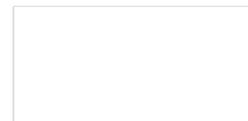


ナノテクノロジー・材料科学技術委員会



ナノテクノロジー・材料科学技術の
研究開発方策について
＜中間取りまとめ＞

平成23年7月

科学技術・学術審議会

研究計画・評価分科会

ナノテクノロジー・材料科学技術委員会

目 次

1. 現状認識	1
2. 今後の推進方策	4
(1) 今後の基本的方向性	4
(2) 課題解決を起点とした研究開発課題の戦略的重点化	5
(3) 課題解決に向けたナノテクノロジー・材料科学技術の重点研究開発課題	7
①課題領域「環境・エネルギー」	8
②課題領域「医療・健康・介護」	12
③課題領域「科学技術基盤」	14
④課題領域「震災からの復興、再生及び安全性の向上」	16
(4) ナノテクノロジー・材料科学技術の発展を支える施策	17
①先端研究設備の整備、共用化及びネットワーク形成の促進	17
②新たな研究開発モデルを提示する拠点形成	19
③人材の育成	20
④国際戦略	20
⑤リスクガバナンス、リスクコミュニケーション	21
3. まとめ	22
(参考)	23
研究開発投資及び論文発表に関する国際比較	23
ナノテクノロジー・材料科学技術委員会 委員名簿	25
ナノテクノロジー・材料科学技術委員会における審議の過程	26

1. 現状認識

ナノテクノロジー・材料科学技術は、科学技術の新たな可能性を切り拓き、先導する役割を担うとともに、複数の領域に横断的に用いられ、広範かつ多様な技術分野を支える基盤的な役割を果たすことから、「先導的基盤技術」と言うべきものである。また、ナノテクノロジー・材料科学技術は、我が国が抱える資源、エネルギーの制約等の問題を克服し、東日本大震災からの復興、再生を成し遂げるために必要な革新的技術の創出の鍵を握っている。

「ナノテクノロジー」は、第2期科学技術基本計画（平成13年3月30日閣議決定）において、情報通信、環境、ライフサイエンス、材料等広範な分野にわたる融合的かつ総合的な科学技術であり、ナノ（10億分の1）メートルのオーダーで原子・分子を操作・制御することなどにより、ナノサイズ特有の物質特性等を利用して全く新しい機能を発現させ、科学技術の新たな領域を切り拓くとともに、幅広い産業の技術革新を先導するものとされており、ナノテクノロジーの活用により、情報通信、環境・エネルギー、バイオテクノロジー、医療などに貢献する新しい材料、デバイス、革新的システム等を提供することが可能となっている。現代社会においては、“Nano Tech Inside”（外側からは全く見えないが、製品内部の機器、製品を構成する材料等の開発にナノテクノロジーが活用されている）の言葉に表されるように、ナノテクノロジーが、高機能化、高信頼性化等の面で、身の回りの多くの製品の価値を高めており、産業への貢献度も高い。また、最近の液晶テレビの例のように、ナノテクノロジーにより創出された材料及び機能が、既存のシステムとは全く異なる新たなシステムを生み出し、その新たなシステムが急速に発展し、普及することにより、産業の競争優位の関係が塗り替わってしまうこともある。歴史的に見ても、トランジスタ、レーザー、光ファイバー等のような新たな時代の扉を開いたイノベーションは、材料の機能がシステムの在り方を変えたことにより創出されている。このように、物質の特性を解明し、新たな材料を創出して、有用な機能を発現させる科学技術が、ナノテクノロジー・材料科学技術であり、科学技術の新たな可能性を切り拓き、先導する役割を担うとともに、複数の領域に横断的に用いられ、広範かつ多様な技術分野を支える基盤的な役割を果たすことから、「先導的基盤技術」と言うべきものである。

「ナノテクノロジー・材料分野」は、第2期科学技術基本計画において、「ライフサイエンス分野」、「情報通信分野」、「環境分野」とともに重点4分野の1つに位置付けられ、その後の第3期科学技術基本計画（平成18年3月28日閣議決定）においても重点推進分野として積極的に推進されてきた。このような政策的位置付けに基づく公的支援の結果、鉄系高温超伝導体の発見やスピントロニクス、量子ドット研究に代表されるような多くの学術的成果や産業的価値の高い成果が創出されている。また、ナノテクノロジー・材料分野における基礎的、基盤的な研究の進展により、材料関連のものづくりと大学等におけるサイエンスの距離が縮まり、基礎的、基盤的な研究が応用に貢献する道筋が出来たことも、重点化の一つの成果と言える。

一方で、ナノテクノロジー・材料科学技術の発展により、優れた研究成果が得られているものの、バイオテクノロジーや情報通信技術に比べて、社会における認知度が低い印象があり、目に見える価値の創出につながるような技術的成果が不十分であるという指摘もある。

平成23年度からの新たな第4期科学技術基本計画の策定に向けた答申「科学技術に関する基本政策について」（平成22年12月24日総合科学技術会議）では、諸外国において、科学技術政策を国家戦略の根幹に位置付け、産業、経済、外交政策等との有機的、統合的連携の下、積極的な展開を図っている状況を踏まえ、我が国においても、科学技術政策とイノベーション政策とを一体的に捉え、産業政策や経済政策、教育政策、外交政策等の重要政策と密接に連携させつつ、国の総力をあげて強力かつ戦略的に推進していく必要性が高まっているとされている。このような認識に基づき、環境・エネルギーを対象とする「グリーンイノベーション」と、医療・介護・健康を対象とする「ライフイノベーション」を2つの大きな成長の柱として位置付け、科学技術イノベーション政策を戦略的に展開することとされている。特に、ナノテクノロジー・材料科学技術に関連する方針としては、先端材料や部材の開発及び活用に必要な基盤技術を革新的な共通基盤技術の柱の一つとして、また、先端計測及び解析技術等の発展につながるナノテクノロジーを複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術の柱の一つとしてとらえ、産業競争力や科学技術の共通基盤の強化の観点から重点的に推進することとしている。

ナノテクノロジー・材料分野の国際動向に目を向ければ、近年、先進国に加えて、中国をはじめとする新興国がこの分野の研究開発拠点や共同利用施設へ戦略的な資金投入を行い、予算は高い伸び率を示している。例えば、米国では、「国家ナノテクノロジー戦略（National Nanotechnology Initiative：NNI）」を2000年に策定しているが、2011年2月には、新たな「NNI戦略計画（National Nanotechnology Initiative Strategic Plan）」を発表した。2012年度の大統領予算教書において、全体が緊縮予算であるにもかかわらず、NNIには2010年度比10.4%増の21.32億ドルが措置されている。また、グリーンニューディール政策の柱として、46のエネルギーフロンティア研究センター（Energy Frontier Research Center：EFRC）という基礎研究拠点が創設され、5年間で7億7700万ドルの投資が計画されているが、そこで行われる研究課題の80%以上がナノサイエンス、ナノテクノロジー分野のものである。他方、欧州では、EUの「第7次フレームワークプログラム（7th Framework Programme：FP7）」（2007年～2013年）において、「ナノサイエンス、ナノテクノロジー、材料、新製造技術」が9つの政策の一つとされ、「第6次フレームワークプログラム（6th Framework Programme：FP6）」（2001～2006年）の2倍近い年間予算5億ユーロを今後7年間に投入することが計画されている。また、中国では、50以上のマイクロナノ科学技術センター（Micro/Nano Science and Technology Center）が設立されるなど、積極的な投資が行われ、購買力平価換算では2006年時点で日本のナノテクノロジー予算を既に抜いている。

一方、我が国では、第3期科学技術基本計画において、X線自由電子レーザーが、国家基幹技術（国家的な大規模プロジェクトとして第3期科学技術基本計画期間中に集中的に投資すべき基幹技術）として位置付けられ、着実に整備が進められるものの、その他のナノテクノロジー・材料分野へ投資の伸び率は極めて低いレベルに留まっている。

我が国のナノテクノロジー・材料科学技術の水準は、論文被引用度を用いた解析によれば、国際的に高い潜在能力を有していると言えるが、第2期及び第3期科学技術基本計画期間の重点投資により創出された基礎研究の優れた成果が諸外国で先に実用化されてしまうことを危惧する声や、日本企業が海外の魅力的な研究開発拠点（例えば、米国におけるANT（Albany NanoTech）、フランスにおけるMINATEC（Micro and Nanotechnologies Campus）、ベルギーにおけるIMEC（Interuniversity Microelectronics Center）等）において研究開発を行うことによる、産業の空洞化、成果の流出等を懸念する声が年々強まっている。

さらに、東北地域の製造業は、我が国のエレクトロニクス、自動車等の基幹産業を支え、国内外の製造業の供給網（サプライチェーン）のなかでも重要な役割を果たしているが、平成23年3月11日に発生した東日本大震災により、東北地域の先端材料企業の多くが一時的に生産を停止するなど、深刻な被害を受けたものもあり、今回の震災を契機に、代替調達先の一部が海外企業に流れるなど、我が国の経済に大きな影響を及ぼしつつある。また、深刻な電力不足等による需給逼迫が予想され、産業活動や日常生活への影響は避けられない状況であるとともに、レアアース等の希少資源の供給の不安定化などの懸念材料も依然として存在している。このような危機的状況において、過去、石油輸入を減少させながら経済成長するという極めて困難な目標を技術力の向上により達成した我が国が、電力使用量を増やさずに経済成長を実現することにより、持続可能な発展が可能であることを世界に向けて示すことが極めて重要となる。

そのために天然資源の乏しい我が国がなすべきことは、常に最先端技術を開発、実用化して競争力を確保することであり、ナノテクノロジー・材料科学技術はそのような営みの中で極めて重要な役割を担うものである。

このような、ナノテクノロジー・材料分野に係る現状認識と、東日本大震災からの速やかな復興、再生や地球規模の環境・エネルギー問題の解決に向けた、ナノテクノロジー・材料科学技術への期待の大きさを考慮すれば、今後、ナノテクノロジー・材料科学技術が進むべき方向は、第2期及び第3期科学技術基本計画の単なる延長上にはないことは明らかである。

2. 今後の推進方策

(1) 今後の基本的方向性

ナノテクノロジー・材料科学技術を、研究者の自由な発想に基づくボトムアップ型の研究、出口指向で基礎から応用、開発段階まで一貫して進めるトップダウン型の研究開発の両方の発展を支える「先導的基盤技術」として、戦略的に強化していく必要がある。

ナノテクノロジー・材料科学技術は、上述したように、環境・エネルギー問題をはじめとした社会的課題を解決する上で重要な役割を担うとともに、我が国の産業発展を牽引する革新的技術の創出の鍵を握っている。また、先端的な科学技術の発展や基盤技術の高度化を進める中で、イノベーションの源泉たるシーズを生み出し、それが更なる発展を遂げ、多様な課題の解決に貢献してきた例は多いが、ナノテクノロジー・材料分野の研究には、予期しなかった偶然とも言える現象から新たなものを発見することが特に多いため、そのようなシーズを生み出し、世の中を大きく変え、次代を切り拓く可能性を秘めている。このようなナノテクノロジー・材料科学技術の特徴を考慮すれば、その重要性は第2期及び第3期科学技術基本計画に引き続き、極めて高いと言える。

現在はこの分野において、我が国には国際的な優位性があると言えるが、急速に強化されている諸外国の研究開発投資、拠点整備、グローバル人材の育成等の状況を踏まえると、今後、国として、継続的、体系的に施策を講じなければ、近い将来、諸外国の後塵を拝する状況に陥ることが懸念される。

今後、ナノテクノロジー・材料科学技術については、他の分野と並列に位置付けるのではなく、研究者の自由な発想に基づくボトムアップ (bottom up) 型の研究と、国が定める明確な方針に基づき、出口指向で基礎から応用、開発段階まで一貫して進めるトップダウン (top down) 型の研究開発の両方の発展を支える「先導的基盤技術」としての位置付けを明確にして、他の分野との関係性を十分整理しつつ、融合と連携を加速する施策を講じていくことが重要である。

(2) 課題解決を起点とした研究開発課題の戦略的重点化

ナノテクノロジー・材料科学技術に対する、社会からの期待を踏まえ、課題解決を起点として、研究開発課題を戦略的に重点化する必要がある。その際、重要課題の達成に向け、基礎から応用、開発の各段階間で緊密に連携した「循環研究」を総合的かつ計画的に推進していくべきである。

第4期科学技術基本計画の策定に向けた答申において、「グリーンイノベーション」が成長戦略の大きな柱として位置付けられたが、ナノテクノロジー・材料科学技術は、地球規模の環境・エネルギー問題の解決に大きく貢献することが期待されている。このため、今後の方向性としては、特に、グリーンイノベーションによる成長とそれを支える資源確保に焦点を置いて、課題解決を起点として、研究開発課題を戦略的に重点化することが求められる。また、東日本大震災からの復興、再生の実現に向け、次世代の主要産業の創出等による我が国の国際的優位性の強化、安全で豊かで質の高い国民生活の実現への貢献という観点に基づいた重点化も必要である。なお、研究開発課題を重点化するには、最終的な出口を見据えて、重要となる研究開発課題を特定することが必要である。また、課題を解決するためには、新規の技術を開発するだけでなく、有用な既存技術の組合せを含めて、最適なナノテクノロジー・材料科学技術を選択することも重要となる。

課題解決を起点とすることは、決して基礎研究より応用研究を重視するというのではなく、基礎研究の段階でも、社会的課題あるいは産業界からのニーズを踏まえ、出口を意識して研究を進めていくことが求められるということである。また、課題解決に向けて高度な応用を目指すほど、基礎を支えるサイエンスあるいは基盤技術が重要となり、基礎研究と応用研究を併せて進めていく必要がある。このため、基礎から応用、開発、さらに事業化、実用化の各段階へ一方向にのみ進むのではなく、問題の本質への理解の深化等を通じ、各段階での課題が基礎研究の課題へと翻訳され、基礎研究へ立ち戻るような「循環研究」が行われることが、課題の解決とサイエンスの発展の双方にとって重要である。すなわち、重要課題の達成に向け、各段階での活動を相互に連携させ、研究開発等の取組を総合的かつ計画的に推進していく必要がある。

さらに、「循環研究」の推進に伴い、異分野の研究者等が結集することとなるため、重要な基盤技術を高度化しつつ、共通して活用するという観点が極めて重要となる。まさにナノテクノロジー・材料科学技術は、そのような共通して活用される重要な基盤技術であると言える。なお、「循環研究」においては、異分野の研究者が結集することにより、想定外の成果が生み出される可能性は大きいため、そのような成果の多様な展開を許容することが求められる。

第2期及び第3期科学技術基本計画においては、ナノテクノロジー・材料分野の研究者や先端研究設備等のネットワーク化が進展し、異分野連携が促進されて研究水準は急速に向上したが、今後もこの基盤技術を研ぎ澄まし、常に高い水準を維持していくためには、ネットワークの維持、発展を図るとともに、そこで生み出された優れた成果を組

み合わせ、活用を図ることにより、社会が要求する課題に挑戦する姿勢をナノテクノロジー・材料分野の研究者側から明確に打ち出していくことも必要である。また、国は、このような組織化と協働によって研究者が新たな課題に取り組もうとする努力を後押しするべきである。

なお、課題解決を起点として、研究開発課題の戦略的重点化を推進していく際には、ナノテクノロジー・材料科学技術の「先導的基盤技術」としての位置付けも踏まえ、以下の点に留意しつつ、課題解決に必要な知識や技術が統合される形で、上述の「循環研究」を実現する政策的、制度的な工夫することが必要である。

- 物質材料設計・制御技術、ナノ計測・分析技術、超微細加工技術、分子・物質合成技術等の共通基盤技術については、ライフサイエンス分野や環境・エネルギー分野と比較して、必ずしも社会的課題とのつながりが明確ではないが、科学技術の発展を支える共通基盤として、長期的、継続的に維持・強化していくことが重要である。
- 目標達成に向けて取り組むべき課題は、多様な技術分野にまたがるが多いため、限られた課題領域で活動を進めるのではなく、課題解決を起点とした研究開発課題の戦略的重点化を分野融合の好機と捉え、それを実現する体制づくりや共通基盤技術の他の領域への水平展開を積極的に行うべきである。
- 国際的な優位性を保持するためには、革新的な技術の開発が不可欠であることから、社会的課題を設定する際に把握可能な技術のみに重点化するのではなく、中長期的観点から、潜在的可能性をもつ技術の創出に向けた研究開発等の取組も推進すべきである。
- 特にボトムアップ型の取組や技術の飛躍的な進歩が必要な課題については、研究対象によっては非常に長期のサポートを要する場合もあるため、目に見える成果につながるまでに長期間を要するという点について、社会へ理解を求め、長期的、多面的な評価を行うことも重要である。

(3) 課題解決に向けたナノテクノロジー・材料科学技術の重点研究開発課題

第4期科学技術基本計画の策定に向けた答申を踏まえ、ナノテクノロジー・材料科学技術において、今後重要と考えられる課題領域は、4つに大別される。すなわち、グリーンイノベーションに対応する「環境・エネルギー」の課題領域、ライフイノベーションに対応する「医療・健康・介護」の課題領域、そしてこの両者を支えながら常に新しい発見や技術シーズを生み出すことによって、両者の最先端研究を牽引する「科学技術基盤」の課題領域、さらに東日本大震災を受けた「震災からの復興、再生及び安全性の向上」の課題領域である。

それぞれの課題領域は社会的な課題の解決へと繋がっていくが、特に、低炭素社会の構築をはじめとする環境問題を解決するためには、ナノテクノロジー・材料科学技術の貢献が強く期待されている。同時に、バイオテクノロジーが、高度医療に加えて、環境問題の解決のためにも極めて重要である。そして科学技術基盤については、ナノテクノロジーの様々な基盤技術及びそれを活用した物質材料の制御技術、そしてナノサイエンスが含まれるが、継続的な知の蓄積と高度化及び幅広い応用分野での活用を進めていくためには、慎重に設計された施策を講じることが必要不可欠である。さらに東日本大震災は、ライフラインの寸断や情報通信網の途絶という社会基盤の脆弱性を露呈させたが、甚大な被害と、今後長期にわたる社会的、経済的な影響を前に、震災からの復興、再生及び安全性の向上等の諸課題に対して、ナノテクノロジー・材料科学技術が果たし得る役割は重要であり、本質的である。

このようにナノテクノロジー・材料科学技術が貢献できる課題領域は広範囲に及ぶが、人材、研究資源等の無計画な分散投資によって技術水準の低下を引き起こすことのないよう、社会的な課題の解決の切り札となる技術領域として、戦略的かつ継続的に技術水準を高度化し、常に世界最高水準を維持していくことが求められる。

このような状況を踏まえ、上記の4つの課題領域に関して、特に重点化して取り組むべき研究開発課題を以下に記載する。

①課題領域「環境・エネルギー」

第4期科学技術基本計画の策定に向けた答申において、本課題領域における重要課題として設定されているものは、「安定的なエネルギー供給と低炭素化の実現」、「エネルギー利用の高効率化及びスマート化」及び「社会インフラのグリーン化」である。

特に、我が国にとって重要な資源問題については、「元素戦略」や希少元素を代替する材料の開発を、新材料設計・探索の思想を基礎として、今後も中長期にわたって着実に開発していかなければならない。なお、「元素戦略」は、我が国が諸外国に先駆けて着手した施策であり、材料設計・探索技術における日本の強みを生かした極めて特徴的かつ効果的な取組であり、欧米においても同様の取組が近年重点的に実施され、その重要性は国際的にも一層高まっている。また、エネルギー問題については、今回の震災において、一箇所に集中した社会基盤の脆弱性が露呈し、分散型のシステムへの展開が急務となっている。その中でナノテクノロジー・材料科学技術が果たす役割は非常に大きい。上記の認識の下、本課題領域の主な研究開発課題を以下に挙げる。

<重要課題「安定的なエネルギー供給と低炭素化の実現」>

【電気エネルギー生成、変換、貯蔵技術】

本課題については、太陽電池、燃料電池、二次電池、熱電変換素子等の高効率化と高容量化とともに、低コスト化、小型化が大きな問題であり、それに向けた材料、デバイス、プロセス技術の開発が必須である。また、用途に対応した材料、システム開発が求められる（例えば、自動車用と定置用の蓄電池では、要求性能が全く異なる）。さらに、家庭や企業での太陽光発電、あるいは夜間電力利用と蓄電システムの組合せなどによる分散型のシステムの開発が重要である。なお、本課題の推進に当たり、蓄電する単位は家庭ごと、またはより大きな単位が良いかなど、社会システムの研究との連携が必要である。また、使用後の廃棄やリサイクルも考慮に入れた評価を高い精度で実施する事が求められる。

特に、自動車などの基幹産業を支える技術として重要な二次電池については、新規材料開発と材料界面近傍のナノレベルの3次元構造の最適設計・制御が課題である。必要十分な安全性を担保しつつ、高電圧化及び高容量化を実現する新規材料を開発し、電池を総合技術、総合システムとして最適化することが求められる。その際、正極、負極、電解質等の各材料の組合せが重要となる。また、これらを実現するためには、反応の直接観察や劣化機構の解明をはじめとした、電池反応の基礎的な理解、解明が必要である。

【低損失で安定な電力供給を実現するための技術及びシステム】

高温超伝導材料を利用する送電技術や数種類の発電、貯蔵システムを有機的に連携することにより、低損失で安定な電力供給を実現するための技術及びシステム開発が重要である。また、鉄系高温超伝導体が発見されたことを受け、ナノ構造解析及び理論的解析に基づく新規の超伝導材料の探索が求められるが、並行して、それらの材料の特性を活かしたデバイスの開発も重要である。

【太陽エネルギーを化学エネルギーに変換する技術】

光合成反応を人工的に模倣することによる、水の分解からの水素生成等が注目され、徹底した基礎研究と同時に、将来の実用化のための課題（例えば、材料の耐久性、可視光領域での変換効率向上、水素と酸素の高効率分離等）を視野に入れた研究開発が求められる。なお、この場合は各技術開発に留まらず、最終的なシステムを強く意識した研究開発が必要である。

【未利用エネルギーを電気エネルギーに変換する（エネルギーハーベスト）技術】

未利用エネルギーを電気エネルギーに変換する技術として、熱電変換、光電変換、力学的エネルギーの電気エネルギーへの変換等の各技術の革新が課題である。また、個別の素子のエネルギー変換効率を追及する研究に加え、各素子をエネルギーシステム全体の中でエネルギーの流れを制御する要素と位置付け、システム全体のエネルギー損失を最小化する最適設計を行うことが必要である。そのための素子開発及びシステム構成の研究が求められる。

【高感度、高選択な環境用センサー】

安全・安心な社会生活を実現するために、環境中の放射能及び様々な物質を測定できる、小型、安価な環境測定用の計測機器の開発が重要となる。特に、超小型、簡易な線量計の開発は、日常的に線量確認を行うことを可能とし、風評被害の防止や環境管理システムの発展にも有効と考えられる。また、環境中の汚染物質や毒性物質の選択的計測のために、酵素や抗体、核酸、脂質、糖タンパク質等の生体材料を使用し、高感度で高選択なセンサーや、システム化に向けた技術の開発が重要である。

<重要課題「エネルギー利用の高効率化及びスマート化」>

【電気エネルギー生成、変換、貯蔵技術（再掲）】

【省エネルギー材料】

電子デバイスの超低消費電力化や化学プラントの低温動作化のための触媒を含めて、省エネルギーに関わる材料開発を幅広く進めていくべきである。特に、極限まで摩擦抵抗を減少できる超潤滑材料の開発や機能分子材料の適用、ナノ構造の制御による構造材料の軽量化等の研究開発が重要である。また、より高度な断熱、遮熱材料が求められている。例えば、遮熱ガラスは光を大きくカットするため、冬の太陽光の取り込みができないことから、夏と冬、昼と夜で機能の制御が可能なガラスの開発などが期待される。

【バイオマスによる燃料及び化成品原料の創成（バイオマスリファイナリー）】

セルロースを中心としたバイオマスによる燃料及び化石資源を代替する化成品原料の創成が期待される。特に、生物学的知見（植物細胞壁の詳細構造や酵素の機能等）と、化学的知見（合成プロセスや触媒の機能等）を融合させ、生物由来の材料から化成品原料を創成する新たな技術の確立に積極的に取り組むことが必要である。その際、将来の

実用化のための課題（原料の回収、分解の高効率化等）を視野に入れ、バイオマスを環境負荷の少ない条件で用途に適した物質に変換できる新規触媒や酵素を開発することなどが求められる。

【画期的な触媒材料】

触媒は、排ガス浄化や自浄性（セルフクリーニング機能）、廃棄物処理といった環境浄化技術としての重要性と、物質生産プロセスにおける重要性の両方を併せ持つ。特に物質生産過程では、ナノ構造制御や化学反応制御による、選択性の高い触媒の開発が重要であり、反応温度の低下や副生成物及び共生生成物の生成減少によって、反応や精製にかかるエネルギー消費や環境負荷を低減できる画期的な触媒の開発によって、物質生産過程に革新をもたらすことが求められている。

【環境浄化技術】

廃水や汚染水、大気の浄化を低圧で行える高強度分離膜の開発、その他、微生物及び細菌による環境浄化のメカニズムを模倣した新しい環境浄化法の開発が期待される。

【省エネルギー、低環境負荷の製造工程（グリーンプロセス）の実現】

省エネルギー、低環境負荷の製造過程を実現するため、低温・低圧での反応、廃棄物の削減、有害物質の不使用等に考慮した製造過程の開発が求められる。

【エレクトロニクスの省エネルギー化、多機能化】

情報通信社会の基盤をなす情報通信機器やシステム構成機器の一層の省エネルギー化、多機能化が求められているが、現状のCMOSデバイスには、微細化の物理的限界、特性ばらつき増大、素子の消費電力増大等の問題が迫っている。これらの制約を突破する方策として、近年、世界的に進展の著しいナノエレクトロニクス技術を駆使して、従来のCMOS技術に加えて、新たな機能を持った材料及びデバイスを開発しようとする方向と、従来のCMOSを超える新しい動作原理に基づくデバイス及びシステムの実現を目指す方向とが模索されている。国際的に前者はMore than Mooreと呼ばれ、EUを中心に活発な研究開発が行われており、後者はBeyond CMOSと呼ばれ、米国の大学を中心に研究が進められている。これら両方の技術の方向性について、省エネルギー性能の向上やグローバルな競争環境を注視しながら研究開発を加速することが重要である。具体的な課題としては以下の項目が挙げられる。

- カーボンナノチューブ、グラフェン等のカーボンナノエレクトロニクス（自在制御など実用化に向けた課題の克服が必要）
- 新不揮発性メモリ及びCPU
- 多機能化を指向したナノCMOSとMEMS/NEMSや、光配線、スピントロニクス、バイオテクノロジーとの融合技術
- フレキシブルエレクトロニクスやスマートセンサ、ロボット等のスマートインターフェース

- 超高速演算を実現するための量子コンピュータ（実用化には多くの課題が残されており、長期的な視野に立った継続的な取組が必要）
- 通信等他分野への応用へ向けたナノフォトニクス、プラズモニクス、メタマテリアル
- パワーデバイスの低損失化と高耐圧、高温動作、スイッチング速度の向上（SiC、GaN、ダイヤモンドなどのワイドギャップ半導体を用いた革新的なパワーデバイスによる省エネルギー化、エネルギー高効率利用が必要）

<重要課題「社会インフラのグリーン化」>

【低損失で安定な電力供給を実現するための技術及びシステム（再掲）】

【高感度、高選択な環境用センサー（再掲）】

【エレクトロニクスの省エネルギー化、多機能化（再掲）】

【元素戦略・希少元素代替材料】

我が国の基幹産業に必要な希少元素の将来の需給見通しと、研究開発力の強みを考慮した上で、最適な戦略を立案し、開発を推進する必要がある。特に、白金やパラジウム等の希少元素を使わずに、比較的豊富に存在する元素や有機材料によって、目的とする機能を備えた材料の開発を加速することが求められる。また、資源の有効活用の観点から、希少元素を循環的に利用するシステムの確立に向けた技術開発も必要である。なお、研究開発の推進に当たっては、植物の光合成や動物の呼吸を担う蛋白質が鉄、銅、亜鉛、マグネシウム、マンガンなどを使用していることから、生体の仕組みに学ぶことも重要である。

②課題領域「医療・健康・介護」

第4期科学技術基本計画の策定に向けた答申において、本課題領域における重要課題として設定されているもののうち、ナノテクノロジー・材料科学技術は、「革新的な予防法の開発」、「新しい早期診断法の開発」及び「安全で有効性の高い治療の実現」である。

特に、従来のライフサイエンスやバイオテクノロジーと、ナノテクノロジー・材料科学技術を融合して新しく生まれた研究分野は、「ナノバイオ（テクノロジー）」と呼ばれており、これは、ナノテクノロジー・材料科学技術の最大の特徴である異分野との親和性の高さが発揮され、融合分野が生まれた典型例と言える。例えば、再生医療で必要とされる生体と人工物との融合は、両者の原子や分子を直接観察し、制御できるナノの領域で初めて可能となる。遺伝子、DNA（デオキシリボ核酸）はまさにナノの大きさであり、ナノテクノロジーとライフサイエンスの融合領域においては、分子の自己組織化、表面修飾等を活用した研究開発が積極的に進められている。

今後、高度な薬物送達（ドラッグデリバリーシステム）や再生医療材料の開発、細胞内治療やイメージング技術、単一細胞・単一分子の分析技術の発展、農林水産・食品科学技術への展開等により、ナノテクノロジー・材料科学技術は安全・安心な社会の基盤となる医療・健康の様々な課題解決に寄与すべきである。さらに、生体機能と情報通信技術の融合により、介護の高度化、省力化等、新しい産業創出の核となる技術を生み出すことも期待される。上記の認識の下、本課題領域の主な研究開発課題を以下に挙げる。

<重要課題「革新的な予防法の開発」>

【化学と生命科学の融合（ケミカルバイオロジー）】

化学と生命科学の融合による新しい研究領域として国際的に注目されており、多様な化合物を収集、保有するなど研究基盤の整備が重要である。臨床治療薬などの有用な化合物開発に直結する産業政策上の重要領域である。

<重要課題「新しい早期診断法の開発」>

【体内埋込型診断・治療機器】

薬物送達機能や計測機能を備えた微小な機器の開発が重要である。

<重要課題「安全で有効性の高い治療の実現」>

【体内埋込型診断治療機器（再掲）】

【高度な薬物送達（ドラッグデリバリーシステム）】

国民の死亡原因第1位である癌を始めとする重要疾患について、疾患部位を選択的に認識し、患部周辺でのみ薬剤を放出できる高度な薬物送達の実現が重要である。そのために、感知機能や有効成分の放出を調整できる機能を備えた分子集合体を設計、創出する必要がある。また、治療分子を患部に直接運び、その分子を細胞内で効率的に機能発現させることのできるシステムの開発が求められる。これらは細胞への遺伝子導入、細胞の増殖分化促進等の治療の他、予防、診断技術としての応用の期待も高い。

【細胞内治療】

上記高度薬物送達の一つの発展形として、特定の細胞内に薬物を注入して、特異的にその細胞を治療しようという次世代技術であり、イメージング技術、単一細胞及び単一分子の分析技術と一体的に開発を進めていくことが必要である。なお、細胞の機能においては構造と機能を保持した分離や組織としての振る舞いが重要となることから、単一細胞の単離化技術と分析技術については、組織レベルの機能と整合性があるかどうかについての検証を行う必要がある。

【再生医療材料】

組織や臓器の再生に必要な医療材料の開発によって、将来の医療が大きく変わる可能性がある。組織工学や臓器工学に必要な機能性材料を三次元での構造化も念頭に開発することや、生体内での血栓形成反応や異物認識反応を極力抑制した生体適合性材料を開発することが必要である。また、ES細胞及びiPS細胞を用いる再生医療については、がん化の危険性を抑制する細胞分化技術や細胞分離技術に加え、リプログラミング（分化した細胞を再び多能性幹細胞に戻すこと）に関する科学技術の発展が不可欠である。

③課題領域「科学技術基盤」

上記の各課題領域の最先端を牽引する「知」の集積を担うのが「科学技術基盤」であるが、その中心的な課題は二つある。第一に、この基盤を用いて行われる研究開発によって生み出された「知」と「技術」が継続的に蓄積され、関係者に共有されていく必要がある。次に、科学技術創造立国を国是とする我が国において、災害時等においても科学技術基盤が強固な社会基盤でありつづけるためには、大型から中型、小型にわたる研究施設及び設備に関して、安全網（セーフティネット）が形成、維持されなければならない。上記の認識の下、本課題領域の主な研究開発課題を以下に挙げる。

【3次元計測、瞬時その場計測、界面及び内部計測】

実際に反応や製造プロセスが進行している環境下で、その場で計測できる技術の開発が今後の大きな課題である。例えば、ガス雰囲気下での半導体デバイスの動作状態の計測、生体の細胞表面や細胞内部の3次元計測、触媒反応や電池の内部反応状態の解明などで、その場で計測できる技術が求められている。これらの計測には、解像度を極限まで高め、超短時間で計測する技術が必要となる。

【ナノ加工プロセス】

トップダウンプロセスの典型として超LSI微細加工技術が挙げられるが、それに対応するボトムアッププロセスとして、原子や分子から出発して材料やデバイスを逐次積み上げていく自己組織化技術が重要である。生体は、DNAから蛋白質、細胞、組織、個体へと自律的かつ階層的に構造形成が進む点で、「階層的自己組織化」を実現している具体例である。今後の重要課題としては、実用化に近い多孔性配位高分子及びメソポーラス材料の開発に加えて、新規材料として、 dendrimer、有機ナノチューブ等の超分子材料、金属-有機構造体、ナノカーボン材料、スライドラングゲルやフォトニックゲル等の機能性ゲル、またバイオとナノの融合としても蛋白質や核酸などを使った半導体微細加工プロセスへの自己組織化の応用などが挙げられる。過去10年間のナノテクノロジー・材料科学技術の進展において、自己組織化技術の応用分野への展開は未熟であり、今後は自己組織化の階層的発展の理論の確立等の基本的な課題についても取組を強化しなくてはならない。その上でトップダウンプロセスとボトムアッププロセスの融合が実現されていくと考えられる。

【ナノ・マイクロ印刷技術、三次元ナノ製造技術】

近年の省エネルギー、環境負荷低減の観点から、産業界の要請が特に高い技術である。太陽電池やディスプレイ、または各種の加工において、液体材料を用いた印刷技術によってデバイスを製造するための基盤技術の開発が重要となっている。さらに、上述のエレクトロニクスにおけるMore than Mooreの観点で、これまでは平面であった電子デバイスを縦方向に別の機能を積み上げて多機能を実現するため、三次元ナノ製造技術の基礎的な技術の開発が求められている。

【物質材料設計及び制御技術】

量子力学、固体物理、量子化学等を学術的に横断して構造化された形式知、豊富な経験と鋭い物質観に裏打ちされた暗黙知、データベースや理論モデル化と計算機による最先端のシミュレーション技術、これらを総合的に駆使して、国際的な課題に対応した材料機能を探索し、設計、制御していく必要がある。日本が国際的にも高い優位性を保っているのはこの領域の科学技術であり、その一つとして「元素戦略」は実施されてきた。新材料設計・制御技術は、与えられた元素組成や構造から物質の性質を計算で求めるという正攻法の手順とは異なり、社会の要請を踏まえ、特定機能を有する材料を設計あるいは探索する技術を総称しており、これは観測される特性（出力）からその原因（入力）を推定する、いわゆる「逆問題（Inverse problem）」への挑戦である。そのために上記のような総合的な取組が不可欠であり、既存の組織を超えて活動を統合するような新たな枠組みが必要である。具体的な課題としては以下の項目が挙げられる。

- 結晶格子や分子、配向の制御（格子の設計や固溶及び欠陥導入による局在性、周期性の実現、圧電素子の欠陥制御、超分子電荷移動体のエントロピー制御、磁性材料のアモルファス構造の制御等）
- 表面構造の制御（表面加工、イオンビーム照射、表面アルケミーによる機能性表面の実現等）
- 空間及び空隙構造の制御（ナノ、マイクロ、ミリのマルチスケールのポーラス構造等で、高比強度、高靱性、選択透過性、反応性等の実現等）
- 幅広い分子、有機材料及び複合材料を目的に応じて自在に制御するための分子技術（環境エネルギー材料や電子材料、医療・健康・介護への応用に求められる人と親和性の高い生体関連材料等への応用等）

なお、物質材料設計及び制御技術により、新機能の発現や、劣化機構の解明による材料の長寿命化、希少元素の代替機能を発揮する革新的材料の実現を目指すには、二つの道具が必要である。一つは、網羅性と運用性を兼ね備えた物質及び材料のデータベースであり、もう一つは計算科学である。目的とする機能を持つ新たな材料を創成するために必要となる動的過程のシミュレーションなどにおいて、これらの道具は不可欠である。今後は、理論上のモデルと計算機によるシミュレーションを組み合わせ、現実の複雑な系を追及し、シミュレーションを機能の予測にまで高度化することが重要な課題となるが、次世代スーパーコンピューター「京（けい）」の出現は、ナノテクノロジー・材料技術の世界に革新をもたらす可能性をはらんでいる。

また、科学技術基盤を全体として見ると、放射光などの大型施設、超高压電子顕微鏡などの中型設備、ナノ加工施設などの小型施設等の関連する設備及び施設を共用化し、全国及び国際的にも開かれたネットワークとして構築しておくこと、並びに災害時等においてもそれらの機能が維持されることが肝要である。

④課題領域「震災からの復興、再生及び安全性の向上」

東日本大震災は、科学技術を通じて獲得した人智に限りがあることを見せつけた。我々は改めて、安全・安心を念頭に置いた研究開発を進める必要があることを認識しなくてはならない。そのような取組において、例えば、突然の停電や十分な電力源のない場所でも必要最低限の電力確保を可能とするための蓄電システムや、未利用エネルギーを電気エネルギーに変換する（エネルギーハーベスティング）デバイスを開発する、あるいは東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故の関係では、発電所内で大量に発生している汚染水から放射性物質を膜材料や吸着材料により分離、回収する技術や、土壌の除染や植物への放射性物質の移行の低減を効果的、効率的に行うための技術、原子炉の健全性を高める構造材料などを開発するに当たり、ナノテクノロジー・材料科学技術は、異分野との連携及び融合により飛躍的な発展をもたらす可能性がある。

この他、ナノテクノロジー・材料科学技術の貢献が期待される研究開発課題としては、以下の項目が挙げられる。

- 建築構造物ヘルスマonitoring、センサネットワークの開発及び整備（建築構造物の劣化診断及び計測機器、加速試験の精度向上、並びにこれらを集積したセンサネットワーク）
- 自然災害の予兆と情報伝達を迅速に行うための、ユビキタスセンサネットワークシステムの広範囲な設置と充実、警報システムの開発及び整備（津波検知、地震初期微動検知器）
- 身につけていることがわからないほどの小型、軽量、送受信システムの開発及び配備
- 作業ロボット等に搭載する耐放射線デバイスのためのナノエレクトロニクス研究
- 簡便、携帯可能な放射線線量計の開発（水、空気、食品、土壌の迅速簡易検知器）
- 橋梁等建築構造物の、安価、短期間での補修、補強を可能とする耐震技術の開発
- 震災被害を最小限にするために必要となる劣化抑制技術や信頼性予測技術の開発
- 構造体の安全性維持、長寿命化に貢献する材料技術の総合工学的な検討

(4) ナノテクノロジー・材料科学技術の発展を支える施策

ナノテクノロジー・材料科学技術を継続的に強化する具体策として、先端研究設備の整備、共用化及びネットワーク形成の促進、優れた人材の育成、新たな研究開発モデルを提示する拠点形成等に国として取り組む必要がある。

研究基盤の高度化及び幅広い活用や国内外のあらゆる場で活躍できる人材の分厚い層の形成によって、ナノテクノロジー・材料科学技術を継続的に強化するために、先端研究設備の整備、共用化及びネットワーク形成の促進、優れた人材の育成及び確保、新たな研究モデルを提示する拠点形成等に国は積極的に取り組む必要がある。さらに、経済社会のグローバル化、様々な地球規模の課題の顕在化を受け、ナノテクノロジー・材料科学技術に係る国際戦略の明確化も重要となる。

加えて、技術の進歩に伴って、ナノテクノロジーが製品や部材の中で使用される“Nano Tech Inside”の傾向が強まるにつれてリスクガバナンスの問題、及びリスクを踏まえた社会とのコミュニケーションの問題は、国際的にも関心が高まってきているため、引き続き取組を検討していく必要がある。

具体的には、第4期科学技術基本計画期間において、以下の施策を講じることが重要である。

①先端研究設備の整備、共用化及びネットワーク形成の促進

平成14年度から平成18年度までの5年間で推進した「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」の成果を引き継ぎ、平成19年度に開始された「先端研究施設共用イノベーション創出事業（ナノテクノロジーネットワーク）」は、全国の大学、独立行政法人等の13拠点（26機関）が有する先端的な研究施設及び設備の共用化を進めるとともに分野融合に向けた協力、交流活動を促進しており、ナノテクノロジー・材料科学技術の裾野を広げた功績は大きい。

また、平成21年度末よりナノテクノロジーを環境・エネルギー技術に適用、融合させた「グリーン・ナノテクノロジー」に関する研究成果、知見を結集し、環境技術の実用化を加速する研究基盤ネットワークの整備を行うことを目的として、「低炭素社会構築に向けた研究基盤ネットワーク整備事業」が開始され、設備の共用が開始されつつある。

「ナノテクノロジーネットワーク」は5年計画とされていたが、上記の低炭素社会構築に向けた研究基盤ネットワークの整備及び運用状況も踏まえ、最先端の計測、分析、加工設備の利用機会を、若手研究者を含めて幅広く研究者に提供するための取組を確実に継続することが求められる。

「ナノテクノロジーネットワーク」を継続する際の見直しについては、これまで蓄積された設備、経験、ノウハウを効果的に活用しつつ、以下のような方針の下に、新たな事業（「ナノテクノロジープラットフォーム」）を行っていきべきと考えられる。

i 構成単位となる機能分野

「ナノテクノロジーネットワーク」で支援されてきた共用基盤ネットワークについては、これまでの関係者の努力により各機関の活動の一体性がある程度高まってきており、この共用基盤ネットワークを一つのまとまりをもった基盤（以下、「プラットフォーム」という。）と見なすことができると考えられる。一方、ナノテクノロジーは広範な技術領域を含むものであることから、「プラットフォーム」の運営に当たっては、研究設備の技術的共通性等を考慮して運営の単位となる分野を適切に設定する必要がある。「ナノテクノロジープラットフォーム」事業については、利用者への意識調査の結果を踏まえて、微細構造解析、微細加工、分子物質合成・解析の3機能分野を運営の基本単位とする。

ii 機能分野内の緊密な連携確保

先端設備の共用をイノベーション創出に結びつけることを目指し、利用者支援活動について、各機能分野内の機関の有する設備の技術的共通性、関連性に着目して効果的な改善を図っていくことを可能とするためには、強いリーダーシップを確立して支援活動を組織化することが適切である。各機能分野におけるプラットフォーム（以下、「機能分野プラットフォーム」という。）を統括的に管理する機関（以下、「代表機関」という。）は、利用者の視点に基づく運営原則を確立し、それをプラットフォームに参画するその他の実施機関と共有するとともに、その実施状況を把握して「機能分野プラットフォーム」全体に徹底させる責任を有する。また、「機能分野プラットフォーム」内における技術連携、支援状況を適宜把握し、必要に応じて支援方法の変更や人材の移動等を促す。さらに、異なる「機能分野プラットフォーム」との連携に関しても率先して取り組む。

iii 異なる機能分野の連携促進

異なる機能分野間の連携を促進するための仕掛けとして、「機能分野プラットフォーム」を横断する機関と利用者間の協力を企画、調整する人材（以下、「コーディネーター」という。）をセンターとなる機関（以下、「センター機関」という。）に配置する（以下、この「コーディネーター」の連携活動の対象となる実施機関並びに利用者の所属する集団を「クラスター」という。）「コーディネーター」は、複数の機能分野にまたがるニーズへの対応を円滑に行い、新しい技術シーズの創出や異分野融合研究の促進を図ることが重要な業務である。

例えば、材料分野（シリコン、化合物半導体、有機半導体、磁性材料、誘電体材料、ナノ構造材料、バイオ材料等）を一つの軸として「コーディネーター」が活動（情報集約、コンサルテーション、交流促進）することで、機能分野を越えた機関の連携、協働が行われる「クラスター」が形成され、「クラスター」における知識融合、技術統合を原動力として産学官連携活動、新領域の研究構想が生み出されて行くことが期待されることから、このようなコーディネート活動を行う人材（以下、「材料コーディネーター」という。）を材料分野ごとに配置することが考えられる。但し、このような活動により共同研究など種々の協力関係を円滑に生み出していくためには、「材料コーディネーター」の中立性が重要となることから、その活動を通して得られた情報の管理などに十分配慮することが必要である。

iv プラットフォーム全体の総合調整機能

「プラットフォーム」全体を円滑に運営するためには、「機能分野プラットフォーム」の運営に責任を負う「代表機関」に加えて、「プラットフォーム」運営全体の総合調整に責任を負う「センター機関」を設置する。この「センター機関」に、各機能分野プラットフォームの活動状況や個々の実施機関、技術支援者、利用者などに関する情報を集約し、センター機関は、全体を円滑に運営するための調整を行う。

v ガバナンス（統治）機能

「代表機関」及び外部有識者等を構成員とする「プラットフォーム運営統括会議」を設置し、「機能分野プラットフォーム」の運営、「材料コーディネーター」の活動を含めた事業全体の運営に責任を持つとともに、評価に基づく資源配分、事業推進にあたっての指導及び助言を行う。これにより、「プラットフォーム」全体が、常に変化する産学官の利用者のニーズに応え、我が国のナノテクノロジー分野の発展を支える共用基盤となるよう誘導する。

vi 産業界との連携の強化

民間企業による「ナノテクノロジーネットワーク」の利用に関しては、一度接点ができただころでは協力関係の進展が期待できるが、そもそも接点を作ることが難しく、なかなか利用が広がらないことが指摘されている。そのため、「材料コーディネーター」は、材料を軸とした「クラスター」の形成を通じて蓄積した研究活動、技術シーズの情報を活用し、「プラットフォーム」利用に関心を有する民間企業に対して案内窓口の役割も果たす。さらに、民間企業側が独自に実施しているコーディネート活動と連携して、民間企業の技術開発における「プラットフォーム」の有効活用を図る。なお、民間企業との連携においては、様々な要望が生じることが想定されるため、次期事業では、柔軟に対応できるような仕組みを検討するべきである。

②新たな研究開発モデルを提示する拠点形成

第2期及び第3期科学技術基本計画期間中には、「ナノテクノロジー・材料を中心とした融合新興分野研究開発」事業において、平成17年度よりナノバイオインテグレーション研究拠点の整備が開始され、世界最高水準のナノバイオ研究拠点の形成が推進された。また、平成18年度より開始された科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」プログラムでは、ナノテクノロジーをはじめとする多様な先端的な融合領域において、産学官の協働による研究開発、人材育成が進められ、平成21年度には、産学が連携して国内外の一流研究者を結集し、環境技術の基礎基盤的な研究開発を推進する拠点構築を目指す「ナノテクノロジーを活用した環境技術開発プログラム」も開始されている。

このような取組は進捗したもの、海外の研究開発拠点と比較すると、十分な規模、拠点数に達しているとは言いがたいため、ナノテクノロジー・材料科学技術を核として、異分野の連携や融合、人材育成のための機能及び基盤等を有する研究開発拠点の形成をさらに拡充することが重要である。その際には、以下のような観点を踏まえて、制度設計を行っていくべきと考えられる。

- ・分野やセクターを超えた連携が促進されるよう組織構成や装置の配置、運営システム等を工夫する。
- ・基礎研究側にいる優秀な人材を、出口を意識した研究分野に誘導するような、出口指向で基礎から応用、開発段階まで一貫して推進可能となる運営体制を構築する。
- ・研究の段階によって、支援すべき対象、必要な予算額あるいは実用化に至る時間軸が違うことに柔軟に対応したファンディング制度等を構築する。
- ・研究開発拠点を先端的な研究施設及び設備の共用化の中核機関として位置付け、研究開発拠点を中心とした研究機関等のネットワーク化を進める。

③人材の育成

第2期及び第3期科学技術基本計画期間において発展してきたナノテクノロジー・材料科学技術を研ぎ澄まし、さらに高い水準を目指していくためには、継続的・長期的に人材育成を推進することが重要である。そこで育成される人材は、ナノテクノロジー・材料科学技術に係る基盤技術を理解、活用できるとともに、幅広い分野、段階の研究開発に対応できる能力を備える必要がある。

そのためには、上述の先端研究設備のネットワークや国際的に開かれた研究開発拠点の活動に、若手研究者や学生を積極的に組み込み、自立した研究を行うことができる人材として計画的に育成を進めていくことが重要である。人材育成に際しては、ある程度の規模の人材が集結し、相互に切磋琢磨することが有効であるため、異分野の人材が集結するネットワークや研究開発拠点において、先端的な共用装置等を活用しつつ、研究と教育を一体として人材育成を進めることが重要である。加えて、ナノテクノロジー・材料科学技術分野における先端的研究の発展に向けては、若手研究者が、物質の機能がシステム全体を変革するというような、革新的な発想をすることができる環境の整備等が重要となる。

また、課題解決を起点とした研究開発を進めていくためには、多様な科学的知見、社会的課題を俯瞰的に見渡し、さらに国際的視野も併せ持って活動するプロジェクトリーダーあるいはプロデューサーが必要とされており、このような職種に人材を誘導するための施策が必要である。例えば、現在の評価基準(論文数、引用数等)の下では、研究者が課題解決に向けたプロジェクトリーダー等として活躍したとしても評価の向上にはつながらない。従って、プロジェクトリーダー等としての実績、成果などを評価する新たな評価軸を設定することにより、プロジェクトリーダー等として活躍することが、研究者としての評価を高め、次のキャリアパスにつながるようにする仕組みが重要となる。なお、このような施策の立案に当たっては、求められる人材が、課題解決に強い関心を抱いているだけでなく、基礎側の豊富な専門的知見に裏打ちされ、出口側の課題を基礎研究の課題へと翻訳する能力を備えている必要があることに十分留意する必要がある。

④国際戦略

ナノテクノロジー・材料科学技術に係る国際動向と我が国の置かれている状況等を踏まえ、戦略的に連携、協力を推進していく必要がある。これまでの欧米諸国との連携、

協力を引き続き充実させるとともに、中国、韓国、シンガポール等のアジア諸国についても、地理的、自然環境的な近接性はもとより、急速な経済発展、科学技術の水準の向上に鑑み、プロジェクトの共同実施、人材の相互交流を含めて、連携、協力を拡大していくことが重要である。

連携、協力を進めるに当たり、国際的な人脈を拡大し、海外の研究動向等についてのグローバルな情報収集能力を高め、中長期的な国際戦略の立案能力を強化することが重要となる。このような取組により、例えば、海外で進められている研究成果の迅速な導入が可能となる他、既に海外で完成された技術に多額の研究開発投資を行うような非効率な投資を避けることにもつながる。

また、研究開発拠点の整備、研究者の支援等に取り組む際には、海外からの優秀な人材を積極的に受け入れることにより研究の活性化を図るとともに、日本で育成した優秀な外国人研究者が、長期間にわたって日本で活動できるような体制を整えることも重要である。

⑤リスクガバナンス、リスクコミュニケーション

ナノテクノロジー・材料科学技術によって生み出される新規物質が、健康や環境への影響をどの程度もたらすかについては、これまでも評価が行われてきているが、不明な点も多く残されている。そのため国は、ナノテクノロジー・材料科学技術を推進するに当たって、その成果として生み出される新規物質の有用性を強調するだけでなく、その安全性や不確実性についても常に注意を払い、得られるリスク評価の結果を積極的に社会に提供することが求められる。特に、研究開発成果を将来の事業化へ結び付けるためには、例えば、ナノテクノロジーの環境・健康・安全面（EHS：Environment, Health and Safety）の課題や、倫理的・法的・社会的問題（ELSI：Ethical, Legal and Social Issues）についても一定割合の資源を投入して取り組むことが必要である。また、リスク評価及び管理手法の確立における科学的再現性の担保や医学的な評価、並びに社会受容及び相互対話の推進に関連する幅広い情報発信等の取組が必要である。さらに、その結果、社会から新規物質のリスクに関して重大な関心が示された場合には、そのリスクが管理あるいは受容の可能なものであることを示す取組を、主要課題として研究開発に組み込むことを促す必要がある。

3. まとめ

過去より、新たな時代の扉を開くイノベーションは革新的な材料、機能の発明によりもたらされており、これを可能とする強力な手段がナノテクノロジー・材料科学技術である。一つの革新的な材料が製品に組み込まれ、世界に普及することにより、温室効果ガスの飛躍的な削減や、大幅な省エネルギーにつながり、時代を変革していく可能性がある。

我が国を取り巻く多様なリスクの克服、東日本大震災からの復興、再生に向け、経済、社会の構造の大きな変革が求められている局面だからこそ、「先導的基盤技術」としてのナノテクノロジー・材料科学技術の重要性はかつてないほど、高いと考えられる。

このような現状を踏まえ、今後、国がナノテクノロジー・材料科学技術を重点的に強化することが、我が国が世界をリードし、国際社会における責任を果たす上で極めて重要である。

(謝辞)

この報告書の取りまとめに当たっては、「2.(3)課題解決に向けたナノテクノロジー・材料科学技術の重点研究開発課題」に関して、独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センターに、これまでの同センターでの様々な検討の成果を集約して原案を作成して頂くなど、多大なるご協力を頂いた。ここに深く感謝申し上げます。

(参考)

研究開発投資及び論文発表に関する国際比較

(出典：独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター)

各国の分野別の研究開発投資戦略

- 日本、米国、韓国では、「グリーン」をキーワードとして環境・エネルギー分野への投資が増加傾向。欧州は情報通信技術への投資を重視。日本以外は引き続きナノテクを重視。
- 中国はバイオ技術及びその産業化に主眼が置かれる見通し。

	日本	米国	欧州	中国	韓国
グリーンイノベーション (環境・エネルギー)	□グリーンイノベーションの推進。(第4期科学技術基本計画)	□2012年度予算案でエネルギー省(DOE)には130億ドル(19.9%増)が配分予定。 □2012年度予算は26.33億ドルで、対2010年度実績比で20.4%増加。(米国地球変動研究プログラム(USGSRP))	□「環境(気候変動含む)」への研究に18億ユーロが配分される予定で、間接的に環境技術と関係する「環境・エネルギー・運輸」分野の配分総額は82.8億ユーロ。(FP7)	□生態・環境問題はさらに長期を見据えた検討が必要との認識にたち、2009年に「中国2050年生態・環境科学発展ロードマップ」(「中国至2050年生態と環境科学発展路線図」)を公表	□2009年に「緑色成長戦略5年計画」を発表。
ライフイノベーション (ライフサイエンス)	□ライフイノベーションの推進。(第4期科学技術基本計画)	□国立衛生研究所(NIH)への研究開発予算として、2012年度予算案で318億ドル(対2010年度実績比で2.4%増)を計上。	□「健康」への研究に60.5億ユーロが配分される予定。(FP7) □「食料・農業・バイオテクノロジー」に19.35億ユーロが配分される予定。(FP7) □2007年に設立された「欧州研究会(ERC)」によるフロンティア研究への助成のうち、拠出された74.6億ユーロ(7年間)のうち、40%程度がライフサイエンスに配分。	□「第12次5ヵ年計画」(2011～2015年)の科学技術戦略計画では、バイオ技術及びその産業化に主眼が置かれる見通し。	□韓国政府の研究開発予算(2009年)の内、ライフ分野への投資は約17%。
ナノテクノロジー ・材料	□第4期科学技術基本計画では、重点分野として明示されていない。	□2012年度予算案で、対2010年度実績比10.4%増の21.32億ドルを要求。(国家ナノテクノロジー・イニシアティブ)	□「ナノサイエンス・ナノテクノロジー・材料・新製造技術」への研究にFP6の2倍近い35億ユーロが配分される予定。(FP7)	□国家中長期科学技術発展計画概要(2006～2020年)で、「新材料技術」分野を先端技術8分野の1つとして含む。	□Korea National Nanotechnology Initiativeの第1期マスタープラン(2001～2010年)では、ナノテクノロジー分野のR&Dプログラムに対して10年間で合計12.4億米ドルの投資を計画。
情報通信	□第4期科学技術基本計画では、重点分野として明示されていない。	□2012年度予算案において、対2010年度実績比2%増の38.68億ドルを要求。(ネットワーク・情報技術研究開発(NITRD))	□「情報通信技術」への研究に91.1億ユーロが重点配分される予定。(FP7)	□2009年に国務院常務会議で「電子情報産業調整振興規則」を採択。	□韓国政府の研究開発予算(2009年)の内、情報・電子分野への投資は約16%。

(注)青字は2008年以降の変化

各国の分野別の研究開発投資戦略

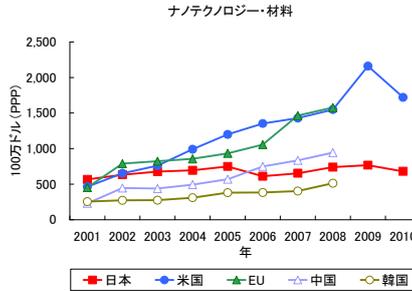
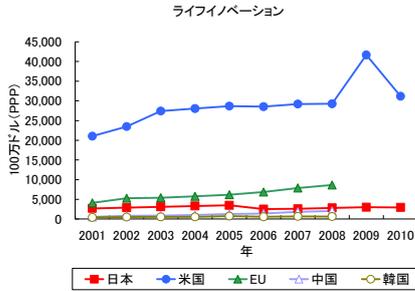
- 英国は「ライフサイエンス」重視を示す一方で、ドイツは「エネルギー」に注力。

	英国	ドイツ	フランス
グリーンイノベーション (環境・エネルギー)	□研究会横断型研究プログラム6分野の一つの「エネルギー」分野に対して、2011～2014年の4年間に5億4,000万ポンドが配分される予定。(科学・研究資金配分計画)	□「持続的発展のための研究フレームワークプログラム」において、2005年から2010年までの5年間に1.6億ユーロの予算を投じて温暖化対策のための様々な研究を実施。 □連邦研究教育省(BMBWF)は、2008年に「エネルギー基礎研究2020+」を発表し、エネルギー研究への予算増額を決定。	□「将来への投資(Investissements d'avenir)」(2010年)では、「研究・イノベーション国家戦略」の実践として、「再生エネルギーおよび脱炭素技術開発」について25億ユーロの研究開発投資を行うことを決定。
ライフイノベーション (ライフサイエンス)	□ライフサイエンス局(Office for Life Science)の設立(2009年) □研究会横断型研究プログラム6分野の一つの「高齢化:生涯の健康と幸福」に対して2011～2014年の4年間で1億9,600万ポンドを配分。(科学・研究資金配分計画)	□連邦研究教育省(BMBWF)は、「医薬品開発計画」ファーマ・イニシアティブ」において、2007年から2011年までの5年間で総額8億ユーロ以上の資金を提供。	□「将来への投資(Investissements d'avenir)」(2010年)では、「研究・イノベーション国家戦略」の実践として医療・バイオテクノロジー分野の研究開発に対し15.5億ユーロの投資を、精選し研究を加速する大学病院研究所を創設するため、8.5億ユーロの投資を行うことを決定。
ナノテクノロジー ・材料	□工学・物理科学研究会(EPSC)のプログラム「ナノサイエンスの工学から応用まで」では、2008-09年度で約1億900万ポンドの研究投資。	□産業応用を主眼とした「ナノイニシアティブ・アクションプラン2015」を発表。	□「将来への投資(Investissements d'avenir)」(2010年)では、「Nano-INNOV計画」に対し7千700万ユーロを充当することが決定。
情報通信	□工学・物理科学研究会(EPSC)の「情報通信技術(ICT)」プログラムでは、研究に2009年度は7,500ポンド、2010年度は7,050万ポンドを配分。 □産業指向のプログラムとして「デジタルエコミープログラム」では、総額で1億2,000万ポンド(2008-2011年)が配分。 □研究会横断型研究プログラム6分野の中にも「デジタルエコミー」が挙げられており、2011～2014年の4年間に1億2,900万ポンドが配分されることが明記。(科学・研究資金配分計画)	□連邦研究教育省(BMBWF)では、「情報通信2020」で、2007年～2011年に14.8億ユーロを投資する予定。	□「将来への投資(Investissements d'avenir)」(2010年)では、「研究・イノベーション国家戦略」の実践として、超高速通信インフラ(全国光ファイバー網)整備のため、20億ユーロが充当される予定。

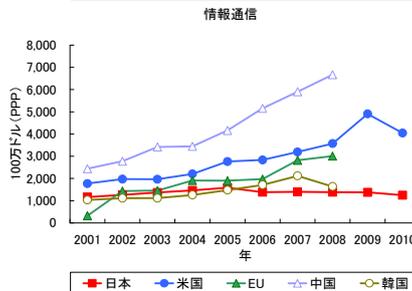
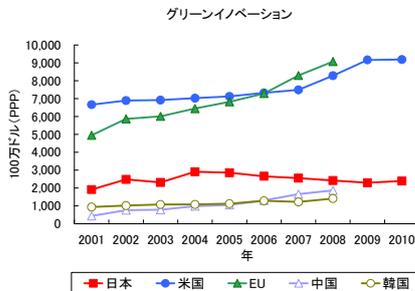
(注)青字は2008年以降の変化

各国における分野別の政府研究開発投資額(原子力除く)

- 日米欧中韓の分野別(ライフイノベーション、グリーンイノベーション、ナノテクノロジー・材料、情報通信)への政府研究開発投資額の推移を推計し、プロットした(購買力平価でプロットした)。
- 日本は、ライフイノベーション、グリーンイノベーションでは、米国とEUに次ぐ投資額を維持しているが、ナノテクノロジー・材料や情報通信では、米国とEUに次ぐ投資額を維持できなくなっている。

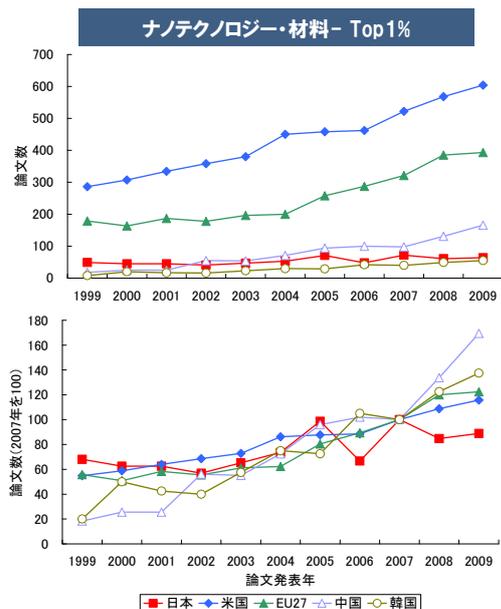
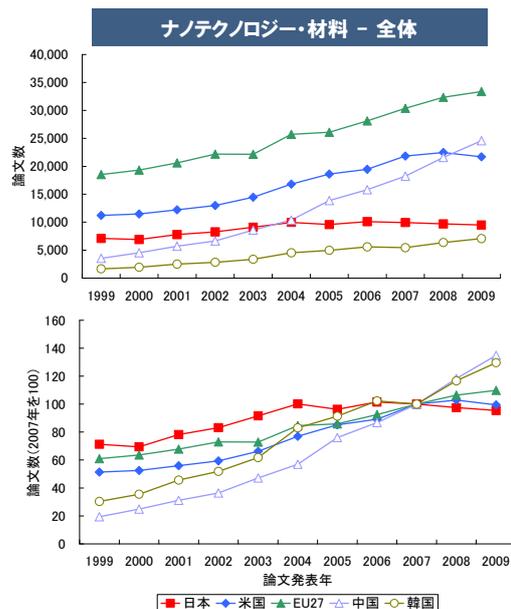


推計の基データ
 日本: 内閣府発表資料に基づく。
 米国: OSTP発表資料に基づく。
 EU: EUROSTATデータ並びにFP6-FP7のデータに基づき推計。
 中国: JST中国の科学技術分野別活動の現状及び動向調査(2009)に基づき推計。
 韓国: OECD STAT(2011年3月ダウンロード)、JST韓国の科学技術とイノベーション政策最新動向より推計。



ナノテクノロジー・材料分野の学術論文数

- ナノテクノロジー・材料では、中国が急激な伸びを示しており、量的には米国をしのぐほどに成長している。
- 日本は2004年頃から論文の質・両共に頭打ちの状況が続いている。



出典: トムソン・ロイター社の「Web of Science」を基に集計。

ナノテクノロジー・材料科学技術委員会 委員名簿

平成23年4月

伊丹 敬之	東京理科大学大学院イノベーション研究科教授
射場 英紀	トヨタ自動車株式会社電池研究部長
潮田 浩作	新日本製鐵株式会社技術開発本部フェロー
大林 元太郎	東レ株式会社研究本部顧問
岡野 光夫	東京女子医科大学先端生命医科学研究所長・教授
長我部信行	株式会社日立製作所中央研究所長
片岡 一則	東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻教授
主査 川合 知二	大阪大学産業科学研究所特任教授
北川 進	京都大学物質－細胞統合システム拠点副拠点長
栗原 和枝	東北大学原子分子材料科学高等研究機構教授
小池 康博	慶應大学理工学部教授
小長井 誠	東京工業大学大学院理工学研究科電子物理工学専攻教授
小林 昭子	日本大学文理学部化学科教授
榊 裕之	豊田工業大学学長
袖岡 幹子	独立行政法人理化学研究所基幹研究所主任研究員
曾根 純一	独立行政法人物質・材料研究機構理事
田中 一宜	独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター上席フェロー
中村 栄一	東京大学大学院理学系研究科化学専攻教授
橋本 和仁	東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻教授
松下 祥子	東京工業大学大学院理工学研究科准教授

ナノテクノロジー・材料科学技術委員会における審議の過程

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第1回）

日 時：平成23年4月26日（火）14：00～16：30

関連議題：

- ・ナノテクノロジー・材料科学技術の研究開発方策について
- ・ナノテクノロジー共用基盤ネットワークの今後の展開について
- ・グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス事業(先進環境材料分野)について

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第2回）

日 時：平成23年6月6日（月）14：00～16：45

関連議題：

- ・ナノテクノロジー・材料科学技術の研究開発方策について
- ・ナノテクノロジー共用基盤ネットワークの今後の展開について

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第3回）

日 時：平成23年6月27日（月）14：00～17：00

関連議題：

- ・ナノテクノロジー・材料科学技術の研究開発方策について
- ・ナノテクノロジー共用基盤ネットワークの今後の展開について
- ・元素戦略の今後の展開の検討状況について
- ・「ナノテクノロジーを活用した環境技術開発」中間評価

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第4回）

日 時：平成23年7月28日（木）14：00～17：00

関連議題：

- ・ナノテクノロジー・材料科学技術の研究開発方策について
- ・元素戦略について
 - ①「元素戦略プロジェクト」平成21年度採択課題の中間評価
 - ②元素戦略の今後の展開について
 - ③平成24年度概算要求に向けた事前評価
- ・ナノテクノロジー共用基盤ネットワークについて
 - ①ナノテクノロジー共用基盤ネットワークの今後の在り方について
 - ②平成24年度概算要求に向けた事前評価

ナノテクノロジー・材料科学技術の研究開発方策について（概要）

現状認識

- ◆ ナノテクノロジー・材料科学技術は、科学技術の新たな可能性を切り拓き、先導する役割を担うとともに、複数の領域に横断的に用いられ、広範かつ多様な技術分野を支える基盤的な役割を果たす「**先導的基盤技術**」
- ◆ 資源、エネルギーの制約等の問題を克服し、東日本大震災からの復興、再生を成し遂げるために必要な革新的技術の創出の鍵を握る
- ◆ 近年、各国は、研究開発拠点や共同利用施設へ戦略的な資金投入

今後の推進方策

- ◆ 研究者の自由な発想に基づくボトムアップ型の研究、出口志向で基礎から応用、開発段階まで一貫して進めるトップダウン型の研究開発の両方の発展を支える「先導的基盤技術」として、戦略的に強化
- ◆ 「課題解決」を起点とした研究開発課題の戦略的重点化
- ◆ 重要課題の達成に向け、基礎から応用、開発の各段階間で緊密に連携した「循環研究」を総合的かつ計画的に推進

「課題解決」に向けたナノテクノロジー・材料科学技術の重点研究開発課題

<課題領域「環境・エネルギー」>

◆ 安定的なエネルギー供給と低炭素化の実現

- ・電気エネルギー生成、変換、貯蔵技術
- ・低損失で安定な電力供給を実現するための技術及びシステム
- ・太陽エネルギーを化学エネルギーに変換する技術
- ・未利用エネルギーを電気エネルギーに変換する技術
- ・高感度、高選択な環境用センサー

◆ エネルギー利用の効率化及びスマート化

- ・電気エネルギー生成、変換、貯蔵技術（再掲）
- ・省エネルギー材料
- ・バイオマス燃料及び化成品原料の創成（バイオリアファイナリー）
- ・画期的な触媒材料
- ・環境浄化技術
- ・省エネルギー、低環境負荷の製造プロセス（グリーンプロセス）の実現
- ・エレクトロニクスの省エネルギー化、多機能化

◆ 社会インフラのグリーン化

- ・低損失で安定な電力供給を実現するための技術及びシステム（再掲）
- ・高感度、高選択な環境用センサー（再掲）
- ・エレクトロニクスの省エネルギー化、多機能化（再掲）
- ・元素戦略・希少元素代替材料 等

<課題領域「医療・健康・介護」>

◆ 革新的な予防法の開発

- ・化学と生命科学の融合（ケミカルバイオロジー）

◆ 新しい早期診断法の開発

- ・体内埋込型診断・治療機器

◆ 安全で有効性の高い治療の実現

- ・体内埋込型診断・治療機器（再掲）
- ・高度な薬物送達（ドラッグデリバリーシステム）
- ・細胞内治療
- ・再生医療材料 等

<課題領域「科学技術基盤」>

- ・3次元計測、瞬時その場計測、界面及び内部計測
- ・ナノ加工プロセス
- ・ナノマイクロ印刷技術、三次元ナノ製造技術
- ・物質材料設計及び制御技術 等

<課題領域「震災からの復興、再生及び安全性の向上」>

- ・必要最低限の電力確保を可能とするための蓄電システム
- ・未利用エネルギーを電気エネルギーに変換するデバイス
- ・放射性物質の分離回収技術及び移行低減技術
- ・原子炉の健全性を高める構造材料 等

ナノテクノロジー・材料科学技術の発展を支える施策

- ◆ 「ナノテクノロジーネットワーク」で蓄積された設備、経験、ノウハウを効果的に活用しつつ、「ナノテクノロジープラットフォーム」を整備
- ◆ ナノテクノロジー・材料科学技術を核として、異分野との連携・融合、人材育成のための機能等を有する研究開発拠点の形成を拡充
- ◆ 先端研究設備のネットワークや国際的に開かれた研究開発拠点の活動に、若手研究者や学生を積極的に組み込み、計画的に人材育成
- ◆ 欧米諸国との協力、連携を引き続き充実させるとともに、中国、韓国、シンガポール等のアジア諸国との協力、連携を拡大
- ◆ 新規物質の有用性を強調するだけでなく、その安全性・不確実性についても常に注意を払い、得られるリスク評価の結果を積極的に社会に提供

防災科学技術委員会

防災に関する研究開発の推進方策について

I. 基本認識

1. はじめに
2. 第4期科学技術基本計画における推進方策の位置付けについて
 - (1) 第4期科学技術基本計画の方向性
 - (2) 第4期科学技術基本計画における基本理念
 - (3) 我が国が直面する重要課題への対応
3. 防災分野をとりまく状況について
 - (1) 防災分野における研究開発の現状
 - (2) 最近の主な自然災害の状況
 - (3) 防災科学技術推進にあたっての課題
4. 推進方策の基本方針

II. 推進すべき重要研究開発課題

1. 社会の防災力の向上のための研究開発
 - (1) 災害に対して物理的環境を強くするための研究開発
 - (2) 災害に対して社会・人を強くするための研究開発
 - (3) リスクを知り予測するための研究開発
 - (4) ハザードを知り予測するための研究開発
2. 地球規模の問題解決への貢献
 - (1) 地域の安定成長に貢献する防災科学技術の国際展開
 - (2) 国際共同研究の推進

III. 研究開発を推進するにあたっての重要事項

1. 総合科学技術としての展開
2. 地域の特性に応じた研究開発の促進
3. 他府省やユーザ等との連携及び情報や成果の共有
4. イノベーション創出等につながる人材育成及び普及・啓発活動の充実
5. 国際展開・貢献の推進
6. 基礎研究の振興及び研究開発基盤の整備
7. 他の計画等との連携

I. 基本認識

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、その規模がきわめて大きく、巨大な津波等により広範囲にわたって甚大な被害を引き起こし、閣議により東日本大震災と命名されるとともに、我が国の災害史上初めて災害対策基本法に定める内閣総理大臣を本部長とする緊急災害対策本部が設置された。

被災地域の人々にとっては現在も被害が継続している状況に加え、この震災は我が国の社会に深刻かつ広範な影響を及ぼしており、さらにこの状況は今後しばらくの間続くものと予想されており、国は総力を挙げて復旧・復興に取り組んでいる。

今回の地震では、①海域での地震観測網の整備が進んでいないことに加え、通信回線の途絶等により津波の高さ等の正確な情報がリアルタイムで把握できなかったこと、②想定を超える規模の災害への対応が国や自治体等において検討されていなかったこと、③地震・津波・液状化等による被害が広範囲にわたって複合的に発生するとともに、情報通信及びライフラインが長期間途絶したり、原子力発電所の事故も発生するなど広域複合災害への備えが乏しかったこと、④首都圏における長周期地震動による被害の発生や大量の帰宅困難者・大渋滞・液状化現象・停電など都市特有の多くの課題が顕在化したこと等、多くの防災上の課題や教訓が浮き彫りとなった。

国は、今回の地震により浮き彫りとなったこのような深刻な課題や教訓について、科学的に検証し、自助、共助、公助の密接な連携によって災害の軽減に向けて社会の防災力を向上させることを目指し、今世紀前半にも発生する可能性が指摘されている東海・東南海・南海地震および首都圏直下の地震による被害の大幅な軽減を図ることが必要である。一方で、我が国において発生頻度が高い豪雨、豪雪、火山噴火、地滑りなどの自然災害についても、気候変動に伴う激甚化や地震との複合災害による被害の拡大を視野に入れた方策を講じることが必要である。

国は、以上の事柄に鑑み、防災分野の研究開発を強力に推進していかなければならない。

2. 第4期科学技術基本計画における推進方策の位置付けについて

推進方策は、我が国の科学技術基本計画に基づき、文部科学省として進めるべき課題の重要事項等を示すものと位置づけられている。

(1) 第4期科学技術基本計画の方向性

第4期科学技術基本計画は、これからの10年を見通した今後5年間の科学技術に関する国家戦略として、「新成長戦略～『元気な日本』復活のシナリオ～」を科学技術、さらにはイノベーションの観点から幅広く捉え、この新成長戦略に示された方針をより深化し、具体化するとともに、今回の震災からの復興、再生、災害対応の強化等に関わる政策を幅広く含め、他の重要政策との一層の連携を図りつつ、我が国の科学技術政策を総合的かつ体系的に推進するための基本的な方針を提示するものである。

今回の大震災を踏まえて見直しされた第4期科学技術基本計画においては、最も重要な目指すべき国の姿として「将来にわたる持続的な成長と社会の発展の実現」を設定し、成長と社会の発展を実現するための3つの主要な柱として「震災からの復興、再生の実

現」、「グリーン・イノベーションの推進」、「ライフ・イノベーションの推進」を位置づけ、科学技術イノベーション政策を戦略的に展開する、としている。

(2) 第4期科学技術基本計画における基本理念

科学技術は、我が国の豊かさや人々の安全な暮らしの実現、経済をはじめとする国力の基盤の構築に資するとともに、知のフロンティアを切り拓き、我々人類の直面する課題の克服に貢献するための有力な手段となるものである。

その意味で、科学技術政策は科学技術の振興のみを目的とするものではなく、社会及び公共のための主要な政策の一つとして、経済や教育、外交、防災、安全保障等の重要政策と有機的に連携しつつ、我が国がどのような国として存立するか、さらに世界とどのように共生していくかという我が国の将来の姿、あるいはアイデンティティの実現につながるものである。

このため、第4期科学技術基本計画では、我が国が中長期的に目指すべき大きな目標として以下の5つの国の姿を掲げ、科学技術政策を推進することとしている。

- ① 震災から復興、再生を遂げ、将来にわたる持続的な成長と社会の発展を実現する国
- ② 安全、かつ豊かで質の高い国民生活を実現する国
- ③ 大規模自然災害など地球規模の問題解決に先導的に取り組む国
- ④ 国家存立の基盤となる科学技術を保持する国
- ⑤ 「知」の資産を創出し続け、科学技術を文化として育む国

5つの国の姿を実現するため、第4期科学技術基本計画では①「科学技術イノベーション政策」の一体的展開、②「人材とそれを支える組織の役割」の一層の重視、③「社会とともに創り進める政策」の実現を、今後の科学技術政策の基本方針として設定している。

(3) 我が国が直面する重要課題への対応

我が国の重要課題としては、震災からの復興、再生に向けた取組が最も重要かつ喫緊であり、将来にわたる持続的な成長と社会の発展を実現するため、「震災からの復興、再生の実現」、環境・エネルギーを対象とする「グリーン・イノベーションの推進」、医療・介護・健康を対象とする「ライフ・イノベーションの推進」を主要な柱として位置づけ、科学技術イノベーション政策を戦略的に展開することとしている。

上記の主要な柱以外にも、我が国は、巨大地震や津波等の今後発生し得る自然災害から人々を守り、より安全・安心な生活を実現することなど多様な重要課題に直面しており、これまでの重点推進4分野及び推進4分野に基づく研究開発の重点化から、重要課題の達成に向けた施策の重点化へ、方針を大きく転換している。

重要課題達成のための施策の推進としては、目指すべき5つの国の姿の実現に対応する形で、国として取り組むべき重要課題を設定し、その達成に向けて重点的に推進すべき研究開発をはじめとする関連施策の基本的方向性を提示している。

3. 防災分野をとりまく状況について

(1) 防災分野における研究開発の現状

第2期の防災に関する研究開発の推進方策は、「防災に関する研究開発基本計画」（平成5年12月）を基礎として、阪神・淡路大震災（平成7年1月）、三宅島噴火（平成12年7月）等の教訓を踏まえ、防災関係機関等へのヒアリング等に基づき、7つの重点研究開発領域と5種類の防災への活動プロセスに分類された重要研究開発課題を提示し、防災への研究開発を推進してきた。

第3期においては、その後の社会の変化等を踏まえ、第2期の推進方策を修正する形で、9つの重点研究開発領域と5種類の防災への活動プロセスに分類された重要研究開発課題を提示し、防災への研究開発を推進してきた。

この間、全国の基盤的地震観測網や実大三次元震動破壊実験施設（E-defense）の整備等により防災に関する各種の研究開発が行われ、これにより、全国地震動予測地図の作成、緊急地震速報の実用化、耐震化の促進等の成果が創出されてきた。また、デジタルデータによる災害情報の共有体制の整備が始まったほか、マルチパラメータ（MP）レーダによる集中豪雨の監視等も実用化段階に入った。

しかしながら、今回の東日本大震災を経験して、これまで進められてきた①地震、集中豪雨などハザードが発生するメカニズムの正確な把握、②それに基づく災害の長期的、短期的予測、③的確な事前対策の推進、④災害発生後の応急対応、⑤災害からの復興という各局面における研究開発は、一定の成果を上げてきたものの、想定を超える災害に対しては依然として不十分であったと言わざるを得ない。

(2) 最近の主な自然災害の状況

①地震災害

・東北地方太平洋沖地震

東北地方太平洋沖地震の規模（マグニチュード9.0）は我が国観測史上最大で、それに伴う津波を中心とした甚大な被害は戦後最大である。特に、低頻度巨大災害に対する脆弱性が顕在化した。また、遠く離れた首都圏や関西地方でも長周期地震動や液状化の影響があった。

・それ以外の地震

内陸直下型地震については、活断層による地震や震源が特定しにくい地震など近年大きな災害が発生している。主なもので、平成19年能登半島地震、平成19年新潟県中越沖地震、平成20年岩手・宮城内陸地震等が発生した。岩手・宮城内陸地震では、我が国での観測最高加速度である4022galの地震動が観測された。

また、フィリピン海プレート内部の地震として平成21年駿河湾の地震が発生した。

②火山災害

・桜島

平成21年2月より噴火活動が活発化し爆発的な噴火が頻発しており、降灰による被害が発生している。

- ・霧島山新燃岳

平成23年1月より霧島山新燃岳の本格的なマグマ噴火が約300年ぶりに始まり、多量の火山灰等を噴出する噴火活動が続いている。(飛行制限や土石流などの発生が懸念されている)

- ・東北地方太平洋沖地震に伴う活動

東北地方太平洋沖地震に伴い各地で火山性地震が活発化した。

③気象災害

- ・台風・前線による豪雨

平成21年の中国・九州北部豪雨、台風9号、台風18号、また、平成22年の鹿児島県奄美地方における大雨、梅雨前線による大雨等により深刻な被害が発生した。

さらに、平成23年の台風12号、台風15号による大雨等により紀伊半島を中心に深刻な被害が発生した。

- ・局地的集中豪雨

平成20年の東京都雑司ヶ谷での管渠工事中の事故や、神戸市灘区の都賀川水難事故を引き起こした豪雨等、局地的集中豪雨(ゲリラ豪雨)が頻発している。

④雪害

- ・平成17年12月からの大雪等(平成18年豪雪)

全国的な低温と大雪により、雪氷災害では戦後2番目(152名)の犠牲者が出た。

- ・平成22年12月からの大雪等

雪氷災害についても、平成22年12月から翌年1月にかけての山陰地方を中心とした豪雪災害をはじめ、局所的な豪雪災害が頻発した(犠牲者131名)。

東北地方太平洋沖地震の翌日に発生した長野県北部地震では、雪崩との複合災害が発生した。

⑤海外の災害等

海外では、自然災害の増加や地球温暖化等による地球規模での問題が深刻化している。

(3) 防災科学技術推進に当たっての課題

東日本大震災の最近の災害状況を踏まえ、今後重点的に取り組むべき課題を以下に提示する。

①低頻度巨大災害への対応

東北地方太平洋沖地震による想定を超える深刻な被害を踏まえ、広域巨大災害への対策が喫緊の課題。国家に深刻な影響を及ぼすような広域巨大災害については、最悪の事態を想定して防災研究に取り組むとともに、災害時に社会が適切に機能することと被災後の速やかな復旧・復興を可能とするための研究開発を統合的に進める必要がある。

また、こうした巨大災害は低頻度で発生するため、災害の伝承等が風化しやすいという特性を持つ。そこで、各地域に残されている人文・社会科学的史料や地形・地質学痕跡を徹底的に洗い出し、過去の被害の履歴や既往最大の災害事象、その地域特有の災害像を明らかにした上で、それに基づき、地域の被害を最小にするという観点から防災科学技術を推進していくというアプローチも必要である。

このためにはまず、東日本大震災の全容とその後の復興までの過程を解明し、総括することが不可欠である。

②長周期地震動への対策

長周期地震動については、高層階ほど揺れが大きくなり被害も大きくなると予想されるが、揺れによる建物や室内の被害への対策や、ライフラインの機能低下及び住民の避難等についても十分に検討されている状況にない。東北地方太平洋沖地震により、遠く離れた首都圏や関西地方でも長周期地震動の影響があったため早急な検討が必要である。

③都市防災対策

東北地方太平洋沖地震により、首都圏でも液状化被害や交通網の麻痺、帰宅困難者の発生など、都市特有の被害が発生した。さらに極端気象の影響を受け、都市型豪雨、都市型水害等のリスクも増大している。そのため、複合災害の発生リスクも高まっている。これら都市災害については、いまだ詳細な災害メカニズムの解明がなされておらず、発生した場合の被害の甚大さを考慮すると、早急な解明が必要である。一方で、想定のある都市災害では、一人ひとりが災害対応能力を高めておくことが課題である。

④観測網の充実

災害につながる自然現象（地震、火山、気象、雪氷等）の振る舞いを捉える観測網の充実、堅牢化、高度化が必要である。

特に、現在の地震観測網では、マグニチュード9クラスの即時把握ができなかった、広域巨大災害時に観測精度や機能が維持できなかった等の課題が顕在化した。これらの課題の徹底した総括にもとづき津波観測網を含め、海域での観測網や火山の観測体制はさらなる強化が必要である。

⑤関連機関の相互バックアップ体制

災害につながる自然現象の観測網やデータ解析施設等について、複数の機関による相互バックアップ体制が取られていない。ハード的に強くすることには限界があるため、ハード・ソフト両面で相互バックアップ体制の構築が必要である。

⑥災害発生予測の高度化

東北地方太平洋沖地震における災害の様相は想定を大きく超えていたことを踏まえ、地震のみならず各種の災害予測の高度化が必要である。また、その前提となる自然現象の発生メカニズム解明や予測の高度化等の基礎研究を進めることが必要である。

⑦地震・火山をトータルに考えた研究の推進

東北地方太平洋沖地震の発生後、我が国の火山において火山性地震が活発化しており、我が国周辺のプレート構造やそれらの運動を広く踏まえた地震と火山の連動を詳細に研究する必要がある。

⑧災害に対する基準（ハード・ソフト等）や目的等の合意形成

東日本大震災は、予想をはるかに超える災害に対して現在の防災技術に限界があることを示した。これは、地震に限らず、巨大自然災害においては、建物や施設等に被害が発生するリスクを社会は受容しなければならないことを示している。このため、防災対策や減災対策を行うに当たって、リスクをどのように評価し、総合的に地域の防災力を向上させて行くかのルールを科学的に検討することが必要である。

⑨複合災害への対応（複数の災害が同時または時間差をおいて発生した場合の対応体制等）
同一地域に異なる災害が同時または時間差をおいて発生する場合の災害予測や、そうした複合災害への対応の在り方についての検討や研究を行うことが必要である。

⑩社会全体として防災力向上に関する研究

これまでの防災対策は、各分野毎にそれぞれの基準を満たすことで防災対策が進められてきたが、今後は、社会全体としての防災力の向上という視点で分野横断的な研究を進めることが必要である。特に、次の海溝型地震対策に向けた地域の防災力向上が国家的には喫緊の課題となっている。

⑪災害復興における「地域の歴史・文化」の考慮

災害からの復興では単に防災力の向上にとどまらず、地域の歴史や文化を踏まえた復興を進めることが必要である。

⑫社会の変容、脆弱性の変化に伴う災害の発生に関する研究

我が国は人口減少段階に突入し、都市部における社会基盤やライフラインの急速な老朽化を迎えようとしている。一方で、都市域の密集化及び人口の過密化が進展しており、これに伴い、災害に対する脆弱性の増大、地方における過疎化の進行による防災力の低下等が指摘されている。特に、大都市近郊の海岸部の津波に対する脆弱性が顕在化している。このような少子高齢化、人口減少、都市部への人口の集中という社会情勢の中、都市・地域の脆弱性が変化してきていることを踏まえ、これまで以上に理学・工学的な防災研究を着実に推進するとともに、我が国の経済圏内での自然災害発生による経済的・社会的被害連鎖を考慮しつつ、巨大災害時の国の経済・社会をいかに維持していくかについての減災研究を、社会実装まで見据えて、各分野の連携を図りながら強力に推進していくことが必要である。

⑬人間・社会側の研究を強化（ソフト対策の強化等）

施設や設備の耐災性向上には限界があり、災害時に社会が適切に機能したり、人間一人ひとりが危険を回避する行動や支援する行動を取ることで被害の軽減につながることから、人間や社会の対応力や回復力を考慮した減災研究を行うことが必要である。

⑭基礎的データの収集

災害現象のメカニズム解明のためには、基礎的データの収集・整理が必要である。

⑮情報共有の仕組みの構築（ハザードマップの浸透、巨大地震における政府の情報管理体制等）

防災・減災に関する情報の共有により、関係機関が連携した事前対策の策定が可能となる。また、災害発生時の各機関が収集する情報の共有が生み出す状況認識の統一によって、災害時の応急対策や効率的な復旧・復興を効率的に行うことが可能となる。このような情報共有を実現するためには、関係機関や一般からの情報を平時においても災害時においても円滑に収集・集約・統合・発信するための仕組みの構築が必要である。そのため、国として統合情報基盤の構築と、それを社会の各階層が活用可能なシステムを整備することが必要である。

⑯防災リテラシーの向上

災害時には的確で迅速な災害対応を行う必要がある。その中核となる地方公共団体や

NPOの職員等に対し、その地域の特性に応じた防災科学技術について、十分な知識の普及を図るとともに、想定に基づくハード対策等の事前対策だけでは防ぎきれないこともあり得るという前提のもと、自然災害に対して、国民一人ひとりが、事前の準備や災害発生時の行動における適切な対応を身につけることが被害軽減に効果的であることを踏まえ、時間と場所に応じた適切な防災教育や研修・訓練が十分かつ継続的になされる必要がある。

⑰地震以外の自然災害への対応

これまで、自然災害に関する対策は、地震対策を中心に進められてきたが、近年さまざまなハザードによる災害が発生している。例えば、地球温暖化による台風の巨大化への懸念が拡大し、竜巻、ゲリラ豪雨が頻発化するなどの傾向がある。それに伴い風水害・土砂災害による犠牲者の割合が継続的に高い水準で推移するなど、看過できない状況にある。また、豪雪も頻発化しており、毎年の雪氷災害による犠牲者の割合も継続的に高い水準で推移している。津波被害についても、国内外で予想以上の被害が発生している。そこで、どのようなハザードにも対応できる地域の防災力向上を目指したアプローチが必要である。また、火山研究分野、雪氷研究分野等これまで国としてプロジェクトの推進が不十分であった分野も含め、研究者の育成・確保と分野ごとの適切な研究体制の維持を図っていくことが課題である。

⑱国際展開・貢献

地球温暖化等の自然環境の変化に伴い、自然災害の規模と様相が変化してきている。それに伴い地球規模での問題が深刻化しつつあり、防災科学技術における我が国の先進性を活かした国際的な共同研究の推進等が求められている。我が国は、これまで多くの災害を経験してきたことから災害に関する知見が豊富であり、発展途上国への防災分野での援助や災害からの復興支援を行うことで世界の国々に貢献してきた。このように世界をリードしている我が国の防災科学技術は外交上も重要な要素であり、国益にもつながることから世界を視野に入れた総合的な防災科学技術の推進が必要である。

さらに、留学生や研修生の受入れの拡大により、防災科学技術の国際的な普及の促進が図られる等大きな効果が期待できるが、受入れの枠が少ない等の課題が存在している。

4. 推進方策の基本方針

- 防災科学技術の最終目的は、災害から国民の生命と財産を守るとともに、災害に強い社会づくりに貢献すること、すなわち「社会防災力の向上」であり、その実現のために必要な科学技術を推進していくことが重要である。その際、自助、共助、公助の取組が実効的かつバランスよく適切に実現されることを目標に防災科学技術を推進することが必要である。

これまで特定のハザードに対する単一の被害想定を前提とした防災対策が主として講じられてきていたが、その想定を超える災害に対する対策をあらかじめ用意しておく必要性が明らかとなった。また、そのような特定のハザードに対する特定シナリオに基づく防災対策の存在が、「万全の備えができています」という過度の安心感を住民に与えていたことも被害の拡大につながった一因である。このようなことから、想定を超える事象

にも対応できる社会の実現や、被害を被っても早急な回復が可能な社会の実現が必要不可欠である。つまり、蓋然性の高いハザードシナリオに抗するだけの予防力を備えるだけでなく、想定を超える災害時にも適切に機能する社会、被害を受けた後の早期回復力を備えた「しなやかな (resilient)」社会の実現が必要である。

- 推進方策の策定に当たっては、上記を踏まえ、「基本的な社会の機能が適切に維持されるように社会にとって重大な影響を持つリスクに対する予防力を高めること」と「予防力を超える被害は避けられないとの前提の下、社会の早期復旧・復興を可能とする被害からの回復力を高めること」を2つの基本目標として掲げ、そのために必要な防災科学技術を推進するという姿勢を基本とする。

(基本目標)

- ① 基本的な社会の機能が適切に維持されるよう、社会にとって重大な影響を持つリスクに対する予防力を高めること
- ② 予防力を超える被害は避けられないとの前提の下、社会の被害からの回復力を高めること

このような基本目標を達成するためには、2つの基本目標毎にそれぞれの課題解決に向けたアプローチをそれぞれ高度化するとともに、地域の特性を踏まえた上で、それらを適切に組み合わせることにより最適な防災・減災対策が実現できるような防災科学技術を推進することが必要である。

- 「社会にとって重大な影響を持つリスクに対する予防力の向上」のためには、社会を構成する基盤（器）である建物や構造物、ライフライン（「物理的環境」）の強化がこれまでも増して重要であり、引き続き最新の知見を踏まえて、耐震技術の向上をはじめとする防災科学技術を高度化していくとともに、「人」が災害時に適切な退避行動や避難行動を取ることができるよう、人間の心理や行動を踏まえた研究、すなわち、災害時の人間の危機回避能力向上のための研究、さらには、災害時の「社会」の機能が適切に維持されるような自治体の体制の在り方、信頼性の高い通信網などの実現のための研究が必要である。
- 「社会の回復力向上」のためには、被災後に、迅速で的確な対応が行えることが重要であり、そのためにはまず、震災直後の混乱期から復旧・復興に至る災害過程において発生する社会・経済的影響、土地利用計画上の問題等、時間軸に沿った災害現象の変遷とその発生メカニズムを解明する必要がある。また、ライフラインの被害検知等の災害状況把握、住民の避難救護、災害発生後に最低限復旧すべきライフライン、道路、橋梁の選定、効率的な資機材・人員等の配備・供給のための情報の収集・集約・統合・共有による「状況認識の統一」のための研究や、組織の事業継続計画（BCP）の策定に資する研究、効果的な後方支援施策を実現する総合的災害時意思決定に関する研究など、応急・復旧等の活動の実行能力向上に資する研究や復旧復興戦略、復興計画を策定する

過程で必要となる企画・計画能力の向上に資する研究を行う必要がある。さらに、社会の回復力向上に資する体系的な防災教育の推進、自治体職員の災害時対応能力の向上のための研修・訓練、防災文化・防災ボランティアの育成等の推進が重要である。

- このような2つの基本目標を設定しつつ、社会の防災力向上のための研究を進めるに当たっては、社会を構成する「物理的環境」とその物理的環境の中で形成されている「社会」及びその構成員である「人間」について、外的要因であるハザードがもたらす影響に関して、時間的経緯を軸として、「事前」、「最中」、「事後」に分け、それぞれに対して講じ得る対策に関して実施すべき研究を分類・整理して推進することが適切である。なお、火山噴火のように「最中」が長期化し「最中」と「事後」が並行する場合もあることを念頭に置くことが必要である。
- また、東北地方太平洋沖地震により想定を超える災害が発生したことを踏まえ、上記の研究や防災対策を行うに当たっては、想定を超えることもあり得ることを念頭に置きつつ、合理的な防災対策を行うための基準となる災害シナリオを設定することは必要不可欠である。その合理的なシナリオ設定を行う際には、正確なリスク評価・予測を行う必要があり、そのためには正確なハザードの像・メカニズムを知る必要がある。なお、ハザードとなる自然現象のメカニズムの解明については、防災対策に資するのみならず、知のフロンティアの部分であることに留意すべきである。
- 以上のようなことを踏まえ、本推進方策のⅡ章においては、社会の防災力の向上を実現するため、「環境」、「社会・人」、「リスク」、「ハザード」それぞれについて、ハザードの「事前」、「最中」、「事後」に対応する防災科学技術に関する推進すべき重要施策を整理するとともに、社会問題化している地球規模の問題の多くが、自然災害を直接または間接の引き金としている事実を踏まえ、防災・減災対策を通じた地球規模の問題解決への貢献を加え、推進すべき重要研究開発課題の主要な柱として以下の通り分類・整理し、推進を図ることとする。また、Ⅲ章においては、Ⅱ章の重要施策を推進していく上での配慮事項として、研究開発を推進するにあたっての重要事項を整理した。

(推進すべき重要研究開発課題の主要な柱)

1. 社会の防災力の向上のための研究開発
 - (1) 災害に対して物理的環境を強くするための研究開発
 - (2) 災害に対して社会・人を強くするための研究開発
 - (3) リスクを知り予測するための研究開発
 - (4) ハザードを知り予測するための研究開発
2. 地球規模の問題解決への貢献

なお、本推進方策は、大規模な自然現象に付随して発生する重大な事故に対しても、共通する事項として参考になると考える。

Ⅱ. 推進すべき重要研究開発課題

1. 社会の防災力の向上のための研究開発

(1) 災害に対して物理的環境を強くするための研究開発

我が国の社会資本・設備の自然災害に対する予防力は決して十分であるとは言い難く、特に、大規模自然災害発生時においても有効に機能する社会資本・設備の整備やそれらのネットワーク機能の維持が不可欠である。そのための機能維持性能の向上を実現する研究開発は国民の財産や人命に対する安全保障を確保し、さらに地域の安定した成長にも寄与するため、強力に進めていくことが必要である。

災害に対して強くすべき環境としては、建物、構造物、施設、地盤等があり、以下のような研究を行うことが必要である。

① 予防力の向上のための研究

【事前】建物、構造物、施設、地盤等の耐震性、耐津波性をはじめとする自然災害に対する耐性向上のための研究開発が必要である。一方で、建物内の家具や設備等の設置方法や固定手法など安全な空間を創出する手法のほか、設備の最適化や適用限界等に関する研究開発が必要である。

また、東北地方太平洋沖地震発生後に、基地局の被災やアクセスの集中等により情報通信ができない状況が続き、安否確認や災害応急対応に大きな支障を来したことから、今後、災害に強い情報提供インフラの研究開発を行うことが必要である。

さらに、東北地方太平洋沖地震により、震源地から遠く離れた浦安市等東京湾臨海部および河川の沖積地においても深刻な液状化現象が発生した。このように、これまで想定していない都市の脆弱性が顕在化していることを踏まえ、液状化予測手法の高度化を進めることが必要である。

【最中】ハザードの最中には、建物がどのような被害を受けるのか不明なため、どのような行動を起こしていいか不明な状況となる。したがって、適切な退避・避難行動をとるための判断ができるよう、建物や施設等の危険度予測が可能なシステムの構築が必要である。

【事後】ハザードが収まった後、引き続き建物や施設が使えるか否かを判定する必要があるが、被害認定を行う判定士の数も限られていることから、被害判定迅速化に資する研究開発を行う必要がある。

② 回復力の向上のための研究

【事前】事前の復旧・復興戦略の策定、復旧・復興活動に関する研修・訓練手法に関する研究が必要である。

【最中】ハザード時に操業・運転の緊急停止に活用するなどリアルタイムモニタリング情報の利活用に関する研究が必要である。また、大きな揺れが襲来する直前の退避行動により命が守られるケースが多いことから、緊急地震速報のさらなる高度化が必要である。

【事後】建物や施設等の被災した部分を早期に復旧できるよう、予め被災する部分が特定できるような建築手法等の開発や、被災後の早期再生の仕組みの研究を進めることが必要である。

(2) 災害に対して社会・人を強くするための研究開発

社会防災力の強化を行う上では、予防力の向上を目指した防災対策だけでなく、事前の準備として、災害発生時の行動における、適切な対応を身につける防災教育や、一元的に必要な災害情報を収集できるシステムなど、広範な減災対策が重要である。

特に、地域に根ざした防災担当者の人材育成において積極的に活用されるよう、最先端の観測技術、高精度な予測技術、高度化した防災・減災技術等を効果的に展開・普及する必要がある、また大規模災害時の人命確保と社会の致命的損害の回避には、効果的な災害対応策立案に役立つリスク情報と発災後の迅速な災害状況認識の統一が重要であり、そのための総合的な災害情報システムの構築や、発災後の社会・経済活動継続を支援するシステムの構築の推進が不可欠である。

なお、災害に対して社会を強くしていくに当たっては、上記のようなシステムの構築のみならず、実際の災害時に必要な活動が円滑に行われる必要がある、このためには、適切な防災教育等に基づき防災に関する行動が適切に誘導されること、その前提として、コミュニティにおける信頼や規範、ネットワークなどのソーシャルキャピタルが醸成されていることが重要である。

災害に対して社会・人を強くするためには以下のような研究が必要である。

① 予防力の向上のための研究

【事前】大きな揺れが襲来する直前の退避行動により命が守られるケースが多いことから、緊急地震速報のさらなる高度化が必要である。

その他、適切な避難や業務継続のためのBCP等の計画策定に資する研究や、防災教育の普及・高度化のための研究、土地利用・都市計画研究、ハザードマップ研究、具体的行動指針の研究、計画策定に資する合意形成のための研究、コミュニティにおける信頼や規範、ネットワークなどのソーシャルキャピタル醸成のための研究等を進めることが必要である。

【最中】発災時の警報伝達、情報処理、状況把握、対応体制、住民参画や合意形成の在り方に関する研究、防災に関する行動を適切に誘導するための研究、適切な退避行動実現に資する研究等が必要である。また、ハザードの低減が確認された場合、適切に避難解除・規制解除の判断に資するシステムの研究が必要である。

② 回復力の向上のための研究

【事前】的確で円滑な災害対応の促進のため、災害対応にあたる国や地方公共団体、その他防災関係機関の職員及び組織の能力向上に資する研究が必要である。一方で、一人ひとりの市民が自立的に再建、あるいは回復をなし得るような能力向上のための研究が必要である。

【最中】初動対応のための即時状況把握、対応体制の研究が必要である。

【事後】復旧・復興期における情報伝達、状況把握、資源配分、対応体制の在り方に関する研究等が必要である。速やかな復旧・復興の実現のため、応急・復旧・復興支援システム、広域支援システム研究、官民の様々な資源や知識、人手を最適に派遣・動員・活用できるような資源活用システムの研究、災害時のマイクロメディアの研究、災害

記録アーカイブに関する研究が必要である。

(3) リスクを知り予測するための研究開発（災害発生予測の高度化）

効果的・効率的な防災・減災対策の大前提として、様々な自然災害の予測研究の精度向上を推進する必要がある。現状を的確に把握し、近い将来発生が予想される様々な災害リスクを高精度に予測することは極めて重要である。観測データを用いたシミュレーション等により、被害軽減に直結する自然災害の即時予測の高度化を推進するとともに、自然災害が拡大する要因等も踏まえ、防災性向上への実効性を十分に認識しつつ自然災害の予測研究を推進することが必要である。

災害のリスクを高精度に把握・予測するためには、以下のような研究が必要である。

① 予防力の向上のための研究

【事前】ハザードからリスクへの変換手法の高度化や観測データの高精度化等被害予測の高度化のための研究、マルチハザードによる被害予測の研究等が必要である。

【最中】瞬時に被害状況を把握し、その直後の被害予測に迅速にフィードバックするシステムの研究が必要である。

【事後】実被害把握システムの研究、予測されたリスクと実際の被害との比較を通して被害予測の高度化へフィードバックするような研究が必要である。

② 回復力の向上のための研究

【最中】復旧・復興を速やかかつ効率的に行うため、災害の推移並びに終息を予測する研究が必要である。

【事後】次の災害リスクを最小にするような復旧・復興計画策定のための研究が必要である。

(4) ハザードを知り予測するための研究開発（観測基盤・基礎研究の強化）

防災・減災技術の高度化、予測技術の高度化を進める上で、様々な自然災害の観測基盤・基礎研究の強化は必須である。様々な自然現象の継続的かつ高精度な観測（モニタリング）は、災害につながる自然現象のメカニズムの解明や高精度な災害発生予測の実現に最も基本的情報として不可欠である。加えて、リアルタイム観測網で得られるデータは、緊急地震速報や火山噴火警報などに活用されるなど、防災上も重要な役割を果たしており、今後も、地震・火山のみならず様々な自然災害における総合的な観測基盤の充実・強化が必要である。

また、災害につながる自然現象のメカニズム解明等に向けた基礎研究を着実に推進することが重要である。高精度な災害発生予測や効果的な防災力向上のため、災害につながる自然現象のメカニズムの解明や自然災害が拡大する要因等を解明する必要がある、そのための基礎研究を今後も着実に推進することが必要である。

一方、調査研究の加速や防災力向上を促進する観測技術・手法の高度化・開発を目指す必要がある。調査研究を加速するためには、最先端の技術を活用した観測・調査研究や、異分野と融合した新たな観測技術・手法の開発、高精度な観測を可能とする既存技術の改良等が必要である。

このようなことから、災害につながる自然現象（ハザード）を高精度に把握・予測するためには、以下のような研究が必要である。

① 予防力の向上のための研究

【事前】地震、津波、火山、気象、雪氷等、災害につながる自然現象の観測の高度化、観測データのデータベース化を進めるとともに、メカニズム解明、発生予測高度化の研究、複合ハザード予測研究が必要である。なお、地震、津波、火山については、発生予測精度向上のため、地形・地質学的データを含め、過去の履歴を検証することが必要である。

【最中】瞬時にどのようなハザードに見舞われているかを把握するとともに、ハザードの推移を予測するシステムの研究が必要である。

【事後】予測されたハザードと実際のハザードとの比較を通して観測の高度化へフィードバックするような研究が必要である。

② 回復力の向上のための研究

【事後】余震や二次災害を引き起こすハザードの予測システムの研究が必要である。

2. 地球規模の問題解決への貢献

我が国は、これまで多くの多様な自然災害に遭遇しながらも、防災・減災力を向上させ、世界的にも高度な経済発展を成し遂げた。また、東日本大震災による被害と復旧・復興に関するわが国の経験は世界の大規模災害への対応に極めて有用な情報と示唆を与えるものと考えられる。今後は、引き続き、国連防災世界会議（2005年1月）で採択された「兵庫行動枠組（2005－2015）」に沿いつつ、防災先進国として、我が国自らの防災力の向上を目指すばかりでなく、諸外国との協調と協力の下、科学技術を積極的に活用し、自然災害を中心として地球規模で発生する様々な問題の解決に積極的に貢献する必要がある。世界の持続可能な成長・発展、都市問題、貧困問題は自然災害と密接に関係しており、今後とも、地球規模の問題をもたらす自然災害の軽減の重要性は増大していくと予想される。

このため、国として、「地域の安定成長に貢献する防災科学技術の国際展開」と「国際共同研究」を主要な柱として設定し、大学や公的研究機関、産業界、さらには諸外国や国際機関との連携・協力の下、これらに対応した研究開発等を推進することが必要である。

(1) 地域の安定成長に貢献する防災科学技術の国際展開

防災力向上により世界の持続可能な成長を実現するために、諸外国の事情・特性に応じた協力や我が国の優れた研究成果の国際展開を図ることを目標とした、グローバルな視点での防災科学技術による国際貢献を推進することが必要である。

地震や津波をはじめとする自然災害は、発生直後の被害のみならず、発生前や発生後の復興過程においても社会に対して大きな脅威である。特に、途上国においては、その脅威の持つ影響は非常に大きく、それによる被害を最小限に抑えるため、途上国の自助努力を支援することが必要である。加えて、適切な防災対策につながる我が国の防災科学技術を世界へ展開し、地域全体の社会・経済的発展の基盤となる安全で安心できる地

域社会の構築に貢献することが必要である。その際、地域の実情に応じた貢献・展開を推進することが重要である。また、これまでのような技術移転や技術協力、資金援助等の貢献にとどまらず、自然災害による被害を最小限に抑えられる国際的な社会・経済システムの構築を支える防災科学技術を推進することが重要である。

(2) 国際共同研究の推進

①大規模自然災害

大規模自然災害は、国外に直接または間接的に影響が及び外国の支援等が行われることから地球規模の問題でもある。例えば、東日本大震災やスマトラ島沖地震等、1000年に1度といった低頻度大規模災害に関して、災害の記憶の収集、保存、整理、検証を行い、広く国際社会に情報発信するとともに、後世に伝えていく必要がある。また、国際的に開かれた研究体制で総合的研究を行うことが重要である。

②気候変動に伴う自然災害への対応

高潮や海岸浸食等の沿岸災害や洪水の増加など、気候変動に対応して大規模な自然災害の増加が懸念されており、全球での自然現象の観測・予測、災害の予測に関する研究を国際的なプロジェクトとして進めることが必要である。

また、対策が遅れている発展途上国等での土砂・風水害については、被災地の住民や社会と協調しつつ、地域の特性に応じた研究協力・技術展開を推進することが必要である。

③アジア共通の問題解決に向けた研究開発の推進

アジア・環太平洋地域を中心とした国際的な協力体制のもと、自然災害の観測研究を推進することにより、我が国も含め周辺地域における、災害につながる自然現象のメカニズム解明及び自然災害発生予測技術の高度化に関する研究を加速し、その地域全体の防災力向上につなげ、さらには、地域の脆弱性を踏まえて、被災しても人命だけは守られるようなレジリエンス(地域の防災力)の高い地域づくりを目指すことが重要である。

④地震工学等の物理的環境を強くする研究開発

耐震工学をはじめとした災害に対して物理的環境を強くする防災科学技術についても、我が国のリーダーシップのもと、国際的な共同研究を強力に推進していくことが必要である。

Ⅲ. 研究開発を推進するにあたっての重要事項

1. 総合科学技術としての展開

防災分野における研究開発は、既存の学問分野の枠を越えた学際融合的領域であることから、既存の学部、学科、研究科を越えた取組、理学と工学、工学と人文科学・社会科学、医療等の分野横断的な取組や、大学、独立行政法人、国、地方公共団体等機関の枠を越えた連携協力が必要である。その際、情報共有、共同研究、施設共用、人材交流等を積極的に実施していくことが重要である。

さらに、競争的資金を含む研究経費の配分においても、既存の個別分野ごとの配分ではなく、その枠を越えて総合的な防災分野として明確に設定して課題を拾い上げていくことが必要である。また、その際には、中長期的な視点に立って技術革新の芽となる課題や分野横断的な研究を積極的に抽出していくとともに、災害の地域性を踏まえ、研究成果による中長期的な地域防災力の向上への貢献という要素も勘案して評価していく必要がある。

2. 地域の特性に応じた研究開発の促進

災害を引き起こす原因となる気象、地変はいずれも地域特殊性を有するものであり、また、発生する災害も地域の地形、土地利用形態、人口、都市の規模、災害の経験の有無、災害に対する体制の有無等により様々に異なっていることから、実際に地域の防災に役立つ研究開発を行うためには、地域の特性を踏まえて行うことが必要である。このため、大学、国の機関、独立行政法人等の研究機関は、適切な研究テーマの選定や、研究プロジェクトの構成の在り方を十分に検討しつつ、地方公共団体の防災実務者やNPOと密接に連携して研究開発を進めていくとともに、研究拠点や観測拠点の整備・維持・集約等による研究機能の強化を図ることが必要である。一方で、地域の研究者の「地域を守る」という当事者意識及び能力の向上を図り、地域の災害に関する基礎データを収集、解析し、その結果を地域の防災力向上につなげるような地域のホームドクター的研究者の育成など、地域の防災力向上に資する取組も重要である。

また、地域の防災力向上の研究にあたって、各地域に残されている人文・社会科学的史料や地形・地質学的痕跡を徹底的に洗い出し、過去の被害の履歴や既往最大の災害事象及びその地域特有の災害像を明らかにし、繰り返し起こる地域特有の災害体験の伝承等をはじめ、その地域に存在する伝統的な防災の知恵も十分活用することが必要である。

さらに、東日本大震災は、予想を大幅に上回る災害に対して科学技術の限界があることを示した。これは、建物や施設に被害が発生するリスクを社会は受容しなければならないことを意味している。このことを踏まえ、地域の特性に応じて、住民等がリスクをどのような考えのもとに受容して行くかの合意形成を進めておくことが重要である。また、最新の防災科学技術の知見に基づいてリスクを評価し説明できる研究体制を、人的、物的資源の両面で構築することが必要である。

3. 他府省やユーザ等との連携及び情報や成果の共有

府省間及び組織間の連携を積極的に進め、分野横断的・総合的なプロジェクトの企画・調整を行うなど、社会に適用可能な成果の創出を目標に研究開発を効果的・効率的に進め

ていくことが必要である。

また、研究成果のユーザ等との連携の強化を図り、研究成果の実社会への活用を見据えて、運用・活用側のニーズと研究開発側のシーズを把握し、さらにそれを研究成果や研究課題の選定に反映を図る仕組みを構築していくことが必要である。特に、防災分野の研究開発成果は、一般市民がその重要なユーザであることも多く、独立行政法人、大学等の研究機関は、企業等に研究成果を移転するとともに一般向けに積極的に広報・普及することが必要である。

さらに、効果的かつ効率的な研究開発を行うためには、関係する情報や成果の普及・共有を図る具体的な仕組みを作っていくことが有用である。このためには、国・自治体・大学・研究機関・企業等が広く参画した防災に関するデータベースを構築し、これを将来の防災に活用するためのシステムを整備するとともに、防災科学技術に関する関係者間の連携を促進する場を構築することが必要である。

4. イノベーション創出等につながる人材育成及び普及・啓発活動の充実

専門的な研究開発を担うだけでなく、国内及び国際的なリーダーシップを発揮しうる人材、成果の社会還元を積極的に進めることができる人材、防災科学技術にとどまらない新たな付加価値を創出し、イノベーションをもたらすことができる人材を育成・確保することが不可欠である。

地震・火山をはじめとする防災科学技術の分野は、国家として継続した研究を推進する必要があるが、近年、人材の確保が非常に困難な傾向にあることから、大学等の教育機関と連携した次世代の研究を担う人材の育成・確保や、次世代の研究者の育成を担う教育者への研究成果の情報提供を強力に推進することが必要。特に、財政的・人材的に厳しい環境のもとで行われている火山研究分野、雪氷研究分野等への支援体制を充実・強化することが必要である。

また、専門分野での研究開発成果を挙げるだけでなく、研究成果の社会還元の促進による社会・経済の維持・成長への寄与、産業創出・地域の活性化等に貢献するなど、防災科学技術にとどまらない新たな付加価値を創出し、イノベーションをもたらすことができる人材を産学官連携により育成・確保していくことが必要である。

さらに、災害時には迅速で的確な災害対応を行う必要がある地方公共団体やNPOの職員等に対し、その地域の特性に応じた防災科学技術について、十分な知識の普及を図るとともに、自然災害に対して、国民一人ひとりが、事前の準備や災害発生時の行動における適切な対応を身につけることが被害軽減に有効であり、一般市民への普及・啓発を強力に推進し、こうした能力を向上させる取組も着実に進めていくことが重要である。また、防災分野では研究活動そのものに一般市民の参加が必要となる場合も多く、行政機関や地方公共団体との密接な連携の下、一般市民への普及・啓発活動を活発に行いつつ研究を推進することが必要である。

5. 国際展開・貢献の推進

防災科学技術分野における国際協力については、実践的かつ長期的な取組が不可欠であ

ることから、国際的な協力体制のもとで研究開発を行う際、相手国の政府や、行政組織、研究者との密接な連携が不可欠である。そのため、我が国のリーダーシップのもと、防災科学技術を世界に展開し、世界の持続的な成長を実現するため、我が国において、国際的な協力体制を先導できる人材や国際共同研究プロジェクトを主導できる人材を育成することに加え、将来この分野に貢献する海外からの留学生の積極的な受け入れ等が可能な安定した環境作りも必要である。

また、関連する産業の創出や市場展開等も考慮して、我が国がリーダーシップをとりながら、各国と連携しつつ、我が国の防災科学技術の世界標準化を図るなど、民間企業や公益事業体の海外戦略等も視野に入れた積極的な国際展開を図ることが必要である。

さらに、国内外における防災科学技術の連携強化を図るため、日本国内において中核となる世界最先端の研究開発拠点の形成を推進することが必要である。また、共同研究などの国際的な取り組みに関する情報の共有、取り組みの連携・共同化が容易となるプラットフォームの確立や、将来的には、国際的な共同研究拠点や共同観測研究の枠組みを設立することも重要である。

6. 基礎研究の振興及び研究開発基盤の整備

防災分野の研究開発は、上記のように社会に適用可能な成果の創出が重要であり、課題を明確にして進めるべきであるが、その課題を達成するためには、自然現象や災害のメカニズムを解明することが基礎となることから、課題達成型研究と両輪をなす防災分野における基礎研究を強力に推進していくことが必要である。このため、各機関において適正な方法で基礎研究のための経費を確保し配分する等、継続性のある研究体制の整備が必要である。また、防災力の向上は国民の安全・安心、さらには産業や国力の向上につながるとの認識の下、基礎研究については、基盤的研究費や競争的資金等を通じ、長期的視野に立った国の支援が不可欠である。

また、基礎研究についても社会の実効的な防災力向上への貢献度の観点から研究評価を厳正に行うべきものであるが、その研究の価値、意義を適正に評価できるよう、評価の方法を工夫することが必要である。

一方、防災分野の研究開発の進展のためには、観測技術等の基盤的な技術の開発とともに、実際の災害を再現して様々な実験を行うための施設・設備が必要である。また、災害を起こす自然現象を観測し、さまざまなデータを取得するための観測網が不可欠であり、これらの整備を着実に進めるとともに、適切に維持・更新することが必要である。これら施設・設備はできる限り内外に開かれた共同利用施設として運営することが重要である。

さらに、防災分野においては、災害を起こす自然現象に関するデータ、過去に起こった災害のデータ等研究を行う上で不可欠のデータがあり、これらが入手しやすい状態でデータベース化され、共有されていることが重要である。このため、災害データベース化と共有化を進めるとともに、その維持・更新を着実に進めることが必要である。

7. 他の計画等との連携

我が国では、地震調査研究推進本部の下で、新たな地震調査研究の方針を示す「新たな

地震調査研究の推進について「地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策」や各種の調査観測計画が策定されている。また、学術研究としての性格の強い地震観測研究や火山噴火予知研究については、科学技術・学術審議会の建議に基づいた計画が策定されている。一方、「豪雪地帯対策基本計画」など、災害種別に防災・減災に資する対策や調査・研究の推進を図ることを目的とした計画も策定されている。防災研究は、これらの計画を踏まえて着実に進める必要があるが、そのために自然現象の解明に関する主として理学的な研究と、防災力を向上させるための工学的・社会科学的な様々な研究を有機的に組み合わせるとともに、研究情報の共有化や研究推進について連携を深める必要がある。

なお、本推進方策に示された研究開発を推進するにあたっては、防災対策の実施の面から、災害対策基本法に基づく防災基本計画をはじめとする関連する計画等との連携を十分配慮する必要がある。

航空科学技術委員会

「航空科学技術に関する研究開発の推進方策について」

はじめに

航空科学技術に関する研究開発は、文部科学省に設置された科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会（以下、「分科会」という。）が平成18年7月に策定した「航空科学技術に関する研究開発の推進方策について」に沿って推進されてきた。当時の推進方策は、第3期科学技術基本計画（平成18年3月28日閣議決定）に基づいて策定されたものである。

本推進方策は、平成23年8月19日、平成23年度から平成27年度までを対象とし新たに閣議決定がなされた、第4期科学技術基本計画（以下、「第4期基本計画」という。）に基づき、航空科学技術に関する研究開発を推進するものである。

第4期基本計画では、平成23年3月11日に起こった東日本大震災を踏まえ、我が国の豊かさや人々の安全な暮らしの実現、経済をはじめとする国力の基盤の構築に資するとともに、知のフロンティを切り拓き、我々人類の直面する課題の克服に貢献すべく、以下の3点を今後の科学技術政策の基本方針として示している。

- ・ 「科学技術イノベーション政策」の一体的展開
- ・ 「人材とそれを支える組織の役割」の一層の重視
- ・ 「社会とともに創り進める政策」の実現

「科学技術イノベーション政策」については、さらに、「我が国の将来にわたる成長と社会の発展を実現するための主要な柱」として、「震災からの復興、再生の実現」、「グリーンイノベーションの推進」及び「ライフイノベーションの推進」が掲げられており、「グリーンイノベーション」の推進では、「高効率輸送機器（次世代自動車、鉄道・船舶・航空機）やモーダルシフト等の物流効率化に関する研究開発、導入を推進する」ことが述べられている。

また、国が取り組むべき重要課題として第4期基本計画に盛り込まれている「安全かつ豊かで質の高い国民生活の実現」に向けた方策が述べられている。

上記の第4期基本計画、経済・社会情勢及び航空科学技術に関する研究開発の進捗状況を踏まえ、分科会ではこれからの10年を見通した、今後5年から7年程度の間、文部科学省が研究開発を推進するに当たっての重点事項について、本推進方策を策定した。策定に当たっては、分科会の下に設置されている航空科学技術委員会において、航空機メーカー及び航空会社等の民間企業、大学並びに研究機関等の幅広い機関から意見聴取を行い、現状及び将来の構想等具体的な情報を収集し検討を重ねた。

本推進方策は、航空科学技術に関する研究開発の中核を担う実施機関である独立行政法人宇宙航空研究開発機構（以下、「JAXA」という。）の中期目標への反映はもちろん、航空科学技術に関連する学科・講座・研究室等を有する大学等の教育機関へも一定の指標を示すことを意図するものであり、航空科学技術に関する研究開発が、本推進方策の趣旨に添って着実に推進されることを期待する。

1. 基本認識

1. 1 航空科学技術分野を取り巻く諸情勢の変化

平成 23 年 3 月 11 日に東日本大震災が発生し、我が国は人的、物的に甚大な被害を被ったばかりか、間接的な被害も含め、社会、経済に深刻な影響を受けた。そうした中、科学技術に対しても、我が国の復興と再生、さらには持続的な成長と社会の発展、安全で豊かな国民生活の実現等に積極的な役割を果たすことが求められている。

また、第 3 期科学技術基本計画（以下「第 3 期基本計画」という。）の策定（平成 18 年 3 月）以降、地球温暖化による環境変動、航空交通量の増加及び航空機開発競争の激化が進み、航空を取り巻く世界の社会情勢は大きく変化しており、それらの情勢の変化は、次のとおりまとめることができる。すなわち、航空輸送需要の増加とアジア市場の成長、環境保全と経済発展の両立への要求の高まり、及び安全への要求の高まりである。このような世界情勢の中、国内航空産業においては、YS-11 以来、約半世紀ぶりとなる国産旅客機開発が行われており、航空機産業が我が国の経済を支える基幹産業に成長することが期待されている。

他方、上記情勢に関する国際的取り組みとして、航空分野の国際技術標準を策定する国際民間航空機関（以下、「ICAO」という。）は、交通量の増大への対応として、環境、安全面での基準（国際標準）を制定・強化し、各加盟国に対してその適用を求めるとともに、新しい航空交通システムへの移行を求めている。

第 3 期基本計画策定後、航空科学技術に係る個々の分野の情勢変化は以下のとおりである。

(1) 開発・製造分野

①航空機開発

航空輸送に対する様々なニーズが世界的に高まる中、旅客機開発事業においては、主要国である欧米及びカナダ、ブラジルに加え、新たに中国及びロシアもリージョナルジェット機市場に新規参入する等、競争が激化してきている。我が国においては、YS-11 以来、約半世紀ぶりとなる（ジェット機としては初の）国産旅客機の事業化が決定（平成 20 年 3 月）し、平成 27 年の市場投入が予定されており、現在、開発企業において実機の開発試験等が進められている。

近年、燃料の高騰や環境対策として、航空機の低燃費化が求められているところである。そのため、機体の設計開発には軽量化を目的とした炭素繊維複合材を利用することが世界的な流れである。我が国において開発が進められている旅客機においても、機体の一部に炭素繊維複合材が使用されることとなっている。

②低 CO₂/脱化石燃料エンジン、バイオ燃料

運航コスト低減や地球環境問題への対応の観点から、欧米の開発企業では、航空会社や研究機関等と協同で、バイオ燃料による商用機飛行実証等将来に向けた脱化石燃料エンジンシステムの研究開発を相次いで実施している。

我が国においては、メタン及び水素燃料といった脱化石燃料を用いたエンジン

技術開発の蓄積がある（地上用水素・酸素ガスタービン、高速航空機用メタン燃料エンジン技術開発、水素燃料予冷却ターボジェットなど）。また、バイオ燃料については、航空以外の分野において基礎研究が行われているところであるが、航空分野においても我が国航空会社がバイオ燃料による商用機飛行実証を実施する等、当該分野への関心は高まりをみせている。

③次世代 SST（超音速輸送機）実用化検討

環境適合性を有し、陸域飛行を可能とする次世代 SST (Supersonic Transport) の実用化構想は、米国 NASA において発表（小型 SST；2020 年頃、大型 SST；2030-35 年頃）される等、昨今、欧米やロシア、カナダ等の開発企業及び研究機関において概念検討や研究開発が進展している。これを受けて ICAO では、次世代 SST の環境基準（ソニックブーム、騒音、排出ガス）が議論され、ソニックブームの新基準策定に向けた検討が進められているところである。

また、我が国でも、平成 20 年 1 月に SST の実用化に向けた最終目標や役割分担等を協議する場として、官民等関係機関が一堂に会する「超音速輸送機連絡協議会」が設置されている。

(2) 運航・利用分野

①民間航空輸送

世界的に航空交通量が增大する中、地球環境問題や重大事故の発生等を背景として、ICAO は国際基準を継続的に見直し、航空機による騒音や NOx 等排出物の抑制、ヒューマンエラーに起因する事故予防策等、環境面と安全面における規制を技術の進歩等に応じて制定し、また、CO2 排出の抑制についても検討中であり、段階的に強化している。

また、ICAO は、将来の航空需要に対応するためには、現行の航空交通システムでは限界があるとし、2025 年の達成を目標とする「グローバル ATM（航空交通管理）運用コンセプト」を提唱し、各加盟国に最新の航空技術を取り入れた衛星航法をはじめ、新しい航空交通システムへの移行を求めている。

さらに現在、欧米を中心として、各国又は各地域の実情に応じた新しい航空交通システムへの移行計画が検討されており、その実現に必要な技術の研究開発等があわせて進められている。

我が国においても、2010 年 10 月に羽田空港の 4 本目の滑走路が供用開始され、国際定期便が就航する等、今後とも我が国の管理空域内における航空交通量の増大が予測される。そこで、より安全かつ効率的で環境に配慮した新しい航空交通システム、とりわけ衛星を利用した高度な運航方式の技術開発や普及等が求められており、現在、国土交通省主導の下、産業界、研究機関等が連携して、我が国の実情に応じつつ欧米と協調した施策の検討や要素技術の研究開発が進められている。

②災害救援等

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災においては、東北地方を中心として、甚大な被害がもたらされた。本災害対応においても、捜索活動や負傷者の移送等におい

て、ヘリコプターが大きな役割を担ったとともに、航空機による放射線モニタリングや物資輸送等、航空機が被災地支援に多大な貢献をした。

今後も、大規模災害発生時において、航空機を使用した、迅速かつ効率的な情報収集及び救援活動が防災関係機関に求められるであろう。

1. 2 第3期基本計画期間中の主な取組と成果、課題

(1) 主な取組と成果

文部科学省は、特に第3期基本計画における「社会・国民に支持され、成果を還元する科学技術」の基本姿勢を踏まえ、「分野別推進戦略（平成18年3月策定）」に基づき、「航空科学技術に関する研究開発の推進方策（平成18年7月策定）」を策定し、実施機関であるJAXAを通じて、研究開発及び関連する設備整備等を進めている。

特に重点的に進めている研究開発課題（いずれも戦略重点科学技術に該当）とこれまでの主な成果は以下のとおりであり、全体としては、順調に進捗している。

いずれも現在進行中のものであるが、研究開発過程で得られた要素技術等の一部については、航空機開発関連企業等において利活用される等、順次、実用にも供している。

【第3期基本計画における重点課題】

- ①旅客機高性能化技術の研究開発（H16～H24年度）
- ②クリーンエンジン技術の研究開発（H16～H24年度）
- ③運航安全・環境保全技術の研究開発（H16～H24年度）
[うち戦略重点科学技術：全天候・高密度運航技術]
- ④静粛超音速機技術の研究開発（H18～H20年代後半頃）
[うち戦略重点科学技術：静粛超音速研究機の研究開発]

【主な成果の例】

- ①旅客機高性能化
機体設計に係る低燃費・低騒音化に資する先端技術（騒音・燃費低減評価技術等）を開発
- ②クリーンエンジン技術
燃焼器の要素試験でNOx排出の国際基準値を大幅に下回る世界最高レベルを達成
- ③運航安全・環境保全技術
無人機用のアビオニクスとしてGPS受信機とINS（慣性航法装置）を複合した超小型航法装置を開発、実用化

(2) 課題

今後は、特に、第4期計画期間（平成23～27年度）にかけて、各研究成果を総合的に確認するための飛行実証等の実証試験が本格化することが見込まれる。加えて、上記「第3期基本計画における重点課題」に掲げる①～③については事業完了時期を

迎える予定である。

以上より、成果還元の観点から関係機関との密接な連携の下で実証試験等の体制を整備していくとともに、ユーザー側の利用形態に沿った技術改良や国際基準化活動への貢献など、国際情勢の変化等を踏まえ、実用化に繋がる取組をより強化していくことが課題となっている。

また、全体の進め方として、これら各課題への取組を通じた、我が国全体の航空技術力、ひいては旅客機の開発能力の向上が求められており、国内関係機関との役割分担に基づく、国全体での効率的かつ効果的な研究開発の仕組み・体制作り、意識改革が重視されている。

さらに、上記「第3期基本計画における重点課題」④の研究開発については、世界的に優位となる超音速機技術の取得に向けて、平成22年度から25年度にかけて研究機による飛行実験を計画しており、今後、本格的に研究開発を進めていく予定である。

これらの進め方については、産業界への成果還元の視点に加えて、特に、我が国の将来を担う航空技術者の人材育成の場を提供する観点から大学機関等学界との協力関係も充実強化し、産学官の知的・人的交流や研究資源の集約、相互利用を促進する枠組みの構築を含めた取組が求められている。

1. 3 航空技術の将来展望

我が国が旅客機開発国として成功することをはじめ、航空技術開発が将来に亘り持続的・安定的に発展し、国際社会において確固たる地位を築いていくことが求められている。

航空機の開発・製造、運航・利用及び技術者の各視点から、具体的に、以下のような事柄が期待されている。

(1) 航空機開発・製造の視点

我が国の航空技術については、我が国が得意とする複合材や電子機器等を活用した燃料・排出ガス削減に寄与する環境技術で世界をリードすること、新技術を普及するために必要な国際標準（ICAO 基準等）の策定に積極的に貢献していくこと、及び航空機産業で培われるハイテク・集積技術により、他産業、ひいては我が国経済を牽引していくことが期待されている。

欧米等の航空機開発の先進国では、航空機産業を国家レベルで育成しており、その売上高を対 GDP 比で見ると、1%前後を占めるまでの産業となっている。他方、我が国の航空機産業の売上高は、対 GDP 比 0.2%程度にとどまっている。

航空機の開発には、高度かつ広範囲な要素技術及びこれらを統合化する総合技術力（ハイテク、集約・統合技術）が必要であるから、航空機の開発・生産活動は、他産業と比べて技術波及効果が高い（例えば、自動車産業の4%に対し、航空機産業は90%；*）。また、世界市場が一時的な停滞はあるものの今後20年程度先まで年平均4%台後半の成長が予測されている。

以上より、低燃費航空機の普及を通じた低炭素社会作りへの貢献はもとより、関係各界からは、自動車に次ぐ我が国の基幹産業化としての経済的効果が期待されており、

旅客機開発国としての今後の成功と将来に亘る持続的発展が望まれている。

(*) 日本航空宇宙工業会、「2000 年度 産業連関費を利用した航空機関連技術の波及効果定量化に関する調査」

(2) 航空機運航・利用の視点

航空輸送は、今や我が国の観光やビジネス、貿易や宅配等、国民の日常生活に欠かせない重要な社会インフラである。また、我が国の航空輸送は、安全であることはもとより、欠航や遅延が非常に少ない優れた輸送手段であると言える。

今後、ますます増大すると予想される航空交通量に対応するため、更なる安全性の向上に努めるべきである。また、効率的かつ快適な輸送手段を目指すとともに、CO2 排出や騒音等環境にも配慮した運航が望まれている。

(3) 航空技術人材の視点

今後、我が国が旅客機開発国として持続的・安定的に発展していくため、より一層高度で広範囲な航空技術力の蓄積と醸成が求められている。

また、市場の将来性も見込まれている分野であることから、今後将来に亘り、我が国の次代を担う優秀な航空技術人材（技術者、研究者等）の確保及び拡充の必要性が高まっていることに加え、航空技術は総合工学の先進分野として、我が国の優秀な技術人材を育成していく土壌として有望視されている。

そのため、航空技術分野に優秀な若手が集まり、関係機関あるいは技術者間でのデータ蓄積等にとどまらず、広く産学官での実用に繋がる社会全体のシステムが構築されていくことが望まれている。

【将来への期待・ニーズ、課題等】

①航空機開発・製造

国の成長・戦略産業としての期待の高まり

[自動車に次ぐ基幹産業化、技術波及効果の拡大]

②航空機運航・利用

社会インフラとしての重要性の高まり

[安全安心、環境適合 (CO2・騒音低減)、快適等の更なる向上]

③人材育成

次代を担う優秀な技術人材の必要性の高まり

[より高度・広範囲に求められる技術力に対応できる、産学官全体のシステム構築]

1. 4 航空科学技術が果たすべき役割

以上の航空技術の将来展望に対して、航空科学技術分野（文部科学省及び JAXA）には、以下の役割及び貢献が期待されている。

【航空科学技術分野に求められる役割・貢献】

- ① 先進的な航空機の研究開発の推進
 - －社会が求める新技術の研究開発・産業界への技術移転
 - －最先端の供用インフラ（試験設備等）の提供
- ②次代を担う人材の創出
 - －技術者・研究者の育成
 - －産学官を繋ぐ人材育成の拠点整備
- ③開発機に対する安全証明（型式証明等）の的確な実施（技術協力）
 - －新技術に対応した各種実証試験・証明方法の確立
- ④ 継続的な安全性・環境性の向上（技術協力）
 - －国際標準化活動
 - －航空事故・トラブル対応の継続的实施

2. 今後の研究開発の方向性

現在、我々は地球温暖化や石油資源枯渇の可能性等、地球規模の問題に直面している。航空分野においても、これらの問題に対応するため、現在よりも更に低燃費で、低環境負荷の高効率な航空機が求められているところである。

加えて、航空機事故はひとたび起こると多くの人命が失われる可能性があることから、安全性の向上に係る研究開発にも重点を置くべきである。

以上より、「環境」と「安全」に係る研究開発を重点化し、高効率で、更に安全な航空機を実現すべきである。

第3期基本計画で定められた「社会・国民に支持され、成果を還元する」視点での取組は、今後、我が国が旅客機開発国を目指し、国に求められる役割や期待が更に増すことにより、第4期計画期間において、より一層の成果還元と戦略性が重視される。

また、今後将来に亘り、我が国の航空技術を担う人材育成への取組も重視されている。これらの情勢を踏まえ、第4期における研究開発については、第3期と比べて、特に以下の考え方を主眼に置いて、JAXAにおける先端的・基盤的な研究開発、関連施設・設備整備及び推進策の戦略的重点化を図ることが適当であると考えられる。

- ①「出口志向の研究開発プロジェクト」
- ②「戦略的な基礎・基盤研究」
- ③「人材育成」

なお、研究開発を実施する際には、産学官、各界との人的・知的交流を促進することにより、関連研究機関や産業界、学会等を交えた研究ニーズ、シーズのマッチングを図り、研究開発の方向性を互いに共有することが重要である。

さらに、研究活動をより効率的に推進するためには、産学官の英知を結集し、研究資源の効率的・効果的な運用を実施することが重要である。

具体的には、航空科学技術に係るコンソーシアムの設立や、公募型研究制度の拡充等により産学官の連携が強化されると考えられる。

また、得られた成果について、広く国民に広報を行い、研究開発の意義について国民の理解を得るための戦略が重要である。

2. 1 「出口志向の研究開発プロジェクト」

ここでは、社会のニーズに即した成果の還元を重視し、研究開発成果の還元つまり、実用化並びに産業への応用を出口とする。

具体的には、今後5年から7年の間に研究開発の成果を実用に繋げることを目指して、第4期基本計画において国の重点施策として定められているグリーンイノベーションの推進及び豊かで質の高い国民生活の実現に資する航空科学技術の研究開発を行う。その中でも、独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針（平成22年12月7日閣議決定）を踏まえ、特に、「環境」及び「安全」に係る研究開発に重点化する。なお、東日本大震災を踏まえた今後の対応については、防災関係機関の検討を踏まえた取組に、最大限協力することは言うまでもなく、防災関係機関と積極的に連携して検討した上で、必要となる研究開発を推進して行くことが重要である。

2. 1. 1 環境負荷低減に資する研究開発

世界最先端の低炭素社会の実現に向けて、環境・エネルギー技術の一層の革新を促す研究開発の推進が求められている。さらに、航空機の環境性能向上技術は、航空機産業の国際競争力に直結する差別化技術である。

そのため、本研究開発では、国が先導して高性能化・差別化に係る技術を開発し、民間に技術移転することによって、世界最先端の低炭素化社会を実現するとともに、航空機産業の国際競争力強化を図ることを目的とする。

具体的には、航空輸送におけるエネルギー利用の高効率化及びスマート化を図るため、機体の軽量化に資する炭素繊維複合材に係る研究開発や排出ガスの少ないエンジンの研究開発等を中心とする。

さらに、将来、増大する航空需要に対応する際に問題となることが予想される騒音問題を緩和するため、現行及び次世代の航空機の騒音低減に資する研究開発についても推進して行く必要がある。

【研究開発課題の例】

- ①複合材を用いた機体軽量化に係る研究開発
- ②低環境負荷エンジンに係る研究開発
- ③航空機の低騒音化に資する研究開発

2. 1. 2 航空の安全性向上に資する研究開発

2. 1. 2. 1 機体の安全確保

航空機事故はひとたび起こると多くの人命が失われる可能性があることから、航空輸送において最も重要視されるものは安全であると言える。

本研究開発では、航空機の設計における安全性の向上や機体の検査、補修技術の向上等を目的とする。

従来から実施されている、胴体着陸時や異物が機体に衝突した場合の機体への影響評価に係る研究は重要である。

さらに、近年は、機体の軽量化を目的として、炭素繊維複合材を用いた航空機の開発が盛んに行われているところである。しかしながら、炭素繊維複合材についてはその素材の特性から検査及び補修に多大な労力を要する。また、長期間運用される機体の健全性維持のためには、経年変化を把握し整備するために多くの時間を割いている

そのため、こうした新しい素材を用いた航空機および機体の健全性維持の検査技術、補修技術の高度化は、航空機の更なる安全確保の観点から、特に重点化すべきである。

【研究開発課題の例】

- ① 異物衝突、胴体着陸等による機体への影響評価技術の高度化
- ② 機体検査、補修技術の高度化に資する研究開発

2. 1. 2. 2 運航の安全確保

巡航時や進入時に乱気流等の影響を受け、機体が大きく動揺した場合、多数の負傷者等が発生する可能性がある。そのため、運航時における乱気流の予測・回避技術等の確立が強く求められている。

本研究開発では、航空機の運航における安全性の向上を目的とする。具体的には、晴天乱気流を検知するシステムや後方乱気流の影響に係る評価に係る研究開発、乗員操作技術向上に資する研究開発等を重点化する。

さらに、東日本大震災のような大規模災害発生時には、日本全国から多数の航空機が被災地に集結することにより、離着陸や給油・整備が集中し、順番待ちのための待機時間が増大するほか、空中衝突の危険性が増大することとなる。そのため、各災害救援機に最適な飛行計画を割り当てる情報共有ネットワークの構築にむけて、防災機関と協調して研究開発を実施していく必要がある。

【研究開発課題の例】

- ① 乱気流予測・検知技術に係る研究開発
- ② 乗員操作技術向上に資する研究開発
- ③ 災害救援機運用の安全性向上に資する研究開発

2. 2 「戦略的な基礎・基盤研究」

2. 2. 1 独創的で多様な基礎研究の強化

ここでは、国力の源泉となる独創的な技術への挑戦を重視する。そのため、先行的な研究開発を実施することにより、社会に飛躍的な変革をもたらす航空輸送ブレークスルー技術の実現性を示すことを目標とする。先行的という点で、大学における自由な発想に基づく研究の成果も踏まえながら、長期的な観点から研究開発を着実に推進する。

特に、今後、世界的な原油の需要の高まりが予想されており、温室効果ガスの排出低減のみならず、航空機の安定的な運航のためにも、電気を用いた推進系の開発やバイオ燃料や水素燃料といった従来の化石燃料以外の燃料を用いた航空エンジンの利用拡大に向けて、研究開発を行う必要がある。

また、将来、世界的に航空交通需要の増加が予想される中、我が国においても、長期的な航空交通量の増加が見込まれている。そのため、混雑空域においても安全かつ効率的な運航が可能となるシステムの研究を推進する必要がある。

【研究開発課題の例】

- ① 電気推進航空機技術に係る研究開発
- ② 水素エンジンに係る研究開発
- ③ 更なる運航の安全性、効率性等の向上に資するシステムの研究開発

2. 2. 2 航空科学技術共通基盤の充実、強化

我が国の航空科学技術は、数値流体力学（CFD）等の数値シミュレーション技術、や風洞試験にける精密測定技術等の基盤的な技術に支えられており、航空機の国際共同開発においてもコンポーネントメーカーとして確固たる地位を築いてきた。

本研究開発においては、我が国が得意とする基盤技術をさらに発展させ、技術成熟度を高めていくことを目的とする。

具体的には、航空機の高性能化、設計の飛躍的な効率化に貢献する全機設計技術の確立を目指し、空力や構造等多くの分野を統合させた数値シミュレーションを用いたコンピュータ先進設計技術の研究開発を重点的に実施する。また、数値シミュレーション技術の向上に不可欠な、風洞試験の精度向上に資する研究開発を強化する。さらに、我が国全体としての技術基盤の充実を図るため、基盤技術研究開発の成果のデータベース化を着実に進め、産業界へ積極的に技術移転する。

【研究開発課題の例】

- ①数値シミュレーションの向上に資する研究開発
- ②風洞試験の精度向上に資する研究開発

2. 2. 3 先端研究施設及び設備の整備、共用促進

航空機開発には大型であり、かつ高性能・高機能な試験研究設備が不可欠であるが、民間企業において独自にこれらの設備を整備することはリスクが高く困難な状況である。よって、国が責任を持ってこれらの設備を整備・維持運営していくことが、大学や産業界から強く望まれている。

そのため、将来に向けた産業界等のニーズを考慮した大型・高性能試験研究設備の計画的な整備、既存設備の維持、管理を行い、関係機関等との設備共用を促進する。

2. 3 「人材育成」

第4期科学技術基本計画においても、科学技術を担う人材の育成が謳われているところであるが、航空科学技術の分野においても、研究開発の成果を社会に還元するとともに、広く科学技術を担う人材を育成する必要がある。

JAXAは、航空科学技術に体系的に取り組む我が国唯一の基礎・基盤的研究機関であり、その研究開発成果は、航空産業振興、航空安全規制等に活用される。

そのため、人材育成においても航空科学技術に係る研究開発の中核組織として、航空科学技術に係るコンソーシアムの設立や、公募型研究制度の拡充等の産学官の連携強化と航空技術人材の育成に貢献する取組をさらに重点的に推進していくことが重要である。

具体的には、航空技術者を目指す若者等への魅力的で実践的な教育機会を提供するため、既に行っている数値シミュレーションを用いたコンピュータ先進設計技術を活用した大学講義等、最先端の技術に接する機会の提供や大学等への講師の派遣、学生の受入れ等を実施すべきである。

原子力科学技術委員会

原子力科学技術の推進方策について

目次

1. 基本的考え方
 - (1) 推進方策の目的・位置付け
 - (2) 課題領域と検討の視点
2. 政策の方向性を踏まえながら検討を要する課題
 - 高速増殖炉サイクル技術の開発
 - 使用済燃料再処理技術の開発
3. 原子力科学技術を支える施策
 - (1) 原子力に関する基礎的・基盤的研究の推進
 - (2) 原子力人材の育成
 - (3) 原子力と社会との関係・コミュニケーションの深化
4. 我が国の重要課題達成に向けた当面の重点的取組
 - <課題領域①「震災からの復興、再生の実現」>
 - 放射性物質の分布状況等の調査
 - 放射性物質による汚染からの環境回復に関する技術の開発・実証
 - 原子力発電所事故収束に向けた中長期課題への対応
 - 原子力施設の廃止措置技術の開発
 - <課題領域②「環境・エネルギー」(グリーン・イノベーション)>
 - 核融合研究開発
 - 高温ガス炉研究開発
 - <課題領域③「医療・健康・介護」(ライフ・イノベーション)>
 - 放射線影響に対する住民等健康調査
 - 放射線被ばく医療研究
 - 放射線の医学的利用
 - <課題領域④「安全かつ豊かで質の高い国民生活」>
 - 原子力安全研究の推進
 - 原子力防災に係る研究開発
 - 放射性廃棄物の処理・処分
 - <課題領域⑤「科学技術基盤」>
 - 原子力利用に係る技術基盤の維持・強化
 - 量子ビームテクノロジー研究開発・利用促進
 - <課題領域⑥「国際的取組」>
 - 事故後の海外諸国や国際機関との連携・協力
 - 保障措置、核不拡散、核セキュリティに関する研究開発

1. 基本的考え方

(1) 推進方策の目的・位置付け

我が国の原子力の研究開発は、原子力基本法の定めるところに従い、原子力委員会が決定した「原子力政策大綱（平成17年10月）」とともに、第3期科学技術基本計画の下で総合科学技術会議が策定した「エネルギー分野の分野別推進戦略」や、エネルギー政策基本法に基づく「エネルギー基本計画」等も踏まえながら進められてきた。

一方、平成23年8月に策定された「第4期科学技術基本計画（以下、「第4期基本計画」という。）」において、これまでの重点推進4分野及び推進4分野に基づく研究開発の重点化から、重要課題の達成に向けた施策の重点化へ方針を大きく変換されたことを踏まえ、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会の下に置かれた各委員会は、第4期基本計画で示された重要課題の達成に向けた研究開発等の推進方策をとりまとめることが求められている。

しかしながら、平成23年3月11日に発生した東日本大震災、特に東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえ、原子力の研究開発を含む今後の原子力の在り方については、政府で全体的なエネルギー政策の検討が進められる中で、その位置づけが行われることとなり、平成24年夏のとりまとめに向けて、原子力委員会において「新原子力政策大綱」の策定に向けた検討が再開されるとともに、エネルギー・環境会議において「革新的エネルギー・環境戦略」策定に向けた検討が進められている。

このような状況から、第4期基本計画においても、高速増殖炉サイクル技術等の原子力に関する技術の研究開発については、我が国のエネルギー政策や原子力政策の方向性を見据えつつ実施することとされ、また核融合の研究開発については、エネルギー政策や原子力政策における位置づけに留意しつつ同時にその技術の特性、研究開発の段階、国際約束等を踏まえながら推進することとされている。

一方、東日本大震災復興構想会議等において、東京電力福島第一原子力発電所事故の早期収束とともに、放射性物質による環境汚染に対する不安の解消に向けて、今回の事故についての科学的な検証等とともに、緊急に解決すべき技術課題への取組の加速、強化が求められている。さらに、第4期基本計画においても、今回の事故を踏まえ、科学技術の現状と可能性、その潜在的なリスク等についての情報を迅速かつ十分に国民に提供していくことや、多層的かつ双方向のリスクコミュニケーション活動等の促進の必要性が指摘されている。また、東日本大震災後も、我が国の原子力技術に高い関心を示している国もあり、事故を経験した国としての国際協力の在り方についても検討していくことが必要である。

このような事情を踏まえ、本推進方策では、東日本大震災からの復興・再生、そしてこれまで以上に「社会のための、社会の中の科学技術」という観点に立って、第4期基本計画期間（平成23～27年度）のうち当面の間（1～2年程度）重点的に取り組むべき課題と、政策の方向性を踏まえながら検討を要する課題に分けて、それぞれの所要の方策を提示することとし、それ以降の方策については、政策の方向性を踏まえながら引き続き検討を進めることとする。

(2) 課題領域と検討の視点

第4期基本計画で示された重要課題の達成に向けた研究開発等の推進方策の検討に当たり、「研究計画・評価分科会における審議事項について」（平成23年7月21日一部修正 研究計画・評価分科会決定）において、「環境・エネルギー」、「医療・健康・介護」、「安全かつ豊かで質の高い国民生活」、「科学技術基盤」の4つの課題領域が示されるとともに、また、第4期基本計画（平成23年8月19日閣議決定）では、東日本大震災を踏まえて、「震災からの復興、再生の実現」が主要な柱として位置づけられたところである。

このため、本推進方策においても、東日本大震災、特に東京電力福島第一原子力発電所事故からの早期復旧・復興を成し遂げていくことが目下の最重要課題であるとの認識の下、原子力科学技術は、将来にわたる持続的な成長と社会の発展、また、安全かつ安心な国民生活の実現を目指す中で、我が国の存立基盤である国家安全保障や基幹技術を成すものの一つであるとの考えに立ち、その役割と貢献について示していく必要がある。

さらには、「平成24年度原子力関係経費の見積りに関する基本方針」（平成23年7月19日 原子力委員会決定）の中でも指摘されているように、原子力安全に係る国際的取組に率先して貢献していくことも重要である。

以上を踏まえ、本推進方策においては、原子力科学技術において、当面の間、重要と考えられる課題領域を、

- ①震災からの復興、再生の実現
- ②環境・エネルギー（グリーン・イノベーション）
- ③医療・健康・介護（ライフ・イノベーション）
- ④安全かつ豊かで質の高い国民生活
- ⑤科学技術基盤
- ⑥国際的取組

に大別し、上記6つの課題領域において、重点的に取り組むべき研究開発課題と方策を示した。なお、総合科学技術である原子力科学技術は、貢献し得る課題領域が多岐にかつ広範囲に及び、また、個々の取組施策は相互に関係するが、各施策は最も関係の強い課題領域に分類することとした。

また、上記6つの課題領域における各推進方策の検討にあたっては、以下の点に留意しつつ課題等を整理した。

- (a) 東京電力福島第一原子力発電所事故の収束・検証、被災地の復興支援に係るものとして、重点的に推進すべきもの。
- (b) 原子力安全確保の観点から取り組むべきもの。
- (c) 国際競争力や技術基盤の維持等の観点から、継続しないと国益を損ねると考えられるもの。
- (d) 国際約束に基づくものや国際社会において責任をもって取り組むべきもの。
- (e) オールジャパンの一員として、府省間連携、産学官連携等により、一体となって文部科学省が取り組むべきもの。

- (f) 必要な人材の投入・確保と、活動拠点の形成・増強に向けて取り組むべきもの。
- (g) 課題解決のため学際研究・分野間連携に取り組むべきもの。
- (h) 社会・地域との共生に取り組むべきもの。

2. 政策の方向性を踏まえながら検討を要する課題

エネルギー資源の乏しい我が国において、エネルギー安定供給の確保は常に重要な課題である。このような背景から、我が国は長期的なエネルギーの安定供給や放射性廃棄物の低減に貢献する高速増殖炉サイクルの研究開発を行ってきたところである。

しかしながら、前述の通り、平成23年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故を受け、我が国の今後の原子力政策を含むエネルギー政策については、現在、エネルギー・環境会議等において、平成24年夏のとりまとめに向けて、議論が進められているところである。

このため、特に以下の施策については、上記議論の結果を踏まえながら、検討を進める必要がある。

○高速増殖炉サイクル技術の開発

高速増殖炉サイクル技術については、原子力政策大綱等を踏まえ、長期的なエネルギー安定供給や放射性廃棄物の潜在的有害度の低減に貢献できる可能性を有するとして、研究開発を推進してきた。具体的には、高速増殖炉サイクル技術の研究開発の場の中核として位置付けられている「もんじゅ」の成果等を反映しつつ、将来の実用化を目指すとしている。

今回の事故を踏まえ、地震や津波に対してどのくらい安全性に余裕があるのかを徹底的に検証して国民に説明するとともに、国民の信頼が得られるようシビアアクシデント対策等に全力を挙げて取り組むことが重要である。また、当面の研究開発については、「革新的エネルギー・環境戦略」策定に向けた中間的な整理において、核燃料サイクル政策を含め原子力政策の徹底検証を行い、新たな姿を追求することになっていることを踏まえ、その議論の方向性を見据えつつ実施する必要がある。

○使用済燃料再処理技術の開発

民間事業者における軽水炉使用済燃料の再処理を技術的に支援するため、民間事業者が直面した技術的課題を克服するための研究開発を行うことが重要である。

具体的には、日本原子力研究開発機構における高レベル放射性廃液をガラス固化する技術の高度化等の技術開発のほか、民間事業者への人的支援を含む技術的協力を実施しており、民間事業者による再処理技術の着実な定着を目指すこととしている。

なお、「革新的エネルギー・環境戦略」策定に向けた中間的な整理において、バックエンド問題を含め原子力政策の徹底検証を行い、新たな姿を追求することになっているため、その議論の方向性を踏まえながら実施する必要がある。

3. 原子力科学技術を支える施策

(1) 原子力に関する基礎的・基盤的研究の推進

原子力の基礎的・基盤的研究開発は、原子力利用に係る技術基盤及び基盤施設を高い水準に維持するとともに、新たな知見や技術を創出し、また、原子力を支える人材育成に資するなど、我が国における原子力の利用と安全を支えるものとして重要である。

また、東京電力福島第一原子力発電所の事故を受けて、

- ・安全研究との連携
- ・自然科学者と人文・社会学者との連携
- ・課題解決のための学際研究や分野間連携
- ・社会への発信や対話に関する研究
- ・極めて高度かつ複雑な技術システムに事故あるいはトラブルが発生した場合の国としての対応や人々の生活の安全に資する研究

等、多角的アプローチからの複合的連携研究への取組が求められていることを踏まえ、平成20年度に創設された「原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブ」等公募型の事業を通じて、このような新たな課題に対する研究の裾野を広げながら、効率的・効果的に基礎的・基盤的研究の充実を図っていくことが必要である。

(2) 原子力人材の育成

原子力人材の育成については、これまで各高等専門学校や大学等における原子力教育研究活動の高度化や国際化などの取組に対する支援が行われてきたところである。

東京電力福島第一原子力発電所の事故を受け、原子力安全に係る関心が国内はもとより、国際的にも高まっている。一方、学生や若手研究者が原子力の将来性に疑問を抱き、原子力離れに更に拍車をかけるのではないかとの懸念も指摘される場所である。しかしながら、原子力人材の育成は、原子力の安全を確保する上で基盤となるものであり、今回の事故の教訓や国際的な議論の状況等を踏まえながら、原子力の安全や危機管理に係る専門家、原子力を志望する学生・若手研究者等の原子力人材の育成を、従来に増して強化していく必要がある。

人材育成の効果が発揮されるまでには時間を要することから、これら人材育成の取組みをスピーディかつ積極的に実施していくことが重要である。また、学生や若手研究者の育成にあたっては、基礎学力が定着するようなカリキュラムの在り方についても検討が必要である。

さらに、これら活動を進めるに当たっては、平成22年11月に設立された我が国の産学官の原子力関連機関が参画する「原子力人材育成ネットワーク」を活用した幅広い連携を更に進めていくなど、我が国一体となった取組を実施していくとともに、海外の関係機関との連携も進めていくことが重要である。

(3) 原子力と社会との関係・コミュニケーションの深化

東京電力福島第一原子力発電所事故を受け、原子力や環境中の放射線に対する国民の不安の高まりとともに、今後の原子力を含むエネルギー政策の在り方についての国民的議論が展開される中、放射線や原子力に関する科学的知見や潜在的リスク、エネルギー政策の中での原子力発電の位置付け等に関し、国民と政府、事業者、専門家間とのコミュニケーションを深化させていくことが重要である。

特に事業者は、これまでのステークホルダー・インボルブメントの取組を反省し、責任をもって取り組むことが重要である。また、大学や研究機関の専門家による国民との双方向のコミュニケーション活動の普及、定着を図っていくことが必要である。さらには、避難住民等への相談窓口対応など、現地のニーズに即した、きめ細かな取組みを継続していくことが重要である。

原子力や放射線に関する教育に関しても、新学習指導要領改訂により、平成24年度から中学校理科において「放射線」が加わるなど、青少年における放射線教育の位置付けはその重要性を増しており、効果的な授業展開がなされるよう、教員や実習資機材整備への支援の充実が重要である。また、社会とのコミュニケーションのインターフェースとなる専門家を育成することも必要である。

4. 我が国の重要課題達成に向けた当面の重点的取組

<課題領域① 「震災からの復興、再生の実現」> **視点(a) (e) (g)**

第4期基本計画では、被災地の産業の復興、再生、さらには成長の実現に向けて、「汚染された土壌や水質等の調査及び改善改良、海洋生態系の回復、生産性の向上、農林水産物の安全性の向上等に関する研究開発を推進するとともに、その成果の利用、活用を促進する。」とされている。また、被災地における安全な生活の実現に向けて、「周辺地域及び全国における放射線モニタリングを強化するとともに、こうした情報を国内外に正確かつ迅速に発信する。さらに、国際社会からの協力も得て、汚染された土壌、水等の除染、放射性廃棄物（放射性物質に汚染されたあるいは汚染されたおそれがある廃棄物）の処理、処分等に関する取組を推進する。」とされている。

現在、政府と東京電力は「東京電力福島第一原子力発電所事故の収束・検証に関する当面の取組のロードマップ」及び「原子力被災者への対応に関する当面の取組のロードマップ」における中長期的課題に着実に取り組んでいる。

このため、東京電力福島第一原子力発電所の事故により生じた放射性物質による汚染に対する不安の1日でも早い解消と、また事故の早期収束に向けて、必要な技術の開発や実証に関する取組を先行して推進していくことが必要である。

なお、第4期基本計画では、被災地における安全な生活の実現に向けて、「人々の健康不安を解消し、精神的な安定を確保するため、被災地の人々を対象とする長期間の健康調査と分析、心理学や精神医学等に基づく診断、治療、研究等を強化する。」とされており、被災者の健康不安解消の観点から様々な研究開発を進めることも重要であるが、これらに係る重要課題については、<課題領域③ 医療・健康・介護>において記載することとする。

○放射性物質の分布状況等の調査

今後の警戒区域、計画的避難区域等の見直しや、放射性物質による環境影響の把握、住民の健康管理や適切な除染対策等に必要な情報として、福島県内を中心とした詳細な放射性物質の影響の把握が求められている。

このため、東京電力福島第一原子力発電所事故に伴う陸域土壌等における放射性物質の沈着量等について、広範囲な分布状況を詳細かつ精緻に調査し、今後の経時変化を追うこと等により、将来に向けて、放射性物質の影響を把握できるようにすることが必要である。

また、関係省庁、自治体及び事業者が行っている放射線モニタリングの調整等を行うモニタリング調整会議で定める方針に基づき、文部科学省としても東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえた放射線モニタリングを、様々な科学的知見等を活用し、確実かつ計画的に実施していくことが重要である。

○放射性物質による汚染からの環境回復に関する技術の開発・実証

放射性物質の除去については、現在、主に表面削土、高圧洗浄等の物理的手

法が用いられているが、様々な対象物を含む広範囲な地域を二次廃棄物の発生を抑えつつ、より効果的、効率的かつ安全に除染することができる技術の確立が求められている。

このため、国内外の叡智や他分野におけるこれまでの知見を活かしつつ、研究室レベルでの放射性物質の動態挙動に関する化学的解明や除染技術の研究開発を加速させるとともに、実験室レベルで一定の成果が得られた技術についてはフィールドレベルでの実証実験や、大規模な事業展開に向けた実用化のための研究開発を促進することが必要であり、農林水産省をはじめ関係省庁や自治体と連携しながら取り組んでいくことが重要である。

また、環境修復の結果として生じる放射性物質を含む廃棄物の管理・処理についても、より効果的・効率的かつ地域に受け入れ可能な技術や手法の開発・確立が急務である。

なお、技術の開発や実証に当たっては、被災した広範な地域コミュニティの様々なニーズや要望、環境修復に当たって直面する様々な問題をきめ細かく捉えながら進めることが重要である。

○原子力発電所事故収束に向けた中長期的課題への対応

東京電力福島第一原子力発電所事故の収束に向けて、安定した炉心冷却システムを構築し、安全な停止状態を継続できるようにする努力が行われているが、これが達成された後には、使用済み燃料を取り出し、ロードマップに従いながら、廃止措置に向けて必要な措置が講じられる予定である。

現在、原子力委員会の下に設置された中長期措置検討専門部会において、国内外の叡智や他分野におけるこれまでの知見を活かしながら、このような東京電力の取組の着実な進展を促すために必要な技術開発課題が検討されているところであるが、今後はその取りまとめに従って新たな技術の開発・確立が必要である。

○原子力施設の廃止措置技術の開発

東京電力福島第一原子力発電所においては、大量の放射性廃液の処理、この処理に伴って発生する大量の放射性廃棄物の管理及び廃棄体化処理、構内の汚染設備・建物・土壌や災害廃棄物の処理、使用済燃料の運び出しや損傷燃料の取り出し、発電所施設の解体などの廃止措置等を着実に進めていけるよう、国内外の叡智や他分野におけるこれまでの知見を活かしながら、必要な技術開発や基盤データの整備等を進めていくことが必要である。

＜課題領域② 環境・エネルギー＞ **視点(c) (d) (e)**

第4期基本計画では、安定的なエネルギー供給と低炭素化の実現に向けて、「原子力に関する研究開発等については、東京電力福島第一原子力発電所の事故の検証を踏まえるとともに、今後の我が国のエネルギー政策や原子力政策の方向性を見据えつつ実施する。ただし、原子力に係る安全及び防災研究、放射線モニタリング、放射性廃棄物や汚染水の除染や処理、処分等に関する研究開発等の取組は、これを強化する。」とされている。また、「核融合の研究開発については、エネルギー政策や原子力政策と整合性を図りつつ、同時に、その技術の特性、研究開発の段階、国際約束等を踏まえ、これを推進する。」とされている。

我が国においては、将来においてエネルギーを長期的・安定的に確保するとともに環境問題を克服する可能性を有する核融合の研究開発や、資源有効利用性、経済性、安全性、エネルギー効率性等に優れた高温ガス炉の研究を推進し、世界をリードする成果を挙げており、これらを引き続き推進していくことが必要である。

また、既設の原発に係る安全性の確保等に関係する重要課題については、＜課題領域④ 安全かつ豊かで質の高い国民生活＞において記載することとする。

○核融合研究開発

核融合エネルギーは、将来においてエネルギーを長期的・安定的に確保するとともに、環境問題を克服する可能性を有している。また、安全性等の観点で優れた特性も有しており、その実現は人類共通の課題である。現在、国際約束であるITER（国際熱核融合実験炉）計画やBA（幅広いアプローチ）活動に加え、国内の重要施策として、トカマク方式、ヘリカル方式、レーザー方式及び炉工学の推進を図っているところである。ITER計画をはじめこれらの核融合研究開発については、長期的視野に立って、安全性の確保が何よりも重要との認識の下、安全性の研究をさらに深めつつ、引き続きこれらの核融合研究開発を着実に推進していく必要がある。

（国際約束に基づくITER計画等の推進について）

ITER計画は世界7極（日米欧露中韓印）により進められている、核融合エネルギーの実現に必要不可欠な国際共同プロジェクトであり、今般の東日本大震災後のスケジュールの遅れを最小化し、ITERの建設ができるだけ早期に実現するよう、我が国が分担する調達活動等を積極的に行う必要がある。

また、BA活動は、ITER計画を補完・支援する日欧協力による重要プロジェクトであり、ITER計画の進捗を踏まえつつ、確実に取組を進める必要がある。

（重点化計画における推進4分野について）

・トカマク（トカマク国内重点化装置計画）

高ベータ定常運転（※1）を可能にする日本原子力研究開発機構のJT-60SA計画については、BA活動におけるサテライト・トカマクの進捗を踏まえて、

また、安全の確保に最大限の注意を払いつつ、解体・改修を進めていくべきである。

・ LHD（大型ヘリカル装置）計画

核融合科学研究所のLHD計画では、プラズマに関わる学理の構築を行っている。今後、より臨界プラズマ条件（※2）に近い高性能の定常プラズマを実現するために、重水素実験に向けた準備を着実にを行うとともに、プラズマに関する学術研究の中核拠点として大学等との共同研究を引き続き推進していくべきである。

・ レーザー方式

レーザー核融合については、現在、大阪大学レーザーエネルギー学研究センターを中心として高速点火方式による第1期の実証実験（FIREX I）が進められているが、次段階への移行判断のため、核融合点火温度（5千万℃-1億℃）の達成等の研究成果を確実にあげることが重要である。

・ 炉工学

炉工学については、ITER計画及びBA活動との連携を図りながら、日本原子力研究開発機構における炉工学技術開発や、大学等における幅広い基礎研究を総合的に推進することにより、炉工学技術の基盤の形成を着実に図るべきである。
※1：ベータ値（プラズマ圧力/磁場圧力）が高い状態での連続運転で、高ベータ化は、核融合炉の経済性を高める上で、必要不可欠な要素となる。
※2：プラズマイオンが同数の重水素と三重水素で構成される時に、プラズマに注入したパワーと等しいパワーが核融合反応で発生する条件。

○高温ガス炉研究開発

高温ガス炉は、熱需要に応えることができ、地球環境問題の解決に貢献するとともに、自己制御性に優れるという安全上の特徴から、途上国等の原子力新興国における原子力利用に適しているといわれている。日本原子力研究開発機構が開発してきた技術は世界的にも注目されており、高温ガス炉技術の研究開発に着実に取り組むことが重要である。

＜課題領域③ 医療・健康・介護＞ 視点(a) (c) (e) (g)

第4期基本計画では、被災地における安全な生活の実現のため、「東京電力福島第一原子力発電所の事故に関連した懸念など、人々の健康不安を解消し、精神的な安定を確保するため、被災地の人々を対象とする長期間の健康調査」を強化することとされている。

また、新しい早期診断法の開発に向けて、「早期診断に資する微量物質の同定技術等の新たな検出法と検出機器の開発、新たなマーカーの探索や同定など、精度の高い早期診断技術の開発を推進する。」とされており、さらに、安全で有効性の高い治療の実現に向けて、「放射線治療機器、ロボット手術機器等の新しい治療機器の開発、内視鏡と治療薬の融合など診断と治療を融合させる薬剤や機器の開発、更に遠隔診断、遠隔治療技術の開発、それを支援する画像情報処理技術の開発を進める。」とされている。

東京電力福島第一原子力発電所事故に伴って、放出された放射性物質の拡散による地元住民等への健康影響のおそれと、住民等の心理的不安が発生している。これに対して、長期的に取り組むとともに、放射線と健康リスクに関する専門家会合を開催するなど国内外の叡智を結集し、住民等の健康影響の防止、不安解消を図っていくことが重要である。

また、世界最高の放射線医療を提供できる体制と、先進医療機器を用いた診断、治療実現に向けての取組がより一層重要となる。

○放射線影響に対する住民等健康調査

福島県では、原子力災害による放射線の影響を踏まえ、将来にわたる福島県民の健康管理を目的として、福島県立医科大学を中心に、「県民健康管理調査」を実施しており、文部科学省としてもこれに協力をしていくことが重要である。これに加えて、事故の復旧作業員等に対しても放射線による健康影響調査を長期間実施することで、将来にわたる住民等の健康影響の防止、不安解消に資することが望まれる。

○放射線被ばく医療研究

・放射線安全研究

放射線の生物影響、環境影響及び医学的利用に関する研究基盤を最大限に活用し、今回の事故を通じて得られた教訓を生かしながら、安全規制の科学的合理性を高めるために利用可能な知見を蓄積することが重要である。

特に、合理的な防護基準策定のための小児をはじめとした放射線感受性の定量的評価に関する研究や、低線量・低線量率長期被ばくの影響解明に向けた研究、放射線リスク低減化に向けた取組の強化が必要である。加えて、放射線安全に対する社会的理解の増進に有効なリスクコミュニケーションを実践することが重要である。

なお、これらの分野を支える人材育成についても重要な課題である。

- ・緊急被ばく医療研究

今回の事故を踏まえ、放射線被ばく事故や原子力災害の発生に適切に備えるため、緊急被ばく医療についての専門的な診断と治療に関する医療技術を向上することが重要である。

このため、外傷又は熱傷を伴う放射線障害（複合障害）に対する線量評価や基礎研究を総合的に実施することが重要である。加えて、国内の緊急被ばく医療体制の更なる整備を行うとともに、アジア諸国を中心とした国際的なネットワークの構築を図ることが必要である。

なお、これらの分野を支える人材育成についても重要な課題である。

○放射線の医学的利用

- ・重粒子線を用いたがん治療研究

重粒子線がん治療は、臓器の別、がんの悪性度を問わず良好な治療成績をあげ、副作用が極めて少なく低侵襲で患者への負担も少ない治療法であり、より多くの患者に最適な治療を提供するため、治療の標準化や適応の拡大を目指すことが重要である。

このため、新たな照射技術の着実な臨床応用に取り組むとともに、照射が困難な部位の治療を可能とする照射法（小型回転ガントリー方式）の実用化や、画像診断技術を重粒子線がん治療に融合し、腫瘍の位置や経時変化に即時に対応できる治療技術の開発とその実用化に取り組む必要がある。

- ・分子イメージング技術を用いた疾患診断研究

生命現象及びその異常を分子レベルで非侵襲的に画像化する分子イメージング技術は、放射線の医学的利用分野において近年めざましい発展を遂げ、疾病の早期診断や効率的な創薬を実現可能にする重要な分野である。

このため、これまでに得られた研究成果を着実に臨床研究に発展させていく必要がある。

＜課題領域④ 安全かつ豊かで質の高い国民生活＞ 視点(a) (b) (e) (h)

第4期基本計画では、生活の安全性と利便性の向上に向けて、「自然災害をはじめとする様々な災害等から、人々の生活の安全を守るため、地震、火山、津波、高波・高潮、風水害、土砂災害等に関する調査観測や予測、防災、減災に関する研究開発を推進する」とされるとともに、「人の健康保護や生態系の保全に向けて、大気、水、土壌における環境汚染物質の有害性やリスクの評価、その管理及び対策に関する研究を推進する。」とされている。

このため、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえて、原子力の安全確保に必要な技術基盤の強化を図るとともに、原子力防災や廃棄物処分に関する研究を着実に推進する。

○原子力安全研究の推進

原子力の研究、開発及び利用に当たっては、安全の確保が何よりも最優先かつ最重要な課題であり、安全確保に必要な技術基盤を高い水準に維持していくことが求められる。このため、シビアアクシデントを想定した緊急時への準備の充実、低頻度高影響の外的事象（地震、津波、爆発等）への対応、シビアアクシデント対策強化のための研究などを強化すべきである。その際、国際協力による推進を強化し、その成果が、IAEAにおける安全基準の策定など世界の原子力安全につながるよう取り組むべきである。

例えば、米国ではTMI-2事故（1979年）の収束後、各国による事故進展解析とその比較（報告書：1991年8月）や採取した熔融燃料サンプルの国際共同分析がOECD/NEA TMI-2-VIP（Reactor Pressure Investigation Project、1988年1月～1993年3月）として実施され、世界の原子力安全に大いに寄与している。

安全対策の高度化は喫緊の重要課題であり、国際的に高い評価が得られている我が国の安全対策に対する実験技術を活用し、安全対策の高度化に有用な技術開発を推進するとともに、既存原子力施設の安全性の向上など安全技術基盤の強化を図ることが重要である。

・安全対策の高度化に有用な技術開発

シビアアクシデントの発生防止及び影響緩和のために、炉心冷却に関する新たなアクシデントマネジメント策や安全機器の導入、フィルターベントなどの新たな影響緩和技術の導入が検討されている。安全対策を効率的に高度化するには、装置・機器等の開発に加えて、事故進展評価技術の高度化及びそのための実験的研究に関して有効性を確認しつつ進めることが重要となる。

・既存原子力施設の安全性向上

核燃料サイクル施設等を含めた多様な既存原子力施設の安全性を向上するためには、施設固有のリスクの種類や大きさを明確にし、施設の特徴を踏まえた安全管理活動を適切に実施して、安全性を向上しつつ高いレベルで保つ必要がある。このため、リスク評価技術の高度化及びリスク評価技術の活用に関する研究は、

リスク情報を有効に活用して安全性を効率的に向上できるため重要である。また、原子力施設を多様な状態に置いて安全性に影響する現象について適切に研究を実施し、最新の知見やデータを反映した評価に基づいて着実な安全性の向上を図ることが必要である。加えて、こうした活動が継続的に実施できる体制を整備することが重要である。

○原子力防災に係る研究開発

原子力施設等の災害に対する対応基盤の維持・強化に対する取組は重要であり、今回の事故を通じて得られた教訓を生かしながら、環境モニタリング、原子力防災に関する調査、研究開発を着実に進めることが必要である。

特に、柏崎刈羽での地震時に基準地震動の最大加速度の数倍を記録し、今回の地震でも30%程度超えたこと、津波は設計基準高さを大幅に超えたことを踏まえれば、「設計基準」の設定の考え方の見直しが必要であり、設計基準を超えるリスクを評価し、PSA（確率論的解析）を活用してリスクの低減を図る研究が重要となる。これらの研究により、実効性の高い防災計画を予め定め、これを最新の知見に基づいて継続的な改善を進めることが可能となる。それらの成果を活用し、放射性核種の放出・移行から人体への影響までを確率論的に扱う環境影響評価（レベル3PSA）を行うことにより、複数プラントの事故や複合災害について、総合的な安全評価を実施することも重要である。

○放射性廃棄物の処理・処分

・研究施設等廃棄物の処分事業の推進

研究機関、大学、医療機関、民間企業等において発生する研究施設等廃棄物の処分については、平成20年6月の独立行政法人日本原子力研究開発機構法の改正により、日本原子力研究開発機構が処分の実施主体として明確に位置付けられ、平成20年12月に策定された「埋設処分業務の実施に関する基本方針」に基づき、平成21年11月、日本原子力研究開発機構が策定した「埋設処分業務の実施に関する計画」が認可されたところである。

引き続き、当該実施計画を踏まえ、国、日本原子力研究開発機構、廃棄物発生事業者等が連携協力して、処分事業を進めていくことが重要である。

・放射性廃棄物処理・処分技術

放射性廃棄物の処理・処分に必要な技術開発は、発生する放射性廃棄物の安全で合理的な処理・処分を実現し、放射性廃棄物量の低減等につながることから、原子力エネルギーの開発・利用の推進の上で重要である。

➤ 放射性廃棄物分析のための技術の開発

今後必要となる原子力施設の廃止措置に伴い、多種・大量の放射性廃棄物の発生が見込まれる。埋設処分する場合、その廃棄物の分析を行い、放射エネルギーを確認する必要があるが、この確認を合理的かつ効率的に実施していくことがコ

スト低減や作業軽減を図る上で重要となる。そのため、これまでに確立されていない比較的放射能濃度の高い放射性廃棄物の分析技術の開発や放射能量測定を簡易・迅速に行う技術の開発を行い、分析技術の合理化・向上を図ることが重要である。

➤ **放射性廃棄物処分に係る安全評価に資する技術開発**

ウラン等の低レベル放射性廃棄物の安全評価手法の確立に資するため、放射性廃棄物を処分した際の廃棄体中の放射性核種がどのように環境中に移行していくかなど、処分時の安全評価解析に関する技術開発を行うことが重要である。

➤ **高レベル放射性廃棄物等の地層処分技術**

高レベル放射性廃棄物等の地層処分は、信頼性のより一層の向上を目指す研究開発を継続的に推進することにより、処分事業を着実に進めるとともに、国による安全規制を支える上で不可欠である。

具体的には、日本原子力研究開発機構を中心として、深地層の研究施設等を活用しながら、深地層の科学的研究、地層処分技術の信頼性向上や安全性評価手法の高度化等に向けた基礎的な研究開発、安全規制のための研究開発を着実に進めており、引き続きこのような技術基盤を整備する。

なお、「革新的エネルギー・環境戦略」策定に向けた中間的な整理において、バックエンド問題を含め原子力政策の徹底検証を行い、新たな姿を追求することになっており、その議論の方向性に留意する必要がある。

＜課題領域⑤ 科学技術基盤＞ 視点(c) (e) (f) (g)

第4期基本計画では、「我が国が国際的な優位性を保持し、安全な国民生活を実現していくため」、「国家存立の基盤に関わる研究開発」を強力に推進するとされており、原子力に関する技術についても、「我が国のエネルギー政策や原子力政策の方向性を見据えつつ、実施する」こととされている。

このため原子力基礎・基盤研究開発は、原子力利用に係る技術基盤を高い水準に維持するとともに、新たな知識や技術を創出し、人材の養成等我が国の原子力の利用と発展を支えるものとして、引き続き取り組んでいくことが重要である。

なお、原子力に係る安全研究については、基礎研究の強化の一つとして進めていくべき重要課題であるが、＜課題領域④ 安全かつ豊かで質の高い国民生活＞において記載することとする。

また、領域横断的な科学技術の強化に向けては、第4期科学技術基本計画で「先端計測及び解析技術等の発展につながるナノテクノロジーや光・量子科学技術、シミュレーションやe-サイエンス等の高度情報通信技術、数理科学、システム科学技術など、複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術に関する研究開発を推進する。」とされている。

量子ビームテクノロジーは、基礎科学から産業利用まで様々な分野に貢献する社会基盤であり、これまでも身近なところで広く利用されているものであるが、一般的認識がまだ十分とは言えない。領域横断的な共通的・基盤的な技術として、研究開発とその利用を促進するとともに、人材育成の推進、放射線利用への理解増進の強化等に、引き続き取り組んでいくことが重要である。

○原子力利用に係る技術基盤の維持・強化

原子力科学技術の推進において技術基盤は磐石なものでなければならず、研究開発を促進させる上で技術基盤を常に維持し強化することは重要である。また、安全基盤の技術の向上及び高度化をはじめ、新たな領域を開拓していくために、技術基盤の構築に資する研究開発は大きな意義を有している。

医療等様々な分野での放射線利用等においても、原子力施設の運転・管理等の技術基盤が不可欠である。とりわけ基礎的、基盤的な重要な役割を担っており、これらの研究活動を行うことのできる大型原子力研究施設は極めて貴重である。なお、高速増殖炉サイクル技術は、「4. 政策の方向性を踏まえながら検討を要する課題」であるが、「もんじゅ」等の高速増殖炉サイクル技術の研究開発により、我が国の貴重な「エネルギー技術基盤」が維持されてきたことに留意が必要である。

他方、我が国における原子力研究施設は老朽化・減少化傾向にある。このことから、特定施設へのユーザー集中化への対応と利用による新たな技術獲得を目指して、原子力施設の高度化を図り、実験等研究利用の向上と施設の継続的な維持・確保のための支援を行っていく必要がある。

○量子ビームテクノロジー研究開発・利用促進

量子ビームテクノロジーは、学術、工業、農業、医療など様々な分野で重要な役割を果たしている領域横断的な共通基盤技術である。引き続き、技術革新及びその利用を推進することにより、新成長戦略に掲げられたグリーン及びライフ・イノベーション創出や社会的課題の克服など、学術の進歩、産業の振興及び人類社会の福祉と国民生活の水準向上に広範囲に貢献していくことが必要である。

・研究基盤施設等の復旧・強化

東日本大震災で甚大な被害を受け、停止している中性子利用実験施設（J-PARC等）については、学術界・産業界から中性子線利用への期待が大きく、早期運転開始を実現し、国際頭脳循環の核となる世界的な研究開発拠点としてその機能を強化していくことが重要である。

・多様な量子ビームを活用した研究開発の促進及び人材の育成・確保

中性子、イオン、電子、R I、放射光・レーザーなど多様な量子ビームは、様々な利活用が可能な共通基盤技術であり、イノベーション創出や社会的課題の解決等を目指し、利用技術の革新や施設・設備の整備・高度化・高経年化対策等を継続的に行っていくことが重要である。

また、研究開発及び利用を支える優れた人材の育成・確保を強化していくことが重要である。

・量子ビームテクノロジーを活用した原子力災害・震災復興への対応

これまで多くの分野で実用化・商品化が進められてきた技術や知識、ノウハウ等を最大限活用し、例えばグラフト重合技術で作成したセシウム捕集材を活用した放射能汚染除去等の技術開発など、今般の原子力災害や震災復興に広く貢献していくことが重要である。

・理解増進・広報活動の強化

量子ビームテクノロジーは、基礎科学から産業応用まで幅広い分野で利用され、日常生活にも広く活かされているにも関わらず、社会的な理解が十分とは言えない状況を踏まえ、産業界を含めた社会への技術情報の提供や理解増進活動を強化することが重要である。

＜課題領域⑥ 国際的取組＞ 視点(c) (d)

○事故後の海外諸国や国際機関との連携・協力

東京電力福島第一原子力発電所の事故後の国際協力に当たっては、原子力政策の在り方についての政府全体での検討及び国際動向を踏まえつつ、この事故に係る知見を人類の共有財産とし、原子力安全に関する国際社会の取組が充実するよう、率先して貢献することが必要である。原子力科学技術に係る国際協力についても、こうした考えのもとに、取組を進めていくべきである。

・原子力システムの研究開発に関する国際協力について

国際原子力エネルギー協力フレームワーク（IFNEC）や第4世代原子力システムの研究開発に関する国際フォーラム（GIF）等の国際枠組を用いた取組においては、福島事故の知見を取り入れつつ、より安全なシステムを実現すべく取り組んでいくべきである。

・アジアにおける原子力分野の協力について

福島事故後も引き続き、近隣アジア諸国を中心に原子力研究開発利用が拡大しており、事故の知見を踏まえた我が国の原子力技術に期待を寄せる国々も少なくない。地理的にも近いアジアでの原子力の平和的で安全な利用を促進すべく、アジア原子力協力フォーラム（FNCA）等を通じ、こうした期待に責任をもって応えていくべきである。

○保障措置、核不拡散、核セキュリティに関する研究開発

原子力の平和利用に関する国際的信頼を得つつ、核不拡散および核セキュリティに関する技術開発や人材養成における国際協力を先導することが重要である。

・着実な保障措置の実施

原子力平和利用の担保は、原子力エネルギー利用の大前提となるものであり、そのための保障措置活動は、今後とも着実に実施すべきである。その際、東京電力福島第一原子力発電所に関連する対応について、今後必要となる技術開発について整理を行いつつ、中長期的な視点に立って対応すべきである。

・核セキュリティの取組強化

平成22年4月の核セキュリティ・サミットにおいて我が国が表明したイニシアティブである核不拡散・核セキュリティ総合支援センターをはじめとした、グローバルな核セキュリティ強化に貢献するための人材育成、技術開発については、米国や国際原子力機関（IAEA）等とも連携しつつ、着実に実施すべきである。

安全・安心科学技術委員会

安全・安心科学技術に関する重要課題について

1. 検討の背景

(1) 第4期科学技術基本計画への対応

本年8月19日に閣議決定された第4期科学技術基本計画では、これまでの重点推進4分野及び推進4分野に基づく研究開発の重点化から、重要課題の達成に向けた施策の重点化へ方針を転換した。また、我が国の将来にわたる成長と社会の発展を実現するための主要な柱として「震災からの復興・再生の実現」、「グリーンイノベーションの推進」、「ライフイノベーションの推進」を位置づけるとともに、その他、国として取り組むべき重要課題の一つとして、「安全、かつ豊かで質の高い国民生活の実現」が掲げられ、第3期に引き続き、国民の「安全・安心」が、科学技術政策の目標とすべき価値観の一つであることが明確に示されている。

文部科学省では、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会において、第4期科学技術基本計画に則り、重要課題への対応に向けた「研究開発方策（仮称）」を取りまとめることとしており、各委員会では、それぞれの所掌に密接に関連するものに関して、その達成に向けた研究開発等の推進方策について検討を行うことが求められている。

(2) 東日本大震災を踏まえた科学技術の見直し

一方、上記のとおり、第4期科学技術基本計画でも触れているが、本年3月11日に発生した東日本大震災は、巨大地震及び大津波、原子力発電所の事故等の大規模広域複合災害として、未曾有の被害をもたらした。

第3期科学技術基本計画では、科学技術が目指すべき大目標の一つとして「安全が誇りとなる国—世界—安全な国・日本の実現」を掲げ、これらの実現に向けて安全・安心な社会の構築に資する科学技術を推進してきたが、今回の震災を契機として、科学技術の可能性と、その潜在的リスクについて、国民は極めて敏感になっていると指摘する声もある。

また、安全・安心科学技術に関する検討を振り返ると、平成18年6月に総合科学技術会議が第3期科学技術基本計画を踏まえ取りまとめた「安全に資する科学技術推進戦略」において、安全に資する科学技術として大規模自然災害、重大事故、各種犯罪などの事態別の推進方策が示され、それぞれの課題について研究開発を推進してきたところであるが、その後、5年を経て、この間の社会構造の変化により新たに顕在化した危機や今回の東日本大震災により明らかになった危機もある。

これらのことを踏まえ、本委員会では、国民の安全・安心を確保するための科学技術に関する重要課題を検討・設定するとともに、改めて、危機

の全体像を見直し、今回の東日本大震災をその中で位置付け、このような大規模複合災害への科学技術による対応のあり方について検討し、その推進方策を取りまとめた。

なお、防災や原子力等の個別分野については、研究計画・評価分科会のそれぞれの担当委員会において推進方策が検討されているところであり、本委員会においては分野横断的な観点に立って検討を行った。

2. 検討の視点

本委員会では、上記の検討に当たり、以下の3つの視点から検討を行なった。

(1) 東日本大震災の検証と東海・東南海・南海地震への対策

今回の大震災は、これまで想定していなかった様々な課題を浮き彫りにした。本委員会では、震災が提起した問題点を検証するとともに、災害対応や復興、再生に向けて、科学技術が果たしていく役割や、検証により判明した教訓や反省を踏まえ、今後30年の間に発生が予想され、今回の災害以上の被害をもたらす可能性が高いと指摘されている東海・東南海・南海地震への対策強化に向けて、安全・安心科学技術をどのように整備していくか検討する。

(2) 安全・安心を担保する社会システム構築への貢献

今回の大震災の結果として、科学技術の有効性に対する疑問と科学技術の危険性への認識が高まり、さらに、国、組織、専門家と呼ばれる科学者や技術者に対する信頼が低下したと指摘する声もある。それらの信頼を回復し、社会を運営する技術として信頼を担保する社会システムを構築していくために必要な安全・安心科学技術について検討する。

(3) 社会や国民の安全・安心に対する意識や対応力の向上

自然災害を完全に防ぐのは難しく、発生した場合に災害の影響をできるだけ抑え、災害による日常生活、経済活動等の中断がない社会の実現を目指すことが重要である。たとえ、被害に見舞われても、そこから再び立ち直ることができる国民の防災・安全に対する意識や対応力をいかに高めていくか検討する。

3. 東日本大震災で明らかになった課題（科学技術関連）

(1) 東日本大震災に関する総合的な調査・検証

今回の大震災では、地震・津波、危機管理、情報通信システム、災害時

の医療、原子力発電所事故への対策等、数々の課題が顕在化するとともに、超高齢化、高齢者・子ども・障害者等の「社会的弱者」の援護等、現在、日本が抱える社会問題を改めて浮き彫りにした。

この大震災が提起した課題の検証は、復興・再生活動とともに、今後の災害に備える観点から重要であり、科学技術の果たし得る役割は、極めて大きい。

現在も災害は継続しており、被害の全体像は明らかになっていないが、今後、災害や環境変化に強い、より安全・安心な社会を構築していくため、震災の状況及び対応、これからの復興過程を体系的かつ科学的に調査・検証し、そこから得られた課題や教訓を踏まえ、東海・東南海・南海地震等の想定災害等を見直し、必要な対策を講じていくことが求められる。

今回の大震災は、未曾有の広域複合災害であり、調査・検証は様々な観点から徹底して実施することが必要である。そのためには自然科学と人文・社会科学双方の多様な専門的知識を結集し、その研究活動や知見を統合して状況認識を統一する枠組みを構築することが必要である。

(2) 今後の大規模災害に向けた取組み

東海・東南海・南海地震等の大規模災害に対して、残念ながら現状ではその被害をゼロにすることはできない。今後は、将来発生が危惧される災害の影響をできるだけ極小化し、人命を守る、災害による経済的成長の中断がない社会の実現を目指すことが重要である。

これまでの防災分野の研究は、居住地域の安全施策、堤防や防波堤の構築など、ハード面での災害低減の対応が主たるものであった。しかし、東日本大震災のような複合的かつ想定を超える規模の災害に対しては、ハード主体の予防的手法や対症療法的なアプローチには限界があるとの認識が高まっている。

また、ハード面の限界が露呈し、市民の平時の備えと瞬時の判断が生死を分けたことが明らかになった今、国民一人ひとりがなすべきことを考え柔軟に行動し、自分で自身のいのちを守る力を持つことが重要である。発生頻度は低いが、一度災害が発生した時には大きな被害が予想されるような要因に対しては、災害が発生した時に適切な対応をとることにより、被害を最小限に留めるための備えを身につけておくことが課題となる。

このため今後は、ハード面に加え、防災・危機管理教育、災害経験の伝承、避難・救急と復旧・復興体制の整備、災害時の情報システム及び医療システムの強化、後述するリスクコミュニケーション等、ソフト面での対策の充実を図り、ハードとソフトが連携した総合的な研究を推進し継続的に見直していくことが必要である。

なお、今回の大震災においては、特に、情報収集、情報共有、情報発信

が大きな課題となった。情報は、我々の社会生活の中で重要な役割を担っており、今回発生した事態を分析、検証し、大規模な危機に的確に対処し、国民の安全・安心を確保するために必要な情報技術について検討することが重要である。

4. 今後取り組むべき当面の課題

(1) 地域社会の安全・安心を担保する総合的なシステムの構築

今回の大震災では、地域の総合的な災害リスク管理の重要性が認識され、地域社会の安全・安心システムの構築に対するニーズが高くなっている。安全・安心科学技術プロジェクト（地域社会分野）の成果や培ったノウハウも活用し、地域が、地域ごとの特徴を活かしつつ、地域のステークホルダー（住民、学校、企業、NPO/NGO等）の参画・協働の下、ソフト面も含めた様々な事態に対応できる総合的な安全・安心システムとはどのようなものか、また、地域の主体形成を含め、これを持続可能な形で構築し他地域へ展開するための方策について検討を行った。

今回の大震災を受け、今後の被災地の復興にあたっては、都市、社会システムが抱える様々な脆弱性を緩和・解消し、自然災害のみならず、人的・複合的な種々の災害や環境変化に対しても、強くしなやかに（robust and resilient）、かつ持続可能（sustainable）な形で対応しうる安全・安心な都市・地域づくりを目指すことが重要である。

被災地の復興及び安全・安心な社会・都市・地域づくりにあたり、ハード、ソフト両面で科学技術が果たす役割は大きく、我が国のみならず国境を越えた科学技術の英知の結集が必要とされる。

さらに、今後我が国が被災地の復興の中で構築していくべき「災害や環境変化に対して強くしなやかな社会」は、国内の他の「潜在リスク地域」はもとより、我が国同様に自然災害等の切迫したリスクに晒されているアジア各国等においても、今後積極的に取り組むべき重要課題として共有しうるものである。

一方、今般の震災を契機に科学技術の可能性と限界、リスクに対して国民は極めて敏感になっているとの指摘もなされており、今後環境変化に強い社会を構築するにあたっては、科学技術的手法によって得られた客観的根拠やデータを地域住民に提示・共有しリスクリテラシーの向上を図るとともに、従前の一方向的な「説得」に基づく合意形成から、双方向のコミュニケーションや熟議を通じた「納得」に基づく合意あるいは政策形成へのプロセスの転換が求められている。

また、持続可能な形で復興及び安全・安心な社会・都市・地域づくりを

進めていくべき主体は、各々の地域であり、市区町村などの自治体であるため、これらの研究開発には自治体の職員や地域のステークホルダーが参画し協働しつつ、専門的知識や研究開発によって得られたデータ等を提供し、また、住民及び政策決定者に対して複数の選択肢や将来予測を提示するとともに、研究開発終了後もその取組みが自律的に継続・発展することが求められている。

さらに、リスクや危機対応に関しては、平常時から活用可能なシステムを整備していくことが重要であり、都市づくり、地域づくりの初期段階からこのような対リスク、対危機システムを自治体、都市機能の一部としてビルトインしておく必要があることから、まさに今取り組むべき喫緊の課題である。

こうした状況を踏まえ、本委員会では、安全・安心な社会の構築に向けて必要とされる多様な知見や経験が統合された複数の研究開発プロジェクトを推進し、これら研究開発を通じて得られた成果を一般化して他地域へと展開するとともに、ネットワークを形成し拡張する等を一体的に展開することを提案する。

なお、当面は今次震災の被災地域を主な対象とする研究開発に重点を置くが、将来的には国内の他の潜在リスク地域への展開・実装拡大を目指すことが重要である。

(想定されるテーマ)

- ・ リアルタイム避難誘導システムの構築
- ・ 住民参加の取組を通じたリスクリテラシーの向上
- ・ 地域のリスクコミュニケーション活動の推進及びリスク評価手法の確立と合意形成
- ・ 大学を核とした地域防災コミュニティの構築
- ・ 計測データに基づくハザードマップの作成及び住民参加型の避難計画の策定
- ・ 災害対策における自治体間の広域連携・情報共有の仕組み作りと法制度面の隘路解消
- ・ 災害、緊急時の医療サービスのロバスト化・レジリエンシー向上と病院配置・医療品配備計画の最適化、自治体連携システムの確立
- ・ 災害時の物流システムのロバスト化・レジリエンシー向上と燃料等資源配置の最適化に向けた土地利用計画の策定
- ・ 高齢者・障害者・子ども等「社会的弱者」援護のための災害警告システムの構築と避難誘導體制及び被災後の心理的ケア体制の整備
- ・ 社会技術の視点による農業・漁業等1次産業のロバスト化

(2) 研究開発成果の社会への実装化

今回の大震災では、これまで積み重ねてきた災害に関する研究開発成果や科学的知見が必ずしも有効に活用されなかった面がある。なぜ活用されなかったのか、今後の改善につなげていくための取り組みについて検討を行った。

今回、研究開発成果が有効に活用されなかった主な理由として、以下のことが考えられる。

- ・ 平常時から科学者とステークホルダー（行政やユーザー機関・コミュニティ等）間でのニーズや技術シーズに関する情報交換、情報共有、コンセンサスの形成等の連携・協働が十分でなかった。
- ・ これまでの研究開発では、個別分野に特化した取組みが多く、問題解決に資する成果を得るといった観点をもって垣根を超えた情報・意見交換のネットワーク、対応方策がとりえなかった。
- ・ 実際に現場で研究開発成果を使うためには、現場への導入経験や実績が必要であるが、これが必ずしも十分でなかった。

今回の震災対応でも見てとれるように、大規模災害への対策や危機管理においては、多職種、あるいは異なる分野の人々が如何に連携を強化して対応できるかが重要である。

実装化といった面からは、国、地方自治体、学校、警察、消防、自衛隊など公的立場の人々と地域住民の連携に加えて、輸送、エネルギー、食品、建築、農林水産業、商業・サービス業など多くのステークホルダーがそれぞれの役割を有効に発揮できるための工夫や参加の容易性を考える必要がある。

災害に関しては、被害予測→状況評価→避難・誘導→被害極小化のための措置→被災民の救助→被災民の支援→被災民の自立促進・復興、といった経過が考えられるが、それぞれの時点で、どのような役割の人々がどのように対応するのが最も有効な手段なのかを考え、それがうまく機能するための方策を考える必要がある。また、思いがけない障害のために考えた手段がうまく機能しなかった場合を想定し、その代替となる方策を臨機応変に組み立てることができるような仕組みを考えておくことも必要である。

そのためには、今回の震災対応でうまく行かなかった点、問題として指摘された点の分析を行い、それらの課題に対してシステムの構築を考え、それを実践的な面から検証し、検証に基づいた修正を行い、システムをより強固なものへと築き上げて行くというPDCAサイクルを確立する必要がある。また、このことについては、横断的な連携強化や継続可能性という要素を十分考慮することが重要である。

研究開発成果を社会へ実装化するためには、多方面のステークホルダーがうまく絡み合うようなシステムづくりが必要である。特に、実践的な面からはこれら多方面のステークホルダーによる意見のフィードバックが重要であり、これがシステムをより実装可能なものへと引き上げる役割を果たす。

一方で、今回の震災では、国内レベルで潜在的な工学技術を持ちながら、実装の面で未熟であったために現場に導入できなかった事例が見られた。

実装化につなげていくためには、技術的な研究に加えて、試作的に製品化したものを実地に近い状況で試す場を確保することが必要である。特に、研究者だけでこのような実証の場を確保し、当該地域のステークホルダーにおける中心的な人物・組織の関与を得て、効果的な実証を推進することは困難な場合も多い。そのため、国やグラント供与元は、現場での人的ネットワーク形成も含め、的確な人・組織の関与が可能となるよう多面的に支援する仕組みを検討する必要がある。また、海外との協働を深め、国内でそのような場を確保することが困難な場合には、外国施設を利用できる枠組みの形成も検討すべきである。

上記を含め、当面の課題である災害対応、災害予防システムの構築、被害拡大防止策、迅速な復興などについては、政策主導の観点からだけではなく、学術主導の観点から科学的な事実、客観的な根拠、緻密な論理をベースとした技術的な提示が求められる。一方、これが実現されるためには、政策への取り込みが可能な内容でなければならず、実行をベースにあるいは実行をフィードバックの指標としてシステムを構築することが必要である。

また、「予想を超えた事象に対し如何に柔軟、迅速かつ的確な対応が取れるか」といった点にフォーカスを当てた災害対応システムの構築が求められる。このような観点から、単なるシミュレーションや被害予測的なものではなく、それを規模に応じて如何に回避できるか、または極小化できるかといった面からの具体的な提示が必要である。

なお、今回は、大規模災害を踏まえた取り組みが主となったが、本委員会では、平成22年3月にとりまとめた「安全・安心に資する科学技術の推進について」において、科学技術で解決すべき課題のニーズを、国家レベルの安全確保のためのニーズと、社会や住民レベルでのニーズとに分類し、それぞれのニーズに対応した最新の技術シーズを実装するための推進方を示しており、これらについても、引き続き、適切な体制の構築と基盤的な取り組みの強化を図っていくことが望まれる。

(3) 「安心文化」の構築とリスクコミュニケーション

今回の震災では、正確な情報がないことやその情報が正しいかどうかの判断に欠けることによる「不安」が風評被害の大きな要因となっている。

本委員会では、人々が、リスクに関する情報の相方向のやりとりを通じて、リスクの実態や自らに及ぶ被害の程度さらには対処の方法について理解し、リスクに対する適切な判断と行動を行なうことによって、不安を減少させることのできる仕組みや意識が整った社会的状態・風土を作り出すことを「安心文化」と定義し、その構築に向けた取り組みについて検討を行った。

「安心」とは「不安」の裏返しであり、「不安」を解消することが「安心」につながる。

いったん「不安」だと思ったことは、明確な科学的根拠を持ってしても「安心」の方向へと引き戻すことは難しい。また、問題となる事象によっては、科学的根拠を明確に示せないが故に、「不安」のスパイラルから抜け出せないという側面もある。

科学技術の安全性については、技術そのものが進歩して科学としての安全性は増したという客観的状况にあっても、社会不安により「安心」でないものとして捉えられることがある。

このように、「安心文化」の構築には、社会不安という要因が大きく影響してくる。その根本的解決には困難な点が多いが、少なくとも科学的・客観的な事実を正しく理解し、正しく解釈するという作業が必要であり、国民に「安心」を根付かせるためには、それを分かりやすい言葉で、正しく丁寧に伝え、問題に対する理解を深めてもらうための対話（リスクコミュニケーション）が求められる。

また、「安心文化」の構築のためには、信頼が重要である。情報発信者に対する信頼と、科学技術と社会との間における信頼が、安心と強く結びつく。

種々の問題を内包する科学技術に関しては、その評価をしっかりと行う体制を整え、科学技術が社会に及ぼす影響について科学界の方から社会へと常に問いかけと説明をする必要がある。

「安心」の形成のためには、多方面の専門家、職種、考え方の人々の意見を総合し、社会、環境、あるいは科学技術そのものについての正しい評価が必要である。したがって、「情報開示→分析・解析→討議→あるべき方向性の模索」というサイクルがうまく機能するよう、教育、講演、実地訓練、公開インタビューなどのコミュニケーションのシステムを的確に設けていくことが必要である。

一方で、国民が、独自に情報を入手するために、関連する知識、専門技術、専門家などの科学技術的知見に関する情報を集約する仕組みを整備することが必要である。今回の震災においても、これらの情報がどこにあるのか、どこで入手できるのか分かりにくかったとの指摘もあった。

科学技術コミュニティ全体の動きが一ヶ所で見えれば、コミュニティからの情報発信や、国民、メディア等の情報収集も容易になる。大規模複合災害においては、関係する学術分野は多岐に渡っており、学際的な連携が不可欠である。研究者同士が必要な情報を共有するためにも、他分野との連携・情報共有するための体制を構築することが重要である。

また、社会科学的な側面からは不安の心理についての要因分析やその形成メカニズムの解析が重要であり、これを風評被害などの防止に活用することが求められる。

一例として、今回の放射性物質汚染、またそれに端を発した食、環境の安全といった問題は、国民が安心できるための正確な情報が求められる局面であり、さらに国際的な信用にも直結する。被災地周辺の住民にとっては出来るだけ早く復旧して故郷で生活したいという願望がある。そのためには、放射線測定（モニタリング）→評価→除染という一連の作業を出来るだけ迅速かつ正確に行うとともに、放射性物質の除去や、放射性物質を含む廃棄物の管理・処理技術の向上といった命題の解決に当たらなければならない。

あわせて、必要な情報が適切に提供されるシステム等が構築され、これが活用されることにより、安心が確保されることが求められる。

5. 安全・安心を脅かす新たな危機

近年の社会的構造の変化等により、犯罪の多様化（複雑化、多国籍化、広域化）、高齢化社会や限界集落、テロ等の新たな危機が顕在化しており、今後、これらの危機に対する国民の意識や対応能力の向上の方策について検討した。

本委員会では、平成16年4月に文部科学省が取りまとめた「安全・安心な社会の構築に資する科学技術政策に関する懇談会報告書」で整理した「国民の安全・安心を脅かす要因」の再検討を行った。

(1) 多様化・複雑化する脅威への対応

われわれを脅かす脅威は多様化、複雑化している。脅威は、自然災害・

事故だけでなく、犯罪、少子高齢化、気候変動、感染症、テロなど多様であり、複合的に発展する可能性がある。脅威は、個々の事象で対応は完結せず、また対応には共通するものが多くある。これらの脅威の対応においては、担当省庁が脅威ごとに対策を取るという縦割りの対応では、効果的な成果を得ることができない。

今後は、多様化する脅威に対し一元的に情報を集約し、原因が特定できないフェーズから減災対応に着手できるオールハザードアプローチが重要であり、こうした理念に基づき、省庁を横断し、総合的に脅威に対処する分野横断的な研究開発のシステムを構築することが必要である。

(2) 新たな脅威を特定・分析し、情報発信する仕組みの構築

今後これらの脅威に対処するためには、国民を含めた社会一般に、脅威に関する知識の共有化を諮り、意識の向上を図ることが必要である。そのためには、様々な研究機関や研究者による、各分野における新たな脅威の特定及び分析に関する研究成果を収集し、その情報を研究者や行政、さらには広く社会に向けて発信する仕組みを構築することにより、新たな脅威の特定・分析の精度を高めるとともに、特定された脅威に対する行政による対策を促していくことが必要である。

6. 重要課題の推進に当たって留意すべき観点

上記の課題等を推進するに当たり、留意すべき点を取りまとめた。

(1) 分野を超えたネットワークの構築

ニーズ側とシーズ側の両方を取り込み、協働して課題対策に当たることができる枠組みの構築が必須である。分野を超えたネットワークの構築は危機管理や震災対応における最重要課題といえる。そのためには、共通の認識を共有できる人づくりをベースとして、その上に各分担者の持ち分が生かせるようなシステムを考える必要がある。これは行政や実地支援においてのみならず、科学的な対策や判断の決定においても同様であり、専門分野の異なる科学者同士が有機的に情報を交換し、重要な国家事項に科学的な観点からの助言を行っていくことができるシステム作りが求められる。

そのためには、政策や一部の利益代表者の意見により討議内容が制限されるのではなく、自然科学者、人文社会科学者が一体となり、真に科学的見地、倫理的見地からの価値判断ができるようなネットワーク構築が必要である。正当な根拠に基づいて提示された複数のオプションの中から、政治や行政が方針を選択できるような枠組みがあれば、国民の安心感も増し、国際的な信頼地位向上にも繋がる。また、国際的な見地から、このネットワークに外国の然るべき機関や団体を取り込むことを検討することも必要

である。

また、安全・安心の科学技術を広く捉えれば、経済情勢や時流により、いざ危機的状況に対するとときに長い年月をかけて築き上げた人材も情報も失われている状況がないように、少数でも幅広くさまざまな分野の専門家を永く維持させていく仕組みを構築していくことが重要であり、例えば、大学評価の基準の中に、研究者のテーマ継続性のユニークさを評価の視点に取り入れることや、行政がそれらの専門家集団のネットワークを把握するなどの仕組みを検討していくことが必要である。

(2) 分散型・多重化システムの有効性（ライフライン、物流等）

平時にあっては、トップダウン型とボトムアップ型、若しくは公的ラインと企業などの私的ラインが混在している。しかし、一旦大災害や国家危機のような状況となった場合には、協働して作業できるような仕組みが必要である。特に、被災地への支援に当たっては、非被災地での備蓄や機能的なシステムを如何に有効に割り当てられるかといった観点からのシステム作りが望まれる。途絶したライフラインの復旧には公的機関の介入が不可欠であり、時間も被害状況に応じてある一定の期間を要する。したがって、被災時の急激な機能不全を防ぐためには、特に電気、水に関しては、メインのライフラインが途絶した際の代替手段を平時から別系統で準備しておく必要がある。これは、実際に常時 2 重にラインを確保するというのではなく、飽くまでも系統的に機能し得る非常時の代替手段を確保しておくと言う知恵の部分によるところが大きく、そういった意味で、地域毎の状況に応じた多重化システムを構築しておく必要がある。

今回の震災では、多くの自治体や企業が改めて、災害時の LCP (Life Continuity Plan 生活継続計画) や BCP (Business Continuity Plan 事業継続計画) の重要性を痛感した。

学校教育でも企業でも、従来の防災訓練が一次避難による人の安全確保に留まっている点を見直すことが望まれ、そのための指針づくりは、省庁を横断した調整と推進が必要である。

また、ビジネス全体については、サプライチェーンの維持・復旧、情報(ストック情報の保全、情報フローの維持・復旧)、設備の保全等を BCP の見方で見直すことが望まれる。今後、都市インフラ関連では、①災害時の都市インフラ、ユーティリティシステム(水、エネルギー、情報)のロバスト性や復帰容易性の確保、②老朽化インフラの維持・更新、③高齢化社会向けの交通インフラ、といった観点の分析・議論・研究が求められる。

なお、このような分散化・多重化では、コストが推進上の課題となって

おり、分散化・多重化に要するコストの削減に資する技術開発を促進する取組を検討することも必要である。

(3) 既存の技術の活用

今回の震災では、例えば岩手県において、携帯電話端末を利用した被災者の健康管理情報の早期把握と情報集約化による対応策の提示といった医療情報システムが有効に機能した。

このような、汎用性の高い既存の技術をこれまで使われていなかった方面に利用して、災害時の対応能力を上げることを検討することも必要である。被災した状況ではまずライフラインが損なわれている可能性が大きく、そのような状況でも機能する既存の技術を利用しシステム化する工夫・アイデアが求められる。特に、災害対応に必要な情報は正確である必要があるばかりでなくそのスピードが要求される。

既存技術を活用推進していくためには、問題点と既存技術をマッチングして、様々なアイデア、時間軸、人的要因（教育・理解しやすさ）を加味したシステムを構築する必要がある。

具体的には、蓄積された既存の技術に関する知識を持つ専門家と安全・安心に関わる課題の解決に取り組む専門家とを結びつける各分野の科学技術に関するデータベースにある既存の技術が、安全・安心に関わるどのような課題の解決に利用可能であるかを特定するコーディネータ機能を構築することが考えられる。

(4) 国際連携・協力

我が国の科学技術が国際的な信頼を得るためには、国内独自の基準でなく国際的な基準を念頭にシステムを考えていく必要がある。また、国内技術を利用して国際競争に耐えうる製品として開発する上でも、国際規格に合う製品、システムの開発に当たる必要がある。

このため、国際基準や国際規格、また海外製品の能力についての最新情報の収集を強化し、国内規格と国際規格の整合性の促進を図ることが肝要である。輸出入に関して障壁がある場合には、出来るだけそれを取り払って研究促進が可能となるように支援する必要がある。

一方、国際的な連携や協力を深めていくためには、それぞれの分野における日頃からの交流促進が不可欠であり、人的交流を推進することが必要である。そのためには、関連省庁との連携による国際的な交渉力の強化が重要である。

平成13年9月11日の米国における同時多発テロ事件以降、世界的にテロの脅威への対処の必要性が認識され、各国において、新しい技術を用

いたテロ防止に関する取り組みが行なわれてきた。しかしながら、テロ対策技術などは、市場に限られ、研究開発に必要とされる情報公開にも限界があることから、民間参入のハードルが高く、公的機関を含めたユーザーサイドと研究開発側との連携が他の分野よりも強く求められる。

テロ対策技術開発や犯罪捜査支援のための技術開発については、行政ニーズを踏まえた研究開発をよりいっそう強化することが必要とされており、大学や各種研究機関と技術を利用する側の省庁などとの連携を強化し、当該分野の取り組みを充実していくことが必要である。

また、海外諸国においても、テロ・保安対策担当部局をはじめ、我が国の先端的な技術の活用に対する潜在的なニーズは大きく、海外市場まで含めて考えると新たなニーズが出てくる可能性もある。したがって、この分野で経験の蓄積がある諸外国との協力がより必要とされる。

一方、こうした諸外国との協力においては、これまでよりもレベルの高い技術・情報管理が求められるため、そのための協力の枠組みや研究機関における体制作りなどを強化していく必要がある。

さらに、オールハザードアプローチの観点に立ち、安全・安心科学技術の協力の分野を広げ、関係省庁等も含む体制の下、国際協力を一層推進することが求められている。

(5) 人材育成

大規模災害対策や危機管理においては、科学技術的専門知識を持った危機管理対応の専門家の役割が重要である。

今回のような大規模複合災害では、必要とされる知識や技術の全てを個人に期待することはできない。異なる知識・方法論を持つ多種多様な分野の個々人が集い、チームとしての力を発揮することが重要であり、複数の分野の人たちが協力しなければ解決できないような問題を協力して解決していく素養や能力を備えた人材が求められる。

また、このようなチームには、各分野の知識や技能を集め、問題解決に持っていく調整機能が必要であり、その機能を運用し、チームを目標達成に導くリーダーの存在が不可欠であり、全体を俯瞰し異分野を融合するとともに、緊急時の意思決定能力を備えた人材が必要である。

チームの中で力を発揮できる優れた人材を育成するためには、若い頃から異なる組織や文化を経験し、複数の分野の知識を活用して問題を解決する多様な視点や発想を柔軟に取り入れられる素養・能力の向上に向けた実践的な演習等の充実を図ることが重要である。

また、技術者と専門家と一般市民との間をつなぐ役割を果たす科学技術コミュニケーターの育成が急務である。常日頃からのリスクコミュニケー

ションとともに、今回のように科学技術的知見が強く求められる時に、一般市民の関心事・情報ニーズを理解し、それを技術者と専門家に伝え、適切な科学情報を分かりやすく伝えることのできる人材育成が必要である。

人材育成のためには、「継続性・発展性」が重要である。このためには、教育を受けた者が一定のレベルに達した後、教える側の立場として更に発展的な役割を果たすことが望まれる。このため、人的能力を備えた後の仕事の場の提供や教育システムへの積極的関与の枠組みを構築することが必要である。

また、上記のように、若い世代を教育し将来に向けた裾野の広い人材育成を考えていくためには、学校教育に取り込める内容やシステムの開発が必要である。全ての分野に共通することであるが、ある一定のコースを履修してそれで人材育成が完了することはなく、生涯を通じた教育のレベルアップの仕組みやキャリアアップの枠組みを提示することも重要となる。

一方、今回の岩手県釜石市の継続的な津波防災教育や訓練が、子どもたちを津波から守った事例でも明らかになったように、初等・中等教育における防災教育は適切に実施すれば児童・生徒のみならず地域全体に対して大きな教育効果をあげることができる。初等・中等教育における安全・安心に関する教育を推進することは、将来において安全・安心への取組意識の高い国民を広く生み出すことが期待できる。

また、安全・安心に関わる業務に携わる専門家や安全・安心教育に携わる専門家を育成するため、現在一部の大学に設置されている危機管理学科やリスクマネジメント学科などの専門教育を拡大・充実させるとともに、教育内容の改善・充実を図ることが有効である。

さらに、現在、行政機関、自治体、企業、地域において安全・安心に関わる業務を行っている担当者の専門知識及び能力の向上に向けた大学院教育の充実についても検討する必要がある。

(参考資料)

本資料は、平成16年4月に文部科学省がとりまとめた「安全・安心な社会の構築に資する科学技術政策に関する懇談会報告書」の「安全・安心を脅かす要因の整理結果」(参考資料1)に、本委員会において、その後の社会構造の変化により新たに顕在化した主な要因を追記した。

安全・安心を脅かす要因

大分類	中分類	小分類 (例)
犯罪	犯罪・テロ	<ul style="list-style-type: none"> ・交通機関を対象とするテロ ・重要施設を対象とするテロ ・銃器・刃物によるテロ ・爆発物によるテロ
		<ul style="list-style-type: none"> ・人を対象とするテロ ・放射性物質によるテロ ・生物兵器によるテロ ・化学兵器によるテロ
		<ul style="list-style-type: none"> ・殺人 ・暴行・傷害 ・性犯罪 ・強盗 ・誘拐 ・盗聴 ・詐欺 ・ストーカー行為 ・DV (ドメスティックバイオレンス) ・幼児虐待
		<ul style="list-style-type: none"> ・脅迫・恐喝 ・窃盗 ・放火 ・住居侵入 ・麻薬・覚醒剤 ・少年犯罪 ・カルト集団による犯罪 ・暴力団による犯罪 ・老人虐待
	迷惑行為	<ul style="list-style-type: none"> ・暴走族 ・変質者 ・プライバシーの侵害
事故	交通事故	<ul style="list-style-type: none"> ・交通事故
	公共交通機関の事故	<ul style="list-style-type: none"> ・列車事故 ・船舶事故
	火災	<ul style="list-style-type: none"> ・建物火災 ・車両火災
	化学プラント等の工場事故	<ul style="list-style-type: none"> ・爆発 (製油所、ガスタンク、石油コンビナート等) ・有害物質漏洩 (毒物、劇物、細菌等)
	原子力発電所の事故	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力施設の事故
	社会生活上の事故	<ul style="list-style-type: none"> ・水の事故 ・山の事故 ・教育現場での事故
		<ul style="list-style-type: none"> ・航空機事故 ・山火事 ・職場での事故 ・製品による事故

自然災害	地震・津波災害	<ul style="list-style-type: none"> ・建築物倒壊、火災 ・ライフライン寸断 ・津波災害 ・道路分断化 ・停電 ・想定外の規模のものへの対応不適による被害 	<ul style="list-style-type: none"> ・PTSD (心的外傷後ストレス障害) ・液状化 ・物流停止
	台風などの風水害	<ul style="list-style-type: none"> ・河川氾濫、ため池決壊 	<ul style="list-style-type: none"> ・土砂災害
	火山災害	<ul style="list-style-type: none"> ・溶岩、火砕流 ・降灰被害 	<ul style="list-style-type: none"> ・有毒ガス
	雪害	<ul style="list-style-type: none"> ・雪崩災害 ・降積雪による都市機能、交通の障害 	
戦争	戦争		
	国際紛争		
	内乱		
サイバー空間の問題	コンピュータ犯罪	<ul style="list-style-type: none"> ・不正アクセス、なりすまし ・情報漏洩 ・情報の改ざん ・サービス妨害 ・不正取引、不正請求 ・誹謗中傷、脅迫 	<ul style="list-style-type: none"> ・サイバーテロ ・ウィルスによる攻撃 ・情報の破壊、消去 ・情報の不正取得 ・悪徳商法
	大規模なコンピュータ障害	<ul style="list-style-type: none"> ・システム障害 ・通信障害 ・金融機関の商取引の停止による経済の混乱 ・証券市場の停止による市場の混乱 ・インターネットの障害 ・携帯電話やIP電話等の障害 ・交通機関の混乱・停止 ・物流の停滞・停止および生産活動の混乱 ・ケーブルテレビの障害 ・想定外の情報量への対応不適による障害 ・チェーンメール等による通信障害 ・緊急時通信システム機能維持障害 	<ul style="list-style-type: none"> ・情報消失
健康問題	病気	<ul style="list-style-type: none"> ・生活習慣病 ・がん、腫瘍 ・心の病気 ・アレルギー ・中毒 ・遺伝性疾患 ・神経系の病気 	<ul style="list-style-type: none"> ・循環器系の病気 ・呼吸器系の病気 ・消化器系の病気 ・泌尿器系の病気 ・血液系の病気 ・内分泌系の病気 ・皮膚病
	新興・再興感染症	<ul style="list-style-type: none"> ・新興感染症 	<ul style="list-style-type: none"> ・再興感染症
	子ども・青少年の健康問題	<ul style="list-style-type: none"> ・乳幼児の突然死 ・青少年期の過食症、拒食症 	
	老化	<ul style="list-style-type: none"> ・更年期障害 ・認知症 	<ul style="list-style-type: none"> ・身体機能の低下

	医療上の問題	<ul style="list-style-type: none"> ・医療事故 ・説明責任不履行 ・ワクチンの副作用と安全性 ・視力矯正とQOL 	<ul style="list-style-type: none"> ・医療過誤 ・薬害 ・歯科口腔機能の保全とQOL
食品問題	0157 などの食中毒	<ul style="list-style-type: none"> ・異物の混入 ・食中毒 	<ul style="list-style-type: none"> ・生産地、原産地の表示
	残留農薬・薬品等の問題	<ul style="list-style-type: none"> ・農薬、薬品、添加物問題 	<ul style="list-style-type: none"> ・放射線照射食品
	遺伝子組み換え食品問題	<ul style="list-style-type: none"> ・遺伝子組替え食品の問題 ・遺伝子組み替え生物の生態系への悪影響 	
社会生活上の問題	教育上の諸問題	<ul style="list-style-type: none"> ・いじめ ・不登校 ・体罰 	<ul style="list-style-type: none"> ・学力低下 ・学級崩壊
	人間関係のトラブル	<ul style="list-style-type: none"> ・家族、親族のトラブル ・近隣、地域とのトラブル 	<ul style="list-style-type: none"> ・引きこもり ・学校、勤務先でのトラブル
	地域コミュニティ	<ul style="list-style-type: none"> ・過疎化、限界集落 ・人口減少による地域経済の縮小 ・少子化による地域子育て力の低下 ・隣組組織、自治組織、自治消防組織などの崩壊 ・独居家庭、孤独死 ・単身赴任等による孤立や住民票住所と居住住所の不一致 ・老々介護 	
	情報量の問題	<ul style="list-style-type: none"> ・情報の過多 ・テクノ難民 	<ul style="list-style-type: none"> ・情報の質
	育児上の諸問題	<ul style="list-style-type: none"> ・幼児虐待 ・育児ノイローゼ ・しつけの問題 	<ul style="list-style-type: none"> ・育児放棄 ・将来への懸念
	生活経済問題	<ul style="list-style-type: none"> ・就職難 ・失業 ・収入の減少 	<ul style="list-style-type: none"> ・家業の経営不振 ・後継者難
	社会保障問題	<ul style="list-style-type: none"> ・年金、保険制度の破綻 ・自己負担の増加 	<ul style="list-style-type: none"> ・社会保険料の負担増 ・社会的孤立、孤独死
	老後の生活悪化	<ul style="list-style-type: none"> ・老後の介護問題 ・先行き不透明な定年後の生活 ・老後の生活費不足 ・支給される年金の減額 	
	弱者の援護	<ul style="list-style-type: none"> ・危機発生時の弱者の援護 ・デジタルデバイド（情報弱者）の援護 	
	多面的な問題の噴出	<ul style="list-style-type: none"> ・断片的な知識 ・風評被害 ・交通の分断や資源の枯渇 	<ul style="list-style-type: none"> ・情報の隠蔽 ・限られた対応手段
経済問題	経済悪化	<ul style="list-style-type: none"> ・不景気 ・倒産 ・解雇 	<ul style="list-style-type: none"> ・金融機関の破綻 ・株安 ・国際競争力の低下

	経済不安定	・途上国との貿易の不安定性 ・為替の不安
政治・行政の問題	政治不信	・汚職 ・密室政治
	制度変更	・減反政策 ・確定拠出型年金への移行 ・国営事業民営化 ・ペイオフ解禁
	財政破綻	
	少子高齢化	
	危機対応能力の不足	・災害、テロ等の危機事態発生時における情報対応能力の不足
	国際上の問題	・国際犯罪 ・国際的な経済・金融危機 ・非関税による貿易上の障壁 ・学術的な国際競争力の低下 ・国際条約制定における地位低下 ・知的所有権や商標権などの保護における国際問題 ・製造業のノウハウ等の海外流出
環境・エネルギー問題	地球環境汚染	・地球温暖化 ・オゾン層破壊 ・酸性雨 ・海洋汚染 ・森林破壊 ・砂漠化
	大気汚染・水質汚濁	・大気汚染 ・放射性物質汚染 ・水質汚染
	室内環境汚染	・シックハウス ・電磁波漏洩
	化学物質汚染	・水銀汚染 ・PCB 汚染 ・種々の物質の解析と行政対応 ・環境ホルモン汚染 ・ダイオキシン汚染
	生物多様性	・生物多様性の減少 ・侵略的外来生物の侵入 ・緩和作用の減少 ・遺伝子資源の減少 ・生態系の人為的な攪乱 ・文化的豊かさの減少
	資源・エネルギー問題	・電力不足 ・食料不足 ・水不足
複合問題	アノミー* ・自然災害によるいっそうの経済悪化と政治不信の中で起きるテロや外国からの組織犯罪による諦念、無気力、アノミー *アノミー（英：仏：anomie）：社会の規範が弛緩・崩壊などすることによる、無規範状態や無規則状態を示す言葉。	