

日本の展望—学術からの提言 2010

報告

食料科学分野の展望
—持続的な食料生産のために—



平成22年（2010年）4月5日

日本学術会議

食料科学委員会

この報告は、日本学術会議 食料科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 食料科学委員会

委員長	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
副委員長	磯貝 彰	(第二部会員)	奈良先端科学技術大学院大学学長
幹事	野口 伸	(第二部会員)	北海道大学大学院農学研究院教授
	唐木 英明	(第二部会員)	東京大学名誉教授
	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
	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
	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
	矢澤 進	(第二部会員)	京都大学名誉教授
	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
	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
	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

日本学術会議はこれまでに「日本の計画」および「日本の科学技術政策の要諦」をとりまとめ、科学者の視点から社会のあり方等に関する提言を行ってきたが、これらを継続・発展させるために、新たに「日本の展望委員会」を設置して、これからの我が国の学術研究の方向・長期展望を広く示すこととした。これを受けて食料科学委員会は「日本の展望」への提言として、食料に関して現在抱えている種々の問題、今後の教育研究推進方向等について取りまとめた。

農学は、生命現象を解析して、これらの成果を人類の生命維持と健全な社会のために応用する生命科学系総合科学として、また設計科学として、地球上の陸圏から水圏にわたる農林水産学における多方面で多様な問題を解決するために貢献してきた。食料科学委員会が取り扱う食料問題はその一つである。

2 現状および問題点

地球上の全ての生物は資源を消費することによって生命を維持しているが、その資源は有限であるにも拘らず、多様な生物と環境の調和によって形成される生命維持システムの働きで生物は今日まで生存してきた。しかし、その機能していた生命維持システムは崩れ始めている。

現在、地球規模で人口爆発と砂漠化が同時進行しており、食料不足は極めて深刻である。一方、豊かな生活を求めて人類が作り出した物質が引き起こした環境汚染は陸圏、水圏、大気圏に及び、他方で資源エネルギーを大幅に消耗した。このままの状況が続けば、人類社会の維持・発展は極めて困難になる。

国内における食料生産の増大は、食料自給率を向上させ、国民の食料不足の不安を解消するとともに、国土の保全、良い環境の維持、農村・漁村地域の活性化に大きく役立つものである。

このような状況のもと、当委員会は、生物生産と環境の調和を基本とした環境保全型農畜水産学の推進によって、食料問題を解決し、人類の生存と幸福のために資する科学・技術の推進を図る必要があると考える。

3 提言等の内容

(1) 10～20年程度の中期的な学術の展望と課題

① 設計科学としての農学

農学は設計科学（目的科学）であり、それを構成しているそれぞれの分野は食料増産を目指して基礎的・応用的研究を担ってきたが、今後は、消費者に安全な食料を届けるため、エンドユーザー志向の持続可能な食料生産総合システムを担う科学領域を創出する必要がある。

さらに、このシステム運用のプロセスで不祥事が起きた場合、その要因と実態、影

響などを的確に把握し、行政とともに問題を解決すべく、文理融合型の新しい学問領域であるレギュラトリーサイエンスの促進を図るべきである。

② 農水産物の新機能の探索と活用

食料生産を支える個別の分野では、生物生産を支える環境の最適化、生産された生物の生命現象の理解と応用、食品の安全性の研究等、これまでの研究をさらに進展させる必要がある。また、食料増産や新機能を持った生物の生産のためには、遺伝子組み換え作物に対する国民的理解と認知の促進が不可欠である。

③ IT 活用による新生産技術

効率的な食料生産の新技术として、IT や農業用ロボット等を活用した太陽光による知能的な植物工場や水産生物養殖場の一層の推進が必要である。

④ 順応的資源管理

持続的な利用の観点から地球規模で変動する気候にあわせて順応的に資源管理をするための研究は必須である。

(2) グローバル化への対応

① アジア・アフリカへの科学技術外交

農林水産学は、日本の国内問題にとどまらず多くのグローバルな諸問題を扱うので、複眼的視点を持ちそれぞれの地域に適した持続可能な食料生産システム構築のための研究が重要である。再生可能な資源を生態系と調和させながら生産する日本の高い科学・技術は地球環境の保全や食料の地域的偏在などグローバリーな問題解決に大きく貢献できる。そのための国際的な連携や共同研究はこれまで以上に推進しなければならない。

② 多面的機能を持つ農水産業情報の国際的共有

地球規模での通信情報を農水産業に高度利用することは生産性を高めるだけでなく、地球環境や地域社会の保全や食の安全性の重要な評価軸となる。一方、水産資源では、国際的な資源管理の方向に進んでおり、陸圏、水圏とも時空間を対象とするフィールドインフォマティクスのグローバルな展開が求められる。

③ レギュラトリーサイエンスの展開と発展

食の安全性の保障のためには、食の国際化に対応した安全管理とそれを支えるレギュラトリーサイエンス領域研究の発展が重要な課題となる。

(3) 社会的ニーズへの対応

① 健康維持に資する農水産物の提供

農水産学分野の研究は、生活総合科学的要素が深くこれまで基本的には社会的ニーズに応えるべく発展してきた。これからも益々消費者ニーズに応え、より良質で適切な価格で農水産物を供給できる体制を国民的理解の下に確立していかなければならない。

② 産学官連携の展開

社会的ニーズに応じてきた農水産学研究は、産学官連携の強い学問領域であるが、今後はさらにエンドユーザーである市民の参加を進めつつ生物資源保全、生産、流通、食生活、健康までの一貫したシステム開発をすすめるべきである。

③ IT活用による環境保全型農水産業

社会的ニーズへの対応としては農林水産情報システム学の深化と体系化によって (a) 地理空間情報等 IT 活用による農林水産業、(b) 食品の安全を担保する生産・流通システム、(c) 機械化、情報化された新しい栽培システムの知能的太陽光活用型植物工場、(d) 食料生産に関わるロボット化の推進が求められる。

(4) これからの人材育成

① 博士課程修了者の受け入れ体制の整備

国民生活の基盤に深く関わる農学生命科学研究分野における人材の確保と養成は長期的にみて極めて重大で、特に博士課程修了者の受け入れ体制の整備は喫緊の課題である。国、企業、大学による研究者の一体的養成と受け入れシステムの構築が急がれる。

② グローバル教育体制の整備

農学は地球規模の広がりを持つ学術であり、農学教育にはグローバルに活躍できる人材養成が求められ、その養成には海外研修制度の充実が不可欠である。また、学部・大学院の教育プログラムの標準化による質の保証と国際的な同等性の確保が今後ますます重要となり、その早急な対応が必要である。

③ 他分野との連携・融合教育体制の整備

農工融合や医農工連携など異分野融合型の研究・教育が昨今注目されているが、農水畜産学を核としたこれら融合科学を発展させるための教育体制の整備が図られるべきである。また、自然科学および人文・社会科学の広い分野と深くかかわるレギュラトリーサイエンスの発展に際しても大学院カリキュラムの整備・充実が不可欠である。

目 次

1	はじめに.....	1
2	提言の内容.....	2
(1)	10～20年程度の中期的な学術の展望と課題.....	2
①	食料科学委員会の中期的な学術の展望と課題の要約.....	2
②	分野別の展望と課題.....	2
(2)	グローバル化への対応.....	8
①	アジア・アフリカへの科学技術外交.....	8
②	国際共同研究.....	8
③	国際的な連携.....	9
④	持続的な水産資源の国際的共有.....	9
⑤	フィールドインフォマティクスの展開.....	9
⑥	レギュラトリーサイエンスの展開.....	9
(3)	社会的なニーズへの対応.....	10
①	健康維持のための農水産物の提供.....	10
②	産学官連携の展開.....	10
③	環境保全型農業と他産業の連携.....	10
④	多面的機能の評価と活用.....	11
⑤	IT活用による農林水産業.....	11
⑥	科学技術に基づく食品安全行政を支援し、国民とのコミュニケーションを促進する科学の発展.....	12
(4)	これからの人材育成.....	12
①	博士課程修了者の受け入れ体制の整備.....	12
②	グローバル教育体制の整備.....	13
③	他分野との連携・融合教育体制の整備.....	13
3	おわりに.....	14
	<用語の説明>.....	15
	<参考文献>.....	15

1 はじめに

農水産業の役割は、食料を持続的に生産し、人類の生命・生活を維持・発展させることにあ
る。現在、世界人口は爆発的に増加しており、今の 67 億人から 2050 年には 90 億人に達すると
予想されている。しかし、地球規模でみると食料不足と偏在はこれまで以上に進むことが予測
されるが、現在でも世界では 8 億 5 千万人が飢餓に苦しんでおり、アフリカ諸国を中心に毎日
2 万 5 千人が餓死している。国内においては、食料自給率は 41%（エネルギー換算）であり、
先進国の中では飛び抜けて低い水準である。世界的な食料問題や貿易問題が発生した時には、
国民への食料供給に大きな不安をもたらすことになる。また、食料生産は、農水産業活動を通
して国内の環境保全、治山・治水、景観の維持、農山漁村地域の活性化等に大きな役割を果す。
したがって、国内での食料生産—食料自給率の向上は国民の生活に大変重要である。

先進国においては、これまでに驚異的に進歩した科学・技術は確かに農水産業生産を飛躍的
に向上させ、また、工業の発展を促して日常生活を向上させ、医療の発達で死亡率の低下、長
寿命を実現した。しかし、これらの科学・技術は環境負荷を増大し、その結果、環境ばかりで
はなく、社会をも崩壊させつつある。

このような状況の中で、人類社会を持続的に存続させるためには、21 世紀の地球規模の主要
課題は人口増加、地球環境劣化、南北格差の拡大の問題（日本の科学技術政策の要諦）であり、
農学は何れの項目の問題にも関連している。

農学は持続的な生物生産の研究を始めとして、生産物の高品質化や再生可能な持続性および
人の健康増進に向けた食の安全性・機能性の研究、さらには、地球レベルの異常気象多発や環
境劣化に関連した環境調和型の研究を行っている。すなわち、農学は将来にわたって地球規模
での持続的な生物生産と地球生態環境との調和の視点に立ち、人類の生存と幸福に寄与する総
合生命科学分野である。

ここでは、農学分野である食料科学委員会の「日本の展望」への提言として食料に関する種々
の問題・課題の抽出、今後の研究の推進課題などについて取りまとめたものである。

2 提言の内容

(1) 10～20年程度の中期的な学術の展望と課題

① 食料科学委員会の中期的な学術の展望と課題の要約

地球規模で起きている人口爆発のもとで、我々人類は生存のため、今後食料、環境、エネルギー等の問題をどう捉えていくのか、多くの解決すべき喫緊の課題に直面している。20世紀の食料生産技術は陸圏においては生産性を単一目的として開発した先端技術を駆使して、機械を大型化し、化学肥料や農薬を大量に消費するといった投入エネルギーの増大を基盤として発展してきた。その結果、農地やその周辺環境に与える付加が大きく、さらにその付加は地下水や海洋汚染をもたらした。一方、海洋ではそれらの汚染に加えて、人間活動としての漁獲圧が生物資源の減少を引き起こした。したがって、将来にわたって持続的な食料生産を行うためには陸圏、水圏とも現場の環境と生産性の両面への配慮と食料としての安全性を保證する必要がある。食料科学委員会に所属する6つの分科会の研究に共通することは、今後、地球規模で起きつつある複雑な食料問題に寄与するため、生物の生命現象について生命科学的手法を駆使するとともに、ITを活用した新技術により、持続的な環境調和型の食料生産法を開発することを目的として研究を行っていることである。

食料科学委員会は、農学委員会の各分野と密接な連携をとることは勿論のこと、他の自然科学系、社会科学系の関連分野と連携・融合して新しい食料生産システムを構築しなければならない。それを支える本委員会の各分野の展望と課題は以下の通りである。

② 分野別の展望と課題

ア 農芸化学分野

農芸化学分野は農学の中の生物生産および生産物の利用などに関わる諸問題を化学的立場から扱う学問分野であるが、植物栄養学・土壌学、応用生産化学・生物有機化学、食品科学などが主たる領域であり、生命、環境、食料をキーワードとしている。本分野は、これまで社会の要求に応えつつ科学の発展に貢献してきた。農芸化学領域は生物や生物現象が化学と物理学などの原理を置いて理解され、活用される時代の科学として増々重要である。今後、農芸化学分野が貢献する課題は世界的には人類の生活の安全と健康を守ることであり、国内では高齢化社会を迎えた人々の健康生活を守ることである。

そのための農芸化学の今後の展開は下記の通りである。

1) 植物化学の展開

人類の生存基盤である植物生産の増大のため、モデル植物を活用して、植物の光合成機能の増大方策や遺伝子機能を解明し、圃場において作物レベルでその生産性への関与の研究、組み換え植物の圃場試験を実施する。

2) 食品機能の研究

食品の質的な問題は食を通じた健康な生活維持のためには重要である。関連して、食と体内常在性微生物群との関わりは今後の重要な研究分野であり、積極的に取り組むべきである。

3) 未知の微生物・微生物機能の活用

応用微生物学は発酵産業・醸造産業にとって極めて重要な分野であり、未知の微生物やそれが持つ未知の有用機能は多くの未発見のままで、それらの有用微生物の全ゲノム解析や遺伝子機能の解明が必要である。また、環境生態学の観点から、環境中の微生物の理解は欠かせない。これらの研究に関連して、遺伝子改変技術を基盤としたメタボリックエンジニアリング（代謝工学）の研究の進展を図る。

4) 探索研究の重要性

微生物機能の探索研究はゲノムからアプローチする研究との両輪として極めて挑戦的な研究であり、生物現象の素過程を再現する生物検定系の確立が重要である。

5) 生物間相互作用の解析

微生物と動植物との共生系、動植物間のコミュニケーションシステムは生理活性物質研究として極めて重要であり、この分野から新しい科学が生まれる可能性を秘めている。

6) 農芸化学研究の特徴

これからの農芸化学領域では基礎科学と応用科学との連携が重要で、生物現象を制御する鍵物質の解明から見られるように個別の現象から普遍的な理解へつなげることにより、その成果が生産の現場で活用されて産業につなげられる大きな特徴を持っており、この特徴を活かすことが重要な課題である。

イ 畜産分野

畜産物は良質な動物性タンパク質を供給するとともに、畜産は関連産業を支えて地域経済の重要な役割を占めている。我が国の畜産物の消費は経済発展とともに増加し、食料の中でも約1/3と大きな位置を占めている。しかし、純国内産飼料自給率は約25%であり、我が国の穀物輸入は世界貿易全体の約13%と世界最大である。また、近年世界各国が穀物によるバイオエタノール化を進めており、穀物は食料、飼料、エネルギーとして競合する時代を迎えつつあり、我が国の飼料自給率向上は国際的にも重要である。

我が国の将来の良質タンパク質である畜産物の安定供給のための畜産学の将来の

重要な課題は下記の通りである。

1) 食品残渣の活用

輸入穀物に代わる飼料資源には国内飼料作物の生産に合わせて、食品残渣の活用の進展を図る。

2) 未利用耕作地の利活用

国内穀物の生産は、例えば未利用水田の利活用が重要であり、飼料米や飼料イネ類の生産などにより実現される。段畑の飼料生産への利用や耕作放棄地への放牧は防災、景観保持等の多面的機能を維持する方策を図る。

3) 自然循環型畜産システム

家畜糞尿を堆肥化やメタンガス化し、地域エネルギーとして利用することによって自然循環型畜産システムを実現する。

4) その他

これらの大課題に加えて、個別には以下の課題がある。

- ・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
- ・最新胚操作技術による繁殖率向上
- ・遺伝子組み換え技術を含めた飼料生産技術の進展
- ・畜産体の機構解明とその応用による生産性向上
- ・大家畜体の遺伝子多様性の維持

ウ 水産学分野

我が国はもとより国際社会にとって、食料、環境、エネルギーの問題は緊急の課題である。水産学は加工・貯蔵も含めて水産物から食料としてのタンパク質等を供給し、水圏から持続的で安定的、且つ安全な食料資源を確保するための総合科学である。したがって、漁業や増養殖による食料生産から始まって安全な水産食品の消費にいたる諸過程を包含する統合的な水産学のあり方や地域および地球規模での環境保全に寄与する未来の水産学を模索することが不可欠である。我が国における近代農学教育は、1876年の札幌農学校と1878年の駒場農学校の開設をもとに発展してきた。その中で、農学の一部として、すでに札幌農学校では水産学の授業が開始されていた。農学は物理科学等の自然物の認識科学とは異なり、設計科学の一つと位置づけられた。

一方、農学研究は農・林・水産関係分野を中心とする生物生産の増収研究から、高品質化や再生産可能な持続性および人の健康増進に向けた食の安全性・機能性研究、さらには地球レベルの異常気象多発や環境劣化に目をむけた環境調和型農林水産業研究が重要性を増してきている。さらに、20世紀後半から爆発的に増え続ける

人口に見合う食料を始めとする生物生産物を確保していかなければならないという厳しい現場的命題が突きつけられており、人の生活や地球環境と調和した高度の生物生産研究が脚光を浴びている。このようは状況の中で、水産学は単に農学の一部としての設計科学ではなく、海洋・湖沼・河川という水圏フィールドを中心とするため、より自然（認識）科学を包含した設計科学と位置づけることができる。したがって、水産学は近年の地球環境問題等の諸科学に対しても、生物生産と地球生態環境の調和をより鮮明に認識しなければならない総合科学的学問分野である。

以上の諸課題をまとめると下記の通りである。

1) 水産総合システム学の構築

水産学は地球および地球規模での環境保全に寄与しながら、持続的・安定的に安全な食料を提供するため、漁業や増養殖による食料生産から加工—流通—消費に至る諸過程を一つのシステムと捉える新しい水産総合システム学の構築が必要である。

2) 順応的資源管理

水産学は環境や人類の福祉健康に配慮したグローバルな対応が求められているが、今後の地球温暖化がどのように海洋生態系に影響を及ぼすのかを予測し、それに対応した水産資源の順応的管理が必要である。そのためには、海洋生態系を基本とした水産資源管理の観点より、将来予測モデルの開発や順応的資源管理の方法を確立するべきである。

3) 環境調和型の水産学

「水産立国日本」、「海洋立国日本」を実現するためには自然と共生する水産業や低炭素型・循環型の水産業の実現を目指す持続可能性を基本理念とする未来型の水産学を創出する。

4) 設計科学としての水産学

水産学は水圏フィールドを研究の場とするため、認識科学を包含した設計科学として発展するべきである。

エ 獣医学分野

獣医学の役割は、人畜共通感染症の予防、動物由来感染症の予防、畜産製品の安全の確保、動物高度医療の推進、生命科学分野の研究の推進など多岐にわたるが、今後、特に重要になるのは食品安全に関する下記の課題である。

1) 生命科学の発展に関する貢献

獣医学や畜産学の分野で発展した生殖生物学の研究成果や技術開発は発生工学の発展に大きく貢献してきた。今後も、人の病態モデル、産業動物の作出、野生動物の人工繁殖による保全、ヒトの生殖医療や再生医療への更なる貢献が期待される。

2) 人の健康に対する貢献

人に重篤な健康被害をもたらす人畜共通感染症や動物由来感染症の防御、産業動物の健康維持・生産向上、食品の安全性の確保などは今後も重要な課題である。

3) 動物の高度医療体系の構築

動物の高度医療に関する研究や技術開発は人の医療の高度化にも大きく貢献する。また、産業動物においても、繁殖学、栄養学、行動学などの研究成果を集積し、より高度で新しい医療体系を構築する。

オ 農業情報システム学分野

従来から農林水産業が果たさなければならない役割は食料を持続的に生産し、人間の生命・生活を維持・発展させることにある。しかし、世界の人口は現在の 67 億人に達することが見込まれ、食料不足と偏在はいままで以上に進むと予測されており、食料生産の持続性は経済面と環境面によって制限されている。したがって、特に近年、地域環境に対する配慮が要求されている。

20 世紀の食料生産技術は生産性向上を目指して、過度な灌漑を行い、機械を大型化し、化学肥料や農薬を大量に消費するといった投入エネルギーの増大を基盤として発展してきた。しかし、作業効率や生産性は向上したものの、農地やその周辺に与える環境負荷が大きく、塩害や砂漠化など地域環境を犠牲にする結果となった。近年、肥料や農薬を多投して生産量を向上させることの限界を認識して、持続可能な食料生産システムの構築が必要との認識が国際的にも高まっている。また、異常気象による不作や投機的資金の市場流入、バイオ燃料との生産競合などによって世界の食料価格は未曾有の高水準に達し、小麦、大豆、トウモロコシの価格は一時高騰したことがある。さらに中国・インド・ロシアなど BRICS の経済成長は食生活の変化を生み、飼料用穀物や油糧種子の大量消費によって食料需要の増加をもたらし、今後食料の不足がさらに進行することが世界的に懸念されている。一方、我が国に目を転じると食料自給率は 40%にしかすぎず、安全保障や環境保全などの観点から日本は 10 年後に自給率を 50%まで引き上げることを目標にした。この目標達成には先端技術の研究開発と普及が必要不可欠であることは言うまでもない。

以上のことから下記の課題に取り組むことによって、土地と生物本来の潜在能力を最大限に引き出す実践的な食料生産技術とそのサイエンスを創造する。

1) 未来型の食料安定生産システム

食料生産に関わる細分化した知を統合して作物、水産物、家畜の遺伝的資質の強化と環境管理技術の開発を行い、食料の安定生産システムを構築するための方法論を構築することが問題解決のためには重要である。

2) 複雑系のモニタリングと解析

生物－大気－土壌／海洋により構成された複雑系のモニタリングと解析を通して食料生産環境の最適化とその管理が必要である。

3) モニタリングによる統合化

DNA マイクロアレイ技術、ユビキタスネットワーク、リモートセンシングなどによるセンシング技術や多次元フィールド情報の相互関係の解析をすすめ、これを基にした生物の新たな生理生態学的特性と環境適性を考慮した食料生産理論の創出をする。

4) サイバーフィールド研究開発

フィールドから収集される多様で膨大なデータを管理・統合し、利用していくために、フィールドのデータを空間・時間・内容に応じて適切に組織化し、情報を抽出・構造化して行く仕組み（サイバーフィールド）の研究開発を進めるべきである。

カ 食品安全分野

病原微生物による食中毒、人畜共通感染症、ダイオキシンなどの化学物質による飼料や食品の汚染などの発生を受けて、科学的データに基づく食品安全行政の確立が国際的な課題とされ、その手法としてリスク分析の枠組みが国際機関から提示されている。我が国においては 2003 年制定の食品安全基本法にリスク分析法の採用が盛り込まれたが、具体的な取組みは緒についたばかりである。また、それを支える学問領域であるレギュラトリーサイエンスの発達が他の先進国に比して遅れており、国際的な情報の発信も限定的な状況にある。レギュラトリーサイエンスとは「我々の身の回りの物質や現象について、その成因や機構、量的および質的な実態、そして有効性や有害性の影響を、よりの確に知るための方法を編み出す科学であり、次いでその成果を用いてそれぞれを予測し、行政による対策を通じて国民の健康に資する科学である」と定義される新しい学問領域であり、食品安全行政を適切かつ効果的に進めるためには、その進展が必要である。しかし、このような研究分野に対する認知が科学界でも行政サイドでもまだ十分ではなく、関係省庁・機関においてレギュラトリーサイエンスの研究体制作りを進めながら、下記の 4 つの項目に戦略的に取り組む必要がある。

1) リスク分析

食品安全問題の特定やリスクプロファイルの開発、リスク管理目標の設定、リスク評価政策の確立が求められており、これらを支える疫学の確立やハザード(危害因子) 検出技術の開発を進める。

2) リスク評価

リスク評価のためのデータ提供や評価解析手法の開発は早急に行う。

3) リスク管理を与えるモニタリング

リスク管理措置の選択肢の特定とその選定のためのリスク管理措置の費用・効果分析、措置の実施・効果のモニタリングを支える研究が重要である。

4) リスクコミュニケーション

リスクコミュニケーションのあり方と手法、リスクコミュニケーションに必要なリスク認知や態度の研究が喫緊の課題である。

(2) グローバル化への対応

① アジア・アフリカへの科学技術外交

農林水産学は基本的には、人の暮らしを支えるサイエンスとバイオテクノロジーであり、それが扱う課題は単に日本国内の問題にとどまらず、真にグローバルな諸問題を含んでいる。地球規模の食料不足の原因は、人口の増加、食生活の高度化、農業生産性の低下、天然水産資源の減少、そして気候変動などがあげられるが、今後、エネルギー、生態系共生、省資源など複眼的な視点からそれぞれの地域に適した持続可能な食料生産システムを構築することが肝要である。すなわち、「Think Globally, Act Locally」を念頭においた対応戦略が重要である。一方、多大なエネルギーを消費して飽食を享受している日本をはじめ先進諸国は高い科学・技術を活用して自国の食料の安定生産・供給を確保するのは当然であるが、地球規模の持続可能な食料生産システムのあり方を検討し、開発途上国などの人材育成や共同研究を通して問題解決を図らなければならない。世界の持続的な発展のためには、再生可能な資源を生態系と調和させながら生み出す農林水産業の役割は大きい。総合科学技術会議（平成 20 年 5 月 19 日）は「科学技術外交の強化に向けて」の中でアジア・アフリカの科学技術外交の推進を提案しており、食料の空間的偏在と地球環境の保全には日本の高い科学・技術に基づいたハード・ソフト両面の開発途上諸国への技術移転は重要な課題である。

② 国際共同研究

農芸化学分野の研究課題のうち、健康問題、食品機能などの問題、あるいは医薬品の開発にもつながる探索研究などは、アメリカ、ヨーロッパの課題でもあり、また、植物機能等を生かした産業につながる分野の研究、特に食料生産、エネルギー生産に

関係する分野の研究は日本が今後主導的に活動していかなければいけない、アジア、アフリカなどの諸国にとって極めて重要な問題である。したがって、我が国のこの分野の研究が諸外国の研究者との共同研究の形で発展することが重要である。

③ 国際的な連携

食の安全性に関して、我が国では輸入食品における有害物質の混入や偽装表示問題が話題になった。国際的な人畜共通伝染病の問題として、輸入肉骨粉が原因とされるBSEの発生、家畜や家禽を起源とするインフルエンザ、大腸菌 0157 汚染などが問題となった。これらの問題を解決するためには、生産国や輸入国だけでは無理であり、国際的な連携が要求される。同時にグローバルな連携研究の発展が必要である。

④ 持続的な水産資源の国際的共有

水産学は環境や人類の福祉健康に配慮したグローバルな対応が求められている。乱獲の影響による資源減少がみられるマグロ類のように、国際的な管理組織により、国際的な水産資源の管理の方向へ進んでいる。このような国際的な制度に対して確固たる我が国の海洋政策の提言が必要である。加えて、国際的な流通システムの健全な発展と食料安全保障の確保の両立が必要である。

世界の80%の水産業が行われている東アジアおよび東南アジア地域は今後、持続的な水産資源利用を行う必要がある。したがって、それらの諸国との間での水産資源の高率的生産と健全な活用、およびその生産環境の保全に関する国際的研究協力が必要である。

⑤ フィールドインフォマティクスの展開

農業情報システム学分野では地球規模で情報通信を農水産業に高度利用することはグローバルな食料生産の安定化を図る上で多大な効果があることに鑑み、フィールド空間のモニタリングと解析を通して効果的に管理・制御する必要がある。適切な意思決定を実現するにはフィールド空間情報を取得して分析・考察することが不可欠である。今後、グローバルな食料生産技術の展開はセンシングした結果に基づいて複雑系をモデリングし、最適化できる数理科学の確立にある。この場合の目的関数は単なる収量・漁獲高などの生産性だけでなく、地域環境の保全や食の安全性も重要な評価軸となる。その実現には各国、各地域の気象、土地利用、植物生育状態などタイムリーな空間モニタリングとデータベースを包含したシステムモデリングが本質であり、時空間を対象とするフィールドインフォマティクスの今後のグローバルな展開を図るべきである。

⑥ レギュラトリーサイエンスの展開

食の安全分野では「食の国際化に対応した安全管理とそれを支えるレギュラトリーサイエンス」の展開が急務である。食料の国際貿易が急速に進展し、我が国が食料の

60%を輸入に依存しているだけでなく、世界中で食材や食品の流通の広域化や複雑化が進んでいる。このような中で食料の安全管理を国際的に効果的に行う仕組みの開発が不可欠である。食料生産の観点からは、国際的な保護が必要な水産資源の維持管理や、バイオ燃料との競合の中での穀類の生産、遺伝子組み換え作物の導入、畜産現場での人獣共通感染症の管理などにおいて、国際的な議論と合意形成の努力が必要であり、また適正な流通と事故発生時の調査や被害拡大防止のためには、国際的な合意に基づくトレーサビリティシステムの確立が必要である。食品の規格や製造基準、衛生規範の設定に関しても、科学に基づいたルール作りが求められている。これら食の安全管理のためには、リスク分析の枠組みが有効である。現在、それを支える科学、レギュラトリーサイエンスが世界で急速に発展しつつあり、リスク評価、リスク管理、リスクコミュニケーションそれぞれに関する科学的議論に我が国の科学者組織がより積極的に参加することが必要である。そのために、関連の情報収集分析機能を強化し、レギュラトリーサイエンス領域の研究を発展させなければならない。

(3) 社会的なニーズへの対応

① 健康維持のための農水産物の提供

農林水産学分野の研究は人の生活に密着している、生活総合科学的要素が深い分野で、基本的には社会的ニーズに沿って発展してきた。これからも、良質で安価な、かつ安全な農水産物はこれからも消費者から求め続けられ、これらに関連する学術・研究は社会的ニーズとして更なる進展を要求されるであろう。同様に、人の健康維持のために農水産物からの機能性物質の探索はさらに重要になる。

② 産学官連携の展開

農学分野は基本的に社会的なニーズをとらえて発展してきた分野であり、これからも十分そのニーズにあった形で発展していくであろう。特に、日本化学会は、企業関係者会員の約30%を占める学会であり、社会的なニーズを十分把握し、それらが研究者のレベルに還元されていくものとなっている。その意味で、農学は産学官連携を含め、社会との連携が強い学問領域で、今後もこの方向で進むことが必要である。

③ 環境保全型農業と他産業の連携

近年の日本の経済状況は悪化しているものの、より安全で品質の良い農畜産物は付加価値分の価格上昇があっても、輸入品との競合に負けていない。安全で美味しい農畜産物は人の心を幸せにするし、農業のみならず、食品加工業や観光産業までへも波及し、人々を豊かにする。これは、過疎化が問題となっている地域社会を支援し、農水産業を通じ環境保全にもつながることになる。事実、我が国からも高品質な農水畜産物は僅かながらも輸出が始まっているため、コストのみならず、より高い品質、より安全な農水畜産物を追究した技術開発は社会的なニーズとして高まっていくものと思われる。

④ 多面的機能の評価と活用

農水産学は単なる農業・漁業生産の増収を図るだけでなく、人口増やグルメに対応する農水産生産量の向上・高品質化、土壌や深海微生物、植物や海藻などの農水産資源由来の有用物質の探索と利用、フードチェーンとトレーサビリティ、リスクマネジメント、食品からの有害物質の除去などの食料の安全の確保や健康増進、地域の環境を保全・修復しつつ地域（農漁村）社会の発展を実現するための多面的機能の評価と活用、分子生物学・分子遺伝学の成果と手法に基づくゲノム情報や遺伝子組み換え技術の農水産生物への有効利用と品質改良など、その時代に即した社会のニーズに対応した研究をさらに推進する。

水産物は食料安全保障の観点からも海からのタンパク質供給という面で非常に重要な食料である。現在、国内自給率は60%であるが、将来200海里経済水域における生産を上げて、より高い自給率の確保を目指さなければならない。一方、生活習慣病の予防などへの水産物の持つ有用な機能を明らかにし、食品としてより有効に利用する技術開発も不可欠である。さらに、水圏生物の遺伝情報の収集・保存など生命科学に関する技術開発やデータベース化も種の多様性保全の立場からも必要である。増養殖技術で作られた集団が質的に安全な食料であることを保障するために、多角的に安全性と機能性を評価できる技術開発も重要である。また、生産の現場から消費者までの農水産物のトレーサビリティが食料の安全の観点から十分確保されなければならない。

以上を踏まえ、自然と共生する循環型の農水産業等を実現する研究が持続可能性を考慮した将来の農学として重要さを増し、社会的に求められるであろう。

⑤ IT活用による農林水産業

農業情報システム学の社会的ニーズへの対応として、(a) 地理空間情報などIT活用による農林水産業のあり方、(b) 食品の安全を担保する生産・流通システム、(c) 大規模栽培面積のグリーンハウスにおける機械化、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、(d) 食料生産に関わるロボット化、などが主要なテーマである。

以上のテーマを推進するための主要な研究開発は以下の通りである。

ア 農工融合による革新技術

ITやセンシング技術等の革新技術の農林水産業への導入は他産業と比べて立ち後れている。これは、市場の規模・構造の点で本来あるべき民主導の技術開発が期待できないからである。特に、中山間農業や急峻で複雑な地形を有する森林地帯の管理・保全、水産業における漁場探索などに対して、GPS/GISによる空間情報に基づく生産・管理システムの構築が生物資源生産の低コスト化をすすめ、国際競争力をつける上で不可欠である。一方、農業生産の軽労化、省力化技術によるロボット

農業は我が国の次世代の食料生産技術として期待される。食料生産のロボットには、工学は勿論のこと育種学、栽培学などとの連携による新しい栽培システムの設計とともに、ロボットと田園環境との調和をめざした地域環境デザインも課題となる。

イ 環境に配慮した持続可能な食料生産システム

一般に圃場レベルでは作物の生育状態を空間的に一様であるとみなして農薬・化学肥料を均一投入するため、環境に与える影響が大きい。今後は土壌や植生などの空間変動を考慮して、細分化した小空間毎に適切な資材投入量を決定する必要がある。そのためには植物栄養学、植物病理学、農業気象学など関連する学術領域における知の構造化と統合化を進める必要がある。

ウ 食の安全確保

食品の安全と消費者の信頼確保には GAP などの工程管理手法を積極的に推進して、生産から食卓までの食品安全を確保することが重要である。そのための作業情報の自動収集を含めた工程管理の自動化技術が強く求められている。

⑥ 科学技術に基づく食品安全行政を支援し、国民とのコミュニケーションを促進する科学の発展

国民の健康と生活に深く関わる食の安全を確保するには、科学的なデータに基づく食品安全行政の確立が喫緊の課題であり、科学的な立場からそれを支えるレギュラトリーサイエンスの発展が早急に必要とされている。その領域は、科学に基づく食品安全行政の枠組みであるリスクアナリシスの要素のリスク評価、リスク管理、リスクコミュニケーションの全体をカバーして、科学的データの提供や手法の開発・提供を行うように、自然科学および人文・社会科学の広い関連分野にわたるものである。

(4) これからの人材育成

① 博士課程修了者の受け入れ体制の整備

農学系の大学院博士課程の修了者の 37%は修了時には未就業の状況にあり、博士課程修了者の受け入れ体制の整備は喫緊の課題である。今後の農林水産学に期待される科学・技術の発展のためには、新たな課題に自らの判断と手法で取り組んでいくための高い能力を持った研究者の養成が不可欠であり、企業、研究機関、大学が一体となった養成と受け入れシステムの構築が必要である。本来農林水産学は『社会のための科学』であり、研究成果を社会に還元することが目標となり、博士課程においても実社会の姿といま解かねばならない問題を直視・認知できる教育プログラムの一層の工夫が必要であろう。その点で大学院学生を対象にしたインターンシップ制度などは、産業界と連携して人材養成するもので、閉じた大学教育の欠点を補う効果的なプログラムであり、その積極的な活用が望まれる。また、これまでの我が国の博士の職種は研究開発に偏っていたが、今後、国や自治体の政策立案業務、企業等の企画管理業務、

研究機関や大学の研究評価業務あるいは高等学校等の教育職員など、博士に対する労働市場を拡大する方策を進めるべきである。

② グローバル教育体制の整備

農学は地球規模の広がりを持つ学術であり、農学教育にはグローバルに活躍できる人材養成が求められている。すなわち、農林水産学に関する科学技術外交を支える人材、食料生産に関する高い専門性と国際コミュニケーション能力に長け、国際社会において我が国の主導性を担う外交人材を養成することが重要であり、その養成には海外研修制度の充実が不可欠である。また、学部・大学院の教育プログラムの標準化による質の保証と国際的な同等性の確保が今後ますます要求されることになる。例えば、獣医学教育では海外においては標準化作業が国を超えて行われており、我が国でも早急に体制作りをし、その中で国際的レベルの教育を行うべきである。また、水産学の人材教育でも水産学コアカリキュラムを含む日本と東アジアの水産学関連大学で共通して利用できる高度な教育システムの構築が必要である。各国共有の海を教育フィールドとしているため、総合科学として地球規模で考えること、持続可能性を理解すること、国際協調を理解・実践できることが挙げられる。このシステムの下で、魚食文化を共有する東アジアおよび東南アジア地域の諸国からの留学生の受け入れることによって、水産学を通じた国際的な連携の枠組み形成がもたらされる。

③ 他分野との連携・融合教育体制の整備

農工融合や医農工連携など新しい異分野融合型の研究・教育が昨今注目されているが、農水畜産学を核としたこれら融合科学を発展させるための教育体制の整備が望まれる。近代農学は要素還元的な思考方法を基盤とし、専門分化を発展とみなして展開してきた。しかし、大学における農水畜産学教育は農学各分野や教育を基盤としてフィールドを活用して教え続けることが重要であり、持続的・環境保全型畜産経営を学ばせ、獣医学を含めたアニマルテクノロジー関連分野だけでなく、他分野の学問と連携・融合する必要がある。生命工学や国際化に対応した先端技術、最新情報の提供も必須である。また、上述した自然科学および人文・社会科学の広い分野と深くかかわるレギュラトリーサイエンスの発展に対しても大学院カリキュラムの整備・充実が不可欠である。さらに、細分化した知を統合して「設計科学」に高揚するためには実世界の専門知と情報科学を習得し、複眼的な思考、感覚を有する人材の育成も今後必要となるであろう。

3 おわりに

日本学術会議には 30 委員会があり、そのうち、農学系の委員会は農学委員会と食料科学委員会の 2 委員会である。両委員会で農学（農林水畜産業全体の自然・社会科学）をカバーする必要がある。このため、種々の活動・行事は今後とも両委員会合同で協力し合いながら推進していくことが重要である。

しかしながら、両委員会は全く同じ活動をするのではなく、農学委員会では農学の基礎的・基盤的な事項を推進する任務があり、食料科学委員会はより食料生産に直接関連する事項を推進する任務がある。両委員会は、それぞれ特徴を出しながら環境・エネルギー・資源等々において、多難な時代ではあるが、農学および食料科学は人間が生存していく上で、欠くことができない重要な産業を背景を持った学問であることを認識しつつ、今後とも活動していく。

<用語の説明>

DNA マイクロアレイ技術 (DNA Microarray) : 細胞内の遺伝子発現量を測定するために、多数の DNA 断片をプラスチックやガラス等の基板上に高密度に配置して分析する技術である。

GAP (Good Agricultural Practice) : 農業生産現場において、食品の安全確保などへ向けた適切な農業生産を実施するための管理のポイントを整理し、それを実践・記録する取り組みである。農業経営を改善し、生産側と消費側が信頼関係を構築する上で有効なシステムとして定着している。特に農産物の国際流通が拡大する中、GAPの取り組みは世界に広がりつつある。

GIS(Geographic Information System) : 地理的位置を手がかりに、位置に関する情報を持ったデータを総合的に管理・加工し、視覚的な表示・分析を可能にする技術である。

トレーサビリティシステム (Traceability System) : 生産、加工および流通の特定の一つまたは複数の段階を通じて、食品の移動を把握できるシステム。

ユビキタスネットワーク (Ubiquitous Network) : あらゆる情報端末、機器などが、有線/無線のネットワークによって接続され、いつでもどこからでもサービスが利用できるようになるネットワーク環境のことである。

<参考文献>

- 1) 日本学術会議、地域環境・人間生活にかかわる農業および森林の多面的な機能の評価について (答申) (2001)
- 2) 日本学術会議「日本の提言」(2002)
- 3) 日本学術会議、地球環境・人間生活にかかわる水産業および漁村の多面的機能の内容および評価について (答申) (2004)
- 4) 日本学術会議「日本の科学技術政策の要諦」(2005)
- 5) 日本学術振興会学術システム研究センター、農学分野の研究動向 (2007)
- 6) 第 20 期日本学術会議農学基礎委員会農業情報システム学学科会 (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あり方 (2008)
- 7) 第 20 期日本学術会議生産農学委員会農学教育分科会 (対外報告)、農学教育のあり方 (2008)