

エグゼクティブサマリー

ナノテクノロジー・材料分野は、物質科学、光科学、生命科学、情報科学、数理学といった基礎科学をベースに、ナノスケールで生ずる現象を取り扱う科学として発展してきたナノサイエンスを土台とする。この土台の上に、共通基盤技術が構築され、それが具体的に物質・材料へと適用されることでデバイス・部素材が開発され、最終的に環境、エネルギー、健康・医療、社会インフラ、情報通信・エレクトロニクスなどの分野に対し、横断的技術として革新をもたらす。すなわちナノテクノロジー・材料分野は、イノベーション・エンジンとして機能していく。



ナノテクノロジー・材料分野は多様な産業分野の未来を先導する基盤技術としてのポテンシャルを有しており、大きな社会的期待を担う。環境・エネルギー分野においては、気候変動や資源枯渇といった地球規模の課題解決への期待が、健康・医療分野においては医療費抑制や患者のQOL (Quality of Life) 向上、早期診断・治療、予防・非侵襲診断への期待が、さらには再生医療技術への期待が高まっている。情報通信分野においてもIoT (Internet of Things) の広範な普及を実現するデバイス技術の進展に、また、ビッグデータの収集・処理能力が高まる中でデータ科学を駆使した新しい材料探索手法の進展に期待が高まっている。これらの期待に応えることで、日本の産業を牽引してきたエレクトロニクス産業や部素材産業は新しい姿へと変貌する可能性を秘めている。

ナノテクノロジーは、Moore の法則に代表される半導体の微細化技術の追求の中

で、ナノスケールの構造を観測し、そこで起きる現象を理解し、制御する技術として 1990 年前後から 2000 年代初めにかけて大きく発展した。半導体微細化技術の進展は電子機器の高性能化、デジタル化を推し進め、ネットワーク技術の進展と相まって情報通信分野に IT 革命と呼ばれる大きな変革をもたらした。その意味でナノエレクトロニクスは、この時代のナノテクノロジーの牽引役であったと言えよう。一方、2000 年代初頭以降、半導体微細化技術の進展に困難さが顕在化してくると、自己組織化を活用してナノスケールの構造を創りだそうとの試みが多くなされ始める。この間には、ヒトゲノムの解読や iPS 細胞の出現などに代表されるバイオ技術の進展も著しく、ナノテクノロジー、バイオ技術双方の発展にとって互いの役割は切り離せないものになってきた。現在は、気候変動に代表される深刻な環境・エネルギーに関わる問題を人類は直視しなければならず、これらの解決に向けてナノテクノロジー・材料の果たす役割には一層の期待が高まっている。これら諸課題を解決するためには、ナノテクノロジーのみならず、バイオ技術や情報技術、さらには材料科学技術との融合化、システム化が必要である。

物質・材料の世界に目を転じてみると、研究開発を積極的に進めてきた日本の役割は大きく、新材料の開発では世界を幾度となく先行し、部素材の基幹産業を支え、新しい産業を生み出してきた。光触媒、リチウムイオン電池、永久磁石、青色 LED、ハードディスクの媒体や磁気ヘッドなど、日本が重要な発明・実現に深くかかわった材料分野の基幹技術が多数存在している。

このような背景から、わが国の部素材産業は、高機能材料を中心に高い世界シェアを確保している製品を多数有している。個々の高機能材料の市場規模は相対的に小さいが、全体としては大きな市場を形成している。個別の材料では、半導体材料、ディスプレイ材料、電池材料、炭素繊維、水処理用分離膜など、日本企業が高い世界シェアを獲得している品目が多数存在する。一方で、かつて日本が高い市場占有率を有していたパソコン、携帯電話、テレビなどのセット機器のシェアは大きく低下し、日本が強いとされている液晶用フォトレジストやカラーフィルタなど一部の液晶ディスプレイ材料、リチウムイオン電池材料等においても諸外国の急迫によりシェアが低下している素材もある。現在、日本が高い産業競争力を有している電池やパワー半導体、炭素繊維複合材料などの市場は、世界規模で今後大きく伸びると予想されており、これら産業競争力の維持・強化が必須であることは言を俟たない。

諸外国の政策・戦略に目を移すと、本報告書で取り上げるすべての国が、ナノテクノロジーあるいは材料の基本政策を有し、国策上の重点技術として位置づけている。2001 年の米国における国家ナノテクノロジーイニシアチブ (National Nanotechnology Initiative : NNI) 開始によって、ある種の世界的ブームとなったナノテクノロジーは、その後十数年を経過して次のフェーズに移行しつつある。2014 年の PCAST による報告では、ナノテクノロジーはシステム化を経て出口を見据え、NNI2.0 に移行すべき時期にあるとの勧告がされている。日本においてナノテクノロジー・材料分野は、第 4 期科学技術基本計画において共通基盤として位置づけられていたが、科学技術イノベーション総合戦略 (2014) では分野横断技術として改め

られている。政府の年間予算は米国、欧州（ECと各国予算の総和）が約20億ドル規模で肩を並べており、ロシア、日本、ドイツ、中国が5億ドルから10億ドルの間である。日本においては集計上の政府投資が900億円程度であるのに対し、産業界で9000億円程度の研究開発費が支出されている。日本では産業・社会的期待の大きい蓄電デバイス、パワーエレクトロニクス、触媒（化成品合成用触媒、人工光合成・光触媒、燃料電池など）、構造材料、センサーデバイス（ヘルスケア、環境、インフラなど）、元素戦略、などが重点投資されている。米国では「先進製造（Materials Genome Initiative, NNI等）」、半導体（ナノエレ）およびクリーンエネルギーを重点化、欧州は「グラフェン」や「炭素繊維複合材料」が注力されている。

人材の動向を見ると、ナノテクノロジー・材料分野に関連する主要な国内学会では、緩やかに会員数が減少している（特に企業研究者の減少が大きいと推測される）のに対し、海外の主要学会の会員数は増加している。実際に本分野で国内の年次大会等に参加しているアクティブな会員は約2.4万人であり、過去一年間に論文を執筆しているナノテクノロジー・材料分野の研究者は、約3.5万人である。これは中国（約14万人）、米国（約8万人）に次ぐ第3位の数である。この10年間の推移をみると、欧米並に比して、日本の論文執筆者数の伸びは著しく劣っており、今後の懸念材料の一つといえる。

研究開発動向の国際比較から、日本の基礎研究レベルはいずれも高いことが判明している。環境・エネルギー応用での産業技術力は高く、健康・医療、エレクトロニクスへの応用では低い、といったような、対応する産業分野の活力との相関が見られる。米国は、基礎から応用、産業技術力まで含め、全体的に強さを発揮している。特にバイオ分野において、国の支援体制が整備されており、基礎研究成果を産業化へ結びつけるスピードが速いことが特徴である。欧州では、域内各国との比較では日本が先行する技術領域も多いが、EU全体の総合力では日本を上回ることになる。欧州の主要研究開発拠点であるIMEC（ベルギー）や、フラウンホーファー研究機構（ドイツ）などで、センサーデバイスやMEMSに関する基礎から実用化開発までの研究が活発である。中国、韓国には極めて優れた研究者がいるが、研究開発の総合力として見れば、現時点では日米欧に比して劣勢といえる。一方で、いくつかの領域では着実に差が無くなるか、リードする面も見られる。特に、韓国はSamsungグループを中心に、スピントロニクス（STT-MRAM）、有機エレクトロニクス（ディスプレイ）などの分野における産業技術力では日米欧を凌ぐレベルに到っている。

ナノテクノロジー・材料分野全体の論文数動向を見ると、2011年以降は、中国、欧州、米国、日本の順である。中国の論文数増加の勢いは群を抜いており、米国の2倍近い数となっている。日本は2009年まで微増傾向にあったが、それ以降減少・横ばい傾向である。特許に関しては、日本は総じて強く、とりわけ、燃料電池、パワーエレクトロニクスなどが強い。やはりここでも中国の増加傾向が顕著である。

研究開発における、直近2-3年のトピックスとして、有機・無機ハイブリッド型

ペロブスカイト太陽電池、臓器チップ、トリリオン・センサ、量子コンピュータ、二次元機能性原子薄膜（グラフェン等）、トポロジカル絶縁体、MOF（Metal organic framework、金属有機構造体）などが世界的に注目されている。日本は 2000 年以降を、鉄系超伝導体の発見、MOF の開発、ペロブスカイト太陽電池の開発など、世界的に注目される科学技術成果を着実に創出しており、これらはいずれも激しい研究開発競争のさなかにある。

このようにグローバルで競争の激化する研究開発は、開発スピードへの要求が一段と高まっている。コスト・リスクシェアによる技術開発コストの分担、リスク低減、集中拠点化による多様な専門家集団の集結、共通研究開発インフラ、基礎基盤技術開発への公的投資・支援、知的財産の相互利用などのメリットを享受するための、拠点型のオープンイノベーションへの取組み等が世界各地で実践され、国際競争を左右する大きな流れになっている。ALBANY（米）、IMEC（欧）、MINATEC（欧）、フュージョノポリス（シンガポール）、蘇州ナノポリス（中）のようなグローバルに活動する産学官な超大型拠点が海外で次々と確立されてきており、日本も TIA-nano（Tsukuba Innovation Arena – Nanotech）が、資金、参画研究者数、活用プロジェクト数など拡大中である。

また、米国、韓国をはじめ、投資効率を最大化するための異分野融合、産学連携、人材育成などに効果的であるとして、先端設備を共用化するネットワーク整備が進展している。日本においてもナノテクノロジープラットフォームにより微細加工、微細構造解析、分子・物質合成の各分野における先端機器の共用化が本格化している。一方で、施設・設備、ソフトウェアの外部活用支援や技術の高度化・蓄積に携わる専門人材の不足とキャリアパス整備が課題となっており、日本の産学官いずれにおいても、人材を長期的・安定的に確保・育成する十分な方策は未だ見出せていない。

その他、許認可や規制も含め、バイオナノ分野の基礎から産業への橋渡し、大学研究および産学共同研究における知財戦略、並びにナノテクノロジーの標準化戦略とリスク評価（EHS、ELSI と社会受容）など、多数の課題が存在する。

以上のように、ナノテクノロジー・材料分野の動向を見ると、日本は現状では、世界有数のナノテクノロジー・材料研究開発先進国であるといえる。しかし、中韓などの台頭によるエレクトロニクス分野における日本製品のシェア低下、人材や論文・特許数の伸びの停滞、研究開発政策・戦略面の比較からは、今後も現在の位置を維持できるかは予断を許さず、産、学、官のより一層の緊密な連携と自律的行動が求められることはいうまでもない。

グローバルな社会的期待や研究開発動向等を踏まえ、日本における研究開発グランドチャレンジの例を以下に示す。

- 環境汚染物質除去、化学プロセス分離工程の省エネ化、来たる水素社会に向けて水素の分離・吸蔵、医療など広範な分野における分離・吸着機能材料・システム
- 診断・治療デバイス、人工物と生体との界面をより精緻に設計・構成し、細胞・生

体物質の分子レベルでの相互作用を可能にするインタラクティブ・バイオ界面の実現

- エレクトロニクスにおけるナノスケールの熱（フォノン）制御技術構築、電子、スピン、光子、フォノンを量子力学的に統合した制御技術への展開
- センシング、ネットワークング、エネルギーハーベストといったナノエレクトロニクス機能を超小型、低コストの半導体チップに集積した健康管理、心身機能増強のためのウェアラブル・インプラントブル電子機器
- 生物の構造、機能に学び、それをコンピュータ援用設計技術と3D造形に代表される先端の製造技術につなげたバイオ・インスパイアド製造技術の構築
- 複雑化、多元化する高機能、高信頼、低コスト材料開発を迅速化するデータ駆動型の材料探索・設計アプローチ

産業競争力の源泉としても、そして地球的規模の課題への対応の面でも、ナノテクノロジー・材料における研究開発力の維持・強化は日本にとって生命線である。ナノテクノロジー・材料基盤技術を常に世界最高レベルに保ち、アカデミア、産業界が共にいつでも先端基盤技術へアクセスし、そこで技術的イノベーションを引き起こし、実用化・システム化・産業化へつなげていく新時代の体制を構築する必要がある。高速のシミュレーションを可能とするスーパーコンピューターや、物質・材料の計測・加工・合成を可能とするナノテクノロジープラットフォーム、さらには膨大な材料データを管理・提供できる材料データ基盤を整備する必要があり、これらが各々、拠点を形成し、全体が密に連携を取り合って活動するような、いわば「ナノテクノロジー・材料イノベーションプラットフォーム」を日本全体にわたって構成するという方向性が、本報告書の最大のメッセージである。このようなナノテクノロジー・材料イノベーションプラットフォームは、各地方にサテライト拠点を設け、日本全国にネットワークとして根を張るような形態も合わせて構築すべきである。これにより、地方にいたながらも日本全体の最先端技術にアクセスでき、また研究開発者間の交流・連携も可能とすることで、各々が世界と協調・競争し、また地域産業の活性化にもつながることが期待される。

Executive Summary

The field of “nanotechnology and materials” is built on nanoscience based on fundamental sciences such as materials science, optics, life science, information science, and mathematical science. Nanoscience has been developed as science dealing with phenomena occurring at the nanoscale. Common basic technologies (manufacturing, measurements, and simulations) are structured on nanoscience, and applications of these technologies to materials lead to development of devices and components. Also, they become cross-cutting technologies in the fields such as environment, energy, health and medical care, social infrastructures, information and communications, electronics, and so on. Eventually, they give rise to innovation and the field of “nanotechnology and materials” plays an important role as an “innovation-engine”.

The field of “nanotechnology and materials” possesses a potential as a technological basis capable of leading the future of diverse industrial fields and carries the weight of high expectations for society. Such expectations include solutions for global problems related to the environment and energy such as climate change and depletion of the natural resources and drinking water, prevention of excessive rise of medical expenses, the improvement of quality of life of patients through early diagnoses and treatment, non-invasive diagnosis, and regenerative medical techniques in the fields of health and medical care. Growing expectations exist also in the field of information and communication technologies for advances in device technologies which realize a widespread dissemination of the Internet of Things (IoT) as well as for advances in exploration of novel materials fully utilizing data science taking into account the rapid advances in collection and processing techniques of “big data”. Through meeting these expectations, electronics, components and materials industries, which have been driving Japanese economy, possibly evolve into a new look.

While pursuing further advances in semiconductor microfabrication technologies as predicted by Moore’s law, researchers had developed techniques to observe nanoscale structures and to understand and control phenomena that occur at the nanoscale, leading to great advances in nanotechnology in the period from around 1990 to the early 2000s. Developments in semiconductor microfabrication technologies propelled progress in the digital technologies and improvements in the performance of electronic devices and, coupled with advances in network technologies, led to major innovation in telecommunications that became known as the IT revolution. In this context, nanoelectronics can be regarded as the driving force of nanotechnology during this period. However, while obstacles to further miniaturization in semiconductor microfabrication began to come to surface after the early 2000s, many researchers began attempting to produce nanostructures through self-organization using autonomous chemical reactions.

During this period, there were significant developments in biotechnology, including the human genome sequencing and the emergence of iPS cells, and the roles of nanotechnology and biotechnology became an inseparable part of each other's development. Today, humankind is facing grave issues related to the environment and energy, such as climate change, and this has further increased expectations on the role that nanotechnology and materials will have in finding solutions to these issues. However, these issues cannot be resolved solely through nanotechnology. We, therefore, have to tackle these issues with the nanotechnology combined with biotechnology, information technology, and materials science and engineering.

Concerning the materials field, Japan has played a major role in promoting R&D, particularly leading the world in the development of new materials, to support key industries of components and materials and to create new industries. Many key technologies in the field of materials were greatly responsible for some of Japan's most important inventions and achievements, including photocatalysts, lithium-ion batteries, permanent magnets, blue LEDs, and media and magnetic heads for hard disk drives.

Under these backgrounds, components and materials industries have developed numerous products centered on functional materials that claim a large share in global markets, despite the market size of each sector is small. Japan's companies also possess numerous products that have captured a large share of the global market in individual materials, such as semiconductor materials, display materials, battery materials, carbon fibers, and separation membranes for water treatment. On the other hand, Japan's once high market share in hardware such as PCs, cell phones, and TVs has declined considerably due to fierce global competition. Japan has also suffered a loss of shares in its previous stronghold of raw materials including some of its LCD materials such as photoresist and color filters, and materials for lithium-ion batteries. The global market for batteries, power semiconductor devices, and carbon fiber composite materials, in which Japan is presently very competitive, is expected to see great expansion in the future. Needless to say, it is vital for Japan to maintain or strengthen its industrial competitiveness in these markets.

Looking at the policies and strategies of foreign countries, all the countries addressed in this report have a basic national strategy for nanotechnology or materials, positioning these fields as prior technologies. Nanotechnology is now transitioning to the next phase more than ten years after the U.S. launched its National Nanotechnology Initiative (NNI) in 2001, which created a kind of boom worldwide. A 2014 report by the U.S. President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST) recommended that looking ahead of outcomes, it was time for nanotechnology to transition to NNI 2.0 through systemization. In Japan, the 4th Science and Technology Basic Plan positioned nanotechnology and materials fields as common science and technology bases, while the

Comprehensive Strategy on Science, Technology and Innovation (2014) redefined these fields as cross-cutting technologies. The annual administrative budget allocated for nanotechnology and materials was approximately 2 billion dollars for both the U.S. and Europe (totaling all national budgets in the EC), and was between 500 million and 1 billion in Russia, Japan, Germany, and China. While Japan's government has invested a total of about 90 billion yen in these fields, the industry has spent approximately 900 billion yen on research and development. The priority of Japan's investments has been in areas showing great industrial and social promise, including energy storage devices, power electronics, catalysts (catalysts for chemical synthesis, artificial photosynthesis/photocatalysts, fuel cells, etc.), structural materials, sensor devices (for health care, environment, and infrastructure, etc.), and the critical materials of the Element Strategy program. The U.S. has placed emphasis on advanced manufacturing (through the Materials Genome Initiative, National Nanotechnology Initiative, etc.), semiconductors (nanoelectronics), and clean energy, while Europe has focused on graphene and carbon fiber composites.

Looking at trends in human resources, membership in major academic societies involved in nanotechnology and materials fields is gradually decreasing in Japan (the decline is thought to be largest among company researchers), while membership has been increasing in major academic societies overseas. About 24,000 active members participated in annual conferences and the like in Japan related to these fields, while about 35,000 researchers in nanotechnology and materials fields published papers on these topics over the past year. The latter number ranks third behind China (about 140,000) and the U.S. (about 80,000). When examining the increase in published papers over the past ten years, Japan's advancement lags well behind that of the U.S. and countries in Europe and Asia, which could be a cause for concern.

A comparison of international trends in R&D shows that Japan still keeps a high level in all areas of basic researches. One can see a direct correlation between the research in each field and the activity of the corresponding industrial field, such as Japan's high industrial technology capability in applications for the environment and energy and its low capability in applications for health and medical care and electronics. The U.S. demonstrates strength in all fields, from basic to applied research and in industrial technology capabilities. The U.S. has a powerful national support system in place, particularly for biological fields, with a distinctive ability to promptly link achievements in basic research to industrial applications. When compared to Europe, Japan leads individual countries in numerous technological fields, but is overtaken by the collective strength of the EU as a whole. Europe's major R&D centers, such as IMEC in Belgium and Fraunhofer Institutes in Germany, are actively engaged in R&D, from basic research to practical development on sensor devices and MEMS. While China and South Korea are

blessed with extremely talented researchers, at present their overall capabilities in R&D are still inferior to Japan, Europe, and the U.S. However, these nations have shown superiority in some areas and it appears that the gap in several fields is steadily shrinking. South Korea, in particular, has reached a level of technological capability surpassing Japan, Europe, and the US in such fields as spintronics (STT-MRAM) and organic electronics (displays), largely owing to deep commitment of Samsung Group.

The countries/regions that have published the most papers overall on nanotechnology and materials since 2011 are, in order, China, Europe, U.S., and Japan. Most conspicuous among this trend is the rapid increase in papers coming from China, as they have published nearly twice as many as U.S. The number of research papers published in Japan slightly increased up until 2009, but since then has remained in the same level or on a declining trend. Japan as a whole has been active in applying for patents, particularly on fuel cells and power electronics. However, as should be expected, China has also shown a remarkable increase in this area.

Over the last two or three years, R&D on organic-inorganic hybrid perovskite solar cells, organs-on-chips, trillion sensors, quantum computers, atomically thin two-dimensional functional films (e.g., graphene), topological insulators, and MOFs (metal-organic frameworks) among other topics have been attracting worldwide attention. Since 2000 Japan has steadily produced technological achievements that have drawn attention around the globe, including the discovery of iron-based superconductors, the development of MOFs, and the development of perovskite solar cells. All of these achievements were made in the midst of heated competition.

This type of global, intensely-competitive R&D has further increased the need to speed up development. Efforts to establish an open innovation model at centralized research hubs are being carried out around the world in order to share in the costs of technological development, reduce risk, gather diverse groups of specialists at centralized research hubs, and enjoy the advantages of shared infrastructure, public investment and support for the development of basic and core technologies, and the mutual use of intellectual property. Extra-large research complexes for industry, academia, and government are being established overseas one after another, including Albany NanoTech (USA), IMEC (Belgium), MINATEC (France), Fusionopolis (Singapore), and Nanopolis Suzhou (China). These research complexes are developing their activities on a global scale. In Japan, the Tsukuba Innovation Arena - Nanotech (TIA-nano) is currently expanding its funding and the numbers of participating researchers and research projects.

Countries such as the U.S. and South Korea are working to establish a research network for the shared use of advanced equipment that can be beneficial for the

integration of different research fields, collaboration among industry and academia, and development of human resources in order to maximize cost-effectiveness. Japan is also earnestly developing the Nanotechnology Platform for the shared use of state-of-the-art research equipment in the fields of nanofabrication, nanostructural analysis, and molecule and material synthesis. Japan, however, faces a shortage of specialized personnel capable of supporting users of facilities, equipment, and software and engaging in the accumulation and advancement of skills, as well as the necessity of putting in place career paths for such personnel. Any of Japan's industry, academia, or government sectors have not yet found any policies that are adequate for securing and fostering the personnel in the long term and a stable manner.

In addition to these issues, there are several other problems in Japan, including approaches to bridging basic bionanotechnology research to clinical applications, strategies for handling intellectual property in university research and in collaborative research between industry and academia, strategies for promoting standardization in nanotechnology, and risk assessment regarding environmental, health and safety (EHS) issues as well as ethical, legal, societal implications (ELSI), and social acceptance. Regulations and government approvals and licenses relevant to these issues should also be addressed.

Based on the recent trends in the field of nanotechnology and materials described above, Japan is considered to be one of today's world leaders in these fields. However, it remains to be seen whether Japan can maintain its current position with the rise of China, South Korea, and other countries when comparing aspects of each country's R&D policies and strategies and considering the declining shares in Japan's electronics products, as well as Japan's stagnant growth in the development of human resources and the numbers of published research papers and submitted patent applications. Clearly Japan should establish closer collaboration among industry, academia, and government and conduct autonomous actions to strengthen its R&D capabilities.

Considering social expectations in the global scale as well as recent trends in R&D, the following are some Grand Challenges that Japan can aim for in R&D.

- Environmental pollutant removal, more energy-efficient separation in chemical processes, separation and storage of hydrogen for the coming "hydrogen society," and functional materials with separation/adsorption capabilities for medical care and numerous other fields along with their system applications
- Interactive biointerfaces that enable favorable interactions between cells or biological materials and diagnostic and treatment devices at the molecular level by designing more sophisticated interfaces between artificial devices and living organisms
- In electronics, establishment of control technologies for nanoscale heat (phonons), and

evolution of these technologies through integrating different quanta such as electrons, spins, photons, and phonons

- Wearable and implantable electronic devices for healthcare and the augmentation of mind and human's ability, realized by integration of nanoelectronics functions such as sensing, networking, and energy harvesting, on ultra-small, low-cost semiconductor chips
- Formulation of bio-inspired manufacturing technologies by studying the structures and functions of living organisms and incorporating this knowledge in advanced manufacturing technologies represented by computer-aided design and 3D modeling
- Data-driven approaches for high-throughput search and design of materials with higher performance, higher reliability, and lower cost consisting of complex and multi-element system

It is vital for Japan to maintain and strengthen its R&D capabilities in the field of nanotechnology and materials, whether as a source of industrial competitiveness or for the measures of addressing global issues. To this end, Japan should create a scheme of nanotechnology research and development for a new age that will enable to maintain the world's highest level of base technologies and will allow both academia and industry always access to them, and will derive technological innovation leading to practical applications, system integration, and industrialization. In addition to supercomputers for high-speed simulations and a nanotechnology platform for enabling the measurement, characterization, nanofabrication, and synthesis of materials, Japan should build a material information infrastructure to manage vast quantities of material data and to provide them to users on demands. Then Japan should construct a nationwide triangular Nanotechnology and Materials Innovation Platform using these three components to form regional research centers that closely collaborate in their activities. This is the most important message of this report. The Nanotechnology and Materials Innovation Platform should be constructed together with establishment of satellite research centers in various regions of Japan which allow their network to spread its roots throughout the country. Such a platform would allow researchers in any region of Japan access to advanced technologies in other parts of the country, which could help revitalize regional industry. It would also facilitate networking and collaboration among researchers and enable Japan's researchers to collaborate with and compete with the rest of the world.