。具体的な事例としては1975年米国 National Academy of Sciences 刊行の *Underexploited Tropical Plants with Promising Economic Value* に36種類の植物があげられているので参考にされたい(表1)。

資源の一大消費国としてのわが国は、わが国自身のためにも、また発展途上国を含む世界の未利用、低利用農業資源の開発と利用の拡大のためにも、この分野における研究推進に積極的に参加し、貢献する必要がある。

IX お わ り に

熱帯農業の開発に役立つ技術は、先進国にある既製の農業技術の機械的な移植ではなく、また単純な修正でも済まされないことを本文で述べてきた。必要なのは熱帯の発展途上国の実態に即した適正技術を新たに創り出すことである。このことは「昨日の仕事をよりうまくこなす」式の器用さだけで実現できるものではなく、地道な試験研究の積みあげによってはじめて可能となる。現状では、熱帯の農業技術を第一義的に支配する気象、土壌、生物、水などの自然環境の解明はまだ緒

についたばかりと言ってよい。また技術発展に深くかかわる発展途上国の社会的、経済的、政治的動態の把握も今後の大きな課題である。このような複雑な問題の解明は、ひとり外国から来訪した研究者や技術者の「外側」からの援助のみでよく為しうるものでなく、途上国自体の研究者、技術者らとの共同協力の努力によって成果が期待できるものである。「援助から協力へ」これがわが国において熱帯農業研究に携わる者のとるべき姿勢と考える。

表1 低利用、未利用農業資源の例 (National Academy of Sciences, 1975)

種類	植 物 名	代 表 的 な 用 途
穀類	<i>Echinochloa turnerana</i> (ヒエ属, ターネラナ)	飼料用穀粒
	Grain Amananths (ヒユ属, アマランス)	食用穀粒
	Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) (アカザ属, キヌア)	製粉用
	<i>Zostera marina</i> (アマモ)	"
野菜類	Arracacha (<i>Arracacia xanthorrhiza</i>) (ニンジンイモ)	食 用
	Cocoyams (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) (アメリカ里芋)	"
	Taro および Dasheens (<i>Colocasia esculenta</i>) (サトイモ属, タロ)	"
野菜類	Chaya (<i>Cnidoscolus aconitifolius</i> など) (チャヤ)	食 用
	Hearts of Palm (<i>Euterpe, Bactris</i> など) (パームハート)	"
	Wax Gourd (<i>Benicasa hispida</i>) (冬瓜)	"
	Winged Bean (<i>Psophocarpus tetragonolobus</i>) (シカクマメ)	"
果樹類	Durian (<i>Durio spp.</i>) (ドリアン)	食 用
	Mangosteen (<i>Garcinia mangostana</i>) (マンゴスチン)	"
	Naranjilla (<i>Solanum quitoense</i>) (ナランジラ)	"
	Pejibaya (<i>Guilielma gasipaes</i>) (ペジバエ)	"
	Pummelo (<i>Citrus grandis</i>) (ザボン)	"
	Soursop (<i>Annona muricata</i>) (サワーソップ)	"
Uvilla (<i>Pourouma cecropiaefolia</i>) (ウービーリヤ)	"	
油糧植物	Babassú (<i>Orbignya speciosa</i>) (ババサヤシ)	食 用
	Buffalo Gourd (<i>Cucurbita foetidissima</i>) (バファローウリ)	"
	Caryocar 属 (カリオカ類)	"
	<i>Jessenia polycarpa</i> (ジェセニア)	"
	Jjoba (<i>Simmondsia chinensis</i>) (ホホバ)	工業用(潤滑油)液状ワックス
飼料植物	<i>Acacia albida</i> (アカシア属, アルヒダ)	飼 料 用
	<i>Brosimum alicastrum</i> (ラモン)	"
	<i>Cassia sturtii</i> (ストウルティ)	"
	Saltbushes (<i>Atriplex</i> 属) (塩の木)	"
	Tamarugo (<i>Prosopis tamarugo</i>) (タマルゴ)	"
その他の植物	Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>) (ブリチヤシ)	でん粉, 食用果実, せん維, 木材
	<i>Calathea lutea</i> (ルテア)	ワックス
	Candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i>) (カンデリラ)	ワックス
	Guar (<i>Cyamopsis tetragonoloba</i>) (グアー)	食用および工業用(ガム)
	Guayule (<i>Parthenium argentatum</i>) (グアユール)	工業用(ゴム用乳液)
	<i>Paspalum vaginatum</i> (シルトグラス)	海岸砂防用, 飼料用
	Ramie (<i>Boehmeria nivea</i>) (ラミー)	せん維用
	Spirulina (<i>Spirulina platensis</i> および <i>Spirulina maxima</i>) (スピルリナ属)	食 用

引 用 文 献

1. 明峯英夫 (1978): 「自然と農業技術の関わり」『科学』Vol. 48, No. 10.
2. 広瀬昌平 (1978): 「東南アジアにおける畑作農業の諸問題」『拓植学研究』No. 11・12 合併号.
3. International Rice Research Institute (1975): *The IRRI Reporter*. No. 3.
4. ——— (1978): *Research Highlight for 1977*.
5. 橋高昭雄 (1979): 『インドネシアの農業—現状と開発の課題—』国際農林業協力協会, 海外農業開発調査シリーズ.
6. National Academy of Sciences (1975): *Underexploited Tropical Plants with Prom-*

- ising Economic Value. Washington, D.C. (訳本：吉田よし子，吉田昌一訳『21世紀の熱帯植物資源』農政調査委員会刊，1979.)
7. Nielsen, P.E. et al. (1977): "Plant Crops as a Source of Fuel and Hydrocarbon-like Material," *Science*. Vol. 198.
 8. 緒方 健 (1979): 「イピルイピル・Ipil-ipil」『熱帯林業』
 9. 岡部四郎 (1975): 「東南アジア 農業の発展に対する農業技術の役割と限界」『関西土壤肥料協議会講演要旨』第45号。
 10. 佐藤 孝 (1967): 「東南アジアのヤシ」『東南アジア研究』第5巻，第2号。
 11. *Science* (1976): "The Petroleum Plant. Perhaps We Can Grow Gasoline," Vol. 194.
 12. 山田 登 (1976): 「農業協力の課題—技術の諸問題」『国際農業協力の現状と課題』(小倉・山田共編) 農政研究センター編。
 13. ——— (1978): 「熱帯における技術協力の問題点」『国際農林業協力』Vol. 1, No. 1.
 14. 高瀬国雄(1975a): 「アジアの農業と水利革命」Σ *M. H. I.* 三菱重工業株式会社刊。
 15. ——— (1975b): 「経済開発と農業プロジェクト」『基金調査季報』第20号，海外経済協力基金調査開発部。

コメント

田 中 明*

「熱帯農業技術の研究に当っては，社会経済要因を十分考慮した体系化技術を指向すべきである」と岡部氏は主張した。これは，誠にもっともなことで，そのような技術でなければ，実際の技術として定着することは困難である。

しかし，現在の熱帯における小農が，資力を持たず，また教育がなく，増産意欲もなく，さらに，圃場の生産基盤も劣悪であるといったことに，あまりにもこだわるならば，これらを前提とした体系化技術としては，現在，小農が実施している伝統的な技術のみが生き残り，ほとんど生産の向上は実現しない可能性が極めて高い。

農業技術研究者にとっては，上記の社会経済的な生産阻害諸要因の改善は守備領域外のことである。 (a) これらの生産阻害要因中，現状で最も深刻に生産を制限している要因を指摘し，当事者にその改善を要望するとともに， (b) やがてそれらの要因が改善されていった時点での増収技術体系の開発をしていくのが任務であると考えている。

* 北海道大学農学部

High input-high output を志向する技術が，現在の熱帯には不相当であり，low input, minimum input, さらに no input の技術を求めるべきであるとする主張がある。しかし，餌をやらなければ，鶏は卵を産まないという単純な原理を忘れてはならないことを，ここであらためて，指摘しておきたい。もう少し具体的にいうと，たとえば，稲が高収をあげるためには，窒素，りん，加里などの必須要素を多量に吸収する必要がある。これらの要素が土壤中に十分存在していないときには，肥料として，これらを補給してやらなければ，たとえ，他の生産条件がどんなに整っていても，高収は絶対期待できないのである。

熱帯における作物の生産は，従来極めて停滞的であった。しかし，熱帯においてはこれまで生産向上のための研究活動が皆無であったわけではない。たとえば，インドにおける農業試験場の活動の歴史は古く，稲については，生産性を高めるための育種や栽培法の研究が長年なされていた。しかし，1960年ごろまでの試験結果をみると，改良品種を十分管理した場合に得られる最高収量は 3.5 t/ha