

3. 農林水産・食品・バイオテクノロジー分野の調査結果

内容

3.1 将来の展望	257
3.1.1 総論	257
3.1.2 農:高度生産・疾病防除・バイオマス利用	261
3.1.3 農:作物開発	267
3.1.4 農:環境保全	268
3.1.5 食品:高度生産	269
3.1.6 食品:流通加工	271
3.1.7 食品:食品安全	273
3.1.8 食品:食品機能性	274
3.1.9 水産	276
3.1.10 林分野	278
3.1.11 共通:情報サービス	283
3.2 アンケートの回収状況	285
3.3 細目の設定	286
3.4 トピックに関する設問について	287
3.4.1 トピックの特性	287
3.4.2 技術的実現予測時期	298
3.4.3 技術的実現に向けた重点施策	300
3.4.4 社会実装時期	304
3.4.5 社会実装に向けた重点施策	306
3.4.6 技術的実現から社会実装までの期間	311
3.5 未来科学技術年表	313
3.5.1 技術的実現予測時期	313
3.5.2 社会実装予測時期	317
3.6 細目別重要トピックにおける要素技術	321
3.7 集計結果一覧	334

<概要>

農林水産・食品・バイオテクノロジー分野は、本分野への社会的注目が高まっていることを受け、多くのトピックを抽出・設定した。以前の調査で用いられたトピックに加え、農業の6次産業化、ICT技術の活用等最近の課題を反映したトピックも盛り込んだ。

重要度が高く、国際競争力が低いと評価されているトピックには、森林に関するトピックが比較的多く含まれていた。戦後に植林され、成長した樹木の「収穫」技術と、収穫後の森林造成技術の開発は、我が国の林業従事者の高齢化ともあいまって喫緊の課題と認識されていると考えられる。研究開発方策立案に当たり、短期的な競争力の低さにとらわれない長期的な視点が求められる。

重要度が高いと評価されたトピックには、地球温暖化による環境の変化への対応策として、頻発する災害のリスク管理や、病害虫の増加を含む耕作不適環境でも収穫が期待できる作物の開発に関するものが多い。同様に、省力・低コスト栽培が可能な作物の育種や遺伝子組み換え技術等、将来に懸念される食糧不足に対応したトピックも重要度の評価が高い。マイワシ・マグロ等主要漁業資源の確保が現実の重要課題となっていることは周知のとおりであり、沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術も、早期の実現が望まれながらなかなか実現していないトピックといえる。また、資源保護と関連して、データを活用した環境の評価に関するトピックも重要度が高いという評価を受けた。

3. 1 将来の展望

3. 1. 1. 総論

(1) 本分野の検討範囲

農林水産業は、食品産業側から見ると原材料が供給される産業という位置づけであり、バイオテクノロジーは農林水産業・食品産業はもとより、新しい医療、環境、エネルギー産業の発展にも大きく貢献している。農林水産業の対象生物は代表的農作物・樹木・海藻などの植物、きのこなどの菌類、乳酸菌・微細藻類などの細菌、家畜などの動物である。

さて、20世紀の成功の裏で進行した環境負荷の増大、水資源の枯渇、土壌の塩類集積などが世界各地で深刻な状況を生み出し続けている。このような状況を打破するための持続可能な農業システムとして、環境保全型あるいは生態調和型農業、様々な形でICT(センサネットワーク)を援用するスマート農業などの実践が始まっている。また、現状の技術による食料増産では世界の更なる人口増に対応できないとの予測から、農作物の戦略的育種技術の早急な確立が望まれている。気候変動などに伴う露地栽培でのリスク対応として、水耕栽培を基本に清浄な環境下での農作物の工学的生産システムにも期待が持たれているが、高コスト体質を考慮すると、生産立地は保存や流通コストが少ない大都市郊外の地域に限定せざるを得ないと考えられる。また、我国は大量の穀物を輸入し、この穀物を飼料として家畜や家禽に与え嗜好性が高く高付加価値の動物性食品を生産し、流通させている。世界的な自由貿易の流れの中で増加しつつある畜肉の輸入も、大量の穀物消費の上に成立しているという事を踏まえた理解が必要である。

植物科学は世界のトップレベルにあり、モデル作物の開発を行う実験室レベルでの個別技術要素については蓄積が出来ているが、社会実装を目指した次の研究段階として、フィールドと実験室を効率的につなぐ研究システムの構築が必要である。また、個別の遺伝子レベルを超えて、遺伝子ネットワークの機能を理解し、それを品種開発につなげるためには、さらなる基礎的研究の積み上げが必要と考えられる。

気候変動の影響が顕在化する中で、森林の保全はこれまで以上に重要となっている。世界の森林面積は先進国では横ばいないし微増で推移しているのに対し、アフリカ、南米、東南アジアにおいては減少を続けており、熱帯林の保全と乾燥地帯等での森林の再生といった森林の多様な機能を的確に発揮させるための持続可能な森林システム整備が緊急の課題となっている。

21世紀には、海洋を人類の食料生産の場として有効利用を図ることが極めて重要になると予想される。そのためには、自然環境を守るための保全を目的とした技術開発、そこに棲息する魚類・貝類・甲殻類・軟体動物などの資源管理を徹底する技術開発、そして人為的な魚介類の効率生産に向けた畜産的研究開発を国際的連携のもとで推進する方向性が求められる。特に近年の特徴としては、適正な資源管理を行い、持続可能な水産物の確保を図ろうとする技術開発が多く認められる。

21世紀の日本の農林水産業の難しさは、国際的シナリオと国内的シナリオが必ずしも一致しないことであろう。世界人口の増加傾向とは異なり、日本の人口は減少し始めており、2050年には中位推定で約9500万人の人口となり、2050年から2100年までは65歳以上の高齢化率が約40%で推移すると予測されている。農林水産業がコミュニティへの依存性が高い産業であることを考えると、実現可能で持続可能な農林水産業の地域性を重視する国内シナリオの設計が急務となっている。近年、農林水産業は食糧や食品の原料だけでなくエネルギーの原料を産出する産業としての側面も持ち始めているため、地域・食料・エネルギー・経済を要素とする地域経済モデルの構築とモデルを実践するための戦術・戦略が必要となっている。

人口が減少する地域社会で持続可能性を持つ農林水産業を実践するためには、医療費の増大に対抗しうる「食と健康」をキーワードに加工食品までを視野に入れた六次産業化、地産地消と再生可能エネルギーによる地域設計が求められる。特に、高齢化社会における生活の質の基盤となる「健康寿命の延伸」の重要性を考えると、生活習慣病の予防は、悪性新生物、糖尿病、高血圧性疾患、脳血管疾患をはじめ、健康寿命の延伸との

関係もあり、個人の生活の質を保ち、結果として医療費削減に繋がることとなる。

一方、地域では再生可能エネルギー戦略の一環として、バイオマス利用による低炭素・循環型社会に向けた活発な技術開発が行われてきているが、旧来からの直接燃焼法やメタン発酵などを除き、新技術の日本社会への実装はいまだ限定的である。豊富な森林資源をもつわが国でバイオマスの社会利用が進むためには、バイオマス資源の生産、広範囲に分布する資源の効率的収集・供給、資源のエネルギーあるいはマテリアルへの変換、生産されたエネルギーやマテリアルの利用者への供給、およびその過程で生ずる廃棄物の利用・処理のすべてのプロセスについて効率的な技術が開発され、それら諸技術を統合したバイオマス利用システムがコストや内在する環境価値の面で社会に受け入れられる必要がある。

(2) 結果の総括

環境保全型農業、生態調和型農業を世界レベルで実現するためには、農業生産に伴う資源循環や生態系の変化をモニタリングするための ICT を活用した仕組み作りと、このモニタリング結果に基づき生態調和と環境の最適化を意識しつつエネルギー投入量のスマート化と農業生産量の最大化を実現する戦略構築が求められている。また、農作物の戦略的育種も不可欠な技術であり、植物の生育を制御する遺伝子基本ネットワーク、成長制御のシグナル伝達機構などの解明のための適切な施策と人材戦略が求められている。また加速度的に蓄積されるゲノム情報を作物開発に生かすには遺伝子組換え技術の実用化が重要とも考えられ、わが国の遺伝子組換え作物に対する社会的受容の困難さへの真摯な対応が求められる。

環境調和性の高い農業を実現させつつ、高品質・機能的農産物を安全に生産する技術の中で、生物学的方法で病害虫防除と作物の生育促進を目指す技術の重要性が高まることが予想される。年々激しさを増す気候変動リスク下での食料安全保障への対応として、気象予測を栽培管理に活用する ICT がキーとなるが、このような新しい農業を実践するには、灌漑・排水のための基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術、および農業者の最適な栽培管理を実現する完全自動化にこだわらない適切な自動化・ロボット化も重要である。気候変動に伴い新規の病害虫の侵入リスクが高まり、人・物が容易に国境を越える今日、動植物の疾病防除技術は農業生産の維持に欠かせないものである。

バイオマスエネルギーやバイオケミカルズ利用の社会実装が期待されて久しいが、コスト面での障害を打破するブレークスルー技術が必要であり、酵素を用いたバイオマスの分解・発酵に関連する技術開発に期待が持たれる。木質バイオマス等の有効活用に関しては、木材を構成する主要な成分であるリグニンの高効率な有効活用技術開発、燃料利用面では合成燃料製造の高効率システム構築が必要となる。また、農山村地域における地産型バイオマス利用やバイオマス供給の実態に即した弾力的な対応を可能にするための新たな小型発電技術が期待される。さらにバイオマス利用技術の総合検討ツールの開発は早急に取り組むべき重要トピックである。

森林管理に関しては、国際的視点では、熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術が不可欠である。樹木が生育しにくい環境の拡大に対応するために世界レベルで進められているスーパー樹木の開発や、各国で進められている主要な商業利用樹種に関する遺伝的地域区分の把握技術への対応が必要である。さらに、獣害対策、マツ枯れ病の完全制圧、防災対応の森林管理技術などが重要トピックである。人工林を有効に利用拡大していくことも重要で、林業労働を重筋労働から解放する飛躍的な技術開発と、その担い手の確保に加え、人工林の高林齢化に伴う伐採・搬出・加工の革新的技術、主伐後の再生産を確保するための森林造成技術の開発、さらに、木材の付加価値を高めるための技術開発が必要である。

水産資源の持続的管理技術開発は極めて重要であるが、確実性が低く進展する研究テーマを除けば、研究開発における失敗の許容や複数手法の検討等の必要性や人材戦略が重要と考えられる。育種・生産に関しては、国際競争力の高いウナギの人工生産システム開発に大きな期待がもたれるが、一般的に育種技術開発では技術的実現及び社会実装に向けて内外の連携と協力が必要と思われる。環境保全面では、東日本大震災での原子力発電所事故現場からの拡散放射性物質の水産物汚染の関連で、複数手法の検討を伴う沿岸域に

おける漁業の再生を図るための放射性物質除去技術は極めて重要である。

食品加工を重視する六次産業化の中で特に食品素材の高度生産技術が重視されている。人工光合成技術で生産される小分子量の有機化合物(酢酸、ギ酸、メタノール)を微生物と醗酵技術を用いて、より付加価値の高い食品素材(蛋白質や脂質といった栄養素)に変換することにより食品素材と食料の工場生産が可能となる。大都市近郊の工場空地を活用し、ICTを用いることで24時間無人での高効率な操業も可能となるため、高効率な工場生産を可能にするための、必要栄養素や有用物質を高品質で安価に生産する基盤的技術開発が求められる。流通・加工技術面では、わが国の魚介類で育まれた生体や低温での流通システムや高度な凍解凍技術、スリミ加工技術は世界をリードする水準であることと輸送コストを削減する観点から、収穫後も生きている野菜や果実などの植物性食材の品質を保持し短期間、食品内部の水を制御することができる新しい低温保蔵技術開発が重要視されている。

食品の安全に関わる問題は、安全管理に関わる問題、バイオテロとして取り扱う問題、食品情報の偽装など倫理に関わる問題に分けて考える必要があるとともに、安全が確保されても安心に必ずしも結びつかないという心理的な問題を含んでいる難しさがある。水産業と同様、拡散放射性物質の農産物汚染では、安全は確保されたものの安心に対する問題が完全に解決されていないため、その影響は食品の海外輸出においても重大な障壁となっている。これは日常的な食品の安全性に関する国の指導が徹底していないことに加え、問題が生じてから場あつち的に急遽安全性情報を提供しても消費者の理解は得られないことを示唆している。一般に、食品の安全性の伝達では、食品の生産、保存、流通、加工の各段階でデータの透明性と合わせて消費者の科学的理解を高める施策が極めて重要である。食品の安全性に関する技術開発では早期の解決が求められるため、時間と費用が必要であることを考えると、新たな人材の養成と広汎な研究を支える施策の実施が求められる。

機能性食品面では、遺伝子の解析と改変操作技術の進歩により、食品原料となる農作物中の生理活性物質の含量を増大させることが可能となってきたことが重要である。このような農作物を作出し消費者個人の多様な生理的要求に適切に応えるには、基礎的な検討から生産や流通の体制、過剰摂取の防止策などを総合的に解決する必要がある。この技術は生活習慣病の予防や発症後の症状の改善に資するだけにとどまらず、日常の「生活の質」の向上につながることは言うまでもない。ヒトゲノム解析完了後、新規の機能性を有する食材を食生活に適切に組み込む検討も広汎に行われているが、両者が調和する様なガイドラインはないため、ビッグデータの活用を含め新規な研究展開が必須である。

農林水産業では、ICTを用いたさまざまなプラットフォームでのセンシング・モニタリング、衛星・UAV等を用いたりリモートセンシング、最先端の分光計測などによるキャノピーマネジメントのための近接場センシング、および植物工場・養殖工場の計測・制御技術などが必要となるため、他分野で開発されつつある要素技術を組み合わせることでシステムを構築し研究を行うことが重要である。また、地球規模でのセンシング・モニタリングシステム構築では、国際的に通じる理念と経済性に基づく国際連携体制の構築と国際プロジェクトが不可欠である。また、本分野でもビッグデータ解析が重要になることも予想されるが、データの持つ構造を重視するボトムアップ型でデータドリブンなデータベース設計と新たな解析手法の導入も必要となろう。

食品の健康・医療につながる情報では、「健康に資する食品」と「美味しさ」に関わるトピックが重要である。食品と薬品とは本質的に役割が異なるため、食物の薬品化が進行している現状は好ましくなく、生産者に対する指導とともに科学的な栄養生理学的知見に基づいた食育の充実が求められる。また、現状での「美味しさ」研究に関しては、認知科学の知見を活かした官能評価の高度化が確実な方法であるため関連分野の総合的な基礎研究の高度化が必要である。

(3) 今後の展望

著しい経済発展とげつつある BRICS(ブラジル、ロシア、インド、中国、南アフリカ)などの穀物消費の増加により世界の食料需要が増加する一方で、穀物生産の伸びが鈍化し、食料安全保障が世界の重要課題となってきた。しかし、20世紀から続く世界の人口増に対し、2012年に人口のピークを迎え減少が始まっている日本で

は世界とは異なる食料安全保障戦略が求められている。本分野では、分野を構成する3つの要素(農林水産・食品・バイオテクノロジー)が有機的に連携され持続可能性を持ちながら、この分野が強化される戦略構築が必要である。

農薬や化学肥料の使用を抑え、自然生態系本来の力を利用して行う農業、すなわち持続可能な「環境保全型農業」が推進されている。わが国では、稲作を中心とする露地栽培では収量性よりも環境の保全や食の安全・安心および品質を重視した農業が展開されてきたが、今日、消費者あるいは食品産業側が求める農作物の品質設計を可能とする科学的農業への転換が必要となっている。野菜工場を含む施設栽培でさえも農産物の品質設計は現状不可能であり、生育環境・農作物・栽培管理用のセンサ開発と共に ICT を活用し、品質設計と高い生産性を可能にする「環境保全型農業」の構築が求められている。重要関連技術としての品種開発では、耐病性など単純な農業形質を支配する遺伝子の解明が進み、ゲノム育種による品種化が実現している。今後の対象は、環境耐性や収量性などの複数の遺伝子の相互作用による農業形質であるが、このような農業形質を正確に評価する技術開発も併せて必要であり、遺伝子発現情報など、いわゆるビッグデータの解析と合わせ、情報工学分野との連携が極めて重要である。

我が国では人口が減少し、地域コミュニティを健全な形で存続させることが重要課題となってきた。地産地消とバイオマスなど再生可能エネルギーの利用は地域保全にとって確かな方向であり、また資源の乏しい日本において、唯一豊富な森林資源と研究蓄積を活用した森林バイオマス利用は高い可能性を有している。その実現には、原料となるバイオマス資源の生産と供給から、バイオマスのエネルギーやバイオケミカルズへの変換と利用者への供給、及びその過程で生ずる廃棄物の処理・利用までのプロセスについて整合性を持つ技術開発とそれを統合する社会受容性の高い利用システムの構築が求められる。今後は、新規の技術開発及び既存技術の効率化・低コスト化とともに、それらを核とする利用システムについて、社会技術に照らして評価し社会実装試験に取り組むことがバイオマス利用の加速化に求められる。また、新しい日本農業やバイオマス利用社会の創造には、先端科学を担う研究者のみならず、社会の抱える課題解決を担う研究者を育成する施策に加えて、一貫した政策のもとでの産・学・官連携の一層の強化が求められる。

森林バイオマスとも関係の深いわが国の林業について少し述べる。我が国においては、森林管理の粗放化の中で、適切な手入れがされていない森林、病虫害や獣害等を受けている森林が多く存在する。また、わが国の森林は木材生産という面での利用に乏しいが、木材利用が森林の整備に直結し地球温暖化の防止にも役立つことなどを考えると、成分利用を含め木材の全てを利用するとともに、エネルギー利用を含めカスケード型利用の視点に立つ木材生産の一層の拡大と関連する技術開発が必要である。

世界的に陸上で動・植物性タンパク質源の供給が増えない中、今後魚介類への依存を高めることは間違いないと考えられ、養殖生産量の増加を図るための育種技術の開発が不可欠である。また、天然の魚介類を持続的に安定生産するために海洋(河川・湖沼を含む)環境の保全と、資源管理技術を駆使した保全が必要となる。特に、水産資源の持続的利用のためには国際連携に基づく海域を特定した管理と公海上を含めた総合的な管理システムの構築が必須である。また、今後の海洋資源の保全と開発研究は単にわが国に資するだけでなく、世界の人口増加への対応を考える必要があるため、産官学の一致した水産・海洋に関する拠点形成(組織改編)を伴う重点化と財政的な支援が重要である。

食料や食品の高度生産では、土壌の有無に関わらない野菜工場などの生産システムや、海水魚介類の内陸養殖などが登場し、既存技術の高度化による農水産物生産基盤が大きく変わりつつある。大都会近郊にある海外移転した工場や跡地は少ない初期投資で野菜工場化することが可能であるため、戦略的な国レベルの対応が望まれる。わが国では食品の鮮度維持のために原料農産物と加工食品に対して保存、流通、加工の各段階で厳しい品質管理が求められる。このような中で創り上げられてきた様々な要素技術を総合的に統一し、最先端の分析技術と分子生物学的解析とを組み合わせれば、世界をリードする食品管理システムの構築が可能となるため、その実現に向けて、食品の生産、保存、流通、加工各プロセスでの費用対効果に応える共同研究の推進が必要と考えられる。安全・安心の面で GMO(遺伝子組換え作物、Genetically Modified Organism)について触

れておきたい。GMO が未知の毒性物質を産生する可能性については、実験動物による従来の食体験のある非 GMO との比較実験で生物学的同等性が証明されることが認可の前提であるため、GMO の安全性に関わる論文の問題提起の取り扱いは政府などの公的機関による評価が極めて重要である。併せて、人口増加で食糧生産が頭打ちになる中で、GMO を含めより効率良く穀物に含まれる蛋白質を、我々にとって有用な動物性蛋白質に転換する畜産業の発展がより一層重要になると考えられる。

国民の蛋白質栄養状態を良好に維持することは、健康日本の礎であり高齢化進展の中で活動的な高齢者を支えることにつながる。ウシなどでは人工授精技術の一般化により嗜好性と価格の高い牛肉生産が行われているが、穀物を中心とした飼育の効率の高度化や畜産廃棄物の処理や高度な利用技術、トリインフルエンザ等の伝染性疾患の防御技術はワクチン等の開発が不十分であり、残念ながら患畜の全頭処分や輸入食肉の検疫などの水際での対応であり、より一層の技術開発が求められる。休耕田や耕作放棄地を活用して飼料用穀物の生産拡大を行うことが極めて重要と考えられるが、そのためには我国の気候風土に合致した生産性の高い作物の戦略的育種とそのためのおミックス戦略および圃場を用いたフィールドフェノミクスセンターの創設は必須の条件となろう。

近年、機能性食品に関心が集まり、特定の食材を適切に摂取すれば症状に応じて一定程度の効用が期待されるため、有効成分を濃縮したサプリメントが大きな市場を形成している。しかし、消費者が目安量に基づいてサプリメントを食品として摂取し、用法用量は消費者の判断にまかせている現状は好ましい健康管理ではないと考えられる。個人レベルの健康に合わせて必要量だけが摂取出来るシステム構築と徹底した食生活の指導が行われるべきであり、薬物とサプリメントの併用での評価手法の確立が求められる。食の「美味しさ」に対する期待は極めて高く有史以来の希求課題でもあるが、現状では統一的に説明できる状況ではない。「美味しさ」に関しては、食由来の要素信号の脳内処理の仕組みの解明が先決課題であり、当面は官能評価データと補完的情報として機器分析データを持つデータベース構築が優先されるべきである。

まとめとして、地域社会の変遷予測と持続可能性に基づく食・農・環境・経済モデル構築とその実証拠点について触れる。それは、地域資源を活用しながら、再生可能エネルギーをベースに、モニタリングに基づき高度に最適化された環境保全型露地栽培や高度施設栽培を戦略的に組み合わせ、農林水産業の六次産業化をはかるようなスマートビレッジの実現である。また、このスマートビレッジを維持・管理するための地域独自のコーディネータ、アグリゲータ、ファシリテータなどの人材育成と、育成された人材が持続的に活躍できるシステム構築が求められる。

最後に、今回の調査では触れられなかった社会技術 (Science and Technology for Society) に触れておきたい。現実の実現可能なシステムを考える場合、資金をどのように調達するか、あるいは社会の人々にその導入の必要性をどのように伝えるか、が大きな課題となるため、自然科学と社会科学が融合して取り組む社会技術は極めて重要であり、総合的な実現可能性について理論的にアドバイスできる社会科学の専門家の育成が求められている。

(亀岡 孝治)

3. 1. 2. 農：高度生産・疾病防除・バイオマス利用

(1) 本細目の検討範囲

細目の「農：高度生産」、「農：疾病防除」及び「農：バイオマス利用」に、これらと関連の深い3トピック「共通：その他(121. アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造物の点検・診断技術など)、123. アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術及び124. 農作業を完全自動化するロボット技術)」を本区分の検討対象とした。

20 世紀末に過剰基調であった世界の食料・農業をめぐる情勢は今世紀になって不足基調に転じた。すなわ

ち、途上国の引き続く人口増と経済発展に伴い食料需要が増大する一方で、食料生産に不可欠な水・土地などの資源制約の強まり、途上国の進まない生産インフラ整備、世界的な穀物収量の伸び悩み、および地球温暖化の影響とみられる異常気象の頻発などにより、世界の穀物生産の伸びが鈍化し、食料安全保障が世界の重要課題となってきた。

我が国では、稲作技術革新によるコメの増産と食の多様化に伴うコメ消費の減少により、その生産過剰の問題が生じ、1970年から減反政策が導入され今日にいたっている。これを受けてわが国の農業技術開発研究も、それまでの生産性向上を目指す研究から、環境の保全と食の品質・健康機能性や安全にかかわる研究へと大きくシフトした。この状況が30年以上続き、その間に他国では類をみないほどに安全・高品質な農産物の生産や環境調和性の高い農業の実現をみたが、一方で収量性の増加はほとんど見られず、麦、大豆などの収量は欧米諸国の約1/2という低水準に陥り、今日の日本農業低迷の一因ともなっている。

このように世界食料が不確実性を増す中で、より生産性が高く自給率の高い農業の創成がわが国の食料安全保障上の重要課題となっており、これを反映して今回の本調査でも、細目「農：高度生産」および「農：疾病防除」で、これまでの環境、安全や品質を対象とするトピックに加え、生産性の向上を対象とするトピックを重視する傾向が認められる。すなわち、これまで重視されてきた環境保全や人の健康にかかわるトピックとして、農薬・肥料の半減技術「農：高度生産(6. 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護法(ファージ・プラントアクティベータ・天敵生物・フェロモン・アレロパシー等))」や農業生態系を活用した病虫害抑制技術「農：疾病防除(37. 農業生態系を活用した病虫害発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系)」及び人獣共通感染症の動物体内からの排除技術「農：疾病防除(36. 人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術)」が重要度の高い技術と評価される一方で、今後重要度を増す作物や家畜の生産性向上にかかわるトピックとして、高生産性の水田輪作農業「農：高度生産(5. 地下水位制御システム、多様な作物の輪作技術及びICTの統合による高生産性水田農業)」、気候変動に対応可能な栽培最適化システム「農：高度生産(8. 気候変動に柔軟に対応可能な露地栽培と施設栽培の最適化システム)」腸内細菌の制御による非反芻家畜の生産性向上技術「農：高度生産(1. 腸内細菌を制御することによる非反芻家畜の生産性の向上)」及び農業生産の基盤となる農業水利施設の維持管理技術「共通：その他(121. アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造物の点検・診断技術など))」に高い重要度が与えられている。

一方、細目「農：バイオマス利用」に関しては、これまでバイオマス利用による低炭素・循環型社会に向けた高い期待と政策のもとに活発な技術開発が行われてきているが、旧来からの直接燃焼法やメタン発酵などを除き、新技術の日本社会への実装はいまだ限定的である。豊富な森林資源をもつわが国でバイオマスの社会利用が進むためには、バイオマス資源の生産、広範囲に分布する資源の効率的収集・供給、資源のエネルギーあるいはマテリアルへの変換、生産されたエネルギーやマテリアルの利用者への供給、およびその過程で生ずる廃棄物の利用・処理のすべてのプロセスについて効率的な技術が開発され、それら諸技術を統合したバイオマス利用システムがコストや内在する環境価値の面で社会に受容される必用がある。

それゆえ、今回の本調査で、バイオマス利用社会の経済・社会・環境的価値を評価する技術「農：バイオマス利用(42. バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術)」に最も高い重要度が与えられたことは当をえたものと考えられる。また、バイオマス利用にかかわるすべての個別プロセスについてブレークスルーを目指すトピックが提示されたが、そのなかでバイオマス資源のエネルギーやマテリアルへの変換にかかわるセルロースの分解技術「農：バイオマス利用(39. セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物性繊維の分解利用技術)」や発酵技術「農：バイオマス利用(40. 複合微生物系を利用したバイオマスのワンストップ発酵技術の開発)」および地域資源を利用した産業用酵素の製造技術「農：バイオマス利用(38. 微生物の機能を改良し、地域資源を活用した産業用酵素製造技術)」に高い重要度評価が与えられている。

(2) 本細目のトピック

「農:高度生産」

冒頭で述べたように、本細目ではこれまで、食料過剰基調のもとで環境保全型の農業及び高品質・機能性農産物の生産技術や食の安全のための技術が中心であったが、今回のトピック「農:高度生産(3. オミックスを利用して、カンキツ・リンゴ・ニホンナシなどの果実の総合的な品質や食味を制御する技術)、(4. エンドファイト(植物体内共生菌)を作物生産に利用する技術)、(6. 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護法(ファージ・プラントアクティベータ・天敵生物・フェロモン・アレロパシー等))及び(7. 抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術)」もその継続もしくは延長線上に位置づけられる。その中で、生物学的方法で病害虫防除や作物の生育促進も目指す「農:高度生産(3. オミックスを利用して、カンキツ・リンゴ・ニホンナシなどの果実の総合的な品質や食味を制御する技術)及び(6. 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護法(ファージ・プラントアクティベータ・天敵生物・フェロモン・アレロパシー等))」は環境調和性の高い農業への寄与が期待できる技術として、引き続き重要である。

一方、近年の世界食料の逼迫を受けて食料安全保障が重要課題となる中で、食料生産性の画期的向上を目指す「地下水位制御システム、多様な作物の輪作技術および ICT の統合による高生産性水田農業」は重要なトピックである。このトピックは、これまで水を溜めて稲を作る装置であった水田に、地下水位制御システムを備えて水分の最適制御を行い、稲のみならず麦や大豆などを土地を休ませることなく栽培する、ICT 利用の高度輪作システムを構築することで、年間トータルとして画期的に高い土地生産性と労働生産性をもつ農業の創造につながる。この技術の実現可能性は高いと評価されており、実現すれば世界最先端の高生産性農業として、現在低迷を続けている日本農業のブレークスルーにつながるのみならず、かつての日本発の「緑の革命」のように技術移転を通じて、世界の食料安全保障に貢献することが期待される。また、「気候変動に柔軟に対応可能な露地栽培と施設栽培の最適化システム」も、年々激しさを増す気候変動の中での食料安全保障にとって重要なトピックであり、その実現には気象予測を栽培管理に活用する ICT がキーとなる。さらに、これらの新しい農業の実践には、その基盤となる「共通:その他(121.アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術」、および増加する農業者の作業負担の軽減のための「共通:その他(124.農作業を完全自動化するロボット技術)」も重要である。ただし、この後者では、完全自動化にこだわらず、農業の発展段階に応じた適切なロボット化を目指すべきと考える。

「農:疾病防除」

国境を越えた人・物の移動が増え、また温暖化に伴い新規の病害虫の侵入リスクが高まる中で、安定した農業生産の維持に欠かせない動植物の疾病防除技術の重要性はこれまで以上に高まっている。中でも、高病原性鳥インフルエンザ、BSE、デング熱、西ナイルウイルス病などの人獣共通感染症は人の健康を害すると同時に、数10万羽(頭)もの家畜の殺処分など、産業に重大な損失を与えうる。それゆえ、ワクチンや抗ウイルス剤などを利用した「人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術」は取り組むべき重要トピックである。このトピックは、人獣共通感染症に限ることなく宮崎県で発生して莫大な損害を与えた口蹄疫など、それ以外の重要感染症をも対象に、感染を防ぐ防疫や畜舎環境管理などと一体的に取り組むべきと考える。

「超音波や振動などによる昆虫の行動制御」は新しいトピックであるが、昆虫が特定の振動数をもつ音波に反応する事例が得られつつあることから、リスクはあるものの環境を汚染しない新規の害虫防除技術になりうる可能性もっており、チャレンジに値する。

「農:バイオマス利用」

これまでにバイオマスのエネルギーやバイオケミカルズ利用に関して様々な技術開発が行われてきたが、それらの社会実装が進まないのは、コスト面での障害が大きいと考えられる。それゆえ、そのブレークスルー技術

の開発が望まれるが、今回の本調査では酵素を用いたバイオマスの分解・発酵に関連する3トピックが提案された。その中で、「微生物の機能を改良し、地域資源を活用した産業用酵素製造技術」は、糖化酵素などをオンサイト生産することで、これまでの食品産業にとどまらずバイオマス変換にも利用可能な技術として重要と考える。「セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物繊維の分解利用技術」は、食料との競合が少ないリグノセルロース系バイオマスの利用に重要な技術であり、コスト面でのハードルがクリアできる技術の創出を期待したい。一方、「農:バイオマス利用(41. メタン発酵消化液の濃縮等による成分安定肥料生産技術を利用した耕畜連携生産システム)」のトピックは、現在利用が進んでいるメタン発酵技術の普及拡大上のネックとなっている廃棄物を肥料化することで、バイオマスの耕・畜循環系を目指すもので、地味ではあるが社会的に重要な成果が期待できる。

バイオマス利用には今回提案された酵素技術以外にも、バイオマスの熱分解による生成ガスを触媒反応あるいは微生物を利用して液体燃料に変換したり発電したりする技術の中に、現状のブレークスルーにつながる可能性をもつものもあり、それらも含めて検討すべきと考える。そのような検討のためのツールとして、「バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術」の開発は早急に取り組むべき重要トピックである。

(3) 今後の展望

今世紀になって、世界の人口増と、中国など著しい経済発展とげつつある国・地域の穀物消費の増加などにより、食料需要が増加する一方で、穀物生産の伸びが鈍化し、食料安全保障が再び重要課題となってきた。穀物生産の伸びの鈍化の背後には、冒頭で述べたように様々な要因がかかわっているが、その中で、農学分野からみて穀物収量の伸び悩みは深刻な問題である。これは、食糧難の戦後日本の稲作技術革新に端を発する「緑の革命 (Green Revolution)」と称される、灌漑、半矮性多収品種及び肥料多投をセットにした増収技術が、世界のそれが適用できる地域に一通り普及し終えた 1990 年頃以降、それに代わる増収技術が未だ開発されないことによるものである。そのため、「緑の革命」期に増加した世界の人口一人当たりの穀物生産は 1990 年頃を境に減少に転じ、穀物の国際価格の上昇や途上国の食料危機を招いており、これを受けて世界的に「第 2 の緑の革命」が強く求められるようになった。わが国では、これまでの約 30 年間、世界的な食料過剰基調の下で、収量性よりも環境の保全や食の安全・安心および品質を重視した農業が展開されてきたため、その間収量の増加はほとんどなく、欧米諸国に収量で大きく水をあけられる結果となり、それが今日の日本農業低迷の一因ともなっている。世界食料が不確実性を増す中で、これまでに培われてきた環境保全的で安全・高品質な食料生産技術に立脚しつつも、画期的に高い生産性のもとで高い食料自給力をもつ日本農業の創造が今後目指すべき方向であろう。

作物の収量性向上を目指す技術開発はこれまでゲノム研究に依拠した品種開発を中心に進められてきたが、その成果は限られている、一方、栽培技術の革新によって現在の土地生産性を2~3倍に高めうる余地は大きく、今回の設定したトピック「地下水位制御システム、多様な作物輪作技術及び ICT の統合による高生産性水田農業」は、それに応えうる可能性をもつものの一つである。世界の気候が不安定性を増す中で、このような高生産性農業を可能にするには、「農:高度生産(8. 気候変動に柔軟に対応可能な露地栽培と施設栽培の最適化システム)」のトピックが不可欠である。また、栽培技術革新には ICT や「農:共通・その他(124. 農作業を完全自動化するロボット技術)」などのロボット技術も欠かせない。さらに、これまで環境保全や食の安全・安心を中心に進められてきた細目「疾病防除」の技術開発も、今後はそれに高生産性のキーワードを加えることが重要になると考える。

地球温暖化などの環境問題が深刻化するなかで、バイオマスなど再生可能エネルギーの利用は人類の目指すべき確かな方向であり、また資源の乏しい日本において、唯一豊富な森林資源と研究蓄積を活用したバイオマス利用は高い可能性をもっている。その実現には、原料となるバイオマス資源の生産と供給から、バイオマスのエネルギーやバイオケミカルズへの変換と利用者への供給、及びその過程で生ずる廃棄物の処理・利用まで

のプロセスについて整合性もった技術開発とそれを統合して社会受容性の高い利用システムの構築が求められる。バイオマス利用に関し、これまで、直接燃焼、炭化処理、メタン発酵、糖質・デンプン系のアルコール発酵、BDF製造、熱分解ガス化発電、ソフト・ハードセルロース系の糖化・エタノール発酵、リグノセルロース系からのバイオマテリアルの製造、ガス化・液体燃料製造(BTL)、水素ガス化など多岐にわたる技術が提案され、その優劣は地域や社会条件により異なると考えられる。今後は、新規の技術開発及び既存技術の効率化・低コスト化とともに、それらを核とする利用システムについて、その社会受容性を経済・環境・社会的価値に照らして評価し、それをもとに社会実装試験に取り組むことがバイオマス利用の加速化に求められる。

このような新しい日本農業やバイオマス利用社会の創造に最も必要なことは人材の育成と産・学・官連携の強化である。この約30年間に農学の生命科学や環境科学への細分化が進んだ今日、上で述べたような新しい農業やシステムを地域ごとにグランドデザインし、その実現に向けた地域プロジェクトをコーディネートできる、土地一人間一生物系の統合科学としての農学本来の人材は枯渇化傾向にある。先端科学を担う研究者のみならず、社会の抱える課題解決を担う研究者を育成する施策が求められる。加えて、新しい日本農業やバイオマス利用社会の創造には、一貫した政策のもとでの産・学・官連携の一層の強化が求められる。

(堀江 武)

「木材のバイオマス利用」

・38.微生物の機能を改良し、地域資源を活用した産業用酵素製造技術

①概要(現状):国内では、食品用酵素を中心に産業用酵素が生産されている。酵素生産に利用される原料は特別に、地域資源を活用しているわけではなく、炭素源、窒素源、ミネラル、微量活性成分を資材として購入し、製造しているのが現状である。

②今後の動向:産業用酵素をオンサイトで生産することで製品のコストを削減できる可能性は高く、特にバイオマスの糖化酵素はオンサイト生産しなければコスト的に見合わない。バイオマスを利用するためにバイオマス変換酵素が必要となる可能性は高いと考えられる。その場合にはバイオマスの集積地で酵素を生産することになると考えられる。

③重要度:バイオマス変換として重要な多糖(セルロースやヘミセルロース)の活用の一つが糖への変換であり、多糖分解酵素生産技術開発は重要な分野である。多成分を含むバイオマスの変換に適した酵素生産は重要なテーマである。

・39.セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物性繊維の分解利用技術

①概要(現状):セルロースの結晶度を緩和させるために用いられる人工タンパク質は、セルラーゼである。酵素分解によってセルロースの結晶を分解し、グルコース生産を行う研究が行われ、糸状菌のトリコデルマ菌由来のセルラーゼがバイオエタノール生産のために最も強力な酵素であり、現在も酵素活性の向上を図って、国内外で多くの研究がなされている。また、遺伝子工学的な手法を用いることにより、バイオマス分解とエタノール等の生産を同時に行う微生物の開発が進められ、酵素生産、糖化、発酵の過程を全て統合化するプロセス(CBP; consolidated bioprocessing)の研究も進展している。

②今後の動向:バイオエタノール原料としてリグノセルロース系バイオマスへの転換の流れは変わらないものと考えられる。酵素分解過程は温和な条件での反応であり、廃液処理等環境への負担は少ない方法である。従って今後、トリコデルマ菌意外にもクロストリジウム菌等セルロースの強力な分解を行う酵素の探索、 β グルコシダーゼ等セルラーゼ成分の組み合わせやヘミセルラーゼの導入、タンパク工学的な手法を用いたセルラーゼ比活性の強化等更なる発展が見込まれる。また、CBPの研究は、エタノール生産性の高い酵母へのセルラーゼの導入等のトピックは多いが、効率的なシステムとして今後の期待が大きいところである。

③重要度:セルロースは結晶領域を含むので分解が困難であるため、バイオリファイナリーとしての利用の

進展が進まない。しかし、環境低負荷な方法であるという点で、セルラーゼ利用は最適な方法であり、持続可能な社会構築のために重要な技術である。ネックとなるのは、コストの問題である。

・40. 複合微生物系を利用したバイオマスのワンストップ発酵技術の開発

①概要(現状): 複合微生物系の利用ではバイオマスの減容化までの技術。物質生産を目的とした場合の技術開発はまだあまり進んでいない。

②今後の動向: バイオマスの減容化に寄与している微生物群の解析が進んでいる状況と思われる。その中から物質生産に活用できる微生物に改良し、これまで二酸化炭素と水に分解していた部分を物質生産へシフトさせていく技術開発が求められている。

③重要度: 新しい技術としては複合微生物系の活用は期待したい。ただし、技術開発には微生物群の解析、物質生産のための遺伝子組換えも含めた微生物の改良、微生物の再構成による実証などテーマは多い。

・42. バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術

①概要(現状): 世界バイオマス協会(2014)によれば、世界の一次エネルギー供給のうち、再生可能エネルギー13%であるが、その77%はバイオエネルギーによるものである。また、バイオエネルギーの89%は固形バイオマスに由来することから、再生可能エネルギーの約70%が木質バイオマスによって供給されているといえる。これまでは、木質バイオマスを中心としたエネルギー供給事業の実行可能性評価や原燃料バイオマスの供給ポテンシャル推計、内外のバイオマス利用に関するLCA評価などの研究が行われてきた。

②今後の動向: IEA(2011)によれば、世界のバイオマス利用は2030年までに現在の2倍弱まで増加する見通しとなっている。これは、新しい技術開発をともなうものと考えられ、そうした技術を経済・社会・環境の観点から評価する必要が出てくる。また、既に一部の国では、林地残材の収集ではバイオマス需要に対応できず、伐根や早生樹種等による供給拡大に取り組んでいる。こうした動きについては、持続可能性や食料生産との競合等の観点からの評価が必要となつてこよう。

③重要度: 我が国においては、固定価格買取制度の下で、膨大なバイオマス需要が創出されようとしており、バイオマスの安定供給システムの評価や、そうした需要が地域へ及ぼす影響、輸入バイオマスとの関係などに関する、経済・社会・環境の観点からの評価は今後より一層重要になってくるとと思われる。

・43. バイオマス資源作物の熱利用に向けた高リグニン含量品種の開発

①概要(現状): 最近の基礎研究により、竹含有の抽出成分、リグニン、セルロースの化学的特性や機能性が注目されており、今後は、i) それらの実用化を図るための効率的な抽出・分離システムの開発、ii) 優れた抗菌性や抗ウイルス性を有する竹抽出成分を活かした消毒資材の開発、iii) 竹リグニンの機能を活かした樹脂類の開発、iv) 竹セルロースナノファイバーの機能を活かした機能性材料や食品の開発等が重要なトピックとなるだろう。

②今後の動向: エネルギー用バイオマスでは特にリグニンに特化して品種開発される可能性は少ないが、マテリアルとしてリグニンの重要性・需要が高まれば、高リグニン含量の品種育成は一気に進む可能性がある。

③重要度: リグニンの含有量をどのくらい制御できるのか、どれだけの遺伝子が関与して、どのような過程を経て生合成がされるのか、未解明な点も多く、どのレベルまで高リグニン品種を開発できるかは不透明である。一方で、マテリアル利用の可能性は高まってきていることから高リグニン含量の品種の開発を現段階で試験的に進めておく必要がある。

(加藤 鐵夫)

3. 1. 3. 農：作物開発

(1) 本細目の検討範囲

これまでの作物開発はイネに偏重する傾向があったが、次世代シーケンサーの登場とその性能の加速度的な向上により、様々な作物でゲノムが解読され、これまでゲノム構造が複雑でかつサイズが大きくて解読が現実的でないと考えられていた小麦でさえも、全ゲノム塩基配列が明らかにされようとしている。このようにして得られた塩基配列情報は農業形質に関わる多くの遺伝子の同定やその機能解明に大きく貢献し、これらの研究成果は、イネやダイズなどでは DNA マーカー選抜育種に利用され、病虫害抵抗性遺伝子の導入といった品種改良の効率化が進んだ。しかしながら、品種開発の現場では、急速に充実したゲノム情報を有効に利用しきれていない。

また、地球規模で持続的農業を普及させる観点から、植物のもっているさまざまな環境ストレス耐性や生産機能を向上させ、効率的な生産システムを開拓する必要がある。多くの科学技術の中で日本がトップレベルにいるのが植物科学であり、特にストレス科学は多くの優れた基礎的研究が日本から発信されている。モデル作物の開発を行う実験室レベルでの個別技術要素については蓄積が出来ているが、社会実装を目指した次の研究段階として、フィールドと実験室を効率的につなぐ研究システムの構築が必要である。また、個別の遺伝子レベルを超えて、遺伝子ネットワークの機能を理解し、それを品種開発につなげるためには、さらなる基礎的研究の積み上げが必要と考えられる。

遺伝子組換え技術を用いた植物の生産機能の開発については、多くの試みと進展が報告されているが、国内では未だに社会的コンセンサスが得られず、その実用化は限定的である。一方、近年、ヨーロッパを中心に新しい育種技術(new plant breeding techniques; NBT)の開発が急速に進展し、現在の遺伝子組換え技術の限界を克服する方法として期待されている。日本でもイネや果樹等で、世界でトップレベルの研究成果が発表されている。

(2) 本細目のトピック

「17.砂漠等の耕作不適環境でも収穫可能な作物」、「23.地球温暖化の影響を受けにくい作物開発」、「9.省力・低コスト栽培可能な作物育種(GMOを含む)」が、重要度スコア上位にランクされ、これらの技術の実現可能性も80%以上の人が10年後までの実現を予測している。これらのトピックは、作物のゲノムが解読され、いろいろな遺伝子の機能解明が進み、「18.植物の生育を制御する遺伝子基本ネットワークの解明」や「19.植物における成長制御のシグナル伝達機構の解明」も進展することによって、今後世界の持続的な食糧生産に必要な技術として実現すべき重要なトピックと認識されていることが分かる。ただ、社会実装年は、「17.砂漠等の耕作不適環境でも収穫可能な作物」が2033年、「23.地球温暖化の影響を受けにくい作物開発」が2035年と予測されており、社会実装の難しさも想定される。

一方で「16.C4 光合成イネ、窒素固定イネの開発」や「10.特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術」「29.任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする技術」など、画期的な作物開発を可能にする技術については、不確実性や非連続性のスコアが高く、技術の実現に必要な施策も人材戦略が重要視されている。ブレークスルーが必要との認識と推測される。

「14.導入遺伝子が環境に影響しない遺伝子組換え植物」、「28.農畜産物に医薬品や機能性分子を効率的に産生させる技術」、「33.異種移植が可能な医用モデルブタの開発」、「9.省力・低コスト栽培可能な作物育種(GMOを含む)」が、倫理性で上位にランクされた。他の細目でも遺伝子組換えに関わるトピックは、倫理性が重要視されている。これらのトピックでは、社会実装に必要な施策として環境整備が抜きん出ており、日本における遺伝子組換え作物に対する社会的受容の困難さを反映していると思われる。ただ、いずれのトピックも重要度が3を超えており、加速的に蓄積しているゲノム情報を作物開発に生かすためにも遺伝子組換え技術の実用化が重要と考えられる。また、それを補完する技術として「26.ゲノム編集技術による優良農作物作成技術」が、重要

度で高いスコア(3.5)を得ていると考えられる。ただ、この技術についても社会実装には環境整備が重要との意見が多かった。

(3) 今後の展望

耐病性など単純な農業形質を支配する遺伝子については解明が進み、ゲノム育種による品種化が実現している。今後研究開発の対象となるのはアンケートで重要度スコアが高かった環境耐性や収量性などの複数の遺伝子の相互作用による農業形質である。また、そのような農業形質を正確に評価する技術開発も必要であり、遺伝子発現情報など、いわゆるビッグデータの解析と合わせ、情報工学分野との連携が重要になってくる。

世界の遺伝子組換え農作物の栽培面積は1996年に初めて商業栽培が始まって以来、毎年着実に増加しており、2013年には1億7500万ヘクタールにまで拡がり、世界の全耕地面積の12%弱を占めるに至っている。その裏には、グローバル企業による新たな遺伝子組換え作物の絶え間ない研究開発がある。一方、日本では、大量の遺伝子組換え作物を輸入しながら、それが一般消費者の目に見えない形で市場に出回るため、いわゆる「国民理解」が得られずに、国内の地方自治体や民間の研究機関では遺伝子組換え研究が事実上出来ない事態にまで陥っている。将来の食料安全保障のこと等を考えると、遺伝子組換え技術やゲノム編集のような新しい技術に対して、過剰な規制を改正して国内はもとより海外に対する優位性を確立できるような体制を作り、産官学が一体となって作物開発を進める必要がある。

遺伝子組換えに対する国民理解も20年前に比較するとかなり向上したと考えられる。科学技術に対する国民理解は簡単に向上するものでないことを理解すると、常に工夫しつつ継続して広報・教育を行っていくことが重要であることが分かる。そのためには、研究経験者のみならず、科学コミュニケーションの専門家や実践者を有効に活用するような人的な確保についても検討が必要であろう。

また、最近、植物がバイオ医薬品生産の新たなプラットフォームとして注目されている。タバコで作られた未承認抗体医薬ZMappがエボラ出血熱で効果を示したと云う報道は記憶に新しい。植物プラットフォームは、大量の医薬品原料を低価格で短期間に生産できる、動物病原体を持っていない等の特長を持っている。2012年にニンジンの培養細胞で生産された組換えグルコセレブロンダーゼ(I型ゴーシュ病の治療薬)が植物生産医薬品として初めてFDAの承認を得たが、その他にもフェーズII、IIIの段階のものが数多く存在する。遺伝子組換え作物の受容が進まないのに対して、医薬品ではすでにバイオ医薬の大部分が遺伝子組換え生物で生産されている。遺伝子組換え作物で医薬品を生産し、そのメリットを消費者に直接アピールすることで、遺伝子組換え作物に対する社会的認識を変える糸口が得られる可能性がある。しかしながら、規制面での整備など技術面以外でのトピックが多く、政策的な後押しが必要であろう。

(高野 誠)

3. 1. 4. 農：環境保全

(1) 本細目の検討範囲

20世紀、みどりの革命による新品種の開発や灌漑技術の発達には作物の大増産に成功して爆発する人口増を支えた。しかしその成功は化学肥料や農薬の多投入に依存し、河川や海域の富栄養化など農業による環境負荷も増大させてしまった負の側面もあった。また、農業生産には大量の水を必要とするが、増産による水資源の枯渇や、誤った灌漑による土壌の塩類集積なども多くの地域で深刻である。さらに、化学物質生産、機械化、輸送、加工など食料供給に関わるエネルギー投入量も増大し続け、とくに先進国の豊かな食では人がその食料から得ることのできるエネルギーより相当多いエネルギーを投入している状況にある。さらに農業生産は炭酸ガスより温室効果が遙かに高いメタンや亜酸化窒素の最大の排出源になっており、その排出抑制も大きな課題となっている。

一方、食料への需要は人口増や経済成長にともなうより豊かな食生活の変化により、増大し続け将来にわたり十分な供給ができるか危惧が広がっている。そのため、人類は限られた水・土地・エネルギー資源のもと、水質や土壌の保全、農業起源の温室効果ガスの削減、生物多様性の維持など環境保全をはかり、しかも気候変動とも戦いながら生産性の向上をはからなくてはならないという難問に直面している。

(2) 本細目のトピック

農業生産におけるカーボンフットプリントやエコロジカルフットプリント等の動態を知るため、農場レベル、地域レベル、国レベル、世界レベルでモニタリングシデータベース化、生産統計情報などのオープンデータと組み合わせながらクラウドなどでビッグデータ化するしくみの確立が必須である。センサネットワーク等を用いた効率的な農林水産生態系の循環モニタリングや予測が重要となるが、そのための安価で維持が容易なセンサー開発や ICT を活用した情報収集技術、作物モデル等の高度化が必須となる。

モニタリング結果に基づき、肥料投入量や農薬散布を必要最小限にとどめながら生産量を最大化する一方、メタンや亜酸化窒素の排出抑制、炭素の土壌中の貯留を実現する栽培技術の確立が必要である。また、減農薬や減肥料を実現する総合的防除、総合的雑草管理、総合的肥培管理などの高度化とそれらを最適に組み合わせる技術も必要となる。とくに、作物による肥料の吸収効率を上げる栽培技術や、作物の共生微生物・自然免疫系や有機資材を活用し、減化学肥料・減農薬を実現できる栽培技術の確立が強く求められる。

また、路地、施設を問わず栽培にかかるエネルギー投入量をスマート化する技術や、節水栽培技術や効率的な水利技術および水資源を保全する技術、熱帯雨林などの伐採による農地拡大がこれ以上拡大できない中、原発事故被災地や塩害土壌など耕作不適地を修復する技術なども重要となってくる。

さらに肥料利用効率が高い品種や耐病性品種、従来の栽培不適環境に耐える耐乾燥性品種や耐塩性品種の開発なども結果として環境保全に貢献できる。

(3) 今後の展望

水・土地・エネルギー資源の制約のもと、気候変動による影響にも抗しながら、カーボンフットプリントやエコロジカルフットプリント十分に意識した持続的農業生産の実現が必須となっている。栽培技術を中心にさまざまな要素技術の革新と積み上げを通して、ローカルな農場レベルから地球レベルまでいたる全体最適化技術の確率が目標となる。地域を例にあげれば、地域資源を活用しながら、自然エネルギーをベースに、モニタリングに基づき高度に最適化された環境保全型露地栽培や高度施設栽培が戦略的に組み合わせ農業の6次産業化をはかるようなスマートビレッジの実現である。

(二宮 正士)

3. 1. 5. 食品：高度生産

(1) 本細目の検討範囲

食品として摂取される動植物の組織は蛋白質、炭水化物、脂質などが集積した可食部分であり、鮮度を保ち腐敗や変質を防ぎより嗜好性が高まるを創意工夫を保存から加工に至る過程で技術として集積して来た。食材は見映え、味、匂、食感などにより価格が左右されるので従来の技術開発の方向は、果実ではより大きく甘いこと、穀物では粒形が均一で大きいこと、畜肉では成長が早く可食部の重量が大きく、炭水化物摂取により糖尿病にならずに筋組織で脂肪の分布が高いことなどが動植物の育種の目標となっている。食糧の安定的生産と高品質かつ生産性の高い食材の開発と生産のシステムは食糧安全保障から重要である。我が国の畜産物生産は輸入した大量の飼料原料により支えられている。食肉生産における飼料由来蛋白質の転換率は10%程度で栄養学的に限界に近いと考えられている。穀物に含まれる蛋白質は約10%であるので、他の有用蛋白質源を太

陽光エネルギーなどを利用出来る光合成微生物に高発現させることにより飼料に使用される食糧を節約出来る。農業の工学的生産システムは、水耕栽培を基本に清浄な環境で比較的高価で流通し、鮮度が重要な野菜やイチゴなどが具体化しているが、高コスト体質は生産立地が保存や流通コストが少ない大都会郊外などに限定せざるを得ない。又、魚介類の養殖技術は内陸での生産を実現しているが、餌料の中心は低価格の魚類であり、蛋白質の転換率はやはり 10%程度である。従って大量の食糧が飼料や餌料に利用されている。これらは当然我々が摂取出来る重要な食糧であるが、生産者がより高付加価値の食材生産する傾向があり、国内で調達が困難な食糧資源を海外に求めることになる。世界的には人口増加に食糧生産が追い付かない現実があるので、国内外で食糧の高度生産に必要量を確保する仕組みづくりの必要性が今後急速に高まると考えられる。しかし、食糧生産余力は世界的に少なくなり、新規の食糧(栄養素)の高効率生産システム開発により動物性蛋白質を安価かつ高品質で大量生産し、飼料や餌料に利用することで食糧の節約と嗜好性の高い農水産物の確保との両立が可能となる。この技術の国際的展開により高効率生産される食糧は我が国の食糧自給率の改善にとどまらず、生産国の食糧不足から生じる政情不安を抑制することにつながる。すでに良い前例がある。我が国発の醗酵技術によりサトウキビの蔗糖蜜や澱粉を糖化した原料より生産される必須アミノ酸は世界中の飼料や餌料に不足する特定の必須アミノ酸(リジン、トリプトファン)などを適切に添加することにより飛躍的に蛋白質の利用率を高め生産性の向上による食肉や乳製品の安定した生産と供給につながっている。食体験のある有用微生物などを利用した先端的な分子生物学的アプローチは大いに期待が持てる技術と考えよう。

(2) 本細目のトピック

1970年代に安価で利用出来た石油を原料に有用微生物を利用して蛋白質を生産するプロジェクトが展開され出口に近づいたが、度重なる石油ショックを経て石油価格が高騰しコスト割れになり中断した。これは有用微生物に高品質で大量の蛋白質、炭水化物、脂質を生産出来る可能性を示した我が国のオリジナル技術であった。光エネルギーを高効率で有機物に転換する人工光合成技術で小分子量の有機化合物(酢酸、ギ酸、メタノール)の生産が可能になりつつある。これらを醗酵技術を活かして微生物を用いてより付加価値の高い栄養素(蛋白質や脂質)に変えることにより、食料や栄養素を高効率な工場生産が可能となる。一方、就農人口の減少と高齢化により、放置される耕作に利用されない農地は増大しており今後も継続されることが考えられる。農地を集約し大規模化による生産効率を高めた農業法人は我が国の食料生産を担い、大都市近郊の工場空地を活用した栄養素の工場生産はIT化により24時間無人での操業も可能となる。この様に微生物により生産される栄養素は味や匂がなく嗜好性が低いので消費者は敬遠するが飼料や餌料に利用することは栄養学的に問題がない。従来有用微生物は醗酵生産に向けた種を自然界から選抜育種して醸造を支えるシステムに組み入れ技術を発達させて来た。遺伝子工学的手法を組み合わせることが可能となった現在、必要とするあらゆる栄養素や有用物質を高品質で安価に生産する基盤的技術開発が求められる。

(3) 今後の展望

食糧や食品の高度生産は生産現場の基盤となる技術の開発と既存技術との有機的な集約が成否に大きく関わる。長年農水産物は自然界が持つ生産性を基本に必要なに応じて施肥、バイオマスの利用、気象条件の克服、疾病予防保存、技術などで産業化し食生活を支えて来た。野菜工場の様な土壌の有無に関わらず生産するシステムや、海水魚介類の内陸での養殖はなど既存の技術の高度化による農水産物生産の基本が大きく変わろうとしている。徹底した衛生管理環境で生産される食材は消費者の受容性も高いが、現在は高価格で日持ちしないが嗜好性が高い食材に限られている。我が国の工学的技術集積は企業に存在し、新規技術の開発能力もあるが、特に農業分野には企業の参入に高い障壁があり、生産物の加工や流通に経験不足があるため本格的な生産には至っていない。慣れない分野への進出は新規技術の開発費用や異分野での生産展開がリスクが高く参入メリットが見透せないことから、大型投資をためらう傾向がある。我が国は農水産物生産に関して従来の生産者を保護する政策から異業種の企業への制約が多く参入が容易でないことが背景にある。海外移転した工

場や跡地は大都会近郊にあり初期投資も少なく野菜工場化することは可能である。従って、新規もしくは自社で従来の作物を改良した場合は新薬同様一定期間投資を回収し利益が生じる様規制を少なくして生産が自由に出来る施策(特区指定)で生産に移行すれば短期で基本および周辺技術が育まれると考える。

(鳥居 邦夫)

3. 1. 6. 食品：流通加工

(1) 本細目の検討範囲

畜産物、魚介類、果物や野菜などは鮮度が商品価値を左右し如何に保持するかは生産者と消費者とを結ぶ食品の流通および付加価値を高める様加工する企業にとって最も重要な課題である。動植物の栄養素組成は死後細胞内の酵素群により蛋白質はペプチドやアミノ酸に、DNAなどは5'-リボヌクレオチドに分解されうま味を呈し、炭水化物は糖質などに分解され甘味を呈する熟成が生じる。一般に食材を乾燥や塩蔵して微生物による腐敗を防ぎつつ長期保存する技術により熟成を進行し嗜好性の向上が生じることから、食品の流通や加工分野では世界中で伝統的に行われて来た。しかしこのプロセスでは高い鮮度は維持出来ない。実際に畜肉は2~3週間衛生管理された冷涼な条件で熟成し嗜好性が向上するのを待って市場に流通させている。一方、鮮度が急速に低下する魚介類や野菜などは生産地周辺で短期間に加工調理することで嗜好性を維持することで対応する。鮮度が低下しやすい魚介類も一部食材は水槽で飼育するが、大部分は氷冷や冬期の厳寒の環境では凍結して保存流通させている。経験的に乾燥や塩蔵しなくても鮮度が一定期間保持できることから、冷蔵や冷解凍技術が一般化した後は、生産から加工現場まで低温下で流通、加工各段階を保持して品質と嗜好性の安定化がはかられて来た。しかし、動植物の組織を凍結すると程度の差はあるが細胞膜が破綻し細胞内の栄養素などが細胞外に漏出拡散し、食感や呈味が悪化する。流通、加工現場からの要請により冷解凍技術が進歩して来たが、未だ新鮮な冷蔵した状態とは言えない。従って、消費者は栄養価は相同にもかかわらず冷解凍よりは冷蔵保存した食材を求める傾向があり、市場では一物二価の状態でも流通している。従って冷解凍技術の高度化は生産、流通、加工、消費各段階で強い要望があり、特に魚介類では卓越し、世界に日本初の技術として発信出来る。

食品にとってもう一つの重大問題は保存中に生じる過酸化脂質対策である。動植物の組織は細胞膜や脂肪組織などに脂質が存在し、構成成分の不飽和脂肪酸は酸素により過酸化脂質となり悪臭を生じ嗜好性を著しく低下させる。過酸化脂肪酸は体内で分解排泄も出来ず、蓄積し身体(特に肝)機能を阻害する原因となるので、一般的に動物は摂食時に特有な匂などで感知し嗜好性は著しく低下し基本的に摂取しないので、商品価値を失う。この抜本的な対策は可能な限り酸素と接触させないことであるので酸素透過性のないビン詰や缶詰が考案され、現在は酸素透過性のない機能型プラスチック薄膜による包装も汎く利用されている。酸素との接触を最小限にする工夫は加工段階での脱気(酸素)、食品の保存段階での酸素吸着剤の利用、窒素封入などの技術はかなり高度化して来た。一方、消費者は抗酸化剤などの化学物質の利用は科学的理解よりも安全性の危惧から保存料そのものの利用に対して強い抵抗を示す。最近では高価な魚介類は生きた状態で流通させたり、現地で仮死状態や放血冷蔵し航空便などを利用して高速輸送したりすることで、より付加価値を高める工夫が行われている。一般的に価格が低く大量に得られる魚介類への適用は費用対効果の点から困難であるが、新規技術の開発などさらなる工夫の余地は十分ある。加工段階では異物の混入や包材の微少な穴など肉眼的観察では発見出来ないレベルの問題点は完全に防ぐことは至難であるが異物の混入や食品の変性などで消費者から告発されれば一気に信頼性は崩壊し速やかに全品回収しても容易には信頼されず企業活動にとって死活問題である。

最近、畜肉や乳製品、そのまま調理出来る大型魚の切身や貝柱などの魚介類が消費者に好まれる傾向がある。これは調理や摂食の利便性が高く骨や内臓が除去され可食部分だけが流通している。小魚などは丸ごと食

べることが栄養学的に優れているが、摂取に手間がかかり敬遠される傾向が若い世代に生じている。日本の伝統的な文化や食習慣である食材を味わって食べつくし感謝する気持ちが育たない可能性がある。勿論スリミなどの加工食品は原料の栄養素がそのまま残り優れた食材であることは言うまでもない。自然からの恵みを工夫して加工してでも食べつくすのは我が国のすばらしい伝統的マナーとして強調したい。

(2) 本細目のトピック

我が国の食品の加工と流通の技術は、東京の様な大都市においても生産地と同等以上に鮮度が高い多様な食材が豊富で、流通から加工に至るすべてのプロセスで温度など管理が徹底していることがある。我が国では当然のことと考えられるが、欧米では魚介類の流通、加工各段階で我が国の技術者が現地で指導し、初期段階の適切な処理で鮮度を維持する技術を習熟した生産者からの食材は、国産同様生の状態で嗜好性高く摂取出来るが、当然従来型で処理された食材は加熱調理が前提となる。欧米では冷蔵あるいは高速冷解凍技術と加工処理技術が我が国の水準に近づき、並行してあまり好まれていなかった生の魚介類を寿司や刺身で提供するレストランが急速に一般化して来た。

世界全体で鮮度管理が向上した 2013 年動物性脂質が少ないがおいしく満足感が得られる日本食が無形文化遺産に国連のユネスコで認められた。世界的に魚介類に対する受容性が高まり資源の争奪が激化し資源の涸渇が問題になって来た。一方、畜肉は冷凍保存し流通する技術はすでに一般化し解凍による嗜好性の低下も少ない。我が国では冷凍保存した食材は解凍品と表示し流通しているが、消費者は食肉は基本的に冷解凍に流通していると考えており、加熱調理するので問題にしていない。

我が国の魚介類で育まれた生体や低温での流通システムや高度な凍解凍技術、スリミ加工技術は世界をリードする水準である。最近匠の業として食材の前処理や一流調理人の調理技術を動作確認し、ロボットに同様の作業を行わせることにより食べ易い様な魚の除骨や嗜好性の高い料理の提供が一部の食品加工メーカーやレストランなどで取り入れられている。多様な料理の全過程が IT 化すれば鮮度高く保存された食材を自動選択し前処理、加熱調理、レストランや家庭で料理として消費者へ提供することは技術開発すれば困難なことではない。この技術はファーストフード店や冷凍した料理を解凍し一部加熱調理するレストランでは異物の混入や食材の保存による劣化もなしに全体のコストパフォーマンスは維持出来る。野菜や果実などの植物性食材は収穫後も生きている状態であるので、冷温環境でエチレングスの除去により鮮度は維持することが容易である。又、キノコやサラダの様な工場生産出来る食材の範囲を広げれば大都市でも駐車場のスペースで生産可能であり我が国の得意分野である。

(3) 今後の展望

東アジア地域はウシなどの大型草食動物で流産を生じる寄生虫(トキソプラズマなど)の感染を防衛するため、我が国では農耕用として一頭ずつ農家で飼育され、乳および乳製品の利用も極めて限定的であった。我が国でも開国以降欧米から近代農業が導入されたが食習慣として畜肉や乳製品の利用が一般化したのは戦後である。経済成長と食の欧米化により動物性食品の摂取量が漸次増大し、蛋白質栄養状態は急速に改善され体位が著しく向上した。一方、食文化や食習慣は伝統を維持しつつ欧米型も取り入れ現在に至っている。その大きな背景は我々の代謝調節能力は基本的には大きく変化していないので欧米型の食生活に対して代謝的適応に限界があり、健康を維持することを優先した結果と言えよう。一方、嗜好性の高い食肉などは新鮮と判断出来れば魚介類と同様に加熱しないで摂取する傾向があり、人畜共通伝染性疾患の罹患防止には、厳しい検査システムの構築と行政的指導が必要である。この消費者の食に対する考えは食品の鮮度維持や異物の混入を忌避する感情から食材そして加工した食品に対して保存、流通、加工各段階で厳しい品質管理を求めている。この様に厳しい消費者の期待に応える一連の技術は日々向上することになり我が国の食にかかわる革新的な技術の創造へとつながって行く。従って従来の蓄積した個々の技術を総合的に統一し、最先端の分析と分子生物学的解析とを組み合わせる管理システムを構築することで世界をリードすることが可能となる。その実現には食

品の生産、保存、流通、加工各プロセスの費用対効果に応える共同研究の推進が必要と考える。

(鳥居 邦夫)

3. 1. 7. 食品：食品安全

(1) 本細目の検討範囲

穀物を中心に食物の流通は急速にグローバル化が進み、安価で大量生産出来る国と輸入する消費国とで農薬、動物薬、食品添加物、病原体、遺伝子改変作物(GMO)、残留放射性物質などに関して必ずしも同一基準での規制ではなく、消費者の安全性に対する意識は高い。我が国は食糧自給率(エネルギーベース)が40%を下回っており、大量の食糧や加工した食品、時間距離が比較的短い東アジアの国々から果物や野菜、あるいは魚介類や水産加工物が輸入され消費されている。加工食品では生産地での収穫、保存、加工の各段階、輸入手続段階での抜き取り検査で我が国の規制に合致していないと判断した場合は排除出来る。このためには小型かつ安価で信頼性が高い、分析装置が必須で分析の精度管理上サンプルの全処理に多様で高度な技術に習熟した技術者、さらに査察によるデータの公正な管理などが前提となる。現在加工食品を含め食品の在庫、流通はIT化されているので、安全上問題となるデータが発覚した場合はどの原料が原因かを速やかに同定、生産を停止し消費現場から回収している。このシステムには原料から加工後の食品に至る信頼性の高い分析データの一元管理が最も重要である。輸入される食材は生産現場や集荷段階では高度な分析が困難であるので、輸入段階での分析で安全性を維持している。当然すべての段階で規制を厳密に順守されている国産食材に高い信頼を置く消費者は多く、輸入食材に対して懐疑的で現地での分析データへの信頼性も低いが、コスト面の優位性から国産食材での代替は困難であり今後も同様の傾向と考える。

一方、我が国の消費者は遺伝子改変技術の実際を科学的に理解せず感情的に忌避する傾向が強く、これを助長する様なマスメディアの情報により遺伝子改変作物(GMO)の摂取に抵抗感がある。即ちGMOやこれを含む食品を購入しないことになりメーカー側も「ジャンププレミアム」と言われる高価格な非GMOを原料として輸入するか、さらに高価な国内産を原料に加工し「GMO不使用」を表示して販売している。当然GMO食材は世界中で大量に生産されているので、生産が限られる非GMOは割高で供給そのものも減少している。その理由はGMOは抗病性や生産性が高く、農薬の低減、農作業の簡便化、安定した収穫などから生産農家にとって有利であり、作付面積は食糧の大生産国を中心に拡大している。従って認可されたGMOの安全性に関するデータを積極的に公開し消費者の納得が得られる説明責任が行政側に求められる。

(2) 本細目のトピック

我が国の就農人口は先進工業国の中でも急速に減少しつづけ大規模専業農家の育成や法人化など生産構造の革新は食糧安全保障の点でも重要である。又、平均年齢も高齢者のレベルに近づいており急速な生産拡大が困難なので、食糧の需給バランスを維持する上で穀物を中心に農水産物のグローバルな輸入は必須条件である。最近の食品をめぐる安全性に関わる課題として我が国では禁止されている農薬や防腐剤を使用した輸入食品などの規制違反にとどまらず、廃棄すべき食材を違法に加工した食品などは通常分析では判明しない犯罪的事例など、消費者は輸入食材に懐疑的で国産食材を選択する傾向が高まった。

一方、東北地方太平洋沖地震による原子力発電所事故現場からの拡散放射性物質の食材の汚染は、科学的な判断ではなく風評として当該地で生産された農水産物に対する消費抑制が生じ、その影響は食品の海外輸出においても重大な障壁となっている。我が国は国連や国際機関が安全とする基準値より厳しく規制し、安全と判定された食材のみ流通を許可しているにも関わらずなかなか消費者の納得が得られない。これは日常的な食品の安全性に関する国の指導が徹底していないことに加え、問題が生じてから場あつち的に急遽安全性情報を提供しても消費者の理解は得られない。絶対に安全としてきた今回の原子力発電所の事故発生の影響は、

安全とは何かをゼロから見直し、残留放射性物質の安全性に関する高度な基礎研究をねばり強く行い新知見を国民と共有する努力を継続することが強く求められている。

加工食品メーカーも原料生産から収穫、集荷と保存、加工、流通までの各段階で可能な限り信頼性のある分析をし、必要に応じてデータ公開し透明性を確保し、同じ業態の企業は安全性の考え方や分析技術などの情報を共有するなど努力を続けている。何と云っても食品の安全性の基本は食品の生産、保存、流通、加工の各段階でデータの透明性と合わせて消費者の科学的理解を高める施策が極めて重要である。アンケート結果では食品の安全性に関する技術開発は早期の解決を求めている。GMO や残留放射性物質の安全性評価手法の確立や、食物の規制順守と品質管理に関する合理的な仕組みの構築は強く求められている。既存技術の組合せでも充分対応出来るが、時間と費用が必要であるので思い切った人材の養成と広汎な研究を支える施策の実施が求められる。そもそも食物は生命維持に必要な多様な栄養素の集合体であり、組み合わせた食品の組成はさらに複雑となり安全性における加害因子の同定や他因子との相互作用を解明することは従来のアプローチを超える抜本的な新規評価法の開発が必要である。

(3) 今後の展望

我が国の分析技術を生産国に指導定着させるには現地で使いこなせる安価な分析装置開発と前処理を含めた操作担当者の育成はデータの信頼性確保の点から必須と考えられる。我々の身体は動植物の組成を食材としてそのまましくは加熱調理して摂取し、消化吸収した多様な栄養素で支えられている。消化吸収過程で当然遺伝子(DNA や RNA)の核酸ベースは完全に再利用されない状態まで分解される。従って、魚介類を刺身で食べても全く遺伝学上の問題は生じない。GMO が未知の毒性物質を産生する可能性についても実験動物による従来の食体験のある非 GMO との比較実験で生物学的同等性が証明されることが認可の前提であり過去 GMO で安全性において問題が生じたとの報告は国連や OECD などの国際機関が推奨するプロトコールに従っていない実験で偶発的な事象を安全上問題であると強調した論文を除くと学術的には報告は無い。今後は GMO の安全性に関わる論文の問題提起の取り扱いには政府などの公的機関による評価が重要である。追加実験が必要と判断された場合は検証結果が出そろうまでは当該食品の流通をひかえることは当然であるが、安全性が立証された後はデータの公開と速やかな規制解除を行う公的機関の設置が求められ、我が国は他国に先駆けてそのモデルを示すべきと考える。又、国際的に認可され利用されている GMO に関しては、国としてより積極的に PR すべきであり、根拠のない安全性に関する情報の流布に対しては告発を含めて厳しい態度で挑むべきと考える。

(鳥居 邦夫)

3. 1. 8. 食品：食品機能性

(1) 本細目の検討範囲

我が国は周囲を海に囲まれ湿潤で降雨に恵まれ、温帯を中心に亜熱帯から亜寒帯までの地理的条件により多様な食材の生産に適した環境であり、仏教による肉食の制約を超えて、うま味の強い出汁を基本とした動物性脂肪の少ない食文化(日本食)を形成して来た。先進工業国としての経済発展による栄養改善と教育の充実、公衆衛生の改善や定期的な健康診断を定着させ、世界トップレベルの長寿国となった。乳幼児死亡率は極めて低く壮年期の延長により核家族化と少子高齢化が著しく進展した結果、医療や介護費用が急速に増大した。従って、健康を維持して医療費を出来るだけかけずに、寿命を全うしたいと考えるのは高齢者ばかりでなく国民的コンセンサスとなり、行政側の財政上の要請も急速に高まっている。

基本的に薬物は「一剤一薬効」を基本に開発認可されているが、生体異物であるので副作用は疾患数に応じて増大する。健康の基本は身体を支える体液(血液)中の各栄養素の濃度や総量が、常に正常値範囲に終

日維持されていることが前提となるが、加齢に伴って何らかの恒常性の失調が長期化すると重篤な代謝性疾患の誘因となる。加えて生活様式、特に活動性や食生活はこれら疾患の発症時期や病態の進展に深く関わっていることは疫学調査により明らかである。遺伝的素因や生活様式により時期は異なるが、加齢に伴い発症する代謝性疾患に対して薬物による代謝調節は必須であり、必然的に何らかの副作用を生じる。食事指導の徹底と代謝の調節機能を有する生理活性物質を多く含む様開発された食材の開発と利用により薬剤さらに副作用の低減につながるので、大きな期待がある。伝統的に食材の中には代謝や体調などを改善する機能を有する場合が知られ、代謝酵素の阻害活性を有する食材やその抽出物などが伝統的な民間療法として扱われてきた歴史的背景があり、消費者の受容性も高いと考えられる。

一般に免疫機能は生後高まり、成長期は安定し加齢の進行により低下することが知られているが、富栄養状態下での成長は促進され、完全離乳し食物アレルギーに対する耐性が不十分な小児が非加熱の蛋白質などを摂取することなどにより食物アレルギーは易発症となり、アトピー症等により長期に亘る食生活の制約と不快なストレスと戦うことになる。並行して高ストレス環境などによる免疫機能の不安定化は自己免疫疾患や悪性新生物（癌腫など）の産生などにも関与している。免疫性疾患の中で食物アレルギーは小児期での食生活の指導で防止出来るが、やむなく抗原感作した後は同定した抗原を含まない食材を摂取することが最も重要となる。これらの食材は需要が限定的で高価になり患者にとっては経済的負担になることに加え、抗原が主食や嗜好性の高い食材の場合、代替食材では食の楽しみが強く制約される。

(2) 本細目のトピック

遺伝子の解析と改変操作技術の進歩は、食材に期待される生理活性物質の含量を増大させることが可能となっている。目的とする物質を発現増大させた広汎な作物を作出し消費者個人の多様な生理的要求に適切に応えるには、基礎的な検討から生産や流通の体制、過剰摂取の防止策などを総合的に解決する必要がある。この技術は生活習慣病の予防や発症後の症状の改善に資するだけにとどまらず小児から高齢者までの活動性に関わる「生活の質」の向上につながることは言うまでもない。ヒトゲノム解析完了後、特定疾患発症にかかわる特定遺伝子の解明が進展しており、新規の機能性を有する食材を食生活に適切に組み込む検討も広汎に行われているが、両者が調和する様なガイドラインはない。ビッグデータの活用を含め新規な研究展開が必須である。

一方、高齢化社会の進展は加齢に伴う記憶学習能力の低下や社会的不適な行動異常などが生じ、患者の急激な増加に施設や介護人材などが量的質的に不十分で社会的課題となっている。残念ながら加齢に伴う脳機能障害の発症機構は基礎研究段階であり、抜本的治療法は未だ確立されていない。又、加齢に伴う過酸化物の蓄積はどの加齢に伴う諸疾患の発症や増悪にも共通しており、抗酸化機能を有する物質を含む食物や抽出物への期待が高まっている。各疾患発症での抗酸化物質による抑制効果は完全には科学的立証に至っていないが、加齢の主因と考えられる過酸化物の蓄積抑制は充分有用性が期待出来る。

(3) 今後の展望

我が国では発熱、消化不良、栄養失調などに対して特定の食物をより多く選択摂取する「食養生」の考え方が広汎に受け入れられてきた。漢方薬のように科学的解明により有効物質が薬物として利用されている様になるとは限らないが、症状に応じて特定の食材を適切に摂取すれば一定程度の効用が期待され、有効成分を濃縮したサプリメントも大きな市場を形成している。しかし、薬物のように医師や薬剤師の処方の下で用法容量が規制されている状態でなく、消費者が食品として目安量に基づいてサプリメントを摂取し、用法用量は消費者の判断にまかしている現状は健康にとって好ましいことではない。サプリメントの主成分は、高濃度の栄養素の単品か混合物であり必要とする物質以外は余剰な摂取になる。個人レベルの健康に関わる情報をもとに設定した必要量を摂取し、食生活の指導を徹底すべきであり、現状では毒性が発現しない様に摂取量を適切に助言することは困難である。

又、代謝調節機能を有する特定物質を継続的に摂取すると栄養素であっても生体恒常性の乱れの原因とな

るので、体内での分解速度が早くなりサプリメントの有用性が低下し、逆に摂取量が増大するという悪循環に陥ることになり、肝や腎の機能障害の誘因となる。消費者の要請に応える様、より明確な有用性を生じる既存薬物を添加するなど危険なサプリメントも出現している。一方、患者にとって効果が副作用を超えるよう設定された薬物の用法容量がサプリメントの利用である程度低下させる可能性があり、両者併用での評価手法の確立が求められる。

高齢者は何らかの疾患があり治療を受けている場合がほとんどで、薬物代替の効果が期待出来る機能を有する食物の作出は薬物に比べ副作用など身体への負担が少ないことからアンケートでは強く期待されている。自然界で新規に見出された食体験のない有用な食材や既知の機能性を高めた遺伝子改変作物に関しては公的機関による厳密な安全性／有用性の評価と結果の公開とを義務付けることが消費者の納得性や期待に応える上で必須と考える。

(鳥居 邦夫)

3. 1. 9. 水産

(1) 本細目の検討範囲

水産分野を大きく分類すると、水産資源の保全、水産物の生産や育種、海洋(陸水を含む)の環境保全の3つ(<資源保全><育種・生産><環境保全>)に分けることができる。すなわち、自然環境を守る、保全を目的とした技術開発と、そこに生息する有用魚介類(魚類・貝類・甲殻類・軟体動物など)の資源管理を徹底する技術開発の2つの方向性と、人為的に魚介類を効率よく生産していこうとする、いわゆる畜産的(家魚化ともいう)研究開発の方向性に大きく分けられる。いずれにせよ、海洋を人類の食料生産の場として有効利用を図るもので、そのための研究および技術開発を目的としている。近年の特徴としては、大量の人工種苗(赤ちゃん)を用いた資源添加により魚介類を増加させようとするよりも、適正な資源管理を行い、持続可能な水産物の確保を図ろうとする試みの技術開発が多い。また、魚介類生産では、発工学的手法を用いて、より短期間に有用な形質を作出しようとする家魚化のための育種技術の開発が多くなっている。また2011年に発生した東日本大震災による福島原発事故に伴う、放射能汚染に対する水産物の汚染状況やその除去についても関心が高まっている。

(2) 本細目のトピック

研究開発の特性のうち、重要度と国際競争力との関係では水産の3つの細目はいずれも他の農・林・食品・共通と比較して高い値を示している。そして、3細目の各トピックについては重要度と国際競争力の間に正の相関関係があり、「育種生産」が最も傾きが高く、国際競争力があることを示し、次いで、「資源保全」であった。なお、「環境保全」は総じて国際競争力が低いという特徴を示していた。

<資源保全>

「水産:資源保全(トピック64-70)」の細目には7件ある。その中で、「水産:資源保全(トピック66. 環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術及び70. 持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術)」は全トピック中重要度がトップにランクされた。いずれも水産資源の持続的管理技術開発についてのトピックである。さらに、トピック66の「マイワシ・マグロ等の主要漁業資源の長期予測変動とそれらの適正管理技術」については不確実性が高く、技術的実現に向けて人材戦略が必要と評価された。すなわち、研究開発における失敗の許容や複数手法の検討等の必要性や、人材戦略の重要性が高いトピックと判断された。一方、トピック64の「生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存」については不確実性が低く、技術実現年は2020年と5年後である技術と判断され、技術的実現には資源配分が重要で、その結果、確実に進展する研究テーマとみることができる。トピック68の「超小型電子チップの

埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング」は社会実装に向けた「資源配分」が重要とする一方、外国で高性能のものが開発されており、国として推進すべきでないとの意見があった。

<育種・生産>

「水産：育種・生産(トピック71-77)」の細目の7件は、国際競争力はトピック71の「ウナギ人工種苗を大量生産し、生育させ、出荷する生産システム技術」が全トピック中最も高い値を示し、研究開発の成果が現在の延長ではなく革新的なトピックと位置付けられた。また、その実装年は2025年とした。次いで、育種技術開発のトピック72「発生工学的技術を利用した優良形質導入による水産生物の作出」が上位にランクされた。同じ育種技術であるトピック76の「完全不妊養殖魚の開発とその利用促進」では、技術的実現及び社会実装に向けて「内外の連携・協力」が必要とする回答が多かった。トピック77の「遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物での外来遺伝子発現技術」は不確実性と非連続性が高く、かつ技術的実現に向けた人材戦略と社会実装に向けた環境整備が必要と評価された。すなわち、研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場は破壊的・革新的であることから、失敗の可能性がある、複数手法の検討が必要で、そのための人材戦略と環境整備が必要であるが、一方では、技術的実現について「わからない」という回答が多かった。さらに本トピックは、遺伝子組換えを行うことから、倫理性についても考慮が必要と評価された。一方、トピック73の「工学技術を導入して最適な環境管理が行われる陸上養殖などの養殖工場の開発」は、不確実性が低いことから、既存の技術開発により成し遂げられると判断された。その技術的実現は2023年である。

<環境保全>

「水産：環境保全」(トピック78-84)の細目の7件で、トピック84の「沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術」が最も重要度が高く、複数手法の検討が必要となる不確実性が高いトピックと評価された。トピック78の「生分解性素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化」は、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野の中で、最も不確実性と非連続性が低いトピックであり、技術実現年と社会実装年が逆転(2023年と2022年)している。すなわち、これまでの研究の延長で早期に実現が可能と判断された。また、トピック80の「微小海洋生物の識別が可能で3次元画像解析システム」は国際競争力がきわめて低く、必要な設備が十分に備わっていないことが危惧された。ただし、その技術的実現は2020年と比較的近いと予想されている。

(3) 今後の展望

水産では3つの細目、各7トピックの計21トピックについてのアンケートを集計したが、海洋エネルギーの利用など、新たな研究テーマも出てきており、水産に関する項目は多岐にわたっており、今回のトピックで十分であるとは言えない。とはいえ、今回の調査で多くの方向性が見えてきたことも確かである。

現在、陸上における動・植物性タンパク質源の供給が増えない中、今後魚介類にその供給を依存していくことは間違いない。人口がこの20年間に20億人近く増加している中で、1人1年あたりの世界の魚介類供給量は14kg/人年から19kg/人年と着実に増えており、絶対量は著しく増加している。さらに水産物は、世界的にタンパク源や食味だけでなく、栄養面での評価が高まるとともに、日本食の世界的な普及と相まって増大しており、水産物の輸出の可能性も示唆される。

世界の漁業総生産量を見ると、現在1億8千万と20年前の1億トンに比較して、著しい伸びを示している。しかしその増加量を見ると、漁獲量は9千万トン前後と頭打ちで、養殖生産量の増加に依存しているのが現状である。今後さらなる養殖生産量の増加を図るためには、育種技術の開発が不可欠である。現在の養殖魚の生産には生の魚やその魚を粉末にした魚粉を主体とした餌に依存しており、安価な魚を食べさせ高価な魚を、すなわち魚で魚を生産しているに過ぎない。そのため、家畜のように植物性原料を用いて生産できる魚、いわゆる家魚の作出が必須となろう。すべての養殖魚を完全な人為化で再生産する完全養殖技術開発も必須である。それらの技術として、遺伝子組換えではない発生工学的手法は重要である。もちろん、遺伝子組換え魚介類の

研究は将来の重要なツールとして継続した研究が必要で、特に特許などについては積極的に取得しておく必要がある。

一方、魚介類を持続的に安定生産することは重要である。そのためには海洋(河川・湖沼を含む)環境の保全と、資源管理技術を駆使した保全が必要となる。近年の温暖化による海水温の上昇や二酸化炭素による海水の酸性化などが取りだたされているが、これらの自然環境のモニタリングと継続的な魚介類の資源量の把握や生態系の研究は時間がかかるが必要なことであり、海洋の調査・研究なくしては新たな資源管理技術の開発は望めない。そのツールとしての海洋調査船や研究船、さらに海底掘削船などは必須のアイテムである。そしてこれらの資源管理は、1国では不可能であり、世界的規模での管理運営が必要となる。そのためには、社会科学系の海洋政策関連の研究課題は重要である。海域を特定すること、そしてその海域の管理のみならず公海上を含めた総合的な管理システムを構築しなければ、水産資源の持続的利用は望めないといえる。

我が国は世界第6位の排他的経済水域(EEZ)を誇るとともに、研究領域は海洋の海面から、海中および海底まで重層的に広がっており、その範囲は広い。今後の海洋における資源の保全及び開発研究は我が国の国民のためのみならず、世界の人口増加に対応すべく重点的に行うべきであり、産官学の一致した水産・海洋に関する核の形成(組織改編)と財政的な支援が重要である。

(竹内 俊郎)

3. 1. 10. 林分野

◇「林:高度生産」

(1)人工林の成熟化への対応

戦後植栽された人工林が成熟期を迎えてきている。1千万haにのぼる人工林の平均林齢は45年生を上回っており、現在の伐採傾向からみれば、今後さらに高林齢化すると見込まれる。これまでは間伐を中心にその取扱いが議論されてきているが、高林齢化に伴い、主伐(皆伐)も視野において考えていくことが必要となる。

それぞれの箇所の自然的、社会的条件や林木の成長状況等を勘案しながら、どこを間伐を継続しつつ長伐期化していくか、どこを皆伐していくか、あるいは、どこを天然木の生育を促しながら植栽された造林木と天然木が混在する森林に仕立てていくか等々の森林の取り扱いを明確にするとともに、生産及びその後の森林造成を効率的かつ着実に行える技術体系を整えていく必要がある。特に、木材は国際的な競争にさらされており、さらに今後は、国内資源の有効活用から国産材輸出も必要となることを考慮すれば、低コストで行える技術開発が重要である。なお、森林の取り扱いの検討に当たっては、森林情報のネットワーク・データベース化を図ることも必要である。

(2)これからの社会を見据えた担い手の確保

成熟化した人工林を有効に利用拡大していくためには、新規若年就業者の確保を図り、林業諸活動の担い手を育成していかなければならない。

しかし、これからの社会では、人口の減少とりわけ農山村における減少が予測されるとともに、IT化等により一般的な就業形態が肉体的からより頭脳的に変化しており、肉体的にハードで労働災害の危険性も相対的に高い林業労働に就業する若年者の確保が困難になることも想定される。従って、林業労働を見直し、若年者にとって魅力あるものにしていかなければならない。

(3)大径材の伐採・搬出・加工の新技術

人工林の高林齢化に伴い、生産の対象になる木材も小・中径材から中・大径材に変わっていくこととなる。そのためには、現在も行われているように路網の整備を進め、大型の機械が導入できるようにしていくことが必要

である。

しかしながら、我が国の急傾斜の地形や複雑で崩壊しやすい地質等を勘案すれば、大型機械が導入できる道幅がありかつ強固である路網を整備していくことは容易ではない。従って、機械のあり方や機械に使用する材料の見直し等により小型、軽量でかつ強力な伐採・搬出機械や大径材に適した選別・切削・加工機械の開発等伐採、搬出、加工を通じた革新的な技術開発を行うことが重要である。

(4) 主伐後の再生産を確保するための森林造成技術

昭和 20 年代から 40 年代にかけての大造林時代は、木材価格の上昇と農山村における豊富な労働力という二つの要因に恵まれていた。今後はグローバル経済の中で木材価格も国際化し我が国独自での上昇を見込むことは困難であり、また、労働力についても省力化が重要で、効率的で低コストな造成技術が求められる。

主伐後の森林造成については、どのような森林を造成していくのかがまず問われなければならないし、天然力をできるだけ生かしていくことが必要である。とはいえ、我が国の複雑な植生を制御し効率的な木材生産を行っていくためには、植栽し育成していく森林造成も不可欠である。

このことについては、植栽時期を選ばないコンテナ苗の技術が実用化され実際に拡大されようとしているが、これからの社会を展望すれば、天然力の活用も含め、さらなる革新的な森林造成技術の開発が重要である。この場合、個々の技術のみならず、地域性に対応した総合的な植栽から育成、生産までの施業システムとして検討されることが必要である。なお、このような技術開発には、スーパー樹木の技術を活用し生産期間の短縮等を図ることもありうる。

(5) 林業労働を重筋労働から解放する技術

肉体的、繰り返しの労働等については、IT 化やロボット化、介護におけるようなパワースーツの開発等が進められるとともに、自動車については自動運転が具体化されるような状況となっている。

林業労働においても、高性能林業機械の導入等が進められており、労働環境は従来から比較すれば改善されているが、以上のような状況とその今後の進展から見れば、それで十分とはならない。生産、森林造成、森林管理、森林調査等の主要な林業労働全般に亘りその労働実態を分析するとともに、他分野での技術開発の動向等も踏まえつつ、労働の軽減と安全の確保のための飛躍的な技術を開発する必要がある。

◇「林: バイオマス利用」

(1) 我が国の木材需給の現状と課題

我が国の森林は、蓄積が 50 億 m³(立木材積)に近づこうとしており、毎年の成長量も約 1 億 2 千万 m³(立木材積)にのぼる。また、地球温暖化防止のための低炭素社会を作り上げていくためには、再生可能資源である木材を有効に使っていくことが重要である。このような森林資源の充実と木材利用の効用についての国民的な理解の浸透等に伴い、木材需要なканずく国産材利用が増大してきており、自給率も向上し始めている。とはいえ、総木材需要は 1 億 m³(丸太材積)を超えていたかつての水準からみれば 7 割程度であり、うち国産材は 2 千万 m³(立木材積では約 4 千万 m³)で、毎年約 8 千万 m³(立木材積)の蓄積が増加している。いわば、我が国の森林は、木材生産について十分な利用がされていないが、木材利用が森林の整備に直結し、また、地球温暖化の防止にも役立つこと等から、その一層の拡大が望まれる。この場合、成分利用を含め木材の全てを利用するとともに、エネルギー利用を含めカスケード型利用を徹底することが基本であり、そのための更なる技術開発が必要である。

(2) 中高層木造建築や土木分野等に利用可能な高強度木質部材等の開発

国産材需要は、これまで戸建住宅が中心になってきているが、今後我が国の住宅着工数は減少していかざるを得ず、国産材の需要開拓のためには、中高層建築等他部門への利用の増進を図る必要がある。このため既

に1時間耐火構造の部材等が開発され4階建てまでの木造建築が建設され始めてきているとともに、最近では、直交集成板(CLT)が実用化されてきている。

今後は、中高層木造建築部材として、2時間耐火構造や3時間耐火構造に対応する高強度の構造部材の開発が必要である。そのような木造建築は、建物の重量を減らし、化石燃料消費の大きい鉄やコンクリートの使用量削減にも貢献できることとなるとともに、新しい文化的構造物をつくり出すことになる。

このことは、土木分野においても同様である。高強度で高耐久性の木材を開発することにより、木橋やガードレール、木道、法面保護工等々に使われ、自然と調和した景観が保全されることになる。

(3)リグニンの高能率な有効活用技術

リグニンは、セルロースやヘミセルロースと並ぶ木材を構成する主要な成分である。低分子化リグニン(モノマー)を生産することにより様々な化学的利用が可能であり、石油化学への依存を低減させることができる。しかし、構造及び分解物の組成が複雑で技術的なトピックが多い。

その中で超臨界水分解法によりバニリンやシリンガアルデヒドを生産することが可能となっているが、生産収率の改善が必要である。このほか、高温高压の有機系試薬によるバイオマス変換が検討されている。

現在、世界各国でリグニンの低分子化に関する技術開発が行われており、将来的な脱石油に向けて我が国としても、製紙業界等との連携も図りながら、エネルギー収支の低減や低コスト化の取り組みを進め、実用化できる技術の開発を進める必要がある。

(4)未利用バイオマスや廃棄物を用いる合成燃料製造の高効率システム

木質バイオマス等の燃料利用については、ペレットやトレファクション、廃棄物におけるRDF製造等が実際に行われている。

合成燃料とは、原料をガス化しFTDやGMEなどのディーゼル燃料、メタノールとしてガソリン代替燃料、あるいは水素を取り出して燃料電池として用いること等を行うものであるが、特にバイオマスを原料とするBTLは二酸化炭素の排出量が少なく環境に優しい燃料といえることができる。ポストバイオエタノールとしての新燃料になりうるとともに、エネルギー安定供給の選択肢としても重要であり、技術開発を進める必要があるが、製造過程におけるエネルギー消費を抑制し経済性を高めることに留意しなければならない。

未利用バイオマスの中には、竹についても有効利用を図る必要がある。近年、竹林が繁茂し他の植生等に侵入して問題になっているが、竹炭等としての利用が一部にあるのみである。竹は生長の早い貴重なバイオマス資源であり、木材と異なる竹の特性を生かした利用方法について検討していく必要がある。その一環としてバイオリファイナリーによる高度利用技術の開発も望まれる。

(5)未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電技術

未利用材の利用や木材のカスケード利用の最終段階のためには、バイオマス発電等による利用が欠かせない。一般的に行われている蒸気タービンは中・大型発電が効率的であり必要とされるバイオマス量も大量となる。

農山村における地産型バイオマス利用やバイオマス供給の実態に即した弾力的な対応を可能にするためには小型発電が必要であり、ガス化発電技術が期待される。この技術は、既にヨーロッパで実用化されているが、我が国では、それが円滑に稼働できていない。従って、タールの処理等も含め原料となる我が国の木質バイオマスの特徴に見合ったガス化発電技術の改良・開発が求められている。

◇「林:環境保全」

(1)地球環境保全と森林の保全

地球温暖化の影響が顕在化してきており、森林の保全はこれまで以上に重要となっている。世界の森林面積

の動向をみると、先進国では横ばいないし微増で推移しているのに対し、アフリカ、南米、東南アジアにおいては引き続き減少しており、熱帯林の保全が喫緊の課題である。また、乾燥地帯等での森林の再生にもこれまで以上に取り組む必要がある。

一方、我が国においては、森林管理の粗放化の中で、適切な手入れがされていない森林がみられるほか、病虫害や獣害等を受けている森林もある。このような被害は、被害そのものの問題のほか、森林所有者等の経営意欲を阻害するという事態を招いている。

さらに、温暖化に伴う森林への影響の把握と適応について検討しておく必要があり実際にも取り組まれているが、集中豪雨の頻発等も懸念され、山地災害の予防についても改めて重要なトピックと認識する必要がある。なお、森林の保全は、温暖化防止のみならず、森林の多様な機能を的確に発揮させるために必要であり、科学技術として取り組むべきトピックはここで取り上げられている以上に多岐に亘っている。

(2) 熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術

熱帯林の保全のためには、これまで再生技術の開発や保全への地域住民の参加の促進等に取り組み、現在でも REDD+ の議論がされている。

しかしながら、今後の熱帯林保全を効果的に行っていくためには、熱帯林の動態、生物多様性等の動的変化及び人間活動による影響について観測し評価するとともに、将来を予測しつつ適切な対策を実施していくことが必要となる。ただし、そのことには、熱帯林諸国の協力を含む国際的な連携が構築されなければならないだろう。そのことは容易ではないが、まず、その前提となる観測技術及びそれによる膨大なデータを集約し評価する技術が具体的に提示できるかどうか問われることとなり、その技術開発が必要である。なお、このような技術開発が森林管理の国際的なあり方に大きな影響を及ぼし、世界の森林保全のより効果的な実施につながる可能性がある。

温暖化への対応については、温暖化が世界の森林に与える影響をモニタリングしながら資源の変化の予測等を行い、適切な適応対策を行っていくことも必要である。

(3) スーパー樹木の開発による劣悪地等での森林造成

温暖化では、雨量が増大する地域だけでなく少雨化により乾燥する地域もあり、それによりさらに塩害や酸性化を惹き起こし、樹木の生育しにくい環境が拡大する可能性がある。このことに対応するため、遺伝子組換えによって特定の性質を高める「遺伝子組換え樹木」＝スーパー樹木の開発が進められている。

遺伝子組換えのためには、それぞれの樹木の遺伝子の構成、遺伝子の機能等の情報を把握し、解析し、実際の効果を確かめることが必要で多大の時間と労力を要する。しかし、スーパー樹木の技術は、様々な問題に対して応用可能であり、将来の重要な技術として世界で進められており、我が国においても積極的、戦略的に取り組む必要がある。ただし、遺伝子操作については、そのことによる生態系への影響や安全性に不安があり、いわゆるカルタヘナ法を順守するとともに、国民への説明が重視されなければならない。なお、最近、遺伝子組換えの痕跡を残さない「植物における新育種技術(NBT)」が注目され、作物や樹木への利用が進められている。

(4) 商業利用樹種に関する遺伝的地域区分の把握技術

各国で主要な商業利用樹種については、全ゲノムの解読や発現遺伝子の塩基配列情報の大規模収集が活発に進められている。

これまでは、樹木集団の地域分化や遺伝的多様性の評価について一部の DNA マーカーを用いて解析されてきたが、各樹種の成長や着花性等有用な遺伝形質との対応関係は十分に解析されていない。今後は、多数の DNA マーカーを用い、各地域が望む遺伝形質を適切に評価することが必要である。このことにより、商業植林に適合した各樹種の選抜に利用できるとともに、樹木集団の遺伝構造が詳細に解析でき、遺伝的地域区分も遺伝形質との対応関係で把握できることとなる。勿論、希少樹種となった遺伝資源の持続的利用、違法伐採の

防止に向けたトレーサビリティにもこうした手法が役立つ。

(5) 獣害をもたらす野生鳥獣の効果的な捕獲技術

シカやイノシシ等による獣害が、個体数の増加と生息域の拡大等により年々増大するとともに、生態系の破壊や人工造林が危機に至っている地域も少なくない。そこで、生息数を調査し捕獲すべき頭数を定める個体数管理は各地で行われているが、猟師の高齢化、減少等により捕獲が計画通り進まない事態となっている。このため、これまでの猟銃やワナ猟による方法に様々な工夫を凝らした実施がなされており、最近では、エサを使ったシャープシューティング等も行われている。

しかし、適切な個体数管理が行われるためには、より一層効果的で効率的な方法を開発する必要がある。その場合、捕殺すると土中に埋める等の処理が必要となるが、捕獲したものに付加価値を付け経済的にも成り立つよう食肉利用できるようにしていくことが重要である。例えば、牛肉は1kgを生産するために11kgのエサを必要とするうえに、シカ肉は鉄分が豊富で低脂肪・高たんぱくな健康食である。従って、捕獲対象の把握から捕獲の手法さらに衛生管理を念頭に置いた運びだし、流通までを一貫して検討しそれらの全般に亘る効果的で効率的なシステムを開発しなければならない。

(6) マツ枯れ病の完全制圧

マツノザイセンチュウによるマツ枯れについては、その発生メカニズムがおおむね解明され対策が実施されている。ただし、防除が農薬を使用することから反対されるところもあり、また、被害木については徹底した駆除が必要で、対策が徹底されにくく完全に制圧することは困難になっている。

しかし、これまでの対策のあり方を抜本的に見直し完全制圧するためにどうすべきか考えることは重要である。自然生態系に於ける生物間相互作用を活用した天敵生物や誘引ホルモン等の開発のみならず、近年多分野で急速に発展しているIT技術などの導入を図ること等により環境負荷の小さい管理技術を開発することが急務である。それらのことにより、新たな革新的な方法が開発されるとすれば、マツノザイセンチュウのみでなくカシノナガキクイムシによるナラ枯れ等の対策にも役立つこととなる。また、温暖化の影響で病害虫の拡大が起こる可能性もありそれらへの対策にも応用できる。

(7) 土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術

台風、火山などの自然災害に対応する森林管理技術としては、これまでも重要なトピックとして様々な取り組みが行われてきている。しかし、温暖化に伴う気候変動などによる集中豪雨・豪雪等の頻発や、東北地方太平洋沖地震以降の地殻環境の変化が予測され、災害の態様も変わる可能性があり、災害防止のために森林管理がどうあるべきかが改めて問われている。

そのためには、過去の山地災害に関するデータベースを整備し、災害の種類ごとに発生メカニズムの解析と数値モデルによる災害発生危険度予測技術の高度化を図ることが求められる。また、広域から小流域、さらには個別斜面までを単位とした遠隔探査、地上・地中設置型リアルタイム観測と、情報ネットワークによる大容量データ処理技術を開発することが実効性のある総合技術として不可欠である。それらによるリスク評価を踏まえながら、どのような森林管理を行うべきかを明らかにするとともに、土木的な手法の必要性についても検討できるようにしていかなければならない。また、これらの解析結果とリアルタイムに把握する山地気象予測とを連動させ災害予測を図るような技術についても開発が期待される。

(加藤 鐵夫)

3. 1. 11. 共通：情報サービス

(1) 本細目の検討範囲

全地球レベルの食糧と生物多様性の視点から、気候変動や環境・生態変化のモニタリングの重要性はますます高まると予想される。また、先進工業国の中で高齢化社会の進展が著しい我国にとっては、環境・生態系とフードシステムのバランスのとれた地域社会の再構築が急務となっている。農林水産業は、食品産業側から見ると原材料が供給される産業という位置づけであり、バイオテクノロジーは農林水産業・食品産業はもとより、新しい医療、環境、エネルギー産業の発展にも大きく貢献している。農林水産業の対象生物は代表的農作物・樹木・海藻などの植物、きのこなどの菌類、乳酸菌・微細藻類などの細菌、家畜などの動物とであり、生育環境の計測対象はマクロ・メソ・マイクロ気象、物理・化学・生物な意味での土壌・草地あるいは海洋である。さらに、農業者・林業者・水産業者のさまざまな管理行動・管理技術などを可視化するために行われる各種計測も重要になってきている。ところで、食品は農林水産業との共通性と共に、健康・医療との大きな共通性を有する。直接的な臨床診断に加え、生活習慣の中で特に食生活のチェックが必須になりつつある現在、加齢に伴う身体の機能低下や障害の発症を抑制することは早期に解決すべき重要トピックである。調理手法が確立し嗜好性が高い伝統的な食材を基本に生活様式により不足が生じやすい特定の栄養素をより多く含む品種の作出、栄養的に優れているが嗜好性で問題のある食材の品種や調理法の改良、そして不足しがちな栄養素の適切な量的摂取に結びつける楽しい食生活の指導方法の確立が求められている。

(2) 本細目のトピック

農林水産業では、ICT(センサネットワーク)を用いたさまざまなプラットフォームでのセンシング・モニタリング、衛星・UAV 等を用いたリモートセンシング、最先端の分光計測などによるキャンピーマネジメントのための近接場センシング、および植物工場・養殖工場の計測・制御技術などがあげられる。さらに計測対象は、生育環境・生態、対象生物、農林水産業現場で管理に携わる人に大別できる。本細目のトピックの特徴は、他分野で開発されつつある要素技術を組み合わせてシステムを構築し研究を行うという点である。主要要素技術としては、ICT(インターネット、データベース、無線通信技術)、X線からテラヘルツをカバーする分光技術、衛星・UAV、MEMS 技術などがあげられる。トピックを達成するためには、これらの要素技術の適用を可能にするためのデータ蓄積・データベース構築、要素技術への耐候性付与、先端センサなどの設置ノウハウの確立といった内容を包含する長期プロジェクトが必須となる。地球規模でのセンシング・モニタリングシステム構築では、国際的に通じる理念と経済性に基づく国際連携体制の構築と国際プロジェクトが不可欠である。国内での森林・海洋などの広域を対象とする場合、計測システムの構築と合わせたそれぞれの生態系の GIS ベースの数理モデル構築などが要求される。また、農林水産業の現場でのセンシング・モニタリングシステムでは、対象農作物の制御につながるシステムとサービスの設計が不可欠であろう。センシング・モニタリングに伴って、本分野でもビッグデータ解析が重要になることも予想されるが、データの持つ構造を重視するボトムアップ型でデータドリブンなデータベース設計と新たな解析手法の導入も必要となろう。食品の健康・医療につながる情報では、「健康に資する食品」と「美味しさ」に関わるトピックが重要である。食品と薬品とは本質的に役割が異なるため、食物の薬品化が進行している現状は好ましくなく、生産者に対する指導とともに科学的な栄養生理学的知見に基づいた食育の充実が求められる。我が国では嗜好性が高く健康な食文化が形成されてきたが、欧米型の食事は嗜好性が高くエネルギーを中心に栄養素摂取が生理的に過剰で、結果として活動性の低下を生じ加齢も加速することになる。高齢者のフレイルティ・サイクル(虚弱のサイクル)の予防は、健康寿命の延伸の観点から、個のリスクアセスメントに応じたソリューションのデザイン、科学的エビデンスの蓄積が必要な分野である。運動器障害や認知症のリスクを下げる身体活動と食の組合せに係わる科学的エビデンス構築等、社会実装に必要な体制及び態勢を念頭においた協働の枠組が必要である。また、「美味しさ」を人がどの様に脳内で認知し評価しているかを高分解能でモニター出来る MRI 計測システムの開発が研究現場の最大のトピックである。現状では、認知科学の知見を活

かした官能評価の高度化が確実な方法であるため、「美味しさ」に関わる言葉の定義の統一、標準となる「美味しい」食の官能評価、「美味しさ」に対応する信号を脳局所から見出す基礎研究の高度化が必要である。

(3) 今後の展望

今回提示されたICTに関係するトピックのほとんどが2025年にはプロトタイプが完成し2030頃には社会実装されると予測されている。しかし、これらのトピックが複数の要素技術で組み上げられるシステムであることを考えると、確実性を高めるためには地道な基礎実験と長期にわたる調査データの集積が必要であり、これらを効率的に解析しつつシステムの最適化を図る必要がある。さらに実用化のためには、地球規模を対象とする場合、国際連携が不可欠となる。また地域対象では、地域社会の変遷予測と持続可能性に基づく食・農・環境・経済モデル構築が大前提であろう。農林水産業現場でのセンシング・モニタリングでは対象生物の構造的・機能的モデルの整備が求められる。このように、本細目のトピックでは、短期的な研究評価は行われるべきではなく、長期的展望に立つ確実な継続的な研究が望まれる。あわせて、ICTや分光技術などの要素技術を提供する分野との継続的で緻密な連携が不可欠である。早期にトピックの具体化が求められている健康・医療と繋がりを持つ食品関連トピックの展望を示す。ビッグデータの利用が可能な現在では、個人レベルで生活様式に応じた必要栄養素の要求量の設定と食生活を含めた生活様式の把握とにより適切な栄養学的助言や高度な食のリハビリの手法確立が最も有用かつ有効な手段と考える。個のニーズに応える価値の連鎖の進化には、最適化デザインに必要な作用メカニズムの解明、ヒト試験(長期コホート、介入試験)に必要な枠組み・資金・人材育成を、中長期的な国策として後押しすると共に、社会実装においては、「日本食」の洗練された組合せ・選択肢を活かしたモデルが、地域・農林水産・食・管理栄養士・医による協創のプラットフォーム上で協創され、持続可能な地域経営に活かされることが肝要である。また、施策として個人レベルでの栄養学のさらなる発展を含め栄養生理学、運動生理学分野での有為な人材による総合的かつ抜本的な研究展開の積極的支援が求められる。食の「美味しさ」に対する期待は極めて高く有史以来の希求課題でもある。世界中の食品企業、料理人、又家庭レベルで日夜創意工夫し試行錯誤が行われているが、現状では統一的に説明できる状況ではない。「美味しさ」に関しては、食由来の要素信号の脳内処理の仕組みの解明が先決トピックであり、当面は官能評価が中心で機器分析は補完的情報としてデータベースを構築すべきである。

(亀岡 孝治)

3. 2. アンケートの回収状況

農林水産・食品・バイオテクノロジー分野についての回答者内訳は、以下のようになっている。

表 2-3-1 農林水産・食品・バイオテクノロジー分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20代	9人	職業	企業その他	125人	回答者の専門度の構成	高	12.6%
	30代	126人		学術機関	217人			
	40代	132人		公的研究機関	154人			
	50代	115人	職種	研究開発従事	390人		中	25.6%
	60代	46人		管理・運営	77人			
	70代以上	8人		その他	29人			
	無回答	60人		無回答	1人			
				合計	496人			

3. 3. 細目の設定

個別科学技術トピックを検討するにあたっては、その前提として、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野において重要な細目についての議論を行い、これに基づいて、以下の細目を設定した。

表 2-3-2 本分野の細目の概要

細目名		概要
農	高度生産	エビジェネティクス、植物ゲノム、シグナル伝達機構
	作物開発	生殖工学、環境適応
	疾病防除	病虫害抑制、感染症排除、免疫系
	バイオマス利用	バイオマス発酵、分解、バイオ燃料
	環境保全	減農薬、放射性物質モニタリング
林	高度生産	伐採技術、造成技術
	バイオマス利用	バイオマスエネルギー、人工種苗
	環境保全	害獣対策、温暖化対策、防災
水産	資源保全	資源量モニタリング、予測
	育種・生産	養殖技術
	環境保全	沿岸環境、微生物モニタリング
食品	高度生産	微生物活用
	流通・加工	ロボット、保存技術
	食品安全	トレーサビリティ、成分分析
	食品機能性	テラーメイド、食味分析
共通	情報サービス	ICT 利活用、データベース構築、リモートセンシング
	その他	地域振興、経済、需給予測

3. 4. トピックに関する設問について

3. 4. 1. トピックの特性

(1) 重要度

①重要度の高いトピック

本分野のトピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位20件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「農_作物開発」関連トピックが5件、「共通_情報サービス」及び「共通_その他」関連トピックがともに3件を占める。技術的実現時期は概ね2024年前後と予測されている。

表 2-3-3 重要度の高いトピック(上位20件)

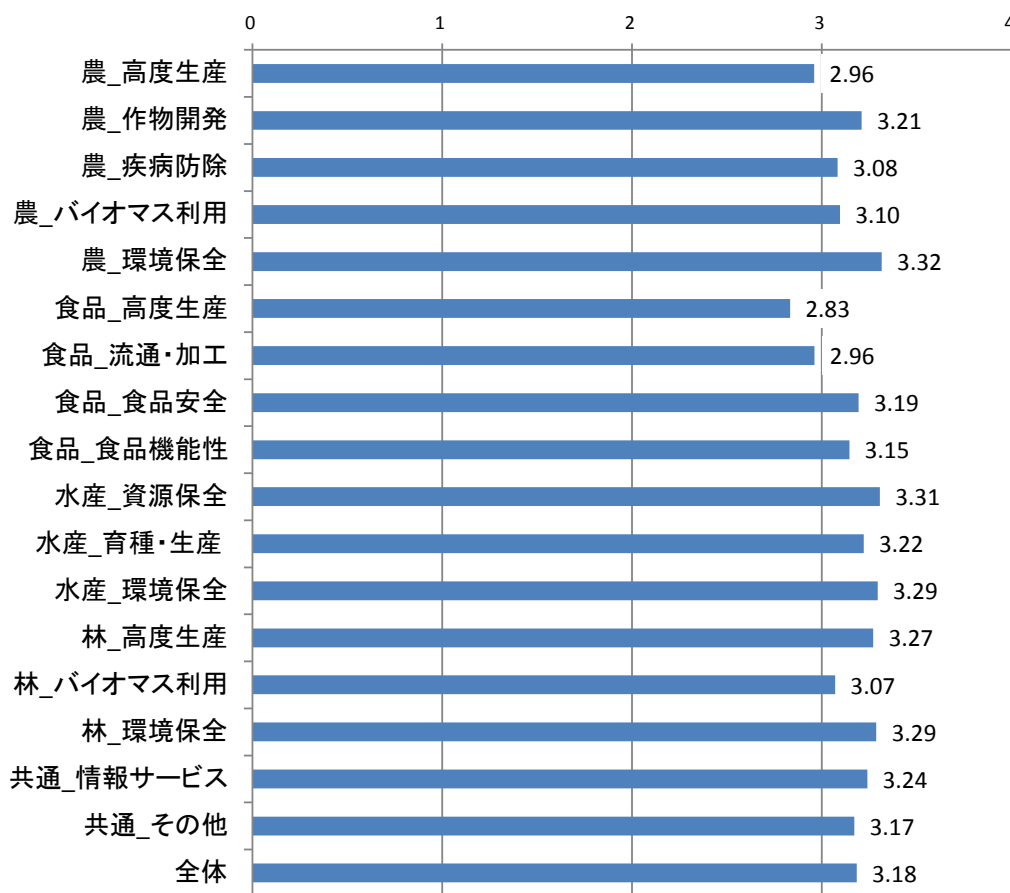
番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
66	環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術	3.70	2025	2026	水産_資源保全
70	持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術	3.69	2025	2025	水産_資源保全
84	沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術	3.69	2025	2027	水産_環境保全
17	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物	3.68	2025	2033	農_作物開発
23	地球温暖化の影響(病害虫を含む)を受けにくい作物の開発	3.67	2025	2035	農_作物開発
120	衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価	3.65	2025	2032	共通_ 情報サービス
55	遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立	3.63	2024	2025	食品_食品安全
96	熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術	3.59	2024	2027	林_環境保全
117	地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術	3.59	2025	2030	共通_ 情報サービス
46	環境中の有害化学物質や放射性物質のモニタリングと作物への移行機構の解明および安全性基準の策定	3.57	2024	2025	農_環境保全
51	物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術	3.56	2023	2025	食品_流通・加工
86	人工林が間伐期から主伐(皆伐)期になってきていることに対応し、伐採後の再生産を確保するための森林造成技術	3.55	2021	2025	林_高度生産
9	省力・低コスト栽培が可能な作物の育種(GMOを含む)	3.53	2025	2029	農_作物開発
14	人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物	3.51	2025	2029	農_作物開発
129	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発	3.50	2025	2028	共通_その他
132	出荷量と消費量のモニタリングによる食品ロスの低減	3.50	2024	2028	共通_その他
99	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	3.49	2030	2032	林_環境保全
26	ゲノム編集による優良(高品質・高収量)農産物作成技術	3.48	2025	2029	農_作物開発

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
125	遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成	3.45	2025	2030	共通_その他
116	海洋調査・モニタリング・漁業調査結果のリアルタイム統合と社会への配信システム	3.44	2024	2025	共通_情報サービス

②細目別のトピックの重要度

細目別の平均でみた場合、「農_環境保全」が 3.32 と最も高く、次いで「水産_資源保全」が 3.31、「水産_環境保全」及び「林_環境保全」がともに 3.29 などとなっている。

図 2-3-1 トピックの重要度(細目別:指数)



③重要度の低いトピック

本分野のトピックのうち、重要度が低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。

表 2-3-4 重要度の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
128	過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保	2.61	2025	2029	共通_その他

番号	トピック	重要度	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
7	抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術	2.60	2025	2030	農_高度生産
49	飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械	2.60	2021	2024	食品_流通・加工
127	森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法	2.60	2024	2027	共通_その他
48	食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術	2.44	2020	2020	食品_流通・加工

(2)国際競争力

①国際競争力の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における国際競争力が高いと評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。細目別では、「水産_育種・生産」関連トピックが6件、「共通_情報サービス」の関連トピックが4件などとなっている。技術的実現時期は平均して 2023 年頃となっている。

表 2-3-5 国際競争力の高いトピック(上位 20 件)

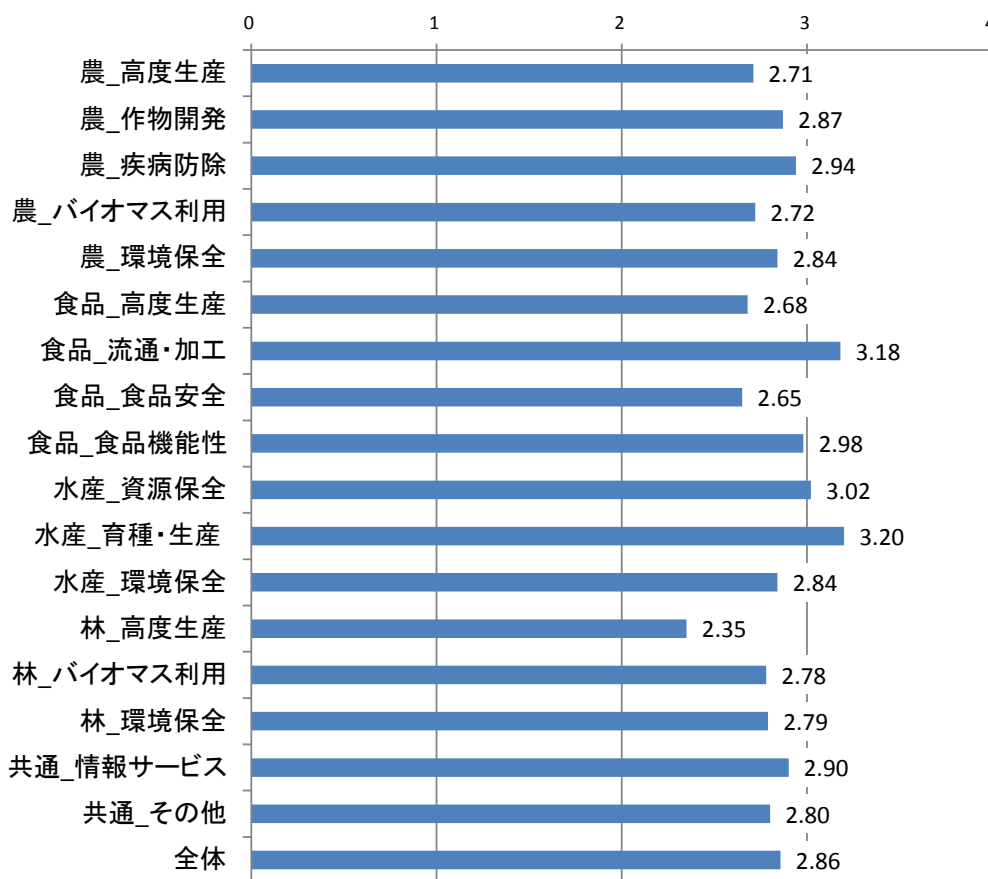
番号	トピック	国際 競争力	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
71	ウナギ人工種苗を大量培養し、成育させ、出荷する生産システム技術	3.52	2023	2025	水産_育種・生産
72	発生工学的技術を利用した、優良形質導入による水産生物(サケ・マス類、ティラピア、トラフグなど)の作出	3.33	2020	2025	水産_育種・生産
51	物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術	3.32	2023	2025	食品_流通・加工
124	農作業を完全自動化するロボット技術	3.32	2021	2028	共通_その他
105	個人の健康診断及び嗜好などのデータに基づいて食事メニュー(必要素材及び調理法を含む)を提案するシステム	3.30	2020	2025	共通_情報サービス
48	食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術	3.29	2020	2020	食品_流通・加工
33	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発	3.28	2025	2030	農_作物開発
120	衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価	3.21	2025	2032	共通_情報サービス
50	食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)混入検出のための識別技術	3.20	2020	2022	食品_流通・加工
101	X線からテラヘルツにいたる広帯域超小型光デバイスとICTを用いた農作物のハイスループット(高速大量処理)表現型計測システム	3.20	2025	2028	共通_情報サービス
74	魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術	3.20	2021	2025	水産_育種・生産
73	生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる陸上循環養殖などの養殖工場の開発	3.20	2023	2025	水産_育種・生産
65	沿岸域の環境(離島を含む)に適した海草・海藻資源の持続的利用データベース構築	3.17	2023	2025	水産_資源保全
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	3.14	2020	2025	水産_育種・生産
67	計量魚群探知システム(魚種判別・サイズ測定)の高精度化による多種一括資源量評価技術	3.14	2025	2030	水産_資源保全

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
19	植物における生長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明	3.14	2025	2030	農_作物開発
117	地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術	3.13	2025	2030	共通_情報サービス
121	アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造物の点検・診断技術など)	3.10	2021	2026	共通_その他
76	完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進	3.10	2025	2030	水産_育種・生産
58	アレルゲン計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術	3.10	2022	2025	食品_食品機能性

②細目別のトピックの国際競争力

細目別の平均でみた場合、「水産_育種・生産」が 3.20 と最も高く、次いで「食品_流通・加工」が 3.18 などとなっている。

図 2-3-2 トピックの国際競争力(細目別:指数)



③国際競争力の低いトピック

本分野のトピックのうち、「国際競争力」が低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「林_高度生産」関連トピックが 3 件含まれる。

表 2-3-6 国際競争力の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	国際競争力	技術的実現時期	社会実装時期	細目
87	人口減少の中で労働力の確保等を図っていくため、林業(木材生産・森林整備・森林管理)を重筋労働から解放する技術	2.29	2025	2025	林_高度生産
86	人工林が間伐期から主伐(皆伐)期になってきていることに対応し、伐採後の再生産を確保するための森林造成技術	2.26	2021	2025	林_高度生産
95	野生獣類による獣害を防ぎ、その食肉利用を図りつつ個体数管理するための効果的な捕獲・流通技術	2.25	2025	2025	林_環境保全
54	食中毒を引き起こす海洋生物毒生産機構の遺伝情報に基づく解析技術	2.22	2022	2026	食品_食品安全
85	政策目標の木材自給率 50%を達成するための大径材の伐採・搬出・加工の新技术	2.18	2020	2025	林_高度生産

(3) 不確実性

① 不確実性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発における失敗の許容、複数手法の検討等が必要となる不確実性が高いと評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。

細目別では、「農_作物開発」及び「共通_情報サービス」の関連トピックがともに 5 件で最も多かった。技術的実現時期は 2025 年前後と予測するトピックが多い。

表 2-3-7 不確実性の高いトピック(上位 20 件)

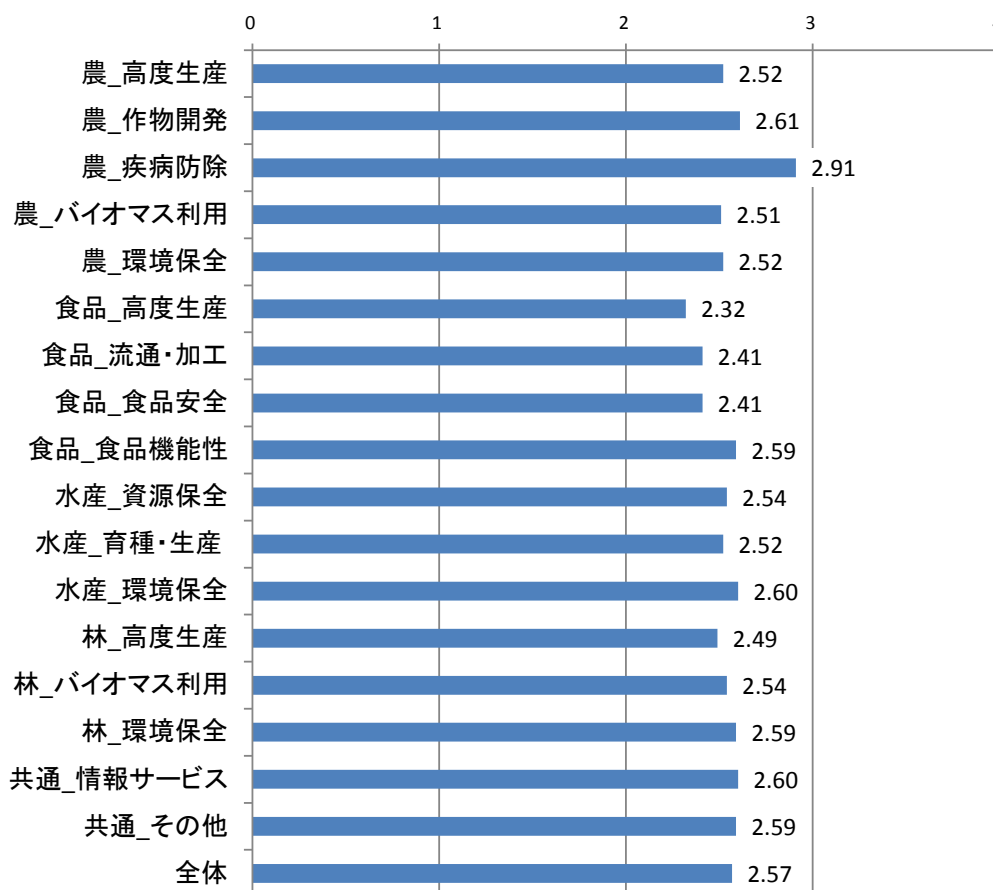
番号	トピック	不確実性	技術的実現時期	社会実装時期	細目
37	農業生態系を活用した病害虫発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系	3.14	2025	2030	農_疾病防除
16	遺伝子組換えによる C4 光合成イネ、窒素固定イネの開発	3.05	2027	2035	農_作物開発
120	衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価	3.00	2025	2032	共通_情報サービス
51	物流において生鮮食料品を 1 週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術	3.00	2023	2025	食品_流通・加工
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	3.00	2020	2025	水産_育種・生産
91	高能率(超臨界水分解を用いて 1 分程度)かつ大量(1 か月あたり 1 トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術	3.00	2025	2025	林_バイオマス利用
29	植物において任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする分子制御技術	2.97	2029	2030	農_作物開発
66	環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術	2.96	2025	2026	水産_資源保全
17	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物	2.93	2025	2033	農_作物開発
117	地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術	2.93	2025	2030	共通_情報サービス

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
114	地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	2.93	2025	2025	共通_ 情報サービス
30	家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のためのシステムの作出	2.92	2027	2035	農_作物開発
22	乾物で50t/ha/年を越えるバイオマス生産作物	2.91	2025	2030	農_作物開発
119	深海情報通信ネットワークの構築	2.89	2025	2030	共通_ 情報サービス
84	沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術	2.87	2025	2027	水産_環境保全
34	カンキツ・リンゴなどの高品質果実の完全無農薬生産システム	2.86	2028	2030	農_疾病防除
108	土壌・堆肥・有機肥料の微生物群集の活用データベースに基づく中長期予測システムの創出	2.86	2027	2030	共通_ 情報サービス
99	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	2.85	2030	2032	林_環境保全
36	人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術	2.85	2025	2027	農_疾病防除
7	抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術	2.84	2025	2030	農_高度生産

②細目別のトピックの不確実性

細目別の平均でみた場合、「農_疾病防除」が2.91と最も高く、次いで「農_作物開発」が2.61などとなっている。

図 2-3-3 トピックの不確実性(細目別:指数)



③不確実性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「不確実性」は低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「食品_流通・加工」のトピックが 2 件占める。

表 2-3-8 不確実性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	不確実性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
97	世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握	2.09	2025	2025	林_環境保全
64	養殖対象品種および主要漁業対象種の生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存	2.07	2020	2025	水産_資源保全
48	食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術	2.07	2020	2020	食品_流通・加工
49	飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械	2.00	2021	2024	食品_流通・加工
78	生分解性の素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化	1.88	2023	2022	水産_環境保全

(4)非連続性

①非連続性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発の成果が現在の延長ではなく、市場破壊的・革新的と評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。細目別では、「農_作物開発」関連トピックが 11 件を占める。技術的実現時期は 2024 年前後と予測されているトピックが多い。

表 2-3-9 非連続性の高いトピック(上位 20 件)

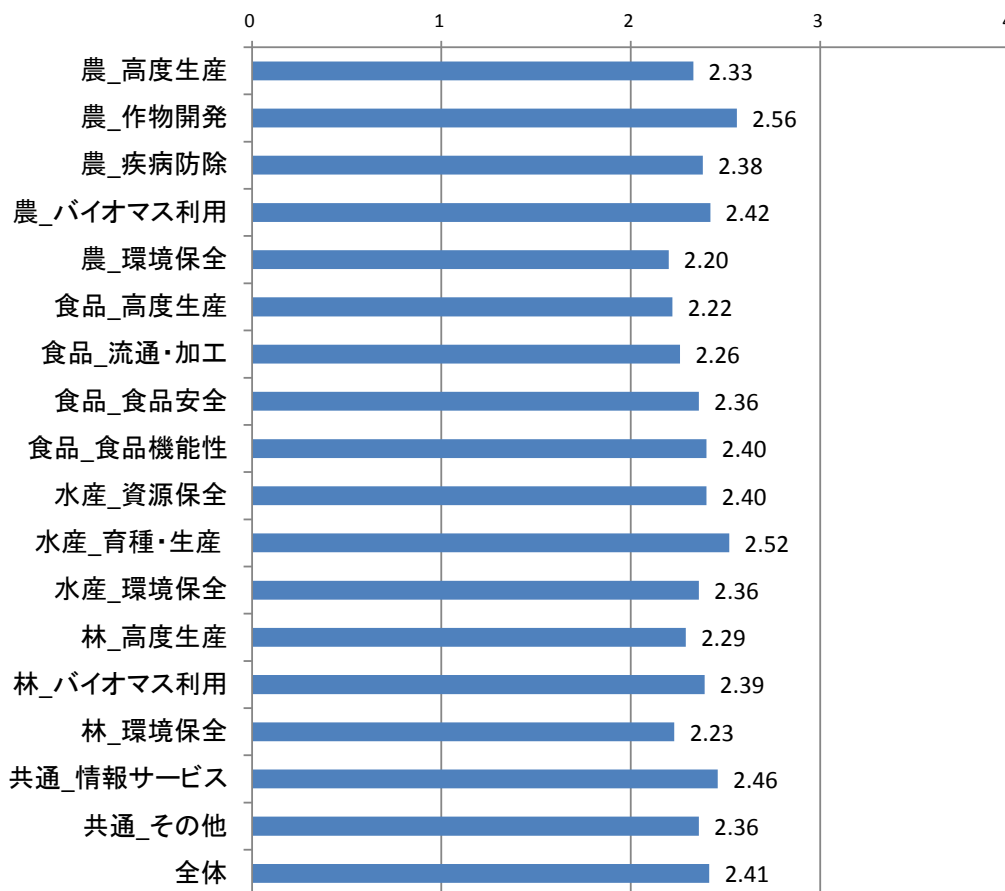
番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
10	特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術	3.09	2025	2030	農_作物開発
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	3.00	2020	2025	水産_育種・生産
16	遺伝子組換えによる C4 光合成イネ、窒素固定イネの開発	2.90	2027	2035	農_作物開発
119	深海情報通信ネットワークの構築	2.89	2025	2030	共通_ 情報サービス
29	植物において任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする分子制御技術	2.86	2029	2030	農_作物開発
80	微小海洋生物(微生物・プランクトン等)の識別が可能な 3次元画像解析システム	2.83	2020	2025	水産_環境保全
51	物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術	2.83	2023	2025	食品_流通・加工
17	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物	2.75	2025	2033	農_作物開発
22	乾物で 50t/ha/年を越えるバイオマス生産作物	2.75	2025	2030	農_作物開発
7	抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術	2.74	2025	2030	農_高度生産
26	ゲノム編集による優良(高品質・高収量)農産物作成技術	2.74	2025	2029	農_作物開発
14	人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物	2.71	2025	2029	農_作物開発
21	植物ゲノム技術による、空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を持つ植物	2.71	2025	2030	農_作物開発
15	食糧増産や環境保全のために、光合成機能を向上させる技術	2.70	2025	2030	農_作物開発
31	作物の雑種強勢と近交弱勢の分子遺伝学的解明	2.67	2025	2030	農_作物開発
43	バイオマス資源作物の熟利用に向けた高リグニン含量品種の開発	2.67	2025	2030	農_ バイオマス利用
107	植物の共生微生物や自然免疫系の活用による農作物の品質管理技術データベースの構築	2.67	2026	2026	共通_ 情報サービス
71	ウナギ人工種苗を大量培養し、成育させ、出荷する生産システム技術	2.67	2023	2025	水産_育種・生産
25	品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定	2.65	2025	2030	農_作物開発

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
114	地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	2.64	2025	2025	共通_情報サービス

②細目別のトピックの非連続性

細目別の平均でみた場合、「農_作物開発」が 2.56 と最も高く、次いで「水産_育種・生産」が 2.52 などとなった。

図 2-3-4 トピックの非連続性(細目別:指数)



③非連続性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「非連続性」が低いと評価されたトピック(下位 5 件まで)は、以下のとおりである。「食品_流通・加工」の関連が 2 件含まれる。

表 2-3-10 非連続性の低いトピック(下位 5 件)

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
97	世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握	2.07	2025	2025	林_環境保全

番号	トピック	非連続性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
49	飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械	2.07	2021	2024	食品_流通・加工
35	超音波や振動などによる昆虫の行動制御技術	2.06	2025	2030	農_疾病防除
48	食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術	2.06	2020	2020	食品_流通・加工
86	人工林が間伐期から主伐(皆伐)期になってきていることに対応し、伐採後の再生産を確保するための森林造成技術	2.04	2021	2025	林_高度生産
78	生分解性の素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化	1.82	2023	2022	水産_環境保全

(5) 倫理性

① 倫理性の高いトピック

本分野のトピックのうち、研究開発において倫理性の考慮や社会受容の考慮が必要と評価されたトピック(上位 20 件まで)は、以下のとおりである。細目別では、「農_作物開発」関連トピックが 8 件、「水産_育種・生産」の関連トピックが 3 件を占める。技術的実現時期は平均して 2023～2024 年頃となっている。

表 2-3-11 倫理性の高いトピック(上位 20 件)

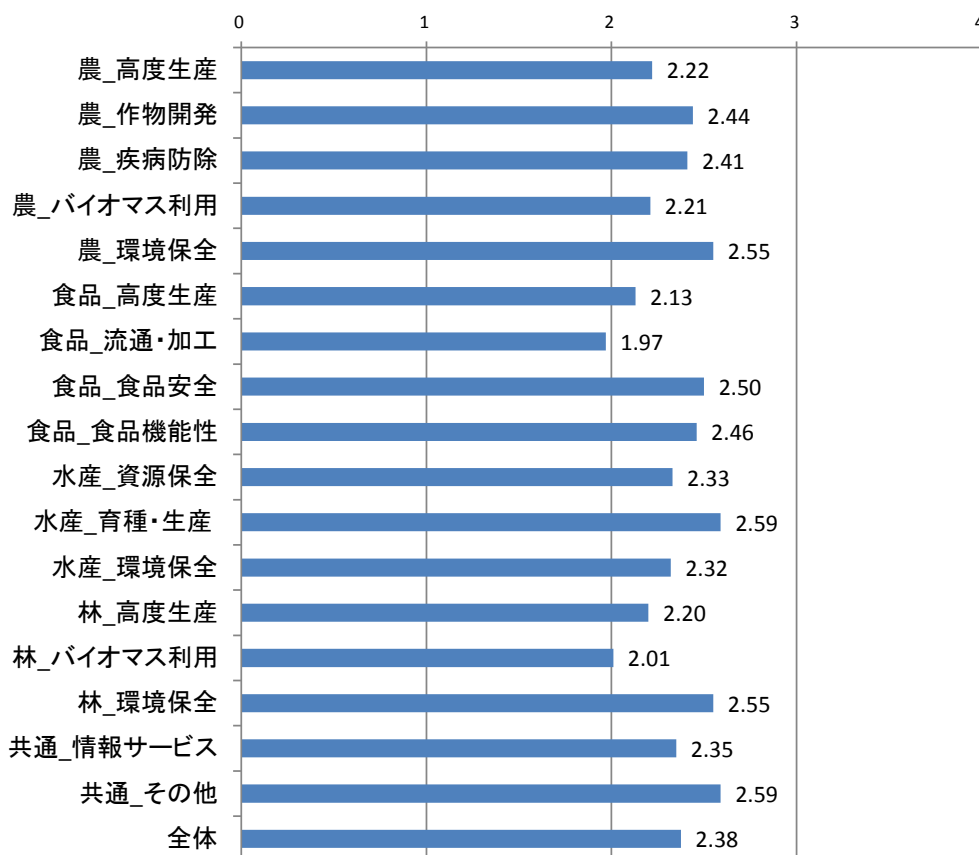
番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
14	人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物	3.33	2025	2029	農_作物開発
125	遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成	3.30	2025	2030	共通_その他
33	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発	3.24	2025	2030	農_作物開発
28	作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術	3.18	2025	2030	農_作物開発
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	3.13	2020	2025	水産_育種・生産
7	抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術	3.10	2025	2030	農_高度生産
55	遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立	3.08	2024	2025	食品_食品安全
123	アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術	3.08	2020	2025	共通_その他
114	地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が 6 次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	3.07	2025	2025	共通_情報サービス
9	省力・低コスト栽培が可能な作物の育種(GMOを含む)	2.95	2025	2029	農_作物開発
105	個人の健康診断及び嗜好などのデータに基づいて食事メニュー(必要素材及び調理法を含む)を提案するシステム	2.93	2020	2025	共通_情報サービス

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
72	発生工学的技術を利用した、優良形質導入による水産生物(サケ・マス類、ティラピア、トラフグなど)の作出	2.90	2020	2025	水産_育種・生産
16	遺伝子組換えによるC4光合成イネ、窒素固定イネの開発	2.87	2027	2035	農_作物開発
95	野生獣類による獣害を防ぎ、その食肉利用を図りつつ個体数管理するための効果的な捕獲・流通技術	2.83	2025	2025	林_環境保全
32	配偶子や生殖細胞でのゲノム情報を用いた選抜による家畜育種	2.82	2020	2023	農_作物開発
26	ゲノム編集による優良(高品質・高収量)農産物作成技術	2.80	2025	2029	農_作物開発
76	完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進	2.80	2025	2030	水産_育種・生産
36	人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術	2.76	2025	2027	農_疾病防除
84	沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術	2.75	2025	2027	水産_環境保全
10	特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術	2.75	2025	2030	農_作物開発

②細目別のトピックの倫理性

細目別の平均でみた場合、「水産_育種・生産」及び「共通_その他」がともに2.59と最も高くなっている。

図 2-3-5 トピックの倫理性(細目別:指数)



③倫理性の低いトピック

本分野のトピックのうち、「倫理性」があまり問われないと評価されたトピック(下位5件まで)は、以下のとおりである。「農_作物開発」関連の2件が含まれる。

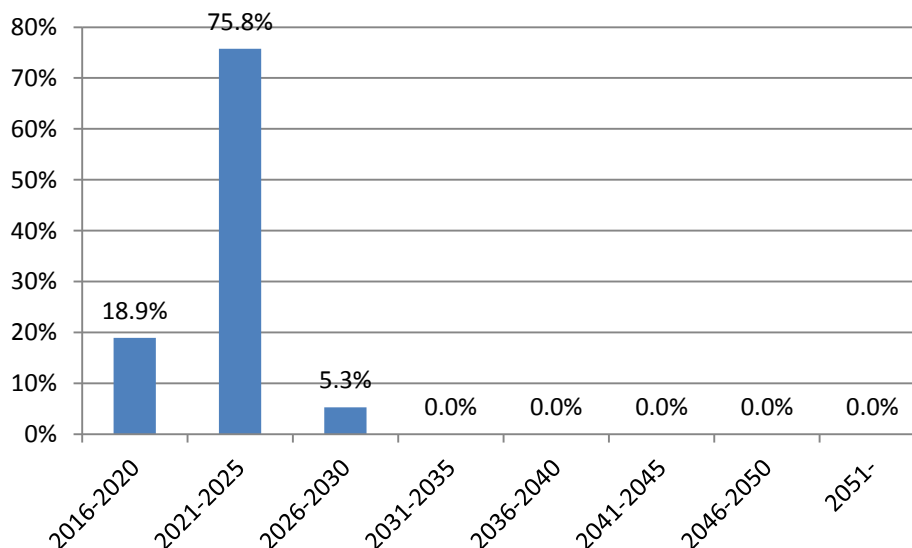
表 2-3-12 倫理性の低いトピック(下位5件)

番号	トピック	倫理性	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
94	竹の特性を生かしたバイオリファイナリーによる高度有効利用(繊維素材・建材等)技術	1.88	2021	2025	林_バイオマス利用
5	地下水位制御システム、多様な作物の輪作技術及び ICT の統合による高生産性水田農業	1.79	2020	2025	農_高度生産
25	品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定	1.78	2025	2030	農_作物開発
48	食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術	1.75	2020	2020	食品_流通・加工
27	作物の農業形質に影響を与える自然変異・突然変異のアトラス開発	1.69	2025	2030	農_作物開発

3. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通り、2021～2025年がピークとなっている。

図 2-3-6 技術的実現予測時期の分布



技術的実現予測時期別のトピック数は、以下のとおりである。「食品_食品安全」や「共通_情報サービス」関連のトピックは、他の細目に比べてやや早い時期の技術的実現を予測されているトピックがやや目立つ。逆に「農_作物開発」関連のトピックは、技術的実現予測時期が遅いものが多少ある。

表 2-3-13 技術的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
農_高度生産	1	7						
農_作物開発	2	20	3					
農_疾病防除		3	1					
農_バイオマス利用	2	4						
農_環境保全		3						
食品_高度生産		1						
食品_流通・加工	2	2						
食品_食品安全	4	2						
食品_食品機能性		6						
水産_資源保全	2	5						
水産_育種・生産	2	5						
水産_環境保全	1	6						
林_高度生産	1	3						
林_バイオマス利用	2	4						
林_環境保全		4	1					
共通_情報サービス	4	15	2					
共通_その他	2	10						
全体	25	100	7					

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答が多いトピック(上位5件)は以下の通りである。「共通_情報サービス」、「農_疾病防除」、「農_作物開発」、「共通_その他」の各細目の関連が2件ずつとなっている。

表 2-3-14 「実現しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実現しない (%)	技術的実現時期	細目
128	過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保	2.61	33.3	2025	共通_その他
124	農作業を完全自動化するロボット技術	2.91	27.3	2021	共通_その他
112	「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化	2.79	26.7	2025	共通_情報サービス
98	日本におけるマツガレ病の完全制圧	3.17	24.5	2025	林_環境保全
34	カンキツ・リンゴなどの高品質果実の完全無農薬生産システム	2.73	22.7	2028	農_疾病防除

表 2-3-15 「わからない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	わからない (%)	技術的実現時期	細目
114	地域資源を活用したスマートビレッジ(例: 自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	3.29	50.0	2025	共通_情報サービス
30	家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出	2.93	46.7	2027	農_作物開発
32	配偶子や生殖細胞でのゲノム情報を用いた選抜による家畜育種	3.00	35.3	2020	農_作物開発
35	超音波や振動などによる昆虫の行動制御技術	3.06	35.3	2025	農_疾病防除
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	3.11	33.3	2020	水産_育種・生産
74	魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術	3.20	33.3	2021	水産_育種・生産

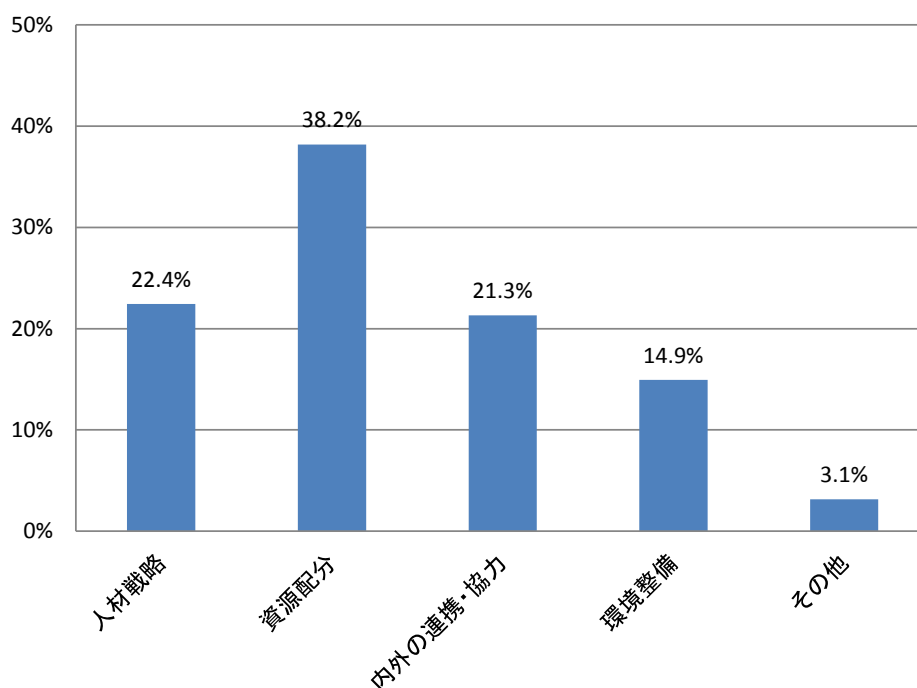
3. 4. 3. 技術的実現に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

技術的実現に向けた重点施策の回答結果は以下の図の通りである。

技術的実現に向けた重点施策のうち、最も回答が多かったのは、「資源配分」(38.2%)であり、次いで「人材戦略」(22.4%)、「内外の連携・協力」(21.3%)と続いている。

図 2-3-7 技術的実現に向けた重点施策(%)

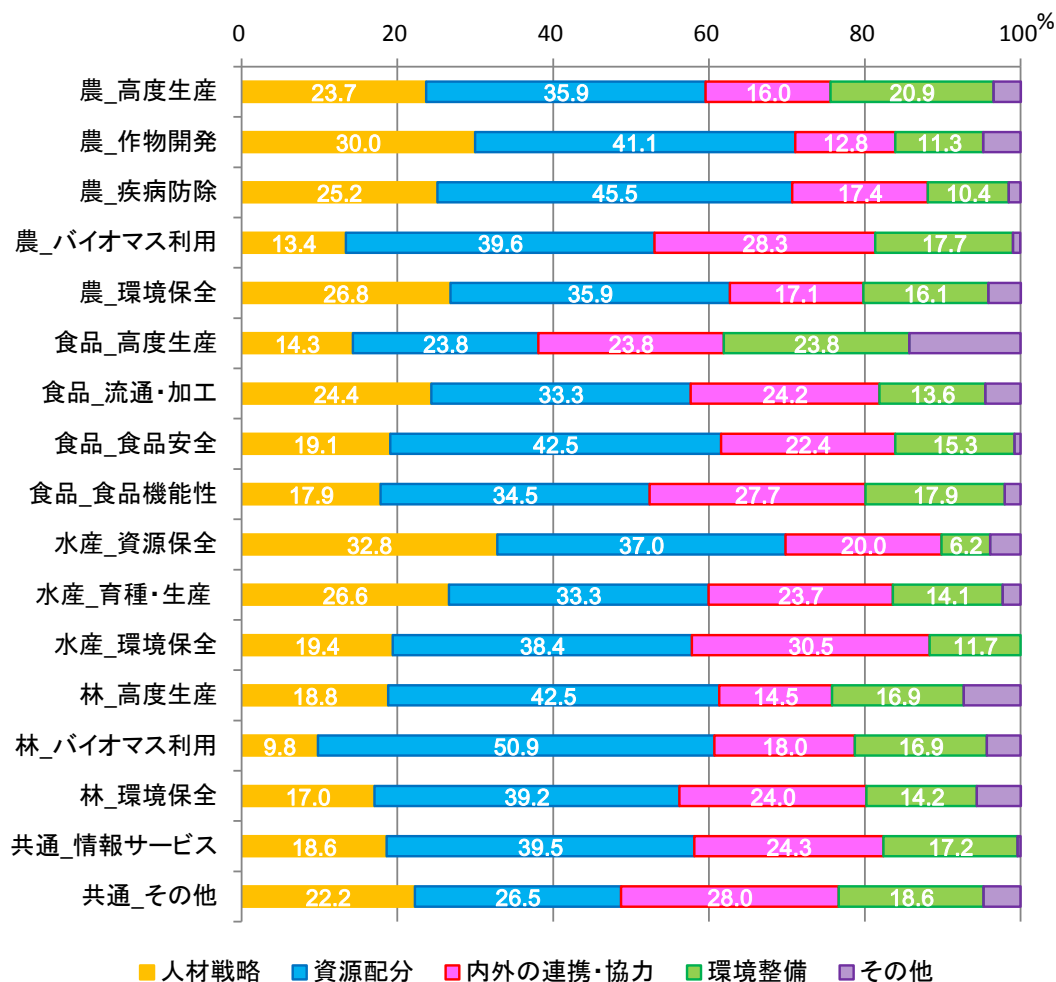


(2) 細目別の傾向

細目別では、「水産_資源保全」、「農_作物開発」で、トピックの技術的実現に向けた重要施策として 30%以上の回答者が「人材戦略」と回答している。

また、「林_バイオマス利用」、「農_疾病防除」などのトピックでは、重点施策として「資源配分」とする回答が比較的高くそれぞれ 50.9%、45.5%が挙げている。

図 2-3-8 技術的実現に向けた重点施策(細目別)(%)



①人材戦略

技術的実現に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-3-16 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	50.0	2020	2025	水産_育種・生産
66	環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術	46.2	2025	2026	水産_資源保全

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
10	特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術	43.5	2025	2030	農_作物開発
79	漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術	41.7	2025	2026	水産_環境保全
25	品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定	40.0	2025	2030	農_作物開発
93	未利用バイオマスや廃棄物を用いる合成燃料製造の高効率システム	6.7	2023	2025	林_ バイオマス利用
33	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発	5.6	2025	2030	農_作物開発
55	遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立	4.3	2024	2025	食品_食品安全
91	高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり 1 トン程度)にリグニンをバニリンとシリンガアルデヒドに分解する技術	4.0	2025	2025	林_ バイオマス利用
90	土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で 50 年程度の長期使用可能な高耐久木材の開発	4.0	2020	2025	林_ バイオマス利用

②資源配分

技術的実現に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は以下のとおりである。

表 2-3-17 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
93	未利用バイオマスや廃棄物を用いる合成燃料製造の高効率システム	63.3	2023	2025	林_ バイオマス利用
97	世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握	57.1	2025	2025	林_環境保全
64	養殖対象品種および主要漁業対象種の生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存	57.1	2020	2025	水産_資源保全
80	微小海洋生物(微生物・プランクトン等)の識別が可能な 3次元画像解析システム	56.2	2020	2025	水産_環境保全
91	高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり 1 トン程度)にリグニンをバニリンとシリンガアルデヒドに分解する技術	56.0	2025	2025	林_ バイオマス利用
130	マーケット・イン型の持続可能な農業の 6 次産業化ビジネスモデルの構築と実証	14.3	2020	2025	共通_その他
132	出荷量と消費量のモニタリングによる食品ロスの低減	13.3	2024	2028	共通_その他
126	都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を軽減する循環型地域社会	12.5	2025	2032	共通_その他
129	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発	6.7	2025	2028	共通_その他
125	遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成	3.4	2025	2030	共通_その他

③内外の連携・協力

技術的実現に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-3-18 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
82	水棲バイオマスプラントリーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム	54.5	2025	2025	水産_環境保全
129	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発	53.3	2025	2028	共通_その他
76	完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進	45.5	2025	2030	水産_育種・生産
126	都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を軽減する循環型地域社会	43.8	2025	2032	共通_その他
58	アレルギー計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術	37.5	2022	2025	食品_食品機能性
27	作物の農業形質に影響を与える自然変異・突然変異のアトラス開発	3.6	2025	2030	農_作物開発
29	植物において任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする分子制御技術	2.9	2029	2030	農_作物開発
31	作物の雑種強勢と近交弱勢の分子遺伝学的解明	2.2	2025	2030	農_作物開発
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	0.0	2020	2025	水産_育種・生産
131	植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術	0.0	2022	2030	共通_その他

④環境整備

技術的実現に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-3-19 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
56	食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム	40.0	2020	2020	食品_食品安全
41	メタン発酵消化液の濃縮等による成分安定肥料生産技術を利用した耕畜連携生産システム	33.3	2022	2025	農_バイオマス利用
33	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発	33.3	2025	2030	農_作物開発
120	衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価	33.3	2025	2032	共通_情報サービス
2	地球温暖化を利用して、日本で熱帯・亜熱帯果樹の経済栽培が可能になるような栽培・流通技術	32.1	2025	2030	農_高度生産
97	世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握	2.4	2025	2025	林_環境保全

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
69	魚類や海産哺乳類の非侵襲音響調査技術及び音声認識データベースの構築	0.0	2022	2025	水産_資源保全
54	食中毒を引き起こす海洋生物毒生産機構の遺伝情報に基づく解析技術	0.0	2022	2026	食品_食品安全
82	水棲バイオマスプラントーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム	0.0	2025	2025	水産_環境保全
68	超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング	0.0	2020	2022	水産_資源保全

⑤その他

技術的実現に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位5件)は、以下のとおりである。

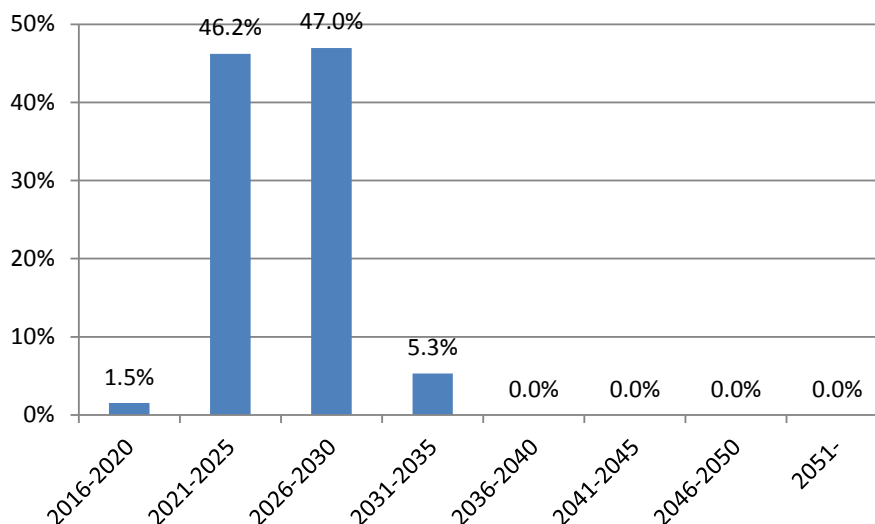
表 2-3-20 「その他」とする割合の高いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
30	家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出	16.7	2027	2035	農_作物開発
47	酵母・糸状菌等の従属栄養微生物による食用・燃料用油脂の生産技術	14.3	2022	2028	食品_高度生産
127	森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法	14.3	2024	2027	共通_その他
32	配偶子や生殖細胞でのゲノム情報を用いた選抜による家畜育種	14.3	2020	2023	農_作物開発
45	同一品種栽培での生物多様性維持を可能にする技術	12.5	2025	2027	農_環境保全

3. 4. 4. 社会実装時期

社会実装予測時期の分布は、以下のとおりである。社会実装時期は2026～2030年が47.0%、2021～2025年が46.2%に達している。

図 2-3-9 社会実装時期の分布



社会実装予測時期別のトピック数は、以下のとおりである。「農_作物開発」の細目のトピックは、比較的社会的実装予測時期の遅いものが目立っている。

表 2-3-21 社会実装予測時期別のトピック数(細目別)

細目	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
農_高度生産		4	4					
農_作物開発		3	18	4				
農_疾病防除			4					
農_バイオマス利用		4	2					
農_環境保全		2	1					
食品_高度生産			1					
食品_流通・加工	1	3						
食品_食品安全	1	4	1					
食品_食品機能性		5	1					
水産_資源保全		5	2					
水産_育種・生産		6	1					
水産_環境保全		4	3					
林_高度生産		3	1					
林_バイオマス利用		6						
林_環境保全		2	2	1				
共通_情報サービス		8	12	1				
共通_その他		2	9	1				
全体	2	61	62	7				

ここでは、実現時期のほかに「実装しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かったトピック(上位5件)は、以下のとおりである。

「過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保」が「実装しない」との回答比率が38.9%と比較的高く、また、「家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出」や「深海

情報通信ネットワークの構築」などのトピックが、社会実装について「わからない」との回答比率がやや高くなっている。

表 2-3-22 「実装しない」の回答が多いトピック

番号	トピック	重要度	実装しない (%)	社会実装時期	細目
128	過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保	2.61	38.9	2029	共通_その他
112	「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化	2.79	33.3	2030	共通_情報サービス
16	遺伝子組換えによる C4 光合成イネ、窒素固定イネの開発	2.97	29.7	2035	農_作物開発
126	都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を軽減する循環型地域社会	3.12	29.4	2032	共通_その他
34	カンキツ・リンゴなどの高品質果実の完全無農薬生産システム	2.73	27.3	2030	農_疾病防除
124	農作業を完全自動化するロボット技術	2.91	27.3	2028	共通_その他

表 2-3-23 「わからない」の回答が多いトピック

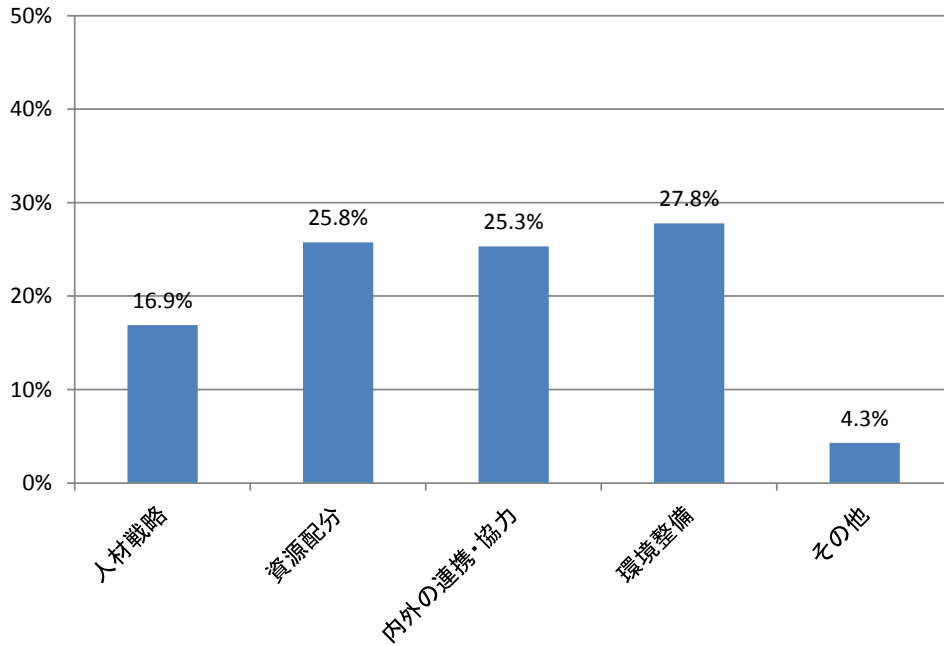
番号	トピック	重要度	わからない (%)	社会実装時期	細目
30	家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出	2.93	46.7	2035	農_作物開発
119	深海情報通信ネットワークの構築	3.11	44.4	2030	共通_情報サービス
114	地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	3.29	42.9	2025	共通_情報サービス
35	超音波や振動などによる昆虫の行動制御技術	3.06	41.2	2030	農_疾病防除
7	抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術	2.60	40.6	2030	農_高度生産

3. 4. 5. 社会実装に向けた重点施策

(1) 分野全般の傾向

社会実装に向けた重点施策としては、最も回答が多いのは「環境整備」(27.8%)で、「資源配分戦略」、「内外の連携・協力」に近い割合で続いている。

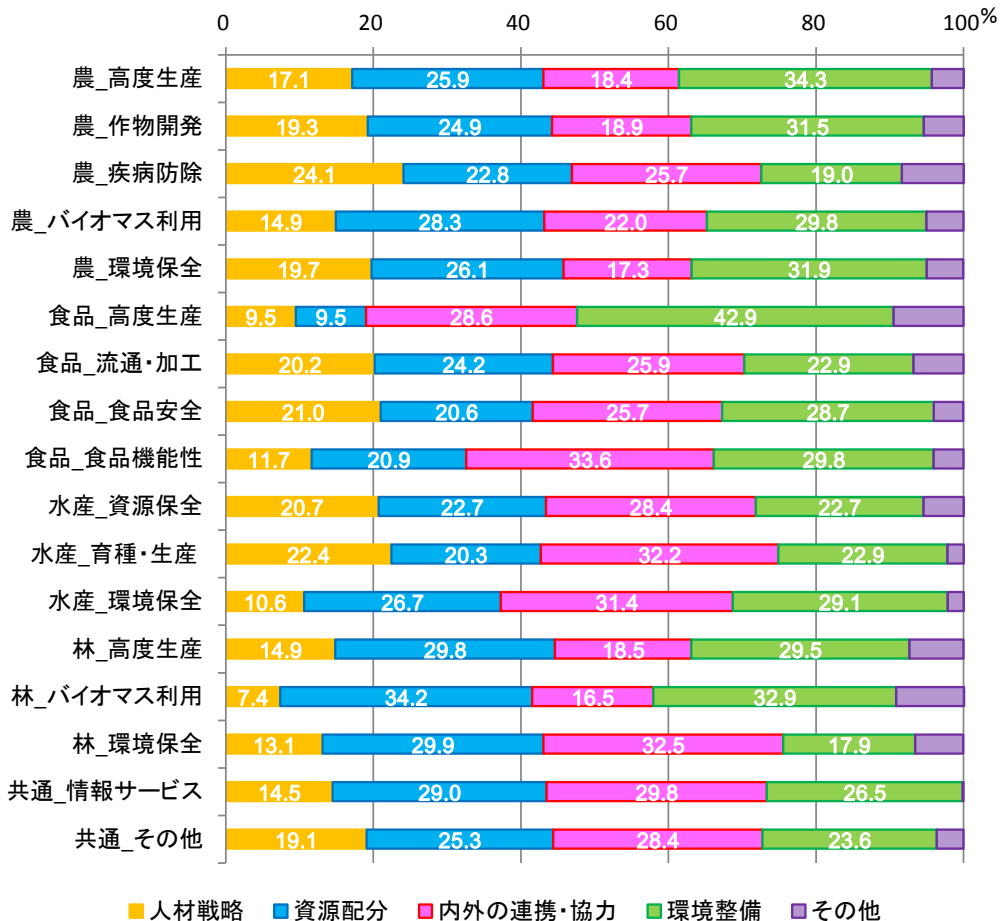
図 2-3-10 社会実装に向けた重点施策



(2) 細目別の傾向

細目別では、「林_バイオマス利用」は社会実装に向けて、「資源配分戦略」が必要との回答が 34.2%と比較的多い。また、「農_疾病防除」は「人材戦略」、「食品_食品機能性」では「内外の連携・協力」、「食品_高度生産」では「環境整備」との回答が比較的多くなっている。

図 2-3-11 社会実装を牽引する重点施策(細目別) (%)



①人材戦略

社会実装に向けた重点施策として、「人材戦略」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-3-24 「人材戦略」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	人材戦略 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
53	食品における複数の危害因子の相互作用がもたらす毒性評価	43.8	2020	2023	食品_食品安全
69	魚類や海産哺乳類の非侵襲音響調査技術及び音声認識データベースの構築	41.7	2022	2025	水産_資源保全
74	魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術	41.7	2021	2025	水産_育種・生産
37	農業生態系を活用した病害虫発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系	35.0	2025	2030	農_疾病防除
25	品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定	33.3	2025	2030	農_作物開発
123	アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術	33.3	2020	2025	共通_その他
54	食中毒を引き起こす海洋生物毒生産機構の遺伝情報に基づく解析技術	33.3	2022	2026	食品_食品安全
55	遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立	4.3	2024	2025	食品_食品安全
115	果実の品質(成分・物性・熟度)を現場でリアルタイムに定量分析するシステム	4.3	2020	2025	共通_情報サービス
91	高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり 1 トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術	4.2	2025	2025	林_バイオマス利用
113	紙などに記録されたレガシーデータのデジタル化による農業ビッグデータ基盤構築	4.2	2022	2027	共通_情報サービス
90	土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で 50 年程度の長期使用可能な高耐久木材の開発	4.0	2020	2025	林_バイオマス利用
120	衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価	0.0	2025	2032	共通_情報サービス

②資源配分

社会実装に向けた重点施策として、「資源配分」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-3-25 「資源配分」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
124	農作業を完全自動化するロボット技術	50.0	2021	2028	共通_その他
113	紙などに記録されたレガシーデータのデジタル化による農業ビッグデータ基盤構築	50.0	2022	2027	共通_情報サービス
99	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	44.2	2030	2032	林_環境保全

番号	トピック	資源配分 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
128	過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保	43.8	2025	2029	共通_その他
68	超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング	42.1	2020	2022	水産_資源保全
70	持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術	7.4	2025	2025	水産_資源保全
130	マーケット・イン型の持続可能な農業の6次産業化ビジネスモデルの構築と実証	6.7	2020	2025	共通_その他
116	海洋調査・モニタリング・漁業調査結果のリアルタイム統合と社会への配信システム	6.7	2024	2025	共通_情報サービス
125	遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成	3.3	2025	2030	共通_その他
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	0.0	2020	2025	水産_育種・生産

③内外の連携・協力

社会実装に向けた重点施策として、「内外の連携・協力」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-3-26 「内外の連携・協力」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	連携・協力 (%)	技術的実現時期	社会実装時期	細目
129	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発	56.2	2025	2028	共通_その他
76	完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進	50.0	2025	2030	水産_育種・生産
65	沿岸域の環境(離島を含む)に適した海草・海藻資源の持続的利用データベース構築	50.0	2023	2025	水産_資源保全
112	「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化	50.0	2025	2030	共通_情報サービス
96	熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術	46.9	2024	2027	林_環境保全
92	未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電	9.8	2024	2025	林_バイオマス利用
131	植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術	9.5	2022	2030	共通_その他
28	作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術	9.1	2025	2030	農_作物開発
91	高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり 1 トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術	8.3	2025	2025	林_バイオマス利用
123	アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術	8.3	2020	2025	共通_その他

④環境整備

社会実装に向けた重点施策として、「環境整備」とする割合の高いトピック(上位 5 件)と割合の低いトピック

(下位 5 件)は、以下のとおりである。

表 2-3-27 「環境整備」とする割合の高いトピックと低いトピック

番号	トピック	環境整備 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	66.7	2020	2025	水産_育種・生産
28	作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術	61.4	2025	2030	農_作物開発
7	抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術	53.3	2025	2030	農_高度生産
14	人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物	50.6	2025	2029	農_作物開発
132	出荷量と消費量のモニタリングによる食品ロスの低減	50.0	2024	2028	共通_その他
75	環境負荷低減を含めた植物素材による魚類養殖	10.0	2022	2024	水産_育種・生産
129	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発	6.2	2025	2028	共通_その他
37	農業生態系を活用した病害虫発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系	5.0	2025	2030	農_疾病防除
121	アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造物の点検・診断技術など)	0.0	2021	2026	共通_その他
74	魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術	0.0	2021	2025	水産_育種・生産

⑤その他

社会実装に向けた重点施策として、「その他」とする割合の高いトピック(上位 5 件)は、以下のとおりである。

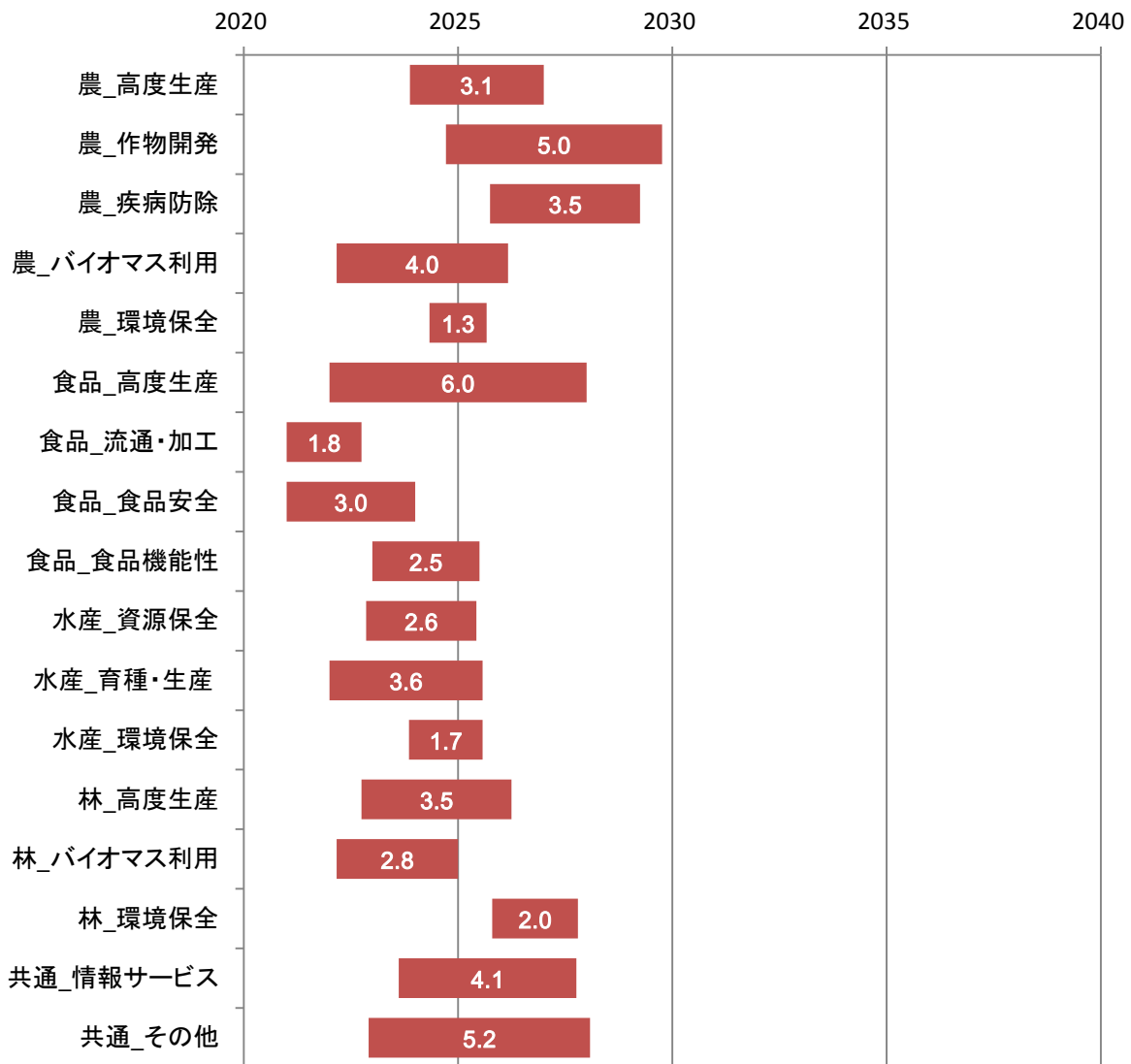
表 2-3-28 「その他」とする割合の高いトピック

番号	トピック	その他 (%)	技術的 実現時期	社会 実装時期	細目
91	高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり 1 トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術	16.7	2025	2025	林_バイオマス利用
33	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発	16.7	2025	2030	農_作物開発
68	超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング	15.8	2020	2022	水産_資源保全
49	飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械	15.4	2021	2024	食品_流通・加工
127	森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法	14.3	2024	2027	共通_その他

3. 4. 6. 技術的実現から社会実装までの期間

技術的実現から社会実装までの期間を細目別にみると、「食品_高度生産」が 6.0 年と最も長い一方で、「農_環境保全」は 1.3 年、「水産_環境保全」は 1.7 年、「食品_流通・加工」は 1.8 年などと比較的短くなっている。

図 2-3-12 技術的実現から社会実装までの期間(年)



技術的実現から社会実装までの期間の長いトピック(上位 5 件)および期間の短いトピック(下位 5 件)は、それぞれ以下のとおりである。

表 2-3-29 技術的実現から社会実装までの期間が長いトピック及び短いトピック

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間 (年)	細目
23	地球温暖化の影響(病害虫を含む)を受けにくい作物の開発	2025	2035	10	農_作物開発
16	遺伝子組換えによる C4 光合成イネ、窒素固定イネの開発	2027	2035	8	農_作物開発

番号	トピック	技術的 実現時期	社会実装 時期	期間 (年)	細目
17	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物	2025	2033	8	農_作物開発
30	家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出	2027	2035	8	農_作物開発
131	植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術	2022	2030	8	共通_その他
4	エンドファイト(植物体内共生菌)を作物生産に利用する技術	2025	2025	0	農_高度生産
48	食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術	2020	2020	0	食品_流通・加工
56	食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム	2020	2020	0	食品_食品安全
62	フードミクスの考え方に基づく多様な機能性食品の開発	2025	2025	0	食品_食品機能性
70	持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術	2025	2025	0	水産_資源保全
81	陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術	2025	2025	0	水産_環境保全
82	水棲バイオマスプラントーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム	2025	2025	0	水産_環境保全
87	人口減少の中で労働力の確保等を図っていくため、林業(木材生産・森林整備・森林管理)を重筋労働から解放する技術	2025	2025	0	林_高度生産
91	高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり1トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術	2025	2025	0	林_ バイオマス利用
95	野生獣類による獣害を防ぎ、その食肉利用を図りつつ個体数管理するための効果的な捕獲・流通技術	2025	2025	0	林_環境保全
97	世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握	2025	2025	0	林_環境保全
107	植物の共生微生物や自然免疫系の活用による農作物の品質管理技術データベースの構築	2026	2026	0	共通_ 情報サービス
114	地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	2025	2025	0	共通_ 情報サービス
78	生分解性の素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化	2023	2022	*	水産_環境保全

* 技術の実現時期と社会実装時期が逆転したトピック

3. 5. 未来科学技術年表

3. 5. 1. 技術的実現予測時期

年	トピック
2020	5 地下水位制御システム、多様な作物の輪作技術及び ICT の統合による高生産性水田農業
	11 植物の観賞性に関わる色・形・香りの制御技術
	32 配偶子や生殖細胞でのゲノム情報を用いた選抜による家畜育種
	38 微生物の機能を改良し、地域資源を活用した産業用酵素製造技術
	42 バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術
	48 食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術
	50 食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)混入検出のための識別技術
	52 食品のトレーサビリティを高めるために、生育過程のあるいは生産物の組織に由来する極微量サンプルから 1 分以内に全 DNA または全 RNA の塩基配列を明らかにする配列解読技術
	53 食品における複数の危害因子の相互作用がもたらす毒性評価
	56 食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム
	57 原料農産物の品質をその場で確認できるオミックス・化学分析を用いた携帯型解析システム
	64 養殖対象品種および主要漁業対象種の生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存
	68 超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング
	72 発生工学的技術を利用した、優良形質導入による水産生物(サケ・マス類、ティラピア、トラフグなど)の作出
	77 遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術
	80 微小海洋生物(微生物・プランクトン等)の識別が可能な 3 次元画像解析システム
	85 政策目標の木材自給率 50%を達成するための大径材の伐採・搬出・加工の新技術
	89 オフィスビル等中高層木造建築物を実現するための高強度木質部材・木質耐火構造の開発
	90 土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で 50 年程度の長期使用可能な高耐久木材の開発
	105 個人の健康診断及び嗜好などのデータに基づいて食事メニュー(必要素材及び調理法を含む)を提案するシステム
111 フレイルティ・サイクルの予防に向けた、農林水産物の品種・生産・加工・調理特性と栄養・機能性・食味の最適化プラットフォーム及びデータベース構築	
115 果実の品質(成分・物性・熟度)を現場でリアルタイムに定量分析するシステム	
118 圃場作物の「健康状態」を知るための可搬型生体情報モニタリングシステム	
123 アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術	
130 マーケット・イン型の持続可能な農業の 6 次産業化ビジネスモデルの構築と実証	
2021	12 植物の観賞性に関わる老化の制御技術
	49 飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械
	59 高齢者に特有の、抗酸化機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品
	74 魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術
	86 人工林が間伐期から主伐(皆伐)期になってきていることに対応し、伐採後の再生産を確保するための森林造成技術
	94 竹の特性を生かしたバイオリファイナリーによる高度有効利用(繊維素材・建材等)技術
	102 農作業中でもコンピュータやインターネットが常時利用できるウェアラブルコンピュータ(体に装着できる超小型コンピュータ)を用いた、生産履歴情報の自動入力システム及び、農薬の使用可否、病害虫対策などに関するナビゲーションシステム
2021	121 アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造物の点検・診断技術など)

年	トピック
	124 農作業を完全自動化するロボット技術
2022	1 腸内細菌を制御することによる非反芻家畜の生産性の向上
	41 メタン発酵消化液の濃縮等による成分安定肥料生産技術を利用した耕畜連携生産システム
	47 酵母・糸状菌等の従属栄養微生物による食用・燃料用油脂の生産技術
	54 食中毒を引き起こす海洋生物毒生産機構の遺伝情報に基づく解析技術
	58 アレルゲン計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術
	63 生活習慣病予防を目的とする、個人の体質に応じた機能性食品
	69 魚類や海産哺乳類の非侵襲音響調査技術及び音声認識データベースの構築
	75 環境負荷低減を含めた植物素材による魚類養殖
	100 リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム
	113 紙などに記録されたレガシーデータのデジタル化による農業ビッグデータ基盤構築
	131 植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術
2023	39 セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物性繊維の分解利用技術
	40 複合微生物系を利用したバイオマスのワンストップ発酵技術の開発
	51 物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術
	60 高齢者に特有の、脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食事法
	65 沿岸域の環境(離島を含む)に適した海藻・海藻資源の持続的利用データベース構築
	71 ウナギ人工種苗を大量培養し、成育させ、出荷する生産システム技術
	73 生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる陸上循環養殖などの養殖工場の開発
	78 生分解性の素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化
	93 未利用バイオマスや廃棄物を用いる合成燃料製造の高効率システム
	122 農村のため池群を主体にしたレジリエントな防災・減災技術(地震・豪雨時のため池決壊リスクの逐次予測に基づく地域住民への情報伝達技術など)
2024	8 気候変動に柔軟に対応可能な露地栽培と施設栽培の最適化システム
	20 イネの遺伝子・環境相互作用の解明に基づく、生育過程のモデル化
	44 タイミングを考慮した減農薬散布、メタンや亜酸化窒素の排出抑制など、生産中心の農業から環境負荷を軽減する農業ヘシフトさせる技術
	46 環境中の有害化学物質や放射性物質のモニタリングと作物への移行機構の解明および安全性基準の策定
	55 遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立
	83 海洋における波力・潮汐・潮流等を用いた再生可能エネルギー施設の設置とその利用
	92 未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電
	96 熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術
	103 生育障害や病虫害の発生、鳥インフルエンザ等の感染症による家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク
	116 海洋調査・モニタリング・漁業調査結果のリアルタイム統合と社会への配信システム
	127 森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法
	132 出荷量と消費量のモニタリングによる食品ロスの低減
2025	2 地球温暖化を利用して、日本で熱帯・亜熱帯果樹の経済栽培が可能になるような栽培・流通技術
	3 オミックスを利用して、カンキツ・リンゴ・ニホンナシなどの果実の総合的な品質や食味を制御する技術
	4 エンドファイト(植物体内共生菌)を作物生産に利用する技術
2025	6 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護法(ファージ・プラントアクティバータ・天敵生物・フェロモン・アレロパシー等)

年	トピック
	7 抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術
	9 省力・低コスト栽培が可能な作物の育種(GMOを含む)
	10 特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術
	13 絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出技術および保存技術
	14 人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物
	15 食糧増産や環境保全のために、光合成機能を向上させる技術
	17 砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物
	18 植物の生育を制御する遺伝子基本ネットワークの解明
	19 植物における生長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明
	21 植物ゲノム技術による、空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を持つ植物
	22 乾物で 50t/ha/年を越えるバイオマス生産作物
	23 地球温暖化の影響(病害虫を含む)を受けにくい作物の開発
	24 作物の全遺伝子発現情報から様々な農業形質を予測可能な発現遺伝子マーカーの開発
	25 品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定
	26 ゲノム編集による優良(高品質・高収量)農産物作成技術
	27 作物の農業形質に影響を与える自然変異・突然変異のアトラス開発
	28 作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術
	31 作物の雑種強勢と近交弱勢の分子遺伝学的解明
	33 遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発
	35 超音波や振動などによる昆虫の行動制御技術
	36 人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術
	37 農業生態系を活用した病害虫発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系
	43 バイオマス資源作物の熱利用に向けた高リグニン含量品種の開発
	45 同一品種栽培での生物多様性維持を可能にする技術
	61 ビッグデータを活用した、テーラーメイド機能性食品
	62 フードミックスの考え方に基づく多様な機能性食品の開発
	66 環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術
	67 計量魚群探知システム(魚種判別・サイズ測定)の高精度化による多種一括資源量評価技術
	70 持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術
	76 完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進
	79 漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術
	81 陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術
	82 水棲バイオマスプラントリーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム
	84 沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術
	87 人口減少の中で労働力の確保等を図っていくため、林業(木材生産・森林整備・森林管理)を重筋労働から解放する技術
	88 スギ・ヒノキなど各種樹木のゲノム情報を利用した高速育種によるスーパー樹木の開発
	91 高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり1トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術
2025	95 野生獣類による獣害を防ぎ、その食肉利用を図りつつ個体数管理するための効果的な捕獲・流通技術
	97 世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握

年	トピック
	98 日本におけるマツガレ病の完全制圧
	101 X線からテラヘルツにいたる広帯域超小型光デバイスとICTを用いた農作物のハイスループット(高速大量処理)表現型計測システム
	104 地球規模のセンサネットワークを用いた、農林水産生態系における主要元素・物質(窒素・炭素など)循環モニタリングシステム
	106 短・中期気象予報と作物モデルの統合による農作物の生育予測・診断システム
	109 農林水産業にかかわるあらゆる情報の把握にむけ、リモートセンシング技術等を活用した農業データの全球グリッド(格子間隔:1km 四方)データベース化
	110 農業データ(収量データ)と気象データとの整合にもとづいた地域レベルの気候変動、季節予測シミュレーションと連携した収量予測技術
	112 「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化
	114 地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報源となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化
	117 地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術
	119 深海情報通信ネットワークの構築
	120 衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価
	125 遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成
	126 都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を軽減する循環型地域社会
	128 過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保
	129 世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発
2026	107 植物の共生微生物や自然免疫系の活用による農作物の品質管理技術データベースの構築
2027	16 遺伝子組換えによるC4光合成イネ、窒素固定イネの開発
	30 家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出
	108 土壌・堆肥・有機肥料の微生物群集の活用データベースに基づく中長期予測システムの創出
2028	34 カンキツ・リンゴなどの高品質果実の完全無農薬生産システム
2029	29 植物において任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする分子制御技術
2030	99 土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術

3. 5. 2. 社会実装予測時期

年	トピック
2020	48 食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術
	56 食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム
2022	50 食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)混入検出のための識別技術
	68 超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング
	78 生分解性の素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化
2023	32 配偶子や生殖細胞でのゲノム情報を用いた選抜による家畜育種
	53 食品における複数の有害因子の相互作用がもたらす毒性評価
2024	49 飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械
	75 環境負荷低減を含めた植物素材による魚類養殖
2025	1 腸内細菌を制御することによる非反芻家畜の生産性の向上
	4 エンドファイト(植物体内共生菌)を作物生産に利用する技術
	5 地下水位制御システム、多様な作物の輪作技術及び ICT の統合による高生産性水田農業
	8 気候変動に柔軟に対応可能な露地栽培と施設栽培の最適化システム
	11 植物の観賞性に関わる色・形・香りの制御技術
	12 植物の観賞性に関わる老化の制御技術
	38 微生物の機能を改良し、地域資源を活用した産業用酵素製造技術
	40 複合微生物系を利用したバイオマスのワンストップ発酵技術の開発
	41 メタン発酵消化液の濃縮等による成分安定肥料生産技術を利用した耕畜連携生産システム
	42 バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術
	44 タイミングを考慮した減農薬散布、メタンや亜酸化窒素の排出抑制など、生産中心の農業から環境負荷を軽減する農業ヘシフトさせる技術
	46 環境中の有害化学物質や放射性物質のモニタリングと作物への移行機構の解明および安全性基準の策定
	51 物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術
	52 食品のトレーサビリティを高めるために、生育過程のあるいは生産物の組織に由来する極微量サンプルから1分以内に全 DNA または全 RNA の塩基配列を明らかにする配列解読技術
	55 遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立
	57 原料農産物の品質をその場で確認できるオミックス・化学分析を用いた携帯型解析システム
	58 アレルゲン計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術
	59 高齢者に特有の、抗酸化機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品
	60 高齢者に特有の、脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食事法
	62 フードミックスの考え方に基づく多様な機能性食品の開発
	63 生活習慣病予防を目的とする、個人の体質に応じた機能性食品
	64 養殖対象品種および主要漁業対象種の生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存
	65 沿岸域の環境(離島を含む)に適した海草・海藻資源の持続的利用データベース構築
	69 魚類や海産哺乳類の非侵襲音響調査技術及び音声認識データベースの構築
	70 持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術
	71 ウナギ人工種苗を大量培養し、成育させ、出荷する生産システム技術
	72 発生工学的技術を利用した、優良形質導入による水産生物(サケ・マス類、ティラピア、トラフグなど)の作出
	73 生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる陸上循環養殖などの養殖工場の開発

年	トピック
2025	74 魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術
	77 遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術
	80 微小海洋生物(微生物・プランクトン等)の識別が可能な3次元画像解析システム
	81 陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術
	82 水棲バイオマスプランテーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム
	85 政策目標の木材自給率50%を達成するための大径材の伐採・搬出・加工の新技術
	86 人工林が間伐期から主伐(皆伐)期になってきていることに対応し、伐採後の再生産を確保するための森林造成技術
	87 人口減少の中で労働力の確保等を図っていくため、林業(木材生産・森林整備・森林管理)を重筋労働から解放する技術
	89 オフィスビル等中高層木造建築物を実現するための高強度木質部材・木質耐火構造の開発
	90 土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で50年程度の長期使用可能な高耐久木材の開発
	91 高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり1トン程度)にリグニンをバニリンとシリンガルデヒドに分解する技術
	92 未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電
	93 未利用バイオマスや廃棄物を用いる合成燃料製造の高効率システム
	94 竹の特性を生かしたバイオリファイナリーによる高度有効利用(繊維素材・建材等)技術
	95 野生獣類による獣害を防ぎ、その食肉利用を図りつつ個体数管理するための効果的な捕獲・流通技術
	97 世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握
	100 リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム
	102 農作業中でもコンピュータやインターネットが常時利用できるウェアラブルコンピュータ(体に装着できる超小型コンピュータ)を用いた、生産履歴情報の自動入力システム及び、農薬の使用可否、病害虫対策などに関するナビゲーションシステム
	105 個人の健康診断及び嗜好などのデータに基づいて食事メニュー(必要素材及び調理法を含む)を提案するシステム
	111 フレイルティ・サイクルの予防に向けた、農林水産物の品種・生産・加工・調理特性と栄養・機能性・食味の最適化プラットフォーム及びデータベース構築
114 地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	
115 果実の品質(成分・物性・熟度)を現場でリアルタイムに定量分析するシステム	
116 海洋調査・モニタリング・漁業調査結果のリアルタイム統合と社会への配信システム	
118 圃場作物の「健康状態」を知るための可搬型生体情報モニタリングシステム	
123 アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術	
130 マーケット・イン型の持続可能な農業の6次産業化ビジネスモデルの構築と実証	
2026	6 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護法(ファージ・プラントアクティバータ・天敵生物・フェロモン・アレロパシー等)
	20 イネの遺伝子・環境相互作用の解明に基づく、生育過程のモデル化
	54 食中毒を引き起こす海洋生物毒生産機構の遺伝情報に基づく解析技術
	66 環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術
	79 漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術
	107 植物の共生微生物や自然免疫系の活用による農作物の品質管理技術データベースの構築
2026	121 アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造

年	トピック
	物の点検・診断技術など)
2027	36 人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術
	39 セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物性繊維の分解利用技術
	45 同一品種栽培での生物多様性維持を可能にする技術
	84 沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術
	96 熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術
	113 紙などに記録されたレガシーデータのデジタル化による農業ビッグデータ基盤構築
	127 森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法
2028	47 酵母・糸状菌等の従属栄養微生物による食用・燃料用油脂の生産技術
	61 ビッグデータを活用した、テーラーメイド機能性食品
	101 X線からテラヘルツにいたる広帯域超小型光デバイスとICTを用いた農作物のハイスループット(高速大量処理)表現型計測システム
	124 農作業を完全自動化するロボット技術
	129 世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発
	132 出荷量と消費量のモニタリングによる食品ロスの低減
2029	9 省力・低コスト栽培が可能な作物の育種(GMOを含む)
	14 人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物
	26 ゲノム編集による優良(高品質・高収量)農産物作成技術
	83 海洋における波力・潮汐・潮流等を用いた再生可能エネルギー施設の設置とその利用
	122 農村のため池群を主体にしたレジリエントな防災・減災技術(地震・豪雨時のため池決壊リスクの逐次予測に基づく地域住民への情報伝達技術など)
	128 過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保
2030	2 地球温暖化を利用して、日本で熱帯・亜熱帯果樹の経済栽培が可能になるような栽培・流通技術
	3 オミックスを利用して、カンキツ・リンゴ・ニホンナシなどの果実の総合的な品質や食味を制御する技術
	7 抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術
	10 特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術
	13 絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出技術および保存技術
	15 食糧増産や環境保全のために、光合成機能を向上させる技術
	18 植物の生育を制御する遺伝子基本ネットワークの解明
	19 植物における生長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明
	21 植物ゲノム技術による、空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を持つ植物
	22 乾物で50t/ha/年を越えるバイオマス生産作物
	24 作物の全遺伝子発現情報から様々な農業形質を予測可能な発現遺伝子マーカーの開発
	25 品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定
	27 作物の農業形質に影響を与える自然変異・突然変異のアトラス開発
	28 作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術
	29 植物において任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする分子制御技術
	31 作物の雑種強勢と近交弱勢の分子遺伝学的解明
	33 遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルプラタの開発
34 カンキツ・リンゴなどの高品質果実の完全無農薬生産システム	
35 超音波や振動などによる昆虫の行動制御技術	
2030	37 農業生態系を活用した病害虫発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系

年	トピック
	43 バイオマス資源作物の熱利用に向けた高リグニン含量品種の開発
	67 計量魚群探知システム(魚種判別・サイズ測定)の高精度化による多種一括資源量評価技術
	76 完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進
	88 スギ・ヒノキなど各種樹木のゲノム情報を利用した高速育種によるスーパー樹木の開発
	98 日本におけるマツガレ病の完全制圧
	103 生育障害や病虫害の発生、鳥インフルエンザ等の感染症による家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク
	104 地球規模のセンサネットワークを用いた、農林水産生態系における主要元素・物質(窒素・炭素など)循環モニタリングシステム
	106 短・中期気象予報と作物モデルの統合による農作物の生育予測・診断システム
	108 土壌・堆肥・有機肥料の微生物群集の活用データベースに基づく中長期予測システムの創出
	109 農林水産業にかかわるあらゆる情報の把握にむけ、リモートセンシング技術等を活用した農業データの全球グリッド(格子間隔:1km 四方)データベース化
	110 農業データ(収量データ)と気象データとの整合にもとづいた地域レベルの気候変動、季節予測シミュレーションと連携した収量予測技術
	112 「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化
	117 地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術
	119 深海情報通信ネットワークの構築
	125 遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成
	131 植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術
2032	99 土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術
	120 衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価
	126 都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を軽減する循環型地域社会
2033	17 砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物
2035	16 遺伝子組換えによるC4光合成イネ、窒素固定イネの開発
	23 地球温暖化の影響(病害虫を含む)を受けにくい作物の開発
	30 家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出

3. 6. 細目別重要トピックにおける要素技術

各トピックの設問に加え、2050年までを展望し、我が国の取組みとして、重要性の高いトピックを構成するための要素技術についての意見は、下記のとおりである(記載内容は、各回答者から寄せられた意見を掲載したものの)。

<p>1 腸内細菌を制御することによる非反芻家畜の生産性の向上</p> <p>○異なる分野の研究者による共同研究を推進し、評価技術を確立、○メタゲノム解析法:腸内細菌の分類を正確に行うことができる。有用な細菌種の検出・分離ができる、○腸内細菌の培養法:有用な細菌の単離・培養を行うことで、細菌内の遺伝子発現変動、生理活性物質の代謝など生化学・分子生物学的解析を可能とする、○ホストの遺伝子発現プロファイル解析:腸管粘膜組織と腸内細菌との相互作用を検討するため、腸管での遺伝子発現の変動をとらえる、○非反芻家畜の栄養生理機能解明、○生菌剤の養魚飼料への添加物としての承認</p>
<p>2 地球温暖化を利用して、日本で熱帯・亜熱帯果樹の経済栽培が可能になるような栽培・流通技術</p> <p>○日持ち性品種の開発、○海外輸出を想定した鮮度保持技術の開発、○新規の広報システムの開発</p>
<p>3 オミックスを利用して、カンキツ・リンゴ・ニホンナシなどの果実の総合的な品質や食味を制御する技術</p> <p>○ゲノムの解読と遺伝子予測により、対象とする植物種の遺伝子と大まかな機能が明らかになること、○多品種のゲノム配列解読と形質の評価による大規模アソシエーション解析技術、○樹木の育種を効率的に行う手法の確立(ゲノム編集など)、○更なる大規模シーケンス技術とバイオインフォマティクスの高度化、○エピゲノミクスや多数の遺伝子が関わる形質についての理解の進展、○ゲノムワイド関連解析等による育種の効率化、○安価な果実ゲノム診断技術の開発、○果実の品質や食味にかかわるゲノムデータの蓄積とゲノムベースの構築、○早期着花・開花・結実を確実に実現できること、○栽培土壌の影響を考慮できるシステムを構築すること、○果樹のサイズが大きくなった時の食味成分の変化等についてしっかりとデータを保持しておくこと、○次世代シーケンサーなどを利用した、ゲノムワイドな DNA マーカーの大量開発技術および高速ジェノタイプング技術、○品質・食味を迅速に定量化する技術。プロテオーム・メタボローム解析など、関連する代謝産物を定量化する技術も含む、○早期開花により果樹において世代を短期間に促進する技術(遺伝子組換えやゲノム編集の利用も含む)、○日本優位の状況確保のための予算付け、○人材の積極的活用、○基盤情報の整備およびそのための研究資金の確保、○ゲノム情報、遺伝子情報、○食味や品質を正確に評価する技術、○ゲノミックセレクションなどの新しい育種方法</p>
<p>4 エンドファイト(植物体内共生菌)を作物生産に利用する技術</p> <p>○作物毎に対応するエンドファイトのスクリーニング、○安価で容易なエンドファイトの検出技術、○食物のホルモン応答の解析、○エンドファイトによる植物生長促進作用の分子機構の解明、○エンドファイトの植物の共生に関わる分子の解明、○エンドファイトを微生物資源としてカルチャーコレクションに収集する、○液剤・粉剤等に加工する技術、○生態系への影響評価、○生物間相互作用の基礎研究、○エンドファイトの培養法の確立</p>
<p>5 地下水位制御システム、多様な作物の輪作技術及び ICT の統合による高生産性水田農業</p> <p>○通信技術の高度化・低廉化、○FOEAS、○連作障害の要因把握、○RTK-GPS、○地下水シミュレーションの高度化、○世界的競争力のあるコメ生産の安全、高品質、高収量を実現する技術に特化する。低農薬、良食味、高収量品種の開発。○コメの輸出産業化のためコメ生産コストの低減技術。大規模、多数枚圃場を前提とした ICT 農業システムの開発、○コメの輸出産業化のためコメ生産コストの低減技術。日本型コメの直播技術の開発。そのため圃場均平度確保技術、水管理技術、直播用除草技術が必要、○土壌管理技術の体系化、○耐湿性大豆、高品質小麦などの育種、○出荷から販売での新システムの開発、○農業用車両の高精度自動操行・作業機高さ制御技術、○高精度高速大豆播種技術、○農業機械・施設制御のハードウェア・ソフトウェア規格の統一、○輪作を考える上で湿害の発生を最小限にする必要がある。そのためには土壌化学と植物生理(作物学・育種学)の人材の有機的な連携が必須、○コムギ、ダイズの作物モデルの実用化、○諸外国で増加している“高畦栽培”の機械化体系、○病虫害診断技術、○穀物(イネ、ムギ、マメ)・野菜(ナス、トマト、キュウリ)における洪水(含・湿害)抵抗性および干ばつ抵抗性新品種の開発</p>
<p>6 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護法(ファージ・プラントアクティベータ・天敵生物・フェロモン・アレロパシー等)</p> <p>○対象となる作物のゲノム情報を整備するための DNA シーケンス技術、○天敵の選別(抽出)、○突然変異体の作出(卵を産まない等)、○研究機関の連携強化(プロジェクトを作って、研究費を配分し、定期的に会合などを行い、情報交換を促進する)、○海外との情報交換の場を作る。(シンポジウムを行う。人の交流の活発化を図る)、○専属のサイエンスコミュニケーターを採用し、アウトリーチを充実させ、早い段階から国民やマスコミに周知する、○効果の確認、○効果の再現性、○安全性、○プラントアクティベーター、○生物農薬、○行動制御</p>

7 抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術
○体細胞クローン、遺伝子編集技術などの発展によって技術レベルは向上しているが、形質転換家畜に対する国民のイメージを変えていく努力が必要である、○遺伝子導入技術、○幹細胞技術、○繁殖生物技術
8 気候変動に柔軟に対応可能な露地栽培と施設栽培の最適化システム
○コンピュータ環境制御技術、○冷暖房施設の低コスト化、○幅広い気候に対応する育種力、○再生エネルギー技術、○養液栽培技術、○施設栽培のユニット化、○植物の環境応答機構に関する分子レベルの知見の拡充、○環境変動に応じたゲノムレベルの遺伝子発現変動モニタリング技術、○環境変動に応じた遺伝子発現変動の数値モデリング、 ○「農業経営工学」とも呼ぶ学問体系が必要、○気象予測システム、○気候と植物の両方のモニタリング技術、○栽培に対応する施設、○気候変動による作物の収量・品質への影響程度をより明確に把握することが第一に重要、○想定される気候変動の範囲における重要度の評価、○重要度の評価に基づき最適化するための作物の応答特性の把握、○稲作工場の実現に対する政治的抵抗勢力の排除、○環境調節機能被覆資材の開発、○簡易型環境制御 ICT 統合システムの開発、○情報通信技術の高度利用(低コストセンシングデバイスの開発、時系列空間情報処理の深化、農業ビッグデータの確立と利用)、○高品質・高収量を実現する生物科学の発展(育種)、○局地的な気象変化の予測法、○安価かつ簡易な農業用施設設置技術、○農業用施設の防災技術(減災技術)、○気候変動および局地的気象予測技術とそれを活用した対策技術、○露地栽培用低コスト対策技術、○完全自立型施設栽培技術、○具体的数値として任意地点の気象を推定できる気象予測技術、○ICT・GIS 等の多様な技術の融合、○現場の生産者も参加した研究開発プロジェクトの企画、○簡易省エネ加温・冷却システムの構築、○高度センシング技術
9 省力・低コスト栽培が可能な作物の育種(GMOを含む)
○多収を得るための素材の開発、○ゲノム解析、○栽培方法の変革、○遺伝子組換え技術、○機械化技術の向上、○遺伝子組換え技術、○育種年限を短縮化する技術、○形質評価の確実性、それらを担う若手人材育成、○交雑育種、○遺伝子組換え、○種々のストレス環境下で作物の生産性にかかわる遺伝的能力を正確に評価する技術、○個々の遺伝子および遺伝子ネットワークについて作物生産性に対する貢献度を評価する技術、○遺伝子組換え作物の効率的な作出にかかわる技術、○国内外の農業と食料生産に貢献する有用技術として研究開発推進を明示する国の政策(予算含め)、○科学コミュニケーションの現場を理解した政策と実践者の確保(予算、ポジション含め)、○国内での GMO 栽培を可能にする共存政策(EUの事例を元に)
10 特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術
○マイクロマニピュレーションの技術、○効果的なセレクションの技術
11 植物の観賞性に関わる色・形・香りの制御技術
○研究開発者の人材育成、○研究環境と研究資金の整備、○対象植物はライフサイクルが長いための、安定した雇用、○様々な種類の植物への導入技術、○これらの形質に関与する遺伝子の単離、○さまざまな植物に遺伝子を導入する技術、○組換え体作出のための土台としての不稔植物の作出(出来れば非組換えによる)、○1.を実現するための DNA マーカーおよびゲノム配列解析、○植物の培養増殖技術、○多様な観賞用植物に応用可能な遺伝子導入及び機能発現制御技術、○染色体の特定の位置に必要なコピー数の外来遺伝子を導入する技術、○観賞性に係わる部位の形態に悪影響を及ぼさない雄性雌性不稔形質付与技術、○遺伝子組換え技術、○継木の技術、○組み合わせ技術
12 植物の観賞性に関わる老化の制御技術
《特になし》
13 絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出技術および保存技術
○細胞培養、○凍結保存
14 人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物
○環境への影響(遺伝子の流出?)がないことの確認技術、○染色体の特定部分を改変できる技術
15 食糧増産や環境保全のために、光合成機能を向上させる技術
○簡単に光合成活性を測定できる装置の開発、○キーとなる因子の同定、○光合成機構が高い遺伝資源の探索、○個体レベルや個体群レベルでの光合成能力の評価方法、○過剰施肥の環境汚染、
16 遺伝子組換えによる C4 光合成イネ、窒素固定イネの開発
○C4 光合成の成立に必要な遺伝子の探索。解析の手がかりを与える野生植物をえらび、詳しい解析を行って候補遺伝子を特定する、○候補遺伝子の働きを、その植物または他のモデル植物において破壊または抑制して C4 光合成に与える影響から同定する。形質転換技術およびゲノム編集技術が必要、○C4 光合成の成立に必須の遺伝子間の発現制御ネットワークの研究による、制御のヒエラルヒーの解明とそれにより、改変や導入の必要な遺伝子数を最小にする
17 砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物

○気象予報精度の向上、○農家・圃場レベルでの対処策、○ストレス抵抗性改良品種、○ストレス耐性のメカニズム解明、○遺伝子組換え、○基礎的な不適環境への耐性機構の解明(分子生物学的、分子遺伝学的研究)、○基礎的知見の実用作物品種への実装、○不適環境を多く抱える諸国(海外)の現場での栽培支援、○好塩性、耐塩性植物の機能解明、○高温、低温耐性の機能解明
18 植物の生育を制御する遺伝子基本ネットワークの解明
○遺伝子組換え技術、○有機物の網羅的解析、○無機物質の元素分析、○個別遺伝子の機能、発現様式の徹底解明とデータ化、○発現の協調性、独自性、補完性など相互関係のデータ化、○代謝産物、吸収無機栄養素と遺伝子発現制御の相互関係解明、○植物細胞の形質、発現、再生などを制御するゲノムの解明、○セルロース、ヘミセル、リグニン等の形質や機能を制御する育種技術、○植物細胞機能を活かした素材変換プロセス技術、○個々の遺伝子の機能解明、○生細胞内遺伝子ネットワークの動的可視化技術、○ゲノム編集技術、○ゲノム研究で培われた技術の推進、○オミクス手法、○質量分析法、○パイオインフォマティクス、○解析技術を植物体内で検証する技術
19 植物における生長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明
○特定の遺伝子だけを目的に応じて変異させる技術、○GWAS など、特定の遺伝子だけでなく、遺伝子の影響を総合的に評価する技術、○ケミカルスクリーニングのシグナル伝達機構解明への応用、○ストレスや成長に応答する植物ホルモン等の解析、○細菌やウイルスの検出技術
20 イネの遺伝子・環境相互作用の解明に基づく、生育過程のモデル化
○各遺伝子の働きの解明、○環境が遺伝子発現に及ぼす影響の解明、○表現型として、環境がイネの生育に及ぼす影響の解明、○生育段階ごと、植物体部位ごとの遺伝子発現プロファイルのデータベース化
21 植物ゲノム技術による、空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を持つ植物
○精密圃場での大規模な栽培試験、○土壌栽培環境等のモニタリング技術、○栽培環境と連動した窒素固定能力、リン吸収能力のシミュレーション技術、○根粒共生や菌根共生のメカニズムの解明、○植物の形質転換技術の向上、○関連する植物、微生物のゲノム情報の解明
22 乾物で 50t/ha/年を越えるバイオマス生産作物
○実験室内よりも農業現場における技術開発、○作物(生き物)を対象とした育種技術
23 地球温暖化の影響(病害虫を含む)を受けにくい作物の開発
○植物遺伝資源の適切な評価と維持、○育種過程での多面的な評価と選抜、○遺伝子組換え技術、○ゲノム編集技術、○作物モデルの開発(コムギ、ダイズなど)と改良(イネ)、○圃場における作物の形質調査(表現型評価)技術、○栽培技術設計手法(栽培技術専門家が減少している中で、作物生産の課題解決の道筋を総合的に検討し提示するための人材育成と情報分析支援システム)、○アカデミアによる技術力向上と産業界の連携。技術的トピックを透明性を持って示すリーダーシップをどこが取るのか(各省庁、学会など)、○主要穀物における洪水(含・湿害)抵抗性および干ばつ抵抗性新品種の開発、○秋播き性程度の異なる極早生多収ムギ品種の開発
24 作物の全遺伝子発現情報から様々な農業形質を予測可能な発現遺伝子マーカーの開発
○パイオインフォマティクス、○形質の自動評価手法、○スーパーコンピュータによるパイオインフォマティクス解析技術の発展
25 品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定
○超多変量の予測モデルの構築・最適化のための統計・機械学習技術、○実環境での作物形質を高速・高精度に測定する技術、○遺伝子型データ・トランスクリプトームデータ・環境データ・作物モデルの統合による環境応答包括型ゲノム選抜モデル
26 ゲノム編集による優良(高品質・高収量)農産物作成技術
○より効率的な外来遺伝子導入方法の確立、○さまざまな作物(特にイネ以外)における遺伝子導入・ゲノム編集技術の高度化・高効率化、○ゲノム編集のターゲットとなる遺伝子の網羅的特定・機能解明、○ゲノム編集によって作出された作物に対する社会的な理解の浸透、○全ての作物への遺伝子導入技術の確立、○安全性の検証、○日本独自のゲノム編集技術、○GMO と違う規制や制度づくり、○公的機関からの PA づくり、○優良形質に関わる遺伝子の同定、○最新のゲノム編集技術(CRISPR/Cas9)を扱える人材の育成、○ゲノム編集技術を国内の研究者に広く利用できるようオープンラボのようなものを設けて多くの研究室で技術導入しやすくする、○非宿主の遺伝子情報を挿入した痕跡が残らない技術開発、○有用遺伝子の効率的な同定技術、○対象作物における効率的な遺伝子組換え技術、○CRISPR や TALEN のオフターゲット解消技術
27 作物の農業形質に影響を与える自然変異・突然変異のアトラス開発
《特になし》

28 作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術
《特になし》
29 植物において任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする分子制御技術
○既に解析されたイネやトマト以外の重要な作物における全ゲノム配列の解析、○遺伝子座の位置解析と機能性の解明、○相同組換え技術の確立
30 家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のための系統の作出
《特になし》
31 作物の雑種強勢と近交弱勢の分子遺伝学的解明
《特になし》
32 配偶子や生殖細胞でのゲノム情報を用いた選抜による家畜育種
○1細胞、ゲノム・エピゲノム解析技術
33 遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発
○免疫抑制技術と移植技術の向上、○生物工学分野との連携、特に評価技術、○家畜の幹細胞技術、○家畜の遺伝子改変技術、○家畜をクリーンな環境で飼育する基盤技術
34 カンキツ・リンゴなどの高品質果実の完全無農薬生産システム
○固体の耐病性の向上、○物理的害虫の防除技術、○温熱療法による病害抑制
35 超音波や振動などによる昆虫の行動制御技術
○超音波素子、○振動素子
36 人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術
○スクリーニング技術、○感染のメカニズムや感染経路の解明、○抗体産生技術、○ワクチン生産技術、○核酸などの病原体由来成分を様々な検体から迅速かつ正確に検出する技術、○プロバイオティクスなど、抗生物質などに頼らない病原体の排除技術、○病原体特異的な抗生物質あるいはワクチンの開発、○病原体の自然界における分布・生態の解明、○人獣共通感染症等の家畜における防除技術の開発(ワクチン等)・・・野生動物は制御が難しいが、家畜は制御が可能、○人獣共通感染症等の媒介小動物・昆虫等のコントロール技術の開発、○感染実験を大規模に実施可能な環境整備の必要性、○薬剤を体内に誘導するドラッグデリバリーのキャリアーの探索、○薬剤を体内に誘導するドラッグデリバリーの効果を追跡する手法の開発、○感染分子機構の解明、○ホスター・パラサイトの関係の解明、○免疫など研究しても全くの無駄である(免疫研究で歴史的に克服された感染症は未だゼロである)
37 農業生態系を活用した病虫害発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系
○植物の環境応答(病理学を含む)研究における基礎的知識、○具体的には植物、微生物、昆虫 3 者の相互作用研究の深化、○植物のアレロパシー利用の場合は拡散、普及しやすいので、これを優先すべき。もっともよいのは、育成する作物自体が有するアレロパシーの活用、○昆虫や動物による抑制技術の場合、普及や実用化の際に、生産(どう増やすか)、利用(効果の空間限定可能か)、輸出(法規への準拠)における課題を開発前からあたることが必要、○低環境負荷、生態学的手法とされるため、より効果を求める際に遺伝子組換えをするか、しないかの議論が生じる。研究開発前に、早々に制度開発、実施環境整備が必要、○植物用のセンサを核とする ICT システム、○非平衡プラズマの制御合成と活性酸素種の制御生成、○病虫害に対する抵抗性品種の時間のかからない作出技術、○病虫害が抵抗性を持ちにくい薬剤の開発と使用法の確立、○病虫害の発生を制御する耕種法の確立、○耕種的防除、○化学的防除、○生物的防除
38 微生物の機能を改良し、地域資源を活用した産業用酵素製造技術
○酵素の立体構造にもとづく機能解明と改良にむけた方針、○微生物ゲノムマイニングによる新規な微生物酵素の発見、○酵素の立体構造と配列によるファミリー分類、○地域資源の開拓と処理技術、○微生物機能探索のためのスクリーニング技術、○酵素機能向上のためのタンパク質結晶構造解析、○地域資源に特化した株のプラットフォームとなる安全性の高い微生物、○酵素の精製、輸送技術、○微生物の培養生産技術、○多様な機能をもつ微生物資源の戦略的収集、○新規有用機能の戦略的探索・大規模スクリーニング、○タンパク発現系の改良、○遺伝子組換えにより微生物の代謝を調節する技術、○微生物を効率的に培養する技術、○遺伝子改変微生物の利用、○微生物遺伝資源の確保、○酵素の同定、○微生物の改良方法、○酵素の利用方法、○微生物ソースの選定、○有用酵素の同定、利用技術開発、○酵素高機能化
39 セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物性繊維の分解利用技術
○植物細胞壁多糖(セルロース、ヘミセルロース、ペクチン)の生合成分子機構の完全解明、○植物細胞壁多糖(セルロース、ヘミセルロース、ペクチン)の分解酵素の完全同定、○セルロースへ結合するタンパク質を定量的に機能解析する方法論の確

<p>立。現在、存在しない、○進化学などを利用したセルロース結合性蛋白質の選択方法、○より高効率で作用するタンパク質の作出、○安価なタンパク質生産技術、○国内外における遺伝子組換え植物利用の普及、○人工タンパク質の植物体内での発現制御技術、○人工タンパク質の微生物生産による大量生産、○非食系バイオマスを原料とした酵素生産技術の確立、○タンパク質生産技術、○タンパク質改良技術、○木質バイオマスの利用の観点から、植物糖鎖分解に関わるグリコシダーゼについて、糖鎖基質を用いた詳細な基質特異性解析の網羅的研究、○植物糖鎖分解酵素の多量発現系の構築、○ヘミセルロース分解酵素の基質特異性の把握と反応効率の改良</p>
<p>40 複合微生物系を利用したバイオマスのワンストップ発酵技術の開発</p>
<p>○目標とする生産物を、複数の微生物の同時培養で効率よく生産させる技術開発は、統一理論がないため個別に開発しなければならないが、その点が最も重要な課題となる、○微生物菌叢や代謝産物のモニタリング技術の同時開発が必要である、○遺伝子組換えにより育種した微生物の導入も必要となると考える、○リグニンの生物分解機構の解明、○糸状菌のメタボリックエンジニアリング技術の開発、○用途に適した微生物の探索・開発、○バイオマス原料の改良</p>
<p>41 メタン発酵消化液の濃縮等による成分安定肥料生産技術を利用した耕畜連携生産システム</p>
<p>○乾式メタン発酵により、消化残渣からの脱離水を減量し、かつ濃厚にする、○パイプラインで山林へ供給する。一度に大量に供給すると地下水汚染になるので、ごく少量ずつ、長期に滴下、○濃縮したメタンの貯蔵方法の確立、○成分安定肥料の圃場への施用のための農業機器の開発、○肥料の施用時期、施用位置、施用量などに関する土壌肥料的解析、○低コストな濃縮技術</p>
<p>42 バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術</p>
<p>○バイオマスエネルギー利用による環境影響・コストを正確に評価する手法・技術、○環境影響・経済性・社会影響を比較可能な形で評価する手法・技術、○希望的観測よりも現実的なデータに基づく評価技術、○ICTを用いた社会評価アンケートシステム、○ミクロ経済学、○原材料の集配技術、○菜種などエネルギー作物の育種と栽培技術、○植物工場的な環境負荷の少ない栽培方法、○中小型メタン発酵システムによる分散型地域再生エネルギーシステム、○稲わら・木材など繊維性バイオマスのメタン発酵適用に向けた省コスト微粉碎等可溶化技術、○LCAをベースとして、総消費エネルギー量に対するバイオマス等再生可能エネルギー由来の量を指標とする</p>
<p>43 バイオマス資源作物の熱利用に向けた高リグニン含量品種の開発</p>
<p>○遺伝子組換え技術の向上、○リグニン合成経路の調節機構の解明、○リグニン生合成系のコントロールができる遺伝子組換えもしくはゲノム編集技術の確立、○作物種や遺伝子型に左右されない形質転換技術、○高熱量リグニンの細胞壁蓄積技術</p>
<p>44 タイミングを考慮した減農薬散布、メタンや亜酸化窒素の排出抑制など、生産中心の農業から環境負荷を軽減する農業へシフトさせる技術</p>
<p>○家畜排せつ物管理・反芻家畜の消化管から排出される温室効果ガス、富栄養化物質の削減技術、○生産性を維持しつつ環境影響を削減する技術・生産体系、○農作物・畜産物生産における環境影響を評価する技術・手法、○生産現場の意識改革・教育、○負荷削減技術の適用による負荷削減量の評価、○施肥投入量の管理手法の開発としてGISなど面的な情報管理手法の開発と農家が負担に感じない入力方法の開発、○環境汚染物質の長期モニタリング、○省エネルギーと省コストと持続性を兼ね備えた浄化技術の開発、○様々な慣行農法を対象にした簡便モニタリング方法の開発、○天然物由来原料の利用、○生物農薬、○対抗植物・緑肥、○無農薬栽培を成功させている農家の、営農法の科学研究、○情報処理技術、○軽労化支援のロボット、○圃場等でのフィールドモニタリングシステム(水質、土壌、作物)の改良。特に、連続的なモニタリングを自動化するための工夫が必要、○減農薬散布、○メタン抑制、○亜酸化窒素抑制</p>
<p>45 同一品種栽培での生物多様性維持を可能にする技術</p>
<p>○育種学、○遺伝子工学、○生態学、○市民の懸念に対応するような遺伝子組換え(植物育種)技術の開発、○社会的合意形成に向けた取り組み、○マルチライン</p>
<p>46 環境中の有害化学物質や放射性物質のモニタリングと作物への移行機構の解明および安全性基準の策定</p>
<p>○標準化されたモニタリング手法と分析手法、○生育環境、土壌中での動態、遺伝子発現および作物内での動態の相互作用の解明、○農学、分子生物学、分析化学だけでなく、鉱物学、地質学、地球科学など、作物を取り巻く環境全体をマクロにミクロに観察できる分野の参画、○土壌中の微量成分の物質挙動、および植物への取り込みメカニズムの把握、○更に医学、疫学等の参画による、作物中の存在形態での摂取時の毒性・安全性評価とコホート研究によるデータの積み上げ、○森林分野における専門的研究者の確保、○セシウムの吸収・転流・蓄積機構の解明、○非接触農薬検出技術、○有毒化学物質、放射性物質の土壌吸着阻害技術、○有害化学物質や放射性物質の微量分析技術の開発、○微量放射性物質の簡易分析技術、○低線量被曝の疫学的な解析技術、○調査者の低線量被曝の防除技術、○分析技術</p>
<p>47 酵母・糸状菌等の従属栄養微生物による食用・燃料用油脂の生産技術</p>
<p>○バイオマスが原料となることが想定されるが、対象微生物が利用可能な低分子化技術が実用化のための課題と考える。酵素利用等の基本技術は海外も含めて進んでおり、特にコスト低減が最重要課題と考える、○コスト低下のためには微生物の高密度培養技術が必要である。実用化に低コストでコンタミネーションがない培養方法の確立が必要、○遺伝子組換えによる微</p>

<p>生物育種も重要な手法となると思われるが、その場合は工業規模でのハザード対策技術を整備する必要がある、○培養工学、生産技術検討、○微生物の生産する油脂の組成を制御する技術、○微生物の大量培養技術、○酵母・糸状菌等の微生物による食用油脂の製造、○酵母・糸状菌等の微生物による燃料用油脂の製造、○形質転換技術等の遺伝子改変技術、○細胞膜トランスポーター機能改変技術</p>
<p>48 食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術</p>
<p>《特になし》</p>
<p>49 飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械</p>
<p>《特になし》</p>
<p>50 食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)混入検出のための識別技術</p>
<p>○光学計測・画像処理技術、○超音波・振動計測技術、○有機物であるか否かを検出する化学系の計測技術、○簡易的な遺伝子解析技術、○どの有機物成分に対する認識を行うかの着想と基本技術の集積が最も重要、○検出・識別方法については、既存技術の選択と改良で可能と思われる、○テラヘルツ波等の利用によるセンシング精度向上、○非接触に混入有機物と加工食品とを弁別する要素技術、○カメラや分光計等の光学機器、○可能な限り多くの混入有機物の測定データの蓄積(データベース化)</p>
<p>51 物流において生鮮食料品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術</p>
<p>○過冷却保存技術、○非加熱手段による殺菌・静菌技術、○酸素・水分などの移動を抑制する包装材料・技術、○交流電界技術、○梱包等に用いる材料開発、○鮮度のモニタリング技術、○品種の改良、○微生物の増殖制御、○生鮮食品本体の自己消化や酸化抑制に関する栽培・飼育段階における品質制御、○圧力操作に堪える容器の開発が必須、○フィルム技術(ガスバリアー)、○ガス重点技術、○定温・定湿環境を維持する流通システムの構築、○流通過程の損傷を低減させる流通容器の開発・改良、○各々の青果物における鮮度低下を招く要因(化学的・生物的)のデータベース化、○無菌化、殺菌技術、○ガス環境制御技術、○包材の研究、○生物もしくは細胞組織を生かしながら保存する技術開発、○定量的鮮度評価技術、○非破壊計測技術、○生理モニタリング技術、○密閉系容器、○保冷剤、○鮮度保持剤</p>
<p>52 食品のトレーサビリティを高めるために、生育過程のあるいは生産物の組織に由来する極微量サンプルから1分以内に全DNAまたは全RNAの塩基配列を明らかにする配列解読技術</p>
<p>○抗原抗体法などの免疫機構の利用、○核酸抽出技術、○遺伝子情報、つまりはゲノムタイプ情報のみではなく、表現型つまりはフェノタイプとリンクさせて研究を行うことが重要と思う。特に、農産物は商品とした場合、表現型が重要とであり、ほとんど遺伝子情報が解明されていないと考えた方が正しい。そのため、厳密に育種がコントロールできる環境が必要と考える、○効率的に遺伝子を抽出するための試薬、○次世代シーケンシング技術の改良</p>
<p>53 食品における複数の危害因子の相互作用がもたらす毒性評価</p>
<p>○毒性の作用機序を解明するためのモデル動物開発、○毒物に対するバイオマーカーの開発</p>
<p>54 食中毒を引き起こす海洋生物毒生産機構の遺伝情報に基づく解析技術</p>
<p>《特になし》</p>
<p>55 遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立</p>
<p>○遺伝子改変の影響のシミュレーション技術、○「安全性とは何か」ということに関する社会的合意を伴う概念的な研究、○食品添加物の安全性評価技術が基本である、○遺伝子改変作物に対する冷静な社会環境の構築、○国民、特にマスコミへの啓蒙</p>
<p>56 食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム</p>
<p>○物量会計を自動化するための情報技術、○心理学、人間行動学に基づいたモニタリング技術、○X線解析技術、○高速フォトンカウンティング、○食品中の有害物質や細菌のリアルタイム検出方法、○食品に影響を与えない低温殺菌方法、○継続した追跡を可能とするための簡易評価システム、○データの速やかな開示・報告、○複合的かつ客観的なトレーサビリティシステムの開発。今日の食品業界ではまだまだプロパー依存のトレースにとどまっているのが実態であるから、そこをどうシフトするかが大きな課題、○中途半端な法的検査基盤の見直し。たとえば食鳥検査法などは、専門性のある獣医師が客観性を持って検査している状況にはなく、実態としてはほとんど(90%以上)フードディフェンスとしては機能していないが20年間なにも改良されずに放置されている、○シードレベル(品種のタネ)の国内開発の促進。シードの海外依存の高い食品については、シードレベルでの汚染管理ができない。たとえば養鶏産業はその典型である、○人の行動トレースと行動解析、○持ち込み品の自動検査技術、○法律や省令の改革</p>
<p>57 原料農産物の品質をその場で確認できるオミックス・化学分析を用いた携帯型解析システム</p>
<p>○分光センシングシステム、○分析装置の超小型化、○センサ技術、○携帯型解析システム、○測定対象物の選択性向上:夾雑物との分離、○測定対象の絞り込み:品質に影響を与える成分の特定</p>

58 アレルゲン計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術
<p>○原料段階での品質検査レベルを向上させるための分光分析技術、○簡便、安価、かつ再現性の高いアレルゲン計測技術の確立、○この製造技術に基づいた食品の製造コストおよび食品としての嗜好性の確保するための技術、○食品だけでなく、多くのアレルゲンの網羅的解析を国家的に行う必要がある、○アレルゲンタンパク質の立体構造に依存したエピトープをどうやって解析するか、○技術開発が必須、○特定アレルゲンを取り除くための食品加工技術。酵素による分解、液化窒素などによる抽出など、安価で大規模な加工が行える工業的技術が必要、○基礎研究としての、アレルギーの発症機構などの、より詳細な研究結果。アレルギー応答についての簡便な測定法などの開発を含む、○アレルゲン部位の同定とその部位特異的な抗体などの作成</p>
59 高齢者に特有の、抗酸化機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品
<p>○抗酸化作用の判定が可能な簡便な血中マーカーの開発、○食品成分の血中動態・作用の解明、○吸収しやすい抗酸化成分の開発・選別、○機能性成分の体内動態分析技術、○機能性成分の長期保存技術、○多地域でのコホート研究とヒト介入試験、○機能性素材の探索とスクリーニング、○機能性のメカニズムの解明、○抗酸化機能を有する新規食品の検索および開発、○抗酸化機能を有する既存の食品成分の適切な処理による抗酸化機能の増進、○各種抗酸化を有する食品の最適組み合わせによる老化防止効果の発現、○魚食の健康増進効果を示す物質の検索、○動物実験だけでなく疫学調査、○魚食のリスクとベネフィット</p>
60 高齢者に特有の、脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食事法
<p>○脳機能や咀嚼機能の評価のためのバイオマーカーの確立、○高齢者の食事の量、質、タイミングを客観的に評価できる調査票、○高齢者の個人の特性に応じた食事指導ができる専門職の数と力量、○加齢による味覚の変化、○加齢における脳の受容体の解析、○脳機能・咀嚼機能の評価法の確立、○脳機能・咀嚼機能保持(もしくは回復)と関連する食品の機能性(物性、機能性、嗜好性など)の解明、○食事方法や調理方法なども含めた、医歯学+食品学(農学)+家政・調理学+感性学+行動学などの広い分野での相互理解と協力、○日本でのコホート研究や介入研究が必要、○アルツハイマーへの対応研究の促進が必要、○認知症予防食の開発研究への積極的投資(人材、資金、制度)、○誤嚥のない半固形状食品、○ヒトを介したテクスチャの客観評価方法の発展</p>
61 ビッグデータを活用した、テーラーメイド機能性食品
<p>○機能性食品の開発技術、○ビッグデータ解析技術、○メタボリックプロファイリング、○機能性スクリーニング評価技術、○人介入試験等に係る規制緩和</p>
62 フードミックスの考え方に基づく多様な機能性食品の開発
<p>○網羅的メタボローム解析技術(MS, NMR等の要素技術は実現済み)、○機能性の迅速評価技術、○機能性とメタボロームの相関解析技術(多変量解析等の統計処理技術)、○効果の評価基準の標準化を整備すること、○メタボロミクス、○分析技術の進歩、○ビッグデータの解析技術の進歩、○乾燥技術、○エネルギー、○機能性</p>
63 生活習慣病予防を目的とする、個人の体質に応じた機能性食品
<p>○簡易、かつ精度よく個人の体質を調べることのできるDNAマイクロアレイなどの測定技術の進歩、○生活習慣病を予防する食品成分とその作用機序を解明する基礎研究、○基礎研究と臨床研究をつなぐシステム(保健指導)の確立、○個人データの継時的推移の蓄積と将来予想を可能とする技術、○確かな情報に基づいた安全性に関する知見の集約、○医学と栄養科学などの連携が必須。特に医者との理解が重要、○倫理面での理解の周知が必須、○企業との連携も重要、○医師による個人データの集積と解析、○機能性のバイオマーカーの確立と生活週間病との関連性の確立、○個人単位の健康診断結果、病院カルテの統合管理、日常生活(摂食、運動、睡眠、住環境)の客観的状況把握法の確立、それらの総合的な管理法、○2項目の個人単位のビックデータに基づく、生活習慣病予防法の提案ソフトの開発、○次世代シーケンサーによる個人の遺伝子解析、○メタボロミクス解析、○機能性評価の新しい評価技術、○各疾病の発症メカニズムの解明、○機能性食品の網羅的探索と機能性食品データベースの構築、○生活習慣病を予防する効果のある機能性食品に関する基礎的知見とそれを活用する技術、さらにその効果を経時的に追ってデータとして集めてまとめる技術、○生活習慣病自体の症状、メカニズムに関する知見とそれを活用する技術、○それを摂取する方法や実際に成分が吸収されるか、代謝動態に関する知見とそれを活用する技術、○オミクス解析の横断的活用:ゲノムから代謝までをカバーし、個人の抱える問題を特定</p>
64 養殖対象品種および主要漁業対象種の生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存
<p>○生殖細胞を効率的に収集するための技術、○生殖細胞を安定的に保存し、個体を再生する技術、○生殖細胞を産み出す技術</p>
65 沿岸域の環境(離島を含む)に適した海草・海藻資源の持続的利用データベース構築
<p>○海藻の育種技術(分子レベルでの解析技術を含む)、○海藻成分の機能解析技術、○海中GPS、○高解像度・多色色の人工衛星撮影装置、○統一された手法による相互比較可能かつ少ないコストで持続可能な藻場モニタリング技術、○地域特異性が高く複雑で多様な沿岸域の藻場生態系を利用しやすい形で適切にデータベース化する技術、○生物構成種など質的情報だけではなく、量的・速度的な情報(面積、季節変化量、炭素換算生物量、生物生産速度など)を含んだモニタリング技術</p>
66 環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術

<p>○主固有の環境応答があるため、フィールド調査による各種の生活史の把握が必要である、○同時に飼育実験による特定環境への応答を把握する必要がある、○これらの統合するモデル開発をできる人材育成を進めるべきである、○母数変動する水産資源の解析方法、○海洋環境のモニタリングシステム、○衛星からのビックデータの活用によるモニタリング技術、○海洋環境観測技術の高度化、人工衛星データの活用、PALACE ブイデータベースの活用による海洋環境の中期予測モデルの開発、○主要対象資源の資源状態のモニタリング技術の向上(地球規模での)、○管理技術の開発と、その技術の応用による試行錯誤によって、管理技術の精度を高める、○正確なデータの収集、○過去のデータの有効活用、○定期的な再アセスメントと方法論の見直し、○海洋生物調査・観測技術、○リモートセンシングデータ解析技術、○全データを統合解析するインフォマティクス技術、○生物特性の正確な把握、○地球規模現象を把握するための異なる海洋生態系間比較、○数理モデルの高精度化と複数分野間の共同、○海洋生態系モデルの開発と普及、○社会・経済・生物を統合した管理効果評価手法の開発</p>
67 計量魚群探知システム(魚種判別・サイズ測定)の高精度化による多種一括資源量評価技術
《特になし》
68 超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング
○電子チップ、○モニタリング、○水産資源生物
69 魚類や海産哺乳類の非侵襲音響調査技術及び音声認識データベースの構築
○音声認識技術:顔判別のようなビックデータを活用した社会観測システムが実用化されている。見えない生物を音声をたよりに判別する技術が海洋でも必要とされる、○音声データベース技術:判別の基礎となる種が既知の音声のアーカイブ。ゲノムの読み取り結果がDB化されているように、海洋生物音声も分類し利用可能な状態で保存されることが必要、○海洋の生物観測ネットワーク:大気中と異なり水中の遠隔観測メディアは音波しかない。海中構造物や船舶、AUV やグライダーなど、様々なプラットフォームを利用した海洋音響ネットワークが必要、○バイオリギング、○音響自動抽出プログラム、○超小型記録計、
70 持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術
○人的資源を要請する仕組み、教育推進が必要、○国際的で、精度の高い漁獲統計の整備がまず必要、○国際協調型 ICT システム、○研究よりは行政対応が必要、○漁業協同組合等との連携の強化と社会心理学等的手法を用いた資源管理、○リアルタイム回遊ルート測定技術、○海流による汚染物質の拡散と漂着予測と状況把握技術、○養殖と外洋漁業の有機的結合、○漁獲高管理技術の構築には生産者側の意識改革と行政側の熱意が不可欠、○高精度の水産資源量の推定技術、○適切な資源配分技術、○魚種や大きさを獲り分ける技術、○個々の魚種や漁業事業主の動向をデータ化する技術
71 ウナギ人工種苗を大量培養し、成育させ、出荷する生産システム技術
○仔稚魚の食性や消化生理に適合した飼料の開発とその基盤となる基礎研究(栄養生理や発育生理など)、○仔稚魚の飼育環境適正化のための飼育装置ならびに飼育技術の開発・改善、○仔稚魚生産のための生殖生物学的な知見(卵成長・卵成熟・排卵・性分化・配偶子形成の分子細胞機構など)や発生生物学的な知見(受精の生理、発生ステージと環境耐性など)の充実、○飼料の改良、○仔稚魚飼育の省力化、○餌の開発、○ウナギ稚仔魚に適した餌、○ウナギ稚仔魚の飼育水をクリーンに保つ技術、○人工飼料の開発、○大量培養のための省力化と省エネ化、○成長の促進によるシラス到達日数の短縮化
72 発生工学的技術を利用した、優良形質導入による水産生物(サケ・マス類、ティラピア、トラフグなど)の作出
○発生工学技術、○繁殖生理技術、○養殖技術、○魚肉の代謝研究、○魚肉の品質評価技術(K 値や pH ではなく、ちゃんと品質を評価できるもの)、○肉質の非破壊測定技術
73 生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる陸上循環養殖などの養殖工場の開発
○海水浄化技術、○水質管理・浄化技術、○新規養殖魚の養殖技術、○水浄化システム、○エネルギーシステム、○水質管理システム
74 魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術
○感染のメカニズムの解明、○感染の早期発見技術、○遺伝子発現解析、○人に対する安全性試験
75 環境負荷低減を含めた植物素材による魚類養殖
《特になし》
76 完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進
《特になし》
77 遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術
○ゲノム解析技術、○遺伝子導入技術、○外来遺伝子の導入技術、○高効率な遺伝子導入方法、○遺伝子導入藻体(宿主)の生理学および分子生物学的理解、○長期的な研究ができる仕組みを作る。数年任期では実現が難しい、○遺伝子組換

えの法的な規則が厳しいので、ここの規制緩和が必要、○個人が簡単にベンチャーをおこせるように、施設を安価に使える仕組みを作る
78 生分解性の素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化
○生分解性素材の生産技術、○トウモロコシ、○ポリ乳酸、○射出成型
79 漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術
○数値モデルの精度向上、○モデル検証のための観測データの取得、モニタリング体制の構築、○一般の方がわかりやすい急潮流「注意報」の基準と注意報発令後の対応の研究、○沿岸急潮流の発生機構解明のための自動観測ブイなどを用いたリアルタイムモニタリング技術、○沿岸域の複雑な地形による影響を精緻に再現することのできる高解像度海洋物理モデル技術、○高解像度モデルへのデータ同化に必要な静止軌道衛星による沿岸高解像度リモートセンシング技術、○観測ブイの開発
80 微小海洋生物(微生物・プランクトン等)の識別が可能な3次元画像解析システム
○共焦点顕微鏡を用いた自動識別システムの開発、○フローサイトメーター的手法を用いた微小海洋生物の同定もしくは分類技術の開発、○装置の小型化、○医学分野等で最新の機器を海洋野外調査に導入すること
81 陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術
○植生技術、○海水曝気装置の開発、○モニタリング技術の高度化
82 水棲バイオマスプランテーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム
《特になし》
83 海洋における波力・潮汐・潮流等を用いた再生可能エネルギー施設の設置とその利用
○迅速な海洋生物観測技術:建設前の環境評価と建設後の魚類等の増集効果判定、○社会実装のための解析の自動化:種ごとの個体数およびその時系列表示を観測データから出力、○発電効率の向上、○電力搬送技術、○発電効率、○耐久性、○施設設置としての環境・生態系評価の記述
84 沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術
○セシウムやストロンチウムを低コストで集める技術、○有機態放射性セシウムの除去技術、○特異的に海中の放射性物質を吸着する素材あるいはシステムの開発、○超小型 ROV の開発とその運用
85 政策目標の木材自給率 50%を達成するための大径材の伐採・搬出・加工の新技術
○木材の耐久性・耐火性能の担保による木造建築物に対する意識改革、○木材の伐採搬出に関わる林業技術基盤の整備、○林業・木材産業を振興するための政策判断と予算措置、○大径材に対応した機械開発、○森林路網を大径材に対応した大型機械が走行した場合の安全性の解明。大型機械が走行可能な森林路網の作設技術開発、○森林資源の計測技術、○搬出・加工機械開発、○システム構築、○伐採後の搬出困難地域における搬出技術、○大径材の伐採・搬出のための機械開発、○大径材を伐出するための基盤整備(路網の設計)、○効率的な大径材伐出作業システムの構築、○合板や集成材など既存製品と価格競争しない、新しいカテゴリの木質系工業材料(例えば CLT や J パネル)の普及に向けた高効率木材乾燥・木材接着技術の開発、○スギ、トドマツ等の国産針葉樹材の高付加価値化や広葉樹材に対する競争力確保に向けた表面性改質、難燃性向上技術の開発、○国内木材消費の用途別内訳の中で、輸入材率の最も高いバルブ・チップ用途への国産化促進に向けたチップ化技術の開発、○日本の自然環境(傾斜地、多雨、地震、火山)、社会環境(道路交通法など法規)にあった伐採機械開発、運材車輛開発、道路技術、製材機械開発、それらを連携させる情報技術開発、○木材利用技術、○人工乾燥材生産比率の向上、○人工乾燥機の普及、○大径材を製材したあとの端材の有効活用方法の検討、○伐採技術、○林道技術、○更新技術、○ワイヤーロープで培ってきた技術を繊維ロープを使用できるようにする技術、○伐採の機械化、○搬出のローコスト化、○加工技術の開発、○大径木の伐採・搬出・加工コストの低減技術
86 人工林が間伐期から主伐(皆伐)期になってきていることに対応し、伐採後の再生産を確保するための森林造成技術
○疎植において形質を維持する育種、○低コストで実現できる獣害対策、○多様な目標林形が達成可能な育林技術、○低コストな種苗生産技術、○シカ害の抑制技術、○高能率で安全な収穫技術、○持続的な植林と生育環境を保全できる林道整備と皆伐技術、○森林土壌環境(生育環境)を維持できる再植林・育林技術、混交林化技術、○競合植生の制御、○スギ・ヒノキ以外の多様な木材生産にむけた広葉樹林再生、○伐採と造林を一括で実施し、低コスト育林の技術を開発する、○山林所有者の造林意欲を満たす魅力的な品種の開発をする、○有用広葉樹林の簡易な現場造成技術、○針広混交林の保育技術、○大面積皆伐によらない森林造成技術、○実験デザインを明確にした上での実証試験の積み重ね:たとえば、地形条件にそった作業効率の変化の評価について明確な実験デザインの元で実証試験を行う、○実証試験データに基づく技術適用範囲のモデル構築:たとえば、日本全国について、地形条件や人足数を下に作業効率を計算できるモデルの構築を行う、○上記モデルの不確実性の評価および精度向上:たとえば、モデルの不確実性を示すとともに、精度の向上に取り組む、○森林造成技術者や専門家の育成(農林工学科、木材流通システム工学科、などの整備)、○伐材処理機械の高度化・低コスト化、○自治体、森林組合等の意識改革
87 人口減少の中で労働力の確保等を図っていくため、林業(木材生産・森林整備・森林管理)を重労働から解放する技術

<p>○革新的な技術の創出、○わが国の自然条件に適した林業機械の開発、○傷害予防のための防護服などの開発、○ロボット工学の林業生産分野への応用、○傾斜地走行技術、○ハンドリング技術、○ロボット技術、○急斜面で操作できる林業用機械、○日本の大半の林業地が立地する急峻な山地に、豪雨にも耐える森林作業路網を整備するための技術、○1 に示したような作業路網を作設するために、斜面(地形・地質・水文環境等)を見極め、適切な対応方法を判定する技術、○現場作業員を含めた関連技術者・技能者に、2 の技術を身につけさせるための教育方法、○重労働となる作業の洗い出しとそれを改善する作業システムの開発</p>
<p>88 スギ・ヒノキなど各種樹木のゲノム情報を利用した高速育種によるスーパー樹木の開発</p>
<p>○スギ・ヒノキなど各種樹木のゲノム情報の高度な解析、○ゲノムやエピゲノムの情報と優良形質とを結びつけるマーカー等の開発とそれを利用した育種、○遺伝子組換え技術や新育種技術(NPBT: New Plant Breeding Techniques)の各種樹木への応用と安全性の確認及び社会的受容、○樹木のゲノム情報の蓄積、○樹木の生理機能の解明、○ヘテロ性のある樹木の高速育種技術、○対象樹種のゲノム解読、○遺伝子関連と表現型及びその可塑性の両方に深い理解をもつ人材の育成と登用、○世代交代に年月のかかる樹木ならではの特長である、将来(20-30 年後)を見据えた研究材料の整備、○低コストでのシーケンシング技術、○バイオインフォマティクス</p>
<p>89 オフィスビル等中高層木造建築物を実現するための高強度木質部材・木質耐火構造の開発</p>
<p>○規制緩和、○建築材料の耐久性の評価方法の確立、○十分な耐久性を確保できるような木材接着剤の開発、○樹木、丸太、木材の 1 本 1 本の性能のばらつきを計測するための方法の開発、○国内に豊富に存在する杉を使用した CLT(Cross Laminated Timber)の安全性試験、○CLT の効率的な建築工法、○強度性能の評価手法、○環境に負荷を与えない耐火薬剤の開発、○木質部材を利用した建築物の設計技術、○低コスト原材料供給技術の開発、○従来の素材と同様の設計・施工を可能にする技術開発、○木質耐火技術の開発、○CLT 開発技術、○建築技術、○高強度接合部材(または接合構法)の開発、○2 時間耐火性能を有する木質材料の開発、○木質構造部材生産技術の開発</p>
<p>90 土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で 50 年程度の長期使用可能な高耐久木材の開発</p>
<p>○木材腐食メカニズム解明、○木材への効率的なインサイジング技術、○天然由来防腐薬剤、○木酢油、○薬剤処理技術</p>
<p>91 高能率(超臨界水分解を用いて 1 分程度)かつ大量(1 か月あたり 1 トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術</p>
<p>《特になし》</p>
<p>92 未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電</p>
<p>○低価格高温耐久材の開発、○ガス化後の残渣処理技術、○未利用バイオマスを効率よく回収するシステム</p>
<p>93 未利用バイオマスや廃棄物を用いる合成燃料製造の高効率システム</p>
<p>○種々のバイオマスに対応するスーパー酵素、○超臨界・亜臨界技術の省コスト化、○社会インフラシステムの構築、○いずれの課題にしても、原料をいかに効率的に供給できるかが最大の課題である、○微生物機能の有効利用、○燃料製造工程の前処理の技術、○地域の森林バイオマス利用システムの構築、○合成燃料を利用した多様な機器の開発、○有害物質の除去と安全な廃棄技術、○セルロース分解技術(メカノケミカル、サーモケミカル、バイオケミカル全て)</p>
<p>94 竹の特性を生かしたバイオリファイナリーによる高度有効利用(繊維素材・建材等)技術</p>
<p>○竹の生物的特性の調査(ゲノム解析、遺伝子発現解析など)、○各種目的に適した竹の遺伝的改良技術(遺伝子組換え、細胞培養など)、○竹の物性・化学特性とその変異についての基礎情報の収集、○竹の成長メカニズムに関する理解</p>
<p>95 野生獣類による獣害を防ぎ、その食肉利用を図りつつ個体数管理するための効果的な捕獲・流通技術</p>
<p>○野生獣類の生息数や生息地域の把握技術、○野生獣類の個体数管理技術、○安全かつ効率的な捕獲技術、○鳥獣生息密度の評価技術、○生息地管理技術、○捕獲動物の人獣共通感染症の簡易検査手法の開発、○狩猟のための銃の使用方法に関する法的整備の推進、○技術を現場に適用するにあたって不可欠な、現場の技術者の育成、○効果的な捕獲技術、○個体数変動予測技術、○森林管理を通じた個体数調整技術、○現地における捕獲、処理方法の統一化、○捕獲から流通までのシームレス化、○捕獲、消費による経済的メリットの算定、○大学における教育、○野生動物管理と資源の流通システムの融合、○狩猟学の実践、○シカ及びクマ個体群の適性密度管理技術。特に効率的で安全な捕獲方法としてのシャープシューティングの技術の熟成、○上記達成のための法律の改正(一部はなされた)及び国市町村の体制整備、○シカ肉の流通・安全性確保に関する技術的問題の解決及びその社会実装、○野生獣の個体数観測技術の高度化、○野生獣の食肉規制の制度改革、○野生獣を捕獲、食肉化する人材の確保、○ICT を用いた防除技術、○生態把握に基づいた個体群管理技術、○生態把握に基づいた生息地管理技術、○狩猟者の育成、○法整備</p>
<p>96 熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術</p>
<p>○政府の温暖化対策に対する方針、○熱帯天然植生の有する環境保全機能の定量的解明と人為改変による劣化の評価、○劣化した熱帯林をリモートセンシングで検出する技術、○熱帯諸国との国際連携、○研究資金確保、○樹木生理研究、○</p>

植林技術開発、○森林生態解明、○グランド・トゥールースによる調査の効率化、○リモートセンシング技術の高度化、○現地適用技術の開発、○森林炭素変化量の観測・評価技術、○森林炭素変化量の将来予測技術、○森林減少を抑制する森林管理技術、○高性能、高機能のリモートセンシング技術の開発、○森林生態系の観測ネットワークの構築、○自動観測システムの開発とネットワーク化、○熱帯林の生物多様性や炭素蓄積量など生態系サービスの経済的価値の評価技術の確立とそのモニタリング、○リモートセンシング等を用いた観測技術、○気象観測等から熱帯林生態系の動的变化を予測するモデル技術、○熱帯林における物質循環モニタリングを継続するシステム、○衛生データ等を用いた熱帯林資源の精度の高い広域観測システム、○熱帯における持続可能な森林資源等の環境負荷の少ない利用システム、○食料生産力の増進、○熱帯雨林の再生技術の確立
97 世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握
《特になし》
98 日本におけるマツガレ病の完全制圧
○現場と研究の緊密な連携、○広範な研究分野の横断的研究、○防除に関して正しい知識と技術を持った人材の育成、○カミキリの発生数、枯れ松数の毎年のモニタリング、○ゾーニングすることによる被害地域の局所的根絶の繰り返し、○ゲノム解析、○有性不稔誘導、○殺菌剤、○散布技術
99 土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術
○災害危険エリアからの住居や木材生産林の撤退戦略、○我が国の山林に合った林産業機械の開発、○製材所が連携し合って、住宅業者が要求する材の量と質を提供できるシステムの開発、○日本の林産業が成り立つためのトータルシステムの構築、○樹種や森林タイプ、立木密度などと地盤支持力との関係の明確化、○居住地域のゾーニング、○森林管理が放棄されることでの将来予測、○森林管理の必要性を人命以外でいかに数値化できるか、○樹木根系の崩壊防止機能を評価する技術開発、○間伐に伴う樹木根系の崩壊防止機能を評価する技術開発、○植生と土砂災害の関係の解明、○航空撮影による植生調査技術、○森林根系の機能の解明、○崩壊メカニズムを考慮した森林管理、○森林生活圏のゾーニング、○間伐材処理機械の開発、○森林内での水・土砂動態を把握するための技術、○衛星、○高精度レーザ測量などの測量技術の精度の向上と低コスト化
100 リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム
○静止衛星を利用した高解像度・高頻度リモートセンシング技術、○沿岸域の高濁度水の影響および都市から大気汚染物質の影響を補正する技術、○自動巡回ロボットによる広域高頻度モニタリング技術
101 X線からテラヘルツにいたる広帯域超小型光デバイスとICTを用いた農作物のハイスループット(高速大量処理)表現型計測システム
○膨大なスペクトルデータから有用な情報を抽出するための解析アルゴリズムの開発、○X線、○ICT、○計測技術
102 農作業中でもコンピュータやインターネットが常時利用できるウェアラブルコンピュータ(体に装着できる超小型コンピュータ)を用いた、生産履歴情報の自動入力システム及び、農業の使用可否、病害虫対策などに関するナビゲーションシステム
○ITとインフラの開発と運用戦略、○開発・運用管理の技術者育成
103 生育障害や病虫害の発生、鳥インフルエンザ等の感染症による家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク
○メタゲノム解析
104 地球規模のセンサネットワークを用いた、農林水産生態系における主要元素・物質(窒素・炭素など)循環モニタリングシステム
○地域における物質循環モニタリング継続システムの確立、○簡易な携帯式の観測・分析システム技術の開発、○データの統合化と解析システムの構築
105 個人の健康診断及び嗜好などのデータに基づいて食事メニュー(必要素材及び調理法を含む)を提案するシステム
《特になし》
106 短・中期気象予報と作物モデルの統合による農作物の生育予測・診断システム
《特になし》
107 植物の共生微生物や自然免疫系の活用による農作物の品質管理技術データベースの構築
《特になし》
108 土壌・堆肥・有機肥料の微生物群集の活用データベースに基づく中長期予測システムの創出
《特になし》

109 農林水産業にかかわるあらゆる情報の把握にむけ、リモートセンシング技術等を活用した農業データの全球グリッド(格子間隔:1km 四方)データベース化
○リモートセンシングの情報把握精度の向上、○データからの有意な情報抽出技術、○気象予測のグリッドとの整合による全球レベルでの豊凶予測技術
110 農業データ(収量データ)と気象データとの整合にもとづいた地域レベルの気候変動、季節予測シミュレーションと連携した収量予測技術
○収量データのデータベース化、○データベースの構築にあたり、オントロジーの利用など統一語彙で記述、○全球農業データベース(収量、栽培暦など)が収量予測の基盤情報となる、○季節～季節内スケールの気候予測が収量予測の基盤情報となる、○統計数理手法(データ同化)がデータに基づく予測において重要な役割を果たす、○クラウドコンピューティング技術、○ICT、○営農技術、○ビッグデータの蓄積、○マイクロ情報の収集解析、○リモートセンシングデータの意味を解析するデータベース、○気候変動を考慮するためのアルゴリズム
111 フレイルティ・サイクルの予防に向けた、農林水産物の品種・生産・加工・調理特性と栄養・機能性・食味の最適化プラットフォーム及びデータベース構築
《特になし》
112 「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化
○国際的な研究班の構築、○測定手法の国際標準化、○それぞれの分野の専門家の交流、○「美味しさ」の定量的評価手法の大規模調査による妥当性検証、○「美味しさ」のメタ文化的分析手法、○統計的評価に耐えうる食味評価の2重盲検査手法の確立
113 紙などに記録されたレガシーデータのデジタル化による農業ビッグデータ基盤構築
《特になし》
114 地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報薬となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化
《特になし》
115 果実の品質(成分・物性・熟度)を現場でリアルタイムに定量分析するシステム
《特になし》
116 海洋調査・モニタリング・漁業調査結果のリアルタイム統合と社会への配信システム
○無人観測機器の開発、○自動情報送信装置の開発、○消費者との双方向情報通信技術の開発、○海洋環境の継続的なモニタリング、調査船調査の担保、○海洋流動モデル、シミュレーション技術、○利活用シーン、アプリケーション、コンテンツ等の具体化、○安価な通信技術、○センサへの海洋生物不着防止技術、○漁業者でもわかる使いやすいデータ受信体制
117 地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術
○環境変動に対する樹木の応答機構の解明、○予測モデルの構築、○データ処理技術の開発、○資源の種類ごとの影響評価技術、○総合的な観測システムの構築と運用、○シミュレーション技術、○社会・行政での活用、○非二酸化炭素の温暖化影響因子に関する知見(生成、蓄積、消費)の集積、○農地および林地による炭素固定能に関する直接的な比較研究
118 圃場作物の「健康状態」を知るための可搬型生体情報モニタリングシステム
○分光センシング技術、○非破壊計測技術
119 深海情報通信ネットワークの構築
《特になし》
120 衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価
○気象条件と各災害の進行メカニズムの解明
121 アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造物の点検・診断技術など)
《特になし》

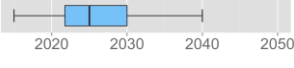
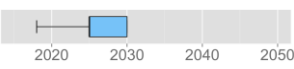





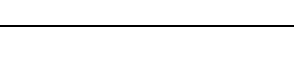
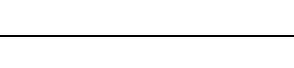
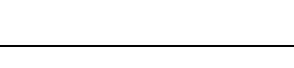
122 農村のため池群を主体にしたレジリエントな防災・減災技術(地震・豪雨時のため池決壊リスクの逐次予測に基づく地域住民への情報伝達技術など)
○土構造物内の浸潤挙動観測技術
123 アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術
○家畜及び養殖魚の低コスト型個体別行動リモートセンシングシステム、○3D センサ技術を活用した家畜及び養殖魚の行動によるメッセージの解析技術、○家畜及び養殖魚の飼養環境整備ロボット、○ウェルフェアの指標化、○生産性の評価、○マーケット(消費者)へのコマース
124 農作業を完全自動化するロボット技術
○作業車両の位置制御、作業制御、緊急時対応などのアルゴリズムの構築、○精度・性能とコストとのバランス感覚、○利用者を限定しない機械とするためのユーザインターフェースの開発、○ロボット開発(自分で状況を判断して作業を実現できる)、○人材育成(ロボットの操作・メンテナンスができる)
125 遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成
○リスクに関するコミュニケーション技法、○サイエンスに関するコミュニケーション技法、○教育現場(おもに小中高)における遺伝子組換え技術に関する教育(正確な情報の提供と議論)
126 都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を軽減する循環型地域社会
○モニタリング技術の高度化、○基準値の見える化技術の確立、○窒素循環量の推定値の精緻化と不確実性の評価、○都市から農村への窒素還元システムの構築
127 森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法
○客観的な人間の快適性を測る簡易な指標・装置の開発、○都市公園から奥山登山までレクリエーション活動のビックデータ利用技術、○森林のレクリエーション利用における安全の教育とその技術開発
128 過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保
○設備投資のコストダウン、○光源のコストダウン、○工場生産化、○トレーサビリティ、○作物ごとの工場製造プロセスの開発
129 世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発
○ビッグデータ解析、○資源等に関する統計データベースのオープンデータ化、○農業データ(収量)と気象データの整合に基づいた全球レベルの高生産技術、○農業データ(収量)と気象データの整合に基づいた全球レベルの生産性予測技術、○全球レベルのロジスティック
130 マーケット・イン型の持続可能な農業の6次産業化ビジネスモデルの構築と実証
○流通システムの高度化技術、○土地法制改革、○適切な品種選択、○品種ごとの品質特性計測、○ビジネスモデル研究の深化、○実証試験・アクションリサーチ手法の深化
131 植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術
○様々な生物が持つ特有のダイオキシンや金属との結合活性や酵素活性の解明、○モデル生物以外での生物の有機分子の解析技術の進展、○メタゲノム解析、○メタボローム解析、○回収機構の解明
132 出荷量と消費量のモニタリングによる食品ロスの低減
《特になし》

3. 7. 集計結果一覧

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
農・高度生産	1	腸内細菌を制御することによる非反芻家畜の生産性の向上	44	14	30	57	3.02	2.50	2.57	2.10	2.36	2022	
	2	地球温暖化を利用して、日本で熱帯・亜熱帯果樹の経済栽培が可能になるような栽培・流通技術	57	12	19	68	2.90	2.48	2.41	2.27	2.00	2025	
	3	オミックスを利用して、カンキツ・リンゴ・ニホンナシなどの果実の総合的な品質や食味を制御する技術	50	18	20	62	2.71	2.89	2.35	2.27	1.92	2025	
	4	エンドファイト(植物体内共生菌)を作物生産に利用する技術	45	4	36	60	2.86	2.71	2.69	2.48	2.05	2025	
	5	地下水水位制御システム、多様な作物の輪作技術及び ICT の統合による高生産性水田農業	48	13	29	58	3.15	2.84	2.17	2.11	1.79	2020	
	6	化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護法(ファージ・プラントアクティベータ・天敵生物・フェロモン・アレロパシー等)	60	3	18	78	3.15	2.73	2.64	2.39	2.46	2025	
	7	抗菌タンパク質や血液凝固因子等の生理活性物質を乳汁中に効率よく分泌する形質転換家畜の生産技術	32	9	28	63	2.60	2.73	2.84	2.74	3.10	2025	
	8	気候変動に柔軟に対応可能な露地栽培と施設栽培の最適化システム	56	14	20	66	3.32	2.78	2.51	2.26	2.13	2024	
農・作物開発	9	省力・低コスト栽培が可能な作物の育種(GMOを含む)	88	39	30	32	3.53	2.88	2.54	2.39	2.95	2025	
	10	特定の相同染色体を配偶子に持たせる技術	25	20	28	52	3.08	2.71	2.67	3.09	2.75	2025	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
4.5	27.3	17.5	32.5	25.0	22.5	2.5	2025		9.1	38.6	22.0	19.5	26.8	24.4	7.3	
3.5	8.8	17	26.4	18.9	32.1	5.7	2030		7.0	12.3	14.5	18.2	23.6	38.2	5.5	
10.0	12.0	31.2	31.2	20.8	12.5	4.2	2030		10.0	22.0	18.8	33.3	22.9	22.9	2.1	
17.8	22.2	25.6	41.9	14.0	16.3	2.3	2025		20.0	26.7	18.6	32.6	16.3	27.9	4.7	
4.2	6.2	19.6	41.3	13.0	19.6	6.5	2025		6.2	6.2	18.6	32.6	14.0	30.2	4.7	
3.3	18.3	30.4	30.4	12.5	23.2	3.6	2026		8.3	21.7	17.2	22.4	12.1	44.8	3.4	
12.5	21.9	27.6	37.9	6.9	24.1	3.4	2030		21.9	40.6	10.0	20.0	10.0	53.3	6.7	
0.0	8.9	20.8	45.3	17.0	17.0	0.0	2025		3.6	8.9	17.3	28.8	21.2	32.7	0.0	
1.1	6.8	32.2	35.6	8.0	19.5	4.6	2029		5.7	13.6	19.3	17.0	13.6	44.3	5.7	
16.0	20.0	43.5	26.1	13.0	13.0	4.3	2030		16.0	28.0	17.4	26.1	17.4	30.4	8.7	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
農作物開発	11	植物の観賞性に関わる色・形・香りの制御技術	65	17	31	52	2.78	3.02	2.25	2.21	2.24	2020	
	12	植物の観賞性に関わる老化の制御技術	54	15	30	56	2.74	2.78	2.27	2.26	2.15	2021	
	13	絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出技術および保存技術	33	12	24	64	3.33	2.93	2.26	2.30	2.32	2025	
	14	人為的に導入した遺伝子の環境への影響がない遺伝子組換え植物	80	26	29	45	3.51	2.81	2.52	2.71	3.33	2025	
	15	食糧増産や環境保全のために、光合成機能を向上させる技術	69	22	38	41	3.30	2.89	2.81	2.70	2.41	2025	
	16	遺伝子組換えによる C4 光合成イネ、窒素固定イネの開発	64	8	27	66	2.97	2.83	3.05	2.90	2.87	2027	
	17	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物	77	23	35	42	3.68	2.97	2.93	2.75	2.54	2025	
	18	植物の生育を制御する遺伝子基本ネットワークの解明	71	20	34	46	3.25	3.03	2.54	2.49	2.13	2025	
	19	植物における生長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明	67	22	36	42	3.26	3.14	2.40	2.43	2.10	2025	
	20	イネの遺伝子・環境相互作用の解明に基づく、生育過程のモデル化	56	20	25	55	3.17	3.09	2.37	2.37	1.91	2024	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
1.5	4.6	29.7	35.9	18.8	15.6	0.0	2025		1.5	10.8	15.9	25.4	17.5	41.3	0.0	
3.7	9.3	30.0	42.0	18.0	6.0	4.0	2025		3.7	11.1	14.3	26.5	20.4	36.7	2.0	
3.0	9.1	30.0	46.7	16.7	3.3	3.3	2030		3.0	15.2	26.7	30.0	23.3	16.7	3.3	
8.8	10.0	22.1	35.1	14.3	24.7	3.9	2029		13.8	20.0	16.9	15.6	13.0	50.6	3.9	
11.6	13.0	39.1	35.9	14.1	9.4	1.6	2030		17.4	18.8	21.5	21.5	24.6	30.8	1.5	
21.9	25.0	35.0	33.3	16.7	8.3	6.7	2035		29.7	28.1	12.3	17.5	15.8	45.6	8.8	
9.1	10.4	38.4	35.6	17.8	5.5	2.7	2033		13.0	15.6	17.6	27.0	33.8	20.3	1.4	
7.0	7.0	39.4	40.9	12.1	4.5	3.0	2030		9.9	21.1	21.0	35.5	19.4	21.0	3.2	
3.0	6.0	39.1	35.9	17.2	3.1	4.7	2030		6.0	20.9	29.0	33.9	19.4	12.9	4.8	
5.4	8.9	38.9	27.8	20.4	11.1	1.9	2026		14.3	16.1	17.3	28.8	23.1	25.0	5.8	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
農作物開発	21	植物ゲノム技術による、空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力を持つ植物	55	15	31	55	3.26	2.80	2.79	2.71	2.44	2025	
	22	乾物で 50t/ha/年を越えるバイオマス生産作物	48	17	33	50	3.21	2.61	2.91	2.75	2.30	2025	
	23	地球温暖化の影響(病害虫を含む)を受けにくい作物の開発	67	34	27	39	3.67	2.92	2.69	2.52	2.19	2025	
	24	作物の全遺伝子発現情報から様々な農業形質を予測可能な発現遺伝子マーカーの開発	59	14	32	54	3.20	2.93	2.39	2.47	1.95	2025	
	25	品種改良において任意の交雑集団から期待できる表現型変異のシミュレーション予測と最適遺伝子型個体の選定	42	14	17	69	3.05	2.67	2.68	2.65	1.78	2025	
	26	ゲノム編集による優良(高品質・高収量)農産物作成技術	67	22	31	46	3.48	2.86	2.57	2.74	2.80	2025	
	27	作物の農業形質に影響を与える自然変異・突然変異のアトラス開発	31	16	35	48	3.10	2.78	2.35	2.33	1.69	2025	
	28	作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術	46	20	26	54	3.09	2.95	2.47	2.45	3.18	2025	
	29	植物において任意のゲノム領域における染色体乗り換えを可能にする分子制御技術	38	5	32	63	3.19	2.65	2.97	2.86	2.64	2029	
	30	家畜の雑種強勢のメカニズム解明と、それを利用した生産のためのシステムの作出	15	13	33	53	2.93	2.50	2.92	2.39	2.29	2027	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
16.4	16.4	27.5	43.1	15.7	7.8	5.9	2030		20.0	21.8	18.4	18.4	24.5	30.6	8.2	
14.6	27.1	25.6	46.5	11.6	11.6	4.7	2030		18.8	33.3	15.4	30.8	20.5	28.2	5.1	
6.0	10.4	30.8	49.2	12.3	6.2	1.5	2035		9.0	14.9	21.0	32.3	17.7	27.4	1.6	
10.2	10.2	25.0	46.4	16.1	8.9	3.6	2030		13.6	16.9	23.2	32.1	25.0	14.3	5.4	
11.9	21.4	40.0	37.5	12.5	5.0	5.0	2030		16.7	23.8	33.3	28.2	23.1	10.3	5.1	
6.0	6.0	29.9	47.8	6.0	13.4	3.0	2029		11.9	17.9	18.2	19.7	12.1	47.0	3.0	
6.5	6.5	32.1	50.0	3.6	7.1	7.1	2030		6.5	9.7	17.9	21.4	25.0	28.6	7.1	
6.5	4.3	22.7	45.5	11.4	18.2	2.3	2030		8.7	13.0	11.4	15.9	9.1	61.4	2.3	
13.2	23.7	35.3	50.0	2.9	5.9	5.9	2030		13.2	36.8	18.2	39.4	12.1	24.2	6.1	
6.7	46.7	8.3	41.7	8.3	25.0	16.7	2035		20.0	46.7	30.8	7.7	15.4	38.5	7.7	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
農作物開発	31	作物の雑種強勢と近交弱勢の分子遺伝学的解明	49	12	22	65	3.17	2.76	2.79	2.67	1.91	2025	
	32	配偶子や生殖細胞でのゲノム情報を用いた選抜による家畜育種	17	12	29	59	3.00	2.92	2.40	2.40	2.82	2020	
	33	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタの開発	21	14	29	57	3.26	3.28	2.68	2.58	3.24	2025	
農疾病防除	34	カンキツ・リンゴなどの高品質果実の完全無農薬生産システム	22	5	27	68	2.73	3.00	2.86	2.40	2.45	2028	
	35	超音波や振動などによる昆虫の行動制御技術	17	0	18	82	3.06	3.07	2.80	2.06	2.25	2025	
	36	人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術	22	18	14	68	3.23	2.78	2.85	2.55	2.76	2025	
	37	農業生態系を活用した病害虫発生抑制技術を核とする持続可能でホリスティックな栽培技術体系	22	9	27	64	3.32	2.90	3.14	2.52	2.18	2025	
農バイオマス利用	38	微生物の機能を改良し、地域資源を活用した産業用酵素製造技術	47	23	40	36	3.31	2.93	2.51	2.36	2.24	2020	
	39	セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物性繊維の分解利用技術	33	21	30	48	3.32	2.66	2.67	2.52	2.03	2023	
	40	複合微生物系を利用したバイオマスのワンストップ発酵技術の開発	41	12	32	56	2.98	2.81	2.57	2.40	2.03	2023	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)						社会実装						社会実装のための 重点施策(%)					
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他				
6.1	20.4	34.8	50.0	2.2	8.7	4.3	2030		12.2	24.5	25.6	41.9	16.3	11.6	4.7				
5.9	35.3	14.3	50.0	14.3	7.1	14.3	2023		11.8	35.3	13.3	20.0	13.3	40.0	13.3				
0.0	14.3	5.6	38.9	16.7	33.3	5.6	2030		19.0	19.0	5.6	11.1	16.7	50.0	16.7				
22.7	27.3	20	45.0	25.0	10.0	0.0	2030		27.3	31.8	15.0	30.0	15.0	30.0	10.0				
5.9	35.3	18.8	50.0	18.8	6.2	6.2	2030		11.8	41.2	20.0	20.0	26.7	20.0	13.3				
13.6	22.7	25.0	45.0	10.0	20.0	0.0	2027		9.1	31.8	26.3	26.3	21.1	21.1	5.3				
4.5	22.7	36.8	42.1	15.8	5.3	0.0	2030		4.5	22.7	35.0	15.0	40.0	5.0	5.0				
0.0	10.6	9.1	40.9	34.1	15.9	0.0	2025		2.1	8.5	13.6	25.0	34.1	27.3	0.0				
3.0	21.2	16.7	50.0	26.7	6.7	0.0	2027		6.1	30.3	13.8	34.5	20.7	31.0	0.0				
4.9	22.0	11.8	44.1	23.5	17.6	2.9	2025		7.3	29.3	11.4	28.6	28.6	20.0	11.4				

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
農・バイオマス利用	41	メタン発酵消化液の濃縮等による成分安定肥料生産技術を利用した耕畜連携生産システム	21	0	24	76	2.80	2.71	2.32	2.26	2.28	2022	
	42	バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術	38	11	32	58	3.35	2.72	2.36	2.29	2.51	2020	
	43	バイオマス資源作物の熟利用に向けた高リグニン含量品種の開発	29	7	28	66	2.82	2.48	2.63	2.67	2.18	2025	
農・環境保全	44	タイミングを考慮した減農薬散布、メタンや亜酸化窒素の排出抑制など、生産中心の農業から環境負荷を軽減する農業ヘシフトさせる技術	42	10	43	48	3.38	2.92	2.61	2.23	2.56	2024	
	45	同一品種栽培での生物多様性維持を可能にする技術	27	4	22	74	3.00	2.59	2.71	2.18	2.50	2025	
	46	環境中の有害化学物質や放射性物質のモニタリングと作物への移行機構の解明および安全性基準の策定	37	22	22	57	3.57	3.00	2.24	2.20	2.60	2024	
食品・高度生産	47	酵母・糸状菌等の従属栄養微生物による食用・燃料用油脂の生産技術	24	21	17	63	2.83	2.68	2.32	2.22	2.13	2022	
食品・流通・加工	48	食用魚類からの実用的完全除骨ロボット技術	16	6	13	81	2.44	3.29	2.07	2.06	1.75	2020	
	49	飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理機械	15	7	7	87	2.60	2.92	2.00	2.07	2.00	2021	
	50	食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)混入検出のための識別技術	28	4	36	61	3.25	3.20	2.58	2.08	2.04	2020	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
4.8	23.8	11.1	22.2	33.3	33.3	0.0	2025		4.8	23.8	10.5	26.3	15.8	42.1	5.3	
0.0	13.2	20.6	32.4	26.5	17.6	2.9	2025		5.3	13.2	32.4	20.6	17.6	23.5	5.9	
3.4	31.0	11.1	48.1	25.9	14.8	0.0	2030		13.8	34.5	7.7	34.6	15.4	34.6	7.7	
7.1	2.4	29.3	34.1	19.5	17.1	0.0	2025		11.9	4.8	17.1	24.4	19.5	36.6	2.4	
22.2	29.6	20.8	25.0	16.7	25.0	12.5	2027		22.2	33.3	25.0	16.7	12.5	33.3	12.5	
2.7	5.4	30.3	48.5	15.2	6.1	0.0	2025		2.7	8.1	17.1	37.1	20.0	25.7	0.0	
0.0	12.5	14.3	23.8	23.8	23.8	14.3	2028		8.3	16.7	9.5	9.5	28.6	42.9	9.5	
18.8	6.2	21.4	28.6	28.6	14.3	7.1	2020		18.8	6.2	16.7	25.0	33.3	25.0	0.0	
13.3	13.3	7.1	50.0	21.4	14.3	7.1	2024		13.3	13.3	23.1	15.4	15.4	30.8	15.4	
3.6	7.1	30.8	30.8	23.1	11.5	3.8	2022		3.6	0.0	14.8	25.9	33.3	18.5	7.4	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
食品加工	51	物流において生鮮食品を1週間程度、冷凍・冷蔵せずに保存する技術	25	16	44	40	3.56	3.32	3.00	2.83	2.08	2023	
食品・食品安全	52	食品のトレーサビリティを高めるために、生育過程のあるいは生産物の組織に由来する極微量サンプルから1分以内に全DNAまたは全RNAの塩基配列を明らかにする配列読取技術	22	0	36	64	3.09	2.55	2.45	2.38	2.59	2020	
	53	食品における複数の危害因子の相互作用がもたらす毒性評価	17	18	35	47	3.35	2.73	2.56	2.50	2.59	2020	
	54	食中毒を引き起こす海洋生物毒生産機構の遺伝情報に基づく解析技術	11	9	9	82	2.73	2.22	2.50	2.30	2.20	2022	
	55	遺伝子改変作物や動物の安全性評価法の確立	24	21	25	54	3.63	2.70	2.35	2.30	3.08	2024	
	56	食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム	22	14	32	55	3.32	2.80	2.33	2.33	2.48	2020	
	57	原料農産物の品質をその場で確認できるオミックス・化学分析を用いた携帯型解析システム	20	20	15	65	3.05	2.89	2.28	2.33	2.05	2020	
食品・食品機能性	58	アレルギー計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術	45	20	44	36	3.20	3.10	2.67	2.27	2.42	2022	
	59	高齢者に特有の、抗酸化機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品	52	31	37	33	3.14	3.02	2.56	2.33	2.37	2021	
	60	高齢者に特有の、脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食事法	47	15	34	51	3.40	3.10	2.66	2.43	2.42	2023	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
4.0	24.0	38.1	23.8	23.8	14.3	0.0	2025		4.0	20.0	26.1	30.4	21.7	17.4	4.3	
9.1	4.5	19.0	52.4	14.3	9.5	4.8	2025		9.1	4.5	9.5	19.0	28.6	38.1	4.8	
11.8	11.8	31.2	43.8	18.8	6.2	0.0	2023		11.8	17.6	43.8	31.2	12.5	12.5	0.0	
0.0	9.1	30.0	40.0	30.0	0.0	0.0	2026		9.1	9.1	33.3	11.1	33.3	22.2	0.0	
8.3	16.7	4.3	43.5	26.1	26.1	0.0	2025		8.3	25.0	4.3	17.4	34.8	39.1	4.3	
9.1	22.7	15.0	20.0	25.0	40.0	0.0	2020		4.5	22.7	15.0	15.0	20.0	45.0	5.0	
10.0	15.0	15.0	55.0	20.0	10.0	0.0	2025		15.0	10.0	20.0	30.0	25.0	15.0	10.0	
6.7	8.9	20.0	32.5	37.5	7.5	2.5	2025		8.9	8.9	14.6	17.1	36.6	26.8	4.9	
13.5	7.7	15.2	52.2	17.4	10.9	4.3	2025		13.5	5.8	6.5	26.1	30.4	28.3	8.7	
2.1	14.9	25.0	25.0	27.5	22.5	0.0	2025		4.3	12.8	12.2	14.6	39.0	31.7	2.4	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術の実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
食品・食品機能性	61	ビッグデータを活用した、テーラーメイド機能性食品	38	11	42	47	2.68	2.65	2.57	2.47	2.58	2025	
	62	フードミックスの考え方に基づく多様な機能性食品の開発	36	19	36	44	3.11	3.06	2.60	2.41	2.38	2025	
	63	生活習慣病予防を目的とする、個人の体質に応じた機能性食品	51	18	41	41	3.33	2.96	2.48	2.50	2.59	2022	
水産・資源保全	64	養殖対象品種および主要漁業対象種の生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存	15	7	20	73	3.13	3.08	2.07	2.47	2.60	2020	
	65	沿岸域の環境(離島を含む)に適した海草・海藻資源の持続的利用データベース構築	21	19	14	67	3.29	3.17	2.40	2.19	2.14	2023	
	66	環境と漁獲の変動下でのマイワシ・マグロ等主要漁業資源の長期変動予測技術とそれに基づいた水産資源の適正管理技術	28	32	18	50	3.70	3.04	2.96	2.35	2.31	2025	
	67	計量魚群探知システム(魚種判別・サイズ測定)の高精度化による多種一括資源量評価技術	25	8	32	60	3.26	3.14	2.63	2.46	1.96	2025	
	68	超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物のライフタイムロギング	21	10	33	57	3.00	2.78	2.48	2.48	2.57	2020	
	69	魚類や海産哺乳類の非侵襲音響調査技術及び音声認識データベースの構築	15	13	20	67	3.07	3.00	2.50	2.43	2.20	2022	
	70	持続可能な水産業を確保する漁獲高管理技術	29	14	34	52	3.69	2.96	2.74	2.44	2.50	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
15.8	13.2	24.2	30.3	21.2	24.2	0.0	2028		21.1	18.4	18.8	18.8	31.2	28.1	3.1	
5.6	16.7	9.7	32.3	32.3	22.6	3.2	2025		8.3	11.1	9.1	27.3	27.3	33.3	3.0	
3.9	13.7	13.0	34.8	30.4	19.6	2.2	2025		5.9	15.7	8.7	21.7	37.0	30.4	2.2	
0.0	20.0	14.3	57.1	14.3	7.1	7.1	2025		0.0	20.0	6.7	26.7	13.3	46.7	6.7	
4.8	9.5	22.2	27.8	33.3	16.7	0.0	2025		4.8	14.3	18.8	18.8	50.0	12.5	0.0	
3.6	14.3	46.2	30.8	19.2	3.8	0.0	2026		3.6	17.9	14.8	22.2	29.6	29.6	3.7	
8.0	16.0	34.8	34.8	21.7	8.7	0.0	2030		4.0	16.0	25.0	25.0	29.2	20.8	0.0	
9.5	9.5	38.9	44.4	5.6	0.0	11.1	2022		23.8	14.3	15.8	42.1	15.8	10.5	15.8	
6.7	20.0	36.4	45.5	9.1	0.0	9.1	2025		13.3	20.0	41.7	16.7	16.7	16.7	8.3	
0.0	17.2	37.0	18.5	37.0	7.4	0.0	2025		0.0	17.2	22.2	7.4	44.4	22.2	3.7	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
水産・育種・生産	71	ウナギ人工種苗を大量培養し、成育させ、出荷する生産システム技術	21	19	24	57	3.43	3.52	2.57	2.67	2.38	2023	
	72	発生工学的技術を利用した、優良形質導入による水産生物(サケ・マス類、ティラピア、トラフグなど)の作出	19	16	21	63	3.32	3.33	2.67	2.56	2.90	2020	
	73	生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる陸上循環養殖などの養殖工場の開発	22	9	9	82	3.18	3.20	2.18	2.15	2.27	2023	
	74	魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術	15	7	27	67	3.20	3.20	2.50	2.43	2.27	2021	
	75	環境負荷低減を含めた植物素材による魚類養殖	14	7	21	71	3.21	2.91	2.29	2.36	2.36	2022	
	76	完全不妊養殖魚の開発とその利用の促進	11	18	27	55	3.09	3.10	2.40	2.50	2.80	2025	
	77	遺伝子組換え活性の完全制御による難形質転換生物(真核植物・真核藻類等)での外来遺伝子発現技術	9	22	11	67	3.11	3.14	3.00	3.00	3.13	2020	
水産・環境保全	78	生分解性の素材を利用した、廉価な漁業資材や包装容器の一般化	17	0	18	82	3.18	2.81	1.88	1.82	2.59	2023	
	79	漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術	14	14	36	50	3.43	3.00	2.83	2.33	2.14	2025	
	80	微小海洋生物(微生物・プランクトン等)の識別が可能な3次元画像解析システム	19	5	21	74	3.17	2.59	2.72	2.83	2.11	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
0.0	14.3	31.6	26.3	26.3	10.5	5.3	2025		0.0	14.3	14.3	33.3	28.6	19.0	4.8	
10.5	21.1	23.5	23.5	23.5	23.5	5.9	2025		10.5	21.1	29.4	11.8	23.5	29.4	5.9	
0.0	22.7	10.0	40.0	25.0	20.0	5.0	2025		0.0	13.6	15.0	30.0	35.0	15.0	5.0	
0.0	33.3	30.8	38.5	23.1	7.7	0.0	2025		0.0	33.3	41.7	16.7	41.7	0.0	0.0	
7.1	21.4	22.2	44.4	22.2	11.1	0.0	2024		7.1	21.4	30.0	30.0	30.0	10.0	0.0	
9.1	18.2	18.2	27.3	45.5	9.1	0.0	2030		9.1	27.3	10.0	20.0	50.0	20.0	0.0	
11.1	33.3	50.0	33.3	0.0	16.7	0.0	2025		11.1	33.3	16.7	0.0	16.7	66.7	0.0	
5.9	5.9	13.3	33.3	33.3	20.0	0.0	2022		0.0	0.0	5.9	23.5	29.4	35.3	5.9	
0.0	14.3	41.7	25.0	25.0	8.3	0.0	2026		0.0	7.1	7.7	30.8	30.8	30.8	0.0	
10.5	15.8	12.5	56.2	18.8	12.5	0.0	2025		10.5	15.8	11.8	35.3	35.3	17.6	0.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
水産・環境保全	81	陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術	23	9	30	61	3.39	2.95	2.67	2.36	2.44	2025	
	82	水棲バイオマスプラントリーによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム	13	0	23	77	2.92	2.75	2.58	2.50	2.15	2025	
	83	海洋における波力・潮汐・潮流等を用いた再生可能エネルギー施設の設置とその利用	21	0	19	81	3.29	2.83	2.61	2.32	2.05	2024	
	84	沿岸域における漁業の再生を図るための放射性物質除去技術	16	6	19	75	3.69	2.93	2.87	2.33	2.75	2025	
林・高度生産	85	政策目標の木材自給率 50%を達成するための大径材の伐採・搬出・加工の新技术	50	26	38	36	3.30	2.18	2.31	2.17	2.20	2020	
	86	人工林が間伐期から主伐(皆伐)期になってきていることに対応し、伐採後の再生産を確保するための森林造成技術	51	39	33	27	3.55	2.26	2.34	2.04	2.04	2021	
	87	人口減少の中で労働力の確保等を図っていくため、林業(木材生産・森林整備・森林管理)を重筋労働から解放する技術	48	15	33	52	3.43	2.29	2.47	2.42	2.20	2025	
	88	スギ・ヒノキなど各種樹木のゲノム情報を利用した高速育種によるスーパー樹木の開発	37	27	16	57	2.81	2.68	2.83	2.54	2.36	2025	
林・バイオマス利用	89	オフィスビル等中高層木造建築物を実現するための高強度木質部材・木質耐火構造の開発	26	19	27	54	3.39	2.58	2.19	2.31	1.92	2020	
	90	土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で 50 年程度の長期使用可能な高耐久木材の開発	26	8	35	58	3.00	2.90	2.67	2.21	2.16	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
4.3	26.1	22.7	27.3	27.3	22.7	0.0	2025		4.3	21.7	8.7	21.7	34.8	30.4	4.3	
0.0	23.1	9.1	36.4	54.5	0.0	0.0	2025		7.7	15.4	27.3	18.2	27.3	27.3	0.0	
0.0	14.3	21.1	36.8	31.6	10.5	0.0	2029		0.0	19.0	5.3	26.3	31.6	31.6	5.3	
12.5	31.2	15.4	53.8	23.1	7.7	0.0	2027		12.5	37.5	7.7	30.8	30.8	30.8	0.0	
2.0	8.0	18.8	35.4	22.9	20.8	2.1	2025		6.0	14.0	20.8	29.2	18.8	25.0	6.2	
2.0	7.8	22.4	34.7	12.2	22.4	8.2	2025		2.0	9.8	20.4	20.4	14.3	38.8	6.1	
2.1	16.7	15.2	45.7	17.4	10.9	10.9	2025		4.2	18.8	6.8	40.9	29.5	11.4	11.4	
2.7	18.9	18.9	54.1	5.4	13.5	8.1	2030		10.8	27.0	11.4	28.6	11.4	42.9	5.7	
0.0	3.8	8.0	40.0	24.0	28.0	0.0	2025		0.0	3.8	7.7	38.5	19.2	30.8	3.8	
3.8	19.2	4.0	52.0	24.0	20.0	0.0	2025		3.8	19.2	4.0	28.0	28.0	36.0	4.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
林バイオマス利用	91	高能率(超臨界水分解を用いて1分程度)かつ大量(1か月あたり1トン程度)にリグニンをバニリンとシリングアルデヒドに分解する技術	26	8	31	62	2.92	2.95	3.00	2.64	2.00	2025	
	92	未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電	42	12	31	57	3.17	2.73	2.48	2.35	2.05	2024	
	93	未利用バイオマスや廃棄物を用いる合成燃料製造の高効率システム	33	15	24	61	3.18	2.90	2.41	2.41	2.03	2023	
	94	竹の特性を生かしたバイオリファイナリーによる高度有効利用(繊維素材・建材等)技術	26	15	31	54	2.77	2.59	2.48	2.40	1.88	2021	
林環境保全	95	野生獣類による獣害を防ぎ、その食肉利用を図りつつ個体数管理するための効果的な捕獲・流通技術	62	11	31	58	3.27	2.25	2.60	2.12	2.83	2025	
	96	熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術	67	15	33	52	3.59	2.93	2.61	2.19	2.74	2024	
	97	世界の主要な商業利用樹種に関する樹木集団の、地域分化や遺伝的多様性を解析するための、分子マーカーによる遺伝的地域区分の把握	44	18	14	68	2.91	2.95	2.09	2.07	2.37	2025	
	98	日本におけるマツガレ病の完全制圧	53	11	32	57	3.17	3.02	2.80	2.27	2.37	2025	
	99	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	56	13	21	66	3.49	2.78	2.85	2.50	2.44	2030	
共通・情報サービス	100	リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム	40	8	30	63	3.38	3.00	2.58	2.44	2.10	2022	

技術的実現		技術実現のための重点施策(%)					社会実装					社会実装のための重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
11.5	19.2	4.0	56.0	24.0	12.0	4.0	2025		19.2	26.9	4.2	41.7	8.3	29.2	16.7	
4.8	11.9	8.1	54.1	10.8	18.9	8.1	2025		7.1	19.0	4.9	31.7	9.8	48.8	4.9	
3.0	27.3	6.7	63.3	13.3	6.7	10.0	2025		6.1	30.3	6.7	40.0	16.7	23.3	13.3	
3.8	19.2	28.0	40.0	12.0	16.0	4.0	2025		3.8	26.9	16.7	25.0	16.7	29.2	12.5	
1.6	17.7	27.9	18.0	24.6	23	6.6	2025		4.8	14.5	18.0	19.7	29.5	27.9	4.9	
1.5	23.9	19	30.2	36.5	12.7	1.6	2027		1.5	23.9	18.8	20.3	46.9	10.9	3.1	
4.5	18.2	9.5	57.1	26.2	2.4	4.8	2025		4.5	29.5	9.5	26.2	45.2	11.9	7.1	
24.5	20.8	11.8	47.1	19.6	15.7	5.9	2030		26.4	22.6	7.8	39.2	29.4	15.7	7.8	
16.1	26.8	17.0	43.4	13.2	17.0	9.4	2032		10.7	26.8	11.5	44.2	11.5	23.1	9.6	
0.0	12.5	16.2	40.5	24.3	18.9	0.0	2025		2.5	15.0	13.5	21.6	29.7	32.4	2.7	

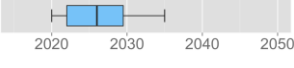
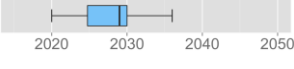
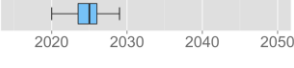
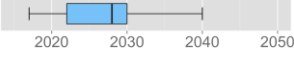
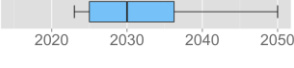

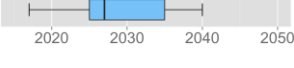


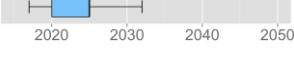
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
共通情報サービス	101	X線からテラヘルツにいたる広帯域超小型光デバイスとICTを用いた農作物のハイスループット(高速大量処理)表現型計測システム	17	12	29	59	3.29	3.20	2.56	2.29	2.18	2025	
	102	農作業中でもコンピュータやインターネットが常時利用できるウェアラブルコンピュータ(体に装着できる超小型コンピュータ)を用いた、生産履歴情報の自動入力システム及び、農薬の使用可否、病害虫対策などに関するナビゲーションシステム	32	6	25	69	3.06	2.75	2.19	2.39	2.22	2021	
	103	生育障害や病虫害の発生、鳥インフルエンザ等の感染症による家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク	21	14	19	67	3.33	2.88	2.38	2.24	2.33	2024	
	104	地球規模のセンサネットワークを用いた、農林水産生態系における主要元素・物質(窒素・炭素など)循環モニタリングシステム	24	13	38	50	3.33	2.95	2.83	2.61	2.17	2025	
	105	個人の健康診断及び嗜好などのデータに基づいて食事メニュー(必要素材及び調理法を含む)を提案するシステム	14	7	43	50	3.36	3.30	2.50	2.50	2.93	2020	
	106	短・中期気象予報と作物モデルの統合による農作物の生育予測・診断システム	23	9	9	83	3.39	2.81	2.57	2.44	2.17	2025	
	107	植物の共生微生物や自然免疫系の活用による農作物の品質管理技術データベースの構築	12	0	17	83	3.33	2.78	2.58	2.67	2.67	2026	
	108	土壌・堆肥・有機肥料の微生物群集の活用データベースに基づく中長期予測システムの創出	14	0	7	93	2.86	2.70	2.86	2.46	2.50	2027	
	109	農林水産業にかかわるあらゆる情報の把握にむけ、リモートセンシング技術等を活用した農業データの全球グリッド(格子間隔:1km 四方)データベース化	28	7	25	68	3.14	2.88	2.78	2.52	2.29	2025	
	110	農業データ(収量データ)と気象データとの統合にもとづいた地域レベルの気候変動、季節予測シミュレーションと連携した収量予測技術	22	14	18	68	3.36	2.74	2.75	2.45	2.32	2025	

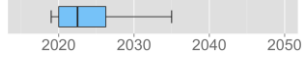
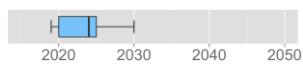
技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
11.8	11.8	13.3	46.7	33.3	6.7	0.0	2028		11.8	11.8	26.7	40.0	20.0	13.3	0.0	
0.0	9.4	12.9	41.9	29	16.1	0.0	2025		3.1	12.5	20.7	31.0	20.7	27.6	0.0	
0.0	19.0	21.1	52.6	15.8	10.5	0.0	2030		0.0	19.0	15.0	35.0	20.0	30.0	0.0	
4.2	25.0	13.6	40.9	18.2	27.3	0.0	2030		8.3	25.0	13.6	27.3	27.3	31.8	0.0	
0.0	14.3	28.6	21.4	28.6	21.4	0.0	2025		0.0	14.3	7.7	23.1	46.2	23.1	0.0	
0.0	13.0	22.7	36.4	18.2	22.7	0.0	2030		0.0	13.0	21.7	26.1	17.4	34.8	0.0	
0.0	25.0	16.7	25.0	33.3	16.7	8.3	2026		0.0	25.0	18.2	36.4	27.3	18.2	0.0	
14.3	14.3	23.1	38.5	30.8	7.7	0.0	2030		21.4	21.4	23.1	30.8	23.1	23.1	0.0	
3.6	17.9	15.4	38.5	30.8	15.4	0.0	2030		10.7	14.3	12.0	28.0	36.0	24.0	0.0	
4.5	22.7	9.5	33.3	33.3	23.8	0.0	2030		4.5	18.2	20.0	30.0	20.0	30.0	0.0	

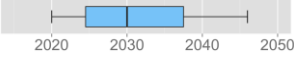
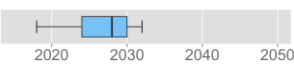
細目	トピック番号	トピック	回答者(人)	回答者の専門性(%)			研究開発特性(指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
共通情報サービス	111	フレイルティ・サイクルの予防に向けた、農林水産物の品種・生産・加工・調理特性と栄養・機能性・食味の最適化プラットフォーム及びデータベース構築	6	0	0	100	3.00	2.75	2.50	2.50	2.50	2020	
	112	「美味しさ」を簡単に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化	15	13	33	53	2.79	3.00	2.64	2.27	2.33	2025	
	113	紙などに記録されたレガシーデータのデジタル化による農業ビッグデータ基盤構築	25	8	20	72	3.12	2.36	2.12	2.16	2.12	2022	
	114	地域資源を活用したスマートビレッジ(例:自然エネルギーをベースに、「高度施設栽培」と科学的栽培技術に基づく露地栽培が戦略的に組み合わせられて農業生産が6次産業化しており、地域の健康戦略に資する加工食品や食事メニューの開発などが行われ、この食システムが地域の健康を維持する情報源となるとともに、ヘルスケア現場(介護食・病院食)とつながるといった持続可能な取り組みを行っている町や村)構築のための要素技術のシステム化	14	7	7	86	3.29	2.64	2.93	2.64	3.07	2025	
	115	果実の品質(成分・物性・熟度)を現場でリアルタイムに定量分析するシステム	24	8	25	67	3.13	2.95	2.17	2.13	2.17	2020	
	116	海洋調査・モニタリング・漁業調査結果のリアルタイム統合と社会への配信システム	16	6	25	69	3.44	3.00	2.31	2.63	2.13	2024	
	117	地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術	29	21	24	55	3.59	3.13	2.93	2.46	2.41	2025	
	118	圃場作物の「健康状態」を知るための可搬型生体情報モニタリングシステム	19	5	21	74	3.11	2.94	2.47	2.32	2.21	2020	
	119	深海情報通信ネットワークの構築	9	0	0	100	3.11	3.00	2.89	2.89	2.11	2025	
	120	衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの山地気象予測と災害リスク評価	17	6	24	71	3.65	3.21	3.00	2.63	2.35	2025	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
0.0	16.7	16.7	50.0	16.7	16.7	0.0	2025		0.0	16.7	16.7	33.3	33.3	16.7	0.0	
26.7	20.0	16.7	41.7	33.3	8.3	0.0	2030		33.3	20.0	8.3	16.7	50.0	25.0	0.0	
8.0	24.0	16.0	52.0	24.0	8.0	0.0	2027		8.0	28.0	4.2	50.0	25.0	20.8	0.0	
0.0	50.0	35.7	21.4	28.6	14.3	0.0	2025		0.0	42.9	21.4	28.6	21.4	28.6	0.0	
4.2	8.3	13.0	47.8	21.7	17.4	0.0	2025		8.3	4.2	4.3	34.8	30.4	30.4	0.0	
6.2	12.5	18.8	31.2	18.8	31.2	0.0	2025		6.2	12.5	26.7	6.7	40.0	26.7	0.0	
3.4	27.6	29.6	40.7	18.5	11.1	0.0	2030		3.4	27.6	7.4	33.3	33.3	25.9	0.0	
5.3	10.5	15.8	47.4	31.6	5.3	0.0	2025		5.3	10.5	10.5	26.3	36.8	26.3	0.0	
0.0	22.2	28.6	28.6	14.3	28.6	0.0	2030		0.0	44.4	12.5	12.5	37.5	37.5	0.0	
0.0	23.5	6.7	53.3	6.7	33.3	0.0	2032		0.0	23.5	0.0	37.5	31.2	31.2	0.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					年	技術的実現 実現年幅
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性		
共通 その他	121	アセットマネジメントによる基幹的農業水利施設の戦略的な維持管理・更新技術(非破壊・非接触による構造物の点検・診断技術など)	11	0	9	91	3.36	3.10	2.45	2.45	2.27	2021	
	122	農村のため池群を主体にしたレジリエントな防災・減災技術(地震・豪雨時のため池決壊リスクの逐次予測に基づく地域住民への情報伝達技術など)	12	0	8	92	3.42	2.70	2.36	2.36	2.42	2023	
	123	アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術	12	8	25	67	3.08	2.55	2.33	2.17	3.08	2020	
	124	農作業を完全自動化するロボット技術	22	9	14	77	2.91	3.32	2.73	2.55	2.36	2021	
	125	遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民の理解とコンセンサスの形成	33	12	27	61	3.45	2.56	2.67	2.37	3.30	2025	
	126	都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を軽減する循環型地域社会	17	0	24	76	3.12	2.64	2.69	2.19	2.65	2025	
	127	森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法	15	0	20	80	2.60	2.43	2.50	2.29	2.40	2024	
	128	過半数の農産物の工場生産化及びそれに伴うトレーサビリティ確保	18	6	28	67	2.61	2.63	2.61	2.56	2.50	2025	
	129	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システムの開発	18	17	6	78	3.50	2.79	2.72	2.33	2.39	2025	
	130	マーケット・イン型の持続可能な農業の6次産業化ビジネスモデルの構築と実証	15	20	27	53	3.20	2.91	2.79	2.43	2.50	2020	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装					社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	
9.1	9.1	18.2	36.4	36.4	9.1	0.0	2026		0.0	9.1	27.3	36.4	36.4	0.0	0.0	
0.0	8.3	8.3	50.0	8.3	25.0	8.3	2029		0.0	0.0	16.7	33.3	16.7	33.3	0.0	
0.0	25.0	27.3	18.2	27.3	27.3	0.0	2025		8.3	25.0	33.3	25.0	8.3	33.3	0.0	
27.3	9.1	11.1	55.6	22.2	5.6	5.6	2028		27.3	9.1	5.0	50.0	25.0	15.0	5.0	
12.1	21.2	27.6	3.4	27.6	31.0	10.3	2030		18.2	27.3	23.3	3.3	30.0	30.0	13.3	
17.6	17.6	25.0	12.5	43.8	18.8	0.0	2032		29.4	11.8	13.3	13.3	46.7	26.7	0.0	
20.0	20.0	21.4	35.7	14.3	14.3	14.3	2027		20.0	13.3	14.3	28.6	21.4	21.4	14.3	
33.3	11.1	13.3	33.3	33.3	13.3	6.7	2029		38.9	5.6	12.5	43.8	18.8	18.8	6.2	
11.1	5.6	33.3	6.7	53.3	6.7	0.0	2028		11.1	5.6	25.0	12.5	56.2	6.2	0.0	
6.7	0.0	21.4	14.3	35.7	21.4	7.1	2025		0.0	0.0	26.7	6.7	46.7	20.0	0.0	

細目	トピック番号	トピック	回答者 (人)	回答者の 専門性(%)			研究開発特性 (指数)					技術的実現	
				高	中	低	重要度	国際競争力	不確実性	非連続性	倫理性	年	実現年幅
共通 その他	131	植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術	26	4	31	65	3.31	2.96	2.65	2.54	2.54	2022	
	132	出荷量と消費量のモニタリングによる食品ロスの低減	16	6	13	81	3.50	3.08	2.63	2.13	2.63	2024	

技術的 実現		技術実現のための 重点施策(%)					社会実装				社会実装のための 重点施策(%)				
実現しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他	年	実装年幅	実装しない(%)	わからない(%)	人材戦略	資源配分	連携・協力	環境整備	その他
0.0	23.1	33.3	38.1	0.0	23.8	4.8	2030		0.0	34.6	19.0	38.1	9.5	28.6	4.8
6.2	12.5	26.7	13.3	33.3	26.7	0.0	2028		6.2	12.5	12.5	12.5	25.0	50.0	0.0