

日本の展望—学術からの提言 2010

報告

農学分野の展望



平成22年（2010年）4月5日

日本学術会議

農学委員会

この報告は、日本学術会議 農学委員会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議 農学委員会

委員長	真木 太一	(第二部会員)	筑波大学北アフリカ研究センター客員教授、九州大学名誉教授
副委員長	西澤 直子	(第二部会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
幹事	矢澤 進	(第二部会員)	京都大学名誉教授
	磯貝 彰	(第二部会員)	奈良先端科学技術大学院大学学長
	唐木 英明	(第二部会員)	東京大学名誉教授
	生源寺眞一	(第二部会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	武田 和義	(第二部会員)	岡山大学資源生物科学研究所特命教授
	野口 伸	(第二部会員)	北海道大学大学院農学研究院教授
	林 良博	(第二部会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	飯塚 堯介	(第二部会員)	東京家政大学家政学部服飾美術学科教授
	矢野 秀雄	(第二部会員)	独立行政法人家畜改良センター理事長
	山内 皓平	(第二部会員)	愛媛大学社会連携推進機構教授・南予水産研究センター長
	進士五十八	(第三部会員)	東京農業大学地域環境科学部教授
	三枝 正彦	(連携会員)	豊橋技術科学大学先端農業バイオリサーチセンター特任教授
	嶋田 透	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
	新山 陽子	(連携会員)	京都大学大学院農学研究科教授

※ 名簿の役職等は平成 22 年 3 月現在

要 旨

1 作成の背景

農学は、生命科学系の総合科学として、また実践的な実科学として地球上の農地（耕草地）から海洋にわたる社会・理工系科学に係わる多方面な問題の発生予防、および発生した問題を解決しつつ、環境保全と食料の安定供給を目指した安全で効率的な農業生産活動を推進することが最終目的となっている。

ここでは、農学委員会における「日本の展望」への報告として、農学全般における多方面で種々な問題点・課題の摘出、研究の必要性、今後の解決法・推進方向等について、取りまとめたものである。

2 現状および問題点

地球上の世界人口が 67 億人に達し、一部先進国で減少傾向を示しているが、多くの開発途上国では人口爆発とも思われるような状況にあり、食料が不足している国・地域も多くある。この中で、農地拡大、過放牧、森林破壊が加速し、多くの農地は酷使され、地下水枯渇、砂漠化、塩類集積、等々が進行し、環境破壊と食料生産性の低下は多くの地域で発生している。また、工鉱業活動の活発化や生活の質の向上などに影響されて、エネルギー・資源の減少問題や大気・水質汚染等の環境劣化問題が発生している。さらには、食料自給率や農業経済的な社会的側面も重要な課題となっている。

この中で、農学や工学を含む科学・技術は、人間生活の質を考慮しつつ、自然環境との生態的な調和を考慮して推進する必要があると考えられる。

3 報告の内容

(1) 10～20 年程度の中期的な学術の展望と課題

遺伝資源・生物多様性の包括的把握・保全と農林生産技術の確立、ゲノム情報の解析成果に基づく有用生物遺伝資源の開発、我が国の食料自給率の大幅な向上、新たな資源の価値評価体系にマッチした農業の在り方の模索、食料安全保障では食料調達をめぐる敵対関係の軽減、潜在的農業生産の評価、農林水畜産業における気候変化・変動による農業気象環境学的評価と遺伝子組換え作物の開発、気象改良技術、作期移動等の対策推進、農業気象災害防止による安全な社会基盤構築の推進、地球温暖化防止目的の森林機能評価技術の開発、森林の国土保全機能の開発と評価技術、農業農村振興戦略と地域農業の展開としての安全な食料安定供給、地域資源の活用と地域振興、土壌の多面的機能利活用と地力増進、農耕地土壌の生態系保全、黄砂と越境大気汚染物質・ガスの複合的影響解明、地球温暖化・気候変動と黄砂・大気汚染の関連性解明、黄砂による家畜・作物の病原菌輸送と飛来起源同定の評価・解明、先端的機器・基盤技術開発の必要性、基礎的・長期的プロジェクトを支える基盤的資金の必要性、地表生物や海底などの極限環境下の生物探索と機能評価、生態系内の植物・昆虫・微生物の相互作用評価と農林業への応用、等々が中期的な重要課題である。

(2) グローバル化への対応

自然・社会経済条件の異なる発展途上国の農業現場への具体的技術、途上国の食料危機への総合対策、バランスした穀物生産向上方策とネリカ米の普及、適地適作と世界的穀物生産管理、食のトレーサビリティの重要性と国境を越えた連結の模索、食の安全をめぐる危機管理態勢、アジアの食料貿易ネットワーク形成の現実化、家畜口蹄疫・ムギサビ病の病原菌の大気輸送によるグローバル化の評価と対策、食の空間的偏在と地球環境保全用の途上国への高度科学・技術移転、途上国のストレス土壌の実態把握と改善、地球環境と食料生産を両立させる土壌管理、乾燥～半湿潤地農業振興のための人工降雨・自然エネルギーイノベーション導入、越境大気汚染物質・ガスと黄砂・大気汚染物質の複合的影響、地球温暖化による作物栽培期間変化、作物の温暖化・高温障害の解明・対策、地域と地球規模での環境保全に寄与する未来水産学の模索、地球規模での国際食糧・食肉・乳製品の生産と移動、畜産環境問題、先進・途上国間の資源利用・環境保全の理解と協調、海外産業造林業における国際共同推進、熱帯林の森林減退の改善、非木材資源の利用促進技術開発・提供と共有、等々の課題がグローバル化の中で重要である。

(3) 社会的なニーズへの対応

農業資源の回復と利活用、明日の担い手政策、零細・生業的農業からの脱皮、農業生産・加工・物流・消費・廃棄物処理・エネルギー化の一貫政策と農業体系化、食と農と環境の教育と農業体験教育の推進、農山村の疲弊による森林劣化と災害防止・安全確保、気象災害防止と生産環境の改良・保全、生物環境の最適環境調節、遺伝子組換え環境施設の建設・管理の基準化、都市ヒートアイランド化の屋上緑化による高温改善や風道確保、耕草林地から海洋に及ぶ環境保全、農業の自然環境調和型地域支援・共生型国土空間産業の認識普及、食料生産イノベーションのための IT 活用農林水産業の推進、生産・流通システムとロボット化、大規模グリーンハウスの機械・情報化太陽光植物工場の推進、生物－大気－土壌／海洋の複雑系モニタリングによる食料生産環境管理、土壌の多面的機能利用、文化・伝統的視点の土壌評価、都市土壌の特性評価、昆虫機能を活用した新農業生産技術開発、等々が早急に対応する必要のある重要課題である。

(4) これからの人材育成

開発途上国への技術移転・普及の人材不足、栽培研究者や圃場育種研究者の不足の人材育成、アジア・アフリカ向け人材育成と発展途上国への育種教育、生物－土壌／海洋－気象のモデル化表現能力と空間モデル化情報技術の動態把握・予測能力を有する人材育成、地理空間情報の高度利活用社会の実現化への高度専門職業人育成、農業教育担当教員への専門教育、土壌資源の理解・保全目的の土壌教育、自然共生・低炭素・循環型水産業のための教育、純粋に我が国発の世界的昆虫産業および社会経済活動の発展と学術構築の実践可能な人材育成、生命科学の使命的課題・価値の独自作成能力・知識・技術を有する人材養成、JABEE（日本技術者教育認定機構）制度の推進・調整とバックアップ、ユニークな感じ方・考え方・振る舞いをする人材の探索、グローバル・ローカル・

マイクロ環境教育の充実、「自然に親しむ、自然を知る・守る」の農業環境教育の充実と自然共生法の修得、環境調和を図る持続可能な社会発展方式の推進教育、小中学生への農業体験を含む自然体験・農業教育の義務化の推進、等々の教育・人材育成の課題が重要である。

目 次

1	はじめに.....	1
2	報告の内容.....	2
	(1) 10～20年程度の中期的な学術の展望と課題.....	2
	農学分野における中期的な学術の展望と課題.....	2
	(2) グローバル化への対応.....	5
	農学分野におけるグローバル化への対応.....	5
	(3) 社会的なニーズへの対応.....	8
	農学分野における社会的なニーズへの対応.....	8
	(4) これからの人材育成.....	11
	農学分野におけるこれからの人材育成.....	11
3	おわりに.....	14
	<参考文献>.....	15

1 はじめに

世界人口が 67 億人に達し、一部先進国で減少傾向を示しているが、多くの開発途上国では人口爆発とも思われるような状況にあり、食料が不足している国・地域も多く、地球が養える最高人口と言われる 100 億人へと突き進んでいる。この中で、農地拡大、過放牧、森林破壊が加速し、多くの農地は酷使され、地下水枯渇、砂漠化、塩類集積、等々が進行し、環境破壊と食料生産性の低下は多くの地域で発生している。また、工鉱業活動の活発化（例えば、世界の鉱工業生産指数は最近 10 年間で 2 割増、UN、2008）や生活の質の向上（例えば、世界の 1 人当たり消費熱量は最近 20 年間で 2 割増、FAO、2002）などに影響されて、エネルギー・資源の減少問題や大気・水質汚染等の環境劣化問題が発生している。さらには、農業経済的な社会的側面も重大な課題となっている。

この中で、農学や工学を含む科学・技術は、今後は経済価値の追求を幾分弱めながらも、人間の基本的な生存を保障する食料生産の増加を図るとともに、環境と人間生活の質を考慮しつつ、自然環境との生態的な調和を考慮して推進する必要があると考えられる。

したがって、農学は、生命科学系の総合科学として、また実践的な実際科学として地球上の農地（耕草地）から海洋にわたる社会・理工系科学に係わる多方面な問題の発生予防、および発生した問題を起こさないように、またそれらの問題を解決しつつ、安全で効率的な農業生産活動を推進することが最終目的となっている。特に、我が国においては、食料自給率の向上は喫緊の最重要課題である。

ここでは、農学委員会における「日本の展望」への報告として、農学全般における多方面な種々の問題点・課題の摘出、研究の必要性、今後の解決法・推進方向等について、取りまとめることとした。

2 報告の内容

(1) 10～20年程度の中期的な学術の展望と課題

農学分野における中期的な学術の展望と課題

- 1) 農学一般では、①単収向上と持続的農業生産システム確立による農耕地の維持・拡大可能な農業技術革新、②遺伝子組換え技術とマーカー育種による新規形質の付与、③システム生物学アプローチによる生物内・間ネットワーク解析とシミュレーション育種、④収量向上等に向けた光合成、植物と微生物・昆虫との相互作用、根系と土壌生態系の解明、⑤作物収量増の目的としての収量特性と病害虫・貧栄養・低温・旱魃のストレス耐性の強化、⑥強酸・アルカリ性と塩類集積土壌の土壌改良等の栽培環境の改善、⑦新品種・栽培技術により作物の土地生産性の向上、水・肥料・農薬等の利用効率向上で環境負荷軽減、無秩序な農地拡大による環境破壊阻止、⑧遺伝子組換え作物の社会的受容の促進、⑨保護貿易政策、農業人口減少・高齢化、遺伝資源の独占、等々が課題である。
- 2) 育種関係では、①植物・動物・微生物の遺伝的機能の改良・向上で食料等生物資源の生産性向上・安定化、②生物生産拡大、生物多様性保全、自然生態系保全、生物生産バランス、③遺伝子組換え、クローン技術等の社会的受容の必要性がある。育種の内、作物関係では①食料需要増大による生産性向上、不良環境下の生産性底上げ、②ゲノム科学進展に伴う育種効率向上、林木関係では①木材資源生産拡大、自然生態系・生物多様性保全、②先進技術の途上国への移転、畜産関係では①ゲノム育種や体細胞クローン技術等による育種効率向上、②最新胚操作技術による繁殖率向上、③遺伝子組換え技術を含めた飼料生産技術の進展、④家畜体の機構解明とその応用による生産性向上等々がある。一方、特に家畜の遺伝的多様性保全には注意が必要である。水産関係では養殖漁業の拡大、育種の重要性増大、自然資源・遺伝的多様性保全、微生物関係では、①バイオリメディエーション等の未利用遺伝資源の開発・利用、②遺伝子特許の競争激化対策、等々の課題がある。
- 3) バイオテクノロジー関係では、生物のゲノム研究を基盤とした生命現象の全般的理解と改変技術が飛躍的に展開する中で育種の基盤である遺伝資源や生物多様性の包括的把握とその保全を目指す農林生産技術の確立、ゲノム情報の解析とその成果に基づく有用生物遺伝資源の迅速な開発、生物の代謝の全体像を解析するメタボローム研究、膨大なデータ解析技術のバイオインフォマティクス研究が重点課題である。
- 4) 農業経済関係では、食料需給の構造変化と食の安全の社会環境変化を受けて、食料・農業・農村問題を食と農の問題として整理すると、①国内課題では水田を初めとする農業資源の回復と利活用、新たな資源の価値評価体系にマッチした農業の在り方の模索、明日の担い手政策、②食料需給構造の変化からフードセキュリティでは食料調達をめぐる敵対関係増大化の問題解決法、農業生産のポテンシャル評価の必要性、

零細・生業的農業からの脱皮、アジアの食料貿易ネットワーク形成の現実化、③食の安全性の高まりからフードセーフティではトレーサビリティの重要性と国境を越えた連結の模索、食品安全行政の在り方、食の安全をめぐる危機管理態勢、消費者と専門家のコミュニケーション等の課題が重要である。

- 5) 農業環境工学関係では、①農業気象環境の評価・解明および気象災害防止と生産環境の改良・保全、②生物環境の最適環境調節、③人工環境下での植物工場環境の最適化、④遺伝子組換え環境施設の建設・管理・運営等の規格・基準化、⑤気候変動・地球温暖化に対応した農業工学的評価と対策技術の開発、⑥農業気象災害防止による安全な農村社会の構築、⑦都市内での人工気象室（太陽光・人工光利用）による農園芸の推進と植物工場化の推進・普及、⑧農業環境工学分野におけるリスク管理の必要性と対応技術の開発推進、等々が重要である。
- 6) 総合農学関係では、日本と世界における20世紀後半の農業と農村の動向評価と21世紀の農業・農村施策の展開方向の確立、日本の農業農村振興戦略と地域農業の展開として安全な食料の安定供給、地域資源の活用と地域振興、多面的機能と環境支払施策、農村協働力の形成等が重要である。我が国の国土の利用と管理を目指した新たな国土形成計画と広域地方圏整備計画の策定が推進される中で、新たな「公」の役割が出口として採り上げられ、成長型、拡大型社会から成熟型・収縮型社会へ向かう中で農業・農村の大変革が必要である。農業と工業の格差是正、都市と農村の格差是正、中央と地方の格差是正を基本とする過去の政策は、競争原理の導入と格差拡大の容認へと大転換しつつあり、21世紀の成熟型社会では、農業こそが自然環境と調和し持続性ある重要産業であり、地域を支える基本である農村こそが自然と共生しながら心豊かに生活できる空間、国土空間であることの認識が重要である。
- 7) 農業工学関係では、農地・農業用水資源を有効活用した食料自給率向上と農村環境保全の技術開発が喫緊の課題であり、①農用地集積・確保と有効利用、②安定的用水供給機能の確保、③排水水利施設の貯水管理、④安全な農産物供給と良質な農業用水確保の水循環保全管理、⑤農村の多面的機能拡大目的の農村景観・水田生態系保全、⑥地域資源活用と有機質資源の循環利用、⑦農業生産維持と農村の安全目的の農業施設防災、⑧人口減少や担い手不足の中での農地・農業用水管理労力軽減と地域共同活動・集落機能の維持向上等の技術開発、⑨「生命現象の包括的・統合的な理解」と「人類の福祉に貢献するための人間科学」との両立、⑩未来を見据えた機器・基盤技術開発と基礎的・長期的プロジェクトを支える基盤的資金獲得が必要である。
- 8) 林学関係では、社会・理工系科学の広範な領域に及んでおり、個々の樹木個体、それを構成する細胞レベルの対象から地域生態系、地球レベルの対象まで多様なレベルで研究が展開され、その全望の提示は容易ではないが、森林生態系の創生、国土保

全、木質資源の生産と利用という森林に関連した主要な機能の拡大に向けた研究開発が集中的、かつ活発に進められ、今後15～20年間に大きな成果が得られると考えられる。今後の主要課題は、①森林のCO₂吸収源としての地球温暖化対策用の機能評価技術の開発、②森林の国土保全機能の開発と評価技術、③森林の生物多様性の保全と評価技術、④森林の保健・レクリエーション機能の開発と評価技術、⑤劣悪な環境に対する耐性等、新たな機能を有する樹木の創生と評価、⑥木質資源の住宅部材としての利用技術の開発と評価技術、⑦木質資源のバイオマス資源としての変換・利用技術の開発と評価である。

- 9) 昆虫学関係では、昆虫が特異的に発展させてきた生命機構を解明し、新たな観点から生命世界の認識を深める生命科学の発展に寄与し、科学と社会のための昆虫学の展開が不可欠である。昆虫学は独自の方法論と評価基準を開拓し、今日の困難な地球規模での課題解決に寄与し、昆虫が特異的に発展させる生命機構を選択的に開発利用して生命世界の活用と制御の論理と技術を構築する必要がある。純粋に我が国発の世界的な昆虫産業と社会経済活動を発展させ学術の構築を実践した。これらの課題解決こそ、知の総合を最も必要とし、科学者コミュニティの最大任務である。このコミュニティの育成を支援し、草の根の科学活動を援助する必要がある。また、生態系における昆虫・植物・微生物の相互作用の再評価と農林業への応用が必要である。
- 10) 農学・生命科学では、生物世界の有する個別現象や特異機能の網羅的な探索研究および生物世界を構成する多様な生物機能のネットワーク網（生存の鎖）の研究を長期計画として着実に推進する。従来の生命科学は、対象を生命現象に置きながらも思考方法は不変の基本原理や標準論理の構築を目指す近代物理学の範疇に留まり、予測不可能な内外の変化に対応する生物の能力発現機構を認識・活用する学術論は未構築である。人類の持続的な発展は生物世界の持続的な発展である。生物世界を知り、その存続の知と技を考え出すことに、我が国の生命科学は率先して参加し、世界の生命科学の新展開をもたらす。地球上の現存生物種の80%を科学的な研究の対象に取り上げ、地球生物世界の全貌を解明し理解すれば、今日の生命観は大きく修正される。地表生物はもちろん土壌中や深海底等の生物を対象にして新規な生命現象や機能を発見し、新産業の開発や人間生活の高度化に活用する必要がある。
- 11) 土壌学関係では、①農耕地土壌の保全と地力の増進：持続的食料生産と環境問題解決および地球温暖化対策としての農耕地への未利用有機物の還元・蓄積による地力の増進、②地球環境問題解決に向けた土壌環境の整備：耕地生態系からのメタンおよび亜酸化窒素ガス発生削減と森林土壌の有機物集積機能の実態把握等の土壌管理体系の確立、③都市土壌への配慮：重金属や化学薬品等による都市土壌汚染やヒートアイランド対策に、生態系の一員としての土壌の役割を認識した快適な都市生活空間の構築、④土壌生態系の機能解明と保全：未解明部分が多い土壌生態系の機能解明と生物

多様性への影響評価および保全、⑤土壌の持つ多面的機能の利活用：物質の分解・改変・浄化・循環・緩衝等を司る土壌の多面的機能の評価と維持・増進、⑥文化・伝統を支える土壌：生産基盤としての土壌の評価に加えて、文化・伝統の視点からの評価、⑦土壌教育の推進：人類生存の基盤である土壌資源、文化遺産としての土壌の役割理解と保全のために、土壌の一般および専門教育の充実等が挙げられる。

12) 農業気象・環境工学関係では、短期的には、①黄砂と越境大気汚染物質の農林水産業への影響および人間・家畜への健康影響の評価、②砂漠化と黄砂発生の因果関係解明と対策、③砂漠・乾燥農業地域起源黄砂の農業・地球環境への影響、④黄砂の大気汚染酸性化の中和作用と海洋への貧栄養化緩和効果、⑤黄砂と越境大気汚染物質・ガスの複合的影響、⑥黄砂・越境大気汚染物質問題を評価・解明が重要である。中・長期的には、①中国・蒙古の砂漠化と黄砂発生現象・輸送形態の関連性、②発生地域の黄砂輸送形態と国内の輸送形態、③黄砂の上空通過と地球規模の輸送形態、④黄砂と大気汚染相互作用の変質、⑤地球温暖化・気候変動と黄砂発生と大気汚染物質の関連性・解明、⑥黄砂による家畜・作物の病原菌輸送解明と病原菌飛来起源同定の評価・解明が重要である。

13) 農業情報関係では、持続的生物生産の農業生産環境に焦点を当てた安全・高品質食料の増産、農業生産目的の水・エネルギー資源の環境保全、IT・農業用ロボット・生物気象環境制御・農業情報処理・苗生産システム・バイオテック環境調節・植物工場等の成果情報の発信と社会還元が重要である。また、地球生物地図作成の推進・強化として、生命探索研究の推進および地表生物や海底などの極限環境下の生物探索と機能評価による地球生物地図の作成が必要である。

(2) グローバル化への対応

農学分野におけるグローバル化への対応

1) 食料・食品関係では、世界の持続的な発展のために、再生可能な資源を生態系と調和させながら生み出す農業の役割は大きく、食の空間的偏在と地球環境の保全には高度な科学・技術に基づいた開発途上諸国への技術移転に期待がある。情報通信を農水畜産業に高度利用することは食料生産の安定化を図る上で多大な効果がある。また、発展途上国の食料不足・食料危機への総合対策が不可欠である。具体的には、世界の穀物生産のバランスある向上方策、ネリカ米等の普及、適地適作の徹底と世界的穀物生産管理等々が必要である。さらには、食の安全性の高まりから、トレーサビリティの重要性と国境を越えた連結の模索、食品安全行政の在り方、食の安全をめぐる危機管理態勢、消費者と専門家のコミュニケーション、アジアの食料貿易ネットワーク継続の推進等が重要である。

- 2) 土壌学関係では、世界的な食料生産を考えるとアジア、アフリカ、南米等の途上国に見られるストレス土壌（強酸性、アルカリ、塩類、乾燥地土壌等）の実態把握と改善、および地球環境と食料生産を両立させる土壌管理が重要課題である。また、農耕地土壌の保全と地力の増進および環境問題解決のために未利用有機物の土壌還元と集積機能の実態把握、土壌から発生するメタン、亜酸化窒素ガスの削減が重要である。
- 3) 生産気象・環境工学関係ではグローバル化に対して、①乾燥～半湿潤地の農業振興のためのイノベーション技術（例えば人工降雨・増雨、新風力・太陽エネルギー技術）の利用推進、②黄砂の農業・地球環境への影響評価、③黄砂の大気汚染酸性化の中和作用と海洋への貧栄養化緩和効果、④越境大気汚染物質・ガスと黄砂・大気汚染物質の複合的影響、⑤中国・蒙古の砂漠化と黄砂発生現象・輸送形態の関連性、⑥地球温暖化・気候変動と黄砂発生と大気汚染物質の関連性、⑦黄砂による家畜・作物の病原菌輸送メカニズムの解明と病原菌飛来起源の同定、⑧黄砂の人間・家畜への健康影響の解明研究が必要である。また、地球規模のアジアダスト、サハラダストの輸送拡散による地球環境への影響評価と対策に関しては、地球規模の大気大循環として輸送・移動する物質・ガスの画新的評価・解明と防止対策が必要である。
- 4) 農業環境関係では、①地球温暖化による作物栽培期間の変化解明、②作物・野菜・果樹の温暖化・高温障害の解明・対策の強化、③病虫害の北上・蔓延の解明・対策、④安全な農業・生活用の水資源確保の問題解決法、⑤遺伝子組換え作物の適用とその諸問題発生を解明する環境調節用の施設整備が必要である。
- 5) 農業工学関係では、①水資源不足・水質悪化の水問題や農地劣化に対応した食料確保のための効率的水利用施設開発と組織的水管理、②気象変動対策の流域水管理技術策定と土壌劣化抑制・修復の農地保全技術等の現地適用型技術開発が、国際貢献として必要である。
- 6) 国際農業工学関係では、短期的には世界の農業工学の発展に寄与し、持続的生物生産の農業生産環境に焦点を当てた安全・高品質食料の増産、農業生産目的のための水・エネルギー資源の環境保全、農林水畜産業の発展・促進等とする目的では国際的な情報交換・発信が必要である。中・長期的には自然環境保全と食料生産向上の両立に向けた IT、農業用ロボット、生物環境制御、施設園芸、気象環境制御、農業機械、農業土木、農業情報処理、特に苗生産システム、バイオテック環境調節、植物工場、室内外の気象環境調節・制御等の研究成果情報を世界に発信・提言して、科学・技術の社会還元と国際社会発展に寄与する必要がある。

- 7) 水産関係では、①地域と地球規模での環境保全に寄与する未来水産学の模索、②複数の法律施行による環境や人類の福祉健康に配慮したグローバルな対応、③IPCC4次報告に基づく地球温暖化の海洋生態系への影響予測による水産資源の順応的管理が必要である。
- 8) 畜産関係では、①地球規模での国際食糧・食肉・乳製品の生産と移動、②トウモロコシや大豆などの飼料資源の需要と供給、③家畜の遺伝資源の保存と利用、④畜産環境問題等の解明研究が必要である。
- 9) 野生動物関係では、①傷病治療だけでなく環境破壊による野生動物絶滅の保護や種の保存の科学的技術開発、②野生動物の害獣化防止対策、③環境劣化への科学的保護対策、④地球環境の保全には生物学的な指標、特に哺乳類の生態行動が科学的指標のため国際的獣医学術と情報交換が重要である。
- 10) 林学・木材関係では、21世紀における喫緊の問題の一つに、先進国・地域と途上国・地域間で、資源の利用、環境の保全等、多方面での理解と協調の確立がある。限られた資源の適切な分配と資源利用技術の共有もその具体的な問題の一つである。前者が再生可能資源である生物資源にも当てはまる。ここでは森林に由来する木材資源に草本を加えた植物資源を取り上げ、上述の問題について述べる。これら資源の化学工業的利用の中心は紙パルプ製造であるが、ここでは世界的に木材が主要な原料として利用され、また将来的な原料確保を目的に、世界各地で早生樹を中心とした造林が進んでいる。国内に十分な林地を確保することが困難な我が国においては、海外での産業造林が盛んである。樹木が原料木材となるには十～数十年の期間を要するため、海外での造林事業は、現地社会、住民の安定的な理解を得ることが最も重要である。資源の適切な分配の視点に立つならば、海外における資源生産は現地との国際協同推進が望ましい。現地を単にその時点での有利な生産地として事業を進めた場合、長い生育期間の間には見解の相違もあり得ることの問題解決も重要である。
- 11) 非木材関係では、麦ワラ、稲ワラ、竹等の非木材資源は、歴史的に製紙原料として使用されてきたが、資源の賦存状態、集荷コスト、繊維特性等、多くの点で木材と比較して問題を抱え、またパルプ製造廃水処理の困難さのために、木材への原料転換が世界的に進む傾向にある。このことは世界第2位の紙生産国で、世界最大の非木材資源利用国の中国でも例外ではない。この状態で推移すれば、世界の森林、とりわけ熱帯地域の森林減退の深刻化は自明であり対策が必要である。非木材資源は組織構造的に複雑であり、工業的利用には木材資源にない技術を必要とするが、従前の技術開発が主として木材資源を対象に推進したため、必要な技術蓄積は十分ではない。一方、非木材資源の多くは発展途上国に賦存しており、その有効利用はその地域発展に有益である。その背景を考えると、非木材資源の利用促進につながる技術開発の積極的推

進が望ましい。我が国はこれまで以上に積極的な取り組みが求められる。ここで得られた技術を途上国・地域への提供と共有は、その地域の発展に有益であるばかりか、先進国・地域にも有益である。文化のバロメーターである紙の消費量が日本の10%にも満たない地域が地球上には多く存在することを考えると、これからの技術開発が我々の生活を一層快適で便利にする以外に、世界的な不平等緩和のためにもなると考えられる。

- 12) 農学全般では、日本の農学は伝統的な農法の上に近代農学を取り込み、アジア型農学とも呼べる独自の学術体系を構築してきた。これは農業の基盤である与えられた国土、気候、風土、生物相、経済性等を前提にし、その有効活用を目指した研究が進められたからである。これまでの世界を先導してきた分野や成果を今後大胆に推進発展させることが、日本のこれからの国内外に対する基本的な務めであろう。多面的な対応では国際連携にならず、国際的孤立につながる恐れがあるため注意が必要である。

(3) 社会的なニーズへの対応

農学分野における社会的なニーズへの対応

- 1) 物産関係では、①食料需要増大による生産性向上、②不良環境下の生産性底上げの課題が重要である。
- 2) 総合農学関係では、現在、国土の利用と管理を目指した新たな国土形成計画と広域地方圏整備計画の策定が推進中で、成長型、拡大型社会から成熟型・収縮型社会へ向かう中で、農業・農村の大変革が必要である。農業と工業、都市と農村、中央と地方の格差是正を基本とする過去の政策は、競争原理の導入と格差拡大の容認へと大転換しつつあり、21世紀の成熟型社会では、農業こそが自然環境と調和し持続性ある重要産業であり、地域を支える基本である農村こそが自然と共生しながら心豊かに生活できる空間である。したがって、農村風景的な国土空間維持が重要である。また、農地・農業用水の農業生産基盤資源では、自然との共生やリスク管理を行いつつ、資源の機能保全と高度利用技術開発による食料自給率向上と農村環境保全等が重要である。さらには、活力ある農山漁村構築と多面的機能発揮に関して、食料生産の中で農林水産生態系が発揮する多面的機能向上目的の情報収集と技術開発、農林水産業の防災技術開発による安全な地域社会形成への貢献が必要である。次に、国民に対する「食と農と環境への教育」こそが、農業の健全な発展の基礎であり、次代を担う子供達への「農業体験教育」が重要であり、社会的ニーズとして非常に必要である。そして、農山漁村の疲弊による森林の劣化、およびそれに伴う各種災害発生の軽減法として、現在、多くの農山漁村は疲弊している最中では、国土を守る意味からも災害防止・安全確保が不可欠である。

- 3) 生産気象・環境工学関係では、①農業気象環境の評価・解明と気象災害防止と生産環境の改良・保全、②人工環境下での生物環境・植物工場環境の最適環境調節、③気候変動・地球温暖化に対応した農業工学的評価と対策技術の開発、④遺伝子組換え環境施設の建設・管理・運営の規格・基準化、⑤気象災害防止による安全農村社会の構築、⑥都市内の太陽・人工光利用気象室による農園芸推進と植物工場化の普及、⑦持続的生物生産の農業生産環境に焦点を当てた安全・高品質食料の増産、⑧水・エネルギーの農業生産環境的保全が重要である。また、⑨都市のヒートアイランド化に対する屋上緑化による軽減対策として、大都市、中小都市ともに、地球温暖化とも関連して高温化が進んでいる中で、都市のヒートアイランド化による高温気象の改善（空間・屋上緑化）や風道確保等の推進、および⑩農林水畜産業における環境保護・環境改善の推進として、その生産基盤である耕草林地から海洋に及ぶ環境保全は重要であるが、近年その維持が難しくなっているため、基本的な農業環境保護・改善の推進が必要である。
- 4) 林学関係では、①森林のCO₂吸収源としての機能評価技術の開発（地球温暖化対策）、②劣悪な環境に対する耐性等の新たな機能を有する樹木の創生と評価が必要である。
- 5) 農業経済関係では、食料需給の構造変化と食の安全の社会環境変化を受けて、食料・農業・農村問題を食と農の問題では、①農業資源の回復と利活用、②新たな資源の価値評価体系にマッチした農業の在り方の模索、③明日の担い手政策、④零細・生業的農業からの脱皮等が重要である。
- 6) 土壌関係では、①重金属や化学薬品による都市土壌汚染やヒートアイランド対策に生態系の土壌の役割を活用した快適な都市生活空間の構築、②土壌生態系の生物多様性への影響評価手法確立・影響の解明と土壌生態系の保全、③物質の分解・改変・浄化・循環・緩衝等を司る土壌の多面的機能の評価・利活用と維持・増進が必要である。また、世界的には砂漠化と土壌劣化、ストレス土壌改良が、国内的には農耕地土壌の保全と地力の増進、土壌の持つ多面的機能の利活用、文化・伝統的視点からの土壌評価が重要である。
- 7) 水産関係では、海洋生態系を基本とした水産資源管理の観点からの将来予測モデル開発や順応的管理戦略の立案が必要である。
- 8) 畜産関係では、①健康や食文化に不可欠な畜産物については自給率向上が必要であり、畜産物を生産する基になる飼料はその自給が重要である。畜産物の安定的国内生産は安全な食料供給、健全な農村社会形成や良好な国土保全に必須である。②畜産物・飼料自給率の向上は、環境保全草地・農地・山間地の有効活用と飼料生産の増加、食品残渣の飼料化等によってもたらされ、家畜糞尿の堆肥利用、メタンガス生産等バ

バイオマス資源の活用は、持続可能循環型農業の確立に必要である。

- 9) 農芸化学関係では、①光合成機能の増大方策、②遺伝子組換え技法の利用による環境耐性植物の作出、③各種環境中での微生物機能の解明と活用、④微生物の環境修復機能評価が重要である。また、農業生産、農産物加工、農作物流通、農産物消費（食生活）、残材・廃棄物の処理やバイオマスエネルギー化へと一貫したシステム構築、あるいは全体を通した一貫政策が不可欠であり、農業体系を明確に位置付ける必要がある。
- 10) 農業情報関係では、①大規模栽培面積のグリーンハウスにおける機械化、②情報化された栽培システムに基づく知能的な太陽光植物工場の推進が重要である。③日本農業は労働力不足が逼迫しておりロボット農業の推進は我が国の農業を持続的に発展させる上で不可欠である。また、④農工融合による食料生産のイノベーションとして地理空間情報等 IT 活用による農林水産業の推進、生産・流通システムとロボット化、大規模グリーンハウスの機械化・情報化栽培システムによる太陽光植物工場等、農工融合・タスクフォース型研究の推進が重要である。さらには、⑤環境に配慮した持続可能な食料生産システムとして、環境に配慮しつつ安全な食の安定的な供給には、生物－大気－土壌／海洋の複雑系モニタリング・解析を通じた食料生産環境の最適管理が必要であり、生産環境をマイクロからマクロのモデリングと統合化が基礎となる。
- 11) 家畜・作物の病理環境関係では、農畜産業における病原菌の大気輸送・拡散による影響の評価と対策が重要である。近年の鳥インフルエンザ、家畜口蹄疫、ムギサビ病等の発生問題解決が喫緊の課題である。特に、家畜口蹄疫では黄砂付着が懸念される中では、気象－病原菌的解明と対策・防衛が不可欠である。
- 12) 応用昆虫関係では、独自の方法論と評価基準を開拓し、今日の困難な地球規模での課題解決に寄与し、昆虫が特異的に発展させる生命機構を選択的に開発利用して、生命世界の活用と制御の論理および技術の構築、昆虫の機能を活用した新たな農業生産技術の開発が必要である。
- 13) バイオマスエネルギー関係では、植物の光合成によってできたデンプン、セルロース等のバイオマス資源を燃料として有効利用するものである。近年、アメリカ、ブラジル等ではこれらの資源からのエタノールが、バイオフェュエルとして大々的に生産・利用されており、我が国においても活発に研究が進められている。しかし、木本植物である木材、草本植物のワラなどの繊維部分を構成するセルロース分をエタノールに変換利用することは大いに推進すべきことと思われるが、食糧として利用可能な部分をバイオフェュエル・燃料化することには、国内での理解は得られにくいと推測される。例えば、サトウキビのバガス等のバイオフェュエル化は期待されるが、砂糖とな

る部分の燃料への変換は研究としては有効であるとしても、現実的には抵抗があり、さらに米麦のバイオフェュエル化は一層問題である。今後は、主として木質・繊維質部分のバイオマスフェュエル・燃料化の研究を積極的に推進し、対象原料の拡大や燃料化効率の向上を大いに計る必要がある。

- 14) 遺伝子組換え作物関係では、人類の生存に不可欠な食料を確保するためには、想定される世界の人口増加にみあうだけの食料増産を達成することが必須である。さらに世界人口の多くは鉄欠乏性貧血症等各種の栄養欠乏症であり、ミネラル価の高い食品を、また日本社会の成熟化に伴う生活習慣病の増加は、健康を維持するための機能性の高い食品の開発を求めている。一方、高齢化の進む農家からは真に省力可能で、かつ多収の作物が求められている。ゲノム科学の飛躍的な進展により、多様な生物を扱う農学の分野においても、各種の生物のゲノム情報を基盤に研究を進めることが可能となっている現在、食料の増産と質の向上、さらにはエネルギー用バイオマスの増産を達成するためには、あらゆる角度から遺伝子工学によって積極的に新しい作物を創出することが重要な課題である。多収性作物に加えて、不良土壌や不良環境に耐性の作物、病害虫に強い作物、少肥作物、高栄養価作物、環境浄化作物、バイオエネルギー用作物等、植物基礎研究の成果に基づく様々な作物のバイオデザインの構築が必要である。
- 15) 農学全般では、生命科学技術は社会的、経済的、民生的にもその発展が大きく期待され、あたかも救世主のように一部で取り上げられている。生命科学技術の一時的な切り売りは、間違いなく生命世界に対する信頼と尊敬を失わせることになり、将来の大きな発展の芽を摘むことになる。本当に社会の進歩に役立つためには、生命科学技術の現況と期待・夢の部分とを峻別し、かつ周辺領域を取り込んだ理念と技術体系化が必要であろう。生命科学の総合化により、生命科学技術に対する社会の正しい認識を得た上で、多くの援助を得ると考えられるが、重要事項は社会に対しての新たなシーズ提供であると考えられる。

(4) これからの人材育成

農学分野におけるこれからの人材育成

- 1) 開発途上国への技術移転・普及の人材不足および栽培研究者や圃場育種研究者の不足のため、早急な人材育成が不可欠である。農業ではグローバルな性格を持つ育種家の活躍の場が大きいとため、東南アジアやアフリカで役立つ人材育成および開発途上国の若者への育種教育が一層重要となる。
- 2) 実世界と情報世界の環境下で、両領域にまたがる知識やスキルを有する人材、生物－土壌／海洋－気象のフィールドをモデル的に整理・表現する能力およびフィールド空間をモデル化し情報技術により動態を把握・予測し、問題解決につなげる能力等

の複眼的な思考・感覚を有する人材育成、地理空間情報の高度利活用社会の実現化への高度専門職業人育成が重要である。

3) 農学全般の人材育成に関しては、農林水畜産業に関連して、農学、農芸化学、農業工学、農業経済学、林学、水産学、畜産学、獣医学関係の人材育成は極めて重要であることはいうまでもないが、個別の分野として、特徴的な事項について幾つか記述する。

- ・ 土壌学関係では、土壌資源の理解と保全のための土壌教育の推進が重要である。また、土壌教育の重要性として、人類生存の基盤である土壌資源の劣化を改善し、土壌環境の永続保全を行うには環境に関する土壌専門教育の充実と、初等・中等教育での土壌に対する理解促進が重要である。さらには、我が国の土壌学は農学部のみで教授され、これまで農耕地を中心として発展してきたが、社会的要請から見ると都市土壌への配慮も重要である。
- ・ 畜産関係では、基礎知識（家畜の遺伝・育種学、生殖・繁殖学、飼養・栄養学、飼料学、畜産物加工学、解剖・生体機構学、行動・管理学、草地学等）を修得し、家畜生産の現場を経験した人材の育成とさらなる技術・研究開発を進め得る人材育成は是非必要である。
- ・ 水産関係では、自然と共生する水産業の実現、低炭素型の水産業の実現、循環型の水産業の実現等を目指す教育研究が、持続可能性を考慮した水産学の発展に必要である。
- ・ 応用昆虫関係では、純粋に我が国発の世界的な昆虫産業と社会経済活動を発展させ学術の構築を实践した新規な学術と社会的な活動展開の基本的前提条件は、コミュニティによる昆虫学が根拠とする基盤の再確認と今後の方針の明確化であり、それを推進する後継者の継続的養成および生命科学に期待され生命科学が請け負う課題を独自に作成し得る人材、独創的な人材育成が必要である。

4) 農業教育に関しては、担当教員への専門教育が重要である。最近では、就労先の急激な悪化・不足から、特に就農希望者および農業者自身への教育の必要性が叫ばれており、喫緊の課題として政策的に対応する必要がある。

5) 農学全般としては、自然と人間に対する畏敬と愛を持ち、具体的な実体験を積む中で、生命科学に期待され、生命科学が請け負わなければならない課題や価値を自ら作り出す能力と知識、技術を有する人材の養成等が必要である。生物世界は多様であり、個性的であるので、その研究者も多様であり、個性的でなければならない。いかなる能力や態度も共通の基準で評価し、選抜するのではなく、将にユニークな感じ方、考え方、振る舞いをする人材を根気よく探し出し、育て上げることであるが、生命科学も科学の一分野であるので、一般的な科学的素養や感性そして態度は、多くの科学分野で望まれることと変わらない。このような人材養成に最も必要なことは、若者を評

価値する基準を変えることと個性と将来性を面談で最終的に判断することである。

- 6) 農林水産技術・研究者の教育・育成に関しては、急速に発展する科学・技術の素養、複雑で困難な課題を解決するデザイン能力と倫理観等の総合的な資質向上のため、JABEE 制度と技術者継続教育等の制度活用が必要である。また、専門分野の一つである環境教育（グローバル環境・ローカル環境・室内等マイクロ(微細)環境）の充実、特に気象・土壌等の環境に関する教育、農業工学的教育の充実が必要である。
- 7) 農業環境教育では、「自然に親しむ、自然を知る・守る」にあり、到達点はライフスタイルを見直し、自然と共生する実践力の修得である。農業工学は、人間の生命に必要な食料を供給し、生物との共生を図るフィールドの場の提供であり、人間の存在を自然、環境、生態系、生産社会の関係の中で総合的に捉え、持続可能で循環型の社会を実現する能力を習得させ、その努力過程を学習の場として教育現場の取り巻く環境改善に力点を置くことである。持続可能な発展は、環境と社会の発展を結び付け、近代の社会発展方式を転換し、人類と自然との共生、環境との調和を図り社会を進展させ、現世代と子孫の利益に配慮することである。
- 8) 小中学生の農業教育では、農業体験を含む自然体験教育の義務化が望まれる。環境教育を持続可能な社会の実現のための教育・学習と位置付けると、①人間と自然との関係を相互依存関係にあるとみなして、自然そのものを大切にし、良好な環境に保つという立場に立つ。②科学・技術のプラスの面のみならず、負の部分にも目を向け、慎重に運用して利潤追求のみを優先することなく行動する。③成長と進歩の限界を知り、何らかの制限をしてでも自然や環境と調和する持続的発展を目的とした価値観を持つ人間力を育成する。④自然的環境の持続性のみならず、社会的公正や精神的豊かさを実現するための意識形成へとつながる教育が必要である。

3 おわりに

耕草林地を対象にした農林水畜産業は、科学（農学）と技術（農林水畜産業技術）によって支えられている。農産物の安定供給には農耕地の保全と灌漑施設等の整備が必要であり、また農作物の育種、土壌・病害虫保護用の農薬、肥料、および農作物を取り巻く気象・土壌・水環境を改善する必要がある。したがって、そのためには、最先端・最高レベルの農学とイノベーション的な農業技術が必要である。

本書における報告に関連して、農学委員会としては、今後とも農学と技術の両面の調査・研究を推進するとともに、農学は総合科学であることを認識して推進する必要がある。今後、特に農学系としては、理学系、工学系の分野間との連携のみならず、社会科学系の分野とも連携して、調査・研究を精力的に推進する必要があると考えられる。

<参考文献>

対外報告・提言・報告の発出

分野別分科会：農業生産環境工学分科会からは、対外報告「渇水対策・沙漠化防止に向けた人工降雨法の推進」（2008年1月24日）、農業経済学分科会からは報告「農業経済学分野における研究成果の評価について」（2008年8月28日）、および第20期は農学基礎委員会に所属していた農業情報システム工学分科会からは提言「IT・ロボット技術による持続可能な食料生産システムの在り方」（2008年7月24日）を発出

課題別分科会：2007年9月30日に解散した農業と環境分科会からは対外報告「魅力ある都市構築のための空間緑化－近未来のアーバン・グリーンングー」（2007年9月20日）および2008年9月30日に解散した水問題分科会からは提言「変貌する農業と水問題－水と共生する社会の構築へ向けて－」（2008年8月28日）を発出

- 1) 日本学術会議農学基礎委員会農業生産環境工学分科会（委員長：真木太一）、2008：対外報告「渇水対策・沙漠化防止に向けた人工降雨法の推進」、日本学術会議農業生産環境工学分科会、pp. 28.
- 2) 日本学術会議農学基礎委員会農業経済学分科会（委員長：新山陽子）、2008：報告「農業経済学分野における研究成果の評価について」、日本学術会議農業経済学分科会、pp. 10.
- 3) 日本学術会議農学基礎委員会農業と環境分科会（委員長：真木太一）、2007：対外報告「魅力ある都市構築のための空間緑化－近未来のアーバン・グリーンングー」、日本学術会議農業と環境分科会、pp. 26.
- 4) 日本学術会議農学基礎委員会水問題分科会（委員長：宮崎 毅）、2008：提言「変貌する農業と水問題－水と共生する社会の構築へ向けて－」、日本学術会議水問題分科会、pp. 20.
- 5) 日本学術会議農学基礎委員会農業情報システム工学分科会（委員長：野口 伸）、2008：提言「IT・ロボット技術による持続可能な食料生産システムの在り方」、日本学術会議農業情報システム工学分科会、pp. 25.