

参考資料 1

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
第10期ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第9回）

令和3年1月19日 第8回統合イノベーション戦略推進会議
【資料4-2】

マテリアル戦略の取りまとめに向けて マテリアル革新力強化戦略 中間論点整理



令和2年12月

内閣府

1. マテリアル革新力強化戦略の目的
2. マテリアルを取り巻く状況
3. 目指すべき姿
4. マテリアル革新力強化に向けたアクションの方向性
5. 基本方針
6. アクションプラン

マテリアル革新力強化戦略 中間論点整理

令和2年12月

1. マテリアル革新力強化戦略の目的

2030年の社会像・産業像を見据え、Society 5.0の実現、SDGsの達成、資源・環境制約の克服、強靱な社会・産業の構築等に重要な役割を果たす「マテリアル革新力」を強化するため、研究開発、産官学連携、人材育成含めた総合的な政策パッケージを策定し、国際競争が熾烈となる中、国を挙げた取組を推進する。

(参考)

「統合イノベーション戦略2020(令和2年7月閣議決定)」

- マテリアル・イノベーションを創出する力(ポテンシャル)である「マテリアル革新力」を強化するための政府戦略を、AI、バイオ、量子技術、環境に続く重要戦略の一つとして、産学官関係者の共通のビジョンの下で策定する。

2. マテリアルを取り巻く状況

【産業界】

- ✓ 我が国の機能性材料の出口産業（自動車、IT産業等）の偏り
⇒ マテリアルの更なる高機能化や応用先の開拓
- ✓ 新興国とのマテリアル技術競争や価格競争の激化、産業構造の変化
⇒ グローバル市場での製品・市場開拓の主導権獲得
- ✓ ニーズ（機能要求）の多様化・複雑化、製品ライフサイクル(PLC)の短縮
⇒ 製造設備の柔軟性・冗長性、開発時間の短縮
- ✓ 希少金属等の鉱物資源のサプライチェーンの脆弱性（原料供給リスクの増大、特定国への過度な供給依存）
⇒ 「新国際資源戦略」（令和2年3月経済産業省策定）も踏まえつつ、強靱なサプライチェーンの構築

【学会】

- ✓ 日本人学生の減少、人材確保について他分野との競争激化、関連学会の縮小、スキルの複雑化・多様化、企業の人的需要とのギャップ
⇒ 関連学科の魅力向上、すそ野の広い人材の開拓、人材の供給確保
- ✓ 企業は大学等における基礎研究や学理構築に特に期待
- ✓ アカデミアにおける成果の社会実装が不十分
⇒ アカデミアを中心とした研究開発基盤の強化、ベンチャー・マインドの醸成
- ✓ 材料開発に数年単位の時間と多大なコスト、マテリアル系スタートアップの停滞
⇒ スタートアップに対する支援方策の確立、イノベーション・エコシステムの構築

【外部環境】

- ✓ コロナ禍による社会構造の在り方の大きな変化
- ✓ 気候変動、海洋プラスチック、生物多様性の劣化等、地球環境の持続可能性が大きな課題
⇒ カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現に向けたマテリアルによる貢献
- ✓ デジタル技術の加速度的な発展・普及によるものづくりの在り方の変化
- ✓ 人口減少や働き方改革に伴う技術継承（暗黙知の形式知化）や環境整備が急務
- ✓ 米中を中心とした国家覇権争い（技術安全保障のものづくりへの影響）
⇒ 不確実性が増す中で、世界における日本のマテリアルの存在感の在り方
- ✓ EUにおけるバッテリー規則改正等、海外各国・各地域でのサーキュラーエコノミー関連規制の強化、標準化の進行
⇒ 域内サプライチェーンからの締め出し

3. 目指すべき姿

『マテリアル革新力により、経済発展と社会課題解決が両立した、持続可能な社会への転換を世界の先頭に立って取り組み、貢献していく国』

① Society5.0の実現

⇒ AI・量子技術・バイオテクノロジー等の新興技術と高機能材料等のマテリアル技術の融合や業界（水平・垂直）の連携による、課題解決と新たな産業の創出

② 世界一低環境負荷な社会システムの実現

⇒ 高度な資源循環とモノづくりの低炭素化の両立の実現。環境負荷低減を価値の中心に据える市場の開拓（マテリアル領域における最重要アジェンダ）

③ マテリアル領域での世界最高レベルの研究環境の確立（強みに立脚した差別化優位）

⇒ 日本の強みの研究基盤（NIMS、産総研、共用拠点、ナノプラット、スパコン富岳、放射光施設等）の強化とDX化。施設・設備に加え、データも社会的共通資本に位置付け、生成データの蓄積と利活用を促進

4. マテリアル革新力強化に向けたアクションの方向性

① 現状分析

(a) マテリアル開発の特徴

- ✓ 人類発展の歴史は、鉄、金属、プラスチック、ファインセラミックス、エレクトロニクス材料と、マテリアルの発展の歴史でもあり、マテリアルは世界を支える存在。マテリアルは、これまでに何度も、世界の在り方を大きく変えてきているが、その時間軸は長く、研究開発から産業化までの期間が長いという特徴。例えば、炭素繊維は、我が国では 1960 年代から本格的な研究開発に着手されていたが、旅客機の構造部材等への採用は 2000 年代からであり、現在では、幅広い用途に活用され、持続可能な世界への転換にも貢献。
- ✓ 日本は、これまでも積み上げ型の開発を得意とし、技術を磨きあげることにより、革新的なマテリアルを生み出してきたが、開発に要する時間はあまりにも長く、その短縮が課題。近年、AI・ビッグデータの発展が研究開発手法を大きく変化させ、研究開発期間の短縮、低コスト化を目指すデータ駆動型研究開発の取組が世界的に進展。
- ✓ マテリアルは最終製品の構成物¹であり、機能の源泉。最終製品としての性能にのみ光が当たり、それを実現しているマテリアル自体の機能が広く社会に認知されることは少なく、必ずしも正当に評価されないことから、我が国の強みとして重要視されにくい状況。例えば、AI、バイオ、量子技術といった先端技術分野の発展には、シリコンの製造技術の高度化や光ファイバーの製造法の発明といったマテリアルの発展の寄与が極めて大きい。
- ✓ また、絶えず、コストが問われ、過当競争にさらされ、マテリアル開発の出口を新規に開拓する努力が強いられる。製品ライフサイクルが短縮し、短期間でコモディティ化する昨今、マテリアルの更なる高機能化や応用先の開拓が重要。多様な組み合わせも含めれば、考えられるマテリアルの種類に限りはなく、人類のフロンティアともいえる領域が広がっており、そこにマテリアル研究の醍醐味（ワクワク感）があるとも指摘。

(b) マテリアルの役割

- ✓ 世界の持続可能性の重要性が叫ばれる中、我が国は「デジタル社会の実現」と「グリーン社会の実現」に最大限注力することとしており、特に 2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「脱炭素社会の実現」を宣言。大きな挑戦であり、

¹ iPhone の例 : Designed by Apple in California. Assembled in China

経済と環境の好循環を同時に創出し、グリーン社会を実現するためには、革新的なイノベーションをもたらす材料が不可欠。

- ✓ 我が国が提唱する Society 5.0 は、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会。実社会が仮想空間ではなく、人やモノが動く現実空間であることから、デジタルと材料の両技術が揃って初めて社会が駆動する。したがって、Society 5.0 の実現には、サイバー空間を担うデジタル技術だけでなく、フィジカル空間の根底をなす材料技術の革新が必須。
- ✓ これまでも、ノーベル賞受賞につながった青色 LED やリチウムイオン電池の開発はじめ、我が国には、社会的・経済的インパクトをもたらした研究成果の事例が数多く存在しており、革新的な材料を数多く生み出してきた実績に裏付けられたアカデミア・研究基盤を維持。ただし、素晴らしい機能を持つ多くの材料が、既存市場の価値判断で社会実装できずに日の目を見ることがない事例があることも事実である。「グリーン社会」という既存社会から非連続である社会を実現するには、これまでとは異なるシステムにより、革新的な材料を迅速に社会実装し、その価値を社会に問い、世界の変革を導くことが求められる。
- ✓ 近年、環境負荷低減による持続可能性の実現を目指し、業界の垣根を超えた取組が活性化している。例えば、海洋プラスチックごみの問題解決に向けて、業種を超えた幅広い関係者の連携を強めイノベーションを加速するためのプラットフォームとして、「クリーン・オーシャン・材料・アライアンス (CLOMA)」が 2019 年に設立され、現在は 380 社を超える企業・団体が加盟している。また、同年、地球温暖化問題と世界のエネルギーアクセス改善の同時解決を目指し、カーボンリサイクルイノベーション創出支援を行うことを目的として「一般社団法人カーボンリサイクルファンド」が設立され、民間ベースで研究助成活動や広報活動をおこなうためのファンドを創生している。
- ✓ このように、材料を取り巻く多彩なプレーヤーが、価値観を共有・共感し、材料の迅速な社会実装を共同で行うことが材料によるイノベーション創出には重要であり、政府としての支援も期待されている。

(c) アカデミアの役割

- ✓ アカデミアに目を向ければ、近年の新興国等における積極的な研究開発により、世界的比較では、日本の材料関連分野の論文数は、質・量双方の観点から、国際的シェアを大きく落としている。また、大学等の研究現場では、研究手法への魅力低下とあいまって、博士課程進学者や若手人材が不足しており、人材の高齢化が進む中で、

我が国の研究力の一部を外国人研究者が支えている状況。

- ✓ 加えて、近年、AI・ビッグデータの発展により研究開発手法が大きく変化。マテリアル分野においても、マテリアルズ・インフォマティクスといったデータ駆動型研究開発の取組が注目を集めているが、研究現場で生み出される多様なマテリアル・データを十分に活用しきれていないことも課題となっている。
- ✓ さらには、解決すべき社会課題が複雑化する中、マテリアル・イノベーションの重要性が叫ばれているが、イノベーションとは、従来の前提条件を疑い、従来の延長線上から飛び出した先にあるものであり、マテリアルの本質の追求(本質研究)なくして、マテリアル・イノベーションはない。我が国のマテリアルの研究力強化には、データ駆動型研究開発基盤の整備と本質研究の追求が必須。

② 今後の方向性

(a) 産学官連携による、基本的方向性

我が国のマテリアルが目指すべき方向は、「マテリアルの迅速な社会実装の推進」と「データ駆動型研究開発基盤の整備と本質研究の追求」によるマテリアル革新力の強化

(b) 開発ライフサイクルから見たマテリアル・イノベーションへの取組（別紙1参照）

バリューチェーンを通じた“三方よし²”の精神で、社会課題の解決と自己実現のために、自律的で開放的な協調関係を形成し、皆が立場を越えて共に取り組んでいく。

⇒ “オールジャパン”での取組へ

✓ 導入期（0→1：事業ライフサイクルのフェーズ・イメージ）

研究環境整備による基礎基盤研究の継続的な強化。積極的な国内外の“知”の導入と異分野融合による知の糾合（オープンイノベーションの促進）

✓ 成長期（1→10）

データを基軸にマテリアルズ・インフォマティクス（MI）による材料予測から試作と、プロセス・インフォマティクス（PI）による材料試作から製造までを、将来的には、ひと繋ぎのデータ駆動型材料開発技術（MI×PI）とする。併せて、AI、IoT、ロボット技術等を駆使し、自律的な研究開発手法の開発と実装化を推進するなど、スマート・ラボラトリ化の推進も重要。マス・カスタマイゼーションの重点化による機能材料での世界シェアの拡大とデータ駆動型材料開発技術の徹底した先行による競争優位の確保（材料から製造装置までのセット化、産学連携による先端計測機器開発、共用設備の戦略的整備、リバースエンジニアリングの不可能化等）。

✓ 成熟期（10→100）

国家の安全保障上不可欠である国内基幹拠点の維持（バリューチェーンの強靱化）を図りつつ、環境負荷低減の価値最大化を目指したバリューチェーンプレイヤー全体の連携によるトータルソリューションの開発・実装。海外展開（ESG視点での連携による知識集約型産業への移行、パワーゲーム（資本集約型産業）からの脱却）。

² 「買い手よし」「売り手よし」「世間よし」の三つの「よし」を指し、「商いは自らの利益のみならず、買い手である顧客はもちろん、世の中にとっても良いものであるべきだ」という近江商人の心得

5. 基本方針（別紙2参照）

- ✓ 我が国の輸出産業の要は素材と自動車であり、世界市場の過半シェアを占める製品も多数存在。すり合わせ型の素材産業の強み、すなわち、高度な製造プロセス技術、それを支える計測・分析機器、加工、装置企業が持つ高度な技術力が、世界における我が国のプレゼンスと国際交渉力の発揮の生命線。
- ✓ 多様な研究者や企業が多く存在しており、国内にバリューチェーンの各プレーヤー（川上～川中～川下）が存在し、アカデミアも含めた距離感が近いことが特徴。「ハイレベルかつ多様な材料技術とバリューチェーンの各プレーヤーが1つの国に存在」することが、我が国の大きな強みの1つ。

⇒『“個”から“共”へ、オールジャパンの取組で、競争力が何倍にもなる可能性。』

（1）マテリアルの迅速な社会実装の推進／マテリアル・イノベーション・エコシステムの構築（社会実装プラットフォーム）

⇒ 持続可能性への貢献を価値基準の中心に据えた、社会課題の本質的な解決に繋がる革新的マテリアルの迅速な社会実装と市場開拓を可能とする協調領域における産学官プラットフォームの形成等のシステム構築の支援。マテリアルの特性を踏まえたベンチャー創出の強化

（2）データ駆動型研究開発基盤の整備と本質研究の追求

① イノベーション基盤の強化（基盤プラットフォーム）

⇒ データを基軸とした研究開発プラットフォーム（マテリアル DX プラットフォーム）の整備。地域の特色を踏まえた、プロセス・イノベーション・プラットフォームの形成。

② 本質研究の追及

⇒ Society 5.0 の実現や社会課題解決に向けた重要技術・実装領域の同定。国内外の英知の結集によるプロジェクトの推進。

（3）持続的発展性の確保

⇒ 産学官協調での人材育成、博士課程学生に対する支援強化、循環型経済、サプライチェーン強靱化に向けた取組強化

6. アクションプラン（案）

（1）マテリアルの迅速な社会実装の推進／マテリアル・イノベーション・エコシステムの構築（社会実装プラットフォーム）

【目標】社会課題の本質的な解決に繋がる革新的マテリアルの迅速な社会実装と市場開拓

（取組例）

- 革新的マテリアルの社会実装、市場開拓の加速
 - ✓ 製鉄・非鉄製錬・化学などのものづくりにおいて、新規マテリアルの社会実装と新たな市場形成の促進を通じた 2050 年までのカーボンニュートラルの実現に向け、グリーン成長戦略中の水素分野での実行計画等において掲げられた具体的な目標年限とターゲットへのコミットメントを示す企業の野心的な研究開発を、今後 10 年間、継続して支援（カーボンニュートラルに向けた革新的な技術開発に対する継続的な支援を行う 2 兆円の基金を活用）【経産省】
 - ✓ 企業の内部留保の有効活用先として、ESG 視点での新規マテリアルの社会実装支援基金設立等についての検討（持続可能性への貢献を価値基準に、既存市場に対するコスト競争力不足をサポートするなど）【経産省】
 - ✓ 次世代半導体（GaN など）等の成果を用いて、現時点から応用可能な用途に係る技術の実証・実装・高度化【環境省】
- 社会課題（ニーズ）に即した産官学プラットフォーム
 - ✓ CLOMA をロールモデルとした重要領域・重要課題での産官学プラットフォーム構築の検討【経産省】
- 産官学プラットフォームと連携し、開発技術・製品の社会実装等、社会課題解決に向けた市場ニーズへの対応【経産省】【環境省】
 - ✓ 「プラスチック資源循環戦略」におけるマイルストーン達成に必要な社会インフラ環境整備支援
 - －回収・運搬：家庭・事業者からのプラごみの高率的な回収・リサイクル基盤の整備等
 - －製品設計指針：リユース・リサイクルを前提とした製品設計指針の整備等
 - －代替材料（再生材・バイオプラ）の利用促進：政府率先調達等での需要喚起、バイオプラ導入ロードマップ策定等
 - ✓ 希少金属等の鉱物資源のサプライチェーン強靱化に向けた供給源の多角化・技術開

発・設備導入支援等、社会インフラ環境整備支援（標準化戦略、必要に応じた規制緩和・特区制度の活用）の検討 【経産省】

【目標】 マテリアルの特性を踏まえた革新技術の創出と社会実装の支援

素材開発から最終製品化に至るまでに長期間を要する、開発素材の量産化までのスケールアップが困難。開発した素材同士の分析比較が困難等のマテリアルの特性も踏まえつつ、スタートアップやアカデミアシーズの迅速な社会実装に向けた支援を強化

（取組例）

- マテリアル系ベンチャー企業の技術・製品の社会実装支援
 - ✓ ベンチャー企業等がデータを積極的に利活用できるよう、マテリアル DX プラットフォームとの連携促進 【文科省】
 - ✓ 日本企業（社内ベンチャー含む）やアカデミアが保有する、将来の産業の礎となるような優れた技術・事業の発掘・展開・活性化 【経産省】
 - ✓ マテリアル系ベンチャー企業での開発のボトルネックである製造プロセスのスケールアップの支援環境の整備を検討 【経産省】

【目標】 出口人材の育成

開発技術・製品の社会実装を担える出口人材を育成し、マテリアル・イノベーション創出を活性化。

（取組例）

- 出口人材育成に向けた OJT による起業経験獲得の場の提供
 - ✓ 大企業、ベンチャー企業、大学間での人材交流、インターン等による事業化経験を通じた、出口人材の育成 【文科省】【経産省】
 - ✓ 産学連携での人材育成による企業から求められる人材の育成。卓越大学院プログラム、JST、JSPS 事業等を活用し、大学、企業、業界団体の取組みを推進 【文科省】【経産省】

(2) データ駆動型研究開発基盤の整備と本質研究の追求

① イノベーション基盤の強化（基盤プラットフォーム）

【目標】データを基軸とした研究開発プラットフォーム（マテリアル DX プラットフォーム）の整備

我が国の施設・設備等の強みを基盤に、国内の材料研究者の誰もが、産学官の高品質なマテリアル・データを利活用できる環境を整備し、データ駆動型材料開発を促進する。

（KPI：参加大学・研究受託数、参加企業数、特許（登録）数 等）

（取組例）

- ▶ 国内の産学材料研究者へ、材料開発に有用な信頼性の高いデータ、解析ツール（AI など）の提供を行う。
 - ✓ 2021 年度より、ナノテクノロジープラットフォームによって構築された全国的な先端共用提供体制を随時、設備・人材の強化に加えて DX 化し、データ利活用ハブを整備（先端共用設備の利用に伴うデータの蓄積・利活用体制の構築） 【文科省】
 - ✓ 2023 年度までに、全国的な先端共用設備提供体制で創出されたデータを、一元的に集約・蓄積・利活用するためのシステムの試験運用を開始。2025 年度までに本格運用開始 【文科省】
 - ✓ 産学連携による先端計測機器の開発、政府調達等による共用設備の戦略的整備³ 【文科省】【経産省】
 - ✓ 機器メーカーや機器の種類毎に異なる計測・分析データについて共通フォーマットを開発し、早期に JIS 化。2021 年以降、先進材料の標準化に関する国際的な枠組み（VAMAS）を活用し、共通データフォーマットの国際標準化を推進 【経産省】
 - ✓ 2021 年度以降、計算物質科学協議会において、富岳等により創出された計算データのレポジトリルール整備や、実験、計測データとの連携の在り方を検討。産学が広く活用できる計算データレポジトリを整備 【文科省】
 - ✓ 代表的な材料領域に関して、2022 年度までに、国費データの保管形式（データ保管フォーマット等）について、NIMS、AIST が中心となり、関連学会⁴や業界団体⁵と協議の上、考え方を整理 【文科省】【経産省】

³ 例えば、東京大学・日本電子の連携による、最先端電子顕微鏡設備・技術の共同研究・共同利用、社会連携講座の設置が参考事例

⁴ 例えば、日本化学会や日本鉄鋼協会

⁵ 例えば、新化学技術推進協会（JACI）や日本鉄鋼連盟、日本鋳業協会

- ✓ 日本語論文・特許等の公知情報から必要なデータを構造化するための方法論の検討や、自動抽出するためのツール開発を進めるとともに、その成果の普及を促進

【経産省】

- 守秘データが共用できる場を作り、開発パートナーとの出会いを提供し、産学・産産連携を促進

- ✓ 2022年度までに、企業の協調領域（新材料開発・評価など）において、企業と国研が協力したデータの共用、活用を開始

【文科省】【経産省】

- ✓ 2022年度までに、企業と国研のデータ共用、活用の取組み状況を踏まえつつ、シェアクローズ領域における産学官のマテリアル・データの取扱いに関するガイドラインを策定

【文科省】【経産省】

- ✓ 高分子化合物等に係る計算科学等を中心とした企業向けオンデマンド素材開発支援の基盤構築を引き続き推進するとともに、2022年度以降、取得されたデータの企業をまたぐ利活用を実現するプラットフォームの構築・運用を目指す。

【経産省】

- データ駆動型材料開発に必要となるスキル教育の提供（デジタル×材料人材の育成）

【文科省】【経産省】

- ✓ マテリアルDXプラットフォームを通じた、全国の先端共用設備やNIMS等におけるデータ利用人材、データ構造化を実施する人材の育成

- ✓ 業界団体や大学、学会等⁶によるデータ利用人材育成講座等の実施

- ✓ マテリアル分野の委託研究事業における、データの構造化、キュレーション人材の評価指標の導入

⁶ 例えば、新化学技術推進協会(JACI) や東京大学物性研究所、日本鉄鋼協会

【目標】 プロセス・インフォマティクスの基盤技術確立とプロセス・イノベーション・プラットフォームの形成

産総研の地域センターがハブとなり、重要製造プロセスを中心に、プロセス・インフォマティクスの基盤技術（計測、シミュレーション技術など）を確立の上、最先端のプロセスファウンダリ、分析・解析装置群を整備し、中小・ベンチャー企業を中心に、迅速な社会実装に向けた技術・人材支援を実施する。さらに、革新的製造プロセス技術の開発と実装を推進する。

（取組例）

- ▶ プロセス・インフォマティクスの基盤技術の確立
 - ✓ 日本が高いシェアを誇り、リバースエンジニアリングが困難なマテリアル（スーパーファインセラミックスなど）の重要プロセスを中心に、プロセスの先端計測・データ化と、AI・プロセスシミュレーションを活用した製造プロセス高度化のための基盤技術に着手。2026年度を目途に構築 **【経産省】**

- ▶ 迅速な社会実装支援に繋がるプロセス・イノベーション・プラットフォームの形成
 - ✓ 地域のマテリアル関連中小企業など出口・社会実装に近い多様なステークホルダーが、一次スケールアップや製造プロセスの高度化を図るため、触媒、セラミックス、セルロースナノファイバー等の製造プロセスデータを一気通貫、ハイスループットで収集できるプロセス・分析装置群を 2021 年度までに産総研地域センター（つくば、中部、中国）に整備、データ駆動型の研究開発を促進。 **【経産省】**
 - ✓ マルチマテリアル等の産業重要性の高い新素材・技術について、トータルパフォーマンスに基づいた材料・プロセス設計による迅速な社会実装を実現するため、分野横断的な産学官アライアンスシステムを構築。 **【経産省】**

- ▶ 革新的製造プロセス技術の開発とその社会実装
 - ✓ 我が国の化学品製造におけるサプライチェーン強化とマス・カスタマイゼーション実現を目指し、PI・計算科学等を活用し目的とする化学品の合成素材や経路を最適化するとともに、環境負荷低減（省エネ・省廃棄物）しつつ高速・高効率なオンデマンド生産が可能となる技術（フロー合成）を開発 **【経産省】**
 - ✓ 複数の金属を組み合わせた新合金の開発を加速するため、試作サンプルを高速・大量に自動合成し、連続・迅速に自動解析できる革新的合金探索手法の開発 **【経産省】**
 - ✓ 材料の新たな設計・開発に資するプロセスの学理・サイエンス基盤の構築に向け、全固体電池を実現する革新的な接合プロセス技術や、ナノ材料の界面・構造制御プロセス技術に係る研究開発を実施。 **【文科省】**

② 本質研究の追及

【目標】重要技術・実装領域の同定と推進

我が国のマテリアル企業が国際市場で有する強みやアカデミアの基礎研究力を踏まえ、世界の社会課題解決を通じ、産業競争力強化に貢献すべき領域を同定、スピード感を持って社会実装を目指すバックキャスト型の研究開発と技術の育成を目指すフォアキャスト型の研究を推進。（KPI：論文数、等）

（取組例）

- マテリアルが社会課題解決や産業競争力強化に資する重要な技術領域において、NEDO や JST 等を通じた、国内外・産学官の英知を結集したプロジェクトを推進。ムーンショット型研究開発への提案の検討 【内閣府】【文科省】【経産省】【環境省】
- 中長期的な観点から、基礎基盤研究を支援。競争的研究費改革や資金配分機関間の連携を適切に進め、バックキャスト型の「戦略」型研究とフォアキャスト型の「創発」型研究の双方を充実 【内閣府】【文科省】【経産省】
- 2021 年度までに、社会的ニーズの高さ、技術的難易度と実現性、データ駆動型研究との親和性の観点から、重点的に取り組むべきマテリアル分野の技術課題を、研究コミュニティの議論を通じて具体化。課題解決に向けたプロジェクトを推進 【文科省】

＜バックキャスト型研究で取り組むべき技術領域の例＞

- ✓ Society5.0 への貢献が期待される、パワーエレクトロニクスデバイス、IoT センサ、アクチュエーター、MEMS などの「高度な機能発現を可能とするマテリアル」や、量子センサ、スピントロニクスデバイス、量子暗号通信、ナノエレクトロニクスデバイス等の「量子・電子制御により革新的な機能を発現するマテリアル」
- ✓ 低環境負荷社会の実現に資する、高出力大容量蓄電池、エネルギー変換材料、高性能モーター、熱電素子等の「革新的なエネルギー変換を可能とするマテリアル」や、リユース・リサイクルを前提とした材料・製品設計技術、希少元素代替技術、資源利用量低減技術、CO₂分離技術、材料分離技術、生分解性材料技術などのリサイクルとカーボンニュートラルの両立に向けた「マテリアルの高度循環のための基盤技術」

- ✓ 誰もが健康で安心な生活を実感するための、バイオアダプティブ材料、抗ウイルス材料、自己修復材料、バイオセンサ・ウェアラブルデバイス等の「次世代バイオ・高分子マテリアル」や、ナノファイバー、ナノカーボン等の「次世代ナノスケールマテリアル」
- ✓ 世界一安全なレジリエンス国家実現のための、超耐熱・耐火材料、軽量・高強度材料、極限環境構造材料等の「極限機能を有するマテリアル」や、容易な施工で高性能を発揮できる異種材料接着・接合技術、溶接技術、3D積層技術、コンポジット材料等の「マルチマテリアル化技術」

<フォアキャスト型で取り組むべき技術領域の例>

- ✓ 研究開発手法の革新のための、表面・界面・粒界制御、反応制御、原子・分子の自在制御等の「物質と機能の設計・制御技術」や、マテリアル・データの構造化、ハイスループット技術、高度な計測、分析、加工、精密プロセス技術、スマート・ラボラトリ化、安全性・信頼性・リスク評価等の「マテリアルの共通基盤技術」
- ✓ これまでの材料開発で探索されていない多元素系、複合系、準安定層といった未踏領域を対象とし、計測、計算、プロセス、データ駆動といった技術革新を用いた新機能材料開発

(3) 持続的発展性の確保

【目標】産学で活躍する人材の育成

マテリアル分野に優秀な学生が集まり、優れた研究環境の下で、アカデミア及び産業界のそれぞれで必要とされる優秀な多数の次世代人材を育成・輩出。さらに、マテリアル・イノベーションをけん引するデータ駆動型材料開発と出口を見据えた開発を担える人材を育成する。

(取組例)

- マテリアル分野の産学の強みを活かし、キャリアパスの魅力を学生が実感できる環境の整備
 - ✓ 2021年度より、博士課程学生の処遇向上（フェローシップやキャリアパス確保）に係る取組を全学的な戦略の下で実施する大学を支援するほか、競争的研究費を通じた博士課程学生の支援拡充など、アカデミア・産業界で活躍していく博士課程学生の確保策を実施 【文科省】
 - ✓ 産学連携での人材育成によるマテリアル分野の魅力発信、特に、卓越大学院プログラム、JST、JSPS 事業等を活用し、大学、企業、業界団体の取組を推進 【文科省】【経産省】
 - ✓ 博士人材の企業内でのキャリアパスの位置付け明確化による、キャリア選択のメリットの見える化 【文科省】
 - ✓ 人材のすそ野拡大に向けた、産学連携や学会活動等を通じた、初等中等教育段階からのものづくりの活動充実 【文科省】【経産省】
 - ✓ 共用設備基盤の整備により、若手研究者が最先端設備を利用できる環境の確保 【文科省】

- 研究をサポートする専門技術人材の確保 【文科省】
 - ✓ 大学等の最先端設備共用での高度なノウハウの提供を通じた専門技術人材の確保
 - ✓ 大学等による専門技術人材のキャリアパスの確立、見える化

- 出口人材育成に向けたOJTによる起業経験獲得の場の提供（再掲）
 - ✓ 大企業、ベンチャー企業、大学間での人材交流、インターンの促進 【文科省】【経産省】
 - ✓ 産学連携での人材育成による企業から求められる人材の育成、JST、JSPS 事業等も活用し大学、企業、業界団体の取組を推進 【文科省】【経産省】

- データ駆動型材料開発に必要となるスキル教育の提供（デジタル×材料人材の育成）（再掲）【文科省】【経産省】
- ✓ マテリアルDXプラットフォームを通じた、全国の先端共用設備やNIMS等におけるデータ利用人材、データ構造化を実施する人材の育成
- ✓ 業界団体や大学、学会等によるデータ利用人材育成講座等の実施
- ✓ マテリアル分野の委託研究事業における、データの構造化、キュレーション人材の評価指標の導入

【目標】サーキュラーエコノミーの実現

資源循環とカーボンニュートラルの両立に必要な技術の開発と実装、社会インフラ環境整備を推進

（取組例）

- 「プラスチック資源循環戦略」におけるマイルストーン達成に必要なリサイクル技術の開発・実装、社会インフラ環境の整備 **【内閣府】【文科省】【経産省】【環境省】**
 - ✓ 環境配慮設計やリサイクルプロセス技術の開発と実装
 - ーリサイクルを前提とした材料・製品設計技術（モノマテリアル）
 - ーリサイクル技術の効率化・高度化（マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクル、廃棄物の回収・選別・分離等）
 - ✓ 社会インフラ環境の整備
 - ー回収・運搬：家庭・事業者からのプラごみの高率的回収・リサイクル基盤の整備等
 - ー製品設計指針：リユース・リサイクルを前提とした製品設計指針の整備
 - ー代替材料（再生材・バイオプラ）の利用促進：政府率先調達等での需要喚起、バイオプラ導入ロードマップ策定、等

- カーボンニュートラルに必要な技術の開発と実装 **【内閣府】【文科省】【経産省】【環境省】**
 - ✓ CO₂分離回収（低コストなCO₂分離回収技術の確立）
 - ✓ CO₂の原燃料化（人工光合成を用いたプラスチック製造の実現、製造技術革新・炭素再資源化による機能性化学品製造の実現、低コストメタネーション（CO₂と水素からの燃料製造）技術の開発等）
 - ✓ コークスの代わりに水素を用いて鉄鉱石を還元する水素還元製鉄の技術を確立し、化石燃料に対して十分な価格競争力を有する水準の水素が大量かつ安定的に供給されるとともに、製品利用者が適切に環境コストを負担する社会の実現を前提とした「ゼロカーボン・スチール」の実現

- リサイクルとカーボンニュートラルの両立に向けた基盤技術の開発と実装 **【内閣府】【文科省】【経産省】【国交省】【環境省】**
 - ✓ リユース・リサイクルを前提とした材料・製品設計技術（マルチマテリアル、接着、内容物の分離、印刷、劣化抑制等）
 - ✓ リサイクル材料のトレース技術（識別・承認、追跡等）

- ✓ 環境負荷低減材料（バイオマス材料、生分解性材料）の技術開発と実装推進（製品設計、環境適性評価等）
- ✓ 製造過程での環境負荷を低減した材料、未使用資源（建設副産物等）を有効利用した材料の技術開発と実装推進（品質評価、設計施工マニュアル等）
- ✓ 炭素化学の革新（CO₂変換技術（電気化学、生物化学）、C1化学の深化等）
- ✓ 窒素、リンの循環利用技術の開発
- ✓ 主要金属や希少金属の国内での最大限の資源循環に向けたリサイクル技術の開発・実装及び社会インフラ環境の整備
- ✓ 雑電線を始めとする低品位スクラップの有効利用に向けた技術開発・設備導入支援
- ✓ 希少金属等の鉱物資源のサプライチェーン強靱化に向けた供給源の多角化・技術開発・設備導入支援等、社会インフラ環境整備支援（標準化戦略、必要に応じた規制緩和・特区制度の活用）の検討（再掲）
- ✓ LIB リサイクルの社会実装に向けたバリューチェーン上の課題整理、技術の開発・実装に向けた検討
- ✓ モビリティを中心とした炭素繊維の採用拡大とリサイクル技術の開発・実装

【目標】 資源制約の克服

我が国マテリアル産業にとってチョークポイントとなり得る資源制約克服のため、マテリアル産業にとって欠かせない資源のうち、特定国からの輸入依存度が極度に高いものなど供給途絶リスクが高い資源について、供給源の多様化や代替・省資源化、再資源化に資する研究開発を継続・強化することや、必要に応じた社会インフラ環境の整備により、サプライチェーンの強靱化を図る。

(KPI：希少金属について特定国への依存度等)

(取組例)

- 資源の偏在性、カントリーリスク、需要の見通し等の観点から鉱種ごとのリスクを定量的に把握し、それぞれリスクに対応するための戦略的な鉱種別対応策の検討【経産省】

- NEDO や JST 等を通じた、国内外・産学官の英知を結集したプロジェクトを推進。ムーンショット型研究開発への提案の検討（再掲）【内閣府】【文科省】【経産省】

- 資源制約の克服に向けた技術開発・設備導入支援や社会インフラ環境の整備の実施
 - ✓ 希少金属等の鉱物資源のサプライチェーン強靱化に向けた供給源の多角化・技術開発・設備導入支援等、社会インフラ環境整備支援（標準化戦略、必要に応じた規制緩和・特区制度の活用）の検討（再掲）【経産省】
 - ✓ 低品位鉱石や未利用資源の有効活用に向けた技術開発による供給源の多様化【経産省】
 - ✓ 主要金属や希少金属の国内での最大限の資源循環に向けたリサイクル技術の開発・実装及び社会インフラ環境の整備（再掲）【経産省】【環境省】
 - ✓ 希少元素の特異な機能を、豊富に存在する元素で置き換える元素代替を目指した研究開発の実施【文科省】
 - ✓ 希少元素であるヘリウム、フッ素、リン等の安定供給確保に向けた再資源化をはじめとする技術の開発・実装及び社会インフラ環境の整備【経産省】

【目標】技術優越の維持・確保

国際的な技術流出問題の顕在化といった状況を踏まえ、グローバルに知の交流促進を図り、研究力、イノベーション力の強化を進めることと、総合的な安全保障を確保することを両立しつつ、段階的かつ適切な技術流出対策を講じるべく、制度面も含めた枠組み・体制を構築する。

(取組例)

- 国際ネットワークの戦略的な構築
 - ✓ 海外の研究資金配分機関等との連携を通じた国際共同研究や、魅力ある研究拠点の形成、学生・研究者等の国際交流等の戦略的推進 【内閣府】【文科省】【経産省】

- 国内外の情報収集・分析機能の強化
 - ✓ マテリアルにおける戦略的な投資と科学技術インテリジェンスの強化に向け、JST 研究開発戦略センター（JST/CRDS）と NEDO 技術戦略研究センター（NEDO/TSC）の機能・連携強化 【文科省】【経産省】

- 先端技術管理の徹底
 - ✓ 革新マテリアルをはじめとする先端技術の研究等を行う大学・研究機関等における、外国為替及び外国貿易法等の遵守や知的財産の適切な保護・活用を含めた管理体制整備等を強化・推進 【内閣府】【文科省】【経産省】

【日本の特徴】

- ✓ 世界的にもレベルが高く、多様な研究者や企業が多く存在。
- ✓ バリューチェーンの各プレイヤー（川上～川中～川下）が存在し、その距離感が近い。
 - ⇒ ハイレベルかつ多様な材料技術とバリューチェーンの各プレイヤーが1つの国に存在。
 - ⇒ 『“個”から“共”へ、オールジャパンの取組で、競争力が何倍にもなる可能性』

【日本のマテリアルの現状整理と取り組むべきこと】

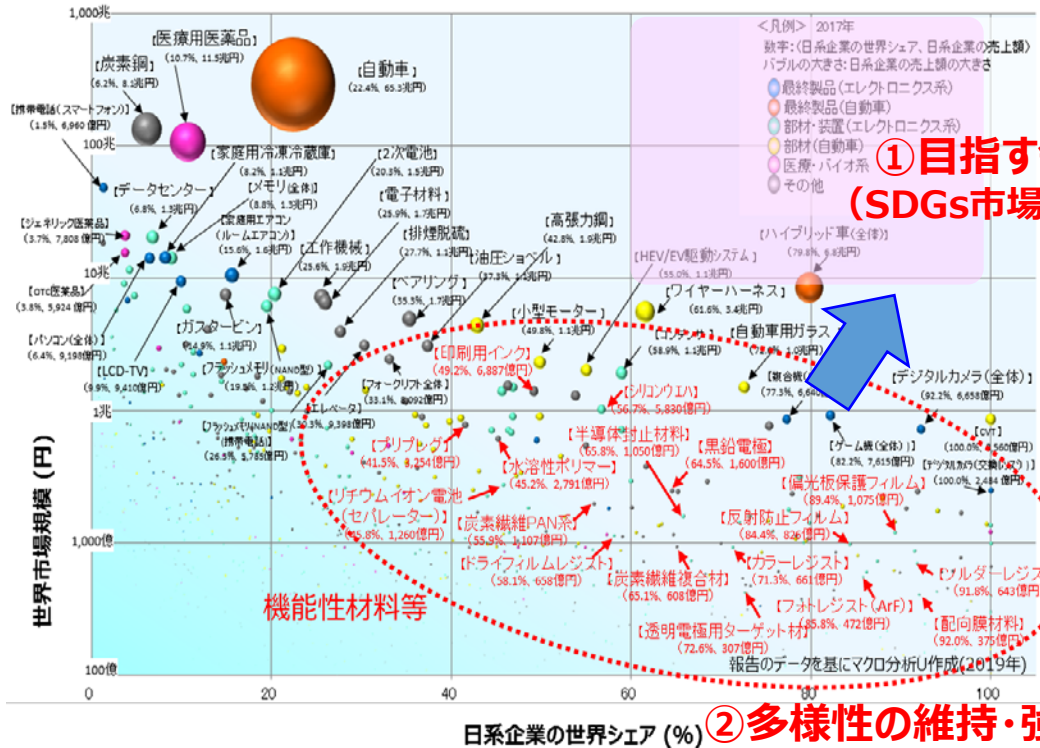
	機能材料		基礎材料・中間体
開発フェーズ	0 → 1	1 → 10	10 → 100
日本の強み	・高い技術力・研究力	・機能・摺り合せ型	・品質
日本の弱み	・新技術の難産化 (多産多死とならず)	・開発の長期間化 (必要以上の作り込み)	・コスト (原料、設備投資、人件費等)
追求すべき価値	・革新性	・Just in timeのニーズ把握と ソリューション提供	・環境負荷低減 (持続可能性)
考慮すべき点	・多様な評価軸(産業は学問の道場なり) ・環境負荷低減、希少資源(レアメタル等)へのリーチ		・キーサプライチェーンの維持・強靱化 (国内基幹拠点(クラッカー、高炉など)維持)
取り組むべきこと	・重点的・継続的な産学連携 ・海外との積極的な協働	・日本での独自開発	・国内での技術開発・実装とその海外輸出 (ソフトパワーの輸出)
武器とすべきもの	・ハイレベルな国内研究者 と重要技術 ・充実した研究拠点・研究基盤	・MI×PI ・革新的な製造技術	・ESG視点でのバリューチェーン全体の 連携によるソリューション開発と実装
オールジャパン での取組ツール	<ul style="list-style-type: none"> ・マテリアルDXプラットフォーム ・プロセス・イノベーション・プラットフォーム ・すそ野の広い人材開拓 ・NEDOマテリアル先導研究 等 ・ムーンショット型研究開発制 		<ul style="list-style-type: none"> ・CLOMA等のコンソーシアム ・SIP ・制度・規制 等

マテリアル革新力強化に向けた基本方針

- 基本方針1：マテリアルの迅速な社会実装の推進／マテリアル・イノベーション・エコシステムの構築
- 基本方針2：データ駆動型研究開発基盤の整備と本質研究の追及
- 基本方針3：持続発展性の確保

製品の差別化が図れる機能性材料に着目すると、個々の市場規模は小さいものの高いシェアを確保している。
 (世界シェア60%以上の材料が70種類、世界シェア100%の材料(ニッチトップ)が19種類存在。)

(参考) 日系企業が生み出した主要先端製品・部材の世界市場規模及び日系企業の世界シェア(2017年)



基本方針1：イノベーション・エコシステムの構築 (社会実装プラットフォーム)

- 産学官共創による**迅速な社会実装** (コストではない価値(持続可能性)の創出による社会実装の推進)

基本方針2：本質研究の追求、イノベーション基盤の強化 (基盤プラットフォーム)

- Society 5.0の実現や社会課題解決に向けた**重要技術・実装領域の同定**
- MI×PIの活用**による、高速かつ効率的な新規マテリアルの創出

基本方針3：持続的発展性の確保

- 産学官協調での**人材育成**、博士支援強化
- 循環型経済**、**サプライチェーン強靱化**への対応