

エグゼクティブサマリー

本報告書は、各分野別に発刊されている俯瞰報告書のポイントを集約しつつ、社会や政策等の動向を踏まえた上で分野を越えた全体像として捉えることを目指し作成されたものである。

世界においては、これまで米欧で育まれた民主主義、市場原理、科学技術を規範とする価値観がグローバリズムを推し進めてきたが、米国による自国第一主義、中国の台頭等により世界の政治・経済が不安定化し、その価値観に揺らぎが生じている。政治・経済の不安定化に伴う国家間競争は科学技術の世界にも波及しており、AI/IoT、量子、バイオテクノロジーなどの国の安全保障にかかわる分野における競争は、さながら国家間の技術覇権争いの様相を呈している。情報通信技術の急速な進展は産業構造等を変えつつあり、ITが企業の産業競争力を左右する状況にある。

また、社会における科学技術イノベーション（STI）への期待が高まりつつある一方、AI、ゲノム編集等に係る ELSI の問題など科学技術への懸念も増大しているが、このことは前述の科学技術に係る価値観の揺らぎを反映しているとも言える。イノベーション実現に向けた政策上の取り組みとしては、関連する諸政策をイノベーションエコシステムとして統合し、総体的に推進しようとする動きが明確になっている。

かかる情勢の下、我が国はより良い未来社会の実現に向け、「超スマート社会＝Society 5.0」の実現を目標として設定し、STI の推進に取り組んでいる。個々の研究開発分野で見れば、我が国が依然として優位性を保持している分野はもちろんあるが、マクロに見て、日本の相対的地位が低下していることが懸念されており、我が国の研究力強化は喫緊の課題である。イノベーションの実現に向けた取り組みとしては、イノベーションエコシステムの構築に向けて拠点形成型プログラム等が実施されているが道半ばであるなど、依然として課題は多い。

また、主要な研究開発分野における動向や我が国の課題についてであるが、環境・エネルギー分野では、気候変動対応、脱化石燃料化、循環型社会形成への関心が国際的に高まっている中で、ビッグデータ化やスマート化への対応等が分野を横断する大きな技術潮流となっている。特にエネルギー分野では安価かつ大量に貯めることが難しく、また変動性が高い再生可能エネルギー由来の電気を変換・貯蔵し、必要な場所やタイミングで利用するための研究開発等が、環境分野では環境ビッグデータの高度活用やモデル改良等に基づく地球観測、及び気候変動影響の予測や対策検討が盛んに行われている。我が国としては再生可能エネルギー大規模導入時代に対応するエネルギー基盤の確立、プラスチックごみ等の人工物による環境や社会への影響把握や資源循環の革新、これらを支える工学系の基礎基盤の強化などが課題である。

システム・情報科学技術は汎用的な基盤技術であり、さまざまな社会システム、産業、他の科学技術分野においてその効果を発揮し、多様な領域での課題解決や新産業創出を加速している。コンピューターが小型になり、機械学習技術が組み合わされる「スマート化」、世界中のシステムがネットワークでリアルタイムにつながる「システム化・複雑化」、人や資産までもサービスコンポーネントとして利用する「ソフトウェア化・サービス化」が技術潮流となっている。我が国としては、人工知能技術を含むさまざまな情報科学技術を活用して課題解決ができる人材の育成・確保、ITを徹底活用した社会システム・産業構造の変革、次世代 AI や量子科学技術等の先端分

野の開拓、急速な社会浸透に対応するための倫理規範整備などが課題である。

ナノテクノロジー・材料分野では、先端技術の技術覇権争いが世界全体へ波及する中、先鋭化・融合化された技術の保有とそのシステム化が市場浸透への要となっている。IoT/AI 時代を牽引する多機能・低消費電力 IoT デバイスや個別化医療応用等を目指した診断・治療・計測デバイス、SDGs に資する水・大気浄化/温室効果ガス排出量削減/資源物質循環を可能とする技術開発などが大きな潮流となっている。また、データ駆動型材料開発（マテリアルズ・インフォマティクス）が、研究成果到達を加速する材料開発の基盤技術として必須になっている。我が国としては、未来社会を見据えた魅力的な機能を有する新材料・デバイス・プロセス技術の開発や国際競争力強化につながる材料開発基盤の構築などが課題である。

ライフサイエンス・臨床医学分野では、大量の生命情報から法則を発見するというデータ駆動型の新しいアプローチにより生命現象の理解が格段に進展している。これにより精緻な理解と予測が研究の基本的な方向性となっている。また、研究対象として、研究開発の循環構造、生命の時空間階層を広く見る必要が出てきたこと、および技術進展サイクルの短縮化の結果、研究単位当たりのハイスループット化、高コスト化、つまり「ビッグサイエンス化」が急速に進展している。我が国としては、個別化・層別化医療の実現、バイオエコノミーの実現、分子・細胞・組織・器官等における生命システムの解明・活用や研究体制の拠点化とそのネットワーク化による研究エコシステム・プラットフォームの構築などが課題である。

以上の俯瞰結果を踏まえ、まずは科学技術における我が国の相対的地位が低下していることを踏まえた上で、我が国が世界の主要国と伍していくだけの研究開発力を得ることが全体としての課題と認識する必要がある。かかる認識の下、全体フレームワークをしっかりとった上で我が国の STI 政策の形成とマネジメントを行うことが重要である。また、ビッグデータや人工知能の急速な進展等に伴う研究スタイルの大きな変化への対応、基礎研究と技術基盤への持続的な支援、そして一人一人の研究者が世界観と歴史観を身に付けて分野を越えた連携に取り組むことも今後の課題である。

21 世紀に入って、科学技術政策はその地平を大きく広げている。「ブダペスト宣言」において強調された科学技術と社会の相互関係は、科学技術と政策の相互関係とも重なり合う。従来は科学技術を振興するための予算や制度等のさまざまな施策を指す「科学技術振興のための政策（Policy for Science）」が中心であったが、「政策課題解決のための科学技術（Science for Policy）」が重視されるようになった。後者はさまざまな社会的課題を解決しようとしている政策に対して科学技術が積極的に寄与することを指す。この両面を実現していくためには、政策形成から実施、評価、政策形成へのフィードバックに至るプロセスを大きく改革する必要がある、それは単に科学技術政策に限らず、産業政策、環境政策、教育政策をはじめとした全分野の政策と政策手段に関係するものである。

この報告書が、今年本格化する第 6 期科学技術基本計画の検討に資するとともに、科学技術と社会とのコミュニケーションと信頼の醸成のための基盤となり、科学技術の多様な国際協力の展開に貢献をすることを期待したい。

Executive Summary

Here we provide the Panoramic View Report (2019): Integrated Version. In this report, we aim at compiling the key points of Panoramic View Reports 2019 in each area and give the general overview with considering the situation on society or relevant policies.

In the world, the values based on democracy, market principles and science and technology (S&T), which have been fostered in the United States and Europe, have promoted globalism. However, the world's politics and economy are made unstable by the United States' nationalism and the rise of China. The values above are wavering. The international competition has spread to the fields of S&T. The keen competition is going on particularly in the fields related to national security such as AI/IoT, quantum technology, biotechnology. The rapid advancement of information and communication technology is changing industrial structure and IT is a crucial factor for industrial competitiveness of a company.

There are growing concerns on S&T such as the ELSI related to AI or genome editing while expectations for science, technology and innovation (STI) in society are also growing. This is supposed to be reflecting the fluctuation of the values mentioned above. As policy measures for realizing innovation, it is getting clear to integrate relevant S&T policies into an innovation ecosystem and promote them as a whole.

Under these circumstances, Japan is promoting STI by setting the goal of "Super Smart Society = Society 5.0" to realize a better future society. There is concern that the relative position of Japan has macroscopically declined while there are, of course, some research areas in which Japan still holds superiority. Japan's research capability has to be reinforced as an urgent issue. There are some efforts to realize innovation such as a center-based program being implemented for the creation of an innovation ecosystem, although it is still in the middle.

The global trend and Japan's issues in the major research field are as follows. In the field of Environment and Energy, one of the major global concerns is climate change and, to tackle this issue, serious discussion on decarbonization is going on. Circular economy is another major topic. From the view point of S&T, developing and operating the internet of things with advanced sensors and communication technologies, and highly sophisticated analysis by utilizing various data are major cross-sectoral technological trends. Since renewable energy such as solar power and wind power are highly fluctuated, power conversion and storage in an affordable way and at large scale are recognized as key technologies. R&Ds for such areas are actively in progress. Model evolution and refinement and utilization of big data are key issues in various areas of environmental field such as earth observation, impact assessment of climate change and development of measures for adaptation to climate change. In Japan, there are many issues to be tackled but the following items are quite important towards the development of sustainable society: management of energy network in which renewable energy

is widely introduced; quantitative assessment of the environmental and social impacts of man-made materials and its wastes such as plastic wastes; establishment of innovative circular economy; and strengthening the foundation of science and engineering for this field.

Systems and Information Science and Technology is a general-purpose basic technology. It exerts effects in various social systems, industries, and other science and technology fields. It also accelerates problem solution and new industry creation in various fields. In the field of System and Information Science and Technology, “being smart”, “being system and complex”, and “being software and service” are major technological trends. “Being smart” is a trend brought by smaller computers combined with machine learning technology. “Being system and complex” is a trend where all systems in the world are connected in real time through a network. “Being software and services” is a trend where even people and assets are utilized as service components. Japan’s issues are fostering and securing human resources capable of solving problems by utilizing various information science and technology including artificial intelligence technology, transformation of social systems and industrial structures that fully utilize IT, challenging advanced technologies like next-generation AI and quantum science and technology, and the development of ethical standards to cope with rapid social penetration of AI.

In the field of nanotechnology/materials, as the competition for dominance in developing the advanced technology spreads throughout the world, possession of progressing and fusing technologies and their systematization are key elements in market penetration. The technology development, such as multi-functional and low power consumption IoT devices, diagnosis and medical treatment devices aiming at personalized medicine application leading to the IoT/AI era, and water, air purification / greenhouse gas emission reduction / resources circulation contributing to SDGs, has become a major trend. In addition, data-driven materials development (Materials Informatics) is essential as a fundamental technology for materials development that accelerates the research achievements. For Japan, the challenges are the development of new materials, devices, and process technologies with attractive functions looking ahead to the future society, and the construction of a materials development platform that will lead to the enhancement of international competitiveness.

With respect to the life science and clinical science, data-driven science shall be the most prominent blooming new trend, where researchers work with hypothesis derived from big scale data analysis. Such a trend allows scientists to understand deeper and more precise mechanisms of wide range of biological events. As high-throughput data acquisition is vital and various levels of “omics” data have to be collected for the integrative understanding of biological events, analytical instruments have also been dramatically advanced in both its capability and prices, resulting in the transformation of biological sciences into a costly “big science”. In order to deliver our national ambitions, such as precision medicine, bio-economy,

deciphering and exploiting the biological systems from the aspect of molecules, cells, tissues, and organs, it is inevitable to establish truly multi-disciplinary and integrated research hubs which are closely networked each other.

We need to recognize that Japan's relative position in S&T has declined and it is our general issue to obtain research capability enough to compete with major countries in the world. Under this recognition, it is important to formulate and manage STI policies in Japan with a firm overall framework. In addition, we need to respond to major changes in research style associated with the rapid advancement of big data and AI, sustainably support basic research and technological infrastructure. It is also a future issue for researcher to work on cross-sectoral collaboration with view of the world and history.

In the 21st century, S&T policy has greatly expanded its horizons. The relationship between S&T and society emphasized in the "Budapest Declaration" also overlaps with the relationship between S&T and policy. In the past, the policy for promoting S&T (Policy for Science), which refers to various measures such as budgets and S&T systems, was basic idea. However, "Science for Policy" is getting important nowadays. The latter means the active contribution of S&T to the policies that aim at solving various social issues. It is necessary to greatly reform the process from policy formulation to implementation, evaluation and feedback in order to realize these two ideas. The reformation is not only related to S&T policy but policies in all areas including industrial policy, environmental policy and education policy.

We expect that this report will contribute to the discussion for the sixth Science and Technology Basic Plan which will be active this year. We also expect the report will be a base for communication and trust between S&T and society, and contribute to international cooperation in S&T.