

て反応させることができる。微生物の特性を利用する物質生産が多くなるものと思われる。しかも蛋白工学が発達し、酵素自体を改良し、反応の効率を向上できるようになる。しかし、エネルギー消費の面や反応速度、生産物の濃度、濃縮、分離、精製などの技術的問題等に改良すべき点も多く、今後の取り組むべき大きな課題である。

成分の分析、検査、モニタリングなどに酵素、免疫化学を利用した抗体、分子認識機能などの生物的な機能を利用するバイオセンシングが使われ始めている。今後はコンピュータと組み合わせて、感応分析やマルチ分析システムに発展していくものと思われる。

食品の改良にも、バイオテクノロジーの技術が導入されている。機能性食品の開発には、蛋白の構造改変、糖鎖の改変、免疫機能の増強などの技術が必要である。さらに、機能性食品の発展には生活科学の分野と人体の反応を明らかにする生命科学が必要である。

今後バイオテクノロジーの進展により、農業にも新作物・新家畜や新食品などが登場するであろうが、組み換えDNA技術の利用に当たっては、生命倫理の尊重はもちろんのこと、新生物の人体や動物への安全性の検証、さらには自然生態系への影響について、現場における綿密な調査を必要とする。このため小規模の室内実験から始めて、順次規模を拡大しつつフィールド試験に至るような道筋を整備し、そこで得られた情報を公開して地域社会の受容を求める配慮が必要となる。前述のバイオテクノロジーの導入に当たっても、例えば、除草剤耐性のダイズから製造した植物油が日本にも輸入されようとしているが、消費者団体はさっそく不安感を表明し、その表示化等の手段により、消費者が選択できるようにするべきと主張している。

また、新技术は、それを単に利用するのではなく、旧技術と併用することによって、生産性や効率を高め、新たな需要を生み出すような方向へ展開していき、新・旧技術は、相互に補完し合うことが重要となってくる。

一方、ミクロの分子レベルからマクロの生態系レベルまで、生命科学の発展が必要である。特に、ミクロレベルの現象が個体の生理作用や生態系へのどのような影響をしているかを明らかにしていかなければならない。しかし、一般的に見ると、ミクロレベルの研究成果が個体、生態系に結びついていないのが現状である。ミクロからマクロまでの研究を有機的に結合することによって、生態系の機能、生物間の共生、生態系相互間の作用などを明らかにすることができます。持続的な生物生産を確立し、自然環境を維持するためには、このような側面の生命科学の飛躍的な発展が求められている。

(b) 生物工学

地球環境保全的な持続可能な農業、生産行程へ移行し、それを確立していくためには、生物学的手法と物理学的な手法を更に開発・利用する必要がある。例えば、施設園芸では、薬剤による制御から温度や光による制御や天敵の利用などを発展させていくことが必要である。そのために、施設園芸の各種センサー制御設備の開発、生育施設の改良といった新しい設備、施設の改善・開発の研究が必要となってくる。

また、砂漠化や温暖化の問題には、生態工学を確立し、閉鎖系の生態系内のガスや物質循環のメカニズムを解析し、総合的な生産システムを組み立てることが生物工学に与えられた課題である。

(c) 収穫作物の処理・管理（ポストハーベスト技術）

収穫後の農産物の調整、加工、貯蔵、輸送に際して、その品質の向上を図り、付加価値を与えるとともに、質及び量を維持して損失を防ぐために技術を発展させなければならぬ。

収穫後の鮮度保持は、収穫後の農産物の高品質化、高度加工に大きく影響するため、収穫後の基本的な課題である。また、流通においては農産物の冷却と産物の生理反応を明らかにすることが重要である。また、貯蔵中の後熟現象の解析も品質管理上重要な課題である。

農産物の選別と品質評価に非破壊測定センサーが開発されているが、今後は更に複雑な味覚あるいは熟度を可能にするセンサーの開発と選別技術の開発が求められている。

こうした収穫後の管理技術の中で、開発途上国における収穫後の農産物の量的、質的損失を防止することが大きな課題である。農家の調整、貯蔵の際の量的損失はしばしば収穫された穀物の2割にも達するとみられる。また、精米などの過程での損失も少くない。これらの損失を防ぐことも重要な課題である。

(d) バイオマスの生産と変換利用

植物の光合成に由来する生物量をバイオマスと言うが、最近では廃棄物や代謝物などの二次生産物を含め広義に解釈されている。これらは、食糧、飼料、各種の燃料、繊維、油脂、あるいは分解性のプラスチックなどの工業原料、薬品などとすることを目的として、生産あるいは変換して利用される。

バイオマスは植物の光合成に由来しているため、二酸化炭素の増大をきたさない資源であり、地球環境保全に好適な資源である。しかも、再生産が可能であり、涸渇する恐れがないため、工業原料としても期待されている。このために、バイオマス資源として油脂植

物、纖維植物、燃料用植物など特定の植物を栽培することが考えられている。特に、二酸化炭素の吸収と木材の変換利用を目的とする高成長樹種の開発と植栽が各地で試みられている。

しかしながら、実用化のためには効率的な資源の生産、低コストの収穫、運搬システム、燃料機関の開発、熱分解装置の開発、効率的な変換菌の探索と育種、変換装置の開発、商品化など多くの研究開発課題が残されている。しかも、バイオマス資源は地域差、個体差が大きく、限られた地域でしか利用できないため、普遍的な技術になりにくい性格を持っている。国際的な情報交換のネットワークを作り、研究成果や開発技術の交換、移転を図りながら研究を進めていくことが必要である。

(e) 生活科学における新技術

生活科学の分野では、衣食住を始めとする生活全般における現象に関して、人間が感覚器官で感じる快適性を客観的に評価する技術の開発が活発に行われている。特に、日常生活に必要不可欠な食べ物のおいしさや衣服の着心地の良さなどの感覚に対する客観評価の試みが多い。人間の生活行動に大きく関わる快・不快の感覚は、人間の総ての感覚器官が感じる刺激を総合評価したものであり、評価には人間の経験・習慣・環境・情報などの知識・概念が関わってくる。現在は、このような複雑な感覚を感覚心理学的手法により、機器測定値へ置換・数値化し多変量解析により分析することが多い。今後、感覚を直接評価する技術の開発が期待される。

(4) フィールド研究の推進

既述したように農学の課題は、森林、草地から耕地、水域、また、生産者から消費者までと幅広く、しかも相互に関連しているため、問題を関連させて様々な角度から判断しなければならない。一般に、研究の「場」あるいは取り扱う「範囲」が大きく、例えば、一流域とか特定の市町村の生活範囲とかの大きなフィールドにおいて、自然科学的観点と人文・社会科学的観点の両側面から問題を取り扱うことになる。

このような場合に、大面積のフィールドにおいては、理論科学的な手法や実験科学的な手法とは異なった方法で問題を解決しなければならないことが多い。まず、人為が入ることによって、条件が複雑化し、流動化する。さらに、フィールドにおいては多様で複雑な条件が連続的に変化するために、制御された条件を作ることができない。したがって、厳密な個別の試験対象区では意味を持たないことが多いばかりでなく、実験科学的な手法のように実験結果を再現することも困難である。こうした条件下においては方法論も新しい

ものが必要となり、自然環境条件の連続的な変化を勘案したり、時系列的な変化を見なければならぬ。さらに、その成果を、条件が制御できないフィールドで評価すると言う問題を含んでいる。場合によっては、評価の過程において厳密な客観性を追求できない場合がある。理論科学および実験科学においては、客観性が科学的な手法として重要視されるが、主観性をどう評価するかがフィールドサイエンスにおける大きな課題である。新しい科学の方法を発展させるためにも、今後、フィールド研究としての新しい方法論や総合的な評価手法を発展させることが農学にとっての重要な課題である。

フィールド研究においては、大規模な研究現場、例えば、森林、耕地、河川、沿岸などの生態系を確保し、長期間管理していくことが必要である。したがって、今までの観念とは異なった大型研究であり、直接の研究費の他に、試験地の施設、管理費、旅費など、研究予算の規模が大きなものになる。

第3章 日本における農林水産業・農学の課題

我が国における現在の農林水産業とそれらを巡る国土環境問題は、極めて厳しい状況に置かれつつあり、それに伴って、農学の担うべき課題は極めて大きくなっている。

(1) 世界の中の日本の農林水産業

(a) 世界における農林水産業の展望と世界貿易機構（WTO）を巡る諸問題

WTO体制は、1980年代の国際的な農産物過剰を背景に構築された。しかし、その体制が出来上がった今、農林水産省の「長期見通し」も含め、世界の多くの研究機関は、これから少なくとも当分の間、世界の農産物需給は逼迫化すると予測している。事実、1994年まで相当量の食糧輸出国であった中国が、1995年から一転して穀物輸入国となり、かなり楽観的見通しでもこれからは毎年、数千万トンの恒常的輸入が不可欠とされている。さらに厳しい予測では、我が国の十倍の人口を抱えつつ、今の高い経済成長率が2020年まで持続するすれば、現在の世界の穀物総貿易量（約2億トン）を上回る輸入も有り得るとさえ言われている。

1995年10月末に出された「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」第2次評価報告書・第2作業部会「温暖化の影響と対応策－政策担当者のための要約」によれば、「……全地球平均表面温度が2100年までに1～3.5℃、海面水位19～95cm上昇との予測が、地域的規模の変動性にどのような影響をもたらすのかは不確実であるとしても、潜在的に重大な変化は特定されてきており、例えば一定の地域での極端な高温、洪水、干ばつの発生率の上昇、そしてその結果として火災、疫病発生、第1次産業の正味生産性が影響を受け……、特に熱帯・亜熱帯地域での食料確保に甚大な悪影響が出る……」としている。これらの事態に対処すべく、FAO（食糧農業機構）は世界各国にそれぞれの農業資源を有効に利用した持続性ある農業生産の展開を求めているのであるが、他方、WTOは逆に、加盟する各国に農業保護政策の採用を禁止し、市場メカニズムに委ねるべきことを求めている。持続的な農業生産を増強しようとする各国の農政に対して、WTO体制がどのような影響を与えるか検討する必要があろう。

(b) バイオテクノロジーの深化に伴う知的所有権の防衛対策

バイオテクノロジー、特にDNA組換え技術は基本的特許が既に成立しているものが多い、研究を行っても実用化に当たって特許の成立はおろか、権利侵害の訴訟という問題も生じる恐れがある。

特に、特許法の改正により 1996（平成 8）年 1 月から、「公開－公示－異議申立て－成立」という流れが、「公開－成立－異議申立て」となり、出願特許の迅速成立と引換えに権利成立後にしか、異議申立てができなくなった。また、実施例の十分な開示を行った上で、クレーム（特許請求範囲）の記述に工夫をこらせば、今まで以上に広い範囲の権利入手できることになった。

また、タンパク質については、その化学構造（同定されたアミノ酸配列）を求められる場合があったが、法改正の結果、作用、機能、性質、特性などの機能的な表現で発明の権利を請求できるようになった。

これらの改正は、バイオ特許を請求する側に有利ではあるが、その競争相手にとってはより厳しい対応を迫られることになる。

また、アメリカ合衆国では特許公開制度を導入しようとする法案が 1996 年 10 月には廃案となった。同国は世界でも珍しい特許公開制度の無い国で、既に業界標準となった技術が、突然に特許として成立し、多額のライセンス料や和解金を要求されることがある。

以上のような観点から、バイオテクノロジーの深化に当たっては、その知的所有権の保護、防衛のための配慮が大切である。

(c) 21世紀における日本の農林水産業の展望

1995（平成 7）年 12 月 26 日に閣議決定された「農産物の需要と生産の長期見通し」によると、10 年後（2005 年）の食用穀物自給率は 60～61% と、1992 年の 66% を更に下回り、エネルギーベースの自給率は意欲的政策下でも 44～46% の現状維持とし、品目別にみると 1992 年対比で、コムギ（12→8%）、ダイズ（4→2%）、果実（59→46%）、牛乳・乳製品（81→73%）、肉類（65→50%）と、自給率は軒並み低下するとしている。農林水産省発表の「平成 7 年度食料需要表」（1997（平成 9）年 1 月 31 日）によれば、エネルギーベースの自給率は 42% と、前年（平成 6 年）度の 46% と比較して 4% も減退し、上記の「長期見通し」を上回るスピードである。特に野菜・果物と畜産を巡ってのいくつかの課題を指摘しておきたい。

① 野菜・果実生産：近年の一人当たりの野菜消費は、110 キログラム／年と一定しているが、その供給形態は、総農地面積のわずか 1% 強（6 万ヘクタール）に過ぎないハウス等の施設生産に支えられている。例えば主要野菜であるトマト、キュウリ、ピーマンでは、6 割以上が季節感の薄いハウス産で、施設材料も含め、石油エネルギーに強く依存す

る形態になっている。また、貯蔵・輸送技術の進歩もあって、新鮮野菜・果実の輸入が近年急増している。1995（平成7）年12月に策定された農林水産省の「果樹農業振興基本方針」においても、今後10年間に果実の総需要量はかなり増加すると見込みながら（814万→915万トン）、輸入増を前提として、減少する栽培面積（32.9→31.3万ヘクタール）の中で、加温施設栽培の導入・普及を奨励している。

さらに、貯蔵、輸送過程に用いられている農薬など、健康・安全を求める野菜・果実需要に今後どのように対応すべきなのか、また必要エネルギーを今後どのように持続的に確保することについても問われてこよう。

②畜産業：現在、我が国の畜産業の特徴は、飼料自給率の極端な低さにある（濃厚飼料9.6%、粗飼料78%：1993年）。1991年からの牛肉輸入自由化、1995年からのWTO協定下での輸入畜産物の増大に対応して、全体の飼養戸数は激減したが、一戸当たりの飼養規模は大幅に拡大した。その結果として、集約的畜産からの排泄物による環境汚染、陸水の富栄養化などが局所的であっても、深刻な問題となっている。21世紀の人口増が、人間の食糧と家畜飼料との競合をもたらすとするならば、新飼料資源の開発と飼料効率の向上、自給粗飼料生産のための耕地、草地の確保、我が国の農業生産と連動したリサイクル畜産業の展開が強く求められるだろう。

(d) 21世紀における農村地域問題

効率、利便性を最優先する今日の産業化社会にあっても、近年、量から質へ、ハードからソフトへ、物の豊かさから心の豊かさへ、経済効率主導から環境保全・循環型へ、といった動きが進んでいる。さらに自由時間の増大、生涯学習の進展に伴うレクリエーションの増加、健康維持、生活の多様化の希求が、いわゆる”パラダイム・シフト”を助長しつつある。

いわゆる”経済高度成長”下の非農業による農村人口吸引で、農村地域の混住化現象が一般化したが、それは同時に、農村地域の乱開発をもたらし、農村の地域生態を激変させた。他方では、農山村地域を過疎化、高齢化社会とした反面で、都市地域の過密をもたらした。国土空間の利用に生じたこのような著しい「歪み」を、どのように是正していくのかが問われている。

我が国は、空間的、時間的、精神的に極めて多様性に富んだ風土を形成しており、その象徴が農村空間にあると言われる。次項にも見るように、自然条件に依拠した農村地域の土地利用、それらの持つ環境保全機能、農村と都市の資源循環的生産・生活様式の連携な

ど、21世紀に向けて、どのような再生・新生が可能なのかが問われるだろう。それを本質的に規定するのは、日本人の生活空間の有りように関する認識と、食糧を始めとする生物資源の持続的な生産・利用様式の在り方の選択である。

(2) 国土環境保全と農林業

(a) 国土環境の現状と農林地の役割

地球陸地に占める植生面積114億ヘクタールの中で、砂漠化、土壌侵食等による「土壤荒廃」は一段と進行して、1992年には10%（12億ヘクタール）を越えるに至っており（World Resources Institute）、世界的な穀物作付け面積も、1981年をピークとして以降減少に転じている。1950年以降の開発途上国を中心とする世界的な人口増に伴って、一人当たりの穀物作付面積は、0.22ヘクタール（1950年）から0.13ヘクタール（1990年）へと減少したが、生産技術の進展による単収の増大によって、1980年代前半に至るまで一人当たりの穀物生産量は、大きく伸ばすことが出来た（247キログラム／人：1950年→346キログラム／人：1984年）。しかしその後、やはり減少に転じて、1993年には303キログラム／人となっている（地球白書1995）。

我が日本国土は、森林面積67%であるのに対比して、農地面積はわずか14%、一人当たりの農耕地面積は1960年で0.065ヘクタールと極めて狭小であるが、耕地利用率や生産技術の向上指向によって、1970年までは60%以上の自給率を確保していた。しかしその後、食糧の大半を輸入に依存する構造の中で、その農地さえ、他用途転用と過疎化・後継者不足による耕作放棄によって、減少の一途を辿りつつある（作付け延べ面積：813万ヘクタール：1960年→492万ヘクタール：1995年、農林水産省）。

さらに上述した世界的な穀物生産動向を考慮する時、このような状態を転換させが必要と判断されるが、ここでは国土環境保全の視点から、農林地の担っている役割・機能に触れておきたい。木材・林産資源の大量輸入は、日本の森林資源の維持、手入れを困難にしており、農林業の衰退と農山村の過疎化が、間違いなく森林の荒廃を招いている。その結果、広大な水源地と緑は損なわれ、水不足、洪水、土壌浸食、水質汚濁、さらには大気汚染をも呼び起こし、美しく豊かな国土は疲弊する。農村地域は、食料や森林資源生産の場であるとともに、大気、水、土壌そして動植物多様性を保護する空間でもあり、これらの公益的機能は、年間36兆円にも達すると見積もられている（永田恵太郎、198

8年）。豊かな農村地域が持つ多面的機能が、都市そのものの存立を支えていることが十分に認識される必要がある。

(b) 水田と環境

現在、休耕田や耕作放棄、都市のスプロール化に伴う水田改廃によって、水田面積は減少しつつあり（338万ヘクタール：1960年→275万ヘクタール：1995年、農林水産省）、また農村地域の混住化は用排水路を悪化させ、水田の維持・管理組織もなくなりつつある。これらの事態は水田自身の機能を低下させ、水質悪化の原因になっている。

我が国の水田は雨水の貯留機能も大きく、その容量は81億m³と試算され、水田面積全体（317万ヘクタール：1975年、志村博康、1982年）で、治水ダムの洪水調節容量を上回るとも言われている。また水田は、灌漑水を地下へ浸透させて地下水を養い、工業用水や都市用水の源となっている。同時に湛水下水田の持つ脱窒機能によって、家畜廃棄物や家庭雑排水の硝酸態窒素が容易に除去、浄化できることも評価されねばならない。このように水田は水生態系を維持し、多様な動植物を保全する機能をもつ。しかし一方で、継続する湛水下にあって強還元の進行する条件の下では、地球温暖化ガスの一要因とされているメタン発生をもたらすが、我が国の場合、基盤整備と水管理技術によってその誘発を殆ど抑制することが可能になっている。

乾燥・半乾燥地域においては、大量の地下水あるいは化石水を汲み上げて水田が形成されているため、このような我が国水田のもつ多面的機能は保持し得ないことを、ここでは特に指摘しておきたい。

(c) 望まれる森林管理計画

地球環境保全の視点に立つならば、世界の低価格材は、今後急速に枯渇することが予測されている。木材自給を必要とする時代は目の前にある。良質材の生産に少なくとも80～100年かかるとするならば、早急な森林管理計画の確立・合意は当面の必須課題である。このような木材生産のみならず、森林域の持つ国土保全あるいは大気環境の浄化機能、農耕地と連動する森林域の役割、さらにはレクリエーション等の国民生活を豊かにする役割等の諸課題に対応した総合的施策の早急な確立が期待される。

(d) 国土環境保全における中山間地域

全国3,246市町村のうち、中山間地域に区分されている市町村は1,793（1995年）にのぼり、全国土地面積の3分の2、全農地の約4割、森林の約8割がこの区域に

入る。我が国の日本農林業衰退の中で、若年人口の流出による過疎化、高齢化が進み地域社会そのものが崩壊の危機にさらされている町村は、ほとんどがこの地域に含まれている。過疎化は、傾斜地水田の耕作放棄や森林の荒廃を招き、土壤劣化・流亡やダムの土砂堆積の要因ともなっている。

来る21世紀に、食糧を含む生物資源の自給体系を、安定した国土環境の中で再・新構築して行かねばならないとするなら、中山間地域における生産・生活環境基盤の早急な整備とそれに伴う若者達の定着条件の確立が不可欠であろう。中山間地域へのこれらの施策は、国土保全、水資源かん養、洪水・災害防止、自然景観保全にも大きく貢献することであろう。

以上の諸課題に対する早急な全面的検討と政策提起は、学術のみならず、政治・経済に携わる政策担当者の最も本質的な任務であることを強調したい。

(3) 農学研究の役割と課題

先に述べた農学に関わる地球規模の人類的課題を含め、上記のような我が国の農林水産業、国土環境保全に対処するための課題は、21世紀農学を展望する中でその解決方法を求めて行かなくてはならない。そこには、新しい科学・技術をどのように伝統的農法に組み込んでいくのかという大きな問題が含まれている。さらに、その根底には、総合的学術としての農学そのものの見直しという問題があり、現代的課題にふさわしい農学の新構築が期待されている。その際、実学として、実用的な専門的科学・技術の一層の深化を図りつつ、上記の諸課題にアプローチすることを基本として、多様な農学諸分野の相互関連性を明らかにしていくことが不可欠となろう。こうした専門性の深化を踏まえつつ、フィールド研究を通じて具体的な対象地域をベースとした農学の総合性を確立していくことが期待される。

このことは、農林水産業の広義の環境としての国土若しくは農村地域との関わりの中で、地域生態系の保全・充実、資源の循環利用等に配慮した、それぞれの農林水産業者に十分に利用可能な技術を総合的に発展させるというスタンスが重要となる。さらに国際貢献の視点から、とりわけ開発途上地域の農業技術研究への取り組みも不可欠となろう。これらの地域の多くが、熱帯・亜熱帯域に位置していることを考慮するならば、当然のこととして、湿潤温帯の我が国とは異なる気候風土の下での農学における科学・技術の課題がある。以下、いくつかのテーマに沿って展望したい。

(a) 伝統農法から近代農学へ向けて

農業振興のためには、科学としての農学を教育・研究する高等農業教育機関が不可欠とする明治期のケプロン建議（1872年）に端を発して、札幌農学校、駒場農学校がスタートしたことは広く知られている。つまり農学はそのスタート時点から「実学」としての性格をはつきり持っていた。同時にその時点で、我が国の多くの地域に経験的農法の知識を集成し、実践している「老農」がいたことは、実学としての日本農学の発展に寄与するところ大であった。伝統農法に近代科学の光をあて、技術としての普遍性を確立した象徴的事例として、経験的な種子の選別法から発展した「塩水選」は有名であるが、近年でも農業者の実践に学び、有効な経験的知識の科学的意味付けへの努力が研究を深化させた好例に、「米作日本一表彰事業」がある。優れた現代の老農と研究者の組織的交流の場がこの事業で形成され、研究者は多収穫実践の科学的根拠を問われることで認識を深化させた。

もちろん純粋な科学的研究、アプローチが農業生産を飛躍的に豊かにした事例を、日本農学100年史の中に見いだすことは容易である。しかしながら、相互規定的な諸要因が複雑に絡み合った農業生産上の諸問題の科学的究明に当たって、それら諸要因の総合的所産である生産現場に学ぶことの意義は、いつの時代にあっても大きいと言わねばならない。21世紀を目前にした現在、地球環境保全と連動した農林水産業の生産研究を展望するとき、フィールド研究を強化すべきとする出発点もここにある。

(b) 農学研究分野の広がりと新技術需要の展開

①持続性ある農林水産業生産技術体系の確立：我が国における食飼料・林産物自給率の抜本的向上を目指す必要があるが、一方では、都市地域を含めた国土生態系の保全・充実と両立するものでなくてはならない。しかも、これから農林水産業生産は省資源、省エネルギーの下で実践されねばならないとするならば、土地生産性向上を目指しつつも生物性廃棄物のリサイクルとリンクした生産技術体系の確立が求められる。また、一定の地域的連携の中で展開される田畠輪換、アグロフォレストリーへの新技術開発が期待される。さらに沿海水産業は、陸域における湖沼・河川と関わりを持つ農林業とも密接に関係しており、広域生態系における物質循環の中での生物生産体系の確立といった発想も重要となる。具体的には、農薬・肥料を節約し、環境保全を意識しつつ、病虫害に抵抗性があり、肥料利用効率の高い品種の作出を図るとともに、農村地域の環境保全機能を評価し、作付け方法や営農方式の改善を通じて、省資源、省エネルギー的農業技術の確立を図ることにある。これらの技術開発の中には、特に太陽エネルギー利用効率の増大、農業資材や廃棄

物のリサイクルなどが含まれる。

②国民の健康保持と食料供給：第2次世界大戦後の日本人の食生活は、いわゆる「欧米化」、多様化の道を歩んできたが、今日では栄養素の過剰摂取が「成人病」の増加として問題点を顕在化させてきている。そのような状況の中で、米と魚介類を中心とする日本人の伝統的食習慣の優れた特性が、国際的に評価されるという事態も生じており、国民の栄養・健康との関連で、食糧生産・供給計画の在り方の見直しが問われている。

我が国では、行政のみならず教育・研究の現場においても、「食糧＝農」、「健康・栄養＝医」とする”棲み分け”があるが、栄養のアンバランスに起因する成人病の多くが食生活の改善によって防止し得ることが示しているように、食料そのものの「質」が問われる中で、「農」と「医」との共同・協力は今後は一段と強まるだろう。ビタミンを始め種々の必須栄養素の発見とその欠乏克服、そしてそれらの化学的、微生物的合成研究は、従来から農学の一分野として展開され、多くの成果が挙げられてきた。今後とも、未知の微量栄養素の探究と特定の必須栄養素添加による栄養改善の研究は続くが、新たには、特定の疾病発症（例えばアレルギー）誘因となる物質同定と食品からの除去、生体調節機能性食品の開発等、医学分野との境界領域的な課題への要請が強まるだろう。

また、古来より水産物に依拠して食文化を確立してきた我が国としては、上述のような国際的関心を待つまでもなく、水産生物の再生産機能を持続させながら、魚介類を捕獲する技術を進展させなければならない。海洋環境構造、水生生物群集の成立要因の解明を基礎として、資源管理・増殖型漁業、漁獲物の高度有効利用など、水圏科学と水産学を一層深化させることが望まれる。

21世紀には、とくに動物蛋白源の不足が深刻になると危惧されている。従来から動物蛋白源とされてきた家畜、家禽、魚類だけでこの不足に対処することは極めて困難と考えられ、新しい動物蛋白源探索の必要性が生じている。このため従来、家畜化されていなかった動物で、蛋白生産効率の高い動物を家畜化したり、ほとんど食用の対象にされていなかつた動物の食用化を考える必要があり、そのための種の選定、食用化技術の開発研究が望まれよう。

さらに、21世紀における食糧危機を展望するならば、太陽エネルギーの総合的有効利用に根ざした未利用資源の食飼料化と生物性廃棄物リサイクルに向けた動植物、微生物の利活用が不可欠となろう。

③新技術開発による生物機能の合理的、拡充的利用と環境保全：我が国の発酵工業が独

自に開発・進展させてきた微生物化学技術は、近年の遺伝子組み替え及びタンパク質工学技術の展開にも大きく貢献してきた。今後、世界的なニューバイオテクノロジーの発展に我が国独自の貢献が期待される課題としては、次の様なものがあろう。

- ・ 酵素の質的改良
- ・ 特殊条件（例：高温、低含水、有機溶媒）で働く生体触媒開発
- ・ 代謝工学と遺伝子工学を組み合わせた微生物育種
- ・ 植物・動物細胞の増殖速度の増大と物質生産効率化
- ・ 上流（物質変換）プロセスと下流（分離・精製・濃縮）プロセスの調和した生物の物質生産効率の向上
- ・ 化学的プロセスと生物的プロセスの融合

生物資源を原料とする場合、生産物が利用された後の行方が問題となるが、最終的に二酸化炭素になるとしても、その過程が多数回リサイクルされれば、二酸化炭素の排出削減に大きく寄与するだろう。工業生産の過程で生物資源の採取から最終的二酸化炭素排出までの距離・時間を長くするためのシステムエンジニアリングの考え方方が重要で、それには化学的プロセスと生物的プロセスの結合が不可欠となる。

水産業においても、染色体や遺伝子操作で行う養殖魚の育種、酵素工学を利用したバイオセンサーによる水産物の鮮度判定、水産生物体成分の医農薬利用と抽出遺伝子の組み替えによるそれらの量産、特有物質の新素材としての活用（例：キチン、キトサン）など、我が国の魚介類産業の特徴を生かした新バイオ技術が展開しつつある。

④生物環境工学分野における農工業技術の新展開：来る21世紀に向けて、異常気象の増大が予測され、それに対応する一つの手段として人工閉鎖環境下での食料生産－「植物工場」がある。光利用方式の違いから、自然光利用型、人工光利用型、併用型の3つがあるが、人工光利用型はエネルギー費用が膨大で、普及は限定されている。自然光利用型の大型施設園芸では省力・機械化が進み、一部ではロボット化も取り入れられているが、そのほとんどがコンピュータ管理による養液栽培となっている。野菜とりわけ果菜の相当部分が、現在施設環境下で生産されているが、今や均質な種苗生産には不可欠の施設となっている。今後の実用化・普及に当たっての要素開発課題としては、高速成長に伴う作物生理障害の克服、物理的環境制御によるわい性化、スペーシング自動化、光エネルギー出力効率の高い光源開発、センサー開発等がある。

以上の他に、ヒートアイランド現象に象徴される悪化した都市環境の改善を図り、冷暖

房等の電気エネルギー消費抑制のために、居住空間内外の緑化、とりわけ都市建物外壁の緑化に生物環境工学技術が取り入れられ成果を上げつつある。

⑤農学研究分野の広がりと新技術需要：最近の新技術開発は、従来、農林水産業あるいは農学で用いられてきた研究手法システムを、全く異なる分野、例えば、医学・工学に利用することも可能にしている。例えば、昆虫病原ウイルスである核多核体病ウイルスの遺伝子の一部に任意の遺伝子を組み込んで、その遺伝子がコードしているタンパクを合成させる技術であるバキュロウイルスペクターシステムは、特に昆虫ウイルスに関わる手法として開発されたものであったが、その手法は、ヒトの疫病治療の薬品開発の技術として利用される可能性も高い。このような予期しない境界領域のテーマは、従来の農学分野に数多くあり、これからもますます広がることであろう。

第4章 日本の大学における農学の学術体制の整備課題

21世紀の農学分野には、前章までに述べてきたように、地球規模においても国内的にも極めて厳しい課題が投げ掛けられている。これに対処するためには農学の拠点である大学において、これら課題の解決に相応しい研究体制を整えるとともに、研究と不可分に結びついている人材育成のための体制を整備することが急務である。

(1) 新たな農学の教育・研究体制の形成

農学の新たな学術体制の形成は、生物学関連領域を中心とした総合的学術を構築することに最大の努力を払って行うべきである。とはいえ、それによって農学が農業、畜産業、林業及び水産業の発展に資するという実学的性格を弱めるなら、それは自殺的行為になるであろう。

21世紀の農学には、地球・地域の環境問題、全人類的食糧需給問題、持続的な生産と資源の維持問題、新素材の開発と生活の質の向上問題等の、地球規模の諸問題に積極的に対処していかなければならない。しかも農業生産技術のみならず、農業生産の背景となる農村社会全体を視野に入れ、そこから提起される諸問題も併せて解決していくことに資する学術体制を備える必要がある。そのためには、従来からある生命科学系や生物生産科学系といった、個々の生物の生命メカニズムに基づく生産技術を追求する農学分野（いわゆる農学、畜产学、林学、水産学といった農学としてはいわば縦系に当たる分野）に加えて、生物の環境や資源に関わる環境科学系とか生物資源科学系といった分野や住民の生活や社会に関わる生活科学系や農村社会科学系あるいは情報・産業科学系等といった今までの農学を横に連携するいわば横系に当たる農学分野の研究領域における学術体制を充実していくことが重要であると考えられる。さらに、これらの学術体制の充実を方法論的側面からみれば、従来からの実験室的な実験研究や農場、牧場、演習林、水産実験所等における栽培、飼育、育林等の試験研究に加えて、現実社会の現場のフィールド研究を重視し、一層の実用性を備えた実学としての農学を再構築していく必要がある。特に、フィールド研究を重視することは、農学の総合化とその実践に大きく貢献することとなろう。

21世紀の農学は上記のような多様な研究領域・研究方法を総合していくことに大きな意義と使命がある。農学研究が地域的特性を踏まえ行われなければならないことから、各地域に展開している研究機関の相互協力、あるいは各地域研究者を組織しての研究の総合化を重視する必要があるが、またこれに対応した柔軟で可変的な研究情報ネットワークを

確立していくべきである。個々の研究者には、これに適合した資質と心構えが要請されよう。総合的視点を常に失うことなく、一方で個別専門分野での研究の深化を図るとともに、国内外の他分野（系、学部や大学の枠に捕らわれない）の専門家との共同研究を通じた農学の総合化を図ることが重要な責務となろう。

教育面でも、上述した研究体制を柔軟に反映させる方式を設定し、専門基礎科目を確実に習得するとともに、課題別科目の自由な選択によって、地球規模の人類的課題の意義や位置づけを学びつつ、農学の総合的認識を深化することが大切である。高学年次あるいは大学院では、独自に問題を設定し解決していく能力を養うとともに、共同研究や総合化の方法論についても的確な訓練を受けるべきであろう。

したがって、これから農学は、学際的・総合的側面の教育・研究の深化のために、環境科学、生物資源科学、農村科学といった横系の研究領域が重要となってくるが、一方では農学が、農業、畜産業、林業、水産業という個別の産業の発展を担う責任から、縦系となる農学、畜产学、林業、水産業といった目的性の高い歴史的農学の研究・教育には、十分な力を入れるべきである。そこでこれらの分野別の研究・教育が縦糸となり、横断的な学際的な研究・教育が横糸となって、より強力な農学の推進体制を作り上げることが必要である。

(2) 関連分野の整備課題

学術教育における総合化の課題に対しては、基礎的関連分野の教育を重視する必要があり、下記に示す諸点については、特に十分な配慮を払いつつカリキュラムを整備することが必要であろう。

(a) リベラルアーツ教育

従来の教養部において行われてきた教養教育あるいは一般教育は、目的が不明確であり、時には専門教育の初級・入門的なものとして取り扱われる場合もあった。しかしながら地球規模の人類的課題の究明を目指す今後の農学教育で欠くことができないものは、これら人類的課題に取り組む倫理的使命感の確立と、相互規定的な諸要因に目配りできる高い知性の涵養である。農学系学徒に要請されるリベラルアーツのあり方は、この視点に立って新たに検討する必要がある。

(b) 外国語教育

今後の国際的な学術交流の発展を見通した場合、語学教育は極めて重要である。英語が国際言語としての位置を占めている現在では、大学における外国語教育は、英語による読

み書きに熟達することに加え、聞き話す能力を伸ばし、自分の意見を明確に表現できる英語教育の充実は不可欠である。これに加えて農学では、とりわけ近隣のアジア諸国との交流を重視しなければならないことを考慮して、これら諸国の言語を聞き、かつ話せるような第二外国語の教育にも重点をおく必要がある。

(C) 情報基礎教育

高度情報化時代に対応して、今後の大学教育には専門の如何に関わらず必須科目としての情報基礎教育を課すべきである。具体的には計算機（コンピュータ）を用いた読み書き能力を、ハードウェア技術、ソフトウェア技術の両面から、実体験を通じて理解させることをその内容とする。ただし、より高度な情報教育は専門教育の一部として、必要に応じて行うのが適切と考えられる。

(3) 初等教育からの農業教育

人間の生活、特にその基本である衣食住は、古来農業に深く関わってきている。しかしながら、我が国では第2次世界大戦後の都市への人口の集中のために、子供たちの農業や自然に対する認識が著しく低下している。21世紀の地球規模の全人類的課題に対処するためには、このような教育状況は、早急に改められなければならない。

(a) 小・中・高校における教育について

小学生には農作物や草花の栽培を通じて、土や作物に親しませるとともに、自分たちの生活が、いかに我が国と世界の農業と関連しているかについて考えさせる必要がある。

中学生や高校生には農業の歴史を理解し、都市の成立とその維持存続がいかに農業の発展と密接に関連しているかを認識させる必要がある。また、農業と環境問題との関係についてもよく学習を行い、正しい理解をもたせることが必要である。

一部の小学校、中学校、高等学校は学校林、演習林、農場をもっている。しかし、こうした施設そのものの存在が年々少なくなってきたばかりではなく、施設を利用した教育活動も低下してきている。現代の生活が脱自然であることから見て、こうした施設を有効に利用し、自然を体験させることが極めて大切である。

(b) 大学教養・学部・大学院教育について

①大学教養教育：かなり多数の大学において教養・一般教育部が廃止されているが、それに代る前期教養教育に相当する講義等の中では、21世紀における人口・食糧・土地利用、特に農業と環境の関係等について、国内的・国際的視点で正しい認識をもたせるような教育が必要である。

②学部教育：上述の諸問題についてさらに専門的な知識を深化させるとともに、これと関連づけながら、各自の専門分野の学術を学ばせる必要がある。この場合、現実の農林水産業をフィールドにおいて学ばせることが重要である。

③大学院教育：大学院における研究テーマの選択においても、また研究の展開過程においても、自己の研究が地球環境問題を含む国内的・国際的な農林水産業の現実の問題とどのように関連しているかについて、常に自己点検させる必要がある。そのために、大学院教育でもう少し講義・演習を重視する必要があろう。

(4) 実習体制の位置づけと附属施設のあり方

農学系学部の各附属施設は、生物生産業と関連する各領域別の実習教育の場として利用されてきた。既に述べたように、農学の学術領域において、今後最も重視されるべきことが学術の総合化であるとするならば、実習教育もこれに即したものでなければならない。従来の実習が個々の技術や生産対象を実体験することに主眼を置いていたのに対して、今後は、人類による生物生産システムとその技術体系を、自然生態系と関連づけながら、総合的に理解し体験することを実習の主たる目的とし、そのような実習教育を行う場として、附属施設は位置づけられねばならない。

既に指摘したように、今後の農学の研究の一つの中心は、フィールド研究であり、各附属施設は大学におけるフィールド研究の実行の場であることを認識する必要がある。フィールド研究を具体的に示すと、例えば、物質循環の実測とシミュレーション・モデルの開発やその検証、森林の長期定点モニタリングといったシステム農学的研究を挙げることができる。森林の長期定点モニタリングは、世界的な森林の動態調査のために始められたものであり、世界各地に調査拠点が設置されている。我が国においても拠点を設置すべきである。このような総合的な生物生産システムの研究を前提にしてこそ、充実した実習教育を実現することができる。さらに大学独自の附属施設の充実のみならず、国及び地方自治体などの関連機関との相互利用、共同利用の体制を推進し、フィールド研究の総合的ネットワークを構築する必要がある。

教育・研究施設としては、現有の附属施設等は設備・人材の両面で極めて貧弱であり、早急な整備を必要とする。関係者の再教育や意識の変革も今後の重要な課題となるであろう。特に、国際的な研究を推進するためには、施設の一層の充実が望まれる。

(5) 国際学術協力のための研究・教育センターの整備

人口増加に伴う食糧難が危惧される21世紀に向けて、諸外国とくにアジア地域における

る生物生産の研究と技術に対する協力は、我が国にとってゆるがせにできない重要な課題であるが、従来ともすれば相手国の自然的・社会的条件を十分わきまえることなく技術移転が図られてきた。今後の国際学術協力の発展のために最も重要なことは、それぞれの地域性をわきまえ、持続的生産の発展に寄与しうる資質・能力をそなえた優れた人材を養成していくことであろう。この目的を達成するためには、農学独自の国際交流研究・教育センターの存在が欠かせない。

このセンターでは、我が国の若手研究者をも含め、開発途上国における生物生産業に関する研究者、留学生を対象に指導的人材を育成することを目指す。その教育の内容は、①それぞれの地域性の認識に立脚した先進的技術の習得、②生態系の視点に基づいた総合的な生産・消費システムの把握、③環境に配慮した持続的生産についての認識の深化等に重点をおく必要がある。なお日本人が対象国の言語を取得するのと同等に、留学生には日本語教育を充実する必要がある。またこれらの教育は、関係国双方の絶えざる研究交流の成果の上に立って、実施されるべきであることはいうまでもない。

(6) **Center of Excellence (C O E) の流れのなかで**

本節で触れた各種教育・研究組織、すなわち、フィールドの総合的研究ネットワーク、国際協力のための国際交流教育センター等のあるものは、地域の条件に即した独自の特色あるC O Eとして再編成することも考慮されるべきであるが、今後の大学のあるべき研究・教育体制は、つねに流動的で柔軟を旨とすべきである。総合化を目指し、つねに境界領域を開拓しつつ問題を解決していかねばならない今後の学術状況に対応するためには、学術体制自身が柔軟で可変的になっていることは、何にもまして重要なことである。これから研究者には、新たなしかも大きな意識の変革を含めた、流動的な体制を構築する勇気と決断が求められている。

こうした流動的学術体制の運用は、個々の大学内はもとより、広く学外にも及んで初めて、その十全の機能を發揮し得るものと考えるべきである。文部省、農林水産省をはじめとするその他省庁の関連教育・研究機関をも横断的につなぐ、新たな形態（バーチャル・インスティテュートなど）、組織が必要に応じて作られるようにすべきである。したがって一方では、個々の大学が全ての課題・領域を網羅して、教育・研究組織を完結させることは、必須条件とはならない。

第5章 日本における農学分野の試験研究機関の整備課題

我が国の農学研究は、文部省所管の大学・研究機関ばかりではなく農林水産省の試験研究機関を中心に多数の国・公立及び民間の試験研究機関によつても支えられている。本章においては、こうした試験研究機関を国・公立試験研究機関、民間の試験研究機関並びに国際的試験研究機関に分け、その整備課題を概括し、世界各国との技術協力及び大学とこれらの試験研究機関等との連携の強化について述べる。

(1) 国・公立試験研究機関

我が国の農林水産省関係の試験研究機関は、1996（平成8）年度末現在29機関（農業19機関、林業1機関、水産9機関）である。これらの試験研究機関は、

- ①国内農林水産業の体質強化
- ②新産業の創出を目指した生物機能の開発・利用
- ③農林水産物の加工・流通システムの高度化
- ④農山漁村の活性化と農山漁村の持つ多面的機能の維持・高度化
- ⑤人類の持続的発展のための環境の保全と資源の適正管理
- ⑥国際的視野に立った農林水産業の発展への貢献
- ⑦農林水産研究開発を支える基盤的研究の充実

といった課題をかかえている。

近年、これらの試験研究機関の予算は増加しているが、人員は減少し始めており、21世紀における農学の発展を図る上で、この分野の研究者・研究支援者の充実は極めて重要である。

農学に関連する公立試験研究機関は376機関存在する（1996（平成8年度））が、ここでは予算、人員ともに減少傾向が認められることは憂慮される。

今日、これらの研究機関相互及び大学との連携は、個別のプロジェクトなどの試験研究に限られていることが多く、幅広い大学院の研究・教育の面や自発的な研究協力などの連携関係を、今後充実・強化していくかなければならない。

(2) 民間試験研究機関

一方、民間における農業に関する研究開発は、最近、研究費と研究者数ともに著しく増加しつつある。民間における研究開発を促進するため、国も多様な支援措置を講じている。生物系特定産業技術研究推進機構は、産・学・官連携の拠点として、出資・融資によ