

《特別寄稿》

環境保全型農業から農業技術と 農業教育を考える

石原 邦*

はじめに

わが国農業は、1994年末のガット・ウルグアイラウンドの政府間の農業合意によって新たな段階に入り、国際的情勢に対応しつつ今後一層の体質強化、充実が必要になるといわれている。

農業は土地を基盤とし太陽エネルギーなどの自然を活用し、動植物の飼育栽培を通じて行う地球上における人間の営みである。人間は農業を行うことによって環境を破壊し、不毛の土地を作り出したりする一方で、一度悪くした環境を修復しつつ農業を持続し、また発展もさせてきた。いうまでもないが作物栽培の基本は、耕地の地力、土壤肥沃度の維持、向上をはかりつつ、その地域の気象、環境にあった作物あるいは品種を選択し、雑草や病害虫の被害をできるだけ少なくし、目的とする収穫物を多く、しかも安全で品質のよいものを生産することにある。かつて私たちの先祖は、そのためにひとつの作物（あるいは品種）ごとに栽培時期をさまざまに試行したり、土壤の肥沃度を保つために輪作における作物の組み合わせなど、いろいろの工夫をしつつ、農業を継続してきたことはよく知られている。

ところが、化学肥料、農薬などが開発され、機械が発達し大型化するに従って、農業は生産性の向上が第一の目的とされ、耕地の大規模化、作物の単作化が進められた。このようにして構築された栽培技術は、大量のエネルギーと肥

*いしはら くに、東京農工大学農学部

料や農薬などの使用を通じて生産性の大幅な向上を実現しはしたが、一方で生産された食料の安全性などの問題が生じたし、それだけでなく、環境にもマイナスの影響をおよぼした。その影響は、わが国のように水田農業を営み、雨が多いたちころでは、アメリカ、ヨーロッパに比べれば小さいが、農薬の問題に加えて畑作地帯では地下水の硝酸態窒素濃度が高くなるなどの問題も生じてきて、農業環境の保全はきわめて重要な課題となっている。

農業環境への影響を軽減するのみならず、積極的に人間の生存環境を保全する機能を維持・増進する農業すなわち環境保全型農業の発展が求められるようになったのも当然の帰結であろう。わが国における環境保全型農業を推進する際の諸問題を概括的に列挙すると、順不同であるが以下のようなになる。

- ① 耕地の物質循環を基本とした輪作を中心とした作付体系の確立
- ② 水田の高度利用、環境保全機能の活用
- ③ 耕種と畜産経営との結合による物質循環を中心とした地域農業システムの確立
- ④ 総合的病害虫防除の確立と発生予察・情報伝達の整備
- ⑤ 施肥法、肥料利用効率の向上
- ⑥ 耐病害虫抵抗性などの新しい品種の育成や新しい生物機能の開発など
- ⑦ 環境汚染の実態の把握
- ⑧ 社会経済的条件として、農業の役割の認知と社会的保障、また生産者と消費者の有機的連携など

環境保全型農業を推進するに当ってはこのような多くの問題に対応していかなければならず、どの問題をとっても、その対応、技術の確立は決して容易ではない。このような段階で、わが国の農業の「一層の体質強化、充実が必要である」ということは簡単ではあるが、どのような手だてがあるかを具体的に述べることは非常に困難である。

このような背景認識の中で、今まで農業について学んできた過程で、個人的に経験したり、感じたりしたことを含めて、いくつかの技術の問題を中心に述べてみたい。

輪作について

輪作は同一の耕地に異なる種類の作物を一定の順序で繰り返し栽培し、物質循環を通じて土壌肥沃度を維持し、耕地の生態系を複雑にすることによって、病害虫、雑草の発生を抑制する作付様式で、環境保全型農業構築のための大前提である。

輪作は周知の通り、ヨーロッパ農業の基本として三圃式、穀草式、輪栽式などが発達した歴史がある。1974年にイタリア、エミリア・ロマーニア州のポー川周辺で輪作について農民から聞き取り調査をしたことがある。作付けされる作物は教科書に書かれているものとは著しく異なり、コムギ、トウモロコシ、ビートなどに加えて、ジャガイモやトマトなどの果菜類や葉菜類、根菜類が輪作されていた。

このような中であって、化学肥料、農薬が発達してきたことが影響し、さらに農業機械化がすすんだことが関係して、輪作をやめ、トウモロコシの単作を行っている農家があった。このような単作を行っている農家でも輪作による耕地生態系の安定、維持という考え方は依然として強く持っていた。たとえばトウモロコシの連作を続けていると、多年生雑草 *Sorghum marpensa* の繁茂度が年々増加し、その被害が許容範囲を越えることになる。その時にはトウモロコシ収穫後、直ちに耕起・整地し、コムギまたはオオムギを播種栽培する。翌年7月初旬に収穫した後反転耕を何回か行い、夏の間土壌を乾燥させ、*Sorghum marpensa* の地下茎を枯死させていた。このことは三圃式、輪栽式などにおける夏期休閒耕の必要性が現在も認識され、それが実施されていることを示している。

ポー川下流にはアドリア海に接した稲作地帯がある。この地帯は1900年はじめ頃に干拓された海拔0 m以下の泥炭地の酸性土壌である。干拓後畑作を続けていたところ、地盤沈下と土壌の酸性化がおこった。このため、稲作を入れて、数年畑作物を栽培した後水田とし、2～3年水稻を栽培するという田畑輪換を行うことによって、地盤沈下、土壌の酸性化を回避してきたところである。

すなわち、コムギ、ビート、トウモロコシなどの畑作物を安定的に栽培するために稲作を導入し、地盤沈下と土壌酸性化を抑えてきた。したがって、この地帯の水田は基盤整備が非常によく行われ、用排水は完全に分離され、周辺には深さ1.5m程の明渠があり、一区画が大きいこととも関係し、水田は幅の広い農道に囲まれ、各区画毎に水が完全に制御できるようになっていた。ところが1970年代には稲作の機械化が著しくすすみ、機械が稲作用に特殊化してきたこと、一戸当たりの作付面積が大きい程生産性が高くなる結果、一つの耕地で水稻の栽培を続ける年数が増加していた。収穫期前の9月下旬に調査農家を訪ねたところ、穂首イモチが非常に多発している水田があった。この農家の栽培責任者の説明によると、穂首イモチが多発したのは7年間水稻を連作したのが原因であるということであった。その対策としてこの水田は11月に耕起整地してコムギを播種し、翌年の夏は反転耕をやって、土壌をよく乾燥させ、土壌の改善を試み、数年畑作物を栽培して再び水稻栽培にもどすということであった。ここにも輪作によって、耕地生態系を複雑にし、病虫害を抑えるという考え方をみることができる。

日本では水田農業が中心であったこともあって、ヨーロッパのように輪作体系が確固として成立することなく、畑においても必要に応じて作物を栽培するという自由式が行なわれてきた。もちろん輪作体系はまったくなかったわけではなく、耕地の利用度を高め、農家の自給自足を中心として、食生活にみあったダイズ、コムギ、陸稲、サツマイモ、ダイコンなどを組み合わせた作付様式が存在した。わが国では山林が多く耕地が少なく、一農家の経営面積が小さいこととも関係して、家畜、人間の排泄物の利用、里山と結びついた刈り敷などの利用によって、ヨーロッパの研究者が特記するほどに地力維持が充分行われていたために、あえて輪作といった複雑な作付様式をとる必要がなかったともいえる。また雑草についても『農業全書』に記述されているように「草をみずして草をとるのが上農」といわれるように、人力によって除去することが可能であり、それが奨励されていたと考えられる。このような背景があるので、化学肥料、農薬が発達し、機械化がすすむことによって、輪作の農法的意味など

がかえりみられることなく、作付けはほぼ完全に市場の要求、経済性の追求、いってみれば商工業と同じ論理によって決定されることになった。すなわち、とくに園芸作物では特定作物の産地化に伴って、単作化、連作がすすみ、それによって生ずる線虫を含めた病虫被害、土壌障害などに対しては農薬、土壌改良剤によって対症療法的に対応することになった。そしてこのような対応こそがより進歩した近代的、あるいは科学的農業技術であると考えられることすらあった。このように、わが国ではヨーロッパにみられるような科学的輪作体系についての考え方はほとんど根付いていないように思われる。この点では、広大な処女地を略奪的に耕作し、開拓をすすめた歴史をもつアメリカもわが国と同様であると考えられる。

最近、環境保全型農業の実態調査、あるいは実証事業などが現地で広く行われている。調査に当たって作物と耕地のどちらを固定するかが問題となり、両方を固定すれば、連作障害の調査になるのは明らかである。調査の性格からすれば耕地を固定し、輪作の中でいろいろな作物の比較を行わざるを得ない。このためには、少なくとも連続して数年間の調査が必要となるが、この必要性を共通の認識として理解するのは、必ずしも容易ではないように思われる。このことは、わが国の主要な作物が水稲であり、研究が水稲の研究を中心として展開されてきたこととも関係しているように思われる。水稲は裏作にムギなどを栽培する以外、後に述べる田畑輪換栽培を除くと夏期は連作であり、ある意味では作物と圃場の両方を固定して調査が可能な唯一の作物である。その意味では水稲は環境保全型農業を考える時には、他の理由も含めて、例外的作物として取り扱う必要がある。いずれにしても、イタリアでの作物栽培の研究論文の多くで、「実験材料および方法」の項に前作と前作の栽培条件などが記述されているが、わが国のその種の論文と非常に対照的である。

すでに述べたようにわが国は降水量が多く、森林にも恵まれているといった自然条件や水田での稲作が中心であることなどから、畑作が中心のアメリカ、ヨーロッパなどに比較すれば、農業が環境におよぼす悪影響の程度は少ない。しかし、農業の使用やとくに畑作地帯での地下水の硝酸態窒素の増加などが問

題として指摘されている。したがって、わが国においても環境保全型農業技術の確立は重要な課題であり、輪作、作付様式は、この技術確立のための大前提の問題として取り上げなければならない。すなわち、歴史的に合理的な輪作、作付様式が確立されていないということを前提にして、食生活の変化とともに増加したトマト、キュウリ、ナスなどの果菜類やキャベツ、レタスなどの葉菜類などを組み入れた輪作体系を確立する問題は、まったく新しい研究課題として取り組まなければならないと考える。

さらに輪作に組み合わせるのは、作物だけではない。病虫害や雑草の発生を抑制する拮抗植物、たとえばネコブセン虫を抑制するマリーゴールド、耕地に残っている肥料などを吸収させるクリーン、あるいはキャッチ植物なども輪作の中に加える必要がある。これらの植物の目的とする機能の高いもの、あるいは新しい機能をもった植物の育成が必要であり、そのためには、バイオテクノロジーなどの利用が考えられる。

いままで述べてきたことからわかるように輪作だけを取り上げてみても、問題は多岐にわたり、まったく新しい課題を含んでおり、研究すべき問題が多くある。輪作体系についての研究は、農学も含めた近代科学の常法である解析的研究も必要であるが、それ以上に、いろいろな学問分野の研究が相互に密接な連携をとりつつ、総合化をめざして行う研究が主流となるべきであり、しかも実験の組み合わせは多く、長い年数を要するし、また、当然のこととして、地域、土壌などによって問題は異なってくる。したがって、従来の解析を中心とした研究に比べて、環境保全型農業にかかわる研究は規模が著しく大きくなり、専門の異なる多くの研究者の参加、多額の研究費が必要となる。また勿論、田畑輪換のところで述べるように条件整備にも多額の資金を要する。このように環境保全型農業に関わる研究、その基盤の整備に非常に多額の資金を必要とすることはアメリカの National Research Council の農業委員会も指摘しているところである。

ここでやや蛇足ではあるが、環境保全型農業は、生産にかかわる技術だけでなく流通、消費とも密接に関係しているということに触れておきたい。この点

を害虫防除を例に説明したい。農薬が発達して以来、害虫が発生したら、あるいは発生が予想されたら農薬を散布することが防除の基本となった。しかし、防除手段は、農薬を用いる化学的防除以外に天敵などを利用する生物的防除、害虫の発生の少ない時期に栽培時期を変える生態的防除などいろいろあり、環境保全型農業ではこれらを組み合わせた総合防除がその基本となるはずである。総合防除はFAOによって「いろいろな防除手段を相互に矛盾しないように有機的に調和させながら併用することによって、被害が経済的許容水準以下に維持されるように害虫の発生を制御する防除体系」と1965年に定義された。ここで経済的許容水準が問題となる。この定義をした時点では経済許容水準は収量の問題であり、害虫を全部殺すのではなく、収量が許容範囲以上に低下しないレベルに害虫を防除するという意味であったと考えられる。現在のわが国では経済的被害がどの程度かは品質、これは味ではなく、主として外観によって決まり、外観が悪ければ価格が著しく低くなる。流通業者、消費者に満足してもらえる外観を維持するためには、害虫の密度を非常に低いレベル、極端な場合あるいは通常の場合といった方がよいのかもしれないが、ゼロに押さえなければならぬ。これは、農薬に頼るしかなく、このことは環境保全型農業の実施を著しく困難にしている。先程述べた生態的防除として害虫の発生時期を考慮した栽培となると、いつでも食べたいものがたべられるというわけにはいなくなり、食べものには旬があるという考え方、さらに言えば、その国、その地域で生産された農産物がいろいろ加工されて食料となり、それから食文化が生れたという農業と食料の根源的関係を思いおこすことも、環境保全型農業を考える上で重要なことであることをここでとくに強調しておきたい。

田畑輪換について

わが国で輪作を考える時、水田を中心としての田畑輪換の重要性を忘れてはならない。その理由は主食としての米が主要であったので、地形からみても、土壤、水利からみても最も条件のよい耕地に水田が造成され、改良がすすめら

れてきたということである。とくに米が余剰のため生産調整が行われている現在、農業生産にとってこの条件のよい耕地の利・活用を考える必要があり、技術的、経営的に多くの困難があるとしても、わが国農業の体質強化をはかるためにはこれを克服して、田畑輪換栽培の基本を確立しなければならない。

田畑輪換栽培は環境保全型農業をすすめていく上でも多くの利点をもっている。水田は畑とはまったく異なった耕地として極めて安定した生態系である。すなわち、水田と畑では、土壌の理化学的性質はまったく異なり、土壌中の微生物相、雑草の種類は違い、水稻と畑作物では発生する病害虫が違ふ。したがって、水田を2～3年畑として利用し、再び水田として水稻を栽培することをくりかえす田畑輪換は、生態系を構成する動物・植物・微生物の各相およびその相互関係を複雑にし、地力維持、病害虫や雑草防除、さらに水稻、畑作物の収量からみても、環境保全型農業にとって最も望ましい輪作体系の一つである。田畑輪換を行うためには、排水し地下水を下げれば畑になり、灌漑すれば水田になるという水環境を自由に制御できる耕地基盤がなければならない。このためには、わが国で1960年代後半から行われ始めた大規模経営を可能にする大型機械利用のための基盤整備よりも、さらに高度な地下排水を基本とした基盤整備が必要であり、これを実現することは、わが国の稲作を含めた農業にとって最も重要な課題の一つであると考えられる。

水田の基盤整備について、わが国における水稻栽培技術の発達過程から言及しておきたいことがある。水稻生育に対して水田の土壌条件が大きく影響することは、老朽化水田、秋落ちなどの水田土壌化学の研究を通じて明らかにされてきた。水稻の多収を上げるためにはどのような土壌条件が望ましく、またどのような改善が必要かは、朝日新聞社が中心となって行った「米作日本一表彰事業」などを通じて「農民の実践にふれ、農民が提起した問題を総合的に研究したことによって」明らかにされてきた。すなわち暗渠排水などによる乾田化、客土や深耕、それに堆厩肥や改良資材などの多用による地力の増進、日減水深2～3 cmの透水、さらに間断灌漑などである。

これらのうち、1954年、55年にそれぞれ米作日本一となった富山県の川原宗

一氏、上楽菊氏によって行われた水管理法の間断灌漑は多収穫技術の基礎として非常に高く評価された。間断灌漑は、中干し後、出穂開花期を除いて収穫期近くまで数日間毎に灌漑、排水を繰り返す方法で、いわば水田水面水の有無に着目した水管理である。両氏の水田が湿田～半湿田であったことも関係して、この効果は土壤中に充分水がある条件を維持しつつ、ある期間土壤表面を空気にさらし、土壤に酸素を供給し、酸化的に保つことによって、水稻根が健全になると説明された。このような根は収穫期まで活性が高く維持され、稔実がよくなると理解された。すなわち、水田の田面水をきめ細かく管理することを通じて、収量を上げることができると考えられた。その結果、1960年代以降の水田基盤整備は「用排水分離、耕区単位の水管理が可能で区画が10a～30a程度の整形」を標準とすることになった。

この耕区単位で表面の灌排水を自由に、しかしきめ細かく制御できる基盤整備はわが国の稲作とくに稚苗田植機の普及に対して大きなプラスの影響を及ぼした。周知のように、田植機の稚苗は、従来の健苗育成とはまったく異なった発想によって、田植機械に最も適した苗として、育苗方法が考えられた。その結果、5～6葉の15～20cmの苗ではなく、2～3葉の数cmの苗となった。したがって田植機の利用にとって重要なことは、田面水のコまかい制御ができる条件であり、普及がはじまった1970年代には間断灌漑を通じてこの条件は整っていたといえる。

ここで稲作の集団栽培と関連して間断灌漑について、1968年に山形県の庄内平野吉田新田で調査した結果について述べたい。吉田新田は半湿田で当時は用排水兼用水路で、用水路と排水路は分離していなかった。そのために水系毎に団地化し、用排水兼用水路をある期間用水路とし、その後排水路として使用することを取り決め、これを属地的に水田所有者に周知させて間断灌漑を行っていた。この水管理を効果的に行うためには、品種を統一し、田植を同時に行い水稻の生育をとくに出穂期をそろえる必要があり、属地的な集団栽培が行われた。このように非常に努力して間断灌漑の実施によって、水稻の収量は増加し、また安定した。この理由として、前述した間断灌漑の効果も考えられる

が、主としては以下のものであった。すなわち、以前はお盆の8月15日になると、組合の決まりによって揚水を止め、したがって水田には用水が供給されなくなった。天水のみとなり水田は収穫期に向けて収穫作業がしやすいように乾していた。しかし、中干し後間断灌漑するようになって、中干しで生じた亀裂は残り、土壌がだんだん硬くなるため、収穫期10日～2週間前まで用水を供給しても収穫期には土に十分な地耐力があり、収穫作業に支障をきたすことはなくなった。水稻に生育後期まで十分に水を供給できることが、収量の増加と安定に結びついたのである。庄内平野は風が強く、とくに8月から9月にかけて乾燥した東風が吹くので、このことは重要であるということであった。川原、上楽両氏の水管理をみても、湿田、半湿田でありながらそれぞれ出穂後29日、21日に落水し、登熟期に水稻に水が充分供給されていた。

以上のことから、間断灌漑は灌排水を繰り返すことにより、地耐力を増し、農作業に支障がないので、収穫期近くまで灌水を続ける効果を持っているといえる。このことは水稻の収量増や安定性に大きく作用する。米作日本一で示された農民の実践から普遍的に行われるようになった間断灌漑は作物学や、土壌学の面から活力ある根を育て維持するための根圏への酸素供給の技術として解釈されたが、農作業に対しても重要な役割をもっていたといえる。同様なことは、米作日本一の多収穫技術要因の一つである水田の透水の効果についてもいえる。透水は土壌中に蓄積する有害物質の除去、水田の排水を容易にするなどを通じて土壌生態系に様々な影響をおよぼすが、透水の効果は土壌中への酸素の供給が主なものと考えられてきたように思う。したがって、透水という地下排水の効果は間断灌漑を可能にする地表面排水によって代替できるとされ、基盤整備に当たっては多くの地域で、冬季間の地下水位を基準とし、表面排水が自由にできることが目標とされ、本格的な地下排水は軽視されてきた。環境保全型農業からみても土地利用からみても、画期的な高度な技術段階にある田畑輪換を行うためには、地下排水によって夏期においても地下水位を一定レベル以下に制御できなければならない。田畑輪換をわが国の水田の利・活用の中心に据えるためには技術的に解決すべき問題も多く、イネ以外の輪作を構成する

畑作物の栽培を可能にする政策などが必要であるが、その前提となる地下排水を可能にする土地基盤整備が今後の最も重要な課題であると考えられる。

世界の米、穀物生産について

つぎに環境保全型農業からみた、世界の食料需給の将来を考えてみたい。農林水産省の新政策「新しい食料・農業・農林政策の方向」の中で、「中長期的には、急激な人口の増加や地球の温暖化、熱帯林の消失、砂漠化の進行などの地球環境問題を考慮した場合には、食料需給が逼迫する可能性がある」としている。また、国際的な食料、環境、人口問題研究所 World Watch Institute の報告では、最近穀物生産量の増加が停滞しはじめ、人口増加は続いているので、一人当たり穀物供給量は1984年の340kgを最大として、その後は減少しはじめ1993年には11%減少し、2030年には1950年代の水準の248kgまで減少すると予測している。また米の需要は国際イネ研究所の予測によれば2025年には現在の70%増の7億5000万tと考えられている。世界の耕地面積、水田ともに1970年以降ほとんど増加していないし、今後増加する可能性はほとんどなく、穀物、米の需要の増加に対しては、単位面積当りの収量増で対応しなければならないとされている。

世界の米について単位面積当たり収穫量の変化をみると、1970年から1985年までは増加率は高く、人口増加率を大きく上回った。その結果、現在米の需給関係はほぼ均衡を保っている。この増加傾向を外挿すれば将来的にも問題がないようにみえる。しかし、1985年以降は収量の増加率は明らかに小さくなり、1990年～1993年までは約3.6t/haでほぼ一定となっている。この間技術的要素の変化をみても、収量の増加率が高かった時期は、灌漑面積、改良品種の普及率、肥料の施用量も増加していたが収量増加率が小さくなるに伴ってこれらの増加率も低下し、最近ではほぼ頭打ちとなっている。このことは国別にみても多くの国で同様な傾向にある。わが国の明治以降の収量の変化をみると、すでに指摘されているように、現在まで増加率は一定ではなく、大きく伸びた時

期と、収量増が停滞している時期とが交互に現れる。前者の時期は技術革新が行われている過程で、年々の収量の変動がかなり大きく、後者の時期は技術革新が一段落し、技術として一つのまとまりを持ち、年々の収量は比較的安定しているという特徴がある。私が計算した所では、明治農法が確立した時期と1955年から1967年までの化学化、機械化、イネの生育制御技術がすすんだ時期がそれぞれ収量の年増加率1.5%、2.0%で最も高く、明治農法が確立した後の大正年間とは0.14%と最も低い。このようなわが国の収量の増加過程を基礎としてみると、1970年～80年代のアジア各国の収量の年増加率2.0%～3.8%は非常に高いといえるし、また1985年からの収量増の停滞傾向は技術の構造的問題と考えられる。1985年以降の収量の増加率の減少は米だけでなく、コムギ、トウモロコシなどの穀物についても同様に認められる。したがって今後の人口増加に伴う穀物需要の増加や30年後の世界の米の需要70%増に対する対応は容易ではないように思われる。

このような状況の中でわが国はどのように対処すべきであろうか。わが国の米は国際価格に比べれば著しく高い。しかし、1週間の賃金で買える米の量はアメリカの380kgを別にすれば、日本はヨーロッパ各国と大差なく150～200kgである。もっとも価格の低いタイではこれらの国々の1/2～1/3以下の約60kgで、これはタイの賃金が著しく低いことによる。先日タイ東北部に行く機会があった。ここで最近田植の労賃が高くなったために水稲の直播栽培の面積が増加しているということであった。高くなったといっても労賃は80～100パーツ/日で日本円に直せば320～400円/日であり、日本の1/20～1/30ではないかと思われる。

当然のことながら水稲を栽培するのは農民であるが、収穫物である米は水稲がその生育過程を通じて生産しているのである。水稲の改良がすすみ、生育を助ける手段が発達したので、水稲の単位面積当たり生産量、すなわち土地生産性は数少ない例外を除けば高い国と低い国の間で多くても3倍程度でしかない。米という製品は前述したように基本的には水稲という作物が生産しているので、同一品種を栽培すれば工業製品のような国による質の大きな相違もない。イネ

以外のコムギ、トウモロコシ、ダイズなどの穀物についてもほぼ同様なことがいえるので、労賃の相違からくる価格差を小さくするするためには、労働生産性を高める以外に方法はない。

このことから、先進国では工業の発達に伴っての農業労働者の減少も加わって、労働生産性を上げるために農業の機械化、化学化が行われ、さらに機械の効率を上げるために、機械の大型化、経営の大規模化、単作化などがすすんだ。このような生産様式によってアメリカでは、土壌の硬盤の形成、土壌侵蝕、地下水の枯渇などの問題が顕著化し、ヨーロッパでは肥料・農薬による土壌と地下水の汚染、硬盤の形成などの問題が生じている。イタリアの稲作についても、米の国際価格との対応のため、1970年代に比較すれば一農家の水稻栽培面積は非常に増加し、水田一区画の面積は著しく大きくなり、機械は大型化し、レーザによる水田の均平作業などの影響で、水田の排水が非常に悪くなり、ゴマハガレ病の発生を伴う水田の老朽化がすすんでいる。このような先進国の実態をみると、1950年代以降高度に発達した近代的技術によって、農業は環境と調和しつつ、安全な食料を持続的に生産できる保証があるとはいいいがたいように思う。環境保全型農業、持続的農業の必要性がいわれる所以である。

すでに述べたように、とくに発展途上国における人口増加に伴う食料需要に対応するためには、作物の単位面積当り収量増が求められている。最近発展の著しいバイオテクノロジーなどを用いた品種改良が可能であるとしても、生産性の向上のためには発展途上国においても一層の機械化、化学化を避けて通ることはできない。このように考えると、農業あるいは農業技術は世界的にみて、非常に大きな壁に直面しつつある、あるいはすでに直面しているといえる。さらに発展途上国における換金作物の栽培を通じての土壌の塩類化、砂漠化の促進、先進国においてもアメリカでみられる海外輸出を背景としたトウモロコシ、コムギ、ダイズに偏重した作付による土壌侵蝕の一層の助長なども大問題であろう。このように農産物流通の国際化は農業技術が直面している壁を一層高くしていることをとくに強調しておきたい。

大学における“農学”の教育について

最後に環境保全型農業の視野からみた場合の、今日の大学における“農学”の教育についてふれておきたい。

昭和24年に発足した新制大学の農学部は、いわゆる旧制大学の農学部の発足当時と同様に、農学科、林学科が中心となり、大学によっては獣医学科をもち、また農芸化学科が農学科から分化していた。その後、科学技術の進歩、社会状況や農業情勢の変化、それに伴う卒業生に対する需要の変化などによって1975年頃までの間に農業工学科、畜産学科、林産学科、農業経営または経済学科、果樹、そ菜などの園芸関係の学科などの新しい学科がつつぎつつぎと設立された。

ここに見られる学科新設の過程は学問の方法論による農学科からの農芸化学科の分化と同様に、物理学を主たる研究手法とする農業工学科、社会科学の農業経営、経済学科あるいは林学科からの化学・物理学を研究手段とする林産学科の分化であり、また農業のなかで大きな分野をしめる畜産業、園芸業を対象とする学科の分化であった。この点では昭和20年代までの旧制大学の学科の分化と本質的な相違は無かったといえる。

1975年代以降になると、公害、環境破壊さらに地球環境悪化などの問題と関連して、環境保護、環境科学を教育研究することを目的とした学科や講座が、また微生物学の進歩およびその応用の拡大、分子生物学を基礎としたバイオテクノロジーの発展と関連して、この分野の教育研究を行う学科や講座が新設された。これらの分野は、土地を基盤として動植物の飼育栽培を通じて生産を行う農業の基礎としての“農学”の範疇に入らないが、農学部で教育研究を行うのが最も適している分野と考えられたわけである。これらの結果、農学部における教育研究は1960年代に比較して非常に広くなり、上述した“農学”の範囲を著しく越えることになった。

このように農学部の教育研究の範囲が広がったことは、ある意味では社会に農学部の必要性、存在意義を主張することを容易にした。この主張を容易にするため、さらに農学部教育研究の在り方を検討してきた農水産系大学・学

部長協議会は、各大学において、それぞれ生物生産、生物資源開発・利用、環境・情報の3大領域に分けて教育研究する方向を示唆し、この方向に沿って農学部改組が進んだ。この結果、農学部で実施されている教育に占める農業の基礎としての“農学”教育の割合が低くなってしまった。

“農学”教育を行う農学科を構成する講座は大学の歴史伝統、地域性によって著しく異なっていた。ほぼ共通している講座をあげると、作物学、園芸学、植物育種学、植物病理学、害虫学であり、前述したような学科の分化がすすんでいない農学部には、これらに加えて農業土木学、農業機械学、農業経営・経済学、畜産学などがある。農学科の主要な講義は土壌学、肥科学を除けばほぼこれらの講座が担当する講義からなっている。土壌学、肥科学は伝統的に農芸化学科の中心の講座であり、これらの講座が農学科に所属しているのは東京農工大学が唯一の例外である。科学が進歩すれば、学問は細分化され、学科が分化し、新しい学科が設立され、それぞれの分野が独自に発展していくのは、いわば当然の道である。したがって、新しく分化した学科の学問分野の教育研究は農学部の中で非常に充実することになった。しかし、農業、“農学”を広い視野から総括的に教育するという点からすると、通常、教育単位としての学科の独立性が強すぎるために、新しく設立された学科が分担していた分野の教育がかえって弱体化することがしばしば起こり、農業の基礎としての“農学”を総括的に理解する教育を行うことが困難になってきた。

“農学”の教育の範囲は、最近の農業、農業技術の問題、科学技術の著しい進歩を背景に、持続的農業、環境保全型農業から分子生物学、生命科学を基礎としたバイオテクノロジーまで非常に広がった。農業の基礎としての“農学”を学ぶ学生は、農業、農業技術について、それらを取り巻く環境も含めて、総括的に把握できると同時に最先端の科学について一応理解する基礎的能力を身に付けていることが要求される。したがって、少なくとも、前述した農学科を構成している講座はこの要求に応えるカリキュラムを編成する必要がある。このことは、学科改組がすすんだ現在必ずしも容易ではない。たとえば私の属する東京農工大学では農業生産にとって不可欠で、すでに述べたように環境保

全型農業を総合的に考えるに当たってとくに必要な植物保護、農業機械、農業土木の分野が農業生産を教育研究の直接の目標としていない学科に所属しているために、現在とはにかく将来おおきな支障となると思われる。

ここで、農業の基礎として“農学”に関係する学問分野について広く学ぶことが重要であると同時に、現段階で分子生物学、バイオテクノロジーを学ぶ必要性を特に述べておきたい。バイオテクノロジーが生物関連分野だけでなく、科学技術全体の中で最も革新的な技術として期待されるようになってから十数年が経過した。この間、ライフサイエンス、分子生物学の発展を基礎に、バイオテクノロジーは著しく進歩し、遺伝子の同定・単離、細胞融合、遺伝子組換えに関わる基本的技術はほぼ確立した。それにもかかわらず、初期に期待された程の成果が必ずしもえられていない。この理由の一つとして、バイオテクノロジーを駆使して達成すべき目標や改良すべき形質がしぼりきれていないところに問題があるように思う。このことは当初から予想されていたことであった。かつて、電子顕微鏡、組織培養など新しい手法が開発されたのちは、この手法を用いて何をするかが問われ、問題となった。明確な目的を持つことなく、いろいろな組織や細胞の微細構造を観察したり、いろいろな植物の組織や細胞を培養したりしても、それなりの成果が得られるだけで、この研究手法を有効に利用したとはいえないのである。

ひるがえって、植物について重要な発見がなされた過程をみると、光周性がアメリカ農商務省試験場でガーナとアラードによって、 C_4 光合成の存在がサトウキビ会社のコルチャックによって見出され、オーストラリアのサトウキビ会社に勤務していたハッチによってその炭素代謝が明らかにされたなどのように、ある特定の作物にこだわって研究を続けていた結果であることが分かる。バイオテクノロジーの基本的技術がほぼ確立した段階では、このような研究態度が必要と考える。すなわち、改良すべき性質や機能を形態・生態・生理・生化学的に解析し、ターゲットの形質を決定し、この形質を支配する遺伝子を同定・単離することができる技術のあることを常に念頭において、特定の作物にこだわって過去の研究業績を見直し、現象を観察し検討することが、改良すべ

き目的を決定するために必要である。さらに、その作物にこだわって特定の有用な遺伝子を導入し、高い機能あるいは新しい機能を持った組換え体を作成する努力が、バイオテクノロジーに関わる技術、その基礎となる分子生物学のさらなる発展を促すと考えられる。わが国では作物栽培が非常に集約であることと関係して、伝統的に特定の作物に固執し執念を燃やした研究が行われてきたが、このような研究が近年非常に少なくなってしまったことは真に残念なことである。

バイオテクノロジーは分子生物学を基礎とし生命の本質に迫りつつ生物を改良するという生物全体に普遍的に適用できる手段であるが、これを有効に活用し農業に役立つ画期的な成果をあげるためには、個々の作物の栽培技術の検討、作物の各論的研究こそが研究体制をどのように組むかも含めて重要なのである。

大学の農学部において農業、農学に対する総合的視点と、バイオテクノロジーに象徴されるような各学問分野の発展深化した部分といういわば相反した両面の教育を統一的に行うには、検討すべき課題は多い。すでに述べてきたように環境保全型農業を基礎にして、国際化の中で先進国は勿論、発展途上国における農業生産量の動向だけでなく農業生産の基盤となっている農業技術の実態、その変化、動向に注目しながら、中・長期的見通しをもって、わが国の農業基盤の強化、充実をはかりつつ農業、食料問題に対応していく研究者・技術者を育成するためには、最近進学率が非常に高くなった大学院修士課程教育を含めて、「農学」教育をどのように構築するかが、今日最もさしせまった重要な問題である。

むすびにかえて

最初に書いたように、昨年末のガット・ウルグアイラウンドの政府間の農業合意によって、わが国の農業は新しい段階に入り、国際化の中で益々厳しい状況に追い込まれている。しかし、農業という産業を工業、商業とまったく同様に経済合理性を追求するという施策で、人口増加、食生活の変化に伴って増大

する食糧の需給に対応できるとは考えられない。食糧が著しく不足し、飢餓状態にある国への援助を別にすれば、農業は本質的に国際化になじまず、消費する食糧は可能な限り自国で生産することが原則であると考え。この努力こそが、それぞれの国で独自の環境保全型農業を確立し、新しい食文化を生み出すのではないかと考えている。その点で、わが国においても、気候、風土や歴史的展開を背景に、農業技術のあり方の基本に立ち戻って、農業を総合的に把握しつつ、発展、深化した学問を基礎に研究をすすめることが大切であると考え。

昨年9月にイタリア・パドバ大学で開催された第3回ヨーロッパ・アグロノミイ会議に出席した。この会議の発表課題の約1/2が機械化、多肥、多農薬によって引き起こされた土壌汚染、地下水汚染などを含む環境問題であった。参加者はこの環境問題を農業技術の発達によって予期しなかった、今までになかったまったく新しい研究課題としてとらえ、この問題に非常な熱意をもって立ち向かっているのを知った。これについての感じ方は人によって異なると思うが、私は近代科学を誕生させ、発展させてきた伝統の重みを痛感すると同時に、新しい対応を求めての上述した研究のあり方の重要性を更めて認識した。

私の専門は作物学、とくには作物の光合成、水関係など、作物の生態生理についてであって、一部の方から理学の亜流ではないかと思はばいわれるいわゆる基礎的研究を行っている。本稿に記述した内容は、農業の基礎として農学を学ぶものが、たとえ基礎的研究を行っていても研究すべき課題、方向を見失わないために、いわば研究者として氷山に例えれば、海水の下に沈んでいる部分について、ひとつの心覚えとして考えているところを述べたものである。

本稿は農耕文化研究振興会の渡部忠世先生と生研機構の西尾敏彦氏のおすめによって書いたものである。言い訳けになるが多忙のため十分に推敲もできず、書き終えてまことに忸怩たるものがあり、おすめ頂いたお二人をはじめ会員の皆様に対しても大変申し訳なく思っている。会員の皆様の討議の一材料にでもなればと願っている。