

第 6 部 報 告

—21世紀へ向けての新しい農学の展開—

平成9年4月25日

日本学術会議
第6部（農学）

この報告は、第16期日本学術会議第6部（農学）の審議結果を取りまとめて発表するものである。

部長	故 志 村 博 康	(東京大学名誉教授) 平成8年7月31日没
部長	北 村 貞太郎	(東京農業大学総合研究所教授) (京都大学名誉教授)
副部長	佐々木 恵 彦	(日本大学生物資源科学部教授) (東京大学名誉教授)
幹事	平 田 熙	(元東京農工大学農学部教授)
	島 田 淳 子	(お茶の水女子大学生活科学部教授)
会員	朝日田 康 司	(北海道大学名誉教授)
	浅 見 輝 男	(茨城大学農学部教授)
	井 手 久 登	(元東京大学大学院農学生命科学研究科教授)
	大久保 忠 且	(茨城大学理学部教授)
	大 熊 幹 章	(九州大学農学部教授)
	梶 井 功	東京農工大学長 (東京農工大学名誉教授)
	木 谷 攻	(日本大学生物資源科学部教授) (東京大学名誉教授)
	木 下 俊 郎	光塩学園女子短期大学教授 (北海道大学名誉教授)
	小 橋 澄 治	(京都大学大学院農学研究科教授)
	清 水 誠	(日本大学生物資源科学部教授) (東京大学名誉教授)
	鈴 木 昭 憲	(元東京大学副学長)
	高 倉 直	(長崎大学教養部教授)
	隆 島 史 夫	(東京水産大学水産学部教授)
	高 橋 貢	(麻布大学獣医学部教授)
	田 中 忠 次	(明治大学農学部教授)
	田 渕 俊 雄	(元東京大学農学部教授)
	内 藤 博	共立女子大学家政学部教授 (東京大学名誉教授)
	長 堀 金 造	(岡山大学名誉教授)
	松 田 藤四郎	(東京農業大学長)
	松 中 昭 一	(関西大学工学部教授)
	松 野 隆 一	(京都大学大学院農学研究科教授)
	三 橋 淳	(元東京農工大学教授)
	三輪谷 俊 夫	岡山県立大学保健福祉学部教授 (大阪大学名誉教授)
	森 地 敏 樹	(日本大学生物資源科学部教授)
	山 崎 耕 宇	東京農業大学生物産業学部教授 (東京大学名誉教授)
	山 下 興 亜	(名古屋大学農学部長)

第6部報告要旨

本報告は、今日の農学が直面する全人類的課題に対して、農学の新たな展開方法を求めて、21世紀における新しい農学の展望を明らかにしたものである。

報告では、まず、現在、未来の学術の動向に注目し、人類の学術への依存度が高まっていること、さらに、生物学の進歩を基盤とする新しい学術の展開が始まっていることを認識し、こうした分野を健全に発展させるためには、自然科学分野の科学・技術に偏ることなく、人文・社会科学の諸分野を大幅に取り込んだ総合的学術の調和的発展が不可欠であることを強調した。特に、地球温暖化、酸性雨、資源の枯渇、食糧・エネルギー不足、人口過剰、砂漠化、森林の減少等といった地球環境問題は、いずれも学術の全ての分野が積極的に関与しなければ解決されない問題である。総合的学術の構築に当たっては、今日までの学術の体系を支えてきた理論科学的・実験科学的方法に加えて、現実の自然・社会の「場」（フィールド）を直接的に対象として、調査・分析するフィールド研究の手法を取り込んで、新しい統一的研究方法を確立しなくてはならない。このような方法論の体系化によって、新しい学術の方法論としてのフィールドサイエンスを形成させることを期待している。21世紀農学においては、現場における農学の体系化を通じて、新しい「学術の時代」の創成に相応しい総合的学術の成長・発展の先頭に立って、貢献することに期待することができるであろう。

かかる「学術の時代」の新たな展開を視界に入れ、報告では、まず全世界的な地球環境問題における農学の役割を検討している。そこでは、食糧危機、森林の減少、砂漠化いずれをとっても農学の重要性が問われていることを検討する。その上で、我が国における農林水産業と農学の実態を分析し、併せてその研究基盤の脆弱さも分析した。

このような地球規模レベルの環境と生物生産の現状・将来に対する動向分析、さらに農学の置かれている現況把握から、農学の将来にとって早急にフィールドサイエンスとそのフィールド研究ネットワークの構築が不可欠であるとの結論に達し、最後にその構想を述べている。

フィールド研究ネットワーク（ここでいうネットワークは、一種の研究機関連合を指す）は、従来型研究所のように一ヶ所の建物の中に収めるものを意味してはいない。資料整理、データ保管、観測機器の保管等を行う施設に加えて、農学分野で必要な調査地、試験地並びに現実の人間社会を含む農村集落など、研究対象となる各種の＜フィールド＞

を併せて備えた研究機関連絡網である。フィールド研究に基づく農学分野の発展のために、大学・試験研究機関が全体的に連携をとってフィールド研究を国際的に推進してゆくメカニズムを作る必要がある。このためには、国内のフィールド研究の主体となる大学の実験実習施設を充実し、官民の研究機関と密接な協力をすることが重要である。それとともに、新しい生物学の成果を実験室からフィールドに応用することも重要となる。

こうした国内のネットワークを整備するとともに、我が国が率先してアジア・太平洋地域全体におけるフィールド研究に関する国際的なネットワークを作り上げ、同地域の学術振興に協力することが、最も大切な国際貢献の一つと考える。

アジア・太平洋地域における「国際フィールド研究ネットワーク」は、少なくとも各国に一つ、また中国、インドネシア、インドなどでは、一定の地域環境に応じて分散的に複数の中核的施設を設置し、それらを連結したものを想定する。これから時代に相応しく、これらの中核的施設間は S C S (Space Collaboration System) のような情報通信ネットワーク機能を備え、各施設全てにテレビ会議機能を持たせるなど、情報化時代に即応した総合的な国際学術研究の協力体制（ネットワーク）としていく。このような研究の推進はアジア・太平洋地域の既存の学術を刺激しつつ発展させ、その変革にも寄与するところが大きいと考えられる。この意味からもフィールドサイエンスの推進を強く提唱する。

目 次

・はしがき	1
・第1章 21世紀における学術	2
(1) 人類の学術への依存の深まり	2
(2) 生物学の進歩を基盤とする新しい「学術の時代」の到来	3
(3) 地球環境問題への全面的取り組み	3
(4) 総合的学術の必要性	4
(5) 現代学術の課題－新しい「学術の時代」が到来する以前に人口 ・資源バランスが崩壊する恐れ－	5
(6) 21世紀の学術体制に向かって	5
・第2章 21世紀の農学分野における地球規模の人類的課題	6
(1) 生物生産の現状と問題点	6
(a) 人口・食糧・資源のアンバランス	6
(b) 砂漠化と荒廃地化	7
(c) 広域的な環境劣化	8
(d) 森林と生物資源の保存	9
(e) 水産資源	10
(f) 農民・農村地域問題	11
(g) 消費者の生活	11
(2) 生物資源の保全管理	12
(a) 植物遺伝資源の施設内保存から自生地保存へ	12
(b) 水産資源の保全管理	13
(c) 生物遺伝資源レポジトリ	13
(3) 新しい生物生産技術の開発	13
(a) 生命科学とバイオテクノロジー	14
(b) 生物工学	15
(c) 収穫作物の処理・管理（ポストハーベスト技術）	16
(d) バイオマスの生産と変換利用	16
(e) 生活科学における新技術	17
(4) フィールド研究の推進	17
・第3章 日本における農林水産業・農学の課題	19
(1) 世界の中の日本の農林水産業	19
(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	19
(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	19
(c) 21世紀における日本の農林水産業の展望	20
(d) 21世紀における農村地域問題	21

(2) 國土環境保全と農林業	22
(a) 國土環境の現状と農林地の役割	22
(b) 水田と環境	23
(c) 望まれる森林管理計画	23
(d) 國土環境保全における中山間地域	23
(3) 農学研究の役割と課題	24
(a) 伝統農法から近代農学へ向けて	24
(b) 農学研究分野の広がりと新技術需要の展開	25
・第4章 日本の大学における農学の学術体制の整備課題	29
(1) 新たな農学の教育・研究体制の形成	29
(2) 関連分野の整備課題	30
(a) リベラルアーツ教育	30
(b) 外国語教育	30
(c) 情報基礎教育	31
(3) 初等教育からの農業教育	31
(a) 小・中・高校における教育について	31
(b) 大学教養・学部・大学院教育について	31
(4) 実習体制の位置づけと附属施設のあり方	32
(5) 国際学術協力のための研究・教育センターの整備	32
(6) Center of Excellence (C O E) の流れのなかで	33
・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	34
(1) 国・公立試験研究機関	34
(2) 民間試験研究機関	34
(3) 国際的機構	35
(4) 世界各国との技術協力	35
(5) 大学と試験研究機関の協力の強化に向けて	36
・第6章 21世紀に向けての農学分野の整備課題	37
- 農学におけるバイオテクノロジーの深化とフィールドサイエンスの推進 -	
(1) 農学におけるバイオテクノロジーの深化	37
(a) 農業生物の機能開発	37
(b) 生物生産力の化石エネルギー効率の向上	38
(c) 遺伝子資源の探索と創成	38
(2) フィールドサイエンスの推進	39
(a) フィールド研究の重要性	39
(b) 病害虫の発生予察、作物と家畜の生産管理・予測技術に関する総合的研究の推進	40
(c) フィールド研究の障害	41
(3) 「国際的フィールド研究ネットワーク」の結成を	42

はしがき

21世紀を間近に控え、人類は国際化、情報化といった新しい局面を迎えるが、一方では、地球の温暖化、人口増加と食糧不足等多くの地球規模的で、しかも今まで経験したことのない極めて深刻な人類的課題に直面している。こうした中でも、食糧、木材、エネルギー、水資源の確保、さらには酸性雨、砂漠化といった資源、環境問題は特に重要であり、いずれも農学が密接に関係する課題である。このことは、農学分野の学術の発展が、これから地球規模的問題の解決にも、極めて重要であることを示している。本報告は、こうした今日の農学が直面する全人類的課題に対して、農学の新たな展開方向を求めて、21世紀における新しい農学の展望を明らかにしたものである。

本報告では、特に断らない限り、農学は、狭い意味の農学、林学、畜産学、水産学などを広く含む概念として用いている。同様に農業という場合も、特に区別する必要がある場合を除いて、農業、林業、畜産業、水産業を一括した概念である。

さらに、農村地域という概念は、都市地域に対応する意味で、狭義の農村（農業）、山村、漁村等を含む地域を指す。また、農村と単にいう場合も山村、漁村等を含めた都市の対置概念である。

第1章 21世紀における学術

21世紀の学術を論ずる前に、21世紀の学術そのものの特色を展望すると次の4点を指摘することができる。

(1) 人類の学術への依存の深まり

古代、中世の学術は萌芽期であって、当時の学術は一部の人々の文化的世界に留まっていたといえる。ところが、近代に入って一部の科学・技術が産業に有用なものと評価され、活用され、一般社会に影響を及ぼすようになったが、経済・政治の世界全般では、それらを有効に利用するまでに至らなかった。しかし、20世紀になると学術は飛躍的に進歩し、人類の福祉に大きく寄与することとなった。ところが、他方では、一部の学術が国家の関心に取り込まれ、軍事力増強の手段となり、人類破滅の危機を呼び起こしかねないものまでになった。

かくて、20世紀の人類の生活環境が著しく向上したが、一方では、現在、人類を覆う不安感、例えば地球の温暖化問題、エイズの蔓延問題、人口－資源－エネルギーのアンバランス問題、国際経済問題等が生起し、これらの諸問題は、どれを取っても学術がこれらの諸問題に密接に関わっていない限り、その解決の可能性はほとんどあり得ない状況に立ち至っている。

こうした状況も手伝って、近年には、学術が行政の広い分野の中に取り込まれ、環境問題の解決を含め国民生活全般の質的向上を目指す未来の知的資産としての国家的投資とみなされるまでになってきた。

このような近年の学術への関心は、21世紀における国家の学術への依存傾向が益々増加することをよく示唆している。したがって21世紀において、学術が人類的視野からみて重要な役割を果たすであろうという認識は、21世紀を担う研究者にとって常に念頭に置くべきものであることを強調したい。

一部の学術が反人類的、破壊的利用の可能性を秘めるとはいえども、それを許すことなく、学術全体の調和的発展を図ることが極めて大切である。それには、自然科学分野の科学・技術に偏ることなく、人文・社会科学の諸分野を大幅に取り込んだ学術総体としての調和的発展が不可欠であるといえよう。

農学の場合には、学術の特性として、自然科学と人文・社会科学の協調を常に心掛け、学術の成果を実際の農業・農村に生かすことを念頭に置いて発達してきた。近年、様々な

分野で自然科学と人文・社会科学の協調が重要視されているが、農学の場合には、従来から自然科学系学術と人文・社会科学系学術との相互理解が深かったといえる。これからも、この伝統を大切にし、農学は、学術全体の「自然科学と人文・社会科学の協調モデル」を創るという気概を持って、発展させるべきものと考える。

(2) 生物学の進歩を基盤とする新しい「学術の時代」の到来

微生物から高等動植物を経てヒトに至る生物界は、複雑多様な系のために、物理的・化学的な世界とは別の体系とみなされてきた。しかし、生物学と化学あるいは物理学などの連携による生命科学の進展によって、生命の基本となる遺伝子の構造や機能が明らかとなり、例えば遺伝子組み換え技術によって新生物を創成したり、医学の分野では遺伝子診断や遺伝子治療により難病を克服して、人々の生活の質を益々高めるようになってきた。

かくて生命科学の進歩が学術全体の進展に多大のインパクトを及ぼすようになり、さらに命を取り巻く環境との相互作用を解明して生態系の中にある人間存在の意義を問うまでに生物学が高められようとしている。そして、そのことは学術を基盤とした新たな時代に向かっている産業や社会構造に影響を及ぼし、それらに大きな変革をもたらすことが予想される。

このような生命科学の進歩に平行して、生物学の応用分野としての農学は、抜本的に変革されていくであろう。現在までの農業は、高品質志向と自由競争という名の下での国際競争の流れの中に置かれ、地域的特性を喪失する方向への展開を余儀なくされてきた。しかし、一方では21世紀における地球規模で解決を迫られる人口爆発に伴う食糧問題や環境破壊への対処が不可欠となってきており、重要課題として農業の持続可能性が求められてきている。今後の生命科学の進歩によって、持続可能性のある農業を基底として、高生産、高品質に加えて、それぞれの地域性を具備した農林水産物生産への道が期待されている。

これは生物学を基盤とする人類社会における「学術」の展開を意味しており、農学はこの方向へ向けての新しい出発が求められている。

(3) 地球環境問題への全面的取り組み

地球環境変化が人類の眼前に提起されている。地球温暖化、酸性雨、資源の枯渇、食糧・エネルギー不足、人口過剰、砂漠化、森林の減少等といった地球環境問題は、いずれも学術が積極的に関与しなければ解決されない問題ばかりである。

したがって、21世紀の学術は、この地球環境問題に否応なく直接関わらざるを得ない状況にある。この面での研究の推進は、学術の人類的立場をますます堅固なものとすることに寄与し、国際関係の重要性と国際社会の平和へますます貢献することとなろう。

農学は、地域との関わりが強い学術の一つであるが、同時に、今や全人類的立場に立って、地球環境問題、特に食糧・エネルギー問題の解決に寄与しなくてはならない。この大課題にむけて、地域的立場と人種的立場をよく統一する21世紀農学の基本的スタンスを確立していく必要がある。

(4) 総合的学術の必要性

地球環境問題に加えて、現代文明が内包してきた南北問題、民族問題、都市対農村問題等の今日の諸課題は、いよいよ抜本的解決へむけてメスを入れなくてはならなくなっている。

これらの問題は、20世紀に長足の進歩を遂げた自然科学的分析的手法を中心とする学術だけでは到底解決困難な問題ばかりである。これらの問題は、自然科学的手法に加えて、人文・社会科学的手法を取り組んで、新しい総合的手法に基づく学術によってのみ、その解決が可能であろう。この総合的学術の構築に当たっては、今日までの学術の体系を支えてきた理論科学的・実験科学的方法に加えて、第6章で述べるような現実の自然・社会の「場」（フィールド）を直接的に対象として、調査・分析するフィールド研究の手法を取り込んで、新しい統一的研究方法を確立しなくてはならないであろう。このような方法論の体系化によって、新しい学術の方法論としてのフィールドサイエンスを形成させることとなるであろう。

その上今日では、情報工学、コンピュータ技術が急速に進歩し、新たな情報化時代を迎えつつある。したがって、21世紀学術においては、こうした情報技術も活用して現場を通じた学術の体系化によって、新しい「学術の時代」に相応しい総合的学術の成長・発展を期待することができるであろう。

最近の農学でも、情報技術の農業への活用とか幾つかの細分化された領域を総合化し、情報、環境、農村空間等に関わる新しい学問である「システム農学」や「農村計画学」といった総合的学術体系を指向する動きがあるとともに、一方では上述した生物学を中心とする先端的生命科学を具体的に駆使して、新しい農学の領域を拓きつつある。この2つの動きは、総合性と先進性の両方が求められる21世紀学術を先取りしているものである。こうした意味からしても、21世紀は農学にとって重要な檜舞台であるといえよう。

(5) 現代学術の課題ー新しい「学術の時代」が到来する以前に人口・資源バランスが崩壊する恐れー

上述したように、21世紀学術の新たな4つの視界を踏まえて、生物学を重要視する新しい学術に支えられた「学術の時代」の到来が期待されるが、唯一の不安は、こうした新しい「学術の時代」が開花する以前に、人口・資源バランスが崩れ、全人類の生存基盤が崩壊のやむなきに至ることである。

人口の増加は続き、2050年には現人口の2倍、約100億人に達するといわれているが、現在の2倍の食糧・エネルギー供給を可能とする手だけではまだ明らかではない。その上、地球温暖化問題を始めとする地球環境問題は予想をはるかに越えて深刻である。

上記のこととは世界をトータルに見てのことではあるが、個別の地域を取り上げれば、様相も異なっている。ところが、我が国と最も深い関係にあるアジア・太平洋地域は、世界の各地域と比較して、かなり厳しい状況に置かれていると予測される。この人口扶養力が高かった地域では水田農業が支配的であったが、土地も水もそのほとんどがすでに開発し尽くされており、新規開発の余力が極めて少ない。特にアジア・太平洋地域では、新しい「学術の時代」の到来を待たずに人口・資源のアンバランスが生じる可能性がある。こうした中で我が国の農学は、アジア・太平洋地域への責任を含め、世界中で最も重い課題を背負うこととなるであろう。その意味からも現代の農学は、21世紀へ向けて一層深化させ、発展させることが要請されている。

(6) 21世紀の学術体制に向かって

かくて、「学術の時代」の開花とその人類社会への貢献が実現する以前に人類社会が崩壊しかねないという事態を目前にするとき、21世紀の農学の学術体制は早急に整備・充実されなくてはならない。その際に特に留意すべき点は次の諸点に要約できよう。

- ①現実社会変化との対応が柔軟に可能な学術体制を構築していくこと
 - ②地球環境問題の解決に対応可能な地球的・国際的な学術体制とすること
 - ③生物学を中心とした総合的学術であること
 - ④「場」（フィールド）に立脚した新しい学術の創成に対応できる体制を作り出すこと
- すなわち、これから学術は国際的視点に立った学術であると共に、我が国としては、特にアジア・太平洋地域に目標を定めた学術体制作りが不可欠といえる。その意味で農学は、こうしたいずれの課題にも直接的に関わっており、21世紀の新しい「学術の時代」作りへモデル的に寄与することを志向しつつ、その学術体制の整備に取り組まなくてはならない。

第2章 21世紀の農学分野における地球規模の人類的課題

近代から現代の学術が欧米の学術を軸に成り立ってきたのに対して、21世紀学術の課題は従来型の学術とは異なり、地球環境問題のように地球規模の人類生存に関わる課題が学術の背に重くのしかかっている。そのため学術は人類生存の永遠的確保という明確な目的に支えられた新しい展開を求められている。こうした21世紀学術の枠組みの中にあって、農学は人類生存に深く関わる生物・生命、環境・資源、食糧及びその他の再生可能な生物生産を対象としている。したがって、農学分野は人類的課題である地球規模の資源・環境問題に深く関わって、しかもその問題の解決に直接寄与し、さらに、持続的な発展のために新しい技術を進展させていかなければならない。

農学の関わるべき地球規模の人類的課題として、具体的に次のような諸点が挙げられる。

(1) 生物生産の現状と問題点

(a) 人口・食糧・資源のアンバランス

各種統計からみると2050年には人口が約100億人に達すると言われているが、その時の必要食糧は、現在の穀物生産量約20億トン、漁獲量約1億トンに対して、約2.5倍必要と予測される。したがって、100億の人口を生存させるため、2050年には面積にして約40億ヘクタールの耕地が必要である。一方、現耕地面積は約15億ヘクタールで、このうち灌漑地は2億ヘクタールである。耕作可能地の推定は各種あるが、現在の耕地も含め約26億ヘクタール程度と考えられる。新耕作可能地は11億ヘクタール程度しかない。したがって、農耕地は最大でも1.7倍しか拡大できない。しかも、新開地は既存の耕地に比べて生産性が低く、生産力が既存耕地の0.7倍程度であるため、11億ヘクタールの新耕作地は通常の耕地の8億ヘクタール分の価値しかない。このため、生産力の高い灌漑耕地を多くし、平均的な耕地の1.5倍の生産力を期待しなければならない。

地球上の平均年の水資源賦存量は約40兆トンと推定されているが、利用可能な水資源として、渴水年の水資源を考えなければならない。この計画渴水年の水資源賦存量は概算で約20兆トンあるが、このうち開発可能な水資源は10兆トンである。しかし、アジア・太平洋地域では既に水資源の開発が進んでいるので、その量2兆トンは開発可能な10兆トンに加算し、12兆トンを利用することになる。一方、現在の使用水量は農業用水2

兆トン、工業用水0.7兆トン、生活用水0.3兆トン、合計約3兆トンである。将来の水需要として、生活用水を1人当たり110トン／年とし、工業用水を生活用水の2倍とすると、水の使用可能量は農業用水9兆トン、工業用水2兆トン、生活用水1兆トンとなる。世界の標準的灌漑用水量はヘクタール当たり1万トンであるので、約9億ヘクタールの耕地を灌漑できることとなる。

この灌漑可能耕地の生産力は通常耕地の1.5倍として、約14億ヘクタール相当の耕地に匹敵する。一方、既存の無灌漑耕地になるのは既存の耕地面積15億ヘクタールから灌漑可能耕地9億ヘクタールを引いた6億ヘクタールである。したがって、最終的に通常の生産力を持つ耕地は8億ヘクタール相当分の新開地、灌漑可能耕地14億ヘクタール、それに6億ヘクタールの既存の無灌漑耕地となり、全体として28億ヘクタール相当の耕地生産力をもてることになる。しかしながら、40億ヘクタール相当の耕地生産を行うためには、新技術による生産の向上として1.5倍を見込まなければならない。新技術による生産力増加が耕地全体に及ぶとすれば、全体として42億ヘクタールの耕地を開発したこと同じことになる。しかし、耕地として転換可能な土地の少ないアジア・太平洋地域の場合には、新技術開発で2.1倍の生産力増加がなければ、食糧問題は解決できない。一方では、環境の劣化など種々の問題が顕在化し、こうした問題を解決しなければ、人類100億の生存シナリオは実現が難しい状況になっている。自然環境を良好に維持し、生物生産の持続性を確保することが農学に科せられた課題である。

(b) 砂漠化と荒廃地化

良好な農耕地の確保が難しい状況になっているばかりでなく、現段階で既に肥沃な農地の生産力の低下が急速に進行し、農耕地と放牧草地の砂漠化が問題になっている。地下水の過度の利用、灌漑の失敗、森林の伐採などによって、耕地の土壌が塩類集積を始め、次第に食糧生産に適さない砂漠化現象を引き起こしている。「砂漠化」の定義は1977年にナイロビで開かれた国連砂漠化会議で合意されたものが最も一般的で、「不十分な降雨、または土壌の乾燥が原因で、植生が衰退あるいは欠如化している地域」と定義されている。また、陸地の3分の1近くを占める放牧草地における過密な放牧による砂漠化も深刻さを増している。国連環境計画(UNEP)の推定によれば、毎年世界で600万ヘクタールが砂漠化していると言われている。このうち、320万ヘクタールが放牧地、250万ヘクタールが天水耕地、12.5万ヘクタールが灌漑耕地である。さらに、35億ヘクタールの放牧地や耕地が砂漠化の影響を受け、灌漑耕地2,700万ヘクタール、天水

耕地 1 億 7 , 300 万ヘクタール、放牧地 30 億 7 , 100 万ヘクタールなどに被害が出ている。すなわち、乾燥地の 8 割、天水耕地の 6 割、灌漑耕地の 3 割、放牧地の 8 割以上が砂漠化の影響を受けていることになる。こうした地域に住む住民は世界の人口の 6 分の 1 であり、8 億 5 , 000 万人が砂漠化の影響を受けていることになる。

既存の農耕地・放牧地の砂漠化以外にも、新しく開発された耕地が荒廃地となり、環境を破壊している。山林を伐採し、大規模な農耕地や放牧地を造成した後、数年後に生産力が低下し、放棄される農耕地が多くなっている。こうした事例は山地の農耕地や放牧地ばかりでなく、水田の造成を目的とした湿地の開発、水産資源の増産を目的とした汽水域のマングローブ林の開発などでも見られる。地球上に残された農耕可能地の開発が環境の劣化をまねく可能性が非常に高いことに注意するべきである。

こうした問題を解決するためには、過放牧状況の把握、土壤の特性の把握、緑化の効果、土壤改良、環境ストレス耐性植物の開発、水資源の造成と開発など幅広い分野の共同研究と新しい技術開発が必要であり、さらに、これらの技術を組み合わせた合理的な営農方式を確立することが重要である。

さらに、新しい農耕地の造成には、潜在的に農耕地に適さない土壤が分布する地域やステップなどの土壤水分が欠乏している地域を回避する土地利用科学の発達が必要である。

(c) 広域的な環境劣化

地球規模の環境問題として、地球の温暖化と酸性雨による大気汚染が 21 世紀には、更に進行し、生物生産全体を脅かすことが懸念されている。地球温暖化の進行によって、現在の生態系を維持する環境条件が変化し、食糧生産地域に異変が生じることが懸念される。また、降水量と季節的な降雨パターンに異変が生じ、農作物の生産は大きな影響を受けることになる。既に砂漠化が進行している地域では、降雨の減少は重大な問題となる。

酸性雨などの酸性降下物による大気汚染は環境劣化の重大な原因の一つであり、その対策を考えいかなければならない。現在、酸性雨などの大気汚染は一部欧州、北米の森林の衰退を引き起こしているといわれているが、将来においては森林ばかりでなく、農耕地においても、生産の低下を引き起こす可能性が高い。特に、開発途上国が先進国並にエネルギーを利用するようになると、化石エネルギーの消費量は飛躍的に増加し、酸性降下物による環境劣化は深刻な問題となる。こうした問題は幅広く学際的に解決していくかなければならない。

(d) 森林と生物資源の保存

人口の増加と近代産業の発達に伴って、森林に大きな開発圧力がかかっている。木材資源の需要拡大による森林の開発、大規模な農耕地への転換、こうした政策に付随した無秩序な焼き畑の拡大と盗伐などが相互に関連しながら、森林の減少を招いている。特に、開発途上国の急速な森林減少は地球規模の環境問題となっている。特に熱帯林では、1980年の調査によると、毎年1,500万ヘクタールの森林が消失している。

一方、都市の発達によって肥沃な農耕地が失われ、農耕地はしだいに農耕の不適地に移動しなければならない状況を作り出している。農耕の不適地では、塩類の集積が起こったり、極度に酸性化したりするため、この結果、不毛化し、荒廃地として放棄されていく。森林は更に遠隔地の生産性の低い環境に追いやられている。こうした現状は、短見的で経済的な利益追求を主眼とした土地利用が行われてきた結果である。生物生産の持続性と環境維持という視点を踏まえた土地利用の判断基準を作り、その基準に基づく土地利用が行われるようにする国際的・国内的コントロール体制を確立していく必要がある。このためには、生産力、環境、景観、野生生物保全などを考慮した自然科学的な有効な土地利用の判断基準を作るべきである。

地球規模の環境問題、特に地球温暖化を抑制するために、森林による二酸化炭素の吸収・固定が極めて重要な役割を担っている。光合成産物、即ち有機物が木部に蓄積され、長年月腐ることなく維持されているため、木は大きな光合成産物の蓄積場となっている。森林全体として考えると、地球全体の光合成産物の蓄積の9割以上が森林で維持されている。

森林に存在する莫大な有機物の蓄積は、土壤を肥沃にするばかりでなく、土壤微生物の活動を活性化し、森林の良好な環境を形成し、種の多様性を維持している。同時に、森林は有機物を供給することによって他の生態系の生物生産の持続性の維持に貢献している。そればかりか、水の貯蔵、水質浄化にも役立っている。したがって、生物資源の保存と種の多様性維持は森林の維持保全と密接な関係にある。森林を単に森林の問題として、取り扱うのではなく、耕地、淡水域、汽水域、沿岸域の生態系の生産力との関連を考えていかなければならない。

森林を修復、維持することは21世紀の農学分野における大きな課題であるが、この問題の究明には、生態系の維持保全のための自然科学的なアプローチと人間の行為に対する人文・社会科学的なアプローチが必要である。

(e) 水産資源

最近の世界の漁獲量は、ほぼ年間1億トン前後で推移している。第2次世界大戦直後には、2,000万トンを下回るレベルであったから、5倍の伸びを示したことになる。伸び率が大きい時期は1960年代で、70年代にはやや伸び悩んだが、80年代にはまた増加傾向に転じた。しかし、ここ数年は頭打ちと見られる。漁獲量の9割ほどが海域における生産だったが、近年淡水域の生産の伸び率が大きく、海域の割合がやや下がり、8,500万トンほどである。今後の見通しについて、国連食糧農業機関（FAO）は海域別に資源状態を評価し、開発の程度を診断し、今後の開発の余地を検討したが、これまで利用してきた種類については、多くが開発の限度にきており、限度を越えたものも少ないとみている。特に、甲殻類は全ての海域で開発限度を越えているとみられ、魚類は海域によっては余裕のあるところもあるが、多くの海域で限度に近づいているか、あるいは限度を越えている。我が国周辺を含む北西太平洋は、開発余地はないと考えた方がよい。世界的に余地のあるのはイカ、タコ等の頭足類ぐらいで、400～600万トンの漁獲可能推定量に対して最近の漁獲量は250万トン程度である。頭足類の消費は地域的に限られていたが、近年消費人口が増えつつあり、これも近く開発が限度に近づくものと思われる。これまで利用が進んでいなかった種類として、膨大な資源量があるオキアミや、かなりの資源量が推定されているハダカイワシ類などがあるが、漁獲や利用法に難しさがあり、すぐにこれらが利用されるとは考えにくい。

養殖による生産が増加しているが、餌を与える場合は漁場の汚染が問題になり、カキのように投餌を要しない場合も、漁場の老化の問題があり、無制限に生産を伸ばすことはできず多くを期待できない。一方、種苗放流等による資源増殖を図る栽培漁業に対する期待が高く、我が国のサケのように成功した例がある。ただし、現在サケは小型化、高齢化、ひいては生態系への影響が論議になっている。もう少し小規模の放流の場合も、生物の多様性を搅乱するなど、地域生態系に対する影響を考慮する必要も生じている。

このように当面最も重要なのは、現在の資源を大切にし、漁獲を有効に利用することである。これが資源の管理・有効利用を強調する所以であり、200海里問題と言われる海洋法条約の精神もここにある。沿岸国は排他的経済水域を設定する権利を持つが、それはその水域の資源及び環境を維持・管理する責任があることを意味しているのである。

最近、バイオテクノロジーの研究成果によって、三倍体の作出、性の制御による大型化、回帰性の制御などによって生産性の増大が期待されている。こうした新しい技術をど

のように生産に利用するか、環境や生物多様性を損なわないような配慮が必要である。

水産物は多くの地域で重要な動物性蛋白資源となっており、その消費は世界的に徐々に伸びつつある。生産が頭打ちであることを考えれば、今後ますます需給は堅調になることは明らかである。資源管理・生態系に過度の負担をかけない増養殖、漁獲物の有効利用が今後の課題であるが、自然科学からのアプローチだけではなく、生産構造の在り方や貿易体制を含めて人文・社会科学的な研究も重要である。

(f) 農民・農村地域問題

上述した地球規模の人類的課題である食糧生産、森林の維持管理、砂漠化防止のいずれについても、それらを支える農村地域を健全に維持・発展させることが、不可欠な課題である。世界的に見て、都市に人口が集中し、都市が拡大しているとはいえ、それは極めて微々たるもので、地球の陸地面積の約95%以上はいまだに農村地域である。

農村地域を健全に維持・発展させていくには、そこに住む農村住民の生活の基盤を充実していくことにあり、その社会的・経済的基盤の地位向上を図らなければならない。そこで、農業政策は、通常、農村の生活の安定に農業生産の向上とそれによる所得確保、福祉の充実を掲げるが、農村の発展のためには、農村地域の地方都市の発展支援と農村工業導入を図って、農村における新しい所得の確保と生活環境整備を図ることも欠かすことができない。

森林の伐採、農地の荒廃等に伴って、農村における生活のすべてを失った農村住民が、都市に生活を求めて集まるが、しかるべき生活方法を得られず、都市のスラムを形成・増長させているのが、今日の都市拡大の実態である。これが、今日の開発途上地域の大都市問題の形成原因で、これを解決するには、できる限りの農村定住策を講じなくてはならない。そのためには、上記の農村地域への工業導入が不可欠であり、それにより間接的に農業労働力を確保する方策をとる必要がある。特に、アジア・太平洋地域のように小農世界にあっては、兼業化による所得確保と農業労働力確保への道は極めて重要である。

農村にしかるべき定住者を確保するとともに、地方都市との交流を促進し、一定の圏域ごとに、都市住民と協力して地域環境保全への道を開くことが、今求められているところである。こうした、農村住民への新たな政策をとって、農村文化の向上にも寄与することが大切となっている。

(g) 消費者の生活

21世紀の食糧問題は、単に食糧生産問題だけでなく食糧資源を消費する生活者に関する諸問題の究明も大きな課題である。

消費者または生活する人として、食糧問題は単に、飢えを凌ぎ、生命を維持すると言う問題にとどまるものではない。健康な生活を営むために、必要なエネルギーと種々の栄養素を日々の食事を通して過不足なく摂取することが大切である。先進国においては、脂質過多の過剰カロリー摂取、開発途上国においては栄養不足の存在というアンバランスを是正する方策が研究されなければならない。

食は、民族ごとの習慣、文化の違いによって極めて多様である。すなわち、食は文化である。したがって、その多様な食習慣を一律化して栄養科学の面からのみ食を考えるべきではない。食に関する現地調査とその実験室の分析の結果、ある民族の食習慣は極めて単純で偏ったものと考えられていたものが、その民族の体格と生活様式に適したものであることが明らかになった例もある。このように、現地におけるフィールド研究と実験室の研究を組み合わせて初めて食の実態が明らかになることが多い。

人間が生活することは地球環境を汚染することでもある。現在、我が国では、夥しい量の食料が残飯として廃棄されている。東京湾の汚染の6割が台所の雑排水である現状を認識し、生活の中で廃棄物を減少させが必要であり、将来においてはもっと重大な問題になると考えられる。この巨大な資源浪費の発生メカニズムを明らかにし、ロスの発生を極力抑える必要がある。地球と共生する方法を構築しつつ、人々が志向する生活文化の中でおいしく食べながら、快適性を求めていくのが今後の課題である。

(2) 生物資源の保全管理

(a) 植物遺伝資源の施設内保存から自生地保存へ

有用動植物の遺伝資源と近縁野生種は、品種改良（育種）のためには不可欠材料である。しかし、高収性の改良品種の普及につれて、変異の豊富な給源である在来品種が消失した（遺伝浸食）。また遺伝質の画一化に伴って、病虫害の大被害を受け遺伝的脆弱性を示すようになった。人類共通資産としての生物遺伝資源の維持・保存のために、我が国も有力メンバーである国際植物遺伝資源理事会（I B P G R）が1974年に設立されて、地球規模で遺伝資源の収集・保存・評価・管理が行われている。さらに、化石燃料消費、森林伐採、土地の乱開発、有害物質による環境汚染と生物濃縮等による生態系の加速度的破壊に歯止めをかけようと、1994年にリオデジャネイロで「生物多様性保護条約」が調印された。こうした動きの中で作物の近縁野生種保護のためには、施設内における保全

は、生息地域内保全を補完するものと位置づけ、生息地域の原産国で遺伝資源を保存することが望ましいとする声が高まりつつある。作物原種生息地や森林などのほかに、草原や半砂漠には特殊な植物が多い。これらの植物も貴重な遺伝資源であり、保存に留意しなければならない。

(b) 水産資源の保全管理

現在の漁獲量を地域別にみると、アジアではこの5年間に10%以上増えており、特に中国、インドで著しい。他方、日本、欧米では減少の一途を辿っている。21世紀に向けて、従来にも増した水産資源の国際的管理の重要性はしばしば指摘されるが、国ごとの需要魚類の違いや生物多様性保護等も絡んで政策的・政治的判断が優先される傾向にある。今後は地球的規模での科学的資源解析及び管理の尊重への国際的合意が不可欠であろう。

また沿岸の砂浜の内湾の干潟、マングローブ水域は、水産生物稚仔の絶好の保育場であるにも関わらず、埋立や排水による汚染域・ごみ捨て場にされている事例があまりにも多い。内陸水域の再生・保全管理とともに、これら区域の生態系保存と新創造への努力が求められる。

(c) 生物遺伝資源レポジトリ

日本学術会議第15期の第117回総会（平成5年10月）において、日本学術会議要望として採択された「生物遺伝資源レポジトリ及び細胞・DNAレポジトリの整備について」においては、個別の系統保存施設の近代化や人員・予算の充実、遺伝子工学や細胞融合のためのDNAクローンや細胞及び凍結組織等の新材料の保存、そして系統保存事業の永続性を保障するために、国レベルで研究施設を付置する「生物遺伝資源保存センター」の設立及び海外との情報交換や個別の系統保存施設活動との総合調整とデータベースの整備性、また併せて、癌、遺伝病等の原因究明のための細胞DNAレポジトリの整備の必要性、さらに、絶滅の危機にさらされている世界各地の生態系に固有な遺伝資源の保存も重要課題であることを要望している。

(3) 新しい生物生産技術の開発

食糧や生活資材などの生物生産には、種々の問題が顕在化してきた。特に、環境を保全しながら生物生産の持続性を維持する技術開発が求められている。しかも2050年には、人口が100億に達するという予測があり、生物生産を増大することが至上命令となっている。ここで、生物生産の新技術を開発し、耕地生産性を1.5倍にしない限り、世界の食糧の安全保障は確立できない。このために、環境保全を考慮しつつ、従来の農業

技術（交配育種、化学肥料や農薬の利用を含む栽培技術）を活用するとともに、次のような新技術開発が期待されている。

(a) 生命科学とバイオテクノロジー

品種改良や新種の作出など育種の分野ではバイオテクノロジーの導入が行われ、既に、様々な改良種が作出されている。外来遺伝子を導入して除草剤に強いダイズ、ナタネ、イネの品種（コシヒカリ）などが育成された。このほか、ウイルス病やカビ病害、各種の害虫に強い作物品種が同じ手法を用いて作られている。一方、アンチセンス核酸技術により日持ちのよいトマトや花卉、低アレルゲン米、低蛋白質米、花色の変異などが作られている。これまで、生産性の向上を目的とした高生産性の品種の開発が主体であったが、今後は病虫害抵抗性並びに高温耐性、低温耐性、乾燥耐性、耐湿性、耐酸性、アルカリ耐性、耐塩性などの環境ストレス耐性の付与が重要である。殊に、生産環境が劣化した荒廃地での生物生産を行う必要があり、環境ストレス耐性は重要な形質である。また、環境ストレス耐性の付加価値として、人間の健康に直接関わるSO_xやNO_x等の大気汚染物質を吸収・同化する植物を作出することも可能かもしれない。

現在、広範な動植物を対象として、国際的な規模でゲノム解析に関する大型研究が進められている。このような研究によって、高精度の遺伝子地図が作成されると、分子マークターによって、各種の有用遺伝子の単離を進めることができる。また、遺伝子機能の解析、育種における分子マークター利用選抜、親子・個体・品種鑑別、遺伝病診断などへも応用できる。最近、生殖・発生に関して細胞・分子レベルにおける研究が進み、ハイブリッド種子生産の効率化や家畜の繁殖についての新技術開発が進められている。

21世紀には、酵素反応による木質素材の素材化が注目されている。木質の成分であるセルロース、ヘミセルロース、リグニンをケミカル原料、プラスティック、活性高分子などに変換することによって、石油ケミカルの代替とすることが可能であり、二酸化炭素の排出やエネルギー問題の緩和に大きく貢献する。

いわゆるバイオテクノロジーを含め、生命科学を技術化することによって、省エネルギー・環境調和型物質生産プロセスを確立することが可能である。生物の生理反応は酵素の効率的な触媒反応によっているが、このプロセスは常温、常圧で行われ、しかも、余剰の副産物が少ないなど環境調和型の反応である。組織培養、細胞培養、遺伝子操作による特定酵素の生産などによって、物質生産の効率化を図ることが可能である。特に、微生物は多様でありスクリーニングすることによって、ほとんどの化学反応を微生物の酵素によっ