

**第六期科学技術基本計画策定に向けた
ナノテクノロジー・材料科学技術の推進方策について（第1次案）
（日本が誇る良質な材料「知」の徹底活用と創発、ビヨンドナノテクノロジーへの挑戦）**

令和元年6月19日
ナノテクノロジー・材料科学技術委員会

※本提言は、主にシステム改革に関する事項について第1次提言として検討したものである。今後、本年10月の当委員会から総合政策特別委員会への最終報告に向けて、本提言の中身について更新をしていくこととする。

※以下、下線部はシステム改革全般に関連する事項

ナノテクノロジー・材料科学技術分野は、時代毎に新たな価値を創出し、社会の変化を牽引してきた。今後も、少子高齢化、都市部一極集中、労働力不足といった我が国が抱える社会課題やSDGsに示される人類共通の課題を、先頭を切って解決し、世界に発信していく上でもナノテク・材料科学技術が重要な役割を果たしていくことは疑いがない。

デジタル革命とグローバル化が同時に展開した「平成」の時代を振り返ると、日本の製造業に対する様々な危機感が叫ばれる中で、自動車産業や素材産業の輸出における比率が高まり、我が国が誇るすり合わせ型の“ものづくり”が、世界的にも高いプレゼンスを発揮し、高い強靭性を持つことを証明することとなった。一方で、モジュラー型へ産業構造が変化した電機・電子産業の一部では、シェアを失った。

米中の技術覇権競争に代表される社会情勢の変化や、ブレグジットに代表される不確実性の高まりといった大きな転換点にある「令和」という新時代において、Society5.0 少子高齢化やSDGs等の社会課題解決実現に向けた長期的な視点を持ちつつ、我が国の強みであるナノテク・材料科学技術と関連する応用開拓とを戦略的に推進していくことが次世代の日本の趨勢を決定づけるといっても過言ではない。

平成20年代の第四期、第五期科学技術基本計画では、ナノテク・材料分野は「共通基盤」としての位置づけがなされてきた。これは他の重点分野を横断的に支える重要かつ不可欠な分野であるとの共通理解の下で諸施策が実行されてきたことに他ならないが、本分野が本来潜在的に有する我が国の競争力の源泉である材料技術とその強力な推進力を主導的に発揮する機会を喪失する結果となり、政策的に停滞してきたとの反省を持って総括されるべきである。「共通基盤」という用語は、一見きこえはいいが、それ故に本分野が本来持つ個性と強力な推進力が失われ、政策的に停滞してきたものと総括する（ナノテク・材

料科学技術政策の「失われた10年」)。しかし、昨年8月、産業振興と人類の「幸せ」の両方に貢献する「マテリアルによる社会革命（マテリアル革命）」の実現を目標とした「ナノテクノロジー・材料科学技術研究開発戦略」の策定を皮切りに、政策的な流れが本委員会から変わりつつある。

また「ナノテクノロジー（以下、ナノテク）」に目を向けると、約20年にわたる継続した投資は、ナノテクを我が国の強みとなる世界トップレベルの基盤技術として育てあげることとなった。この20年間の目覚ましい技術の進歩により、その結果、ナノを解明し、ナノに起因する機能開拓を目指すという草創期における使命は十分果たしたものである。ナノテク自身が体系化されたツールとなることで新たなイノベーションを創出する基盤となった。一方この間に、今や、同時に進展した計測技術の目覚ましい進歩や情報技術の革新により処理できる情報量が圧倒的に増加するなど等の、周辺技術のレベルのが向上と相まって、ナノテクをどう使い画期的な成果を挙げるかという大競争が始まりつつある。もてきた。これからの時代では、異分野融合によるイノベーション創出に向けてこの資産を積極的に強化・活用することで、量子戦略に見られるようなナノテクを活用した材料・デバイス制御や、AI、バイオのような新たな技術の進展に必須のキーテクノロジーを提供・牽引する役割が、分子・原子レベルでの物質設計の根本となるナノテクには期待されているのではないだろうか。そこで、“ナノ”に閉じるだけでなく、「ナノから量子」への発展や「ナノからマクロ」の包括的な理解により“ナノ”を超え、異分野融合を牽引していくことを目指す「ビヨンドナノテクノロジー（以下、ビヨンドナノ）（仮称）」といった、狭く見える対象をより広げていくコンセプトを本委員会から発信し、ナノテクの更なる深化と異分野融合を積極的かつ総力的に牽引していくことを新時代におけるナノテク・材料分野の使命とする。

世界の大規模プラットフォーム（GAFAMや学術系出版社等）や中国製造2025に謳われる内製化政策等に侵食される前の、いまだ科学と産業（出口）に強い競争力を持つ今こそ、日本が誇り世界とわが国の将来に貢献するディープテックとして、当分野を新時代に即して再起動すべき時が来ている。このため、省庁や産学官の壁を超えて一丸となった「戦略の策定」と「創発のための行動」が今後必須であろう。

○ナノテク・材料分野の先導的かつ強みを伸ばすシステム改革のこれまでとこれから

我が国の相対的な研究力の低下と、これをうけての改革が喫緊の課題となっており、文部科学省において「研究力向上改革 2019」が公表された。この中でも設備共用をはじめとした、「ラボ改革」の重要性がうたわれている。本分野はMIによるデータ駆動型研究開

発（MI2I、SIP等）や、ナノテクノロジープラットフォーム（以下、ナノプラ）などの戦略的ナノテク機器の共用の取組、スマートラボの試行的取組など、限られたリソースを最大限活用するための研究環境改革を大きく先導してきた。また、令和元年からは創出された革新的マテリアルを世に送り出すための「プロセスサイエンス」に関する取組が開始された。引き続き本分野が改革のフロントランナーを走り、我が国の産業及び科学技術・学術の両面から期待されるその強みを維持・強化するため、第六期科学技術基本計画期間中には大きく以下の四つの研究環境改革に取り組むべきである。

＜ナノテクノロジー・材料分野の科学技術システム改革のポイント＞

（研究開発の効率化・高速化・高度化を実現するラボ改革）

- ① 「ビヨンドナノ」を目指す時代にあることを認識し、これまで蓄積されてきたナノプラの先端機器と技術専門人材にストックしたノウハウ・技術力を最大限精査・活用した、革新的ビヨンドナノ材料・ビヨンドナノデバイス創出のための最先端設備整備と全国的共用ネットワークの設計・構築。
- ② これまでのたゆまぬ努力のもと、日本に蓄積された「良質」かつ豊富な実験データの戦略的収集のためのデータプラットフォーム基盤の整備と先導的なMI活用による革新的新材料の創出と実用化の加速
- ② 「ビヨンドナノ」を目指す時代にあることを認識し、これまで蓄積されてきたナノプラの先端機器と技術専門人材にストックしたノウハウ・技術力を最大限精査・活用した、革新的ビヨンドナノ材料・ビヨンドナノデバイス創出のための最先端設備整備と全国的共用ネットワークの設計・構築。
- ③ サイバーとフィジカルの有機的な連携による研究力向上に欠かすことのできない質の高いデータの効率的収集等を目指すスマートラボトリ化の先駆的成果事例の創出

（「プロセスサイエンス」の推進）

- ④ 創出された革新的材料・デバイスを世に送り出すサイエンス基盤の構築

○日本が誇る「良質」かつ豊富な実験データの戦略的収集・活用と革新的材料開発

—ナノテク・材料に関する研究開発や製造に関する優れた知識、経験、ノウハウ、勘は、我が国の研究者・技術者等に長年蓄積されてきた。

—昨今の資本集約型社会から知識集約型社会への大転換によりデータの重要性が高まっており、本分野においてもアメリカが2011年に打ち出したMaterials Genome Initiative（MGI）を皮切りに、データ駆動型材料開発が注目を集め、材料開発期間を短縮・低コスト化を目指す取組が各国で進められている。またこうした流れのもと、製品をデザインするだけでなく、製品に使われる材料からデザインするものづくりの未来までもが見据えられており、これらを支える物性や材料創製プロセス等に関する良質なデータを世界中が収集しようとするのぎを削っている。

—こうした中、MatNavi等の世界的にも抜き出た良質かつ豊富なデータベースを保有する物質・材料研究機構においては、世界に先駆けて材料情報統合データプラットフォームの構築に取り組んできた。一方で、諸外国の攻勢を踏まえると、今後はその構築に向けてスピードやその規模を更に拡大させていくことが不可欠であり、ナノテク・材料科学技術をサイバーの面から支えるデータプラットフォームの構築を早期かつ着実に進め、研究開発の更なる効率化・高速化・高度化を実現していくことが重要である。

また、良質かつ豊富な実験データ等の機微技術の国外流出等に対するセキュリティや安全保障貿易管理について産学官ともに適切に管理していくことが重要である。

○20年で培ったナノテクの土台の上に飛躍的な研究成果創出を目指す「ビヨンドナノテクノロジー」共用基盤の設計・構築

研究力向上改革 2019 において、研究時間の抜本的拡充と研究効率の最大化を図る「ラボ改革」の取組みが求められている。

ナノテクノロジーを振興するため、2001 年から開始した共用プロジェクトは、その黎明期から大きく発展し、いまやナノテクノロジープラットフォームとして年間約 3000 課題もの利用がある必要不可欠な基盤として成長した。

最先端装置を共用化する取組は、ユーザー自身による独自の装置購入やそのメンテナンスからの解放を促し、研究資源の高いレバレッジ効果を実現する（研究開発投資効率の最大化）。また、知と装置の有機的なネットワーク構築により異分野融合による研究を容易にしており、独創的な研究成果創出にも大きく貢献してきた。

加えて、全国的に高度な専門技術者を育成するとともに、こうした専門家による支援を同時に提供することによって、日本全国を土台にして、研究者・技術者が自前では行うことができなかった研究開発を遂行することも可能にしており、特に技術専門人材が本分野の成果創出には不可欠であることを示したものと言える。

こうした取組によって、ナノテクノロジープラットフォームはユーザーからの評価も極めて高い、良質の共用基盤として形成されてきており、若手研究者の成長の支援や量子材料等の新たな分野の開拓にも貢献してきた。

このような研究者に支持される日本を代表する全国的共用基盤が構築された点において、本プロジェクトはまさに共用の成功例と言えるであろうし、その要因は面的な共用ネットワークの構築・運用によるネットワーク外部性が強化されたことと、実施機関に国が外部共用等を 10 年間の長期にわたって委託することにより、国家的連携・共用マインドを持たせ、誇りをもって参画してもらった巧みなスキーム作り等にあったと考える。

今後も、日本のポテンシャルを最大限発揮した総力戦を可能とするとともに、挑戦

的・長期的・分野融合的な研究を奨励し（特に若手）研究者が失敗を恐れず挑戦できる環境を整備するためには、ナノプラの先端機器と技術専門人材にストックしたノウハウ・技術力を最大限精査・活用しつつ、他国に先駆けてさらなる発展を目指す全国的共用ネットワークを構築することが重要である。

そして最も重要なことは、我が国が培ったナノテクをイノベーション創出の原動力として明確に位置づけ、異分野との積極的な融合による、新たな価値創出に向けたギアチェンジをしていくことである。ナノテクテクノロジーの進化に伴い、すなわち、ナノを目指す時代からナノを踏み出し超えていく、すなわち「ビヨンドナノ」の時代にあることを強く認識し、これまで蓄積してきた資産の上に、我が国のナノテク・材料科学技術が支え・牽引する基盤を大きく発展させていくことが重要である。例えば、AI、量子、バイオ等の革新的成果創出が期待される領域に対応した「ナノx〇〇」の強みを持つ共用基盤や、ナノ・オペランド計測技術等原子・分子レベルの自在計測・制御に対応した最先端共用基盤が想定されるであろう。このような「ビヨンドナノ」共用基盤の設計・構築について、詳細を今後検討していくことが必要である。

なお、これまでの事業において、プラットフォームの装置群の老朽化や陳腐化の進行、技術専門人材等を恒常的に雇用・配置することが困難といった課題が明らかになってきている。また、上述したデータの重要性の向上や官民連携サービス・コンソーシアム運営型サービス等による最先端装置のレンタル・シェアリングといった取組が始められつつある。加えて、厳しい財政事情や少子化の進展、加速化する研究開発速度を踏まえると、実験のハイスループット化も不可欠な状況にある。次代の共用基盤の検討においては研究開発基盤部会等の検討と協力しつつ、上記について十分に考慮することが重要である。

○日本が誇る「良質」かつ豊富な実験データの戦略的収集・活用と革新的材料開発

ナノテク・材料に関する研究開発や製造に関する優れた知識、経験、ノウハウ、勘は、我が国の研究者・技術者等に長年蓄積されてきた。

昨今の資本集約型社会から知識集約型社会への大転換によりデータの重要性が高まっており、本分野においてもアメリカが 2011 年に打ち出した Materials Genome Initiative (MGI) を皮切りに、データ駆動型材料開発が注目を集め、材料開発期間の短縮・低コスト化を目指す取組が各国で進められている。またこうした流れのもと、製品をデザインするだけでなく、製品に使われる材料からデザインするものづくりの未来までもが見据えられており、これらを支える物性や材料創製プロセス等に関する良質なデータを収集しようと世界中がしのぎを削っている。

こうした中、MatNavi 等の世界的にも抜き出した良質かつ豊富なデータベースを保有する

物質・材料研究機構においては、世界に先駆けて材料データプラットフォームの構築に取り組んできた。一方で、諸外国の攻勢を踏まえると、今後はその構築に向けてスピードやその規模を更に拡大させていくことが不可欠であり、ナノテク・材料科学技術をサイバーの面から支えるデータプラットフォームの構築とその利活用を早期かつ着実に進め、研究開発の更なる効率化・高速化・高度化を実現していくことが重要である。

また、良質かつ豊富な実験データ等の機微技術の国外流出等に対するセキュリティや安全保障貿易管理について産学官ともに適切に管理していくことが重要である。

○サイバーとフィジカルの有機的連携による研究力向上に向けたスマートラボラトリの促進

厳しい国際競争に晒されているナノテク・材料分野の研究開発においては、研究者の創造力を最大限に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し、研究開発の高度化→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。さらに、生産年齢人口の減少により研究開発の担い手が不足することへの対応や、データ駆動型材料開発に必要とされる質の高いデータの蓄積への対応が急務である。

これらに対応するためには、AIやIoT、ロボット技術等を活用し、研究室における研究の生産性を大幅に向上させつつ、「繰り返しの単純作業」からの解放と質の高いデータを効率的に収集し、得られたデータを研究開発に利活用する取組を推進することが重要である。

すでに一部の大学や研究開発法人において先駆的な取組みが開始されているところであるが、これを着実に実現するとともに、先駆的成果事例として示していくことが重要である。

○創出された革新的材料・デバイスを世に送り出すサイエンス基盤の構築

革新的な材料・デバイスが研究室でシーズとして創出されるものの、社会実装に繋げ持続的にイノベーションを創出していく上では大型化やシステム化といった課題が残されており、近年の材料・デバイスの複雑化や社会・経済・環境的制約等により懸案はますます高まっている。このため、論文を書きにくい領域である材料の作り方や使い方といったプロセスに焦点を置き、その課題解決に向けた学理・サイエンス基盤としてプロセスサイエンスを構築するという、これまで国策として推進が十分でなかった領域に取組むことが重要である。特に、産学官がより強固に連携しつつ、一般的には論文が書きにくい当該領域のようなケースについては、新たな評価軸を取り入れる等のマネジメントとあわせて推進することが重要である。

○その他

産学官の協働により社会実装の壁を打破するための技術基盤を生み出す「場」の構築や、AIやロボット技術等を巧みに使いこなす、あるいは異分野融合により新たなマテリアルを創出する優れた人材の育成等の取組は重要である。

また、現在、物質・材料研究機構において、特定国立研究開発法人として先導的かつ独創的な以下の取組みを実施している。これらについては、研究環境改革におけるグッドプラクティスとして奨励されるべきものであり、他研究開発法人や大学等が参考にし、横展開されていくことが今後の日本全体の研究環境の充実において望ましい。

- ・ 国内外の優秀な学生から若手研究者まで幅広く受け入れる制度を重層的に整備し人材育成・頭脳循環の両面で貢献
- ・ 連系大学院や国際連携大学院等や組織的クロアポによる国内外の組織的連携を実施
- ・ 連携拠点推進制度により、国内の様々な地域に点在する優秀な研究人材のを結集することにより「知のネットワーク」を形成する連携拠点推進制度を整備
- ・ 研究者個人の自由な発想に基づく基礎研究が研究者のインセンティブを高め独創的な成果に繋がることから、科研費に加え自己収入財源を活用した自由発想研究の支援制度を整備科研費等の既採択課題の研究加速や不採択課題の支援による提案力強化により、将来的に組織型研究の基となることに繋げる自由発想研究支援制度を整備
- ・ 出資及び人的・技術的支援のための資金整備、外部専門機関の協力による出資審査、挑戦を支えるクロスアポイントメント制度等の整備によるベンチャー立ち上げの奨励