

令和2年1月29日総合政策特別委員会資料

参考資料2

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
(第54回) R2.3.25

知識集約型の価値創造に向けた 科学技術イノベーション政策の展開

— Society 5.0 の実現で世界をリードする国へ —

最終取りまとめに向けた検討案

目 次

第1章 基本認識	1
1. 基本的考え方	1
2. 科学技術イノベーションの目指すべき方向性	9
第2章 価値創造の源泉となる基礎研究・学術研究の卓越性と多様性の強化	11
1. 挑戦的・長期的・分野融合的な研究の奨励	11
2. 若手研究者の自立促進・キャリアパスの安定	14
3. 世界最高水準の研究環境の実現	19
4. 国際連携・国際頭脳循環の強化	23
第3章 知識集約型の価値創造に向けた大学・国立研究開発法人の役割の拡張	26
1. 「知」の社会的な価値付け・「知」の循環の促進	27
2. 経営体としての機能強化	30
3. 地域の多様化・特色化による国土全体での価値創造の推進	32
第4章 イノベーションの担い手の育成	35
第5章 デジタル革命の進展に対応した新たな研究システムの構築	36
1. 研究システムのデジタル転換と情報基盤の充実・強化	36
2. データの適切かつ効率的な取得・利活用のための環境整備	39
3. 知識集約型価値創造システムの基盤と新たな研究システムを支える教育・人材育成	40
第6章 科学技術と社会の関係の在り方	42
第7章 政策イノベーションの実現	44
第8章 研究開発の戦略的な推進	エラー! ブックマークが定義されていません。
1. 研究開発の戦略的な推進の考え方	エラー! ブックマークが定義されていません。
2. 研究開発の戦略的な推進の際の留意事項	エラー! ブックマークが定義されていません。

第1章 基本認識

1. 基本的考え方

デジタル革命やグローバル化の進展により、世界は知識集約型社会へと向けて大きな変革期を迎えている。こうした社会システムのパラダイムシフトの進展を踏まえ、「Society 5.0」を提唱した我が国が世界に先駆けてこれを実現していくためには、いち早く知識集約型の新たな価値創造システムを構築し、科学技術イノベーションにより、我が国の社会課題を解決し、世界の持続的発展へ貢献するとともに、先端科学技術と社会が調和したインクルーシブな社会を実現するという強い意志を持って取り組んでいかなければならない。このため、価値創造の源泉となる基礎研究・学術研究の卓越性と多様性の強化や、知識集約型社会の核となる大学・国立研究開発法人の役割の拡張、イノベーションの担い手の育成等を通じた、科学技術イノベーションへの官民挙げた集中投資とシステム改革を最重要の課題として取り組まなければならない。

(1) 現状認識

① 社会システムのパラダイムシフトの進展

今年、人類社会においては、デジタル革命の進展により、「知」による価値の創出が社会の発展に必須となる知識集約型社会への大転換が加速し、社会システム全体にパラダイムシフトが起きている。

IoT¹、高速無線通信、クラウドコンピューティング、人工知能（AI）等の情報技術の進展に伴うデジタル革命は、あらゆるものが接続し、モノやサービスを生み出すための限界費用を極少化することを可能とする。さらに、様々な社会活動からビッグデータが生み出され、それを活用した新たなビジネスが生まれつつあり、製品等の「モノ」を中心とした経済からサービス等の「コト」を中心とした経済へのシフトチェンジが進行している。

また、インターネットを介して広がるサイバー空間と現実にモノや人が存在するフィジカル空間（現実空間）が不可分なものとして高度に融合される中、これらをつなぐ「データ」がますます決定的な価値を持つようになってきた。例えば、世界のデジタル・プラットフォーマー²が提供する SNS や情報検索サービスは、市民生活の基盤的インフラ重要な基盤となっている。さらに、そこから得られる膨大なユーザーのライフログデータが収集・分析され、ユーザー個人の趣向にあわせた商品の広告やライフスタイルの提案を提供するサービスや、医療データとの連動によるカスタムメイドの予防医療ビジネス等の新しい高付加価値なサービスを生み出している。

他方、研究開発に目を向けると、これらのプラットフォーマーは優れたビジネスの構想力とビジョンを有するだけでなく、量子技術や脳科学を始めとした次代の成長のタネとなる最先端の科学に対する投資を積極的に行うとともに、大学等の研究者も含めた優秀な知的人材をグローバルに獲得し、自社内での技術者・研究者の育成を始めている。こうした潮流の中で、世界のトップ大学とプラットフォーマーは、「知」の創出や価値創造、人材獲得と育成という観点において、産学という垣根を越えたいわばライバル関係にさえなりつつあると言える。また、グローバル展開を進める成長企業は、膨大な資金を、世界中の有望なテクノロジーを持つスタートアップへの投

¹ Internet of Things

² ICT やデータを活用して第三者に「場」を提供するデジタル・プラットフォーム（オンライン・プラットフォーム）と呼ばれるサービスを運営・提供する事業者

資に振り向けており、イノベーションの源泉たる「知」の獲得に向け熾烈な競争が深まっている。

さらに諸外国の国家戦略においても、例えば米国における AI、半導体、量子技術等の最先端の新興技術（エマージングテクノロジー）への投資の拡充や情報管理の強化、宇宙空間、サイバー空間等での新領域での能力強化など、経済のみならず安全保障の視点からも科学技術イノベーションを重視しており、グローバルに「知」を巡る激しい覇権争いが始まっている。

このように競争力の源泉が、従来型の「資本」から、「知」の創出や情報・データの獲得・活用に大きく変化する中で、イノベーション創出は、そのプロセスやスピードに明らかに大きな変化が起きている。

② SDGs³の広がり と 持続性確保に向けた意識の変化

我々人類は、世界人口の爆発的増加等を背景とした水資源・食料不足、地球温暖化等の気候変動、生物多様性の損失等の環境問題のほか、テロの脅威、貧困や格差の拡大等の地球規模の課題に直面している⁴。その中であって、2015年に国連全加盟国の賛同により採択された持続可能な開発目標（SDGs）は世界の共通言語となり、人類社会共通の課題の解決に向けて作業が重ねられている。また、気候関連リスクの増大等を背景として、環境・社会・企業統治に配慮している企業を重視した投資を行う ESG 投資⁵が大幅に増加しており、新たな潮流として持続性の確保に向けた課題に挑戦するスタートアップが多く出現している。政府においても、パリ協定を踏まえた長期成長戦略⁶を定め、今世紀後半のできるだけ早期に「脱炭素社会」の実現を目指すことを打ち出している。

このような世界人類の共通課題を解決し、人類社会が有限の資源を最適化し持続的に発展するためには、科学技術イノベーション（STI）が大きなブレイクスルーを生み出し、途上国を含めた全世界に「切り札」を提示することが不可欠となっており、持続可能な開発目標達成のための科学技術イノベーション（STI for SDGs）の推進が重要となっている。2016年以降、SDGsに関する国連 STI フォーラムが毎年開催されているほか、2017年9月のG7 科学技術大臣会合コミュニケにおいても、SDGs に対する STI の重要性が再確認されている。

③ 我が国の科学技術イノベーション政策の置かれた状況

近代における我が国の科学技術の振興は、明治政府が、西洋列強の国力に自然科学とそれに基づく技術が大きな役割を果たしていることをいち早く認識し、積極的に西洋科学を受け入れたことに始まる。これに加え、江戸時代からの伝統工芸を支えた高度な技術や蘭学の伝統、国民の識字率の高さ等の知的基盤を背景として、我が国では真理の探究や独創性の重視等の科学的精神が培われた。その結果、北里柴三郎博士による破傷風の血清療法の発見や湯川秀樹博士の中間子理

³ Sustainable Development Goals : 持続可能な開発目標

⁴ 例えば、地球の安定性に関し、人間活動による地球システムへの影響を科学的根拠に基づき評価する「地球の限界」（プラネタリー・バウンダリー）という概念を用いた研究では、気候変動、生物多様性等について、人間が地球に与えている影響とそれに伴うリスクが既に顕在化しており、人間が安全に活動できる範囲を越えていることが示されている。

⁵ 従来の財務情報だけでなく、環境（Environment）・社会（Social）・ガバナンス（Governance）要素も考慮した投資

⁶ パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略（令和元年6月11日閣議決定）

論に代表される世界水準の研究成果が生み出されてきた。この伝統を発展させることを目指し、平成7年に科学技術基本法が成立し、同法に基づき平成8年に最初の科学技術基本計画が策定されて以降、政府は一丸となって科学技術投資の拡大等を進めてきた。その結果、我が国の科学技術は、自国のみならず、世界の発展にも大きく貢献する成果を生み出してきた。おおむね受賞の20～30年前の研究成果を元に行っていることに留意しなくてはならないが、21世紀における日本人の自然科学系におけるノーベル賞受賞者数は世界第2位である。ヒトiPS細胞の樹立による再生医療への貢献や、青色発光ダイオードの発明によるLED照明の実用化、寄生虫感染症の撲滅をはじめとする地球規模課題の解決等をもたらした我が国発の独創的な発想は、真理の探究とともに、人類社会の発展に大きく貢献し、世界から高い評価を受けている。また、産学連携については、諸外国と比して依然その規模は小さいものの、科学技術基本法策定以降、民間から大学等への投資は着実に増えており、さらに近年では大学等発スタートアップを通じた価値創造の事例も大幅に増えている。このように科学的伝統の継続や過去の研究開発投資による有形無形の資産の蓄積が、科学技術先進国の一角を担う我が国の礎となっている。

一方で、以下に示されるような課題も挙げられる。科学技術関係予算の伸び率は、2000年を基準に見れば、米国、ドイツ、英国といった主要国が大きく予算を伸ばしている中で、我が国はほぼ横ばいで推移してきた。また、研究水準の全体を示す指標ではないものの、2000年以降、他の先進国が軒並み論文数を増やす中、我が国のみが同水準にとどまっており、国際的なシェアは大幅に減少している。注目度の高い論文数（Top10%補正論文数⁷）においてはその傾向はより顕著である。研究分野別に見ても、物理、化学、材料等の日本が伝統的に強みがあるとされている分野においてさえもランキングを落としている。研究の現場においても、国際的に突出した成果が十分に生み出されていないという認識⁸や挑戦的な研究や及び探索的な研究が減少しているとの認識がある⁹。これまで長年上位を維持してきた特許出願数に関しても、2017年のPCT出願¹⁰件数では、中国に抜かれ世界第3位に後退している。さらに、世界の社会産業構造がデジタル革命を牽引力としてその様相が一変する中で、我が国はデジタル・プラットフォーマーが生み出しているような大規模なイノベーションを創出できていない。このように、科学技術イノベーションを取り巻く多くの側面で、我が国の国際的地位は相対的に低下している。

④ 科学技術イノベーション政策の重要性の増大

近年、科学技術そのものの進展に加え、デジタル革命とグローバル化の加速、さらには国際情勢にも連動しつつ、科学技術イノベーション政策に求められる視点にも大きな変化が生じており、その重要性が増大している。

第一には、科学技術イノベーションの実現が我々の社会経済や価値観に与える影響が、これま

⁷ Top10%補正論文数とは、被引用数が各年各分野で上位10%に入る論文の抽出後、実数で論文数の1/10となるように補正を加えた論文数を指す。

⁸ 科学技術の状況に係る総合的意識調査（NISTEP 定点調査2018）報告書，NISTEP REPORT No.179，文部科学省 科学技術・学術政策研究所

⁹ 科学技術の状況に係る総合的意識調査（NISTEP 定点調査2014）報告書，NISTEP REPORT No.161，文部科学省 科学技術・学術政策研究所

¹⁰ 特許協力条約（PCT：Patent Cooperation Treaty）に基づく国際出願であり、一つの出願願書を条約に従って提出することによって、PCT加盟国である全ての国に同時に同願したことと同じ効果を与える出願制度を指す。

で以上に大きくなっており、かつ、そのスピードが加速度的に速まっている点である。例えばディープラーニングの登場以降、わずか数年でAIの実用化が進み、あらゆる産業においてビジネススキームの変革・ゲームチェンジが起きている。さらに、今後AIの高度化により、多くの労働が代替可能となる中で、これらのテクノロジーと調和した人類社会の在り方について、見直しが求められようとしている。

第二には、グローバルな視点からも、差し迫った課題の解決に向け科学技術の力が強く求められている点である。地球温暖化への対応や格差の是正など、真に人類が持続的に発展していくため、世界の共通言語としてSDGsが位置づけられたが、その目標は、これまでの努力の延長では達成できるものでない。個人や企業の意識改革は当然に必要なが、根本的な技術革新を実現し、直面する課題に立ち向かうことが必要となっている。

第三には、科学技術イノベーション政策が、国家間の競争や協調の方向性など、国の総合戦略とも、密接不可分なものとなっている点がある。即ち、最先端の新興技術を如何に先取り出来るかが国力を左右する時代となってきた。世界のサプライチェーンや通信ネットワーク等、あらゆるシステムがつながり、或いは密接に影響を及ぼしあう中で、こうしたシステムの要となり、技術の特性に応じ代替不可能となるテクノロジーを国内で持つことやアクセスを確保することは、広い意味での国の安全保障につながるものである。特に米中の技術覇権争いが進む中で、地理的・地政学的な観点も踏まえた科学技術イノベーション政策の検討と実施が求められる。

このように、科学技術イノベーション政策は、狭義の研究政策や技術移転政策といった、従来の対象範囲をはるかに超えた、多面的な要素を包含するものへと変化しており、国家の総合戦略の中核として捉えるべきものになっている。

(2) Society 5.0の実現に向けた知識集約型価値創造システムの構築

社会が資本集約型から知識集約型へ移行する中で、第五期科学技術基本計画において、我が国は、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させることにより、経済的発展と社会課題の解決を両立し、人々が快適で活力に満ちた質の高い生活を送ることのできる人間主体（human-centric）の社会を実現する「Society 5.0」¹¹を打ち出した。デジタル革命を受け、あるべき未来社会像を世界に先駆けて提唱した意義は大きい。知識集約型社会において、我が国が先陣を切って Society 5.0 の実現を図るためには、科学技術イノベーションを駆動力として、新たな価値創造システムを構築し、強い意志を持って、持続可能で、人間主体のインクルーシブな社会を実現し、世界をリードしていくことが必要である。

(知識集約型価値創造システムの構築)

社会の価値創造の仕組みが変化し、「知」が圧倒的な競争力の源泉となる時代が到来している。

¹¹ 第五期科学技術基本計画では「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会の様々なニーズにきめ細やかに対応でき、あらゆる人が質の高いサービスが受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことのできる社会」とし、「科学技術イノベーション総合戦略2017」（2017年6月閣議決定）では「サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させることにより、地域、年齢、性別、言語等による格差なく、多様なニーズ、潜在的なニーズにきめ細やかに対応したモノやサービスを提供することで経済的発展と社会課題の解決を両立し、人々が快適で活力に満ちた質の高い生活を送ることのできる、人間中心の社会」としている。

この中で、我が国は、社会を変革する先端テクノロジーの源泉である最先端の科学やアイデア、ビッグデータ等の「知」が、流通・循環し、それに対して活発な投資が行われることにより最大価値化され、新たなイノベーションや高付加価値なビジネスが創出される知識集約型の価値創造システムを、これまで蓄積された強みを活用し、世界に先駆けて構築する必要がある。

また、この知識集約型の価値創造システムにおいては、データが価値創造の鍵であり、これらを収集・分析・活用するためのデータサイエンスや人材への投資、セキュリティが確保されたデータ利活用インフラの整備、社会システムの整備等が重要となる。特に、サイバー空間とフィジカル空間の融合が進むと、従前から我が国の強みのある製造、医療、交通、気象予測といった安全性や信頼性が求められる領域（リアルテック）が主な競争の場となり、質の高いリアルデータ収集やリアルタイムのビッグデータ収集と解析処理が決定的に重要になることから、そのデータ良質なリアルデータの効率的・効果的な収集・利活用の仕組みのためのプラットフォームの構築を進めなければならない。その際には、そのようなプラットフォームが安全かつ低消費電力であり、国際的に信頼性のあるデータポリシーとその順守が確認できる技術により構成されていること、さらには「知」やデータを握る者の独占によって、格差の拡大が決定的となり、社会の持続的発展が阻害されるような事態が生じない仕組みを構築することが重要である。

このような時代の劇的変化を受け、我が国において「知」が絶えず生み出され、活発な「知」の循環が実現するには、我が国の大学及び国立研究開発法人が持つ強い基礎研究力に支えられた最先端の科学技術力と国際的なネットワーク、高度知識人材の育成が必須である。さらに、これらが知識集約型の価値創造システムの中核として機能し、変革の原動力とならなければならない。

また、近年、組織の明確な目的意識と巨額の投資により、従来想定できなかったスピードで基礎研究の成果が社会実装される状況になりつつあり、我が国においても、天才の個人的努力や偶然に依存する従来のモデルではなく、組織による集中的な支援により、大学等発スタートアップの創出等を通じて迅速に発明・発見を社会の課題解決につなげるイノベーション・エコシステムを確立する必要がある。その際、知的財産や技術移転に関する専門的人材や、プログラムや組織のマネジメントを行う人材の育成が重要である。

さらに、知識集約型の価値創造の源泉である「知」の価値が適切に評価され、膨大な金融資産等を始めとした民間資金が、大学や国立研究開発法人が担う基礎研究や人材、「知」を基盤とした高付加価値型のビジネスモデルに活発に投資される資金循環を実現していくべきである。この際、こうした投資の一部が大学や国立研究開発法人の裁量的経費に充てられ、それが次の価値創造の源泉となる基礎研究や人材の育成に再投資されるというエコシステムが構築されることが重要である。そのためには、大学や国立研究開発法人が、その役割を拡張し、機能を強化することにより、投資先として魅力あるものになることが必要である。

(我が国の社会課題の解決と世界の持続的発展への貢献)

課題先進国としてこれまでに類を見ないスピードで進む少子高齢化に直面する我が国は、都市部への人口集中、労働力不足といった各国が今後直面するであろう社会課題を抱えると同時に、SDGsにおいて乗り越えるべきとされている気候変動等の人類共通の課題に立ち向かっていくことが求められている。今後、諸外国と協調しつつ、SDGs達成のための科学技術イノベーシ

ョン (STI for SDGs) を進め、最先端の科学技術を駆使しつつ、これらの課題を解決しながら持続的に発展する社会を実現する必要がある。また、SDGs の達成に貢献することは、新たな科学技術イノベーションの潮流を生み出すことにもつながっていく。さらに、現在顕在化している地球環境を始めとするフィジカルの領域にとどまらず、長期的にはサイバー空間も含めた人類の持続可能性という観点を考慮していくことも重要である。

課題先進国として、我が国が置かれている状況は、ピンチでもあるが、世界が直面する課題を早期に克服し、持続可能な社会システムやビジネスモデルを構築すれば、世界に輸出可能な成長産業を生み出すものであり、むしろチャンスとして生かす力が求められる。

(人間主体のインクルーシブ社会の実現)

Society 5.0 では、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステムの実現により、肉体的なハンディキャップや地理的・空間的・経済的な制約を越えて、すべての人々の分け隔てない「知」へのアクセスや発信、社会活動への参加が可能となり、テクノロジーのもたらす恩恵を広く被ることが可能な社会を実現するといえる。これにより、正に一方で、「知」やデータが一部のプラットフォームにより独占され、格差の拡大や社会の分断につながるおそれがあることから、SDGs が目指す「誰一人とり残さない」の理想を目指す人間主体のインクルーシブな社会の実現が可能となるに、強い意志を持って取り組んでいくことが重要である。そのためには、個人やコミュニティがあまねくデジタル革命とデータによる知識集約型価値創造の恩恵を受けられるような社会インフラ整備が重要である。人間主体のインクルーシブ社会を日本のような国土・人口規模を持つ国で達成できれば、世界に類を見ない画期的な成果となり、それを国際社会に展開することができる。

一方で、また「知」が力を持つ社会において、個々人の持つ知識や情報量の違いが格差を拡大することのない社会の実現、データ等を取り扱う際や、新たな知を社会実装する際の倫理的・法的・社会的課題 (ELSI¹²) への対応は極めて重要となっている。したがって、先送りすることなくこれらの課題に取り組むことが、持続的で社会受容性のある知識集約型社会の実現に不可欠である。

(知識集約型の価値創造システムの具体像)

情報・データの価値が飛躍的に高まる知識集約型社会において、重要性が増す領域がリアルタイムビッグデータ解析である。今後、センシング技術等の発達とともに、あらゆるセンサのネットワークが拡大し、これが有線・無線を問わず、大容量・高速の通信網でつながり、大規模データを収集することが可能となる。これをリアルタイムで高速に解析を行った上で、即時にフィードバックすることで、我々の生活はより更に便利で豊かなものとなり、また、従前では実現しえなかった新たな価値創造をもたらすビジネスを生み出す。以下に、その具体的なイメージを幾つか例示する。

医療や健康サービスにおいては、例えばウェアラブルセンサや IoT 家電に設置されたセンサが、個人のバイタルデータ (生体情報) や日常的な活動をモニタリングし、わずかな脈拍の乱れ

¹² Ethical, Legal and Social Issues (Implications)

から疾患の予兆を検知したり、活動量の低下から体調の変化をいち早く察知したりすることで、疾病の早期発見が進み、疾患の発症自体を未然に防ぐことができる。これらのデータを基に医師が遠隔かつリアルタイムで診断することで、患者にも医師にも移動時間や待ち時間が無くなり、自宅にしながら適切な健康管理を行うことが期待できる。もし、何らかの疾患にかかった場合には、AIのアシストにより、膨大な医療ビッグデータを基に、医師による的確な診断がなされ、個々人の遺伝情報等から最も効果の高い治療法が選択され、必要に応じてロボットを活用した遠隔での手術が行われるなど、地域によらず誰もが質の高い医療を受けることが可能となる。また、個々の研究室や機関等に散在している基礎生命科学や臨床医学の研究成果に係るビッグデータをAIを活用して統合的に解析し、疾患の仕組みを分子レベルで解明することで、**より一層**効率的な創薬の実現や個別化医療の推進、発病前の段階での早期介入による予防の推進などが可能となる。これらが実現することにより、医療費の削減や未病者に健康的なライフスタイルへの転換を促す新たなサービス等の創出が期待できる。

また、防災・減災という観点では、広域観測可能な地球観測衛星や最新のレーダー網等の広域かつ稠密な気象観測システムによって得られたデータが、超高速の情報ネットワークを通じて、高精度の地図データ**等**と連動し、それを基に高性能なスーパーコンピュータでシミュレーションすることにより、ピンポイントでの集中豪雨や洪水等の予測を超高精度かつリアルタイムで行うことが可能となる。この結果が行政にフィードバックされることで、迅速かつ詳細な避難指示の発令等に資することや、各自治体やレスキュー隊等の防災活動や救助作戦といったアクションに効果的に反映させることができるようになり、被害の大幅な軽減につながる。このような気象に関する高精度リアルタイムシミュレーションは、新たなビジネス展開の可能性も大きく、自治体向けはもちろんのこと、小売業の物流計画のリアルタイムでの見直し、農作物を気象災害から保護するサービス事業、コネクティッドカー¹³の運転手に適切な経路等を提案するサービスの創出等の多様な価値創造が期待される。

また、教育分野においても、超高速で大容量の通信を始めとしたICT環境を基盤とした先端技術やビッグデータを活用することにより、個々の子供にとって最適な学びを実現する**等**などの大きな変革をもたらす可能性がある。子供を教える現場においては、個々の子供の状況に応じた問題を提供するAIを活用した教材を活用することで、効果的な学びを行うことが可能になる。また、遠隔技術を活用して国内外の多様な人々との学び合い、多様な意見に触れる機会を持つことや、外国人の子供等に対する多言語翻訳システムの活用により、多様な学習方法を支援することが可能になるなど、学びにおける時間や距離等の制約から自由になり、各場面における最適で良質な授業・コンテンツを活用することができるようになることが期待される。また、教師にとっても、指導や子供の学習履歴等の様々なビッグデータを収集し、各教師の実践知や暗黙知を可視化・定式化することで、これまで経験的にしか行うことができなかった指導や評価等が、学習のプロセスと成果に対する最大限に正確な推定を根拠に行えるようになる可能性がある。

(3) 早急に求められる科学技術イノベーションへの集中投資とシステム改革

① 我が国の社会システムの変革

価値創造の仕組みが大きく変わる中で、既存の制度や社会システムを前提としたままでは、

¹³ ICT 端末としての機能を有する自動車

これに対応することは難しく、主体的に変化を先導していくことは困難である。我が国の社会制度や仕組みには、変化に対応できないまま存続しつづける傾向がある。しかしながら、人口減少の影響が働き手の不足という形で、現実の社会に大きな影響を及ぼし始めている中で、Society 5.0の実現に向けて、知識集約型の価値創造が機能する社会システムへの変革が急務であり、早急に完了する必要がある。

一方で、既に、働き方改革や雇用慣行の変革、若者のスタートアップ志向の増大といった、変化の兆しは表現れており、日本社会は長い停滞期を抜けて大きな転換点を迎えようとしている。

これまでの価値観の中で定着している様々な制約から逃れ、質の高い知識を生み出し、その価値を最大化できる新たな社会システムとそれを支える科学技術イノベーションシステムの構築は、我が国にとって喫緊に求められる最重要の課題である。

② 次期科学技術基本計画期間の重要性

特に、次期科学技術基本計画期間(2021年度～2025年度)は、特記すべき重要な時期である。この期間は、団塊の世代が75歳以上となるタイミングと重なり、他の先進国に先駆けて少子高齢化の影響が格段に強まる時期である。同時に、Society 5.0を実現し、成熟社会における成功モデルとして諸外国をリードすることができるかが試される期間でもある。

近年、米中の技術覇権争いやブレグジット等の国際情勢の変化により、将来的な予見可能性が低下する中で、信頼できる国際的な科学技術協力のパートナーとしての日本への期待がかつてなく高まっている。このことは、科学技術外交を推進し、我が国の研究力の強化につながるという意味で大きなチャンスである。また、魅力的で安定した社会環境と、先端技術やものづくりの強みなどを合わせ持った日本に、アジアを始めとした世界各地から高度人材が集まり、更には日本への投資を引き付ける好循環を構築するためのチャンスとしても捉えることができる。

次期科学技術基本計画期間は、我が国がこれまで培ってきた科学技術力や人材といった資源の蓄積や強みを生かして、豊かで活力のある国として存立する新たな基盤を構築し、世界的な知識集約型社会への転換を我が国が主導できるかどうかという点で、中長期的な我が国の趨勢を決定づける決断と実行の分水嶺である。

③ 科学技術イノベーションへの官民挙げた集中投資

上記の情勢下からにおいて、我が国の産業競争力の強化や、一人一人が生き生きと暮らす社会の実現を目指し、また、社会の抱える課題の解決に貢献するとともに、国民の安全・安心を確保していくためには、躊躇なく科学技術イノベーションへの推進が不可欠であり、躊躇なく戦略的な集中投資を図るべき時期を迎えている。科学技術イノベーションは、「知」を生み出し、「知」の循環により新たな付加価値を生み出すことにより知識集約型の社会システムの中核を担っている。また、情報通信、交通、減災・防災、医療、社会保障、ものづくり、農林水産業、教育、スポーツ、文化、外交、安全保障等の国の活動全体に大きな影響を及ぼし、生産性向上や経済成長の鍵となるものである。このため、次期科学技術基本計画期間中に、官民挙げて科学技術イノベーションに対して集中投資を図ることが必要である。同時に、この投資を最大限

効果的、効率的なものにするための長期戦略を持ち、研究成果を社会実装につなげるイノベーションエコシステムの確立を進める必要がある。

短期的には、次期科学技術基本計画期間中に知識集約型社会への移行を完了するために、現有のあらゆる資源を総動員し、最大限活用することが鍵となる。この移行を成功させ、我が国が競争力を維持することは、それに続く、長期的な取組を真に意味のあるものにするための前提である。その際、国費による事業は、特定の分野を定めることなく、自由な発想に基づき進める基礎研究・学術研究の振興や~~国家戦略上重要な分野の研究開発~~、大学や国立研究開発法人における最先端研究インフラの整備、オープンイノベーションの基盤等の公共財としての性格が強く、市場原理に基づく民間の投資では行うことが難しいが、知識集約型社会の基盤として重要な役割を果たすものに対して、集中投資を行うことが必要である。また、我が国として重要な研究開発に、戦略性を持ち重点的に資源配分していくことが必要となる。加えて「知」をベースにした新たなイノベーションにより、社会システムを変革していくためには、従来科学技術イノベーション政策の対象とされてこなかった公共事業や社会保障等も、Society 5.0 実現に向けた重要な要素であり、こうした政策分野において、イノベーションの成果の社会実装の観点を盛り込んでいくことが重要である。さらに、「知」の好循環を実現するためには、民間資金の科学技術イノベーションへの投資が大幅に拡充されることも重要であり、我が国の財政状況を鑑みても、国は、知識集約型の社会システムの中で「知」の循環を図るための基盤となり、民間の「知」への投資の呼び水となるレバレッジ効果の高い政策を集中的に実施するという観点が重要である。

また、長期的な視点として今世紀中頃（20年、30年先）を見据えて、社会のあらゆる分野で活躍する人材の育成を担う大学の改革と一体となり、次代を牽引する高度知識人材を育成し、持続的なイノベーションの創出を先導できる新たな科学技術イノベーションシステムの構築に向けた変革と投資が必要である。

2. 科学技術イノベーションシステムの目指すべき方向性

前述のように、知識集約型社会へのパラダイムシフトが起きる中で、知識集約型社会への移行を早期に完了し、世界をリードしていくためには、次期科学技術基本計画期間は、我が国の長期的な趨勢を決定づける転換点であり、科学技術イノベーションシステムは、以下の方向性を目指して大きく変革していく必要がある。それぞれの取組の詳細については、第2章以降で記載する。

(1) 価値創造の源泉となる基礎研究・学術研究の卓越性と多様性の強化

知識集約型社会において、「知」はすべてのバリューチェーンの根幹となるものであり、その「知」の源泉である基礎研究・学術研究の卓越性と多様性を戦略的に維持・強化していくことが重要となる。

このためには、挑戦的・長期的・分野融合的な研究の奨励、若手研究者の自立支援・キャリアパスの安定、世界最高水準の研究環境の実現、国際連携・国際頭脳循環の強化に取り組むことが必要である。

(2) 知識集約型の価値創造に向けた大学・国立研究開発法人の役割の拡張

新たな価値を創造する知識集約型の価値創造システムを我が国全体で構築していく際には、大学や国立研究開発法人の持つ、基礎研究・人材育成拠点、国際頭脳循環の拠点、データ収集・分析拠点としての機能の強化を図り、国内外の産業界やアカデミアを引き付ける知・情報・人材・資金の循環のハブとしての役割を拡張し、変革の原動力としていく必要がある。

(3) イノベーションの担い手の育成

知識集約型社会は、大規模な資本を持たないスタートアップや個人であっても、革新的な価値の創造やイノベーション創出を容易に実現できる社会であり、こうした中においては、個人の個性が強みへと変換され、「出る杭」が打たれるのではなく、次々と成長していく仕組みの構築が重要となる。

(4) デジタル革命の進展に対応した新たな研究システムの構築

デジタル革命は研究活動そのものにも革新を起こしており、実験の自動化やデータ、AI 駆動の新たな研究システムやそのための情報基盤の充実・強化、データ利活用のルール整備、それを支える人材養成で世界をリードしていくことが重要である。

(5) 科学技術と社会の関係の在り方

科学技術があらゆる人々に深く関わる現代において、科学技術と社会との調和に関する取組は、科学技術イノベーションによる新たな価値創造の実現のために必要不可欠であり、研究開発のブレーキと捉えるべきものではなく、科学技術の急激な進展に伴って生じる法制度等の未整備といった、倫理的・法制度的・社会的課題（ELSI）への適切な対応が必要である。

(6) 政策イノベーションの実現

社会システムのパラダイムシフトが進行する中で、科学技術イノベーションシステムも目まぐるしく変化しており、行政における政策分析や立案においても、スピード感を持ち、大胆に変化に対応することが重要となっており、政策においてもイノベーションを実現し、大局観や現場感を持った政策分析を行い、自前主義や前例踏襲主義に陥らないシステムの整備が必要である。

(7) 研究開発の戦略的な推進

我が国の強みや特色、我が国が持つ人材や知、インフラ等の蓄積を踏まえ、我が国の産業競争力の強化や国民生活の豊かさ、地球規模課題への対応を含めた様々な社会的課題の解決、国民の安全・安心の確保等に大きく貢献する重要な研究開発領域を定め、戦略的に推進していくことが必要である。

第2章 価値創造の源泉となる基礎研究・学術研究の卓越性と多様性の強化

～「知」の創造大国ニッポンへ～

知識集約型社会においては、現時点で予想できない未来の社会の変革に柔軟に対応するために、価値創造につながる「知」の多様性を確保していくことが非常に重要である。この価値創造の源泉となるのが、真理の探究、基本原理の解明、新たな発見を目指す「基礎研究」とそれを支える研究者一人一人の動機に基づいて行われる「学術研究」の卓越性と多様性であり、これを戦略的に維持・強化していくことが重要である。

優れた基礎研究・学術研究を推進し、我が国の研究力を向上していくためには、挑戦的・長期的・分野融合的な研究の奨励、若手研究者の自立促進・キャリアパスの安定、世界最高水準の研究環境の実現及び国際連携・国際頭脳循環の強化が必要であり、このための研究人材・資金・環境の改革と大学改革を社会全体が一体となって展開することが重要である。

1. 挑戦的・長期的・分野融合的な研究の奨励

(1) 基本的方向性

価値創造の源泉となり、社会を大きく変革する革新的なシーズを生み出すのは、科学的卓越性(サイエンス・エクセレンシー)の高い基礎研究・学術研究であり、その振興のためには、新たな課題に積極的に挑戦する研究、短期的な成果の有無にとらわれない長期的視野に立つ研究、新たな科学分野を切り拓く分野融合的な研究や研究者の裁量を重視した研究を積極的に推進することが重要である。こうした要素を含み、破壊的イノベーションの創出を目指す「創発的研究」を推進していくことの重要性は、経済界からも指摘されている¹⁴。

(2) 具体的取組

① 多様な学術研究の支援

「知」の多様性の確保や、未知の課題に挑戦するマインドを持った研究人材の育成においては、研究者一人一人の動機に基づいて行われる学術研究が果たす役割は大きい。こうした研究者の志を原動力とする学術研究を推進するため、基盤的経費を始めとした機関の裁量で使用できる財源や学術研究を支援する科学研究費助成事業(科研費)の充実が求められる。

また、最先端の大型研究装置等を整備し人類未踏の研究課題に挑むことで、国内外の研究者が集い、世界の学術フロンティアを先導する大規模学術研究プロジェクトを戦略的・計画的に推進することが重要である。

② 新興・融合領域の研究の促進

科学は、これまでの固定観念やパラダイムに挑戦し、新たな分野を切り拓くことにより発展してきた。その際に、例えば生物学と物理学の融合により DNA の分子構造が解明されたように、異分野の協力や融合が、科学の発展に大きな役割を果たしてきた。

また、科学技術が、変化の速い、複雑で予測しにくい時代に突入した現代の様々な問題と向き

¹⁴ 「Society 5.0 の実現に向けた「戦略」と「創発」への転換」(2019年4月16日一般社団法人 日本経済団体連合会)

合うには、これまで個々に発展してきた学問体系を越えて、複数分野の連携により新たな融合領域を生み出して社会課題の解決につなげていくことが求められている。

近年、我が国の新興・融合領域での活動が停滞しているとの指摘もあり、また、新しく融合的な研究ほど、細分化された既存の学会組織や競争的研究費の中では適切に評価がなされず、研究者が融合分野に進むことを躊躇する原因になっていること、また、融合領域の研究を評価できる人材やその評価手法が確立していないこと等により、大学等の組織や研究者が新たに融合領域の研究に取り組むインセンティブが不明確で、その促進を妨げているとの指摘もあることから、分野融合的な研究を積極的に評価する取組を活性化すべきである。

また、科研費の新学術領域研究の機能を更に発展させ、学術の体系や方向の変革・転換を先導する「学術変革領域研究」の創設や、国が定めた目標の下で新興・融合領域の開拓につながる独創的・挑戦的な研究を進める国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）の戦略的創造研究推進事業等の充実等の新興・融合分野を促進するための競争的研究費の充実が求められる。

③ 研究の挑戦性の重視

我が国の研究水準の向上・強化を目指すためには、短期的な成果主義から脱却し、研究者が中長期的な視野で自由で柔軟な発想に基づきながら、挑戦的で斬新な発想の実現に取り組んでいくことにより腰を据えて取り組める環境を作り出し、新たな科学を切り拓いていくことが重要である。このため、既存の枠組みにとらわれない自由で挑戦的な研究を、研究に専念できる環境を確保しつつ、最長10年間支援する「創発的研究支援事業」等を通じて、若手研究者を中心とする多様な研究人材の潜在能力を最大限に引き出すことが求められる。

また、大型の競争的研究費の審査において研究推進能力を適切に評価する必要があるのは当然のことではあるが、若手向けの研究費等においては研究実績を考慮しすぎると、研究者は自身の専門分野において短期的な成果を求める発展的研究や、実績を獲得するために着実に挑戦性の低い課題に取り組みがちとなり、斬新な発想を摘み取ることに繋がる側面がある。

このため、斬新な発想に基づき、これまでの考え方を大きく変革させることを目的とした競争的研究費の審査においては、研究計画の独自性、将来性、挑戦性をより重視することや、中間・事後評価においても、目標等の達成状況のみならず、当初想定されていなかった成果やスピアウトを創出したこと、目標どおりの成果が得られなかった場合においても研究ビジョンを持って挑戦を続けていたことを肯定的に評価することが重要である。また、こうした研究を見いだすためには、多様な視点での審査が必要であることから、過度な負担にならない範囲で若手研究者が審査に参画する仕組みも重要である。これは、若手研究者の経験、視野の拡大にもつながるものであり、審査への参画が研究者のキャリア形成の一環となることも重要である。

④ 論文数や被引用度のみによらない評価手法の検討

研究力を測定する指標として、論文数や Top10%補正論文数等の指標が用いられることが多いが、これらの指標は、研究成果の一面を示す指標であり、研究の水準の全体像を示すものでないことに十分留意する必要がある。論文数は量的な指標であり、質的な側面を反映しておらず、また、分野によって状況が異なるために、単純な集計による分野間の比較は困難である。Top10%補正論

文数等の論文被引用度は論文の質ともある程度の相関性を示す一つの指標であるものの、論文の注目度に着目した指標であり、それだけでは論文の有する多面的な質を十分に表すものではない。また、情報分野や人文学・社会科学等では、論文以外の形態での研究成果の発表が評価されていること、新興・融合領域については、その性質上、それを評価する手法が十分に確立されていないという問題もあるため、これらの分野では、必ずしも論文数や論文被引用度が研究水準を表すことにはならないこと等に留意する必要がある。また、研究水準の一部のみを示す指標が目標値として提示される場合、その数値達成が自己目的化され、研究の多様性や挑戦性が損なわれ、研究者のモチベーションにも悪影響を及ぼし、結果として我が国の総合的な研究力が低下する恐れもあることにも留意が必要である。

基礎研究・学術研究における研究活動は、高度に専門的で多様なものであるため、アカデミアが中心となって研究の水準を評価するための新たな指標の検討を行うことが必要である。その際には、例えば、分野ごとに、研究成果の発表媒体の違い、研究者コミュニティの間での研究成果に対する価値の違い等を踏まえて、複数の定量的・定性的な指標を総合的に検討することが必要である¹⁵。加えて、研究成果の社会・経済・文化的なインパクト等、学術評価を超える視点についても、評価の在り方を検討することも必要である。

⑤ 優れた研究が継続的に支援される仕組みの構築

息の長い基礎研究・学術研究を育てて、社会的・経済的価値につなげていくためには、優れた研究が継続的・長期的に支援されることが必要である。そのためには、挑戦性を重視して萌芽的なアイデアを育てる段階から、本格的な仮説の検証段階、社会に仮説をコンセプトとして示す段階等、それぞれの研究フェーズに応じた研究資金が、過度な集中や重複が起らないよう留意しつつも、優れた研究に対し、継続的に提供される必要がある。

このため、異なる競争的研究費間で優れた研究が継続的に支援されるよう、前の競争的研究費における評価を次の研究フェーズの競争的研究費の評価に活用すること、資金配分機関間での必要な情報の共有や連携を一層進めていくことが必要である。

⑥ 人文学・社会科学と自然科学との「知」の融合

Society 5.0 や SDGs 等に示される社会ビジョンの実現に向けた社会課題を解決し、人間主体の社会を構築していくためには、そのアプローチとして自然科学面及び人文学・社会科学面の双方から一体的に取り組むことが不可欠である。例えば、数百年前の古文書等の研究を行う歴史学が現在の津波の発生メカニズム、流速、浸水地域の分布等の推定に寄与するなど、人文学・社会科学が自然科学と融合し、成果を上げている事例もある。また、AI、量子技術、ゲノム編集による遺伝子改変技術等の新興の科学技術が飛躍的に進展し、かつてないスケールで社会に大きな影響をもたらす得るような状況の中、従来想定されなかった倫理的・法的・社会的課題(ELSI)と向き合い、これに機動的に対応していくことの重要性が一層高まっている。

このため、社会課題解決型の競争的研究費においては、人文学・社会科学の研究者の参画を促

¹⁵ 研究評価における計量データの利用についての適切な利用の在り方については、「The Leiden Manifesto for research metrics(研究計量に関するライデン声明)」などでも指摘されている。

進するなど、社会課題の解決に向けて自然科学と人文学・社会科学の「知」の融合を促進すること、最先端の科学技術を社会で活用する際に人文学・社会科学と自然科学が協働して倫理的・法的・社会的課題(ELSI)を考慮していくことが重要である。

⑦ アンダーワンルーフ型¹⁶のトップレベル研究拠点の構築

研究者が分野を越えて「知」を融合し、新たな科学を切り拓いていくために、主要国では、特定分野に属する個々の研究室を単位とした伝統的な研究スタイルではなく、様々な分野の研究者がアンダーワンルーフ型の研究所において分野横断的な形で研究活動に従事し、ディスカッションやアイデアの交換を通じて分野融合的な研究を進めていくための研究環境が整備されている。そのような研究拠点では、トップが人事面や資源配分面で大きな裁量を持ち、その下で若手研究者の育成や分野融合研究の推進、先端研究施設の共用化や充実した研究支援が行われており、世界中からトップレベルの研究者を引き付けることに成功している。

我が国の世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI¹⁷)は、こうしたアンダーワンルーフかつ高度に国際的な分野融合研究拠点の形成を促進する先駆的な取組であり、2007年の事業開始以来、世界最高水準の研究成果導出の面でも、研究システム改革の面でも、我が国を先導する数々の成果を上げてきた。

このような好事例を、我が国の他の大学・研究機関に向けて、その分野特性や機関特性に応じた形で、広く横展開していくことが重要である。あわせて、補助金等による支援期間を終えた拠点の研究ポテンシャルや国際ハブ機能を科学技術イノベーション政策上の「財産」として最大限に活かしていくため、各大学・研究機関等における研究システム改革等の取組を引き続き支援していくとともに、新規に拠点整備をする場合においても、将来を見据えた持続的な枠組みのもと、国として目指すべき更なる高みに向けた戦略性及び計画性の伴ったものとしていくことが求められる。こうした継続的取組を通じて、我が国に整備される世界最高水準の研究拠点群が総体として国際優位性を発揮し、我が国の研究力及び国際プレゼンスの向上を牽引していくことが重要である。

2. 若手研究者の自立促進・キャリアパスの安定

(1) 基本的方向性

研究開発は人が行うものであり、優秀な若者が研究者を目指し、能力を發揮できることは、システムの根幹である。そのためには、若手研究者が、アカデミアも企業も含めた多様な場で活躍できるシステムが構築され、研究者が魅力的な職業であることが重要である。その際、大学等のアカデミアにおいては、そのキャリアの初期に一定の競争的な環境を経て、公正な業績評価の下で任期のないテニユアポストを獲得する道筋の明確化を図ることが求められる。また、博士課程進学者が減少している中で、経済的支援の充実等により優秀な人材の博士課程への進学促進を図ることや、大学院教育において、高度な専門的知識と科学的な思考法・手法、問題解決能力を備

¹⁶ 研究や産学連携等において、関係者が一つ屋根の下で日常的にコミュニケーションを取りながら、一体となって取り組むことが出来る環境

¹⁷ World Premier International Research Center Initiative

えた博士人材の育成が行われ、トレーニングを積んだ若手研究者が早期に独立した主任研究者（PI¹⁸）として挑戦的、創造的な研究を牽引していく環境を整えることが重要である。また、優れた博士人材は、知識集約型社会への転換が加速している我が国の発展を担うべき存在であり、産業界をはじめ、アカデミア以外においても博士人材が多様に活躍できる社会の構築や、女性研究者の活躍促進の実現等により、若手研究者が将来の安定したキャリアパスを見通せる環境の整備に社会全体が取り組むことが求められる。

（２）具体的取組

① 博士後期課程学生への経済的支援の抜本的充実

世界中で高度人材の獲得競争が激化する一方で、我が国では若年人口の減少が進んでいる。また、次代の科学技術イノベーションを担う人材を育成する博士後期課程については、各国において人口 100 万人当たりの博士号取得者数が増加する一方で、我が国は主要国で唯一その数を減少させているほか、修士課程から博士課程への進学者も減少傾向にある。その背景として、キャリアパスの不透明さや在学中の経済的負担等への不安等が指摘されている。

博士後期課程への進学を促進するため、博士後期課程修了者が高度な専門性に加えて、社会や企業の求める普遍的なスキルやリテラシー等を身につけられるよう、大学院における教育の見直しを促進することが重要である。また、在学中の経済的負担等への不安等に対応するためには、学費や経済的支援等への見通し（ファイナンシャル・プラン）の提示を行うとともに、優秀な博士後期課程学生に対する経済的支援の充実が重要である。特に、博士後期課程学生は学生であると同時に、我が国の研究システムと教育システムの一翼を担う存在であり、将来、「知」のプロフェッショナルとして、我が国の知識集約型価値創造システムを支えることになる人材であることから、社会全体で育成していくという意識を持つことが必要である。

優秀な人材を国内外から惹きつけるためには、博士後期課程学生に対する経済的支援について、多様な財源を活用し、よみ一層多くの学生が生活費相当額程度以上の受給を可能とするなど、国際水準の魅力ある質・量に引き上げることが重要である。具体的な対策としては、競争的研究費や企業との共同研究等に関わる博士後期課程の RA（リサーチアシスタント）の積極雇用や処遇の充実、TA（ティーチングアシスタント）の充実を図ることが重要であり、その際には、適正な額の支援が行えるよう、各機関において必要な措置が講じられるべきである。また、奨学金の返還免除、授業料減免等の充実に加え、特別研究員事業（DC）等の優秀な学生に対するフェローシップの充実が求められる。このほか、企業等からの寄附金等を活用した基金による奨学金等の支援も拡大しつつあり、このような民間資金等の外部資金を活用した経済的支援の充実も進めていくことが重要である。

② 大学院教育の充実によるキャリアパスの多様化

我が国の企業の研究者に占める博士号取得者の割合は、他国に比べ低いのが現状であり、企業役員についても、大学院卒は 6.3%にとどまっている。一方で、スタートアップや技術志向の中小企業における博士号取得者のニーズは高いという指摘もある。大学院において、知識集約型価

¹⁸ Principal Investigator

値創造システムの中核となっていく高度知識人材を育成し、そうした人材が、リサーチ・アドミニストレーター（URA¹⁹）や技術職員、企業の研究者・技術者、教師、公務員等、さらには起業も含め、大学以外の場や研究者以外の進路等を選択し、多様な場で活躍できるキャリアパスの構築が求められる。

社会において広く活躍できる能力を身に付けるため、大学院においては、ファクトとロジックで思考する科学的思考法に基づいて、多様な課題設定・問題解決ができる基礎的素養と高度な専門知識の応用力等を修得するとともに、企業と連携した長期の有給インターンシップ、企業との共同研究等により早期に社会との接点を確保し、学生と企業等との相互理解を進める機会や、海外の大学等との連携等を通じてグローバルな視点やネットワークを培う機会を増加させていくことが重要である。そのため、卓越大学院プログラム等を通じて、産学連携での大学院教育や国際的に卓越した博士人材育成教育の好事例を創出し、我が国全体の大学院への横展開を図る。また、知識集約型社会への大転換の中、AI等の情報科学や統計学等の数理科学等の産業ニーズの高い分野における重点的な人材養成を進める。

大学等のみならず、企業・公的機関等も含めた社会全体においても博士号取得者の採用に積極的に取り組むべきである。その際には、学生が大学院において研究に専念できる環境と就職活動を両立できる環境を整備することが求められる。また、博士号取得者が就職する場合に、企業が奨学金に相当する金額を負担するなどの経済的支援を行うこと等により、採用に積極的に取り組む動きもあり、こういった動きを促進していくことも重要である。

③ ポスドク・特任教員等の安定性と自立性の確保に向けた研究環境の改善

近年、ポスドクや特任教員等の任期付のポストが増加している。研究者としてのキャリアの初期においては、任期付研究員として複数の研究機関で研さんを積むことが一般的であるが、短期間の任期では、腰を据えて、挑戦的・長期的・独創的な研究テーマに取り組めないなど、研究者のキャリア形成の阻害要因となり得る。

若手研究者については、各種の研究プロジェクトで雇用されることが多いが、プロジェクトへの従事に100%のエフォートを求められると、自らの自由な発想に基づく研究や教育研究・マネジメント能力の向上のための時間を確保することに困難が生じる。

若手研究者の安定性と自立性を確保するため、任期のあるポストについては、一定期間（原則として5年程度以上）の任期が確保されることが必要である。また、研究プロジェクト雇用であっても、エフォートの一定割合を自らの研究や教育研究・マネジメント能力の向上のための時間にあてることを可能とし、多様な能力を向上させることができる環境を整備することが求められる。

また、ポスドクや特任教員等の若手研究者について、その職務内容等を踏まえた適切な処遇が確保されることも必要である。これらの若手研究者は、各種のプロジェクトで雇用される者が多いことにも鑑み、望ましい処遇、研究環境の在り方やインターンシップの活用等によるキャリア開発支援等を盛り込んだポスドク等の雇用に関するガイドラインを策定すること等の検討し、大学等における組織的な展開を促す等の取組が必要である。

¹⁹ University Research Administrator（大学及び公的研究機関等において、研究開発プロジェクトの企画・管理を担うプログラムマネージャー、研究活動全体のマネジメント等の高度な研究支援を主務とする人材）

④ 大学等のアカデミアにおける安定的なポストの確保

近年、若手教員の任期付雇用の比率が大幅に増加しており、本来であれば任期のないポストに就き始める世代の若手研究者の大学等におけるポストが十分に用意されていない状況が見られ、博士後期課程への進学を躊躇させる要因の一つと指摘されている。

大学等のアカデミアにおけるキャリアパスについては、一定の競争的な環境を経つつ、公正な業績評価の下でテニュアポストを得るテニュアトラック制の普及等により、研究者として順調なキャリアを積み、博士号取得後10年～15年頃までには任期のないテニュアポストを得られる見込みを持つことや、そうアカデミアにおける研究者だけではなくても民間の研究者・技術者やURA等の研究マネジメント人材、技術職員、データ関連人材等の多様で安定したキャリアを得る見込みを持つことや博士号取得者の有する知識や経験が適切に評価された待遇が用意されていることにより、長期的な展望を描くことができる環境の構築が必要である。

そのためには、大学等においては、優秀な若手研究者が安定かつ自立したポストに就いて研究できる環境の実現を支援構築するとともに、年齢や職位の構成等の偏りによる組織の硬直化を避け、一定程度の新陳代謝を常に維持するための中長期的な人事計画の策定や、計画的かつ戦略的な人事配置・人材の育成、優秀な若手研究者が競争的環境を経て安定的ポストに採用されるテニュアトラック制、分野・職種・年齢の特性に考慮した誰もが納得しモチベーションが高まる業績評価、大学、公的機関や企業等の壁を越えて複数の機関において活躍できるクロスアポイントメント制度等の推進といったそれぞれの取組を、各大学等が自律的に複合的総合的にパッケージとして進める人事給与マネジメント改革の着実な実施が求められる。

また、こうした取組を自律的に進めるためには、各大学等の経営基盤の強化も不可欠であり、競争的研究費の柔軟な活用、寄附金の受入れ拡大、資産の有効活用等様々な取組を通じて、外部資金の更なる活用を進め、自由裁量で活用し得る経費を拡大することが重要である。その際、例えば、適切にエフォート管理を実施する体制の構築を前提として、競争的研究費の性格を踏まえつつ従前は対象としていなかった直接経費からの研究代表者の人件費の支出も可能とすることや、企業との共同研究の直接経費への人件費計上の促進等、多様な財源により人件費を確保し、裁量的経費を拡充することで、大学等の経営判断として、若手研究者の安定的なポスト確保等に充てるといった好循環を作り出すことが重要である。

⑤ 流動性の確保による多様な経験を経たキャリア形成

研究者としてのキャリアの中で、様々な研究機関に所属し、多様な経験を積むことにより、研究における視野を広げ、国内外のネットワークを作り、リーダーシップやマネジメント能力等のトランスファラブルスキルを磨いていくことは、キャリア形成には不可欠である。我が国の研究者の流動性については、国内のセクター間の人材の流動性についても大学及び公的機関等からの企業への異動者の割合が低調であるとともに、地方と都市部の大学間においても人材の流動性のバランスが十分にとれていないとの指摘もあり、卓越研究員事業等も活用し、全国的な研究者の流動性を確保することは、我が国の基礎研究力の足腰を強くしていくためにも、非常に重要な視点である。

このため、例えば、研究機関内部の昇進を重ねるのではなく、他機関への移籍（クロスアポイント

トメントを含む)を前提とし、それが昇給・昇任のきっかけとなるようなキャリアパスの構築が求められる。

⑥ 若手研究者向け競争的研究費の拡充

若手研究者が自立的な研究を実施する上で、安定的な資金の確保は不可欠であり、資質・能力のある若手研究者の発想や挑戦が制約されることのないよう支援を充実させることが求められる。

このため、科研費の若手研究、JSTのさきがけやACT-X等の若手研究者向けの競争的研究費を充実させることが必要である。また、競争的研究費の獲得に至る前の若手研究者の独創的・挑戦的なアイデアを見いだし、支援できるよう、各大学等においても、所長・部局長等が現場の裁量で機動的に研究者を支援できる資金(シードグラント)を充実していくことが必要である。

⑦ 若手研究者の独立時のスタートアップ支援

若手研究者が、十分な研究経験を積んで、PIとして自立し、独創的・挑戦的な研究に取り組んでいくことは研究者のキャリアステージを考える上で重要である。欧米を始めとする諸外国では、優秀な若手研究者に、研究室の運営に必要な機器やスペース、人件費等のための経費をスタートアップ資金として用意し、早期に独立した研究者として活躍できる環境を提供するとともに、それが優秀な人材獲得における重要な要素となっている。我が国においては、PIの研究者としての自立に必要な研究室運営資金が不足しているとの指摘がある。

このため、テニユアトラック制の普及によるスタートアップ支援の充実や科研費、JSTのさきがけ等において開始されているスタートアップ支援経費の拡充が求められる。加えて、ナノテクノロジープラットフォーム事業等に代表される全国的な先端研究設備・機器等の共用や、大学等の組織における研究設備・機器の共用に取り組み、まだ資金力のない若手研究者も含めた全ての研究者に開かれた最先端の研究設備・機器等を整備することが重要である。

⑧ 若手研究者の研究力向上のための機会の充実

科学技術に関する国際的な競争が激しくなる中、キャリアパスの多様化や流動性の向上により、研究の多様性を確保し、我が国の研究力向上を図る上で、優れた若手研究者の育成が急務であり、世界水準の研究・マネジメント能力を身に付け、世界で活躍できる研究リーダーの戦略的育成に取り組むことが必要である。

このため、機関や分野の枠を越えて若手研究者が互いに切磋琢磨できるネットワーク構築の支援や、トップジャーナルへの論文掲載や海外資金獲得等に向けた支援体制の構築、研究室や研究プロジェクトのマネジメント能力の向上といった国際的に活躍できる研究者の育成のために戦略的に体系化されたプログラム開発等の組織的な取組が必要である。また、若手研究者の段階から多様な研究環境で経験を積み能力を高めるとともに、世界の「知」を取り込み国際通用性のある研究を促進することが重要であり、若手研究者の海外研さんの機会の拡充や国際共同研究の強化等により国際的な研究コミュニティへの参画を促進していくことが重要である。

⑨ 女性研究者の活躍促進

多様な視点や創造性を確保し、活力ある柔軟な研究環境を形成していく上で、女性研究者の活躍促進に取り組むことは重要である。子育て中でも研究を中断することなく、継続することができるよう、フレキシブルな勤務体制や、配偶者同士が可能な限り近い職場での勤務を可能とすること、スムーズな研究復帰支援、実験ノートの電子化等の研究活動の効率化等により、ライフイベント等を迎えた女性研究者等が効果的かつ効率的に研究を進められるようにすることや、ライフイベント等に伴う研究活動の中断等に関して、業績評価等の際に配慮すること等により、インクルーシブな環境を構築していくことが必要である。また、大学や研究機関における、こうした取組を強力に促進するとともに、それらに関する優れた知見の普及・展開を図るための全国ネットワークの構築に取り組み、諸外国の先進事例も含めた、国内外の好事例の普及展開を図ることが重要である。あわせて、現在女性割合の少ない上位職への登用の一層の推進も求められる。

女性研究者の割合が特に少ない理学や工学等の分野については、それらの背景等についての分析を踏まえた取組や、保護者・教員等の理解を促進する取組等、女子中高生の進学を促すための取組が重要であるとともに、産学を通じて若手の活躍促進が求められる先端的、産業ニーズの高い分野で、女性割合の低い場合には、それぞれの分野の課題に対応した大学等における取組を促していくことも重要と考えられる。

⑩ 我が国の研究活動の中核を担う優秀な中堅研究者の能力が活用される環境の充実

優秀な中堅研究者は、複数の機関にまたがるプロジェクトのリーダーになるなど、我が国の研究活動の中核を担い、次期科学技術基本計画期間中に知識集約型価値創造システムの構築を担う主要なプレイヤーである。一方で、こうした年代の研究者の中には、その能力に見合った十分なポストが提供されず、不本意ながら身分が不安定な職に就いている者もいることが指摘されている。若手研究者のみならず、その世代の力を最大限に活用していくことは喫緊の課題であり、若者が研究者を目指す上でも、この世代の優秀な研究者が活躍する姿が重要である。

このため、一定の年齢層に偏らず、優れた研究者に対して継続的に研究支援が行われるような競争的研究費の充実や業績や能力に応じた処遇やポスト等の提供が求められる。また、教育を主たる業務とする教員、URA等の研究マネジメント人材、技術職員、データ関連人材を始めとする、研究職以外の多様な場での活躍促進も必要である。

3. 世界最高水準の研究環境の実現

(1) 基本的方向性

産学官の有する研究施設・設備・機器は、あらゆる科学技術イノベーション活動の原動力となる重要なインフラであり、科学技術が広く社会に貢献する上で不可欠なものである。

これらの研究インフラは、多数の研究者に効率的に活用されてこそ価値が高まるものである。特に、資金力のない若手の研究者を含め、全ての研究者に開かれた研究設備・機器等を実現することで、研究者が一層自由に最先端の研究に打ち込める環境の実現を目指す必要がある。

また、前述のアンダーワンルーフ型の研究施設や、全国の研究者コミュニティを横断的につなぎ、我が国の研究基盤の向上に寄与してきた大学共同利用機関法人等において、広く最先端の研究機器を共有する仕組みが整備される中で、様々な分野の研究者が研究活動に従事し、分野融合

的な研究を進める原動力となることも期待される。

さらに、研究者、技術職員、事務職員、URA 等が一体となったチーム型研究体制により研究開発を推進できるよう、組織の意識改革を図り、関係する人材を継続的に確保・育成していく必要がある。

(2) 具体的取組

① 最先端の研究施設・設備、研究支援体制を整えた研究拠点の中長期的・戦略的整備

欧米や中国では、数億から数十億円規模の最先端の研究施設・設備を次々に導入しているという現状がある中、我が国が引き続き科学技術先進国としての地位を確保していくためには、最先端の大型研究施設・設備を広く利用できる拠点を戦略的に整備していく必要がある。

このため、国内有数の大型研究施設・設備について、我が国全体の先端研究設備を長期的視点で俯瞰して全体最適化し、研究基盤（設備・施設・人材・システム等）の役割を明確化した中長期的な計画に基づく戦略的な配置を行うとともに、機関連携による地域協調的な導入等を可能としていくことが求められる。

加えて、我が国の財政的状況に鑑みれば、研究基盤の企業との共同設置等を始め、施設の整備と運営に当たっての一層の産学官連携が必要であることから、国は、個別の分野等の特性も踏まえつつ、一部民間資金や受益者による負担の活用等による持続的な共用モデルを産学と連携して検討・構築することが必要である。

さらに、最先端の大規模な研究機器等を備え、我が国の学術研究の中核となっている大学共同利用機関法人等の共同利用・共同研究体制については、その研究施設・設備のオールジャパンでの戦略的配置を推進するとともに、研究設備・機器等のより柔軟な共用を可能とする運用体制の改革等により、引き続き、多くの研究者に開かれた拠点として、人的ネットワークの拡大に貢献し、我が国全体としての研究力の向上に貢献することが期待される。

② 組織全体での研究設備・機器の戦略的な整備、集約・共用、コアファシリティ化の促進（ラボから組織へ）

運営費交付金が減少し、競争的研究費が増加したことで、研究室単位で研究設備・機器の分散的な導入・管理が促進され、組織としての中長期的視点に立った整備・更新が十分に行われていないとの指摘がある。また、多くの大学・研究機関において、最新の研究設備・機器が導入できずに老朽化・陳腐化しており、仮に競争的研究費等で導入できても、持続的な運転経費を十分確保できず、研究プロジェクトの終了とともに、死蔵されてしまうケースもあるとの指摘もある。我が国の貴重な財産である研究設備・機器の有効活用を図る観点から、研究室（ラボ）から大学全体（組織）への開放、さらには大学・研究機関の壁を越えた共用が求められる。その際、共同開発、耐用年数や技術開発・革新のタイミングを考慮した次世代機器の導入など、より戦略的な開発・導入・普及・更新サイクルの実現も同時に求められる。

そのためには、共用化の推進を積極的に評価すること等を通じた大学・研究機関の意識改革と、購入する大型の設備・機器の原則共用化や間接経費の充実等の競争的研究費を通じた取組を両輪として推進し、共用を「文化」として根付かせることが重要である。

そこで、大学・研究機関のトップマネジメントにより、分散管理されてきた研究設備・機器の組織的管理（ラボから組織へ）を進め、研究機関全体の研究基盤（コアファシリティ）としての共用化を図るため、国は、大学・研究機関の経営戦略に基づく戦略的な研究基盤の整備・更新・共用の取組を支援するとともに、研究基盤共用のためのガイドラインの作成等により、共用に関する取組の好事例の展開や、共用に関するルールの浸透、共用を妨げる「自己規制」の是正に取り組む。

また、今後、大学・研究機関において、研究設備・機器の戦略的な整備・共用を推進するため、例えば、研究設備・機器の整備・共用を基幹的機能とし、戦略的に取り組む大学・研究機関を前向きに評価することや設備・機器の共用化に貢献した研究者を積極的に評価するようなインセンティブを設けること等の取組の検討が考えられる。その際、共用化が自己目的化することなく、大学・研究機関の研究力向上につながるよう留意する必要がある。競争的研究費については、既に、文部科学省事業の公募要領において、汎用性が高く比較的大型の設備・機器の原則共用化が明記されているが、研究目的の達成に向けた機器等の使用とのバランスを取りつつ、「原則として共用」が実質的に担保されるような制度の在り方を政府で検討する必要がある。さらに、将来的には、競争的研究費や基盤的経費を活用した、計画的な研究設備・機器の整備更新の在り方を検討することが求められる。

研究設備・機器を集約し共用することは、大学・国立研究機関の施設マネジメントの観点からも、研究スペースの確保という意味で重要であり、共用のためのスペースを確保する大学・研究室には優先的に研究設備・機器を整備する等のインセンティブを伴う対応も検討する必要がある。

さらに、研究設備の更新に充てることができる予算が近年大幅に減少し、研究設備の老朽化が進行している中で、まずは老朽化した施設の安全性を確保することが大前提であるが、各大学・研究機関において新たに機器を導入する際には、購入だけでなく、レンタル、シェアリング等の様々な利用手法や、設備更新による機能強化や研究スペースの創出等により、教育研究の多様化・高度化に対応し、費用対効果も勘案した最適な手法を選択することが求められる。その際、メンテナンスを含めた費用全体を含めて検討することが重要であるが、設備そのもののライフサイクルを考慮し、使用可能な機器を開放して施策に活用したり、研究機関内外で再利用を行う等の活用方策も検討するべきである。

③ 技術職員の育成・活躍促進やキャリアパス構築

優れた研究を推進するためには、高度で専門的な知識・技術が不可欠であり、研究設備の維持管理に関してこうした知識・技術を有する技術職員は、研究者と共に課題解決を担う、研究成果の創出に必須の存在である。例えば、財政的な制約によりその人数を減少させることは、研究者の研究時間の減少につながるだけでなく、専門的な技術が継承されないことにより研究開発活動にも悪影響を及ぼすこととなるが、技術職員のキャリアパスが明確でないことや任期付きポストの増加等により、人材確保が困難になっていることが指摘されている。

技術職員が、博士後期課程を含めた学生にとって魅力のあるキャリアの選択肢の一つとなるようにするため、高度な技術力・研究力を持ち合わせた技術職員については、従来の給与体系を抜本的に見直すなど、その能力を正當に評価するとともに、技術職員が、例えばその能力に応じて高度技術系専門人材として位置付けられるなど、多様なキャリアパスを実現し、技術力を向上さ

せることができるような組織としてのマネジメント体制を構築することが必要である。また、国としても、技術職員等を対象とした表彰制度の創設等による認知度の向上に取り組むなど、技術に携わる人材の中でも指導的役割を果たす人材が社会的に評価される方策を検討することが必要である。

④ 教育研究の多様化・高度化に対応した戦略的リノベーションによる研究施設の機能向上

国立大学法人等（大学共同利用機関法人、独立行政法人国立高等専門学校機構を含む。）の施設は、知的基盤を支え、新しい教育や研究を推進するなど、イノベーションの創出に必要不可欠な重要インフラである。

これまで、科学技術基本計画に基づき、「国立大学法人等施設整備5か年計画」が策定され、計画的・重点的に整備を進めてきた中で、狭隘解消整備や施設の耐震性の確保については進展してきた。一方で、昭和40～50年代に大量に整備された既存施設が老朽化する中で、厳しい財政状況の中、国立大学法人等においても施設整備費補助金に加えて運営費交付金や間接経費等を活用するなどの工夫をしているものの、結果的に機能向上や老朽改善が十分に進んでいない現状がある。このため老朽改善の遅れにより、教育研究活動に支障が生じる施設障害や、安全・安心を脅かす事故が発生し、その対応が大学の基盤財源を圧迫し、イノベーションの創出や知識集約型価値創造システムの構築に向けて、国立大学法人等の役割を果たすための大きな足かせとなっている。

このため、国は早急に施設の老朽改善を進めるための措置を講ずる必要がある。同時に研究力向上等に必要な機能強化を図る「戦略的リノベーション」を推進することとし、重点的に整備すべき施設等に関する国立大学法人等全体の施設整備計画を策定し、計画的・効率的に施設整備を進める必要がある。

また、国立大学法人等はそれぞれの特性に応じ、「経営マインド」を持って、自ら積極的に多様な財源による施設整備を検討し、企業や地域等から「投資」を呼び込む必要がある。国はこれらの取組を後押しし、これまで以上に積極的に施設整備へ多様な財源を活用できるよう、例えば、国立大学法人等が多様な財源を活用する場合に一部を財政支援することにより、施設整備が実現できるようなインセンティブが働く新たな施設整備の仕組みを検討する。

⑤ 研究時間確保のための制度改革

研究時間の減少傾向は、日本の研究力低下に直結する問題であるとともに、後に続く次世代の研究者への夢や憧れを失わせることにもつながるものであり、研究者の負担軽減や研究時間の確保に向けた取組を進めることが重要である。

このため、各大学・研究機関においては、研究者の事務負担を軽減する観点から、例えば、教授会について、機能別とするなどの再点検を行い、会議の頻度等を見直すことが重要である。

また、技術職員やURA等の高度な専門職人材を育成・確保することで、研究活動のタスクシェアリングを行うとともに、研究者、技術職員、事務職員、URA等が一体となったチーム型研究体制を実現することが重要である。事務職員の責任と権限の明確化による教員の事務負担軽減等にも積極的に取り組むべきである。

さらに、TAの積極的な導入による教員の授業負担の軽減や、AI等も含めた情報技術を利用した

事務処理や研究サポート基盤の整備、「researchmap²⁰」等の活用による申請・評価書類の重複の排除や簡素化、競争的研究費や共同研究等から必要経費を支出し、所属研究機関における研究以外の業務を代行させること（バイアウト）等により主として研究又は教育に従事する教員等の配置を可能とすること等についても積極的に取り組む必要がある。

加えて、資金配分機関によって研究者や研究活動の勤務管理方法や様式等が異なることにより、研究者や研究機関の事務負担が生じていることから、政府全体の競争的研究費制度においてエフォート率による管理の運用ルールや様式の統一等による事務の効率化を行い、研究者の負担軽減による研究時間の確保を進めていくことが必要である。加えて、国や大学等による調査や評価についても、研究者の負担軽減の観点から、様式の簡素化や事務的手続の軽減等を進めることが求められる。

また、近年国を挙げて働き方改革が進められる中で、大学及び国立研究開発法人における高度な知識集約型の研究活動についても、創出される研究成果の最大化と働き方改革の実現とを両立するための方策を検討していくことが必要である。

4. 国際連携・国際頭脳循環の強化

(1) 基本的方向性

世界各国において、科学技術イノベーション政策が成長戦略の中核に位置付けられ、国境を越えた科学技術活動が展開されて国際研究ネットワークや国際共同研究が拡大している中においては、我が国が国際頭脳循環の中心となることが極めて重要である。

また、世界の「知」と多様性を取り込み、世界の主要な一角として国際社会における存在感を発揮するためには、我が国の科学技術の戦略的な国際展開を図らなければならない。

このため、国際共同研究の抜本的強化を図るとともに、グローバルに活躍する若手研究者等の育成・確保を推進し、大学・国立研究開発法人の国際化を図ることにより、世界の中で存在感を発揮する研究グループを形成するとともに、国際研究ネットワークのハブとなりうる研究拠点を形成していく必要がある。

(2) 具体的取組

① 国際共同研究の強化

現在の最先端の研究や世界が直面する社会的課題の解決に向けた研究においては、国際的な連携・協力が不可欠である。国際頭脳循環に参画し、科学技術の国際展開に力を入れる主要国は、EUの科学技術政策の基本方針である「Open to the World」に代表されるように、国際共同研究の振興と自国研究者の国際研究ネットワーク構築を重視し、国際共同研究に関する予算を増加させている。我が国においても、資金配分機関等が協働し、国際共同研究の提案を支援する国際共同研究プログラムを中心に、研究力向上の鍵となる国際共同研究を充実することが必要である。また、国際協力による大型の研究開発プログラムを引き続き着実に推進することが重要である。

さらに、これまで国内向けとして実施されてきた研究プログラムにおいても、国際共同研究の推進を図ることが重要であり、今後、こうした国内向けの研究費を活用した国際共同研究につい

²⁰ 日本の研究者情報をデータベース化した国内最大級の研究者総覧

て、国際連携のノウハウの共有・蓄積を図りつつ、段階的な拡大を図ることが求められる。

② 大学・国立研究開発法人等の事務機能の国際化

国際交流や国際共同研究の促進策の効果を最大化するためにも、職員の国際業務への対応能力の向上を始めとした、大学・国立研究開発法人や資金配分機関の事務機能の国際化を図り、英語による交渉や契約等の締結、海外の動向の積極的な把握による研究者への情報提供、海外への研究成果の情報発信等を通じて、海外の大学・研究機関との連携・研究者同士の交流を円滑に進めていくことが不可欠となっている。

このため、スーパーグローバル大学創成支援事業やWPI等の先進的取組による改革の成果を、組織内はもちろん、部局を超えた大学内や他の大学・研究機関に対する横展開を促進することで高度な専門性を備えた人材を配置するなど、国内の大学・研究機関における教育・研究に係る事務機能や支援体制の強化を図ることが求められる。あわせて、こうした先導的成果を通じて培われた各種の知見やノウハウ等が国内の大学・研究機関において広く導入・活用され、その効果的な横展開が着実に進められていくよう、大学・研究機関の評価及びそれに基づく資源配分に際しても、事務機能や研究支援体制に係る国際化やシステム改革の観点を適切かつ積極的に取り入れるなど、大学・研究機関における改革インセンティブを高めていくための制度的取組を進めていく必要がある。

また、研究資金の配分と実務を担当する資金配分機関についても、国際活動の推進に係る関係部署の専門的な人的資源の継続的な強化、制度・運用の国際化、海外の研究動向の把握や海外の資金配分機関との協力・連携の強化を通じた科学技術活動の国際化の取組を進めるとともに、我が国の技術の国際標準化や科学技術外交の推進に積極的な役割を果たしていくことが求められる。

③ 海外から優れた研究者を獲得するための必要な条件の整備

我が国の国際競争力を維持・強化し、科学技術の戦略的な国際展開を図るためには、世界トップクラスの人材を国内外から引き付け、国際的な研究ネットワークの構築を促進することで、世界の「知」と多様性を取り込むことが必要である。

このため、諸外国の優秀な若手人材の招へい等の連携・交流を引き続き実施するとともに、海外で研究活動を展開する研究者等が国内で円滑に研究を行えるようにするため、Web応募の拡大、就業規則等の規程定類や事務文書の英文化、配偶者等家族への支援、住環境・ビザ取得の支援等を通じた海外から国内のアカデミックポストへ応募する際の負担軽減や支援の拡大、海外での学位取得や教育研究の経験を有する者の積極的な雇用、世界水準の報酬・給与の実現、クロスアポイントメント制度等の推進を通じた国際通用性のある人事制度の構築が求められる。

④ 博士後期課程学生、若手研究者等の海外への挑戦機会の充実

人材の国際的な獲得競争が激化し、国際頭脳循環が加速する中、国際社会においてリーダーシップを発揮し、科学技術イノベーションを担う多様な人材を、中長期的視点から戦略的に育成、支援していく必要がある。

このため、多様な視点や発想に基づく知識や価値を創出する観点から、若手研究者等に対する

海外研さん機会の提供等の連携・交流等を充実することが必要である。これに加え、サバティカル制度の充実等の海外に挑戦しやすい人事制度の構築や大学の部局における業務分担の在り方の見直し等も重要である。

第3章 知識集約型の価値創造に向けた大学・国立研究開発法人の役割の拡張

～大学・国研を新たな価値創造の原動力に～

第1章で述べたように、デジタル革命やグローバル化によるパラダイムシフトにより価値創造の仕組みが変化し、特に従来型の「資本」ではなく「知」が圧倒的な競争力の源泉となる時代が到来し、知識集約型社会への移行が実現しようとしている。一方で我が国においては、バブル崩壊の後遺症とリーマンショックの記憶に縛られる中で、明確な次の勝ち筋を見いだせない状況にあり、また、大学及び国立研究開発法人と産業界との関係においては、近年、共同研究等の拡充が見られるが、依然として従来型の産学連携の域にとどまるものが多い。

知識集約型社会へのシフトに向けて、我が国は決断の分水嶺にあり、今こそ、高付加価値人材がセクターを越境して活躍し、知・情報と資金が鮮やかに循環しながら、新たな価値を創造していく知識集約型の価値創造システムを社会全体で構築する必要がある。その際、このシステムの中核となることが期待される大学及び国立研究開発法人は、自らの役割を拡張し、機能を強化していくことにより、変革の原動力となることが求められている。

これまで、科学技術への投資や大学改革を着実に積み重ねてきた結果として、大学及び国立研究開発法人には価値創造の中核となる人材や知識が集積しており、社会課題の解決やイノベーション創出に向けたハブとしてのポテンシャルは極めて高く、

①「価値創造の源泉となる基礎研究・人材育成拠点」として、重要な機能を果たしてきたところであり、それを更に充実・強化していくこと

②「産学官のセクター間の知の循環の中核連携拠点」として、大学及び国立研究開発法人の持つ「知」の価値が適切に評価され、組織と組織の大型の産学共創を実現し、大型の民間投資を呼び込み、その一部を基礎研究力の向上、人材育成に再投資していくこと

③「国際頭脳循環の集積拠点」として、海外からトップレベルの研究・技術人材を招へい・集積するとともに、アカデミアのネットワークと国際的求心力を活用し、政府レベルとは異なる側面からの国際関係を展開していくこと

④「データ収集・分析拠点」として、データ収集・利活用の要となる高度な知見を持つ研究者や学生の集積、国を挙げた情報・データインフラ(SINET²¹等)を最大限に活用していくこと

を通じて、大学及び国立研究開発法人が知識集約型の価値創造システムにおいて果たす役割を、それぞれの特性を踏まえつつ拡大していくことが求められている。

また、これらの機能が、それぞれ独立したものとしてではなく、有機的に連動し、さらには産業界、市民、行政も含めた社会全体の機能の中でシームレスに連携しあって、高付加価値を生み出し、システムとして知識集約型社会への移行を支えていく必要がある。

「失われた20年」という指摘があるものの、今、正に変化の兆しは表れており、長い停滞期を抜けて大きな転換点を迎えるようとしている。Society 5.0の実現に向けて社会全体で大きく舵をきり、大学及び国立研究開発法人は、そのシステムの中核となるべく機能を強化していくべきである。

²¹ 学術情報ネットワーク (Science Information NETwork)

1. 「知」の社会的な価値付け・「知」の循環の促進

(1) 基本的方向性

知識集約型社会においては、「知」の循環が、社会課題の解決や高付加価値型のビジネスの創出に繋がっていく。この「知」の循環を継続的・持続的なものとするためには、大学及び国立研究開発法人が卓越した科学研究の成果を生み出し続けるとともに、社会全体としても、知的生産活動への適切な評価と価値付けがなされ、積極的な投資を誘発していく資金が循環する仕組みを確立することが不可欠である。

また、世界のパラダイムシフトの状況に鑑みれば、産学官の既存の役割分担が流動的になる中で、多様なキャリアを背景に持つ人材が、「知」の媒介となるとともに価値創造の担い手として活躍する社会が到来している。組織、セクターの壁を越え、あらゆる経験、専門性を持って活躍する人材の厚みが、「知」の循環を促進し、イノベーション創出の機会を増やすことにつながることから、研究者等のキャリアパスの多様化や、雇用の仕組みの柔軟化を進める必要がある。

(2) 具体的取組

① 「知」の社会的な価値付けによる産学連携の進化

従前の産学連携における共同研究においては、必要コストの積算のみに基づいた共同研究費の算定が行われることが多かった。知識集約型社会は、「知」そのものが価値創造の中核となる社会であり、その「知」を最大限活用し、高付加価値の新たな産業を興していくことこそが、パラダイムシフト後の勝ち筋である。ここでいう「知」は特許権等の知的財産に限られるものではない。大学及び国立研究開発法人における研究活動の成果として得られる発見や知見、ノウハウ、データが含まれるものであり、加えて研究等の知的生産活動自体も包含したものである。大学及び国立研究開発法人に存在するこのような「知」と連携することが、企業の将来的な価値を向上させるというポテンシャルに対して社会的な価値付け（値付け）が行われることで、先行投資としての資金が大学及び国立研究開発法人に誘引され、技術移転のマーケットにおいて「知」の循環が進み、その研究成果の社会還元がより一層進むエコシステムの実現が期待される。

一部の産学連携活動においては、知的生産活動そのものに対する対価としての価値付けも始まっており、例えば、組織のトップ同士が関与する大規模共同研究において、企業側が大学及び国立研究開発法人の知的資源にアクセス・活用することができる機会や環境に対して将来的に価値創造につながることを認識した上で、高い経済的価値を認め、共同研究費に対価として盛り込む形式も始まっている。また、センター・オブ・イノベーション（COI）事業においては、バックキャストによる研究開発課題を設定した上でアンダーワンループでの共同研究を実施しており、産学の共創が進んでいる。こうした取組をより一層進めるために、大学及び国立研究開発法人においては、価値創造の源泉たる「知」を社会に提供していく役割・機能を認識した上で、共同研究等においては、意義ある研究工程計画の策定と、その進捗管理を含め、成果の創出において結果に一定の責任を持つ意識が必要である。また、産業界等の求める知的生産活動を総合的に提供することができるよう、知的財産や技術移転に関する専門人材、さらには会計、税務、法務等のエキスパートの育成・配置に努めることが必要である。

また、大学等に対しては、スタートアップに対するライセンス等の対価として、当該スタートアップの新株予約権等を取得する仕組みが整備された。これは大学等発の知や技術について将来

性も含めて値付けを行い、スピード感を持って社会実装につなげていく有効な方策の一つである。従前、新株予約権等の値付けや行使の際の運用が技術的に難しいという課題があったが、「大学による大学発ベンチャーの株式・新株予約権 取得等に関する手引き」(2019年5月 経済産業省)が整備されたところであり、国はこれらの周知等を通じて、引き続き知見の共有を進めるべきである。

② イノベーションを担う人材の循環

「知」の循環を促進し、イノベーション創出の機会を増やすためには、組織、セクターの壁を越え、多様な経験や高度な専門性を持って活躍する人材の厚みが重要であり、この人材が「知」の媒介となるとともに、価値創造の担い手として活躍することが期待される。

このため、従前よりクロスアポイントメント²²等の取組が進められてきたが、組織内で対象者の業務を削減することが行われなければ、業務負担が単純に増大するおそれがあることや、事務的手続の煩雑さ、産学連携活動に対する評価が十分でないこと等の課題が指摘されている。例えば、大学-企業間のクロスアポイントメントにおいては、適用する大学等の研究者のエフォート率を設定した上で、大学内で削減したエフォート相当分の業務を、博士課程学生のTAやRA等も活用し、組織のマネジメントで別の者に着実に割り当てること、仮に企業側の給与単価が高額な場合は、企業側エフォート相当分の給与を適切に措置すること、優秀な研究者については外部資金を原資として給与水準を引き上げること、企業側においても研究者が自由に使うことができる施設・設備、研究資金、データ、人材等が提供されること等により、クロスアポイントメント適用者に対してインセンティブが働くような運用を実現すべきである。

大学等においては、引き続き、企業側と共にこれらの制度の運用に当たっての課題の解消に取り組むとともに、国においても制度の積極的なプロモーションを図り、複線型キャリアパスが優遇されるような環境の醸成を進めることが求められる。また、この際、研究者としての実績を積みながら、アカデミア以外のセクターも含めて多様な経験を積むキャリアパスとして、海外ではいわゆる9か月給与等の仕組みもあり、今後、ライフシフトの潮流の中で、多様な働き方を実現する仕組みについて引き続き検討していくことが求められる。

また、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)における国立研究開発法人発ベンチャーの先駆的な取組として、同機構の職員が業務時間外の活動として、同機構が保有する知的財産等を活用し、ベンチャー創業等の社会実装活動に取り組むことを積極的に推進していることは、我が国の国立研究開発法人の研究開発成果を産業界に橋渡しする観点からも好事例であり、他分野への展開を進めていくことが有用である。

さらに、特にAI分野やIT分野を中心に、研究者という職域においても、先行的にフリーランス化の動きが想定され、大学や国立研究開発法人、企業といった組織に直接的に所属しない個人研究者が一定数発生し、我が国の研究力の一部を担う可能性がある。こうしたキャリアの研究者は産学官の間の「知」の媒介としての役割も担うものであり、既存の研究組織の研究インフラ等の利活用を可能とすること等も含め、こうした人材が活躍できる環境・仕組みについてあらかじめ検討しておくことも必要である。

²² 研究者が二つ以上の機関に雇用されつつ、一定のエフォート管理の下で、それぞれの機関における役割に応じて研究・開発及び教育に従事することを可能にする制度

③ 産学共創の推進

知識集約型社会において、大学及び国立研究開発法人が価値創造につながる「知」を創造し、社会に実装するような成果を創出していく機能を強化していくための一つの方向性として、個人や研究室単位にとどまらず、企業と大学及び国立研究開発法人が「組織」対「組織」で共創する本格的な産学連携を進める必要がある。

このためには、組織のトップ・本部が主体的に関与する産学連携の強化が重要であり、昨今、企業のトップが主導する大規模共同研究や、企業の研究チーム単位で大学内にラボを設ける共同研究講座が行われるようになっており、引き続きこうした取組を強化していく必要がある。

また、国立研究開発法人においては、オンリーワンの研究ファシリティを多く有していることから、こうした施設の外部共用を図りながら、産学官のイノベーションのハブとしての機能を強化していくことも求められる。

④ 大学等の機能を活用したカーブアウトベンチャー²³の創出促進

企業の中において、優れた技術や尖ったアイデアであっても、事業として想定される規模や企業戦略との整合性などの観点から、必ずしも顕在化することのないものや、その提案者たる優れた挑戦的人材が存在している。こうした挑戦的なアイデアや人材については、カーブアウトベンチャーとして外部化し、社会還元・価値創造がなされることが期待されている。

このカーブアウトベンチャー創出のプロセスの一つとして、大学等の機能が発揮されることにより、イノベーションエコシステムの強化が期待される。具体的には、こうした企業における人材が、親元の企業から一定期間独立して、大学等のビジネススクール等へ入学することや、大学等スタートアップ創出のためのインキュベーション機能等様々な手法を活用し、新たなプロジェクトづくりやチームビルディングに取り組むことが考えられる。このためには、企業内の人材の挑戦に対するハードルを下げることも必要であり、例えば、企業に在籍しつつも、大学等で自由度を持って活躍する期間等が確保され、その後状況に応じて、カーブアウトベンチャーの創業を可能とする仕組みの構築等、企業側の理解と許容が求められる。短期的には企業側に利益が発生しない場合であっても、中長期的には、カーブアウトベンチャーとの協業の可能性や、M&A による買戻しの選択肢もあり、今後、雇用の流動化が進む中で、新しい価値創造プロセスの一つとして確立することで我が国全体のイノベーション創出力の向上が期待される。

⑤ 大学等発スタートアップの創出促進

大学等発スタートアップは、スピード感と挑戦的経営マインドを持ちながら、「知」をベースにしたイノベーション創出を実現する重要なプレイヤーであり、昨今、知識集約型社会を体現する形で活躍する大学等発スタートアップの事例が増え始めている。今後、より一層、優れたスタートアップ群を創出していくためには、我が国においても、厚みのある、スタートアップエコシステムの確立が求められる。

²³ 経営陣が事業の一部を切り出し、株式保有等ある程度の利害関係を保持し続け、また、自社の支配権もある程度保持したまま外部のリスクマネーと外部の資源を取り込んで事業を行うベンチャーの一形態

このため、最先端の科学技術が生み出される大学等の現場において、学生や若手研究者、さらには企業等の外部人材が実践的な起業家教育を受けられる機会を増やしていくことが求められる。

また、特に大学等発スタートアップにおいては、大学等における利益相反が重要なポイントとなることが多い。言うまでもなく利益相反そのものは産学連携を実施するに当たり当然に発生するものであり、むしろ積極的にこれを進めればこそ、突き当たる壁でもある。問題は利益相反が起きることではなく、いかにそれをマネジメントするルールを整備し、実行できる体制を整えるかである。この際、厳しいルールを課するのではなく、知識集約型価値創造システムにおけるイノベーション創出をどのように実現するか熟慮することが求められる。特に大学等が求められる役割が多様化するとともに、働き方改革の流れの中で雇用がより一層流動化する社会において、産学連携を積極的に進めることによって大学等の教員が経済的メリットを享受することの社会の認識や許容度の変化を踏まえ、利益相反マネジメントの仕組みを整備し、見直していくことが必要である。

⑥ 知識集約型価値創造システムのあるべき姿の検討の継続

世界のデジタル・プラットフォーマーが提供する SNS や情報検索サービスは、既に我々の社会生活における基盤的インフラとなっており、こうしたプラットフォーマーは、従前であれば大学及び国立研究開発法人等が担っていた基礎研究を、知識集約型産業において強みを生み出す源泉として捉え、自らも積極的な投資を行っている。旧来的な役割分担や価値創造のプロセスが大きく変わるパラダイムシフトが進行する中、知識集約型価値創造の機能強化に向け、固定観念に縛られることなく、最適なシステムの在り方について不断に検討を続けていくことが必要である。また、その際、長期性、不確実性、予見不可能性、専門性といった研究開発業務の特性や、大学及び国立研究開発法人等の機関の違いや特性、テクノロジー・ドリブン（技術駆動型）とニーズ・オリエンテッド（課題解決型）の双方の視点を踏まえ、全体のビジョンを見定めつつ、ルールや運用を継続的に見直し、それぞれの機関の成果の最大化が図られるよう、柔軟な運用を確保することが求められる。

2. 経営体としての機能強化

(1) 基本的方向性

大学及び国立研究開発法人の知識集約型価値創造システムにおける機能を強化していくためには、トップが「経営」できる環境を整備し、国費等の基盤的な財源をベースとしつつ、外部資金の獲得や民間投資の拡大により、その機能強化に充てることのできる資金の拡充が求められる。

知識集約型社会において、これらの法人が有している知的資産（人材、ネットワーク、特許、ブランド、学生、各種のデータ及びデータ収集・分析機能等のソフトインフラや、最先端研究施設・設備・機器、情報通信設備、キャンパス等のハードインフラ）のポテンシャルは大きく、これらの最大価値化を図ることが必要となっている。しかしながら、国立大学や国立研究開発法人において収益を伴う事業の実施が認められるのは、各法人が本来業務を実施する際、それに付随する事業またはその延長として行う場合であり、「知」の最大価値化に向けて、資産を効果的に活用し、財源を多様化する際の課題となっているという側面もある。

大学及び国立研究開発法人において、組織としてあらゆる経営資源を管理・運用し、最大限活用

できる環境・制度が整備され、卓越した科学研究の成果を生み出し続け、「知」を最大価値化する「経営」が実践されるとともに、経営体としての機能強化に向け、現場の意識・慣行・文化が変革されることが求められる。

経営体としての機能強化によって「知」の最大価値化を図り、イノベーションの創出に資することにより、獲得した外部資金が、「知」のベースとなる基礎研究・人材育成の機能の強化に再投資される形での資金の循環を実現するべきであり、知識集約型産業を担う大学及び国立研究開発法人が実現すべき、新たな姿の一つである。

(2) 具体的取組

① 組織の経営資源の戦略的活用に向けた規制緩和の検討・実施

知識集約型価値創造システムの実現に向けて、大学等の組織の経営資源を最大価値化していくために、国においては、大学及び国立研究開発法人と踏み込んだ意見交換を行いながら、必要となる規制緩和について検討・実行を進めるべきである。

規制緩和の具体的な検討の切り口としては、保有資産の有効活用、余裕資金の運用や改善、税制改正等による寄附金収入の拡充、知的生産活動の収益化における制限緩和、交付金に係る経営努力認定の基準の緩和、長期借入金や債券発行に関する要件緩和、国立研究開発法人における随契基準の緩和等が想定される。この際、法制度上実施可能という状況と、運用上も実質的に機能する状況との間には大きな乖離があることを認識した上で、知識集約型価値創造システムの実現に向けて、必要な措置の検討を進めることが重要である。

② 経営を担う人材の育成と現場のマインド醸成・意識改革

経営体としての機能強化につながる挑戦的な取組を発想し、現場に根付かせるためには、大学等の若手人材を糾合し、若手経営人材を育成し、現場の経営マインド醸成と意識改革を進めていくことが求められる。

具体的な取組として、例えば若手（主として30代、40代）の大学等の事務職員、URA、研究者、行政官等からなる、ワーキンググループを設置し、大学現場における挑戦的取組等の事例の共有、知識集約型社会における経営の在り方や課題についての意見交換、規制緩和の方策等の検討を実施するなど、ボトムアップでマインド醸成・意識改革の潮流を作るとともに、それを発信できる場を形成する。

③ 国立研究開発法人のそれぞれの役割・特性に応じた機能強化

大学は教育・研究・社会貢献の役割を担うのに対し、国立研究開発法人は、教育を主たる目的としておらず、国家的に重要な研究開発等の大学や企業が取り組み難い課題に対して資源の安定的・集中的な投資が可能であることなど、より研究に専念できる制度を有している。一方で、国立研究開発法人においても、基盤的経費が減少傾向にあることや人材確保に困難が生じてきていること、施設・設備が老朽化していることなど抱える課題も大きい。

国立研究開発法人が持つ強みを生かしつつ、知識集約型社会において価値の中核となるためには、研究データの蓄積や大型研究施設等の研究基盤としての機能や、国家戦略に基づく挑戦的・

長期的研究の担い手としての機能、新たな社会的課題への対応を含めミッション志向型研究の担い手としての機能、我が国の知識の集約拠点として他分野・企業も含め外部機関との積極的な連携・協力により、集約された「知」の共有・展開を図り、国家的・社会的課題解決とともに外部機関のニーズや課題等にも貢献する機能が重要である。また、従前、必ずしも重点的に取り組んでいなかったものの、今後戦略的に進めるべき研究開発領域等もあり、既存の研究開発法人の枠を超えて、ミッション等に応じて研究開発法人等が結集して課題解決に取り組んでいくことも求められる。今後政府は、これらも含め、国立研究開発法人の新たな在り方を検討する必要がある。

3. 地域の多様化・特色化による国土全体での価値創造の推進

(1) 基本的方向性

我が国は先進国の中で先駆けて、本格的な人口減少に直面する国であり、地方と都市部の格差や地域コミュニティの持続等の直面する課題は大きい。日本社会全体として、この解決に取り組み、その成功モデルを世界に提示することは我が国の責務であり、また、世界市場に展開する大きなビジネスチャンスの創出にもつながるものである。

特に社会が複雑化し考え方が多様化する一方で、デジタル化により、情報発信やマーケティングをグローバルに展開しやすい環境が整備される中で、仮にニッチな需要を捉えたものであっても、地域の特色や強みを生かした新たな製品やビジネスモデル、まちづくり戦略やSDGsへの貢献等が世界中からの関心をつかみ、人々を引き寄せ、さらには投資を呼び込むことが可能な時代となっており、このような地域の強みを生かした取組が活性化し、国全体で知識を基盤とした高付加価値産業が創出されるような環境を構築することが必要である。この際に、各地域に根差した大学及び国立研究開発法人が持っている「知」の創出機能のポテンシャルは大きく、人材、研究資源、データ、ネットワーク等のそれぞれの機関の強み・特色を最大限活用して地域の新たな価値創造に貢献していくことが求められる。

(2) 具体的取組

① 大学の多様化・特色化によるイノベーションの創出

各地域の大学が、これまでもイノベーションの中核として、その機能を果たしてきた役割は大きい。これは大学の研究成果や技術シーズを地域の産業と連携させてきたという面にとどまらず、優れた人材の輩出においても、また、教育活動を通じたコミュニティづくりや、地方行政へのコンサルティング等、多様な側面で、大学等と地域との相互作業が図られてきた。

今後、社会の複雑化や多様化が一層進むからこそ、各大学が「個性」を打ち出していくことが重要であり、強みのある研究分野の重点化に加えて、教育システムや経営戦略の特色化等、組織的な意図と戦略を持つものであることが期待される。正にデジタル化によってグローバル展開が図りやすくなった今こそ、個性化を進めるチャンスであり、国においても、こうした動きの後押しができる政策を進めることが求められる。これにより、各地域の大学の個性のある取組と、地域の多様性と特色ある戦略とのシナジー効果を発揮し、グローバルにも発信できる地方発のイノベーション創出が期待される。

また、今後、国立大学の一法人複数大学制や「大学等連携推進法人（仮称）」制度の仕組みを活

用し、各地域やエリアにおいて、効果的な連携・役割分担を図ることが期待され、これによって、結果的に個々の大学が、従来有している特色・強みのより一層の強化が進み、我が国全体で見た際に、地域ごとに特色ある多様なイノベーションエコシステムが実現されることが期待される。

② 地域の課題解決と価値創造を実現するエコシステム形成

地域を構成する多様なアクターが、そのセクターを越境して結集し、地域が抱える社会課題を大学等の人文・社会科学も含めた多様な知的資源により、自律的に解決し続け、経済的価値のみならず社会的価値も含めた新たな価値創造により、地方創生や地域の目指す将来像を実現するための仕組みを構築することを目指す。その際には、地域の内情をファクトベースでよく把握・分析し、そこから導き出された地域の強みや弱みを踏まえ、特徴ある取組により国際市場への進出やSDGsへの貢献等グローバルに展開していくことが求められ、ステークホルダーを広く巻き込みながら各地域が自ら考え、将来ビジョン及びその実現のための計画を策定し、実際に行動を起こしていくための仕組みづくりが鍵となる。このため、地域において自治体、大学やその他の研究機関、企業、非営利団体等のすべての関係者が、将来ビジョンの達成・実現のための課題を抽出し、同時に大学の知などによる地域内外の技術シーズや英知を集めてそ地域課題の解決や地域の経済発展を図る地域における課題解決マネジメントサイクルイノベーションエコシステムの確立を支援することが求められる。その際、共同研究の在り方、地域づくりのシンクタンクとしての機能等の幅広い観点を議論する「地域連携プラットフォーム（仮称）」を活用することも考えられる。

イノベーションエコシステムを持続可能なものとするためには、投資を集めるのみならず、エコシステムを支えるべき人材を育成・確保することが不可欠である。当初は外部から専門的な知識・技能を有する人材を呼び込む必要があるものの、将来にわたって外部人材を登用し続けることは現実的ではなく、地域内で必要な人材を着実に育成し、確保していく人材の「地産地消」をシステムとして確立することが求められる。さらには、新事業・新サービスの国際展開に際して、そのような人材も共に供給できるような体制が構築できるようになれば、国際的な拠点となることも可能である。

③ ESG投資等の新たな投資資金を活用した価値創造スキームの実現

SDGsが世界全体での共通言語となる中で、ESG投資が大きな潮流となっており、その規模が大幅に拡大している。これらの資金は、持続型社会の実現に資するものであり、特に地域の抱える課題解決を図り、それを国内の他の地域やグローバルに水平展開していくビジネスモデル等と極めて親和性が高い。

また、こうしたモデルにおいては、投資により取組が強化・拡充されることで新たな投資が呼び込まれるという正のフィードバックサイクルが存在している。

こうした点に鑑み、地域を切り口に、大学及び国立研究開発法人と企業等との協働により、新たな投資資金を誘引できるスキームを実現することが求められる。

さらに、昨今、地方自治体の実施する事業においてソーシャルインパクトボンド（SIB²⁴）の導

²⁴ 資金提供者から調達する資金をもとに、サービス提供者が効果的なサービスを提供し、サービスの成

入事例が出始めているが、新たな投資の仕組みとして今後大きな可能性があり、その活用方策等について検討を進める必要がある。

果に応じて行政が資金提供者に資金を償還する、成果連動型の官民連携による社会的インパクト投資の手法の一つ。

第4章 イノベーションの担い手の育成

～多様な「知」を育み、出る杭を伸ばす社会へ～

(1) 基本的方向性

社会が知識集約型へ転換する中で、新たな価値創造の分野が「モノ」から「コト」へとシフトしつつあり、また、大規模資本を持たないスタートアップや個人であっても新たな価値創造やイノベーションの創出が可能な社会となっている。

こうした社会においては、出る杭が打たれるのではなく、個人の個性が強みに変換され、多様な価値が許容される仕組みが重要であり、出る杭が次々と育ち、成長していく仕組みが求められている。

(2) 具体的取組

① 個性を伸ばす若者の挑戦促進

起業家教育の中心大学を中核としたスタートアップ・エコシステムの形成等、起業家育成に関する取組の強化・ネットワーク化に取り組むとともに、我が国全体としてのアントレプレナーシップ醸成とエコシステム基盤構築の加速を進めることが必要である。

また、先進的な理数系教育を実施する高等学校等において、学習指導要領によらないカリキュラムの開発・実践や、実験等を通じた体験的・問題解決的な学習が展開されることを通じて、探究心、創造性、幅広い知的関心等を育む人材育成の強化が求められる。

② 社会の変化に即応できる文理の区分を超えた教育の推進

文理という旧来の区分を超えた人材育成を進めるため、様々な学問分野において必要となるデータサイエンスの基礎となる確率・統計やプログラミングや自然科学と社会科学の基礎的分野に関する知識の習得、STEAM教育²⁵を推進するとともに、より高度な内容を学びたい生徒のための条件整備等を行うこと等の取組が求められる。また、医学と哲学、工学と経済学等の異なる体系の学問の複数習得や、数理・データサイエンス・AI教育の全学部学生への展開を推進する必要がある。さらに、大学が自らの判断で機動性を発揮し、学内の資源を活用して学部横断的な教育に積極的に取り組むことができるようにすることを目的として制度化した「学部・研究科等の組織の枠を越えた学位プログラム」の導入促進を通じて、他分野とAIの組合せ等の分野横断的な教育を推進することが求められる。

③ 多様な経験や専門性を持ちながら活躍できるキャリアシステムの構築

多様なキャリアを背景に持つ人材こそが、「知」の媒介となるとともに、複数の専門性を最大限生かしながら、価値創造の中核的な担い手として活躍する社会の実現が期待される。このため、大学や国立研究開発法人のみならず、企業を含めた多様な機関で活躍できるよう、兼業、転職、リカレント教育等の多様なキャリアパスの選択を可能とする雇用制度・環境の整備が求められる。

²⁵ Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics 等の各教科での学習を実社会での課題解決に生かしていくための教科横断的な教育

第5章 デジタル革命の進展に対応した新たな研究システムの構築

～データ・AI 駆動の研究革命～

近年の情報科学技術の進展は予想をはるかに超えるものであり、産業構造や社会構造にパラダイムシフトを起こしている。研究に関しても、実験科学、理論科学、シミュレーション科学（計算科学）に続く新たな科学の手法として、情報科学技術を駆使したデータ駆動型・AI 駆動型科学の発展が期待される。情報科学技術は、今後の社会経済活動、研究活動の基盤であり、多様な分野で活用することで、人間の能力を超えた範囲・スピードでの活動が可能となり、新たな価値や考え方の創出が加速される。情報科学技術を科学技術の一分野としてのみ見るのではなく、知識集約型価値創造システム構築のための基盤として捉え、情報科学技術自体の振興とその利活用に関する取組を両輪で進め、デジタル革命の進展に対応していく必要がある。この際には、今後、Society 5.0時代の社会システムを動かすアプリケーションが、ますますスケールアップし、統合的なものとなっていくことが想定される中で、情報科学技術分野においても、基礎段階から応用段階までの研究者の連携、多様な分野間での融合等を図り、いわゆるビッグサイエンス的な研究推進の観点から強力に進めていくことが重要である。

特にデジタル革命に対応した新たな研究システムの構築の観点からは、研究システムのデジタル転換と情報基盤の充実・強化、データの適切かつ効率的な取得・利活用のための環境整備及び知識集約型社会の基盤と新たな研究システムを支える教育・人材育成が重要である。我が国の強みとして、幾つかの分野においてデータ駆動型・AI 駆動型科学に関する先駆的な取組が進められ、データと機械学習を組み合わせることによる特定の機能を持つ物質の効率的な探索、ロボット技術の活用による実験効率の飛躍的な向上等の成果が出始めているとともに、SINET やスーパーコンピュータに代表される世界最高水準の情報基盤や、医療分野等の現場に質の高いデータが整備されている。このような強みを最大限に生かしながら、デジタル革命の進展に対応した新たな研究システムの構築と価値創造で世界をリードできるよう、取組を進めるべきである。

また、健全で成熟した知識集約型価値創造システムを構築するためには、情報科学技術やデータの利活用に当たって、人間主体の原則、FAT²⁶やD&I²⁷、ELSI、SDGs、情報セキュリティを始めとする安全・安心等への対応が重要であり、研究開発の実施において適切に対応するための仕組みを制度的・技術的に構築するとともに、このような分野の研究自体も推進する必要がある。

1. 研究システムのデジタル転換と情報基盤の充実・強化

(1) 基本的方向性

研究活動への AI やビッグデータ解析等の情報科学技術の活用は、研究プロセスの効率化のみならず、探索範囲の劇的な拡大、新たな仮説や発見の提示等、研究者の知的活動そのものをサポートする可能性を秘めている。繰り返しの単純作業や、個人の勘と経験に頼っていた部分をロボットやAI等で代替することで、研究者がその時間を研究ビジョンの構想や仮説の構築と検証、その価値付け等のより知的な活動に費やすことが可能となり、研究の効率性・生産性や付加価値が飛躍的に向上することが見込まれる。このため、我が国としても、実験の自動化等を進めるラボのスマート化、研究インフラの高度化、良質なデータの取得、保存・管理とデータプラットフォーム

²⁶ Fairness, Accountability and Transparency

²⁷ Diversity & Inclusion

ームの利活用等、研究システムのデジタル転換を積極的に推進し、既存の分野と情報科学技術が融合した X-インフォマティクスを振興する必要がある。同時に、Society 5.0 の実現に向け、データ流通の基盤であるネットワーク、計算資源等の情報基盤を充実・強化することが重要である。そして将来的には、研究インフラを含む産学官の研究拠点と大学・研究機関の持つ先端的計算資源、機器、ソフト、多様なデータが、大容量、高速、セキュアな情報ネットワーク (SINET) で接続され、等の強力なネットワークインフラでつながり、日本全国どこにおいても研究環境の格差が生まれない全国規模でシームレスに研究システムが連動するいわば「Internet of Laboratory (IoL) スマート研究プラットフォーム」として一体的かつ有効に機能するよう、一層の機能・体制の強化を図っていくことが重要であるの実現を目指す。

(2) 具体的取組

① スマートラボの促進

研究開発における国際競争が一層激しくなり、欧米や中国が投資や研究人材の強化を進める中、我が国が研究資金や研究者数等の量的な側面で太刀打ちすることはもはや不可能である。そのため我が国は、研究者の創造力を最大限発揮するために必要な時間を確保するための環境を整備することにより、研究開発の効率化・高速化・高度化を実現し、生産性を飛躍的に高めていく必要がある。AI、ロボット技術や IoT・スーパーコンピュータ等を活用し、実験の自動化等を進めるスマートラボの取組は、人間の能力を超えた範囲・スピード・精度で活動することで、良質な実験データを大量に創出すること等が可能となる。例えば、国立研究開発法人物質・材料研究機構におけるスマートラボの先駆的な取組では、人手による従来の実験プロセスを機械化・自動化し、データ科学等を活用することにより、材料の組成や合成条件等の膨大な組合せを探索する際の効率性が格段に向上することが期待されている。また、国立研究開発法人産業技術総合研究所発のスタートアップであるロボティック・バイオロジー・インスティテュートが開発したヒト型ロボット「まほろ」は、熟練した技術者の動きを再現することで、iPS 細胞の培養効率等を大きく向上させた。これらの取組・成果は、我が国における研究システムのデジタル転換を牽引できる好事例であり、我が国の研究の効率性・生産性を大きく向上させることが期待できる。そのため、スマートラボの取組をより一層加速させるとともに、他分野への展開を進めていくことが求められる。

② データ駆動型・AI 駆動型科学の実現

データ駆動型・AI 駆動型科学についても、既存のデータベースやシミュレーション技術、実験データ等を活用することで、AI が特定の機能を持つ物質を提案することが可能になっている。例えば、緑色蛍光タンパク質 (GFP) を黄色蛍光タンパク質 (YFP) に改変する際に、実験で得られたデータを AI に学習させることで、ランダムに改変するよりも 20 倍以上の効率で YFP の設計が可能となった事例も報告されている。将来的には、セレンディピティを代替し、ノーベル賞級の科学的発見をする AI の開発も期待されている。他方で、判断根拠がブラックボックスであり検証可能な仮説を生成することができない、データが少ない場合に十分な精度が得られないといった課題もある。そのため、データの解析や物質探索等に AI を積極的に推進するとともに、AI に関し、説明可能性の向上、シミュレーションやスマートラボとの融合等の、創造発見型 AI の実現に

向けた研究開発を、社会の理解も得ながら進めることが重要である。

③ 研究施設・設備・機器の高度化と技術職員の育成・確保

研究システムのデジタル転換を加速させるためには、実験自動化のためのロボットや研究支援型 AI に加え、研究データを取得するための研究施設・設備・機器（ソフトウェアを含む。）、取得された研究データを処理する計算資源、全体をつなぐネットワーク等についても、将来的な IoT スマート研究プラットフォームの実現を目指した全体システム設計も含め、更なる高度化を進めることが必要である。同時に、これらの各大学・研究機関等がこれらの研究インフラの適切な運用・維持管理を行えるよう、高度な専門性を有する技術職員の計画的な育成と安定したポジションの確保、キャリアパスの明確化に取り組む必要がある。また、各分野における研究システムのデジタル転換を大きく加速するために

計算資源の高度化には、人間では処理しきれない膨大な研究データの解析や、現実世界では取得が難しいデータのシミュレーションによる創出が可能となる計算インフラが重要となる。このため、現在開発中のスーパーコンピュータ「富岳²⁸」や、それを中核とし国内の大学等のシステムからなる革新的ハイパフォーマンスコンピューティングインフラ（HPCI）を最大限活用するとともに、異なるアーキテクチャで構成された計算インフラをユーザーが半自動的に使いこなせるようなシステム基盤の構築等、ソフト面からもユーザーフレンドリーな環境の整備を推進していくことが求められる。

④ データプラットフォーム等知識集約型社会の中核となる情報基盤の充実・強化

研究データや多様な社会データの価値が急速に高まる中、データを解析等しやすい形で保存・管理し、外部からもアクセス可能なデータプラットフォームの充実・強化が重要である。材料科学やライフサイエンス、地球科学等の分野では、実験や観測のデータ、論文データ等を広範囲で取得し、他のデータベース等と統合的に解析可能なデータプラットフォームの構築が進められている。このようなデータプラットフォームは、データ駆動型、AI 駆動型の研究開発がますます活発化し、知識集約型社会への転換が進む中、我が国の国際競争力の源泉、共同研究の触媒、国際協力の基盤等として位置付けられることから、データ駆動型・AI 駆動型科学に対応したデータプラットフォームの在り方について検討を進め、着実に充実・強化を進めていく。また、大学等における機関リポジトリの整備や計算資源、データプラットフォームや機関リポジトリ等これらと連携して研究データの平易な保存・管理、網羅的な検索等を実現するための研究データ基盤システムの充実・強化も進めていくことが求められる。

また、SINET は、日本全国 900 以上の大学、研究機関等の情報基盤を 100Gbps の高速専用回線で接続し、高い信頼性やセキュリティを兼ね備えた世界でも類を見ない情報基盤である。大学等とデータプラットフォームや機関リポジトリ、計算資源等をつなぐとともに、膨大なリアルデータをリアルタイムで全国の大学等が共有・解析できる SINET は我が国が持つ大きなアドバンテージであり、研究システムのデジタル転換や知識集約型社会の中核を担う SINET の強化を進めるとともに、我が国における学術情報及び研究データ基盤の構築・運用を担う体制の充実・強化を図

²⁸ スーパーコンピュータ「京」の後継機。2014 年度から開発事業が開始された。

る。

さらにまた、専門的知見を有する人材が多数存在し、データ取得・整備・利活用の中心として期待される大学等が SINET によりつながることで、地方を含めた日本全土を一つの大きなフィールドとして、また、データや知的資源が集積するインフラとして位置付けることが可能となる。地域における知識集約型価値創造システムの中核を担う大学を起点に、学術情報及び研究データにとどまらず多種多様なビッグデータを効果的・効率的に利活用することによって、解析されたデータから新たな「知」が生み出され、地域シーズを活用した産業が創出されるシステムを実現する必要がある。このため、SINET について学術以外の様々なセクターも利用できるようにすることも含めた一層の拡張・整備を行うとともに、大学コミュニティ、地域社会等が一体的に連携する仕組みを構築すること等を通じ、全国的なデータ活用社会創成のための情報基盤プラットフォームの構築を進めることが必要である。

2. データの適切かつ効率的な取得・利活用のための環境整備

(1) 基本的方向性

大学や研究機関が、今後の知識集約型社会において、研究データや社会の多様なデータを活用して新たな知識や価値を創出する拠点となるためには、研究データが研究者にとって独創性の源泉であり、我が国にとって国際競争力の源であること、社会の多様なデータが個人情報を多く含むものであることから、情報基盤のセキュリティ確保はもちろん、データの取得・利活用に当たっても、安全・安心や倫理等への対応が必要となる。我が国は、信頼たるルールの下でデータの自由な流通（DFFT²⁹）を提唱しており、研究データや社会の多様なデータについても、DFFT の理念も踏まえたデータの取得・利活用のルール作りが重要となる。

特に研究データについては、公的資金で得られたものを中心に、研究データのオープン・クローズ戦略³⁰にも留意しつつ、他の研究者、国民が広く利用できる公共的な知的資産として活用していくことを原則とする。その際、研究者が、自身の創出した研究データの保存・管理、共有するインセンティブを持つとともに、研究データ基盤構築に係る一連の活動が研究者にとって過度な負担とならないよう、必要な支援を行うことが重要である。

(2) 具体的取組

① データの適切な取得・利活用のためのルール整備

良質なデータを有効に利用し、新たな科学的・社会的知見や価値の創出につなげていくためには、データが適切に取得、保存・管理、流通されるとともに、個人や社会活動等に係るデータを適切な管理の下に活用できるようにすることが必要である。そのため、国は、データ利用者の利益やインセンティブとデータ提供者の権利や利益に配慮しつつ、データを利活用する際のルールとその運用の仕組みを、各分野の特性などを考慮して、早急に定め、更にそれを国際的に発信していくことが必要である。また、我が国はレセプトデータや診療データ、社会活動に係るデータ、

²⁹ Data Free Flow with Trust：世界経済フォーラム年次総会（ダボス会議）（2019年1月23日）において、安倍総理大臣が提唱した。

³⁰ データの特性から公開すべきもの（オープン）と保護するもの（クローズ）を分別して公開する戦略

気象観測データ等、現場における膨大な質の高い定型データを有する強みがある。国は、データ提供者の安全・安心やデータ利用者の倫理面にも留意し、社会の理解を得つつ、これらデータの二次利用に関するルールを整備・周知し、科学的・経済的・社会的価値創出のための研究を促進することが必要である。加えて、多様な主体が保有するデータを横断的かつ効率的に取得・利活用するためには、データや分野の特性も踏まえつつ、データのフォーマットや識別子等の共通化により、相互利用に適した環境を整備していくことも重要である。

特に研究データについては、今後、大学や国立研究開発法人等がデータリポジトリの整備・運用を進める中で、当該大学等に在籍する研究者が創出した研究データが各機関に蓄積され、活用される仕組みを構築していくことが必要である。その際、研究開発における利便性の向上、研究データの管理及び利活用に対する積極的な評価、研究データの適切な経済的な価値付け等、研究者が研究データ基盤システムを利活用するインセンティブの検討も必要である。また、先端的研究施設・設備・機器等が集積し、機関外の研究者も含め膨大な研究データを創出することが見込まれる拠点等の整備に当たっては、研究データが集積する強みを生かし、分野の特性や拠点等の性格も踏まえた上で、統一的なメタデータ³¹付与や、研究データの統合・解析等を行う、より高付加価値を生み出す拠点等を目指し、これらの拠点等で取得されたデータの保存・管理、活用の在り方及びその体制整備を検討することが必要である。また、特に企業との共同研究等に係る研究データに関しては、企業のビジネスに係るものであり、相手方の組織との合意をもとに取扱いを決めることが重要である。また、大学等においては、国のガイドラインに従い、企業が保有する内部データを研究に安心して提供できるようデータの管理等に係るポリシーと管理体制を早急に定めることが重要である。

さらに、研究者が機関やセクターを越えて流動する際に当該研究者が創出・蓄積した研究データの帰属や転出後の取扱いについて、研究活動の継続性や知的財産との関係等も考慮しつつ、統一的な運用となるよう、ルールの明確化と周知を徹底するよう大学や研究機関等に促すことも重要である。

② 効率的なデータの取得・管理のための環境整備

研究データ基盤構築を研究者にとって過度な負担とならないように配慮しつつ推進するため、研究データのクレンジング、タグ付け、研究データ基盤への登録等を行う専門人材の育成・確保に取り組むとともに、より効率性を向上させるため、これらの作業へのAIの積極的活用を進める必要がある。また、大学等の学術情報の管理や流通等において主要な貢献を果たしてきている図書館の役割、機能について、情報のデジタル化やデータ利活用の推進の観点から、その機能の高度化や転換を図るべく検討すべきである。

3. 知識集約型価値創造システムの基盤と新たな研究システムを支える教育・人材育成

(1) 基本的方向性

我が国が知識集約型社会として発展するためには、情報科学技術やデータの利活用について、プラスの面、マイナスの面も含めて、主権者・生活者たる国民の理解が重要である。また、情報科

³¹ データ自体がどのようなデータであることを示す情報

学技術の研究者の育成や、情報科学技術やデータを社会の様々な分野で使いこなせる人材を継続して輩出していく必要がある。これらを実現するための教育を初等中等教育段階から実施し、知識集約型価値創造システムを構築していくことが重要である。また、教育の実施と並行して、情報科学技術等に関する素養を備えた高度専門人材の育成にも早急に取り組む必要がある。

(2) 具体的取組

① 知識集約型価値創造システムの基盤を支えるリテラシー教育

知識集約型社会において、情報科学技術やデータが研究において適切に利活用され、新たな科学的・経済的・社会的価値の創出が当たり前のように行われ、その成果を広く社会が受け入れて更に発展していくためには、データの提供者であり、また、成果の受け手でもある国民の情報科学技術に対する理解が重要である。そのため、国は、数理科学・情報科学技術やデータに関し、初等中等教育段階から生涯学習段階まで一貫した技術革新に対応したリテラシー教育を推進することが求められる。また、教育における情報科学技術や学習データの利活用の推進や、これらの教育を可能とする教員の育成に取り組むことが必要である。そのためには、全国の小・中・高等学校、特別支援学校等の全ての教室まで、安全で高速・大容量な通信ネットワークを整備することが必要である。これは、単に児童生徒へのリテラシー教育のためだけではなく、地域社会も利用可能な、セキュアで高速・大容量なインフラが整備されるという付加価値を持つ点において重要である。

② データサイエンス等の素養を備えた高度専門人材の育成

既に起こりつつあるデータ駆動型・AI 駆動型科学への転換に的確に対応していくため、大学等においては、現在活躍している研究者・技術者がデータサイエンス、AI、シミュレーション等（以下「データサイエンス等」という。）の素養を身に付けられるよう、これらの分野に関する履修証明プログラムの開発や企業と共同での研修プログラムの開発等を早急に進めることが求められる。また、高度な専門的知識に加えデータサイエンス等の素養を備えた研究人材の継続的な育成・輩出に向け、大学等においては、大学・大学院レベルで求められるデータサイエンス等の知識を体系化し、専門分野に加えてデータサイエンス等を学修するための複数専攻制や副専攻の導入、学位プログラムの構築等を進めることが求められる。

また、我が国が保有する良質なデータを研究に利活用できる形で整備するためには、当面は労働集約的な作業が必要となる。そのため、それぞれの分野に精通したシニア人材も活用しつつ、専門性のある博士前期課程学生等に対し、データ取得、クレンジング・タグ付け、データ基盤への登録を十分な対価を得ながら経験する機会を提供することにより、データ整備と専門分野及びデータサイエンス等の知識習得を両立させた人材育成を推進することが求められる。

(1) 基本的方向性

Society 5.0 の実現に当たっては、科学技術イノベーションを駆動力として、知識集約型の価値創造システムを構築し、課題先進国として我が国が抱える少子高齢化を始めとする社会課題や、SDGsにおいて乗り越えるべきとされている気候変動等の人類共通の課題を解決するとともに、「誰一人取り残さない」人間中心のインクルーシブな社会を構築することが求められている。

また、近年、情報科学技術やバイオテクノロジー等の科学技術の急激な進展に伴って生じる法制度等のルールの不整備や、人々の価値観や順応性のずれといった倫理的・法制度的・社会的課題（ELSI）への適切な対応が求められている。

科学技術があらゆる人々に深く関わっている現代において、(2)に掲げる取組は、科学技術と社会との調和、受容可能性を考慮するものであって、科学技術イノベーションによる新たな価値の創造を実現するために必要不可欠な取組であり、研究開発のブレーキと捉えるべきものではない。これらの取組の推進に当たっては、ジェンダー、文化、宗教等の社会の多様性の認識や地域住民や地方自治体、NPO や NGO、中小・スタートアップをはじめとする企業等のステークホルダーとの対話が重要であり、国際的には、Well-Being への科学技術の貢献が求められている³²。

(2) 具体的取組

① 科学技術コミュニケーション

これまで科学技術基本計画が提唱する科学技術コミュニケーションに関する取組は、「理解増進」から「双方向コミュニケーション」、「対話」、「政策過程への参画」、「共創」へと推移してきたが、次期基本計画期間では、これらの取組を「共創」のみに着目する単線的な推移モデルと捉えるのではなく、研究開発内容の特性や社会の多様性、ステークホルダーに応じてこれらの取組を多層的に組み合わせて実施する多層的なモデルとして捉えるべきである。

多層的な科学技術コミュニケーションを進めるためには、科学館、博物館等に限らず、研究開発や政策形成、社会実装の現場においても、ステークホルダー同士をつなぐ科学技術等に関する知識の翻訳機能、中立的な立場で議論を収れんさせ、建設的な議論を進める対話・調整機能やコーディネーション機能の強化が望ましい。そのためには、人文学・社会科学を含む広範な知識、社会貢献の意識、課題探究力、解決方策の構想力、コミュニケーション能力の向上を重視した人材育成が求められる。

多層的な科学コミュニケーションのためには、国民が初等中等教育段階から生涯を通じて、科学技術の恩恵だけでなくその限界や不確実性の理解を含む科学技術リテラシーを深めるための取組の推進が必要である。国民の科学技術リテラシーの醸成においては、科学館、博物館の取組や、各種のメディアによる客観的情報の多角的な視点からの提供が期待される。研究者は、社会リテラシーを向上させ、研究の内容やその成果が社会に及ぼす影響等に係る説明責任を果たすことにより、社会との信頼関係の構築に向けて戦略的に取り組むことが期待される。

³² 例えば、Declaration of The 9th World Science Forum では、第1章が“Science for global well-being”となっている。

② ELSIに係る取組

科学技術との結びつきが強い社会課題だけでなく、広く様々な社会課題に対しても科学技術がどれだけ貢献できるかという視点で捉え直すことで、科学技術に新たな価値を生み出し、社会変革を促すようなソーシャル・イノベーションを進める必要がある。この際、社会技術や国際科学技術協力に関する旧来の学問分野を超えたトランスディシプリナリーリサーチに係る取組も重要であり、自然科学的アプローチだけでは解決できない課題については、人文学・社会科学的アプローチも含め、総合的に取り組む必要がある。

特に、社会の関心が高い社会実装を目指す科学技術プロジェクトにおいては、初期段階から、テクノロジーアセスメント、ガイドラインを始めとするソフト・ローも含む法制度の整備、社会の科学技術リテラシーの向上の取組やELSIに関する取組を並行的に進めるべきである。既に、米国では、政府が研究開発費の一定割合をELSIに係る研究開発に充て、ELSIの専門家の養成も着実に進めている。我が国も、これらの取組の立ち遅れを認識し、具体的には、研究者を対象としたELSIに関するリテラシー向上に係る取組や法学や経済学等を含む分野横断的な研究体制の構築等につながる検討を初期段階から進める必要がある。

ELSIに係る専門家の養成には、特に自然科学系の専門知識を一定程度備えつつ、法学等の人文学・社会科学の知識を深めた文理融合人材を育成する取組が重要である。

③ 政策形成における科学的知見の活用

Society 5.0の実現やSDGsの達成等に向けた政策形成において、科学的知見の果たす役割は、これまで以上に大きくなっており、その活用の仕組みと体制等の充実が必要である。

政策形成者は、科学技術リテラシーを身につけるとともに、研究者が独立の立場から利害関係や政治的意図に左右されず科学的知見を提供できる環境を整備する必要がある。なお、提供された科学的知見は、政策決定の唯一の判断根拠ではなく、当該研究者のみに政策決定を委ね、その責任を負わせることは適切ではない。一方、科学的知見を提供する研究者は、科学的知見の質の確保に努めつつ、科学技術の限界や不確実性を明確に説明するといった責任ある対応等を通じて、社会からの信頼と理解を得る必要がある。

④ 研究の公正性の確保

研究者と社会の多様なステークホルダーの信頼関係の構築には、研究の公正性の確保が前提となる。研究者は、研究倫理を不断に意識し、自ら実践している研究倫理を後進に伝えること等を通じて、研究の公正かつ適正な実施に努めることが求められる。また、研究機関は、研究分野、職種、職責に応じた継続的な研究倫理教育、研究不正行為の疑惑に対する迅速かつ的確な調査、研究不正行為に対する原因究明及び再発防止、並びにこれらに必要な規程・体制の整備に引き続き努めなければならない。

国及び資金配分機関は、研究不正行為の防止に必要な取組を推進するとともに、学術コミュニティと連携して、我が国の研究公正に係る取組を国際社会に対して積極的に発信しなければならない。

(1) 基本的方向性

科学技術イノベーション政策が対象とするイノベーションの現場そのものは、目まぐるしく変化しており、特にデジタル革命によるパラダイムシフトにより、非連続な変化が生じている。本来行政に求められる行政手続の適正性や、国民に対する説明責任、同じ状況にある者に対する平等性、民間活動を補完するという公共的な役割など等を維持することを前提としつつ、状況の変化に対応した新しい取組が必要となっている。具体的には、科学技術イノベーション政策の企画立案、実行の各段階においても、自前主義的な発想から脱却し、行政外部との協働をより一層進めていくことや、前例踏襲に陥ることなく新しい政策に挑戦できる環境整備が重要となっている。こと科学技術政策においては、行政組織内においても、アントレプレナーシップが求められていると言える。また、今後、少子高齢化が進む中で、より一層効率的、効果的な政策を展開していくためには、高い視点から全体最適を実現していく必要がある、大局観と現場感の双方をバランスさせたエビデンスに基づく政策立案が今まで以上に重要となる。こうしたことを踏まえ、以下の具体的な取組を進めていく必要がある。

(2) 具体的取組

① 効率的、効果的な政策を展開していくための EBPM³³の推進

大局観を持って、効率的、効果的で、かつ、全体最適~~な~~で、国民への説明責任を果たせる政策を進めるためには、エビデンスに基づいて行政効果を見極め、政策立案に生かしていくこと (EBPM) が不可欠である。

科学技術イノベーション政策に関しては、科学技術・学術政策研究所を始めとする政策研究機関において、EBPM 実現に向けた政策研究や動向分析を行っており、その機能強化を図っていくとともに、その成果を政策立案のエビデンスとして活用していくことが重要である。特に、政策立案の過程から、中長期的な視点から EBPM のベースとなる政策研究を行っている機関との意見交換、情報共有、行政側の政策分析に関するニーズの発信の機会を、これまで以上に意識して設け、一層の連携強化に取り組む必要がある。

② 自前主義的発想から脱却した外部との協働

パラダイムシフトが進む社会の中で、目まぐるしく変化するイノベーションの現場に即した行政を実現していくためには、従前の延長線上にはない発想の転換も必要であり、このため、外部の知見を積極的に取り込み、協働していくことが求められる。例えば、スタートアップならではの柔軟なビジネススタイルや、起業家の斬新な発想に学ぶべきところも多い。このため、行政の公平性や公共性を堅持することを前提として、スタートアップ等との人事交流を質・量ともに拡充し、行政組織に新しい視点や仕事のスタイルを注入することにより、行政官がスピード感やイノベーションマインドを習得する機会を確保することが求められる。また、政策を作り込む過程

³³ Evidence Based Policy Making

において、民間の起業家等を巻き込んだハッカソン³⁴等の新たな手法を通じて、新しいアイデアを顕在化させていく取組を実施することも有効である。

また、関係者との意見交換等を通じて、現場のニーズや知見を取り入れていくことも、重要な政策立案のプロセスである。現場の実態とのかい離や調整不足があれば、政策理念としては正しいものであっても、政策の実行の段階で不整合が生じるおそれがある。また、現場における改善が求められている課題であるにもかかわらず、国が政策を進める中で注視されていない状況が発生しうる。このため、国は、政策立案過程において、研究現場に直接出向いて実情を把握し、あらゆる機会を通じて丁寧に現場のニーズや意見を取り入れるとともに、研究現場を良く知る博士課程修了者等の採用に取り組むことにより、実効性のある政策が立案できるよう努める必要がある。

③ 前例踏襲に陥ることのない新たな政策の実施

社会の変化に対応していくためには、前例踏襲に陥ることなく、時代の求める新たな政策を立案していくことが求められる。その際には、行政組織内で挑戦的な提案を尊重するような環境の醸成が求められる。その上で、新しい政策の実施の取組として、以下のような事例が挙げられるが、これらに限ることなく、行政手法にも常にイノベーションが求められる。

従前、行政が公的な事業として実施していた研究支援や研究成果の社会への還元等について、強い想いと情熱を持ちビジネスとして実施するスタートアップが出現し始めていることを踏まえて、新たな官民連携の仕組みの形成が求められる。こうした民間活動は、我が国のイノベーション創出に大きく貢献するものであり、例えば、認定制度又は表彰制度の創設等により、こうした公的な側面も併せ持つビジネスの創出を促進するとともに、既存の行政事業との効果的な連携を図り、シナジー効果を高めることを可能とする仕組みの整備が求められる。

また、我が国全体としての政策の効率性を高めていくための手法として、個別の行政ツールや施策において、複数の政策目的の推進に貢献できるよう、縦割りの壁を乗り越えて連携を進めることも重要である。例えば、国による公共調達において、一定の技術的挑戦性の高い仕様を求めることは、公共事業の本来の政策目的の実現に加えて、先進技術の社会実装を促進し、イノベーションを促進する効果がある。同様に、科学技術政策の実施のために整備した研究インフラ等について、従来の政策目的の実現に支障がない範囲で、一定のルールの下で、広義のイノベーション政策の実現に向けて活用することは有意義である、国においては、こうした新たな政策実施の仕組みを検討していくことが求められる。

³⁴ 「Hack (ハック)」と「Marathon (マラソン)」を組み合わせた造語で、アイデアソンで生まれたアイデアをもとに、ITエンジニアやデザイナーなどによって、アプリケーションのプロトタイプを実現し、その有効性を検証する取組

1. 研究開発の戦略的な推進の考え方

(1) 基本的方向性

① 研究開発をめぐる国内外の動向

デジタル革命やグローバル化の進展により、世界は知識集約型社会へと向けて大きな変革期を迎えており、世界各国は、イノベーションの源泉たる「知」の獲得に向けて、官民ともに最先端の研究開発への投資を強化している。研究開発をめぐる国内外の動向では、特に以下の変化が重要である。

(フィジカル技術やリアルデータの重要性の高まり)

サイバー空間とフィジカル空間（現実世界）が高度に融合し、これらをつなぐ「データ」の価値が飛躍的に高まっている中、フィジカル空間から質の高いリアルデータを取得する技術、データを超高速で処理できる堅牢で信頼性の高いサイバー空間を構築する技術、そこから得られた価値をフィジカル空間で実現する技術など、様々なフィジカル技術の重要性が増している。

(課題解決に向けた科学技術イノベーションへの期待)

STI for SDGs に代表されるように、個人レベルから国家・社会レベルまで、我が国や世界が抱える課題の解決に対する科学技術イノベーションへの期待が、これまで以上に高まっている。特に、気候変動は国際的に喫緊の課題であり、持続可能な社会の実現に向けて、正味ゼロ・エミッションの達成や、低消費電力の経済社会システムの構築が求められ、民間においても、企業の環境・社会・ガバナンスの要素を考慮した ESG 投資の動きが拡大している。

(最先端の新興技術（エマージングテクノロジー）を巡る国際競争の激化)

知識集約型社会へのパラダイムシフトの結果、科学技術と産業、安全保障がますます密接に関連するようになり、最先端の新興技術（エマージングテクノロジー）をいかに先取りできるかが国力を左右する時代となりつつある。欧米や中国は、AI、量子技術、材料・デバイス等、将来の産業や社会を一変させる可能性のある技術に対し戦略的な重点投資を行っている。また、米国では、国家安全保障に不可欠なエマージングテクノロジーに対する情報管理を強化する動きがある。

(安全・安心の確保のための研究開発の重要性の高まり)

米中間を中心とした知や技術を巡った国家間の覇権争いには、経済的側面だけでなく宇宙空間、サイバー空間等の新領域の能力拡張など安全保障の観点も含まれており、地理的、地政学的な状況も考慮した様々なリスクに対し国民の安全・安心を確保する観点からも、研究開発を戦略的に推進する重要性が高まっている。

(我が国の科学技術の置かれた状況)

近年、我が国の科学技術力は相対的に低下しており、特に大きな経済社会インパクトをもたら

す新たな分野を切り開くことが期待される新興・融合領域への参画が遅れている。また、量子コンピュータや一部の最先端医薬品など、要素技術や基礎研究での優位性はあるものの、社会実装し、経済的価値に繋げる段階で他国に先を越されてしまっているケースもある。

② 重要な研究開発領域への集中投資の必要性

第2章で述べたとおり、知識集約型社会において「知」の多様性の確保するためには、特定の重点分野を定めず、研究者の自由な発想に基づく研究が重要であり、また、こうした研究からイノベーションの創出につながる今までにないアイデアが出てくることが期待されるため、このような研究に対し、十分な規模の資源を配分することは重要である。

これに加えて、我が国の産業競争力の強化・国民生活の豊かさ、地球規模課題への対応を含めた様々な社会的課題の解決や国民の安全・安心の確保に大きく貢献する重要な研究開発に対し、追加的に資源の重点配分を行うことがこれまで以上に重要となっている。この重点的な研究開発投資においては、出口に向けた集中的な研究開発だけでなく、中長期的な視点からの基礎研究に対する投資も含むものでなければならない。

さらに、研究開発投資の規模で欧米や中国に劣る我が国が、知識集約型の価値創造で勝ち抜くためには、我が国の強みや特色、我が国が持つ人材や知、インフラ等の蓄積を生かした重点的な研究開発領域を定め、戦略的に推進していくことが必要である。

このためには、最新の研究開発動向や経済的、地理的・地政学的な状況等を収集・分析し、社会情勢の変化に的確に対応して先手を打つとともに、常に情報をアップデートして、新たな変化に柔軟に対応できる戦略立案を行う体制を構築していくことが必要である。

③ 重点的に取り組むべき研究開発領域を定めるための方針

このような国内外の状況や我が国の強みや特色等を考慮すると、今後重点的に取り組むべき研究開発領域を定めるための方針として、以下の4点が挙げられる。

(方針1) サイバー空間とフィジカル空間の高度な融合が進む中で、「超」高精密、高品質、高性能で複雑なすり合わせが必要なフィジカル技術や現場のリアルデータを持つ強みを発揮し、バリューチェーンの中核を押さえる。

我が国が長年培ってきた、高精密、高品質、高性能で、かつパーツやモジュール間の複雑なすり合わせが求められるフィジカル技術は、他国が一朝一夕には真似できない我が国の特長である。また、医療、気象・災害、製造分野を中心に、現場のリアルデータが蓄積されていることは、大きな強みである。これを活かして、グローバルなバリューチェーンの中核となる材料・デバイスやプラットフォーム等の創出に資する研究開発に取り組んでいくことが重要である。

(方針2) 世界中がSDGsの達成を目指す中で、課題先進国（少子高齢化、社会保障費の増大、都市への人口集中、エネルギー・食料・水・環境問題等）のソリューションモデルを、人文学・社会科学と自然科学の知見を総合的に活用することにより、我が国が世界に先駆けて社会実装し、グローバルに展開する。

少子高齢化、社会保障費の増大、都市への人口集中、エネルギー・食料・水・環境問題等、我が国が現在抱えている課題の多くは、今後世界の国々も直面することが見込まれ、我が国のみならず世界の持続的発展にとっての課題でもある。世界中がSDGsの達成を目指す中で、課題先進国として、世界に先駆けてこれらの課題と向き合い、人文学・社会科学的な視点も取り入れながら、最先端の科学技術イノベーションを活用したソリューションモデルの社会実装に取り組めるフィールドがあることは、我が国にとって大きなアドバンテージである。特に、これらの課題の解決にあたり、グローバルに展開可能な汎用性や個々の国や地域の実情に対応できる柔軟性を備えたシステムやモデルを構築することができれば、世界に輸出可能な成長産業として発展させることができるまたとない機会となる。このような人類社会の課題の解決に向けた重点的な研究開発を進めていくことが重要である。

(方針3) 将来の産業や社会を一変させる可能性のある最先端の新興技術（エマージングテクノロジー）を追求し、先行者利益の獲得や国際競争力の確保を目指す。

世界的に注目を集めている最先端の新興技術（エマージングテクノロジー）の研究開発は、革新的な成果によりゲームチェンジを起こす可能性を秘めた領域である一方、その実現に向けては長期的な基礎研究を要するものが多く、我が国が強みを発揮できる領域でもある。エマージングテクノロジーの追求は、先行者利益の獲得や国際競争力の確保に直結するものであり、我が国としても戦略的に取り組むことが重要である。

(方針4) 日本の持つ地理的、地政学的状況も見定めた国家存立の基幹的な機能を確保・向上する。

我が国は、四方を海に囲まれた世界有数の海洋国家であると同時に、4枚のプレートが衝突し合う地震・火山国家でもあり、毎年、数多くの自然災害に見舞われている。また、中国やロシアといった大国に隣接しつつ、太平洋を隔てた米国と強固な同盟関係を結び、地理的に離れた欧州とも、基本的価値や原則を共有するパートナーとして協力関係を築いている。気候変動の影響や社会の脆弱性により増大する自然災害の脅威や、時々刻々と変化する地理的・地政学的な情勢の中で、我が国が今後も安定した国家として存続し、国民や国土、国内で暮らす人々の安全・安心や国としての自立性を確保していく上では、国家存立の基幹的な機能を確保・向上していくための研究開発に取り組んでいくことが必要である。

(2) 研究開発の方向性

(1) で示した方針の実現に向けて、重点的に取り組むべき研究開発領域と具体的な研究開発の例を以下に示す。

方針1 サイバー空間とフィジカル空間の高度な融合が進む中で、「超」高精密、高品質、高性能で複雑なすり合わせが必要なフィジカル技術や現場のリアルデータを持つ強みを発揮し、バリューチェーンの中核を押さえる。

【重点的に取り組むべき研究開発領域の例】

- 高品質なリアルデータやリアルタイム処理を生かしたデータ駆動型価値創造のための研究開発

知識集約型社会に向けてデータの重要性が高まっている中、第1章1.(2)で述べたような災害や事故を未然に防ぐといったこれまでにない価値を実現していくためには、人や産業、社会の活動に関するリアルデータやリアルタイムのデータ処理がより一層重要になる。我が国は、医療、気象・災害、製造分野を中心に現場のリアルデータを有する強みがあり、データの正確性や信頼性も含めた高品質なリアルデータの取得と、信頼性と即時性を備えたデータ処理、それらを組み合わせたシステムの構築により、バリューチェーンの中核を押さえていくことが、データ駆動型価値創造で世界をリードしていくために不可欠である。そのような価値創造を、より高速なネットワーク通信、高度なセキュリティ、低消費電力で実現することで、更なる付加価値の創出が可能となることから、要素技術のみならずシステム全体のデザインも含めた研究開発を進めていく。

【具体的な研究開発の例：AI、センサ、データのトレーサビリティ、システムデザイン（XaaS、ブロックチェーン活用等）、データ基盤、高効率計算基盤、次世代通信（6G等）、サイバーセキュリティ、低消費電力デバイス、情報工学基盤（OS、プログラミング、コンピューティング、アーキテクチャ、ハードウェア等）等】

● 我が国の強みであるマテリアル創成技術や超微細・精密制御を駆使したものづくり技術によりバリューチェーンの中核を押さえるための研究開発

マテリアル創成技術やものづくり技術は、我が国が研究開発と産業の双方において高い国際競争力を有する領域である。一方、米中をはじめ世界各国が半導体や部素材を中心に、技術の囲い込みや覇権をめぐって投資を強化しているほか、ディスプレイや蓄電池などは技術がコモディティ化した結果、我が国が中国や韓国にシェアを奪われるなど、近年は国際競争が激化している。これらのフィジカル技術は Society 5.0 や知識集約型価値創造システムの実現に向けて根幹となる領域であり、常に革新的な技術を追求しつつ、特にグローバルなバリューチェーンで横断的・基盤的に必要とされたり代替のきかない材料・デバイスや機械・装置の創出に資する研究開発を進めていく。

【具体的な研究開発の例：高機能材料創成、革新的触媒、革新的素子・デバイス、センサ、ロボティクス、アクチュエーション、接着・接合、分離・分解、微細加工、シミュレーション（高効率設計、デジタルツイン等）、先端計測、プロセス技術等】

方針2 世界中がSDGsの達成を目指す中で、課題先進国（少子高齢化、社会保障費の増大、都市への人口集中、エネルギー・食料・水・環境問題等）のソリューションモデルを、人文学・社会科学と自然科学の知見を総合的に活用することにより、我が国が世界に先駆けて社会実装し、グローバルに展開する。

【重点的に取り組むべき研究開発領域の例】

● 健康寿命延伸・生活の質（QoL: Quality of Life）向上のための研究開発

我が国が世界最高水準の平均寿命や高い保健医療水準を実現してきた中で、健康寿命延伸・QoL向上は超高齢社会における一人一人の幸福や安心、福祉の実現にとって必要不可欠である。また国際的にも、今後半世紀の間に、先進地域はもとより、開発途上地域においても、高齢化が急速に進展することが見込まれ、世界各国で日本と同様の課題が生じることが想定される。ICT技術の進展に伴い、未病段階も含めたヘルスケア産業の拡大も見込まれており、世界的な成長産業を牽引していく観点からも、我が国が健康寿命延伸・QoL向上のための研

究開発を着実に推進していくことが重要である。

【具体的な研究開発の例：生体センサ、ライフログ、疾病予防、個別化医療、先端医療（ゲノム医療、再生医療等）、感染症、認知・睡眠機能等、身体機能補助、生体材料 等】

● 都市と地方が共生するスマートなまちづくりのための研究開発

都市への人口集中により、地方の過疎化、限界集落の増加が進み、地方における交通システムや生活の基本的なインフラの維持が困難になったり、労働人口の減少による産業の衰退などが懸念されている。一方で、都市においては人口流入や都市機能の拡大に対応したスマートな都市基盤の整備が課題となっている。人生 100 年時代において、年齢や居住地に関わらず、誰もが快適に暮らし、生きがいを持って活躍できる社会の実現に向けても、様々なライフラインや産業のスマート化への期待は大きい。地域の特性も踏まえつつ、これらの課題を解決し、産業や生活の質を飛躍的に向上させることで、Society 5.0 が目指す一人一人が活き活きと快適に暮らせる社会システムの実現に向けて、都市と地方が共生するスマートなまちづくりを目指した研究開発を進めることが急務である。

【具体的な研究開発の例：スマートモビリティ（自動運転、次世代航空（ドローン等）、交通マネジメントシステム等）、スマートインフラ（構造材料、デジタルツイン、劣化制御等）、スマート製造・スマート農林水産業（ロボティクス、リモートセンシング、次世代育種等） 等】

● 脱炭素社会の実現のための研究開発

国際社会が 1.5℃の努力目標を含むパリ協定の下で、2050 年における正味ゼロ・エミッションの達成に向けて大きく舵を切る中、我が国では今世紀後半のできるだけ早期に「脱炭素社会」を実現することを目指すという野心的な目標を掲げている。その実現には、これまでの延長線上にない非連続的なイノベーションの創出が必要であり、不確実性の高い基礎研究から、実用化に向けた研究開発、社会実装まで切れ目のない継続的な取組を行っていくことが求められる。これにより、地球温暖化の解決と産業発展を同時に達成できるような革新的な社会システムの構築とその国際展開を推進することが重要である。このような取組は、世界的に広がりつつある ESG 投資を呼び込む観点からも重要である。

【具体的な研究開発の例：再エネ・蓄エネ・省エネ（再生可能エネルギー、エネルギーハーベスト、蓄電池、水素製造・利用、パワエレ、高度なエネルギーマネジメントシステム等）、カーボンリサイクル（CCUS）、グリーンモビリティ 等】

● 持続可能な地球環境の構築のための研究開発

気候変動のみならず、マイクロプラスチック問題に代表される環境汚染、水産資源をはじめとする生態系の変動等、我が国が直面している持続可能性への脅威は多岐にわたる。我が国は、気候変動モデルの構築や地球観測システムのネットワーク化で世界を牽引しており、このようなアドバンテージを生かして引き続きこの分野で先導的な役割を果たしていくとともに、持続可能な地球環境の構築に向けて、環境や生態系の観測、予測・影響評価とそれにより創出された情報の発信や、これらの保全に資する多角的な研究開発を推進することが重要である。同時に、サーキュラーエコノミーの実現に向けて、技術開発から社会実装まで、多様な分野にまたがる研究開発を総合的に推進することが重要である。

【具体的な研究開発の例：環境観測・モニタリング・影響把握（衛星、航空機、船舶、地上観測網等）、データ統

合・解析基盤、シミュレーション（気候変動予測等）、社会システム設計、資源循環（設計・製造、分離・回収、生分解性材料等） 等】

方針3 将来の産業や社会を一変させる可能性のある最先端の新興技術（エマージングテクノロジー）を追求し、先行者利益の獲得や国際競争力の確保を目指す。

【重点的に取り組むべき研究開発領域の例】

● 経済・社会を飛躍的に発展させる可能性を持つ量子科学技術（光・量子技術）

量子技術は、量子特有の現象である「重ね合わせ」や「もつれ」を制御・活用することで、従来技術をはるかに凌駕する速度や精度、性能を実現させる可能性がある。また、放射光、中性子線やレーザー等の量子ビームは、物質・材料の構造解析や機能分析等に必須のツールである。その応用範囲は高度な情報処理から材料・ものづくり、医療など幅広く、非連続に課題を解決できる大きな潜在力を有し、簡単にコモディティ化できない知識集約度の高い領域である。欧米や中国が、国はもとより産業界からも大幅に投資を拡充させる中、投資規模で劣る我が国は、強み・優位性のある量子科学技術（光・量子技術）に関する基礎理論や知識・技術基盤等を最大限活用しつつ、研究開発を強化していくことが重要である。

【具体的な研究開発の例：、量子コンピュータ・量子シミュレーション、量子計測・センシング、量子通信・暗号、量子マテリアル（量子物性・材料）、基礎基盤的な研究、量子ビーム施設・設備の高度化 等】

● 生命の高度な理解と自在制御を可能とする次世代バイオテクノロジー

ライフサイエンス分野では、クライオ電子顕微鏡をはじめとする計測・解析技術、CRISPR/Cas9 に代表されるゲノム編集技術や光免疫技術・光遺伝学のような生命現象の制御技術が近年大きく発展し、ICT 技術によるデータ駆動型のアプローチの進展とも相まって、研究開発にパラダイムシフトが起こりつつある。生命の高度な理解と自在制御、そしてその先にあるバイオエコノミーの実現は世界的に大きなトレンドとなっている。我が国は、ライフサイエンス分野でノーベル賞受賞者を多く輩出するなど、基礎研究を中心に強みや蓄積を有しており、最先端の状況に的確に対応し、次世代バイオテクノロジーの研究開発を着実に推進することが重要である。

【具体的な研究開発の例：遺伝子制御、合成生物学、脳科学、生命現象の時空間解明、高機能バイオ生産（微生物、植物等）、バイオ材料（バイオインスパイアード材料、バイオインターフェイス材料、ソフト材料等）、生物資源 等】

● 現在の深層学習の課題を解決する次世代 AI

次世代 AI の研究開発においては、現在大きな潮流となっている深層学習を前提とする AI が抱える判断根拠の説明困難性、データ改変への脆弱性、膨大な学習コスト等の課題を解決し、不完全なデータからの学習能力、説明可能性、信頼性等を備えた AI の実現が求められる。我が国は機械学習の基礎研究や、画像認識、自然言語処理、脳の認知モデル構築等の要素技術で国際的にも通用する研究開発が行われており、米国や中国が官民合わせて AI の研究開発に巨額の投資を行っている中、このような強みも生かし、高信頼性 AI や自律的に学習できる AI 等の研究開発を進めることが重要である。

【具体的な研究開発の例：高信頼性 AI、自律 AI、AI チップ、非ノイマン型コンピューティング（ニューロモーフ

ック、量子等)、エッジコンピューティング 等】

● 最先端技術に革新をもたらすマテリアルテクノロジー

マテリアルテクノロジーは、量子技術、次世代バイオテクノロジー、次世代 AI をはじめ、あらゆる最先端技術に革新をもたらす、イノベーション創出の最重要基盤である。近年は、ナノから量子への発展、ナノからマクロまでの包括的な理解・制御や時間的・空間的な不均質性の考慮などが進んでおり、これまでにないより複雑で先進的な材料開発への期待が高まっている。米国や欧州、中国、韓国といった世界の主要国・地域が、マテリアルテクノロジーへの重点投資を実施し始めている中、我が国の研究開発力や産業競争力の根源であるマテリアルテクノロジーの国際優位性を確保・向上させることが重要であり、強力に推進していくことが必要である。

【具体的な研究開発の例：次世代型元素戦略（元素の新機能創出等）、分子技術・空間空隙制御技術、多元化・複合化材料、マテリアル・インフォマティクス、先端技術革新材料（マテリアル × AI・IoT、量子、バイオ等） 等】

● インクルーシブ社会を実現する人間・社会拡張技術

近年の AI やロボティクス、脳科学などの進展により、肉体的なハンディキャップや地理的・空間的な制約を超えて、人間や社会の機能を拡張させる技術が実現しつつある。我が国はロボティクスや脳科学などの研究開発に強みを有しており、すべての人々が分け隔てなく「知」へのアクセスや発信、社会活動へ参加を可能とし、膨大な選択肢の中から多様な価値観を踏まえた最適な意志決定がなされるインクルーシブな社会の構築に向け、人文学や社会科学とも連携・融合した研究開発で世界をリードしていくことが重要である。その際には、このような技術が意志や行動への介入や世論の操作などにつながりうるという負の側面を認識するとともに、必要な対策を講じることも重要である。

【具体的な研究開発の例：AI×ロボティクス、アクチュエーション、ブレイン・マシン・インターフェイス、テレグジスタンス、意志決定支援、人間行動・社会動態理解 等】

方針4 日本を持つ地理的、地政学的状況も見定めた国家存立の基幹的な機能を確保・向上する。

【重点的に取り組むべき研究開発領域の例】

● 災害レジリエンスの強化による防災立国の実現のための研究開発

気候変動等により、近年大規模な自然災害が頻発しており、国民の生命や財産を守り、安全・安心を確保することの重要性が増している。また、我が国と同様に地震や火山活動が頻発する地域に存在する国々や、気候変動による自然災害に脆弱な国々に対し、我が国が培った知見や経験、技術を共有することで、国際貢献やSDGsの達成にも資する。そのため、災害レジリエンスの強化による防災立国の実現に向けた研究開発を推進していくことが重要である。なお、複雑化した社会においては災害リスクは多岐にわたり、また地震・風水害・豪雪等の異なる災害が複合的に起こる可能性もあることから、個々の災害に関する技術的な研究のみならず、産学官民の知見の統合や人文学・社会科学も含めた多様な分野の融合研究を総合的に推進することが重要である。

【具体的な研究開発の例：観測、災害現象の解明・予測、減災、リアルタイムシミュレーション、防災システムイ

● エネルギーセキュリティの確保のための研究開発

天然資源の少ない我が国にとって、エネルギーセキュリティの確保は国家存立にとって極めて重要な課題である。東日本大震災に伴う原子力事故により国内の原子力発電施設のほとんどが稼働を停止して以降、一部は再生可能エネルギーで賄いつつもその多くを火力発電に頼っており、近年のエネルギー自給率は10%にも満たない。我が国として、安全性の確保を大前提に、次世代のベースロード電源の研究・技術開発等を継続することは重要である。

【具体的な研究開発の例：革新的原子力技術（高温ガス炉等）、核融合 等】

● 宇宙・航空技術

近年、宇宙分野への途上国や民間事業者等の参入が拡大し、他分野技術との融合も含め、技術やシステム等の低コスト化・高効率化が進みつつあり、政府では、月周回有人拠点「ゲートウェイ」の整備や月面での有人探査などを目指した国際宇宙探査に関連する研究開発が急務である。また、グローバルに航空ニーズが増加、多様化し、次世代モビリティとしてのドローン、電動推進等への期待が高まる中で、宇宙・航空技術の重要性はますます高まっている。その一方で、高い安全性や信頼性が求められ、複雑なシステムで構築される宇宙輸送システム、航空技術、衛星技術、有人宇宙技術や深宇宙探査技術等を有する国は、我が国を含めごく一部に限られている。安全保障のみならず産業競争力やSDGsへの貢献等の観点からも、我が国が培ってきた技術基盤は大きなアドバンテージであり、その自立性確保の観点から、我が国が独自に保持すべき基幹技術と、他国や民生の技術を利用できるものを見極めをしつつ、引き続き、先進的な宇宙・航空技術の研究開発を推進することが重要である。

【具体的な研究開発の例：推進技術、宇宙輸送システム、衛星技術、次世代航空（ドローン、電動推進等）、宇宙探査、有人宇宙技術、極限性能材料 等】

● 海洋技術

我が国の四方を取り囲み、また地表の3分の2を占める広大な海洋の状況を的確に把握することは、海洋の持続可能な利用や防災に加え、我が国のシーレーンの確保や海中・海底資源の開発、未踏のフロンティアである海洋の開発に向けた国際競争の優位性の確保等、国民の安全・安心の確保の観点からも極めて重要である。第3期海洋基本計画においても、「海洋状況把握（MDA）」体制の確立や「北極政策」の推進に係る項目が追加されるなど、総合的な海洋の安全保障に係る取組の強化が必要とされている。我が国の地理的環境を最大限生かすとともに、多様な国際協力の枠組みも活用しつつ、海洋探査や海洋・極地観測技術の高度化、海洋ビッグデータの効率的・効果的な取得を可能とする調査観測システムの構築などに向けた海洋技術の研究開発を着実に推進することが重要である。

【具体的な研究開発の例：海洋探査（AUV、ジャイロセンサ、海中通信等）、海洋・極地観測（気象気候予測、無人省力化観測等）、海洋ビッグデータ、極限性能材料 等】

2. 研究開発の戦略的な推進の際の留意事項

（1）分野別の人材育成

上記の研究開発の推進に当たっては、分野別の人材の需給バランスを考慮するなど分野の特性を踏まえた人材育成や、分野越境の能力を備えた人材育成を、産学官が一体となって取り組むことが重要である。特に大学では行い難い、ミッション志向型研究開発の現場における実践的な人材育成を、大学と研究開発法人等が連携して取り組むことも重要である。

(2) ファンディングの在り方

「知」の多様性への資源配分の確保を大前提に、重点的に推進すべき研究開発領域については、戦略的な基礎研究（戦略的創造研究推進事業等）、ミッション志向型研究（未来社会創造事業等）、出口に向けた産学共創プロジェクト（共創の場の形成支援等）等を組み合わせた総合的なファンディング戦略を構築することが重要である。

(3) 社会実装に向けた仕組みの整備

民間資金が次世代投資へと循環する仕組みの構築とあわせて、新しい技術が社会実装する際に必要となる法制度整備やソフト・ローの活用、知的財産の確保や国際標準の獲得等も含めたエコシステムの形成とこれを担う人材育成が重要である。また、宇宙・航空、海洋、原子力等のフロンティア分野において培った技術と民生・産業技術を相互活用する官民のコラボレーションにより革新的なイノベーションを創出するための仕組みを整備することが必要である。

(4) 最新科学技術の情報管理

科学研究の成果はオープンであることを大原則としつつ、慎重な管理が求められる科学技術情報については、現場の負担に留意の上、外国為替及び外国貿易法の遵守や関連するガイドライン等も踏まえた大学・研究機関等における適正管理に向けた体制整備等の促進が重要である。この際、国際共同研究や優秀な外国人研究者の日本での研究活動、情報の流通が過度に阻害され、新たな知の創出の妨げにならないよう配慮が必要である。また、このような情報管理については、国際的に、研究の透明性、相互主義の確保、利益相反の有無の情報開示等を一層求める動きがあることにも留意が必要である。

(5) 戦略的な科学技術協力

我が国の強みを生かしつつ弱みを補完するとともに、我が国単独ではなし得ない科学的・経済的・社会的価値の創出を目指し、科学技術外交の観点も含め、競争領域と協調領域を意識しながら科学技術の戦略的な国際展開を進める。また、アジアやアフリカ等において科学技術の急速な発展が見込まれる国々の知や人材を取り込み、我が国の研究力強化につなげていくためには、従来の援助型に加え、最先端の基礎研究も含むイコール・パートナーシップ型の国際科学技術協力が重要である。

(6) 世界に伍する研究拠点の構築

ライフサイエンス、情報科学、量子技術、マテリアルテクノロジーなどビッグサイエンス化が急速に進展する分野では、多様な研究者の連携、分野融合の促進や、基礎研究から社会実装まで、イノベーションのサイクルの一体的実施のため、先端情報基盤も活用しつつ、アンダーワンルーフ型の拠点やプラットフォームを構築していくことが必要である。