

日本の展望—学術からの提言 2010

提言

持続可能な世界の構築のために



平成22年（2010年）4月5日

日 本 学 術 会 議

日本の展望委員会

持続可能な世界分科会

この提言は、日本学術会議 日本の展望委員会 持続可能な世界分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議 日本の展望委員会 持続可能な世界分科会

委員長	山内 皓平	(第二部会員)	愛媛大学社会連携推進機構教授 南予水産研究センター長
副委員長	宮崎 毅	(連携会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
幹事	上野千鶴子	(第一部会員)	東京大学大学院人文社会系研究科教授
幹事	福井 弘道	(連携会員)	慶應義塾大学総合政策学部教授 グローバルセキュリティ研究所副所長
	酒井 啓子	(第一部会員)	東京外国語大学大学院地域文化研究科教授
	野口 伸	(第二部会員)	北海道大学大学院農学研究院教授
	真木 太一	(第二部会員)	筑波大学北アフリカ研究センター客員教授 九州大学名誉教授
	飯塚 堯介	(第二部会員)	東京家政大学家政学部教授 東京大学名誉教授
	山本 雅	(第二部会員)	東京大学医学研究所教授
	嘉門 雅史	(第三部会員)	香川高等専門学校校長 京都大学名誉教授
	前田 正史	(第三部会員)	東京大学理事・副学長

※ 名簿の役職等は平成22年3月現在

要 旨

1 作成の背景

20 世紀は科学・技術の世紀であり、進歩した科学・技術は日常生活の向上を実現した。一方では、これらの科学・技術は環境の劣化と資源の枯渇を引き起こし、環境・資源の持続可能性のみならず、人類社会の持続可能性を危機にさらしつつある。本分科会では、21 世紀の最重要課題のひとつとして、環境・資源の持続可能性を通じて、人類にとっての持続可能な世界を構築するための基本的な課題と解決策についての提言をまとめた。

2 現状および問題点

本来、地球上の全ての生物は、資源を消費することによって生存しているが、地球上の資源は有限であるにもかかわらず、多様な生物による物質環境による生命維持システムの働きで生物は今日まで生存してきた。しかし、発達した科学・技術は人類の生活を向上させたが、一方では、資源の枯渇や環境破壊を引き起こし、人類社会存続の脅威となっている。

人類が持続的な世界を維持・発展するためには、地球は有限な世界で、無限な成長は不可能であることを認識し、地球の生命維持システムによってもたらされる恩恵を将来世代にわたって全人類が享受できる社会を構築することが必要である。そのためには、科学的な根拠にもとづき、世代間および地域間の衡平性に立脚して持続的な世界を構築しなければならない。

3 提言等の内容：課題と解決策

持続的な世界の構築は人間の安全保障が最終目的であり、その達成のためには、下記項目の資源・環境等の持続的確保に加えて、自然界と人間社会の調和的発展のための地球規模でのシステムの構築が必要である。

(1) 水

発展途上国では人口増加や経済活動等により水需要は逼迫している。一方、日本では減少傾向にあるが、期間や地域に限定すれば同様に起こり得るため、行政や利害関係者の調整による新たなガバナンスの構築が必要である。とりわけ課題として挙げられるのは以下の点である。

- 1) 地球規模の気候変動に応じた水の順応的利用
- 2) 環境用水への積極的支援のための新しい河川水利用秩序の構築
- 3) アジア地域での飲料水確保のためのインフラ整備と衛生知識の普及
- 4) 環境のホメオスタティックな浄化能力を超えない水利用

(2) 食料

食料生産のために多大なエネルギーを消費している先進国は、エネルギー、生態系共

生、省資源など複眼的観点から地球規模の持続可能な食料生産システムを研究開発するとともに途上国などの人材育成や共同研究を通して技術移転を進める必要がある。そのために必要なのは以下の課題である。

- 1) 情報科学を適用してヴァーチャルな情報空間上でシミュレーション可能なサイバーフィールドの研究開発による実践的な食料生産技術とその科学の創造
- 2) 知の統合により食料問題を考える教育研究システムの構築と国際的連携の促進

(3) エネルギー

エネルギー分野の課題は、従来の取組みに、新たに必要となる取組みを加え、これらをバランスよく維持することが不可欠である。その両者とは以下の2つの課題を言う。

- 1) 従来の化石燃料高効率化利用技術、原子力新技術、各分野の省エネルギー技術などの更なる強化
- 2) 新たな取組みとして、再生可能エネルギー利用技術、エネルギーシステムの再編成および海外への適用に関する技術開発・適用技術開発の新展開

(4) 資源

日本は鉱物資源に乏しく、その多くを世界各地から輸入せざるを得ないが、次世代の資源確保の展望は得られていない。我が国の持続的な発展には、これらの鉱物資源の確保のための国家戦略・国際戦略が必要である。

一方、森林資源について、産業森林資源の持つ環境の保全と木材資源の両機能が調和した形で持続的に発揮されていくことが重要である。それぞれについて以下の点が指摘できる。

① 鉱物資源

- 1) レアメタルおよびベースメタル資源確保のための国際戦略の確立
- 2) 鉱物資源について資源国と対等の立場に立つ循環型社会確立のため、リサイクル対象物の物流を適正に管理し、製品開発に際して金属鉱物回収技術を意識した製品開発およびリサイクル技術の確保

② 森林資源

- 1) 低劣土壌地域造林のための育種技術の開発、早生樹木の創成、非木材資源の利用技術の開発
- 2) 木材資源の利用におけるカスケード型利用技術のさらなる充実による森林資源の保全

(5) 環境

環境問題には種々の事項が挙げられるが、人間、家畜、農作物に及ぼす影響についての新しい課題と解決策は以下の通りである。

- 1) 地球規模での大気汚染問題や生物に影響を及ぼす黄砂の長距離輸送機構と汚染

大気の越境輸送機構の解明と対策

- 2) 自然的砂漠化および特に人為的砂漠化の解明と対策
- 3) 地球温暖化が及ぼす気候変化による豪雨・旱魃の評価・解明と対策
- 4) 地球温暖化が作物・野菜・果樹などに及ぼす高温障害の解明と対策

(6) リスク

今日我々は、日常的なリスクから高度でかつ巨大・複雑な技術に伴うリスクなど、様々なリスクに直面しているが、どのようにリスクと共存しながら持続可能な生活・世界を構築していくのが問題となりつつある。そのために必要なのは以下のような手法の開発と対策である。

- 1) 科学・技術を横断して情報を共有し、因果分析やプロセス分析を総合的に融合する新しい問題解決手法の開発
- 2) 新興および再興の感染症リスクへの分野を超えた継続的な対策
- 3) 膨大な地理空間情報を、三次元や時系列の地球を実時間で表現することを可能にするデータベース、ツール、それらの情報に迅速かつ適切に対応できる社会システムの開発

4 人間の安全保障

全ての学知を総合した持続可能な世界の構築は、人間の安全保障の推進の前提条件である。そのためには、欠乏や恐怖に対する安全保障に関連する分野の総合化と、国際機関、政府、非政府組織（NGO）、市民団体などとの密接な連携が課題である。

5 日本の学術・科学技術政策の課題

持続可能な世界の人間の安全保障には生物多様性が重要だという認識にもとづき、人間のための科学、すなわちエンドユーザー志向の科学を構築する必要がある。その目標を達成するためには次のような課題を解決する必要がある。

- 1) 領域横断的な科学・技術の統合
- 2) 総合的な科学・技術教育システムの構築
- 3) 省庁横断的な体制の構築
- 4) 持続可能な研究
- 5) 持続可能なデータの整備と蓄積
- 6) 持続可能な人材育成
- 7) 国際協力の推進

日本の学術コミュニティがこれらの課題に有効に応えるためのインフラストラクチャーとして、日本の科学技術政策の整合的・革新的な構想と、学術研究体制の抜本的な拡充の必要性は、焦眉の急というべきである。

目 次

1	はじめに なぜ持続可能性を論じるのか	1
2	持続可能な世界とは何か	2
3	何のための持続可能性か——人間の安全保障をめざして	3
4	課題と解決策	4
(1)	水	4
①	発展途上国における水需要逼迫	4
②	日本の水需要縮小傾向	5
③	地球規模の気象変動	5
④	バーチャル・ウォーター輸入問題	5
⑤	「環境用水」への積極的支援の課題	5
⑥	健康被害をもたらす水質問題	6
⑦	自然生態系や農林水産業に影響する水質問題	6
(2)	食料	6
①	次世代に向けた実践的な食料生産科学・技術の創出	7
②	知の統合により食料問題を考究する教育研究システムの構築	7
(3)	エネルギー	8
①	化石燃料高効率利用技術（従来の取組みの継続・強化）	8
②	原子力利用新技術（従来の取組みの継続・強化）	8
③	各分野の省エネルギー技術（従来の取組みの継続・強化）	9
④	再生可能エネルギー技術（従来の取組みの継続・強化）	9
⑤	海外への適用に関する技術開発と適用技術開発（従来の取組みと新たな取組み）	9
(4)	資源	10
①	鉱物資源	10
②	森林資源	11
(5)	環境	12
①	黄砂（アジアダスト）	12
②	大気汚染（酸性雨）	12
③	砂漠化	12
④	気候変化・気象災害関係	13
⑤	農業環境問題	13
⑥	人間・家畜の感染症問題	13
(6)	リスク	13
①	グローバルリスク	13
②	新興・再興の感染症対策	14
③	IT技術を活用した環境倫理へのアプローチ	15

(7) 人間の安全保障	15
① 文理融合型の総合的研究システムの構築	15
② 人間の安全保障概念・理解推進	16
③ 政府の取組みと人権擁護	16
④ 国際社会に貢献するシステムの構築	16
⑤ 教育による平和貢献	16
⑥ 日本国内の外国人、マイノリティに対する人権保障の確立	16
⑦ 日本社会の理解と共生意識の推進	16
5 日本の学術は何をすべきか	17
(1) 領域横断的な科学・技術の統合	17
(2) 統合的な科学・技術教育システムの構築	17
(3) 省庁横断的な体制の構築	17
(4) 持続可能な研究	17
(5) 持続可能なデータの整備と蓄積	18
(6) 持続可能な人材育成	18
(7) 国際協力の推進	18
<用語の説明>	19
<参考文献>	20
<参考資料>持続可能な世界分科会審議経過	22

1 はじめに なぜ持続可能性を論じるのか

本来、地球上の全ての生物は、資源を消費することによって生存している。地球上の資源は有限であるにもかかわらず、多様な生物によって形成される物質環境による生命維持システムの働きで生物は今日まで生存してきた。しかし、現在、この生命維持システムが崩れ始めている。

20 世紀は科学・技術の世紀であった。20 世紀に驚異的に進歩した科学・技術は農水産業生産を向上させ、また、工業の発展を促した。その結果、日常生活は向上し、医学と医療も発達して死亡率の低下、寿命の延長を実現させ、人口増加に寄与した。しかし、これらの科学・技術は環境の悪化と資源の枯渇を引き起こし、人類社会そのものの持続可能性をも危機に陥れつつある。

人類社会の持続可能性は、人間同士の紛争によっても脅かされている。20 世紀は戦争の世紀でもあった。科学・技術の発達には軍事目的の研究開発によって先導されたものである。民政技術もその普及の恩恵を強く受けたことは確かだが、軍事技術は大量破壊兵器を産み出し、人類社会存続の脅威となっている。

このように、科学・技術と人類社会の不調和が起きてきている。人類社会の持続可能性の危機という 20 世紀が積み残した課題は、間違いなく、21 世紀の地球規模の人類史的な課題である。

2 持続可能な世界とは何か

持続可能な世界とは何か。地球は有限な世界で、無限な成長は不可能であることを前提に、地球の生命維持システムによってもたらされる恩恵を、将来世代にわたって全人類が享受できる世界のことをさす。したがって、持続可能な世界は、科学的根拠をもとに、将来にわたる世代間および地域間の衡平性に立脚して構築されることが重要である。

日本学術会議は、すでに日本の科学技術政策の要諦として 21 世紀の地球規模の主要課題を人口増加、地球環境劣化、南北格差の拡大の 3 つに整理し、いずれの問題も、人類社会の持続可能性にとって極めて大きな脅威であると指摘している。以上の 3 つの課題のうち、地球環境は別の分科会が担当しているのでそちらに委ね、本分科会では特に資源に焦点を当て、(1) 水、(2) 食料、(3) エネルギー、(4) 資源、(5) 環境、(6) リスク、の項目を取り扱いたい。さらに、以上の資源問題の解決は、究極には人類社会の持続可能性という (7) 人間の安全保障を達成することを目的としている。人間の安全保障には人口、分配問題、平和、人権、貧困等が細目として含まれる。

以上の項目を概観しても科学・技術は万能ではなく、人類社会は科学・技術だけで解決できない多くの困難な問題に直面していることが理解できる。日本学術会議が「学術」と「科学技術」との違いを述べるように、持続可能な世界の構築には、自然科学に人文社会系の学術を統合することが必要である。

持続可能性には、現在世代と将来世代の衡平性を考慮しなければならないので、時間軸が当然含まれるが、長期にわたる予想には困難が伴うため、ここでは当面 30 年—半世紀程度の将来予測と展望を取り扱うこととする。

3 何のための持続可能性か——人間の安全保障をめざして

グローバル化の進んだ現在の社会では、一国単位で単独に持続可能性を追求することはできない。環境汚染や資源危機など、地球上の一角に起きた問題が、ただちに国境を越えて互いに影響しあう時代には、地球全体の持続可能性を保障しなければ、一国の持続可能性を保障することも難しい。また、国際社会における貧困や紛争など地球資源を損ねる諸問題も、持続可能な世界の大きな阻害要因である。グローバルな国際社会を構成する個人が平和と安全を享受する社会を実現して初めて、国際社会の一員たる日本が将来の持続可能性を確保することができる。

そのために現在国際社会において優先的に取り組む現代的課題となっているのが、「人間の安全保障」の概念である。「人間の安全保障」とは、この概念の中心的提唱者であるノーベル経済学賞受賞者の経済学者アマルティア・セン博士によれば、飢餓や貧困、環境劣化などの「欠乏からの脅威」、および災害、紛争や人権侵害など「恐怖からの脅威」から、総合的に人々の生命、身体、安全、財産を守ることをいう。こうした「人間の安全保障」の概念の核心は、「国家の安全保障」から「個人の安全保障」へと、焦点を移行したところにある。この「人間の安全保障」を実現するためには、「持続可能な発展」に向けた様々な分野での取り組みが必要である。

科学・技術の存在理由は最終的にエンドユーザーである人間の平和と安全のためである。前世紀への反省から、科学のための科学、国家のための科学、戦争と破壊のための科学から、人間のための科学へと、科学者の社会的責任が問われていることを、科学者コミュニティは十分に自覚する必要がある。「人間の安全保障」はそのために達成されるべき目標である。

4 課題と解決策

「人間の安全保障」のための持続可能な世界の構築という大目的の達成のためには、人間の生命維持と基本的生活の営みのために不可欠な資源・環境の持続的確保が必要である。その不可欠な資源とは、具体的に、水資源、食料資源、エネルギー資源、森林資源などに代表されるが、それら自然界と人類社会の調和的発展のためには、地球規模でのシステム構築が必要である。例えば、環境問題へのグローバルな取組みであり、生命維持を脅かす様々なリスクの回避であり、個人を一義的に考える人間の安全保障のためのシステム構築である。

資源・環境問題の解決のためには、ハーマン・デイリーの3原則、①再生可能な資源（土壌、水、森林、魚など）の消費ペースは、その再生ペースを上回ってはならない、②再生不可能な資源（化石燃料、良質鉱石、化石水など）の消費ペースは、それに代わり得る持続可能な再生可能資源が開発されるペースを上回ってはならない、③汚染の排出量は、環境の吸収能力を上回ってはならない、に照らし、環境のホメオスタティックな浄化能力を超えないことが重要である。すなわち、人類も生態系の一部であるとの認識に立ち、持続可能な世界を構築する必要がある。

これらの資源・環境問題と人間の安全保障は、たがいに複雑に関連しあって問題解決を極めて困難にしている。ここでは、各事項の現状の課題を確認し、他の分野との関連も視野に入れつつ、将来に向けての問題解決の方策について述べる。

(1) 水

地球温暖化や人口増加などの地球規模で起きている変化は、将来の水資源の利用のあり方の再検討を求めている。水資源のうち、淡水資源は食料などの生物資源や自然環境・衛生環境に密接な関係を持っており、その確保は人類が生存するための基本要件である。地球レベルで見れば、将来的には農業用水、工業用水、生活用水などの使用量は増加していくと予測されている。これらの量の問題に加えて、生活用水としては水質の問題も極めて重要な解決すべき課題である。これらの具体的な課題と解決策は下記の通りである。

① 発展途上国における水需要逼迫

世界の水需要は逼迫傾向にある。水資源利用比率の世界平均は、農業 70%、工業 10%、生活 20%である。世界の水使用量を 1995 年現在と 2025 年現在で比較すると、農業用水は 126%、工業用水は 155%、生活用水は 182%、それぞれ増加すると予測されている。これは、アフリカ、南アメリカ、アジアなどにおける発展途上国での人口増加・食料需要の増大・経済発展などに起因する。

この課題の解決のためには水の有効利用(wise use)を考えることが最も重要である。例えば、農業用水の節水により、工業用水、生活用水を生み出すことも出来る。農業用水の節水はドリップ灌漑もあるが、導水過程での漏水率を削減するだけで 50%近く節水できる国（中国）もある。したがって、低コストの節水方法を考案しなければな

らない。

② 日本の水需要縮小傾向

日本では、水需要は縮小傾向にある。水資源利用率の日本平均は、農業 66%、工業 14%、生活 20%である。日本の農業用水は 1990 年代から、工業用水は 1970 年代から、生活用水は 2000 年代から、それぞれ需要増大傾向から需要減少傾向に変動した。しかし、こうした水需要減少傾向も、ある「期間」や「地域」に限定すると逼迫傾向が起こり得る。例えば、気候変動による異常高温は夏季生活用水需用を増大させ、ハウス園芸の拡大は冬季農業用水需要を増大させる。利水関係者は農業用水、工業用水、生活用水に代表され、その需要構造はそれぞれに異なるので、この課題を解決するには、行政や民間営利企業などを含む多様な利水関係者の調整による、流域の新たなガバナンスの構築が必要である。

③ 地球規模の気象変動

地球の気候変動は、洪水や水不足などの災害を増大させる。気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第 4 次評価報告書 (AR4) 第 2 作業部会報告によれば、アジア・モンスーンの多くの地域で河川流量と利用可能水量が 0~20%程度増加し、南アジア、東アジア等の人口が密集しているメガデルタ地帯では、洪水が増加すると予測されている。また、気温の上昇は蒸発散量の増加をもたらし、水需要量を増大させるので、アジアでは 2050 年までに 10 億人以上の人々が水不足の悪影響を受けると予測されている。

もともと人類は水資源賦存量に応じて生活形態を選択してきた。持続型の社会では降水量の変化に応じて、生活形態を順応的に変化させていく必要がある。そのための気候・降水量変化予測とライフスタイル変更支援もあわせて必要である。

④ バーチャル・ウォーター輸入問題

「バーチャル・ウォーター」輸入問題は、輸出国側の水環境に留意すべきである。国家間の貿易として、水が豊富にある地域からの輸入は問題ではないが、水が不足している地域からの輸入は輸出国側の環境ストレスを増大させるリスクがある。したがって、水が不足している地域からの輸入は、水が豊富な地域からの輸入と同一扱いをしない注意深さを必要とする。

⑤ 「環境用水」への積極的支援の課題

「環境用水」概念が台頭しつつある。良好な環境の維持保全へ積極的に貢献するために必要な水、生態系などを維持するために河川や湿地などに供給される水は、「環境流量」、「環境のための水」などと呼ばれ、これまでの水需要にはなかった新たな需要が生まれつつあるが、その広がり、日本など一部の先進国にとどまっている。以上の課題解決のためには、既存 3 部門 (農業、工業、生活) の水需要を保証するととも

に、生物多様性とアメニティの形成、地球温暖化への対応にも配慮した新しい河川水利秩序を構築する実際の動きに注目し、これを支援することが必要である。

⑥ 健康被害をもたらす水質問題

水質問題は、水系感染症（water born disease）など健康被害に関わる人類全体の共通問題である。水を媒介として発生する疾病は数多く、その多くは飲料水に含まれる病原体や人体に有害な化学物質によって引き起こされるが、例えば住血吸虫症のように、水遊びや水浴のように水に触れることによって感染する病原体も存在する。劣悪な飲料水に含まれる細菌、ウイルスなどの病原体によって引き起こされる急性下痢症は、開発途上国にとって最大の問題であったし、現在もなお多くの子どもの命を奪っている。細菌による感染症だけではなく、ウイルスによる肝炎や、寄生虫による慢性的疾患の多くも、飲料水や食物によって引き起こされている。基準を超えるヒ素に汚染された地下水や、窒素肥料の過剰施肥によって生じた硝酸体窒素を含む地下水などによる疾病の発生は、開発途上国のみならず先進諸国でも問題となっている。世界人口の半数を抱え、その割に水資源が乏しいアジアでは、大きな川や湖の6割が汚染され、3割はほぼ何にも使えない。農村部では3億人以上が安全な飲み水を得られず、約400の都市で汚染などによる水不足が起きている。

そのため安全な飲料水を確保するインフラ整備のみならず、衛生知識の普及などソフト面での対策が、より強化されることが重要と考えられる。

⑦ 自然生態系や農林水産業に影響する水質問題

水質は、自然生態系や農林水産業にも影響する。農業用水や生活用水の排水が、受水域である湖沼や沿岸海域の水質を劣化させ、水産業に影響を与えている。沿岸域での生物棲息空間の再生は早急になされなければならない。尿尿のうち、尿にはリンが、尿には窒素が高率で含まれている。雑排水と混ぜることにより処理と資源回収を困難にしているため、新たなシステム構築が必要である。また、下水汚泥の現行の「有効利用」であるセメント化や燃料化は栄養塩の回収ができないので、循環利用を可能にする処理方策を考慮すべきである。また、発展途上国の工業用水でも、水質汚染は依然として深刻である。

(2) 食料

農水産業が果たさなければならない役割は、食料を持続的に生産し、人間の生命・生活を維持・発展させることにある。しかし、世界の人口は現在の67億人から2050年には1.3倍の91億人に達することが見込まれ、食料不足と偏在は今まで以上に進むと予測されている。現在、世界では8億5千万人の人が飢えで苦しんでおり、アフリカ諸国を中心に1日に2万5千人が餓死している。

食料生産の持続性は経済面と環境面によって制限され、特に近年地域環境に対する配慮が要求されている。20世紀の食料生産技術は生産性向上を目指して、過度な灌漑を行

い、機械を大型化し、化学肥料や農薬を大量に消費するといった投入エネルギーの増大を基盤として発展してきた。しかし、作業効率や生産性は向上したものの、農地やその周辺に与える環境負荷が大きく、塩害や砂漠化など地域環境を犠牲にする結果となった。近年肥料や農薬を多投して生産量を向上させることの限界を認識して、持続可能な食料生産システムの構築が必要との認識が、国際的に高まっている。

また、異常気象による不作や投機的資金の市場流入、バイオ燃料との生産競合などによって世界の食料価格は未曾有の高水準に達し、小麦、大豆、トウモロコシの価格は2006年1月から2008年1月にかけての2年間に3倍近くに高騰した。さらに中国・インド・ロシアなどBRICSの経済成長は食生活の変化を生み、飼料用穀物や油糧種子の大量消費によって食料需要の増加をもたらし、今後食料の不足がさらに進行することが世界的に懸念されている。一方、日本に目を転じると食料自給率は40%にすぎず、安全保障や環境保全などの観点から日本政府は10年後に自給率を50%まで引き上げることを目標とした。この目標達成には先端科学・技術の研究開発と普及が必要不可欠であることは言うまでもない。このために必要な科学・技術とその教育研究システムの課題は以下のとおりである。

① 次世代に向けた実践的な食料生産科学・技術の創出

一次生産物に重点を置き安全な食料を持続的に安定供給できる食料供給システムを確立することが必要である。そのためには、食料生産にかかわる細分化した知を統合して、作物、水産物、家畜の遺伝的資質の強化と環境管理技術の開発を行い、食料の安定生産システムを構築するための方法を構築することが必須となる。

環境に配慮しつつ安全な食を安定的に供給するためには、生物—大気—土壌／海洋により構成された複雑系のモニタリングと解析を通して食料生産環境の最適化とその管理が必要である。この場合、生産環境をミクロスケールからマクロスケールまでモニタリングし、モデリングによる統合化が基礎となる。具体的にはDNAマイクロアレイ技術、ユビキタスセンサネットワーク、リモートセンシングなどによるセンシング技術や多次元フィールド情報の相互関係の解析を進め、これを基にした生物の新たな生理生態学的特性と環境適性を考慮した食料生産理論を創出することが要求される。具体的にはフィールドから収集される多様で膨大なデータを管理・統合し、利用していくために、フィールドのデータを空間・時間・内容に応じて適切に組織化し、情報を抽出・構造化していく仕組み（サイバーフィールド）の研究開発を進めなければならない。これら膨大な地理空間情報の合理的な取り扱い方を開発することによって土地／海洋と生物本来の潜在的な能力を最大限に引き出した実践的な食料生産技術とその理論を創造することが可能になる。

② 知の統合により食料問題を考究する教育研究システムの構築

近代農学は要素還元的な思考方法を基盤とし、専門分化を発展とみなして展開してきた。しかし、この体制では世界規模の食料問題を解決するためには不十分である。

21世紀の農学では、情報科学を適用して細分化した知を統合することによって実学としての新しい食料生産科学の創出を目指すことが必要である。食料問題では、地球共同体に対して一括解決できる方法がない。地域のもつ固有性・多様性を考慮して地域に最適なシステムを導入することが不可欠である。さらに人口問題や教育問題に対する社会科学的アプローチも重要である。「安全な食料の安定生産」という共通の目標から、学際的連携を国内外に構築して人的交流を促進しつつ、個々の知とともに情報リテラシーや持続可能な社会のあり方を学ぶ教育システムを構築することが、問題解決に多大に貢献する。

(3) エネルギー

従来のエネルギー問題は、人間の社会経済活動のために必要なエネルギー資源を確保し、効率的に、かつ有効に使うかという問題であり、エネルギー資源の採掘(水力や地熱も含め)、輸送、転換、利用という、独立したサプライチェーンを構成してきた。これに対し、近年の地球環境問題の高まりの中で、エネルギー起源のCO₂の排出量という新たな制約の顕在化で、エネルギー問題は解決がより困難になるとともに、穀物・セルロースからの燃料製造、エネルギー作物栽培のための土地開発など、その解決は食料生産、生態系の保持を始めとして、他の分野と密接なかかわりを持つようになった。

このようなエネルギー問題の解決に向けては、持続可能な世界をめざした長期の取り組みによる技術革新と、インフラ・社会制度・ライフスタイルの変革が必要である。従来の取り組みに新たに必要となる取り組みを加え、これらをバランスよく維持することが不可欠となる。

① 化石燃料高効率利用技術（従来の取り組みの継続・強化）

化石燃料のほぼ100%を輸入に頼りかつ一次エネルギーの自給率の低い日本にとって、今後経済成長が考えられる途上国の排出量削減のため、化石燃料高効率利用技術は重要である。化石燃料はCO₂排出を伴い、価格高騰、供給不足などの不安要因を内包している。世界および日本が消費するエネルギーをカーボンフリーなエネルギー源に切り替えるには、それが可能であったとしても、数十年レベルの長期間を要する。この移行を可能とするため、石炭、天然ガス、石油などを今まで以上に高効率で利用し、CO₂排出量を可能な限り低減し、かつ資源制約を克服することが必要である。

② 原子力利用新技術（従来の取り組みの継続・強化）

化石燃料とは異なる一次エネルギー資源で供給される原子力利用によるエネルギー供給は、CO₂排出がなく大量のエネルギーを安定的に供給できる技術として、当面の移行期間に不可欠なばかりではなく、増殖炉、核融合炉といった革新的な技術の実用化に成功すれば100年単位、1000年単位で供給可能なエネルギー源となりえる。放射能汚染、放射性廃棄物などの問題を克服すると同時に、安定した政治・社会制度の実現を含めた広範な取り組みが必要な課題である。

③ 各分野の省エネルギー技術（従来の取組みの継続・強化）

将来の地球規模で起きる人口増加を考えると、エネルギーの供給と需要のアンバランスは拡大することが十分に予想される。したがって、供給源の確保だけでは問題は解決されず、需要側の省エネルギー対策は不可欠である。産業、運輸、民生全ての分野における更なる省エネルギー技術の研究開発は重要な課題である。

④ 再生可能エネルギー技術（従来の取組みの継続・強化）

太陽光発電、太陽熱発電、風力発電、地熱発電、潮力・波力発電、水力発電、バイオマス利用など、カーボンフリーあるいはニュートラルなエネルギー供給技術の技術革新、導入・普及は今後不可欠である。これらの中で、太陽光発電は、原子レベルのミクロな電子や光子の挙動を取り扱い、これには高品質の大量生産技術が不可欠であり、日本の学術ひいては産業の強みを発揮できる分野である。さらに再生可能エネルギー発電がもつ出力変動特性を補償する切り札となる技術として、蓄電池（二次電池）技術も不可欠であり、これも同様に日本の技術力を最大限に生かせる分野である。

太陽光発電、風力発電、蓄電技術は、これまでの発電技術と異なり一般家庭や住宅・商業地域などにも広く設置可能であり、その他の燃料電池発電などと合わせ需要側に設置される。従来遠隔の電源などから一方向に供給されていたエネルギーが、需要側でも供給されるようになり、これまでの省エネにとどまらず、創エネ、分散によるエネルギーマネジメントが可能となる。これにより、従来の集中エネルギーシステムと協調してエネルギー供給が可能な分散エネルギーシステムを、住宅・商業ビル・地域を核として発達させることが、将来のエネルギーシステムへの移行として不可欠である。

⑤ 海外への適用に関する技術開発と適用技術開発（従来の取組みと新たな取組み）

地球環境問題は、その名の通り日本一国の問題ではない。日本のエネルギー技術は、これまで発展途上国・先進国双方の環境問題への取組みに貢献しており、今後に対する期待も大きい。したがって、日本国内のニーズのみに目を向けるのではなく、世界への適用を視野に入れた要素技術、システム技術の開発に向けた、学術、産業の連携した取組みが重要である。

例えば、環境負荷が大きい石炭は、環境対策技術に優れた先進国で利用し、一方、環境対策が比較的容易な天然ガスを技術と設備に乏しい国や地域で利用し、その後着実に途上国への展開を図ることが考えられ、これらに沿った技術開発も必要である。

また、オフグリッド型のエネルギー（太陽光発電、風力発電など）は、CO₂対策だけでなく、困窮国において必要最小限のエネルギーを供給する技術として貢献できる点にも注目すべきである。このようなエネルギーの供給により、最小の投資で、通信環境、夜間の教育など、文化的な支援も可能となる。

これらの実現により、原材料を輸入し、これを加工して付加価値を上げて輸出し、

その差益で燃料・原料・食料を輸入するという基本構造を維持する日本にとって必要な、高度な生産・製造技術を確保できるといえる。

(4) 資源

文明の進展に伴って人間社会での資源消費量は増大して、資源の枯渇が懸念されている。特に鉱物資源においては、希少な資源（レアメタル）は特定の地域に偏在しており、その資源の消費増大は関係諸国との経済摩擦を起こしかねない。また、文明の進展は森林破壊の歴史でもあった。急激な人口増加は森林破壊を主体とした木材資源の利用や農地開拓を引き起こした。

このような拡大し続ける人間活動により、人類は深刻な地球環境劣化に直面し始めている。持続的な世界を構築するためには、限りある鉱物資源や森林資源の利用の新しい価値観の形成と現状を切り開く方策が求められている。この現状を打破するための課題は以下の通りである。

① 鉱物資源

日本は鉱物資源に乏しく、多くの鉱物を世界各地から輸入せざるを得ない。したがって、日本の資源外交の重要性は論を待たないにもかかわらず、特定国へ深く依存するとか、他国の資源外交に遅れをとっているように、現状では極めて憂慮すべき状況にある。また一方で、ベースメタルと言われる古典的な金属、すなわち銅、亜鉛などの枯渇性については極めて憂慮すべき状態にある。

ア 鉱物資源確保のための国際戦略の確立

持続可能な社会を確保する上で、従来の基幹産業の安定的な発展が必須であり、特に鉱物資源に乏しい日本では海外依存度が必然的に高くならざるを得ないことから、今後の必要量を如何にして確保するかという課題の解消に努めなければならない。現状では資源外交が国家の安全保障上から最も重要であるにもかかわらず、周辺国と比較しても極めて憂慮すべき状況にあり、次世代の資源確保の展望は得られていない。特に、レアメタルについては、多くの金属のほぼ 80%から 95%以上を輸入に依存していることから、地域紛争や各国の政策に基づく供給リスクが極めて大きいことを考慮して、確保のための国際戦略を確立する必要がある。

イ 金属鉱物回収技術開発の推進

現状で流通している金属製品、特に家電製品中には世界の鉱物資源埋蔵量をはるかに上回る鉱物資源がすでに取り込まれているので、資源消費国はすなわち資源国であるという視点を共通認識とする必要がある。このことは、ベースメタルについても同様であり、リサイクル技術の開発は極めて重要である。資源国に対する対抗技術として採算性にとらわれず、回収システムを確保しておくことは極めて重要である。

② 森林資源

地球上に存在する多様な生物資源の中で、地球環境に対する影響の特に大きなものに森林資源がある。森林資源の持つ機能は、環境の保全と木材資源の生産に大別されるが、この両機能が調和した形で、持続的に発揮される必要がある。しかし、地球上の多くの地域で、どちらか一方の機能、特に木材資源の生産の機能が過度に期待された結果、地域の生態系に回復不能ともいえる荒廃をもたらしている。

人類が今後とも生活資材としての木材資源を必要としていくことを考えると、熱帯雨林に代表される天然林の一層の荒廃を防止し、かつ持続的に木材資源を確保するためには、以下の技術開発が重要である。

ア 森林資源の賦存状況についての正確な情報の収集

地球上には多様な生態系があるが、それぞれにどのような森林資源がどのように賦存しているかを知ることは、森林資源を保全し、かつ適切に利用していく上で不可欠である。しかし、現状では信頼し得る情報は極めて乏しく、統一された方法による世界的な情報の収集が求められる。

イ 低劣土壌地域への造林を可能とする育種技術の創生

乾燥地域、塩類集積地域、酸性土壌地域など、地球上には土壌が低劣であるために樹木の生育の困難な地域が広がっており、地球環境の保全のみならず木質資源確保の観点からも新たな育種技術の創生が待たれている。

ウ 格段に成長の速い早成樹木の創生

我々の生活に不可欠な木質資源を、格段に成長速度の大きな早成樹木によって賄うことは、資源の効率的な確保のみならず、地球環境保全の観点からも極めて重要であり、すでにそのための多様な取組みが続けられている。

エ 低質樹木あるいは非木材資源の利用技術の開発

麦わら、稲わらなどの製紙用パルプ原料としての利用技術の革新が挙げられる。現在、中国における製紙用パルプ製造原料の70-80%はこれらの非木材資源であるが、技術上の問題および製品品質の関係から、木材資源への移行が進んでいるようである。中国の紙パルプ生産量は世界でも1、2の規模であり、上述のような対象資源の移行は世界の森林資源の減少を一層加速するものと危惧される。したがって、ここで述べた非木材資源利用に関する技術開発に積極的に協力することは、日本にとっても、また地球環境保全の観点からも重要である。

オ 木材資源の利用におけるカスケード型利用技術の一層の充実をはかり、貴重な木材資源の価値を最大限に利用するシステムの開発

カスケード型利用は、資源を利用する際に、それぞれの資源に特異的で最も付加

価値の高い利用を優先して進める利用形態である。長年月を経て成長した木材はまず建築用材としての利用が行われるべきである。強度的性質に劣る早成樹材などについては、製紙原料あるいはボードなどへの利用から始まることになる。いずれにしても、燃料としての利用はカスケード型利用の最終段階に位置付けられるべきもので、木質からのバイオエタノールの製造も例外ではない。これら各分野の技術開発には、先端的な科学・技術の集中が必要であり、我が国の果たすべき役割は重要である。

(5) 環境

環境問題には種々のキーワードがある。地球温暖化、砂漠化、黄砂、酸性雨、森林破壊、オゾンホール、大気汚染（越境大気輸送）、水問題（水資源の枯渇、水質汚濁）、等々である。以上のうちから、地球規模の環境問題、中（メソ）規模の環境問題、局地・微細気象的な規模の環境問題、それぞれのレベルにおける区分評価と総合的評価がともに必要である。従来からの古い研究・問題点の指摘だけでなく、人間、家畜、農作物に影響を及ぼす、できるだけ新しい問題点の発掘とその対応課題は下記の通りである。

① 黄砂（アジアダスト）

人間環境への影響として、東アジア、特に中国から毎年飛来する黄砂については、地球規模での評価が不十分である。サハラ砂漠からヨーロッパへの輸送、中央アジアから中国を経由しての飛来、サハラ東ヨーロッパを経由しての輸送、東アジアから韓国・日本を経由しての太平洋・アメリカ・カナダへの輸送のさらなる解明が必要である。特に中国での砂漠化と地表面上での舞い上がりと輸送への物理現象および長距離輸送の解明が必要である。また、人間、家畜、農作物への影響としての黄砂付着病原菌の定性的・定量的評価解明と対策が必要である。逆にまた、黄砂のメリットとしての大気汚染の酸性度軽減・中和、海洋中へのミネラルの供給による食物連鎖への効果の定量的解明、等々が必要である。

② 大気汚染（酸性雨）

上述の黄砂と関連して、人間の健康への影響として、東アジアから汚染大気の越境輸送の解明、本来空気がきれいであるべき日本の西部域（特に島嶼域）の光化学オキシダントの多発化評価・解明、水銀気体の定量的評価・解明、酸性雨の生物への影響の定量的解明の推進が必要である。

③ 砂漠化

人為的砂漠化（過放牧、過伐採、過耕作、過水消費等々）のさらなる定量的解明、自然的砂漠化の解明、世界の乾燥地の気象・気候的变化（地球温暖化とも関連）の解明、砂漠化防止対策としての植生回復、機能的・効率的防風林・ネットの配置・造成、等々の推進が必要である。乾燥地の塩類・アルカリ化の定量的評価解明が必要である。

④ 気候変化・気象災害関係

農作物、施設・建物、人間・家畜等への気象災害に関連する問題として、最近の気候変化・変動による大雨（短時間豪雨）現象の評価・解明、最近の気候変化・変動による乾燥・旱魃発生の評価解明、乾燥被害地域での人工降雨法の適用の推進、竜巻の多発化の原因解明と対策、南北（緯度別）気温差による気象現象の過激化・異常気象の評価解明、地表面（対流圏）と成層圏の気温差拡大による異常気象多発化の解明が必要である。

⑤ 農業環境問題

地球温暖化による作物栽培期間の変化解明、作物・野菜・果樹の温暖化による変化（高温障害）の解明と対策の強化、病虫害の北上・蔓延の解明・対策、安全な農業・生活用の水資源確保の問題、遺伝子組み換え作物の適用とその問題解決のための環境調節用人工気象室や特定網室などの施設整備が早急に必要である。

⑥ 人間・家畜の感染症問題

鳥および豚インフルエンザ、BSE、新型肺炎、家畜口蹄疫、豚コレラ等について、気候変化との関連性から原因解明と定量化への早急な対策が必要である。特に、病原菌および大気汚染物質が付着した黄砂の長距離輸送との関連性の評価・解明が必要である。

(6) リスク

20世紀は「工業化の時代」であり、科学や産業技術の飛躍的な進歩が物質的な豊かさをもたらした。しかしその一方で今日我々は、交通事故をはじめとして、大気・水質汚染、有害化学物質、放射線汚染、伝染病、自然災害、生態系の破壊など、日常的なリスクから高度でかつ巨大・複雑な技術に伴うリスク、人口・食料問題、地域・民族紛争、地球温暖化に至るまで、実に様々な「リスク（被害の可能性）」に直面せざるをえなくなった。もはや、豊かさや利便性を享受しながら、「ゼロリスク」を求めることは不可能であり、どのようにリスクと共存しながら持続可能な生活、世界を構築していくかが問題となりつつある。経済活動の国際化が急速に進展するとともに、人間の活動が与える環境への負荷は、地球共同体としての地球環境の容量を脅かすといった、新たな「グローバルリスク」を生起させている。

① グローバルリスク

金融・経済危機、地震・津波、甚大化する気象災害、感染症、テロといったように、最近の地域レベルから地球規模に至るリスクは、相互に関連しており、また局所的に突発して、それが急速（非線型的）に連鎖反応して時空間的に波及、伝播、グローバルに拡散していくといった様相が顕著になってきた。このような特徴を有する問題は

一般に、「エマージングクライシス(emerging crises : 突発性危機事象)」と呼ばれている。

これまでの領域科学では、局所的、部分的あるいは個別に問題に対処することにおいては一定の成果を収めてきたが、その延長上のアプローチで 21 世紀のエマージングクライシスに対応することには限界がある。すなわち、必要なデータのモニタリングを積極的に行い、それを相互運用して、問題の把握と対応を実時間（リアルタイム）に行うことがまず求められる。そこでは、複数の研究者が協働し諸科学を横断して、経験や情報、知識を共有して、因果分析やプロセス分析を総合的に融合するといった、新しい問題対応手法が求められている。

② 新興・再興の感染症対策

2009 年 3 月にメキシコで流行しはじめた新型インフルエンザが、一ヶ月の間に世界に広まった。全世界で予防対策がなされているが、急速な伝播や悪性化の可能性は否定できない。近いところでは、2003 年に発生した SARS の例があり、瞬くうちに世界に広がって、社会的、経済的に大きな打撃を与えた。また古くは 1918 年からその翌年にかけて全世界的に流行したスペイン風邪と呼ばれるインフルエンザのパンデミックで、6 億人が感染し 4000 万人以上が死亡した。現在では公衆衛生が発達し、スペイン風邪のときのような事態は起こりにくいと言われているものの、高病原性のウイルスが出現すれば国際的に死亡率の高いパンデミックが引き起こされる。H5N1 鳥インフルエンザウイルスは高病原性で、東南アジアで鳥からヒトへの感染が起こり死亡者を出している。ヒトからヒトへの感染力を獲得した高病原性ウイルスが出現することが危惧されている。インフルエンザ、SARS、エイズのようなパンデミックな感染症を引きおこす新型病原体の出現時期は予期できない。温暖化が病原体の感染域を変え、病原体に新たな宿主を得させる可能性は十分に考えられる。地球環境や生活のグローバリゼーションは感染症の拡散を加速する大きな要因である。第 2 次世界大戦以降生物兵器として研究された炭疽菌が 2001 年には米国で生物テロとして利用された。パンデミックな感染症の流行を引き起こし得る病原体が生物テロとして用いられる危険性は否定できない。

1960 年代から 1970 年代に、抗生物質が感染症治療に有効に使われるようになり、人類は感染症を制覇したという早まった考えが国際的に広がった。その中で、日本では皮肉にも「世界に先駆けて」感染症研究が衰退した。様々なタイプのウイルスや細菌などの病原体を対象とする基礎研究とその知見に基づく応用研究を持続的かつ強力に推進する必要がある。特筆すべきは、病原体と宿主の相互作用についてより深い理解が必要なことである。現在の知見のみでは感染症は克服できず、病原体の増殖能や高病原性を獲得するメカニズム解明に向けた基礎研究が必要である。また新興感染症が動物からヒトへの感染で起こることから、文科省、厚労省、農水省傘下の研究機関の連携のもとで感染症研究を進めるべきである。国境を持たない感染症に対して、国際連携の中での研究を推進することは重要であり、科学先進国である日本はその先頭

に立つことが期待されている。

③ IT技術を活用した環境倫理へのアプローチ

グローバル時代においては、新たに人間と自然との関係を律する規範（環境倫理）が求められている。その根底にあるのは、「ある枠組み（価値基準・規範）の中で考えたサブシステムにおける定量／定性的な最適化は、別の枠組みで考えると最適にはならないことを認識し、枠組みの設定こそが重要であり、そのために複数の視点から絶えず物事に対しズームを利かせながら、それらを俯瞰するといった、包括的な視野を意識的に持たねばならない」という、課題に応じて「適正視点」を変容させ、その間を柔軟に移動する姿勢であろう。この「ズームを利かせる、全体を俯瞰する」という作業こそ、空間情報科学をはじめとする IT の本質的な機能であり、その効力が期待できる分野である。情報化社会の本質は、サイバースペース（実空間と区別されたコンピュータのネットワークが生み出す仮想空間、デジタルワールド）における意志決定が、リアルワールド（実際の実物世界、経済・生活・産業・環境）に先導的な役割を果たすことにある。したがって、実物世界を情報空間上に再現するサイバースペースを、いかに情報の欠落なく構築するかとそれをどのように利用するかが重要な課題と考えられる。そこで膨大な地理空間情報を取り扱い、多解像度で、3次元や時系列の地球を実時間で表現することを可能にする、データベース、ツール、社会的制度の開発が必要である。

(7) 人間の安全保障

以上のような課題に応じて、持続可能な世界を構築するのは、人間の安全保障が不可分に持続可能な世界と結びついているからである。人間の安全保障の推進は、全ての学知を総合して行われるべき最重要課題とみなすことができる。したがって人間の安全保障に対する取組みは、必然的に学際的、包括的かつ実践的なものとならざるを得ない。欠乏からの脅威に対しては、経済学、教育学、農学、環境学、土木工学、医学などが、恐怖からの脅威に対しては、政治学、法学、心理学などが、総合的な取組みを行う必要がある。同時にこれらの学術的取組みが、国際機関、政府、非政府組織（NGO）、市民団体などの実践機関の活動と密接な連関性を持ち、具体的な行動に反映されなければならない。

その中で現在取り組まれるべき課題としては、下記の通りである。

① 文理融合型の総合的研究システムの構築

人間の安全保障に関わる全ての学問的英知を連関させ、包括的に取り組むシステムを構築することが重要である。人間の安全保障に関する学術研究は、多くの研究機関で実施されているが、それらの成果を融合し総合的な研究システムを構築する必要がある。とりわけ、文理融合が不可欠である。

② 人間の安全保障概念・理解推進

政策レベルのみならず、非政府レベルでの人間の安全保障に関する取組みの推進と整備のためのシステム構築が重要である。特に市民社会における人間の安全保障概念の定着と理解の推進を進める必要がある。

③ 政府の取組みと人権擁護

政府の取組みについて、「人間の安全保障」が「国家の安全保障」に吸収されないよう、国家の介入と人権擁護の関係についてより精緻な議論を喚起することは重要であり、特に国際政治学分野での取組みが求められる。

④ 国際社会に貢献するシステムの構築

政府ならびに非政府レベルでの、アジア、アフリカ諸国に対する開発支援の推進は喫緊の課題である。とりわけ貧困撲滅や災害復興において、日本の開発経済学、地理学、環境学、土木工学など、世界的に先端に位置する学問的成果を結集して、国際社会に効果的に貢献できるようなシステムを政府、非政府レベルで構築することが必要である。

⑤ 教育による平和貢献

国際社会における紛争予防のため、日本の戦争体験に基づく平和教育を積極的に国際的に広げていくことが重要である。「国家の安全保障」との差異化を図るため、教育分野での平和貢献は日本に最も期待される点である。

⑥ 日本国内の外国人、マイノリティに対する人権保障の確立

現行の人間の安全保障に対する取組みは国際社会を対象としたものにとらわれがちであるが、外国人労働者の大量導入、グローバル化に伴う多文化社会化を踏まえて、日本社会内部が抱える外国人、マイノリティに対する差別的待遇を解消する必要がある。

⑦ 日本社会の理解と共生意識の推進

人間の安全保障推進の対象となるアジア、アフリカ地域の社会、文化に対する日本社会の理解と共生意識を推進することが重要である。「国家の安全保障」が国家利益を前提になされるものであるのに対して、「人間の安全保障」は対象地域で暮らしを営む個人の利益を最優先させるものである。そのために対象地域の社会的特質を十分に把握する地域研究、地理学、歴史学などの学知が総合的に生かされる必要がある。

5 日本の学術は何をすべきか

以上のような今日の危機的状況認識は、人類にとってサステイナブルよりサバイバルを喫緊の課題とするよう、私たちに迫っている。持続可能な世界についての以上の考察をもたらすのは、人間の安全保障には生物多様性が切り離せないという認識である。そのために科学は、科学のための科学ではなく、また国家のための科学でもなく、人間のための科学、エンドユーザー志向の科学を構築する必要がある。

そのために日本の学術が貢献し得る可能性はふたつある。第1は科学先進国としてのユニバーサルな貢献である。第2は日本のこれまでの経験を生かした固有の貢献である。前者には学術の成果が政策に生かされる国のモデルを示すことがあげられる。後者には、①唯一の被爆国としての日本の平和研究による国際社会への貢献、②公害対策先進国としての環境技術による国際社会への貢献、③地震国としての地震・津波対策先進国としての国際社会への貢献等があげられる。

以上を可能にするための課題は以下の通りである。

(1) 領域横断的な科学・技術の統合

上述のいずれの課題に対しても、包括的な取組みのシステムの構築が必要とされている。そのためには、ひとつの学問分野だけでは限界があり、超領域的な科学・技術の統合が必要であるが、そうした新しく必要とされている学術はまだ形成途上にある。例えば新しい地球環境学が必要とされているが、それには、自然科学のみならず、ガバナンスや経済についての社会科学、また哲学、倫理も必要である。

(2) 統合的な科学・技術教育システムの構築

現在の学際研究や文理融合は、旧来の学問分野別の縦割りを超えていないのが現状であるが、以上のような統合された新しい科学は、教育システムのもとにも組み入れられる必要がある。理工系の人材養成においても、エンドユーザー志向の、基礎と応用のどちらにも配慮した「バイリンガル」な人材の育成が不可欠である。

(3) 省庁横断的な体制の構築

学術からの提言を受けそれに対応するには、政府においても旧来の縦割り行政の弊害を廃した省庁横断的な統合的な取組みが必要である。リスクの多元的・複合的な性格を考えれば、リスク管理のための対応を一本化するしくみづくりが要請される。

(4) 持続可能な研究

持続可能な世界のためには、科学・技術そのものの持続可能性も問われなければならない。長期的・継続的な研究を可能にするために、短期的成果を求めない研究資金の投下や、巨大・複雑な技術から中小の工業技術に至るまでの技術の組織的な継承も必要である。例えば海峡架橋技術のような巨大技術は日本ではもはや必要が少ないかもしれないが、技術移転を通じて必要とする地域へ継承することが可能である。

(5) 持続可能なデータの整備と蓄積

持続可能な世界のためには、非常時の対応のみならず平常時の長期にわたる基礎的なデータの蓄積や管理が不可欠である。そのためには、データベースを構築し保管する作業が、他の先端的な研究と同様に評価されなければならない。データのプールをつくる国際的なプラットフォームの構築が期待されるし、そのための統計的な標準化や整備も要請される。日本は統計先進国としてそれに貢献できるであろう。

(6) 持続可能な人材育成

持続可能な研究の最大の課題は、持続可能な人材の育成であるが、今日、この人材育成は危機に瀕している。科学・技術教育では人材の空洞化が起きており、理工系教育では、若手研究者の持続可能な養成に必ずしも成功していない。例えば地球科学では高学歴者の就職機会が少なく、環境学でも環境モニタリングのデータをとる技術の継承が危ぶまれ、感染症対策でも持続的な人材育成を怠ってきた。若手研究者の人材養成の困難は、大学院重点化に伴う社会的基盤整備を怠ったことから来ている。高等教育においても縮小社会への対応は不可欠だが、グローバル化のもとでは高等教育がすなわち縮小過程をたどるわけではない。したがって国際的な多様性を踏まえた、持続可能な人材育成システムの構築が緊急の課題である。

(7) 国際協力の推進

持続可能な世界が一国のみの課題でないとすれば、国際協力は欠かすことができない。そのためにはいくつかの提案があり得る。①国際共同研究を推進すること、②科学・技術先進国として必要とする地域に技術と人材を送り出す科学技術外交を推進すること、③日本からの国際的な情報発信を促進するため、研究者を継続的に外国に送ること、④利用可能な工業技術を英語で発信していく等、なすべきことはいろいろ考えられる。学術会議では持続可能性をめぐって包括的な国際会議を継続的に実施してきており、これからもその継続・発展が望まれる。

日本の学術コミュニティがこれらの課題に有効に応えるためのインフラストラクチャーとして、日本の科学技術政策の整合的・革新的な構想と、学術研究体制の抜本的な拡充の必要性とは、焦眉の急というべきである。とりわけ科学・技術の人材崩壊はすでに憂慮の域を超えており、喫緊の対策を必要とすることを申し添えたい。

<用語の説明>

ハーマン・デイリーの3原則：かつてローマクラブから「成長の限界」(1972)を世に出したメドウズ・メドウズ・ランダースらは、その後、「限界を超えて」(1992)を出版し、この中で、持続可能な社会の物理的条件を3項目提示し、その提言者の名を冠してこれを「ハーマン・デイリーの3つの条件」と表現した。以後これは「ハーマン・デイリーの3原則」として、広く知られることとなった。

水需要 (water demand)：水・水資源に対する需要をいい、生活用水、工業用水、農業用水などがある。このうち農業用水は全使用量の約66% (日本)を占め、今後も全使用水量の過半を占めると予想されている。

ドリップ灌漑 (drip irrigation)：定置パイプ灌漑の点滴法による灌漑のことで、トリクル灌漑とも呼ばれる。圃場に設置されたパイプ内の水圧を、ドリップ・エミッターといわれる特殊なノズルや流下メカニズムで低下させ、作物の根元周辺に連続的に灌漑水を滴下させる方式。

ガバナンス (協働協治) (governance)：もとはコーポレートガバナンス (企業統治) の意で使用された。近年、多様な価値が共生する地域 (例えば流域など) における利害調整を行う新しい秩序、を意味する概念として一般化されつつある。

蒸発散量 (evapotranspiration)：地表面から大気へ運ばれる水蒸気量 (蒸発量) と植物体から大気へ運ばれる水蒸気量 (蒸散量) の総和を言う。

バーチャル・ウォーター (virtual water)：ある輸入作物を日本で作ったと想定した場合の水使用量。

アメニティ (amenity)：快適性

ホメオスタティック (homeostatic)：自律的恒常性の意。外界の環境変化に対し、主体 (生物など) が体内環境を一定範囲内に維持する機能をいう。

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

ユビキタスセンサネットワーク (ubiquitous sensor network)：気象・環境情報を収集するセンサーを面的に設置して無線ネットワークを介してそれらの情報を収集、一元管理する仕組み。

情報リテラシー (information literacy)：情報機器やネットワークを活用して、情報やデータを取り扱う上で必要となる基本的な知識や能力のこと

<参考文献>

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. and Behrens III, W.W., (1972) The Limits to Growth; A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind, New York: Universe Books (大喜多佐武郎監訳、『成長の限界—ローマクラブ「人類の危機」レポート』、ダイヤモンド社、1972年)

Meadows, D. H., Meadows, D. L., and Randers, J., (1992) Beyond The Limits, Vermont: Chelsea Green Publishing Company (茅陽一[監訳]、村橋隆治+村井昌子[訳]『限界を超えて』ダイヤモンド社、1992年)

原子力工学研究連絡委員会・核科学総合研究連絡委員会・エネルギー・資源工学研究連絡委員会核工学専門委員会対外報告「21世紀に向けた原子力の研究開発について」(1998年11月30日)

日本学術会議答申「地球環境・人間生活にかかわる農業および森林の多面的な機能評価について」(農林水産省)(2001年11月1日)

国際協力常置委員会期対外報告「エネルギーおよび持続的な社会について」(2002年9月9日)

日本学術会議運営審議会附置日本の計画委員会「日本の計画 Japan Perspective」(2002年9月)

循環型社会特別委員会対外報告「真の循環型社会を求めて」(2003年6月24日)

資源開発工学研究連絡委員会、エネルギー・資源工学研究連絡委員会地球・資源システム工学専門委員会対外報告「循環型社会システム構築のための鉱物・エネルギー資源分野の役割」(2003年7月15日)

国連改革報告書『より安全な世界：私たちに共通の責任』(2004年)

日本学術会議答申「地球環境・人間生活にかかわる水産業および漁村の多面的な機能の内容および評価について」(農林水産省)(2004年8月3日)

国連事務総長報告書『より大きな自由を求めて：すべての人のための開発、安全保障および人権』(2005年)

日本学術会議「日本の科学技術政策の要諦」(2005年4月2日)

日本学術会議共同声明「気候変動に対する世界的対応に関する各国学術会議の共同声明」(2005年6月8日)

サステナビリティの科学的基礎に関する調査報告「Science on Sustainability」(サステナビリティの科学的基礎に関するプロジェクト事務局)(2005年10月31日)

農業環境工学研究連絡委員会対外報告「気象変動条件下および人工環境条件下における食料生産の向上と安全性」(2005年6月23日)

エネルギーと地球温暖化に関する検討委員会対外報告「地球温暖化とエネルギー—持続可能な社会に向けた衡平な負担—」(2007年3月22日)

日本学術会議共同声明「成長と責務—持続可能性、エネルギー効率および気候保全」(2007年5月16日)

土木工学・建築学委員会対外報告「民生用エネルギー消費量削減に関する政策提言」(2007

年5月24日)

地球規模の自然災害に対して安全・安心な社会基盤の構築委員会、対外報告「地球規模の自然災害の増大に対する安全・安心社会の構築」(2007年5月30日)

日本学術会議答申「地球規模の自然災害の増大に対する安全・安心社会の構築」(国土交通省)(2007年5月30日)

日本学術会議共同声明“Joint Science Academies’ Statement: Energy Sustainability and Security”

「エネルギーの持続可能性と安全保障」(2007年6月14日)

農業と環境分科会対外報告「魅力ある都市構築のための空間緑化—近未来のアーバン・グリーンイグー」(2007年9月20日)

「IAC「持続可能なエネルギー：未来への指針—Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future」について(会長コメント)」(2007年10月22日)

農業生産環境工学分科会対外報告「渇水対策・沙漠化防止に向けた人工降雨法の推進」(2008年1月24日)

農学教育分科会提言「農学教育のあり方」(2008年4月7日)

日本学術会議共同声明「気候変化：適応策と低炭素社会への転換」(2008年6月10日)

農業情報システム学分科会提言「IT・ロボット技術による持続可能な食料生産システムのあり方」(2008年7月24日)

水問題分科会提言「変貌する農業と水問題—水と共生する社会の構築へ向けて—」(2008年8月28日)

日本学術会議「持続可能な社会のための科学と技術に関する国際会議2009」(2008年9月17-18日) <http://www.scj.go.jp/ja/int/kaisai/jizoku2009/ja/index.html>

第20期学術会議課題別委員会「水・食料と持続可能な社会」—記録(中間報告)—(2008年12月26日)

地球温暖化問題に関わる知見と施策に関する分析委員会報告「地球温暖化問題解決のために—知見と施策の分析、我々の取るべき行動の選択肢—」(2009年3月10日)

<参考資料>持続可能な世界分科会審議経過

2008年

- 6月26日 日本学術会議幹事会（第56回）
持続可能な世界分科会設置
- 7月24日 日本学術会議幹事会（第60回）
持続可能な世界分科会委員決定
- 10月6日 持続可能な世界分科会（第1回）
・委員長、副委員長、幹事2名を決定
・今後の進め方を審議し、課題別委員会の「水・食料と持続可能な社会」を参考とすることを決定
- 11月20日 持続可能な世界分科会（第2回）
・「水・食料と持続可能な社会」の審議内容の説明を受け、その内容を引き継ぐことを決定
・報告書の内容について議論
- 12月19日 持続可能な世界分科会（第3回）
・報告書の論点整理

2009年

- 4月6日 持続可能な世界分科会（第4回）
・報告書の目次と担当執筆者を決定
- 6月5日 持続可能な世界分科会（第5回）
・報告書の取りまとめ方法と内容の最終確認
・日本の学術・科学技術政策についてのまとめ
- 7月～8月 MLによる原稿の改訂と統一作業
- 10月～11月 委員による最終案の確認

2010年

- 2月 査読委員の査読にもとづく改訂稿の作成と提出
- 2月26日 日本の展望委員会（第10回）において持続可能な世界分科会提言「持続可能な世界の構築のために」を承認